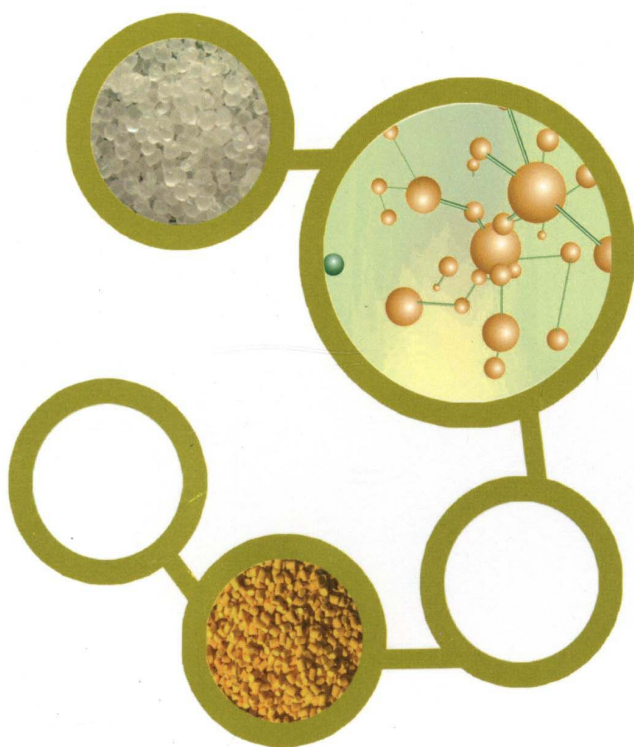


实用通用塑料

手册



张玉龙 主编
石磊



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



实用通用塑料手册

主 编 张玉龙 石 磊

副主编 李 可 张文栋 李 萍 杨守平 王学琴

编写人员

王四清	王志强	王国义	王学琴	王 玲	王敏芳
王 晶	孔祥海	石 磊	刘向平	刘宝玉	刘朝辉
许劲松	齐 昕	闫 烨	闫惠兰	孙英富	孙德强
连军涛	杜仕国	岳松堂	李 可	李旭东	李学文
李 丽	李桂变	李 萍	李 燕	吴建全	杨 耘
杨振强	杨晓冬	张文栋	张文栓	张玉龙	张用兵
张军营	张然治	张健康	张德琪	邵颖惠	周 力
周敏华	官周国	段金栋	郝英华	赵媛媛	姚春臣
唐 华	陶文斌	黄晓霞	黄 晖	曹根顺	康 敏
喻腊梅	普朝光	路香兰	戴均平		



机械工业出版社

本书主要介绍了聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯（ABS）和聚甲基丙烯酸甲酯的主要品种与性能及制品成型工艺等。在主要品种与性能部分侧重介绍了国内外各主要生产厂家的通用塑料牌号与产品性能，加工性能与应用；在制品成型工艺中介绍了配方设计、制品设计、加工机械与模具、成型工艺及常见缺陷、产生原因与解决的方法，并按照选材、配方、制备方法、性能、效果评价阐述了每一实例。

本书是塑料行业材料研究、产品设计、制造加工、管理销售等人员的工具书。

图书在版编目（CIP）数据

实用通用塑料手册/张玉龙，石磊主编. —北京：
机械工业出版社，2012.6
ISBN 978-7-111-38858-6

I. ①实… II. ①张…②石… III. ①通用塑料-技
术手册 IV. ①TQ322.2-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 186586 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：张秀恩 责任编辑：张秀恩 李建秀

版式设计：霍永明 责任校对：李锦莉 刘秀丽

封面设计：赵颖喆 责任印制：杨 曦

北京京丰印刷厂印刷

2012 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷

169mm×239mm·33.75 印张·775 千字

0 001—3 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-38858-6

定价：88.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010) 88361066 教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010) 68326294 机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010) 88379649 机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010) 88379203 封面防伪标均为盗版

前 言

通用塑料（包括聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、ABS、聚甲基丙烯酸甲酯和氨基塑料等）是塑料工业应用最早，应用量最大，应用范围最广，产品类型最多的一类塑料。其产量及用量占整个塑料产量及用量的90%以上，属于大宗类塑料品种。在国民经济建设、国防建设和人们日常生活中发挥着巨大的作用，已成为国计民生中不可或缺的重要材料之一。近年来，随着高新技术在塑料工业中的应用，特别是塑料改性技术和配方设计技术逐步地深入发展及使用，使得通用塑料品种或等级与日剧增，产品质量与性能不断提高，功能化和智能化技术应用范例日趋增多，展现出一种光明的发展前景。

为了进一步普及通用塑料基础知识，推广并宣传高新技术应用成果，中国兵工学会科技出版协作委员会、山东兵工学会和兵工学会非金属专业委员会联合组织编写了《实用通用塑料手册》一书。全书共八章，较为详细地介绍了聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、ABS聚甲基丙烯酸甲酯和氨基塑料的主要品种与性能，改性技术与制品成型加工技术，并侧重介绍了各品种的国内外生产厂家、牌号与各产品性能。而在改性技术中则详细介绍了接枝、交联、共混、填充、增强与纳米改性技术与实例。在制品及其成型工艺中，侧重介绍了配方设计、制品设计、加工机械、模具、工艺及常见缺陷产生的原因及解决的方法。并按照选材、配方、制备方法、性能与效果评价的编写方式，逐一对每一实例加以阐述，是塑料工业材料研究、产品设计、制造加工、管理销售等人员的工具书，也可作为相关专业教材使用。

本书突出实用性、先进性和可操作性，理论叙述从简，侧重于实例与实用数据；结构清晰严谨，语言简练流畅，信息量大，数据翔实，图文并茂。若本手册的出版发行能对我国塑料产品的更新换代和质量提高起到促进作用，作者将感到十分欣慰。

由于作者水平有限，文中不妥之处在所难免，敬请读者批评指教。

编 者

目 录

前言

第一章 概述	1
第一节 基础知识	1
一、简介	1
二、性能	1
三、特性与应用	7
第二节 通用塑料配方设计技术	8
一、配方设计的基本内容	8
二、配方设计的基本原则	9
三、配方设计方法	9
四、配方设计的基本程序	11
第三节 塑料成型加工技术	13
第二章 聚乙烯	21
第一节 主要品种与性能	21
一、简介	21
二、低密度聚乙烯	28
三、高密度聚乙烯	68
四、线型低密度聚乙烯	99
五、超高相对分子质量聚乙烯 (UHMWPE)	120
第二节 聚乙烯制品及其成型工艺	127
一、聚乙烯注射成型	127
二、聚乙烯挤出成型	135
三、聚乙烯吹塑成型	149
四、聚乙烯模压成型	176
第三章 聚丙烯	180
第一节 主要品种与性能	180
一、基本特性	180
二、国内生产厂家、牌号与性能	184
三、国外生产厂家、牌号与性能	206
四、PP 成型加工性能	230
五、应用	232
第二节 聚丙烯制品及其成型工艺	232
一、聚丙烯注射成型	232
二、聚丙烯制品的挤出成型	241
三、聚丙烯制品的吹塑成型	260

四、聚丙烯制品的模压成型	270
第四章 聚氯乙烯	278
第一节 主要品种与性能	278
一、基本特性	278
二、国内生产厂家、牌号与性能	279
三、国外生产厂家、牌号与性能	289
四、PVC 的成型加工性能	292
五、应用	293
第二节 聚氯乙烯制品及其成型工艺	294
一、聚氯乙烯注射成型	294
二、聚氯乙烯挤出成型	306
三、聚氯乙烯吹塑成型	332
第五章 聚苯乙烯	345
第一节 主要品种与性能	345
一、聚苯乙烯树脂	345
二、聚苯乙烯珠粒发泡料	390
第二节 聚苯乙烯制品及其成型工艺	405
一、聚苯乙烯注射成型	405
二、聚苯乙烯制品挤出成型	418
三、聚苯乙烯制品吹塑成型	430
第六章 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料	432
第一节 主要品种与性能	432
一、基本特性	432
二、国内生产厂家、牌号与性能	435
三、国外生产厂家、牌号与性能	442
四、ABS 成型加工性能	451
五、应用	452
第二节 ABS 制品及其成型工艺	452
一、ABS 注射成型	452
二、ABS 挤出成型	461
三、ABS 吹塑成型	473
第七章 聚甲基丙烯酸甲酯	475
第一节 主要品种与性能	475
一、基本特性	475
二、国内生产厂家、牌号与性能	475
三、国外生产厂家、牌号与性能	478
四、PMMA 的成型加工性能与应用	485
第二节 聚甲基丙烯酸甲酯制品及其成型工艺	487
一、PMMA 注射成型	487
二、PMMA 模压成型	497

三、抗静电 PMMA 板材的浇注成型	504
四、PMMA 板材吸塑成型	507
五、有机玻璃晴雨挡的热成型工艺与质量控制	509
第八章 氨基塑料	511
第一节 主要品种与性能	511
一、脲醛塑料	511
二、三聚氰胺甲醛模塑料	514
第二节 氨基塑料成型加工	517
一、模压成型	517
二、注射成型	525
参考文献	530

第一章 概 述

第一节 基 础 知 识

一、简介

通用塑料主要包括聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、ABS、聚甲基丙烯酸甲酯塑料等，是目前产量最大、应用范围最广、成型工艺简便、成本低廉的一类塑料品种，其产量占整个塑料产量的 90% 以上，故又称之为大宗塑料品种。

通用塑料具有良好的耐化学药品性、电性能等功能特性，其成型加工性能和可调节性突出，然而耐热性均低于 100℃ 以下，力学性能一般。由于其结构特征和优越的可加工性、可调节性、可通过不同的改性方法对其改性，使之能满足工程结构应用需求而作为工程结构材料使用，有的还可用作功能材料。

通用塑料产品繁多、性能各异，主要包括管材与管件、板（片）材、型材与异形材，还有薄膜、人造革、中空产品、泡沫塑料产品、工业零配件、日用消费品、粘合剂、涂料和微胶囊等。这些产品在工业、农业、国防工业应用广泛，特别是建材、包装、石油、化工、家电、电子、电器、玩具、家具、农田水利等方面用量甚大。目前已成为国民经济建设和国防建设不可或缺的重要材料之一。随着高新技术的发展，性能优越、功能齐全的通用塑料产品不断涌现，将为国民经济和国防建设的发展发挥愈来愈大的作用。

二、性能

1. 塑料的特点（见表 1-1）

表 1-1 塑料的特点

特点	说 明
优点	质轻。塑料一般都比较轻，其密度在 0.83 ~2.3g/cm ³ 范围内，只有钢铁的 1/7 ~1/4、铝的 1/2。这对于减轻机械设备的重量是非常有利的，尤其对要求减轻自重的车辆、船舶、飞机、火箭、导弹、人造卫星和其他尖端技术，具有更重要的意义
	比强度高。通常的情况下塑料的强度都低于金属，但各种增强塑料的力学性能却可以与金属相比，由于其密度远小于金属，因此其比强度（即强度密度）则与金属相当，甚至远比金属高
	耐化学腐蚀性好。塑料的耐化学腐蚀性优于金属，它对酸、碱等化学药品具有良好的抗腐蚀能力
	电绝缘性优异。塑料是电的不良导体，其电绝缘性优良，介质常数较低，介电损耗很小，为电气工业及电信、雷达、航天等领域提供了优异的材料

(续)

特点	说 明
优点	减摩、耐磨性好。大部分塑料的摩擦因数都很小，可用作减摩、耐磨材料，有的甚至能在无润滑剂的情况下有效工作，因自润滑性能良好，适宜作有磨粒或杂质存在的恶劣条件下工作的摩擦材料
	消声和隔热性优良。塑料具有优良的消声、隔热性能、用塑料制成的传动摩擦件能减少噪声、降低振动、改善劳动条件，尤其是泡沫塑料常用来作隔声、隔热或保温材料
缺点	一般工程塑料的机械强度较低（特别是刚性差），远不及金属材料高
	耐热性较低，大多只能在 100℃ 左右使用，仅有少数品种在 200℃ 左右使用
	导热性极差、线胀系数大、易老化、易燃烧，常温下的蠕变值（即所谓冷流性）也比较大

2. 塑料的性能术语（见表 1-2）

表 1-2 塑料的性能术语

类别	性能名称	性能含义及其在使用上的意义
物理性能	密度	在一定温度下，物质单位体积的质量称为密度，单位以 g/cm^3 表示
	吸水性	塑料吸水性是指规定尺寸的试样浸入一定温度（ $25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ）的蒸馏水中，经过一定时间（24h）后所吸收的水量，吸水量与试样质量之比称吸水率
	透明度	透明度通常以透光度来表示。所谓透光度是指透过物体的光通量和射到物体上的光通量的百分数比值（%），它是在光度计上测定出来的
	摩擦因数	根据摩擦定律，通常把摩擦力（ F ）与施加在摩擦部件上的垂直载荷（ N ）的比值称为摩擦因数（ μ ），即 $\mu = F/N$ ，良好的减摩耐磨材料应当具有最低的摩擦因数和最小的磨耗量
	磨耗	磨耗是塑料在摩擦过程中微粒从摩擦表面不断地被分离，引起摩擦件尺寸不断改变的机械破坏过程，也可称磨损或磨蚀，磨耗量大小表示塑料的耐磨耗程度，常用质量磨耗、体积磨耗、磨痕宽度等指标来表示
力学性能	拉伸强度	拉伸强度表示材料破坏时所承受的最大拉伸应力，它是衡量材料强度的一项重要指标
	弹性模量	弹性模量是一种表示材料刚性大小，是否容易拉伸变形的物理量，弹性模量愈高，就意味着刚性愈大，不易变形
	伸长率	伸长率是指材料断裂破坏时的长度变化率，它表示材料的韧性大小，伸长率愈大，就表明这种塑料愈柔软
	弯曲强度	指试样放在两支点上，在两支点间施加集中载荷，使试样变形直至破裂时的强度
	弯曲屈服强度	对非脆性塑料而言，当载荷达到某一值时，其弯曲变形继续增加，而载荷不增加的强度，此时的载荷即为破坏载荷
	弯曲弹性模量	在屈服之前的比例极限内，弯曲应力与应变之比值，表示该塑料是否容易弯曲变形的物理量
	压缩强度	对材料施加压缩负荷直至破坏或产生屈服现象时，试样原单位横截面积上所能承受的载荷称为抗压强度

(续)

类别	性能名称	性能含义及其在使用上的意义
力学性能	冲击强度	冲击强度是以极快的速度对试样施加载荷（冲击力）使之破坏的应力，以单位断裂面积所消耗的能量大小来表示，单位为 kJ/m^2 ，塑料冲击试验用的试样有两种：一种试样中间刻有缺口，一种没有缺口，对于强度较高的塑料多用带有缺口的试样进行测定
	疲劳强度	塑料在一定循环次数（ 10^7 次）的交变应力作用下发生破坏的极限强度，称为塑料的疲劳强度。也可以用实际循环次数下的破坏应力来表示
	硬度	硬度是指物体抵抗其他物体压入表面的能力，物体硬度越高，其他物体越难压入，塑料硬度与金属硬度的测定方法相同，都可用布氏硬度、洛氏硬度和邵氏硬度表示。常用的是布氏硬度和洛氏硬度两种，其洛氏硬度以 M 和 R 标尺表示
热性能	比热容	比热容是 1kg 塑料升高温度 1°C 所需要的热量，单位为 $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
	热导率	所谓热导率即当两个平行传热面间的垂直距离为 1m ，其间温差为 1°C 时，单位时间内在 1m^2 面积上传递的热量，单位为 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。塑料的热导率一般只有 $0.23 \sim 0.7\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，是优良的隔热、保温材料，但对于要求散热的制品，例如摩擦零件，热导率小是一个缺点
	线胀系数	物质温度升高 1°C 时所增加的长度与它原来长度之比，称为线胀系数。塑料的线胀系数是比较大的，一般比金属大 $3 \sim 10$ 倍。这样，在制造带有金属嵌件的、或者与金属件紧密结合在一起的塑料制品时，往往会因二者之间线胀系数相差过大而造成开裂、脱落或松动等不良后果，在选择使用塑料制品时应予注意
	耐热性	塑料能够耐受较高的温度而仍保持其优良的物理力学性能的能力称为耐热性，衡量塑料耐热性的指标通常有马丁耐热温度、热变形温度和维卡软化点三种，前两种适用于热固性塑料和硬质热塑性塑料，后者适用于均一的热塑性塑料
	脆化温度	把塑料经低温冷冻一段时间后，用一定的外力冲击，塑料开始断裂时的温度称为脆化温度，脆化温度愈低，就表明这种塑料的耐寒性愈好
	耐燃烧性	这是衡量塑料在火焰中燃烧难易程度和离开火焰后熄灭快慢程度的一个性能指标，一般用不燃、燃烧及自熄等字样来表示
	熔融指数	又称熔体流动速率，是指热塑性塑料在一定温度和一定压力下，熔体在 10min 内通过标准毛细管的质量值，以 $\text{g}/10\text{min}$ 表示
电性能	表面电阻率	指电流沿材料表面流动时所受的阻力，单位为 Ω 。表面电阻率愈大，表明这种材料的绝缘性能愈好
	体积电阻率	指电流流过材料体内所受的阻力，单位为 $\Omega \cdot \text{cm}$
	介电常数	在电压相同的两个金属平板之间分别测定塑料和空气（或真空）为介质时的电容量（ C_s 、 C_k ）。这两个电容量之比，就是该塑料的介电常数。介电常数愈小，这种塑料的绝缘性能就愈好
	介电损耗	塑料在电场作用下，单位时间内消耗的能量，也就是引起材料发热所消耗的能量，称为介电损耗，常以介电损耗角正切值（ $\tan\delta$ ）表示。介电损耗角正切值 $\tan\delta$ 愈小，则其介电损耗也愈小，这种塑料的绝缘性能也就愈好

(续)

类别	性能名称	性能含义及其在使用上的意义
电性能	击穿强度	任何电介质放在电场中，当电场电压超过某一临界值时，都会丧失其绝缘作用，这种现象称为介质的击穿，单位厚度的介质发生击穿时的电场电压称为击穿强度，单位为kV/mm。击穿强度愈大，这种材料的绝缘性能就愈好
	耐电弧性	借高电压在两电极间产生的电弧作用，致使绝缘材料表面形成导电层所需的时间(s)，以此来判断绝缘材料的耐电弧性
工艺性能	成型收缩率	是指塑料制品从热模中取出冷却后，制品尺寸缩减的百分比(%)。收缩率是设计塑料制品压模时必须考虑的一项重要数据，否则压制出来的制品尺寸会不符合图样的要求
	流动性	塑料受一定的温度及压力作用能流入并充满整个压模型腔的能力，称为塑料的流动性。它是衡量塑料模压制品工艺性能的一项重要指标

3. 塑料的主要性能（见表 1-3 ~ 表 1-6）

表 1-3 塑料的物理性能

塑 料 名 称	相对密度	收缩率(%)	吸水性(%)	硬度
聚乙烯 低密度 高密度 超高相对分子质量 20% ~ 30% 玻璃纤维增强	0. 91 ~ 0. 92 0. 942 ~ 0. 968 0. 935 ~ 0. 945 1. 17	—	0. 01 0. 04	50HR
聚丙烯 注射级 20% ~ 30% 玻璃纤维增强	0. 903 ~ 0. 904	1 ~ 2 0. 4	0. 05	60 ~ 90HR 166 ~ 210MPa(HBW)
聚氯乙烯 软质 硬质 碳酸钙填充 赤泥填充	1. 35 ~ 1. 60 1. 6 ~ 1. 7 1. 35 ~ 1. 60	—	—	75 ~ 85HD 120 ~ 220(HBW)
ABS 通用型 高流动型 挤出型 耐热型 耐寒型 电镀型 阻燃型 20% 玻璃纤维增强	1. 16	0. 2		100 ~ 109HR 100HR 98 ~ 108HR 102 ~ 103HR 87HR 103HR 94 ~ 100HR

(续)

塑 料 名 称	相对密度	收缩率(%)	吸水性(%)	硬度
有机玻璃				
普通	1. 17 ~ 1. 19	0. 5	0. 2	180 ~ 240HBW
珠光	1. 18			140 ~ 190HBW

表 1-4 塑料的力学性能

塑料名称	拉伸强度 /MPa	弯曲强度 /MPa	压缩强度 /MPa	冲击强度 (缺口) /(kJ/m ²)	拉伸弹性模量 /MPa	弯曲弹性模量 /MPa	伸长率 (%)
聚乙烯							
低密度	15 ~ 18						500
高密度	20 ~ 35	90 ~ 110	19 ~ 25	3 ~ 35			100 ~ 500
超高分子量	30 ~ 40			150	442 ~ 785	928 ~ 1000	300 ~ 525
30% 玻璃纤维增强	77	84	42	24	6. 3 × 10 ³		3. 5
聚丙烯							
注射级	25 ~ 32			10 ~ 100J/m	—	800 ~ 1550	200 ~ 500
挤塑、吹塑级	23 ~ 80			40J/m		1000 ~ 1500	800
20% ~ 30% 玻璃纤维增强	45 ~ 100	50 ~ 180		5 ~ 25		2700 ~ 4400	
聚氯乙烯							
软质	12 ~ 18						200 ~ 320
硬质	50	90		3	—	—	
碳酸钙填充	38	60 ~ 90	70 ~ 72	11 ~ 13			
赤泥填充	50	90					
20% 玻璃纤维增强	85. 7	100		47. 6			
聚苯乙烯							
本体法		85 ~ 90	—	4. 5 ~ 5	—	—	
悬浮法		80		4. 5 ~ 5			
高冲击	20 ~ 30	40 ~ 70		10 ~ 15			35 ~ 45
ABS							
通用型	35 ~ 48	59 ~ 75		60 ~ 310J/m			
高流动型	36	59		140J/m			
挤出型	35 ~ 45	52 ~ 69		90 ~ 300J/m			
耐热型	40 ~ 41	64 ~ 66	—	90 ~ 130J/m	—	—	
耐寒型	30	50		330J/m			
电镀型	36	63		220J/m			
阻燃型	34	54		70 ~ 90J/m			
20% 玻璃纤维增强	80	95		6		3800	5

(续)							
塑料名称	拉伸强度 /MPa	弯曲强度 /MPa	压缩强度 /MPa	冲击强度 (缺口) /(kJ/m ²)	拉伸弹性模量 /MPa	弯曲弹性模量 /MPa	伸长率 (%)
有机玻璃							
普通	55 ~ 77	110	130	19.5 (无缺口)	2400 ~ 2800	—	—
珠光	50 ~ 77	110	130	18 ~ 19.4 (无缺口)	2500		

表 1-5 塑料的热性能

塑料名称	热导率 /W · m ⁻¹ · K ⁻¹	线胀系数 /(× 10 ⁻³ K ⁻¹)	热变形温度 /℃	马丁耐热温度 /℃
聚乙烯 低密度 高密度 超高相对分子质量 20% ~ 30% 玻璃纤维增强		3.1	126	—
聚丙烯 注射级 挤塑、吹塑级 20% ~ 30% 玻璃纤维增强	—	—	90 ~ 110 110 115 ~ 149	70 ~ 145
聚氯乙烯 硬质 碳酸钙填充	—	5.2	—	65 60 ~ 67
聚苯乙烯 悬浮法 高冲击	—	—	65 ~ 75	68 65
ABS 通用型 20% 玻璃纤维增强	—	—	62 ~ 70 95	55 ~ 60
有机玻璃 普通	0.14 ~ 0.20	7	65 ~ 85.5	60

表 1-6 塑料的电性能

塑料名称	表面电阻率 /Ω	体积电阻率 /Ω·cm	介电强度 /kV·mm	介电常数 (1MHz 下)	介电损耗 角正切 (1MHz 下)
聚乙烯 低密度 高密度 超高相对分子质量	10 ¹⁴ ~ 10 ¹⁶	10 ¹⁷ 10 ¹⁶ ~ 10 ¹⁷	35 20 ~ 35	2.3 2.2 ~ 2.7	4.5 × 10 ⁻⁴ 5 × 10 ⁻⁴ 5 × 10 ⁻⁴
聚丙烯 注射级 挤塑、吹塑级 20% ~ 30% 玻璃纤维增强	10 ¹² ~ 10 ¹⁶	10 ¹⁴ ~ 10 ¹⁵	7.5 ~ 16	2.5 ~ 4 (60Hz)	1 × 10 ⁻³ 1 × 10 ⁻³ 3 × 10 ⁻³ ~ 5 × 10 ⁻³ (60Hz)
聚氯乙烯 软质 赤泥填充	—	10 ⁹ ~ 10 ¹⁴	16 ~ 20 37.9	5 (50Hz)	0.1 (50Hz)
聚苯乙烯 本体法 悬浮法	—	1.0 × 10 ¹⁶	—	2.73 2.7	4 × 10 ⁻⁴ 5 × 10 ⁻⁴
有机玻璃 普通	1 × 10 ¹⁶	1 × 10 ¹⁵	20	3.5 ~ 4.5 (60Hz)	

三、特性与应用

塑料的特性与应用见表 1-7。

表 1-7 塑料的特性与应用

种类	主 要 特 性	应用举例
高压聚乙烯 (LDPE)	柔软性、伸长率、冲击强度和透明性较好，其他性能同 HDPE，抗拉强度 98MPa	电缆电线绝缘，高强度薄膜，管材和其他型材，一般注塑制品
低压聚乙烯 (HDPE)	相对密度 0.94 ~ 0.96，使用温度 -60 ~ 100℃。电绝缘尤其是高频绝缘性好，可用玻璃纤维增强，耐腐蚀，室温下不被有机酸溶剂、各种强酸（除浓硝酸外）浸蚀，抗水性好，拉伸强度 19.8MPa	日用工业品，耐蚀性、绝缘件涂层
聚丙烯（PP）	相对密度 0.9 ~ 0.91，力学性能、耐热性均优于低压聚乙烯，可在 100℃ 左右使用。除浓硫酸、浓硝酸外，不被其他酸、碱浸蚀，高频绝缘性好，抗水性好，但低温发脆，不耐磨，较易老化，成型收缩大，对紫外线敏感	机械零件，绝缘件，耐腐蚀件，化工容器，衬里表涂层

(续)

种类	主 要 特 性	应用举例
硬聚氯乙烯 (硬 PVC)	有一定强度，价廉，耐腐蚀，电绝缘性优良，耐老化性能较好，天冷易裂，使用温度 -15 ~ 60℃，应用广	板、管、棒、焊条等型材、耐腐件，化工机械零件
软聚氯乙烯 (软 PVC)	强度较硬聚氯乙烯为低，伸长率较高，天冷会变硬，其他与硬聚氯乙烯相同	板、管、薄膜、焊条，电器绝缘材料，密封件
聚苯乙烯 (PS)	电绝缘性尤其是高频绝缘性优良。透光率 75% ~ 88%，仅次于有机玻璃，耐碱及浓硫酸、磷酸、硼酸、10% ~ 36% 的盐酸、25% 以下的醋酸、10% ~ 19% 甲酸及其他有机酸，不耐氧化性酸，可溶于苯，甲、乙苯，酯类，汽油等。质脆，着色性好，强度不高，耐热性低，工作温度 -20 ~ 65℃	绝缘件，透明件，装饰件，泡沫保温材料，耐腐件
丙烯腈-丁二烯-苯乙烯 (ABS)	力学性能好，拉伸强度 38 ~ 50MPa，电绝缘性好，易于成型和机械加工，不被水、无机盐、酸、碱浸蚀，但不耐浓硫酸、硝酸、冰醋酸，工作温度 -20 ~ 50℃	电绝缘件，机械零件，纺织器材，减摩、耐磨件及传动件
聚甲基丙烯酸甲酯 (有机玻璃) (PMMA)	透光率 99%，透过紫外线光达 73.5%，布氏硬度 140 ~ 180HBW，拉伸强度 54 ~ 63MPa，优良的耐气候性、绝缘性、耐蚀性，有一定耐热性，易成型及机械加工，耐磨性差，着色性好	板、棒、管型材，透明件，装饰件

第二节 通用塑料配方设计技术

一、配方设计的基本内容

塑料配方设计是以改善或提高树脂的性能特性，使之满足欲加工制品或特定应用的使用性能和耐久性要求为目的，在吸收前人经验与教训的基础上，运用先进而有效的技术或方法，确定在所选用树脂中要添加其他物质或组分量的过程。

塑料配方设计的基本内容是：首先应充分了解树脂性能特点，尤其是已选定树脂的优缺点，并根据应用或制品对材料的使用性能要求，找出树脂的不足或缺陷，并将要解决的问题按照主次加以排序。然后，再选择改性技术或方法，即如前所述的技术。最后是选定添加组分（又称为添加剂或助剂）并确定其用量。目前常用的添加组分（助剂）较多，既无机物质，又有有机物质，既可是大分子材料，也可以是小分子物质，具体有增强剂、填充剂、增韧剂、增塑剂、稳定剂、固化剂、着色剂、阻燃剂、抗氧剂、发泡剂等。针对树脂存在的缺陷选用添加组分并确定其用量，是配方设计的核心工作。通常要借鉴前人的配方设计和制品加工经验教训，选定添加组分并确定其用量，必要时还要进行试制，以求配方设计合理，在确保最终制品使用性能的前提下，尽量降低成本。可以说，塑料配方设计工作就是对添加组分的选用和用量的确定工作。以最少的组分，最合理的用量，设计出最佳配方，制备出性能优异的制品是配方设计的最终目标。

二、配方设计的基本原则

塑料配方设计是充分运用添加组分（添加剂或助剂）来改善树脂性能和弥补树脂缺陷或不足的过程，是一项艰苦细微的工作过程，必须进行精心的分析研究、反复试验才能设计出满足使用性能要求的配方，为此在配方设计时应坚持如下原则：

（1）满足最终产品使用性能与耐久性的原则 塑料制品制备过程中的选材、配方设计、产品设计、配制和成型加工及制品的后处理等工序，最终目的就是制备出质量优良，满足应用要求的制品。配方设计时的主要任务是弄清使用环境条件、使用性能要求，才能选择合适的树脂。

（2）抓主要矛盾的原则 选定树脂后，通过对树脂性能的了解和分析，用于制备所需制品的树脂可能存在许多缺陷或不足，这时就应根据制品性能要求，找出主次矛盾加以解决。一般情况下，解决了主要矛盾，其他矛盾也就迎刃而解。

（3）充分发挥添加组分（添加剂或助剂）功能的原则 这是配方设计的中心任务，对添加组分选择力求要准，用量适当。要做到这一点，除具有丰富的实践经验外，还要吸取前人的经验和教训，弄清各添加组分功能，结合应用性能要求与树脂本身特性，制订几套用量方案，再进行试验加以确定，用一个添加组分能解决的就不用两个组分。

（4）降低成本的原则 配方设计时，除考虑性能外，还必须认真考虑到原材料的来源与成本。在同等性能条件下，要选择原材料来源广、产地近、价格低廉的品种。

（5）依据添加组分性能的设计原则 首先，配方设计时，要充分考虑到添加组分（添加剂或助剂）与树脂的相容性。只有添加组分物质与树脂具有良好的相容性，才会均匀地分散于树脂体系中，才能与树脂形成一良好的整体结构，从而发挥其应有的功能与作用。其次，要考虑到添加组分的耐加工性，这是因为添加组分（添加剂或助剂）多为小分子物质，其热分解温度不高，特别是小分子的有机物质，更易分解。应确保小分子溶液添加组分物质在加工中不蒸发，固体物质不分解（发泡剂除外），液体物质不逸出。再次，就是应考虑到添加组分的毒性，添加组分物一般都有毒性或低毒性，选择时应在不影响制品性能的情况下，尽量选择低毒物质，以免影响工作环境，特别是与食品和药物接触的塑料制品，更要选择无毒或低毒添加物质。另外，对某些特殊功能的塑料制品，如透明制品，所选用添加组分不能影响其透明性，要选用折光指数与树脂相近的物质，对制品透明性的影响越小越好。

三、配方设计方法

1. 去除法——单组分调整配方设计法

在配方设计时，树脂中只需添加单组分（助剂）就可完成配方的设计，这种配方设计一般常用去除法来确定添加组分及其用量。去除法的基本原理是：假定 $f(x)$ 是塑料制品的物理性能指标，它是调整区间中单峰函数。即 $f(x)$ 在调整的区间 (a, b) 中只有一个极点，这个点就是所寻求的物理性能最佳点。通常用 x 表示因素取值， $f(x)$ 表示目标函数。根据具体问题要求，在该因素的最优点上，目标函数取最大值、最小值或某种规定的要求，这些都取决于该塑料制品的具体情况。

在寻找最优试验点时，常利用函数在某一局部区域的性质或一些已知的数值来确定下一个试验点。这样一步步搜索、逼近，不断去除部分搜索区间，逐步缩小最优点的存

在范围，最后达到最优优点。

在搜索区间内任取两点，比较它们的函数值，舍去一个。这样搜索区间缩小后再进行下一步，使区间缩小到允许误差之内。常用的搜索方法有以下几种：

(1) 爬高法（逐步提高法） 爬高适合于工厂小幅度调整配方，生产损失小。其方法是：先找一个起点 A ，这个起点一般为原来的生产配方，也可以是一个估计的配方。在 A 点向该原材料增加的方向 B 点做试验，同时向该原材料减少的方向 C 点做试验。如果 B 点好，原材料就增加，如果 C 点好，原材料就减少。这样一步步改变，如爬到 W 点，再增加或减少效果反而不好，则 W 点就是要寻找的该原材料的最佳值。选择起点的位置很重要，起点选得好时，则试验次数可减少，选择步长大小也很重要，一般先是步长大一些，待快接近最佳点时，再改为小的步长。该爬高法比较稳妥，对生产影响较小。

(2) 黄金分割法 (0.618 法) 该方法是根据数学上黄金分割定律演变来的。其具体做法是：先在配方试验范围 (A, B) 的 0.618 点作第一次试验，再在其对称点作第二次试验，比较两点试验的结果（指制品的物理力学性能），去掉“坏点”以外的部分。在剩下的部分继续取已试点的对称点进行试验，再比较，再取舍，逐步缩小试验范围，达到最终目的。该法的每一步试验都要根据上次配方试验结果而决定取舍，因此每次试验的原材料及工艺条件都要严格控制，不得有差异，否则无法决定取舍方向。该法试验次数少，较为方便，适于推广。

(3) 均分法 采用均分法的前提条件是：在试验范围内，目标函数是单调的，即该塑料制品应有一定的物理性能指标，以此标准作为对比条件。同时，还应预先知道该组分对制品的物理性能影响的规律，这样才能知道其试验结果表明该原材料的添加量是多或少。该法与黄金分割法相似，只是在试验范围内，每个试验点都取在范围的中点上，根据试验结果，去掉试验范围的某一半，然后在保留范围的中点做第二次试验，再根据第二次试验结果，又将范围缩小一半，这样逼近最佳点范围的速度很快，而且取点也极为方便。

(4) 分批试验法 分批试验法可分为均分分批试验法和比例分割分批试验法两种。均分分批试验法是把每批试验配方均匀地同时安排在试验范围内，将其试验结果比较，留下好结果的范围。在这留下的部分，再均匀分成数份，再做一批试验，这样不断做下去，就能找到最佳的配方质量范围。在这个窄小的范围内，等分点结果较好，又相当接近，即可中止试验。这种方法的优点是试验总时间短、速度快，但总的试验次数较多。比例分割分批试验法与均分分批试验法相似，只是试验点不是均匀划分，而是按一定比例划分。该法由于试验效果、试验误差等原因，不易鉴别，所以一般工厂常用均分分批试验法，但当原材料添加量变化较小，而制品的物理性能却有显著变化时，用该法较好。

(5) 其他方法 分数法（即斐波那契搜索法）是先给出试验点数，再用试验来缩短给定的试验区间，其区间长度缩短率为变值，其值大小由斐波那契数列决定。抛物线法是在用其他方法试验，将配方试验范围缩小之后，还希望再继续精确时，可采用该法。它是利用做过三点试验后的三个数据，做此三点的抛物线，以抛物线顶点横坐标做

下次试验依据, 如此连续试验而成。

2. 多组分调整配方设计方法

(1) 正交设计法 正交设计法是应用数理统计原理进行科学地安排与分析多组分调整的一种设计方法。

正交设计法的最大优点在于可大幅度减少试验次数, 尤其是试验中变量调整越多, 减少程度越明显, 它可以在众多试验次数中, 优选出具有代表性的配方, 通过尽可能少的试验, 找出最佳配方或工艺条件。有时最佳配方可能并不在优选的试验中, 但可以通过试验结果处理, 推算出最佳配方。

常规的试验方法为单组分调整轮换法, 即先改变其中一个变量, 把其他变量固定, 以求得此变量的最佳值; 然后改变另一个变量, 固定其他变量, 如此逐步轮换, 从而找出最佳配方或工艺条件。用这种方法对一个三个变量的配方, 每个变量三个试验数值(水平)的试验, 试验次数为 $3 \times 3 \times 3 = 27$ 次, 而用正交设计法, 只需 6 次即可。

(2) 正交设计试验结果分析法 一个最佳的配方可能在所做的试验中, 也可能不在其中, 这就需要对试验结果进行分析处理而找出最佳配方。试验分析可以解决如下三个方面的问题: ①对指标的影响, 哪个组分主要, 哪个组分次要, 分清主次关系; ②各个组分因素以哪个水平为最好; ③各个组分因素用什么样的水平组合起来, 指标值最好。

目前常用的分析方法有两种, 即直观分析法和方差分析法。

1) 直观分析法 计算每个水平几次试验取得指标的平均值, 进行比较, 找出每个因素的最佳水平; 几个因素的最佳水平组合起来, 即为最佳配方或工艺条件; 另外, 计算每个因素不同水平所取得不同指标值差, 何种因素不同水平之间指标差大, 即为对指标最有影响的因素。直观分析法直观、简便, 但不能区分因素与水平的作用差异。

2) 方差分析法 这是一种精确的计算方法, 结果精确, 但手段繁杂。其方法为通过偏差的平方和及自由度等一系列计算, 将因素和水平的变化引起试验结果间的差异与误差的波动区分开来, 这样来分析正交试验的结果, 对下一步试验或投入生产的可靠性很大。

四、配方设计的基本程序

现仅以硬质聚氯乙烯 (UPVC) 管材为例, 详细加以说明。

1. 各组分的调整与组合

UPVC 配方中 PVC 树脂是主要原料, 由于其成型加工温度通常不低于 170°C , 所以纯 PVC 树脂是无法直接加工成制品的。因而稳定剂是配方中必不可少的组分。加入相关的一种或几种稳定剂, 就可在配方中组成稳定体系。

由于在挤出过程中物料在双螺杆或螺杆与料筒的间隙中因剪切力、挤压力、摩擦力的作用, 使其分子之间的摩擦力增加, 过度的内部摩擦力会使物料在加工过程中熔体粘度变差, 制品变黄, 脆性增加。因而必须在配方中加入内润滑剂, 它减少了分子之间的摩擦作用, 避免了因摩擦而产生的物料分解, 改善了熔体粘度。另外, 在加工过程中, 物料所接触的料筒内壁, 以及成型机头中各个部件都会产生一定的摩擦作用并可能使其粘附, 同时, 过量的摩擦热促进了物料的分解反应。为了减少这一类的摩擦作用, 配方

中应加入外润滑剂。为了能使 PVC 材料在整个加工过程中产生的摩擦热较合理,必须同时使用内外两种不同的润滑剂。配方中的内、外润滑剂的组合称之为润滑体系。润滑体系中内、外润滑剂的平衡在配方设计中最难掌握,内润滑剂加入过量会使制品塑化质量较差,而外润滑剂过量除在定径套及口模处析出外,严重时会影响质量和产量。因此,内、外润滑剂的比例很重要,它要求合理、平衡,使用量过多或过少均会直接影响 PVC 材料的加工及其产品的性能,而合适的内、外润滑剂配比可改善制品的外观和内在质量。

UPVC 塑料管在加工成型时因挤出设备性能较差或挤出机螺杆和料筒磨损较大,模具压力不够,配方中填充料过多或改性剂过多等因素,都会产生物料的熔融塑化时间延长、塑化质量下降现象,使产品的质量变差。为了能有效地促进物料在挤出时的凝胶塑化,在配方中加入高聚物加工助剂十分必要,它不但能降低加工温度,也能放宽工艺温度的可调范围,从而提高产品质量的稳定性。

为了进一步拓宽使用领域,改善施工和应用条件,对 PVC 材料进行改性非常重要。改性的目的和要求是在保持 PVC 原有的优良性能基础上,克服一些性能上的缺陷,以达到某些稳定场合和条件下的使用要求。目前,对 PVC 材料改性主要有:①使 PVC 材料具有一定韧性;②克服低温脆性;③提高使用温度,使之具有一定的耐热性;④降低表面电阻率或体积电阻率,使之具有抗静电性;⑤使材料发泡或微发泡,减轻制品的质量,降低材料的消耗,从而降低成本;⑥使材料透明,制成透明制品,扩大其应用范围;⑦提高阻燃性能,使之适应消防等特殊场合的要求;⑧赋予磁性、导热性、耐磨性等特殊性能,使之适合具有特殊性能要求的领域使用。

为了达到上述目的,在配方中需加入符合这些要求的添加剂,这种改变材料性能的添加剂称之为改性剂。

选择合适的着色剂,使 PVC 管材具有各种色彩,以适合不同领域的使用要求,这是在配方中必不可少的。

PVC 树脂的疏松性,决定了它是所有已知塑料材料中最能添加填充剂的材料,也是最能改性的材料。因此,配方中还可考虑加入一定量的填充剂。合理地添加填充剂,不但可以有效地降低生产成本,还可以提高产品在加工时的尺寸稳定性,但填充剂必须经过选择,添加量也必须合理,否则将影响产品质量。

通常在配方设计中,将这些相关材料的配比组合用下列通式来表示:

PVC 树脂 + 稳定体系 + 润滑体系 + 加工助剂 + 改性剂 + 填充剂 + 着色剂

2. 配方的确定过程

(1) 根据产品性能的要求制定试验配方单 在制定配方单时,必须分析所用材料各方面的性能,特别要注意其用量的限定范围,分析其加工过程中的不利因素,从而确定合理的用量。另外还必须了解使用该配方所涉及的一切加工设备及模具的状况,并制订加工工艺单。同时还应调整或挑选技术素质相对较好的操作人员进行配方试验,配方设计人员必须到生产现场亲自指导并了解试验的全过程,发现问题可及时调整配方及工艺,以达到最佳效果。

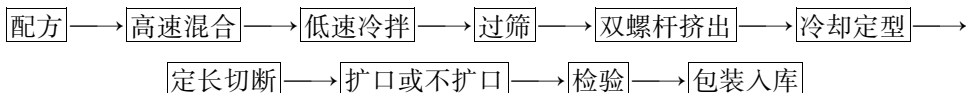
(2) 通过小试后的总结转入批量生产 一旦小试成功,必须总结试验过程,根据

测试人员对产品性能的检测，对配方中各种材料组分的配比作进一步的调整（微调），同时写出总结报告。小试与批量投产有着量的变化，外部干扰因素就会扩大，同时设备、模具、控制仪表的性能等均有差别，操作人员的技术水平也会参差不齐，因此在扩大批量投产时，要充分考虑可能出现的情况，做好各种准备工作，确保批量生产的成功。

（3）配方的验证 配方的验证除了对产品各项性能的多次检测外，还应征集产品投放市场后客户对产品质量的反馈意见，更重要的是使用该配方的产品质量稳定，生产也较规范。

（4）配方的成熟 配方定型后，在生产中不能随意改动，经过二三年的生产及应用考核后，相对来说比较完美，这类配方称之为成熟配方。一个成熟的配方通常只适用于某一企业，这是因为各企业的生产和技术条件并不完全一样，同一配方在不同的生产企业会产生不同的结果。

（5）用于生产的配方单的基本格式 不管生产何种 PVC 管材，其大致的生产工艺流程都可用以下的程序来表达：



对混料工艺有一定的要求，且必须加以重视。如配方中有液体添加剂，则必须先加入液体添加剂，不可将原辅料一次投入到拌缸中去。由于 PVC 树脂的体积（表面积）随着温度的上升而增大，液体添加剂容易渗透到物料中去，如果将主辅料一次性投入，液体添加剂除了渗透到 PVC 树脂中外，还会渗透到填充剂、改性剂等添加剂中，其结果是降低了液体添加剂的使用效果，特别是硫酸丁基锡这类高效稳定剂，添加量极少，很可能因部分组分渗透到其他添加剂中而降低了它的稳定效果。

当 PVC 树脂的温度达到 80 ~ 90℃ 时，体积（表面积）明显扩大，这时加入固体粉状或颗粒状的稳定剂效果最好。外润滑剂必须最后加入，如过早地加入外润滑剂，由于其包覆在 PVC 树脂的表层，并形成一层膜，从而阻碍了其他添加剂与 PVC 树脂的作用。

由此，在配混料中，如果有液体添加剂成分，如有机锡类稳定剂，各类液体增塑剂等，在高混加料时务必注意其顺序，通常情况下，加料顺序及混合方法为：PVC 树脂 + 液体添加剂，混合 1 ~ 2min，或混合温度达到 60 ~ 70℃，再加入固体稳定剂、内润滑剂，混合温度达到 90 ~ 100℃，再加入外润滑剂，如石蜡类等，混合温度达到 105 ~ 125℃ 后转低搅拌并冷却至 40 ~ 45℃。对于上述要求，一般生产企业都不够重视，原因是 对物料的混合机理不清楚，以至于当产品发生质量问题时，找不到原因。

第三节 塑料成型加工技术

1. 模压成型

模压又称压缩模塑，是模塑料在闭合模腔内借助加压（一般尚需加热）的成型方法。通常，模压适用于热固性塑料，如酚醛塑料、氨基塑料、不饱和聚酯等。模压或模

塑由预压、预热和模压三个过程组成。

(1) 预压 为改善制品质量和提高模塑效率,将粉料或纤维状模塑料预先压成一定形状的操作。

(2) 预热 为改善模塑料的加工性能和缩短成型周期,把模塑料在成型前先行加热的操作。

(3) 模压 在模具内加入所需量的塑料,闭模、排气,在模塑温度和压力下保持一段时间,然后进行脱模、清模的操作。

模压模塑用的主要设备是压力机和塑模。压力机用得最多的是自给式液压机,吨位从几十吨至几百吨不等。有下压式压力机和上压式压力机。用于模压的模具称为压制模具,分为三类:溢料式模具、半溢料式模具和不溢料式模具。

模压的主要优点是可模压较大平面的制品,能大量生产,其缺点是生产周期长,效率低。

2. 层压成型

可使用或不用粘合剂,通过加热、加压把相同或不相同材料的两层或多层结合为整体的方法。层压成型常用层压机操作,这种压力机的动压板和定压板之间装有多层可浮动热压板。层压成型常用的增强材料有棉布、玻璃布、纸张、石棉布等;树脂有酚醛、环氧、不饱和聚酯,以及某些热塑性工程树脂。

3. 冷压模塑

冷压模塑又叫冷压烧结成型,和普通压制模塑不同点是在常温下使物料加压模塑。脱模后的模塑品可再行加热或借助化学作用使其固化。

该法多用于聚四氟乙烯的成型,也用于某些耐高温塑料(如聚酰亚胺等)。一般工艺过程为制坯—烧结—冷却三个步骤。

4. 传递模塑

传递模塑又称挤塑,是热固性塑料的一种成型方法。模塑时先将模塑料在加热室加热软化,然后压入已被加热的模腔内固化成型。

传递模塑按设备不同有三种形式:①活板式;②罐式;③柱塞式。传递模塑对塑料的要求是,在未达到固化温度前,塑料应具有较大的流动性,达到固化温度后,又需具有较快的固化速率。能符合这种要求的有酚醛、三聚氰胺甲醛和环氧树脂等。

传递模塑具有以下优点:①制品废边少,可减少后加工量;②能模塑带有精细或易碎嵌件和穿孔的制品,并且能保持嵌件和孔眼位置的正确;③制品性能均匀,尺寸准确,质量高;④模具的磨损较小。缺点是:①模具的制造成本较压制模高;②塑料损耗大;③纤维增强塑料因纤维定向而产生各向异性;④围绕在嵌件四周的塑料,有时会因熔接不牢而使制品的强度降低。

5. 低压成型

使用成型压力 $\leq 1.4\text{MPa}$ 的模压或层压方法称为低压成型。低压成型方法用于制造增强塑料制品。增强材料如玻璃纤维、纺织物、石棉、纸、碳纤维等。常用的树脂绝大多数是热固性的,如酚醛、环氧、氨基、不饱和聚酯、有机硅等树脂。低压成型包括袋压成型和喷射成型。

(1) 袋压成型 借助弹性袋（或其他弹性隔膜）接受流体压力而使介于刚性模和弹性袋之间的增强塑料均匀受压而成为制件的一种方法。按造成流体压力的方法不同，一般可分为加压袋成型、真空袋成型和热压釜成型等。

(2) 喷射成型 成型增强塑料制品时，用喷枪将短切纤维和树脂等同时喷在模具上积层并固化为制品的方法。

6. 挤出成型

挤出成型也称挤压模塑或挤塑，它是在挤出机中通过加热、加压而使物料以流动状态连续通过口模成型的方法。挤出法主要用于热塑性塑料的成型，也可用于某些热固性塑料。挤出的制品都是连续的型材，如管、棒、丝、板、薄膜、电线电缆包覆层等。此外，还可用于塑料的混合、塑化造粒、着色、掺合等。

挤出成型机由挤出装置、传动机构，以及加热、冷却系统等主要部分组成。挤出机有螺杆式（单螺杆和双螺杆）和柱塞式两种类型。前者的挤出工艺是连续式，后者是间歇式。单螺杆挤出机的基本结构主要包括：传动装置、加料装置、料筒、螺杆、机头和口模等五个部分。

挤出机的辅助设备有物料的前处理设备（如物料输送与干燥）、挤出物处理设备（定型、冷却、牵引、切料或辊卷）和生产条件控制设备等三大类。

7. 挤拉成型

挤拉成型是热固性纤维增强塑料的成型方法之一，用于生产断面形状固定不变，长度不受限制的型材。成型工艺是将浸渍树脂胶液的连续纤维经加热模拉出，然后再通过加热室使树脂进一步固化而制备具有单向高强度连续增强塑料型材。

通常用于挤拉成型的树脂有不饱和聚酯、环氧和有机硅三种，其中不饱和聚酯树脂用得最多。

挤拉成型机通常由纤维排布装置、树脂槽、预成型装置、口模及加热装置、牵引装置和切割设备等组成。

8. 注射成型

注射成型（注塑）是使热塑性或热固性模塑料先在加热料筒中均匀塑化，而后由柱塞或移动螺杆推挤到闭合模具的模腔中成型的一种方法。注射成型几乎适用于所有的热塑性塑料。近年来，注射成型也成功地用于成型某些热固性塑料。注射成型周期短（几秒到几分钟），成型制品质量可由几克到几十千克，能一次成型外形复杂、尺寸精确、带有金属或非金属嵌件的模塑品。因此，该方法适应性强，生产效率高。

注射成型用的注射机分为两大类：柱塞式注射机和螺杆式注射机。是由注射系统、锁模系统和塑模三大部分组成。其成型方法可分为以下几种：

(1) 排气式注射成型 排气式注射成型应用的排气式注射机，在料筒中部设有排气口，也与真空系统相连接，当塑料塑化时，真空泵可将塑料中含有的水气、单体、挥发性物质及空气经排气口抽走，原料不必预干燥，从而提高生产效率，提高产品质量。特别适用于聚碳酸酯、尼龙、有机玻璃、纤维素等易吸湿的材料成型。

(2) 流动注射成型 流动注射成型可用普通移动螺杆式注射机，即塑料经不断塑化并投入有一定温度的模具型腔内，塑料充满型腔后，螺杆停止转动，借螺杆的推力使

模内物料在压力下保持适当时间，然后冷却定型。流动注射成型克服了生产大型制品的设备限制问题，制件质量可超过注射机的最大注射量。其特点是塑化的物件不是贮存在料筒内，而是不断挤入模具中，因此它是挤出和注射相结合的一种方法。

(3) 共注射成型 共注射成型是采用具有两个或两个以上注射单元的注射机，将不同品种或不同色泽的塑料，同时或先后注入模具内的方法。用这种方法能生产多种色彩和（或）多种塑料的复合制品，有代表性的共注射成型是双色注射和多色注射。

(4) 无流道注射成型 模具中不设置分流道，而由注射机的延伸式喷嘴直接将熔融料分注到各个模腔中的成型方法。在注射过程中，流道内的塑料保持为熔融流动状态，在脱模时不与制品一同脱出，因此制件没有流道残留物。这种成型方法不仅节省原料，降低成本，而且减少工序，可以达到全自动生产。

(5) 反应注射成型 反应注射成型的原理是将反应原材料经计量装置计量后泵入混合头，在混合头中碰撞混合，然后高速注射到密闭的模具中，快速固化，脱模，取出制品。它适于加工聚氨酯、环氧树脂、不饱和聚酯树脂、有机硅树脂、醇酸树脂等一些热固性塑料和弹性体。

(6) 热固性塑料的注射成型 粒状或团状热固性塑料，在严格控制温度的料筒内，通过螺杆的作用，塑化成粘塑状态，在较高的注射压力下，物料进入一定温度范围的模具内交联固化。热固性塑料注射成型除有物理状态变化外，还有化学变化。因此与热塑性塑料注射成型相比，在成型设备及加工工艺上存在着很大的差别。表 1-8 比较了热固性与热塑性塑料注射成型条件的比较。

表 1-8 热固性与热塑性塑料注射成型条件的比较

工艺条件	热固性塑料	热塑性塑料
料筒温度	塑化温度低，料筒温度在 95℃ 以下， 温度控制要求严格	塑化温度高，料筒温度在 150℃ 以上， 温度控制不严格
在料筒中的时间	短	较长
料筒加热方式	液体介质（水、油）	电加热
模具温度/℃	150 ~ 200	< 100
注射压力/MPa	100 ~ 200	35 ~ 140
注射量	注射量较小，料筒前部余料很少	注射量可大，料筒前部余料较多

9. 吹塑成型

借气体压力使闭合在模具中的热型坯吹胀成为中空制品，或管型坯无模吹胀成管膜的一种方法。该方法主要用于各种包装容器和管式膜的制造。凡是熔体流动速率指数为 0.04 ~ 1.12 的都是比较优良的中空吹塑材料，如聚乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、热塑性聚酯、聚碳酸酯、聚酰胺、乙酸纤维素和聚缩醛树脂等，其中以聚乙烯应用得最多。

(1) 注射吹塑 用注射成型法先将塑料制成有底型坯，接着再将型坯移到吹塑模中吹制成中空制品。

(2) 挤出吹塑 用挤出法先将塑料制成有底型坯,接着再将型坯移到吹塑模中吹制成中空制品。注射吹塑和挤出吹塑两者不同之处在于制造型坯的方法不同,吹塑过程基本上是相同的。吹塑设备除注射机和挤出机外,主要是吹塑用的模具,吹塑模具通常由两瓣合成,其中设有冷却剂通道,分型面上小孔可插入充压吹气管。

(3) 拉伸吹塑 拉伸吹塑是双定向拉伸的一种吹塑,其方法是先将型坯进行纵向拉伸,然后用压缩空气进行吹胀达到横向拉伸。拉伸吹塑可使制品的透明性、冲击强度、表面硬度和刚性有很大的提高,适用于聚丙烯、聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)的吹塑成型。拉伸吹塑包括:注射型坯定向拉伸吹塑,挤出型坯定向拉伸吹塑,多层定向拉伸吹塑,压缩成型定向拉伸吹塑等。

(4) 吹塑薄膜法 该法是成型热塑性薄膜的一种方法。系用挤出法先将塑料挤成管,而后借助向管内吹入的空气使其连续膨胀到一定尺寸的管式膜,冷却后折叠卷绕成双层平膜。塑料薄膜可用许多方法制造,如吹塑、挤出、流延、压延、浇注等,但以吹塑法应用最广泛。该方法适宜于聚乙烯、聚氯乙烯、聚酰胺等薄膜的制造。

10. 浇注成型

在不加压或稍加压的情况下、将液态单体、树脂或其混合物注入模内并使其成为固态制品的方法。浇注法分为静态浇注、嵌注、离心浇注、搪塑、旋转注塑、滚塑和流延注塑等。

(1) 静态浇注 静态浇注是浇注成型中较为简便和使用较为广泛的一种方法。这种方法常用液状单体、部分聚合或缩聚的浆状物、聚合物与单体的溶液,配入助剂(如引发剂、固化剂、促进剂等)或热塑性树脂熔体注入模腔而成型。

(2) 嵌注 嵌注又称封入成型,它是将各种样品、零件等包封到塑料中间的一种成型技术。即将被嵌物件置于模具中,注入单体、预聚物或聚合物等液体,然后使其聚合或固化(或硬化),脱模。这种技术已广泛用于电子工业。用于这类成型工艺的塑料制品有脲甲醛、不饱和聚酯、有机玻璃和环氧树脂等。

(3) 离心浇注 离心浇注是利用离心力成型管状或空心筒状制品的方法。通过挤出机或专用漏斗将定量的液态树脂或树脂分散体注入旋转并加热的容器(即模具)中,使其绕单轴高速旋转(每分钟几十转到两千转),此时放入的物料即被离心力分布在模具的近壁部位。在旋转的同时,放入的物料发生固化,随后视需要经过冷却或后处理即可制得制品。在成型增强塑料制品时还可同时加入增强性的填料。离心浇注通常用的都是熔体粘度较小、热稳定性较好的热塑性塑料,如聚酰胺、聚乙烯等。

(4) 搪塑 搪塑是模塑中空制品的一种方法。模塑时将塑料糊倒入开口的中空模内,直至达到规定的容量。模具在装料前或装料后应进行加热,以便使物料在模具内壁变成凝胶,当凝胶达到预定厚度时,倒出过量的液体物料,并再行加热使之熔融,冷却后即可自模具内剥出制品。搪塑用的塑料主要是聚氯乙烯。

(5) 旋转注塑 该法是将液态物料装入密闭的模具中而使它以较低速度(每分钟几转到几十转)绕单轴或多轴旋转,这样,物料即能借重力而分布在模具的内壁上,再通过加热或冷却达到固化或硬化后,即可从模具中取出制品。绕单轴旋转的用于生产圆筒形制品,绕双轴或靠振动运动的则用于生产密闭制品。

(6) 滚塑(旋转成型) 类似于旋转注塑的一种成型方法,不同的是其所用的物料不是液体,而是烧结性干粉料。其过程是把粉料装入模具中而使它绕两个互相垂直的轴旋转,受热并均匀地在模具内壁上熔结为一体,而后再经冷却就能从模具中取得空心制品。滚塑使用的有聚乙烯、改性聚苯乙烯、聚酰胺、聚碳酸酯和纤维素塑料等。

(7) 流延注塑 该法是制取薄膜的一种方法。制造时,先将液态树脂或树脂分散体流布在运行的载体(一般为金属带)上,随后用适当方法将其固化,最后即可从载体上剥取薄膜。用于生产流延薄膜的塑料有:三醋酸纤维素、聚乙烯醇、氯乙烯和乙酸乙烯的共聚物等,此外某些工程塑料如聚碳酸酯等也可用来生产流延薄膜。

11. 手糊成型

手糊成型又称手工裱糊成型和接触成型,是制造增强塑料制品的方法之一。该法是在涂好脱模剂的模具上,用手工一边铺设增强材料一边涂刷树脂直到所需厚度为止,然后通过固化和脱模而取得制品。手糊成型中采用的合成树脂主要是环氧树脂和不饱和聚酯树脂。增强材料有玻璃布、无捻粗纱方格布和玻璃毡等。

12. 纤维缠绕成型

在控制张力和预定线型的条件下,以浸有树脂胶液的连续丝缠绕到芯模或模具上来成型增强塑料制品。这种方法只适于制造圆柱形和球形等回转体。

常用的树脂有酚醛树脂、环氧树脂、不饱和聚酯树脂等。玻璃纤维是缠绕成型常用的增强材料,它有两种:有捻纤维和无捻纤维。

13. 压延成型

将热塑性塑料通过一系列加热的压辊,而使其在挤压和展延作用下连续成为薄膜或片材的一种成型方法。

压延产品有薄膜、片材、人造革和其他涂层制品等。压延成型所采用的原材料主要是聚氯乙烯、纤维素、改性聚苯乙烯等。

压延设备包括压延机和其他辅机。压延机通常以辊筒数目及其排列方式分类。根据辊筒数目不同,压延机有双辊、三辊、四辊、五辊、六辊,但以三辊或四辊压延机用得最多。

14. 涂布成型

为达到防腐、绝缘、装饰等目的,以液体或粉末形式在织物、纸张、金属箔或板等物体表面上涂盖塑料薄层(例如0.3mm以下)的方法称为涂布成型。

涂布成型法最常用的塑料一般是热塑性塑料,如聚乙烯、聚氯乙烯、聚酰胺、聚乙烯醇、聚三氟氯乙烯等。

涂布工艺有热熔敷、流化喷涂、火焰喷涂、静电喷涂和等离子喷涂。

(1) 热熔敷 用压缩空气将塑料粉末经过喷枪喷射到预热过的工件表面,塑料熔化、冷却形成覆盖层。

(2) 流化喷涂 预热的工件浸入悬浮有树脂粉末的容器中,树脂粉末熔化而粘附在表面上。

(3) 火焰喷涂 将流态化树脂通过喷枪口的锥形火焰区使之熔化而实现喷涂的一种方法。

(4) 静电喷涂 利用高压静电造成静电场, 即工件接地成正极, 塑料粉末喷出时带有负电荷, 则塑料静电喷涂到工件上。

(5) 等离子喷涂 用等离子喷枪, 使流经等离子发生区的惰性气体 (如氩气、氮气、氮气的混合气体) 成为 $5500 \sim 6300^{\circ}\text{C}$ 的高速高能等离子流, 卷引粉状树脂以高速喷射至工件表面熔结成涂层。

15. 树脂传递模塑 (RTM)

RTM 以预成型物 (织物或多向编织物) 为增强材料, 成型时, 先将预成型物放置于低成本模具 (复合材料模具、木制模具或石膏模具) 中, 利用泵将液体树脂 (如环氧、乙烯酯树脂等专用料) 以较低的压力 (0.69MPa) 注入模腔, 该工艺是在室温下固化成型高性能增强塑料制品的一种先进成型工艺。

该工艺压力小, 温度低, 模具成本低, 工艺控制方便, 是制备大型或特大型增强塑料制品的先进工艺, 也是目前将不同材质集合在一起形成高性能制品的先进集成工艺技术。

16. 发泡成型

发泡是使工程塑料产生微孔结构的过程。几乎所有的热固性和热塑性工程塑料都能制成泡沫塑料, 常用的树脂有: 聚苯乙烯、聚氨酯、聚氯乙烯、聚乙烯、脲甲醛、酚醛等。

按照泡孔结构可将泡沫塑料分为两类: 若绝大多数气孔是互相连通的, 则称为开孔泡沫塑料; 如果绝大多数气孔是互相分隔的, 则称为闭孔泡沫塑料。开孔或闭孔的泡沫结构是由制造方法所决定的。

(1) 化学发泡 由特意加入的化学发泡剂, 受热分解或原料组分间发生化学反应而产生的气体, 使塑料熔体充满泡孔。化学发泡剂在加热时释放出的气体有二氧化碳、氮气、氨气等。化学发泡常用于聚氨酯泡沫塑料的生产。

(2) 物理发泡 物理发泡是在塑料中溶入气体或液体, 而后使其膨胀或汽化发泡的方法。物理发泡适应的塑料品种较多。

(3) 机械发泡 借机械搅拌方法使气体混入液体混合料中, 然后经定形过程形成泡孔的泡沫塑料。此法常用于脲甲醛树脂, 其他如聚乙烯醇缩甲醛、聚乙酸乙烯、聚氯乙烯溶胶等也适用。

17. 二次成型

二次成型是塑料成型加工的方法之一, 该方法是以塑料型材或型坯为原料, 使其通过加热和外力作用成为所需形状的制品。

(1) 热成型 热成型是将热塑性塑料片材加热至软化, 在气体压力、液体压力或机械压力下, 采用适当的模具或夹具而使其成为制品的一种成型方法。塑料热成型的方法很多, 一般可分为:

1) 模压成型。采用单模 (阳模或阴模) 或对模, 利用外加机械压力或自重, 将片材制成各种制品的成型方法, 它不同于一次加工的模压成型。此法适用于所有热塑性塑料。

2) 差压成型。采用单模 (阳模或阴模) 或对模, 也可以不用模具, 在气体差压的

作用下，使加热至软的塑料片材紧贴模面，冷却后制成各种制品的成型方法。差压成型又可分为真空成型和气压成型。

热成型特别适用于制造壁薄、表面积大的制品。常用的塑料品种有：各种类型的聚苯乙烯、有机玻璃、聚氯乙烯、ABS、聚乙烯、聚丙烯、聚酰胺、聚碳酸酯和聚对苯二甲酸乙二醇酯等。

热成型设备包括夹持系统、加热系统、真空和压缩空气系统以及成型模具等。

(2) 双轴拉伸 为使热塑性薄膜或板材等的分子重新定向，特在玻璃化温度以上所作的双向拉伸过程。拉伸定向要在聚合物的玻璃化温度和熔点之间进行，经过定向拉伸并迅速冷到室温后的薄膜或单丝，在拉伸方向上的力学性能有很大提高。适合于定向拉伸的聚合物有：聚氯乙烯、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚偏二氯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯以及某些苯乙烯共聚物。

(3) 固相成型 固相成型是热塑性塑料型材或坯料在压力下用模具使其成型为制品的方法。成型过程在塑料的熔融（或软化）温度以下（至少低于熔点 $1 \sim 20^{\circ}\text{C}$ ），均属固相成型。其中对非结晶类的塑料在玻璃化温度以上、熔点以下的高弹区域加工的常称为热成型，而在玻璃化温度以下加工的则称为冷成型或室温成型，也常称为塑料的冷加工方法或常温塑性加工。

固相成型有如下优点：生产周期短；制品的韧性好；设备简单，可生产大型及超大型制品；成本降低。缺点是：难以生产形状复杂、精密的制品；生产工艺难以控制；制品易变形、开裂。

固相成型包括：片材辊轧、深度拉伸或片材冲压、液压成型、挤出、冷冲压、辊筒成型等。

塑料成型加工方法尽管很多，但在通用塑料制品成型加工中，运用最多的方法有注射成型、挤出成型和吹塑成型三种。鉴于字数所限，本书仅对上述三种成型工艺进行较为详细的介绍。其他成型工艺仅作扼要说明。

第二章 聚 乙 烯

第一节 主要品种与性能

一、简介

聚乙烯（PE）是以乙烯单体聚合而成的聚合物，工业上把乙烯均聚物和乙烯与其他单体的共聚物均归入聚乙烯之类。在聚乙烯树脂中添加相应的助剂或添加剂制成的材料则称为聚乙烯塑料。

1. 分类

1) 按制造工艺区分。可分为高压聚乙烯和低压聚乙烯。

2) 按密度区分。可分为低密度聚乙烯（LDPE）、高密度聚乙烯（HDPE）、中密度聚乙烯（MDPE）等。

3) 按相对分子质量或结构特征区分。可分为线性低密度聚乙烯（LLDPE）、交联聚乙烯（CLPE）、低相对分子质量聚乙烯（LMWPE）和超高相对分子质量聚乙烯（UHMWPE）等。

2. 性能

1) 简便识别方法。聚乙烯为白色蜡状物，比水轻，燃烧时有石蜡的气味，软化后呈球状，火焰上部呈黄色，中间呈蓝色，不能自熄，人们可依此辨别。

2) 聚乙烯的结构。聚乙烯的分子是长链线型结构或支链结构，为典型的结晶聚合物。在固体状态下，结晶部分与无定形部分共存。结晶度视加工条件和原处理条件而异，一般情况下，密度越高结晶度就越大。LDPE 结晶度通常为 55% ~ 65%，HDPE 结晶度为 80% ~ 90%。图 2-1 为聚乙烯的结构示意图。

从图 2-1 可见，PE 分子均有一定的支化度。LDPE 支化度较高，在每 1000 个碳原子中含有 15 ~ 25 个甲基侧链以及少量的乙基和丁基侧链，由于侧链或支链降低了分子的规整度，所以，会造成含大量支链的 PE 结晶度、密度和刚性均低。HDPE 的



图 2-1 聚乙烯的结构示意图

支化度较低，每 1000 个碳原子的主链上只有 5 ~ 7 个乙基侧链，故而结晶度高，密度、刚性和硬度等性能均较好。由于 PE 的力学性能很大程度上依赖于聚合物的相对分子质量、支化度和结晶度，如 PE 密度高和结晶度大，其断裂伸长率就好，但延展性就差。所以，了解聚合物结构会对其结构改性和其他改性有很大帮助。一般来说 HDPE 拉伸强度为 20 ~ 25MPa，而 LDPE 拉伸强度仅为 10 ~ 20MPa。这一数值距离工程材料的拉伸强度（100 ~ 200MPa）还相差很大的距离。

3) 性能与适用性。聚乙烯为典型的热塑性塑料，是无嗅、无味、无毒的可燃性白

色粉末。成型加工的 PE 树脂均是经挤出造粒的蜡状颗粒料，外观呈乳白色。其相对分子质量在 1~100 万范围内。相对分子质量超过 100 万的则为超高相对分子质量聚乙烯（UHMWPE）。相对分子质量越高，其物理力学性能越好，越接近工程材料的要求水平。但相对分子质量越高，其加工的难度也随之增大。聚乙烯熔点为 105~135℃，其耐低温性能优良，在 -60℃ 下仍可保持良好的力学性能，但使用温度在 80~110℃ 左右。

聚乙烯化学稳定性较好，室温下可耐稀硝酸、稀硫酸和任何浓度的盐酸、氢氟酸、磷酸、甲酸、醋酸、氨水、胺类、过氧化氢、氢氧化钠、氢氧化钾等溶液。但不耐强氧化酸的腐蚀，如发烟硫酸、浓硝酸、铬酸与硫酸的混合液。在室温下上述溶剂会对聚乙烯产生缓慢的侵蚀作用，而在 90~100℃ 下，浓硫酸和浓硝酸会快速地侵蚀聚乙烯，使其破坏或分解。

聚乙烯在大气、阳光和氧的作用下，会发生老化、变色、龟裂、变脆或粉化，丧失其力学性能。在成型加工温度下，也会因氧化作用，使其熔体粘度下降，发生变色、出现条纹，故而在成型加工和使用过程或选材时应予以注意。对 PE 的改性方法是加入抗氧剂、紫外线吸收剂或炭黑等可明显提高其耐老化性能。

由于聚乙烯属非极性材料，所以其电绝缘性能优异，其介电常数与介电损耗基本上与温度和频率无关，高频性能亦佳，是制造电线、电缆绝缘料的优选原材料。

聚乙烯及其制品受应力或制品内残余应力作用时，在与醇、醛、酮、酯表面活性剂等极性溶剂或蒸汽接触会产生龟裂，这称为应力开裂。相对分子质量越低开裂越严重。选材加工时掺混聚异丁烯一类的聚合物可减少或消除应力开裂，聚乙烯的性能见表 2-1。

表 2-1 聚乙烯的性能

性 能	测试方法 ASTM	低密度	中密度	高 密 度	
				熔体质量流动 速率>1	熔体质量流动 速率为 0
密度/g·cm ⁻³	D792—2000	0.910~0.925	0.926~0.940	0.941~0.965	0.945
平均相对分子质量		≈3×10 ⁵	≈2×10 ⁵	≈1.25×10 ⁵	(1.5~2.5)×10 ⁶
折射率		1.51	1.52	1.54	
透气速度(相对值)		1	1 $\frac{1}{3}$	1/3	
断裂伸长率(%)	D638—2002	90~800	50~600	15~100	
邵氏硬度 HD	A785	41~50	50~60	60~70	55HR
(缺口)冲击强度/J·m ⁻¹	D256—2002	>853.4	>853.4	80~1067	>1067
拉伸强度/MPa	D638—2002	6.9~15.9	8.3~24.1	21.4~37.9	37.2
拉伸弹性模量/MPa	D638—2002	117.2~241.3	172.3~379.2	413.7~1034	689.5
连续耐热温度/℃		82~100	104~121	121	
热变形温度(0.46MPa)/℃	D648—2001	38~49	49~74	60~82	73
比热容/J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹		2302.7		2302.7	

(续)

性 能	测试方法 ASTM	低密度	中密度	高 密 度	
				熔体质量流动 速率>1	熔体质量流动 速率为0
结晶熔点/℃		108 ~ 126	126 ~ 135	126 ~ 136	135
脆化温度/℃	D746	- 80 ~ - 55		< - 140 ~ - 100	< - 137
熔 体 质 量 流 动 速 率/g · (10min) ⁻¹	D1238—2001	0. 2 ~ 30	0. 1 ~ 4. 0	0. 1 ~ 4. 0	0. 00
线胀系数/× 10 ⁻⁵ K ⁻¹		16 ~ 18	14 ~ 16	11 ~ 13	7. 2
热导率/[W · m ⁻¹ · K ⁻¹]		0. 35		0. 46 ~ 0. 52	
耐电弧性/s	D495—1999	135 ~ 160	200 ~ 235		
相对介电常数	D150 ~ 1998				
(60 ~ 100Hz)		2. 25 ~ 2. 35	2. 25 ~ 2. 35	2. 30 ~ 2. 35	2. 34
(1MHz)		2. 25 ~ 2. 35	2. 25 ~ 2. 35	2. 30 ~ 2. 35	2. 30
介质损耗角正切	D150—1998				
(60 ~ 100Hz)		< 5 × 10 ⁻⁴	< 5 × 10 ⁻⁴	< 5 × 10 ⁻⁴	< 3 × 10 ⁻⁴
(1MHz)		< 5 × 10 ⁻⁴	< 5 × 10 ⁻⁴	< 5 × 10 ⁻⁴	< 2 × 10 ⁻⁴
RH50% ,23℃下体积电阻率/Ω · cm	D257—1998				
		> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶
介电强度/kV · mm ⁻¹	D149—1997				
短时		18. 4 ~ 28. 0	20 ~ 28	18 ~ 20	28. 4
步级		16. 8 ~ 28. 0	20 ~ 28	17. 6 ~ 24	27. 2

3. 聚乙烯成型加工性

聚乙烯的成型加工方法很多，注塑、挤塑、吹塑等一般热塑性塑料成型方法均可采用，还可以用来进行喷涂、焊接、机加工等。

用来注塑的聚乙烯树脂由于密度不同，各有其适当的熔体流动速率范围，通常选用树脂熔体流动速率为 10 ~ 20g/10min。熔体流动速率高的树脂，相对分子质量小，粘度低，加工温度也低，但成品的力学性能较差；熔体流动速率低的树脂，相对分子质量大，粘度高，成品的力学性能也好（见表 2-2），但加工温度高。相对分子质量分布宽的树脂（可以用加入低相对分子质量聚乙烯的方法达到），成型时的流动性好，但是制品的力学性能和耐热性降低。聚乙烯树脂密度不同，其制品性能和结晶速度也不同，所以成型条件有所不同，表 2-3 中列出了聚乙烯密度与性能的关系。在注塑过程中聚乙烯分子有取向现象，经冷却定型所得的制品在一定程度上仍保留取向现象，使制品沿注塑方向的收缩率增大，薄壁制品表现尤为突出。由于取向现象还会使注塑制品的浇口周围部位的脆性增加，提高注塑温度或改用熔体流动速率较高的聚乙烯，可避免这种不良现

象，但用熔体流动速率高的树脂所得的制品冲击强度较低。

聚乙烯是非极性结构，因此吸湿性很小，但由于它是非导体，所得的颗粒在贮存运输过程中，特别是在干燥的大气中，易产生静电，吸附空气中的水分，因而造成水分含量过大。如果含水量超过 0.05% 而不经干燥直接用来成型，则制品内部可能产生气泡。因此，在成型前应进行干燥处理，通常是在 80℃ 烘 2 ~ 3h。

表 2-2 聚乙烯的性质与熔体质量流动速率的关系

性质 \ 熔体质量流动速率	低	高	性质 \ 熔体质量流动速率	低	高
拉伸强度	增加		低温脆性	改善	
伸长率	增加		耐药品性	提高	
耐冲击性	增加		成型时的流动性	提高	
耐应力破裂性	提高		表面光泽	提高	
耐磨性	提高				

表 2-3 聚乙烯的密度与性能的关系

密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	低密度 ≤ 0.925		中密度 $0.926 \sim 0.940$		高密度 > 0.940
结晶度 (%)	65		75	85	95
相对硬度	1		2	3	4
轮化温度/℃	105		118	124	127
拉伸强度/MPa	144		175	245	335
伸长率 (%)	500		300	100	25
冲击强度 (缺口,悬臂梁式)/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	42		21	17	13

聚乙烯注塑时，可采用一般的注塑机进行注塑，注射温度提高，制品的拉伸强度和伸长率也都下降。注射工艺大体如下：柱塞式注塑机，料筒温度后段 140 ~ 160℃，前段 170 ~ 200℃，压力 60 ~ 100MPa，注射时间 15 ~ 60s，高压时间 0 ~ 3s，冷却时间：15 ~ 60s，总周期 40 ~ 130s，收缩率 1.5 ~ 4%。

各种聚乙烯的挤出成型，对螺杆的要求并不需要特殊的设计，常用螺杆 $L/D = 10 \sim 15$ ，压缩比 2 ~ 3 都可使用，聚乙烯挤出工艺参数见表 2-4。聚乙烯的成型工艺条件与参数见表 2-5。

表 2-4 PE 挤出工艺参数

项 目	LDPE	HDPE	MDPE
加料下部温度/℃	125 ~ 150	140 ~ 170	140 ~ 180
料筒中间温度/℃	140 ~ 170	150 ~ 200	150 ~ 220
料筒头部温度/℃	150 ~ 180	160 ~ 230	160 ~ 240
机头温度/℃	150 ~ 160	170 ~ 200	170 ~ 220
机头前端温度/℃	170 ~ 200	180 ~ 220	180 ~ 220

表 2-5 聚乙烯的成型工艺条件与参数

性 能	ASTM 测试法	聚 乙 烯 及 乙 烯 共 聚 物					
		低、中密度			高 密 度		
		均聚乙烯		乙 烯 共 聚 物		均聚乙烯	橡胶改性
		支链	线形	乙 烯 - 乙 酸 乙 烯	乙 烯 - 丙 烯 酸 乙 酯		
加 工	熔融温度/℃	106 ~ 115	122 ~ 124	103 ~ 108		130 ~ 137	122 ~ 127
	加工温度/°F (C = 模压; T = 传递模塑; I = 注射; E = 挤出)	I: 300 ~ 450 E: 250 ~ 450	I: 350 ~ 500 E: 450 ~ 600	C: 200 ~ 300 E: 350 ~ 430 E: 300 ~ 380	C: 200 ~ 300 E: 250 ~ 500	I: 350 ~ 500 E: 350 ~ 525	E: 360 ~ 450
	模塑压力/MPa	35 ~ 105	35 ~ 105	7 ~ 140	7 ~ 140	84 ~ 105	
	压缩比	1.8 ~ 3.6				2	
	收缩率/cm · cm ⁻¹	0.015 ~ 0.050		0.007 ~ 0.035	0.015 ~ 0.035	0.015 ~ 0.040	
	拉伸断裂强度/MPa	8.4 ~ 31.8	13.3 ~ 28.0	15.4 ~ 28.0	11.2 ~ 14.7	22.4 ~ 31.5	16.1 ~ 20.3
	断裂伸长率(%)	100 ~ 650	100 ~ 950	300 ~ 750	700 ~ 750	10 ~ 1200	600 ~ 700
	拉伸屈服强度/MPa	9.1 ~ 14.7	9.8 ~ 19.6	8.4 ~ 42.0		26.6 ~ 33.6	9.8 ~ 18.2
机	压缩强度(断裂或屈服)/MPa				21.0 ~ 25.2	18.9 ~ 25.2	
	弯曲强度(断裂或屈服)/MPa						
	拉伸弹性模量/MPa	175.0 ~ 287.0	266.0 ~ 525.0	49.0 ~ 203.0	28.0 ~ 52.5	1085.0 ~ 1295.0	
	压缩弹性模量/MPa						
械	弯曲弹性模量(73°F)/MPa	245.0 ~ 336.0	280.0 ~ 525.0	53.9		1015.0 ~ 1575.0	
	悬臂梁冲击强度(3.18mm厚, 有缺口的试样)/J · m ⁻¹	不断裂	53.5 ~ 4815.0	不断裂	不断裂	21.4 ~ 214.0	
	洛氏硬度 HR				SD27 ~ 38		SD55 ~ 60
	邵氏硬度 HS	SD44 ~ 50		SD17 ~ 45		SD66 ~ 73	

(续)

性 能		ASTM 测试法	聚乙烯及乙烯共聚物					
			低、中密度			高 密 度		
			均聚乙烯		乙烯共聚物 乙烯-乙酸乙烯 乙烯-丙烯酸乙酯	均聚乙烯	橡胶改性	
			支链	线形				
热 物 理	线胀系数/ $\times 10^{-6} \text{K}^{-1}$	D696	100 ~ 220					
	在弯曲负荷下的热变形 温度/ $^{\circ}\text{F}$	D648	104 ~ 112					
		D648						
	热导率/ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \text{K}^{-1}$	C177	0.335					
	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	D792	0.917 ~ 0.932	0.918 ~ 0.935	0.922 ~ 0.943	0.93	0.952 ~ 0.965	0.932 ~ 0.939
	吸水性(3.18mm 厚试样,24h)(%)	D570	<0.01		0.05 ~ 0.13	0.04	<0.01	
加 工 性 能	介电强度(3.18mm 厚试样,短时间) / $\text{kV} \cdot \text{mm}^{-1}$	D149	18 ~ 40		24.8 ~ 30.4	18 ~ 22	18 ~ 20	
	聚乙烯及乙烯共聚物							
	性 能	共 聚 物	高 密 度			交 联		
			低、中相 对分子质量		超高相对 分子质量	30%玻璃 纤维增强	模塑级	电线电缆级
			高相对 分子质量		乙 烯-丙 烯 酸 甲 酯			
			125 ~ 132	125 ~ 133	83	125 ~ 135	120 ~ 140	
	熔融温度/ $^{\circ}\text{C}$							
加 工 性 能	加工温度/ $^{\circ}\text{F}$ (C = 模压;T = 传道模 塑;I = 注射;E = 挤出)	I:375 ~ 500 E:300 ~ 500	I:375 ~ 500 E:375 ~ 475	E:300 ~ 350	C:400 ~ 500	1,400 ~ 600	C:240 ~ 450 I:250 ~ 300	
	模塑压力/ MPa	35.0 ~ 140.0			5 ~ 20	10 ~ 20		
	压缩比	2						
	收缩率/ $\text{cm} \cdot \text{cm}^{-1}$	0.012 ~ 0.040			0.040	0.002 ~ 0.006	0.007 ~ 0.090	0.020 ~ 0.050

(续)

聚乙 烯 及 乙 烯 共 聚 物									
性 能	高 密 度					交 联			
	共 聚 物			超高相对 分子质量	30% 玻璃 纤维增强	模塑级	电 线 电 缆 级		
	低、中相 对分子质量	高相对 分子质量	乙 烯-丙 烯 酸 甲 酯						
力 学 性 能	拉伸断裂强度/MPa	21.0 ~ 455.0	16.0 ~ 30.0	11.6	39.0	63.0	11.0 ~ 32.2	10.5 ~ 27.7	
	断裂伸长率(%)	10 ~ 1300	170 ~ 800	740	420 ~ 525	1.5	10 ~ 440	180 ~ 600	
	拉伸屈服强度/MPa	18.2 ~ 29.4	19.6 ~ 27.3	11.6	21.7 ~ 28.0				
	压缩强度(断裂或屈服)/MPa	18.9 ~ 25.2				49.0	14.0 ~ 38.5		
	弯曲强度(断裂或屈服)/MPa					77.0	14.0 ~ 45.5		
	拉伸弹性模量/MPa	630.0 ~ 910.0	952.0	84.0			350.0 ~ 3500.0		
	压缩弹性模量/MPa						350.0 ~ 1050.0		
	弯曲弹性模量(73 °F)/MPa	840.0 ~ 1260.0	875.0 ~ 1225.0		910.0 ~ 980.0	5600.0	490.0 ~ 2450.0	56.0 ~ 98.0	
	悬臂梁冲击强度(3.18mm 厚, 有缺口的试样)/J · m ⁻¹	18.7 ~ 321.0	171.2 ~ 240.8		不断裂	58.9	53.5 ~ 1070.0		
	洛氏硬度 HR 邵氏硬度 HS	S D58 ~ 70	S D63 ~ 65		R50	R75	S D55 ~ 80	S D33 ~ 57	
热 物 理 性 能	在弯曲负荷下的热变形 温度/°F	1.85MPa	70 ~ 110	70 ~ 110	130	48	100	100	
		0.46MPa	149 ~ 176	154 ~ 158	110 ~ 120	250	105 ~ 145	100 ~ 173	
	热导率/W · m ⁻¹ · K ⁻¹	0.4187				265	130 ~ 225		
	密度/g · cm ⁻³	0.930 ~ 0.960	0.947 ~ 0.955	0.942 ~ 0.945	0.94	1.28	0.95 ~ 1.45	0.91 ~ 1.40	
	吸水性(3.18mm 厚试样, 24h) (%)	<0.01		0.0	<0.01	0.02	0.01 ~ 0.06	0.01 ~ 0.06	
	介电强度(3.18mm 厚试样, 短时间) /kV · mm ⁻¹	18 ~ 20			28	20	9 ~ 22	24.8 ~ 30.4	

注：1°F = $\frac{5}{9}$ °K。

4. 应用

聚乙烯适用于制造薄膜、管材、电线电缆料、单丝、日常用品、中空制品、泡沫塑料、涂料和粘合剂等。但未改性 PE 不能作工程材料。工程结构材料所要求的材料刚性通常在 $800 \sim 1000\text{MPa}$ ，强度在 100MPa 以上，耐热性在 $130 \sim 150^\circ\text{C}$ 左右。由此可见，若将聚乙烯用作结构材料，就必须对其进行改性，提高其强度、刚性和耐热性。使其三项性能至少达到通用工程塑料的水平，特别是增强塑料的性能水平（如尼龙与增强尼龙的强度为 $70 \sim 130\text{MPa}$ ，刚性为 $900 \sim 1200\text{MPa}$ ），方可用作工程结构材料。实现 PE 工程化的方法只有改性技术。目前发达国家市售 PE 树脂 80% 以上为改性 PE 树脂，采用改性技术在发展高性能低成本工程材料中具有十分重要的地位与作用。

二、低密度聚乙烯

1. 基本特性

低密度聚乙烯（LDPE）通常是以乙烯为单体，在 $98.0 \sim 294\text{MPa}$ 的高压下，用氧或有机过氧化物为引发剂，经聚合所得的聚合物，密度为 $0.910 \sim 0.925\text{g/cm}^3$ 。中密度聚乙烯（MDPE）密度为 $0.926 \sim 0.940\text{g/cm}^3$ ；甚低密度聚乙烯（VLDPE）密度在 0.910g/cm^3 以下。

低密度聚乙烯分子链上有长短支链，结晶度较低，相对分子质量一般 $5 \sim 50$ 万，它是一种乳白色呈半透明的蜡状固体树脂，无毒。软化点较低，超过软化点即熔融，其热熔接性、成型加工性能很好，柔软性良好，抗冲击强度、耐低温性很好，可在 $-60 \sim -80^\circ\text{C}$ 下工作，电绝缘性优秀（尤其是高频绝缘性）；LDPE 的力学性能较差，耐热性不高，抗环境应力开裂性、粘附性、粘合性、印刷性差，需经表面处理，如化学侵蚀、电晕等处理后方可改进其粘合性、印刷性；吸水性很低，几乎不吸水；化学稳定性优秀，如对酸、碱、盐、有机溶剂都较稳定；对 CO_2 、有机性臭气渗透性大，但对水蒸气、空气的渗透性差；易燃烧，燃烧时有似石蜡味；在日光和热作用下容易老化降解而变色，由白转黄转褐色，最终呈黑色，且性能下降或龟裂，若加入一定量的抗氧剂、紫外线吸收剂等可改善性能；在化学交联剂或高能辐照下交联，可提高软化点、耐温性、刚度、耐溶剂性等。

低密度聚乙烯（LDPE）适合热塑性成型加工的各种成型工艺，成型加工性好，如注塑、挤塑、吹塑、旋转成型、涂覆、发泡工艺、热成型、热风焊、热焊接等。

LDPE 主要用途是作薄膜产品，如农业用薄膜、地面覆盖薄膜、农膜、蔬菜大棚膜等；包装用膜如糖果、蔬菜、冷冻食品等；液体包装用吹塑薄膜（牛奶、酱油、果汁、豆腐、豆奶）；重包装袋，如收缩包装薄膜、弹性薄膜、内衬薄膜；建筑用薄膜；一般工业包装薄膜和食品袋等。

LDPE 还用于注塑制品，如小型容器、盖子、日用制品、塑料花、注塑—拉伸—吹塑容器、医疗器具、药品和食品包装材料、挤塑的管材、板材、电线电缆包覆、异形材、热成型等制品；吹塑中空成型制品，如食品容器有奶制品和果酱类、药物、化妆品、化工产品容器、槽罐等；钙塑板、泡沫塑料等。旋转成型滚塑制品主要用于大型容器和贮槽。

2. 低密度聚乙烯树脂新、老国家标准命名对照和质量指标（见表 2-6 和表 2-7）

表 2-6 低密度聚乙烯树脂新、老国家标准命名对照表

新国家标准命名	老国家标准命名	新国家标准命名	老国家标准命名
PE-FSB-23D012	2F1. 5B	PE-FA-18D002	1F0. 3A
PE-FSB-23D022	2F2B	PE-FA-23D003	2F0. 4A
PE-FAS-18D012	1F1. 5B	PE-FA-23D002	2F0. 3A
PE-FAS-18D075	1F7B	PE-M-18D022	1I2A-1
PE-FA-18D006	1F0. 5A	PE-M-13D022	1I2A

表 2-7 低密度聚乙烯树脂质量指标（GB 11115—2009）

序号	项目	轻膜料						农膜料						重膜料												
		PE-FSB-23D012			PE-FSB-23D022			PE-FSB-18D012			PE-FAS-18D075			PF-FA-18D045			PE-FA-18D002			PE-FA-23D003						
		优级	一级	合格	优级	一级	合格	优级	一级	合格	优级	一级	合格	优级	一级	合格	优级	一级	合格	优级	一级	合格				
1	清洁度总分	≤		10	15	20	10	15	20	15	15	20	15	15	20	20	30	40	20	30	40	0.4				
2	熔体质量流动速率 /g·(10min) ⁻¹	标称值		1.5		2.0		1.5		7.0		0.45		0.3		±0.06		±0.06		±0.06		±0.06				
		偏差		±0.2		±0.4		±0.4		±1.5		±0.15		±0.06		±0.06		±0.06		±0.06		±0.06				
3	密度/g·cm ⁻³ (23℃)	标称值		0.9222		0.9222		0.9182		0.9195		0.9182		0.9200		0.9212		0.9212		0.9212		0.9212				
		偏差		±0.0015		±0.0015		±0.0015		±0.0015		±0.0015		±0.0015		±0.0015		±0.0015		±0.0015		±0.0015				
4	薄膜 外观	鱼眼(0.3~2mm)/N/1200cm ²		14	20	30	14	20	30	15	20	30	15	20	30											
		条纹(≥1cm)cm/20m ²		≤		20		20		20		20		20												
5	开口性	易于揭开			易于揭开			易于揭开			易于揭开			易于揭开												
6	雾度(%)	≤	9.0	10.0	11.0	9.0	10.0	11.0																		
7	拉伸强度/MPa	≥	11.0		11.0		12.5		11.0		16.0		15.5	15.0	18.0	16.0	15.0	18.0	17.0	16.0	15.0	16.0	16.0			
8	断裂伸长率(%)	≥	550		550		450		650		550	500	650	550	500	650	550	500	650	550	500	550	500			

(续)

序号	项目	重膜料						注塑料						涂 层 料								
		PE-FA-23D002			PE-M-18D022			PE-M-13D022			PE-M-18D500			PE-H-18D045			PE-H-18D075			PE-H-13D075		
		优级	一级	合格	优级	一级	合格	优级	一级	合格	优级	一级	合格	优级	一级	合格	优级	一级	合格	优级	一级	合格
1	清洁度总分	20	30	40	10	15	40	10	15	40	10	15	40	10	15	20	10	15	20	10	15	20
2	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	标称值		0.3		2.0		2.0		50		6.0		7.0		8.0						
		偏差		±0.04		±0.3		±0.3		±7.0		±0.9		±1.0		±1.2						
3	密度/g · cm ⁻³ (23℃)	标称值		0.9212		0.9192		0.9175		0.9162		0.9190		0.9182		0.9162						
		偏差		±0.0015		±0.0015		±0.0015		±0.0015		±0.0015		±0.0015		±0.0015						
4	拉伸强度/MPa	18.0	17.5	17.0	13.0	13.0	12.0	13.0	12.0	13.0	12.0	7.5	7.5	6.0								
5	断裂伸长率(%)	650	550	500	500	500	370	300														
6	熔胀比	标称值										1.70		1.70		1.70						
		偏差												±0.1 ±0.2 ±0.3		±0.1 ±0.2 ±0.3		±0.1 ±0.2 ±0.3				
7	维卡软化点/℃	≥						85		85		73										

注：对于轻膜、农膜料该项指标为生产厂保证指标，实行定期抽查，每月不少于两次。

(1) 大庆石油化工总厂塑料厂 LDPE 性能 (见 表 2-8)

表 2-8 大庆石油化工总厂塑料厂 LDPE 性能

项目	牌 号	18A	21A	24B	18D	24E	18G	18VA	18VB	18VD	19E	19D	18E
熔体质量流动速率/g·(10min) ⁻¹	0.3	0.3	0.3	0.7	1.5	2	6	0.5	0.7	1.5	2.3	1.5	2
密度/g·cm ⁻³	0.919	0.921	0.922	0.922	0.919	0.924	0.919	0.926	0.929	0.926	0.919	0.919	0.919
拉伸强度/N·mm ⁻²	9	10	10	10	9	10	9	9	6	8		11	13

(续)

项目	牌号	18A	21A	24B	18D	24E	18G	18VA	18VB	18VD	19E	19D	18E
断裂伸长率(%)		600	600	600	600	600	500	650	700	650	400	550	500
断裂强度/N·mm ⁻²		16	16	14	12	11	9.5	15	17	12	13		
冲击强度/g		900	900	140	120	90		550	140	120			
环境应力开裂时间/h		500	300	6	3			15					
脆化温度/℃		-70	-70	-70	-70	-70	-60	-80	-90	-80			
混浊度(%)		16	15	12	14	6		14		11			
介质损耗角正切值		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	5			0.5		
介电常数		2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.5		2.35			
介电强度/kV·mm ⁻¹		40	40	40	40	40	40	34					

注：1. LDPE堆积密度为0.5g/cm³。
2. 24E的光泽度为60%。
3. 18A：薄膜级，耐冲击性优良，适合重包装和收缩薄膜；
18D：无添加剂的作通用薄膜，含添加剂的作农用薄膜；
18E：适合10L以下中空制品、瓶塞盖、饮料瓶和管材；
18G：挤出涂层级，适合复合薄膜制品；
18VA：薄膜级，适合重包装袋制品；
18VB：薄膜级，适合农用薄膜制品；
18VD：薄膜级，适合农用薄膜制品；
21A：电绝缘级，适合通信电缆和护层及绝缘电缆料；
19E：挤出高绝缘电缆用；
24B：挤塑级，适合管材等制品；
24E：薄膜级，适合高透明度薄膜，包装薄膜。

(2) 上海石油化工股份有限公司各牌号 LDPE 树脂性能 (见表 2-9)
表 2-9 上海石油化工股份有限公司各牌号 LDPE 树脂性能

产 品 牌 号											
国际牌号	PE-MX-18D012	PE-KA-18D001	PE-H-13D045	PE-MA-13D200	PE-M-18D045	PE-M-18D022-A	PE-M-18D012	PE-M-18D012-A	PE-M-23D022		
企业牌号	D110	D015	FH400	ZH2000	ZH400	ZH220	ZH110	ZH120	ZH280		
引进牌号	EF30	WC30	LK30	MS30							
熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	优等 0.8 ~ 1.4	2.1 ~ 0.2	3.2 ~ 4.8	16 ~ 24	—	—	—	—	—		
	一等 0.8 ~ 1.4	2.1 ~ 0.2	3.2 ~ 4.8	16 ~ 24	3.2 ~ 4.8	2.8 ~ 2.6	2.8 ~ 1.4	2.8 ~ 1.4	2.5 ~ 3.2		
	合格 0.8 ~ 1.4	0.1 ~ 0.2	3.2 ~ 4.8	16 ~ 24	3.0 ~ 5.0	1.6 ~ 2.8	0.6 ~ 1.6	0.6 ~ 1.6	2.3 ~ 3.4		
密度/g · cm ⁻³	优等	0.9190 ~ 0.9210	0.9180 ~ 0.9200	0.9170 ~ 0.9190	—	—	—	—	—		
	一等	0.9190 ~ 0.9210	0.9180 ~ 0.9200	0.9170 ~ 0.9190	0.9190 ~ 0.9210	0.9210 ~ 0.9230	0.9190 ~ 0.9210	0.9190 ~ 0.9210	0.9240 ~ 0.9260		
	合格	0.9185 ~ 0.9215	0.9175 ~ 0.9205	0.9165 ~ 0.9195	0.9185 ~ 0.9215	0.9205 ~ 0.9235	0.9185 ~ 0.9215	0.9185 ~ 0.9215	0.9235 ~ 0.9265		
拉伸强度/MPa	≥ 11.7	14.7	—	6.9	9.8	9.8	9.8	10.9	9.8		
弯曲刚性/MPa	优等	—	—	117.6	—	—	—	—	—		
	一等	—	—	108	—	—	—	—	—		
	合格	—	—	98	—	—	—	—	—		
维卡软化温度/℃	≥ —	—	—	—	80	85	85	85	85		
熔胀比	优等	—	1.7 ~ 1.9	—	—	—	—	—	—		
	一等	—	1.6 ~ 2.0	—	—	—	—	—	—		
	合格	—	1.5 ~ 2.1	—	—	—	—	—	—		

(续)

产 品 牌 号										
国际牌号	PE-MX-18D012	PE-KA-18D001	PE-H-13D045	PE-MA-13D200	PE-M-18D045	PE-M-18D022-A	PE-M-18D012	PE-M-18D012-A	PE-M-23D022	
企业牌号	D110	D015	FH400	ZH2000	ZH400	ZH220	ZH110	ZH120	ZH280	
引进牌号	EF30	WC30	LK30	MS30						
介电常数	优等 2.5	2.5	—	—	—	—	—	—	—	—
	一等 2.5	2.5	—	—	—	—	—	—	—	—
	合格 2.8	2.8	—	—	—	—	—	—	—	—
介质损耗角正切	优等 0.0004	0.0004	—	—	—	—	—	—	—	—
	一等 0.00045	0.00045	—	—	—	—	—	—	—	—
	合格 0.0005	0.0005	—	—	—	—	—	—	—	—
聚合物类型	均聚	均聚	均聚	均聚	均聚	均聚	均聚	均聚	均聚	均聚
加工方法	挤出	挤出	挤出,注塑	注塑	注塑	注塑	注塑	注塑	注塑	注塑
相应国外牌号	EF30	WC30	LK30	MS30						
主要用途	电缆(交联)	电缆(护套)	其他(层合 注塑)	其他(注塑)	注塑	注塑	注塑	注塑	注塑	注塑
辅助用途	电器注塑件	电器注塑件	涂覆料共 混基料	共混基料小 型成型件	小型成型件	小型成型件	各种注塑品	各种注塑品	小型成型件	

产 品 牌 号										
国际牌号	PE-FAS-18D045	FE-FASB-18D045	PE-FAS-18D022	PE-GAS-18D012	PE-FA-18D002	PE-FSB-23D022-A	PE-FSBA-23D022-A	PE-CSB-23D045	PEF-CSBA-23D045	
企业牌号	N400	N401	N220	N110	Z025	Q280	Q281	L400	L401	
引进牌号	YK30	YK31	AH40	YF30	ZE33	NH50	NH51	ZK60	ZK61	
熔体质量流动速率 /g·(10min) ⁻¹	3.2~4.8	3.2~4.8	1.8~2.6	0.8~1.4	0.2~0.3	2.5~3.2	2.5~3.2	3.2~4.8	3.2~4.8	
密度/g·cm ⁻³	优等 0.9190~0.9210	0.9190~0.9210	0.9210~0.9230	0.9190~0.9210	0.9190~0.9210	0.9240~0.9260	0.9240~0.9260	0.9250~0.9280	0.9250~0.9280	

(续)

产 品 牌 号										
国际牌号	PE-FAS- 18D045	FE-FASB- 18D045	PE-FAS- 18D022	PE-GAS- 18D012	PE-FA- 18D002	PE-FSB- 23D022-A	PE-FSBA- 23D022-A	PE-CSB- 23D045	PEF-CSBA- 23D045	
企业牌号	N400	N401	N220	N110	Z025	Q280	Q281	L400	L401	
引进牌号	YK30	YK31	AH40	YF30	ZE33	NH50	NH51	ZK60	ZK61	
密度/g·cm ⁻³	一等	0.9190~0.9210	0.9190~0.9230	0.9190~0.9210	0.9190~0.9210	0.9240~0.9260	0.9240~0.9260	0.9250~0.9280	0.9250~0.9280	
	合格	0.9185~0.9215	0.9205~0.9235	0.9185~0.9215	0.9185~0.9215	0.9235~0.9265	0.9235~0.9265	0.9250~0.9280	0.9250~0.9280	
鱼眼(晶核)/个· 1200cm ⁻²	优等	15	15	15	—	14	14	14	14	14
	一等	20	20	20	—	20	20	20	20	20
	合格	30	30	30	—	30	30	30	30	30
拉伸强度/MPa	≥12.7/10.7	11.2/9.3	12.7/11.7	14.7/12.7	16.6/15.6	—	—	—	—	—
悬臂梁 V 型缺口冲击强度 /J·m ⁻²	—	—	—	—	5.0	—	—	—	—	—
雾度(%)	优等	22	16	23	—	10	13	9	12	12
	一等	22	16	23	—	11	14	10	13	13
	合格	22	16	23	—	12	15	11	14	14
开口性/N·2cm ⁻¹	优等	—	—	—	—	2.3	2.2	1.8	1.7	1.7
	一等	—	—	—	—	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	合格	—	—	—	—	4.0	4.0	3.5	3.5	3.5
聚合物类型	均聚	均聚	均聚	均聚	均聚	均聚	均聚	均聚	均聚	均聚
加工方法	吹塑	吹塑	吹塑	吹塑	吹塑	吹塑	吹塑	吹塑	吹塑	吹塑
相应国外牌号	YK30	YK31	AH40	YF30	ZE33	NH50	NH51	ZK60	ZK61	
主要用途	农(地)膜	农(地)膜	农(大棚)	农膜(通用)	重包装膜	轻膜(高透明)	轻膜(高透明)	薄膜(牵伸)	薄膜(牵伸)	
辅助用途	轻包装薄膜	轻包装薄膜	包装薄膜	自动包装薄膜 小型注塑件	中空成型 品管板	复合用料 小型注塑件	复合用料 小型注塑件	流延 薄膜	流延 薄膜	

(3) 燕山石化公司 LDPE 性能 (见表 2-10、表 2-11)

表 2-10 燕山石化公司 LDPE 性能 (一)

项目	测试方法	牌号	2F0.3A	2F0.3A-1	2F0.4A	2F0.4A-1	2F1.5B
熔体质量流动速率/ $g \cdot (10min)^{-1}$		JISK6760	0.3	0.3	0.4	0.4	1.5
密度/ $g \cdot cm^{-3}$		JISK6760	0.923	0.923	0.924		0.921
拉伸强度/MPa		JISK6760	18.62	18.62	16.66		14.7
伸长率(%)		JISK6760	600	600	550		550
冲击强度/ $kJ \cdot m^{-1}$		住友法	0.35	0.34	0.32	0.32	0.23
撕裂强度/ $N \cdot m^{-1}$	纵	JIS	496	441	441		735
	横	P8116	539	392	245		490
成膜性/ μ		住友法	25	25	25		12
脆化温度/ $^{\circ}C$		ASTM D746	-70	-70	-70		-70
浊度(%)		ASTM D1003	8	13	24		7
光泽度(%)		ASTM D2157	85	70	55		95
项目	测试方法	牌号	2F1.5B-1	2F3B	2F5B	1F7B	2F7B
熔体质量流动速率/ $g \cdot (10min)^{-1}$		JISK6760	1.5	2.5	5	7	7
密度/ $g \cdot cm^{-3}$		JISK6760	0.921	0.924	0.925	0.923	—
拉伸强度/MPa		JISK6760	13.72	13.72	12.74	11.76	—
伸长率(%)		JISK6760	500	500	150	150	—
冲击强度/ $kJ \cdot m^{-1}$		住友法	0.25	0.23	0.19	0.20	—
撕裂强度/ $N \cdot m^{-1}$	纵	JIS	392	392	588	490	—
	横	P8116	294	294	294	294	—
成膜性/ μ		住友法	13	12	11	11	—
脆化温度/ $^{\circ}C$		ASTM D746	-70	-70	-70	-50	—
浊度(%)		ASTM D1003	8	7	7	9	—
光泽度(%)		ASTM D2157	80	95	90	70	—

表 2-11 燕山石化公司 LDPE 性能 (二)

产品牌号		2F1.5B	2F5B	2F3B-1	1F7B	2F0.4A-1	2F0.3A-1	2F0.8B	2F0.8A	112A-1
国际牌号		FE-E3B-23D012	PE-FA-23D045	PE-FAS-23D022	PE-FAS-18D075	PE-FA-23D003	PE-FA-18D002	PE-F-23D006	PE-FL-23D006	PE-M-18D022
企业牌号		2F1.5B	2F5B	2F3B-1	1F7B	2F0.4A-1	2F0.3A-1	2F0.8B	2F0.8A	112A-1
引进牌号		F208	F403		F702		F101-1M			G201
产品指标	采用标准 测试方法	GB/T 11115 —2009								
		GB/T 11115—2009								
着色粒/(粒/kg)树脂 杂质/(粒/kg)		GB/T 11115—2009								
熔体质量流动速率 /g·(10min) ⁻¹		≤20	≤20	≤20	≤20	≤40	≤40	≤40	≤40	≤40
密度/g·cm ⁻³		1.5±0.2	5±0.7	3.0±0.4	7±0.5	0.4±0.06	0.3±0.04	0.8±0.12	0.8±0.2	2.2±0.3
拉伸强度/MPa ≥		0.9222±0.0015	0.9232±0.0015	0.9215±0.0015	0.91952±0.0015	0.9212±0.0015	0.9212±0.0015	0.9210±0.0015	0.9205±0.0015	0.9292±0.0015
简支梁冲击强度 /kJ·m ⁻² ≥		11	11.5	12	11	18	18	14.5	14	122
断裂伸长率(%) ≥		GB/T 1040—2006								
鱼眼(晶核)/个· 1200cm ⁻² ≤		550	500	550	450	600	600	500	450	500
聚合物类型		均聚	均聚	均聚	均聚	均聚	均聚	均聚	均聚	均聚
加工方法		吹塑	吹塑	吹塑	均聚	吹塑	吹塑	吹塑	吹塑	吹塑
生产状况		曾生产	曾生产	曾生产	大批生产	生产	生产	生产	生产	大量生产
主要用途		轻膜料	轻型包装膜	轻型包装膜农田	涂层	棚膜、重包装膜	棚膜、重包装膜	棚膜	重包装袋	容器及其他注塑制品
辅助用途						包装膜	包装膜		盆景	

(续)

产品牌号	1150A	117A	217A	1120A	1B30A	1I40A	1C5A	1C10A	1C7A
国际牌号	PE-M-18D500	PE-M-18D075	PE-M-23D075	PE-M-18D200	PE-M-18D300	PE-M-18D400	PE-H-18D045	PE-H-18D100	PE-H-18D070
企业牌号	1150A	117A	217A	1120A	1B30A	1I40A	1C5A	1C10A	1C7A
引进牌号				G801					L705
产品指标	采用标准 测试方法		GB/T 11115—2009	GB/T 11115—2009	GB/T 11115—2009	GB/T 11115—2009	—	—	
着色粒/(粒/kg)树脂杂质/(粒/kg)	GB/T 11115—2009	≤40	≤40	≤40	≤40	≤40	≤20	≤20	≤20
熔体质量流动速率/g·(10min) ⁻¹	GB/T 3682—2000	50±0.7	7.0±4.5	20±3	30±4	40±6	5±0.8	10±2	7±1.0
密度/g·cm ⁻³	GB/T 1033—2010	0.9162±0.0015	0.9220±0.002	0.9182±0.0015	0.919±0.0015	0.9165±0.0015	0.9184±0.0015	0.9170±0.0015	0.9182±0.0015
拉伸强度/MPa	GB/T 1040—2006	6	10	8	7	6.5			
断裂伸长率(%)		500	400	350	330	310			
熔胀比	GB/T 11115—2009						1.7±0.3	1.7±0.3	1.7±0.3
聚合物类型	均聚	均聚	均聚	均聚	均聚	均聚	均聚	均聚	均聚
加工方法	吹塑	注塑	注塑	注塑	注塑	注塑	涂塑	涂塑	涂塑
生产状况	生产	曾生产	曾生产	生产	生产	生产	生产	生产	生产
主要用途	注塑人造花	注塑及中空制品、白龙管、文件管	注塑制品及10kg以下中空制品	塑料花用树脂	塑料花专用料	塑料、纸箱、铅表面涂覆	涂层专用	涂层专用	涂层专用

(4) 广州乙烯股份有限公司 LDPE 与 MDPE 性能（见表 2-12）

表 2-12 广州乙烯股份有限公司 LDPE 与 MDPE 性能

牌号	熔体质量 流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	特点和用途
DEX821	0.7	0.926	薄膜级，农膜和重包装内衬
DEX8218	0.7	0.926	薄膜级，农膜和重包装内衬
DEX8219	1.0	0.926	薄膜级，大棚膜和商品包装袋
DEX8220	1.0	0.926	薄膜级，农膜和重包装袋等
DEX8301	3.0	0.934	吹塑中空小瓶、罐等制品
DFDA6080BK-3	0.8	0.920	挤塑和管材级，滴罐、管等制品
DFDA7001	3.2	0.917	薄膜级，流延膜、拉伸膜、高级包装
DFDA7020	3.0	0.934	流延膜、尿布、编织袋等
DFDA7026	3.2	0.917	流延膜、拉伸膜、袋、粘贴膜等
DFDA7027	5.8	0.934	流延膜、食品袋、高档包装、编织袋
DFDA7029	2.6	0.916	流延膜、冷冻包装
DFDA7042	2.0	0.918	包装和内衬膜、掺混料等
DFDA7042	2.0	0.918	薄膜级，包装和内衬膜、掺混料等
DFDA7047	1.0	0.918	适合内衬用的掺混料
DFDA7051	2.0	0.924	薄膜级，超薄膜用
DFDA7055	0.5	0.918	薄膜级，大棚膜、重包装袋、收缩膜掺混料
DFDA7057	2.0	0.918	薄膜级、服装、垃圾、包装袋等
DFDA7059	2.0	0.918	流延膜、共挤出掺混料
DFDA7062	1.9	0.922	薄膜级，服装、尿布、杂物袋
DFDA7064	0.8	0.925	薄膜级，大棚膜、杂品袋、手提袋
DFDA7066	0.8	0.925	适合重包装和编织袋
DFDA7068	1.0	0.918	内衬掺混料、食品袋
DFDA7075	0.5	0.918	工业用包装膜、袋，掺混料
DFDA7081	1.0	0.918	薄膜级，透明膜、陈列样品包装袋
DFDA7087	1.0	0.918	薄膜级，地膜、购物袋
DFDA7093	1.9	0.924	薄膜级，流延膜、服装衬衣袋
DFDA7094	0.8	0.925	薄膜级，垃圾袋和商品包装等
DFDA7096	0.8	0.925	薄膜级，重包装袋和产品袋等
DFDC7050	2.0	0.925	薄膜级，超薄膜、服装袋、内衬用
DFDC7085	1.0	0.918	薄膜级，地膜、大棚膜、产品和商品包装

(续)

牌号	熔体质量 流动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	特点和用途
DFH2076	0.8	0.920	挤塑和电缆级, 电缆护套料
DGDA2400	0.2	0.940	挤塑级, 管材、气体管件等
DGDA2401	0.2	0.940	挤塑级, 管材、管件等
DGDB2463BK-3	0.6	0.939	挤塑管材级, 小口径水管、通信导管等
DHDA2483BK-3	0.6	0.939	挤塑管材级, 小口径水管、管件等
DMDA7144	20	0.924	注塑级, 家庭用品、运输桶等
DMDA8320	20	0.924	注塑级, 家庭用品、大型容器、盆、桶等
DMDA8350	50	0.926	注塑级, 家庭用品、瓶盖等
DNDA1077	100	0.931	注塑级, 食品容器、家庭器皿、平底杯、盖等
DNDA1081	125	0.931	注塑级, 食品容器、家庭器皿、日用品等薄壁制品
DNDA7146	12.0	0.926	吹塑中空级, 小容器、小罐、玩具
DNDA7147	50	0.926	注塑级, 食品容器、家庭器皿、盆、盖等
DNDA7341	0.8	0.920	挤塑和管材级, 水、气管、管衬里等
DNDA7342	2.0	0.918	吹塑中空和注塑级, 透明容器、罐等
DNDB1077	100	0.931	注塑级, 食品容器、家庭器皿、平底杯、盖等制品
DNDB7049	4.0	0.934	中空容器、户内罐、玩具、马桶等
DNDB7148 (3)	4.0	0.934	中空容器、大罐、桶等
DNDC7148 (2)	5.0	0.934	中空容器、工业桶、化学品罐、户外贮存容器
DNDC7150 (2)	3.5	0.939	中空罐、大型器皿、托盘等
DNDC7149	5.0	0.934	抗化学品包装、农用容器等
DNDC7152	3.5	0.939	中空罐、日用容器等
DNDD7148 (3)	5.0	0.934	中空罐、户外容器等
DNDD7149	5.0	0.934	中空小罐、食品容器、日用瓶等
DNDD7150 (2)	3.5	0.939	中空罐、农用罐、桶等
DNDD7152	3.5	0.939	吹塑中空级, 容器、小罐、玩具等
HS7001	3.2	0.917	流延膜、拉伸膜、冰袋等
HS7020	3.0	0.934	流延膜、尿布、编织袋等
HS7026	3.2	0.917	流延膜、拉伸膜、袋, 粘贴膜
HS7027	5.8	0.934	流延膜、商品高级包装
HS7028	1.0	0.918	拉伸膜、袋, 垃圾袋、干草贮存袋
HS7029	2.6	0.916	流延膜、优质拉伸包装袋、冰袋

(续)

牌号	熔体质量 流动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	特点和用途
HS7062	1.9	0.922	薄膜级, 结构袋、报纸袋
HS7064	0.8	0.925	薄膜级, 重包装袋、杂品袋、沸水袋
HS7066	0.8	0.925	大包装, 重包装、育秧棚膜、内衬膜
HS7068	1.0	0.918	薄膜级, 拉伸膜、垃圾袋、掺混料
HS7093	1.9	0.925	流延膜、食品袋、手提拉伸包装袋
HS7094	0.8	0.925	垃圾袋、复合、多层膜、内衬膜
HS7096	0.8	0.918	超薄膜、重包装袋、商品袋
HS7098	1.0	0.918	杂品袋、食品包装袋、掺混料

(5) 广东茂名乙烯工程指挥部 LDPE 性能 (见表 2-13)

表 2-13 广东茂名乙烯工程指挥部 LDPE 性能

牌号	熔体质量流动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	特点和用途
510-000	1.61 ~ 2.39	0.916 ~ 0.918	薄膜级, 适合制作内衬
810-000	0.78 ~ 1.74	0.916 ~ 0.919	电缆料专用级
831-000	7.55 ~ 10.19	0.917 ~ 0.920	薄膜级, 适合制作重包装膜、袋
860-000	20.0 ~ 28.0	0.920 ~ 0.924	注塑级制品
940-000	0.15 ~ 0.33	0.916 ~ 0.919	薄膜级, 适合制作农膜
940-094	0.15 ~ 0.33	0.919 ~ 0.922	薄膜级, 吹塑膜
942-060	0.15 ~ 0.21	0.919 ~ 0.922	电缆料专用级
951-000	1.84 ~ 2.50	0.920	薄膜级, 适合制作农膜
951-094	1.84 ~ 2.50	0.919 ~ 0.922	与 LLDPE 掺混用
957-000	2.24 ~ 2.90	0.920	适合制作注塑级制品
963-094	0.47 ~ 1.01	0.918 ~ 0.922	薄膜级, 适合制作重包装膜、袋

(6) 中原石油化工联合总公司 LDPE 性能 (见表 2-14)

表 2-14 中原石油化工联合总公司 LDPE 性能

牌号	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	熔体质量流动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	特点和用途
2111	0.924	20	丁烯-1 共聚物, 用于注塑自动挡板、瓶盖等工业部件, 挤塑食品用大容器

(7) 兰州化学工业公司石油化工厂 LDPE 性能、特性与用途（见表 2-15、表 2-16）

表 2-15 兰州化学工业公司石油化工厂 LDPE 性能

项目	牌号	1H2A	1F0. 3A	2F2B	1C7A-1	2J0. 3	D1. 3	D2. 0	1H50A
熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$		2	0. 3	2	7	0. 3	1. 3	2	50
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$		0. 9175	0. 9200	0. 9210	0. 9170	0. 9210	0. 9210	0. 9200	0. 9140
断裂强度/MPa			14. 7			16. 66	15. 2	14. 7	
清洁度总分		40	40	20	20	20	20	20	20
耐环境开裂应力时间/h						24			

注：1. 1F0. 3A 冲击强度为 80g，断裂伸长率为 500%。
2. 2J0. 3、D1. 3、D2. 0 的介电质损耗正切值为 0. 2，介电常数为 2. 3，介电强度为 30kV/mm。

表 2-16 兰州化学工业公司石油化工厂金兰牌 LDPE 的特性与用途

牌号	熔体质量流动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	特点和用途
1C7A-1	7	0. 919	挤出涂层级，无添加剂，用于复合制品
1F0. 3A	0. 3	0. 922	薄膜级，无添加剂，用于重包装袋
1H2A	2	0. 919	注塑级，不含有添加剂
1H50A	50	0. 914	注塑级，不含有添加剂，用于制作塑料花
1K2. 0B	2	0. 917	含添加剂、填料和颜料，用于绝缘级电缆
2F2A	2	0. 921	薄膜级，适合农用、通用及轻包装用薄膜
2F2B	2	0. 922	适量添加剂，其他同 2F2A
2J0. 3A	0. 3	0. 923	电缆料级，无添加剂，适合电缆用护套料
D1. 3	1. 3	0. 921	电缆料级，无添加剂，适合绝缘用电缆料
D2. 0	2	0. 920	电缆料级，适合绝缘用电缆料

(8) 扬子石油化工公司塑料厂 LDPE 性能与用途（见表 2-17）

表 2-17 扬子石油化工公司塑料厂 LDPE 性能与用途

牌号	熔体质量流动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	特点和用途
18A	0. 3	0. 919	薄膜级，适合制作重包装袋
18D	0. 5	0. 919	农用薄膜和电缆料
18G	6. 0	0. 919	涂层料
18VA	0. 5	0. 929	适合制作重包装薄膜袋、EVA 共聚物
18VB	0. 7	0. 929	适合制作农用薄膜、EVA 共聚物
18VD	1. 5	0. 926	适合制作农用薄膜、EVA 共聚物
19E			电缆料专用级

(续)

牌号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	特点和用途
21A	0.3	0.921	适合制作电线、电缆护套料
24B	0.7	0.922	挤塑级, 适合制作管材、型材
24E	2.0	0.924	高透明薄膜
24E	2.0	0.926	发泡剂

(9) 齐鲁石油化工公司 LDPE 性能 (见表 2-18)

表 2-18 齐鲁石油化工公司 LDPE 性能

性能	检验方法	2102TN00	2102TN26	2102TN37	2101TN00	2100TN00	2008XC41	QLT-02
拉伸断裂强度/MPa	ISOR527	≥8	≥8	≥8	≥10	≥13	≥8	
断裂伸长率(%)	ISOR527	≥450	≥450	≥450	≥450	≥450	≥400	
熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	2.5	2.5	2.5	0.85	0.3	7.5	0.5	
密度/g · cm ⁻³	0.921	0.921	0.921	0.921	0.921	0.920	0.921	
用途		薄膜、发泡片材、 电线、电缆	薄膜级	薄膜品级	薄膜品级	薄膜与电 缆料品级	薄膜品级	板材

(10) 抚顺石油化工公司乙烯化工厂 LDPE 性能 (见表 2-19)

表 2-19 抚顺石油化工公司乙烯化工厂 LDPE 的性能与用途

牌号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	特点和用途
11D1	0.6	0.919	丁烯-1 共聚物, 用作工业包装用薄膜
11F4	0.75	0.919	丁烯-1 共聚物, 用于与 HDPE 等掺混料

(11) 辽宁盘锦天然气化工厂 LDPE 性能 (见表 2-20)

表 2-20 辽宁盘锦天然气化工厂 LDPE 性能

牌号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	特点和用途
BD20030BA	0.35	0.920	挤塑级, 含有改性交联剂, 适合管材、电线电缆制品
BD20100BA	1	0.920	挤塑级, 含有改性交联剂, 适合管材、电线电缆制品
BD24250AA	25	0.924	注塑级, 适合各种盖子和日用品

3. 国外生产厂家、牌号与产品性能

(1) 美国海湾石油 (Gulf oil) 公司 Polyeth LDPE 性能 (见表 2-21)

表 2-21 美国海湾石油公司 Polyeth LDPE 性能

型号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格	型号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格
1005	2.0	0.917	注塑成型	1410	35	0.924	注塑成型
1007	8.0	0.917	注塑成型	2002	2.0	0.920	挤出薄膜
1008	12	0.917	注塑成型	2175	2.0	0.920	挤出薄膜
1008.5	22	0.917	注塑成型	5104	1.3	0.923	吹塑级
1009	50	0.917	注塑成型	1115B	2.0	0.920	吹塑级
1115	2.0	0.920	注塑成型	KN-220	22	0.917	注射级
1400	8.0	0.924	注塑成型	KN-226	22	0.925	注射成型
1407	8.0	0.925	注塑成型	KN-228	28	0.925	注射成型
1408.5	27	0.924	注塑成型	1019	14.5	0.923	涂覆级
1409	55	0.924	注塑成型	1059	14.5	0.923	涂覆级
4525	2.0	0.926	挤出薄膜	1604	1.5	0.935	薄膜级
5555	2.0	0.926	挤出薄膜	4559	4.5	0.925	挤塑级
5555H	1.3	0.925	挤出薄膜	5240	1.6	0.926	薄膜级
5616	0.4	0.923	挤出薄膜	5455	1.3	0.925	薄膜级
5753	0.85	0.924	挤出薄膜	5681	6.0	0.924	薄膜级
5754	0.8	0.925	挤出薄膜	5661	1.3	0.925	吹塑级
6250	1.3	0.925	挤出薄膜	5961	2.0	0.930	薄膜级
2205	2.0	0.942	薄膜级	5554H	1.3	0.925	薄膜级
2255	2.0	0.935	薄膜级	EC746	12	0.916	注塑成型
2635	1.5	0.935	挤出薄膜	6252	1.3	0.925	挤出薄膜
2640	1.5	0.935	挤出薄膜	5858	6.0	0.924	挤出薄膜
2653	1.5	0.935	挤出薄膜	5861	6.0	0.924	挤出薄膜
2662	1.5	0.935	挤出薄膜	5613	0.5	0.922	挤出薄膜
4524	1.3	0.924	挤出薄膜	5965	2.0	0.930	挤出薄膜
1018	12	0.916	挤出涂覆	1604	1.5	0.935	吹塑薄膜
4516	3.0	0.924	挤出涂覆	5455A	1.3	0.925	吹塑薄膜
2617C	3.0	0.930	挤出涂覆	5554	1.3	0.935	吹塑薄膜
4517	4.5	0.924	挤出涂覆	5613	0.4	0.923	吹塑薄膜
1115A	2.0	0.920	吹塑级	5955	2.0	0.930	吹塑薄膜
4522A	0.45	0.921	吹塑级	6550	1.3	0.925	吹塑薄膜
4538A	2.0	0.926	吹塑级	1017	7.0	0.918	挤出涂覆

(2) 美国杜邦 (DuPont) 公司 Alathon LDPE 性能 (见表 2-22)

表 2-22 美国杜邦公司 Alathon LDPE 性能

型号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格	型号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格
15	4.0	0.917	挤出涂覆	PE3441	0.5	0.918	吹塑薄膜
1540	6.5	0.917	挤出涂覆	2646	2.0	0.918	吹塑薄膜
1560	12	0.916	挤出涂覆	2822	22	0.910 ~ 0.925	注射成型
1645	4.5	0.923	挤出涂覆	2821	23	0.920	注射成型
16	3.7	0.923	挤出涂覆	2830	29	0.920	注射成型
1724	12	0.916	旋转成型	3040	2.0	0.919	吹塑薄膜
20	1.9	0.919	吹塑成型	3060	2.0	0.920	吹塑薄膜
2005	1.9	0.919	注塑成型	3246	2.0	0.910 ~ 0.925	挤出涂覆
2010	1.9	0.919	注塑成型	3266	2.0	0.920	挤出涂覆
2020	1.1	0.920	中空容器	34	3.0	0.930	注射成型
3442	0.5	0.918	挤出涂覆	1570	15	0.915	薄膜级
3445	0.5	0.918	吹塑薄膜	1640	4.5	0.923	薄膜级
3854	6.5	0.917	挤出涂覆	2650	2.0	0.922	薄膜级
PE4249	3.0	0.915	注射成型	3584	6.5	0.917	薄膜级
3120	1.2	0.912	吹塑薄膜	4249	3.0	0.915	注射级
4275	3.7	0.923	注射成型	4269	3.0	0.915	注塑
4350	6.5	0.930	挤出涂覆	6004	1.9	0.919	制瓶
4655	4.0	0.918	吹塑薄膜				

(3) 美国菲利浦石油 (Phillips Petro) 公司 Marlex LDPE 性能 (见表 2-23)

表 2-23 美国菲利浦石油公司 Marlex LDPE 性能

型号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格	型号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格
2331	3.1	0.923	挤塑成型	LX470	3.0	0.940	滚塑级
1712	1.2	0.917	挤塑成型	LX471	3.0	0.938	滚塑级
1478	7.8	0.914	涂覆级	HHM TR102	0.3	0.938	挤出薄膜
TR812	12.0	0.915	涂覆级	HHM TR130	0.3	0.938	挤出薄膜
D320	0.3	0.930	薄膜级	HHM TR400	0.3	0.938	挤出管材
D252	21	0.923	薄膜级	HMN TR938	3.0	0.938	滚塑级
D420	0.3	0.940	薄膜级	HMN TR942	3.8	0.935	滚塑级

(4) 美国联合碳化物公司 (Union Carbide) 加拿大分公司 Bakelite LDPE 性能 (见表 2-24)

表 2-24 美国联合碳化物公司加拿大分公司 Bakelite LDPE 性能

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规 格
DNDA-0161	3.5	0.942	通用品级
DNDA-0180	2.0	0.924	通用品级
DNDA-0182	2.0	0.920	通用品级
DNDA-0190	2.0	0.922	通用品级
DNDA-0195	2.0	0.924	通用品级
DNDA-0281	10	0.925	注射成型
DNDA-0283	10	0.925	注塑成型
DNDA-0363	1.0	0.919	注射成型
DNDA-0407	28	0.925	注射成型
DNDA-0424	30	0.942	注塑成型
GRS-N7047	0.4	0.918	吹膜级
E6848	0.5	0.918	吹膜级
35203-34	0.5	0.918	吹膜级
F134	0.4	0.918	吹膜级
DNDA-0917	23	0.915	注塑成型
DNDA-4000	28	0.925	注塑成型
DNDA-4200	2.0	0.918	通用品级
DNDA-4124	2.0	0.915	通用品级
DNDA-4430	3.5	0.920	通用品级
DNDA-8500	21	0.918	注塑成型
DNDA-9970	70	0.914	注塑成型
DNDB-0915	17.0	0.917	注塑成型
DPD-3900	1.0	0.923	通用品级
DPD-4900	2.0	0.922	通用品级
DNPA-0408	27	0.924	旋转成型
DNPA-0722	10	0.926	旋转成型
DNPA-0930	6.0	0.935	旋转成型
DNPA-0933	9.5	0.918	旋转成型
DNPC-0935	9.0	0.916	旋转成型
DKD-8035	20	0.925	旋转成型

(续)

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规 格
DKPB-8034	23	0.919	旋转成型
DYNH-1	2.0	0.918	通用品级
DYNF-1	3.5	0.918	通用品级
DFD-0154	6.0	0.920	吹膜级
DM-341	0.3	0.920	吹膜级
DFD-6600	0.3	0.920	吹膜级
DFD-6775	0.4	0.918	吹膜级
DFD-6040	0.3	0.918	吹膜级
DQDA-1840	1.2	0.929	通用品级
DFDA-D0702Nat · 7	8.0	0.924	挤出涂覆
DFDA-3202Nat · 7	4.5	0.918	挤出涂覆
DFDA-3205Nat · 7	3.0	0.918	涂覆级
DFDA-3208Nat · 7	9.0	0.918	挤出涂覆
DFDA-3210Nat · 7	12	0.918	挤出涂覆
DQDA-2300Nat · 7	7.0	0.923	挤出涂覆
DFDD-070Nat · 7	4.0	0.924	挤出涂覆
DFD-3200Nat · 7	3.5	0.918	挤出涂覆
PEP660	1.6	0.934	旋转成型
DFDA-4143	2.0	0.918	薄膜级
DFDA-0115	2.5	0.922	通用薄膜
DFD-6600	0.25	0.920	挤塑成型
DED-3310	1.7	0.924	薄膜
DFDA-6005	0.2	0.920	电线电缆
DFDA-7540	0.7	0.920	电线电缆
DFDA-0160	0.1	0.920	电缆品级
DFDA-0588	0.25	0.930	电缆品级
DFD-2005	1.2	0.920	电缆品级
DFD-4960	2.0	0.44	电缆品级
DFDA-4965	0.1	0.920	绝缘品级
DFDA-4966	0.7	0.920	绝缘品级
DFDD-6031	0.2	0.920	电缆护套
HFDA-6423	0.3	0.930	电缆护套

(续)

型 号	熔体质量流动速率 $/g \cdot (10min)^{-1}$	密度 $/g \cdot cm^{-3}$	规 格
DFDA-1137.7	0.8	0.906	吹膜品级
DFDA-1138.7	0.4	0.90	吹膜品级
HFDA-0580	1.14	0.90	可硫化半导体
HFDA-0590	1.15	0.90	可硫化半导体
HFDA-0681	1.16	0.90	可硫化半导体
DQDA-1930	1.07	0.90	600V 电力电缆
HFDB-4201	0.2	0.920	硫化绝缘级
HFDE-4201	0.2	0.920	硫化绝缘级
DFD-6201	0.2	0.920	绝缘护套级
FLX1137	1.0	0.905	ULDPE 薄膜级
FLX1138	0.4	0.900	ULDPE 薄膜级
DEFD1491	1.0	0.900	ULDPE 薄膜级
DEFD1567	1.0	0.910	ULDPE 薄膜级
DEFD1569	1.0	0.910	ULDPE 薄膜级
DEFD8923	1.0	0.909	ULDPE 薄膜级
DEFD9042	5.0	0.900	ULDPE 薄膜级
GPEP903	3.0	0.939	滚塑级
GPEP803	3.0	0.939	滚塑级
GESN7075NT7	0.5	0.918	薄膜级
GRSN7082NT7	1.0	0.918	挤出薄膜
GRSN7080NT7	1.0	0.918	挤出薄膜
GFDA4074NT7	2.5	0.918	薄膜级
DNDA-0455	55	0.925	注塑成型
DNDA-0620	30	0.920	注射成型
DNDA-0621	30	0.920	注射成型
DNDA-0630	18	0.924	注射成型
DNDA-0640	18	0.924	注射成型
DNDA-0670	28	0.925	注塑成型
DNDA-0670	35	0.924	注塑成型
DNDA-0870	10	0.918	注塑成型
DNDA-0880	10	0.925	注塑成型
DGDK-A7547	0.4	0.920	吹膜级

(续)

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规 格
DFD-4143	2.0	0.918	挤出薄膜
DFD-0154Nat · 7	6.0	0.922	挤出薄膜
DFD-6600Nas · 7	0.25	0.920	挤出薄膜
DNDB-0383Nat · 7	0.1	0.918	吹塑成型
DND-2004Nat · 7	0.1	0.919	吹塑成型
DND-3900Nat · 7	0.1	0.922	吹塑成型
DFDA-0291Nat · 7	2.0	0.922	挤出薄膜
DNDA-0562Nat · 7	0.1	0.922	挤膜,撕裂
DFDA-0561Nat · 7	0.2	0.923	挤出薄膜
DFDB-0602Nat · 7	0.75	0.922	挤出薄膜
DFDA-4143Nat · 7	2.0	0.918	挤出薄膜
DFDC-0140Nat · 7	6.0	0.921	挤出薄膜
DFDC-0332NT · 7	2.0	0.924	挤出薄膜
HFDE-4201Nat	2.0	0.92	挤出电线
DFDA-7540Nat	0.70	0.92	挤出电线
DFD-4960Nat	2.0	0.92	电缆
UCARTR-6202Nat	0.2	0.92	电缆
UCARDFD-0115Nat · 7	2.5	0.922	吹塑成型
UCARDFD-3310Nat · 77	1.7	0.924	吹塑成型
UCARDFD-6600Nat · 7	0.25	0.920	挤塑成型
DGD-6011	0.2	0.930	挤出成型
DGD-4865	0.2	0.930	挤出管材
HFDE4201NT	2.0	0.930	电缆
DFDA0558	0.25	0.930	电缆护套
BK9865	0.25	0.930	电缆护套
DNDB-0383NT7	0.1	0.918	吹塑成型
DND-2004NT7	0.1	0.919	中空成型
DND-3900-NT7	0.1	0.922	吹塑成型
DFDA-0562NT	0.1	0.922	挤出成型
DFDA-0561NT7	0.2	0.923	挤出成型
DHDA-0571NT7	0.2	0.932	挤出薄膜
DFDB-0602NT7	0.75	0.922	挤出薄膜

(续)

型 号	熔体质量流动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	规 格
DFDA-4143NT7	2.0	0.918	挤出成型
DFDA-0291NT7	2.0	0.922	挤出薄膜
DFD-0154	6.0	0.922	挤出成型
DFDC-0140-NT7	6.0	0.921	挤出薄膜
PEP680	1.5	0.935	旋转成型
GRSN7068NT7	1.0	0.918	薄膜级
GRSN7051NT7	2.0	0.918	薄膜级
GRSN7085NT7	1.0	0.918	薄膜级
GRSN7068NT7	1.0	0.918	薄膜级
GPEP705NT7	4.0	0.934	滚塑级
GPEP805NT7	4.0	0.934	滚塑级
GRSN7510NT7	0.75	0.920	中空制品
GRSN8320NT7	20.0	0.924	注塑级
GRSN8350N7	50	0.927	注塑级
GRSN7904NT7	40	0.945	注塑级
DPDA9169NT7	21	0.931	注塑级
DNDC7150NT7	3.0	0.939	滚塑级
DNDC7148NT7	4.0	0.934	滚塑级
DFDA1137NT7	0.8	0.906	VLDPE 薄膜
DFDA1138NT7	0.4	0.900	VLDPE 薄膜
DFD0115	2.0	0.918	薄膜级
DFD4143	2.0	0.918	薄膜级
DFDA0652NT7	0.1	0.922	薄膜级
DFDA0291NT7	2.0	0.922	薄膜级
DFDA0561NT7	0.2	0.923	薄膜级
TufinDEX-8422	2.6	0.921	薄膜级
TufinHS-7068	1.0	0.918	薄膜级
TufinDEX-8429	3.0	0.935	流延薄膜
TufinDEX-8428	5.0	0.935	流延薄膜
TufinHS-7064	0.7	0.926	薄膜级
DEGD6609	0.9	0.918	薄膜级
DYNF1	3.5	0.918	通用品级

(续)

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规 格
DNDA-0400	28	0.925	通用品级
DNDA4214	2.0	0.915	通用品级
DHDA7704	4.0	1.12	通用品级
DQD-1868	2.5	0.946	通用品级
DPD-6169	6.0	0.930	通用品级
HFDA-5612		1.0	通用品级
DFD-7365	8.0	0.938	通用品级
DFD-8016	13	0.937	通用品级
DND-8500	21	0.918	通用品级

(5) 美国城市服务 (Cities Service) 公司 Cities Service LDPE 性能 (见表 2-25)

表 2-25 美国城市服务公司 Cities Service LDPE 性能

型号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格	型号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格
EC474	6.0	0.916	挤出涂覆	EF401	0.5	0.919	挤出薄膜
EC476	11	0.916	挤塑成型	EF402	1.3	0.920	挤出薄膜
EC478	4.5	0.922	挤出成型	EF406	2.5	0.920	挤塑成型
EF409	3.0	0.923	挤塑成型	EF436	1.5	0.926	挤塑成型
EF410	3.2	0.924	挤塑成型	EF731	0.3	0.927	挤塑成型
EF412	2.0	0.924	挤塑成型	EM447	1.3	0.927	注塑成型
EF415	1.3	0.924	挤塑成型	EM460	26	0.926	注塑成型
EF426	2.0	0.926	挤塑成型	EF410BT	3.0	0.924	挤出薄膜
EF435	1.6	0.926	挤塑成型	EF310BH	2.2	0.924	挤出薄膜

(6) 美国美孚 (Mobil) 公司的 Mobil LDPE 性能 (见表 2-26)

表 2-26 美国美孚公司的 Mobil LDPE 性能

型号	熔体质量 流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格	型号	熔体质量 流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格
LQA-006	10	0.918	薄膜级	KJX-001	1.2	0.920	薄膜级
LTX-001	0.4	0.918	薄膜级	KJX-042	1.2	0.920	薄膜级
KLX-053	2.0	0.920	薄膜级	MLB 系列	2.0	0.920	通用级

(续)

型号	熔体质量 流动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	规格	型号	熔体质量 流动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	规格
MLB-103	2.0	0.920	通用级	LLA-423	2.0	0.918	挤塑薄膜
MLB-123	2.0	0.920	通用级	LLA-503	2.0	0.918	挤塑薄膜
MLB-173	2.0	0.920	通用级	2034H	1.5	0.920	透明薄膜
MJB-132	1.0	0.920	通用级	2360K	4.0	0.923	挤出涂覆
MJB-182	1.0	0.920	通用级	2360M	7.0	0.923	挤出涂覆
MJB-192	1.0	0.920	通用级	2400F	0.8	0.924	吹塑薄膜
KTX-001	0.4	0.918	薄膜级	2404F	0.8	0.924	吹塑薄膜
XKL-053	2.0	0.920	薄膜级	24010H	1.5	0.924	通用品级
FSA-016	1.2	0.920	薄膜级	2410S	20	0.924	注射模塑
LBA-013	2.1	0.923	薄膜级	2410T	20	0.924	注射成型
LBA-133	2.1	0.923	薄膜级	2440EX	0.5	0.924	薄膜级
LBA-143	2.1	0.923	薄膜级	2412MX	1.7	0.923	绝缘级
LGA-005	6.0	0.918	微薄薄膜	2425MX	7	0.924	薄膜级
LGA-015	6.0	0.918	微薄薄膜	LLA-533	2.0	0.918	挤出薄膜
2419S	20	0.924	注射成型	2430H	1.5	0.924	通用品级
2420H	1.5	0.924	薄膜级	2434H	1.5	0.924	薄膜级
2424H	1.5	0.924	薄膜级	2435K	4.0	0.924	薄膜级
2425K	4.00	0.924	薄膜级	2440D	0.2	0.924	薄膜级
2040EX	0.4	0.923	薄膜级	2511H	1.5	0.925	中空注射
2400EX	0.4	0.923	薄膜级	2511R	1.4	0.925	注射成型
2404EX	0.4	0.923	薄膜级	3010K	4.0	0.929	注射成型
LGA-565	6.0	0.918	微薄薄膜	3010S	20	0.931	注射成型
LJA-002	1.0	0.917	挤塑薄膜	3020D	0.2	0.929	薄膜或板材级
LJA-322	1.0	0.917	挤塑薄膜	3020H	1.5	0.928	薄膜级
LJA-402	1.0	0.917	挤塑薄膜	3020K	4.0	0.928	薄膜级
LJA-562	1.0	0.917	挤塑薄膜	3024H	1.5	0.928	薄膜级
LKA-513	2.0	0.921	挤塑薄膜	3025K	4.0	0.928	薄膜级
LKA-753	2.2	0.921	挤塑薄膜	3030K	4.0	0.929	薄膜级
LKA-754	3.0	0.921	挤塑薄膜	3035K	0.4	0.929	薄膜级
LKA-904	3.0	0.921	挤塑薄膜	0210E	0.21	0.918	电缆绝缘级
LKA-003	2.0	0.918	挤塑薄膜	0210H	0.21	0.919	

(续)

型号	熔体质量 流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格	型号	熔体质量 流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格
0210H	0.21	0.918	特殊应用	MMA-017	20.0	0.924	注塑级
0220H	0.22	0.918	特殊应用	MMA-129	55.0	0.925	注塑级
0240H	0.24	0.919	通用品级	LGA 系列	6.0	0.918	薄膜级
0230H	0.25	0.919	通用品级	LGA-561	6.0	0.921	薄膜级
0250H ³	0.25	0.918	通用品级	LCA 系列	1.5	0.922	薄膜级
1800SP15	20	0.918	通用品级	LCA-002	1.5	0.922	薄膜级
1812DSK	0.2	0.918	电缆级	LCA-302	1.5	0.923	薄膜级
LLA-563	2.0	0.918	挤出薄膜	LBA 系列	2.1	0.923	通用薄膜级
LMA-017	26	0.918	注塑级	LTA 系列	0.25	0.918	特殊应用
LMA-027	28	0.923	注塑级	LJA 系列	1.0	0.917	薄膜级
LMA-037	28	0.923	注塑级	MCB-073	2.0	0.918	薄膜级
LMA-047	20	0.918	注塑级	LYA-013	2.0	0.917	注塑级
LTA-041	0.25	0.918	挤出薄膜	LCA-012	1.1	0.919	中空吹塑
LTA-051	0.25	0.918	挤出薄膜	MRA-014	5.0	0.934	旋转成型
LTA-061	0.25	0.918	挤出薄膜	MRA-114	3.0	0.934	旋转成型
LKA 系列	2.2	0.921	薄膜级	MRA-15	50	0.934	旋转成型
LMA-031	2.0	0.917	注塑级	LRA-016	10	0.923	滚塑型

(7) 德国巴斯夫 (BASF) 公司 Lupolen LDPE 性能 (见表 2-27)

表 2-27 德国巴斯夫公司 Lupolen LDPE 性能

牌 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规 格
1800H	1.55	0.919	通用品级
1800M	7.0	0.919	通用品级
1800S	20	0.919	通用品级
1804H	1.5	0.919	工业包装
1810D	0.2	0.919	板材级
1810E	0.5	0.919	通用品级
1810H	1.2 ~ 1.7	0.918 ~ 0.920	通用品级
1810M	6 ~ 8	0.918 ~ 0.920	通用品级
1810S	17 ~ 22	0.918 ~ 0.920	通用品级

(续)

牌 号	熔体质量流动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	规 格
1811M	6 ~ 8	0.918 ~ 0.920	通用品级
1812D	0.3 ~ 0.55	0.932 ~ 0.934	通用品级
black413	0.3 ~ 0.55	0.932 ~ 0.934	通用品级
1812E	0.5	0.918	电缆护套级
1812H	1.5	0.918	电缆护套级
1813H	1.5	0.918	挤出薄膜
1814H	1.5	0.918	薄膜级
1820H	1.5	0.918	薄膜级
1821H	1.5	0.918	管材品级
1823H	1.5	0.918	管材品级
1824H	1.5	0.918	管材品级
1840D	0.2	0.918	薄膜级
2420F	0.7	0.923	薄膜级
2424F	0.7	0.923	薄膜级
2425K	3.5	0.924	薄膜级
2440EX	0.4	0.924	薄膜级
2441D	0.2	0.923	薄膜级
2841D	0.2	0.923	薄膜级
3010K	3.5	0.928	注塑级
3024DX	0.2	0.927	薄膜级
3032D	0.3	0.927	电缆料
1860M	7.0	0.918	绝缘级
2000H	1.5	0.920	挤出薄膜
2033H	1.5	0.920	挤出薄膜
3012DX1	0.2	0.927	挤出薄膜
3020KX	3.5	0.928	挤出薄膜
3025KX	3.5	0.928	薄膜品级
3032DX	0.2	0.928	工业包装
A2710HX	1.8	0.927	通用品级
A2910MX	7.0	0.927	挤出薄膜
V2524EX	0.5	0.925	挤出薄膜
V2910KX	3.5	0.929	通用品级

(续)

牌 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规 格
2410T	33 ~ 39	0.924	注射模塑
2410TX	33 ~ 39	0.924	注射模塑
2010JX	2.3 ~ 3.1	0.920	电缆级
black413-1812D	0.1 ~ 0.3	0.918	电缆覆套
black413-1812DXKM	0.1 ~ 0.3	0.929 ~ 0.934	电缆被覆
White9945 2412MX	1.5 ~ 2.0	0.923 ~ 0.925	挤塑级
White9945 2440D	0.1 ~ 0.3	0.922 ~ 0.924	薄膜级
黑色 413 1852H	1.2 ~ 1.7	0.931 ~ 0.933	注射级
1817H	1.8	0.927	注塑级
2404E	0.7	0.923	薄膜级
1821H 黑色 413	1.4 ~ 1.8	0.925 ~ 0.927	通用品级
3020D	0.1 ~ 0.3	0.927 ~ 0.930	薄膜品级
1812D 黑色 413	0.1 ~ 0.3	0.929 ~ 0.934	电缆品级
1812DXKM 黑色 413	0.1 ~ 0.3	0.929 ~ 0.934	电缆品级
1860M	6 ~ 8	0.917 ~ 0.919	电缆品级
2034H	1.2 ~ 1.7	0.920 ~ 0.921	薄膜品级
2511H	1.2 ~ 1.7	0.924 ~ 0.926	通用品级
2511R	12 ~ 6	0.924 ~ 0.926	通用品级
3020H	1.7 ~ 2.2	0.926 ~ 0.929	通用品级

(8) 日本住友公司 LDPE 性能 (见表 2-28)

表 2-28 日本住友公司 LDPE 性能

项目	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	拉伸断裂 强度/MPa	伸长率 (%)	邵氏硬度 HD	维卡软化点 /℃	脆化温度 /℃
测试方法	JIS K6760	JIS K6760	JIS K6760	JIS K6760	ASTM D2240	ASTM D1525	ASTM D46
F702-3	7.0	0.920	14.0	550	46	90	-55
F704-1	7.0	0.925	14.0	550	49	100	-70
F410-1	5.0	0.923	15.0	550	48	98	-70
F410-H	5.0	0.923	15.0	550	48	98	-70
F404-1	3.5	0.920	15.0	550	46	90	-75
F404-H	3.5	0.920	15.0	550	46	90	-75
F210-3	2.5	0.922	15.0	550	47	95	< -75

(续)

项目	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	拉伸断裂 强度/MPa	伸长率 (%)	邵氏硬度 HD	维卡软化点 /℃	脆化温度 /℃
F210-7	2.5	0.922	15.0	550	47	95	< -75
F221-1	2.0	0.923	15.0	600	53	97	< -75
F210-6	2.0	0.922	15.0	600	46	92	< -75
F208-1	1.5	0.922	17.0	600	47	99	< -75
F218-1	1.0	0.920	18.0	650	46	91	< -75
F223-1	1.0	0.923	18.0	650	48	97	< -75
F101-3	0.4	0.922	19.0	650	48	99	< -75
F102-0	0.4	0.922	19.0	650	48	99	< -75
F1103-1	0.5	0.926	21.0	650	42	86	< -75

(9) 日本三菱油化 (Mitsubishi Petrochemical) 公司的 Yukalon LDPE 性能 (见表 2-29)

表 2-29 日本三菱油化公司 Yukalon LDPE 性能

用 途	项目	熔体质量 流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	维卡软 化点 /℃	熔点 /℃	脆化 温度 /℃	拉伸强度		断裂 伸长率 (%)	挠曲 强度 /MPa
							屈服 /MPa	断裂 /MPa		
	ASTM 试验法	D1238	D1505	D1525	DSC	D746	D638	D638	D638	D747
测试条件 /℃	190	20	—	—	—	20	20	20	20	
重包装薄膜、管材、板 材、大型中空容器	HE-30	0.5	0.920	90	114	< - 70	11	19	800	125
	HE-60	0.5	0.927	82	97	< - 70	8.5	23	750	80
农膜、吹塑制品、板材、 管材	YF-30	1	0.920	90	114	< - 70	11	16.5	750	125
一般包装薄膜、各种小 型中空成型制品	YH-40	2	0.9222	90	115	< - 70	11.5	14.5	700	145.0
	YH-50	2	0.924	92	118	< - 70	12.5	15.0	650	170.0
	YK-30	4	0.920	87	114	< - 70	11.0	12.5	700	125.0
	YK-40	4	0.922	88	115	< - 70	11.5	13.0	700	145.0
	YK-50	4	0.924	91	116	< - 70	12.5	13.5	650	170.0
	YK-60	4	0.927	96	117	< - 70	14.0	14.0	600	205
注射盖子、轻包装薄膜、 挤出涂层、复合薄膜、吹塑 小件	YM-60	7	0.927	94	117	< - 70	14.0	14.0	550	205.0
	LK-30	4	0.918	81	113	< - 70	9.0	12.0	700	110.0
	LK-50	7	0.924	91	116	< - 70	12.5	13.5	650	170

(续)

用 途	项目	熔体质量 流动速率	密度	维卡软 化点	熔点	脆化 温度	拉伸强度		断裂	挠曲
		$/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	$/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$/^{\circ}\text{C}$	$/^{\circ}\text{C}$	$/^{\circ}\text{C}$	屈服	断裂	伸长率	强度
	ASTM 试验法	D1238	D1505	D1525	DSC	D746	D638	D638	D638	D747
	测试条件 $/^{\circ}\text{C}$	190	20	—	—	—	20	20	20	20
注射小件制品	MS-30	20	0.918	81	112	-25	9	10.0	600	110
	MS-70	20	0.930	95	118	-25	15.5	14.0	200	230
注射小件、人造花	MV-30	35	0.918	80	112	-25	9.0	9.0	400	110

注：1. 本试验采用的试片厚度为 2mm。
2. 该产品系管式法 E 流程生产的。

(10) 日本旭道 (Asahi Dough) 公司 LDPE 性能 (见表 2-30)

表 2-30 日本旭道公司 LDPE 性能

项目	类 别 及 牌 号						
	注射料		挤出吹塑料	挤出薄膜料			挤出涂层 树脂
	M6525	M6545	M2206	F1920	F2135	F2450	L2340
密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	0.915	0.915	0.922	0.919	0.921	0.924	0.923
熔体质量流动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	28	45	0.6	2	3.5	5	4
维卡软化点 $/^{\circ}\text{C}$	81	80	93	91	91	95	96.1
拉伸屈服强度/MPa	8.3	8.2	10.6	10.5	11.5	12.5	10.34
拉伸强度/MPa	9.7	8.8	16.0	13.0	12.5	11.5	12.76
断裂伸长率(%) $\geq$	550	500	600	650	580	550	550
邵氏硬度 HD $\geq$	41	41	46	48	49	52	53
性质	优异的流 动性及光学 性能	优异的流 动性、可挠 性、光学性 能	耐应力开 裂性好、韧 性和挤出工 艺性好	优异的加 工性能、良 好的冲击性 能	优异的加 工性能	加工性优 异、透明度 和光泽性好	—
用途	封 闭 容 器、罩	注射人造 花及罩等	管、板	农业用水 容器、建筑 用薄膜等	农业用水 容器、建筑 用薄膜等	高度透明 的超薄薄膜	复合自动 包装用的低 涂覆量的复 合涂层

(11) 日本旭化成 (Asahi Chemical) 工业公司的 LDPE 性能 (见表 2-31)

表 2-31 日本旭化成工业公司的 LDPE 的性能

项目	测试方法 ASTM	F1920	F2135	F2450	L2340	M2206	M6525	M6545
熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	D1238	2	3.5	5	4.0	0.6	28	45
密度/g · cm ⁻³	D1505	0.919	0.921	0.924	0.923	0.922	0.915	0.915
维卡软化点/℃	D1525	91	91	95	96	93	81	80
拉伸屈服强度/MPa	D412	10.5	11.5	12.5	10.5	10.6	8.3	8.2
拉伸断裂强度/MPa	D412	13.0	12.5	11.5	13.0	16.0	9.7	8.8
伸长率(%)	D412	650	580	550	550	600	550	500
邵氏硬度 HD	D1706	48	49	52	53	46	41	41
特性与用途		挤出薄膜级,优越的落锤冲击强度和耐热性,用于农业、建筑、盛水用薄膜	挤出薄膜级,优越的可加工性,均衡的物理性能。可作通用包装薄膜	挤出薄膜级,优越的加工性,优越的透明度和光泽。制造高透明度和极薄的包装薄膜	挤出涂层级。用于低涂层量涂层	吹塑、挤塑级,具有优越的刚性、韧性、挤出性和耐应力龟裂性。用于制造管材、板(片)材	注塑级,优越的流动性,中等光学性能。用于制造密封容器、盖、工业零件	注塑级,超高流动性,优越的弯曲性能和光学性能。用于制备人造塑料花、盖

(12) 英国帝国化学工业 (ICI) 公司的 LDPE 性能 (见表 2-32)

表 2-32 英国帝国化学工业公司 LDPE 的性能

项 目	牌 号						
	XDK10	WJG11	YHG24	XLF28	WRM19	XRM21	XRM32
熔体质量流动速率/g · (10min) ⁻¹	0.3	2.0	1.0	4	20	20	20
密度/g · cm ⁻³	0.923	0.919	0.934	0.924	0.916	0.921	0.927
维卡软化点/℃	98	90	94	97	81	88	93
拉伸屈服强度/MPa	11.72	10.55	19.17	13.10	8.83	11.58	15.10
拉伸强度/MPa	15.17	12.55	19.17	13.10	8.83	11.58	15.10
断裂伸长率(%)	620	580	400	540	300	120	60
挠曲弹性模量/MPa	179.27		434.39	227.54	110.32	172.38	324.07
冲击强度/kJ · m ⁻²	1.7	1.6	0.4	1.4	1.5	1.4	0.1
撕裂强度/kN · m ⁻¹	70	60	30	52	55	50	10
脆化温度/℃	< -70	-47.5	-70	-41	-12.5	-17	-20

(续)

项 目	牌 号						
	XDK10	WJG11	YHG24	XLf28	WRM19	XRM21	XRM32
耐环境应力开裂/h(F_{50})	30	1.2	0.4	0.3	0.5	0.1	<0.1
热导率[$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$] (20℃)	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
比热容 $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$							
固体(20℃)	2302.7	2302.7	2344.6	2302.7	2302.7	2302.7	2344.6
液体(120 ~ 140℃)	2930.8	2930.8	2930.8	2930.8	2930.8	2930.8	2930.8
线胀系数/ $\times 10^5 K^{-1}$	24	28	18.5	24	29	25.5	22
折射率	1.52	1.51	1.53	1.52	1.51	1.51	1.52
介电常数	2.28	2.28	2.30	2.28	2.27	2.28	2.29
功率因数	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

(13) 英国壳牌 (Shell) 化学公司的 Carlona LDPE

1) 英国壳牌化学公司 Carlona LDPE 性能 (见表 2-33)。

表 2-33 英国壳牌化学公司 Carlona LDPE 性能

型号	熔体质量流 动速率/ $g \cdot$ (10min) $^{-1}$	密度 / $g \cdot$ cm^{-3}	屈服拉 伸强度 /MPa	极限拉 伸强度 /MPa	极限伸 长率 (%)	落锤冲 击强度 / $kJ \cdot m^{-2}$	雾度 (%)	光泽 度 (%)	性能及用途
18-003GA	0.25	0.919	11	15.5	600	17		45	挤出薄膜,用于收缩包装及重包装
18-005FA	0.5	0.919	11	15	600	14	12	45	薄膜级,用于冷冻包装,中型包装
18-005FJ	0.5	0.919	11	15	605	14	12	45	挤出薄膜,用于冷冻包装、重包装
18-005GB	0.45	0.919	11	15	600	14	12	45	薄膜级,用于一般包装
18-020FJ	1.5	0.919	11	15	550	9.5	8.5	50	薄膜级,拉伸好,用于工业品包装
18-020FM	1.5	0.919	11	15	500	9.5	8.5	50	挤出薄膜,用于普通包装
18-020GB	1.5	0.919	11	15	550	9.5	8.5	50	薄膜级,用于重型包装
25-002FA	0.2	0.923	11	15	550	17			薄膜级,用于一般包装
25-002GA	0.2	0.923	12	15.5	550	15			薄膜级,用于一般包装
25-007FA	0.7	0.923	12	14	500	120	7	60	薄膜级,用于一般包装
25-007FF	0.7	0.923	12	14	500		7	60	薄膜级,用于一般包装
25-007FF	0.7	0.933	12	14	500	12		35	薄膜级,白色,用于一般包装
25-007GB	0.7	0.933	12	14	500	12		35	挤出薄膜,用于一般包装
25-010FA	0.9	0.921	12	13.5	450	9.5	7	55	挤出薄膜,用于一般包装
25-010FD	0.9	0.921	12	13.5	450	9.5	7	55	挤出薄膜,用于普通包装
25-010FC	0.9	0.921	12	13.5	450	9.5	7	55	挤出薄膜,用于一般包装

(续)

型号	熔体质量流 动速率/g· (10min) ⁻¹	密度 /g· cm ⁻³	屈服拉 伸强度 /MPa	极限拉 伸强度 /MPa	极限伸 长率 (%)	落锤冲 击强度 /kJ·m ⁻²	雾度 (%)	光泽 度 (%)	性能及用途
25-010FJ	0.9	0.921	12	13.5	450	9.5	7	55	挤出薄膜, 用于一般包装
15-020FA	2.0	0.921	12.5	13	450	8.0	6	65	挤出薄膜, 用于一般包装
25-020FC	2.0	0.921	12.5	13	450	8.0	6	65	挤出薄膜, 用于一般包装
25-020FJ	2.0	0.921	12.5	13	450	8.0	6	65	挤出薄膜, 用于一般包装
25-030FK	2.7	0.924	11.5	13	450	7.0	6	65	挤出薄膜, 用于拉伸包装
25-040FA	4.0	0.923	12.5	12.5	450	6.5	5	70	挤出薄膜, 用于一般包装
25-040FJ	4.0	0.923	12.5	12.5	450	6.5	5	70	挤出薄膜, 用于工业品包装
30-020FA	2.0	0.928	12.5	12	400	6.5	6.5	65	用于包装和复合薄膜
30-020FF	2.0	0.928	12.5	12	400	6.5	6.5	65	用于包装和复合薄膜
30-040FA	4.0	0.928	12.5	12	400	6.0	8.0	55	极薄薄膜, 用于轻型工业品包装
30-040FJ	4.0	0.928	12.5	12	400	6.0	8.0	55	极薄薄膜, 用于轻型工业品包装
25-005FJC	0.5	0.925	12.5	12	400	6.0	8.0	55	共聚级, 耐低温, 用于冷冻包装
18-003GA	0.25	0.919	11	15.5	600	28	12	45	挤出薄膜, 用于重型包装
18-005GB	0.45	0.919	11	15	600	24	12	45	挤出薄膜, 用于重型包装; 挤出成 型, 用于容器、型材
18-020FM	1.5	0.919	11	15	550	19	8.5	50	薄膜级, 通用薄膜
18-020FJ	1.5	0.919	11	15	550	19	8.5	50	挤出薄膜, 用于一般包装、垃圾袋
25-005FA	0.5	0.924	12	15	450	10	8.5	50	薄膜级, 白色, 用于重型包装
25-007GB	0.7	0.933	12	14	500	22	35	50	薄膜级, 白色, 用于重型包装
25-007FF	0.7	0.933	12	14	500	22	55	50	挤出薄膜, 白色, 用于运输收缩包装
25-007FA	0.7	0.923	12	14	500	22	7	60	挤出薄膜, 用于运输收缩包装
25-007FF	0.7	0.923	12	14	500	22	7	60	挤出薄膜, 用于收缩包装
25-010FA	0.9	0.921	12	13.5	450	19	7	55	薄膜级, 用于运输包装、收缩包装
25-010FD	0.9	0.921	12	13.5	450	19	7	55	薄膜级, 用于收缩包装
25-010FC	0.9	0.921	12	13.5	450	19	7	55	薄膜级, 用于收缩包装
25-010FJ	0.9	0.921	12	13.5	450	19	7	55	薄膜级, 收缩包装
25-020FA	2.0	0.921	12.5	13	450	17	6	65	薄膜级, 收缩包装
25-020FC	2.0	0.921	12.5	13	450	17	6	65	薄膜级, 用于工业品包装
25-020FJ	2.0	0.921	12.5	13	450	17	6	65	薄膜级, 用于一般包装
25-040FA	4.0	0.923	12.5	12.5	450	12	5	70	薄膜级, 用于工业品包装
25-040FJ	4.0	0.923	12.5	12.5	450	12	5	70	薄膜级, 用于工业品包装

(续)

型号	熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (\text{10min})^{-1}$	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	屈服拉伸强度/ MPa	极限拉伸强度/ MPa	极限伸长率/(%)	落锤冲击强度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	雾度(%)	光泽度(%)	性能及用途
30-020FA	2.0	0.928	12.5	12	400	12	6.5	65	薄膜级, 用于工业品包装
30-020FF	2.0	0.928	12.5	12	400	12	6.5	65	薄膜级, 用于工业品包装
30-040FA	4.0	0.928	12.5	10	400	10	8	65	薄膜级, 用于工业品包装
30-040FJ	4.0	0.928	12.5	10	400	10	8	65	薄膜级, 用于工业品包装
25-002FA	0.2	0.923	11	15	500	28			薄膜级, 用于收缩包装薄膜

2) 电缆护套级 LDPE 性能 (见表 2-34)。

表 2-34 电缆护套级 LDPE 性能

型号	熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (\text{10min})^{-1}$	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	屈服拉伸强度/ MPa	极限拉伸强度/ MPa	极限伸长率/(%)	损耗角正切	介电常数	性能及用途
18-001WG	0.12	0.935	11	18	600	<630	2.56	绝缘级, 含 2.5% 炭黑
18-001WT	0.12	0.918	11	18	600	220	2.29	护套级, 含防老剂
18-002WG	0.2	0.933	11	15.5	600	185	2.49	护套级, 含 2.5% 炭黑
18-005WH	0.5	0.918	11	15	600	220	2.28	护套级, 含防老剂
18-020GR	2.0	0.917	9	15	500	880	2.30	护套级, 含防老剂、阻燃剂
20-002WG	0.25	0.936	8	14	500	1000	2.60	护套级, 含 2.5% 炭黑
18-001WG	0.12	0.935	11	18	600	<630	2.56	护套级, 含 2.5% 炭黑, 耐环境应力开裂
18-001WT	0.12	0.918	11	18	600	220	2.29	护套级, 耐环境应力开裂
18-002WG	0.2	0.933	11	15.5	600	185	2.49	护套级, 含 2.5% 炭黑, 防紫外线
18-005WH	0.5	0.918	11	15	600	220	2.28	电信电缆护套料
18-020GR	2.0	0.917	9	15	500	880	2.30	用于注塑, 吹塑、薄膜、管材、型材制品
20-002WG	0.25	0.936	8	14	500	—	2.6	护套级, 耐环境应力开裂, 耐紫外线
25-070GAC	7.0	0.927	—	24	—	1000	2.5	电线护套
25-002WH	0.2~0.3	0.926	11	—	—	—		电缆护套

型号	熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (\text{10min})^{-1}$	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	屈服拉伸强度/ MPa	极限拉伸强度/ MPa	极限伸长率/(%)	维卡软化点/ $^{\circ}\text{C}$	成型收缩率/(%)	性能及用途
18-005GB	0.45	0.919	11	15	600	89	0.044	注塑级通用级, 用于日用制品、工业部件或吹塑制品

(续)

型号	熔体质量流 动速率/ $\text{g} \cdot$ $(10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot$ cm^{-3}	屈服拉 伸强度 $/\text{MPa}$	极限拉 伸强度 $/\text{MPa}$	极限伸 长率 $(\%)$	维卡软 化点 $/^{\circ}\text{C}$	成型收 缩率 $(\%)$	性能及用途
18-020GB	1.5	0.919	11	15	550	89	0.038	注塑级，吹塑中空通用级
18-020GC	1.5	0.930	11	15	550	89	0.038	通用级，含 2.2% 炭黑，用于注射、吹 塑管材、薄膜
18-020MA	1.5	0.919	11	15	550	89	0.038	注塑级，良好力学性能
18-070MA	7.0	0.919	11	9	550	89	0.030	注塑级，刚性好，易加工
18-200MA	18.0	0.919	11	8	500	89	0.024	注塑级，日用品容器
18-300MA	30.0	0.919	11	7	450	89	0.024	注塑级，用于模塑制品、日用制品、垃 圾箱
25-200MA	20.0	0.923	13	8	400	93	0.025	注塑级，用于日用品、容器
25-350MA	36.0	0.924	13	7	400	94	0.024	注塑级，尺寸稳定性好
30-002BA	0.2	0.928	14	16	550	101	0.038	吹塑级，瓶、容器等中空制品
18-020GB	1.5	0.919	11	15	550	89	0.038	吹塑级，中空制品
18-020MA	1.5	0.919	11	15	550	89	0.038	注射成型，用于日用制品
18-020GC	1.5	0.930	11	15	550	89	0.038	通用级，用于注塑、吹塑、挤塑制品
18-070MA	7.0	0.919	11	9	550	89	0.030	注塑级，通用级，用于容器、瓶盖
18-200MA	18	0.919	11	8	500	89	0.024	注塑级，用于日用制品
25-200MA	20	0.923	13	8	400	93	0.025	注射级，用于垃圾箱，日用制品
25-350MA	36	0.924	13	7	400	94	0.024	注塑级，用于精密工业部件
30-002BA	0.2	0.928	14	16	550	101	1.4	吹塑级，挤塑用品，通用级
25-003PG	0.42	0.936	13.5	13	450	93	1.5	挤出管材级，含 2.5% 炭黑
25-005PG	0.42	0.936	13.5	13	450	93	1.5	含 2.5% 炭黑，挤塑级，用于管材
25-070GAC	7.0	0.927						通用级，用于层压制品、管材、涂层制 品
30-040GAC	4.0	0.933						共聚级，用于高冲击、抗应力龟裂，注 塑成型
35-040GAC	4.0	0.933	4.5	19	700			通用级，抗应力龟裂，用于注塑及挤塑 成型

(14) 英国石油化学 (BP) 公司 Novex LDPE 性能 (见表 2-35)

表 2-35 英国石油化学公司 Novex LDPE 性能

项目	熔体质量流 动速率/ $\text{g} \cdot$ $(10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	醋酸乙烯含量 (质量分数) $(\%)$	维卡 软化点 $/^{\circ}\text{C}$	断裂 吸能值 $/\text{J}$	断裂拉伸强度 $/\text{MPa}$		雾度 (最高) $(\%)$	断裂伸长率 $(\%)$	
						纵向	横向		纵向	横向
V22D464	0.2	0.927	2.0	95	1.4	22	24	10	470	540
V18E464	0.5	0.926	3.5	95	0.77	23	24	9.0	350	560

(续)

项目	熔体质量流 动速率/g· (10min) ⁻¹	密度 /g·cm ⁻³	醋酸乙烯含量 (质量分数) (%)	维卡 软化点 /℃	断裂 吸能值 /J	断裂拉伸强度 /MPa		雾度 (最高) (%)	断裂伸长率 (%)	
						纵向	横向		纵向	横向
V18E564	0.5	0.926	3.5	95	0.77	23	22	9.0	350	560
V22F464	0.8	0.928	3.0	95	0.37	23	22	10	400	600
V22F564	0.8	0.928	3.0	95	0.37	23	22	10	400	600
21H460	1.5	0.921	—	95	0.30	22	21	6.0	400	620
V22H764	1.7	0.928	3.5	94	0.38	23	21	7.0	370	570
V22H868	1.7	0.928	3.5	95	0.35	22	22	9.0	450	600
V18H464	1.7	0.928	2.5	92	0.36	21	20	12	350	580
V18H564	1.7	0.925	2.5	92	0.36	21	20	10	350	580
V17H464	1.7	0.926	5.0	91	0.4	23	22	6.0	400	600
V17H564	1.7	0.926	5.0	91	0.4	23	22	6.0	400	600
V10H430	2.0	0.928	9.5	84	0.74	24	21	6.0	400	560
V10H564	2.0	0.928	9.5	84	0.74	24	21	6.0	400	560
23L430	4.0	0.923		97		11	11			

(15) 加拿大努发克 (Novacor) 石油化学公司 LDPE 性能 (见表 2-36)

表 2-36 加拿大努发克石油化学公司 LDPE 性能

性 能		测试方法 ASTM	LF-0222-B	LF-0224-A	LF-0224-B	LF-y824-A	LF-y824-B
熔体质量流动速率/g·(10min) ⁻¹		D-1238	2.2	1.7	1.7	0.8	0.8
密度/g·cm ⁻³		D-1505	0.922	0.924	0.924	0.924	0.924
落锤冲击力/N		D-1709/A	0.50	0.60	0.60	0.75	0.75
弹性模量/MPa	纵向	D-882	170	190	190	200	200
	横向	D-882	200	210	210	210	210
拉伸强度/MPa	纵向	D-882	19	21	21	23	23
	横向	D-882	17	18	18	19	19
伸长率(%)	纵向	D-882	400	400	400	400	400
	横向	D-882	600	600	600	600	600
光泽度		D-2457	60	70	70	65	65
雾度(%)		D-1003	8	6	6	7	7
成型温度/℃			182	183	183	195	195

(16) 韩国韩洋 (Hanyang) 化学公司 Hanying LDPE 性能 (见表 2-37)

表 2-37 韩洋化学公司 Hanying LDPE 性能

型号	熔体质量 流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	软化点 /℃	熔点 /℃	降伏点抗 张强度 /MPa	破断点抗 张强度 /MPa	破张点 伸断率 (%)	脆裂 温度 /℃	硬度
5301	0.3	0.920	93	110	11	16	700	< -70	15
5602	0.8	0.921	91	111	10	13	700	< -70	50
722	24.0	0.915	82	103	9	10	500	< -62	44
724	45.0	0.915	80	103	8	8	500	< -45	42
749	6.0	0.920	90	106	10	9	700	< -70	48
810	0.25	0.920	95	110	9	17	650	< -76	50
8141	—	0.920	—	—	10	20	550	< -76	—
850BK	0.25	0.933	93	110	9	16	650	< -76	50
8923BK	—	0.921	—	—	10	17	550	< -76	—
5302	0.25	0.921	93	95	15	60	550	< -76	
5312	0.5	0.918	92	100	14	70	550	< -76	
5316	8.8	0.921	91	94	13	70	550	< -76	
5321	3.0	0.919	89	93	11	64	420	< -76	
5305	3.0	0.920	90		11	62	375	< -76	
5307	3.0	0.921	92	100	11	63	340	< -76	
303	6.0	0.919	88	90	11	55	400	< -76	
4303	2.3	0.921	95	95	13	70	400	< -76	
4304	0.5	0.921	100	100	17	75	600	< -76	
960	5.0	0.919	87	100	12	60	—	< -76	
950	8.0	0.918	83	90	11	58	—	< -76	
970	4.0	0.923	94	110	13	50	—	< -76	

(17) 荷兰国家矿业公司 (DSM) 聚合物公司 Stamylan LDPE 性能 (见表 2-38)

表 2-38 荷兰国家矿业公司聚合物公司 Stamylan LDPE 性能

型号	熔体质量流 动速率/g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格	型号	熔体质量流 动速率/g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格
2004-TC43	4.4	0.924	挤塑成型, 薄膜	2304-AN00	4.4	0.923	挤塑成型, 薄膜级
2404-TC47	4.7	0.924	挤塑成型, 薄膜	2200-TC00	0.3	0.922	挤塑成型, 薄膜级
2008-XC43	7.5	0.921	挤塑成型, 薄膜级	2200-TC12	0.3	0.922	挤塑成型, 薄膜级

(续)

型号	熔体质量流 动速率/ $\text{g} \cdot$ $(10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot$ cm^{-3}	规格	型号	熔体质量流 动速率/ $\text{g} \cdot$ $(10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot$ cm^{-3}	规格
2101-TN00	0.85	0.921	挤塑成型, 薄膜级	2100-TN26	0.3	0.921	挤塑成型, 薄膜级
2101-TN40	0.85	0.921	挤塑成型, 薄膜级	2602-TH00	1.9	0.926	挤塑成型, 薄膜级
2101-TN47	0.85	0.921	挤塑成型, 薄膜级	2602-TH47	2.5	0.926	挤塑成型, 薄膜级
2201-TH00	0.85	0.922	挤塑成型, 薄膜级	2004-TC37	4.7	0.921	挤塑成型, 薄膜级
2201-TH12	0.85	0.922	挤塑成型, 薄膜级	1808-A	7.5	0.920	注塑级
2201-TH16	0.85	0.922	挤塑成型, 薄膜级	1815-A	15.0	0.920	注塑级
2201-TH17	0.85	0.922	挤塑成型, 薄膜级	1908-T	7.5	0.920	注塑级
2501-TN00	0.75	0.925	挤塑成型, 薄膜级	1922-T	22.0	0.920	注塑级
2102-T	1.9	0.921	挤塑成型, 薄膜级	1938-T	38.0	0.920	注塑级
2102-TX00	1.9	0.921	挤塑成型, 薄膜级	1965-T	65.0	0.920	注塑级
2102-TC32	2.5	0.921	挤塑成型, 薄膜级	2004-TC37	4.8	0.921	注塑级
2102-TN26	2.5	0.921	挤塑成型, 薄膜级	2015-T	15.0	0.921	注塑级
2102-TN30	2.5	0.921	挤塑成型, 薄膜级	2102-T	2.0	0.921	注塑级
2102-TN37	2.5	0.921	挤塑成型, 薄膜级	2308-A	7.5	0.924	注塑级
2402-TC36	2.5	0.924	挤塑成型, 薄膜级	2538-TL00	38.0	0.925	注塑级
1808-AN00	7.5	0.919	挤塑成型, 薄膜级	2304-AN00	4.4	0.923	挤塑成型
1815-AN00	15.6	0.918	挤塑成型, 薄膜级	1808-AN00	7.5	0.920	挤塑成型
2100-TN00	0.3	0.921	挤塑成型, 薄膜级	1815-AN00	15.0	0.918	挤塑成型

4. LDPE 成型加工性能

低密度聚乙烯超过软化点即开始熔融, 其熔点 $T_m = 106 \sim 112^{\circ}\text{C}$, 熔体粘度随温度升高而减小, 成型加工温度范围大, 成型加工性能好, 各种热塑性塑料的成型加工方法均可适用。但主要是挤塑, 如吹塑薄膜, 挤出管、板、电缆线、异型材, 中空吹塑等; 注塑包括注拉吹容器; 还可以涂覆、滚塑、发泡、热成型、热封焊和热焊接等。表 2-39 列出几种聚乙烯的加工性能比较。

表 2-39 聚乙烯的加工性能比较

加工工艺	LDPE	LLDPE	HDPE
成膜性	好	中	差
模塑	韧性	强韧、不变形	刚性
电线包覆	挤出量大	耐温性和耐应力开裂性较好	耐温最好
吹塑	熔体强度高	熔体强度差	熔体强度高

(续)

加工工艺	LDPE	LLDPE	HDPE
回转成型	流动性良好	流动性优	流动性差
粉末涂塑	适应低温	需较高温度	刚性
交联发泡	易控制	难控制	易控制

(1) 挤塑 低密度聚乙烯最主要的成型工艺为挤塑，其中又以吹塑薄膜为最多。表 2-40、表 2-41 和表 2-42 列出了 LDPE 的挤塑工艺条件、成型条件实例和薄膜配方。

表 2-40 LDPE 的挤塑工艺条件

工艺条件	薄膜	片、板	管、棒、 厚壁制品	电线 包覆	工艺条件	薄膜	片、板	管、棒、 厚壁制品	电线 包覆
物料温度/℃	149	163	177	218	计量段长度/mm	2 <i>D</i>	4 <i>D</i>	4 <i>D</i>	4 <i>D</i>
螺杆直径 <i>D</i> /mm	115	90	150	90	计量段槽深/mm	3.8	3.2	4.5	2.3
螺杆长径比 (<i>L/D</i>)	16	20	20	20	转速/r·min ⁻¹	60	75	75	100
压缩比	3	4	4	4					

表 2-41 低密度聚乙烯常用的挤出机及成型条件实例

用 途	薄 膜			
	一般包装用 管状薄膜	重包装管状 薄膜	一般性及农用宽幅薄膜	
成型方法	挤出吹塑方法			T 形模法
制品尺寸/mm	厚度 0.02 ~ 0.20 折径 100 ~ 500	厚度 0.18 ~ 0.25 折径 350 ~ 500	厚度 0.015 ~ 0.10 折径 700 ~ 2500	厚度 0.015 ~ 0.10 宽 700 ~ 2500
A. 挤出机				
料筒直径/mm	45 ~ 65	65 ~ 150	65 ~ 150	90 ~ 150
长径比 (<i>L/D</i>)	20 ~ 28	20 ~ 28	20 ~ 28	20 ~ 28
螺杆形式	计量型	计量型	计量型	计量型
螺杆压缩比	3 ~ 4: 1	3 ~ 4: 1	3 ~ 4: 1	3 ~ 4: 1
最高螺杆转速/r·min ⁻¹	100 ~ 160	100 ~ 160	100 ~ 160	100 ~ 160
挤出量/kg·h ⁻¹	10 ~ 80	60 ~ 200	60 ~ 200	80 ~ 200
B. 模具				
模具的形式	圆模	圆模	圆模	T 形模
模具的尺寸/mm	φ45 ~ 400	φ200 ~ 400	φ300 ~ 2000	φ700 ~ 2700
C. 成型				
冷却方式	空气冷却或水冷	空气冷却或水冷	空气冷却	冷却辊冷却
挤出吹塑吹胀比	1.2 ~ 2.5	1.2 ~ 2.5	1.2 ~ 2.5	—
牵引、卷绕速度/m·min ⁻¹	10 ~ 80	5 ~ 30	10 ~ 60	10 ~ 60

(续)

用 途	薄 膜			
	一般包装用 管状薄膜	重包装管状 薄膜	一般性及农用宽幅薄膜	
D. 成型条件实例				
原料的熔体质量流动速率/g · (10min) ⁻¹	2	0.5(EVA)	4	4
原料的密度/g · cm ⁻³	0.924	0.927	0.920	0.920
料筒后段温度/℃	140 ~ 160	150 ~ 170	140 ~ 160	170 ~ 200
料筒前段温度/℃	150 ~ 170	160 ~ 180	160 ~ 170	200 ~ 220
模头部分温度/℃	150 ~ 170	160 ~ 180	150 ~ 170	200 ~ 220
用 途	复合		电线包覆	吹塑成型
成型方法	挤出涂膜		CP 电缆包覆法	旋转吹塑方式
制品尺寸/mm	厚度 0.015 ~ 0.06 宽 600 ~ 2300		芯线直径 0.4 ~ 0.9 包覆厚 0.13 ~ 0.27	容量 100 ~ 500mL 壁厚 2 ~ 4
A. 挤出机				
料筒直径/mm	65 ~ 150		65 ~ 90	65 ~ 90
长径比(L/D)	20 ~ 28		20 ~ 28	20 ~ 28
螺杆形式	计量型		计量型	计量型
螺杆压缩比	3 ~ 4: 1		3 ~ 4: 1	3 ~ 4: 1
最高螺杆转速/r · min ⁻¹	100 ~ 160		100 ~ 125	60 ~ 100
挤出量/(kg/h)	60 ~ 250		60 ~ 80	20 ~ 50
B. 模具				
模具的形式	T 形模		直角进料模	圆模
模具的尺寸/mm	700 ~ 2500		φ0.66 ~ 1.60	φ10 ~ 20
C. 成型				
冷却方式	冷却辊冷却		水冷	空气冷却
牵引、卷绕速度/m · min ⁻¹	30 ~ 150		1000 ~ 1200	20 ~ 60
D. 成型条件实例				
原料的熔体质量流动速率/g · (10min) ⁻¹	4		0.3	4
原料的密度/g · cm ⁻³	0.920		0.924	0.920
料筒后段温度/℃	200 ~ 280		190 ~ 210	100 ~ 120
料筒前段温度/℃	290 ~ 320		240 ~ 260	140 ~ 160
模头部分温度/℃	290 ~ 320		240 ~ 260	130 ~ 150

表 2-42 农用宽幅 LDPE 薄膜配方

配方	组 分		质量分数
	LDPE(MFR =4g/10min,密度 0. 920g · cm ⁻³) 防老剂 2246-S		100 0. 1
设备	项 目	挤出吹塑法	T 形模法
	挤出机料筒直径/mm	65 ~ 150	90 ~ 150
	螺杆长径比(L/D)	20 ~ 26	20 ~ 26
	螺杆型式	渐变型	渐变型
	螺杆压缩比	3 ~ 4: 1	3 ~ 4: 1
	模具形式	圆形模	T 形模
	模具尺寸/mm	φ300 ~ φ2000	φ700 ~ φ2700
成型条件	项 目	挤出吹塑法	T 形模法
	料筒后段温度/℃	140 ~ 160	170 ~ 200
	料筒前段温度/℃	160 ~ 170	200 ~ 220
	模具温度/℃	150 ~ 170	200 ~ 220
	冷却方式	空气冷却	冷却辊冷却
	吹塑比	1. 2 ~ 2. 5	无
	牵引速度/m · min ⁻¹	10 ~ 60	10 ~ 60

注：MFR 为熔体质量流动速率。

(2) 注塑 低密度聚乙烯的注塑可不用干燥，当表面附有水分时可采用热风干燥，物料的着色可用干混法或挤出混色法。聚乙烯的收缩率大，注射方向达 3% ~ 4% ，垂直方向为 1. 5% ~ 2% ，薄壁制品易变形，这两点在模具设计时应加以注意。表 2-43 列出了低密度聚乙烯的注塑工艺条件。

表 2-43 LDPE 的注塑工艺条件

工艺条件		壁厚/mm		
		3 以下	3 ~ 6	6 以上
料筒温度/℃	后段	170 ~ 230	180 ~ 240	180 ~ 240
	中段	190 ~ 260	200 ~ 260	200 ~ 260
	前段	200 ~ 300	205 ~ 300	205 ~ 300
	喷嘴	190 ~ 280	200 ~ 260	200 ~ 260

(续)

工艺条件	壁厚/mm		
	3 以下	3 ~ 6	6 以上
模具温度/℃	35 ~ 55	40 ~ 70	40 ~ 70
注射压力/ $\times 10^5$ Pa	500 ~ 1500	500 ~ 1500	500 ~ 1500
注射时间/s	5 ~ 30	5 ~ 30	5 ~ 30
成型周期/s	15 ~ 60	15 ~ 60	15 ~ 60
成型收缩率(%)	2.0 ~ 2.1		
	1.0 ~ 0.8		
热处理时间/min	30 ~ 180		
热处理温度/℃	比制品的热变形温度低 5 ~ 20		
原料干燥条件	用料斗干燥器于 40 ~ 50℃ 下除去附着的水分		
着色	可用混炼法着色		

三、高密度聚乙烯

1. 基本特性

高密度聚乙烯（HDPE）采用齐格勒催化剂（有机金属化合物）及金属氧化物（吸附在二氧化硅上）催化剂，在低压下使乙烯聚合，可用气相法、熔液法或淤浆法。相对分子质量为 10 ~ 30 万。均聚物密度一般为 0.955 ~ 0.965g/cm³，线型结构，分支少，结晶度约为 80% ~ 90%。是含少量丁烯-1、己烯-1 或丙烯等 α -烯烃的共聚物。

HDPE 呈乳白色半透明的蜡状固体，与 LDPE、LLDPE 比较，HDPE 支链化程度最小，分子能紧密地堆砌，故密度最大（0.941 ~ 0.965g/cm³），结晶度高。HDPE 有较高的刚性及韧性，良好的力学性能及较高的使用温度。与 LDPE 比较，有较高的耐温、耐油性、耐蒸汽渗透性及抗环境应力开裂性，电绝缘性、抗冲击性及耐寒性都很好。HDPE 在强度和硬度方面比 LDPE 好，韧性比 PVC、PP 好，加工特性优于 PVC，耐低温和老化性能优于 PP，工作温度比 PVC、LDPE 高。HDPE 吸水性极微小，无毒，化学稳定性极佳，薄膜对水蒸气、空气的渗透性小。

HDPE 适合注塑、挤塑、吹塑、中空成型、喷涂、旋转成型、涂覆、发泡、热成型、热熔焊接等成型加工，加工性能很好。

高密度聚乙烯树脂质量指标列于表 2-44。

2. 国内生产厂家、牌号与产品性能

(1) 大庆石油化工总厂塑料厂 HDPE 性能和用途（见表 2-45、表 2-46）

表 2-44 高密度聚乙烯树脂质量指标 (GB/T 11115—2009)

