

塑料注射

制品配方集锦

张玉龙 石磊◎主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

塑料注射制品配方集锦

主 编	张玉龙	石 磊			
副 主 编	宫 平	李 萍	王志强	王 玲	
参编人员	孔令美	杨兴娟	修志峰	冯雪艳	李明俊
	尹 勋	崔紫方	刘 鹏	孙建文	杨锦荣
	张文超	刘宝玉	闫 军	杜仕国	孙德强
	李旭东	李桂变	杨振强	吴建全	邵颖惠
	康 敏	李 燕			



机 械 工 业 出 版 社

系统地介绍了汽车零件用塑料注射制品与专用料、家电产品用塑料注射制品与专用料、机电产品用塑料注射制品与专用料、注射成型塑料管件与专用料、注射成型塑料鞋制品与专用料及注射成型塑料日用制品与专用料的配方及性能，与此同时还简要介绍了塑料注射成型技术等内容。

本书是从从事塑料行业材料研究、产品设计、配方设计、制造加工、管理销售与教学人员的必读之书，也可作为行业职工的培训教材。

图书在版编目（CIP）数据

塑料注射制品配方集锦/张玉龙，石磊主编. —北京：
机械工业出版社，2014.9
ISBN 978-7-111-47465-4

I. ①塑… II. ①张…②石… III. ①注塑-塑料制
品-配方 IV. ①TQ320

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 168569 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 张元生

版式设计：赵颖喆 责任校对：刘秀丽

封面设计：陈 沛 责任印制：刘 岚

北京京丰印刷厂印刷

2014 年 10 月第 1 版·第 1 次印刷

169mm×239mm·15.5 印张·337 千字

0 001—3 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-47465-4

定价：39.00 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

封面无防伪标均为盗版

前 言

塑料注射成型技术是塑料制品加工中最常见的工艺技术，具有技术成熟、设备齐全、生产效率高的特点，可用于各种小型制品和塑料构件制品的加工，产品形式多样，用途十分广泛，在国民经济建设、国防建设和人们的日常生活中发挥了巨大的作用。近年来随着高新技术在成型技术中的应用，使这一工艺技术取得了长足的进步，展现出了广阔的发展前景。注射成型技术的发展最根本的目的是进一步开发新型高质量的注射制品，以适应市场需求。而新产品开发仅依靠工艺技术还远远不够，必须采用先进的塑料改性技术与制品的配方设计技术，才能研制出满足市场需求、性价比合理的产品。

为了普及塑料注射制品配方设计的基本知识，推广并宣传塑料注射制品配方设计的研究与应用成果，国防信息学会军用材料信息专业委员会与北方（济南）胶粘剂与涂料协会联合编写了本书。本书共 7 章 26 节，收录配方约 530 例，较为系统地介绍了汽车零件用塑料注射制品与专用料、家电产品用塑料注射制品与专用料、机电产品用塑料注射制品与专用料、注射成型塑料管件与专用料、注射成型塑料鞋制品与专用料及注射成型塑料日用制品与专用料的配方及性能，与此同时还简要介绍了塑料注射成型技术等内容。本书是从事塑料行业材料研究、产品设计、配方设计、制造加工、管理销售与教学人员的必读之书，也可作为行业职工的培训教材。

本书突出实用性、先进性、可操作性，理论叙述从简，着重用配方设计实例与使用数据说明问题。全书结构紧凑、语言简练、数据翔实可靠、信息量大、便于查阅。若本书的出版发行能对我国塑料制品的质量提高、新产品的开发和更新换代等工作起到促进作用，编者将感到十分欣慰。

由于水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一章 塑料注射成型技术	1
第一节 简介	1
一、基本概念	1
二、注射成型基本原理	1
三、塑料注射成型材料的选择	2
四、注射成型在塑料加工中的地位与作用	3
第二节 塑料注射成型工艺	3
一、注射机规格型号选择	3
二、注射成型前的准备	5
三、注射成型工艺过程	8
第三节 注射成型工艺条件的选择与控制	9
一、温度	9
二、压力	16
三、注射速度	20
四、成型周期	21
五、各类塑料的注射工艺参数	23
第四节 注射成型的操作技术	25
一、注射机四种操作方式的应用	25
二、注射机的生产操作规程	26
三、注射机操作注意事项	28
第五节 塑料制品注射后的处理技术	29
一、手工或机械加工	29
二、抛光和表面涂饰	29
三、退火处理	29
四、调湿处理	30
五、回料利用	30
第六节 注射成型塑料制品质量问题分析	31
一、制品的外形结构尺寸不完整	31
二、制品的外形尺寸不稳定，出现收缩现象	31
三、制品脱模困难	32
四、制品有飞边	32
五、制品脱模易损坏	32
六、制品表面有熔接痕	32

七、制品表面有波纹	33
八、制品表面有气泡和银纹	33
九、制品表面无光泽	33
十、制品成型后变形	33
十一、制品有黑点或黑纹	34
第二章 汽车零件用塑料注射制品与专用料	35
第一节 聚丙烯注射制品与专用料	35
一、保险杠	35
二、仪表盘（板）	41
三、汽车其他部件与专用料	45
四、汽车零件用聚丙烯供选料	55
第二节 汽车零件用其他塑料制品与专用料	62
一、聚氯乙烯类汽车制品与专用料	62
二、汽车零件用其他专用料	63
第三章 家电产品用塑料注射制品与专用料	79
第一节 洗衣机用塑料注射制品专用料与供选料	79
一、洗衣机用塑料注射制品专用料	79
二、洗衣机用塑料注射制品供选料	83
第二节 电冰箱用塑料注射制品专用料与供选料	85
一、电冰箱用塑料注射制品专用料	85
二、电冰箱用塑料注射制品供选料	89
第三节 空调用塑料注射制品与专用料	92
第四节 电视机用塑料注射制品与专用料	96
第五节 其他家电用塑料注射制品与专用料	98
第四章 机电产品用塑料注射制品与专用料	107
第一节 机电产品通用塑料注射制品与专用料	107
一、机电产品用聚乙烯注射制品与专用料	107
二、机电产品用聚丙烯注射制品与专用料	109
三、机电产品用聚氯乙烯注射制品与专用料	115
四、机电产品用 ABS 注射制品与专用料	117
第二节 机电产品通用工程塑料注射制品与专用料	122
一、机电产品用聚酰胺注射制品与专用料	122
二、机电产品用聚甲醛注射制品与专用料	139
三、机电产品用热塑性聚酯注射制品与专用料	149
四、机电产品用聚苯醚注射制品与专用料	155
第三节 机电特种工程产品用塑料注射制品与专用料	157
一、机电产品用聚苯硫醚注射制品与专用料	157
二、机电产品用聚酰亚胺注射制品与专用料	161
三、机电产品用聚醚醚酮注射制品与专用料	164

四、机电产品用聚四氟乙烯注射制品与专用料	166
五、机电产品用聚砒注射制品与专用料	168
第四节 机电产品用热固性塑料注射制品与专用料	170
一、机电产品用酚醛注射制品与专用料	170
二、机电产品用环氧注射制品与专用料	175
三、机电产品用不饱和聚酯注射制品与专用料	180
四、机电产品用其他热固性塑料注射制品与专用料	182
第五章 注射成型塑料管件与专用料	184
第一节 聚氯乙烯注射管件与专用料	184
第二节 聚烯烃注射管件与专用料	188
第六章 注射成型塑料鞋制品与专用料	196
第一节 聚氯乙烯注射成型鞋制品与专用料	196
第二节 聚烯烃注射成型鞋制品与专用料	205
第三节 其他塑料注射成型鞋制品与专用料	211
第七章 注射成型塑料日用制品与专用料	213
第一节 聚乙烯注射成型日用制品与专用料	213
第二节 聚丙烯注射成型日用制品与专用料	217
第三节 聚氯乙烯注射成型日用制品与专用料	227
第四节 其他塑料注射成型日用制品与专用料	230
参考文献	233

第一章 塑料注射成型技术

第一节 简介

一、基本概念

注射成型(也称注射模塑,简称注塑)是指将注射用原料(粒状或粉状塑料)置于能加热的机筒内,受热、塑化后用螺杆或柱塞施加压力,使熔体经机筒末端的喷嘴注入所需形状的模具中并填满模腔,冷却定型后脱模,即得到具有要求形状制品的一种成型方法。这一过程是通过注射机和模具来实现的。通常,我们把塑料、注射机和模具称为注射成型三要素,而把成型压力、成型温度和成型周期称为注射成型的三大工艺参数。在评价其重要性时,前者占 30%,而后者占 70%,也就是说控制工艺条件是最重要的。

二、注射成型基本原理

对注射用塑料的要求是在热、压作用下能熔融流动,因而热塑性塑料和热固性塑料中的绝大多数都适用注射成型工艺。但由于热塑性塑料和热固性塑料的性能不同,因此其注射成型原理也有所区别。现仅以热塑性塑料为例简述其注射成型原理。

将树脂通过料斗送入热机筒中。机筒中设有由注射液压缸带动的柱塞或螺杆,将物料送到机筒的加热区,物料在加热区软化并被加热到要求温度。在柱塞或螺杆的推移下,热塑性塑料熔体被注入闭合的模具中。注模系统固定在注射机的装模板上。锁模系统保证注模的闭合,并提供注射机必要的锁模力。注射机装有时间调节系统,可以控制注射周期的操作程序。注射机的原理如图 1-1 所示。

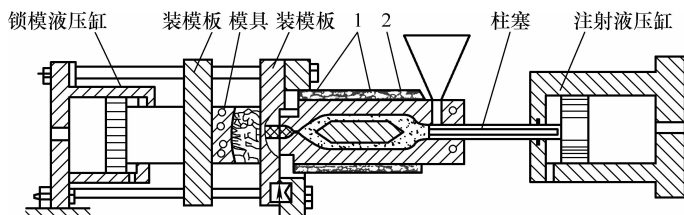


图 1-1 注射机的原理

1—电加热器 2—加热机筒

注射成型的特点如下：

1) 注射成型周期从几秒钟到几分钟不等，周期的长短取决于制品的壁厚、大小、

形状、注射机的类型以及所采用的塑料品种和工艺条件等。

2) 注射成型制品的质量从几克到几十千克不等,视需要而定。

3) 注射成型生产周期短,生产效率高,能成型形状复杂、尺寸精确或带嵌件的制品,且制品具有良好的装配性和互换性,因而可以使制品规格化、系列化、标准化。

4) 注射机操作简便易行,模具更换方便,制品翻新快,可多腔成型。

5) 对各种塑料的成型适应性强,在注射成型过程中易于实现自动化、高速化生产,经济效益好。

三、塑料注射成型材料的选择

要研制出一个好的塑料注射制品,需要做很多的技术和经济分析工作。其中,最重要的是塑料材料的选择、制品的设计及模具的设计。虽然这些工作应该由产品开发技术人员完成,但作为一名优秀的注射工,若能共同参与选择塑料材料,会使产品开发更快、更准确。

1. 选择塑料材料应考虑的因素

塑料工业发展迅速,其种类和品级也日趋繁多,现在可供选择的的不同牌号塑料材料已有 15 000 多种。这既拓宽了塑料选择的范围,也增大了塑料选择的难度。在选择塑料材料时,应着重考虑以下因素:

(1) 塑料材料的基本类别

1) 通用塑料,包括聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚氯乙烯(PVC)、聚苯乙烯(PS)、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯(ABS)和聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)等。

2) 通用工程塑料,包括聚酰胺(PA)、聚碳酸酯(PC)、聚甲醛(POM)、聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚对苯二甲酸丁二醇酯(PBT)、聚苯醚(PPO)等。

3) 特种工程塑料,包括聚四氟乙烯、聚苯硫醚(PPS)、聚砜、聚醚醚酮、聚芳酯和液晶聚合物等。

4) 热固性塑料,包括酚醛、环氧、不饱和聚酯、聚氨酯、聚酰亚胺、氨基塑料等。

(2) 外观和尺寸稳定性

1) 外观方面包括透明度(雾度)、表面光泽或亚光的要求,以及着色的难易程度及持久性。

2) 尺寸稳定性方面包括成型收缩率、允许误差和耐磨性要求。

(3) 材料性能

1) 力学性能包括拉伸、压缩、弯曲及抗冲击要求和抗疲劳要求。

2) 热性能包括正常的工作温度和最高或最低的工作温度。

3) 电性能包括电绝缘性、耐电弧性和抗静电或导电性。

(4) 环境性能 包括接触化学物质(酸、碱)、化学试剂及蒸汽的性能,耐老化性能,受霉菌、细菌侵蚀的性能。

(5) 成型性能 选择容易成型的材料,同时还应考虑到现有设备或企业购买设备后能成型加工,并能进行二次加工(装饰、装配、粘接等)。

(6) 经济性 材料应具有竞争力, 生产、储存、管理成本合适。

(7) 符合法规 塑料材料要符合安全法规及标准(食品卫生性能标准, 消防、环境保护规定等), 符合工业生产许可规定(GMP 医药生产许可、食品包装许可、危险品包装许可等)。

2. 选择注射用塑料材料的一般程序

选择合适的注射用塑料材料, 一般要经过多道选择程序。当然, 若用户有指定要求, 选择程序就会简单一些。

1) 熟悉注射制品的使用条件(要求)及装配要求。

2) 根据塑料材料性能, 初步确定塑料品种。

3) 根据本企业配备的成型设备及材料成型工艺要求, 初步确定塑料材料及型号。

4) 根据材料、模具、生产的成本, 确定塑料品种及型号。

5) 通过试模及制品性能试验, 修正选用的塑料品种及型号, 或确认选用型号的基本参数(如密度、黏度或熔体流动速率等)。

四、注射成型在塑料加工中的地位与作用

注射成型是目前塑料加工中采用最普遍的一种重要的成型方法, 是根据压铸原理在 19 世纪末、20 世纪初发展起来的。除极少数塑料外, 几乎所有的热塑性塑料和部分热固性塑料都可采用此法成型。采用这种成型方法可以在高生产率下成型各种形状、满足各种要求的高精度、高质量制品。因此, 注射成型在塑料制品成型中占有很大的比重, 注射模塑制品约占塑料制品总量的 20% ~ 30%, 尤其当塑料作为工程结构材料时, 注射模塑制品的用途已从民用扩大到国民经济的各个领域。用注射成型方法制造的制品主要是各种工业配件、仪器仪表的零件和壳体, 如齿轮、螺钉、螺母、轴承、手柄、密封环、阀件、阀门、纺织梭纱管、开关、接线柱、管道、管接头、容器等。这些部件在发展尖端科学技术中是不可或缺的。总之, 注射成型在塑料加工中占有重要的位置。

第二节 塑料注射成型工艺

一、注射机规格型号选择

在选择注射机的规格型号之前, 首先要查看注射机生产厂家提供的产品说明书中的注射机性能参数值, 这些参数值表示该注射机的主要性能特征。然后再根据所要生产塑料制品的一些技术要求(如制品用原料种类、牌号, 制品的重量及外形尺寸等)去查找说明书中与其相接近的参数值, 这些参数值所对应的注射机型号就是我们要选购的注射机型号。

规格型号中重点要对照的数据, 是制品的重量(或容积)和外形尺寸与参数值的比例关系。即塑料制品的重量与注射机理论注射量(或容积)之间的比例要求, 制品长度(高度)尺寸及与成型模具厚度(移动模板上模具厚度)尺寸之和, 与注射机移动模板行

程距离之间的尺寸要求。

(一) 按制品重量选择注射机理论注射量

制品的重量是指注射成型制品时所需要的熔料量。计算方法如下:

1) 计算制品用熔料总重量

$$Q = K \times (\text{制品重量} + \text{浇口系统用料重量})$$

式中 K ——系数, $K = 1.1 \sim 1.3$ 。

2) 计算注射机注射成型该制品时应注射的熔料量

$$Q_s = Q \times \frac{1.05}{\rho_r}$$

式中 ρ_r ——制品相对密度。

例: 一件 PE 制品重量为 200g, 浇道系统用料估计为 22g, 计算注射机注射成型此制品时需要的熔料量是多少?

①制品用熔料总重量: $Q = 1.2 \times (200 + 22) \text{g} = 266.4 \text{g}$

②成型该制品需要熔料量: $Q_s = 266.4 \text{g} \times \frac{1.05}{0.92} = 304.04 \text{g}$

用注射机注射成型该制品的理论注射量, 一般是略大于 Q_s 值的接近数值。

(二) 按制品成型锁模力选择注射机

注射机的锁模力是指合模装置中, 对两片(或多片)模具结合成一制品空腔体的最大夹紧力。当熔料以一定的注射力和流速进入模具空腔时, 通过锁模力的作用, 使成型模具不至于被熔料的注射力作用而胀开。

注射机的锁模力和注射机的注射量一样, 是注射机的一个重要性能参数。由这个参数就可知道注射机规模的大小。

注射制品成型锁模力的计算比较复杂, 它与熔料的注射压力、熔料的黏度、原料塑化条件、制品形状、模具结构和制品在模具中的冷却定型温度等因素有关, 很难计算出一个比较准确的锁模力。这里只介绍一个粗略的计算制品注射成型锁模力的方法。

锁模力 = 锁模力计算用常数 $\times$ 制品在模板上垂直投影面积

即 $F = KS$

式中 F ——锁模力(t);

K ——不同原料用常数(t/cm²);

S ——制品在模板上的垂直投影面积(cm²)。

不同原料的 K 值见表 1-1。

表 1-1 不同原料的 K 值

原料名称	PE	PP	PS	ABS	PA	其他工程塑料
$K/(\text{t}/\text{cm}^2)$	0.32	0.32	0.32	0.32 ~ 0.48	0.64 ~ 0.72	0.64 ~ 0.80

(三) 选择注射机时的注意要点

在注射机厂家给出的产品样本上, 有关机械的性能数值分别统一记载在注射装置、

合模装置、各种附属装置等功能类别内。

但是,准备实际使用注射机时,应当检查以下几方面的性能,并将这些性能综合起来,以最终决定是否可以使用该机器。

1) 在成型品的大小(尺寸、重量)方面,是否有足够的成型能力。

2) 是否有足够的位置来安装准备使用的模具(横、竖向尺寸,与操作有关的尺寸)。

3) 是否有足够快的操作速度以达到预定的成型周期。

二、注射成型前的准备

为了使注射过程顺利进行并保证产品质量,在成型前有一系列的准备工作,如原材料的预处理、嵌件预热、机筒清洗、脱模剂的选用等。由于塑料的供应方式(粉料或粒料)和性质不同,制件的结构(有无嵌件)和使用要求不同,各种制品在成型前的准备工作也不同,应视具体情况而定。

(一) 原材料的预处理

根据各种塑料的特性,成型前应对原材料进行如下预处理。

(1) 原材料检验 原材料的检验包括三个方面:一是所用原材料是否正确,是否能满足制品的使用要求(品种、规格、牌号等);二是外观检验(色泽、颗粒形状及均匀性,有无杂质等);三是物理性能检验(包括熔体流动速率、流动性、热稳定性、含水量指标及收缩率等)。

(2) 原材料的造粒和染色 如原材料是粉料,在成型前还需造粒;如果制品要求带有某种颜色,则要对原料进行染色。注射制品着色最常见的方法最采用色母料着色,即将原材料颗粒与色母料按一定比例混合均匀,直接加入注射机料斗中。该方法简单实用,着色均匀,但成本偏高,仅适用于螺杆式注射机的成型。若使用柱塞式注射机,会因塑化、混料不均,而引起制品色斑或色纹。对于原料为粉料的注射成型,一般采用的是造粒染色,即把粉料和颜色母料经过挤出造粒,获得颜色均匀的颗粒料。

(3) 原材料的预热及干燥 各种塑料颗粒常含有不同程度的水分、溶剂及其他易挥发的低分子物质,它们的存在往往会使注射成型制品产生银纹、收缩孔、气泡等缺陷,高温下还会使塑料产生交联和降解,造成制品的性能及外观质量下降。因此在成型前多数塑料需要进行预热及干燥处理。如聚酰胺、聚碳酸酯、聚砜、聚甲基丙烯酸甲酯、聚苯醚等塑料,因其分子结构中含有酰氨基、酯基、腈基等亲水基团,具有吸湿倾向,一般都要进行干燥处理。塑料干燥条件见表 1-2。聚苯乙烯和 ABS 等塑料,虽亲水能力不强,但一般也要进行干燥处理。对聚烯烃、聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚甲醛等不易吸湿的塑料,如果包装严密,贮存运输良好,一般可不干燥。

表 1-2 塑料干燥条件

原料名称	干燥温度/℃	干燥时间/h	干燥厚度/mm
聚酰胺	90 ~ 105	12 ~ 20	< 50

(续)

原料名称	干燥温度/℃	干燥时间/h	干燥厚度/mm
聚碳酸酯	120 ~ 130	6 ~ 8	< 30
聚砷	120 ~ 140	4 ~ 6	20
聚甲基丙烯酸甲酯	70 ~ 80	2 ~ 4	30 ~ 40
ABS	80 ~ 90	2 ~ 4	30 ~ 40
聚甲醛	75 ~ 85	3 ~ 5	< 30

干燥的方法很多,应根据塑料性能、生产批量和具体干燥设备进行选择。批量较小的多采用热风循环烘箱和红外线加热烘箱干燥;大批量的通常采用沸腾干燥和气流干燥;高温下易氧化变色的塑料,如聚酰胺,则采用真空烘箱干燥为好。

干燥温度和时间以及料层厚度是影响干燥效果的主要因素。温度越高,低分子及水分挥发越快,但不能超过塑料的软化温度或熔点,否则料易变软结成团,使加料困难,干燥温度一般为 100℃ 左右;较长的干燥时间有利于提高干燥效果,但易造成能源浪费,对热稳定性差的塑料还会引起分解变色;若料层过厚,由于塑料导热性差,在同样的干燥条件下会使表层和中心层干燥效果不同。因此料层厚度以 20 ~ 50mm 为宜。

要特别说明的是,干燥后粒料要妥善密封保存,防止塑料再次吸湿而失去干燥效果。有些在成型温度下对水分特别敏感的塑料,在成型过程中还应考虑采用密封或加料斗。

(二) 螺杆的选择

对于不同塑料的注射成型,按其原料的性能不同,应选择适应其塑化工艺条件要求的螺杆。

结晶性塑料(聚乙烯、聚丙烯和聚酰胺)用螺杆条件:应选用较大压缩比螺杆,一般为 3 ~ 3.5。螺杆的锥形头部应配有止逆环,喷嘴是防流延型。

硬聚氯乙烯原料用螺杆条件:螺杆的螺槽(均化段也叫计量段)比较深。压缩比较小,一般在 2 左右,不用止逆环,喷嘴是直通式。

对于没有特殊要求的常用塑料的注射成型,可选用配有较强通用性标准螺杆的注射机,这样就可以不用经常调换螺杆。

(三) 模具的安装调试

安装成型用模具时,可把型腔安装在固定模板上,型芯安装在移动模板上。安装时应注意以下几点:

1) 注意模具上定位圈外径与固定模板上定位孔直径的间隙配合调整,保证注射喷嘴口直径中心线与模具进料衬套口中心线的重合。

2) 把型芯和型腔配合安装好。导向套和导柱配合滑动合理时,固定两部位模具。一般用螺钉把模具固定在模板上,如果丝孔位置不对应,也可用压板固定模具。

3) 调节移动模板的行程。合模板的行程必须大于或等于制品的高度与脱模距离之和再加 5 ~ 10mm 值,即 $S \geq H_1 + H_2 + (5 \sim 10) \text{ mm}$,模板行程与制品高度的选择尺寸如

图 1-2 所示。

选择设计模具时, 注意模具的外形厚度尺寸应在注射机规定的模具最大厚度尺寸和最小厚度尺寸之间。

(四) 机筒的清洗

在注射成型中, 经常需要更换原料、调换颜色, 或由于温度的升高会造成原料分解, 所有这些情况发生时, 都需对注射机的机筒进行清洗。清洗方法有以下几种:

1) 柱塞式注射机机筒的清洗, 要先把组装件拆卸后才能进行清洗。

2) 螺杆式注射机机筒的清洗, 通常采用直接换料清洗。为了便于机筒的清洗, 一般颜色浅的、熔融温度低的、热稳定性差的注射制品先加工。

3) 若新原料的成型温度比机筒内剩料温度高, 应先将机筒和喷嘴温度升到新原料的最低加工温度, 然后加入新原料(或其回收料)进行连续的对空注射, 直到把机筒内的剩料排尽后再升高机筒温度, 待喷嘴温度达到要求范围, 就可加入新原料转入生产。若新原料的成型温度比机筒内的剩料温度低, 则应将机筒和喷嘴温度升到使剩料处于最好的流动状态, 然后切断机筒和喷嘴的加热电源, 用新原料(或其回收料)进行连续的对空注射, 直至把机筒内的剩料排尽, 待温度降至新材料加工温度时, 再加入新原料进行生产。

4) 对于聚氯乙烯、聚甲醛等热敏性残剩料, 为防止清洗过程中塑料分解, 应先用低密度聚乙烯、聚苯乙烯等热稳定性好的塑料进行过渡换料清洗, 最后用所加工的新料置换出过渡清洗料。

5) 为减少原料的浪费, 近年来研制成功了注射机机筒清洗剂, 适用于加工温度范围为 180 ~ 280℃ 的各种热塑性塑料的注射机机筒清洗。

(五) 嵌件的热处理

在塑料注射成型制件内, 有时会加一些金属嵌件, 目的是因制件的工作需要, 增加制件的工作强度。金属件与塑料在注射时熔接成一体, 但由于二者的热性能温度差异较大, 使塑料在固化时与金属接触的四周产生较大的应力集中, 出现裂纹, 降低制品强度。为避免这些现象发生, 金属件在与塑料熔接前应进行预热处理。金属件的预热处理可按金属材料的不同, 在 110 ~ 150℃ 范围内进行。对于较小金属零件可酌情不用预热处理。

(六) 脱模剂的选择和应用

如果模具的脱模斜度设计合理、制造精度有保证, 成型时再加上有顶出杆作用, 应该说脱模工作比较顺利。但有时为使脱模工作顺利快捷, 在合模注射前可在模具腔表面涂一层脱模剂。

常用的脱模剂有硬脂酸锌、液体石蜡或硅油。注意, 在用聚酰胺塑料注射成型时,

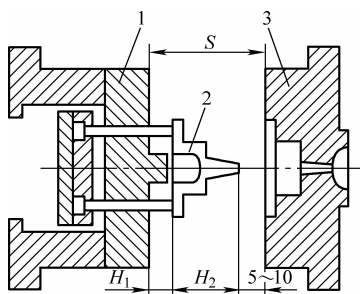


图 1-2 模板行程与制品高度的选择尺寸

1—动模板 2—制品 3—静模板

脱模剂不宜用硬脂酸锌。

如果脱模剂涂层过厚或涂层不均，注射成型后的制件表面质量会受到影响。所以，脱模剂要少涂或涂在脱模困难部位。采用液体雾化喷涂方法，涂层既均匀又薄，比较理想。

三、注射成型工艺过程

塑料注射成型是利用塑料的三种状态，借助于注射机和模具，成型出所需要的塑料制品。尽管所用的注射机不尽相同，但要完成的工艺内容和基本过程还是相同的。下面以卧式螺杆注射机的加工过程为例予以说明。

（一）合模与锁紧

注射成型过程是一个循环工作过程，一般以合模作为注射机工作过程的始点。合模动作由注射机合模系统来执行。一般合模过程动模板的移动速度是变化的，符合慢—快—慢要求，而且有低压保护阶段。其目的一方面是保证模具平稳地合模，减小冲击，缩短闭模时间，从而缩短成型周期；另一方面，是当动模与定模快要接近时，以免模具内有异物或模内嵌件松动脱落损坏模具。最后为高压、低速锁模阶段，保证模具有足够的锁模力，以免在注射、保压时产生溢边等现象，影响制品质量。

（二）注射装置前移

当合模机构闭合锁紧后，注射座整体移动液压缸工作，使注射装置前移，保证喷嘴与模具浇口贴合，为注射阶段做好准备。

（三）注射与保压

完成上述两个工作过程后，注射装置的注射液压缸工作，推动注射机螺杆前移，使机筒前部的熔料以高压、高速注入模腔内。此时螺杆头部作用于熔料上的压力称之为注射压力，又称一次压力。熔料注入模腔后，由于模具的冷和热传导作用，使模腔内物料产生体积收缩。为了保证塑料制品的致密性、尺寸精度、强度和刚度，必须使注射系统对模具施加一定的压力进行补料，直到浇注系统（关键是浇口处）的塑料冻结为止。此时，螺杆作用于熔料上的压力称为保压压力，又称二次压力。

（四）制品冷却和预塑化

随着模具的进一步冷却和热传导，模具浇注系统内的熔料逐渐趋于冻结，尤其当浇口冻结时，保压已失去了补料作用。此时，可以卸去保压压力，使制品在模内充分冷却定型。

为了缩短成型周期，冷却的同时螺杆传动装置工作，带动螺杆传动，使料斗内的塑料经螺杆向前输送。在机筒加热系统的外加热和螺杆的剪切、混炼作用下，使塑料逐渐依次熔融塑化，由螺杆运到机筒端部，并产生一定的压力。这个压力是根据所加工塑料调节注射机液压系统的背压阀和克服螺杆后退的运动阻力建立的，统称为预塑背压，其目的是保证塑化质量。由于螺杆不停地转动，熔料也不断地向机筒端部输送，螺杆端部产生的压力迫使螺杆连续向后移动，当后移到一段距离，机筒端部的熔料足以满足下次注射量时，螺杆停止工作，后移停止，这就是常说的计量。由于制品冷却和预塑同时进行

行，一般要求预塑时间不超过制品冷却时间，以免影响成型周期。

（五）注射装置后退

注射装置是否后退根据所加工的塑料工艺而定。有的在预塑化后退回，有的在预塑化前退回，有的注射装置根本不退回。如热流道模具，注射装置一般不退回。注射装置退回的目的主要是避免喷嘴与冷模因长时间接触而导致喷嘴内料温过低，影响下次注射和制品的质量。另一方面，有时为了便于清料，常使注射装置退回。

（六）开模和顶出制品

模具内的制品冷却定型后，合模机构就开启模具。在注射机的顶出系统和模具的顶出机构联合作用下，将制品顶落，为下次成型过程做好准备。

根据上述动作，按时间先后顺序可将注射机工作过程循环绘成图 1-3 所示框图。

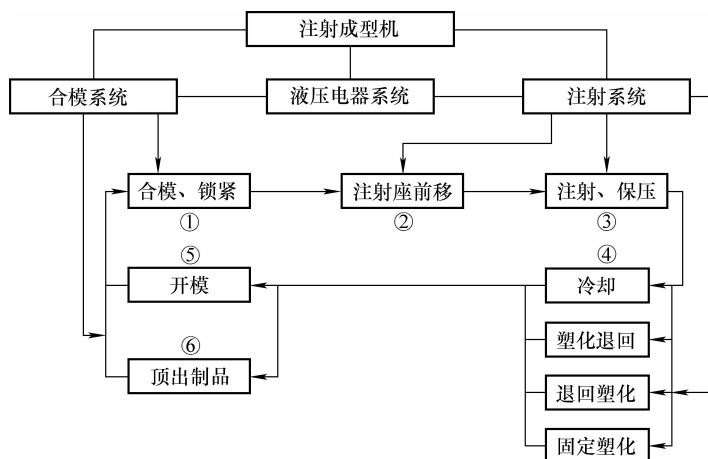


图 1-3 注射机工作过程循环框图

第三节 注射成型工艺条件的选择与控制

影响注射成型制品质量的因素很多，当成型材料、成型设备（包括模具）确定后，注射成型过程中工艺条件的选择与控制就成为最关键的因素。概括地讲，注射成型工艺条件主要包括四个方面，即温度、压力、速度和时间。下面分别对其进行介绍。

一、温度

注射成型过程中需控制的温度主要包括机筒温度、喷嘴温度、模具温度和油温。

（1）机筒温度 确定机筒温度时，应保证塑料塑化均匀，能顺利利进行充模，同时又不致造成塑料降解。机筒温度的确定原则如下。

1) 对于热稳定性较差的塑料，如 PVC、POM 等，机筒温度应选择较低值；对加热温度区间较宽、熔融黏度大的塑料，机筒温度应取较高值。同一种类塑料，平均相对分子

质量高、相对分子质量分布窄的牌号，机筒温度应取高值；反之则取低值。对加有增塑剂、润滑剂等助剂的塑料，因其黏度低、流动性好，机筒温度应相对较低。而对加有玻璃纤维或其他固体填料的塑料，机筒温度应相对较高。总之，机筒温度应在考虑到成型材料的热稳定性能、流变性能等基础上合理选择，并在整个成型过程中保持稳定。

要避免物料的过热分解，除应选择和控制好机筒最高温度，还应严格控制物料在机筒内的停留时间，这一点对于热稳定性较差的塑料尤其重要。物料在机筒中的停留时间取决于实际注射量与注射机最大注射量的相对比例，以及注射机的塑化能力等多方面因素。

2) 机筒温度的确定还与成型制品及模具结构有关。通常注射成型薄壁、长流程、结构复杂、带金属嵌件的制品时，机筒温度应取较高值，否则，有可能造成充模不完全等制品缺陷。

3) 其他条件相同的情况下，所选用的注射机种类不同，机筒温度也应随之变化。例如，螺杆式注射机的机筒温度可比柱塞式注射机的机筒温度低 10 ~ 20℃。

4) 机筒温度还与其他工艺条件有相互制约关系，有时改变机筒温度会起到与调整其他工艺条件相同的效果。例如，为提高熔体的充模流动长度，既可采用提高机筒温度的办法，也可相应提高注射压力和注射速度。因此，机筒温度的确定必须与其他工艺条件结合起来综合考虑。

5) 机筒温度的分布通常是从料斗向喷嘴方向逐步升高，以保证塑料温度平稳上升，达到均匀塑化的目的。在某些特殊情况下，这种分布也可作某些变化。例如，当成型材料中水分含量较高时，可使机筒后段温度略高，以利水汽排出。又如螺杆式注射机由于可产生大量剪切热，为防止物料分解，前段温度可略低于中段。部分塑料适用的机筒和喷嘴温度见表 1-3，供参考。

表 1-3 部分塑料适用的机筒和喷嘴温度

塑 料	机筒温度/℃			喷嘴温度/℃
	后 段	中 段	前 段	
PE	160 ~ 170	180 ~ 190	200 ~ 220	220 ~ 240
HDPE	200 ~ 220	220 ~ 240	240 ~ 280	240 ~ 280
PP	150 ~ 210	170 ~ 230	190 ~ 250	240 ~ 250
PS	140 ~ 160	—	170 ~ 190	160 ~ 170
ABS	150 ~ 180	180 ~ 230	210 ~ 240	220 ~ 240
SAN	170 ~ 180	210 ~ 230	200 ~ 210	180 ~ 190
SPVC	125 ~ 150	140 ~ 170	160 ~ 180	150 ~ 180
RPVC	140 ~ 160	160 ~ 180	180 ~ 200	180 ~ 200
PCTFE	250 ~ 280	270 ~ 300	290 ~ 330	340 ~ 370
PMMA	150 ~ 180	170 ~ 200	190 ~ 220	200 ~ 220
POM	150 ~ 180	180 ~ 205	195 ~ 215	190 ~ 215

(续)

塑 料	机筒温度/℃			喷嘴温度/℃
	后 段	中 段	前 段	
PC	220 ~ 230	240 ~ 250	260 ~ 270	260 ~ 270
PA6	210	220	230	230
PA66	220	240	250	240
PUR	175 ~ 200	180 ~ 210	205 ~ 240	205 ~ 240
CAB	130 ~ 140	150 ~ 175	160 ~ 190	165 ~ 200
CA	130 ~ 140	150 ~ 160	165 ~ 175	165 ~ 180
CP	160 ~ 190	180 ~ 210	190 ~ 220	190 ~ 220
PPO	260 ~ 280	300 ~ 310	320 ~ 340	320 ~ 340
PSU	250 ~ 270	270 ~ 290	290 ~ 320	300 ~ 340
IO	90 ~ 170	130 ~ 215	140 ~ 215	140 ~ 220
TPX	240 ~ 270	250 ~ 280	250 ~ 290	250 ~ 300
线型聚酯	70 ~ 100	70 ~ 100	70 ~ 100	70 ~ 100
醇酸树脂	70	70	70	70

机筒温度确定得是否合理可通过以下两种方法判断:

1) 观察对空注射熔体。若料流均匀、光滑、无气泡、色泽均匀,则认为机筒温度合适;如果料流表面粗糙、有银丝或变色现象,则说明机筒温度不合适。

2) 直接观察制品外观。若制品外观无缺陷,即认为机筒温度合适。

在机筒温度控制中要注意以下问题。

1) 机筒温度的调节应保证塑料塑化良好,能顺利注射充模且又不引起分解。只有在充分塑化的前提下,进入模腔的塑料才能以顺畅的流动态势充满模腔并接近完全地复制出模腔的形状,达到完美的状态。如果塑化温度过低,塑化不均匀,制品表面将起波浪痕,色泽暗淡。如果塑化温度过高,将有局部塑料因分解而汽化,轻则制品表面“起霜”“起歪”,重则出现银纹、起泡。

在生产中有时因着色剂等对高温耐受力差等原因,而有意降低塑化温度,用提高注射压力或注射速度等办法强行充模,这样得到的制品内应力增大,很容易在存放或使用环境下变形、破裂或破坏。所以要照顾制品的外观质量,首先要使制品的机械强度、耐用性能得到保证,要做到这一点,物料的充分塑化是必要的前提。

2) 塑料的熔融温度不但影响加工性能,而且还影响制品的表面质量和色泽。靠近机筒末端的最高温度要高于流动温度(或熔点),这是加工成型的基本保证。但要提高制品的表观质量,应在未达到塑料分解温度之前将熔融温度提高,使制品的表面光泽度增加,色泽更加均匀一致。一般来说,熔融温度最好能比充满模腔需要的温度再提高20 ~ 30℃。

3) 由于不同的注射机,料温与机筒温度的温差大小不同,所以任何时候都不能把测温毫伏计上指示的温度当作机筒内熔体的实际温度,而只能作为实际温度的参考或调节依据。螺杆式注射机,毫伏计指示的温度与实际温度接近或略低于 $11 \sim 17^{\circ}\text{C}$,而柱塞式注射机则高出 $11 \sim 17^{\circ}\text{C}$,两者差距达 $20 \sim 40^{\circ}\text{C}$ 。除了机筒内料流的运动状态外,测温装置的配备也是造成差异的原因。从安全的角度考虑,热电偶最好插在横置的机筒的上方,这是机筒周向上的最热点,这样可避免因误差而可能造成的局部过热。

4) 不同性能的塑料熔体黏度与温度的关系不同,应采用不同的温控侧重。以 ABS 和聚碳酸酯为例,这两种塑料黏度对温度有两种不同的反映,如图 1-4 所示。从图 1-4 中可看出,ABS 的黏度受温度的影响很小,所以当 ABS 达到黏流温度后,要想依靠继续增加机筒温度来降低黏度帮助充模,是没有什么成效的。特别是生产彩色制品时,反而会影响制品的颜色。聚碳酸酯正好与 ABS 相反,温度稍有增加,其黏度即有明显下降,这对操作特别有利。据资料介绍,在加工温度下温度提高 $10 \sim 20^{\circ}\text{C}$,注射压力可降低一半。当然反过来说,如果温度低于正常加工温度 $10 \sim 20^{\circ}\text{C}$,注射压力就增加一倍。这种反效果在喷嘴和模温低时更为突出。所以聚碳酸酯制品的质量问题往往出在冷的喷嘴和冷的模具上。

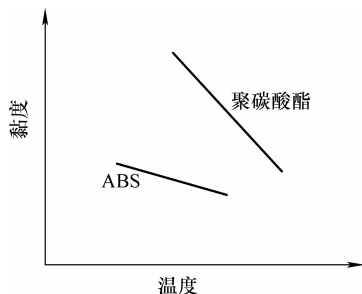


图 1-4 ABS、聚碳酸酯
黏度与温度关系的比较

5) 工艺调试过程一般以调节温度为主。调节机筒各段温度虽然耗时较多,但较能以“温和”手段为正常生产开路。如果动辄提高压力,不单增大了动力消耗、机械损耗,还容易发生机台和模具事故。

鉴别料温是否合适,可在低压、低速下用点动动作对空注射观察。适宜的料温应使喷出的料刚劲有力、不带泡、不卷曲、光亮、连续。

调试好工艺条件的机台,应采用自动或半自动动作生产,以保证塑料在机筒内有一个较为稳定的停留受热时间,使成批产品内部和外观质量都能得到保证。特别是对使用有机着色剂着色的制品,这点尤为重要。因这些着色剂对温度的敏感性很大,温度改变,色相和色泽也会跟着变化。

6) 使用螺杆式注射机时,有时由于机筒温度控制不当,再加上注射压力过大或止逆环失效,会使出机筒前端的物料向进料段方向反流,在螺纹端面 and 机筒内壁间的间隙内冷固成一层薄膜,紧紧卡在两个壁面之间,使螺杆不能转动,或虽然转动但不后退,从而影响加料,这就是所谓的“卡螺杆”故障。此时不应强行拖动,否则会使设备损坏。这时应将进料口冷却水暂时关闭,强行升高加料段温度(比熔点高 $30 \sim 50^{\circ}\text{C}$),并同时把出料段温度降低,经 $10 \sim 30\text{min}$ 后,用手转动螺杆,能转动时再试开机,然后缓慢加料,让螺杆逐渐后退至正常。

(2) 喷嘴温度 为了防止熔融物料自动从喷嘴流出,发生流延现象,喷嘴温度一般低于机筒前端温度,利用注射时熔料高速通过喷嘴产生的摩擦热来使物料的温度升高。

但喷嘴温度也不能过低，否则喷嘴中的冷凝料会堵塞喷孔、模具浇注系统(尤其是点浇口)，或会将冷料注入模腔，使制品赘带冷料斑，影响制品质量。

喷嘴温度和机筒温度的选择还与注射压力有关，当注射压力较低时，为保证物料的流动，应适当提高机筒和喷嘴的温度；反之，应降低机筒和喷嘴温度。一般注射成型前采用“对空注射法”或“制品的直观分析法”来调整成型工艺条件，确定机筒和喷嘴的最佳温度。

(3) 模具温度 模具温度是指与塑料直接接触的模壁温度，它直接影响塑料的充模流动性、制品的冷却速率、成型周期以及制品的结晶、取向、收缩等，是关系制品质量的重要因素。图 1-5 定性描述了模具温度对注射成型及制品性能的影响，可为模具温度的选择和控制在提供参考。

热塑性塑料注射成型时，模具温度必须控制在塑料的热变形温度或玻璃化转变温度以下，以保证制件脱模时有足够的刚度而不致变形，常用热塑性塑料的热变形温度见表 1-4。在这个总原则下，模具温度的具体数值应根据塑料特性(如是否是结晶性塑料、熔融黏度大小等)、制品的结构特点(如形状复杂程度、壁厚如何等)、制品的使用要求(如结晶性塑料的结晶度)以及其他成型工艺条件确定。部分塑料注射成型时可选用的模具温度范围见表 1-5，部分塑料的注射温度与模具温度见表 1-6。

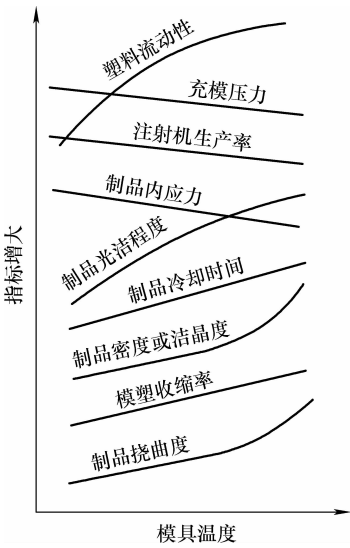


图 1-5 模具温度对注射成型及制品性能的影响

表 1-4 常用热塑性塑料的热变形温度

塑 料	热变形温度/℃	
	1. 82MPa	0. 45MPa
聚酰胺 66(PA66)	82 ~ 121	149 ~ 176
30% 玻璃纤维 PA66	245 ~ 262	292 ~ 265
聚酰胺 610(PA610)	57 ~ 100	149 ~ 185
40% 玻璃纤维 PA610	200 ~ 225	215 ~ 226
聚碳酸酯(PC)	130 ~ 135	132 ~ 141
20% ~ 30% 长玻璃纤维增强 PC	143 ~ 149	146 ~ 157
20% ~ 30% 短玻璃纤维增强 PC	140 ~ 145	146 ~ 149
聚苯乙烯 PS(一般型)	65 ~ 96	—
聚苯乙烯 PS(抗冲型)	64 ~ 92. 5	—
20% ~ 30% 玻纤增强 PS	82 ~ 112	—

(续)

塑 料	热变形温度/℃	
	1. 82MPa	0. 45MPa
丙烯腈-氯化聚乙烯-苯乙烯 (ACS)	85 ~ 100	—
丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物 (ABS)	83 ~ 103	90 ~ 108
高密度聚乙烯 (HDPE)	48	60 ~ 82
聚甲醛 (POM)	110 ~ 157	168 ~ 174
氯化聚醚	100	141
聚酰胺 6 (PA6)	80 ~ 120	140 ~ 176
30% 玻璃纤维增强 PA6	204 ~ 259	216 ~ 264
聚酰胺 1010 (PA1010)	55	148
PMMA 和 PS 共聚物	85 ~ 99	—
聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)	68 ~ 99	74 ~ 109
聚苯醚 (PPO)	175 ~ 193	180 ~ 204
硬聚氯乙烯 (HPVC)	54	67 ~ 82
聚丙烯 (PP)	56 ~ 67	102 ~ 115
聚砜 (PSU)	174	182
30% 玻璃纤维增强 PSU	185	191
聚四氟乙烯 (PTFE) 填充 PSU	100	160 ~ 165
丙烯腈-丙烯酸酯-苯乙烯 (AAS)	80 ~ 102	106 ~ 108
乙基纤维素 (EC)	46 ~ 88	—
醋酸纤维素 (CA)	44 ~ 88	49 ~ 76
聚对苯二甲酸丁二醇酯 (PBTP)	70 ~ 200	150

表 1-5 部分塑料注射成型时可选用的模具温度范围

塑料名称	模具温度范围/℃	塑料名称	模具温度范围/℃	塑料名称	模具温度范围/℃
PP	55 ~ 65	ABS	40 ~ 60	PC	90 ~ 100
PE	40 ~ 60	PMMA	40 ~ 60	PPO	100 ~ 120
PA	40 ~ 60	POM	40 ~ 60	PSU	100 ~ 120
PS	40 ~ 60	硬 PVC	30 ~ 60		

表 1-6 部分塑料的注射温度与模具温度

塑 料	注射温度 (熔体温度)/℃	模腔表壁 温度/℃	塑 料	注射温度 (熔体温度)/℃	模腔表壁 温度/℃
ABS	200 ~ 270	50 ~ 90	ASA	230 ~ 260	40 ~ 90
AS (SAN)	220 ~ 280	40 ~ 80	GPPS	180 ~ 280	10 ~ 70

(续)

塑 料	注射温度 (熔体温度)/℃	模腔表壁 温度/℃	塑 料	注射温度 (熔体温度)/℃	模腔表壁 温度/℃
HIPS	170 ~ 260	5 ~ 75	PA11, PA12	210 ~ 250	40 ~ 80
LDPE	190 ~ 240	20 ~ 60	PA610	230 ~ 290	30 ~ 60
HDPF	210 ~ 270	30 ~ 70	POM	180 ~ 220	60 ~ 120
PP	250 ~ 270	20 ~ 60	PPO	220 ~ 300	80 ~ 110
GRPP	260 ~ 280	50 ~ 80	GRPPO	250 ~ 345	80 ~ 110
TPX	280 ~ 320	20 ~ 60	PC	280 ~ 320	80 ~ 100
CA	170 ~ 250	40 ~ 70	GRPC	300 ~ 330	100 ~ 120
PMMA	170 ~ 270	20 ~ 90	PSF	340 ~ 400	95 ~ 160
聚芳酯	300 ~ 360	80 ~ 130	GRPBT	245 ~ 270	65 ~ 110
软 PVC	170 ~ 190	15 ~ 50	GRPET	260 ~ 310	95 ~ 140
硬 PVC	190 ~ 215	20 ~ 60	PBT	330 ~ 360	约 200
PA6	230 ~ 260	40 ~ 60	PET	340 ~ 425	65 ~ 175
GPRA6	270 ~ 290	70 ~ 120	PES	330 ~ 370	110 ~ 150
PA66	260 ~ 290	40 ~ 80	PEEK	360 ~ 400	160 ~ 180
GRPA66	280 ~ 310	70 ~ 120	PPS	300 ~ 360	35 ~ 80
矿纤 PA66	280 ~ 305	90 ~ 120			

对于无定形塑料,在不影响充模的条件下,模具温度可取较低值,这样有利于缩短成型周期,提高生产率。对于结晶性塑料,模具温度不仅影响其充模过程、成型周期,最重要的是将决定制品的结晶结构及结晶度,并进而影响制品性能。

除上述因素外,模具温度的选择还应有利于模腔各处塑料的均匀冷却,这也正是在成型厚壁制品时通常需选取较高模具温度的原因。

在选择或控制模具温度时应注意以下几点:

1) 为保证制品具有较高的形状和尺寸精度,避免制品脱模时被顶穿或脱模后发生较大的翘曲变形,模具温度必须低于塑料的热变形温度。

2) 对熔体黏度较高的塑料,如聚碳酸酯、聚苯醚、聚砒等,要有较高的模具温度,一方面可满足充模的需要,另一方面可以调整制品的冷却速率,缓慢冷却,使制品内外冷却速度尽可能一致,防止制品产生凹痕、裂纹等缺陷。反之,对于黏度较小的聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯和聚酰胺等塑料,可采用较低的模具温度,防止脱模变形以及因后期结晶而引起的制品后收缩和性能的变化,提高生产效率。

3) 对厚壁制品,因充模时间和冷却时间长,为了使内外冷却一致,防止因内外温差大造成内应力等缺陷,模具温度也应适当高些。PA1010 制品厚度与模具温度的关系见表 1-7。从表 1-7 中数据可知,两者呈正比关系。

表 1-7 PA1010 制品厚度与模具温度的关系

壁厚/min	<3	3~6	6~9	>10
模具温度/℃	20~40	40~60	60~90	100

4) 模具的冷却一般用水冷或油冷, 控制模具温度在 5~95℃ 时宜用水冷, 在 95~120℃ 时宜用油冷。

(4) 油温 液压系统的压力油温度, 在注射工艺参数上有着重要的影响。油温升高会使油的黏度降低, 使系统产生气泡, 增加泄漏量, 导致液压系统压力和流量的波动, 从而使注射压力和注射速率也产生脉动, 造成注射过程的不稳定, 最终影响制品的质量。所以在调整注射工艺参数时, 应注意油温的变化, 并对冷却器的冷却水量进行调节。对于容积式液压传动的注射机, 油温应控制在 55℃ 以下为宜。

二、压力

注射成型过程中需选择和控制的压力包括塑化压力(背压)、注射压力和保压压力。

(1) 塑化压力(背压)

1) 塑化压力(背压)是指螺杆塑化物料时, 推向其前端的熔融物料对螺杆产生的反压力。背压对注射成型的影响主要体现在物料塑化效果和塑化能力两方面。增大背压可提高熔体的密实程度, 同时剪切作用增强, 塑化效果提高, 但塑化能力却降低。为了满足生产需要, 必须通过提高螺杆转速来予以补偿。

背压大小与塑料品种、喷嘴种类和加料方式有关。一般情况下, 背压的适用范围为 3.4~27.5MPa, 其中下限值适用于大多数塑料。选择背压时应注意以下事项:

①采用直通喷嘴和后加料方式时, 应采用较低的背压, 否则易发生流延现象; 采用阀式喷嘴和前加料方式时, 背压可取得大一些。

②对于热敏性塑料(如硬聚氯乙烯、聚甲醛、聚三氟氯乙烯等), 背压应取得低些; 对于高黏度塑料, 为了防止系统过载, 也不宜使用较大背压。

③在保证塑化质量和熔体密实度的情况下尽量使用低背压。

2) 螺杆转速也是影响塑化能力和塑化效果的重要参数。螺杆转速提高可以提高塑化能力。但螺杆转速超过一定数值后, 由于物料在机筒内受热时间太短, 反而使塑化质量变差。因此, 对每种物料都有一个合适的螺杆转速范围, 需根据实际情况而定。部分塑料的背压和螺杆转速见表 1-8, 可供参考选择。

表 1-8 部分塑料的背压和螺杆转速

塑 料	背压/MPa	螺杆转速/(r/min)	喷嘴类型
硬聚氯乙烯	尽量小	15~25	△
聚苯乙烯	3.4~10.3	50~200	△
20% 玻璃纤维填充聚苯乙烯	3.4	50	△

(续)

塑 料	背压/MPa	螺杆转速/(r/min)	喷嘴类型
聚丙烯	3.4 ~ 6.9	50 ~ 150	△
30% 玻璃纤维填充聚丙烯	3.4	50 ~ 75	△
高密度聚乙烯	3.4 ~ 10.3	40 ~ 120	△
30% 玻璃纤维填充高密度聚乙烯	3.4	40 ~ 60	△
聚砜	0.34	30 ~ 50	△
聚碳酸酯	3.4 ^①	30 ~ 50 ^①	△
聚丙烯酸酯	10.3 ~ 20.6	60 ~ 100	△
聚酰胺 66	3.4	30 ~ 50	PA 型
玻璃纤维增强聚酰胺 66	3.4	30 ~ 50	PA 型 (喉部 4.8mm)
改性聚苯醚(PPO)	3.4	25 ~ 75	△
20% 玻璃纤维填充聚苯醚	3.4	25 ~ 50	△
可注射氟塑料	3.4	50 ~ 80	△
纤维素塑料	3.4 ~ 13.8	50 ~ 800	△
丙烯酸类塑料	2.8 ~ 5.5	40 ~ 60	△
25% 玻璃纤维增强聚甲醛	0.34	40 ~ 50	△
聚甲醛	0.34	40 ~ 50	△
ABC 通用级(高冲击)	3.4 ~ 6.9	75 ~ 120	ABS 型
热塑性聚酯	1.7	20 ~ 60	△
15% ~ 30% 玻璃纤维填充热塑性聚酯	1.7	20 ~ 60	△

注：△表示通用喷嘴。

① 数值随塑料等级发生变化。

在选择或控制塑化压力时还应注意以下几点：

1) 直通式喷嘴采用后加料方式时，塑化压力高容易发生流延现象，所以应使用较小的塑化压力；自锁式喷嘴采用前加料或固定加料方式时，塑化压力可高些。

2) 增大塑化压力可提高塑化效果，但会延长塑化时间或成型周期，使预塑机构和螺杆机筒机械磨损增大。所以塑化压力的确定应在保证制品质量的前提下越低越好，具体数值应随所用塑料的品种而异，一般不超过 20MPa。

3) 对于热敏性塑料，如聚氯乙烯、聚甲醛、聚三氟氯乙烯等，为防止塑化时剪切摩擦热过大引起热降解，使制品变色，塑化速率下降，塑化压力应尽量取小值；对于高黏度塑料，如聚碳酸酯、聚砜、聚苯醚等，塑化压力、螺杆转速不宜过高，以防止设备过载。

4) 对熔体黏度很低的塑料, 如聚酰胺, 塑化压力要尽可能低, 否则会因螺杆中逆流和漏流的增加而使塑化速率很快降低。若需增加料温应采用提高机筒温度的方法。

5) 对一些黏度适中、热稳定性好的塑料, 如聚乙烯、聚丙烯等, 提高塑化压力一般不会引起物料降解, 而且对混料、混色极为有利。

6) 增大塑化压力使塑化速率降低时, 可用提高螺杆转速的方法来补偿。

(2) 注射压力 注射压力是指注射成型时柱塞或螺杆施加于机筒内熔融塑料单位面积上的力。其作用是使机筒中的熔料克服注射机喷嘴及模具浇注系统的阻力, 以一定速度、一定压力充满模腔, 并将模腔中的物料压实。

注射压力对熔体的流动、充模及制品质量都有很大影响。图 1-6 所示为注射压力对成型过程及制品性能的影响, 可供选择和控制注射压力时参考。

注射压力的大小与塑料性质、制品的结构特点和精度要求、喷嘴结构型式、浇口尺寸以及注射机类型有关, 通常的范围为 40 ~ 200MPa。不同种类塑料可选用的注射压力范围见表 1-9。部分塑料的注射压力与流动比见表 1-10。注射压力也可遵循以下原则进行选择和控制。

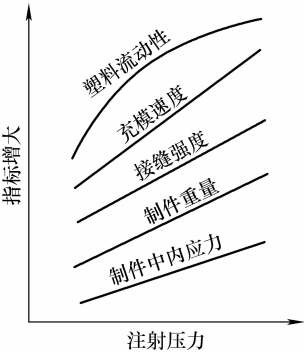


图 1-6 注射压力对成型过程及制品性能的影响

表 1-9 不同种类塑料可选用的注射压力范围 (单位: MPa)

塑 料	注射条件		
	易流动的 厚壁制品	中等流动程度的 一般制品	难流动的薄壁 窄浇口制品
聚乙烯	70 ~ 100	100 ~ 120	120 ~ 150
聚氯乙烯	100 ~ 120	120 ~ 150	> 150
聚苯乙烯	80 ~ 100	100 ~ 120	120 ~ 150
ABS	80 ~ 100	100 ~ 130	130 ~ 150
聚甲醛	85 ~ 100	100 ~ 120	120 ~ 150
聚酰胺	90 ~ 101	101 ~ 140	> 140
聚碳酸酯	100 ~ 120	120 ~ 150	> 150
聚甲基丙烯酸甲酯	100 ~ 120	120 ~ 150	> 150

表 1-10 部分塑料的注射压力与流动比

塑 料	注射压力 /MPa	流动比	塑 料	注射压力 /MPa	流动比
聚酰胺 6	88. 2	320 ~ 200	聚碳酸酯	88. 2	130 ~ 90
聚酰胺 66	88. 2	130 ~ 90		117. 6	150 ~ 120
	127. 4	160 ~ 130		127. 4	160 ~ 120
聚乙烯	49	140 ~ 100	聚苯乙烯	88. 2	300 ~ 260
	68. 6	240 ~ 200	聚甲醛	98	210 ~ 110
			软聚氯乙烯	88. 2	280 ~ 200
				68. 6	240 ~ 160
聚丙烯	49	140 ~ 100	硬聚氯乙烯	68. 6	110 ~ 70
	68. 6	240 ~ 200		88. 2	140 ~ 110
				117. 6	160 ~ 120
	117. 6	280 ~ 240		127. 4	170 ~ 130

1) 用流动性好的塑料成型形状简单的厚壁制品时, 注射压力可取较低值, 一般不超过 70MPa。如果塑料的熔融黏度不太高、制品形状不太复杂且精度要求一般时, 注射压力也不宜过高, 可取范围为 70 ~ 100MPa。如果塑料属中、高黏度, 且对制品精度有一定要求, 但制品形状不太复杂时, 注射压力应略高, 可取范围为 100 ~ 140MPa。如果塑料黏度高(如 PPO、PSU)且制品壁薄、形状复杂、要求精度高, 则注射压力应较高, 一般为 140 ~ 180MPa。对于优质、精密、微型制品, 注射压力可取 180 ~ 250MPa 或更高。

2) 确定注射压力时还应注意流道的结构特点, 因为它也会在一定程度上影响注射压力的损失。

3) 在其他条件相同的情况下, 柱塞式注射机所用的注射压力比螺杆式注射机的大, 这是因为柱塞式注射机在注射时需克服较大的摩擦阻力, 从而造成较大的压力损耗的缘故。

注射压力是注射工艺条件参数中一个非常重要的因素。在熔体充模方面, 它不仅直接影响熔体的流动比, 而且与注射速度密切相关。在其他条件相同的情况下, 注射压力增大, 注射速度也随之提高。因此, 在确定注射压力时还应兼顾到它对注射速度的影响, 使注射速度控制在合理的范围内。

同其他注射工艺条件一样, 注射压力的选择和控制并不是孤立的。它与其他工艺条件间是相互影响、相互作用的, 这一点在选择任何工艺条件时都不应忽视。

在选择和控制注射压力时应注意以下一些问题:

1) 选择注射压力时, 首先要考虑注射机所允许的注射压力, 只有在注射机额定的注射压力范围内, 才能调整具体制品所需求的注射压力。

2) 对成型尺寸大、形状复杂的薄壁制品, 以及熔体黏度大、玻璃化温度高的塑料(如聚碳酸酯、聚砷等), 宜用较大的注射压力, 但制品的内应力也会随之增大。所以采用高压注射的制品应对其进行热处理。

3) 对大面积、流程长的制品, 注射压力也应大些。

4) 对于厚壁制品以低速高压注射为宜。

5) 不同的塑料应有不同的调压侧重。不同的塑料, 熔融黏度对注射压力的变化不同, 如 ABS, 其熔融黏度对温度不敏感, 应采用较高的注射压力。而聚乙烯、聚丙烯等, 熔融黏度对温度比较敏感, 可采用较低的注射压力。

6) 压力的调节应与温度的调节相关。在生产条件和制品质量标准许可的情况下, 采用高温低压的工艺条件, 对保护模具、延长模具使用寿命、减少机台液压系统的磨损很有好处。

(3) 保压压力 当模腔完全充满后, 注射机的螺杆或柱塞往往并不立即后退, 而是停留在原位置或略微向前移动, 使注射压力仍保持一段时间, 这就是前面介绍的保压。如果注射完毕后, 螺杆或柱塞停留在原位置上不动, 模腔内熔体所受压力会略有下降; 如果螺杆或柱塞在注射完毕后, 随着模腔内熔体的收缩继续向前轻微运动, 模腔压力则可始终保持恒定。

保压过程中需控制的两个主要参数是保压压力和保压时间。在前面已经介绍, 随着保压压力和保压时间的增大和延长, 模腔压力增大, 制品密度也增大, 制品收缩率降低。保压压力的选择受制品结构特点的影响。保压时间与料温、模具温度、制品壁厚以及模具的流道和浇口有关, 它通常是在保压压力和注射温度条件确定后, 根据制品的使用要求经试验确定。试验的具体方法是: 先选取较短的保压时间成型制品, 脱模后称量制品质量, 然后逐渐增加保压时间, 重复成型、称重过程, 当制品质量不再随保压时间延长而增加时, 即将此临界保压时间定为最佳保压时间。通常选取的保压时间为 20 ~ 120s。

三、注射速度

注射速度是指注射成型时螺杆或柱塞移动的速度 (cm/s)。注射速率是指单位时间内熔料从喷嘴射出的理论容量 (cm³/s)。注射时间是指螺杆或柱塞进行一次注射所需的时间 (s)。它们之间有如下关系

$$q_z = Q_t/t = \pi D_s^2 S/(4t) = \pi D_s^2 v_z/4$$

式中 q_z ——注射速率 (cm³/s);

S ——注射行程 (cm);

t ——注射时间 (s);

v_z ——注射速度 (cm/s);

Q_t ——理论注射量 (cm³);

D_s ——螺杆直径 (cm)。

注射速度的大小直接影响制品质量和生产效率。注射速率低, 制品易产生冷接缝,

密度不均，制品内应力大。合理提高注射速度，可以减少熔料在模腔内的温度降，改善压力传递效果，保持制品密度均匀和精度。尤其对一些薄壁、流长比大的制件采用高速注射更为有利。但是注射速度过高，熔料离开喷嘴后会产生不规则流动，产生大的剪切热，常常烧焦物料。因此注射过程中，注射速度应根据树脂性能、工艺条件、制品形状、壁厚、模具等情况来确定。常用的注射速度、注射时间见表 1-11，可供参考。

当高速注射结束时，马上进入注射保压阶段。注射机的保压压力由小流量、高压油泵提供。该压力能在浇口尚未冻结时消除制件中的凹陷和孔隙。目前，注射保压实际设定时间通常根据经验确定。如果能绘制出模腔内“压力-时间”关系图，就可以较准确地预测保压时间。

表 1-11 常用的注射速度、注射时间

注射量/cm ³	125	250	500	1000	2000	4000	6000	10000
注射速度/(cm ³ /s)	125	200	333	570	890	1330	1600	2000
注射时间/s	1	1.25	1.5	1.75	2.25	3	3.75	5

在整个注射成型过程中，注射速度对制品的成型周期和性能起着决定性作用。注射速度主要影响熔体在型腔内的流动行为，通常注射速度增加，熔体流速加大，剪切作用加强，熔体的黏度降低，熔体温度因剪切发热而升高，所以有利于充模，制品各处融合强度得以增加。但是注射速度增加可能会使熔体从层流状态变为湍流状态，严重时会引起熔体在模内喷射，造成模内空气无法排除，并在高压下被压缩而迅速升温，引起制品局部烧焦或分解。

在实际生产过程中，注射速度一般是根据试验来确定的。一般先以低压慢速注射，然后根据制品的成型情况去调整注射速度。注射速度对塑料制品性能的影响如图 1-7 所示。

现代的注射机已实现了多级注射技术，即在一个注射成型过程中，当注射机螺杆推动熔体注入模具时，可根据不同的需要实现在不同位置上有不同的注射速度和注射压力等工艺参数的控制。多级注射工艺应根据塑料的品种和制品的特点进行选择 and 拟定。

四、成型周期

完成一次模塑所需的时间称为成型周期或模塑周期。结合前面介绍的注射成型过程

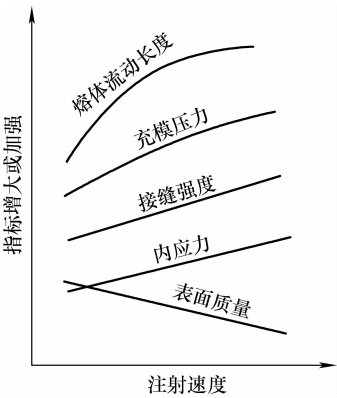


图 1-7 注射速度对塑料制品性能的影响

可以知道，成型周期由以下四部分组成：

- 1) 充模时间。柱塞或螺杆前进的时间，即注射时间。
- 2) 保压时间。柱塞或螺杆停在前进位置的时间，也叫压实时间。
- 3) 闭模冷却时间。柱塞或螺杆后退的时间也包括在内。
- 4) 其他时间。开模、脱模、涂脱模剂、安放嵌件和闭模等时间。

保压时间和闭模冷却时间又称为总冷却时间。

成型周期直接影响劳动生产率和设备利用率。在保证制品成型质量的前提下，成型周期中各组成时间均应尽量缩短。

充模时间与塑料的流动性、制品的几何形状和尺寸、模具浇注系统形式、注射速度、注射压力以及其他许多工艺条件有关。一般制品的充模时间为 3 ~ 5s。

冷却时间在成型周期中占有较大比重，其中保压时间的确定可参考有关表格，通常为 20 ~ 120s。闭模冷却时间则取决于制品壁厚、塑料的热性能以及模具温度，同时还取决于保压时间的长短，冷却时间通常在 30 ~ 120s 范围内。其他时间则与生产过程是否连续化、自动化的程度有关。注射时间与成型周期的确定可分别参见表 1-12 或表 1-13。