测 试 项 目		挤 塑 料											
		PE-EA-57D003			PE-EA-57D012			PE-FA-50D012			PE-EA-50G200		
		优级	一级	合格	优级	一级	合格	优级	一级	合格	优级	一级	合格
清洁度/粒·kg ⁻¹ (树脂)	色粒	0~5	6~10	11~20	0~5	6~10	11~20	0~5	6~10	11~20	0~5	6~10	11~20
	杂质	0~20	21~40	41~60	0~20	21~40	41~60	0~20	21~40	41~60	0~20	21~40	41~60
熔体质量流动速率/g·(10min) ⁻¹		0.24~0.36	0.24~0.36	0.20~0.40	0.70~1.1	0.70~1.2	0.70~1.5	0.88~1.3	0.88~1.3	0.70~1.5	13~19	13~19	11~21
密度/g·cm ⁻³		0.952~0.956	0.952~0.956	0.951~0.957	0.957~0.961	0.957~0.961	0.956~0.962	0.948~0.952	0.948~0.952	0.947~0.953	0.947~0.951	0.948~0.953	0.948~0.954
		0.02	0.03	0.05	0.02	0.03	0.05	0.02	0.03	0.05	0.02	0.03	0.05
粉末灰分(%)		≤											
拉伸屈服强度/MPa		≥	24.0	23.0	22.0	23.0	22.0	23.0	22.0	21.0	23.0	24.0	23.0
断裂伸长率(%)		≥	120		150			500			150	500	
鱼眼(晶核)/个·1520cm ⁻²	0.8mm							0~1.5	1.6~3.0	3.1~8.0	0~1.5	1.6~3.0	3.1~8
	0.4mm							0~15	16~25	26~40	0~15	16~25	26~40
测 试 项 目		挤 塑 料											
		PE-GA-57D006			PE-GA-57D012			PE-LA-50D012			PE-LA-57D006		
		优级	一级	合格	优级	一级	合格	优级	一级	合格	优级	一级	合格
清洁度/粒·kg ⁻¹ (树脂)	色粒	0~5	6~10	11~20	0~5	6~10	11~20	0~5	6~10	11~20	0~5	6~10	11~20
	杂质	0~20	21~40	41~60	0~20	21~40	41~60	0~20	21~40	41~60	0~20	21~40	41~60
熔体质量流动速率/g·(10min) ⁻¹		0.48~0.72	0.48~0.72	0.40~0.80	0.80~1.2	0.80~1.2	0.65~1.4	0.80~1.1	0.80~1.2	0.62~1.3	0.52~0.78	0.52~0.88	0.42~0.95
密度/g·cm ⁻³		0.952~0.956	0.952~0.956	0.951~0.954	0.954~0.958	0.954~0.958	0.953~0.959	0.949~0.953	0.949~0.953	0.948~0.954	0.951~0.956	0.950~0.954	0.949~0.955
		0.05	0.06	0.08	0.05	0.06	0.08	0.05	0.06	0.08	0.05	0.06	0.08

(续)

测 试 项 目		挤 塑 料												注 塑 类						
		PE-CA-57D006				PE-CA-57D012				PE-LA-50D012				PE-LA-57D006				PE-MA-50D045		
		优级	一级	合格		优级	一级	合格		优级	一级	合格		优级	一级	合格		优级	一级	合格
粉末灰分(%)		≤	0.02	0.03	0.05	0.02	0.03	0.05		0.01	0.02	0.04		0.01	0.02	0.04	0.03	0.04	0.05	
拉伸屈服强度/MPa		≥	24.0	23.0	22.0	24.0	23.0	22.0		24.0	23.0	22.0		24.0	23.0	22.0	26.0	25.0	23.0	
断裂伸长率(%)		≥	120				120				500				500				80	
悬臂梁冲击强度/J·m ⁻¹		≥															45	40	35	
测 试 项 目		挤 塑 料												吹 塑 类						
		PE-MA-57D075				PE-MA-57D075				PE-MA-62D045				PE-ML-57D075				PE-BA-62D003		
		优级	一级	合格		优级	一级	合格		优级	一级	合格		优级	一级	合格		优级	一级	合格
清洁度/粒·kg ⁻¹ (树脂)	色粒	0~5	6~10	11~20	0~5	6~10	11~20	0~5	6~10	11~20	0~5	6~10	11~20	0~5	6~10	11~20	0~5	6~10	11~20	
	杂质	0~20	21~40	41~60	0~20	21~40	41~60	0~20	21~40	41~60	0~20	21~40	41~60	0~20	21~40	41~60	0~20	21~40	41~60	
熔体质量流动速率/g·(10min) ⁻¹		3.6~5.4	3.6~5.4	3.0~6.0	0.6~9.0	0.6~9.0	0.5~10		4.5~6.5	4.5~6.5	3.7~7.5		6.0~9.0	5.0~10	0.25~0.45	0.20~0.50				
密度/g·cm ⁻³		0.958~0.962	0.958~0.962	0.957~0.963	0.955~0.959	0.955~0.959	0.954~0.960		0.962~0.966	0.962~0.966	0.961~0.967		0.956~0.960	0.955~0.961	0.958~0.962	0.957~0.963				
		0.03	0.04	0.05	0.03	0.04	0.05	0.05	0.03	0.04	0.05	0.05	0.03	0.04	0.05	0.03	0.04	0.05		
拉伸屈服强度/MPa		≥	26.0	25.0	23.0	26.0	25.0	23.0		26.0	25.0	23.0		26.0	25.0	23.0	26.0	25.0	23.0	
断裂伸长率(%)		≥	60				80				80				60				500	
简支梁冲击强度/kJ·m ⁻²		≥	10	9.0	8.0					5.0	4.0	3.0								
悬臂梁冲击强度/J·m ⁻²		≥				35	25	20						30	25	20	300	250	200	
环境应力开裂/h		≥																25		
冲击脆化温度/℃		≤																70		

注：表中第1、2、3、5、9项为出厂必检项目，第4、6、7、8、10、11项为抽检项目。

表 2-45 大庆石油化工总厂塑料厂 HDPE 性能

项目	牌号	5121A	519.9AC	5B2.8AC	4E0.6AC	4P0.2AC	4F0.1AC
熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (\text{10min})^{-1}$		21.5	9.5	2.7	0.63	0.21	0.13
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$		0.959	0.961	0.959	0.954	0.954	0.955
相对分子质量分布指数		17 ~ 35	17 ~ 35	17 ~ 35	17 ~ 33	> 70	60 ~ 200
拉伸屈服强度/MPa		24	20	22	18	18	24
相应于日本三井油牌号		1600J	2100JH	3800J	4300F	5100B	

表 2-46 大庆石化总厂塑料厂大庆牌 HDPE 的性能和用途

牌号	熔体质量流 动速率/ $\text{g} \cdot$ $(\text{10min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot$ cm^{-3}	特 点 和 用 途
4E0.6AC	0.63	0.954	挤塑级，共聚物，适合薄膜、打包带、绳索
4F0.1AC	0.13	0.955	挤塑级，共聚物，拉伸强度和刚性高，适合薄膜、农膜、微薄膜、垃圾袋、重包装袋、食品袋、购物袋、保鲜膜、充气管状膜
4P0.2AC	0.3	0.945	吹塑中空级，适合容器，如工业瓶、化妆品和医药瓶
5B2.8AC	2.7	0.959	注塑级、共聚物，刚性和硬度良好，适合汽油贮槽，工业用和抗化学容器
519.9AC	9	0.957	注塑级，适合机械零件、挡泥板、前罩、家用器皿、玩具
1300J	14	0.965	注塑级，高熔融流动性及良好的刚性、尺寸稳定性，适合家庭用品和小型部件，如篮子、脸盆、桶、垃圾箱、药品盒、洗脸架、提桶、瓶盖、玩具等
2100J	6.5	0.965	注塑级，冲击强度高，ESCR 良好，适合机械零部件、容器、封闭材料，如摩托车防护板、瓶盖、桶等
2200J	6.0	0.968	注塑级，抗冲击和刚性高，适合周转箱（蔬菜、水果、牛奶、食品、啤酒等）、工业部件、瓶、鱼筐等
2208J	6.0	0.968	注塑级，抗冲击强度和刚性高，有抗紫外线性，适合周转箱，如啤酒、食品、饮料箱、鱼箱等
3300F	1.1	0.954	挤塑级，有良好的加工性和透明性，适合一般用包装材料，如薄膜，其单向拉伸薄膜可作扭结薄膜
5000S	0.9	0.954	挤塑级，加工和力学性好，耐寒性和耐磨耗性良好，用于单丝、扁丝、延伸条、渔网、绳索、布纱、编织袋等
5121A	21.5	0.959	注塑级，用作薄壁容器，如一次性民航杯子等
5200B	0.35	0.964	吹塑中空级，冲击强度和刚性高，用于大容器和工业容器，如煤油、化学品、汽油桶、大玩具、渔用浮子
5200S	0.9	0.964	挤塑级，单丝的强度和结节强度高，耐寒性和耐磨耗性优良，用于渔网丝、绳索、打包带等

(续)

牌号	熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	特 点 和 用 途
6100M	0.14	0.954	挤塑管材级, 丁烯-1 共聚物, ESCR 和抗蠕变优良, 用于上下水管、矿山和化工用管、农用灌溉用管、微薄薄膜、购物袋、背心袋
6200B	0.4	0.959	吹塑中空级, 共聚物, 刚性好, ESCR 优良, 适合汽车部件, 大容器(20mL 以上) 和瓶子等

(2) 辽阳石油化学纤维工业公司化工三厂 HDPE 性能和新开发产品牌号 (见表 2-47、表 2-48 和表 2-49)

表 2-47 辽阳石油化学纤维工业公司化工三厂 HDPE 性能 (一)

项目	牌号	测试方法	GA-7260	GB-7750	GC-7260	GD-7255	GD-7760	GF-7755	GF-7745
熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$		DIN53735	45	27	23	12	6.5	1.6	1.6
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$		DIN53479	0.958	0.952	0.958	0.952	0.959	0.948	0.943
屈服强度/MPa		DIN53455	30.36	28.42	30.36	29.40	32.42	29.40	25.48
断裂伸长率(%)		DIN53455	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
缺口冲击强度/ $\text{J} \cdot \text{cm}^{-2}$		DIN53456	0.2	0.28	0.3	0.5	0.45	0.8	1.0
球压痕冲击强度(30s)/ $\text{J} \cdot \text{cm}^{-2}$		DIN53456	54.0	42.0	52.0	45.0	41.0	46.0	42.0

项目	牌号	测试方法	GM-7255P	GM-7745P	GF-7740F	GF-7750M	GM-5010H	GF-7740	GF-7750	GF-7750J
熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$		DIN53735	5	5	1.7	1.6	0.38	1.7	1.6	2.4
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$		DIN53479	0.948	0.945	0.943	0.947	0.946	0.943	0.947	0.954
屈服强度/MPa		DIN53455	29.40	25.48	23.52	28.4	23.52	21.56	24.5	26.46
断裂伸长率(%)		DIN53455	1000	1000	1000	1000	800	—	—	—
缺口冲击强度/ $\text{J} \cdot \text{cm}^{-2}$		DIN53456	2.0	3.0	1.0	1.0	1.2	—	—	—
球压痕冲击强度(30s)/ $\text{J} \cdot \text{cm}^{-2}$		DIN53456	47.0	42.0	38.0	43.0	40.0	—	—	—

表 2-48 辽阳石油化学纤维工业公司化工三厂 HDPE 性能 (二)

类别	牌号	级别	清洁度		熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$
			色粒	杂质		
			粒 · kg^{-1} (树脂)	粒 · kg^{-1} (树脂)		
注塑级	PE-ML-57D075 (GC7260)	优级	0 ~ 5	0 ~ 20	6.0 ~ 9.0	0.955 ~ 0.959
		一级	6 ~ 10	21 ~ 40	6.0 ~ 9.0	0.955 ~ 0.959

(续)

类别	牌 号	级 别	清洁度		熔体质量 流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	
			色粒	杂质			
			粒 · kg ⁻¹ (树脂)	粒 · kg ⁻¹ (树脂)			
注 塑 级	PE-MA-50D045 (GD7255)	优级	0 ~ 5	0 ~ 20	3.2 ~ 4.8	0.950 ~ 0.954	
		一级	6 ~ 10	21 ~ 40	3.2 ~ 4.8	0.949 ~ 0.955	
	R5055	优级	—	—	45 ~ 60	0.950 ~ 0.956	
		一级	—	—			
	Z1457	优级	0 ~ 5	0 ~ 20	10 ~ 16	0.955 ~ 0.960	
		一级	6 ~ 10	21 ~ 40			
	Z2857	优级	0 ~ 5	0 ~ 20	25 ~ 31	0.955 ~ 0.960	
		一级	6 ~ 10	21 ~ 40			
吹 塑 级	GD7760	优级	—	—	5 ~ 8	0.956 ~ 0.961	
		一级	—	—			
	GF7755	优级	—	—	1.3 ~ 1.9	0.946 ~ 0.950	
		一级	—	—			
	GM7745P	优级	—	—	0.3 ~ 0.7	0.942 ~ 0.947	
		一级	—	—			
	J1056F	优级	0 ~ 5	0 ~ 20	0.3 ~ 0.6	0.951 ~ 0.956	
		一级	6 ~ 10	21 ~ 40			
挤 塑 级	PE-GA-50D006 (GF7750)	优级	0 ~ 5	0 ~ 20	0.36 ~ 0.54	0.949 ~ 0.953	
		一级	6 ~ 10	21 ~ 40	0.36 ~ 0.54	0.948 ~ 0.953	
	PE-LA-57D006 (GF7750J)	优级	0 ~ 5	0 ~ 20	0.52 ~ 0.78	0.952 ~ 0.956	
		一级	6 ~ 10	21 ~ 40	0.52 ~ 0.78	0.951 ~ 0.956	
	GF7750M	优级	0 ~ 5	0 ~ 20	1.3 ~ 1.9	0.949 ~ 0.954	
		一级	6 ~ 10	21 ~ 40			
	GM5010H	优级	0 ~ 5	0 ~ 20	0.3 ~ 0.6	0.943 ~ 0.948	
		一级	6 ~ 10	21 ~ 40			
类别	牌 号	粉末灰分 (%) ≤	缺口冲击 强度 /kJ · m ⁻²	拉伸屈服 强度 /MPa ≥	断裂伸 长率 (%) ≥	鱼眼(晶核)	
						0.8mm	0.4mm
						个 · 1520cm ⁻²	
注 塑 级	PE-ML-57D075 (GC7260)	0.03		26.0	60	—	—
		0.04		25.0	60	—	—

(续)

类别	牌 号	粉末灰分 (%) ≤	缺口冲击 强度 /kJ · m ⁻²	拉伸屈服 强度 /MPa≥	断裂伸 长率 (%) ≥	鱼眼(晶核)	
						0.8mm	0.4mm
						个 · 1520cm ⁻²	
注 塑 级	PE-MA-50D045 (GD7255)	0.03		26.0	80	—	—
		0.04		25.0	80	—	—
	Z1457	0.03	≥3.5	26	60	—	—
		0.04		25	60	—	—
	Z2857	0.03	≥2.2	26	60	—	—
		0.04		25	60	—	—
吹 塑 级	GD7760	0.02	3.3	30		—	—
		0.04		22		—	—
	GF7755	0.02	≥6.5	27		—	—
		0.04		22		—	—
	GM7745P	0.02	≥8	23		—	—
		0.04		21		—	—
	J1056F	0.03	—	23.0	500	0 ~ 1.5	1.5 ~ 3.0
		0.04		22.0	500	0 ~ 15	16 ~ 25
挤 塑 级	FE-GA-50D006 (GF7750)	0.02		24.0	500	—	—
		0.03		23.0	500	—	—
	PE-LA-57D006 (GF7750J)	0.01		24.0	500	—	—
		0.02		23.0	500	—	—
	GF7750M	0.02	≥10	24.0	500	—	—
		0.03		23.0	500	—	—
	GM5010H	0.03	≥10	23.0	500	—	—
		0.04		22.0	500	—	—
牌号	特 性 与 用 途						
GC7260	易加工、变形小、密度高、硬度高、刚性好、韧性与拉伸断裂强度亦好,适于制造周转箱、运输箱及家庭日用品,特别适用于牛奶、啤酒等瓶装的周转箱						
GD7255	具有韧性高、拉伸断裂强度高、变形小的特点,适于做安全帽及汽车零部件,特别适用于制造厚壁负重大的运输箱,例如装鱼箱、垃圾箱等						
R5055	高熔体指数,粉末粒度细,粘合衬布专用树脂,并适合薄壁注塑及涂塑制品						
Z1457	塑料周转箱用树脂,加工流动性好,制品色泽光亮,耐跌落、耐低温,适合用作啤酒箱及鱼箱等制品						
Z2857	熔体指数较高、刚性好、硬度高、注塑温度低,适用于薄壁制品						

(续)

牌号	特 性 与 用 途
GD7760	韧性好、硬度大、刚性高、拉伸强度大，用于制作小空心件和单口瓶
GF7750	高熔体指数，粉末粒度细，粘合衬布专用树脂，并适合薄壁注塑及涂塑制品
GM7745P	韧性好，硬度刚性比 GM7255P 稍小些，适于制作 10L 以上大中空件，如装热油的贮罐，具有优良的耐碰撞、耐跌落性能
J1056F	超薄膜专用树脂，相对分子质量高、分布宽，加工成型性好，薄膜拉伸强度高，纵横向强度均衡，适用于制作背心袋，食品袋，垃圾袋等包装用薄膜制品
GF7750	适合于制作中空容器、单丝、渔网丝
GF7750J	适合于制作单丝、渔网丝等
GF7750M	韧性好，硬度、拉伸强度、抗冲击强度大，适合制造单丝、渔网丝、电缆护套
GM5010H	适合制造压力管道和架空用排水管道或埋在地下的排水管、大型农灌管等

表 2-49 辽阳石油化学纤维工业公司化工三厂 HDPE 新开发产品牌号

项目	牌号	GF7750	GF7750J	R5055	Z2857	Z1457	J1310	J1056F	C1648	J1645	J1050
熔体质量流动速率(5kg) /g · (10min) ⁻¹		1.6	2.1	52.5	28	11	1.3	0.3	1.6	1.6	0.3
密度/g · cm ⁻³		0.951	0.954	0.953	0.958	0.958	0.941	0.951	0.948	0.945	0.951
屈服强度/MPa		26.46	26.46	24.50	26.46	26.46	21.56	26.46	26.46	26.46	
断裂伸长率(%)		1000	1000	1000	1000	1000	800	800	1000	800	800
灰分(%)		0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

牌号	熔体质量 流动速率 ^①	密度 /g · cm ⁻³	特 点 和 用 途
C1648	1.6	0.948	吹塑中空成型级，适合容器等
GF7750	1.6	0.947	挤塑级，适合单丝、渔网丝、绳索等
GF7750J	2.2	0.955	挤塑级，适合单丝、渔网丝、绳索等
J1050	0.3	0.951	适合钙塑制品
J1056F	0.3	0.951	挤塑级，适合超薄薄膜
J1310	1.3	0.941	挤塑级，适合各种管材
J1645	1.6	0.945	挤塑级，适合电线电缆的护套料等
R5055	52.5	0.953	适合粘合衬里制品
Z1457	11	0.958	注塑级，适合制作周转箱、安全帽、汽车部件、垃圾箱等
Z2857	28	0.958	注塑级，适合制作周转箱、运输箱、家庭器皿、其他零部件等

① 熔体质量流动速率用 5kg 负荷，以 g · (10min)⁻¹ 计。

(3) 兰州化学工业公司石油化工厂 HDPE 性能（见表 2-50）

表 2-50 兰州化学工业公司石油化工厂 HDPE 性能

项目 牌号	测试方法	60550AG	54180AG	61001AG
熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	BS3412	7.2	18	26
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	BS3412	0.962	0.954	0.953
拉伸屈服强度/MPa	BS2782	32	26	26
断裂伸长率(%)	BS2782	150	150	150
弹性模量/MPa	BS2782	1250	1000	1100
揉曲屈服强度/MPa	DYN STAT	65	55	
冲击强度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	BS2782	6	3	
邵氏硬度 HD	ASTM D2240	68	66	68
熔点/ $^{\circ}\text{C}$	ASTM D2117	134	130	
维卡软化点/ $^{\circ}\text{C}$	ASTM D1525	127	123	
热导率/ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	ASTM C177	0.18	0.48	
线胀系数/ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	ASTM D696	2×10^{-4}	2×10^{-4}	
介电常数(1MHz)	BS2782	2.3	2.3	
钛含量/ $\times 10^{-6}$		12	12	
灰含量/ $\times 10^{-6}$		350	350	

牌号	特 点 和 用 途
4411UA	挤塑级，通用
50200AG	注塑级，ESCR 好，适合制作家用器皿、瓶盖
54180AG	注塑级，适合薄壁零部件和家用器皿等制品
55110AG	注塑级，流动性良好，适合制作家用器皿
60130AG	注塑级，适合制作家用器皿、罩、桶、薄壁容器
60301UD	挤塑和注塑级，高流动性，适合制作鱼箱、工业配件、翼板
60550AG	注塑级，适合制作薄壁零部件和家用器皿、箱、盘、盒等
61001AG	注塑级，适合薄壁零部件和家用器皿等制品

(4) 齐鲁石油化工公司烯烃厂 HDPE 性能（见表 2-51）

表 2-51 齐鲁石油化工公司烯烃厂 HDPE 性能

项目 牌号	测试方法	DMD 7030	DMD 7008	DMD 7904	DMD 6130	DMD 5140	DGD 6158	DGD 6093	DGD 3190	DGD 6084	DGD 1155	DMD 3479
熔体质量流动速率 / $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	D1238	30	8	4	0.15	0.7	0.9	0.16	0.1	0.35	0.04	0.15

(续)

牌号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	特 点 和 用 途
DMD7006	0.6	0.958	注塑级，高抗冲击和强度，适合工业用及大型托盘
DMD7008	8	0.957	注塑级，均聚物，刚性、韧性好，熔体流动性好，适合家用器皿、周转箱、托架、提桶及工业部件
DMD7030	30	0.959	注塑级，均聚物，高刚性，低变形，极低的表面粗糙度，成型周期短，适合薄壁容器，小型容器、家用器皿、盒子、玩具、一次性使用的食品容器
DMD7904	4	0.951	注塑级，共聚物，韧性和抗冲击强度好，适合运输用容器、提桶及工业部件
DMD8007	8	0.965	注塑级，刚性、抗翘曲和韧性好，适合周转箱和托盘
DMD8907	7	0.953	注塑级，共聚物，优良的成型加工性，刚性、抗冲击性好，适合运输用罐、桶、工业部件
DMD8920	20	0.954	注塑级，共聚物，流动性和韧性好，可快速成型，适合家庭用品、薄壁罐、桶
DMD8940	40	0.951	注塑级，共聚物，流动性和韧性好，适合快速注塑食品容器和薄壁制品、盖、罩、家庭用品
DMD8965	65	0.952	注塑级，共聚物，流动性和力学性能很好，适合家庭用器皿和食品包装容器
DMDA6145	1.5	0.951	吹塑中空成型级，共聚物，适合制作 10 ~ 100L 容器
DMDA6147	1	0.948	吹塑中空成型级，共聚物，适合制作 20 ~ 200L 容器
DMDA7154	7.5	0.954	旋转成型级，容器，如大型或薄壁制品
DMDY1158	0.2	0.953	吹塑中空成型级，适合制作 20 ~ 1000L 大型容器

(5) 扬子石油化工公司塑料厂 HDPE 性能（见表 2-52）

表 2-52 扬子石油化工公司塑料厂 HDPE 性能

项目 \ 牌号	6000F	7000F
熔体质量流动速率/g · (10min) ⁻¹	0.11	0.044
密度/g · cm ⁻³	0.955	0.956
拉伸强度/MPa	300	300
断裂伸长率(%)	500	500
拉伸屈服强度/MPa	21	35
相对分子质量分布	70	80
环境应力开裂时间	—	400
熔点/℃	—	131
共聚单体	丁烯-1	丁烯-1

(续)

牌号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	特 点 和 用 途
6000F	0.11	0.955	吹塑薄膜级, 用于制作微薄薄膜、背心袋、垃圾袋、食品包装袋、服装袋、内衬袋, 挤塑管材和吹塑中空容器
7000F	0.044	0.956	吹塑薄膜级, 相对分子质量在 20 万以上, 力学强度高, 加工性能好, 适合微薄薄膜、购物袋 (厚度 25 ~ 30μm)、用于垃圾袋 (厚度 15 ~ 20μm)、食品小包装袋 (厚度 8 ~ 10μm), 还可挤出管材和吹塑容器
8200B	0.03	0.956	吹塑中空级, 高相对分子质量, 抗冲击强度高, 环境应力开裂时间大于 600h, 适合超大型容器, 如 220L、1m ³ 以上的贮存容器等, 挤出大径管

(6) 广州乙烯股份有限公司 HDPE 性能 (见表 2-53)

表 2-53 广州乙烯股份有限公司 HDPE 性能

牌号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	特 点 和 用 途
DEX8302	3.0	0.954	挤塑级, 适合制作板、隔板、瓶等
DFDA7023	1.9	0.941	流延膜, 刚性膜, 适合制作衬里、纺织物包装
DGDA2483BK-3	0.15	0.945	挤塑级, 适合制作管材, 如小径水管、小管件
DGDA6093	0.15	0.952	薄膜级, 超薄薄膜, 适合制作小杂品袋等
DGDA6094	1.0	0.950	挤塑拉丝级, 适合制作单丝、扁丝、编织袋等
DGDB2480BK-3	0.1	0.946	挤塑管材级, 适合制作大径、排水、化学品管
DGDB2481BK-3	0.1	0.946	挤塑管材级, 适合制作大管材、运输管、水管
DGDB2483BK-3	0.15	0.945	挤塑管材级, 适合制作小径水管、小管件
DGDS6097	0.4	0.948	挤塑级, 适合制作板、片材, 薄膜, 包装袋衬里
DMDA6143	0.15	0.952	吹塑中空级, 适合制作瓶、罐、桶、运输大容器
DMDA6147	0.08	0.948	吹塑中空级, 适合制作大瓶、罐、桶、运输大容器等大型制品
DMDA6149	0.07	0.953	吹塑中空级, 适合制作容器大罐、桶、运输罐
DMDA6152	0.36	0.952	吹塑中空级, 适合制作大罐、大瓶、大容器、气体罐等
DMDA6200	0.42	0.953	化学容器、适合制作农用罐、油瓶等
DMDA6210	0.42	0.953	吹塑中空级, 适合制作罐、工业瓶、洗发剂、日用瓶类
DMDA6211	0.42	0.953	适合制作 HIC 瓶、抗静电、高剪切、机械部件等
DMDA6220	0.42	0.953	适合制作 HIC 瓶 (小), 抗静电、高剪切机械部件, 符合 FDA

(续)

牌号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	特 点 和 用 途
DMDA6221	0.42	0.953	适合制作 HIC 瓶, 中空容器, 抗静电、高剪切机械部件, 符合 FDA
DMDA6230	0.33	0.950	吹塑中空级, 适合制作 4 ~ 40mL 大容器、罐等制品
DMDA6231	0.33	0.950	特点、用途同 DMDA6230
DMDA6300	0.46	0.953	适合制作中空瓶、洗涤剂瓶、低剪切机械部件
DMDA6301	0.46	0.953	适合制作 HIC 瓶、容器、低剪切机械部件
DMDA6400	0.8	0.960	适合制作中空容器、果汁瓶、日用品瓶
DMDA6505	0.05	0.952	适合制作 HIC 瓶、管材、瓶等高档用品
DMDA6511	0.1	0.949	适合制作 HIC 瓶, 罐、管材等
DMDA8007	8.2	0.963	注塑级, 适合制作日用品、篮、篓、桶等
DMDA8907	6.5	0.952	注塑级, 适合制作日用器皿、盆、桶等
DMDA8920	20	0.954	注塑级, 适合制作食品容器、家用器皿、盆、桶
DMDA8940	40	0.951	注塑级, 适合制作食品容器、家用器皿、平底杯
DMDA8950	50	0.954	注塑级, 适合制作食品容器、家用器皿等
DMDA8965	65	0.952	注塑级, 适合制作薄壁零件、日用制品等
DMDA8980	80	0.952	注塑级
DMDB6200	0.23	0.955	适合制作中空小罐、小瓶、抗静电、高剪切机械部件
DMDB8907	6.5	0.952	注塑级, 适合制作日用器皿、盆、桶等
DMDB8920	20	0.954	注塑级, 适合制作家用器皿、食品容器等
DMDB8940	40	0.951	注塑级, 适合制作家用器皿、食品容器、平底杯等
HS7043	1.9	0.941	流延膜, 刚性膜, 适合制作拉伸带

(7) 广东茂名乙烯工程指挥部 HDPE 性能 (见表 2-54)

表 2-54 广东茂名乙烯工程指挥部 HDPE 性能

牌号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	特 点 和 用 途
DFDA7023	1.9	0.941	薄膜级, 适合制作刚性膜、缝模流延膜
DGDA2400	0.2	0.940	挤塑级, 适合制作输气管
DGDA6094	1.0	0.950	挤塑级, 适合制作渔网丝、编织网
DGDB2480BK	0.1	0.946	挤塑级, 适合制作大口径管、污水、化学用管
DGDS6097	0.4	0.948	挤塑级, 适合制作片材、商品袋、袋衬里

(续)

牌号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	特 点 和 用 途
DMDA6152	0.36	0.952	适合制作大容器、罐
DMDA6301	0.46	0.953	吹塑中空级, 适合制作高抗冲击瓶
DMDB8907	6.5	0.952	适合制作开口桶
DNDB7149	4.0	0.934	适合制作罐、盥洗具、玩具
DNDD7150	3.5	0.939	适合制作农用罐、料仓

3. 国外生产厂家、牌号与产品性能

(1) 美国联合碳化物 (Union Carbide) 公司 Bakelite PF 性能 (见表 2-55)

表 2-55 美国联合碳化物公司 Bakelite PF 性能

牌号	熔体质量流 动速率/g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格	牌号	熔体质量流 动速率/g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格
DFD-0745	0.3	0.930	挤出成型	DMD-5100	1.0	0.962	挤出成型
DHD-4022	0.2	0.940	挤出成型	DMD-7000	5.0	0.952	注射成型
DGD-4865	0.2	0.930	挤出成型	DMD-7004	3.5	0.962	注射成型
DGD-6011	0.2	0.930	挤出成型	DMD-7980	12	0.952	注射成型
DGDA-3363	0.25	0.950	挤出级	DMD-0517	18.0	0.954	注射成型
DGDJ-3479	0.25	0.935	通用级	DMDA4303	0.3	0.950	中空成型
DGDA-3463	0.2	0.961	挤出成型	DQDA-3131NT7	30	0.940	挤出涂覆
DGDA-3485	0.9	0.950	挤出成型	HFDA0580BK55		1.140	挤出级
DGDA-3490	0.9	0.950	通用级	HFDA-0581BK55		1.13	通用级
DGDA-5770	1.0	0.952	注射成型	HFDA-0691BK55		1.13	通用级
DGDB-3055	0.2	0.960	挤出成型	HFDA-5620ye1245		1.05	挤出级
DGDB-4865	0.2	0.960	挤出级	HFDA5630BK185		1.07	挤出级
DGDJ-3364	0.3	0.950	挤出级	HFDA-6522		1.30	薄膜级
DGDY-6093	0.17	0.954	薄膜级	DEDC6609	9.0	0.949	薄膜级
DGDJ-3364NT	0.3	0.950	挤出级	DEMD8540	0.4	0.955	吹塑级
DGDY-6094	0.65	0.952	挤出级	DEMD8541	0.4	0.952	吹塑级
DGDY-6095	0.6	0.960	挤出级	G8940	40	0.951	注塑级
DGDY-3098	0.08	0.953	薄膜级	G-8908	8.0	0.955	注塑级
DMD-4300	0.25	0.950	挤出成型	DGDA-5097NT	0.09	0.948	薄膜级
DMD-3455	0.25	0.962	挤出成型	DGDA-6009	9.0	0.949	薄膜级

(续)

牌号	熔体质量流 动速率/ $\text{g} \cdot$ $(10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot$ cm^{-3}	规格	牌号	熔体质量流 动速率/ $\text{g} \cdot$ $(10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot$ cm^{-3}	规格
DGDA-2400	0.6	0.939	挤塑级	DMDA-7920	20	0.955	注射成型
DGDB-2480	0.11	0.953	挤塑级	DMDA-9130	30	0.965	注射成型
DGDB-2483	0.3	0.947	挤塑级	DMDB4300	0.25	0.950	中空成型
DHD-4865	0.2	0.942	挤出成型	DMDJ4309	0.30	0.958	中空成型
DHDA-4022	0.25	0.946	挤出成型	DMDJ4356	0.3	0.954	中空成型
DMDJ7106	6.0	0.862	注射成型	DMDJ5140	0.72	0.962	中空成型
DMDJ7904	4.0	0.953	注射成型	DMDJ5142	0.85	0.962	中空成型
DMDJ7908	8.0	0.953	注射成型	DMDJ7006	6.0	0.962	注射成型
DMDJ7914	14	0.955	注射成型	DMDJ7008	8.0	0.962	注射成型
DMP-7335	9.0	0.953	通用级	DMDJ7024	24	0.962	注射成型
DNDA-6670	4.0	0.940	通用级	DMDJ7030	30	0.965	注射成型
DNDC-6669	4.0	0.940	注射成型	DGDK3471BK9865	0.15	0.950	挤出成型
DNDJ-7904	4.0	0.953	注射成型	DGDY6094NT	0.65	0.952	挤出拉伸
DQD-1868	2.5	0.946	通用级	DHDA-0571NT7	0.2	0.932	挤出薄膜
DQDA-1830	2.5	0.946	通用级	DHDA-7704BK55	0.2	1.120	挤出电缆
DQDA-3233	1.1	0.980	通用级	DEMA6130-NT7	0.15	0.956	中空成型
DQDA-3269	20	0.950	注射成型	DEMA-6148	0.1	0.953	吹塑级
DQDA-3830	30	0.933	注射成型	DHDB-5350NT7	6.5	0.933	挤出涂覆
DQDA-3840	30	0.932	注射成型	DHDB-6391NT7	12	0.933	挤出涂覆
DQDA-3868	30	0.946	注射成型	DHDD-6390NT7	6.5	0.933	挤出涂覆
DPD-1868	2.5	0.940	通用级	DGDC-7501NT7	11.5	0.952	挤出涂覆
DMD-7047	1.0	0.940	吹塑级	DMDJ-4306NT7	0.3	0.954	中空成型
DMDJ-5140	0.8	0.962	挤塑级	DMDJ5230NT77	0.3	0.956	中空成型
DEX-8423	2.6	0.961	薄膜级	DMDA-6145NT7	0.1	0.953	中空成型
GRSN-7904NT7	40	0.953	注塑级	DPD-6169	6.0	0.931	通用级
GRSN-8930NT7	30	0.953	注塑级	DPD-7070	8.0	0.946	通用级
GRSN-8007NT7	8.0	0.965	注塑级	DPD-7365	8.0	0.938	通用级
GRSN-8540	0.4	0.957	吹塑级	DPD-8016	13	0.637	通用级
BACK-4865	1.1	0.948	挤塑级	DPD-2077	0.25	0.949	挤出级
DMDA4306	0.6	0.950	中空成型	DPD-4865	0.25	0.949	挤出级
DMDA7015	15	0.962	注射成型	DPPA-6170	6.0	0.931	旋转成型

(续)

牌号	熔体质量流 动速率/ $\text{g} \cdot$ $(10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot$ cm^{-3}	规格	牌号	熔体质量流 动速率/ $\text{g} \cdot$ $(10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot$ cm^{-3}	规格
DPPA-8172	12	0.938	旋转成型	DMDJ-7006D	60	0.962	注塑级
PEP660	1.6	0.934	滚塑成型	DMDJ-7030NT	30	0.965	注塑级
PEP680	1.5	0.935	溶塑成型	DMDJ-7904NT	4.0	0.953	注塑级
DFD-3201	3.0	1.03	挤出涂覆	DMDJ-7914NT	14	0.955	注塑级
DFD-4960NT	2.0	0.940	挤出成型	DGDA-6097NT7	0.09	0.948	薄膜级
DFDA0558BK9865	0.25	0.930	挤出成型	DGDA-6293NT7	0.15	0.953	薄膜级
DFDA-0292NT7	1.5	0.997	挤出薄膜	DGDJ-6095NT7	0.7	0.961	薄膜、拉丝级
DGDC-7501-NT7	11.5	0.952	挤出涂覆	DMDA-6147NT7	0.09	0.948	吹塑级
DGDJ3364NT	0.3	0.950	挤出成型	DMDA-6143NT7	0.1	0.952	吹塑级
2480-4865	0.25	0.949	挤出级	DFD-0964NT7	3.0	0.966	挤塑级
2483-4865	0.25	0.949	挤出级	DEMA-6130NT7	0.15	0.965	挤塑级
DGDJ6093NT77	0.2	0.954	挤出级	GPEP-100	7.0	0.942	挤塑、吹塑级
DGDJ-6098NT77	0.08	0.952	吹塑级	DMDA-7154	7.0	0.954	挤塑、吹塑级
DMD-7008	8.0	0.962	注塑级	DPEP-9854	7.0	0.954	挤塑、吹塑级
DQDA-1868	2.5	0.946	注塑级	Y-9602	—	—	填充增强级
DGDB-3005	0.2	0.960	挤塑级	Y-9578	—	—	填充增强级
DMD-3455	0.25	0.962	挤塑级	Y-7676	—	—	填充增强级
DMDA-7920NT	20	0.956	注塑级	—	—	—	

(2) 美国菲利普 (Phillips) 石油公司 Marlex PE 性能 (见表 2-56)

表 2-56 美国菲利普石油公司 Marlex PE 性能

牌号	熔体质量流 动速率/ $\text{g} \cdot$ $(10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot$ cm^{-3}	规格	牌号	熔体质量流 动速率/ $\text{g} \cdot$ $(10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot$ cm^{-3}	规格
BHB5003	0.3	0.950	挤塑薄膜	BMB5065	6.5	0.950	注射成型
BHB5012	1.2	0.950	注射成型	BMB5095	10.5	0.950	注射成型
BHM5402	0.25	0.954	中空成型	BMB6050	25	0.963	注射成型
BHN5603	0.3	0.956	吹塑级				挤出涂覆级
BHM55250	25	0.956	注射成型	BMN55250	25	0.955	挤出涂覆级
BHV5005	0.5	0.950	挤塑级	BMN53120	12	0.953	注射成型
BMB5040	4.0	0.950	注射成型	HMN55180	20	0.955	注射成型

(续)

牌号	熔体质量流 动速率/ $\text{g} \cdot$ $(10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot$ cm^{-3}	规格	牌号	熔体质量流 动速率/ $\text{g} \cdot$ $(10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot$ cm^{-3}	规格
BMN55200	20	0.955	注射成型	HXMTR-570	5.0	0.935	中空成型
BMN5565	6.5	0.953	注射成型	HHMTR-250	0.2	0.960	挤出成型
BMN5055	6.5	0.964	注射成型	HHMTR-416	0.3	0.955	挤出成型
BX575	18	0.955	注射成型	HHMTR-550	0.2	0.954	挤出成型
BX673	12	0.960	注射成型	HHMR480	0.25	0.955	挤出成型
BXM43065	6.5	0.943	中空成型	HHMTR-236	0.4	0.949	挤出成型
BHBTR101	0.2	0.940	挤出级	HHMTR-144	0.18	0.947	薄膜级
BHBTR-201	0.2	0.950	挤出级	HHMTR-732	0.14	0.939	薄膜级
XF439	2.5	0.94	滚塑成型	BX-671	12	0.960	注塑级
BHBTR-551	0.2	0.960	挤出成型	EHM-6007	3.5	0.964	吹塑
BHMTR-4148	0.2	0.957	挤出成型	ER-9-0001	0.03	1.19	吹塑级
BHVTR-203	0.2	0.947	挤出成型	HMN5710	1.0	0.970	通用级
BHVTR-204	0.4	0.952	挤出级	HHM4515	4.0	0.947	压塑成型
BHVTR-206	0.5	0.968	挤出级	HHMTR1401	0.28	0.947	薄膜级
BHVTR-553	0.2	0.957	挤出级	HHMTR144	0.18	0.947	薄膜级
BMNTR-880	18	0.955	注射成型	HHN5710	1.1	0.951	挤塑级
BMNTR-955	6.5	0.955	旋转成型	HMNTR955	6.5	0.955	滚塑级
BMNTR-980	18	0.955	旋转成型	HMNTR950	5.0	0.950	滚塑级
BXMTR436	1.5	0.951	吹塑级	HMNTR954	8.0	0.955	滚塑级
BXMTR470	1.5	0.955	吹塑级	HMNTR942	2.4	0.935	滚塑、吹塑级
D1505-68	0.5	0.935	吹塑级	HMNTR938	3.0	0.933	滚塑、吹塑级
D1238-70	0.5	0.945	吹塑级	M-624	0.6	0.964	注塑级
D1693-70	0.5	0.935	吹塑级	BHB5063	0.3	0.950	中空成型
F50ASTM	0.5	0.935	吹塑级	BHM5002	0.25	0.948	中空成型
T-35-300-132A	3.0	0.935	滚塑成型	T-35-600-132A	6.0	0.935	滚塑成型
HHMTR-160	0.7	0.964	挤塑薄膜	EHB6002	0.2	0.960	挤塑级
HHMTR-200	0.2	0.954	挤出级	EHM6007	0.7	0.960	吹塑级
HHMTR-210	0.85	0.944	注射成型	DV-106F	10	0.950	吹塑级
HHMTR-226	1.5	0.944	挤出成型	EHB6009	0.9	0.960	中空成型,瓶类
HHMTR-230	0.2	0.950	挤出成型	EHM6001	0.15	0.960	中空成型
HHMTR-232	0.2	0.950	挤出成型	EHM6003	0.3	0.963	中空成型

(续)

牌号	熔体质量流 动速率/g· (10min) ⁻¹	密度 /g· cm ⁻³	规格	牌号	熔体质量流 动速率/g· (10min) ⁻¹	密度 /g· cm ⁻³	规格
EHM6006	0.75	0.960	通用级	HHMTR-150	0.3	0.949	挤塑薄膜
EHM6009	0.9	0.960	中空成型	D320	0.30	0.930	薄膜级
EHN5005	0.9	0.960	挤塑级	D420	0.30	0.946	薄膜级
EMB5060	5.0	0.964	注射成型	D506	0.30	0.964	薄膜级
EMB6035	3.5	0.963	注射成型	D610	0.70	0.654	薄膜级
EMB6050	5.0	0.964	注射成型	THCN-7820	0.4	0.956	挤塑级
EMN6030	3.0	0.964	注射成型	TX-470	3.0	0.940	滚塑级
EMN6065	6.5	0.964	注射成型	TX-471	3.0	0.939	滚塑级
EXM55035	4.5	0.955	通用级	7000	1.5	0.955	挤塑级
EHM5001	0.1	0.960	挤塑薄膜	EMN6040	13.5	0.964	注塑级
EMNTR-885	30	0.967	注射成型	M-550	0.1	0.951	薄膜级
EMNTR-960	6.5	0.964	旋转成型	GX-571	1.1	0.956	吹塑级
BHVTR-206(B.V)	0.5	0.968	挤出成型	HMW5060	5.4	0.950	注塑级
HHM4303	0.3	0.943	中空成型	HMN5580	8.0	0.955	注塑级
HHM4520	2.0	0.945	注射成型	HMN6060	6.5	0.960	注塑级
HHM4903	0.3	0.949	中空成型	HMN54140	14	0.953	注塑级
HHM5202	0.35	0.951	中空成型	DX-611	5.4	0.960	薄膜级
HHM5502	0.53	0.955	挤塑级	TR-400	0.25	0.939	挤塑级
HHM5580	8.0	0.955	注射成型	TR-410	0.25	0.943	挤塑级
HHM5060	5.0	0.950	注射成型	TR-416	0.20	0.944	挤塑级
HHM54140	14	0.953	注射成型	TR-418	0.20	0.950	挤塑级
HMN5580	8.5	0.956	注射成型	TR-460	0.20	0.944	挤塑级
HMN6060	7.5	0.960	注射成型	TR-480	0.30	0.950	挤塑级
HXM50100	10	0.950	中空成型	M7000	0.05	0.955	挤塑级
HXM58070	9.0	0.956	中空成型	M8000	0.05	0.955	挤塑级
HHMTR-102	0.3	0.939	挤塑薄膜级	TR-418N	0.20	0.942	挤塑级
HHMTR-130	0.3	0.939	挤塑薄膜级	6002	0.2	0.950	吹塑级
HHMTR-147	0.55	0.951	挤出级	5003	0.3	0.950	吹塑级
HHMTR-140	0.3	0.947	挤塑薄膜级				

(3) 美国城市服务 (Cities Service) 公司 Cities Service HDPE 性能 (见表 2-57)

表 2-57 美国城市服务公司的 Cities Service 性能

牌号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格	牌号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格
CS200	0.25	0.952	通用级	CS315	0.25	0.956	通用级
CS211	0.2	0.956	通用级	CS316	0.25	0.956	通用级
CS212	0.2	0.956	通用级	CS516	0.4	0.956	挤出成型
CS715	3.0	0.952	注射成型	CS728	6.0	0.952	注射成型
CS720	6.0	0.961	注射成型	CS755	9.0	0.955	注射成型
CS725	6.0	0.952	注射成型	CS765	15.0	0.955	注射成型
CS726	6.0	0.952	注射成型	CS775	22	0.955	注射成型

(4) 美国美孚公司 (Mobil) HDPE 性能 (见表 2-58)

表 2-58 美国美孚公司 HDPE 性能

牌号	熔体质量流 动速率/g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格	牌号	熔体质量流 动速率/g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格
HMA-016	17	0.955	注射成型	Hi-Zex220M	<0.01	0.940	超高相对分子 质量聚乙烯
MRP-015A	5.0	0.934	滚塑级	Hi-Zex145M	<0.01	0.945	超高相对分子 质量聚乙烯
MRP-014A	5.0	0.943	滚塑级				
MRT-114A	3.0	0.939	滚塑级	Hi-Zex340M	0.45	0.930	压缩成型
MRP-115A	5.0	0.935	滚塑级	4000-1	2.5	0.948	注射成型
Hi-Zex240M	<0.01	0.940	超高相对分子 质量聚乙烯	5001	9.0	0.950	注射成型
Hi-Zex240L	<0.01	0.940	超高相对分子 质量聚乙烯	HMA-018	30	0.953	注射成型
				HMA-035	8.0	0.965	注射成型
Hi-Zex240S	<0.01	0.940	超高相对分子 质量聚乙烯	HTA-001	0.05	0.948	挤塑薄膜 工业衬里
HTA-002	0.15	0.953	吹塑薄膜	L5005	0.05	0.949	挤出成型
HYA-012	1.2	0.955	中空成型	HMA-028	40	0.954	注塑级
GA-114	0.95	0.953	挤出	HMA-019	50	0.954	注塑级
HTA-025	0.25	0.954	薄膜级	HMA-013	30	0.952	注塑级
HTA-009H	0.2	0.950	薄膜级	HYA-011	0.4	0.953	吹塑级
HMA-017	20	0.954	注塑级	HYA-013	0.4	0.953	吹塑级
HMA-045	7.0	0.952	注塑级	HMA-025	17	0.951	注塑级
HMA-026	14	0.952	注塑级	HYA-011	0.4	0.953	吹塑级

(5) 德国巴斯夫 (BASF) 公司 Lupolen PE 性能 (见表 2-59)

表 2-59 德国巴斯夫公司 Lupolen PE 性能

牌号	熔体质量流 动速率/g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格	牌号	熔体质量流 动速率/g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格
0210E	0.4 ~ 0.6	0.960	中空成型	5723CX	0.3 ~ 0.7	0.954 ~ 0.958	薄膜级
0210H	1.6 ~ 1.8	0.960	注射成型	5271Z	1.7 ~ 2.3	0.949 ~ 0.953	注塑、吹塑级
0220H	1.6 ~ 1.8	0.960	特殊用途	6001D	0.1 ~ 0.3	0.958 ~ 0.960	挤出成型
0230H	1.6 ~ 1.8	0.960	特殊用途	6001H	1.2 ~ 1.7	0.959 ~ 0.961	挤塑成型
0240H	1.6 ~ 1.8	0.960	特殊用途	6001L	4 ~ 6	0.959 ~ 0.961	挤塑成型
0250H	1.6 ~ 1.8	0.960	特殊用途	6011D	0.1 ~ 0.3	0.958 ~ 0.962	挤出成型
1817HX	2.0 ~ 2.7	0.963 ~ 0.968	注射成型	6011H	1.2 ~ 1.7	0.958 ~ 0.962	注射成型
1817MX	7 ~ 9	0.963 ~ 0.968	注射成型	6011J	1.5 ~ 4.5	0.958 ~ 0.962	注射成型
3311H	1.2 ~ 1.7	0.932 ~ 0.934	注射成型	6011L	4.5 ~ 6.0	0.962 ~ 0.963	注射成型、 中空吹塑
3311P	8 ~ 12	0.932 ~ 0.934	注射成型	6011PX	15 ~ 18	0.958 ~ 0.962	注射成型
4111H	1.4 ~ 1.6	0.942 ~ 0.946	注射成型	021D	0.15 ~ 0.52	0.956 ~ 0.960	注射成型
4111P	9.0 ~ 11	0.942 ~ 0.946	注射成型	0631MX	2.0 ~ 4.0	0.956 ~ 0.960	注射成型
4261A	5.4 ~ 6.8	0.942 ~ 0.946	吹塑模塑级	041D	0.1 ~ 0.25	0.957 ~ 0.961	中空成型
4261AX	5.4 ~ 6.8	0.943 ~ 0.946	吹塑模塑级	1852E	0.4 ~ 0.6	0.932 ~ 0.935	挤出成型
4911H	1.2 ~ 1.7	0.948 ~ 0.950	注射成型	1852H	1.2 ~ 1.7	0.931 ~ 0.933	薄膜、挤出 成型
4911M	6 ~ 8	0.948 ~ 0.950	注射成型	2410EX	0.3 ~ 0.55	0.933 ~ 0.959	吹塑薄膜级
5011D	0.1 ~ 0.3	0.948 ~ 0.952	中空成型	0641	0.03 ~ 0.05	0.954 ~ 0.958	薄膜级
5011K	3.4 ~ 4.6	0.946 ~ 0.950	注射成型	2414EX	0.35 ~ 0.55	0.933 ~ 0.939	吹塑薄膜级
5011DX	0.15 ~ 0.25	0.948 ~ 0.952	真空成型	2452E	0.1 ~ 0.55	0.933 ~ 0.939	中空成型
5014D	0.1 ~ 2.25	0.946 ~ 0.950	注射成型	3010S	17 ~ 22	0.933 ~ 0.932	注射成型
5048DX	0.1 ~ 0.25	0.946 ~ 0.950	注射成型	5031LX	6.0	0.952	注塑级
5052C	0.15 ~ 0.35	0.956 ~ 0.958	挤出成型、 片材	5270Z	1.8	0.952	挤塑级
5260Z	1.0 ~ 2.3	0.948 ~ 0.952	挤出成型、 板材、片材	5041HX	1.3	0.950	注塑级
3017KX	4 ~ 6	0.975 ~ 0.980	注射成型	5361A	5.0	0.952	注塑级
V3510K	3.4 ~ 4.6	0.933 ~ 0.935	注射成型	5431K	4.3	0.954	注塑级
5261Z	1.7 ~ 2.3	0.948 ~ 0.952	注射、吹塑、 板材、片材	5431P	18	0.954	注塑级
5661BX	8 ~ 10	0.953 ~ 0.956	注射成型	5723C	10	0.957	薄膜级
				6031	1.3	0.958	注塑级

(续)

牌号	熔体质量流 动速率/g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格	牌号	熔体质量流 动速率/g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格
6031H	1.3	0.958	中空成型	5661B	9.0	0.957	通用级
5031NM	11.5	0.951	注塑级	5723CX	9.0	0.957	薄膜级
5661BX	9.0	0.955	注塑、吹塑级	6021D	0.20	0.960	通用级
5261ZS	2.0	0.951	注塑、吹塑级	6031HX	1.5	0.962	通用级
3741BX	9.0	0.937	挤塑级	6031M	8.0	0.964	注塑级
4741BX	9.0	0.947	挤塑级	5021DX	0.20	0.948	注塑级
GX-554	0.3	0.947	挤塑成型	5052C 413	0.20	0.956	挤塑级
3691DX	0.20	0.950		6031KK	3.0	0.962	通用级
5021D	0.18	0.950		A6014L	3.5	0.955	注塑级
5361AX	5.0	0.952	通用级	V5510SX	21.0	0.950	通用级
5431KX	4.0	0.954	注塑级	5031L	6.8	0.952	注塑级
5431PX	18.0	0.954	注塑级				

(6) 日本三菱化成 (Mitsubishi Chemical) 公司 Novatec HDPE 性能 (见表 2-60)

表 2-60 日本三菱化成公司 Novatec HDPE 性能

牌号	熔体质量 流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格	牌号	熔体质量 流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格
BR002	0.2	0.948	挤出成型	JS050	5.0	0.955	注射级
BS003	0.2	0.957	挤塑成型	JU080N	10	0.963	注塑级
BT002	0.2	0.963	挤塑成型	JR200	20	0.946	注塑级
BT006	0.6	0.960	挤出成型	JS015R	1.5	0.955	注塑级
ES002	0.15	0.957	挤出级	ES003	0.2	0.955	吹塑级
ES003	0.04	0.960	薄膜级	ER005F	0.5	0.948	挤塑涂层级
ET002	0.2	0.960	挤出级	ER002F	0.2	0.946	挤塑涂层级
ET010	1.0	0.960	薄膜级	BU007U	0.7	0.968	挤塑成型
ET004	0.4	0.960	挤出级	BT007N	0.8	0.966	挤塑级
ET008	0.8	0.960	挤出级	BU007	0.7	0.968	吹塑级
ET020	2.0	0.960	薄膜级	BU004L	0.3	0.968	挤塑级
ET010M	1.1	0.966	挤塑级	BU004	0.35	0.968	挤塑级
7300	0.04	0.956	薄膜级	BT004	0.35	0.962	薄膜级

(续)

牌号	熔体质量 流动速率 $/g \cdot (10min)^{-1}$	密度 $/g \cdot cm^{-3}$	规格	牌号	熔体质量 流动速率 $/g \cdot (10min)^{-1}$	密度 $/g \cdot cm^{-3}$	规格
BT004E	0.35	0.962	薄膜级	JV070F	6.7	0.967	注塑级
JU050	5.0	0.965	注塑级	BT002W	0.2	0.961	吹塑级
BS004	0.35	0.955	薄膜级	ES003E	0.2	0.955	吹塑级
JT200	20	0.961	通用注射级	BS400	0.03	0.955	吹塑级
J300	5.0	0.965	注射级	BR300	0.03	0.947	吹塑级
JU080	11	0.964	注射级	ET0101M	1.0	0.964	挤塑级
JU040	5.0	0.968	注射级	ET007	0.8	0.961	挤塑级
JV040C	5.0	0.968	注射级	ER010	0.9	0.953	挤塑级
JV070H	6.7	0.968	注射级	ER010S	0.9	0.953	挤塑级
JV070S	6.7	0.968	注射级	ES002G	0.2	0.955	挤出级
JU040C	4.0	0.970	注射级	R4000F	0.05	0.953	薄膜级
ES300	0.04	0.960	薄膜级	R4001F	0.04	0.953	薄膜级
JS110	11	0.952	注塑级	2000F	0.04	0.953	薄膜级
JS006	0.6	0.955	注塑级	R6000F	0.03	0.942	薄膜级
JS015	1.5	0.955	注塑级	FXU-123H	0.045	0.956	薄膜级
JS030R	3.0	0.955	注塑级				

(7) 日本三井(Mitsui)石油化学工业公司 Hi-Zex HDPE 性能(见表 2-61)

表 2-61 日本三井石油化学工业公司 Hi-Zex HDPE 性能

牌号	熔体质量流 动速率/ $g \cdot$ $(10min)^{-1}$	密度 $/g \cdot$ cm^{-3}	规格	牌号	熔体质量流 动速率/ $g \cdot$ $(10min)^{-1}$	密度 $/g \cdot$ cm^{-3}	规格
1300J	14	0.965	注射级	7000F	0.04	0.955	挤出薄膜级
1500J	32	0.962	注射级	8000F	0.03	0.950	挤出薄膜级
2208J	5.5	0.968	注射级	3000S	0.9	0.966	挤出单丝级
3800J	1.5	0.951	注射级	5000S	0.9	0.955	挤出成型
4060J	8.0	0.944	注射级	5000H	0.3	0.955	挤出级
3300F	0.9	0.955	挤出级	2200J	5.5	0.968	注射级
3510F	1.0	0.935	挤出薄膜级	5300B	0.3	0.950	中空成型
5000F	0.4	0.955	挤出薄膜级	6000B	0.18	0.960	中空成型
5300F	0.7	0.952	挤出薄膜级	7200B	0.08	0.960	中空成型

(续)

牌号	熔体质量流 动速率/g· (10min) ⁻¹	密度 /g· cm ⁻³	规格	牌号	熔体质量流 动速率/g· (10min) ⁻¹	密度 /g· cm ⁻³	规格
2100GP	7.0	0.957	粉末成型	5000B	0.4	0.955	中空成型
2100LP	6.0	0.945	粉末成型	5100B	0.3	0.945	中空成型
2540R	4.0	0.925	超冲击旋转成型	5200B	0.4	0.965	中空成型
4060R	7.0	0.944	一般旋转成型	5202B	0.4	0.963	中空成型
4330R	3.0	0.944	旋转成型	2100J	6.5	0.957	注射级
5060R	6.0	0.955	高刚性旋转成型	5100E	0.2	0.697	挤出成型
4060T	7.0	0.944	挤出薄膜级	2005H	0.6	0.920	挤出成型
45150	15	0.944	注射级	2505H	1.6	0.926	挤出成型
45300	35	0.944	注射级	5000SF	0.75	0.956	挤塑级
40100L	1.0	0.950	挤出级	5000SR	0.45	0.958	挤塑级
6100M	0.1	0.961	挤出级	5200S	0.35	0.964	挤塑级
6131M	0.15	0.952	挤出级	5500B	0.60	0.942	吹塑级
6300M	0.12	0.952	挤出级	5305E	0.4	0.950	挤塑级
3000B	0.8	0.955	中空成型	6200B	0.60	0.958	吹塑级
3200B	0.8	0.962	中空成型	8200B	0.03	0.956	吹塑级
3508B	0.8	0.935	中空成型	4100L	1.0	0.957	挤塑级
3700B	0.8	0.962	中空成型	2100JH	9.0	0.957	注塑级
4010B	1.0	0.943	中空成型	6000S	0.45	0.960	挤塑级

(8) 英国壳牌公司 Carlona PE 性能 (见表 2-62)

表 2-62 英国壳牌公司 Carlona PE 性能

牌号	熔体质量流 动速率/g· (10min) ⁻¹	密度 /g· cm ⁻³	规格	牌号	熔体质量流 动速率/g· (10min) ⁻¹	密度 /g· cm ⁻³	规格
50-075MB	7.5	0.952	注射成型	58-045MB	4.5	0.958	注射成型
50-120MB	12.0	0.952	注射成型	60-00113B	0.1	0.960	中空成型
55-004BB	0.4	0.955	中空成型	EB-185	0.4	0.955	高速成型
58-030MB	3.0	0.958	注射成型	BP-6034	0.12	0.955	挤出级

(9) 英国石油 (BP) 化学公司 Natene HDPE 性能 (见表 2-63)

表 2-63 英国石油化学公司 Natene HDPE 性能

牌号	熔体质量流 动速率/g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格	牌号	熔体质量流 动速率/g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格
4440IUR	2.5 ~ 4	0.940 ~ 0.950	旋转成型级	50140AG	4 ~ 7	0.950 ~ 0.960	挤塑和吹塑级
45140AG	4 ~ 7	0.950 ~ 0.960	挤塑和吹塑级	50200AA	4 ~ 7	0.950 ~ 0.960	挤塑和吹塑级
50110AG	2.5 ~ 4	0.950 ~ 0.965	注塑级	50220AG	4 ~ 7	0.950 ~ 0.955	注塑级
54000AA	8 ~ 12	0.945 ~ 0.960	挤塑和吹塑中 空成型级	60060AG	6 ~ 9	0.960	挤塑级
54000FB	8 ~ 12	0.960	涂覆级	60130AG	2.5 ~ 4	0.950 ~ 0.965	注塑级
55010AG	6 ~ 9	0.955	挤塑级	60301UD	2.5 ~ 4	0.965	注塑级
55010FA	6 ~ 9	0.945 ~ 0.955	挤塑级	65550AG	2.5 ~ 4	0.965	注塑级
55200AA	4 ~ 7	0.950 ~ 0.960	挤塑和吹塑级	60551UG	2.5 ~ 4	0.965	注塑级
60020AG	6 ~ 9	0.956	挤塑级	60552UG	2.5 ~ 4	0.965	注塑级

(10) 加拿大努发克石油化学公司 (Novacor) HDPE 性能 (见表 2-64)

表 2-64 加拿大努发克石油化学公司 HDPE 性能

牌号	熔体质量流 动速率/g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格	牌号	熔体质量流 动速率/g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格
HE-Y352-A	0.28	0.952	挤出成型,薄膜级	HE-W948-A	0.071	0.948	挤出成型,薄膜级
HE-Y356-A	0.30	0.956	挤出成型,薄膜级	HB-W952-A	0.056	0.952	中空成型,吹塑级
HB-L357-A/S	0.30	0.957	中空成型,吹塑级	HD-2005-A	0.047	0.952	挤出成型,薄膜级
HB-Y357-A	0.30	0.957	中空成型,吹塑级	HD-2007-H	0.059	0.945	挤出成型,薄膜级
HB-Y556-A	0.50	0.956	挤出成型,薄膜级	HD-4043-A	0.03	0.951	薄膜级
HE-Y556-A	0.50	0.956	挤出成型,薄膜级	HD-4045-H	0.059	0.946	薄膜级
HB-W557-A	0.03	0.957	中空成型,吹塑级	HI-0865-A	8.0	0.965	注射成型
HF-W648-H	0.044	0.948	薄膜级	HI-0865-U	8.0	0.965	注射成型
HB-W747-A	0.041	0.947	中空成型,吹塑级	SH-Y356-U	0.35	0.954	挤出成型
HE-W946-A	0.059	0.946	挤出成型,薄膜级	SH-952-A	0.056	0.949	挤出成型

(11) 荷兰国家矿业公司 Stamylen HDPE 性能 (见表 2-65)

表 2-65 荷兰国家矿业公司 Stamylan HDPE 性能

牌号	熔体质量流 动速率/g· (10min) ⁻¹	密度 /g· cm ⁻³	规格	牌号	熔体质量流 动速率/g· (10min) ⁻¹	密度 /g· cm ⁻³	规格
7048-DUZ	3.8	0.954	注塑成型	7771	0.07	0.953	中空或挤塑成型
7058-Z	4.4	0.953	注塑成型	8621	0.16	0.958	中空或挤塑成型
7058-DUZ	4.4	0.953	注塑成型	5731	0.03	0.945	中空或挤塑成型
7108	10.0	0.953	注塑成型	7761	0.06	0.953	中空或挤塑成型
7108-S	10.0	0.953	注塑成型	7890	≤0.1	0.952	中空或挤塑成型
9089-U	8.0	0.963	注塑成型	9630	0.35	0.961	中空或挤塑成型
6621	0.16	0.946	挤塑中空或拉丝成型	9650	0.5	0.963	中空或挤塑成型
7625	0.16	0.954	中空或挤塑成型	7751-FC	0.05	0.950	中空或挤塑成型

(12) 法国阿托 (Ato) 化学公司 Lacgtene HDPE 性能 (见表 2-66)

表 2-66 法国阿托化学公司 Lacgtene HDPE 性能

牌号	熔体质量 流动速率 /g·(10min) ⁻¹	密度 /g·cm ⁻³	屈服拉 伸强度 /MPa	断裂伸 长率 (%)	Izod 冲击 强度 /kJ·m ⁻²	弹性 模量 /MPa	邵氏 硬度	维卡软 化点 /℃	规格
2035MN60	3.5	0.960	30	>800	7.9	1300	68	129	注塑级
2070MN60	7.0	0.960	31	>800	4.9	1300	68	129	注塑级
2160MN60	16	0.961	30	200	3.9	1350	69	128	注塑级
2035MN52	3.5	0.952	25	>800	5.3	850	63	126	注塑级
2110MN50	11	0.950	25	500	4.4	850	63	125	注塑级
2180MN53	18	0.953	26	450	4.2	900	63	126	注塑级

(13) 韩国 LG 化学公司 Lutene HDPE 性能 (见表 2-67)

表 2-67 韩国 LG 化学公司 Lutene HDPE 性能

牌号	熔体质量流 动速率/g· (10min) ⁻¹	密度 /g· cm ⁻³	规格	牌号	熔体质量流 动速率/g· (10min) ⁻¹	密度 /g· cm ⁻³	规格
ME9180	18.0	0.957	注射成型	ME4000	4.0	0.954	注射成型
ME8000	8.0	0.957	注射成型	BE0400	0.4	0.955	挤出中空成型
BD0390	0.4	0.948	挤出中空成型	YD0490	0.5	0.944	挤出成型
BE0077	0.07	0.953	挤出成型	PD0100	0.1	0.946	挤出成型
BD0050	0.05	0.943	挤出成型	PE0070	0.05	0.956	薄膜级
BE0020	0.03	0.950	挤出成型	FD0060	0.05	0.949	薄膜级
YE0500	0.5	0.956	挤出成型				

(14) 韩国韩洋 (Hanyang) 化学公司 Fine HDPE 性能 (见表 2-68)

表 2-68 韩国韩洋化学公司 Fine HDPE 性能

项目	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	屈服拉伸强度 /MPa	断裂拉伸强度 /MPa	断裂伸长率 (%)	刚性
测试方法 ASTM	D1238	D1505	D638	D638	D638	D638
3080MF	0.08	0.950	25	37	900	710
3080	0.08	0.952	25	37	900	720
3390	0.8	0.950	27	33	>1000	780
9490	1.0	0.950	26	37	>1000	750
7600	7.5	0.965	32	18	>1000	1080
7600UV	7.5	0.965	32	18	>1000	1080
7790	20.0	0.954	26	15	>500	900
6190	0.15	0.952	27	36	1100	850
6390	0.35	0.954	26	33	1200	820
8380	0.7	0.945	24	—	550	—
870F	—	0.947	23	—	500	—
9680	7.5	0.942	22	24	900	600

项目	软化点 /℃	硬度	熔点 /℃	冲击强度 /kJ · m ⁻²	性能及用途
测试方法 ASTM	D1525	D2240	D747	D256	
3080MF	125	64	132	—	冲击强度及耐候性良好, 适合制作农业用地膜
3080	125	64	132	—	绝佳的坚韧性、冲击强度及加工性良好, 适合制作包装袋、工业用包装
3390	128	63	132	—	挤出稳定性及延伸性良好, 适合制作鱼网、绳子, 编织袋层合薄膜
9490	128	63	132	—	强度及延伸性良好, 适合制作鱼网、绳子
7600	126	67	135	6	加工性及曲折性良好, 适合制作搬运箱、板
7600UV	126	67	135	6	加工性好, 曲折性强及耐候性良好, 适合制作搬运箱、板
7790	124	62	130	3	加工性及坚韧性良好, 适合制作杯、容器
6190	127	65	136	20	高拉伸强度, 抗环境龟裂及加工性良好, 适合制作中大型容器、管子
6390	127	65	136	20	坚韧性及加工性良好, 适合制作小型容器、管子
8380	124	64	129	—	热酸化安定性及高速加工性良好, 适合制作绝缘子和泡沫面层材料用光电缆的接点及填垫绝缘用材料
870F	123	63	129	—	高速加工性、耐热老化性及发泡特性良好, 适合制作泡沫面层绝缘材料
9680	118	60	128	—	加桥度及耐热老化性良好, 适合制作暖房温水管子

(15) 韩国三星 (Samsung) 综合化学公司 HDPE 性能 (见表 2-69)

表 2-69 韩国三星综合化学公司 HDPE 性能

牌号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格	牌号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格
J420A	6.0	0.956	注塑级	B220D	0.35	0.958	中空级
J420B	6.0	0.956		B220E	0.35	0.958	
J430U	8.1	0.964		B220F	0.35	0.958	
J440A	5.0	0.968		B221A	0.2	0.958	
J440B	5.0	0.968		B230A	0.35	0.964	
J440C	5.0	0.968		B230B	0.35	0.960	
J440U	5.0	0.958		B231A	0.35	0.964	
J520A	18.0	0.958		B330A	0.7	0.964	
J520U	18.0	0.958		Y220A	0.4	0.958	拉伸级
J530A	13.0	0.965		Y220B	0.4	0.958	
F100A	0.03	0.950	薄膜级	Y230A	0.3	0.964	
F120A	0.04	0.956		Y231A	0.35	0.963	
F120U	0.04	0.956		Y310A	0.8	0.954	
F410A	1.1	0.954		Y310B	0.8	0.954	
F410B	1.1	0.954		Y311A	0.6	0.954	
F430A	1.1	0.961		Y320A	0.7	0.956	
B120A	0.03	0.956	中空级	Y321A	0.7	0.959	
B121A	0.06(MFR ₅)	0.959		Y321B	0.7	0.959	
B210A	0.4	0.952		Y210A	0.11	0.952	
B220A	0.35	0.958		P210B	0.11	0.952	挤出级
B220B	0.35	0.958		P220A	0.35	0.958	
H220C	0.35	0.958					

(16) 韩国现代 (Hyundai) 石油化学公司的 Hyundai-HDPE 性能 (见表 2-70)

表 2-70 韩国现代石油化学公司的 Hyundai-HDPE 的性能

牌号	熔体质量 流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格	牌号	熔体质量 流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格
PF140	0.28	0.939	挤出成型	PF160	5HLM1	0.951	挤出成型
PF150	0.18	0.947	挤出成型	PJ560	3.5	0.955	注射成型
PF250	0.30	0.947	挤出成型	PJ680	6.0	0.962	注射成型

(续)

牌号	熔体质量 流动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	规格	牌号	熔体质量 流动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	规格
PJ683	6.0	0.962	注射成型	PB279	0.35	0.952	中空成型
SJ680	8.0	0.963	注射成型	PB380	0.7	0.964	中空成型
PJ760	14.0	0.954	注射成型	PM350	0.7	0.947	挤出成型
PJ870	20.0	0.955	注射成型	PM360	0.8	0.955	挤出成型
PB060	2HLM1	0.951	中空成型	PH160	0.25	0.952	挤出成型
PB160	10HLM1	0.950	中空成型	PH170	0.25	0.954	挤出成型
PB270	0.35	0.955	中空成型	PH250	0.35	0.952	挤出成型

(17) 韩国大韩油化 (Korea Petrochemical) 工业公司 Yuhwa HDPE 性能 (见表 2-71)

表 2-71 韩国大韩油化工业公司 Yuhwa HDPE 性能

牌号	熔体质量流动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	规格	牌号	熔体质量流动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	规格
M830	2	0.960	注塑级	E308	0.8	0.956	拉伸级
M850	5	0.965		E308U	0.8	0.956	
M850U	5	0.965		E309	0.9	0.954	
M850P	1	0.963		F500	0.08	0.951	薄膜级
M690	12	0.963		F600	0.05	0.954	
M691	20	0.963		UG403	0.3	0.934	
B300	0.1	0.988	中空级	F509	0.9	0.956	管材级
B502	0.2	0.956		P301	0.15	0.952	
B303	0.3	0.954		P301E	0.15	0.945	
B603	0.3	0.955		P601	0.1	0.954	
B305	0.5	0.955		P603	0.3	0.955	
				P502	0.2	0.939	

(18) 韩国九龙 (Callmox) 化学公司 HDPE 性能 (见表 2-72)

表 2-72 韩国九龙化学公司 HDPE 性能

项目	测试 方法 ASTM	注塑级			吹塑级			薄膜级		
		55180	5580	6060	5502	6003	50100	TR-570	TR-130	TR-144
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	D1505	0.955	0.956	0.963	0.955	0.963	0.950	0.953	0.939	0.947

(续)

项目	测试方法 ASTM	注塑级			吹塑级			薄膜级		
		55180	5580	6060	5502	6003	50100	TR-570	TR-130	TR-144
熔体质量流动速率 /g·(10min) ⁻¹	D1238	20	8.5	6.5	0.35	0.30	0.06	0.04	0.28	0.18
拉伸强度/MPa	D638	28	29	32	28	31	27	27	21	24
伸长率(%)	D638	125	>400	300	>600	>600	>600	>600	MD500 TD660	4800 640
弯曲强度/MPa	D1693		10	10	45	20	>60			
弯曲弹性模量/MPa	D790	1406	1441	1687	1406	1687	1230	1308	879	1125
脆化温度/℃	D746	<-118	<-118	<-118	<-118	<-118	<-118		—	—
洛氏硬度 HR	D785	63	65	70	—	—	—		—	—
熔点/℃		204~260	218~274	204~260	182~204	182~204	188~232	193~213	193~216	193~216

项目	测试方法 ASTM	注塑级			吹塑级			薄膜级		
		TR-156	5708	TR-147	TR-418Y	TR-480BL	TR-420	4903	TR-570	Fluff
密度/g·cm ⁻³	D1505	0.951	0.957	0.947	0.941	0.955	0.963	0.949		0.953
熔体质量流动速率 /g·(10min) ⁻¹	D1238	0.06	0.80	0.70	0.18	0.10	0.14	0.30		0.04
拉伸强度/MPa	D638	30	28	26	18	21	21	25		27
伸长率(%)	D638	500 500	800	>900	>500	>500	>500	>600		>600
弯曲强度/MPa	D1693	—	30	>20	>100	>50	>100	>50		>100
弯曲弹性模量/MPa	D790	—	1550	1160	689	861	861	1195		1308
脆化温度/℃	D746	—	—	—	<-118	<-118	<-118	<-118		<-118
熔点/℃		204~227	199~216	180~230	190~210	190~210	193~216	193~216		193~213

4. 高密度聚乙烯的成型加工性能

高密度聚乙烯的成型加工性能和 LDPE 一样，可注塑、挤塑、吹塑、喷涂、涂覆、滚塑、发泡、热成型、热熔焊接等。

表 2-73 ~ 表 2-75 为高密度聚乙烯（HDPE）的挤塑、注塑等成型工艺条件和配方。

表 2-73 HDPE 挤塑成型制品的成型工艺条件

工艺条件		管材	吹塑薄膜	片材	中空成型	单丝
料筒温度/℃	后段	160~200	130~160	160~200	130~180	160~200
	前段	180~240	180~200	200~240	180~220	220~270

(续)

工艺条件	管材	吹塑薄膜	片材	中空成型	单丝
口模温度/℃	170 ~ 220	170 ~ 190	220 ~ 270	170 ~ 210	220 ~ 270
冷却方式	水冷	空气冷却	水冷	模内冷却	水冷 40 ~ 80℃
牵引速度/m · min ⁻¹	0.5 ~ 5	2 ~ 30	70 ~ 200	自重下垂	70 ~ 200

表 2-74 HDPE 管材与单丝配方和成型工艺

配方与条件		管 材	单 丝
配 方	HDPE	100 份 (MFR = 0.02 ~ 0.4g/10min)	100 份 (MFR = 0.4 ~ 1.2g/10min)
	炭黑	2 ~ 3 ^①	
	抗氧化剂 1010		0.2
	DSTP		0.1
	UV-531		0.3
设 备	挤出机螺杆直径/mm	φ65 ~ φ150	φ65 ~ φ120
	螺杆形式	突变形	突变形
	螺杆长径比, <i>L/D</i>	≥20	≥20
	螺杆压缩比	(3 ~ 4):1	(3 ~ 4):1
	过滤网	30/60/60 ~ 40/80/80	150 ~ 200 目不锈钢滤网, 60 目保护网
	模具	直型口模, 内模芯定型法	单丝模孔径 0.6 ~ 1.25mm, 成型段长度 为孔径的 10 倍以上
	冷却槽深度/mm		≥500 (槽内托辊自由回转)
	牵引装置	履带式牵引	
	导丝辊长度、直径/mm		长 200 ~ 250, 直径 150 ~ 200
	延伸槽长度/mm		2000 ~ 4000
成 型 条 件	卷取装置		卷丝轴分束绕取
	后部	180 ~ 200	180
	料筒温度/℃ 中部		230
	前部	200 ~ 220	250
	口模温度/℃	200 ~ 210	250
	喷丝嘴温度/℃		40 ~ 70
	水槽温度/℃	冷却水 10 ~ 30	延伸槽沸水 90℃ 以上
	牵引速度/m · min ⁻¹	0.5 ~ 5	70 ~ 200

注：MFR 为熔体质量流动速率。

① 因加有炭黑，物粒应于 100℃ 下干燥。

表 2-75 HDPE 渔丝配方

组分	质量分数			组分	质量分数		
	配方 I	配方 II	配方 III		配方 I	配方 II	配方 III
HDPE	100	100	100	DLTP	0.3	0.3	—
4426-S	0.2	—	0.1				

5. 应用

(1) 注塑制品 周转箱、瓶盖、桶类、帽、食品容器、盆、垃圾箱、盒，以及塑料花，熔体质量流动速率一般是 10 ~ 30g/10min，密度为 0.952 ~ 0.962g/cm³；用于快速注塑和薄壁容器的 HDPE 一般熔体质量流动速率是 40 ~ 80g/10min，密度为 0.952 ~ 0.955g/cm³，是共聚物；用于一般敞口桶、周转箱的熔体流动速率为 3 ~ 10g/10min，密度为 0.952 ~ 0.958g/cm³，也是共聚物。

(2) 吹塑制品 中空成型制品成本低，加工容易，制品耐化学性好，有足够的强度、刚度及抗冲击性（包括低温下），水蒸气透过性低。缺点是不能热灌装及高温消毒。用于抗 O₂、CO₂ 及烃类，有机溶剂透过性差。制品有各种系列吹塑桶、容器、瓶类及盛放清洁剂、化学品、化妆品的容器、汽油箱、日用品等。吹塑薄膜用于食品包装，杂品购物袋，化肥内衬薄膜、袋，食用菌用薄膜、袋，一般工业用吹塑薄膜和垃圾袋。HDPE 吹塑用树脂中，共聚物和均聚物树脂各半，均聚物树脂用于食品包装等对抗环境应力开裂性要求不高的用途，其密度较大（0.960 ~ 0.963g/cm³），熔体质量流动速率为 0.7 ~ 0.8g/10min。家用化学品瓶、桶和工业及农业用化学品瓶、桶，一般用共聚物，抗环境应力开裂性良好，密度 0.949 ~ 0.955g/cm³，熔体质量流动速率为 0.3g/10min 左右。大型容器、油箱等多用 HMW HDPE，熔体质量流动速率为 20 ~ 25g/10min，密度较低，抗环境应力开裂性很高。挤塑制品主要是薄膜、管材、管件、编织袋、单丝、片材、电线电缆、涂层、打包带、编织物用纤维、绳索、渔网、窗纱、合成纸、合成木材等。薄膜类除以上用途外，还有复合薄膜，可用于食品的防渗透和保鲜包装袋。

(3) 挤塑制品 管材、管件主要用在煤气输送，公共用水和化学品输送，如建筑排水波纹管、煤气管、油气管、工业和矿山用管、钢管衬里、热水管等；片材主要用于座椅、手提箱、搬运容器等。一般用的热成型片材熔体质量流动速率为 0.1 ~ 0.35g/10min，密度为 0.951 ~ 0.960g/cm³，近似于吹塑用树脂。电线、电缆主要用于通信线路，为有色单股电话线的绝缘层（交联发泡）、电话电缆线的外部导管。电线电缆用的 HDPE 树脂是共聚物、熔体质量流动速率约为 0.9g/10min，密度为 0.960g/cm³。

(4) 旋转成型 用于制作滚塑制品如大型容器、贮槽、罐、箱、桶等。

HDPE 的通过掺混、填充和交联，可改变聚乙烯的某些特性。若在薄膜中加入 LL-DPE，可提高膜的抗冲击强度和缝合性能；HDPE 掺混等规 PP 可提高力学性能；掺入热塑性弹性体可改善抗冲击性；HDPE 填充碳酸钙、滑石粉、云母、高岭土、氢氧化铝可降低成本或赋予某种特性；加入玻璃纤维可增强；采用偶联剂处理填料和增强材料表面可提高性能。

四、线型低密度聚乙烯

1. 基本特性

线型低密度聚乙烯（LLDPE）是继 LDPE、HDPE 后的第三种聚乙烯，实际上是乙烯与少量高级 α -烯烃（如丁烯-1、己烯-1、辛烯-1、四甲基戊烯-1 等）在催化剂下于高压或低压下聚合而成的共聚物。

线型低密度聚乙烯是具有 HDPE 那样的由高度支化聚合物链组成的具有低密度的聚乙烯。在 LLDPE 中，存在短侧基内的线型分子链，使其结晶度低，然而密度有所减小，随着链长的提高，性能也会进一步提高，通常选择链长 5~18 个碳原子的 α -烯烃。其性能如耐应力开裂性、拉伸强度、抗撕裂强度和落锤冲击性等比 LDPE 有较大的提高。

LLDPE 外观与 LDPE 相似，透明性较差些，但表面光泽好，主链上有短支链，相对分子质量分布窄，具有低温韧性、高模量、抗弯曲和耐应力开裂性，低温下抗冲击强度较好。

LLDPE 适合注塑、挤塑、吹塑、旋转成型、热熔焊接、涂覆等成型加工。加工性能良好，它主要用于 12 μ m 以下薄膜，有良好的撕裂强度、穿刺强度、拉伸强度，抗冲击性、耐热性、耐低温性都好，热熔焊温度高，同时强度也高，热密封性良好。如用于吹塑薄膜、耐撕裂、耐针刺，常用于包装和农业用薄膜。包装用薄膜有重包装袋、收缩薄膜包装袋、食品冷冻用包装袋。工业包装用薄膜有微薄包装薄膜袋、与 LDPE 掺混的液体包装用聚乙烯吹塑薄膜、多层复合薄膜、垃圾袋、纺织品包装袋等。农业用薄膜有农膜、地面覆盖薄膜、大棚薄膜、农副产品包装薄膜等。

在一般使用中 LLDPE 与 LDPE 或 HDPE 分别掺混使用，所以 LLDPE 另一用途也可作掺混料，国内各树脂生产厂家都有专用掺混料牌号。

LLDPE 的其他用途是管材、注塑容器、型材、旋转成型的容器制品、纸、布织物涂覆制品、瓦楞板、军用帐篷等，一般日用品如打包带、编织袋、绝缘制品等。

2. 国内生产厂家、牌号与产品性能

(1) 大庆石油化工总厂塑料厂 LLDPE 性能（见表 2-76、表 2-77）

表 2-76 大庆石油化工总厂塑料厂 LLDPE 性能（一）

基础树脂	牌号	DNDA-7145	DNDA-7146	DNDB-7143	DNDC-7150	DNDC-7148	DEX-8302	DFDA-7540	DNDA-7144	DNDA-7147	DNDA-1077	DNDA-7047
		DGL-2612	DGL-2612	DGM-3440	DGM-3928H	DGM-3450H	DGM-3430H	DFH-2076	DGL-2420	DGL-2650	DGC-3100	DGM-1810
项目												
熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$		12	12	4	2.8	5	3	0.76	20	50	100	1
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$		0.926	0.926	0.934	0.939	0.934	0.934	0.920	0.924	0.926	0.931	0.918
熔流比		30	30	30	30	30	30	65~85	30	30	30	30
堆积密度/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$		480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480
己烷抽出率(%)		5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
金属含量/ $(\times 10^{-6})$		7	7	7	7	7	7	15	7	7	7	7

(续)

[illegible]

表 2-77 石油化工总厂塑料厂 LLDPE 性能（二）

牌 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密 度 /g · cm ⁻³	规 格
DEX8218、8220	0.7	0.926	吹塑薄膜级，适合制作农膜、包装膜
DEX8302	3	0.934	旋转成型级，不耐紫外线，用于罐类容器
DFDA6080	0.76	0.920	吹塑中空成型级，适合制作挤塑瓶类
DFDA7042	2	0.918	吹塑薄膜级，适合制作包装薄膜，如食品包装袋、内衬袋、涂层复合等
DFDA7043	3	0.922	吹塑薄膜级，适合制作包装薄膜，如食品包装袋、内衬袋、涂层复合等
DFDA7047	1	0.918	吹塑薄膜级，适合制作农膜、大棚膜和包装膜
DFDA7064	0.9	0.926	薄膜级，适合制作重包装袋、杂品袋、大棚薄膜
DFDA7068	1	0.918	薄膜级，适合制作农用薄膜，大棚薄膜等
DFDA7075	0.5	0.918	吹塑薄膜级，适合制作农用薄膜
DFDA7081	1	0.918	薄膜级，适合制作食品、陈列品包装用透明薄膜
DFDA7340	0.76	0.920	吹塑中空成型级，适合制作挤吹瓶子
DFDA7510	0.76	0.926	挤塑级，适合制作薄膜用
DFDA7540	0.76	0.920	适合制作电线电缆用
DNDA1077	100	0.931	注塑级，适合制作日用品、家用器皿和盖子等
DNDA7144	20	0.924	注塑级，适合制作盖、家用器皿、玩具及汽车部件

（2）中原石油化工联合总公司 LLDPE 性能（见表 2-78）

表 2-78 中原石油化工联合总公司 LLDPE 性能

产品牌号	产品类型	共聚单体	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密 度 /kg · m ⁻³	相对分子 质量分布
DFDC-7085	吹膜	1-丁烯	2.0	922	窄
DFDA-7047	吹膜	1-丁烯	1.0	918	窄
DFDC-7050	吹膜	1-丁烯	2.0	923	窄
DMDA-8007	注塑	均聚	8.2	963	窄
DNDA-8320	注塑	1-丁烯	20.0	924	窄
DNDA-7341	吹塑	1-丁烯	0.8	920	中
DMDA-6143	吹塑	1-丁烯	0.15	951	宽
DNDD-7148	滚塑	1-丁烯	5.0	934	窄
DNDC-7150	滚塑	1-己烯	3.5	939	窄
DFDA-7540	电线电缆	1-丁烯	3.5	—	—
DGDB-2480	管材	1-己烯	0.1	956	宽

(续)

产品牌号	表观密度 /kg·m ⁻³	拉伸模量 /MPa	拉伸强度 /MPa	断裂伸长率 (%)	撕裂强度 /kN·m ⁻¹	抗穿刺强度 /J·min ⁻¹
DFDC-7085	>480	241	34/25	550/700	35/115	90
DFDA-7047	>480	241	40/32	550/700	35/115	90
DFDC-7050	>480	241	34/25	450/600	30/95	25
DMDA-8007	>350	1250	33	600		
DNDA-8320	>480	310	12	300		

注：该装置从 UCC 公司引进，规模 12 万 t/a，1996 年投产。

(3) 兰州化学工业公司石油化工厂 LLDPE 性能（见表 2-79）

表 2-79 兰州化学工业公司石油化工厂 LLDPE 性能

基础树脂	牌号	测试 方法 (ISO)	LL101AA	LL101GA	LL101CB	LL102AA	LL102GA	LL103AA	LL103GA
			LL101			LL102		LL103	
项目									
熔体质量流动速率 /g·(10min) ⁻¹		1133	0.9			0.9		1	
密度/g·cm ⁻³		R1872	0.920			0.925		0.925	
拉伸强度/MPa	纵		41			11		13	
	横		11			35		42	
拉伸断裂强度/MPa	纵		41			35		42	
	横		32			28		33	
落锤冲击强度/g			150			130		90	
断裂伸长率(%)	纵		620			630		650	
	横		840			800		850	
撕裂强度/kN·m ⁻¹	纵		145			65		70	
	横		370			380		325	
维卡软化点/℃			100			97		105	
浊度(%)			10			6		14	
光泽(45°)			56			70		47	

基础树脂	牌号	测试 方法 (ISO)	LL104AA	LL105CB	20100BA	20170AA	24250AA	28411UA	20030BA
			LL104	LL105	20100	20170	24250	LL104	20030
项目									
熔体质量流动速率 /g·(10min) ⁻¹		1133	4	2.5	1	17	25	4	0.35
密度/g·cm ⁻³		R1872	0.930	0.920	0.920	0.920	0.924	0.930	0.920
拉伸强度/MPa	纵		12	9	10	11.5	13	14	
	横		33	46	26				
拉伸断裂强度/MPa	纵		33	46	26				
	横		25	24	22				

(续)

基础树脂 项目	牌号	测试 方法 (ISO)	LL104AA	LL105CB	20100BA	20170AA	24250AA	28411UA	20030BA
			LL104	LL105	20100	20170	24250	LL104	20030
断裂伸长率(%)	纵 横 纵 横		785	500	625	1000	1000	1000	
			925	875	740				
撕裂强度/kN·m ⁻¹			40	40	45				
			98	540	290				
维卡软化点/℃			115	99	94				
浊度(%)			2	0.5	19				
光泽(45°)			87	92	32				
粘合				0.8					
牌号		熔体质量流 动速率/g· (10min) ⁻¹	密度 /g·cm ⁻³	特 点 和 用 途					
BD20030BA		0.3	0.920	电线电缆级，抗冲击高，ESCR 和加工性好，适合制作 电线电缆和管材、BD20100BA M11					
BD20100BA		1	0.920						
BD20170AA		17	0.920	注塑级，表面光泽和力学性好，制品变形小，适合制作 帽子、盖子					
BD24250AA		25	0.924						
HD2840UA(28411UA)		4	0.928	旋转成型级，抗挠曲性能和 ESCR 性好，适合制作缸、 桶和容器等					
HD3840UA(44411UA)		4	0.938	旋转成型级，抗挠曲性能好，抗环境应力开裂性好，适 合制作缸、桶及容器等					
HD5218EA(54180AG)		18	0.953	注塑级，表面光泽和力学性能好，制品变形小，适合用 作帽子、盖子制品					
HD6070EA(60550AG)		7	0.960	注塑级，表面光泽和力学性能好，制品变形小，用作帽 子、盖子制品					
LL0209AA(LL101AA)		0.9	0.920	吹塑薄膜级，适合一般用途，能改性 LDPE					
LL0209KJ(LL101GA)		0.9	0.921	共挤薄膜级，含有滑爽剂和开口剂专用料					
LL0220AA		2	0.920	薄膜级，用于拉伸缠绕膜，代替小集装箱包装					
LL0410AA		1	0.925	吹塑薄膜级，韧性好，适合制作高强度薄膜					
LL0410KJ(LL103GA)		1	0.926	吹塑薄膜级，滑爽剂含量高，与开口剂专用					
LL0640AA(LL104AA)		4	0.929	流延薄膜级，适合制作透光性好的挤出涂覆膜					
LL0640KJ(LL104GA)		4	0.930	流延薄膜级，滑爽剂含量高，与开口剂专用					
LL1209AA(LL102AA)		1	0.920	共挤薄膜级，适合制作复合共挤薄膜和层合薄膜					
LL1209KJ(LL102GA)		1	0.921	薄膜级，有滑爽剂、抗结块剂、抗氧剂、氟橡胶，与开 口剂并用，适合制作吹塑、复合、共挤塑薄膜					

注：1. 英国石油化学品公司技术，共聚单体为丁烯共聚物等。

2. 括号内为该产品的老字号。

(4) 齐鲁石油化工公司烯烃厂 LLDPE 性能（见表 2-80）

(续)

基础树脂	牌号	DFDA-	DFDA-	DFD-	DNDA-	DFDA-	DFDA-	DFDA-	DFDA-	DFDA-	DFDA-	DFDA-	DFDA-	DFDA-	DFDA-	DFDA-
		7068UM	7075UM	8445	DXFD-	DXDF-	DFD-	DNDA-	DFDA-	DFDA-	DFDA-	DFDA-	DFDA-	DFDA-	DFDA-	DFDA-
项目		DCM-	DGH-	DTH-	DTH-	DTH-	DTH-	DGC-	DGL-	DGL-	DGL-	DGL-	DGL-	DGL-	DGL-	DGL-
		1810H	1850	1880	2230H	2630H	1860H	3100	2420	2612	2650	3130H	1820	1820	1626H	3458H
熔体质量流动速率/g·(10min) ⁻¹	1		0.5	0.8	0.3	0.3	0.6	100	20	12	50	130	2	2	2.6	5.8
	0.918		0.918	0.920	0.923	0.927	0.920	0.931	0.924	0.926	0.926	0.931	0.918	0.918	0.915	0.934
密度/g·cm ⁻³																
熔流比		30	30	68	73	73	73	30	30	30	30	30	30	30	30	30
堆积密度/kg·m ⁻³		480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480
己烷抽出率(%)		5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
金属含量/×10 ⁻⁶		7	7	9	9	9	9	7	7	7	7	7	7	7	7	7
灰分含量/×10 ⁻⁶		90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
屈服强度/MPa		8	8	8	9.5	11	8	9	10	11	10	9	8	8	8	14.5
拉伸强度/MPa		26	20	8	20	22	18	9	8	12	9	9	12	12	12	17
拉伸模量/MPa		200	200	200	240	270	200	300	260	270	270	300	200	200	180	340
冲击强度/MJ·m ⁻²		105	50	15	35	37	34	3	5	7	5	3	20	20	65	14
介电常数/MHz		NA	NA										NA	NA	NA	NA
撕裂强度/kN·m ⁻¹		160	60	28	79	79	79	NA	NA			40	40		20	52
薄膜外观等级		-10	-10	-10	-10	-10	-10	NA	NA	NA			-10	-10	-10	-10
浊度(%)		16	11	18	39	40	39	NA	NA				4	4	10	6
光泽(45°)		42	57	38	17	16	17	NA	NA				80	80	70	75
色度		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
脆化温度/℃		NA	NA					-20	-60	-60	-60	-60	NA	NA	NA	NA
耐环境龟裂/h		NA	NA					0.5	12	10	2	0.5	NA	NA	NA	NA

(5) 抚顺石油化工公司 LLDPE 性能 (见表 2-81)

表 2-81 抚顺石油化工公司乙烯化工厂 LLDPE 性能

项目	牌号	测试方法 ASTM	11D1	11F4	51-35B	43-44B	2709	2916	8307	8504
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$			0.919	0.919	0.941	0.935	0.950	0.959	0.930	0.938
熔体质量流动速率 (21.2N)		D1505	0.6	0.75	0.33	0.75	14.5	85	5	1.9
/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$ (49N)		D1238	1.9	2.3	1.5	2.5	40	—	15	5.8
拉伸屈服强度 (50mm/min)/MPa		D638	9	8	15	12	19	22	11	13
断裂拉伸强度 (50mm/min)/MPa		D638	30	26	21	18	—	—	—	—
(50mm/min) 断裂伸长率 (%)		D638	600	550	650	500	500	0	650	700
脆化温度/°C		D746	-68	-68	-68	-68	-68	-68	-68	-68
维卡软化点/°C		D1525	94	94	115	107	118	119	105	113
邵氏硬度 D		D2240	50	50	57	56	60	63	54	57
耐环境应力开裂		D1693	1000/ F_0	1000/ F_0	1000/ F_0	1000/ F_0	—	—	50/ F_{50}	750/ F_{50}
灰分含量 (%)			0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
氯化物/ $\times 10^{-6}$			30	30	30	30	30	30	30	30
挥发分 (%)			0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
重金属含量/ $\times 10^{-6}$			40	40	40	40	40	40	40	40
相对分子质量分布			窄	窄	宽	宽	窄	窄	窄	窄
应力指数			1.37	1.37	1.69	1.65	1.26	1.26	1.26	1.26
共聚单体		丁烯-1	丁烯-1	丁烯-1	丁烯-1	丁烯-1	丁烯-1	丁烯-1	丁烯-1	
特点和用途		薄膜级， 适合工业包 装薄膜和袋	薄膜级， 适合一般用 途	薄膜级， 适合一般用 途	挤塑管材 级，适合输 气管道	电线电缆 级，适合电 缆护套料	注塑级， 适合容器、 盖子、桶、 家具	注塑级， 适合薄壁容 器的制品	旋转成型 级，适合容 器、化工用 罐、贮槽和 小船等	旋转成型 级，适合容 器、化工用 罐、贮槽和 药罐

注：加拿大杜邦公司技术，生产能力 80kt/a，LLDPE 树脂采用低压液相溶液法工艺生产，共聚单体丁烯-1。

(6) 天津联合化学有限公司（天津乙烯工程）LLDPE 性能（见表 2-82）

表 2-82 天津联合化学有限公司 LLDPE 性能

牌 号	熔体质量流 动速率/ $\text{g} \cdot$ $(10\text{min})^{-1}$	密度 $\text{g} \cdot$ cm^{-3}	共聚 单体	用 途
薄膜类 ^①				
DFDA-7047	1.0	0.918	丁烯	衬里、共混料
DFDA-7085	1.0	0.918	丁烯	地膜、大棚膜、重包装、食品袋
DFDA-7050	2.0	0.918	丁烯	超薄膜、外包装袋衬里
DFDA-7096	0.8	0.925	丁烯	超薄膜、产品包装袋、重包装袋
DFDA-7096H	0.8	0.926	己烯	超薄膜、产品包装袋、重包装袋
DFDA-7051	2.0	0.918	丁烯	挤塑膜、超薄膜
DFDA-7093	1.9	0.924	丁烯	挤塑膜
DFDA-7093H	1.9	0.924	己烯	挤塑膜
DFDA-7064	0.8	0.927	己烯	重负荷包装袋、大棚膜
DFDA-7068	1.0	0.918	己烯	大棚膜、重包装袋、共混料、拉伸膜
DFDA-7055	0.5	0.918	丁烯	大棚膜、重包装袋、热收缩膜、拉伸膜
DFDA-7081	1.0	0.918	丁烯	透明膜、陈列包装膜
DFDA-8218	0.7	0.927	丁烯	大棚膜、重负荷包装袋
DFDA-8220	1.0	0.927	己烯	大棚膜、重负荷包装袋
DFDA-7087	1.0	0.918	丁烯	超薄膜、地膜、外包装袋
DFDA-7062	1.9	0.922	己烯	易加工高强度膜
DFDA-7057	2.0	0.918	丁烯	低拉伸膜
DFDA-7066	0.8	0.926	己烯	重包装袋、集装袋、池塘衬里
DFDA-7059	2.0	0.918	丁烯	挤塑膜、共挤膜
DFDA-7029	2.6	0.916	己烯	挤塑膜、拉伸膜
DFDA-7027	5.8	0.934	己烯	挤塑膜、尿布膜
DFDA-7020	3.0	0.934	己烯	挤塑膜、尿布膜
DFDA-7026	3.2	0.917	己烯	挤塑膜、拉伸膜、贴附膜
DFDA-7023	2.0	0.941	己烯	挤塑膜、强力膜、拉伸膜
DFDA-7001	3.2	0.917	己烯	挤塑、超薄膜、拉伸膜、贴附膜
DFDA-7042	2.0	0.918	丁烯	衬里、包装膜、商品袋、共混料
DFDA-7075	0.5	0.918	丁烯	共混料
DFDA-7094	0.9	0.930	己烯	垃圾袋、重负荷包装袋
DFDA-7028	1.0	0.918	己烯	垃圾袋、拉伸膜、共混料

(续)

牌 号	熔体质量流 动速率/g· (10min) ⁻¹	密度 /g· cm ⁻³	共聚 单体	用 途
滚塑制品类				
DNDA-7146	12	0.926	丁烯	桶、罐、容器、大型玩具
DNDB-7148 ^②	4.0	0.934	丁烯	桶、罐、容器
DNDC-7148 ^②	5.0	0.934	己烯	桶、罐、容器
DNDC-7150 ^②	3.5	0.939	己烯	桶、罐、容器
DNDB-7149	4.0	0.934	丁烯	桶、罐、容器
DNDC-7149	5.0	0.934	己烯	桶、罐、容器
DNDC-7152	3.5	0.939	己烯	桶、罐、容器
DEX-8302	3.0	0.935	己烯	小船艇、桶、罐
吹塑制品类				
DFDA-7342	2.0	0.918	丁烯	小瓶类、盖板
DMDA-6200	0.35	0.953	丁烯	小瓶类、桶
DMDA-6200H	0.35	0.953	己烯	小瓶类、桶
DMDA-6210	0.33	0.953	己烯	小瓶类、高剪切机件（抗静电）
DMDA-6220	0.23	0.955	己烯	小瓶类、高剪切机件
DMDA-6230	0.35	0.950	己烯	衬里、容器
DMDA-6300	0.46	0.953	己烯	小瓶类、低剪切机件
DMDB-6400（均聚 HDPE）	0.9	0.961		奶品容器、果汁瓶
注塑制品类				
DMDA-8007（均聚 HDPE）	8	0.961		板条箱（篮、篓）、料箱、旋转箱
DMDA-8907	6.5	0.952	丁烯	桶类
DMDA-8907H	6.5	0.952	己烯	桶类
DMDA-8920	20	0.954	丁烯	日常用品、食品容器
DMDA-8920H	20	0.954	己烯	日常用品、食品容器
DMDA-8940	40	0.951	己烯	食品容器、罩盖
DMDA-8965	65	0.952	己烯	薄壁器件
DNDA-7145	12	0.926	丁烯	垃圾箱、大型工业容器
DMDA-8320	20	0.924	丁烯	家庭用品
DNDA-7144	20	0.924	丁烯	家庭用品
DMDA-8350	50	0.926	丁烯	家庭用品、大型容器
DNDA-7147	50	0.926	丁烯	优质盖罩
DMDA-1077	100	0.931	丁烯	薄罩、家庭用品
DNDA-1081	125	0.931	己烯	薄盖罩、塑料花

(续)

牌 号	熔体质量流 动速率/g· (10min) ⁻¹	密度 /g· cm ⁻³	共聚 单体	用 途
其他制品类				
DGDA-6094	1.0	0.950	丁烯	单丝、渔网
DHDA-2463BK	0.6	0.939 ^③	己烯	管材、小口径水管
DGDA-2483BK	0.15	0.945 ^③	己烯	管材、小口径水管
DFH-2076	0.8	0.920 ^③	丁烯	电线/电线, 电缆外护套
DNDA-7341	0.8	0.920 ^③	丁烯	挤出管材
DFDA-6080BK	0.8	0.920 ^③	丁烯	挤出管材、灌溉、滴漏管材

- ① 这里是按料主要适用方向的分类, 有的牌号料有多种适用性, 即同一牌号料可同时适用于吹塑、注塑、挤塑等几种加工形式。
- ② 含紫外线吸收剂。
- ③ 是基础树脂密度。

(7) 广东茂名乙烯工程指挥部 LLDPE 性能 (见表 2-83)

表 2-83 广东茂名乙烯工程指挥部 LLDPE 性能

牌号	熔体质量流动速率 /g·(10min) ⁻¹	密度 /g·cm ⁻³	特点和用途
DEX8219	1.0	0.926	薄膜级, 适合制作大棚膜、购物袋
DFDA7029	2.6	0.916	薄膜级, 流延膜, 适合制作冷冻包装膜
DFDA7042	2.0	0.918	掺混料, 适合制作衬里、报纸袋
DFDA7047	1.0	0.918	掺混料 (与 LDPE), 适合制作衬里、通用膜
DFDA7075	2.0	0.918	薄膜级, 垂伸膜, 适合制作包装膜
DFDA7094	0.8	0.925	薄膜级, 适合制作建筑用膜、垃圾袋
DFDC7050	2.0	0.918	薄膜级, 适合制作衬里、包装袋
DFH2076	0.8	0.920	电线电缆级
DNDA7144	20	0.924	注塑级, 适合制作日用杂品等
DNDA7342	2.0	0.918	注塑、吹塑级, 适合制作食品容器、光泽瓶
DNDA8350	50	0.926	注塑级, 适合制作日用杂品、优质盖
HS7068	1.0	0.918	薄膜级, 拉伸膜, 适合制作垃圾袋、掺混料

(8) 盘锦天然气化工厂 LLDPE 性能 (见表 2-84)

表 2-84 盘锦天然气化工厂 LLDPE 性能

牌号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	特点和用途
LL0209AA	0.9	0.920	吹塑薄膜级，用作一般用途，如复合薄膜、重包装袋、垃圾袋、手提袋和拉伸带等制品
LL0209CA	0.9	0.920	吹塑薄膜，含抗滑剂，一般用于如包装膜、袋
LL0209KJ	0.9	0.921	吹塑薄膜级，含抗氧剂、滑爽剂、抗结块剂、氟橡胶、高滑爽的埃勒克酰胺，适合一般用途
LL0220AA	2	0.920	浇注薄膜级，适合拉伸包装用的薄膜
LL0220CA	2.2	0.920	浇注薄膜级，含有抗滑剂，适合制作拉伸包装用薄膜
LL0410AA	1	0.925	刚性高，与 LDPE 掺混用，适合制作共挤塑薄膜
LL0410KJ	1	0.926	吹塑薄膜级，刚性高，含有滑爽剂、抗结块剂、抗氧剂、氟橡胶、高滑爽的埃勒克酰胺
LL0640AA	4	0.929	浇注薄膜级，适合制作包装薄膜，如流延薄膜

3. 国外生产厂家、牌号与产品性能

(1) 美国美孚公司（Mobil）LLDPE 性能（见表 2-85）

表 2-85 美国美孚公司 LLDPE 性能

牌号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格	牌号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格
MJA-042	1.0	0.921	挤出薄膜	MLA-103	2.0	0.921	挤出薄膜
MJA-202	1.0	0.921	挤出薄膜	MLA-123	2.0	0.921	挤出薄膜
MLA-173	2.0	0.921	挤出薄膜	PPA2231	1.0	0.926	薄膜级
MMA-169	50.0	0.926	注射级	A-C6702	2.0	0.918	薄膜级
MRP-115	5.0	0.934	回转成型	IJA-002	1.0	0.917	薄膜级
MLB	2.0	0.918	薄膜级	MRX-004			滚塑成型
MJB	1.0	0.918	薄膜级	NTA-101	0.9	0.918	薄膜级
MYA-023	2.0	0.918	注塑级	MRA-015	50	0.934	滚塑成型
MMA-129	50	0.926	注塑级	MJA-182	1.0	0.921	薄膜级
MJA-202	1.0	0.921	薄膜级	MJA-192	1.0	0.921	薄膜级
KTX-001	0.4	0.918	薄膜级	IJA-322	1.0	0.917	薄膜级
MMA-017	50	0.926	注塑级	MRA-235			滚塑成型
KLX-053	2.0	0.920	薄膜级	IJA-402	1.0	0.917	薄膜级
KJX-001	1.2	0.920	薄膜级	NJA-501	0.8	0.925	薄膜级
KIX-042	1.2	0.920	薄膜级	IJA-562	1.0	0.917	薄膜级
7047	0.8	0.919	薄膜级				

(2) 美国陶氏化学公司 Dowlex LLDPE 性能 (见表 2-86)

表 2-86 美国陶氏化学公司 Dowlex LLDPE 性能

牌号	熔体质量流 动速率/g· (10min) ⁻¹	密度 /g· cm ⁻³	规格	牌号	熔体质量流 动速率/g· (10min) ⁻¹	密度 /g· cm ⁻³	规格
2032	2.0	0.926	流涎及挤出薄膜	2585	25.0	0.925	注射成型
2035	6.0	0.919	流涎薄膜	2598	25.0	0.920	注射成型
2040	4.0	0.936	旋转成型	2645	1.0	0.920	注射成型
2042	1.0	0.930	薄膜级或吹塑级	2042-A	1.0	0.930	薄膜级
2045	1.0	0.920	挤出薄膜	2045-A	1.0	0.920	薄膜级
2047	2.3	0.917	流涎薄膜	2045.02	1.0	0.920	薄膜级
2049	1.0	0.926	薄膜级	2049-A	1.0	0.926	薄膜级
2056	1.0	0.920	挤出薄膜	2050	1.1	0.921	薄膜级
2440	4.0	0.936	旋转成型	2050-A	1.1	0.921	薄膜级
2476	2.5	0.935	旋转成型	2056-A	1.0	0.920	薄膜级
2552	25.0	0.920	注射成型	2101	1.6	0.924	薄膜级
2553	40.0	0.935	注射成型	4001	1.0	0.912	薄膜级
2564	25.0	0.925	注射成型	4002	3.3	0.912	薄膜级
2037A	2.5	0.935	挤出级	4047	2.3	0.917	薄膜级
XO-61500.33	1.0	0.935	薄膜级	XD-60631.00	0.5	0.933	电缆护套
XD-61508.00	0.9	0.920	薄膜级	2032-A	2.0	0.926	薄膜级
XO-61500.96	4.0	0.935	薄膜级	2038-A	1.0	0.935	薄膜级
XD-61508.02	0.8	0.926	薄膜级	XD-61501.03	10.5	0.933	薄膜级
XU-61512.08	0.3	0.905	薄膜级	4188	3.3	0.917	薄膜级
880	0.45	0.932	挤出电线	2547	2.3	0.917	薄膜级
XO61500.37	2.5	0.935	旋转成型	3010	5.4	0.900	薄膜
XO61500.40	4.0	0.935	旋转成型	3030	5.4	0.933	薄膜
XO61500.45	1.0	0.935	薄膜级	2500	50	0.925	注塑级
XO61500.49	1.0	0.926	薄膜级	2400	4.0	0.935	注塑级
XO61500.52	25.0	0.920	注射成型	2647	2.3	0.917	注塑级
XO61500.53	40.0	0.935	注射成型	2037A	2.5	0.935	薄膜级
XO61500.64	25.0	0.925	注射成型	7180	0.8	0.923	薄膜级
XO61500.66	2.3	0.918	旋转成型	4000	3.3	0.913	薄膜级
XO61500.60	2.5	0.935	旋转成型	4147	2.3	0.917	薄膜级
XD-61510.02	3.0	0.940	旋转成型	COR1410	1.5	0.938	薄膜级
XD-61510.01	6.0	0.935	旋转成型	LL-1001.02	1.1	0.923	薄膜级
XO-60010.00	3.0	0.923	吹塑级	XU-61512-08	0.8	0.905	VLDPE 薄膜
XO-61508.03	5.3	0.920	涂覆级				

(3) 美国联合碳化物公司 G-Resin LLDPE 性能 (见表 2-87)

表 2-87 美国联合碳化物公司 G-Resin LLDPE 性能

牌号	熔体质量流 动速率/g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格	牌号	熔体质量流 动速率/g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格
7042	2.0	0.918	流涎薄膜	GRSN7140	20	0.924	滚塑级
7043	3.0	0.921	流涎薄膜	GRSN7146	12	0.926	滚塑级
7047	1.0	0.918	流涎薄膜	GRSN7149	5.0	0.934	滚塑级
7042-17	2.0	0.918	挤出成型	GRSN8908NT7	8.0	0.950	注塑级
7047-17	1.0	0.918	流涎薄膜	7144	20	0.924	注射成型
7050-17	2.0	0.918	挤出薄膜	7147	50	0.926	注射成型
7080-17	1.0	0.918	挤出薄膜	7149	5.0	0.934	旋转成型
8320-17	20	0.926	注射成型	7341	0.8	0.920	注射成型
8350-17	50	0.926	注射成型	7342	2.0	0.918	挤出板材
7149-17	49	0.926	注射成型	4344	2.0	0.918	注射成型
7050	2.0	0.918	挤出薄膜	7441	0.76	0.920	挤出管材
DZFD-1218	0.3	0.920	挤塑级	8320	20	0.924	注射成型
DZFD-1219	0.3	0.920	薄膜级	8350	50	0.926	注射成型
GRSN7144NT	20	0.924	注塑级	7146	12	0.926	旋转成型
GRSN7144NT7	50	0.925	注塑级	BFDA-6059	0.6	0.930	注射中空成型
GRSN1077NT7	100	0.931	注塑级	7080	1.0	0.918	挤出薄膜
GRSN7047NT7	1.0	0.918	薄膜级	7085	1.0	0.918	挤出薄膜
GRSN7087NT7	1.0	0.918	薄膜级	7087	1.0	0.918	挤出薄膜
GRSN7050NT7	2.0	0.918	薄膜级	7140	20	0.924	旋转成型
GRSN7064NT7	1.0	0.926	薄膜级	DFDA-7068	1.0	0.918	薄膜级
GRSN7081NT7	1.0	0.918	薄膜级	DNDC-7148	5.0	0.933	旋转成型
GRSN7040NT7	2.0	0.918	薄膜级	DNDA-7146	12.5	0.926	旋转成型
GRSN7042NT7	2.0	0.918	薄膜级	DNDA-7144	15	0.924	注射成型
GRSN7340NT7	0.8	0.918	吹塑级	DNDA-7147	15	0.926	注射成型
GRSN7341NT7	0.8	0.920	吹塑级	DNDA-7340	0.75	0.919	吹塑成型
GRSN7441NT7	0.8	0.920	吹塑级	DFDN-6080	0.75	0.920	挤塑级
GRSN7342NT7	2.0	0.918	吹塑级	DFDA-7074	1.0	0.919	薄膜级
GRSN7149NT7	4.0	0.930	滚塑级	DFDA-7072	1.9	0.919	薄膜级
GPEP803	3.0	0.930	滚塑级	DFDA-7076	0.5	0.918	薄膜级
BFDA6059	0.6	0.939	挤塑级	DFDA-7064	1.0	0.918	薄膜级

(续)

牌号	熔体质量流动速率/g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格	牌号	熔体质量流动速率/g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格
GRSN8940NT7	40.0	0.950	注塑级	Natural 7			
G-7042-N17	2.0	0.924	薄膜级	7081	1.0	0.918	薄膜级
G-7047-N17	1.0	0.924	薄膜级	BFDA-6059	0.6	0.930	注塑或中空成型
G-7050-N17	2.0	0.930	薄膜级	G-Resin7085	1.0	0.918	薄膜级
G-7080-17	1.0	0.918	薄膜级	Natural 7			
G-8320-17	20	0.903	注塑级	G-Resin7047	1.0	0.918	薄膜级
G-8350-17	50	0.932	注塑级	Natural 7			
G-7149-17	5.0	0.932	注塑级	G-Resin7050	2.0	0.918	薄膜级
G-Resin7042	2.0	0.918	薄膜级	Natural 7			
Natural 7				G-Resin7080	1.0	0.918	薄膜级
G-Resin7047	1.0	0.918	薄膜级	Natural 7			
Natural 7				7081	1.0	0.918	薄膜级
G-Resin7050	2.0	0.918	薄膜级	BFDA-6059	0.6	0.930	注塑或中空成型
Natural 7				G-Resin7085	1.0	0.918	薄膜级
G-Resin 7080	1.0	0.918	薄膜级				

(4) 日本三井 (Mistsui) 油化公司 Ultzex LLDPE 性能 (见表 2-88)

表 2-88 日本三井油化公司 Ultzex LLDPE 性能

牌号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格	牌号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格
UZ3010F	1.3	0.930	挤出薄膜	4330R	3.5	0.945	旋转级
UZ3021F	2.1	0.930	挤出薄膜	20100J	8.0	0.920	注塑级
UZ2020L	2.1	0.920	复合薄膜	25100J	10	0.925	注塑级
UZ3520	2.1	0.935	复合薄膜	20200J	18	0.920	注塑级
3010F	1.3	0.930	挤出薄膜级	30100J	10	0.930	注塑级
3021F	2.1	0.930	通用薄膜级	30200J	18	0.930	注塑级
3520L	2.1	0.935	薄膜级	4060J	6.5	0.945	注塑级
2005H	0.5	0.920	薄膜级	45150	13.5	0.945	注塑级
2020L	2.1	0.920	薄膜级	45350	31.5	0.945	注塑级
UZ3520L	2.1	0.935	薄膜级	2015M	1.3	0.925	挤塑级
2540R	4.0	0.925	旋转级	2080-C	8.0	0.920	挤塑级
3550R	4.5	0.935	旋转级	4030	3.0	0.94	滚塑级
4060R	6.5	0.945	旋转级	4570	7.0	0.945	滚塑级

(5) 日本三菱 (Mitsubishi) 油化公司 Yukalon LLDPE 性能 (见表 2-89)

表 2-89 日本三菱油化公司 Yukalon LLDPE 性能

牌号	熔体质量流 动速率/g· (10min) ⁻¹	密度 /g· cm ⁻³	规格	牌号	熔体质量流 动速率/g· (10min) ⁻¹	密度 /g· cm ⁻³	规格
3100F	1.0	0.920	挤出薄膜级	F161	1.0	0.928	挤出薄膜级
3100H	2.0	0.920	挤出薄膜级	8200V	50	0.928	注塑级
4200F	0.8	0.922	挤出级	9150M	5.0	0.928	注塑级
6100T	20	0.926	注塑级	FC-1010	1.0	0.917	薄膜级
6150T	20	0.926	旋转成型	11R-4	1.5	0.920	薄膜级
8100V	50	0.928	注射级	F30F	1.0	0.920	薄膜级
9150M	5.0	0.928	注射级	F31F	1.0	0.920	薄膜级
F32F	1.0	0.920	薄膜级	F-50FX	0.8	0.924	薄膜级
F30H	2.0	0.920	薄膜级	A-50FX	0.8	0.924	薄膜级
F31H	2.0	0.920	薄膜级	Z-50FX	0.8	0.924	薄膜级
Z40H	2.0	0.922	薄膜级	H-20E	0.5	0.918	薄膜级
Z41H	2.0	0.922	薄膜级	M-30T	30	0.919	注射成型
Z42H	2.0	0.922	薄膜级	M-40S	17	0.923	注射成型
F51FX	0.8	0.924	薄膜级	M-40F	0.8	0.921	挤出成型
Z43H	2.0	0.923	薄膜级	R-40KP	4.0	0.922	滚塑成型
A-40H	2.0	0.923	薄膜级				

(6) 日本住友 (Sumitomo) 化学工业公司 Sumikathene LLDPE 性能 (见表 2-90)

表 2-90 日本住友化学工业公司 Sumikathene LLDPE 性能

牌号	熔体质量流 动速率/g· (10min) ⁻¹	密度 /g· cm ⁻³	规格	牌号	熔体质量流 动速率/g· (10min) ⁻¹	密度 /g· cm ⁻³	规格
FA101-0	0.8	0.919	挤出薄膜级	GA401	3.0	0.935	旋转成型
FA101-1	0.8	0.910	吹塑级	GA701	8.0	0.920	注射成型
FA102-0	0.8	0.925	薄膜级	GA702	8.0	0.925	掺混料制品级
FA201-0	2.0	0.919	薄膜级	GA801	20	0.920	注射成型
FA102-1	0.8	0.925	挤出成型	GA802	20	0.935	硫化床涂布级
FA201-1	2.0	0.919	挤出薄膜级	GA803	50	0.920	注射成型
FA202-0	2.0	0.930	薄膜级	GA804	50	0.930	硫化床涂布级

(7) 韩国韩洋 (Hanyang) 化学公司 LLDPE 性能 (见表 2-91)

表 2-91 韩国韩洋化学公司 LLDPE 性能

项 目	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	软化点 /℃	屈服拉伸 强度/MPa	断裂拉伸 强度/MPa	断裂伸长 率(%)	脆化温度 /℃
测试方法 AS-TM	D1238	D1505	D1525	D638	D638	D638	D746
3044	0.8	0.925	110	15	30	800	< -76
3120	1.0	0.918	105	10	20	750	< -76
3245	2.0	0.928	112	14	26	980	< -76
3224	2.0	0.918	95	9	17	750	< -76
9630	13.0	0.922	94	12	9	450	< -76
7635	20.0	0.924	95	11	13	300	< -76
2558	5.0	0.935	112	15	20	620	< -76

项 目	邵氏硬 度 HD	断裂伸长率(%)		抗断裂强度/MPa		冲击强 度/N	特性及用途
		MD	TD	MD	TD		
测试方法 AS-TM	D2240	D882		D1922		D1709	
3044	53	450	800	12	18	1.00	撕裂强度及加工性良好, 适合制 作农用地膜、重包装膜
3120	46	480	750	10	16	0.95	撕裂强度、透明性及热封强度良 好, 适合制作工业用包装膜、农用 膜(水田, 隧道)、透明膜
3245	55	900	900	11	17	0.60	透明性好, 高光泽, 适合制作水 冷膜
3224	46	500	760	10	15	0.60	撕裂强度、透明性、热封强度及 加工性良好, 适合制作工业用包装 膜
9630	—	—		—		—	高速加工性、断绝性及热封强度 良好, 适合制作纸、层合薄膜
7635	53	—		—		—	强度、抗环境龟裂性、光泽及低 温性良好, 适合制作各种挤出成型 产品
2558	60	—		—		—	抗环境龟裂性、低温特性及耐候 性良好, 适合回转成型和粉末涂装 用

(8) 韩国现代石油化学公司 LLDPE 性能 (见表 2-92)

表 2-92 韩国现代石油化学公司 LLDPE 性能

牌号	熔体质量流 动速率 $/g \cdot (10min)^{-1}$	密度 $/g \cdot cm^{-3}$	规 格	牌号	熔体质量流 动速率 $/g \cdot (10min)^{-1}$	密度 $/g \cdot cm^{-3}$	规 格
SF-314	1.0	0.920	挤出成型	SJ-708	10.0	0.910	注射成型
SF-310	1.0	0.920	挤出成型	SJ-714	12.0	0.920	注射成型
SF-408	2.0	0.911	挤出成型	SJ-804	25.0	0.915	注射成型
SF-414	2.0	0.920	挤出中空成型	SJ-824	25.0	0.927	注射成型
SF-418	3.0	0.932	挤出中空成型	SJ-854	25.0	0.949	注射成型
ST-438	2.0	0.932	挤出成型	SJ-944	40.0	0.935	注射成型
ST-518	4.4	0.935	挤出成型	SR-548	3.0	0.935	挤出成型
ST-540	4.4	0.935	挤出成型	SR-648	5.0	0.935	挤出成型
SJ-608	6.0	0.915	注射成型	SR-644	5.0	0.935	挤出成型

(9) 韩国三星综合化学公司 LLDPE 性能 (见表 2-93)

表 2-93 韩国三星综合化学公司 LLDPE 性能

牌号	熔体质量流 动速率 $/g \cdot (10min)^{-1}$	密度 $/g \cdot cm^{-3}$	规 格	牌号	熔体质量流 动速率 $/g \cdot (10min)^{-1}$	密度 $/g \cdot cm^{-3}$	规 格
4140-C	2.4	0.920	薄膜级	8200-F	0.5	0.921	薄膜级
4560-C	4.0	0.930	薄膜级	8220-F	0.9	0.921	薄膜级
6340-C	2.4	0.924	薄膜级	8230-F	1.0	0.922	薄膜级
4120-F	0.9	0.920	薄膜级	J-920U	4.0	0.957	注塑级
4220-F	0.9	0.921	薄膜级	R-900U	4.0	0.938	粉末回转成型
4240-F	2.0	0.921	薄膜级	R-900P	4.0	0.938	粉末回转成型
4242-F	2.0	0.921	薄膜级	R-901U	4.0	0.938	粉末回转成型
4410-F	0.8	0.926	薄膜级	FB-2020	2.0	0.918	挤出成型
6100-F	0.6	0.920	薄膜级	FB-2500	2.5	0.917	挤出成型
6220-F	0.9	0.921	薄膜级	4121-L	0.9	0.920	薄膜级
6222-F	0.9	0.921	薄膜级	4221-L	0.9	0.921	薄膜级
6340-F	2.4	0.924	薄膜级	6320-L	0.9	0.924	薄膜级
6440-F	2.4	0.925	薄膜级	6420-L	0.9	0.925	薄膜级
7130-F	1.0	0.920	薄膜级	8221-L	0.9	0.921	薄膜级
7131-F	1.0	0.920	薄膜级	4100-B	0.35	0.920	挤塑中空
8120-F	0.9	0.920	薄膜级	6040-C	2.6	0.918	薄膜级

(续)

牌 号	熔体质量流 动速率 $/g \cdot (10min)^{-1}$	密度 $/g \cdot cm^{-3}$	规 格	牌 号	熔体质量流 动速率 $/g \cdot (10min)^{-1}$	密度 $/g \cdot cm^{-3}$	规 格
6120-C	0.9	0.920	薄膜级	J-820A	7.5	0.960	注塑级
4130-B	1.0	0.920	挤塑中空	J-821A	7.5	0.960	注塑级
4180-J	15.0	0.920	注塑级	J-900A	4.0	0.950	注塑级
4490-J	25.0	0.925	注塑级	J-920A	5.0	0.960	注塑级
J-610A	26.0	0.953	注塑级	MC-9220	22.0	0.940	注射成型
J-710A	11.0	0.952	注塑级	MB-9230	23.0	0.920	注射成型
J-711A	18.0	0.952	注塑级	MC-9270	27.0	0.930	注射成型
J-720A	13.0	0.956	注塑级	MB-9500	500	0.925	注射成型
				RC-4040	4.0	0.939	滚塑成型

(10) 英国石油化学 (BP) 公司 BP LLDPE 性能 (见表 2-94)

表 2-94 英国石油化学公司 BP LLDPE 性能

牌 号	熔体质量流 动速率 $/g \cdot (10min)^{-1}$	密度 $/g \cdot cm^{-3}$	规 格	牌 号	熔体质量流 动速率 $/g \cdot (10min)^{-1}$	密度 $/g \cdot cm^{-3}$	规 格
LL101AA	0.9	0.92	薄膜级	BD20100BA	1.0	0.920	挤塑级
LL102AA	0.9	0.919	薄膜级	BD35004BA	0.4	0.935	挤塑级
LL103AA	1.0	0.926	共挤塑	BD4007BA	0.7	0.940	挤塑级
LL-101	0.9	0.920	薄膜级	BD24250AA	25	0.924	注塑级
LL-102	1.0	0.920	薄膜级	BD20170AA	17	0.920	注塑级
LL-103	1.0	0.925	薄膜级	44411UA	4.0	0.940	旋转成型
LL-104AA	4.0	0.928	薄膜级	28411UA	4.0	0.928	旋转成型
LL-105AA	2.5	0.919	薄膜级	BD-4601AA	0.9	0.918	薄膜级
LL-210AA	1.0	0.918	薄膜级	BD-6001AA	0.9	0.917	薄膜级
BD20030BA	0.35	0.920	挤塑级				

(11) 加拿大努发克石油化学公司 (Novacor) LLDPE 性能 (见表 2-95)

表 2-95 加拿大努发克化学公司 LLDPE 性能

牌 号	熔体质量流 动速率 $/g \cdot (10min)^{-1}$	密度 $/g \cdot cm^{-3}$	规 格	牌 号	熔体质量流 动速率 $/g \cdot (10min)^{-1}$	密度 $/g \cdot cm^{-3}$	规 格
PF-0118-A	1.0	0.918	薄膜级	PF-0118-B	1.0	0.918	薄膜级
GF-0118-B	1.0	0.918	薄膜级	PF-0118-C	1.0	0.918	薄膜级

(续)

牌 号	熔体质量流 动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	规 格	牌 号	熔体质量流 动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	规 格
PF-0218-A	2.0	0.918	薄膜级	PF-0118-F	1.0	0.919	薄膜级
PF-0218-D	2.0	0.918	薄膜级	GF-0218-A	2.0	0.918	薄膜级
GF-0218-E	2.0	0.918	薄膜级	GR-0434-A	4.0	0.934	滚塑成型
PF-218-E	2.0	0.918	薄膜级	GI-2024-A	20	0.924	注射成型
GF-0218-F	2.0	0.918	薄膜级	PI-2024-A	20	0.924	注射成型
PF-0218-F	2.0	0.918	薄膜级	GI-5026-A	50	0.926	注射成型
PF-0118-D	1.0	0.918	薄膜级	PI-5026-A	50	0.926	注射成型
GF-0118-F	1.0	0.918	薄膜级	PD-7000-UG	4.0	0.934	滚塑成型

(12) 荷兰国家矿业公司 Stamylex LLDPE 性能 (见表 2-96)

表 2-96 荷兰国家矿业公司 Stamylex LLDPE 性能

牌号	熔体质量流 动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	规 格	牌号	熔体质量流 动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	规 格
1056-DXU	5.0	0.919	吹塑成型或旋 转成型	9089	8.0	0.964	注塑成型
4036-DXU	3.0	0.934	吹塑成型或旋 转成型	9119	11.0	0.964	注塑成型
4068-DXU	7.0	0.935	吹塑成型或旋 转成型	09-016F	1.1	0.914	挤塑成型
5036-DXU	3.0	0.944	吹塑成型或旋 转成型	1016-LF	1.1	0.919	挤塑成型
5078-DXU	7.0	0.944	吹塑成型或旋 转成型	1016-HSLF	1.1	0.925	挤塑成型
XL-400UP	5.0	0.936	吹挤塑成型或 旋转成型	TMX-1000F	3.6	0.902	挤塑成型
08-076	6.6	0.910	注塑成型	08-026F	2.2	0.910	挤塑成型
09-258	24.6	0.918	注塑成型	1026-F	2.2	0.919	挤塑成型
2258	24.0	0.926	注塑成型	3026-F	2.2	0.932	挤塑成型
4046	4.4	0.936	注塑成型	4026-F	2.2	0.936	挤塑成型
5119	11.0	0.944	注挤塑成型	09-046F	4.4	0.914	挤塑成型
5119-S	11.0	0.944	注挤塑成型	1046-F	4.4	0.919	挤塑成型
7359	36.0	0.954	注塑成型	4046-F	4.4	0.936	挤塑成型
				08-076F	6.6	0.910	挤塑成型
				9089-F	8.0	0.963	挤塑成型
				1006-F	6.6	0.919	挤塑级
				08-076F	6.6	0.910	挤塑级
				9119-F	11.0	0.963	注塑和挤塑级

4. LLDPE 的成型加工性能

LLDPE 的成型加工性能较好，可用注塑、挤塑、吹塑、滚塑、涂覆、热熔焊接等方式成型加工。但 LLDPE 的熔体弹性小、粘度高，挤出时熔体转矩大，因而用一般挤塑机难于成型，应改变螺杆（如缩短 L/D 值）、口模（如加大模唇）和冷却风环的设计。

LLDPE 可以用不同的加工方法制得薄膜、管材、工业用容器、槽车罐、贮罐等大型容器和泡沫材料等。其薄膜性能极为优良，与 LDPE 相比，在同样韧性和强度下 LLDPE 薄膜较薄，如用 LDPE/LLDPE 混合料（60:40 ~ 70:30）制得的薄膜，即可减薄 30% ~ 40%，显示出良好的经济优越性，而且强度较好。用制得的超微地膜与普通地膜相比，即有明显的效果（见表 2-97）。

表 2-97 普通地膜与超微地膜性能比较

项 目 品 种	厚度 /mm	拉伸强 度/MPa	断裂伸长 率(%)	撕裂强 度/MPa	项 目 品 种	厚度 /mm	拉伸强 度/MPa	断裂伸长 率(%)	撕裂强 度/MPa
普通地膜	0.014	≥10.0	≥100	≥3.0	超微地膜	0.008	20.0	265	10.0

5. 应用

LLDPE 的主要用途如下：

- 1) 吹塑薄膜透明、耐撕裂，特别耐针刺，因此可用作重包装袋、垃圾袋、农膜（地膜、大棚和农产品包装等）。
- 2) 收缩薄膜、衬垫薄膜、层合膜、结构膜（又称工程膜）、拉伸粘接膜、冰袋、冷冻食品包装袋等。
- 3) 纸、布、织物涂覆制包装箱、瓦楞板、覆盖物、单用帐篷等。
- 4) 气密性容器盖、汽车零件、农药和化学药品容器。
- 5) 电线电缆包覆。
- 6) 输送天然气和化学物质的管材等。

五、超高相对分子质量聚乙烯（UHMWPE）

1. 基本特性

UHMWPE 为线型聚合物。相对分子质量 50 ~ 500 万，主链很长且互相缠结，结晶度（65% ~ 85%）和密度（0.92 ~ 0.94g/cm³）较低。由于相对分子质量高，熔体粘度很大，呈高弹态，难以流动，熔体指数接近于零，很难加工。

UHMWPE 除具有一般 HDPE 的性能外，还具有突出的耐磨性、低摩擦因数和自润滑性；优良的耐应力开裂性、耐高温蠕变性和耐低温性（即使在 -269℃ 也可使用）；优良的拉伸强度，极高的冲击强度，且在低温下也不下降；噪声阻尼性好；同时，具有卓越的化学稳定性和耐疲劳性；无表面吸附力，电绝缘性能优良；无毒性等优良的综合性能。

（1）耐磨性 UHMWPE 的耐磨性居塑料之冠，并超过某些金属，与其他工程塑料相比，UHMWPE 的砂浆磨耗指数仅是 PA66 的 1/5，HDPE 和 PVC 的 1/10；与金属相

比，是碳钢的 1/7，黄铜的 1/27。这样高的耐磨性，以致于用一般塑料磨耗实验法难以测试其耐磨程度，因而专门设计了一种砂浆磨耗测试装置。UHMWPE 耐磨性与相对分子质量成正比，相对分子质量越高，其耐磨性越好。

(2) 耐冲击性 UHMWPE 的冲击强度在所有工程塑料中名列前茅，UHMWPE 的冲击强度约为耐冲击 PC 的两倍，ABS 的五倍，POM 和 PBTP 的十余倍。耐冲击性如此之高，以致于采用通常冲击试验方法难以使其断裂破坏。其冲击强度随相对分子质量的增大而提高，在相对分子质量为 150 万时达到最大值，然后随相对分子质量的继续升高而逐渐下降。值得指出的是，它在液氮中（-196℃）也能保持优异的冲击强度，这一特性是其他塑料所没有的。此外，它在反复冲击后表面硬度更高。

(3) 自润滑性 UHMWPE 有极低的摩擦因数（0.05 ~ 0.11），故自润滑性优异。表 2-98 为 UHMWPE 与其他工程塑料摩擦因数比较。从表中可以看出，UHMWPE 的动摩擦因数在水润滑条件下是 PA66 和 POM 的 1/2，在无润滑条件下仅次于塑料中自润滑性最好的聚四氟乙烯（PTFE）；当它以滑动或转动形式工作时，比钢和黄铜添加润滑油后的润滑性还要好。因此，在摩擦学领域，UHMWPE 被誉为成本/性能非常理想的摩擦材料。

表 2-98 UHMWPE 与其他工程塑料摩擦因数比较

名 称	动摩擦因数			名 称	动摩擦因数		
	自润滑	水润滑	油润滑		自润滑	水润滑	油润滑
UHMWPE	0.10 ~ 0.22	0.05 ~ 0.10	0.05 ~ 0.08	PA66	0.15 ~ 0.40	0.14 ~ 0.19	0.06 ~ 0.11
PTFE	0.04 ~ 0.25	0.04 ~ 0.08	0.04 ~ 0.05	POM	0.15 ~ 0.35	0.10 ~ 0.20	0.05 ~ 0.10

(4) 耐化学药品性 UHMWPE 具有优良的耐化学药品性，除强氧化性酸液外，在一定温度和浓度范围内能耐各种腐蚀性介质（酸、碱、盐）及有机介质（萘溶剂除外）。其在 20℃ 和 80℃ 的 80 种有机溶剂中浸渍 30d，外表无任何反常现象，其他物理性能也几乎没有变化。

(5) 冲击能吸收性 UHMWPE 具有优异的冲击能吸收性，冲击能吸收值在所有塑料中最高，因而噪声阻尼性很好，具有优良的消声效果。

(6) 耐低温性 UHMWPE 具有优异的耐低温性能，在液氮温度（-269℃）下仍具有延展性，因而能够用作核工业的耐低温部件。

(7) 卫生无毒性 UHMWPE 卫生无毒，完全符合日本卫生协会的标准，并得到美国食品及药物监督管理局和美国农业部的认可，可用于接触食品和药物。

(8) 不粘性 UHMWPE 表面吸附力非常微弱，其抗粘附能力仅次于塑料中不粘性最好的 PTFE，因而制品表面与其他材料不易粘附。

(9) 憎水性 UHMWPE 吸水率很低，一般小于 0.01%，仅为 PA6 的 1%，因而在成型加工前一般不必干燥处理。

(10) 密度 表 2-99 为 UHMWPE 与其他工程塑料密度比较。由表可知，UHMWPE 的密度比其他所有工程塑料都低，一般比 PTFE 低 56%，比 POM 低 33%，比 PBTP 低

30%，因此其制品非常轻便。

表 2-99 UHMWPE 与其他工程塑料密度比较

名 称	密度 /g · cm ⁻³	UHMWPE 密度比其 他低(%)	名 称	密度 /g · cm ⁻³	UHMWPE 密度比其 他低(%)
PTFE	2. 12	56	PC	1. 20	22
POM	1. 41	33	PA	1. 02 ~ 1. 14	8 ~ 18
PBTP	1. 31	30	UHMWPE	0. 94	

(11) 拉伸强度 由于 UHMWPE 具有超拉伸取向必备的结构特征，所以有无可匹敌的超高拉伸强度，因此可通过凝胶纺丝法制得超高弹性模量和强度的纤维，其拉伸强度高达 3 ~ 3. 5GPa，拉伸弹性模量高达 100 ~ 125GPa；纤维比强度是迄今已商品化的所有纤维中最高的，比碳纤维大四倍，比钢丝大十倍，比芳纶纤维大 50%。

(12) 其他性能 UHMWPE 还具有优良的电气绝缘性能，比 HDPE 更优良的耐环境应力开裂性，比 HDPE 更好的耐疲劳性及耐 γ-射线能力。

(13) 不足之处 与其他工程塑料相比，UHMWPE 耐热性、刚度和硬度偏低，但可以通过“填充”和“交联”等方法来改善，从耐热性来看，UHMWPE 的熔点（136℃）与普通聚乙烯大体相同，但因其相对分子质量大，熔融粘度高，故加工难度大。

2. 国内生产厂家、牌号与产品性能

(1) 北京助剂二厂 UHMWPE 性能（见表 2-100、表 2-101）

表 2-100 北京助剂二厂 UHMWPE 性能（一）

项 目	M-0 (特高)	M- I		M- II		M- III		M- IV
		优级品	合格品	优级品	合格品	优级品	合格品	
密度/g · cm ⁻³	≥0. 930	0. 935 ~ 0. 940		0. 935 ~ 0. 940		0. 935 ~ 0. 940		0. 935 ~ 0. 940
挥发物(水分)(%)	< 0. 15	0. 15		0. 15		0. 15		0. 15
颗粒度(过 20 目)(%)	98	98		98		98		98
热变形温度/℃	> 80	80		80		80		80
密度/g · cm ⁻³	> 0. 35	0. 38	0. 35	0. 38	0. 35	0. 38	0. 35	0. 35
悬臂梁冲击强度/kJ · m ⁻¹	不断裂	不断裂	不断裂	不断裂	不断裂	不断裂	不断裂	不断裂
简支梁冲击强度/kJ · m ⁻²	> 70	110	90	130	95	100	70	70
拉伸断裂强度/MPa	> 25	33	32	34	32	35	32	30
拉伸断裂伸长率(%)	350	400	350	350	300	300	250	200

(2) 上海高桥石化公司化工厂桥牌超高相对分子质量聚乙烯性能（见表 2-102） UHMW-HDPE（U-150）的特点和用途是模压成型或注塑-模压成型，平均相对分子质量

130 ~ 180 万，密度 0.935 ~ 0.945g/cm³，缺口冲击强度 ≥ 15.0J/cm²，维卡软化点 134℃，抗冲击性、耐磨性、自润滑性很好。适合制造人造裸关节、纺织机齿轮、纺织用皮结、电梯用滑坎、滤水器的滤水片、墨水笔芯、运输用板材等制件。加工性能好，可用于纺织、机械、运输、医疗等行业。

表 2-101 北京助剂二厂 UHMWPE 性能（二）

项 目	指 标	项 目	指 标
相对分子质量/×10 ⁴	180 ~ 230,300 以上	介电强度/kV · mm ⁻¹	≥ 35
密度/g · cm ⁻³	0.935 ~ 0.945	相对介电常数(1MHz)	≤ 2.35
粉末表观密度/g · cm ⁻³	0.33 ~ 0.40	介质损耗角正切(1MHz)	≤ 5 × 10 ⁻⁴
灰分(%) ≤	0.15	摩擦因数(ASTMD—1894)	0.07 ~ 0.11
水分(%) ≤	0.15	吸水性(%) <	0.01
拉伸强度/MPa	30 ~ 40	磨损率(%)	0.62 (优于 PA6, PTFE,45 钢,不锈钢)
断裂伸长率(%)	300 ~ 400		在一定温度、浓度
冲击强度(缺口)/kJ · m ⁻² >	150		范围内,能耐各种腐
熔融温度/℃	137	耐化学药品性	蚀性介质(酸、碱、盐、
维卡软化点/℃	132		但氧化性酸除外)及
脆化温度/℃ ≤	-70		有机溶剂
体积电阻率/Ω · cm ≥	10 ¹⁷	耐寒性	可在液氮温度
			(- 269℃)使用

表 2-102 上海高桥化工厂 U-150 UHMWPE 性能

项 目	测试方法	数 值	项 目	测试方法	数 值
外观		白色粉末	短期(3.18mm 厚)		28.4
拉伸强度/MPa	ASTM-D638	40.0	长期(3.18mm 厚)		27.2
断裂伸长率(%)	ASTM-D638	450 ~ 525	介电常数(1MHz)		2.30
拉伸屈服强度/MPa	ASTM-D638	22.1 ~ 28.6	耐化学药品性		
拉伸弹性模量/MPa		142.9 ~ 785.7	介质(水)		无影响
挠曲弹性模量/MPa		928.6 ~ 1000	无机盐水溶液		无影响
密度/g · cm ⁻³	ASTM-D792	0.94	有机溶剂		无影响
洛氏硬度 HR	ASTM-D785	50	稀酸		无影响
体积电阻率/Ω · cm	ASTM-D257	> 10 ¹⁶	碱		无影响
介电强度/kV · mm ⁻¹	ASTM-D1219				

3. 国外生产厂家、牌号与产品性能

(1) 德国赫斯特（Hoechst）公司 Hostalen GUR UHMWPE 性能（见表 2-103）

表 2-103 德国赫斯特公司 Hostalen GUR UHMWPE 性能

项 目	测试方法	数 值	项 目	测试方法	数 值
相对分子质量范围	光散射法	$3.5 \times 10^6 \sim 4 \times 10^6$	断裂伸长率(%)	ISO/R527	450
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	DIN53479	0.94	拉伸屈服强度(120℃)/MPa	公司内部方法	3.6
表观密度/ $\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$	DIN53468	380 ~ 420	拉伸强度(120℃)/MPa	公司内部方法	25
熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	DIN53735		断裂伸长率(120℃)(%)	公司内部方法	800
190/5		<0.01	弯曲断裂强度/MPa	EN 20178—1994	27
190/15		<0.1	扭力强度/MPa	DIN53447	
塑变值(ZST) ^①	公司内部方法	20 ~ 25	23℃		250
拉伸屈服强度/MPa	EN 20527—1994	22	—40℃		370
拉伸强度/MPa	ISO/R527	44	冲击强度(缺口)/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	DIN53453	(64 ~ 67) $\times 10^9$
冲击强度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	DIN53448		表面电阻率/ Ω	DIN53482	$> 10^{13}$
23℃		3×10^{12}	介电强度/ $\text{kV} \cdot \text{cm}^{-1}$	DIN53483	900
100℃		3×10^{12}	相对介电常数(2MHz)	DIN53483	2.3
邵氏硬度 HD	DIN53505	不破坏	介质损耗角正切	DIN53483	
热变形温度/℃	DIN53461	95	50Hz		1.9×10^{-4}
维卡软化点/℃	DIN53460	74	1kHz		0.5×10^{-4}
结晶温度/℃	偏振显微镜法	135 ~ 138	10kHz		0.5×10^{-4}
体积电阻率/ $\Omega \cdot \text{cm}$	DIN53482	$> 5 \times 10^{16}$	100kHz		2.5×10^{-4}
牌 号	特 点 和 用 途				
GUR212	延伸性最佳，体积密度较低，相对分子质量约 4.5×10^6 ，可添加大量填充剂和炭黑				
GUR403	无添加剂，适合制作薄膜用				
GUR412	相对密度 0.930，延伸性最佳，适合制作压模板、高冲击性薄膜				
GUR413	相对密度 0.935，无添加剂，但加有防腐剂，适合制作模压板				
GUR415	相对密度 0.930，耐磨性好，缺口冲击强度较低，适合制作柱塞挤压耐磨异形材				
GUR422	延伸性和热稳定最佳，适合制作模压厚板刨削薄片				
GUR423S	无添加剂，但稳定性好，粘均相对分子质量约 6×10^6 ，用于特种模压制品制作				
GUR432	延伸性最佳，挤塑稳定（不要求 BGA 和 FDA）				
GUR1225	粉料，压制烧结成型				
GUR5121	通用级，流动性得到提高，可以注塑成型，适合耐磨、摩擦因数低、冲击强度高的部件，如轴承、汽车窗导轨和传动组件				

(续)

牌号	特 点 和 用 途
GUR5150	高耐磨牌号用料, 适用于生产泵的转子、门阀、衬套等
GM6255	MFR1.5, 相对密度 0.950, 适合制作容器, 如桶等

① 因 UHMWPE 的 MFR 不易测定, 该公司按 ASTM1430 原理改进的测试方法。

(2) 韩国现代石油化学公司 Hyundal HMWPE 性能 (见表 2-104)

表 2-104 韩国现代石油化学公司 Hyundal UHMWPE 的性能

牌 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	特点和用途
PB061	2.0	0.954	吹塑中空级, ESCR > 1000, 适合制作 200L 级危险物容器, 3000L 级贮槽, 汽车用燃料桶
PB150	6.1	0.946	吹塑中空级, ESCR > 1000, 特点、用途大部分同 PB061
PH061	2.0	0.954	挤塑管材级, 机械性、ESCR 优, 适合制作温水炕用管

(3) 澳大利亚联合碳化物公司 Union Carbide GUR UHMWPE 性能 (见表 2-105)

表 2-105 澳大利亚联合碳化物公司 Union Carbide GUR UHMWPE 性能

牌 号	熔体流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	特点和用途
DGDL6090	0.4	0.961	薄膜级, 超高相对分子质量
DMDL1155	11	0.955	吹塑中空级, 超高相对分子质量, ESCR、力学性优, 适合大型容器

4. 超高相对分子质量聚乙烯的成型加工性能

由于超高相对分子质量聚乙烯熔体粘度特大, 所以即使在结晶熔点时也不流动, 在高剪切速率下易降解, 因而成型加工性差。一般需用冷压型坯后烧结成型工艺, 烧结制品可机械加工。加入加工助剂后可用挤塑、注塑法成型加工, 制得较简单的制品。也可用喷涂、层合和热冲压法加工制得相应制品。其典型配方与成型实例见表 2-106。

表 2-106 超高相对分子质最聚乙烯典型配方与成型实例

	组 分	质量份数		组 分	质量份数
配方	超高相对分子质量聚乙烯	100	配方	防老剂 H	0.35
	(牌号 Hi-Zex, 相对分子质量 100 万) 炭黑	2		二硫化四乙基秋兰姆(TETD)	0.15
模压工 艺条件	将原料粉末填入模具, 于 10 ~ 20MPa 加压 5 ~ 10min, 排出混入原料中的空气, 然后于 3 ~ 5MPa, 进行加热至 180 ~ 200℃, 使树脂熔融塑化, 加热时间由制件尺寸大小决定。为防止制品产生凹痕与空洞, 再于 25MPa 加压下进行冷却后开模				

5. 应用

超高相对分子质量聚乙烯可用于通用机械、农业机械、纺织机械、汽车、采矿、造纸、化工、食品工业等制作不粘、耐磨、低噪声和自润滑部件，如齿轮、导轨、泵、压滤机、加料螺杆、辊筒、阀、衬垫、密封圈、轴套、与食品接触的材料、人体内部器官和关节等器件。

此外，还可用作特种薄膜、大型容器、大型异形管材和板材等。UHMWPE 片和板材用于散装货物的装卸装置，如溜槽、漏斗、货仓的衬里。

UHMWPE 制品的部分应用实例列于表 2-107。

表 2-107 UHMWPE 制品的部分应用实例

应用 领 域	应 用 实 例	利 用 特 性
运输机械	传送装置滑块座、固定板、流水生产线计时星轮	耐磨性、耐冲击性、自润滑性、不粘性
食品机械	星形轮、送瓶用计数螺杆、灌装机轴承、抓瓶机零件、打栓机操纵杆、绞肉机零件、垫圈、导销、导轨、气缸、齿轮、辊筒、链轮、手柄	卫生性、自润滑性、耐磨性、消声性
造纸机械	吸水箱盖板、密封肘杆、偏导轮、刮刀、轴承、旋塞、喷嘴、过滤器、储油器、防磨条、毛毡清扫机	耐磨性
纺织机械	皮结、开幅机、减振器挡板、连接器、曲柄连杆、齿轮、凸轮、轴承、弹棉机零件、打梭棒、扫花杆、偏杆轴套、摆动后梁	耐冲击性
化工机械	阀体、泵体、垫圈、填料、过滤器、齿轮、螺栓、螺母、密封圈、喷嘴、旋塞、轴套	耐磨性、耐化学药品性
一般机械	各种齿轮、轴瓦、轴承、衬套、滑动板、离合器、导向体、制动器、铰链、摇柄、弹性联轴器、辊筒、托轮、紧固件、升降台滑动部件	自润滑性、耐磨性，耐冲击性
染色修饰	浸染机轴承、刮刀、滑动板、衬垫、密封件、齿轮	自润滑性、不粘性、耐冲击性
文体用品	滑雪板衬里、动力雪橇、溜冰场铺面、冰球场保护架、滑翔机接触地板、保龄球	自润滑性、耐磨性、耐寒性
医疗卫生	心脏瓣膜、矫形外科零件、人工关节、节育植入体、假肢	生理惰性、耐磨性
其他	冷冻机械、原子能发电站的遮蔽板、船舶部件、肉店切肉板、榔头、电镀零件、超低温机械零件	耐寒性、抗放射性、卫生性、绝缘性、耐磨性

第二节 聚乙烯制品及其成型工艺

一、聚乙烯注射成型

1. 原材料

(1) 物料性能 聚乙烯是白色蜡状半透明塑料, 柔而韧, 密度为 $0.94 \sim 0.96 \text{ g/cm}^3$, 无毒, 耐腐蚀性、电绝缘性 (尤其高频绝缘性) 优良, 可以氯化, 辐照改性, 可用玻璃纤维增强。低压聚乙烯的熔点、刚性、硬度和强度较高, 吸水性小, 有良好的电性能和耐辐射性; 高压聚乙烯的柔软性、伸长率、冲击强度和渗透性较好; 超高相对分子质量聚乙烯冲击强度高, 耐疲劳、耐磨。

(2) 应用范围 低压聚乙烯适于制作耐腐蚀零件和绝缘零件; 高压聚乙烯适于制作薄膜等; 超高相对分子质量聚乙烯适于制作减振、耐磨及传动零件。

(3) 工艺特性

1) 聚乙烯是结晶性物料, 结晶速度随温度的变化而变化, 当温度升高时, 结晶度随着下降。吸湿小, 含水量一般都在 0.01% 以下, 不需充分干燥。热稳定性好, 一般在 300°C 左右无明显分解现象。

2) 流动性极好且流动性对压力敏感, 熔体质量流动速率在 $1 \sim 10 \text{ g/10min}$ 范围内, 成型时宜用高压注射, 料温均匀, 填充速度快, 保压充分。不宜用直接浇口, 以防收缩不均, 内应力增大。注意选择浇口位置, 防止产生缩孔和变形。

3) 制品成型收缩率大, 约为 $1.5\% \sim 3.6\%$, 方向性明显, 制品易变形翘曲。冷却速度宜慢, 模具设冷料穴, 并有冷却系统。

4) 加热时间不宜过长, 否则会发生分解、灼伤。

5) 软质塑料有较浅的侧凹槽时, 可强行脱模。

6) 可能发生熔体破裂, 不宜与有机溶剂接触, 以防开裂。

2. 注塑机与模具

(1) 注塑机类型选择 注塑机可用柱塞式或螺杆式, 均可注射成型聚乙烯原料制件。当用螺杆式注塑机注塑时, 最好应用突变型螺杆, 也可用注塑机购进时设备上带的通用型螺杆, 但均化段 (计量段) 螺槽应浅些。喷嘴可用通用型或延长型。

(2) 模具 为防止因收缩不均、方向性明显所引起的翘曲、扭曲等问题, 以及对制品的性能所产生的影响 (一般沿料流方向的强度为垂直于料流方向的三倍左右), 应注意浇口位置的选择。聚乙烯质软易脱模, 对于侧壁带有浅凹槽的制品, 所采取强行脱模的方式进行脱模。排气孔槽的深度应控制在 0.03 mm 以下。

3. 注射制件结构条件

1) 制作的壁厚应在 $1 \sim 3.5 \text{ mm}$ 范围内, 壁厚最薄不应小于 0.8 mm 。对于大型制件的加强肋厚度, 最大可达 5 mm 。

2) 制件的厚度要尽量均匀, 薄厚尺寸的交接过渡处应有较大的过渡圆弧。

3) 设计制件结构时, 注意各面要有脱模斜度, 型芯斜度在 $25' \sim 45'$ (即 $0.417^\circ \sim 0.75^\circ$)。型腔脱模斜度在 $20' \sim 45'$ ($0.333^\circ \sim 0.750^\circ$) 间。

4) 制品的壁厚与熔体的流动长度有关，而聚乙烯的流动性又随着密度的不同有所不同，因此在选择制品的壁厚时需充分考虑流动比。低密度聚乙烯的流动比为 280:1，高密度聚乙烯的流动比为 230:1。

在选取制品的壁厚时，还应考虑其收缩率的影响关系。表 2-108 为低密度聚乙烯制品壁厚与成型收缩率的关系。

表 2-108 低密度聚乙烯制品壁厚与成型收缩率关系

制品壁厚范围/mm	成型收缩率(%)
1~3	1.5~2
3~6	2~2.5
>7	2.5~3.5

从有利于熔体流动、减少制品收缩来考虑，聚乙烯制品的壁厚应不小于 0.8mm，一般可在 1~3.5mm 之间选取。其脱模斜度：模芯部分沿脱模方向为 25'~45'，模腔部分为 20'~45'。

4. 聚乙烯的注射成型工艺

(1) 原料的准备

- 1) 选用原料的熔体质量流动速率在 1~9g/10min 范围内，含水量不超过 0.1%。
- 2) 对于制品需要有颜色的可采用浮染法，按配比加入粒料中，搅拌均匀即可投产。
- 3) 原料的含水量超过 0.1% 时，对原料应干燥处理，在 70~80℃ 温度条件下烘烤 1~2h 处理。

(2) 注塑工艺条件

- 1) 预塑化温度：低密度聚乙烯为 160~220℃，高密度聚乙烯为 180~240℃。
- 2) 注射压力在 100MPa 以下，对于薄形制件或流道较长时，最高注射压力可达 120MPa。
- 3) 保压压力可以等于或低于注射压力。
- 4) 注射料流速度不宜过高。
- 5) 模具温度成型低密度聚乙烯时为 35~55℃，成型高密度聚乙烯时为 60~70℃。较高的模具成型温度，制品结晶度高，强度和刚性好，但收缩率高。模具温度偏低，制品结晶度低，透明性好，强度增加，但内应力也增大，制品易变形。
- 6) 成型模具中的流道长度与制品厚度之比：低密度聚乙烯为 280:1，高密度聚乙烯为 230:1。
- 7) 保压时间由制品的厚度和流道的截面积大小来决定，一般在 10~40s 间。
- 8) 聚乙烯注塑制品一般不进行退火处理。对特殊要求制件退火处理时，应把制件浸在 80℃ 的溶液介质中，处理 1~2h。这既可提高制品的强度又可减少制品的变形。

(3) 聚乙烯成型时的注意事项

- 1) 成型时的树脂流动性好。熔体质量流动速率在 1~10g/min 范围内。成型时易用高压注射，料温均匀，填充速率快，保压充分。不易用直接浇口，以防收缩不均，内应

力增大。

2) 成型收缩率大、刚性低,所以尺寸精度难于保证。模具温度保持均一,而且模具内的冷却时间要足够长。

3) 模具冷却不均匀(冷却水道过分接近模具表面等),有可能产生残留内应力和应力开裂。

5. 聚乙烯注射成型中常见故障、产生的原因及解决的方法

(1) 聚乙烯制品在成型过程中质量不稳定

影响制品质量稳定的因素与原因众多,但认真分析后认为只要掌握好以下因素,便能制备出质量合格的制品。

1) 原材料。

①选用原料的熔体质量流动速率在 $1 \sim 9\text{g}/10\text{min}$ 范围内,含水量不超过 0.1% 。

②对于制品需要有颜色的可采用浮染法,按配比加入粒料中,搅拌均匀即可投产。

③原料的含水量超过 0.1% 时,对原料应干燥处理,在 $70 \sim 80^\circ\text{C}$ 温度条件下烘烤 $1 \sim 2\text{h}$ 。

2) 注塑工艺条件。

①预塑化温度:低密度聚乙烯为 $160 \sim 220^\circ\text{C}$,高密度聚乙烯为 $180 \sim 240^\circ\text{C}$ 。

②注射压力在 100MPa 以下,对于薄形制件或流道较长时,最高注射压力可达 120MPa 。

③保压压力可以等于或低于注射压力。

④注射料流速度不宜过高。

⑤模具温度:成型低密度聚乙烯时为 $35 \sim 55^\circ\text{C}$,成型高密度聚乙烯时为 $60 \sim 70^\circ\text{C}$ 。模具成型温度较高,制品结晶度高,强度和刚性好,但收缩率高。模具温度偏低,制品结晶度低,透明性好,强度增加,但内应力也增大,制品易变形。

⑥成型模具中的流道长度与制品厚度之比:低密度聚乙烯为 $280:1$,高密度聚乙烯为 $230:1$ 。

⑦保压时间由制品的厚度和流道的截面积大小来决定,一般在 $10 \sim 40\text{s}$ 间。

⑧聚乙烯注塑制品一般不进行退火处理。对特殊要求制件退火处理时,应把制件浸在 80°C 的溶液介质中,处理 $1 \sim 2\text{h}$ 。这既可提高制品的强度,又可减少制品的变形。

3) 聚乙烯成型时的注意事项。

①成型时的树脂流动性好。熔体质量流动速率在 $1 \sim 10\text{g}/10\text{min}$ 范围内。成型时宜用高压注射,料温均匀,填充速率快,保压充分。不宜用直接浇口,以防收缩不均,内应力增大。

②成型收缩率大,刚性低,所以尺寸精度难于保证。模具温度保持均一,而且模具内的冷却时间要足够长。

③模具冷却不均匀(冷却水道过分接近模具表面等)有产生残留内应力和发生应力开裂之虞。

(2) 注射量不足、欠料、注不满型腔

1) 注射机能力不足 应更换合适的注射机。

- 2) 树脂流动性不好, 不能满足注射成型要求。应更换注射专用牌号的原料。
 - 3) 料筒温度偏低。应提高料筒温度, 调定范围为 LDPE 前段 170 ~ 200℃, 后段 140 ~ 160℃; HDPE 前段 170 ~ 200℃, 中段 180 ~ 190℃, 后段 140 ~ 160℃。
 - 4) 喷嘴温度偏低。应提高其温度, 调定范围为 LDPE 150 ~ 170℃, HDPE 170 ~ 190℃。
 - 5) 注射压力不足。应提高注射压力, 调定范围为 LDPE 60 ~ 100MPa, HDPE 70 ~ 100MPa。
 - 6) 模具排气不良, 型腔内残存空气造成注射欠料。应清理排气系统, 必要时应加以改进, 使其排气通畅。
 - 7) 流道太细、浇口截面太小。应更改模具, 加粗流道, 扩大浇口, 使物料能顺利注入为准。
 - 8) 熔体在型腔内流动距离太长, 注不到位。应重新改进模具容量, 缩短流动距离, 还可设置冷料井。
 - 9) 制品壁厚太薄。应根据制品使用要求, 尽量增加壁厚, 聚乙烯壁厚应在 1 ~ 3.5mm 之间加以调整。
- (3) 制品产生飞边
- 1) 注射机锁模力低。应提高锁模力, 将注射机锁模力增至能锁紧模为准, 如若达不到, 应考虑更换注射机。
 - 2) 模具分型面不合理。应根据具体情况修改分型面, 直至合适。
 - 3) 模具变形或错位。应加以修理使其能正常工作。
 - 4) 模具锁孔或导销磨损严重。应更换新导销或进行必要的修复, 使其工作正常。
 - 5) 注射成型温度偏高。应适当降低料筒与喷嘴温度, 料筒温度应在 140 ~ 200℃ 之间加以调整, 而喷嘴温度的调定范围为 150 ~ 170℃。
 - 6) 注射压力偏高。应适当降低, 调定范围为 60 ~ 100MPa。
- (4) 制品产生缩痕
- 1) 制品壁厚太大。应相应减少壁厚, 聚乙烯壁厚范围为 1 ~ 3.5mm, 应在此范围内加以调整, 以不出残品为准。
 - 2) 注射压力不足。应提高注射压力, 注射压力调定范围应控制在 40 ~ 50MPa。
 - 3) 料筒温度过高。应适当降低料筒温度, 调定范围为 140 ~ 200℃。
 - 4) 保压时间与冷却时间太短。应适当延长其时间, 调定范围为 15 ~ 60s。
 - 5) 模具温度分布不均。应控制好模温, 控制范围为 30 ~ 60℃, 并延长冷却时间, 提高冷却效率。
 - 6) 供料不足。应根据制件质量适当增加注射量。
 - 7) 制品形状不合理。应更改制件形状, 使其满足注射成型要求, 避免壁厚太厚或留有死角。
 - 8) 浇口太小、流道太细。应根据工艺要求, 适当修改模具, 增大浇口, 加粗流道, 以满足工艺要求。
- (5) 制品出现料流痕

1) 料筒温度过低。应加以调整, 调定范围为 $140 \sim 200^{\circ}\text{C}$, 适当提高料筒温度。

2) 模温太低。应适当升高模温, 调定范围为 $30 \sim 60^{\circ}\text{C}$ 。

3) 注射速度太慢。应提高注射速度, 调定范围为 $1 \sim 5\text{s/次}$ 。

4) 喷嘴孔径过小。应修改模具, 加大喷嘴孔径, 以适应工艺要求。

5) 模具内未设置冷却井。应修改模具, 增设冷料井。

(6) 制品表面有气孔

1) 料筒温度太高。应适当降低料筒温度, 调定范围为 $140 \sim 200^{\circ}\text{C}$ 。

2) 注射压力太低。应适当升高注射压力, 调定范围为 $60 \sim 100\text{MPa}$ 。

3) 制品壁厚太大。应减薄制品壁厚, 调定范围为 $1 \sim 3.5\text{mm}$ 。

4) 流道太细, 浇口太小。应适当修改模具加粗流道, 加大浇口, 满足工艺需要。

(7) 制品出现银纹

1) 原材料水分含量高。应重新干燥原材料, 干燥条件为: 在 $70 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 温度下烘烤 $1 \sim 2\text{h}$, 水分含量低于 0.1% 。

2) 排气系统不合理, 模具排气不良。应修改模具排气系统, 使排气畅通, 满足工艺要求。

3) 喷嘴与模具接触不良。应调整两者的位置与几何尺寸, 使其正确配合以满足工艺要求。

4) 如银纹总在一定部位有规律地出现, 应检查模具相对应部位是否存在表面伤痕, 如果存在, 应采用机加工、抛光等方法将其消除。

5) 不同规格原材料混用。应更换原材料, 使用相同规格、同批次原料。

(8) 制品出现熔接痕

1) 物料温度偏高。应适当降低料温, 通常调整料筒温度, 调定范围为 $140 \sim 200^{\circ}\text{C}$ 。

2) 模具温度偏低。应适当升高模温, 调定范围为 $30 \sim 60^{\circ}\text{C}$ 。

3) 注射速度太慢。应提高注射速度, 调定范围为 $1 \sim 5\text{s/次}$ 。

4) 模具内未设置冷料井。应改进模具, 重新设置冷料井。

5) 型腔表面沾有异物或杂质。应彻底清理模具。

6) 浇注系统不合适。应修改浇注系统, 改善充模条件, 使物料可畅通注入。

7) 模具排气不良。应改进排气系统, 使其畅通排气, 满足工艺要求。

8) 原材料挥发物含量高。应事先对原材料进行干燥处理, 除去挥发物, 干燥条件为在 $70 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 之间烘烤 $1 \sim 2\text{h}$, 使挥发物含量低于 0.1% 。

(9) 制品出现气泡

1) 原材料水分含量过高。应重新对原材料进行干燥处理, 干燥条件为: 在 $70 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 之间烘烤 $1 \sim 2\text{h}$, 使水分含量低于 0.1% 。

2) 注射压力太低。应适当提高注射压力, 调定范围为 $60 \sim 100\text{MPa}$ 。

3) 浇口太小, 流道太细。应修理模具, 增大浇口, 加粗流道, 使物料流动顺畅, 以满足工艺要求为准。

4) 制品壁厚变化太大。应对制件壁厚加以修改, 壁厚应控制在 $1 \sim 3.5\text{mm}$ 之间,

防止壁厚急变,设计成合理的形体结构,以适应工艺要求。

(10) 制品出现龟裂或白化

- 1) 物料温度太低。应适当提高料筒温度,调定范围为 140 ~ 200℃。
- 2) 模具温度偏低。应升高模具温度,调定范围为 30 ~ 60℃。
- 3) 浇口系统设计不合理,使熔体流动紊乱。应重新设计,并修改浇口,使熔体流动顺畅,以满足工艺要求为准。

4) 冷却时间太短。应延长冷却时间,调定范围为 15 ~ 60s。

5) 脱模顶出机构不合适。应加以修改,使顶出机构正确工作到位,以满足工艺要求。

6) 注射速度太快。应降低注射速度,调定范围为 1 ~ 5s/次。

7) 注射压力过高。应降低注射压力,调定范围为 60 ~ 100MPa。

(11) 制品出现弯曲变形

1) 模具温度偏高。应降低模温,调定范围为 30 ~ 60℃。

2) 冷却时间短,制品冷却不足。应适当延长冷却时间,调定范围为 15 ~ 60s。

3) 冷却不均匀。应改善冷却系统结构,提高冷却效率,特别是细长制品还应采取特殊冷却措施,如胎具固定冷却法或其他方法。

4) 浇口设计不合理。应重新设计,加以修改,选用合理的浇口形式,以满足工艺要求为准。

5) 模具型芯偏差太大。应进行检查修改,如果不行,要重新设计制作。

(12) 制品出现收缩变形

1) 注射压力过低。应适当提高注射压力,调定范围为 60 ~ 100MPa。

2) 保压时间偏短。应适当延长保压时间,调定范围为 15 ~ 60s。

3) 料筒温度偏低。应适当提高料筒温度,调定范围为 140 ~ 200℃。

4) 模具温度偏低。应适当提高模温,调定范围为 30 ~ 60℃。

5) 浇口太小。应修改浇口使其变大,以满足工艺要求。

(13) 制品产生真空孔隙

1) 原材料流动性能不好。应选用流变性适应的树脂,选用注射成型用 PE,熔体质量流动速率为 1 ~ 9g/min。

2) 料筒温度过高。应适当降低其温度,调定范围为 140 ~ 200℃。

3) 注射压力偏低。应升高注射压力,调定范围为 60 ~ 100MPa。

4) 模具温度偏低。应提高模温,调定范围为 30 ~ 60℃。

5) 保压与冷却时间偏短。应延长其时间,调定范围为 15 ~ 60s。

(14) 制品脱模不良

1) 注射压力太大。应降低注射压力,调定范围为 60 ~ 100MPa。

2) 注射速度太快。应降低注射速度,调定范围为 1 ~ 5s/次。

3) 型腔表面粗糙,阻碍脱模。应采取研磨、抛光或电镀等措施降低型腔粗糙度,以利于脱模。

4) 脱模斜度不够。应加以改进或检修模具,使之满足工艺要求,使制品顺利脱

模。

5) 模温与冷却时间控制不当。通常制品的冷却时间应控制在 15 ~ 60s 之间, 若制品粘附在芯模处, 应提高模温并缩短冷却时间; 若制品粘附在型腔内, 应降低模温, 延长冷却时间, 针对具体情况采取适当措施, 以满足工艺要求为准。

6) 脱模顶出机构不合适, 应加以改进, 以满足工艺要求为准。

6. 大型高密度聚乙烯托盘的注射成型

高密度聚乙烯 (HDPE) 托盘质量轻、无毒、光洁、易消毒 (无钉子、木屑等杂物) 且不易破包, 可用作医药用品的包装用具, 也可用于食品、面包、啤酒、水果、水产、书籍、纸张、五金电器等方面。日本已将此类托盘以法律的形式列为现代包装用品, 如 HDPE 托盘已作为医用产品包装指令性用品。年产量已超过 14 万只。意大利生产大型 HDPE 托盘更为普及。而我国铁路、港口、远洋运输、工厂包装等需用托盘量 100 万只/年。

(1) 选材 大型托盘应选用高密度聚乙烯 (HDPE) 制备, 如扬子石化公司生产的 2200JHDPE, 高桥石化公司的 J-II HDPE 及色母料和其他公司生产的类似 HDPE 均可。2200J/J-III 配比为 70/30 最佳。

(2) 主要设备 注塑机应选用 TRIULZI 公司生产的 55000/3000 型 SPECCAL 大型注射成型机, 其主要技术参数为:

锁模部分

模板开档 (最大)	4200mm	(水平)	1500mm
开模行程 (最大)	2000mm	中心顶出力 (最大)	700kN
模板尺寸 (垂直)	2520mm	中心顶出行程 (最大)	450mm
(水平)	2400mm	合模时间 (最快)	5s
拉杆间距 (垂直)	1500mm	锁模力 (最大)	3000t

供料部分

挤塑机螺杆直径	160mm	塑化能力 (最大)	870kg/h
螺杆长径比	26:1	储料缸容积	22.5L
螺杆转速 (最快)	90r/min	电加热功率	262kW
挤塑机电动机功率	308kW		

注射部分

注射缸容量	53400cm ³	注射速率 (最大)	2500g/s
实际注射容量	42500cm ³	注射压力 (最大)	101.4MPa
最大注射量 (PE)	36400g	注射力 (最大)	6400kN
柱塞直径	275mm	喷嘴可伸进模具	100mm

液压泵部分

油箱容量	5000L	模具热流道加热功率	25.6kW
液压泵电动机功率 (4 台)	243kW	干燥器电加热功率	30kW
液压油工作压力	14.0MPa	送风机、吸料机 (4 台) 等电动机功率	7kW

全机尺寸

(长×宽×高) 26.3m×3.2m×5m	总装机功率	875.6kW
总重	267t	

55000/3000 注射成型机的技术特点如下:

1) 本机组的注射装置由倾斜式螺杆、自动更换过滤器、储料缸和活塞注塞缸组成。与传统工艺相比,具有连续塑化、质量均匀、生产能力增大 20%、对原料适应性强 (PE、PP、ABS、PS 等) 等特点。

2) 肘节式锁模装置比活塞油缸锁模速度快、用油少、节约能源,而且肘节式锁模刚性高,制品飞边少。

3) 上边两根导柱可以顺利抽出,使重达 120t 的导柱承担在动模板、止推板和尾部支撑架上,为更换大型模具提供了方便。

4) 配有电脑控制,确保作业自动进行。具有操作显示、自动控制、故障诊断、定值储存等功能。

5) 配料干燥系统是 FM 公司产品,可满足共混改性、染色、粉碎料回收等工艺性能,干燥设计也十分严格。

(3) 模具 模具的设计十分重要,它是大型注塑不可分割的一部分。日本、西欧等国,生产主机不一定能生产模具。日本托盘有单面使用和双面使用两种,基本采用一半成型再拼装而成。而意大利等欧盟国家规范一样,选用单面使用,一次成型。最新发展的组合模具使一副模具可生产 6 个规格。组合模具的双斜面合模结构也很有特色。其凹凸模框四边相互啮合,互换的组块尺寸公差为 0.01mm,更换后再由斜刹块刹紧,上紧螺钉后,形成一个整体,制品没有飞边。

模具有热流道,分 17 点控制温度,每只托盘 20 余千克,浇口料只有 30g,这对大型注塑制品来说是相当少的。模具的组块精密而复杂,一副模具的组块多者三百多种,厚度 20~30mm,每件里都设计有冷却水道,整副模具冷却均匀,可方便地调节局部模温。

机组和模具配合协调,微型计算机控制精确,可保证开车时第一、二模即出正品。

(4) 注射成型工艺

1) 托盘生产工艺流程。流程简述:将扬子石化公司生产的 2200JHDPE、高桥石化公司的 J-Ⅲ HDPE 及色母料分别投入料槽,通过真空吸料器吸进计量器料斗,三个螺旋计量器按配比同时将料送进干燥器,干燥器热风机由底部均匀送进 80℃ 热风 and 共混料逆向流动,脱去粒料外表水分。干燥后的粒料由吸料器吸进注塑机料斗。物料经挤塑机熔融塑化进入储料缸储存,在上一个产品保压结束后,储料缸在液压活塞作用下自动将储存的熔体注入卧式注射缸,此时挤塑机供给的熔体也进入注射缸,直到满足下一模注射的需用量时,熔体又转为进入储料缸。在上一个产品出模后又自动完成锁模时,注射缸中的一模熔体被液压活塞注进模具,经冷却后顶出为制品。一个制品生产周期约 3min。

2) 主机的工艺参数控制如下:

挤塑机温度	250~270℃	注射压力	$565.5 \times 10^4 \sim$
储料缸温度	240~260℃		$635 \times 10^4 \text{ MPa}$

注射缸温度	240 ~ 250℃	注射时间	60s
模具热流道温度	210 ~ 250℃	八级注射时间	16s
螺杆转速	36 ~ 46r/min	冷却时间	60 ~ 80s
锁模力	30000kN	生产周期	180 ~ 120s

(5) 产品尺寸与质量 托盘型号及外形尺寸见表 2-109。

表 2-109 托盘型号及外形尺寸

型 号	长/mm	宽/mm	高/mm	最大载质量/t
SY812	1200	800	145	0.65
SY1012	1200	1000	145	1
SY1112	1200	1100	145	1
SY1212	1200	1200	145	1
SY1113	1300	1100	145	1.5
SY1213	1300	1200	145	1.5

产品质量按 DIN32600 德国标准的方法检测。

1) 托盘抗弯曲变形的检测结果如表 2-110 所示。

表 2-110 托盘抗弯曲变形的检测结果

托盘型号	测试室温/℃	托盘自重/kg	试验载荷/kN	弯曲挠度/mm	剩余挠度(%)
1213	23 ~ 26	20.4 ~ 20.6	10	2.81	0.58
1113	30 ~ 32	18.7 ~ 18.8	10	3.26	0.61
1212	23 ~ 25	18.1 ~ 18.4	10	1.07	0.98
1112	25	16.4	10	4.3	1.2
1212	22 ~ 23	17.5 ~ 18.3	6.5	2.19	0.36
1112	30 ~ 32	16.5 ~ 16.6	6.5	3.16	0.45
1012	33 ~ 34	15.1 ~ 15.3	6.5	3.43	0.75
812	24	10.8 ~ 11.4	6.5	4.49	1.1
1012	32.5 ~ 34	15.1 ~ 15.2	5	2.62	0.47
812	32 ~ 33.4	11.5 ~ 11.6	5	3.74	0.72

以上检测的数据均为三只的平均数。

2) 托盘抗压试验。托盘上堆放三倍最大载荷的质量，压 1000h，没有明显变形。

3) 跌落试验。将共混料生产的托盘，放置于 -15℃ 冷库中 24h 后，由 1m 高对角垂直跌落五次，没有明显变形。

二、聚乙烯挤出成型

1. 聚乙烯管材挤出成型

(1) 简介 可用于挤出管材的聚乙烯有 HDPE、LDPE 和 LLDPE。熔体质量流动速

率可作为选材性能指标,挤出管材用聚乙烯树脂熔体质量流动速率应为 $0.3 \sim 2.0\text{g}/10\text{min}$ 。

其工艺流程为:PE树脂→配混→挤出→成型机头→定型→冷却→牵引→定长切割→检验→包装入库。

聚乙烯管生产中不正常现象、产生原因及解决方法。

1) 管壁厚度不均

①芯模、口模不同心。应适当加以调整,使芯棒与口模同心,以满足工艺要求。

②出料速度不均匀。应适当调整螺杆转速及各段温度,螺杆转速应控制在 $22\text{r}/\text{min}$ 左右;料筒温度应控制在 $120 \sim 170^\circ\text{C}$ 。

2) 管材圆度偏差大

①机头温度四周不均衡。应适当调整四周温度,调定温度范围为 $150 \sim 165^\circ\text{C}$ 。

②冷却水离口模太近。应适当调整冷却水位置,以满足工艺要求为准。

③冷却水喷淋压力过大。应适当调小冷却水喷淋压力。

3) 管径、口径不均是何原因?如何解决?