表 1-12 部分塑料的注射时间 (单位: s)

塑 料	注射时间	塑 料	注射时间
低密度聚乙烯	15 ~ 60	聚甲基丙烯酸甲酯	20 ~ 60
聚丙烯	20 ~ 60	聚碳酸酯	20 ~ 90
聚苯乙烯	15 ~ 45	聚砜	30 ~ 90
硬聚氯乙烯	15 ~ 60	聚苯醚	30 ~ 90
聚酰胺 1010	20 ~ 90	醋酸纤维素	15 ~ 45
玻璃纤维增强聚酰胺 66	20 ~ 60	取三氟氯乙烯	20 ~ 60
ABS	20 ~ 90	聚酰亚胺	30 ~ 60

表 1-13 确定成型周期的经验方法

制品厚度/mm	成型周期/s	制品厚度/mm	成型周期/s	制品厚度/mm	成型周期/s
0.5	10	2.0	28	3.5	65
1.0	15	2.5	35	4.0	85
1.5	22	3.0	45		

注射成型工艺条件的确定是一个非常复杂的过程，不仅各种工艺条件间相互制约、相互影响，即使是一个单一成型工艺条件，对成型过程和制品质量的影响都不是显而易见的。因此，上述内容只是对几种重要的成型工艺条件的选择和控制提供一些基本原则，具体生产实践中如何确定还有赖于有关人员作进一步的试验和探索。

五、各类塑料的注射工艺参数(见表 1-14 ~ 表 1-16)

表 1-14 通用塑料的注射工艺参数

塑料	注射机 类型	螺杆转速 /(r/min)	喷嘴		机筒温度/℃			模具 温度 /℃	注射 压力 /MPa	保压 压力 /MPa	注射 时间 /s	保压 时间 /s	冷却 时间 /s	成型 周期 /s
			形式	温度/℃	前段	中段	后段							
LDPE	柱塞式	—	直通式	150 ~ 170	170 ~ 200	—	140 ~ 160	30 ~ 45	60 ~ 100	40 ~ 50	1 ~ 5	15 ~ 60	15 ~ 60	40 ~ 140
HDPE	螺杆式	30 ~ 60	直通式	170 ~ 190	190 ~ 200	180 ~ 190	140 ~ 160	30 ~ 60	70 ~ 100	40 ~ 50	1 ~ 5	15 ~ 60	15 ~ 50	40 ~ 120
PP	螺杆式	30 ~ 60	直通式	170 ~ 190	180 ~ 200	200 ~ 220	160 ~ 170	40 ~ 80	70 ~ 120	50 ~ 60	1 ~ 5	20 ~ 50	20 ~ 50	40 ~ 120
PS	柱塞式	—	直通式	160 ~ 170	170 ~ 190	—	140 ~ 160	40 ~ 70	60 ~ 100	30 ~ 40	1 ~ 3	15 ~ 40	15 ~ 30	40 ~ 80
HIPS	螺杆式	30 ~ 60	直通式	160 ~ 170	170 ~ 190	170 ~ 190	140 ~ 160	20 ~ 50	60 ~ 100	30 ~ 40	1 ~ 3	15 ~ 40	10 ~ 40	30 ~ 90
软 PVC	柱塞式	—	直通式	140 ~ 150	160 ~ 190	—	140 ~ 150	30 ~ 40	40 ~ 80	20 ~ 30	1 ~ 3	15 ~ 40	15 ~ 40	40 ~ 90
硬 PVC	螺杆式	20 ~ 30	直通式	150 ~ 170	170 ~ 190	165 ~ 180	160 ~ 170	30 ~ 60	80 ~ 130	40 ~ 60	2 ~ 5	15 ~ 40	15 ~ 40	40 ~ 90
ABS	螺杆式	30 ~ 60	直通式	170 ~ 180	180 ~ 200	165 ~ 180	150 ~ 170	60 ~ 80	70 ~ 90	50 ~ 70	3 ~ 5	15 ~ 30	15 ~ 30	40 ~ 70
PMMA	柱塞式	—	直通式	180 ~ 200	210 ~ 240	—	160 ~ 180	40 ~ 80	80 ~ 130	40 ~ 60	1 ~ 5	20 ~ 60	20 ~ 90	50 ~ 150

表 1-15 工程塑料的注射工艺参数

塑料	注射机 类型	螺杆转速 /(r/min)	喷嘴		机筒温度/℃			模具 温度 /℃	注射 压力 /MPa	保压 压力 /MPa	注射 时间 /s	保压 时间 /s	冷却 时间 /s	成型 周期 /s
			形式	温度/℃	前段	中段	后段							
PA6	螺杆式	20 ~ 50	直通式	200 ~ 210	230 ~ 240	230 ~ 240	200 ~ 210	60 ~ 100	80 ~ 110	30 ~ 50	1 ~ 4	15 ~ 50	20 ~ 40	40 ~ 100
PA66	螺杆式	20 ~ 50	自锁式	250 ~ 260	255 ~ 265	260 ~ 280	240 ~ 250	60 ~ 120	80 ~ 130	40 ~ 50	1 ~ 5	20 ~ 50	20 ~ 40	50 ~ 100

(续)														
塑料	注射机 类型	螺杆转速 /(r/min)	喷嘴		机筒温度/℃			模具 温度 /℃	注射 压力 /MPa	保压 压力 /MPa	注射 时间 /s	保压 时间 /s	冷却 时间 /s	成型 周期 /s
			形式	温度/℃	前段	中段	后段							
PA610	螺杆式	20 ~ 50	自锁式	200 ~ 210	230 ~ 250	220 ~ 230	200 ~ 210	60 ~ 90	70 ~ 110	20 ~ 40	1 ~ 5	20 ~ 50	20 ~ 40	50 ~ 100
PA1010	螺杆式	20 ~ 50	自锁式	190 ~ 200	210 ~ 230	200 ~ 220	190 ~ 210	40 ~ 80	80 ~ 100	20 ~ 40	1 ~ 5	20 ~ 50	20 ~ 40	50 ~ 110
	柱塞式	—	自锁式	190 ~ 210	230 ~ 250	—	180 ~ 200	40 ~ 80	70 ~ 120	30 ~ 40	1 ~ 5	20 ~ 50	20 ~ 40	50 ~ 100
PC	螺杆式	20 ~ 40	直通式	230 ~ 250	240 ~ 285	230 ~ 280	220 ~ 240	90 ~ 110	70 ~ 150	40 ~ 50	1 ~ 5	20 ~ 80	20 ~ 50	50 ~ 130
	柱塞式	—	直通式	240 ~ 250	270 ~ 300	—	260 ~ 290	90 ~ 110	110 ~ 140	40 ~ 50	1 ~ 5	20 ~ 80	20 ~ 50	50 ~ 130
均聚 POM	螺杆式	20 ~ 40	直通式	170 ~ 180	170 ~ 190	170 ~ 190	170 ~ 180	90 ~ 120	80 ~ 130	30 ~ 50	2 ~ 5	20 ~ 80	20 ~ 60	50 ~ 150
共聚 POM	螺杆式	20 ~ 40	直通式	170 ~ 180	180 ~ 200	170 ~ 190	170 ~ 190	90 ~ 100	80 ~ 120	30 ~ 50	2 ~ 5	20 ~ 90	20 ~ 60	50 ~ 160
PET	螺杆式	20 ~ 40	直通式	250 ~ 260	260 ~ 280	260 ~ 270	240 ~ 260	100 ~ 140	80 ~ 120	30 ~ 50	1 ~ 5	20 ~ 50	20 ~ 30	50 ~ 90
PBT	螺杆式	20 ~ 40	直通式	200 ~ 220	230 ~ 240	230 ~ 250	200 ~ 220	65 ~ 80	60 ~ 90	30 ~ 40	1 ~ 3	10 ~ 30	15 ~ 30	30 ~ 70
聚苯醚	螺杆式	20 ~ 30	直通式	250 ~ 280	260 ~ 280	260 ~ 290	230 ~ 240	110 ~ 150	100 ~ 140	50 ~ 70	1 ~ 5	30 ~ 70	20 ~ 60	60 ~ 140
改性 PPO	螺杆式	20 ~ 50	直通式	220 ~ 240	230 ~ 250	240 ~ 270	230 ~ 240	60 ~ 80	70 ~ 110	40 ~ 60	1 ~ 5	30 ~ 70	20 ~ 50	60 ~ 130
聚砜	螺杆式	20 ~ 30	直通式	280 ~ 290	290 ~ 310	300 ~ 330	280 ~ 300	130 ~ 150	100 ~ 140	40 ~ 50	1 ~ 5	20 ~ 80	20 ~ 50	50 ~ 140
聚芳砜	螺杆式	20 ~ 30	延伸式	380 ~ 410	385 ~ 420	345 ~ 385	320 ~ 370	230 ~ 260	100 ~ 200	50 ~ 70	2 ~ 5	15 ~ 40	15 ~ 20	40 ~ 70
聚醚砜	螺杆式	20 ~ 30	延伸式	240 ~ 270	250 ~ 290	280 ~ 310	260 ~ 290	90 ~ 120	100 ~ 140	50 ~ 70	2 ~ 5	14 ~ 40	15 ~ 30	40 ~ 80
聚芳酯	螺杆式	20 ~ 50	—	230 ~ 250	240 ~ 260	250 ~ 280	230 ~ 240	100 ~ 130	100 ~ 130	50 ~ 60	2 ~ 8	15 ~ 40	15 ~ 40	40 ~ 90
聚苯硫醚	螺杆式	20 ~ 30	直通式	280 ~ 300	300 ~ 310	320 ~ 340	260 ~ 280	120 ~ 150	80 ~ 130	40 ~ 50	1 ~ 5	10 ~ 30	20 ~ 50	40 ~ 90

表 1-16 各种热固性塑料的注射工艺条件

工艺条件		酚醛塑料 (PF)	脲甲醛 (UF)	三聚氰氨 (MF)	环氧塑料 (UP)	不饱和 聚酯(EP)	聚邻苯二甲 酸二烯丙酯 (PDAP)
机筒温度/℃	前	70 ~ 95	80 ~ 90	85 ~ 105	70 ~ 90	70 ~ 80	80 ~ 90
	后	40 ~ 70	50 ~ 60	55 ~ 65	20 ~ 40	30 ~ 40	30 ~ 40
喷嘴温度/℃		90 ~ 100	75 ~ 100	85 ~ 100	80 ~ 90	—	—
模具温度/℃		150 ~ 190	120 ~ 150	170 ~ 180	150 ~ 170	170 ~ 190	160 ~ 175
螺杆背压/MPa		0 ~ 0.7	0 ~ 0.5	0.2 ~ 0.5	—	—	—
注射压力/MPa		100 ~ 140	60 ~ 80	60 ~ 80	50 ~ 120	50 ~ 150	50 ~ 150
注射时间/s		2 ~ 10	3 ~ 8	3 ~ 12	5 ~ 10	—	5 ~ 10
保压时间/s		5 ~ 25	5 ~ 15	5 ~ 20	—	—	—
固化时间/s		15 ~ 50	15 ~ 40	20 ~ 70	15 ~ 60	15 ~ 30	30 ~ 60
螺杆转速/(r/min)		40 ~ 80	40 ~ 55	40 ~ 55	30 ~ 55	30 ~ 80	30 ~ 80

第四节 注射成型的操作技术

一、注射机四种操作方式的应用

(1) 调整操作

1) 工作特点。各部位的工作运动是在按住相应的按钮时才能慢速动作，手离开按钮，动作即停止。此动作方式也可叫点动。

2) 应用原则。在模具的安装调整工作、试验检查某一部位的工作运动及维修拆卸螺杆时应用。

(2) 手动操作

1) 工作特点。手指按动某一按钮，其相应控制的某一零部件开始运动。直至完成动作停止，不再按动此按钮，也就不再有重复动作。

2) 应用原则。在模具装好后试生产时应用，用来检查模具装配质量及调试模具锁模力的大小。对某些制品生产时的特殊情况，也可用手动操作。

(3) 半自动操作

1) 工作特点。关闭安全门后，注射制品的各个生产动作，由时间继电器和限位开关共同控制，按事先调好的动作顺序进行，直至制品成型，打开安全门，取出制件为止。

2) 应用原则。注射机的各部位工作零部件质量完好，能够准确完成各自的工作动作，批量生产某一制品时，采用半自动操作。

(4) 全自动操作

1) 工作特点。注射机的各部位工作零部件质量完好,能够保证各动作正确工作条件下,由电气自动控制各工作程序,使各种动作按固定编制好的程序循环工作。

2) 应用原则。用于大批量注射生产某一种制品时。由于目前成型制件顶出装置的工作可靠性还存在一些问题,所以,当前的机械传动条件暂不宜采用。

二、注射机的生产操作规程

注射机的生产操作内容顺序与注射机的验收检查中的内容顺序略有重复。但它们文中说明的问题却各有重点:其中后者是对注射机生产制造质量及工作状况的验收检查,按国家标准规定数据,验证设备的实际工作精度是否达到订购合同中的技术条件要求。而这里主要强调的是作为一名注射机操作工应该如何按操作程序,对注射机进行生产操作及如何对设备维护保养和生产中交接班的注意事项。

操作工必须明白,认真执行生产操作程序是生产设备及个人工作安全的需要,是保证产品质量的必要手段。执行操作中的各项程序要求,就是对生产设备的最好维护保养,所以,操作工要熟记注射机的生产操作程序内容,工作时必须认真执行操作规定程序。

(1) 生产前的准备工作

1) 清理生产设备四周环境,不许存放任何与生产无关的物品。

2) 生产设备要进行一次清洁卫生工作。各部位不应有油污及污物;注射机上合模部位拉杆和注射座移动导轨一定要清洁如新,然后涂好润滑油,同时要清洗干净控制箱上的通风过滤网,以保证控制箱通风散热。

3) 生产使用工具要清洁卫生,摆放整齐。

4) 检查各部位的安全保护装置是否完好。检查试验紧急停车、各种安全防护报警是否能准确正常工作。安全门应滑动灵活,开与关时的停留位置应与限位开关正确接触等。

5) 检查各部位螺钉、螺母是否松动,应确保各零件间的牢固结合。

6) 检查各控制开关、按钮及手柄等应无损坏,操作应灵活,各开关应在“断开”位置。

7) 检查各电路连线和接地线有无松动现象。

8) 检查液压系统的油箱中油量,液面应在油标高位处;检查液压油质量应清洁无杂质,无水分;清洗油箱中液压油过滤网;清扫油箱通风过滤网。

9) 点车起动液压泵电动机,验证其旋转方向是否正确,油路是否通畅,油路中各仪表能否正确工作,有无异常噪声、异味,油管路是否有漏油处等。

10) 各润滑部位加满润滑油(脂)。

11) 检查冷却水管路,查看水流是否通畅,水压应在0.2~0.4MPa之间。

12) 核实生产用原料名称、型号是否与工艺要求相符;螺杆结构和喷嘴结构型式是否与原料生产工艺要求相符。

13) 螺杆核准安装后要试转,检查电流是否正常,运转声音有无异常。

14) 检查原料质量。检测原料含水量, 如超标应进行干燥处理。

15) 检查料斗内是否干净, 有无异物, 料斗上不许存放任何物品。

16) 擦净两模板工作面, 按要求安装固定模具。模具在安装前应清洗干净, 检测衬套口直径与模板定位孔直径尺寸相符后才能装配。

17) 预调锁模力。

18) 检测喷嘴顶圆弧尺寸是否与模具衬套口圆弧尺寸相符, 检验两零件接触时是否严密吻合。

(2) 注射机投料生产

1) 机筒、喷嘴和成型模具加热升温。按原料成型工艺要求设定温度。达到所需温度时恒温 0.5 ~ 1h, 以确保各部位温度均匀。

2) 用水银温度计实测机筒温度, 校准控制箱上仪表显示温度与水银温度计实测温度误差。

3) 起动液压系统用液压泵, 检查液压油工作循环流动情况及液压系统油压是否与工作要求压力相符, 必要时做适当调整。

4) 把操作方式调至手动位置。

5) 低速起动螺杆转动电动机, 开始均匀少量加料, 观察电流变化, 如一切正常则保持至熔料挤出。

6) 手动操作对空注射熔料, 检查熔料塑化质量。根据熔料塑化状况, 适当调整螺杆背压, 直至原料塑化均匀、光泽发亮为准。

7) 合模。

8) 注射座前移, 喷嘴与模具衬套口严密接触。注射塑化熔料, 保压, 熔料在模具内降温、固化成型。

9) 开模, 制品顶出脱模, 检查制品成型质量。根据制品存在的质量问题, 适当调整螺杆转速、螺杆背压、注射压力和速度、锁模力和保压压力及冷却降温时间, 直至制品质量全部合格为止。

10) 调整操作方式至半自动位置。

11) 关安全门, 开始原料塑化、注射、保压、开模等动作, 取出制品。进入正常生产后, 操作者要经常查看主电动机和液压泵电动机的电流表电流变化情况, 听设备运转声音有无异常, 隔 2 ~ 3h 要查看各润滑部位的润滑油 (脂) 供应情况, 特别要重点检查注射座导轨、曲肘连杆和拉杆的工作面润滑是否充足。

(3) 交接班工作要点

1) 交班操作工应做好本班生产工作记录, 写明本班生产制品质量和设备运转工作情况, 发生过何种产品质量问题和设备故障, 是如何排除解决的, 生产制品和设备运转工作还存在什么问题及应注意哪些工作等事项。

2) 接班者应首先阅读交接班记录, 与上班交流沟通一些有关生产及设备运转等工作问题。

3) 接班后操作者要首先检查各润滑部位的润滑油 (脂) 的供应情况及被润滑部位

零件的工作状况，酌情加注润滑油（脂）。

4) 查看液压油油温，应不超过 $55 \sim 60^{\circ}\text{C}$ ，适当调节冷却水供应量。查看油箱中液压油量，液面应不低于油标要求高度。

5) 查看安全报警装置是否完好。

6) 清点专用工具，摆放整齐。

(4) 停止生产时操作顺序及工作要点

1) 把操作方式调至手动位置。

2) 料斗停止为注射机机筒供料。

3) 注射座后移，喷嘴离开模具衬套口。

4) 手动操作，对空注射熔料。注射-预塑反复动作数次，直至喷嘴无熔料流出。

5) 清洗机筒。降低螺杆转速，根据机筒内原料品种，按对应方法清洗机筒。

6) 关闭冷却水。把各开关调至“断开”位置。

7) 拆卸喷嘴和螺杆。用铜质刷、铲清除机筒、螺杆和喷嘴上残料。

8) 关闭电源。

9) 喷嘴、螺杆和机筒清理后涂防护油。螺杆包好后吊挂在通风安全处。

三、注射机操作注意事项

养成良好的注射机操作习惯对提高机器寿命和生产安全都大有好处。

(1) 开机之前

1) 检查电气控制箱内是否有水、油进入，若电气零件受潮，切勿开机。应由维修人员将电气零件吹干后再开机。

2) 检查供电电压是否相符，一般不应超过 $\pm 15\%$ 。

3) 检查急停并关、前后安全门开关是否正常。验证电动机与液压泵的转动方向是否一致。

4) 检查各冷却管道是否畅通，并对由冷却器和机筒端部的冷却水套通入冷却水。

5) 检查各活动部位是否有润滑油（脂），并加足润滑油（脂）。

6) 打开电源对机筒各段进行加热。当各段温度达到要求时，再保温一段时间，使机器温度趋于稳定。保温时间根据不同设备和塑料原料的要求而有所不同。

7) 在料斗内加入足够的塑料。根据注射工艺对不同塑料的要求，有些原料最好预先经过干燥。

8) 要盖好机筒上的隔热罩，这样既可以节省电能，又可以延长电热圈和电流接触器的寿命。

(2) 操作过程中

1) 不要为贪图方便，随意取消安全门的作用。

2) 注意观察压力油的温度，油温不要超出规定的范围。液压油的理想工作温度应保持在 $45 \sim 50^{\circ}\text{C}$ 之间，一般在 $35 \sim 60^{\circ}\text{C}$ 范围内比较合适。

3) 注意调整各行程限位开关，避免机器在动作时产生撞击。

(3) 工作结束时

- 1) 停机前应将机筒内的塑料清理干净，以防剩料氧化或长期受热分解。
- 2) 将模具打开，使肘杆机构长时间处于闭锁状态。
- 3) 车间必须备有起吊设备。装拆模具等笨重部件时应十分小心，以确保生产安全。

第五节 塑料制品注射后的处理技术

塑料注射制件脱模后还需对其外形和内在质量进行处理。外形处理包括用手工清除制品各部位的飞边，以及没有成型的丝孔与槽要进行机械加工。内在质量处理是指为减少制件变形、改善提高制件强度的消除内应力处理，包括退火处理和调湿处理。

一、手工或机械加工

手工或机械加工是指对制件除去毛边、浇口和进行某些修正。有些制品成型后还需机械加工某些孔、槽等，以满足其使用要求。

二、抛光和表面涂饰

抛光和表面涂饰是对表面质量和颜色要求较高以及有特殊要求的制品实施的工作，如制件表面涂层装饰等。

三、退火处理

制件退火的目的，是为了消除制件在降温固化时由于降温速度不同所产生的局部应力集中现象。比如在制件薄厚的交接部位，厚的部位降温慢、薄的部位降温快，则连接处发生不均匀结晶收缩，产生应力集中现象。在有金属嵌件的四周，这种现象更明显。如不进行退火处理，过段时间，在应力集中部位会产生裂纹，甚至开裂或者变形。

退火方法一般是把制件浸在热油或热水中，也可在循环热风中，按塑料品种的不同，调节退火温度。退火温度一般低于制品热变形温度 10 ~ 20℃。不能过高，温度过高制品会变形；但也不能过低，过低温度退火，不能达到退火效果。几种常用热塑性塑料退火条件见表 1-17。

表 1-17 几种常用热塑性塑料的退火条件

塑 料	处理温度/℃	制品壁厚/mm	处理时间/min	处理介质
PS	60 ~ 70	≤6	30 ~ 60	空气或水
ABS	80 ~ 100	—	16 ~ 20	空气或水
PE	100	>6	60	水
PP	150	≤6	60	空气
PC	125 ~ 130	1	30 ~ 40	空气或油
PA6	130	12	15	油

(续)

塑 料	处理温度/℃	制品壁厚/mm	处理时间/min	处理介质
PA66	150	3	15	油
PMMA	75	—	240 ~ 360	空气
PET	120	—	60 ~ 120	空气
POM	160	2.5	30 (油) 60 (空气)	油或空气

并非所有塑料都要退火处理。通常，塑料分子链刚性较大及玻璃化转变温度较高的制品，壁厚较大的制品，带有金属嵌件的制品和使用温度范围较宽、尺寸精度要求较高或内应力较大、但不易自消的制品均须进行热处理。而对于分子链本身柔性较大和玻璃化转变温度较低的制品（如聚甲醛和氯化聚醚塑料），虽然有内应力，但由于内应力能缓慢自消，如果制品使用温度要求不高，可不进行热处理。

四、调湿处理

调湿处理是指将刚脱模的制品放在热水中进行处理。调湿处理可以使制品隔绝空气，防止氧化，加快吸湿平衡，使制品尺寸稳定。热水温度一般为 90 ~ 100℃，热变形温度高的取大值，相反的取小值。调湿时间取决于制品形状、厚度和结晶度的大小。通常为 2 ~ 9h。

调湿处理主要用于吸湿性很强且又易氧化的聚酰胺类塑料制品。因这类塑料制品在高温下与空气接触时会出现氧化变色，在空气中使用和贮存时又易吸收水分而膨胀，要经过一段时间才能得到稳定尺寸。调湿处理后，适量的水分对聚酰胺类产品起着类似增塑剂的作用，从而改善了它的柔软性，冲击强度、拉伸强度等刚性指标也都有不同程度的提高。处理的方法是把制品放置在 80 ~ 100℃ 的水或醋酸钾溶液中，根据制品壁厚及形状决定处理时间的长短，一般在数小时后可致其吸湿平衡。

必须指出，调湿的制品和退火处理的制品一样，在达到所需的温度和时间以后，一定要缓慢地冷却到室温，否则还会产生内应力。

五、回料利用

成型品中的浇口与流道并不属于产品。因此该部分往往被废弃，甚至粉碎后再度用做成型专用材料，这就称为回料。

回料不能单独作为成型专用材料使用，通常都是配合造粒才能使用。由于会再经过成型过程，因此可能使塑料发生各种特性的变化。因此回料配方比例的上限为 30% 左右，若配方比例过高就有可能损害到树脂的原有性质。使用回料时，请参阅树脂数据库的再生特性。

1) 再生颗粒工艺流程。废旧塑料熔融再生就是指将废旧塑料重新加热塑化、切粒而加以利用。从废旧塑料的来源分，又可分为两类：一是原料厂、塑料加工厂的边角料

等清洁废塑料的回收；二是经过使用后混杂在一起的各种塑料制品的回收再生。前者称为单纯再生，后者称为复合再生。

2) 废旧塑料配色、改性技术。经清洗的废旧塑料在成型加工前要进行造粒。废旧塑料经过使用后一般均会产生不同程度的老化，所含助剂也有不同程度的损失。所以在造粒前常需适当补充某些助剂，如增塑剂、稳定剂等。同时，由于再生塑料常由许多不同颜色的废料混合而成，所以，一般在再生过程中均需添加一些深色的着色剂。

第六节 注射成型塑料制品质量问题分析

一、制品的外形结构尺寸不完整

- 1) 熔料的塑化温度偏低，应提高塑化机筒的加热温度。
- 2) 保压压力不足或保压时间短，应适当提高保压压力，观察效果。
- 3) 注射熔料量不够，这可能是螺杆前端逆止阀作用失效。
- 4) 喷嘴与模具衬套口接触不严密，造成注射时熔料溢料多。
- 5) 喷嘴温度低，此处有熔料堵塞。
- 6) 注射速度低，应适当提高注射速度。
- 7) 螺杆塑化工作背压偏低，原料塑化质量不均匀。
- 8) 成型模具温度偏低或模具各部位温度差大，应检查模具温度控制系统是否出现故障。
- 9) 模具熔料流道问题，如熔料流道截面尺寸偏小、熔料流道温度低或流道表面粗糙使料流阻力增加。
- 10) 制品的结构尺寸设计安排不合理，不同部位的壁厚尺寸差过大。

二、制品的外形尺寸不稳定，出现收缩现象

- 1) 熔料的注射压力偏低，应适当提高注射压力。
- 2) 保压压力偏低或保压时间不足。
- 3) 塑化熔料温度偏高，应适当降低塑化机筒的加热温度。
- 4) 螺杆背压低，造成熔料塑化质量欠佳，应适当提高螺杆的背压。
- 5) 模具温度不合理，主要是模具温度偏高，增加了熔料的降温固化时间。
- 6) 喷嘴孔径偏小，应适当加大。
- 7) 熔料注射速度偏慢，应加快注射速度。
- 8) 注射熔料量不足。
- 9) 模具浇口位置布置得不合理。
- 10) 制品的结构形状设计不合理，造成局部应力不均衡。

三、制品脱模困难

- 1) 熔料注射压力过高, 应降低注射压力。
- 2) 熔料温度偏高, 应降低机筒加热温度或降低螺杆工作转速。
- 3) 原料中水分超标, 应对原料进行干燥处理。
- 4) 模具温度偏低或者模具各部位温差大。
- 5) 模具成型面表面粗糙度值高或者脱模斜度小, 应对模具进行修磨, 降低表面粗糙度值或增大脱模斜度。
- 6) 保压、降温固化时间不足, 应适当延长熔料的降温固化时间。
- 7) 脱模剂涂层用量不足或涂层不均匀。

四、制品有飞边

- 1) 两半模面合模不严密或结合面粗糙, 应进行研磨修整。
- 2) 熔料注射压力过高, 应适当降低注射压力。
- 3) 锁模力不足, 应提高合模锁模力。
- 4) 熔料温度偏高, 应适当降低原料塑化温度。
- 5) 注射成型制品用熔料量过多, 应适当调整降低熔料量或注射时间。
- 6) 成型模具温度偏高, 应适当降低模具温度。

五、制品脱模易损坏

- 1) 原料塑化不均匀, 应适当提高螺杆工作背压。
- 2) 模具温度偏低, 应适当提高模具温度。
- 3) 顶出杆的位置布置不合理或各项出杆的顶出推力不均匀, 应找出制品损坏部位, 调整顶出杆的分布使顶出力均匀。
- 4) 制品的脱模斜度不够, 应加大制品脱模斜度。
- 5) 模具结构设计不合理, 制品脱模时有的部位出现真空现象, 应对模具结构进行修改。
- 6) 模具中的侧滑块与开模动作或顶出动作不协调, 应对模具进行修改。
- 7) 成型模具的工作面粗糙, 应进行研磨修光。
- 8) 脱模剂涂层不均匀或用量过少。

六、制品表面有熔接痕

- 1) 原料塑化不均匀, 应提高螺杆工作背压。
- 2) 成型模具温度偏低, 应适当提高模具温度。
- 3) 熔料注射压力不足及注射速度慢, 应提高注射压力和注射速度。
- 4) 喷嘴孔径偏小, 应扩大孔直径, 增加单位时间内的注射熔料量。
- 5) 熔料流道截面小, 影响注射熔料流量, 应扩大熔料流道截面或改进浇口位置

(离结合处近些)。

- 6) 原料中水分含量超标,使用前应对原料进行干燥处理。

七、制品表面有波纹

- 1) 原料塑化不均匀,应适当提高机筒加热温度或提高螺杆工作背压。
- 2) 注射压力选择得不合理,过高或过低的注射压力都能影响制品的表面质量。
- 3) 保压、降温固化时间不足,应适当延长。
- 4) 原料中含水量过高,应对原料进行干燥处理后再使用。
- 5) 熔料的注射速度选择得不合理,过高或过慢的注射速度都会影响制品的表面质量。
- 6) 模具的成型面表面粗糙度值太大,使制品表面粗糙,应研磨修光模具成型面。

八、制品表面有气泡和银纹

- 1) 制品用原料水分超标,应对原料进行干燥处理。
- 2) 原料中的添加剂不耐高温,应调整更换。
- 3) 原料塑化温度偏高或者是在机筒内停留时间过长,应降低机筒前段温度或改用较小规格的注射机。
- 4) 螺杆工作背压小,应适当提高螺杆背压。
- 5) 保压压力偏低或降温固化时间短,应提高保压压力或延长降温定型时间。
- 6) 成型模具温度偏低,应提高模具温度。
- 7) 注射压力或注射速度偏高,应适当降低注射压力和注射速度。

九、制品表面无光泽

- 1) 原料塑化熔融质量不均匀,应适当提高机筒加热温度或提高螺杆工作背压。
- 2) 原料中水分偏高,应对原料干燥处理,使原料中水分在允许指标内。
- 3) 模具内成型制品工作面粗糙或有水珠,应研磨抛光工作面,降低型腔表面粗糙度值。
- 4) 原料附加料配加不当,应调整更换。
- 5) 原料中混有杂质,不清洁。
- 6) 成型模具温度偏低,应适当提高模具温度。
- 7) 脱模剂涂层过厚,用量过多。

十、制品成型后变形

- 1) 制品结构形状设计不合理,形状及厚薄安排不对称,应改进制品的结构安排。
- 2) 塑化熔融料的温度偏低,应提高塑化机筒的加热温度。
- 3) 模具各部位温度不均匀、温差过大,应改进模具加热方法,降低各部位温差。
- 4) 保压降温固化时间短,应延长降温时间。

- 5) 脱模顶出杆的顶出力不一致, 应调整顶出杆的分布或顶出力不均衡现象。
- 6) 浇口位置布置欠合理, 应适当调整。
- 7) 填料量过多, 应适当减少填料量和降低注射压力和速度。

十一、制品有黑点或黑纹

- 1) 机筒内有滞留残料区, 部分熔料分解, 应清洗机筒和螺杆。
- 2) 原料不纯, 混有较多杂质, 应检查更换原料。
- 3) 喷嘴孔径小、熔料温度高或注射压力过高、注射速度过快等因素都容易使局部熔料温度升高, 使料分解
- 4) 机筒或喷嘴处有腐蚀坑, 使存料分解, 应进行检修, 查找修复。

第二章 汽车零件用塑料注射制品与专用料

第一节 聚丙烯注射制品与专用料

一、保险杠

1. 聚丙烯/弹性体保险杠专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 聚丙烯(PP) 100; HDPE 10; TPE-1 15; 填料 5 ~ 15; 其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 2-1)

表 2-1 本产品与日本三菱油化同类产品性能比较

性 能	本 产 品	三菱油化同类产品
熔体流动速率/[g/(10min)]	2. 5 ~ 10	1. 7 ~ 2. 2
缺口冲击强度/[kJ/m ²]	20 ~ 50	490J/m
拉伸强度/MPa	20 ~ 32	15 ~ 33
弯曲强度/MPa	23 ~ 28	19 ~ 24
弯曲弹性模量/MPa	770 ~ 1200	—
热变形温度/℃	103 ~ 125	106
成型收缩率(%)	1. 1 ~ 1. 6	—

(3) 效果

1) 用弹性体 TPE-1 提高 PP 韧性, 制备 PP 汽车保险杠专用料是一种切实可靠的方法, TPE-1 的含量应控制在 15% ~ 35% (质量分数)。

2) TPE-1 与 HDPE 存在增韧协同效应, HDPE 含量在 10% (质量分数) 左右为宜。

3) 在 PP/TPE-1/HDPE 三元共混体系中, 加入适量的无机填料 A, 可提高共混物的缺口冲击强度、弯曲强度、弯曲弹性模量、热变形温度, 减小成型收缩率。无机填料 A 含量在 5% ~ 10% (质量分数) 为宜。

4) 所研制的 PP 汽车保险杠专用料, 达到了国外同类产品技术水平, 产品经广东、浙江、湖南、湖北等地用户使用, 结果反映良好。

2. 聚丙烯/POE 汽车保险杠专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 聚丙烯(PP) 100; POE 10 ~ 25; 滑石粉填料 12 ~ 30; 过氧化物 1 ~ 5; 其他助剂 适量。

(2) 性能 冲击强度为 30(kJ/m²), 热变形温度为 120℃, 拉伸强度为 23MPa。

(3) 效果

1) POE 是优良的热塑性弹性体, 用其增韧 PP, 在冲击强度和加工流动性方面均优于 EP33, 且性能良好。

2) 滑石粉(Talc)的加入能有效地提高共混物的热变形温度。

3) 适量的过氧化物 DCP 对共混物流动性、冲击强度有利, 但工艺不易控制。

4) PP/POE 保险杠专用料已批量生产, 并实现了保险杠材料的国产化。

3. 小本体聚丙烯汽车保险杠专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 45 ~ 50; CPP 26 ~ 29; POE 14.5 ~ 22; 硅灰石 17 ~ 20; 其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 2-2 ~ 表 2-4)

表 2-2 CPP 含量对共混物性能的影响

CPP 含量 (质量分数, %)	拉伸强度 /MPa	断裂伸长率 (%)	弯曲强度 /MPa	弯曲弹性模量 /MPa	冲击强度 /(kJ/m ²)
20	25.35	571	32.4	1214	66.0
28	24.83	586	29.1	1140	72.9
38	25.83	656	29.0	905	73.4
47	23.86	736	28.12	903	84.0

表 2-3 POE 含量对共混物性能的影响

POE 含量 (质量分 数, %)	拉伸强度 /MPa	断裂伸长率 (%)	弯曲强度 /MPa	弯曲弹 性模量 /MPa	冲击强度 /(kJ/m ²)	热变形温度 /℃
14.5	30	317	35	1388	42.0	86
17.7	28	420	33	1339	56.0	83
20.0	27	500	33	1305	57.7	81
22.0	25	527	32	1227	72.3	78

表 2-4 硅灰石含量对共混物性能的影响

硅灰石含量 (质量分 数, %)	拉伸强度 /MPa	断裂伸长率 (%)	弯曲强度 /MPa	弯曲弹 性模量 /MPa	冲击强度 /(kJ/m ²)	热变形温度 /℃
14.8	31	177	31	1929	8.4	93
18.0	30	147	42	1914	9.0	121
20.3	30	110	43	2083	9.6	121
22.40	29	93	44	2363	9.4	120

(3) 效果 经分析检测证明, 试验的配方设计、工艺路线、工艺参数均是合理的。当 PP 质量分数为 45% ~ 48%, CPP 质量分数为 26% ~ 29%, POE 质量分数为 19% ~

22%，硅灰石质量分数为4%~6%，再配以适量的偶联剂、复合抗氧剂、降温母料等，得到的共混料就完全可以满足汽车保险杠性能要求。当PP质量分数为45%~50%，CPP质量分数为27%~29%，POE质量分数为3%~6%，硅灰石质量分数为17%~20%，再配以适量的偶联剂、复合抗氧剂、降温母料等，得到的共混料就完全可以满足汽车门板的性能要求。

4. 超高冲击强度的聚丙烯汽车保险杠专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 均聚丙烯 100；乙丙橡胶/PE 10~20；滑石粉 20~30；过氧化物 1.0~5.0；其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 2-5)

表 2-5 超高冲击强度 PP 材料的技术数据

项 目		企业标准	实测数据
密度/(g/cm ³)		0.89~0.93	0.92
熔体流动速率/[g/(10min)]		3~7	6.2
拉伸强度/MPa		>15.7	19.2
断裂伸长率(%)		>400	420
弯曲强度/MPa		>15.7	25.1
弯曲弹性模量/MPa		>588	911
缺口冲击强度/(J/m)	23℃	>500	580
	-30℃	>50	86
热变形温度/℃		>80	108
洛氏硬度(HRR)		>50	65
收缩率(%)		1.2~1.5	1.3

5. 增韧汽车保险杠聚丙烯专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100；POE 15；PP-g-MAH 10；滑石粉 12；其他助剂 适量。

(2) 性能与效果 同多家公司的汽车保险杠专用料的技术指标进行对比，本专用料的性能已达到同类产品的性能指标(见表 2-6)。

表 2-6 改性 PP 汽车保险杠专用料的性能

项 目	本专用料	三菱油化	Himont SP1041	长春应化所	中国科学院化学所
拉伸强度/MPa	23.3	15~33	17	18~28	16.5~19.0
弯曲强度/MPa	36	19~24	20	17~21	22
断裂伸长率(%)	500	200~760	>400	500~800	≥500
热变形温度/℃	120	106	—	108	—
熔体流动速率/[g/(10min)]	6.5	1.7~2.2	4.0	4.0~6.0	5.0
悬臂梁冲击强度/(J/m)	550	490	500	490~780	500

目前, 该专用料已用于农用汽车保险杠的批量生产, 实践证明其成型加工性及力学性能良好。

6. 聚丙烯/聚乙烯/POE 汽车保险杠专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 60 ~ 80; LLDPE 20 ~ 40; POE 10 ~ 20; 滑石粉 5 ~ 10; CaCo₃ 母料 20 ~ 40; 钛酸酯偶联剂 1.0 ~ 5.0; 成核剂 0.1 ~ 0.2; 其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 2-7)

表 2-7 PP 汽车保险杠专用料的性能

项 目	PP	β 晶型 PP	β 晶型 PP + 20% CaCO ₃ 增韧母粒	共混型 PP 保险杠
密度/(g/cm ³)	0.88	0.88	0.98	0.96
熔体流动速率(5kg)/[g/(10min)]	8.0	8.0	—	9.5
拉伸强度/MPa	38.2	36.1	37.0	25.2
断裂伸长率(%)	410	413	410	410
弯曲弹性模量/MPa	1005	920	1150	820
悬臂梁缺口冲击强度/(kJ/m)	10.3	38.1	38.8	35.8
热变形温度/℃	85	78	86	73
模塑收缩率(%)	1.52	1.64	1.33	1.31

7. 共聚聚丙烯/POE 汽车保险杠专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP/共聚 PP(65:35) 100; POE 15 ~ 25; 抗氧剂 1010 0.5 ~ 1.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能与效果(见表 2-8)

表 2-8 改性 PP 汽车保险杠专用料的性能

项 目	改性 PP	Himont SP1041	中国科学院 化学所	齐鲁化工集团 塑料公司
拉伸强度/MPa	21 ~ 23	17	16.5 ~ 19.0	≥15
弯曲强度/MPa	26 ~ 29	20	22	18
断裂伸长率(%)	≥500	>400	≥500	≥400
热变形温度/℃	82 ~ 89	—	—	≥82
熔体流动速率/[g/(10min)]	6.5 ~ 8.6	4.0	5.0	≥4
缺口冲击强度/(J/m)	500 ~ 600	500	500	>500

目前, 该改性 PP 专用料已用于微型汽车保险杠的生产, 实践证明其成型加工性及力学性能良好。应用表明, 用该改性 PP 专用料制备的汽车保险杠在低温状态下仍能保持较高的韧性。

8. 轿车塑料保险杠专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100; EPDM 20 ~ 30; 抗氧剂 1.0; 其他辅助剂 适

量。

(2) 性能 本保险杠注射专用料密度为 $0.87 \sim 0.92\text{g}/\text{cm}^3$ ，熔体流动速率为 $4 \sim 7\text{g}/(10\text{min})$ ，拉伸强度 $\geq 16\text{MPa}$ ，断裂伸长率 $\geq 400\%$ ，弯曲弹性模量 $\geq 800\text{MPa}$ ，缺口冲击强度(23°C) $\geq 600\text{J}/\text{m}$ ，热变形温度 $> 85^\circ\text{C}$ ，洛氏硬度(HRR)为 $40 \sim 65$ ，可满足轿车保险杠使用性能要求。

9. 多级注射成型的聚丙烯保险杠专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100；EPDM 15 ~ 25；紫外线屏蔽剂 1 ~ 3；抗氧剂 0.5 ~ 1.0；加工助剂 5 ~ 6；其他辅助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 15MPa ，断裂伸长率为 300% ，弯曲强度为 170MPa ，弯曲弹性模量为 800MPa ，悬臂梁冲击强度为 $400\text{J}/\text{m}(23^\circ\text{C})$ 、 $66\text{J}/\text{m}(-30^\circ\text{C})$ ，热变形温度为 90°C ，熔体流动速率为 $6 \sim 10\text{g}/(10\text{min})$ ，其综合性能可满足成型加工性能要求和产品的使用性能要求。

10. 汽车塑料保险杠专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP(640) 54；POE 21.3；碳酸钙 14.6；马来酸酐接枝 PP 6.8；降解剂 2.9；抗氧剂 0.2；抗氧剂 168 0.2；其他辅助剂 适量。

(2) 性能(见表 2-9)

表 2-9 汽车塑料保险杠专用料性能

项 目	指标	项 目	指标
熔体流动速率/[$\text{g}/(10\text{min})$]	16	收缩率(%)	1.04
拉伸强度/ MPa	21	断裂伸长率(%)	526
弯曲强度/ MPa	23	弯曲弹性模量/ MPa	1320
缺口冲击强度/(kJ/m^2)	42		

其性能基本可满足汽车保险杠使用性能要求。

11. PP/POE/滑石粉汽车保险杠料

(1) 原材料与配方(质量份) PP(EPF30R) 85；PP(EPS30R) 15；POE 15；PP-g-MAH 10；滑石粉 12。

(2) 性能 拉伸强度为 23.3MPa ，弯曲强度为 36MPa ，断裂伸长率为 500% ，热变形温度为 120°C ，悬臂梁冲击强度为 $550\text{J}/\text{m}$ 。

12. 冲击 PP/CaCO₃/EPDM 汽车保险杠专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP(2401) 44；EPDM 6；CaCO₃(1250 目，用烷基羧酸盐表面处理) 50。

(2) 性能 冲击强度为 $655\text{J}/\text{m}(\text{室温})$ 、 $70\text{J}/\text{m}(-30^\circ\text{C})$ ，拉伸强度为 19MPa ，弯曲强度为 42MPa ，断裂伸长率为 450% 。

13. 汽车保险杠专用料

原材料与配方(质量分数,%)：PP 44 ~ 48；CPP 27 ~ 29；POE 20 ~ 22；硅灰石 5 ~ 6；偶联剂 适量；复合抗氧剂 适量；降温母料 适量。

14. 新型 PP 汽车保险杠专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP 64; TPE-1 20; HDPE 10; CaCO₃(800 目) 6。

(2) 性能 熔体流动速率为 2.5~10g/(10min), 缺口冲击强度为 20~50kJ/m², 拉伸强度为 20~32MPa, 断裂伸长率为 300%~600%, 弯曲强度为 23~28MPa, 热变形温度为 103~125℃。

15. 聚丙烯汽车保险杠专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100; EPDM 25; 滑石粉 35; 钛酸酯偶联剂 0.5; HSt 0.4; 抗氧剂 1010 0.2; DLTP 0.5。

(2) 加工条件 注射温度为 190~200℃, 喷嘴温度为 170~200℃, 注射压力为 7~11MPa, 注射时间为 5~10s, 保压时间为 5~15s, 冷却时间为 20~60s。

16. 本体 PP/共聚 PP/POE 三元共混汽车保险杠专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) 本体 PP(粉) 50; 共聚 PP(粒) K8303 35; POE(粒) EG8150 15; 抗氧剂 1010 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 21~23MPa, 断裂伸长率≥500%, 弯曲强度为 26~29MPa, 热变形温度为 82~89℃, 缺口冲击强度为 500~600J/m。

17. 新型汽车保险杠 PP 材料

(1) 配方(质量分数,%) 共聚 PP(7760) 60.3; POE(8003) 15; 滑石粉 20; PP-g-MAH 3; EB 1.5; β 晶成核剂 0.2。

(2) 性能(见表 2-10)

表 2-10 新型汽车保险杠 PP 材料性能

性 能	指 标	本配方	进口料
MFR/[g/(10min)]	>25	30	28
拉伸强度/MPa	>18	19.8	22.8
弯曲弹性模量/GPa	>1.35	1.46	1.5
弯曲强度/MPa	22	22.3	24.5
简支梁冲击强度/(kJ/m ²)	>40	43.7	40.4
悬臂梁冲击强度/(kJ/m ²)	>25	40	33.7
热变形温度/℃	>120	122.6	126
收缩率(%)	0.5~0.8	0.5~0.8	0.5~0.7

18. PP/POE/滑石粉汽车保险杠专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP(EPF30R) 65; POE 20; 滑石粉(1250 目) 15; 抗氧剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 16MPa, 弯曲强度为 27MPa, 缺口冲击强度为 616~723kJ/m²。

19. β 晶成核剂增韧 PP 汽车保险杠专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100; β 成核剂 0.1; 抗氧剂 0.3~0.6; 碳酸钙

10；偶联剂 0.5；其他助剂 适量。

(2) 性能 纯 PP 及各类汽车保险杠材料性能比较见表 2-11。

表 2-11 纯 PP 及各类保险杠材料性能比较

性 能	纯 PP	PP/β 晶成核剂(100:0.1)	PP/碳酸钙母料/β 晶成核剂(100:10:0.1)	PP/POE/滑石粉
密度/(g/cm ³)	0.88	0.88	—	0.96
熔体流动速率/[g/(10min)]	8	8	—	6.5
收缩率(%)	1.52	1.64	1.5	1.31
拉伸强度/MPa	38.2	36.1	38.1	25.2
断裂伸长率(%)	410	413	420	350
弯曲弹性模量/MPa	1005	920	980	710
缺口冲击强度/(kJ/m ²)	10.3	38.1	39.8	31.8
热变形温度/℃	85	78	81	73

在 PP/β 晶成核剂配方中加入碳酸钙母料的目的是为了降低收缩率，并改善表面涂漆性能。PP 的牌号为 EPS30R。

二、仪表盘(板)

1. 轻型汽车(五十铃系列)仪表板专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) 聚丙烯(PP) 60~70；HDPE 15~20；POE 5~10；云母粉 10~15；己二酸 0.1~0.2；抗氧剂 0.1~0.3；其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 2-12、表 2-13)

表 2-12 PP 种类对共混物性能的影响

测试性能	EPF30R	小本体 PP	EPF30R/小本体 PP ^①	EPF30R/EPF30R ^②
MFR/[g/(10min)]	9.2	5.5	8.3	5.0
拉伸强度/MPa	30.5	33.5	32.2	29.5
断裂伸长率(%)	350	235	308	348
弯曲弹性模量/MPa	2071	2321	2225	1924
悬臂梁缺口冲击强度/(kJ/m ²)	10.0	5.7	7.0	16.7
模塑收缩率(%)	1.05	1.00	1.02	1.07

注：基本配方(质量分数,%)为 PP 67.5；HDPE 15；POE 5；云母 12.5。

① 质量比为 1:1

② 质量比为 3:1。

表 2-13 填料种类与表面处理对共混物性能的影响

测试性能	滑石粉	偶联滑石粉	云母	偶联云母	偶联滑石粉/偶联云母 ^①	偶联云母/己二酸 ^②
<i>MFR</i> /[g/(10min)]	8. 1	8. 7	8. 7	9. 2	7. 7	7. 4
拉伸强度/MPa	26. 8	27. 5	30. 9	30. 5	29. 1	32. 2
断裂伸长率(%)	375	410	235	350	400	210
弯曲弹性模量/MPa	1 975	1 928	2 028	2 071	2 074	2 125
悬臂梁缺口冲击强度/(kJ/m ²)	6. 3	7. 4	9. 5	10. 0	9. 5	10. 1
模塑收缩率(%)	1. 12	1. 15	1. 00	1. 05	1. 15	0. 99

① 偶联滑石粉/偶联云母质量比为 1: 1。

② 己二酸质量分数为 2%。

五十铃系列轻型汽车仪表板专用料性能指标和自制仪表板专用料性能比较见表 2-14。

表 2-14 五十铃系列轻型汽车仪表板专用料性能指标和自制仪表板专用料的性能比较

性 能		五十铃系列轻型汽车仪表板用料	自制仪表板专用料
密度/(g/cm ³)		0. 95 ~ 1. 05	0. 98
<i>MFR</i> /[g/(10min)]		7. 0	7. 5
拉伸强度/MPa		30. 0	30. 5
断裂伸长率(%)		70	250
弯曲弹性模量/MPa		1 800	2 050
悬臂梁缺口冲击强度/(kJ/m ²)	23℃	10	12
	- 30℃	4	5
热变形温度/℃		90	95
模塑收缩率(%)		1. 00 ~ 1. 10	1. 05

注：热变形温度测试压力为 1. 8MPa。

2. 微型汽车仪表盘专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100；POE 5 ~ 30；填料 5 ~ 30；其他助剂 适量。

(2) 性能 滑石粉用量对共混材料性能的影响见表 2-15。

表 2-15 滑石粉用量对共混材料性能的影响

项 目	质量分数(%)				
	5	10	15	20	30
拉伸强度/MPa	24. 2	24. 0	23. 8	23. 5	23. 1
断裂伸长率(%)	543	483	438	430	180
弯曲强度/MPa	32. 6	30. 8	31. 5	32. 0	30. 1
弯曲弹性模量/MPa	836. 3	882. 4	940. 5	956. 5	1078. 3
缺口冲击强度/(J/m)	74. 9	73. 8	72. 1	70. 1	68. 2

微型汽车仪表盘材料的技术指标与研制的汽车仪表盘专用料的性能实测值见表 2-16。由表 2-16 可以看出,专用料的性能已达到微型汽车仪表盘材料的要求,且在某些性能上超过了其指标。

表 2-16 微型汽车仪表盘材料的技术指标与研制的
汽车仪表盘专用料的性能实测值

项目	MFR /[g/(10min)]	拉伸强度 /MPa	断裂伸长率 (%)	弯曲弹性 模量/MPa	缺口冲击强 度/(J/m)	热变形温度 /℃
技术指标	5 ~ 10	20	425	740	70	115
实测值	9.75	23.5	430	956.5	70.1	134.6

目前,该专用料已用于山东黑豹集团 1205 型汽车仪表盘的生产。实践证明,其成型加工性及力学性能均良好。

(3) 效果

1) POE 增韧 PP 时,共混材料的拉伸强度、弯曲弹性模量均随 POE 含量增加而逐渐降低,而冲击强度呈提高趋势。与 EPDM 相比,POE 使共混体系的冲击强度提高较大,而弯曲弹性模量、拉伸强度降低较小。

2) 在 POE 增韧 PP 共混体系中,随 POE 含量的增加,共混体系的流动性降低。

3) 在共混体系中加入滑石粉后,材料的弯曲弹性模量随滑石粉用量的增加而提高,但其冲击强度也稍有下降。

4) 适当控制 POE、滑石粉的用量有利于制得流动性、韧性和刚性俱佳的聚丙烯汽车仪表盘专用料。

3. 摩托车仪表盘专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) 聚丙烯 60; PP-g-MAA 10; 滑石粉 27; 钛白粉 3; 其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 2-17)

表 2-17 摩托车仪表盘专用料性能

项 目	专用料	日本 KD 粒料	项 目	专用料	日本 KD 粒料
拉伸强度/MPa	31.2	29.5	缺口冲击强度/(kJ/m ²)	6.5	6.6
弯曲强度/MPa	68.8	52.1			
弯曲弹性模量/MPa	2829	2340	热变形温度/℃	139	140

4. 汽车仪表板专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100; POE(乙烯-辛烯共聚物) 10 ~ 30; 滑石粉 20; 其他助剂 适量。

(2) 性能与效果

微型汽车仪表板材料的技术指标与所研制的汽车仪表板专用料的性能实测值见表 2-

18。由表 2-18 可看出,专用料的性能已达到微型汽车仪表板材料的要求,且在某些性能上超过了其指标。

**表 2-18 微型汽车仪表板材料的技术指标与
所研制的汽车仪表板专用料的性能实测值**

项目	<i>MFR</i> /[g/(10min)]	拉伸强度 /MPa	断裂伸长率 (%)	弯曲弹性 模量/MPa	缺口冲击强 度/(J/m)	热变形温度 /℃
技术指标	5 ~ 10	≥20	≥425	≥740	≥70	≥115
实测值	9.75	23.5	430	956.5	70.1	134.6

目前,该专用料已用于汽车仪表板的生产。实践证明,其成型加工性及力学性能均良好。

5. 添加相容剂的聚丙烯汽车仪表板专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100;滑石粉 20;POE 5.0 ~ 15;PP-g-MAH 5 ~ 10;马来酸酐 1.0 ~ 5.0;过氧化二异丙苯 0.1 ~ 1.5;其他助剂 适量。

(2) 性能与效果 研制开发的汽车仪表板专用料的各项性能指标均达到微型汽车仪表板的性能要求,与未加相容剂的专用料相比,该专用料的力学性能如拉伸强度和冲击强度可提高 20% ~ 30%。汽车仪表板专用料的性能指标见表 2-19。

表 2-19 汽车仪表板专用料的性能指标

项 目	微型汽车仪表 板专用料指标	未加相容剂 的专用料	添加相容剂 的专用料
拉伸强度/MPa	≥20	23.5	28.5
断裂伸长率(%)	≥425	430	>500
弯曲弹性模量/MPa	≥740	956	1 150
冲击强度/(J/m)	≥70	70.1	87
热变形温度/℃	≥115	135	130
熔体流动速率/[g/(10min)]	5 ~ 10	9.7	8.2

6. 汽车仪表板专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP(1300) 54.7;POE 17.0;滑石粉 20;马来酸酐接枝 PP 6.0;降解剂 2.0;抗氧剂 1010 0.1;抗氧剂 168 0.2;其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 2-20)

表 2-20 汽车仪表板专用料性能

性 能	指标	性 能	指标
熔体流动速率/[g/(10min)]	11	收缩率(%)	1.14
拉伸强度/MPa	23	断裂伸长率(%)	85
弯曲强度/MPa	47	弯曲弹性模量/MPa	2 410
缺口冲击强度/(kJ/m ²)	22		

其综合性能可满足汽车仪表板使用要求。

7. 桑塔纳 2000 型用 PC 组合仪表指针专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP(141R) 100; 加工助剂 1~3; 填料 5~10; 其他助剂 适量。

(2) 性能 该专用料黏度低, 熔体流动速率[10.5g/(10min)]好, 便于注射成型。其拉伸强度为 69MPa, 悬臂梁缺口冲击强度为 800J/m, 热变形温度在 0.45MPa 下为 137℃, 在 1.84MPa 下为 132℃。制品性能良好, 可满足使用要求。

8. 改性 PPO 轿车仪表前盖专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PPO 100; PS 10~15; 填料 5~8; 加工助剂 1~3; 其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 2-21)

表 2-21 改性 PPO 轿车仪表前盖性能

项目	熔体流动速率 /[g/(10min)]	拉伸强度/MPa	断裂伸长率(%)	弯曲强度/MPa	弯曲弹性模量/MPa	热变形温度/℃	悬臂梁冲击强度 (23℃)/(J/m)
指标	3.4	60	40	97	3 020	108	60

三、汽车其他部件与专用料

1. 发动机冷却风扇专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100; 增韧剂 10~15; 增容剂 10~15; 增强剂 15~30; 热稳定剂 适量; 抗氧剂 适量。

(2) 性能 由于汽车风扇专用料国内尚没有现行的性能标准, 因而参照国外用料的性能对研制生产的由 PP 专用料制成的风扇进行了性能检测, 结果表明其主要性能超过或接近国外同类产品的水平。改性 PP 风扇专用料的性能见表 2-22。

表 2-22 改性 PP 风扇专用料的性能

项 目		国产专用料	日本专用料
<i>MFR</i> /[g/(10min)]		2.13	>2.0
拉伸强度/MPa		24.7	>20
断裂伸长率(%)		48	>30
弯曲强度/MPa		36.50	>35
弯曲弹性模量/MPa		30.20	>30
硬度(HRR)		74	>65
缺口冲击强度/(J/m)	23℃	97.8	>130
	-30℃	21.8	
热变形温度(0.46MPa)/℃		108	

(3) 效果

1) 采用不同品种的橡胶改性 PP, 可明显改善共混料的低温耐冲击性能。加入适当的第三组分、增韧剂、复合抗氧剂等, 可在保持 PP 体系高冲击强度的前提下, 提高其刚性和热变形温度。

2) 熔体流动速率不同的 PP 通过均化技术, 并采用橡塑母料的两阶共混方法和低温高剪切速率工艺, 是制得性能稳定的专用料的技术基础。

3) 该 PP 专用料的主要性能达到或接近国外同类产品水平, 是较为理想的国产专用料。

2. 汽车用聚丙烯风扇专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 聚丙烯 100; 玻璃纤维 15 ~ 20; 聚乙烯 20; 填料 15 ~ 30; 其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 2-23)

表 2-23 汽车风扇专用 PP 料性能

性 能		专用 PP 料		
		镇海炼化公司	日本进口	纯 PP
MFR/[g/(10min)]		1 ~ 3	1. 1	1. 5 ~ 4. 9
热变形温度/℃		131. 7	135. 0	114
拉伸强度/MPa		32. 6	28	28. 5
弯曲强度/MPa		53. 9	50. 1	40 ~ 45
邵氏硬度/MPa		22. 1	23. 1	—
Izod 冲击强度/(J/m)	23℃	73. 8	99. 5	40
	-30℃	48. 4	61. 5	脆性断裂

注: 性能数据均为实测, 热变形温度测定时压力为 0. 46MPa。

3. 汽车塑料风扇与风扇罩专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP 55; EPDM 30; 滑石粉 1; 抗氧剂 0. 1 ~ 0. 3; 偶联剂 0. 5 ~ 1. 5; 其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 2-24)

表 2-24 汽车塑料风扇与风扇罩专用料性能

性 能	指标	性 能	指标
密度/(g/cm ³)	1. 22	熔体流动速率/[g/(10min)]	2. 0
拉伸强度/(MPa)	30	弯曲强度/MPa	45
缺口冲击强度/(kJ/m ²)	130	燃烧残率(%)	38
耐候性	A 级		

该专用料可满足轿车与轻型载货汽车的使用要求

4. 货车冷却风扇叶片专用料

(1) 配方原材料与(质量份) PP 100; 玻璃纤维 20; 天蓝色色母料 2. 0; 偶联剂 1 ~ 2; 抗氧剂 1 ~ 2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 将制备的风扇叶片置于 $(70 \pm 5)^\circ\text{C}$ 、转速 4100r/min 下, 以 10min 为一个循环周期, 连续进行 3000 个循环周期, 风扇叶片无裂纹、无断叶、无变形, 风扇工作正常, 达到了设计要求。

将风扇叶片安装在风扇测功机上, 共取三个转速, 即 1000r/min 、 2000r/min 、 3000r/min , 每个转速取 7 个均匀分布工况点, 当风阻从最小到稳定后, 同时进行各参数的测定, 并绘制出风扇性能曲线图, 如图 2-1 所示。

从图 2-1 中可见, 当转速为 3000r/min 、静压为 400kPa 时, 风扇的风量为 $2.9\text{m}^3/\text{s}$, 超过同等条件下风量 $2.5\text{m}^3/\text{s}$ 的设计标准要求。

风扇叶片在 1.5m 处自由下落, 无断裂现象, 符合设计要求。

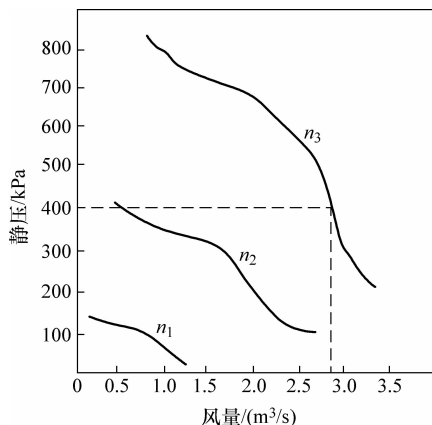


图 2-1 风扇性能曲线图

$n_1 = 1000\text{r/min}$; $n_2 = 2000\text{r/min}$;

$n_3 = 3000\text{r/min}$

(3) 效果

1) 采用玻璃纤维增强聚丙烯生产中型载货汽车冷却风扇叶片, 技术成熟, 产品质量稳定, 性能可靠。

2) 实际应用中发现, 使用玻璃纤维增强聚丙烯冷却风扇叶片的塑料风扇, 风量大于使用金属叶片风扇的风量, 冷却效果好。

3) 玻璃纤维增强聚丙烯冷却风扇叶片易于加工, 价格便宜。

5. 汽车转向盘专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100; SBS 20; 色母料 2~5; 填料 10~15; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 该汽车转向盘是以金属为骨架材料、彩色塑料形成嵌件式复合材料的制品。专用 PP 改性料的性能如下: 熔体流动速率为 $1.67\text{g}/(10\text{min})$, 缺口冲击强度为 $69\text{kJ}/\text{m}^2$, 维卡软化点为 133°C , 耐应力开裂 $>350\text{h}$ 。

按设计要求检测各部位尺寸均达到使用要求, 且外观整洁、色泽均匀。进行扭力试验外表无裂纹, 内部骨架无脱焊。通过 $60 \sim 80^\circ\text{C}$ 、 $5 \sim 8\text{h}$ 以及 -40°C 、 16h 5 次高、低温变化试验不破损。

6. 汽车聚甲醛万向节专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 聚甲醛 100; 碳纤维 4~5; 铝粉 10; 氟塑料粉 5.0; 加工助剂 适量; 其他助剂 适量。

(2) 性能 该专用料冲击强度为 $76\text{kJ}/\text{m}^2$, 邵氏硬度(HRM)为 70.2, 压缩强度为 106.1MPa , 负载形变为 2.14% , 马丁耐热温度为 62.7°C , 注射成型温度良好, 能满足使用要求。

7. 汽车用聚丙烯散热器罩专用料(519PP)

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP 50~80; 无机填料 15~30; 橡胶母料 5~

20；其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 2-25)

表 2-25 汽车散热器罩专用 PP 料性能

性 能	专用 PP 料		
	519PP	北京化工研究院 PP	纯 PP
<i>MFR</i> /[g/(10min)]	1. 5 ~ 10. 3	3 ~ 7	1. 5 ~ 4. 9
热变形温度/℃	136. 9 ~ 145. 7	> 120	114
拉伸强度/MPa	33. 4	≥ 28	28. 5
断裂伸长率(%)	80	> 50	200
弯曲弹性模量/MPa	15	> 16	—
弯曲强度/MPa	54. 6	≥ 48	40 ~ 45
23℃ 时 Izod 冲击强度/(J/m)	50	≥ 70	40
球压痕硬度/(J/m)	98	≥ 90	85
模塑收缩率(%)	0. 9	0. 9 ~ 1. 2	1. 5

注：测试值是指 0℃ 左右的低温值，热变形温度试验压力为 0. 46MPa。

8. 汽车空调系统用改性聚丙烯专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100；滑石粉 10 ~ 40；偶联剂 0. 1 ~ 1. 0；抗氧剂 1. 0 ~ 3. 0；炭黑母料 5 ~ 20；其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 2-26)

表 2-26 PP6 按 GB 标准测试结果

项 目	实测值	项 目	实测值
密度/(g/cm ³)	1. 05	热变形温度(0. 45MPa)/℃	≥ 130
拉伸屈服强度/MPa	43 ~ 46	燃烧残余率(%)	20 ~ 23
弯曲强度/MPa	72	球压痕硬度/MPa	92 ~ 103
冲击强度(无缺口)/(kJ/m ²)	52	熔化温度/℃	154
冲击强度有(有缺口)/(kJ/m ²)	5 ~ 6		

9. 聚丙烯汽车轮罩塑料专用料

(1) 原材料配方(质量份) PP/EPDM/LDPE[(30 ~ 20) : (20 ~ 30) : (25 ~ 30)] 100；填料(硅土) 5 ~ 10；交联剂 0. 01 ~ 1；助交联剂 0. 1 ~ 1；偶联剂 适量。

(2) 性能(见表 2-27 和表 2-28)

表 2-27 专用料交联体系的力学性能

性 能	未加交联剂	DCP 为引发剂	
		助交联剂 A	助交联剂 B
<i>MFR</i> /[g/(10min)]	14	15	6
拉伸强度/MPa	16	18	19. 5
断裂伸长率(%)	> 500	> 500	260

(续)

性能	未加交联剂	DCP 为引发剂	
		助交联剂 A	助交联剂 B
缺口冲击强度/(J/m)	580	550	420
成型收缩率(%)	1.8	1.1	1.0
邵氏硬度	85	88	92

表 2-28 不同填料填充 PP/EPDM/LDPE 体系的力学性能

性能	未加填料	填充量为 5% (质量分数)			填充量为 10% (质量分数)		
		滑石粉	硅灰石	硅土	滑石粉	硅灰石	硅土
拉伸强度/MPa	18	17.8	16.6	17.6	16.5	15.2	16.9
断裂伸长率(%)	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
缺口冲击强度/(J/m)	550	476	505	578	382	276	545
MFR/[g/(10min)]	15	12	10	14	11	9	14

(3) 效果

- 1) 提高了拉伸强度，降低了成型收缩率，而对材料的其他性能影响不大。
- 2) 在交联体系中，一般 DCP 含量为 0.01% ~0.1% (质量分数)时最为理想。
- 3) PP/EPDM/LDPE 填充共混体系选用硅土作填料，并且当硅土含量为 10% (质量分数)时，体系的各项综合性能最为理想。
- 4) 该共混料能很好地满足生产汽车轮罩的要求，拓宽了聚丙烯在汽车行业和其他领域的应用范围。

10. 汽车座椅骨架专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 聚丙烯 100；硅烷处理玻璃纤维 15 ~ 25；硅烷处理硅灰石 5 ~ 10；钛酸酯处理滑石粉 10 ~ 20；EPDM 增韧性 25；其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 2-29)

表 2-29 座椅骨架专用料 CN-Y300 性能

项 目	指 标	CN-Y300
熔体流动速率/[g/(10min)]	1 ~ 5	2.0
平均模缩率(%)	1.0 ~ 1.4	1.0
拉伸强度/MPa	20	21
弯曲弹性模量/MPa	850	1200
Izod 冲击强度(23℃)/(kJ/m ²)	30	34
洛氏硬度(HRR)	60	60

11. 轻型汽车车门内衬板聚丙烯专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP 60 ~ 70；LLDPE 15 ~ 20；POE 5 ~ 10；滑石

粉 10 ~ 125; 抗氧剂 0.1 ~ 1.0; 光稳定剂 适量; 其他助剂 适量。

(2) 性能与效果 五十铃系列轻型汽车车门内衬板专用料的要求和该车门内衬板专用料的性能比较见表 2-30。

表 2-30 PP 车型汽车车门内衬板专用料的性能指标

项 目		五十铃系列轻型车要求	此车门内衬板专用料
密度/(g/cm ³)		0.95 ~ 1.0	0.96
MFR/[g/(10min)]		≥5.0	≥8.0
拉伸屈服强度/MPa		≥24.5	≥26
断裂伸长率(%)		≥80	≥400
弯曲弹性模量/GPa		≥1.0	≥1.6
悬臂梁缺口冲击强度/(kJ/m ²)	23℃	≥7.0	≥8.0
	-20℃	≥2.0	≥2.5
热变形温度/℃		≥95	≥110
模塑收缩率(%)		1.1 ~ 1.2	1.15

从表 2-30 可看出, 该车门内衬板专用料的性能完全满足五十铃系列轻型车的要求, 可应用在多种型号的轻型汽车上。

12. 汽车顶板专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100; 增韧剂 20 ~ 30; 填料 10 ~ 15; 抗氧剂 0.01 ~ 0.1; 润滑剂 适量。

(2) 性能(见表 2-31 和表 2-32)

表 2-31 PP 汽车顶板专用料的性能

项 目	数 据	项 目	数 据
MFR(230℃)/[g/(10min)]	2.4	拉伸强度/MPa	38
弯曲强度/MPa	48	冲击强度/(J/m)	180
弯曲弹性模量/MPa	2600	热变形温度/℃	120

表 2-32 PP 汽车顶板材料的热老化性能比较

项 目	纯 PP	PP 汽车顶板专用料			
		配方 1	配方 2	配方 3	配方 4
烘箱中(150℃)放置时间/h	1 600	2 000	2 500	1 800	2 100
预计使用年限/年	7	10	15	8	12

13. 聚丙烯汽车导流板专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP(5004) 40; PP(8303) 20; POE 15; 滑石粉 20; 抗氧剂及其他助剂 5。

(2) 性能(见表 2-33、表 2-34)

表 2-33 改性 PP 专用料的性能

项 目	指标要求	实际性能
拉伸强度/MPa	≥25	26.36
弯曲强度/MPa	≥29	30.97
弯曲弹性模量/MPa	≥1 600	1702.2
冲击强度/(kJ/m ²)	≥30	32.18
MFR/[g/(10min)]	≤5	4.75

表 2-34 导流板的典型性能

项 目	典型性能
耐热性(装配状态 90℃/24h)	外观无松动、变形、变色现象
耐寒性(装配状态 -40℃/24h)	外观无松动、变形、变色现象,落球冲击(高度 500mm)无裂痕
耐化学药品性	外观无溶解、膨胀、变色、裂纹

(3) 效果 在优化工艺参数的前提下,以均聚料辽化 5004 和共聚料燕化 8303 作为基体树脂,选择乙烯-辛烯共聚物(POE)为增韧剂,滑石粉为填充增强材料,并通过 POE 和滑石粉以及基体树脂的优化组合确保改性材料的挤出稳定性,综合性能可满足汽车导流板的使用要求。

14. 重型汽车改性聚丙烯侧板料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP(71735) 40; PP(K7726) 20; POE 10; 滑石粉 25; DCP 1; 抗氧化剂及其他助剂 4。

(2) 性能(见表 2-35 和表 2-36)

表 2-35 改性 PP 专用料的性能

项 目	指 标	实 测
拉伸强度/MPa	≥25	26.36
弯曲强度/MPa	≥29	30.97
弯曲弹性模量/MPa	≥1 600	1 702.2
缺口冲击强度/(kJ/m ²)	≥30	32.18
MFR/[g/(10min)]	≥20	26.75

表 2-36 侧护板的典型性能

项 目	典型性能
耐热性(装配状态 90℃/24h)	外观无松动、变形、变色现象
耐寒性(装配状态 -40℃/24h)	外观无松动、变形、变色现象,落球冲击(高度 500mm)无裂痕
耐化学药品性	外观无溶解、膨胀、变色、裂纹现象

(3) 效果 在优化工艺参数的前提下,以均聚 PP(71735)和共聚 PP(K7726)作为基体树脂,选择 POE 为增韧剂,滑石粉为填充剂,并通过 DCP 对熔体流动速率的调节及基体树脂的优化组合确保改性 PP 专用料的高流动性,综合性能可满足重型汽车侧护板专用料的应用要求。

15. 聚丙烯汽车灯罩专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100; 滑石粉 20 ~ 40; 相容剂 10 ~ 20; 抗氧剂 0.1 ~ 1.0; 润滑剂 适量; 其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 2-37)

表 2-37 汽车灯罩用聚丙烯改性料的性能

项 目	灯罩用聚丙烯改性料	项 目	灯罩用聚丙烯改性料
拉伸强度/MPa	27	密度/(g/cm ³)	1.15
断裂伸长率(%)	60	缺口冲击强度/(kJ/m ²)	9
弯曲弹性模量/MPa	3 500	收缩率(%)	0.9
MFR/[g/(10min)]	8		

(3) 效果

1) 滑石粉是汽车灯罩用聚丙烯改性料有效的增强改性剂, 可以显著提高改性料的弹性模量、耐热性、尺寸稳定性以及流动性, 但改性料的拉伸强度和冲击性有所降低。

2) 选择合适的相容剂和滑石粉也能影响汽车灯罩用聚丙烯改性料的性能。

3) 采用合适的原材料、适当的工艺和配方, 可以制得性能优异的汽车灯罩用聚丙烯改性料, 达到良好的使用效果。

16. 夏利 B 型汽车内饰件专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100; LLDPE 5 ~ 20; PDE 增韧剂 10 ~ 20; 滑石粉 15 ~ 20; 抗氧剂 0.1 ~ 1.0; 紫外线吸收剂 0.05 ~ 0.5; 润滑剂 适量; 其他助剂 适量。

(2) 性能与效果 用研制的专用料加工成夏利汽车内饰件的性能见表 2-38。

表 2-38 用研制的专用料加工成夏利汽车内饰件的性能

检验项目	指 标	实测值
热变形温度/℃	≥120	122.4
拉伸强度/MPa	≥20	21.2
断裂伸长率(%)	≥100	115
悬臂梁缺口冲击强度/(kJ/m ²)	≥20	24
弯曲弹性模量/MPa	≥1 500	1 830

由表 2-38 可知, 通过对制品性能检测, 该内饰件符合夏利 B 型汽车应用要求。

在优化工艺参数的前提下, 以辽阳化工集团生产的均聚 PP 和共聚 PP7726 作为基体树脂, 选择 POE 为增韧剂、滑石粉为填充增强材料, 并通过聚乙烯与基体树脂的优化组合可确保改性材料的综合性能满足夏利汽车内饰件专用料的应用要求。

17. 夏利威志轿车中立柱下护板聚丙烯专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100; 滑石粉 20 ~ 30; 相容剂 10 ~ 15; EPDM 15 ~ 20; 抗氧剂 适量; 润滑剂 适量; 其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 2-39)

表 2-39 夏利威志轿车拉伸下护板聚丙烯专用料性能

性 能	指 标	性 能	指 标
MFR/[g/(10min)]	8	缺口冲击强度/(J/m)	380
拉伸强度/MPa	20	收缩率(%)	1.2
断裂伸长率(%)	160	热变形温度/℃	80
弯曲弹性模量/MPa	1 250		

(3) 效果

1) 滑石粉是夏利威志轿车中立柱下护板 PP 专用料有效的增强改性剂，可以显著提高改性料的弹性模量、耐热性、尺寸稳定性，但对专用料的拉伸强度和冲击性能有一定的影响。

2) 增韧剂可以有效提高夏利威志轿车中立柱下护板 PP 专用料的冲击强度，从而保证了夏利威志轿车中立柱下护板装配所要求的柔软度。

3) 采用共聚 PP 为主体原料，通过增韧剂和滑石粉增强剂的改性，配以合适相容剂和其他助剂，可以制得性能优异的夏利威志轿车中立柱下护板 PP 专用料，达到最佳使用效果。

18. 汽车内顶件专用料

(1) 原材料与配方(质量分数) 高韧性共聚 PP 55 ~ 60；PP2401 0 ~ 10；HDPE6098 0 ~ 10；EPDM 8；滑石粉 25 ~ 36；抗氧剂 3.5；硬脂酸钙 1.5，

说明：滑石粉使用前需用 2% 的 NDZ-101 钛酸酯系偶联剂在高速混合机中处理 20min。

(2) 性能(见表 2-40)

表 2-40 性 能

项 目	技术指标	检测结果
MFR/[g/(10min)]	≤1.0	0.51
拉伸强度/MPa	≥20.0	27.1
断裂伸长率(%)	>40	170
缺口冲击强度(23℃)/(J/m)	≥200	230
剪切应力/MPa	≥30.0	37.1
剪切模量/GPa	≥2.0	2.42
热变形温度(0.46MPa)/℃	≥100	134

19. 汽车风扇用 PP 专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP 30 ~ 70；EPDM 15 ~ 30；PE 5 ~ 20；GF 5 ~ 20。

(2) 性能 热变形温度为 135℃，拉伸强度为 32.6MPa，弯曲强度为 53.9MPa，邵氏硬度为 22.1，Izod 冲击强度为 73.8J/m(23℃)、48.4J/m(- 30℃)。

20. 汽车散热器罩专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP 50 ~ 80; EPDM 5 ~ 20; CaCO_3 15 ~ 30。

(2) 性能 热变形温度为 136.9 ~ 145.7℃, 拉伸强度为 33.4MPa, 断裂伸长率为 80%, 弯曲强度为 54.6MPa, 弯曲弹性模量为 15MPa, Izod 冲击强度为 50J/m(23℃), 球压痕硬度为 98。

21. 汽车转向盘用 PP 专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP 65 ~ 80; LDPE 5 ~ 15; 接枝 EPDM 1 ~ 15; 接枝 SBS 2 ~ 15; 滑石粉 3 ~ 20; CaCO_3 5 ~ 20; 助剂 0.01 ~ 3。

(2) 加工条件 机筒温度为 230℃、235℃、240℃、250℃、260℃, 注射压力为 5MPa, 保压压力为 4.5MPa, 注射时间为 3s。

(3) 性能 熔融流动速率为 1.0g/(10min), 热变形温度为 117℃, 拉伸强度为 27.6MPa, 断裂伸长率为 132%, 弯曲强度为 31.5MPa, 缺口冲击强度为 147J/m。

22. 改性 PP 汽车风扇专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP 70; 滑石粉(钛酸酯处理) 20; EPDM 10。

(2) 性能 缺口冲击强度为 10.6kJ/m², 拉伸强度为 32.6MPa, 弯曲强度为 48.5MPa, 邵氏硬度(H_b)为 68.2

23. 汽车内顶复合板专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) 高韧性共聚 PP 55 ~ 65; PP2401 0 ~ 10; HDPE6098 0 ~ 10; EPDM 8; 2% NDE-101 钛酸酯处理滑石粉(1250 目) 25 ~ 36; 抗氧剂 7910/DCTP 3.5; CaSt 1.5。

(2) 加工条件 上述材料的挤出板材与 PU 泡沫/无纺布片材复合即可。

(3) 性能 拉伸强度 $\geq 20\text{MPa}$, 断裂伸长率 $\geq 40\%$, 悬臂梁(缺口)冲击强度 $\geq 200\text{J/m}$, 弯曲强度 $\geq 30\text{MPa}$, 热变形温度 $\geq 100^\circ\text{C}$ 。

24. 汽车门板专用料

汽车门板专用料配方(质量分数,%) : PP 44 ~ 50; CPP 27 ~ 29; POE 3 ~ 7; 硅灰石 17 ~ 20; 偶联剂 适量; 复合抗氧剂 适量; 降温母料 适量。

25. 改性 PP 汽车轮罩专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP 73.9 ~ 74.8; EPDM 10; LDPE 5; DCP 0.01 ~ 0.1; 三烯丙基异氰脲酸酯 0.1 ~ 1; 硅土 10。

(2) 性能 拉伸强度为 16.9MPa, 断裂伸长率 $> 500\%$, 缺口冲击强度为 550J/m, 邵氏硬度为 92。

26. 散热器面罩专用 PP 改性料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP(P340: J746 = 75:25) 63.75; POE 11.25; 滑石粉(10 μm) 25; 非氧化型交联剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 34MPa, 弯曲强度为 43MPa, 弯曲弹性模量为 3180MPa, 冲击强度为 1258J/m, 热变形温度为 115℃。

27. 易于喷涂的 PP 汽车零件(质量份)

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP 40; 苯乙烯/马来酸酐共聚物(86:14) 30; 氢化苯乙烯/丁二烯/苯乙烯嵌段共聚物 30。

(2) 性能 弯曲强度为 31.5MPa, 弯曲弹性模量为 1 480MPa, 洛氏硬度为 61。

28. β 晶型成核母料改性 PP 汽车蓄电池外壳材料

(1) 原材料与配方(质量份) PP(EPF30R) 100; β 晶型成核母料 4。

(2) 性能 拉伸强度为 26.2MPa, 弯曲强度为 30.5MPa, 断裂伸长率为 650%, 缺口冲击强度为 9.05kJ/m²。

29. 滑石粉填充 PP 汽车材料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100; 滑石粉(偶联处理) 20; 抗氧剂 1010 0.5; 辅助抗氧剂 DLTP 0.4; 流动母料 6。

(2) 性能 拉伸强度为 33.29MPa, 冲击强度为 5.22kJ/m², 弯曲强度为 53.7MPa。

30. EPDM 改性 PP 汽车材料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100; 滑石粉(偶联处理) 20; EPDM 30; 抗氧剂 1010 0.5; 辅助抗氧剂 DLTP 0.4; 流动母料 6。

(2) 性能 拉伸强度为 19.32MPa, 断裂伸长率为 38.37%, 冲击强度为 10.03kJ/m², 弯曲强度为 30.0MPa, 熔体流动速率为 3.58g/(10min)。

31. 聚丙烯蓄电池外壳专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP 粉(EPF30R) 98.75; β 晶成核剂 0.25; 抗氧剂 AT-10 0.25; 抗氧剂 AT-215 0.75。

(2) 性能 23℃ 缺口冲击强度为 85J/m, -20℃ 缺口冲击强度为 43J/m, 弯曲强度为 35MPa, 弯曲弹性模量为 1.05GPa, 拉伸强度为 23MPa, 断裂伸长率为 530%。

四、汽车零件用聚丙烯供选料

1. 轿车聚丙烯供选料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100; 滑石粉 15~35; 抗氧剂 1.2; 偶联剂 0.75~1.5; 炭黑 5~15; 增效剂 适量; 其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 2-41)

表 2-41 实验室测试数据与标准值的比较

项 目	额定值	实际值	项 目	额定值	实际值
密度/(g/cm ³)	1.22 ± 0.03	1.234	拉伸强度/MPa	≥30	32.94
熔化温度/℃	≥158	168	弯曲强度/MPa	≥45	57.55
燃烧残余/g	38 ± 3	38.99	冲击韧性/(kJ/m ²)	≥10	10.30
球压痕硬度/MPa	≥85	85.16	抗老化性(150℃)/d	≥700	合格

2. 车用 PP 供选料

(1) 原材料与配方(质量份) PP(T30S) 90; PP-g-MAH 10; CaCO₃(1250 目) 20。

(2) 性能 缺口冲击强度为 10kJ/m^2 ，比纯 PP 提高 1 倍多，拉伸强度为 32.5MPa ，弯曲强度为 46MPa 。

3. 车用 PP 供选料 2

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP 80; 超细 CaCO_3 ($0.1\mu\text{m}$) 20。

(2) 性能 缺口冲击强度为 53.4kJ/m^2 ，无缺口冲击强度不断裂，弯曲强度为 31.6MPa ，弯曲弹性模量为 $1.55 \times 10^3\text{MPa}$ ，断裂伸长率为 150%，球压痕硬度为 61MPa ，收缩率为 1.36%。

4. 车用 PP 供选料 3

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP 85; 滑石粉 (0.02mm) 10; 接枝聚乙烯蜡 5。

(2) 性能 悬臂梁冲击强度为 19.5J/m (不加接枝 PP 为 12.4J/m ，加接枝 PP 为 16.4J/m)。

5. 车用 PP 供选料 4

(1) 原材料与配方(质量份) PP(T30S) 100; EPDM 20; 超细滑石粉(1% 硅烷偶联剂处理) 变量; 其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 2-42 和表 2-43)。

表 2-42 不同粒度 15% 超细滑石粉(质量分数)填充 PP 的性能

滑石粉粒度/ μm	3.96	2.50	1.86	1.19	0.95
拉伸强度/MPa	24.6	30.7	30.2	37.2	37.7
弯曲强度/MPa	41.9	52.9	62.4	64.4	65.0
拉伸弹性模量/GPa	1.508	1.614	1.905	2.038	2.163

表 2-43 不同填充量超细滑石粉($1.19\mu\text{m}$)对 PP 性能的影响

滑石粉含量(质量分数,%)	0	5	10	15	20	25
拉伸强度/MPa	31.9	33.8	35.7	37.7	30.4	25.6
弯曲强度/MPa	60.9	62.4	62.9	65.0	58.8	52.4
拉伸弹性模量/GPa	1.424	1.643	1.801	2.163	1.736	1.359

6. 车用 PP 供选料 5

(1) 原材料与配方(质量份) 聚丙烯 100; 滑石粉 25; 硅烷偶联剂 0.25 ~ 0.50; 抗氧剂 1010 适量; DLTP 适量。

(2) 性能 拉伸屈服强度为 36.8MPa (纯 PP 为 33.7MPa)，弯曲强度为 59.6MPa (纯 PP 为 49.7MPa)，冲击强度为 39.6MPa (纯 PP 为 71.3MPa)，球压痕硬度为 80.0MPa (纯 PP 为 63.6MPa)，热变形温度(0.45MPa)为 132.5°C ，耐热老化性(150°C)为 910.0h。

适用于轿车摇窗机卷筒外壳及电气接插件外壳等。

7. 车用 PP 供选料 6

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100; 滑石粉 20; CaCO_3 5; 其他助剂 适量。

说明：填料为 500 目，经偶联处理。

(2) 性能 拉伸强度为 38.8MPa, 断裂伸长率为 20%, 冲击强度为 45kJ/m²。

8. 车用 PP 供选料 7

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP 42; GF 18; PP-g-Si(KH-570 接枝) 40。

(2) 性能 拉伸强度为 93MPa。随着 PP-g-Si 用量增加, 复合材料的拉伸强度快速增加; 在 PP-g-Si 含量达到 40%(质量分数)以后, 用量继续提高, 增加速度变缓; 当 PP-g-Si 的用量为 100%(质量分数)时, 拉伸强度达到最大值 102MPa, 比 PP/GF 增加 90%。

冲击强度为 307.6J/m。随着 PP-g-Si 用量增加, 复合材料的冲击强度快速增加, 在 PP-g-Si 含量达到 40%(质量分数)以前, 增加速度较快, 当添加量达到 40%(质量分数)时, 冲击强度达到 307.6J/m, 比 PP/GF 增加 27%; 随后用量继续提高, 冲击强度基本不变或略微降低。

热变形温度为 165.3℃(纯 PP 为 98.3℃, PP/GF 为 165℃)。

9. 车用 PP 供选料 8

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP 56; GF 24; PP-g-MAH 20。

(2) 性能 拉伸强度为 88MPa。随着 PP-g-MAH 用量增加, 复合材料的拉伸强度快速增加; 在 PP-g-MAH 含量达到 20%(质量分数)以后, 达到最大值 88MPa, 比 PP/GF 增加 62%; 用量继续提高, 拉伸强度开始降低, 开始下降快, 达到 40%(质量分数)后下降平缓。

冲击强度为 250.2J/m。随着 PP-g-MAH 用量增加, 复合材料的冲击强度缓慢增加; 在 PP-g-MAH 含量达到 20%(质量分数)时, 达到最大值 250.2J/m, 比 PP/GF 增加 3%; 当用量继续提高, 冲击强度开始快速降低。

热变形温度为 165.5℃(纯 PP 为 98.3℃, PP/GF 为 165℃)。

10. 车用 PP 供选料 9

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP 30; GF 30; PP-g-Si 40。

(2) 性能 PP-g-Si 为 40%时拉伸强度只有 PP 和 GF 的 90%。PP-g-Si 为 40%(质量分数)时弯曲强度为 136.2MPa, 比 PP/GF 提高 60%; PP-g-Si 为 100%(质量分数)时弯曲强度为 148MPa, 达到最大值。PP-g-Si 为 40%(质量分数)时冲击强度为 307.6J/m, 比 PP/GF 提高 27%。综合平衡 PP-g-Si 的增容效果好于 PP-g-MAH。

11. 车用 PP 供选料 10

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP 50; GF 30; PP-g-MAH 20。

(2) 性能 PP-g-MAH 为 20%(质量分数)时拉伸强度比 PP/GF 提高 62%, 弯曲强度从 88MPa 提高到 128MPa, 冲击强度达到最大, 比 PP/GF 提高 3%。

12. 车用 PP 供选料 11

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP(Y1600) 61.5; 玻璃纤维(合股无捻粗纱 930) 30; PP-g-MAH 8; 抗氧剂 1010 0.3; 抗氧剂 168 0.2。

(2) 性能 弯曲强度为 127MPa, 弯曲弹性模量为 4 500MPa, 冲击强度为 60kJ/m²。

13. 车用 PP 供选料 12

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP(K8003) 50; 玻璃纤维 30; POE(8200) 10;

PP-g-MAH 10。

(2) 性能、拉伸强度为 53MPa，弯曲强度为 46MPa，冲击强度为 44kJ/m²。

14. 车用 PP 供选料 13

(1) 原材料与配方(质量份) PP(燕山石化 1300[#]) 100；玻璃纤维 25；云母粉 15；硅烷偶联剂 1.0~1.5。

(2) 性能 拉伸强度为 86.8MPa，弯曲强度为 101.8MPa，弯曲弹性模量为 4.2 × 10³MPa，缺口冲击强度为 7.1kJ/m²，无缺口冲击强度为 20.1kJ/m²。

15. 车用 PP 供选料 14

(1) 原材料与配方(见表 2-44)

表 2-44 车用 PP 供选料 14 配方

原材料	配方 1(质量分数,%)	配方 2(质量分数,%)
均聚 PP(F401)	54	—
共聚 PP(J441)	—	54
GF	30	30
偶联剂 K-550	0.5	0.5
PP-g-MAH	5	5
POE-g-MAH	10	10
润滑剂	0.5	0.5

(2) 性能(见表 2-45)

表 2-45 车用 PP 供选料 14 性能

性 能	配方 1	配方 2	性 能	配方 1	配方 2
拉伸强度/MPa	70	62	热变形温度/℃	160	150
弯曲弹性模量/GPa	1.5	1.1	冲击强度/(J/m)	40	155

16. 车用 PP 供选料 15

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP 51；玻璃纤维(5μm) 40；LDPE 5；顺丁烯二酸化 PP 4。

(2) 性能 拉伸强度为 97MPa，弯曲弹性模量为 7.44GPa，断裂伸长率为 2.7%，缺口悬臂梁冲击强度为 138.8J/m。

17. 车用 PP 供选料 16

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP 80；丁烯/乙烯嵌段共聚物 8；丁二烯/乙烯嵌段共聚物 6；不饱和硅氧烷 6。

(2) 性能 -30℃悬臂梁冲击强度为 63.7J/m，弯曲弹性模量为 1.47GPa。

18. 车用 PP 供选料 17

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP 63；EPDM 7；云母 30。

(2) 性能 常温缺口冲击强度为 5.8kJ/m²，拉伸强度为 28.1MPa，弯曲强度为 2.08GPa，热变形温度(1.86MPa)为 92.5℃。

19. 车用 PP 供选料 18

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP 80; CPE 20。

(2) 性能 20℃ 缺口冲击强度为 12.7kJ/m², -7℃ 缺口冲击强度为 4.49kJ/m², 拉伸强度为 27.7MPa, 弯曲强度为 25.63MPa, 维卡软化点为 146℃。

20. 车用 PP 供选料 19

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP 70; EPDM 10; 滑石粉 20。

(2) 性能 缺口冲击强度为 10.6kJ/m², 拉伸强度为 32.6MPa, 弯曲强度为 48.3MPa, 邵氏硬度为 68.2。

21. 车用 PP 供选料 20

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP(K1647) 75; POE(EG8150) 20; 碳酸钙(30~50nm) 5。

(2) 性能 冲击强度为 506J/m, 拉伸强度为 17.8MPa, 断裂伸长率为 500%, 弯曲强度为 24.2MPa, 熔体流动速率为 6g/(10min)。

22. 车用 PP 供选料 21

(1) 原材料与配方(质量份) PP(M1600) 100; POE(8180) 10; 纳米碳酸钙(40~90nm) 5。

(2) 性能 缺口冲击强度为 8.9kJ/m², 比纯 PP 提高 187%, 拉伸强度为 17.4MPa, 维卡软化点为 137℃, 断裂伸长率为 382%, 熔体流动速率为 19.6g/(10min)。

23. 车用 PP 供选料 22

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP(V30G) 78; POE 12; 活性碳酸钙(6000 目) 10。

(2) 性能 冲击强度为 8.42kJ/m², 比纯 PP 的 2.53kJ/m² 提高 2.3 倍, 拉伸强度为 29.33MPa。

24. 车用 PP 供选料 23

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP(F401) 62; 轻质碳酸钙 30; PP-g-(MAH/MMA/BA) 8。

(2) 性能 PP 与 PP 碳酸钙填充材料性能比较见表 2-46。

表 2-46 PP 与 PP 碳酸钙填充材料性能比较

组成	拉伸强度 /MPa	弯曲强度 /MPa	冲击强度 /(kJ/m ²)	弯曲弹性模量 /MPa
纯 PP	27	57	3.14	1 257
PP/30% 碳酸钙	34	69	3.06	2 653
PP/30% 碳酸钙/PP-g-(MAH/MMA/BA)	36.5	80	5.20	2 980

25. 车用增强 PP 供选料

增强聚丙烯配方及性能见表 2-47。

表 2-47 增强聚丙烯配方及性能

原材料与性能		规格 型号	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5	配方 6	配方 7	配方 8	配方 9	配方 10	配方 11	配方 12	配方 13
原 材 料	PP/kg	S700	—	3. 6	3. 2	1. 5	0. 6	2	1. 5	1. 5	0. 8	3. 35	—	—	5
	PP-g-MAH/kg	PC-1	1. 5	0. 4	0. 4	0. 48	0. 48	0. 2	0. 2	0. 28	0. 48	0. 25	0. 17	0. 17	0. 17
	GF(质量分数, %)		30	(20)	(20)	23	23	23	23	23	23	20	10	10	10
	WD-50/g	—	90	15	15	18	18	12	12	12	18	15	18	—	18
	抗氧化剂 1010/g	—	30	5	5	4	6	4	4	4	6	5	6	6	6
	抗氧化剂 168/g	—	45	5	5	4	6	4	4	4	6	5	6	6	6
	抗氧化剂 CaSt/g	—	60	10	10	12	12	8	8	8	12	10	12	12	12
	TAF/g	—	—	15	15	18	18	12	12	12	18	15	18	—	18
	PP/kg	J641	—	—	0. 4	3	3. 9	1	1. 5	1. 5	3. 7	0. 4	—	—	—
	PP/kg	G30	19. 5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
性 能	PP 粉/kg	075	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	5	—
	MFR/[g/10min]		5. 1	2. 7	2. 7	—	—	5. 3	5. 6	4. 9	4. 5	4. 8	6. 5	6. 8	7. 2
	灰分(%)		32. 52	22. 8	25. 46	24	22. 5	22. 34	21. 39	23. 34	22. 29	19. 94	11. 4	9. 5	10. 9
	拉伸强度/MPa		80. 1	64. 15	62. 82	56. 83	59. 06	59. 25	57. 05	60. 8	61. 72	55. 15	50. 5	47. 78	44. 85
	断裂伸长率(%)		10. 9	10. 81	11. 7	10. 5	12. 44	11. 4	12. 13	12. 2	12. 49	10. 23	11. 65	12. 22	10. 82
	弯曲强度/MPa		106	95. 98	93. 82	75. 42	77. 1	85. 35	80. 8	86. 4	85. 56	76. 35	72. 08	69. 40	64
	弯曲弹性模量/GPa		4. 77	3. 8	3. 65	2. 59	2. 7	3. 4	3. 10	3. 43	3. 32	2. 55	2. 63	2. 35	2. 5
	缺口冲击强度/(J/m)		161. 3	173. 6	190. 5	165. 4	254. 1	176. 1	205	212. 2	279. 3	130. 3	135	144. 7	98. 9
	热变形温度/℃		157. 5	—	—	—	—	154	—	—	155	159	—	—	—

26. 车用 PP 增韧与填充改性供选料系列配方

- (1) 增韧 PP 配方 1(质量分数,%) PP(4016) 65 ~ 75; PP(P340) 5 ~ 10; LDPE 5 ~ 10; POE 5 ~ 10; EVA 5 ~ 10。
- (2) 增韧 PP 配方 2(质量分数,%) PP 65 ~ 75; JPP 5; LDPE 5 ~ 10; POE 5 ~ 10; EVA 5 ~ 10。
- (3) 增韧 PP 配方 3(质量分数,%) PP(T30S) 85; PP(P340) 10; POE 5。
- (4) 增韧 PP 配方 4(质量分数,%) PP 70 ~ 75; LDPE 10 ~ 15; POE 10 ~ 15。
- (5) 增韧 PP 配方 5(质量分数,%) PP 35 ~ 45; HDPE 35 ~ 45; POE 10 ~ 20。
- (6) 增韧 PP 配方 6(质量分数,%) PP 35 ~ 45; HDPE 35 ~ 45; 二乙烯基苯 0.3 ~ 0.6; POE 10 ~ 20; DCP 0.02 ~ 0.05。
- (7) 增韧、填充 PP 配方 1(质量分数,%) PP 60 ~ 65; 滑石粉 30 ~ 35; J(PP + POE) 5。
- (8) 增韧、填充 PP 配方 2(质量分数,%) PP 50 ~ 55; LLDPE 20 ~ 30; POE 10 ~ 15; 滑石粉 5 ~ 10。
- (9) 增韧、填充 PP 配方 3(质量分数,%) PP(T30S) 15 ~ 20; PP(340) 40 ~ 50; POE 15 ~ 18; 滑石粉 15 ~ 20; 抗氧剂 0.3。
- (10) 增韧、填充 PP 配方 4(质量分数,%) PP(30S) 30; PP(340) 10; EVA 10 ~ 15; SBS 10 ~ 15; 滑石粉 30 ~ 40。
- (11) 增韧、填充 PP 配方 5(质量分数,%) PP(T30S) 20 ~ 45; PP(340) 10 ~ 20; POE 10 ~ 15; EVA 10; LDPE 5 ~ 10; JPP 10; 滑石粉 10 ~ 15。
- (12) 增韧、填充 PP 配方 6(质量分数,%) PP(T30S) 50 ~ 55; PP(340) 10 ~ 15; POE 10; EVA 5 ~ 10; JPP 5 ~ 10; 滑石粉 10。
- (13) 增韧、填充 PP 配方 7(质量分数,%) PP(T30S) 50 ~ 55; PP(340) 10 ~ 15; POE 10; LDPE 10 ~ 15; 滑石粉(或重 Ca) 10。
- (14) 增韧、填充 PP 配方 8(质量分数,%) PP(T30S) 25 ~ 30; PP(340) 20 ~ 25; POE 10; JPP 25 ~ 30; 云母 10; 白油 2.5; CaSt 0.5。
- (15) 增韧、填充 PP 配方 9(质量分数,%) PP 55; J(PP + POE) 5; POE 10; 滑石粉 30。
- (16) 增韧、填充 PP 配方 10(质量分数,%) PP(F401) 50 ~ 55; PP(P340) 15 ~ 20; JPP 5; POE 5 ~ 10; 重钡 15。
- (17) 增韧、填充 PP 配方 11(质量分数,%) PP(4018) 30 ~ 40; PP(340) 40 ~ 50; EPDM 8 ~ 12; 滑石粉 8 ~ 10; DCP 适量。
- (18) 增韧、填充 PP 配方 12(质量分数,%) PP 50; 滑石粉 30; JPP 10; POE 8; PA6 2。
- (19) 增韧增强 PP 配方 1(质量分数,%) PP 20 ~ 25; PE 25 ~ 30; POE 20; JPP 5; GF 20 ~ 30。
- (20) 增韧增强 PP 配方 2(质量分数,%) PP(T30S) 20 ~ 25; PP(340) 20; POE 10 ~ 15; JPP 10; 滑石粉 10 ~ 15; GF 20。

第二节 汽车零件用其他塑料制品与专用料

一、聚氯乙烯类汽车制品与专用料

1. 含钢骨架带皮纹 PVC 汽车门窗密封条

含钢骨架带皮纹 PVC 汽车门窗密封条配方(质量份): PVC 100; 增塑剂 50 ~ 55; 填料 20 ~ 30; 稳定剂 4 ~ 6; 润滑剂 0.5 ~ 1; 碳黑 0.02。

2. 轿车用 PVC 密封条(质量份)

(1) 原材料与配方(见表 2-48)

表 2-48 原材料与配方

原材料	配方 1 (质量份)	配方 2 (质量份)	原材料	配方 1 (质量份)	配方 2 (质量份)
PVC($p=2500$)	100	—	石油脂	8	8
PVC($p=4000$)	—	100	环氧大豆油(ESO)	3	3
P-83(丁腈胶)	25	25	复合稳定剂	5	5
DOP	50	60	着色剂	2	2
DOA	20	20	填料(CaCO_3)	30	30

(2) 加工条件 混料: 当高速混合机预热到 80°C 时, 加入树脂、稳定剂、着色剂及部分增塑剂, 混合 2 ~ 5min 后, 再加入剩余增塑剂, 继续搅拌, 升温至 100°C 时, 加入填料、改性剂, 温度达到 125°C 时, 放料即可。造粒: 双螺杆挤出机机筒温度为 165°C 、 160°C 、 150°C 、 150°C 、 145°C , 单螺杆挤出机机筒温度为 145°C 、 145°C 、 140°C 。

(3) 性能(见表 2-49)

表 2-49 含钢骨架带皮纹 PVC 汽车门窗密封条性能

性 能	配方 1	配方 2	性 能	配方 1	配方 2
邵氏硬度(H_A)	64.2	65.6	冲击回弹性(%)	24.5	26.8
拉伸强度/MPa	14.8	15.7	压缩永久变形(%)	48.2	45.3
断裂伸长率(%)	383	372	热失重(%)	1.5	1.3
撕裂强度/(kN/m)	36.8	38.6			

3. PVC 热弹体改性汽车塑料挡泥板

(1) 原材料与配方(质量份) PVC 100; PVC 热弹体 20 ~ 40; DOP 40 ~ 80; 稳定剂 6 ~ 10; 重质 CaCO_3 10 ~ 60; ACR 3 ~ 5; 内外润滑剂 2; 炭黑 2。

(2) 加工条件 混合 10 ~ 15min, 温度为 100°C 。挤出造粒温度为 $165 \sim 170^{\circ}\text{C}$ 、 $170 \sim 175^{\circ}\text{C}$ 、 $175 \sim 180^{\circ}\text{C}$ 、 $180 \sim 185^{\circ}\text{C}$, 机头温度为 $175 \sim 180^{\circ}\text{C}$, 挤出扁机头出片温度为

165 ~ 170℃、170 ~ 175℃、175 ~ 180℃、180 ~ 185℃，扁机头温度为 180℃、178℃、176℃、178℃、180℃。压光辊上辊温度为 70 ~ 75℃，中辊温度为 65 ~ 70℃，下辊温度为 60 ~ 65℃。

(3) 性能 拉伸强度≥10MPa，断裂伸长率≥250%，撕裂强度≥35N/mm，耐寒性-40℃对折无裂纹，耐老化性不变形。

4. PVC/HDPE/CPE 共混物汽车窗上挡风雨塞眼片

(1) 原材料与配方(质量份) PVC(聚合度 2800) 100；CPE(氯含量 40%，结晶度 30%) 2；HDPE 20；DOP 100；Ba-ZnSt 2；ESO 3。

(2) 性能 摩擦因数为 0.6，硬度为 70，弯曲 180°后无白痕产生。

5. 汽车用电气接线保护套聚氯乙烯透明专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 聚氯乙烯(PVC) 100；增塑剂 40 ~ 80；热稳定剂 3 ~ 5；润滑剂 0.5 ~ 1.0；ELVALOY-741 10 ~ 20；其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 2-50)

表 2-50 高性能软质 PVC 透明料的检测数据

检测项目	TM 无色	TM 绿色	进口无色	进口绿色
20℃时体积电阻率/ $\Omega \cdot \text{m}$	$\geq 4.47 \times 10^{11}$	$\geq 4.31 \times 10^{11}$	$\geq 1.89 \times 10^{11}$	$\geq 3.09 \times 1.0^{11}$
拉伸强度/MPa	≥ 16.7	≥ 16.20	≥ 15.20	≥ 14.98
断裂伸长率(%)	≥ 394	≥ 404	≥ 412	≥ 420
200℃热稳定时间/min	≥ 25	≥ 35	≥ 27	≥ 28
冲击脆化温度(-60℃)/℃	≥ 26	≥ 23	≥ 13	≥ 10
热变形率(%)	≤ 48.1	≤ 56.2	≤ 69.5	≤ 67.8

二、汽车零件用其他专用料

1. 聚乙烯油箱专用料

(1) 原材料配方(见表 2-51)

表 2-51 PE 油箱专用料配方

配方号	改性物		HDPE		LVLDPPE		组成物的简称
	种类	混合比例 (质量 分数,%)	种类	混合比例 (质量 分数,%)	种类	混合比例 (质量 分数,%)	
1	改性 PE(A)	92.5	—	—	LVLDPPE(a)	7.5	组成物(1)
2	改性 PE(A)	85	—	—	LVLDPPE(a)	15	组成物(2)
3	改性 PE(A)	75	—	—	LVLDPPE(a)	25	组成物(3)
4	改性 PE(A)	67.5	—	—	LVLDPPE(a)	32.5	组成物(4)
5	改性 PE(A)	85	—	—	LVLDPPE(b)	15	组成物(5)

(续)

配方号	改性物		HDPE		LVLDPPE		组成物的简称
	种类	混合比例 (质量 分数,%)	种类	混合比例 (质量 分数,%)	种类	混合比例 (质量 分数,%)	
6	改性 PE(A)	80	—	—	LVLDPPE(a)	20	组成物(6)
7	改性 PE(A)	40	HDPE(I)	40	LVLDPPE(a)	20	组成物(7)
8	改性 PE(A)	25	HDPE(I)	55	LVLDPPE(a)	20	组成物(8)
9	改性 PE(A)	15	HDPE(I)	65	LVLDPPE(a)	20	组成物(9)
10	改性 PE(A)	5	HDPE(I)	75	LVLDPPE(a)	20	组成物(10)
11	改性 PE(A)	10	HDPE(I)	80	LVLDPPE(a)	10	组成物(11)
12	改性 PE(B)	82.5	—	—	LVLDPPE(a)	17.5	组成物(12)
13	改性 PE(C)	80	—	—	LVLDPPE(b)	20	组成物(13)

(2) 性能(见表 2-52)

表 2-52 各配方的性能对比

配 方	Izod 冲击强度/(J/m)		配 方	Izod 冲击强度/(J/m)	
	23℃	10℃		23℃	10℃
1	650	510	8	690	520
2	780	500	9	630	180
3	900	730	10	610	180
4	950	750	11	840	670
5	800	610	12	650	540
6	750	500	13	700	510
7	720	550			

2. 高阻隔尼龙 6 油箱专用料

(1) 原材料与配方(见表 2-53)

表 2-53 尼龙 6 油箱专用料配方

配比(质量分数,%)	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4
尼龙 6(%)	95	93	90	85
MST(%)	5	7	10	15

(2) 性能(见表 2-54)

表 2-54 高阻隔尼龙 6 油箱专用料性能

项 目	尼龙 6	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4
拉伸屈服强度/MPa	43.24	53.45	56.99	54.90	51.19

(续)

项 目		尼龙 6	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4
拉伸断裂强度/MPa		64. 45	56. 46	60. 19	55. 92	60. 90
断裂伸长率(%)		275. 80	251. 62	312. 50	276. 74	245. 52
缺口冲击强度/(kJ/m ²)	25℃	11. 59	19. 27	17. 27	21. 95	55. 32
	- 35℃	4. 12	9. 79	9. 42	11. 81	12. 44
吸油率(%)	二甲苯	0. 3995	0. 1274	0. 1569	0. 1179	0. 1058
	汽油	0. 3995	0. 1556	0. 2052	0. 1707	0. 1765
MFR/[g/(10min)]		0. 3492	0. 8569	1. 0369	0. 5662	0. 4313
渗油值/(g/d)		11. 35	0. 069	0. 058	0. 035	0. 060

3. 汽车接插器护套

(1) 原材料与配方(质量份) ABS 100; 填料 10 ~ 20; 加工助剂 1 ~ 2; 增韧剂 10 ~ 15; 偶联剂 1 ~ 3; 其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 2-55)

表 2-55 汽车接插器插拔力实验值与标准值比较

基本尺寸 ^① /mm	第一次插入最大力/N		第五次拔出最大力/N	
	标准值	实测值	标准值	实测值
2. 8	35	32	35	32
4. 8	50	47	50	46
6. 3	60	56	60	55
9. 5	80	76	80	76

① 基本尺寸为接插件导电金属片宽度。

(3) 应用 装有塑料护套的汽车接插器自投入市场以来, 倍受广大用户欢迎。应用过程中, 充分显示了产品使用方便、安全、性能稳定等诸多优点, 分别被长春第二汽车制造厂、上海大众汽车公司等汽车厂家用于捷达、奥迪、桑塔纳等轿车上, 性能良好, 用户对产品的评价较高, 并通过了 ISO 认证。应用结果表明, 这种接插器不仅可用在汽车上, 而且还能用于摩托车等交通工具及洗衣机, 电视机等家用电器, 应用前景广阔。

4. 汽车耐磨球座聚酯弹性体专用料

(1) 原材料与配方(见表 2-56)

表 2-56 原材料与配方

名 称	规 格	用量(质量份)
对苯二甲酸二甲酯(DMT)	工业级	150
1, 4-丁二醇(BG)	化学纯	100

(续)

名 称	规 格	用量(质量份)
四氢呋喃聚醚(PTMG)	化学纯	30
正丁醇	分析纯	20
无水甲醇	分析纯	10
醋酸镁	分析纯	5 ~ 10
抗氧化剂	工业级	0.1 ~ 1.0

(2) 性能

1) 耐磨性能。将所合成样品与美国杜邦公司产品 D6356 进行耐磨性能测试, 测试结果见表 2-57。

表 2-57 耐磨性能测试结果

试样编号	摩擦因数	磨耗/g	试样编号	摩擦因数	磨耗/g
弹性体 I	0.32	0.0085	弹性体 II	0.35	0.0123
	0.28	0.0032	D6356	0.36	0.124
弹性体 II	0.34	0.0161		0.32	0.154

从表 2-57 中可以发现, 合成样品弹性体 II 的摩擦因数、磨耗同美国杜邦公司产品 D6356 接近, 而弹性体 I 的耐磨性能优于美国杜邦公司的产品性能。

2) 力学性能。为了更好地了解所合成样品的各项力学性能, 现将其力学性能测试结果列于表 2-58。

表 2-58 样品力学性能测试结果

样品性能	弹性体 I	弹性体 II	美国杜邦公司 D6356
拉伸强度/MPa	18.8	19.0	18.9
断裂伸长率(%)	360	360	300
邵氏硬度(H_A)	92	86.1	86

注: 拉伸试验速度为 200mm/min。

从表 2-58 中可以看出所合成样品的硬度、拉伸强度、断裂伸长率等主要性能指标已经达到美国杜邦公司 D6356 性能标准, 因此采用所合成的样品代替美国杜邦公司 D6356 是可行的。

5. 汽车轴承保持架尼龙专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 尼龙 66 100; 玻璃纤维 25 ~ 30; 热稳定剂 0.1 ~ 0.5; 增韧剂 10 ~ 20; 浸润剂 适量。

(2) 性能(见表 2-59)

表 2-59 尼龙 66 保持架专用料的性能

项 目	测 试 值	
	A	B
密度/(g/cm ³)	1.32	1.37

(续)

项 目		测 试 值	
		A	B
熔点/℃		260	258
玻璃纤维含量(质量分数,%)		24	30
拉伸强度/MPa		154	197
冲击强度/(kJ/m ²)		54	64
缺口强度/(kJ/m ²)		12	12
球压痕硬度/MPa		201	245
热变形温度(1.8MPa)/℃		240	248
耐 热 老 化 性 能 (180℃, 200h)	拉伸强度/MPa	117	159
	冲击强度/(kJ/m ²)	22	27
	缺口冲击强度/(kJ/m ²)	10	12

6. 提速列车用混杂纤维增强酚醛闸片

(1) 原材料与配方(质量份) 改性酚醛树脂 100; 短切碳纤维 1~5; 钢纤维 5~15; 填料 10~20; 其他助剂 适量。

(2) 效果

1) 采用混杂纤维增强并以改性酚醛树脂为基体可以制成适于提速列车制动工况的制动闸片。

2) 研制的闸片在紧急制动、常规制动、洒水制动、坡道制动和静摩擦情况下的摩擦性能均较理想, 而且摩擦因数的离散性很小。

3) 研究表明闸片制动工作面的成膜控制是克服制动闸片的速度敏感性和温度敏感性的关键。

7. 碳纤维增强酚醛汽车用摩阻材料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) 酚醛树脂 25; 碳纤维 25~35; 调节助剂 40~50。

(2) 效果 碳纤维含量对增强改性酚醛摩阻材料的摩擦磨损性能有显著影响。在选定的碳纤维含量范围内, 随着碳纤维含量的增加, 冲击强度有所增大, 摩擦因数减小, 磨损率降低。经过综合测试比较, 碳纤维的含量不宜超过 5%。

8. 新型无石棉制动注射料

(1) 原材料与配方(见表 2-60)

表 2-60 原材料与配方

名 称	规 格	配比(质量分数,%)	名 称	规 格	配比(质量分数,%)
酚醛树脂	工业品	10~30	润滑剂	工业品	1.0~1.5
弹性体	工业品	10~25	颜料	工业品	2.5~10
粉状填料	工业品	40~60	其他配合剂	工业品	3.0~5.0
固化剂	工业品	2.5~5.0			

(2) 性能 无石棉制动材料性能检测结果见表 2-61。

表 2-61 无石棉制动材料性能检测结果

项 目	美国标准	英国标准	国内标准	检测结果
冲击强度(kJ/m ²)	>4	>4	>4	5.2~10.4
压缩强度/MPa	>20		>20	91~104
布氏硬度/MPa	200~350	200~450	200~400	300~395
吸水率(%)	<2	<2	<2	0.01~0.02
吸油率(%)	<1	—	<1	0.01~0.03
耐 热 性 (300℃、30min)	无翘曲、裂纹及永久变形	—	无翘曲、裂纹及永久变形	无翘曲、裂纹及永久变形
摩擦因数	>0.35	0.35~0.42	>0.35	0.37~0.43
摩擦损耗/(mm/h)	<0.6	1.2~2	<0.6	0.015~0.026
表面粗糙度	2.5μm	—	2.5μm	—
收缩率(%)	—	—	0.8~1.4	1.05~1.17
密度/(g/cm ³)	—	—	<1.7	1.5~1.67

注：摩擦性能测试温度，美国标准为 300℃，英国标准为 100~300℃。

(3) 效果

1) 以弹性体改性酚醛树脂和耐热粉状填料制成的新型无石棉制动材料的摩擦性能、耐热性能和力学性能等都达到了国外无石棉制动材料水平，实际应用效果良好。

2) 该新型无石棉制动材料的应用，可减少石棉增强制动材料在生产使用过程中对环境所造成的污染，保证操作人员的健康。

该新型无石棉制动材料研制成功后，用这种材料制成的型号为 HA9010 的大型电动机制动块已在国内几个电站试用，试用结果表明，产品磨损小、制动性能良好，完全满足使用要求。

9. 轿车用尼龙 1010 泡沫塑料浮子

(1) 原材料与配方(质量份) 尼龙 1010 100；硅油 2.0；增韧剂(EPDM) 8.0；加工助剂 2.0；发泡剂(AC) 1.0；交联剂(DCD) 0.5；CaCO₃ 0.3~0.9；其它助剂 适量。

(2) 性能 该泡沫塑料浮子密度为 0.74g/cm³，吸油率<8%，综合性能良好，可满足制品的使用要求。

(3) 应用 填充改性 PA1010 泡沫塑料浮子已投入批量生产，应用于夏利轿车上，成功地取代了原进口产品。该产品在其他一些高级轿车刹车制动液中，吸油率甚至低于 3%，因此完全可用作奥迪、桑塔纳等高级轿车起报警作用的浮子，且可以大大降低成本，应用前景十分广阔。

10. 汽车两刮片塑料组件

(1) 简介 雨刮片为汽车车窗玻璃电动刮水器(由电动机、雨刮片和刮杆组成)的配件之一，由刮架、导条和胶条装配而成。

1) 刮架结构。雨刮片的结构如图 2-2 所示。从图 2-2 可以看出, 刮架由一个大臂、一个桥臂和两个对称的小臂共四个配件组成。为达到装配后刮架的使用要求, 上述 4 个配件的装配面不仅应连接紧凑、不能松脱, 而且工作时要具有一定的灵活性, 能将刮臂的压力均匀地分解在由 4 个组件构成的曲线线上。

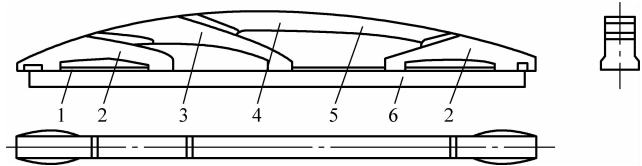


图 2-2 雨刮片的结构

1—导条 2—小臂 3—桥臂 4—刮杆装配孔 5—大臂 6—胶条

2) 导条结构。导条结构较简单, 如图 2-3 所示, 其中图 a、图 b、图 c 分别为导条外形、断面及冲孔示意图。生产工艺采用单螺杆挤出机连续挤出、定长切割、冲孔即可。

为消除由于挤出膨胀而引起的胶条卡口过分张开及底边凸出不平的现象, 在口型设计时, 采用内凹结构可达到预期的效果。

(2) 原材料与配方(质量份)
尼龙 1010 100; 偶联剂 1~2; 加工助剂 1~3; 玻璃纤维 30; 填料 3~8; 其他助剂 适量。

(3) 性能(见表 2-62)

(4) 效果 雨刮片中各塑料组件经装配后, 对其进行性能试验, 测试结果表明:

1) 各项性能均达到和超过使用标准。尤其是刮架和导条在经过 150×10^4 次耐久试验后, 与产品使用初期相比, 未发现异常现象。

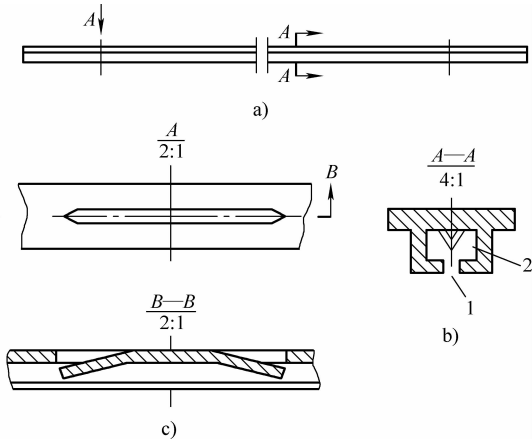


图 2-3 导条结构图

1—胶条卡口 2—冲孔

表 2-62 塑料雨刮片性能

性 能	技 术 要 求
承受刮杆的压紧力	在每厘米刮片长度上, 曲刮时承受刮杆的压紧力不得小于 0.12N; 平刮时承受刮杆的压紧力不得小于 0.09N
制动性	在刮刷边缘及中间用机械方法突然制动 5s, 共 3 次, 要求各零部件间不得松动, 无明显变形, 工作正常
振动性	试验后, 各配件应无损坏、变形及松脱现象, 工作时无异常响声

(续)

性 能	技 术 要 求
耐久性	刮刷循环 150×10^4 次后, 刮架及导条仍具有工作能力
表面光泽度	雨刮外露表面应无目眩现象, 表面光泽度应小于 40%
耐温性	在高温 $(65 \pm 3)^\circ\text{C}$ 、低温 $(-40 \pm 3)^\circ\text{C}$ 条件下各放置 4h 后, 雨刮片无裂纹并能继续工作
耐腐蚀性	96h 中性盐雾试验后, 雨刮片无腐蚀现象

2) 由于塑料刮架结构合理, 能将刮臂施与的压力均匀地分解在曲刮线上, 刮拭时形成良好的曲刮面, 比金属组件的雨刮片刮净度有较明显的提高。

3) 塑料雨刮片的生产工艺是可行的。与传统的金属雨刮片生产工艺相比, 生产成本低, 不仅可以省去金属组件所需的昂贵喷涂生产线及复杂的生产工艺, 还可避免由于金属件涂层的破损而导致的锈蚀现象。

4) 改进的方向。在保证无目眩现象、表面光泽度小于 40% 的条件下, 进一步改善塑料刮架的外观。

11. 汽车尼龙 66 万向节衬套

(1) 原材料与配方(质量份) 尼龙 66 100; 氟塑料粉 1 ~ 1.5; 加工助剂 1 ~ 2; 碳纤维(T-300) 5.0; 稳定剂 2 ~ 5; 其他助剂 适量。

(2) 性能 尼龙 66 万向节衬套使用性能良好。应注意的是尼龙 66 衬套的成型收缩率较大, 应进行后处理, 如其外径收缩率为 2.3% 左右, 内径收缩率为 1.8% 左右, 而经后处理后其外径收缩率降为 0.3% 左右, 而内径收缩率降为 1.1% 左右。

12. 汽车用聚氨酯整皮泡沫塑料制品

(1) 原材料与配方 整皮泡沫塑料配方见表 2-63。

表 2-63 整皮泡沫塑料配方

组 分		规 格	配比(质量份)
B 组分	聚醚多元醇	LM-701, 黏度为 $(900 \pm 250) \text{ mPa} \cdot \text{s}$, 密度为 $(1.05 \pm 0.05) \text{ g/cm}^3$ (20°C)	100
	交联剂	工业级, 水分 $<0.1\%$	0 ~ 8
	扩链剂	工业级, 水分 $<0.1\%$	0 ~ 30
	锡催化剂	试剂级	0.55 ~ 0.85
	叔胺催化剂	进口	0.55 ~ 0.85
	发泡剂(一氟三氯甲烷)	工业级	8.5 ~ 13
	颜料(半补强炭黑)	—	3 ~ 10
A 组分	液化 MDI	—	40

(2) 性能 聚氨酯整皮泡沫塑料模具温度与表皮厚度间的关系见表 2-64。

斯太尔卡车用聚氨酯整皮泡沫塑料性能指标见表 2-65。

表 2-64 聚氨酯整皮泡沫塑料模具温度与表皮厚度的关系

模具温度/℃	表皮厚度/mm	模具温度/℃	表皮厚度/mm
60	1.3	20	1.9
40	1.5	15	2.3

表 2-65 斯太尔卡车用聚氨酯整皮泡沫塑料性能指标

项 目	指 标	项 目	指 标
密度/(kg/m ³)	400 ~ 600	拉伸强度/MPa	4.5 ~ 15
退火后最高残留物(%)	1.0	断裂伸长率(%)	100 ~ 150
邵氏硬度	(以图样为准)	耐燃性/(mm/min)	< 100
冲击弹性(%)	25 ~ 33	耐臭氧性	0 级、无裂纹

13. 反应注射成型汽车方向盘

- (1) 原材料与配方(质量份) 二异氰酸酯 40 ~ 50; 聚醚多元醇 100; 发泡剂 8 ~ 16; 交联剂 5 ~ 8; 扩链剂 5 ~ 30; 催化剂 1 ~ 2; 颜料 3 ~ 10; 加工助剂 适量。
- (2) 性能 采用反应注射成型方法制备的汽车方向盘工艺简便, 成本低, 制备质量良好。制品表面光洁, 花纹清晰, 光泽度高, 手感软硬适度, 受到用户的一致好评。

14. 树脂传递模塑(RTM)汽车防护罩

- (1) 原材料与配方(质量份) 低活性高黏度不饱和树脂 100; 氧化甲乙酮引发剂 0.1 ~ 0.5; 环烷酸钴促进剂 0.2 ~ 1.0; 玻璃纤维织物 40 ~ 60; 其他助剂 适量。
- (2) 性能 RTM 护风罩的拉伸强度为 155MPa, 弯曲强度为 233MPa, 冲击强度为 179J/m²。RTM 护风罩已在东风汽车公司装车, 并安排跑车试验, 用户对该产品评价很高, 认为 RTM 护风罩外观美、强度高, 表现性能、尺寸精度和强度均已达到装配和使用要求。

15. RTM 制备的赛车架

- (1) 原材料与配方(质量份) 环氧树脂(J158) 100; 碳纤维(T-300) 40 ~ 50; 偶联剂 1 ~ 3; 加工助剂 1 ~ 2; 其他助剂 适量。
- (2) 性能与效果 赛车在骑行过程中, 除了应满足各项运动学指标外, 还要具备阻力小、便于加速减速、抗振动抗冲击能力强、疲劳寿命长、骑乘舒适性好等特点。在充分考虑了上述因素的前提下, 通过对形态美学、人机工学、自行车运动学等方面的研究, 设计出如图 2-4 所示的赛车。

赛车车架采用羚羊造型, 它最大的特点是视觉效果好, 速度感强烈, 且质量轻, 骑行快, 车把高低可调,

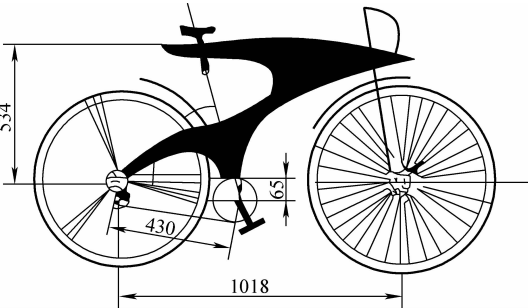


图 2-4 赛车形态

骑乘舒适。

车架造型采用流线型的三维自由曲面,属于变截面梁组合结构,截面形状为空心椭圆,壁厚平均 1.6mm。

对仿生形态的自行车整体车架,除了应满足自行车良好的输出性能、骑行性能、加速性能、安全性能及质量轻等特点外,还要保证外观优良的流线形态和精确的尺寸要求。此外,车架内外表面应平整、光滑,不允许有气泡、分层与变形。

16. 不饱和聚酯团状模塑料(BMC)汽车制品

(1) 原材料与配方(质量份) 不饱和聚酯 100;玻璃纤维 30~60;填料 5~15;固化剂 5~15;增稠剂 1~5;其他助剂 适量。

(2) 性能 同一配方 BMC 的注射件强度与压制件强度的比较见表 2-66。从表 2-66 可看出,注射件的拉伸强度、弯曲强度和冲击强度均比压制件的对应强度要低得多,其主要原因是:

表 2-66 同一配方 BMC 的注射件与压制件的强度比较

试样类型		拉伸性能		弯曲性能		耐冲击性	
		强度 /MPa	保持率 (%)	强度 /MPa	保持率 (%)	强度 /(kJ/m)	保持率 (%)
用非溶性玻璃纤维	压制件	37.6	100	103.8	100	17.5	100
	注射件	23.0	60.9	68.5	66	8.8	50.8
用可溶性玻璃纤维	压制件	32.0	100	96.0	100	13.8	100
	注射件	25.0	78.0	66.8	70	6.0	43.5

注: 1. 玻璃纤维含量为 15%, 纱长为 6mm。

2. 填料: 树脂 = 2.5: 1。

1) 玻璃纤维损伤。主要指玻璃纤维在机筒、流道、浇口、模腔内流动时产生的损伤,其损伤程度与螺杆参数、喷嘴直径、模具流道的形式及尺寸、浇口尺寸及注射工艺参数等有密切关系。

2) 玻璃纤维取向。主要指玻璃纤维以浇口为中心配置成近似于不同半径的同心圆,玻璃纤维取向度主要与注入口、流道、出口、模芯的大小与位置有关。

3) 树脂分解。因高压、高速、湍流等现象使树脂部分分解,其分解程度与材料配方和工艺关系较大。

从注射体系各点取的 BMC 试样的强度比较见表 2-67。从表 2-67 可看出,其强度大幅度下降都发生在流道和浇口中,注入浇口时试样强度降至原始 BMC 强度的 50%。

表 2-67 从注射体系各点取的 BMC 试样的强度比较

取样位置	拉伸性能		弯曲性能		耐冲击性	
	强度 /MPa	保持率 (%)	强度 /MPa	保持率 (%)	强度 /(kJ/m)	保持率 (%)
原始 BMC	37.6	100	103.8	100	17.5	100

(续)

取样位置	拉伸性能		弯曲性能		耐冲击性	
	强度 /MPa	保持率 (%)	强度 /MPa	保持率 (%)	强度 /(kJ/m)	保持率 (%)
螺杆喂料后	31.6	84.0	82.8	79.8	14.2	81.1
喷嘴喂料后	21.3	56.6	68.2	65.7	10.4	59.4
通过流道后	29.1	77.4	90.3	87.0	12.2	69.7
通过 2mm 浇口后	22.9	60.9	68.5	68.0	8.8	50.8

(3) 应用 BMC 注射料可用于制作汽车变速箱构件、进气管、进气阀盖、前灯罩和保险杠等部件。

17. 采用气体辅助注射成型法制备富康轿车后门 PP 杂物箱盖

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100; CaCO₃ 20 ~ 40; 玻璃纤维 5 ~ 10; 偶联剂 1 ~ 2; 抗氧剂 1 ~ 3; 稳定剂 2 ~ 3; 加工助剂 适量; 其他助剂 适量。

(2) 性能与效果

1) 能够成型壁厚差异较大的制品及复杂的三维中空制品。采用气体辅助技术可将制品壁厚处挖空设计成气道, 从而保证壁厚差异较大制品的成型质量, 还可简化制品的结构。以前制件由于壁厚差异较大而不得不分成几个零件, 成型后再组合在一起, 采用气体辅助技术后, 可实现一体成型。

2) 注射压力低。气体从浇口至流动末端形成连续的气流通道, 无压力损失, 能实现低压注射成型。因此, 制件残余应力较小, 制品翘曲变形小, 尺寸稳定。

3) 可消除缩痕, 提高制品表面质量。在气体保压过程中, 塑料的收缩可由气体的二次穿透予以补偿, 使制件不会凹陷。另外, 采用气体辅助成型, 还可将制品较厚部分挖空以减小甚至消除缩痕。

另外可提高制品的强度与刚度, 还可节省材料, 缩短成型周期。

18. 计算机辅助成型制备捷达轿车 PBT 阀体套

(1) 原材料与配方(质量份) PBT 100; 短切玻璃纤维 30; 偶联剂 1 ~ 2; 稳定剂 2 ~ 3; 加工助剂 5 ~ 6; 其他助剂 适量。

(2) 性能与效果

1) 对于类似于填充短玻璃纤维的 PBT 的工程塑料而言, 在成型具有高精度和高强度要求, 且形状复杂的小零件时, 控制成型过程中的剪切应力和剪切速率及流动速率分布是尤为重要的。

2) 剪切应力或剪切速率若超出允许范围, 会导致高分子断裂, 零件强度大大下降。降低剪切应力的方法有以下几种: ①在允许范围内, 升高熔料温度; ②在保证零件强度的前提下, 升高模具温度; ③在保证循环周期的前提下, 延长充填时间; ④适当放大浇口和流道的尺寸; ⑤适当降低应力过大时的充填压力。

3) 流动速率均衡与否对成型件的尺寸精度影响很大, 直接影响着零件的翘曲强度。

可以通过调整螺杆曲线保证流动均衡。

4) 整个分析过程是以塑料模 CAE 分析软件 C-MOLD 为工具的。该软件精确的计算结果、快速的计算能力、良好的人机界面和功能强大的分析模块,为整个分析过程的顺利进行提供了可靠的保证。

19. 聚碳酸酯/ABS 汽车配料专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 聚碳酸酯(PC) 60; ABS 40; 相容剂 5~15; 刚性粒子填料 20~30; 其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 2-68 和表 2-69)

表 2-68 相容剂对共混物力学性能的影响

组 分	Izod 缺口冲击强度 /(J/m)		拉伸强度 /MPa	断裂伸长 率(%)	弯曲弹性 模量/MP	弯曲强度 /MPa
	23℃	-30℃				
PC/ABS	266	70	64	60	3 080	109
PC/ABS + 相容剂	344	75	63	25	2 937	100

表 2-69 刚性粒子对共混物耐冲性能的影响

组 分	PC/ABS	PC/ABS + 刚性粒子
Charpy 缺口冲击强度/(kJ/m ²)	54	58

(3) 效果 加入刚性粒子后,PC/ABS 合金的 Charpy 缺口冲击强度提高了 7.4%,所以刚性粒子对 PC/ABS 合金起到了一定的增韧作用。

PC/ABS 合金材料可在汽车领域广泛地应用,如制作仪表板、保险杠、散热器格栅、车身外板、内外装饰件、后扰流器、轮盖等。

20. 增韧增强尼龙 66 汽车专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) 尼龙 66(EPR27)和尼龙 6(中黏) 55~60; 增韧剂(接枝 POE, 接枝 EPDM) 5~10; 相容剂(接枝聚丙烯) 3~5; 玻璃纤维 30; 抗氧剂及其他助剂 1~2。