①用于定径作用的压缩空气或真空度不稳定。应进行适当调节,检查并调节压缩空气和真空系统,达到合适程度为止。

②牵引机打滑。调节牵引机夹紧力或改用性能更好的摩擦材料。

4) 进入定径套之前管坯被吹瘪 压缩空气进气孔被堵塞,或真空定径大气进气孔被堵塞,应清理压缩空气进气孔和真空系统气孔,除去堵塞物并进行检修,以满足工艺要求。

5) 管材内壁有凹坑而表面无光泽

①原材料水分含量太大。应重新干燥原材料,干燥方法为在 $70 \sim 80^\circ\text{C}$ 下烘烤 $1 \sim 2\text{h}$,水分含量低于 0.1% 。

②机头温度过低。应适当加以调整,提高机头温度,调定范围为 $155 \sim 165^\circ\text{C}$ 。

③定径部分冷却水流量太大。应适当加以调整,减少冷却水流量。

6) 管材力学性能不合格

①树脂型号选择不当。应重新选用合适牌号树脂或管材专用料。

②塑化温度偏低。应适当加以调整,提高料筒与机头温度,调定范围为:料筒温度应控制在 $120 \sim 170^\circ\text{C}$ 范围内,机头温度应控制在 $155 \sim 165^\circ\text{C}$ 范围内。

③纵向与横向两向拉伸比不合适。应适当加以调整,改变牵引速度和口模、定径套尺寸。

7) 制品表面出现冷斑 口模温度太低及冷却固化太快。应适当提高口模温度,减少冷却定型环的供水量。口模温度控制范围为 $150 \sim 160^\circ\text{C}$ 。

8) 管壁外表面出现光亮凸块(俗称“眼睛”) 口模温度太高或冷却不足。应适当降低机头温度及增加冷却定型环的供水量。机头温度的调节范围为 $155 \sim 165^\circ\text{C}$ 。

9) 管壁产生凹陷

①原材料潮湿。应进行干燥,干燥条件为 $70 \sim 80^\circ\text{C}$ 下烘烤 $1 \sim 2\text{h}$,使含水量低于 0.1% 。

②原材料中含有杂质。应彻底清洗原料，除去其中杂质，或更换新料。

10) 管材局部产生螺纹状条纹 如果管材内局部产生螺纹状条纹，主要是由于机头局部温度太高。应适当降低，机头温度的调节范围为 $155 \sim 165^{\circ}\text{C}$ 。若管材内壁全部产生螺纹状条纹，主要是由于压缩空气流量太小。应适当加大供气量。

11) 管壁上隆起凹环 管壁上隆起一圈圈凹环或牵引不出，主要是由于机头设计不合理或冷却固化太快。应考虑重新设计机头，减少冷却定型环的供水量。

12) 管材被拉破或拉断

①如果牵引过程中，管壁上产生小洞，主要是由于冷却定型环的供水太少，应适当增加供水量。

②若管壁上拉出大洞，主要由于压缩空气供气量太大，应合理调节压缩空气的供给量。

③若牵引太快，管材容易拉断，应合理控制牵引速度。

13) 管材呈椭圆状并发生弯曲

①口模与芯模中心位置不正，应调整相互间的同心度。

②机头周围温度不均匀，应检查机头加热器是否损坏，并将温度调节均匀，调定范围为 $155 \sim 165^{\circ}\text{C}$ 。

③冷却水离口模太近，应适当调整冷却定型环的位置。

④冷却定型环供水太多，应减少供水量。

14) 管径不圆

①模芯中心位置不正确。应适当调整机头，调整到合适为止。

②冷却效果差。应加大冷却水量，降低挤出温度和挤出速度。

③牵引力过大。应根据不同管径、管材调整牵引的夹持力。

④压缩空气气压太小。应适当加以调整，控制好进气量，检查压缩系统是否有泄漏，并进行必要检修。

15) 管壁厚薄不均

①口模、芯模不同心。应适当调整口模与芯模的位置，使出口料流一致。

②出料不均。应将口模温度控制在 $150 \sim 160^{\circ}\text{C}$ 范围内。如果加料段温度偏低，应加以调节，将加料段温度控制 $120 \sim 170^{\circ}\text{C}$ 范围内。

③牵引速度不匀称。应检查牵引调速装置、机械传动装置及夹持力，进行必要的检修，使其满足工艺要求。

16) 管材发生弯曲

①卷绕直径偏小。应加以调整，增大卷绕直径，要求是管径 30 倍为佳。

②冷却效果不好。应加强冷却措施，检修冷却系统，使其满足工艺要求。

17) 管径不合乎规格

①定径套偏大或偏小。应加以改进，或更换新定径套。

②压缩空气气量时大时小。应控制好压缩空气气量，使气压稳定。

(18) 管材不光滑

①挤出温度偏低。应适当调整，提高其温度。

②机头压缩比小，定型段缩短。应修改机头，参照设计原则重新设计制作。

③物料中含有挥发物偏多。应重新干燥原材料，干燥条件为 70 ~ 80℃ 下烘烤 1 ~ 2h，并适当降低挤出速度。

2. 高密度聚乙烯管材挤出工艺

(1) 选材 生产高密度聚乙烯管材，应选用挤出管材级的高密度聚乙烯树脂，因为高密度聚乙烯有均聚物和共聚物之别。所谓共聚物是在乙烯聚合时掺入了少量的 α -烯烃，如：丁烯、丙烯、己烯。这些少量的 α -烯烃可以降低聚乙烯的密度和结晶度，它较之均聚物有更优良的耐环境应力开裂和热应力开裂性能，所以实际上是中密度聚乙烯。有些生产厂家，由于不懂得高密度聚乙烯管必须选用共聚管材级高密度聚乙烯树脂作原料，以致生产的高密度聚乙烯管常常在较短的时间里就出现开裂，却还以为强度不够，盲目增加壁厚。

生产高密度聚乙烯管较好的树脂原料有：美国赫斯特公司（American Hoechst Co）生产的 GM5010T₂，德国赫斯特公司（Hoechst AG）生产的 GM7040，日本三井石油化学工业株式会社生产的 6300M，以及我国扬子石油化工公司烯烃厂生产的 6100M 等牌号的树脂。

(2) 成型工艺

1) 工艺流程。高密度聚乙烯管材生产的工艺流程如图 2-2 所示。

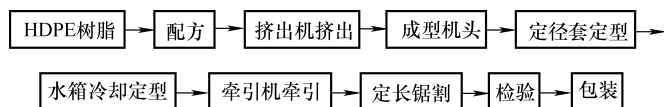


图 2-2 高密度聚乙烯管材生产的工艺流程

2) 工艺条件

机身温度：后部 80 ~ 120℃，中部 130 ~ 150℃，后部 170 ~ 190℃。

机头温度：分流梭支架处 160 ~ 180℃，口模 170 ~ 200℃。

加料口使用水冷却。

(3) 不正常现象产生原因及解决方法 有可能来自高密度聚乙烯树脂料、机头设计、辅机、温度控制和冷却等方面有毛病，也可能操作不当。有时只是一个毛病，有时可能是几个毛病共同造成的。要能正确判断毛病所在，并能及时果断地予以排除，不仅需要高密度聚乙烯管的挤出工艺很熟悉，更要靠长期实际操作积累经验。

(4) 性能特点与应用

1) 化学稳定性好，耐酸、碱、盐及一般的有机溶剂（但有的氧化性强酸，如浓硫酸和浓硝酸除外），所以特别适用于输送腐蚀性介质。由于高密度聚乙烯不能提供微生物营养，不含游离重金属单质，所以作为输送饮用水管，比镀锌管具有更好的卫生条件。

2) 内壁光滑，摩擦阻力小，粗糙系数 $\eta = 0.009$ ，故相同截面积的塑料管的流量要比钢管大 25% 左右。

高密度聚乙烯管，在除灰和尾砂充填中具有不结垢和耐磨的特点。同时，高密度聚

乙烯管输送煤气和天然气的使用寿命,比铸铁管和钢管长 30 年左右。

3. 低密度聚乙烯管材挤出成型

低密度聚乙烯管的生产工艺与高密度聚乙烯管的生产工艺相同,只是低密度聚乙烯管是盘绕出厂的,小口径的管子可以盘绕成 200 ~ 300m 长一卷。由于低密度聚乙烯比较柔软,强度较低,直径较小,一般外径不超过 110mm。

低密度聚乙烯管,由于连续长度长,所有的管接件很少,而且比较柔软,可随地形走向敷设不需弯头,因此常用作临时通水管道。其缺点是耐压低。

再者,由于低密度聚乙烯管的绝缘性能比聚氯乙烯硬管好,而且不需要像聚氯乙烯硬管那样进行弯管,因而在建筑部门中用它作电线电缆的护管是很受欢迎的。

(1) 原材料与配方

1) 主原材料配方 (质量份)

LDPE 100 改性填充料 30

其中改性填充料以 CaCO_3 为主,并加入一定量的挤出成型流动改性剂和产品性能改性剂。

2) 标志线原料配方 (质量份)

LDPE 100 聚乙烯色母料 2 ~ 3

(2) 主要设备及技术参数

1) 挤出机 1。螺杆直径为 70mm,长径比为 28:1,电动机功率为 22kW。

2) 挤出机 2。螺杆直径为 35mm,长径比为 25:1,电动机功率为 5.5kW。

3) 真空定径设备。抽气速度为 $80\text{m}^3/\text{h}$,泵电动机功率为 3.0kW。

4) 牵引设备。履带式牵引机,牵引速度为 0 ~ 1m/min,梅花异形橡胶夹块,电动机功率为 1.1kW。

(3) 机头 直式模机头和角式模机头芯模进出冷却水的位置如图 2-3 所示。

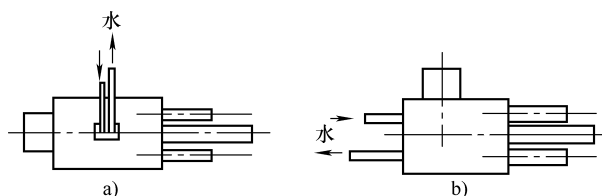


图 2-3 芯模进出冷却水的位置

a) 直式模机头 b) 角式模机头

带标志线的多孔管直式模机头,主要由模腔、芯模、分流体、口模板和冷却水管等组成。具体结构如图 2-4 所示。

挤出机 1 挤出的主原料,通过主连接体进入机头腔内,在分流体的作用下将熔融塑料均匀地分向多孔管各个流道,形成均匀的管坯向前,直至塑料从口模板挤出。

冷却水自分流体板和过渡板之间插入,分别流向芯模和中型芯,对芯模进行快速冷却。

挤出机 2 挤出的标志线原料，通过副连接体进入外模腔内，经过分流后流向多孔管各个管坯上，与主原料汇流熔融，形成带标志线的管坯。

真空定径管套模（图中未注）与口模板相连、对管坯抽真空冷却定型。

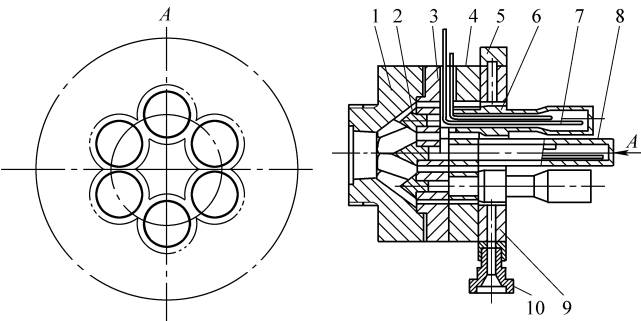


图 2-4 带标志线的多孔管直式模机头结构

1—主连接体 2—分流体 3—分流体板 4—过渡板 5—外模腔
6—芯模 7—冷却水管 8—中型芯 9—口模板 10—副连接板

(4) 制备工艺

1) 生产工艺流程。多孔塑料管材的生产工艺流程如图 2-5 所示。

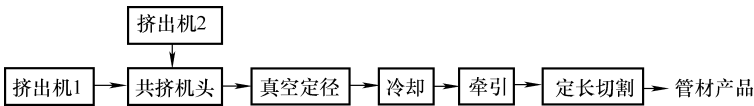


图 2-5 两台共挤生产多孔管工艺流程

在两台共挤生产线中，挤出机 1 挤出管材主原料，挤出机 2 挤出标志线原料。

2) 挤出工艺参数

①挤出机机身温度。从加料口至机头，逐渐增高。共分五个区段，挤出机机身温度见表 2-111。

表 2-111 挤出机机身温度

区 段	一	二	三	四	五
温度/℃	110 ~ 120	130 ~ 140	150 ~ 160	160 ~ 180	180 ~ 190

②机头温度。机头进料端（A）温度应高于口模端（B）温度，具体温度如下。

机头 A 160 ~ 150℃ 机头 B 150 ~ 130℃

③真空压力为 -0.005 ~ 0.008MPa。

④冷却水温为 10 ~ 25℃。

⑤生产速度为 0.6 ~ 0.8m/min。

常见故障的排除方法见表 2-112。

表 2-112 常见故障的排除方法

异常现象	原 因	排 除 方 法
管径不圆	①模芯中心位置不正 ②冷却不好 ③牵引夹力过大 ④压缩空气气压小	①调整机头 ②加大冷却水量或降低挤出温度和挤出速度 ③不同管径管材应调整牵引的夹持力 ④控制进气量,检查是否有泄漏
管材厚薄不均	①口模与芯模不同心 ②出料不匀 ③牵引速度不匀	①调整口模与芯模的位置,使出料口料流一致 ②检查口模温度,加料段温度是否偏低 ③检查牵引调速装置、机械传动装置的故障以及夹持力的大小
管材弯曲	①卷绕直径偏小 ②冷却不好	①增大卷绕直径,以管径的 30 倍为佳 ②加强冷却措施
管径不合规格	①定径套偏大或偏小 ②压缩空气量时大时小	①更换合适的定径套 ②控制压缩空气量使之气压稳定
管材不光滑	①挤出温度偏低 ②机头压缩比小,定型段偏短 ③物料中挥发物多 ④定径套粗糙度高 ⑤口模内有杂物 ⑥外壁有水纹(口模温度偏高)	①提高加工温度 ②修改机头 ③干燥原料,适当降低挤出速度 ④使定径套表面粗糙度值达到 0.80μm ⑤清理机头杂物,清理过滤装置 ⑥降低口模温度

4. 线型低密度聚乙烯管的生产

(1) 原材料与配方 (质量份)

LDPE	40	抗静电剂	适量
LLDPE	60	稳定剂	适量
阻燃剂	适量	填料	适量

(2) 主要设备

- 1) GH-10 型, 高速混合机。
- 2) SJ65 型, 单螺杆挤出机。
- 3) SJ90 型, 单螺杆挤出造粒机。

(3) 制备工艺 挤出工艺流程见图 2-6。

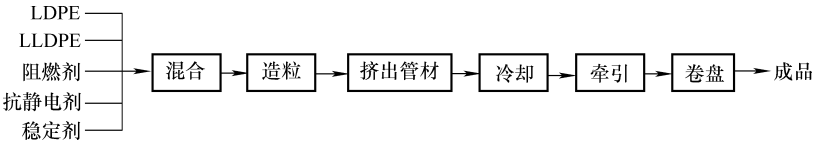


图 2-6 挤出工艺流程

挤出工艺如下。

1) 挤出温度

一区 120℃ 三区 168℃
二区 150℃ 机头 172℃

2) 螺杆转速 800r/min。

(4) 管材性能 LDPE/LLDPE 共混改性矿用管的性能见表 2-113。

表 2-113 LDPE/LLDPE 共混改性矿用管的性能

项 目	技 术 指 标	测 试 结 果
拉伸强度/MPa	≥8.34	9.62
断裂伸长率(%)	≥200	343
扁平	不破坏	不破坏
液压试验(二倍使用压力)	不破坏	不破坏
落锤冲击试验	无裂缝,不破坏	无裂缝,不破坏
表面电阻/Ω	≤10 ⁹	4×10 ⁶
酒精喷灯燃烧试验		
有焰燃烧时间总和/s	≤18	11.2
无焰燃烧时间总和/s	≤120	80.4

5. 聚乙烯板、片材的挤出成型

(1) 聚乙烯板材挤出成型简介 PE 挤出板、片,具有无毒、耐腐蚀、电绝缘性能优异、低温性能好、表面光滑平整等特点,广泛应用在包装、电力、化工等领域。HDPE 板材还可作为工程塑料应用在机械、化工等设备上。

1) PE 成型工艺特性。PE 具有优异的成型加工性能,流动性好。由于牌号众多,不同牌号的 PE 有其最适宜的加工方法和用途,一般不需要加入其他助剂。在 PE 成型加工过程中应注意 PE 的成型加工特性。

①PE 成型加工温度的确定主要取决于 PE 的相对分子质量、密度和结晶度,虽然 PE 的成型加工温度不高,但 PE 熔体的热容量较大,其冷却速率对板材的质量和性能影响很大。

②熔融状态下,PE 具有氧化倾向,因而成型加工中应尽量减少熔体与空气的接触及在高温下的停留时间。

③PE 的熔体对剪切速率敏感,随剪切速率的增加,熔体粘度下降较多。

④制品的结晶度取决于成型过程中对冷却速率的控制。由于结晶,使其冷却均匀,结晶均匀。PE 冷却后收缩大,成型收缩率为 1.5%~4%。

2) 成型工艺。由于 PE 吸湿性小,故在成型前一般不需要干燥。

PE 板(片)材挤出成型温度见表 2-114。机头温度比机身温度高 5~10℃左右,这样既能保证产品塑化均匀,又可防止分解。由于扁平机头在料流挤出过程中存在中间流程短流速快、两边流程长、阻力大、流速慢的现象,所以机头温度通常采用两边高中间低的温度控制方法,以便和机头阻力调节配合,保证板(片)材挤出均匀、稳定。

表 2-114 PE 板材挤出成型温度 (单位:℃)

料筒部位	1	2	3	4	连接器
	150 ~ 160	160 ~ 170	170 ~ 180	180 ~ 190	170 ~ 180
机头部位	左 1	左 2	中	右 1	右 2
	190 ~ 200	180 ~ 190	170 ~ 180	180 ~ 190	190 ~ 200

3) 成型设备

①挤出机。一般采用单螺杆挤出机, 螺杆直径的选择取决于制品截面尺寸的大小和挤出量, 长径比 $L/D \geq 20$, 压缩比 2 ~ 3。过滤网孔径为 $\phi 0.180\text{mm}$ (80 目) 两层。

②机头。一般采用支管式机头, 支管式机头的主要参数如下所述:

a. 支管直径 d , 一般为 30 ~ 80mm, 直径越大, 贮料越多, 料流越稳定, 制品的厚度较均匀。一般 $d > 35\text{mm}$ 。

b. 模唇长度 L , 一般为制品厚度的 20 ~ 30 倍, L 越大, 阻力越大, 物料压力分布较均匀, 制品厚度较均匀, 表面光滑。

c. 机头内流道改变的地方和支管的两端应呈流线型, 光滑无死角。

③挤出 PE 板材时工艺参数及控制。用 90mm 挤出机, 挤出 3mm 厚 PE 板材挤出温度见表 2-115。用相同的挤出机挤出 HDPE 时挤出温度数据见表 2-115。

表 2-115 PE 板材挤出温度 (单位:℃)

料筒部位	1	2	3	4	连接器
	180 ~ 190	200 ~ 210	210 ~ 220	220 ~ 230	210 ~ 220
机头部位	左 1	左 2	中	右 1	右 2
	220 ~ 230	210 ~ 220	200 ~ 210	210 ~ 220	220 ~ 230

④三辊压光机

a. 压光机辊筒的长度比机头宽度稍大, 辊筒表面应镀铬处理, 表面粗糙度值 Ra 应在 $0.1\mu\text{m}$ 以上, 辊筒直径一般为 $\phi 200 \sim 300\text{mm}$ 。

b. 三辊压光机和机头模唇的距离应尽量靠近, 一般为 5 ~ 10mm, 压光机辊筒的线速度应比机头的挤出速度快 10% ~ 25%。

c. 三辊压光机的温度。LDPE、HDPE 板材挤出时三辊压光机的温度见表 2-116。

表 2-116 LDPE、HDPE 板材挤出时三辊压光机的温度 (单位:℃)

项 目	上 辊	中 辊	下 辊
LDPE	85 ~ 90	75 ~ 85	65 ~ 75
HDPE	95 ~ 105	85 ~ 95	80 ~ 90

(2) 高密度聚乙烯钙塑中空格子板材的挤出成型

1) 原材料与配方。用挤出法生产包装箱用的钙塑中空格子板, 是以高密度 PE 树脂为原料, 碳酸钙为填料并经过表面活化处理后, 通过塑化造粒, 挤出成型的。

参考配方 (质量份) 如下:

HDPE	100	改性剂	5 ~ 15
CaCO ₃	20 ~ 60	其他助剂	适量

偶联剂 1~5

2) 主要设备

①双螺杆或单螺杆挤出机。

②机头。从钙塑中空格子板的结构形状和规格尺寸都不难看出，它属于一种幅宽、壁薄并且中间呈空格的特殊异型材，故其成型机头应与板（片）材的挤出机头相似，外形为扁平形，但内部结构又应与异形材的成型机头一样，设有分流锥及芯模支架。因为其流道变化大，支管扩张角度同模宽度成对数关系，流道的设计和尺寸计算十分复杂。要在 1200mm 以上的口模整个宽度上，使物料的流速相等，压力相同，以达到出料一致，有一定难度。尽管教科书和有关资料中介绍宽度大于 700mm 的板机头，应考虑采用分配螺杆式结构的设计，但为了简化结构和降低机头的制造成本，还是大胆采用了支管渐减式的衣架型结构，设计出图 2-7 所示的这种中空异形板机头。经反复修改，试制出合格的产品。该机头具有以下特点：结构简单、紧凑、合理、加工方便、制造成本较低；设有阻流调节装置和缓冲区，保障了物料的流速均匀；通过对芯模的调节，可对上下出料间隙进行调整；加热装置分区段实行前、后段及左、中、右三区控温，分布合理；模板强度高，连接螺钉分布合理，分型面无溢料现象；上、下模板定位准确，方便了机头的装拆及清洗。

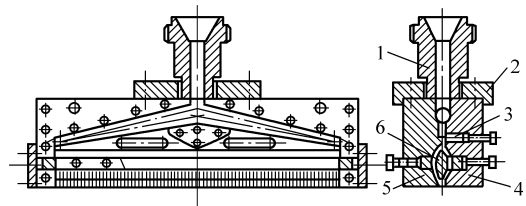


图 2-7 中空异形板机头结构

1—颈接 2—连接板 3—阻流块 4—上模板 5—下模板 6—芯模

③辅机设计 众所周知，板（片）材生产线的辅机一般是由三辊压光机、牵引机和切割装置等部件组成。很显然，用这种通用的板材辅机来生产钙塑中空格子板是绝对不行的，因此，研制者设计了专用辅机。

定型装置：根据异形材挤出成型的原理，设计了一台宽 1600mm、长 3400mm 的定型装置。在这台能够前后移动的定型台上，还安装了如图 2-8 所示的一套真空吸附定型模和两套冷却定型模。

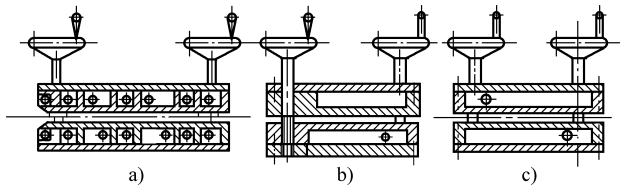


图 2-8 钙塑中空格子板的定型装置

a) 真空吸附定型模 b) 冷却定型模 c) 冷却定型模

在真空定型模板的上、下模板内设置了七道槽，其中第一道槽为气槽；第二、四、六道槽为真空吸附槽；第三、五、七道槽为水槽。

压缩空气由气槽的前端斜缝中吹出，对刚离开机头口模的坯料进行冷却，使坯料表面迅速降温，防止熔融状态的料坯粘连在定型板上或被真空吸入吸槽。

由于制品生产的线速度较快，塑料中空格子板经真空定型后，只能是初步定型，但并未完全冷却，为了防止其翘曲变形，特地设置了两套宽 400mm 的冷却定型板，对制品继续实施平压冷却，以确保产品的质量。

牵引装置：普通的板（片）材牵引机不仅橡胶辊的组数少，而且一般都是下辊作主动，上辊靠紧压板材而被拖动。可中空塑料格子板不能承受较大的压力，否则其立肋会全部被压倒，影响制品的外观和强度。但如果不压紧，制品又会因牵引力小于抽真空产生的吸附力，在两胶辊间打滑影响正常生产。

因此，专门设计了六对橡胶辊的牵引机，并且上下辊全部由链轮、链条作传动，增大了胶辊对制品的摩擦力。

3) 制备工艺

①工艺流程按工序可分为：

配方造粒工序（见图 2-9）。

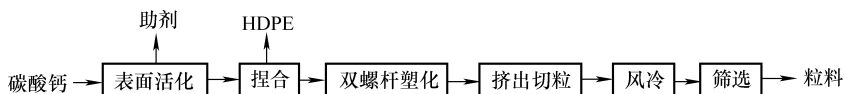


图 2-9 配方造粒工序

挤出成型工序：粒料→塑化→挤出→真空成型→冷却定型→牵引→切割→检验→钙塑中空格子板。

成箱工序：钙塑中空格子板→分切→模切→印刷→打钉→检验→捆扎→包装箱成品。

②成箱工艺设计。做过瓦楞纸箱的都知道，成箱工艺虽说简单，但必须经过纵、横向的分线、压痕和开槽、切角等几道工序，然后才能打钉成箱。虽说现在已经有了三合一、四合一的成箱设备，能将纵向分线、压痕合为一道工序，将横向分切线压痕和开槽、切角四道工序合为一步完成。但是由于钙塑中空格子板的表面比较光滑，抗压和抗剪切的强度也较高，因此无论是在旧的纸箱设备上，还是在新的纸箱成箱设备上进行二次加工试验，结果总是不理想。为此，根据金属件冲压成型的原理，像设计落料、成型的复合模一样，按照包装箱的形状和尺寸要求，设计、加工出切削刃切剪，压痕成型的模板，利用纸盒的平压模切机，实现一次成型。这一工艺的改进，不仅使成箱工艺大大简化，生产效率大大提高，而且提高了钙塑中空格子板包装箱的质量，使用户十分满意。

(3) 钙塑瓦楞纸板

1) 原材料与配方

①树脂与填料。钙塑瓦楞纸板由三层组成，上、下两层称作表面纸，中间层称作瓦

楞纸。各层的配方如表 2-117 所示。

表 2-117 钙塑瓦楞纸板各层配方

树脂名称	表面纸质量/kg	瓦楞纸质量/kg	树脂名称	表面纸质量/kg	瓦楞纸质量/kg
HDPE	60	50	DLTP	0.075	0.075
CaCO ₃	40	50	BaSt	0.5	0.5
CA	0.075	0.075	ZnSt	0.5	0.5

②抗氧剂和润滑剂。低压聚乙烯链在高温下会发生热氧老化。不加入抗氧剂，在一定的时间内会发生链断裂，力学性能大幅度下降。加入一定量的抗氧剂，就会在较长时间内阻止聚乙烯的热氧老化，保持较好的力学性能。润滑剂的主要作用是改善钙塑料熔体的流动性，增加产品表面光泽，见表 2-118。

表 2-118 润滑剂作用

润滑剂	二辊温度/℃	粘辊时间/min	伸长率(%)
加入 0.075%	175	40(未粘辊)	135
未加	175	0.5~10	10

2) 主要设备 GSWL—2000 型钙塑瓦楞板成型机组，简称瓦楞机，可将钙塑瓦楞纸通过热熔粘合，形成三层复合的钙塑瓦楞纸板。

①瓦楞机。钙塑瓦楞板成型机组是由成型机（主机）、冷却辅机、切割机、输送机四部分组成。

成型机是由一对瓦楞齿辊及五个预热辊、上下复合辊、机架、减速机及电动机等组成。它是将三层钙塑瓦楞纸在一定压力下加热后粘合成钙塑瓦楞纸板。其机组组成如图 2-10 所示。

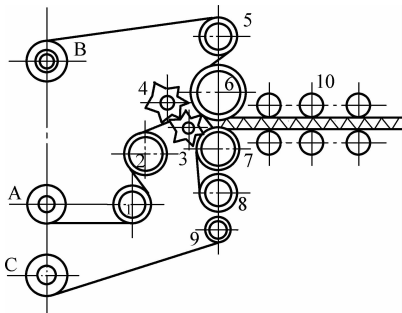


图 2-10 复合成型机组组成

A, B, C—钙塑纸卷 1、2、5、8、9—预热辊
3、4—瓦楞齿辊 6、7—上下复合辊
10—冷却定型机

②复合成型机的操作温度 见表 2-119。

③冷却辅机。冷却辅机是由 30 对冷却辊、两把切边刀、两组压印套、齿轮、链轮及减速机、电动机组成。瓦楞纸板通过主机粘合成型后，直接通过上下冷却辊进行冷却定型，同时进行切边压印，然后进行切割、输送，把横裁成型的瓦楞纸板输送到集合位置。

表 2-119 复合成型机的操作温度

名 称	操作温度/℃	操作电流/A	名 称	操作温度/℃	操作电流/A
上预热辊	140~150	35~40	下瓦预热辊	140~150	44
上复合辊	160~170	25~30	下预热辊	150~160	25~30
下复合辊	170~180	20~25	底辊	140~150	30~35
上瓦预热辊	160~170	35~40			

3) 制备工艺

①工艺流程。挤出造粒→挤出压光成纸→复合成板。

②挤出造粒。造粒用挤出机是江苏科亚制造的 TE-65 双螺杆挤出机。挤出的料条，通过冷却水槽、风干机，然后送入切粒机。冷却水槽的水温应保持在 80 ~ 90℃。水温不宜过低，急冷会造成料粒含气泡。料条出水后带有的余热可蒸发掉残留水分，保证料粒干燥。表 2-120 为 TE-65 双螺杆挤出机各段设定温度。

表 2-120 TE-65 双螺杆挤出机各段设定温度

区号	一	二	三	四	五	六
设定温度/℃	200	200	205	205	200	190

注：此表列出的温度也适用于后面所述的瓦楞纸板的配方。

③挤出压光成纸。采用 JWM150/30-C 挤出机，它配备的卧式减速箱，选用硬齿面齿轮传动，精度高，噪声小，使用寿命长。螺杆采用了 LTM 低温混合元件，有助于提高熔体质量，并可以根据具体情况改变螺杆组装形式，以满足不同物料的要求。

a. 挤出工艺条件。将造好的粒料通过挤出机挤出软片，根据片材厚度要求，调整挤出机机头口模间隙。表 2-121 为 JWM150/30-C 挤出机和机头的工作温度。

表 2-121 JWM150/30-C 挤出机和机头的工作温度

挤出机	一区	二区	三区	四区	五区	六区	七区	八区	九区	十区	
设定温度/℃	180	220	240	250	260	270	270	250	250	250	
机头	一区	二区	三区	四区	五区	六区	七区	八区	九区	十区	十一区
设定温度/℃	260	250	240	230	220	210	220	230	240	250	260

b. 三辊机压光。采用 QDYG2150 三辊机压光，挤出的软片通过三辊压光、牵引、切边和收卷，成为钙塑瓦楞纸。三辊机的工作条件如下：

上、中、下辊速度 5 ~ 7m/min 中辊温度 90 ~ 110℃

上、下辊温度 60 ~ 80℃

4) 瓦楞板质量控制指标

①瓦楞板厚度 ≥ 4mm。

②瓦楞肋数 > 13 根/100mm。

③技术指标执行 GB/T 6980—1995（见表 2-122）。

表 2-122 瓦楞板质量指标

项 目	指 标		项 目	指 标			
	A 级	B 级		A 级	B 级		
拉断力/N	≥	350	300	垂直压缩力/N	≥	700	550
断裂伸长率(%)	≥	10	8	撕裂力/N	≥	80	60
平面压缩力/N	≥	1200	900	空箱抗压力/N	≥	5500	4000

(4) LLDPE 交联型发泡板材

1) 选材与配比设计

①选材。经试验选定所用原材料及助剂（见表 2-123）。

表 2-123 所用原料及助剂

原 料		形 状	规 格	生 产 厂 家
线型低密度聚乙烯	LLDPE	颗粒	MFR = 2.0g/10min	美国 Exxon 公司(LL-1002)
过氧化二异丙苯	DCP	粉末	化学纯	上海白鹤化工厂
偶氮二甲酰胺	AC	粉末	工业级	国产
氧化锌	ZnO	粉末	工业级	天津试剂三厂
硬脂酸锌	ZnSt	粉末	工业级	重庆长江化工三厂
硬脂酸	HSt	粉末	化学纯	北京顺义李遂化工厂
硝酸钾	KNO ₃	粉末	工业级	成都消防化工厂
亚硝酸钠	NaNO ₂	粉末	工业级	剑江化工厂

②组分设计。

a. 树脂。选定熔体质量流动速率为 2.0g/10min 的 LLDPE 树脂，其用量为 100 份（质量）。

b. 发泡剂与发泡助剂。发泡剂选用 AC，助发泡剂则选用 ZnO 与 ZnSt 复合物，AC 与复合发泡助剂用量比例为 1:0.25。

c. 交联剂。交联剂选用过氧化二异丙苯（DCP），其用量为 3 份。

d. 其他助剂。另外还应加入适量的润滑剂（硬脂酸）和其他助剂。

e. 配方（质量份）：

LLDPE100；交联剂 0.6 ~ 1.2；AC8 ~ 16；润滑剂 1 ~ 2；复合助发泡剂 2.0 ~ 3.5；其他助剂适量。

2) 主要设备

①挤出机。用上海橡胶机械厂的 SJ-45B 型普通单螺杆挤出机进行挤出。挤出机螺杆参数和机头形式如表 2-124 所列。

表 2-124 挤出机螺杆参数和机头形式

挤出机型号	螺 杆 参 数			机 头 形 式
	直径/mm	L/D	压缩比	
SJ-45B	45	20	25:1	150×3 衣架式平板机头

②混炼造粒机。LLDPE 树脂与助剂的混炼是在上海机械厂的 SK-160B 双辊筒炼塑机上进行的。投料量为 1kg。辊距为 0.5 ~ 1mm。塑料拉片后，经 S160G 粉碎机（桂林磨床厂）造粒。

3) 制备工艺

①工艺流程。工艺流程见图 2-11 所示。

②造粒与板材挤出工艺条件的确定。LLDPE 与助剂的混炼效果如表 2-125 所示。混炼温度高于 LLDPE 的熔点，又低于 133.7℃。所以确定混炼温度为 120 ~ 130℃，混炼时间为 8 ~ 10min。

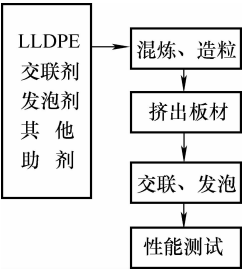


图 2-11 挤出机工艺流程

从表 2-126 可见，转速增加，挤出物质量恶劣。随螺杆转速增加，挤出量和挤出机第三段温度（ T_3 ）都随之提高，后者与剪切效应有关。

表 2-125 LLDPE 与助剂的混炼效果

时间/min 温度/℃	8	10	12	时间/min 温度/℃	8	10	12
120	○	○	○	130	○	×	#
125	○	○×	×				

注：1. ○混炼效果较佳；×混炼过程中，有轻微发泡；#发泡严重。
2. 混炼结果与辊距有关，辊距小时，有发泡现象，辊距大时，混炼效果尚可。

表 2-126 螺杆转速对挤出片材质量的影响

转速/ $r \cdot \min^{-1}$	20	25	30	35	40
挤出物的发泡程度	无	无	轻微	明显	严重

当 T_3 和机头温度（ T_5 ）高于 136℃ 时，挤出板材开始发泡。当 T_3 为 152℃ 或 T_5 为 165℃ 时，挤出不正常。当 T_3 或 T_5 低于 130℃ 时，挤出困难。所以，较佳的挤出转速为 20 ~ 25r/min。温度低于 134℃。

③交联与发泡工艺条件。最佳的交联温度为 155℃。交联时间为 1.5 ~ 4min。理想的发泡温度为 175℃。发泡时间为 4 ~ 12min。较佳为 6 ~ 8min。

表 2-127 说明了 DCP 用量小和在较高温度下交联，泡沫的表观密度都高。而在相同的发泡温度下，发泡时间短或过长，难以成型低密度的 LLDPE 泡沫板材。

表 2-127 泡沫材料表观密度与交联温度、发泡时间的关系

发泡时间/min		6				8			
交联温度/℃	DCP 含量/份	0.6	0.8	1.0	1.2	0.6	0.8	1.0	1.2
	表观密度 / $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$								
155		223	221	263	265	223	201	260	259
165		225	240	263	277	290	270	278	290

三、聚乙烯吹塑成型

1. 聚乙烯薄膜的吹塑成型

（1）简介 聚乙烯树脂分低密度聚乙烯（LDPE）和高密度聚乙烯（HDPE）。低密度聚乙烯薄膜的挤出吹塑生产，用上引法和平吹法，用风冷却方式定型。低密度聚乙烯薄膜，可用于各种生活用品的包装、农业用大棚薄膜和地膜。高密度聚乙烯薄膜的挤出吹塑生产用上引法，风冷却方式定型。这种薄膜的拉伸强度好、耐湿、透气性和耐药耐

蚀性能较好，所以用途广。生活中的食品包装、生活日用品和各种服装物品的防潮湿、防尘及防腐蚀包装，都可用此种薄膜。

1) 挤出机的选择。按薄膜的折径和厚度选取。

2) 螺杆的选择。对于加料段和均化段是等螺距等螺纹深、而塑化段的螺纹深逐渐变浅的螺杆，用来挤出吹塑聚乙烯薄膜，料流压力稳定，压缩比取 3~4，产品质量也比较好，螺杆的长径比取 25~30。

3) 聚乙烯原材料的选材

①选用的原料应当是用吹膜级的聚乙烯树脂粒子，含有适量的爽滑剂，保证薄膜的开口性。

②树脂粒子的熔体质量流动速率（MFR）不能太大，熔体质量流动速率太大则熔融树脂的粘度太小，加工范围窄，加工条件难以控制，树脂的成膜性差，不容易加工成模。此外，熔体质量流动速率太大，聚合物相对分子质量分布太窄，薄膜的强度较差。因此，应当选用熔体质量流动速率较小且相对分子质量分布较宽的树脂原料，这样既能满足薄膜的性能要求，又能保证树脂的加工特性。吹塑聚乙烯薄膜一般选用熔体质量流动速率在 2~6g/10min 范围的聚乙烯原料。

4) 吹塑成型工艺与条件。吹塑薄膜工艺流程大致如下：料斗上料→物料塑化挤出→吹胀牵引→风环冷却→人字夹板→牵引辊牵引→电晕处理→薄膜收卷。但是，值得指出的是，吹塑薄膜的性能跟生产工艺参数有着很大的关系。因此，在吹膜过程中，必须要加强对工艺参数的控制，规范工艺操作，保证生产的顺利进行，并获得高质量的薄膜产品。在聚乙烯吹塑薄膜生产过程中，主要是做好以下几项工艺参数的控制：

①挤出机温度。吹塑低密度聚乙烯（LDPE）薄膜时，挤出温度一般控制在 160~170℃ 之间，且必须保证机头温度均匀。挤出温度过高，树脂容易分解且薄膜发脆，尤其使纵向拉伸强度显著下降；温度过低，则树脂塑化不良，不能圆滑地进行膨胀拉伸，薄膜的拉伸强度较低，且表面的光泽性和透明度差，甚至出现像木材年轮般的花纹以及未熔化的晶核（鱼眼）。

②吹胀比。吹胀比是吹塑薄膜生产工艺的控制要点之一。吹胀比为薄膜的横向膨胀倍数，实际上是对薄膜进行横向拉伸，拉伸会对塑料分子产生一定程度的取向作用，吹胀比增大，从而使薄膜的横向强度提高。但是，吹胀比也不能太大，否则容易造成膜泡不稳定，且薄膜容易出现皱折。因此，吹胀比应当同牵引比配合适当才行。一般来说，低密度聚乙烯薄膜的吹胀比应控制在 2.5~3.0 为宜。

③牵引比。牵引比是指薄膜的牵引速度与管环挤出速度之间的比值。牵引比是纵向的拉伸倍数，使薄膜在引取方向上具有定向作用。牵引比增大，则纵向强度也会随之提高，且薄膜的厚度变薄，但如果牵引比过大，薄膜的厚度难以控制，甚至有可能将薄膜拉断，造成断膜现象。低密度聚乙烯薄膜的牵引比一般控制在 4~6 之间为宜。

④露点。露点又称霜线，指塑料由粘流态进入高弹态的分界线。在吹膜过程中，低密度聚乙烯在从模口中挤出时呈熔融状态，透明性良好。当离开模口之后，要通过冷却风环对膜泡的吹胀区进行冷却，冷却空气以一定的角度和速度吹向刚从机头挤出的塑料膜泡时，高温的膜泡与冷却空气相接触，膜泡的热量会被冷空气带走，其温度会明显下

降低低密度聚乙烯的粘流温度以下,从而使其冷却固化且变得模糊不清了。在吹塑膜泡上可以看到一条透明和模糊之间的分界线,这就是露点。

在吹膜过程中,露点的高低对薄膜性能有一定的影响。如果露点高,位于吹胀后的膜泡的上方,则薄膜的吹胀是在液态下进行的,吹胀仅使薄膜变薄,而分子不受到拉伸取向,这时的吹胀膜性能接近于流延膜。相反,如果露点比较低,则吹胀是在固态下进行的,此时塑料处于高弹态下,吹胀就如同横向拉伸一样,使分子发生取向作用,从而使吹胀膜的性能接近于定向模。

5) 聚乙烯吹塑薄膜常见故障与解决方法

① 薄膜太粘,开口性差

故障原因:树脂原料型号不对,不是吹膜级的低密度聚乙烯树脂粒子,其中不含开口剂或者开口剂的含量偏低;熔融树脂的温度太高,流动性太大;吹胀比太大,造成薄膜的开口性变差;冷却速度太慢,薄膜冷却不足,在牵引辊压力的作用下发生相互粘接;牵引速度过快。

解决办法:更换树脂原料,或向料中加一定量的开口剂;适当降低挤出温度和树脂的温度;适当降低吹胀比;加大风量,提高冷却效果,加快薄膜冷却速度;适当降低牵引速度。

② 薄膜透明度差

故障原因:挤出温度偏低,树脂塑化不良,造成吹塑后薄膜的透明性较差;吹胀比过小;冷却效果不佳,从而影响了薄膜的透明度;树脂原料中的水分含量过大;牵引速度太快,薄膜冷却不足。

解决办法:适当提高挤出温度,使树脂能够均匀塑化;适当提高吹胀比;加大风量,提高冷却效果;对原料进行烘干处理;适当降低牵引速度。

③ 薄膜出现皱褶

故障原因:薄膜厚度不均匀;冷却效果不够;吹胀比太大,造成膜泡不稳定,左右来回摆动,容易出现皱褶;人字夹板的夹角过大,膜泡在短距离内被压扁,因此薄膜也容易出现皱褶;牵引辊两边的压力不一致,一边高一边低,各导向辊之间的轴线不平行,影响薄膜的稳定性和平展性,从而出现皱褶。

解决办法:调整薄膜的厚度,保证厚度均匀一致;提高冷却效果,保证薄膜能够充分冷却;适当降低吹胀比;适当减小人字夹板的夹角;调整牵引辊的压力,保证薄膜受力均匀;检查各导向轴的轴线,并使之相互平行。

④ 薄膜有雾状水纹

故障原因:挤出温度偏低,树脂塑化不良,树脂受潮,水分含量过高。

解决办法:调整挤出机的温度设置,并适当提高挤出温度;将树脂原料烘干,一般要求树脂的含水量不能超过0.3%。

⑤ 薄膜厚度不均匀

故障原因:模口间隙的均匀性直接影响薄膜厚度的均匀性,如果模口间隙不均匀,有的部位间隙大一些,有的部位间隙小一些,从而造成挤出量有多有少。因此,所形成的薄膜厚度也就不一致,有的部位薄,有的部位厚;模口温度分布不均匀,有高有低,

从而使吹塑后的薄膜薄厚不均；冷却风环四周的送风量不一致，造成冷却效果的不均匀，从而使薄膜厚度出现不均匀现象；吹胀比和牵引比不合适，使膜泡厚度不易控制；牵引速度不恒定，不断地发生变化，这当然就会影响到薄膜的厚度。

解决办法：调整机头模口间隙，保证各处均匀一致；调整机头模口温度，使模口部分温度均匀一致；调节冷却装置，保证出风口的出风量均匀；调整吹胀比和牵引比；检查机械传动装置，使牵引速度保持恒定。

⑥薄膜的厚度偏厚

故障原因：模口间隙和挤出量偏大，因此薄膜厚度偏厚；冷却风环的风量太大，薄膜冷却太快；牵引速度太慢。

解决办法：调整模口间隙；适当减小风环的风量，使薄膜进一步吹胀，从而使其厚度变薄一些；适当提高牵引速度。

⑦薄膜的厚度偏薄

故障原因：模口间隙偏小，阴力太大，因此薄膜厚度偏薄；冷却风环的风量太小，薄膜冷却太慢；牵引速度太快，薄膜拉伸过度，从而使厚度变薄。

解决办法：调整模口间隙；适当增大风环的风量，加快薄膜的冷却；适当降低牵引速度。

⑧薄膜的热封性差

故障原因：露点太低，聚合物分子发生定向，从而使薄膜的性能接近定向膜，造成热封性能的降低；吹胀比和牵引比不适当（过大），薄膜发生拉伸取向，从而影响了薄膜的热封性能。

解决办法：调节风环中风量的大小；使露点高一点，尽可能地在塑料的熔点下进行吹胀和牵引，以减少因吹胀和牵引导致的分子拉伸取向；吹胀比和牵引比应适当小一点，如果吹胀比过大且牵引速度过快，薄膜的横向和纵向拉伸过度，那么就会使薄膜的性能趋于双向拉伸，薄膜的热封性就会变差。

⑨薄膜纵向拉伸强度差

故障原因：熔融树脂的温度太高，会使薄膜的纵向拉伸强度下降；牵引速度较慢，薄膜纵向的定向作用不够，从而使纵向的拉伸强度变差；吹胀比太大，同牵引比不匹配，使薄膜横向的定向作用和拉伸强度提高，而纵向的拉伸强度就会变差；膜的冷却速度太快。

解决办法：适当降低熔融树脂的温度；适当提高牵引速度；调整吹胀比，使之与牵引比相适应；适当降低冷却速度。

⑩薄膜横向拉伸强度差

故障原因：牵引速度太快，同吹胀比相差太大；使纵向产生纤维化，横向强度就变差；冷却风环的冷却速度太慢。

解决办法：适当降低牵引速度，使之与吹胀比相配合；加大风环风量，使吹胀膜快速冷却，避免在较高温度的高弹态下被拉伸取向。

⑪膜泡不稳定

故障原因：挤出温度过高，熔融树脂的流动性太大，粘度太小，容易产生波动；挤

出温度过低，出料量少；冷却风环的风量不稳定，膜泡冷却不均匀；受到了外来较强气流的干扰和影响。

解决办法：调整挤出温度；检查冷却风环，保证四周的送风量均匀一致；阻止和减小外界气流的干扰。

⑫薄膜表面粗糙，凹凸不平

故障原因：挤出温度太低，树脂塑化不良；挤出速度太快。

解决办法：调整挤出的温度设置，并适当提高挤出温度，保证树脂塑化良好；适当降低挤出速度。

⑬薄膜有异味

故障原因：树脂原料本身有异味；熔融树脂的挤出温度太高，造成树脂分解，从而产生异味；膜泡冷却不足，膜泡内的热空气没有排除干净。

解决办法：更换树脂原料；调整挤出温度；提高冷却风环的冷却效率，使膜泡充分冷却。

(2) 普通聚乙烯薄膜吹塑成型 普通聚乙烯薄膜指以低密度聚乙烯为原料，采用平挤上吹法制成厚度为 0.02 ~ 0.1mm、折径为 300 ~ 1000mm 的薄膜。此种薄膜生产工艺简单，易于控制，如无特殊需要就不用添加其他助剂。聚乙烯膜有较好的强度、韧性、开口性、防潮性、透明性和防腐性，它可以作农业育秧膜，改善农作物的生长环境，有利于增温、保水、保肥，使农作物早熟。它还适宜用作包装材料，如制造化肥包装的内衬袋，以及各种日用品的包装袋等。

1) 选材。该产品通常采用 LDPE 树脂单组分生产，原料应干净、无水分、无杂质，其熔体质量流动速率为 2 ~ 7g/10min。

2) 主要设备

①挤出机。通用挤出机或新型螺杆式挤出机均可。一般采用螺杆直径 $\phi 65\text{mm}$ ，长径比 20:1，压缩比 3:1，转速 10 ~ 90r/min。

②机头。多采用螺旋式机头，口模直径 $\phi 200\text{mm}$ ，口模间隙 0.8mm。结构见图 2-12。螺旋式机头有许多优点，如塑化良好，出料均匀，没有熔合纹，薄膜质量好。缺点是体积大且重，拆装不方便。

③风环。采用堤坝式铸铝风环，直径 400mm，通常有三个进风口，每个口的压缩空气沿风环切线方向进入，风环内上下各设一层挡板，起缓冲作用，以保证风环出口风量均匀，结构见图 2-13。

3) 吹塑成型工艺

①生产工艺流程。采用平挤上吹法工艺，其流程如图 2-14 所示，将聚乙烯树脂加入挤出机料斗中，通过螺杆塑化，由机头口模挤出管坯，吹胀、风冷后，经过夹板进入牵引辊，再通过若干导辊后进行卷取。

②生产工艺。普通聚乙烯膜采用平挤上吹法生产工艺。

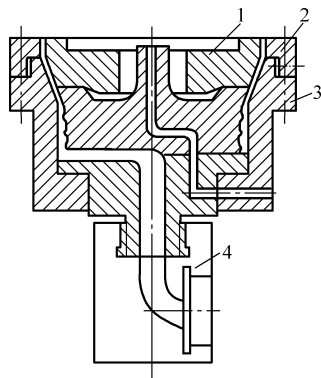


图 2-12 螺旋式机头结构

1—螺旋式芯棒 2—调节环
3—机头体 4—机颈

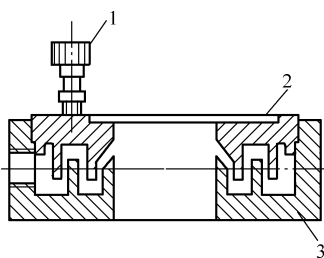


图 2-13 堤坝式风环结构

1—螺钉 2—上盖 3—下底

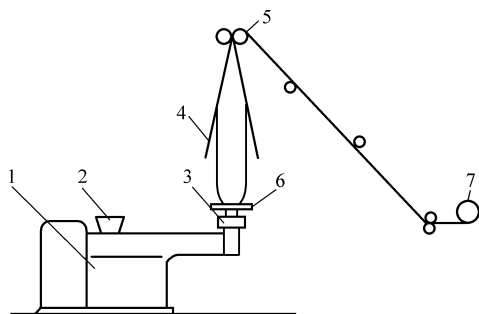


图 2-14 平挤上吹法工艺流程

1—挤出机 2—加料斗 3—机头 4—人字夹板
5—牵引辊 6—风环 7—卷取

③其工艺操作要点如下：

a. 温度。温度控制是薄膜生产中的关键。它直接影响产品质量。温度控制条件有两种，一种是自机身加料段至机头出口采用温度逐渐上升的方法；另一种是机身中段、前段温度最高，机头的温度低些。如采用 $\phi 65\text{mm}$ 、长径比 20:1、压缩比 3:1 的挤出机生产普通聚乙烯膜，其挤出的温度控制如下：机身后段 $140 \sim 150^\circ\text{C}$ 、中段 $170 \sim 180^\circ\text{C}$ 、前段 $180 \sim 190^\circ\text{C}$ 、机头 180°C 左右。

b. 膜管的吹胀与牵引。熔融物料从机头口模被挤出后形成管坯，应立即吹胀，被横向拉伸，同时在牵引辊的作用下被纵向拉伸，因此分子链在纵横向发生取向作用，取向程度对薄膜强度有显著影响，取向程度高，强度大；取向程度低，强度小。为了制备纵横向强度均匀等薄膜，要求横向吹胀比（吹胀后膜管直径与机头口模直径之比）与纵向牵伸比（牵引膜管的线速度与未经牵引挤出膜管的线速度之比）最好相同，在实际生产中常用同一规格的机头口模调节吹胀比与牵伸比来制得不同厚度不同宽度的薄膜。吹胀比通常控制在 $1.5 \sim 3$ ，吹胀比太小，横向强度低；吹胀比太大，膜管不稳，膜径和厚度不均匀。牵伸比一般控制在 $3 \sim 7$ ，牵伸比太小则物理力学性能差，牵伸比太大则膜管易被拉断。

c. 冷却定型。薄膜从机头挤出吹胀后，立即进行风冷，若冷却效果不好，则薄膜发粘而无法提膜，因此冷却定型是一重要环节。为提高产量，有采用双风环冷却的办法，而较为先进的冷却法是薄膜内冷法。

(3) 超薄聚乙烯薄膜的吹塑成型

1) 原材料与配方设计

①原材料。选用熔体质量流动速率为 $1 \sim 2\text{g}/10\text{min}$ 的 LLDPE 制造超薄膜为宜，例如 EXXOH 公司生产的牌号为 LL1001-01 的粉状 LLDPE 以及 V. C. C 公司生产的牌号为 Resin7047 的粉状 LLDPE。此外，还可用 LLDPE 与 LDPE 或与 DHPE 共混生产薄膜，掺混比例根据设备条件及产品要求而定。

②配方设计。线型低密度聚乙烯超薄膜，是采用 LLDPE 与 LDPE 共混合配制，但在生产中考虑到 LDPE 掺入到 LLDPE 中的目的是润滑、防粘，可事实上 LDPE 与 LLDPE

配制比例的情况为：若在 LLDPE 中加入 20% LDPE，由于剪切粘度大，不能改变薄膜之间的防粘性，还在吹膜中易产生焦点、熔体破损现象。若 LLDPE 中加入 75% LDPE，生产中薄膜经受高线速度的拉伸、分子之间未充分定向，易产生薄膜断裂现象。根据超薄薄膜研制情况，虽确定 LDPE 与 LLDPE 以适当的比例混合配制，但薄膜之间仍存在着相互粘接的缺点。HMP 聚烯烃填充剂是采用无规聚丙烯混入一定量的 CaCO_3 制成的，在聚乙烯、聚丙烯等高聚物原料加工生产中，能起到一定的防粘作用，广泛用于聚烯烃吹塑薄膜，为达到降低薄膜之间粘接的目的，采用 HMP 聚烯烃填充料，既不影响 LLDPE 超薄膜原有的优良物理力学性能，与 LLDPE、LDPE 树脂分散混合性好，又不影响薄膜的加工性能及外观质量。但是大量加入 HMP 聚烯烃填充剂，对 LLDPE 超薄膜的物理力学性能有较大影响，故选用 HMP 聚烯烃填充料与 LLDPE、LDPE 原料进行共混以提高薄膜性能，具体配方见表 2-128。

表 2-128 超薄聚乙烯薄膜的配方（质量份）

原料名称 \ 用量	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]
LLDPE	50	50	50	50	50	50
LDPE	50	50	50	50	50	50
HMP	0	0.5	2.0	3.0	5.0	7.0

2) 主要设备。生产 LLDPE 膜的设备与普通聚乙烯膜生产所用设备基本相同，但设备结构有若干差异。可选用专门设计的 LLDPE 膜生产设备，也可对 LDPE 膜生产设备进行改造，以适应 LLDPE 膜的生产，主要设备如下：

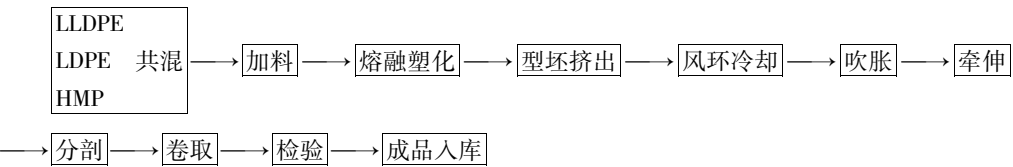
①挤出机。由于 LLDPE 熔体黏度高，最好选用混炼型螺杆挤出机。螺杆长径比一般为 20:1，最大者高达 32:1。对用于 LDPE 挤出机的改造则集中于螺杆结构上，如设置混炼段和屏障头。

②机头。口模间隙应较大，以降低对粘度较大的 LLDPE 熔体的流动阻力和消除在剪切作用下出现的“鲨鱼斑”，推荐口模间隙为 1.5~3mm，通常采用 2.2mm。

③风环。因口模间隙大，挤出的膜管壁较厚，加之熔融张力低，故最好使用双口风环，如使用单口风环需要加大风量。

3) 吹塑成型工艺

①工艺流程：



②产品规格 1200×0.008 双剖。

③吹膜工艺参数 温度控制参数见表 2-129。

表 2-129 温度控制参数

区域	一区	二区	三区	法兰	机头一	机头二
温度/℃	180	190	200	190	170	170

(4) 聚乙烯大棚膜的吹塑成型 大棚膜系指用于农业大棚的折径 2m 以上的宽幅薄膜，目前国内生产最宽的大棚膜折径为 5m，展开后为 10m。大棚膜主要用于蔬菜大棚，代替玻璃作保温室，由于大棚膜幅面宽，不需焊接，还可作为苫布使用。大棚膜品种较多，有普通大棚膜、增强大棚膜、长寿大棚膜和长寿无滴大棚膜等。这些膜的主要区别是配方不同，因此性能不同，使用上各有特点，但生产工艺是相同的。普通大棚膜的物理力学性能与普通聚乙烯膜相同；增强大棚膜的特点是强度高，韧性好，拉伸强度可达 20MPa 以上，伸长率可达 400% 以上；长寿大棚膜除具有强度高，韧性好特点之外，主要是耐老化性能好，使用寿命比普通大棚膜高一倍，普通大棚膜可使用一年，而长寿大棚膜可连续使用 2 年；无滴长寿大棚膜是在长寿膜的基础上，加入表面活性剂，以增加膜表面对水的亲和力，将众多的小水滴连成大水滴，顺着膜壁向下流入地面，因此可消除水雾，提高薄膜的透光性，促进农作物的生长。

1) 选材：

- ①普通大棚膜：薄膜级 LDPE。
- ②增强大棚膜：LDPE50% ~ 75% ， LLDPE50% ~ 25% 。
- ③长寿大棚膜：按增强大棚膜的配比再加入 0.3 ~ 0.5 份的防老剂与 0.1 ~ 0.2 份的抗氧剂。由于工艺的需要再加入适量的白油。
- ④无滴长寿大棚膜：在长寿大棚膜配方的基础上，加入适量的表面活性剂母料。

2) 主要设备

①挤出机。生产折径 2m 的大棚膜一般采用 $\phi 90\text{mm}$ 的新型螺杆；生产折径 4m 的大棚膜采用 $\phi 150\text{mm}$ 的新型螺杆，螺杆形式为分离型前部加屏障头，结构见图 2-15。生产更宽的膜可用两台挤出机共挤的办法。

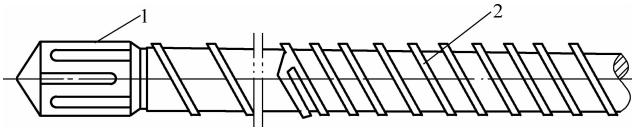


图 2-15 分离型前部加屏障头螺杆结构
1—屏障头 2—分离段

②机头。可以采用螺旋式机头，但因其体大且重，一般多选用莲花瓣式机头，该种机头体积虽大但厚度小，所以质量小，不足之处是由于流道多因而造成薄膜表面有多条熔合纹，莲花瓣机头结构如图 2-16 所示。

③风环。堤坝式铸铝风环。吹制 2m 折径的大棚膜风环直径 0.7m，吹制 4m 折径的大棚膜风环直径为 1.4m。

④机架。高 8m，如生产 4m 折径的大棚膜用机架高 15m，在牵引辊的下面两端安装一对三角形插板，将幅宽 4m 的膜叠折成 2m，便于卷取和存放。

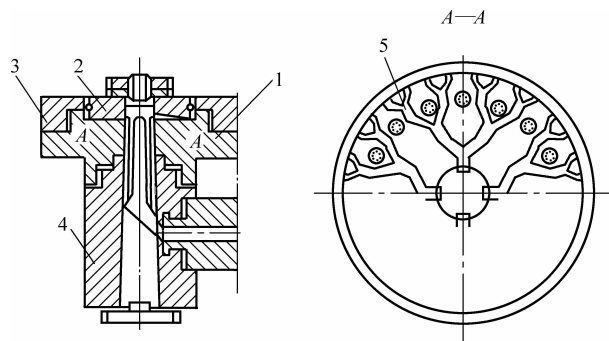


图 2-16 莲花瓣机头结构

1—下模板 2—上模板 3—固定板 4—机头体 5—流道

3) 吹塑成型工艺。吹膜前首先进行配料,以长寿大棚膜为例。先将 LDPE 和 LL-DPE 按比例称好放入混合器里,再加白油,开搅拌机,待白油均匀地粘在树脂表面后加入防老剂和抗氧剂,继续搅拌数分钟。防老剂与抗氧剂借助白油均匀地粘附在聚乙烯颗粒上。另外,可在树脂中加入定量的长寿母料,搅拌均匀后备用。

薄膜的吹塑成型方法与普通聚乙烯膜相同,但由于机头直径大,升温慢,故需提前升温 1h 后再升挤出机机身的温度,温度控制:机身分五段控制,由低向高,最高温度不超过 200℃;机头温度分三段控制,由高向低,出口温度比机身前段温度略低。

(5) 重包装用薄膜的吹塑成型 聚乙烯重包装(袋)膜是 20 世纪 60 年代发展起来的包装材料,我国在 20 世纪 70 年代初投入生产。聚乙烯重包装膜是用相对分子质量高的低密度聚乙烯树脂,或采用一般薄膜级的低密度聚乙烯与线型低密度聚乙烯共混,经挤出吹塑成型的厚度为 0.2~0.35mm 的膜。将此膜印刷文字、图案,然后热封成袋,即是重包装袋。每只袋可装 20~30kg 的物料,如化肥、农药、树脂等。重包装膜与普通聚乙烯膜主要区别是膜厚,强度高,尤其是撕裂强度高,有裂口也不易继续扩张,从而可防止物料的大量损失。

1) 选材。生产聚乙烯重包装膜必须采用高相对分子质量的 LDPE,即重包装料,熔体质量流动速率小于 0.5g/10min。另外,由于 LLDPE 树脂的问世,为重包装膜开辟了一种新的原料,纯的 LLDPE 生产重包装膜更是理想的原料,但需改造现有设备,如采用 LLDPE 与 LDPE 共混的方法可在现有的设备上加工成型重包装膜,共混树脂的配比是 LLDPE 占 20%~50%。

2) 主要设备

①挤出机。螺杆直径 90mm,长径比 20:1,压缩比 4:1,螺杆应能通水。

②机头。螺旋式机头,口模直径 200mm,口模间隙 1mm。

③机架。高 8m,比普通聚乙烯膜的机架高 2~3 倍。

3) 吹塑成型工艺。将原料按配方备好,同时吹膜机进行升温,重包装级的 LDPE 吹膜温度与 LLDPE、LDPE 共混树脂吹膜温度相近。机身温度:后段 140~150℃,中段 180~200℃,前段 180~200℃。机头温度:180~190℃。待温度升到后,保温半小时方

能开车,开车时,挤出机转速由低逐渐升高,同时观察口模出料是否均匀,如不均匀,应调整口模间隙,直到出料均匀后再引膜、吹胀。膜管经风环冷却定型,并且经过 8m 高的牵引架受到自然冷却,为保证膜管平稳,需要在牵引辊下部设置数个稳膜器。由于膜厚,必须塑化良好,一般采用提高机身的温度、螺杆通入常温软化水的办法,以增加物料的摩擦,提高塑化程度。

(6) 热收缩包装薄膜的吹塑成型 聚乙烯热收缩包装用薄膜具有加热后发生纵模向收缩的特性,收缩率 30% ~ 50%, 主要用于热收缩包装。热收缩包装是将具有热收缩特性的薄膜,以适当的大小套在被包装的商品外面(一般比商品尺寸大 10% 左右),然后将其送入热风烘箱,在适当的温度下加热,薄膜则在长度和宽度方面急剧收缩,紧紧地包裹在商品外面,形成一层紧密包装层。包装后的产品密封性和防潮性好,可作电器、金属零件以及食品的包装,尤其适于异形商品的包装。除小包装之外还可用于饮料的集合软包装与各种物料的大型托盘包装。

1) 选材。聚乙烯热收缩的生产工艺有三种,即一泡法、二泡法和辐射交联法,工艺不同,对原料及配方的要求亦不同。前两种工艺所用原料是低密度聚乙烯单一组分,熔体质量流动速率 2 ~ 5g/10min。辐射交联法的配方是在聚乙烯树脂中加入 1% 左右的交联剂与少量的光敏剂。加入交联剂的作用是使聚乙烯分子产生交联,破坏结晶的进行以便于双向拉伸,为促进聚乙烯的交联作用还需加少量光敏剂。

2) 主要设备。挤出机采用通用型挤出机,一般螺杆直径 45mm,长径比 20:1。机头为螺旋式机头,口膜直径根据产品的规格而定,计算公式:

$$D = \frac{2L}{\pi} \times (a + b)$$

式中 D ——机头口模直径;

L ——薄膜折径;

a ——第一次吹胀比;

b ——第二次吹胀比。

3) 吹塑成型工艺

① 热收缩包装薄膜的生产方法

a. 第一种方法是一泡法。即聚乙烯树脂被挤出机塑化,经机头口模挤出膜管吹胀,拉伸后立即冷却。这种方法的吹胀比与拉伸比较大。

b. 第二种方法是二泡法。即挤出膜管稍微吹胀,拉伸后立即冷却,然后再加热到高弹态进行第二次吹胀、拉伸,待达到规格要求后进行冷却定型。

c. 第三种方法是辐射交联法。交联的作用是破坏结晶的有效方法,且可提高收缩薄膜的收缩应力和强度。工艺过程与二泡法相似,只是在第二次拉伸、吹胀之前的膜管要经过紫外线照射,使薄膜内部发生交联作用,交联的凝胶值应为 7% ~ 9%。

② 二泡法生产热收缩包装薄膜的工艺参数。二泡法工艺参数如下:第一次吹胀采用平挤下吹法,吹胀比 1.2 ~ 1.5,吹胀后膜管通过冷却水套,水温 15 ~ 20℃,待膜管冷却到 40 ~ 50℃后,进入加热箱,加热箱温度 150℃左右,同时进行吹胀、拉伸、纵向拉伸由输入辊和牵引辊的速度差来实现,拉伸倍数即二者的速度比;横向拉伸是利用压缩

空气将膜吹胀，吹胀比与拉伸比为 2.5 左右。双向拉伸的膜管应迅速冷却，使聚向的分子链“冻结”其热收缩率可达 30% ~ 50%。二泡法比一泡法质量稳定，但不如辐射交联法生产的薄膜性能优良。

(7) 调味品包装用复合薄膜的吹塑成型

1) 选材。当采用三层薄膜结构时，外层用 LDPE、中层用 HDPE、内层用掺混 EVA 的 LDPE 或 EVA（可具有较好的热封性）。对于阻隔性要求较高的场合，还可在三层薄膜的基础上再涂布聚偏二氯乙烯（PVDC）树脂（见图 2-17）。

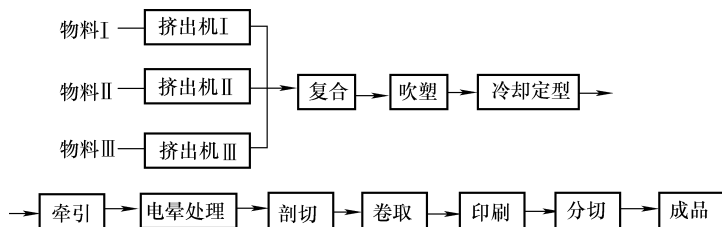


图 2-17 调味品包装用 PE 多层薄膜生产工艺流程

2) 主要设备 主要设备是三层共挤吹膜机组，三台挤出机规格相同，例如可用 $\phi 45$ 挤出机，螺杆长径比 25:1。

3) 吹塑成型工艺。各层挤出物料不同，其控制温度范围亦有所差异。另外，还应考虑熔体质量流动速率大小，来调整挤出温度和机头温度，一般为 160 ~ 220℃。其他操作与单层薄膜相同。

(8) 管膜法单向拉伸 HDPE 扭结膜成型 单向拉伸 HDPE 扭结膜具有高强度、高光泽度、高透明度等优点，并具有几乎与玻璃纸相当的扭结性能，而且价格比玻璃纸低得多。

1) 选材。原料为大庆产 HDPE，牌号为 PE-LALH-50D012，MFR 为 1.0g/10min。

2) 主要设备。挤出机是中国台湾龙盟机械股份有限公司制造，螺杆是双螺纹混料螺杆，直径为 65mm，长径比为 26:1，机头为螺旋式中心进料机头，口模直径为 300mm，间隙为 2.8mm，挤出量为 70kg/h。

3) 生产工艺

①生产方法。单向拉伸 HDPE 扭结膜的生产方法有两种：一种是挤出流延法，另一种是挤出管膜吹塑法，在我国大多数为挤出管膜吹塑法。

②工艺流程（见图 2-18）。

③工艺条件。机身和机头的温度控制采用平衡式温度较好，即从进料

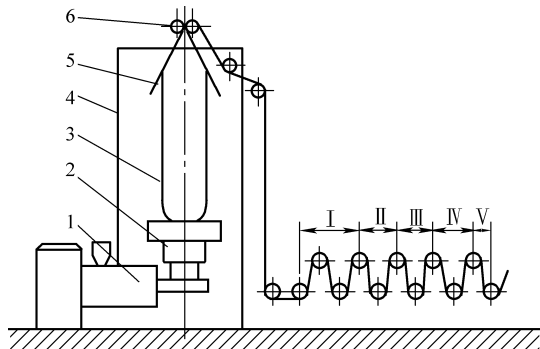


图 2-18 管膜法单向拉伸 HDPE 扭结膜工艺流程

1—挤出机 2—机头 3—管膜 4—支架

5—人字板 6—牵引辊

I—预热辊 II—拉伸辊 III—定型辊

IV—热处理辊 V—定型辊

到机头的温度变化不大。机身与机头的温度见表 2-130。

表 2-130 机身与机头的温度 (单位:℃)

加料段	熔融段		计量段		机颈	口模
	前段	后段	前段	后段		
170	180	200	215	215	205	205

螺杆转速控制在 30 ~ 35r/min。

在图 2-18 中, 拓展辊之后共有 11 只辊筒, 其中 I 区的四只辊筒为预热辊筒, II 区的两只辊筒为拉伸辊筒, III 区的两只为定型辊筒, IV 区的一只为热处理辊筒, V 区的两只辊筒为定型辊筒。

预热区 (I 区) 辊筒的辊温和辊速见表 2-131。

表 2-131 预热区辊筒的辊温和辊速

序 号	I -1	I -2	I -3	I -4
辊温/℃	80 ~ 85	90	100	102
辊速/r · min ⁻¹	6	6	6	6

II ~ V 区七只辊筒的温度与转速见表 2-132。

表 2-132 II ~ V 区七只辊筒的温度与转速

序 号	II -1	II -2	III -1	III -2	IV	V -1	V -2
辊温/℃	105	50	60	75	110 ~ 120	自然冷却	
辊速/r · min ⁻¹	12	60	42	42	—	—	—

拉伸比控制在 5.0 ~ 7.0 之间。

管膜法单向拉伸 HDPE 扭结膜的生产常见问题及解决方法见表 2-133。

表 2-133 管膜法单向拉伸 HDPE 扭结膜的生产常见问题及解决方法

常见问题	产生的原因	解 决 方 法
表面有晶点	①原料聚合度不均匀 ②主机操作温度不适 ③螺杆的塑化质量差	①选择合适的原料 ②提高主机温度 ③改造或更换螺杆
厚薄不均匀	①机头口模间隙调整不均 ②风环对管膜的冷却不均	①精确调整口模间隙 ②调整风环出口间隙
拉伸时断膜	①薄膜上有晶点、脏料 ②薄膜厚薄不均 ③预热辊温度不适, 轴向分布不均 ④拉伸辊温度不适, 轴向分布不均	①选择合适的原料, 更换过滤网, 清理机头 ②同厚薄不均匀中解决方法中的①、② ③预热辊应逐级升温, 清积炭, 使油路畅通 ④选择合适的拉伸温度, 清积炭, 使油路畅通
膜在拉伸冷却辊起泡	①预热辊和拉伸辊轴向温度分布不均 ②拉伸冷辊的温度不适宜 ③原膜的厚薄不均	①同拉伸时断膜中的③、④ ②控制水温 ③同厚薄不均匀中的①、②

(续)

常见问题	产生的原因	解 决 方 法
膜分切后卷边	①热处理辊温度过低 ②冷却辊牵引速度不适	①提高热处理辊温度 ②降低冷却辊牵引速度
薄膜扭结回弹大	①同膜分切后卷边中的①、② ②拉伸比太小	①同膜分切后卷边中的①、② ②提高拉伸比

(9) HDPE/EVA 复合薄膜共挤出吹塑成型

1) 选材。作为冷冻食品包装袋应具备的条件是：卫生性和安全性；被装物的保护性；稳定性；作业性，即具有良好的加工性，可印刷性和热封性；商品性，即透明可显示内部物质，易于标准化、连续化生产，价格便宜。

又根据包装冷冻食品的工作条件，确定选用 HDPE 与 EVA 进行复合，其中 HDPE 作为内层材料，EVA（VA 含量小于 15%）作为外层材料。其理由如下：①EVA、HDPE 二者相容性好。由于 EVA 在 VA 含量较低时，其分子结构与 HDPE 相似，相互扩散能力强，易于结合，可以形成透明性复合薄膜，符合冷冻袋要求透明的条件。②HDPE、EVA 性能互补。HDPE 物理力学性能均衡，易成型加工且成本低廉，无毒无味，耐高低温性能均较好，其缺点是热封性相对较差，印刷性差；EVA 的柔韧性较好，粘合性高，有良好的热封性和可印刷性，其缺点是耐热、耐油性差。所以 HDPE 与 EVA 复合使用可以在性能上扬长避短、互相补充。③EVA 与 HDPE 两者加工条件相近，这给设计共挤出机头带来了方便，设计时可以不直接考虑内、外层熔融树脂间的隔热问题，简化了机头结构，既便于生产操作，又降低了成本。HDPE 和 EVA 薄膜的主要性能如表 2-134 所示。

表 2-134 HDPE 和 EVA 薄膜的主要性能

原 料	密度 /g · cm ⁻³	拉伸强度 /MPa	撕裂强度 /N · (25μm) ⁻¹	透湿量 (25μm,30℃,90% RH) /g · m ⁻² · 24h ⁻¹		
HDPE	0.95	20 ~ 40	15 ~ 30	4.5 ~ 10		
EVA	0.94	21 ~ 35	5.0 ~ 10	60		

原料	透氧气量 (25μm,30℃,90% RH) /mL · m ⁻² · 24h ⁻¹	热封温度 /℃	最高使用温 度/℃	最低使用温 度/℃	耐折性	耐油性
HDPE	500 ~ 2000	135 ~ 180	120	-50	优	良
EVA	600 ~ 2500	100 ~ 140	60	-50	优	一般

从以上分析和性能数据不难看出，HDPE/EVA 复合薄膜体系是性能协调、优势互补的良好匹配体系。

2) 共挤出吹膜机头结构设计。综合考虑多种因素后, 最终确定 HDPE/EVA 复合薄膜机头采用的部分独立流动然后汇合的熔体流动方式 (见图 2-19)。这种机头内的复合可使熔体层在压力下贴合, 有助于提高内外层膜间的粘合牢度。机头进料方式为侧向进料, 其上主要构件芯棒采用了衣架式支管分流结构, 支管呈流线型过渡到口模间隙, 其横截面为半圆形, 并且半径沿流动方向逐渐减少, 衣架式支管分流结构如图 2-20 所示。进入机头的熔体经支管分流逐渐从周向流动过渡到轴向流动。复合膜的整体厚度可由口模调节螺钉控制。两层芯棒采用管套式结构有机地组合在一起。这种设计的优点是结构紧凑, 流道较短, 熔体压力损失小; 缺点是不能调节各流道层的流动, 也不能单独调节各流道内熔体的温度, 所以, 只适合于如 HDPE/EVA 这样相容性好、加工性能又接近的复合体系。由于 HDPE/EVA 两种物料的加工温度是如此接近, 所以在本设计中未考虑套管芯棒间的隔热问题。这样大大简化了模具结构, 给制造和操作带来了方便。

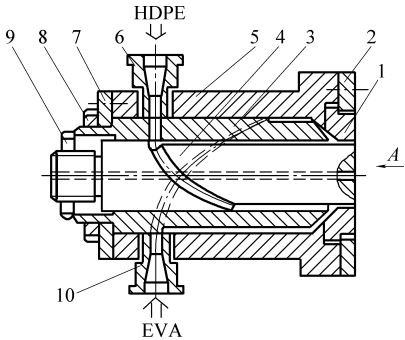


图 2-19 共挤出吹膜机头结构

1—口模 2—压环 3—外芯棒 4—内芯棒
5—机体 6—机颈 1 7—垫板
8、9—紧固螺母 10—机颈 2

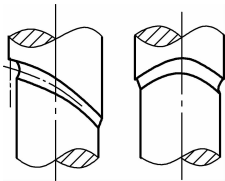
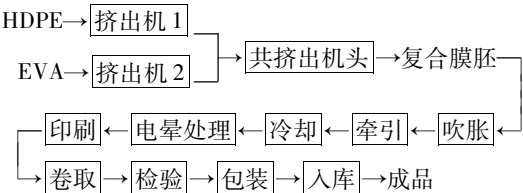


图 2-20 衣架式支管分流结构

3) 产品规格确定。吹塑薄膜产品规格可有较大范围的调整, 依据工厂的设备状况和用户要求确定。例如可选用 HDPE 层厚 0.065mm、EVA 层厚 0.015mm、折径 170mm, 总之, 在确定内外层厚度时, 应使 HDPE 的厚度略大于 EVA 的厚度。

4) 吹塑工艺

①工艺流程:



②成型加工温度 (见表 2-135)。

表 2-135 HDPE/EVA 复合膜成型加工温度 (单位:℃)

材 料	后段温度	中段温度	前段温度	机头温度
HDPE	160 ~ 170	180 ~ 190	200 ~ 210	180 ± 5
EVA	130 ~ 150	160 ~ 170	180 ~ 190	

仅仅依靠温度的调节并不能获得性能优良的制品，因为界面结合状况还强烈地依赖于熔体层的流动速率和它们间的流动速率比，所以实际生产中还需严格控制螺杆转速。

2. 聚乙烯中空制品的吹塑料成型

(1) 聚乙烯药瓶的注射吹塑成型

1) 聚乙烯瓶用原料。聚乙烯药瓶是指用于中西药的片剂、胶囊、丸剂的包装瓶。它可采用挤出吹塑、注射吹塑等工艺成型。药瓶也可选用聚丙烯、聚苯乙烯、聚乙烯等塑料材料。

由于注射吹塑成型的聚乙烯药瓶具有许多优点，它在医药品包装领域得到广泛应用。

2) 成型设备。美国通用机械公司制造 IB-506-3V、三工位注射吹塑成型，它包括注射工位、液压传动装置、可编程序控制器、吹塑工位、脱模工位、火焰表面处理装置等。该公司四工位注射吹塑成型机、附加一预成型装置。

该设备还具有自动润滑系统和自动诊断系统，其主要技术参数如下：

注射工位：一次注射量 125kg，锁模力 500kN；

吹塑工位：锁模力 66kN；

型坯模具：无流道模具；

成型周期：10 ~ 15s。

3) 型坯的设计。型坯的设计，包括型坯的外形及型坯芯棒外形的设计。聚乙烯药瓶多是圆形回转体，其药瓶的结构如图 2-21 所示。瓶可分为瓶口（型坯口）、瓶型（型坯颈）、瓶肩（型坯肩）、瓶身（型坯身）、瓶底（型坯底）等部位。

①型坯外形的设计。一般的聚乙烯药瓶容量为 60 ~ 100mL，根据瓶的外形尺寸及表 2-136 提供的参数，设计型坯及芯棒的外形（见图 2-22）。

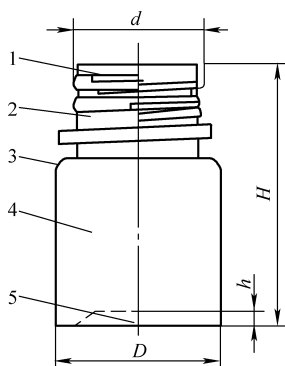


图 2-21 聚乙烯药瓶的结构

1—瓶口 2—瓶颈 3—瓶肩 4—瓶身 5—瓶底 H—瓶的高度
h—瓶凹底的高度 D—瓶身直径 d—瓶口直径

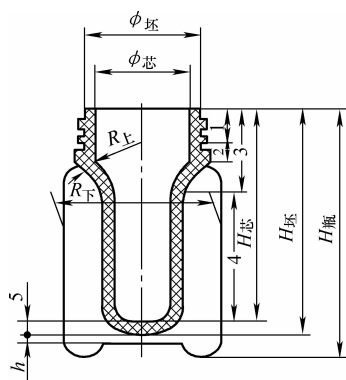


图 2-22 型坯及芯棒外形

1—芯棒高度 2—芯棒颈高度
3—芯棒肩高度 4—芯棒身高度 5—型坯厚度

表 2-136 药瓶型坯的设计参数

项 目	选 取 参 数	
型坯口至型坯颈的距离/mm	50	70
瓶的质量/g	9 ~ 10	13 ~ 15
型坯底部与瓶底间距离/mm	1.5 ~ 2	3 ~ 4
型坯高度 $H_{\text{坯}}$ /mm	$H_{\text{坯}} = (0.92 \sim 0.95)$ 瓶高	
型坯底部直径 $\phi_{\text{坯底}}$ /mm	$\phi_{\text{坯底}} = (0.54 \sim 0.58)$ 瓶底直径	
型坯身外径 $\phi_{\text{坯身}}$ /mm	$\phi_{\text{坯身}} =$ 瓶身外径吹胀比	
型坯肩部高度 $H_{\text{坯肩}}$ /mm	$H_{\text{坯肩}} = (0.20 \sim 0.25)$ 瓶肩高度	
型坯口外径 $\phi_{\text{坯口}}$ /mm	$\phi_{\text{坯口}} =$ 瓶口外径	
型坯颈部圆弧 $R_{\text{坯颈}}$ /mm	$R_{\text{坯颈}} = 5 \sim 10$	
型坯底部圆弧 $R_{\text{坯底}}$ /mm	$R_{\text{坯底}} = 3 \sim 6$	
型坯肩部圆弧 $R_{\text{坯肩}}$ /mm	$R_{\text{坯肩}} = 10 \sim 20$	

②芯棒外形设计。芯棒是型坯模具的关键部件，相当于型坯模的阳模，它决定了型坯的厚度和内表面形状。设计中的芯棒高度，指瓶口到芯棒底部的距离，即型坯高度减去型坯底部厚度的距离。其余部位的设计参数如下：

瓶口部位芯棒直径 $\phi_{\text{芯口}} = \text{瓶口外径} - 2 \times \text{瓶口壁厚} = \text{瓶口外径} - 2 \times (2 \sim 3)$ ；

芯棒底部圆弧 $\phi_{\text{芯底}} = 3\text{mm}$ （瓶重在 10g 以下时）， $\phi_{\text{芯底}} = 4\text{mm}$ （瓶重在 15g 以上时）；

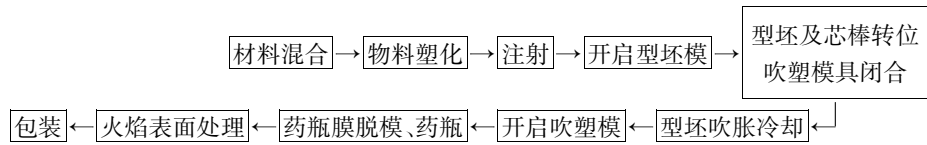
芯棒肩部上圆弧半径 $R_{\text{芯肩上}} = R_{\text{坯径}} + (2 \sim 5)$ ；

芯棒肩部下圆弧半径 $R_{\text{芯肩下}} = R_{\text{坯肩}} + (3 \sim 6)$ ；

型坯底部的厚度 = 瓶底的最小厚度 + 瓶重 $\times 0.1$ 。

4) PE 药瓶的成型工艺

①药瓶生产的工艺过程如下：



②药瓶生产配方：

a. 材料的选择。吹塑成型的聚乙烯一般为高密度聚乙烯，有较好的力学性能和耐应力开裂性能，有较好的卫生性能，其钛含量 $< 80 \times 10^{-6}$ ；MFR = 0.3 ~ 0.7g/10min； $\rho = 0.950\text{g/cm}^3$ ；钛白粉或乳白母料，着色力强，分散性好，硬脂酸锌，有较好的润滑性能，以提高型坯的光泽及脱模性，兼具热稳定作用，防止白色药瓶变黄。

b. 配方

HDPE	100kg
硬脂酸锌	0.2 ~ 0.3kg
乳白母料（钛白粉含量 > 75%）	2 ~ 3kg

③药瓶的成型条件

- a. 注塑机加热温度：加料段 220 ~ 235℃，压缩段 230 ~ 240℃，计量段 235 ~ 250℃。
- b. 注塑机喷嘴温度：240 ~ 250℃。
- c. 型坯模具温度：瓶口部位 75 ~ 100℃，瓶身部位 100 ~ 110℃，瓶底部位 50 ~ 100℃。
- d. 型坯吹胀比：1.6 ~ 2.0。
- e. 吹塑模具温度：10 ~ 30℃。
- f. 型坯注射压力： $(20 \sim 22) \times 10^5 \text{ Pa}$ 。
- g. 型坯吹胀用压缩空气压力：0.8 ~ 1.0MPa。
- h. 瓶表面处理，火焰与瓶表面距离约 12 ~ 13mm，瓶能自动翻转 90°。

5) PE 药瓶的质量检查。聚乙烯药瓶的质量要求，可按行业标准《固体药用聚烯烃塑料瓶》的各项规定执行。

①瓶的尺寸及偏差。聚乙烯药瓶的尺寸及偏差见表 2-137。

表 2-137 聚乙烯药瓶的尺寸及偏差

瓶的容量/mL	螺纹外径/mm	瓶的高度/mm	瓶底凹高/mm	瓶身直径/mm
15	5 ± 0.2	48 ± 1.2	1.8 ± 1.0	29 ± 0.8
75	34 ± 0.2	75 ± 1.2	1.5 ± 1.0	43 ± 0.8
100	34 ± 0.2	81 ± 1.2	1.5 ± 1.0	17 ± 0.8

②瓶的外观。药瓶一般为乳白色，有较好的光泽，着色均匀，无明显颜色条纹或色差，瓶表面平整、光洁，无明显擦痕，瓶不允许有砂眼、油污、气泡、杂质，瓶口平整，螺纹清晰，与瓶盖配合松紧适宜。

③瓶的物理性能。聚乙烯药瓶在封装后，应能达到以下性能：密封性，不泄漏；振荡试验，不泄漏；水蒸气渗透性，小于 $100\text{mg}/(24\text{h} \cdot \text{L})$ 。

④瓶的卫生性能。聚乙烯药瓶的卫生性能，应符合 GB 9687—1988 食品包装用聚乙烯成型品卫生标准各项规定。

聚乙烯药瓶菌检时，细菌总数不超过 1500 个/瓶，霉菌总数不超过 150 个/瓶，大肠杆菌不得检出。

聚乙烯药瓶应保证不产生异常毒性。

聚乙烯药瓶的生产作业环境，应达到 GMP10 万级标准。药瓶制造企业，应持有国家医药管理局准发的药品包装材料、容器生产企业许可证。

(2) 聚乙烯桶的吹塑成型

1) 聚乙烯包装桶用原料与配方。聚乙烯包装桶主要采用高密度聚乙烯（HDPE 或 HMWHDPE）制造，HDPE 是目前用于制造容器的塑料材料中，消耗量最大的一个品种。高密度聚乙烯优良的物理、力学性能和化学稳定性，低廉的价格，使其被大量用于制作化学工业品，特别是危险化学品的包装容器。使用最多的包装容器为方形、圆形的大、中型容量桶。

HDPE 的型号选择范围为：密度 $0.945 \sim 0.965 \text{g/cm}^3$ ，MFR 为 $0.2 \sim 0.4 \text{g/10min}$ 。

HDPE 有如下几个配方供参考：

①用来包装洗涤剂、漂白粉等粉状物品的 5L 以上的容器，汽油、润滑油等可燃或运输易爆物品的容器，应采用含抗静电剂或导电炭黑的 HDPE，其组成如下：

组成	质量份	组成	质量份
HDPE	100	HDPE	100
Chezacarb EC 炭黑	10	Atmer 129 抗静电剂	0.3
Ciba B900 抗氧剂	0.5	Ciba B900 抗氧剂	0.5
硬脂酸锌	0.5		

②为提高户外使用包装容器的使用寿命，可在聚乙烯中加入受阻胺光稳定剂、抗氧剂，也可将聚乙烯桶着色成蓝色、灰色、黑色，其组成如下：

组成	质量份	组成	质量份
HDPE	100	Ciba B900 抗氧剂	0.5
Ciba 944 光稳定剂	0.3	蓝色或黑色母料	1 ~ 4

③在 HDPE 中加入 EVA，可提高聚乙烯的耐低温性能，其组成如下：

组成	质量份	组成	质量份
HDPE	100	LDPE	5 ~ 10

EVA (VA 为 15%) 10

④若聚乙烯桶的最终用途为食品及医药品时，应选择无毒性、不会使食品变味的添加剂。

2) 成型设备

①挤出吹塑机。用于挤出吹塑成型 HDPE 桶。以日本 HH 公司制造的 IPB-60C 挤出吹塑成型机为例，介绍设备的主要工艺参数。该成型机可生产 15 ~ 60L HDPE 或 HM-WHDPE 桶；若生产带保护装置的内容器，可制成 50 ~ 100L 薄壁容器。

挤出吹塑机的形式。单储槽储料缸机头，不用拉杆的单工位锁模装置。有手动、半自动、全自动操作方式的控制装置。

挤出机。螺杆直径： $\phi 90 \text{mm}$ ，螺杆长径比 (L/D): 24: 1；传动电动机：55kW，380V；加热温度控制区域：四个区域；塑化能力：HMWHDPE 130 ~ 150kg/h；防爆装置：安全隔膜的破裂压力为 50MPa；加热或冷却：采用 PID 温度控制仪。

机头形式。立式环型柱塞式，带储料缸可控机头，熔体先进先出。

理论注射量： 10000cm^3 。

口模最大直径： $\phi 250 \text{mm}$ 。

机头加热容量：约 35kW。

自动型坯控制装置。电动—液压伺服型，可供设定点 25 点，传动缸压力 30t，最大行程 25mm，电动机功率 5.5kW，液压缸容量 150L。

型坯打点装置。打印选点 25 点，用于测定设定点型坯壁厚；并在吹胀成型后，测定制品壁厚，修正设定点壁厚控制值。

锁模装置。不用拉杆的单工位锁模装置。

模板有效尺寸: 1000mm × 700mm (纵向 × 横向); 模板开档: 300 ~ 1100mm; 锁模力: 300kN; 液压型底吹装置: 吹气杆上下行程为 200mm; 预截和预吹装置: 截杆行程 2 × 300mm; 型坯扩张装置: 扩张行程 120 ~ 520mm; 锁模提升装置: 锁模上下行程 200mm; 电动机功率 1.5kW; 产品自动取出装置; 机械手传递距离为 1500mm。

模具制冷装置。冷却能力 72418.665kJ/h; 制冷水温度出口处为 7℃; 制冷水流速 57L/min; 冷却器的冷却水流速为 77L/min。

②破碎机。用于型坯及角边回料、不良品的破碎, 根据处理物料及桶的大小, 选用不同规格的 SWP 型破碎机。经破碎物料, 用磁铁磁选, 或在加料斗处, 置放磁力架, 除去金属屑粒。

③空气压缩孔。空气压缩机提供 0.1 ~ 1.0MPa 压力的压缩空气。供气装置使用的压缩空气, 需严格除油、除湿。

3) HDPE 桶的成型工艺。工艺条件如下:

挤出机的加热温度: 1 段为 110 ~ 120℃, 2 段为 130 ~ 140℃, 3 段为 150 ~ 170℃, 4 段为 180 ~ 190℃。

挤出机转速: 7 ~ 42r/min。

储料缸机头的加热温度 (自上而下): 1 段为 150 ~ 160℃, 2 段为 150 ~ 160℃, 3 段为 130 ~ 150℃, 4 段为 120 ~ 130℃。

模具冷却温度: 10 ~ 50℃。

型坯注射压力: 12 ~ 15MPa。

压缩空气压力: 0.4 ~ 0.8MPa。

成型周期时间: 150 ~ 240s。

型坯吹胀比: 1.25 ~ 1.65。

聚乙烯桶的成型周期, 包括如下工序时间: 储料缸机头注射型坯及模具等待 → 型坯预夹紧 → 型坯扩张 → 快速闭模到慢速闭模 → 型坯吹胀及冷却 → 放气 → 启模 → 机械手取出制品 → 截切型坯尾料及边角、模具等待。各个工艺步骤的时间控制, 应视制品壁厚、质量要求进行调整和确定。

型坯必要的控制点 (曲线), 可根据型坯打点装置的测量进行修正和确定。

4) 聚乙烯桶生产中的注意事项。在挤出吹塑过程中, 为了减少不良现象, 生产出合格的、高质量的桶, 应该准确地控制各种问题的发生。

①有效地解决出现的问题, 应该着手两方面: 一是要详细了解挤出吹塑成型全过程, 掌握工艺规律; 二是要有良好的控制仪器。对于生产控制不可没有好的仪器, 一个生产者对生产过程非常了解, 但因缺少好的控制仪器而使出现的问题无法解决, 特别是生产中的突发事件, 即使突发事件的时间很短, 也无法正确判断事件的根源, 使得生产成本增高。

②在生产中要注意四个方面的问题: 吹塑原料问题, 挤出机送料问题, 吹塑机械结构问题以及吹塑工艺问题等。

③从吹塑原料使用规律来看, 要注意原料组分内、组分间以及来源的变化; 原料含水量、添加剂、预混合、预干燥等不能忽视, 按照所规定的工艺要求进行。

④加料的均匀性，只有均匀性才能够使桶性能一致，充分利用回收料，时刻了解回收料填加百分比以及对质量影响的变化。

⑤挤出机送料快慢影响着挤出的稳定性。出现不稳定现象首先要想到固体料的输送；料斗内是否出现架桥现象而引起的断料；密度是否发生了变化或低密度加料。其次要注意由于螺杆旋转速度过快，进料速率低而使螺槽内填充不足；要检查加料系统摩擦性能是否出现问题；出现的这些问题是否与加料系统或螺杆加料段设计有关。

⑥吹塑机械结构直接影响着聚乙烯树脂的熔融、型坯的吹胀与容器质量。螺杆结构不合理，熔融段和均化段长度比例不符合要求，影响着塑化或挤出质量；机筒加热装置是否因烧坏与断路而出现问题以使机筒温度分布不均匀；正确调节螺杆的转速，其转速不能够超出所规定的转速范围，其转速不能够超出所规定的计量能力；经常检查螺杆和机筒的磨损程度、冷却系统结垢堵塞；选用的挤出机大小是否合理、驱动功率和转速范围不足、控制系统不能够满足要求；机头口模内的压力高低直接影响着型坯的质量，时刻要注意口模内压力降大小的变化；模具冷却水道以及排气系统是否出现问题。

⑦吹塑工艺离不开聚乙烯的塑化与型坯的形成。塑料熔融质量的好坏受熔融温度和压力波动的影响。由于塑化不完全、熔融温度过高或过低、挤出不稳定引起挤出量的波动，使型坯的尺寸也有一定的波动；过滤网被杂物堵塞以使压力增加，挤出量降低，影响型坯质量；型坯是由口模制成的，型坯出现问题首先检查口模结构的合理性并且进行调节，温度设定是否合理，加热装置是否有问题；吹塑过程冷却水的温度设定非常重要，直接影响着容器的冷却速率；吹胀空气是否符合要求，排气系统是否通畅等。

⑧在挤出吹塑生产线中，型坯机头是一个昂贵、精密的部件。在拆卸和清洗过程中要特别小心。在切断加热电源时，所有的热电偶连线应当小心移开。停机后方可进行拆卸并立刻用软铜器具进行清理以防熔料粘附于机头流道表面。

⑨安装时，机头温度达到通常操作范围时，机头螺栓应刚好拧紧。

⑩如果机头被拆卸后存放，流道表面应该涂上一层保护层，并且要特别小心防止损坏各个部件。

5) 聚乙烯桶的表面处理。由聚乙烯所吹塑的容器用来盛装汽油、涂料稀释剂、清洁剂等液体时，需要满足防渗漏或防潮的要求。通过对容器表面处理形成防渗漏和防潮的隔离层。对容器表面进行氟化表面处理可提供汽油防漏层，该防漏层是由氟与聚乙烯反应产生，在容器表面形成很薄的（20~40nm）氟碳层。

氟碳层的形成，一种方法是在吹塑时将氟作为吹胀气体的一部分，防漏层只产生于容器的内表面；另一种方法是后处理，要求将容器放于充满氟的密室内，其防漏层均在容器的外表面。

这种扁桶不适应在较高温度下灌装，灌装后容易发生鼓胀现象。方形扁桶鼓胀比圆形的要大，不仅影响体积，也使标签褶皱，降低纵向强度以及螺纹的强度。

6) 聚乙烯废旧瓶桶的回收技术。聚乙烯废旧瓶桶的回收方法通常有以下两种：

①化学处理。它是经过化学处理后变成单体，然后当作燃料加以利用。其过程是将废旧塑料经过热分解炉把塑料成分变成可燃性气体，通过旋风分离器、气体净化器、电集尘器等，把其中的固体微粒清除掉，将这些气体送往气罐积存起来备用。废旧塑料经

处理后所得燃物产生的热量是相当大的,平均每千克塑料所具有的能量大约等于9000kcal (1cal=4.1868J)左右。干馏分解法与碳化法都是在无氧状态下加热处理,由于不使用氧气,尽管温度很高,碳或氢均不燃烧,所以甲烷、乙烯和氢等气体可以重新利用。这种方法不但装置简单,而且有不发生二次公害的优点,是未来塑料处理技术的有效补充方法。

②PE 瓶桶废弃物的熔融再生。废旧瓶桶的物理处理,即废旧塑料熔融再生处理。从废弃 PE 瓶桶的来源可分为两类:

一类是由加工厂的边角料或废品等清洁的废弃物,这种回收单纯再生容易,可以与新料按一定比例掺混在一起重新使用,如图 2-23 所示,此外这种回收的粒料性能较好,塑料制品的质量也较高。

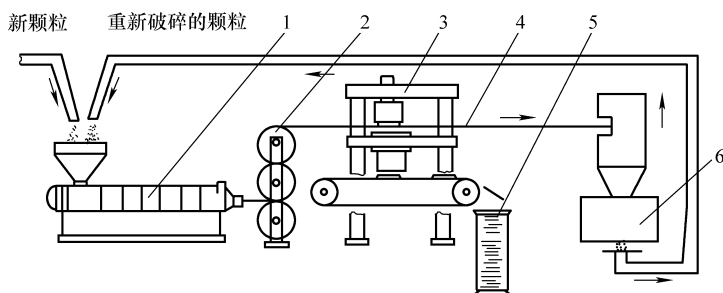


图 2-23 PE 片材挤出机组与边角料回收系统

1—挤出机 2—压光机 3—冲切机 4—废边 5—坯料 6—破碎机

另一类是经过使用后粘有各种污染物以及混杂在一起的各种塑料制品,需要将废旧塑料经过分离、切割、清洗、干燥、造粒等一系列的物理处理。将 PE 瓶桶废弃物通过净化、重新加热熔融造粒回收利用。这种回收复杂再生困难,所制备的粒料只能制造性能要求不高的塑料制品。

废旧的 PE 瓶桶通常在不同程度上沾染有油污、垃圾、泥沙等,这些杂质会严重影响回收再生制品的质量。因此,必须对废旧 PE 瓶桶进行清洗。清洗的方法有手工清洗和机械清洗。

a. 手工清洗与干燥。手工清洗要根据 PE 瓶桶的污染程度决定具体的清洗方法。一般废旧 PE 瓶桶的清洗过程为:温碱水清洗(去油污)→刷洗→冷清水漂洗→晒干。包装有毒的 PE 瓶的清洗过程为:石灰水清洗(中和去毒)→刷洗→冷清水漂洗→晒干。

b. 机械清洗与干燥。机械清洗分为间歇式和连续式两种。间歇式是先将废旧的 PE 瓶桶放在装有热的碱水溶液的容器中浸泡一定时间,然后通过机械搅拌使瓶桶彼此摩擦和撞击,以达到除去污物的目的。连续式是将废旧的 PE 瓶桶切碎连续喂入,清洗后连续排出,如图 2-24 所示。

废旧油瓶桶的回收与新生容器的制成。随着回收技术的发展,一些废旧的油瓶桶通过切碎、清洗、干燥、混合、排油等程序处理后,送入双排气挤出机进行两次排气,熔料内的含气量大大降低,保证了新生容器的质量,如图 2-25 所示。

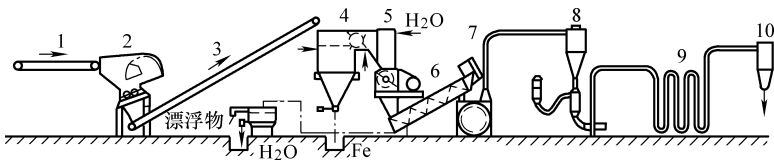


图 2-24 废旧 PE 瓶桶切碎、清洗、干燥回收废料过程

- 1—废旧瓶桶喂料机 2—切碎机 3—输送机 4—分离装置
5—湿成粒机 6—脱水螺旋带 7—机械驱动装置
8—旋风分离器 9—热风干燥装置 10—料仓

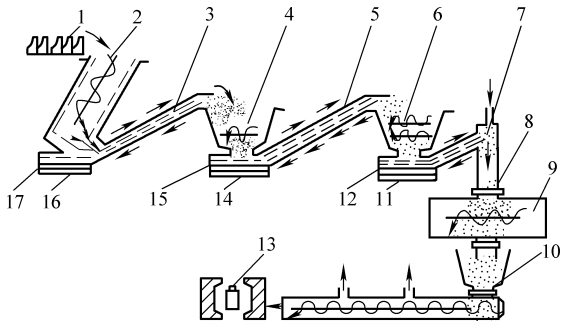


图 2-25 废旧油瓶桶回收料重新成型新容器的生产过程

- 1—废旧油瓶桶 2—热空气离心机 3—热空气输送器 4—破碎机
5—热空气输送器 6—摩擦器 7—混合吸油装置 8—磁体
9—混合器 10—双排气挤出机 11、14、16—排出油装置
12、15、17—填充物 13—新瓶

(3) 多层油箱的吹塑成型 塑料燃油箱的应用可以减轻车辆自身质量，降低能耗，降低成本，提高安全性和耐久性。重点多层油箱（见图 2-26）是具有较好防渗性的汽车用多层油箱。所谓重点多层是就油箱结构而言，重点的部位即油箱的主体采用多层材料，而非重点部位采用单层结构，其层次结构（见图 2-27）为单层（HDPE）/多层（HDPE/粘合剂/PA/粘合剂/HDPE）/单层（HDPE）。具有这种结构的燃油箱有如下特点：

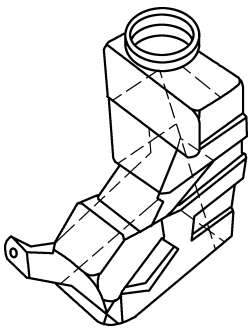


图 2-26 重点多层油箱示意

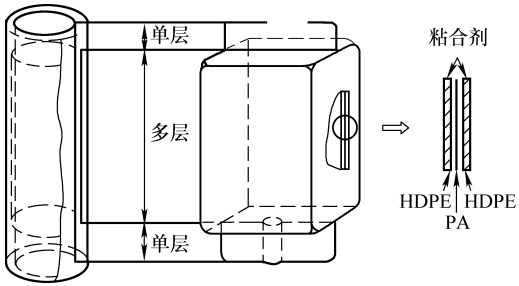


图 2-27 多层油箱的层次分布示意

1) 主体为多层结构,因而具有较好的防渗性。

2) 上下部接缝处为单层,一方面,可具有较好的接缝强度,另一方面,在不会影响油箱防渗性的同时,又可以节省高阻材料,从而降低油箱的成本。

3) 高阻隔材料(PA6)用量减少还有利于飞边、不合格品的回收利用。

4) 顺序成型可使用各种挤出机,能分别设定适合本设备材料的加热温度,既满足塑化要求又可降低型坯温度,缩短吹塑成型周期。

用来制造这种高阻隔性能容器的方法有好多种,如共挤出吹塑法、容器表面化学处理、拉伸吹塑、共混聚合物的挤出吹塑、涂覆等方法,其中共挤出吹塑技术的应用最为广泛。

1) 选材。多层材料的选择是依据容器的性能(如阻隔性、力学性能)及成本进行综合平衡加以选择的。

多层容器的基本结构为基层、粘合层、隔离层。

①基层。层厚度较大,在各层树脂中基层树脂的价格较低,应根据容器的需要选择树脂,一般选用 HDPE 树脂。

②隔离层。在塑料容器中,被称为阻隔性的聚合物是对氧表面表现出很高阻隔性能的聚合物,使它们单独使用时能够保护商品,使其超过固有货架寿命的聚合物。

隔离层一般选用 PA6 作为中间层,树脂牌号为 2030AK,生产厂家是日本三菱化成工业公司。

尼龙在熔融状态下的热稳定性较好,其边角料可回收利用,若回收料在成型以前干燥,加入量可达 30%,并不会影响制品的性能。

③粘合层。在共挤出时,若基层材料与功能层材料粘合不良,易在多层容器的层间产生剥离现象。这时需要在两个不相粘合的层间增加粘接层,选用粘合剂作为粘合层。

复合容器的各种材料之间要有基本的相容性及不同组分间要有尽可能相似的热性能和流动性能。一般不同原料之间的粘度比最好不大于 3:1,另外,由于各种树脂的收缩率不同,为了防止时效变化,应选择收缩率相近的树脂。

2) 设备及模具。挤出吹塑成型设备包括挤出机(两台以上)、机头、锁模装置、模具等,它与挤出一吹塑成型设备相比除机头、挤出系统以外基本相似。

①共挤出系统。共挤出系统包括两台以上的挤出机及输料管。

a. 挤出机。主要作用是提供稳定而均匀的熔体流,以保证各层厚度的均匀分布,挤出机常采用计量加料器,控制进入挤出机的物料量,另外,采用高精度输出熔体泵,提高熔体的稳定性。

b. 输料管。输料管将挤出机与机头连接,使各台挤出机挤出的熔体连接、稳定地输进机头。

②共挤出机头。多层吹塑成型采用带储料缸的共挤出机头,与其他储料缸共挤出机头不同之处在于,基层(HDPE)熔体流道中央设有环状的模芯环,如图 2-28 所示,由环形活

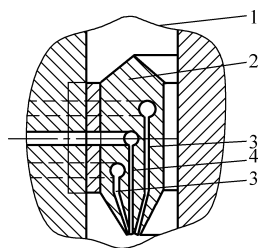


图 2-28 环状的模芯环

1—基层(HDPE)储料缸

2—支架 3—粘合层

4—阻渗层

塞压出的 HDPE 熔体，由模芯环分为两股，在模芯环的下部汇合；在模芯环的内部，从外侧起粘合层/PA6/粘合层的次序成三层汇合，然后再从 HDPE 的中间挤出，形成五层结构的型坯。

3) 成型加工过程。重点多层油箱的生产工艺过程基本上与吹塑成型过程相同，主要区别在于型坯的顺序共挤出过程，如图 2-29 所示。

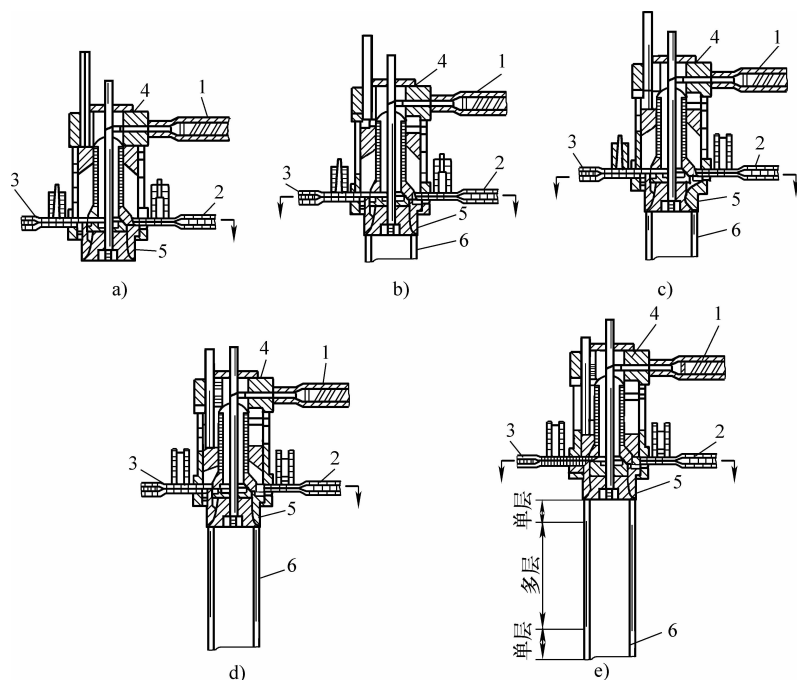


图 2-29 重点多层油箱的型坯成型过程

a) HDPE、PA 粘合剂的储料及计量 b) 开始压出 HDPE c) 开始压出粘合剂、PA6
d) 停止压出粘合剂、PA6 e) 停止压出 HDPE

1—HDPE 挤出机 2—胶黏剂挤出机 3—PA 挤出机 4—储料缸 5—口模 6—型坯

①储料及计量。储料及计量如图 2-29a 所示，将基层、粘合层、隔离层材料，分别加入各台挤出机，并在挤出机内熔融、塑化、混炼、再分别挤入储料缸，当粘合剂、PA 达到了预设当量，各台挤出机停止挤出。

②压出 HDPE。当 HDPE 储料缸达到了预设定的储料量，开始压出 HDPE，如图 2-29b 所示，成单层型坯。

③压出粘合剂、PA6，如图 2-29c 所示。当 HDPE 的压出量达到预先设定的位置（长度）时，就开始压出粘合剂、PA6，并按设定的顺序，形成五层型坯。

④停止压出粘合剂、PA6，如图 2-29d 所示。当 HDPE 的压出位置达到设定位置时，先停止压出 PA6，后停止压出胶合剂，型坯内切断了 PA6 及粘合剂的供给，压出的型坯为单层 HDPE 型坯。

⑤停止压出 HDPE，如图 2-29e 所示。这时，型坯已达到预设定的长度，完成一个顺序的压出型坯过程。接着按照下一个顺序，依次压出单层/多层/单层型坯。型坯的多

层部分成型油箱的主体，型坯的单层部分成型油箱的缝脊。

(4) 超大型中空吹塑托盘的吹塑成型

1) 原材料。超高相对分子质量聚乙烯（重均相对分子质量 35 ~ 60 万，中空吹塑料）

2) 主要设备。IPB-2000C 超大型中空成型机，其主要参数及技术特点如下：

①挤出机

直径	150mm	电动机功率	150kW
长径比	25:1	加热功率	75kW

②机头

储料量	100L	口模最小直径	350mm
口模最大直径	850mm	加热功率	90kW

③成型机

模板尺寸（宽×高）	1.8m×2.5m
合模力	2500kN
模板间距	300mm×2400mm

④液压系统

电动机功率	125kW
主油箱储油量	3500L

⑤技术特点。挤出机塑化能力强，特别适用于挤出超高相对分子质量聚乙烯；采用高级可编程控制器进行动作控制，实现自动化操作；自动型坯控制装置采用 MOOG 公司的电液伺服控制系统，稳定可靠；配有全自动上料、配料系统，能自动完成上料、配料、混合等工作。

3) 吹塑成型工艺

①吹塑成型工艺流程。工艺流程如图 2-30 所示。

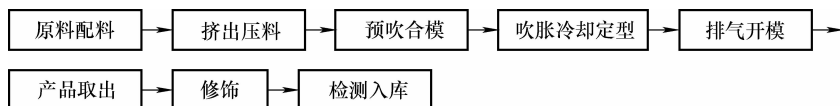


图 2-30 超大型中空吹塑托盘工艺流程

②吹塑成型工艺参数

主泵压力 p_1	12 ~ 18MPa
伺服液压泵压力 p_2	12 ~ 18MPa
压缩空气压力 p_3	0.5 ~ 0.7MPa
循环水压力 p_4	0.3 ~ 0.4MPa
油温 T_1	25 ~ 55℃
循环水温度 T_2	20 ~ 35℃
模具冷却水温度 T_3	7 ~ 18℃

③吹塑成型温度（见表 2-138）

表 2-138 吹塑成型温度

项 目		1	2	3	4	5
设定值/℃	机头	220	220	230	230	235
	机身	170	180	200	215	235
实际值/℃	机头	225	225	235	235	237
	机身	175	185	210	217	225

④树脂温度与压力。树脂温度为 175 ~ 200℃；树脂压力为 25 ~ 45MPa。

⑤主电动机转速为 15 ~ 35r/min。

⑥产品生产周期为 6 ~ 15min。

4) 产品检测

①塑料托盘型号、载荷及外形尺寸（见表 2-139）。

表 2-139 塑料托盘型号、载荷及外形尺寸

型号	长 × 宽 × 高 /mm × mm × mm	静载荷 /kN	动载荷 /kN	型号	长 × 宽 × 高 /mm × mm × mm	静载荷 /kN	动载荷 /kN
1210	1200 × 1000 × 150	30	10	1008	1000 × 850 × 150	30	10
1212	1200 × 1200 × 150	30	10	1208-1	1200 × 850 × 150	30	10
1412-1	1400 × 1200 × 150	30	10	1208-2	1250 × 850 × 150	30	10
1412-2	1450 × 1200 × 150	30	10	1813	1800 × 1300 × 150	30	10

注：表中型号产品均系参照日本标准生产。

②产品检测与试验。塑料托盘出模后经过修除飞边并计量，然后，平放在通风的场地上，可叠放到 15 个左右，待 24h 完全定型后，叉孔部分再进行机械修整并进行抽样检测。

主要测试项目如表 2-140 所列。

表 2-140 主要测试项目

测试项目名称	测 试 条 件	测 试 结 果
角部跌落试验	0.5m, - 25℃, 40℃, 48h	五次不损坏
滑动试验	16℃, - 25℃, 40℃, 48h	无滑动现象
挠曲率≤1%	弯曲试验	(12500 ± 375) N

(5) LDPE 球的吹塑成型 各种球类活动是人们喜爱的体育运动，而各种塑料球以它们的价廉、适用和耐久性的特点，替代了许多皮革、羽毛制的球。一般塑料球采用吹胀模进行生产。塑料球的原料选用低密度聚乙烯，中空级。适当掺入高密度聚乙烯 5% ~ 15%（质量分数），用以增强制品的物理性能，调整原料的流动性。

1) 主要设备

①挤出机。单色球选用螺杆直径为 45mm 左右的挤出机即可。双色球选用两台螺杆直径为 45mm 左右的挤出机。长径比为 20:1, 压缩比大致为 (2~4):1。

②机头。采用转角机头, 机头内流道有较大的压缩比, 口模部分有较大的定型模。

③模具。中空球模具一般用铸铝制成, 夹口嵌件用优质钢经热处理制成, 型腔经喷砂处理。

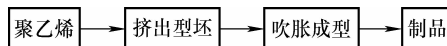


图 2-31 塑料球生产工艺流程

2) 成型工艺

①生产工艺流程。塑料球生产工艺流程

见图 2-31。

②工艺参数。按工艺条件, 首先将挤出机料筒和机头加温, 达到要求后, 将原料和颜料搅拌均匀投入挤出机料斗, 起动挤出机, 物料经塑化从机头挤出壁厚均匀、光滑管状的型坯。型坯挤够长度时, 辅机立刻起动、合模, 模具的上下口把管坯夹在模具中, 模具上方的割刀把管坯切断, 并迅速退回原位。模具夹着管坯移到定位, 气针通过模具插入管坯中, 压缩空气通过气针将管坯吹胀, 断气退回气针, 熔融料密封针孔痕迹, 开模取出制品。制品出模后, 加以修整即可装箱。

双色球的生产工艺是采用两台分别装有不同颜色原料的挤出机, 共用一个机头同时挤出。通过该特殊机头, 即可得到直纹、双色、壁厚均匀的型坯, 用经合模吹胀而成。

在吹塑成型过程中, 应注意对挤出机料筒、机头和模具的温度控制。温度过高或过低都不能得到合格制品, 甚至无法正常生产。料筒三段温度分别控制在 110~120℃、130~140℃和 140~150℃, 机头温度控制在 140~150℃和 150~160℃, 模具温度控制在 4~20℃, 吹胀比为 1:(2~4), 吹胀压力为 0.2~0.69MPa。

(6) 聚乙烯痰盂的吹塑成型

1) 原材料与配方 (见表 2-141 和表 2-142)。

表 2-141 选用原料牌号性能

项 目	LLDPE	LDPE	HDPE
生产厂家	加拿大 Novacro Chemicals Ltd	燕山石油化学总公司 前进化工厂	美国 Allied Chemical Co
牌号	GF-0218E	112A-1	AA60-007
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	0.918	0.921	0.960
MFR/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	2	2	0.7

表 2-142 共混物配方 (质量份)

配方	LLDPE	LDPE	HDPE	配方	LLDPE	LDPE	HDPE
1	0	40	60	4	50	20	30
2	10	60	30	5	70	0	30
3	30	40	30	6	100	0	0

注: 1 号配方需先挤出造粒。

2) 主要设备

- ①高速搅拌机。
- ②挤出机 SJ65 × 25F，上海挤出机械厂。
- ③模具为痰盂模具。

3) 吹塑成型工艺

①工艺流程。按配方称量，在高速搅拌机中充分混合约 2min 后挤出型坯吹胀成型，见图 2-32。

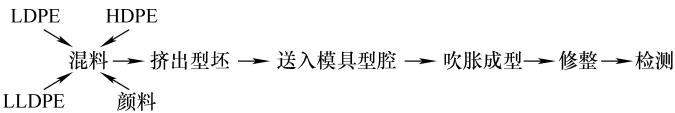


图 2-32 吹塑制品工艺流程

②工艺条件

机身温度		模具	
加料段	(130 ± 5)℃	螺杆转速	30 ~ 50r/min
压缩段	(150 ± 5)℃	压缩空气压力	0.4 ~ 0.7MPa
均化段	(160 ± 5)℃	吹气时间	15 ~ 20s
机头	(140 ± 5)℃	冷却时间	0 ~ 5s
口模	(115 ± 5)℃	成型周期	50 ~ 60s

另外在成型中发现，加入 LLDPE 的各配方，机头温度均低于 1 号配方 15 ~ 20℃。

四、聚乙烯模压成型

1. 聚乙烯切菜板

聚乙烯切菜板是用模压工艺加工而成，等厚、双面布满等距网花纹。

(1) 主要原材料 制造切菜板的主要原料是符合卫生要求的、按照一定比例配制而成的高、低密度聚乙烯混合料，并添加少量的有关助剂。

(2) 主要设备 SK-160 型开炼机，200t 以上的液压机。

(3) 制备工艺

1) 生产工艺流程。PE 切菜板生产工艺流程如图 2-33 所示。

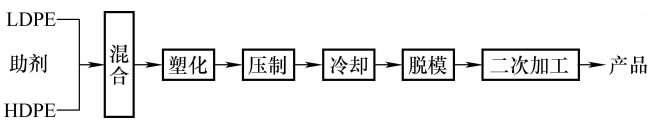


图 2-33 PE 切菜板生产工艺流程

2) 生产工艺。首先将高、低压聚乙烯按照一定比例混合后，加入少量有关助剂，在开炼机上进行塑炼，然后立即在 200t 压力机上模压而成。模压工艺参数如下：工作压力为 29.4MPa，模压温度为 50 ~ 60℃，模压 6 ~ 7min。

2. 超高相对分子质量聚乙烯滤板

(1) 选材

- 1) 超高相对分子质量聚乙烯 (UHMWPE): M-II, 北京助剂二厂生产。
- 2) 填充剂: 无机类, 市售。
- 3) 硅烷类偶联剂: 南京化工一厂生产。

(2) 主要设备与模具

- 1) 主要设备。1000t 四柱式压力机 (青岛橡胶机械厂生产)、搅拌机、水泵等。

2) 模具。压滤机滤板种类较多, 用量较大的是 $1500\text{mm} \times 1500\text{mm} \times 60\text{mm}$ 规格的滤板。因制件大, 只能采用传统的成型方法——烧结压铸法制作, 使用的模具也大, 故采用铸钢制作模具毛坯。为了使制品出模方便, 模具结构 (见图 2-34) 设计成三部分, 由上模、中模和下模组成。

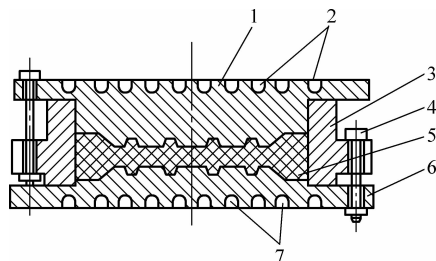


图 2-34 滤板模具结构

1—上模 2—加热槽 3—中模 4—开模
螺栓 5—滤板 6—下模 7—冷却槽

通常, 模具加热方式有油加热、蒸汽加热、电加热三种。考虑到生产成本, 故采用投资少的电加热方式加热。模具的加热功率要适当, 若功率太小, 则加热速度慢, 影响产量; 功率过大, 易出现温度分布不均、局部过热现象, 影响产品质量。因此, 一般按模具面积 $1.0 \sim 1.2\text{W}/\text{cm}^2$ 计算所需功率。模具冷却采用水冷, 冷却水槽和加热槽相互交替排列, 此外, 设计模具时必须考虑制品的收缩率, 收缩率的大小与材料性质、添加剂比例、冷却温度和压力大小等因素有关。

(3) 制备工艺

- 1) 工艺流程。工艺流程见图 2-35 所示。

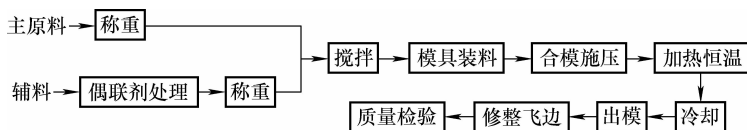


图 2-35 UHMWPE 滤板工艺流程图

2) 混料。把 UHMWPE 料和经硅烷偶联剂处理的填料等辅料, 按一定比例、数量装入搅拌机中搅拌 $3 \sim 5\text{min}$ 即可。

3) 装料、合模。装料前, 要对模具喷洒脱模剂, 否则制品会因粘模而造成出模困难, 且易出次品。脱模剂以选用硅油类为宜。然后将混好的料装入模具内, 合模, 施加 $0.8 \sim 1.2\text{MPa}$ 的压力, 以利于排出制品中的气体, 提高产品质量。

4) 加热及保温。合模、施压后, 给模具加热, 当温度升高至 $(200 \pm 3)^\circ\text{C}$ (见图 2-36) 时, 保持恒温 30min , 然后开始冷却, 同时将压力升至 $2.6 \sim 3.0\text{MPa}$ 。对于恒温时间, 一般视加热时间而定, 若加热时间短, 则恒温时间要相应延长些。

5) 冷却、出模。如图 2-36 所示, 当冷却到 $(65 \pm 6)^\circ\text{C}$ 时, 即停止冷却, 开模取出

制品，修整飞边。至此，完成一块滤板的生产。

(4) 影响滤板加工质量的因素

1) 加工方法对制品的影响。UHMWPE 在其成型加工过程中尺寸不稳定一直困扰着加工者与使用者，多数制品都是先生产毛坯，再进行二次机械加工，特别是大型的复杂制品更是如此。通过长期探索、研究，终于掌握了大型烧结压铸件的制备、加工工艺，在国内首先实现大型复杂制品一次成型而不需二次加工。

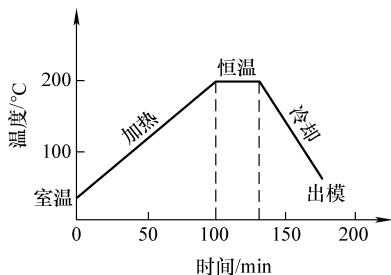


图 2-36 UHMWPE 滤板加热冷却曲线

2) 填料对制品收缩率等性能的影响。由于 UHMWPE 的分子链长，使其在加热、冷却过程中有不稳定的、较大的收缩率，有时高达 5%，远远超过其他塑料。为了减少其模塑收缩率，现已通过添加经硅烷类偶联剂处理的多孔性无机物（其粒度 $59 \sim 82 \mu\text{m}$ ）来增加其空间位阻，以控制 UHMWPE 制品的收缩，从而使其收缩率降至 1.2% 左右。由于 UHMWPE 是典型的非极性材料，其表面光滑，与其他物质亲和力小，很难结合到一起。因此无机填料必须用偶联剂处理，而且采用多孔性无机填料最理想，这是因为多孔的无机填料颗粒表面积较大，经偶联剂处理后，与 UHMWPE 的接触面积增大，因此结合强度得到大幅度提高。

填料的比例要适当，填充的比例太小，对控制收缩率及改善制品的性能影响不大；填充的比例过大，会使材料的流动性变差而影响制品的成型加工甚至出现次品。对于滤板，填料用量控制在 20% 左右较理想。加入填料的制品硬度由 28 ~ 32HR 提高到 45 ~ 52HR，而且其强度、刚度等性能也都有所改善。

3) 工艺条件对制品性能的影响。工艺条件亦是影响制品性能的关键因素，特别是冷却过程与冷却程度、压力大小直接关系到制品的尺寸稳定性。

滤板是一种具有特殊结构的制品，边框厚、中间薄，并且边框厚度要求严格，为 $(60 \pm 0.5) \text{mm}$ 。因此，采用在冷却过程中先冷边框后冷中间的冷却方法，让边框先于中间部分变硬，当中间部分开始冷却时边框已基本冷却，这样，中间部分的冷却收缩已无法拉动边框，从而使中间部分张紧，制品得以规整。另外，冷却过程中压力的大小也要适当。采取这些措施后不仅使制品的边框厚度精度得到保证，而且也能确保制品的平面度，更主要的是使制品的长、宽尺寸 $(1500 \pm 2) \text{mm}$ 得到保证。

3. 超高相对分子质量聚乙烯人工髌白

(1) 选材与配方设计 选用北京助剂二厂生产的 UHMWPE 与北京化工三厂生产的抗氧剂 7910，配比为 $(99.5 \sim 99.2) : (0.5 \sim 0.8)$ 。

(2) 主要设备与成型模具

1) 压机。普通模压成型机。

2) 模具。根据人工髌白结构或尺寸设计和制造的钢制模具。

(3) 制备工艺

1) 工艺流程。采用压制—烧结—压制成型工艺，工艺流程如图 2-37 所示。

2) 制备过程 把抗氧剂按 0.5% ~ 0.8% 的比例 (质量分数) 和 UHMWPE 混合均匀后, 称量配好的混合料装到喷洒好脱模剂的模具中。合模置于压机上加压至 20 ~ 30MPa, 保压 60s 左右, 取出模具放到烘箱中

加热至 200℃ 左右, 加热时间视试样的厚度而定。再把模具取出放到压力机上加压冷却, 压力大小按制品的受力大小考虑, 一般为 60

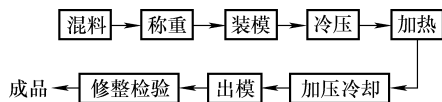


图 2-37 成型工艺流程图

~80MPa。待模具冷却到 65℃ 左右时, 打开模具取出制品, 便完成了一个制品的加工。

(4) 模压成型髌臼与机械加工成型髌臼的比较

- 1) 模压成型的 UHMWPE 髌臼比机械加工的髌臼摩擦因数平均小 10% 左右。
- 2) 模压成型的 UHMWPE 髌臼比机械加工的髌臼更耐磨损, 磨损量约低 20%。
- 3) 在生理盐水润滑下摩擦时, 模压髌臼比机械加工髌臼的摩擦因数小 17% 左右。
- 4) 模压成型的髌臼比机械加工成型的髌臼综合性能好, 但成品率低。

第三章 聚 丙 烯

聚丙烯（PP）系采用齐格勒-纳塔催化剂使丙烯催化聚合而得，它是分子链节排列得很规整的结晶形等规聚合物。聚合工艺生产方法有：溶剂聚合法（淤浆法）、液相本体聚合法、气相本体聚合法和溶液聚合法四种。但主要是以溶剂聚合法（淤浆法）为主，其等规度在 95% 以上，相对分子质量约 8 ~ 15 万。

聚丙烯是通用塑料中的后起之秀。自 1957 年在意大利首次实现工业化生产以来，发展速度一直居于各种塑料之首，产量仅次于聚乙烯、聚氯乙烯和聚苯乙烯居第四位。由于原料来源丰富，价格便宜，性能优良，用途广泛，目前发展速度仍然是通用塑料中最快的，也是工程化程度较高的通用塑料品种。

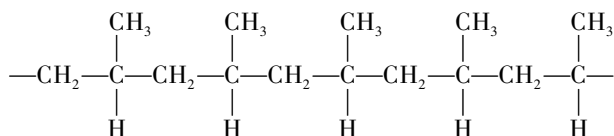
第一节 主要品种与性能

一、基本特性

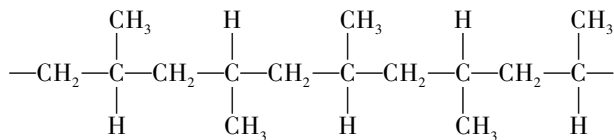
1. 聚丙烯的结构及分类

由于丙烯聚合时使用的催化剂不同，制得聚丙烯的分子结构也不同。按甲基在空间的排列方式不同，就形成了三种不同立体结构的丙烯：等规、间规和无规聚丙烯。

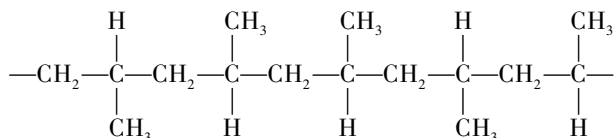
甲基都排列在由主链构成的平面一侧的称为等规聚丙烯，其结构可简单表示如下：



甲基交替排列在由主链构成的平面两侧的称为间规聚丙烯，简单结构如下：



甲基沿着主链构成的平面两侧无规则排列的称为无规聚丙烯，简单结构如下所示：



只有采用特殊的催化剂才能制得等规或间规聚丙烯，这种聚合方法称为定向聚合。由于等规和间规聚丙烯分子排列很规整，很容易结晶。等规聚丙烯具有高结晶度（60%左右）、高韧性和高熔点（168 ~ 171℃）等特点。无规聚丙烯分子排列缺乏规整

性，不能结晶，在玻璃化温度 T_g 以下是一种无定形类似橡胶的聚合物。工业用的等规聚丙烯一般等规度为 90% ~ 95%，相对分子质量在 8 万以上。

2. 主要性能

(1) 物理性能 聚丙烯为无毒、无臭、无味的乳白色高结晶的聚合物，密度只有 $0.90 \sim 0.91 \text{ g/cm}^3$ ，是目前所有塑料中最轻的品种之一。它对水特别稳定，在水中 24h 的吸水率仅为 0.01%，相对分子质量约 8 ~ 15 万。成型性好，但因收缩率大（1% ~ 2.5%），厚壁制品易凹陷，对一些尺寸精度较高零件，还难于达到要求。制品表面光泽好，易于着色。

(2) 力学性能 聚丙烯的结晶性高，结构规整，因而具有优良的力学性能，其屈服、拉伸、压缩强度和硬度、弹性等都比 HDPE 高，但在室温及低温下，由于本身的分子结构规整度高，所以冲击强度较差，相对分子质量增大时，冲击强度也随之增大，但成型加工性能变差。聚丙烯有突出的抗弯曲疲劳强度，如用聚丙烯注塑一体活动铰链，能承受 7×10^7 次开闭的折迭弯曲而无损坏痕迹，它的耐摩擦性能也较好，其摩擦因数与尼龙相似，但在油润滑时，其摩擦性能显然不如尼龙，聚丙烯只能用来制作不受冲击载荷的齿轮和轴承。在表面效应方面，如在其制品表面压花、雕刻等，则比任何其他热塑性塑料都容易。聚丙烯制品对缺口特别敏感，因此在设计模具时必须注意避免尖角存在，否则会容易产生应力集中，影响产品的使用寿命。

(3) 热性能 聚丙烯具有良好的耐热性，它熔点为 $164 \sim 170^\circ\text{C}$ ，制品能在 100°C 以上的温度进行消毒灭菌。在不受外力作用时， 150°C 也不变形，在 90°C 的抗应力松弛性能良好，它的脆化温度为 -35°C ，在低于 -35°C 的温度下会发生脆裂，耐寒性不如聚乙烯，若用石棉纤维和玻璃纤维增强后，有较高的热变形温度、尺寸稳定性和低温冲击性能。

(4) 化学稳定性 聚丙烯的化学稳定性很好，除能被浓硫酸及硝酸侵蚀外，对其他各种化学试剂都比较稳定，但是低相对分子质量的脂肪烃、芳香烃和氯化烃等能使聚丙烯软化和溶胀，同时它的化学稳定性随结晶度的增加还有所提高。所以，适合于制作各种化工管道和配件，防腐效果良好。

(5) 电性能 聚丙烯的高频绝缘性能优良，由于它几乎不吸水，故绝缘性能不受湿度的影响。它有一定的介电常数，且随温度上升，可以用来制作受热的电气绝缘制品，它的击穿电压也很高，适合用作电气配件等。抗电压、耐电弧性好，但静电度高，与铜接触易老化。

(6) 耐候性 聚丙烯对紫外线很敏感，加入氧化锌、硫代丙酸二月桂酯、炭黑或类似的乳白填料等则可改善其耐老化性能。等规聚丙烯的性能见表 3-1。

表 3-1 等规聚丙烯的性能

项 目	数 值	项 目	数 值
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	0.90 ~ 0.91	洛氏硬度 HR	95 ~ 105
吸水率 (%)	0.03 ~ 0.04	热变形温度/ $^\circ\text{C}$ (1.86MPa)	56 ~ 67
成型收缩率 (%)	1.0 ~ 2.0	(0.46MPa)	100 ~ 116

(续)

项 目	数 值	项 目	数 值
拉伸强度/MPa	30.0 ~ 39.0	脆性温度/℃	-35
伸长率 (%)	>200	相对介电常数 (10 ⁶ Hz)	2.0 ~ 2.6
弯曲强度/MPa	42.0 ~ 56.0	击穿强度/kV · mm ⁻¹	30
冲击强度/kJ · m ⁻² (缺口)	2.2 ~ 2.5	介电损耗角正切	0.001
压缩强度/MPa	39.0 ~ 56.0	耐电弧性/s	125 ~ 185

3. 聚丙烯国家标准 (GB 12670—1990)

GB/T 12670—2008 标准牌号与企业牌号对照表见表 3-2, 其综合性能见表 3-3。

表 3-2 聚丙烯树脂标准牌号与企业牌号对照表 (参考件)

类 别	序号	国标牌号	企业商品名	类 别	序号	国标牌号	企业商品名
注塑类	1	PP H-M-012	1300	挤出平膜类	12	PP H-F-012	2400
	2	PP H-M-022	1400	绳索丝类	13	PP H-L-022	5203
	3	PP H-M-022-A	S ₂	吹塑薄膜类	14	PP H-I-105	2600
	4	PP H-M-045	1500、4016	涂覆类	15	PP H-H-300	70126
	5	PP H-M-075	1600		16	PP H-YL-022	3402
	6	PP H-M-105	1700		17	PP H-YL-045	3502
	7	PP B-MP-012	1330		18	PP H-YL-075	3602
挤出扁丝类	8	PP H-T-022	2401、F401	纺丝类	19	PP H-YL-140	3702、5028S ₂
	9	PP H-T-045	2501、F501、5004		20	PP H-YL-180	70218
	10	PP H-T-045-A	D ₄		21	PP H-YL-300	70226
	11	PP H-TL-045	50404		22	PP H-YL-300-A	70835

表 3-3 聚丙烯树脂的综合性能

性 能		ASTM 测试法	聚 丙 烯			
			均聚物	共聚物	40% 滑石粉 填充的 均聚物	40% 碳酸钙 填充的 均聚物
加工性能	熔融温度/℃		168	160 ~ 168	158 ~ 168	168
	加工温度/℃ (C = 模压; T = 传递模塑; I = 注射; E = 挤出)		I: 204 ~ 288 E: 204 ~ 260	I: 204 ~ 288 E: 204 ~ 260	I: 210 ~ 288	I: 190 ~ 232
	模塑压力/MPa		70.0 ~ 140.0	70.0 ~ 140.0	70.0 ~ 140.0	56.0 ~ 98.0
	压缩比		2.0 ~ 2.4	2.0 ~ 2.4		
	收缩率/cm · cm ⁻¹	D955	0.010 ~ 0.025	0.020 ~ 0.025	0.008 ~ 0.015	0.007 ~ 0.014
力学性能	拉伸断裂强度/MPa	D638	31.5 ~ 42.0	28.0 ~ 38.5	30.1 ~ 35.0	23.8 ~ 24.9
	断裂伸长率 (%)	D638	100 ~ 600	200 ~ 700	3 ~ 8	40 ~ 80
	拉伸屈服强度/MPa	D638	31.5 ~ 37.8	24.5 ~ 30.1	32.2	27.0

(续)

性 能		ASTM 测试法	聚 丙 烯			
			均聚物	共聚物	40% 滑石粉 填充的 均聚物	40% 碳酸钙 填充的 均聚物
力学性能	压缩强度(断裂或屈服)/MPa	D695	38.5 ~ 56.0	24.5 ~ 56.0	52.5	21.0
	弯曲强度(断裂或屈服)/MPa	D790	42.0 ~ 56.0	35.0 ~ 49.0	59.5 ~ 64.4	38.5 ~ 45.5
	拉伸弹性模量/MPa	D638	1.16 ~ 1.58	0.7 ~ 1.19	3.15 ~ 4.03	2.63 ~ 3.15
	压缩弹性模量/MPa	D695	1.05 ~ 2.10			
	弯曲弹性模量/MPa(23℃)	D790	1190 ~ 1750	910 ~ 1400	3150 ~ 4375	2520 ~ 3150
	悬臂梁冲击强度(3.18mm 厚,有缺口的试样)/J · m ⁻²	D256A	21.4 ~ 53.5	53.5 ~ 1070.0	21.4 ~ 32.1	32.1 ~ 53.5
	洛氏硬度 HR	D785	R80 ~ 102	R50 ~ 96	R94 ~ 110	R78 ~ 97
	邵氏硬度 HD	D2240/ D2583				
热性能	线胀系数/×10 ⁻⁶ ℃ ⁻¹	D696	81 ~ 100	68 ~ 95	55 ~ 80	28 ~ 40
物理性能	密度/g · cm ⁻³	D792	0.900 ~ 0.910	0.890 ~ 0.905	1.23 ~ 1.27	1.22 ~ 1.25
	24h 吸水性(3.18mm 厚试样)(%)	D570	0.01 ~ 0.03	0.03	0.01 ~ 0.03	0.02 ~ 0.05
	介电强度(3.18mm 厚试样,短时间)/V · mm ⁻¹	D149	600	600	500	410

性 能		ASTM 测试法	聚 丙 烯		
			40% 玻璃纤维 增强均聚物	EMI 屏蔽(导电): 30% PAN 碳纤维	聚异质 同晶物
加工性能	熔融温度/℃		168	168	120 ~ 135
	加工温度/℃(C = 模压;T = 传递模塑;I = 注射;E = 挤出)		I;260 ~ 288	I;182 ~ 243	I;221 ~ 230
	模塑压力/MPa		70.0 ~ 175.0		7.0 ~ 14.0
	收缩率/cm · cm ⁻¹	D955	0.003 ~ 0.005	0.001 ~ 0.003	0.010 ~ 0.020
力学性能	拉伸断裂强度/MPa	D638	59.5 ~ 105.0	47.0	21.0 ~ 26.6
	断裂伸长率(%)	D638	2 ~ 4	0.5	400 ~ 500
	拉伸屈服强度/MPa	D638			21.0 ~ 23.8
	压缩强度(断裂或屈服)/MPa	D695	62.3 ~ 68.6		
	弯曲强度(断裂或屈服)/MPa	D790	73.5 ~ 154.0	63.0	
	拉伸弹性模量/MPa	D638	7700 ~ 10500	12250	

(续)

性 能		ASTM 测试法	聚 丙 烯		
			40% 玻璃纤维 增强均聚物	EMI 屏蔽(导电): 30% PAN 碳纤维	聚异质 同晶物
力学性能	压缩弹性模量/MPa	D695			
	弯曲弹性模量/MPa(23℃)	D790	6650 ~ 7000	11500	490 ~ 770
	悬臂梁冲击强度(3.18mm 厚,有缺口的试样)/J · m ⁻²	D256A	74.9 ~ 107.0	58.9	91.0 ~ 203.3
	洛氏硬度 HR 肖氏硬度 HS	D785 D2240/ D2583	R102 ~ 111		R50 ~ 85
热性能	线胀系数/×10 ⁻⁶ ℃ ⁻¹	D696	27 ~ 32		83 ~ 100
物理性能	密度/g · cm ⁻³	D792	1.22 ~ 1.23	1.04	0.896 ~ 0.899
	24h 吸水性(3.18mm 厚试样)(%)	D570	0.05 ~ 0.06	0.12	<0.01
	介电强度(3.18mm 厚试样,短时间)/V · mm ⁻¹	D149	500		800

二、国内生产厂家、牌号与性能

1. 上海石油化工总厂塑料厂 PP 性能 (见表 3-4)

表 3-4 上海石油化工总厂塑料厂 PP 性能

项 目		挤 出 类						纺 丝 类								
		PPH-E-003			PPH-E-006			PPB-Q-006			PPH-YL-045			PPH-YL-105		
		优等	一等	合格	优等	一等	合格	优等	一等	合格	优等	一等	合格	优等	一等	合格
熔体质量流动速率/g · (10min) ⁻¹		0.25	0.22	0.18	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.5	5.0	4.0	3.5	10	10	8.5
		~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
		0.35	0.38	0.42	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	7.0	7.0	7.5	14	18	19.5
拉伸屈服强度/MPa ≥		30.9	28.4	27.5	32.3	29.4	28.4	24.5	24.5	23.5	33.8	30.9	28.9	34.3	31.4	29.4
挠曲模量/MPa ≥		1372			1372			1127			1470			1470		
悬臂梁冲击强度/J · m ⁻² (V 型缺口)	23℃ ≥ -20℃ ≥	117.6			68.6			68.6			29.4			24.5		
灰分总量/×10 ⁻⁶ ≤		150	300	400	150	300	400	200	300	500	100	200	300	130	200	300
含氯量/×10 ⁻⁶ ≤		50			50			55			45			45		

(续)

项 目		挤 出 类						纺 丝 类								
		PPH-E-003			PPH-E-006			PPB-Q-006			PPH-YL-045			PPH-YL-105		
		优等	一等	合格	优等	一等	合格	优等	一等	合格	优等	一等	合格	优等	一等	合格
鱼眼 (晶核) /个·m ⁻²	>2.5mm	0			0						0	0	5	0	0	5
	1.5~2.5mm	3			3						3	3	10	0	0	10
	0.7~1.5mm	50			50						50	50	100	10	10	30
	0.2~0.7mm	500			500						500	500	500	500	500	500
等规指数(%) ≥		94.5			94.5						94.5			94.5		
黄色指数 ≤		4			4			4			4			4		
低温脆化温度/℃ ≤								-15								
聚合物类别		均聚物						抗冲型多 相共聚物			共聚物					

项 目		纺 丝 类			纺 织 类			薄 膜 类								
		PPH-YL-225			PPH-LY-425			PPH-F-022			PPH-T-022			PPH-IS-075		
		优等	一等	合格	优等	一等	合格	优等	一等	合格	优等	一等	合格	优等	一等	合格
熔体质量流动速 率/g·(10min) ⁻¹		22 ~ 27	20 ~ 27	16 ~ 34	30 ~ 40	27 ~ 43	22 ~ 48	1.5 ~ 2.0	1.4 ~ 2.2	1.2 ~ 2.4	2.5 ~ 3.5	2.3 ~ 3.7	2.0 ~ 4.0	8.5 ~ 10.0	7.5 ~ 11.5	6 ~ 13
拉 伸 屈 服 强 度/ MPa ≥		34.3	29.4	28.4	34.3	29.4	28.4	32.8	29.4	28.5	33.8	29.4	28.5	32.3	30.4	29.4
挠曲模量/MPa ≥		1470			1470			1372			1421			1323		
悬臂梁冲 击强度/J· m ⁻² (V 型 缺口)	23℃ ≥ -20℃ ≥	19.6			19.6			44.1			34.3			28.4		
灰分总量/×10 ⁻⁶ ≤		100	200	300	100	200	300	130	300	400	130	300	400	130	300	400
含氯量/×10 ⁻⁶ ≤		40			40			50			45			45		
鱼眼 (晶核) /个·m ⁻²	>2.5mm	0	0	5	0	0	5	0			0			0	0	5
	1.5~2.5mm	0	0	10	0	0	10	0			3			0	0	10
	0.7~1.5mm	20	20	50	20	20	50	25			50			5	5	30
	0.2~0.7mm	500	500	500	500	500	500	500			500			300	300	500
等规指数(%) ≥		94			94.5			94.5			94.5			94.5		
黄色指数 ≤		4			4			4			4			4		
聚合物类别		共聚物			均聚物						均聚物					

(续)

项 目		薄 膜 类									注 塑 类					
		PPH-L-075			PPR-I-022			PPR-F-075			PPH-M-140			PPB-M-012		
		优等	一等	合格	优等	一等	合格	优等	一等	合格	优等	一等	合格	优等	一等	合格
熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$		7.0 ~ 10.0	6.0 ~ 10.0	5.0 ~ 11.0	1.5 ~ 2.0	1.4 ~ 2.2	1.2 ~ 2.4	7.0 ~ 10.0	6.5 ~ 11.5	5.5 ~ 12.5	14 ~ 19	12 ~ 20	10 ~ 22	1 ~ 3	1 ~ 3	0.9 ~ 3.1
拉 伸 屈 服 强 度/ MPa ≥		34.3	30.4	29.4	23.5	23.5	22.5	26.5	26.5	25.5	34.3	31.4	29.4	23.5	21.6	20.5
挠曲模量/MPa ≥		1470	—	—	686			980			1417			980		
悬臂梁冲击强度/ $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$ (V 型缺口)	23℃ ≥	29.4	—	—	58.8	19.6	15.7	29.4	7.6	15.7	19.6	19.6	15.7	254.8	19.6	15.7
	-20℃ ≥															
灰分总量/ $\times 10^{-6} \leq$		130	300	400	200	300	400	200	300	400	130	300	500	200	300	500
含氯量/ $\times 10^{-6} \leq$		45	—	—	55	—	—	55			40			55		
鱼眼 (晶核) /个· m^{-2}	>2.5mm	0	0	5	0	0	5	0								
	1.5 ~ 2.5mm	0	0	10	3	3	10	3								
	0.7 ~ 1.5mm	10	10	30	30	30	100	30	—	—	—	—	—	—	—	—
	0.2 ~ 0.7mm	500	500	500	1000	1000	1000	1000								
等规指数(%) ≥		94.5			—			—	94	—	—			—		
黄色指数 ≤		4			4			4	4	4	4			4		
雾度(%) ≤		—			—			2	2	5	—			—		
光泽度(%) ≥		—			—			86	88	80	—			—		
摩擦因数 ≤		—			—			0.4	0.4	—	—			—		
项 目		注 塑 类														
		PPB-M-045			PPB-M-075			PPB-M-140			PPB-MP-012					
		优等	一等	合格	优等	一等	合格	优等	一等	合格	优等	一等	合格			
聚合物类别		均聚物			无规共聚物			均聚物			抗冲型多相共聚物					
熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$		2.5 ~ 4.5	2.5 ~ 5.0	2.0 ~ 5.0	6 ~ 8	5.2 ~ 8.8	4.2 ~ 9.8	11 ~ 15	9.8 ~ 16.2	8.1 ~ 17.9	1.3 ~ 1.8	0.90 ~ 2.0	0.82 ~ 2.2			
拉 伸 屈 服 强 度/ MPa ≥		24.5	24.5	23.5	24.5	24.5	23.5	25.5	25.5	24.5	22.5	21.6	20.6			
挠曲模量/MPa ≥		1078			1127			1225			882					

(续)

项 目		注 塑 类											
		PPB-M-045			PPB-M-075			PPB-M-140			PPB-MP-012		
		优等	一等	合格	优等	一等	合格	优等	一等	合格	优等	一等	合格
悬臂梁冲击强度/J·m ⁻² (V 型缺口)	23℃ ≥ -20℃ ≥	98	19.6	15.7	78.4	19.6	15.7	58.8	19.6	15.7	490 68.6	25.5	23.5
灰分总量/×10 ⁻⁶ ≤		200	300	500	200	300	500	200	300	500	200	300	500
含氯量/×10 ⁻⁶ ≤		55			55			55			55		
黄色指数 ≤		4			4			4			8		
低温脆化温度/℃ ≤		-32			-32			-25			-32		
聚合物类别		抗冲型多相共聚物											
熔体质量流动速率/g·(10min) ⁻¹		7~9	5.3~10.7	4.8~11.2	18~24	16~24	15~25	18~24	16~26	13~29			
拉 伸 屈 服 强 度/MPa ≥		18.6	18.6	17.6	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	

项 目		注 塑 类											
		PPB-MP-105			PPB-MP-225			PPB-MP-225M					
		优等	一等	合格	优等	一等	合格	优等	一等	合格			
挠曲模量/MPa ≥		833			1372	1274	1176	1372					
悬臂梁冲击强度/J·m ⁻² (V 型缺口)	23℃ ≥ -20℃ ≥	490 68.6	25.5	23.5	637 294	39.2 19.6	29.4 9.8	686 294	68.6 19.6	39.2 9.8			
灰分总量/×10 ⁻⁶ ≤		200	300	500	200	300	500	200	300	500			
含氯量/×10 ⁻⁶ ≤		55			55			55					
等规指数(%) ≥		—				—				—			
黄色指数 ≤		4				—				—			
低温脆化温度/℃ ≤		-45				—				—			
聚合物类别		聚烯烃合金型多相共聚物				嵌段多相共聚物							

2. 大连石油化工公司有机合成厂 PP 性能（见表 3-5）

表 3-5 大连石油化工公司有机合成厂 PP 性能

项 目	J300	J400	J600	J700	J900	J900G	J401	J402	J403	F300	F600
熔体质量流动速率/g·(10min) ⁻¹	1.4	3	7	11	40	40	3	3	3	1.4	10
密度/g·cm ⁻³	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
等规度(%)	97	97	97	97	95	95	96	97	96	96	96
拉伸强度/MPa	35	35	25	25			35	35	35	29	25
拉伸屈服强度/MPa	35	35	35	35	34	35	35	35	35	35	35
断裂伸长率(%)	500	500	500	500	20	20	500	500	500	500	500
挠曲模量/MPa	16.5	16.5	16.5	17.5	17.5	21	16	16.5	16	13.8	17
螺旋流动长度/cm	45	55	70	80	110	110	55	55	55		
洛氏硬度 HR	100	100	100	105	110	115	100	100	100	95	105
维卡软化点/℃	155	155	155	155	155	155	155	155	155	154	155
热变形温度(0.45MPa)/℃	110	110	110	110	120	130	110	110	107	110	100
浊度(%)										0.5	6
粉末灰分含量(%)	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
鱼眼(晶核) 大 小										3.5 20	3.5 20
用途	注 塑 级									薄膜级	
项 目	J300	J400	J600	J700	J900	J900G	J401	J402	J403	F300	F600
熔体质量流动速率/g·(10min) ⁻¹	7	11	1.4	2.4	6.5	2.5	6.5	13		14	0.5
密度/g·cm ⁻³	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91		0.91	0.91
等规度(%)	96	96	97	97	97	97	97	96			97
拉伸强度/MPa	25	25	35	35	25	35	25	25		25	25
拉伸屈服强度/MPa	35	35	35	35	35	35	35	35		29.5	35
断裂伸长率(%)	500	500	500	500	500	500	500	500		500	500
挠曲模量/MPa	17	17	16.5	16.5	17	16.5	17	17		12	17
螺旋流动长度/cm											
洛氏硬度 HR	105	105	100	100	100	100	100	155		150	155
维卡软化点/℃	155	155	155	155	155	155	155	155		150	155
热变形温度(0.45MPa)/℃	110	110	110	110	110	110	110	110		110	110
浊度(%)	4.5	3				35	25	25		25	25
粉末灰分含量(%)	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015		0.015	0.015
鱼眼(晶核) 大 小	3.5 20	3.5 20									
用途	薄膜级			窄带级			纤维级				吹塑

3. 中原石油化工联合总公司 PP 性能 (见表 3-6)

表 3-6 中原石油化工联合总公司 PP 性能

项 目	测试方法	D50S D60P	Q30P Q30G	S30P S38F	T30S T30G	C30G C30S	X30S X30G	X37F	F30S	F39S	V30G V30S
熔体质量流动速率/ $g \cdot (10min)^{-1}$	ASTMD1238L	0.3	0.7	1.8	3	6	8	9	11	12	16
密度/ $g \cdot cm^{-3}$	ASTMD1505	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
拉伸屈服强度/MPa	ASTMD638	32	33	34	35	35	35	33	35	35	35
拉伸屈服伸长率（%）	ASYMD638	13	13	12	12	12	12	12	11	11	10
挠曲模量/MPa	MA17074	1372	1421	1421	1470	1519	1524	1372	1568	1568	1568
悬臂梁冲击强度/ $J \cdot m^{-2}$ 23℃ -20℃	ASTMD256	108	78	54	39	37	34	33	29	29	28
洛氏硬度 HR	ASTMD785	84	90	90	90	92	93	93	95	95	95
热变形温度（0.45MPa）/℃	ASTMD648	90	90	92	93	93	93	92	94	94	94
维卡软化点（9.8N）/℃	ASTMD1525	152	152	152	153	153	154	153	154	154	154
螺旋流动长度/mm	MA18544	320	380	450	510	600	670	670	750	750	800
聚合物类别		均 聚			均 聚 物						
加工方法		挤 塑			挤、注	注、挤	膜、注	铸、管膜	纤	纤	注、纤
项 目	Z39S Z30S	Z11G	H39S H30S	EP2S30B EP2S34B	EP2C37F	EP2X37F	EP1X30F EP1X35F	EPD60R	EPC30M	EPQ30R	EPS30R
熔体质量流动速率/ $g \cdot (10min)^{-1}$	25	25	35	1.8	6	8	8	0.35	0.8	0.8	1.5
密度/ $g \cdot cm^{-3}$	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
拉伸屈服强度/MPa	35	30	35	21	25	25	29	26	29	26	26
拉伸屈服伸长率（%）	10	10	10	14	13	12	12	15	15	15	13
挠曲模量/MPa	1568	1225	1568	833	833	931	1127	1078	1274	1176	1176
悬臂梁冲击强度/ $J \cdot m^{-2}$ 23℃ -20℃	28	28	28	98	74	64	49	490	294	490	343
								78	39	69	59

4. 辽阳石化纤维工业公司化工三厂 PP 性能 (见表 3-7)

表 3-7 辽阳石化纤维工业公司化工三厂 PP 性能

类别	牌 号	级 别	清 洁 度 (色粒) (树脂) /个·kg ⁻¹	熔体质量 流 动 速 率 /g·(10min) ⁻¹	等 规 指 数 (%) ≥	拉 伸 屈 服 强 度 /MPa ≥	悬臂梁冲击		维卡软 化点 /℃ ≥	洛氏 硬 度 HR ≥	鱼 眼 (晶核)			纤维强度 CN/dtex	纤维 伸 长 率 (%)
							强 度/J·m ⁻² 23℃ ≥	-20℃ ≥			个/1520cm ² 0.8mm	0.4mm			
塑 料 级	PPH-M-045 (4016)	优级	0~5	3.8~6.2	96.0	31.5	17	—	150	95	—	—	—	—	
		一级	6~10	3.8~6.2	96.0	30.5	17	—	150	95	—	—	—	—	
	1016	优级		4.1~6.5	96.0	31	16	16	150	95	—	—	—	—	
		一级				27	16	16	150	95	—	—	—	—	
	1036	优级		4.0~6.5	96.0	31	16	16	150	95	—	—	—	—	
		一级				27	16	16	150	95	—	—	—	—	
	1046	优级		4.1~6.5	96.0	31	16	16	150	95	—	—	—	—	
		一级				27	16	16	150	95	—	—	—	—	
	1078	优级		8.0~11.5	96.0	31	16	16	150	95	—	—	—	—	
		一级				27	16	16	150	95	—	—	—	—	
	1156	优级		4.0~7.0	96.0	31	16	16	150	95	—	—	—	—	
		一级				27	16	16	150	95	—	—	—	—	
	4017	优级	0~5	6.1~10.0	96.0	31.5	16	16	150	95	—	—	—	—	
		一级	6~10		96.0	30.5	16	16	150	95	—	—	—	—	
	4018	优级	0~5	10.0~16.0	96.0	31.5	13	13	150	95	—	—	—	—	
		一级	6~10		96.0	23.0	13	13	150	95	—	—	—	—	
	4036	优级	0~10	5.0~9.0	96.0	31	16	16	150	95	—	—	—	—	
		一级	0~10		96.0	27	16	16	150	95	—	—	—	—	
	4038	优级	0~10	9.0~16.0	96.0	31	16	16	150	95	—	—	—	—	
		一级	0~10		96.0	27	16	16	150	95	—	—	—	—	

(续)

类别	牌 号	级 别	清 洁 度 (色粒) (树脂) /个·kg ⁻¹	熔体质量 流 动 速 率 /g·(10min) ⁻¹	等 规 指 数 (%) ≥	拉 伸 屈 服 强 度 /MPa ≥	悬臂梁冲击		维卡软 化点 /℃ ≥	洛氏 硬 度 HR ≥	鱼 眼 (晶核)			纤维强度 CN/dtex	纤维 伸 长 率 (%)
							23℃ ≥	-20℃ ≥			个/1520cm ²	0.8mm	0.4mm		
纤 维 级	PPH-T-045 (5004)	优级	0~5	2.6~4.4	96.0	31.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		一级	6~10	2.6~4.4	96.0	30.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	PPH-L-022 (5203)	优级	0~5	1.9~3.1	96.0	30.0	—	—	—	—	—	0~8.0	0~40	—	—
		一级	6~10	1.9~3.1	96.0	29.0	—	—	—	—	—	0~8.0	0~40	—	—
	PPH-YL-140 (5028S ₂)	优级	0~5	10~18	96.0	32.0	—	—	—	—	—	0~3.0	0~15	—	—
		一级	6~10	10~18	96.0	31.0	—	—	—	—	—	3.1~5.0	16~25	—	—
	PPH-YL-300 (70226)	优级	0~5	20~32	96.0	31.0	—	—	—	—	—	0~4.0	0~20	—	—
		一级	6~10	20~32	96.0	30.0	—	—	—	—	—	4.1~8.0	21~40	—	—
	PPH-YL-180 (70218)	优级	0~5	13~22	96.0	31.0	—	—	—	—	—	0~4.0	0~20	—	—
		一级	6~10	13~22	96.0	30.0	—	—	—	—	—	4.1~8.0	21~40	—	—
	PPH-YL-300-A (70835)	优级	0~5	26~44	96.0	31.0	—	—	—	—	—	0~4.0	0~20	—	—
		一级	6~10	26~44	96.0	30.0	—	—	—	—	—	4.1~8.0	21~40	—	—
	5006	优级	0~5	4.0~6.5	96.0	31.5	—	—	—	—	—	—	—	≥3.5	≥25
		一级	6~10			30.5	—	—	—	—	—	—			
	5014	优级	0~5	2.5~4.0	96.0	31	—	—	—	—	—	—	—	≥3.5	≥20
		一级	6~10			27	—	—	—	—	—	—	—		
	5016	优级	0~5	4.0~6.0	96.0	31	—	—	—	—	—	—	—	≥3.5	≥25
		一级	6~10			27	—	—	—	—	—	—	—		
	5026	优级	0~5	4.1~6.5	96.0	31	—	—	—	—	—	—	—	≥3.5	≥25
		一级	6~10			27	—	—	—	—	—	—	—		
	71035	优级	0~5	30~40	96.0	31	—	—	—	—	—	0~4.0	0~20	—	—
		一级	6~10			30	—	—	—	—	—	—	4.1~8.0	21~40	—
	71735	优级	0~5	30~40	96.0	28	—	—	—	—	—	0~4.0	0~20	—	—
		一级	6~10			28	—	—	—	—	—	—	4.1~8.0	21~40	—

(续)

性 能	J606	J700	J900	J900G	SJ310	SJ313	SJ410	SJ510	J630	SJ810	F300	F600	F605	F705	F630
	熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	7.0	11	40	40	1.2	1.2	2.3	5.0	8.5	1.5	10	7.0	11.5	8.5
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
等规度 (%)	97	98	97	97							98	97	97	97	
拉伸屈服应力/MPa	36	37	37	42	29	29	29	29	31	29	37	37	37	37	31
拉伸强度/MPa	20	20			23	23	23	20	34	20	34	20	20	20	34
断裂伸长率 (%)	500	500	20	20	500	500	500	500	500	50	500	500	500	500	500
挠曲模量/MPa	1568	1666	1666	1960	1274	1274	1372	1323	1176	1470	1666	1666	1666	1666	1176
悬臂梁冲击强度 (缺口) $/\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$ 23℃ 0℃ -20℃	—	—	—	—	—	—	49	49	49	98	—	—	—	—	49 20
螺旋流动长度/cm	70	80	110	110	45	45	55	65		85					
洛氏硬度 HR	100	105	110	115	85	85	90	85	90	90	100	105	100	105	90
维卡软化点/℃	160	160	160	160	150	150	155	150	140	155	160	160	160	160	140
热变形温度 (0.45MPa) /℃	110	110	120	130	105	105	110	105	105	110	110	110	110	110	105
加工方法	注 塑														
聚合物类别	均 聚 物					共 聚 物									
	F635	F650	F651	F301	F302	F401	F402	F601	F602	S400	S401	S402	S600	S700	S800
性 能	F635	F650	F651	F301	F302	F401	F402	F601	F602	S400	S401	S402	S600	S700	S800
熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	8.5	8.5	8.5	1.5	1.5	2.5	2.5	6.5	6.5	2.5	2.5	2.5	6.5	13	14
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
等规度 (%)				98	97	98	97	98	97	97	97	97	98	97	98
拉伸屈服应力/MPa	31	30	30	37	26	37	36	37	36	37	36	36	37	36	31
拉伸强度/MPa	34	34	34	34	34	34	34	20	20	34	34	34	20	20	25

(续)

性 能	F635	F650	F651	F301	F302	F401	F402	F601	F602	S400	S401	S402	S600	S700	S800	B200	SB210
	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
断裂伸长率 (%)	1176	980	980	1666	1568	1666	1568	1666	1568	1666	1568	1568	1666	1568	1176	1666	1274
挠曲模量/MPa	49	49	49														
	20	20	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
悬臂梁冲击强度 (缺口) /J·m ⁻²																	78
-20℃																	
螺旋流动长度/cm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
洛氏硬度 HR	90	85	85	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	105	90	95	85
	140	135	135	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	100	160	150
维卡软化点/℃	105	105	100	100	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	100	110	105
热变形温度 (0.45MPa) /℃																	
加工方法	薄 膜			扁 带			均 聚 物			纤 维			吹 塑			共 聚 物	
聚合物类别																	

注：除等规度、螺旋流动长度以 MPCPP 标准方法测定外，其余均用 ASTM 标准测定。

6. 齐鲁石油化工公司烯烃厂 PP 性能 (见表 3-9)

表 3-9 齐鲁石油化工公司烯烃厂 PP 性能

项 目	测试方法	6801	6701	6601	6501	6401	6301	6101									
		G50 G/S	Q30 G/S	S30 G/S	T30 G/S	C30 G/S	X30 G/S	F30 G/S	V30 G/S	Z30 G/S	H30 G/S						
熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	ASTM D1238L	0.3	0.4	0.7	0.8	1.8	2	3	4	6	7	8	12	12	16	26	35
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	ASTM D1505	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
拉伸屈服强度/MPa	ASTM D638	32	36	33	33	34	35	35	35	34	35	33	35	36	32	36	36
拉伸屈服伸长率 (%)	ASTM D638	14	14	13	14	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12	11	10
挠曲模量/MPa	MA 17074	1372	1636	1421	1460	1421	1744	1470	1607	1568	1499	1568	1568	1499	1568	1568	1568

(续)

项 目		测试方法	6801	6701	6601	6501	6401	6301	6101										
			G50 G/S	Q30 G/S	S30 G/S	T30 G/S	C30 G/S	X30 G/S	V30 G/S	Z30 G/S	H30 G/S								
悬臂梁冲击强度 /J·m ⁻²	23℃	ASTM D256	147	98	100	64	73	49	372	44	32	34	29	28	29	29			
	-20℃																		
洛氏硬度 HR		ASTM D785	88	93	90	95	90	99	90	94	96	94	97	97	97	97			
热变形温度 (4.6kg/cm ²) /℃		ASTM D648	92	96	92	91	94	99	95	94	96	93	97	89	97	97			
维卡软化点 (1kg) /℃		ASTM D1525	152	152	152	152	153	153	153	154	154	154	155	155	155	155			
螺旋流动长度/mm		MA 18544	320	330	380	390	500	520	530	550	650	700	750	750	800	800			
聚合物类型			均 聚 物																
加工方法			挤塑	注塑	挤塑	注塑	挤塑	注塑	挤塑	注塑	挤塑	注塑	挤塑	注塑	挤塑	注塑	注、挤塑		
熔体质量流动速率/g·(10min) ⁻¹			1.8	6	8	8	10	8	8	2	0.3	0.5	0.8	0.8	0.7	1.5	2	1.5	3.5
项 目			—	—	SA-849	SA-853	SA-853	—	7801	—	—	—	7701	—	7601	SB-825	—	—	—
					EP2X37F	EP1X30F35F	—	EPD60R	EPQ30M30R	EPQ30R	—	EPS30R	—	EPS30U30M	EPT30M	—	—	—	—
			0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
			26	25	27	29	28	—	26	30	29	26	29	26	28	25	29	28	28
			14	13	12	15	12	13	14	15	14	15	15	14	13	12	13	12	12
挠曲模量/MPa			833	931	1078	1127	1117	—	1078	1352	1274	1176	1401	1176	1391	108	132	127	127
			98	74	64	84	49	29	—	490	294	490	539	343	235	490	117	147	147
悬臂梁冲击强度			—	—	—	—	—	—	—	78	—	39	69	—	59	—	78	29	49
/J·m ⁻²			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
洛氏硬度 HR			77	79	81	87	84	87	84	77	84	85	76	84	80	84	77	90	81
热变形温度 (4.6kg/cm ²) /℃			70	72	75	86	80	83	85	85	88	90	83	88	83	88	80	90	85
维卡软化点 (1kg) /℃			130	120	125	—	138	—	—	150	—	155	150	—	150	—	145	155	150

7. 扬子石化化工公司塑料厂 PP 性能 (见表 3-10)

表 3-10 扬子石化化工公司塑料厂 PP 性能

项 目	测试方法	J300	J400	J600	J700	J900	J900G	J401	J402	J403	J340	J540	J640	J740		
熔体质量流动速率/ $g \cdot (10min)^{-1}$	ASTM D1238	1.5	3	7	11	40	40	3	3	3	1.5	5	10	25		
密度/ $g \cdot cm^{-3}$	ASTM D1505	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91		
拉伸屈服应力/MPa	ASTM D638	37	37	37	37	37	42	37	37	37	27	27	27	27		
拉伸强度/MPa	ASTM D638	34	34	20	20			34	34	34	23	23	20	20		
断裂伸长率（%）	ASTM D683	500	500	500	500	20	20	500	500	500	500	500	300	100		
挠曲模量/MPa	ASTM D790	1666	1666	1666	1666	1666	1960	1666	1666	1666	1127	1225	1225	1323		
23℃ 悬臂梁冲击强度 0℃ $J \cdot m^{-2}$ -20℃	ASTM D256										78	78	54	88		
螺旋流动长度/cm	MPC PP-A-301	45	55	70	80	110	110				55	70	85	105		
洛氏硬度 HR	ASTM D785	100	100	100	105	110	115				75	80	80	80		
维卡软化点/℃	ASTM D1525	160	160	160	160	160	160	160	160	150	150	150	150	150		
热变形温度（0.45MPa）/℃	ASTM D648	110	110	110	110	120	130	110	110	110	105	105	105	105		
加工方法		注 塑														
聚合物类别		均 聚 物														
项 目	J940 *	F300 *	F600 *	F605 *	F705 *	F630 *	F635 *	F301 *	F401 *	F601 *	S400 *	S600 *	S700 *	S800 *	B200 *	J240
熔体质量流动速率/ $g \cdot (10min)^{-1}$	45	1.5	1	7	11	8.5	8.5	1.5	2.5	6.5	2.5	6.5	13	14	0.55	0.55
密度/ $g \cdot cm^{-3}$	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
拉伸屈服应力/MPa	27	37	37	37	37	30	30	37	37	37	37	37	37	31	37	27
拉伸强度/MPa	20	34	20	20	20	34	34	34	34	20	34	20	20	25	29	23
断裂伸长率（%）	50	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
挠曲模量/MPa	1323	1666	1666	1666	1666	980	980	1666	1666	1666	1666	1666	1666	1176	1666	1127

9. 洛阳炼油厂聚丙烯厂的 PP 性能（见表 3-12）

表 3-12 洛阳炼油厂聚丙烯厂 PP 性能

项 目		J300	J400	J600	J700	J900	J900G	J401	J402	J403	F300	F600
熔体质量流动速率/g · (10min) ⁻¹		1.4	3	7	11	40	40	3	3	3	1.4	10
等规度 (%)		97	97	97	97	95	95	96	97	96	94	96
拉伸屈服强度/MPa		34	34	34	34	33	38	33	34	33	30	34
弹性模量/MPa		1323	1323	1323	1372	1372	1666	1274	1323	1274	1029	1372
粉料中钛含量/×10 ⁶		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
粉料中氯含量/×10 ⁻⁶		60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
粉料中总灰分 (%)		0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
浊度 (%)											0.5	6
鱼眼 (晶核)	大个										3.5	6
	小个										20	20
白度		55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
用途		注塑级									薄膜级	
项 目		F605	F705	F301	F401	F601	S400	S600	S700	S800	S900	B200
熔体质量流动速率/g · (10min) ⁻¹		7	11	1.4	2.4	6.5	2.5	6.5	13	13.5	35	0.55
等规度 (%)		96	96	97	97	97	97	97	96			97
拉伸屈服强度/MPa		34	34	34	34	34	34	34	33	28	28	34
弹性模量/MPa		1372	1372	1323	1323	1372	1323	1372	1372	980	980	1372
粉料中钛含量/×10 ⁶		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
粉料中氯含量/×10 ⁻⁶		60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
粉料中总灰分 (%)		0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
浊度 (%)		4.5	3									
鱼眼 (晶核)	大个	3.5	3.5									
	小个	20	20									
白度		55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
用途		薄膜级		编织带			纤维级					吹塑级

10. 兰州化学工业公司石油化工厂 PP 性能（见表 3-13）

表 3-13 兰州化学工业公司石油化工厂 PP 性能

项 目	K0	S2	M8	D4	X6	X10
熔体质量流动速率/g · (10min) ⁻¹	0.2 ~ 2	2 ~ 5	8 ~ 10	10 ~ 14		
拉伸强度/MPa	27	27	27	27	27	27
灰分 (%)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
挥发分 (%)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
钛含量/×10 ⁻⁶	60	60	60	60	60	60
铁含量/×10 ⁻⁶	40	40	40	40	40	40

11. 香港凯宇有限公司 Pro-Fax/Moplen PP 性能（见表 3-14）

表 3-14 香港凯宇有限公司 Pro-Fax/Moplen PP 性能

牌 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	规格与特点
H30S	35	挤塑级，均聚物，流动性高
PC932	22	挤塑级，均聚物，织物强度高
PC966	22	挤塑级，均聚物，抗紫外线
PC973M	38	挤塑级，均聚物，低纤度，手感特佳，符合 FDA 要求
6531	4	挤塑级，均聚物，防环境龟裂及化学品腐蚀，高刚性，符合 FDA 要求
6823	0.5	挤塑级，均聚物，韧度高，熔体强度高
78A6-4	0.3	挤塑级专用，高光亮度和刚性，低收缩率，符合 FDA 要求
EP2S29B	1.5	挤塑级，共聚物，无规共聚，高透明度和光泽，符合 FDA 要求
EP3C37F	6	挤塑级，共聚物，无规共聚，热封温度范围广，滑爽剂，符合 FDA 要求
KT021P	4	挤塑级，共聚物，热封温度范围广，符合 FDA 要求
PD382	2.5	挤塑级，均聚物，高强度及透明度，符合 FDA 要求
PD383	3	
KS057P	30	挤塑级，共聚物，耐超高冲击强度，水气渗透率极低
PV908	24	挤塑级，均聚物，耐化学药品，耐高温，低臭味
PD199	1.5	挤塑级，均聚物，耐化学药品，加工容易
PD943	8.5	挤塑级，均聚物，高透明度和加工容易，含滑爽剂和阻粘剂
PF101	2	挤塑级，均聚物，增强熔体强度，高速成形，符合 FDA 要求
EP1 × 35AF	8	挤塑级，共聚物，无规共聚，抗静电，热封温度低，符合 FDA 要求
SA861	7	挤塑级，共聚物，低温强度好，符合 FDA 要求
SD422-2	4	挤塑级，专用，填充聚丙烯，中等冲击强度，符合 FDA 要求
SE191	2	挤塑级，共聚物，抗环境龟裂
SV256M	2	挤塑级，共聚物，高透明度，低臭味，符合 FDA 要求
Z30S	25	挤塑级，均聚物，高粘合
6331	12	均聚物，低臭味，防静电，符合 FDA
6331NW	12	注塑级，防静电和泡核添加剂，增强刚性，符合 FDA 要求，均聚物
6524	4	注塑级，均聚物，耐高温老化，符合 FDA 要求
7523	4	注塑级，改良冲击强度，增加韧性，共聚物
7533	5	注塑级，低温耐冲击性佳，加工容易，符合 FDA 要求，共聚物
8523	4	注塑级，耐超高冲击及低温强度，延长高温老化寿命，共聚物
8623	2	
EP2 × 32GA	9	注塑级，无规共聚，高透明度和光泽，符合 FDA 要求
EPF30R	13	注塑级，多相共聚，高冲击和耐老化
EPS30R	1.5	注塑级，多相共聚，高冲击强度
KS059P	10	注塑级，低温冲击强度极好，共聚物

(续)

牌 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	规格与特点
PD626	12	注塑级, 防辐照, 符合 FDA 要求
PF041N	22	注塑级, 耐高温老化, 加工容易, 均聚物
SA747M	11	注塑级, 高冲击强度及高硬度, 符合 FDA 要求, 共聚物
SR547M	11	
SB751	30	注塑级, 高流动性, 耐冲击, 加工容易, 共聚物
SB786	8	注塑级, 高冲击强度和防白晕, 符合 FDA 要求, 共聚物
SB891	35	注塑级, 快速周期, 优越的刚性及冲击强度平衡, 共聚物
SD888	20	
SD242	35	注塑级, 低臭味, 加工容器, 共聚物

注: 凯宇有限公司为凯曼(美资)及宇培(中资)的合营公司。

12. 台湾聚丙烯有限公司 Pro-Fax PP 性能 (见表 3-15)

表 3-15 台湾聚丙烯有限公司 Pro-Fax PP 性能

牌 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	规格与用途
647A	6.5	注塑级。适用于椅子, 汽车配件, 家具, 家电配件
657A	3	注塑级。适用于容器和手提箱及汽车配件
667A	1.5	注塑级。适用于容器和手提箱及汽车配件
667A	1.5	挤塑级。适用于吹瓶、板材、管材
6231	30	纤维级。适用于复丝/短纤维、纺织成衣和地毯面布
6231	30	注塑级。适用于食品容器, 热水瓶内衬, 饮料杯, 医用器具和公用设施、水瓶和盆子, 家用器皿, 盖子, 医药容器
6231L	30	挤塑级。适合挤出涂层, 编织袋/布、纸及一般用
6329	10	注塑级。适用盖子和家用器皿及椅子
6331	10	注塑级。适用于食品容器, 热水瓶内衬, 饮料杯, 医用器具和公用设施, 水瓶和盆子, 家用器皿, 盖子, 医药容器
6331	10	挤塑级。适合流延膜
6331	10	纤维级。适合复丝/短纤维, 纺织成衣, 针织衣类, 娃娃发丝, 地毯面布, 缝线, 绳索, 滤布, 家具罩布
6331	10	挤塑级。适合饮料吸管, 塌塌米草席
6431	7	注塑级。适合食品容器, 热水瓶内衬, 饮料杯, 医用器具和公用设施, 水瓶和盆子, 家用器皿, 盖子, 医药容器
6431	7.0	挤塑级。适合饮料吸管, 塌塌米草席
6529	4	注塑级。适用盖子和家用器皿及椅子
6531	7.0	挤塑级。适合饮料吸管, 塌塌米草席
PC366	3	挤塑级。适合一般用包装带, 打包带
PM100	5	挤塑级。适合一般用包装带, 打包带
PC366	3	纤维级。适用于扁丝编织袋/布, 防水帆布, 地毯底布

(续)

牌 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	规格与用途
PC366	5	注塑级。适用于医院器具, 纺织纱管, 手提箱, 家电配件, 汽车配件, 铰链箱, 容器, 家用器皿
PC366	8	纤维级, 复丝/短纤维, 纺织成衣, 针织衣类, 娃娃发丝, 地毯面布, 缝线, 绳索, 滤布, 家具面布
PC366	8	注塑级, 高流动性。适合椅子和医疗器具, 盖, 食品容器和电器配件
PD501	9	挤塑级, 吹塑薄膜。适合食品包装 (面包、饼干、糖果、速食食品), 蔬菜, 水果和鱼肉类, 成衣包装, 高温消毒包
PM100	1.5	挤塑级。适合吹瓶, 板材, 管材
PM200	2	挤塑级。适用双向拉伸薄膜
PM900	10	挤塑级, 流延薄膜。适用于食品包装, 成衣包装, 高温消毒包, 电缆及轮胎缠包, 上光膜和加工膜

13. 台湾远东塑料化学工业公司 Yungsox PP 性能 (见表 3-16)

表 3-16 台湾远东塑料化学工业公司 Yungsox PP 性能

牌 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	规格与用途
1003	0.3	挤塑级, 刚性、拉伸强度高、耐热好。适合延伸带, 管、板、真空成型制品
1005	0.5	挤塑和吹塑级, 特点同 1003。适合管、板、片、带、真空成型制品, 化妆品, 化学品瓶
1015	1.5	注塑和吹塑级, 强度、耐热、刚性高、耐磨性好。适合容器、电器配件
1017	1.7	注塑和吹塑级, ESCR、耐磨性好, 耐热、拉伸强度高。适合工业用, 家用品, 容器, 电器, 汽车配件
1035	4.0	注塑级, 刚性、拉伸强度、耐热、耐磨性好。适合家用制品, 玩具, 食品包装容器
1040	4.0	单丝级, 耐热性、刚性、拉伸强度高。适合重负荷编织袋, 绳索, 单丝, 纤维
1045	4.5	注塑级, ESCR 好, 特点同 1035。适合工业用, 家用品、容器, 电器配件
1060	6.0	单丝级。适合重负荷编织袋, 绳索、单丝、纤维
1170	17	注塑级, 加工性、流动性好。适合家用制品
1080	8.0	注塑级, 加工性好。适合家用制品
2090	9.0	注塑级, 加工性、耐磨性、刚性、拉伸强度高。适合瓶盖、罩等
2020	2.0	薄膜级, BOPP, 抗冲击、耐热性、耐氧或水气渗透性、撕裂强度平衡性好。适合重物, 粮食包装

(续)

牌 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	规格与用途
2080	8.5	膨胀薄膜, 适合一般物品和粮食包装
2100	9.0	流延薄膜, 层压用, 适合一般物品和粮食包装
3005	0.5	挤塑和吹塑级, 抗冲击性、热老化、耐低温脆化性、耐化学品好。适合一般家用, 医用, 冷水瓶
3015	1.5	注塑和吹塑级, 抗冲击。耐低温、刚性、热老化性好。适合家用品, 容器, 电器配件
3017	1.7	注塑吹塑级, 抗冲击、耐低温、ESCR 好。适合工业、家用品的制造
3040	4.0	注塑级, 刚性、抗冲击、热老化、耐低温性好。适合一般用, 容器, 家用品, 电器配件
3045	4.5	注塑级, 抗冲击、刚性。耐低温、ESCR 好。适合工业用品, 家用品, 容器, 电器, 汽车配件
3080	8.0	注塑级, 耐低温性稍差。适合容器, 家用电器配件
3090	9.0	注塑级, 耐低温性稍差。适合工业用品, 家用品, 容器, 电器, 汽车配件
4015	1.5	注塑级, 超高抗冲击、耐超低温脆化性、ESCR 好。适合重负载运输容器
4016	1.6	注塑级。适合重负载运输容器
5005	0.5	挤塑和吹塑级。适合一般家用, 医用, 冷水瓶
5015	1.5	挤塑和吹塑级。适合一般家用, 医用, 冷水瓶
5070	60	挤塑级, 流延薄膜。适合一般物品和粮食包装

三、国外生产厂家、牌号与性能

1. 美国赫格里斯 (Hereules) 公司 Pro-Fax PP 性能 (见表 3-17)

表 3-17 美国赫格里斯公司 Pro-Fax PP 性能

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格与性能
66F1A	2.0	1.25	注射成型, 填料增强
75F4-2	4.0	1.04	注射成型, 20% 矿物增强
6131	35	0.902	注射成型, 高流动, 符合 FDA 标准
6323	12	0.903	注射成型, 耐热, 符合 FDA 标准
6323F	12	0.902	挤出成型, 符合 FDA 标准
6324	12	0.904	注射成型, 中空成型, 挤出成型
PB409	4.0	0.902	挤出成型, 纤维级
6523N	4.0	0.902	注射成型, 共聚级
6524	4.0	0.903	注射成型
6524-10	4.0	0.97	注射成型, 10% 玻璃纤维增强

(续)

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格与性能
6524-20	4.0	1.03	注射成型, 20% 玻璃纤维增强
6524-30	4.0	1.10	注射成型, 30% 玻璃纤维增强
6525	4.0	0.902	注射成型, 耐热, 耐冲击
6529	4.0	0.902	注射成型
6531F	4.0	0.902	挤出成型
6551	4.0	0.901	注射成型, 耐热, 耐环境应力开裂
6624	4.0	0.904	注射成型, 中空成型, 挤出成型
6723	0.8	0.903	中空成型, 食品级
6724	0.8	0.960	中空成型, 挤出成型
6823	0.4	0.923	中空成型, 挤出成型
7131	35	0.897	注射成型, 共聚级
7523	4.0	0.903	注射成型, 挤出成型
7523N	4.0	0.907	注射成型, 共聚级
7723	0.8	0.902	挤出, 注射成型
7823	0.4	0.921	挤出, 注射成型
8523	4.0	0.901	挤出, 注射成型
8623	2.0	0.903	注射成型
8823	0.4	0.902	挤出, 注射成型
65F4-4	4.0	1.22	注射成型, 含 40% 滑石粉
66F-4	4.0	1.22	注射成型, 含 40% 碳酸钙
66F1	2.0	1.30	注射成型, 含惰性填料
66F3	2.0	1.23	注射成型, 含矿物填料
PA-954	6.5	0.904	挤出成型, 光学性能好
PB-493	2.0	0.903	中空成型, 高韧性
PB784	7.0	0.904	挤出成型, 透明性好
PC-123	2~5	0.904	均聚, 纤维级
PC-365	3~5	0.904	均聚, 纤维级
6514F	3~5	0.904	均聚, 纤维级
6614F	1~3	0.904	均聚, 纤维级
PC-072/10	5.0	0.963	注射成型, 10% 玻璃纤维增强
PC-072/20	5.0	1.033	注射成型, 20% 玻璃纤维增强
PC-072/30	5.0	1.115	注射成型, 30% 玻璃纤维增强
PC-081	2.4	1.0	注射成型, 通用级
PC-081	2.0	1.3	注射成型, 含 25% 石棉
6329	12	0.899	注射成型, 耐冲击
6331	12	0.903	挤出成型, 高刚性
6331NW	12	0.903	注射成型, 抗静电, 符合 FDA 标准

(续)

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格与性能
6523	4.0	0.903	注射成型, 高流动, 高刚性
H6531	0.9	0.902	挤出成型, 薄膜级
PB309	3.0	0.902	挤出成型, 纤维级
PC-081	7.5	1.20	注射成型, 含 25% 云母
PC-444	6.5	0.969	注射成型
PC-445	6.5	0.976	注射成型
PC-671	4.0	1.30	注射成型, 含惰性填料
PC-672	4.0	1.25	注射成型, 含石棉填料
PC-771	3~5	0.902	挤出成型, 纤维级
PC-942	7.0	0.904	挤出成型, 薄膜级
PC-973	7.0	0.900	挤出成型
PD-064	0.8	0.904	挤出成型, 薄膜级
PD-083	4.0	0.905	注射成型和挤出成型, 耐热, 耐老化
PD-191	0.8	0.903	挤出成型
PD-194	2.0	0.905	挤出成型
PD-195	1.5	0.902	挤出成型
PD-701	30	0.902	注射成型
PD-631	2.0	0.902	注塑、吹塑成型
PD082	4.0	0.902	食品级
PB-443	2.0	0.902	食品级
PD-063	3~5	0.902	薄膜级
SA-595	0.9	1.12	注射和挤出成型, 阻燃级
SA-861	8.0	0.900	吹塑薄膜
SA-862	5.0	0.897	注射成型
SA-872	1.0	0.898	共聚体, 中空成型
SA-878	2.0	0.897	食品级, 中空成型
SA-879	2.0	0.902	共聚体, 中空成型
SA-973	8.0	0.900	共聚体, 吹塑薄膜
SB-381	7.0	0.899	注射成型, 共聚体
SB-451	2.0	0.902	中空成型, 高韧性
SB-661	8.0	0.899	注射成型, 共聚体
SB-751	30	0.90	注射成型, 共聚体
SB-782	7.0	0.899	注射成型, 共聚体
SB-814	2.0	0.89	注射成型
SE-153	21	0.903	挤出成型, 共聚体
SE-155	2.0	0.903	挤出成型, 共聚体
SE-191	2.0	0.903	挤出成型, 共聚体

(续)

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格与性能
6523F	4.0	0.902	挤出成型, 纤维级
SA-868	5.0	0.902	食品级
SB-832	2.0	0.902	食品级
SB-786	8.0	0.902	共聚物, 注射成型
SB-787	20	0.902	共聚物, 注射成型
6531	4.0	0.903	注射成型, 均聚物
6531Y	5.0	0.89	注射成型, 均聚物
7533	4.0	0.90	注射成型, 共聚物
7633	2.0	0.90	注射成型, 共聚物
7531	4.0	0.90	注射成型, 共聚物
7624	2.0	0.90	注射成型, 共聚物
7231	22	0.897	注射成型, 共聚物
SA-752	3.0	0.904	食品级, 薄膜
7824	0.4	0.90	共聚物, 符合 FDA 标准
PD-701	35	0.90	注射成型, 刚性较大
PD401	1.53	0.90	纤维级, 符合 FDA 标准
PC961	35	0.90	纤维级, 抗 UV 能力强, 加工性好
6531	4.0	0.90	薄膜级, 刚性和透明性好
6532F	4.0	0.90	纤维级, 符合 FDA 标准
6824	0.4	0.90	挤出成型, 刚性大, 耐热
PD-742	8.0	0.902	薄膜级, 符合 FDA 标准
B500	5.0	0.902	双向拉伸薄膜, 与聚乙烯薄膜, 或涂有 PVDC 的 BOPP 膜粘合, 组成一种复膜, 用于点心、糖果等包装
B523	5.0	0.902	双向拉伸薄膜, 与聚乙烯薄膜, 或涂有 PVDC 的 BOPP 膜粘合, 组成一种复膜, 用于点心、糖果等包装
PC366	22	0.902	均聚物, 纤维级
PC962	35	0.902	均聚物, 纤维级, 抗 UV 能力强
PD-701F	35	0.902	均聚物, 纤维级, 韧性较大
6324	12	0.904	均聚物, 食品级, 可采用各种成型法
MWB	2.0	0.902	双向拉伸薄膜, 多层袋
MWT	2.0	0.903	双向拉伸薄膜, 多层袋
BXT	2.0	0.905	双向拉伸薄膜, 多层袋
EK500	5.0	0.902	特殊级, OPP 膜
NC603	3.0	0.902	特殊级, CPP 未经拉伸薄膜
SE-012	1.0	0.902	绝缘级, 共聚物, 柔韧耐屈耐磨

(续)

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格与性能
PC943	8.5	0.903	薄膜级, 可挤塑吹塑
PD501	5.0	0.902	薄膜级, 可挤塑吹塑
6X7A	5.0	0.902	注射成型
6X23	6.0	0.902	注射成型
PD973	9.0	0.905	注射成型
GR1	1.0	0.905	挤出成型
66F1	2	1.30	注射成型
66F3	2	1.23	含有矿物填料, 注射成型
7623	3.0	0.905	挤塑级
65F4	4.0	1.22	注射成型, 工程塑料制品级
65F5	5.0	1.22	注射成型, 工程塑料制品级
75F4	4.0	1.22	注射成型, 工程塑料制品级
75F5	5.0	1.22	注射成型, 工程塑料制品级
75F5-4	4.0	1.22	特殊级, 含有滑石粉共聚物, 注射成型
PD451	4.0	0.93	注射成型, 特殊级, 均聚物
PD-631	2.0	0.904	均聚物, 注塑和吹塑
66F/A	2.0	1.25	加有石棉填料, 注射成型
PD-083	4.0	0.90	注塑和挤塑级, 长期耐热老化
SE153	2.0	0.90	共聚物, 挤出成型
SE-191	2.0	0.903	共聚物, 挤出成型
E-155	2.0	0.903	共聚物, 挤出成型
8723	0.8	0.903	共聚物, 在低温下抗冲击极优, 食品级
7623	0.8	0.90	挤塑级
J-305	3.0	0.90	注塑级, 抗辐射
J-063	3.0	0.90	注塑级, 抗辐射
3840	40	0.90	注塑级, 共聚物, 抗辐射
3841	40	0.90	注塑级, 共聚物, 抗辐射
6200	0.35	0.90	中空成型, 耐冲击, 良好的耐环境应力开裂
6300	0.55	0.90	中空成型, 耐冲击, 良好的耐环境应力开裂

2. 美国飞利浦 (Phillips) 石油公司 Marlex PP 性能 (见表 3-18)

表 3-18 美国飞利浦石油公司 Marlex PP 性能

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格与性能
CLM-040-01	4.0	0.907	注射成型, 高抗冲, 抗静电
CLM-040-01f	4.0	0.905	注射成型, 抗静电, 食品级
CLM-040-02F	4.0	0.907	注射成型, 抗静电, 食品级
CHM-040-011	4.0	0.907	挤出成型, 注射成型, 高抗冲

(续)

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格与性能
CHM-040-01g	4.0	0.907	挤出成型, 高抗冲, 耐热
HGH-050-01	5.0	0.905	注射成型, 热稳定性好, 抗静电
HGL-120-10	2.0	0.906	挤出成型
HGN-120-01	12	0.909	注射成型
HNS-080	8.0	0.908	吹塑薄膜, 透明性良好
HGZ-200	20	0.906	注射成型
HGL-050-01	5.0	0.906	注射成型, 抗静电
HGL-120-01	12.0	0.906	注射成型
HGL-050-01F	6.0	0.905	注射成型, 质硬, 耐磨
HGL-120-01F	12	0.908	注射成型, 质硬, 耐磨
HGM-050-01F	5.0	0.905	注射成型, 高度耐磨
HGN-020-02	2.0	0.906	吹塑成型
HGN-040-019	4.0	0.906	挤出成型, 纤维级
CP40	4.0	0.906	吹塑成型, 用于食品容器
CP43	4.0	0.906	中空成型
HGN-040-01g	4.0	0.906	注射成型, 刚性优异
HGR-120-01F	12	0.908	注射成型, 高度阻燃
HGV-040-01	4.0	0.905	挤出成型, 防紫外线
HGX-030	3.0	0.905	挤出成型, 用于制扁丝、编织袋等
HGX-040	4.0	0.905	挤出成型, 用于制扁丝、编织袋等
HGZ-040	4.0	0.905	挤出成型, 用于制扁丝、编织袋等
HGZ-030-01g	3.0	0.905	挤出成型, 长期热稳定性好
HGZ-040-01g	4.0	0.905	挤出成型
HGZ-040-02	4.0	0.905	挤出成型
HGZ-050-02F	5.0	0.905	注射成型, 质硬, 耐磨
HGZ-080-02	8.0	0.908	注射成型
HGZ-120-01F	12	0.908	注射成型
HGZ-120-02	12	0.908	注射成型
DP26	2.0	0.905	吹塑成型
DP27	2.0	0.905	双向拉伸薄膜
DP41	4.0	0.905	薄膜级
HGZ-007-01	0.7	0.905	拉丝级
CP108	12	0.905	纤维级
HGZ-120-04	12	0.905	挤出成型
HGZ-350	35	0.908	注射成型, 韧性良好
HGZ-080-02F	0.8	0.908	注射成型, 耐弯曲, 耐磨
HGZ-120-02F	12	0.908	注射成型, 刚性, 耐磨性好
HGH-050	5.0	0.905	注射成型

(续)