(2) 性能(见表 2-70)

表 2-70 尼龙合金汽车专用料(座椅滑块)的性能指标

检验项目	指标要求	实际性能
拉伸强度/MPa	≥120	121
断裂强度/MPa	≥120	119
拉伸弹性模量/MPa	≥5 500	7 449
断裂伸长率(%)	≥5	7. 19
弯曲强度(6mm)/MPa	≥150	163
弯曲弹性模量/MPa	≥4 500	5 749

(续)

检验项目	指标要求	实际性能
简支梁缺口冲击强度(摆锤 2.0J)/(kJ/m ²)	≥20	27.42
注射成型收缩率(%)	0.15~0.3	0.23
熔体流动速率(270℃, 2.16kg)/[g/(10min)]	≥5	8.03

(3) 效果

- 1) 随着增韧剂用量的增加, 尼龙合金的缺口冲击强度逐步增加, 但拉伸强度下降。
- 2) 玻璃纤维对尼龙合金的增强幅度基本上与玻璃纤维用量成正比, 最佳玻璃纤维用量为 30% (质量分数) 左右。
- 3) 加工工艺对尼龙合金改性材料性能的影响是不可忽略的, 其中主要是加工温度、螺杆转速和喂料量。
- 4) 从扫描电镜图中可见, 尼龙合金中各组分分布均匀, 相态连续; 玻璃纤维与其他组分结合较好, 无明显分层现象。表明在合理配方的搭配下, 各组分相容性良好。

5) 确定了尼龙合金汽车专用料(座椅滑块)的最佳工艺参数及配方, 通过市场推广, 试用合格, 已经成功地应用在出口汽车座椅滑块制品上。

21. 汽车用 PET/GF 注射专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PET 切片 100; 无碱玻璃纤维 20~40; 滑石粉 15~25; 抗氧剂 0.1~1.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能

1) 基本性能对比。含 30% GF 的 PET/GF 注射专用料 TS30 和 PET、杜邦公司的 PET530、晨光化工研究院的 SD30、复旦大学的 FD30 等几种 PET 专用料的性能对比见表 2-71。

表 2-71 TS30 与纯 PET 及国内外同类专用料的性能对比

项 目	纯 PET	TS30	PET530	SD30	FD30
$T_g/^\circ\text{C}$	78.3	57.0	56.0	71.2	65.6
$T_m/^\circ\text{C}$	254.3	253.7	254.5	556.1	253.7
拉伸强度/MPa	59.3	121.9	119.0	120.0	128.0
断裂伸长率(%)	18.8	2.4	2.8	2.6	2.5
弯曲强度/MPa	104.8	197.9	193.3	170.4	—
弯曲弹性模量/GPa	3.00	8.60	8.96	11.41	—
冲击强度/(J/m)	30.8	84.2	85.2	62.3	128.0
洛氏硬度(HRR)	124.0	117.9	115.0	117.0	—
热变形温度/℃	78.0	178.0	196.0	74.0	—

从表 2-71 可以看出, TS30 专用料的综合性能达到同类产品的水平。

2) PET/GF 专用料的成型加工性能。可用干燥试样的冷结晶峰作为 PET 是否快速

结晶的评价方法,即冷结晶峰温越低,结晶速率越快。加快结晶速率的目的是降低模具温度、缩短注射周期。加工 PET 应设置的模具温度就是其相应的冷结晶峰温。

TS30 的 T_g 下降到 57℃,冷结晶峰温由 140℃ 降到 99℃,说明 TS30 的结晶速率明显提高。注射模温可控制在 80 ~ 100℃。

由于 DSC 测试样品是从注射制品的不同部位截取的(即工艺试验法),因此所获得的数据对 PET 注射加工具有实际应用价值。

22. 车用 SMC 模塑料

(1) 原材料与配方(质量份) 不饱和聚酯 100;玻璃纤维 25 ~ 65;滑石粉 5 ~ 15; $Al(OH)_3$ 10 ~ 20;固化剂 5 ~ 10;增稠剂 1 ~ 5;其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 2-72)

表 2-72 车用 SMC 模塑料的性能

项目名称	标准值	实测值		
		配方 1	配方 2	配方 3
密度/(g/cm ³)	≤1.9	1.75	1.77	0.79
弯曲强度/MPa	≥210	269	321	264
冲击强度/(kJ/m ²)	≥80	125	125	135
弯曲弹性模量/MPa	≥11 700	14 190	17 843	16 704
耐燃性	V-0	V-0	V-0	V-0

23. 汽车用微孔减振聚氨酯弹性体

(1) 原材料与配方(质量份) 聚醚(TMN3050) 100;聚醚(Tdiol1000) 0 ~ 60;醇类交联剂 10 ~ 30;胺类交联剂 10 ~ 25;蒸馏水 0.2 ~ 1.5;胺催化剂 0.1 ~ 0.3;锡催化剂 0 ~ 0.5;泡沫稳定剂 0.5 ~ 1.5;聚醚:异氰酸酯 80:20。

(2) 性能 可吸收冲击能,起防振缓冲作用,可用于底盘材料。

24. 聚氨酯脲汽车零件(保险杠、仪表盘、挡泥板)

(1) 原材料与配方(质量份) 聚醚多元醇 100;液化 MDI 110 ~ 160;扩链剂(二乙基甲基二苯胺) 10 ~ 30;玻璃纤维($H/D=40$) 10 ~ 30;催化剂 0.1 ~ 0.3。

(2) 加工条件 原料温度为 50 ~ 60℃,模具温度为(55 ± 2)℃。

25. 车用聚氨酯整皮 RIM 泡沫塑料

(1) 原材料与配方(质量份) A 组分:液化 MDI 40。B 组分:聚醚多元醇 100;交联剂 0 ~ 8;扩链剂 0 ~ 30;锡类催化剂 0.55 ~ 0.85;胺催化剂 0.55 ~ 0.85;一氟二氯甲烷 8.5 ~ 13;半补强炭黑 3 ~ 10。

(2) 加工条件 物料温度为(20 ± 1)℃,模具温度为 40 ~ 60℃,模具最大压力为 0.8MPa。

(3) 性能 密度为 0.4 ~ 0.6g/cm³,冲击弹性为 25% ~ 33%,拉伸强度为 4.5 ~ 15MPa,断裂伸长率为 100% ~ 150%。

26. 汽车坐垫用聚氨酯泡沫塑料

(1) 原材料与配方(质量份) 聚醚三元醇 100; 水 3.5; 叔胺催化剂 0.2~0.4; 辛酸亚锡 0.1~0.2; 硅酮表面活性剂 0.6~1.0; 聚醚:异氰酸酯 80:20。

(2) 性能 总体密度为 $0.030 \sim 0.034 \text{ g/cm}^3$, 芯部密度为 $0.027 \sim 0.031 \text{ g/cm}^3$, 压缩永久变形(75%压缩)为 5%~8%, 拉伸强度为 $0.11 \sim 0.15 \text{ MPa}$, 断裂伸长率为 500%, 压缩强度为 $2.3 \sim 2.8 \text{ kN/m}^2$ (25%压缩)、 $2.7 \sim 3.6 \text{ kN/m}^2$ (40%压缩)、 $5.4 \sim 7.0 \text{ kN/m}^2$ (65%压缩), 回弹性为 35%~45%。

27. 高耐磨损酚醛制动片和离合器

(1) 原材料与配方(质量分数,%) 酚醛树脂(2075) 20; Sb_2O_3 10; 钢纤维 30; CB150 15; BaSO_4 12; 芳纶纤维 3; 焦炭 10。

(2) 加工条件 压制成型模压温度为 $150 \sim 155^\circ\text{C}$, 模压压力为 150 MPa , 模压时间为 5min, 热处理温度为 25°C , 热处理时间为 5h。

(3) 性能 磨损量为 $0.1 \sim 0.3 \text{ mm}$ 。

28. 高发火温度酚醛盘式制动片

(1) 原材料与配方(质量分数,%) 溴化乙烯苯酚树脂 30; 苯酚树脂 15; BaSO_4 4.5; 石墨 20; 有机摩擦调整剂 5; 氧化铝 0.5; 铜纤维 25。

(2) 性能 发火温度为 $600 \sim 620^\circ\text{C}$, 而普通苯酚树脂的发火温度仅为 $500 \sim 520^\circ\text{C}$ 。

29. 耐湿酚醛摩擦材料

(1) 原材料与配方(质量份) 酚醛树脂(CRS-2105) 20; 温石棉 40; 铜粉 20; 氧化铝粉 5; 石墨层间化合物 5。

(2) 性能 相对湿度为 20% 时, 磨损量为 $0.5 \mu\text{m}/\text{次}$; 相对湿度为 60% 时, 磨损量为 $0.4 \mu\text{m}/\text{次}$ 。

30. 耐热汽车制动材料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) 双酚 A 型苯并噁嗪中间体 50~80; 线型酚醛树脂 15~45; 六次甲基四胺 2~5; 温石棉 适量; 摩擦性能调节剂 适量。

(2) 性能 耐热温度为 350°C , 摩擦因数为 0.48, 磨损率为 $0.7 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/(\text{N} \cdot \text{m})$ 。

31. 新型无石棉制动材料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) 酚醛树脂 10~30; 粉状矿物填料(硅灰石) 40~60; 橡胶弹性体 10~25; 固化剂(六次甲基四胺) 2.5~5.0; 润滑剂 1.0~1.5; 着色剂 2.5~10; 其他 适量。

(2) 性能 冲击强度为 $5.2 \sim 10.4 \text{ kJ/m}^2$, 压缩强度为 $91 \sim 104 \text{ MPa}$, 布氏硬度为 300~395, 吸水率为 0.01%~0.02%, 吸油率为 0.01%~0.03%, 摩擦因数为 0.37~0.43, 磨耗为 $0.015 \sim 0.026 \text{ mm/h}$ 。

32. 轻型车用摩擦制动石棉酚醛盘式片

轻型车用摩擦制动石棉酚醛盘式片配方(质量份): PF 100; 石棉 250; 有机摩擦粉 100; 丁腈橡胶 50; 石墨 6; 锌屑 22。

33. 重型车用盘式片

重型车用盘式片配方(质量份): PF 100; 石棉 250; 有机摩擦粉 100; 丁腈橡胶 40; 石墨 15; 氧化物 10; 铜粉 50; CaCO_3 40。

34. 聚苯醚汽车顶篷材料

(1) 原材料与配方(见表 2-73)

表 2-73 原材料与配方

原材料	发泡层配比(质量份)	表层配比(质量份)
MPPO	100	30
异丁烷/正丁烷(85:15)	5	—
滑石粉	5	—
HIPS	—	64
SBS	—	6

(2) 加工条件 先将发泡层材料挤压成 2.2mm 的泡沫板, 再将表层材料挤出成 $150\mu\text{m}$ 薄膜, 并与泡沫板热合成为复合材料。

35. 汽车顶盖用多孔 PS 塑料

(1) 原材料与配方(质量份) 半发泡 PS 粒 100; 玻璃纤维 40; 聚酯纤维 10。

(2) 加工条件 各组分混合后, 在 150°C 下模压 3min, 制成多孔板材。再将板材在 130°C 下塑化 5min, 真空成型为车顶形状。

36. 汽车地毯衬垫 EVA/LDPE

(1) 原材料与配方(质量份) EVA 30; LDPE 30; CaCO_3 70。

(2) 应用 挤出涂于地毯丝束背面, 可防止地毯在地面上移动。

37. 聚四氟乙烯活塞环

(1) 原材料与配方(质量分数,%) F4 85 ~ 89; 玻璃纤维(250 目) 8 ~ 10; MoS_2 (粒径小于 $30\mu\text{m}$ 占 95%) 3 ~ 5。

(2) 加工条件 玻璃纤维需用偶联剂经喷雾处理。

(3) 性能 拉伸强度为 23.46MPa, 断裂伸长率为 303%, 磨耗量为 0.0026g, 摩擦因数为 0.138。

第三章 家电产品用塑料注射制品与专用料

第一节 洗衣机用塑料注射制品专用料与供选料

一、洗衣机用塑料注射制品专用料

1. 洗衣机内筒专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 聚丙烯 80 ~ 95；三元乙丙橡胶 7.5 ~ 10；HDPE 7.5 ~ 10；成核剂 1；抗氧剂 1010 0.3；辅助抗氧剂 0.25；硬脂酸钙 0.1。

(2) 性能(见表 3-1)

表 3-1 国外洗衣机专用料牌号和性能

项 目		本专用料	BC2A	AY564	BJ4H-M	J830H-K
生产厂商		国产	三菱油化	住友化学	三井东压	宇部兴产
熔体流动速率/[g/(10min)]		16	15	17	20	30
乙烯含量(摩尔分数,%)		13	—	13	17	—
光泽(入射角 20°,%)		48	—	48	44	—
拉伸屈服强度/MPa		30.1	28.0	32.5	30.5	28.0
断裂伸长率(%)		105	100	20	20	200
弯曲弹性模量/GPa		1.67	1.46	1.78	1.54	1.55
Izod 缺口冲击强度/(kJ/m ²)	23℃	90	50	96	90	60
	-23℃	3.8	2.8	3.3	3.6	—
落锤冲击强度(-10℃)/(kJ/cm)		—	—	1.35	1.70	—
热变形温度/℃	0.45MPa	125	—	129	120	—
	1.82MPa	65	—	68	64	—
洛氏硬度(HRC)		95	95	91	88	—

2. 洗衣机观察框架专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100；过氧化物 1.5；滑石粉 25；偶联剂 适量；其他助剂 适量。

(2) 性能 通过对 PP 共混体系的研究，选择综合性能较好的配方通过双螺杆挤出机挤出造粒，进行各种性能测试，并与海尔滚筒洗衣机观察框用 PP 料性能指标进行对比，结果见表 3-2。从表 3-2 中的数据可以看出，新材料的性能达到或超过了海尔滚筒

洗衣机观察框用料的性能要求。

表 3-2 新研制 PP 料、观察框用 PP 料指标对比

PP 粒型	熔体流动 速率(230℃) /[g/(10min)]	拉伸强度 /MPa	断裂伸长率 (%)	弯曲弹性 模量/MPa	简支梁缺口 冲击强度 /(kJ/m ²)	维卡软化点 (10N)/℃
海尔洗衣机观察框	4.6	25.0	16	1 450	3.7	150
新配方	5.4	25.5	44	1 520	5.6	152

3. 洗衣机喷淋管专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) 拉丝级 2401PP 60 ~ 70; LDPE 30 ~ 40; 其他助剂 适量。

(2) 效果

1) 使用聚丙烯和低压聚乙烯进行烧结成型,通过对喷淋管的烧结工艺的探讨,认为以上两种材质可以在吸声板、过滤板等其他产品上进行烧结试验,从而可以扩大聚烯烃的应用范围。

2) 恒温烧结箱的研制成功,为今后烧结成型提供一种新设备,改变了多年来烧结只能用烘干箱的局面。

3) 由于聚丙烯和低压聚乙烯是两种性能不同的塑料品种,将两者共混进行烧结,给烧结工艺增加了难度。今后应继续研究少用或不用低压聚乙烯(但强度必须保证),以提高喷淋管烧结合格率。

4) 目前采用的恒温烧结箱的结构,尚不属于最佳结构,特别是烧结筒的有关尺寸,仍需继续摸索。

4. 小本体聚丙烯改性的洗衣机零部件专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100;增韧剂 10 ~ 30;增强剂 10 ~ 20;润滑剂 0.1 ~ 1;抗氧剂 0.01 ~ 0.15;成核剂 0.1 ~ 0.15;着色剂 适量。

(2) 性能(见表 3-3)

表 3-3 本产品与国外共聚聚丙烯性能的对比

项 目	MPP1	TI4150A(美国)	MPP2	BJ4H(日本)
简支梁缺口冲击强度(23℃)/(kJ/m ²)	7.7	7.3	6.1	6.2
弯曲强度/MPa	38.8	37.2	35	38
拉伸屈服强度/MPa	24.4	29.4	23	26.9
熔体流动速率/[g/(10min)]	14.9	12.4	22.3	20.2
密度/(g/cm ³)	0.91	0.91	0.90	0.905
收缩率(%)	1.3	1.0	0.9	1.4
维卡软化点/℃	149	145	141	144
洛氏硬度(HRR)	94	88 ~ 89	—	—

注:硬度为本试验室测定结果,其余数据均由南京塑料厂测定,MPP1 与 MPP2 为试样编号。

(3) 效果 以小本体法生产的聚丙烯为主要原料,采用可控降解法,在混合物中加入 MFR 调节剂和乙丙橡胶、爽滑剂、荧光增白剂以及其他多种助剂,混合后一次造粒制成洗衣机内桶专用料,工艺简单、可行。经工业生产装置放大生产证明,生产的两个牌号的产品质量达到或接近国外 BJ4H、TI4150A 聚丙烯树脂水平。经兰州、合肥、昆明、南京等洗衣机厂家多次应用试验证明,该洗衣机零部件专用料,可以替代国外嵌段共聚聚丙烯,如 Ay564、AR564、J815HK、BJ4H、TI4150A、SC2075 等多种牌号,适宜做洗衣机内桶、波轮、脱水桶、溢网、大小盖等零部件的原料。

5. 洗衣机抗菌聚丙烯专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 聚丙烯(注射级抗冲切片) 100; 抗氧剂 1.0~3.0; 成核剂 0.1~1.0; 过氧化物 0.3~0.5; 抗菌剂(KJY 与 KJW) 1.5~2.0; 其他助剂 适量。

(2) 抗菌剂的特性

1) 抗菌广谱性高。经检测对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、巨大芽孢杆菌、荧光假单胞杆菌、枯草杆菌、白色念珠菌等数十种致病微生物都有抑制和杀灭作用,抗菌率达到 99% 以上。另对黑曲霉、黄曲霉、变色曲霉、橘青霉、绿色木霉、球毛壳霉、宛氏拟青霉等多种霉菌有良好的抗击作用,其防霉等级全为零级。

2) 抗菌持久性好。根据 JC/T 939—2004《建筑用抗菌塑料管抗细菌性能》标准试验后检测,其抗菌效果不变。另外经连续 1700h 的浸水和水冲试验,其抗菌性能良好。

(3) 性能(见表 3-4 和表 3-5)

表 3-4 PP 塑料样品 DSC 数据

检测样品	结晶温度 (T_c) /℃	熔点 (T_m) /℃	结晶起始 温度(T_o) /℃	过冷度 ($T_o - T_c$) /℃	熔融热 /(J/g)	结晶度 (%)
KJW-2 PP 样品	132.48	167.8	133.87	1.39	74.04	35.43
同型非抗菌 PP 样品	128.82	167.76	131.8	2.98	72.64	34.75

表 3-5 抗菌 PP(中试)力学性能数据

检测样品	熔体流动速率 /[g/(10min)]	弯曲弹性模量 /MPa	拉伸屈服强度 /MPa	常温耐冲击 强度(23℃) /(J/m)	低温耐冲击 强度(-20℃) /(J/m)
KJW-2 抗菌 PP	23.2	1 333	29.61	82	55
同型非抗菌 PP	25.9	1 309	28.46	61	36

(4) 效果 有机-无机复合(KJW-2)抗菌聚丙烯洗衣机专用料具有高效广谱、持久抗菌能力,且使用安全,按有关标准严格制成的浸提液无毒性、无刺激性。

抗菌剂的加入可起到成核剂的作用,提高了结晶温度,加快了材料的结晶速率,使材料内部晶粒更细,同时使结晶度更高,在一定程度上改善了材料的力学性能,

从而也使使用了 KJW-2 抗菌聚丙烯洗衣机专用料制作的洗衣机部件性能更好、质量更佳。

该抗菌聚丙烯洗衣机专用料的开发成功,使我国聚丙烯塑料制品的功能性开发又迈上了一个新台阶。伴随着经济的发展和人们生活水平的提高,人们会越来越重视塑料制品的舒适性和功能性。随着我国综合国力的增强、观念更新和人们生活水准的提高,抗菌聚丙烯必然会迎来美好的前景。

6. PP 洗衣机洗涤桶、脱水桶与底台

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100; LLDPE 10; CaCO_3 8.0; 稳定剂 1~2; 抗氧化剂 1~3; 其他助剂 适量。

(2) 效果 PP 洗衣机洗涤桶、脱水桶和底台制备效果见表 3-6。

表 3-6 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
熔体流动速率/[g/(10min)]	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) 降低机筒温度 2) 向树脂中加入 LL-DPE、SBS	1) 降低机筒温度 2) 选择高 MI 树脂提高背压	1) 降低机筒温度 2) 加大进料量
成品率	—	96%	96.7%
备注	目前尚不能达到连续生产	改进措施以后,提高熔体流动速率至 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

7. 全自动洗衣机脱水桶底座专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP(AWS64) 100; PE 10~15; CaCO_3 10~20; 增容剂 1~3; 抗氧化剂 3~5; 其他助剂 适量。

(2) 性能 全自动洗衣机脱水桶底座是洗衣机的关键零部件之一,它的精度直接关系到洗衣机的寿命、振动、噪声以及与波轮之间的配合间隙等性能。近几年来,随着人们对波轮洗衣机水流的不断深入研究,相继推出了立体循环水流、双瀑布和离心力等洗衣机。同时,洗衣机的脱水内桶也由原来的整体塑料内桶发展到不锈钢圆筒与塑料内桶

底座装配而成。因此,脱水桶底座的结构也变得复杂,精度要求也越来越高。运用上述配方,通过精密注射成型的全自动洗衣机脱水桶底,性能良好。其制品圆度在0.6mm之内,尺寸公差为基准尺寸的0.1%~0.5%,可满足全自动洗衣机脱水桶的使用性能要求。

二、洗衣机用塑料注射制品供选料

1. PP 供选料 1

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100; EPDM 10; PE 20; 抗氧剂 0.5; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为17.7MPa, 弯曲弹性模量为108MPa, 低温冲击强度为55kJ/m², 综合性能良好, 可供洗衣机塑料制品选用。

2. PP 供选料 2

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100; POE 10~15; 抗氧剂 0.5; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 冲击强度为8.5~10.5kJ/m², 拉伸强度为20MPa, 维卡软化点为128℃, 熔体流动速率为2.2g/(10min)。

3. PP 供选料 3

(1) 原材料与配方(质量份) PP(K8303) 100; POE 5~20; 纳米碳酸钙 40; 抗氧剂 0.5~1.0; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 冲击强度为5~30kJ/m², 拉伸强度为16~20MPa, 洛氏硬度为50~82, 综合性能良好。

4. PP 供选料 4

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100; 玻璃纤维 10~15; 滑石粉 30; 偶联剂 1.0~1.5; 抗氧剂 0.5; 其他助剂 适量。

(2) 性能 密度为1.23g/cm³, 刚性为4000MPa, 拉伸强度为40MPa, 断裂伸长率为3%, 缺口冲击强度为4.7kJ/m², 热变形温度为130℃。

5. PP 供选料 5

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100; PP-g-MAH 5; 纳米凹凸棒石 10; 抗氧剂 0.5; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为30~24MPa, 缺口冲击强度为5.38kJ/m², 弯曲强度为51.26MPa, 熔体流动速率为2.9g/(10min), 综合性能良好。

6. PP 供选料 6

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100; 滑石粉 25; 抗氧剂 1010 0.5~1.0; 偶联剂 0.2~0.5; 增韧剂 5~8; 其他助剂 适量。

(2) 性能 拉伸屈服强度为36.8MPa, 弯曲强度为59.6MPa, 冲击强度为39.6J/m², 球压痕硬度为80MPa, 热变形温度为132℃, 耐热老化性(150℃)为900h。

7. PP 供选料 7

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP 60; LCP(Vectra A950) 5.0; PP-g-MAH(接枝率1%) 10; 玻璃纤维 20~30; 偶联剂 0.5; 加工助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 55MPa, 其他性能良好。

8. PP 供选料 8

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP 56; PP-g-MAH 20; 玻璃纤维 21.5; 偶联剂 0.5; 加工助剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 88MPa, 冲击强度为 250.2J/m^2 , 热变形温度为 132°C 。

9. PP 供选料 9

(1) 原材料与配方(质量份) PP 50; POE 10; 玻璃纤维 30; PP-g-MAH 10; 加工助剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 53MPa, 弯曲强度为 46MPa, 冲击强度为 44kJ/m^2 。

10. PP 供选料 10

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100; 云母粉 15; 玻璃纤维 25; 硅烷偶联剂 1.0; 加工助剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 86.8MPa, 弯曲强度为 102MPa, 弯曲弹性模量为 4 200MPa, 缺口冲击强度为 7.1kJ/m^2 , 无缺口冲击强度为 20.1kJ/m^2 。

11. PP 供选料 11

(1) 原材料与配方(质量分数,%) 均聚 PP 54; 玻璃纤维 30; 玻纤偶联剂 K-550 0.5; PP-g-MAH 5.0; PP-g-MAH 10; 润滑剂 0.5。

(2) 性能 拉伸强度为 70MPa, 弯曲弹性模量为 1.5GPa, 热变形温度为 160°C , 冲击强度为 40kJ/m^2 。

12. PP 供选料 12

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PP(T303) 85; PP-g-MAH 5.0; PA6 8.0; 纳米 SiO_2 2.0; 加工助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 36MPa, 缺口冲击强度为 11kJ/m^2 。

13. POM 供选料 1

(1) 原材料与配方(质量份) POM 85; CaCO_3 5.0; 弹性体 10; 偶联剂 1~2; 加工助剂 8.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 冲击强度为 24kJ/m^2 , 拉伸强度为 60MPa, 综合性能良好。

14. POM 供选料 2

(1) 原材料与配方(质量份) POM 100; PA6/66 3~5; 增韧剂 5~10; 增容剂 1~3; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 冲击强度为 118kJ/m^2 , 拉伸强度为 60~62MPa, 综合性能比纯 POM 提高 82%。

15. POM 供选料 3

(1) 原材料与配方(质量份) POM 100; NBR 增韧剂 40; 填料 5; 加工助剂 1~2;

其他助剂 适量。

(2) 性能 冲击强度为 193kJ/m²，拉伸强度为 22MPa，综合性能良好。

16. POM 供选料 4

(1) 原材料与配方(质量份) POM 100；PA12 5～10；增韧剂 5～8；填料 5～10；加工助剂 1～2；其他助剂 适量。

(2) 性能 缺口冲击强度为 15.5kJ/m²，比纯 POM 提高 2.3 倍，拉伸强度为 56.5MPa，综合性能良好。

17. POM 供选料 5

(1) 原材料与配方(质量份) POM 100；玻璃纤维 25；偶联剂 1～2；加工助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 128MPa，断裂伸长率为 3%，缺口冲击强度为 37kJ/m²，热变形温度为 162℃。

第二节 电冰箱用塑料注射制品专用料与供选料

一、电冰箱用塑料注射制品专用料

1. 电冰箱聚苯乙烯专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 聚苯乙烯 50～95；增韧剂 60～65；抗氧剂 1.0～3.0；填料 5.0～20；其他助剂 3.0～5.0。

(2) 性能(见表 3-7)

表 3-7 改性 PS 与德国同类产品性能

项 目	板 材 级		注 射 级	
	配方 1	德国 2712	配方 2	德国 588
熔体流动速率/[g/(10min)]	3.7	5.9	4.1	5.3
拉伸强度/MPa	31.2	26.4	28.5	27
静弯曲强度/MPa	46.7	28	28	44
冲击强度(常温, 缺口)/(kJ/m ²)	18	8.6	8.6	12.2
冲击强度(−20℃, 缺口)/(kJ/m ²)	12	5.6	5.6	8.0
热变形温度/℃	72	71	71	78
断裂伸长率(%)	88	50	54	49

2. 聚丙烯冰箱抽屉专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100；增韧剂 5～8；填料 5～15；其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 3-8)

表 3-8 产品性能与技术指标的比较

测 试 项 目		产品性能	技术指标
熔体流动速率/[g/(10min)]		10. 0 ~ 13. 0	≥9. 0
拉伸屈服强度/MPa		23. 2 ~ 25. 0	≥23. 0
断裂伸长率(%)		190 ~ 240	≥180. 0
弯曲强度/MPa		28. 0 ~ 30. 0	≥26. 0
弯曲弹性模量/MPa		1 380 ~ 1 470	≥1 300
Izod 缺口冲击强度/(J/m)	23℃	95. 0 ~ 230. 0	≥90. 0
	- 20℃	36. 0 ~ 45. 0	≥34. 0
耐低温跌落试验(- 20℃冷冻 48h, 高度 1. 0m)		不脆裂	不脆裂

(3) 效果

1) POE 是优良的热塑性弹性体, 用其增韧 PP 在冲击强度、加工流动性方面优于 BR 母料。在本产品中 POE 的含量应控制在 5 ~ 8 份之间。

2) 在共混体系中加入适量无机填料, 可提高共混物的弯曲强度、弯曲模量, 减小成型收缩率, 无机填料应控制在 5 ~ 15 份为宜。

3) 新研制的 PP 冰箱抽屉专用料达到了青岛海尔冰箱厂的技术性能要求, 产品已在海尔冰箱厂得到应用, 结果反映良好。

3. 聚丙烯冰箱透明料

(1) 原材料与配方

1) 配方 1(质量份): PP 100; 透明剂 0 ~ 25; 增韧剂 6; 降温母料 1 ~ 2; 其他助剂适量。

2) 配方 2(质量份): PP 100; 透明剂 6 ~ 25; 增韧剂 2 ~ 6; 高温母料 2; 其他助剂适量。

(2) 性能(见表 3-9)

表 3-9 专用料的各项性能指标

性 能	专用料	性 能	专用料
雾度(%)	152	弯曲强度/MPa	≥35
透光率(%)	852	弯曲弹性模量/MPa	≥1 400
熔体流动速率/[g/(10min)]	15 ~ 18	拉伸强度/MPa	≥300
冲击强度/(J/m)	≥50		

注: 基础配方为 PP/高温母料/增韧剂 1/透明剂 1 = 100/2/6/0. 25。

4. 风冷冰箱聚丙烯专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100; 增韧母料 15; 降温母料 8; 相容剂 20 ~ 40; PS 10 ~ 20; 第二相容剂 5 ~ 20; 填料 10 ~ 30。

(2) 性能 利用性能最佳的交联物作为增韧母料, 综合使用有机和无机增强材料, 添加两种增容剂, 并用降温母料调节体系的流动性, 使材料形成半互穿网络结构, 最终研制成功风冷冰箱聚丙烯专用料。专用料的性能指标和国外产品及厂家的要求对比见表

3-10。

表 3-10 专用料性能指标和国外产品及厂家的要求对比

项 目	熔体流动速率 /[g/(10min)]	拉伸强度 /MPa	弯曲弹性模量 /MPa	常温缺口冲击强度 /(J/m)
专用料	18.6	28.9	1 850	112.6
国外产品	17~22	26.0	1 034	47.8
厂家要求	17~21	25	1 000	50.0

新开发的专用料性能超过了国外同类产品的水平,符合生产厂家的要求。专用料加工成的制品表面良好,卫生性能符合厂家的要求。根据文献调研,专用料的性能在国内外改性聚丙烯中处于领先水平。

1) 通过对体系结构的分析,材料的结构模型为一种半互穿网络结构,在其中具有交联结构的交联物起到吸收外应力的作用,线型聚丙烯作为基体和骨架,第一相容剂增强了增韧母料和聚丙烯的界面黏结力,有机和无机增强剂增大了体系的强度和模量。

2) 通过大量试验,研制成功了风冷冰箱聚丙烯专用料,它具有高刚性、高韧性和高流动性。性能指标:熔体流动速率为 18.6g/(10min),拉伸强度为 28.8MPa,弯曲模量为 1 850MPa,冲击强度为 112.6J/m,达到了预期的目标。

5. 电冰箱门框嵌条专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PVC 100; ACR 3; MBS 12; Ba-Cd-Zn 5; 环氧大豆油 2; 石蜡/硬脂酸 1.5; 活化钙 10; 颜料 适量。

(2) 性能(见表 3-11)

表 3-11 粒料力学性能

指标名称	指标(企业标准)		测试结果	
密度/(g/cm ³)	1.38~1.55		1.45	
拉伸强度/MPa	≥45		51.1	
弯曲强度/MPa	≥75		77.2	
冲击强度/(kJ/m ²)	(23±2)℃ 环境中: ≥10	(-10±1)℃ 介质浸泡: ≥4	(23±2)℃ 环境中: 12.1	(-10±1)℃ 介质浸泡: 4.9
维卡软化点/℃	75		78	
140℃加热尺寸变化率(%)	±3.0		2.3	

(3) 效果

1) 按本配方生产的粒料经用户(厂家)由 φ65 挤出机挤出的型材嵌条,各项性能指标均已达到使用要求。

2) 生产工艺中采用了磨浆并配制色母料技术,很好地解决了颜料的分散问题。型材表面平整、光滑,无色条、色差形象。

3) 所用原料,除 MBS 因国内尚未生产外,其他全部立足于国内。

4) 本配方采用液体 Ba-Cd-Zn 为复合稳定剂,稳定效果好,但在型材挤出时有少量

气味。

6. 冰箱用改性聚丙烯专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) 聚丙烯树脂 10; LDPE 10; 降温母料 10~15; 热塑性弹性体(POE) 20~40; 重质碳酸钙 20~40; 偶联剂 1~3; 成核剂 0.1~1.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 3-12~表 3-15)

表 3-12 碳酸钙对体系力学性能和光泽度的影响

碳酸钙粒径 /目	冲击强度 /(J/m)	拉伸强度 /MPa	弯曲强度 /MPa	弯曲弹性模量 /MPa	断裂伸长率 (%)	光泽度 (%)
600	76.2	29.33	31.4	1 322	376	77
800	82.1	29.6	31.2	1 399	320	79
1 250	89.3	29.9	32.5	1 380	380	83
2 500	94.6	28.8	32.9	1 388	335	92
4 000	86.3	28.1	32.8	1 378	392	92

表 3-13 EPDM、POE 对 PP 的增韧效果对比

添加量 (质量分数,%)		熔体流动速率 /[g/(10min)]	冲击强度 /(J/m)	弯曲弹性 模量/MPa	弯曲强度 /MPa	拉伸强度 /MPa	光泽度 (%)
EPDM	5	10	52	1 086	27	30	90
	10	3	76	920	25	29	82
	15	3	90	847	22	26	76
POE	5	14	48	1 476	33	33	92
	10	10	78	1 380	32	32	92
	15	5	92	1 135	28	29	93

表 3-14 不同含量的 LDPE 对体系力学性能的影响

LDPE 含量 (质量分数,%)	冲击强度 /(J/m)	拉伸强度 /MPa	弯曲弹性模量 /MPa	光泽度 (%)
0	84.5	29.7	1 376	92
5	91.7	29.9	1 352	92
10	94.6	30.2	1 326	93
15	101.1	30.3	1 281	94
20	103.5	31.5	1 113	96

表 3-15 成核剂对材料各项性能的影响

用量 (质量分数,%)	熔体流动速率 /[g/(10min)]	冲击强度 /(J/m)	弯曲弹性 模量/MPa	弯曲强度 /MPa	拉伸强度 /MPa	光泽度 (%)
0	9.3	94	1 326	28	29	92
0.2	9.1	97	1 374	29	31	97

(3) 效果与应用

1) 用热塑性弹性体 POE 提高 PP 的韧性有较好的效果, 拉伸强度下降较小, 是一种优良的增韧剂。

2) LDPE 与 PP 和 POE 之间存在增韧协同作用, 可在一定程度上提高 PP 共混体系的冲击强度, LDPE 用量应在 10% (质量分数) 左右。

3) 碳酸钙经过活化后使用效果较好, 加入适量的碳酸钙, 可提高共混材料的刚性, 同时对光泽度影响较小。

4) 成核剂可提高体系的结晶速率和结晶度, 改善制品的翘曲变形, 在成型过程中, 可缩短成型周期。

通过对原料、增韧体系的选配以及工艺条件的优化, 对聚丙烯进行共混改性, 在确保材料光泽度的前提下, 使材料的韧性、刚性、流动性保持综合平衡, 以适应电冰箱大型薄壁注射配件对原料的要求。

7. 高光泽度冰箱聚丙烯专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 粉料(F401) 100; 成核剂 0.150~0.225; 改性超细 BaSO_4 24~30; 助剂(1010) 0.1~1.0; 168 助剂 0.1~1.0; 硬脂酸钙 0.1~1.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 3-16)

表 3-16 高光泽度 PP 的性能比较

试样编号	成核剂 (%)	BaSO_4 (%)	拉伸强度 /MPa	弯曲强度 /MPa	弯曲弹性 模量/MPa	悬臂梁冲击强度 /(kJ/m ²)	光泽度 (%)
1	1.50	24.0	35.3	59.9	2 563	3.89	80.2
2	2.00	28.0	34.6	60.1	2 675	4.17	77.2
3	2.25	30.2	34.2	60.3	2 728	4.18	76.1
进口料	—	—	34.0	56.8	2 530	3.77	75.1

注: 因注射试样为测试雾度的 50mm×50mm 标准板材, 并非测光泽度标准试样, 因此, 光泽度数据只作为对比值使用。

二、电冰箱用塑料注射制品供选料

1. PVC 供选料 1

(1) 原材料与配方(质量份) PVC 100; PMMA 包覆纳米 CaCO_3 5~10; 有机锡稳定剂 3.0; 硬脂酸钙 1.0; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 冲击强度比纯 PVC 提高两倍, 纯 PVC 为 2.6kJ/m², 改性后为 5.2kJ/m²。拉伸强度, 纯 PVC 为 64MPa, 改性后为 56MPa。

2. PVC 供选料 2

(1) 原材料与配方(质量份) PVC 100; 凹凸棒土 10; 加工助剂 1~2; 其他助剂

适量。

(2) 性能 拉伸强度为 56.4MPa, 断裂伸长率为 15%, 缺口冲击强度为 4.53kJ/m², 肖氏硬度为 76, 弯曲强度为 104.5MPa, 弯曲弹性模量为 3.38GPa。

3. PVC 供选料 3

(1) 原材料与配方(质量份) PVC 100; 海绝石 10; DOP 5.0; 三碱式硫酸铅 6.0; 硬脂酸钙 0.8; 硬脂酸 1.0。

(2) 性能 拉伸强度为 68MPa, 断裂伸长率为 40%, 缺口冲击强度为 9kJ/m²。

4. PVC 供选料 4

(1) 原材料与配方(质量份) PVC 100; 表面涂覆偶联剂的玻璃纤维 30; 硫醇基二丁锡 3.0; 硬脂酸 1.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 悬臂梁冲击强度为 19.1kJ/m², 弯曲强度为 113.7MPa, 断裂伸长率为 40%, 热变形温度为 80.5℃。

5. PVC 供选料 5

(1) 原材料与配方(质量份) PVC 粉料 100; 玻璃纤维(2~4mm) 30; 三碱式硫酸铅 3.0; 硬脂酸钙 0.3; 硬脂酸 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 130MPa, 冲击强度为 20kJ/m², 热变形温度为 80℃。

6. PVC 供选料 6

(1) 原材料与配方(质量份) PVC 100; MBS 1.6; SBS 6.4; 填料 5.0; 加工助剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 冲击强度为 13kJ/m², 拉伸强度为 41MPa, 断裂伸长率为 42%。

7. PVC 供选料 7

(1) 原材料与配方(质量份) PVC 100; 滑石粉 3.0; MBS 5.0; 碱式硫酸镁晶须(L10=90) 3.0; 复合稳定剂 3.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 冲击强度比纯 PVC 提高 3 倍, 弯曲强度为 80.8MPa, 弯曲弹性模量为 3.0GPa。

8. PVC 供选料 8

(1) 原材料与配方(质量份) PVC(SG-7) 100; CPE 5.0; 钠基蒙脱土 3.0; PEO 5.0; 复合稳定剂 3.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 冲击强度为 7.84kJ/m², 拉伸强度为 52.9MPa, 断裂伸长率为 16.8%, 弯曲强度为 97.4MPa, 弯曲弹性模量为 3.6GPa。

9. PVC 供选料 9

(1) 原材料与配方(质量份) PVC 100; MBS 或 CPE 5.0; 钛酸钾晶须 10; 偶联剂 1~2; 加工助剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 冲击强度为 9.5kJ/m², 拉伸强度为 52.7MPa, 断裂伸长率为 142%, 弯曲弹性模量为 3.409MPa。

10. PVC 供选料 10

(1) 配方(质量份) PVC 100; 聚氨酯弹性体 10; SBS-g-MMA 8.0; DOP 3.0; 三

碱式硫酸铅 3.0; 二碱式压硫酸铅 2.0; 硬脂酸钠 1.0; ACR 1.2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 冲击强度为 58kJ/m^2 , 拉伸强度为 43MPa 。

11. PS 供选料 1

(1) 原材料与配方(质量份) HIPS 100; SBS 40; CaCO_3 5.0; 抗氧剂 0.5; 加工助剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 22MPa , 断裂伸长率为 90%, 弯曲强度为 956MPa , 维卡软化点为 98°C , 冲击强度(23°C)为 42.1kJ/m^2 , (-40°C)为 25.3kJ/m^2 。

12. PS 供选料 2

(1) 原材料与配方(质量份) PS 80; LDPE 20; 弹性体 10; 增容剂 1~3; 加工助剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 冲击强度为 73.4kJ/m^2 , 拉伸强度为 29MPa , 断裂伸长率为 30%, 弯曲弹性模量为 $1\,699\text{MPa}$ 。

13. PS 供选料 3

(1) 原材料与配方(质量份) PS 86; POE-g-MAH 10; 纳米 CaCO_3 4.0; 相容剂 1~2; 加工助剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 冲击强度为 23kJ/m^2 , 拉伸强度为 31MPa , 断裂伸长率为 44%, 熔体流动速率为 $2.45\text{g}/(10\text{min})$ 。

14. PS 供选料 4

(1) 原材料与配方(质量份) PS 86; 云母粉 5; 增韧剂 10; 相容剂 5; 加工助剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 冲击强度为 8.5kJ/m^2 , 拉伸强度为 33MPa , 弯曲强度为 56.5MPa , 熔体流动速率为 $7.8\text{g}/(10\text{min})$, 维卡软化点为 99.9°C 。

15. PS 供选料 5

(1) 原材料与配方(质量份) PS 100; 纳米 CaCO_3 5.0; 增韧剂 10; 相容剂 2.0; 加工助剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 冲击强度为 12kJ/m^2 , 拉伸强度为 53.5MPa , 弯曲强度为 56MPa , 熔体流动速率为 $9.5\text{g}/(10\text{min})$, 维卡软化点为 102.2°C 。

16. PS 供选料 6

(1) 原材料与配方(质量份) PS 100; 玻璃微珠 15; 偶联剂 1~2; 增韧剂 5.0; 加工助剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 冲击强度为 5.5kJ/m^2 , 拉伸强度为 39.5MPa , 弯曲强度为 58.8MPa , 熔体流动速率为 $11.8\text{g}/(10\text{min})$, 维卡软化点为 102.8°C 。

17. PS 供选料 7

(1) 原材料与配方(质量份) HIPS 83; 滑石粉(325目) 15; SBS 10; 钛酸酯偶联剂 2.0; 加工助剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 冲击强度为 92kJ/m^2 , 弯曲弹性模量为 $1\,740\text{MPa}$, 拉伸强度为 37.5MPa , 断裂伸长率为 50%。

第三节 空调用塑料注射制品与专用料

1. 空调用聚丙烯专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100; 增韧母料 15; POE 10~30; 降温母料 15; 相容剂 40; 填料(滑石粉: 钛酸钾 = 2:1) 10~30; 其他助剂 适量。

(2) 性能 由于空调器专用料是在室外长期使用, 因而在体系中综合使用抗氧剂 1010、抗氧剂 168、抗氧剂 1330 和抗紫外线剂 770, 并在 95℃ 热老化箱中对材料的耐老化性进行了测试, 其结果见表 3-17。

表 3-17 专用料的热老化性能

性 能	放置时间/h				
	0	100	400	600	1000
拉伸强度/MPa	29.1	28.5	29.0	28.2	27.3
保持率(%)	100	97.9	99.6	96.9	93.8

从表 3-17 中可以看出, 专用料的耐热老化性能较好, 材料在 95℃ 的热老化箱中放置 1000h 后, 拉伸强度的保持率为 93.8%, 远高于厂家 80% 保持率的要求。

(3) 效果

1) POE 加入体系后, 体系的冲击强度由 30J/m 增加到 569.1J/m, 增韧母料的冲击强度由 30J/m 增加到 380.9J/m, POE 和增韧母料均对体系的韧性有提高作用。

2) 综合使用 POE 和增韧母料, 使体系的弯曲弹性模量超过 1 700MPa, 缺口冲击强度达到 80J/m 以上。

3) 综合使用无机填料, 使材料的弯曲强度达到 26.7MPa, 且使体系的冲击强度保持在 70J/m 以上。

2. HIPS/花王抗静电剂空调专用料

(1) 配方(质量份) HIPS 100; 抗静电剂 15; 增韧剂 10; 相容剂 1~2; 加工助剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 3-18 ~ 表 3-21)

表 3-18 花王抗静电剂的添加量对 HIPS 表面电特性的影响

花王抗静电剂添加量 (质量分数, %)	表面电阻率/ Ω		带电压半减期 ^① /s		
	1 天后	7 天后	1 天	7 天后	表面吸尘 试验(7 天后)
2.0	3.2×10^{10}	2.3×10^{10}	1	1	表面无尘
1.5	3.9×10^{10}	3.0×10^{10}	1	1	表面无尘
1.0	5.6×10^{12}	7.2×10^{11}	2	1.5	表面无尘
未添加	$> 10^{16}$	$> 10^{16}$	> 30	> 30	表面积尘

① 带电压半减期表征电荷泄漏速度, <5s 为良好, >30s 为无效。

表 3-19 添加抗静电剂前后 HIPS 的力学性能

材 料	拉伸强度 /MPa	缺口冲击强度 (kJ/m ²)	熔体流动速率 /[g/(10min)]
道化学公司(Dow) HIPS-492J	28.1	8.3	2.5
HIPS-492J + 1% 日本花王抗静电剂	25.4	8.0	3.3
企业标准	≥22.0	≥8.0	≥2.0

表 3-20 抗静电 HIPS 的耐老化性能

材 料	拉伸强度 /MPa			缺口冲击强度 (kJ/m ²)			色差(ΔE)
	老化前	老化 336h	保持 率(%)	老化前	老化 336h	保持 率(%)	
道化学公司(Dow) HIPS-492J	28.0	27.6	98.6	8.4	7.6	91.0	15.4
HIPS-492J + 1% 花王抗静电剂	25.9	25.5	98.5	8.0	7.3	91.3	14.6

表 3-21 抗静电效果的持久性试验

项 目		表面电阻率/Ω		带电压半减期/s	
材 料	时 间	45 天后	75 天后	1 天后	7 天后
金发 WBS + 1% 花王抗静电剂		4.3 × 10 ¹¹	7.1 × 10 ¹³	1	2

项 目		表面电阻率/Ω		带电压半减期/s	
材 料	时 间	20 天后	50 天后	1 天后	14 天后
金发 WBS + 2% 东莞 67948 [#] 母粒		1.5 × 10 ¹¹	5 × 10 ¹³ (有 1 块板为 10 ¹³)	—	25

3. ABS/聚赛龙 ABC 抗静电剂空调专用料

(1) 原材料与配方

1) 配方 1(质量份): ABS(金发耐候) 100; 聚赛龙抗静电剂 2.0; 增韧剂 5.0; 加工助剂 2.0; 其他助剂 适量。

2) 配方 2(质量份): ABS(金, 耐候) 100; 花王抗静电剂 1.0; 增韧剂 5.0; 加工助剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 3-22 ~ 表 3-24)

表 3-22 添加抗静电剂前后 WABS 的力学性能

材 料		拉伸强度 /MPa	缺口冲击强度 (kJ/m ²)	熔体流动速率 /[g/(10min)]
配方 1	耐候 ABS-Ⅱ	56.2	17.7	1.8
	耐候 ABS-Ⅱ + 2% 东莞 67948 [#] 母粒	39.1	16.3	2.2

(续)

材 料		拉伸强度 /MPa	缺口冲击强度 /(kJ/m ²)	熔体流动速率 /[g/(10min)]
配方 2	金发耐候 ABS	42.0	13.1	1.9
	金发耐候 ABS + 1% 日本花王 PC 原粉	39.9	14.2	2.1
企业标准		≥38	≥11.0	≥1.2~4.0

表 3-23 抗静电塑料的表面电特性

材 料	表面电阻率 /Ω	带电压半减期 /s	表面吸尘试验 (7 天后)
金发耐候 ABS	1.6×10^{13}	不衰减	表面积尘
金发耐候 ABS + 1% 日本花王抗静电剂	4.3×10^{11}	1~2	表面无尘
金发耐候 ABS + 2% 东莞 67948 [#] 母粒	1.5×10^{13}	—	表面无尘
道化学公司 (Dow) HIPS-492J	3×10^{13}	不衰减	表面积尘
HIPS-492J + 1% 花王抗静电剂	5×10^{11}	1.5	表面无尘

表 3-24 抗静电耐候 ABS 的耐老化性能

材 料	拉伸强度 /MPa			缺口冲击强度 /(kJ/m ²)			色差 (ΔE)
	老化前	老化 336h	保持 率 (%)	老化前	老化 336h	保持 率 (%)	
聚赛龙耐候 ABS + 东莞 67948 [#] 母粒	39.1	35.9	91.8	16.3	15.9	97.5	21.80
金发耐候 ABS + 花王抗静电剂	40.0	38.0	95.0	14.6	13.9	95.2	21.49
金发耐候 ABS	41.8	38.4	91.9	13.9	13.3	95.7	23.52

注：1. 加速老化试验条件：60℃ × 8h UV 光照，50℃ × 4h 冷凝，12h 为一个周期。

2. 老化试验的材料同检测表面电特性的材料。

4. PS 空调专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PS(143-E) 60；可膨胀石墨粉 10；偶联剂 1~2；邻苯二甲酸二辛酯 28~29；其他助剂 适量。

(2) 性能 体积电阻率为 $6.46 \times 10^6 \Omega \cdot \text{cm}$ ，拉伸强度为 11.5MPa，断裂伸长率为 22%，冲击强度为 78.6kJ/m²。

5. 空调用 PS 抗静电专用料

(1) 原材料与配方(质量份) HIPS 80；炭黑 20；增韧剂 5.0；抗氧化剂 0.5；加工助剂 2.0；其他助剂 适量。

(2) 性能 体积电阻率为 $6.2 \times 10^3 \Omega \cdot \text{cm}$ ，热变形温度为 88℃，悬臂梁缺口冲击强度为 82.3kJ/m²。

6. 空调用 ABS 抗静电剂专用料 1

(1) 原材料与配方(质量份) ABS 73.5; 镍粉 26.5; 分散剂 5.0; 加工助剂 2.0。

(2) 性能 体积电阻率为 $76\Omega \cdot \text{cm}$, 拉伸强度为 28.6MPa, 断裂伸长率为 0.94%。

7. 空调用 ABS 抗静电剂专用料 2

(1) 原材料与配方(质量份) ABS 100; 碳纳米管 5.0; 分散剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 体积电阻率为 $1.03 \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ 。

8. 空调用 ABS 抗静电剂专用料 3

(1) 原材料与配方(质量份) ABS 78 ~ 80; 碳纤维 26.5; 膨胀石墨 2.0; 偶联剂 (KH-550) 1 ~ 2; 加工助剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 体积电阻率为 $1 \times 10^6 \Omega \cdot \text{cm}$, 拉伸强度为 39.7MPa, 断裂伸长率为 10%。

9. 空调器风机 BMC 专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 间苯不饱和聚酯(间苯型 UP) 100; 低收缩树脂(PS、SBS 或 PET) 20 ~ 80; 引发剂 1.0 ~ 2.0; 玻璃纤维 60 ~ 100; 填料 Al_2O_3 /云母粉/空心玻璃微珠 200 ~ 300; 阻燃剂 40 ~ 60; 其他助剂 适量。

(2) 性能 各种型号电动机的技术参数不同, 材料的成型方法、两用设备、加工条件不同, 对 BMC 专用料的要求也不同。不同配比 BMC 专用料的性能见表 3-25。

表 3-25 不同配比 BMC 专用料的性能

项 目	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5
密度/(g/cm^3)	1.8	1.8	1.9	1.9	2.1
成型收缩率(%)	0.3	0	0.1	0.1	0.2
线胀系数/(mm/mm)	40	40	35	25	20
冲击强度/(kJ/m^2)	10	10	25	15	10
煮沸吸水率(%)	0.18	0.18	0.12	0.10	0.17
阻燃性	HB	V-0	HB	V-0	HB
体积电阻率/ $\Omega \cdot \text{m}$	$\geq 10^{12}$	$\geq 10^{12}$	$\geq 10^{12}$	$\geq 10^{12}$	$\geq 10^{12}$
绝缘强度/(kV/mm)	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10

(3) 效果

1) 用 BMC 封装的电动机外表美观, 绝缘性高, 阻燃性好。

2) BMC 封装电动机与铁壳电动机相比, 生产工艺简单, 电动机使用时噪声低。BMC 与环氧封料相比, 成本低, 成型时不需要高频预热设备, 能做成环氧塑料难以做成的浅色或白色产品。

3) 湿式 BMC 中含有苯乙烯, 苯乙烯易挥发, 易燃有毒。从生产工人的健康及环保考虑, 干式 BMC 优于湿式 BMC, 但成本较高, 限制了它的使用。

4) BMC 除了用于封装空调电动机外, 还可制成其他绝缘产品。

第四节 电视机用塑料注射制品与专用料

1. 电视机壳用 ABS/PVC 塑料专用料

(1) 原材料与配方(质量份) ABS 50 ~ 70; PVC 30 ~ 50; 增容剂 3.0; 铅盐复合稳定剂 1 ~ 5; 辅助稳定剂 0.5 ~ 1.5; 润滑剂 适量; 其他助剂 适量。

(2) 性能与效果 ABS/PVC 塑料合金是指将 PVC 和 ABS 按照特定的配方和加工工艺制成的高分子合金材料,它用于电视机壳的注射成型,具有加工简单(可在原 ABS 加工设备上进行)、产品综合性能优良、耐燃性好等特点。ABS/PVC 塑料合金代替 ABS 应用于电视机壳,对缓解 ABS 原料紧张、降低生产成本、提高经济效益和产品出口竞争能力都具有重要意义。

2. 电视机配件 PC/ABS 专用料

(1) 原材料与配方(见表 3-26)

表 3-26 原材料与配方

原材料	配方 1(质量份)	配方 2(质量份)	配方 3(质量份)	配方 4(质量份)	配方 5(质量份)
PC	100	0	54	54	0
ABS	0	100	46	23	0
ABS 接枝物	0	0	0	23	0
阻燃剂	0	0	7.5	7.5	0
其他助剂	0	0	0.5	0.5	0
PPO	0	0	0	0	100

(2) 性能(见表 3-27 和表 3-28)

表 3-27 性 能

性 能	配 方				
	1	2	3	4	5
拉伸强度/MPa	60.0	46.0	51.0	54.5	56.2
弯曲强度/MPa	95.8	63.9	79.7	81.6	83.4
弯曲弹性模量/MPa	2 300	2 100	2 328	2 479	2 167
简支梁冲击强度/(kJ/m ²)	8.4	18.2	19.9	22.1	24.3

表 3-28 阻燃性与热性能

性 能	配 方			
	纯 PC/ABS ^①	3	4	5
阻燃性	着火	V-1 级	V-0 级	V-1 级
热变形温度(1.82MPa)/℃	113	114	117	120

① 组成为纯 PC: ABS = 54:46(质量比)。

(3) 效果

1) ABS 接枝物作为相容剂能有效解决 PC/ABS 共混物结构的相容性,提高 PC 和 ABS 的界面粘接力,使合金断裂方式由未添加相容剂的脆性断裂转变为韧性断裂。ABS 接枝物同时还促进了阻燃剂的均匀分散。

2) PC/ABS 合金的拉伸强度、弯曲强度和缺口冲击强度与 PPO 相当,断裂伸长率为 97.3%,弯曲弹性模量为 2 479MPa,无缺口冲击强度为冲不断,均远优于 PPO。

3) 十溴二苯醚和三氧化二锑在 PC/ABS 中具有良好的协同阻燃作用,PC/ABS 合金阻燃性能达到了 V-0 级(优于 PPO 的 V-1 级),热变形温度和 PPO 相当,达到了 PPO 的使用要求。

3. 电视机壳体高抗冲聚苯乙烯专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 高抗冲聚苯乙烯(HIPS) 100;十溴联苯醚 20;Sb₂O₃ 5;丁苯橡胶 5;抗氧剂 0.2;其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 3-29)

表 3-29 电视机壳体高抗冲聚苯乙烯专用料性能

性 能	指 标	性 能	指 标
阻燃性能	V-0	冲击强度/(J/m ²)	120
拉伸强度/MPa	23	断裂伸长率(%)	23
弯曲强度/MPa	45.7		

(3) 效果 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,并且要有较高的强度和较好的介电性能,产品在使用过程中不能破损,不能产生裂纹,金属件与 HIPS 应结合良好,且符合尺寸公差。

4. 弹性体改性 HIPS 电视机壳体专用料

(1) 原材料与配方(质量份) HIPS 100;SBS 10~15;稳定剂 1~2;抗氧化剂 1~2;加工助剂 2.0;其他助剂 适量。

(2) 性能 不同 SBS 含量的改性 HIPS 的热变形温度见表 3-30。

表 3-30 不同 SBS 含量的改性 HIPS 的热变形温度

HIPS: SBS(质量比)	100:0	95:5	90:10	85:15	80:20
热变形温度/℃	84	83	83	82	80

改性 HIPS 的热性能受弹性体 SBS 组分影响很小。这可能是由于在改性 HIPS 多相体系中,作为分散相的 SBS(含有软段 B)对共混体系热变形温度起一定降低作用,而 SBS(硬段 S)有提高热变形温度作用,两种作用相互抵消,因此加入一定量的 SBS 对改性 HIPS 热变形温度影响不大。

(3) 效果

1) 选择适宜类型的 HIPS、SBS 及其他助剂,采用机械共混法可制备改性 HIPS 材料。

2) SBS 含量在 10% ~ 15% (质量分数) 的改性 HIPS 材料, 其缺口冲击强度、弯曲强度、硬度等指标可满足电视机壳的性能要求, 其热性能可保证实际应用。

3) SBS 含量在 10% ~ 15% (质量分数) 的改性 HIPS 材料, 其流变性能仍属于假塑性流体。在注射成型剪切速率范围内与未改性 HIPS 有相似的加工流动性。

4) 采用母料形式的改性 HIPS 替代 ABS 应用于电视机壳的注射成型, 可显著降低生产成本, 经济效益明显。

5) 选择适宜的注射成型工艺是改性 HIPS 电视机壳产品质量的保证。

5. 采用气辅注射成型的 HIPS 彩电外壳专用料

(1) 原材料与配方(质量份) HIPS 100; 增韧剂 5.0; 填料 5 ~ 8; 偶联剂 1 ~ 2; 稳定剂 0.5 ~ 1.0; 其他助剂 适量。

(2) 效果 经实际生产考核, 成品率提高, 可节省原材料 35% 以上。采用气辅注射成型的彩电外壳表面饱满无缩痕, 表面粗糙度低, 且生产工艺稳定, 重复性好, 制件结构强度高。经检测, 产品质量完全达到标准, 可以投入规模生产。

第五节 其他家电用塑料注射制品与专用料

1. 音箱聚丙烯专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 聚丙烯(PP) 100; EPDM 15; PP 接枝马来酸酐 10; POE 5; 滑石粉 120; 其他助剂 适量。

(2) 性能 PP 专用料的拉伸强度为 25.0MPa, 断裂伸长率为 90%, 简支梁缺口冲击强度为 5.5kJ/m², 密度为 1.34g/cm³, 洛氏硬度(HRR)为 90, 热变形温度为 132℃, 优于日本、韩国的同类产品, 综合性能最佳, 达到了音箱用料的使用要求。几种音箱用 PP 专用料的性能比较见表 3-31。

表 3-31 几种音箱用 PP 专用料的性能比较

性 能	PP 专用料	日本料	韩国料	青岛海信料
密度/(g/cm ³)	1.34	1.35	1.33	1.30
拉伸强度/MPa	25.0	22.5	23.8	21.5
断裂伸长率(%)	90	48	45	40
简支梁缺口冲击强度/(kJ/m ²)	5.5	5.3	4.2	4.0
洛氏硬度(HRR)	90	95	95	94
热变形温度/℃	132	106	98	98

注: 数据由青岛海信电器股份有限公司提供。

2. 聚苯乙烯录音磁带盒

(1) 原材料与配方(质量份) PS 100; 填料 1 ~ 3; 抗氧剂 0.5; 加工助剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 盒式录音磁带内外盒选用注射级聚苯乙烯(PS)为母料, 它是一种无色

透明的硬质粒料,透明度可达88%~92%,折光率为1.59~1.60,且聚苯乙烯(PS)属无定型聚合物,无明显熔点,熔融温度的范围宽且热稳定性较好,约95℃开始软化,120~180℃之间成为流体,300℃以上发生分解,成型收缩率为0.5%~0.8%。

3. 聚甲醛录音机滚轮

(1) 原材料与配方(质量份) 聚甲醛(M9004) 100; PTFE 4.0; 二硫化钼 3~4; 表面活性碳 0.2; 二甲基硅油 3~4; 其他助剂 适量。

(2) 性能 熔体流动速率为9~11g/(10min), 熔点为161℃, 成型收缩率为2.2%。

(3) 效果 滚轮是盒式录音机机芯输出转矩的关键零件,表面径向跳动要求严格。为了增加转矩减少打滑现象,外圆制有小齿条,这对改善机芯抖晃、防止磁带串夹很有好处。该零件用杭州磁记录厂生产的C4730注射机生产,一模8件。采用5MPa(表压)、料温185℃、注射保压6s、冷却14s、模温70℃的工艺条件生产,且零件需经55℃鼓风烘箱后处理4h。

4. 聚甲醛录音机气筒

(1) 原材料与配方(质量份) PMO(M900) 100; 精细 PTFE 10; 硅油 4.0; 分散剂 0.5; 加工助剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 熔体流动速率为7~14g/(10min), 熔点为164℃, 成型收缩率为3%。

(3) 效果 该零件是录音机开盒的速度调节器件,利用一活塞杆在气筒 $\phi 6.4^{+0.05}_0$ 内腔中作匀速运动,速度的快慢利用 $\phi 2.7$ 小孔处的泄放螺钉调整。此机构功能的好坏全由气筒内腔尺寸保证。为了保证尺寸精度,采用日本东芝IS25EP注射机,一模2件,全自动连续生产。采用7MPa(表压)、料温185℃、注射保压7s、冷却11s、模温70℃的工艺条件,零件经50~55℃鼓风烘箱内处理4h。内腔尺寸保持在6.42~6.44mm范围内。

5. PBT 电话交换机 K 系列微型模块

(1) 原材料与配方(质量份) PBT 100; 玻璃纤维 20~30; 偶联剂 1~2; 填料 1~5; 加工助剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 PBT工程塑料具有优良的综合性能,易于加工成型,品种较多,用途广泛,价格也比较低,因此在很短的时间内就以最高的增长速度发展成为五大通用工程塑料之一。尤其是FR-PBT各种强度成倍增长,如加入30%(质量分数)玻璃纤维后其拉伸强度提高1.4倍,热变形温度提高2.7倍。增强效果比聚苯醚、聚甲醛和聚碳酸酯好,这样就大大扩大了PBT的应用范围。现在各国生产的PBT,增强型比例高达80%以上,在增强型中,又集中发展玻璃纤维增强型。

PBT电性能优异,体积电阻率高,吸水率在工程塑料中几乎是最低的,且电性能不会因吸湿而下降。PBT离子型杂质含量极微,用于制作电器零件材料的外壳不会有不良影响。阻燃型PBT的阻燃级别可达UL94V-0级,因此是制作电子电器零部件的理想材料。加入10%~30%(质量分数)玻璃纤维增强的PBT耐热性高,热变形温度高达210℃,可在140℃下做结构材料长期使用。PBT成型收缩率小,尺寸稳定性好,制品内应力小,质量长期保持稳定,即使放入金属插件也没有问题,因此适宜做精密电器元

件。PBT 热稳定性好,流动性好,结晶速度快,故成型周期短,特别适宜制作薄壁且形状复杂的电器元件。PBT 注塑制品表面光亮,摩擦因数低,磨耗很小,故可做交换机模块。

6. PBT/PC 共混料制备电话配线模块塑件

(1) 原材料与配方

组分 A(质量份): PBT 100;玻璃纤维 30;偶联剂 1~2;阻燃剂 5.0~10;加工助剂 2.0;其他助剂 适量。

组分 B(质量份): PC 100;玻璃纤维 30;偶联剂 1~2;阻燃剂 5.0~10;加工助剂 2.0;其他助剂 适量。

共混比例(质量比): 组分 A: 组分 B = 3: 1

(2) 性能 采用注射成型工艺生产出的塑料构件经过测试,其性能见表 3-32。

表 3-32 PBT/PC 电话配线模块塑件的性能

项 目	测试条件	实测结果
阻燃性	施加火焰 30s, 离火 10s 内自熄	合格
耐高温性	在 55℃ 条件下, 存放 2h 后塑件外观无起泡、开裂、变形	合格
耐低温性	在 -25℃ 条件下, 存放 2h, 塑件外观无起泡、开裂、变形	合格
耐湿热绝缘性	在 (40 ± 2)℃、相对湿度 93% ± 3% 条件下, 存放 48h, 绝缘电阻 ≥ 2MΩ	合格
耐电压性	在交流 1kV、45 ~ 60Hz 条件下历时 1min, 无击穿和电弧现象	合格

7. 改性 PVC 录音机外壳与结构件

(1) 原材料与配方(质量份) PVC(TH-400) 100;改性剂 0~30;稳定剂 3~5;润滑剂 适量;加工助剂 2~4;着色剂 适量。

(2) 性能 作为录音机外壳的塑料,不仅要求具有良好的注射成型性能,而且还要求具有良好的二次加工性能。录音机外壳的表面二次加工包括:烫金、丝印、喷涂、电镀、粘接等。改性硬质 PVC 的二次加工性能见表 3-33。

表 3-33 改性硬质 PVC 的二次加工性能

实验项目	改性硬质 PVC	备 注
喷涂性	良 ⁺	广州中山大桥涂料厂的涂料
烫金	优	进口烫印箔
丝印	优	进口塑料油墨
粘接性	优	氯丁胶胶粘剂等
电镀	—	未测
着色性	优	
光泽度	优	高于 ABS、HIPS

(3) 注意事项

1) 使用改性 PVC 塑料在模具设计上最好采用直通式浇口, 大件制品一定要避免采用点浇口。

2) 注射机的螺杆应为直通式螺杆, 不宜用带有止逆阀的螺杆。

3) 注射机喷嘴直径不宜太小, 一般采用直径为 $\phi 7 \sim 8\text{mm}$ 喷嘴。

4) 长期生产时模具型腔表面应采取防锈措施, 防止有害气体引起的锈蚀, 延长模具的使用寿命。

8. ABS 磁盘外壳

(1) 原材料与配方(质量份) ABS 100; 填料 5.0; 抗氧剂 0.5; 稳定剂 0.5 ~ 1.0; 加工助剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 8.89cm 磁盘外壳由 ABS 注射而成, 其面积为 $94\text{mm} \times 90\text{mm}$, 厚度为 1.65mm, 显然属于薄壁塑料件, 且结构复杂, 厚度分布不均匀, 厚度变化范围为 0.70 ~ 1.70mm。同时尺寸精度高, 塑料件的尺寸公差一般为 $\pm 0.1 \sim \pm 0.2\text{mm}$ 。

9. ABS 显示器前框 1

(1) 原材料与配方(质量份) ABS 100; 阻燃剂 5 ~ 15; 分散剂 1 ~ 3; 填料 5.0; 加工助剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 要求塑料件的表面有一定手感或形状, 如绒毛漆的绒毛感、皮纹等。

要求塑料件的表面颜色、光泽均匀一致, 或有喷涂塑料漆的半平光、平光效果。

要求对塑料件的表面缺陷, 如熔接痕、料流痕、银丝、浇口处斑痕或光泽混浊、烧焦、浅表异物或污物等进行必要的表面处理。

10. ABS 显示器前框 2

(1) 原材料与配方(质量份) PPS 100; 玻璃纤维 30 ~ 40; 偶联剂 1 ~ 2; 增韧剂 2 ~ 5; 加工助剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 对玻璃纤维增强 PPS 制件进行后处理, 可显著提高制件的耐热性。如用增强 PPS 复合材料制成的有引线的线圈骨架, 处理前耐焊接时间为 10s, 在 260°C 经 6h 处理后, 耐焊接时间可达 90s。当然, 在加热后处理时, 温度和时间对制品尺寸有影响。但在 260°C 6h 处理后尺寸不再变化, 达到稳定状态。制件尺寸在处理前后的收缩率为 0.48% ~ 0.51%。

11. PC 结构泡沫塑料线路板抽屛

(1) 原材料与配方(质量份) PC 100; 发泡剂 3 ~ 10; 回收 PC 料 15; 相容剂 3 ~ 8; 加工助剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 密度为 $1.23\text{g}/\text{cm}^3$, 拉伸强度(断裂)为 42MPa, 弯曲强度为 76MPa。

12. 太阳能加热器专用料——光热转换塑料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100; 炭黑 5 ~ 15; 金属氧化物 10 ~ 15; 钛酸酯偶联剂 1.0 ~ 3.0; 抗氧剂 0.5 ~ 1.5; 润滑剂 1.0 ~ 3.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 3-34 和表 3-35)

表 3-34 太阳能光热转换塑料材料性能

性能指标		测试值	测试单位
光学性能	吸收率 α	0.94	上海机械学院太阳能研究所
	辐射率 ε	0.30	
热学性能	热导率/[W/(m·K)]	0.96	常州市产品质量监督检验所
电学性能	体积电阻系数/ $\Omega \cdot \text{cm}$	1.58×10^2	常州塑料研究所
	抗静电吸尘试验	不吸尘	
力学性能	断裂拉伸强度(25℃)/MPa	21.65	常州塑料研究所
	断裂伸长率(25℃,%)	3.3	
	断裂拉伸强度(120℃)/MPa	15.46	
	断裂伸长率(%)	12.5	
	断裂拉伸强度(-20℃)/MPa	2761	
	断裂伸长率(-20,%)	2.5	
耐候性	在纬度 31°47' 正南, 阳光下暴晒	9 年	常州市新能源器材厂

表 3-35 家用太阳能塑料热水器热性能试验结果

性能指标	测试值	性能指标	测试值
容量/(m/kg)	78.4	平均日效率(%)	54.3
初始贮水温度/℃	28.4		
终止贮水温度/℃	57.1	平均热损系数/[W/(m ² ·K)]	2.34

(3) 效果

1) 用太阳能光热转换塑料材料制成的集热体, 使家用热水器获得了较高的平均日效率, 约为 54.3%。

2) 家用热水器由于集热体、隔热体、防护体、贮水箱等都采用塑料和塑料复合材料, 所以具有较低的平均热损系数, 即为 2.34W/(m²·K), 是其他材料热水器难以比拟的。

3) 家用热水器具有优良的抗老化性, 历经 9 年仍能继续使用。

4) 太阳能塑料热水器具有不结硬水垢的特性, 并由西安交通大学热过程研究试验证实, 从而使热水器具有稳定的热性能。

13. PC/ABS 手机充电器专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PC 50~80; ABS 20~50; 十溴二苯醚 13; 阻燃协效剂 5; 增容剂 5~15; 抗氧剂 0.5~1.5; 分散剂 1.0~2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 3-36)

表 3-36 PC/ABS 手机充电器专用料的性能

项 目	检测结果	项 目	检测结果
缺口冲击强度/(kJ/m ²)	40	热变形温度(1.82MP)/℃	110
拉伸强度/MPa	52	球压痕硬度(20N, 125℃)/mm	1.5
弯曲强度/MPa	69		
垂直燃烧性	FV-0	成型收缩率(%)	0.6

14. 聚氯乙烯霓虹灯管专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 聚氯乙烯(PVC) 100;增塑剂 40~60;热稳定剂 2.0~2.5;润滑剂 0.5~1.5;抗氧剂 0.08~0.12;紫外线吸收剂 0.05~0.08;颜料 适量;其他助剂 适量。

(2) 性能 PVC 霓虹灯管属 PVC 透明软制品,加工方法通常采用挤出成型。PVC 霓虹灯管专用料的外观指标和物理性能指标见表 3-37 和表 3-38。

表 3-37 PVC 霓虹灯管专用料的外观指标

检测项目	指 标	检测项目	指 标
塑化	良好	粘连粒/个	<5
杂质、气泡	无		

表 3-38 PVC 霓虹灯专用料的物理性能指标

测试项目	指 标	测试项目	指 标
密度/(g/cm ³)	1.18~1.30	冲击脆化温度/℃	<40
拉伸强度/MPa	>15	200℃时热稳定时间/min	>60
断裂伸长率(%)	>160	低温(-25±2)℃试样断裂(%)	<5
透光率(%)	>83	抗干热性能(100℃,24h)	不变色
体积电阻率(200)/Ω·cm	>1×10 ¹²	邵氏硬度(H _A)	5~80
介电强度/(kV/mm)	>20		

15. 聚对苯二甲酸丁二醇酯节能灯专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 聚对苯二甲酸丁二醇酯(PBT) 100;增韧剂 3.0~3.6;遮光剂(TiO₂) 6~8;其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 3-39)

表 3-39 不同 PBT 的产品性能

项 目	PBT-1	PBT-2	PBT-3	PBT-4
相对黏度	1.70	1.19	1.19	1.16
MFR/[g/(10min)]	12.49	7.40	7.23	8.24
缺口冲击强度/(kJ/m ²)	9.2	7.2	9.1	9.1
弯曲强度/MPa	159.5	148.0	159.0	153.3
弯曲弹性模量/MPa	8 185	7 263	8 182	8 175
拉伸强度/MPa	117.7	116.2	114.4	116.5
断裂伸长率(%)	2.3	2.0	2.0	2.1
热变形温度/℃	234	234	214	213

16. 碳纤维增强聚甲醛(CF/POM)复印机导电导辊

(1) 原材料与配方

1) 主要原材料: 聚甲醛树脂(均聚) 美国杜邦公司; 碳纤维(PAN 基) 吉林碳素厂; 助剂 A 北京化工三厂; 助剂 B 天津力生化工厂; 助剂 C 天津试剂五厂。

2) CF/POM 复合材料基本配方(质量份): 聚甲醛树脂 100; 碳纤维 10~30; 助剂 A 0.2~0.5; 助剂 B 0.2~0.4; 助剂 C 0.3~0.4。

(2) 性能 聚甲醛(POM)的优点是具有高的弹性模量、高的刚性和硬度以及较好的冲击强度和耐疲劳性。以碳纤维增强后,性能更加突出,能取代有色金属如铜、铝制作的结构部件,在汽车、机械、电器上应用极为普遍。采用注射工艺,可研制出与日本同类产品(CE-20 复印机导电导辊)相媲美的 CF/POM 复合材料制品。CF/POM 复合材料综合性能比较见表 3-40。

表 3-40 CF/POM 复合材料综合性能比较

性 能	CF/POM	日本 CE-20	纯 POM
密度/(g/cm ³)	1.45	1.45	1.42
拉伸强度/MPa	68.8	76.0	67.0
弯曲强度/MPa	102.0	116.6	65.0
断裂伸长率(%)	2.8	2.0	7.5
缺口冲击强度/(kJ/m ²)	7.4	4.4	—
线胀系数/10 ⁻⁵ K ⁻¹	6.35	3.0~8.0	1.22
带电压半衰期/s	<0.1	0	—
体电阻率/ $\Omega \cdot \text{cm}$	5~55	70	10 ¹⁵

表 3-40 的结果表明: 研制的 CF/POM 复合塑料各项性能已达到日本同类产品水平。

17. PBT 干衣机绝热支架

(1) 原材料与配方(质量份) PBT(301-G20, 301-G30) 100; POE 5~10; 阻燃剂 5~8; 其他助剂 适量。

(2) 性能 在 PBT 生产的绝热支架上安装 PTC 加热元件,升温后观察绝热支架随温度上升外观变化的情况。

1) 以 301-G20 为原料的绝热支架表面温度升至 150℃时开始软化,190℃时塌落,时间 5min。

2) 以 301-G30 为原料的绝热支架表面温度升至 190℃时无明显变化,200℃时最靠近加热元件的部位稍有软化的趋势,维持 15min 未见塌落,完全可以满足干衣机吹风要求。

18. PC 自动煮蛋器透明罩

(1) 原材料与配方(质量份) PC(相对分子质量较低) 100; 抗氧剂 0.5; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能

1) PC 的结构特点。

①分子有对称结构,简单规整,可结晶。但因结晶条件很严格,所以在一般成型条

件下，PC 为无定型结构。

②PC 链节重复单元较长，且存在苯环，限制了分子的柔顺性。因此玻璃化温度、熔融温度均较高，熔体黏度较大。

③PC 链结构中，既有柔顺的碳酸酯链，又有刚性的苯环结构。因此使 PC 具有许多其他工程塑料所没有的优点，即具有韧而刚的力学特性。

④PC 链中具有羰基极性基团，电性能稍差，链中还有酯基，易吸湿水解。

2) PC 的工艺特点。

①PC 的热性能。PC 的玻璃化温度 T_g 为 150℃ 熔融温度为 215 ~ 225℃，分解温度为 343℃，因此 PC 的加工温度范围较宽。

②PC 的流变特性。PC 的熔体黏度较高，可达 $10^4 \text{Pa} \cdot \text{s}$ (一般塑料只有 $10 \sim 10^2 \text{Pa} \cdot \text{s}$)，因此所需注射压力比较高，且熔体黏度对剪切速率的依赖性较小。

③由于分子结构中有酯基，所以 PC 原料吸湿(室温下的平衡吸水率为 0.3%)，成型前需严格干燥。

④注射成型加工时 PC 为无定型结构，由于分子刚性大，熔体黏度大，加工成型具有一定的特殊性，加工应按特定工艺条件进行。

19. 聚丙烯蓄电池外壳专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP(EPF30R) 100；成核剂 0.25；抗氧剂 适量；其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 3-41)

表 3-41 抗冲击 PP 性能比较

性 能		EPF30R	ZK1240D	AY-56
$MFR/[g/(10\text{min})]$		12	12	15
拉伸屈服强度/MPa		25	22.5	23
拉伸屈服伸长率(%)		380	490	100
弯曲弹性模量/MPa		1 111	1 001	1 000
悬臂梁缺口冲击强度/(J/m)	23℃	46	85	70
	-20℃	22	45	22
洛氏硬度		72	70	75

20. 尼龙 1010 电池壳

(1) 原材料与配方(质量份) 尼龙 1010 100；抗氧剂 1 ~ 5；填料 5 ~ 10；稳定剂 0.5 ~ 1.0；加工助剂 1 ~ 2；其他助剂 适量。

(2) 性能 XYG45 碱性蓄电池，主要用作航空作战应急。电池壳的技术要求是有足够的强度，能承受 0.3MPa 气压；外观应呈半透明状，颜色均匀一致，表面应平整光滑，无流痕、起皮和划痕，不允许有银丝、油纹、气泡和黑点。该电池壳的形状为长方体，其尺寸为 141mm × 51mm × 47.5mm，壁厚为 3mm。

21. AS 轴流风扇

(1) 原材料与配方(质量份) ABS 100; 玻璃纤维 2.0; 偶联剂 1~2; 填料 5~10; 加工助剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 家电一般都使用塑料轴流风扇, 如排气扇、电风扇、空调器等。风扇有两个主要性能指标——动平衡和轴向跳动, 它们是直接引起风扇工作时产生噪声和振动的主要原因。如何改善风扇的这两个性能指标, 是塑料风扇注射加工工艺上的技术难关。在不考虑其他因素情况下, 风扇的轴向跳动(静态)应控制到不大于 1mm; 动平衡可通过加铝片补偿(控制加片量不超过 5g), 加片后动平衡应控制到小于 25 个数字(数字越小, 噪声越小)。此时 0.74kW(1 匹)塑料轴流风扇工作时的振动和噪声即可满足产品性能要求。

第四章 机电产品用塑料注射制品与专用料

第一节 机电产品通用塑料注射制品与专用料

一、机电产品用聚乙烯注射制品与专用料

1. 超细 CaCO_3 填充改性 HDPE 机电部件专用料

(1) 原材料与配方 (质量分数,%) HDPE 92; CaCO_3 3.0; PE-g-MAH 3.0; DCP 1.0; 钛酸酯偶联剂 1.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 冲击强度为 12.3kJ/m^2 , 维卡软化点为 126°C , 拉伸强度为 25.3MPa , 断裂伸长率为 40%。性能与 ABS 接近, 但价格便宜, 可用于代替 ABS 制备机电罩类制品。

2. 电气部件用 LDPE 填充/阻燃剂专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) LDPE 100; $\text{Al}(\text{OH})_3$ 40 ~ 60; CPE 20 ~ 30; Sb_2O_3 10; 填料 10 ~ 20; 其他助剂 适量。

(2) 性能 邵氏硬度 (H_A) 为 85, 断裂伸长率 >400%, 拉伸强度 >10MPa, 热老化性能保留率 (120°C , 168h) 为 80%, 氧指数为 30%, 体积电阻率为 $10^{13}\Omega\cdot\text{cm}$, 冲击电压为 20kV/mm , 可用于电气非承力件。

3. 机械制品用超高相对分子质量聚乙烯 (UHMWPE)

(1) 原材料与配方 (质量份) UHMWPE (M-11) 100; Sb_2O_3 4; 十溴联苯醚 15 ~ 20; 硬脂酸 10; 硼酸锌 6; 偶联剂 0.5; 加工助剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 氧指数为 26.3%, 燃烧等级为 FV-0, 拉伸强度为 15.7MPa , 断裂伸长率为 182%, 冲击强度为 170MPa , 适用于制备机械部件。

4. 超高相对分子质量聚乙烯填充模塑料

(1) 原材料与配方 (见表 4-1)

表 4-1 原材料与配方

原材料	配方 1 (质量分数,%)	配方 2 (质量分数,%)	配方 3 (质量分数,%)	配方 4 (质量分数,%)	配方 5 (质量分数,%)
超高相对分子质量聚乙烯(UHMWPE)	80	92	70	72	62
玻璃微珠	20	—	20	20	20
二硫化钼	—	8	—	8	8
铜粉	—	—	10	—	10

(2) 性能 超高相对分子质量聚乙烯具有许多优良性能, 如耐磨损、耐腐蚀、耐冲击、自润滑、摩擦因数小等。

填充填料后的 UHMWPE 材料耐磨性提高 40% (即摩擦因数由 0.7 降至 0.5~0.4), 热变形温度提高近 40%, 且成本降低。

1) 添加铜粉对超高相对分子质量 PE 摩擦因数无影响, 但有利于热传导, 并且能减少黏弹体的滞后能耗生热。

2) 添加超细玻璃微珠可使超高相对分子质量 PE 摩擦因数略有增加, 但能大大提高其耐磨性和耐热性。

3) 添加二硫化钼可使超高相对分子质量 PE 摩擦因数明显降低, 减少发热, 从而提高了 pv 值。

4) 对于轴套来说最好是同时添加三种添加剂, 这样可大大提高其综合性能。

(3) 应用 广泛应用于纺织、造纸、化工、矿山等领域, 用于制作滚轮、轴瓦、轴套、皮结、梭子、滤板、导轨及齿轮等零部件。

用配方 5 先后研制出以下部件: ①蜂窝煤机的拐轴轴套、小轴套、立柱滑瓦等。②矿用地滚轴承。原地滚轴承为滚动轴承, 因工作条件恶劣, 轴承经常损坏, 出现卡死不转或转动不灵活等现象。改为 006 号超高相对分子质量聚乙烯轴套后无需润滑且运转灵活。③矿车轴承。④托辊轴承, 可替代原 204[#]、205[#]、305[#] 滚动轴承。

矿车轴承和皮带机托辊轴承也都因工作条件恶劣时常损坏, 改为超高相对分子质量聚乙烯轴套后, 通过试应用效果良好, 特别是皮带机托辊轴承运转灵活, 从根本上克服了原托辊卡死不转的现象。

5. 电气部件用 PE 抗静电专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) HDPE 100; 白油 0.2; 正醇月桂酸胺抗静电剂 0.5; 颜料 1~2; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 23MPa, 撕裂强度为 20MPa, 体积电阻率 $< 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$, 自熄, 不易着火, 可用于制备非承力件。

6. 矿山制品用 LDPE 抗静电专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) LDPE 100; 抗静电剂 Hz 1~3; 炭黑 30~40; 颜料 0.5~1.0; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 体积电阻率 $\leq 102 \Omega \cdot \text{cm}$, 表面电阻率 $\leq 103 \Omega$, 维卡软化点 $> 81^\circ \text{C}$, 适用于制作非结构制品。

7. LDPE 电磁屏蔽专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) LDPE 100; 不锈钢纤维 8~15; 偶联剂 0.5~1.0; 炭黑 10~15; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 电磁屏蔽效能达 22dB 以上, 拉伸强度为 2MPa, 可用作非承力件。

8. LDPE/镍粉电磁屏蔽专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) LDPE 76; 镍粉 ($10 \mu\text{m}$) 24; 炭黑 10~15; 填料 5~8; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 电磁屏蔽效能为 25dB, 体积电阻率为 $20\Omega \cdot \text{cm}$, 拉伸强度为 19.8MPa, 断裂伸长率为 8.3%, 适用于非结构制品。

9. HDPE/磺酸掺杂聚苯胺导电专用料 1

(1) 原材料与配方 (质量份) HDPE 80.5; 磺酸掺杂聚苯胺 10~15; HDPE-g-MAH 5.0; PE 蜡 1.0; 抗氧剂 0.5; 其他助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 26MPa, 断裂伸长率为 286%, 体积电阻率为 $2.9 \times 10^7\Omega \cdot \text{cm}$, 适用于制备电气或矿山用品。

10. HDPE/磺酸掺杂聚苯胺导电专用料 2

(1) 原材料与配方 (质量份) HDPE 100; 聚苯胺/膨胀石墨 5~10; 炭黑 10; 填料 5~10; 抗氧剂 0.5; 其他助剂 适量。

(2) 性能 力学性能良好, 电阻率低, 电导率可达 $1 \times 10^{-3}\text{S}/\text{cm}$, 适用于制备电气制品。

11. LDPE 导电专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) LDPE 100; 镍粉 10; 炭黑 10; 偶联剂 1~2; 抗氧剂 0.5; 聚乙烯蜡 5.0; 多晶铁纤维 10; 其他助剂 适量。

(2) 性能 力学性能良好, 体积电阻率为 $10\Omega \cdot \text{cm}$, 适用于煤矿制品。

12. LDPE 电磁屏蔽专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) LDPE 100; 镍粉 10~15; 多晶铁纤维 12~15; 抗氧剂 1~2; 偶联剂 0.5~1.0; 聚乙烯蜡 0.5~1.0; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 力学性能良好, 拉伸强度为 12.5MPa, 电磁屏蔽效能为 37~56dB, 适用于电气设备、暗室制品的制作。

13. LLDPE 电磁屏蔽专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) LLDPE 100; 导电炭黑 10~20; 偶联剂 0.5~1.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 表面电阻率为 $6.2 \times 10^3\Omega$, 力学性能良好, 电磁屏蔽效能为 23dB, 适用于制作非结构制品。

14. 超高相对分子质量聚乙烯 (UHMWPE) 导电专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) UHMWPE 95; 纳米碳管 5.0; 加工助剂 1~2; 偶联剂 0.5~1.0; 分散剂 1~3; 其他助剂 适量。

(2) 性能 冲击强度比纯 UHMWPE 提高 45%, 体积电阻率为 $3.12 \times 10^5\Omega \cdot \text{mm}$, 导热性能显著提高, 适用于电子电气部件的制作。

15. UHMWPE 耐磨专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) UHMWPE 100; 二硫化钼 8; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 摩擦因数为 0.09, 耐磨性能优良, 适用于制作耐磨制品。

二、机电产品用聚丙烯注射制品与专用料

1. 硫酸钡填充聚丙烯复合专用料

(1) 原材料与配方 (质量分数,%) 超韧共聚聚丙烯 (P340-1) 7; 高流动性共聚聚丙烯 (J746) 27; EPDM (EPT4045) 6; BaSO₄ (20 μ m) 60; 钛酸酯偶联剂 (NDZ-101) 适量。

(2) 性能 硫酸钡填充聚丙烯材料是一种高填充兼有高刚度、高韧性、高断裂伸长率的新型专用料。

(3) 应用 硫酸钡填充聚丙烯材料在家电、塑料建材及民用生活领域有广泛的应用前景。

2. 滑石粉填充均聚聚丙烯专用料

(1) 原材料与配方 (质量分数,%) 均聚型聚丙烯粉料 [$MFR = 1.5 \sim 2.0g/(10min)$] 65; 降解母粒 [$MFR = 40g/(10min)$] 2; 分散剂、润滑剂等 3; 树脂级滑石粉 30; 其他化工助剂 适量。

(2) 性能 滑石粉填充均聚聚丙烯专用料的性能见表 4-2。

表 4-2 滑石粉填充均聚聚丙烯专用料的性能

项 目	纯 PP	填充 PP	项 目	纯 PP	填充 PP
密度/(g/cm ³)	0.907	1.085	线胀系数/K ⁻¹	1.5×10^{-4}	1.2×10^{-4}
拉伸强度/MPa	35	29	成型收缩率(%)	1.4×1.8	0.4×0.8
拉伸弹性模量/MPa	1400	4500	热变形温度 /°C	1.82MPa	57
冲击强度(20°C)/(kJ/mm)	13	13		0.45MPa	80
					90
					140

(3) 应用 滑石粉填充均聚聚丙烯专用料成本低廉, 适于注射成型, 可制成色彩鲜艳的着色制品。

3. TAS-2 光亮润滑剂填充聚丙烯专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) 聚丙烯 (EPS30R) 100; 滑石粉 (1250 目) 40; 载体树脂 5; 降温母料 3; 钛白粉 (R903) 3; TAS-2 光亮润滑剂 3; 抗氧剂 1010 0.1; 抗氧剂 168 0.1。

(2) 性能 该材料熔体流动速率高, 加工性能好, 力学性能较高, 表面光泽度较好, 综合性能优良。

(3) 应用 可应用于家用电器等领域。

4. 玻璃纤维增强聚丙烯专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) 聚丙烯 100; 玻璃纤维 27; KH-550 表面改性剂 0.3 ~ 0.5; RMT 0.7 ~ 1.0; PP-g-MAH 10; 抗氧剂 1010 0.15; 抗氧剂 DSTP 0.15。

(2) 性能 玻璃纤维增强聚丙烯的力学性能见表 4-3。

表 4-3 玻璃纤维增强聚丙烯的力学性能

项 目	技术指标	测试结果	项 目	技术指标	测试结果
玻璃纤维含量(%)	20 $\pm$ 2	21.5	压缩强度/MPa	≥ 50	122
弯曲强度/MPa	≥ 75	81.2	拉伸强度/MPa	≥ 35	43.7

(续)

项 目	技术指标	测试结果	项 目	技术指标	测试结果
吸水率(%)	—	0.092	密度/(g/cm ³)	—	1.03
悬臂梁冲击强度/(J/m)	—	127	维卡软化点/°C	10N	162
邵氏硬度(H _D)	—	52.4		50N	131

(3) 应用 在要求高刚度、高刚性的领域，玻璃纤维增强 PP 可代替高级工程塑料、金属、铸件、热固性树脂；在耐热、耐水、耐化学剂等方面，玻璃纤维增强 PP 主要用于汽车、家用电器等，如洗衣机带轮、过滤机板框、汽车发动机冷却风扇叶、汽车蓄电池和车蜗壳左右体等。特别是在汽车工业上的应用越来越受到人们的重视，这也是聚丙烯塑料的发展方向之一。

5. 聚丙烯电器阻燃专用料

(1) 原材料与配方（质量份） PP 100；FR-3 阻燃剂 10；助阻燃剂（Sb₂O₃）3.3；降温母料 5~15；分散剂 适量；防老化剂 适量。

(2) 性能 通过优选阻燃剂，利用阻燃剂复配技术，并辅之其他改性助剂，开发出了综合性能优良的电器用阻燃聚丙烯专用料。经国家权威部门检测，其综合性能达到了电器阻燃专用料的使用要求。电器用阻燃聚丙烯专用料的综合性能见表 4.4。

表 4.4 电器用阻燃聚丙烯专用料的综合性能

性 能		测 试 结 果	进口同类产品
阻燃性能	氧指数(%)	32.0	26
	水平燃烧	点火 30s, 离火自熄	—
	垂直燃烧	V-0 级	V-0 级
力学性能	拉伸强度/MPa	29.1	27
	断裂伸长率(%)	500	13
	悬臂梁缺口冲击强度/(J/m)	24.3	—
	弯曲强度/MPa	27.8	—
	弯曲弹性模量/MPa	1.15 × 10 ³	—
电性能	击穿电压/(MV/m)	25.3	—
	介电常数	2.22	—
	介质损耗因数	2.2 × 10 ⁻³	—
	表面电阻率/Ω	4.8 × 10 ¹⁵	—
	体积电阻率/Ω·cm	1.5 × 10 ¹⁷	—

由测试结果可以看出，研制的专用料氧指数为 32.0%，点火 30s，离火自熄，具有优良的阻燃性能；力学性能明显优于进口同类产品；电绝缘性能与纯聚丙烯相近，具有

优异的介电性能。

6. 聚丙烯电容器壳专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) PP 100; 滑石粉 40; 抗氧剂 0.01 ~ 0.1; 润滑剂 0.1 ~ 1; 助剂 适量; 偶联剂 适量。

(2) 性能 (见表 4-5)

表 4-5 电容器壳专用改性 PP 的技术指标

项 目	指 标	项 目	指 标
密度/(g/cm ³)	1.24 + 0.02	弯曲弹性模量/GPa	≥3.2
拉伸强度/MPa	≥31.0	热变形温度(0.45MPa)/°C	≥130
弯曲强度/MPa	≥61.5	冲击强度/(kJ/m ²)	≥4.5

7. 聚丙烯矿业制品抗静电专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) PP 100; 油酸聚二醇酯 0.6; 加工助剂 1 ~ 2; 抗氧剂 1010 0.5; 抗静电剂 1 ~ 3; 其他助剂 适量。

(2) 性能 力学性能良好, 体积电阻率为 $1.91 \times 10^6 \Omega \cdot \text{mm}$, 适用于矿山制品。

8. 抗静电 PP 电机风叶

(1) 配方 (质量份) PP 100; 导电炭黑 7.0; POE 15; 聚乙烯蜡 5.0; PP-g-MAH 5.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 弯曲强度为 9MPa, 冲击强度为 45kJ/m², 体积电阻率为 $1 \times 10^6 \Omega \cdot \text{mm}$, 综合性能良好, 可满足风叶使用要求。

9. 机电用复合抗静电剂 PP 专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) PP 100; 抗静电剂 HKD-580 0.2; EPDM 10; 抗静电剂 HKD-151 1.5; 抗氧剂 0.5; 其他助剂 适量。

(2) 性能 力学性能良好, 体积电阻率为 $8.571 \times 10^9 \Omega \cdot \text{mm}$, 适用于电气制品。

10. 机电用抗静电剂 PP 专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) PP 100; 白油 0.2; 加工助剂 1 ~ 2; HZ-1 抗静电剂 1.0; 抗颜料 适量; 其他助剂 适量。

(2) 性能 体积电阻率 $< 108 \Omega \cdot \text{mm}$, 力学性能良好, 适用于制备电气制品。

11. 电气部件用 PP 导电专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) PP 80; 环氧树脂 10; 玻璃纤维 10; 炭黑 8.0; 加工助剂 1 ~ 2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 体积电阻率为 $1 \times 10^3 \Omega \cdot \text{mm}$, 环氧树脂与玻璃纤维的加入可促进炭黑分散作用, 使材料的力学性能提高幅度较大, 且电性能良好, 适于作电磁屏蔽制品。

12. PP/LDPE 电磁屏蔽专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) PP 70; LDPE 20; 导电炭黑 10; 填料 10; PEO 8; 钛酸酯偶联剂 0.5; 加工助剂 1 ~ 2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 体积电阻率为 $1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{mm}$ ，拉伸强度为 23MPa，冲击强度为 16kJ/m²，可满足电磁屏蔽制品的性能要求。

13. PP 电磁屏蔽专用料 1

(1) 原材料与配方（质量份） PP 100；乙丙橡胶 10；炭黑 30；铝粉 20；PP-g-MAH 10；其他助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 25.48MPa，断裂伸长率为 3%，缺口冲击强度为 63.7J/m，电磁屏蔽效能（600MHz）为 30dB。

14. PP 电磁屏蔽专用料 2

(1) 原材料与配方（质量份） PP 100；铁纤维 20~30；EPDM 10；填料 5~10；加工助剂 1~2；其他助剂 适量。

(2) 性能 体积电阻率为 $4 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{mm}$ ，密度为 1.17g/cm³，拉伸强度为 28MPa，弯曲强度为 45MPa，断裂伸长率为 5%，电磁屏蔽效能为 60~80dB。

15. PP 电气制品专用料

(1) 原材料与配方（质量份） PP 53；滑石粉 12；不锈钢纤维 35；炭黑 10；加工助剂 2.0；其他助剂 适量。

(2) 性能 体积电阻为 $1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{mm}$ ，力学性能良好，耐磨性好，制品不变形、不挠曲，适用于电气工业和矿山制品。

16. 云母/玻璃纤维混杂增强聚丙烯潜水泵叶轮

(1) 原材料与配方（见表 4-6）

表 4-6 原材料与配方

原材料	配比(质量份)	状 态	原材料	配比(质量份)	状 态
聚丙烯	60~70	颗粒	云母	15~20	粉状
GRPP	15~20	颗粒	KH—550	0.1~0.3	液体

(2) 性能 GMRPP 与其他材料性能对比见表 4-7。

表 4-7 GMRPP 与其他材料性能对比

材 料 项 目	氧化铝 + GRPP	石墨 + GRPP	GRPP	GMRPP	MRP
拉伸强度/MPa	28.3	35.6	90.0	58.3	43.6
弯曲强度/MPa	67.2	86.7	97.0	92.3	65.6
弯曲弹性模量/MPa	2.8×10^3	2.5×10^3	3.3×10^3	4.2×10^3	7.3×10^3
球压痕硬度/MPa	—	—	—	0.676	0.633
线胀系数/K ⁻¹	—	—	—	2.47×10^{-5}	7.01×10^{-5}
热变形温度/°C	—	—	162	156	146
缺口冲击强度/(kJ/m ²)	—	—	9.0	8.4	4.7

由表 4-7 可以看出，GMRPP 材料在拉伸强度、弯曲强度、弯曲弹性模量三个性能指标方面比氧化铝、石墨填充 GRPP 有显著的提高，比单一玻璃纤维增强聚丙烯的弯曲弹性模量也有所提高。

GMRPP 材料的热变形温度较高而线胀系数较低。线胀系数的降低为潜水泵叶轮的模具设计带来了方便；热变形温度的提高为潜水泵叶轮的应用扩大了范围。

(3) 叶轮的性能与应用 GMRPP 与其他材料耐磨性对比见表 4-8，以其制作的叶轮与其他材料叶轮耐磨性的对比见表 4-9。

表 4-8 GMRPP 与其他材料耐磨性对比

性 能	聚丙烯	石墨填充 PP	GMRPP
磨痕宽度/mm	6.000	8.000	7.000
摩擦因数	0.281	0.312	0.290
磨损/mg	6.000	7.100	6.100
单位宽度磨损/(mg/mm)	1.00	0.888	0.310

表 4-9 GMRPP 叶轮与其他材料叶轮耐磨性对比

材料	叶轮	流量/(m ³ /h)	扬程/m	总质量/g	失重/g	总磨耗体积/cm ³
GRPP	运转前	25	合格	179.8	4.8	4.40
	运转后	23	有所下降	175.0		
铸铁 T2040	运转前	25	合格	1 085.0	23.0	3.13
	运转后	25	合格	1 062.0		
石墨填充 GMRPP	运转前	25	合格	203.2	0.8	0.66
	运转后	25	合格	202.4		
GMRPP	运转前	25	合格	198.6	1.7	1.41
	运转后	25	合格	196.9		

注：耐磨性试验是在万分之七含砂量和千分之一含固体杂质混浊水介质中，连续运转 403h，定额流量为 25m³/h 时测定的。

从表 4-8 和表 4-9 可以看出，GMRPP 材料的耐磨性较好。在实际运转情况下，潜水泵叶轮的总磨损体积：GRPP > 铸铁 T2040 > GMRPP > 石墨填充 GMRPP。

由于潜水泵叶轮使用场合特殊，对耐冲击磨损性有较高的要求。而玻璃纤维增强尼龙制作的潜水泵叶轮由于价格高，耐冲击磨损性能差，极性大，有吸水溶胀性，在叶轮运转时，容易被卡死，因而被淘汰。虽然玻璃纤维增强聚丙烯虽然基本上能够满足潜水泵叶轮材料的性能要求，但该材料的耐冲击磨损及轴承磨损性差，其叶轮的使用寿命仅为铸铁叶轮的一半，因此使用价值不大。传统的金属潜水泵叶轮，质量大、制造工艺复杂、成本高。而采用 GMRPP 材料制作的潜水泵叶轮就解决了这些问题，既可以节省金属材料，又可以提高生产效率，改善潜水泵叶轮的流道表面粗糙度，缩短生产周期，延

长潜水泵叶轮的使用寿命，同时降低产品的成本。

17. 增强聚丙烯工业零部件

(1) 原材料与配方（质量份） PP 100；玻璃纤维 20 ~ 30；偶联剂 0.5 ~ 1.0；填料 5 ~ 8；加工助剂 1 ~ 2；其他助剂 适量。

(2) 性能与应用 短玻璃纤维增强聚丙烯（GFR-PP）由于综合性能优良，成本较低，便于注射成型，因而用途十分广泛。主要制品有汽车灯具罩壳、空气导管、空气过滤器罩壳、风扇、洗衣机部件、泵壳、油泵叶轮、阀门、管件、油箱、毛纺管、齿轮等工业零部件。

三、机电产品用聚氯乙烯注射制品与专用料

1. 煤矿井下用 PVC 电缆挂钩

(1) 原材料与配方（质量份） PVC 100；DOP 4；TCP 4；MBS 15；Sb₂O₃ 4；SH105 5；稳定剂 3；其他助剂 3。

(2) 性能 煤矿井下用 PVC 电缆挂钩性能测试见表 4-10。

表 4-10 煤矿井下用 PVC 电缆挂钩性能测试

测试项目	测试结果	测试项目	测试结果
表面电阻率/ Ω	5×10^7	拉伸强度/MPa	36
氧指数(%)	>27		
缺口冲击强度/(kJ/m ²)	42	断裂伸长率(%)	48

2. 煤矿用 PVC 专用料 1

(1) 原材料与配方（质量份） PVC 100；DOP 5 ~ 8；CPE 10 ~ 20；炭黑（> 80 目）30 ~ 45；三碱式硫酸铅 2 ~ 3；二碱式亚磷酸铅 1 ~ 2；Ba/Cd/Zn 1 ~ 2；硬脂酸钡 0.5 ~ 1.0；硬脂酸 0.5 ~ 1.0；聚乙烯蜡 0.5 ~ 1.0；其他助剂 适量。

(2) 性能 体积电阻率 < $10^6 \Omega \cdot \text{mm}$ ，氧指数为 27%，力学性能良好，适于煤矿制品的制备。

3. 煤矿用 PVC 专用料 2

(1) 原材料与配方（质量份） PVC 100；MBS 5.0；增塑剂 5.0；润滑剂 1.5；抗静电剂 S-15 3.0；其他助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 52.5MPa，透光率为 86.5%，浊度为 3.9%，维卡软化点为 78.8℃，体积电阻率为 $2.3 \times 10^8 \Omega \cdot \text{mm}$ ，适用于煤矿抗静电产品的制备。

4. 煤矿抗静电 PVC 专用料

(1) 原材料与配方（质量份） PVC（S-1000）90；CaCO₃ 40；抗冲击改性剂 CPE 10；抗静电剂 5；三碱式硫酸铅 3；HSt 0.5；二碱式亚磷酸铅 2；石蜡 0.5；CA 抗氧剂 0.5。

(2) 性能 抗静电剂 HICD-813 的体积电阻率为 $6 \times 10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ ，抗静电剂 HK 的体积电阻率为 $7.5 \times 10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ ，抗静电剂 EB 的体积电阻率为 $3.7 \times 10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ ，抗静电剂

SN 的体积电阻率为 $8 \times 10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 。

5. PVC/炭黑矿用料

(1) 原材料与配方 (质量分数,%) PVC 67; 炭黑 18; CPE 8; ACR 2; 稳定剂 3; 润滑剂 1.5; 纳米填料 0.5。

(2) 性能 表面电阻率为 $6.7 \times 10^6 \Omega$, 冲击强度为 19kJ/m^2 , 拉伸强度为 44MPa 。

6. PVC/黄铜纤维煤矿专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) PVC 100; 黄铜纤维 5 ~ 15; 炭黑 10 ~ 15; 偶联剂 0.5 ~ 1.0; 抗氧剂 0.5; 加工助剂 适量。

(2) 性能 不同黄铜纤维含量 PVC/黄铜纤维导电塑料的体积电阻率见表 4-11。

表 4-11 不同黄铜纤维含量 PVC/黄铜纤维导电塑料的体积电阻率

黄铜纤维含量 (%)	10	12	14	16	18
体积电阻率/ $\Omega \cdot \text{cm}$	3.53×10^3	4.10×10^1	6.20×10^{-1}	1.32×10^{-1}	3.20×10^{-2}
黄铜纤维含量 (%)	20	21	22	24	25
体积电阻率/ $\Omega \cdot \text{cm}$	7.03×10^{-3}	2.22×10^{-3}	4.13×10^{-3}	1.98×10^{-3}	5.09×10^{-2}

7. PVC/碳纤维矿山专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) PVC 100; 碳纤维 30; 偶联剂 0.5 ~ 1.0; 增韧剂 10 ~ 15; 加工助剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 力学性能良好, 工艺性能良好, 导电率为 $1.25 \times 10^2 \text{S/cm}^2$ 。

8. PVC/锆铁氧体磁粉塑料磁铁

(1) 原材料与配方 (质量份) PVC 100; 锆铁氧体磁 88 ~ 90; 加工助剂 1 ~ 2; 偶联剂 1.0; 抗氧剂 0.5 ~ 1.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 最大磁能面积为 13kJ/m^3 , 矫顽力为 180kA/m , 剩磁为 260mT , 拉伸强度为 6.5MPa , 综合性能良好。

9. 机械用 PVC 耐磨专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) PVC (Geon103EP) 100; PVC (Geon131C) 10; 偏苯三酸三辛酯 70; 高氯酸钠 0.5; 2-羟基-4-辛氧基二苯甲酮 0.2; ZnSt 0.2; 月桂酸酰胺 0.1; 聚二甲基硅氧烷 0.1。

(2) 性能 静摩擦因数为 0.56, 动摩擦因数为 0.28, 滑动宽度为 0.05mm。

10. 机械用 PVC 低磨损专用料 1

(1) 原材料与配方 (质量份) PVC ($p = 2800$) 100; DOP 100; HDPE 20; Ba/Zn 2; CPE (Cl 含量为 4%) 2; 环氧大豆油 3。

(2) 性能 摩擦因数为 0.6, 硬度为 70, 弯曲 180° , 无白痕产生。

11. 机械用 PVC 低磨损专用料 2

(1) 原材料与配方 (质量份) PVC 100; Ba/Zn 3.0; DOP 75; 润滑剂 1.0; 环氧大豆油 3.0; CaCO_3 30; CPE 20; 二硫化钼 5 ~ 8; 加工助剂 1 ~ 2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 摩擦因数为 0.5，硬度为 70，耐磨性良好，可作机械耐磨非承力件。

四、机电产品用 ABS 注射制品与专用料

1. 铅酸蓄电池外壳用阻燃 ABS 专用料

(1) 原材料与配方（质量份） ABS 100；十溴二苯醚阻燃剂物增韧剂 10 ~ 15；Sb₂O₃ 协效剂 3 ~ 5；含氟高分子材料阻燃助剂 0.1 ~ 0.5；ABS 接枝马来酸酐相容剂 5.0；PB（聚丁二烯）接枝共聚 5.0；加工助剂 适量。

(2) 性能与效果 本配方可以生产适用于不同电池型号所要求的材料，与以前的材料相比，耐冲击性能最高达到 22kJ/m²，拉伸强度和弯曲强度提高 5% ~ 10%；外观光亮，无阻燃剂析出；热变性温度高达 83℃；具有良好的热密封性能和与胶水的粘接性能，有效地防止了硫酸的泄漏；具有较高的弯曲弹性模量，可以避免或减少电池在极端条件下的膨胀现象。

2. 电容器外壳用阻燃 ABS 专用料

(1) 原材料与配方（质量份） ABS 100；卤素阻燃剂 16；Sb₂O₃ 6；Al（OH）₃ 5 ~ 10；加工助剂 适量。

(2) 性能（见表 4-12）

表 4-12 电容器外壳用阻燃 ABS 专用料性能

性 能	指 标	性 能	指 标
氧指数（%）	27	熔体流动速率/[g/(10min)]	367
垂直燃烧等级	FV-0	拉伸强度/MPa	49.1
燃烧性 UL94	V-0	弯曲强度/MPa	66.0
热变形温度/℃	86	缺口冲击强度/(kJ/m ²)	4.6

3. 电气用十溴二苯乙烷/三氧化二锑阻燃增韧 ABS 专用料

(1) 原材料与配方（质量份） ABS 100；十溴二苯乙烷 12.8；三氧化二锑 3.2；ABS-g-MAH（高胶粉、丁二烯含量 60%）20。

(2) 性能 阻燃性为 UL-94 V-0，冲击强度为 250J/m，拉伸强度为 53MPa，断裂伸长率为 28%，熔体流动速率为 14.5g/(10min)。

4. 电气用溴化环氧树脂/三氧化二锑阻燃 ABS

(1) 原材料与配方（质量份） ABS（PA-757K）100；溴化环氧树脂 20；三氧化二锑 5.5；CPE 8；抗氧剂 0.5；DCP 0.5。

(2) 性能 拉伸强度为 47.3MPa，断裂伸长率为 3%，缺口冲击强度为 34.8J/m，弯曲强度为 50MPa，阻燃性为 UL-94 V-0，滴落性能为无滴落。

5. 电气用三嗪类阻燃 ABS 专用料

(1) 原材料与配方（质量份） ABS 100；三氧化二锑 2 ~ 3；2，4，6—三（2，4，6—三溴苯氧基—1，2，3—三嗪）10 ~ 15；填料 5 ~ 10；加工助剂 1 ~ 2；其他助剂 适量。

(2) 性能 氧指数为 29.2%，垂直燃烧为 UL-94 V-0，拉伸强度为 41.2MPa，弯曲强度为 67MPa，冲击强度为 13kJ/m²，耐光性好，外观洁白，表面无迁移，拉伸强度和冲击强度好于十溴二苯醚。

6. 电气用溴系阻燃 ABS 专用料

(1) 原材料与配方（质量份） ABS 80；十溴二苯醚（DBDPO）10；四溴双酚 A 双（2，3-二溴丙基）醚（TBAB）5；三氧化二锑 5。

(2) 性能 氧指数为 32.4%，冲击强度为 6.5kJ/m²，拉伸强度为 41.5MPa，弯曲强度为 67.1MPa，熔体流动速率为 2.7g/(10min)。

此配方比单用 DBDPO 时改善了阻燃性、冲击强度和流动性。

7. 电子与电气部件用高流动、高韧性阻燃 ABS 专用料

高流动、高韧性阻燃 ABS 专用料配方与性能见表 4-13。

表 4-13 高流动、高韧性阻燃 ABS 专用料配方及性能

项 目		配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5	配方 6
配方 (质量分 数,%)	ABS(PA-757)	80	67.5	70	70	70	70
	三氧化二锑	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
	十溴联苯醚	14.5	14.5	12	12	12	10
	磷酸三甲苯酯	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	氢氧化铝	1	1	1	1	1	1
	氧化锌	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	硼酸锌	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	EBS	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	SBS	—	12	—	—	—	—
	CPE	—	—	12	—	7	7
	PVC(TH-400)	—	—	—	12	5	5
	硬脂酸镁	—	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	纳米二氧化硅	—	—	—	—	—	2
性能	氧指数(%)	29	27	32	32	32	32
	UL-94	V-0	V-0	V-0	V-0	V-0	V-0
	拉伸强度/MPa	40.5	38.9	40.8	46.7	46.6	59.8
	断裂伸长率(%)	12	16	14	15	16	14
	弯曲强度/MPa	42	50.2	53	58.5	68	96.1
	弯曲弹性模量/MPa	2 000	1 978	1 986	2 270	2 310	3 600
	缺口冲击强度/(kJ/m ²)	10	15.1	18.3	16.3	23.6	36.2
	热变形温度/°C	85	83.2	84.5	83.7	84.2	96.5
	洛氏硬度	99	94.5	96.2	95.4	96.6	106
	熔体流动速率/[g/10(min)]	3.7	4.0	5.2	3.0	5.4	6.0

8. 电气用有机硅改性 ABS 阻燃专用料

(1) 原材料与配方 (质量分数,%) ABS (PA757) 76; TBAB [四溴双酚 A 双(2,3-二溴丙基)醚] 14; 三氧化二锑 6; SFR100 (有机硅树脂, 美国 GE) 4。

(2) 性能 (见表 4-14)

表 4-14 电气用有机硅改性 ABS 阻燃专用料性能

配 方	100 份 ABS/14 份 TBAB/5 份 三氧化二锑	100 份 ABS/14 份 TBAB/5 份三氧化 二锑/4 份 SFR100
氧指数 (%)	29.2	31.8
冲击强度/(kJ/m ²)	11.2	15.1

9. 电气用膨胀型阻燃剂无卤阻燃 ABS 专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) ABS 100; 聚磷酸胺/季戊四醇 (IFR) 30; 填料 5~10; 增韧剂 10; 加工助剂 适量; 其他助剂 适量。

(2) 性能 氧指数为 27.4%, 垂直燃烧为 UL-94 V-0。不同含量 IFR 对 ABS 性能的影响见表 4-15。

表 4-15 不同含量 IFR 对 ABS 性能的影响

性 能	IFR 含量(质量分数,%)					
	0	10	20	30	40	50
氧指数 (%)	17.7	22.0	25.6	27.4	29.7	42.2
垂直燃烧 (UL-94)	—	—	V-1	V-0	V-0	V-0
冲击强度/(kJ/m ²)	7.1	3.7	2.9	2.7	2.4	1.4
拉伸强度/MPa	52	47.1	39.3	33	31	23
弯曲强度/MPa	67	58	48	31	27	26
弯曲弹性模量/MPa	2 042	1 809	1 642	1 041	1 018	962.7

10. 电子与电气部件用多元无卤阻燃 ABS 专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) ABS 70; 膨胀型阻燃剂 (IFR) 30; 蒙脱土 (MMT) 4; ABS-g-AA 10。

(2) 性能 冲击强度为 4.5kJ/m², 拉伸强度为 37.1MPa, 断裂伸长率为 14%, 氧指数为 28.3%, 垂直燃烧为 UL-94 V-0, 燃烧状态为少量黑烟、无落滴。

11. 电子与电气用 ABS 专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) ABS 100; 膨胀型阻燃剂 20; 空心玻璃微珠 20; ABS-g-AA 5.0; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 (见表 4-16)

IFR 和空心玻璃微珠含量协调加入 40% 后阻燃性能达到要求, 性能均衡。

表 4-16 IFR20 份时不同空心玻璃微珠含量协同阻燃 ABS 的性能

空心玻璃微珠含量(质量分数,%)	0	10	20	30	40
冲击强度/(kJ/m ²)	2.9	2.2	1.7	1.5	1.3
拉伸强度/MPa	39.3	36.4	34.7	31.8	23.1
弯曲强度/MPa	48	58	53	51	50
弯曲弹性模量/MPa	1 642	1 900	1 924	1 941	2 077
熔体流动速率/[g/(10min)]	3.8	7.1	8.1	6.5	6.2
氧指数(%)	25.6	25.9	26.2	26.3	26.5

12. SBS 增韧膨胀型阻燃剂 (IFR)/空心玻璃微珠协同阻燃 ABS 电气专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) ABS 100; SBS 5.0; 空心玻璃微珠 20; IFR 2.0; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 冲击强度为 4.5kJ/m², 拉伸强度为 38.2MPa, 弯曲强度为 45MPa, 弯曲弹性模量为 1 802MPa, 熔体流动速率为 4.8g/(10min), 氧指数为 25%。

13. 酚醛环氧树脂无卤阻燃 ABS 电气专用料

(1) 原材料与配方 (见表 4-17)

表 4-17 酚醛环氧树脂无卤阻燃 ABS 专用料配方

原 材 料	配方 1(质量分数,%)	配方 2(质量分数,%)
ABS	85	80
酚醛环氧树脂(NE,F44)	6	8
间苯二酚双二苯磷酸酯(RDP)	9	12
抗氧剂(B215)	适量	适量

(2) 性能 (见表 4-18)

表 4-18 酚醛环氧树脂无卤阻燃 ABS 的性能

配 方	氧指数(%)	拉伸强度/MPa	冲击强度/(kJ/m ²)
纯 ABS	20	51.6	18.0
配方 1	37	45.4	7.6
配方 2	46	44.8	5.9

14. 热塑性酚醛树脂无卤阻燃 ABS 电气装备专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) ABS 100; 热塑性酚醛树脂 31; 微胶囊包覆红磷 3; 氢氧化镁 6。

(2) 性能 阻燃性为 UL-94 V-0, 拉伸强度为 39.2MPa, 断裂伸长率为 40%, 缺口冲击强度为 300J/m。

15. 纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 无卤阻燃 ABS 电气装备专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) ABS 100; 纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 变量; 硅烷偶联剂 (道康宁) 适量。

(2) 性能 不同含量纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的 ABS 专用料性能见表 4-19。

表 4-19 不同含量纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的 ABS 专用料性能

$\text{Mg}(\text{OH})_2$ 含量 (质量分数, %)	0	30	40	60	80
氧指数 (%)	22	25	27	28.5	31
发烟状况	大量浓烟、 滴落	少量浓烟、 滴落	黑烟多、 无滴落	黑烟少、 无滴落	黑烟很少、 无滴落

16. 机电部件用阻燃 ABS 专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) ABS 100; 包覆红磷 10; $\text{Al}(\text{OH})_3$ 20; 增韧剂 5 ~ 8; 加工助剂 1 ~ 2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 氧指数为 23.5%, 燃烧时黑烟少、无飞灰, 拉伸强度为 65MPa, 冲击强度为 $5.04\text{kJ}/\text{m}^2$, 断裂伸长率为 6.67%。

17. 电气/电子用微胶囊红磷/阻燃 ABS

(1) 原材料与配方 (质量分数, %) ABS (476L) 63.5; 微胶囊红磷 12; 氢氧化镁 8; 硅酮粉 4; 石墨 5; SBS 5; 硬脂酸镁 1; 二氧化钛 1.5。

(2) 性能 阻燃性为垂直燃烧 UL-94 V-0, 冲击强度为 $5.46\text{kJ}/\text{m}^2$, 拉伸强度为 31MPa, 断裂伸长率为 2%, 弯曲强度为 28MPa, 弯曲弹性模量为 2 219MPa, 熔体流动速率为 $2.6\text{g}/(10\text{min})$ 。

18. 机电设备用空心玻璃微珠阻燃 ABS

(1) 原材料与配方 (质量份) ABS 100; 空心玻璃微珠 10 ~ 60; 偶联剂 0.5 ~ 1.5; 增韧剂 5 ~ 10; 加工助剂 1 ~ 2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 (见表 4-20)

表 4-20 不同空心玻璃微珠含量阻燃 ABS 的性能

空心玻璃微珠含量 (质量分数, %)	0	10	20	30	40	50	60
冲击强度/ (kJ/m^2)	7.1	8.0	7.7	6.3	4.5	2.3	1.3
拉伸强度/MPa	52.0	51.0	47.0	41.9	35.5	29.0	24.6
弯曲强度/MPa	67	74	69	66	60	51	46
弯曲弹性模量/MPa	2 042	2 583	2 750	3 225	3 778	4 084	5 242
熔体流动速率/ $[\text{g}/(10\text{min})]$	5.4	5.3	5	3.9	2.7	2.0	0.72
氧指数 (%)	17.8	21.9	22.4	23.4	23.5	23.7	26.5

19. 煤矿制品用 ABS 抗静电专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) ABS 100; 碳纳米管 5.0; 增韧剂 5 ~ 8; 分散剂 1 ~

2; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 体积电阻率为 $1.03 \times 10^8 \Omega \cdot \text{mm}$, 力学性能良好, 适于制备盖罩类制品。

20. 煤矿制品用 ABS/碳纤维抗静电剂专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) ABS (PA-757) 100; 碳纤维 2~5; 膨胀石墨 20; 偶联剂 (KH-550) 0.5~1.5; 增韧剂 5~10; 其他助剂 适量。

(2) 性能 体积电阻率为 $1 \times 10^6 \Omega \cdot \text{mm}$, 拉伸强度为 39.27MPa, 断裂伸长率为 10%, 综合性能良好, 适于煤矿产品使用。

21. ABS 电磁屏蔽专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) ABS 100; 高结构超耐磨炭黑 30~40; 偶联剂 0.5~1.5; 增韧剂 5~10; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 电磁屏蔽效能为 6dB, 体积电阻率为 $1 \times 10^3 \Omega \cdot \text{mm}$, 综合性能良好, 适于制备电磁屏蔽制品。

22. ABS 电磁屏蔽专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) ABS 100; 炭黑 35; 钼粉 20; 偶联剂 1~2; 增韧剂 5~10; 其他助剂 适量。

(2) 性能 电磁屏蔽效能为 40dB, 体积电阻率为 $10^3 \Omega \cdot \text{mm}$, 力学性能良好, 适于制备电磁屏蔽制品。

23. ABS/镀镍碳纤维电磁屏蔽专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) ABS 100; 镀镍碳纤维 20; 偶联剂 0.5~1.5; 增韧剂 5~8; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 电磁屏蔽效能为 83dB, 力学性能良好, 适于制备电磁屏蔽制品。

24. ABS/云母电磁屏蔽专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) ABS 100; 镀铜镍云母 17.5; 偶联剂 0.5~1.0; 填料 5~6; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 电磁屏蔽效能为 40~60dB, 力学性能良好, 适于制备电磁屏蔽制品。

第二节 机电产品通用工程塑料注射制品与专用料

一、机电产品用聚酰胺注射制品与专用料

1. 通风机用尼龙 66 叶片

(1) 原材料与配方

1) 内芯材料配方 (质量份): 尼龙 66 100; 三氧化二锡 5~8; 三聚氰胺 7~8; 其他助剂 1~2。

2) 外层材料配方 (质量份): 尼龙 6 70~80; PTFE 粉 2~3; 铜粉 5~8; 三聚氰胺 5~7; MoS_2 1~2; 三氧化二锡 5~6。

(2) 性能 (见表 4-21)

表 4-21 尼龙叶片小样检测结果

检 测 项 目	实测值	标准值	检 测 项 目	实测值	标准值
酒精喷灯有焰燃烧时间/s	2.5	3	表面电阻率/ Ω	1×10^8	3×10^8
酒精喷灯无焰燃烧时间/s	0	20	扯断强度/MPa	72.2	
酒精灯有焰燃烧时间/s	0	6	粘接强度/MPa	6.1	
酒精灯无焰燃烧时间/s	0.05	20			

注：有焰、无焰燃烧时间均为 6 个试样的平均值。

表 4-21 表明，叶片小样性能符合 MT 113—1995 及其他相关标准要求。

2. 尼龙 6 纺织梭

(1) 原材料与配方 (见表 4-22)

表 4-22 原材料与配方

项 目	规格或型号	用量(质量份)	产 地
基体树脂	尼龙 6, 相对黏度 > 2.90 , 外观为米色或浅黄色	62 ~ 72	岳阳石油化工总厂
增强材料	玻璃纤维(E 型、中粗)	20 ~ 25	桐乡玻璃纤维厂
润滑剂	烷基酯及酰胺类化合物的掺混物	5 ~ 8	自配
抗静电剂	非离子和阴离子化合物的掺混物	5 ~ 8	自配
抗氧化剂	1010 和 1076	0.5 ~ 1.0	辽阳有机化工厂
加工改性剂	高分子乙烯蜡	0.5 ~ 1.5	成都专用蜡厂

(2) 性能 (见表 4-23)

表 4-23 尼龙 6 纺织梭专用料与压缩木、纯尼龙 6 及厂家要求材料指标的性能比较

项 目		尼龙 6 专用料	压缩木	纯尼龙 6	厂家要求指标
密度/(g/cm^3)		1.35 ~ 1.40	—	1.13 ~ 1.15	—
玻璃纤维含量(%)		25 ~ 28	—	—	—
冲击强度/(kJ/m^2)	无缺口	57 ~ 59	—	—	50 ~ 55
	有缺口	18 ~ 21	0.78	5.2 ~ 5.6	17 ~ 20
弯曲强度/MPa		188 ~ 190	127.4	110 ~ 120	180 ~ 185
拉伸强度/MPa		90 ~ 115	29.4	70 ~ 75	80 ~ 110
压缩强度/MPa		110 ~ 120	78.4 ~ 107.8	—	—
热变形温度(1.82MPa)/ $^{\circ}\text{C}$		188 ~ 192	—	65 ~ 68	185 ~ 190
表面电阻率/ Ω		1×10^9	—	1×10^{13}	$\leq 1 \times 10^9$
成型收缩率(%)		0.3 ~ 0.5	—	0.8 ~ 1.3	—
外观		浅黄色	—	米白色	—

由表 4-23 可知,专用料的耐冲击性能优异,可满足高速运行时梭体受到碰撞而不开裂的要求,弯曲强度、拉伸强度和压缩强度均比压缩木高得多,同时表 4-23 中所有数据皆达到或超过使用厂家规定的性能指标。专用料与纯尼龙 6 相比综合性能大幅度提高,体现了明显的改性效果。

(3) 效果

1) 以尼龙 6 为基体树脂制得的尼龙 6 纺织梭专用料替代优质木材生产纺织梭子完全可行。

2) 尼龙 6 纺织梭专用料配方设计合理,工艺路线简单,生产效率高,易于实现规模化生产。

3) 与木质梭相比,尼龙 6 纺织梭性能好,生产效率高,使用寿命长,综合效益好,便于推广应用。

3. 机械部件用高抗冲击增强尼龙 66 专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 尼龙 66 100;尼龙 66-接枝聚烯烃 15~20;玻璃纤维 10~30;无机矿物填料 5~15;其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 4-24)

表 4-24 抗冲击增强尼龙 66 工程塑料的主要力学性能

项 目	NP-G- II	NP-G- I	项 目	NP-G- II	NP-G- I
缺口冲击强度/(kJ/m ²)	24	5.9	弯曲强度/MPa	194.4	144.8
冲击强度/(kJ/m ²)	62	31	邵氏硬度	82	80
拉伸强度/MPa	122	29	热变形温度/°C	228	181
断裂伸长率(%)	21	18			

以上材料经用户使用证明满足了应用要求,为新产品开发提供了原料保证,以此代替用于结构部件的金属材料,可显著地降低材料成本和加工费用,具有显著的社会效益和经济效益。

(3) 应用 可用于机械滑动或耐磨制件。

4. 高刚性耐候超韧尼龙专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 尼龙[尼龙 6(75~55)/尼龙 66(25~45)] 100;增韧剂 15;相容剂 10;引发剂 0.02~0.25;抗氧剂 1.0~5.0;其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 4-25)

表 4-25 尼龙专用料与普通尼龙 6 的低温(-15°C 左右)性能比较

项 目	尼龙专用料	普通尼龙 6	项 目	尼龙专用料	普通尼龙 6
缺口冲击强度/(kJ/m ²)	12.9	5.8	拉伸强度/MPa	82.7	80.4
弯曲强度/MPa	106.8	111.4	断裂伸长率(%)	15.8	15

由表 4-25 可见,与普通尼龙 6 相比,尼龙专用料的弯曲强度、拉伸强度和断裂伸

长率基本不变，而缺口冲击强度有较大提高，比普通 PA 提高了 1 倍多，表明其耐低温韧性得到了明显改善。

(3) 应用 可用于制备运动机械部件和滑动机械部件以及电气零部件等。

5. 增韧尼龙专用料

(1) 原材料与配方（质量份） 尼龙 6 100；双功能用 PA6 增韧剂（SWR-3C）5 ~ 10；其他助剂 适量。

(2) 性能（见表 4-26）

表 4-26 SWR-3C 与国内外其他增韧剂^①对尼龙 6 的增韧效果比较

增韧剂	悬臂梁冲击强度 /(kJ/m ²)	拉伸强度 /MPa	断裂伸长率 (%)	弯曲强度 /MPa	弯曲弹性模量 /GPa
无	10.1	69.3	322.3	90.5	2.21
MN-493D	18.4	52.9	232.9	83.8	2.04
DEFB-1373	14.0	49.6	217.0	77.4	1.94
PC-8	17.0	59.5	210.0	82.8	1.95
SWR-3C	25.7	56.0	252.3	80.3	1.98

① 添加的增韧剂质量分数均为 10%。

(3) 效果与应用 各种增韧剂对尼龙 6 都具有一定的增韧效果。相对而言，双官能化尼龙增韧剂 SWR-3C 的增韧效果明显优于其他增韧剂，这是由于 SWR-3C 含有双功能活性基团，其中丙烯酸酯基团赋予其柔韧性，马来酸酐基团赋予其极性，因而 SWR-3C 与尼龙 6 相容性好，在尼龙 6 中能均匀分散，故而其增韧效果明显。

该专用料可用于制备机械耐磨或滑动制品。

6. 高强度机械结构制品尼龙 6/ABS/PC 合金专用料

(1) 原材料与配方（质量分数，%） 尼龙 6 30；PC 40；ABS 28；ABS-g-MAH 增容剂 1.0 ~ 2.0；改性剂 0.5；其他助剂 适量。

(2) 性能 国产尼龙 6/ABS/PC 合金与日本尼龙 6/ABS 合金的性能对比见表 4-27。由表 4-27 可看出，国产尼龙 6/ABS/PC 合金的力学性能优良，超过了日本孟山都公司的尼龙 6/ABS 合金。

表 4-27 国产尼龙 6/ABS/PC 合金与日本尼龙 6/ABS 合金的性能对比

项 目	国产尼龙 6/ABS/PC 合金	尼龙 6/ABS 合金 ^①
缺口冲击强度/(kJ/m ²)	13.6	12
拉伸强度/MPa	48	30
弯曲强度/MPa	75	39
弯曲弹性模量/GPa	1.90	1.10
热变形温度/°C	92	70
成型收缩率(%)	0.46	0.8
吸水率(%)	0.58	—

① 日本孟山都公司产品。

(3) 应用 该专用料可用于制备机械结构部件,也可用于制备电气零部件。

7. 可满足机械结构件要求的尼龙 6/聚苯醚合金专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) 尼龙 6 40~60;聚苯醚(PPO) 30~45;复合相容剂 3~6;增韧剂 5~10;其他助剂 0.1~1.0。

(2) 性能 用此配方制备的尼龙 6/PPO 合金综合性能好,冲击强度 $\geq 25\text{kJ/m}^2$,拉伸强度 $\geq 50\text{MPa}$,断裂伸长率 $\geq 50\%$,弯曲强度 $\geq 70\text{MPa}$,弯曲弹性模量 $\geq 1\ 680\text{MPa}$,热变形温度(1.82MPa) $\geq 160^\circ\text{C}$ 。

(3) 应用 该专用料可用于制备机械结构部件和电气零部件。

8. 碳纤维增强尼龙 66 专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 尼龙 66 79~94;碳纤维 5~20;偶联剂 1.0~1.5;抗氧剂 0.5~2.5;其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 4-28)

表 4-28 CFR 尼龙 66 与纯尼龙 66 的力学性能比较

项 目	纯 PA66	CF(质量份)		
		5	10	20
缺口冲击强度/(kJ/m ²)	11	19	25	31
洛氏硬度	85	105	118	136
拉伸断裂强度/MPa	86	132	180	234

(3) 应用 该专用料可用于制备机械与电气零部件。

9. 短玻璃纤维增强尼龙 66 专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 尼龙 66 100;玻璃纤维 15~40;硅烷偶联剂 1.0~2.0;其他助剂 适量。

(2) 性能 随着 GF 含量的增加,材料的拉伸强度不断提高;而冲击强度随着 GF 含量的增加,先是快速降低至最低点,然后随着含量增加缓慢提高到一个极点,随后在含量继续增大时,冲击强度降低;断裂伸长率随着 GF 含量的增加,先快速降低,到达一定程度后开始缓慢降低;热变形温度随着 GF 含量(小于 15%)的增加大幅度升高,当 GF 含量达到一定值后,热变形温度达到最高点并基本保持不变,这是由高分子材料自身的特性决定的。

(3) 应用 该专用料可用于制备机械与金属零部件。

10. 长玻璃纤维增强尼龙 6 专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 尼龙 6 100;高强度玻璃纤维 20~40;增容剂 4.0;其他助剂 适量。