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格与性能
CP63	/	0.905	挤-吹塑成型
HGN-020-01	2.0	0.905	挤出成型
HLM-020	2.0	0.905	挤出成型和注射成型
HMX-020	2.0	0.905	挤出成型和挤出成型
RMN-020	2.0	0.905	挤出成型, 注-吹成型
RMN-020	2.0	0.905	挤出成型, 注-吹成型
RLX-020	2.0	0.905	挤出成型, 挤-吹级
HGX-010	1.0	0.905	挤出成型
HGX-330	33	0.905	挤出成型
HGN-120-01	12.0	0.906	注射成型
HGN-120A	12.0	0.906	注射成型
HGN-350	35.0	0.906	注射成型
HLN-120-01	12.0	0.905	注射成型, 吹塑成型
HGZ-050-02	5.0	0.906	注射成型
HGZ-080-02	8.0	0.906	注射成型
HLN-350	35	0.906	注射成型
HGZ-200	20.0	0.906	中空和注射成型
BP173	10	0.906	注射成型
HGN-200-A	20.0	0.906	注射成型
GP-65	0.6	0.908	挤出成型
GP-17	2.0	0.906	吹塑成型
GP-15	2.0	0.902	吹塑成型
CH-040-02	4.0	0.906	注射成型
9250	5.0	0.905	浇铸薄膜级
9251	5.0	0.905	浇铸薄膜级
9252	5.0	0.905	浇铸薄膜级
6400	40	0.905	注射成型
9401	40	0.905	注射成型
9402	40	0.905	注射成型
9430	30	0.907	注射成型, 中抗冲
6431	30	0.907	注射成型
9440	40	>1.0	注射成型, 含石棉填料, 硬度大
9450	50	>1.0	注射成型, 含云母填料, 尺寸稳定性好
BP112	12	>1.0	注射成型
BP95	5.0	>1.0	注射成型
HGR-120-01f	12	0.907	注射成型, 阻燃级
HGL-200	20	0.907	注射成型

(续)

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格与性能
HGI	20	0.907	丙纶纤维级
HGN-200	20	0.907	注射成型
CP70	/	0.905	挤出成型
CLM-040-02	4.0	0.905	挤出成型, 高抗冲
CHM-040-01	4.0	0.905	注射成型
CHM-040-02	4.0	0.905	注射成型
HGL-350	12	0.908	注射成型
HGN-020-04	2.5	0.913	注塑-挤塑级
HGN-050-01	5.0	0.905	注射成型
CP-80A	20	0.905	挤塑-吹塑级
HHM-TR418	0.2	0.905	挤出成型, 单丝, 线材

3. 加拿大希蒙特 (Himont) 公司 Pro-fax PP 性能 (见表 3-19)

表 3-19 美国希蒙特公司的 Pro-fax PP 性能

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格与性能
6131	35	0.90	注射成型, 食品级
6323	12	0.90	注射成型, 通用级
6329	12	0.90	注射成型, 食品级
6331	12	0.90	注射成型, 食品级
SB-832	2.0	0.90	吹塑成型
SE-191	2.0	0.90	挤出成型, 共聚级
SD-065	2.0	0.90	挤出成型, 共聚级高冲击
SD-068	0.2	0.90	挤出成型, 共聚级填充改性
6523	4.0	0.90	注射成型, 食品级
6524	4.0	0.90	注射成型, 食品级
65F4-4	4.0	0.98	注射成型, 40% 矿物增强级
SB786	8.0	0.90	注射成型
SB787	20	0.90	注射成型
6323F	12	0.90	挤出成型, 通用级, 纤维级
6331F	12	0.90	挤出成型, 食品级
6523F	4.0	0.90	挤出成型, 纤维级
6531F	12	0.90	挤出成型, 食品级
6723	0.8	0.90	挤出成型
PC-973	7.0	0.90	挤出成型, 复丝, 单丝
PC-942	7.5	0.90	挤出成型
PD-195	1.5	0.90	挤出成型

(续)

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格与性能
PD-064	0.8	0.90	挤出薄膜
7131	30	0.90	注射成型, 食品级
7523	4.0	0.90	注射成型, 共聚级
75F4-2	4.0	1.13	注射成型, 共聚级
8523	4.0	0.90	注射成型, 共聚级
SA-868	5.0	0.90	注射成型, 共聚级
PD-886	3~5	0.90	注射成型
SD-255	3~5	1.14	注射成型
SA-861	9.0	0.90	薄膜级
SD-062	0.8	0.90	涂层级, 高速剂塑贴合和层压膜
SD-422-2	800	0.98	注射成型, 20%滑石填充增强级
PF-611	40	0.92	挤出成型
PB-493	2.0	0.90	吹塑成型
6823	0.4	0.90	挤出、吹塑成型
6331NW	12	0.90	注射成型
65F5-4	4.0	1.13	注射成型
PC-072	5.0	0.98	注射成型
PD-631	2.0	0.90	注-吹塑成型
SB-751	35	0.90	注射成型
SA-595	0.9	0.90	注射、挤塑成型, 阻燃级
PD-082	4.0	0.90	注射成型, 食品级
PB-443	4.0	0.90	注射成型, 食品级
SA-868M	5.0	0.90	注射成型, 耐冲击
SB-751	30	0.90	注射成型, 耐冲击
SB-833	2.0	0.90	吹塑成型
RA-095	0.8	0.90	挤出成型
SD-422-2	4.0	0.98	挤出成型, 20%滑石粉填充
SA-872	1.0	0.90	中空吹塑
SB-786	8.0	0.90	注射, 挤出成型
SB-787	20	0.90	注射, 挤出成型
PC-942	7.0	0.90	流涎薄膜
PD-064	0.8	0.90	双轴拉伸薄膜级
PD-063	4.0	0.90	流涎薄膜
PD-742	8.0	0.90	薄膜级
SA-752	8.0	0.90	流涎薄膜
X8639-14-1	14	0.90	注射成型
X8639-10-1	10	0.90	注射成型

(续)

型 号	熔体质量流动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	规格与性能
PF-442	800	0.90	吹塑成型
PC-961	24	0.90	吹塑成型
SB-642	20	0.90	注射成型, 共聚级
SC-053-3	10	0.90	模塑成型, 共聚级
SD-068-4	0.2	0.90	注射、挤出成型
6231	20	0.90	注射成型, 均聚级
6231W	20	0.90	注射成型, 均聚级
6231W-1	20	0.90	注射成型, 均聚级
GTX VP7009		1.4	阻燃级
AP-40		1.14	挤出成型
SD-942	0.2	0.90	薄膜级
SD-613	13	0.90	共聚级, 中抗冲
PC-966	25.7	0.90	纤维级
SB-063	0.2	0.90	挤出成型
SB-065	0.2	0.90	挤出成型
SB-068	0.2	0.90	挤出成型
SD-505	3~5	0.90	注射成型
6523N	4.0	0.90	注射成型
6525	4.0	0.90	注射成型, 耐热
6551	4.0	0.90	注射成型
6624	4.0	0.90	注射成型、挤出、吹塑成型
7823	0.4	0.90	注射成型、挤出、吹塑成型
7723	0.8	0.90	注射成型、挤出、吹塑成型
8723	0.8	0.90	注射成型, 挤出成型
8823	0.4	0.90	注射成型, 挤出成型
66F-1	2.0	0.90	注射成型, 填料增强级
66F-1A	2.0	0.90	注射成型, 石棉填充
PC-081	2.0	0.98	注射成型, 20% 石棉填充
PC-444	6.5	0.98	注射成型, 石棉填充
PC-445	6.5	0.98	注射成型, 石棉填充
PC-671	4.0	0.98	注射成型, 惰性填料增强
PC-672	4.0	0.98	注射成型, 石棉填充
PP-701	30	0.90	注射成型
SA-595	0.9	0.90	注射、挤出成型, 阻燃级
SA-862	5.0	0.90	注射成型
SB-381	7.0	0.90	注射成型
SB-661	8.0	0.90	注射成型

(续)

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格与性能
SB-782	7.0	0.90	注射成型
SB-814	2.0	0.90	注射成型, 耐热
PC-123	4.0	0.90	挤出成型, 纤维级
PC-365	4.0	0.90	挤出成型, 纤维级
PA-954	6.5	0.90	挤出成型
PB-784	7.0	0.90	挤出成型
PC-771	4.0	0.90	挤出成型, 纤维级
PD-191	0.8	0.90	挤出成型
PD-194	2.0	0.90	挤出成型
SA-973	8.0	0.90	薄膜级
RA-061	4.0	0.90	注射和吹塑成型
TP-166	4.0	0.90	挤出成型
HH-442	800	0.90	注射成型, 纤维级
PD-701	35	0.90	注射成型, 食品级
6529	4.0	0.90	注射成型, 食品级
63F-3	2.0	0.98	注射成型, 矿物填充增强
8623	2.0	0.90	注射成型, 耐热, 耐冲击
6531	4.0	0.90	双轴拉伸薄膜
6324	12	0.90	注射成型, 吹塑, 挤出成型
SE-155	2.0	0.90	挤出成型, 共聚级
SE-191	2.0	0.90	挤出成型, 共聚级
SE-135	2.1	0.90	挤出成型
PD-083	4.0	0.90	挤出成型, 均聚级
6514F	4.0	0.90	挤出成型, 均聚级
6614F	2.0	0.90	挤出成型, 均聚级
SD-062	62	0.90	涂覆级
SA-878	2.0	0.90	吹塑成型, 食品级
SA-879	2.0	0.90	吹塑成型, 共聚级
SB-451	2.0	0.90	吹塑成型, 共聚级

4. 日本三井石油化学工业公司的 MPC PP 性能 (见表 3-20)

表 3-20 日本三井石油化学工业公司的 MPC PP 性能

型 号	熔体质量 流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格与性能	型 号	熔体质量 流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格与性能
B200	0.5	0.91	中空成型	B231	0.5	0.91	中空成型
B230	0.5	0.91	中空成型	B235	0.5	0.91	中空成型

(续)

型 号	熔体质量 流动速率 /g· (10min) ⁻¹	密度 /g· cm ⁻³	规格与性能	型 号	熔体质量 流动速率 /g· (10min) ⁻¹	密度 /g· cm ⁻³	规格与性能
B236	0.5	0.91	中空成型	J403	3.0	0.91	注射成型
B101A	1.3	0.91	中空成型	M7000			增强级, 注射成 型
B501A	0.8	0.91	中空成型	H7000			增强级, 注射成 型
E101D	1.0	0.91	挤出成型	G7000			增强级, 注射成 型
E103D	3.0	0.91	挤出成型	J430	3.0	0.91	注射成型
F301	1.5	0.91	挤出成型	SJ810G	18	0.91	注射成型
F400	1.5	0.91	挤出成型	SJ820	27	0.91	注射成型
F401	2.5	0.91	挤出成型	J530	6.0	0.91	注射成型
F403	2.5	0.91	挤出成型	J600	7.0	0.91	注射成型
F600	8.5	0.91	吹塑薄膜	J701H	1.0	0.91	注射成型
F601	7.0	0.91	挤出成型	S701	13	0.91	纤维级
F605	9.0	0.91	薄膜级	S702	13	0.91	纤维级
F630	6.5	0.91	薄膜级	S109M	9.0	0.91	纤维级
F635	6.5	0.91	薄膜级	S360	6.0	0.91	纤维级
J300	1.5	0.91	通用级	S115M	15	0.91	纤维级
J301	1.5	0.91	注射成型	J703H	3.0	0.91	注射成型
J300	1.5	0.91	注射成型	J705H	5.0	0.91	注射成型
J400	3.0	0.91	注射成型	V3300		1.03	注射成型
J401	3.0	0.91	注射成型	V2000	2.0	1.03	挤出成型
J402	3.0	0.91	注射成型	V3000	3.0	1.03	挤出成型
K7008	7.0	1.03	注射成型 10% 玻 璃纤维增强	V7001	7.0	1.03	20% 玻璃纤维增 强
F101D	1.0	0.89	挤出成型	V7100	7.0	1.03	20% 玻璃纤维增 强
K4400	4.0	1.10	10% 玻璃纤维增强	V7200	7.0	1.03	20% 玻璃纤维增 强
BB7120	7.1	1.10	注射成型	E7008	7.0	1.12	注射成型, 30% 玻璃纤维增强
J640	10	0.90	注射成型	V7000	7.0	0.96	20% 玻璃纤维增 强, 注射成型
J700	13	0.91	注射成型	E7000	7.0	1.12	30% 玻璃纤维增 强, 注射成型
J730	13	0.91	注射成型				
3702	20	0.905	丙纶纤维级				
J740	25	0.90	注射成型				
J840	45	0.90	注射成型				
S402	2.5	0.90	挤出成型				
J301	1.0	0.91	注射成型				

(续)

型 号	熔体质量 流动速率 /g· (10min) ⁻¹	密度 /g· cm ⁻³	规格与性能	型 号	熔体质量 流动速率 /g· (10min) ⁻¹	密度 /g· cm ⁻³	规格与性能
CC7020A	7.0	1.20	填充增强	TT7130	1.1	0.91	用于复合成型制品
CC7120B	7.0	1.1	填充增强级, 注射成型	GT7130	1.1	0.91	用于复合成型制品
BB7020G	7.0	1.1	增强级, 注射成型	GT7040	1.2	0.91	用于复合成型制品
TT7030C	7.0	1.1	填充增强级, 注射成型	SJ7810G	22	0.91	注射成型
TT7130D	7.0	1.1	填充增强级, 注射成型	SJ7820	27	0.91	注射成型
GT7130E	7.0	1.1	填充增强级, 注射成型	J800	25	0.91	注射成型
V7002	7.0	1.03	20% 玻璃纤维增强, 耐铜害级	J900	40	0.91	注射成型
V7003	7.0	1.03	20% 玻璃纤维增强, 耐气候级	J601	7.0	0.91	注射成型, 耐铜害
V7004	7.0	1.03	20% 玻璃纤维增强, 防静电级	J942	55	0.91	注射成型, 高刚性
V7008	7.0	1.35	20% 玻璃纤维增强, 注射成型	J910	55	0.91	注射成型, 高冲击
F705	13	0.91	挤出成型	J840G	40	0.91	注射成型, 高刚性
F707	13	0.91	挤出成型	J746	25	0.91	注射成型, 耐白化
F605	9.5	0.91	共聚薄膜, 压延成型	J440	5.0	0.90	注射成型, 耐冲击
F636	7.0	0.91	挤出成型	J340	1.8	0.90	注射成型
S700	14.0	0.91	挤出成型	GT7140F	7.0	1.1	填充增强级, 注射成型
S800	15.5	0.91	纤维级	TT7020	7.0	1.1	注射成型, 抗冲击, 耐高温
SB210	0.5	0.91	吹塑成型	TT7040	7.0	1.1	注射成型, 抗冲击, 耐高温
SJ310	1.3	0.91	注塑成型	K3300	3.0	0.96	高冲击级, 注射成型
SJ410	2.5	0.91	注塑成型	K4300	4.0	0.96	高冲击级, 注射成型
SJ510	6.0	0.91	注塑成型	YY6434	6.0	1.1	注射成型, 抗冲击, 耐高温
SJ810	20	0.91	注塑成型				
K7000	7.0	0.91	10% 玻璃纤维增强, 注射成型				
TT7030	1.2	0.91	用于复合成型制品				

(续)

型 号	熔体质量 流动速率 /g· (10min) ⁻¹	密度 /g· cm ⁻³	规格与性能	型 号	熔体质量 流动速率 /g· (10min) ⁻¹	密度 /g· cm ⁻³	规格与性能
YY7420	7.0	1.1	注射成型, 抗冲击, 耐高温	J850Y	20	0.90	注射成型, 透明度高
YY8020	8.0	1.1	注射成型, 抗冲击, 耐高温	J850D	20	0.90	注射成型, 透明度高
GY7230	7.0	1.1	注射成型, 抗冲击, 耐高温	LA211	23	0.90	涂履级
CC7020	1.1	0.91	用于复合成型制品	L840	25	0.90	涂覆级
CC7120	1.1	0.91	用于复合成型制品	B240	0.5	0.90	吹塑成型, 耐环境应力开裂
BB7020	1.2	0.91	用于复合成型制品	F650	6.0	0.90	薄膜级, 良好的拉伸性能和耐环境应力开裂
J340W	1.8	0.90	注射成型, 耐环境应力开裂	F651	6.0	0.90	薄膜级, 良好的拉伸性能和耐环境应力开裂
J740W	25	0.90	注射成型, 耐环境应力开裂	F655	6.0	0.90	薄膜级, 良好的拉伸性能和耐环境应力开裂

5. 日本住友化学工业公司的 Noblen PP 性能 (见表 3-21)

表 3-21 日本住友化学工业公司的 Noblen PP 性能

型 号	熔体质量流动速率 /g· (10min) ⁻¹	密度 /g· cm ⁻³	规格与性能
AH111	3.0	0.91	注射成型, 高抗冲击
AH121	3.0	0.91	注射成型, 抗冲击
AH341A	2.5	0.90	挤出成型, 特殊级
AH501	3.0	0.01	注射成型, 高抗冲, 刚性大, 低温性好
AH501B	3.0	0.91	注射成型, 耐热, 抗冲击, 刚性好
AH511	3.0	0.91	注射成型, 高抗冲击
AH502B	4.0	1.22	注射成型, 耐热, 刚性, 防铜害
AH561	3.0	0.90	注射成型
FL132	7.0	0.90	双向拉伸薄膜
FL141	7.0	0.91	吹塑薄膜
FL311	9.0	0.91	吹塑薄膜
FL331	7.0	0.91	吹塑薄膜
FL6011	7.0	0.90	挤出薄膜

(续)

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格与性能
FL6013	7.0	0.90	挤出薄膜
FL6313	7.0	0.90	挤出薄膜
FL6315	7.0	0.90	流涎薄膜
AH-661	2.9	0.91	注射成型,耐冲击和应力开裂
AS111	1.0	0.91	注射成型,中空成型
AS111D	1.0	0.90	中空成型,高抗冲
AS-151C	1.0	0.90	吹塑成型
AS-151D	1.0	0.90	吹塑成型,低温下高抗冲
AS-171A	0.8	0.90	注塑级,中空成型
M125G25	25	1.03	增强级,注射成型
AS-511	1.0	0.91	抗冲强度高
AS-551	1.0	0.90	挤出级
AV-501	5.0	0.91	注塑级,低温下高抗冲
AV664	5.0	0.90	注塑级,低温下高抗冲
AW-131	7.0	0.91	注射成型,高抗冲
AW-501	7.0	0.91	注射成型
AW561	6.0	0.90	注射成型
AW564	9.0	0.90	注射成型
AY564	15	0.91	注射成型
D501	2.0	0.91	挤出成型,中空成型
AE564	15	0.90	注射成型
ES-101	2.0	0.90	薄膜级
FA6211	7.0	0.91	薄膜级
FA6312	6.0	0.91	薄膜级
FA6411	7.0	0.90	薄膜级,可吹塑成型
FA8011	11	0.91	薄膜级,可中空成型
FA8112	11	0.91	薄膜级,可中空成型
FL102	8.0	0.90	挤出成型
FL102 (C)	8.0	0.90	挤出成型
FL116	10	0.90	薄膜级
FL118	10	0.90	薄膜级
FL131	7	0.91	薄膜级
W101	8.0	0.91	注射成型
W101S	8.0	0.91	注射成型
W101SH	12	0.91	注射成型,高流动性
W101SL	15	0.91	挤出成型,注射成型
W102B	8.0	0.91	注射成型,耐热

(续)

型 号	熔体质量流动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	规格与性能
W111	12	0.91	注射成型, 流动性好
W1112	12	0.91	注射级, 通用级, 模塑成型
W131	7.0	0.91	注射成型, 高透明, 中抗冲
W141	7.0	0.91	注射成型, 中抗冲
W501	8.0	0.91	注射成型, 高温稳定性能优异
WF80	9.0	0.91	挤出成型薄膜
W501N	8.0	0.91	注射成型
W502	8.0	0.91	注射成型, 抗铜害
W502B	9.0	1.22	注射成型
W531	8.0	0.90	注射成型
W834	8.0	0.91	注射成型
WF106	8.0	0.91	挤出成型, 耐紫外线性好
WF203	7.0	0.91	吹塑薄膜
FL6411A	7.0	0.90	流涎薄膜
FL6411	7.0	0.90	流涎薄膜
FL8012	10	0.90	流涎薄膜
FL8013	11	0.91	流涎薄膜
FL8016	10	0.91	流涎薄膜
FL8111	10	0.91	流涎薄膜
FS1012	1.0	0.91	挤出级
FS2011	2.0	0.91	薄膜级
FS2057	2.0	0.91	薄膜级
FS6311B	5.5	0.91	薄膜级
FS2012	2.0	0.90	双向拉伸薄膜级
FS2052	2.0	0.90	双向拉伸薄膜级
FS4311	4.0	0.90	双向拉伸薄膜级
FS6311	7.0	0.90	双向拉伸薄膜级
H101	3.5	0.91	注射成型
H-101M	4.0	0.91	挤出成型
H501	3.0	0.91	注射成型
H-501M	4.0	0.91	挤出成型
H-502B	9.0	1.22	注射成型, 防铜害
H-503J	8.0	0.91	注射成型, 阻燃
H-503V	8.0	0.92	注射成型, 阻燃
K101	2.0	0.91	注射成型, 中空成型
K501	2.0	0.91	注射成型, 中空成型
S101	1.0	0.91	吹塑成型

(续)

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格与性能
S101A	1.0	0.91	挤出成型, 中空成型
S101C	1.0	0.91	挤出成型, 吹塑成型
S501	1.0	0.91	注射成型, 中空成型
R2011	2.0	0.91	注射成型, 挤出成型
R4071	4.0	0.91	挤出成型, 抗紫外线, 耐老化
FH1015	0.5	0.91	片材级
AD571	0.6	0.91	吹塑级, 中空成型
AS171B	0.8	0.91	吹塑级
W834A	8.0	0.91	注塑成型
WF727	20	0.90	专用级, 挤出成型
S131	1.2	0.90	中空成型, 挤出成型
WF893	6.0	0.90	薄膜级
NP391	10	0.91	注射成型, 耐铜, 耐光
NP581	4.5	0.91	注射成型, 耐铜, 耐光
NP818	2.9	0.91	注射成型, 耐候
Y501N	12	0.91	注射成型, 无臭
AW964	10	0.91	注射成型, 无臭
AX961	50	0.91	注射成型, 无臭
NP271	22	0.91	注射成型, 透明
WP834A	7.5	0.91	注射成型, 透明
H503A	4.0	0.91	注射成型, 阻燃
H503E	8.0	0.91	注射成型, 阻燃
H503F	8.5	0.91	注射成型, 阻燃
WF220	9.0	0.91	吹塑薄膜
WF302	7.0	0.91	挤出薄膜
WF315	11	0.91	IPP 薄膜级
WF893	6.0	0.91	BOPP 薄膜级
WF315B	9.0	0.91	吹塑薄膜, 中空成型
W315C	10	0.91	吹塑薄膜
W315L	10	0.91	吹塑薄膜
WF315P	11	0.91	吹塑薄膜
WF357	7.0	0.91	吹塑薄膜, 中空成型
WF462	2.0	0.91	双向拉伸薄膜
WF470	0.9	0.91	双向拉伸薄膜
WF727F	30	0.90	复合成型
WF727H	20	0.90	挤出成型
WF808B	4.0	0.91	挤出成型

(续)

型 号	熔体质量流动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	规格与性能
WM3300	8.0	0.91	挤出成型
Y101	12	0.91	注射成型
FS20H	2.0	0.91	薄膜级
FY4012	4.0	0.91	挤出成型
F6013	7.0	0.90	薄膜级
FS4012	4.0	0.90	吹塑成型
KS191A	1.2	0.90	挤出成型
AD571	0.6	0.90	注塑成型, 耐冲击
AV585	5.0	0.90	注塑成型, 高强度, 耐冲击
AZ774	30	0.90	注塑成型, 耐冲击
AX574	45	0.90	注塑成型, 耐冲击
AX674	70	0.90	注塑成型, 耐冲击
AY764	5.0	0.90	注塑成型, 低温抗冲击
BG20A	13.0	0.90	注塑成型, 低温抗冲击
AZ564	13.0	0.90	注塑成型, 低温抗冲击
GF301			30% 玻璃纤维增强
GF201			20% 玻璃纤维增强
GF101			10% 玻璃纤维增强
Z101A	23	0.90	通用级, 注射成型
AV664B	5.0	0.90	通用级, 注射成型
AH341A	2.5	0.90	吹塑成型, 挤出成型
AS151-O	1.5	0.90	挤出成型
FL6315G	6.0	0.90	薄膜级
FL6411A	7.0	0.90	薄膜级
FY8012	8.0	0.90	挤出成型
D801	0.5	0.91	吹塑中空成型
WS-171A	0.8	0.90	吹塑中空成型
AD574	0.5	0.90	吹塑中空成型
AX668	68	0.91	注塑成型, 低温抗冲击性
H503K	5.0	0.90	注塑成型, 阻燃级
WP950	5.0	0.92	注塑成型, 低温抗冲击性好
W101B	9.0	1.22	复合成型, 耐热, 刚性
W-1112	12	0.91	注塑成型
BWH42	9.0	1.22	注射成型, 滑石填充, 耐热, 高刚性
BWH14	6.5	1.20	注射成型, 滑石填充, 耐热, 高刚性
BWH44	9.0	1.20	注射成型, 滑石填充, 耐热, 高刚性
BWA52	8.5	1.20	注射成型, 滑石填充, 耐热, 高刚性

(续)

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格与性能
BHA42	3.1	1.20	注射成型, 滑石填充, 耐热, 高刚性
BHA44	2.8	1.20	注射成型, 滑石填充, 耐热, 高刚性
CWA51	9.5	0.91	注射成型, 焊接强度高, 耐热
CHA42	4.0	0.91	注射成型, 焊接强度高, 阻燃级
AD574	0.5	0.91	注射成型
CWA62	8.0	0.91	注射成型
CWH44	9.0	0.91	注射成型
JYE51	17	0.91	注射成型, 高光泽, 高刚性, 阻燃级
JYE52	11	0.91	注射成型, 高光泽, 高刚性, 阻燃级
GVH41	6.0	1.20	注射成型, 玻璃纤维增强, 高刚性, 阻燃级
GVH42	4.5	1.20	注射成型, 玻璃纤维增强, 高刚性
GHH43	3.5	1.20	注射成型, 玻璃纤维增强, 高刚性
GSH92	2.0	1.20	注射成型, 玻璃纤维增强, 高刚性
F6011	7.0	0.90	薄膜级
ES-101	2.0	0.90	薄膜级
WF-315C	10	0.91	薄膜级
WF-315L	10	0.91	薄膜级
H502B	4.0	1.22	复合成型
H-503V	8.0	0.91	阻燃级
BW-10	8.0	0.960	复合成型
FA8012	11	0.90	吹塑成型, 挤出成型
BW-40	8.0	1.22	复合成型
BG-10	3.0	0.980	复合成型, 光泽耐热刚性
BG-20	3.0	0.980	复合成型, 光泽耐热刚性
BG-30	6.0	1.18	复合成型, 光泽耐热刚性
BS-20	6.0	1.05	复合成型, 低收缩刚性
BS-30	3.0	1.13	复合成型, 低收缩刚性
BS-35	3.0	1.18	复合成型, 低收缩刚性
H503W	4.0	0.92	注塑成型, 阻燃级
AH585A	3.0	0.90	注塑成型, 高光泽
AZ585	3.0	0.90	注塑成型, 高光泽
AW661V	9.0	0.90	注塑成型, 优异的耐候性能
WP834A	7.0	0.90	注塑成型, 透明性良好
AZ961	40	0.90	注塑成型, 低臭味
Y501N	12	0.90	注塑成型, 无臭味
Y101A	45	0.90	注塑成型, 无臭味
GVH52	20	0.90	注塑成型, 20% 玻璃纤维增强

(续)

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格与性能
BYA52	20	0.90	注塑成型, 耐高温, 高刚性
JZE52A	20	0.90	注塑成型, 高光泽, 耐应力
A501B	3.0	0.90	注塑成型, 耐热, 耐冲击
FC102	8.0	0.90	挤出成型
BW-24	3.0	1.09	复合成型
WF80	9.0	0.91	薄膜级

6. 德国赫斯特 (Hoechst) 公司 Hostalen PP 性能 (见表 3-22)

表 3-22 德国赫斯特公司 Hostalen PP 性能

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格与性能
PPGVP1022P	0.25	0.90	挤出成型, 耐热性良好
PPH1022F	0.3	0.90	挤出成型, 嵌段共聚级
PPH1022P	0.3	0.90	挤出成型, 吹塑成型
PPH1050	0.3	0.902	挤出成型, 中空吹塑容器
PPH1050P	0.3	0.902	挤出成型, 中空吹塑容器
PPH2050	0.3	0.902	挤塑, 中空吹塑成型
PPH2222	0.25	0.910	挤出成型, 耐冲击
PPH2250	0.3	0.915	挤出成型
PPH4040	1.3	0.902	注射、挤出成型或吹塑成型
PPH2250 灰 34	0.3	0.902	挤出成型, 耐热性好
PPUVPI780F1	18	0.902	挤出成型, 长丝纤维级
PPUVPI780F2	18	0.902	挤出成型, 长丝纤维级
PPH4050	0.3	0.902	注射、挤出成型或吹塑成型
PPH4122	0.3	0.902	挤出成型, 注射成型
PPH4150	0.3	0.902	挤出成型, 亦可吹塑、注射成型
PPH6050	0.3	0.902	注射、挤出成型, 中空吹塑
PPHVP1022	1.5	0.902	挤出、注射、吹塑成型
PPHVP1050S3	1.3	0.902	挤塑级
PPHVP4150	1.3	0.902	挤出成型
PPHVP7350FL	1.2	0.935	注射、挤出成型
PPK1060F	2.00	0.903	挤出打包带
PPK1060 (F) P	2.0	0.903	注射成型
PPKVP1018	2.5	0.904	注射成型, 挤出成型
PPKVP1014	3.5	0.901	中空成型, 挤出成型
PPKVP1016	3.0	0.902	挤出成型
PPWVP1780S1	38	0.902	注射成型

(续)

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格与性能
PPH2222 灰 34	0.25	0.902	挤出成型
PPH44122	0.25	0.902	挤出成型
PP-5200E	0.5	0.902	挤出成型
PPN1060	0.8	0.905	注射成型, 挤出成型
PPN1060F1	2.0	0.905	挤出成型, 用于单丝、打包带、编织袋
PPN1060F2	2.0	0.905	挤出成型, 用于单丝、打包带、编织袋
PPN2060	8.0	0.906	注射成型, 挤出成型
PPN4060	2.0	0.905	注射成型, 挤出成型
PPN4160	2.0	0.905	挤出和热封包装、吹塑
PPN606	9.0	0.905	注射、挤出成型
PPNVP1009	7.0	0.907	注射成型
PPNVP1033	2.0	0.902	注射成型, 挤出成型
PPNVP1033S1	2.0	0.902	注射成型, 挤出成型
PPNVP1034	1.5	0.902	挤出成型, 或注射成型
PPU VP1062S1	14	0.902	注射成型
PPUVP1734	41	0.902	注射成型
PPG1022P	0.5	0.905	吹塑成型
PPNVP1060S1	2.0	0.905	挤出成型或吹塑成型
PPNVP1061	5 ~ 10	0.905	注射, 挤出成型
PPNVP2060	5 ~ 10	0.905	注射、挤出成型
PPNVP270G3	12	0.905	注射、挤出成型
PPR1042 (P)	12	0.903	注射、挤出成型
PPR1042	12	0.906	挤出、吹塑成型
PPRVR1042	12	0.906	挤出、吹塑成型
PPR1070F	12	0.906	注射、挤出吹塑成型
PPR2042	12	0.903	注射、挤出成型
PPR4042	12	0.903	注射、挤出成型
PPNVP2061	5 ~ 10	0.903	注射、挤出成型
PPR4142	18	0.903	注射、挤出成型
PPRVP1042S1	12	0.903	注射、挤出成型
PPRVP4142	12	0.903	注射、挤出成型
PPRVP2042	12	0.903	注射、挤出成型
PPRVP7252G2	22	0.903	注射、挤出成型
PPRV7342FL	18	0.903	注射、挤出成型、阻燃级
PPRV7352FL	18	0.903	注射、挤出成型
PPT1070 (P)	20	0.907	注射成型
PPT1070	20	0.907	注射、挤出成型

(续)

型 号	熔体质量流动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	规格与性能
PPT1270	20	0.907	注射成型
PPT2070	20	0.907	注射成型
PPTVP1070S1	20	0.907	注射成型
FaxSD-065	0.2	0.90	注射成型, 高抗冲击
FaxSD-068	0.2	1.24	注射成型, 高抗冲击
FaxSD-063	0.2	1.0	注射成型, 高抗冲击
PPTVP2070	20 ~ 40	0.907	注射、挤出成型
PPTVP7090AV	16	0.999	注射、挤出成型
PPU1080F (P)	12	0.907	挤出成型、纤维级
PPU1080	12	0.907	注射、挤出成型
PPU1770F	12	0.907	挤出成型, 纤维级
PPU1270	40 ~ 80	0.907	注射成型、挤出成型
PPU1280	40 ~ 80	0.905	注射成型、挤出成型
PPU1380	48 ~ 80	0.905	注射成型、挤出成型
PPUVP1080S1	12	0.907	注射、挤出成型, 食品级
PPHVP2222	0.7 ~ 2	0.907	注射、挤出成型
PPKVP8027	4.0	0.907	注射成型, 弹性体
PPNVP8008	1.6	0.907	注射成型, 弹性体
PPNVP8018	1.6	0.907	注射成型, 弹性体
PPRVP8027	3.5	0.907	注射成型、吹塑
PPRRVP8227	12	0.907	注射成型, 弹性体共混物
PPU VP8408	16	0.90	注射成型, 弹性体共混物
PPU VP8018	16	0.90	注射成型, 弹性体共混物
PPLP626	16	0.90	含乙丙橡胶 20% ~ 50%, 注射成型
PPUVP7780SI	20	0.90	注射成型, 高韧性
PPN1060F	2.2	0.90	注射成型, 吹塑成型
PPT 1070PMFI	12	1.1	玻璃纤维增强
PPU VP7780GV20	40	1.05	20% 短玻璃纤维增强, 注射成型
PPU VP7790GV1/30	40	1.14	30% 长玻璃纤维增强, 注射成型
PPU VP7790GV2/20	40	1.05	注射成型, 20% 长玻璃纤维增强
PPU VP7790GV2/30	40	1.14	注射成型, 30% 长玻璃纤维
PPU VP7780GV3/20	40	1.05	注射成型, 20% 玻璃珠增强
PPU VP7580VT10	40	1.03	注射成型, 10% 滑石填充
PPU VP7180VT10	40	1.03	注射成型, 10% 滑石填充
PPU VP7180VT20	40	1.05	注射成型, 20% 滑石填充
PPU VP7518VT20	40	1.05	注射成型, 20% 滑石填充
PPU VP7118VT20	40	1.05	注射成型, 20% 滑石填充

(续)

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格与性能
PPU VP7190VT40	40	1.21	注射成型, 40% 滑石填充
PPU VP7590VT40	40	1.21	注射成型, 40% 滑石填充
PPU VP7190TV30FL	40	1.14	注射成型, 30% 滑石填充, 阻燃性
PPU VP7590TV30FL	40	1.14	注射成型, 30% 滑石粉填充, 阻燃性
G-10229	0.5	0.90	中空成型
P-6502L	2.0	0.90	食品级, 耐高温
PPN6060F (粒)	2.0	0.905	薄膜级, 挤出和吹塑成型
PPT7090AV40	20	1.29	注射成型, 40% 石棉纤维
PPN VP7180TV20	5.0	1.04	注射成型, 20% 或 40% 滑石粉填充
PPN VP7190TV40	5.0	1.21	注射成型, 20% 或 40% 滑石粉填充
PPN VP7580TV	5.0	1.04	注射成型, 20% 或 40% 滑石粉填充
PPN VP7590TV40	5.0	1.21	注射成型, 20% 或 40% 滑石粉填充
PPN VP7790GV1/30	5.0	1.14	注射成型, 30% 长玻璃纤维增强
PPN VP7790GV2/30	5.0	1.14	注射成型、化学复合玻璃纤维增强
PPN VP7780GV20	5.0	1.05	注射成型, 20% 短切玻璃纤维增强
PPN VP7780GV3/20	5.0	1.03	注射成型, 20% 玻璃微珠增强

7. 英国壳牌化学公司 Shell PP 性能 (见表 3-23)

表 3-23 英国壳牌化学公司 Shell PP 性能

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格与性能
DE6100	0.3	0.905	挤出成型, 均聚物
DE8100	0.3	0.905	挤出成型, 均聚物
FE2100	0.5	0.905	挤出成型, 均聚物
FE6100	0.5	0.905	挤出成型, 均聚物
GE6100	0.8	0.905	挤出成型, 通用级
GM6100	0.8	0.905	注射成型, 吹塑成型, 均聚物
GM8100	0.8	0.905	吹塑成型, 均聚物
HM6100	1.5	0.905	注射成型, 通用级
HY6100	1.5	0.905	挤出成型, 纤维级
JE6100	0.8	0.905	挤出成型, 均聚物
KE6101	2.0	0.905	挤出成型, 双向拉伸薄膜
PY6100	5.5	0.905	挤出成型, 纤维级
RF2100	8.0	0.905	薄膜级, 均聚物
RM2100	8.0	0.905	注射成型, 耐热, 均聚物
RM6100	8.0	0.905	注射成型, 耐热级
RY6100	8.0	0.905	挤出成型, 纤维级

(续)

型 号	熔体质量流动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	规格与性能
SM6100	11	0.905	注射成型, 耐热级
SM6300	11	0.905	注射成型, 抗静电
SY6100	11	0.905	注射成型, 纤维级
JK6100	3.0	0.905	挤出成型, 双向拉伸薄膜
KM2100	3.5	0.905	注射成型, 通用级
KM6100	3.5	0.905	注射成型, 通用级
KM6900	3.5	0.905	注射成型, 耐热级
KM8100	3.5	0.905	注射成型, 共聚物
PLZ639	10	0.905	注射成型, 纤维级
KY6203	3.0	0.905	注射成型, 纤维级
LY6100	4.0	0.905	挤出成型, 均聚物, 纤维级
KY6203	4.0	0.905	挤出成型, 均聚物, 纤维级
PM2100	3.5	0.905	注射成型, 均聚物
PM6100	3.5	0.905	注射成型, 耐热级
PER6100	7.0	0.905	中空成塑、挤出成型, 注射成型, 无规共聚体
RMT6100	10	0.905	注射成型, 共聚级
VMA6700	20	0.905	注射成型, 共聚级
VMA6702P	20	0.905	注射成型, 共聚级
HMT6204	2.0	0.905	注射成型, 共聚级
CMT6104	0.8	0.905	注射成型, 共聚级
PLZ715A	10	0.905	注射成型, 共聚体
KT6103	15	0.905	注射成型, 共聚体
PY6500	11	0.905	纤维级, 均聚物
FET6100	0.5	0.905	挤出成型, 共聚级
GET6100	0.8	0.905	挤出成型, 共聚级
CMA6100	0.8	0.905	注射成型, 共聚级
PKY-61	3.7	0.905	纤维级, 扁丝
PHY-61	2.0	0.910	纤维级, 扁丝
GMA6204	0.8	0.905	注射成型, 共聚级
GMA6208	0.8	0.905	注射成型, 共聚级
GMT6100	0.8	0.905	注射成型, 共聚级
GMT6204	0.8	0.905	注射成型, 共聚级
HER6100	1.5	0.905	中空吹塑、挤出成型, 注射成型
HMA6208	1.5	0.905	注射成型, 共聚级
HMT6100	1.5	0.905	注射成型, 共聚级
KMA6100	4.0	0.905	注射成型, 共聚级
KMT6100	4.0	0.905	注射成型, 共聚级

(续)

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	密度 /g · cm ⁻³	规格与性能
KMT6300	4.0	0.905	注射成型, 共聚级
KMY6101	4.0	0.905	注射成型, 共聚级
PMA6100	6.5	0.905	注射成型, 共聚级
PMT6100	6.5	0.905	注射成型, 共聚级
PLP081	5.5	0.905	注射成型, 共聚级
Cabelec 3249	9.0		注射成型, 耐冲击
Series 400		1.36	挤出成型, PP-PVC 共混物
2006 DE		0.907	挤出成型, 丙烯-氯化物
PLZ715AS	10	0.905	注射成型, 均聚体
T6103	15	0.905	注射成型, 共聚级
PLZ639	10	0.905	注射成型, 共聚级
KY6100	3.0	0.905	挤出和吹塑成型, 纤维级
JY6100	2.0	0.905	挤出成型, 纤维级
JY6203	2.0	0.905	挤出成型, 纤维级
PLZ620	3.5	0.905	注射成型, 共聚级
PLZ632	3.5	0.905	注射成型, 共聚级
PLZ644	3.5	0.905	注射成型, 共聚级
PLZ622	3.5	0.905	注射成型, 共聚级
PLZ652	3.5	0.905	注射成型, 共聚级
PLZ696	7.0	0.890	注射成型, 共聚级
PLZ-697	7.0	0.890	注射成型, 共聚级
PLZ-809	35.0	0.890	注射成型, 共聚级

四、PP 成型加工性能

聚丙烯的成型加工性好, 故成型方法很多, 如注塑、挤塑、吹塑、真空热成型、涂覆、旋转成型、熔接、机加工、电镀和发泡等, 并可在金属表面喷涂。一般注塑用的 PP 熔体质量流动速率为 3 ~ 4.5g/10min, 有的可到 20g/10min, 其吸湿性小, 仅 0.01%, 所以只需在成型前将料在一般鼓风烘箱中于 80 ~ 100℃ 预热即可。由于 PP 长时间与金属壁接触时, 会发生分解、碳化, 所以要注意不使它长期停滞在料筒里。为了便于塑化, 最好加长分流梭, 若要缩短注塑周期, 可允许适当提高注塑温度, 掌握在不发生严重降解为限。在注塑时选择适当温度是非常重要的, 因为聚丙烯分子容易发生取向, 分子取向后会产生应变和降低冲击强度, 而取向现象在低温高压注射时最容易产生, 所以温度不能过低。模温最好在 80℃ 左右, 不可低于 50℃, 否则成型品表面光泽较差, 或者产生熔接痕等缺陷, 但模温过高又会使制品产生翘曲现象。注射压力一般取 10.0 ~ 100MPa, 压力过小会造成制品收缩率过大和产生凹陷, 所以压力尽可能提高一些, 一般掌握以不出飞边为标准。

聚丙烯的二次加工性能很好, 其印刷性能比聚乙烯好, 照相凸板、胶板、平凹板等

印刷方法均可使用，要获得良好的耐热、耐油、耐水等要求的印刷性能，须经电晕放电处理后再行印刷。制品可烫金、印花、粘合等，粘合可用热粘法、溶剂型粘合剂或高频封接等，可用热风、热能超声波焊接，焊接性能好。电镀用于仪器、仪表、电子等的装饰件。聚丙烯的流动性很好，类似于高密度聚乙烯。

1. 聚丙烯注塑

聚丙烯注塑工艺条件如表 3-24 所示。注塑温度在 230 ~ 260℃，其流动性受注射压力的影响较大。模温越高则成型收缩率越大，例如，当注射压力为 68.6MPa、模温 60℃时，收缩率为 1.8%。注塑温度高（在 190℃ 以上）时，流动性急增，易引起飞边、缩孔。温度超过 180℃ 则开始缓慢分解，因而注塑温度以低为宜。

表 3-24 聚丙烯注塑工艺条件

制品壁厚/mm	<3	3 ~ 6	>6
料筒温度/℃ 后段	245 ~ 310	235 ~ 270	235 ~ 270
中段	245 ~ 310	235 ~ 270	235 ~ 270
前段	215 ~ 290	205 ~ 245	205 ~ 245
喷嘴	200 ~ 260	205 ~ 260	205 ~ 260
模具温度/℃	40 ~ 80	40 ~ 80	38 ~ 105
物料温度/℃	230 ~ 270	235 ~ 270	235 ~ 270
注射压力/MPa	68.6 ~ 196	53.9 ~ 196	53.9 ~ 196
注射时间/s	1 ~ 15	5 ~ 30	10 ~ 40
注射总周期/s	6 ~ 45	30 ~ 90	60 ~ 120
成型收缩率（%）	纵向 1.5，横向 1.5		
后处理条件	比热变形温度低 5 ~ 20℃ 下处理 2 ~ 3h		
物料预干燥	用 50 ~ 80℃ 料斗干燥器		

2. 聚丙烯挤出

聚丙烯的挤出工艺条件仅以板材和薄膜为例，列于表 3-25 和表 3-26。

表 3-25 聚丙烯板材与薄膜的挤出设备

设备规格	板材	薄膜	设备规格	板材	薄膜
挤出机螺杆直径/mm	120	65	螺杆压缩比	3:1	4:1
螺杆形式	渐变压缩型	突变型	螺杆长径比 L/D	18 ~ 24	22

表 3-26 聚丙烯板材与薄膜挤出工艺条件

口模形式	T 形支管式料道	支管式料道 T 形口模	
挤出温度/℃，后	180 ~ 210	190 ~ 210	200 ~ 220
中	210 ~ 230	200 ~ 230	220 ~ 250
前	220 ~ 240	220 ~ 230	250 ~ 290
联接器温度/℃		220 ~ 260	250 ~ 290
口模温度/℃	200 ~ 220	220 ~ 260	250 ~ 290

(续)

口模形式		T 形支管式料道	支管式料道 T 形口模	
冷却辊温度/℃			10 ~ 30	10 ~ 30
冷却辊气隙/mm			10 ~ 100	10 ~ 100
水槽温度/℃			15 ~ 40	20 ~ 40
水槽气隙/mm			2 ~ 10	2 ~ 10
树脂配方	PP	100 ^①	100 ^②	100 ^③
	氧化锌	2		
	DLTP	1	0.5	0.5
	抗氧剂 1010		0.5	0.5
	UV-327		0.5	0.5

① PP 的 MFR = 0.2 ~ 0.7/g/10min，等规度 ≥ 96%，本配方耐光性优良，可户外用，为白色。

② PP 的 $\overline{M}_n$ = 70000。

③ PP 的 $\overline{M}_n$ = 150000。

五、应用

聚丙烯均聚物由单一丙烯半单体聚合而成，结晶度较高，力学强度和耐热性良好。聚丙烯共聚物是在聚合时掺入少量乙烯单体共聚而成，有较高的抗冲击强度，无规共聚丙烯有较高的冲击强度和透明度，嵌段共聚丙烯有较高的冲击强度。

聚丙烯薄膜制品透明而有光泽，对水蒸气和空气的渗透性小。其分吹塑薄膜、流涎薄膜（CPP）、双向拉伸薄膜（BOPP）等。注塑制品可用作汽车、电气、机械、仪表、无线电、纺织、国防等工程配件，以及日用品、周转箱、医疗卫生器材、建筑材料；挤塑制品有：管材、型材、单丝、渔用绳索、打包带、捆扎绳、编织袋，纤维、复合涂层、片材、板材等；吹塑中空成型制品有各种小型容器等。旋转成型可制造各种大型化工贮槽、容器、罐等。其他制品有低发泡、钙塑板，可用作合成木材、层压板、合成纸，高发泡可作结构泡沫体。

第二节 聚丙烯制品及其成型工艺

一、聚丙烯注射成型

1. 简介

(1) 原材料

1) 物料性能。聚丙烯为白色蜡状塑料，外观似聚乙烯，但比聚乙烯更轻，密度为 0.9 ~ 0.91g/cm³，强度、刚度、硬度、耐热性均优于低压聚乙烯，可在 100℃ 左右使用。具有良好的电性能和高频绝缘性，不受湿度影响，但低温时变脆，不耐磨，易老化。

2) 应用范围。适于制作一般机械零件、耐腐蚀零件和绝缘零件。

3) 工艺特性

①聚丙烯是非极性结晶性塑料，最大结晶速度的温度范围为 120 ~ 130℃，结晶度在 50% 以上。吸湿性小，约为 0.03% ~ 0.04%，一般不需干燥。易发生熔体破裂，长

期与热金属接触易分解。

②流动性好。熔体质量流动速率为 $2 \sim 9\text{g}/10\text{min}$ 。熔体粘度随注射压力的增大和温度的升高而降低。收缩范围及收缩值大,成型收缩率为 $1.0\% \sim 2.5\%$, 并具各向异性,易发生缩孔、凹痕和变形。

③聚丙烯的熔点分解温度都比聚乙烯高,热稳定性好,熔点温度范围为 $165 \sim 170^\circ\text{C}$, 分解温度高于 350°C 。成型温度范围较宽,一般为 $205 \sim 315^\circ\text{C}$ 。

④冷却速度快,浇注系统及冷却系统应缓慢散热,并注意控制成型温度。料温低方向性明显,低温高压时尤其明显。

⑤抗氧化能力低,在塑化前应加入一定比例的抗氧化剂。

⑥塑料壁厚须均匀,应在 $1 \sim 4\text{mm}$ 范围内,避免缺胶、尖角,以防应力集中。

(2) 注射制件结构条件

1) 制件的壁厚应在 $1 \sim 4\text{mm}$ 范围内。

2) 对于平直较长的板型制件,为防止变形,要考虑设置加强肋措施。

3) 制件的脱模斜度在 $0.5^\circ \sim 1.5^\circ$ 之间,形状较复杂制件取大值。

4) 注意制件成型收缩率对制品形状的影响:壁厚为 $1 \sim 4\text{mm}$ 时,收缩率为 $1\% \sim 2\%$;壁厚大于 5mm 时,收缩率为 $2\% \sim 3\%$ 。

5) 设计制件形状结构时,注意不许有尖角部位出现,此处易产生裂纹。

(3) 注塑机与模具

1) 注塑机类型选择。聚丙烯注塑可用螺杆式注塑机或柱塞式注塑机。一般螺杆式注塑机应用较多。选用螺杆结构以突变型螺杆较好。螺杆的加料段应长些,一般大于螺杆直径的 10 倍。注意注塑机的额定注射量,一定要大于制品质量的 $1.8 \sim 2$ 倍,以保证熔体降温固化时的成型用量。喷嘴可用通用型或延长型。

2) 模具设计时的注意事项。在设计聚丙烯制品或模具时,应注意下列几方面。

①制品的壁厚应充分考虑到熔体充模的可能性。聚丙烯熔体的最大流动长度与壁厚之比为 $250:1$,熔体的流动性较好,但实际影响流动性的因素众多,还应考虑到成型收缩率的关系,故制品的壁厚常在 $0.9 \sim 4.0\text{mm}$ 的范围内进行选择。当然,制品的壁厚还应尽可能保持均匀一致,厚薄不宜相差过大,最多不要超过 50% ;厚壁与薄壁之间要用圆弧逐步变化过渡,转角处避免锐角存在,圆弧过渡的半径要求大一些,一般比壁厚小 $1/3$ 即可,但最不得不得低于 0.4mm 。

对于薄而平直的制品,因受应力分布不均以及收缩各向异性的影响,很容易发生翘曲变形等问题,为此可采用开设加强肋或沿口卷边等办法,这样既可防止制品的变形又起到加强制品强度的作用。加强肋可采用槽沟形或瓦楞形等,其厚度不应超过制品壁厚的 $1/2$ 。与其他塑料一样,聚丙烯制品的成型收缩率与其壁厚有关。壁厚越大,制品的收缩率也就越大;反之壁厚越小,收缩率也就减少。表 3-27 所示为聚丙烯制品壁厚与收缩率的关系。

②根据聚丙烯的收缩率情况,制品的脱模斜度在 $0.5^\circ \sim 1^\circ$ 范围内选择就可以满足要求了。对于形状复杂或带有成型孔、字母、花纹的制品可取 $1.5^\circ \sim 2^\circ$ 的斜度。成型孔与侧壁之间的距离要求等于或大于成型孔的直径。

表 3-27 聚丙烯制品壁厚与收缩率的关系

制品壁厚/mm	成型收缩率(%)
1 ~ 3	1 ~ 2
4 ~ 5	2 ~ 2.5
> 6	2.5 ~ 3

③对于带有铰链的制品，应注意浇口位置的选择，即要求熔体的流动方向垂直于铰链的轴芯线。在多模腔的模具中，浇口的位置应设在靠近铰链的一侧，避免在铰链区域内产生熔接痕。

④由于聚丙烯熔体的流动性较好，在成型过程中易出现排气不良的现象，故需设置适当的排气孔槽。排气孔槽的位置应根据制品情况和料流方向而定，其深度应不超过熔体的溢边值（0.03mm）。

⑤模具温度对聚丙烯制品的性能有着一定的影响，模具温度低，结晶度低，制品呈柔软性倾向，收缩率也低，生产效率高，但大面积和厚壁制品易产生翘曲，表面粗糙度较差等缺点，故在模具设计与制造时应充分考虑这些情况，合理选择加热还是冷却的控温装置。

(4) 注射成型工艺

1) 原料的准备

①注塑用原料的熔体质量流动速率在 1 ~ 9g/10min 范围内。

②包装完好的粒料，含水分不超过 0.04%，可直接投产应用。特殊情况时，原料可干燥处理，在 80 ~ 100℃热风循环中干燥 2 ~ 4h。

2) 注塑工艺条件

①塑化注射温度范围在 200 ~ 250℃，最高可达 280℃。对于制品壁厚较厚件，注射温度可低些，但是温度过于偏低时大分子的取向程度增加，制件容易变形。

②注射压力在 70 ~ 120MPa 范围，注射压力高，熔体的粘度降低，流动性好，成型容易，收缩率也相应低些。

③应保证保压时间，以补充熔体固化收缩用料。在此基础上，尽量缩短注射保压时间，以减小成型后制件的收缩。

④模具温度在 70 ~ 90℃，较高的成型温度有利于制品结晶度的提高，减少内应力的形成、制品的强度和外观质量得到改善。模具温度偏低，熔体降温固化快，制品结晶度低，制件密度小，内应力较大，由于收缩率较大，造成制件外观质量较差。

⑤注意制件脱模时的收缩，应在定型装置上存放。无定型装置时，对于形状尺寸要求较高的制件，应进行热处理。

3) 聚丙烯注射成型注意事项

①成型时的树脂流动性好。熔体质量流动速率在 1 ~ 10g/10min 范围内。成型时易用高压注射，料温均匀，填充速率快，保压充分。不易用直接浇口，以防收缩不均，内应力增大。

②因成型收缩率大、刚性低，所以尺寸精度难于保证，模具内的冷却时间要足够长。

③大多光泽较好，因易产生缩痕和光泽不匀，所以图案设计要仔细。制成皮革状是个好方法。

随料筒温度和模具温度不同，制品的情况（外观和尺寸）会不同，所以成型时保持一定的温度，这一点是十分重要的。

填充改性聚丙烯中也有成型收缩率较小的产品，尽管如此，仍易发生缩痕，所以不能与聚苯乙烯等同等看待。

（5）注射成型中不良现象、产生原因及解决的方法

1）制品质量不稳定。聚丙烯制品在注射过程中质量不稳定的原因甚多，影响因素是多方面的，但是正确掌握好以下因素，就可使得质量不稳定的现象有明显改善：

①原材料

a. 注射用原料的熔体质量流动速率在 $1 \sim 9\text{g}/10\text{min}$ 范围内。

b. 包装完好的粒料，含水分不超过 0.04% ，可直接投产应用，特殊情况时，原料可干燥处理，在 $80 \sim 100^\circ\text{C}$ 热风循环中干燥 $2 \sim 4\text{h}$ 。

②注射工艺条件

a. 塑化注射温度范围在 $200 \sim 250^\circ\text{C}$ ，最高可达 280°C ，对于制品壁厚较厚件，注射温度可低些，但是温度过低时大分子的取向程度增加，制件容易变形。

b. 注射压力在 $70 \sim 120\text{MPa}$ 范围，注射压力高，熔体的粘度降低，流动性好，成型容易，收缩率也较低。

c. 应保证保压时间，以补充熔体固化收缩用料，在此基础上，尽量缩短注射保压时间，以减小成型后制件的收缩。

d. 模具温度在 $70 \sim 90^\circ\text{C}$ ，较高的成型温度有利于制品结晶度的提高，减少内应力的形成，制品的强度和外观质量得到改善。模具温度偏低，熔体降温固化快，制品结晶降低，制件密度小，内应力较大，由于收缩率较大，制件外观质量较差。

e. 注意制件脱模后的收缩。脱模后应在定型装置上存放，如无定型装置，应对形状尺寸要求较高的制件进行热处理。

2）注射不足、注不满型腔

①料筒温度与喷嘴温度太低。应提高其温度，料筒温度的调定范围为前段 $180 \sim 240^\circ\text{C}$ ，中段 $200 \sim 220^\circ\text{C}$ ，后段 $160 \sim 170^\circ\text{C}$ ；喷嘴温度调定范围为 $170 \sim 190^\circ\text{C}$ 。

②成型周期短。应重新设定成型周期，成型周期调定范围为 $40 \sim 120\text{s}$ 。

③注射压力低。应提高注射压力，调定范围为 $70 \sim 120\text{MPa}$ 。

④注射速度慢。应加快注射速度，调定范围为 $1 \sim 5\text{s}$ 。

⑤保压与冷却时间短。应延长保压与冷却时间，调定范围为 $20 \sim 50\text{s}$ 。

⑥注射量少。应重新设定注射量，适当增大注射量。

⑦背压、锁模力与肘节调整设定不正确。应重新调整设定，以满足工艺条件为准。

3）制品产生缩痕

①注射压力偏低。应提高注射压力，调定范围为 70 ~ 120MPa。

②保压时间与冷却时间短。应延长保压冷却时间，调定范围为 20 ~ 50s。

③原料注射量少。应根据制品质量重新设定，增加注射量。

4) 制品产生熔接线

①料筒与喷嘴温度低。应提高料筒与喷嘴温度，料筒温度调定范围为 160 ~ 200℃，喷嘴温度调定范围为 170 ~ 190℃。

②注射压力低。应提高注射压力，调定范围为 70 ~ 120MPa。

③注射速度慢。应加快注射速度，注射时间调定范围为 1 ~ 5s。

5) 制品产生料流痕迹

①料筒与喷嘴温度低。应提高料筒与喷嘴温度，料筒温度调定范围为 180 ~ 200℃，喷嘴温度 170 ~ 190℃。

②注射压力低。应提高注射压力，调定范围为 70 ~ 120MPa。

③注射速度慢。应加快注射速度，注射时间调定范围为 1 ~ 5s。

④保压时间短。应延长保压时间，调定范围为 20 ~ 50s。

6) 制品表面光泽不好

①料筒与喷嘴温度偏低。料筒温度调定范围为 180 ~ 200℃，喷嘴温度调定范围为 170 ~ 190℃。

②成型周期长。应缩短成型周期，调定范围为 80 ~ 120s。

7) 制品产生气泡与孔

①料筒温度高。降低其温度，调定范围为 180 ~ 200℃。

②成型周期长。应缩短成型周期，调定范围为 80 ~ 120s。

③注射压力低。应提高注射压力，调定范围为 70 ~ 120MPa。

④注射速度快。应降低注射速度，调定范围为 1 ~ 5s。

⑤保压时间短。应延长保压时间，调定范围为 20 ~ 50s。

⑥锁模力设定不正确。应重新调整设定。

8) 制品颜色不均

①料筒温度高。降低其温度，调定范围为 180 ~ 200℃。

②成型周期长。应缩短成型周期，调定范围为 80 ~ 120s。

③锁模力设定不正确。应重新调整设定。

9) 制品出现焦烧、黑条纹

①料筒温度高。降低其温度，调定范围为 180 ~ 200℃。

②成型周期长。应缩短成型周期，调定范围为 80 ~ 120s。

③注射压力高。应降低注射压力，调定范围为 70 ~ 120MPa。

④注射速度快。应减慢注射速度，调定范围为 1 ~ 5s。

⑤背压过高。应适当降低背压，以满足工艺条件为准。

10) 制品产生飞边

①料筒与喷嘴温度高。应降低其温度，料筒温度调定范围为 180 ~ 200℃，喷嘴温度调定范围为 170 ~ 190℃。

②注射压力过大。应适当降低注射压力, 调定范围为 70 ~ 120MPa。

③注射速度快。应减慢注射速度, 调定范围为 1 ~ 5s。

④保压, 特别是二次保压时间长。应缩短保压时间, 调定范围为 20 ~ 50s。

⑤锁模力与肘节设定不正确。应重新设定, 以满足工艺条件为准。

11) 制品翘曲、扭曲变形

①料筒温度偏低。应提高其温度, 调定范围为 180 ~ 200℃。

②成型周期短。应延长成型周期, 调定范围为 80 ~ 120s。

③注射压力高。应降低注射压力, 调定范围为 70 ~ 120MPa。

④注射速度快。应降低注射速度, 调定范围为 1 ~ 5s。

⑤保压时间长。应缩短保压时间, 调定范围为 20 ~ 50s。

12) 制品产生银纹。料筒温度过高。应降低其温度, 调定范围为 180 ~ 200℃。

13) 制品出现剥离。

①料筒与喷嘴温度过低。应适当提高其温度, 料筒温度调定范围为 180 ~ 200℃, 喷嘴温度调定范围为 170 ~ 190℃。

②背压过高。应适当降低, 调到合适为止。

14) 制品质地脆弱。料筒温度过高应降低其温度, 调定范围为 180 ~ 200℃。

15) 制品出现划伤。

①注射压力过高。应适当予以降低, 调定范围为 70 ~ 120MPa。

②保压时间过长。应适当予以缩短, 调定范围为 20 ~ 50s。

16) 制品成型收缩率偏大

①模具温度偏高。应降低模温, 调定范围为 40 ~ 80℃。

②制品壁厚偏厚。应加以改进或重新设计加工, 壁厚控制范围为 1 ~ 4mm。

③浇口偏小。应加以改进或重新加工。

④原材料规格不合适。应选用合格原材料, 控制其收缩率在 1.0% ~ 2.2%。

17) 制品出现剥离

①加工过程中混入杂质。应净化原料和加工过程。

②料筒与喷嘴温度过低。应适当提高其温度, 料筒温度调定范围为 180 ~ 200℃, 喷嘴温度调定范围为 170 ~ 190℃。

③注射速度快。应降低注射速度, 调定范围为 1 ~ 5s。

④背压过高。应适当降低, 调到合适为止, 以满足工艺要求。

⑤模具温度偏低。应升高模温, 调定范围为 40 ~ 80℃。

2. 聚丙烯汽车转向盘的注射成型

汽车转向盘是以金属作为骨架材料, 通过注射外包塑料而成的复合材料制品。

(1) 原料及典型配方 以热塑性弹性体 SBS 改性的聚丙烯可作为汽车转向盘的专用料。聚丙烯为此共混聚合物的基体材料, 应选用注塑级的牌号 (例如北京燕山石化公司的 PP1330); SBS 为增韧改性材料, 用量约为 PP 的 20% 左右, 可选用美国菲利普公司的 Solprene475 或日本旭化成公司的 TufprenX 或相应性能的国产 SBS (常用的 SBS 丁二烯与苯乙烯的比例为 60:40, 重均相对分子质量 $\bar{M}$ 约 25 万)。将聚丙烯树脂与 SBS

弹性体按上述比例通过挤出机混炼并造粒后即得到可用于制造汽车转向盘的专用改性聚丙烯粒料。

其主要性能指标为：熔体质量流动速率为 1.67g/10min，缺口冲击强度 69kJ/m² (25.5℃下)，维卡耐热点 133℃，耐应力开裂时间 >350h。此外，根据产品对色彩的需要，可分别加入各种着色剂少量。

(2) 主要生产设备 注射容量 2000g 的螺杆式直角成型机，锁模力 4000kN 左右。2000g 的注射容量可满足各种汽车转向盘生产的需要。螺杆式是为保证塑料塑化及着色均匀。选择直角式机型（即注塑机机筒为横向，注射模具为垂直方向启闭）是考虑此产品制造的特殊性，便于骨架安放及产品取出。

(3) 制备工艺

1) 汽车转向盘生产工艺流程（见图 3-1）

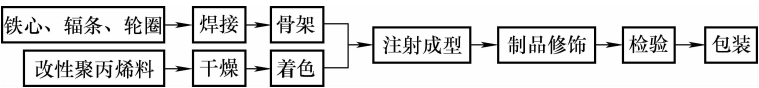


图 3-1 汽车转向盘生产工艺流程

2) 生产过程。转向盘的金属骨架，其制造为金属加工过程，在此略之。改性聚丙烯汽车转向盘专用粒料吸湿性并不高（小于 0.02%），但为保证质量稳定性，仍以预先在烘箱中于 90 ~ 100℃ 下干燥 3 ~ 4h 为宜。转向盘采用注射成型。由于此制品内有金属骨架，塑料在模具内流道又较长，塑料冷却速度较快，所以注射速度应稍快（40 ~ 80cm³/s）。其注射压力要适当，过大产品易产生溢边，内部残余应力大；过小则产品厚壁处易产生收缩、凹痕，故一般选用 49MPa 左右。注射料温稍低于纯 PP 粉，因 SBS 加工温度较低（160 ~ 190℃），注射料筒温控分四个区段，由料斗至喷嘴逐步提高。模具温度一般以 90 ~ 100℃ 为宜。由于转向盘注塑模一般均有较大的主流道及分流道，浇口处塑料冷却封凝时间较长，且此产品多存在厚壁部位，需较长的补料阶段，所以注射保压时间通常需保持 2min 左右。

3. 聚丙烯洗衣机用洗涤桶、脱水桶和底台

(1) 选材 洗衣机内桶（又称洗涤桶）、脱水桶和底台的制造可选用聚丙烯制备。聚丙烯树脂选用吉化长春化工厂生产的产品。此种聚丙烯为 PP/LLDPE（100/10）共混物，其中又加入 8% 的碳酸钙（CaCO₃）和其他助剂。

(2) 设备

1) 注射机。注射机技术参数如表 3-28 所列。

表 3-28 注射机技术参数

型号	M—1300/10180—DM	M—850/4940—DM	850MF—160
最大注射压力/MPa	156.9	155.2	164.0
最大注射量/cm ³	10775	5226	4540
锁模力/kN	13000	8500	8500
制造厂家	名机制作所	名机制作所	三菱重工

2) 熔合机为日本制造的 SP8412A-00 机型。

(3) 制备工艺 采用注射成型工艺制备，其工艺条件及其与其他牌号 PP 料对比如表 3-29 ~ 表 3-31 所示。

表 3-29 PP 洗涤桶的工艺条件

工艺 批号	MI	机筒温度/℃							注射压力/MPa		
		T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	p_1	p_2	p_3
吉化	17	260	270	270	270	270	260	250	60	35	20
BC03B	20	270	280	280	280	270	260	250	49	30	15
17S20V	20	280	290	290	280	280	270	250	45	30	15
AZ564	30	270	285	285	285	270	260	250	42	30	15
She11 6700	23	280	290	290	290	280	260	240	39	30	15

工艺 批号	时间/s			注射速度/mm · s ⁻¹				注射背压		成型周 期/s	生产 稳定性
	注射	保压	冷却	v_1	v_2	v_3	v_4	p_{21}	p_{22}		
吉化	9.0	5.0	50	82	90	70	40	95	90	130.8	不稳定
BC03B	9.0	3.0	50	60	75	50	40	90	80	120.5	稳定
17S20V	9.0	3.0	50	65	70	50	40	85	70	110.9	稳定
AZ564	9.0	3.0	50	45	60	40	35	75	80	120.0	稳定
She11 6700	9.0	3.0	50	45	60	30	25	80	70	121.0	稳定

注：M-1300/10180-DM 注射机。

表 3-30 PP 底台的工艺条件

工艺 批号	MFR	机筒温度/℃							注射压力/MPa		
		T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	p_1	p_2	p_3
吉化	13.1	230	230	230	230	225	215	205	52	15	10
AW564	11.9	255	265	265	260	245	265	225	31	25	10
17S20V	16.2	270	275	275	275	270	260	250	38	32	15
J640	8.6	230	240	245	240	230	220	210	38	25	15
BCSA	10.0	250	250	250	245	225	220	210	34	25	15

工艺 批号	时间/s			注射速度/mm · s ⁻¹				注射背压		成型周 期/s	生产 稳定性
	注射	保压	冷却	v_1	v_2	v_3	v_4	p_{21}	p_{22}		
吉化	14	3.2	75	39	40	15	10	23	15	124.8	较稳定
AW564	25.3	5.0	50	25	35	33	10	31	25	110.9	稳定
17S20V	10	3.7	55	30	28	16	8	15	20	115.2	稳定
J640	13.0	3.0	75	37	30	20	9	20	10	125	稳定
BCSA	13.5	3.5	40	33	35	20	9	20	10	79.8	稳定

注：M-850/4940-DM 注射机。

表 3-31 PP 脱水桶工艺条件

工艺 批号	MFR	机筒温度/℃				注射压力/MPa	时间/s		
		T_1	T_2	T_3	T_4		注射	保压	冷却
吉化	5 ~ 7	210	220	220	220	7.20	11	10	60
AY564	10.7	230	240	240	240	3.90	18	5.6	60
AW564	6.5	235	240	240	240	3.80	21	6	58
BC3B	9	240	250	250	250	4.10	23	7.0	52
J640	8.6	240	250	250	250	4.60	25	8.0	50

工艺 批号	注射速度/mm · s ⁻¹				注射背压	成型周期/s	生产稳定性
	v_1	v_2	v_3	v_4			
吉化	3.7	2.0	2.2	2.5	1.0	117.0	稳定
AY564	2.9	3.8	3.1	2.0	1.20	125.0	稳定
AW564	3.8	4.1	5.0	3.0	1.35	119.0	稳定
BC3B	5.6	6.1	5.0	3.5	1.21	118.0	稳定
J640	8.0	6.0	8.1	5.0	1.30	120.1	稳定

注：850MF-160 注射机。
熔合工艺条件：熔合时间为 10s；回转数为 4 ~ 6r。
(4) 效果 效果如表 3-32 所示。

表 3-32 PP 洗衣机洗涤桶、脱水桶和底台制备效果

制 件 名 称	洗 涤 桶	底 台	脱 水 桶
熔体质量流动速率/g · (10min) ⁻¹	20(15 ~ 17)	2 ~ 4	11 ~ 13
制件情况	①成型尺寸完整 ②收缩率符合要求	①成型尺寸完整 ②收缩率符合要求 ③颜色符合要求	①成型尺寸完整 ②收缩率符合要求
存在问题	①制件发脆 ②颜色发黄 ③生产不稳定	①生产中有缺料现象 ②压力过高	①生产中有缺料现象 ②压力过高 ③颜色发黄、发灰、底部开裂
改进办法	①降低料筒温度 ②向树脂中加入 LL-DPE、SBS	①降低料筒温度 ②选择高 MI 树脂提高背压	①降低料筒温度 ②加大进料量
成品率(%)		96	96.7
备注	①M115—17 生产 2.5 洗涤桶 ②目前尚不能达到连续生产	①改进措施以后,提高 MI 至 5 ~ 7,并加入 8% CaCO ₃ ,进一步降低成本	随着生产的持续,成品率逐渐增高

二、聚丙烯制品的挤出成型

1. 无规共聚聚丙烯管材（PP-R）

PP-R 管材是继 PP-H（均聚聚丙烯），PP-B（嵌段共聚聚丙烯）管材之后的第三代新型聚丙烯管材。PP-R 管材以其优异的耐冲击、耐腐蚀和耐高温性能，良好的耐压、保温和耐老化性能，以及卫生无毒、安装方便、外表美观等特点，近年来成为替代镀锌钢管的主要产品之一。PP-R 管材在原料生产、成型加工、使用及废弃过程中都不会对人体及环境造成不利影响，因此被誉为“绿色环保管材”。国家建设部已确定今后将 PP-R 管材作为三大新型管材（交联 PE 管、铝塑复合管和 PP-R 管）中的首推产品。

（1）原材料 PP-R 管材、管件都是采用乙烯含量为 3% 左右（质量分数）的无规共聚聚丙烯合成树脂，是无味、无毒、本色或着色的颗粒材料，密度为 0.89 ~ 0.91g/cm³，相对分子质量较高，MFR 在 0.5g/10min（230℃，2160g）以下，具有较高的熔体强度，有利于挤出管坯。高温下无规共聚聚丙烯管材的环向应力，具有比普通聚丙烯（PP-H）管和嵌段共聚聚丙烯（PP-B）管更好的稳定性，因而在高温下具有更长的使用寿命。PP-R 冲击性能高于均聚聚丙烯（PP-H），与 PP-B 相当，极大地提高了使用中的抗冲击性能。如在 60℃、1.25MPa 的工作条件下，可连续使用 50 年以上，这也是 PP-R 管材被广泛应用于冷热水供给、地下供热和高低温取暖装备的原因之一。不同牌号聚丙烯树脂性能比较见表 3-33。

表 3-33 不同牌号聚丙烯树脂性能比较

性 能	1300 (PP-H)	8101 (PP-B)	910 (PP-B)	RA130E (PP-R)	4220 (PP-R)	测试标准 (ASTM)
密度/g·cm ⁻³	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	D1505
MFR/g·(10min) ⁻¹	1.50	0.37	0.33	0.25	0.36	D1238
屈服强度/MPa	30.0	24.8	24.6	20.9	26.0	D638
断裂强度/MPa	35.0	42.2	35.5	33.6	33.2	D638
断裂伸长率(%)	500	620	630	713	707	D638
弯曲强度/MPa	—	28.3	27.3	18.9	—	D790
弯曲模量/MPa	1350	1081	1041	633	824	D790
洛氏硬度 HR	90	79.6	71.2	64.8	79.4	D785
维卡软化点/℃	—	155	148	—	—	D1525
热变形温度/℃	105	90	—	70.9	84	D648

另外，PP-R 管材材料属于高结晶性聚烯烃，分子中的化学元素为 C、H 两种元素，此类材料是国际上公认的无毒、无害材料。

（2）主要生产设备 PP-R 导热性比较低，相对分子质量高，MFR 低，消耗功率大，挤出设备应具有较大的长径比（不小于 30:1）和驱动功率及准确的电子控温装置，而且，螺杆要采用新型混炼式螺杆，使物料充分塑化，以达到低温挤出的目的。

由于 PP-R 的记忆特性，在模具方面不能采用普通的挤管模具，目前国内多使用新型的螺旋式挤管模具。这种模具分流效果好，无熔接痕，机头压缩比小，既可改善产品质量又有利于提高生产效率。此外，为保证 PP-R 管材在焊接施工时不渗漏，对影响管材尺寸的口模及定径套的设计要求十分严格。设计时要充分考虑到 PP-R 材料的 barus

效应（出口胀大）、收缩率及加工工艺条件，设计原则是口模内径大于真空定径套内径且大于管材外径，口模及定径套内径的计算尺寸需精确到小数点后两位。

PP-R 管材采用真空定径方式。由于 PP-R 导热性能差，冷却过程热量大，加之管壁较厚， $\phi 50\text{mm}$ 口径以下的管材，真空定径箱长度不低于 6m ； $\phi 50 \sim \phi 75\text{mm}$ 口径的管材，真空定径箱长度不低于 12m ；对于 $\phi 75\text{mm}$ 以上口径的管材，真空定径箱长度在 18m 以上，最好采用双泵分级抽真空。

(3) 制备工艺

1) 生产工艺流程。主、辅原料计量→搅拌混合→热熔挤出→模具成型→真空冷却定型→水槽冷却定型→牵引→编码打印→定尺切割→管材堆放→质检包装→成品入库。

2) 工艺条件。除了以上材料及设备因素之外，要生产出高质量 PP-R 管材，必须有塑化良好及稳定的熔体流动，工艺控制也十分重要。PP-R 管材的成型工艺温度一般在 $210 \sim 260^{\circ}\text{C}$ 之间；挤出速度对塑化的影响较大，一般主机螺杆转速不超过 40r/min ；但有些新型螺杆，提高转速反而增强剪切作用，加强了塑化，能实现低温高速挤出。真空度一般为 $0.05 \sim 0.08\text{MPa}$ ，调整原则见表 3-34。

表 3-34 调整原则

管材特性	特性变化趋势	真空度调整趋势	管材特性	特性变化趋势	真空度调整趋势
管材直径	↑	↑	管材内应力	↓	↓
管材壁厚	↑	↑	管材表面光洁性	↑	↑
熔体粘度	↑	↑			

通常在满足管材外观质量要求的前提下，真空度应尽可能的低，以减少内应力，这样管材在存放过程中收缩变形小。

PP-R 管材生产典型工艺条件见表 3-35。

表 3-35 PP-R 管材生产典型工艺条件

项 目	一区	二区	三区	四区	五区	机 头	
						一区	二区
设定温度/ $^{\circ}\text{C}$	185	230	240	225	225	250	230
仪表显示温度/ $^{\circ}\text{C}$	190	225	250	245	220	243	225
温度计测试温度/ $^{\circ}\text{C}$	201	214	228	230	246	240	214
电流/ A	18	17	19	16	16	10.5	2.5

注：主机为 $\phi 65\text{mm} \times 30\text{mm}$ （混炼式螺杆）；主机转速为 525r/min （表速）；牵引速度为 3.6m/min ；冷却水温为 18°C ；真空度为 0.054MPa 。

管材的牵引速度与挤出速度要匹配，注意不能影响管径和壁厚。过快的牵引速度会拉薄管壁，定型不充分，出现拉伸定向的现象，影响环应力，导致耐压性能下降，喷淋水温应控制在 $10 \sim 20^{\circ}\text{C}$ ，水温过高，形成结晶颗粒粗大，冲击性能差；水温过低，强制冷却后，因导热性能差，形成温度梯度，产生内应力，影响管材质量。

(4) 特点及应用 PP-R 管材除具有一般塑料管材质量小、强度好、耐腐蚀、使用寿命长等优点外，还具有以下特点：

1) 安全卫生。PP-R 管材材料属聚烯烃类高分子材料, 无毒、无味、无析出成分, 卫生性能可靠。PP-R 管材在原料生产、制品加工、使用及废弃过程中均不会对人体及环境造成不利影响, 与 PEX 管材同被称为绿色建材。

2) 耐热保温。PP-R 管材的维卡软化点为 131°C , 最高使用温度为 95°C , 长期使用温度为 70°C , 可满足建筑给排水设计规范中规定的热水系统的使用。其热导率仅为钢管的 $1/200$, 有相当好的保温性能。

3) 管材系统的连接安装方式简单可靠。PP-R 管材用的是同种材料热熔连接方式, 连接部位的耐压强度数倍于管材本身的强度, 安全系数相当高。此外, 这种连接方式具有成本低、速度快、操作简单、密封性能好等优点, 因此无需考虑在长期使用过程中连接处会发生渗漏。

4) 不锈蚀、耐磨损、不结垢。PP-R 管材和管件不会被大多数化学物质腐蚀, 可在很大的温度范围内承受 pH 值在 $1 \sim 14$ 的酸、碱溶液。

5) 资源再利用。PP-R 管材在生产及施工过程中产生的废品可回收利用, 废料经过清洁、破碎、干燥后可直接用于管材生产, 在回收料使用量不超过 7 份的情况下, 不会影响制品的质量。材料的可回收利用, 除了降低生产成本外, 更重要的是避免废弃物对环境的污染。

6) 生产工艺简单。PP-R 管材可采用标准设备及装置进行生产, 与交联聚乙烯相比, 生产环境不需进行环保方面的投资, 生产过程中也不需定期清洗螺杆, 而且加工容易, 管材的直径可以做到 160mm 的较大口径。

PP-R 管材的主要应用领域为: ①公用及民用建筑业中的冷热水输送; ②工业建筑和设施中的日常用水、油或腐蚀性液体的输送; ③城乡人、畜饮水工程及农业灌溉。

2. 改性聚丙烯给水管材

(1) 选材与配方设计

1) 原材料。

①PP, C4220, 燕山石化公司。

②EVAC, 法国阿托公司。

③EPDM, 兰州石化公司。

④HDPE, 扬子石化公司。

⑤抗氧化剂, 168, 1010, 金海化工公司。

⑥光稳定剂, UV-326, 1004, 进口。

⑦滑石粉, 台湾清竹公司。

⑧接枝共聚物。

2) 配方。给水管材专用料的配方见表 3-36。

(2) 主要设备

1) 高速捏合机 GH-100, 张家港白熊公司。

2) 开炼机 SK2400 $\times$ 320, 无锡橡塑机械厂。

3) 双螺杆挤出机组 TE-50, 南京科亚公司。

表 3-36 给水管材专用料的配方

原材料	技术要求	质量份	原材料	技术要求	质量份
PPC4220	粒料, MFR = 0.3 ~ 0.4g/10min	100	抗氧剂	工业品, 含量(质量分数) > 98%	适量
E/VAC	粒料, MFR = 1g/10min	1 ~ 5	光稳定剂	工业品, 含量(质量分数) > 98%	适量
EPDM	粒料, MFR = 0.14g/10min	1 ~ 5	CaSt	工业品, 含量(质量分数) > 98%	适量
接枝共聚物	粒料, MFR = 0.9 ~ 1.5g/10min	3 ~ 6	其他助剂	工业品, 含量(质量分数) > 98%	适量

4) PP-R 管材挤出机组 SD-65, 北京化工大学塑料机械研究所。

(3) 制备工艺

1) 改性 PP 给水管材专用料的制备。给水管专用料工艺流程图如图 3-2 所示, 给水管专用料造粒工艺参数见表 3-37。

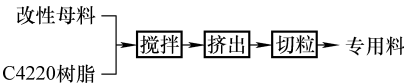


图 3-2 给水管专用料工艺流程图

表 3-37 给水管专用料造粒工艺参数

螺杆转速/ $r \cdot \min^{-1}$	熔体温度/ $^{\circ}\text{C}$	熔体压力/MPa	主机电流/A	喂料/Hz	切粒转速/ $r \cdot \min^{-1}$
390 ~ 400	200 ~ 215	56 ~ 62	49 ~ 52	27	300 ~ 315

2) 改性 PP 给水管材专用料的挤管工艺。生产改生 PP 管材的设备, 由北京化工大学塑料机械及塑料工程研究所提供, 主机为 SD-65 型挤出机, 螺杆为 BM 改进型, 螺杆直径为 65mm, $L/D = 36:1$, 配备直流调速、真空定径、喷淋冷却、变频牵引、自动测径、喷码打印及同步切割装置, 全套生产线由 PLC 进行程序化控制。 $\phi 20\text{mm}$ 、 $\phi 25\text{mm}$ 、 $\phi 32\text{mm}$ 、 $\phi 40\text{mm}$ 、 $\phi 50\text{mm}$ 、 $\phi 63\text{mm}$ 六套挤出模具可一机互换生产, 最高产量为 90kg/h。

挤出 $\phi 20\text{mm} \times 2.3\text{mm}$ 和 $\phi 25\text{mm} \times 2.3\text{mm}$ 给水管的工艺条件为: 螺杆转速 18 ~ 28r/min, 模头熔体温度 195 ~ 210 $^{\circ}\text{C}$, 定径压力 0.04 ~ 0.08MPa, 牵引速度 2 ~ 3m/min。连续生产 75h 后观察给水管材, 其内外表面光滑、色泽匀称、壁厚均匀, 整个挤出过程工艺参数平稳。

(4) 性能 给水管材专用料的性能如表 3-38 所示。

表 3-38 给水管材专用料的性能

项 目	测试 结果	测试方法	项 目	测试 结果	测试方法
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	0.924	ISO 1183—1987	邵氏硬度 HD	70	ISO 808—1985
熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	0.412	ISO 1133—1997	热变形温度/ $^{\circ}\text{C}$	127.4	ISO 75—1993
拉伸屈服强度/MPa	26.5	ISO 527—1997	维卡软化点/ $^{\circ}\text{C}$	139.8	ISO 306—1994
断裂伸长率(%)	476	ISO 527—1997	熔点/ $^{\circ}\text{C}$	143.3	ASTMD 3418—1997
缺 口 冲 击 强 度	21.9	ISO 178—1993	线胀系数(30 ~ 90 $^{\circ}\text{C}$)/ K^{-1}	1.6×10^{-4}	GB/T 1036—2008
(-20 $^{\circ}\text{C}$)/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	2.1	ISO 179—1993	热导率/ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	0.23	GB/T 10297—1998
洛氏硬度 HR	57	ISO 2039—1987			

按照 ISO/DIS 15874-2.2—1998 《冷热水用塑料管道系统装置——聚丙烯第二部分：管材》中 PP-R 管材的要求，对 PP 改性料生产的给水管材进行测试，其结果见表 3-39。

表 3-39 改性 PP 给水管材的性能

测试项目	技术要求	测试结果
外观	管材应不透光,内外表面应光滑、清洁且无裂纹、空洞和其他表面缺陷,无可见杂质,管端应沿管材轴向垂直切割平整	通过
冲击试验(0℃)	破坏比率小于被检样品的 10%	通过
纵向尺寸收缩率(%)	≤2	0.7
熔体质量流动速率/g·(10min) ⁻¹ (230℃,21.6N)	≤0.5,管材与复合料之差不超过 30%	0.496,管材取样 16.7% 通过
液压试验	20℃环应力 16MPa/1h,无渗漏和不破损	通过
（管材、管件连接件）	95℃环应力 4.2MPa/22h,无渗漏和不破损	通过
	95℃环应力 3.8MPa/165h,无渗漏和不破损	通过

将采用 PP 改性料生产的给水管直接与饮用水接触，进行卫生性能检测，其结果见表 3-40。

表 3-40 改性 PP 给水管材的卫生性能

检测项目		GB 9687—1988	实测结果	结论
蒸发残渣质量浓度/mg·L ⁻¹	4% 乙酸(20℃×2h)	≤30	8.5	通过
	65% 乙醇(20℃×2h)	≤30	6.7	通过
	正己烷(20℃×2h)	≤60	8	通过
	高锰酸钾消耗量/mg·L ⁻¹ (60℃,2h)	≤10	6.3	通过
重金属质量浓度/mg·L ⁻¹ (以 Pb 计,4% 乙酸,60℃,2h)		≤1	<1	通过
脱色试验	乙醇	阴性	阴性	通过
	冷食油或无色油脂	阴性	阴性	通过
	浸泡液	阴性	阴性	通过

3. 聚丙烯板材简介

PP 板（片）材具有质轻、厚度均匀、表面光滑平整、耐热性好、机械强度高、优良的化学稳定性和电绝缘性、无毒等特点。广泛应用在化工、机械、电子电器工业。尤其适宜在使用温度 100℃ 以下的环境中应用。PP 片材经过热成型可制成饮料杯等日用品。

（1）PP 成型工艺特性

1) PP 的成型加工温度较高（约为 230℃ 以上），但其熔体粘度较低，流动性能好，在成型过程中提高剪切速率和提高成型温度均能降低熔体粘度，其中提高剪切速率更为

显著，因而 PP 具有良好的成型加工性能。

2) PP 具有高温氧化倾向（比 PE 更甚），应尽量避免其熔体与空气接触或尽量减少与空气接触的时间，同时也应尽量避免其高温熔体与铜接触，因为在铜的存在下会加快 PP 的氧化降解速度。否则，会降低 PP 板（片）材的力学性能，影响其使用性能。

3) PP 熔体的冷却速度对制品的结晶度影响较大，从而影响制品的透明性。急剧冷却时，PP 的结晶度低，制品的透明度高，但往往使制品的内应力增大。PP 在成型时易发生分子取向，因而使制品产生各向异性。成型过程应予注意。

（2）成型设备 由于 PP 和 PE 的成型加工性能接近，所用挤板设备用 PE 基本相同（参见 PE 板材成型设备）。

（3）成型工艺 成型前，PP 一般不需干燥。PP 挤出板材的挤出成型工艺的关键在于正确控制熔融物料的结晶速率。由于板材从机头挤出后，首先接触的是三辊压光机的中辊，因此中辊的温度要比上辊高，一般高 15 ~ 20℃，这样熔融 PP 在接触压光辊时，上下两表面的冷却速度才接近，从而可以挤出较透明的板材。否则因结晶速率不一致会使板材中呈现出白色结晶。如果压光辊温度过低，由于板材有一定厚度，易造成表面和内部的温差过大，从而造成因结晶速率差异过大而形成白色结晶，影响板材质量。

由于 PP 的流动性好，要保证板材厚度及其均匀性，还应保证熔融的 PP 在压光辊的上辊和中辊之间有适当的堆积，才能保证板材各处的厚度一致，防止发生缺料现象。

（4）工艺参数

机身温度：一区 150 ~ 170℃；二区 180 ~ 190℃；
三区 190 ~ 200℃；四区 200 ~ 220℃。

连接器：180 ~ 200℃。

机头温度：一区 200 ~ 210℃；二区 200 ~ 210℃；
三区 190 ~ 200℃；四区 200 ~ 210℃；
五区 200 ~ 210℃。

聚丙烯挤出物也呈熔融状态，所以在三辊之间也应有一定的存料。

4. 汽车内顶用聚丙烯板材

（1）原材料与配方（见表 3-41）

表 3-41 配方组分含量

组 分	质量分数(%)	组 分	质量分数(%)
高韧性共聚 PP	55 ~ 65	滑石粉	25 ~ 36
PP2401	0 ~ 10	抗氧剂	3.5
HDPE6098	0 ~ 10	硬脂酸钙	1.0
EPDM	8		

注：滑石粉使用前用 2% 的 NDZ-101 钛酸酯系偶联剂在高速混合机中处理 20min。

（2）主要设备

1) 意大利 Unin 公司的三层共挤出复合板材生产线。

2) GH-50A 高速混合机，北京塑料机械厂。

3) SHJ-30 $\phi 30\text{mm}$ 双螺杆挤出机, 南京橡塑机械厂。

4) SZ-160/80 注射成型机, 浙江宁波塑料机械厂。

(3) 制备工艺

1) 工艺流程见图 3-3。

2) 复合板材挤出工艺

①板材挤出工艺过程。在线复合板材挤出在江苏集成装潢材料有限公司进行。

采用意大利 Unin 公司的三层共挤出复合板材生产线。主机螺杆直径为 120mm, 两台侧向螺杆直径分别为 70mm 和 45mm。T 形机头口模唇由微型计算机控制, 精度为 0.01mm。挤出温度分 24 点控制, 其中主螺杆机筒温控为 16 段, T 形机头为 8 段。进料端从 190℃ 开始, 中区温度为 220℃, T 形机头进口端为 205℃, 模唇出口端为 195℃, 模唇间隙为 2.3mm, 与压辊间距离为 20cm。板材从模唇出来后直接进入下辊, 经中辊从上辊进入拖板线。三辊温度分别为下辊 90℃、中辊 80℃、上辊 70℃。PU 无纺布片材预置于第一压辊下部靠近模唇一侧。待基板挤出工艺平稳后, 适当调宽三辊间距, 同时自挤出物下侧将片材送入第一压辊, 即得到合格的复合板材。

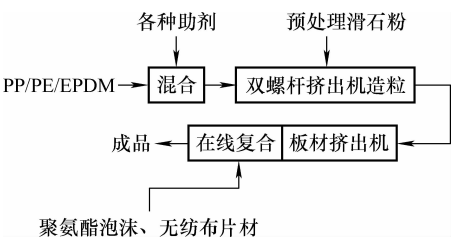


图 3-3 汽车内顶复合板材工艺流程

②影响复合板材质量的主要因素有以下几点：

a. 挤出物熔体温度。挤出物自熔融态进入冷压辊温差较大, 易产生流动取向和内应力, 特别是模唇口尺寸与三辊间的间隙匹配不好时, 板材会产生较大的流动取向导致各向异性。因而控制挤出物的熔体温度十分重要。原则上在能挤出复合板材的情况下, 尽可能降低挤出物的熔体温度。对 PP 及其多相共混物体系而言, 熔体温度控制在 190~195℃ 为好。

b. 三辊的间隙和温度的控制。以挤出物由下辊进上辊出的设备为例。挤出物下辊和中辊的间隙主要用于控制挤出量的均衡性, 中辊和上辊的间隙主要用于控制板材的尺寸, 同时根据要求可具备上光和印制花纹的功能。通常中、上辊的间隙要比上、中辊的间隙小一些, 这是由于聚合物材料的冷却收缩, 以及上光和印制花纹的功能要求。三辊间的温度控制非常重要, 三辊温度依次减小, 但注意辊温过低会产生较大的内应力, 导致板材呈弓形, 影响板材的后续加工和应用。

(4) 板材性能 制得的汽车内顶复合板材经检测, 性能达到了汽车内顶复合板材料性能要求 (见表 3-42)。

表 3-42 复合板材性能

项 目	技术 指 标	检 测 结 果
MFR/g · 10min ⁻¹	≤1.0	0.51
σ_y /MPa	≥20.0	27.1
ε (%)	>40	170

(续)

项 目	技 术 指 标	检 测 结 果
Izod 冲击强度(缺口,23℃)/J·m ⁻²	≥200	230
σ _b /MPa	≥30.0	37.1
E _b /GPa	≥2.0	2.42
热变形温度(0.46MPa)/℃	≥100	134

5. 高透明聚丙烯片材

(1) 选材 聚丙烯透明片材专用料,北京燕山石油化工公司树脂所。

(2) 主要设备 GT-500 塑料片材挤出生产线,意大利;透光率雾度测定仪,日本东洋精机。

(3) 制备工艺

1) 工艺流程。PP 专用料→口模→三辊压光→冷却→牵引→切边→收卷。

2) 工艺条件。聚丙烯为晶态聚合物,影响透光性的主要因素是结晶度、晶体尺寸和晶体的均匀性。凡是有利于提高结晶质量,降低晶体内部缺陷和晶体尺寸,以及提高晶体均匀性的因素,都可以增加 PP 片材的透明度。三种因素影响片材雾度,主次顺序分别为:口模温度、包辊时间、中辊温度。口模温度过高,物料中较低相对分子质量的组分降解,黄色指数升高,雾度增加,影响片材透明性;口模温度低,物料塑化不好,熔体中会含有未溶解的大球晶,同样会影响片材的透明性。包辊时间减少,即牵引速度增加,在应力作用下聚合物熔体产生了诱发成核作用,使晶核生成时间缩短,晶核数量增加,降低了球晶的尺寸,有助于降低雾度,提高片材的透明度。中辊温度过低时,晶体的成核速率较高,生产速度快,结晶度较低,晶片较薄,晶体内部缺陷较多,在一定程度上会影响片材的透明性;中辊温度过高,则高聚物熔体缓慢冷却形成较大的球晶,同样不利于提高片材的透明度。

挤出生产高透明 PP 片材的最佳工艺参数是口模温度为 250℃、包辊时间为 15s、中辊温度为 55℃。在该工艺条件下,可获得雾度只有 13.2% 的高透明片材产品。

6. 双轴拉伸聚丙烯薄膜

双轴拉伸聚丙烯薄膜(BOPP)具有质轻、透明、无毒、防潮、耐水的优点,具有良好的热稳定性、化学稳定性和电性能,因而在食品、糖果、香烟、茶叶、医药、果汁、牛奶、纺织品等包装,以及电器、粘胶带生产中得到广泛的应用。近年来的 BOPP 生产采用七层共挤出新技术,使得 BOPP 能均匀地分布在有丙烯腈-丁二烯共聚物的中心阻气层内部,有效地阻隔氧、二氧化碳、水蒸气等致腐物质的进入,大大增加了被包装物的防腐能力,延长了物品的贮存期,因而人们给予这种含阻气层的 BOPP 薄膜“包装皇后”的美名。

(1) 主要原材料 BOPP 薄膜是以等规 PP 为主要原料,根据不同的产品和用途,配以质量分数为 3%~5% 的添加剂母料制成。原料应选择薄膜级 PP 均聚物,并应有如下特性:①熔体质量流动速率为 1.5~4.0g/10min;②等规度为 95%~98%;③含水率<0.03%;④灰分<0.2×10³。添加剂是制膜辅助成分,一般选用芥酸酰胺型润滑剂、

乙二胺型抗静电剂和含二氧化硅微粒的防冻结剂,以改善产品的表面性能。

(2) 主要设备及基本工艺流程 设备主要由 BOPP 自动生产线的专业公司制造。能提供成套 BOPP 设备技术的公司有:日本三菱重工(MIT-SUBISHI)和东芝(TOSHIBA)、法国西利亚(CELLIER)、德国布鲁克纳(BRUCKNER)、兰精(LENZING)和美国马素(MARSALL)等。在这些有竞争能力的技术中,以三菱重工和布鲁克纳两公司技术更为先进。三菱重工的技术,以串联双螺杆挤出、多辊冷却成型为特征;布鲁克纳则以多机共挤出、双缸过滤大辊水浴激冷、合理使用添加剂而著称。三菱重工的双螺杆串联挤出,PP塑化好,压力均匀稳定,厚片横向收缩小,厚片公差好,但多辊冷却工艺条件较窄,冷却缓慢,大型高速生产受到限制。布鲁克纳的多机共挤出,采用不同的挤出机组合和配套的模头,能生产光膜和多层薄膜;采用双缸过滤装置,能边生产边撤换过滤器;采用大辊内冷加水浴外冷,使熔融物料能迅速通过结晶温区而骤冷到室温,有利于高速大型生产;采用添加剂调整配方,产品可变性大,薄膜性能好。但水浴急冷带来厚片两边收缩,产品公差受到影响。三菱重工和布鲁克纳的技术代表着当今两种不同的成型工艺,并取得共存和发展。但不管哪一公司的工艺技术,BOPP薄膜的生产都按下列的基本工艺流程进行,即PP→挤出→过滤→模头成型→急冷铸片→厚片测厚→纵拉伸→横拉伸→切边→薄膜测厚→电晕处理→收卷→时效处理→分切包装。

下面按流程论述制备工艺。

(3) 制备工艺

1) 挤出。PP进入挤出机,经一定温度和时间,在螺杆旋转剪切力的作用下,粒料经熔化、计量后定量进入过滤器。挤出温度可以在230~280℃调整,但在物料能均匀塑化的前提下,温度控制以较低为宜,应尽可能避免因温度过高、物料受热时间过长而造成物料降解。

2) 过滤。PP新鲜物料、边料、循环料、再造料、回收料等都含有不纯的杂质及不溶物等。这些不溶物必须用过滤网滤去,不能进入模头,混入厚片。滤网要选择得当,网孔过细虽然对厚片挤出有好处,但会增加更换滤网频次,增加原料消耗;网孔过粗,杂质滤得不干净,混进厚片会导致横拉破膜,一般应选择网孔稍大,滤网更换以7~10天一次为宜。

3) 模头铸片。物料经过滤后进入模头,模头分为平膜法(T形)和管膜法(圆形)两种。生产不同的产品,需分别采用单层模头或多层共挤出模头,通过模头上方“黑箱”的料道调节分布,使不同物料按不同的分层流道从唇口流出,使厚片能按需要得到不同的分层。通过“黑箱”和模头的变换,可以制得单层、二层、三层、五层直到七层共挤复合厚片。模头和唇口,可根据厚片和产品的厚度分布反馈信息,用手动调节或自动调节开度,以便制得均匀厚片。

4) 急冷成型。等规PP是结晶高聚物,最大结晶温度是90℃,熔融物料从唇口挤出,经过几毫米间隙流到旋转的急冷定型辊表面,在压缩气刀、急冷定型辊冷表面、水浴(或空气)的共同冷却下,高达250℃的物料骤冷到室温,形成微晶很小、几乎是透明的无定形厚片。厚片的好坏是成膜的关键,破膜现象往往发生在横拉伸过程,而破膜的主要原因是厚片质量差。理想的厚片应具有表面平坦、厚薄均匀、边缘平直、无气

泡、无杂质和“鱼眼”、近乎透明等特性。好的厚片对拉伸工艺适应性强，成膜率高，产品质量好。

不论是大辊水浴急冷还是多辊交替冷却工艺，都是为了得到良好的膜片，以保证纵横拉伸顺利进行。

5) 厚片测厚。薄膜的厚度公差是一项重要的技术指标，厚片厚度公差对薄膜厚度公差起决定性作用。厚片的厚度和公差对薄膜的厚度和公差有下列近似关系：

$$\text{薄膜厚度} \approx \frac{\text{厚片厚度}}{\text{纵拉伸比} \times \text{横拉伸比}}$$

$$\text{薄膜厚度公差} \approx 2 \times \text{厚片厚度公差}$$

例如，生产 $20\mu\text{m}$ 薄膜，厚度公差为 $\pm 6\%$ × 对应厚度（即 $20\mu\text{m} \pm 6\%$ ）× 对应厚度的薄膜，设定纵拉伸比为 5，横拉伸比为 8，则厚片厚度 $\approx 20\mu\text{m} \times 5 \times 8 \approx 800\mu\text{m}$ ，厚片公差 = $\pm 6\%$ × 对应厚度（ μm ） $\div 2 - \pm 3\%$ × 对应厚度（ μm ），应按 $(800 \pm 3\%) \times \text{对应厚度} (\mu\text{m})$ 来控制，即允许厚片在 $776 \sim 824\mu\text{m}$ 范围波动。厚片超出此范围，就应调节唇口，以满足上述要求。

6) 纵拉伸（MDO）。MDO 是将厚片充分预热到 $130 \sim 135^\circ\text{C}$ ，利用快速辊和慢速辊所产生的纵向拉力在一瞬间完成，快速辊和慢速辊速度比称为纵拉伸比。纵拉伸将厚片拉长、拉薄，迫使分子沿拉伸方向取向排列，以提高产品的纵向性能。MDO 拉伸一般选用 5~6 倍拉伸比， $130 \sim 135^\circ\text{C}$ 工艺条件下进行。温度过低会出现冷拉，横向收缩大，浊度大；温度过高则会粘辊，纵向强度下降。

7) 横拉伸（TDO）。纵拉伸片进一步预热后，膜两边用链铁牢固夹住，链轨平衡张开将膜拉宽、拉薄，再经热定型以获得良好的横向性能。TDO 一般采用 $160 \sim 165^\circ\text{C}$ 、7~8 倍拉伸比进行。TDO 是较易拉破膜的工序，破膜因素很多，除上面所说的厚片的质量差之外，横拉工艺不当也会导致破膜。温度过低，破膜时有较大的破裂响声；温度过高则薄膜发软，破膜缓缓无声，比较容易判别。

8) 切边和边料循环。TDO 出来的薄膜，两边约有 100mm 拉不均匀的厚片（含夹在链铁部分），需要在收卷前切去。边条料约有 12%，经切断粉碎后用风管送回原料斗与新 PP 料混合循环使用，以提高成膜率和降低原料消耗。

9) 薄膜测厚。切边后的薄膜在收卷前用射线测厚仪进行测厚监控，并用自动记录仪将纵横向综合厚度扫描。操作人员根据扫描曲线判定生产过程是否正常。结合厚片测厚扫描来确定是否需要微调唇口开度，以保证产品厚度公差。

10) 电晕处理。PP 是非极性聚合物，未经处理的 BOPP 薄膜表面渗润张力只有 28mN/m ，对印刷油墨、涂胶等后加工材料吸附力很差，应用受到限制。电晕处理就是采用高频、高压发生器，使电极和处理辊之间产生均匀电晕放电，薄膜表面受到电晕作用而形成羰基等极性基团，表面渗润张力提高到 38mN/m 以上。电晕处理机理众说纷纭，在此不作论述。但应当指出，电晕处理是 BOPP 加工的重要工序，在实际工作中必须设法确保产品的该质量指标。BOPP 薄膜的印刷、涂胶、镀金属等后加工要求电晕处理后表面渗润张力 $\geq 38\text{mN/m}$ ，实验证明，电晕处理后，薄膜表面渗润张力在最初一个月内不是常数而是随时间而衰减的变量，头两周衰减较快，处理三周后表面渗润张力衰

减到 4 ~ 6mN/m，以后基本不变。

为保证产品在用户使用表面时表面渗润张力达到 38mN/m，则生产控制需达到 44mN/m，影响电晕处理强度的因素较多，除了电晕处理装置的性能外，生产现场还应注意以下几个方面：

- ①发生器工作电压、电流大小在额定值允许前提下，应尽可能选择较大的电压、电流，以增大处理能量。
- ②电极和辊筒间距。生产时应尽可能调小间隙，以增加处理效果。
- ③生产环境湿度。湿度大，不但处理效果差，而且还会导致处理辊击穿。
- ④生产速度。适当降低速度可以增加薄膜处理时间，能提高处理强度。
- ⑤臭气风机排风量大小。该风机作用是将电极管内潮气和可冷凝气及放电所产生的臭气排出，风管排气量加大，有利于处理值提高。

⑥物料配方。物料不同处理效果也不同，应从实践经验总结，选择处理效果好的 PP 和添加剂。顺便指出，电晕处理强度并不是越高越好，处理强度太高会使收卷时压得太紧，导致退卷时薄膜粘连，故该项生产控制指标以 44mN/m 为宜。

11) 关于收卷、时效处理和分切包装。BOPP 大收卷采用张力自动递减和双工位方式进行，以保证收卷膜平整和松紧度适宜。时效处理就是将收卷膜放在时效架上，让拉伸取向后的分子得到充分的松弛，以消除内应力和保持产品尺寸稳定。分切就是根据用户的要求裁切成最终产品。

(4) BOPP 薄膜的性能和用途 选用不同的原料配方和工艺条件，可以制造不同规格、不同性能、不同用途的产品。BOPP 薄膜按性能和用途可分为通用型、热封型、电容型三类，BOPP 薄膜技术性能见表 3-43。

表 3-43 BOPP 薄膜技术性能

项目	类 别		通用型 BOPP	热封型 BOPP	电容型 BOPP
	技 术 指 标				
拉伸强度/MPa	纵 横	≥120 ≥120	≥120 ≥180	≥130 ≥230	
断裂伸长率（%）	纵 横	≤180 ≤65	≤220 ≤80	≤250 ≤120	
热收缩率（%）	纵 横	≤4.0 ≤3.0	≤5.0 ≤4.0	≤5.0 ≤3.0	
浊度（%）	≤1.5		≤4.0	—	
平均厚度偏差（%）	≤±3.0		≤±5.0	≤±6.0	
厚度偏差（%）	≤±6.0		≤±7.0	≤±8.0	
表面渗润张力/mN·m ⁻¹	≥38		≥38	≥38	
摩擦因数 ^①	≤0.8		≤0.8	—	
热封强度/N·cm ⁻¹	—		≥2.0	—	

(续)

项目	类 别	通用型 BOPP	热封型 BOPP	电容型 BOPP
	技 术 指 标			
透湿量/ $\text{g} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{d})^{-1}$		≤ 1.8	≤ 1.5	—
相对介电常数		—	—	2.2 ± 0.2
介电损耗用正切值		—	—	4.0×10^{-4}
体积电阻/ $\Omega \cdot \text{cm}$		—	—	1.0×10^{16}
介电强度/ $\text{kV} \cdot \text{mm}^{-1}$		DC	—	≥ 400
		AC	—	≥ 300

① 用于烟草包装热封型 BOPP，摩擦因数应小于 0.38。

1) 通用型 BOPP 光膜。该产品以 PP 为原料，配以适量添加剂母粒而制成。从表中可知，该产品具有均匀性好、强度大、透明性高、热收缩小、透湿量低、电晕处理适度等特点。可用于印刷彩画、挂历、包装图案和商标；可用作各式粘胶带的带基经涂胶而制成粘胶带；可用于真空镀金属，在表面镀上一薄层结构紧密的金属箔，制成 BOPP 镀铝等包装材料，广泛用于食品、衣物、用具、茶叶、咖啡、奶粉等包装。该类产品常用规格有 20 μm 印刷复合膜，30 μm 粘胶带膜和 40 μm 挂历用膜。

2) 热封型 BOPP 复合膜。该产品可用 PP 和 COPP（乙-丙共聚物）为原料，配以适当添加剂用共挤出三层膜制成。也可用 BOPP 薄膜为基料涂覆薄薄一层氯化聚丙烯（或偏二氯乙烯-丙烯酸酯-丙烯腈）制成。这类产品除具有通用型光膜特性外，还具有低温热封性能、较低的摩擦因数和透湿量等特点。该产品广泛用于需要直接热合封口而又要求保持表面平挺、外观性好的各式包装。如糖果、饼干、食品等纸盒外包装，各式磁带外包装，尤其适合烟草包装。国内外烟草包装发展很快，BOPP 烟草包装膜因其质轻、防潮，迅速取代玻璃纸。用作烟草包装的 BOPP 热封膜要求更加爽滑，表面摩擦因数更低（0.38 以下），以适应高速包装，常用规格为 22 μm 。

3) 电容型 BOPP 薄膜。该类产品用纯度高，除具有通用型基本性能外，更需要有良好的击穿电压、体积电阻、介电常数、介电损耗等电性能。这类产品用于制造浸油型电力电容器和金属化薄膜电容器。产品规格 20 μm 以下，并在向微薄方向发展，最薄的 BOPP 电容膜已达到 4~6 μm 。

7. 聚丙烯流延膜

流延法可生产聚烯烃流延膜、聚烯烃保鲜膜、聚酰胺流延膜等。一般情况下，流延膜指的是聚烯烃流延膜，具体又可分为流延聚丙烯（CPP）薄膜和流延聚乙烯（CPE）薄膜等。CPP 薄膜具有透明度高、挺度好、热封温度低、耐热、防潮、阻隔性好、印刷和复合适应性强、表面光滑、耐蒸煮等诸多特点，可经过印刷、制袋，用于食品、文具、杂货及纺织品等包装，也可与其他薄膜复合后（PP 一般作为复合膜的内外层材料）用于包装各种食品，包括需要加热杀菌的食品、调味品、汤料等。与 PP 吹塑膜相比，CPP 膜的光学性能优良，生产效率高，在世界发达国家 CPP 膜的产量高于 PP 吹塑膜。

与双向拉伸聚丙烯 (BOPP) 薄膜相比, CPP 薄膜具有加工设备简单、单位面积成本低的优势, 在高档包装薄膜领域占有一席之地。

(1) 结构与主要原材料 20 世纪 80 年代, PP 流延膜多为单层。进入 20 世纪 90 年代, 多层复合挤出逐渐成为主流, 现在已经向五层和七层共挤流延方向发展。多层共挤复合薄膜采用性质不同的材料, 具有单层流延膜无法比拟的优点和特性。按使用种类, CPP 膜分为通用型、金属化型和耐蒸煮型三种。不同流延膜对 PP 原料要求不同, 不同的树脂性能上有着明显的差别。总的来说, 多层复合 CPP 薄膜由电晕处理层、支撑层和热封层组成, 三层各自的作用和对原料的要求也不同。

1) 电晕处理层。为了提高 CPP 膜的印刷性能, 必须对薄膜表面进行电晕处理。CPP 膜必须符合易于电晕处理、衰退速率慢的要求。利用电晕处理, 使聚合物表面粗糙度增加, 表面渗润张力增大, 但表面渗润张力也不是越大越好, 否则薄膜表面会因氧化过度而发脆, 造成为力学性能下降。表面渗润张力的衰竭程度与树脂中的低分子物的含量有直接关系, 低分子物越多, 表面渗润张力衰竭的越快, 润湿剂含量在 $(0.8 \sim 1.2) \times 10^{-3}$ 时较为理想。对电晕层原料的根本要求是: 既要有一定的抗粘连性, 又要控制低分子物的含量。

2) 支撑层。即中间层, 主要目的是使薄膜具有一定的力学性能, 支撑层首先要有出色的刚性, 所以芯层多用均聚物制成; 其次, 多层共挤 CPP 薄膜的良好光学性能 (低雾度、高光泽度) 也要靠中间层提供。

3) 热封层。热封层首先要具备良好的热封性能, 要求材料熔点低, 热熔性好, 热封温度要宽, 封口要容易。高速 CPP 膜包装生产线主要使用热封温度较低的二元和三元共聚物做热封层。在 PP 中加入少量的乙烯, 形成二元共聚物, 其结晶度降低, 材料的透明性、冲击强度、耐低温性能均有所上升, 同时材料的起始热封温度下降。在二元共聚的基础上添加丁烯单体进行三元共聚, 使材料的热封温度下降到 120°C 以下, 但仍然具备高的光泽、透明性和冲击性能。

这三层 CPP 生产均需选用专用牌号的树脂, 一般要求熔体质量流动速率为 $6 \sim 12\text{g}/10\text{min}$, 三层厚度比一般为 $1:3:1$ 。

目前国内生产 CPP 膜的厂家所用原料多为进口, 主要来自韩国三星公司、北欧化工公司、美国 MONTELL 公司、日本室素公司及新加坡 TPC 公司等。国内 CPP 膜的开发和研究起步较晚, 原料牌号种类少, 产量低, 加工和使用性能与进口原料相比都还有相当的差距。

(2) 生产工艺。CPP 薄膜的生产首先将配好的物料由真空上料到挤出机, 熔融塑化后挤出, 经 T 形口模流延, 靠气刀喷出的压缩空气把流延料吹贴到急冷定型辊骤冷, 使其平整地延展在辊面上形成薄膜, 再经下个辊的进一步冷却, 用测厚装置测厚, 然后进行电晕处理, 分切边料, 由收卷辊展平卷取, 产品经验收包装入库, 薄膜流延示意图见图 3-4。

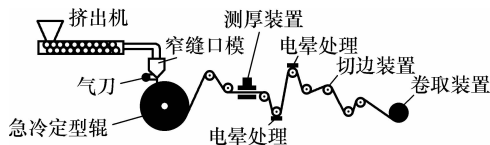


图 3-4 薄膜流延示意图

在熔体流延过程中, T 形机头和急冷

定型辊是生产的关键设备，机头设计应使物料沿整个机唇宽度均匀地流出，具有均匀的温度分布等，机头温度一般为 230 ~ 250℃，加工均聚 PP 的机头温度略高于共聚 PP。急冷定型辊的表面应该经过精加工，转速稳定，以免产生机向的温度波动，温度也应该调控适当，过冷或过热对薄膜的力学性能、透明性和雾度均有很大的影响。对 PP 而言，急冷定型辊的温度为 25℃ 左右，机头温度与急冷定型辊的温度差是决定结晶度的重要参数，增加温差可以降低结晶度，提高透明性、韧性和热封性能，但拉伸强度有所下降。在急冷定型辊的上方还有气刀设置，在气刀吹压下，熔融料立即紧贴在急冷定型辊表面。气刀的另外一个作用是将爽滑剂等低分子挥发物抽出，防止其堆积在急冷定型辊上，更好地保障薄膜外观质量。薄膜经过冷却后采用 β 射线或红外测厚仪对其厚度进行监测，以便控制厚薄公差。随后对薄膜进行电晕处理，以增加印刷油墨或复合粘合剂与薄膜的复合牢度，控制表面渗润张力在 42mN/m 以上。CPP 薄膜比较柔软，必须根据膜的厚度、生产速度等因素调整好收卷张力，张力过大或过小都会产生波纹，影响薄膜平整性。在整个生产过程中，除了温度这个重要的工艺参数之外，另一个重要参数是拉伸速度，拉伸速度越大，生产效率越高，但到一定值后继续增加，则容易产生断膜现象。拉伸速度也是产生分子定向的主要因素，拉伸速度越大。分子沿机向方向的取向程度越大，通过调节拉伸速度还可以调节薄膜的厚度。

(3) 存在的主要问题 在 CPP 的生产和应用中，主要存在两大问题：第一为拉伸速度小，增大拉伸速度容易断膜，国产 CPP 树脂的这一缺点比较明显；第二是热封温度高，范围窄，不符合高速制袋的要求。

在 CPP 的流延中，聚合物熔体通过狭缝口模挤出，在空气中被拉伸至急冷定型辊上冷却。在口模至急冷定型辊间，主要涉及到拉伸流动问题，其间有两个现象引起研究者的兴趣：一是观察到边缘增厚和颈缩现象；二是在大于临界拉伸速度时产生不稳定性，即拉伸共振或薄膜断裂现象。所谓边缘增厚，就是流延膜边缘的厚度大于中间的厚度，主要是由于边缘应力效应所致。这可通过裁刀把薄膜边缘裁剪掉来克服，边料可以返混，不会引起成本的增加。第二种现象的起因很复杂，也是现在聚合物流延方面的研究热点，拉伸共振的起点与聚合物相对分子质量、粘弹性、松弛时间、拉伸比、薄膜纵横比及工艺参数等有关，所有研究结果几乎都没有涉及试验内容，多局限于数值模拟，更没有具体到某一种聚合物。

由于 CPP 薄膜多用于包装工业和食品工业，热封是个重要的环节，为了提高效率，应尽可能降低热封温度。热封温度与薄膜的熔点是对应的，为了降低熔点，从工艺角度出发，可以降低冷却辊的温度，增加过冷度，降低结晶度，但这是有限的，会造成其他力学性能的下降。现在多从原料方面考虑，使用丙烯与乙烯及丁烯的无规共聚物，通过乙烯和丁烯单元插入 PP 分子链段中，打乱了丙烯单元的连续性，而较短的丙烯链段有利于 γ 晶相的形成，而 γ 晶的熔点远低于常见的 α 晶，所以达到了降低热封温度的目的。

8. 三层共挤聚烯烃热收缩膜

三层共挤聚烯烃热收缩膜 (POF) 是近年来出现的一种新型热收缩包装材料，是一种环保型包装材料，20 世纪 90 年代初起源于意大利，目前在欧美等发达国家，POF 已得到广泛的应用，并迅速成为国际上热收缩包装膜的消费热点。近几年，国内公司先后

引进设备和技术,开发生产此类薄膜,不但畅销国内市场,还出口到国外。该产品具有如下特点:

- 1) 透明度高,光泽性好,充分展示包装物外观,提高档次。
- 2) 收缩率高达 75%,韧性好,适应性好,使用安全,耐揉搓。
- 3) 焊接性能好,强度高,适合手动、半自动、高速和全自动包装。
- 4) 耐寒性好, -50°C 以下不脆裂。
- 5) 环保无毒,符合美国 FDA 及 USDA 标准,适用于食品包装。

(1) 原材料的选择 三层共挤 POF 的一个优点是配方可以在较大范围内调整,对于收缩率要求不同的制品,可以通过改变其层次结构或选用不同的原材料,满足市场要求。这里着重探讨三层共挤热收缩模。

三层共挤 POF 的主要结构组成:外层 PP/中层 PE/内层 PP。

一般的 PP 采用二元或三元共聚聚丙烯, MFR 为 $3 \sim 6\text{g}/10\text{min}$ 的拉伸级树脂,如 3C37、5C37 共聚 PP 和均聚 PP 的选用可获得收缩率不同的制品。PE 可采用相对分子质量分布较窄的 LLDPE,如 2045AC。此外,一些 C_6 -LLDPE 或茂金属线性聚乙烯材料正逐步应用到 POF 中,使 POF 的性能更多样化,应用领域更广阔。此外,还需要添加爽滑剂、抗粘剂、抗静电剂等。

以上所有原料均为环保无毒型材料,在生产加工及应用过程中不会产生有毒气体及异味。使用前,需将原料和助剂在高速搅拌机中混合充分。

(2) 主要设备 广东金明塑胶设备有限公司制造。

1) 挤出系统。三台挤出机(内、外层挤出机螺杆 $\phi 40\text{mm}$,中层挤出机螺杆 $\phi 65\text{mm}$)、三层共挤锥面叠加机头。

2) 第一膜泡成型系统。冷却水环、第一膜管定型装置、张力控制装置、第一牵引装置。

3) 第二膜泡成型系统。第二牵引装置、红外线烘箱装置(德国元件进口)、精密温度控制装置(调功模块)、红外线测温装置(美国元件进口)、膜泡外冷却装置。

4) 旋转收卷装置(双剖双收)。第三和第四牵引装置、张力控制装置、间隙卷取装置。

(3) 生产工艺过程及温度控制 三层共挤 POF 以 LLDPE 和共聚 PP 为主要原料,添加必要的助剂加工成型。与传统的共挤吹塑加工工艺不同,它采用了双泡管膜法成型工艺。

物料通过挤出机熔融塑化进入锥面叠加机头,经过外冷却水环和第一膜管定型装置形成第一膜管,再经过加热进行拉伸吹胀,形成第二膜泡,进入旋转收卷装置,收卷成膜卷,其生产工艺流程如图 3-5。

对原料加工的过程中,内(外)层挤出机、中层挤出机、机头、烘箱的加工温度曲线分别见图 3-6 ~ 图 3-9。

当改变配方或挤出量时,需调整加工温度。烘箱中的温度设定,必须使膜管在拉伸吹胀区达到拉伸温度(材料的高弹态)。另外,烘箱中温度的设定随膜管厚度、原材料及拉伸速度的变化而变化。

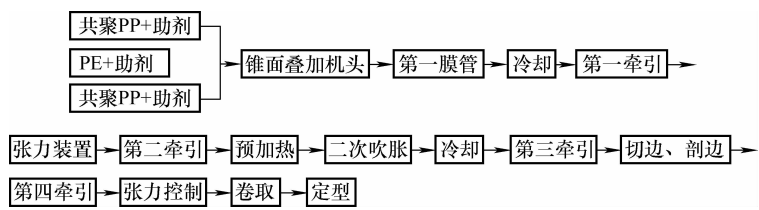


图 3-5 三层共挤热收缩膜生产工艺流程

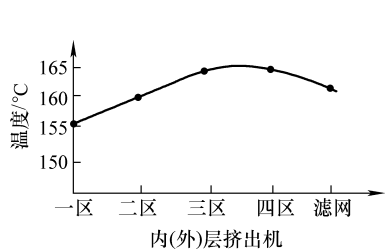


图 3-6 内（外）层挤出机的温度曲线

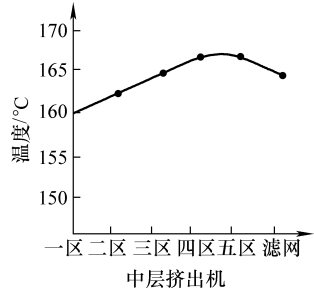


图 3-7 中层挤出机的加工温度曲线

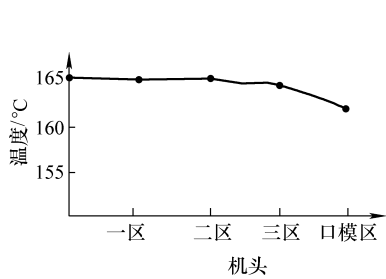


图 3-8 机头的加工温度曲线

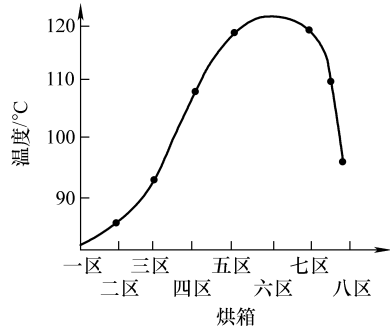


图 3-9 烘箱的温度曲线

(4) 拉伸比和吹胀比 在三层共挤 POF 的生产中，拉伸比和吹胀比是极重要的参数，直接影响第二膜泡成型的稳定性和制品的收缩率。在这里采用较高拉伸比和吹胀比（5~6）来获得较高收缩率的制品。拉伸比、吹胀比与制品厚度的关系如下：

- 1) 吹胀比 = 制品膜泡直径/膜管直径。
- 2) 拉伸比 = 第三牵引辊拉伸线速度/第二牵引辊线速度。
- 3) 制品薄膜厚度 = 膜管厚度/（拉伸比×吹胀比）。
- 4) 收缩率大小受到原料、工艺温度、拉伸比、吹胀比的影响，一般高收缩率 MD/TD（纵向/横向）多为 45%~68%。

(5) 制品规格及其主要性能

- 1) 制品规格。根据不同的用途可生产出不同规格的制品，一般制品厚度范围为 12

~30 μm ，常用的厚度有 12 μm 、15 μm 、19 μm 、25 μm 。制品的宽度根据需要可分切为 300mm、500mm、600mm 等规格。

2) 三层结构比例。PP、LLDPE、PP 结构比例为 15:70:15，根据包装需要各层比例可作调整。

3) 制品的收缩性能。以 19 μm 的 POF 做出的试验结果如下：

①不同方法测定的热收缩（见表 3-44）。

表 3-44 不同方法测定的收缩率

项 目	方案 1	方案 2	项 目	方案 1	方案 2
纵向收缩率（%）	52	55	横向收缩率（%）	55	58

注：方案 1：取 100mm × 100mm 样品置于烘箱中；方案 2：取 100mm × 100mm 样品置于甘油中； $T = 120^{\circ}\text{C}$ ，加热时间 1min。

②收缩率的变化曲线。取 100mm × 100mm 样品置于不同温度的甘油中，其收缩率随温度的变化曲线如图 3-10 所示。

4) 耐寒性。三层共挤 POF 在 -50°C 以下保持柔软，不发生脆裂，适合在寒冷环境下运输和储存。

5) 物理性能。物理性能见表 3-45。

6) 卫生性能。三层共挤 POF 所采用的材料都是环保无毒型材料，在加工和使用过程中卫生无毒，符合 FDA 标准，适用于食品包装。

7) POF 与 PVC 热收缩膜对比。

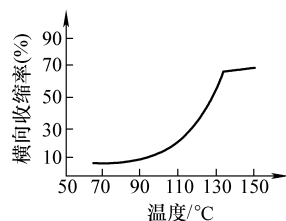


图 3-10 POF 的收缩率随温度的变化曲线

表 3-45 三层共挤 POF 的物理性能

项 目	密度 / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	厚度/ μm	收缩率 (120°C) (%)	拉伸强度 /MPa	断裂伸 长率 (%)
测量值	0.916	19	纵向 55，横向 58	纵向 105，横向 100	90

①成本。POF 密度小，厚度薄，其单位面积成本低；而 PVC 密度大，较厚（20 μm ），因此单位面积成本高。

②物理性能。POF 厚度均匀、质薄、透明度好、收缩率高，适用于各种形状的商品包装，棱角柔软，安全耐低温；PVC 硬而脆易伤人，遇冷发脆，易破损。

③加工性能。POF 不粘刀，易加工，适用于快速自动包装，而 PVC 易粘刀，作业不便。

④环保性能。POF 是无毒环保型材料，而 PVC 加工时有异味和有害气体产生。

9. CPP 真空镀铝薄膜

CPP 薄膜（即 Casting Film）用 PP 树脂以流延法制成，强度高，透明性好，热封性好，特别是与 PE 薄膜相比，具有优异的挺括性和耐高温性，从而成为镀铝基材的主要品种。

（1）原料

1) 芬兰 NESTE 公司 XC1051F，MFR 为 10g/10min。

2) 日本 CHISSO 公司 CF3017, MFR 为 6.6g/10min。

(2) 主要设备 RH801-1-1-90-30R 型流延膜成型机组, 德国 REIFENHASER 公司制造。主要参数:

螺杆直径 90mm; 模头宽度 1500mm; 长径比 30:1; 模头加热区段 7 个; 主机功率 78kW; 膜厚 12~150 μ m; 最大挤出量 150kg/h; 牵引速度 0~150m/min。

(3) 加工工艺 聚丙烯树脂经真空吸入锥形料筒内, 由挤出机经剪切、混炼塑化, 熔融料进入衣架式模头, 经模唇以流延状吐出, 紧贴在急冷定型辊表面急冷定型成型。后经过测厚、电晕处理、分切边料, 由牵引辊展平调整进行卷取。产品经验收包装入库。

工艺流程图如图 3-11 所示。

下面对生产工艺控制要点进行论述。

1) 挤出。流延薄膜成型时, 熔体的均匀分布、后续加工和薄膜使用所必须的均质要求, 是由挤出机 T 形模口处熔体的均温决定的。PP 粒料进入挤出机, 经一定温度和时间, 在螺杆旋转剪切力的作用下, 熔融塑化, 经计量定量进入过滤器。

熔体的均质性及纯度对后续工艺以及产品质量至关重要, 外来杂质和熔体中未熔粒子在薄膜上表现为斑点、晶点等, 因此, 生产中采用两个工位的过滤网系统解决熔体纯度问题。同时可借以提高熔体压力, 增强剪切作用, 便于树脂塑化均匀、完全。

挤出部分采用五个感温器, 系统地测量不同熔体区域温度及评价均混装置的作用; 另外采用熔体压力显示, 显示不同主机转速、加热温度及过滤状态下熔融物料进入机头的情况, 从而具备了制造优质薄膜的必要条件。

2) 流延成型。PP 的最高结晶温度是 90 $^{\circ}$ C, 熔融物料从衣架式模头的唇口挤出, 流延到旋转的急冷定型辊面, 在压缩气刀、冷表面、空气的共同冷却下, 高达 250 $^{\circ}$ C 的物料骤冷到室温, 形成微晶很小、几乎透明的薄膜, 这是成型的关键。除了 T 形模头口模间隙的调节外、冷却装置也起着十分重要的作用, 这个过程既要使薄膜冷却定型, 又要保证薄膜厚薄度均匀, 防止基膜缩颈。

在流延熔膜与急冷定型辊之间有一个最佳流延点, 使熔膜在最合理的角度贴辊, 同时减少暴露空气中的时间, 防止薄膜结晶度提高而导致透光率下降。

3) 电晕处理。PP 是非极性聚合物, 成膜后表面渗润张力极小, 对印刷油墨、镀铝、复合等后加工材料吸附力很差。因此, 生产中采用高频、高压电晕放电处理, 使薄膜表面产生羰基等极性基团和细微的凹坑, 提高表面渗润张力。CPP 复合、镀铝等后加工要求电晕处理后, 表面渗润张力 ≥ 38 mN/m, 生产控制需达到 44mN/m 以上, 以防处理后经一定时间衰退而达不到要求。

电晕处理也能改善 CPP 的热封性, 去除基材上的静电。但过分处理会产生大量 O_3 , 使薄膜表面粗糙, 滑爽性不良, 透明度降低, 甚至击穿。

电晕处理前的薄膜振荡系统, 使薄膜分子松弛定型, 增加平整度。处理后再经一组冷却辊定型, 防止薄膜受热收缩。

4) 牵引、卷绕。牵引速度的大小与薄膜的雾度、平整度及电晕处理效果都有关。

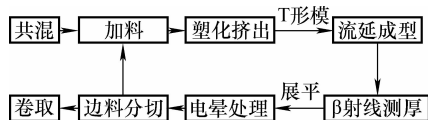


图 3-11 真空镀铝
薄膜生产工艺流程

CPP 是无定向拉伸膜，但牵引速度过慢会引起结晶度提高，挺括性变差；牵引过快，则自然冷却时间不充分，光泽度降低，纵向因拉伸使强度提高，横向收缩发皱，不利于展平镀铝。

整条生产线速度采用恒定张力控制，一般控制在 340 ~ 850N。而在卷取时采用渐减张力，以保证薄膜内分子收缩、松弛。CPP 薄膜加工工艺参数见表 3-46。

表 3-46 CPP 薄膜加工工艺参数

主机状态	转速/ $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$	电流/A	熔温/ $^{\circ}\text{C}$	熔压/MPa	
	100	98	253	220	
温度/ $^{\circ}\text{C}$	一区 1	一区 2	一区 3	一区 4	二区
	160	190	215	235	240
	三区	四区	过滤器	模头	急冷辊
	235	220	235	235	22
牵引、卷绕	牵引速度/ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$	张力/N	卷绕张力/N	接触张力/N	气刀压力/N
	41. 1	710	420	450	150
电晕电流/A	5. 7				

(4) CPP 薄膜性能 CPP 镀铝基膜物理力学性能见表 3-47。

表 3-47 CPP 镀铝基膜物理力学性能

项 目		指 标	测试标准
拉伸强度/MPa	纵向	38. 7	GB/T 1014—1986 (薄膜厚度 0. 045mm)
	横向	27. 8	
断裂伸长率 (%)	纵向	533	GB/T 1014—1986
	横向	475	
直角撕裂强度/ $\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$	纵向	128. 6	GB/T 16578. 2—2009
	横向	133	
雾度 (%)		1. 2	GB/T 2410—2008 GB/T 2410—2008
透光率 (%)		90. 9	
表面渗润张力/ $\text{mN} \cdot \text{m}^{-1}$		48	

(5) CPP 薄膜的镀铝加工

1) 镀铝设备。采用国营四川南光机器厂制造的 H4411 II 型镀铝设备。

主要参数：极限真空度 $5 \times 10^4 \text{Pa}$ ；速度 60 ~ 120m/min；工作真空度 $4 \times 10^{-3} \text{Pa}$ ；功率 100kW。

2) 加工工艺。将 CPP 基膜放入真空室，在良好的密封下抽真空至 10^{-3}Pa ，再将铝丝送至真空室的蒸发源熔化、汽化、蒸发并附着于 CPP 膜上，即成为 CPP 镀铝薄膜。Al 层厚度约 25 ~ 30nm。

CPP 镀铝对基膜的平整度要求较高，而且要有一定的刚性，表面渗润张力大，无油污，无析出物，这样镀层均匀，粘接牢固，光泽好。

对铝材的要求主要是纯度大于 99.7%，蒸发点在 0.26Pa，蒸发温度为 1100℃，实际温度控制在 1500℃。

(6) CPP 真空镀铝薄膜的性能和应用 CPP 真空镀铝膜具有 CPP 薄膜的一般性能，主要作为复合软包装的内层材料（热封层）。例如 BOPP 印刷/PET 镀铝（或铝箔）/PE（或 CPP）就可采取 BOPP/ CPP 镀铝膜双层结构代替，可用于饼干、甜食等商品外包装及瓶盖内垫等，也可直接制袋包装香皂、枕式糖果等。CPP 真空镀铝薄膜性能见表 3-48。

表 3-48 CPP 真空镀铝薄膜性能

项 目	指 标	测试标准
45°光泽度	> 100	ASTM D2457
抗张强度/MPa	40 ~ 50	ISO 1184
断裂伸长率（500mm/min） /（%）	700 ~ 800	ISO 1184
抗张模量（1% 正割）/MPa	450 ~ 550	ISO 1184
铝层结合牢固度	优异	胶带法

三、聚丙烯制品的吹塑成型

1. 聚丙烯薄膜的吹塑成型

(1) 简介 聚丙烯薄膜透明性好，无毒无味，有较高的强度，耐蚀性和电绝缘性能也都比较好。聚丙烯薄膜的用途很广泛，日常生产中各种物品的包装、医药、食品、服装和家用电器等，都可以用聚丙烯薄膜。

1) 挤出机的选择。聚丙烯薄膜的挤出吹塑用挤出机，现在一般都用单螺杆普通型挤出机。

2) 螺杆的选择。聚丙烯薄膜的挤出成型用螺杆选择：螺杆的压缩比 3.7 ~ 4，长径比 25 ~ 30。

3) 聚丙烯薄膜挤出吹塑成型工艺参数

①聚丙烯薄膜成型用树脂。应选用熔体质量流动速率（MFR）在 6 ~ 10g/10min 的共聚或均聚薄膜级。

②挤塑成型工艺温度。如果树脂的熔体质量流动速率在 6 ~ 7g/10min 间，挤出塑化温度为 150 ~ 220℃，机头模具温度为 220 ~ 230℃。

③吹胀比。吹胀比最常用值取 1 ~ 1.5。薄膜的折径、模口直径和吹胀比的关系，参照表 3-49 选用。

表 3-49 聚丙烯薄膜的折径、模口直径和吹胀比的关系

聚丙烯薄膜折径/mm	120 ~ 200	200 ~ 320	240 ~ 400	300 ~ 500	600 ~ 800
模口直径/mm	80	100	150	200	300 ~ 350
吹胀比	0.96 ~ 1.6	1.3 ~ 2.0	1.0 ~ 1.7	0.96 ~ 1.6	1.12 ~ 1.5

④泡管的冷却方式。采用冷却水环方式定型冷却薄膜泡管。冷却水温控制在 15 ~ 25℃之间。

⑤定型环内径确定。聚丙烯薄膜的规格尺寸有后收缩现象。制品成型 24h 后，才是

薄膜的稳定尺寸。在生产中对制品的卷取和应用中卷取应注意这一点的影响。

为了保证制品规格尺寸前后一致，按标准要求不超差，在设计定型环内径尺寸时，一定要把薄膜的成品后收缩量值考虑进去，避免对制品质量的影响。

定型环内径 D ：

$$D = \frac{2b}{\pi} + z$$

式中 b ——薄膜折径（mm）；
 z ——薄膜后收缩数值（mm）。

⑥聚丙烯吹塑薄膜挤出成型应注意事项

- a. 聚丙烯吹塑薄膜挤出成型生产工艺顺序中的电晕处理工序可按膜的用途来决定是否采用。
- b. 聚丙烯吹塑薄膜的挤出成型。挤出机的机筒前一般都要加过滤网和多孔板。过滤网的 80 目/100 目、100 目/80 目四层。挤出成型微薄膜时中间过滤网目数为 120 目。
- c. 采用下吹法成型聚丙烯薄膜时的口模间隙应控制在 0.8 ~ 1.2mm 范围内，注意口模唇圆周间隙要均匀。
- d. 吹胀膜坯用气压力控制应稳定，膜坯吹胀成膜泡的吹胀比应不超过 2，牵伸比（牵引膜泡的速度和膜坯从模具口挤出速度之比）控制在 2 ~ 3 之间。
- e. 注意膜泡冷却定型用水环中冷却水流量控制要均衡，水温控制要稳定，一般控制水温在 15 ~ 20℃ 范围内。水温偏高，会影响薄膜的透明度；水温偏低薄膜发粘。
- f. 成品膜卷取方式选择要注意制品在 24h 内的尺寸收缩变化对制品外观质量的影响。
- g. 成型食品包装用聚丙烯薄膜用树脂，应符合 GB/T 12670—2008 的规定。薄膜用聚丙烯树脂标准见表 3-50。对树脂的感官指标要求是：色泽正常，无异味、无异臭、无异物。

表 3-50 薄膜用聚丙烯树脂标准

项 目	挤出平膜类 PP-H-F-012			吹塑薄膜类 PP-H-I-105			涂覆级类 PP-H-H-300		
	优级	一级	合格	优级	一级	合格	优级	一级	合格
清洁度(色粒)/个·kg ⁻¹	0 ~ 5	6 ~ 10	11 ~ 20	0 ~ 5	6 ~ 10	11 ~ 20	0 ~ 5	6 ~ 10	11 ~ 20
熔体质量流动速率/g· (10min) ⁻¹	1.1 ~ 1.9		0.9 ~ 2.1	1.9 ~ 3.1		1.5 ~ 3.5	20 ~ 32		16 ~ 36
等规指数(%) ≥	96.0			96.0			96.0		
粉末灰分的质量分数 (%) ≤	0.02	0.03	0.04	0.02	0.03	0.04	0.02	0.03	0.04
拉伸屈服强度/MPa	29.0			30.0			29.0		
维卡软化点/℃ ≥	150								
雾度(%) ≤				6.0					
鱼眼 /个·1520cm ⁻²	0.8mm			0 ~ 1.0	1.1 ~ 3	3.1 ~ 5.0			
	0.4mm			0 ~ 10	11 ~ 20	21 ~ 30			

4) 聚丙烯吹塑薄膜挤出成型质量要求。聚丙烯吹塑薄膜挤出成型的质量要求应符合相关标准规定。聚丙烯吹塑薄膜的厚度及偏差要求见表 3-51。聚丙烯吹塑薄膜幅宽及偏差要求见表 3-52。聚丙烯吹塑薄膜的物理力学性能指标见表 3-53。如果用于食品包装时, 薄膜应符合标准 GB 9688—1988 卫生规定, 食品包装用聚丙烯薄膜卫生标准指标见表 3-54。

表 3-51 聚丙烯吹塑薄膜的厚度及偏差要求 (单位: mm)

厚 度	极限偏差		
	优等品	一等品	合格品
≤0. 010	+0. 003 -0. 002	±0. 004	±0. 005
0. 011 ~0. 020	+0. 004 -0. 003	±0. 005	±0. 007
0. 021 ~0. 030	±0. 005	±0. 007	±0. 009
0. 031 ~0. 040	±0. 006	±0. 009	±0. 012
0. 041 ~0. 050	±0. 008	±0. 011	±0. 014
0. 051 ~0. 060	±0. 009	±0. 013	±0. 016
0. 061 ~0. 080	±0. 010	±0. 015	±0. 018
>0. 080	±0. 011	±0. 018	±0. 022

表 3-52 聚丙烯吹塑薄膜幅宽及偏差要求 (单位: mm)

宽度 (折径)	优等品	一等品	合格品
<100	±1	±2	±3
101 ~300	±2	±3	±3
301 ~500	±2	±3	±4
>500	±3	±4	±5

表 3-53 聚丙烯吹塑薄膜物理力学性能

项 目	指标	项 目			指标
拉伸强度 (纵/横) /MPa	≥20	雾度 (%)	厚度 /mm	<0. 03	≤5. 5
断裂伸长率 (纵/横) (%)	≥350			0. 03 ~0. 05	≤6. 0
直角撕裂强度 (纵/横) / (N/mm)	≥80				

表 3-54 食品包装用聚丙烯薄膜卫生标准指标

项 目	指标	项 目	指标
蒸发残渣质量浓度/mg · L ⁻¹	≤ 30	重金属 (以 Pb 计) 质量浓度/mg · L ⁻¹	≤ 1
4% 乙酸, 60℃, 2h		4% 乙酸, 60℃, 2h	
正乙烷, 20℃, 2h		脱色试验	
高锰酸钾消耗量/mg · L ⁻¹	≤ 10	冷餐油或无色油脂	阴性
水, 60℃, 2h		乙醇	
		浸泡液	

5) 聚丙烯吹塑薄膜挤出生产成型中的质量问题分析。聚丙烯吹塑薄膜在挤出生产成型过程中,有时会出现一些制品质量问题,如薄膜的折径宽度和厚度尺寸误差超出规定要求,膜表面出现晶点过多,有黄色条纹、黑色焦点及表面发暗等质量问题。质量问题出现后,操作者应及时根据质量问题现象,分析查找产生质量问题的几种可能,然后逐项调整、观察质量的变化,直至把质量故障排除。

①薄膜的纵向厚度误差过大

- a. 螺杆工作转速不平稳、挤出熔料量不均匀。
- b. 吹胀后的膜泡风冷或水冷温度不稳定、风量或水流量不稳定。
- c. 牵引膜泡运行速度忽快忽慢不稳定。
- d. 过滤网处杂质过多、阻塞熔料流速不稳定。

②薄膜的横向厚度误差过大

- a. 成型模具中的熔料挤出口模间隙调整不均匀或模具上各部位温度误差大。
- b. 模具内熔料流道处有堵塞现象。
- c. 膜泡圆周冷却降温速度不一致,即风环或水环在膜泡圆周的风量或水流量不均匀。

③膜面有皱褶

- a. 模具唇口间隙不均匀,造成吹胀膜厚度不均匀,使薄处产生皱褶。
- b. 成型模具唇平面不水平,造成吹胀膜泡运行不同心。
- c. 人字板张开角度的平分线与膜泡运行中心线不重合。应调整模具口模中心线与人字板张开角平分线在一条重合线上。
- d. 水平安装位置不正确,应调整定型套与模具同心、冷却水液面与定型套中心线垂直。
- e. 生产车间有气流,吹动膜泡运行不平稳。
- f. 牵引辊工作面不平整,牵引辊的工作面对膜的夹紧牵引力不均匀。

④膜面有纵向条纹

- a. 模具唇口处有划伤痕。
- b. 模具熔料流道腔内有滞料区。
- c. 水环冷却定型套内表面有损伤划痕。
- d. 人字板工作面不光洁、划伤膜面。

⑤膜表面有黑斑、污点

- a. 过滤网破裂。
- b. 原料中杂质多。
- c. 机筒内生产前清理不干净或模具内有异物。

⑥膜面有合流纹条

- a. 成型模具结构不合理,压缩比偏小,出现熔料合流条纹。
- b. 模具内有异物。
- c. 模具唇口局部有粘料块或划痕。
- d. 成型模具温度偏高。

⑦薄膜透明度差、表面无光泽

- a. 塑化熔料温度偏低，原料塑化不均匀。
- b. 螺杆工作转速过快。
- c. 冷却水环中的循环水温度偏高，或者是水环距模具口的距离位置不合理。
- d. 牵引辊工作面光洁度差或有残料粘附在辊面上。

⑧薄膜纵向易开裂

- a. 吹胀膜泡比和膜坯的牵引速度比之间的比例选择不当，应加大膜的吹胀比。
- b. 口模间隙调整得偏大。
- c. 熔料温度偏高。
- d. 膜筒折痕处易开裂与牵引辊的夹紧力过大有关。

⑨薄膜的强度指标下降

- a. 熔料塑化温度偏低，塑化不均匀。
- b. 膜坯的牵伸比与吹胀比之间的比例不合理，通常都是膜坯的吹胀比偏小，应适应提高吹胀比或降低牵伸比。
- c. 适当提高模具温度，以降低薄膜纵向分子的取向。
- d. 冷却环中的水流量小或水温偏高。

⑩吹胀膜泡运行不稳定

- a. 生产车间空气流动气流强度过大。
- b. 冷却风环风量过大或风环吹出风量在膜泡圆周分布不均匀。
- c. 模具、风环和牵引辊之间的安装位置不合理或三者同心度差。

(2) 聚丙烯包装薄膜的吹塑成型 聚丙烯树脂 (PP) 是结晶性高聚物，在挤出机中熔融之后，晶态结构全部消失，由于冷却情况不同，薄膜的透明度和物理力学性能不同。冷却慢，结晶度高，薄膜的透明度差；冷却快，结晶度低，薄膜透明度高，物理力学性能好，薄膜手感好，因此聚丙烯吹膜采用下吹式水冷法生产工艺。

聚丙烯膜有许多优异的性能，相对密度小，机械强度大。尤其是它具有高度的透明性和耐热性，使之应用广泛，特别适于衣物、食品及各类日用品的小包装，与其他材料复合制成的蒸煮袋在 100℃ 煮沸不变形。

1) 选材。聚丙烯吹塑包装膜选用薄膜级的聚丙烯树脂，熔体质量流动速率为 6 ~ 11g/10min。如北京向阳化工厂生产的牌号 2600 的聚丙烯可生产一般包装膜，牌号 2630 的耐寒性好，适合生产耐寒包装膜。

2) 主要设备。由于 PP 膜多用于小包装，其折径大多在 300mm 以下，故生产设备的规格较小。挤出机为通用型挤出机，一般螺杆直径为 45mm，长径比为 20:1。机头为螺旋式机头，口模直径 $\phi 80\text{mm}$ 。为保证薄膜的透明性和表面的光滑性，口模与型芯应精加工且镀铬。

3) 吹塑生产工艺

①生产工艺流程。PP 膜生产 (下吹水冷法) 工艺流程如图 3-12 所示，从机头口模挤出的管坯吹胀后立即受到冷却水套的冷却与定型，而后通过夹板、牵引辊、最后卷取。

②生产工艺。聚丙烯吹塑薄膜的主要生产工艺参数为挤出温度及冷却水温度。

a. 挤出温度。由于树脂的熔体质量流动速率不同，采用的挤出温度也不相同，一般讲熔体质量流动速率小，挤出温度高，反之温度低。使用北京向阳化工厂生产 2600 聚丙烯为例，机身后段为 150℃ 左右，前段温度为 210℃，机头上部温度为 210 ~ 220℃，下部温度为 200 ~ 210℃。

b. 冷却水温度。一般冷却水温度以 15 ~ 20℃ 为宜（相当于自来水的自然温度），即可得到透明度好的产品。冷却水温度太低，虽然薄膜的透明度好，但手感发粘。

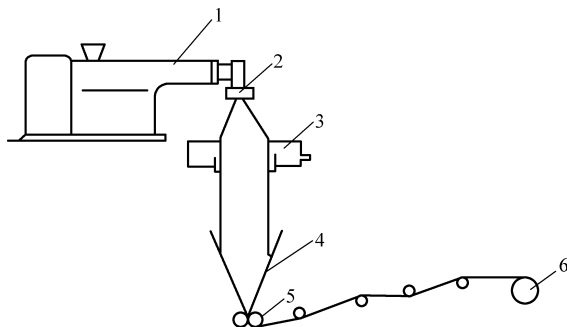


图 3-12 下吹水冷法工艺流程

1—挤出机 2—机头 3—水环
4—夹板 5—牵引辊 6—卷取

2. 聚丙烯瓶的吹塑成型

(1) 聚丙烯瓶的挤出吹塑成型 聚丙烯塑料瓶是一种外表美观、耐腐蚀、质量小、可密封而又卫生的容器。这种塑料瓶广泛用于食品、饮料、医药和化妆品的包装。对瓶制品的质量要求是：制品表面光洁，在阳光下检查，无色差、变色和色不均匀等缺陷；瓶内装满水后旋紧盖，从 1.2m 高处坠落三次无破损、不裂底。

1) 选材与配方。聚丙烯塑料挤出吹塑成型用主要原料是等规聚丙烯树脂，要求树脂的熔体质量流动速率在 0.4 ~ 1.5g/10min 范围内，对于有颜色要求的塑料瓶还应加入些色母料。主要原料和辅助原料的配比是：PP 树脂 100 份，色母料 2 份。

2) 主要设备

①挤出机。选用挤塑 PP 料专用普通型单螺杆挤出机。螺杆直径选择应考虑成型瓶用料量的大小，一般多选用直径 45mm 或 65mm，长径比 >20:1，压缩比为 (3 ~ 4):1。

②成型瓶用环管模具。挤出吹塑成型瓶用环管成型模具结构，多采用图 3-13 所示直角式侧向进料环管成型模具结构，如果一次成型中空容器用料量较大，可采用图 3-14 所示带有储料缸式环管成型模具结构。

成型模具设计用参考数据如下：

模具熔料流道腔压缩比为 (2.5 ~ 4):1。

定径段平直部分长度为 8δ (δ 为口模部位间隙，单位 mm)。

吹胀比 α (是指制品直径与坯管直径之比)，小型中空制品取 $\alpha = (2 \sim 4):1$ ；大型中空制品取 $\alpha = (1.2 \sim 2.5):1$ 。

口模内径粗略计算： $D = D_{\text{制品}} / \alpha$ 。

③吹塑成型制品装置。吹塑成型装置结构如图 3-15 所示。它主要由吹塑成型制品形状的成型模具、模具移动用传动装置、固定这两部分装置的机架等部件组成。这种挤出吹塑成型瓶制品设备是挤塑原料与吹塑成型制品装置，分别为两台独立的设备。还有一种挤出吹塑成型瓶制品设备，是挤出坯管时合模与吹胀两工位间交替运动，在一台设备上连续工作，完成挤出吹塑瓶制品工作。

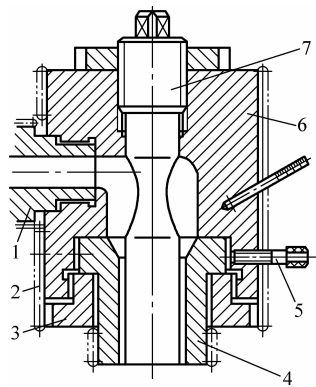


图 3-13 直角式侧向进料坯管成型模具

- 1—连接颈 2—电热装置 3—锁紧螺母
4—口模 5—调节螺钉
6—模具体 7—芯棒

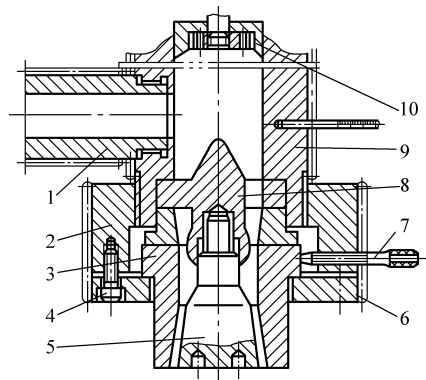


图 3-14 带有储料缸式坯管成型模具结构

- 1—连接颈 2—模具体 3—口模
4—螺钉 5—芯棒 6—压板
7—调节螺钉 8—分流锥
9—储料缸体 10—推料活塞

吹塑成型制品装置应具有下列功能：模具由两半模组成，一个半模固定或两个半模能同时水平与垂直移动；按时完成移动模的开闭动作，能有锁紧压缩空气吹胀坯管为制品形状时的吹胀力；能输入吹胀坯管的压缩空气，使熔融态坯管被吹胀紧贴模具内腔壁，成型中空制品形状；能完成吹塑成型制品的冷却定型和开模工作，制品能顺利脱模；合模后模具夹持口形状尺寸如图 3-16 所示，此处能切除制品多余料和支持吹胀前的坯管。图 3-16 中几个尺寸为（经验数据）： $h = 1 \sim 2.5\text{mm}$ ， $H = 3 \sim 5\text{mm}$ ， $\beta = 15^\circ \sim 45^\circ$ ，如果制品底部有下凹或在平面间留出空间的瓶制品，则成型模具要设计成三开或四开，以方便制品脱模。

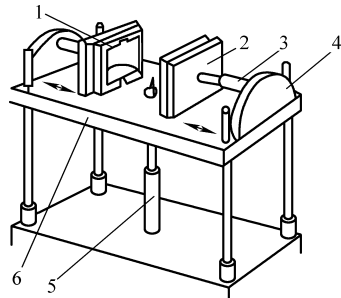


图 3-15 吹塑成型装置结构

- 1—固定或移动模板 2—移动模板
3—传动轴 4—传动减速箱
5—压缩空气输入管 6—机架

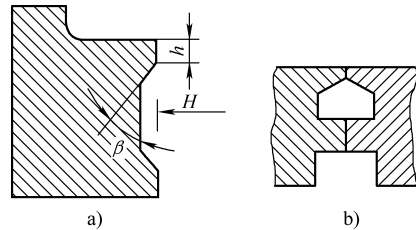


图 3-16 模具夹持口形状尺寸

- a) 单层刀 b) 双层刀
 h —刀口宽 H —刀口深 β —斜率

3) 吹塑成型工艺

①工艺过程。用聚丙烯树脂挤出吹塑成型塑料瓶的生产工作是：首先把聚丙烯树脂

和一些辅料（如色母料）按配方要求分别计量，掺混在一起搅拌均匀，投入到挤出机中塑化熔融，从成型模具中挤出管状型坯，然后立即置于成型制品的模具型腔内，吹入压缩空气，把型坯吹胀，冷却定型后，则可成型与模具型腔完全相同的瓶制品。图 3-17 即是 PP 塑料瓶挤出吹塑成型的生产工艺。

②工艺条件

a. 原料塑化熔融时工艺温度应控制在 $170 \sim 230^{\circ}\text{C}$ 范围内。

b. 坯管吹塑成型瓶制品用吹胀比控制在 $(1.5 \sim 3):1$ 范围内。

c. 吹胀坯管成型瓶制品用压缩空气压力为 $0.3 \sim 0.6\text{MPa}$ 。

d. 成型瓶用模具温度为 $20 \sim 50^{\circ}\text{C}$ ，冷却定型时间约占制品成型生产周期总时间的 $50\% \sim 60\%$ 。

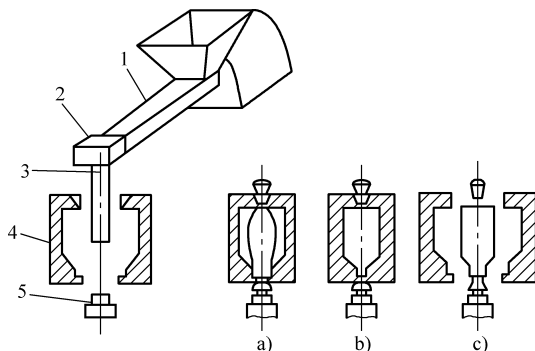


图 3-17 挤出吹塑成型的生产工艺

a) 合模 b) 吹胀 c) 脱模

1—挤出机 2—管坯成型模具 3—管状熔料坯

4—中空制品成型模具 5—吹气嘴

③注意事项

a. 所用原料与聚丙烯瓶采用挤出吹塑成型用料相同。

b. 聚丙烯瓶成型前和坯管的挤出成型用设备与聚丙烯瓶挤出吹塑成型用设备相同，但成型坯管后，要有坯管的制颈和封底工序。

c. 原料塑化熔融温度应控制在 $210 \sim 230^{\circ}\text{C}$ 范围内；成型坯管时要把熔料温度迅速冷却降至 $90 \sim 105^{\circ}\text{C}$ 结晶温度范围内，以抑制大体积球晶的形成。

d. 坯管加热、成型瓶颈、封底和切断，是瓶制品成型拉伸前的瓶坯加工工序；然后进行拉伸和吹塑成型制品。

e. 瓶坯拉伸前加热至原料的玻璃化温度和熔点温度之间、聚丙烯树脂为 $145 \sim 155^{\circ}\text{C}$ ；要达到瓶坯体各部位温度一致、受热均匀后方可进行拉伸工作。

f. 拉伸吹塑时，拉伸芯棒从瓶口端插入直至瓶底，即可进行拉伸和吹入压缩空气吹胀瓶坯，完成瓶坯的拉伸和吹塑工作。

g. 拉伸吹塑瓶坯的倍率，是决定制品提高改善性能的一个重要工艺条件，这个倍率是拉伸比与吹胀比两个比值的乘积。一般 PP 制品的拉伸倍数控制在 $6 \sim 10$ 范围内。拉伸比是指制品长度与瓶坯长度之比；吹胀比是指制品的最大直径与瓶坯直径之比。PP 制品的拉伸比为 $(1.5 \sim 2.5):1$ ，吹胀比为 $(3 \sim 5):1$ 。

h. 拉伸夹具用于坯管两端的夹持工作，是制品拉伸吹胀前必备的辅助工具。

(2) 聚丙烯瓶的拉伸吹塑成型 聚丙烯是一种结晶性高分子化合物，在适当的加工条件下，对聚丙烯施以拉伸吹塑成型加工，可大幅度地提高聚丙烯瓶的力学性能，特别是低温抗冲击性能（可使聚丙烯瓶的脆化温度从 5°C 左右降低到 -20°C 左右），而且还能明显地改善聚丙烯瓶的透明性及光泽性，因此采用拉伸吹塑的办法制备聚丙烯容器，可以减少聚丙烯容器的原材料消耗，降低制品成本，拓宽使用温度范围，提高使用效果。

1) 原材料的选择。拉伸瓶用聚丙烯可以是均聚聚丙烯,也可以是共聚聚丙烯。均聚聚丙烯的拉伸吹塑瓶,具有更高的刚性及强度,而共聚聚丙烯的拉伸瓶则以低温冲击强度较差最为突出。从拉伸吹塑的工艺性来讲,均聚聚丙烯较差,其拉伸温度区域较窄,要求控制在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 范围内,对设备及工艺的要求较高。含乙烯共聚单体的聚丙烯,其可拉伸的温度范围较大,较易拉伸吹塑成型。

一些聚丙烯生产厂家已推出拉伸吹瓶级专用聚丙烯料。可选用 Phillips 公司的 Marlex BP546, MFR = 12g/10min, 系均聚聚丙烯; Eastman 公司的 Tenile P512K-025, 其 MFR = 2.0g/10min, 系共聚聚丙烯。

2) 成型加工过程。PP 瓶拉伸吹塑有挤出拉伸吹塑与注射拉伸吹塑两种,它们分别采用挤出法与注射法来成型型坯。型坯成型后,被冷却至高弹态(一步法)或冷却至室温,待再加热至高弹态(两步法),并进行温度调节,获得最佳的取向温度,接着,采用拉伸杆轴向拉伸型坯,稍后或同时用压缩空气径向吹胀,最后,快速冷却瓶子。PP 可通过两步法挤出拉伸吹塑、一步法注射拉伸吹塑与两步法注射拉伸吹塑来成型包装瓶。

①两步法注射拉伸吹塑。采用挤出成型的管材作为型坯,故又称为冷管拉伸吹塑,如图 3-18 所示。挤出成型的管材冷却后切成预定的长度,贮存起来。拉伸吹塑时,管坯被夹持,放在烘箱中加热,如图 3-18a 所示,接着成型颈部螺纹,如图 3-18b 所示,封闭管坯端部成型为底部,如图 3-18c 所示,然后,管坯连同芯棒转至拉伸/吹塑模具,此时芯棒起拉伸的作用,轴向拉伸管坯,如图 3-18d 所示,并注入压缩空气,以径向吹胀管坯,如图 3-18e 所示,最后冷却定型成瓶子,如图 3-18f 所示。

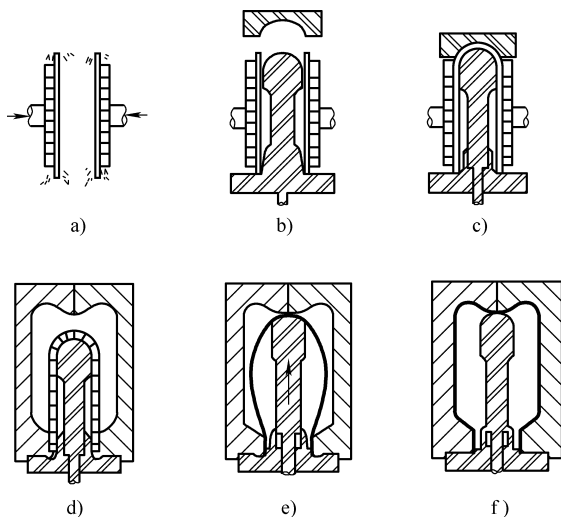


图 3-18 冷管拉伸吹塑

a) 加热管坯 b) 成型颈部螺纹 c) 封接底部
d) 拉伸 e) 吹塑 f) 冷却瓶子

②一步法注射拉伸吹塑

a. 一步法四工位注射拉伸吹塑

过程。一步法四工位注射拉伸吹塑过程如图 3-19 所示。在注射工位,采用配备典型的 PP 螺杆的注射机时 PP 熔融、塑化后,通过平衡的热流道系统注入型坯模具内,成型为有底的管状型坯,并得到冷却。然后型坯转台转动 90° 至调温工位,以调节型坯的温度分布。调节温度以后,型坯被转动 90° 至拉伸/吹塑工位,被拉伸吹胀成瓶子,并得到冷却,瓶子被转动 90° 至取出工位。

b. 一步法三工位注射拉伸吹塑过程。一步法三工位注射拉伸吹塑过程如图 3-20 所示。在第一工位成型并冷却型坯,接着,型坯随转台转动 120° 至第二工位,拉伸后吹

胀,之后转动 120° 至第三工位,取走瓶子。

这种方法没有图 3-19 所示那样的加热、调温工位,只是在型坯的拉伸吹塑前通过其壁内的导热来自行调节温度。这可以进一步减小能量消耗,缩短成型周期,但对型坯设计要求较严格(如要求型坯壁厚较均匀)。

③两步法注射拉伸吹塑。两步法注射拉伸吹塑过程如图 3-21 所示。在两步法注射拉伸吹塑过程中,采用多型腔模具成型型坯,型坯的再加热与拉伸吹塑(见图 3-21)以高速进行。

3) PP 注射拉伸吹塑的工艺条件控制要点

①瓶坯成型的工艺条件。物料温度 $200 \sim 230^\circ\text{C}$, 模具温度要求能将模腔中的熔体快速冷却。一步法拉伸吹塑,要求快速将熔体冷却至 $80 \sim 100^\circ\text{C}$; 两步法拉伸吹塑,要求快速将熔体冷却至室温。型坯模具的模腔与芯棒需要冷却,冷却水温度 $15 \sim 65^\circ\text{C}$, 这样有助于避免型坯发生过量的收缩,防止型坯因收缩而套在芯棒上。采用一步法时要求成型型坯时的注射速度要快。

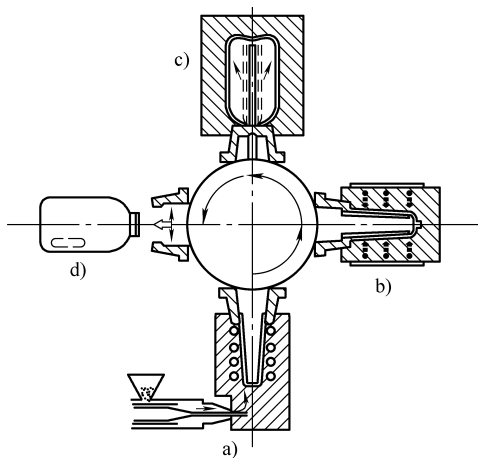


图 3-19 一步法四工位注射拉伸吹塑过程

a) 型坯注射成型工位 b) 加热调温工位
c) 拉伸/吹塑工位 d) 取出工位

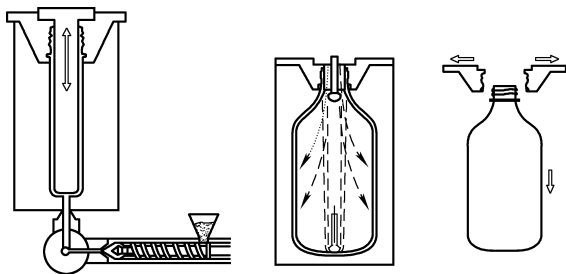


图 3-20 一步法三工位
注射拉伸吹塑过程

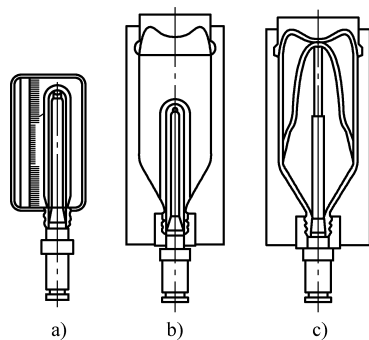


图 3-21 两步法注射拉伸吹塑过程
a) 型坯的再加热 b) 拉伸 c) 吹塑

②拉伸吹塑工艺条件。PP 注射吹塑的技术难点之一是型坯温度的准确控制,需采用特殊的调温装置。只有通过围绕型坯的多段调温装置并采用热油来分段控制各段的温度(见图 3-22),才能获得所需要的型坯温度分布。调温装置要维持在 $120 \sim 150^\circ\text{C}$ 。较低的调节温度可使瓶子有极好的透明度与良好的耐冲击性能,但型坯的收缩率较大;较高的调节温度,效果则相反。通过吹气系统把低压 (0.2MPa) 的空气注入型坯内,可使型坯与调温装置良好地接触,有利于获得所要求的型坯温度分布。

PP 拉伸吹塑的取向温度取 150°C ，拉伸吹塑模具的温度取 $35 \sim 65^{\circ}\text{C}$ ，以减少瓶坯内的残余应力。

两步法注射拉伸吹塑时，型坯要从室温加热至取向温度，这时温度控制是一个很重要的因素。PP 型坯的再加热要满足两个要求：尽快达到拉伸温度，以缩短成型周期，温度均匀。由于 PP 型坯壁厚一般较大，且一般只能从外壁加热型坯，加上 PP 的热导率较低，故采用红外辐射来加热。短波辐射灯加热器很适于加热厚壁的 PP 型坯，原因有两方面：短波辐射器比中波辐射器有高得多的辐射流密度；短波辐射易于透入 PP 型坯壁内，并被其吸收，不过，这仅对非着色的 PP 才有效。

型坯经再加热并经调温后，立即进行拉伸吹塑。采用两步法注射拉伸吹塑成型 PP 瓶时，轴向拉伸比取 5:1，径向拉伸比取 3:1，即总拉伸比为 15:1，这时瓶子的力学性能、光泽度与透明度均有明显提高。不过，对给定直径的瓶子，拉伸比较大时，要求型坯有较小的直径与较大的壁厚，这样，型坯内壁的径向拉伸比外壁的大许多，而型坯再加热后，内壁的温度却比外壁的低，故使取向分布有明显的不均匀性。此外，厚壁型坯注射成型后要求较长的冷却时间（这是因为使粘流态型坯冷却至高弹态所需的时间与型坯壁厚的平方近似成正比），型坯表面可能出现凹痕。由一步法注射拉伸吹塑成型 PP 瓶时，拉伸比可取得小些，即型坯壁厚可小些（最佳值为 $4\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ ，不应小于 3mm ），因为球晶已在型坯调温过程中破裂了。

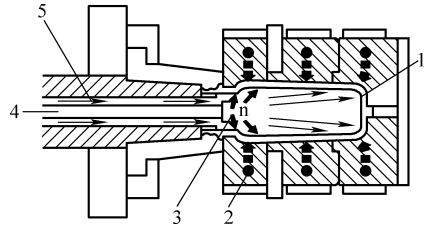


图 3-22 型坯的调温装置

1—型坯 2—热油孔道 3—低压空气
的加热器 4—热电偶 5—低压空气

四、聚丙烯制品的模压成型

1. 低成本聚丙烯压滤机过滤板

(1) 选材

- 1) 填充改性聚丙烯（PP）。
- 2) 填充剂为超细重质碳酸钙（ CaCO_3 ）。

(2) 主要设备

- 1) 双螺杆挤出机。
- 2) 模压机。

(3) 制备工艺 以 PP 为基体， CaCO_3 为填充剂，采用熔融挤出工艺制备了压滤机过滤板专用料，并采用模压成型工艺制备过滤板，制备工艺流程如图 3-23 所示。具体的工艺过程如下：

1) 将 PP、 CaCO_3 分别在不同的温度下烘干 $2 \sim 3\text{h}$ 。

2) 采用包覆法对 CaCO_3 表面进行偶联处理，并将处理后的 CaCO_3 与 PP 按一定的配比，在高速搅拌机中混合 $15 \sim 20\text{min}$ 。

3) 混合好的物料，经双螺杆挤出机熔融

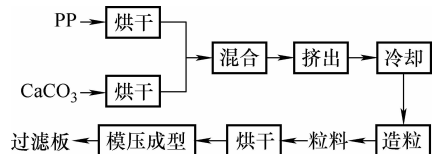


图 3-23 过滤板的
制备工艺流程

共混、挤出造粒。

4) CaCO_3 填充 PP 的粒料经烘干后, 采用模压成型制得压滤机过滤板。

5) 根据材料的力学性能, CaCO_3 的填充质量份为 20 ~ 30。

(4) 性能及应用 压滤机是一种间歇式的加压过滤分离设备, 广泛应用于化工、轻工、冶金、制药、食品和环保等行业, 进行固体、液体两相分离操作。过滤板是压滤机的关键部件, 直接决定压滤机的生产强度和分离精度。传统的压滤机过滤板采用铸铁、铜合金、铝合金、橡胶等制造, 具有操作复杂、不耐腐蚀等缺点; 采用聚丙烯 (PP) 制作压滤机的过滤板, 既可以克服以上缺点, 又大大降低了生产成本, 但通用 PP 的综合力学性能较差, 不能满足过滤板对材料物理、力学性能的要求, 因此必须对 PP 进行填充改性处理。

经研制的 PP 压滤机过滤板专用料性能可靠, 完全可以替代进口产品, 表 3-55 为国产与进口原料制造的过滤板的性能对比。从表 3-55 可以看出, 采用国产专用料制备的过滤板的各项性能均能达到或超过进口原料制得的产品, 且生产成本大为降低, 目前这种新型低成本过滤板已在煤矿、造纸、化工等行业应用, 反映良好。

表 3-55 国产与进口原料制造的过滤板的性能对比

项目	偏压试验中过滤板承受的最大压力/MPa	断裂伸长率 (%)	使用寿命/a
国产专用料制造的过滤板	0.82	180	>1
进口原料制造的过滤板	0.80	160	>1

2. 汽车保险杠

(1) 选材 主要实验原材料:

- 1) PP, 注射级, 齐鲁石化公司生产。
- 2) EPDM, EP35, 日本三井公司生产。
- 3) SBS, YH802, 岳阳石化公司生产。
- 4) 滑石粉, 45 μm , 市售。
- 5) 其他助剂, 均为市售。

(2) 主要设备与仪器

- 1) 双辊塑炼机, $\phi 160\text{mm} \times 320\text{mm}$, 上海橡胶机械厂。
- 2) 拉力试验机, LJ-1000 型, 广州试验仪器厂。
- 3) 平板硫化机, 350mm $\times$ 350mm, 烟台橡胶试验厂。

(3) 制备工艺 (见图 3-24)

(4) 注意事项及性能分析

1) EPDM 的用量对 PP 改性的影响。EPDM 的加入对 PP 的力学性能影响很大, 图 3-25、图 3-26 分别为 EPDM 用量对共混体系的

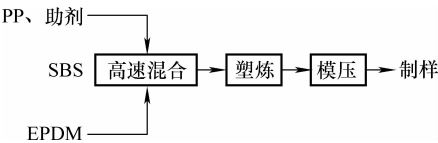


图 3-24 制备工艺

拉伸强度、冲击强度以及弯曲强度的关系曲线。由图 3-25、图 3-26 可见, 随着 EPDM 用量的增加, PP 的常温缺口冲击强度大幅度提高, 而拉伸强度和弯曲强度降低。

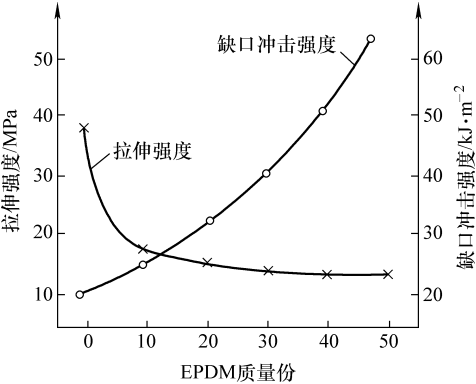


图 3-25 EPDM 用量对共混体系
拉伸强度、冲击强度的影响

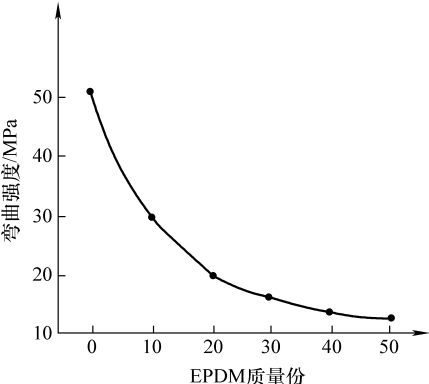


图 3-26 EPDM 用量对共混体
系弯曲强度的影响

银纹理论认为，塑料中加入橡胶后，当材料受到外力时，橡胶与塑料界面易产生应力集中，而橡胶颗粒能够起到应力集中的作用，可以引发银纹和剪切带，同时能够阻止银纹发展形成裂缝，并使其终止于另一橡胶颗粒。Griffith roffe 也认为橡胶粒子周围存在树枝状银纹，银纹的产生和发展都要消耗大量的能量，这一系列过程都有效地延缓了材料的破坏。从另一个角度看，EPDM 的加入能够破坏 PP 原有的结晶规整性，可以有效地提高其冲击强度。由于对 PP 改性的目的不仅是提高 PP 的冲击强度，而且也是要使 PP 的其他性能保持在一定水平上，因此，选定 EPDM 的质量份为 20。

2) 不同硫化体系的影响。上述实验所用的 EPDM 中未加入硫化体系，但未经过硫化的橡胶分子链柔顺，没有实际应用价值，只有把它变成硫化胶后才能获得必要的物理、力学性能和化学性能，并且不同的硫化体系使得三元乙丙橡胶具有不同的交联键类型、交联密度和弹性，不同硫化体系对共混体系性能的影响。见表 3-56。EPDM 用 BPO 硫化能获得较大的冲击强度，且在工艺上较 DCP 和硫磺易控制，这是因为 BPO 半衰期为 1min 时的分解温度与 PP 的熔融温度接近，在 PP 的交联过程中，有机过氧化物能完全分解，不会延缓 PP 交联时间，使 PP 交联过度而影响三元共混物最终产品的其他力学性能；但 BPO 在对 PP 交联的同时也会产生对 PP 的降解副反应，从而减弱交联效果，降低共混物的冲击强度。

表 3-56 不同硫化体系对共混体系性能的影响

性 能	硫化剂		
	DCP	BPO	S
拉伸强度/MPa	11. 6	12. 1	12. 1
断裂伸长率（%）	194. 0	382	424
缺口冲击强度/kJ·m ⁻²	42. 0	56. 6	50. 6
体质量流动速率/g·（10min） ⁻¹	2. 12	2. 73	2. 0

在做这个配方试验时,由于考虑到 SBS 与 PP 的共混改性中,当 SBS 的质量分数为 30% 时,共混物为脆性材料,因此将 SBS 含量增加到质量分数 50%,使共混物为韧性材料。在以后的配方实验中 SBS 质量分数应小于 50%。

3) SBS 用量对共混体系力学性能的影响。SBS 树脂具有较好的橡胶性能和低温弹性,用 SBS 与 PP 共混改性,也可以大大提高 PP 的冲击强度。如前所述,只采用 EPDM 橡胶增韧 PP 时,必须提高 EPDM 用量,但用量增加不仅会提高共混物的生产成本,而且会使材料的其他力学性能降低,从而降低了共混物的使用价值。如果在橡胶增韧 PP 的同时,加入助增韧剂形成复合增韧体系,可以在一定程度上弥补这一缺点。用 EPDM 为主增韧剂, SBS 为辅助增韧剂,对 PP 进行增韧改性,结果如图 3-27、图 3-28 所示。

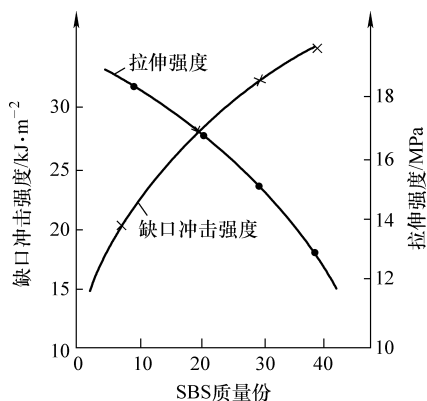


图 3-27 SBS 用量对共混体系冲击强度和拉伸强度的影响

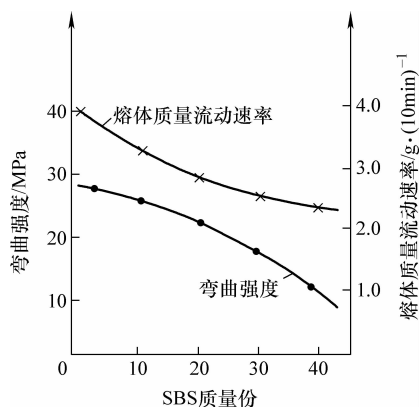


图 3-28 SBS 用量对共混体系弯曲强度、熔体质量流动速率的影响

从图 3-27、图 3-28 中可看出,随着 SBS 用量的增加,共混物缺口冲击强度增加,而其他力学性能都是呈下降趋势。这可能是由于加入适量 SBS,提高了共混物中橡胶的表面张力,降低了破碎能量,有利于橡胶粒子的细化和均化,使两界面相互渗透发挥协同作用,以改善 PP 球晶的形态,使 PP 部分的球晶变小,而这些球晶能阻止裂纹的发展,不使裂纹扩大至裂缝,这样有利于 PP 冲击强度的提高。

4) 填充滑石粉对共混体系力学性能的影响。如图 3-29、图 3-30 所示,随着滑石粉填充量的增加,材料的拉伸强度和冲击强度逐渐下降,但弯曲强度增大,从图中还可以看出,随着滑石粉用量增加,熔体质量流动速率下降,说明加工性能差。因此,控制好滑石粉用量是控制共混体系力学性能的关键。

5) 工业生产探索。综上所述,EPDM 和 SBS 的加入对提高共混体系的冲击强度有利,滑石粉的加入对共混体系的加工性能有影响,调整共混体系的配比可制备不同性能的改性聚丙烯。当共混体系的配比为 PP: EPDM: SBS: TACL = 80: 20: 30: 30 时,注射成型改性 PP 的主要性能能够达到国内汽车保险杠用 PP 材料的技术指标,见表 3-57。

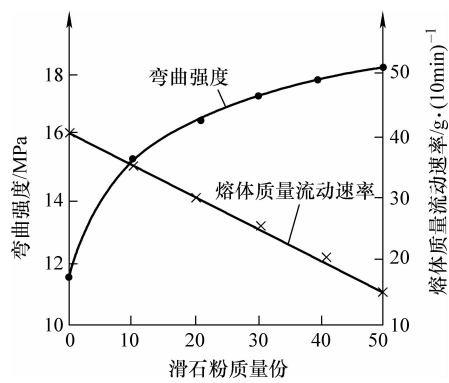


图 3-29 滑石粉用量对弯曲强度、熔体质量流动速率的影响

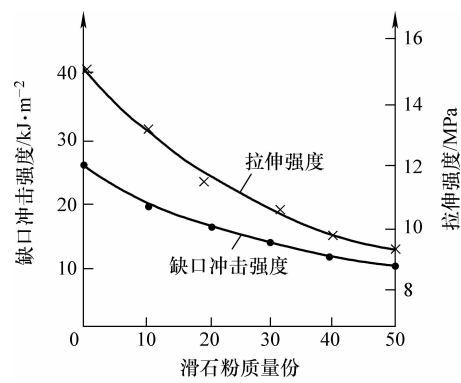


图 3-30 滑石粉用量对共混体系冲击强度、拉伸强度的影响

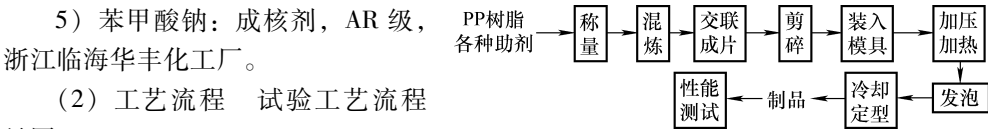
表 3-57 汽车保险杠性能

项目	拉伸强度/MPa	断裂伸长率 (%)	弯曲强度 /MPa	冲击强度 /kJ·m ⁻²	熔体质量流动速率 /g·(10min) ⁻¹
数值	17.4	400	17.8	37.9	2.7

3. PP 交联泡沫板材

(1) 选材

- 1) 聚丙烯 (PP): J30S, 大庆石油化工总厂。
- 2) 过氧化二异丙苯 (DCP): 交联剂, 工业级, 市售。
- 3) 偶氮二甲酰胺 (AC): 发泡剂, 工业级, 市售。
- 4) 二乙烯苯 (BVM): 助交联剂, AR 级, 高桥石油化工公司化工厂。
- 5) 苯甲酸钠: 成核剂, AR 级, 浙江临海华丰化工厂。



(2) 工艺流程 试验工艺流程

见图 3-31。

(3) 性能分析

1) 发泡剂。发泡剂 AC 的含量对交联发泡 PP 板材力学性能的影响见图 3-32、图 3-33。

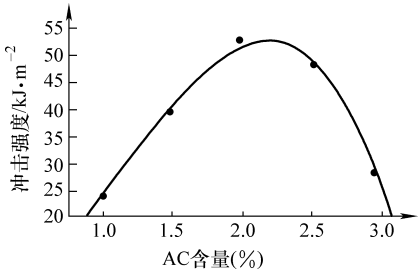


图 3-32 发泡剂 AC 的含量对板材冲击强度的影响

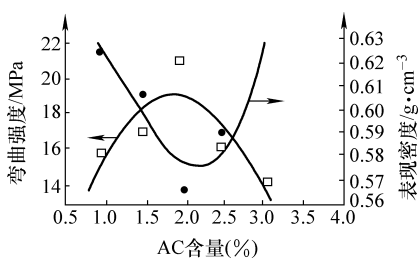


图 3-33 发泡剂 AC 的含量对板材弯曲强度和表面密度的影响

由图 3-32、图 3-33 可以看出, 交联发泡 PP 板材的冲击强度、弯曲强度随着发泡剂含量的增加而提高, 当提高到最大值时又逐渐降低。这是因为在某一固定温度 (180°C)、固定压力 (12MPa) 下, 随着 AC 含量的增加, AC 分解产生的气体越来越多, 当气体多到熔流体不能包住气体时, 因为气体的冲击使气泡壁破裂, 从而不能使气溶胶均匀分散在树脂中, 发泡的板材冲击强度和弯曲强度受到影响。所以必须严格控制 AC 的含量为 PP 树脂的 2% 左右才行。表观密度则随发泡剂含量的增加先减小后增大, 当 AC 含量少时, 产生的气泡少, 表现为板材表观密度大, 随 AC 含量的增加产生的气泡逐渐增多, 表现为板材的密度逐步减小, 当 AC 的含量超过一定值时, 产生过多的气泡, 致使塑料熔体不能将所有气泡包裹住, 部分气泡冲破熔体而逸入空气中, 这时熔体中包裹的气泡反而不如 AC 含量少时多, 因而表观密度出现增大的趋势。

2) 模压时间对 PP 板材性能的影响。模压时间对交联发泡 PP 板材性能的影响见图 3-34、图 3-35 (此时模压压力为 9MPa , 模压温度为 186°C)。

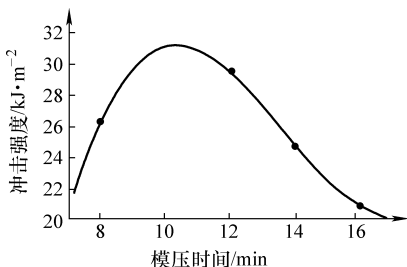


图 3-34 模压时间对板材冲击强度的影响

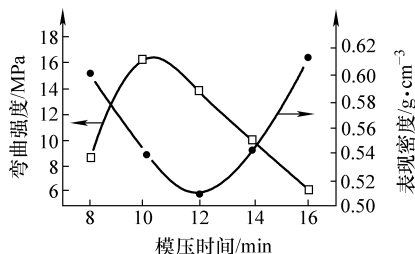


图 3-35 模压时间对板材弯曲强度和表观密度的影响

由图 3-34、图 3-35 可以看出, 随着模压时间的增加, 交联发泡 PP 板材的冲击强度、弯曲强度先逐渐升高, 达到一最大值后, 继续增加模压时间, 冲击强度、弯曲强度反而降低。而表观密度则随着模压时间的增加, 先逐渐减小, 当达到一最小值后, 随着模压时间的增加, 表观密度反而增大。这是因为, 在一定温度和压力下, 成型时间太短, 发泡剂 AC 未完全分解, 产生的气体少, 反映为冲击强度、弯曲强度低, 表观密度大。随着模压时间的增加, 发泡剂刚好能够完全分解, 分解出来的气体完全溶入熔体中, 而且分布比较均匀, PP 板材的性能好, 即冲击强度、弯曲强度最大, 表观密度适中。但当模压时间再增加时, 发泡剂已经分解完全并且随成型时间进一步增加, 会造成 PP 的部分降解, 使熔体粘度降低, AC 分解的气体不能完全被熔体包覆, 反而使冲击强度、弯曲强度降低, 表观密度增大。模压时间以 10min 为好。

3) 模压压力对 PP 板材性能的影响。模压压力对交联发泡 PP 板材性能的影响如图 3-36 ~ 图 3-37 所示 (此时模压温度为 180°C , 模压时间为 10min)。