(2) 性能 在短玻璃纤维增强尼龙 6 中,玻璃纤维品种对复合材料性能的影响较小;而在长玻璃纤维增强尼龙 6 中,这种影响却非常明显。高强玻璃纤维与无碱普通玻璃纤维增强尼龙 6 复合材料的性能见表 4-29。

表 4-29 高强玻璃纤维与无碱普通玻璃纤维增强尼龙 6 复合材料的性能

项 目	普通玻璃纤维	高强玻璃纤维
玻璃纤维含量(质量分数,%)	40	32.2
拉伸强度/MPa	160.2	208.4
弯曲强度/MPa	228.8	269.5
弯曲弹性模量/GPa	10.82	9.34
缺口冲击强度/(kJ/m ²)	16.1	29
冲击强度/(kJ/m ²)	45.6	63.4

注：玻璃纤维长度均为 10mm。

(3) 效果与应用 玻璃纤维品种不同，对复合材料性能的影响也不同，影响因素主要是玻璃纤维单丝强度和长径比。长径比不仅依赖于玻璃纤维直径，相同工艺条件下还与玻璃纤维强度有密切关系。在相同的剪切环境中，高强度玻璃纤维长度保持率高，复合材料中玻璃纤维的长径比大。玻璃纤维强度高，玻璃纤维断裂时消耗的能量大；长径比大，玻璃纤维抽出时消耗的能量也大。因此，高强玻璃纤维增强复合材料表现出较好的力学性能。

该专用料可用于机械与电气制件的制造。

11. 尼龙 6/高密度聚乙烯/EVA 三元共混改性专用料

(1) 原材料与配方（质量份） 尼龙 6 100；聚乙烯 15；EVA 2~4；其他助剂 适量。

(2) 性能 该专用料改性后冲击强度提高 30%~40%，拉伸强度也有明显升高，且专用料适用性更强。

(3) 应用 该专用料适用于机械与电气部件的制备。

12. 尼龙/三元乙丙橡胶改性专用料

(1) 原材料与配方（质量份） 尼龙 6/66 100；三元乙丙橡胶（EPDM）20~40；增容剂 5~15；其他助剂 适量。

(2) 性能（见表 4-30）

表 4-30 几种超韧尼龙物理性能对比

测试项目	拉伸强度 /MPa	缺口冲击强度 /(kJ/m ²)	弯曲强度 /MPa	热变形温度 (1.8MPa)/°C
美国杜邦 ST801	49	78(23°C)	49	57
		15(-40°C)		
90-8-266	49	78(23°C)	53	63
		16(-40°C)		
日本进口 UTN325	41	78(23°C)	33	—
		13(-40°C)		

(续)

测试项目	拉伸强度 /MPa	缺口冲击强度 /(kJ/m ²)	弯曲强度 /MPa	热变形温度 (1.8MPa)/°C
日本进口 UTN141	32	137(23°C)	42	—
		9(-40°C)		
超韧尼龙 66	49	79(23°C)	53	71
		15(-40°C)		
超韧尼龙 6	49	98(23°C)	51	57
		16(-40°C)		

(3) 应用 该专用料可用于传动部件与电气部件的制备。

13. 尼龙 66/EVA-g-MAH/绢云母专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) 尼龙 66 70; EVA 30; 马来酸酐 (MAH) 40; 绢云母 10~20; KH-570 偶联剂 适量; 其他助剂 适量。

(2) 性能与应用 尼龙 66 经改性后, 吸湿性明显改善, 力学性能及热性能有较大提高, 可满足机械部件, 特别是耐磨制品的使用要求, 也可用于电气零部件的制备。

14. 超高相对分子质量聚乙烯、聚氨酯-T 对尼龙 6 共混改性专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) 尼龙 6 90; 聚氨酯 (PUR-T) 10; 超高相对分子质量聚乙烯 (UHMWPE) 3.0; POE 3.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 在 POE 的存在下, 尼龙 6/PUR-T/UHMWPE 共混改性粒料的缺口冲击强度、弯曲强度都有大幅度的提高, 其中缺口冲击强度达到 14.55kJ/m², 为纯 PA6 (4.5kJ/m²) 的 3.2 倍; 同时 PUR-T 还赋予该共混改性粒料良好的断裂伸长率。总之, 两者共同作用的效果, 提高了尼龙 6/PUR-T/UHMWPE 共混改性粒料的综合力学性能。尼龙 6/PUR-T/UHMWPE 共混改性粒料的性能见表 4-31。

表 4-31 尼龙 6/PUR-T/UHMWPE 共混改性粒料的性能

项 目	数 值	项 目	数 值
缺口冲击强度/(kJ/m ²)	14.55	弯曲强度/MPa	117.60
拉伸强度/MPa	43.56	维卡软化点/°C	210
断裂伸长率(%)	35	硬度/MPa	117

(3) 应用 可用于耐磨和滑动制品的制备。

15. 增韧改性单体浇注尼龙专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) 己内酰胺 100; 十二内酰胺 10~30; 其他助剂 适量。

(2) 性能与效果 增韧改性单体浇注尼龙可以在绝热条件下, 通过己内酰胺与十二内酰胺以阴离子催化活化开环共聚制得。增韧改性单体浇注尼龙能较好地满足承受冲击载荷和低温室外使用的实际需要, 如可用于制作铁路器材和汽车部件等, 进一步拓宽

了尼龙材料的使用范围，是一种很有发展前景的工程塑料。

16. 增韧尼龙滑轮专用料

(1) 原材料与配方（质量份） 尼龙 66（EPR27）/尼龙 6 50 ~ 60；增韧剂（POE-g-MAH 与 EPDN-g-MAH）10 ~ 20；增容剂（PP-g-MAH）3.0；玻璃纤维 20；抗氧剂 0.5 ~ 1.0；其他助剂 适量。

(2) 性能（见表 4-32）

表 4-32 尼龙合金滑轮专用料的性能指标

项 目	指标要求	实际性能	项 目	指标要求	实际性能
拉伸强度/MPa	≥100	112	弯曲弹性模量/MPa	≥4 000	4 758
断裂强度/MPa	≥100	110	简支梁缺口冲击强度/(kJ/m ²)	≥20	25.27
拉伸弹性模量/MPa	≥5 000	6 280			
断裂伸长率(%)	≥8	9.37	成型收缩率(%)	0.2 ~ 0.3	0.27
弯曲强度/MPa	≥120	133	MFR/[g/(10min)]	≥5	7.56

(3) 效果与应用

1) 随着增韧剂含量的增加，尼龙合金的缺口冲击强度提高，但拉伸强度降低。

2) 随着 GF 用量的增加，尼龙合金的拉伸强度增加，但 GF 含量过高对制品形变和外观不利，选择 GF 质量分数为 20% 为宜。

3) 加工温度、螺杆转速和喂料量对尼龙合金的性能影响较大。

4) SEM 观察发现，尼龙合金中各组分分布均匀，相态连续；GF 与其他组分结合较好，无明显分层现象；各组分相容性良好。

5) 研制的尼龙合金滑轮专用料经市场推广试用合格，已经成功应用在割草机滑轮制品上。

17. LDPE-g-MAH/尼龙 6 共混合金专用料

(1) 原材料与配方（见表 4-33）

表 4-33 原材料与配方（质量分数,%）

配方	LDPE-g-MAH 接枝物	尼龙 6	配方	LDPE-g-MAH 接枝物	尼龙 6
配方 1	100	—	配方 3	60	40
配方 2	70	30	配方 4	—	100

(2) 性能（见表 4-34）

表 4-34 共混合金的拉伸性能

材 料	拉伸强度/MPa	拉伸弹性模量/GPa	屈服强度/MPa	断裂伸长率(%)
LDPE	7.94	0.03	6.54	300.99
LDPE-g-MAH/尼龙 6(90/10)	8.79	0.03	7.84	213.48

(续)

材 料	拉伸强度/MPa	拉伸弹性模量/GPa	屈服强度/MPa	断裂伸长率(%)
LDPE-g-MAH/尼龙 6(80/20)	9.92	0.04	8.94	148.23
LDPE-g-MAH/尼龙 6(70/30)	10.87	0.06	9.07	186.18
LDPE-g-MAH/尼龙 6(60/40)	22.65	0.16	17.25	418.54
LDPE-g-MAH/尼龙 6(50/50)	12.68	0.10	10.16	290.83

(3) 效果与应用

- 1) LDPE-g-MAH/尼龙 6 共混合金存在两个熔融峰。
- 2) LDPE-g-MAH/尼龙 6 合金初始熔融黏度较大，且随剪切速率的增大而下降。
- 3) 与纯 LDPE 相比，LDPE-g-MAH/尼龙 6 共混合金体系的力学性能提高明显，其中拉伸强度在尼龙 6 的含量达到 40%（质量分数）时达到最大值。

该专用料可用于机械与电气零部件的制作。

18. POE-g-MAH 增韧尼龙 6 改性专用料

- (1) 原材料与配方（质量份） 尼龙 6 100；POE-g-MAH 5 ~ 20；其他助剂 适量。
- (2) 性能与应用
 - 1) 制备 POE-g-MAH，最佳配方 MAH 含量为 1.50%（质量分数），DCP 含量为 0.25%（质量分数）。最佳工艺条件为温度 180℃，反应时间 8min，螺杆转速 80r/min。
 - 2) 在 POE-g-MAH 中加入共单体 St，接枝率可达到 1.02%。
 - 3) 尼龙 6/POE/POE-g-MAH 共混体系的缺口冲击强度较纯尼龙提高近 9 倍。

该专用料可用于电气与机械零部件的制作。

19. 聚苯硫醚/尼龙 66 共混改性专用料

- (1) 原材料与配方（质量份） 聚苯硫醚（PPS）60；尼龙 66 40；玻璃纤维 40；偶联剂 0.5；抗氧剂 0.1；润滑剂 0.3；其他助剂 适量。

(2) 性能（见表 4-35）

表 4-35 HT-PI 与 HT-4 性能比较

项 目	HT-PI	HT-4	项 目	HT-PI	HT-4
拉伸强度/MPa	159	157	冲击强度/(kJ/m ²)	58	44
弯曲强度/MPa	235	221	热变形温度/℃	250	259

注：HT-PI 为工业规模生产件的牌号，HT-4 为 40% 玻璃纤维增强 PPS 的牌号。

(3) 效果与应用

- 1) PPS 通过与尼龙 66 共混可提高韧性，而其他性能不会明显降低。
- 2) PPS/尼龙 66 合金的韧性并非随尼龙 66 的含量增加而提高，当尼龙 66 的含量超出一定值时，其韧性反而有所下降。

该专用料可用于机械设备和电气设备零部件的制作。

20. 钛酸钾晶须增强尼龙改性专用料

(1) 原材料与配方（质量份） 尼龙 100；钛酸钾（PTW）晶须 30；偶联剂 1.0 ~ 1.5；其他助剂 适量。

(2) 性能与效果 采用偶联剂处理 PTW 表面，改善了 PTW 晶须与尼龙的相容性，弯曲强度和拉伸强度随着晶须含量的增加而提高，起到了增韧作用，复合材料的热稳定性也得到了提高。晶须添加质量分数为 30% 时，显示出了较高的弯曲强度和拉伸强度。

随着 PTW 用量的增加，复合材料的力学性能明显提高。PTW 用量为 30%（质量分数）时，力学性能达到最优，弯曲强度提高 93%，拉伸强度提高 57%。硅烷偶联剂 KH-550 对 PTW 增强尼龙体系的偶联效果较好，偶联剂的适宜用量为 1.0% ~ 1.5%（质量分数）。

钛酸钾晶须的低成本制造、高性能化表面处理和低损伤加工工艺是今后研究的重点。另一个研究难点是应该注重理论与实验相结合，进行深入研究，建立多种增韧模型，探索开发新的晶须处理技术以改善晶须表面的特征和界面相容性，从而有效地控制晶须与基体的界面结合状态。

(3) 应用 该专用料可用于机械与电气零部件的制作。

21. 纳米蒙脱土改性尼龙专用料

(1) 原材料与配方（质量份） 尼龙 1212 100；纳米蒙脱土 4.0；其他助剂 适量。

(2) 性能与效果 蒙脱土的加入对尼龙 1212 有很好的增强增韧作用，同时，聚合时加搅拌所制备的复合材料性能比未加搅拌的性能有较大的提高，如缺口冲击强度提高了 9%、拉伸强度提高了 10%、拉伸弹性模量提高了 11%、断裂伸长率提高了 20%、弯曲强度提高了 29%、弯曲弹性模量提高了 24%、热变形温度提高了 11%，这归因于聚合时搅拌使得蒙脱土在尼龙 1212 中的分散更均匀、颗粒更细，这可从复合材料的 SEM 照片中反映出来。

(3) 应用 该专用料可用于机械与电气部件的制作。

22. 射钉弹弹夹尼龙 6 专用料

(1) 原材料与配方（质量份） 尼龙 6 100；PE 10；抗氧剂 1010 0.2；增容剂接枝 PE 2；润滑剂 0.1；颜料 适量。

(2) 性能 采用优选的配方和生产工艺生产的射钉弹弹夹专用料的性能见表 4-36。从表 4-36 可看出，以 PE 作为尼龙 6 的增韧剂，在保持射钉弹弹夹材料刚性的同时，材料韧性又得到了大幅度的提高，悬臂梁缺口冲击强度为 82kJ/m²。

表 4-36 射钉弹弹夹专用料的性能

项 目	数 据	项 目	数 据
拉伸强度/MPa	44.6	悬臂梁缺口冲击强度/(kJ/m ²)	82
断裂伸长率(%)	174	悬臂梁冲击强度/(kJ/m ²)	>97
弯曲强度/MPa	33.2	密度/(g/cm ³)	1.075

23. 聚乙烯改性尼龙 6 铁道轨枕专用料

(1) 原材料与配方（见表 4-37）

表 4-37 原材料与配方（质量份）

原材料	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5
尼龙 6	(纯)	10	9	8.5	8
聚乙烯	—	1	1	1.5	2

(2) 性能（见表 4-38）

表 4-38 尼龙 6 及 PE 改性后的机械强度

试 验 项 目	配方 1	配方 2	配方 3
拉伸强度/MPa	68.5	65.5	63.5
静弯曲强度/MPa	123.5	110.5	103.7
弯曲弹性模量/MPa	2.3×10^8	2.2×10^8	2.2×10^8
冲击强度/(kJ/m ²)	47	68.8	61.8
缺口冲击强度/(kJ/m ²)	11.1	10.6	9.6
冲击强度(经 -30℃C,2h)/(kJ/m ²)	46.5	57.5	60.1
缺口冲击强度(经 -30℃C,2h)/(kJ/m ²)	5.4	5.7	5.9

由表 4-38 可知，无论在常温还是低温条件下，经聚乙烯共混改性的尼龙 6，其冲击强度均得到大幅度提高，而拉伸强度和弯曲弹性模量只稍有损失，且能满足使用要求。

24. 阻燃、抗静电尼龙 6 柱靴

(1) 原材料与配方

1) 第一组材料配方（质量分数,%）：尼龙 6 15 ~ 35；玻璃纤维 20 ~ 30；阻燃母粒 20 ~ 25；抗静电母粒 25 ~ 30。

2) 第二组材料配方。

①柱靴内部材料配方（质量分数,%）：尼龙 6 50 ~ 60；玻璃纤维 20 ~ 30；阻燃母粒 10 ~ 20。

②柱靴外浸附层配方（质量份）：浸附剂 400 ~ 500；阻燃剂 200 ~ 265；抗静电剂 250 ~ 350；稀释剂 80 ~ 125；其他助剂 60 ~ 80。

以上配方中，阻燃母粒和抗静电母粒由特殊方法加工而成，它们与尼龙 6 掺混，可制成阻燃、抗静电尼龙 6。

(2) 性能与效果 三种材料性能比较见表 4-39。

表 4-39 三种材料性能比较

性能	柱靴内部材料	第一实验组材料	第二实验组材料
拉伸强度/MPa	125	43	125
弯曲强度/MPa	165	56	165
缺口冲击强度/(kJ/m ²)	10.2	5.2	10.2
阻燃性(UL94)	V-0	V-0	V-0
表面电阻率/Ω	1.6×10^{14}	1.1×10^8	6.4×10^6
玻璃纤维含量(%)	30	30	30

第一实验组材料各力学性能都明显低，所以不能作为制造柱靴的材料。第二实验组材料各力学性能优良，与阻燃、抗静电处理前没有改变，所以可作为柱靴材料。

通过上述两组材料的阻燃、抗静电实验和抗压实验可以看出，最适合做柱靴的是第二实验组材料。

第一实验组材料虽然阻燃、抗静电性能达到了要求，但是抗压实验达不到要求。原因主要是这种材料无机填料太多，已经超过 60%，而材料中尼龙 6 树脂比例太少，以致力学性能太低，所以不能用它制作柱靴。

第二实验组材料由于采用外加法，内部尼龙 6 材料性能不变，能满足柱靴的力学性能要求；外部浸附的阻燃、抗静电层坚固耐磨，附着力极强，不易磨损或脱落，能满足柱靴的阻燃、抗静电要求。结果表明，即使发生火灾烧掉阻燃、抗静电层，由于柱靴是用阻燃增强尼龙 6 制作的，也不会燃烧。柱靴用在煤矿井下与煤层接触，煤中存在大量炭。炭有导电性，有抗静电功能，即使阻燃、抗静电层被碰掉一块也不会发生危险。况且柱靴工作时是静止不动的，不易破坏阻燃、抗静电层。总之，第二组作为制造柱靴的材料是可行的。

25. 阻燃尼龙 6 电气配件专用料

(1) 原材料与配方（质量份） 尼龙 6 100；阻燃剂 10 ~ 30；增韧剂 5 ~ 10；抗氧剂 0.5；加工助剂 1 ~ 2；其他助剂 适量。

(2) 性能与应用 阻燃尼龙 6 具有可靠的阻燃性，阻燃等级达到 FV-0 级，且在火焰中不滴落，力学性能优良，是一种硬质韧性材料。阻燃尼龙 6 的电气绝缘性和耐热性均较突出，耐候性能、加工流动性和尺寸稳定性好，成型收缩率和制品内应力小，即使放入金属嵌件也无开裂现象，是制作电子电气零件的理想材料，特别适宜制作薄壁且形状复杂的电器元件。此外，阻燃尼龙 6 极易调色，能满足不同产品的外观标志要求，且着色不影响其综合性能。阻燃尼龙 6 的基本性能见表 4-40。

表 4-40 阻燃尼龙 6 的基本性能

性 能	指 标	性 能	指 标
阻燃性	FV-0	体积电阻率/ $\Omega \cdot \text{cm}$	10^{13}
缺口冲击强度/ (kJ/m^2)	5.8	介质损耗因数(1MHz)	2.5×10^{-2}
拉伸强度/MPa	52	介电常数(1MHz)	5.0
弯曲强度/MPa	90	成型收缩率(%)	0.4
热变形温度(1.82MPa)/ $^{\circ}\text{C}$	>70	密度/ (g/cm^3)	1.30 ~ 1.35
表面电阻率/ Ω	10^{13}		

在电气装置上应用时还必须同时满足用户依据行业有关标准提出的三项特性技术指标，即 125℃ 时的耐热性能、850℃ 时的耐燃性能、250V 时的耐漏电起痕性能。这三项指标是最终产品实际应用的特性要求，关系到电气装置件使用的可靠性和安全性，故检测要求是十分严格的。在选择电气装置件用材时，由于大多数材料并不能同时满足上

述三项指标,故以往均采用进口聚碳酸酯来生产电气装置件。但聚碳酸酯材料价格较高,并且耐环境应力较差,改用阻燃增强 PBT 来制作则又缺乏韧性使产品变脆,同时加工能耗增大且流动性相对变差。而采用阻燃尼龙 6 后,用户依据行业有关标准进行产品试样的三项特性指标检验,结果均达到要求。用于电气配件的阻燃尼龙 6 的特性检验结果见表 4-41。

表 4-41 用于电气配件的阻燃尼龙 6 的特性检验结果

项 目	检 验 指 标	检 验 结 果
耐热性能(125℃,1h,球压痕直径)	<0.2cm	0.1cm
耐燃性能(850℃±15℃,30s 灼热)	无焰、无光	无焰、无光
耐漏电起痕性能(250V,滴完 50 滴 NH ₄ Cl 溶液)	无飞弧、不击穿	无飞弧、不击穿

26. 尼龙 6 塑料塞

(1) 原材料与配方(质量份) 尼龙 6 100; 填料 5~10; 增韧剂 2~3; 偶联剂 0.5~1.0; 加工助剂 适量。

(2) 性能 Q/7A2-8 塑料塞是一个由 1Q/7A2-8 塑料螺母、2Q/7A2-8 橡胶钉、3Q/7A2-8 塑料帽按顺序组装而成的组合体,安装在 Z8 型机的机身腹部。塑料塞综合性能良好,可满足使用要求。

27. 玻璃纤维增强尼龙 66 联轴内齿

(1) 原材料与配方(质量份) 尼龙 66 100; 玻璃纤维 30; 偶联剂 0.5~1.0; 增韧剂 5.0; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 注射成型后经热处理和调湿处理,内齿精度良好,装配方便,可满足使用要求。

28. 玻璃纤维增强尼龙 66 轴承

(1) 原材料与配方(质量份) 尼龙 66 100; 玻璃纤维 30; 偶联剂 0.5~1.0; PEFT 3~5; 增韧剂 5~10; 其他助剂 适量。

(2) 性能与效果

1) 由玻璃纤维增强尼龙 66 制作的 6204 型复合材料滚动轴承模具,结构合理、制造容易、操作方便、造价低廉。

2) 玻璃纤维增强尼龙 66 复合材料滚动轴承注射成型工艺有生产效率高、成本低和质量稳定等优点。

3) 所制造的 6204 型复合材料滚动轴承试件,经疲劳试验和噪声试验检测,能满足轴承运行的各项要求,且性能优良。

29. 尼龙 610 阀杆螺母

(1) 原材料与配方(质量份) 尼龙 610 100; 玻璃纤维 20~30; 偶联剂 0.5~1.0; 二硫化钼 2~3; 增韧剂 5~10; 其他助剂 适量。

(2) 性能 尼龙 610 和青铜的性能比较见表 4-42。

表 4-42 尼龙 610 和青铜的性能比较

项 目	3-12-5 青铜	30% 增强 尼龙 610	项 目	3-12-5 青铜	30% 增强 尼龙 610
拉伸强度/MPa	180	176	剪切强度/MPa	—	87.6
静弯曲强度/MPa	—	358	冲击韧性(无缺口)/(kJ/m ²)	260	90
弯曲弹性模量/MPa	—	7 482	布氏硬度(HB)	60	10.44
压缩强度/MPa	—	172	马丁耐热温度/°C	—	197

30. 尼龙油泵叶轮

(1) 原材料与配方(质量份) 尼龙 1010 或 610 100; 玻璃纤维 20 ~ 30; 偶联剂 0.5 ~ 1.0, PTFE 3 ~ 5; 加工助剂 1 ~ 2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 聚酰胺塑料的主要性能见表 4-43。

表 4-43 聚酰胺塑料的主要性能

项 目	数 值		
	尼龙 1010	尼龙 66	尼龙 610
密度/(g/cm ³)	1.04	1.15	1.08
马丁耐热温度/°C	45	54 ~ 60	—
线胀系数/10 ⁻⁴ K ⁻¹	1.4 ~ 1.6	1.32	1.2
拉伸强度/MPa	50 ~ 60	66	60
弯曲强度/MPa	78 ~ 82	83	—
冲击强度/(kJ/m ²)	100	22 ~ 33	113

31. 机电用增强尼龙 6 专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PA6 64.5; 玻璃纤维 30; 丙烯酸酯超细粒子(100 ~ 150nm) 3.5; 双酚 A 型环氧树脂(CYD-012, 固态) 2。

(2) 性能 拉伸强度为 150.8MPa, 冲击强度为 25.6kJ/m², 弯曲强度为 192.9MPa, 弯曲模量为 6 764.5MPa。

该配方实现了强度、韧性、刚性、耐热同时提高。

32. 机电用增韧增强尼龙 66 专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PA66 48; PA6 10; GF 30; POE-g-MAH 5; EPDM-g-MAH 3; PE-g-MAH 3; 抗氧剂 1010 0.3; 抗氧剂 168 0.2; EBS 0.5; 其他助剂 适量。

(2) 性能 熔体流动速率为 8.03g/(10min), 收缩率为 0.23%, 拉伸强度为 121MPa, 断裂伸长率为 7.19%, 弯曲强度为 163MPa, 弯曲弹性模量为 5 749MPa, 简支梁缺口冲击强度为 27.42kJ/m²。

33. 长玻璃纤维增强尼龙 66 机电产品专用料

(1) 原材料与配方（见表 4-44）

表 4-44 原材料与配方

原材料	配方 1 (质量分数,%)	配方 2 (质量分数,%)	原材料	配方 1 (质量分数,%)	配方 2 (质量分数,%)
PA6	67.8	63.9	长玻纤(10mm)	32.2	32.1
PP-g-MA	—	4			

(2) 性能（见表 4-45）

表 4-45 长玻璃纤维增强尼龙 66 专用料性能

性 能	配方 1	配方 2	性 能	配方 1	配方 2
拉伸强度/MPa	208.4	208.6	冲击强度/(kJ/m ²)	63.4	68.7
弯曲强度/MPa	269.5	249.0	缺口冲击强度/(kJ/m ²)	29.0	32.3

34. 镁盐晶须增强 PA6 机电产品专用料

(1) 原材料与配方（质量份） PA6 100；镁盐晶须 10~30；偶联剂 0.5~1.0；增韧剂 5~10；加工助剂 1~2；其他助剂 适量。

(2) 性能 不同含量镁盐晶须和玻璃纤维增强 PA6 的性能见表 4-46。

表 4-46 不同含量镁盐晶须和玻璃纤维增强 PA6 的性能

增强材料含量(质量分数,%)		0	10	20	30
冲击强度/(kJ/m ²)	镁盐晶须	11	9.3	8.4	7.3
	玻璃纤维	11	9.0	8.2	7.1
拉伸强度/MPa	镁盐晶须	75	91	110	115
	玻璃纤维	75	95	105	110

从表 4-46 中可以看出：镁盐晶须对 PA6 冲击强度的影响小于玻璃纤维，镁盐晶须在含量超过 15%（质量分数）后增强效果好于玻璃纤维。

35. 晶须硅增强 PA6 机电产品专用料

(1) 原材料与配方（质量份） GFPA6 100；晶须硅 5~30；偶联剂 0.5~1.0；增韧剂 5~10；加工助剂 1~2；其他助剂 适量。

(2) 性能 不同晶须硅含量 GFPA6 的性能见表 4-47。

表 4-47 不同晶须硅含量 GFPA6 的性能

晶须硅含量(质量分数,%)	5	10	20	30
拉伸强度/MPa	87	97	107	110
冲击强度/(kJ/m ²)	6.2	7	7.6	7.7
莫氏硬度	22	24	26.2	27.5
马丁耐热温度/°C	62	65	72	80

从表 4-47 中可以看出,随晶须硅含量的增加,拉伸强度、冲击强度、刚性、硬度和耐热都增加,只是增加幅度没有玻璃纤维增强大。

晶须硅的价格仅为玻璃纤维的 $1/3 \sim 1/2$,可降低增强成本、防止玻璃纤维外露、制品翘曲、改善流动性,缺点为密度增大。如密度对产品很重要,建议与玻璃纤维混合使用,如 PA6/20% 玻璃纤维/15% 晶须硅。

36. 金属纤维/PA66 电磁屏蔽专用料

(1) 原材料与配方(见表 4-48)

表 4-48 原材料与配方

原材料	配方 1(质量分数,%)	配方 2(质量分数,%)	配方 3(质量分数,%)	配方 4(质量分数,%)
PA66	70	60	60	73 ~ 80
镀镍碳纤维	30	—	—	—
碳纤维	—	40	—	—
铝粉	—	—	40	—
铁纤维	—	—	—	20 ~ 27

(2) 性能(见表 4-49)

表 4-49 金属纤维/PA66 电磁屏蔽专用料性能

性 能	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4
体积电阻率/ $\Omega \cdot \text{cm}$	10	10^2	10^2	3×10^{-3}
屏蔽/dB	50 ~ 60	40	35 ~ 40	60 ~ 80

37. 钕铁硼改性 PA12 磁铁

(1) 原材料与配方(质量份) 快淬钕铁硼磁粉(美国 GM, KH-550 处理) 100; PA12 (3020, 日本宇部) 8; 聚酯多元醇类润滑剂 1.5; 金属硫化物类润滑剂 0.2; 抗氧剂 0.3; 磁粉包覆剂 适量。

(2) 性能 剩余磁通强度为 5.01kGy, 矫顽力为 4.25kA/m, 熔体流动速率为 79.3g/10min., 弯曲强度为 39.6MPa。

38. PA12/铁氧体粉塑料磁铁

(1) 原材料与配方(质量份) 铁氧体磁粉 90; PA12 10 ~ 15; DOP 0.5 ~ 1.0; 润滑剂 1 ~ 2; 加工助剂 1.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 利用该材料可制备成形状复杂的制品, 最大磁能面积为 $12\text{kT} \cdot \text{A/m}$, 剩余磁道强度为 0.26T, 矫顽力为 25.6kA/m。

39. PA6/快淬钕铁硼塑料磁铁

(1) 原材料与配方(质量份) PA6 5 ~ 10; 快淬钕铁硼磁粉 85 ~ 90; 润滑剂 0.5 ~ 1.5; 分散剂 1 ~ 2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 密度为 5.33g/cm^3 , 压缩强度为 145.7MPa, 最大磁能面积为 40kJ/m^3 ,

剩余磁道强度为 0.515T, 矫顽力为 321kA/m。

40. 机械用耐磨 PA66 专用料

(1) 原材料与配方 (见表 4-50)

表 4-50 原材料与配方

原材料	配方 1(质量分数,%)	配方 2(质量分数,%)	配方 3(质量分数,%)
PA66	97	95	85
硅油	3	—	—
二硫化钼	—	5	—
聚四氟乙烯	—	—	15

(2) 性能 (见表 4-51)

表 4-51 机械用耐磨 PA66 专用料性能

性 能	配方 1	配方 2	配方 3
动摩擦因数	0.12	0.35	0.22
静摩擦因数	0.2	0.3	0.2
磨耗/($\times 10^{-3}$ cm/h)	1.02	50.8	4.57
极限 pv 值	30 000	10 000	14 500

41. 机械用 PA66 耐磨专用料

(1) 原材料与配方 (见表 4-52)

表 4-52 原材料与配方

原材料	配方 1(质量分数,%)	配方 2(质量分数,%)	配方 3(质量分数,%)
PA66	40	90	72
石墨	60	—	20
二硫化钼	—	10	—
聚芳酯	—	—	5
玻璃纤维	—	—	3

(2) 性能 (见表 4-53)

表 4-53 机械用 PA66 耐磨专用料性能

性 能	配方 1	配方 2	配方 3
拉伸强度/MPa	14.4	26.7	15.5
压缩强度/MPa	44.5	92.1	45.7
线胀系数/(10^{-3} /K)	2.8	8.4	7.5
热变形温度/°C	240	210	225
介电强度/(kV/mm)	4.6	14	7.6
电导率/(S/m)	11	3	5

42. MC 尼龙轴瓦专用料

- (1) 原材料与配方（质量份） 己内酰胺（单体）100；纳米碳酸钙 2；氢氧化钠（催化剂）0.17；胶体石墨 0.6；TDI（活化剂）0.4；硅烷偶联剂（KH-550）适量。
- (2) 性能 MC 尼龙轴瓦专用料与纯 MC 尼龙的性能比较见表 4-54。

表 4-54 MC 尼龙轴瓦专用料与纯 MC 尼龙的性能比较

项 目	纯 MC 尼龙	MC 尼龙轴瓦专用料	项 目	纯 MC 尼龙	MC 尼龙轴瓦专用料
拉伸强度/MPa	74.7	80.2	硬度(HRM)	79.7	86.8
断裂伸长率(%)	30.3	9.4	冲击强度/(kJ/m ²)	16.2	13.3
压缩强度/MPa	102.4	104.4	密度/(g/cm ³)	1.15	1.17
弯曲强度/MPa	97.9	129.1			

注：在对磨速度和压力分别为 2.1m/s 和 120N 时，改性材料的摩擦因数和磨损体积分别提高 60% 和 17%。

43. MC 尼龙/陶瓷微珠机械耐磨专用料

- (1) 原材料与配方（质量份） MC 尼龙 100；陶瓷微珠 10；偶联剂 0.5~1.5；分散剂 0.5~1.5；加工助剂 1~2；其他助剂 适量。
- (2) 性能 MC 尼龙与陶瓷微珠改性 MC 尼龙性能比较见表 4-55。

表 4-55 MC 尼龙与陶瓷微珠改性 MC 尼龙性能比较

性 能	MC 尼龙	陶瓷微珠改性 MC 尼龙	性 能	MC 尼龙	陶瓷微珠改性 MC 尼龙
拉伸强度/MPa	55.5	61.1	热变形温度/°C	150	186
弯曲强度/MPa	74.4	85.5	磨损/mg	8.5	3.9
冲击强度/(kJ/m ²)	11.2	3.72	尺寸稳定性	较差	较好
断裂伸长率(%)	160	175	收缩率	较大	较小

二、机电产品用聚甲醛注射制品与专用料

1. 传动部件聚甲醛专用料

- (1) 配方与性能（见表 4-56）
- (2) 效果与应用 聚甲醛存在着一般热塑性塑料所具有的缺点，如热导率小、线胀系数大、耐热性能差等，在高速高载荷工作条件下难以应用。因此除了必须根据塑料的特性做合理设计外，选择一些合适的填充料进行改性，弥补它的缺点，进一步提高其性能是非常必要的。不同塑料在加入不同填料后，对其性能的改进程度不同。因此要得到预期的具有某种特殊性能的塑料，填料的选用必须经过仔细的试验研究。
- 以前曾选择二硫化钼、石墨、滑石粉等作为填料，但效果不佳。用不同量碳纤维、氟纤维、氟塑料粉、铅粉、氟粉等（以树脂 100 份为基础）加于聚甲醛中，做摩擦磨损性能与力学性能对比试验，结果证明聚甲醛较尼龙 66 有显著优越的摩擦磨损性能。

表 4-56 配方与性能

配方(质量份)	冲击强度 /(kJ/m ²)	硬度 (HRM)	压缩强度 /MPa	负载变形		马丁耐 热温度 /°C	线胀系数 /10 ⁻⁵ K ⁻¹		摩擦磨损		
				变形 (%)	回复量 (%)		0 ~ 40°C	40 ~ 80°C	磨损量 /mg	磨痕宽度 /mm	摩擦因数
聚甲醛(吉林石井沟联合化工厂)	99	75.8	121.5	2.22	64.2	56.5	10.9	14.2	7.0	6.4	0.44
聚甲醛 100 份 + 碳纤维 5 份	61	71.7	108.4	2.11	63.8	70.2	7.9	9.2	4.2	5.6	0.22
聚甲醛 100 份 + 碳纤维 2.5 份 + 氟纤维 2.5 份	76	70.2	106.1	2.14	62.6	62.7	8.8	11.9	5.8	5.9	0.20
聚甲醛 100 份 + 氟纤维 5 份	73	72.7	108.0	1.96	55.8	54.7	11.0	14.1	1.5	3.2	0.25
聚甲醛 100 份 + 玻璃纤维 6 份 + 氟纤维 2 份	66	70.4	92.0	—	—	79.0	7.86	8.1	27.3	8.8	0.43 *
聚甲醛 100 份 + 碳纤维 10 份 + 氟粉 5 份	67	68.4	89.8	—	—	76.8	5.88	6.68	12.6	6.7	0.26
聚甲醛 100 份 + 氟粉 5 份	55	70.0	79.9	—	—	60.0	10.6	14.5	1.7	3.1	0.23
聚甲醛 100 份 + 铝粉 10 份	68	66.2	89.4	—	—	66.0	7.6	—	64.6	11.2	0.31
聚甲醛 100 份 + 铝粉 10 份 + 氟粉 5 份	67	65.0	92.6	—	—	68.0	8.0	—	33.3	8.5	0.34
聚甲醛 100 份 + 铝粉 25 份	49	67.2	92.7	—	—	60.5	8.1	13.3	3.8	3.5	0.31
聚甲醛 100 份 + 铝粉 25 份 + 氟粉 5 份	77	66.8	86.8	1.38	73.8	58.5	9.3	13.8	3.3	2.9	0.22
聚甲醛 100 份 + 碳纤维 3 份 + 氟粉 5 份	81	68.7	91.2	—	—	62.0	7.4	11.0	8.0	4.6	0.20
聚甲醛(德国进口 HostaformC)	91	74.9	115.6	2.42	71.8	52.7	12.1	15.8	3.6	4.9	0.40
聚甲醛 100 份 + 碳纤维 10 份 + 氟粉 5 份	61	68.1	88.8	—	—	70.3	6.15	8.0	6.3	5.4	0.19
聚甲醛 100 份 + 碳纤维 10 份 + 氟纤维 5 份	47	69.4	86.0	—	—	74.5	5.65	6.44	4.2	4.8	0.29
尼龙 66(上海合成纤维一厂)	31	75.0	106.0	3.08	64.5	53.7	8.9	14.2	33.1	9.4	0.45 *
尼龙 66100 份 + 碳纤维 5 份	11	84.5	137.4	2.57	65.9	60.7	6.1	7.9	7.5	6.6	0.38 *

- 注：1. 各种性能指标是 3 ~ 5 次测量的平均值。
2. 由于各批测量时的室温条件不一样（0 ~ 35°C），故各项性能指标不能做绝对比较。
3. 有 * 号者表示数据波动较大或数值不稳定。
4. 部分试样有缩孔。
5. 全部试样都经后处理。
6. 填料的含量均以树脂 100 份为基础（质量份）。
7. 国产聚甲醛塑料在配方中均加入 0.5%（质量分数）“2246”和 0.1%（质量分数）双氰胺作稳定剂。

在聚甲醛中加进铝粉的目的在于提高其导热性能、光反射及防老化性，但对耐磨性能影响很大，因此不能使用。在塑料中加入玻璃纤维，可以提高刚性和耐热性，但在聚甲醛中加入玻璃纤维即使小于 6%（质量分数），除了耐热性有所提高、线胀系数相对下降外，摩擦因数增大，耐磨性下降，因此也不宜使用。碳纤维的作用与玻璃纤维相似，除了提高刚性和耐热性外，还能提高耐磨性，但加入量必须合适，含量太高反而恶化摩擦磨损性能。试验证明，碳纤维含量最好不超过 5%（质量分数）。在聚甲醛中加入聚四氟乙烯纤维或粉效果是很突出的，摩擦因数降低了 1/2，耐磨性提高了 3 倍多。但是对其他各项性能则补益不大，冲击强度还有所下降，收缩率也较大。聚四氟乙烯加于聚甲醛中，在滑动速度较低时，可以成十倍地提高 *pv* 极限值，因此是比较有前途的轴承材料。在聚甲醛加聚四氟乙烯的基础上，再加入适量金属铅粉，更进一步提高了材料的自润滑性、耐磨性、载荷承载能力及导热性，大大提高了轴承的性能。

2. 碳纤维增强聚甲醛复印机电导辊

(1) 原材料与配方（质量份） 聚甲醛树脂（POM）100；碳纤维（CF）10～30；助剂 A 0.2～0.5；助剂 B 0.2～0.4；助剂 C 0.3～0.4。

(2) 性能（见表 4-57）

表 4-57 CF/POM 复合料综合性能比较

性 能	样 品		
	CF/POM	日本 CE-20	纯 POM
密度/(g/cm ³)	1.45	1.45	1.42
拉伸强度/MPa	68.8	76.0	67.0
弯曲强度/MPa	102.0	116.6	65.0
断裂伸长率(%)	2.8	2.0	7.5
缺口冲击强度/(kJ/m ²)	7.4	4.4	—
线胀系数/10 ⁻⁵ K ⁻¹	6.35	3.0~8.0	1.22
带电压半衰期/s	<0.1	0	—
体积电阻率/Ω·cm	5~55	70	10.15

3. 超高相对分子质量聚乙烯/聚甲醛改性专用料

(1) 原材料与配方（见表 4-58）

表 4-58 原材料与配方

编号	POM	UHMWPE	PTFE	石墨	炭黑
配方 1(质量分数,%)	95	0	5	0	0
配方 2(质量分数,%)	93	0	5	2	0
配方 3(质量分数,%)	83	10	5	0	2
配方 4(质量分数,%)	83	10	5	2	0

(2) 性能与效果 (见表 4-59)

表 4-59 不同样品的摩擦性能

性 能		编 号			
		配方 1	配方 2	配方 3	配方 4
干摩擦	μ	0.24	0.24	0.23	0.20
	W	2.10	1.85	1.90	1.65
油摩擦	μ	—	0.05	0.05	0.05
	W	—	1.00	0.80	0.70

与纯 POM 相比, 配方 4 和单独用 PTFE 改性的 POM 的力学性能均有较明显降低, 前者降低约 20%。由于 UHMWPE 成本远低于 PTFE, 所以在一些使用温度较低的应用场合, 用 UHMWPE 取代部分 PTFE 以改善 POM 的摩擦性能是可取的。

(3) 应用 该专用料主要用于耐磨部件和滑动零部件的制备。

4. 纳米 CaCO_3 改性聚甲醛专用料

(1) 原材料与配方 (见表 4-60)

表 4-60 原材料与配方

原材料	配方 1 (质量分数, %)	配方 2 (质量分数, %)	配方 3 (质量分数, %)	配方 4 (质量分数, %)	配方 5 (质量分数, %)
POM	97	95	90	85	80
CaCO_3	3	5	10	15	20

(2) 性能 无论哪种粒径的 CaCO_3 , 其填充 POM 复合材料的弯曲强度和弯曲弹性模量均随着 CaCO_3 含量的增加而呈线性增加, 并且随着 CaCO_3 粒径的减小而提高。例如, 在 POM 中加入质量分数为 20% 的微米 CaCO_3 时, POM/ CaCO_3 复合材料的弯曲强度、弯曲弹性模量分别为 70MPa 和 3.0GPa; 而在 POM 中添加质量分数为 20% 的纳米 CaCO_3 时, 材料的弯曲强度增至 84MPa, 弯曲弹性模量为 3.5GPa, 分别比纯 POM 提高了 33%、45%, 达到了较好的增强效果。

(3) 应用 该专用料可用于滑动和耐磨制品的制作。

5. 聚甲醛树脂/改性聚四氟乙烯专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) 聚甲醛树脂 (POM) 100; 聚四氟乙烯 (PTFE) 8~15; MoS_2 3~5; 其他助剂 适量。

(2) 性能与效果 (见表 4-61 和表 4-62)

表 4-61 POM/改性 PTFE 合金专用料的性能指标

性 能		指 标
力学性能	拉伸强度/MPa	≥ 47.0
	断裂伸长率(%)	≥ 15.0

(续)

性 能		指 标
力学性能	拉伸弹性模量/GPa	≥1.50
	弯曲强度/MPa	≥70.0
	弯曲弹性模量/GPa	≥2.00
摩擦磨损性能	摩擦因数	≤0.17
	磨耗量/mg	≤0.6
	磨痕宽度/mm	≤2.60
其他	密度/(g/cm ³)	≤1.55

表 4-62 POM/改性 PTFE/MoS₂ 合金的性能

拉伸强度 /MPa	断裂伸长率 (%)	拉伸弹性模 量/GPa	弯曲强度 /MPa	弯曲弹性模 量/GPa	摩擦因数	磨耗量 /mg	磨痕宽度 /mm
47.70	17.30	1.796	73.90	2.247	0.16	0.3	2.60

(3) 应用 该专用料可用于制备齿轮一类的传动耐磨产品。

6. 聚甲醛双齿轮

(1) 原材料与配方 (质量份) 聚甲醛 100; PTFE 5~10; MoS₂ 0.5; 加工助剂 适量。

(2) 说明与效果 双齿轮是某些电子设备上的关键零件,采用塑料制造,带有金属嵌件,要求精度高。双齿轮结构如图 4-1 所示。其中, A 为基准, $\phi 58\text{mm}$ 的齿轮相对于 A 的同轴度为 $\phi 0.1\text{mm}$, $\phi 62\text{mm}$ 的齿轮相对于 A 的同轴度也为 $\phi 0.1\text{mm}$,垂直度为 0.1mm。

采用金属材料制造齿轮不仅工序繁多、加工复杂、周期长,而且制件重、工作时需要润滑。而塑料双齿轮不仅具有质量轻、耐腐蚀性好、耐磨

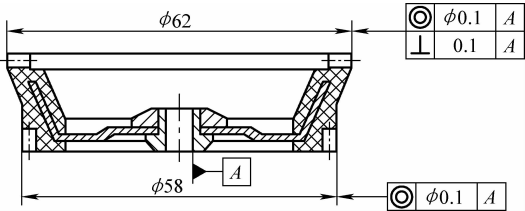


图 4-1 双齿轮结构示意图

性优良和自润滑性能良好、不需另加润滑油等特点,而且一次成型工艺简便、成本低。聚甲醛的摩擦因数低、耐磨性好,尺寸稳定性极好,很适合制造小模数齿轮。制造时注意事项如下:

- 1) 小模数塑料齿轮宜采用聚甲醛制造。
- 2) 金属嵌件加工后需进行热处理以消除其内应力。
- 3) 双齿轮成型前应对嵌件进行预热,以防止塑料件内产生内应力而引起变形,甚至开裂。

4) 聚甲醛双齿轮成型后应进行热处理,以消除其内应力。

7. 聚甲醛小模数齿轮

(1) 原材料与配方 (质量份) 共聚甲醛 (M25 或 M90) 100; PTFE 粉 10; 二硫

化钼 3~5；增韧剂 5~10；加工助剂 1~2；其他助剂 适量。

(2) 性能

1) 聚甲醛 (POM) 是一种较好的齿轮材料, 其摩擦因数仅为 0.21, 比聚碳酸酯的摩擦因数 (0.38) 小得多, 用作齿轮, 使用寿命长。

2) 当注射压力从 70MPa 增加到 168MPa 时, 制件成型收缩率从 1.88% 下降到 1.46%; 而模具温度从 40°C 上升到 80°C 时, 成型收缩率从 1.81% 上升到 2.34%。可见模具温度对成型收缩率的影响比注射压力的影响更明显。因此, 用改变模具温度来调整成型收缩率较为有利。

3) 实验表明, 最佳工艺参数应选模具温度为 60°C, 注射压力为 98MPa, 此条件下制件成型收缩率为 2.07%。

8. 精密注射成型聚甲醛齿轮

(1) 原材料与配方 (质量份) POM 100; PTFE 10; MoS₂ 5; 填料 5; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能与应用 塑料齿轮大都采用 POM, POM 具有强度高、刚度大、耐疲劳和耐蠕变性能好、具有自润滑性等优点, 是一种较理想的齿轮材料, 特别对于小模数齿轮更为适用。

随着电子、钟表工业的迅猛发展, 高精度小模数塑料齿轮在该领域中得到了广泛应用。目前石英电子钟机芯的齿轮已全部塑料化并可国产化, 录像机机芯也大量采用塑料齿轮。

9. 风扇用精密聚甲醛齿轮

(1) 原材料与配方 (质量份) POM 100; PTFE 10; MoS₂ 3~5; 加工助剂 适量。

(2) 性能 聚甲醛耐磨性良好, 耐疲劳性能极为突出, 尺寸稳定, 制品尺寸精度较高, 价格适中, 制备的齿轮可满足使用要求。

10. 缝纫机用聚甲醛齿轮

(1) 原材料与配方 (质量份) POM 100; PTFE 10; MoS₂ 3~5; 加工助剂 适量。

(2) 性能

1) 高水平的力学性能, 优良的成型热加工性, 流动性好, 产品表面光洁。

2) 在塑料中有最高的耐疲劳特性, 尺寸稳定。

3) 受力条件下, 具有优良的耐蠕变性。

4) 优良的耐药性、耐水性、耐摩擦磨耗特性。

5) 极好的耐热特性, 应用温度范围广, 具有无油条件下的自润滑性。

聚甲醛塑料齿轮能达到的精度见表 4-63, 精度等级分类见表 4-64。

表 4-63 聚甲醛塑料齿轮能达到的精度

名 称	精度/mm	名 称	精度/mm
外径	0.02~0.05	平面度	0.01~0.03
偏心	0.02~0.05	齿形	JIS4 级以下

表 4-64 精度等级分类

名 称	等 级	名 称	等 级
超精密度	1 ~ 2	一般精度	6
高精度	5	低精度	7

11. 聚甲醛石英钟机芯分齿轮

(1) 原材料与配方（质量份） POM 100；PTFE 10；MoS₂ 3 ~ 5；加工助剂 适量。

(2) 性能

- 1) 由于机芯结构紧凑，分轮片一般都设计的较薄，厚度为 0.5 ~ 0.7mm。
- 2) 分轮片中心孔公差较小，通常为 0.04mm。
- 3) 齿轮顶圆公差为 0.06mm。
- 4) 齿轮齿数较多（ $z = 64$ ），模数小（ $m = 0.23\text{mm}$ ）。
- 5) 齿形公差 $< 0.02\text{mm}$ 。
- 6) 齿距极限偏差 $\pm 0.02\text{mm}$ 。

选用聚甲醛塑料注射成型分轮片零件，通过近 50 万只机芯的生产及有关试验证明，这种改进不但解决了原摩擦力不易控制的问题，同时还大大地简化了生产工艺，提高了生产效率，降低了机芯成本。

12. 磨床用聚甲醛液压筒套

(1) 原材料与配方（质量份） 聚甲醛 100；PTFE 10 ~ 15；MoS₂ 5.0；加工助剂 适量。

(2) 性能（见表 4-65 ~ 表 4-72）

表 4-65 性 能

项 目	聚甲醛 (吉林石井沟产品)	项 目	聚甲醛 (吉林石井沟产品)
密度/(g/cm ³)	1.43	拉伸强度/MPa	40.5
吸水率(%)	0.11	冲击强度(无缺口)/(kJ/m ²)	33
吸油率(%)	0.02	压缩强度/MPa	88.7
成型收缩率(%)	1.8 ~ 2.5	布氏硬度(HBW)	13 ~ 18
线胀系数/10 ⁻⁵ K ⁻¹	13.4	洛氏硬度(HRM)	67 ~ 85
马丁耐热温度/°C	59	耐寒性/°C	-40

表 4-66 聚甲醛 M131W 液压筒套耐油性

材料	编号	浸油时间/h							
		0		48		144		576	
		内径	外径	内径	外径	内径	外径	内径	外径
聚 甲 醛	1	30.04	45.16	30.029	45.132	30.032	45.129	29.95	45.11
	2	30.07	45.163	30.029	45.149	30.06	45.138	30.015	45.118
	3	29.98	45.085	—	—	—	—	29.975	45.085
	4	30.05	45.158	—	—	—	—	29.93	45.10

表 4-67 聚甲醛 M120 液压筒套耐油性能

材料	编号	浸油时间/h							
		0		48		144		576	
		内径	外径	内径	外径	内径	外径	内径	外径
聚 甲 醛	1	20.04	35.168	20.04	35.148	20.04	35.145	20.035	35.13
	2	20.08	35.202	20.055	35.18	20.068	35.173	20.043	35.163
	3	20.055	35.083	20.043	35.695	20.043	35.055	20.02	35.05
	4	20.025	35.155	—	—	—	—	20.00	35.113
	5	20.05	35.171	—	—	—	—	20.015	35.135

表 4-68 聚甲醛 M131W 液压筒套压配性能

编号	轴套座 内径 D_2 /mm	轴套外径 D_2' /mm	外径压配 过盈量/mm	轴套内径 D_1 /mm	压配后 内径/mm	压配后的内 径收缩量/mm
1	45.055	45.16	0.105	30.07	29.985	0.085
2	45.055	45.18	0.125	29.995	29.90	0.095

表 4-69 聚甲醛 M120 液压筒套压配性能

编号	轴套座 内径 D_2 /mm	轴套外径 D_1' /mm	外径压配 过盈量/mm	轴套内径 D_1 /mm	压配后 内径/mm	压配后的内 径收缩量/mm
1	34.995	35.07	0.075	20.06	19.085	0.075
2	34.995	35.22	0.225	20.04	19.95	0.20
3	34.995	35.25	0.255	20.065	19.80	0.23
4	34.995	35.29	0.295	20.065	19.80	0.25

表 4-70 聚甲醛塑料、磷青铜摩擦磨损比较试验结果

材 料	摩擦磨损性能						
	干摩擦						
	试验时间 /h	摩擦因数	对磨材料	材 料		对磨件	
				磨损量 (失重/g)	磨痕宽度 /mm	磨损量 (失重/g)	磨痕宽度 /mm
磷青铜	2	0.192 (较稳定)	45 钢 59HRC	1.2313	16.57	0.0016	—
聚甲醛	2	0.465 (较稳)	45 钢 59HRC	0.0533	10.00	0.0010	—
磷青铜	2	0.0104 (较稳定)	45 钢 59HRC	0.0240	2.28	0.0002	—
聚甲醛	2	0.017	45 钢 59HRC	—	1.92	0.0003	—

表 4-71 聚甲醛 M131W 液压筒套与轴的配合间隙 （单位：mm）

轴 径	聚甲醛轴套的间隙	轴 径	聚甲醛轴套的间隙
20	0.150 ~ 0.200	38	0.250 ~ 0.300
25	0.200 ~ 0.250		

表 4-72 聚甲醛 M131W 液压筒套成型后尺寸 （单位：mm）

编 号	外 径	内 径	编 号	外 径	内 径
1	45.02	30.20	6	44.93	30.29
2	45.00	30.26	7	44.95	30.22
3	45.01	30.17	8	44.91	30.17
4	45.00	30.18	9	44.61	30.07
5	44.93	30.25	10	44.55	30.28

13. UHMWPE 改性 POM 耐磨部件专用料

(1) 原材料与配方（质量份） POM（M90）100；UHMWPE 5.0；MoS₂ 1 ~ 3；填料 5 ~ 8；加工助剂 1 ~ 2；加工助剂 适量。

(2) 性能（见表 4-73）

表 4-73 UHMWPE 耐磨改性 POM 的性能

性 能	POM	POM + 5 份均聚 UHMWPE	POM + 5 份乙烯-己烯聚 UHMWPE	POM + 5 份均聚 UHMWPE /PP(80:20) 共混物
摩擦因数	0.32	0.29	0.21	0.16
磨痕宽度/mm	5.00	4.78	4.26	3.56

14. 机械耐磨部件用 POM 专用料

(1) 原材料与配方（质量分数,%） POM（M90-44）85.6；COPA（PA6: PA66: PA1010 = 10: 20: 70）2；二甲基硅油 4；PTFE 4；二硫化钼 4；表面活性剂 0.2；其他 0.2；

(2) 性能（见表 4-74）

表 4-74 高抗冲低磨耗 POM 与纯 POM 性能比较

性 能	高抗冲低磨耗 POM	纯 POM	性 能	高抗冲低磨耗 POM	纯 POM
拉伸强度/MPa	59.8	63.7	球压痕硬度/(N/mm)	95	145
冲击强度/(kJ/m ²)	96.5	63.2	摩擦因数	<0.1	0.4
热变形温度/°C	103	104	磨耗量/g	0.017	—

15. 机械用 POM/聚苯酯/石墨耐磨耐压专用料

(1) 原材料与配方（质量分数,%） POM 75；聚苯酯 20；石墨（450 目）5。

加工条件：先将配方中各组分在 90℃ 温度下干燥 3 ~ 5h，再将石墨用偶联剂进行表面处理，各组分混合均匀后，在 260 ~ 280℃ 温度、压力 4 ~ 6MPa 条件下压制成型。

(2) 性能（见表 4-75）

表 4-75 POM 与 POM/聚苯酯/石墨耐磨耐压材料的性能比较

组 成	拉伸强度/MPa	弯曲强度/MPa	冲击强度/(kJ/m)	压缩强度/MPa
纯 POM	60.87	70.86	11.65	86.69
POM + 20% 聚苯酯	51.00	60.00	13.00	112.00

16. 机械用 F4、MoS₂ 改性 POM 耐磨专用料

(1) 原材料与配方（质量分数,%） POM 80 ~ 87；F4 10 ~ 15；MoS₂ 3 ~ 5。

(2) 性能 拉伸强度为 47.7MPa，断裂伸长率为 17.3%，弯曲强度为 73.9MPa，摩擦因数为 0.16（比纯 POM 下降 30% ~ 40%），磨耗量为 0.3mg（比纯 POM 下降 1/4 ~ 1/3），磨痕宽度为 2.6mm，密度为 1.55g/cm³。

17. 机械用低磨耗 POM 专用料

(1) 原材料与配方（质量分数,%） POM 92.5；超细 PTFE（1000 目以下）3；硅油 4；分散剂 0.5。

(2) 性能 拉伸强度为 52.5MPa，缺口冲击强度为 7.8kJ/m²，热变形温度为 103℃，球压痕硬度为 95，摩擦因数 < 0.1，磨耗量为 0.195g。

18. 机械用 F4 改性耐磨 POM 专用料

(1) 原材料与配方（见表 4-76）

表 4-76 原材料与配方

原材料	配方 1(质量分数,%)	配方 2(质量分数,%)
POM	95	90
F4	5	10

(2) 性能（见表 4-77）

表 4-77 机械用 F4 改性耐磨 POM 专用料性能

性 能	配方 1	配方 2	性 能	配方 1	配方 2
压缩强度/MPa	88	85	摩擦因数(干磨)	0.17	0.17
弯曲强度/MPa	112	108	摩擦因数(有油)	0.020	0.021
冲击强度(无缺口)/(kJ/m ²)	90	80	磨痕宽度(干磨)/mm	4.8	5.0
冲击强度(缺口)/(kJ/m ²)	10	16	磨痕宽度(有油)/mm	2.7	2.6
布氏硬度	122.1	123.2	磨损量(干磨)/mg	4.9	6.9
拉伸强度/MPa	51	50	磨损量(有油)/mg	1.8	2.8
伸长率(%)	72	72			

三、机电产品用热塑性聚酯注射制品与专用料

1. 低翘曲玻璃纤维增强聚对苯二甲酸乙二醇酯类专用料

(1) 原材料与配方

1) 低翘曲玻璃纤维增强聚对苯二甲酸乙二醇酯类复合材料配方（①号配方）（质量份）：PET + PBT 1460；玻璃纤维 300；玻璃微珠 100；其他助剂 140。

2) 低翘曲 PET/PBT/PC 复合材料配方（②号配方）（质量份）：PET + PBT 1022；PC 438；其他助剂 140。

(2) 性能（见表 4-78）

表 4-78 PET 专用料的性能

性 能		①号配方	②号配方	性 能	①号配方	②号配方
翘曲性能 (%)	横向收缩率	0.7	0.8	断裂伸长率(%)	4	4
	纵向收缩率	0.7	0.7	悬臂梁缺口冲击强度/ (kJ/m)	5.21	9.02
横向收缩率与纵向收缩率之比		1:1 (最好)	1.1:1 (很好)			
拉伸屈服强度/MPa		88.6	91.6	熔体流动速率(270°C, 2.16kg)/[g/(10min)]	46.6	46.5
拉伸断裂强度/MPa		87.0	89.7	色相	深灰	白色

按配方①制得的 PET 复合材料表面异常光滑，手感极好，拉伸强度较高，但冲击性能有所下降，色相呈深灰色，这些将会限制其广泛使用。

按配方②制得的 PET 复合材料翘曲性能、力学性能和流动性能都十分优良，且色相为白色。

(3) 应用 可用于制造要求低翘曲的制品。

2. 机电用玻璃纤维增强 PTT（聚对苯二甲酸丙二醇酯）专用料

(1) 原材料与配方（质量份） PTT 100；玻璃纤维 20；偶联剂 0.5~1.5；填料 5~10；加工助剂 1~2；加工助剂 适量。

(2) 性能（见表 4-79）

表 4-79 不同玻璃纤维品种、处理情况和含量增强 PTT 的性能

玻璃纤维类型	玻璃纤维含量 (质量分数,%)	偶联剂类型	拉伸强度/MPa	冲击强度 /(J/m)	弯曲强度/MPa
—	0	—	45	35	69
ER12-2000RP	20	—	53	45	80
ER12-2000-930	20	—	51	41	72
ER12-2000RP	30	—	65	48	86
ER12-2000-930	20	A1120	67	50	93
ER12-2000RP	20	A1100	70	51	110
ER12-2000RP	20	A1120	75	57	124

从表 4-79 可以看出, 以 A1120 处理的 20% ER12-2000RP 玻璃纤维增强 PET 效果最好, 拉伸和冲击强度提高最多。

3. 机电用长短玻璃纤维增强 PET 专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) PET 100; 长短玻璃纤维 30; 偶联剂 (KH-550) 0.5 ~ 1.5; 增韧剂 5 ~ 10; 填料 5 ~ 8; 其他助剂 适量。

(2) 性能 (见表 4-80)

表 4-80 30% 长短玻璃纤维增强 PET 性能比较

玻璃纤维品种	拉伸强度/MPa	弯曲强度/MPa	冲击强度/(J/m)
(空白)	60	80	38
短玻璃纤维	90	150	45
长玻璃纤维	150	210	180

从表 4-80 可以看出, 长玻璃纤维增强 PET 的冲击强度提高明显。

4. 机电用玻璃纤维增强 PET 专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) PET 100; 无碱玻璃纤维 10 ~ 45; 偶联剂 (KH-550) 0.5 ~ 1.5; 填料 5 ~ 15; 增韧剂 5 ~ 8; 加工助剂 适量。

(2) 性能 (见表 4-81)

表 4-81 不同玻璃纤维含量增强 PET 的性能

玻璃纤维含量(质量分数,%)	0	10	15	20	30	45
拉伸强度/MPa	54	78	96	106	122	143
断裂伸长率(%)	3.8	3.4	3.0	2.8	2.5	1.9
弯曲弹性模量/GPa	1.9	3.2	4.6	6.0	8.5	10.5
缺口冲击强度/(J/m)	23	52	68	75	88	95
热变形温度/°C	82	120	190	205	230	232

5. 机电用玻璃纤维蒙脱土改性 PET 专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) PET 100; 玻璃纤维 30; 蒙脱土 2 ~ 5; 十溴二苯醚 5 ~ 10; 二氧化锑 2 ~ 4; 增韧剂 3 ~ 5; 加工助剂 1 ~ 2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 130MPa, 弯曲强度为 200MPa, 冲击强度为 12.5kJ/m², 燃烧性能为 UL-94 V-0, 适用于机电部件的制备。

6. 机电用纳米硫酸钡增强 PET 专用料

(1) 原材料与配方 (质量分数,%) PET 96.5; 纳米硫酸钡 3; 抗氧剂 1010 0.3; 抗氧剂 168 0.2。

(2) 性能 拉伸强度和拉伸弹性模量分别为 63.8MPa 和 2 648MPa, 提高 15.6% 和 18%; 弯曲强度和弯曲弹性模量分别为 105.4MPa 和 2 815MPa, 提高 13.6% 和 14.2%; 冲击强度为 25kJ/m², 基本不变。

增强 PET 与 POM、PA6 性能比较见表 4-82。

表 4-82 增强 PET 与 POM、PA6 性能比较

树脂	拉伸强度 /MPa	拉伸弹性模量 /MPa	弯曲强度 /MPa	弯曲弹性模量 /MPa	缺口冲击强度 /(J/m)
纯 PA6	64.5	2 805	98.6	2 779	48.1
纯 POM	57.1	2 497	84.5	2 338	35.0
增强 PET	63.8	2 648	105.4	2 815	25.0

7. 机电用玻璃纤维增强阻燃 PET 专用料

(1) 原材料与配方（质量份） PET 100；玻璃纤维 35.5；偶联剂 0.5 ~ 1.0；增韧剂 3 ~ 5；填料 5 ~ 8；其他助剂 适量。

(2) 性能（见表 4-83）

表 4-83 不同品种玻璃纤维增强阻燃 PET 专用料性能

项 目	无碱玻璃纤维增强 PET	高强度玻璃纤维增强 PET
玻璃纤维含量(质量分数,%)	35.3	35.5
拉伸强度/MPa	122	143
断裂伸长率(%)	2	<1
弯曲强度/MPa	213	241
弯曲弹性模量/MPa	11.6	13.8
缺口冲击强度/(J/m)	79.5	103
热变形温度/°C	238.7	245.1

- 注：1. 阻燃剂为十溴二苯醚和三氧化二锑体系。
2. 玻璃纤维都用 KH-550 硅烷偶联剂进行表面处理。
3. 成核剂为德国科莱恩公司的 Nav101。

8. 机电用增韧增强 PBT 专用料

(1) 原材料与配方（质量份） PBT 100；POE 5 ~ 10；玻璃纤维 5 ~ 10；填料 3 ~ 5；加工助剂 1 ~ 2；其他助剂 适量。

(2) 性能（见表 4-84）

表 4-84 不同新型增韧剂含量 GFPBT 的性能

新型增韧剂含量(质量分数,%)	0	5	10
悬臂梁冲击强度/(kJ/m ²)	14	23	25
拉伸强度/MPa	111	123	142
断裂伸长率(%)	9	12	12
弯曲强度/MPa	200	191	170
弯曲弹性模量/GPa	6.14	5.90	5.31
熔体流动速率[g/(10min)]	4.6	3.2	1.6

9. 机电用无机材料增强 PBT 专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) PBT 100; 无机材料 5~0; 偶联剂 0.5~1.0; 增韧剂 3~6; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

无机材料分别为: 二氧化硅包覆纳米碳酸钙 (30nm)、镁盐晶须、纳米有机蒙脱土。

(2) 性能 (见表 4-85)

表 4-85 PBT 添加 0.5 份无机材料的性能

性 能	没有无机材料	二氧化硅包覆 纳米碳酸钙	镁盐晶须	纳米有机蒙脱土
拉伸强度/MPa	45	49	52	52
弯曲强度/MPa	70	76	78	76
冲击强度/(kJ/m ²)	5.89	5.65	5.80	5.35

10. 机电用阻燃 PBT 专用料

各类阻燃剂阻燃 PBT 配方和性能见表 4-86。

表 4-86 各类阻燃剂阻燃 PBT 配方及性能

项 目		配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5	配方 6
配方 (质量份)	PBT	100	100	100	100	100	100
	十溴联苯醚	12	—	—	—	—	—
	四溴双酚 A	—	14.5	—	—	—	—
	溴代聚碳酸酯	—	—	16	—	—	—
	溴代环氧树脂	—	—	—	17.8	—	—
	溴代磷酸酯	—	—	—	—	12	—
	十溴二苯乙烷	—	—	—	—	—	12
	三氧化二锑	6	7.3	4	6.2	4	4
性能	UL-94	V-0	V-0	V-0	V-0	V-0	V-0

11. 机电用十溴二苯乙烷/阻燃 PBT 专用料

机电用十溴二苯乙烷阻燃 PBT 配方及性能见表 4-87。

表 4-87 十溴二苯乙烷阻燃 PBT 配方及性能

项 目		增强 PBT	普通阻燃 PBT	增强阻燃 PBT
配方 (质量分数, %)	PBT	69	83	56
	GF	30	—	30
	十溴二苯乙烷	—	12	9
	三氧化二锑	—	4	4
	助剂	1	1	1

(续)

项 目		增强 PBT	普通阻燃 PBT	增强阻燃 PBT
性能	氧指数(%)	20.8	31.1	31.6
	UL-94(1.6mm)	—	V-0	V-0
	拉伸强度/MPa	120	50	120
	弯曲强度/MPa	180	78	180
	冲击强度/(kJ/m ²)	10	6	9.5
	弯曲弹性模量/MPa	9 200	2 200	8 800

12. 机电用纳米氧化铝阻燃 PBT 专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) PBT 80; 纳米氢氧化铝(85nm) 20。

(2) 性能 氧指数为 28.5%, 拉伸强度为 54MPa(纯 PBT 为 53.3MPa), 断裂伸长率为 6.3%(纯 PBT 为 14.5%), 冲击强度为 3.6kJ/m²(纯 PBT 为 4.2kJ/m²)。

13. 机电用低烟阻燃 PBT 专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PBT 70; PPO 30; 磷酸酯 14; 相容剂 4; 增韧剂 6。

(2) 性能 阻燃性为 UL-94 V-0, 最大烟密度为 105, 拉伸强度为 63MPa, 断裂伸长率为 170%, 缺口悬臂梁冲击强度为 8.6kJ/m², 综合性能比纯 PBT 还好。

几种 PBT 阻燃配方的发烟性比较见表 4-88。

表 4-88 几种 PBT 阻燃配方的发烟性比较

项 目		配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5	配方 6
配方 (质量份)	PBT	100	100	100	100	100	100
	十溴联苯醚	—	—	9	—	12	—
	三氧化二锑	—	—	3	—	4	—
	包覆红磷	—	—	—	4	—	5
	硼酸锌	—	—	20	20	—	—
	氢氧化镁	—	—	30	30	—	—
	PPO	30	—	—	—	—	—
	磷酸酯	14	—	—	—	—	—
性能	阻燃性 UL-94	V-0	V-0	V-0	V-0	V-0	V-0
	最大烟密度	105	145	258	390.5	434.3	653.9

14. 机电用白度化红磷无卤阻燃 GF-PBT

(1) 原材料与配方(质量份) PBT 49~50; 玻璃纤维(GF) 20~30; 白度化红磷 15~30; 偶联剂 0.5~1.0; 增韧剂 5~8; 其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 4-89)

表 4-89 不同配方白度化红磷无卤阻燃 GF-PBT 的性能

配 方	配比	氧指数(%)	UL-94	缺口冲击强度/(kJ/m ²)
PBT/GF/白度化红磷	49:21:30	30	V-0	—
PBT/GF/白度化红磷/MPP	50:30:15:5	28	V-0	5.8

15. 机电用 BPP、PBO 阻燃玻璃纤维增强 PBT 专用料

机电用 BPP、PBO 阻燃玻璃纤维增强 PBT 专用料配方和性能见表 4-90。

表 4-90 机电用 BPP、PBO 阻燃玻璃纤维增强 PBT 专用料配方和性能

项 目		配方 1	配方 2	配方 3
配方 (质量分数,%)	30% 玻璃纤维增强 PBT	82.5	82.5	77.5
	BPP	13	—	—
	PBO	—	13	16
	三氧化二锑	4.5	4.5	6.5
性能	UL-94	V-0	V-1	V-0
	滴落物	无	无	无
	拉伸强度/MPa	135	107.8	106.8
	弯曲强度/MPa	200	164	160.9
	缺口冲击强度/(kJ/m ²)	10	9.2	8.9
	无缺口冲击强度/(kJ/m ²)	48	42.4	38.4

注: PBO 为聚 2, 6-二溴苯醚。

16. 机电用 BPP 阻燃 PBT 专用料

BPP 阻燃填充 PBT 配方和性能见表 4-91。

表 4-91 BPP 阻燃填充 PBT 配方和性能

项 目		配方 1	配方 2	项 目		配方 1	配方 2
配方 (质量分数,%)	填充 PBT	84	84	性能	氧指数(%)	30	31
	BPP	12	16		UL-94	V-0	V-0
	三氧化二锑	4	—				

注: BPP 为磷酸三(2, 4-二溴苯基)酯。

17. 机电用三种溴锑阻燃剂阻燃 PTT 专用料

(1) 原材料与配方 十溴二苯乙烷(DBDPE)、十溴二苯醚(DBDPO)和三(三溴苯氧基)三嗪(TBPC)三种溴系阻燃剂阻燃 PTT(对苯二甲酸丙二醇酯)专用料配方见表 4-92。

表 4-92 三种溴系阻燃剂阻燃 PTT 专用料配方

原材料	配方 1(质量份)	配方 2(质量份)	配方 3(质量份)
PBT	100	100	100
DBDPE	9~15	—	—

(续)

原材料	配方 1(质量份)	配方 2(质量份)	配方 3(质量份)
DBDPO	—	9 ~ 15	—
TBPC	—	—	9 ~ 15
三氧化二锑	5.0	5.0	5.0
加工助剂	1 ~ 2	1 ~ 2	1 ~ 2
其他助剂	适量	适量	适量

(2) 性能 (见表 4-93)

表 4-93 三种溴锑阻燃剂阻燃 PTT 配方及性能

溴系	溴系含量 (质量分数,%)	三氧化二锑含量 (质量分数,%)	UL-94 阻燃	氧指数 (%)	拉伸强度 /MPa	缺口冲击强度 /(kJ/m ²)
无	0	0	燃烧	20.7	58	3.8
十溴二苯乙烷 (DBDPE)	9	5	V-1	26.7	54	3.2
	12	5	V-0	30.1	50	3.0
	15	5	V-0	31.7	49	2.9
十溴二苯醚 (DBDPO)	9	5	V-1	26.0	53	3.2
	12	5	V-0	29.9	50	2.9
	15	5	V-0	30.4	46	2.7
三(三溴苯氧基)三嗪 (TB-PC)	9	5	V-0	29.5	61	3.4
	12	5	V-0	31.2	60	3.4
	15	5	V-0	32.5	62	3.3

从表 4-93 中可以看出：TBPC 的阻燃效果最好，对复合材料的性能影响很小；DBDPE 的阻燃效果略好于 DBDPO，对复合材料的性能影响也略小于 DBDPO。

四、机电产品用聚苯醚注射制品与专用料

1. 双(3-乙基-4-马来酰亚胺基苯)甲烷改性聚苯醚手机与计算机专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) 烯丙基化聚苯醚 100；双(3-乙基-4-马来酰亚胺基苯)甲烷 (DEDDM) 10；DCP 0.1 ~ 1.0；其他助剂 适量。

(2) 性能与效果 以综合性能优异的烯丙基化 PPO 为基础树脂，采用一种溶解性良好的 BMI 树脂——BEDM 作为交联剂，无引发剂热聚合得到一种均一透明的新型热固性 PPO 树脂，能满足高性能 PCB 用树脂的要求，具有较好的应用前景。

2. 改性 PPO 雷达天线绝缘环

(1) 原材料与配方 (质量份) PPO (109N-G20, 9406-701) 100；增强纤维 10 ~ 20；主阻燃剂 30 ~ 40；辅助阻燃剂 5 ~ 6；增韧剂 5 ~ 10；其他助剂 适量。

(2) 性能 雷达天线绝缘环是雷达天线系统的重要部件之一, 对该绝缘环材料的要求是: 电性能好, 尺寸稳定, 有一定的力学强度, 使用环境温度为 $-45 \sim 50^{\circ}\text{C}$, 特别要求阻燃性达到 V-0 级 (即燃烧 50s 后可自熄)。

试验用材料及其试验结果见表 4-94。从表 4-94 可知, 生产绝缘环应优选 MPPO 109 N-G20 和 MPPO 9406-701。

表 4-94 试验用材料及其试验结果

项 目		MPPO					
		105N ^①	106N ^①	109N ^① -G ^② 20	2201 (G) ^②	5511	9406-701
注射	合格率 (%)	0	57	100	91	26	100
	不合格品类型	变形	变形		崩落	变形	
机加	合格率 (%)		68	96	68	62	90
	不合格品类型	(人为造成的机加工不合格品, 不计入本试验结果)					
装配	合格率 (%)		100	100	100	100	100

① N——阻燃品级。

② G——玻璃纤维增强品级。

3. 机电用木粉填充 MPPO 专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) MPPO 600; 木粉 400; AC 发泡剂 4.0; 聚乙二醇稳定剂 5.0; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 注射成型制品的力学性能良好, 适用于制作机电设备零部件。

4. 机电用木粉填充 MPPO 专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) MPPO 100; 木粉 100; TiO₂ 20; 分散剂 5~10; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 力学性能良好, 加工方便, 成型的注射制品使用性能良好。

5. 集成电路用导电 MPPO

(1) 原材料与配方 (质量份) MPPO 100; 乙炔炭黑 26; 乙烯/丙烯酸酯共聚物 4; 线型 SBS 1; LLDPE 6; 星型 SBS 2。

(2) 性能 表面电阻率为 $6.3 \times 10^9 \Omega$, 拉伸强度为 68.4MPa。

6. 机电用导电 PPO 专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) PPO 80; HIPS 20; 炭黑 25; 乙烯/丙烯酸酯共聚物 31; SBS 3。

(2) 性能 表面电阻率为 $5.2 \times 10^2 \Omega$, 拉伸强度为 68.4MPa, 热变形温度为 138°C , 悬臂梁冲击强度为 170.5J/m。

7. 机电用低光泽 MPPO 导电专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) MPPO 100; 炭黑 26; 滑石粉 1.5。

(2) 性能 表面电阻率为 $5.2 \times 10^2 \Omega$, 表面光泽度为 25%, 拉伸强度为 50MPa, 弯

曲弹性模量为 1.65GPa。

8. PPO/HIPS 机电专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PPO 50; HIPS 50; 加工助剂 1~2; SESS 25; 抗氧化剂 1010 0.2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 66MPa, 断裂伸长率为 10%, 缺口冲击强度为 32kJ/m²。

9. 机电 PPO/PA 专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PPO 45; PA 40; 加工助剂 1~2; PPO-g-MAH 5.0; SEBS 10; 其他助剂 适量。

(2) 性能 冲击强度为 37.3kJ/m², 拉伸强度为 50.6MPa, 弯曲强度为 49.9MPa, 热变形温度(1.8MPa) 为 156.2℃。

10. 机电 SMA 增容 PPO/PA66 专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PPO 70; PA66 30; SMA 10; 其他助剂 适量。

(2) 性能 冲击强度为 14kJ/m², 拉伸强度为 64MPa, 弯曲强度为 86MPa。

11. 机电用 PPO/ABS 专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PPO 50; ABS 50; SAN-g-GMA 10; 填料 5~10; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 冲击强度为 200J/m, 综合性能优良, 适用于制作机电结构件。

第三节 机电特种工程产品用塑料注射制品与专用料

一、机电产品用聚苯硫醚注射制品与专用料

1. 玻璃纤维增强聚苯硫醚专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 聚苯硫醚(PPS) 100; 玻璃纤维 30~50; 偶联剂 0.1~1.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能与效果

1) 采用粉末浸渍工艺制备预浸带注射成型的 GFRPPS 复合材料的冲击强度在纤维质量分数为 40% 时为 14.36kJ/m², 预浸带粒子的切割长度对材料冲击强度的影响不明显。采用不同螺杆结构及喷嘴的注射机, 获得纤维保留长度较长的材料, 冲击强度提高明显, 达到 23.22kJ/m²。

2) 采用悬浮分散体系, 当纤维长度为 20mm 时, 随纤维含量的提高, 复合材料冲击韧性有明显的提高。当纤维质量分数为 40%、纤维长度为 20mm 时, 材料的冲击强度较高, 为 29.0kJ/m²。

3) 采用预浸带编织物与悬浮分散体系叠层模压成型工艺, 复合材料的冲击强度随编织物层数的增加而提高。当层数为 3 层时, 冲击强度达到 137.40kJ/m²。

(3) 应用 该专用料可用于制备机械或电机结构部件。

2. 氧化锌晶须增强聚苯硫醚专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 聚苯硫醚(PPS) 100; 氧化锌晶须(ZnOw) 35; 偶联剂 0.1~1.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能与效果 高性能抗静电 PPS/ZnOw 复合材料的性能见表 4-95。

表 4-95 高性能抗静电 PPS/ZnOw 复合材料的性能

试样编号	ZnOw 含量(质量分数,%)	GF 含量(质量分数,%)	表面电阻/ Ω	拉伸强度/MPa
T-1	30	0	2.1×10^{10}	82.7
T-2	15	30	4.6×10^{12}	122.7
T-3	30	30	4.3×10^9	128.5
N-1	30	0	1.9×10^7	78.1
N-2	15	30	6.5×10^9	106.8
N-3	30	30	3.5×10^8	112.4

注: T-1~T-3 经偶联剂处理。

加入少量(15%) 未经表面处理的 ZnOw 即可将材料的表面电阻有效降低至 $1 \times 10^9 \Omega$, 加入较大量(30%) 经表面处理的 ZnOw 也能达到同样的效果; 玻璃纤维的加入有效提高了材料的拉伸强度, 而经表面处理的 ZnOw 对于提高材料的拉伸强度更为有利。由此可以认为, 通过 ZnOw 改性 PPS 辅之加入玻璃纤维, 可以制备既有较高拉伸强度又有抗静电性能的高性能复合材料。

测试表明, 制备的 PPS/ZnOw 抗静电复合材料具有优良的吸波性能, 结合 PPS 的高温使用性和高强度, 该复合材料可用作微波发热材料和电波吸收材料, 在诸多领域有着广泛的应用前景。

3. 纳米 SiO₂ 改性聚苯硫醚专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 聚苯硫醚(PPS) 100; 纳米 SiO₂ 3.0; 偶联剂 0.1~1.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能与效果 纳米 SiO₂ 对 PPS 力学性能的影响见表 4-96。

表 4-96 纳米 SiO₂ 对 PPS 力学性能的影响

项 目	纯 PPS	纳米 SiO ₂ 改性 PPS	提高幅度(%)
缺口冲击强度/(kJ/m ²)	2.2	2.8	27.3
冲击强度/(kJ/m ²)	19.0	20.4	7.4
拉伸强度/MPa	55.62	63.07	13.4
拉伸弹性模量/GPa	3.31	3.51	6.0
弯曲强度/MPa	88.54	93.84	6.0
弯曲弹性模量/GPa	2.85	3.06	7.4

由表 4-96 可以看出, 纳米 SiO₂ 在明显提高 PPS 体系韧性的同时, 也使该体系的拉伸性能和弯曲性能得到不同程度的提高, 其中拉伸强度和拉伸弹性模量分别提高 13.4% 和 6.0%, 弯曲强度和弯曲弹性模量分别提高 6.0% 和 7.4%。也就是说, 纳米

SiO₂ 对 PPS 体系韧性改善的同时也提高了综合性能,这正是纳米 SiO₂ 与传统改性剂区别之所在。

(3) 应用 该专用料可用于制造机械结构部件或电器部件。

4. 聚苯硫醚/热改性液晶聚合物合金专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 聚苯硫醚(PPS) 100;热改性液晶聚合物(TLCP) 2~8;其他助剂 适量。

(2) 性能与效果

1) PPS 及 PPS/TLCP 共混体系均呈假塑性流体行为。在低剪切速率区黏度下降幅度较大,在高剪切速率区,黏度降低幅度小。

2) 通过 SEM 观察 PPS/TLCP 共混物的断面,发现在注射样条皮层 TLCP 大量以微纤形式存在,而在芯层 TLCP 主要以球形和椭球形存在。

3) TLCP 的加入提高了 PPS 的弯曲强度。

4) 在所研究的 PPS/TLCP 的共混组分中,工艺参数对 TLCP 微纤的形成起着重要作用。通过提高注射速率,对 TLCP 微纤的形成特别有利,并有望通过这一手段获得原位成纤的 PPS/TLCP 共混材料。

(3) 应用 该专用料可用于制备机械或电器用结构部件。

5. 机电用填充改性 PPS 专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PPS 100;高岭土 10~40;偶联剂 0.5~1.0;增韧剂 5~10;加工助剂 1~2;其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 4-97)

表 4-97 不同高岭土含量 PPS 的性能

高岭土含量(质量分数,%)	0	10	20	30	40
冲击强度/(kJ/m ²)	30	35	45	29	—

6. 机电用 CaCO₃ 填充改性 PPS 专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PPS 100;玻璃纤维 25;CaCO₃ 30;偶联剂 1~2;加工助剂 1~2;其他助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度由纯 PPS 的 67MPa 增大到 99MPa,缺口冲击强度保持 PPS 的 27J/m,弯曲强度由纯 PPS 的 698MPa 下降到 136MPa。

7. 机电用玻璃纤维增强增韧 PPS 专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PPS 100;玻璃纤维 10~70;增韧剂 5~10;偶联剂 0.5~1.5;加工助剂 1~2;其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 4-98)

表 4-98 不同玻璃纤维布含量 PPS 的性能

玻璃纤维布含量(质量分数,%)	0	10	20	30	40	50	60	70
拉伸强度/MPa	—	—	49	43	105	129	174	171
冲击强度/(kJ/m ²)	9	20	30	45	66	70	18	—

8. 机电用玻璃纤维增强 PPS 专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) PPS 100; 玻璃纤维 10 ~ 40; 偶联剂 (KH-550) 0.5 ~ 1.0; 增韧剂 5 ~ 10; 加工助剂 1 ~ 2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 (见表 4-99)

表 4-99 不同玻璃纤维含量 PPS 的性能

玻璃纤维含量(质量分数,%)	0	10	20	30	40
拉伸强度/MPa	67	80	92	102	112
冲击强度/(kJ/m ²)	4	5	5.8	8.6	9.7
弯曲强度/MPa	140	165	190	210	228
弯曲弹性模量/GPa	4	5.8	7.1	10	13.8

9. 机电用碳纤维增强 PPS 专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) PPS 100; 碳纤维 40; 偶联剂 0.5 ~ 1.0; 增韧剂 5 ~ 10; 加工助剂 1 ~ 2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度由纯 PPS 的 67MPa 增大到 170MPa, 缺口冲击强度由纯 PPS 的 27J/m 增大到 88J/m, 弯曲强度由纯 PPS 的 698MPa 下降到 230MPa。

10. 机电用纳米 CaCO₃ 改性玻璃纤维增强 PPS 专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) PPS 100; 玻璃纤维 40; 纳米 CaCO₃ 6.0; 偶联剂 0.5 ~ 1.0; 加工助剂 1 ~ 2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 缺口冲击强度为 10.2kJ/m², 比 PPS/GF 提高 1.17 倍; 无缺口冲击强度为 31kJ/m², 比 PPS/GF 提高 1.38 倍; 弯曲强度 215MPa, 比 PPS/GF 略有提高。

11. 机电用纳米 PPS/PC/玻璃纤维/纳米 CaCO₃ 专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) PPS 10; PC 30; 玻璃纤维 30; 纳米 CaCO₃ 6.0; 增韧剂 5 ~ 10; 其他助剂 适量。

(2) 性能 无缺口冲击强度为 13J/m², 缺口冲击强度为 32J/m², 综合性能优良, 可用于制备机电零件。

12. 机电用抗静电 PPS 专用料

(1) 原材料与配方 (质量分数,%) PPS (粉末) 25; CaCO₃ 34; 导电性炭黑 1.5; 玻璃纤维 34.5; 天然鳞片状石墨 5; 其他助剂 适量。

(2) 性能 ρ_s 为 $(3 \sim 8) \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$, 拉伸强度为 68.6MPa, 冲击强度为 36J/m, 线胀系数为 $0.01 \times 10^{-5} \text{K}^{-1}$ 。

13. 机电用抗静电 PPS 专用料

(1) 原材料与配方 (质量分数,%) PPS (粉末) 45; 滑石粉 20; 导电性炭黑 3.5; 玻璃纤维 26.5; 天然鳞片状石墨 5; 其他助剂 适量。

(2) 性能 ρ_s 为 $(7 \sim 30) \times 10^2 \Omega \cdot \text{cm}$, 拉伸强度为 70.6MPa, 冲击强度为 36J/m, 线胀系数为 $0.01 \times 10^{-5} \text{K}^{-1}$ 。

14. 机电用抗静电 PPS 专用料

(1) 原材料与配方 PPS (粉末) 50; 硫酸镁 10; 导电性炭黑 2; 玻璃纤维 20; 天然鳞片状石墨 18。

(2) 性能 ρ_s 为 $(2 \sim 5) \times 10^3 \Omega \cdot \text{cm}$, 拉伸强度为 80.4MPa, 冲击强度为 35J/m, 线胀系数为 $0.04 \times 10^{-5} \text{K}^{-1}$ 。

15. 机电用耐磨 PPS 专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) PPS 100; PTFE 20; 纳米石墨 10; 增韧剂 5~6; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 摩擦因数为纯料的 22%, 磨损量为纯料的 13%, 拉伸强度为 57.5MPa, 弯曲强度为 117.8MPa, 无缺口冲击强度为 43.5kJ/m²。

二、机电产品用聚酰亚胺注射制品与专用料

1. 联苯型聚酰亚胺模塑专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) N, N'-二甲基乙酰胺 (DMAC) 150; 4, 4'-二氨基二苯醚 (ODA) 50; 均苯四甲酸二酐 (PMDA) 25; 联苯四甲酸二酐 (BPDA) 25; 溶剂 适量。其他助剂 适量。

(2) 性能与效果

1) 联苯型 PI 模塑粉在 260°C 经 3h 处理后, 亚胺化率达到 98.12%, 近乎完全亚胺化。经 300°C 热处理 3h 后, 亚胺化率仅提高了 0.56%。因此认为 260°C 是该 PI 模塑粉的最低亚胺化温度。

2) 随亚胺化温度的升高, 亚胺化率升高, PI 材料的拉伸强度和断裂伸长率也随之升高。综合考虑, 在 260°C 的亚胺化温度下材料的力学性能较好。

(3) 应用 该专用料可用来制备耐热结构件或电气部件等。

2. 纳米改性聚酰亚胺电气专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) N, N'-二甲基乙酰胺 (DMAC) 150; 4, 4'-氨基二苯醚 (ODA) 50; 均苯四甲酸二酐 (PMDA) 50; 联苯四甲酸二酐 (BPDA) 25; SiC 纳米粒子 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能与效果

1) 采用不同温度连续加热固化 PAA 湿膜, 大大降低了热固性 PI 的成型难度, 且材料的介电常数明显比单一温度加热固化时低。

2) PI/纳米 SiC 复合材料的介电常数和吸水率均比纯 PI 明显降低。

3) 低介电常数与低吸水率使 PI/纳米 SiC 复合材料替代 SiO₂ 同类材料成为可能。

(3) 应用 该专用料主要用于制备电气结构件。

3. 芳香湿敏聚酰亚胺专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) N, N'-二甲基乙酰胺 (DMAC) 150; 4, 4'-二氨基二苯醚 (DAPE) 50; 均苯四甲酸二酐 (PMDA) 50; 氮氦混合气 (N₂: He = 1:4) 适量; 其他助剂 适量。

(2) 性能与效果 以均苯四甲酸二酐 (PMDA) 和 4, 4'-二氨基二苯醚 (DAPE) 为原料, 采用两步法, 制得的高分子型湿敏材料聚酰亚胺是一种芳香族聚酰亚胺, 其前驱体聚酰胺酸转变为聚酰亚胺的温度为 199.2 ~ 318.2°C, 且随着亚胺化温度的提高, 亚胺化程度增大。用 FT-IR 比值法最终确定转变的最重要参数——亚胺化温度为 260°C。

(3) 应用 该专用料主要用于制备耐热性机械结构部件。

4. 聚酰亚胺 RTM 专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) 聚酰亚胺树脂 100; T300 碳纤维布 20 ~ 60; 加工助剂 适量; 其他助剂 适量。

(2) 性能 以苯乙炔封端聚酰亚胺树脂为基体, 采用高温 RTM 工艺复合成型了 T300 碳布增强聚酰亚胺层合板, 复合材料的 T_g 达 351°C (DMA), 材料在 300°C 弯曲强度保持率达 90% 以上, 模量保持率达 85% 以上, 层间剪切强度保持率达 60% 以上。T300/YR 与 T650/PETI 层合板的力学性能见表 4-100。

表 4-100 T300/YR 与 T650/PETI 层合板的力学性能

材 料	测试温度 /°C	弯曲强度		弯曲弹性模量		短梁剪切性能	
		强度 /MPa	保持率 (%)	模量 /MPa	保持率 (%)	强度 /MPa	保持率 (%)
T300/YR	常温	493	100	42.7	100	52.4	100
	300	462	93.7	36.8	86.1	34.0	64.9
	350	251	50.9	26.5	62.1	18.9	36.1
T650/PETI-330	常温	—	—	—	—	56	100
	288	—	—	—	—	35	62.5
T650/PETI-375	常温	—	—	—	—	52	100
	288	—	—	—	—	32	61.5
	316	—	—	—	—	29	55.8

(3) 应用 可制备不同材质的复合结构板材或型材等。

5. 热塑性聚酰亚胺微电子制品专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) N, N'-二甲基甲酰胺 (DMF) 150; 二酐与二胺 50; MPLC 50; 其他助剂 适量。

(2) 性能 (见表 4-101)

表 4-101 TPI 薄膜与 TP-E 薄膜各项性能对比

性 能	测试条件或方法	TPI	TP-E
玻璃化温度/°C	DSC	260	225
热分解温度/°C	N ₂ , 10°C/min, TGA	530	500
热胀系数/(10 ⁻⁶ K ⁻¹)	30 ~ 200°C, TMA	48.2	49 ~ 65
吸水率(%)	20°C	0.26	0.4
拉伸强度/MPa	20°C	137	121

(续)

性 能	测试条件或方法	TPI	TP-E
断裂伸长率(%)	20℃	23	60
拉伸模量/GPa	20℃	2.66	2.3
体积电阻率/ $\Omega \cdot \text{cm}$	20℃	4.7×10^{16}	$>10^{13}$
介电常数	20℃,1MHz	3.4	2.9
介质损耗因数	20℃,1MHz	0.0012	0.008

6. 含氟聚酰亚胺波导专用料

(1) 原材料与配方 (质量分数,%) 4, 4-(六氟异丙烯)-苯二酸酐 (6FDA) 50; 5, 5-(六氟异丙烯)-二 (2-氨基苯酚) (6FHP) 30; 二氨基二苯醚 (ODA) 20; 溶剂 适量; 其他助剂 适量。

(2) 效果 采用含氟单体 4, 4-(六氟异丙基)-苯二酸酐 (6FDA)、5, 5-(六氟异丙基)-二-(2-氨基苯酚) (6FHP) 及二氨基二苯醚 (ODA) 合成了含氟聚酰亚胺共聚物材料, 对材料的化学和光学性能进行了表征。共聚物材料在溶液状态下用旋涂法获得了较高质量的共聚物薄膜, 并在此基础上采用先进的光波导工艺技术将该材料制备成条波导, 测试结果表明该波导在光通信波段 1550nm 处的平均传输损耗小于 0.66dB/cm, 局部损耗在 0.2dB/cm, 进一步改进后有望获得性能优异的光电子器件。

7. 纳米改性聚酰亚胺轴承

(1) 原材料与配方 (质量份) 聚酰亚胺 100; 纳米 Al_2O_3 1~9; 碳纤维 5.0~1.0; 石墨 5.0; MoS_2 2~5; 钛酸酯偶联剂 0.5~1.5; 其他助剂 适量。

(2) 性能 巴氏硬度为 28.5, 弯曲强度为 60~78MPa, 弯曲弹性模量为 2 965MPa, 压缩强度为 1.20MPa, 压缩弹性模量为 3 780MPa, 摩擦因数为 0.24, 体积磨损量为 $0.53/\text{cm}^3$ 。

8. 机电用低摩擦聚酰胺专用料

(1) 原材料与配方 (见表 4-102)

表 4-102 原材料与配方

原材料	配方 1(质量分数,%)	配方 2(质量分数,%)	配方 3(质量分数,%)
PI	87	87	87
石墨	13	—	—
MoS_2	—	13	—
FCl	—	—	13

(2) 性能 (见表 4-103)

表 4-103 机电用低摩擦聚酰胺专用料性能

性 能	配方 1	配方 2	配方 3
摩擦因数	0.15~0.17	0.11~0.15	0.13~0.18
磨损率/ $[\text{mm}^3/(\text{N} \cdot \text{m})]$	$10^{-6} \sim 10^{-7}$		

9. 机电用耐磨聚酰亚胺专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) 聚酰胺-酰亚胺 20; F4 2; 碳纤维/聚芳酰胺纤维 100; MoS₂ 2; 碳粉 2; 氧化铝 1; CaCO₃ 10。

(2) 性能 摩擦因数仅为 0.11~0.13, 摩擦损失 3μm。

10. 机电用可熔聚酰亚胺耐磨专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) 聚酰亚胺 100; 石墨粉 5.0; 聚四氟乙烯 (F4) 粉 20; MoS₂ 3~5; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 力学性能优良, 加工性能良好, 可用作机电结构部件。

三、机电产品用聚醚醚酮注射制品与专用料

1. 阀门用聚醚醚酮专用料

(1) 原材料与配方 (见表 4-104)

表 4-104 原材料与配方

原材料	配方 1 (质量份)	配方 2 (质量份)	配方 3 (质量份)	配方 4 (质量份)	配方 5 (质量份)
聚醚醚酮 (PEEK)	100	100	100	100	100
K ₂ TiO ₃ 晶须	—	20~30	—	—	5~10
玻璃纤维	—	—	10~30	—	—
碳纤维	—	—	—	10~30	10~30
润滑剂	1.0~2.0	1.0~2.0	1.0~2.0	1.0~2.0	1.0~2.0
其他助剂	适量	适量	适量	适量	适量

(2) 性能 (见表 4-105 和表 4-106)

表 4-105 PEEK 材料的力学性能

项 目		配方 1	配方 2	配方 3	配方 4
拉伸强度/MPa		100	110	120	126
断裂伸长率 (%)		10	0.9	0.8	0.8
弯曲强度/MPa	20°C	163	172	149	170
	200°C	24	38		
压缩强度/MPa		170	163	185	188
简支梁缺口冲击强度/(kJ/m ²)		4.44	2.73	9.09	9.15
球压痕硬度/MPa		158	235	208	230
线胀系数(10~180°C)/°C ⁻¹				2.9×10 ⁻⁵	

表 4-106 PEEK 的滑动磨损性能

材料	摩擦因数	磨痕宽度/mm	磨损体积/mm ³	磨损速率/[mm ³ /(N·cm)]
配方 1	0.32	5.1	3.89	6.45×10 ⁻⁶
配方 2	0.32	6.03	6.44	10.68×10 ⁻⁶

(续)

材料	摩擦因数	磨痕宽度/mm	磨损体积/mm ³	磨损速率/[mm ³ /(N·cm)]
配方 3	0.31	6.67	8.73	14.48×10 ⁻⁶
配方 4	0.25	4.58	2.82	4.68×10 ⁻⁶
配方 5	0.31	7.04	10.27	17.03×10 ⁻⁶

各种配方材料的耐滑动磨损性能优劣次序为配方 4、配方 1、配方 2、配方 3、配方 5。

(3) 效果与应用

1) 经高温注射成型试制成功的几种填充增强改性 PEEK 配方材料,其力学性能均优于纯 PEEK。其中碳纤维增强配方 4 的力学性能最佳,晶须增强配方 2 的刚性突出。

2) 配方的摩擦因数最低,其余配方材料的摩擦因数均在 0.31~0.32,固体润滑剂改性的配方 1 的摩擦因数最稳定。耐滑动磨损性能优劣次序为配方 4、配方 1、配方 2、配方 3、配方 5。配方 1 的抗微动磨损性能优于配方 2。

3) 分别采用配方 2 和配方 1 制造的氢气压缩机环状阀片及弹环帽,用配方 2 制造的各种气体压缩机的网状阀片和菌状阀芯,用配方 4 制造的发电成套设备大直径高温气动密封环,分别选用配方 1 和配方 4 制造的化工高温阀门动密封环等,经一系列应用研究证明,其材料具有优异的耐高温、高强度、耐腐蚀、耐磨损等性能,密封适配性突出,使用寿命长,使用效果显著。

2. 不锈钢/碳纤维混杂增强聚醚醚酮专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) 聚醚醚酮(PEEK) 19.63;腰果壳油粉 6.5;不锈钢 7.57;填料 55.33;碳纤维 10.97;其他助剂 适量。

(2) 性能与效果 研究了不锈钢纤维/碳纤维混杂增强聚醚醚酮(PEEK)树脂基半金属摩擦材料的配比、成型工艺对其摩擦磨损性能的影响,对其摩擦磨损机理进行了初步分析。结果表明:制备摩擦材料的优化工艺条件是热压温度为 320℃、压力为 35MPa、保温时间为 3min;固化处理工艺为 80℃×30min+150℃×30min+270℃×30min+320℃×180min;最佳配方为 19.63%(质量分数,下同)的 PEEK、7.57%的不锈钢纤维、10.97%的碳纤维、6.5%的腰果壳油粉、55.33%的填料及适量的偶联剂。经优化工艺制备的摩擦材料的摩擦因数稳定,磨损率低。摩擦材料的磨损在低温区主要属于磨粒磨损,在较高温度时属于黏着磨损和磨粒磨损的共同作用。

(3) 应用 该专用料可用于制备高温耐磨制品、导电塑料制品以及电磁屏蔽制品等。

3. 聚醚醚酮高速轴承保持架专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 聚醚醚酮(PEEK) 100;PTFE 10;碳纤维 5~20;石墨 5~10;其他助剂 适量。

(2) 性能(见表 4-107)

表 4-107 聚醚醚酮复合材料保持架毛坯制品的性能

环状拉伸强度/MPa	邵氏强度	常温摩擦因数	磨损量(%)	结晶度(%)	材料密度/(g/cm ³)
86.7	84.7	0.1728~0.2250	0.048	25~30	1.443

(3) 效果 利用成型工艺注射的保持架毛坯制品性能优异, 常温下的环状拉伸强度高 (80MPa), 是聚四氟乙烯和聚酰亚胺的 2 ~ 3 倍; 摩擦因数小, 润滑性能可与聚四氟乙烯相媲美; 磨损量小, 耐磨损性能与聚酰亚胺相当, 是制造高质量产品的最佳材料。

4. 聚醚醚酮齿轮

(1) 原材料与配方 (质量份) 聚醚醚酮 (PEEK) 85 ~ 90; 铜粉 (Cu) 2 ~ 8; MoS₂ 1 ~ 2; 液晶聚合物 (TLCP) 5 ~ 10; 碳纤维 (CF) 15 ~ 25; 其他助剂 适量。

(2) 性能 (见表 4-108 和表 4-109)

表 4-108 不同填料及含量对材料性能的影响

项 目	PEEK/Cu/MoS ₂ /TLCP/CF				
	85:8:0:0:15	94:0:1:0:15	90:0:2:10:15	90:0:2:5:15	90:2:2:5:25
压缩强度/MPa	144	107	116	140	197
摩擦因数	0.3	0.26	0.23	0.22	0.14

表 4-109 改性 PEEK 复合材料的综合性能

项 目	测 试 结 果	项 目	测 试 结 果
拉伸强度/MPa	190	压缩强度/MPa	208
拉伸弹性模量/GPa	13.1	摩擦因数	0.15
弯曲强度/MPa	270	磨痕宽度/mm	3.02

5. 机电用耐磨 PEEK 专用料

(1) 原材料与配方 (质量分数, %) PEEK 70; 石墨 15; F4 15; 其他助剂 适量。

(2) 性能 (见表 4-110)

表 4-110 机电用耐磨 PEEK 专用料性能

性 能	纯 PEEK	改性 PEEK
摩擦因数	0.48	0.2 ~ 0.25
比磨损率/[10 ⁻⁶ mm ³ /(N · m)]	14	0.05 ~ 0.15

四、机电产品用聚四氟乙烯注射制品与专用料

1. 聚四氟乙烯 (PTFE 或 F4) 专用料

(1) 原材料与配方 (质量分数, %) PTFE 73; 玻璃纤维 8; 二硫化钼 10; 青铜粉 7; 石墨 2。

(2) 性能 (见表 4-111)

表 4-111 纯 PTFE 与聚四氟乙烯专用料性能比较

种类	拉伸强度 /MPa	断裂伸长率 (%)	冲击强度 /(kJ/m)	弯曲强度 /MPa	磨耗 /mm ³	密度 /(g/cm ³)
纯 PTFE	34.5	350	144.0 (未断)	20	260.0	2.17

(续)

种类	拉伸强度 /MPa	断裂伸长率 (%)	冲击强度 /(kJ/m)	弯曲强度 /MPa	磨耗 /mm ³	密度 /(g/cm ³)
聚四氟乙烯专用料	18.2	210	21.5	28	4.2	2.51

- 注：1. 试片预成型条件：单位压力 45MPa，保压 30s。
2. 烧结条件：升（或降）温速度 50℃/h，370℃ 时保温 1h。
3. 磨耗测试条件：负载 250N，线速度 2m/s，时间 3min。

(3) 应用 填充改性塑料能改善汽车的使用性能和延长汽车的使用寿命填充 PTFE 制品良好的润滑性、密封性、耐磨耗性和优良的耐燃、耐温、不黏性等使其在汽车上得到很好的应用，举例如下。

1) 活塞密封圈。在汽车内燃机活塞上用填充 PTFE 密封圈后，内燃机的寿命可延长。内燃机的工作温度很高，所以应用了热稳定性和回弹性高的填充 PTFE。

2) 汽车刹车片指示器零件。刹车片磨损后，驾驶员往往不知道，这是很危险的，在需要刹车时不能把车刹住，就会造成事故。因此，必须有一个装置可自动发出刹车片即将磨损的信号，使驾驶员注意及时修理。用一个青铜芯棒外包填充 PTFE 装在刹车片上组成一个指示器，如刹车片磨损到一定程度，铜芯与金属接触，接通电路，发出信号。填充 PTFE 耐磨、耐润滑性好，非常合适使用。

3) 汽车油泵密封环。用于汽车油泵密封的材料要求较硬、耐磨，用填充玻璃纤维的 PTFE 正好适用。

4) 减振器垫片。汽车减振器的垫片要具有抗压、稳定的摩擦因数，耐磨耗性要与汽车寿命一致（能够行驶 10 万 km）。使用时，振动频率为 40 ~ 50Hz，工作温度为 150℃，可用填充玻璃纤维的 PTFE 制成。要使制品的性能好，玻璃纤维的处理很重要，而且必须混合均匀。

5) 汽车油压驾驶系统密封圈。该圈的工作温度为 120℃，压力可达 60MPa，所以要求回弹性好。用填充玻璃纤维的 PTFE 经车削加工制作的密封圈，经热定型缓慢冷却的方法进行处理后，可使热收缩减少到 10% 以内。

6) 薄壁轴承。汽车上多处使用薄壁轴承，它是用填充玻璃纤维的 PTFE 薄片加工制成的。

填充 PTFE 制品除在汽车工业上得到广泛应用外，在机械工业中，可作为轴承、活塞环导向环、密封环和机库导轨等；在建筑工业上，可作为桥梁、隧道、钢结构尾架、大型化工管道、贮槽等的支承滑块；在化学工业上，可作为腐蚀性介质输送管道的密封、泵用机械密封和各类阀门中的阀杆、阀片、挡圈等。

2. 聚四氟乙烯活塞环专用料

(1) 原材料与配方（质量分数,%） F4（JF-4TM）65；青铜粉（<30μm）20；玻璃纤维 10；二硫化钼（<30μm）5。

(2) 性能 密度为 2.63g/cm³，拉伸强度为 18.4MPa，邵氏硬度（H_D）为 62.4，

磨耗量为 0.0016g，摩擦因数为 0.15。

3. 聚四氟乙烯导轨

(1) 原材料与配方（质量份） PTFE 100；二硫化钼 40；加工助剂 1~2；其他助剂 适量。

(2) 性能 综合性能优良，耐磨性良好，对机床无污染，可满足使用要求。

4. 无润滑压缩机活塞环

(1) 原材料与配方（质量分数,%） F4 65；青铜粉 20；GF 10；石墨 5。

(2) 性能 摩擦因数为 0.14，磨痕宽度为 0.11mm，热导率增加 2~3 倍，尺寸稳定性提高 2 倍，磨损率下降 1000 倍，耐负荷能力提高 25%。

5. 机电用金属粉填充 PTFE 耐磨专用料

(1) 原材料与配方（见表 4-112）

表 4-112 原材料与配方

原材料	配方 1(质量份)	配方 2(质量份)	配方 3(质量份)	配方 4(质量份)
F4	100	100	100	100
铅	10	—	—	—
铜	—	20	—	—
锡	—	—	16	—
锑	—	—	—	14.5

(2) 性能（见表 4-113）

表 4-113 机电用金属粉填充 PTFE 耐磨专用料的性能

性 能	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4
摩擦因数	0.14	0.27	0.22	0.22
磨痕宽度/mm	5.4	4.7	3.6	3.3

和纯 F4 相比，金属粉填充 PTFE 耐磨专用料的导热性和承载能力都有所提高。

五、机电产品用聚砒注射制品与专用料

1. 带有金属嵌件的聚砒制品

(1) 原材料与配方（质量份） 聚砒 100；玻璃纤维 10~20；增韧剂 10~15；偶联剂 0.5~1.0；加工助剂 1~2；其他助剂 适量。

(2) 性能 聚砒能在较广泛的温度（-100~150℃）范围内保持良好的物理力学性能，特别是在耐热、耐氧化、耐辐射及介电性能等方面都优于其他塑料，因而发展较快。

带有金属嵌件的聚砒制品的外观要求光滑，无裂纹、银丝、气泡、凹痕、崩落及外来杂质，并且要求有较高的力学强度和较好的电性能，产品在工作时不破碎，不开裂，

并能透过电磁波，产品中附有的金属嵌件与聚砜塑料应结合牢固，符合尺寸公差要求。

2. 聚醚砜电气部件专用料

(1) 原材料与配方（质量份） 聚醚砜（PES）100；玻璃纤维 10~20；增韧剂 5~10；偶联剂 1.0；填料 2~5；其他助剂 适量。

(2) 性能 PES 是一种综合性能很好的热塑性塑料，耐热性能特别突出，玻璃化温度为 230℃，长期使用温度可达 180℃，短期使用温度达 230℃。聚醚砜的性能见表 4-114。

表 4-114 聚醚砜的性能

项 目		吉林大学聚醚砜 004	英国 ICI 200P/300P
密度/(g/cm ³)		1.36	1.37
拉伸强度/MPa		98.3	86
断裂伸长率(%)		—	40~80
弯曲强度/MPa		154	130
弯曲弹性模量/GPa		2.1	2.6
冲击强度(非缺口)/(kJ/m ²)		0.11	—
热变形温度/℃	1.86MPa	208	—
	0.86MPa		203
线胀系数/10 ⁻⁵ K ⁻¹		5.1	5.5
相对介电常数(60Hz)		3.57	3.5
介质损耗因数(60Hz)		8.6×10 ⁻³	1×10 ⁻³

3. 机电用 ABS/AS 增韧聚砜专用料

(1) 原材料与配方（质量份） 聚砜 100；AS 5.0；ABS 25；填料 10~15；加工助剂 1~2；其他助剂 适量。

(2) 性能 缺口冲击强度比未增韧聚砜提高 3 倍，加工性能得到明显改善，适用于制备机电结构件。

4. 机电用 MBS 增韧聚砜专用料

(1) 原材料与配方（质量份） 聚砜 100；MBS 20；填料 5.0；其他助剂 适量。

(2) 性能 缺口冲击强度为 53.76J/m²，而纯聚砜为 4.14J/m²，加工流动性有所改善，适用于制备机电部件。

5. 机电用高冲击强度聚砜专用料

(1) 原材料与配方（质量份） 聚砜 100；LDPE 3.0；ABS 15；填料 5.0；加工助剂 1~2；其他助剂 适量。

(2) 性能 缺口冲击强度为 11.5J/m²，耐溶剂应力开裂时间 >18.6s，适用于制备机电部件。

第四节 机电产品用热固性塑料注射制品与专用料

一、机电产品用酚醛注射制品与专用料

1. 填充酚醛注射制品与专用料（电工制品）

（1）原材料与配方

1) 木粉填充 PF（质量份）：PF 100；木粉 100；滑石粉 15；消石灰 3；六次甲基四胺 12；氧化镁 3；硬脂酸锌 2。

2) 石棉填充 PF（质量份）：PF 100；石棉 150；木粉 50；消石灰 10；六次甲基四胺 12；硬脂酸 5。

3) 云母填充 PF 配方（质量份）：热固性 PF 100；云母粉 175；六次甲基四胺固化剂 7.35；氧化镁固化促进剂 7.35；硬脂酸 4.4。

（2）用途 酚醛模塑料的主要类别及用途见表 4-115

表 4-115 酚醛模塑料的主要类别及用途

类别	牌 号	用 途
通 用 (A)	PF ₂ A ₁ -131 PF ₂ A ₁ -132 PF ₂ A ₁ -133 PF ₂ A ₁ -136 PF ₂ A ₁ -137 PF ₂ A ₁ -138	通用,用于制造日常生活用品
	PF ₂ A ₂ -131 PF ₂ A ₂ -133 PF ₂ A ₂ -141 PF ₂ A ₂ -151	通用,改进了电性能,用于制造低压电器绝缘结构件
	PF ₂ A ₃ -1501 PF ₂ A ₃ -165	通用,电性能高于 PF ₂ A ₂ ,用于制造电信、仪表和交通电器的绝缘结构件
	PF ₂ A ₄ -161	类似于 PF ₂ A ₂ ,改进了吸水性能,用于制造湿热地区使用的低压电器和仪表的绝缘结构件
	PF ₂ A ₅ -5802	类似于 PF ₂ A ₄ ,改进了耐酸性能,用于制造低压电器和蓄电池的绝缘结构件
	PF ₂ A ₆ -1503 PF ₂ A ₆ -9603	通用,改进了冲击强度,用于制造低压电器和仪表的绝缘构件
	PF ₁ A ₁ -1501	无氨,用于制造电信和仪表的绝缘结构件
耐 热 (C)	PF ₂ C ₃ -431 PF ₂ C ₃ -631	耐热,用于制造低压电器绝缘件
	PF ₂ C ₄ -631	耐热,无石棉,用于制造低压电器绝缘件

(续)

类别	牌 号	用 途
电 气 (E)	PF ₂ E ₂ -3301	低介质损耗,改进了吸水性能,用于制造无线电绝缘零件
	PF ₂ E ₃ -7301	低介质损耗,冲击强度高于 PF ₂ E ₂ ,用于制造无线电绝缘零件
	PF ₂ E ₄ -2304	低介质损耗,介电强度高于 PF ₂ E ₃ ,用于制造无线电绝缘零件
	PF ₂ E ₅ -2301	低介质损耗,冲击强度高于 PF ₂ E ₃ ,用于制造无线电绝缘零件

2. 混杂纤维增强酚醛转向器

(1) 原材料与配方 (质量份) 酚醛 100; 混杂纤维 20 ~ 30; 填料 5.0; 偶联剂 0.5 ~ 1.0; 增韧剂 5 ~ 10; 其他助剂 适量。

(2) 性能 玻璃纤维增强酚醛注射料和混杂纤维增强酚醛注射料的性能指标见表 4-116。混杂纤维由芳纶和玻璃纤维混合而成,前者为总纤维含量的 5%。

由表 4-116 可以看出,粒料长 8 ~ 10mm 的混杂纤维增强酚醛注射料比玻璃纤维增强酚醛注射料冲击强度提高了 50%, 弯曲强度提高了 39.13%。由此可见芳纶的加入明显地提高了冲击强度,对耐光轴试验非常有利。

表 4-116 玻璃纤维增强酚醛注射料与混杂纤维增强酚醛注射料性能指标

项 目	料长/mm			
	混杂纤维增强酚醛		玻璃纤维增强酚醛	
	20 ~ 30	8 ~ 10	20 ~ 30	8 ~ 10
密度/(g/cm ³)	1.70	1.70	1.72	1.72
收缩率(%)	≤0.15	≤0.15	≤0.15	≤0.15
马丁耐热温度(经后处理)/°C	≥280	≥280	≥280	≥280
弯曲强度/MPa	283	128	198.7	92
冲击强度/(kJ/m ²)	121	45	90.7	30
表面电阻率/Ω	2.6 × 10 ¹⁴	—	3.1 × 10 ¹⁴	—
体积电阻率/Ω · cm	3.6 × 10 ¹⁴	—	3.3 × 10 ¹⁴	—
介电强度/(MV/m)	13.5	—	13.2	—

注:注射料直径为 3 ~ 5mm。

3. 石棉增强酚醛工业零件专用料

(1) 原材料与配方 化工防腐石棉酚醛塑料典型配方见表 4-117,摩擦制动石棉酚醛塑料典型配方见表 4-118。

表 4-117 化工防腐石棉酚醛塑料典型配方 (质量份)

级别	制品种类	树脂/填料	石棉		石墨粉	硬脂酸	二氧化硅粉
			青石棉	温石棉			
A	片	1:1	95	5	—	—	—
	管	1:1.6	152	8	—	—	—
	复杂零件	1:1	97	3	—	3	—

(续)

级别	制品种类	树脂/填料	石棉		石墨粉	硬脂酸	二氧化硅粉
			青石棉	温石棉			
B	片	1:1.7	—	34	—	—	136
	管	1:2	—	52	—	—	148
C	片	1:1	—	20	80	—	—
	片	1:1	45	5	50	—	—
	管	1:1.3	—	25	104	—	—
	管	1:1.3	58.5	6.5	65	—	—

注：在 24℃、22% 的盐酸中浸 24h 后，A、B、C 三种级别制品的增重分别为 0.8%、0.6%、0.55%。A 类主要用于制作贮槽、电镀槽、化工管，B 类主要用于制作冷却设备，C 类电性能、耐热性优良。

表 4-118 摩擦制动石棉酚醛塑料典型配方（质量份）

物 料	毂式片			盘式片	
	汽车前片	汽车后片	无伺服片	A 类	B 类
酚醛树脂	15 ~ 20	20 ~ 30	15 ~ 25	15 ~ 22	13 ~ 18
石棉	60 ~ 80	50 ~ 75	60 ~ 75	40 ~ 60	25 ~ 55
摩擦粉	7 ~ 13	3 ~ 12	3 ~ 12	15 ~ 20	0 ~ 15
橡胶	—	3 ~ 12	3 ~ 12	8 ~ 13	0 ~ 10
石墨	—	—	—	1 ~ 3	2 ~ 15
锌屑	—	—	—	4 ~ 8	—
氧化物	—	0 ~ 8	—	—	2 ~ 7
铜粉	—	0 ~ 15	—	—	5 ~ 10
其他无机物	—	5 ~ 10	0 ~ 5	0 ~ 10	5 ~ 15

注：A 类为轻型车，B 类亦为轻型车，但要求较高。

（2）产品标准及主要性能 各种类型制品无统一标准，按具体使用范围制定，其中用于汽车摩擦片的执行 GB 5763—2008 国家标准。

一般性能：密度为 1.6 ~ 2.1g/cm³，拉伸强度为 20MPa，弯曲强度为 40 ~ 80MPa，马丁耐热温度为 150 ~ 200℃。

4. 金属纤维增强酚醛塑料工业零部件专用料

（1）原材料与配方（见表 4-119）

表 4-119 “半金属摩擦塑料”的典型配方

物 料	配方 1 质量份	配方 2 质量份	配方 3 质量份
改性酚醛树脂	10 ~ 20	10 ~ 20	20
钢纤维	10 ~ 50	15 ~ 30	30

(续)

物 料	配方 1 质量份	配方 2 质量份	配方 3 质量份
铁粉	20 ~ 70	20 ~ 30	2
摩擦粉	0 ~ 18	10 ~ 20	10
橡胶	0 ~ 18	—	—
石墨	10 ~ 30	5 ~ 15	3
硫酸钡	0 ~ 15	1 ~ 5	—
重晶石	—	—	31
其他	—	10	10

(2) 性能与效果 密度约为 $3.0\text{g}/\text{cm}^3$ ，摩擦系数 >0.4 ，磨损率 (体积) $<6 \times 10^{-7}\text{cm}^3/(\text{kg} \cdot \text{m})$ 在 350°C 以下制动均有效，使用寿命比石棉制品长 $1 \sim 2$ 倍。

5. 机电设备用酚醛专用料

(1) 原材料与配方 (质量分数,%) 酚醛树脂 32.65；脱模剂 0.16；填料 26.12；固化剂 8.71；增稠剂 4.36；玻璃纤维 28.00。

(2) 性能 酚醛专用料具有显著的阻燃和耐热性能，它与阻燃聚酯 SMC 的性能对比见表 4-120。同一试验结果表明，酚醛 SMC 的阻燃性能远远优于聚酯 SMC。聚酯 SMC 的最大烟密度为 300，而酚醛 SMC 则很低。

表 4-120 酚醛 SMC 与聚酯 SMC、阻燃聚酯 SMC 力学性能的对比

项 目 名 称	力 学 性 能		
	聚酯 SMC	阻燃聚酯 SMC	酚醛 SMC
密度/ (g/cm^3)	1.75	1.95	1.73
弯曲强度/MPa	190	190	190
弯曲弹性模量/MPa	10^4	10^4	8.5×10^3
冲击强度/ (kJ/m^2)	25	25	25
热变形温度/ $^\circ\text{C}$	200	200	200

(3) 应用 该专用料可用于制备机械、电气、电子等设备的结构部件。

6. 海泡石纤维增强酚醛专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) TS 酚醛树脂胶液 40；海泡石纤维 60；其他胶料 适量。

TS 酚醛树脂胶液是指在 TS 酚醛树脂中加入固化剂、增塑剂等配成的质量分数为 60% 的酒精溶液。

(2) 性能 (见表 4-121)

(3) 应用 该专用料适用于固体火箭发动机的耐烧蚀内绝热防护材料。

表 4-121 酚醛/海泡石纤维复合材料的性能

项 目	性能指标	项 目	性能指标
拉伸强度/MPa	89.0	线烧蚀率/(mm/s)	0.063
弯曲强度/MPa	206.9	质量烧蚀率/(g/s)	0.438
冲击强度/(kJ/m ²)	57.0	密度/(g/cm ³)	1.50
马丁耐热温度/°C	160	收缩率(%)	0.15

7. 玻璃纤维增强酚醛模塑料

(1) 原材料与配方（见表 4-122）

表 4-122 玻璃纤维增强酚醛模塑料配方（质量分数,%）

配方号	树脂	木粉	玻璃纤维	固化剂	润滑剂	其他
配方 1	41.0	40.0	0	5.0	0.95	13.05
配方 2	41.0	22.0	20.0	4.4	0.90	11.7
配方 3	51.0	22.5	0	6.5	1.90	18.1
配方 4	51.0	3.5	25.0	5.0	1.50	14.0

(2) 性能（见表 4-123）。

表 4-123 模塑料性能测试结果与对比

性 能	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4
弯曲强度/MPa	87.0	90.5	90.6	97.6
冲击强度(缺口)/(kJ/m ²)	1.95	2.15	1.90	2.30
冲击强度(无缺口)/(kJ/m ²)	7.1	7.0	6.2	6.0
热变形温度/°C	152	158	154	162
绝缘电阻/Ω	5.0×10 ⁹	2.50×10 ¹⁰	2.50×10 ¹¹	9.6×10 ¹¹
介电强度(90°C)/(MV/m)	8.0	9.0	9.2	10.8
介质损耗因数(1MHz)	0.04	0.03	0.03	0.03
收缩率(%)	0.64	0.50	0.62	0.43
吸水性/mg	24.0	20.3	14.0	12.0
拉伸强度/MPa	40.3	44.0	43.2	48.8
布氏硬度	42	48	57	62
密度/(g/cm ³)	1.44	1.52	1.42	1.62
流动性/mm	170	190	175	195

(3) 应用 广泛应用于汽车工业、电气工业和纺织工业。

8. 混杂纤维增强酚醛基制动闸片专用料

(1) 原材料与配方（质量份） 改性酚醛树脂 20~24；短切碳纤维 2~12；矿物纤

维 10 ~ 20；橡胶 2 ~ 6；钢纤维 4 ~ 16；摩擦性能调节剂 适量。

(2) 性能（见表 4-124）

表 4-124 闸片的各项物理性能指标

项 目	性 能 指 标	项 目	性 能 指 标
压缩强度/MPa	45	洛氏硬度(HRR)	70 ± 5
压缩弹性模量/MPa	1 126	吸水率(%)	0.5
冲击强度/(kJ/m ²)	5.6	吸油率(%)	0.5

(3) 应用 该专用料适于最高运行速度为 120 ~ 160km/h 的列车使用。

二、机电产品用环氧注射制品与专用料

1. 环氧树脂复合材料专用料

(1) 原材料与配方（质量份） 环氧树脂 20 ~ 100；稀释剂 10 ~ 40；固化剂 20 ~ 40；空心玻璃微球 50 ~ 120；偶联剂 0.5 ~ 5。

(2) 性能 该复合材料压缩强度为 79.4MPa，密度为 0.88g/cm³。

(3) 应用 不仅可用于武器系统，还可用作深海潜水器、无人观测器、海底构筑物的浮力材料。

2. 中温固化碳纤维/环氧预浸料

(1) 原材料与配方（质量份） 环氧树脂（E-51）30；环氧树脂（E-20）70；固化剂 594[#]（氨基硼烷型化合物）10；催化剂 0.5 ~ 1.0；丙酮（制备预浸料时使用）120。

(2) 性能 EN 型树脂浇注体具有较高的拉伸强度（61.4MPa）、拉伸模量（3.05GPa）和断裂伸长率（2.01%），EN 型树脂碳纤维复合材料弯曲强度为 1.20GPa，弯曲弹性模量为 81GPa，层间剪切强度为 61.2MPa。

(3) 应用 适用于一定强度、模量和断裂伸长率的结构件。

3. 酚-芳烷基环氧玻璃钢

(1) 原材料与配方（质量份） 酚-芳烷基环氧树脂 100；4，4'-二氨基二苯砒 33；三氯化硼单乙胺 1.0；六亚甲基四胺 5。

(2) 性能 以酚-芳烷基环氧树脂为基料制得、以玻璃纤维复合的材料具有良好的拉伸、弯曲强度。玻璃纤维复合材料性能见表 4-125。

表 4-125 玻璃纤维复合材料性能

项 目	性能指标	项 目	性能指标
冲击强度/(kJ/m ²)	303	弯曲弹性模量/GPa	83.3
层间剪切强度/MPa	77.6	拉伸强度/GPa	1.27
弯曲强度/GPa	2.05	拉伸模量/GPa	45.4

(3) 应用 用作兵器、宇航技术的结构材料。

4. 中温固化碳纤维/环氧复合材料

(1) 原材料与配方（质量份） 环氧树脂 CYD-011 70；环氧树脂 TDE-86 30；594 固化剂 12；促进剂 1.2；丙酮（含助溶剂）180。

(2) 性能（见表 4-126）

表 4-126 中温固化碳纤维 T300/环氧复合材料性能

项 目	性能指标	项 目	性能指标
密度/(g/m ³)	1 580	0°弯曲强度/MPa	1 456
0°拉伸强度/MPa	1 872	短梁剪切强度/MPa	87.99
0°拉伸弹性模量/GPa	146	玻璃化温度/°C	280.2
90°拉伸强度/MPa	82.71	固化温度/°C	150
90°拉伸弹性模量/GPa	9.72		

(3) 应用 主要用于航空航天、军事装备、电子行业。

5. 改性环氧树脂印刷电路板专用料

(1) 原材料与配方（质量份） 溴化环氧树脂（IZA008）100；10% 双氰胺溶液 20；10% 2-甲基咪唑溶液 0.8；10μm 和 2.6μm 处理过与未处理的空心玻璃微珠 分别加入 0.5、10、15、20。

(2) 性能 环氧树脂/玻璃微珠复合体系的弯曲弹性模量、弯曲强度、弯曲应变及吸水率分别见表 4-127 ~ 表 4-130。

表 4-127 环氧树脂/玻璃微珠复合体系弯曲弹性模量 （单位：MPa）

微珠 （质量份）	10μm 未处理	10μm 已处理	2.6μm 未处理	2.6μm 已处理	10μm 已处理 加活性剂	2.6μm 已处理 加活性剂
0	25 050	25 050	25 050	25 050	25 050	25 050
5	21 550	19 200	33 750	24 650	23 900	30 400
10	18 650	20 200	18 650	24 200	24 450	30 950
15	20 400	19 750	19 850	24 800	11 050	32 050
20	21 550	23 100	18 850	23 550	—	—

表 4-128 环氧树脂/玻璃微珠复合体系弯曲强度 （单位：MPa）

微珠 （质量份）	10μm 未处理	10μm 已处理	2.6μm 未处理	2.6μm 已处理	10μm 已处理 加活性剂	2.6μm 已处理 加活性剂
0	644	644	644	644	644	644
5	577.5	501.5	693.5	644.5	619.5	700.0
10	464.5	519.5	450.5	547.5	569.0	686.5
15	511.5	446.5	517.0	573.0	354.0	748.0
20	529.5	538.0	448.5	577.5	—	—

表 4-129 环氧树脂/玻璃微珠复合体系最大负荷点的弯曲应变 (%)

微珠 (质量份)	10 μm 未处理	10 μm 已处理	2.6 μm 未处理	2.6 μm 已处理	10 μm 已处理 加活性剂	2.6 μm 已处理 加活性剂
0	3.080	3.080	3.080	3.080	3.080	3.080
5	3.095	3.030	2.450	2.950	2.845	2.760
10	2.875	2.925	2.585	2.425	2.665	2.060
15	2.920	2.640	3.140	2.470	3.435	3.050
20	2.750	2.630	2.555	2.685	—	—

表 4-130 环氧树脂/玻璃微珠复合体系吸水率 (%)

微珠 (质量份)	10 μm 未处理	10 μm 已处理	2.6 μm 未处理	2.6 μm 已处理	10 μm 已处理 加活性剂	2.6 μm 已处理 加活性剂
0	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
5	0.40	0.41	0.41	0.44	0.53	0.55
10	0.62	0.62	0.63	0.66	0.5	0.57
15	0.98	0.96	0.77	0.92	0.81	0.59
20	0.70	1.32	0.79	0.92	—	—

(3) 应用 采用玻璃微珠改性环氧树脂,不但达到了改性的效果,而且降低了成本,在印刷电路板基材制造领域有广泛的应用前景。

6. 耐冲击型聚合物基超混杂复合专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 环氧树脂 E-44 100;邻苯二甲酸二丁酯 15;环氧氯丙烷 5~15;气相 SiO_2 2;耐腐蚀耐磨损填料 80;减磨功能填料 20;固化剂 5。

(2) 性能(见表 4-131)

表 4-131 超混杂复合材料力学性能

材 料	弯曲强度/MPa	弯曲弹性模量/GPa	冲击强度/(kJ/m ²)
PAMG 超混杂复合材料	200	9.3	275
CG ^① 混杂复合材料	365	28.8	200
KG ^② 混杂复合材料	356	18.8	157
玻璃钢	136	11.4	166

① 碳纤维-玻璃纤维。

② 芳纶-玻璃纤维。

(3) 应用 该专用料可用于制作煤矿用矿车斗、箕斗等受冲击、磨损、腐蚀等多因素作用的器部件。

7. 树脂基聚乙烯纤维/金属纤维/玻璃布超混杂复合专用料

(1) 原材料与配方（质量份） 环氧树脂 E-44 100；不饱和聚酯树脂 191[#] 20；环氧氯丙烷 5~15；气相 SiO₂ 2；耐腐蚀耐磨损填料 100；乙二胺 5~6。

(2) 性能（见表 4-132）

表 4-132 PEMG 超混杂复合板与 FRP 板的性能比较

项 目	PEMG 复合板	FRP 板	项 目	PEMG 复合板	FRP 板
密度/(g/cm ³)	1.87	1.56	腐蚀 ^② 弯曲弹性模量/GPa	4.2	10.9
巴氏硬度	40	40	冲击强度/(kJ/m ²)	170	166
弯曲 ^① 强度/MPa	126	136	体积损失率(磨耗 ^③ 试验)(%)	0.37	8.98
弯曲弹性模量/GPa	7.26	11.4	体积损失率(腐蚀磨耗 ^③ 试验) (%)	0.93	24.4
腐蚀 ^② 弯曲 ^① 强度/MPa	84.5	96			

- ① 定挠度弯曲。
- ② 腐蚀试验条件为 25% 的 H₂SO₄ 溶液常温浸泡 30d。
- ③ 磨耗、腐蚀磨耗试验条件相同，均为载荷 50N，100[#] 砂布对磨，PEMG 复合行程为 170m，FRP 板行程为 40m。

(3) 应用 应用于航空、航天、军事等领域。

8. 超薄吸波结构材料

(1) 原材料与配方（质量份） 环氧树脂 100；稀释剂 40；空心玻璃微珠 5；固化剂 30；2-甲基咪唑 0.8；发泡剂 1。

(2) 性能

1) 力学性能测试。在连续制作好的材料样板上，分别裁取 5 根 120mm×10mm×5mm 的样条放入材料试验机，测试试样的拉伸强度。再分别裁取 5 根 100mm×10mm×5mm 的样条进行弯曲强度测试。测试结果见表 4-133。

2) 热性能测试。按照上述方法准备试样，测试材料在 120℃ 的拉伸及弯曲强度，测试结果见表 4-134。

表 4-133 常温下的拉伸强度和弯曲强度

样品	拉伸强度/MPa	样品	弯曲强度/MPa
1	307	1'	412
2	315	2'	418
3	323	3'	422
4	305	4'	412
5	312	5'	417

表 4-134 120℃ 下的拉伸强度和弯曲强度

试样	拉伸强度/MPa	试样	弯曲强度/MPa
1	237	1'	285
2	241	2'	288
3	245	3'	292
4	235	4'	282
5	242	5'	287

在样件的 3 处不同部位锉下一些粉末，用差动热分析仪测试试样的玻璃化温度，测试结果见表 4-135。

表 4-135 玻璃化温度 T_g (单位: °C)

试 样	1	2	3
T_g	233	231	234

3) 吸波性能测试。分别对 5 块 90mm × 80mm × 5mm 材料进行 8mm 及 3mm 两个波段测试, 结果见表 4-136 和表 4-137。

表 4-136 8mm 波段吸波衰减测试 (单位: dB)

样品	30GHz		35GHz		40GHz	
	正面	反面	正面	反面	正面	反面
1	12.5	12.0	10.2	10.5	14.0	14.8
2	11.5	11.4	9.5	8.2	13.8	13.5
3	11.5	11.3	10.8	10.3	13.5	13.3
4	11.8	11.4	9.8	9.6	14.5	15.0
5	12.1	11.9	10.5	10.1	14.7	14.1