由图 3-36、图 3-37 可以看出, 随着模压压力的增加, 交联发泡 PP 板材的冲击强度、弯曲强度先逐渐升高, 达到一最大值后, 继续增加模压压力, 冲击强度、弯曲强度反而降低。而表观密度则随着模压压力的增加, 先逐渐减小, 当达到一最小值后, 随着模压压力的增加, 表观密度反而增大。这是因为, 在加压发泡时, 由发泡剂热分解产生

的气体先在树脂中形成气溶胶，在释压过程中气溶胶膨胀逸散而形成气泡，当压力太小时，熔体粘度低，释压时形成的气泡泡径太大，甚至气体冲破熔体逃逸；当压力太大时，虽然熔体粘度高，但由于形成的气溶胶的压力大，释压时、熔体承受不了气体压力而造成气体逃逸，所以适宜的模压压力为 9 ~ 10MPa。

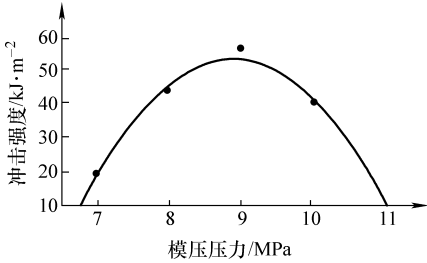


图 3-36 模压压力对
板材冲击强度的影响

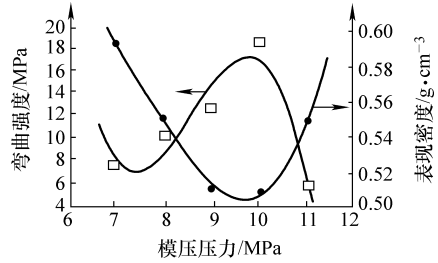


图 3-37 模压压力对板材弯曲
强度和表观密度的影响

4) 模压温度对 PP 板材性能的影响。模压温度对交联发泡 PP 板材性能的影响如图 3-38、图 3-39 所示（此时模压压力为 9MPa，模压时间为 10min）。

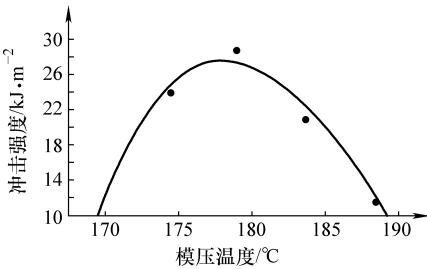


图 3-38 模压温度对
板材冲击强度的影响

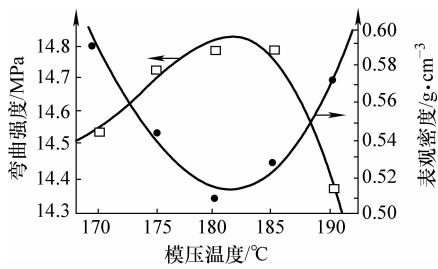


图 3-39 模压温度对板材弯
曲强度和表观密度的影响

由图 3-38 ~ 图 3-39 可以看出，随着模压温度的升高，交联发泡 PP 板材的冲击强度、弯曲强度先逐渐提高，达到一最大值后，随着模压温度的升高，又逐渐降低。然而表观密度随着模压温度的升高，先逐渐减小，达到一最小值后，随着模压温度的升高，表观密度反而增大。这是因为，当模压温度太低时，熔体的粘度比较大，发泡剂分解出来的气体不能均匀地扩散到熔体中，导致 PP 板材的性能降低，表现为冲击强度、弯曲强度低，表观密度大。随着模压温度的升高，熔体粘度逐渐降低，当模压温度升高到 180℃ 时，熔体粘度达到最佳值，此时发泡剂分解出来的气体完全溶于熔体中，而且分布比较均匀，PP 板材的性能最好，反映为冲击强度、弯曲强度高，表观密度小。但当模压温度继续升高时，熔体粘度急剧下降，发泡剂分解出来的大量气体不能有效地包在熔融物料内部，导致发泡效果不好，PP 板材性能降低，表现为冲击强度、弯曲强度低，表观密度大。

(4) 效果评价

1) 发泡剂 AC 的含量对交联发泡 PP 板材的性能有很大影响, AC 的含量过少或过多都会使 PP 板材的性能劣化, 要制得泡孔均匀、泡径合适的 PP 泡沫板材须严格控制 AC 的含量, 使其在树脂熔体中能完全分解, 又不会影响板材性能。当 AC 含量为 PP 树脂的 2% 左右时, 制得的板材性能最好。

2) 模压时间、模压温度、模压压力对交联发泡 PP 板材的性能有影响, 所以在选好配方后, 必须严格控制以上各工艺条件, 才能制得性能好的 PP 泡沫板材。当发泡剂 AC 的含量为 2%, 压制成型温度为 180℃、压力为 9MPa、时间为 10min 时 PP 板材的各项性能较好。

第四章 聚氯乙烯

第一节 主要品种与性能

一、基本特性

1. 特征

聚氯乙烯（PVC）的分子式为 $-\text{[CH}_2\text{-HCCL] n-}$ ，它由乙炔和氯化氢（电石路线）或乙烷，乙烯与氯气（石油化工路线）合成为氯乙烯单体，再聚合而成聚氯乙烯树脂。按聚合工艺可分为本体、悬浮、浮液、溶液等聚合产品，其中 80% 以上是悬浮聚合产品，乳液聚合树脂约占 10%，主要用于糊状料。本体聚合宜宾天原化工厂引进法国技术，目前仅处于前期准备。溶液聚合树脂用量不多，国内尚无此产品。

目前，我国悬浮聚合树脂按相对分子质量大小分为七类产品，每类又根据其颗粒形状分为紧密型和疏松型两种。树脂颗粒粒径约 $100 \sim 150\mu\text{m}$ ，它们由无数 $0.1\mu\text{m}$ 大小的微粒子凝聚而成，有的颗粒的整个表面有一层“皮膜”覆盖着，皮膜比较牢固，破坏较难，这是紧密型树脂，其增塑剂渗入能力较差。疏松型树脂的“皮膜”很薄且未全部覆盖，有利于增塑剂渗入颗粒内部，它分子排列为无规结构，结晶度最多 5% ~ 10%（其中包括少量结晶度达 20% 的间规结构）。重均相对分子质量约 5 ~ 15 万，相对分子质量的大小与熔体粘度、加工温度、制品性能和用途关系密切。PVC 为白色粉末或微珠，塑化后透明，着色容易。未增塑制品坚韧、通过添加增塑剂等，可自由调节软硬程度和力学性能。阻燃、自熄、电绝缘性较好，耐水性、化学稳定性好，耐酸、碱等，但溶于多数溶剂，树脂的热稳定性差，但可添加热稳定剂克服。

识别特征为：PVC 难燃，在火焰上能燃烧，离火即熄，燃烧时火焰呈黄色，下端为绿色，冒白烟，燃烧时塑料变软，发出刺激性酸味。在紫外光下，硬 PVC 产生浅蓝或紫白色荧光，软 PVC 产生蓝白色的荧光。

2. 综合性能

1) 物理性能。PVC 的吸水性小于 0.5%，透氢气和水汽率很低。

2) 力学性能。PVC 具有较高的力学强度，室温下的耐磨性超过硫化橡胶，硬度和刚性优于聚乙烯。

3) 热性能。硬 PVC 的脆化温度低于 -50°C ，在 $75 \sim 80^\circ\text{C}$ 变软。玻璃化温度随聚合温度不同而不同。通常认为玻璃化温度为 $80 \sim 85^\circ\text{C}$ 。PVC 在空气中高于 150°C 就会降解而放出 HCl，长期暴露于 100°C 下，若不添加碱性稳定剂也会降解，若超过 180°C ，则迅速降解，PVC 分子中含有大量氯，使其具有难燃性，但增塑剂的加入会降低难燃性。

4) 电性能。PVC 的电绝缘性能良好，其性能取决于配方中各种添加剂的类型和数

量，还与受热情况有关，如当加热至使 PVC 分解时，由于氯离子的存在而降低电绝缘性能。

5) 耐老化性。PVC 在光的作用下会降解，其过程与热降解相似。PVC 最敏感的光波长度为 270 ~ 310nm。耐石油、矿物油等非极性溶剂。无增塑剂的制品，耐大多数无机酸和碱，对盐类相当稳定，在某些酮、醚、酯和氯化烃类中能溶胀或溶解，环己酮和四氢呋喃是其良好的溶剂，不溶于水、酒精、汽油。通常增塑剂的加入使 PVC 制品易受溶剂的侵蚀，且在热而潮湿的环境下容易为细菌侵蚀，故需加入防霉剂。

PVC 具有耐化学药品性好、难燃、耐磨、消声、消振、电绝缘性能优良、力学性能良好、单体来源广、制品成本低等特点。并可采用多种成型方法加工成型。主要缺点是热稳定性差，受热引起不同程度的降解，并且软化温度低，软制品还有增塑剂外迁之弊，因而只能在 80℃ 以下使用。

PVC 塑料是一种多组分材料，根据不同用途可以加入增塑剂、稳定剂等添加剂。随着组成的不同，PVC 制品可呈现出不同的物理、力学性能，如加与不加（或少加）增塑剂就具有软、硬制品之分。

二、国内生产厂家、牌号与性能

1. 上海氯碱总厂悬浮法 SPVC 性能（见表 4-1）

表 4-1 上海氯碱总厂悬浮法 SPVC 性能

项 目	本厂牌号 国 际 引 进 型 牌 号 号	测试方法	WS-700	WS-800	WS-900	WS-1000	WS-1200	WS-1300
			SG-7	SG-6	SG-5	SG-4	SG-3	SG-2
			TK-700	TK-800	TK-900	TK-1000	TK-1200	TK-1300
比粘度	JISK 6721	0. 262 ~ 0. 293	0. 921 ~ 0. 319	0. 318 ~ 0. 345	0. 355 ~ 0. 380	0. 389 ~ 0. 412	0. 411 ~ 0. 433	
平均聚合度	JISK 6721	655 ~ 750	750 ~ 850	850 ~ 950	1000 ~ 1100	1150 ~ 1250	1250 ~ 1350	
表观密度/g · mL ⁻¹	JISK 6721	0. 52 ~ 0. 62	0. 51 ~ 0. 61	0. 50 ~ 0. 60	0. 47 ~ 0. 57	0. 44 ~ 0. 54	0. 42 ~ 0. 52	
粒度（ >350μm ）（ % ）		0. 1	0. 1	0. 1	0. 1	0. 1	0. 1	
粒度（ <149μm ）（ % ）		25 ~ 93	25 ~ 95	25 ~ 95	30 ~ 70	30 ~ 70	30 ~ 70	
挥发物（ % ）	JISK 6721	0. 4	0. 4	0. 3	0. 3	0. 3	0. 3	
增塑剂吸收（ % ）	SEP 51009	14	14	19	22	25	27	
残留 VCM/ × 10 ⁻⁶	SEP 51015	10	10	10	7	5	5	
鱼眼/颗 · 100cm ⁻²		≈ 50	≈ 50	≈ 100	≈ 100	≈ 50	≈ 50	
体积电阻率/Ω · cm					1 × 10 ¹⁴	1 × 10 ¹⁴	1 × 10 ¹⁴	
杂质/颗 · 100g ⁻¹	≈ 50	≈ 50	≈ 50	≈ 50	≈ 50	≈ 50	≈ 50	

2. 上海氯碱总厂糊状聚氯乙烯性能（见表 4-2）

表 4-2 上海氯碱总厂糊状聚氯乙烯性能

项 目	本厂牌号 引 进 牌 号	WP55GP	WP62GP	WP68GP	WP74GP	WP85GP
		H55GP	H62GP	H68GP	H74GP	H85GP
相对粘度		1. 80	2. 05	2. 30	2. 65	3. 15
K 值		55	62	68	74	85
密度/g·cm ⁻³		1. 4	1. 4	1. 4	1. 4	1. 4
平均聚合度		600	840	1120	1570	2400
挥发物（%）		0. 4	0. 4	0. 4	0. 4	0. 4
粒度（<0.053mm）（%）		99. 8	99. 8	99. 8	99. 8	99. 8
B 型粘度/MPa·s ⁻¹		600	6000	6000	6000	6000
诺斯细度		2	2	2	2	2
残留 VCM/×10 ⁻⁶		5	5	5	5	5

项 目	本厂牌号 引 进 牌 号	WP68GP	WP80HC	WP74HC	WP62SF	WP67SF
		H68HC	H80HC	H74HC	H62SF	H67SF
相对粘度		2. 30	2. 85	2. 65	2. 05	2. 25
K 值		68	80	74	62	67
密度/g·cm ⁻³		1. 4	1. 4	1. 4	1. 4	1. 4
平均聚合度		1120	1750	1570	840	1070
挥发物（%）		0. 4	0. 4	0. 4	0. 4	0. 4
粒度（<0.053mm）（%）		99. 8	99. 8	99. 8	99. 8	99. 8
B 型粘度/MPa·s ⁻¹		5000	5000	5000	5000	5000
诺斯细度		2	2	2	2	2
残留 VCM/×10 ⁻⁶		5	5	5	5	5

3. 天津化工厂、上海天原化工厂的浮液法与微悬浮法 PVC 性能（见表 4-3）

表 4-3 天津化工厂、上海天原化工厂浮液法和微悬浮法 PVC 性能

牌 号	P-440		P-415		R-1069		P-450	
聚合度	1450 ± 200		1450 ± 200		1800 ± 800		1000 ± 150	
B 型粘度 (50r/min, DOP60 份)/ MPa·s ⁻¹ ≤	5000		5000		5000		7000	
挥发物(%) ≤	I 0. 4	II 0. 5	I 0. 4	II 0. 5	I 0. 4	II 0. 5	I 0. 4	II 0. 5
残留 VCM/×10 ⁻⁶ ≥	5(仅考核卫生级树脂)							
过筛率(0.063mm 筛孔)(%) ≤	I 99. 0	II 98. 0	I 99. 0	II 98. 0	I 99. 0	II 98. 0	I 99. 0	II 98. 0

(续)

牌 号	P-455		P-460		P-510		P-550	
聚合度	850 ± 150		850 ± 150		1450 ± 350		950 ± 200	
B 型粘度 (50r/min, DOP60 份)/ MPa · s ⁻¹ ≤	8000		8000		11000		1000	
挥发物 (%) ≤	I 0.4	II 0.5	I 0.4	II 0.5	I 0.4	II 0.5	I 0.4	II 0.5
残留 VCM/ × 10 ⁻⁶ ≥	5 (仅考核卫生级树脂)							
过筛率 (0.063mm 筛孔) (%) ≤	I 99.0	II 98.0	I 99.0	II 98.0	I 99.0	II 98.0	I 99.0	II 98.0

4. 无锡电化厂微悬浮法 PVC 性能 (见表 4-4)

表 4-4 无锡市电化厂微悬浮法 PVC 性能

技术指标	PVC-SP-Ⅰ		PVC-SP-Ⅱ		PVC-SP-Ⅲ	
糊粘度 (PVC: DOP = 100: 70, 24h) / × 10 ⁻³ Pa·s	≤3500		＞3500 ≤6000		＞6000	
稀溶液粘度/ ×10 ⁻³ Pa·s	2.01 ~ 2.40		1.81 ~ 2.0		1.60 ~ 1.80	
表观密度/g·mL ⁻¹	0.3 ~ 0.4					
糊粘度变化率(24 ~ 48h) (%)	优级 ±10	一级 ±20	优级 ±10	一级 ±20	优级 ±10	一级 ±20
白度 (%)	95	90	95	90	95	90
热分解温度/℃	150	130	150	130	150	130
160 目过筛率 (%)	99.0	97.0	99.0	97.0	99.0	97.0
挥发分 (%)	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6
VCM 残留量/ ×10 ⁻⁶	5	10	5	10	5	10
用途	壁纸、人造革、难燃输送带浸渍涂覆					

5. 北京化工二厂悬浮法 PVC 性能 (见表 4-5、表 4-6)

表 4-5 北京化工二厂悬浮法 PVC 性能

牌号 项目	K-57		K-59		K-61		K-63		K-65	
	一级	二级	一级	二级	一级	二级	一级	二级	一级	二级
粘度/mL · g ⁻¹	73 ~ 80		81 ~ 86		87 ~ 93		101 ~ 107		108 ~ 116	
表观密度/g · mL ⁻¹	0. 52	0. 42	0. 52	0. 42	0. 52	0. 42	0. 52	0. 42	0. 52	0. 42
100g 树脂的增塑剂吸收量/g	16	14	16	14	16	14	16	14	17	14
挥发物 (包括水) 含量 (%)	0. 3	0. 5	0. 3	0. 5	0. 3	0. 5	0. 3	0. 5	0. 3	0. 5
过筛率 (筛孔 0. 25mm) (%)	98	92	98	92	98	92	98	92	98	92
过筛率 (筛孔 0. 063mm) (%)	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20
白度 (%)	91	85	91	85	91	85	91	85	91	85
鱼眼/个 · 1000cm ⁻²	8		8		8		8		8	

(续)

牌号 项目	K-57		K-59		K-61		K-63		K-65	
	一级	二级	一级	二级	一级	二级	一级	二级	一级	二级
粘度/mL · g ⁻¹	73 ~ 80		81 ~ 86		87 ~ 93		101 ~ 107		108 ~ 116	
电导率/s · m ⁻¹										
100g 树脂中的黑黄点/颗	28	130	28	130	28	130	28	130	28	130
100g 树脂中的黑点/颗	8	30	8	30	8	30	8	30	8	30
残留 VCM/mg · g ⁻¹	5		5		5		5		5	
流动时间/s	20		20		20		20		20	

牌号 项目	K-67		K-69		K-70		K-72		K-74	
	一级	二级	一级	二级	一级	二级	一级	二级	一级	二级
粘度/mL · g ⁻¹	117		~ 123		124 ~ 132		133 ~ 141		142 ~ 150	
表观密度/g · mL ⁻¹	0.52	0.42	0.52	0.42	0.52	0.42	0.52	0.42	0.52	0.42
100g 树脂的增塑剂吸收量/g	20	15	22	16	22	16	25	18	25	18
挥发物(包括水)含量(%)	0.3	0.5	0.3	0.5	0.3	0.5	0.3	0.5	0.3	0.5
过筛率(筛孔 0.25mm)(%)	98	92	98	92	98	92	98	92	98	92
过筛率(筛孔 0.063mm)(%)	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20
白度(%)	91	85	91	85	91	85	91	85	91	85
鱼眼/个 · 1000cm ⁻²	8		8		8		8		8	
电导率/s · m ⁻¹					3 × 10 ⁻³	5 × 10 ⁻⁵	3 × 10 ⁻³	5 × 10 ⁻⁵	3 × 10 ⁻³	5 × 10 ⁻⁵
100g 树脂中的黑黄点/颗	28	130	28	130	28	130	28	130	28	130
100g 树脂中的黑点/颗	8	30	8	30	8	30	8	30	8	30
残留 VCM/mg · g ⁻¹	5		5		5		5		5	
流动时间/s	20		20		20		20		20	

表 4-6 北京化工二厂 P-2500 型 PVC 性能

牌号 项目	P-2500-1		P-2500-2	
	一级	二级	一级	二级
粘度/mL · g ⁻¹	196 ~ 205		186 ~ 195	
表观密度/g · mL ⁻¹	0.42	0.40	0.42	0.40
DOP 吸收量/g · 100g ⁻¹	30	28	30	28
挥发物(%)	0.4	0.5	0.4	0.5
鱼眼/个 · 1000cm ⁻²	8		8	
白度(%)	90	85	90	85
电导率/s · m ⁻¹	3 × 10 ³		3 × 10 ³	
外观黑点/黑黄总数/个 · 100g ⁻¹	8/28	30/130	8/28	3/130
过筛率(筛孔 0.025mm)(%)	98	92	98	92
过筛率(筛孔 0.063mm)(%)	10	20	10	20
单体含量/ × 10 ⁻⁶	10		10	

6. 西安化工厂的乳液法 PVC 性能(见表 4-7)

表 4-7 西安化工厂乳液状 PVC 性能

项目	牌号	PVC-E 6842	PVC-E 6843
K 值		66 ~ 69	66 ~ 69
干损率(%)		0.3	0.4
表观密度/g·cm ⁻³		0.45 ~ 0.6	0.45 ~ 0.6
热稳定性(160C 刚果红法)/min		20	20
糊粘度(PVC: DOP = 1: 0.6)/MPa·s		3000 ~ 5000	3500 ~ 7500
过筛率(筛孔 0.63mm)(%)		10	12
过筛率(筛孔 0.20mm)(%)		0.06	0.06
甲醇萃取物(%)		2.4	2.6
硫酸盐灰分(%)		1	1
残留 VCM/×10 ⁻⁶		10	10

7. 合肥化工厂微悬浮法 PVC 性能(见表 4-8)

表 4-8 合肥化工厂微悬浮法 PVC 性能

牌 号		PB1152	PB1202	PB1302	PB1702	PB1311	PB1384
粘度指数		110 ± 5	110 ± 5	125 ± 5	163 ± 5	125 ± 5	125 ± 5
K 值		68	63	70	79	70	70
表观密度/g·cm ⁻³		0.4	0.4	0.4	0.4	0.38	0.36
粒度	平均粒径/μm	15	15	15	15	13	15
	>90μm(%)	0	0	0	0	0	0
	>50μm(%)	<1	<1	<1	<1	<1	<1
残留 VCM/×10 ⁻⁶		<5	<5	<5	<5	<5	<5
混合物	(PVC/DOP)/份数	100/50	100/50	100/50	100/50	100/80	100/50
	B 型粘度(24h)/Pa·s	100	17	15	15	400	25

8. 齐鲁石油化工公司氯碱厂悬浮法 PVC 性能(见表 4-9)

表 4-9 齐鲁石油化工公司氯碱厂悬浮法 PVC 性能

项目	本厂牌号 引 进 牌 号	测试方法	S-700	S-800	S-900	S-1000	S-12300	S-1300
			TK-700	TK-800	TK-900	TK-1000	TK-1200	TK-1300
比粘度		JIS K6721	0.262 ~ 0.293	0.921 ~ 0.319	0.318 ~ 0.345	0.355 ~ 0.380	0.389 ~ 0.412	0.411 ~ 0.433
平均聚合度		JIS K6721	650 ~ 750	750 ~ 850	850 ~ 950	1000 ~ 1150	1150 ~ 1250	1250 ~ 1350
K 值		DIN 55726	57 ~ 59	60 ~ 62	63 ~ 65	66 ~ 68	69 ~ 71	71 ~ 73
表观密度/g·mL ⁻¹		JISK 6721	0.52 ~ 0.62	0.51 ~ 0.61	0.50 ~ 0.60	0.47 ~ 0.57	0.44 ~ 0.54	0.42 ~ 0.52

(续)

项目	本厂牌号 引进牌号	测试方法	S-700	S-800	S-900	S-1000	S-12300	S-1300
			TK-700	TK-800	TK-900	TK-1000	TK-1200	TK-1300
挥发物(%)		JISK 6721	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
增塑剂吸收(%)		SEP 51009	14	16	19	22	25	27
残留 VCM/ $\times 10^{-6}$		SEP 51015	10	10	10	7	5	5
粒度($>350\mu\text{m}$)(%)			0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
粒度($<149\mu\text{m}$)(%)			30~95	30~95	30~85	30~80	30~99	30~99
鱼眼/个 $\cdot 100\text{cm}^{-2}$			50	50	100	100	50	50
杂质/颗 $\cdot 100\text{g}$			50~100	50~100	50~100	50~100	50~100	50~100
体积电阻率/ $\Omega\cdot\text{cm}$						1×10^{12}	1×10^{12}	1×10^{12}

9. 沈阳化工厂的微悬浮法 PVC 性能(见表 4-10)

表 4-10 沈阳化工厂微悬浮法 PVC 性能

牌号		PSH-10	PSH-20	PSH-31	PSM-30	PSM-31	PSM-70	PSL-10	PSL-31
项目									
树脂	聚合度	1780~1580	1780~1580	1780~1580	1430~1230	1430~1230	1430~1230	1080~880	1080~880
	挥发分(%)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.5
	堆积密度/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	0.2~0.4	0.2~0.4	0.2~0.4	0.2~0.4	0.2~0.4	0.2~0.4	0.2~0.4	0.2~0.4
	筛余物(100 目筛)/ $\times 10^{-6}$	10	10	10	10	10	10	10	10
	残留 VCM/ $\times 10^{-6}$	5	5	5	5	5	5	5	5
	(树脂 DOP)/份数	100/65	100/100	100/65	100/100	100/65	100/100	100/65	100/100
聚合物	B 型糊粘度/ $\text{MPa}\cdot\text{s}$	1000~2500	2500~7500	1500~6500	3000~8000	1500~6500	3500~18400	1000~2500	1500~6500
	刮痕粒度/ μm	100	100	100	100	100	100	100	100

10. 牡丹江树脂厂微悬浮法 PVC 性能(见表 4-11)

表 4-11 牡丹江树脂厂微悬浮法 PVC 性能

牌号		A-21	牌号		A-21
项目			项目		
干燥树脂	平均聚合度	1650	混合物	B 型粘度/ $\text{Pa}\cdot\text{s}$	3~8
	挥发分(%)	1.8		流变值/ $\text{g}\cdot 100\text{s}^{-1}$	8
	过筛率(325 筛孔)(%)	0.1		NF 值	3
	比粘度	0.42~0.48			

11. 武汉葛店化工总厂微悬浮法 PVC 性能(见表 4-12)

表 4-12 武汉葛店化工总厂微悬浮法 PVC 性能

技术指标	I 号	II 号	III 号
糊粘度, (PVC: DOP) = 100: 60, 25℃, 24h) / × 10 ⁻³ Pa · s	≤5000	5000 ~ 9000	9000 ~ 15000
160 目过筛率(%) ≥	一级品 99. 0	二级品 97. 7	
水分(%) ≤	0. 40	0. 50	
热分解温度/℃ ≥	160	150	
白度(%) ≥	95 JMS-1 JMS-2	90 >2. 101 1. 901 ~ 2. 100	
绝对粘度(1% 1, 2-二氯乙烷溶液, 20℃) / × 10 ⁻³ Pa · s	JMS-3	1. 801 ~ 1. 900	
	JMS-4	1. 701 ~ 1. 800	
	JMS-5	1. 600 ~ 1. 700	
用途	发泡、涂刮、浸渍、搪塑		

12. 锦西化工总厂和福州第二化工厂悬浮法 PVC 性能(见表 4-13 ~ 表 4-21)

表 4-13 锦西化工总厂和福州第二化工厂悬浮法 PVC 性能

牌 号	K-57		K-59		K-61		K-63		K-65	
	一级	二级	一级	二级	一级	二级	一级	二级	一级	二级
项目										
粘数/ $\text{mL} \cdot \text{g}^{-1}$	73 ~ 80		81 ~ 86		87 ~ 93		94 ~ 100		101 ~ 107	
表观密度/ $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$	0.52	0.42	0.52	0.42	0.52	0.42	0.52	0.42	0.52	0.42
100g 树脂的增塑剂吸收量/g	16	14	16	14	16	14	16	14	17	14
挥发物(包括水)含量(%)	0.3	0.5	0.3	0.5	0.3	0.5	0.3	0.5	0.3	0.5
过筛率(筛孔 0.25mm)(%)	98	92	98	92	98	92	98	92	98	92
过筛率(筛孔 0.063mm)(%)	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20
白度(%)	91	85	91	85	91	85	91	85	91	85
鱼眼/个 $\cdot 1000\text{cm}^{-2}$	8		8		8		8		8	
电导率/ $\text{s} \cdot \text{m}^{-1}$										
100g 树脂中的黄黑点/颗	28	130	28	130	28	130	28	130	28	130
100g 树脂中的黑点/颗	8	30	8	30	8	30	8	30	8	30
残留 VCM/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	5		5		5		5		5	
流动时间/s	20		20		20		20		20	
树脂热稳定性	协 商									

牌 号	K-67		K-69		K-70		K-72		K-74	
	一级	二级	一级	二级	一级	二级	一级	二级	一级	二级
项目										
粘数/ $\text{mL} \cdot \text{g}^{-1}$	108 ~ 116		117 ~ 123		124 ~ 132		133 ~ 141		142 ~ 150	
表观密度/ $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$	0.52	0.42	0.46	0.42	0.46	0.42	0.45	0.42	0.45	0.42
100g 树脂的增塑剂吸收量/g	20	15	22	16	22	16	25	18	25	18
挥发物(包括水)含量(%)	0.3	0.5	0.3	0.5	0.3	0.5	0.3	0.5	0.3	0.5

(续)

项目 \ 牌号	K-67		K-69		K-70		K-72		K-74	
	一级	二级	一级	二级	一级	二级	一级	二级	一级	二级
粘度/mL · g ⁻¹	108 ~ 116		117 ~ 123		124 ~ 132		133 ~ 141		142 ~ 150	
过筛率(筛孔 0.25mm)(%)	98	92	98	92	98	92	98	92	98	92
过筛率(筛孔 0.063mm)(%)	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20
白度(%)	91	85	91	85	91	85	91	85	91	85
鱼眼/个 · 1000cm ⁻²	8		8		8		8		8	
电导率/s · m ⁻¹					3 × 10 ⁻³	5 × 10 ⁻³	3 × 10 ⁻³	5 × 10 ⁻⁵	3 × 10 ⁻³	5 × 10 ⁻⁵
100g 树脂中的黑黄点/颗	28	130	28	130	28	130	28	130	28	130
100g 树脂中的黑点/颗	8	30	8	30	8	30	8	30	8	30
残留 VCM/mg · g ⁻¹	5		5		5		5		5	
流动时间/s	20		20		20		20		20	
树脂热稳定性	协 商									

表 4-14 Vinno1 H 悬浮法聚合聚氯乙烯性能

牌 号	K 值 DIN 53726	粘数 (ISO/R 174) $/\text{mL} \cdot \text{g}^{-1}$	体积密度 (ISO/R60) $/\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$	粒度分布	自然粒度	粒径/ $\mu\text{m} \leq$
HD60DS	60	88.5	0.58	窄	粗糙,部分疏松	500
HD64DS	64	102	0.51	窄	粗糙,疏松	500
HD65D	65	105	0.55	窄	粗糙,疏松	300
HD70F	70	124	0.44	很窄	粗糙,部分疏松	250
HD70DF	70	124	0.48	很窄	粗糙,疏松	300
HD75DF	75	145	0.44	很窄	粗糙,疏松	250
DH68D	68	116	0.55	很窄	粗糙,疏松	500

表 4-15 Vinno1 Y 本体聚合聚氯乙烯性能

牌 号	K 值 DIN 53726	粘数 (ISO/R 174) $/\text{mL} \cdot \text{g}^{-1}$	体积密度 (ISO/R60) $/\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$	粒度分布	自然粒度	粒径/ $\mu\text{m} \leq$
Y57M	57	79.5	0.63	窄	粗糙,紧密	250
Y61M	61	92	0.60	很窄	粗糙,疏松	250
Y65M	64	102	0.60	很窄	粗糙,疏松	250
Y68M	68	116	0.59	窄	粗糙,疏松	250
Y60MS	59	88.5	0.64	窄	粗糙,紧密	250
Y57M	57	79.5	0.62	窄	粗糙,紧密	250

表 4-16 Vinno1 P. E. C 和增塑糊的共聚物(微粒,乳液和充替剂 PVC 悬浮级)性能

牌 号	K 值 DIN 53726	粘数 (ISO/R 174) /mL · g ⁻¹	体积密度 ISO/R60 /g · mL ⁻¹	粒度分布	粒形	粒径/μm
P70	70	124	0.33	中	粉	99% <60
P70F	70	124	0.28	中	粉	99% <30
P80	80	169	0.30	中	粉	99% <60
P70PS	70	124	0.33	中	粉	99% <60
P68E	70	120	0.37	中	粉	99% <60
VP217/68	70	124	0.37	中	粉	99% <60
P70EN	70	124	0.37	中	粉	99% <60
P75EN	75	146	0.37	中	粉	99% <60
P90E	90	181	0.37	中	粉	99% <60
P69EF	68	116		中	粉	99% <60

表 4-17 掺混树脂用 S-PVC 均聚物性能

牌 号	K 值 DIN 53726	粘数 (ISO/R 174) /mL · g ⁻¹	表观密度 DIN 53194/g · mL ⁻¹	粒度分布	粒形	粒径/μm
C65V	65	109	>0.75	很窄	粗细球形	99% <100
C66H	66	109	>0.70	很窄	粗细球形	99% <100
C100V			>0.75	很窄	粗细球形	99% <100
C8/62V	62	95	>0.85			99% <100

表 4-18 S-PVC 共聚物(14% 乙酸纤维素)性能

牌 号	K 值 DIN 53726	粘数 (ISO/R 174) /mL · g ⁻¹	表观密度 DIN 53194/g · mL ⁻¹	粒度分布	粒形	粒径/μm
C14-50V	50	61	>84	中	精细球形	98% <100
C66H	66	109	>0.70	很窄	精细球形精密	99% <100

表 4-19 低乳液含量的制糊 PVC 性能

牌 号	K 值 DIN 53726	粘数 (ISO/R 174)/mL · g ⁻¹	粒形	粒径/μm	<
E70CQ	70	124	粉	97 ~ 60	
VE310/80	79	164	粉	97 ~ 60	
VE308/68	68	112	粉	97 ~ 60	
VE309/72	72	132	粉	95% <60	
E79CQ	79	164	粉	95% <60	

表 4-20 VinnolE 悬浮共聚物性能

牌号	组 分	K 值 DIN 53726	粘度 (ISO/R 174) /mL · g ⁻¹	表观密度 DIN 53194 /g · mL ⁻¹	粒度分布	粒形	粒径/μm <
E5/65C	氯乙烯/乙酸 乙烯(5%)	65	105	0.44	中	粉	95% <60
E10/65C	氯乙烯/乙酸 乙烯(10%)	65	105	0.54	中	粉	95% <60

表 4-21 共聚物和高抗冲接枝聚合物热塑性共聚材料性能

牌号	组分	K 值 DIN 53726	粘度 (ISO/R 174) /mL · g ⁻¹	体积密度 /g · mL ⁻¹	堆砌密度 ISO/R 60 /g · mL ⁻¹	粒度 分布	粒径	粒径/μm <
H10/60	氯乙烯 /乙酸乙烯	60	89/10	0.54	0.63	中	料团	300
H11/57	氯乙烯 /乙酸乙烯	57	80/11	0.52	0.59	中	料团	300
H6/65	氯乙烯 /乙酸乙烯	65	105/5.5	0.48	0.53	中	料团	300
H10/60	氯乙烯 /乙酸乙烯	60	89/10	0.54	0.63	中	料团	300
VF1048 VF1047	氯乙烯 /乙酸乙烯	46	53/15	0.80	0.83	中	球体	300
VF1080	氯乙烯 /乙酸乙烯	48	57/15	0.80	0.83	中	球体	300

高抗冲接枝聚合物

K510/68	氯乙烯 /共聚物 ^①	68	116	0.69	—	中	粗糙 ^③	500
K506/69 K550/70	氯乙烯 /共聚物 ^①	69 79	164	0.70	—	中	粗糙	500
VK602/64	氯乙烯 /共聚物 ^②	64	102	0.64	—	窄	紧密	500
VK704	氯乙烯 /共聚物 ^②			0.64	—	中	粗糙 球状	500

① 氯乙烯/Levapren 共聚物。
② 粗糙,紧密球状粒子。
③ 氯乙烯/聚丙烯酸酯接枝共聚。

三、国外生产厂家、牌号与性能

1. 美国 GP 通用型悬浮法 PVC 性能(见表 4-22)

表 4-22 美国 GP 通用型悬浮法 PVC 的性能

项 目	0	1	2	3	4	5
溶液特性粘度	不规定	<0. 70	0. 70 ~ 0. 79	0. 80 ~ 0. 89	0. 90 ~ 0. 99	1. 00 ~ 1. 09
通过 200 号筛(75μm)细度(%)	不规定	0 ~ 9	10 ~ 19	20 ~ 29	30 ~ 39	40 ~ 49
表观密度/kg·m ⁻³	不规定	<144	144 ~ 232	233 ~ 328	329 ~ 425	426 ~ 520
增塑剂吸收量 100g 树脂,DOP ^① (%)	不规定	<50	50 ~ 74	75 ~ 99	100 ~ 124	125 ~ 149
干粉流动性/s·400cm ⁻³	不规定			≤0. 2	2. 0 ~ 3. 9	4. 0 ~ 5. 9

项 目	6	7	8	9	GP6-43054
溶液特性粘度	1. 10 ~ 1. 19	1. 20 ~ 1. 29	1. 30 ~ 1. 39	≥1. 40	1. 10 ~ 1. 19
通过 200 号筛(75μm)细度(%)	50 ~ 59	60 ~ 79	80 ~ 99	100	30 ~ 44
表观密度/kg·m ⁻³	521 ~ 616	617 ~ 712	713 ~ 808	≥809	233 ~ 328
增塑剂吸收量 100g 树脂,DOP ^① (%)	150 ~ 174	175 ~ 199	200 ~ 224	≥225	
干粉流动性/s·400cm ⁻³	6. 0 ~ 7. 9	8. 0 ~ 9. 9	≥10		3. 0 ~ 5. 9

① 邻苯二甲酸二辛酯。

2. 日本信越化学工业公司悬浮法 PVC 性能(见表 4-23)

表 4-23 日本信越化学工业公司悬浮法 PVC 性能

项 目	TK2500L	TK2500H	TK2500R	TK2500W	TK1300(通用)
粘度/mL·g ⁻¹	185	195	250	280	132
K 值	83	86	94	97	72
表观密度 g/mL ⁻¹	0. 48	0. 48	0. 46	0. 46	0. 48
挥发分(%) <	0. 5	0. 5	0. 5	0. 5	0. 5
60 号筛通过率(%)	99	99	99	99	99
拉伸强度/MPa >	18. 0	18. 3	19. 5	20. 0	15. 0
伸长率(%) >	425	425	420	420	430
耐寒弯曲温度/℃	-38. 0	-38. 0	-39. 0	-39. 0	-37. 5
压缩变形(%)	58. 9	58. 0	53. 9	53. 0	65. 2
撕裂强度/N·mm ⁻¹	36	37	41	42	31
体积电阻率/Ω·cm	1. 2	1. 2	1. 2	1. 2	1. 2
邵氏硬度 HA	66. 5	66. 5	68. 5	70. 5	63. 5

3. 德国布纳化工厂乳液法 PVC 性能(见表 4-24)

表 4-24 德国布纳化工厂乳液法 PVC 性能

项 目	编 号	E5940H	E6642M	E6642M-10	E6643M	E6640W
K 值		59 ~ 62	66 ~ 69	66 ~ 69	66 ~ 69	66 ~ 69
硫酸盐灰分最高值(%)		1. 9	1	1	1	1. 9

(续)

项 目 \ 编 号	E5940H	E6642M	E6642M-10	E6643M	E6640W
表观密度/ $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$	0.45 ~ 0.60	0.40 ~ 0.60	0.40 ~ 0.50	0.40 ~ 0.60	0.40 ~ 0.60
挥发失重最高值(%)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
热稳定性 160℃ 刚果红试纸	45	20	20	20	45
筛余物(%) 63 μm (最大值)		10	10	12	
200 μm (最大值)	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
糊粘度 (PVC: DOP = 1:0.6)/Pa · s		4.5 ± 1	4.0 ± 1	5.5 ± 2	
甲醇萃取物(最大值)(%)		2.4	2.4	2.8	
100g 乳液树脂增塑剂需要量/mL		不定	不定	不定	不定
用途	压延和挤出作硬异形材、管道、硬薄片	中至低粘度糊,涂刷、浇注或浸渍作泡沫人造革、地板料或模制品		作高粘度糊,作人造革和地板料	压延和挤出,作软薄膜、软板或中高粘度糊,作人造革和地板料

项 目 \ 编 号	E5940H	E6643V	E6243M	E7043V
K 值	70 ~ 73	66 ~ 69	62 ~ 65	70 ~ 73
硫酸盐灰分最高值(%)	1	1.9	1.9	1.9
表观密度/ $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$	0.40 ~ 0.60	0.40 ~ 0.60	0.40 ~ 0.60	0.40 ~ 0.60
挥发失重最高值(%)	0.4	0.4	0.4	0.4
热稳定性 160℃ 刚果红试纸	20	45	45	45
筛余物(%) 63 μm (最大值)	12	12	12	12
200 μm (最大值)	0.06	0.06	0.06	0.06
糊粘度 (PVC: DOP = 1:0.6)/Pa · s	5.5 ± 2.5	9.5 ± 2.5	9.5 ± 2	9.5 ± 2
甲醇萃取物(最大值)(%)	不定	不定	不定	不定
100g 乳液树脂增塑剂需要量/mL	不定	不定	60	60
用途	中粘度糊,高强度的浸渍和浇铸制品、高强度地板料	人造革	高粘度糊,作人造革、地板	高粘度糊,作人造革、桌布、运输带、高强度地板料

4. 日本三菱孟山都公司 PVC 性能(见表 4-25)

表 4-25 日本三菱孟山都公司 PVC 性能

项 目	P440	P450	P415	R1069
平均聚合度	1450 ± 100	1000 ± 100	1450 ± 100	1800 ± 100

(续)

项 目	P440	P450	P415	R1069
酒精溶解度 (%)	≤1.2	≤3.0	≤3.0	≤3.0
Brookfield 粘度 (50r/min,60 份 DOP)/Pa · s	6 或少些	8 或少些	5 或少些	6 或少些
粘度增加值 (23℃ ×4d)	4 或少些	8 或少些	4 或少些	4 或少些
Severs 流出量 (φ0.327cm,41kg,100s)/g	350 或多些	250 或多些	350 或多些	350 或多些
挥发分 (%)	≤0.5	≤0.5	≤0.7	≤0.5
诺斯细度值	≥2.0	≥2.0	≥2.0	≥2.0

5. 俄罗斯联合化工出口公司 (Sojuzchimexport Russian) Slovinyl PVC 性能 (见表 4-26)

表 4-26 俄罗斯联合化工出口公司 Slovinyl PVC(悬浮法)性能

指示名称	指 标												分析方法
	ЛВХ-Е-7050-М 优级品 二级品	ЛВХ-Е-6650-М 优级品 一级品	ЛВХ-Е-6662-М * 优级品 一级品	ЛВХ-Е-6250-М * 优级品 一级品	ЛВХ-Е-5850-М * 优级品 一级品	ЛВХ-Е-5450- *							
外观、颜色	白色粉末												ГОСТ14039—78 中 3.4 ГОСТ14040—77 ГОСТ11035—64 中方法 А ГОСТ14039—78 中 3.5.1 ГОСТ14041—68 ГОСТ14043—77 和 ГОСТ14039—78 中 3.10 ГОСТ1404239—77 ГОСТ14039—78 中 3.11
杂质数量/个 ≤	10	25	10	25	10	25	10	25	10	25	10	25	
K 值	70 ~ 73		66 ~ 69		66 ~ 69		62 ~ 65		58 ~ 61		52 ~ 57		
堆 积 密 度/g · cm ⁻³	0.45 ~ 0.60		0.45 ~ 0.60		0.45 ~ 0.60		0.45 ~ 0.60		0.45 ~ 0.60		0.45 ~ 0.60		
通过 N. ϖ2 筛的 筛余物(%) ≤	0.05	0.1	0.05	0.1	0.03	0.06	0.05	0.1	0.05	0.1	0.05	0.1	
通过 N.0063 筛 的筛余物(%) ≤	不规定						5		不规定				
热 稳 定 性 (180℃)/min ≥	不规定(1980 年 1 月 1 日前不规定)												
水分和挥发物总 量(%) ≤	0.35	0.50	0.35	0.50	0.35	0.50	0.35	0.50	0.35	0.50	0.35	0.50	
硫酸盐灰分(%) ≤	1.1	1.6	1.1	1.6	1.1	1.6	1.1	1.6	1.1	1.6	1.1	1.6	
碱的质量分数 (以 NaOH 计)(%) ≤	0.2		0.2		0.2		0.2		0.2		0.2		

6. 芬兰佩凯马公司 (Pekema Co) Pekevic PVC 性能 (见表 4-27)

表 4-27 芬兰佩凯马公司 Pekevic PVC 性能

牌 号	密度 /g · cm ⁻³	拉伸强度 ^② /MPa	体积电阻率 ^① /Ω · m	特点和用途
078/93SE	1.800			适用灰色电缆填充的混合物
165/00PI	1.300	9		适用于不透明的鞋底制品
178/11PE	1.380	17	7 × 10 ¹¹	适用于白色电缆护套制品
178/90PE	1.380	17	7 × 10 ¹¹	适用于黑色电缆护套制品

(续)

牌 号	密度 /g · cm ⁻³	拉伸强度 ^② /MPa	体积电阻率 ^① /Ω · m	特点和用途
185/00PI	1. 250	18	7 × 10 ¹¹ 7 × 10 ¹¹ 7 × 10 ¹¹ 7 × 10 ¹¹ 7 × 10 ¹² 7 × 10 ¹² 7 × 10 ¹³	适用于不透明的玩具制品
275/00HE	1. 22	17		适用于透明的家用制品
187/00PE	1. 450	17		适用于不透明绝缘电缆护套料
278/00PE	1. 290	19		适用于不透明电缆护套料
278/11PE	1. 290	19		适用于白色电缆护套料
288/00CI	1. 410	18		适用于不透明电缆绝缘制品
288/90CI	1. 410	18		适用于黑色电缆绝缘制品
295/00PE	1. 320	25		适用于不透明绝缘电缆护套料
379/00BE	1. 310	43		适用于吹塑成型高抗冲击性透明瓶
478/00BE	1. 350	45		适用于吹塑成型中抗冲击性的透明瓶
479/00BE	1. 320	40		适用于吹塑成型中抗冲击性透明瓶
471/12R1	1. 38	58		适用于白色的硬质注塑的制品
580/00BE	1. 390	50		通用级,适用于吹塑透明瓶

① PVC 混合物。

② ISOR257。

7. 新加坡聚合物私营有限公司 (Singapove Polymer Co. Pte. Ltd) Sinvinyl PVC 性能 (见表 4-28)

表 4-28 新加坡聚合物私营有限公司 Sinvinyl PVC 性能

牌 号	SV8156	SV8158	SV8161	SV8166	SV8066	SV8070
聚合方法	悬浮聚合	悬浮聚合	悬浮聚合	悬浮聚合	悬浮聚合	悬浮聚合
外观	白色粉状	白色粉状	白色粉状	白色粉状	白色粉状	白色粉状
比粘度	0. 26	0. 28	0. 31	0. 37	0. 37	0. 41
聚合度	640	700	800	1000	1000	1250
K 值	56	58	61	66	66	70
表观密度/g · cm ⁻³	0. 52	0. 52	0. 52	0. 55	0. 50	0. 50
粒径(筛析)(%)	99. 9	99. 9	99. 9	99. 9	99. 9	99. 9
通过 40 目	以上	以上	以上	以上	以上	以上
挥发物含量(%)	≤0. 3	≤0. 3	≤0. 3	≤0. 3	≤0. 3	≤0. 3

四、PVC 的成型加工性能

PVC 可采用多种成型方法加工，常用压延、挤出、注射、吹塑等。硬制品加工时常加入加工助剂（1 ~ 5 份）或冲击改性剂（8 ~ 15 份）来改善加工性能，提高冲击强度；软制品加工时需加入增塑剂等组分。

（1）捏和 首先将 PVC 树脂和增塑剂、稳定剂、着色剂等助剂按一定的配方比例均匀地混合，然后将混合料进行塑化。捏和时间为 0. 5 ~ 1. 5h，温度为 125 ~ 150℃。塑化后的塑料可直接供成型加工用或将塑化料拉片、切粒。干混技术是将干的聚氯乙烯树

脂在剧烈地搅拌及较低的温度下吸收增塑剂等，得到干燥的、完全分散的粉状混合物，优点是在较低温度下捏和，树脂不易分解。

(2) 压延 压延温度通常为 145 ~ 170℃，加工的薄膜厚度 0.05 ~ 1.00mm。大规模生产软质薄膜的技术改进是在压延后，再在拉伸设备上，使薄膜在纵横两个方向同时冷拉伸数倍，可提高薄膜的透明度和强度，制得宽幅薄膜。

(3) 层压 将压延所得的厚 0.5mm 左右的薄片，叠配进行层压。工艺条件为，热板温度 140 ~ 180℃，压力 2 ~ 10MPa，时间 0.5 ~ 1h，工艺条件随板材厚度不同而变化。

(4) 挤出 挤出成型选用疏松型 PVC 树脂为好，硬制品的挤出是将捏和后的混合料加热到 120 ~ 180℃，在压力下挤出造粒，然后加热挤成一定形状的制品；软制品的挤出温度随着增塑剂的含量增多，应适当降低，加热段温度从 130℃ 开始，到模口处约 170 ~ 180℃，螺杆转速为 10 ~ 70r/min，螺杆长径比为 (15 ~ 24):1，压缩比为 (2 ~ 3):1。软制品可用单螺杆挤出机，硬制品多用双螺杆（或多螺杆）挤出机，以提高混炼效果。

(5) 注射 注射硬质 PVC 制品较困难，因而常选用疏松型 PVC 树脂。预处理温度 110℃ ± 10℃、时间 1 ~ 1.5h。注射成型温度：硬制品为 149 ~ 213℃，软制品为 160 ~ 196℃。注射成型压力：硬制品为 69 ~ 276MPa，软制品为 55 ~ 172MPa。其注射工艺条件见表 4-29 所示。

表 4-29 聚氯乙烯注塑工艺条件

项 目		壁厚/mm		
		3 以下	3 ~ 6	6 以上
料筒温度/℃	后段	145 ~ 165	150 ~ 165	150 ~ 165
	中段	150 ~ 175	155 ~ 175	160 ~ 175
	前段	155 ~ 180	160 ~ 180	165 ~ 180
	喷嘴	160 ~ 185	160 ~ 185	175 ~ 180
模具温度/℃		50 ~ 60	50 ~ 60	60
物料温度/℃		160 ~ 185	160 ~ 185	180 ~ 190
注射压力/MPa		70 ~ 140	70 ~ 140	140 ~ 210
注射时间/s		3 ~ 10	4 ~ 20	30 ~ 60
成型总周期/s		30 ~ 60	30 ~ 120	60 ~ 240
成型收缩率 (%)	纵向	0.1 ~ 1		
	横向	0.1 ~ 1		
热处理温度/℃		低于热变形温度 5 ~ 20℃		
热处理时间/min		30 ~ 180℃		
干燥条件		用 55℃ 以下料斗干燥器		
着色		用混炼法或干混法		

五、应用

PVC 用途广泛，遍及国民经济各个领域。

(1) 薄膜 PVC 树脂作为软质薄膜应用比例较大，工业用薄膜主要用作防潮、防

水、包装等材料,农业用薄膜主要用作农作物育秧覆盖等,民用薄膜作窗帘、台布、玩具、雨衣等日用品。

(2) 电线电缆的绝缘保护层 绝缘级 PVC 一般用于通信、控制、信号及低压电缆和具有较高电性能要求的绝缘电线,普通绝缘级适用于室内固定敷设电线和护套软线,500V 农用电缆以及仪表安装线等,普通护层级适用于橡皮和塑料绝缘的电缆护套等及其他外护层用。耐寒护层级适用于户外及耐寒电线电缆的塑料护层。柔软护层级适用于耐寒柔软电线电缆的保护层。

(3) 硬质制品 PVC 制作的硬质制品主要是硬管,如用作输水管和化学工业上的各种管道,硬板广泛用作化学工业上各种贮槽的衬里、防腐制品、容器、建筑物的瓦楞板、地板、门、窗、墙壁装饰物、异形材等。还用以成型各种机械零件、工业型材、蓄电池隔板、外壳、轨枕垫片、家具、唱片片基等。硬 PVC 焊条可在制造硬制品时作为焊接材料。

(4) 其他 PVC 单丝可用于制作各种绳索、编织窗纱等。软质 PVC 还可制作各种软管、软带、瓶子、中空容器、型材、片材、家具、凉鞋、鞋底及其他用品。

第二节 聚氯乙烯制品及其成型工艺

一、聚氯乙烯注射成型

1. 原材料

(1) 物料性能 聚氯乙烯为白色粉末,密度为 $1.38\text{g}/\text{cm}^3$,力学性能、电性能优良,阻燃性优良,耐油、耐磨、耐化学腐蚀性好,耐酸碱力极强,化学稳定性好,但软化点低。

(2) 应用范围 适于制作薄板、电线电缆绝缘层、密封件,供水管道、家用管道、房屋墙板、商用机器壳体、医疗器械、食品包装、电子产品包装等。

(3) 工艺特性

1) 聚氯乙烯为无定形料,没有明显的熔点, 60°C 以上开始变软, $100 \sim 150^\circ\text{C}$ 呈粘弹态, 150°C 以上成为粘流态。在空气中超过 150°C 就会放出氯化氢,若超过 180°C 则迅速降解。所以聚氯乙烯必须添加热稳定剂,成型温度一般在 $160 \sim 190^\circ\text{C}$ 之间。

2) 吸湿小。含水量一般不超过 0.1% ,对要求不高的制品,成型前可不作干燥处理。成型收缩率低,约 $0.6\% \sim 1.5\%$ 。

3) 流动性差。物料充模困难,需较大的注射压力,同时为避免出现熔体破裂现象,在成型中宜采用低速高压。

4) 热稳定性差。在 200°C 左右即开始分解,分解时放出腐蚀性的氯化氢气体。成型温度稍高或受热时间稍长都将引起聚氯乙烯的分解,特别是在高温下与某些金属物质(如铁、铜等)接触更易分解,需严格控制成型温度。

5) 粘流温度离分解温度较近,成型温度范围很窄,所以注塑进的温度控制要准确。

6) 模具浇注系统宜粗短,浇口截面宜大,不得有死角。模具须冷却,表面镀铬。

最好不带嵌件，如有嵌件应预热。

7) 注塑制品的厚度应在 $1.5 \sim 5\text{mm}$ 之间，特殊情况时，最薄应不小于 1.2mm 。

2. 注射制件结构条件

1) 注塑制品的壁厚应在 $1.5 \sim 5\text{mm}$ 之间，特殊情况时，最薄壁厚应不小于 1.2mm 。

2) 流道长度与制品壁厚之比为 $100:1$ 左右。

3) 脱模斜度为 $1^\circ \sim 1.5^\circ$ 。

4) 为提高模具防腐能力，型芯与型腔表面应镀铬。

5) 为保证制品表观质量，注意流道末端冷料槽容积应大些。

3. 注塑机与模具

(1) 注塑机类型的选择 硬聚氯乙烯的注塑，应选用螺杆式注塑机。螺杆应选用渐变式压缩型螺杆，压缩比为 $2 \sim 2.5$ ，长径比为 $12 \sim 20$ ，螺杆头部为锥形。喷嘴应采用通用型或延长型，喷嘴的孔径应大些，以防止死角滞料。

成型加工硬聚氯乙烯制品时，注塑机注意事项如下：

1) 宜选用螺杆式注塑机，塑化效率高，塑化均匀，塑化过程快，物料在料筒内停留的时间短，注射压力损失小。

2) 所有与聚氯乙烯接触部分，不允许对塑化熔体提供任何粘附或滞留的可能性，同时由于 HCl 的作用，要求这些部位耐磨和耐腐蚀，最好选用耐腐蚀、耐磨材质制成的设备或进行镀铬、氮化处理。

3) 设备的温度控制系统（如恒温仪表、调压变压器等）应指标准确反应灵敏。

4) 螺杆可选用长径比 (L/D) 为 $12 \sim 20$ ，压缩比 (C/R) 为 $2 \sim 2.5$ 的渐变压缩型螺杆，螺杆头呈尖头，以减少物料停留的可能性。螺杆的三段分布分别为加料段约 40% ，压缩段 40% ，计量段为 20% 。而关于螺杆转速，应配有低速调速装置，有无级调速装置则更好。

5) 由于聚氯乙烯的熔体粘度较大，为减少流动阻力，在成型中一般要求选用孔径较大的（直径为 $4 \sim 10\text{mm}$ ）通用喷嘴或延伸式喷嘴，并配有加热控温装置。

(2) 制品与模具设计 硬聚氯乙烯的制品与模具设计应注意以下几点：

1) 制品的壁厚除了应尽可能均匀，以避免产生收缩不均、翘曲、内应力、裂纹、起泡等缺陷外，还应注意不可太薄，否则不仅制品的刚性不够，而且造成充模困难，因此需充分考虑熔体的流动比（约 $100:1$ ）以及制品的复杂性。一般硬聚氯乙烯制品的壁厚应不低于 1.2mm ，大都在 $1.5 \sim 5.0\text{mm}$ 之间。

2) 硬聚氯乙烯的成型收缩率因添加剂的种类、引用量不同而有差异，通常为 $0.6\% \sim 1.5\%$ ，故要求制品应有一定的脱模斜度。一般沿脱模方向的斜度为 $1^\circ \sim 1.5^\circ$ ，对于多孔制品或脱模阻力较大的制品其斜度应适当加大些。

3) 由于成型温度较低，为防止冷料堵塞浇口或流入模腔，在主流道末端应开设足够的冷料穴以捕集冷料，对于分流道较长时也应开设相应的冷料穴。

4) 为了防止 HCl 气体对模具产生锈蚀作用，对模具的流道、型腔等与熔体接触部分，应做好防腐处理（如镀铬、氮化等），或采用耐腐蚀、耐磨材料制成。

5) 成型中大部分模具是通过水冷却控制，但有时为了改善制品表观，也有采用加

热的办法控制模具温度，模具温度控制范围为 30 ~ 60℃。

4. 聚氯乙烯注射成型工艺

(1) 原料的准备

- 1) 一般情况下，如果原料含水分不超过 0.4%，可直接投产使用。
- 2) 如果原料受潮，含水分超过 0.4% 时，应干燥处理。在 90 ~ 110℃ 的恒温箱中，烘烤 1 ~ 1.5h，降温后即可使用生产。

(2) 注塑工艺条件与控制

- 1) 机筒中原料塑化温度为 165 ~ 190℃，螺杆转速为 200 ~ 500r/min。
- 2) 喷嘴温度应低些，一般在 170 ~ 180℃ 之间。
- 3) 由于注射温度与熔体分解温度很接近，注意要经常校正仪表显示温度与机筒实际测温度差，避免原料分解，影响生产。
- 4) 注射压力应大于 90MPa，保压压力为 60 ~ 80MPa。较高的注射压力，有利于熔料充模，成型制件密实、收缩变形小，但给制品脱模带来些困难。
- 5) 在高注射压力条件下，注射速度应慢些，以避免熔料经过喷嘴时因速度过快而升温，造成一些料分解，影响制品质量。
- 6) 模具温度在 30 ~ 60℃，薄形、形状复杂制件的模具温度应偏高些。为了减小制件应力的产生，模具各部位温差应不超过 5℃。
- 7) 制品的成型周期应尽量缩短，这既能提高生产率又可防止熔体斜的分解。以制品脱模时有一定强度、不变形为依据，时间越短越好，一般在 40 ~ 80s 内完成。
- 8) 用硬聚氯乙烯树脂生产前，如果塑化机筒内有 PS 或 ABS 料时，应在硬聚氯乙烯预塑温度条件下，加入聚氯乙烯树脂清洗机筒。若机筒内是 POM 料，温度高于聚氯乙烯树脂塑化温度范围时，应先用 PE 或 PS 原料清洗机筒，然后再用聚氯乙烯树脂清洗，清洗排净后再投入生产。如发现料为棕色条纹颜色，说明原料已接近分解，应清洗干净。正式生产前应对空注射，检查熔体料样。熔体料光亮，说明清理干净，塑化温度合理，即可注塑生产。停产时按同样方法，用 PE 或 PS 料清洗机筒，直至把聚氯乙烯全部排净，方可断电停产。

5. 聚氯乙烯注射成型中不良现象、发生原因及注意事项

(1) 制品在注射成型中质量不稳定 PVC 制品成型过程中造成质量不稳定的原因众多，影响因素也是多方面的，但只要正确掌握好以下因素，就会使质量不稳定现象得到明显改善，从而制备出合格的产品。

1) 原材料

- ①一般情况下，如果原料含水分不超过 0.4%，可直接投产使用。
- ②如果原料受潮，含水分超过 0.4%，应干燥处理。在 90 ~ 110℃ 的恒温箱中，烘烤 1 ~ 1.5h，降温后即可用于生产。

2) 注射工艺条件与控制。

- ①机筒中原料塑化温度为 165 ~ 190℃，螺杆转速为 200 ~ 500r/min。
- ②喷嘴温度应低些，一般在 170 ~ 180℃。
- ③由于注射温度与熔体分解温度很接近，注意要经常校正仪表显示温度与机筒实测

温度之差,以免原料分解,影响生产。

④注射压力应大于 90MPa。保压压力为 60~80MPa。较高的注射压力有利于熔料充模,成型制件密实、收缩变形小,但会给制品脱模带来一些困难。

⑤在高注射压力条件下,注射速度应慢些,以避免熔料经过喷嘴时因速度过快而升温,造成一些料分解,影响制品质量。

⑥模具温度在 30~60℃。薄形、形状复杂制件的模具温度应偏高些。为了减小制件应力的产生,模具各部位温差应不超过 5℃。

⑦制品的成型周期应尽量缩短,这既能提高生产率,又可防止熔体的分解。以制品脱模时有一定强度、不变形为依据,时间越短越好,一般在 40~80s 内完成。

⑧用硬 PVC 树脂生产前,如果塑化机筒内有 PS 或 ABS 料,应在硬 PVC 预塑温度条件下,加入 PVC 树脂清洗机筒。若机筒内是 POM 料,温度高于 PVC 树脂塑化温度范围时,应先用 PE 或 PS 原料清洗机筒,然后再用 PVC 树脂清洗,清洗排净后再投入生产。

如发现料为棕色条纹颜色,说明原料已接近分解,应清洗干净。正式生产前应对空注射,检查熔体料样,熔体料光亮,说明清理干净,塑化温度合理,此时,可注射生产。

停产时按同样方法,用 PE 或 PS 料清洗机筒,直至把 PVC 全部排净,方可断电停产。

3) PVC 注射成型注意事项。为保证硬 PVC 的顺利成型,在成型中应注意以下几点:

①料筒内所存物料为 PS、ABS 等树脂时,可在 PVC 加工温度下,直接用 PVC 清洗机筒并进行成型加工,如若料筒内所存物料的成型温度超过 PVC 所允许的范围,或以 POM 等其他热敏性塑料时,应先用 PS、PE 等树脂将料筒清洗干净,然后用 PVC 进行清洗加工。

②在料筒升温过程中,应密切注意升温情况,当温度达到工艺要求后,需及时开启设备,对空注射,而不可在料筒内恒温一段时间。

③对空注射出来的物料应光洁明亮,这说明物料的塑化情况良好,可投入正常生产。

④在成型过程中,每次注射量均应严格控制,前后的成型周期应尽可能一致,设备油路系统的温度应保持稳定。

⑤对于料筒内物料是否过热,可通过对主流道的表观是否有棕色条纹存在予以判断,如果有棕色条纹出现则说明物料已过热降解,应立即采取措施对料筒进行清洗,切不可继续操作下去。

⑥脱模剂的使用会对制品的表观有所不利,但硬 PVC 的脱模性能良好,因此一般不使用脱模剂,如需使用,其量也很小。

⑦停机时,应先将料筒内的硬 PVC 物料全部排出,并用 PS 或 PE 或通用级 ABS 树脂及时清洗料筒,方可停机。

⑧在加工硬 PVC 时,应保持室内通风情况良好,如若出现树脂分解,则必须及时

将门窗打开, 排出遭污染的空气。

(2) 注射不足, 注不满型腔

1) 料筒与喷嘴温度偏低。应提高料筒与喷嘴温度, 调定范围为: 料筒温度控制在 160 ~ 190℃, 喷嘴温度控制在 150 ~ 170℃。

2) 成型周期过短。应延长成型周期, 调定范围为 40 ~ 90s。

3) 注射压力过低。应适当提高注射压力, 调定范围为: 软 PVC 制品为 40 ~ 80MPa, 硬 PVC 制品为 80 ~ 130MPa。

4) 注射速度过慢。应加快注射速度, 调定范围为: 软 PVC 制品为 1 ~ 3s, 硬 PVC 制品为 2 ~ 5s。

5) 保压时间过短, 应适当延长保压时间, 调定范围为 15 ~ 40s。

6) 材料注射量偏少。应重新设定, 增大注射量。

7) 锁模力和肘节调整设定不正确。应按相关说明重新设定, 直到准确为止。

8) 模具温度太低。应适当提高, 调定范围为 40 ~ 80℃。

9) 冷却回路设计不合理。应重新设计或修改模具回路部分。

10) 制品壁厚太薄。应该增加制品壁厚, 或重新设计和制作。

11) 模具浇口太小、流道太细。应根据实际情况加以修改, 或重新设计制作。

12) 排气系统设计不合理。应重新设计制作。

13) 模具强度偏低。应更换高强度材料制备模具。

(3) 制品产生缩痕

1) 料筒与喷嘴温度偏低。应提高料筒与喷嘴温度, 调定范围为: 软 PVC 为 140 ~ 190℃, 硬 PVC 为 160 ~ 170℃。

2) 注射压力过低。应适当提高注射压力, 调定范围为: 软 PVC 制品为 40 ~ 80MPa、硬 PVC 制品为 80 ~ 130MPa。

3) 保压时间过短。应适当延长保压时间, 调定范围为 15 ~ 40s。

4) 冷却时间短。应增加冷却时间, 调定范围为 15 ~ 40s。

5) 材料注射量偏少。应重新设定, 增大注射量。

6) 模具温度不合适。应重新设定, 调定范围为: 软 PVC 在 30 ~ 40℃, 硬 PVC 为 30 ~ 60℃。

7) 制品形状不合适。应加以修改或重新设计制作。

8) 制品壁厚太厚。应加以改进或重新设计和制作。

9) 模具浇口太小、流道太细。应根据实际情况加以修改, 加大浇口, 加粗流道或重新设计制作。

(4) 制品产生熔接痕

1) 料筒与喷嘴温度偏低。应提高料筒与喷嘴温度, 调定范围: 料筒温度为: 软 PVC 为 140 ~ 190℃, 硬 PVC 为 165 ~ 190℃; 喷嘴温度为: 软 PVC 为 140 ~ 150℃, 硬 PVC 为 165 ~ 170℃。

2) 注射压力过低。应适当提高注射压力, 调定范围为: 软 PVC 为 40 ~ 80MPa, 硬 PVC 为 80 ~ 130MPa。

3) 注射速度过慢。应提高注射速度, 调定范围为: 软 PVC 为 1 ~ 3s, 硬 PVC 为 2 ~ 5s。

4) 模具温度太低。应适当提高模具温度, 调定范围为: 软 PVC 为 30 ~ 40℃, 硬 PVC 为 30 ~ 60℃。

5) 制品形状不合适。应加以修改或重新设计制作。

6) 制品壁厚太薄。应加以改进或重新设计和制作。

7) 模具浇口设计不合理。加以修改即可。

8) 流道太细。加粗流道, 修改直到合适为止。

9) 排气系统与冷料井设计不合理。应加以改进或增设排气孔。

10) 制品物料中混入杂质。应净化物料和加工过程, 或更换原材料。

11) 脱模剂(含稳定剂)用量过大。应按配方配置, 以尽量减少脱模剂用量, 而又顺利脱模为准。

12) 镶(嵌)件不合适。应重新调整或重新制作, 制品成型后还应进行热处理。

13) 原料着色不合理。应更换着色剂, 严格着色规程, 重新着色。

(5) 制品出现料流痕迹

1) 料筒与喷嘴温度偏低。应提高料筒与喷嘴温度, 调定范围: 料筒温度为: 软 PVC 为 140 ~ 190℃, 硬 PVC 为 160 ~ 190℃; 喷嘴温度为: 软 PVC 为 140 ~ 150℃, 硬 PVC 为 150 ~ 170℃。

2) 注射压力过低。应适当提高注射压力, 调定范围为: 软 PVC 为 40 ~ 80MPa, 硬 PVC 为 80 ~ 130MPa。

3) 注射速度太快。应加快注射速度, 调定范围为: 软 PVC 为 1 ~ 3s, 硬 PVC 为 2 ~ 5s。

4) 保压时间偏短。应延长保压时间, 调定范围为 15 ~ 40s。

5) 模具温度太低。应适当提高, 调定范围为: 软 PVC 为 30 ~ 40℃, 硬 PVC 为 30 ~ 60℃。

6) 冷却回路设计不合理。应重新设计或修改模具回路部分, 直到合适为止。

7) 制品形状不合适。应加以修改或重新设计制作。

8) 浇口小, 流道太细。应加大浇口, 加粗流道, 修改至合适为止。

9) 冷料井太小。应改进模具, 加大冷料井。

10) 原料着色不合理。应更换着色剂, 严格着色规程, 重新着色。

(6) 制品光泽不好

1) 料筒与喷嘴温度偏低。应提高料筒与喷嘴温度, 调定范围为: 料筒温度软 PVC 为 140 ~ 190℃, 硬 PVC 为 160 ~ 190℃; 喷嘴温度为: 软 PVC 为 140 ~ 150℃, 硬 PVC 为 150 ~ 170℃。

2) 成型周期偏长。应缩短成型周期, 调定范围为 40 ~ 90s。

3) 背压偏低。应按规定适当调高背压。

4) 模具温度太低。应适当提高, 调定范围为: 软 PVC 为 30 ~ 40℃, 硬 PVC 为 30 ~ 60℃。

- 5) 浇口小、流道太细。应加大浇口, 加粗流道, 修改至合适为止。
- 6) 排气系统不合适。应加以改进或重新设计制作。
- 7) 制品中有杂质混入。应净化原材料和加工过程或更换原材料。
- 8) 脱模剂用量过大。应控制好脱模剂用量, 以最少用量, 达到顺利脱模的目的。
- 9) 原材料干燥程度不好。应充分干燥原料, 水分含量应控制在 0.1% 以下。

(7) 制品产生气泡孔

1) 料筒温度偏高。应降低料筒温度, 调定范围为: 软 PVC 为 140 ~ 190℃, 硬 PVC 为 160 ~ 190。

2) 成型周期偏长。应缩短成型周期, 调定范围为 40 ~ 90s。

3) 注射压力过低。应适当提高注射压力, 调定范围: 软 PVC 为 40 ~ 80MPa, 硬 PVC 为 80 ~ 130MPa。

4) 注射速度过快。应减慢注射速度, 调定范围为: 软 PVC 为 1 ~ 3s, 硬 PVC 为 2 ~ 5s。

5) 保压时间偏短。应延长保压时间, 调定范围为 15 ~ 40s。

6) 模具温度不合适。应重新设定, 调定范围为: 软 PVC 为 30 ~ 40℃, 硬 PVC 为 30 ~ 60℃。

7) 冷却回路设计不合理。应重新设计或修改模具回路部分, 直到合适为止。

8) 制品形状不合适。应加以修改或重新设计制作。

9) 制品壁厚太薄。应该增加壁厚, 重新设计制品, 以适于注射成型工艺为准。

10) 浇口小、流道太细。应加大浇口, 加粗流道, 修改至合适为止。

11) 排气系统设计不合理。应加以改进或修改直到合适为止。

12) 原材料干燥程度不好。应充分干燥原料, 水分含量应控制在 0.1% 以下。

(8) 制品颜色不均

1) 料筒温度偏高。应降低料筒温度, 调定范围为: 软 PVC 为 140 ~ 190℃, 硬 PVC 为 160 ~ 190℃。

2) 成型周期偏长。应缩短成型周期, 调定范围为 40 ~ 90s。

3) 原料着色不合理。应更换着色剂, 严格着色规程, 重新着色。

(9) 制品出现焦烧与黑条纹

1) 料筒温度偏高。应降低料筒温度。调定范围为: 软 PVC 为 140 ~ 190℃, 硬 PVC 为 160 ~ 190℃。

2) 成型周期偏长。应缩短成型周期, 调定范围为 40 ~ 90s。

3) 注射压力太高。应适当降低注射压力, 调定范围为: 软 PVC 为 40 ~ 80MPa, 硬 PVC 为 80 ~ 130MPa。

4) 注射速度过快。应减慢注射速度, 调定范围为: 软 PVC 为 1 ~ 3s, 硬 PVC 为 2s ~ 5s。

5) 背压偏高。应按规定适当降低背压, 以适应注射工艺为准。

6) 浇口小。应加大浇口, 修改至合适为止。

7) 排气系统不合适。应加以改进或增设排气孔。

8) 脱模剂用量过大。应控制好脱模剂用量,以最少的用量,达到可顺利脱模的目的。

9) 原材料干燥程度不好。应充分干燥原料,水分含量应控制在 0.1% 以下。

(10) 制品出现飞边

1) 料筒与喷嘴温度偏低。应提高料筒与喷嘴温度,调定范围为:料筒温度为:软 PVC 为 140 ~ 190℃,硬 PVC 为 160 ~ 190℃;喷嘴温度为:软 PVC 为 140 ~ 150℃,硬 PVC 150 ~ 170℃。

2) 注射压力太高。应适当降低注射压力,调定范围为:软 PVC 为 40 ~ 80MPa,硬 PVC 为 80 ~ 130MPa。

3) 注射速度过快。应减慢注射速度,调定范围为:软 PVC 为 1 ~ 3s,硬 PVC 为 2 ~ 5s。

4) 保压时间偏长。应缩短保压时间,调定范围为 15 ~ 40s。

5) 材料注射量偏多。应降低注射量,重新设计注射量。

6) 锁模力和肘节调整不合适。应重新调整,达到合适为止。

7) 模具温度偏高。应适当降低,调定范围为:软 PVC 为 30 ~ 40℃,硬 PVC 为 30 ~ 60℃。

8) 模具形状不合适。应加以修改或重新设计制作。

9) 模具强度不够。应选用高强度材料,重新制作模具。

10) 镶(嵌)件不合适。应加以修改或重新制作。

(11) 制品发生翘曲、扭曲变形

1) 料筒温度偏高。应降低料筒温度,调定范围为:软 PVC 为 140 ~ 190℃,硬 PVC 为 160 ~ 190℃。

2) 成型周期偏短。应延长成型周期,调定范围为 40 ~ 90s。

3) 注射压力太高。应适当降低注射压力,调定范围为:软 PVC 为 40 ~ 80MPa,硬 PVC 为 80 ~ 130MPa。

4) 注射速度过快。应减慢注射速度,调定范围为:软 PVC 为 1 ~ 3s,硬 PVC 制品为 2 ~ 5s。

5) 保压时间偏长。应缩短保压时间,调定范围为 15 ~ 40s。

6) 模具温度偏高。应适当降低模具温度,调定范围为:软 PVC 为 30 ~ 40℃,硬 PVC 为 30 ~ 60℃。

7) 冷却回路设计不合理。应重新设计或修改模具回路部分,直到合适为止。

8) 浇口太大。应修改浇口,直到合适为止。

9) 顶出销设计不合适。应加以调整,直到合适为止。

10) 模具强度不够。应提高材料强度,重新制作模具或进行必要的加固。

(12) 制品出现银纹

1) 料筒温度偏高。应降低料筒温度,调定范围为:软 PVC 为 140 ~ 190℃,硬 PVC 为 160 ~ 190℃。

2) 成型周期偏长。应缩短成型周期,调定范围为 40 ~ 90s。

3) 注射压力太高。应适当降低注射压力,调定范围为:软 PVC 为 40 ~ 80MPa,硬

PVC 为 80 ~ 130MPa。

4) 注射速度过快。应减慢注射速度, 调定范围为: 软 PVC 为 1 ~ 3s, 硬 PVC 为 2 ~ 5s。

5) 模具温度偏低。应适当提高模温, 调定范围为: 软 PVC 为 30 ~ 40℃, 硬 PVC 为 30 ~ 60℃。

6) 制品形状不合适。应加以修改或重新设计制作。

7) 浇口不合适。应修改浇口, 直到合适为止。

8) 流道太细。应加以修改或重新设计制作。

9) 排气系统不合适。应加以改进或重新设计制作。

10) 冷料井太小。应改进模具, 加大冷料井。

11) 制品中混有杂质。应净化物料和加工过程或更换原材料。

12) 原材料干燥程度不好。应充分干燥原料, 水分含量应控制在 0.1% 以下。

(13) 制品发生剥离

1) 料筒与喷嘴温度偏低。应提高料筒与喷嘴温度, 调定范围为: 料筒温度软 PVC 为 140 ~ 190℃, 硬 PVC 为 160 ~ 190℃; 喷嘴温度为: 软 PVC 为 140 ~ 150℃, 硬 PVC 为 150 ~ 170℃。

2) 注射速度过快。应放慢注射速度, 调定范围为: 软 PVC 为 1 ~ 3s, 硬 PVC 为 2 ~ 5s。

3) 背压偏低。应重新设定背压, 直到合适为止。

4) 模具温度偏低。应适当提高模温, 调定范围为: 软 PVC 为 30 ~ 40℃, 硬 PVC 为 30 ~ 60℃。

5) 制品中混入杂质。应净化原材料与加工全过程或更换原材料。

(14) 制品发生变色

1) 料筒与喷嘴温度偏高。应降低料筒与喷嘴温度, 调定范围为: 料筒温度软 PVC 为 140 ~ 190℃, 硬 PVC 为 160 ~ 190℃; 喷嘴温度为: 软 PVC 为 140 ~ 150℃, 硬 PVC 为 150 ~ 170℃。

2) 成型周期偏长。应缩短成型周期, 调定范围为 40 ~ 90s。

3) 注射速度过快。应减慢注射速度, 调定范围为: 软 PVC 为 1 ~ 3s, 硬 PVC 为 2 ~ 5s。

4) 背压偏高。应重新设定背压, 直到合适为止。

5) 浇口小、流道太细。应加大浇口, 加粗流道, 修改直到合适为止。

6) 排气系统设计不合理。应加以改进或增设排气孔。

7) 制品中混入杂质。应净化原材料与加工全过程或更换原材料。

(15) 制品发生划伤

1) 料筒温度偏低。应提高料筒温度, 调定范围为: 软 PVC 为 140 ~ 190℃, 硬 PVC 为 160 ~ 190℃。

2) 注射压力太高。应适当降低注射压力, 调定范围为: 软 PVC 为 40 ~ 80MPa, 硬 PVC 为 80 ~ 130MPa。

- 3) 保压时间偏长。应缩短保压时间, 调定范围为 15 ~ 40s。
 - 4) 模具温度偏低。应适当提高模温, 调定范围为: 软 PVC 为 30 ~ 40℃, 硬 PVC 为 30 ~ 60℃。
 - 5) 顶出机构不合适。应加以调整直到合适为止, 或重新设计制作。
 - 6) 脱模斜度不合适。应加以修改, 直到合适为止, 或重新设计制作。
- (16) 制品脱模性不好
- 1) 料筒温度偏高。应降低料筒温度, 调定范围为: 软 PVC 为 140 ~ 190℃, 硬 PVC 为 160 ~ 190℃。
 - 2) 喷嘴温度设定不合适。应重新设定喷嘴温度, 调定范围为: 软 PVC 为 140 ~ 150℃, 硬 PVC 为 150 ~ 170℃。
 - 3) 注射压力太高。应适当降低注射压力, 调定范围为: 软 PVC 为 40 ~ 80MPa, 硬 PVC 为 80 ~ 130MPa。
 - 4) 保压时间偏长。应缩短保压时间, 调定范围为 15 ~ 40s。
 - 5) 冷却时间偏长。应缩短冷却时间, 调定范围为 15 ~ 40s。
 - 6) 材料注射量过多。应减少注射量, 根据制品质量重新设定注射量。
 - 7) 模具温度偏高。应适当降低模温, 调定范围为: 软 PVC 为 30 ~ 40℃, 硬 PVC 为 30 ~ 60℃。
 - 8) 制品形状设计不合理。应加以修改, 或重新设计制作。
 - 9) 排气系统不合适。应加以修改, 或重新设计制作。
 - 10) 顶出机构不合适。应加以调整直到合适为止, 或重新设计制作。
 - 11) 模具强度不够。应选择高强度材料重新制作或对现用模具实施加固。
 - 12) 脱模斜度不合适。应加以修改, 直到合适为止, 或重新设计制作。
6. 聚氯乙烯注射成型注意事项
- 为保证硬聚氯乙烯的顺利成型, 在成型中应注意:
- 1) 对于料筒内所存物料为聚苯乙烯, ABS 等树脂时, 可在聚氯乙烯加工温度下, 直接用聚氯乙烯清洗料筒并进行成型加工, 如若料筒内所存物料的成型温度超过聚氯乙烯所允许的范围, 或以聚甲醛等其他热敏性塑料时, 应先用聚苯乙烯、聚乙烯等树脂将料筒清洗干净, 然后用聚氯乙烯进行清洗加工。
 - 2) 在料筒升温过程中, 应密切注意升温情况, 当温度达到工艺要求后, 须及时开启设备, 进行对空注射, 而不可在料筒内恒温一段时间。
 - 3) 对空注射出来的物料应光洁明亮, 这说明物料的塑化情况良好, 可投入正常生产。
 - 4) 在成型过程中, 每次注射量均应严格控制, 前后的成型周期应尽可能一致, 设备油路系统的温度应保持稳定。
 - 5) 对于料筒内物料是否过热, 可通过对主流道的表观是否有棕色条纹存在予以判断, 如果有棕色条纹出现则说明物料已过热降解, 应立即采取措施对料筒进行清洗, 切不可继续操作下去。
 - 6) 由于脱模剂的使用将会对制品的表观有所不利, 但硬聚氯乙烯的脱模性能良好, 因此一般不使用脱模剂, 如需使用, 其量也很小。

7) 停机时, 应先将料筒内的硬聚氯乙烯物料全部排出, 并用聚苯乙烯或聚乙烯或通用级 ABS 树脂及时清洗料筒, 方可停机。

8) 在加工硬聚氯乙烯时, 应保持室内通风情况良好, 如若出现树脂分解时, 则必须及时将门窗打开, 排出遭污染的空气。

(1) 排水管件注射成型的选材与配方设计

1) 树脂。注射工艺要求物料流动性好, 粘度适中且易于塑化, 因此应选用相对分子质量较低的疏松型 PVC 树脂, 一般选用齐鲁石化 S-700、SG-IV、SG-V 型树脂。

2) 稳定剂。PVC 树脂最大的缺点是稳定性差, 易发生脱氯化氢 (HCl) 反应而导致分解和交联, 制品老化变色、变脆, 物理性能降低。配方中加入稳定剂, 可防止 HPVC 在加工中的降解, 吸收分解放出的 HCl, 阻止由其引起的自催化裂解, 提高制品在使用过程中的稳定性。采用三碱式硫酸铅、二碱式亚磷酸铅、环氧大豆油、金属皂并用的稳定体系, 可取得较好的稳定效果, 其中金属皂既有较好的光、热稳定作用, 又有优良的润滑性。

3) 增塑剂。在 HPVC 管件配方中加入少量增塑剂, 可以改善物料流动性。增塑剂的主要作用是削弱物料分子间的范德华力, 从而增加物料分子的移动性, 即流动性, 但也降低了物料的维卡软化点。由于 HPVC 管件维卡软化点应高于 70℃, 因此增塑剂加入量不可太高, 一般掌握在 5 份左右。

4) 润滑剂。HPVC 熔体粘度大、加工流动性差, 在高压、快速的注料过程中, 在物料与设备之间、物料分子之间就会产生过大摩擦热, 造成物料分解, 使工艺条件无法控制。为了进一步改进物料熔体流动性, 减少或避免物料对设备的摩擦和粘附, 削弱物料分子间的摩擦力, 除加入少量增塑剂外, 更重要的是必须加入适量润滑剂, 达到内、外润滑的平衡。常用的润滑剂有聚乙烯蜡、金属皂、硬脂酸丁酯和复合润滑剂等。

5) 加工改良剂。HPVC 稳定性差、成型温度窄, 要保证物料在加工过程中安全, 除满足以上要求外, 还需要物料熔融速度快、塑化时间短, 在保证物料塑化均匀的前提下, 尽量减少物料在料筒中的停留时间。ACR 就是提供这一特性的优良加工助剂, 加入 ACR 后, 物料塑化时间缩短, 熔融均匀, 制品光泽度好。

6) 抗冲改性剂。由于对 HPVC 管件的抗冲性能要求较高, 而 PVC 本身较脆达不到要求, 须进行抗冲改性。HPVC 最常用的抗冲改性剂是氯化聚乙烯 (以含氯量为 36% 最好), 用量 5 ~ 6 份即可。

7) 填充剂。为降低管件成本与成型收缩率, 可在配方中加入适量轻质碳酸钙, 配方如下:

配方 (质量份)

PVC 树脂 (S-700)	100	ACR	3
三碱式硫酸铅	3	氯化聚乙烯	5
二碱式亚磷酸铅	1	聚乙烯蜡	0.6
邻苯二甲酸二辛酯	5	轻质碳酸钙	4
环氧大豆油	2	颜料	适量
金属皂	1.5		

(2) 加工设备

1) 双螺杆挤出机。通用型主要用于原材料掺混造粒。

2) 注塑机。如 SZ-2500 注塑机。

(3) 制备工艺

1) 生产 HPVC 管件工艺流程（见图 4-1）。

2) 配料。配料前先检查各种原材料外观是否正常，有杂质或被污染的原材料不能使用，吸潮结块的要烘干、过筛，将各种准备好的原材料按配方要求称量。

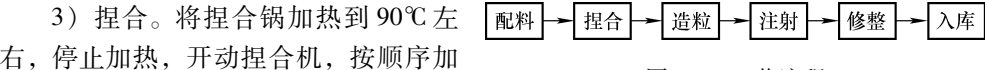


图 4-1 工艺流程

剂和填料，搅拌 4~6min，再慢慢加入增塑剂，待增塑剂完全被吸收后，加入氯化聚乙烯和 ACR，继续搅拌 5min，将混合料从捏合机中卸出，冷却待用，捏合好的粉料要求无结团、发黄和发焦等现象。

4) 造粒。将挤出造粒机按表 4-30 所示温度进行加热，温度达到后再恒温 30min，即可加料造粒。造好的粒料要均匀、密实且无粘连，最大粒径不超过 4mm，长度不超过 6mm。

表 4-30 挤出造粒机各段温度

加热段	一区	二区	三区	机头
温度/℃	100~110	120~130	140~145	140~150

5) 注射

①注射温度。HPVC 热稳定性差，熔融温度与分解温度接近，虽然配方对 HPVC 稳定性进行了弥补，但若温控不严，生产仍不能正常，因而注射温度控制是关键，SZ-2500 注塑机各段温度见表 4-31。

表 4-31 SZ-2500 注塑机各段温度

加热段	一区	二区	三区	喷嘴
温度/℃	125~135	135~145	150~160	略低于三区温度

②注射压力和注射速度。尽管 HPVC 中加有各种加工助剂，但流动性仍较差。注射时，为克服流动过程中的摩擦阻力，又要避免流速快产生过大摩擦热和熔体破裂，需要的注射压力稍高点，注射速度稍慢点，注射压力一般控制在 7.5~10MPa（表压），注射速度以充满模、制件无明显接合线、不飞边为准，但尽量低速。用杭州产 SZ-2500 注塑机注射形状较复杂的大管件，如 $\phi 110\text{mm}$ 落水斗、 $\phi 160\text{mm}$ 斜三通等，须采用简单程序控制，使注射压力和注射速度按程序变化，方能制得合格产品。

③预塑螺杆转速和背压。预塑时，螺杆转速太慢，影响生产效率；太快，又会产生过大的剪切热，造成料的分解，因此须采用合适的螺杆转速，一般将其控制在 30r/min 左右。有压是预塑过程中，螺杆顶部熔料在螺杆转动后退时所受到的压力，HPVC 预塑时，适当加点背压，可以提高塑化效果、熔料均匀并排除空气，但背压不可太高，否则会延长生产周期，造成喷嘴漏料和料的分解，一般控制在 0.5~2MPa（表压）范围内。

④模具温度。HPVC 没有明显的熔点温度，60℃ 以上就开始变软，为防止制品脱模后变形，模温不能高于 60℃，通常在模具中通冷却水来降温；模温也不能太低，会造成充不满模、制品表面粗糙及脱模困难等，合适的模具温度为 40 ~ 60℃。

二、聚氯乙烯挤出成型

1. 聚氯乙烯管材的挤出成型

(1) 硬质聚氯乙烯管材挤出配方及成型工艺 管材是塑料挤出成型的主要产品之一。由于塑料管具有质量小、耐腐蚀、内壁光滑、阻力小等优点，所以应用前景很广。聚氯乙烯是一种多组分塑料，根据不同的用途可以加入不同的添加剂，因此随着组成的不同，聚氯乙烯制品可呈现不同的物理力学性能。聚氯乙烯塑料管在塑料管中所占比例最大，美国所用的塑料管和管接件的吨位总量为 $1520 \times 10^3\text{t}$ ，其中聚氯乙烯管为 $814 \times 10^3\text{t}$ ，占塑料管的 53.5%。

1) 原材料与配方

①聚氯乙烯硬管配方（质量份）

聚氯乙烯树脂（4 型）	100	硬脂酸钙	0.8
三碱式硫酸铅	4	碳酸钙（经活化处理）	3
硬脂酸钡	1.2	石蜡	0.8
硬脂酸铅	0.5	颜料	适量

为了改进聚氯乙烯硬管的低温脆性，提高抗冲击性能，可以通过配方的改进来达到目的，如在配方中加入甲基丙烯酸甲酯-丁二烯-苯乙烯、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯、乙烯-醋酸乙烯共聚物、氯化聚乙烯等高聚物。

②改性硬质聚氯乙烯管配方（质量份）

聚氯乙烯树脂（4 型）	100	硬脂酸钙	0.8
三碱式硫酸铅	5	碳酸钙（活化处理）	5
硬脂酸钡	1.2	氯化聚乙烯（CPE）	8
硬脂酸铅	0.5	石蜡	适量

③改性聚氯乙烯冷压电线电缆接线端子套管具有冷压成型特点，其配方（质量份）如下：

聚氯乙烯树脂（4 型）	100	氯化聚乙烯	10 ~ 12
三碱式硫酸铅	6	丙烯酸酯（ACR）	0.5
硬脂酸	0.5	活化碳酸钙	3
硬脂酸钡	1	石蜡	0.8
硬脂酸镉	0.6	颜料	适量

2) 成型工艺。硬质聚氯乙烯管生产工艺流程如图 4-2 所示。

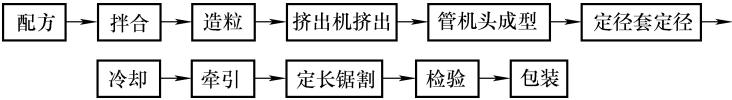


图 4-2 硬质聚氯乙烯管生产工艺流程

在生产过程中，凡添加氯化聚乙烯的配方必须通过开炼机混炼后造粒，否则，会造成挤出成型困难或影响管材质量。使用有混炼段的双螺杆挤出机可直接使用拌合后的粉料而不必再通过开炼或造粒。

随着挤出技术的提高和挤出设备的发展，在挤出硬质聚氯乙烯管材的生产线上增加了商标打印、管端扩口、成管自动翻转。

在挤出过程中，由于硬质聚氯乙烯原料对温度的要求很严格，往往因为温度控制不当造成挤出困难或分解。因此，挤出温度应根据配方、挤出机的特点、机头结构、螺杆转速、测温点的位置、测温仪器的误差以及测温点的深度等因素来确定。希望找到一个准确的加工硬质聚氯乙烯管的温度是很困难的，表 4-32 所列加工温度范围仅供参考。

表 4-32 硬质聚氯乙烯管加工温度范围 (单位:℃)

原料	温度 加料口	机 身			机 头	
		后 部	中 部	前 部	分流梭支架处	口 模
粉料	水冷却	80 ~ 110	120 ~ 140	150 ~ 170	160 ~ 170	170 ~ 180
粒料	水冷却	80 ~ 110	120 ~ 140	150 ~ 170	160 ~ 170	170 ~ 190

由于硬质聚氯乙烯配方的熔融粘度大，流动性差，为防止螺杆因摩擦热过大而升温，引起螺杆粘料分解，必须降低螺杆的温升，使管材内壁光滑，最好能控制螺杆温度在 80 ~ 100℃ 之间，冷却方法是在螺杆内部用铜管进行水冷却。

螺杆的转速对管材的产量和质量也有很大影响，在实际生产中应根据具体挤出机的型号条件等决定。

用硬顶法生产硬质聚氯乙烯管。所谓硬顶法是不用定径套和牵引设备，管材出机头立即用冷却水冷却，具体工艺流程如图 4-3 所示。

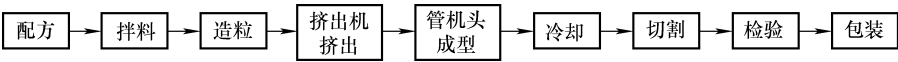


图 4-3 用硬顶法生产硬质聚氯乙烯管工艺流程

3) 硬质聚氯乙烯管挤出过程中出现不正常现象的原因及消除方法。硬质聚氯乙烯管的挤出，可能会因原辅料的质量、树脂选用与配方设计不当、主辅机的故障、生产工艺不当、机头结构不合理等因素使产品出现各种不正常现象。现将挤出过程中出现的不正常现象及消除方法列于表 4-33 以供参考。

表 4-33 硬质聚氯乙烯管挤出过程中出现的不正常现象及消除方法

序号	不正常现象	产生原因	消除方法
1	管子表面有 焦粒	①机身或机头温度过高 ②机头和粗滤器未清洗干净 ③机头分滤器设计不合理有死角 ④粒料中有焦粒 ⑤原料热稳定性差或稳定剂加量过少 ⑥控制温度仪表失灵	①降低温度或检查温度计是否失灵 ②重新清洗 ③改进机头结构 ④换成质量符合要求的粒料 ⑤检查配方与配料 ⑥检查仪表

(续)

序号	不正常现象	产生原因	消除方法
2	管子表面有黑色条纹	①机身或机头温度过高 ②粗滤器未清洗干净	①降低机身或机头温度 ②重新清洗
3	管子外表无光泽	①口模温度过低 ②口模温度过高无光泽并毛糙	①升高口模温度 ②降低口模温度
4	管子表面有皱纹	①口模四周温度不均匀 ②冷却水太热 ③牵引太慢	①检查电热圈 ②冷却水开大 ③牵引调快
5	管子内壁毛糙	①芯棒温度偏低 ②机身温度过低 ③螺杆温度太高	①升高芯棒温度 ②提高机身温度 ③螺杆通气或水, 降低螺杆温度
6	管内壁有裂纹	①料内有杂质 ②芯棒温度过低 ③机身温度低 ④牵引速度太快	①调换无杂质的粒料 ②提高芯棒温度 ③提高机身温度 ④减慢牵引速度
7	管内壁有气泡	料受潮	料干燥后再投产
8	管内壁凹凸不平	①螺杆温度太高 ②螺杆速度太快	①降低螺杆温度 ②减慢螺杆转速

硬质聚氯乙烯管的主要性能指标及产品检验标准可见 GB/T 4219.1—2008

(2) 软质聚氯乙烯管材的配方及生产工艺 聚氯乙烯塑料在没有加入增塑剂时是硬质塑料, 加入增塑剂后就会变软, 随着加入量的增加其柔软性也随之增加。一般以加入 0~5 份(以 100 份聚氯乙烯树脂计)为硬质塑料; 5~25 份为半硬质塑料; 25 份以上为软质塑料。由于增塑剂的加入, 可以增加塑料的柔软性、伸长率和耐寒性, 降低玻璃化温度、脆性、硬度及拉伸强度。

1) 配方。软聚氯乙烯管的性能主要取决于配方。不同的性能与用途, 配方也就不同。软聚氯乙烯管通常用于通水、油、酸和无毒的医用输液管、输血管。另外, 根据不同的要求, 还有透明软管和普通不透明的彩色软管之分。下列几种典型的软聚氯乙烯管配方仅供参考:

①透明软管配方(质量份)

聚氯乙烯树脂(2型)	100	硬脂酸铅	1
邻苯二甲酸二辛酯	30	硬脂酸钡	0.6
(增塑剂 DOP)		硬脂酸镉	0.5
邻苯二甲酸二丁酯	24	二碱式亚磷酸铅	1.2
(增塑剂 DBP)		有机锡	0.3

②透明油管配方(质量份)

聚氯乙烯树脂 (2 型)	100	硬脂酸锌	0.05
邻苯二甲酸二辛酯	28	硬脂酸铅	0.1
(DOP)		硬脂酸镉	1
邻苯二甲酸二丁酯	24	酞菁蓝	微量
(DBP)			

③耐酸软管配方 (质量份)

聚氯乙烯树脂 (2 型)	100	二碱式亚磷酸铅	2
邻苯二甲酸二辛酯 (DOP)	35	硬脂酸钡	0.5
癸二酸二辛酯——耐寒	20	硬脂酸钙	3
增塑剂 DOS		钛白粉 (TiO ₂)	0.4
三碱式硫酸铅	3		

④耐寒软管配方 (质量份)

聚氯乙烯树脂 (2 型)	100	硬脂酸铅	2
邻苯二甲酸二辛酯 (DOP)	20	硬脂酸钡	1
癸二酸二辛酯 (DOS)	35	硬脂酸钙	3
三碱式硫酸铅	3	丁腈橡胶	35
二碱式亚磷酸铅	2		

⑤无毒软管配方 (质量份)

聚氯乙烯树脂 (2 型)	100	硬脂酸铝	0.1
邻苯二甲酸二辛酯 (DOP)	45	硬脂酸镁	0.25
癸二酸二辛酯 (DOS)	5	硬脂酸	0.5
三碱式硫酸铅	3	硫醇有机锡	2

⑥输血管配方 (质量份)

聚氯乙烯树脂 (2) 型	100	硬脂酸锌	0.2
邻苯二甲酸二辛酯 (DOP)	50	环氧大豆油	5
三碱式硫酸铅	2	硬脂酸	0.5
硬脂酸铝	0.1		

2) 主要设备。挤出机、混合搅拌机等。

3) 挤出成型工艺。软质聚氯乙烯管的生产工艺流程如图 4-4 所示。

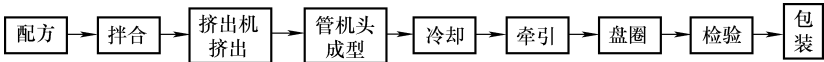


图 4-4 软质聚氯乙烯管的生产工艺流程

软质聚氯乙烯管的各区挤出温度除口模外，均比硬质聚氯乙烯管低 10℃ 左右，口模的挤出温度与硬质聚氯乙烯管差不多，这是由于加入增塑剂后容易塑化的原因。加工软质聚氯乙烯管可不用造粒和定径，尺寸的控制靠芯棒和口模来保证。

(3) 聚氯乙烯双壁波纹管挤出成型

1) 原材料与配方 (见表 4-34)。

表 4-34 原材料与配方

组 成	清洗料/kg	生产料/kg	组 成	清洗料/kg	生产料/kg
PVC 树脂	100	100	CPE (135A)	—	12
三碱式硫酸铅	8	6	碳酸钙	8	4
二碱式亚磷酸铅	2	1	硬脂酸	1	0.6
PbSt	1	1	石蜡	2	1
CaSt	1	1	颜料	0.2 (炭黑)	1 (钛白粉)
MBS	—	8	聚乙烯蜡	1	0.5

2) 主要设备。生产 PVC 双壁波纹管的机组由以下几个部分组成。

①混料系统。由高速捏合机、低速捏合机组成。其作用是把各种原辅料混合成为均匀的多相体系，排出物料中的水分和挥发物。

②振动筛。作用是筛出物料中的杂质及异物。

③双螺杆挤出机。是物料塑化的主要设备，目前挤出机按螺杆结构分有平行双螺杆和锥形双螺杆两种。由于生产波纹管的模具流道狭长，螺杆转矩、机头熔体压力较大，平行双螺杆挤出机一般不能满足要求，因此选用锥形双螺杆挤出机。 $\phi 200\text{mm}$ 以下的波纹管选用 65/120 型锥形双螺杆挤出机， $\phi 200\text{mm}$ 以上的波纹管选用 80/145 型锥形双螺杆挤出机。

④机头。双壁波纹管成型的核心部件在于机头的结构与 设计，机头的模具结构见图 4-5，主要特点是在同一模型内同时两次分流，形成内外两层流道。内外流道夹层间需通压缩空气，在成型机模块上形成外波纹，内层芯模内通压缩空气、 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ 冷却水及配有加热器，内层由内定径套冷却成型。其模具外表有外加热，机头与挤出机用哈夫块方式连接。

⑤成型机。该机系波纹管成型的专用机床，用于成型外波纹及熔接双壁波纹管的内外两层，具有牵引作用。

⑥定长切割机。管材在定量的长度上自动被切断。

⑦扩管机。主要是对塑料管材进行扩口成型，也能进行承口成型。

3) 制备工艺

①工艺流程。配料→高速混合→低速混合→过筛→双螺杆挤出机→机头成型→波纹成型→定长切割→扩管→成品。

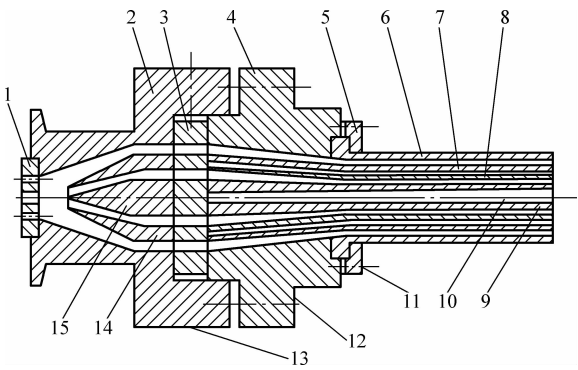


图 4-5 机头的模具结构

- 1—滤网 2—机头体 3—分流体支架 4—锥体 5—压盖
6—外口模 7—外芯模 8—内口模 9—内芯模 10—加热器
11、12—紧固螺杆 13—水嘴、气嘴调节螺杆
14—外分流体 15—内分流体

②工艺参数及控制要点

a. 捏合工艺。捏合质量直接影响产品质量，捏合过程应严格按投料顺序、规定温度进行，以保持物料的一致性和均匀性。一般投料顺序为：PVC 树脂粉、稳定剂、抗冲改性剂、加工改性剂、填料、润滑剂。高速捏合出料温度在 120℃ 左右，低速冷捏出料温度在 40℃ 以下。若水分过高则适当提高热捏温度，但必须防止物料温度过高而结块、成团，当冷混合完毕后必须进行料筒清洗，清除粘附的块状物及杂质。生产料若存放时间较长必须重新搅拌，其温度控制在 110℃ 左右即可。

b. 挤出工艺。挤出工艺如温度、速度、压力等的匹配是控制产品质量的关键所在，以 $\phi 110\text{mm}$ 管材为例，其工艺如下：机筒温度为一区 170℃、二区 180℃、三区 185℃、四区 195℃、进料区 200℃、模体 190℃、口模 210℃、芯模 190℃；螺杆油温为 100℃；主机速度为 25 ~ 28r/min；转矩为最大转矩的 75%；机头熔体压力为 25 ~ 30MPa，内外气压为 0.060MPa。

4) 注意事项

①开机前，应先对挤出机连接体、成型机机头各加热区进行预热，机筒比机头迟半小时升温，待温度升到 160 ~ 170℃ 后，起动挤出机，加入清洗料，逐渐提高螺杆转速，随时注意转矩变化，继续升温到正常生产温度，待清洗料将机筒、螺杆内残留物和加热过程中分解变色物料全部清洗出来后，观察从口模挤出来的物料，如达到熔融塑化状态，无粉状，色泽均匀一致，无分解变色时，停机再次校正机头与成型模块的同心度，校正完毕后即可加入生产料生产。

②停机时，料斗停止加入生产料，换成清洗料，使机筒、模体各段温度下降 5 ~ 10℃，但口模应立即加热，保持温度 160℃ 左右，待清洗料内外层全部出来，将口模加热圈拿掉，停止加热机筒，模体温度控制在 160 ~ 170℃，待机筒物料挤出干净后立即停机。

③清洗料与生产料交替时必须严格控制温度。起动开机时内层料温较低，出料较慢，外层出料较快，应注意边挤出，芯模边加温，严格控制外层出料不能过快。若内层出料很快，外层较慢，此时芯棒停止加热，并向芯模内通冷却水，外模加热，保持温度在 160 ~ 167℃。

5) 生产故障分析及处理方法。生产中的故障分析及处理方法见表 4-35。

表 4-35 生产中的故障分析及处理方法

故 障	原 因	处理办法
外壁波纹不规则	①口模温度低 ②材料特性粘数高 ③机筒温度低 ④配方不合理	①提高口模温度 ②更换特性粘数低的树脂粉 ③提高机筒温度 ④改进配方
外壁波纹瘪纹多	①料没过筛 ②原辅料杂质多 ③机筒温度高 ④真空处有焦粒	①重新过筛 ②原辅料严格检验 ③降低机筒温度 ④清理真空系统

(续)

故 障	原 因	处理办法
内波纹	①内层气压过大 ②内模温度高 ③冷却水温度高	①减小内压 ②降低内芯模温度及油温 ③开冷水泵, 降低水温至 5 ~ 10℃
内壁穿孔	①外气压大 ②内模温度低、内芯模加热体或螺杆温度低 ③内模温度或水温高 ④内气泄漏 ⑤成型机未校正 ⑥配方不合理或原辅料不合格	①减小外气压力 ②检查内加热体、增加油温及芯棒温度或机筒温度 ③降低内模温度和水温 ④更换气塞 ⑤重新校正同心度 ⑥重新检查原辅料, 调整配方体系中内外润滑剂成分
外壁穿孔	①成型机同心度未校正 ②外模温度低、内模温度高 ③树脂粘度高 ④机筒温度低	①重新校正 ②提高模体、口模温度 ③更换树脂粉 ④提高机筒温度
完全不能成型	①原辅料质量问题 ②机头与模块位置不合适 ③机筒温度低 ④物料水分多 ⑤配方不合理	① 主要检查树脂粉型号、CaSt 的钙含量、MBS、CPE 质量 ②重新校机头与模块 ③提高机筒温度 ④检查真空系统或重新捏合 ⑤内外润滑剂过多
管材有发泡、外表毛糙、有物状金属变色分解	①机筒螺杆温度高 ②水分多 ③物料稳定性差、杂质多 ④模具损伤或未擦干净 ⑤过滤网堵塞 ⑥成型温度高 ⑦物料热稳定性或流动性差	①降低机筒螺杆温度 ②检查真空系统或重新捏合 ③检查热稳定剂, 筛选原料 ④清理模具 ⑤清过滤网 ⑥降低温度 ⑦增加热稳定剂或加工改性剂
制品发脆	①机身温度低 ②原辅料质量问题 ③物料杂质多有内壁凹陷波纹 ④物料中的 CPE、MBS 被筛掉	①提高机身温度 ②选择特性粘数低树脂粉或更换 CPE ③清除杂质或更换物料 ④调整捏合温度和待物料完全冷却后过筛
管材弯曲	①模块温度高、冷却定型不够 ②物料成型温度高 ③外气过小、外表未粘紧模块 ④材料有问题或配方不合理	①降低冷却水温度或加大流量 ②适当降低成型温度 ③增大外气 ④调整材料及配方

2. 聚氯乙烯板（片）材的挤出成型

(1) 硬聚氯乙烯板（片）材的挤出成型

RPVC 板材具有良好的耐腐蚀性、电绝缘性能及较高的强度和硬度、广泛应用在化工、电器、农业、建筑等领域。RPVC 板材挤出具有厚度均匀、整体性好、生产连续、效率高等特点。但由于板材冷却效果差，所以不宜生产厚度超过 15mm 的板材。

1) 原材料与配方

①硬质聚氯乙烯板配方（质量份）

a. 聚氯乙烯树脂	100	硬脂酸铅	0.5
三碱式硫酸铅	5	变压器油	1.5
硬脂酸钡	1.5		
b. 聚氯乙烯树脂	100	硬脂酸钡	1
三碱式硫酸铅	7	碳酸钙	1
二碱式亚磷酸铅	0.5	母料	0.28
硬脂酸铅	0.3		

②硬质聚氯乙烯片配方选例

a. 透明硬聚氯乙烯片		b. 不透明彩色硬片	
聚氯乙烯树脂	100	聚氯乙烯树脂	100
环氧化四氢邻苯二甲酸酯 (ED ₃)	3	三碱式硫酸铅	5
硫酸锡	1.5	二碱式亚磷酸铅	5
硬脂酸	0.3	硬脂酸	0.3
粉料 (Ca/Zn)	0.3	粉料 (Ca/Zn)	0.3
甲基丙烯酸甲酯-丁二烯-苯乙烯共聚物 (MBS)	5 ~ 10	脂肪醇	2
月桂酸锡	1	甲基丙烯酸甲酯-丁二烯-苯乙烯共聚物 (MBS)	5 ~ 10
蓝紫色粉	适量	透明色料	适量

2) 主要设备。单螺杆挤出机与双螺杆挤出机等。

3) 挤出成型工艺与工艺条件

①工艺流程。单螺杆挤出 RPVC 板材工艺流程见图 4-6。

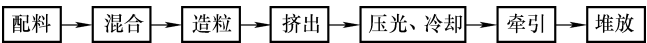


图 4-6 单螺杆挤出 RPVC 板材工艺流程

双螺杆挤出 RPVC 板材工艺流程见图 4-7。

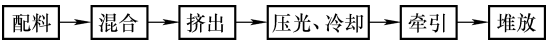


图 4-7 双螺杆挤出 RPVC 板材工艺流程

②配料与混合工艺。PVC 混合料制备质量的好坏直接影响挤出机的挤出速度、工艺参数和产品质量，因此应严格控制这一工艺过程。

a. 配料时配方中各组分物料要准确计量, 防止因计量出现较大误差而导致实际配方的改变, 从而造成进行质量分析和质量控制的困难。这点在实际生产过程中往往容易忽视, 应引起足够的重视。

b. 混合温度。混合一般在高速混合机内进行。物料在混合机内高速摩擦生热, 在混合过程中, 温度的控制很重要。温度控制应注意两点: 一是 PVC 树脂和添加剂放入混合机后, 立即进行搅拌, 利用摩擦升温, 当温度达到 120°C 左右时即可排料到冷混机内; 二是热混料在冷混机内混合一定时间, 当料温低于 45°C 时才可打开冷混机闸门放料。

c. 混合时间。物料在混合过程中经历了密度变化、均匀性及部分凝胶化等过程, 同时排除物料中的水分和易挥发物, 需一定时间来完成。混合时间过短, 会使挤出加工变得困难, 物料熔融时间长, 制品质量变差; 混合时间过长, 温度会升得过高, 易引起物料的变色分解, 而且耗能多, 生产效率低。

d. 加料顺序。RPVC 板材的组分较多, 选择合理的加料顺序很重要, 选择的加料顺序应有利于助剂作用的发挥, 避免助剂间产生对抗效应, 还要有利于提高分散速度。

典型的热、冷混合工艺如下: 将 PVC 树脂在高速混合机中先搅拌升温至 60°C , 投入稳定剂, 继续升温至 90°C , 投入内润滑剂, 加工助剂、抗冲改性剂、填料、着色剂等; 投入外润滑剂, 继续升温至 $115 \sim 120^{\circ}\text{C}$; 在低转速下将物料排入转动着的通有冷却水的冷混机中; 冷混至 $40 \sim 45^{\circ}\text{C}$ 以下出料, 备用。

粉料的主要优点是物料在配制中受热历程短, 对所用设备要求低, 生产周期短。它的主要缺点是物料均匀性差和成型工艺性能差, 压缩率较大。粉料既可以直接供挤出用 (一般为双螺杆挤出机挤出), 也可通过塑化造粒成为粒料供单螺杆挤出机生产板材用。

③挤出成型工艺。挤出成型是挤出板片整个生产过程中最重要的环节之一, 成型温度、挤出速度等工艺参数直接影响板材的质量。

a. 成型温度。RPVC 板材的成型温度是根据配方、板材的厚度等因素来确定的。单螺杆挤出机的料筒温度依次为 $120 \sim 130^{\circ}\text{C}$ 、 $130 \sim 140^{\circ}\text{C}$ 、 $150 \sim 160^{\circ}\text{C}$ 、 $170 \sim 180^{\circ}\text{C}$ 。双螺杆挤出机的料筒温度依次为 $170 \sim 180^{\circ}\text{C}$ 、 $165 \sim 170^{\circ}\text{C}$ 、 $165 \sim 175^{\circ}\text{C}$ 。双螺杆挤出机的加料段温度稍高, 目的是使物料在加料段的末端就能熔融, 以便包住螺杆, 防止物料在经过排气段时被抽走, 造成物料的浪费, 其他温度参数如下:

连接器: $150 \sim 160^{\circ}\text{C}$ 。

机头: 一区 $175 \sim 180^{\circ}\text{C}$;

二区 $170 \sim 175^{\circ}\text{C}$;

三区 $155 \sim 165^{\circ}\text{C}$;

四区 $170 \sim 175^{\circ}\text{C}$;

五区 $175 \sim 180^{\circ}\text{C}$ 。

b. 挤出速度。挤出速度由螺杆转速来决定, 螺杆转速增加, 挤出量增加, 挤出速度加快, 在相同的成型温度条件下, 物料的塑化质量将下降, 确定合理的挤出速度 (螺杆转速) 对保证制品质量和提高经济效益是十分重要的。

④冷却定型工艺。由于从机头挤出的聚氯乙烯板材温度较高, 为防止板材产生内应

力而弯曲，应使板慢慢冷却下来，让板材通过三个辊的压光机并要求三辊加热，在压光机上设置调温装置，加热介质有蒸汽、油、电热。三辊加热参考温度分别为：上辊 70 ~ 80℃、中辊 80 ~ 90℃、下辊 60 ~ 70℃。

⑤三辊间距。三辊间距可根据进料位置来决定，若板材从中、下辊进入，则三辊间距是指中、下辊之间的距离；若板材从上、中辊进入，则三辊间距是指上、中辊之间的距离。三辊间距一般调节到等于板材厚度。由于聚氯乙烯冷却过程中会产生收缩，为使板材平整，三辊间距沿板材幅宽方向应调节一致。

⑥牵引速度。牵引线速度与挤出线速度相等，可以制得内应力小的板材，但操作较难控制，一般牵引速度比挤出速度稍快，牵引速度过大会使板材产生过大的内应力，在二次成型的加热或使用过程中产生较大的收缩、翘曲甚至破裂。

4) 硬聚氯乙烯硬板（片）挤出过程中不正常现象、原因及消除方法。硬聚氯乙烯板（片）生产中的不正常现象、产生原因及消除方法可参阅表 4-36。

表 4-36 硬聚氯乙烯板（片）生产中的不正常现象、产生原因及消除方法

不正常现象	产生原因	消除方法
板面产生斑点，无光泽，产生龟裂（透明片不透明）	辊筒温度过低，中辊温度过低	升高辊筒温度
产生横向条纹并难以脱辊	辊筒温度过高	降低辊温
内应力大	牵引线速度比挤出线速度过大	调节牵引速度
物料充不满整个宽度或形成的板材成“搓衣板”状条纹	原料流动性差	原料中添加 3 ~ 5 份增塑剂，并加入适量碳酸钙
板材拉伸强度差，易裂	机头温度过低	升高机头温度
板内有小孔 挤出易分解	机头温度过高，原料配方中稳定剂太少	降低机头温度调整配方

(2) 宽幅硬质聚氯乙烯板材挤出成型

1) 原材料与配方（质量份）

PVC 树脂	100	ACR	1 ~ 3
稳定剂	3 ~ 5	增塑剂	0 ~ 3
润滑剂	0.3 ~ 1.0	填充剂	5 ~ 10
流动助剂	0 ~ 3	色料	适量

2) 主要设备。风式送料器（用于输送聚氯乙烯树脂及粉状辅料至高位槽）、高速混料机、冷混机、吸料器、挤出机、模具、压光辊、牵引辊、锯床。其中，最主要的是挤出机和模具，其主要技术数据如下：

螺杆：数量两个，形式为锥形，直径 80 ~ 143mm，有效长度 1575mm，速度 0 ~ 36.4r/min；旋转方向为异向外旋。

模具：衣架式,宽度 1650mm,电加热,产品厚度为硬板 1 ~ 6mm,发泡板 3 ~ 10mm。

3) 生产工艺

①混料。混料的目的是将原料各组分互相分散以获得各相组分均匀的物料。一般混料温度为 120 ~ 130℃，温度 100℃ 以下某些组分未溶化（如氧化 PE 蜡熔点 105 ~ 110℃）难以分散均匀。物料的冷却温度一般为 50℃ 以下。

②挤出温度。用于挤板的挤出机一般都是抽气式挤出机，要求物料输送到抽气孔时呈凝胶状，以免粉料进入真空系统。因此机筒温度由加料段至挤出段逐段降低。模具温度与加料段机筒温度大体一致，螺杆温度 140 ~ 160℃。

③口模及三辊间隙。口模及三辊间隙是确定板材厚度的关键所在，一般在多数情况下口模的间隙与板材厚度是不一致的。生产较薄的板材，物料压力高，离模膨胀率大，散热快，三辊无压延作用，三辊速度必须保持与挤出速度一致，口模间隙要略小于板材要求厚度。生产厚板材情况正相反，口模间隙稍大于板材要求厚度对产品质量更有利，调整三辊的导出间隙等于板材厚度，导入间隙比导出间隙大 0.1 ~ 0.2mm 生产出的板材厚度公差最小。

硬板典型配方的生产工艺条件如下：

混料温度	130℃	3 段	165℃
螺杆温度	150℃	1 段	165℃
机筒温度		模具温度	(175 ± 5)℃
1 段	175℃	螺杆转速	30r/min
2 段	170℃	螺杆转矩比	≤95%

(3) 环保型难燃聚氯乙烯工业壁板挤出成型

1) 原材料与配方（质量份）

PVC	100	氯化聚乙烯（PE-C）	4 ~ 6
稀土稳定剂	4 ~ 6	硬脂酸	0.15 ~ 0.5
水合硼酸锌、三氧化钨、氢氧化铝、轻质碳酸钙 适量。			

为调节和控制产品的密度，可加入一定量的 AC 发泡剂，同时加入适量的 ACR 发泡调节剂。如果需要进一步提高产品的拉伸强度和冲击性能，可增加轻质碳酸钙的含量，并加入一定量的偶联剂。为了进一步提高产品的老化性能，可加入 2 ~ 6 份 UV 系列紫外线吸收剂，还可加入相应的助剂来改变制品的颜色（如加入 1 ~ 2 份钛白粉，或加入 0.01 ~ 0.5 份酞菁蓝，或加入 0.05 ~ 0.5 份中铬黄等）以制得相应颜色的制品。

2) 成型工艺

①按照上述配方称取各组分物料。

②将 PVC、稀土稳定剂、PE-C、轻质碳酸钙在常温下依次加入高速捏合机中搅拌，当温度上升至 70 ~ 80℃ 时停机，再加入硬脂酸、邻苯二甲酸二辛酯（DOP）、水合硼酸锌、三氧化钨和氢氧化铝继续搅拌。当物料温度升至 110 ~ 115℃ 时，将物料排入冷搅拌机中，冷却至 38 ~ 45℃ 出料，制成松散状干混粉料。

③先给造粒机加温，达到设定的温度后保温 30min，再加入制得的干混粉料，调整造粒机主机转速造粒。造粒机各区温度如下：一区（90 ± 5）℃，二区（105 ± 5）℃，三区（120 ± 5）℃，四区（130 ± 5）℃，五区（145 ± 5）℃，六区（140 ± 5）℃

④采用单螺杆挤出机挤出成型。当物料从机头挤出后，先检查物料塑化情况，调整温度设置，不允许有较大的温度波动。挤出成型时，各区温度如下：一区（ 150 ± 5 ）℃，二区（ 160 ± 5 ）℃，三区（ 170 ± 5 ）℃，四区（ 185 ± 5 ）℃，五区（ 195 ± 5 ）℃，六区（ 180 ± 5 ）℃。

(4) 铝塑板芯板挤出成型

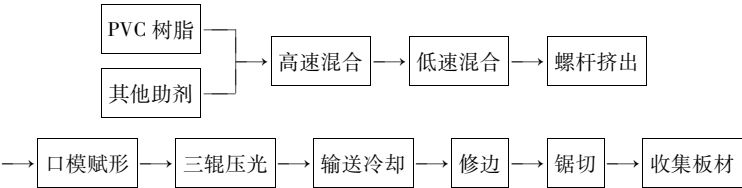
1) 原材料与配方（质量份）

PVC	100	CaCO ₃	20 ~ 30
发泡剂	0.4 ~ 0.8	环氧大豆油	1 ~ 2
润滑剂	2 ~ 3	炭黑	2
稳定剂	4 ~ 6		

2) 主要设备。高低速混合机各一台，单螺杆挤出机，机头模具，辅机等。

3) 挤出成型工艺

①生产工艺流程设计。硬质 PVC 自由发泡挤出板材生产线的工艺流程如下：



②混合工艺条件。物料的混合通常是在高强力的涡轮式混合机和冷却混合机组中进行。物料混合的好坏对挤出成型及板材的外观质量和内在性能有直接影响，物料混合不均匀，板材挤出不稳定，板材质量差；物料混合温度过高，物料塑化加快，凝结成块，导致 PVC 分解变黄，同时发泡剂部分分解；物料如果混合温度过低，板材会塑化不良。因此，如何控制混料的程序和温度十分关键。在生产中一般采用的方法是先将 PVC 树脂和固体助剂同时加入高混锅内，待物料温度达到 60℃ 时，此时物料具有良好的吸水性且物料已基本分散均匀，再将环氧大豆油加入，待温度升至 115 ~ 120℃ 时，物料由高温混机放至低温混机中，最后待物料冷却至 40℃ 时即完成一个混料周期。

③挤出工艺条件

a. 温度。为了获得表面光洁平整、泡孔均匀致密的 PVC 自由发泡板材，在生产中应严格控制各部分的温度。如果机筒和螺杆温度太高，物料容易提前发泡熔体破裂，板材表面粗糙；如果温度太低，物料则塑化不完全，板材表面不平整，易出现“树状纹”等缺陷。机头和模唇的温度应低于挤出温度，机头温度对称设定。如果机头和模唇的温度太低，尤其是模唇温度太低，会使熔体温度过低，造成出模后失去熔体的粘弹性，板材被拉破，如果机头和模唇温度过高，熔体强度和弹性太低，泡孔易破裂，在模口里形成空洞，板材表面形成缺陷。在生产中我们一般设定温度如下：

机筒（Ⅰ）（ 190 ± 5 ）℃、（Ⅱ）（ 185 ± 5 ）℃、（Ⅲ）（ 180 ± 5 ）℃、（Ⅳ）（ 170 ± 5 ）℃、（Ⅴ）（ 165 ± 5 ）℃；螺杆（ 170 ± 5 ）℃；连接体（ 175 ± 5 ）℃；机头（Ⅰ）（ 190 ± 5 ）℃、（Ⅱ）（ 185 ± 5 ）℃、（Ⅲ）（ 180 ± 5 ）℃、（Ⅳ）（ 175 ± 5 ）℃、（Ⅴ）（ 180 ± 5 ）℃、（Ⅵ）（ 185 ± 5 ）℃、（Ⅶ）（ 190

± 5)℃;模唇(160 ± 5)℃;预冷辊 30℃;三辊 80℃。

b. 速度。挤出发泡的程度随挤出速度与熔体的粘度而变化，挤出速度低时，在模唇附近发泡，容易形成粗糙的皮层；挤出速度高时，熔体出模发泡的位置较远，能获得表面良好的制品。综合考虑设备的使用要求，板材在生产线上的冷却时间，锯切时间，将挤出机的螺杆转速设定为：2mm 以上厚度时为 25 ~ 30r/min。三辊转速及牵引速度皆在生产过程中视板材质量而定。

c. 其他工艺条件的设置。挤出机各个后续设备的工艺条件的设定，对板材的质量也至关重要。在生产中也应该严格设置、灵活运用。例如：预冷辊的间隙，模唇的间隙，预冷辊与模头之间的距离、高度，压光辊之间的间隙。只有正确设置这些参数，才能生产出合格产品，只有在生产中灵活运用，才能减少废品，提高劳动效率。

4) 常用问题、原因分析及解决办法。在生产中，往往会遇到各种各样的问题，正确识别、迅速解决是至关重要的。表 4-37 就列举出几种常见问题、发生原因及解决办法，供同行参考。在解决这类问题时，应根据具体情况，先调整自己认为最有可能的一个因素，待板材稳定后，再改变其他因素，不要同时调整两个以上的因素。

表 4-37 常见问题、发生的原因及解决方法

常见问题	发生的原因	解决的方法
板材断裂	①机身或机头温度偏低 ②模唇开度小 ③牵引速度太快	①适当升高温度 ②调节螺栓增加开度 ③减小牵引速度
挤出方向产生连续划伤	①模唇划伤 ②模唇内有杂质 ③三辊压卷机表面划伤	①研磨模唇表面 ②清理模唇 ③调换辊筒
板表面气泡	原料中有水分或易挥发性物质	原料干燥脱水
板材表面有黑色或变色线条、斑点	①机头温度高，料分解 ②机头有死角，料停滞分解 ③三辊表面有析出物	①降低机头温度 ②清理机头 ③擦拭辊筒，检查配方
板材表面凹凸不平或光泽不好	①机头温度过低 ②压光辊表面不光洁 ③压光辊温度偏低 ④机头模唇流道太短 ⑤模唇表面不光洁 ⑥原料中含水分	①升高机头温度 ②调换辊筒或抛光 ③升高温度 ④增加模唇流道长度 ⑤重新研磨机头模唇 ⑥原料干燥
纵向条纹	①模唇间隙太小 ②预冷辊间隙太小 ③预冷辊高度过低 ④预冷辊和模头距离太远 ⑤压光辊间隙太小	①增加模唇间隙 ②增加预冷辊间隙 ③升高预冷辊高度 ④减少预冷辊和模头之间距离 ⑤增加压光辊间隙

(续)

常见问题	发生的原因	解决的方法
螺纹痕迹	①螺杆温度太高/太低 ②螺杆速度过快/过慢 ③模唇和限流阀间隙不当	①降低/增加螺杆温度 ②降低/增加螺杆转速 ③调整模唇和限流阀间隙
冒料 (即料像流水般从模具中流出)	①发泡太大 ②模唇温度太高 ③模唇开口太大 ④真空度过低	①降低发泡剂用量或增加回收料用量 ②降低模唇温度 ③减小模唇间隙 ④清理真空口、增加真空

在芯板生产过程中，应严格控制配方、工艺条件，但配方、工艺条件不是一成不变的，而是在生产过程中视板材质量不断变化的。

(5) 聚氯乙烯微发泡仿木结皮板材的挤出成型

1) 原材料与配方 (质量份)

PVC S-700	100	复合稳定剂 FPX	6 ~ 8
ZB-530	5 ~ 7	(或 RCE)	
AC	0.3 ~ 0.6	PE 蜡	0.2 ~ 0.5
CPE	2 ~ 4	CaCO ₃ (600 目)	5 ~ 10

2) 生产设备及参数

高速混合机	SH-200L (北京)
冷搅拌机	500L (日本)
造粒机	SJ-90 (无锡)
发泡挤出机	SJF80 × 24 (北京)
真空成型机	JCD-5000 (北京)
牵引机	SCQS-1450 (北京)
自动切割机	JCJH-300 (北京)

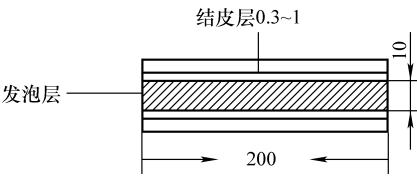
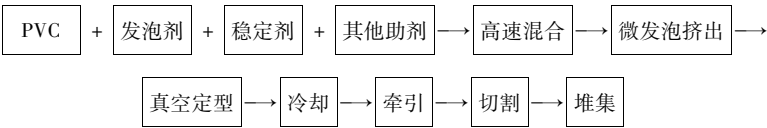


图 4-8 板材截面形状

板材截面形状如图 4-8 所示。

3) 挤出成型工艺

①生产工艺流程如下：



②工艺控制。

a. 原料的混合和造粒。将经过计量的原料投入高速混合机进行捏合，为防止提前发泡，搅拌温度一般控制在 100 ~ 110℃。各种助剂与 PVC 混合均匀后，放到冷搅拌机中冷却至室温，出料备用。造粒是生产中非常关键的工序，要求物料基本塑化但不提前发泡。提前发泡的粒料会影响泡孔结构的稳定性、制品的密度及其综合性能。造粒挤出

机螺杆结构与普通挤出的螺杆有所不同，压缩比在 2.5 左右，挤出温度在 130 ~ 150℃，在操作中由于摩擦热的产生，实际造粒过程要观察其粒料的外观进行调整。

b. 螺杆转速。在硬质微发泡 PVC 型材挤出时，螺杆转速对温度产生影响，而温度的高低很大程度上影响着微发泡型材的物理性能。螺杆转速越高，摩擦热越大，温度上升加快，给工艺控制带来困难；相反，螺杆转速过低，摩擦热小，可避免物料过热分解，但对熔融塑化不利，还会降低生产效率。因此在相同配方下，微发泡型材的挤出产量与螺杆转速成正比。不改变其他条件，只适当加快螺杆转速，结果微发泡板材的密度随转速加快而降低。如果螺杆转速适当降低，其密度会明显上升。试验表明，生产微发泡板材的螺杆转速应根据结皮发泡和自由发泡的不同工艺方法而定，挤出速度一般不超过 4m/min，即螺杆转速为 5 ~ 12r/min。

c. 挤出温度。生产优质微发泡产品的关键是应注意发泡物料的加工行为，控制适宜的加工温度。在挤出发泡中要求熔体的行为、发泡剂的分解程度与泡孔的形成相适应。这可通过严格控制挤出成型温度来实现。不改变发泡剂的用量，适当提高温度，熔体中气体的溶解度就增加，可促进泡核的增长。但温度过高会使熔体强度降低，导致不规整泡孔的产生或泡孔塌陷。理想的机筒温度是在均化段使大部分发泡剂分解。如发泡剂在机筒中过早分解，物料不能全部包裹发泡气体，部分气体从低压区逃逸。熔体通过机头和口模，其流速随压力和温度变化易出现波动，导致型材厚薄不均。机头和口模温度的控制原则为：适当的温度能把溶解的气体继续保持在熔体中（在一定的压力下），恰当的温度调节，能保证熔体在型腔中稳定流动。一般情况下机头及口模温度不得高于机筒温度。各段挤出成型温度为：

加热段	机筒 1 ~ 4 段	法兰 1 ~ 2 段	模头 1 ~ 2 段
温度/℃	155 ~ 175	165 ~ 170	160 ~ 165

d. 机头、模具结构对微发泡制品的影响。机头是口模与机筒的连接部分，其流道的长度和形状取决于物料的种类、制品的断面形状、加热方法、挤出机的规格。机头和口模结构是否合理，对制品的质量和产量影响较大。

熔融物料的流道不能有死角，呈流线型，表面光滑（表面粗糙度值 $Ra < 1.6\mu m$ ），避免像 PVC 这样的热敏性物料出现焦料；保持一定的压缩比，以形成足够的压力使得制品致密。

物料在机头和口模之间，压力下降速率低时，泡核形成与长大同时发生，有利于泡核形成，到达模口后，压力降速率加大，在定型套中保证高微孔密度。

e. 结皮发泡技术。制品的表层在定型套的急剧冷却作用下，表面气泡来不及膨胀就被固定下来，由于内部熔体压力的作用，在模具表面形成密度较高的光洁表面，通常称结皮，从而形成结皮发泡产品。表皮的厚度通过调节温度和挤出速度来控制熔体压力而改变。

f. 仿木纹技术。仿木纹是通过塑料熔体的颜色差、粘度差、流速差将木材的纹路表现到制品表面。在造粒过程中，生产出两种以上不同颜色的粒料，采用不同比例加之适当的工艺控制，可仿制出红木、柏木、榆木、水曲柳等木纹的发泡板材，其仿真效果取

决于配比和工艺条件的选择。

通过改变挤出模具、选用不同的发泡工艺（结皮发泡工艺或自由发泡工艺），可开发出各种 PVC 微发泡异形板材，结皮厚度为 0.3 ~ 1mm，发泡倍率小于 5，表面坚硬耐磨，木纹逼真，可免涂涂料。

节约原材料、成本低，强度高、寿命长。由于微孔结构的稳定性，保证了材料的力学性能，微发泡无残余应力，产品的尺寸稳定性好，耐压、冲击性能明显增强，克服了普通 PVC 制品易破损、木材强度低的缺陷，使用寿命可达 30 年以上。该材料具有耐腐蚀、耐湿、阻燃、隔热、绝缘等独特的性能，应用领域广。该材料可根据不同用途加工成各种规格，施工方便、快捷、费用低。易进行粘接、锯、刨、钻、削等二次加工。采用无毒配方和非液体助剂，产品基本上无挥发物，属于绿色环保型材料。

(6) 软质聚氯乙烯板材挤出成型

1) 原材料与配方。软聚氯乙烯板（片）与硬聚氯乙烯板（片）的不同是在配方上，下面列举有关软聚氯乙烯板（片）的配方实例。

①软聚氯乙烯挤出板配方（质量份）

聚氯乙烯树脂	100	钡/锌（粉）	1.5 ~ 2
DOP	50 ~ 70	碳酸钙	150 ~ 200
钡/锌（液）	0.5 ~ 0.7	颜料	适量

②软聚氯乙烯片材配方

a. 唱片配方

聚氯乙烯树脂	100	DBP	2
DOP	30	钡/镉/锌（粉）	2
环氧化四氢邻苯二甲酸酯（ED ₃ ）	2	钡/镉/锌（液）	2.4
		颜料	适量

b. 书皮配方

聚氯乙烯树脂	100	钡/镉/锌	1.5
DOP	40	硬脂酸	0.25 ~ 0.5
环氧大豆油	2	碳酸钙	0 ~ 20

2) 主要设备。单螺杆或双螺杆挤出机、板材机头和辅机等。

3) 挤出成型工艺

①工艺流程。软聚氯乙烯板（片）的挤出工艺与硬聚氯乙烯板（片）基本相同，机头结构及辅机也基本相同。其工艺流程见图 4-9。

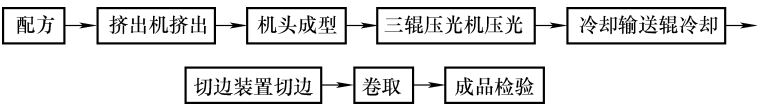


图 4-9 软聚氯乙烯板（片）挤出成型工艺流程

②成型工艺

a. 先将配置好的固体物料加入高速捏合机中，进行低速搅拌，使物料温度逐渐升

高，再边搅边加入增塑剂等液体物料，使捏合机高速运转，使物料温度升至 130 ~ 140℃ 左右后，排料至冷搅拌机中，使物料温度逐渐降至 40℃ 左右，放料，备用。

b. 挤出。若用双螺杆挤出机挤出成型板材，通过定量加料装置加入挤出机料筒，混合物料在双螺杆挤出机的加热、混炼、挤压下成为粘流态的物料。加料段的温度应控制在 130 ~ 160℃。粘流态的物料通过装在双螺杆挤出机上的排气装置，除去物料中的空气及挥发物，然后通过压缩进入连接器及机头，各加料段的温度如下：

挤出机身温度：一区 100 ~ 120℃，二区 135 ~ 145℃，三区 145 ~ 155℃，四区 150 ~ 160℃。

连接器温度：140 ~ 150℃。

机头温度：一区 165 ~ 170℃，二区 160 ~ 165℃，三区 145 ~ 155℃，四区 160 ~ 165℃，五区 165 ~ 170℃。

若用单螺杆挤出机成型板材，先经过造粒工序，将粉状混合料制成粒料，再通过单螺杆挤出机塑化挤出，经连接器、机头成型。温度控制比 RPVC 板材低 5 ~ 15℃。

c. 定型冷却。挤出机挤出的板材通过三辊压光机（辊筒温度控制在 80 ~ 90℃）进行压光、冷却定型，然后进入冷却辊在空气充分冷却，经切断即得成品。

其他工艺参数的控制与 PVC 硬板的挤出控制基本相同，不再重复。

3. 硬聚氯乙烯异形材门窗成型

(1) 硬聚氯乙烯门窗异形材成型

塑钢门窗自产生以来，便因其保温、节能、防腐、隔声、尺寸稳定、防火防潮、外观豪华、安装方便和保养容易等优越性能，逐步被用户认识和接受，现已成为继木窗、钢窗、铝合金窗后的第四代新型高档窗。本例介绍的是 RPVC 门窗异形材。

1) 原材料与配方（质量份）

PVC (SG-5)	100	二碱式亚磷酸铅	2
CPE	8 ~ 15	金属皂类	1.2
加工助剂	3 ~ 4	润滑剂	适量
CaCO ₃	4	紫外线吸收剂	0.5
三碱式硫酸铅	3	着色剂	适量

2) 生产设备

①挤出设备。异形材生产的主要设备是塑料挤出机。挤出机种类和型号多种多样，PVC 为热敏性聚合物，较难加工，双螺杆挤出机适合于粉料的直接加工，可省去造粒这一工艺。目前采用向外异向锥形双螺杆挤出机。其有如下特点：

a. 加料段螺杆直径较大、表面积大、物料传热快、剪切速率大，有利于物料的塑化和输送，且螺杆不易扭断，可选择较大负载能力的轴承和齿轮，延长挤出机寿命。

b. 计量段直径小，减小了传热面积和螺杆对熔体的剪切速率，端截面面积小，在同等机头压力下，具有较小的轴向压力，减少了止推轴承的负载，因而锥形双螺杆挤出机特别适于直接用粉料挤出 PVC 异型材。

②模具。异形材的冷却定型是型材生产中的关键。真空冷却定型模具，特别适于结构复杂的空腔异形材的定型。为提高生产率，相继开发了主型材一模双腔，辅型材一模

四胺，大大提高了生产率。

③辅助设备。除混料设备和主机外，异形材生产设备还包括牵引机、切割锯、卸料架，以及提供水、电、气的水泵、空压机、配电箱、制冷机，为回收废塑料而配置的破碎机等，当然，为保证质量，检测设备也必不可少。

3) 制备工艺

①制备工艺流程。根据 RPVC 异形材的结构、性能要求以及设备情况，确定 RPVC 塑料异形材生产工艺流程（见图 4-10）。

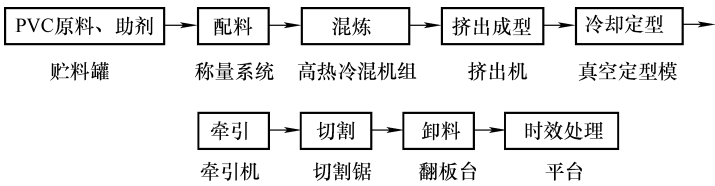


图 4-10 RPVC 异形材生产工艺流程

注：框内为工艺流程，框外为实现该流程所用设备。

②混炼。按配方称量后，需要把物料在一定温度、压力、时间下，按投料量和投料顺序进行混合，使各助剂被 PVC 树脂均匀吸收并预塑化。混炼质量的好坏直接影响成型加工和型材质量，在高速搅拌机的高速搅拌下，物料自摩擦生热，达到预塑化和均匀各组分的目的，冷却搅拌机具有冷却和排气的作用。

③挤出工艺控制。以 50 框模具为例，主机采用申威达 SJZ-55，工艺参数如下：

螺杆温度	100℃	主机螺杆转速	20r/min
料筒温度	175℃、165℃、170℃	给料螺杆转速	25r/min
	182℃、188℃、195℃、198℃	转矩比	60% ~ 75%
料筒排气真空度	-0.06MPa	牵引速度	1.25m/min
定型真空度	-0.07MPa	牵引压力	0.4MPa
冷却水温	10 ~ 16℃		

④后序控制。切割长度可自由设定，从门窗组装下料的角度出发，长度为 6m 浪费最少。生产出的型材在自然冷却的过程中要经过时效处理，以消除内应力，方法是将型材放在平整的台面上，经过 24 ~ 72h 以释放应力。这一过程往往被忽视，导致型材的弯曲与扭曲，影响型材质量和装配。去除了应力的型材在储存和运输过程中，为保护表面质量，需把 4 ~ 8 根型材码放整齐，用薄膜封装好，避免划伤，保证外观质量。

4) 性能见表 4-38。

表 4-38 RPVC 型材性能

项 目	指 标	测试结果
模塑料 硬度 HRR	≥85	107.0
模塑料 拉伸强度/MPa	≥36.8	38.9
模塑料 拉伸断裂伸长率 (%)	≥100	121.1
模塑料 弯曲弹性模量/MPa	≥1961	2.18 × 10 ³

(续)

项 目	指 标	测试结果
模塑料 简支梁缺口冲击强度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	≥ 12.7 (23°C)	52.8
模塑料 简支梁缺口冲击强度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	≥ 4.9 (-10°C)	7.7
模塑料 维卡软化点/ $^{\circ}\text{C}$	≥ 83	86.6
模塑料 氧指数	≥ 35	46.0
50 框 加热后状态	无气泡、裂痕、麻点	无气泡、裂痕、麻点
50 框 加热后尺寸变化率 (%)	≤ 2.5	1.3 (收缩)
50 框 高低温反复尺寸变化率 (%)	≤ 0.2	0.10 (收缩)
50 框 低温落锤冲击/破裂个数	≤ 1	0/10
85 框 加热后状态	无气泡、裂痕、麻点	无气泡、裂痕、麻点
85 框 加热后尺寸变化率 (%)	≤ 2.5	0.18 (收缩)
85 框 高低温反复尺寸变化率 (%)	≤ 0.2	0.10 (收缩)
85 框 低温落锤冲击/破裂个数	≤ 1	0/10

(2) 玻璃纤维增强聚氯乙烯窗框成型

1) 原材料与配方见表 4-39。

表 4-39 玻璃纤维增强 PVC 窗框原材料与配方

原 材 料	用量 (质量份)	原 材 料	用量 (质量份)
PVC 树脂 (SG-4)	100	聚乙烯蜡	2.0
玻璃纤维	10	聚酯蜡	2.0
云母	5	三碱式硫酸铅	0.8
碳酸钙	37	二碱式硬脂酸铅	0.5
密合改性剂 (氯化聚乙烯)	10	硬脂酸铅	0.15
加工助剂 (PMMA)	3	硬脂酸钙	0.3
氧化镁	1.5	钛白粉	2.5

2) 设备及工艺条件

①设备。捏合机, GH200A 型, 北京塑料机械厂; 塑炼机, SK-550 型, 大连橡胶塑料机械厂; 切粒机, JL-240 型, 上海轻工机械公司; 双螺杆挤出机, Bausano, 意大利。

②工艺条件

捏合出料温度	120 $^{\circ}\text{C}$	模具温度	185 ~ 200 $^{\circ}\text{C}$
塑炼温度	160 $^{\circ}\text{C}$	螺杆转速	28 ~ 29r/min
塑炼时间	5min	机筒真空	0 ~ 20kPa
拉片温度	160 $^{\circ}\text{C}$	熔体压力	$\leq 22\text{MPa}$
片厚度	2mm	定型模真空	60 ~ 80kPa
机筒温度	175 ~ 185 $^{\circ}\text{C}$	牵引速度	0.8 ~ 1.0m/min
连接套温度	160 $^{\circ}\text{C}$	生产率	58 ~ 72kg/h

将窗框异形材, 用硬质 PVC 异形材并组焊机焊接, 组装成窗框。

窗框异形材也可以用单螺杆挤出机进行挤出。

3) 制备工艺

①制备工艺流程。配料→高速混合→双辊炼塑→双辊拉片→切断→挤出机挤出→窗框异形材→窗框组装

②原料预处理

- a. 玻璃纤维处理。用玻璃纤维切碎机将玻璃纤维切成4~6mm长的短纤维，呈绒毛状，然后用环氧硅烷进行偶联处理，以增大与PVC树脂的密合性。
- b. 云母处理。采用直径为20μm的云母片，用氨基硅烷进行偶联处理，以增大与PVC树脂的密合性。
- c. 碳酸钙处理。采用粒径为0.08mm的轻质碳酸钙，用硬脂酸进行表面处理，以增大与PVC树脂的密合性。

(3) 聚氯乙烯薄壁型材

1) 原材料与配方。常用配方，见表4-40，改进配方见表4-41。

表 4-40 聚氯乙烯薄壁型材的常用配方

原 材 料	窗框型材	百叶窗型材	门窗型材
PVC 树脂 (K 值 65 ~ 70, SG5)	100	100	100
邻苯二甲酸二丁酯	—	—	6
三碱式硫酸铅	—	—	5
二碱式亚磷酸铅	—	2 ~ 3	—
二碱式硬脂酸铅	—	1. 5	—
钡-镉液体稳定剂	1. 5 ~ 2. 0	—	—
环氧大豆油	1 ~ 2	—	—
润滑剂	0. 5 ~ 1. 0	—	—
硬脂酸钙	—	0. 5	1
硬脂酸铅	—	—	1
硬脂酸酯	—	0. 4	—
石蜡	—	0. 4	1
钛白粉 (金红石型)	4 ~ 6	2	—
碳酸钙 (轻质、经表面处理)	2 ~ 4	8 ~ 10	10
氯化聚乙烯	4 ~ 6	—	—
氧化硬脂酸	0. 3	—	—
磷酸酯类	0. 5	—	—

表 4-41 聚氯乙烯薄壁型材的改进配方

原 材 料	1	2	3	4	5	6
PVC 树脂 (平均聚合度 1050)	100	100	100	100	—	—
PVC 树脂 (平均聚合度 870)	—	—	—	—	100	100
玻璃极短纤维 (环氧硅烷表面处理)	5	10	20	30	10	20
CaCO ₃ (粒径 0. 08mm, 表面脂肪酸处理)	40	30	20	10	30	30
氯化聚乙烯	10	10	10	10	10	10
聚甲基丙烯酸甲酯	5	10	5	5	5	5
聚乙烯蜡	2. 5	2. 4	2. 8	2. 6	2. 4	2. 5
聚酯蜡	1. 6	1. 6	2. 2	2. 4	2. 4	1. 5
脂肪酸盐	1. 0	2. 0	1. 3	0. 8	1. 2	1. 1
邻苯二甲酸二辛酯	3	3	3	3	3	3

2) 主要设备。高速混合机, 螺杆挤出机, 薄壁型材机头, 辅机。

3) 挤出成型。按配方比例称取物料, 利用高速混合机, 在 120℃ 下, 混合 5 ~ 6min, 将物料混合均匀。然后, 再用辊式混合机在 160℃ 下混炼 5min, 制备厚度 1.2mm 的片状物, 再将片状物破碎成 3mm 以下的碎片, 在 180 ~ 185℃ 下利用挤出机挤出成 1.2mm 的薄壁型材。

(4) 硬聚氯乙烯低发泡型材的挤出成型

1) 原材料与配方

①基本配方 (质量份)

PVC (SG-5、SG-7、SG-8)	100	发泡调节剂 (ZB-530)	适量
复合稳定剂 (5001A)	5	AC 发泡剂	适量

②加入填料的配方 (质量份)

PVC (SG-7)	100	AC 发泡剂	0.6
复合稳定剂 (5001A)	5	轻质碳酸钙	5 ~ 10
发泡调节剂 (ZB-530)	6		

2) 主要设备。生产 RPVC 结皮低发泡型材的挤出设备有两类: 一类是单螺杆挤出机, 另一类为双螺杆挤出机 (含平行双螺杆挤出机和锥形双螺杆挤出机)。表 4-42 为单螺杆挤出机与双螺杆挤出机加工差异对比。

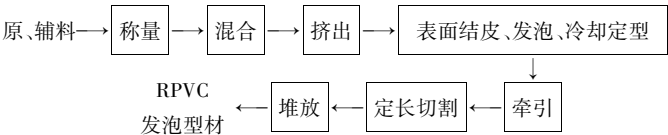
表 4-42 单螺杆挤出机与双螺杆挤出机加工差异对比

设备类型	螺杆结构	原料形状	工艺温度	工艺	产量	适应性
单螺杆	渐变型	粒料	高	难	低	一般
双螺杆	平行或锥形	粉料	低	简单	高	好

注: 为进一步提高 RPVC 低发泡型材的质量, 单螺杆挤出机和双螺杆挤出机的螺杆长径比均可选择较大一些, 单螺杆挤出机可选用长径比为 20 ~ 28、压缩比为 2 ~ 2.5 的螺杆, 且螺杆最好能进行控温, 双螺杆挤出机可选用长径比为 22 左右的螺杆。螺杆直径为 20mm; L/D 为 20, 口模直径为 3mm (带多孔板)。

3) 挤出成型工艺

①工艺流程如下:



- 注: 1. 混合包含热混和冷混两步。
2. 如采用单螺杆挤出机生产, 上述挤出部分包括两步: 一是挤出造粒, 二是挤出成型。
3. 材料挤出过程中经历的表层结皮、内层发泡、冷却定型实际为同时进行, 表层冷却结皮的同时, 内层也进行着发泡。

②工艺条件如下:

螺杆转速: 40r/min; 机筒温度: 一区 160℃, 二区 170℃, 三区 178℃, 口模 182℃。

挤出物料采用水冷却和自然冷却两种方式。

(5) 聚氯乙烯钢塑共挤结皮发泡型材

1) 原材料与配方表 4-43。

表 4-43 PVC 钢塑结皮微发泡异形材的基本配方

原 料	用量（质量份）	原 料	用量（质量份）
PVC	100	改性剂	10 ~ 15
稳定剂	3 ~ 5	填料	5 ~ 10
润滑剂	1 ~ 3	其他	1 ~ 2

2) 主要设备

①热、冷混合机组：200L/500L，张家港市三兴江帆机械厂。

②双螺杆挤出机：SJSZ-55，国产。

③钢塑共挤机头：国产。

④异形材铺机：山东正华塑料有限公司。

⑤钢衬加热器：国内配套。

⑥模具。钢塑复合异形材材料分布是否均匀，能否正常连续生产，机头模具起着决定性作用。在配方一定的条件下，须将模具分配器修整，使物料分布均匀，型材壁厚才能一致。另外，在模具加工时，一定要达到模具要求的表面粗糙度等级，以满足连续生产的要求。

3) 制备工艺

①生产工艺流程。PVC 钢塑共挤结皮发泡生产工艺流程见图 4-11。

②工艺参数。生产工艺参数是影响产品性能的重要因素，它主要根据物料的特点、生产环境、设备特点而定。确定工艺参数的原则是：混料工艺应能够将所有助剂与树脂混合均匀，并能排出部分低分子挥发物，挤出工

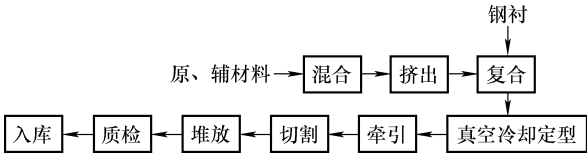


图 4-11 PVC 钢塑共挤结皮发泡生产工艺流程

艺应能够使物料塑化均匀、料流稳定。推荐工艺参数：混料温度为 105 ~ 110℃，挤出机身温度为 140 ~ 170℃，机头温度为 160 ~ 170℃。

主机温度及螺杆转速应严格控制，因 AC 发泡剂在铅盐稳定剂的活化作用下，在 155℃即开始分解，在发泡剂分解时物料应该成为较均匀的塑化态，且有足够的熔体强度及压力，这样才能使发泡剂分解释放出的气体充分、均匀地溶解于物料中。基于此点要求，主机前四区的温度应控制在 155℃以下，在此温度及前述配方条件下，物料塑化时间为 5 ~ 8min，挤出机的螺杆转速控制在 5 ~ 10r/min 时，可完全满足上述要求。

(6) 木塑复合材料型材 木塑复合材料是一种新型的绿色建材，它保持了塑料制品良好的耐水性及韧性，兼容了木材易于加工、无毒环保等特点，具有木材的天然质感、不易受霉菌或白蚁损害、热应力低、防潮、隔热、耐腐蚀、可钉、可刨、压缩强度

高、边角余料可回收等特性，在建材、包装、运输、装饰等领域得到了广泛应用。

以下利用经预处理的木粉和聚氯乙烯（PVC）型材颗粒料为原料，采用挤出成型工艺生产木塑型材，研究了木塑混合料的配比对其流动性、塑化性能、成型加工性能等的影响。制得的木塑型材是可再生循环使用的环保型新材料。

1) 原材料与配方 1[#]、2[#]和 3[#]配方为在标准配方（见表 4-44）中分别加入 40 份粒径为 380 μm 的木粉、50 份粒径为 96 μm 的木粉和粒径分别为 380 μm 、96 μm 的木粉各 25 份，按照工艺流程挤出木塑型材。3[#]配方为最佳配方，物料的塑化性能较好，挤出制品的成型情况最好。最佳配方为：100 份 PVC，3 份 3Pb，1.5 份 2Pb，0.6 份 PbSt，0.5 份 CaSt，0.2 份 HSt，0.1 份 Wax，8 份 PE-C，4 份 CaCO₃，2 份 ACR，8 份 DOP，各 25 份 96 μm 、380 μm 木粉。

表 4-44 木塑复合材料型材的标准配方（质量份）

原料	PVC	3Pb	2Pb	PbSt	CaSt	HSt	Wax	PE-C	CaCO ₃	ACR	DOP
用量	100	3	1.5	0.6	0.5	0.2	0.1	8	4	2	8

注：3Pb—三碱式硫酸铅；2Pb—二碱式亚磷酸铅；PbSt—硬脂酸铅；CaSt—硬脂酸钙；HSt—硬脂酸；Wax—石蜡。

2) 主要设备如下：

鼓风干燥箱：DHG-9203 型，上海一恒科技有限公司。

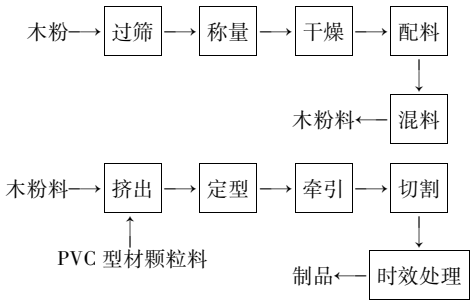
调整混合机：SHR-25A 型，张家港杰达机械有限公司。

锥形双螺杆挤出机：SJ-65 型，上海金纬机械制造有限公司。

模具：MJ00429、01597，连云港杰瑞模具技术有限公司。

3) 成型工艺

①工艺流程如下：



②木塑复合材料型材的加工工艺条件

a. 木粉预处理工艺。首先除去木粉中的硬杂质，然后在鼓风干燥箱中烘干除去水分，烘干温度为 110℃，时间为 3.5h。

b. 混料工艺。疏松的木粉颗粒影响 PVC 与其他助剂的混合塑化，从而影响型材制品的质量，所以先将 PVC 与其他助剂混合，然后再加入木粉进行混合，混料工艺参数如表 4-45 所示。

c. 挤出成型工艺。从料斗加入 PVC 颗粒料，从挤出机排气孔加入木粉料，进行混料，挤出成型工艺参数如表 4-46 所示。

表 4-45 木塑复合材料型材的混料工艺参数

配方编号	热混温度/℃	热混时间/min	冷却方式
1 [#]	110	13	自然冷却
2 [#]	110	13	自然冷却
3 [#]	110	13	自然冷却

注：每个配方平行试验两次。

表 4-46 木塑复合材料型材的挤出成型工艺参数

主机转速 /r·min ⁻¹		主机电流 /A		加料转速 /r·min ⁻¹		加料电流 /A		牵引速率 /m·min ⁻¹	
16.5		28.6		18.0		0.30		0.72	

真空 1/MPa		真空 2/MPa			真空 3/MPa			真空 4/MPa	
0.075		0.07			0.06			0.07	
区间	螺杆	机筒 1	机筒 2	机筒 3	机筒 4	合流芯	机头 1	机头 2	机头 3
温度/℃	90	182	180	182	176	170	192	192	186

4. 聚氯乙烯结皮发泡棒材

(1) 原材料与配方 见表 4-47。

表 4-47 PVC 结皮发泡棒材的基本配方

原 料	用量（质量份）	原 料	用量（质量份）
PVC SG-7	100	ACR	4 ~ 6
稳定剂	5 ~ 7	超细轻质碳酸钙	5 ~ 10
润滑剂	1 ~ 2	颜料	适量
AC 发泡剂	0.3 ~ 0.5		

(2) 生产设备 聚氯乙烯结皮发泡设备主要包括：高速捏合机、冷却搅拌机、单螺杆挤出机、冷却定型装置、牵引机、切割锯和收集架等。生产 PVC 结皮发泡棒材的主要设备参数见表 4-48。

表 4-48 生产 PVC 结皮发泡棒材的主要设备参数

设备名称及型号	参 数	设备名称及型号	参 数
PS-300K 高速热混机	容量 300L	冷却水槽	2 段，每段长度 3.5m
FS-600K 冷却搅拌机	容量 600L	自动切割锯	锯轴转速 3180r/min
FS-65SJ 单螺杆挤出机	长径比 27:1 压缩比 3:1	履带式牵引机	—
机头与定型装置	塞卢卡法模具 ($\phi 10 \sim 38\text{mm}$)	堆放架	长度 6m

PVC 结皮发泡棒材的挤出生产线如图 4-12 所示。

①挤出机。在生产过程中使用普通单螺杆挤出机和化学发泡剂的挤出成型中，存在着如图 4-13、图 4-14 所示的最佳加工条件。

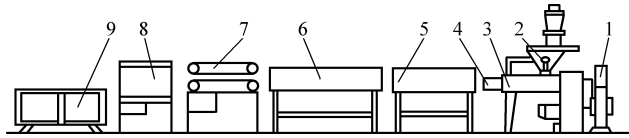


图 4-12 PVC 结皮发泡棒材的挤出生产线

1—螺杆温度调节装置 2—加料装置 3—挤出机 4—发泡
机头及定型装置 5—第一冷却槽 6—第二冷却槽
7—牵引装置 8—切断装置 9—收集装置

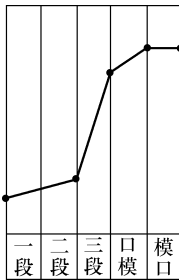


图 4-13 物料温度分布

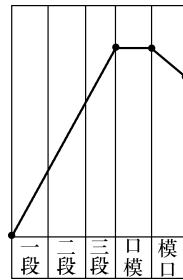


图 4-14 物料压力分布

图 4-13 表示沿挤出机轴向的物料温度分布最佳曲线，图 4-14 所示为沿挤出机轴向的物料所承受压力的最佳分布。其目的是保证熔体的挤出机和机头内的压力始终高于发泡压力，直到熔体离开机头口模进入发泡减压区为止。为克服气体发泡压力所需的熔体压力值一般为 $12 \sim 14 \text{ MPa}$ 。这一压力区间正好在普通单螺杆挤出机的操作压力范围以内，因此用普通单螺杆挤出机就能满足生产要求。但是生产结皮发泡棒材要求物料塑化均匀程度比生产不发泡棒材高，所以要求发泡单螺杆挤出机的螺杆长径比应大于 25，一般长径比在 $26 \sim 28$ 为宜，压缩比在 $2.5 \sim 3$ 的普通渐变型螺杆即可。生产 $\phi 15 \sim 35 \text{ mm}$ 的结皮发泡棒材可选择 $\phi 65 \text{ mm}$ 型挤出机。

②发泡模具及定型部分。发泡模具及定型部分是成型发泡塑料制品的关键部分，塑料在此部分完成发泡、成型，并形成各种不同要求的表皮。所以，这一部分决定了泡沫塑料制品的尺寸、形状及表面状态。所以在设计中，模腔与分流锥应保持一定的压缩比，一般应控制在 $5 \sim 10$ ，以保证物料在机头模具中不发泡，进入定型模具后发泡；定型模具直径与口模直径相同，并紧密连接，连接部分应尽量减少缝隙；芯模的直径直接影响棒材的发泡率，棒材截面积与环形面积之比应在 $4 \sim 8$ 之间；PVC 结皮发泡机头模腔内压力较高，因此应注意机头模具的强度和连接部分的设计，应有足够的刚性以承受发泡力；定型模具内部应很光滑，表面粗糙度值在 $0.8 \mu\text{m}$ 以下；冷却水路最好分为 $2 \sim 4$ 段，分别控制冷却温度；定型模长度与棒材直径之比为 $8 \sim 15$ 。

③冷却定型。冷却定型部分完成结皮发泡棒材制品的冷却和最后的定型，这一部分决定了发泡制品的最终性能及尺寸稳定性。由于结皮发泡棒材的传热性能较不发泡棒材更差，必须配备有足够冷却能力的冷却装置，可以使用具有 6 m 以上长度的冷却水槽。

(3) 生产工艺

①PVC 结皮发泡棒材的生产流程。配料→高速热混→冷混→挤出→发泡→冷却定型→牵引→定长切割→翻转堆料→检验→成品入库。

②工艺控制。生产 PVC 结皮发泡棒材的挤出成型工艺条件要比生产普通的 RPVC 型材的加工条件严格得多。结皮发泡制品挤出工艺的关键是使泡剂的分解、气泡核的形成、气泡核的膨胀和泡体的固化定型与 PVC 树脂的熔融塑化及成型过程相适应。

a. 挤出温度的控制。挤出温度的控制，可使 AC 以泡剂的分解速度得以控制。在送料段为防止过早分解的发泡剂气体从加料斗逃逸，应使用较低的温度；在压缩段和计量段为使发泡剂发气量在挤出过程内增加，并均匀地溶在 PVC 熔体内，应采用较高的温度。随挤出温度升高物料的粘度降低，使泡孔增大，发泡体的密度减小，尤其是温度在 170~190℃发泡率明显增加，制品密度显著降低，并且结皮层厚度减小。在口模处的温度控制应适当低些，以防止发泡过度，同时也可保持机头内的压力分布。生产 PVC 结皮发泡棒材挤出加工的温度控制为：

加热一区	140~150℃	加热四区	170~180℃；
加热二区	150~160℃	机头加热	170~160℃；
加热三区	160~170℃	口模温度	165~155℃。

b. 挤出压力的控制。生产 PVC 结皮发泡棒材时，机头内需要保持足够的压力，便于物料离开口模后发泡，随着挤出压力的增加，泡孔尺寸和发泡密度明显变小，泡孔数量增加，制品性能随之增加。螺杆转速与挤出压力成正比，螺杆转速的提高有利于挤出发泡，但挤出压力增加会造成挤出机载荷增大，电动机难以承受。同时机头模具以及连接部位的强度也必须加强。挤出压力对制品性能影响很大，挤出压力的控制关键在于控制挤出温度、螺杆转速和配方中润滑剂用量之间的关系。生产 PVC 结皮发泡棒材的挤出速度控制在 15~20r/min，型材牵引速度控制在 1~2m/min。

c. 熔体粘度的控制。生产 PVC 结皮发泡棒材时，熔体粘度既受到 PVC 树脂和助剂的规格品种、添加量的影响，又受到螺杆转速、挤出温度等工艺条件的影响。在发泡过程中，PVC 要在熔体中同时形成大量分布均匀的气泡核和过饱和气体，从而获得泡孔分布均匀、结构细密、质量轻的 PVC 发泡材料，适宜的粘度是必不可少的。一般熔体粘度大，气泡膨胀的速度下降，使发泡体密度较大，这样易在热处理二次加工中继续发泡，影响表面质量。因此在加工中，可考虑适当提高润滑剂的用量。

(4) PVC 结皮发泡棒材性能 PVC 结皮发泡棒材主要用于制造仿藤木家具，其性能指标如表 4-49 所示。

表 4-49 PVC 结皮发泡棒材主要性能指标

项 目	指 标	项 目	指 标
密度/g·cm ⁻³	0.6~0.8	简支梁冲击强度（整体）/kJ·m ⁻²	>18
弯曲试验	不得有裂纹或断裂	吃钉强度/N·mm ⁻¹	>180
加热后状态（120℃）	无气泡，麻点，裂纹	燃烧性（氧指数）	>40

结皮发泡棒材密度应控制在 $0.6 \sim 0.8 \text{g/cm}^3$ 。密度过小往往是因为发泡过度，结皮层过薄所致，在制造家具的加工中容易产生加热弯曲时塌陷，用螺钉固定时，吃钉强度低的问题，密度过大，棒材冲击强度较差，后加工时难以弯曲和拧入螺钉，热处理后状态 and 吃钉强度对棒材的后加工影响很大。

三、聚氯乙烯吹塑成型

1. 聚氯乙烯薄膜吹塑成型

因为压延成型的发展，挤出吹塑 PVC 薄膜已日渐减少，但还有一定数量 PVC 薄膜需要用挤出吹塑来成型。

(1) 软聚氯乙烯（SPVC）吹塑薄膜的吹塑成型

1) 原材料与配方。SPVC 挤出吹塑薄膜配方见表 4-50。配方分析：树脂选用中等粘度的 4 型树脂，为了使树脂有效地吸收增塑剂，故选用疏松型树脂。增塑剂一般为 30 ~ 40 份，最多不超过 45 份，农用考虑到在低温下使用，加入耐寒增塑剂 DOS；环氧树脂既有增塑作用，也具有热稳定作用。稳定体系都从透明好这一角度出发，都采用透明性的稳定剂。加入少量的润滑剂可防止薄膜的“粘连”。配方中第 11 号组分是表面活性剂，可防止薄膜产生滴露，有利于秧苗的生长。

表 4-50 SPVC 挤出吹塑薄膜配方（质量份）

原 料	民用-1	民用-2	农用-1	农用-2	农用-3
PVC（SG-4）	100	100	100	100	100
DBP	19	18	11	6.0	6.0
DOP	12	15	18	26	25
DOS			7.0	4.0	5.0
环氧树脂	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0
硬脂酸钡	1.7	1.7	1.7	1.5	1.6
硬脂酸铅	1.0	1.0			
硬脂酸镉	0.5	0.6			
月桂酸二丁基锡			1.2	1.3	1.2
亚磷酸三苯酯	0.8	0.7	0.6	1.0	0.5
硬脂酸单甘油酯			0.5	1.0	1.0
石蜡	0.3	0.4			
CaCO ₃	0.5	0.3			
滑石粉			1.0	1.0	1.0
硬脂酸	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
着色浆	1.0	0.5			

注：民用-1 和民用-2 均为普通包装用薄膜；农用-1、农用-2 和农用-3 均为地面覆盖膜、无毒配方。

SPVC 薄膜有农用膜、包装膜、贴纸膜等，其具有透明度好、柔软、强度好、易印刷、易焊接等优点。

2) 主要设备

①三辊研磨机：辊筒直径 $\phi 400\text{mm}$ ，通水冷却。

②高速捏合机：容积 200L。

③挤出造粒机：螺杆直径 65mm，长径比 10:1，螺杆形式为等距不等深的渐变型螺杆。

④挤出吹膜机组：挤出机螺杆直径 $\phi 65\text{mm}$ ，长径比 20:1，普通等距不等深渐变型螺杆。

⑤机头：吹塑聚氯乙烯薄膜多采用普通的芯棒式机头，此种机头有“偏中”现象，易造成薄膜的厚薄不均，但装卸方便，适用于 PVC 吹膜。

3) 吹塑成型工艺

①生产工艺流程。生产工艺流程见图 4-15。聚氯乙烯吹塑薄膜工艺流程有两种，一种是采用粉料直接挤出吹塑成型，此法使用的挤出机长径比大，塑化良好；另一种方法是使用普通挤出膜机组，用粒料吹膜，虽增加了造粒工序，但挤出机结构较简单，国内大多数厂家采用此方法。

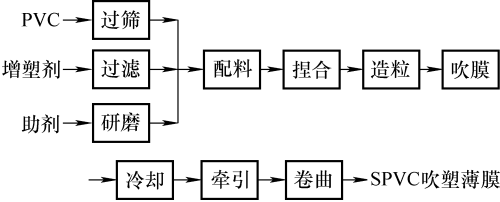


图 4-15 SPVC 吹塑薄膜生产流程

②生产工艺

a. 配料。为了除去物料中的杂质，PVC 树脂需通过 40 目筛网，增塑剂通过 100 目铜丝网，其他助剂用增塑剂稀释，以三辊研磨机研磨，其细度达到 $80\mu\text{m}$ 以下。然后按配方计量放入捏合机中，捏合温度 $100 \sim 120^{\circ}\text{C}$ ，待物料松散有弹性即可出料。捏合好的物料投入挤出造粒机造粒，造粒的温度不宜过高，一般控制在 $150 \sim 170^{\circ}\text{C}$ ，挤出机的颗粒应整齐，塑化良好且不粘连。

b. 挤出吹膜。为保证吹膜的质量，最好使用热颗粒，一方面薄膜塑化良好，另一方面也可降低吹膜的能耗。为减少因“糊车”而拆机头的次数，机头温度应低于机身温度。具体工艺条件如下：挤出机的后段温度 $150 \sim 160^{\circ}\text{C}$ ，中段温度 $170 \sim 180^{\circ}\text{C}$ ，前段温度 $170 \sim 180^{\circ}\text{C}$ ，机头温度 170°C 左右。吹胀比通常为 $1.5 \sim 2.5$ 。吹膜应冷却良好，否则薄膜发粘。

(2) 硬聚氯乙烯透明包装薄膜的吹塑成型 硬质 PVC 透明包装膜透明性高，坚挺、扭结稳定、强度高、韧性好，抗冲击和抗撕裂性能好，气密性优异，无毒、无臭、无味，可保鲜保香。鉴于上述特点此膜主要用途是作糖果扭结包装、香烟及其他食品的外包装等，外观可与传统的纤维素玻璃纸（赛璐玢）相媲美，因此俗称 PVC 玻璃纸，但价格低于纤维素玻璃纸。

1) 选材。硬质聚氯乙烯透明包装膜是一种不加增塑剂的硬质 PVC 产品，因此选用 SG6 这样的高型号的 PVC 树脂，以便于加工。用于食品包装，还应选用卫生级 PVC，其树脂中氯乙烯单体残留量应小于 5mg/kg 。典型配方如表 4-51。

当用于香烟包装时，为改善 PVC 玻璃纸的热封合性能，表面需涂覆一层低温热封合材料，其主要成分是氯乙烯和醋酸乙烯共聚树脂。

表 4-51 PVC 玻璃纸包装膜配方

物料名称	配比（质量份）	物料名称	配比（质量份）
PVC	100	滑爽剂	0.5 ~ 1.0
MBS	5 ~ 10	润滑剂	3 ~ 4
加工改性剂	1 ~ 3	着色剂	适量
稳定剂	2 ~ 4		

2) 吹塑成型工艺

①生产工艺流程。硬质 PVC 包装膜的工艺流程见图 4-16 所示。本工艺流程采用粉料直接挤出吹塑成型，制成玻璃纸基膜后，亦可直接作为制品，而不经抗静电，热封涂覆处理。

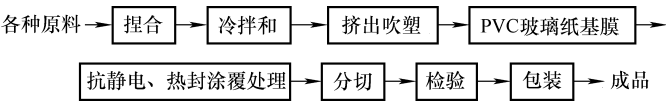


图 4-16 硬质 PVC 包装膜的生产工艺流程

②生产工艺。硬质 PVC 透明包装膜一般采用挤出上吹成型工艺，主要工艺条件介绍如下：

- a. 配料捏合。将 PVC 树脂及其他助剂按配方准确称量后，放入高速捏合机，捏合时间 5 ~ 8min，温度 102℃ 左右，物料捏合好后放入冷却器进行冷却，待物料温度降到 40 ~ 50℃ 以下即可放入储料罐备用。
- b. 挤出吹膜。使用粉料直接吹塑成型，方法与普通吹膜相似。挤出温度：机身 160 ~ 180℃，机颈 180 ~ 190℃，机头 190 ~ 210℃，薄膜的吹胀比为 2 ~ 3，牵引速度为 10 ~ 30m/min。
- c. 旋转卷取。为了使膜卷表面平整，将薄膜的厚度不均变成平均分布，故在薄膜剖开后采用旋转卷取。

(3) 聚氯乙烯保鲜膜的吹塑成型 自粘膜具备特有的自粘性。所谓自粘性，是指在室温下，除薄膜自身能互相粘附外，还能对其他一些材料如玻璃、搪瓷、陶瓷、某些金属等具有一定粘附性。PVC 自粘膜柔软、自粘性好、透明度高，具有适量的透气（O₂、CO₂）和透湿性，防雾，防尘，手感舒适，延伸适度，回弹性好，价格适中，用途广泛，除用于蔬菜、水果、鱼、肉、面包等食品的保鲜包装，小托盘食品包装，民航、宾馆、饭店配餐和家用电冰箱储存食品外，还可用于非食品包装，如电线外包装，托盘运输缠绕包装，化学分析和生物试验中的试剂瓶口、试管口的封盖等。

1) 选材与配方设计。根据 PVC 自粘膜性能，拟定下述配方设计原则：

- ①PVC 自粘膜主要用于食品包装，因而，其卫生性是必保的。选择的树脂和助剂均有卫生防疫部门卫生性的检测确认证书。
- ②PVC 自粘膜仅 10 ~ 12μm 厚，在原料选择和配方设计上，要特别注意保证其成膜性优异。
- ③该膜透明度指标要求高，在树脂和稳定剂的选择上，应着重考虑。

④该膜要求具有防雾性、防尘性，因此，配方中必须加入防雾剂。

根据上述原则，从做过的配方中筛选出薄膜性能和加工性能较好的配方（质量份）如下：

PVC 树脂	100	辅助稳定剂	0.3 ~ 1.5
增塑剂	30 ~ 50	防雾剂	1 ~ 4
主稳定剂	2 ~ 5	润滑剂	0.1 ~ 1

2) 主要设备

①GH10 型高速搅拌机一台，转速 1000r/min。

②SJ45D1 型挤出吹膜机组一台， L/D 为 25/1，驱动电动机功率为 7.5kW，压缩比为 3，机身为 3 段加热。

③收卷机两台，收卷机速度为 5 ~ 75m/min。

④二次分卷机一台，双工位表面卷取，收卷速度为 5 ~ 75m/min。

⑤ $\phi 200\text{mm}$ 风环一个。

⑥ $\phi 60\text{mm}$ 机头一个，口模间隙 0.4 ~ 1mm。

⑦切边刀两把。

3) 制备工艺

①工艺流程。挤出吹塑生产 PVC 自粘保鲜膜，可以用粉料直吹工艺，也可以用粒料吹膜工艺。两种工艺生产的薄膜性能外观均无甚差异，而粉料直吹，可以省去造粒工序，且能免去增塑剂在造粒过程中的损失，可降低成本。因此采用了粉料直吹工艺，PVC 自粘膜生产工艺流程如图 4-17 所示。

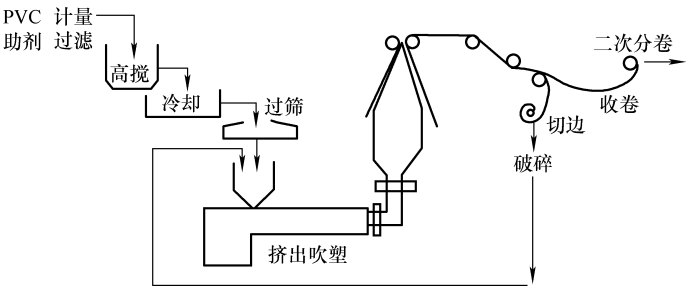


图 4-17 PVC 自粘膜生产工艺流程

②主要工艺参数：

捏合温度：90 ~ 120℃；

捏合时间：20 ~ 30min；

吹膜温度：一段 80 ~ 110℃，二段 160 ~ 180℃，三段 130 ~ 190℃，四段 140 ~ 160℃，五段 170 ~ 190℃，六段 190 ~ 210℃；

螺杆转速：40 ~ 75r/min；

牵引速度：30 ~ 50m/min；

吹胀比：2 ~ 4；
二次分卷速度：5 ~ 20m/min。

③口模温度与成膜性的关系。由于 PVC 自粘膜很薄，故除了从原料、配方上保证成膜性以外，口模温度也直接影响成膜性，这一点比一般吹塑 PVC 膜更显得突出。这是因为配方中加入防雾剂，而防雾剂和 PVC 的相容性不太好。适当提高温度，有利于改善相容性，从而提高成膜性。表 4-52 为口模温度和成膜性的关系。

表 4-52 口模温度与成膜性的关系

口模温度/℃	成 膜 性
150	成膜性很差，薄膜几乎引不上牵引机
160	成膜性差，薄膜能引上牵引机，但容易断
170 ~ 180	薄膜上有细小的结晶点，成膜厚度 30 ~ 40μm
190 ~ 210	成膜性好，成膜厚度为 10 ~ 15μm

④螺杆转速与成膜性的关系。螺杆转速（*n*）也影响成膜性。适当提高转速，剪切速率增大，有利于改善防雾剂与 PVC 树脂的相容性，成膜性好。表 4-53 为相同加工温度下螺杆转速和成膜性的关系。

表 4-53 相同加工温度下螺杆转速和成膜性的关系

<i>n</i> /r · min ⁻¹	成 膜 性
40	成膜性不好，膜上有小结晶点，膜易断
50	成膜性较差，膜上有小结晶点
60 ~ 70	成膜性很好，成膜厚度为 10 ~ 15μm

⑤薄膜的分卷。自粘膜的收卷有专用收卷机，能在吹膜后立即分卷成单片窄卷。也可采用两步法卷取，即先牵引后切边，卷成片状双层卷再将双层卷在分卷机上，卷为单层片状卷。

2. 聚氯乙烯瓶的吹塑成型

(1) 硬聚氯乙烯瓶的挤出吹塑成型

1) 硬聚氯乙烯透明瓶用原料。聚氯乙烯（PVC）是最早用来制造塑料容器的材料之一。它可配置成软聚氯乙烯透明料、软聚氯乙烯不透明料、硬聚氯乙烯透明料，再根据市场需求，制成包装容器、工业制件等塑料容器。以前，成型加工的热稳定性、透明度、毒性等一直影响着聚氯乙烯塑料容器的发展，20 世纪 80 年代以来，上述问题有了好的解决方法，聚氯乙烯塑料容器，特别是硬聚氯乙烯透明瓶，已引起了人们的极大兴趣，聚氯乙烯瓶的产量逐年上升，市场份额越来越大。聚氯乙烯可用于挤出吹塑、注射吹塑、拉伸吹塑、共挤出吹塑等成型方法，制作各种透明瓶。由于聚氯乙烯是热敏性塑料，其成型设备、机头需进行专门设计；对于接触食品、医药品的聚氯乙烯瓶，应慎重选择树脂及添加剂，并使最终制品符合 GB 9681—1988 食品包装用聚氯乙烯成型品卫生标准的要求。

2) 配方

①原辅材料的选用

a. PVC 树脂。一般选用悬浮法疏松型树脂，也可使用本体法树脂；树脂 K 值为 57 ~ 65、密度为 $1.31 \sim 1.39\text{g/cm}^3$ ；用于食品或饮料包装时，PVC 树脂中的氯乙烯单体含量应小于 5mg/kg 。

b. 稳定剂。稳定效果高、透明性好、低毒或无毒的有机锡、复合型稳定剂。比如，二正辛基锡复合稳定剂、环氧大豆油等；非食品或某些食品的包装瓶，也可用甲基锡；环氧大豆油兼具增塑剂、稳定剂作用。

c. 润滑剂。硬脂酸、脂肪酸酰胺、脂肪酸酯类。高分子蜡等内、外润滑剂。

d. 增塑剂。不用或少量使用，要求增塑效率高、透明度好、低毒或无毒，如邻苯二甲酸二辛酯、环氧大豆油等。

e. 抗冲击改性剂。MBS 类改性剂。

f. 加工改性剂。丙烯酸酯类改性剂，如 ACR。

g. 着色剂。本色 PVC 瓶，略带淡黄色，为修正瓶的颜色和改善透明度，可加入微量酞菁蓝等透明着色剂；群青颜料受酸性物质影响，易变色，不宜使用。由于着色剂的使用量极少，实际操作时，可先将着色剂与增塑剂配成溶液，或将着色剂与少量树脂、稳定剂、润滑剂配成混合色粉，再用于树脂的混合。

②硬 PVC 透明瓶的典型配方

1[#]配方

组成	质量份	组成	质量份
PVC	100	Ca-Zn	1.0
双二正辛基锡	2.0	硬脂酸钙	0.5
MBS	4.0	E 蜡	0.3
ACR	2.0	紫颜料	微量

2[#]配方

组成	质量份	组成	质量份
PVC XS-7	100	硬脂酸钡	0.5
京锡 8831 ^①	1.5	硬脂酸铬	0.5
DOP	4.0	硬脂酸	0.5
B-12 ^②	8.0	蓝颜料	微量
PA20 ^③	0.5		

注：①京锡 8831 为北京化工三厂产双二正辛基锡。

②B-12 为日本钟渊化学工业株式会社产 B 系列 MBS。

③PA20 为日本钟渊化学工业株式会社产，丙烯酸酯类加工改性剂。

3) 成型设备

①混料机。混料机用于 PVC 树脂与添加剂的捏合、混合，制取用于吹塑成型的 PVC 干混料。常用的混料机有高速混合机、热冷式混合机。高速混合机（见图 4-18）由混合锅、搅拌叶轮、折流板、机盖、排料口、传动及控制装置组成。适用于热敏性塑

料及不宜经受长时间热混合物料的混合。混合机在高速运转时，可产生如下作用：

a. 高速旋转的叶轮与物料的摩擦力，以及锅壁对物料的反推力，使物料沿叶轮作切向运动。

b. 物料沿叶轮高速旋转所产生的离心力。

c. 折流挡板无规则运动的物料，形成涡流。

上述作用使锅内物料进行交叉混合，同时，快速运动的物流，因摩擦而使料温升高，完成物料的混合。

热冷式混合机（见图 4-19），由高速混合机、平台、冷混机组合而成。冷混机多为大容量、高冷却效率的螺旋搅拌机，其混合强度较低，但可使热混合物料快速冷却。经热冷式混合机混合物料，其排料温度可降低到储存温度（40 ~ 60℃）。

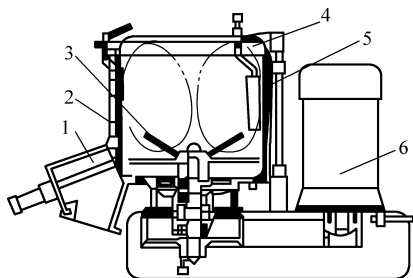


图 4-18 高速混合机

1—排料口 2—混合钢 3—搅拌叶轮
4—机盖 5—折流板 6—传动装置

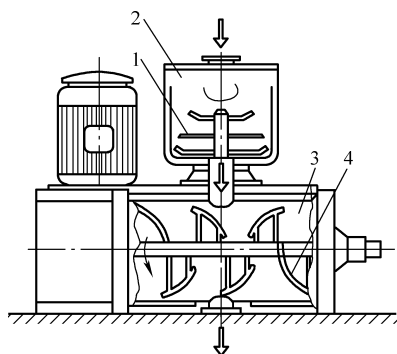


图 4-19 热冷式混合机

1—叶轮 2—热混机
3—冷混机 4—搅拌桨

②挤出造粒机。经混合的硬 PVC 干混料，可直接用于成型加工，有时需制作颗粒状后使用。PVC 干混料的挤出造粒，主要有拉条冷切粒和冷风热切粒两种。拉条冷切粒包括单螺杆挤出机、冷却水槽、切粒机（见图 4-20）等。若造粒时的环境温度不高，也可不采用冷却水槽，料条经空气冷却后，切成粒料，该切粒生产线的设备简单，售价低。

冷风热切粒包括挤出机、切粒机（见图 4-21）、冷风装置等。挤出机可用单螺杆挤出机或双螺杆挤出机；双螺杆挤出机应选用混炼效果较好的啮合平行异向旋转双螺杆挤出机或啮合平行异向旋转双螺杆挤出机。双螺杆挤出机比单螺杆挤出机有更好的混炼效果和高产量（螺杆的转速可达 200 ~ 300r/min）。但是，双螺杆挤出机售价高，较适用于大批量的粉状树脂造粒使用。冷风热切粒的旋转切刀，紧贴机头口模，安装在切粒罩内，切粒罩内鼓入冷风；为防止热切粒时粒料粘接在机头处，冷风机应有足够风力，并及时将热粒料输送到冷却储槽，粒料应冷却到室温后方能包装；为防止机头口模处的多孔模板被冷风冷却，应在模头处安装隔热装置。

硬 PVC 干混合料的造粒方法，还有干热切粒、双辊机混炼-平板切粒等。

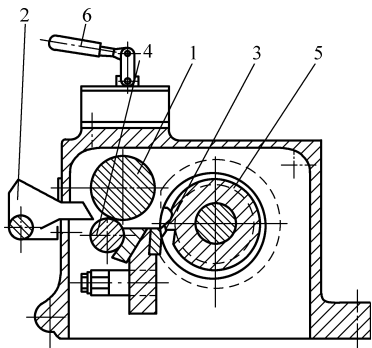


图 4-20 拉条冷切粒机

1—进料上压辊 2—料条进口 3—固定刀片座 4—进料下托辊 5—旋转风刀 6—料辊压紧装置

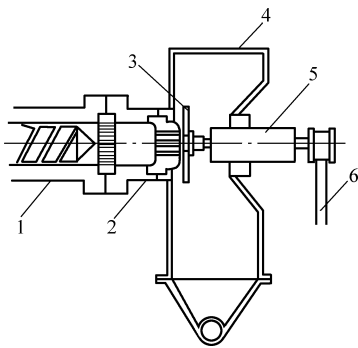


图 4-21 冷风热切粒机

1—挤出机 2—口模 3—选装刀片 4—罩壳 5—切刀座 6—传动带

挤出吹塑瓶的边角回料较多，为降低物料损耗，应考虑将瓶的夹坯余料、边角及废品破碎后使用。破碎的边角回料，可直接用于成型加工，也可经挤出造粒后使用。经破碎的边角回料，一般用于不透明或半透明硬 PVC 瓶的成型。

③挤出吹塑机。硬 PVC 透明瓶，一般采用未增塑或仅含少量增塑剂的 PVC 干混料或粒粒成型，为使瓶的成型有较好的透明度、长期稳定的加工性，应使用专用的挤出吹塑成型机，并满足如下要求：能使物料在较低的加热温度下混炼成均匀的熔体；从物料的挤出到型坯形成的整个过程中，应能使熔体流动畅通无死角；熔体在机内停留时间应越短越好；挤出机的主要零部件、机头、模具等，应选用耐腐蚀材料制作；挤出机对物料的剪切作用均匀，强烈剪切作用的时间要短，挤出机、机头应能快速地升温或降温；挤出机、机头模具型腔等与熔体接触的表面，应加工光滑，防止熔体粘附；模具型腔同时具有良好的排气性能。

硬 PVC 透明瓶成型，一般选用单螺杆挤出机，其主要技术参数如下：螺杆形式为等距不等深渐变尖头螺杆；螺杆长径比 (L/D) 为 $(20 \sim 25):1$ ；螺杆压缩比为 $(1.8 \sim 2.5):1$ 。

挤出机螺杆的直径，一般选用 $\phi 45 \sim \phi 60\text{mm}$ ，大直径的挤出机加工硬 PVC 瓶，成型稳定性差，物料易降解。

型坯成型机头，一般采用中心进料直角机头（见图 4-22）。为提高产量，降低瓶的生产成本，常使用双型坯或多型坯直角机头。不过，型坯头数越多，型坯壁厚均匀性越难控制。

PVC 瓶的模具，最好选用铜钨合金和不锈钢制造。模具型腔不仅要经抛光，具有镜面光洁度，同时亦要有良好的排气性能。为防止氯化氢对模具的腐蚀，平时应注意对模具的维护保养。

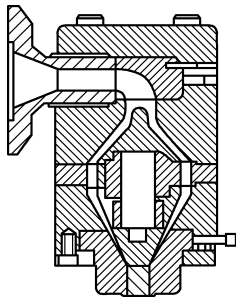
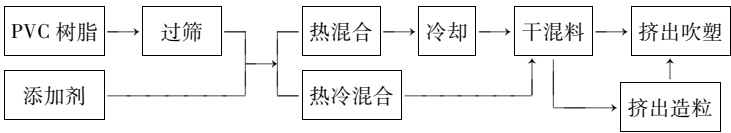


图 4-22 硬 PVC 用中心进料鱼雷状直角机头

④空气压缩机。空气压缩机能提供 0.2 ~ 1.0MPa 的压缩空气。

4) 硬聚氯乙烯透明瓶的成型工艺

①工艺流程如下：



硬 PVC 透明瓶，可根据企业运作情况，选用干混料或粒料成型的工艺路线。干混料直接成型，可降低瓶的生产成本；用颗粒料成型，有利于提高瓶的透明度；如果从市场上购置颗粒料，则可省去原料准备的设备投资。

②成型的工艺条件

a. PVC 干混料的混合。热混合温度：80 ~ 90℃；混合剂蒸气压力：0.2MPa；出料温度：110 ~ 120℃；冷搅拌出料温度：40 ~ 60℃。采用热冷式混合机作用时，冷搅拌机叶轮速度为热混机叶轮速度的 0.2 ~ 0.25 倍。

b. PVC 干混料挤出吹塑成型。挤出机加热温度：1 段为 150 ~ 160℃，2 段为 160 ~ 175℃，3 段为 175 ~ 185℃，接头为 155 ~ 165℃，机头为 175 ~ 185℃；模具温度为 20 ~ 40℃；吹气压力为 0.2 ~ 0.5MPa；成型周期时间为 25 ~ 30s（其中吹气时间 14 ~ 16s，放气及冷却时间 5 ~ 10s）。

③影响因素分析

a. 聚氯乙烯瓶料的挤出温度。聚氯乙烯型坯温度影响着瓶子的外观质量、纵向壁厚均匀性和生产效率。型坯的温度应该均匀，要适当地偏低以提高熔料强度，也减小了因自重而引起的垂伸，缩短了瓶子的冷却时间。通常控制的原则是：在挤出机不超负荷的前提下，控制稍低而稳定的温度，提高螺杆转速，可以生产出表面光滑、均匀、不易下垂的型坯。聚氯乙烯挤出温度控制范围如表 4-54 所示。

表 4-54 聚氯乙烯挤出温度控制范围 (单位:℃)

型坯材料	机身 1	机身 2	机身 3	机颈	机头
RPVC	160 ~ 170	170 ~ 180	180 ~ 185	155 ~ 160	185 ~ 190
SPVC	145 ~ 150	170 ~ 180	160 ~ 170	150 ~ 166	180 ~ 185

型坯的成型是聚氯乙烯吹塑瓶的基础，要吹制透明瓶，必须制成一个透明的型坯。对于一定壁厚的型坯，聚氯乙烯熔料温度高达 180 ~ 200℃。挤出 200℃ 的型坯，要在短时间内使其在模具内定型，必须采用急剧冷却的方法，模具温度为 10 ~ 30℃。据资料介绍，型坯壁厚 1 ~ 1.5mm 时，大约需要 3.5 ~ 5s 的冷却时间。

b. 拉伸温度。聚氯乙烯拉伸瓶的拉伸温度是最重要的控制因素之一。聚氯乙烯是无定型材料，其分子结构呈无规线团状排列。适合拉伸的温度范围是在玻璃化温度以上，粘流温度以下的热弹性状态区域，即 80 ~ 100℃。这是因为聚氯乙烯分子在高于玻璃化温度时，大分子才具有足够的活动，在拉应力的作用下，分子彼此间可以发生移

动，分子才能够从无规线团中被拉开、拉直、达到定向排列。根据聚氯乙烯型坯拉伸的这些特性，应该先在预成型模具内预成型，然后转入另一个模具内，其温度调整到拉伸温度（80~100℃），再进行拉伸吹胀。当聚氯乙烯型坯经拉伸，分子链排直变形相当大时，瓶子在模具内进行骤冷，就可以获得分子链较大的取向。拉伸温度越低，瓶的抗冲击性和透明度越好。但是，在实际生产中，拉伸温度通常选择在 94℃ 左右。拉伸温度过低，拉伸力需要增加很多，不仅瓶的质量受到一定程度的影响，而且机械设备的要求也较高。

c. 拉伸比与拉伸速度。从聚氯乙烯瓶成型技术来看，纵横两向拉伸倍率也是重要参数之一。拉伸倍率越大，瓶的冲击强度越大，如图 4-23 所示，瓶的透明度也越好。那就是被拉伸的大分子呈有序排列，拉伸应力由主链的主价键承受，大分子链间距离减小，链的敛集作用增加，这些都会导致双向强度的增加。因此，在满足各方面工艺条件的情况下，应该尽可能地将拉伸倍率选得大一些，通常选择在 1.6~1.82 之间。

从图 4-23 中所知，在同一温度条件下，达到相同应力时，PVC 的拉伸倍率小于 PET，即 PVC 比 PET 有更低的拉伸倍率。其主要原因为 PVC 是无定形（非结晶）的而 PET 是结晶性的。结晶性高，拉伸时产生了一定程度的定向和结晶化分子链，使吹塑受到限制而拉伸却得到加强。

对于型坯的拉伸要有足够的速度。要防止拉伸过程中出现定向还原现象，防止型坯冷却到玻璃化温度以下。由表 4-55 可以看出，无论哪种配方，当型坯直径、吹气压力相同时，经过拉伸的瓶其拉伸强度都比未拉伸的高。

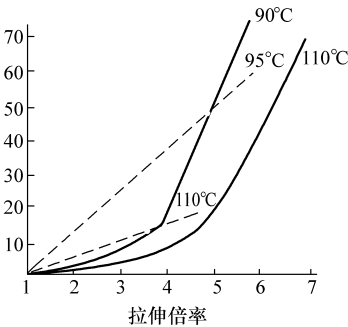


图 4-23 在拉伸温度下应力—拉伸倍率的关系
—PET ----PVC

表 4-55 挤吹和挤拉吹瓶的拉伸强度比较

成型方法	挤 吹		挤 拉 吹	
拉伸方向	纵 向	横 向	纵 向	横 向
拉伸强度/MPa	53.0	51.2	63.2	60.2

d. 瓶壁厚要求。聚氯乙烯双向拉伸取向瓶子各个部位的取向状态是不一致的。在瓶子的肩部和底部等部位取向较低，而瓶体部分的取向就较高。经过适当拉伸的聚氯乙烯瓶壁厚度与密度的关系如图 4-24 所示。瓶内所装碳酸饮料最重要的 CO₂ 的损失在很大程度上依赖于瓶子的壁厚和取向程度。CO₂ 的全损失与 CO₂ 透过瓶壁的和瓶壁所吸收的量有关，而主要与透过量有关。吸收会达到一定的饱和度，达到饱和度后，就不会再变化了。瓶壁越厚，CO₂ 就越能被阻隔，逸散到瓶壁外部的 CO₂ 就越少。实际中，用于灌装填充 CO₂ 饮料的 PVC 瓶子，要满足直立负荷力及本身热稳定性的要求，通常其壁厚控制在 0.35~0.5mm。经过适当拉伸的聚氯乙烯瓶壁厚度与面取向度的关系如图 4-25 所示。

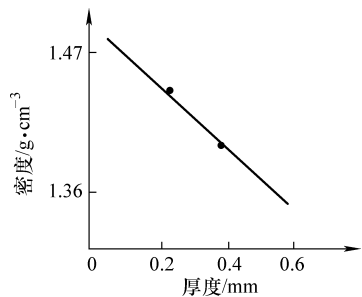


图 4-24 瓶壁厚度与密度的关系

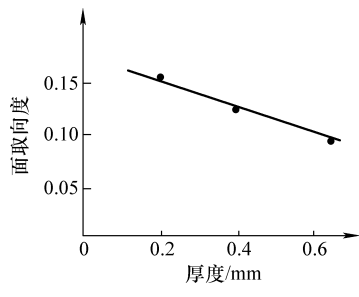


图 4-25 瓶壁厚度与面取向度的关系

由前所知，经过适当拉伸取向的聚氯乙烯瓶子，壁厚越薄，密度及面取向度就越高。为了要满足瓶子 CO₂ 损失降低到最小限度，应该考虑到尽可能将瓶子设计成表面积较小的形状，通常瓶高度与直径比较接近时，容积最大，表面积最小；在拉伸吹胀过程中，尽量使瓶子的肩部、底部充分地取向；要严格控制瓶子的质量，不能够超越一定的限度。

e. 吹胀空气的要求。聚氯乙烯拉伸吹塑所需吹气压力为 0.4 ~ 0.6MPa。压缩空气必须除去水分和油分。因为压缩空气吹入瓶内并绝热膨胀时，空气中的水分就会产生水蒸气，这些水蒸气就会附在瓶的内壁上。由此在瓶内壁表面上出现麻面状，影响表面光泽失去透明度。

(2) 聚氯乙烯瓶的拉伸吹塑成型 为了降低聚氯乙烯瓶的成本和改善其性能，采用拉伸吹塑方法制造。这种方法不仅可以使瓶子的质量减少 20% ~ 30%，还可以改善产品以下性能：提高制品的透明度和降低表面粗糙度；提高制品的耐冲击性能和耐压力破裂性；提高制品的阻隔气体与水蒸气的渗透性；提高耐化学腐蚀性；对被包装品的味道、香味影响较小。

拉伸吹塑制品的体积收缩率较大，特别是当加入抗冲击改性剂时更为明显，拉伸吹塑 PVC 瓶的体积收缩率见表 4-56。

表 4-56 拉伸吹塑 PVC 瓶的体积收缩率^①

瓶子类型		收缩率 (%)	瓶子类型		收缩率 (%)
冲击改性	高取向	4.2	无冲击改性	高取向	1.9
	中取向	2.4		中取向	1.2
	低取向	1.6		低取向	0.9

① 27℃下贮存 7 天。

拉伸吹塑瓶可用于包装食品、果汁及因化学腐蚀而不能用非拉伸吹塑 PVC 瓶包装的食品（如松木油）；0.5 ~ 1.5L 拉伸吹塑瓶可包装 CO₂ 含量适中（≤5.5g/L）的碳酸饮料，容积 < 0.5L 的拉伸吹塑瓶可包装 CO₂ 含量高达 8g/L 的饮料，CO₂ 含量更高的饮料要采用 PET 瓶来包装；矿泉水一般不要求用拉伸吹塑 PVC 瓶来包装；拉伸吹塑可成型广口 PVC 瓶。

1) 原料。挤出拉伸和注射拉伸吹塑级聚氯乙烯 (PVC) 一般用悬浮法聚合而成, K 值为 57 ~ 60, 并加入锡类或 Ca/Zn 稳定剂等添加剂。

2) 设备及模具。预吹塑模具采用铜铍合金或不锈钢制造, 分九段控制预吹胀型坯的温度。拉伸吹塑模具可采用铝或铜铍合金制造, 分三段冷却, 其中颈部与底部的冷却量要大些。

3) 拉伸吹塑成型工艺

①工艺流程。拉伸吹塑 PVC 瓶可采用挤出拉伸和注射拉伸吹塑来成型, 它们又分为一步法和两步法这两种方式, 其工艺流程如下:

a. 一步法注射拉伸吹塑工艺流程: 粉状或粒状 PVC → 注射成型 → 型坯 → 调整温度 → 拉伸吹塑 → 制品。

b. 两步法注射拉伸吹塑工艺流程: 粉状或粒状 PVC → 注射成型 → 型坯 → 冷却 → 再加热 → 拉伸吹塑 → 制品。

c. 一步法挤出拉伸吹塑工艺流程: 粉状或粒状 PVC → 挤出成型 → 型坯 → 调整温度 → 拉伸吹塑 → 制品。

d. 两步法挤出拉伸吹塑工艺流程: 粉状或粒状 PVC → 挤出成型 → 管 → 加热 → 加工瓶口 → 封底 → 型坯 → 再加热 → 拉伸吹塑 → 制品。

②工艺条件。采用挤拉吹成型法生产 PVC 瓶的工艺参数 (仅供参考) 如下:

a. 挤出机。螺杆直径为 45mm; 螺杆转速为 20r/min; 机筒温度 I 区为 135 ~ 142℃, II 区为 160 ~ 168℃, III 区为 174 ~ 180℃, 机头为 180 ~ 190℃。

b. 型坯温度控制。瓶口温度为 93℃; 瓶身温度为 96℃; 瓶底温度为 94℃。

c. 拉伸。拉伸比 1.6:1 或 1.8:1; 拉伸速率为 10cm/s; 拉伸压力 (油压) 为 15MPa。

d. 吹塑。气压为 5.5×10^5 Pa。

e. 冷却水温。进口为 10℃; 出口为 15℃。

③聚氯乙烯瓶挤拉吹成型注意事项

a. 在挤拉吹工作过程中, 除了挤出拉伸吹塑设备之外, 还必须注意辅助设备的安全性。空气压缩机和水冷却装置等辅助设备出现故障都会影响瓶子的质量。为了保证吹塑成型机能以最佳的工作状态运转, 必须经常保养这些辅助设备。

b. 在工作结束或者电源中断时, 为了安全及保护电气设备, 须将电源关断。

c. 机筒外罩是用来防止热量散失和电击等, 绝不可以将任何东西放在加热机筒上, 避免重压, 否则会使其损坏。

d. 要经常检查吹塑空气的质量, 严禁带入水分和油污, 否则热膨胀时容易产生蒸汽, 附在瓶子内壁形成麻点、麻面, 使瓶子失去透明, 影响瓶子的外观质量和卫生性能。

e. 在聚氯乙烯拉伸瓶生产中, 因某些原因会出现一些废瓶子, 应该立即找出原因和解决的办法, 减少废瓶率。

④聚氯乙烯瓶挤拉吹成型易出现的问题及解决方法

a. 型坯严重下垂。降低机头和口模温度; 提高挤出速度; 加快闭模速度; 对原料

进行干燥，选用合适熔料流动速率的原料。

b. 型坯弯曲。检查机头流道，调整口模与芯模之间的间隙，检查、调整机头温度，使其温度均匀一致；降低挤出速度。

c. 型坯卷边（向内卷或向外卷）。降低口模温度；降低芯模温度。

d. 型坯表面不光滑和凹凸不平。调整机头温度使之适中；提高机筒温度，降低螺杆转速使物料塑化好；消除口模中的杂质。

e. 型坯吹胀时破裂。降低吹胀比；调整口模间隙，使之均匀；提高挤出速度；清洗机头；加快吹塑速度；更换原料。

f. 瓶子变形。延长吹胀时间；加强模具冷却、降低模具温度；锁模后加快吹胀速度。

g. 瓶子有气泡。原料干燥不充分；提高螺杆转速，增加滤网；防止熔料过热分解。

h. 瓶子合模线明显。提高锁模压力；清理机头，除去杂质；调整机头温度；减小吹胀压力。

i. 瓶子脱模不畅。减小底部凹槽深度。

j. 出现流动花纹。降低机头温度；口模出口部分加 $R0.5\text{mm}$ 的圆弧。

k. 切边与瓶子不易分离。减小刀口宽度；检查切刀的刀口平度；提高锁模压力。

l. 开模时瓶子裂底。提高挤出机身和机头温度；加强模具冷却；调整压缩空气压力；待瓶子内压力消失后再开模。

第五章 聚 苯 乙 烯

第一节 主要品种与性能

一、聚苯乙烯树脂

聚苯乙烯（PS）是由苯乙烯聚合而成的。按聚合工艺可分为本体聚合、溶液聚合、悬浮聚合、乳液聚合和等规聚合等聚合产品，现代工业主要采用本体聚合法和悬浮聚合法。聚苯乙烯由于原料来源丰富，聚合工艺简单，聚合物性能优异，如质轻、价廉、吸水少，着色性、尺寸稳定性、电性能好，制品透明，加工容易，因而得到了广泛的应用。

聚苯乙烯可用注塑、挤塑、吹塑、热成型、发泡、模压等方法加工成各种塑料制品。主要用于仪器、仪表、电气、电视、玩具、日用、家电、文具、包装和泡沫缓冲材料等。

聚苯乙烯有通用级聚苯乙烯（GPPS）和高抗冲击级聚苯乙烯（HIPS）两种。

1. 基本特性

（1）通用级聚苯乙烯 以苯乙烯为原料，用本体聚合法或悬浮聚合法制得通用级聚苯乙烯（GPPS）。通用级聚苯乙烯为无色透明的珠状或粒状非结晶型热塑性树脂，其特性如下：

1）无色、无毒、无嗅的非结晶性透明热塑性塑料，平均相对分子质量（ $\overline{M}_w$ ）约 20 ~ 30 万，密度为 $1.04 \sim 1.06 \text{g/cm}^3$ ，透光率为 87% ~ 92%。

2）由于苯环增大了大分子的空间障碍，束缚分子运动，所以表面硬度和刚度大，尺寸稳定性好；但脆性大，抗冲击强度小，耐磨性、耐刻划性差。

3）软化点低（80 ~ 90℃），热变形温度（18.2MPa）为 87 ~ 92℃，因而只能在 60 ~ 75℃ 和低负荷下使用。

4）电性能优异，特别是高频绝缘性能极好，耐电弧性好。

5）着色性、表面装饰性、耐辐照性好，耐日光性较差，易燃，燃烧时呈黄色火焰，并发黑烟，且有特殊臭味。

6）吸水性极低，耐冷水而不耐热水，耐酸、碱等介质，但耐油性差，且溶于芳香烃、氯代烃、酮类和脂类，耐环境应力开裂性差。

聚苯乙烯树脂技术指标列于表 5-1。

（2）高抗冲击级聚苯乙烯 以苯乙烯与橡胶（顺丁橡胶或丁苯橡胶等）用本体—悬浮法接枝共聚制得高抗冲击级聚苯乙烯。先将橡胶溶解在苯乙烯中进行本体预聚，当单体转化率达 33% 左右时，投入含有分散剂和引发剂的水中，分散成珠粒悬浮于水中，直至聚合完成。主要是控制橡胶颗粒大小，使已经本体聚合了的共聚体粘性溶液稳定地

进行悬浮聚合，把本体与悬浮结合起来。用橡胶改性抗冲击级聚苯乙烯，由于它含有橡胶成分，其冲击强度比 GPPS 高 5 ~ 10 倍，使聚苯乙烯的应用范围扩大了，目前已部分替代了价格较贵的 ABS 材料。

表 5-1 聚苯乙烯树脂技术指标（GB/T 1267—1999）

序号			牌 号		PS-GN, 085-03			PS-GN, 085-06			
					指 标		级 别	优级	一级	合格	优级
	项 目										
1	清洁度	杂质/颗·100g ⁻¹ ≤				1	3	6	1	3	6
		色粒/颗·100g ⁻¹ ≤				1	3	6	1	3	6
2	软化点（维卡）/℃		≥			97.0	94.0	91.0	96.0	93.0	90.0
3	弯曲强度/MPa		≥			88.0	86.0	84.0	86.0	84.0	82.0
4	悬臂梁冲击强度/J·m ⁻²		≥			10					
5	熔体流动速率/g·(10min) ⁻¹					1.5~4.0			4.0~7.0		
6	透光率（%）		≥			85					
7	介电常数（10 ⁶ Hz）		≤			2.6					
8	介质损耗角正切（10 ⁶ Hz）		≤			4.5×10 ⁻⁴			5.0×10 ⁻⁴		
序号			牌 号		PS-GN, 085-03			PS-GN, 085-06			
					指 标		级 别	优级	一级	合格	优级
	项 目										
1	清洁度	杂质/颗·100g ⁻¹ ≤				1	3	6	1	3	6
		色粒/颗·100g ⁻¹ ≤				1	3	6	1	3	6
2	软化点（维卡）/℃		≥			88.0	85.0	82.0	85.0	82.0	79.0
3	弯曲强度/MPa		≥			83.0	80.0	78.0	82.0	80.0	78.0
4	悬臂梁冲击强度/J·m ⁻²		≥			13					
5	熔体流动速率/g·(10min) ⁻¹		≥			1.5~4.0			4.0~7.0		
6	透光率（%）		≥			87					
7	介电常数（10 ⁶ Hz）		≤			2.6					
8	介质损耗角正切（10 ⁶ Hz）		≤			4.0×10 ⁻⁴			4.5×10 ⁻⁴		

注：表中第 1、2、3、4、5 项为每批出厂检验项目，第 6、7、8 项为型式检查项目。

高抗冲击级聚苯乙烯为乳白色不透明珠粒，具有较高的冲击强度和韧性，可任意着色，成型加工性、抗化学腐蚀性、电性能好。经橡胶改性的聚苯乙烯，虽然冲击强度和韧性有很大的提高，但拉伸强度、弯曲、硬度、耐光和热稳定性比均聚物有所下降。HIPS 可注塑或挤塑成各种制品。注射温度为 160 ~ 180℃，压力为 70MPa。用途：适合家电产品外壳，电器用品、仪器仪表配件、冰箱内衬、板材、电视机、收录机、电话机壳体、文教用品、玩具、包装容器、日用品、家具、餐具、托盘、结构泡沫制品等。

2. 国内生产厂家、牌号与性能

(1) 上海高桥石油化学公司化工厂 上海高桥石油化工公司化工厂 HIPS 性能列于表 5-2。

表 5-2 上海高桥石油化公司化工厂 HIPS 性能

牌 号	熔体质量 流动速率 /g · (10min) ⁻¹	缺口冲 击强度 /J · m ⁻²	弯曲 强度 /MPa	热变形 温度 /℃	特性和主要用途
HIPS-A	≥0.4	100	60	≥70	机械混炼物, 高抗冲击, 挤出成型
HIPS-G	≥1	150	40	≥65	高抗冲击, 注塑成型收录机外壳等
TV 型	≥1.0	150	40	≥65	接枝型, 高抗冲击, 注塑制电视机、收音机的零件
高冲击型	≥0.5				悬浮法改性 PS, 模塑好, 染色好及具有低温抗冲击, 注塑工业品、生活用品
203		无缺口 250	≥70	≥74	合成橡胶增强改性, 宜注塑成型
204	≥0.4	100	60	≥70	合成橡胶增强改性, 宜注塑成型
GP 型	≥1.5	120	40	≥65	接枝型, 高抗冲击, 通用材料

(2) 金陵石油化工公司 PS 和 HIPS 性能 (见表 5-3、表 5-4)

表 5-3 金陵石油化工公司 PS 性能

项 目 \ 牌 号	日用型	201 型	
		一级	二级
清洁度/颗 · 100g ⁻¹ ≤	3		
水分 (%) ≤	0.2		
挥发物 (%) ≤	1.0		
透光率 (%) ≥	80		
维卡耐热/℃ ≥		80	80
冲击强度 (缺口) /kJ · m ⁻² ≥		85	4.5
冲击强度 (无缺口) /kJ · m ⁻² ≥	16	16	16
静弯曲强度/MPa ≥		70.0	70.0
熔体流动速率/g · (10min) ⁻¹		2.0	2.0
体积电阻率/Ω · cm		1.0 × 10 ¹⁶	5 × 10 ¹⁶

表 5-4 金陵石化公司南京塑料厂的 HIPS 性能

牌 号	熔体质量 流动速率 /g · (10min) ⁻¹	维卡 软化点 /℃	弯曲强度 /MPa	拉伸屈 服强度 /MPa	缺口冲 击强度 /MPa	特性和主要用途
SKC-104	1.5	75	50	29.4	14.7	注塑制家电外壳
SKC-102	3.0	85	60	30	11.8	注塑制家电、仪表外壳
SKC-103	3.5	80	70	30	9.8	注塑制笔和卷刀件

(3) 北京燕山石油化工公司的 PS 和 HIPS 性能（见表 5-5）

表 5-5 北京燕山石油化工公司 PS 和 HIPS 性能

项目 \ 牌号	测试方法	412B	420D	479	486	492J	634	666D
聚苯乙烯（%）								
高顺式聚丁二烯（%）		4.5	4.9	7	6	7		
矿物油（%）			1.4	4	1.5	0.4	1.4	2.4
硬脂酸锌（%）		0.23	0.23			0.2		0.15
抗氧化剂 1076（%）		0.08	0.14	0.14	0.14	0.15		
熔体质量流动速率/g·（10min） ⁻¹	ASTM D 1238	15	2.7	7.5	2.6	2.8	3.6	8
维卡软化点/℃	ASTM D 1525	91	102	94.5	102	103	103	99
拉伸屈服强度/MPa	ASTM D 638	15.9	25.2	18.6	17.9	24.2	39.2	35.9
拉伸断裂强度/MPa	ASTM D 638	13.1	20.4	13.8	18.6	20.7		
断裂伸长率（%）	ASTM D 638	25	20	30	35	25		
悬臂梁冲击强度/J·m ⁻²	ASTM D 256	56.1	80.1	88.1	74.8	93.5		
10% 溶液粘度	SP1						23.3	19
凝胶（%）	SP8	16	14	20.5	21	24		
溶胀指数	SP8	14	12.3	12.5	12.5	12.5		

项目 \ 牌号	测试方法	678U	685	XP6065.01	688C	FRH-1	FRH-2
聚苯乙烯（%）			100				
高顺式聚丁二烯（%）							
矿物油（%）		4					
硬脂酸锌（%）			0.12				
熔体质量流动速率/g·（10min） ⁻¹	ASTM D 1238	12	2.4	7	1~2	2.59	3.47
维卡软化点/℃	ASTM D 1525	90	105	106		85	86
拉伸屈服强度/MPa	ASTM D 638	37.2	42.7			32.7	30.1
拉伸断裂强度/MPa	ASTM D 638						
断裂伸长率（%）	ASTM D 638						
悬臂梁冲击强度/J·m ⁻²	ASTM D 256						99
10% 溶液粘度	SP1	19.6	26.8	16			

(4) 兰州化学工业公司合成橡胶厂 HIPS 性能（见表 5-6）

表 5-6 兰州化学工业公司合成橡胶厂 HIPS 性能

项目 \ 牌号	测试方法	SB141（Ⅰ）	SB213（Ⅰ）	SB322（Ⅰ）	SB314（Ⅰ）
	ASTM	1 标准型	2 板材型	3 耐热型	4 耐热高冲型
熔体质量流动速率/g·（10min） ⁻¹	D1238	13	2.8	4.8	2.8
拉伸强度/MPa	D638	20.0	24.0	26.5	28.0
断裂伸长率（%）	D638	45	45	35	35
热变形温度/℃	D648	65	71	75	75
悬臂梁冲击强度/kJ·m ⁻²	D256	0.05	0.06	0.055	0.07
单体含量/×10 ⁻⁶		500	500	500	500

(5) 广东高聚化学工业有限公司 HIPS 性能（见表 5-7）

表 5-7 广东高聚化学工业有限公司 HIPS 性能

牌号 性能							
	210	220	230	250	290	800	810
项目							
熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	1.5 ~ 4.0	2.0 ~ 5.0	3.0 ~ 6.0	5.0 ~ 10	9.0 ~ 18	2.0 ~ 4.0	6.0 ~ 8.0
拉伸强度/MPa	24	28	26	22	20	29	26
断裂伸长率 (%)	40	35	35	40	45	30	30
热变形温度/℃	75	75	75	70	65	70	74
Izod 冲击强度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	6	7	5	5	5	3.1	3.1
挥发分 (%)	1.6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

(6) 汕头经济特区海洋聚苯乙烯树脂厂 SOE 牌 GPS、HIPS 性能（见表 5-8）

表 5-8 汕头经济特区海洋聚苯乙烯树脂厂 SOE 牌 GPS、HIPS 性能

牌 号 项 目		测试方法	GP-500		GP-525		GP-525E	
			特级	一级	特级	一级	特级	一级
熔体质量流动速率/g · (10min) ⁻¹		ASTM D 1238	12 ~ 16		8 ~ 10		5 ~ 8	
维卡软化点/℃ ≥		ASTM D 1525	92	88	94	91	94	91
悬臂梁冲击强度/J · m ⁻² ≥		ASTM D 256	16	13	16	13	16	13
清洁度	杂质/颗 · 100g ⁻¹ ≤	GB 12671—90	1	3	1	3	1	3
	色粒/颗 · 100g ⁻¹ ≤	GB 12671—90	1	3	1	3	1	3
弯曲强度/MPa		ASTM D 790	58	53	80	75	80	75
雾度(%) ≤		ASTM D 1003	3.0	4.0	3.0	4.0	3.0	4.0
黄色指数 ≤		ASTM D 1925						
成型方法			注塑		注塑		注塑、挤出	
产品特性			高流动、快固化、透明性好		中等流动、综合性能优越、透明性好		同 GP-525	
典型用途			餐具、杯子、结构复杂的多腔制品		注塑容器、录音带盒、家用电器皿、医用/实验室制品等		注塑、挤塑制品、亦可与 GP5255 通用	

牌 号 项 目		测试方法	GP-535		GP-550		GP-558	
			特级	一级	特级	一级	特级	一级
熔体质量流动速率/g · (10min) ⁻¹		ASTM D 1238	3 ~ 4.5		1.7 ~ 2.5		1.8 ~ 2.2	
维卡软化点/℃ ≥		ASTM D 1525	100	96	102	97	102	100
悬臂梁冲击强度/J · m ⁻² ≥		ASTM D 256	18	15	19	16	19	17

(续)

项 目 \ 牌 号		测试方法	GP-535		GP-550		GP-558	
			特级	一级	特级	一级	特级	一级
清洁度	杂质/颗·100g ⁻¹ ≤	GB/T 12671—2008	1	3	1	3	1	3
	色粒/颗·100g ⁻¹ ≤	GB/T 12671—2008	1	3	1	3	1	3
弯曲强度/MPa		ASTM D 790	85	80	92	87	92	90
雾度(%) ≤		ASTM D 1003	3.0	4.0	3.0	4.0	3.0	4.0
拉伸强度/MPa ≥		ASTM D 638					50	45
断裂伸长率(%) ≥		ASTM D 638					2	2
成型方法			挤出、注塑		注塑、挤出		挤出、注塑	
产品特性			低流动、耐热		低流动、耐热		低流动、耐热、强度好	
典型用途			灯罩、盒壳、瓶子包装用品、挤出发泡片等制品		注塑厚壁制品、挤出发泡制品等		挤出拉伸片材、食品包装、注塑厚壁制品等	

项 目 \ 牌 号		测试方法	HI-625		HI-680		HI-825	
			特级	一级	特级	一级	特级	一级
熔体质量流动速率/g·(10min) ⁻¹		ASTM D 1238	12~15		1.3~3		6~9	
维卡软化点/℃ ≥		ASTM D 1525	87	84	99	96	91	88
悬臂梁冲击强度/J·m ⁻² ≥		ASTM D 256	60	55	38	33	96	91
拉伸强度/MPa ≥		ASTM D 638	20	18	37	34	20	18
断裂伸长率(%) ≥		ASTM D 638	32	28			40	36
光泽度(%) ≥		ASTM D 523	75	65	70	60	70	60
黄色指数 ≤		ASTM D 1925	10	15	10	15	10	15
成型方法			注塑		注塑、挤出		注塑	
产品特性			高流动、中抗冲		低流动、中抗冲、耐热		易流动、高抗冲	
典型用途			中厚壁制品,如玩具、家用器皿等		注塑制品,挤出发泡材料、层压板等		玩具、器具部件和结构性发泡制品等	

项 目 \ 牌 号		测试方法	HI-825TV		HI-825E		HI-945	
			特级	一级	特级	一级	特级	一级
熔体质量流动速率/g·(10min) ⁻¹		ASTM D 1238	3~6		2~3		8~10	
维卡软化点/℃ ≥		ASTM D 1525	91	88	95	93	88	85
悬臂梁冲击强度/J·m ⁻² ≥		ASTM D 256	96	91	96	91	125	120
拉伸强度/MPa ≥		ASTM D 638	20	18	24	20	18	16
断裂伸长率(%) ≥		ASTM D 638	40	36	35	32	40	36

(续)

牌 号 项 目	测试方法	HI-825TV		HI-825E		HI-945	
		特级	一级	特级	一级	特级	一级
光泽度(%) ≥	ASTM D 523	70	60	60	55	70	60
黄色指数 ≤	ASTM D 1925	10	15	10	15	10	15
成型方法		注塑、挤出		挤出、注塑		注塑	
产品特性		中流动、高抗冲击		低流动、高流动、耐热		高流动、超高抗冲击、光泽度及韧性良好	
典型用途		电器外壳、亦可与 HI825E 通用		电器外壳、杯子、奶瓶、片材等		工业防护罩、器具外壳、玩具等	

(7) 大连氯酸钾厂 HIPS 性能 (见表 5-9)

表 5-9 大连氯酸钾厂 HIPS 性能

牌 号 项 目	I	II	牌 号 项 目	I	II
缺口抗冲强度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2} \geq$	11	7.0	缺口抗冲强度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2} \geq$	80	60
熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	0.5 ~ 1	2 ~ 3	总发挥数 (%) ≤	2.5	2.5

(8) 吉林化学工业公司有机合成厂的 HIPS 和 PS 性能 (见表 5-10、表 5-11)

表 5-10 吉林化学工业公司有机合成厂 HIPS 性能

牌 号 项 目	测试方法	SB141	SB213	SB214 高	SB322	SB314 耐
	ASTM	标准级	板材级	冲板材级	耐高热级	热高冲级
熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	D1238	13	2.8	2.8	4.5	2.8
拉伸强度/MPa	D638	20.0	24.0	24.0	26.5	28.0
伸长率 (%)	D638	45	45	35	35	35
热变形温度 (1.85MPa) /℃	D648	65	71	71	75	75
冲击强度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	D256	0.05	0.06	0.07	0.055	0.07
单体含量/ $\times 10^{-6}$		500	500	750	500	500

表 5-11 吉林化学工业公司有机合成厂 PS 性能

牌 号 项 目	注塑级	标准级	耐热级	挤出级
熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	5 ~ 9	2 ~ 5	1.5 ~ 4	1.5 ~ 5
拉伸屈服强度/MPa	36	40	43	38
悬臂梁冲击强度/ $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$	25	22	22	25
维卡软化点/℃	97	98	101	96

(9) 辽宁盘锦乙烯工业公司 HIPS 性能（见表 5-12）

表 5-12 辽宁盘锦乙烯工业公司 HIPS 性能

牌 号	熔体质量 流动速率 /g · (10min) ⁻¹	维卡软 化点 /℃	拉伸屈 服强度 /MPa	Izod 缺口 冲击强度 /J · m ⁻²	特性和主要用途
HIPS 825	6 ~ 10	88	19.5	92	高抗冲击, 宜用注塑制机械配件、玩具、结构发泡件
HIPS 825E	2 ~ 4	94	20	92	高抗冲击, 宜用注塑制电视机壳、杯盘、牛奶瓶和日用品, 也可用挤出制薄板
HIPS 825TV	2.0 ~ 4.5	95	20	80	高抗冲击, 耐热好, 宜用注塑制电视机壳和电器设备外壳

(10) 抚顺石油化工公司化工塑料厂 PS 和 HIPS 性能（见表 5-13）

表 5-13 抚顺石油化工公司化工塑料厂 PS 和 HIPS 性能

项 目 \ 牌 号	测试方法	普通型			
		500	525	535	550
熔体质量流动速率/g · (10min) ⁻¹	D1238	13	8	2.8	2.8
密度/g · cm ⁻³	D1505	1.04	1.04	1.04	1.04
拉伸强度/MPa	D638	33.0	35.0	40.0	42.0
挠曲模量/MPa	D790	50.0	60.0	65.0	75.0
悬臂梁冲击强度/J · m ⁻²	K256	0.01	0.01	0.01	0.01
维卡软化点/℃	D1525	85	88	94	99
单体含量/×10 ⁻⁶		850	850	850	850

项 目 \ 牌 号	测试方法	中抗冲击型			高抗冲击型 E		超高抗冲击型
		625	680	740	825	825E	945
熔体质量流动速率/g · (10min) ⁻¹	D1238	14	2.8	4	6	2.8	6.5
密度/g · cm ⁻³	D1505	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
拉伸强度/MPa	D638	18.5	35.0	24.0	15.0	20.0	14.5
伸长率 (%)	D638	25		30	35	35	35
挠曲模量/MPa	D790	35.0	70.0	40.0	30.0	40.0	27.5
悬臂梁冲击强度/J · m ⁻²	K256	0.055	0.035	0.06	0.07	0.07	0.08
维卡软化点/℃	D1525	84	97	94	87	94	84
单体含量/×10 ⁻⁶		850	850	850	850	850	850

(11) 齐鲁石油化工公司齐鲁牌 GPPS、HIPS 性能（见表 5-14）

表 5-14 齐鲁石油化工公司齐鲁牌 GPPS、HIPS 性能

性 能	QG7535	QG7535A	QG7555	QH7855	QH7860
熔体质量流动速率(200/5)/g · (10min) ⁻¹	9	8	2	3.4	2.5
悬臂梁冲击强度(带切口, T = 6.4mm)/J · m ⁻²	0.024		0.024	0.075	0.09
维卡软化点 (100g) /℃	92	91	105	103	103

(续)

性 能	QG7535	QG7535 A	QG7555	QH7855	QH7860
拉伸强度（断裂）/MPa	44	41	46		
弯曲强度/MPa	65		95	54	65
邵氏硬度（L）（ $T=6.4\text{mm}$ ）HD	106			79	84
透明度（ $T=3\text{mm}$ ）（%）	89	87	86		90
介电常数	2.5		2.5	2.6	2.6
残留苯乙烯单体/ $\times 10^{-6}$	800	400	400	400	400

（12）镇江奇美实业股份有限公司 Polyrex PS 性能（见表 5-15）

表 5-15 镇江奇美实业股份有限公司 Polyrex PS 产品性能

性能 牌号	拉伸强度 /MPa	断裂伸长率 （%）	弯曲弹性 模量/MPa	弯曲强 度/MPa	洛氏硬度 HR	Izod 冲击强 度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$
ASTM 试验法	D—638	D—638	D—790	D—790	D—785	D—256 3.18mm 6.35mm
PG-22	42	1.7	3.0	65	M-75	1.5 1.4
PG-33	44	2.0	3.1	71	M-76	1.6 1.5
PG-79	46	2.0	3.1	75	M-77	1.7 1.6
PG-80	48	2.0	3.2	85	M-80	1.7 1.6
PG-383	54	2.0	3.3	87	M-82	1.8 1.7
PH-55Y	25	30	2.6	45	L-85	6.5 5.5
PH-60	30	30	2.6	55	L-87	6.5 5.5
PH-88	25	40	2.0	38	L-75	11.0 9.0
PH-88H	30	40	2.0	40	L-77	10.0 8.5
PH-88S	24	45	2.3	36	L-67	12.0 10.5
PH-99	25	35	2.1	43	L-77	7.0 6.0
PH-882	24	30	1.9	40	L-70	8.0 7.2
PH-88E	24	30	1.8	40	L-70	8.5 7.0
PH-88U	24	40	1.9	40	L-70	9.0 7.5

(续)

性能 牌号	软化点 /℃	热变形 温度/℃	密度 /g·cm ⁻³	熔体流动速率 /g·(10min) ⁻¹	燃料率 PNE56070
ASTM 试验法	D—1525	D—648	D—792	D—1238	UL—94
PG-22	94	76	1.05	10.0 28.0	1.59 HB
PG-33	96	78	1.05	7.5 18.0	1.59 HB
PG-79	96	79	1.05	6.0 17.0	1.59 HB
PG-80	101	83	1.05	4.0 12.0	1.59 HB
PG-383	104	86	1.05	2.2 8.5	1.59 HB
PH-55Y	95	80	1.05	8.0 22.0	
PH-60	101	86	1.05	4.0 11.0	1.59 HB
PH-88	99	82	1.05	4.5 14.5	1.59 HB
PH-88H	102	85	1.05	1.5 11.0	1.59 HB
PH-88S	100	83	1.05	3.0 8.5	1.59 HB
PH-99	90	74	1.05	6.0 13.0	1.59 HB
PH-882	96	79	1.14	6.5 19.5	1.59 V—2
PH-88E	96	79	1.15	6.5 19.5	1.59 V—0
PH-88U	96	78	1.16	7.0 20.0	1.59 V—0

(13) 广东高明高聚化学工业有限公司的高聚牌 PS 和 HIPS 性能（见表 5-16、表 5-17）

表 5-16 高聚牌 PS 性能

牌 号	110	130	150	160	190
项 目					
熔体质量流动速率/g·(10min) ⁻¹	1.3 ~ 3.0	3.0 ~ 5.0	5.0 ~ 9.0	6 ~ 10	9 ~ 17
拉伸强度/MPa	50	50	45	42	40
断裂伸长率 (%)	2.0	1.8	1.8	1.8	1.8
热变形温度/℃	84	84	78	78	75

(续)

牌 号	110	130	150	160	190
项 目					
Izod 冲击强度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	1.8	1.8	1.2	1.2	1.0
挥发分 (%)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
洛氏硬度 HR	M-65	M-65	M-75	M-75	M-75
透光率 (%)	80	80	80	80	80
清洁度/颗	3	3	3	3	3

表 5-17 高聚牌 HIPS 性能

牌 号	210	220	230	250	290
项 目					
熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	1.5 ~ 4.0	2.0 ~ 5.0	3.0 ~ 6.0	5.0 ~ 10	9.0 ~ 18
拉伸强度/MPa	24	28	26	22	20
断裂伸长率 (%)	40	35	35	40	45
热变形温度/℃	75	75	75	70	65
Izod 冲击强度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	6	7	5	5	5
挥发分 (%)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

(14) 雪佛龙化工 (张家港) 有限公司 Chevron PS 性能 (见表 5-18)

表 5-18 雪佛龙化工有限公司 Chevron PS 性能

产品性能	测试方法 ASTM	EA3300	MC3100	MC3500	EA6025	EB6755	MA5210
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	D792	1.04	1.04	1.04	1.03	1.03	1.03
熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	D1238	1.7	3.0	9.0	4.0	3.2	4.0
断裂拉伸强度/MPa	D638A	55.6	53.8	49.6	18.0	18.0	27.6
断裂拉伸模量/MPa	D638A	3520	3170	3100	1960	1650	2280
断裂伸长率 (%)	D638A	4.5	4.5	3.0	65	85	50
弯曲模量/MPa	D790B	3170	3100	3170	—	—	2275
悬臂梁冲击强度/ $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$	D256	0.30	0.25	0.25	2.0	1.9	1.8
热变形温度/℃	D648	92	91	86	82	85	86
维卡软化点/℃	D1525	109	108	102	99	102	103

(15) 台湾长兴化学工业股份有限公司 Eterplux PS 性能 (见表 5-19)

表 5-19 台湾长兴化学工业股份有限公司 Eterplux PS 性能

性 能	试验方法 ASTM	通用级			中冲击级	
		GP-300	GP-302	GP-303	HP-600	HP-602
拉伸强度/MPa	D—638	42	45	53	25	32
断裂伸长率 (%)	D—638	2.1	2.0	2.1	35	30
弯曲强度/MPa	D—790	72	75	88	46	56
弯曲模量/MPa	D—790	3300	3400	3600	2100	2600
Izod 冲击强度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	D—256	1.5	1.7	1.9	5.5	5.5
洛氏硬度 HR	D—785	M-75	M-78	M-80	L-77	L-88

(续)

性 能	试验方法 ASTM	通用级			中冲击级	
		GP-300	GP-302	GP-303	HP-600	HP-602
热变形温度/℃	D—648	79	80	88	75	87
维卡软化点/℃	D—1525	96	97	105	91	103
熔体质量流动速率/g·(10min) ⁻¹	D—1238	8.0	7.0	2.5	6.5	4.5
密度/g·cm ⁻³	D—792	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
吸水率(%)	D—570	0.04	0.04	0.04	0.06	0.06
成型收缩率/cm·cm ⁻¹	D—955	0.006	0.006	0.006	0.005	0.005
介电损耗角正切	D—150	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
介电常数	D—150	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
燃烧性	UL—94	HB	HB	HB	HB	HB

性 能	试验方法 ASTM	中冲击级	高冲击级		
		HP-606	HP-700	HP-702	HP-707
拉伸强度/MPa	D—638	26	27	29	24
断裂伸长率(%)	D—638	35	40	40	45
弯曲强度/MPa	D—790	47	39	39	37
弯曲模量/MPa	D—790	2500	2100	2000	2400
Izod 冲击强度/kJ·m ⁻²	D—256	6.0	9.0	8.0	10.5
洛氏硬度 HR	D—785	L-80	K-73	L-76	L-68
热变形温度/℃	D—648	81	83	86	84
维卡软化点/℃	D—1525	97	99	103	101
熔体质量流动速率/g·(10min) ⁻¹	D—1238	8.0	5.0	3.0	2.5
密度/g·cm ⁻³	D—792	1.05	1.05	1.05	1.05
吸水率(%)	D—570	0.06	0.06	0.06	0.06
成型收缩率/cm·cm ⁻¹	D—955	0.005	0.005	0.005	0.005
介电损耗角正切	D—150	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
介电常数	D—150	2.6	2.6	2.6	2.6
燃烧性	UL—94	HB	HB	HB	HB

(16) 台湾聚合化学公司 Polyrex PS 性能 (见表 5-20)

表 5-20 台湾聚合化学公司 Polyrex PS 性能

牌 号	熔体质量流动速率 /g·(10min) ⁻¹	冲击强度 /kJ·m ⁻²	维卡软化点 /℃	热变形温度 /℃	特性和主要用途
PH55	1.5	4.0	86	75	中等抗冲击级
PH66	1.2	6.0	88	78	高抗冲击级
PH88	0.4	6.5	96	86	特高抗冲击级
PH88S	0.4	6.5	94	84	挤出级

注：该公司生产的牌号还有 PH55L、PH60、PH99 等。

(17) 台湾奇美实业公司 Polyrex PS 性能 (见表 5-21)

表 5-21 台湾奇美实业公司 Polyrex PS 性能

性能 牌号	拉伸强度 /MPa	断裂伸长率 (%)	弯曲弹性 模量/MPa	弯曲强度/MPa	洛氏硬度 HR	Izod 冲击强度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$
ASTM 试验法	D—638	D—638	D—790	D—790	D—785	D—256 3.18mm 6.35mm
PG-22	42	1.7	3.0	65	M-75	1.5 1.4
PG-33	44	2.0	3.1	71	M-76	1.6 1.5
PG-79	46	2.0	3.1	75	M-77	1.7 1.6
PG-80	48	2.0	3.2	85	M-80	1.7 1.6
PG-383	54	2.0	3.3	87	M-82	1.8 1.7
PH-55Y	25	30	2.6	45	L-85	6.5 5.5
PH-60	30	30	2.6	55	L-87	6.5 5.5
PH-88	25	40	2.0	38	L-75	11.0 9.0
PH-88H	30	40	2.0	40	L-77	10.0 8.5
PH-88S	24	45	2.3	36	L-67	12.0 10.5
PH-99	25	35	2.1	43	L-77	7.0 6.0
PH-882	24	30	1.9	40	L-70	8.0 7.2
PH-88E	24	30	1.8	40	L-70	8.5 7.0
PH-88U	24	40	1.9	40	L-70	9.0 7.5

性能 牌号	软化点 /℃	热变形 温度/℃	密度 / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	熔体质量流动速率 / $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	燃料率 E56070
ASTM 试验法	D—1525	D—648	D—792	D—1238	UL—94
PG-22	94	76	1.05	10.0 28.0	1.59 HB
PG-33	96	78	1.05	7.5 18.0	1.59 HB
PG-79	96	79	1.05	6.0 17.0	1.59 HB
PG-80	101	83	1.05	4.0 12.0	1.59 HB

(续)

性能 牌号	软化点 /℃	热变形 温度/℃	密度 /g·cm ⁻³	熔体质量流动速率 /g·(10min) ⁻¹	燃料率 E56070
PG-383	104	86	1.05	2.2 8.5	1.59 HB
PH-55Y	95	80	1.05	8.0 22.0	
PH-60	101	86	1.05	4.0 11.0	1.59 HB
PH-88	99	82	1.05	4.5 14.5	1.59 HB
PH-88H	102	85	1.05	1.5 11.0	1.59 HB
PH-88S	100	83	1.05	3.0 8.5	1.59 HB
PH-99	90	74	1.05	6.0 13.0	1.59 HB
PH-882	96	79	1.14	6.5 19.5	1.59 V—2
PH-88E	96	79	1.15	6.5 19.5	1.59 V—0
PH-88U	96	78	1.16	7.0 20.0	1.59 V—0

(18) 台湾高福化学工业公司 Kaofulex PS 性能 (见表 5-22)

表 5-22 台湾高福化学工业公司 Kaofulex PS 性能

项目	拉伸强度 /MPa	断伸长率 (%)	Izod 冲 击强度 /kJ·m ⁻²	落锤冲 击强度 /cm·kg ⁻¹	热变 形温度 /℃	软化温度 /℃	硬 度	熔体质量 流动速率 /g·(10min) ⁻¹
GPS-500	42	1.8	1.0		75	95	M-75	10.0
GPS-500W	42	1.8	1.0		75	95	M-75	10.0
GPS-525	45	1.8	1.2		78	95	M-75	8.0
GP-525N	45	1.8	1.2		78	95	M-75	8.0
GPS-550	51	2.0	1.8		84	103	M-65	3.0
GPS-550P	51	2.0	1.8		84	103	M-65	2.5
HSP-800	32	40	6.0	75	80	94	L-85	8.0
HSP-800F	32	40	6.0	75	80	94	L-85	8.0
HSP-800R	31	42	7.0	80	82	96	L-80	8.0
HSP-850	30	45	9.5	85	80	94	L-70	7.0
HSP-850R	29	45	10.0	90	82	96	L-70	7.0
HSP-851	27	45	10.5	95	90	101	L-68	3.0
HSP-895	30	45	9.5	85	80	94	L-70	7.0
HSP-892	30	45	9.5	85	80	94	L-70	7.0

(19) 台湾得利化学股份有限公司 Poliles PS 性能（见表 5-23）

表 5-23 台湾得利化学股份有限公司 Poliles PS 性能

牌 号	熔体质量 流动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	冲击强度 $/\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$	维卡软化 点/ $^{\circ}\text{C}$	热变形 温度/ $^{\circ}\text{C}$	特性和主要用途
PH55Y	8	65	95	80	抗中等冲击，注塑制食品容器
PH60	4	65	101	86	抗中等冲击，注塑制耐热件
PH88	4.5	110	99	82	抗高冲击，注塑制电器外壳
PH88E	6.5	85	96	79	阻燃级，注塑制阻燃剂
PH88H	3.5	100	102	85	高抗冲击、耐热，注塑制电器外壳
PH88S	3.0	120	100	83	高抗冲击、挤出成型
PH99	6	70	90	74	高流动性、高光泽、中等抗冲击，注塑制电 器外壳

(20) 台湾台达化学公司 Taitastyrene PS 性能（见表 5-24）

表 5-24 台湾台达化学公司 Taitastyrene PS 性能

牌 号	熔体质量流动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	冲击强度 $/\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	维卡软化点 $/^{\circ}\text{C}$	热变形温度 $/^{\circ}\text{C}$	特性和主要用途
951	2.5	1.2	92	82	能用级的制品
961	2.5	1.0	85	78	高流动性用的制品
551、531	2.3	8.0	100	84	高冲击性的制品

(21) 台湾必荃公司 PS 性能（见表 5-25）

表 5-25 台湾必荃公司 PS 性能

牌 号	熔体质量流动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	冲击强度 $/\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$ (Izod)	断裂伸长率 (%)	拉伸强度 $/\text{MPa}$	软化点 $/^{\circ}\text{C}$	特点和 用途
100	3	1.05	1.7	2	46	98	通用级
101	3	1.05	2.7	3	53	105	通用级
201	10	1.05	4.8	25	30	96	通用级
301	8	1.05	7.0	40	28	98	高冲击级
302	4	1.05	9.8	42	27	98	高冲击级
303	3	1.05	10.5	48	28	99	高冲击级

(22) 台湾国亨化学股份有限公司 HCCPS 性能（见表 5-26）

表 5-26 台湾国亨化学股份有限公司 HCCPS 性能

牌号	熔体质量 流动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	热变形 温度/ $^{\circ}\text{C}$	拉伸强度 $/\text{MPa}$	洛氏硬度 HR	Izod 冲击强 度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	特点和用途
333	8	85	23.8	M-20	9.3	高抗冲击性注塑级，适合流动性 优良的制品
336	6.8	82	48	M-78	1.5	通用级，适合一般标准用的制品

(23) 香港石油化学有限公司 Edistir PS 性能 (见表 5-27)

表 5-27 香港石油化学有限公司 PS 性能

性 能	RM	RB	RF	SR200	SR550 SRL550	SRL600 SR600
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
堆积密度/ $\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
Izod 缺口冲击强度						
(23℃)/ $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$	35	40	50	42	90	85
(-23℃)/ $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$	25	30	35	30	70	60
拉伸屈服强度/MPa	24	22	20	21	15	17
破坏强度/MPa	25	24	23	22	15	19
断裂伸长率(%)	20	25	30	30	45	50
弹性模量/MPa	2500	2300	2100	2200	1850	1800
弯曲最大载重/MPa	43	42	38	42	29	34
弹性模量/MPa	2600	2400	2200	2300	1900	1850
洛氏硬度 HR	L90	L86	L76	L85	L60	L65
热变形温度/℃	78	79	80	80	81	83
维卡软化点(9.8N)/℃	87	88	90	90	90	97
(49N)/℃	81	82	83	84	80	89
熔体质量流动速率(49N)/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	14	11	9	14	10	4

性 能	SRL610	SR630 SRL630	SRL640	SL700	SRL800
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	1.04	1.04	1.04	1.04	1.05
堆积密度/ $\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
Izod 缺口冲击强度					
(23℃)/ $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$	100	70	100	75	75
(-23℃)/ $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$	70	55	70	60	60
拉伸屈服强度/MPa	23	21	26	15	15
破坏强度/MPa	21	22	25	20	24
断裂伸长率(%)	45	50	50	52	55
弹性模量/MPa	2000	1900	2000	1400	1400
弯曲最大载重/MPa	40	38	45	29	31
弹性模量/MPa	2100	2000	2100	1400	1400
洛氏硬度 HR	L65	L60	L60	L51	L60
热变形温度/℃	84	83	86	85	85
维卡软化点(9.8N)/℃	100	97	102	98	98
(49N)/℃	90	89	93	88	90
熔体质量流动速率(49N)/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	4	4	3	4.2	3.2

3. 国外生产厂家、牌号与性能

(1) 美国联合碳化物公司 (Union Carbide Co.) PS 性能 (见表 5-28)

表 5-28 美国联合碳化物公司 PS 性能

牌 号	级 别	冲击强度/ $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$	维卡软化点/ $^{\circ}\text{C}$	热变形温度/ $^{\circ}\text{C}$	特性及用途
SMD-3700	通用级	1.7	82	76	非改性,易流动
SMD-3500	通用级	2.5	90	82	非改性,通用
TMDA9510	中冲击	11.0	96	88	通用,易流动
TMDA9501	中冲击	11.0	90	82	通用
TMDA9530	高冲击	11.0	88	80	中冲击高流动性
TMDA5161	高冲击	16	102	92	高强度,耐高温
TMDE6500	高冲击	17.4	90	80	高冲击强度,通用
TMDE6500	高冲击	17.4	90	80	高冲击强度,通用
TMDA2021	高冲击	24	96	86	特高冲击强度级
TMD2030	高冲击	27	88	80	超高冲击强度级
TMD2100	高冲击	32	90	80	超特高冲击强度级
TMDA2010	HIPS	24	110	100	高冲击,耐高温
TMDA6565	HIPS	17.4	110	100	高冲击,耐高温
674D	HIPS	16	103	96	高冲击,耐韧性
KR2681	HIPS		103	96	高冲击,高韧性
KR1600	HIPS		103	96	高冲击

(2) 美国科斯登石油化学公司 (Cosden oil & Chemical Co.) PS 性能 (见表 5-29)

表 5-29 美国科斯登石油化学公司 PS 性能

牌 号	熔体质量流 动速率 $/\text{g}\cdot(10\text{min})^{-1}$	冲击 强度 $/\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$	维卡软 化点 $/^{\circ}\text{C}$	热变形 温度 $/^{\circ}\text{C}$	特性及用途
625-PI	19.4	6.0	100	92	中冲击强度级,特高流动性,用于大型薄壁制品
710	3.5	6.0	100	89	高冲击强度级,耐高温,用于电子电器部件
710(D)	2.68	4.7	100.5	92	高冲击强度级,耐高温,用于电子电器部件
800	7.4	9.3	90.5	82	高冲击强度级,流动性好,用于工业部件
800E	3.3	7.6	100	88	高冲击强度级,流动性好,用于工业部件
825(D)	2.14	7.2	102	89	高冲击强度级,高流动,用于一般制品
825B	3.5	8.2	100.5	92	高冲击强度级,高流动,用于日用制品
825D	2.5	9.8	100	89	高冲击强度级,高流动,用于日用制品
825E	3.0	10.9	100	89	高冲击强度级,高流动,用于日用制品
830	2.6	7.1	99	80	高冲击强度级

(续)

牌 号	熔体质量流 动速率 /g·(10min) ⁻¹	冲击 强度 /kJ·m ⁻²	维卡软 化点 /℃	热变形 温度 /℃	特性及用途
844	3.0	8.7	97	80	高冲击强度级
844D	3.22	7.1	103.3	90	高冲击强度级
850	3.5	7.1	101	90	高冲击强度级
3574	3.8	4.8	91	82	高冲击强度级
3633	3.4	7.6	98	83	高冲击强度级
3636	14.0	3.9	97	82	高冲击强度级
3668(D)	14.0	6.98	100	89	高冲击强度级
3669	2.25	7.2	100	89	高冲击强度级
3679	8.0	6.1	98	82	高冲击强度级
3694(D)	2.73	7.2	101	89	高冲击强度级
3716	6.12	7.1	95	88	高冲击强度级
4005	10.7	6.8	94	88	高冲击强度级
EF-26-NR(D)	3.07	4.7	101	92	高冲击强度级
500	11	1.6	91	82	普通聚苯乙烯,易流动,注射成型
525	8	1.6	94	88	普通聚苯乙烯,注射级
550	2.5	2.4	104	94	普通聚苯乙烯,耐高温,宜挤出
625	19	2.4	89	77	普通聚苯乙烯,中冲击强度,宜注射
650	3	2.4	101	90	同 625
825TV	4	10.9	101	92	高冲击强度级,宜注射,可做电视机外壳
GP·PS510	10	2.0	90	82	通用级
MI·PSBX1010	7.0	5.0	95	83	中冲击
MJ·PSBX1016	12	5.0	95	83	中冲击
MI·PSBX1034	5.0	9.5	101	90	高冲击
HI·PSBX1034	5.0	9.5	101	90	高冲击注塑级
HI·PS800	7.4	9.0	101	90	高冲击注塑级
HI·PS840	9.0	12	101	90	高冲击注塑级
530			95	84	GP挤塑级,吹塑,耐高热
560			95	84	GP挤塑级,泡沫制品

(3) 美国孟山都公司 (Monsanto Company) Lustrex PS 性能 (见表 5-30)

表 5-30 美国孟山都公司 Lustrex PS 性能

牌 号	熔体质量 流动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	冲击 强度 $/\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	维卡软 化点 $/^{\circ}\text{C}$	热变形 温度 $/^{\circ}\text{C}$	性能及用途
HF66	6.8	4.5	98	80 ~ 84	普通聚苯乙烯,中流动性
HF77	5.2	4.2	98	84 ~ 88	普通聚苯乙烯,一般流动性
HF105	3.0	4.0	83.5	76	普通聚苯乙烯
HH102	3.1	3.1	107	89	耐高温普通聚苯乙烯
HH104	2.3	3.1	107	93	耐高温普通聚苯乙烯
HT-42(D)	8.97	3.1	88	75	中冲击聚苯乙烯
HT-48	18.1	3.9	85	72	中冲击聚苯乙烯
HF-48HH	2.85	4.3	102	89	中冲击聚苯乙烯
HT-76	1.88	7.5	103.5	92	高冲击聚苯乙烯
LP-59-2	4.92	3.5	97	80	挤出级包装材料
LP-61	4.92	4.0	103	94	挤出级包装材料
LP-76(D)	19.7	4.9	103	94	挤出级包装材料
LP-166	11.5	4.2	87	78	挤出级包装材料,抗冲击强度中等
LP-168	3.86	7.2	99	87	挤出级包装材料
LP-383	2.21	5.8	101	92	挤出级包装材料
LP-388	7.5	6.4	90	80	挤出级包装材料
LP-406	1.76	6.9	101.5	92	挤出级包装材料
LP-513	2.83	3.5	104.5	98	挤出级包装材料
LP-569	5.3	6.8	98.5	88	挤出级包装材料
Q466	3.93	7.0	97.2	87	试验级
Q466(D)	3.94	7.14	93	82	试验级
Q498(D)	7.70	4.2	9.1	81	试验级
LP59	5	0.4	101	91	中冲击
LX6400	3.0	6.0	102	92	难燃聚苯乙烯
LX2400	1.5	5.7	108	98	注射级高冲击聚苯乙烯
LX4200	7.5	6.0	94	84	注射级高冲击聚苯乙烯
LX4300	1.5	8.7	98	88	挤出级高冲击聚苯乙烯
LX5300	1.6	8.7	102	92	挤出级
Lustrex2220	11	3.8	97	82	抗冲击度中等,宜注射
Lustrex2400	3.5	3.8	105	91	抗冲击度中等,宜注射
Lustrex3350	2.7	5.5	103	89	耐高温抗冲击,宜注射和挤出
Lustrex4220	7	5.8	96	84	抗冲击强度高,宜注射和挤出
Lustrex4300	3.4	7.6	97	84	抗冲击强度高,宜注射和挤出
LustrexHF555	16	1.5	88	77	普通级,有柔软流动性,宜注射成型
LustrexHF777	7	1.5	97	84	普通级,流动性中等,宜注射成型
LustrexHH101	7	1.5	97	84	耐高温,宜注射和挤出成型

(4) 美国宝兰山公司 PS 性能（见表 5-31）

表 5-31 美国宝兰山公司 PS 性能

项 目	测试方法 ASTM	透明级				中抗冲击级		高抗冲击级	
		201	205	210	220	410	415	510	520
拉伸强度 /MPa	D-638	51.1 ~ 54.75	45.0 ~ 47.5	40.5 ~ 43	35.5 ~ 37	26.5 ~ 29	33	24.5 ~ 26.5	30.5 ~ 32.5
拉伸弹性模量/GPa	D-638					3.25		2.45	2.65
断裂伸长率(%)	D-638	2.5	1.5	1.0	1.0	25 ~ 30	35	32 ~ 36	35 ~ 40
弯曲强度/MPa	D-790		91	84	84				
缺口冲击强度/kJ·m ⁻²	D-256	2.9	2.9	2.5	2.5	8.4	5.9	16	16
熔体质量流动速率/g· (10min) ⁻¹	D-1238	1.5 ~ 2.0	4 ~ 7	9 ~ 12	18 ~ 21	11 ~ 14	6	6 ~ 9	3 ~ 5
密度/g·cm ⁻³	D-792	1.05	1.05	1.05	1.05	1.04 ~ 1.05		1.04 ~ 1.05	1.04 ~ 1.05
表面硬度/(M)	D-785	75	70	68	67	65		63	63
模塑收缩率/cm·cm ⁻¹		0.004	0.004	0.004	0.004	0.004 ~ 0.005		0.004 ~ 0.006	0.004 ~ 0.005
热变形温度/℃	D-648	93	89	78	72	76		77	87
维卡耐热/℃	D-1525	104	99	86	79	82	100	88	98
阻燃级别	UL94	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB

(5) 美国陶氏化学公司 PS 性能（见表 5-32）

表 5-32 美国陶氏化学公司 PS 性能

项 目	拉伸 强度 /MPa	延伸率 (%)	拉伸 模量 /GPa	悬臂梁缺口 冲击强度 /kJ·m ⁻²	项 目	洛氏 硬度 HR	维卡软 化点 /℃	变形温度 (经缓冷) /℃	熔体质量流 动速率 /g·(10min) ⁻¹	密度 /g·cm ⁻³
测试方法 ASTM	D638	D638	D638	D256	测试方法 ASTM	D785	D1525	D648	D1238	D792
666D	36.5	1.0	3.23	1.4	666D	M75	99	92	8.0	1.04
667	39	1.0	3.23	1.4	667	M75	99	92	8.0	1.04
685	43.5	1.5	3.3	1.4	685	M76	107	101	2.4	1.04
685D	45	1.5	3.3	1.4	685D	M76	108	103	1.6	1.04
470	21	40	1.9	7.6	470	L62	100	90	3.0	1.05
492J	24.6	35	2.1	9.0	492J	L76	104	96	2.0	1.05
469	14	30	1.7	6.5	469	—	101	93	2.5	1.04
XL8028	23.2	25	2.04	6.3	XL8028	L61	101	95	5.0	1.04
6075	19	35	1.83	3.0	6075	L60	101	93	4.5	1.16
6061	21.1	35	1.9	3.0	6061	L60	103	96	4.0	1.16
6087SF	16.2	20	1.55	3.0	6087SF	—	—	75	—	0.99

注：测试样品以压塑制成。

(6) 美国阿斯玛聚合物公司 (Asoma Polymer Inc) Superflex HIPS 性能 (见表 5-33)

表 5-33 美国阿斯玛聚合物公司 Superflex HIPS 性能

牌号	拉伸强度 /MPa	弯曲强度 /MPa	缺口冲击强度 /J · m ⁻²	洛氏硬度 HR	热变形温度 /℃	特性和主要用途
425	40	50	37.5	70	96	注塑级,耐中等冲击
432	41.8	69	37.5	M75	94	注塑级,耐中等冲击,耐热好
505	35	45	53.4	M50	85	注塑级,耐高冲击
550	26	38	69.3	M45	80	注塑级,耐高冲击

(7) 美国班伯格聚合物公司 (Bamberger Polymers Inc) Bapolan HIPS 性能 (见表 5-34)

表 5-34 美国班伯格聚合物公司 Bapolan HIPS 性能

牌号	拉伸强度/MPa	弯曲强度/MPa	缺口冲击强度/J · m ⁻²	洛氏硬度 HR	特性和主要用途
6270	22	37	53.0	M38	注塑,高流动
6345	39	54	74.6	M50	注塑,耐高温
6445	30	43	90.6	M15	挤出,高抗冲
6450	23.5	38	85.3	M20	注塑,高抗冲
6540	29	54	117.3	M25	注塑,挤出,耐高温

(8) 美国联邦塑料公司 (Federal Plastics Co. Ltd) FPC HIPS 性能 (见表 5-35)

表 5-35 美国联邦塑料公司 FPC HIPS 性能

牌号	拉伸强度 /MPa	弯曲强度 /MPa	Izod 缺口冲击强度 /J · m ⁻²	洛氏硬 度 HR	热变形温度 /℃	特性和主要用途
EPC7			33		85	注塑,中等流动,抗冲
EPC9	29	38		65		注塑
EPC23	29	38		65		注塑挤出均可,着色性好,中等抗冲
EPC25			35		77	注塑,高抗冲
FPC29	28	35		70		注塑,挤出,着色性好

(9) 美国海湾石油制品公司 (Gulf Oil Products Co.) HIPS 性能 (见表 5-36)

表 5-36 美国海湾石油制品公司 HIPS 性能

牌 号	拉伸强度/MPa	弯曲强度/MPa	缺口冲击强度/J · m ⁻²	特性和主要用途
EA6740	21	—	149	挤出,耐高冲击
EA6750	22	—	101	挤出,耐高冲击
EA6765	23	—	117	挤出,耐高冲击,FDA 认可
EA9400	28	—	85	挤出,橡胶改性

(续)

牌 号	拉伸强度/MPa	弯曲强度/MPa	缺口冲击强度/J·m ⁻²	特性和主要用途
EB6780	21	—	—	挤出,耐高冲击
EC2100	13	—	320	挤出,热成型,高冲击
EC6600	21	—	80	挤出,耐高冲击
EC6760	24	—	80	挤出,耐高冲击,耐应力开裂
EH6600	24	—	96	挤出,耐高冲击
MB6800	23	39	80	注塑,耐高冲击
MC5161	31	48	133	注塑,耐高温,耐高冲击
MC6560	29	46	128	注塑,耐高温,耐高冲击
MC6800	23	39	128	注塑,耐高温
MC9540	40	42	58	注塑,耐中等冲击
MD9520	29	37	85	注塑,耐中等冲击

(10) 美国汉孟德塑料公司 (Hammond Plastics Co.) Superflex HIPS MIPS 性能 (见表 5-37)

表 5-37 美国汉孟德塑料公司 Superflex HIPS MIPS 性能

牌号	拉伸强度 /MPa	弯曲强度 /MPa	洛氏硬 度 HR	缺口冲击强度 /J·m ⁻²	热变形温度 /℃	特性和主要用途
405	47	68	76	27	98	注塑级,低抗冲
425	40	58	70	37	91	注塑级,中等抗冲
432	—	—	—	—	—	注塑,耐高温
502	—	—	—	—	—	注塑,耐高温
505	30	45	M50	53	85	注塑级,高抗冲击
550	26	38	M45	63	—	注塑级,高抗冲击
FR-1	28	—	88	53	82	注塑级,极好的着色性

(11) 美国赫斯特公司 (Hoechst Co.) Fostarene HIPS 性能 (见表 5-38)

表 5-38 美国赫斯特公司 Fostarene HIPS 性能

牌号	拉伸屈服强度 /MPa	缺口冲击强度 /J·m ⁻²	洛氏硬 度 HR	热变形温度 /℃	特性和主要用途
326	—	—	—	—	注塑,流动好
329	—	—	—	—	注塑,高抗冲击
360	31	53	M45	170	注塑,高流动性
474	35	80	L75	195	注塑,耐高温、高抗冲击

(续)

牌号	拉伸屈服强度 /MPa	缺口冲击强度 /J·m ⁻²	洛氏硬 度 HR	热变形温度 /℃	特性和主要用途
702	25	101	—	183	注塑,高抗冲击
703	28	85	—	183	注塑,高抗冲击
705	28	96	—	198	注塑,高抗冲击
707	21	160	—	181	注塑,高抗冲击
717	—	—	—	—	注塑,高抗冲击,流动性好
721M	28	96	L70	190	注塑,高抗冲击
730	28	91	L56	180	挤出,热成型
731	28	91	—	190	注塑、挤出,高抗冲击、高温
760	25	96	L75	180	注塑,高流动、高抗冲
779	28	101	—	185	注塑,高抗冲击
782	—	—	—	—	注塑,高抗冲击
817	37	18	M75	176	注塑,高流动
840	25	160	L50	190	挤出,耐高抗冲击
850	25	240	L50	185	注塑,挤出,高抗冲击,高温
879	—	—	—	—	光稳定,适合挤出
929	—	—	—	—	注塑,流动性好、中等抗冲击

(12) 美国霍斯曼化学公司 (Huntsman Chemicals Co. Ltd) HIPS 性能 (见表 5-39)

表 5-39 美国霍斯曼化学公司 HIPS 性能

牌号	拉伸 强度 /MPa	弯曲 强度 /MPa	洛氏 硬度 HR	Izod 缺口 冲击强度 /J·m ⁻²	热变形 温度 /℃	牌号	拉伸 强度 /MPa	弯曲 强度 /MPa	洛氏 硬度 HR	Izod 缺口 冲击强度 /J·m ⁻²	热变形 温度 /℃
DP351HF	21	—	—	(69)	86	PS333	23	—	M20	75	84
DP355	21	—	—	(133)	86	PS338	29	—	—	80	88
PS312	33	—	M40	(69)	88	PS350	29	—	—	85	84
PS314	33	—	M35	(85)	84	PS351	29	—	M5	(91)	86
PS316	30	—	M35	(75)	84	P355	33	—	M30	69	98
PS318	28	—	M30	75	80	SFP15	19	41	—	—	—
PS331	20	—	M10	75	79	SFP30	15	34	—	—	73

(13) 美国莫比尔化学公司 (又称美孚化学公司) (Mobil Chemicals Co. Ltd) HIPS 性能 (见表 5-40)

表 5-40 美国莫比尔化学公司 HIPS 性能

牌 号	拉伸 强度 /MPa	弯曲 强度 /MPa	洛氏 硬度 HR	Izod 缺口 冲击强度 /J · m ⁻²	热变形 温度 /℃	牌 号	拉伸 强度 /MPa	弯曲 强度 /MPa	洛氏 硬度 HR	Izod 缺口 冲击强度 /J · m ⁻²	热变形 温度 /℃
PS1400	52	91	M76	69	90	PS4600	23	37	L50	128	87
PS3654	37	55	L86	64	88	PS4624	21	36	L45	123	81
PS3824	24	37	L70	64	82	PS5600	21	29	L45	123	85
PS4124	28	40	L65	107	84	PS8120	28	42	L62	107	91
PS4154	33	48	L70	96	86	PS8720	21	—	L55	176	84
PS4226	28	41	L60	117	85	PSMX 4324B	25	39	L55	133	82
PS4324	25	—	L55	133	82						

(14) 美国诺尔斯克聚合物公司 (Norsk Hydro Polymers Co.) HIPS 性能 (见表 5-41)

表 5-41 美国诺尔斯克聚合物公司 HIPS 性能

牌号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	拉伸强度 /MPa	Izod 缺口冲击 强度/J · m ⁻²	热变形温度 /℃	特性和主要用途
410	—	29	5.0	170	注塑级,中等抗冲击
415	—	40	5.0	195	注塑或挤出,耐热、中等抗冲击
520	7	24	6.7	185	注塑级,流动性好,宜制薄壁、结构复杂件
525	3	36	6.7	195	注塑或挤出,耐热、抗冲击
575	7	—	10	—	注塑级,流动性较好

(15) 美国钢铁化学公司 (U. S. Steel Chemicals Co.) Polysyrene HIPS 性能 (见表 5-42)

表 5-42 美国钢铁化学公司 Polysyrene HIPS 性能

牌 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	缺口冲击强度 /J · m ⁻²	维卡软化点 /℃	特性主要用途
609(D)	3.22	5.8	102	高抗冲击,宜注塑和挤出
610(D)	4.96	7.6	93	高抗冲击,宜注塑
611				光泽度高,宜注塑和挤出
612	2.00	6.9	100	高抗冲击
614	4.36	6.0	93	高抗冲击
619(D)	3.04	8.6	102	高抗冲击
775	2.1	9.3	101	高抗冲击,宜挤出
811			99	高抗冲击
827	2.0	8.9	101.3	高抗冲击
860	1.04 *			特种级,性能与 ABS 相似,注塑成型
865	1.04 *			特种级,性能与 ABS 相似,可注塑

(16) 德国巴斯夫公司 (BASF Co. Ltd) Polystyrol HIPS 性能 (见表 5-43)

表 5-43 德国巴斯夫公司 Polystyrol HIPS 性能

项 目	427D	432-B	436-C	454-C	454-H	456-M	466-I	472-C	473-D	475-K	476-L	525-K
熔体质量流动速率/g · (10min) ⁻¹	8.0	20	13	12	4	2.5	3.0	17	10	4.0	5.0	4.0
密度/g · cm ⁻³	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.5	1.05	105	1.05	1.5
拉伸强度/MPa	42	34	36	29	33	40	35	23	20	30	28	38
断裂伸长率(%)	15	25	30	35	30	25	35	40	45	40	40	20
弯曲弹性模量/MPa	2800	2600	2700	2300	2500	2400	2200	1950	1700	2100	2000	2300
冲击强度/kJ · m ⁻²	4.5	5.0	5.0	7.0	6.5	7.0	7.5	9.0	10	8.0	8.5	5.0
洛氏硬度 HR	87	79	78	59	71	68	65	52	35	52	48	65
长期使用温度/℃	75	58	70	65	65	75	70	60	60	70	70	70
热变形温度/℃	96	78	86	82	84	94	90	75	80	89	89	87
维卡软化点/℃	97	82	90	84	84	96	92	78	80	89	90	89
加工温度/℃	180 ~ 280	180 ~ 280	180 ~ 280	180 ~ 280	180 ~ 280	180 ~ 280	180 ~ 280	180 ~ 280	180 ~ 280	180 ~ 280	180 ~ 280	180 ~ 280
电导率/S · m ⁻¹	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
介电强度/kV · mm ⁻¹	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
体积电阻率/Ω · cm	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶
燃烧性 UL94	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB

项 目	576-H	577-F	586-G	587-M	585-K	436-EWU	445-EWU	454-CWU	454-HWU
熔体质量流动速率/g · (10min) ⁻¹	5.5	7.0	6.0	3.0	4.0	12	12	18	5.0
密度/g · cm ⁻³	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.06	1.06	1.06	1.06
拉伸强度/MPa	34	42	31	37	34	40	32	24	30
断裂伸长率(%)	30	25	30	30	40	20	35	35	30
弯曲弹性模量/MPa	2300	2400	2100	2300	2200	2700	2400	2100	2500
冲击强度/kJ · m ⁻²	8.5	8.0	9.5	9.0	9.5	4.0	5.0	5.0	6.0
洛氏硬度 HR	66	70	60	72	65	79	71	58	71
长期使用温度/℃	70	75	70	75	70	70	65	60	60
热变形温度/℃	88	94	88	89	87	90	88	80	80
维卡软化点/℃	90	96	90	95	89	90	87	79	79
加工温度/℃	180 ~ 280	180 ~ 280	180 ~ 280	180 ~ 280	180 ~ 280	190 ~ 220	190 ~ 220	190 ~ 220	190 ~ 220
电导率/S · m ⁻¹	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
介电强度/kV · mm ⁻¹	150	150	150	150	150	160	160	> 40	> 40
体积电阻率/Ω · cm	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁵	> 10 ¹⁵
燃烧性 UL94	HB	HB	HB	HB	HB	V-2	V-2	V-2	V-2

(续)

项 目	455-FWU	466-FWU	2710	2711	2712	436D-TSG	454C-TSG	472C-TSG	466F-TG-WUS
熔体质量流动速率/g · (10min) ⁻¹	14	7.0	4.0	10	7.5	11	13	18	7.0
密度/g · cm ⁻³	1.15	1.14	1.05	15.0	1.05	1.05	1.05	1.05	1.14
拉伸强度/MPa	30	30	30	25	27	16	12	12	19
断裂伸长率(%)	30	35	40	40	40	14 ~ 21	25 ~ 30	25 ~ 30	15 ~ 22
弯曲弹性模量/MPa	1900	2000	1900	1650	1750	1800	1500	1350	1300
冲击强度/kJ · m ⁻²	6.0	5.0	8.0	8.0	8.0	8.0	9.0	9.0	10
洛氏硬度 HR	44	48	36	25	30	85	67	62	76
长期使用温度/℃	65	70	70	60	60	70	60	50	70
热变形温度/℃	83	86	87	77	80	88	81	76	89
维卡软化点/℃	82	90	89	78	83	90	83	77	90
加工温度/℃	190 ~	220 ~	180 ~	180 ~	180 ~	220 ~	220 ~	220 ~	220 ~
	220	250	280	280	280	260	260	260	250
电导率/S · m ⁻¹	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5				
介电强度/kV · mm ⁻¹	160	160	150	150	150				
体积电阻率/Ω · cm	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶	> 10 ¹⁶
燃烧性 UL94	V-2	V-2	HB	HB	HB	HB	HB	HB	5V

(17) 德国赫斯特公司 (Hoechst AG) Hostalen PS 性能 (见表 5-44)

表 5-44 德国赫斯特公司 Hostalen PS 性能

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	冲击强度 /kJ · m ⁻²	维卡软化点 /℃	热变形温度 /℃	性能及用途
214A	8.0	2.5	85	75	普通聚苯乙烯
512	15.0	7.14	80	75	高冲击,流动性良好
512A	22.0	7.14	78	70	高冲击,高流动性
512TA	20.0	7.14	77	68	高冲击,高流动性
516	3.0	13.8	96	88	高冲击
616	2.5	13.8	88	85	高冲击
618	4.0	14.3	84	81	高冲击
618A	7.0	15.3	80	75	高冲击
620	7.0	15.3	76	72	高冲击
062A	13.0	15.3	76	67	高冲击,流动性良好
620TA	11.0	15.3	75	67	高冲击,流动性良好
N2000	26	2.0	77	69	普通级,易流动
N3000	11	3.3	78	69	普通级,热稳定

(续)

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	冲击强度 /kJ · m ⁻²	维卡软化点 /℃	热变形温度 /℃	性能及用途
N4000	2.5	4.1	78	69	普通级,热稳定
N5000	3.5	4.5	78	69	普通级,热稳定
N7000	1.5	4.7	78	69	普通级,热稳定
S4100	3.0	8.0	78	69	中冲击,高光泽,接触透明
XS-6600	3.0	11.0	85	76	注塑—挤塑—吹塑,耐热
XS-6600T	3.0	11.0	85	76	注塑,高冲击,挤塑,耐气候性好
XS-6600W	3.0	10.0	85	76	注塑,高冲击,挤塑,耐气候性好
850	3.0	4.5	85	76	注塑,挤塑,超高冲击
628	5.0	7.1	91	87	注塑,高冲击
638	3.0	8.7	90	80	注塑,高冲击
640	7.0	9.2	80	70	注塑,高冲击

Hostyrm S (HIPS) SPV (阻燃级 HIPS) 性能 (见表 5-45)。

表 5-45 Hostyrm S (阻燃级 HIPS) 性能

型 号	熔体质量 流动速率 /g · (10min) ⁻¹	拉伸 强度 /MPa	弯曲 强度 /MPa	无缺口冲击 强度 /kJ · m ⁻²	维卡软 化点 /℃	性能和主要用途
S2400	15.5	22	40	65	74	高抗冲,高拉伸,无光泽,注塑级
S3200	13.5	27	49	45	8	耐冲击,高光泽,注塑级
S3274	28				73	抗静电,流动性极好,注塑级
S3400	10.5	26	49	65	76	高抗冲,高拉伸,低光泽,注塑级
S3474	15				70	抗静电级,高抗冲击,延伸好,注塑级
3S4100	3	40	78	38	87	中等抗冲击、高光泽,透明,注塑级
S4400	6.5	26	58	65	89	高抗冲击,低光泽,注塑级
S4474	10				80	抗静电级,高抗冲击,低光泽,流动性好
S4600	13	20	36	不破坏	76	高拉伸,高抗冲击,高刚性,流动性好
S4764	14				69	抗静电,高拉伸,高抗冲击,流动性好
S5200	3	43	84	45	97	耐冲击,高光泽,耐热
S5274	5				88	抗静电,耐热
S5400	45	34	65	65	95	高抗冲击,热稳定,低光泽
S5474	9				85	抗静电,热稳定
S5600	9	26	40	不破坏	88	高拉伸,高抗冲击,高刚性
S6400	3	34	65	65	96	高抗冲击,热稳定
S6600	4.5	33	52	不破坏	92	高拉伸,高抗冲击,高刚性,热稳定

(续)

型 号	熔体质量 流动速率 /g · (10min) ⁻¹	拉伸 强度 /MPa	弯曲 强度 /MPa	无缺口冲击 强度 /kJ · m ⁻²	维卡软 化点 /℃	性能和主要用途
S6674	5				83	抗静电级
S7600	3	35	55	不破坏	95	高拉伸,高抗冲击,高刚性,热稳定
SPV5290X	12	36	72	35	90	阻燃级,V-2级,流动性好
SPV5290Y	7	31	60	30	88	阻燃级,V-2级,流动性好
SPV5490G	5	30	53	50	93	阻燃级,V-0级,流动性好
SPV5490X	10	30	57	35	88	阻燃级,V-2级,流动性好

Hostyrm XS 耐候性 HIPS 性能 (见表 5-46)。

表 5-46 Hostyrm XS 耐候性 HIPS 性能

型 号	熔体质量流动 速率 /(g · 10min) ⁻¹	拉伸 强度 /MPa	弯曲 强度 /MPa	缺口冲击 强度 /kJ · m ⁻²	维卡软 化点 /℃	性能和主要用途
XS2400	11	15	33	8	72	注塑,耐候,高抗冲,流动性好
XS2400W	11	14	33	8	75	注塑,耐候比 XS2400 更好,流动性好
XS4400	4	20	47	8	85	耐候,高抗冲击,注塑,挤出
XD4400TU	3			8	85	耐候,抗冲击,韧性好,新品种
XS4400W	4	21	45	7	86	耐候,注塑,挤出
XS4600	4	15	35	11	76	耐候,高抗冲击,高伸长,注塑
XS4600TU	3			12	77	耐候,抗冲击,韧性好,新品种
XS5200	3	35	73	5	91	耐候,耐冲击,注塑
SX5200TU	3			5	92	耐候,抗冲击,韧性好,新品种
XS5400	3	25	55	8	90	耐候,高抗冲击,耐热,注塑,挤出
XS5400TU	2			8	90	耐候,抗冲击,韧性好,新品种
XS6600	3	20	41	11	—	耐候,高抗冲击,注塑,挤出,吹塑均可
XS6600T	3	20	41	11	84	耐候,高抗冲击,工业用
XS6600TU	2			12	84	耐候,抗冲击,韧性好
XS6600W	3	20	42	10	83	耐候,高抗冲击,耐候较优

(18) 日本电气化学工业有限公司 (Denki Kagaku Kogyo Kabushiki Kasha) Denka Styrol PS 性能 (见表 5-47)

表 5-47 日本电气化学工业有限公司 Denka Styrol PS 性能

型 号	熔体质量流动 速率 /g · (10min) ⁻¹	冲击 强度 /kJ · m ⁻²	维卡软 化点 /℃	热变形 温度 /℃	性能及用途
GP-1	6.6 ~ 9.1	1.5	88 ~ 96	82	通用级,标准成型,用于一般日用制品
QP-2	25 ~ 30	1.2	74 ~ 84	74	高流动性,通用级
GP	6.6 ~ 9.1	1.5	88 ~ 96	82	通用级,有好的机械和加工性能
QP	25 ~ 30	1.2	74 ~ 84	74	易流动,制作复杂形状和多模模腔制品
MM	10 ~ 15	1.8	80 ~ 90	88	相对分子质量高,强度高,力学性能好,透明性特好
MW-1	1.0 ~ 3.0	1.8	84 ~ 92	78	通用级,中空成型性能良好,挤出板材、板件
HRM-2	1.8 ~ 2.5	1.6	98 ~ 102	88	耐高温,通用级,耐冲击性能良好
HI-S-2	6 ~ 10.5	5.5 ~ 7.5	79 ~ 86	70	耐冲击级
HI-R	2.4 ~ 4.2	6.5 ~ 8.5	91 ~ 98	88	耐热,耐冲击,高冲击级
HI-R-5	3.4	6.4	104	87	高冲击强度级
HI-E-4	2.8 ~ 5.5	6.5 ~ 8.5	88 ~ 95	80	挤出级,耐冲击
HI-R-2	14 ~ 21	4.5 ~ 6.0	86 ~ 93	82	流动性好,耐高冲击
HI-U-5015	1.5	12 ~ 15	86 ~ 93	80	耐高冲击级
NB-7450	6 ~ 10	3.5 ~ 5.0	91 ~ 101	98	阻燃级,注射成型
MI-5450	5 ~ 10	2 ~ 4	80 ~ 88	82	中冲击强度
MI-5350	5 ~ 10	2 ~ 4	80 ~ 88	82	中冲击强度
LE-G-5250	5 ~ 10	2.5 ~ 4.5	81 ~ 91	80	注射成型,挤出级
TP-S	5.4 ~ 9.0	3.5 ~ 5.5	81 ~ 88	80	透明级,中等冲击强度
TP-R	2.0 ~ 4.0	3.5 ~ 5.5	88 ~ 96	80	透明级,中等冲击强度
TP-MI-5150	5.0 ~ 10	2 ~ 4	80 ~ 88	80	中冲击通用级,透明级
TP-US	1.5 ~ 3.5	7 ~ 10	76 ~ 84	80	透明级,良好的耐冲击性能
QP-3	29.6	1.2	80	70	通用级,高流动性
MW-2	2.2	1.2	98	86	通用,高强度耐高温
MT-2	16	1.7	98	87	阻燃级,高强度
HRM-3	0.7	1.8	101	89	通用,高强度耐高温
HRM-5	5	1.5	101	88	通用,高强度耐高温
TP-SX	6.3	4.5	87	75	透明通用级,高冲击
TP-RX	3.4	4.7	94	83	透明级,高冲击耐高温
TP-USX	2.3	11.5	83	71	特高冲击通用级,透明级
TP-USX	1.6	10.8	88	77	特高冲击耐高温,透明级
TP-USH	1.9	13.2	81	71	透明级,特高冲击
TP-URX50	2.2	6.4	94	82	高中冲击板材

(续)

型 号	熔体质量流动 速率 /g · (10min) ⁻¹	冲击 强度 /kJ · m ⁻²	维卡软 化点 /℃	热变形 温度 /℃	性能及用途
TP-MI-7450	2.9	3.1	96	84	透明级,中冲击耐高温
HI-S-3	17.5	7.0	82	69	高冲击强度,高流动性
HI-E-6	2.4	6.7	94	79	挤出级,高冲击强度
HI-U-1	1.5	7.8	93	80	特殊用改性级,特高冲击
HI-U-2	1.5	10.0	96	84	特殊用改性级,特高冲击
HI-G	2.0	9.1	94	83	高冲击强度,高光泽制品
MI-5150-21	8.1	4.5	91	78	混合通用,中冲击强度
MI-7450-52	2.3	4.3	100	89	中冲击强度级
MI-7450-55	4.2	4.2	99	88	中冲击强度级
HRM	2.0	4.5	100	95	通用级,比 GP 耐高温,有好的强度,软化点也高
MI-5130	2.3	4.1	95	85	中冲击强度级
MI-5150	2.3	4.1	95	85	中冲击强度级
HI-S	6~8	7.8	84	76	高冲击强度,尺寸精密度高,用于工业元件
HI-Q	11.5	7.8	80	74	高冲击,易流动
HI-E	1.5	7.8	80	74	挤出级,高冲击,吹塑成型做轻容器等
HI-U	1.5	7.8	88	80	特高冲击强度级,模塑成型
NB	8	4.5	100	94	阻燃级,宜注射成型
AC	8	4.5	100	94	阻燃级,抗静电,表面电阻小
LS	8	4.5	100	94	特殊光稳定级,阻燃级,适合室内照明器材,不能曝晒

(19) 新日本制铁化学公司 (Nippon Steel Chemincal Co. Ltd) Estyrene PS 性能 (见表 5-48)

表 5-48 新日本制铁化学公司 Estyrene PS 性能

型号	熔体质量流 动速率 /g · (10min) ⁻¹	冲击 强度 /kJ · m ⁻²	维卡软 化点 /℃	热变形 温度 /℃	性能及用途
G-15	4.0	1.4	100	88	高的热变形温度,强度高,但模塑性稍低
G-10	8.5	2.3	97	86	高强度型
G-20	11.5	2.3	92	83	一般通用型,良好的力学性能
G-30	31.0	2.1	80	73	流动性好,通用级
G-31	31.0	2.0	82	75	流动性好,通用级
G-32	26.3	1.3	91.5	74	通用透明级,用于薄壁容器

(续)

型号	熔体质量流 动速率 /g·(10min) ⁻¹	冲击 强度 /kJ·m ⁻²	维卡软 化点 /℃	热变形 温度 /℃	性能及用途
G-14	10.0	1.3	96	75	通用透明注塑级,易脱模,流动性良好
H-40	8.0	5.2	96	75	用于模塑容器,适用于日常用品等
H-45	5.0	5.0	95	75	高冲击,适用于电气部件
H-63	3.0	7.5	95	75	高冲击,适用于家电外壳
H-60	10.5	9.5	91	74	耐高冲击
H-61	5.0	12.0	98	78	有好的表面光泽和高冲击强度,用于电器,建筑材料,家用电器,工业元件外壳等
H-65	3.0	11.0	100	88	耐高温,高冲击,强且韧,用于工业元件、电视机、无线电器件
S-60	3.5	8.9	96	77	挤出级,耐高冲击,有优良的可模塑性,用于包装材料

(20) 日本旭化成工业公司 (Asahi Chemical Ind. Co. Ltd) Poly Stryrone HIPS 性能 (见表 5-49)

表 5-49 日本旭化成工业公司 Poly Stryrone HIPS 性能

牌号	熔体质量流动 速率 /g·(10min) ⁻¹	拉伸 强度 /MPa	弯曲 强度 /MPa	缺口冲击 强度 /kJ·m ⁻²	洛氏 硬度 HR	热变形 温度 /℃	特性和主要用途
402	2.5	29	52	75	70	81	耐热,高光泽,适用于制机壳
403	3.2	39	59	85		83	耐热,高光泽,适用于制机壳(含脱模剂)
470	14	24	39	55	87	72	高流动,适用于制家电部件
475D	1.8	23	42	90	60	80	挤出,适用于制容器、冰箱内衬
475S	1.7	23	45	90	65	76	挤出,适用于制容器冰箱内衬
490	2.7	34	55	70	80	82	耐热,注塑,适用于制家电部件机壳
492R	2.7	34	55	70	80	82	耐热,适用于注塑制家电部件机壳,含脱模剂
777-70	2.8	4	67	53	—	83	牌号 490(含 70%)与牌号 683(含 30%)混合
777-50	2.8	44	75	42	—	84	牌号 490(含 50%)与牌号 683(含 50%)混合
777-30	2.8	48	85	30	—	84	牌号 490(含 30%)与牌号 683(含 70%)混合

(21) 日本旭道公司 (Ashai-Dow Limited) Ashai Dow 性能 (见表 5-50)

表 5-50 日本旭道公司 Ashai Dow 性能

型 号	熔体质量流动 速率 /g · (10min) ⁻¹	冲击强度 /kJ · m ⁻²	维卡软 化点 /℃	热变形 温度 /℃	性能及用途
666	7.5	1.21	102	82	通用级,综合性能较好,可任意着色
666R	8.0	1.21	101	81	通用级
679	24	1.1	85	72	通用级,流动性好,可缩短成型周期
679R	19	1.1	92.5	84	通用级,流动性好,可缩短成型周期
XUS-40056.01					低温性能好,用于电冰箱衬里
680	7.5	1.3	104.5	95	通用级,可供发泡用
683	3.5	1.3	105	85	通用级,耐高温,物理性能与 666 级相同或更好
685	2.5	1.1	105	82	通用级,耐高温
686	2.1	1.1	106.5	95	通用级,耐高温
691	2.3	1.3	97	90	通用级,高韧性
470	1.7	5.0	88	70	高冲击强度级,高韧性,比一般的耐冲击强度大 5~10 倍,伸长率大 10 倍
432	5.3	3.5	101	88	中冲击强度级
475	2.1	9.0	100	78	耐冲击,伸长率好
475D	2.1	9.0	100	78	高冲击强度级,用于挤出较薄的片材,适于做冰 杯等的食品容器
475S	1.7	9.0	97	76	高冲击强度级,耐低湿性能好,适宜做电冰箱的 门衬圈或内箱挤出用料,冷板,冷冻级
492	2.7	7.0	105	82	高冲击级,耐热性最好,在低湿下耐蠕变性能和 结构材料的强度高
492H	1.5	8.0	105	82	高冲击强度级,耐高温
402	2.5	7.5		81	高冲击强度级
QH405	2.2	8.0	105	82	高冲击强度级,耐高温,高韧性,耐高冲击
QH202	1.7	8.0	103	82	高冲击强度级,耐高温,高光泽,耐高冲击
XH203	4.0	8.0	101	82	流动性好,高韧性通用级
XH602	1.8	6.0	104.7	88	高冲击强度级,耐高温,高光泽,耐高冲击
HG605	1.3		95.2	79	高冲击强度级,耐高温,高光泽,耐高冲击
605	1.5	1.7	95.2	79	普通通用级
K-45	4.5	5.5	95.2	79	很好的光漫射性,半透明,用于照明用具
H-50	5.0	5.5	95.2	79	中冲击,优越的光漫射性、耐光性,用于室内照 明用具
690	4.0	2.4	95	79	通用级,耐热
666C	8.0	2.4	100	88	通用级
777	5.0	4.5	104	88	中冲击

(22) 日本三菱孟山都化学公司 (Mitsubishi Monsanto Chemical Co.) Diarex PS 性能 (见表 5-51)

表 5-51 日本三菱孟山都化学公司 Diarex PS 性能

型 号	熔体质量流动 速率 /g · (10min) ⁻¹	冲击强度 /kJ · m ⁻²	维卡软 化点 /℃	热变形 温度 /℃	性能及用途
HF55	4.5	1.3 ~ 1.9	85	74 ~ 78	通用级,流动性好
HF77	5.5	1.3 ~ 1.9	101	84 ~ 88	通用级,良好的加工性能
HH99	3.5	1.3 ~ 1.9	102	91 ~ 94	通用级,耐高温
HH101	3.5	1.6 ~ 2.1	102	92 ~ 95	通用级,耐高温
HH102	3.5	1.6 ~ 2.1	102	92 ~ 95	通用级,耐高温
HT44	2.2	2.4 ~ 2.7	95	75 ~ 80	耐中冲击
HT48	2.9	3.3 ~ 3.5	98	75 ~ 80	耐中冲击
HT58	3.7	4.0	103.5	80 ~ 88	耐高冲击,耐热,用于工业部件
HT190	2.5	7 ~ 9.3	103	80 ~ 88	挤出级,高冲击强度级,耐高温,适用于片、板材
YH472	2.6	8.5	100	90	耐冲击注塑件,适用于片、吹塑件
HT88	10	5.2	80	72	耐高冲击强度级,流动性、光泽性能优异
HT91	2.5	5.6	98	87	耐高冲击强度级,耐高温,用于家用电器部件
HT76	2.5	7.8	98	86	耐高冲击强度级,耐高温,用于电视机外壳等制品
HT516	2.2	8.0	98	88	薄片、薄膜通用级
HT-88A	10	5.2	98	88	通用级,高冲击
HT-90	2.5	5.6	98	88	高冲击级,耐高温
S-76	2.5	7.8	98	88	高冲击级,耐高温
S-81	2.5	5.6	98	87	通用级,高冲击级
HT-60	7.0	7.5	98	87	高冲击,耐高温,用于电子电器部件
HT-203	3.0	1.7	98	87	普通级,适用于大型制件
HT-500	2.5	7.5	98	87	高冲击级,挤出成型
SK	5.0	9.1	91	81	阻燃级,具有良好的平衡性和成型性
SH	7.0	10	83	73	阻燃级,具有良好的平衡性和成型性
SI	4.0	10	84	74	阻燃级,具有良好的平衡性和成型性

(23) 日本住友化学有限公司的阻燃级 PS 性能 (见表 5-52)

表 5-52 日本住友化学有限公司的阻燃级 PS 性能

项 目	测试方法	500HM	SE-01	SE-11	SH-21	SH-22	SH-33
熔体质量流动速率/g · (10min) ⁻¹	D1238	0.5	0.7	0.7	0.7	1.6	1.5
拉伸强度/MPa	D638	28	22	22	24	19	29

(续)

项 目	测试方法	500HM	SE-01	SE-11	SH-21	SH-22	SH-33
断裂伸长率(%)	D638	20	35	35	25	25	25
拉伸模量/GPa	D638	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
弯曲强度/MPa	D790	45	35	35	37	29	46
弯曲模量/GPa	D790	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
冲击强度/kJ·m ⁻²	D256	1.40	0.90	0.90	0.90	0.50	1.30
热变形温度/℃	D648	90	88	81	88	82	70
密度/g·cm ⁻³	D792	1.05	1.17	1.17	1.14	1.13	—
体积电阻率/Ω·cm	D257	10 ¹⁶	10 ¹⁶	10 ¹⁶	10 ¹⁶	10 ¹⁶	10 ¹⁶
氧指数	D2836	18.0	28.5	28.5	22.5	22.0	—
耐电弧性/s	D495	125	95	95	120	120	—

(24) 日本宇部兴产公司 (UBE Ind. Ltd) UBE PS 性能 (见表 5-53)

表 5-53 日本宇部兴产公司 UBE PS 性能

型 号	熔体质量流动速率 /g·(10min) ⁻¹	密度 /g·cm ⁻³	冲击强度 /kJ·m ⁻²	性能及用途
CI102	10	1.07	2.2	耐热,高刚性工业部件
CI104	8	1.24	2.0	耐热,高刚性工业部件
CG210		0.96	6	纤维强化,耐热,高刚性工业部件
CG220		1.03	8	纤维强化,耐热,高刚性工业部件
CG230		1.12	8	纤维强化,耐热,高刚性工业部件
CG730		1.12	6	纤维强化,耐热,高刚性工业部件
J190WX	10	0.93	2.5	阻燃级
J190WX	10	0.93	4.5	阻燃级
C605WY	9	1.20	7.0	阻燃级
C604WZ	6.5	1.34	6.0	阻燃级
CJ911	7.5	1.0	7.0	高光泽,用于一般工业制品

(25) 日本出光石油化学公司 (Idemitsu Petrochemical Co. Ltd) Styrol HIPS 性能 (见表 5-54)

表 5-54 日本出光石油化学公司 Styrol HIPS 性能

牌 号	熔体质量流动 速率 /g·(10min) ⁻¹	拉伸 强度 /MPa	弯曲 强度 /MPa	洛氏 硬度 HR	缺口冲 击强度 /kJ·m ⁻²	热变形 温度 /℃	特性和主要用途
T60	2	27.5	52	L74	137	86	光泽好,冲击级,挤出
T61	3	22.5	47.7	L79	120	81	冲击级,挤出制冰箱内衬

(续)

牌 号	熔体质量流动 速率 /g · (10min) ⁻¹	拉伸 强度 /MPa	弯曲 强度 /MPa	洛氏 硬度 HR	缺口冲 击强度 /kJ·m ⁻²	热变形 温度 /℃	特性和主要用途
T50	4	30	55	L77	84	88	冲击级,高耐热,注塑
T51	3	35.5	63	L79	86	88	注塑,冲击级,高刚性,高耐热
T52	1	30.5	52	L70	141	86	注塑,冲击级,超高耐冲击
HT53	4	28.5	61.7	L82	82	86	注塑,冲击级,光泽好
HT54	4	26.5	60	L80	89	86	注塑,冲击级,光泽好
IT40	9	21	43	L70	93	76	注塑,冲击级,高流动性
LT70	5	48	83	M80	19	90	注塑,冲击级,透明性好,制照明器材
LS85	10	25.5	55.6	L88	64	80	注塑,冲击级,半透明
MSH ₈	3	51	94	L87	1.3		注塑,冲击级,耐高温
MSH ₅	5	34.5	65	L90	59	88	注塑,冲击级,耐高温
NF20	9	42	67	M79	16	86	通用级,注塑制杂货、玩具、装饰品
SEHI-103	3	31	508		114	79	注塑,冲击级,阻燃级(V-0)
SEHI-106	4	28	50	L65	3.6	96	注塑,阻燃级(V-0)
SEHI-110	4	25.5	55.7	L65	112	76	注塑,冲击级,阻燃级(V-0)
SEHI-121	6	35	63.5	L71	79	83	注塑,冲击级,阻燃级(V-0)
SEHI-122	6	38	64	L74	2.7	100	注塑,阻燃级(V-2)

注：热变形温度测试条件为 1.86MPa。

(26) 日本三井东压化学工业公司 (Mitsui Toatsu Chemical Ind. Co. Ltd) Toporex HIPS 性能 (见表 5-55)

表 5-55 日本三井东压化学工业公司 Toporex HIPS 性能

型 号	熔体质量流动 速率 /g · (10min) ⁻¹	断裂 强度 /MPa	弯曲 强度 /MPa	缺口冲 击强度 /J · m ⁻²	热变形 温度 /℃	特性和主要用途
630PC	11	35	52	35	89 *	注塑,中等抗冲击
650PC	12	31	46	45	88 *	注塑,中等抗冲击
650TBD	2.7	42	64	65	94 *	注塑,中等抗冲击
650TBE	5.5	32	42	60	89 *	注塑,耐冲击
650TDD	3.7	36	51	66	92 *	注塑,耐冲击
670TBD	3.6	38	58	72	93 *	注塑,中等抗冲击
670TDD	3.9	32	43	77	91 *	注塑,耐冲击
825	14	25	37	50	75	注塑,高抗冲击
830	2.5	28	40	80	80	注塑、挤出均可,高光泽
850	5	33	46	60	75	注塑,适用于收录机壳

(续)

型 号	熔体质量流动 速率 /g · (10min) ⁻¹	断裂 强度 /MPa	弯曲 强度 /MPa	缺口冲 击强度 /J · m ⁻²	热变形 温度 /℃	特性和主要用途
850-51	5	33	46	60	84	注塑,高抗冲击,耐热
855	3.5	34	50	80	84	注塑,高抗冲击,耐高温
855-52	4.0	30	40	90	81	注塑,高抗冲击,耐高温
860	3.0	35	48	100	82	注塑,高抗冲击,高光泽
860-01	2.4	38	53	100	90	注塑,高抗冲击,高光泽
860-02	2.7	30	45	80	88	注塑,高抗冲击,高光泽
860-03	3.0	33	48	100	88	注塑,高抗冲击,高光泽
GP500	36			26	67	注塑,适用于食品容器
GP525	8			26	76	注塑,制容器、电器件
GP550	2			26	81	注塑,耐高温,适用于电器件
HI825	16			50	69	注塑,高抗冲击,适用于电器件
HI830	2			95	73	挤出,高抗冲击,适用于中空件
HI840	1			91	74	挤出,高抗冲击,适用于家用电器
HI850	2			69	77	注塑,高抗冲击,适用于家用电器
HI860	1.7			89	102	挤出,耐高温,适用于家电件

(27) 日本昭和电工公司 (Showa Denka KK) Polystyrene HIPS 性能 (见表 5-56)

表 5-56 日本昭和电工公司 Polystyrene HIPS 性能

型 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	缺口冲击强度 /J · m ⁻²	维卡软化点 /℃	热变形温度 /℃	特性和主要用途
400	3.5	70	88	83	高抗冲击级
500A	13	90	79	74	高抗冲击级
500HM	3.3	100	95	90	耐高抗冲击,耐高温
500SD	2.3	100	90	85	高抗冲击,挤出板材
500SH	1.0	100	89	84	高抗冲击,挤出薄板

(28) 韩国九成化学公司 (Callmox Chemical Co.) OTR Resin HIPS 性能 (见表 5-57)

表 5-57 韩国九成化学公司 OTR Resin HIPS 性能

牌号	拉伸 强度 /MPa	弯曲 强度 /MPa	弯曲 弹性 模量 /GPa	硬度 HR	热变 形温 度 /℃	维卡 软化 点 /℃	燃烧 性 UL94	牌号	拉伸 强度 /MPa	弯曲 强度 /MPa	弯曲 弹性 模量 /GPa	硬度 HR	热变 形温 度 /℃	维卡 软化 点 /℃	燃烧 性 UL94
40AF	31	53	2000	90	87	98	V-0	47AF	28	42	2100	90	76	95	V-0
41AF	30	43	2200	95	81	97	V-0	49AF	29	43	2100	92	78	96	V-0
42AF	30	45	2300	95	80	98	V-0	50IS	26	40	2200	100	75	98	HB
43AF	29	45	2200	92	85	100	V-0	55SH	30	50	2100	101	78	100	HB
45AF	30	43	2400	93	80	97	V-0	60HR	33	55	2100	102	80	102	HB
46AF	30	43	2300	93	80	97	V-0	70HG	33	58	2100	101	79	101	HB

(29) 韩国东部化学公司 (Dongbu Chemical Co. Ltd) Solarene HIPS 性能 (见表 5-58)

表 5-58 韩国东部化学公司 Solarene HIPS 性能

牌号	拉伸 强度 /MPa	断裂伸 长率 (%)	弯曲 强度 /MPa	弯曲弹 性模量 /MPa	洛氏 硬度 HR	热变形 温度 /℃	维卡软 化点 /℃	介电 常数	体积电 阻率 / $\Omega \cdot \text{cm}$	吸水率 (%)	燃烧性 UL94	成型收 缩率 (%)
M326	40	30	62	2500	84	85	102	2.5	10^{17}	0.04	HB	0.4~0.7
M363	33	30	55	2400	80	74	88	2.5	10^{17}	0.04	HB	0.4~0.7
H616	32	40	53	2100	74	83	102	2.5	10^{17}	0.05	HB	0.4~0.7
H635	27	42	48	2000	71	80	97	2.5	10^{17}	0.05	HB	0.4~0.7
H645	26	40	45	2100	71	75	94	2.5	10^{17}	0.05	HB	0.4~0.7
H645IB	25	40	45	2000	70	74	93	2.5	10^{17}	0.05	HB	0.4~0.7
H663	24	41	44	2000	70	73	90	2.5	10^{17}	0.05	HB	0.4~0.7
H724	24	45	44	1900	67	78	97	2.5	10^{17}	0.05	HB	0.4~0.7
H835	21	55	40	1800	55	76	96	2.5	10^{17}	0.04	HB	0.4~0.7
S334	36	30	54	2600	60	78	96	2.5	10^{17}	0.4	HB	0.4~0.7
S344	30	35	53	2600	65	79	97	2.5	10^{17}	0.4	HB	0.4~0.7
S744	29	39	52	2550	67	78	96	2.5	10^{17}	0.05	HB	0.4~0.7
S745	30	37	56	2500	65	80	98	2.5	10^{17}	0.05	HB	0.4~0.7
S834	28	50	52	2400	63	79	96	2.5	10^{17}	0.05	HB	0.4~0.7

(30) 韩国锦湖化工公司 (Han Nam Chemicals Co. Ltd) HIPS 性能 (见表 5-59、表 5-60)

表 5-59 韩国锦湖化工公司 HIPS 性能 (一)

牌 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	成型收缩率 (%)	吸水率 (%)	燃烧性 UL94	特性和主要用途
HFB400	5.0	0.3~0.6	0.05	1/16"(V-0)	注塑级,高抗冲击
HI425	6.5	0.3~0.6	0.05	HB	注塑级,高抗冲击
HI425E	3.0	0.3~0.6	0.05	HB	注塑级,高抗冲击
HI425TV	3.0	0.3~0.6	0.05	HB	注塑级,高抗冲击
HI945	5.0	0.3~0.6	0.05	—	注塑级,高抗冲击
MIB	8.0	0.3~0.06	0.05	—	注塑级,中等抗冲击
MI225	15	0.3~0.06	0.04	HB	注塑级,流动性好,宜制薄壁复杂件
MI250	3.0	0.3~0.06	0.04	HB	注塑级,中等抗冲击
MI310	4.0	0.3~0.06	0.04	HB	注塑级,中等抗冲击

表 5-60 韩国锦湖化工公司 HIPS 性能（二）

项 目	测试标准	MI-225	MI-250	MI-310	MI-425	MI-425E	HI-425TV	MIB	HFB-400	HI-945
拉伸强度/MPa	D638	30	40	38	23	28	30	22	25	22
拉伸弹性模量/MPa	D638	1780	2560	1800	1700	2100	2100	1700	2000	1700
断裂伸长率(%)	D638	30	30	30	50	55	55	50	50	60
弯曲强度/MPa	D790	44	60	56	35	40	40	35	40	35
弯曲弹性模量/MPa	D790	2300	2500	2500	2100	2100	2100	2000	2000	2000
冲击强度/kJ·m ⁻²	D256	2.1	2.7	2.5	3.4	3.8	3.4	3.4	4.2	5.0
邵氏硬度 HD	D785	84	86	85	70	68	72	70	55	65
热变形温度/℃	D1525	75	86	84	74	78	82	72	78	70
维卡软化点/℃	D1525	89	102	99	93	99	101	92	95	90

（31）韩国大韩油化公司（Korea Petrochemical Co.）HIPS 性能（见表 5-61）

表 5-61 韩国大韩油化公司 HIPS 性能

项 目	测试标准	中冲击 PS				高冲击 HIPS			
		G126	G124	G117	G116	H645IB	H663	H724	H835
拉伸强度/MPa	D638	53	52	58	56	25	24	24	21
断裂伸长率(%)	D638	3.0	3.0	3.0	3.0	40	41	45	55
弯曲强度/MPa	D790	95	92	102	100	45	44	44	44
弯曲弹性模量/GPa	D790	3.3	3.5	3.5	3.4	2.0	2.0	1.9	1.8
Izod 冲击强度/kJ·m ⁻²	D256	0.019	0.023	0.024	0.022	0.120	0.122	0.147	0.186
邵氏硬度 HD	D785	100	100	100	100	70	70	67	55
热变形温度/℃	D648	86	81	88	87	70	70	78	76
	D1525	104	94	105	104	90	90	97	96
维卡软化点/℃	D1525	100	89	100	100	87	84	90	82
密度/g·cm ⁻³	D792	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
熔体质量流动速率/g·(10min) ⁻¹	D1238	4.0	3.0	1.5	2.5	8.0	13.0	5.0	4.5
吸水性(%)	D570	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05
燃烧性	UL94				HB		HB		

项 目	测试标准	高冲击 HIPS				阻燃级 HIPS			
		S334	S344	S744	S745	S834	F644	S654	F664
拉伸强度/MPa	D638	36	30	29	30	28	27	29	27
断裂伸长率(%)	D638	30	35	39	37	50	39	35	35
弯曲强度/MPa	D790	54	53	52	56	52	43	43	45
弯曲弹性模量/GPa	D790	1.6	2.6	2.55	2.5	2.4	2.1	2.0	2.1
Izod 冲击强度/kJ·m ⁻²	D256	0.083	0.096	0.14	0.166	0.201	0.122	0.117	0.120
邵氏硬度 HD	D785	60	65	67	65	63	70	56	70
热变形温度/℃	D648	78	79	78	80	79	78	76	78
	D1525	96	97	96	98	96	97	93	97
维卡软化点/℃	D1525	88	90	87	89	86	86	81	85
密度/g·cm ⁻³	D792	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.15	1.06	1.12
熔体质量流动速率/g·(10min) ⁻¹	D1238	5.0	6.0	6.0	7.0	4.0	7.0	11.0	7.0
吸水性(%)	D570	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
燃烧性	UL94			HB			V-0	V-2	V-2

(32) 韩国 LG 化学公司 (LG Chemical Lo. Ltd) HIPS 性能 (见表 5-62)

表 5-62 韩国 LG 化学公司 HIPS 性能

牌号	拉伸强度 /MPa	断裂伸长率 (%)	弯曲强度 /MPa	弯曲弹性模 量/MPa	Izod 冲击强 度/ $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$	洛氏硬度 HR	热变形温度 / $^{\circ}\text{C}$	维卡软化点 / $^{\circ}\text{C}$	燃烧性 UL94
40AF	28	40	48	2000	110	88	78	98	V-0
401AF	28	40	48	2000	90	88	73	94	V-0
402AF	28	50	45	2000	95	85	72	95	V-2
50IS	32	60	48	2200	100	99	77	98	HB
55SH	35	50	53	2200	110	99	77	97	HB
55WC	30	40	55	2700	90	110	80	101	HB
60HR	28	50	50	2150	110	99	80	101	HB
65IH	35	60	50	2050	140	95	78	100	HB
70HG	—	40	55	2200	100	101	79	100	HB
M1730	41	20	76	2850	45	113	80	98	HB
M1750	39	30	70	2650	65	109	80	99	HB
M1770	37	40	64	2450	85	105	80	101	HB

(33) 韩国路柯有限公司 (Lucky Ltd) Lucky PS 性能 (见表 5-63)

表 5-63 韩国路柯有限公司 Lucky PS 性能

牌号	熔体质量流动速 率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	拉伸强度 /MPa	弯曲强度 /MPa	洛氏硬度 HR	缺口冲击强度 / $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$	热变形温度 / $^{\circ}\text{C}$	特性和主要用途
40AF	5	31	53	R90	100	78	高抗冲击,阻燃,家 电部件
50IS	10	21	35	R100	80	71	高抗冲击
55SH	3.6	27	50	R100	90	78	高抗冲击,挤塑片材
60HR	4	33	55	R102	90	80	高抗冲击,家电部件

(34) 韩国新亚化学公司 Shin-A HIPS 性能 (见表 5-64)

表 5-64 韩国新亚化学公司 Shin-A HIPS 性能

牌 号	拉伸强度 (D-638) /MPa	断裂伸长率 (D-638) (%)	弯曲强度 (D-790) /MPa	弯曲弹性模量 (D-790) /GPa	热变形温度 (D-648) / $^{\circ}\text{C}$	洛氏硬度 (D-785) HR		燃烧性 UL94
						L	M	
3300	30	40	44	2.5	84	75	35	HB
MI3300N	33	30	48	2.4	86	80	42	HB
3000IBM	26	40	39	2.5	84	72	30	HB

(续)

牌 号	拉伸强度 (D-638) /MPa	断裂伸长率 (D-638) (%)	弯曲强度 (D-790) /MPa	弯曲弹性模量 (D-790) /GPa	热变形温度 (D-648) /℃	洛氏硬度 (D-785)HR		燃烧性 UL94
						L	M	
3000TV	29	50	42	2.4	83	65	20	HB
3000MI	28	50	40	2.4	83	67	23	HB
3000SH	25	50	36	2.2	81	60	10	HB
HI3000IB	24	45	37	2.2	83	68	25	
3002	27	45	37	2.2	83	68	20	V-2
3003V	26	40	36	2.2	82	60	10	V-0
4000V	36	120	54	5.0	81	63	15	V-0

(35) 法国碳（煤）化学公司（CDF Chemical Ind.）Cedex HIPS 性能（见表 5-65）

表 5-65 法国碳（煤）化学公司 Cedex HIPS 性能

型 号	熔体质量流动 速率 /g · (10min) ⁻¹	拉伸 强度 /MPa	弯曲 强度 /MPa	无缺口冲 击强度 /J · m ⁻²	维卡软 化点 /℃	特性和主要用途
2350GA200	15	17.5	31.5	110	76	高冲击,注塑件
2520GA200	8	33.5	54	65	89	中等抗冲击,制作要求透光彩和刚性的零 部件
3251GA200	4	34.5	54	100	94	高冲击,耐热
3440GA200	7	33.5	51	70	90	耐冲击,耐热,适用于注塑制品
3520GA200	9	31.5	46.5	70	86	耐冲击,刚性小
3700GA200	13	26.5	43	70	77	耐冲击,流动性好,宜制薄壁复杂制件
4240GA363	3.5	30.5	43	130	92	高冲击,挤出薄板、厚板、厚壁注塑件
4520GA300	9	23.5	41	130	82	高冲击,坚硬,注塑
4621GA310	12	25.5	35.5	130	81	高冲击,注塑制大型制品、电冰箱
4801GA200	22	19	29	130	78	高冲击,低温抗冲击,注塑制薄壁复杂件
5340GA200	3	28.5	40	110	88	高冲击,适用于挤出薄板、厚板
5340GA330	4.5	26.5	35.5	130	90	高冲击,挤出板材

(36) 法国阿托化学公司（ATO Chemical Co.）Lacgrene HIPS 性能（见表 5-66）

表 5-66 法国阿托化学公司 Lacgrene HIPS 性能

型 号	熔体质量流动 速率 /g · (10min) ⁻¹	拉伸 强度 /MPa	弯曲 强度 /MPa	缺口冲 击强度 /J · m ⁻²	维卡软 化点 /℃	特性和主要用途
3631	15	25	60	70	88	刚性,光泽高
4531	15	25	52	100	90	刚性,光泽性

(续)

型 号	熔体质量流动 速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	拉伸 强度 $/\text{MPa}$	弯曲 强度 $/\text{MPa}$	缺口冲 击强度 $/\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$	维卡软 化点 $/^{\circ}\text{C}$	特性和主要用途
5351	4.5	30	60	80	97	刚性,光泽性,挤出
6350	3.5	27	55	120	97	刚性,光泽性,挤出制食品包装
6351	3.5	27	55	120	97	刚性,光泽性,挤出制食品包装
6631	13	21	40	110	90	高冲击,高速注塑
7240	4	22	35	130	97	高冲击,耐热
7390	3	28	50	100	101	耐高温,高速注塑成型
8350	4.5	19	32	140	96	高冲击,注塑制电冰箱内衬
ST75	6	32	55	50	93	高光泽,压延制食品包装用透明薄片

(37) 意大利蒙特爱迪生公司 (Montedison SPA) Edistir HIPS 性能 (见表 5-67)

表 5-67 意大利蒙特爱迪生公司 Edistir HIPS 性能

牌 号	熔体质量流动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	缺口冲击强度 $/\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	洛氏硬 度 HR	热变形 温度/ $^{\circ}\text{C}$	性能和主要用途
AR. ARL	10 ~ 14	5.0 ~ 5.6	70 ~ 75	74 ~ 78	注塑,高抗冲击,高流动
ARL-27					注塑,普通型
SNL410	3	1.6	80	94	注塑,挤出,耐高温,高强度
SN450	2.7	1.8	80	96	注塑,挤出,耐高温,高强度
SNL450	2.7	1.8	80	96	注塑,挤出,耐高温,高强度
SR200	14	4.3	85	80	注塑,高流动,高抗冲击
SR550	10	9	60	81	注塑,挤出,高抗冲击,高流动
SRL550	10	9	60	81	注塑,挤出,高抗冲击,高流动
SR600	4	8.7	65	83	注塑,挤出,高抗冲击,高流动
SRL600	4	8.7	65	83	注塑,挤出,高抗冲击,高流动
SRL610	4	10.2	65	84	注塑,挤出,高抗冲击,高光泽
SR630	4	7.1	60	83	注塑,挤出,高抗冲击
SRL630	4	7.1	60	83	注塑,挤出,高抗冲击
SR640	3	10.2	60	86	注塑,挤出,高抗冲击,高光泽
SRL700	4.2	8	51	85	注塑,挤出,高抗冲击,耐环境应力开裂
RB	10 ~ 12	3.8 ~ 4.2	49 ~ 83	78 ~ 80	注塑,高抗冲击
RBL	5.3	5.0	—	—	注塑,高抗冲击
RBS	13	—	—	—	注塑,高抗冲击
RC	6	5	80	81	注塑,挤出,高光泽,高抗冲击
RC ₁	6	4.6	85	86	注塑,挤出,高光泽,高抗冲击
RC ₃	5.5	7	70	80	注塑,挤出,高光泽,高抗冲击

(续)

牌 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	缺口冲击强度 /kJ · m ⁻²	洛氏硬 度 HR	热变形 温度/℃	性能和主要用途
RF	8 ~ 10	4.8 ~ 5.2	74 ~ 79	79 ~ 81	注塑,高抗冲击
RFC	3.6	5.9	—	—	注塑,高抗冲击
RFS	3.9	5.9	—	—	注塑,高抗冲击,抗静电
RGL	7.9	7.0	—	—	注塑,高抗冲击
RH	13 ~ 15	6.3 ~ 6.7	57 ~ 62	79 ~ 81	注塑,特高抗冲击
RHL ₁	2.2 ~ 2.8	7.0 ~ 7.5	65 ~ 70	82 ~ 84	挤出,高抗冲击
RHL ₂	2.1 ~ 2.7	6.5 ~ 7	68 ~ 72	82 ~ 84	挤出,高抗冲击
RHL/2 _s	2.1 ~ 2.7	6.5 ~ 7	68 ~ 72	82 ~ 84	挤出,高抗冲击,抗静电
RHL ₃	2.6 ~ 3.2	5.5 ~ 6	78 ~ 82	83 ~ 85	挤出,高抗冲击,食品级
RHL ₄	2.6 ~ 3.2	7.2 ~ 7.7	60 ~ 65	83 ~ 85	挤出,高抗冲击,食品级
RHL ₅	2	7.5	—	85	挤出,高抗冲击,食品级
RK	6	6	70	85	注塑,挤出,耐热,耐冲击,阻燃达 V-0 级
RKV	6	5.1	—	84	注塑,挤出,耐热,耐冲击,阻燃达 V-0 级
RKZ	8	6.1	75	80	注塑,挤出,耐热,耐冲击,阻燃达 V-0 级
RS	15 ~ 20	2.3 ~ 2.8	66 ~ 70	76 ~ 78	注塑,中抗冲击,高流动
RM	1.3 ~ 1.6	3.2 ~ 3.6	56 ~ 60	77 ~ 79	注塑,中抗冲击,高流动
RT	1.2 ~ 1.5	3.7 ~ 4.1	93 ~ 96	89 ~ 91	注塑,耐热,高抗冲击
RV ₈	—	3.8	—	81	半可发结构泡沫塑料,抗冲击型,注射成型
RV ₉	—	5.4	—	88	半可发结构泡沫塑料,抗冲击型,注塑
RV ₁₀	—	7.6	—	79	半可发结构泡沫塑料,抗冲击型,注塑
RZ	5 ~ 7	6 ~ 6.5	65 ~ 70	80 ~ 83	注塑,高抗冲击
RZL	5.5	6.1	—	—	注塑,高抗冲击
TA	1.2 ~ 1.5	1.6 ~ 2.0	78 ~ 82	92 ~ 95	注塑,耐高温
TAC	1.2 ~ 1.5	1.6 ~ 2.0	78 ~ 82	92 ~ 95	注塑,耐高温
UT/I	3.2	6.6	70	85	注塑,耐高温,高抗冲击
UT/SF	3.5 ~ 4.5	5.8 ~ 6.4	78 ~ 80	88 ~ 90	注塑,耐高温,高抗冲击
WT/SF	6.5	5.2	—	—	注塑,高抗冲击

(38) 加拿大聚合物国际公司 (Polysar SA) Polysar MIPS HIPS 性能 (见表 5-68)

表 5-68 加拿大聚合物国际公司 Polysar MIPS HIPS 性能

型号	熔体质量流动 速率 /g · (10min) ⁻¹	拉伸 强度 /MPa	缺口冲 击强度 /J · m ⁻²	热变形 温度 /℃	性能和主要用途
410		20	64	79	中等抗冲击,注塑
415	8.0	28	64	88	中等抗冲击,注塑、挤出级

(续)

型号	熔体质量流动 速率 /g · (10min) ⁻¹	拉伸 强度 /MPa	缺口冲 击强度 /J · m ⁻²	热变形 温度 /℃	性能和主要用途
520	7.0	19	107	85	高抗冲击,挤出制结构泡沫、玩具
520E	3.0	28	107	100	高抗冲击,挤出、压出塑料片,宜制一次性物品及韧性制品
520M	6	25	96	98	高抗冲击,注塑制各类鞋跟和其他需高抗冲击的制品
525	3.0	24	101	90	高抗冲击,光泽极好,挤出
529	18.0	19	72	82	高抗冲击,高光泽,挤出
565	10.0	21	80	82	高抗冲击,高光泽,挤出
569	6.0	23	101	85	高抗冲击,高光泽,挤出
575	7.0	22	101	85	高抗冲击,高光泽,挤出
8265	6.5	41		102	无定型,极好透明度,注塑制花盆、日用品、餐具、包装材料
8319	11	42		102	结晶型,极好透明,成型快,可快速注塑,可制美观性要求高的花盆、化妆盒、餐具等
8553	6	33	75	100	中等抗冲击,高耐热,注塑制食品容器、家庭用品、录音机盒等
8625	13	27	69	92	中等抗冲击,高熔流动性模制,注塑制食品容器、玩具、衣架、录音带盒等

(39) 墨西哥合成树脂公司 (Compouad Resin Co. , Ltd) GPPS HIPS 性能 (见表 5-69)

表 5-69 墨西哥合成树脂公司 GPPS HIPS 性能

项 目	试验方法 ASTM	通用级		耐热级	
		HF-555	HF-777	HH-101	HH-103
拉伸屈服强度/MPa	D638	36	43	51	52
屈服伸长率(%)	D638	1.6	2.0	2.2	2.4
拉伸模量/MPa	D638	3105	3105	3174	3174
洛氏硬度 HR	D785	72	75	78	78
弯曲强度/MPa	D790	69	76	97	104
断裂变形/cm	D790	0.63	0.63	1.27	1.27
缺口冲击强度/kJ · m ⁻²	D256	1.9	1.9	1.9	1.9
热变形温度(未退火)/℃	D648	77	85	93	95
维卡软化点/℃	D1525	88	102	108	109
熔体质量流动速率/g · (10min) ⁻¹	D1238(G)	16	7	2.2	1.5
密度/g · cm ⁻³	D792	1.05	1.05	1.05	105

(续)

项 目	试验方法 ASTM	通用级		耐热级		
		HF-555	HF-777	HH-101	HH-103	
吸水率(%)	D570	0.03	0.03	0.03	0.03	
模塑收缩率/ $\times 10^{-3}\text{cm}\cdot\text{cm}^{-1}$	D955	4~8	4~8	4~8	4~8	
注射成型温度/ $^{\circ}\text{C}$		175~285	175~285	190~285	190~285	
特性与用途		高流动,高速注射,注射压力小。用于薄板、大型薄壁制品	中流动,耐热,透明性佳。用作一般用途,挤出板材、型材	耐热,透明性好,用于注射耐热零件,挤出双取向薄膜	高耐热,透明,用于直接注射发泡,用于制蛋箱、肉盘、饭盒	
项 目	试验方法 ASTM	2220	2920	3220	3350	3400
拉伸强度/MPa	D638	27	26	24	25	23
伸长率(%)	D638	30	40	43	45	30
拉伸模量/MPa	D638	2500	2361	2222	1944	
冲击强度(12.7mm)/ $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$	D256	4.6	5.2	5.5	7.1	7.3
热变形温度(1.82MPa)/ $^{\circ}\text{C}$	D648	77	85	80	85	81
维卡软化点/ $^{\circ}\text{C}$	D1525	90	98	92	98	93
熔体质量流动速率/ $\text{g}\cdot(10\text{min})^{-1}$	D1238(G)	10	3	6	3	3
密度/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	D792	1.05	1.05	1.05	1.05	1.14
吸水率(%)	D570	0.05	0.05	0.05	0.07	0.07
模塑收缩率/ $\times 10^{-3}\text{cm}\cdot\text{cm}^{-1}$	D955	5~8	5~8	5~8	5~8	5~8
注射成型温度/ $^{\circ}\text{C}$		215~250	220~270	215~260	220~270	220~270
挤出模塑温度/ $^{\circ}\text{C}$		—	220~270	210~260	220~270	220~270
特性与用途		中抗冲击,高流动,用于注射成型	中抗冲击,耐热性良好,用于注射和挤出成型	高抗冲击,用于注射成型收音机、电视机零件,亦可挤出成型	高抗冲击,优越的平衡性能,用于注射或挤出成型	高抗冲击,阻燃级(Ul94V-0),用于电视机、电器零件

4. 聚苯乙烯的成型加工性能

(1) 成型方法与工艺条件 聚苯乙烯的成型加工性能很好，可用注塑、挤塑、吹塑、热成型、发泡、粘接、涂覆、焊接、机加工、烫印、印刷等一般热塑性塑料成型加工方法进行加工，其工艺条件各不相同，现仅将聚苯乙烯注塑成型工艺条件列于表 5-70。

表 5-70 聚苯乙烯注塑成型工艺条件

项 目 名 称		壁厚/mm		
		3 以下	3 ~ 6	> 6
料筒温度/℃	后段	180 ~ 290	165 ~ 260	150 ~ 250
	中段	190 ~ 300	180 ~ 270	165 ~ 260
	前段	200 ~ 315	190 ~ 290	180 ~ 270
	喷嘴	190 ~ 300	180 ~ 270	165 ~ 260
模具温度/℃		32 ~ 65	32 ~ 65	32 ~ 65
树脂温度/℃		180 ~ 260	165 ~ 230	150 ~ 270
注塑压力/MPa		70 ~ 140	70 ~ 140	70 ~ 140
成型加工时间/s	注塑时间	1 ~ 3	8 ~ 40	15 ~ 60
	总周期	40 ~ 60	20 ~ 90	40 ~ 150
成型收缩率(%)	纵向	0.2 ~ 0.6		
	横向	0.2 ~ 0.6		
退火温度/℃		比成型制品的热变形温度低 5 ~ 20		
退火时间/h		2 ~ 4		
干燥条件		用料斗干燥器 60 ~ 70℃		
着色		可用混炼方法任意着色		

(2) 通用级聚苯乙烯的注塑 高相对分子质量 PS 属非牛顿型假塑性流体，其流体受力运动时，切应力 (J) 与剪切速率 ($\dot{\gamma}$) 之间呈非线性关系， $\dot{\gamma}$ 的递增要比 J 快，所以注塑过程中 $\dot{\gamma}$ 的增加会使熔体粘度迅速下降。提高温度会降低熔体的表观粘度，增加压力意味着减少分子间的距离，因而增大流体的粘度。

PS 树脂在加工中虽然流动性好，但存在韧性差、内应力大，尤其在成型大型薄壁制品时出现溢边、缺料、裂纹、银纹等弊病。提高温度和压力可提高制品的冲击强度，收缩率下降，凹陷消除。注塑过程中若过快提高剪切速率，在经过浇口时使注塑和充模料流不稳，造成制品局部缺料，产生气泡和高的内应力，在顶出时易使制品开裂。

(3) 抗冲击 PS 成型加工性能 高冲击聚苯乙烯的成型加工性能良好，可注塑、挤塑、中空吹塑、真空成型，亦可粘接、电镀、印刷等。

高冲击聚苯乙烯配方、高冲击聚苯乙烯透明片材（厚度 2mm）配方及挤出工艺条件见表 5-71 和表 5-72。

表 5-71 高冲击聚苯乙烯配方（质量比）^①

组 分	I	II	组 分	I	II	组 分	I	II
聚苯乙烯	100	85	SBS	10		丁苯橡胶		15

① 配方 I 的落球冲击强度高，但弯曲强度和硬度有所下降，配方 II 的韧性显著提高。

表 5-72 高冲击聚苯乙烯透明片材配方及挤出工艺条件

配 方	高冲击 PS100 份	UV-9 0.5 份	配 方	高冲击 PS100 份	UV-9 0.5 份
原料干燥条件			冷却温度(上辊)/℃		
			80℃, 60min		
料斗下部冷却水流量/L·min ⁻¹			(中辊)		
			10(循环水)		
螺杆内冷却水流量/L·min ⁻¹			(下辊)		
			9(循环水) ^①		
料筒温度/℃	一段	150	牵引速度/cm·min ⁻¹		
	二段	170			
	三段	190			
	四段	200			
模具温度/℃					
			200~220		

① 若是着色制品，可不通冷却水。

5. 应用

(1) 通用 PS 通用级聚苯乙烯在轻工方面可作装饰、照明器材和指示牌等；在仪表方面可用作光学仪器零件、仪表外壳、仪表指示灯罩和透明模型等；在电子工业上可用作高频电容器等；在机械和化工上可用作汽车灯罩、通光罩、耐腐蚀化工贮槽等；在生活日用品中，可用其制作牙刷柄、瓶盖头、梳子、三角板、尺子、杯盘、皂盒和香烟盒等一系列日用小商品。

(2) 抗冲击 PS 可用其制作各种电器、仪表零件、电视机、收音机、收录机、电话机及小型设备罩壳，冰箱内衬、洗衣机桶体，家具及文教用品等。

二、聚苯乙烯珠粒发泡料

1. 基本特性

聚苯乙烯珠粒发泡料（EPS）为颗粒状白色或无色透明珠粒，可任意着色，抗化学性良好，经用低沸点烃类发泡剂浸渍而成。其受热至 90~110℃，体积可增大 5~50 倍，成为具有隔热、隔声、防振、耐水、耐酸、耐碱等特性的泡沫塑料。对 EPS 珠粒料性能指标有外观、粒径、挥发物含量、表观密度、苯乙烯单体残留含量、相对分子质量、软化点、阻燃性和密封条件下的使用期限等，尤其是粒径或目数的选用，要控制合适的发泡倍数、制品的大小和厚度。

聚苯乙烯珠粒发泡塑料具有质轻、热导率低、吸水率小、隔声性好，有一定的力学强度和抗冲击性，对硬质的泡沫塑料，具有强度较高、防振、防潮、隔热等特点。抗低温性好（可达 -100℃），最高使用温度在 70℃ 左右，但容易燃烧（要求阻燃的已有专

用牌号), 不抗石油类溶剂, 不宜和苯、酯、酮类物质接触。

2. 国内生产厂家、牌号与性能

(1) 上海高桥石化公司化工厂 EPS 性能 (见表 5-73)

表 5-73 上海高桥石化公司化工厂 EPS 性能

项 目	标 准 级							
	R251	R451	R551	R751				
粒径/mm	1.18 ~ 2.36	0.95 ~ 1.18	0.71 ~ 0.95	0.40 ~ 0.71				
单体含量/ $\times 10^{-6}$	2000	2000	2000	2000				
发泡剂含量(%)	5.5	5.5	5.5	5.5				
粘度/mPa·s	1.56 ~ 1.75	1.56 ~ 1.75	1.56 ~ 1.75	1.56 ~ 1.75				
水含量(质量分数)(%)	0.5	0.5	0.5	0.5				
氧指数(%)								
项 目	阻 燃 级				高相对分子质量级			
	F251	F451	F551	F751	M251	M451	M551	M751
粒径/mm	1.18 ~	0.95 ~	0.71 ~	0.40 ~	1.18 ~	0.95 ~	0.75 ~	0.40 ~
	2.36	1.18	0.95	0.71	2.36	1.18	0.95	0.71
单体含量/ $\times 10^{-6}$	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
发泡剂含量(%)	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
粘度/mPa·s	1.82 ~	1.82 ~	1.82 ~	1.82 ~	1.85 ~	1.85 ~	1.85 ~	1.85 ~
	2.10	2.10	2.10	2.10	1.95	1.95	1.95	1.95
水含量(质量分数)(%)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
氧指数(%)	30	30	30	30				

(2) 广东金台化学有限公司 EPS 性能 (见表 5-74)

表 5-74 广东金台化学有限公司 EPS 性能

牌 号	粒径/mm	密度/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	特点和用途
JPS E35AS			抗静电用的制品
JPS E35CS-T	0.25 ~ 0.45	18 ~ 40	食品包装用制品
JPS E100-M	1.2 ~ 2.0	14 ~ 30	通用级, 适合大块板材
JPS E100-MS	1.2 ~ 1.6	15 ~ 30	通用级, 适合模塑制品
JPS E100-SG	0.9 ~ 1.1	16 ~ 30	通用级, 适合模塑制品
JPS E100-S	0.7 ~ 0.9	18 ~ 40	通用级, 适合模塑制品
JPS E100-SS	0.5 ~ 0.7	20 ~ 40	通用级, 适合薄壁制品
JPS E150-M	1.5 ~ 2.0	14 ~ 20	快速成型级, 适合块材和模塑制品
JPS E150-MS	1.0 ~ 1.3	15 ~ 30	快速成型级, 适合块材和模型制品

(续)

牌 号	粒径/mm	密度/kg·m ⁻³	特点和用途
JPS E150-SG	0.9~1.1	16~30	快速成型级,适合块材和模塑制品
JPS E150-S	0.6~0.9	18~35	快速成型级,适合薄壁模塑制品
JPS E150-SS	0.45~0.6	20~40	快速成型级,适合小型模塑制品
JPS E185F-MS	1.2~2.0	13~30	阻燃级,适合模塑制品
JPS E185F-S	0.7~1.2	15~30	阻燃级,适合模塑制品
JPS E185F-SS	0.5~0.7	16~30	阻燃级,适合薄壁制品

(3) 金陵石油化工公司塑料厂 EPS 性能 (见表 5-75)

表 5-75 金陵石油化工公司塑料厂 EPS 性能

项 目	R251 F251	R351 F354	R151 F454	R551 F554	R751 F754	M251	M451	M561	M951
粒径/mm	0.4~2.4					0.2~0.7			
堆积密度/kg·m ⁻³	550~650					550~650			
发泡密度/kg·m ⁻³	13					17			
成型密度/kg·m ⁻³	10~40					15~40			
单体含量(质量分数)(%)	0.15					0.1			
水含量(质量分数)(%)	0.5					0.5			
戊烷含量(质量分数)(%)	5.5~6.5					5.5~6.5			

(4) 苏州吴县振新塑料厂 EPS 性能 (见表 5-76)

表 5-76 苏州吴县振新塑料厂 EPS 性能

牌 号	粒径范围/mm	发泡倍数	预发密度/kg·m ⁻³	特点和用途
F102	1.65~2.4	40~80	12~15	阻燃级,适用于大型建材、块件、板材制品
F201	1.4~1.65	40~80	12~15	阻燃级,适用于大型块件、板材
F202	1.2~1.4	40~80	14~16	阻燃级,适用于大中型块件、板材
F301	1.0~1.2	40~70	16~18	阻燃级,适用于中型块件、板材
R102	1.65~2.4	40~80	12~15	通用级,适用于大型块件、板材
R201	1.4~1.65	40~80	12~15	通用级,适用于大型块件、板件
R202	1.2~1.4	40~80	14~16	通用级,适用于大中型块件、板件
R301	1.0~1.2	40~70	16~18	通用级,适用于中型块件、板件
R302	0.9~1.0	40~70	16~19	通用级,适用于中型包装块件
R303	0.75~0.9	40~70	16~19	通用级,适用于中小型包装块件
R401	0.65~0.75	35~70	18~22	通用级,适用于小型包装块件
R501	0.5~0.6	30~60	20~32	通用级,适用于小型包装、薄壁品
R601	0.3~0.5	20~50	20~40	通用级,适用于超薄壁品

牌号说明: 1. 产品牌号 R—通用级;F—阻燃级
2. 阻燃级产品按照 ASTM 测试标准,氧指数≥32

(5) 台湾见龙化学工业股份有限公司 EPS 和 E-SA 性能（见表 5-77、表 5-78）

表 5-77 台湾见龙化学工业股份有限公司 EPS 性能

牌 号	粒径/mm	发泡倍数	特点和用途
E-FL	1.6 ~ 2.5	40 ~ 55	阻燃防火级
E-FM	0.9 ~ 1.6	40 ~ 55	阻燃防火级
E-FS	0.5 ~ 0.9	40 ~ 55	阻燃防火级
E-L	1.6 ~ 2.5	40 ~ 50	通用级,用于大型块件、板件
E-MS	1.2 ~ 1.6	40 ~ 60	通用级,用于大、中型块件、板材
E-SA	0.9 ~ 1.2	40 ~ 60	通用级,用于中型块料、板件
E-SB	0.7 ~ 0.9	40 ~ 60	通用级,用于中型包装块件
E-S	0.6 ~ 0.7	40 ~ 60	通用级,用于中小型包装块件
E-SS	0.4 ~ 0.6	40 ~ 60	通用级,用于小型包装件

表 5-78 台湾见龙化学工业股份有限公司 E-SA 性能

性 能	数 值	性 能	数 值
密度/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	1.03	弯曲强度/MPa	0.15
填充密度/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	0.6	拉伸强度/MPa	0.55
含湿量(最大)(%)	2.0	最高使用温度/ $^{\circ}\text{C}$	70
游离单体量(最大)(%)	0.35	热导率(20°C)/ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	0.3
密度范围/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	14 ~ 20	吸水率(质量分数)(%)	0.3
压缩强度/MPa	0.15		

(6) 台湾台达化学工业股份有限公司 EPS 性能（见表 5-79）

表 5-79 台湾台达化学工业股份有限公司 EPS 性能

牌号	发泡倍数	粒径/mm	最高水分含量(%)	成型模件密度/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	特点和用途
301M	70 ~ 85	1.2 ~ 1.7	1.0	12 ~ 16	标准模塑级
301R	70 ~ 90	1.7 ~ 2.1	1.0	11 ~ 14	标准模塑级
301S	65 ~ 80	0.8 ~ 1.2	1.0	14 ~ 18	标准模塑级
301SS	55 ~ 65	0.5 ~ 0.8	1.0	16 ~ 20	标准模塑级
321M	70 ~ 85	1.2 ~ 1.7	1.0	12 ~ 16	阻燃级
321R	70 ~ 90	1.7 ~ 2.1	1.0	11 ~ 14	阻燃级
321S	65 ~ 80	0.8 ~ 1.2	1.0	14 ~ 18	阻燃级
321SS	55 ~ 65	0.5 ~ 0.8	1.0	16 ~ 20	阻燃级

(7) 台湾奇美实业股份有限公司 EPS 性能（见表 5-80）

表 5-80 台湾奇美实业股份有限公司 EPS 性能

牌 号	粒径/mm	发 泡 倍 数	特点和用途
EP-20	1.0 ~ 1.4	70 以上	通用级,适用大型重包装及隔热器材
EP-25	0.7 ~ 1.0	72 以上	通用级,适用于一般成型包装及隔热器材
EP-30	0.5 ~ 0.7	68 以上	通用级,适用于精密成型

(8) 台湾名利佳化学股份有限公司 EPS 性能 (见表 5-81)

表 5-81 台湾名利佳化学股份有限公司 EPS 性能

牌 号	粒径/mm	发 泡 倍 数	特点和用途
MLC168-M	1.25 ~ 1.60	60 ~ 80	快速成型级,块料、模塑制品
MLC168-MS	1.05 ~ 1.25	60 ~ 80	快速成型级,块料、模塑制品
MLC168-S	0.70 ~ 1.05	55 ~ 75	快速成型级,块料、模塑制品
MLC168-SS	0.45 ~ 0.70	50 ~ 70	快速成型级,薄壁模塑制品
MLC268-L	1.60 ~ 1.90	65 ~ 85	阻燃级,模塑制品,漂浮材料
MLC268-M	1.25 ~ 1.60	65 ~ 85	阻燃级,模塑制品
MLC268-MS	1.05 ~ 1.25	65 ~ 85	阻燃级,模塑制品
MLC268-S	0.70 ~ 1.05	60 ~ 80	阻燃级,模塑制品
MLC268-SS	0.45 ~ 0.70	55 ~ 75	阻燃级,薄壁模塑制品
MLC368-L	1.60 ~ 1.90	75 ~ 90	通用级,适合大型板材
MLC368-M	1.25 ~ 1.60	70 ~ 90	通用级,适合模塑制品
MLC368-MS	1.05 ~ 1.25	70 ~ 85	通用级,适合模塑制品
MLC368-S	0.70 ~ 1.05	65 ~ 80	通用级,适合模塑制品
MLC368-SS	0.45 ~ 0.70	60 ~ 75	通用级,适合薄壁模塑制品
MLC768-MS	1.05 ~ 1.25	55 ~ 75	适合接触食品包装用制品
MLC768-S	0.70 ~ 1.05	55 ~ 70	适合接触食品包装用制品
MLC768-SS	0.45 ~ 0.70	50 ~ 65	适合接触食品包装用制品
MLC768-H	0.30 ~ 0.45	10 ~ 20	适合接触食品包装用制品

(9) 台湾明谛化学工业股份有限公司 EPS 性能 (见表 5-82)

表 5-82 台湾明谛化学股份有限公司 EPS 性能

牌 号	粒径/mm	发 泡 倍 数	特点和用途
203-SB	1.2 ~ 1.6	40 ~ 60	快速成型级,大型板材、块料、包装
203-S	0.9 ~ 1.2	40 ~ 60	快速成型级,中型板材、块料、包装
203-S2	0.7 ~ 0.9	40 ~ 60	快速成型级,中型板材、块料、包装
203-S3	0.5 ~ 0.7	40 ~ 60	快速成型级,中小型包装、浮体材料
F-M	0.8 ~ 1.6	30 ~ 40	阻燃级,适合自熄防火制品
F-S	0.5 ~ 0.8	30 ~ 40	阻燃级,适合自熄防火制品
SB	1.2 ~ 1.6	40 ~ 60	通用级,大型板材、包装、浮体材料
S	0.9 ~ 1.2	40 ~ 60	通用级,中型包装、浮体材料
S-2	0.7 ~ 0.9	40 ~ 60	通用级,中型包装、浮体材料
S-3	0.5 ~ 0.7	40 ~ 60	通用级,中小型包装、浮体材料

(10) 台湾原聚工业股份有限公司 EPS 性能（见表 5-83）

表 5-83 台湾原聚工业股份有限公司 EPS 性能

牌号	粒径/mm	发泡倍数	特点和用途	牌号	粒径/mm	发泡倍数	特点和用途
FL	1.0 ~ 2.4	40 ~ 60	通用阻燃级	SA	0.9 ~ 1.3	40 ~ 60	通用级
FM	0.7 ~ 1.0	40 ~ 60	通用阻燃级	S	0.7 ~ 0.9	40 ~ 60	通用级
L	1.9 ~ 2.4	40 ~ 60	通用级	SI	0.9 ~ 1.19	40 ~ 60	通用级
MS	1.3 ~ 1.7	40 ~ 60	通用级	SS	0.5 ~ 0.7	40 ~ 60	通用级

(11) 台湾高福化学工业股份有限公司高福龙 EPS 性能（见表 5-84）

表 5-84 台湾高福化学工业股份有限公司高福龙 EPS 性能

牌号	规格	粒径范围 /mm	最大水分含量 (%)	表观密度 /g · L ⁻¹	特点和用途
特殊级	SG	0.84 ~ 1.41	0.50	14 ~ 20	绝缘材料,大成型品
AS-35	S	0.71 ~ 1.00	0.50	14 ~ 20	>10mm 厚度包装品
静电级	T	0.25 ~ 0.45	0.50	18 ~ 40	饮用杯级的泡沫制品
饮用杯级	M	1.19 ~ 2.00	0.50	14 ~ 20	绝缘、填充材料、建材,发泡倍率 50 ~ 71 倍
E-300	MS	1.00 ~ 1.66	0.50	14 ~ 20	建材、鱼箱,发泡倍率 50 ~ 71 倍
	SG	0.84 ~ 1.41	0.50	14 ~ 20	鱼箱、大件成型品,发泡倍率 50 ~ 71 倍
一般级	S	0.71 ~ 1.00	0.50	14 ~ 20	>10mm 厚度包装品,发泡倍率 50 ~ 71 倍
	SS	0.50 ~ 0.84	0.50	16 ~ 25	<10mm 厚度小件品,发泡倍率 50 ~ 71 倍
E-350	M	1.19 ~ 2.00	0.50	14 ~ 20	绝缘、填充材料、建材,发泡倍率 50 ~ 71 倍
	MS	1.00 ~ 1.66	0.50	14 ~ 20	建材、鱼箱,发泡倍率 50 ~ 71 倍
	SG	0.84 ~ 1.41	0.50	14 ~ 20	鱼箱、大件成型品,发泡倍率 50 ~ 71 倍
	S	0.71 ~ 1.00	0.50	14 ~ 20	>10mm 厚度包装品,发泡倍率 50 ~ 71 倍
速发泡级	SS	0.50 ~ 0.84	0.50	16 ~ 25	<10mm 厚度小件品,发泡倍率 50 ~ 71 倍
	MS	1.00 ~ 2.00	0.50	14 ~ 20	建材、绝缘材料,发泡倍率 50 ~ 71 倍
F-385	S	0.71 ~ 1.19	0.50	14 ~ 20	>15mm 厚度包装品,发泡倍率 50 ~ 71 倍
防火级	SS	0.50 ~ 0.84	0.50	16 ~ 25	<15mm 厚度小件品,发泡倍率 50 ~ 71 倍

(12) 壳牌发展（香港）有限公司 Styrocell EPS 性能（见表 5-85）

表 5-85 壳牌发展（香港）有限公司 Styrocell EPS 性能

牌 号	粒径/mm	最小密度/kg · m ⁻³	特点和用途
F244	1.4 ~ 2.4	15.5	快速循环,适合低密度块料制品
F444	0.9 ~ 1.4	15	快速循环,适合外部隔热材料
F454	0.9 ~ 1.5	15	适合板料和块料制品

(续)

牌 号	粒径/mm	最小密度/kg · m ⁻³	特点和用途
F544	0.7 ~ 0.9	16	快速循环,适于厚度大于 10mm 的异形模塑制品
F554	0.7 ~ 0.9	16	适合异形模塑制品
R251	1.1 ~ 2.4	13	适合低密度块料制品
R351HS	0.9 ~ 2.2	15	适合标准密度块料制品
R443	0.9 ~ 1.5	15	快速循环,适合厚壁模塑制品
R451	0.9 ~ 1.5	15	适合普通块料模塑制品
R551	0.7 ~ 0.9	16	适合异形包装模塑制品和保鲜鱼箱

3. 国外生产厂家、牌号与性能

(1) 美国阿科聚合物公司 (Arco Polymer Co Ltd) Dylene EPS 性能 (见表 5-86)

表 5-86 美国阿科聚合物公司 Dylene EPS 性能

特性	型号	珠孔尺寸	膨胀率	密度 /g · cm ⁻³	最小发泡厚度 /mm	成型周期	性能及用途
常用	D-40A	大	中等	0.025	0.500	中等	模压范围宽,综合性好
	D-40B	中	中等	0.034	0.375	中等	模压范围宽,质量与壁厚比有关
	F-40C	小	中等	0.049	0.090	中等	模压范围宽,表面极好,用于杯和盛器
	F-271T	中	中等	0.064	0.065	中等	表面较好,循环均衡,用于杯和容器
	D-64A	大	中上	0.022	0.500	快	适度膨胀,循环快
	D-64B	中	中上	0.022	0.375	快	适度膨胀,循环快
	D-195B	中	极好	0.034	0.375	很快	循环很好,综合性能好
	D-195C	小	极好	0.034	0.250	很快	在中速以上有最低密度,循环很快
	D-190C	小	中上	0.096	0.250	很快	周期很短,表面极好
专用	M-87B	中	极好	0.076	0.375	很快	
	M-77A	大	极好	0.024	0.500	快	
	M-77B	中	极好	0.024	0.375	快	
	M-77C	小	极好	0.024	0.250	快	
着色	D-43	中	中等	0.033	0.375	中等	六种标准色

(2) 美国亨兹曼·汉思门公司 (Hunts man Chemical) HCC EPS 性能 (见表 5-87)

表 5-87 美国亨兹曼·汉思门公司 HCC EPS 性能

型 号	级 别	粒径/mm	性能及用途
3651	A	1.1 ~ 1.6	通用级,用于中型包装、板材、片材
3451	A	1.1 ~ 1.6	通用级,用于中型包装、板材、片材
3861	A	1.1 ~ 1.6	通用级,用于中型包装、板材、片材

(续)

型 号	级 别	粒径/mm	性能及用途
3461	A	1.1~1.6	通用级,用于中型包装、板材、片材
5616	B、C	0.6~0.8	通用级,用于中、小件包装
5416	B、C	0.6~0.8	通用级,用于中、小型包装
5651	B	0.7~1.1	通用级,用于中、小型包装
5461	B	0.7~1.1	通用级,用于中、小型包装
5351	B	0.7~1.1	通用级,用于中、小型包装
5661	A	0.7~1.1	通用级,用于中、小型包装
7618	C	0.4~0.8	通用级,用于小型包装
7416	C	0.4~0.8	通用级,用于小型包装
7851	C	0.4~0.7	通用级,用于小型包装
7451	C	0.4~0.7	通用级,用于小型包装
7351	C	0.4~0.7	通用级,用于小件包装
7651	C	0.4~0.7	通用级,用于小件包装
7461	C	0.4~0.7	通用级,用于小件包装
7661	C	0.4~0.7	通用级,用于小件包装
5686	B	0.8~1.3	快速成型级
5486	B	0.8~1.3	快速成型级
7686	C	0.4~0.6	快速成型级
7486	C	0.4~0.6	快速成型级
3654	A	1.3~1.6	快速成型级
3554	A	1.3~1.6	快速成型级
3454	A	1.3~1.6	快速成型级
5654	B	0.8~1.3	快速成型级,中等颗粒
5554	B	0.8~1.3	快速成型级,中等颗粒发泡剂含量中等
5454	B	0.8~1.3	快速成型级,低发泡剂含量
7654	C	0.4~0.8	快速成型级,标准发泡剂含量,用于小型包装
7554	C	0.4~0.8	快速成型级,发泡剂含量中等
7454	C	0.4~0.8	快速成型级,发泡剂含量低,用于小件及食品包装

(3) 三井东压化学公司 (Mitsui Teatsu Chemicals Inc) Torporex EPS 性能 (见表 5-88)

表 5-88 日本三井东压化学公司 Torporex EPS 性能

性 能	SWE513	SWE516	SWE526	性 能	SWE513	SWE516	SWE526
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	0.80	0.65	0.52	拨钉强度(平面)/MPa	2.45	1.1	0.7
	(1.3 倍)	(1.6 倍)	(2.0 倍)	(侧面)	3.3	1.8	0.85
拉伸强度/MPa	11	9	8	(截面)	2.0	1.2	0.7
断裂伸长率(%)	9.5	9.0	8.2	自动攻螺纹/MPa(螺钉 A)	2	2	1.56
弯曲强度/MPa	30	23	20	(螺钉 B)	2	1.3	0.7
弯曲曲挠/mm	<50	<50	<50	落球冲击力/MPa(中心部)	47	36	27
弯曲弹性模量/GPa	0.173	1.33	0.101	(端部)	67	53	35
压缩强度/MPa(10%)	17	7.5	5.5	邵氏硬度 HD	75~77	63~65	45~47
(40%)	45	21	15	吸水率(%)	<0.35	<0.35	<0.35

(4) 日本积水化学有限公司 (Sekisui Chemical Co. Ltd) Eslen EPS 性能 (见表 5-89)

表 5-89 日本积水化学有限公司 Eslen EPS 性能

类型	型号	粒径/mm	发泡倍数	性能及用途
高发 泡级	HA	1.41 ~ 2.38	70 ~ 80	普通级,良好的物理力学性能。用于板材、浮体材料
	MBL	1.19 ~ 2.38	70 ~ 80	通用级,良好的物理力学性能。用于板材大型包装
	HAY	1.19 ~ 2.38	70 ~ 80	一次发泡,成品平滑,表面光泽好。用于板材、大型包装
	HAW	1.19 ~ 2.38	70 ~ 90	二次发泡,成品平滑,表面光泽好。用于板材、大型包装、浮体材料
	HBY	1.00 ~ 2.00	50 ~ 80	二次发泡,成品平滑,表面光泽好。用于板材、浮体材料
大型 包装	HB	1.00 ~ 1.70	50 ~ 65	通用级,良好的物理力学强度,成品平滑,表面光泽好。用于板材、大型包装
	MBS	1.00 ~ 1.70	50 ~ 65	通用级,良好的物理力学强度,成品平滑,表面光泽好。用于板材、大型包装
通用级	HC	0.7 ~ 1.19	50 ~ 65	通用级,良好的物理力学强度,用于一般包装
	MBCS	0.7 ~ 1.19	30 ~ 65	通用级,良好的物理力学强度,用于一般包装
	HD	0.59 ~ 1.00	30 ~ 55	通用级,良好的物理力学强度,用于包装、薄壁容器
一般 品级	MCS	0.59 ~ 1.00	30 ~ 55	通用级,良好的物理力学强度,用于包装、薄壁容器
	HE	0.42 ~ 0.59	40 ~ 55	通用级,用于薄壁小件包装
	MDS	0.42 ~ 0.59	40 ~ 50	通用级,用于薄壁小件包装
	ESC	0.59 ~ 0.84	35 ~ 45	一般成型,快速成型,生产周期短,用于一般包装
	LS-40	0.59 ~ 0.84	40 ~ 55	快速成型,生产周期短,用于一般包装
	ESD	0.35 ~ 0.71	30 ~ 50	快速成型,生产周期短,用于小件包装
	LS-50	0.35 ~ 0.71	30 ~ 50	快速成型,生产周期短,用于小件包装
	OSD	0.35 ~ 0.71	40 ~ 50	快速成型,生产周期短,用于小件包装
	OSE	0.35 ~ 0.59	30 ~ 45	快速成型,生产周期短,用于小件包装
食品 容器级	HBM	1.00 ~ 1.68	50 ~ 65	通用级,大型浮体材料,高强度,用于食品包装及材料
	HCM	0.59 ~ 1.19	40 ~ 60	通用级,用于浮体材料、食品容器、食品包装
	SP-40	0.59 ~ 1.19	40 ~ 60	通用级,用于浮体材料、食品容器、食品包装
	HDM	0.42 ~ 0.71	30 ~ 55	通用级,用于浮体材料、食品容器、食品包装
	SP-50	0.42 ~ 0.71	30 ~ 55	通用级,用于浮体材料、食品容器、食品包装
	HEM	0.39 ~ 0.59	20 ~ 45	通用级,用于薄壁食品容器、食品包装及浮体材料
	ESCM	0.42 ~ 1.19	40 ~ 55	一般食品小容器、包装及浮体材料
	ESDM	0.42 ~ 0.71	40 ~ 50	一般食品小容器、包装及浮体材料
	HJ	0.35 ~ 0.59	8 ~ 20	普通级,用于薄壁容器、小件包装、杯、碟
	HK	0.29 ~ 0.42	6 ~ 15	普通级,用于薄壁容器、小件包装、杯子、碟
	HN	0.25 ~ 0.35	5 ~ 10	普通级,用于薄壁容器、小件包装、杯子、碟
	HKC	0.29 ~ 0.35	5 ~ 12	耐油,用于薄壁容器、耐油食品包装、杯子等

(续)

类型	型号	粒径/mm	发泡倍数	性能及用途
食品 容器级	HAM	1.38 ~ 2.38	50 ~ 70	食品卫生级,用于板材及容器
	HBT	1.00 ~ 1.68	40 ~ 60	用于板材及大型包装
	HCLM	0.79 ~ 1.38	20 ~ 40	用于食品卫生级低倍成型品及浮体材料
	HCSM	0.79 ~ 1.38	20 ~ 40	用于食品卫生级低倍成型品及浮体材料
	40-A	0.29 ~ 0.59	35 ~ 50	用于薄壁食品容器或杯子
	50-A	0.59 ~ 1.00	35 ~ 55	用于薄壁食品容器或杯子
	60-A	0.79 ~ 1.19	35 ~ 60	用于食品卫生级成型品或杯子、板材
	60-A	1.00 ~ 1.51	40 ~ 65	用于大型卫生级包装或板材
中低 倍数	HBL	1.00 ~ 1.68	20 ~ 40	用于中型低倍成型品
	HDS	0.69 ~ 1.19	5 ~ 10	用于低倍成型品
	HDL	0.50 ~ 1.00	30 ~ 45	用于结构部件或机械包装
	MCST	0.59 ~ 1.68	30 ~ 45	良好的物理强度,用于结构部件或机械包装
	HCS	0.71 ~ 1.19	5 ~ 15	良好的物理强度,用于结构部件或机械包装
	BSC	0.71 ~ 1.19	2 ~ 10	良好的物理强度,用于结构鞋夹层、结构部件、良好的尺寸稳定性、精密包装
阻燃级	FA	1.39 ~ 2.38	50 ~ 70	用于建筑板材和自熄板材及大型包装
	FB	1.19 ~ 1.68	40 ~ 60	用于板材、块材和大型包装
	FC	0.71 ~ 1.38	40 ~ 60	用于板材、包装和浮体材料
	FD	0.71 ~ 1.19	25 ~ 45	用于板材、阻燃包装和建材
抗静电	NSD	0.59 ~ 1.00	30 ~ 55	用于防静电制品及包装
高泡率	WSD	0.59 ~ 1.00	80 ~ 100	特高泡率,用于家电轻体包装及浮体材料
耐热级	1240	1.19 ~ 1.38	30 ~ 40	用于保温材料、隔热成型品
	2305	1.00 ~ 1.19	5 ~ 10	用于保温材料、隔热成型品
	6250	1.19 ~ 1.38	30 ~ 60	超耐热级,用于保温材料、隔热成型品
普通级	POS-C		35 ~ 45	普通级,高发泡,用于一般板材、包装
	POS-D		25 ~ 35	普通级,用于一般包装
	POO-C		25 ~ 35	用于重型包装或机械包装
	POO-D		25 ~ 35	用于重型包装或机械包装
	POK-C		30 ~ 40	用于精密机器包装

(5) 日本油墨化学公司 (Dainippon Ink and Chemicals Inc) Ryupearl EPS 性能 (见表 5-90)

表 5-90 日本油墨化学公司 Ryupearl EPS 性能

型 号	粒径/mm	发泡倍数	性能及用途
40-K	0.50 ~ 0.65	35 ~ 50	食品级。食品包装,小件包装
50-K	0.65 ~ 0.90	35 ~ 55	食品级。食品容器,小件包装

(续)

型 号	粒径/mm	发泡倍数	性能及用途
60-K	0.90 ~ 1.30	35 ~ 60	食品级。食品容器,一般包装
70-K	1.30 ~ 1.80	40 ~ 65	食品级。食品容器,大件块料
40-T	0.50 ~ 0.65	35 ~ 50	通用级。小件缓冲防振包装
50-T	0.65 ~ 0.90	35 ~ 55	通用级。小件防振包装
60-T	0.90 ~ 1.30	35 ~ 60	通用级。中型缓冲包装材料
70-T	1.30 ~ 1.80	40 ~ 65	通用级。大块缓冲材料
50-B	0.65 ~ 0.90	35 ~ 55	快速成型。小件包装
60-B	0.90 ~ 1.30	35 ~ 65	快速成型。中型缓冲材料
70-B	1.30 ~ 1.80	40 ~ 65	快速成型。大件包装材料
50-X	0.65 ~ 0.90	35 ~ 55	阻燃级
60-X	0.90 ~ 1.30	35 ~ 60	阻燃级
70-X	1.30 ~ 1.80	40 ~ 70	阻燃级

(6) 日本三菱石油化学公司 (Mitsubshi Petrochemical Co. Ltd) Styropr EPS 性能 (见表 5-91)

表 5-91 日本三菱石油化学公司 Styropr EPS 性能

型 号		平均粒径 /mm	成型品适用 发泡倍数	成型品适用密 度/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	性能及用途
包装料	JQ-100	1.9	40 ~ 75	0.012 ~ 0.035	用于运输箱(鱼、水果、食品)、电气制品包装
	JQ-150	1.5	40 ~ 54	0.015 ~ 0.035	用于运输箱(鱼、水果、食品)、电气制品包装
	JQ-250	1.1	40 ~ 54	0.017 ~ 0.035	用于运输箱(鱼、水果、食品)、电气制品包装
	JQ-300	0.7	40 ~ 53	0.018 ~ 0.035	用于运输箱(鱼、水果、食品)、电气制品包装
	JQ-200D6	1.3	30 ~ 65	0.015 ~ 0.030	同 JQ-100(高倍率、高强度型级)
	JQ-250D6	1.1	30 ~ 60	0.016 ~ 0.030	同 JQ-100(高倍率、高强度型级)
	JQ-300D6	0.7	30 ~ 60	0.017 ~ 0.030	同 JQ-100(高倍率、高强度型级)
	JQ-151D6	1.5	30 ~ 80	0.012 ~ 0.035	同 JQ-100(快速型)
	JQ-201D6	1.3	30 ~ 70	0.015 ~ 0.035	同 JQ-100(快速型)
	JQ-251D6	1.1	30 ~ 60	0.017 ~ 0.035	同 JQ-100(快速型)
	JQ-301D6	0.7	30 ~ 60	0.018 ~ 0.035	同 JQ-100(快速型)
	JQ-151A3	1.5	30 ~ 55	0.012 ~ 0.035	同 JQ-100(省能,快速)
	JQ-201A3	1.3	30 ~ 55	0.015 ~ 0.035	同 JQ-100(省能,快速)
	JQ-251A3	1.1	30 ~ 55	0.017 ~ 0.035	同 JQ-100(省能,快速)
	JQ-301A3	0.7	30 ~ 50	0.012 ~ 0.035	同 JQ-100(省能,快速)
	JQ-401A3	0.6	30 ~ 50	0.020 ~ 0.035	同 JQ-100(省能,快速)
	JP250	1.0	40 ~ 53	0.019 ~ 0.025	同 JQ-100
	JK250	0.7	13 ~ 50	0.020 ~ 0.050	用于薄物容器

(续)

型 号		平均粒径 /mm	成型品适用 发泡倍数	成型品适用密 度/g·m ⁻³	性能及用途
板材	JP	1.7	40~70	0.013~0.020	用于一般隔热,其他包装
自熄料	JF	1.4	20~50	0.020~0.050	冷冻用、建筑材、圆管
	JF-300	0.7	20~42	0.024~0.050	冷冻用、建筑材、圆管
	JF-200	1.0	20~42	0.024~0.050	冷冻用、建筑材、圆管
杯子	JK-450	0.6	20~40	0.05~0.10	用于温汤容器
耐油性	JH	—	20~40	0.025~0.050	用于船具、救命器具、筏
低发 泡用	JL-150	1.4	18 以下	>56	家具等木材替代品
	JL-250	1.0	18 以下	>56	家具等木材替代品
	JL-350	0.7	18 以下	>56	家具等木材替代品
特殊	FMC	1.0	40~55	—	浇注
	IFE	—	10~30	—	食品容器

(7) 德国巴斯夫公司 (BASF GA) Styropr EPS 性能 (见表 5-92)

表 5-92 德国巴斯夫公司 Styropr EPS 性能

型 号	粒径/mm	发泡倍数	性能及用途
P-006	1.7~3.0	14~20	通用级。用于块材,板材
FH-106	0.4~3.0	16~20	阻燃级。能与不含芳烃的润滑脂及油品相接触。用于块材、板材、模塑品
P-240	1.0~1.6	18~22	通用级。用于块材、模塑品
P-340	0.7~1.0	20~25	通用级。用于板材、模塑品
P-440	0.4~0.7	25~30	通用级。用于小型薄壁模塑品
VF-295	1.1~1.7	18~25	阻燃级。用于大型厚壁模塑品
VF-395	0.7~1.1	20~25	阻燃级。用于板材模塑品
VF-495	0.4~0.7	25~30	阻燃级。用于小件薄壁制品
VP-502	0.4~0.7	25~30	通用级。用于多孔砖、轻质砖、混凝土
P-550	0.3~0.7	25~30	通用级。用于绝缘灰泥、混凝土
VF-654	0.2~0.4	30~35	阻燃级。用于轻质灰泥用的粒子
V-15	粒状		含阻燃剂,挤出级。用于填充或补垫材料
LF-2000	粒状		W-型粒,挤出级。用于填充料
VP-520	0.3~0.4		全模流涎材料及薄壁制品
RC-300	0.7~1.0		用于 100% PS 回用料及吹泡剂模塑品
VP-315	0.7~1.0		用于耐热模塑品
G-360	粒状		有色泽,挤出色彩板材及模塑品

(8) 韩国韩洋化学株式会社 (Hanyng Chemicar CORP) EPS 性能 (见表 5-93)

表 5-93 韩国韩洋化学株式会社 EPS 性能

分类	型 号	粒径/mm	主 要 用 途	一次适用 发泡倍数	适 用 发 泡	
					发泡倍数	粒径/mm
一般用	GN-8	2.83 ~ 2.17	大型浮子、玩具用	60 ~ 80	70	10.30
	GN-10	2.17 ~ 1.50	中小型浮子	55 ~ 75	65	7.38
	GN-12	1.50 ~ 1.17	大型型材	50 ~ 70	60	5.23
	GN-16	1.17 ~ 0.86	生鲜箱子	45 ~ 60	52	3.79
	GN-20	0.86 ~ 0.575	薄膜成型品、低发泡成型品	40 ~ 55	52	2.68
	GN-30	0.575 ~ 0.493	薄膜成型品、极低发泡成型品	30 ~ 50	40	1.79
自熄级	FR-10	2.17 ~ 1.50	自消性	50 ~ 70	60	7.18
	FR-12	1.50 ~ 1.17	自消性	45 ~ 60	52	4.98
	FR-16	1.17 ~ 0.86	自消性	40 ~ 55	40	3.71
	FR-20	0.86 ~ 0.575	自消性	30 ~ 50	40	2.45
省能 源级	ES-10	2.17 ~ 1.50	浮子	55 ~ 75	65	7.38
	ES-12	1.50 ~ 1.17	大型型材	50 ~ 60	55	5.08
	ES-16	1.17 ~ 0.86	型材	45 ~ 55	50	3.74
	ES-20	0.86 ~ 0.575	薄壁成型品、低发泡成型品	40 ~ 50	45	2.55
	CS-40	0.493 ~ 0.357	椅子	10 ~ 20	15	1.01
特殊级	HC、FD、FD(V)	1.17 ~ 0.86	型材	45 ~ 60	52	3.79
	GN-16V	0.86 ~ 0.575	自消性型材	40 ~ 55	47	2.59
	GN-16V	1.17 ~ 0.86	真空成型品	40 ~ 55	52	2.68
	GN-20V	0.86 ~ 0.575	鱼箱	40 ~ 55	47	2.68
	GN-30V	0.575 ~ 0.493	低发泡成型品	30 ~ 50	40	1.79
耐油性	OR	2.38 ~ 0.297	船具	30 ~ 40	35	4.38
着色品	食品级	全粒径	着色型材成型用标准色			

(9) 韩国晓星巴斯夫公司 (Badische Anilin Soda Fabrik. GA) Styropor EPS 性能 (见表 5-94)

表 5-94 韩国晓星巴斯夫公司 Styropor EPS 性能

型 号	粒径/mm	发 泡 倍 数	性能及用途
KF112	1.60 ~ 2.50	14 ~ 20	阻燃级。用于块材、板材、模塑品
KF212	1.14 ~ 1.60	16 ~ 20	阻燃级。用于块材、板材、模塑品
KF212-S	1.04 ~ 1.14	18 ~ 22	阻燃级。用于模塑品
KF312	0.70 ~ 1.04	20 ~ 25	阻燃级。用于小件模塑品
KF412	0.50 ~ 0.70	25 ~ 30	阻燃级。用于小型薄壁模塑品
KF512	0.44 ~ 0.50	30 ~ 40	阻燃级。用于小型薄壁模塑品

(10) 韩国东部化工公司 (Dongbu Chemical Co. , Ltd) EPS 性能 (见表 5-95)

表 5-95 韩国东部化工公司 EPS 性能

型 号	粒径/mm	发 泡 倍 数	性能及用途
S-150	1.2 ~ 1.6	56 ~ 60	用于板材、大型包装制品
S-250	0.9 ~ 1.2	54 ~ 59	用于中型包装、杯、食品盒、鱼盒、浮标和衬热板等制品
S-350	0.6 ~ 0.9	53 ~ 58	用于中型包装、杯子、食品盒、鱼盒、浮标和衬热板等制品
S-450	0.5 ~ 0.6	40 ~ 45	用于小型包装、杯子、食品盒等
S-550	0.4 ~ 0.5	35 ~ 40	用于小型包装、杯子及食品盒等
F-151	1.2 ~ 1.6	54 ~ 58	阻燃级
F-251	0.9 ~ 1.2	52 ~ 57	阻燃级
F-351	0.6 ~ 0.9	51 ~ 56	阻燃级
F-451	0.5 ~ 0.6	40 ~ 44	阻燃级
F-551	0.4 ~ 0.5	33 ~ 39	阻燃级

(11) 韩国三星综合化学株式会社 EPS 性能 (见表 5-96)

表 5-96 韩国三星综合化学株式会社 EPS 性能

型号	粒径/mm	发泡倍数	性能及用途
SG-100	1.3 ~ 1.0	40 ~ 60	普通级,高强度,融合好,用于一般包装
SG-160	1.1 ~ 1.3	40 ~ 60	普通级,强度和融合好,用于一般包装
SG-200	0.9 ~ 1.1	40 ~ 60	普通级,强度和融合好,一般包装
SG-300	0.6 ~ 0.9	40 ~ 60	普通级,强度和融合好,一般包装
SG-400	0.45 ~ 0.6	40 ~ 60	普通级,强度和融合好,小包装
SG-101	1.3 ~ 2.0	40 ~ 60	快速成型级
SG-161	1.1 ~ 1.3	40 ~ 60	快速循环级
SG-201	0.9 ~ 1.1	40 ~ 60	快速成型级
SG-301	0.6 ~ 0.9	40 ~ 60	快速成型级
SG-401	0.45 ~ 0.6	40 ~ 60	快速成型级
SG-102	1.3 ~ 2.0	40 ~ 60	通用级
SG-162	1.1 ~ 1.3	40 ~ 60	通用级
SG-202	0.9 ~ 1.1	40 ~ 60	通用级
SG-302	0.6 ~ 0.9	40 ~ 60	通用级
SG-402	0.45 ~ 0.6	40 ~ 60	通用级
SG-103	1.3 ~ 2.0	60 ~ 80	大型包装
SG-163	0.9 ~ 1.4	50 ~ 70	大型包装
SF-100	1.3 ~ 2.0	40 ~ 60	自熄级
SF-160	1.1 ~ 1.3	40 ~ 60	自熄级
SF-200	0.9 ~ 1.1	40 ~ 60	自熄级
SF-300	0.6 ~ 0.9	40 ~ 60	自熄级
SF-400	0.45 ~ 0.6	40 ~ 60	自熄级

(续)

型号	粒径/mm	发泡倍数	性能及用途
SF-201	0.9 ~ 1.1	40 ~ 60	自熄级
SF-301	0.6 ~ 0.9	40 ~ 60	自熄级
SF-401	0.45 ~ 0.6	40 ~ 60	自熄级
SF-201V	0.9 ~ 1.1	40 ~ 60	自熄级
SF-301V	0.6 ~ 0.9	40 ~ 60	自熄级
SF-401V	0.45 ~ 0.6	40 ~ 60	自熄级
SL-200	0.9 ~ 1.1	40 ~ 60	高密度制品
SL-300	0.6 ~ 0.9	40 ~ 60	高密度制品
SL-400	0.45 ~ 0.6	40 ~ 60	高密度制品

(12) 菲律宾石油化工产品公司 (Philippine Petrochemical Products Inc.) Styrophil EPS 性能 (见表 5-97)

表 5-97 菲律宾石油化工产品公司 Styrophil EPS 性能

型号	粒径/mm	发泡倍数	性能及用途	型号	粒径/mm	发泡倍数	性能及用途
EPS-102	1.3 ~ 2.4	40 ~ 60	标准级,板、块材包装	EPS-204	0.6 ~ 1.0	30 ~ 50	标准级,小型包装
EPS-203	0.9 ~ 1.4	35 ~ 55	标准级,板、块材包装	EPS-205	0.4 ~ 0.7	20 ~ 40	标准级,小件包装

(13) 沙特阿拉伯基本工业公司 (Saudi Basic Industries Corporation) Cadene EPS 性能 (见表 5-98)

表 5-98 沙特阿拉伯基本工业公司 Cadene EPS 性能

型号	粒径 /mm	发泡 倍数	性能及用途	型号	粒径 /mm	发泡 倍数	性能及用途
EPS-452	0.5 ~ 0.7	40 ~ 60	标准级,小件包装	EPS-764	1.3 ~ 1.7	40 ~ 60	标准级,中、大件包装及板材
EPS-454	0.5 ~ 0.7	40 ~ 60	标准级,小件包装	EPS-450F	0.5 ~ 0.7	40 ~ 60	阻燃级,小件包装
EPS-552	0.7 ~ 1.0	40 ~ 60	标准级,中、小件包装	EPS-550FF	0.7 ~ 1.0	40 ~ 60	阻燃级,中、小件包装
EPS-553	0.7 ~ 1.0	40 ~ 60	标准级,中、小件包装	EPS-551F	0.7 ~ 1.0	40 ~ 60	阻燃级,中、小件包装
EPS-652	1.0 ~ 1.3	40 ~ 60	标准级,中、大件包装及 板材	EPS-650FF	1.0 ~ 1.3	40 ~ 60	阻燃级,中、大件包装及板材
EPS-654	1.0 ~ 1.3	40 ~ 60	标准级,中、大件包装及 板材	EPS-651F	1.0 ~ 1.3	40 ~ 60	阻燃级,中、大件包装及板材
EPS-763	1.3 ~ 1.7	40 ~ 60	标准级,中、大件包装及 板材	EPS-700FF	1.3 ~ 1.7	40 ~ 60	阻燃级,中、大件包装及板材

(14) 马来西亚巴斯夫公司 BASF EPS 性能（见表 5-99）

表 5-99 马来西亚巴斯夫公司 BASF EPS 性能

型 号	粒径/mm	发泡倍数	性能及用途
MP-103	1.2 ~ 1.8	30 ~ 50	普通级,用于板材、块状包装、隔热板等制品
MP-203	1.0 ~ 1.2	30 ~ 50	普通级,用于板材、块状包装、隔热板、家用电器包装等制品
MP-303	0.7 ~ 1.0	30 ~ 50	普通级,用于家用电器、电子部件包装等制品
MP-403	0.4 ~ 0.7	30 ~ 50	普通级,用于小件包装

4. 成型加工方法

发泡聚苯乙烯（EPS）有两种成型加工方法。一种是泡沫珠热合法，即将预发泡的珠粒填满模腔，经加热珠粒再度膨胀，并模压成型；另一种称为挤压法，就是把发泡剂以及其他添加剂的混合物，通过挤塑机挤出成型。

5. 应用

目前国内外生产的 EPS 有一般通用级（标准级）、低发泡级、耐油级、阻燃级、抗静电级、食品包装级等专用牌号，其制品有条状、片状、板状、块状等。片、板状的可真空成型成各种包装容器，如盘、盒、杯、盆等。EPS 泡沫塑料制品已广泛应用在建筑材料，如保温绝热、保冷、隔声；漂浮材料，如浮子、浮具、救生圈；隔热保温材料，如冷冻仓库低温保冷、轮船房间隔板等；包装材料和缓冲材料，如食品包装、贵重商品、易碎商品的缓冲防振保护等；装饰材料，如模型、道具、标本、图案等；电气绝缘材料等。尤其是家用电器，如电视机、收录机、空调机、冰箱、音响等家电广泛采用，并发挥了极佳的效果。

第二节 聚苯乙烯制品及其成型工艺

一、聚苯乙烯注射成型

1. 简介

(1) 原材料

1) 物料性能。聚苯乙烯是无色透明具有玻璃光泽的材料，密度为 1.05g/cm³。电绝缘性（尤其高频绝缘性）优良，无色透明，透光率仅次于有机玻璃，着色性、耐水性、化学稳定性良好。强度一般，但质脆，不耐冲击，易产生应力脆裂，不耐苯、汽油等有机溶剂。

2) 应用范围。适于制作产品包装、家庭用品、绝缘透明件、装饰件及化学仪器、光学仪器等零件。

3) 工艺特性

①聚苯乙烯是非结晶性塑料，无明显熔点，熔融温度范围较宽。热变形温度为 70 ~ 100℃，粘流温度为 150 ~ 204℃。

②吸湿性小，水分含量一般为 0.01% ~ 0.03%，成型前无须干燥。成型收缩率低，约为 0.6% ~ 0.8%。

③熔体粘度适中,流动性好,易成型。熔体粘度对剪切速率和温度变化敏感,注射压力和温度升高,粘度会明显下降。

④熔体热稳定性好,300℃以上才开始分解。但线胀系数大,易产生内应力,制品不易带金属嵌件。

⑤宜用高料温,高模温,低注射压力。延长注射时间有利于降低内应力,防止缩孔、变形。

⑥可用各种形式浇口,浇口与塑件圆弧连接,以免去除浇口时损坏塑件。脱模斜度大,顶出均匀。塑件壁厚均匀,最好不带嵌件,如有嵌件应预热。

⑦聚苯乙烯制品弹性小,硬度大,脱模问题较多,加工模具要求尺寸精度、配合精度要高,表面粗糙度要低,型腔壁斜度要达 $1^{\circ} \sim 2^{\circ}$,以免制品脱模崩裂。

(2) 注射制件结构条件

1) 制品壁厚应在1~4mm范围内。

2) 制品的壁厚要均匀,不同壁厚的交接处应圆滑过渡连接,制品中不允许有缺口或尖角,避免应力集中开裂。

3) 制品的脱模斜度型芯为 $0.5^{\circ} \sim 1^{\circ}$,型腔为 $0.583^{\circ} \sim 1.5^{\circ}$,对于形状复杂制品的脱模斜度可放大到 2° 。

4) 注意成型模具中流道长度与制品壁厚之比为200:1左右。

(3) 注塑机与模具

1) 注塑机类型选择。聚苯乙烯原料注塑制品,可用柱塞式注塑机或螺杆式注塑机。用螺杆式注塑机时,螺杆的结构形式选用渐变型螺杆较好,当然,注塑机设备上的通用型螺杆也可应用,聚苯乙烯注射喷嘴,可采用直通式喷嘴。

2) 模具设计。在设计聚苯乙烯制品和模具时,需注意如下几点:

①由于聚苯乙烯的线胀系数与金属相差较大,因此,在聚苯乙烯制品中不适宜有金属嵌件的存在,否则当环境温度有所变化时,制品极易出现应力开裂现象,进而破坏制品的实用性。

②与其他塑料一样,聚苯乙烯制品的壁厚与熔体的流动性,以及制品的性能有关,虽然壁厚越厚,熔体的流动阻力也就越小,但随之而来的收缩和应力也增加了,因此,聚苯乙烯制品的壁厚不宜太厚,当然也不能太薄,当壁厚小于0.8mm时,熔体的流动就有困难,易出现制品填充不足的现象,鉴于聚苯乙烯熔体的最大流动长度与壁厚之比为200:1,所以其制品的壁厚一般在1.0~4.0mm之间选取为宜。

③考虑到聚苯乙烯性脆易碎,故要求其制品的壁厚应尽可能均匀,同时不允许有缺口、尖角等存在。对于厚薄相连处,要求用较大的圆弧进行过渡连接,以免因这些部位应力集中而发生开裂。

④聚苯乙烯的成型收缩率为0.5%~0.8%,需考虑选用适当的脱模斜度。通常,模腔部分的脱模斜度为 $35' \sim 1^{\circ}30'$,模芯部分为 $30' \sim 1^{\circ}$,稍复杂的制品,其脱模斜度应大些,可在 $50' \sim 2^{\circ}$ 之间选取。

⑤为了防止制品因脱模不良而出现的开裂、内应力增加等问题,除了选择合理的脱模斜度外,对顶出结构也有一定的要求,即有较大的顶出有效面积和良好的顶出同步

性。

⑥排气孔、槽的深度应控制在 0.03mm 以下。

⑦对聚苯乙烯来说,浇口形式无特殊要求,多数形式的浇口均可以选用,仅要求在浇口与制品的连接处用较大的圆弧予以过渡处理,以免在去除浇口时损伤制品。

⑧为使物料能均匀收缩,减少制品中的内应力,要求模具温度尽可能均匀一致,各部分的温差应控制在 3~6℃。

(4) 聚苯乙烯注射成型工艺

1) 原料的准备

①原料吸湿性差。含水量低于 0.05%,可直接拆开包装投入生产。特殊情况,原料含水量超过 0.1%时,应在 70~80℃的热风循环中干燥处理 2~3h。

②原料的着色方法。用浮染法或加入色母料,按比例加入粒料中,均匀混合搅拌。如用柱塞式注塑机注塑,为避免色差,应先把混合均匀的配色料挤出造粒后再注塑生产。

2) 注塑工艺条件与控制

①预塑化机筒温度在 160~220℃范围内,温度偏高时,制品的透明度好,但制品强度下降。温度偏低时,制品透明度差,内应力大。生产时一般取较高温度。喷嘴温度低于塑化温度,一般在 170~190℃。

②注射压力为 60~120MPa。注射压力的选择应根据制件的结构形状及模具条件考虑:复杂形状、流道又较长的制品成型注射,应取较高些注射压力。但也应注意,较高注射压力的成型制品,它的收缩率能降低些,但内应力增加,制品强度降低,容易出现裂纹。

③注射速度应是在不出固化成型熔接线情况下越慢越好。这样制品的透明度好,强度得到改善,内应力也相应小些。

④制品的成型降温固化速度较快,所以,注射后的保压时间也比较短。

⑤模具各部位温度要均匀,温度小。可通冷却水降温,各部位温差不应超过 3~5℃,这样可避免由于各部位降温速度不一致而产生的应力集中现象。

⑥由于保压降温时间较短,制品脱模后内部没有降到室温。所以,应把制品浸在 70~80℃热水中处理 2~3h,缓慢降至室温,以消除制品中的内应力。

3) 聚苯乙烯注射成型过程中应注意事项

①清洁要求。为了得到透明性较好的聚苯乙烯制品,在成型中须注意如下方面:

a. 树脂颗粒必须干净整洁。为防止因静电吸尘作用,使尘埃附着于颗粒表面,进而由于光折射关系在制品中暴露出来,要求在打开包装物之前注意做好包装物外表、周围以及容器的清洁工作,操作者也应注意自身的清洁工作。对于已打开包装的颗粒,应注意检查,而剩余的颗粒则应仔细封装,为再使用创造便利。

b. 设备必须干净整洁。对聚苯乙烯来说,无论是料斗还是料筒内,或是喷孔中都不允许有其他树脂存在,否则就会影响其透明性或其他性能。因此,有条件的单位应尽可能采用专用设备进行加工,或采用专用料筒、螺杆、喷嘴,如无此可能,则可采取拆洗法或用树脂进行清洗。树脂可用聚苯乙烯再生料,但需注意仔细清洗,待料筒内其他

物料排除干净后,再用新料清洗数次。此外,由于料斗闸门处往往易被忽视,故对此部位最好采取卸下来清洗干净的办。

c. 模具部分的整洁。由于油脂类(如切削油、润滑油、防锈油等)的存在不仅会影响聚苯乙烯制品的透明度,而且还会增加制品的开裂问题,故要求在成型之前对模腔、流道、成型孔根部、转角处、分型面、顶杆、顶板等各部分注意擦洗干净。

②再生料的使用。对于未受污染的聚苯乙烯再生料可与新料混合后使用,其用量通常控制在新料的15%~30%,对于质量要求不高的制品,比例可适当放宽些,可达50%左右。但需注意多次反复地再生会导致聚苯乙烯变色降解。

③脱模剂。由于脱模剂的存在将影响聚苯乙烯制品的透光率,增加制品的内应力,故一般不推荐使用脱模剂,即使要用其量也甚微。

④制品的后处理。聚苯乙烯制品的后处理可在空气或水中进行。后处理的工艺条件视制品壁厚的不同而异,当制品壁厚 $\leq 6\text{mm}$ 时,取温度为 $60\sim 70^{\circ}\text{C}$,处理 $30\sim 60\text{min}$;当制品壁厚 $> 6\text{mm}$ 时,则取 $70\sim 78^{\circ}\text{C}$,处理 $120\sim 300\text{min}$ 。

聚苯乙烯制品中应力的大小可通过偏振光透视或极性溶剂浸渍试验(以煤油为介质)予以了解。

(5) 常见缺陷及产生原因

1) 制品在成型中质量不稳定。PS制品成型过程中造成质量不稳定的原因众多,影响因素也是多方面的,但只要正确掌握好以下因素,就会使质量不稳定现象得到明显改善,从而制备出合格的产品。

①原材料

a. 原料吸湿性差,含水量低于0.05%,可直接拆开包装投入生产,特殊情况,原料含水分超过0.1%时,应在 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$ 的热风循环中干燥处理 $2\sim 3\text{h}$ 。

b. 原料的着色方法。用浮染法或加入色母料,按比例加入粒料中,均匀混合搅拌,如用柱塞式注塑机注塑,为避免色差,应先把混合均匀的配色料挤出造粒后再注塑生产。

②注塑工艺条件与控制

a. 预塑化机筒温度在 $160\sim 220^{\circ}\text{C}$ 之间,温度偏高时,制品透明度好,但其强度下降。温度偏低时,制品透明度差,内应力大,生产时一般取较高温度。喷嘴温度低于塑化温度,一般在 $170\sim 190^{\circ}\text{C}$ 。

b. 注塑压力为 $60\sim 120\text{MPa}$ 。注射压力的选择应根据制件的结构形状及模具条件考虑:复杂形状、流道又较长的制品注射成型,应取较高些注射压力。但也应注意,较高注射压力的成型制品,它的收缩率能降低些,但内应力增加,制品强度降低,容易出现裂纹。

c. 注射速度应是在不出固化成型熔接线情况下越慢越好,这样制品的透明度好,强度得到改善,内应力也较小。

d. 制品的成型降温固化速度较快,所以,注射后的保压时间也比较短。

e. 模具各部位温度要均匀、温差小,可通冷却水降温,各部位温差不应超过 5°C ,可避免由于各部位降温速度不一致而产生的应力集中现象。

f. 由于保压降温时间较短, 制品脱模后内部温度没有降到室温, 所以, 应把制品浸在 70 ~ 80℃ 热水中处理 2 ~ 3h, 缓慢降至室温, 以消除制品中的内应力。

③聚苯乙烯注射成型过程中应注意事项

a. 清洁要求。为了得到透明性较好的聚苯乙烯制品, 在成型中必须注意如下方面:

a) 树脂颗粒必须干净整洁。为防止因静电吸尘作用, 使尘埃附着于颗粒表面, 进而由于光折射关系在制品中暴露出来, 要求在打开包装物之前注意做好包装物外表、周围以及盛器的清洁工作, 操作者也应注意自身的清洁工作。对于已打开包装的颗粒, 应注意检查, 而剩余的颗粒则应仔细封装, 为再使用创造便利条件。

b) 设备必须干净整洁。对 PS 而言, 无论是料斗还是料筒内, 或是喷孔中都不允许有其他树脂存在, 否则就会影响其透明性或其他性能。因此, 有条件的单位应尽可能采用专用设备进行加工, 或采用专用料筒、螺杆、喷嘴, 如无此可能, 则可采取拆洗法或用树脂进行清洗。树脂可用 PS 再生料, 但需注意仔细清洗, 待料筒内其他物料排除干净后, 再用新料清洗数次。此外, 由于料斗闸门处往往易被忽视, 故对此部位最好采取卸下来清洗干净的办法。

c) 模具部分的整洁。由于油脂类 (如切削油、润滑油、防锈油等) 的存在不仅会影响聚苯乙烯制品的透明度, 而且还会增加制品的开裂问题, 故要求在成型之前对模腔、流道、成型孔根部、转角处、分型面、顶杆顶板等各部分进行擦洗。

b. 再生料的使用。未受污染的 PS 再生料可与新料混合后使用, 其使用量通常控制在新料的 15% ~ 30%, 对于要求不高的制品, 比例可适当放宽些, 可达 50% 左右, 但需注意多次反复地再生会导致 PS 变色降解。

c. 脱模剂。由于脱模剂的存在将影响 PS 制品的透光率, 增加制品的内应力, 故一般不推荐使用, 即使要用, 其量也甚微。

d. 制品的后处理。PS 制品的后处理可在空气或水中进行, 后处理的工艺条件视制品壁厚的不同而异, 当制品壁厚小于等于 6mm 时, 取温度为 60 ~ 70℃, 处理 30 ~ 60min; 当制品壁厚大于 6mm 时, 则取 70 ~ 78℃, 处理 120 ~ 300min。

PS 制品中应力的大小可通过偏振光透视或极性溶剂浸渍试验 (以煤油为介质) 予以了解。

2) 制品产生凹痕

①模具温度过高。应降低模温, 调定范围为 40 ~ 70℃。

②注射保压时间偏短。应延长保压时间, 调定范围为 15 ~ 40s。

③注射压力偏低。应提高注射压力, 调定范围为 60 ~ 100MPa。

④料筒温度过高。应降低料筒温度, 调定范围为 140 ~ 190℃。

3) 制品产生银丝气泡

①物料干燥不好, 水分过大。应充分干燥物料, 使其水分含量低于 0.05%。

②料温过高, 物料分解。应降低物料温度, 料温应控制在 300℃ 以上。

③模具排气不良。应检修模具, 改进排气系统, 使其能畅通排气。

④脱模剂过量。应减少脱模剂用量, 以最少的脱模剂, 达到可顺利脱模的目标。

⑤注射速度过快。应放慢注射速度, 调定范围为 1 ~ 3s/次。

4) 制品含有杂质

①原料中混入杂质。应充分净化原料, 除去杂质或更换原材料。

②物料在干燥过程中混入杂质, 盛具不干净。应净化干燥后的物料, 除去所含杂质。在干燥前应净化干燥机、盛具等用具以及加工全过程。

③间断生产中, 物料在料筒中停留时间过长, 继续生产时未清除干净。应牢记每天开机生产都必须用专用清洗料清洗完料筒后, 方可进行正式生产。

④料筒温度过高, 物料分离。应降低料筒温度, 调定范围为 $140 \sim 190^{\circ}\text{C}$ 。

5) 制品出现顶白

①模具型腔表面粗糙。应重新对型腔抛光, 确保型腔的表面粗糙度符合要求。

②模温太高, 冷却时间不够。应适当降低模温, 调定范围为 $40 \sim 70^{\circ}\text{C}$, 同时还应延长冷却时间, 调定范围为 $15 \sim 30\text{s}$ 。

③模具脱模斜度不够。应增大脱模斜度, 调定范围为 $0.5^{\circ} \sim 2^{\circ}$ 。

④塑料大分子定向作用太大。应缩短流道长度, 流道长度与制品壁厚之比为 $200:1$ 左右, 应根据这一比例加以调整。

6) 制品划伤

①模具表面粗糙。应对模具进行精心抛光, 使模具粗糙度满足要求。

②后加工碰伤, 对刚加工完制品应轻拿轻放, 避免碰撞。

7) 制品出现烧焦变色

①熔体温度高。应适当降低料筒温度, 调定范围为 $140 \sim 190^{\circ}\text{C}$ 。

②注射速度太快。应适当降低注射速度, 应控制在 $1 \sim 3\text{s/次}$ 。

③料筒、螺杆或喷嘴内带有死角或夹料所致。应加以清除, 并修复死角, 以免此现象再次发生。

④物料在料筒中停留时间过长。应加以清理, 若是停机不生产, 使用前应清洗料筒后, 再进行生产。

⑤成型周期太长。应缩短成型周期, 调定范围为 $30 \sim 40\text{s}$ 。

⑥注射压力过高。应降低注射压力, 调定范围为 $60 \sim 100\text{MPa}$ 。

⑦浇口尺寸太小。应根据图样要求适当加大浇口尺寸, 以使熔体顺畅通过, 满足工艺条件。

⑧模具排气系统工作不正常。应检修排气系统, 清除堵物, 增设排气孔, 改善排气条件。

⑨原材料未进行充分干燥。应重新干燥原材料, 干燥条件为在 $70 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 热风循环中干燥 $2 \sim 3\text{h}$, 使其水分含量低于 0.05% 。

8) 制品出现黑纹

①黑纹若总在熔接线部位产生, 其原因是排气不良。应增设排气孔, 同时还应适当减缓注射速度, 并扩冲浇口。

②如黑纹总是出现在某一特定位置, 最常见的是浇口处, 主要原因是浇口产生的摩擦热过高, 应加大清洁面, 适当放缓注射速度。

9) 制品充模不足

①原材料流动性能太差。应更换原材料,选材时应注意选用流动性好、注射级品种。

②料筒温度偏低。应适当提高料筒温度,调定范围为 $140 \sim 190^{\circ}\text{C}$ 。

③喷嘴温度偏低。应相应提高其温度,调定范围为 $160 \sim 170^{\circ}\text{C}$ 。

④成型周期太短。应延长成型周期,调定范围为 $30 \sim 90\text{s}$ 。

⑤注射速度过慢。应加快注射速度,调定范围为 $1 \sim 3\text{s/次}$ 。

⑥保压时间偏短。应延长保压时间,调定范围为 $15 \sim 40\text{s}$ 。

⑦模温偏低。应适当提高模温,调定范围为 $20 \sim 70^{\circ}\text{C}$ 。

⑧壁厚太薄。应适当增加壁厚,其壁厚控制范围为 $1.5 \sim 4.5\text{mm}$ 。

⑨浇口太小、流道太细。应根据模具图样,适当增大浇口,加粗流道以满足工艺要求。

⑩模具排气不良。应改善排气条件,提高排气效率,检修排气系统或增设排气孔。

⑪模具温度低、不能满足要求。应选用温度与刚性高的材料,重新设计制作模具。

10) 制品出现熔接痕

①料筒温度偏低。应提高料筒温度,调定范围为 $140 \sim 190^{\circ}\text{C}$ 。

②喷嘴温度偏低。应提高其温度,调定范围为 $160 \sim 170^{\circ}\text{C}$ 。

③注射压力过低。应升高注射压力,调定范围为 $60 \sim 100\text{MPa}$ 。

④注射速度过慢。应加快注射速度,调定范围为 $1 \sim 3\text{s/次}$ 。

⑤模温偏低。应适当提高模温,调定范围为 $20 \sim 70^{\circ}\text{C}$ 。

⑥制品壁厚偏薄。应加厚制品壁厚,按规定制品壁厚应控制在 $1 \sim 4\text{mm}$ 范围内,首先加以改进,如若不能操作,应重新设计制作。

⑦浇口太小、流道过细。应检修模具,并按规定扩大浇口,加粗流道,使熔体顺畅进入型腔,以满足工艺要求。

⑧模具排气不良。应检修模具排气系统并将其清理干净,或增设排气孔。

⑨原料中混入杂质。应清洗原材料,彻底除去杂质,并净化加工全过程或更换原材料。

⑩脱模剂用量太多。应减少脱模剂用量,以最少的脱模剂用量,达到顺利脱模的目的。

11) 制品光泽度差

①喷嘴温度偏低。应适当提高喷嘴温度,调定范围为 $160 \sim 170^{\circ}\text{C}$ 。

②成型周期过长。应缩短成型周期,周期时间应控制在 $30 \sim 90\text{s}$ 。

③螺杆背压过低。应适当提高,控制在适当范围内,以满足工艺要求为准。

④模具温度偏低。应提高模温,调定范围为 $20 \sim 70^{\circ}\text{C}$ 。

⑤模具排气不良。应清理模具排气系统,改善其排气条件,或增设排气孔。

⑥浇口太小、流道太细、熔体流动不畅。应按图样要求适当扩大浇口,加粗流道,以确保熔体流动顺畅,满足工艺要求。

⑦原材料中混入杂质。应净化原材料,彻底清除杂质,并注意净化加工全过程。

⑧原料干燥不够充分。应重新干燥,干燥条件为在 $70 \sim 80^{\circ}\text{C}$,热风循环中处理 $2 \sim$

3h, 使原料水分含量低于 0.05%。

⑨脱模剂用量太大。应尽量减少脱模剂用量, 以最少量脱模剂, 达到顺利脱模的目的, 满足工艺要求即可。

12) 制品出现气泡

①料筒温度太高。应降低料筒温度, 调定范围为 140 ~ 190℃。

②成型周期过长。应适当缩短成型周期, 调定范围为 30 ~ 90s。

③注射压力过低。应升高注射压力, 调定范围为 60 ~ 100MPa。

④注射速度过快。应适当放慢注射速度, 调定范围为 1 ~ 3s/次。

⑤保压和冷却时间太短。应适当延长其时间, 调定范围为 15 ~ 40s。

⑥模具温度不均衡。应将模具温度控制在 20 ~ 70℃ 之间, 并设置冷却回路, 确保模温均匀, 以满足工艺要求。

⑦制品壁厚太大。应适当减薄壁厚, 控制范围为 1 ~ 4mm。

⑧浇口太小、流道太细。应视图样情况进行必要的改进, 扩大浇口, 加粗流道。

⑨原料干燥不够充分。应重新干燥原材料, 干燥条件在 70 ~ 80℃, 热风中循环处理 2 ~ 3h, 确保原材料水分含量低于 0.05%。

13) 制品色彩不均

①原材料着色不均匀。应选用合适的着色剂, 延长混料时间, 取样检测后, 再投入生产。

②料筒温度过高, 有原料分解。应适当降低温度, 将料筒温度控制在 140 ~ 190℃。

③成型周期过长。应适当缩短成型周期, 检测范围为 30 ~ 90s。

④原材料挥发分高或混入杂质。应重新干燥原材料, 干燥条件在 70 ~ 80℃, 热风循环处理 2 ~ 3h, 确保挥发分含量低于 0.1%, 还应彻底清理原料, 除去杂质, 净化原料与加工全过程。

14) 制品出现飞边

①物料温度太高。应降低料筒温度, 将温度控制在 140 ~ 190℃。

②喷嘴温度过高。应适当降低其温度, 将温度控制在 160 ~ 170℃ 为宜。

③注射压力太高。应适当降低, 注射压力控制在 60 ~ 100MPa。

④注射速度太快。应放慢注射速度, 将其速度控制在 1 ~ 3s/次。

⑤保压时间过长。适当缩短保压时间, 将此时间控制在 15 ~ 40s 为宜。

⑥合模力不够。应增大合模力, 将合模力调定到可满足工艺要求为佳。

⑦模具温度太高。应降低其模温, 模温最好控制在 20 ~ 70℃。

⑧模具温度不够。应采用更高温度并用刚性材料制作模具, 或对现有模具实施加固处理。

⑨镶件强度不合适。应选用更高强度的材料制作镶件, 或改进加固现有镶件。

15) 制品出现翘曲变形

①料温太高。应降低料筒温度, 最好将料筒温度控制在 140 ~ 190℃。

②模具温度过高。应适当降低, 模温最好控制在 20 ~ 70℃。

③注射压力偏高。应予以降低, 注射压力应控制在 60 ~ 100MPa。

④注射速度偏快。应尽量放慢注射速度, 将其控制在 $1 \sim 3\text{s}/\text{次}$ 。

⑤保压时间过长。应予以缩短, 保压时间应控制在 $15 \sim 40\text{s}$ 。

⑥成型周期太短。应予以延长, 成型周期应控制在 $30 \sim 90\text{s}$ 之间。

⑦浇口偏小、流道偏细。应根据设计图样加以改造, 尽量扩大浇口, 加粗流道, 以满足工艺要求。

⑧顶出机构设计不合理。应重新检查顶出机构, 进行必要的改进, 使其能满足工艺需要。

⑨模具温度不够。应选用强度更高的材料重新制作, 或对现有模具实施加固处理, 以满足工艺要求。

16) 制品出现分层

①料温过低。应提高料筒温度, 最好将料筒温度控制在 $140 \sim 190^\circ\text{C}$ 。

②螺杆背压偏低。应提高背压, 背压最好控制在 $3.4 \sim 10.3\text{MPa}$ 。

③原材料混入杂质。应彻底清理杂质, 净化原材料和加工全过程。

17) 制品出现龟裂

①料温过低。应提高料筒温度, 最好将料筒温度控制在 $140 \sim 190^\circ\text{C}$ 。

②注射压力偏高。应适当降低, 最好控制在 $60 \sim 100\text{MPa}$ 。

③保压时间偏长。应缩短其时间, 控制范围为 $15 \sim 40\text{s}$ 。

④模温过低。应予以提高, 控制范围为 $20 \sim 70^\circ\text{C}$ 。

⑤顶出机构不合理。应根据图样加以修改, 最好采用多点均衡顶出机构。

⑥脱模斜度偏小, 造成脱模困难。应适当加大脱模斜度, 以使制品顺利脱模。

⑦镶件设置不合理。应加以调整, 或重新设置直到合适为止。

18) 制品表面起雾或出现花纹

①原材料中水分含量高。应重新干燥原材料, 干燥条件为在 $70 \sim 80^\circ\text{C}$, 热风循环 $2 \sim 3\text{h}$, 使水分低于 0.01% 。

②制件中含有残余料或生料, 造成内应力高。应提高料筒温度 (控制范围为 $140 \sim 190^\circ\text{C}$) 和模具温度 (控制范围为 $20 \sim 70^\circ\text{C}$), 提高注射压力 (控制范围为 $60 \sim 100\text{MPa}$)。

③浇口太小、流道太细, 上述故障往往出现在浇口附近。应根据设计图样, 在许可情况下, 尽量扩大浇口, 加粗流道, 使熔体顺利通过并充满型腔, 满足工艺要求。

④排气不良。应改进排气系统, 增设排气孔, 尽量满足排气孔需要。

19) 制品脱模不良

①料温过高。应降低料筒温度, 最好将其控制在 $140 \sim 190^\circ\text{C}$ 。

②注射压力过高。应适当降低压力, 控制范围为 $60 \sim 100\text{MPa}$ 。

③保压冷却时间偏长。应予以缩短, 控制范围为 $15 \sim 40\text{s}$ 。

④模温偏高。应加以降低, 模具应控制在 $20 \sim 70^\circ\text{C}$ 。

⑤制品结构复杂, 难以脱模。应尽量改进或简化制品结构, 增设顶出机构, 增大脱模斜度, 以满足脱模需要。

⑥排气不良。应清理排气系统, 改进排气条件, 或增设排气孔, 以满足工艺需要。

- ⑦脱模斜度不足。应根据设计图样，尽量加大脱模斜度，使制品顺利脱模。
- ⑧顶出机构设计不合理。应加以修改或改进，如若不行，应重新设计制作。
- ⑨模具强度不够。选择强度更高的材料，重新制备模具，或加固现有模具。

2. 耐高冲击聚苯乙烯电视机外壳的注射成型

众所周知，像电视机外壳一类产品习惯上都是采用 ABS 制作的。这类产品要求有一定的负载与工作温度，但负载不大，工作温度不高，只要求外观漂亮、尺寸稳定性好，有一定强度。用 ABS 制作的外壳，各方面的性能都可以达到这些要求。但是，一方面因 ABS 用途广泛，近些年来用量逐步增长，致使其来源紧张，价格暴涨，成本增加；另一方面，用 ABS 加工此类产品外壳，对 ABS 的要求较高（比如吸水率必须控制在 0.1% 以下），加工成型条件（加工温度范围窄，180 ~ 240℃）不易控制，诸此因素，促使人们去考虑能否用另一种材料来代替 ABS 制作电视机一类产品外壳。对此问题国内外许多厂家进行了探索和研究，研究认为采用耐高冲击聚苯乙烯（HIPS）基本上可以制得与 ABS 相媲美的产品。HIPS 主要性能——冲击强度、热变形温度与 ABS 接近，收缩率比 ABS 小，产品尺寸稳定性更好，另外 HIPS 价格比 ABS 低，可降低成本。

(1) 主要设备

1) 成型设备的选择。根据 HIPS 的工艺性能及产品的质量、成型面积，选择注射成型方式，成型设备选用 3000g 注塑机，螺杆直径为 120mm，螺杆注射最大行程为 340mm，喷嘴采用直通式，因其比自动启闭喷嘴压力损失小，且不易造成物料停滞，另外喷嘴必须有温度自动调节装置。

2) 模具结构选择。由于 HIPS 韧性和表面光泽差，要求型腔表面粗糙度稍低，脱模斜度稍大些，通过实践发现，HIPS 成型模具的表面粗糙度值必须低于 0.2μm，脱模斜度至少要在 0.5° ~ 1°，制品脱模顶出机构设计时，考虑制品受力平衡，尽可能采用顶出块，克服“顶白”或断裂现象。另外，HIPS 流动性好，所以要求模具滑动部位、拼镶结构的间隙要小，避免发生溢边缺陷，以小于 0.12mm 为好。

(2) 制备工艺

1) HIPS 的预处理。HIPS 是不吸湿性塑料，除非贮存或包装不好，一般不需要干燥处理，如需干燥，可在 70 ~ 80℃ 条件下干燥 2 ~ 4h 即可。

2) 嵌件的预热。塑料和金属的线胀系数不同，产品成型后在嵌件周围会产生结合应力，以致产生开裂现象，所以成型前必须对嵌件进行预热。预热后可减少溶料与嵌件温差，从而在成型中可以使嵌件周围的料冷却较慢，收缩比较均匀，产生一定的热补缩作用，以减少嵌件周围产生的内应力，其预热温度为 110 ~ 130℃。

3) 注塑机料筒温度。注塑机料筒温度的控制见表 5-100。

表 5-100 注塑机料筒温度的控制

名 称		温度/℃	名 称		温度/℃
料筒	1 区	150 ± 10	料筒	4 区	220 ± 20
	2 区	180 ± 10	喷嘴	5 区	200 ± 20
	3 区	220 ± 20	模具		50 ± 10

4) 注射成型时间。见表 5-101。

表 5-101 注射成型时间

名 称	时间/s	名 称	时间/s
快速注射时间	8	冷却时间	35
慢速注射时间	12	成型周期	70 ± 10
保压时间	15		

5) 注射压力。注射压力是根据物料的熔融特性。粘度、制品结构、浇注系统结构和料筒温度来确定的。注射压力过大或过小，都会使产品出现缺陷。HIPS 注射成型电视机壳一般控制在 70 ~ 140MPa。

6) 产品的后处理。产品注射成型后，由于各种因素，会残留一定的内应力。为确保产品质量，应及时消除，产品应力消除采用热处理方法，即控制加热介质温度在 100 ~ 120℃ 范围内静置 2 ~ 4h。

(3) 对产品质量要求与生产过程中常遇到的缺陷与原因

1) 产品性能及使用要求。产品的外观要求光洁、无裂纹、无银丝、无气泡、无杂质、无凹痕、无顶白，并且要求有较高的力学强度和较好的介电性能。产品在使用过程中不能破损，不产生裂纹，金属件与 HIPS 应结合良好、牢固、符合尺寸公差。

2) 常见缺陷及产生原因。常见缺陷及产生原因见表 5-102。

表 5-102 注射成型过程中常见缺陷及产生原因

序号	不良品	产生原因	序号	不良品	产生原因
1	凹痕	①模具温度过高 ②注射保压时间短 ③注射压力小 ④料筒温度过高	4	杂质	①料混入杂质 ②物料在干燥过程中混进杂质、盛具不干净 ③间断生产,物料在料筒中停留时间过长,继续生产时未清除干净 ④料筒温度过高,物料分解
2	银丝、气泡	①物料干燥不好,水分过大 ②料温过高,料分解 ③模具排气不良 ④脱模剂过量 ⑤注射速度过快	5	划伤	①模具表面粗糙度值高时 ②后加工碰伤
3	顶白	①模具型腔表面粗糙度高 ②模温太高,冷却时间不够 ③模具脱模斜度不够 ④塑料大分子定向作用太大			

3. 电视机喇叭窗网的微孔注射成型

(1) 制品设计 图 5-1 所示为电视机喇叭窗网微孔分布图。电视机喇叭窗网微孔一

般分布于面框正面两侧，安装喇叭的区域为通孔（区域Ⅰ），其他区域为盲孔（区域Ⅱ）。微孔排列方式有菱形排列、正方形排列、长方形排列等。其孔径约1mm，孔间距约1.7mm。

微孔区域壁厚一般设计为1.5mm左右。如果壁厚设计太薄，模具填充阻力大，熔料前峰流速较慢，冷却变粘的熔料进一步加大了充填阻力，最终造成制品缺料。如果壁厚设计太厚，虽然缺料问题可以较好地解决，但是由于成型孔的钢针变长，制品成型冷却后微孔区域对模具钢针的包紧力将大幅度增加，在开模及顶出制品时，通孔区域将出现拉白、拉裂等缺陷。

制品通孔区域的背面应设计加强肋，其作用是：①增加制品微孔区域的强度；②在注射充填时发挥引流作用，可降低通孔区域的充填压降，保证快速充模；③可以增强制品通孔区域对动模的粘附力，在开模时，能防止制品拉白、拉裂等缺陷。

加强肋的设置方式与微孔的排列方式有关。菱形排列时可设置横向和斜向加强肋；正方形及长方形排列时可设置横向和纵向加强肋，并可根据孔间距不同，设置不同宽度的加强肋。

（2）模具设计

1）模具钢针的设计。模具钢针一般采用装配镶件的形式，盲孔区域的钢针均设置在定模上，制品启模时即脱开，钢针直径和长度根据制品设计要求而定。在电火花加工和装配时，每根钢针必须尽量保证垂直于开模方向，否则开模时会拉伤制品微孔，严重时甚至会拉裂制品。为方便脱模，钢针的脱模斜度应为 10° 或更大。制品通孔区域的模具设计有两种方法：

①采用动模、定模钢针对碰成型通孔。即在定模、动模上设置钢针，其长度均为成型孔深的一半左右，合模后钢针对碰，从而在制品上成型通孔。采用钢针对碰成型的形式对模具加工精度要求很高，一方面，动模、定模钢针对碰后不能出现大的错位，另一方面要求在合模增压后，对碰的钢针恰好紧密接触，如钢针太短，动模、定模钢针不能对碰，将无法成型通孔；如钢针太长，动模、定模钢针对碰时承受压力过大而损坏，将导致制品脱模困难。

②只在定模设置钢针，单边成型通孔和盲孔。此法要求在动模成型微孔的区域设置较密集或较深的加强肋，以保证制品在启模时顺利地定从模上脱开。其优点是可以降低动模、定模的配合精度；缺点是由于微孔区域对定模的粘附力增加，动模相应区域需更大的粘附力方能保证正常脱模，如果动模加强肋设置过少或过浅，将会出现制品拉白、拉裂等问题。

2）模具排气设计。由于微孔注射成型极易出现困气问题，所以排气设计显得极为重要。常用的排气措施有：①镶件材料选用烧结金属，烧结金属有微孔，在注射成型时，模内空气可以通过微孔顺利排出模外；②设置排气针，在困气区域的动模上钻孔，然后将截面类似十字梅花形的钢针打入孔中，要求孔与针间有小于0.02mm的间距，排气针的设置位置在试模时确定；③在分型面上设置排气槽；④利用顶杆或镶件与模具的

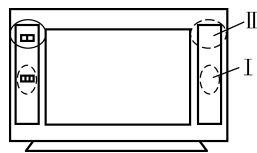


图 5-1 电视机喇叭窗网微孔分布图

配合间隙排气,在试模时,通过改变各浇口的大小,将熔接线位置调整到模具顶杆或镶件位置附近,可有效地解决排气问题。

3) 浇口的设计。微孔注射成型时,由于微孔区域钢针排列紧密、冷却面积大,充填阻力大,所以应适当扩大浇口及流道尺寸。但浇口尺寸过大,会使浇口固化时间增加,当微孔注射结合气辅成型时,气体会从浇口回串到料筒。另外,采用大浇口,充填时会降低浇口区域的剪切热,从而降低模具内熔料的整体温度,影响熔料的填充能力。浇口应避免开设在离微孔较近的部位。因为微孔区域填充压力损失较大,注射压力很难传递到制品其他区域,容易造成制品缺料。另外,如果采用很大的注射压力以克服缺料问题还可能造成制品通孔区域堵料。一般地,通孔区域均在最后注射阶段充填完成。

(3) 工艺参数的设定

1) 料筒温度。料温是影响熔料流动性的重要因素。由于微孔区域填充阻力大,故需要较高料温,针对 HIPS 而言,一般将料筒温度设置为 $235 \sim 245^{\circ}\text{C}$ 。必须强调的是,有时料筒温度与模内料温相差很大。由于注射压力大,模内料温会迅速升高,有可能造成塑料分解,从而影响制品质量,所以在进行参数设置时,应保证模内料温低于塑料分解温度。

2) 模具温度。模具温度是影响微孔区域成型的关键因素之一。一般较高的模温有利于微孔的充填,而模温不平衡将严重影响微孔的充填。如果微孔区域模温太低,其他厚壁区域模温太高,在充填过程中,微孔区域熔料将很快固化,即使增加后续填充压力及射入量,也只能使更多的熔料流向厚壁区域,甚至出现在某些部位产生毛刺或胀模,而微孔区域仍然存在缺料现象。要保证模温平衡,必须保证冷却水路通畅、冷却水质优良。在夏季,循环冷却水极易变脏,水中含有大量砂土和铁锈等絮状物,容易将模具冷却水路堵塞,造成模具热交换变差,因此应定期更换冷却水和清洗模具水路。

3) 锁模力。设置锁模力可采用制品质量恒定法。首先根据制品在分型面的投影面积大小,初设稍大的锁模力,然后固定其他参数,逐步降低锁模力直到制品件重发生突变为止,将此时的锁模力数值乘以安全系数(一般为 $1.1 \sim 1.3$)即为锁模力设置值。如果锁模力设置过大,容易造成微孔区域排气不良,制品出现缺料、烧焦等缺陷。但锁模力设置过小,可能出现动模、定模配合不良,从而导致微孔堵料,分型面出现飞边等缺陷。

4) 预充填量。由于电视机外壳成型普遍应用了气体辅助成型技术和微孔注射成型技术,所以预充填量应大于 90%,同时应保证微孔区域完全填充。如果注料完成时制品微孔区域缺料,则后续注气将难以保证补充填充。一方面,因为气辅成型一般在注料完成后有 $1 \sim 3\text{s}$ 的延迟时间,注气时熔料流动性已经变差;另一方面,因为注气气压比注塑压力低得多,难以推动微孔区域熔料流动。

5) 注射速率及注塑压力。复杂制品注射成型一般需采用多段注射速率和注塑压力,微孔注射成型由于要解决排气冷却、注射压力损失等问题,故一般采用多段注射速率和注射压力控制。如果模具排气良好,采用高的注射压力和注射速率,可以保证制品顺利充填、熔合线熔接良好。从工艺上解决微孔成型的排气问题,可以通过设置多段注射速率和注射压力来达到。在料流经过浇口后,采用高速中压注射,注射速率为 0.82

~0.92dm³/s, 料流到达通孔附近区域时改用中速高压注射, 注射速率为 0.41 ~ 0.72dm³/s, 这样可以有效地防止熔料温度降低过多, 最后一段根据排气需要采用低速中压注射, 注射速率为 0.05 ~ 0.31dm³/s。对于因模温不平衡造成的缺料情况, 在设置参数时, 可在料流经过浇口后, 前段采用高速中压注射, 料流从中段至接近微孔区域时采用中速中压注射。理论上温差越大, 传热越快, 所以适当延长注射时间可以平衡模内料温。最后一段采用较高的注射速率和注射压力, 以弥补料温下降所带来的压力损失, 确保微孔顺利充填。制品采用气辅成型后, 保压由气辅设备加气完成。试验发现, 增加注射压力对微孔区域的拉白、拉裂影响不明显。

6) 保压压力及保压时间。对于未采用气辅成型技术的微孔薄壁制品成型, 保压压力过大, 保压时间过长, 会造成微孔区域的外表面凹凸不平。这是因为加强肋区域壁厚, 保压补缩好, 而微孔区域壁薄, 难以补缩, 从而造成制品各区域的收缩差异。另外, 保压压力过大、保压时间过长, 也会造成制品对定模钢针的包紧力增加, 使制品脱模困难。

7) 冷却时间。对于采用了气辅成型技术的微孔薄壁制品, 冷却时间主要由加气时间及注流道冷却时间决定。如果模温分布不均或模具排气不良, 增加冷却时间将有利于微孔部分的填充。因为增加冷却时间可以降低模温差, 同时可以增加模具零件间的配合间隙, 有利排气。

(4) 注意事项

1) 在微孔薄壁制品设计时, 孔径一般约 1mm, 孔间距一般约为 1.7mm, 微孔区域壁厚为 1.5mm 左右, 通孔区域的背面应设置加强肋。

2) 模具钢针区域一般设计为镶件形式, 钢针的脱模斜度应为 10°或更大, 制品通孔区域可采用动模、定模钢针对碰成型或定模单边钢针成型, 钢针区域必须保证排气良好。同时, 应适当扩大浇口尺寸, 且浇口应开设在远离通孔的部位。

3) 需设置较高的熔料温度。对于 HIPS 而言, 料筒温度应为 235 ~ 245℃。

4) 通过调整水路, 尽量避免模量不平衡或模具钢针区域温度太低。

5) 模具排气良好时, 应采用高注射压力和注射速率充填。通过优化工艺参数可改善模温不平衡或排气不良等问题。

6) 保压压力过大、保压时间过长, 会造成制品通孔区域脱模时出现拉白、拉裂和表面凹凸不平等缺陷。

二、聚苯乙烯制品挤出成型

1. 聚苯乙烯板(片)材挤出成型简介

PS 挤出板是以 PS (或改性 PS) 为主要原料, 经挤出成型而制成的一种热塑性塑料板材。PS 板材具有较好的耐蚀性, 透明度较高, 且可通过更换花辊压制出各种花纹。广泛用于室内装饰、天花板、花纹玻璃板、照明板、灯罩、交通标志、包装材料等。

(1) 成型工艺特性

1) PS 的熔融温度与分解温度相差较大, 成型温度范围宽, 熔体粘度低, 粘度对剪切速率与温度的变化都很敏感, 尤其对剪切速率更甚, 是成型加工性能良好的塑料品种之一。

2) PS 的吸水率很低, 只有 0.05%, 所以一般粒料的加工可不必先干燥。但是, 为了降低制件的表面粗糙度, 可于成型前在 60 ~ 80℃ 的条件下干燥 2h 左右。

3) PS 的比热容小, 因此, 在成型时能很快被加热塑化, 塑化效率高, 冷却速度也较快, 成型周期短。

4) PS 为非结晶性聚合物, 其成型收缩率较小, 通常为 0.4% ~ 0.7%。

5) 由于 PS 分子链的刚性较大、质脆, 故其成型时的最大问题是制品容易产生内应力。因此, 在聚苯乙烯的成型过程中, 应注意控制工艺条件, 做好模具设计。

(2) 设备 PS 板生产线由挤出机、衣架式机头、三辊压光机、牵引装置、切割装置等组成。

1) 挤出机为普通单螺杆挤出机, 螺杆长径比一般为 20 ~ 25。

2) 衣架式机头。PS 挤板机头一般采用衣架式机头, 可用于生产 0.2 ~ 6mm 厚的板材, 在衣架式机头中, 物料停滞时间短, 分配均匀。

3) 三辊压光机由直径 200 ~ 450mm 的上、中、下三个辊组成。内通蒸汽 (或油、水) 进行温度控制。安装时三辊尽可能同轴, 偏离不超过 0.025mm。三辊压光机还能起到一定的牵引作用, 调整板材各点速度一致以保证板的平直。当将中辊换为花辊时, 还可生产带花纹的 PS 板材。

4) 牵引装置一般下辊为主动辊, 上辊为被动辊。为增加摩擦力, 上辊常为橡胶辊, 作用是将板均匀地牵引到切割装置, 防止三辊处积料, 并把板压平。辊直径一般为 150mm。

5) 切割及卷取装置。对于 PS 板材, 为防止碎裂, 一般用锯切法进行切边和裁断, 多用旋转圆锯, 圆锯和电动机装在能和板材等速前移的工作台上。切割时, 工作台前移, 切割完毕后退还原位。

(3) 成型工艺 PS 挤出板材生产工艺流程见图 5-2。

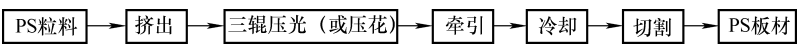


图 5-2 PS 挤出板材生产工艺流程

挤出机与三辊压光机的温度控制范围见表 5-103。

表 5-103 挤出机与三辊压光机的温度控制范围 (单位:℃)

挤出机	一区	二区	三区	四区	五区	六区(连接器)
	130 ~ 140	140 ~ 150	140 ~ 150	150 ~ 160	150 ~ 160	160 ~ 180
机头	左 1	左 2	中	右 2	右 1	
	200 ~ 125	190 ~ 200	170 ~ 190	190 ~ 200	200 ~ 215	
三辊压光机	上辊		中辊		下辊	
	85 ~ 100		60 ~ 80		70 ~ 90	

因衣架式机头为中间进料, 由中间自两边有一定的挤出展开角, 为了保证宽度方向上出料均匀, 机头温度一般是两边高、中间低。

三辊线速度应比挤出线速度稍快, 使皱纹消失, 并抵消物料离开口模时的膨胀, 减

小板的内应力。牵引线速度应等于或略小于压光辊线速度。

2. 高抗冲聚苯乙烯复合板材挤出成型

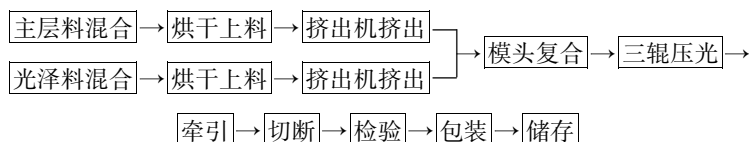
(1) 原材料与配方 (质量份)

HIPS	90 ~ 100	光稳定剂	0.5 ~ 1.0
透明 PS	25 ~ 30	其他助剂	适量
抗氧剂	0.5		

(2) 主要设备 德国产三层复合板材生产机组。

(3) 成型工艺

1) 工艺流程如下:



2) 干燥。原料中的水分或从外界吸收的水分会影响挤出过程的正常进行和制品的质量,较轻时会使制品出现气泡、表面晦暗等缺陷,并使制品的力学性能降低;严重时会使挤出无法进行,因此挤出用的塑料应先进行干燥,以排除其中的水分。为使干燥达到最佳效果,一般采用逆流脱湿渐干燥装置。这种装置内有两个独立的干燥床,在工作时,当一个用于干燥工作时,另一个处于活化冷却干燥剂的状态。由一个干燥床到另一个干燥床的转换通常用一个计时器自动控制,以使脱湿器能不断地产生热流和干空气。除湿过程就是将这些热空气由料斗底部送入,再从顶部抽出,从而将 HIPS 原料中的水分除去。这类干燥器在封闭系统中操作最为有效,所以应当尽一切努力防止外界空气的进入。另外,风道中的过滤器应定期进行清理或更换。使用这种设备时,应注意的是在长期工作时,干燥剂往往会被细碎的颗粒料或粉尘包覆,这样在加热活化干燥剂时,这些小的塑料颗粒或粉尘被熔化形成壳体包覆干燥剂,使其吸收水分的功能大为减弱,故正常生产时,干燥剂应定期进行更换。

HIPS 是吸湿性较小的材料,挤出机主机带有排气装置,而挤出机辅机本身不带排气装置,因此,挤出以前,光泽层复合料一定要进行干燥,以排除其中的水分。选择的干燥工艺条件为:干燥温度为 $65 \sim 75^{\circ}\text{C}$,干燥时间不少于 3h。

3) 挤出。各项工作准备完毕后,关键工序就是挤出工序。由于光泽层里面含有普通聚苯乙烯,它的存在会引起板材冲击强度的下降,因此,在复合板挤出时控制复合层的厚度和复合层厚度的分布就显得尤为重要。在保证热成型后内胆光泽度的前提下,尽可能降低光泽层的厚度。试验结果表明,一般光泽层占到片材总厚度的 3% 左右就能满足要求。

由于光泽层材料的成分和主层非常接近,它的厚度很难用仪器进行测量。因此试机的时候,先把主层和复合层的颜色区别开来。挤出后用带有刻度的显微镜来测量光泽层的厚度和检查光泽层的分布情况,通过调整机器来取得合适的工艺参数。

由于复合层和主层材料具有相似的流变性能,故辅机的温度和主机的挤出温度没有很大的差别。

挤出过程的工艺条件对制品质量影响很大，特别是塑化情况，更能直接影响制品的物理力学性能及外观。而决定塑料塑化程度的因素主要是温度和剪切作用。

物料的温度除主要来自料筒加热外，还来自螺杆对物料的剪切作用产生的摩擦热。料筒中料温升高时，粘度降低，有利于塑化；同时随着料温的升高，熔体流量增加，挤出物出料加快。但是料温过高，挤出物形状稳定性差，制品收缩率增大，甚至引起制品发黄等缺陷。因此，应严格控制挤出机的各段温度，以便得到满意的制品。

4) 滤网。料筒和机头之间还设有过滤器，上面装有过滤网。其主要作用是使塑料由旋转流动变为平直流动，而且在螺杆方向形成压力，增大塑化均匀性，过滤杂质，防止未塑化的物料进入机头。过细过多的滤网重叠会使物料温度过高，应当避免。

5) 三辊压光。熔融料经模头挤出后处于高温状态，为防止板材产生内应力而翘曲开裂，应使之缓慢冷却。因此应控制一定的三辊温度，这对决定板材最终质量十分重要，三辊温度的控制十分复杂，具体控制上，应在生产过程中根据板材的性能作适当的调整。三辊压光机的转速应与挤出线速度基本相同，避免热的板材垂伸过多，减少板材的热量损失，从而防止过多的取向作用和应变变形。

6) 牵引。牵引的作用有：①制品从口模挤出后，一般都要发生离模膨胀现象，从而使挤出物尺寸和形状发生改变，如使牵引速度稍大于挤出速度，就可消除离模膨胀所引起的尺寸变化；②制品从口模挤出后，质量愈来愈大，若不引出，就会造成堵塞致使停机，破坏了挤出的连续性；③牵引可对制品进行适当的拉伸而产生一定程度的取向，有利于提高制品的物理力学性能。因此进行连续而均匀的牵引是很必要的。牵引时，要求牵引速度与挤出速度很好匹配，牵引速度不能过快，因为太快会引起分子在制品中定向而降低制品的物理性能，同时要求牵引速度十分均匀，不然就会影响其尺寸的均匀性和物理力学性能。

3. 聚苯乙烯三层复合板材

(1) 选材与板材规格 选用聚苯乙烯和高冲击聚苯乙烯为原材料加工制成三层复合板材，宽度为 800mm，厚度为 0.5 ~ 2.4mm，主要用于电冰箱、包装装潢和防冲、缓冲包装板材。

(2) 三层复合机组

1) 加料装置。该装置通过调节阀的调节使热空气在分子筛之间流动，带走物料中的水分，从而达到干燥的目的。其主要技术参数如下：

挤出机型号	TR60-1, TR60-2	TR45-3
料斗容量	300kg	200kg
鼓风机功率	0.75kW	2.2kW
加热额定功率	6kW	6kW

2) 挤压系统。三台挤出机的排列形式如图 5-3 所示。挤出机安装在轨道上，便于模头和螺杆装拆过程中，机组的前后移动和调整。挤出机的主要技术参数见表 5-104。挤出机的驱动功率由直流电动机供给，以保证机器在生产的转矩范围内能精确地控制转动速度。通过带轮和梯形带传动，在主机超转矩时，自动打滑可起到保护作用。挤出机料筒和螺杆采用 38CrMoV9 制造，螺杆加工后表面经渗氮处理，具有优良的耐磨性能。

料筒采用全封闭式远红外加热，温度通过热敏电阻插头反馈给控制台，分区控制，每区皆带有一个 0.5kW 的冷却风机。加料口处采用水冷。温度超过偏差，通过继电器的断开或连接使风机工作或进行加热，控制精度为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

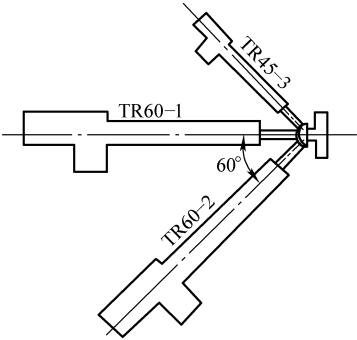


图 5-3 三台挤出机排列形式

表 5-104 挤出机的主要技术参数

挤出机型号	TR60-1、2	TR45-3
螺杆直径/mm	60	45
螺杆长径比	35:1	30:1
主机驱动功率/kW	53	19
机身加热区段	6	4
加热功率/kW	24.75	12
机身高度/mm	1000	1000

机组的两台 TR60 挤出机带有旁路式排气装置。排气压力由调压阀调节以达到控制熔料流量的目的，从而保证排气式挤出机第一计量段的输送能力与第二计量段的挤出量相平衡。机组配有两根排气式螺杆，螺杆排气段结构如图 5-4 所示。

3) 快速自动换网器。该机组带有双工位快速自动换网器。当生产过程中过滤网上杂质增多、压力增加、螺杆背压达到一定值时，控制台蜂鸣器自动鸣响提醒操作人员更换过滤网，此时，只要在待用工位上装上新网，增加液压泵压力达到一定值（17.6MPa）时，通过油压活塞推动两块多孔板和滤网滑板，变换工位，全部动作可以在 1s 内完成。

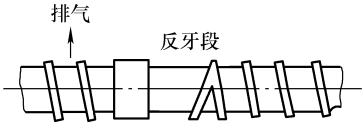


图 5-4 螺杆排气段结构

4) 模头。该机组三台挤出机同时给一个模头供料，因此采用多支管进料衣架式平缝模头。物料在模腔前部结合后通过阻流块调节使得纵向熔料流速基本一致，均匀地从模唇间隙处流出。模唇间隙按照板（片）材的厚度预先通过螺钉调节好，模唇宽度 850mm，生产过程中两边用塞尺调节，可以生产各种宽度的板（片）材。

5) 三辊压光机及辅助设备。板（片）材生产线机组的三辊压光机及辅助设备，如导向牵引装置、静电消除装置、卷取装置，同样安装在水平轨道上，以便于生产过程中的调整。三辊压光机采用镀铬辊筒，外表经抛光具有优良的光泽度，表面硬度达 70HRC。三个辊筒的直径分别为 120mm、315mm、315mm。三辊的上下、水平距离由螺钉调节，来满足工艺所要求的三辊与模唇出料口的间距，上下辊的开合用气动活塞来控制，以保证辊筒间表面的线性接触压力在 20 ~ 400N/cm。辊筒的表面温度由所采用的双效通水蛇管获得，它沿着辊筒交替地进、排一定温度的热水，来控制辊筒表面温度的均匀性，从而赋予板（片）材的表面压光作用。板（片）材生产过程中，还需经导向、切边、静电消除、卷取等工序。板（片）材的宽度由螺钉调节两块切刀的距离来获得，切边的边角料自动收卷，收卷电动机功率为 1.5kW，后道带有静电消除装置。板（片）

材的收卷采用双工位卷取，生产过程中轮换作业。卷取轴采用涨紧轮结构，压力由汽缸获得，卷取动力由直流电动机提供，电动机功率为 7.5kW，最大卷取质量为 120kg。

(3) 制备工艺

1) 生产工艺流程。挤出机生产工艺流程见图 5-5。

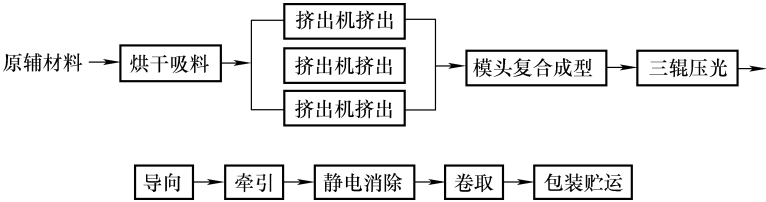


图 5-5 挤出机生产工艺流程

2) 故障排除

①主电动机停转。在实际生产过程中，操作时如主机电流超过一定值（36A）时，电流过载保护装置自动跳开，主电动机停止转动，这时可能是由于：挤出机料筒或模头的部分加热器被烧断；部分电器设备的熔丝烧坏；线路电压下降，造成加热用电流降低，温度达不到要求；电动机的接线错误。此时应进行检查，调整或更换部分元件后才能重新开机。

②机头压力过大造成停车。生产操作过程中，如机头压力过大造成保护装置跳开而自动停机，可能是以下几个原因所造成：模头加热器烧坏，温度不够；原料杂质多，塑化不良，堵塞过滤网；挤出机运转不正常；主机挤出量与模唇出胶量不配套。此时应作相应的检查或调整，待故障排除后重新开机。

4. PS 泡沫片材

(1) 选材

1) PS 树脂。聚苯乙烯原料所用牌号，要根据片材的不同用途而定，一般使用的是通用级聚苯乙烯，由于用途不同有时也可加入一部分改性聚苯乙烯。用于成型较厚的制品时，用低相对分子质量（24 ~ 26 万）通用级聚苯乙烯，即熔体质量流动速率在 5 ~ 8g/10min 比较合适，成型较薄的制品时，用高相对分子质量（28 ~ 32 万）的通用级聚苯乙烯，即熔体质量流动速率在 1 ~ 3g/10min 比较合适，可以保证制品的强度。PS 的相对分子质量对成型性及制品强度的影响如表 5-105 所示。

表 5-105 PS 的相对分子质量对成型性及制品强度的影响

相对分子质量	熔体质量流动速率	成型性	制品强度	挤出条件
低相对分子质量	高	好	低	好
高相对分子质量	低	差	高	差

一般来说，相对分子质量低，树脂的流动性比较好，如果在原料中加入添加剂后，树脂的流动性会产生变化。

2) 发泡剂。氟里昂是一种低沸点制冷剂，在聚苯乙烯挤出发泡片材中目前多使用

氟里昂为发泡剂，用高压装置将氟里昂注入挤出机的熔化区段，在严格控制的温度下，从口模将料筒内的混合物挤出，经过膨胀获得发泡片材，是一种物理发泡。氟里昂 11，适于较硬且轻拉伸的制品；氟里昂 12，适用于柔软的且深拉伸的制品，要根据制品来选用，也可用调整氟里昂注入量来决定制品的要求。

3) 滑石粉。滑石粉起着吸附由发泡剂形成的气泡的作用，是一种发泡辅料，滑石粉的粒度及加入量决定气泡的大小和数量。因此，粒度一定要一致，否则，片材将出现不均匀的现象，滑石粉粒度要在 150 ~ 345 目之间选择。

4) 加工助剂。为了改进塑料熔体的流动性，减少或避免对设备的摩擦和粘附，以及改进制品表面粗糙度，一般使用硬脂酸钙或硬脂酸镁作为润滑剂。

5) 废旧料加入。生产聚苯乙烯发泡片材所使用的原料可加入 20% ~ 30% 的边角再生料，但再生料加入量过大，造成相对分子质量的分布不均匀，生产出来的片材容易断裂，根据不同的用途也可加入 10% ~ 30% 的改性聚苯乙烯。

6) 配比。滑石粉和硬脂酸钙或硬脂酸镁的混合质量比为 1: (0.1 ~ 0.3)。原料与上述助剂的混合质量比为 1: (0.01 ~ 0.03)。助剂少时，气泡的数量减少，各气泡的尺寸较大，使得各气泡间树脂的层次变厚，生产出来的片材较硬；相反，加入的助剂多，气泡的数量增加，各气泡的尺寸小，生产出来的片材比较柔软。

(2) 主要设备 片材挤出机组（至少两台以上挤出机）。

(3) 制备工艺

1) 工艺流程。PS 发泡片材生产工艺流程如图 5-6 所示。

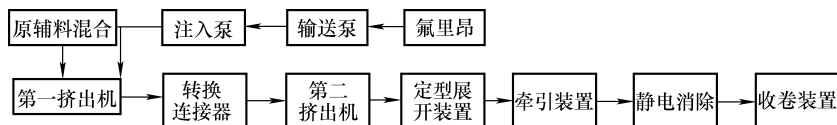


图 5-6 PS 发泡片材生产工艺流程

2) 工艺过程。原料通过自动程序吸送到储料筒，经过计量泵，将聚苯乙烯原料与辅料搅拌后，进入第一挤出机，在料筒内加热，压缩逐渐熔化，在第一挤出机压缩段与计量段之间，通过高压装置注入发泡剂氟里昂与熔融树脂混合，通过转换器进入第二挤出机，在机筒内进一步混炼、降温，挤出口模后卸压膨胀形成很多气泡，通过吹胀，在心轴上冷却，然后由牵引机在一定的速度下引取，最后分别卷取。

3) 工艺条件与控制。生产优质的聚苯乙烯发泡片材，所涉及的因素很多，根据片材的用途在确定最适合的原料之后，主要考虑的就是工艺条件的选择和控制。聚苯乙烯发泡片材最重要的工艺条件是各个部位的温度、压力和冷却。在生产过程中，需要控制的有：第一挤出机料筒、转换连接器，第二挤出机料筒，机头、风环与定型心轴等。它主要影响树脂的塑化、流动和混合，是决定片材质量的主要因素。

①第一挤出机料筒。温度的设定由树脂的相对分子质量来决定，相对分子质量高时，树脂的流动性差，因此，温度设定偏高些；相对分子质量低时，温度设定偏低些，料筒温度如下：

C ₁ 段	C ₂ 段	C ₃ 段	C ₄ 段	C ₅ 段
185 ~ 195℃	200 ~ 215℃	200 ~ 220℃	200 ~ 215℃	195 ~ 205℃

C₁ 段是树脂的加料段，物料呈颗粒状，温度不能过高，否则，就不能获得最大的固体输送能力。C₂、C₃ 段是树脂熔化段，固体树脂在这一段逐渐塑化熔融，最后成为连续的粘性流体。在 C₄ 段注入发泡剂氟里昂。在 C₅ 段进一步塑化并与发泡剂混炼，由于这段的温度较前部低，压力增加，所以发泡剂与树脂混炼比较好。第一挤出机出口部位的压力，主要通过控制第一挤出机与第二挤出机的转数比，其次是设定的温度和树脂熔体质量流动速率值及助剂的量。发泡剂与树脂混合使树脂变得柔和了。因此，发泡剂量的大小也能改变压力。一般控制第一挤出机出口部位压力为 10 ~ 15MPa 能得到较稳定的制品。

②转换连接器。在 C₅ 段混炼后的树脂与发泡剂的混合物在进入第二挤出机时，如果温度太高，混炼后的发泡剂可能要分离。因此，在这部分，应使设定的温度缓慢下降，但如果下降的过多，有可能造成树脂的滞流。一般设定值如下：

连接器-1	转换器-1	转换器-2	连接器-2
190 ~ 200℃	200 ~ 210℃	190 ~ 200℃	180 ~ 190℃

③第二挤出机料筒。其温度在运转刚开始时设定得要高些，当树脂与发泡剂的混炼物由口模挤出后，缓慢降温，这时如果温度急剧下降，料内部产生温度不均匀，则在片材上出现鳞状的圆粒。开始的温度设定如下：

C ₆ 段	C ₇ 段	C ₈ 段	C ₉ 段	C ₁₀ 段
200℃	180℃	180℃	180℃	180℃

最终温度的设定值，要根据原料的种类及片材要求的发泡率、厚度来决定，一般设定值如下：

C ₆ 段	C ₇ 段	C ₈ 段	C ₉ 段	C ₁₀ 段
180 ~ 200℃	130 ~ 145℃	100 ~ 130℃	100 ~ 130℃	120 ~ 140℃

C₆ 段是料杆后部的树脂填塞部位，在这部分逆流的树脂，形成积存的凝胶状填充物，可防止料杆尾部漏气，所以，必须在此段设定适当的温度。C₇ ~ C₉ 段是树脂温度的冷却段，通过这部分的变化，决定最终树脂温度，但是在 C₇ 段连接器流入的树脂温度比较高，所以认为急速冷却是较好的办法。C₁₀ 段设定温度应和机头树脂温度保持一致，在这个区段温度如果急剧变化，树脂温度会出现不稳定的状态。

④机头。机头的温度不适当时，树脂的温度产生变化，生产出来的片材厚度、硬度等也发生变化，树脂温度高，则发泡率大，片材厚而脆，反之，树脂温度低，则发泡率小，片材薄而柔。初开车的温度设定及最终温控也遵循第二挤出机的规律，待树脂与发泡剂混合挤出后，再缓慢降温。开始的温度设定为：D₁ 段 180℃、D₂ 段 180℃、D₃ 段 180℃，最终温度设定为 D₁ 段 130 ~ 150℃、D₂ 段 125 ~ 145℃，D₃ 段 125 ~ 145℃。机头部位的压力取决于口模间隙、树脂流动性、温度及螺杆转速，一般是 10 ~ 18MPa，在此压力间，当树脂与发泡剂的混合物被挤出口模时，卸压膨胀获得较好的制品，但压力不

能超过 20MPa，如超过时应立即停止挤出机，否则将损坏设备。

⑤风环与定型心轴。树脂从机头挤出后呈软化的胶状，风环的气量和心轴的温度使片材定型。风环气量大，定型时间短，片材薄且表皮层大，强度大，成型性差。风环气量小，则片材厚且表皮层小，成型性好。定型心轴温度的高低可使片材的厚度、发泡率的大小、脆与不脆发生一定变化。

4) 生产量及厚度和发泡倍率。

①生产量。提高挤出机螺杆转速，增加产量。在变化第一挤出机的螺杆转速进行产量调整时，必须同时按比例变化第二挤出机的螺杆转数，挤出量变化的同时要考虑调整 $C_8 \sim C_{10}$ 段的设定温度。增加挤出量，机头内物流流速增大，由此产生摩擦热增加，所以机头树脂温度一定会上升，因此要考虑机头 D_1 、 D_2 、 D_3 段的设定温度有必要下降 $1 \sim 2^{\circ}\text{C}$ 。一般各螺杆转数：第一挤出机（90mm） $80 \sim 90\text{r/min}$ ；第二挤出机（120mm） $15 \sim 18\text{r/min}$ 。在变动挤出量时，还要考虑牵引速度的配合，挤出量大，牵引速度慢，则片材厚且强度大；反之，挤出量小，牵引速度快，则片材薄且强度小。

②厚度及发泡倍率。聚苯乙烯发泡片材的厚度，发泡倍率或发泡体的密度以及硬度，是制定与调整工艺的重要参数，它取决于口模间隙、挤出量、发泡剂注入量、牵引速度及温度等各项条件和相互之间的配合，只有制定和调整与产品要求相适应的各项工艺条件，才能生产出高质量的片材。

片材厚度在 $1 \sim 3\text{mm}$ 之间变化，微量调整（如把厚度 2mm 的片材变成 1.8mm 或 2.2mm ）时，则不必改变口模间隙，可适当地调整牵引速度来达到其要求厚度。片材厚度调整数量超过 0.5mm 时，则需要根据片材发泡倍率的要求，选择相应的口模间隙。片材厚度、发泡倍率、对应口模间隙见表 5-106。

表 5-106 片材厚度、发泡倍率 and 对应口模间隙

发泡体密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 口模间隙/mm 片材厚度/mm		0.65	0.08	0.098	0.123
		15 倍	12 倍	10 倍	8 倍
1.40		0.34	0.37	0.39	0.41
1.75		0.39	0.42	0.44	0.46
2.03		0.43	0.46	0.48	0.50
2.29		0.48	0.51	0.53	0.55
2.54		0.53	0.57	0.89	0.61
2.79		0.58	0.63	0.66	0.58
3.05		0.64	0.69	0.72	0.74

综上所述，聚苯乙烯发泡片材的各个工艺条件的变化，决定着片材性质，也制约着热成型制品的优劣，在实际生产中要根据制品的要求，正确运用各个工艺条件的配合关系，生产出高质量的聚苯乙烯发泡片材，来满足热成型制品的要求。

(4) PS 发泡片材生产中易出现的问题、原因及解决办法 聚苯乙烯发泡片材生产中出现的问题、原因及解决办法见表 5-107。

表 5-107 PS 发泡片材生产中出现的问题、原因及解决办法

出现的问题	引起的原因	解决办法
片材不发泡	①发泡剂罐内氟里昂已用完 ②氟里昂输送压力小 ③注入泵内阀门漏气 ④第一挤出机氟里昂特殊阀门堵塞 ⑤氟里昂的热交换系统温度高,不能把氟里昂汽化部分充分液化 ⑥氟里昂更换时,氟的出口与输送泵的进口接错	①更换氟里昂 ②把输送压力调整到 7kg 以上 ③更换新阀门座及门珠 ④消除特殊阀门内的分解物 ⑤降低氟里昂热交换系统的温度,调整到 10℃ 以下 ⑥正确地接装
发泡倍率低	①发泡剂氟里昂注入量小 ②第二挤出机树脂温度过低 ③滑石粉与原料的比率过小 ④第二挤出机螺杆尾部漏气 ⑤心轴温度过低 ⑥环境温度低	①加大氟里昂注入量 ②调整第二挤出机温度 ③调整滑石粉的计量 ④把第二挤出机的尾部温度(C6)调到 180 ~ 200℃ ⑤调整心轴温度,在 25 ~ 30℃ ⑥调整室内温度
片材厚薄不均	(1) 圆周方向厚度不均 ①氟里昂与树脂混合不均 ②压力发生波动 ③温度设定后,树脂温度还没有稳定下来 ④口模间隙与挤出量选择不当 ⑤内外空气风环温度及风压风量不均 ⑥口模左右(或上下)温度不均 ⑦口模间隙不均匀 (2) 纵向的厚度不均 ①定型芯内的冷却温度不均 ②由于卷取机克服不了定型芯的阻力使牵引速度不均	① ② } 按操作规程操作 ③ } ④按片材要求正确选择口模间隙与挤出量 ⑤调整温度、风压、风量 ⑥调整机头左右(或上下)温度一致 ⑦调整控制螺栓 ①调整定型芯的温度 ②调整内外风环气量,心轴上粘贴润滑胶带
片材上有疙瘩	由于前段时间注入系统失灵或无料跑空卡,料筒内有树脂与发泡剂未混炼好的料	停车,升温后重新开车
片材脆	①树脂温度高 ②心轴温度高 ③滑石粉加入量过小	①适当降低树脂温度 ②适当降低心轴温度 ③适当加大滑石粉的计量
片材软	①滑石粉加入量过多 ②机头温度过低	①适当减少滑石粉的计量 ②适当提高机头温度

(续)

出现的问题	引起的原因	解决办法
片材有隐条	①开车后由于第二挤出机温度降温过快造成 ②正常开车时,突然提高挤出量或升高温度	①降温时要使温度逐渐地降到设定温度 ②提高挤出量时要降低树脂温度,升高温度,则要降低挤出量
片材窄	定型冷却心轴温度过高或冷却水路堵塞	调整冷水温度至 25 ~ 30℃,清除水路堵塞物
片材在牵引过程中下垂	①牵引速度慢 ②定型芯水温高	①调整牵引速度或挤出速度 ②降低定型芯水温

5. PS 泡沫纸

可发性聚苯乙烯泡沫塑料纸是把可发性聚苯乙烯珠粒和成核剂一起通过挤出机连续地挤出吹塑而成。这种泡沫塑料纸具有极细的泡沫微孔,并带有光泽,轻而柔软,具有良好的隔热性能和防水性能,也可真空成型制品。

(1) 选材与配方 可发性聚苯乙烯泡沫塑料纸配方见表 5-108。

表 5-108 可发性聚苯乙烯泡沫塑料纸配方

原料名称	规格	配比量 (质量份)	原料名称	规格	配比量 (质量份)
可发性聚苯乙烯珠粒	相对分子质量 55000	100	柠檬酸	工业级	0.3 ~ 0.5
	发泡剂馏程 10 ~ 45℃		碳酸氢钠	工业级	0.3 ~ 0.5
	发泡剂含量 5.5% ~ 6.0%		液态石蜡	医用	0.3 ~ 0.5

(2) 主要设备 挤出机和牵引收卷机等。

(3) 制备工艺

1) 工艺流程。工艺流程如图 5-7 所示。

2) 工艺过程。可发性聚苯乙烯珠粒在挤出机中加热塑化,与发泡剂充分熔合。为了使挤出物具有细小的泡孔,可加入柠檬酸、碳酸氢钠等成核剂。成核剂在挤出机料筒中生成不溶于聚苯乙烯的气体,均匀地混合在熔融的树脂中,混合物一出模口,就处于常压下,成核剂形成的气体由于解除了挤出机料筒内的压力,立即膨胀,形成互不连通的泡孔核。熔融在树脂中的发泡剂就进入泡孔核内,使泡孔继续膨胀,经吹塑制成均匀而紧密的多孔性泡沫塑料纸。为了避免成核剂间相互起作用,原料混合过程中,常加入液态石蜡、硅油、邻苯二甲酸二辛酯等油状物质,或加入淀粉、硬脂酸盐类等粉状物质。

3) 工艺条件。可发性聚苯乙烯泡沫塑料纸的工艺条件见表 5-109。

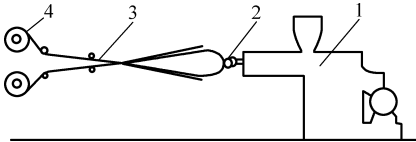


图 5-7 可发性聚苯乙烯泡沫塑料纸生产工艺流程

1—挤出机 2—机头 3—泡沫塑料纸 4—卷筒

表 5-109 可发性聚苯乙烯泡沫塑料纸的工艺条件

工 艺 项 目	温度/℃	工 艺 项 目	温度/℃
加料预热段	100 ~ 120	均化挤出段	110 ~ 130
塑化熔融段	130 ~ 160	机头	90 ~ 110

4) 生产控制因素。

①挤出机螺杆。一般采用单螺杆挤出机，螺杆进料部位的螺旋角一般为 17°，压缩比一般为 2 ~ 4。压缩比太大，会使物料对气体的后推力增大，容易使发泡剂向后排除；相反，压缩比太小，会使发泡剂在螺杆内发泡。螺杆的头部呈鱼雷状，使螺杆与筒壁之间的间隙小，混合效率高，降低温度时的传热更均匀。鱼雷头的表面有沟槽，借以取得良好的混合和防止料流产生脉动现象。

②机头。泡沫塑料纸挤塑的特点是，机头必须有一定的压力差，阻止物料在模内发泡。相反，如果在模内发泡，则因物料的流动促使泡壁破裂并孔而造成粗孔，因此必须在模口发泡，使泡孔能均匀地双向膨胀；另外，发泡剂的蒸发吸热，促使树脂冷却，使泡壁有一定的胀力而防止气泡并孔。在吹塑机头分流器的分流肋附近，物料不易流动，阻力较大，物料在分流肋两边分开后合并，在泡沫塑料纸相应的部位会出现并缝线。因此宜将分流器的分流肋呈水平位置放置，当吹塑膜泡压平时，并缝线就在两侧边缘。挤出物离开模口就立即膨胀发泡，吹塑时必须有一定的吹胀比（气泡直径: 模口直径大于 3）和较快的牵引速度，才能避免泡沫塑料纸因折褶而造成厚薄不匀的条纹。

③挤出物的牵伸定向。挤出物出模口时，以一定的比例拉伸，在张力作用下冷却，分子从杂乱的缠绕变为基本上与拉伸方向平行的排列，使泡沫塑料纸的物理性能顺着定向方向大大提高，因此拉伸温度及其均匀性、拉伸速度和冷却速度都必须严格控制。

（4）产生缺陷原因和解决方法 产生缺陷原因和解决方法见表 5-110。

表 5-110 产生缺陷原因及解决方法

缺 陷	产 生 原 因	解 决 办 法
表面毛糙,孔破裂,脆硬	发泡温度过高难度	降低料筒温度
		降低机头温度
外层较光洁,气泡内层毛糙,上下难分层	机头模芯温度较高	降低机头模芯温度,注以压缩空气或冷却水降温
密度大,较硬而脆	发泡温度偏低	机头温度略提高
出料速度与牵引速度难于配合	发泡剂含量过多使出料速度过快,吹胀比控制太小	降低螺杆转速以减小出料量延长原料干燥时间,降低发泡剂用量
四周厚度不匀,出料不正常,时快时慢,表面带有不均匀条纹	机头调节环的位置不正确,温度调节忽高忽低,使挤出物不均匀,出料不畅。提高螺杆转速时使受热不充分的珠粒也逐渐带出,造成条纹	校正机头调节环位置,控制料筒和机头温度,应逐渐升温或逐渐降温,调节至一定幅度,提高车速同时相应提高料筒温度,使受热均匀

(续)

缺 陷	产 生 原 因	解 决 办 法
螺杆不进料也不出料	螺杆加料段温度过高,螺杆压缩段上的成核剂残留物粘附在螺杆根部,使物料塑化效果减弱	降低加料段温度,卸下机头,用聚苯乙烯粒料过料筒,然后推出螺杆,除去粘附的杂物
泡沫塑料纸经压辊后边缘打皱	机头温度不均匀,发泡厚度不均,模口中心与牵引相切线不在同一水平,人字夹板角不对称	机头的加热和冷却要控制均匀,调节牵引高度,使牵引辊的相切线与模口中心位置在同一水平面,并且使水平膜泡的两个人字夹板夹角相对称
通过橡皮牵引辊后,泡沫塑料纸中间打皱或翘裂	机头出料不均匀	控制出料温度和出料量的均匀性,改进机头设计

三、聚苯乙烯制品吹塑成型

例如, 65mL 饮料瓶采用高抗冲聚苯乙烯与苯乙烯-丁二烯嵌段共聚物以一定比例共混, 经注射吹塑成型, 该瓶光泽度极好。

(1) 原料选择及典型配方 65mL 饮料瓶配方见表 5-111。

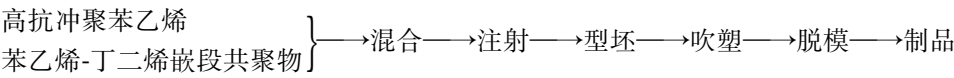
表 5-111 65mL 饮料瓶配方

原 料 名 称	配 方 1	配 方 2
高抗冲聚苯乙烯	90%	70%
苯乙烯-丁二烯嵌段共聚物	10%	30%

注: 苯乙烯-丁二烯嵌段共聚物熔体质量流动速率为 5 ~ 30g/10min。

(2) 吹塑工艺

1) 工艺流程:



2) 工艺条件。65mL 饮料瓶注射吹塑成型工艺条件见表 5-112。

表 5-112 65mL 饮料瓶注射吹塑成型工艺条件

项 目	数 值
注塑部分温度	螺杆料筒后部温度/℃
	螺杆料筒前部温度/℃
	分流器温度/℃
	喷嘴温度/℃
	热流道温度/℃
模具温度/℃	

(续)		
项 目		数 值
油压系统设定值	注射压力/MPa	13.7 ~ 14.0
	保压压力/MPa	1.9 ~ 5.0
	背压/MPa	0.98
	合模速度/s	> 1.2
	螺杆转速/r · min ⁻¹	80
时间	注射时间/s	0.6 ~ 0.8
	保压时间/s	0.6 ~ 0.8
	冷却时间/s	1.5 ~ 2.0
	闭模时间/s	2.0
	吹气时间/s	0.5
	成型周期/s	6 ~ 7
其他	气压/MPa	0.78
	程序	全自动

3) 工艺控制要点。由于苯乙烯-丁二烯嵌段共聚物的热稳定性较差，应防止树脂在料筒内滞留。

第六章 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料

第一节 主要品种与性能

一、基本特性

ABS 树脂是由丙烯腈-丁二烯-苯乙烯组成的三元共聚物称为 ABS 树脂，耐热性和耐溶性均比 HIPS 佳，且具有光泽性。由于丙烯腈的腈基极性较强，可以增强 PS 中分子链的相互作用，所以冲击强度、拉伸强度及塑料件的表面硬度均较 HIPS 佳，综合物理-力学性能更优良。

ABS 的生产方法很多，主要有掺和法、接枝法、联用法和接枝-掺和法四大类，约 11 种制备工艺。掺和法 ABS 简单易得，成本低廉，但性能低下，加工困难，已属淘汰之列，取而代之的是接枝型 ABS 树脂。接枝法又有多种方法：①乳液聚合法；②本体聚合法；③本体-悬浮聚合法；④乳液-悬浮聚合法；⑤乳液-本体聚合法。其中 ABS 的乳液-悬浮法吸取了乳液接枝掺和法和本体-悬浮法的优点，同时也避免了该两法的不足之处，可得到高质量的聚合物。联用法指乳液接枝与本体-悬乳聚合联用法，该法生产过程复杂。接枝-掺和法：①乳液掺和法（乳液接枝-乳液 AS 掺和法）；②树脂掺和法又分为乳液接枝-悬浮 AS 掺和法和乳液接枝-本体 AS 掺和法。通过上列各种方法比较，有广阔发展前途的则是乳液接枝掺和法，尤其是以本体 AS 掺和工艺最有发展前景，它在技术经济上匹配合理。尽管乳液 AS 掺和工艺还在应用，但与上述两种工艺在性能上相差甚远。

ABS 树脂通过改变三种单体的比例和采用不同的聚合方法，可制得各种规格的产品，其结构有以弹性体为主链的接枝共聚物和以树脂为主链的接枝共聚物。一般三种单体的比例范围大致为丙烯腈 25% ~ 30%、丁二烯 25% ~ 30%、苯乙烯 40% ~ 50%。

ABS 树脂为浅黄色粒状或珠状树脂，熔融温度为 217 ~ 237℃，热分解温度在 250℃ 以上，无毒、无味、吸水率低，具有优良的综合物理-力学性能、极好的低温抗冲击性能，尺寸稳定性、电性能、耐磨性、抗化学药品性、染色性，成型加工和机械加工性能良好。ABS 树脂耐水、耐无机盐、耐碱和酸类，不溶于大部分醇类和烃类溶剂，而容易溶于醛、酮、酯和某些氯代烃中。ABS 树脂热变形温度较低，不透明，可燃，耐候性较差。

ABS 的主要性能及标准技术要求、ABS 的基本性能分别列于表 6-1 和表 6-2。

表 6-1 ABS 的主要性能及标准技术要求

项 目	牌 号	ABS-1,GN,095-15-150-2.5			ABS-1,GN,095-15-150-2			ABS-1,XN,095-15-250-2		
	级 别	优级	一级	合格	优级	一级	合格	优级	一级	合格
熔体质量流动速率/ $\text{g}\cdot(10\text{min})^{-1}$		1.5 ~ 3.0			1.3 ~ 2.3			1.3 ~ 2.3		
维卡软化点/ $^{\circ}\text{C}$	$\geq$	96.0	94.0	92.0	96.0	94.0	92.0	96.0	94.0	92.0

(续)

项 目		牌 号	ABS-1,GN,095-15-150-2.5			ABS-1,GN,095-15-150-2			ABS-1,XN,095-15-250-2		
		级 别	优级	一级	合格	优级	一级	合格	优级	一级	合格
弯曲屈服强度/MPa		≥	66.0			63.0			59.0		
弯曲弹性模量/GPa		≥	2.40			2.20			2.40		
拉伸屈服强度/MPa		≥	40.0			37.0			33.0		
悬臂梁 冲击强度/ $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$	23℃	6.35mm ≥	127	107	87	215	195	175	235	215	195
		3.18mm ≥	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	-40℃	6.35mm ≥	—	—	—	—	—	—	—	—	—
洛氏硬度(R标尺)HR		≥	105			103			104		
电镀性			—			—			镀层牢固光亮		

项 目		牌 号	ABS-1,XN,095-08-350-1.5			ABS-1,EN,083-08-150-1.5			ABS-1,MN,095-08-065-2		
		级 别	优级	一级	合格	优级	一级	合格	优级	一级	合格
熔体质量流动速率/ $\text{g}\cdot(10\text{min})^{-1}$			0.5~1.5			0.2~1.2			0.5~2.0		
维卡软化点/℃		≥	92.0	90.0	88.0	90.0	88.0	86.0	96.0	94.0	92.0
弯曲屈服强度/MPa		≥	47.0			48.0			50.0		
弯曲弹性模量/GPa		≥	1.70			1.60			2.10		
拉伸屈服强度/MPa		≥	27.0			30.0			40.0		
悬臂梁 冲击强度/ $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$	23℃	6.35mm ≥	340	320	300	125	110	95	62	55	48
		3.18mm ≥	—	—	—	235	215	195	90	80	70
	-40℃	6.35mm ≥	160	140	120	—	—	—	—	—	—
洛氏硬度(R标尺)HR		≥	87			97.0			110		
电镀性			—			—			—		

表 6-2 ABS 的基本性能

性 能		ASTM 测试法	挤出级	阻燃级,模塑与挤出			ABS/PC 注射与挤出	注射级	
				ABS	ABS/PVC	ABS/PC		耐热	中等冲击强度
力学性能	悬臂梁冲击强度 (3.18mm厚,有缺口的 试样)/ $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$	D256A	96.3~ 642	348.0~ 560.0	219.0~ 562.0	219.0~ 562.0	342.02~ 562.0	107.0~ 348.0	160.0~ 3210
	洛氏硬度 HR	D785	R75~ 115	R100~ 120	R100~ 106	R117~ 119	R111~ 120	R100~ 115	R107~ 115
	收缩率/ $\text{cm}\cdot\text{cm}^{-1}$	D955		0.004~ 0.008	0.003~ 0.005	0.005~ 0.007	0.005~ 0.008	0.004~ 0.009	0.004~ 0.009

(续)

性 能		ASTM 测试法	挤出级	阻燃级,模塑与挤出			ABS/PC 注射与 挤出	注射级		
				ABS	ABS/PVC	ABS/PC		耐热	中等冲 击强度	
力学性能	拉伸断裂强度/MPa		D638	17.5 ~ 56	35 ~ 56	40	47 ~ 65	50 ~ 52	35 ~ 52	39 ~ 52
	断裂伸长率(%)		D638	20 ~ 100	5 ~ 25		50	50 ~ 65	3 ~ 30	5 ~ 25
	拉伸屈服强度/MPa		D638	30 ~ 45	28 ~ 52	40	59 ~ 63	25 ~ 60	30 ~ 49	35 ~ 46
	压缩强度(断裂或屈服)/MPa		D695	36 ~ 70	46 ~ 53		78 ~ 80		51 ~ 70	13 ~ 87.5
	弯曲强度(断裂或屈服)/MPa		D790	28 ~ 98	63 ~ 98	64 ~ 67	84 ~ 95	84 ~ 95	67 ~ 95	50 ~ 95
	拉伸弹性模量/GPa		D638	0.91 ~ 2.8	2.2 ~ 2.8	2.28 ~ 2.3	2.6 ~ 3.2	2.5 ~ 2.7	2.1 ~ 2.5	2.1 ~ 2.8
	压缩弹性模量/GPa		D695	1.05 ~ 2.7	0.91 ~ 2.2		1.61		1.3 ~ 3.08	1.4 ~ 3.15
热性能	线胀系数 / $\times 10^{-6}\text{C}^{-1}$		D696	60 ~ 130	65 ~ 95	46	67	62 ~ 72	60 ~ 93	80 ~ 100
	热变形 温度/℃	1.82MPa	D648	71 ~ 104 (退火)	91 ~ 108 (退火)	82	99 ~ 104	111 ~ 116	104 ~ 116 (退火)	101 ~ 104 (退火)
		0.45MPa	D648	71 ~ 112 (退火)	100 ~ 118 (退火)		108 ~ 119	108 ~ 121	110 ~ 118 (退火)	102 ~ 108 (退火)
物理性能	密度/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$		D792	1.02 ~ 1.06	1.16 ~ 1.21	1.20 ~ 1.21	1.20 ~ 1.23	1.07 ~ 1.12	1.05 ~ 1.08	1.03 ~ 1.06
	吸水性(3.18nm 厚 试样)(24h)(%)		D570	0.20 ~ 0.45	0.2 ~ 0.6		0.24	0.21 ~ 0.24	0.20 ~ 0.45	0.20 ~ 0.45
	介电强度(3.18nm 厚试样,短时间)/ $\text{kV}\cdot\text{mm}^{-1}$		D149	14 ~ 20	14 ~ 20	20	18	17	14 ~ 20	14 ~ 20
性 能		ASTM 测试法	注 射 级			EMI 屏蔽(导电)				
			高冲击 强度	电镀级	20% 玻璃 增强	20% PAN 碳纤维	20% 石墨 纤维	40% 铝粉		
力学性能	悬臂梁冲击强度 (3.18nm厚有缺口的 试样)/ $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$		D256A	321.0 ~ 482.0	268.0 ~ 283.0	64.0 ~ 75.0	53.5	70.0	107.0	
	洛氏硬度 HR		D785	R85 ~ 106	R103 ~ 109	M35			R107	
	收缩率/ $\text{cm}\cdot\text{cm}^{-1}$		D2583	0.004 ~ 0.009	0.005 ~ 0.008	0.002	0.0005 ~ 0.003	0.001	0.001	

(续)

性 能		ASTM 测试法	注 射 级			EMI 屏蔽(导电)			
			高冲击 强度	电镀级	20% 玻璃 增强	20% PAN 碳纤维	20% 石墨 纤维	40% 铝粉	
力 学 性 能	拉伸断裂强度/MPa	D638	31 ~ 44	42 ~ 45	77	112	106 ~ 110	29	
	断裂伸长率(%)	D638	5 ~ 70		3	1.0	2.0 ~ 2.2	5	
	拉伸屈服强度/MPa	D638	18 ~ 40						
	压缩强度(断裂或 屈服)/MPa	D695	32 ~ 56		98		112 ~ 119	46	
	弯曲强度(断裂或 屈服)/MPa	D790	38 ~ 77	74 ~ 80	98 ~ 109	175	161	55	
	拉伸弹性模量/GPa	D638	1.5 ~ 2.31	2.31 ~ 2.7	5.2				
	压缩弹性模量/GPa	D695	0.98 ~ 2.1						
热 性 能	线胀系数 / $\times 10^{-6}\text{K}^{-1}$		D696	95 ~ 110	47 ~ 53	21	20	40	
	热 变 形 温度/℃	1.82MPa	D648	96 ~ 102 (退火)	95 ~ 102 (退火)	100	102	102	100
		0.45MPa	D648	100 ~ 108 (退火)	102 ~ 105 (退火)	104		116	104
物 理 性 能	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$		D792	1.01 ~ 1.05	1.06 ~ 1.07	1.22	1.14	1.17	1.61
	吸水性(3.18nm 厚 试样)(24h)(%)		D570	0.20 ~ 0.45				0.15	0.23
	介电强度(3.18nm 厚试样, 短时间)/kV $\cdot \text{mm}^{-1}$		D149	14 ~ 20	17 ~ 22	18			

二、国内生产厂家、牌号与性能

1. 上海高桥化工公司化工厂 ABS 性能 (见表 6-3)

表 6-3 上海高桥化工公司化工厂 ABS 性能

项 目	牌 号	ISH-100	IH-100	IMT-100	PIH-100	EM-100	EH-100
	引进牌号	MV	MH	MHA	MPA	SP	SRS
悬臂梁冲击强度(缺口)/ $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$	22.7℃	346.7	320	213.4	320	266.7	400
	-28.8℃	186.7	106.7	69.3	106.7	117.3	176
拉伸强度/MPa		34.5	41.4	49.6	43.4	44.8	44.8
弯曲弹性模量/MPa		1930.6	2344.3	2758	2413.3	2344.3	2206.4

(续)

项 目	牌 号	ISH-100	IH-100	IMT-100	PIH-100	EM-100	EH-100
	引进牌号	MV	MH	MHA	MPA	SP	SRS
洛氏硬度 HR	未退火 退火	96	107	113	110	110	106
热变形温度(1.82MPa)/℃		85	81.1	83.9	90.6	90.6	88.9
维卡软化点/℃		90.6	92.2	95	97.8	96.1	94.4
光泽度(%)		101.7	101.1	104.4	107.2	108.3	104.4
流变粘度/kPa·s		10~16	6~14.5	10~14.5	6~11	16	16~29
典型熔融温度/℃		210~254	199~249	210~254	221~274	210~227	221~240

项 目	牌 号	EHL-100	ESH-100	B101	B102	B103
	引进牌号	MVS	SLS	—	—	—
悬臂梁冲击强度(缺口)/J	22.7℃	346.7	435.4	75	185	—
· m ⁻²	-28.8℃	186.7	192	80	187	133
拉伸强度/MPa	90.4 101.7	34.5	35	34.5	32.4	32.4
弯曲弹性模量/MPa		1930.6	1861.7	—	—	—
洛氏硬度 HR		96	95	100	95	97
热变形温度(1.82MPa)/℃		85	86.1	—	—	—
维卡软化点/℃		90.4	94.4	—	—	—
光泽度(%)		101.7	102.8	—	—	—
流变粘度/kPa·s		95	85	—	—	—
典型熔融温度/℃		10~16	14~25	6~16	10~29	8~27
		204~221	221~240	—	—	—

2. 兰州化学工业公司橡胶厂 ABS 性能、注塑加工条件、挤出加工条件 (见表 6-4 ~ 表 6-6)

表 6-4 兰州化学工业公司橡胶厂 ABS 性能

牌 号 项 目		测试方法	通 用 型				高流动型	挤 出 型		
			701	301	101	102	F-3	E-7	E-3	E-1
熔体质量流动速率/g·(10min) ⁻¹		ASTM D1238	1.2	1.8	2.3	2.3	3.9	1	1	1.2
拉伸强度/MPa		ASTM D638	35	40	45	48	36	35	39	45
弯曲强度/MPa		ASTM D790	59	67	70	75	59	52	59	69
冲击强度/kJ·m ⁻²	23℃	ASTM 256	0.31	0.20	0.11	0.06	0.14	0.30	0.18	0.09
	-40℃									
维卡软化点/℃		ISO R306	94	94	94	97	90	95	94	94
洛氏硬度 HR		ASTM D785	100	102	105	109	100	98	100	108
可燃性		UL-94		94HB	94HB	94HB	94HB			
电镀膜附着强度/MPa		MRC								

(续)

牌 号 项 目		测试方法	耐 热 型			耐寒型	电镀型	难燃型		H-08
			T-5	T-332	T-2	G-8	301M	V-1	V-1M	
熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$		ASTM D1238	0.23	0.35	1.1	1	1.8	10.5	11.5	0.5
拉伸强度/MPa		ASTM D638	40	41	40	30	36	34	34	33
弯曲强度/MPa		ASTM D790	66	66	64	50	63	54	54	55
冲击强度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	23℃	ASTM 256	0.09	0.13	0.12	0.33 0.14	0.22	0.09	0.07	0.33 0.14
	-40℃									
维卡软化点/℃		ISO R306	106	102	98	90	94	77	76	90
洛氏硬度 HR		ASTM D785	103	103	102	87	103	94	100	
可燃性		UL-94		94HB			94HB	V-0	V-2	
电镀膜附着强度/MPa		MRC					0.17			

表 6-5 ABS 注塑加工条件

项 目	通用型	高流动型	电镀型	耐寒型	耐热型
预干燥温度/℃	80 ~ 85	80 ~ 85	80 ~ 85	80 ~ 85	85 ~ 90
预干燥时间/h	2 ~ 4	2 ~ 4	2 ~ 4	2 ~ 4	2 ~ 4
筒体温度/℃	190 ~ 250	180 ~ 190	200 ~ 250	200 ~ 250	200 ~ 250
注塑压力/MPa	70 ~ 110	60 ~ 110	70 ~ 110	70 ~ 110	70 ~ 110
模具温度/℃	40 ~ 80	40 ~ 80	40 ~ 80	40 ~ 80	40 ~ 80
注塑速度			尽量缓慢		

注：脱模后收缩率为 0.4% ~ 0.7%。

表 6-6 ABS 挤出加工条件

进料段温度/℃	160 ~ 180	模头温度/℃	180 ~ 220
中间筒体温度/℃	180 ~ 220		

3. 吉林化学工业公司有机合成厂 ABS 性能列于表 6-7。

表 6-7 吉林化学工业公司有机合成厂 ABS 性能

项 目	测试方法 ASTM	高 刚 性			高耐热 低光泽级	中抗冲高 流动级	标准 级	高抗 冲级	挤出级
		高耐 热级	高流 动级	标准 级					
熔体质量流动速率(200℃ 49N)/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	D1238	1.8	4	2.6	1.3	2.6	1.8	1.3	1
拉伸强度/MPa	D638	52.9	48	50	39.2	31.4	44.1	45.1	40.2
维卡软化点(49N)/℃		99	91	92	99	90	92	92	100
冲击强度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	D256	0.06	0.06	0.06	0.09	0.09	0.10	0.12	0.10
光泽度(%)	D523	81	83	83	63	68	81	81	63

吉化集团公司合成树脂厂 JHSR ABS 性能列于表 6-8，加工条件列于表 6-9。

表 6-8 吉化集团公司合成树脂厂 JHSR ABS 性能

性 能	ASTM 标准号	10A	12A	15A	10R	12R	15R	35R	38R
拉伸强度/MPa	D638	38.2	47.1	49.0	34.3	43.1	49.0	40.2	45.1
弯曲强度/MPa	D790	58.8	73.5	83.4	51.0	66.7	76.5	67.7	78.5
弯曲模量/MPa	D790	1960	2450	2650	1770	2250	2650	2260	2500
洛氏硬度 HR	D785	96	104	108	94	105	110	104	109
缺口冲击强度/J·m ⁻²	D256(方法 A)	343	245	177	392	249	196	226	186
热变形温度/℃	D648	87	88	89	86	88	89	88	89
熔体质量流动速率/g· (10min) ⁻¹	D1238	9.0	13.5	16.0	9.5	14.0	17.0	60.0	45.5
色度 L(%)	JIS 28729	85.9	87.3	87.3	—	—	—	80.0	80.0
a(%)	JIS 28729	-1.8	-3.0	-3.3	—	—	—	-0.5	0.5
b(%)	JIS 28729	16.1	14.0	14.3	—	—	—	15.0	15.0
c(%)	JIS 28729	55.7	58.3	58.3	—	—	—	47.3	47.3
电阻/Ω	ASTM D257	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶
拉伸模量/MPa	ASTM D638	1960	2450	2650	1770	2250	2650	2260	2500
维卡软化点/℃	ASTM D542-50	99	101	102	99	102	103	99	101

性 能	ASTM 标准号	47	42	10B	12B	15B	38B	45A	NC100
拉伸强度/MPa	D638	52.0	52.0	39.2	45.1	48.1	48.1	53.0	45.1
弯曲强度/MPa	D790	78.5	76.5	63.7	74.5	81.4	80.4	83.4	76.5
弯曲模量/MPa	D790	2650	2650	2060	2350	2650	2600	2750	2550
洛氏硬度 HR	D785	109	109	96	106	109	109	110	103
缺口冲击强度/J·m ⁻²	D256(方法)	147	147	392	294	196	108	167	118
热变形温度/℃	D648	103	105	88	90	91	89	94	75
熔体质量流动速率/g· (10min) ⁻¹	D1238	4.0	1.8	10.0	16.0	18.0	62.0	9.0	7.0
色度 L(%)	JIS 28729	—	—	—	—	—	—	83.4	—
a(%)	JIS 28729	—	—	—	—	—	—	-2.3	—
b(%)	JIS 28729	—	—	—	—	—	—	16.1	—
c(%)	JIS 28729	—	—	—	—	—	—	50.8	—
电阻/Ω	ASTM D257	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶
拉伸模量/MPa	ASTM D638	2650	2650	2060	2350	2650	2600	2750	2550
维卡软化点/℃	ASTM D542-50	112	113	100	101	102	101	106	87

(续)

性 能	ASTM 标准号	NC120	NC170	82R	86K1	21R	EM12R	EM15R	EM35R	EM38R
拉伸强度/MPa	D638	46.1	48.1	43.1	45.1	44.1	41.2	47.0	39.2	43.1
弯曲强度/MPa	D790	75.5	78.5	66.7	69.6	67.7	64.7	74.5	65.6	76.4
弯曲模量/MPa	D790	2750	2750	2260	2450	2360	2160	2550	2160	2400
洛氏硬度 HR	D785	106	108	105	108	104	103	108	102	107
缺口冲击强度/J·m ⁻²	D256(方法)	127	108	297	235	314	294	196	225	186
热变形温度/℃	D648	76	78	88	92	88	87	88	87	87
熔体质量流动速率/g·(10min) ⁻¹	D1238	6.0	5.5	14.0	5.0	14.5	15.0	18.0	64.0	48.0
色度 L(%)	JIS 28729	—	—	—	—	—	—	—	—	—
a(%)	JIS 28729	—	—	—	—	—	—	—	—	—
b(%)	JIS 28729	—	—	—	—	—	—	—	—	—
c(%)	JIS 28729	—	—	—	—	—	—	—	—	—
电阻/Ω	ASTM D257	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶
拉伸模量/MPa	ASTM D638	2750	2750	2260	2450	2360	2160	2550	2160	2400
维卡软化点/℃	ASTM D542-50	87	91	100	103	103	97	101	99	100

表 6-9 JHSR ABS 加工条件

品 牌	10A、 12A、 15A	45A	35R、 38R	47	品 牌	10A、 12A、 15A	45A	35R、 38R	47
加工类别	注塑	注塑	注塑	注塑	注射压力/MPa	<120	<120	<120	<120
参考加工条件					螺杆转速/r·min ⁻¹	50~90	50~90	50~90	50~90
预干燥温度/℃	80	80	80	80	模具温度/℃	50~70	50~70	50~70	50~70
预干燥时间/h	2~3	2~3	2~3	3~4	成型收缩率(%)	0.4~ 0.7	0.4~ 0.7	0.4~ 0.6	0.4~ 0.7
注塑温度/℃	210~ 260	220~ 270	180~ 230	220~ 270					

4. 南京立汉化学有限公司改性 ABS 性能（见表 6-10 和表 6-11）

表 6-10 南京立汉化学有限公司改性 ABS 性能（一）

牌号	密度 /g·cm ⁻³	燃烧性 UL94	模塑收缩率 (%)	热变形温度 (0.45MPa)/℃	特性和主要用途
S702G	1.10	—	0.3	95	含玻璃纤维 10%，高刚性，注塑制纺织器件、电器、机械配件
S704G	1.16	—	0.2	103	含玻璃纤维 20%，高刚性，注塑制纺织器件、电器、机械配件

(续)

牌号	密度 /g·cm ⁻³	燃烧性 UL94	模塑收缩率 (%)	热变形温度 (0.45MPa)/℃	特性和主要用途
S706G	1.28	—	0.1	110	含玻璃纤维 30%,高刚性,注塑制纺织器件、电器、机械配件
S910	1.22	V-0	0.5	90	注塑制电器元件、家电产品
S920	1.22	V-0	0.5	92	注塑制电器元件、家电产品
S974	1.36	V-1	0.2	104	含玻璃纤维 20%,又含有阻燃剂,高强度,高刚度,制家电产品

表 6-11 南京立汉化学有限公司改性 ABS 性能 (二)

项 目		测试标准	增 强 级			阻 燃 级		
			S702G	S704G	S706G	S910	S920	S974
力学性能	拉伸强度/MPa	ASTM D638	53	60	90	37	37	56
	断裂伸长率(%)	ASTM D638	3	2	2	3	3	2
	弯曲强度/MPa	ASTM D790	80.2	86.0	115.0	59.0	58.5	84.0
	弯曲弹性模量/MPa	ASTM D790	4380	4520	6400	2350	2300	4450
	悬臂梁缺口冲击强度/J·m ⁻²	ASTM D256	109	98	68	148	150	86
	洛氏硬度 HR	ASTM D785	100	111	110	102	100	110
热性能	热变形温度/℃	D648						
	0.45MPa		95	103	110	90	92	104
	1.8MPa		77	95	101	72	80	96
电性能	介电强度(一瞬间)/kV·mm ⁻¹	D149	18.0	23.0	16.0	13.6	14.1	23.5
	体积电阻率/Ω·cm	D257	1.00E+15	3.00E+15	5.00E+15	1.50E+15	1.70E+15	3.20E+15

5. 香港毅兴工程塑料公司的增强、阻燃 ABS 性能 (见表 6-12)

表 6-12 香港毅兴工程塑料公司的增强、阻燃 ABS 性能

项 目	测试标准	SAA-G2H -E0030	SAA-G4H -E0046	SAA-G6H -E0009	SAA-NNO -E0234	SAA-G20 -E0209	SAA-G40 -E0210
热变形温度(0.44MPa)/℃	ASTM D648	100	102	105	90	100	105
拉伸强度/MPa	ASTM D638	60	70	80	43	45	55
伸长率(%)	ASTM D638	8.0	7.0	6.5	8.5	6.0	5.5
断裂伸长率(%)	ASTM D638	9.0	8.0	7.0	10.0	7.0	6.0

(续)

项 目	测试标准	SAA-G2H -E0030	SAA-G4H -E0046	SAA-G6H -E0009	SAA-NNO -E0234	SAA-G20 -E0209	SAA-G40 -E0210
弯曲强度/MPa	ASTM D790	90	95	110	75	65	75
弯曲弹性模量/MPa	ASTM D790	3000	3950	5600	2200	2700	3700
Izod 冲击强度/ $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$	ASTM D256	85	70	60	60	70	50
燃烧性 UL94		HB	HB	HB	V-0	V-0	V-0

6. 香港九龙卡尔玛有限公司 (Callmax Co Ltd) Lucky ABS 性能 (见表 6-13)

表 6-13 香港九龙卡尔玛有限公司 Lucky ABS 性能

牌 号	熔体质量流动速率 ^① $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	拉伸强度 $/\text{MPa}$	弯曲强度 $/\text{MPa}$	缺口冲击强度 ^② $/\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$	热变形温度 ^③ $/^{\circ}\text{C}$	燃烧性 UL94
AF-303	5.5	45	75	170	90	V-0
BF-501	10.0	46	76	150	80	V-0
HF-350	4.8	42	70	230	88	
HF-380	4.5	47	80	190	90	
HI-100	1.0	38	63	400	90	
HI-121	1.3	45	79	300	92	
HI-151	1.4	50	90	200	93	
HR-420	1.0 *	55	92	150	112	
HR-450	3.4 *	50	85	180	102	
HR-700	2.0	55	95	70	94	
MP-211	1.3	45	79	300	92	可电镀
RS-600	1.6	52	90	150	94	
SH-610	1.4	47	80	280	91	

① 标有 * 者系 230℃ 条件下测试, 其余 200℃ 测试。

② A 法。

③ 测试条件 1.82MPa。

7. 台湾大东树脂化学股份有限公司爱塑宝 (Isopak) ABS 性能 (见表 6-14)

表 6-14 台湾大东树脂化学股份有限公司爱塑宝 ABS 性能

性 能 ^①	试验方法	513	525	547	569	580
Izod 冲击强度 (23℃) / $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	D256	0.16	0.22	0.28	0.34	0.43
拉伸强度/MPa	D638	53	51	48	45	43
伸长率 (%)	D638	20	25	28	30	40
弯曲强度/MPa	D790	880	800	750	700	660

(续)

性 能 ^①	试验方法	513	525	547	569	580
弯曲模量/MPa		3000	2600	2400	2300	2200
热变形温度/℃	D648	91	90	89	88	87
熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	D1238	1.0 ~ 2.0	1.0 ~ 2.0	0.5 ~ 1.5	0.5 ~ 1.5	0 ~ 1.0
阻燃性/s		18	17	16	15	13
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	D792	1.04	1.03	1.03	1.03	1.02
洛氏硬度 HR	D785	118	110	105	100	100

① 燃烧性符合 UL-94HB，电弧径迹 (UL-746A) 为 200 (rad)，相对温度指数 (UL-746B) 为 60℃；成型收缩率 (D955) 为 0.4%，吸水率 (D570) 为 0.3% (质量分数)。

8. 台湾台达化学工业股份有限公司 Taitalac ABS 性能 (见表 6-15)

表 6-15 台达化学工业股份有限公司 Taitalac ABS 性能

牌 号	熔体质量流动速率 $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	拉伸强度 /MPa	密度 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	成型收缩率 (%)	Izod 冲击强度 (缺口 $12.7 \times 12.7\text{mm})/\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$	热变形温 度/℃	燃烧性
试验方法	D1238	D638	D792	D955	D256	D648	UL-94
ASTM	(200℃, 49N)						
1000	1.2 ~ 1.5	46	1.03	0.4	206	89	HB
3000	1 ~ 1.5	37	1.03	0.4	255	87	HB
5000	1.5 ~ 3.5	52	1.04	0.4	108	90	HB
5600	2.5 ~ 5	50	1.04	0.4	49	89	HB
6000	0.5 ~ 2	42	1.02	0.4	274	88	HB
7000	1.5 ~ 3	49	1.03	0.4	157	89	HB
1002	2.5 ~ 4	42	1.03	0.4	196	87	HB
3003	2 ~ 3	38	1.03	0.4	245	87	HB
5002	3 ~ 5	44	1.04	0.4	108	88	HB
7002	2.5 ~ 4.5	43	1.03	0.4	157	87	HB
4000	0.5 ~ 1	47	1.05	0.4	127	101	HB
1250	1.5 ~ 3	45	1.03	0.4	245	88	HB
8540	2 ~ 4.5	39	1.20	0.4	147	77	V-0

三、国外生产厂家、牌号与性能

1. 美国道化学公司 (Dow Chemical Co.) Magnum ABS 性能 (见表 6-16)

表 6-16 美国道化学公司 Magnum ABS 性能

牌 号	拉伸屈服 强度/MPa	屈服伸 长率(%)	弯曲弹性 模量/MPa	Izod 缺口冲击 强度/ $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$	热变形温度/℃		燃烧性
					0.44MPa	1.82MPa	
XU-74045	41	2.50	2600	320	—	104	HB
340	54	1.50	2700	160	—	104	HB
341	49	3.10	2700	149	—	76	HB

(续)

牌 号	拉伸屈服 强度/MPa	屈服伸 长率(%)	弯曲弹性 模量/MPa	Izod 缺口冲击 强度/J·m ⁻²	热变形温度/℃		燃烧性
					0.44MPa	1.82MPa	
941	38	3.50	2100	560	—	75	—
240	35	2	2600	107	—	98	HB
342EZ	39	—	2200	160	—	99	HB
541	40	2.30	2600	267	—	99	HB
1040	38	1.80	2100	560	—	99	HB
750	41	2	2100	213	—	107	HB
XP74036	41	—	2400	213	—	216	HB
XU-74054	48	2.60	2800	213	107	107	HB
XU74044.00	41	—	—	245	102	99	—
6100	42	—	2400	245	127	—	—
357HP	37	—	2300	224	104	—	—
AMS	43	—	2300	160	99	—	—
MA	35	—	2100	255	110	—	—
3661	28	80	2300	251	—	70	5V
3642	38	—	2100	160	—	99	HB
3645	40	—	2600	160	—	99	HB
2610	42	—	2600	213	—	104	HB
2620	39	—	2300	320	—	104	HB
2630	37	—	2100	398	—	100	HB
213	34	2	2600	107	—	74	HB
350	44	3	3000	160	—	96	HB
500	42	2.90	2600	213	—	92	HB
4500UV	42	—	2000	277	—	72	V-0
343	39	—	2200	160	—	79	HB
545	40	2.40	2650	267	—	79	HB
9010	42	2.40	2600	213	108	77	HB
9020	39	2.40	2300	320	106	76	HB
9030	37	2.40	2100	400	104	74	HB
9408	41	—	2100	—	—	86	HB
9450P	41	2.48	2600	203	—	77	HB
CLR95	50	—	2900	107	—	72	HB
FG960	37	—	2100	224	—	77	HB
SPD214	29	—	—	133	—	96	—
XU74030.00	43	—	2500	277	—	105	HB
700	31	2.40	2300	181	—	96	HB
800	38	—	2100	613	—	99	HB
AG700	29	—	2250	133	—	96	—
XU-74050	33	—	2100	612	103	63	HB
555	44	—	2500	448	—	103	HB
PG912	29	—	—	133	—	98	—
PG940	—	—	—	—	—	99	—
950	36	—	2100	495	—	103	—

2. 美国通用电器塑料公司（GE Pluotics Co. Ltd）Cycolac ABS 性能（见表 6-17）

表 6-17 美国通用电器塑料公司 Cycolac ABS 性能

项 目	测试标准	注塑(通用)级								
		AM	G100	T	TCA	SU	GSM	LA	DH	DHB
拉伸屈服强度(5mm/min)/MPa	ISO 527	44	41	41	42	47	41	34	49	50
拉伸弹性模量(1mm/min)/MPa	ISO 527	2300	2300	2100	2200	2200	2100	1600	2500	2600
弯曲屈服强度(2mm/min)/MPa	ISO 178	76	72	66	65	72	70	54	77	82
弯曲弹性模量(2mm/min)/MPa	ISO 178	2500	2500	2200	2200	2500	2220	1700	2600	2800
洛氏硬度 HR	ISO 2039/2	107	110	103	105	107	102	89	110	110
球压硬度(H358/30)/MPa	ISO 2039	90	90	83	85	90	84	60	92	96
却贝缺口冲击 25℃ 强度/kJ·m ⁻² -40℃	ISO 179/2C	10	11	14	14	15	15	16	9	10
	ISO 179/2C	4	—	5	5	3	8	12	4	4
悬臂梁缺口冲 25℃ 击强度/kJ·m ⁻² -40℃	ISO 180/4A	24	30	35	35.5	31	37	40	21	16
	ISO 180/4A	7.5	6	9	6	7.5	11	15	6.5	5
维卡软化点(120℃/h)/℃	ISO 306/B	95	98	96	93	100	98	90	100	102
热变形温度/℃ 不淬火	ISO 75/A	86	89	88	84	91	89	83	91	93
	ISO 75/A	97	100	101	95	102	101	95	102	104
UL 温度指数/℃	UL746	60	60	60	60	60	70	60	60	60
成型收缩率(%)	ISO 2577	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.7	0.8	0.6	0.6
氧指数(%)	ISO 458	<21	<21	<21	<21	<21	<21	<21	<21	<21
燃烧性	UL94	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB
厚度/mm	UL94	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.5	1.6	1.7	1.6

项 目	测试标准	注塑(耐高温)级					注塑(阻燃)级			
		XML	XMA	XMI	XMM	X37	G151	KJBE	KJU	KJT
拉伸屈服强度(5mm/min)/MPa	ISO 527		45	44	48	50	38	34	37	39
拉伸弹性模量(1mm/min)/MPa	ISO 527	2200	2200	2200	2300	2300	2400	2000	2000	2100
弯曲屈服强度(2mm/min)/MPa	ISO 178	73	73	72	77	80	68	55	59	64
弯曲弹性模量(2mm/min)/MPa	ISO 178	2400	2400	2300	2400	2400	2600	2100	2200	2300
洛氏硬度 HR	ISO 2039/2	107	107	102	105	108	—	96	99	102

(续)

项 目	测试标准	注塑(耐高温)级					注塑(阻燃)级			
		XML	XMA	XMI	XMM	X37	G151	KJBE	KJU	KJT
球压硬度(H358/30)/MPa	ISO 2039	88	91	76	88	90	87	76	73	80
却贝缺口冲击 25℃	ISO 179/2C	11	14	13	9	8	9	6	12	12
强度/kJ·m ⁻² -40℃	ISO 179/2C	4	5	8	4	4	—	2	3	4
悬臂梁缺口冲 25℃	ISO 180/4A	22	28	33	20	19	15	18	21	27
击强度/kJ·m ⁻² -40℃	ISO 180/4A	7	8	10	6.5	6	6.5	6	5	8
维卡软化点(120℃/h)/℃	ISO 306/B	103	105	107	111	117	95	90	93	92
热变形温度/℃	不淬火	ISO 75/A	92	94	98	102	107	89	82	86
	淬火	ISO 75/A	106	107	110	114	121	99	95	98
UL 温度指数/℃	UL746	60	60	60	60	60	60	60	60	60
成型收缩率(%)	ISO 2577	0.6	0.5	0.7	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6
氧指数(%)	ISO 458	<21	<21	<21	<21	<21	28	30	30	29
燃烧性	UL94	HB	HB	HB	HB	HB	V-0/5V	V-0/5V	V-0/5V	V-0
厚度/mm	UL94	1.6	1.6	1.6	1.5	1.6	1.5/3.2	1.5/3.1	1.6/3.2	3.1

项 目	测试标准	注塑(电镀)		挤 出 级				吹塑级	
		EP	EPH	GSE	LS	XME	CG	MSF	MSX
拉伸屈服强度(5mm/min)/MPa	ISO 527	41	49	41	34	44	29	35	44
拉伸弹性模量(1mm/min)/MPa	ISO 527	2100	2500	2100	1600	2100	1600	1700	2100
弯曲屈服强度(2mm/min)/MPa	ISO 178	66	77	70	55	75	50	55	75
弯曲弹性模量(2mm/min)/MPa	ISO 178	2200	2600	2200	1800	2300	1800	1800	2300
洛氏硬度 HR	ISO 2039/2	103	110	102	89	103	84	94	103
球压硬度(H358/30)/MPa	ISO 2039	83	92	84	62	75	58	63	78
缺口冲击强度/ 25℃	ISO 179/2C	14	9	15	17	16	14	21	16
kJ·m ⁻² -40℃	ISO 179/2C	5	4	8	—	8	—	15	8
悬臂梁缺口冲 25℃	ISO 180/4A	30	21	37	42	33	32	48	33
击强度/kJ·m ⁻² -40℃	ISO 180/4A	7	6.5	11	14	10	9	30	10
维卡软化点(120℃/h)/℃	ISO 306/B	95	99	98	92	108	87	94	108
热变形温度/℃	不淬火	ISO 75/A	87	90	89	86	100	83	84
	淬火	ISO 75/A	100	101	101	99	111	99	111

(续)

项 目	测试标准	注塑(电镀)		挤 出 级				吹塑级	
		EP	EPH	GSE	LS	XME	CG	MSF	MSX
UL 温度指数/℃	UL746	60	60	70	60	60	60	60	60
成型收缩率(%)	ISO 2577	0.7	0.6	—	—	—	—	0.8	0.5
氧指数(%)	ISO 458	<21	<21	<21	<21	<21	<21	<21	<21
燃烧性	UL94	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB	HB
厚度/mm	UL94	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6

3. 日本东丽工业公司 (Toray Ind. Inc) Toyolac ABS 性能 (见表 6-18)

表 6-18 日本东丽工业公司 Toyolac ABS 性能

项 目		测试标准	一般用途	强冲击力	刚度高	高光洁	挤塑	低温下的抗力		耐 热	
			100	300	500	700	600	360-X11	360-X39	45-X21	7-X60
拉伸屈服强度/MPa		ASTMD 638	44	37	53	42	43	39	39	48	47
屈服伸长率(%)			3.0	3.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
拉伸断裂强度/MPa			35	30	40	40	34	33	33	42	42
断裂伸长率(%)			20	20	15	15	20	30	20	15	15
弯曲屈服强度/MPa		ASTMD	70	55	82	75	65	60	61	78	75
弯曲断裂强度/MPa		790	2300	1900	2700	2600	2100	2000	2100	2450	2450
Izod 冲击强度 ^① /J·m ⁻² (带切口)	23℃	ASTM	220	290	140	180	280	330	300	120	120
	0℃	D256	180	250	100	110	240	—	—	—	—
	-30°	方法 A	120	160	70	80	140	240	210	70	70
Izod 冲击强度 ^② /J·m ⁻² (带切口)	23℃	ASTM	270	350	140	200	600	490	400	—	—
	0℃	D256	200	240	100	160	380	—	—	—	—
	-30°	方法 A	140	160	80	120	210	300	250	—	—
洛氏硬度 HR		ASTMD785	110	100	118	115	105	102	106	111	112
热变形温度(1.82MPa)/℃		ASTMD648	91	88	92	90	91	92	90	105	105
线胀系数/K ⁻¹		ASTMD696	7.4×10 ⁻⁵	8.5×10 ⁻⁵	6.9×10 ⁻⁵	7.1×10 ⁻⁵	8.3×10 ⁻⁵	8×10 ⁻⁵	7.5×10 ⁻⁵	—	—
吸水性(%)		ASTMD570	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
项 目		测试标准	金属喷涂	透 明				玻璃纤维增强			
			125	900	920	930	100G10	100G20	100G30		
拉伸屈服强度/MPa		ASTMD 638	47	41	49	36	—	—	—		
屈服伸长率(%)			3.5	3.5	3.5	3.5	—	—	—		
拉伸断裂强度/MPa			37	34	38	32	80	100	120		
断裂伸长率(%)			35	50	30	50	3.3	3.0	2.7		

(续)

项 目		测试标准	金属喷涂	透 明				玻璃纤维增强		
			125	900	920	930	100G10	100G20	100G30	
弯曲屈服强度/MPa		ASTMD	70	64	78	55	118	145	160	
弯曲断裂强度/MPa		790	2250	1950	2350	1700	4200	6300	8000	
Izod 冲击强度 ^① /J·m ⁻² (带切口)	23℃	ASTM	250	130	90	150	85	75	65	
	0℃	D256	210	120	70	130	—	—	—	
	-30°	方法 A	130	90	60	110	—	—	—	
Izod 冲击强度 ^② /J·m ⁻² (带切口)	23℃	ASTM	280	140	100	150	—	—	—	
	0℃	D256	230	130	70	130	—	—	—	
	-30°	方法 A	130	90	60	110	—	—	—	
洛氏硬度 HR		ASTMD785	110	108	115	101	118	120	125	
热变形温度(1.82MPa)/℃		ASTMD648	90	87	89	83	100	102	104	
线胀系数/K ⁻¹		ASTMD696	7.3×10 ⁻⁵	1.2×10 ⁻⁴	1.2×10 ⁻⁴	1.2×10 ⁻⁴	5.0×10 ⁻⁵	3.5×10 ⁻⁵	2.8×10 ⁻⁵	
吸水性(%)		ASTMD570	0.3	0.3	0.3	0.3	—	—	—	

① 试样 2.7mm×12.7mm×62.5mm。

② 试样 32mm×12.7mm×62.5mm。

4. 韩国太平洋公司（Korea Pacific Co）Hanna M ABS 性能（见表 6-19）

表 6-19 韩国太平洋公司 Hanna M ABS 性能

牌 号	拉伸强度/MPa	伸长率(%)	弯曲强度/MPa	弯曲弹性模量/GPa	Izod 冲击强度/kJ·m ⁻²	洛氏硬度 HR	抗变形温度/℃	软化点/℃
HFA-450	42	40	60	2.1	0.13	105	76	92
HFA-451	43	35	60	2.2	0.14	102	76	90
HFA-460	43	40	64	2.3	0.12	102	78	93
HFA-700	43	40	61	2.2	0.16	103	76	90
HFA-700HT	52	40	70	2.4	0.13	103	96	110
HFB-701	42	40	63	2.1	0.15	110	68	80
HFB-702	45	35	60	2.1	0.12	110	69	81
710	45	30	65	2.3	0.25	105	85	95
720	58	20	75	2.6	0.19	115	88	99
720V	55	20	73	2.6	0.14	115	87	90
730	48	30	70	2.2	0.22	110	92	107
740	42	60	60	2.1	0.31	9.8	80	92

(续)

牌 号	拉伸强度/MPa	伸长率(%)	弯曲强度/MPa	弯曲弹性模量/GPa	Lzod 冲击强度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	洛氏硬度HR	抗变形温度/ $^{\circ}\text{C}$	软化点/ $^{\circ}\text{C}$
750	48	25	97	2.4	0.23	108	85	95
760	37	40	90	2.1	0.28	100	83	94
770	50	50	90	2.0	0.26	104	85	95
770SR	55	25	75	2.9	0.24	112	88	99
780	48	25	95	2.3	0.21	108	85	95
790	43	120	54	1.8	0.40	96	81	93
H-2938	49	25	75	2.3	0.20	102	98	115

5. 意大利蒙特爱迪生公司 (Montedison SPA) Urtul ABS 性能 (见表 6-20)

表 6-20 意大利蒙特爱迪生公司 Urtul ABS 性能

牌 号	缺口冲击强度/ $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$	维卡软化点/ $^{\circ}\text{C}$	热变形温度/ $^{\circ}\text{C}$	特性和主要用途
A02	120	104	88	高强度,耐磨,易成型,注塑级
A12	120	102	86	高流动,高光泽,注塑成型
A12S				通用,抗静电
A23	110	120	102	耐高温,易成型,注塑成型
A24				高耐热
A112	120	101	85	高流动,注塑成型,制大型及复杂容器
A123	120	111	94	耐高温,流动性好,中等抗冲,注塑级
AR	130	101	94	含 17% 玻璃纤维,注塑成型,制汽车零件
AR/M	200	100	93	含 17% 玻璃纤维,注塑成型
AR/T				含 17% 玻璃纤维,注塑成型,高刚性,耐热
AR/5	800	85	82	含玻璃纤维,宜注塑和挤出成型
B32	110	120	102	耐高温,高抗冲,注塑制各种机器零件
B32	200	102	86	高抗冲,易成型,注塑级
B32S				通用抗静电
B33P				高抗冲,高耐热,挤出制管材、管件
B42	290	103	85	耐低温、抗冲击良好,宜注塑
B133P	150	122	100	耐高温,高抗冲击,挤出成型制管材,注塑成型制管件
M122	150	102	86	高抗冲击,高光泽,注塑成型
M122AE				阻燃级,UL94V-0 级
M122G	150	102	80	电镀级,各种性能良好,注塑成型
M122S				普通级,抗静电
M122T	150	102	86	高抗冲击,注塑成型制电话机壳
M122TS				专供电信工业
M223	240	108	92	耐热,高抗冲击,注塑成型
M223/1				易流动,高抗冲击,中等耐热

6. 英国帝国先进材料公司 (ICI Advanced Materials Co. Ltd) ABS 性能 (见表 6-21)

表 6-21 英国帝国先进材料公司 ABS 性能

牌 号	密度 /g·cm ⁻³	弯曲弹性模 量/×10 ² MPa	Izod 缺口冲 击强度/J·m ⁻²	热变形温 度/℃	特性和主要用途
AC1002	1.09	59	53	96	含碳纤维,抗静电
AC1004	1.14	100	53	102	含碳纤维,抗静电
AC1006	1.19	124	59	104	含碳纤维,抗静电
AF1002	1.11	41	85	96	含玻璃纤维,增强级
AF1002FR	1.36	41	64	91	含玻璃纤维,阻燃 V-0 级
AF1004	1.20	59	64	102	含玻璃纤维,阻燃 HB 级
AF1006	1.28	76	75	110	含玻璃纤维,增强级
AF1006FR	1.50	91	53	99	含玻璃纤维,阻燃 V-0 级
AF1006MG	1.26	45	80	91	含玻璃纤维,增强级
AF1008	1.38	99	69	113	含玻璃纤维,增强级
EELX PDX84357	1.30	28	320	102	含 15% 钢丝,阻燃 V-0 级,具有 抗电磁干扰性能、高抗冲击性能
EMI-X PDX-A-88130	1.13	35	59	98	抗电磁干扰性能
EMI-X PDX-A-88646	1.17	33	59	98	抗电磁干扰性能
Lubricomp AL4020	1.10	27	117	98	润滑
Lubricomp AL4030	1.14	26	107	98	润滑
Lubricomp AL4410	1.04	24	160	91	润滑
Lubricomp AL4530	1.12	24	—	91	润滑
Lubricomp AFL4036	1.40	76	59	104	含玻璃纤维,润滑性好
Lubricomp AFL4536	1.45	76	59	102	含玻璃纤维,润滑性好
Stat-kon 1002	1.11	69	43	96	含碳纤维,抗静电
Stat-kon 1003	1.09	56	53	99	含炭黑、抗静电
Thermocom PA100	1.05	28	187	98	—

7. 德国拜耳化学公司 (Bayer Chmical Co. Ltd) Novodur ABS 性能 (见表 6-22)

表 6-22 德国拜耳化学公司 Novodur ABS 性能

牌 号	熔体质量流动速率 /g·(10min) ⁻¹	拉伸强度 /MPa	弯曲强度 /MPa	缺口冲击 强度/J·m ⁻²	热变形 温度/℃	球压陷 硬度/MPa	燃烧性 UL94
HGV		44	68	90	89	78	
L-FR	25	43	75	70	81		V-0
M-FR	5	46	75	70	84	110	V-0

(续)

牌 号	熔体质量流动速率 /g · (10min) ⁻¹	拉伸强度 /MPa	弯曲强度 /MPa	缺口冲击 强度/J · m ⁻²	热变形 温度/℃	球压陷 硬度/MPa	燃烧性 UL94
PH-AT	20	43	72	100	84	90	
PHGV	2	54	90	60	89	125	
PHGV-AT	3	54	86	60	92	120	
PHE	7	40	68	140	89	79	
PK	6	34	52	180	87	63	
PK-AT	8	34	54	180	84	61	
PKE	1	41	71	190	96		
PKT	3	47	69	150	89	76	
PL-AT	30	44	69	120	87	82	
PLT-AT	16	42	68	120	86	86	
PM	15	41	65	140	87	81	
PM-AT	15	41	65	140	84	79	
PM3C	9	44	67	140	87	80	
PM5C	4	54	83	90	99	101	
PME	2	48	84	150	89	103	
PMT	6	43	73	110	96	93	
PMT-AT	7	44	73	110	94	92	
P2T	3	53	83	90	99	101	
P2T-AT	3	51	81	90	93	98	
P3T	2	52	85	110	102		
PTE		45	70	13	96	84	
PX	16	43	75	100	86	91	
T-FR		59	78	60	83	91	V-0

8. 荷兰阿克苏工程塑料公司 (AKZO Engineering Plastics Inc Ltd) Absafil ABS 性能 (见表 6-23)

表 6-23 荷兰阿克苏工程塑料公司 Absafil ABS 性能

牌 号	拉伸屈服强度 /MPa	伸长率 (%)	弯曲弹性模量 /MPa	Izod 缺口冲击强度 /J · m ⁻²	热变形温度(0.44MPa) /℃
G1200/20	91	2	5900		107
G1200/40	110	2	7600		110
G1204/SS/3	41	5	2800	1.7	86
G1204/SS/7	40	—	3000	1.2	88

(续)

牌 号	拉伸屈服强度 /MPa	伸长率 (%)	弯曲弹性模量 /MPa	Izod 缺口冲击强度 /J·m ⁻²	热变形温度(0.44MPa) /℃
J1200/10	69	2	4100	—	98
J1200/20	81	2	5900	—	107
J1200/30	91	1.5	6900	—	110
J1200/SS/7BK	41	3.8	8200	—	98
J1200AF/40FR	23	1.5	4100	—	88
J1200CF/10	97	1.7	7600	—	101
J1200CF/20	110	1.0	12400	—	101

四、ABS 成型加工性能

由于 ABS 树脂成型加工性能良好，既能用注塑、挤塑、压延、吹塑、发泡和真空成型等一般的工艺加工，还可用冷成型法加工。通常 ABS 在空气中吸湿性较强，在注塑成型前必须先进行预干燥，干燥条件是在 70 ~ 80℃ 预干燥 4h 以上，注塑温度 180 ~ 230℃，压力为 70 ~ 90MPa，模具温度保持在 55 ~ 70℃，成型后制品应在红外线灯或鼓风烘箱内 70℃ 处理 2 ~ 4h。ABS 塑料可用火焰及 ABS 焊条焊接或用 10% 的 ABS-甲乙酮溶液粘合。也可用车、锯、铣等机械加工，其制品表面极易电镀。值得注意的是，一般使用 ABS 皆会经过染色，若成型温度过高会使得色调变样，而温度过低则成型困难，塑料会因螺杆挤压而变色，所以适当的成型温度和压力对 ABS 成型是非常重要的，尤其阻燃级 ABS 因含有大量溴化合物对成型温度更为敏感。ABS 的成型加工性能列于表 6-24。

表 6-24 ABS 的成型加工性能

性 能		挤出级	阻燃级,模塑与挤出			
			ABS	ABS/PVC	ABS/PC	
加工性能	熔融温度/℃ T_m (结晶) T_g (无定形)	88 ~ 120	110 ~ 125			
	加工温度/℃ (C = 模压,T = 传递模型,I = 注射;E = 挤出)	E:176 ~ 232	C:176 ~ 260 I:193 ~ 260		I:218 ~ 260	
	模塑压力/MPa		56 ~ 175		70 ~ 140	
	压缩比	2.5 ~ 2.7	1.1 ~ 2.0	2.0 ~ 2.5	1.1 ~ 2.5	
性 能		ABS/PC 注射 与挤出	注 射 级			
			耐热	中等冲击强度	高冲击强度	电镀级
加工性能	熔融温度/℃ T_m (结晶) T_g (无定形)		110 ~ 125	105 ~ 115	100 ~ 110	100 ~ 110

(续)

性 能		ABS/PC 注射 与挤出	注 射 级			
			耐热	中等冲击强度	高冲击强度	电镀级
加工性能	加工温度/℃ (C = 模压,T = 传递模型,I = 注射;E = 挤出)	I:257 ~ 273 E:232 ~ 260	C:162 ~ 260 I:246 ~ 287	C:162 ~ 176 I:198 ~ 273	C:162 ~ 176 I:193 ~ 273	C:162 ~ 204 I:176 ~ 260
	模塑压力/MPa	70 ~ 140	56 ~ 175	63 ~ 175	56 ~ 175	56 ~ 175
	压缩比	1.1 ~ 2.0	1.1 ~ 2.0	1.1 ~ 2.0	1.1 ~ 2.0	1.1 ~ 2.0
性 能		注射级	EMI 屏蔽(导电)			
		20% 玻璃纤维增强	20% PAN 碳纤维	20% 石墨纤维	40% 铝粉	
加工性能	熔融温度/℃ T_m (结晶) T_g (无定形)	100 ~ 110				
	加工温度(°F)(C = 模压,T = 传递模型,I = 注射;E = 挤出)	C:176 ~ 260 I:176 ~ 260	I:221 ~ 260	I:215 ~ 276	I:232 ~ 287	
	模塑压力/MPa	105 ~ 210				

五、应用

ABS 树脂广泛应用于汽车工业、电器仪表工业和机械工业中，常作齿轮、汽车配件、挡泥板、扶手、冰箱内衬、叶片、轴承、把手、管道、接头、仪表壳、仪表板、盘、安全帽、贮槽内衬等；在家用电器和家用电子设备的应用前途更广阔，如电视机、收录机、冰箱、冷柜、洗衣机、空调机、吸尘器和各种小家电器材；日用制品有鞋、包、各种旅行箱、办公设备、玩具及各种容器等；低发泡的 ABS 能代替木材，适合作建材、家具和家庭用品。电镀制品常作为金属代用品，如栅条、散热器、换热器、车轮罩等配件以及铭牌、装饰件等。

第二节 ABS 制品及其成型工艺

一、ABS 注射成型

1. 简介

(1) 原材料

1) 物料性能。ABS 是丙烯腈-丁二烯-苯乙烯三元共聚物，属于无定形聚合物，密度为 1.05g/cm³，具有较好的综合性能。耐热性、刚性和耐化学腐蚀性好，冲击强度、拉伸强度高，耐寒性良好，化学稳定性、电性能良好，加工性、染色性好，但耐大气老化性差。在制造过程中，若改变三种单体的比例以及组合方式，或采用不同的聚合方法，可以得到性能变化大的各种产品，因此 ABS 塑料和品种及规格繁多，性能与用途

不一,成型条件各异。主要有高抗冲击、高耐热、阻燃、增强、透明等级别。

2) 应用范围。适于制作一般机械零件、减摩耐磨零件、传动零件和电信零件。

3) 工艺特性。ABS 属于无定形聚合物,无明显熔点。由于其牌号品级繁多,在注射过程中应按品级的不同制订合适的工艺参数,通常在 160°C 以上即可成型。在成型过程中,ABS 的热稳定性较好,可供选择的范围大,不易出现降解或分解,但由于温度过高,有破坏 ABS 中橡胶相的倾向,故须注意。ABS 通常在 270°C 以上才开始出现分解。

ABS 的熔体粘度适中,其流动性比聚苯乙烯、聚酰胺等塑料要差些,但较硬聚氯乙烯、聚碳酸酯等要好,并且熔体的冷却固化速度比较快。

对于表面作镀层处理的 ABS 制品,除了设计好模具外,还应注意工艺条件的选择。

图 6-1、图 6-2 分别显示了 ABS 熔体流动长度与料筒温度以及注射压力的关系。从中可以看出,ABS 的熔体流动性与注射温度和注射压力都有关系,其中对注射压力稍敏感些。因此,在成型过程中可从注射压力入手,以降低其熔体粘度,提高充模性能。

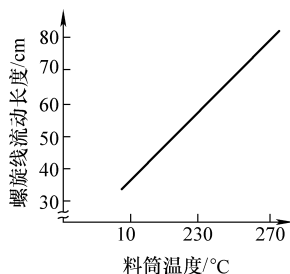


图 6-1 料筒温度与流动长度的关系

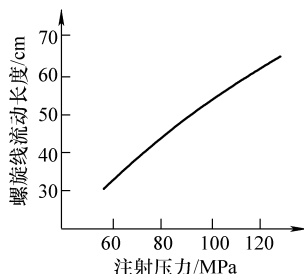


图 6-2 注射压力与流动长度的关系

根据 ABS 中组分的不同,吸水性有所差异,其范围在 $0.2\% \sim 0.5\%$ 之间,为了得到较为理想的制品,在成型加工之前,大都作干燥处理。

(2) 注射设备 虽然 ABS 的成型加工性能良好,对注射机要求不高,但人们还是比较多地采用螺杆式注射机,这不仅是因为 ABS 某些特殊品级要求较高,同时还由于其塑化效果好,成型温度可略低些,避免了高温对橡胶相的伤害。

对于 ABS 制品,螺杆式注射机应注意如下几点:

①每次注射量应取设备最大注射量的 $50\% \sim 75\%$ 。

②螺杆应选用单头、等距、渐变、全螺纹、带止回环的螺杆。螺杆的长径比 L/D 为 $20:1$,压缩比为 $(2 \sim 2.5):1$ 。

③喷嘴可选用敞开式通用喷嘴或延伸式喷嘴(其长度应不超过 150mm),避免采用自锁式喷嘴,以降低注射流程或引起物料变色。在喷嘴上还应有加热控温装置。

④对于阻燃级 ABS,要求设备做好防腐蚀工作(如螺杆、料筒、喷嘴等部分),并要求控温系统工作灵敏。

(3) 制品与模具设计

1) 制品的壁厚。制品的壁厚与熔体的流动长度、生产效率以及使用要求等有关。

ABS 熔体的最大流动长度与制品壁厚之比约为 190:1，而这个数值又会因品级的不同而有所差异，因此，对 ABS 制品的壁厚不宜太薄，特别是需作电镀处理的制品，壁厚要求略厚些以增加镀层与制品表面的粘附力（见图 6-3）。

当然从成本和生产效率来看，制品壁厚过厚也是不可取的，它不仅会增加制品的成本，而且成型周期也较长，所得制品的收缩率明显增加（见图 6-4）。因此，ABS 制品的壁厚通常是在 1.5~4.5mm 之间选取的。

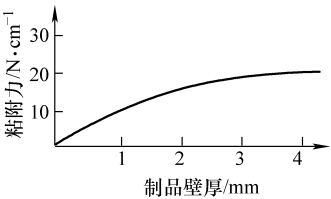


图 6-3 制品壁厚与镀层粘附力的关系

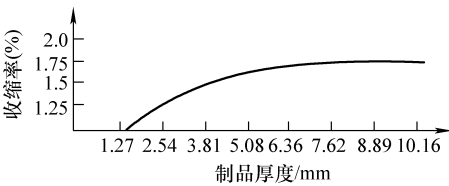


图 6-4 制品厚度与收缩率的关系

在考虑制品的壁厚时，还应注意壁厚的均匀性，要求相差不要太大，对于需作电镀处理的制品其表面应平整，避免凹凸，因为这些部位由于静电作用易粘附尘埃难以去除，使镀层的坚牢性变差。此外，还应避免尖角的存在，以防应力集中，故要求转角、厚薄连接处等部位采用圆弧过渡。

2) 脱模斜度。制品的脱模斜度与其收缩率有关，由于品级的不同，制品形状不同以及成型条件的不同，成型收缩率有一定的差异，大致范围为 0.3%~0.6%，对此，ABS 制品的脱模斜度可考虑为：模芯部分沿脱模方向为 35′~1°，模腔部分沿脱模方向取 40′~1°20′。对于形状较复杂或带有字母、花纹的制品，其脱模斜度应适当增加。

3) 顶出要求。由于制品的表面粗糙度对电镀性能有较大的影响，表观上任何微小的伤痕都会在电镀后明显地显露出来，因此，除了要求模腔上不允许有任何伤痕存在外，还要求顶出的有效面积要大，多根顶杆在顶出过程中的同步性要好，顶出力均匀。

4) 排气。为了防止在充模过程中出现排气不良、熔料灼伤、接缝线明显等问题，要求开设深度不大于 0.04mm 的排气孔或排气槽。

5) 流道与浇口。为了使 ABS 熔体能尽快充满模腔的各个部分，要求流道的直径不小于 5mm，浇口的厚度为制品厚度的 30% 以上，平直部分的长度约为 1mm 左右。浇口的位置应根据制品的要求和料流方向而定，对于需作电镀处理的制品，一般不允许浇口存在于镀层附着面。

表 6-25 为 ABS 模具设计的部分参考数据。

表 6-25 ABS 模具设计的部分参考数据

设计项目	数据及注意事项
主流道	圆锥形,小端直径 3~6mm,大端直径 6~10mm,等于或大于分流道的直径,长度 30~50mm
冷料穴	直径与主流道大端直径相同或大 2~3mm,深度为 5~8mm

(续)

设计项目	数据及注意事项
分流道	制品在 150g 以下时,直径取 5mm;150 ~ 300g 时,直径取 6mm;330 ~ 850g 时,直径取 7 ~ 10mm 截面尽可能做成圆形,以减少热损失 分流道的弯曲部可制成直角
浇口	直径为 0.8 ~ 1.7mm,平均部分约 1mm。浇口厚度为制品厚度的 30% 以上(因流出浇口时的熔体很少膨胀)
制品的厚度	多为 1 ~ 3mm,大型制品为 3 ~ 6mm
制品和长度与厚度比	< 190: 1
排气孔	设置在浇口的对面或分流的末端,深度为 0.05 ~ 0.20mm
脱模斜度	(1:1000) ~ (1:200)
成型收缩率	< 0.6%
隅角的弯曲率	隅角半径 0.75mm 时,成型良好
嵌件	直径为 4.5mm、厚度为 1mm 的嵌件,其周围的厚度即使为 0.7mm,也不至于发生裂纹

(4) ABS 注射成型工艺

1) 原料准备。注塑用的 ABS 树脂,除特殊品级,或作着色处理的树脂外,大都为浅象牙色不透明的颗粒。其流动性可通过熔体质量流动速率测定法予以了解。测定条件为:温度 200℃,负荷 5000g。

ABS 树脂的吸水性并不很高,在加工允许值 0.2% 左右,因此对于包装严密、贮存得当、而制品要求又不太高的情况下,可以不经干燥处理即进行成型加工。但若颗粒中水分含量超过规定值时,则必须先经干燥处理方可注射成型。对于特别品级的颗粒或制品有较高要求(如电镀制品)时,在成型加工前必须进行干燥。

ABS 颗粒可用多种方法进行干燥处理,表 6-26 所示为 ABS 热风循环干燥的工艺条件。

表 6-26 ABS 热风循环的干燥工艺条件

项 目	控制范围	项 目	控制范围
干燥温度/℃	80 ~ 85	料层厚度/mm	30 ~ 40
干燥时间/h	2 ~ 4	干燥要求(水分含量)(%)	0.1

ABS 具有良好的染色性,一般采用浮染法。原料中要加入紫外线吸收剂和抗氧剂,以提高耐老化能力。

2) 注射工艺条件与控制

①成型温度。ABS 是无定形料,分解温度为 270℃,耐热性不太好,因含有橡胶成

分, 过高的成型温度并不会使流动性增加, 相反会引起橡胶分解, 流动性降低。同时长时间的高温作用会造成降解、交联和碳化。所以成型时应严格控制温度在允许范围内, 对柱塞式料筒温度控制在 $180 \sim 230^{\circ}\text{C}$, 对螺杆式料筒温度控制在 $160 \sim 220^{\circ}\text{C}$, 喷嘴温度在 $170 \sim 180^{\circ}\text{C}$ 范围内。

宜取高料温、高模温, 但料温过高易分解 (分解温度 $> 270^{\circ}\text{C}$)。对精度较高的塑件, 模温宜取 $50 \sim 60^{\circ}\text{C}$; 对高光泽、耐热塑件, 模温宜取 $60 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 。较高的模具温度, 制品外表光泽, 可以避免合模线和陷坑等不良现象, 减少制品变形, 但收缩率较大。为了缩短成型周期, 一般制品的模具温度应低些, 有时甚至可取 50°C 。在注射大的、结构复杂的、薄壁的制品时, 应考虑专门对模具加热。

②注射压力。注射压力的大小主要取决于制品的结构和壁厚, 一般控制在 $60 \sim 120\text{MPa}$ 。壁薄、流道较长, 流动阻力大时, 注射压力可高至 $130 \sim 150\text{MPa}$; 壁厚、浇口截面较大, 流动阻力小时, 注射压力可略低些。但提高注射压力可增加 ABS 制品的表面光泽度。

注射过程, 保压压力大小往往决定了制品的表观质量及银丝状缺陷的程度。压力过小, 塑料收缩大, 与型腔表面脱离接触的机会大, 在热的气氛下使制品表面雾化; 压力过大, 塑料型腔表面摩擦作用强烈, 容易造成粘模。所以要调配好保压压力和保压时间, 保压压力为注射压力的 $30\% \sim 60\%$ 。

背压控制越低越好, 背压最高可采用 1.5MPa , 螺杆前进速度采用慢速, 一般不超过 $0.55 \sim 0.65\text{m/s}$ 。

③注射速度。ABS 采用中等注射速度效果较好。当注射速度过快时, 塑料容易分解甚至烧焦, 从而在制品上出现熔接痕和光泽差及浇口附近的物料发红等缺陷。但在生产薄壁制品或复杂制品时, 还是要保证有足够高的注射速度, 否则难以充满。

④模塑周期。总模塑周期通常在 80s 以下, 较其他塑料周期短 $10\% \sim 20\%$ 。

⑤制品的热处理。ABS 的成型收缩率较小, 一般为 $0.4\% \sim 0.7\%$, 但内应力较高, 所以制品应进行热处理, 在 70°C 左右的热风循环中处理 $2 \sim 4\text{h}$, 缓慢冷却到室温。

3) 注意事项

①与有机玻璃的熔接性良好, 可制成双色塑件, 且可表面镀铬, 喷漆处理。

②流动性比 HIPS 差一点, 比 PMMA、PC 等好, 柔韧性好。

③如需解决夹水纹, 需提高材料的流动性, 采取高料温、高模温, 或者改变入水位等方法。

④如成型耐热级或阻燃级材料, 生产 $3 \sim 7\text{d}$ 后模具表面会残存塑料分解物, 导致模具表面发亮, 需对模具及时进行清理, 同时模具表面需增加排气位置。

⑤由于 ABS 的加工温度较高, 对各种工艺因素的变化比较敏感, 所以料筒前端和喷嘴部分的温度控制十分重要。试验证明, 这两部分的微小变化都将在制品上反映出来。温度变动过大, 将会带来熔接痕、光泽不佳、飞边、粘模、变色等缺陷。

⑥阻燃级 ABS 在开机或停机过程中, 为了防止阻燃剂分解, 要求开机时, 应先对料筒用通用级 ABS 清洗, 然后再进行加工。对于需作 20min 以上的停机时, 在停机前需一方面将料筒温度降低至 100°C 以下, 另一方面排空料筒中的物料, 并用通用级 ABS

清洗料筒后方可停机。

⑦在 265℃ 温度下, 物料在机筒内停留时间最多不能超过 5 ~ 6min; 若温度为 280℃, 则物料在机筒内停留时间就不能超过 2 ~ 3min。若生产过程中出现意外, 应先把机筒温度调低至 120℃, 才可用一般 ABS 级来清理机筒, 有些 ABS 制品在顶出时并无问题, 但却可能会在储存期内产生褐色或黄色条纹, 可能是由于机筒过热或滞留时间过长而引起。

(5) 常见的问题及产生的原因和解决方法

1) 制品在注射成型中质量不稳定。ABS 制品成型过程中造成质量不稳定的原因众多, 影响因素也是多方面的, 但只要正确掌握好相关因素, 就会使质量不稳定现象得到明显改善, 从而制备出合格的产品。

2) 制品缺料、外观残缺不全、质量不足

①进料系统如料斗、螺杆及浇口无料或被堵塞。应依次清理料斗、螺杆与浇口, 除去堵塞物, 使进料畅通。

②进料量不足或各浇口进料量不平衡。应增加进料量, 调整各浇口温度使之平衡。

③料温或模具温度偏低。应提高其温度, 料温应在 160 ~ 230℃ 加以调整, 模具温度应在 50 ~ 80℃ 之间加以调整。

④注射速度偏低。应提高注射速度, 调定范围为 3 ~ 5s/次。

⑤保压时间偏短。应延长保压时间, 调定范围为 15 ~ 30s。

3) 制品出现飞边, 分型面及顶出孔处有溢料

①模具锁模力不足或模具分型面不佳。应检查调整模具, 提高锁模力, 改进分型面配合程度, 直到合适为止。

②进料量不足。应根据制品质量, 提高并重新设定进料量。

③料筒温度偏高。应适当降低料筒温度, 调定范围为 150 ~ 200℃。

④保压时间偏大。应适当降低保压时间, 调定范围为 50 ~ 70MPa。

⑤保压时间过长。应相应缩短保压时间, 调定范围为 15 ~ 30s。

4) 制品出现缩水痕, 厚壁及筋处出现凹痕

①进料量不足或各浇口进料量不均衡。应根据制品质量重新设定进料量, 增加进料量, 调整各浇口温度使之平衡, 应避免料温过低引起进料不足或料温过高引起过度收缩, 主要是调整料筒温度, 调整范围为: 柱塞式料筒温度为 180 ~ 230℃, 螺杆式料筒温度为 160 ~ 220℃。

②冷却时间偏长。应缩短冷却时间, 调定范围为 15 ~ 30s。

③保压时间偏短。应相应延长保压时间, 调定范围为 15 ~ 30s。

④成型周期偏短。应适当延长成型周期, 调定范围为 40 ~ 70s。

5) 制品出现熔接痕, 在料的合流处出现细纹

①料筒温度太低。应适当提高其料筒温度, 调定范围为: 柱塞式料筒温度为 180 ~ 230℃, 螺杆式料筒温度为 160 ~ 220℃。

②物料干燥程度不够。应重新干燥物料, 干燥温度为 80 ~ 85℃, 干燥时间为 2 ~ 4h, 物料层厚为 30 ~ 40mm, 水分含量要求低于 0.1%。

③物料不清洁。应净化物料，清除所含杂质。

④模具温度偏低。应适当提高模温，调定范围为：高精度制品模温为 50 ~ 60℃，高光泽、耐热制品模温为 60 ~ 80℃。

⑤模具排气系统工作不良。应清洗模具，使排气系统通畅，如若不行，应加以改进或修改直到工作良好为止。

⑥注射速度过慢。应适当提高注射速度，调定范围为 3 ~ 5s/次。

⑦成型周期偏短。应适当延长成型周期，调定范围为 40 ~ 70s。

6) 制品表面出现点、片、条状等混色

①物料或色母料被污染，机器清洗不干净，混有其他残余料。应使用清洁的物料和色母料，还应应对机器进料系统，如料斗、供料器、螺杆等进行清洗，然后进行注射操作。

②物料在螺杆中停留时间过长，再加上反复加热致使物料被烧焦炭化也会造成混色出现。应适当降低塑化背压和料温，最好的办法是每天工作前，先清洗螺杆，再进行注射成型操作。

③料筒温度过高，致使部分物料被烧焦、分解炭化。应降低料筒温度，料筒温度应严格控制在柱塞式注射机为 180 ~ 230℃，螺杆式注射机为 160 ~ 220℃。

7) 制品出现翘曲

①料筒温度过高。应适当降低料筒温度，柱塞式注射机应控制在 180 ~ 230℃，而螺杆式注射机应控制在 160 ~ 220℃。

②进料量太多。应根据制件质量设计进料量，减少进料量，即可避免此类现象发生。

③模具各浇口温度不均衡。应调整各浇口温度均衡。

④注射速度不合适，注射速度分布不合理。应调整注射速度，将速度控制在 3 ~ 5s，并采取“慢—快—慢”阶梯式分布进行注射。

⑤模具温度过高且分布不均，使冷却不均衡而产生内应力。应降低模具温度，高精度制品应控制在 50 ~ 60℃，而高光泽耐热制品应控制在 60 ~ 80℃。另外，还要加强对模温分布的严格控制，待温度分布均匀后方可注射操作。

8) 制品质脆，易开裂或折断

①物料干燥程度不够。应重新干燥物料，干燥温度为 80 ~ 85℃，干燥时间为 2 ~ 4h，物料层厚为 30 ~ 40mm，水分含量要求低于 0.1%。

②物料被污染。应清洗物料，除去其中的杂质或污物。

③物料中掺入回收料数量太多。应降低回收料用量，最好控制在 30% 以下。

④料筒温度高而模具温度偏低。应降低料筒温度，调定范围为：柱塞式注射机为 180 ~ 230℃，螺杆式注射机在 160 ~ 220℃；模具温度调定范围为：高精度制品为 50 ~ 60℃，高光泽、耐热制品为 60 ~ 80℃，这样就可防止物料在螺杆中停留时间过长而引起分解。

9) 制品产出脱模不良

①制品成型时间不够，尚未定型便出模。应延长保压和冷却时间，待定型完好方可

出模,保压和冷却时间应控制在15~30s。

②模具定模侧壁表面粗糙度太大,造成出模不畅。应对模具进行清洗、研磨、抛光,使模具表面粗糙度合格。

③模具动模部分的粘附力不够。应对定模进行检查修整。

④脱模斜度不够。应改进脱模斜度,检查修改,使其满足脱模需要。

⑤制品形状设计不合理。应加以修改或改进,以满足工艺要求。

⑥顶出机构不合适。应修改顶出机构,以满足工艺要求。

10) ABS 注射磁盘缺料、外壳外观残缺不全

①进料系统如料斗、螺杆及浇口无料或被料堵塞。应检查并清洗进料系统部位,使其正常运行。

②进料不足或各浇口进料量不均衡。应增加进料量,调整浇口温度使之均衡。

③料温偏低。应适当提高料筒温度,将料筒温度控制在150~200℃。

④模具温度偏低。应适当提高模温,模温控制范围为60~80℃。

⑤注射速度偏低。应提高注射速度,控制范围为3~5s/次。

⑥保压时间偏短。应延长保压时间,保压时间最好控制在15~30s。

11) ABS 注射磁盘出现飞边,磁针盘的分型面及顶出孔处有溢料

①模具锁模力不足。应加以检查,增加锁模力,使之满足工艺要求。

②模具分型面状态不佳。应清理和检修分型面使之处于良好的状态。

③进料量过多。应适当减少料量,根据制品质量进行设定,以满足工艺条件为宜。

④料温过高。应适当降低料筒温度,控制范围为150~200℃。

⑤保压压力过大。应适当降低保压压力,控制范围为50~70MPa。

⑥保压时间过长。应缩短保压时间,其控制范围为15~30s。

12) ABS 注射磁盘出现缩水痕,其表面某处或厚壁处出现凹陷

①进料量不足,各浇口进料量不均衡。应增大进料量,根据制品质量重新设定。另外,调整各浇口温度使之平衡,避免料温低引起进料不足,料温过高引起过度收缩。

②冷却时间偏长。应适当缩短冷却时间,控制范围为15~30s。

③保压时间偏短。应适当延长保压时间,控制范围为15~30s。

④成型周期偏短。应适当延长成型周期,控制时间范围为40~70s。

13) ABS 注射磁盘出现熔接痕,在料的合流处出现细致

①原料干燥不够。应重新干燥原材料,干燥条件为:干燥温度为80~85℃,干燥时间为2~4h,物料层厚为30~40mm,要求水分含量低于0.1%。

②原料中混入杂质。应彻底清洗原材料,除去所有杂质,或更换原材料,使之满足工艺要求。

③料温偏低。应适当提高料筒温度,其控制范围为150~200℃。

④模具温度偏低。应适当提高模温,模温控制范围为60~80℃。

⑤模具排气不良。应检修排气系统,清理干净后还达不到要求,应考虑增设排气孔。

⑥注射速度偏低。应适当提高,其控制范围为3~5s/次。

⑦成型周期偏短。应适当延长,成型周期时间应控制在40~70s。

14) ABS注射磁盘表面出现点、片、条状混色

①原料与色母料被污染。应更换新鲜的原材料与色母料。

②注射机不干净,内残存其他余料。应彻底清理净化机器,使之能满足工艺要求。

③物料在螺杆中停留时间过长,再加上反复加热致使物料被烧焦炭化也会造成混色出现。应适当降低塑化背压和料温,最好的办法是每天工作前,先清洗螺杆,再进行注射成型操作。

④料温过高,使物料被烧焦炭化。应降低塑化背压,降低料筒温度,将温度控制在150~200℃。

15) ABS注射磁盘产生变形,磁盘外壳出现翘曲

①料温过高。应适当降低料筒温度,其控制范围为150~200℃。

②进料量偏大。应根据制品质量,重新设定进料量,将进料量减到合适程度。

③各浇口进料量不均衡。应调整各浇口温度,使之平衡,满足工艺要求。

④注射速度不合理,ABS注射速度为3~5s/次。应按照“慢—快—慢”阶梯式分布进行注射操作。

⑤模具温度过高或分布不均,使冷却不平衡而产生内应力,故引起变形。应适当降低模温,其控制范围为60~80℃。注意模温分布要均衡,避免过热过冷现象,满足工艺要求。

16) ABS注射磁盘质脆,磁盘外壳易折断或开裂

①物料被污染且水分含量过高。应彻底清洗物料,确保物料清洗干净,重新干燥原材料。干燥条件:温度为80~85℃,时间为2~4h,料层厚度为30~40mm,要求原材料水分含量低于0.1%。

②回收料掺入量过大。应降低回收料用量,最大用量应低于30%。

③料温过高。应适当降低料筒温度,料筒温度控制在150~200℃。

④模温太低。应提高模温,其控制范围为60~80℃。

17) 制品脱模困难

①成型周期短,磁盘尚未定型就出模。应延长成型周期,时间控制在40~70s。

②模具定模侧壁表面粗糙度大,造成脱模不畅。应检修模具,清洗、研磨、抛光,使模具表面达到顺畅脱模的目的。

③模具动模部分粘附力不够。应检修定模,使之满足工艺要求。

④脱模斜度不够。应进行检修,加大脱模斜度,使制品能顺利脱模。

2. ABS轴流风扇的注射成型

(1) 选材与配方设计

1) 材料品种。就加工塑料轴流风扇而言,采用GFR(玻璃纤维增强)ABS或GFRAS作为原料,其强度、耐热性、硬度及尺寸稳定性都比未增强的同类塑料好,能够满足产品的使用要求。在玻璃纤维含量相同的情况下,GFRAS的拉伸强度和热变形温度两项指标比GFRABS略高,所以选用GFRAS材料。

2) 玻璃纤维含量。根据质量的稳定性和产品性能指标的对比,则选用玻璃纤维含量为 20% 的 GFRAS 比 15% 的好。一般来说,随着玻璃纤维含量的增加,成型收缩率减小。试验表明,当玻璃纤维含量达到 20% 后,再增加其含量时,产品收缩率改变很小。而且玻璃纤维含量不能太高,否则材料加工性能变差,产品也容易脆裂。

3) 原材料的批量。考虑到材料供应商加工 GFRAS 时其加工工艺的一致性,要求订货时批量尽可能大,以减少批次之间所引起的不稳定因素。

4) 铜芯。要求铜芯的同心度、高度、内孔孔径符合图样设计要求,产品进货检验合格才能投入使用。

5) 回收破碎料。为利于产品质量的稳定控制,要求使用相同品种及含量的回收破碎料。要求破碎料粒度基本相同,不存在长条和大片状料。另外回收破碎料的添加量不宜太大,应控制在 10%。

(2) 成型设备 一般性的注射成型机可用来制造 ABS 制品,为了获得较均匀的熔体温度,螺杆的长径之比为 16~20,压缩比为 1/3~1/5。

(3) 成型工艺 ABS 的成型工艺条件见表 6-27,玻璃纤维增强 ABS 的成型加工条件见表 6-28,用上述工艺制备的制品各种性能良好。

表 6-27 ABS 的成型工艺条件

项 目		高抗冲击性	耐热性	高抗热性	电镀性
预干燥	温度/℃	80~85	85~90	90~95	80~85
	时间/h	2~4	2~4	2~3	2~4
料筒温度/℃		190~250	200~250	200~250	200~250
注射压力/MPa		70~110	70~110	70~110	70~110
模具温度/℃		40~80	40~80	40~80	40~80

表 6-28 玻璃纤维增强 ABS 的成型加工条件

注射机类型	预 干 燥		料筒温度 /℃	模具温度 /℃	注射压力 /MPa	注射速度	模具周期 /s
	温度/℃	时间/h					
柱塞式	80	3	180~230	70~80	100~140	中等	<80
螺杆式	80	3	160~220	70~80	70~100	中等	<80

二、ABS 挤出成型

1. ABS 管材的挤出成型

ABS 树脂因含有氰基而易于吸湿,吸水率为 0.3% (质量分数) 左右,因而在成型前需进行干燥处理,可采用鼓风干燥方式,在 70℃ 以上温度条件下干燥。ABS 熔体粘度较高,熔体具有较好的热稳定性,挤出成型管材相对比较容易操作。

(1) 原材料与配方 (质量份)

ABS (挤出级)	100	光稳定剂	0.5~1.0
抗氧剂	0.5~1.0	其他加工助剂	适量

(2) 主要设备与参数 成型管材的挤出机可选用 L/D 为 20 ~ 25 的通用型挤出机, 螺杆压缩比为 3.0 ~ 4.0。

(3) 成型工艺与工艺条件

1) 工艺流程。ABS 及其助剂→配混→造粒→挤出→管材机头→定径套定径→冷却→牵引→定长切割→检验→包装。

2) 工艺条件。ABS 管材成型过程的温度控制为: 挤出机料筒的加料段为 160 ~ 170℃, 压缩段为 170 ~ 180℃, 计量段为 170 ~ 175℃; 机头的分流器部分为 175 ~ 180℃, 模口为 180 ~ 185℃。虽然 ABS 热稳定性较好, 但加热温度过高或停留时间过长也会发生降解。正常情况下, 挤出物料为牙白色, 温度过高发生降解时呈青灰色, 若出现此现象, 应适当降低加热温度。

若挤出成型公称外径为 32mm 的 ABS 管材, 螺杆转速为 10.5r/min。拉伸比为 1.0 ~ 1.1, 定径套长度为 250mm, 定径方式可采用内压定径或真空定径, 定径套与口模距离为 25mm。其他工艺参数如下:

①料筒温度。首先要保证料筒中塑料处于良好的加热状态, 保证从喷嘴出来的塑料塑化均匀, 能顺利注射充模又不引起分解。尽量不采用低温高压的方法, 以减少产品的内应力。由于 GFRAS 的加工流动性比 AS 差, 所以在同等条件下, GFRAS 材料的加工温度应比 AS 材料高约 10℃, 确保注射加工时材料的流动性。

②模温控制。在其他条件相同情况下, 用较高的模温, 熔料较容易充模, 从而可适当减小注射压力, 产品表面也平滑、均匀, 有利于减少熔接痕。但太高的模温不但使产品容易产生收缩和变形, 而且使冷却时间延长。相反太低的模温会使熔料充模困难, 造成质量不稳定, 同时必须增加注射压力以确保产品不缺料, 缺料会带来内应力, 不利于产品质量的控制。当模温控制在 65 ~ 75℃时, 对产品质量和工艺控制都比较好。

③注射速度与螺杆转速。由于 GFRAS 材料的加工流动性较 AS 差, 并且当把熔料注射进模腔时熔料很快就冷却。所以, 在料温一定的情况下, 应尽量减少注射压力, 以减小产品的内应力, 采用中速偏高的工艺。实践证明, 如果注射速度太慢, 则生产工艺不稳定, 不但产品容易出现缺料现象, 而且产品的动平衡和轴向圆跳动性能也不稳定。但太高的注射速度容易把气体带进模腔, 使产品内部产生大小不一的气孔及表面烧焦现象。因此, 注射速度一般采用 70% ~ 80% (数控, 速度为百分比, 下同) 效果比较好。螺杆转速应采用中等速度 (40% ~ 60%)。太慢影响生产效率, 太快则剪切厉害, 剪断玻璃纤维, 使材料的机械强度降低。

④注射压力、保压压力和背压。塑料制品的变形, 除了与其结构有关外, 还与加工温度太高、注射压力太大有关。特别是当注射压力及保压压力太大时, 产品脱模后, 其内部产生大的残余应力。结果, 当产品冷却后, 材料的大分子长链产生松弛现象, 重新卷曲, 产品容易产生翘曲变形, 导致产品的动平衡和轴向圆跳动性能都达不到要求。由于工艺上采用中等的螺杆转速, 所以材料在塑化时要配合一定的背压, 才能保证塑化均匀。但背压不能太大, 否则, 熔料会在开模时产生“流涎”现象, 影响正常的生产, 而且, 背压太大时材料对机械的磨损也大。

⑤注射时间、保压时间和冷却时间。一般来说, 注塑制品的密度和收缩率, 除了与

注射压力大小有关外,还与注射时间、保压时间有很大关系。在其他条件不变的情况下,注射时间、保压时间相对较长时,产品的密度比较大,收缩率比较低。但是,对于加工而言,在满足产品收缩率的情况下,应尽量减少注射时间和保压时间,以减小材料大分子的取向和内应力。冷却时间的设定,应保证制品充分冷却定型,否则制品脱模后容易受到各种因素的影响而产生变形。

3) 应注意的问题

①制品的质量控制。由经验可知,在制品结构完整的情况下,其质量越小,则动平衡数字越小,也即产品平衡性越好,这可能是制品质量较小时,其密度较小,大分子链之间距离较大,处于松弛状态,因而制品中残留的内应力小,引起应力变形程度小。所以在保证产品收缩满足要求的情况下,应尽量减少熔料背压、注射压力、保压压力和保压时间。

②生产操作及制品的包装方法。开模取制品时,由于制品温度仍较高,所以不得用手抓风扇的单个叶片,以防止变形。另外,产品摆放于工作台或装箱,风扇的中心部位应使用垫圈垫高,防止叶片接触到不平整的台面或箱底而产生变形。

③调整工艺参数的原则。注射加工,关键是准确地重复生产过程的各个工艺条件,如果工艺条件不断变化,那么会引起产品质量的波动。一般来说,调整已设定好的工艺条件时,正常调整的方法应是:压力→时间→温度。最好不要同时变更两个以上的条件,才能排除干扰。如需改变温度,必须等温度稳定后才能进行观察和性能检测。

④检测要求。现场产品的检测,往往是在工艺员调整工艺参数后而进行或者是质检员的例行抽检。在这种情况下所得到的检测数字,与产品完全冷却(稳定)后所得到的检测结果有一定的误差。因为材料内部的分子状态还没有稳定,内应力还没有完全消除,所以检测结果只能做参考。现场的这种检测方法,虽然存在一定的误差,但在批量生产中却可以反映产品质量水平和稳定情况。正常产品检测时首先检测仪器的状态应确保正常,否则其检测结果会误导工艺员的调试,其次产品应完全冷却或放置24h后再进行检测。对于检测风扇的轴向圆跳动所使用的百分表、水平台及其垂直轴芯,应经常加润滑油,水平台上的轴芯要确保垂直,其直径要符合公差配合要求。

⑤均衡生产的要求。在工艺条件已稳定、产品质量也满足要求的情况下,如果出现停机,那么模具温度、材料温度都发生变化,从而造成工艺不稳定、产品质量波动、材料浪费、生产效率降低。所以,应杜绝无故停机现象,保持连续、均衡的生产状态,以稳定产品质量。

2. ABS 制品在桑塔纳轿车上的应用

ABS树脂具有良好的综合性能,是坚韧、质硬、刚性好的材料。丙烯腈赋予ABS树脂耐化学腐蚀性、耐油性和一定的硬度及刚性;丁二烯提高了ABS树脂的冲击强度、耐寒性;苯乙烯使ABS具有良好的介电性能和光泽及良好的加工流动性。此外,ABS易成型加工,其制品具有模塑收缩率小、尺寸稳定性好的特点,同时ABS还可以进行涂装、染色、电镀等表面装饰。所以ABS树脂在汽车工业上得到了广泛地应用。ABS

可以制作散热器罩、排水挡板、外观镜内饰板、仪表板左右饰条、搁手等。可电镀 ABS 是制作各种标牌的理想材料。ABS/PC 合金可制作仪表板、车门把手和扶手架等，同时还可以制作天窗。ABS 树脂在桑塔纳轿车上的应用见表 6-29。

表 6-29 ABS 树脂在桑塔纳轿车上的应用

材 料	应用 范围
高抗冲击 ABS	出风窗外壳、导向杆、导向叶片、散热器罩、行李箱衬里、牌照灯灯座、进风罩阀板等
耐热 ABS	左右车门头道压板、左右后门栏饰板、转向柱开关上盖等
高耐抗热 ABS	出风窗旋转芯子、散热器罩、左右仪表板饰板、开关盖等
可电镀 ABS	字牌、标牌等
PC/ABS	仪表板左右侧除霜器、前后烟灰缸总成等

(1) 技术要求 桑塔纳对 ABS 的要求很多，表 6-30 ~ 表 6-33 列出了上海大众汽车有限公司对 ABS 主要性能指标的不同技术要求。

表 6-30 桑塔纳轿车对深拉 ABS 饰件的技术要求

名 称	引用标准 (DIN)	指标 ^①		名 称	引用标准 (DIN)	指标 ^①	
		1	2			1	2
密度/g·cm ⁻³	53479	1.06±0.02	1.06±0.02	光照 ^② /级	54001	5	4.5
肖氏硬度 HD	53505	72±3	75~80	耐寒性 ^③	-20℃/24h	不断裂	—
耐温性	90℃/24h	表面完好	表面完好	光照加低温冲击	54004	—	不断裂

① 指标中 1 为用于汽车内饰零件，2 为用于汽车外饰零件。

② 光照时间指标 1 为 500h，指标 2 为 1000h。

③ 试样在 -20℃/24h 存放后，进行落球冲击试验。

表 6-31 桑塔纳轿车对 ABS 成品件技术要求

名 称	引用标准 (DIN)	指标 ^①			名 称	引用标准 (DIN)	指标 ^①		
		S	A	B			S	A	B
密度/g·cm ⁻³	53479	1.04~1.08	1.04~1.08	1.04~1.08	+90℃/24h		完好	完好	—
					-100℃/24h		—	—	完好
球压硬度/N·mm ⁻²	53456	≥80	≥90	≥110	耐寒性	-40℃/24h	完好	完好	完好
肖氏硬度 HD	53505	77±3	78±3	79±3	光照 ^② /级	54001	5	5	5
冲击强度/kJ·m ⁻²	53453	不断	≥30	≥18	气候稳定性/级	54001	4	4	4
缺口冲击强度/kJ·m ⁻²	53453	≥9	≥7	≥5	光照加冲击 ^③ /kJ·m ⁻²	54001	≥25	≥15	≥5
维卡温度/℃	53460/B	≥95	≥7	≥5		53453			
耐热性	53497								

① S 为高抗冲 ABS，A 为耐热 ABS，B 为高抗热 ABS。

② 室内零部件为 1000h，室外零部件为喷水光照 1000h。

③ 光照 500h 后（喷水光照）进行冲击强度测定。

表 6-32 桑塔纳轿车对 ABS 薄膜的技术要求

名 称	引用标准 (DIN)	指 标	名 称	引用标准 (DIN)	指 标
厚度/mm	53370	0.3 ± 0.05	密度/g · cm ⁻³	52479	1.24 ± 0.04
表面质量/g · cm ⁻²	—	450 ± 50	肖氏硬度 HD	53505	70 ± 3
断裂强度/N · cm ⁻²	53455		纵向		> 0.6
纵向		> 2500	破坏应力/10 ⁵ Pa	53115	2 ± 0.2
横向		> 2000	拱顶高度/mm	—	> 20
伸长率(%)	53455		耐光性/级	54001	5
纵向		> 30	耐热性	95℃/24h	完好
横向		> 10	耐寒性	-40℃/24h	完好
纵向抗弯刚度/N · cm		> 0.7	收缩率(%)	—	1
			耐洗涤剂	—	无变化

表 6-33 桑塔纳轿车对 20%玻璃纤维增强 ABS 的技术要求

名 称	引用标准 (DIN)	指 标	名 称	引用标准 (DIN)	指 标
密度/g · cm ⁻³	53479	1.18 ± 0.02	弯曲强度/N · mm ⁻²	53452	≥ 65
玻璃纤维含量(%)	53395	20 ± 3	耐热性	53497	完好
球压硬度/N · mm ⁻²	53456	110 ± 10	耐寒性	-40℃/24h	完好
肖氏硬度 HD	53505	76 ± 3	光照 ^① /级	54001	5
冲击强度/kJ · m ⁻²	53453	≥ 16	耐气候性 ^②	54001	5
缺口冲击强度/kJ · m ⁻²	53453	≥ 6	表面性能/级		5
维卡温度/℃	53460/B	≥ 95	冲击强度/kJ · m ⁻²	53453	≥ 10

① 车内部件，在氙光照射 500h 后。
② 车外部件，在喷水光照条件下光老化 1000h 后，进行冲击强度测定。

(2) 牌号选择 桑塔纳轿车用 ABS 树脂的要求比较高，但经过国内塑料和汽车行业的共同努力，目前已经有为数不少厂家的产品通过了上海大众汽车有限公司的认可，但其中有不少 ABS 材料的依赖进口。鉴于这一现状，为了加速桑塔纳轿车的国产化进程，同时为了促进我国 ABS 塑料工业的发展，根据大众公司的技术标准，结合世界各国化学公司的 ABS 树脂技术指标以及实际测验的经验，推荐使用下列公司的 ABS 材料：BAYER、BASF、Monsanto、DSM、Borg Warner、GEP、上海高桥石化公司、钟渊化学公司、东丽化学公司、三菱人造丝公司、住友化学公司、日本合成橡胶公司。

(3) 成型加工工艺 桑塔纳轿车用 ABS 制品均采用注射成型的加工方式。

1) 原料准备。一般来说，包装完好的粒料可以直接使用，包装已破损的粒料必须进行干燥，其干燥条件见表 6-34、表 6-35。

表 6-34 ABS 成型加工条件

项 目		高冲击性	耐热性	高抗热性	电镀性
预干燥	温度/℃	80 ~ 85	85 ~ 90	90 ~ 95	80 ~ 85
	时间/h	2 ~ 4	2 ~ 4	2 ~ 3	2 ~ 4
料筒温度/℃		190 ~ 250	200 ~ 250	200 ~ 250	200 ~ 250
注射压力/MPa		70 ~ 110	70 ~ 110	70 ~ 110	70 ~ 110
模具温度/℃		40 ~ 80	40 ~ 80	40 ~ 80	40 ~ 80

表 6-35 20%玻璃纤维增强 ABS 成型加工条件

注射机类型	预 干 燥		料筒温度 /℃	模具温度 /℃	注射压力 /MPa	注射速度	模具周期 /s
	温度/℃	时间/h					
柱塞式	80	3	180 ~ 230	70 ~ 80	100 ~ 140	中等	< 80
螺杆式	80	3	160 ~ 220	70 ~ 80	70 ~ 100	中等	< 80

2) 成型设备。一般性的注射成型机构可用来制造 ABS 制品，为了获得较均匀的熔体温度，螺杆的长径之比为 16 ~ 20，压缩比为 1/3 ~ 1/5。

3. ABS 板材挤出成型

(1) 简介

ABS 挤出板是以 ABS 树脂为主要原料，经混合干燥、挤出成型的塑料板材。ABS 板材具有冲击强度高、耐热性能好、韧性好、表面光洁、易二次加工等特点，是性能优良的塑料板材。其广泛应用于家电、电子、包装等领域，可制作冰箱、洗衣机内衬、电视机、收录机外壳及仪表盘等。

1) ABS 塑料成型工艺特性

①ABS 在熔融状态下的流变性呈现假塑性流体，对剪切速率较敏感。改善加工流动性，通过提高压力（剪切速率）比提高温度更有效。

②ABS 是无定形聚合物，熔融温度较低，熔程较宽，易于加工，且在成型温度有较小波动时，影响也不大。成型后无结晶，收缩率不大。

③ABS 树脂在成型前常需进行干燥处理，使吸水率降低到 0.1% 以下，防止因含水量较大造成制品中出现银纹、气泡等缺陷。

2) 主要设备

①挤出机为普通单螺杆挤出机，螺杆长径比 $L/D = 20 \sim 25$ 。

②机头一般采用衣架式机头，物料在机头内停留时间短，分配均匀。可成型 0.2 ~ 6mm 厚的 ABS 板材。

③由直径 200 ~ 450mm 的三辊压光机进行压光和冷却。若将中辊换为花辊时，还可生产带花纹的 ABS 板材。

④高速混合干燥机用于成型的物料混合、干燥。

3) 成型工艺

①ABS 板材挤出工艺流程。挤出 ABS 板材的工艺流程见图 6-5。

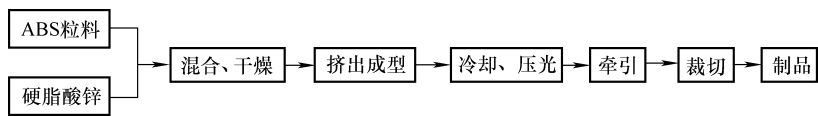


图 6-5 挤出 ABS 板材的工艺流程

②ABS 板材的成型工艺要求

a. 混合干燥。生产 ABS 板材的物料在生产前要进行干燥处理。工艺条件为在温度 80 ~ 90℃ 下干燥 1 ~ 2h。干燥后的料应在短期内使用，防止物料重新吸收空气中的水分。

b. ABS 板（片）材的挤出成型温度。下列 ABS 板（片）材的挤出加工温度供参考：

机身温度：一区为 40 ~ 60℃；二区为 100 ~ 120℃；三区为 130 ~ 140℃；四区为 140 ~ 150℃；连接器温度：140 ~ 150℃；机头温度：一区为 160 ~ 170℃；二区为 150 ~ 160℃；三区为 150 ~ 155℃；四区为 150 ~ 160℃；五区为 160 ~ 170℃。因衣架式机头为中间进料，由中间自两边有一定的挤出扩张角，为了保证宽度方向上出料均匀，机头温度一般为中间低、两边高，配合模唇调节阻力块来调节出料。

4) ABS 板材质量问题的处理。ABS 板材出现质量问题时，首先应分析质量缺陷可能产生的原因，并逐一查找，针对起作用的因素采取相应的解决措施。表 6-36 列出 ABS 板材常见质量缺陷及其产生的原因和对策措施。

表 6-36 ABS 板材常见质量缺陷及其产生的原因和对策措施

质量缺陷	产生原因	对策措施
牛眼	①原料没烘干(设备故障、原料本身太湿、烘干时间太短) ②真空系统故障(真空口堵塞、真空度不足) ③模唇分解气体太多,未及时排走,卷入板底 ④缺料(堆积料不够)	①减速运行;停机烘料;维修烘箱故障 ②清理真空口;排除真空泵故障,保证真空度 ③适当降低加工温度;抽取板底废气 ④调整节流螺栓,使堆积料足够
针孔	①原料没烘干 ②真空系统故障 ③上辊未压紧 ④上辊温度低	①解决烘干机故障;停机烘料;减速运行 ②排除真空系统故障,清理真空口 ③压紧上辊 ④提高上辊温度
划线	①边太厚 ②中辊温度不够,离辊 ③上辊压得太紧	①收边(调整节流螺栓或模头温度) ②升高中辊温度 ③适当调大上辊间隙

(续)

质量缺陷	产生原因	对策措施
皱纹	①冷却太慢,且左、右不一致 ②左、右切刀阻力不一致	①降低辊速;减速挤出,加快三辊区空气流动速度 ②换刀,注意下刀深浅
波纹、缺料	①三辊线速度与挤出线速不匹配(大面积波纹、缺料) ②堆积料不均匀(局部波纹、缺料) ③挤出不稳定 ④螺杆转速不稳定 ⑤熔体压力不稳定 ⑥物料不均匀 ⑦送料效果不均匀	①调整三辊线速度 ②调整节流螺栓 ③检修电动机 ④增加滤网层数和网眼数;保证下料及送料均匀 ⑤排除下料故障;减小回收料粒径 ⑥降低送料段温度,减小回收料粒径 ⑦尽量使粒料均匀
厚度超差	①三辊线速度波动 ②三辊间距不正确 ③辊间堆积料太多或太少	①检修三辊电动机及控制系统 ②重新调整三辊间距 ③调整三辊线速度或节流螺栓
宽度超差	①切刀位置未调整好 ②走板(牵引力不平衡)	①重新调整切刀位置(预留板材收缩) ②调整牵引气压;在牵引力小的一边加布条;调整气缸伸长轴长度;调整切刀(纵向)吃刀深度;换刀;调整刀架位置;使切刀与板材挤出方向平衡;使板材左右冷却一致
长度超差	①剪板机离合器制动片磨损,使前后板材长短不一致 ②牵引辊气压不平衡或走板,使左、右两块板长度不一致 ③尺寸设定不正确,使全部板材长度偏长或偏短	①换制动片或调整制动间隙 ②调整牵引辊气压(左、右一致);走板的解决措施与宽度超差时相同 ③重新设定尺寸
对角线超差	①剪床位置不对 ②走板	①调整剪床前后位置 ②走板的解决措施与宽度超差时相同
杂质	①原料热稳定性差 ②原料含杂质 ③混入不同 MFR 的原料 ④回收料含碳化物或回收料脏 ⑤加工温度太高 ⑥存在流道死角,料流不畅	①降低烘干温度;减速挤出;降低加工温度 ②该问题由厂家解决;换料 ③更换用错的原料,适当提高加工温度 ④更换成不含杂质的回收料,不能用含杂质较多的废板;边角料要注意清洁,防止带入异物 ⑤降低加工温度 ⑥清拆流道

(续)

质量缺陷	产生原因	对策措施
离辊	①辊温太低或太高 ②牵引太松	①调节辊温至适当值 ②调节牵引速度
翘曲	①板材上、下面冷却速率不一致 ②板太软、下刀太深	①调节辊温,使上、下面冷却速率一致 ②调节下刀深度

(2) 加入废旧料的 ABS 板材挤出成型

1) 原材料与配方 (质量份)

ABS 新料	100	其他助剂	适量
废旧 ABS 回收料	20 ~ 30		

2) 设备

①干燥机。挤出板材用 ABS 的干燥最好使用逆流脱湿渐干燥机。一般干燥料斗容量应达 2t。

②挤出机。ABS 板材所用设备一般为单螺杆挤出机, 螺杆形式为单导程、全螺线、等螺距的两段式进料, 其长径比为 (25 ~ 35): 1。螺杆第一进料段压缩比多为 2.5: 1, 第二进料段压缩比为 2: 1, 螺纹升角为 17.7°。

两段式螺杆的主要优点是, 可以利用排气设备帮助干燥系统, 排出复配材料放出的挥发性成分, 在相同条件下显示出比单段挤出机明显的优势, 排气措施对生产优质板材非常重要。

螺杆应采用无级调速电动机驱动, 料筒必须有较灵敏的冷却装置, 便于控制温度, 单区温度的误差范围应在 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 之间。

挤出机中滤网是保证物料在前进时能过滤其中的杂质, 增进物料均匀熔融并减少速度波动的装置。ABS 挤出板材应采用液压快速换网, 以保证不停机换网。

板材挤出机模头只有三种: 直料道式、鱼尾式和衣架式。ABS 板材加工宜使用衣架式模头, 衣架式模头的流线能较好地控制热熔料从模唇均匀地流出, 并减少在模头中产生“局部过热”现象。

③抛光 (或修饰) 辊。抛光辊由三个独立驱动的低表面粗糙度辊组成。引入辊是由机头成型的熔融板坯, 通过两个辊之间施加的压力牵引并压成所需的厚度。中辊还起着抛光 (或修饰)、冷却板面的作用。三个辊筒均采用蒸汽加热。另外, 在正常生产时每个辊的速度波动应在 1% 以内。

3) 制备工艺。ABS 板材挤出成型工艺流程见图 6-6。

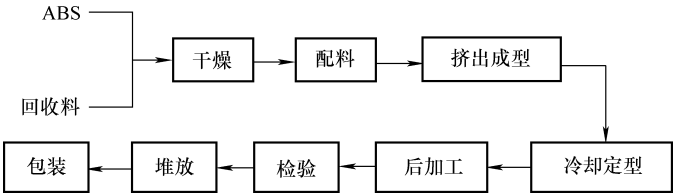


图 6-6 ABS 板材挤出成型工艺流程

①原料干燥。ABS 粒料极易吸湿，使用前要进行干燥。干燥可使用热风循环烘箱或热风料斗式干燥器。干燥过程经历预热、恒温干燥和降温干燥三个阶段。通常采用的干燥工艺参数是：新粒料的烘干温度为 $(85 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，回收料则为 $(90 \pm 5)^\circ\text{C}$ ；烘干时间不少于 3.5h，但不宜过长。影响干燥效果的因素有：①原料性质，包括原料成分及颗粒形状，通常原料吸湿性越强，干燥速度应越慢；加入添加剂则会增加吸湿性；原料颗粒越大，扩散过程越长，干燥速度越慢。②干燥介质（空气）的湿度越低，吸湿能力越高，干燥速度越快，越易干燥。③干燥温度越高，水分子能量越大，其扩散速度上升使干燥速度加快。为此，干燥温度宜高不宜低，以不引起粒料变色、结团、分解为限。④干燥介质的流动速度越快，介质与物料间的传热越强，干燥速度也越快。

②挤出成型。挤出 ABS 板材使用的单螺杆排气式挤出机螺杆结构如图 6-7 所示；ABS 板材挤出成型工艺参数见表 6-37。

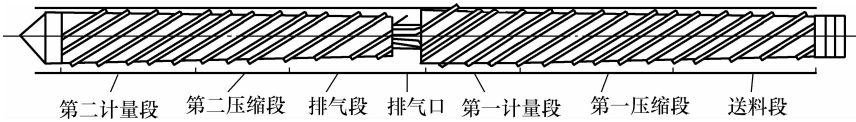


图 6-7 单螺杆排气式挤出机螺杆结构

表 6-37 ABS 板材挤出成型工艺参数

项 目	数 据	项 目	数 据
螺杆转速/ $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$	90 ~ 142	排气段	200 ~ 250
网前熔体压力/MPa	≤ 25.5	第二压缩段	220 ~ 235
真空度/MPa	≤ -0.097	第二计量段	220 ~ 235
料筒区温度/ $^\circ\text{C}$		换网区温度/ $^\circ\text{C}$	200 ~ 245
送料段	175 ~ 220	连接套温度/ $^\circ\text{C}$	200 ~ 245
第一压缩段	190 ~ 225	模头区温度/ $^\circ\text{C}$	200 ~ 268
第一计量段	200 ~ 230		

挤出成型 ABS 板材的关键在于塑化效果，而影响塑化效果的主要因素是设定温度、螺杆转速及螺杆设计参数。另外对供料效果、排气效果的影响因素也不容忽视。

③冷却定型。在冷却定型过程中，采用恒温水来控制三辊的温度，而恒温水的水温可通过冷却水及加热来进行控制。

冷却定型工艺参数为：三辊及牵引线速度为 0.9 ~ 4.1m/min；三辊中的上辊温度为 80 ~ 118 $^\circ\text{C}$ ，中辊温度为 95 ~ 120 $^\circ\text{C}$ ，下辊温度为 75 ~ 90 $^\circ\text{C}$ ；三辊恒温系统的冷却水温度不高于 35 $^\circ\text{C}$ 。

值得注意的是，三辊温度过高会使板料太软而离辊，形成细密的横纹；而温度过低则使板料边离，造成折边或辊痕；若三辊温度配合不当还会造成板材弯曲。辊间距会影响板材厚度，中、上辊间距调节不当，会造成针孔或折边。当三辊线速度不一致时，则

会使板材出现波浪纹；若牵引过紧会使板材收缩率偏高。

4) ABS 板材挤出成型工艺控制要点

①投料。应及时投料，保证料斗不空，以防空气直接进入干燥循环系统，影响干燥回风速度。不同的原料不能混用，注意分清料的牌号及类型。另外，拆包要在料斗外进行，防止线绳、杂物等混入料斗，造成下料口堵塞或卡死配料盘。

②干燥。干燥时，要求温度设定正确，保证料箱温度达到设定值。同时检查发热、风量是否正常，要切实保证有足够的循环风量，即要使循环管道密封、过滤器不堵塞、风机运行正常。并要定时（如每 4h 一次）检查干燥参数。

③配料。要求配料时间设定正确，使配料电动机运行正常，确保顺畅供料。

④挤出成型

a. 加工温度尤其是料筒区和模头区的温度应设定合理。进料段温度不宜太高，以防粒料熔化太早，影响送料；排气段温度宜高一些，有利于排气；而第二计量段温度不宜过高，以减少熔体压力波动。另外由于板材型号不同，口模宽度不一样，应注意调节模头两边温度；模唇温度不宜太高，以防变色。三辊温度应合理设定，若温度过高则整个板离辊，而温度过低则板边离辊。

b. 控制真空度为规定值，使真空口不堵塞，以保证排气效果。

c. 开机前要预热，待各加热温度达到设定值并恒温 0.5h 后方可开机。开机时，根据负载及熔体压力状况，慢慢提高螺杆转速，切忌一步到位；若螺杆已排空，开始时必须控制螺杆转速在 10r/min 以下，待熔体压力迅速升高时方可继续加速，以保护设备。关机之前，要采用保温模式，使料筒温度降到保温温度后方可关机，这样可减少机内物料的炭化分解程度。

d. 模口开度要适宜，一般为板厚的 115% ~ 130%，尤其是挤出薄板时，若开度太大，会使板材厚度横向分布不均匀。

e. 滤网一般采用 3 ~ 5 层（1 层为 180 μ m 铜网，其余为 125 μ m 钢网），要求每 12h 换 1 次，若挤出稳定、无杂质，也可适当延长换网时间。当出现杂质较多或网前熔体压力超过规定值时要随时换网。

f. 板材牵引松紧的控制，原则上应调整三辊线速度与牵引线速度之间的差值为 0.01 ~ 0.06m/min，要求以板材超过上辊之后稍下垂为宜。

g. 冷却小辊要求清洁、转动灵活；剪板机要求平台光滑、刀口平整无生锈，以防板底划花。

h. 每隔 2h 应检查一次工艺参数，发现异常及时调整。

(3) 冰箱用 ABS 板材

1) 原材料与配方

①对 ABS 树脂的性能要求如下：

a. 要适合成型工艺要求，挤出板材就要选用挤出级 ABS。这是因为 A、B、S 三个组分比较均衡，熔体质量流动速率一般不超过 10g/10min，生产中以 0.5 ~ 5.0g/10min 为佳，成型性能优良，易操作，同时在吸塑成型中流动性好（辐射加热板在 400℃ 左右），深度拉伸性好（拉伸最深为 400mm）。

b. 树脂本身性能要满足终端制品的质量和和使用要求。就冰箱（内胆、门胆）板材而言，除了一定的抗冲击性、软化温度以外还要突出考虑其无毒、无味、耐温度高低交变（耐候）性好。

c. 当选用不同牌号 ABS 组合时，要注意其熔体流动速率不能相差太大。

②配方（质量份）

ABS（GSE 或 21040） 70 色母料 5

ABS（PA-747S） 30 功能助剂 3

2) 主要设备

①生产设备，ABS 板材生产设备如图 6-8 所示。

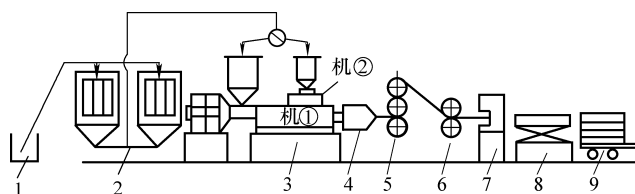


图 6-8 ABS 板材生产设备

1—混合料仓和气动加料装置 2—干燥装置 3—挤出机（机①、机②）

4—模头 5—三辊压机 6—牵引装置 7—切断机

8—堆放台 9—成品小车

②生产线及主要设备与仪器。整条生产线引进意大利 Union 公司 TR120-60 型双机共挤出设备，可生产有效幅宽为 1200mm、厚度为 0.2 ~ 8.0mm 的单层或多层的 PE、PP、PS、HIPS、ABS 板材（片材），年生产能力为 1500t。

3) 制备工艺

①工艺流程：配料→干燥→挤出成型→三辊压光定型→覆膜冷却→牵引→定长切割→检查→包装→成品。

②挤出工艺条件。以生产 1140mm × 690mm × 3.9mm ABS 冰箱内胆板材为例。

a. 温度控制。干燥温度：原料干燥温度为 80 ~ 85℃，时间为 4 ~ 5h（开机前）。在正常生产时，两套分子筛干燥器轮流作业，一台供料，一台干燥。分子筛干燥温度为 200 ~ 250℃。挤出温度：机身 8 段温度分别为：225 ~ 230℃、220 ~ 225℃、185 ~ 187℃、185 ~ 186℃、185 ~ 186℃、225 ~ 230℃、230℃、235℃。法兰（过滤网）、连接器（适配器）处 5 段温度分别为：235℃、235℃、235℃、230℃、230℃。模头 12 段温度为：220 ~ 225℃（侧板）、220 ~ 226℃、235℃、225℃（中心）、235℃、220℃、220 ~ 225℃（侧板）、220℃、230 ~ 235℃、225 ~ 230℃（中心）、235℃、220 ~ 226℃。三辊温度：上辊温度为 102 ~ 105℃，中辊温度为 96 ~ 99℃，下辊温度为 88 ~ 92℃。

b. 转速控制。只开 TR120 挤出机时，螺杆转速为 15 ~ 20r/min；若 TR120 和 TR60 同开共挤时，TR-120 转速为 15r/min，TR60 转速为 8 ~ 10r/min。三辊线速度：上辊为 661mm/min，中辊为 662mm/min，下辊为 666mm/min。牵引线速度为 664mm/min。

c. 间隙控制。模唇间隙为 4.5 ~ 4.8mm, 模唇与三辊间距为 100mm。三辊间隙中, 上、中辊间隙为 3.8 ~ 3.9mm, 下、中辊间隙为 3.9 ~ 4.0mm。

d. 压力控制。TR120 料筒工作压力为 150 ~ 170Pa。TR120 料筒真空度为 9331 ~ 9997Pa。

③加工过程中注意事项。在 ABS 挤出板材生产中既要保证板材达到质量标准, 又要适应深加工的工艺要求, 它需要精良的设备和严格的工艺控制才能实现, 需要注意以下几点:

a. 原料的干燥除湿。因为 ABS 树脂中含有强极性基团 CN 基, 所以它具有较大的吸湿性, 在正常贮存条件下含水量为 0.3% ~ 0.8%, 不进行干燥除湿处理会严重影响板材外观 (即出现气泡、塌坑、云雾斑等), 因此原料必须干燥除湿, 使其水分含量降至 0.1% 以下。实践证明用分子筛干燥器除湿干燥, 吸湿性好, 密闭作业料受污染机会减少, 热风干燥温度均匀。要比传统用高速混合机开盖搅拌处理优越。

b. 板材的厚度及其均匀性。挤出板材的厚度及均匀性是决定终端制品 (冰箱内门胆) 壁厚均匀性的基础。

c. 板材收缩率。降低板材收缩率和缩小板材纵横向收缩差异的最有效方法是: 尽量保持挤出速度与三辊压光牵引速度一致; 严格控制三辊的速度比, 尽量缩小三辊的速度差。但在实际操作中, 由于要兼顾到板材厚薄、光洁等质量问题, 上述两个条件的实现难度较大, 所以还需要进行温度、间隙等的调节, 使板材收缩率达到最小。

d. 板材平整性。挤出板材的平整性是板材外观质量的一个重要指标。其关键工艺是三辊的温度、二辊牵引速度同三辊速度的匹配。一般二辊牵引速度等于或略大于三辊速度 (不超过 3%), 保持板材在平整状态下冷却牵引即可。

三、ABS 吹塑成型

汽车配件抗流板可用 ABS 吹塑而成。ABS 同时还可以吹塑要求较高结构完整性与刚性的工业制件。ABS 具有很好的力学性能, 其冲击强度极好, 可以在极低的温度下使用, 即使 ABS 制品破裂也只能是拉伸破坏而不会是冲击破坏, ABS 的耐磨性优良, 尺寸稳定性好, 又具有耐油性, 耐酸、碱, 但可溶于酮类、醛类及氯代烃中, 受植物油等侵蚀会产生应力开裂。ABS 的耐候性较差, 在紫外线的作用下易产生降解, 于户外使用, 冲击强度下降, 因此要加入紫外线吸收剂改善其耐候性。

1) 选材。吹塑级 ABS。

2) 设备及模具。挤出吹塑机, 螺杆压缩比 (2.0 ~ 2.5): 1; 长径比 (20 ~ 25): 1, 采用储料缸式机头成型型坯。

3) 成型工艺

①工艺流程:

ABS 树脂 }
回收料 } 混合 → 干燥 → 挤出吹塑 → 后加工 → 检验 → 产品

②工艺条件。干燥工艺条件: 干燥温度为 80 ~ 85℃, 干燥时间为 2 ~ 4h。ABS 挤出吹塑加工温度见表 6-38。

表 6-38 ABS 挤出吹塑加工温度

原料	料筒温度/℃					接套温度 /℃	机头储料 缸温度/℃	机头口模 温度/℃	模具温度 /℃
	1	2	3	4	5				
ABS	170 ~ 190	175 ~ 195	185 ~ 200	190 ~ 205	195 ~ 210	200 ~ 210	200 ~ 210	205 ~ 215	77 ~ 88

③工艺控制要点如下：

- a. ABS 具有吸湿性，在成型前要进行干燥处理，使其水分达到 0.1% 以下。
- b. 吹塑级 ABS 具有很好的热稳定性，短时间停机，可不用清洗料筒，若停机时间较长，要把 ABS 挤出干净，再用丙烯酸类树脂在较低的温度下清洗。
- c. ABS 与其他树脂混杂时，会降低制品外观性能、夹缝粘合性与表面附着力，因此在加工 ABS 之前，要将设备中原树脂清洗干净后再使用。

第七章 聚甲基丙烯酸甲酯

第一节 主要品种与性能

一、基本特性

聚甲基丙烯酸甲酯（Polymethyl Methacrylate），又称有机玻璃，简称 PMMA。

聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）因其非常透明而俗称有机玻璃。聚合方法不同，产品用途也各异。本体聚合产品透明度最好，主要用作浇注板、管、棒材，因而又叫铸型有机玻璃；悬浮聚合物主要用作模塑料；乳液聚合物用于胶乳、织物处理剂；溶剂聚合物用作涂料和粘合剂。PMMA 具有以下特点：

- 1) 无色、透明的无定形聚合物，透光率达 92%，是塑料中最佳的，比玻璃还高 10%，且光透范围大，从 287nm（紫外区）到 2600nm（红外区）。
- 2) 对光的吸收率极小，可作全反射，且反射率随入射角而变；当 PMMA 载体（板、棒）弯曲度大于 48°时可传导光线。
- 3) 聚合物为无规立构型，但存在着相互隔离的短程有序排列（立构规整），因而拉伸定向产品有结晶构型，且有良好的抗银纹性、抗裂纹增长。
- 4) 质轻、坚韧，常温下有较强的力学强度，且受温度影响小，但当接近软化点和 T_g 时则强度急剧下降。
- 5) 尺寸稳定性好，表面光泽好，着色力强，但表面硬度和耐刻划性差，冲击强度也较低。
- 6) 电性能很好，但随频率的增大而下降。
- 7) 吸水性小，耐水溶性无机盐及某些稀酸，耐长链烷烃、醚、脂肪、油类，不耐碱、氢氰酸、铬酸、芳烃、醛、酮、醇和氯代烷烃。
- 8) 耐老化性极好，无毒，燃烧时无火焰。

二、国内生产厂家、牌号与性能

- 1. 上海制笔化工厂 PMMA 性能（见表 7-1）

表 7-1 上海制笔化工厂 PMMA 性能

性 能	255	304	372	613	714
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	—	(1.19)	1.16 ~ 1.17	1.18 ~ 1.19	—
吸水率(%)	—	0.50	0.45	0.45	—
透光率(%)	91	90	90	91	—
折光率(%)	1.51 ~ 1.52	—	1.50 ~ 1.51	1.49 ~ 1.5	—
拉伸强度/MPa	50	—	60	60	43

(续)

性 能	255	304	372	613	714
弯曲强度/MPa	—	110	—	—	—
冲击强度/kJ·m ⁻²	20	25	18	20	17
拉伸断裂强度/MPa	—	76	—	—	—
维卡软化点/℃	96	108	96	96	100
热变形温度/℃	—	80	—	—	—
熔体质量流动速率/g·(10min) ⁻¹	2.0~4.0	—	1~2	1~2	0.5~1.5
成型收缩率(%)	0.5	2.0	0.5	0.5	0.5
介电常数/工频	4.0	—	4.0	4.0	—
体积电阻率/Ω·m	1.0×10 ¹¹	—	1.0×10 ¹¹	1.0×10 ¹¹	1.0×10 ¹¹
球压痕硬度/MPa	110	150	120	120	90
表面电阻/Ω	—	3.4×10 ¹⁴	—	—	—

2. 上海珊瑚化工厂 PMMA 性能和色泽、规格、色号及色名（见表 7-2、表 7-3）

表 7-2 上海珊瑚化工厂 PMMA 性能（一）

名 称	细 度	含水 (%)	布氏硬 度 HBW	冲击强度 /kJ·m ⁻²	杂质 (在 9cm ² 上)	特性和主要用途
牙托粉	95% 通过 40 目	<1	17	0.8	少于 2 颗 φ0.5mm 杂质	牙科材料,制假牙及基托,自凝牙托粉,也可制工业模型,成型方便
造牙粉	97% 通过 120 目,其余 <60 目	<1	17	0.8	不能有 φ0.5mm 杂质	
ACR-201	98% 通过 30 目				特性粘度 1.8~3.0	甲基丙烯酸酯与丙烯酸酯共聚物,对改善硬质 PVC 的加工有明显效果,并且无毒
SH-1	剪切强度 22MPa,拉伸强度 29MPa,压缩强度 88MPa					力学性能好,手续简便,用于医用骨科固定或填补料
SH-2	相对密度 1.19,挥发物 <1%,MFR=1~4g/10min,透光率 90%					高透明,高光泽,易染色,可注塑、挤塑仪表零件、光导纤维、异形材

表 7-3 上海珊瑚化工厂 PMMA 色泽、规格、色号及色名

色 号	色 名	色 号	色 名	色 号	色 名	色 号	色 名
2001	银白	2108	秋黄	2115	橘黄	2119	橙黄
2101	淡黄	2112	淡橘红	2203	粉红	2220	大红

(续)

色号	色名	色号	色名	色号	色名	色号	色名
2225	血红	2407	深湖绿	2524	铁锈	62127	雪青
2230	紫酱	2415	果绿	2531	深咖啡	62130	草绿
2233	莲灰	2420	翠绿	2601	淡灰	62132	淡草绿
2242	淡玫瑰	2422	蓝绿	2603	蓝灰	62134	中草绿
2245	玫瑰	2430	灰绿	2605	中灰	62139	蓝
2304	淡天蓝	2426	墨绿	2622	黑	62143	中绿
2306	天蓝	2435	新绿	2901	淡中灰	62162	米灰
2312	艳蓝	2502	淡米	62103	中黄	62166	红驼
2313	品蓝	2506	米色	62106	火黄	62140	深蛤青
2317	深蓝	2511	深驼	62108	橘红	1110	血牙
2330	上青	2514	红米	62117	桃红	1604	箔灰
2401	淡湖绿	2518	驼色	62121	玉色	62138	蓝蛤青
2404	湖绿	2521	米色	62128	青莲		

3. 黑龙江安达市龙新化工公司 PMMA 性能 (见表 7-4)

表 7-4 黑龙江安达市龙新化工公司 PMMA 性能

牌 号	熔体质量流动速率 /g·(10min) ⁻¹	拉伸强度/MPa	弯曲强度/MPa	Izod 冲击强度/J·m ⁻²	洛氏硬度 HR	热变形温度 (1.82MPa)/℃	透光率 (%)	适合成型方法
372	0.8	50	98	11.7	H10	80	90	注塑
LX015	1.5	68.6		20.6	86	90	92	挤出
LX025	2.5	66.2		19.6	86	90	92	挤出
LX040	4.0	65.2	117	13.7	86	89	92	注塑
LX060	6.0	64.7	113	13.7	86	89	92	注塑

4. 江苏南通丽阳公司 PMMA 性能 (见表 7-5)

表 7-5 江苏南通丽阳公司 PMMA 性能

性 能	MF001	VH001	性 能	MF001	VH001
熔体质量流动速率/g·(10min) ⁻¹	14	2.0	伸长率(%)	5	6
吸水率(%)	0.3	0.3	拉伸弹性率/GPa	3.2	3.3
密度/g·cm ⁻³	1.19	1.19	弯曲强度/MPa	114	127
全光线透射率(%)	93	93	弯曲弹性模量/GPa	3.2	3.3
雾度(%)	0.3	0.3	IZOD 冲击强度/kJ·m ⁻²	1.6	1.7
折射率	1.49	1.49	悬臂梁式冲击强度/kJ·m ⁻²	20	21
拉伸强度/MPa	69	78	悬臂梁式(缺口)冲击强度/kJ·m ⁻²	1.2	1.3

(续)

性 能	MF001	VH001	性 能	MF001	VH001
洛氏硬度 HR	92	101	螺旋流动/mm	370	220
比热容/J·g ⁻¹ ·K ⁻¹	1.5	1.5	耐电弧性	没有痕迹	没有痕迹
线胀系数/K ⁻¹	6×10 ⁻⁵	6×10 ⁻⁵	体积电阻率/Ω·m	>10 ¹³	>10 ¹³
热导率/W·m ⁻¹ ·K ⁻¹	0.2	0.2	绝缘击穿强度/MV·m ⁻¹	20	20
载荷挠曲温度/℃	84	101	介电常数	3.7	3.7
维卡软化温度/℃	88	108	介质衰耗因数	0.05	0.05
螺旋流动/mm	250	130	表面电阻/Ω	>10 ¹⁶	>10 ¹⁶

5. 台湾奇美实业有限公司 Acryrex PMMA 性能（见表 7-6）

表 7-6 台湾奇美实业有限公司 Acryrex PMMA 性能

项目	测试方法 ASTM	挤塑级 CM-203	耐热级 CM-205	注塑钢 CM-207	高流动级 CM-211
密度/g·cm ⁻³	D-792	1.19	1.19	1.19	1.19
密度/g·cm ⁻³	D-1182	0.77	0.77	0.77	0.77
成型收缩率/mm·mm ⁻¹	D-955	0.002~0.006	0.002~0.006	0.002~0.006	0.002~0.006
邵氏硬度 HD	D-785	M-93	M-97	M-89	M-84
吸水率(%)	D-570	0.3	0.3	0.3	0.3
曲折率(%)	D-542	1.491	1.491	1.491	1.491
全光透过率(%)	D-1003	92	92	92	92
拉伸强度/MPa	D-638	70	72	67	65
弯曲强度/MPa	D-638	120	130	110	90
伸长率(%)	D-638	3	3	3	3
冲击强度/kJ·m ⁻²	D-256	0.5	0.6	0.5	0.4
热变形温度/℃	D-648	91	100	89	87
流动温度/℃	D-569	160	170	155	140
软化点/℃	D-1525	104	110	102	100
导电	D-150	3.7	3.7	3.7	3.7
熔体质量流动速率/g·(10min) ⁻¹	D-1238	3.0	1.5	7.0	15

三、国外生产厂家、牌号与性能

1. 美国罗姆·哈斯公司（Rohm-Hass Co）Plexiglas 和 Kamax PMMA 性能和主要用途（见表 7-7、表 7-8）

表 7-7 美国罗姆·哈斯公司 Plexiglas 和 Kamax PMMA 性能

性 能 ^①	Kamax-T260	Plexiglas V811	性 能 ^①	Kamax-T260	Plexiglas V811
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	1.21	1.19	缺口冲击强度/ $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$	21.3	12.3
折光率	1.54	1.49	弯曲温度(在 1.82MPa 负荷下)/ $^{\circ}\text{C}$	300	206
透光率(%)	90	92	连续工作温度范围/ $^{\circ}\text{C}$	135 ~ 146	77 ~ 96
浊度(%)	2	2	维卡软化点/ $^{\circ}\text{C}$	177	—
洛氏硬度 HR	100	97	线胀系数	—	比普通型低 50%
弯曲模量/MPa	3790	3100			

① ASTM 试验方法，氧渗透率 $(102.5 \sim 123) \times 10^{-9} \text{cm}^3 / (\text{cm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa})$ 。

表 7-8 美国罗姆·哈斯公司 Kamax PMMA 主要用途

牌号	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	缺口冲击强度 $/\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$	长期使用温 度/ $^{\circ}\text{C}$	透光率 (%)	特性和主要用途
T150	1.21	21.3		90	耐热，氧渗透率低 ^① (是聚丙烯、聚碳酸酯的 1%)，耐候，透明，用注塑或挤出制照明设施、路标、光学纤维、医用品和包装材料
T170			150	90	
T240			150	90	
T260			140	90	

① 氧渗透率(按 ASTM 试验)为 $(102.5 \sim 123) \times 10^{-9} \text{cm}^3 / (\text{cm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa})$

2. 美国大陆聚合物公司 (Continent Polymer Co.) PMMA 性能 (见表 7-9)

表 7-9 美国大陆聚合物公司 PMMA 性能

牌号	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	特性和主要用途	牌号	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	特性和主要用途
CP-51	1.19	中等耐热,可注塑或挤出成型	CP924		流动性好,冲击强度高,可注塑制工程件,可替代工程塑料
CP-61	1.19	中等耐热,可注塑或挤出成型			
CP-80	1.19	高耐热,可注塑或挤出成型	CP927		冲击强度高,耐紫外线,可挤出制工程材料,可替代工程塑料
CP-81	1.19	高耐热,可注塑或挤出成型	CP1000		高抗冲击,可注塑或挤出成型
CP-82	1.19	高耐热,可注塑或挤出成型	CP1000E		透明,韧性好,可挤制工程材料
CP-923	1.16	中等冲击强度,可注塑或挤出成型	CP1000I		透明,模塑料,可替代高成本的工程树脂

3. 美国科罗工业公司 (Cyro Ind. Co.) Acrylite PMMA 性能和用途 (见表 7-10、表 7-11)

表 7-10 美国科罗工业公司 Acrylite PMMA 性能

牌 号	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	特性和主要用途
H-12	1.19	6	可注射或挤出成型
H-15	1.19	2.2	高相对分子质量,注塑、挤出均可

(续)

牌 号	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	特性和主要用途
M-30 FF	1.19	12	可注射、挤出成型 挤出级,新品种,宜制板材

表 7-11 美国科罗工业公司 Cyrolite PMMA 及其共聚物的用途

牌 号	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	性能和主要用途
G20	1.11	高透明度,注射、挤出、吹塑均可
G21	1.11	高透明度,注射、挤出、吹塑均可
XT250	1.12	高透明度,抗冲击一般,注射、挤出、吹塑均可
XT375	1.11	高透明度,抗冲击一般,注射、挤出、吹塑均可
XT800GR		耐化学腐蚀,高抗冲击,流动性好,可用注射制精细薄壁件、医用材料、包装材料
Cyrex200		丙烯酸酯/聚碳酸酯共混合金,白色,高光泽,流动性好,可用于注射或挤出成型

4. 美国杜邦公司 (Dupont Co Ltd) Lucit PMMA 性能 (见表 7-12)

表 7-12 美国杜邦公司 Lucit PMMA 性能

牌 号	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	性能和主要用途
129K	1.18	中等流动性,可注射成型
130K	1.18	橡胶改性,耐低温,流动性强,可注射成型
140	1.19	流动性差,可挤出成型
147K	1.19	橡胶改性,低流动性,耐高温,可挤出成型
T	1.15	低流动性,冲击强度极高,可挤出成型
SAR		耐磨级,有交联结构表面层

5. 日本旭化成工业公司 (Asahi Chemical Ind. Co. Ltd) Delpet PMMA 性能 (见表 7-13)

表 7-13 日本旭化成工业公司 Delpet PMMA 性能

项 目	ASTM 标准	560F	50N	60N	80N
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	D792	1.19	1.19	1.19	1.19
吸水性(%)	D570	0.3	0.3	0.3	0.3
成型收缩率/ $\text{cm} \cdot \text{cm}^{-1}$	D955	0.002 ~ 0.006	0.002 ~ 0.006	0.002 ~ 0.006	0.002 ~ 0.006
熔体质量流动速 条件 L	D1238	6.5	6	3	0.9
率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$ 条件 I	D1238	13	12	6	2

(续)

项 目	ASTM 标准	560F	50N	60N	80N
光线透射率(%)	D1003	93	93	93	93
折射率(%)	D542	1.49	1.49	1.49	1.49
拉伸强度/MPa	D638	69.0	69.0	72.0	74.0
伸长率(%)	D638	5	5	5	5
弯曲强度/MPa	D790	110.0	110.0	110.0	110.0
弯曲弹性模量/MPa	D790	3300.0	3300.0	3400.0	3400.0
冲击强度(悬臂梁 V 型缺口)/ kJ·m ⁻²	D256	0.015	0.015	0.016	0.016
洛氏硬度 HR	D785	92	92	95	100
热变形温度(经退火)/℃	D648	84	85	89	100

6. 日本昭和电工公司 (Showa Denka KK) AER PMMA 性能 (见表 7-14)

表 7-14 日本昭和电工公司 AER PMMA 性能

牌号	密度 /g·cm ⁻³	聚合收缩率 (%)	吸水性 (%)	透光率 (%)	牌号	密度 /g·cm ⁻³	聚合收缩率 (%)	吸水性 (%)	透光率 (%)
AA101	1.264	3.7	0.52	98	BA901	1.268	7.7	0.42	91
AA121	1.265	5.4	—	91	AC301	1.288	5.4	0.57	99
BA101	1.278	3.9	0.45	99	AC701	1.270	3.7	0.57	99

特性和主要用途：耐热性能好，光学性能优良，电性能好，温度依赖性小，耐酸碱，固化不会挥发的苯乙烯，工艺性好，应力开裂少，宜制光学材料、电子配线基板和人造大理石。

7. 日本可乐丽公司 PMMA 性能 (见表 7-15)

表 7-15 日本可乐丽公司 PMMA 性能

项 目	GF1000	HR1000L	项 目	GF1000	HR1000L
熔体质量流动速率/g· (10min) ⁻¹	1.5	2.1	拉伸伸长率(%)	5	7
吸水率(%)	0.3	0.3	弯曲强度/MPa	110	124
收缩率(%)	0.2~0.6	0.2~0.6	弯曲弹性模量/MPa	3300	3500
密度/g·cm ⁻³	1.19	1.19	IZOD 缺口冲击强度/kJ·m ⁻²	0.015	0.016
总透光率(%)	93	93	洛氏硬度 HR	94	105
折射率(%)	1.49	1.49	热变形温度/℃	89	106
拉伸强度/MPa	66	77	维卡软化点/℃	99	118
			燃烧性	HB	HB

8. 日本住友化学工业有限公司 PMMA 性能（见表 7-16）

表 7-16 日本住友化学工业公司 PMMA 性能

项 目	LG2	MH	项 目	LG2	MH
吸水率(%)	0.3	0.3	邵氏硬度 HD	94	100
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	1.19	1.19	成型收缩率(%)	0.2~0.6	0.2~0.6
折射率	1.49	1.49	燃烧率/ $\text{cm} \cdot \text{min}^{-1}$	3	3
全光透过率(%)	93	93	线胀系数/ K^{-1}	7×10^{-5}	7×10^{-5}
模糊度(%)	0.5	0.5	维卡软化点/ $^{\circ}\text{C}$	101	116
熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	15	2	荷重热变形温度/ $^{\circ}\text{C}$	92	104
拉伸强度/MPa	65.0	72.0	绝缘电阻/ Ω	$>1 \times 10^{15}$	10^{15}
拉伸延伸率(%)	7	13	耐电压/ $\text{kV} \cdot \text{mm}^{-1}$	20	20
弯曲强度/MPa	110	120	诱电率(%)	3.1	3.1
弹性模量/MPa	3100	3200	诱电正接	0.04	0.04
冲击力/MPa	1.7(1.7)	1.7	表面电阻/ Ω	$>1 \times 10^{16}$	$>10^{16}$
			体积电阻率/ $\Omega \cdot \text{cm}$	$>1 \times 10^{15}$	$>10^{15}$

9. 英国帝国化学工业公司 PMMA 性能（见表 7-17 ~ 表 7-19）

表 7-17 英国帝国化学工业公司 Diakon PMMA 性能

牌 号	密度 $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	熔体质量流动速率 $/\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	级别	特性和主要用途
LG156	1.81	16	注塑级	光学性好,耐候性好,耐磨,可制复杂、薄型制品
LG702	1.81	6.0	挤出级	光学性好,耐候性好,耐磨,抗挠曲,可制灯具之类制品
LH174	1.81	3.3	挤出级	光学性好,耐候性好,耐磨,抗碎裂,脱模性好,可制灯具、板材
LH754	1.81	1.5	挤出级	光学性好,耐候性好,耐磨,可制板材
ME135	1.81	0.6	挤出级	光学性好,耐候性好,耐磨,可制多层板
MG102	1.81	3.5	挤出级	光学性好,耐候性好,耐磨,耐热,抗挠曲,可制医学、光学制品
MH254	1.81	0.9	挤出级	光学性好,耐候性好,耐磨,抗溶剂,较韧,流动性较差,可制汽车厚壁灯具和多层板材
TD525			注塑级	模塑料,高抗冲击,透明度高,耐候性好
TD542	1.15	0.9	挤出级	透明度较高,耐候性好,抗冲击,含加工改性剂,成型性能好,质较韧,可制抗冲击透明制品和医药制品
TD626			注塑级	熔体流动性好,抗冲击性好,耐热稍差(维卡耐热 109°C),可注射
TD642			注塑级	熔体流动性好,抗冲击,耐热稍差(维卡耐热 109°C),可注射

表 7-18 英国帝国化学工业公司 Asterite PMMA 性能

项 目	测试标准	LG156	LG702	LH174	LH754	ME135	MG102	MH254	TD542
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	ISO R1183	1.181	1.181	1.181	1.181	1.181	1.181	1.181	1.151
成型收缩率(%)		0.4 ~ 0.7	0.4 ~ 0.7	0.4 ~ 0.7	0.4 ~ 0.7	0.4 ~ 0.7	0.4 ~ 0.7	0.4 ~ 0.7	0.4 ~ 0.7
洛氏硬度 HR	ISO 2039/2	88	100	98	100	103	102	103	35
拉伸强度(23℃)/MPa	ISO 527	61	72	72	72	72	72	72	72
弯曲弹性模量(23℃)/GPa	ICI 测试	2.35	2.95	2.85	3.15	3.35	3.15	3.35	1.49
冲击强度(2mm 半径缺口)/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	ISO 179	2.1	2.1	2.9	3.1	3.6	2.1	3.4	14.0
热变形温度(1.8MPa)/℃	D648—72	82	91	87	94	98	95	98	90
维卡软化点/℃	ISO 306								
10N 负荷时	模制样品	98	103	103	103	114	113	114	109
10N 负荷时	挤出板材	101	105	105	106	118	115	118	112
49N 负荷时	DIN53460B	95	100	100	100	111	108	111	104
熔体质量流动速率(10kg, 210℃)/ $\text{g} \cdot (\text{10min})^{-1}$	ISO 1133	16	6.0	3.3	1.5	0.6	3.5	0.9	0.9
透光率(%) 总计	D1003-61(1970)	92	92	92	92	92	92	92	90
浊度	D1003-61(1970)	~0.4	~0.4	~0.4	~0.4	~0.4	~0.4	~0.4	3

表 7-19 英国帝国化学工业公司 Perspex PMMA 性能

牌 号	透光率 (%)	拉伸强度 /MPa	伸长率 (%)	弹性 模数/MPa	挠曲强度 /MPa	热变形温度 /℃	软化点 /℃
CP-41	92	53.6	2.4	2810	80.7	72.8	90
CP-51	92	55.8	2.6	2889	102	75.5	93.9
CP-61	92	66.2	3.4	3033	107	91	102
CP-71	92	66.2	3.1	3246	136	96	107
CP-75	92	71.0	4.2	3640	121	100	112
CP-80	92	68.9	4.6	3420	101	91	100
CP-81	92	66.9	4.0	3447	111	97	107
CP-82	92	67.6	3.4	3033	117	95	103
CP-86	92	73.1	5.5	3640	113	100	112
CP-924	91.6	58.4	4.6	3254	86	83	116
CP-927	91.3	50.2	5.3	1999	75	78	116
CP-1001	90.8	42.0	37.0	2034	61	77	108
CP1000E	90.7	44.9	38	1758	61	80	108

10. 意大利蒙特爱迪生公司 (Montedison S. P. A) Vedril PMMA 性能 (见表 7-20)

表 7-20 意大利蒙特爱迪生公司 Vedril PMMA 性能

项 目	试验方法 ASTM	5	7	8	9D	9E
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	D792	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
比热容/ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$		1.47	1.47	1.47	1.47	1.47
热导率/ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$		0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
维卡软化点/ $^{\circ}\text{C}$	D1525	90	105	110	120	114
熔体质量流动速率/ $\text{g} \cdot (10\text{min})^{-1}$	D1238	15	10	5	2.5	1
透光率(%) $\geq$	D1003	92	92	92	92	92
雾度(%) $\leq$	D1003	2	2	2	2	2
冲击强度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	ISOR179	25	20	25	25	25
拉伸强度/MPa	D638	65	70	75	75	73
弯曲模量/MPa	D790	3200	3400	3400	3400	3400
洛氏硬度 HR	D780	90	95	104	104	102
介电强度/ $\text{kV} \cdot \text{mm}^{-1}$	D149	19	19	19	19	19

牌号	性能及用途	牌号	性能及用途
5	注塑级 PMMA, 悬浮聚合, 模塑成型	9D	注塑级 PMMA, 悬浮聚合, 模塑料
7	注塑级 PMMA, 悬浮聚合, 模塑成型	C	浇注级 PMMA, 适合飞机、光学仪器用板材
8	注塑级 PMMA, 悬浮聚合, 模塑料	E	挤塑级 PMMA, 板材
8E	挤塑级 PMMA, 悬浮聚合, 高流动, 模塑料	E-S	挤塑级 PMMA, 高透明、板材
9K	挤塑级 PMMA, 悬浮聚合, 高抗蠕变性, 模塑料	UP	浇注级 PMMA, 适合 U 形截面板材
9E	挤塑级 PMMA, 悬浮聚合, 板材用模塑料	AR	挤塑级 PMMA, 高抗冲击, 适合光漫射的板材制品
CR	其挤塑级 PMMA, 高抗冲击	E-UVP	挤塑级 PMMA, 耐气候性能优异
CS	其挤塑级 PMMA	E-UVT	挤塑级 PMMA, 耐气候性能优异
EMI	挤塑级 PMMA, 适合抗反射、热成型板材	ER-ERD	挤塑级 PMMA, 波纹材料
AR-ER	挤塑级 PMMA, 适合高抗冲击、板材	Vedrilser	挤塑级 PMMA, 适合高抗冲击材料
C-UVT	浇注级 PMMA, 适合要求透过紫外线的板材	Edimet	模塑级 PMMA
HRS	挤塑级 PMMA, 适合高抗冲击、板材	7E	挤塑级 PMMA
QS-BS	挤塑级 PMMA, 适合板材	8D	挤塑、注塑级 PMMA

11. 韩国信亚株式会社 (shin-a Co.) Caradex PMMA 性能 (见表 7-21)

表 7-21 韩国信亚株式会社 Caradex PMMA 性能

项 目	测试标准	AC-120	AC-150	AC-200	AC-300
Izod 冲击强度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	ASTM D-256	1.2	1.3	2.0	2.0
拉伸强度/MPa	ASTM D-638	64	68	73	71

(续)

项 目	测试标准	AC-120	AC-150	AC-200	AC-300
延伸率(%)	ASTM D-638	4 ~ 6	3 ~ 5	3 ~ 5	3 ~ 5
弯曲强度/MPa	ASTM D-790	85	95	110	100
热变形温度/℃	ASTM D-648	85	87	93	92
密度/g · cm ⁻³	ASTM D-792	1. 19	1. 19	1. 19	1. 19
熔体质量流动速率/g · (10min) ⁻¹	ASTM D-1238“G”	4. 0	2. 0	1. 2	1. 5
洛氏硬度 HR	ASTM D-785	97	97	99	98
吸水率(%)	ASTM D-570	0. 3	0. 3	0. 3	0. 3
用途		食品级高流动	食品级耐冲击	食品级耐热	耐热级耐冲击

12. 韩国 LG 公司 PMMA 性能 (见表 7-22)

表 7-22 韩国 LG 公司 PMMA 性能

性能	IF850	IH830	性能	IF850	IH830
吸水率(%)	0. 3	0. 3	模缩系数(%)	0. 2 ~ 0. 6	0. 2 ~ 0. 6
密度/g · cm ⁻³	1. 18	1. 18	拉伸强度/MPa	69	740
透光率(%)	93	93	伸长率(%)	3. 0	3. 5
折射率	1. 49	1. 49	弯曲强度/MPa	122	1330
熔体质量流动速率/g · (10min) ⁻¹	12. 5	2. 3	弯曲模量/MPa	3200	33000
冲击强度/kJ · m ⁻²	0. 2 ~ 0. 6	0. 2 ~ 0. 6	维卡软化点/℃	90	105
洛氏硬度 HR	89	97	体积电阻率/Ω · m	> 15 ¹⁵	> 15 ¹⁵
燃烧度	HB	HB	介电强度/kV · mm ⁻¹	20	20
比热容/J · kg ⁻¹ · K ⁻¹	1465	1465	介电常数	4	4
线胀系数/K ⁻¹	6 × 10 ⁻⁵	6 × 10 ⁻⁵	功率系数	0. 05	0. 05
热变形温度/℃	90	98			

四、PMMA 的成型加工性能与应用

1. 铸型有机玻璃

本体聚合聚甲基丙烯酸甲酯通常是先预聚，然后浇铸在模具中进行聚合，故称“铸型”。铸型有机玻璃因加入的成分不同，性能、用途不同，而分为通用型有机玻璃、耐热有机玻璃、交联共聚有机玻璃、珠光有机玻璃等，其性能与用途见表 7-23。

表 7-23 铸型有机玻璃的性能与用途

类 型	性 能	成型 加工	用 途
通用型	透光率达 90% ~ 92%，力学性能好，耐候性，电绝缘优，可拉伸定向，使用温度 < 80℃	可模压成型、热压成型、真空成型、机械加工、粘合、焊接、烫印	主要用于航空透明材料、车辆挡风板、光学透镜、设备标牌、商店板灯箱或照牌、仪表板和罩盒、光学透镜和耐腐蚀透镜、医用光导管、电绝缘部件，装饰材料

(续)

类 型	性 能	成 型 加 工	用 途
耐热型	由于聚合物中未加增塑剂,故热变形温度和使用温度、抗龟裂性、透明度有所提高,韧性稍差,成型温度和拉伸定向温度较高	成型加工性与通用型相同	用途与通用型相同,因热变形温度较高,可用于高速飞机的透明材料
交联共聚型	因大分子链段有部分交联,故力学性能、冲击强度、耐热性、耐表面划痕性、热变形温度及热成型温度都更高,透明度最好	成型加工性与通用性相同,宜切削等机加工	主要用于工程部件、航空透明材料

甲基丙烯酸甲酯在聚合时加入着色剂、珠光粉等即可得到色彩鲜艳、珠光宝气的铸型产品，主要用于装饰材料。

在甲基丙烯酸甲酯单体中加入甲基丙烯酸、甲基丙烯酸羟乙酯、辛酸、甲基丙烯酸铅、辛酸铅等进行共聚，即可得到耐辐射的有机玻璃，其物理、力学性能和成型加工性都与有机玻璃相似，但透光率和冲击强度稍低些。主要用于放射性物质的封装、仪器设备的防辐射保护等材料。

2. 聚甲基丙烯酸甲酯模塑料

聚甲基丙烯酸甲酯模塑料（PMMA）系用悬浮聚合法生产的细微粒料，其相对分子质量较低，熔体流动性好，其物理力学性能、着色性和耐化学药品性都与铸型有机玻璃相同。

PMMA 模塑料可注射、模塑、挤塑、中空成型，可机加工、焊接、粘接、烫金、印刷。注塑温度为 220 ~ 270℃，模塑温度为 210 ~ 240℃，挤塑和中空成型温度为 230℃ ~ 260℃。

PMMA 模塑料主要用于生产色彩鲜艳、透明的注射件，如汽车尾灯罩、信号罩、钮扣、装饰件、镜片、镜架、钢笔杆、工业透镜、仪表盘盖、仪器设备罩壳。

3. 珠光聚甲基丙烯酸甲酯

珠光聚甲基丙烯酸甲酯又叫珠光有机玻璃，它是在制造 PMMA 时，在预聚中加入珠光颜料，混匀后灌入模坯中进行振动聚合，得到具有珠光色彩的有机玻璃。珠光颜料可以是天然的鱼鳞粉，但目前都用人工合成的碱式碳酸铝、酸性碳酸铅、氧氯化铋以及二氧化钛涂膜的云母片等。

生产珠光有机玻璃板的方法除铸型法外，可以采用挤塑薄膜管后再将其剖开、加热、压平；还可以用 PMMA 模塑料与聚碳酸酯共混、挤塑工艺。

第二节 聚甲基丙烯酸甲酯制品及其成型工艺

一、PMMA 注射成型

1. 原材料

(1) 物料性能 PMMA 密度为 $1.18\text{g}/\text{cm}^3$ 。是最常用的一种透明材料。透明性极好，透明度可达 92%。强度较高，有一定的耐热耐寒性，耐腐蚀，绝缘性良好，耐候性好，综合性能超过聚苯乙烯，但质脆，易溶于有机溶剂，如作透光材料，其表面硬度稍低，容易划花。

(2) 适用范围 适于制作透明绝缘零件和强度一般的零件。

(3) 工艺特件 PMMA 是无定形料，吸湿大，需干燥，其干燥工艺：干燥温度为 $80\sim90^{\circ}\text{C}$ ，干燥时间为 $2\sim4\text{h}$ ，料层厚度为 $30\sim40\text{mm}$ ，最终湿含量小于 0.03%。

PMMA 不易分解，流动性中等，易发生填充不良，粘模、收缩、熔接痕等缺陷。因此必须高料温、高注射压力注射才行，其中注射温度的影响大于注射压力，但注射压力提高，有利于改善产品的收缩率。注射温度范围较宽，熔融温度为 160°C ，而分解温度达 270°C ，成型温度范围为 $160\sim230^{\circ}\text{C}$ ，因此料温调节范围宽、工艺性较好。故改善流动性，可从注射温度着手。成型收缩率小，为 $0.5\%\sim0.7\%$ 。冲击性差，耐磨性不好，易划花，易脆裂，故应提高模温，改善冷凝过程，去克服这些缺陷。总的来说，宜高压注射，在不出现缺陷的条件下取高料温、高模温、以增加流动性，降低内应力，改善透明性及强度。

模具温度控制在 $40\sim90^{\circ}\text{C}$ ，模具温度高，允模速度快，可减少熔接不良现象，改善制品的透明性，尤其可降低制品的内应力，但制品的收缩率会增加。模具浇注系统表面应光洁，脱模斜度大，顶出均匀。同时设排气口，以防出现起泡。PMMA 塑料注塑工艺参数见表 7-24。

表 7-24 PMMA 塑料注塑工艺参数

工艺参数 塑料名称	温度/ $^{\circ}\text{C}$					压力/ MPa			转速/ $\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$
	射嘴	均化段	压缩段	加料段	模具	注射	保压	背压	螺杆
PMMA	180 ~ 200	190 ~ 210	200 ~ 230	180 ~ 200	40 ~ 90	70 ~ 150	40 ~ 60	14.5 ~ 40	20 ~ 40

制品都应进行后处理，以消除内应力，PMMA 应在 $70\sim80^{\circ}\text{C}$ 热风循环箱中处理 4h，缓慢冷却到室温。

2. 注射机类型选择

PMMA 注射，常见的柱塞式注射机和螺杆式注射机均可采用。喷嘴直径应大些，通常取 $5\sim7\text{mm}$ ，制品增大，直径也应增大（最大 10mm ）。喷嘴多采用直通式。

3. 制品与模具设计

聚甲基丙烯酸甲酯的熔体粘度较大，流动性较差，熔体的流动长度与壁厚之比为

130:1，故制品的壁厚不宜太薄，最好不要低于1mm，通常是在1.5~5mm之间选取。同时考虑到性脆易碎，为防止因脱模不佳或使用不当而引起开裂，要求制品设计中避免缺口或尖角的存在，对于厚薄连接处要求用圆弧过渡。

聚甲基丙烯酸甲酯的成型收缩率较小，为0.5%~0.7%，要求较大的脱模斜度以利于制品的顺利脱模，模芯部分的脱模斜度常在30′~1°之间选择，模腔部分为35′~1°30′，对于稍复杂的制品其斜度应加大。

为了能及时排除模腔内的空气以及熔体挥发出的气体，减少制品中熔接痕出现的可能性，在模具中应考虑开设深度在0.03mm以下的排气孔槽。

为有利于熔体的流动，聚甲基丙烯酸甲酯的模具应有尽可能宽大的流道和浇口。浇口的设置应避免产生料流痕迹、熔接痕，有利于去除而不伤本体，同时要有益于熔体流动而内应力较少，一般选用薄而宽的浇口。

在成型加工中，聚甲基丙烯酸甲酯的模具温度常用通水冷却的办法进行控制。但对于壁厚太厚或形状复杂的制品，为了减少制品中的内应力，有利熔体流动和充分补缩，则需加温控制，控温范围为40~60℃，最高不得超过80℃，模腔、模芯各部分的温差应控制在10℃以下。

透明性高是聚甲基丙烯酸甲酯的一大特点，为了避免损伤这一特点，除了避免顶针过多外，还要求模具有较低的表面粗糙度值（通常Ra为0.4μm以下），最好能作镀铬抛光处理。

4. 注射成型工艺

（1）原料准备 注射成型用的聚甲基丙烯酸甲酯是相对密度为1.17~1.20、无色透明之颗粒。由于聚甲基丙烯酸甲酯树脂颗粒易吸附水分，而这些水分的存在在成型过程中由于受热挥发导致熔体起泡、膨胀，使制品出现银丝、气泡、透明度变差、有斑斑等问题。因此在成型加工之前，对这些颗粒应予以干燥处理，特别是包装条件较差或包装打开时间较久的颗粒更应如此。有关聚甲基丙烯酸甲酯的干燥工艺可参见表7-25。

表 7-25 聚甲基丙烯酸甲酯的干燥工艺

控制项目	控制范围
干燥温度/℃	70~80
干燥时间/h	2~4
料层厚度/mm	30~40

在干燥处理的过程中，除了应注意严格控制干燥工艺以防颗粒粘连成块之外，还应注意干燥设备以及盛器的干净整洁，以免杂质尘埃混入而影响制品质量。

经干燥处理的颗粒应及时进行加工，对于暂不成型的颗粒应妥善保管，用密闭容器盛装，以防颗粒在与环境温度和湿度相平衡的过程中重新吸湿（见图7-1）。

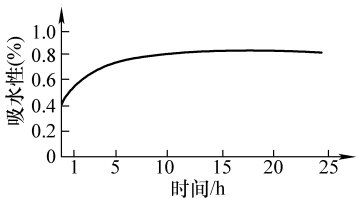


图 7-1 PMMA 吸水性与时​​间的关系

(2) 成型工艺条件与控制

1) 注射温度。聚甲基丙烯酸甲酯为无定形物，没有明显的熔点温度。成型中可供选择的范围较宽，可在 160 ~ 270℃ 之间选取。同时温度的改变对熔体流动性的影响比较明显，其情况如表 7-26 所示。由表 7-26 可知，注射温度提高，熔体的流动长度也明显增加，这对于薄壁、长流程及复杂制品的充模性十分重要，但必须注意，在选用高料温时，易受其他工艺条件影响而给制品表面带来变色或造成模糊等问题。

表 7-26 注射温度与熔体流动长度的关系

注射温度/℃	熔体流动长度/cm
200	10.2
220	20.3
240	30.5

注射温度的恰当与否可通过熔体对空注射法进行观察判断，即以熔体低速从喷嘴中流出是否光亮、透明、无泡，如果是呈不透明、模糊、有气泡、银丝的膨胀体，则可认为温度偏高或树脂内含水量过高。一般来说，在能够充满模腔的情况下，要求取略低一些的注射温度，以减少可能出现的变色和对性能的影响。

2) 注射压力。虽然注射压力对聚甲基丙烯酸甲酯熔体流动性的影响不如注射温度那么明显，但由于熔体粘度较大，流动性比较差，因此还是需要较大的注射压力，特别是形状复杂的制品以及壁厚较厚的制品，可克服熔体流动阻力和减少收缩凹痕与气泡等问题。图 7-2 所示说明了注射压力与成型收缩率的关系。但需注意压力的增加制品中的内应力也会有所增加，这显然是不利的。

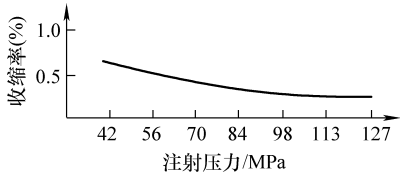


图 7-2 注射压力与成型收缩率的关系

与其他塑料一样，对聚甲基丙烯酸甲酯注射压力的选择，首先是依据制品的壁厚情况予以初选，然后再根据成型中的实际问题进行调整的。通常无浇口、易流动的厚壁制品所选取的注射压力为 80 ~ 100MPa，而熔体流动较为困难的制品所需的压力要大于 140MPa，110 ~ 140MPa 则适用于大多数制品的成型。

3) 注射速度。尽管注射速度的提高对聚甲基丙烯酸甲酯熔体的充模性是有利的，但由于高速注射往往会给制品外观带来不利影响，特别在浇口周围常常是模糊不清，从而使制品的透光性大为降低，同时还增加了制品中的内应力。在一般情况下最好不要采用高速注射，只有当浇口较小（大多为点浇口），充模有困难时或为解决熔接痕明显的情况下，才选用较高的注射速度。最好选用多级注射进行控制。

4) 模具温度。模具温度是聚甲基丙烯酸甲酯成型中一个重要因素，模具温度的控制与制品的结构形状、使用要求以及材料本身有关。模具温度高对熔体的充模是有利的，可减少熔接不良现象的产生，改善制品的透明性，尤其可降低制品中的内应力。但较高的模具温度会引起制品的收缩率有所增加（见图 7-3），易发生凹痕和冷却时间延

长等问题,进而影响到整个成型周期。在实际成型中,除了因充模困难,改善熔接痕,防止收缩孔等需要适当加模温(一般为 $10\sim 65^{\circ}\text{C}$)外,大多是采取通水冷却的办法控制模具温度的。

5) 成型周期。成型周期往往与制品的壁厚有关,但由于聚甲基丙烯酸甲酯熔体在 140°C 左右就开始凝固, 105°C 达到玻璃化温度,可以在较高温度下脱模而很少发生变形,所以成型周期一般都比较短,只有当模具温度过高时,周期才略有延长。

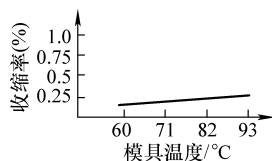


图 7-3 模具温度与收缩率的关系

(3) 注意事项

1) 整洁。整洁是聚甲基丙烯酸甲酯成型加工的基础,否则会因为透明度变差而造成制品的报废。为此需注意如下几点:

①成型设备。成型设备的料斗和料筒应特别注意其清洁情况,如果料筒内存留有其他物料时,首先将料筒清洗干净(清洗材料可用聚甲基丙烯酸甲酯的再生料),当料筒内存留有聚氯乙烯、聚甲醛等物料时,应注意先用聚苯乙烯等物料清洗料筒,然后再用再生料清洗,而不可用聚甲基丙烯酸甲酯再生料直接清洗,这一点一定注意。

②颗粒的整洁。在打开包装时,应先将包装材料清理干净,方能打开包装。对于使用剩余的颗粒注意妥善保管,以防因静电作用而污染材料或与其他材料混杂。

③环境的整洁。除了操作人员应注意自身的整洁外,还应注意操作环境的整洁,如机床周围、操作台、制品堆放处以及颗粒盛放处等。在操作过程中,还应注意给料斗加盖。

④模具的整洁。模具中不允许有油污(如防锈油、切削油、润滑油等)的存在,以免使制品出现开裂、糊斑等。一般不推荐使用脱模剂。

2) 再生料的使用。对于颜色不变、又无杂质存在的聚甲基丙烯酸甲酯再生料,在要求不高的制品中是可以与新料混合后使用的,其掺入的比例为新料的 $1/4$ 。掺混后的物料在成型加工之前必须予以干燥处理,干燥的工艺与纯新料相同。对于透明度要求较高的制品,原则上是不允许使用再生料的。

3) 制品的后处理。与聚苯乙烯等塑料相同,由于各种原因在聚甲基丙烯酸甲酯制品中不可避免地残留有一定的内应力,而这些残留应力将会使制品在使用过程中出现开裂。为了能达到减少或消除这些应力的目的,对所得制品需作一定的后处理工作。

聚甲基丙烯酸甲酯制品的后处理是在温度为 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$ 的热风循环干燥箱内进行的,处理的时间则视制品壁厚而定,厚度增加所处理的时间也就越长,反之则缩短,一般 4h 左右就可以了,然后缓慢冷却至室温。

5. 聚甲基丙烯酸甲酯注射中常见缺陷、发生原因及解决的方法

(1) 制品在注射成型中质量不稳定 聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)注射成型过程中造成质量不稳定的原因众多,影响因素也是多方面的,但只要正确掌握好以下因素,就会使质量不稳定现象得到明显改善,从而制备出合格的产品。

1) 原材料。注射成型用的 PMMA 是相对密度为 $1.17\sim 1.20\text{g}/\text{cm}^3$ 、无色透明的颗粒。由于 PMMA 树脂颗粒易吸附水分,而这些水分在成型过程中会受热挥发导致熔体

起泡、膨胀,使制品出现银丝、气泡,透明度变差,有糊斑等问题。因此在成型加工之前,对这些颗粒应予以干燥处理,特别是包装条件较差或包装打开时间较长的颗粒更应如此。有关 PMMA 的干燥工艺可参见表 7-25。

在干燥处理的过程中,除了应注意严格控制干燥工艺以防颗粒粘连成块之外,还应注意干燥设备以及盛器的干净整洁,以免杂质尘埃混入而影响制品质量。

经干燥处理的颗粒应及时进行加工,对于暂不成型的颗粒应妥善保管,用密闭容器盛装,以防颗粒重新吸湿,PMMA 吸水性与时间的关系见图 7-1。

2) 成型工艺条件与控制。

①注射温度。PMMA 为无定形物,没有明显的熔点温度。成型中可供选择的范围较宽,可在 160~270℃ 之间选取。同时,温度的改变对熔体流动性的影响比较明显,注射温度与熔体流动长度的关系见表 7-26。由表 7-26 可知,注射温度提高,熔体的流动长度也明显增加,这对于薄壁、长流程及复杂制品的充模性十分重要,但必须注意,在选用高料温时易受其他工艺条件影响而使制品表面变色。

注射温度的恰当与否可通过熔体对空注射法进行观察判断,即以熔体低速从喷孔中流出是否光亮、透明、无泡为准,如果是呈不透明、模糊、有气泡、银丝的膨胀体,则可认为温度偏高或树脂内含水量过高。一般而言,在能够充满模腔的情况下,要求取略低一些的注射温度,以减少可能出现的变色和对性能的影响。

②注射压力。虽然注射压力对 PMMA 熔体流动性的影响不如注射温度那么明显,但由于熔体粘度较大,流动性比较差,因此还是需要较大的注射压力,特别是形状复杂的制品以及壁厚较厚的制品,以克服熔体流动阻力和减少收缩凹痕与气泡等问题。图 7-4 说明了注射压力的增加对制品的成型收缩率有改善作用,但需注意,随着压力的增加,制品中的内应力也会有所增加,这显然是不利的。

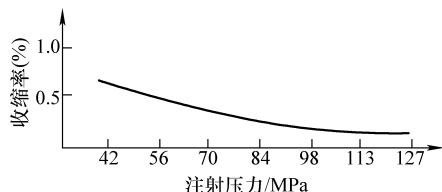


图 7-4 注射压力与收缩率的关系

与其他塑料一样,对 PMMA 注射压力的选择,首先是依据制品的壁厚情况予以初选,然后再根据成型中的实际问题进行调整。通

常无浇口、易流动的厚壁制品所选取的注射压力为 80~100MPa,而熔体流动较为困难的制品所需的压力要大于 140MPa,110~140MPa 则适用于大多数制品的成型。

③注射速度。尽管注射速度的提高对 PMMA 熔体的充模性是有利的,但由于高速注射往往会给制品外观带来不利影响,特别是浇口周围常常模糊不清,从而使制品的透光性大为降低,同时还增加了制品中的内应力。在一般情况下最好不要采用高速注射,只有当浇口较小(大多为针形浇口),充模有困难时或为解决熔接痕明显的情况下,才选用较高的注射速度,最好选用多级注射进行控制。

④模具温度。模具温度是 PMMA 成型中的一个重要因素,模具温度的控制与制品的结构形状、使用要求以及材料本身有关。模具温度高对熔体的充模是有利的,可减少熔接不良现象的产生,改善制品的透明性,尤其可降低制品中的内应力。但较高的模具温度会引起制品的收缩率有所增加(见图 7-5),易发生凹痕和冷却时间延长等问题,

进而影响到整个成型周期。在实际成型中,除了因充模困难、改善熔接痕、防止收缩孔等需要适当加模温(一般为40~65℃)外,大多是采取通水冷却的办法控制模具温度的。

⑤成型周期。成型周期往往与制品的壁厚有关,但由于PMMA熔体在140℃左右就开始凝固,105℃达到玻璃化转变温度,可以在较高温度下脱模而很少发生变形,所以成型周期一般都比较短,只有当模具温度过高时,周期才略有延长。

3) 注意事项。

①整洁。整洁是PMMA成型加工的基础,否则会因为透明度变差而造成制品的报废。为此需注意如下几点:

a. 成型设备。料斗和料筒应特别注意其清洁情况,如果料筒内存留其他物料,应首先将料筒清洗干净(清洗材料可用PMMA的再生料),当料筒内存留有聚氯乙烯、聚甲醛等物料时,应注意先用聚苯乙烯等物料清洗料筒,然后再用再生料清洗,而不可用PMMA再生料直接清洗,这一点一定注意。

b. 颗粒的整洁。在打开包装时,应先将包装材料清理干净。剩余的颗粒应妥善保管,以防因静电作用而污染材料或与其他材料混杂。

c. 环境的整洁。除了操作人员应注意自身的整洁外,还应注意操作环境的整洁,如机床周围、操作台、制品堆放处以及颗粒盛放处等。在操作过程中,还应注意给料斗加盖。

d. 模具的整洁。模具中不允许有油污(如防锈油、切削油、润滑油等)的存在,以免使制品出现开裂、糊斑等。一般不推荐使用脱模剂。

②再生料的使用。对于颜色不变又无杂质存在的PMMA再生料,在要求不高的制品中是可以与新料混合后使用的,其掺入的比例为新料的1/4。掺混后的物料在成型加工之前必须予以干燥处理,干燥的工艺与纯新料相同。对于透明度要求较高的制品,原则上是不允许使用再生料的。

③制品的后处理。与聚苯乙烯等塑料相同,由于各种原因在PMMA制品中不可避免地残留一定的内应力,而这些残留应力将会使制品在使用过程中出现开裂。为了能达到减少或消除这些应力的目的,对所得制品需做一定的后处理工作。PMMA制品的后处理是在温度为70~80℃的热风循环干燥箱内进行的,处理的时间则视制品壁厚而定,厚度增加所处理的时间就延长,反之则缩短,一般为4h左右,然后缓慢冷却至室温。

(2) 注射量不足、欠料、注不满型腔

1) 注射机能力不足。应更换合适的注射机。

2) 树脂流动性不好,不能满足注射成型要求。应更换注射专用牌号的原料。

3) 料筒温度偏低。应提高料筒温度,调定范围为160~240℃。

4) 喷嘴温度偏低。应提高其温度,调定范围为180~200℃。

5) 注射压力偏低。应提高注射压力,调定范围为80~130MPa。

6) 模具排气不良,型腔内残存空气造成注射欠料。应清理排气系统,必要时应加

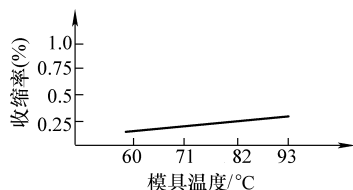


图 7-5 模具温度与收缩率的关系

以改进,使其排气通畅。

7) 流道太细、浇口截面太小。应更改模具,加粗流道,扩大浇口,使物料能顺利注入。

8) 熔体在型腔内流动距离太长,注不到位。应重新改进模具容量,缩短流动距离,还可设置冷料阱。

9) 制品壁厚太薄。应根据制品使用要求,尽量增加壁厚,聚乙烯壁厚应在 1 ~ 3.5mm 之间加以调整。

10) 模温偏低。应适当提高模温,调定范围为 40 ~ 80℃。

11) 模具强度过低,难以适应要求。应选用强度更高的材料重新制作或加固模具。

(3) 制品产生飞边

1) 注射机锁模力低。应提高锁模力,将注射机锁模力增至能锁紧模为准,如若达不到,应考虑更换注射机。

2) 模具分型面不合理。应根据具体情况修改分型面,至合适为止。

3) 模具变形或错位。应加以修理使其能正常工作。

4) 模具锁孔或导销磨损严重。应更换新导销或进行必要的修复,使其工作正常。

5) 注射成型温度偏高。应适当降低料筒与喷嘴温度,料筒温度应在 160 ~ 240℃ 之间加以调整,而喷嘴温度的调定范围为 180 ~ 200℃

6) 注射压力偏高。应适当降低,调定范围为 80 ~ 130MPa。

(4) 制品产生缩痕

1) 制品壁厚太大。应相应减少壁厚,壁厚范围为 1.5 ~ 5.0mm,应在此范围内加以调整,以不出残品为准。

2) 注射压力不足。应提高注射压力,调定范围应控制在 80 ~ 130MPa。

3) 料筒温度过高。应适当降低料筒温度,调定范围为 160 ~ 240℃。

4) 保压时间与冷却时间太短。应适当延长其时间,调定范围为 40 ~ 60s。

5) 模具温度分布不均。应控制好模温,控制范围为 40 ~ 80℃,并延长冷却时间,提高冷却效率。

6) 供料不足。应根据制件质量适当增加注射量。

7) 制品形状不合理。应更改制品形状,使其满足注射成型要求,避免壁厚太厚或留有死角。

8) 浇口太小、流道太细。应根据工艺要求,适当修改模具,扩大浇口,加粗流道,以满足工艺要求。

(5) 制品出现料流痕

1) 料筒温度过低。应加以调整,调定范围为 160 ~ 240℃,适当提高料筒温度。

2) 模温太低。应适当升高模温,调定范围为 40 ~ 80℃。

3) 注射速度太慢。应提高注射速度,调定范围为 1 ~ 5s/次。

4) 保压时间偏短。应适当延长保压时间,控制范围为 20 ~ 60s。

5) 浇口孔径过小。应修改模具,扩大孔径,以适应工艺要求。

6) 模具内未设置冷料井。应修改模具,增设冷料井。

7) 原材料着色不良。应选用更好的着色剂, 重新对原材料着色。

8) 制品形状结构不合理。应修改设计, 以满足工艺条件为准。

(6) 制品表面有气孔

1) 料筒温度太高。应适当降低料筒温度, 调定范围为 160 ~ 240℃。

2) 注射压力太高。应适当降低注射压力, 调定范围为 80 ~ 130MPa。

3) 成型周期过长。应缩短时间, 控制范围为 50 ~ 150s。

4) 保压时间偏短。应适当延长保压时间, 控制范围为 20 ~ 60s。

5) 制品壁厚太大。应减薄制品壁厚, 调定范围为 1.5 ~ 5.0mm。

6) 流道太细, 浇口太小。应适当修改模具, 加粗流道, 扩大浇口, 以满足工艺需要。

7) 原料干燥不充分。应重新干燥, 干燥温度为 70 ~ 80℃, 干燥时间为 2 ~ 4h, 料层厚度为 30 ~ 40mm。

(7) 制品出现银纹

1) 原材料水分含量高。应重新干燥原材料, 干燥条件: 在 70 ~ 80℃ 温度下烘烤 2 ~ 4h, 水分含量低于 0.1%。

2) 排气系统不合理, 模具排气不良。应修改模具排气系统, 使排气畅通, 以满足工艺要求。

3) 喷嘴与模具接触不良。应调整两者的位置与几何尺寸, 使其正确配合以满足工艺要求。

4) 银纹总在一定部位有规律地出现。应检查模具相对应部位是否存有表面伤痕, 如果存有, 应采用机加工、抛光等方法将其消除。

5) 不同规格原材料混用。应更换原材料, 使用相同规格、同批次原料。

6) 物料温度偏高。应适当降低料筒与喷嘴温度, 调定范围为: 料筒温度在 160 ~ 240℃, 喷嘴温度在 180 ~ 260℃。

7) 注射压力太高。应适当降低注射压力, 调定范围为 80 ~ 130MPa。

8) 成型周期过长。应缩短时间, 控制范围为 50 ~ 150s。

(8) 制品出现熔接痕

1) 物料温度偏低。应适当提高料温, 通常调整料筒温度, 调定范围为 160 ~ 240℃。

2) 模具温度偏低。应适当升高模温, 调定范围为 40 ~ 80℃。

3) 注射速度太慢。应提高注射速度, 调定范围为 1 ~ 5s/次。

4) 注射压力太低。应适当升高注射压力, 调定范围为 80 ~ 130MPa。

5) 模具内未设置冷料回路。应改进模具, 重新设置冷料回路。

6) 制品壁厚太薄。应加厚壁厚, 控制范围为 1.5 ~ 5.0mm。

7) 型腔表面沾有异物或杂质。应彻底清理模具。

8) 浇注系统不合适。应修改浇注系统, 改善充模条件, 使物料可畅通注入。

9) 模具排气不良。应改进排气系统, 使其畅通排气, 满足工艺要求。

10) 原材料混入杂质。应彻底除去杂质, 净化原料和加工过程。

11) 脱模剂用量太多。应减少用量, 以最少的脱模剂顺利脱模为目的。

(9) 制品出现气泡

1) 原材料水分含量过高, 应重新对原材料进行干燥处理。干燥条件为 $70 \sim 80^{\circ}\text{C}$, 烘烤 $2 \sim 4\text{h}$, 料层厚度为 $30 \sim 40\text{mm}$, 使水分含量低于 0.1% 。

2) 注射压力太低。应适当提高注射压力, 调定范围为 $80 \sim 130\text{MPa}$ 。

3) 浇口太小、流道太细。应检修模具, 扩大浇口, 加粗流道, 使物料流动顺畅, 满足工艺要求。

4) 制品壁厚变化太大。应对制件壁厚加以修改, 壁厚应控制在 $1.5 \sim 5.0\text{mm}$ 之间, 防止壁厚急变, 设计成合理形体结构, 以适应工艺要求。

(10) 制品出现龟裂或白化

1) 物料温度太低。应适当提高料筒温度, 调定范围为 $160 \sim 240^{\circ}\text{C}$ 。

2) 模具温度偏低。应提高模具温度, 调定范围为 $40 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 。

3) 浇口系统设计不合理, 使熔体流动紊乱。应重新设计并修改浇口, 使熔体流动顺畅, 以满足工艺要求为准。

4) 保压时间太长。应缩短保压时间, 调定范围为 $20 \sim 60\text{s}$ 。

5) 脱模顶出机构不合适。应加以修改, 使顶出机构正确工作到位, 以满足工艺要求。

6) 注射速度太慢。应提高注射速度, 调定范围为 $1 \sim 5\text{s/次}$ 。

7) 注射压力过高。应降低注射压力, 调定范围为 $80 \sim 130\text{MPa}$ 。

8) 嵌件设置不合适。应重新设计达到合适为止。

(11) 制品出现弯曲变形

1) 模具温度偏高。应降低模温, 调定范围为 $40 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 。

2) 冷却时间短, 制品冷却不足, 应适当延长冷却时间, 调定范围为 $50 \sim 150\text{s}$ 。

3) 冷却不均匀。应改善冷却系统结构, 提高冷却效率, 特别是细长制品还应采取特殊的冷却措施, 如胎具固定冷却法或其他方法。

4) 浇口设计不合理。应重新设计, 加以修改, 选用合理的浇口形式, 以满足工艺要求为准。

5) 模具型芯偏差太大。应进行检查修改, 如果不行, 要重新设计制作。

6) 料温偏低。应适当提高料筒与喷嘴温度, 调定范围为: 料筒温度控制在 $160 \sim 240^{\circ}\text{C}$, 喷嘴温度控制在 $180 \sim 200^{\circ}\text{C}$ 。

7) 成型周期偏短。应延长时间, 控制范围为 $50 \sim 150\text{s}$ 。

8) 注射压力偏高。应降低注射压力, 调定范围为 $80 \sim 130\text{MPa}$ 。

9) 注射速度太快。应减缓注射速度, 调定范围为 $1 \sim 5\text{s/次}$ 。

10) 保压时间过长。应适当缩短保压时间, 调定范围为 $40 \sim 60\text{s}$ 。

(12) 制品出现收缩变形

1) 注射压力过低。应适当提高注射压力, 调定范围为 $80 \sim 130\text{MPa}$ 。

2) 保压时间偏短。应适当延长保压时间, 调定范围为 $40 \sim 60\text{s}$ 。

3) 料筒温度偏低。应适当提高料筒温度, 调定范围为 $160 \sim 240^{\circ}\text{C}$ 。

4) 模具温度偏低。应适当提高模温, 调定范围为 $40 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 。

5) 浇口太小。应修改浇口使其变大, 以满足工艺要求。

(13) 制品表面光泽不良

1) 原材料水分含量过高,应重新对原材料进行干燥处理。干燥条件为在 70 ~ 80℃ 之间烘烤 2 ~ 4h,料层厚度为 30 ~ 40mm,使水分含量低于 0.1%。

2) 料筒温度过高。应适当降低其温度,调定范围为 60 ~ 240℃。

3) 注射压力偏低。应升高注射压力,调定范围为 80 ~ 130MPa。

4) 模具温度偏低。应提高模温,调定范围为 40 ~ 80℃。

5) 保压与冷却时间偏短。应延长其时间,调定范围为 40 ~ 50s。

6) 成型周期太长。应缩短时间,控制范围为 50 ~ 150s。

7) 浇口太小。应根据图样要求适当扩大,以满足工艺要求。

8) 模具排气不良。应清理排气系统或增设排气孔,以满足工艺要求。

9) 脱模剂用量太大。应减少用量,以最少的脱模剂达到顺利脱模的目的。

(14) 制品脱模不良

1) 注射压力太大。应降低注射压力,调定范围为 80 ~ 130MPa。

2) 注射速度太快。应减缓注射速度,调定范围为 1 ~ 5s/次。

3) 型腔表面粗糙,阻碍脱模。应采取必要措施研磨、抛光或电镀来降低表面粗糙度,以利于脱模。

4) 脱模斜度不够。应加以改进或检修模具,使之满足工艺要求。

5) 模温与冷却时间控制不当。通常制品的冷却时间应控制在 15 ~ 60s 之间。当制品粘附在芯模处,应提高模温并缩短冷却时间,若制品粘附在型腔内,应降低模温,延长冷却时间。针对具体情况而采取适当措施,以满足工艺要求为准。

6) 脱模顶出机构不合适。应加以改进,以满足工艺要求为准。

7) 料温太高。应降低料筒与喷嘴温度,温度控制范围为:料筒温度控制在 160 ~ 240℃,喷嘴温度应控制在 180 ~ 200℃。

8) 保压时间过长。应适当缩短,调定范围为 40 ~ 60s。

9) 注射量过大。应根据制品质量重新设定注射量。

10) 原料干燥不充分。应重新干燥,干燥温度为 70 ~ 80℃,干燥时间为 2 ~ 4h,料层厚度为 30 ~ 40mm,水分含量低于 0.1%。

11) 模具强度太低,满足不了工艺要求。应加固模具或更换强度更高可满足工艺要求的模具。

12) 排气系统不合理。应加以改进或增设排气孔,以满足工艺要求。

(15) 制品表面划伤

1) 料温过低。应提高料筒与喷嘴温度,温度控制范围为:料筒温度控制在 160 ~ 240℃,喷嘴温度应控制在 180 ~ 200℃。

2) 注射压力过高。应适当降低,调定范围为 80 ~ 130MPa。

3) 保压时间过长。应适当缩短,调定范围为 40 ~ 60s。

4) 模具温度太低。应适当提高,调定范围为 40 ~ 80℃。

5) 顶出机构设计不合理。应加以改进或重新设计制作。

(16) 制品强度太低

1) 注射压力过低。应适当提高,调定范围为 80 ~ 130MPa。

2) 料温偏高。应降低料筒与喷嘴温度, 温度控制范围为: 料筒温度 160 ~ 240℃, 喷嘴温度在 180 ~ 200℃。

3) 原材料中含有杂质。应彻底清除, 无法清除时应更换原材料。

4) 原料干燥不充分。应重新干燥, 干燥温度为 70 ~ 80℃, 干燥时间为 2 ~ 4h, 料层厚度为 30 ~ 40mm, 水分含量低于 0.1%。

5) 模具型腔有缺陷。应进行检修或更换模具, 以满足工艺要求为准。

(17) 制品色泽不均

1) 料筒温度太高。应降低料筒温度, 控制范围为 160 ~ 240℃。

2) 成型周期过长。应加以缩短, 控制范围为 50 ~ 150s。

3) 原材料着色不良。应加以改进, 或选用更好的着色剂重新着色。

(18) 制品表面出现烧焦现象

1) 料温偏高。应降低料筒与喷嘴温度, 温度控制范围为: 料筒温度在 160 ~ 240℃, 喷嘴温度在 180 ~ 200℃。

2) 成型周期过长。应加以缩短, 控制范围为 50 ~ 150s。

3) 注射压力过高。应适当降低, 调定范围为 80 ~ 130MPa。

4) 注射速度太快。应适当放慢, 调定范围为 1 ~ 5s/次。

5) 螺杆背压过高。应适当降低, 调定范围为 14 ~ 40MPa。

6) 浇口定位不合适。应加以改进, 重新定位为好。

7) 模具排气不良。应清理模具排气系统, 增设排气孔为好。

8) 脱模剂用量过大。应减少用量, 以使用最少脱模剂, 达到顺利脱模为目的。

9) 原料干燥不充分。应重新干燥, 干燥温度为 70 ~ 80℃, 干燥时间为 2 ~ 4h, 料层厚度为 30 ~ 40mm, 水分含量低于 0.1%。

二、PMMA 模压成型

1. PMMA 人工颅骨的模压成型

(1) 选材与设备

1) 武汉大学口腔医学院口腔药物材料厂生产的医用 PMMA。

2) 上海五联化工厂生产的甲基丙烯酸甲酯 (MMA)。

3) 天马集团公司生产的无碱玻璃纤维 (已处理)。

4) 武汉理工大学生物中心提供的医用羟基磷灰石 HA (38 μ m)。

5) 上海漕泾机械厂制造的模式成型机。

(2) 人工颅骨的制备工艺 将 PMMA 和 MMA 以 7:3 (质量比) 的比例制成混合液。采取多层复合技术, 铺一层纤维涂一层混合液, 制品厚度在 2.0mm 左右, 表面涂覆 HA 与 PMMA/MMA 均匀层, 厚度在 0.4mm 左右。将复合板放入烘箱内, 温度在 50℃左右, 保温 4h, 使其初步聚合。再进行模压成型, 设置模具温度为 90℃左右, 在模具上涂聚乙烯醇作脱模剂, 压力为 12MPa, 保温 3.5h, 使材料完全固化。待模具温度降到室温时, 取出制品。其工艺流程如图 7-6 所示, 性能分析如下:

1) 人工颅骨的外形结构。按临床使用要求, 可制成不同直径的人工颅骨。为了有利于与头皮的固定, 制品需要打孔。孔的数量不能过多或过少, 过多会影响强度和硬

度；过少则起不到作用。孔径也不能太大或太小，太大也会影响强度和硬度；太小则起不到组织细胞长入，一般以 2~4mm 为宜。

2) 力学性能。对人工颅骨性能进行测试，结果为：拉伸强度 77.4MPa，压缩强度 164MPa，弯曲强度 131.5MPa，冲击强度 2.4J/cm²，密度 1.252g/cm³。为了考查复合材料人工颅骨的力学性能，将人体颅骨、人工颅骨和单纯 PMMA 材料力学性能进行比较，见表 7-27。

由表 7-29 可知，人工颅骨复合材料的拉伸强度、压缩强度及其冲击强度均优于人体颅骨，PMMA 最差。人工颅骨复合材料具有优良的冲击强度，对患者的脑部起重要的防护作用。人工颅骨复合材料的密度低于人体颅骨，这样就不至于压迫患者的大脑。

由表 7-29 发现，人工颅骨复合材料的弯曲强度虽高于 PMMA，但仍低于人体颅骨材料，主要原因是人体颅骨的厚度为 4.0~5.0mm，而试样的厚度仅为 2.0mm。

表 7-27 人体颅骨、人工颅骨和单纯 PMMA 材料力学性能比较

试样	厚度/mm	拉伸强度/MPa	压缩强度/MPa	弯曲强度/MPa	冲击强度/J·cm ⁻²	密度/g·cm ⁻³
人体颅骨	4.0~5.0	24.8~62.0	60.6~132.4	158~172	0.49	1.70~1.80
人工颅骨	2.0	77.3~77.5	162.0~166.0	131~132	1.76~2.71	1.23~1.27
PMMA	2.5	50.0~70.0	—	79.0	0.12~0.25	1.17~1.19

(3) 效果评价 HA 是一种生物活性陶瓷，具有良好的生物相容性和引导成骨的能力。但其难成型固位，质碎、易碎裂游走。医用高分子材料虽具有良好的力学性能，但植入体内后常因生物相容性不佳而导致失败。因此，可将 HA 涂在无机纤维增强的高分子板材上制成多层复合材料，利用 HA 的高弹性模量增加复合材料的刚性及赋予材料生物活性，并作为强度增强因素存在。用这种技术制备的复合材料同时具备良好的生物学性能和力学性能，并且成型和制备简单、使用方便。该试验通过力学性能测试，证实了此复合材料具有良好的物理力学性能，说明该颅骨修复材料可以满足临床要求。

2. 短碳纤维增强 PMMA 颅骨板材的模压成型

(1) 选材 选用国产 PMMA 树脂、医用碳纤维和加工助剂。

(2) 制备方法 首先对碳纤维断切，表面处理，再加入 PMMA 树脂中，采用共混后热压成型方法，将其制成 2mm 厚的 18cm×12.5cm 尺寸的板材待用。

(3) 性能分析 碳纤维作为一种新型的生物材料，具有良好的生物相容性。研究证明，碳纤维生物材料与金属材料相比，不产生腐蚀及释放出对人体有毒的离子；与有

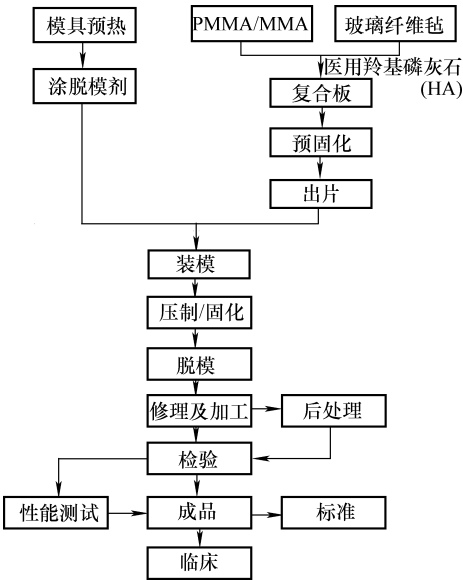


图 7-6 人工颅骨工艺流程

机材料及聚合物相比,不会引起生物老化及释放出毒性的物质。碳纤维复合材料具有优良的力学性能(抗磨损、抗蠕变、高模量、韧性好)和良好的抗生物老化性能。研制的颅骨板材,由上海塑料研究所测试,测试结果表明,该材料弹性模量(刚性)和抗冲击强度,与有机玻璃相比提高两倍,硬度高于颅骨硬度,线胀系数常温时相当有机玻璃在 -40°C 时数值。耐介质试验在常温下350h,几乎无明显增重、增容。板材模压复合材料随机走向的纤维,可阻止裂纹的扩展,具有止裂机理。经35例临床应用,获得满意疗效。研制的短碳纤维增强PMMA颅骨板材具有以下特点:①板材薄、质量轻、不易老化、脆裂、有良好的抗冲击能力。②加热后可塑性和韧性好、易裁剪,塑形后,板材可直接用咬骨钳反复修剪,不需重新加热,缩短了手术时间。③线胀系数小,能耐受一定温差。④术后头颅超声波、头颅摄片、头颅CT、MRI检查均无干扰。⑤长期植入人体内,无不良反应,不变形。

(4) 效果评价 短碳纤维增强PMMA颅骨板材,经过临床35例病人应用及随访观察证明:操作简便,手术时不需进行颅骨上钻孔,损伤小,易剪裁、塑形,植入体内后,局部反应小。材料理化性能稳定,在体内不易老化、脆裂,寒冷或高温天气在户外工作无不适感,术后头颅CT、MRI等检查不受影响,是一种理想的颅骨缺损修补材料。

3. PMMA 曲面罩的模压成型

(1) 简介 PMMA曲面罩用于某产品中显示设备的罩体,对制件的滤波性能、成型质量和环境温度适应性等有着严格的要求,所采用的材料为聚甲基丙烯酸甲酯塑料,颜色为琥珀色。材料性能如下:

- 1) 良好的物理和电学性能。
- 2) 透光率92%。
- 3) 能透过波长 $270\mu\text{m}$ 以上的紫外线。
- 4) 能通过 60°C 、 65°C 或 70°C 的环境温度例行试验。
- 5) 良好的耐电弧性及不漏电性。

显示器罩体滤光板结构曲面部分近似球面。

(2) 成型过程中存在的问题 产品所用的PMMA树脂为浇注型板料,采用成型模具在塑料成型液压机上进行二次成型。曲面罩成型过程中,要达到较高的制作质量,需要有好的排气工艺方法。其主要方法有抽真空排气法、孔排气法和自然排气法。

1) 抽真空排气法。优点是能够得到最为理想的制件质量。制件成型过程中,需要经过预热、成型、保温、降温、取件等工艺过程,再加上抽真空,这就使制件的生产效率进一步降低,制造成本提高。同时要考虑模具的密封,增加抽真空设备。由于零件的结构尺寸大,给模具设计和成型设备带来较大的难度。

2) 孔排气法。是一种比较可行的方法,但会对零件的成型质量产生影响。

3) 自然排气法。成型模具本身不带有排气孔,成型时的排气是靠多次合模和开启过程完成的。这种工艺方法最为方便,但最后会使上下模之间存在微量的剩余气体排不出去,试验发现剩余气体少于一定的数量时是可以忽略的。

(3) 成型工艺的改进方案 第一次的模具设计就是采用自然排气法。经过成型工艺实验后,发现在成型表面的顶部形成部分水迹,这是剩余气体未排出造成的。经过抛

光工艺试验，制件成型曲面的外观仍未达到使用的质量要求。针对这种情况，提出了以下改进工艺方案：

为了解决成型过程中的排气问题，采用了两种工艺措施，即小孔排气和间隙排气工艺措施，现分述如下。

1) 小孔排气工艺措施。为了增加模具的排气功能，在模具凹模面的中心增加一个小排气孔。在成型过程中，大部分气体是经过多次合模和开启过程排出的，最后少量的剩余气体由小排气孔排出。成型工艺试验表明排气效果良好，但在排气孔的位置出现一个小的凸台，凸台形状见图 7-7，其中凸台高度 $h = 1\text{mm}$ ，凸台直径 $d = 1\text{mm}$ （与排气孔大小近似）。将凸台去除后，经过表面抛光处理和环境温度存储试验，在凸台处出现明显的凹坑，在光反射的条件下，有明显的亮点，容易产生对被测目标的识别错误，不能满足制件质量的使用要求。为了有效地分析制件的成型质量，进行了如下工艺试验：

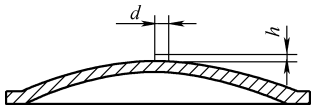


图 7-7 凸台形状

- ①热压成型，修除成型凸包。
- ②抛光处理。
- ③环境温度存储试验。
- ④抛光处理，去除出现的凹坑。
- ⑤环境温度试验。
- ⑥环境温度试验。

上述工艺试验表明，经过三次环境温度存储工艺试验，仍然会产生凹坑亮点，但每一次凹坑的深度都明显地小于上一次，对每一次环境温度试验后进行计量，可得出图 7-8 所示的大致关系曲线。在成型过程中，有机玻璃发生塑性变形，在排气孔周围产生挤压现象，使材料溢出，最终形成圆柱状凸台，在凸台处及其周围会产生热应力集中，并且在一定程度上产生较为严重的材料疏松现象。每一次环境温度工艺试验，其成型残余应力都不能完全消除，同时在试验温度条件下已经开始产生轻微的蠕变现象，这样就不可能满足长期使用要求。成型过程如图 7-9 所示。可以发现沿挤出方向，材料密度逐渐降低。

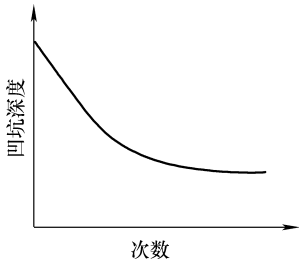


图 7-8 环境试验次数与凹坑深度关系曲线

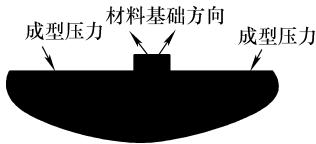


图 7-9 成型过程

2) 间隙排气工艺措施。根据 ABS 塑料模具的成型原理，当间隙 $\leq 0.05\text{mm}$ 时，注塑成型件就不容易产生飞边现象。在成型模具的凹模的底部开一个排气孔，孔中加上一

个销子，即为排气销，排气销与排气孔为间隙配合，并且单边间隙均匀。为了便于工艺试验，配合间隙可以做出多种，对每一种间隙进行工艺试验。

现采用两种模具改进方案，第一种方案的结构形式见图 7-10。在排气销的一个侧边开一个辅助排气孔，辅助排气孔与排气间隙相连，采用这种结构形式，制件成型过程中大部分气体需要用反复合模和开启的方法排出。这种结构形式要求解决一个重要问题：排气销要做到多大才能满足成型过程中的排气要求。

第二种方案的结构形式见图 7-11。在排气销的中间加上一个弹簧，在自由状态下，排气销处于顶出状态，这时呈现较大的排气间隙，可以产生良好的排气效果，不需要反复合模的开启进行排气。在完全达到合模状态下，排气销的顶面与下模面一致，这时剩余气体通过配合间隙进行排气。该方案同样需要辅助排气孔，辅助排气孔与排气间隙相连。这种方法要求弹簧的弹力与成型压力匹配良好。

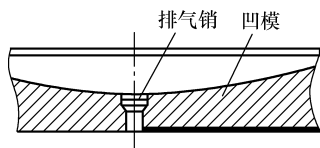


图 7-10 模具改进方案 1

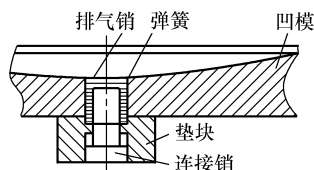


图 7-11 模具改进方案 2

上述模具改进方案中，第二种方案明显优于第一种方案，因此选用第二种模具改进方案做成型工艺试验。

要成型出合格的零件，必须做两个方面的成型工艺试验，一是要保证有合理的排气间隙，二是不要出现挤压飞边，即在成型间隙处不要产生材料疏松现象。根据工艺试验要求，配合间隙做成 0.04mm、0.05mm、0.06mm、0.08mm 四种。

针对该成型零件，经过成型工艺试验，可以得出排气效果和排气间隙的关系，图 7-12 为排气间隙与排气效果的关系。排气效果可以用成型外表面出现的水迹面积与零件整个成型面面积的比值和出现水迹处的曲面变化情况来看综合表示。试验证明，排气间隙约为 0.06mm 时能够满足排气要求。

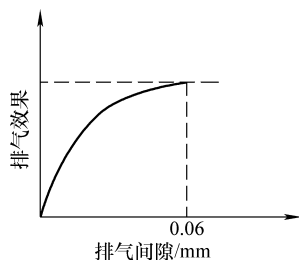


图 7-12 排气间隙与排气效果的关系

试验发现在成型后会在排气间隙处产生环形飞边，配合间隙越大，产生的飞边就越高，成型后的环形飞边见图 7-13。下面用环境温度试验的方法来确定合理的配合间隙。

工艺试验方法与上面相类似，试验证明，当排气间隙在 0.05mm 以下，出现的环形飞边高度不明显（高度约在 0.1mm 以下），经抛光和环境温度存储试验，在排气间隙处的痕迹不明显，能够满足产品质量要求。

(4) 效果评价 对小孔排气法和间隙排气法的工艺改进工艺试验，并对其试验结果进行了对比分析，试验证明间隙排气工艺改进方法取得了良好的效果，解决了生产

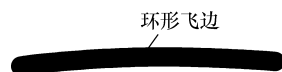


图 7-13 成型后的环形飞边

中的零件质量问题。试验改进方法对其余种类的有机玻璃制品成型的工艺具有一定的指导作用。这里需要指出,由于有机玻璃板材质不同,其成型温度有所不同,所能达到的使用温度也有一定的差别,在选材上应引起重视。

4. PMMA 义齿基托的模压注射成型

(1) 简介 通过加热聚合的义齿基托称为热聚合型义齿基托(或热凝义齿基托)。自从 1936 年德国人首先推出热固性甲基丙烯酸甲酯(MMA)义齿基托材料,以替代当时普遍使用的硫化橡胶,义齿的质量获得了显著的提高。半个多世纪以来,MMA 义齿基托材料因其有良好的理化、力学和生物性能及色泽好、易于加工成型等诸多优越性一直被广泛应用,目前仍是临床上最常用的义齿基托材料,而加热聚合则是该材料固化不可缺少的步骤。但常规模压成型水浴热聚合技术工序烦琐,聚合时间长,聚合过程不易控制,且在聚合过程中常因操作和聚合方法不当而造成聚合体出现气泡、变形、残余单体含量过高等,使修复体的物理性能降低,甚至可损伤患者的口腔粘膜,这些情况都严重影响了义齿的修复效果。为此,各国研究人员都在不断地开发研究和改进 MMA 义齿基托材料的聚合成型工艺。为了更好地运用 MMA 材料制作义齿基托,提高功效,应开发研制出性能更佳的义齿基托成型新工艺。

(2) 热压注塑成型工艺 热压注塑是一种注射兼模塑的成型方法,又称为注压成型,是塑料成型加工最普遍也是最早的成型方法,其原理是利用树脂的热可塑性(绝大部分的义齿塑料基托是由 PMMA 和 MMA 混合后加热聚合固化成型的),而 PMMA 又是热塑性树脂,玻璃化温度为 105°C ,熔融温度大于 160°C ,分解温度在 270°C 以上,可供成型的温度范围较宽且温度要求低,具有良好的热塑性,同时加热熔融不影响 MMA 树脂色泽的透明性和力学性能等固有特性,因此可以使用热压注塑的方式对 MMA 固化成型制成义齿基托。将聚合物颗粒材料放入注射机的料斗内,经过加热、压缩、混合和输送作用,使高分子物料均化和熔融,从而使树脂高温融化具有流动性,这一过程就是塑化。然后借助于螺杆向融化的聚合物熔体施加压力,则高温熔体便通过料筒前面的喷嘴和模具的浇注口射入预先闭合好的低温模具模腔内,经过冷却定型即可开启模具,取出所需义齿制品。PMMA 等树脂对成型设备要求不高,常见的柱塞式注射机和螺杆式注射机只要基托材料用量不超过最大注射量的 70%~80% 均可进行注塑加工。

随着塑料的飞速发展,新型高分子材料和工程塑料的不断推出,“以塑代钢”、以塑料代替其他非金属材料的愿望正逐步实现。目前多数注射成型义齿基托材料仍采用水粉调和后先进行注射成型,然后在压力下再加热固化,其中具有代表性的 SR-Ivocap 持续注压义齿固化系统就是按照此原理设计的注射系统,一般认为此类注射成型基托较传统水浴有更好的精度和力学性能。另一类真正意义上的注射系统其原理就是直接使用塑料颗粒热熔融合后在压力下注射成型,在日本、美国以及我国均有开展,对制品研究的结果表明,作为义齿基托,其生物相容性、物理力学性能、残留单体以及吸水性等方面都有较大的改进,同时此注射方法解决了咬骀增高、边缘不清等问题;由于此方法压力均匀,避免了填胶引起的石膏压缩变形,义齿戴上后,可适性增强等,目前仍在使用的还有美国的隐形义齿等。

(3) 电热聚合器固化工艺 电热聚合器固化义齿基托塑料的工作原理为:该设备

加热选用半导体热敏元件,加热方式为通过电热的传导,使位于两个加热盘之间的模具上下受热,并通过控温电路使树脂在合适的温度、时间范围内逐步固化,从而达到最佳的聚合效率。通过电热聚合器固化义齿基托基料,可以将树脂的加压和热处理功能合为一体,设有 68℃ 和 100℃ 两个温度档,并且具有相应符合树脂热聚合工艺规范要求的恒温时间。只要夹紧模具,接通电源,旋转定时器,即可按照热处理要求自动完成 68℃ 和 100℃ 的恒温温度及恒温时间,整个热处理过程需用 130min,不需要人工管理而自动完成,使用十分方便。由于耗电量小,热能高,热处理一次耗电量不超过 $0.4\text{kW} \cdot \text{h}$ 电,此外该工艺为干加热,不需用水,故属于节能型工艺。此工艺虽为干热法,但石膏内存有的少量湿度可以保证热传导的均匀性,从而使得通过电热聚合器固化的义齿基托塑料在硬度、弯曲强度、冲击强度等性能方面与通过常规水浴法者无明显差异。

(4) 微波固化工艺 微波加热固化义齿基托材料的聚合原理是:树脂单体包括极性材料和非极性材料,不带电的树脂一旦受到高频电场的作用,则成为极性材料,并产生随频率的旋转振动,使无数个甲基丙烯酸分子运动加剧,互相摩擦而产生诱电体和热,从而完成聚合反应。由于单体分子运动加剧,有利于形成较高相对分子质量的聚合物,因而可得到力学性能优良的义齿基托材料。

微波固化义齿基托材料工艺所需设备较为简单,只要一台功率为 250W、频率为 2450Hz 的家用微波炉和特制的加压硬质塑料模具即可。先按常规方法装模(但必须使用特制的加压硬质塑料模具替代目前水浴法所用的金属模具),然后将模具放入微波炉的旋转平台上,对其上下两面各处理 6min,取出后在室温下完全冷却 4h 后即可开模。(Ilbay SG 等人则建议微波法的最佳条件为:将加压硬质塑料模具放在 550W 的家用微波炉中处理 3min 即可)。Loh PL 等人对通过微波固化的义齿基托材料在力学性能方面的研究表明,其硬度、冲击强度及色泽与常规水浴法对比没有显著差异,但其单体转化率较高、残余单体含量明显减少。

义齿基托材料在聚合过程中要获得良好的尺寸稳定性及精确的适合性是十分重要的,它是临床应用中使义齿获得良好的固位和稳定的前提。试验研究显示微波固化的义齿基托具有更好的尺寸精确性和稳定性及适合性,这可能是微波加热固化义齿基托时,石膏模型和义齿基托树脂中的升温速度是同步的,二者之间的温度差很小;而常规水浴法固化时包埋石膏的边缘和中心有较大的温度差。石膏包埋料内温度变化率小是微波固化义齿基托材料尺寸精确度好的主要原因。

微波能固化义齿基托材料工艺可大大的缩短热处理固化时间,提高功效;所用设备简单且清洁卫生,因此微波能不失为一种良好的、可开发的固化义齿基托材料的热源。当然在微波热处理过程中功率不可太大,升温不可太快,否则会产生低相对分子质量的聚合物和单体汽化形成气泡;另外该工艺还需要特制的硬质塑料型盒且加压力量太大型盒易破碎等问题尚需进一步研究。

(5) 快速自控热处理工艺 热聚合 PMMA 用于制作义齿基托已有近 70 年的历史,并建立了一整套常规制作工艺,但在临床完成过程中,常产生气泡、变形、飞边和义齿咬骀抬高等问题,且工序多,热处理时间长。为此第四军医大学口腔医学院的施长溪等人自行研制的多功能树脂处理器,运用义齿塑料基托热压灌注成型新工艺,经 10 多年

来的测试和临床应用,对简化修复体制作工艺,提高质量,缩短树脂热处理时间取得了良好的效果。但原设计的聚合器较为笨重,而且必须配套使用空压机,限制了推广使用。经一年多的改造研制,简化了结构设计,由空压机气体加压改为直接液压,免去了配套空压机,并采用智能温控仪,减小了聚合器的体积和质量,降低了造价,使聚合器更有推广应用的前景。

快速自控塑料热处理制作新工艺的聚合原理是基于塑料聚合反应中的两个特点所决定的。特点之一是塑料在聚合反应过程中,增加蒸气压力可提高塑料单体的沸点。据试验测试,当塑料水浴热处理时,加压至 0.4 ~ 0.6MPa, MMA 单体的沸点从常压的 100.3℃ 提高至 150.9 ~ 168.9℃,因此,当塑料加压聚合快速升温至 120℃ 时,塑料可快速而较完全地聚合,而 MMA 单体不会大量挥发,可减少义齿基托内气泡的产生。塑料聚合反应的另一特点是聚合反应速度随温度的上升而加快,在室温附近每增加 10℃,聚合速率可增快 2 ~ 3 倍。当灌注时,塑料自然流动,避免了常规压缩充填可能破坏石膏模型和分离剂薄膜以及增高塑料基托厚度等缺点。

通过快速自控塑料热处理制作新工艺固化的义齿基托材料在力学性能方面的研究表明,其挠曲度、弯曲强度、冲击强度、表面硬度等方面与常规水浴法无显著差异,而其抗压强度比常规法高,吸水性和残余单体含量比常规法小。

采用该聚合器制作修复体的主要优点是:简化制作工艺,整个聚合过程自动控制;可明显缩短热处理时间;尤其是对大基托石膏包埋灌注成型的基托,不用模具,不涂分离剂;完成后的义齿基托无飞边,不增加义齿咬殆高度,因而免去了复杂部分义齿的临床调殆时间,对提高修复体的质量具有重要意义。

传统水浴法制作义齿基托的历史已有近 70 年的历史,该方法具有所需器械简单,整个操作过程容易控制等优点。但是,如果基托厚、粉液配比失调、充填不足、压力不够、充填过早或过晚、单体泄漏到石膏内等,都可使水浴法固化基托产生气泡,而且水浴法还有固化时间长,残留单体相对较多,操作者工作强度大等缺陷,由此产生了以上所述的热压注塑、电热聚合、微波固化、快速自控气压及液压热聚合等固化成型工艺以及上述固化工艺间的交互使用,如灌注与微波固化的结合使用,但每种工艺都有其优缺点。基于这些固化新工艺各自的特点,使其在临床实践工作中具有很大的推广应用价值,但尚不能完全替代传统水浴法。因此,探索更理想的义齿树脂基托固化成型工艺是必要的,也是十分有意义的。

三、抗静电 PMMA 板材的浇注成型

以季铵盐表面活性剂为抗静电剂,配以适当增容剂,采用内部添加法,将抗静电剂溶解于单体中制浆后进行浇注聚合,制得有良好的抗静电性的透明有机玻璃。

1. 选材和配比

- 1) 甲基丙烯酸甲酯:晨光化工二厂生产,工业级,100 份(质量份,下同)。
- 2) 季铵盐抗静电剂:工业级,1 ~ 5 份。
- 3) 增容剂:化学纯,1 ~ 7 份。
- 4) 引发剂:碳酰过氧化物,化学纯,0.06 份。

2. 制备方法

1) 模板硅玻璃预处理。用纱布或绸布蘸有机硅化合物的乙醇溶液擦拭洗净已烘干的模子硅玻璃，横向擦一遍，待乙醇挥发后，纵向再擦一遍，在室温下保持一定时间，用干净的纱布或绸布擦去表面痕迹。

2) 聚合工艺，工艺流程见图 7-14。

3) 工艺过程简述如下：按一定比例配料，在沸水中预聚至所需粘度。冷却至 40℃ 左右，真空脱泡数分钟，灌入模子。在 55 ~ 60℃ 烘箱中聚合至凝胶，适时拉去胶管。待完全固化后升温至 80℃（升温速度 20℃/h，下同），保持 2h，升温至 100℃，保持 2h。同速降温至 60℃，自然降温至室温出片。

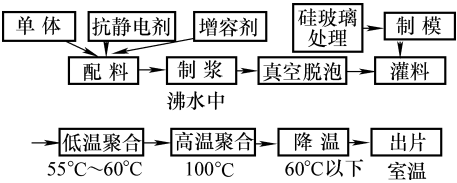


图 7-14 制备 AS 抗静电有机玻璃板工艺流程

3. 性能分析

1) 主要性能及和国外同类商品性能比较。抗静电有机玻璃板的主要性能列于表 7-28。

表 7-28 抗静电有机玻璃板的主要性能

	透光率(%)	拉伸强度/MPa	冲击强度/kJ·m ⁻²	热变形温度/℃	表面电阻/Ω
AS 抗静电板	≥90	69.3	18.3	84.5	2.3 × 10 ¹¹
国产工业有机玻璃	≥91	≥63	≥17	≥76	>10 ¹⁵

注：1. 测表面电阻样片厚 2mm，其余为 3mm。
2. 国产工业玻璃性能数据除表面电阻外，为国家标准。

由表 7-29 可知，抗静电有机玻璃浇铸板不仅有良好的抗静电性，且主要物理力学性能均达到或超过国产工业玻璃水平。

国外有机玻璃的主要性能列于表 7-29。

表 7-29 国外有机玻璃的主要性能

牌 号	透光率(%)	拉伸强度/MPa	缺口冲击强度/kJ·m ⁻²	热变形温度/℃	表面电阻/Ω
SF	93	65.7	1.57	75.8	10 ¹⁰ ~ 10 ¹¹
TB				71.8	
YM-201	90	29.3	5.88	84	3 × 10 ¹¹
YM-301	91	33.3	4.90	86	10 ¹²
AS	93	58.8	1.96	80	

注：性能测试方法为 ASTM：透光率 D-1003，拉伸强度 D-638，缺口冲击强度 D-256，热变形温度 D-648，表面电阻 D-257。

由表 7-28 和表 7-29 可知，除冲击强度外，抗静电有机玻璃的主要性能和国外同类商品的性能相当。

2) 抗静电机理探讨。有人选用季铵盐表面活性剂作抗静电剂，表面活性剂分子

一般含有亲水和亲油性两个部分,亲油部分和高分子材料有较强的亲和力而吸附于表面,亲水部分则对着空气,吸收空气中的水分。由于表面活性剂分子和水分子的极性,在有机玻璃表面形成极薄的导电层,从而产生抗静电效应。选用的季铵盐表面活性剂的亲水部分有较强的吸水性,所以有较好的抗静电性。季铵盐属离子性化合物,有很高的导电性,导电性越好,抗静电性就越好。另外,抗静电剂作为一种添加剂,其分子在塑料中会起一定作用,也能促进抗静电效应。例如,塑化使用使聚合物的介电常数发生变化;相互电作用使聚合物分子极化等,都可以使塑料本身产生一定的导电性。

3) 影响抗静电性的主要因素。由于只有制品表面上的抗静电剂起作用,为了使表面有足够的抗静电剂浓度,要求有足够的添加量,选用的季铵盐优良的抗静电性,加入少量即有明显的抗静电效应;抗静电剂和有机玻璃应有合适的相容性,相容性太好,抗静电剂不易向表面迁移,若要使表面有足够的浓度,必须加量较大,但这有可能影响有机玻璃的原有物性,且当表面的抗静电剂损失后难于恢复。但相容性太差,抗静电剂大量渗出,可能使表面有油腻感,严重时出现“结霜”现象。所选用的季铵盐,加量适当量,板材放置数月,表面无油腻感,但表面抗静电剂水洗失去后恢复比较困难,这可能和有机玻璃相容性较好有关;有机玻璃的 T_g 高达 100°C 以上,对抗静电剂的分子运动是不利的,也妨碍季铵盐分子向表面的迁移。

4) 模子硅玻璃表面处理的作用。季铵盐抗静电剂本身有良好的润滑作用,易使板材在聚合过程中提前脱模,表面产生皱纹状空穴(俗称“风纹”)而不能得到平整的浇注板,这是一个技术难点。经筛选,采用有机硅化合物的醇溶液预先处理硅玻璃,使硅玻璃表面形成极薄的有机硅化合物膜,该膜对无机玻璃和有机玻璃均有适当的粘接力,从而防止了有机玻璃提前脱模,制得了平整板材。

5) 增容剂的作用。季铵盐抗静电剂油溶性较差,虽在甲基丙烯酸甲酯单体中有相当溶解度,但在单体聚合后则因溶解度减小而析出,无法得到透明板材。因此,寻找合适的能增加抗静电剂在有机玻璃中溶解度的“增容剂”是一个技术关键。增容剂应既能和所选用的季铵盐有良好的相容性,也和有机玻璃有良好的相容性。增容剂用量太少,则起不到增容效果;用量过多,虽在单体聚合率很高时,抗静电剂也不会析出,但增大了抗静电剂和有机玻璃的相容性,使板材表面的抗静电剂浓度降低而达不到抗静电要求。因此增容剂的种类、组成和加量必须与季铵盐抗静电剂的种类、组成和加量相适应。从不饱和有机酸、不饱和有机酸酯、饱和有机酸、多元醇等化合物中筛选出的增容剂及其加量,效果较好,制得了透明的有良好抗静电性的有机玻璃浇注板。

4. 效果评价

1) 用季铵盐表面活性剂类抗静电剂,配以合适的增容剂,制得的抗静电有机玻璃浇注板,表面电阻达 $10^{11}\Omega$ 数量级,并保持了有机玻璃的良好透明性及主要物性,主要性能和国外同类商品相当。

2) 用合适的有机硅化合物及适当的工艺处理模子,有效地解决了聚合过程中有机玻璃提前脱模则出现皱纹状空穴(风纹)的问题,制得了平整的浇注板。

四、PMMA 板材吸塑成型

1. 选材

- 1) 甲基丙烯酸甲酯单体（MMA、生料）：工业级。
- 2) 甲基丙烯酸甲酯预聚体：（熟料，颖美压克力有限公司）。
- 3) 偶氮二异丁腈（AIBN，引发剂）：工业级。
- 4) 共聚单体（IA）：化学纯，天津化学试剂厂生产。
- 5) 邻苯二甲酸二丁酯（DBP）：化学纯，广州番禺化学试剂厂生产。
- 6) 硬脂酸：化学纯。

2. 制备方法

将一定的比例在容器中称入甲基丙烯酸甲酯单体、甲基丙烯酸甲酯预聚体、偶氮二异丁腈、硬脂酸以及 DBP 或 IA，搅拌后灌入玻璃模具，排除气泡，放入恒温水箱中，在一定温度恒温水浴加热 2h 左右，待其初步聚合硬化后置于 100℃烘箱中恒温 1h，然后取出自然冷却，拆模即得试样。

吸塑成型的模具是为试验而特制，综合考虑实际生产时模具的最大深度及试件尺寸，模具的大小设计为长×宽×深=180mm×180mm×150mm。试样在 170℃左右烘烤 10min 左右，取出后迅速置于模具上，夹紧，并立即开启真空阀进行真空吸塑成型，成型好之后吹风冷却。

3. 性能分析

1) IA 及 DBP 对吸塑成型性能的影响。不同掺量的 IA 及 DBP 对 PMMA 吸塑成型性能的影响见表 7-30。从成型的结果来看，没有添加增塑剂的试件，其柔韧性确实不能满足吸塑成型的要求，试样在吸到模具中部时吸破。加了增塑剂后，每个试件都能吸成，但掺量太少时，吸不到位，在掺量达到 4% 时，已能满足成型要求。

表 7-30 不同掺量的 IA 和 DBP 对 PMMA 吸塑成型性能的影响

吸塑成型结果	掺量(质量分数,%)			
	0	3	4	5
IA	吸破	未吸到位	吸成	吸成
DBP	吸破	未吸到位	吸成	吸成

2) IA 及 DBP 对力学性能的影响。不同掺量的 IA 和 DBP 对聚合物力学性能的影响比较见表 7-31 和表 7-32。从表中可以看出，随着 IA 和 DBP 掺量的增加，材料的拉伸强度先是有所上升，然后下降。拉伸强度的上升是因为增塑剂的反增塑效应造成的。在掺量过了反增塑阶段后，拉伸强度开始下降。材料的冲击强度则呈现先下降后上升的趋势。冲击强度的下降也是反增塑所致，之后随着掺量的增加，分子链间的作用力减小，材料的柔韧性开始增加，冲击强度便上升。

表 7-31 不同掺量 IA 和 DBP 的拉伸强度比较

拉伸强度 /MPa	掺量(质量分数,%)					
	0	1	3	5	10	15
IA	52.86	66.87	66.97	69.02	68.01	54.06
DBP	52.86	68.01	68.28	63.75	59.56	—

表 7-32 不同掺量 IA 和 DBP 的冲击强度比较

冲击强度 /kJ·m ⁻²	掺量(质量分数,%)					
	0	1	3	5	10	15
IA	2.68	2.66	2.67	2.68	2.83	3.01
DBP	2.68	2.62	2.25	2.35	2.68	2.76

3) IA 及 DBP 对聚合物 T_g 的影响。增塑剂对高分子材料最显著的影响就是降低其玻璃化转变温度 T_g 。IA 及 DBP 对 PMMA 玻璃化转变温度的影响见表 7-33。从表中可以看得出,随掺量增加。PMMA 的玻璃化转变温度是下降的,这与增塑的规律相符,IA 对 PMMA 玻璃化温度的影响比 DBP 稍小。

表 7-33 IA 和 DBP 对 PMMA 玻璃化转变温度的影响

$T_g/^\circ\text{C}$	掺量(质量分数,%)			$T_g/^\circ\text{C}$	掺量(质量分数,%)		
	0	5	10		0	5	10
IA	114.91	107.38	86.03	DBP	114.91	105.84	83.59

4) IA 及 DBP 的热失重分析。IA 和 DBP 在进入 PMMA 后,在加工成型温度下是否容易挥发是实际生产比较关键的问题。图 7-15 显示了这两种物质在成型温度下掺量为 10% 时的失重情况。从图 7-15 中可以看出,IA 的失重曲线很快就趋于平直,这是因为 IA 已与 MMA 共聚,在材料中的一些小分子杂质挥发完后,材料的质量就基本不变。而 DBP 的失重趋势则是一直下降的,因为 DBP 本身就是一种小分子物质,DBP 在加工温度下持续的时间越长,损失越多。

5) IA 及 DBP 对 PMMA 的静态热力学性能的影响。PMMA 加入 IA 和 DBP 样品的温度形变如图 7-16 所示。

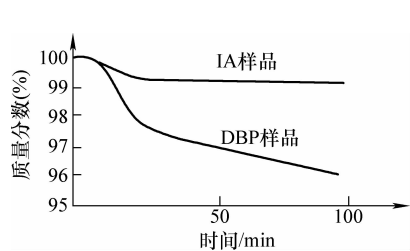


图 7-15 PMMA 中掺入 10% IA 和 DBP 后的失重图

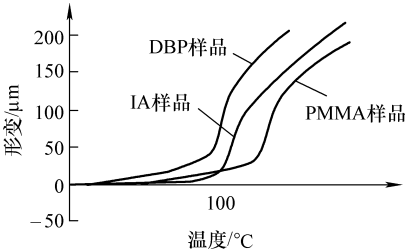


图 7-16 PMMA 加入 IA 和 DBP 样品的温度形变

从图 7-16 中可以看出,在进入高弹态后,相同温度相同应力下,加入 DBP 的 PMMA 形变最大,IA 次之,这说明 DBP 和 IA 都能改善 PMMA 的柔韧性,从成型的难易程度来看,DBP 的柔韧性较好。从图 7-16 中还可看出,DBP 与 IA 相比,DBP 降低 PMMA 的玻璃化转变温度的程度最大,为 120.62℃,IA 的影响稍小,为 124.90℃,空白 PMMA 则为 146.68℃。由 IA 的温度形变图来看,曲线中只出现一个玻璃化转变,可部分

说明 IA 已与 MMA 共聚合, 但对共聚物进行表征还需进一步的工作。

4. 效果评价

IA 通过与 MMA 共聚能改善 PMMA 成型时的柔韧性, 且不存在挥发性的问题, 但其改善柔韧性的效果却比 DBP 稍差, 对 PMMA 其他性能的影响则与 DBP 相当。因此, 可以考虑用部分的 IA 代替 DBP 来改善 PMMA 的性能。

五、有机玻璃晴雨挡的热成型工艺与质量控制

随着汽车工业的发展和人们对汽车功能、美容装饰要求愈来愈高, 汽车美容装饰行业蓬勃发展, 汽车门窗晴雨挡 (见图 7-17)、风窗玻璃遮阳挡 (见图 7-18) 应运而生。晴雨挡的作用是汽车在快速行驶途中或雨中, 门窗玻璃可打开部分使车内空气流通, 同时避免风沙直接吹入车内或雨水流入车内, 克服了汽车在下雨天、高速路行驶不敢开窗的缺点。遮阳挡的主要作用是为驾驶员在夏天开车时遮挡部分阳光又不致于影响开车视线。

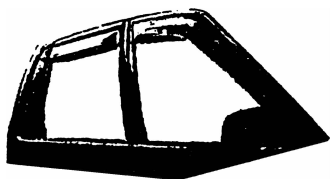


图 7-17 汽车门窗晴雨挡

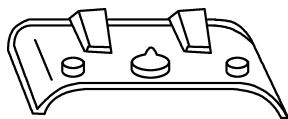


图 7-18 挡风玻璃遮阳挡

1. 成型工艺

晴雨挡、遮阳挡均用热塑性塑料板材

有机玻璃 (聚甲基丙烯酸甲酯) 热成型制成。通过泡沫双面胶将晴雨挡贴于车门窗上方, 遮阳挡还应加上支撑螺栓安装。有机玻璃板透光性好, 抗冲击性高, 并能抗光老化。考虑阳光照射及对人的视力保护, 选用了墨绿色板材, 晴雨挡板厚为 1.5mm, 遮阳挡板厚为 3mm。据资料介绍, 成型温度为 110 ~ 160℃, 脱模温度为 60 ~ 70℃, 线胀系数为 $(7.5 \sim 9.0) \times 10^{-3}/K$ 。

由于汽车型号、种类繁多, 而汽车装饰并非强制性, 因此每种车型晴雨挡、遮阳挡市场销售份额决定了在保证产品质量前提下产品制作工艺、模具设计制造应尽量从简, 从而节约费用, 降低生产成本。

(1) 晴雨挡成型工艺 先将带有保护膜的板材置于干净平台上, 对应不同车型用样板排样、裁料, 然后把裁片放入电加热管加热炉内。电加热管上下均布, 裁片放入中间层的滑架上。加热力求均匀、热透。注意温度控制, 温度稍高了会出现板材变色, 过热会出现板材起泡或烧焦; 温度稍低, 成型不完整。经摸索温度控制在 120 ~ 130℃ 较为合适。把热透的裁片放入夹持框架中, 车窗晴雨挡夹具见图 7-19, 夹具由双层组成, 沿铰链轴夹具可开合, 开启放入裁片后合模扣紧。夹具工作面形状必须与车门、窗玻璃上方曲面形状吻合, 以利于

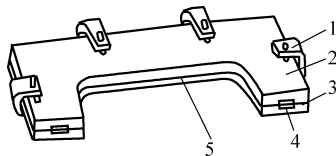


图 7-19 车窗晴雨挡夹具

1—夹持装置 2—上模 3—下模
4—铰链 5—工作面

贴合。产品外凸曲面形状无模具成型，因制作曲面模具复杂，成本高，所以外凸曲面形状完全由手工反复快速拉伸变形而成。曲面形状取决于工人的手工操作技术。而由于质量管理采取了相应措施，从未出现过形状质量问题，手工拉伸变形是晴雨挡生产工艺的一大特点。一般情况下空冷，在夏天可适当风冷，手感硬化取件。如冷却不足，产品会发生变形。从片料上夹具、手工成型、冷却、取件，成型周期约 1min。产品工艺流程为：裁片—加热—成型—冷却—取件—修边—磨边—抛光—包装—入库。

(2) 遮阳挡成型工艺 裁料、加热工序同上，遮阳挡产品壁厚，表面积大、仅长度就有 1m 以上，其上有通风及增加刚性的高凸包，（车后遮阳挡无通风凸包），适合于覆盖成型。采用的模具以凸模为主，凸模形状和产品形状完全吻合（见图 7-20），应特别注意控制模具与汽车风窗玻璃上方的曲面形状吻合。

将加热片料放于凸模上，用带有一定质量的夹持框架将片料扣覆在凸模上，而后凭借施加的压力排气和片材变形，使其片材、框架、凸模完全贴合。经空冷或风冷硬化定型，取件。成型周期为 3min。产品工艺流程为：裁片—加热—覆盖成型—冷却—取件—修边—磨边—抛光—包装—入库。

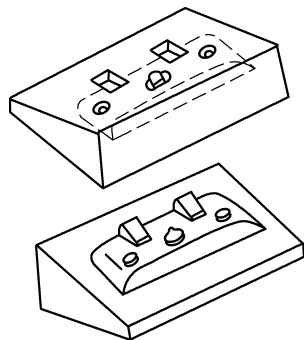


图 7-20 凸模

2. 模具及产品质量

有机玻璃板热成型需要的压力不高，对模具的刚度要求比较低。常用的模具材料有：木材、石膏、塑料（酚醛、聚酯等）、铝、铜等。

汽车晴雨挡、遮阳挡产品透明，外观质量要求特别高，不允许有划伤、麻点、气孔、擦伤等任何影响外观的缺陷。生产中，从最初的裁片工序到最后的包装工序都采取了措施，保持工作场地的清洁，要求工人轻拿轻放产品，保证产品不被擦伤和划伤。但是产品表面麻点、气孔、光亮则靠成型工艺条件和模具保证。考虑成本问题，在模具内未设计冷却装置，为节约材料和良好散热，大型模具做成空心结构。木材制作的模具、夹具尽管表面易加工平整，但毕竟有木纹，表面粗糙，针对有机玻璃板的热强度、拉伸强度以及对模具表面的粘接特性，直接在木模上生产产品会出现粗糙无光且有纹路的表面，产品不合格。生产中，改用了表面光滑的绝缘板和有机玻璃本体板贴在模具或夹具接触工件的表面上，生产出的产品表面光亮，但出现针孔。经过分析发现是由于绝缘板和有机玻璃本体板散热透气条件较差而热板材表面强度较弱，空气截留在光滑模面上而形成。决定在木模接触产品的表面贴上一层散热性良好的铝板，表面进行抛光处理。重视模具散热排气问题，在模具、夹具凹形处和产品修边线外的部分多开排气槽，同时在成型工艺条件上作一些相应改进，最终得到了无缺陷的产品。

3. 效果评价

在生产规模较小、品种规格较多的晴雨挡等有机玻璃板材的热成型产品生产，只要严格控制产品质量，采用上述简易模、夹具，以人工操作为主的生产方式，对于降低生产成本是一条实用的捷径。

第八章 氨基塑料

氨基塑料是指含有氨基或酰氨基的单体与甲醛缩聚而成的热固性塑料。

第一节 主要品种与性能

一、脲醛塑料

脲醛塑料（UF）由尿素与甲醛缩合，再与 α -纤维素或其他填料，以及脱模剂、着色剂、固化剂等经捏合、辊压、粉碎而成模塑粉。

1. 脲醛塑料的特征

- 1) 模塑料为无嗅、无味、无色（一般为白色）的半透明粉料。
- 2) 模塑制品硬度大，冲击强度低，难燃，有自熄性、防霉性，耐电弧性好。
- 3) 耐候性、耐热性差，使用温度小于 60℃。
- 4) 耐油、耐溶剂性好，但不耐酸、碱和热水。
- 5) 与 α -纤维素等填料粘接性强，着色性好，固化速度快，价格便宜。

2. 脲醛塑料的成型加工

脲醛塑料的熔体流动性很好，可用模压、传递模塑、层合、贴合、发泡粘接等成型加工，也可用热固性注塑剂注塑。

以 α -纤维素为填料的脲醛模塑料，其模压和注塑的温度分别为 135 ~ 175℃、143 ~ 160℃，成型压力为 14 ~ 140MPa，其成型收缩率为 0.006 ~ 0.014cm/cm。

脲醛模塑料的吸水性较大（约 0.6%），因而成型前必须预干燥。

3. 应用

脲醛模塑料的模压、注塑制品主要用作日用品，如钢扣、餐具、化妆品容器、玩具等，工业用品如电器中的开关、插座、照明器具、外壳等。浸渍纸、棉布、玻璃布等浸渍脲醛树脂可层合制贴面装饰板和层合材料。用甘油醚化的脲醛树脂，加乳化剂、泡沫稳定剂和固化剂后，可模压发泡，脲醛泡沫塑料质轻、价廉，隔声、隔热效果好，不燃，但强度很差，只能作夹芯层。

4. 脲醛塑料的牌号、性能与应用（见表 8-1 ~ 表 8-6）

表 8-1 脲醛树脂的性能

指标名称	578-1 脲醛树脂	301 改性脲醛树脂	TQT(RBCM)脲醛树脂
	上海新华树脂厂	天津市大盈树脂塑料有限公司	乌鲁木齐石化总厂
外观		淡棕黄色透明粘性液体	无杂质透明液体
固体含量(%)	58 ~ 62	60 ± 5	60 ~ 68

(续)

指 标 名 称	578-1 脲醛树脂	301 改性脲醛树脂	TQT(RBCM)脲醛树脂
	上海新华树脂厂	天津市大盈树脂塑料有限公司	乌鲁木齐石化总厂
粘度(涂 4 杯)	50s(25℃)	1.5 ~ 4Pa · s(20℃)	160 ~ 500mPa · s
游离醛(%) ≤		6	0.5
酸值/mgKOH · g ⁻¹ ≤	2	1	2

表 8-2 脲醛树脂的技术指标

项 目	5011 脲醛树脂	301 改性脲醛树脂	302 改性脲醛树脂
	上海新华树脂厂	天津树脂厂	长春化工三厂
外观		淡棕黄色透明粘性液体	黄至棕色粘稠状液体
固体含量(%)	55 ± 2	55 ~ 65	
粘度	60 ~ 150s(25℃,涂 4 杯)	0.5 ~ 1Pa · s(20℃)	10min(20℃,涂 4 杯)
游离醛(%) ≤		10	5
pH 值	7 ~ 8.5	6.7 ~ 7	6.7 ~ 7.2
用途	层压板、胶合板、家具及其他木材粘接	木制品、木器家具粘接等	铸造、热芯混砂用

表 8-3 脲醛塑料粉的性能 (GB/T 13454—1992)

项 目	AL				A2
	脲醛塑料粉				
	一级品		二级品		半透明脲 甲醛塑料粉
	粉状	粉粒状	粉状	粉粒状	
外观	成型制品应表面光滑,色泽鲜艳均匀,允许有一定的杂色点,其分布在直径 100mm 圆板两面的表面上,直径 0.3 ~ 0.5mm 的不超过 2 点,直径 0.3mm 以下的不超过 15 点		成型制品应表面光滑,允许有一定的杂色点。其分布在直径 100mm 圆板两面的表面上,直径 0.5 ~ 1mm 的不超过 2 点,直径 0.3 ~ 0.5mm 的不超过 30 点		成型制品应表面光滑,色泽鲜艳均匀,允许有一定的杂色点,其分布在直径 100mm 圆板两面的表面上,直径 0.3 ~ 0.5mm 的不超过 2 点,直径 0.3mm 以下的不超过 15 点
耐沸水性	直径 100mm 左右圆板在沸水中煮 30min 立即取出检查,表面无糊烂现象,允许有轻微褪色,表面用指甲刮后无破损,但允许有轻微皱皮				
密度/g · cm ⁻³ ≤	1.5		1.5		1.5

(续)

项 目	AL				A2
	脲醛塑料粉				
	一级品		二级品		半透明脲 甲醛塑料粉
	粉状	粉粒状	粉状	粉粒状	
比体积/mL · g ⁻¹ ≤	3	2	3.5	2.5	3
水分及挥发物 ^① (%) ≤	4	4	5	5	
吸水性(%) ≤	0.5	0.5	1	1	
收缩率(%)	0.4 ~ 0.8	0.4 ~ 0.8	0.4 ~ 0.8	0.4 ~ 0.8	0.4 ~ 0.8
马丁耐热/℃ ≥	100	100	90	90	90
拉西格流动性/mm	140 ~ 200	140 ~ 200	140 ~ 200	140 ~ 200	140 ~ 200
冲击强度/kJ · m ⁻²	8	7	6	6	7
弯曲强度/MPa ≥	900	900	800	800	900
介电强度/kV · min ⁻¹ ≥	10	10			
表面电阻/Ω ≥	1 × 10 ¹¹	1 × 10 ¹¹			
体积电阻率/Ω · cm ≥	1 × 10 ¹¹	1 × 10 ¹¹			

① 质量分数。

表 8-4 脲醛塑料粉技术指标 (GB/T 13454—1992)

指 标 名 称	UF1P-A UF1G-A	UF1P-C UF1G-C	UF1T-A	UF5P-C	UF1P-E UF1G-E
拉西格流动性/mm	140~200	140~200	140~200	140~200	140~200
挥发物(%) ≤	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
弯曲强度/MPa ≥	80	80	60	70	80
冲击强度(缺口)/kJ·m ⁻² ≥	1.5~2.1	1.5~2.1	1.4~1.6	1.3~1.8	1.5~2.1
热变形温度/℃ ≥	115	115	100	95	115
吸水性(冷水)/mg ≤	100	100		150	100
模塑收缩率(%)	0.60~1.00	0.60~1.00	0.50~1.20	0.60~1.00	0.60~1.00
水中 24h 后绝缘电阻/MΩ ≥		10 ⁴		10 ⁴	10 ⁴
介电强度/MV·m ⁻¹ ≥		5.0~9.0		5.0~7.0	5.0~9.0
耐漏电起痕指数/V ≥		600		600	600
耐炽热级		1		1	1
氧指数 ≥					30~35

表 8-5 浙江嘉兴胶木粉厂产品性能

指 标 名 称	UF1P-A	UF1P-C
挥发物(%)	4.0	4.0
外观	压模成型后表面光洁平整,无气泡和裂缝,色泽和杂质符合标样	压模成型后表面光亮平整,无气泡和裂缝,色泽和杂质符合标样

(续)

指 标 名 称	UFIP-A	UFIP-C
耐沸水性	表面无糊料现象,允许有轻微褪色和轻微皱皮	表面无糊料现象,允许有轻微褪色和轻微皱皮
弯曲强度/MPa ≥	80	80
冲击强度(缺口)/kJ·m ⁻² ≥	1.5~2.1	1.5~2.1
热变形温度/℃ ≥	115	115
吸水性(冷水)/mg ≤	100	100
模塑收缩率(%) ≥	0.6~1.00	0.6~1.00
水中 24h 后绝缘电阻/MΩ ≥		10 ⁴
介电强度/MV·m ⁻¹ ≥	5.0~9.0	5.0~9.0
耐漏电起痕指数/V ≥	600	600

表 8-6 天津树脂厂脲醛模塑料粉性能与用途

牌号	特点和用途	牌号	特点和用途
A1	用于制造瓶盖、纽扣等日用品及日用电器件	A3	氨基塑料粉,食用粉。用于塑料制品、日用电器
A2	半透明,用于塑制各式纽扣和日用品	A4	用于工业电器

二、三聚氰胺甲醛模塑料

1. 三聚氰胺甲醛塑料的特征

- 1) 无嗅、无味、无毒的浅色粉料,着色性好。
- 2) 表面硬度高,有光泽,耐刻划性好。
- 3) 有自熄性,价格便宜,冲击强度优于酚醛塑料,耐应力开裂性好。
- 4) 耐热性、耐水性、耐焰性均好,高温、高湿下尺寸稳定性变化大,但耐溶剂性好,耐碱性较好
- 5) 玻璃纤维填充的模塑制品电性能、耐电弧性、力学性能、冲击强度均高;而石棉填充的则耐热性、尺寸稳定性好。

表 8-7 和表 8-8 为三聚氰胺甲醛塑料粉的牌号、组成和性能。

表 8-7 三聚氰胺甲醛塑料粉牌号、组成

类别或牌号		A ₃	A ₄	A ₅	A ₅₋₃	T ₉₆₀₇	4220
组成	树脂	脲三聚氰胺 甲醛树脂	三聚氰胺脲 甲醛树脂	三聚氰胺 脲甲醛树脂	三聚氰胺 甲醛树脂	酚改性三 聚氰胺 甲醛树脂	三聚氰胺 甲醛树脂
	主要 填料	α-纤维素	α-纤维素	α-纤维素	石棉纤维	α-纤维素 无机填料	石棉
特性		成型速度快,产品表面光泽度好,耐酸、耐沸水	产品色泽鲜明,有较好的电绝缘性、耐电弧性、耐沸水性,成型速度快	产品外观鲜艳美观,耐沸水性好,有优越的电绝缘性、耐电弧性,并有良好的物理力学性能	产品色泽鲜艳美观,耐水性好,电绝缘性和耐电弧性比 A ₅ 还好,物理力学性能良好	具有高的耐泄漏痕迹性和滞燃性	具有较高的介电性能和耐电弧性能

表 8-8 三聚氰胺甲醛塑料粉的性能^①

项 目	A ₃		A ₄		A ₅		A ₅₋₃	4220
	脲三聚氰胺 甲醛塑料粉		三聚氰胺脲 甲醛塑料粉		三聚氰胺 甲醛塑料粉		三聚氰 胺甲醛 塑料粉	
	粉状	粉粒状	粉状	粉粒状	粉状	粉粒状		
外观	同 A ₂		同 A ₂		同 A ₂			
相对密度 ≤	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6 ~ 1.8	1.75
比体积/mL · g ⁻¹ ≤	3	2	3	2	3	2	2	
水分及挥发性(%) ≤	4	4	4	4	4	4		
吸水性 ^② (%) ≤	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15	0.1	0.1
收缩率(%) ≤	0.4 ~ 0.8	0.4 ~ 0.8	0.4 ~ 0.8	0.4 ~ 0.8	0.4 ~ 0.8	0.4 ~ 0.8		0.3 ~ 0.6
马丁耐热/℃ ≥	110	110	120	120	130	130	140	150
拉西格流动性/mm	110 ~ 190	110 ~ 190	110 ~ 190	110 ~ 190	110 ~ 190	110 ~ 190	110 ~ 180	130 ~ 160
冲击强度/kJ · m ⁻² ≥	7	6	7	6	7	6	1.5	5
弯曲强度/MPa ≥	90	90	90	90	90	90	60	60
介电强度/kV · mm ⁻¹	10	10	10	10	10	10		12
表面电阻/Ω ≥	1 × 10 ¹¹	1 × 10 ¹¹	1 × 10 ¹¹	1 × 10 ¹¹	1 × 10 ¹¹	1 × 10 ¹¹	1 × 10 ¹²	
体积电阻率/Ω · cm ≥	1 × 10 ¹¹	1 × 10 ¹¹	1 × 10 ¹¹	1 × 10 ¹¹	1 × 10 ¹¹	1 × 10 ¹¹	1 × 10 ¹²	
游离甲醛析出量/mg · L ⁻¹ ≤	30	30	30	30	30	30	12	
耐电弧(6 ~ 6.5mA,5mm) s							600	60

① A₃、A₄、A₅ 为 HG2—887—76；A_{5,3} 为天津树脂厂企标；4220 为哈尔滨绝缘材料厂企标。

② 耐沸水性：A₃ 同 A₂；A₄、A₅、A_{5,3} 直径 100mm 左右圆板在沸水中煮 60mm，立即取出检查，表面无糊烂现象，允许有轻微褪色，表面用手指甲刮后无破损，但允许有轻微皱皮。

2. 三聚氰胺甲醛塑料的成型加工

三聚氰胺甲醛模塑料的熔体流动性好，所以成型容易，可模压、传递模塑、层合，也可以注塑、粘接。

以纤维素填充的三聚氰胺甲醛模塑料的模压和注射成型温度为 140 ~ 188℃、145 ~ 170℃，成型压力为 562 ~ 140MPa，其成型收缩率为 0.005 ~ 0.015cm/cm。

3. 应用

三聚氰胺甲醛模塑料的模压、注塑制品主要用作耐电弧性电器零件，如矿井用电器开关、灭弧罩、防爆电器零件等，大量制作食品容器、餐具、厨房用具，也作一般电器部件和外壳。层合制品用作家具、室内表面装饰板。以氨水催化缩聚的三聚氰胺甲醛树脂乙醇液浸渍玻璃纤维后模压成的增强塑料，可用于制造防爆开关、千伏级矿用电器、电焊钳头、高压开关内大型配件等。

4. 三聚氰胺甲醛的牌号、性能与应用（表 8-9 ~ 表 8-11）

表 8-9 上海欧亚合成材料有限公司产品主要技术指标

指 标 名 称		EA-7709J	指 标 名 称		EA-7709J
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$		1.6 ~ 2.0	介电强度/ $\text{MV} \cdot \text{m}^{-1}$	逐级法 90℃	3.0 ~ 3.5
弯曲强度/MPa		50 ~ 70		常 态	7 ~ 9
冲击强度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	缺 口	1.5 ~ 2.0	介电损耗角正切(1MHz)		0.03 ~ 0.10
	无缺口	4.5 ~ 6.0	相对漏电起痕指数		1
热变形温度/℃		150 ~ 175	耐电弧性/s		4
耐炽热/℃		960	模塑收缩率(%)		0.04 ~ 0.09
绝缘电阻/ Ω		$10^9 \sim 10^{11}$	吸水性/mg		20 ~ 80
			流动性/mm		60 ~ 180

表 8-10 深圳荣生企业有限公司产品性能

牌 号	特点和用途
MFIC	无毒、无味、无嗅,物理性能较好,抗冲击强度好,硬度高,色泽保持稳定,着色性美观,表面光洁,电绝缘性好,耐电弧痕迹性、阻燃性好,符合中国和德国卫生标准,耐热水和冷水性良好,抗弱酸性、耐碱性能良好,抗干热性良好,适合日用制品、电器、仪表、电信、汽车配件、装饰用品等

表 8-11 玻璃纤维增强三聚氰胺甲醛模塑料的性能

指标名称	东方绝缘材料厂	西北工业大学和东方绝缘材料厂		哈尔滨绝缘材料厂	上海天山塑料厂
	模压料	快速模压料	注射料(模压值)	模压料	模压料
外观	模塑成型后表面平滑,无气泡和开裂			表面光滑无杂质	表面光滑,不能有玻璃纤维露出
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	≤ 2	1.86 ~ 1.9	1.84 ~ 1.89	≤ 2	≤ 2
吸水性(%)	≤ 0.05	0.03 ~ 0.08	0.074 ~ 0.015	≤ 0.1	≤ 0.1
马丁耐热/ $^{\circ}\text{C}$	> 170	> 160	> 160	≥ 160	≥ 160
冲击强度/ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$	> 100	230 ~ 290	230 ~ 250	≥ 40	≥ 35
弯曲强度/MPa	> 120	440 ~ 600	390 ~ 460	≥ 80	≥ 80
表面电阻/ Ω	$> 1 \times 10^{11}$	$5.7 \times 10^{13} \sim 10 \times 10^{13}$	$8.7 \times 10^{12} \sim 47 \times 10^{12}$	$> 10^{11}$	$\geq 10^{11}$
体积电阻率/ $\Omega \cdot \text{cm}$	$> 1 \times 10^{11}$	$2.2 \times 10^{13} \sim 4.4 \times 10^{13}$	$1.5 \times 10^{13} \sim 3.7 \times 10^{13}$	$> 10^{11}$	$\geq 10^{11}$
介电强度/ $\text{kV} \cdot \text{mm}^{-1}$	> 0	14.7 ~ 15.5	16 ~ 17	> 10	≥ 8
耐电弧性(6 ~ 6.5mA)/s	> 60	> 60	> 60	> 60	≥ 120
收缩率(%)	> 0.3				≤ 0.3

第二节 氨基塑料成型加工

一、模压成型

1. 氨基塑料模塑料

(1) 氨基模塑料的组成

1) 树脂。脲醛模塑料选用低聚合度、低粘度的脲醛树脂，脲醛层压塑料用脲醛水溶液。三聚氰胺甲醛模塑料选用强碱性 MF [合成单体三聚氰胺与甲醛摩尔比为 1: (2 ~ 3)]；层压塑料选用碱性稍弱的 MF (合成单体三聚氰胺与甲醛摩尔比相同)。

2) 固化剂。模塑料中使用固化剂的目的在于提高固化速率和固化均匀性，常用的有草酸、邻苯二甲酸、酒石酸等。通常还加入六亚甲基四胺来中和固化反应中放出的酸性物质。一般固化剂用量不超过模塑料的 2%。

3) 填料。氨基模塑料使用的填料主要是纸浆，其次是木粉、云母、无机填料和玻璃纤维等。用量通常为 25% ~ 35%，若用量太大，制品表面不光滑，耐水性差。

4) 脱模剂。常用品种为硬脂酸和硬脂酸盐类；无机酸酯类加硬脂酸甘油酯、硬脂酸环己酯等，其用量为 0.1% ~ 0.5%。

5) 稳定剂。其作用是消耗少量分解的固化剂，保证模塑粉的贮存时间长。具体品种为六亚甲基四胺及碳酸铵等，用量为 0.2% ~ 2%。

6) 增塑剂。只在高聚合度树脂中加入，目的是改善流动性和冲击性。常用缩水甘油- α -甲基苯基醚等，用量为 5% ~ 15%。

7) 着色剂。为赋予制品丰富的色彩，模塑料中还需加入着色剂，选用时应注意其酸性、碱性和毒性。

(2) 氨基模塑料的性能

1) 固化性。氨基树脂是由线型高分子组成的聚合物，在加入固化剂后才能形成体型结构。在由线型结构转变为体型结构的过程中，有低分子水析出。

2) 成型收缩率。氨基塑料模压成型收缩率见表 8-12。

表 8-12 氨基塑料模压成型收缩率

树脂种类	脲甲醛树脂	三聚氰胺甲醛树脂		三聚氰胺脲醛树脂
填料种类	α -纤维素	α -纤维素	石棉	α -纤维素
收缩率(%)	0.7 ~ 0.9	0.7 ~ 0.9	0.5 ~ 0.6	0.6 ~ 0.9

3) 尺寸稳定性。氨基塑料的主要缺点是尺寸稳定性差，成型后几个月到一年以上会连续长期变形，出现季节性的变化。

4) 热性能。氨基模塑料的拉伸和冲击强度在 0℃ 左右最好，当温度升到 80℃ 时氨基模塑料的机械强度开始下降，当到 130℃ 时处理 10d，冲击强度和弯曲强度基本保持不变。压缩性能和蠕变性能在室温时最好。氨基塑料具有优良的耐电弧和耐漏电性，加入无机填料后，电性能有明显的提高。但由于空气中的氧使塑料表面碳化，所以在高温

状态下长期使用，耐电弧性有所降低。

5) 吸湿性。氨基树脂模塑料中氮原子亲水性强，很容易从空气中吸收水分，受潮后初期流动性增大，随着贮存时间的延长，流动性又会下降。这不仅对加工成型不利，而且会使制品的性能降低，氨基塑料的含水率越大，其机械强度越低、电绝缘性越差。为避免模塑料受潮，应将其贮存于带有橡胶密封圈的密闭桶中，并置于干燥阴凉处。

(3) 氨基模塑料成型工艺特性

1) 脲醛模塑料

①脲醛模塑料中含水分和挥发物较多，易吸潮结块，成型前需预热干燥，但不要过于干燥，否则导致物料流动性下降。干燥条件为：温度 60 ~ 100℃，时间 40s。

②脲醛模塑料的固化速率较快，成型时要求加热时间较短。其固化时间通常可用最小无气泡时间衡量。

2) 三聚氰胺甲醛模塑粉

①三聚氰胺甲醛模塑粉的固化速率快，含水分及挥发物较多，成型前应预先进行干燥。干燥温度为 60 ~ 90℃，时间为 2min。

②三聚氰胺甲醛模塑粉成型时易放出水分及弱酸性分解物，成型设备应镀铬防腐，且应注意排气数次，以免制品有气泡。

③温度对三聚氰胺甲醛模塑粉的成型影响较大，温度过高易发生分解、变色及产生气泡，制品易发生变形及开裂；温度过低则流动性差，制品表面光滑度下降。通常在成型形状简单的大型制品时宜采用较高的成型温度，而在成型形状复杂的小型制品时则宜采用较低的成型温度。

(4) 氨基模塑料模压成型工艺条件 脲醛模压成型收缩率较高，为 0.6% ~ 1.4%，压缩制件出模后放入冷模内，降温至 60 ~ 70℃后处理 10 ~ 12h 方可脱模，以提高制品表面的光泽。

三聚氰胺甲醛模塑料的压缩比较大，如以 α -纤维素为填料时压缩比为 2.1 ~ 3.1，以石棉为填料时的 2.1 ~ 2.5，所以模压时一般采用预压工艺。脲醛和三聚氰胺甲醛模塑粉的模压成型工艺条件见表 8-13。

表 8-13 脲醛和三聚氰胺甲醛模塑粉的模压成型工艺条件

项 目	脲醛模塑粉	三聚氰胺甲醛模塑粉
成型温度/℃	140 ~ 150	155 ~ 180
成型压力/MPa	25 ~ 35	25 ~ 35
保持时间/s · mm ⁻¹	30 ~ 60	45 ~ 60

(5) 氨基模塑粉的用途 氨基模塑粉的用途见表 8-14。

表 8-14 氨基模塑粉的用途

品种	特 征	用 途
UF	无嗅、无味、无色(一般为白色),透明粉料	日用品:如纽扣、餐具、化妆品容器、玩具 工业用品:如家用电器开关、插座 照明器具

(续)

品种	特 征	用 途
UF	硬度大,冲击强度低,难燃,有自熄性、防霉性,耐电弧性优 耐候、耐热性差,使用温度小于 70℃ 耐油、耐溶剂性好,但不耐酸、碱、热水 与 α -纤维素等填料粘结性强,着色性好,固化速率快	浸渍纸、棉布、玻璃布等作层合制品和贴面装饰板,用甘油醚化的 UF 加浮化剂、泡沫稳定剂、固化剂后可模压发泡
MF	无臭、无味、无霉的浅色粉料 着色性好,表面硬度大,有光泽,耐刻划性好 冲击强度优于 PF,耐应力开裂性好 耐热性、耐水性好,有自熄性,价格便宜 高温、高湿下尺寸变化大,但耐溶剂性、耐碱性较好 玻璃纤维填充 MF 的电性能、耐电弧性、力学性能、冲击强度均高 石棉填充 MF 的耐热性、尺寸稳定性好	用作耐电弧性电器零件,如矿井用电器开关、灭弧罩、防爆电器零件,一般电器元件 食品容器、餐具、厨房用具 层合家具、室内表面装饰板
UF/AF	无臭、无味,色彩鲜艳,着色性好 耐热性、耐电弧、耐应力开裂性、耐嵌件裂纹性皆好 冲击强度和尺寸稳定性优于 PF	用途与 UF 相同,主要用作家用电器、食具、仪表、电话机壳

(6) 三聚氰胺酚醛 (MPF) /玻璃纤维模压料 (GFP)

1) 配方 (质量份)

MPF 树脂 (纯) 45 滑石粉 15

无碱玻璃纤维 (80/2) 40

2) 制备工艺。在 MPF 树脂中加入滑石粉,搅拌均匀,然后把长度约为 10cm、松散的玻璃纤维浸入,人工捏合浸胶,疏松晾干。在 100℃ 的烘箱内鼓风干燥 10min,使挥发物含量在 4% ~6% 之间。为了避免压制时树脂与纤维分布不均匀。还需将料剪短至 4 ~5cm。

(7) 三聚氰胺酚醛/玻璃纤维模压料模压成型工艺 MPF/GFP 标准试件压制工艺条件见表 8-15。

表 8-15 MPF/GFP 标准试件压制工艺条件

压制工艺	长条试件 (120mm × 15mm × 10mm)	圆片试件 (ϕ 100mm × 4mm)
压制温度/℃	145 ± 5	145 ± 5
压制压力/MPa	45 ± 5	45 ± 5
压制时间/min	15 ~ 20	8 ~ 10

1) MPF/GFP 对过热固化并不敏感, 压制温度可以在较宽的范围内变动。但温度过低时, 塑料内部挥发物得不到充分汽化并排除, 而使塑料件质量变差。压制温度过高时, 亦可使塑料件质量变差。

2) 压制时间由制品的固化程度来确定, 可采用沸水着色法定性评定。这是因为在模压过程中, 树脂逐渐交联, 未反应的羟甲基相应减少, 制品对沸水的敏感性逐渐降低, 从而达到一个稳定状态。实践中发现, 压制时间对电性能影响较小, 而对马丁耐热性则有明显的影响。在开始压制时多次放气, 让挥发物充分逸出, 有利于提高塑料件的质量。

3) MPF 树脂固化速率慢, 但无论理论还是实践都证明三元树脂对酸很敏感, 酸能迅速提高树脂的固化速率。因此, 酸性或潜伏酸性化合物均可作为该树脂的催化剂。比较理想的催化剂应当是在较高温度下不呈酸性, 而在模压温度下却能显酸性的潜伏酸。

2. 氨基塑料制品制备

(1) 改性脲醛树脂植物纤维复合板材

1) 选材与配方设计

①甲醛, 质量分数 37%, 工业级。

②尿素, 质量分数 99%, 工业级。

③苯酚, 质量分数 99%, CP。

④三聚氰胺, 质量分数 99%, 工业级。

⑤氢氧化钠, 质量分数 99%, CP。

⑥氯化铵, 质量分数 99%, CP。

物料配比: 脲醛树脂中, 尿素: 甲醛 = 1: 1.40 (摩尔比); 改性脲醛树脂为分别用苯酚、三聚氰胺代替部分尿素, 其加入量分别为尿素质量分数的 5%、10%、15%, (改性剂 + 尿素): 甲醛 = 1: 1.40 (摩尔比), 此外反应过程中加入少量的 NaOH 和 NH_4Cl 调节反应体系的 pH 值。改性脲醛的质量分数为 80% ~ 85%, 植物纤维的质量分数为 10% ~ 15%, 固化剂的质量分数为 0.1% ~ 0.3%。

植物纤维为经破碎、干燥的棉秆和麻秆; 胶粘剂为脲醛树脂及改性脲醛树脂; 固化剂为 NH_4Cl 溶液。

2) 主要设备与成型模具

①反应釜。用于合成和改性树脂基体。

②压机。通用型模压机或热压机。

③模具。平板式钢制模。

3) 制备工艺

①树脂合成。按规定配比, 在反应釜内加入甲醛, 调节 pH 值为 7.8 ~ 8.0, 加入第一批尿素、改性剂, 升温至 85 ~ 90℃ 保温, 保温结束后调节 pH 值为 5.0, 待反应液于 10℃ 水中呈云雾状时, 加入第二批尿素, 继续反应至在 20℃ 水中呈云雾状时, 调节 pH 值为 7.5 ~ 8.0, 加入第三批尿素, 降温至 60℃, 真空脱水, 冷却至 40℃ 以下, 放料。

②热压成型

a. 工艺流程（见图 8-1）

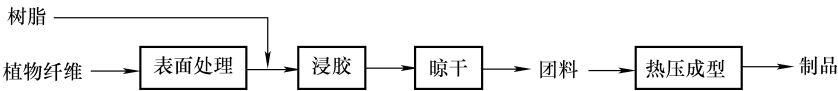


图 8-1 热压成型工艺流程

b. 工艺条件

温度 140 ~ 160℃ 压力 0 ~ 3MPa

时间 8 ~ 15min

4) 性能

①脲醛及改性脲醛树脂的性能指标（见表 8-16）。

表 8-16 脲醛及改性脲醛树脂的性能指标

项 目	外观	pH	固体含量 (%)	游离醛 (%)	粘度(B ₃ -4) /s
脲醛树脂	乳白色	7.5 ~ 8.0	60 ± 2	< 1	30 ~ 80
苯酚改性脲醛树脂	浅棕色	7.5 ~ 8.0	60 ± 2	< 1	30 ~ 80
三聚氰胺改性脲醛树脂	乳白色	7.5 ~ 8.0	60 ± 2	< 1	30 ~ 80

②脲醛及改性脲醛树脂植物纤维复合板的性能。脲醛及改性脲醛树脂植物纤维复合板的设计堆密度为 0.7g/cm³；规格为 500mm × 500mm × 12mm；施胶量按固体胶占干纤维料的 12% 计算；NH₄Cl 的加入量为液胶质量的 0.1% ~ 0.3%。经热压制成的板材的性能测试结果见表 8-17 ~ 表 8-20。

表 8-17 脲醛植物纤维复合板与刨花板的性能比较

项 目	棉秆板	麻秆板	木质刨花板(一级品)
弯曲强度/MPa	22.1	16.7	18
吸水厚度膨胀率(%)	17.2	21.5	< 8

表 8-18 苯酚改性脲醛植物纤维复合板的性能

项 目	棉秆板			麻秆板		
苯酚加入量(质量分数,%)	5	10	15	5	10	15
弯曲强度/MPa	21.4	22.1	22.2	16.8	16.2	16.4
吸水厚度膨胀率(%)	15.3	10.2	8.0	18.4	15.8	13.3

表 8-19 三聚氰胺改性脲醛植物纤维复合板的性能

项 目	棉秆板			麻秆板		
三聚氰胺加入量(质量分数,%)	5	10	15	5	10	15
弯曲强度/MPa	23.0	24.1	24.7	17.2	18.1	18.6
吸水厚度膨胀率(%)	14.3	9.4	6.8	17.1	16.0	12.7

表 8-20 经后固化的苯酚改性脲醛植物纤维复合板的性能

项 目	棉秆板			麻秆板		
三聚氰胺加入量(质量分数,%)	5	10	15	5	10	15
弯曲强度/MPa	22.2	23.5	24.1	17.4	18.7	19.3
吸水厚度膨胀率(%)	12.3	8.9	7.2	16.5	13.5	11.8

注：1. 后固化条件：100℃ × 12h。
2. 测试检验标准均按 GB/T 4897.1 ~ 7—2003。

(2) 蜜胺餐具

1) 产品规格

- ①产品名称：扁盘。
- ②餐具直径：135mm。
- ③餐具厚度：3.0 ~ 3.5mm。
- ④餐具质量：182g。

2) 选材。普通热塑性塑料表面硬度低，易损伤和污染，受热易变形。而热固性蜜胺塑料具有可任意着色，不易褪色、变色；表面光泽好；可印制图案；表面硬度高，不易损坏和划伤；耐酸碱腐蚀；清洗方便，耐蒸煮，可高温消毒；热导率低、保温性好等优良性能。蜜胺仿瓷餐具在国外、国内的需求量不断增加，发展前景广阔，蜜胺还可以制造卫生洁具。蜜胺树脂就是三聚氰胺-甲醛树脂。其制备过程如图 8-2 所示。采用热压成型法，在加热的模具型腔里投料之后，加压进行固化反应。可以采用粘贴花纸或使用透明抛光剂、染色抛光剂等装饰方法。

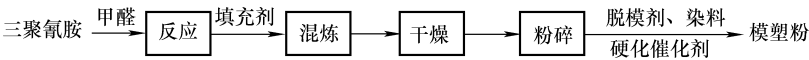


图 8-2 蜜胺树脂制备过程

3) 蜜胺成型设备与模具

①压力机。采用双工位、下压式油压机，单机压力 3000kN，工作台尺寸 900mm × 900mm，最大间距 800mm，滑块行程 500mm，介质压强 30MPa。采用插装式液压阀，使用可编程控制器（PLC）准确计时、精确控制动作。

②蜜胺成型模具

- a. 分型面。模具分为上、下模两部分，分型面平行于压力机的工作台面，便于排气、贴花和脱模操作，同时也便于模具的加工。
- b. 模具结构。模具型腔的深度越深，斜度越大，制品成型及出模越困难。

4) 制备工艺

①蜜胺餐具成型工艺流程

- a. 称量。准确称量所需原料质量，原料量过多，制品飞边多，模具清理困难；原料量过少，成型压力不够，制品固化不完全。
- b. 预热。将称量好的原料放入加料容器（微波炉专用容器）中，预热 1.5 ~

2. 0min, 使料温升至 40 ~ 50℃。

c. 投料。把预热好的物料投进金属模具（45 钢，型腔表面镀铬或镍磷）内（见图 8-3），控制模具温度在 150 ~ 180℃，温度要根据不同制品而变化。

d. 初次加压 对物料加压 5 ~ 15MPa，时间 1 ~ 15s，这道工序使物料在一定温度和压力的作用下开始流动，发生缩聚反应，并产生水和气，如图 8-4 所示。

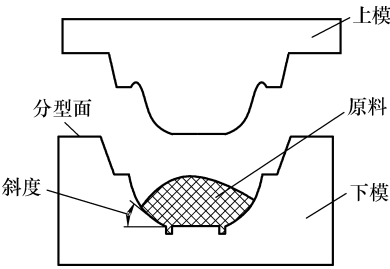


图 8-3 金属模具

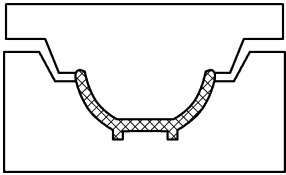


图 8-4 初次加压

e. 排气。将生成的缩合水及挥发性气体（甲醛），通过微打开的模具间隙排除，如图 8-5 所示。

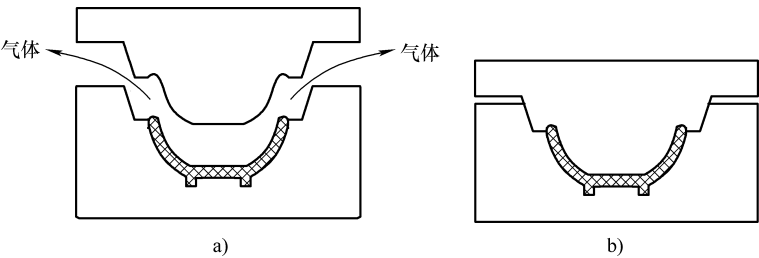


图 8-5 排气与固化

a) 排气 b) 固化

f. 固化。继续合模升压至 15 ~ 20MPa，时间 30 ~ 180s（视产品壁厚调整），制品成型。

g. 出模。完成固化工序后，风冷制品，用铜棒、吸盘等工具取出制品。

②加压过程（见图 8-6）。

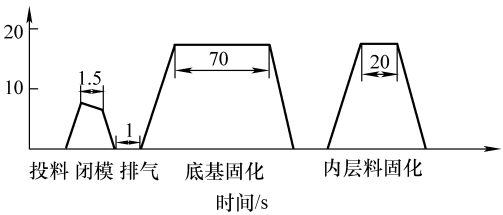


图 8-6 成型过程

③成型条件。设备为 1000kN 液压机，成型压力为 21MPa，上模温度为 172 ~ 174℃，下模温度为 168 ~ 172℃。

5) 贴花。蜜胺餐具可以在模腔内贴花压制，方法是加入图案纸箔和透明的蜜胺树脂，经连续两次成型。贴花的技术要点如下：

①贴花制品要获得良好的质量，必须在底基表面出现气泡之前，尽快地放入纸箔，模具开得太早，底坯易和阳模粘在一起；模具开得太晚，纸箔和底坯粘合不好。

②闭模升压速率太快或底坯上已经产生裂痕，会使纸箔产生裂痕。

6) 包装。打磨飞边、包装。

7) 二次成型。双色制品在二次成型中，为避免底基层的边屑和内层白料泛于底基外部，需使底基的飞边在二次成型前不破碎。要达到这个目的，除了重视操作外，模具的结构也很重要：一般产品斜度小于 70°，模具型腔表面粗糙度值 Ra 要低于 0.4 μm 或更小，镀铬或镀镍磷，上、下模之间需要留排气间隙 0.1mm，成型止口斜度阳模需要大于阴模 1° ~ 2°，压边宽度在 6mm 以上。

8) 产品缺陷产生的原因

①气泡。产生原因为固化时间短，排气不充分，模具过热，加热不均匀，压力不足，原料预热温度高。

②表面裂痕。产生原因为压力不足，原料流动性差，闭模过慢，原料分散，原料计量有误。

③内部有孔。产生原因为排气不充分，闭模太快，固化时间短。

④小皱纹。产生原因为高压下模具闭合太快，原料湿度大。

⑤制品粘模具。产生原因为固化不充分，模具温度低，模具表面不光洁。

⑥出模后制品软、产生原因为固化时间太短，原料湿度大。

⑦印渍。产生原因为原料中挥发物含量高，闭模太快，排气不充分，模温过高。

⑧裂缝。产生原因为固化时间太长，模温过高。

⑨变色。产生原因为加热不均匀，成型温度高，原料质量差、固化时间短。

(3) 氨基塑料电工制品 氨基塑料主要包括脲甲醛塑料、三聚氰胺甲醛塑料及三聚氰胺脲甲醛塑料。它们分别以脲甲醛树脂、三聚氰胺甲醛树脂及三聚氰胺脲甲醛树脂为基体，以 α -纤维素为填料制成。氨基塑料的难燃性、耐电弧性、耐漏电性及着色性均比酚醛塑料好，因此适宜制造色彩鲜艳、耐电弧性、耐漏电性优良的电工零件，例如开关插座、熔断丝座、灭火器材、断路器灭火罩、防爆电器零件及电话机等。氨基塑料制品的缺点是易吸潮变形、开裂，影响性能的稳定。

1) 主要原材料。氨基塑料电工制品的原料类型见表 8-21。

表 8-21 氨基塑料电工制品的原料类型

名 称	用 途
脲甲醛塑料粉	日用电器、机械零件及日用品
脲三聚氰胺甲醛塑料粉	日用电器、仪表及电话机等壳体
三聚氰胺脲甲醛塑料粉	低压电器制品、工业零件、餐具
三聚氰胺甲醛塑料粉	低压电器制品、工业零件、耐热及耐水餐具

2) 主要设备。通用型模压成型机。

3) 制备工艺

①模压工艺条件。成型温度为 140 ~ 150℃（脲甲醛塑料），155 ~ 180℃（三聚氰胺甲醛塑料）；成型压力为 19.6 ~ 29.4MPa；热压时间根据制品的厚度确定，一般为 30 ~ 40s/mm，模压过程中需放气一次至数次，以免制品有气泡。制件出模后再放入冷模中降温至 60 ~ 70℃脱模，可提高制品的表面光泽。

②注塑工艺条件。料筒加料端温度为 40 ~ 60℃，出料端温度为 75 ~ 85℃，模具温度为 135 ~ 145℃，注射压力为 78.4 ~ 147MPa，固化时间为 5 ~ 8s/mm，注射时间为 4 ~ 10s，保压时间为 2 ~ 10s。

4) 产品标准。各式各样的氨基塑料电工制品难以订立统一标准，一般控制所用氨基塑料的性能并掌握好成型工艺即可保证制品的性能。

二、注射成型

1. 简介

(1) 工艺特点

①流动性好，硬化速度快，故预热及成型温度要适当，加热时间要短。添料、合模及加压速度要快。但注射速度过高会在制品中残留内应力，引起龟裂。

②成型收缩率大，一般为 0.6% ~ 1.0%

③含水分挥发物多，易吸湿、结块，成型时应预热干燥，并防止再吸湿，但过于干燥则流动性下降。成型时有水分及分解物，有酸性，模具应镀铬，以防腐蚀。料细、比热容大、料中充气多，成型时应排气。

④成型温度对塑件质量影响较大，温度过高易发生分解、变色、气泡色泽不匀；温度过低时流动性差，不光泽。成型温度一般控制在 160 ~ 180℃。

⑤熔融料受热温度要分布均匀，以免局部固化或固化不足。

(2) 注射工艺条件（见表 8-22）

表 8-22 注射工艺条件

工 艺 条 件	脲甲醛	三聚氰胺甲醛	三聚氰胺酚醛
料筒温度/℃	70 ~ 80	80 ~ 90	80 ~ 90
喷嘴温度/℃	110 ~ 130	110 ~ 130	110 ~ 130
模具温度/℃	140 ~ 160	160 ~ 180	160 ~ 180
注射速度/s	2 ~ 6	4 ~ 8	4 ~ 8
固化时间/s	5 ~ 8	5 ~ 8	5 ~ 8
注射压力/MPa	78 ~ 147	78 ~ 147	78 ~ 147
保压时间/s	2 ~ 10	2 ~ 10	2 ~ 10

2. 氨基塑料电工制品注射成型

氨基塑料主要包括脲甲醛塑料、三聚氰胺甲醛塑料及三聚氰胺脲甲醛塑料。它们分别以脲甲醛树脂、三聚氰胺树脂及三聚氰胺脲甲醛树脂为基体，以 α 纤维素为填料制

成。此类塑料的难燃性、耐电弧性、耐漏电性及着色性均比酚醛塑料好，因此适宜制造色彩鲜艳的、耐电弧性及耐漏电性优良的电工零件，例如开关插座、保险丝座、灭火器材、防爆电器零件及电话机等。氨基塑料制品的缺点是易吸潮变形开裂，因而影响性能的稳定。

(1) 选材 氨基塑料电工制品的原料类型见表 8-23。

表 8-23 氨基塑料电工制品的原料类型

类 型	名 称	用 途
A ₁	脲甲醛塑料粉	日用电器、机械零件及日用品
A ₂	三聚氰胺脲甲醛塑料粉	低压电器制品、工业零件、餐具
A ₃	三聚氰胺甲醛塑料粉	低压电器制品、工业零件、耐热及耐水餐具

(2) 主要设备

1) 注塑机。必须采用专用于热固性塑料的注塑机，其特点是：料筒必须耐高温、耐高压、耐腐蚀；无料流死角，以防止物料在加工中发生固化；注射螺杆一般为等距、等深的无压缩比螺杆，螺杆长径（ L/D ）比为（12~16）:1。

2) 注射模具。由于热固性塑料固化后不能回收利用，故而模具应尽量采用流道存物少的结构，加之注射速度快、效率高等特点，所以，注射模具不适应成型有插嵌件的制品，倘若必须带嵌件，则可采用嵌件热插法。也就是说，制品刚脱模时，趁热将插嵌件插入制品预制孔内，通过塑料的冷却收缩握紧插嵌件。

(3) 制备工艺

1) 工艺流程（见图 8-7）

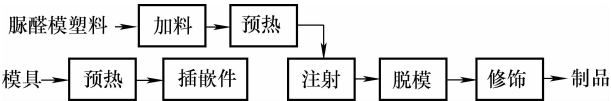


图 8-7 工艺流程

2) 工艺条件。注射工艺条件为：料筒加料端温度为 40~60℃，出料端温度为 75~85℃，模具温度为 135~145℃，注射压力为 78.4~147MPa，固化时间为 5~8s/mm，注射时间为 4~10s，保压时间为 2~10s。

3. 脲醛塑料电器部件注射成型

(1) 选材

1) 注射用脲醛模塑料一定要是粒度均匀的粒状料，并且比体积要小，填料要充分浸渍增加物料的紧密度，以利于物料的连续推进及注射。

2) 注射料在料筒内能成融流动态，并且可以保持一段时间（物料在料筒中的稳定性），在一定注射压力下能顺利地注射到膜腔中去。

3) 注射料在模腔内，在规定的温度下能迅速固化，收缩率要小。

4) 注射料应具有良好的流动性，这是注射成型工艺的重要因素，所以希望物料要

熔化快、流动性好。

5) 制品性能良好，满足电器零件的技术要求。

国产脲醛与日本同类产品性能比较见表 8-24。

表 8-24 国产脲醛与日本同类产品性能比较

测试项目	CU-Y 性能数据(日本松下电工)	脲醛注射料制品性能实测数据
表面电阻/ Ω	$\geq 1 \times 10^{11}$	5.4×10^{12}
体积电阻率/ $\Omega \cdot \text{cm}$		5×10^{13}
介电强度/ $\text{kV} \cdot \text{mm}^{-1}$	≥ 10	14.3
耐电弧性/s	≥ 90	107
耐电痕性/V	≥ 650	780
耐燃性(UL-94)	V-0	V-0

(2) 主要设备 注射成型机是加工塑料制品的主要设备，要对塑料加热，使之熔融塑化并对熔体施加压力，迫使其注入和充满模腔、固化定型。脲醛模塑料由于有前述特点，要求注塑机性能好，尤其是注射装置中的料筒内壁应光滑，各转角处应有较大的圆弧，配合间隙适当，以防止积存受热。在料筒外部附有加热装置，应分段加热控制，使进料器的温度较低，而临近喷嘴一端的温度较高。采取控温系统使料筒温度稳定在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 之间。所以应采用油加热。油循环加热控制方便，控温精度高，料筒温度稳定 ($\pm 2^{\circ}\text{C}$ 之内)，耗电少。熔融的脲醛注射料进入模具时最先经过主浇道。它的大小首先影响塑料熔体流动速度及填充时间，所以注射模的设计应使熔融塑料通过浇道系统时有最短的流程和尽可能短的充模时间，压力损失应尽量小。又因为脲醛塑料流动性差，摩擦力大，则要求模具具有更大的强度和耐磨性，浇口和流道表面应十分光洁并有较高的硬度。

(3) 制备工艺。

1) 工艺流程。脲醛模塑料注射成型工艺流程如图 8-8 所示。

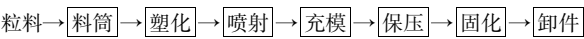


图 8-8 脲醛模塑料注射成型工艺流程

2) 工艺原理。粒料进入料筒加热器加热，受到螺杆及注射过程中产生摩擦热的作用，脲醛注射料受热后会发生复杂的物理、化学变化。其注射成型工艺要求十分严格，脲醛注射料熔点高，而且在较低温度下容易反应，要求物料热稳定性高，按正常工艺要求加工，物料在料筒中不致固化，而在型腔中固化时间要短而迅速。因此要对脲醛注射料进行热稳定性和流动性以及温度、压力、时间各参数的研究。

3) 工艺条件的控制

①料筒温度和模具温度。准确控制料筒温度是模塑料能否成功注射的关键，如果料筒温度太低，则使物料塑化不完全，没有完全成为熔融态，这时螺杆转动的转矩大，摩擦力也大，物料不易推进，不利注射；反之如果料筒温度过高，则物料易于固化，失去流动性，在料筒中硬结。经过多次反复试验结果得到了合适的料筒控制温度参数值。脲

醛注射料的模具温度控制要求尽量均匀、稳定。模具温度对制件性能及效率有密切关系。如模具温度高，则成型速度快，缩短成型周期，但收缩率大，冲击强度低；反之，如果模温太低，则熔料的流动阻力增大，塑料表面无光泽，电性能低。

②螺杆转速和注射压力。料筒内螺杆转速根据脲醛注射料的特点而定，如转速过高，螺杆与料筒之间的剪切热导致部分物料过热，失去可塑化状态，所以螺杆转速不能太快。注射压力是使塑料熔体流动和确保获得完整制件的重要因素。它取决于模塑料的配方、注射成型机的类型、模具结构和制件复杂情况。应保持较大的注射压力使其顺利充模。但是注射压力太高，会引起塑料件的内应力增加、溢料增加和脱模困难、制件易变形、减短模具寿命等。同时注射速度快能使物料的表现粘度降低，对模腔的填充性好，固化速度增加，成型周期缩短，但太快的注射速度能造成高的剪切速率，使分子链易切断，并使模腔内易混入空气，产生气孔。注射结束后立刻除去注射压力会产生逆流，在浇口大、模温低时尤其明显。为了防止逆流，要有一定的注射保压时间。

③成型周期各因素。成型周期（包括加料、加热、固化、脱模等所需要的全部时间）是与注射成型生产率及制件质量有关的一项重要因素，其中最主要的是固化时间，它根据制件状况、物料固化速度及模腔温度而定。以双灯四档开关塑料件为例，试用不同类型的注射料，其固化时间是不同的（见表 8-25）。计量速度对模塑周期的影响；当计量速度较快时不影响塑模周期；反之，计量速度太慢，则注射的初期和后期由于物料受热的差别是对模塑周期有影响的。因此计量结束后在 30s 内再注射比较妥当。为了防止空气混入可塑化的物料中、要有一定的背压，但不能过高，否则从喷嘴中溢料而造成材料的损失。

表 8-25 不同类型的注射料固化时间

注射料类型	双灯四档开关塑料件的固化时间/s
一般酚醛注射料	45
快速固化酚醛注射料	30
脲醛注射料	39

4) 工艺条件的确定。注射型脲醛模塑料成型工艺经过反复验证，试生产注射电器塑料件、圆片、长条等制品并经应用试验，脲醛模塑料注射成型工艺实例见表 8-26。产品脱模性好，制品光泽，热稳定性好，存放 10 个月仍能顺利注射，成型周期比压制工艺短，性能达到产品技术要求，合格率达 98% 以上。

表 8-26 脲醛模塑料注射成型工艺实例

工 艺 参 数	φ100mm 厚 3mm 圆片	120mm × 10mm × 15mm 长条	MNM158DN 双灯四档开关	LS65 自动断路器
动模温度/℃	145	152	155	145
定模温度/℃	145	147	155	145
前料筒设定温度/℃	95	93	85	90

(续)

工 艺 参 数	$\phi 100\text{mm}$ 厚 3mm 圆片	120mm × 10mm × 15mm 长条	MNM158DN 双灯四档开关	LS65 自动断路器
后料筒设定温度/℃	50	50	60	60
注射压力/MPa	1300	1000	1100	920
注射周期/s	60	65	62	53
螺杆转速/ $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$	50	45	55	50
使用注塑机	东芝 250g	柳州 58g	东芝 475g	柳州 58g

参 考 文 献

- [1] 张齐生,周定国. 浅议我国从人造板大国迈向人造板强国的途径 [J]. 林产工业, 2005, 32 (1): 3-5.
- [2] 张师军,等. 化学交联聚乙烯微孔材料的研制 [J]. 合成树脂及塑料, 2001, 18 (4): 45-48.
- [3] 张勇,等. 硅烷交联聚乙烯管材专用料的研制 [J]. 中国塑料, 2004, 18 (3): 36-39.
- [4] 鹿海军,等. 高密度聚乙烯限氧辐射交联改性 [J]. 高分子材料科学与工程, 2004, 19 (4): 204-206.
- [5] 苑东兴,等. 木粉填充聚乙烯复合材料的研究 [J]. 塑料工业, 2003, 31 (5): 24-26.
- [6] 孙建平. CPE 共混胶改性 PE 微孔底材的研制 [J]. 塑料加工, 1989 (2): 24-27.
- [7] 赵玉玲,等. 高填充 CaCO_3 聚乙烯复合材料的研制 [J]. 塑料加工, 2001, 33 (5): 25-27.
- [8] 朱晓君,等. 高岭土增强增韧聚乙烯的研究 [J]. 材料开发与应用, 2003, 18 (1): 34-36.
- [9] 熊党生,等. 碳纤维增强人工关节软骨材料——超高分子量聚乙烯的摩擦学特性 [J]. 摩擦学学报, 2002, 22 (6): 454-457.
- [10] 刘雄祥. 聚乙烯塑料阻燃增强改性研究 [J]. 化工科技市场, 2004 (9): 32-34.
- [11] 荣峻峰,等. 聚乙烯/凹凸棒石纳米复合材料的研究 [J]. 乙烯工业, 2005, 17 (1): 26-29.
- [12] 张雪茜,等. 纳米氧化锌/低密度聚乙烯复合材性能的研究 [J]. 塑料科技, 2003 (6): 46-49.
- [13] 舒中俊,等. 聚乙烯/粘土纳米复合材料燃烧性能研究 [J]. 工程塑料应用, 2003, 31 (6): 43-45.
- [14] 周瑞敏,等. 辐射交联聚乙烯热收缩防腐材料 [J]. 城市管理与科技, 1999, 1 (2): 24-26.
- [15] 杨明山. 马来酸酐固相接枝 PP 的研究 [J]. 塑料工业, 1995 (2): 6-9.
- [16] 潭英杰,等. PP/NBR 共交联体冲击韧性的研究 [J]. 山西化工, 2002, 22 (1): 8-20.
- [17] 翟燕,等. PP/SBS 共交联体系的研究 [J]. 塑料工业, 2005, 33 (增刊): 88-90.
- [18] 周媛,等. 增韧增强 PP 复合材料的研究 [J]. 合成树脂及塑料, 2005, 22 (2): 11-13.
- [19] 丁雪佳,等. 空心玻璃微珠填充 PP 复合材料的结构与性能研究 [J]. 中国塑料, 2002, 16 (12): 43-46.
- [20] 李志君,等. AC/MMA 接枝天然橡胶包覆滑石粉填充 PP 的研究 [J]. 塑料工业, 2004 (1): 35-37.
- [21] 苏一凡,等. 云母增强 PP 料的研制 [J]. 合成树脂及塑料, 1994, 11 (2): 25-31.
- [22] 许国志,等. 纳米蒙脱土复合填充 PP 的增韧增强研究 [J]. 现代塑料加工应用, 2005, 17 (3): 15-17.
- [23] 胡圣飞,等. 不同形态纳米级 CaCO_3 改性 PP 研究 [J]. 现代塑料加工应用, 2004, 16 (6): 12-14.

- [24] 朱连超, 等. 纳米 Mg/PP 复合材料的制备及结构研究 [J]. 塑料工业, 2003, 31 (5): 17-20.
- [25] 李迎星. 纳米 TiO_2 /PP 复合材料耐候性能的研究 [J]. 四川冶金, 2004, 26 (4): 11-13.
- [26] 陈绪煌, 等. 刚性有机粒子对 PVC 基塑料的改性 [J]. 湖北工学院学报, 1998, 13 (1): 60-64.
- [27] 钟鑫, 等. 改性木粉/PVC 复合材料的性能研究 [J]. 中国塑料, 2004, 18 (3): 62-66.
- [28] 殷吉祥, 等. 非木纤维填充 PVC 新型复合材料的研制 [J]. 化学建材, 2004, 20 (1): 33-35.
- [29] 熊传溪, 等. 辉绿岩增强 PVC 复合材料 [J]. 复合材料学报, 2004, 21 (5): 52-55.
- [30] 余建川, 等. 纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 对 PVC 泡沫塑料力学性能的影响 [J]. 云南化工, 2005, 32 (2): 15-18.
- [31] 刘军, 等. 反应性挤出母粒对 PC/PS 共混体系的增容 [J]. 武汉理工大学学报, 2004, 26 (9): 36-39.
- [32] 刘文芳, 等. PS/ SiO_2 复合型纳米粒子的制备研究 [J]. 化工进展, 2004, 23 (9): 993-997.
- [33] 李谷, 等. 热塑弹性体改性 PS/纳米 CaCO_3 的力学性能研究 [J]. 广东橡胶, 2005 (3): 1-4.
- [34] 唐晓初, 朱建国. 高效润滑剂和复合稳定剂对 UPVC 管材挤出性能的影响 [J]. 塑料管材, 2002 (1): 22-24.
- [35] 叶荣龙. 铅盐与有机锡稳定剂在硬 PVC 管材挤出加工中的应用比较 [J]. 塑料加工应用, 1994 (2): 14-16.
- [36] 文继惠. R-PVC 无毒饮水管材、管件的生产技术 [J]. 塑料科技, 1991 (2): 10-18.
- [37] 孟宪章. UPVC 管材的生产控制及问题处理 [J]. 现代塑料加工应用, 1997, 9 (6): 30-32.
- [38] 王玫瑰. PVC 螺旋管的生产及改进 [J]. 现代塑料加工应用, 2003, 15 (6): 33-34.
- [39] 宗大发, 等. PVC 双壁波纹管的生产和故障处理 [J]. 现代塑料加工应用, 1996 (5): 25-28.
- [40] 陈爱华. 双机共挤 PE 双壁波纹管生产装备及产品性能 [J]. 塑料科技, 2000 (2): 29-32.
- [41] 王庆昭, 廖先玲. 超高相对分子质量聚乙烯管材的单螺杆挤出工艺 [J]. 工程塑料应用, 1997, 25 (3): 17-20.
- [42] 林群球, 刘浩. LDPE/LLDPE 共混管材的研制 [J]. 塑料科技, 2001, 144 (4): 20-21.
- [43] 彭少贤, 朱勇, 等. 低膨胀 PPR 管材材料的增韧增刚研究 [J]. 现代塑料加工应用, 2003, 15 (6): 1-3.
- [44] 柯常牛, 等. PVC/ABS 复合板材成型工艺. 塑料挤出, 2002 (3): 16-19.
- [45] 文继惠. 用锥形双螺杆挤出机生产 R-PVC 低发泡板材 [J]. 现代塑料加工应用, 1992 (1): 33-38.
- [46] 汪艳. 聚乙烯热收缩异型套管的研制 [J]. 中国塑料, 2001, 15 (1): 43-44.
- [47] 孔令斌, 等. 一次性使用食道支架推送器的研制 [J]. 工程塑料应用, 2003, 31 (4): 31-33.

- [48] 王文生. 改性聚丙烯保险杠的多级注塑工艺 [J]. 工程塑料应用, 1997, 25 (1): 42-44.
- [49] 卞觉新. 氯化聚氯乙烯的加工及应用 [J]. 聚氯乙烯, 1984 (1): 58-61.
- [50] 李良波, 等. 氯化聚乙烯导热管的研制 [J]. 塑料工业, 1992 (4): 46.
- [51] 王欣, 等. 塑料热水管及其性能评价 [J]. 中国塑料, 1996, 10 (1): 72-80.
- [52] 史铁军, 等. 氯化聚氯乙烯的流变性能 [J]. 中国塑料, 1989, 3 (1): 15-17.
- [53] 洪重奎, 等. 不同组成 ABS 对 ABS/PMMA 合金性能的影响 [J]. 中国塑料, 2003, 17 (7): 28-30.
- [54] 方征平, 等. 热塑性聚氨酯对 ABS 的共混改性研究 [J]. 合成树脂与塑料, 1998, 15 (2): 22-24.
- [55] 朱伟平. ABS/硅油混合物力学性能的研究 [J]. 有机硅材料与应用, 1999 (2): 8-11.
- [56] 陈国斌. PVC/ABS 塑料合金板生产工艺探讨 [J]. 塑料, 1990, 19 (4): 17.
- [57] 王旭, 等. ABS/PBC 合金的研究 [J]. 工程塑料应用, 1997, 25 (1): 5.
- [58] 杨玉芹, 等. PVC/ABS 共混合金的结构与性能 [J]. 高分子材料科学与工程, 1994, 10 (6): 114.
- [59] 闫里选, 等. PVC/ABS 合金体系微观结构与宏观性能的研究 [J]. 聚氯乙烯, 1996 (5): 1.
- [60] 裘悌明, 等. 碳酸钙对 PVC/ABS 二元体系增韧改性 [J]. 塑料, 1993, 22 (4): 24.
- [61] 吴其晔, 等. 刚性无机粒子和弹性体粒子增韧改性硬聚氯乙烯制品的研究 [J]. 塑料, 1992, 21 (4): 18.
- [62] 李剑秋, 等. 白度化微胶囊化红磷阻燃剂的制备及其在塑料中的应用 [J]. 塑料, 1994, 23 (5): 33-36.
- [63] 欧育湘. 新世纪前 10 年全球阻燃剂发展预测 [J]. 化工进展, 1996 (6): 29-32.
- [64] 陈永红, 等. 微胶囊化红磷的应用研究 [J]. 化工生产与技术, 1997 (4): 8-10.
- [65] 李玉荣. 包覆红磷的研制和应用 [J]. 现代化工, 1997 (2): 19-20, 34.
- [66] 房宽峻. 微型胶囊的渗透性能研究 [J]. 中国纺织大学学报, 1991, 17 (2): 15-21.
- [67] Luxon B L, et al. Elongated Molding Granules and Injection Molding Process [J]. Emulating Them. U S. Patent 4818615, 1989-04-04.
- [68] 朱伟平, 等. ABS 树脂及其共混合金研究进展及其在汽车上的应用 [J]. 弹性体, 1998, 8 (2): 57.
- [69] 于德梅, 等. 玻璃纤维增强 ABS 力学及加工性能 [J]. 工程塑料应用, 1996, 24 (1): 8.
- [70] 何国仁, 等. 混杂短纤维增强尼龙 1010 的工艺与性能 [J]. 复合材料学报, 1986, 3 (2): 10.
- [71] 杨欣华, 等. 纳米 $Mg(OH)_2$ 的分散性对 ABS 阻燃性及加工流动性的影响 [J]. 塑料工业, 2004, 32 (12): 33-35.
- [72] 赵秀英, 等. ABS 色母料用分散剂的研究 [J]. 中国塑料, 2001, 15 (3): 65-71.
- [73] 彭杨, 等. 阻燃耐候 ABS 研究 [J]. 合成材料老化与应用, 2004 (4): 31-35.
- [74] 夏芙, 等. 高拉伸冲击阻燃 ABS 专用料的研制 [J]. 现代化工, 2004, 24 (6): 26-29.
- [75] 申屠宝卿, 等. ABS 的老化及其防老化 [J]. 工程塑料应用, 1997, 25 (1): 53-55.
- [76] 郭秀春, 等. 耐热 ABS 树脂的制备及其应用 [J]. 现代塑料加工应用, 1991, (3): 13-19.

- [77] 谭绍军, 等. 载银抗菌 ABS 塑料的研制 [J]. 工程塑料应用, 2005, 33 (5): 13-17.
- [78] 李永田, 等. 调整掺和配方对 ABS750 产品性能的影响, 合成树脂及塑料, 1999, 16 (4): 30-32.
- [79] 赵国强. ABS、PP 及其改性塑料在汽车中的应用 [J]. 上海汽车, 2003, 9: 23-26.
- [80] 何仕新, 等. 汽车仪表板用 ABS 乳液的凝聚及后处理 [J]. 兰化科技, 1998, 16 (3): 125-128.
- [81] 张皓瑜, 等. 高耐热改性 ABS 树脂及其在汽车上的应用 [J]. 上海汽车, 1996, 24 (3): 29-30.
- [82] 周丛, 等. ABS 做家电外壳专用料的研制 [J]. 黑龙江石油化工, 2002, 13 (1): 17-19.
- [83] 王永齐. 保鲜冰箱用 ABS 板材及其成型技术 [J]. 现代塑料加工应用, 2000, 12 (2): 34-45.
- [84] 吴宏安, 等. PC/ABS 手机充电器专用料的开发 [J]. 工程塑料应用, 2004, 32 (4): 4-7.
- [85] 马占鏢. PMMA/ABS 共挤复合板材及其制品的发展前景 [J]. 化工新型材料, 1996 (2): 34-35.
- [86] 陈国斌. PVC/ABS 塑料合金板生产工艺探讨 [J]. 塑料, 1990, 19 (4): 17-20.
- [87] 刘德先. 8.89cm 磁盘外壳生产工艺的探讨 [J]. 工程塑料应用, 1995, 23 (2): 19-21.
- [88] 马峰, 等. 防静电 ABS 塑料转运箱的研制 [J]. 纺织基础科学学报, 1993, 6 (2): 164-167.
- [89] 张玉龙. 塑料品种与性能手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [90] 张玉龙等. 塑料注射成型入门 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [91] 张玉龙等. 塑料挤出成型入门 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [92] 张玉龙等. 塑料吹塑成型入门 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [93] 张玉龙. 塑料模压成型入门 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [94] 张玉龙. 塑料品种速查手册 [M]. 北京: 中国纺织出版社, 2009.
- [95] 张玉龙, 庞旭堂. 塑料成型常见故障、诊断与排除 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2010.

机械工业出版社塑料类书目（部分）

书号	书名	作者	定价
01336	实用塑料注射模设计与制造	陈万林	32
10670	注塑成型技术	郭广思	36
15422	注塑成型工艺	刘来英	20
21551	塑料注射成型技术高级工	温耀贤	28
28420	塑料模具设计步骤与实例精解	曹丽平	44
28612	塑料注塑模具经典结构180例	李勇	59
29994	塑料压延机的使用与维护	周殿明	27
30022	塑料注射成型技术问答	周殿明	29
30900	塑料吹塑成型速查手册	张晓黎	34
31440	塑料压制成型速查手册	梁淑君	27
31833	塑料注射成型机的使用与维护	周殿明	30
32639	低碳生物塑料	陈寿	19.8
34810	塑料成型工艺与模具设计	翟震	32
35135	塑料挤出工问答	周殿明	32
35193	塑料管挤出成型	周殿明	38
35679	塑料注射模具结构与设计实例	张景黎	33
35747	塑料制品成型材料	周殿明	36
36764	塑料压延工问答	周殿明	36
37227	塑料薄膜挤出成型	周殿明	39
37302	生态增塑剂生产配方与合成工艺	汪多仁	59
38395	塑料速查手册	翟震	65
38732	实用塑料助剂手册	张玉龙 李萍	59

地址：北京市百万庄大街22号

邮政编码：100037

电话服务

社服务中心：010-88361066

销售一部：010-68326294

销售二部：010-88379649

读者购书热线：010-88379203

网络服务

教材网：http://www.cmpedu.com

机工官网：http://www.cmpbook.com

机工官博：http://weibo.com/cmp1952

封面无防伪标均为盗版

上架指导： 工业技术 / 工程材料 / 非金属加工

ISBN 978-7-111-38858-6

策划编辑◎张秀恩/封面设计◎赵颖喆

ISBN 978-7-111-38858-6



9 787111 388586 >

定价：88.00元