表 4-137 3mm 波段吸波衰减测试 (单位: dB)

样品	77.5GHz			97.5GHz		
	正面	平转 180°	反面	正面	平转 180°	反面
1	9.3	9.3	10.9	8.5	8.9	8.9
2	11.6	10.5	9.4	12.0	11.5	11.4
3	12.4	12.1	10.7	14.5	14.7	13.6
4	10.4	10.4	9.7	12.5	12.2	13.1
5	10.5	10.6	11.0	13.4	13.6	12.8

(3) 应用 超薄吸波结构材料主要针对毫米波(3mm、8mm 波) 进行吸收衰减, 通过一些工艺和技术的综合运用, 实现了对称的双面吸收波结构。实践表明, 这种吸波结构材料集吸收、承载功能于一体, 适合于制作武器装备上的活动翻转部件, 可以有效降低这些部件的雷达信号特征, 在防雷达侦察和精确制导打击方面具有十分广阔的应用前景。

9. 机电用阻燃环氧专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 环氧树脂 100; 六溴对二甲苯/乙二胺 5~10; 固化剂 7.0; 填料 5~8; 加工助剂 1~2; 其他助剂 适量。

(2) 性能 氧指数为 26%, 阻燃性为 UL-94 V-0。

10. 机电用环氧阻燃专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 环氧树脂 100; 氢氧化铝 100; 红磷 15; 氧化锆 8; 三乙烯四胺 5; EBS 0.5。

(2) 性能 阻燃性能好, 发烟率低, 适用于制备电气部件。

11. 机电变压器用环氧阻燃专用料

- (1) 原材料与配方 (质量份) 双酚 A 型环氧树脂 100; 2-甲基咪唑 10; 硅微粉 (200 目) 420; 硬脂酸 5; 十溴联苯醚 12; 氧化溴 0.5。
- (2) 性能 阻燃性 (UL-94) 可达到 V-0 级, 体积电阻率可达到 $2.9 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ (煮沸 25h 后)。

三、机电产品用不饱和聚酯注射制品与专用料

1. 不饱和聚酯电工制品专用料

- (1) 原材料与配方 (质量份) 不饱和聚酯 100; 玻璃纤维 25; 交联剂 0.5 ~ 1.5; 固化剂 1 ~ 2; 润滑剂 1 ~ 1.5; 其他助剂 适量。
- (2) 性能与应用 用玻璃纤维填充的不饱和聚酯塑料具有卓越的耐热性、电绝缘性、耐腐蚀性和优良的力学性能, 广泛应用于机械、化工、建筑、运输、电气等工业领域, 如电视机零件、继电器零件、接线柱、活动端子、线圈架、空调开关、微动开关、各种电气屏障等。此种塑料的电工制品大多用模压法或注射法成型。

2. 不饱和聚酯片状模塑料

- (1) 原材料与配方 (质量份) 不饱和聚酯树脂 80; 低收缩添加剂 20; MgO 1; 硬脂酸锌 4; 固化剂 1; 碳酸钙 150。
- (2) 性能 SMC 树脂混合物的初期增稠性能与 MgO 的活性和 MgO 的加入量有关, 而最终的增稠黏度只与 MgO 加入量有关。活性越高, 加入量越多, 初期增稠速率越快。但是初期增稠速率快对实际生产不一定有利, 因此必须选择活性适当的 MgO 并加入适当的量。

(3) 应用 随着 SMC 生产制造技术、成型技术的不断提高, 以及模具成本的降低和政府对工作环境等要求的提高, 原来许多由手糊、喷射等工艺进行成型的产品, 开始逐步使用 SMC 成型工艺。就我国而言, 目前一些大型的制品, 如浴缸、整体卫生间、汽车保险杠、前围板等, 也开始使用 SMC 注射或模压成型。

3. 环氧丙烯酸酯/不饱和聚酯专用料

- (1) 原材料与配方 (质量份) VE/UP 树脂 (含苯乙烯) 100; 引发剂 1; 阻聚剂 0.05; 硬脂酸锌 4; 氧化镁 3; 玻璃纤维 57; 填料 120。
- (2) 性能 环氧丙烯酸酯/不饱和聚专用料浇注体的性能见表 4-138, 制品的性能见表 4-139。

表 4-138 浇铸体的性能

性 能	UP-716	VE/UP	性 能	UP-716	VE/UP
82℃ 凝胶时间/min	18.2	11.5	玻璃化温度/℃	—	135
弯曲强度/MPa	74.1	92.5	热分解温度/℃	—	350
冲击强度/(kJ/m ²)	—	7.7	耐热指数/℃	—	169
热变形温度/℃	98	137			

表 4-139 制品的性能

项 目	性 能	设 备
密度/(g/cm ³)	2.0	电光分析天平
收缩率(%)	0.15	自制
吸水率(%)	0.26	电光分析天平
马丁耐热温度/°C	172	马丁耐热试验箱
冲击强度/(kJ/cm ²)	65.0	简支梁冲击试验机
常温弯曲强度/MPa	98.8	Instron 1000 试验机
155°C 弯曲强度/MPa	58.5	Instron 1000 试验机
弯曲强度保持率(%)	58.9	—
常温表面电阻率/Ω	5.52 × 10 ¹²	ZG 36 型高阻仪
155°C 表面电阻率/Ω	1.62 × 10 ¹¹	ZG 36 型高阻仪
常温体积电阻率/Ω · cm	6.1 × 10 ¹⁴	ZG 36 型高阻仪
155°C 体积电阻率/Ω · cm	3.5 × 10 ¹⁰	ZG 36 型高阻仪
介电强度/(kV/mm)	11.9	YIJ-10/100 高压试验机

(3) 应用 利用这种专用料制作的制品耐温达到 169°C，高温时的弯曲强度保持率为 58.9%，同时具有良好的高温性能 ($\rho_v = 3.5 \times 10^{10} \Omega \cdot m$, $\rho_s = 1.6^2 \times 10^{11} \Omega$)，可以满足 F 级绝缘材料的使用要求。

4. 纳米 SiO₂ 改性不饱和聚酯专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) 不饱和聚酯树脂 100；纳米 SiO₂ 3 ~ 5；润滑剂 1 ~ 2；过氧化甲乙酮固化剂 1；环烷酸钴促进剂 0.5 ~ 0.6。

(2) 性能

1) 耐磨试验。用圆盘式耐磨试验机 CR150 砂轮磨 1000 转，单位面积磨耗量为耐磨磨指标。不饱和聚酯耐磨性能比较见表 4-140。

表 4-140 不饱和聚酯耐磨性能比较

名 称	第一批	第二批	第三批
未添加纳米 SiO ₂ 的树脂	4.09mg/cm ²	4.07mg/cm ²	4.07mg/cm ²
添加纳米 SiO ₂ 的树脂	1.98mg/cm ²	1.43mg/cm ²	1.23mg/cm ²
耐磨性提高程度	$\frac{4.09}{1.98} = 2.1$	$\frac{4.07}{1.43} = 2.8$	$\frac{4.07}{1.23} = 3.3$

从以上测试结果可见，添加纳米 SiO₂ 的样品均比不添加的磨耗小得多，其耐磨性可提高 1 ~ 2 倍。

2) 硬度检测。采用莫氏硬度检测，用矿石硬度来做比较。添加纳米 SiO₂ 的试件莫氏硬度是 2.8 ~ 2.9，接近 3 级 (3 级是天然大理石的硬度)，也就是说接近天然大理石

的硬度。

3) 拉伸强度。

①纯不饱和聚酯：13.3MPa。

②添加纳米 SiO₂：27.7MPa。

添加纳米颗粒后产生了分子按键作用，使材料韧性增加，拉伸强度提高 1 倍以上。

4) 耐热水性、按 GB/T 11547—2008 进行试验。

四、机电产品用其他热固性塑料注射制品与专用料

1. 脲醛电气部件

(1) 原材料与配方（质量份） 尿素 100；α-纤维素 60；甲醛 200；硬脂酸锌 1 ~ 2；草酸 0.5；固化剂 5.0；加工助剂 1 ~ 2；其他助剂 适量。

(2) 性能 脲醛模塑料是先以尿素与甲醛经缩聚反应而得到的树脂，然后再加 α-纤维素等填料，配以固化剂、脱模剂等原料而制得的热固性塑料。它具有色泽鲜艳、无味、无臭、耐电弧、耐火焰、电绝缘性能良好等一系列优良性能，价格又较便宜，不仅能制成各种价廉的日用品，还适用于制造电器零件（照明器具、电子电器、家用电器、开关、插座等产品），它是电器行业中有发展前景且不可缺少的绝缘材料之一。国产脲醛性能与日本同类产品性能比较见表 4-141，脲醛模塑料注射成型工艺实例见表 4-142。

表 4-141 国产脲醛性能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
表面电阻率/Ω	≥1 × 10 ¹¹	5.4 × 10 ¹²
体积电阻率/(Ω · cm)	—	5 × 10 ¹³
介电强度/(kV/mm)	≥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

表 4-142 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 双灯四挡开关	LS65 自动断路器
动模温度/℃	145	152	155	145
定模温度/℃	145	147	155	145
前机筒设定温度/℃	95	93	85	90
后机筒设定温度/℃	50	50	60	60
注射压力/Pa	1 300	1 000	1 100	920
注射周期/s	60	65	62	53
螺杆转速/(r/min)	50	45	55	50
使用注射机	东芝 250g	柳州 58g	东芝 475g	柳州 58g

(3) 效果 把注射成型与模压成型工艺方案的成本进行比较,以 MNM158DN 双灯开关和 LS65 自动断路器为实例进行计算,得出注射成型工艺提高生产率与每件成本的比例关系以及每件经济效益提高倍数与每班总经济效益提高倍数的关系。可知提高生产率 2 至 3 倍,每件成本降低 32%,则每班总经济效益提高 3 至 4 倍;如提高生产率 9 至 16 倍,则每班总经济效益提高倍数更大。

因此脲醛注射料适用于大批量生产,尤其是生产形状复杂的电器零件,效率高,经济效益显著。

2. 氨基塑料电工制品

(1) 原材料与配方

1) 脲甲醛塑料粉(质量份):脲醛树脂 100;α-纤维素 60;固化剂 5.0;硬脂酸锌 1~2;加工助剂 1~2;其他助剂 适量。

2) 三聚氰胺脲甲醛塑料粉(质量份):三聚氰胺甲醛 70;脲醛 30;α-纤维素 100;固化剂 5.0;硬脂酸锌 1~2;其他助剂 适量。

3) 三聚氰胺甲醛塑料粉(质量份):三聚氰胺甲醛 100;α-纤维素 100;硬脂酸锌 1.0;固化剂 5.0;其他助剂 适量。

(2) 性能与应用 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。此类塑料的阻燃性、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、耐漏电性优良的电器制品,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。制造电器制品的氨基塑料类型见表 4-143。

表 4-143 制造电工制品的氨基塑料类型

名 称	用 途
脲甲醛塑料粉	日用电器、机械零件及日用品
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

第五章 注射成型塑料管件与专用料

第一节 聚氯乙烯注射管件与专用料

1. PVC 阀门与管件

(1) 原材料与配方 几种硬 PVC 注射制品的典型配方见表 5-1。

表 5-1 几种硬 PVC 注射制品典型配方

物料名称	制品 配比 (质量份)	普通管件及阀门	低毒管接头	雨水槽接头
PVC		100	100	100
邻苯二甲酸二辛酯		4	—	3
环氧化大豆油		3	3	—
三碱式硫酸铅		5	—	3
有机锡系稳定剂 a		—	2.5	—
有机锡系稳定剂 b		—	1.0	—
硬脂酸钡		1.5	—	—
硬脂酸钙		1	—	1
硬脂酸铅		—	—	2
硬脂酸丁酯		—	0.1	—
硬脂酸		—	0.1	1
月桂酸有机锡		—	—	1
钛白粉		10	—	—
褐煤酸蜡		—	0.2	—
石蜡		0.5 ~ 1	—	—
炭黑		—	—	0.02
碳酸钙		—	—	10
硬脂醇		—	1.0	—

(2) 性能 硬 PVC 注射管件、阀门等制品所用聚氯乙烯树脂的相对分子质量应较低（一般平均聚合度为 800），这样才能有较好的熔融流动性。表 5-1 配方中有有机锡系稳定剂 a、有机锡系稳定剂 b 均为液体和马来酸有机锡系化合物，前者如 TVSN-2000E（日本化成商品名），后者如 TVS5-LP（日本化成商品）。当只添加马来酸有机锡时，物

料润滑性较差, 还需添加外润滑剂褐煤酸蜡、内润滑剂硬脂酸和硬脂醇等。把硬脂酸和马来酸锡稳定剂混合使用时, 有可能出现喷霜现象, 所以硬脂酸用量通常控制在 0.1 份以内。

硬 PVC 管件、阀门均无国标及部标, 现各生产厂执行地方标准。

管件的公称直径有 (15、20、25、32、40、50、65、80、100) mm 等, 截止阀的公称直径有 (15、20、25、32、40、50、63) mm 等, 隔膜阀的公称直径有 65mm、80mm 两种。

上述制品一般为灰蓝色, 内外表面应光滑平整, 正常使用温度为 0~40℃。

2. PVC 排水管件

(1) 原材料与配方 (质量份) PVC 树脂 (S-700) 100; 三盐基硫酸铅 3; 二盐基亚磷酸铅 1; 邻苯二甲酸二辛酯 5; 环氧大豆油 2; 金属皂 1.5; ACR 3; 氯化聚乙烯 5; 聚乙烯蜡 0.6; 轻质碳酸钙 4; 颜料 适量; 其他助剂 适量。

(2) 性能 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, 以及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、注射速度稍慢, 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-5000 注射机注射形状较复杂的大管件, 如 $\phi 110$ 落水斗、 $\phi 160$ 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, 才能制得合格产品。

根据以上配方和工艺生产的管件, 经国家塑料产品质量检测中心测试, 各项质量指标均达 GB/T 5836.2—2006 要求。

3. R-PVC 无毒饮水管件

(1) 原材料与配方 (见表 5-2)

表 5-2 R-PVC 无毒饮水管件生产配方

原材料	配比(质量份)	原材料	配比(质量份)
PVC XS-6 型	100	硬脂酸钙	1.5
CZ-310	3	E 蜡	0.3
环氧大豆油	0.5	氧化聚乙烯蜡	0.5
亚磷酸酯	0.5	钛白粉(金红石型)	1
CPE	6	着色剂	适量
ACR	6		

(2) 性能 PVC-XS 型树脂卫生指标和主要技术指标见表 5-3, 不同热稳定系 PVC 的流变性能比较见表 5-4。

4. R-PVC 带胀口管件

(1) 原材料与配方 (质量份) PVC 100; 三盐基硫酸铅 3~5; 二盐基硬脂酸铅 0.8~1.2; CPE 4~8; ACR 4~10; 润滑剂 0.5~1.0; 其他助剂 适量。

表 5-3 PVC-XS 型树脂卫生指标和主要技术指标

指标名称	数值	指标名称	数值
VCM 残留量/(mg/kg)	≤5	100g 树脂中黑黄点 总数/粒	≤40 粒,其中黑点 不大于 15 粒
黏度/mPa·s	管材:1.7~1.8 管件:1.5~1.6		
水分及挥发物含量(%)	≤0.5	表观密度/(g/mL)	0.55
30 目筛孔过筛率(%)	≥99.80	鱼眼/(个/1000cm ²)	≤10

表 5-4 不同热稳定体系 PVC 的流变性能比较^①

热稳定体系	配用量/份				
	三盐与二盐并用	京锡 M-103 与 硬脂酸丁酯并用	CZ-310 与 环氧大豆油并用		
铅盐体系	3.5	—	—		
有机锡体系	—	3.5	—		
CZ 复合体系	—	—	3.5		

热稳定体系	流 变 性 能				
	最大转矩 /N·m	平衡转矩 /N·m	平衡温度 /℃	塑化时间 /min	稳定时间 /min
铅盐体系	34.00	29.70	202	6	31.00
有机锡体系	32.00	28.10	198	4.5	27.50
CZ 复合体系	29.80	25.60	185	3	30.20

① 京锡 M-103 为北京化工三厂产品，三盐、二盐、硬脂酸丁酯、环氧大豆油和 CZ-310 均为重庆长江化工厂生产。

(2) 性能 带胀口管件和非胀口管件与管材连接优劣比较见表 5-5。

表 5-5 带胀口管件与非胀口管件与管材连接优劣比较

非胀口 管件	螺纹联接	考虑到联接强度，管件与管材的壁厚都要相应增加，攻螺纹和安装时，需要专门的装置和工具，费料费工，操作时一旦用力不均匀就会胀破报废或造成渗漏
	粘接	管件与管材一次粘接，永远定位，极大地限制了管道的拆卸与更换。由于粘合剂有毒、易燃，安装环境与条件要求十分苛刻，危害操作人员健康。粘接后的管路不能及时试压，处理管道中的渗漏极为不便
	法兰连接	用料多，耗工时，费用成本高，渗漏率大，拆卸维修较为困难，外观也很不好看
带胀口 管件	采用 O 形 橡胶圈密封 承插连接	安装可在任何环境和条件下进行，不需专门装置和工具，且拆卸方便。采用 O 形橡胶圈密封承插连接方法，省工省料省费用，管道的膨胀和收缩，可由插入承口的长度自由调节，不需另外安装伸缩节来补偿。安装就绪可立即检验，耐压和密水性能优良，至少可在 0.98MPa 的压力下正常工作，在各类建筑的室内外布置安装上漂亮美观

5. PVC 纱管

(1) 原材料与配方 (质量份) PVC 100; 热稳定剂 5~8; 抗冲击剂 4~10; ACR 4~10; 润滑剂 1.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 由于聚氯乙烯塑料的高温降解会放出 HCl 气体, 因此在聚氯乙烯塑料纱管注射成型时一定要严格控制物料的温度和受热时间, 这是加工时首先要注意的。另外, 对其他工艺参数也要精确控制, 只要能严格正确地掌握好聚氯乙烯的特性和工艺, 就可以生产出优良的聚氯乙烯塑料纱管。

6. PVC 大口径管件

(1) 原材料与配方 (质量份) PVC (P1050) 100; PVC (P800) 150; 硫醇有机锡 10~15; 硬脂酸钙 7.5; 合成石蜡 7.5; 颜料 适量; 其他助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 35~40MPa, 缺口冲击强度为 $50\text{J}/\text{m}^2$, 可满足使用要求。

7. 硬 PVC 注射管件

(1) 原材料与配方 (质量份) PVC 100; 苯二甲酸二辛酯 4.0; 环氧酯 3.0; 三碱式硫酸铅 5.0; 硬脂酸钡 1.5; 硬脂酸钙 1.0; 钛白粉 10; 石蜡 0.5~1.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 40MPa, 缺口冲击强度 (25°C) 为 $50\text{J}/\text{m}^2$, 可满足使用要求。

8. 硬 PVC 阀门管件

(1) 原材料与配方 (质量份) PVC 100; 苯二甲酸二辛酯 4.0; 钛白粉 1.0; 硬脂酸钡 1.5; 硬脂酸钙 1.0; 硬脂酸镉 1.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 39MPa, 缺口冲击强度为 $45\text{J}/\text{m}^2$, 可满足使用要求。

9. 煤矿用 PVC 抗静电剂阻燃管件

(1) 原材料与配方 (质量份) PVC (SG-3) 100; 磷酸三酚酯 (TCP) 8.0; MBS 18; 有机抗静电剂 6.0; Sb_2O_3 4.0; CaCO_3 10; 稳定剂 3.0; 润滑剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 36MPa, 断裂伸长率为 48%, 缺口冲击强度为 $32.5\text{J}/\text{m}^2$, 表面电阻率为 $5 \times 10^7 \Omega$, 有焰燃烧时间为 0.8s, 无焰燃烧时间为 0.25s, 可满足使用要求。

10. ABS 改性 PVC 纱管件

(1) 原材料与配方 (质量份) PVC 100; ABS 10~30; 三碱式硫酸铅 6~8; DBP 4~5; DOP 4~5; 液体 Ba-Cd-Zn 1.5~30; 液体石蜡 0.2~0.8; 轻质 CaCO_3 5~10; 其他助剂 适量。

(2) 性能 弯曲强度为 90MPa, 拉伸强度为 54MPa, 无缺口冲击强度为 $25\text{J}/\text{m}^2$, 可满足使用要求。

11. 改性 PVC 纱管

(1) 原材料与配方 (质量份) PVC 100; ABS 10; CPE 10; PMA 3.0; 聚乙烯蜡 1.5; 脂肪酸盐 0.5; 其他助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 46MPa, 断裂伸长率为 8%, 冲击强度为 410J/m。

12. PVC 纱管

(1) 原材料与配方(质量份) 交联 PVC 100; DOP 80; 月桂酸二丁酯 2.0; 环氧大豆油 3.0; 颜料 10; 其他助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 46.1MPa, 断裂伸长率为 8.1%, 冲击强度为 419J/m, 热胀系数为 $3.49 \times 10^{-5} \text{K}^{-1}$, 可满足使用要求。

13. PVC 纬纱管

(1) 原材料与配方(质量份) PVC 100; ABS 10; 三碱式硫酸铅 3.0; 二碱式亚磷酸铅 2.0; PbSt 0.5; HSt 0.5; CaCO_3 2.0; 色料 适量; 其他助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 47MPa, 断裂伸长率为 8.5%, 冲击强度为 420J/m, 热胀系数为 $3.5 \times 10^{-5} \text{K}^{-1}$, 可满足使用要求。

14. 建筑排水 PVC 管件

(1) 原材料与配方(质量份) PVC (S-700) 100; 三碱式硫酸铅 3.0; 二碱式亚磷酸铅 1.0; DOP 5.0; 环氧大豆油 2.0; 金属皂 1.5; ACR 3.0; CPE 5.0; 聚乙烯蜡 0.6; 轻质 CaCO_3 4.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 弯曲强度为 95MPa, 拉伸强度为 55MPa, 冲击强度为 30kJ/m^2 , 可满足使用要求。

15. PVC 导热石墨注射管件

(1) 原材料与配方(质量份) PVC 100; DOP 5.0; DBP 5.0; 三碱式硫酸铅 4.5; PbSt 2.0; BaSt 1.5; HSt 1.5; CPE 3.0; ACR 1.011 6; 石墨粉 116。

(2) 性能 密度为 1.77g/cm^3 , 拉伸强度为 28.8MPa, 压缩强度为 80.9MPa, 线胀系数为 $1.59 \times 10^{-4} \text{℃}^{-1}$, 冲击强度为 3.8kJ/m^2 , 水压爆破强度为 4.5MPa, 热导率为 $2.0 \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, 可满足使用要求。

第二节 聚烯烃注射管件与专用料

1. 聚乙烯热收缩异型套管

(1) 原材料与配方(质量份) LDPE 100; EVA 30; 复合阻燃剂 15; 抗氧剂 1.0; 润滑剂 1.5; 交联剂 0.5; 其他助剂 适量。

(2) 性能 注射具有生产效率高、自动化程度高等特点, 辐射交联则是热收缩材料的一种先进的交联方式, 所以注射加辐射交联是研制热收缩异型套管的首选工艺, 但采用注射工艺制造的热收缩异型套管加热后出现了收缩变形、表面起皱等缺陷。其原因是由于注射的制品存在残余应力, 制品中各点处于不同的局部应力状态。在注射过程中聚合物熔体受到剪切变形, 大分子由无规卷曲状态解开, 向流动方向有规排列, 进入温度较低的模具时熔体很快冷却到相变温度以下, 大分子由于没有足够的时间松弛及恢复到它原来的无规卷曲状态, 聚合物处于冻结取向状态, 由此而产生取向应力。另一方面熔体充模时在制品厚度方向上温度梯度很大, 先凝固的外层熔体会阻止后凝固的内层熔

体的收缩,结果在外层产生压应力(收缩应力),内层产生拉应力(取向应力)。这二者导致注射的制品存在内应力,当制品再次受热时,发生应力松弛作用,导致制品收缩变形、表面粗糙。

总之该工艺制备的异型套管加热后收缩较为均匀,可完全恢复至模制件的形状与尺寸,且外观质量良好,并已用于某军用雷达,且随雷达整机进行了各种环境试验,试验表明该产品完全满足雷达的使用要求,可取代进口产品。该产品现已进行批量生产。

2. 轴向逆流式塑料旋风管

(1) 原材料与配方

1) 导流管配方(质量份): HDPE 100; EVA 20; 抗氧剂 1.5; 润滑剂 1.0; 填料 5~6; 其他助剂 适量。

2) 导流套配方(质量份): PC 100; 增韧剂 5~8; 抗氧剂 1.0; 润滑剂 1.5; 填料 5.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能

1) 旋风管的技术要求。

- ①使用环境温度为 $-40 \sim 90^{\circ}\text{C}$ 。
- ②接触物质有柴油、汽油、全损耗系统用油。
- ③工作时经受压差为 13kPa 的含尘气流的冲刷。
- ④在使用和保养中经受较大振动和一定碰击。
- ⑤在基本不受日光曝晒的情况下,适用期不低于 10 年。

2) 对所选用材料的要求。

- ①工艺简便易行。
- ②材料来源广泛。
- ③有利于装配和保养。

根据上述条件,确定导流管用高密度聚乙烯(HDPE)注射成型,导流套用聚碳酸酯(PC)注射成型。HDPE 材料具有收缩率大、粘模力小、工艺容易掌握、可二次加工和弹性变形较大的特点,为复杂产品的成型装配和批量生产提供了有利条件。PC 材料的综合性能良好,表面硬度也较高,表面光滑,有利于流体沿内壁运动。PC 材料良好的尺寸稳定性使导流套与下格板的配合得到保证。虽然 PC 制品容易产生应力开裂,但导流套壁厚均匀,形状简单,再加上严格合理的后处理工艺,这一问题是可以得到解决的。

(3) 效果 对塑料旋风管进行了 16 次不同类型的试验,结果证明其性能稳定可靠。在实车考核中达到了 1 000km 不保养、二级滤总成不击穿、阻力值 Δh 只上升 20% 的良好效果。旋风管在进行气候适应性考核时,行程 18 000km 以上无异常现象。

塑料旋风管和由它组装的空气滤清器总体,在 -40°C 冷冻室内试验 4h 后,跌落性能完全达到指标要求。

3. 硅烷交联 HDPE 注射管件

(1) 原材料与配方(质量份) HDPE 100; 硅烷 A151 2.0; DCP 0.2; 月桂酸二丁

基锡 0.05; 抗氧剂 1010 0.1; 其他助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 31.5MPa, 断裂伸长率为 235%, 维卡软化点为 109℃, 凝胶含量为 89%, 可满足使用要求。

4. LLDPE 阻燃护线管件

(1) 原材料与配方 (质量份) LLDPE 100; 十溴二苯醚 10; 氯化石蜡-70 5.0; Sb_2O_3 5.0; $\text{Al}(\text{OH})_3$ 4.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 综合性能良好, 氧指数为 26.5%, 满足使用要求。

5. LDPE 纬纱管件

(1) 原材料与配方 (质量份) LDPE 100; HDPE 40; EVA 10; 陶土 50; DCP 1.0; HSt 0.8; 色料 适量; 其他助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 20MPa, 断裂伸长率为 200%, 弯曲强度为 30MPa, 可满足使用要求。

6. 抗静电 HDPE 瓦斯抽放管件

(1) 原材料与配方 (质量份) HDPE 100; 十溴二苯醚 4.0; Sb_2O_3 2.0; 硼酸锌 1.0; 抗静电剂 (HKD-500) 5.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 力学性能良好, 阻燃与抗静电达技术要求, 应推广使用。

7. 矿用抗静电阻燃管件

(1) 原材料与配方

1) 母料配方 (质量份): Sb_2O_3 50; $\text{Al}(\text{OH})_3$ 50; LDPE 20; 钛酸酯偶联剂 1.5; CPE 15; 十溴二苯醚 15; 五溴甲苯 5.0; 其他助剂 适量。

2) 管件配方 (质量份): LDPE 90; 母料 10; Hz-1 抗静电剂 0.5; HKD-500 抗静电剂 0.5; ASA-150 抗静电剂 0.5; 交联剂 DCP 2.0; 抗氧剂 1010 0.2; 助抗静电剂 DLTP 0.2; 白油分散剂 1.0; 炭黑 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 17.5MPa, 断裂伸长率为 210%, 自熄时间为 0.5s, 抗静电与阻燃可满足技术要求。

8. 煤矿用 PE 阻燃管件

(1) 原材料与配方 (质量份) HDPE 100; 十溴二苯醚 6.5; 填料 5.0; Sb_2O_3 3.0; 水合硼酸锌 3.5; 抗氧剂 1.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 力学性能良好, 加工方便, 氧指数为 42%, 适用于制备管件。

9. 煤矿用聚乙烯阻燃管件

(1) 原材料与配方 (质量份) LDPE 100; CPE 30; 三氧化二锑 20; HSt 0.5; 十溴二苯醚 4.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 力学性能良好, 加工工艺方便, 阻燃性优越。

10. 矿用阻燃 PP 管件

(1) 原材料与配方 (质量份) PP 100; 四溴双酚 A 9.0; 填料 5.0; Sb_2O_3 3.0; 水合硼酸锌 4.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 力学性能良好, 加工性能优良, 氧指数为 38%, 满足使用要求。

11. 矿用 PE 阻燃管件专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) HDPE (5300E) 100; 膨胀型阻燃剂 (B-1) 18; 阻燃剂 APP 12; 成炭剂 A 1.25; 硅烷偶联剂 (K-2) 0.1; 润湿剂 适量。

(2) 性能 (见表 5-6)

表 5-6 阻燃 HDPE-5300E 体系的综合性能

项 目	HDPE-5300E	阻燃 HDPE-5300E	电缆专用料指标
熔体流动速率/[g/(10min)]	0.956	1.102	≤ 2.0
拉伸强度/MPa	24.35	20.09	≥ 10
断裂伸长率/%	580	320	≥ 250
氧指数(%)	17.5	32.0	≥ 28
垂直燃烧	NR	V-0	V-0
介电常数	2.3	2.3	≤ 2.4
介电损耗因数	3.5×10^{-4}	4.0×10^{-4}	$\leq 5 \times 10^{-4}$

(3) 效果

1) PE 体系中添加总质量分数为 30% 的阻燃剂, 燃烧时形成了膨胀炭层, 隔热、隔氧, 无烟, 延长了材料的燃烧时间。当体系中成炭剂 A-5 的质量分数为 1.25% 时, 能有效地协同阻燃剂 B-1 在燃烧的聚合物表面形成完善的膨胀炭层, 提高阻燃效果。体系中加入硅烷偶联剂 K-2 的质量分数为 0.100% 时, 加强了材料与阻燃剂间的粘接力, 改善了材料的加工性能和力学性能。

2) PE 阻燃专用料的优选配方为: 阻燃剂 B-1 与 APP 的总质量分数为 30%, $m(\text{B-1}):m(\text{APP})=60:40$; 偶联剂 K-2 的质量分数为 0.100%。此时制得的 PE 阻燃材料综合性能可达到使用指标。

12. 管件用阻燃 HDPE 专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) HDPE 50; 1, 2-双三溴苯氧基乙烷 (FR-38)/ Sb_2O_3 15~20; $\text{Al}(\text{OH})_3$ 12; CPE 10; 其他助剂 适量。

(2) 性能 氧指数为 27.5%, 断裂伸长率为 60%, 拉伸强度为 14.7MPa。

(3) 应用与效果

1) 在 HDPE 中使用三元阻燃体系 FR-3B- Sb_2O_3 - $\text{Al}(\text{OH})_3$ 具有良好的阻燃效果。

2) 加入 CPE 能减少 FR-3B- Sb_2O_3 和 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的用量, 且能满足一般的阻燃要求。

3) 无机阻燃剂 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的大量加入将导致 HDPE 的拉伸强度和断裂伸长率的大幅度下降。采用偶联剂 NDZ-101 处理 $\text{Al}(\text{OH})_3$, 能提高材料的断裂伸长率。

13. 管件用复合阻燃剂制备的聚乙烯阻燃专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) LDPE (DFDA-7074) 100; $\text{Al}(\text{OH})_3$ 20~30; $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 20~30; 红磷 6~8; 硅烷偶联剂 1.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 氧指数为 26.5%, 断裂伸长率为 120%, 拉伸强度为 120MPa。

(3) 应用与效果 以聚乙烯 (PE) 为基础树脂, 采用共混改性及偶联剂表面处理等技术, 研究了不同阻燃剂对 PE 物理性质及燃烧性能的影响。结果表明: 加入适量红磷和 A151 偶联剂, 可以减少无卤阻燃剂的添量, 提高各组分的相容性, 获得具有良好力学性能及优异阻燃效果的专用料。

14. 管件用高效阻燃聚乙烯专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) 聚乙烯 100; $\text{Al}(\text{OH})_3$ 60; 红磷 7~9; 其他助剂适量。

(2) 性能 氧指数为 27.0%, 断裂伸长率为 342%, 拉伸强度为 14.2MPa, 熔体流动速率为 1.03 [g/(10min)]。

(3) 应用与效果

1) 红磷单独用于聚乙烯, 氧指数不高, 垂直燃烧虽能自熄, 但有滴滴现象, 且滴落物能引燃脱脂棉。

2) 红磷与氢氧化铝并用, 有良好的协同效应, 在氢氧化铝用量超过 60 质量份时, 便可获得较高的氧指数, 且垂直燃烧易通过 FV-0 级。

3) 红磷/氢氧化铝阻燃体系有较佳的综合性能。

15. 管件用阻燃聚乙烯专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) LDPE 100; Sb_2O_3 10; DBD 10; 氯化石蜡 1; ZnO 3; 其他助剂 适量。

(2) 性能 管件用阻燃聚乙烯专用料的性能测试结果见表 5-7。

表 5-7 性能测试结果

氧指数 (%)	拉伸强度/MPa	体积电阻率/ $\Omega \cdot \text{m}$	表面电阻率/ Ω
29.1	25.0	3.3×10^{13}	1.8×10^{13}

从表 5-7 可以看出, 阻燃后的聚乙烯各项性能指标能够满足一般工程要求。

(3) 应用与效果

1) 含溴阻燃剂比含氯阻燃剂效果好。

2) 含溴阻燃剂与 Sb_2O_3 具有阻燃协同作用, 且摩尔比为 $\text{Br}:\text{Sb}=3:1$ 时较适宜。

3) 聚乙烯的拉伸强度随着阻燃剂含量的增加而增加, 达到 20% (含溴) 时拉伸强度最大, 继续增加阻燃剂用量, 拉伸强度反而下降。

4) 对 DBD 含溴阻燃剂, 当选用 ZnO 作催化剂时, 阻燃效果更好。

16. 碱式硫酸镁晶须增强阻燃 LDPE/EVA 管件专用料

(1) 原材料与配方 (质量分数, %) LDPE 23.4; 碱式硫酸镁晶须 (MHS) 62; EVA 14.6; 其他助剂 适量。

(2) 性能 极限氧指数为 33.0%, 拉伸强度为 34.9MPa, 垂直燃烧等级为 V-0, 断裂伸长率为 58%。

(3) 应用与效果 MHS 能够显著提高 LDPE/EVA 复合材料的阻燃性能, 而且阻

燃效果优于 MH, 主要是由于在燃烧过程中能形成稳定的炭层, 因而能对基材起到更好的保护作用。MHS 对 LDPE/EVA 复合材料的增强作用优于 $Mg(OH)_2$ /MH 阻燃体系。

17. 煤矿管件用 HDPE 抗静电阻燃专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) HDPE 100; 导电炭黑 20; 卤素阻燃剂 20; 多溴代烷 4; 其他助剂 适量。

(2) 性能与效果 以 HDPE 为基材, 加入导电炭黑、阻燃剂等制备阻燃、抗静电复合材料。结果表明, HDPE 树脂中加入 20 份导电炭黑可达到优良的抗静电性, 且拉伸强度和弯曲强度均有所提高, 但冲击强度和弯曲强度均有所下降。在具有抗静电功能的复合体系中加入含卤素的阻燃聚合物和阻燃剂多溴代烷均可使材料的阻燃性能大大增加, 达到自熄, 但拉伸强度和弯曲强度有所下降。

18. 管件用阻燃聚烯烃注射专用料

(1) 原材料与配方

1) 阻燃聚乙烯配方 (质量份): PE 100; 含卤阻燃剂 16; Sb_2O_3 5~8; 其他助剂 适量。

2) 阻燃聚丙烯配方 (质量份): PP 100; 含卤阻燃剂 22 (膨胀阻燃剂用量为 15 份); Sb_2O_3 7~11; 填料 15; 其他助剂 适量。

(2) 性能与效果

1) 在注射级 PE 中, 分别加入 4.5% (质量分数, 下同) 和 16% 的 E 类含卤阻燃剂并配以适量 Sb_2O_3 时, 可使 PE 的燃烧性能分别达到 FV-2 级和 FV-0 级。

2) 在 PP 中分别加入 4% 和 22% 的 B 类含卤阻燃剂并配以适量的 Sb_2O_3 时, 可使 PP 的燃烧性能分别达到 FV-2 级和 FV-0 级, PP 的力学性能变化幅度较小, 只下降 10% 左右。

3) 加入 15% 的填充料 A、B, 可使 FV-0 级 PP 的卤素阻燃剂用量由 22% 降至 20%, 此时 PP 的力学性能变化幅度不大, 只下降 20% 左右。加入 30% 的填充料 B 时, FV-0 级 PP 的卤素阻燃剂用量由 22% 降至 18%, 此时 PP 的力学性能变化较大, 下降了 30% 左右。

4) 加入 28% 的膨胀型阻燃剂可使 PP 燃烧性能达到 FV-0 级, 其力学性能变化不大, 只下降 14% 左右。

19. 管件用 PP 专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) PP 100; 膨胀型阻燃剂 (IFR) 22.5; 成炭剂 7.5; 表面处理剂 1~3; 其他助剂 适量。

(2) 性能 (见表 5-8)

由表 5-8 可见, 采用 IFR 阻燃 PP, 当添加量达到 30% (质量分数) 时, 氧指数可达 33.0% 以上, 阻燃等级可达 UL94 V-0 级, 可有效地阻止熔体滴落现象, 生烟量、CO 和 CO_2 释放量等不因阻燃剂的加入而增大, 反之其峰值却显著下降。因此, IFR 的加入可有效阻止外界的热辐射, 降低材料的降解速率, 使燃烧减缓, 同时降低了烟、毒的释放量, 为人们的逃生及火灾的扑救提供了尽可能的安全保证。

表 5-8 PP 及阻燃 PP 的性能

性 能	材 料		
	PP	IFR-1-PP	IFR-2-PP
PP 含量(质量分数,%)	100	70	70
抗氧剂含量(质量分数,%)	少量	少量	少量
偶联剂含量(质量分数,%)	—	2	2
IFR 含量(质量分数,%)	—	30	30
氧指数(%)	18.5	33.5	33.0
UL94 等级	—	V-0	V-0
总热释放/kJ	1 169.7	728.3	742.5
点燃时间/s	28	15	16
失重率(%)	99.2	88.9	89.3
释放速率 ^① /(kW/m ²)	1 725.4	381.6	377.1
有效燃烧热 ^① /(MJ/kg)	229.5	83.6	86.8
比消光面积 ^① /(m ² /kg)	2 250.2	1 605.0	1 580.2
CO 释放量 ^① /(μg/g)	1 240	375	350
CO ₂ 释放量 ^① (%)	3.90	0.60	0.55
屈服强度/MPa	33.5	29.3	25.4
断裂伸长率(%)	14.0	15.0	12.0
断裂强度/MPa	30.6	27.3	24.1

① 其值为峰值。

(3) 应用与效果

1) 成炭剂季戊四醇对提高膨胀阻燃体系的阻燃效果起着重要的作用，实验结果表明，IFR 与成炭剂复配比为 4:1 时，阻燃效果最佳。

2) 无机填料影响膨胀阻燃体系多孔炭层的形成，起不到很好的隔热、隔氧作用，不利于阻燃效果的提高。

3) 表面处理剂有利于提高聚合物基体与阻燃剂的相容性，有利于形成均匀、致密的膨胀炭层，有助于提高阻燃效果。

4) IFR 与成炭剂复配，加以表面处理，阻燃效果良好，又有抑烟作用。含卤阻燃剂与无机阻燃剂 Al(OH)₃、Mg(OH)₂ 相比，添加量小，阻燃效果好。

20. 矿山管件用聚丙烯专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 80~90; LLDPE 10~20; 稳定剂 1010 5~10; 阻燃剂 B 6.0; Sb₂O₃ 2~3; 其他助剂 适量。

(2) 性能 阻燃剂 B 对聚丙烯材料性能的影响见表 5-9。

表 5-9 阻燃剂 B 对聚丙烯材料性能的影响

项 目	未添加阻燃剂 B	添加阻燃剂 B
$MFR/[g/(10min)]$	9.3	10.6
拉伸强度/MPa	34.3	32.0
弯曲强度/MPa	58.7	50.2
弯曲弹性模量/MPa	1 503	1 421
悬臂梁缺口冲击强度/(J/m)	48.2	55.2

从表 5-9 可以看出,添加阻燃剂 B 后,聚丙烯材料的各项性能变化不大, MFR 值增大,拉伸强度、弯曲强度和弯曲弹性模量降低,冲击强度增大。原因是材料中加入的阻燃剂熔点低,呈熔融流动状态,且均匀地分散在聚丙烯材料中,相当于无数个小晶核,这样就使得 PP 材料的晶体变多、变小,从而导致 PP 材料的拉伸、弯曲性能降低,冲击强度增大。

(3) 应用与效果

1) FRPP-3 专用料选用的阻燃剂 B 与聚丙烯材料的匹配性好,阻燃剂 B 的添加量小,对材料的其他各项性能指标影响不大。

2) FRPP-3 专用料的阻燃改性属于添加型改性,加工工艺简单,易于操作和控制,加工成本低,有利于大规模化加工生产。

第六章 注射成型塑料鞋制品与专用料

第一节 聚氯乙烯注射成型鞋制品与专用料

1. PVC 全塑凉鞋

(1) 原材料与配方（见表 6-1）

表 6-1 原材料与配方

原 材 料	不透明鞋配方(质量份)	透明鞋配方(质量份)	珠光鞋配方(质量份)
PVC	100	100	100
邻苯二甲酸二(丁)锌酯	58 ~ 61	54 ~ 58	51 ~ 60
环氧酯	—	3 ~ 4	3 ~ 4
三碱式硫酸铅	1.2 ~ 1.8	—	—
二碱式亚磷酸铅	0.8 ~ 1.5	—	—
有机锡	—	1 ~ 1.5	1 ~ 1.5
硬脂酸钡	1.5	2.0	2.5
硬脂酸镉	—	0.5 ~ 0.8	0.5 ~ 0.8
碳酸钙(经处理)	3 ~ 10	—	—
珠光素	—	—	0.7 ~ 0.9
色料	适量	适量	适量

(2) 性能

1) 鞋料配制。在捏合机中，先倒入 PVC 树脂，然后依次加入稳定剂、填充剂、着色剂等浆料以及增塑剂等添加剂，通入蒸汽进行加热捏合，蒸汽压力一般不超过 0.294MPa。捏合 40min 左右后，关蒸汽再冷捏合 15min。捏合好的料，手感疏松并有弹性，料温约为 110℃。

2) 塑化造粒。采用挤出造粒机进行塑化造粒，挤出机机筒温度控制按加料段、压缩段、均化段顺序分别约为 150℃、160℃、140℃。粒料应塑化良好，不夹生，颗粒大小均匀，不粘连，且要求色泽均一，无焦点、白点等杂质。

3) 注射成型。注射机温度自加料端至机头部位分三段控制，分别为 140 ~ 145℃、170 ~ 175℃ 和 160 ~ 165℃。进料量及定型时间，根据设备及鞋号的不同适当掌握。

PVC 全塑凉鞋质量应符合行业标准 QB/T 1653—1992。

2. PVC 矿工鞋和雨鞋

(1) 原材料与配方（见表 6-2）

表 6-2 聚氯乙烯矿工鞋、雨鞋典型配方

原料名称	鞋底配方(质量份)	鞋帮配方(质量份)
PVC(SG2 ~ SG4 型)	100	100
邻苯二甲酸二辛酯 邻苯二甲酸二丁酯 癸二酸二辛酯	65 ~ 70	75 ~ 80
环氧酯(如环氧大豆油)	4 ~ 5	5 ~ 8
螯合剂 ^①	1 ~ 2	1 ~ 2
镉、钡、锌液体复合稳定剂	2 ~ 3	2 ~ 4
硬脂酸钡	0.8 ~ 1.5	0.8 ~ 1.5
硬脂酸	0.2 ~ 0.5	0.2 ~ 0.5
色料	适量	适量

① 通常使用亚磷酸系的螯合剂（如亚磷酸三苯酯），有助于提高 PVC 制品的热稳定性，也有增塑作用，还可增加某些制品的透明度。

(2) 性能 此产品无统一标准，各地区均自订标准。此产品的主要性能指标见表 6-3。

表 6-3 主要性能指标

指标名称	鞋底	鞋帮
邵氏硬度	60 ~ 70	67 ~ 77
拉伸强度/MPa	>7.85	>9.81
断裂伸长率(%)	>350	>300

3. PVC 发泡凉鞋

(1) 原材料与配方（见表 6-4）

表 6-4 聚氯乙烯发泡凉鞋的典型配方

物料名称	配比(质量份)	物料名称	配比(质量份)
PVC(SG2 ~ SG4 型)	100	三碱式硫酸铅	0.8 ~ 1.3
邻苯二甲酸二辛酯 邻苯二甲酸二丁酯 M-50 环氧酯	72 ~ 78	镉、钡、液体稳定剂	1 ~ 1.5
		碳酸钙(经处理)	3 ~ 5
		AC 发泡剂	1 ~ 1.5
		色料	适量

(2) 性能 PVC 发泡凉鞋是以聚氯乙烯树脂为主，加入适量的添加剂，经捏合造

粒、注射成型制得。发泡凉鞋的特点是鞋底发泡，中间部位为松软的泡沫层，大底表面为不发泡硬层，因而底部较全塑凉鞋柔软而富有弹性。注射发泡凉鞋的鞋帮虽不发泡，但鞋帮表面仍较粗糙，需采用特殊漆料进行喷涂，以美化装饰鞋帮表面。

4. PVC 仿革鞋

(1) 原材料与配方（见表 6-5）

表 6-5 原材料与配方

原材料	配方(质量份)	原材料	配方(质量份)
PVC 树脂	100	二碱式亚磷酸铅	0.8 ~ 1.5
邻苯二甲酸二辛酯 } 邻苯二甲酸二丁酯 }	50 ~ 60	硬脂酸钡	1.5 ~ 1.8
		碳酸钙	3 ~ 10
三碱式硫酸铅	1.2 ~ 1.8	色料	适量

(2) 性能 聚氯乙烯塑料底仿革鞋是以聚氯乙烯人造革制成鞋帮，再与鞋底垫片缝合好后套楦，然后一次注射成型，使鞋帮与聚氯乙烯底粘合制成。因外观似革，故称仿革鞋，如用布帮则制成 PVC 底布鞋（聚氯乙烯注射底布鞋的生产方法与仿革鞋相似，仅帮面用布而不用聚氯乙烯人造革）。PVC 仿革鞋穿着舒适，经济实惠，以假乱真，深受人们的欢迎。

5. PVC 发泡拖鞋

(1) 原材料与配方（见表 6-6）

表 6-6 聚氯乙烯发泡拖鞋的典型配方

原料名称	拖鞋底配方(质量份)		鞋襻配方(质量份)	
	面层	底层	球光	一般色
聚氯乙烯树脂	100	100	100	100
邻苯二甲酸二辛酯 } 邻苯二甲酸二丁酯 }	60 ~ 64	50 ~ 55	54 ~ 58	54 ~ 58
石油酯(M-50)	—	8 ~ 12	—	5 ~ 8
环氧酯(环氧大豆油)	—	—	5 ~ 7	—
三碱式硫酸铅	1.5 ~ 2	1.5 ~ 2	—	1.5 ~ 2
硬脂酸钡	0.8 ~ 1.2	0.8 ~ 1.2	1 ~ 1.8	1 ~ 1.5
有机锡稳定剂	—	—	0.8 ~ 1.2	—
珠光素(粉状或浆状)	—	—	0.7 ~ 0.9	—
碳酸钙	1 ~ 3	1 ~ 3	—	1 ~ 3
AC 发泡剂	4.5 ~ 5.5	5 ~ 5.8	—	—
硬脂酸	0.5 ~ 0.8	0.5 ~ 0.8	—	—
色料	适量	适量	适量	适量

(2) 性能 聚氯乙烯发泡拖鞋（又称聚氯乙烯微孔泡沫拖鞋）是由发泡的鞋底与不发泡的鞋襻组装而成。发泡鞋底以聚氯乙烯为基本原料，加入增塑剂、发泡剂及其他助剂经捏合、塑炼、拉片、冲片，最后用模压发泡法制得。不发泡的鞋襻则采用捏合、造粒，然后用注射法制得，鞋襻料中不加发泡剂。聚氯乙烯发泡拖鞋质地柔软，穿着舒适，容易制成多种花色品种，是生产量最大的一类拖鞋。其不足之处是工序复杂，操作工艺严格，生产效率较低。

鞋底用 SG-4 型（即原 XS-3 型）PVC 便于发泡，鞋帮采用 2 型 PVC 可保证有较高的强度。鞋底面层或鞋襻配方中少加或不加石油酯（M-50），而底层配方要加。这是因为石油酯加热至 160℃ 就会变成深棕色，因而影响面层及鞋襻的美观。

6. PVC 发泡双色拖鞋

(1) 原材料与配方（见表 6-7）

表 6-7 原材料与配方

原 材 料	鞋底配方 (质量份)	鞋帮配方 (质量份)	原 材 料	鞋底配方 (质量份)	鞋帮配方 (质量份)
PVC 树脂	100	100	碳酸钙	1.5	—
增塑剂	50	60	AC 发泡剂	5.0	—
环氧大豆油	10	10	硬脂酸	0.8	—
三碱式硫酸铅	2.0	2.0	珠光粉	—	0.7 ~ 1.0
硬脂酸钡	1.0	1.2	石油酯	10	—
有机锡	0.5	1.0	其他助剂	适量	适量

(2) 性能 双色注射拖鞋鞋底材料为白色发泡聚氯乙烯，鞋帮也为聚氯乙烯，帮与底自然粘接。由于鞋帮和鞋底采用两种不同颜色、不同配方的原料，需经过两次注射，并且对注射精度要求较高。帮、底的性能要求不同，选择的工艺条件也不同。

双色拖鞋具有以下特点：

- 1) 帮面色泽光亮、鲜艳，鞋底柔软。
- 2) 产品密度小，弯曲性能优良，使用中不易龟裂。
- 3) 产品色彩丰富，搭配多样，适应人们的不同需求。

7. PVC 双色靴

(1) 原材料与配方（见表 6-8）

表 6-8 原材料与配方

原材料	配方 1(质量份)	配方 2(质量份)	原材料	配方 1(质量份)	配方 2(质量份)
PVC	100	100	润滑剂	0.3	0.3
增塑剂	85 ~ 95	85 ~ 95	颜料	适量	适量
稳定剂	4 ~ 5	4 ~ 5	改性剂	—	10 ~ 15

(2) 性能 长期以来,我国一直流行使用橡胶靴,该靴以黑色为主,不挺括,虽近年来开发了各种彩色胶靴,但式样陈旧,色泽呆板。而且对我国来说,橡胶材料还需花大量外汇进口。根据 PVC 材料性质,利用 PVC 树脂添加增塑剂、稳定剂等材料,经注射成型穿着适用的靴类是可行的。PVC 靴具有式样美观、色泽鲜艳、耐酸、耐碱、耐油等优点,而且加工方便,改变了我国长期以来手工制作靴的工艺,降低了工人的劳动强度。产品经试穿和销售,完全满足穿着需要,深受广大消费者的欢迎。

8. PVC 鞋底

(1) 原材料与配方 聚氯乙烯鞋底的典型配方见表 6-9, ELVALOY 改性的 PVC 注射鞋底配方见表 6-10。

表 6-9 聚氯乙烯鞋底的典型配方

原材料	夹鞋底配方 (质量份)	棉鞋底配方 (质量份)	原材料	夹鞋底配方 (质量份)	棉鞋底配方 (质量份)
PVC	100	100	二碱式亚硫酸铅	0.8 ~ 1.2	0.8 ~ 1.2
邻苯二甲酸二辛酯 邻苯二甲酸二丁酯	60 ~ 63	53 ~ 58	硬脂酸钡	1.2 ~ 1.5	1.2 ~ 1.5
			石蜡	0.3 ~ 0.5	0.3 ~ 0.5
癸二酸二辛酯	—	4 ~ 6	碳酸钙	2 ~ 3	2 ~ 3
环氧酯	—	4 ~ 5	钛白粉	适量	适量
三碱式硫酸铅	1.5 ~ 1.8	1.5 ~ 1.8	色料	适量	适量

表 6-10 ELVALOY 改性的 PVC 注射鞋底配方

组 分	低档鞋配方 (质量份)	高 档 鞋	
		配方 1(质量份)	配方 2(质量份)
S-PVC(K-68)	100	100	100
DOP	80	65	50
741 树脂	35	70	100

注:配方其余相同组分(质量份):硬脂酸 0.1;环氧大豆油 5;Ba/Cb 稳定剂体系 2.5;亚磷酸盐螯合剂 0.5;颜料适量。在低档配方中还要加填料 5 份。

(2) 性能 PVC 鞋底具有良好的耐磨性、耐化学腐蚀性,价格低廉,且鞋底花纹清晰,着色鲜艳。PVC 鞋底通常与布鞋帮缝合在一起。塑料底缝合布鞋的透气性比注射的塑料底布鞋好。PVC 鞋底通常采用双色注射成型方法生产。

然而,未改性的 PVC 鞋底与硫化橡胶底相比,其低温挠屈性低,防滑性差,穿着舒适程度欠佳。为此常用橡胶和类橡胶弹性体等的高分子材料对 PVC 加以改性,以提高其韧性和弹性,使其更适于作为鞋底推广应用。

1) ELVALOY 改性 PVC 的特性。ELVALOY 树脂与一般液体低分子增塑剂如邻苯二甲酸二辛酯相比,由于其相对分子质量特别高,可视为 PVC 的永久型增塑剂,即不会

渗析、挥发或浸出到 PVC 制品表面，而且它与 PVC 的相容性好。因此，经 ELVALOY 树脂改性的制品具有如下特性：

- ①类似橡胶的手感和外观。
- ②较好的耐磨性和防滑性。
- ③较好的耐油性、耐肥皂性和耐溶剂性。
- ④耐低温性好，在低温下有类似橡胶的挠曲性和抗龟裂性。
- ⑤不受微生物的侵蚀。
- ⑥抗撕裂强度和热合性高。

2) ELVALOY 改性的 PVC 注射鞋底的特性。经 ELVALOY741、742 改性的 PVC 适宜制作半透明单元底、运动鞋，特别是耐油、耐肥皂水用的工业劳保鞋。用 ELVALOY 944 制作的泡沫凉鞋，具有较好的韧性、回弹性、揉曲性和缓冲性。

ELVALOY 的基本性能见表 6-11，ELVALOY 与 DOP 对 PVC 注射鞋底性能影响的比较见表 6-12，P83 含量对 PVC 压缩永久变形的影响见表 6-13，改性 PVC 注射鞋底性能的比较见表 6-14，XNBR/PVC 与 NBR/PVC 共混物性能的比较见表 6-15，XNBR/NBR/PVC 共混物的性能见表 6-16。

表 6-11 ELVALOY 的基本性能

性能 \ 品种	ELVALOY		
	741	742	944
相对分子质量 ^①	>250 000	>250 000	>250 000
密度/(g/m ³)	1 000	1 020	1 000
拉伸强度/MPa	6.0	4.3	9.6
断裂伸长率(%)	950	1 200	890
弯曲弹性模量/MPa	8.1	2.8	9.3
邵氏硬度(H _A)	70	55	72
玻璃化转变温度(T _g)/℃ ^②	-32	-32	-38
晶体熔融温度/℃ ^②	66	45	69

① 在 80℃ 的 1，2，4-三氯苯中通过光散射法测得的平均相对分子质量。

② 由示差温度分析测得。

表 6-12 ELVALOY 与 DOP 对 PVC 注射鞋底性能影响的比较

性 能	741 树脂,80 份	742 树脂,70 份	DOP,45 份
拉伸强度/MPa	15.7	17.7	12.9
断裂伸长率(%)	320	330	210
邵氏硬度(H _A)	96	88	89
脆性温度/℃	-48	-38	-18

表 6-13 P83 含量对 PVC 压缩永久变形的影响

DOP(质量份)	60	55	55	55
P83(质量份)	0	20	30	40
压缩永久变形(%) (压缩量 25%,70℃×22h)	66	63	61	59

注：试样配方中其余组分（质量份）：S-PVC（K-70）100；CaCO₃ 50；环氧大豆油 5。

表 6-14 改性 PVC 注射鞋底性能的比较

性能 \ 鞋材	PVC	PVC/741 树脂	PVC/P612B-1A2-ZS
邵氏硬度(H_A)	78	52	66
磨耗/($\text{cm}^3/1.61\text{km}$)	0.176	0.12	0.103
脆化温度/℃	-37	-44	-44
热损耗(160℃,4h)(%)	3.3	4.2	2.6
失重(浸全损耗系统用油 A-LN40,室温,7d)(%)	—	1.2	0.29

注：P612B-1A2-ZS 改性的 PVC 注射鞋底配方（质量份）：S-PVC（K-71）100；P612B-1A2-ZS 30；DOP 100；环氧大豆油 3；硬脂酸钙 0.4；Ba/Cd 稳定剂体系 3；羟基硬脂酸 0.5；有机亚磷酸酯 0.7；碳酸钙 5。

表 6-15 XNBR/PVC 与 NBR/PVC 共混物性能的比较

橡胶与 PVC 的配比		100:0		85:15		70:30		55:45	
		NBR	XNBR	NBR	XNBR	NBR	XNBR	NBR	XNBR
性能	邵氏硬度(H_A)	63	76	69	80	73	82	82	88
	拉伸强度/MPa	22.3	22.3	20.2	21.8	17.3	21.0	15.8	19.5
	断裂伸长率(%)	600	350	600	360	530	340	460	260

表 6-16 XNBR/NBR/PVC 共混物的性能

性能	XNBR/NBR/PVC			性能	XNBR/NBR/PVC		
	0:70:30	15:55:30	30:40:30		0:70:30	15:55:30	30:40:30
硬度	1	1.8	2.3	撕裂性能	1	1.3	1.4
拉伸强度	1	1.2	1.3	磨耗	1	1.8	2.7

注：1. 表中性能是以 NBR: PVC = 70:30 为基准作出的。

2. 试样配方（质量份）：高聚物 100；辛基代二苯胺 1；N，N'-二苯基对苯二胺 1；古马龙树脂 5；硬脂酸 1.5；PED4000 3；AC615 聚乙烯 2；白炭黑 45；DOP 18；TE80 11.5；氧化锌 5；促进剂 TMTD 0.5；促进剂 MBTS 1.25；蛛牌硫磺 1.75。

9. 用 PVC 回收料制备 PVC 泡沫鞋

（1）原材料与配方 废旧 PVC 注射发泡鞋粒料 75kg；废旧 PVC 注射全塑粒料 25kg；DOP 5kg；DBP 5kg；3PbO · PbSO₄ 1.5kg；AC 0.6kg；HSt 0.3kg；颜料适量。

(2) 性能 PVC 是大宗塑料品种，每年用量很大，在加工过程中或使用后也会留下大量废旧 PVC，若不很好地回收利用，就会造成环境污染。而若对这些废旧 PVC 进行回收利用，一则可为企业增加丰厚的经济利润，二则减少了污染，有百利而无一害，对废旧塑料回收利用是当前塑料工业发展的大趋势。

不管经过几次使用的 PVC 回收料，其性能都会受老化作用而变差，用纯回收料制备鞋制品，性能不好。通常情况下，都需添加部分新料，经掺混后再制备成鞋制品。添加比例通常为 20% ~ 30%。添加 25% 新料的 PVC 回收料的性能见表 6-17。

表 6-17 添加 25% 新料的 PVC 回收料的性能

性能	产品性能	技术指标	性能	产品性能	技术指标
拉伸强度/MPa	2.98	≥2.0	邵氏硬度	35	≤50
断裂伸长率(%)	207	≥160	密度/(g/cm ³)	0.80	≤0.85

10. E/VA/CO 共聚物改性 PVC 鞋底料

(1) 原材料与配方（见表 6-18）

表 6-18 原材料与配方

原材料	密实鞋底配方 (质量份)	微孔鞋底配方 (质量份)	原材料	密实鞋底配方 (质量份)	微孔鞋底配方 (质量份)
PVC	100	100	亚磷酸酯螯合剂	0.5	0.5
DOP	50	70	硬脂酸	0.1	0.5
E/VA/CO(62:28:10)	50	20	钛白粉	1	1
钙/锌稳定剂	3	3	碳酸钙	—	10
环氧大豆油	5	5	AC	—	2

注：E/VA/CO 为美国杜邦产品，为乙烯/醋酸乙烯/一氧化碳三元共聚物。

(2) 性能 该专用料加工性能优越，制品耐磨性、耐腐蚀性良好，可制成各种不同花色品种，穿着舒适，应大力推广。

11. PVC/P83 微发泡鞋专用料

(1) 原材料与配方（质量份） PVC 100；P83 20；DOP 60；DBP 20；环氧大豆油 4；硬脂酸钡 1；硬脂酸铅 1；碳酸钙 15；AC 1.5。

(2) 性能 该专用料配制合理，注射加工性好，可制成各种不同花色品种，制品耐磨、耐腐蚀、防滑且穿着舒适。

12. PVC 雨靴专用料

(1) 原材料与配方（质量份） PVC 100；改性剂 741 30；DOP 35；DBP 20；DOA 9；硬脂酸酰胺 0.5；碳酸钙 8；螯合剂 0.4；环氧硬脂酸丁酯 3；钡/镉 1。

(2) 性能 该专用料配制合理，加工方便，制品防滑、耐磨、耐腐蚀且穿着舒适。

13. PVC 透明水晶鞋

(1) 原材料与配方 (质量份) PVC 100; DOP 28; DBP 26; 环氧大豆油 10; 硬脂酸钡 0.8; 硬脂酸镉 0.8; 钙/锌 1; 二月桂酸二丁基锡 2.2; 硬脂酸 0.2。

(2) 性能 该产品美观大方, 穿着舒适, 花色品种较多, 且防滑、耐腐蚀、经久耐用。

14. PVC 工业鞋

(1) 原材料与配方 (质量份) PVC (SG-2 ~ SG-3) 100; CPE 30; DOP 30; DBP 20; DOS 15; 环氧酯 5; 硬脂酸钡 0.8; 硬脂酸镉 0.5; 硬脂酸锌 0.2; 三碱式硫酸铅 2.5; 二碱式亚磷酸铅 1.5; 硬脂酸 0.3; 石蜡 0.2。

(2) 性能 该产品工艺性能良好, 制品绝缘性优良, 耐划痕、耐磨、耐腐蚀, 且穿着舒适, 应大力推广。

15. PVC 凉鞋

(1) 原材料与配方 (见表 6-19)

表 6-19 原材料与配方

原 材 料	普通鞋配方 (质量份)	珠光鞋配方 (质量份)	发泡鞋配方 (质量份)
PVC	100	100	100
P83	10	10	10
DOP	30 ~ 40	30 ~ 40	30 ~ 50
DBP	20 ~ 30	20 ~ 30	20 ~ 30
DOS	0 ~ 6	—	0 ~ 6
三碱式硫酸铅	1.5 ~ 2.5	—	0.8 ~ 3
硬脂酸钡	0.8 ~ 1.5	0.6 ~ 1	0.8 ~ 2
硬脂酸镉	—	0.5 ~ 1	—
二月桂酸二丁基锡	—	0.5 ~ 2	—
环氧大豆油	—	0 ~ 2	—
AC	—	—	0.8 ~ 1.3
碳酸钙	10	—	10
珠光粉	—	2 ~ 3	—

(2) 性能 该产品加工性能良好, 花色品种较多, 制品耐磨、耐腐蚀、防滑且穿着舒适。

16. 软质 PVC 发泡鞋底

(1) 原材料与配方 (质量份) PVC (S-1000) 100; DOP 60; 热稳定剂 6; AC 4; DCP 0.2; 柠檬酸 0.2; NBR 40; 泡孔调节剂 11; 氧化锌 1。

(2) 性能 密度为 0.359g/cm^3 , 拉伸强度为 4MPa , 撕裂强度为 21N/mm , 断裂伸长率为 200% , 硬度适中。鞋底材料配制合理, 加工方便, 制品耐磨、耐腐蚀、防滑且

穿着舒适。

17. 软质 PVC 发泡鞋底

(1) 原材料与配方 (质量份) PVC (S-1000) 100; DOP 60; 热稳定剂 6; ACR 5; 放热发泡剂 (AC) 2; NBR 20; 氧化锌 1。

(2) 性能 密度为 0.44g/cm^3 , 拉伸强度为 3.36MPa , 撕裂强度为 28N/mm , 断裂伸长率为 203%, 硬度适中。

制品配制合理, 工艺性能良好, 花色品种多且耐磨、耐腐蚀、防滑穿着舒适。

18. PVC 发泡凉鞋专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) PVC 树脂 100; CPE 改性剂 (或 P83) 5~20; 增塑剂 55~65; 稳定剂 2~3; 润滑剂 0.5~1; 发泡剂 0.5~1; 填充剂 5~8; 着色剂适量。

(2) 性能

1) NBR/PVC 共混配比为 70:30 时, NBR 与 PVC 相容性最好, 发泡效果和制品性能最佳。

2) NBR/PVC 共混发泡时, 硫化体系为硫黄 1.2 份、DCP2 份, 制品的结构优良, 综合性能最佳。

3) NBR/PVC 共混发泡时, 复合发泡剂 A 用量对制品性能有较大影响, 从提高制品综合性能角度考虑, 选定用量为 9 份。

4) NBR/PVC 共混发泡时, CB 为 10 份, CaCO_3 为 30 份, DOP 为 35 份, 胶料的门尼黏度低, 有利于发泡, 同时加工性能和制品性能均较好。

第二节 聚烯烃注射成型鞋制品与专用料

1. 聚乙烯泡沫凉鞋、拖鞋与布鞋鞋底

(1) 原材料与配方 聚乙烯发泡鞋底的典型配方见表 6-20。

表 6-20 聚乙烯发泡鞋底的典型配方

原 材 料	配方(质量份)	原 材 料	配方(质量份)
低密度聚乙烯	70 ~ 80	硬脂酸钡	0.5 ~ 0.8
EVA	20 ~ 30	石蜡 硬脂酸 } (两种任选一)	1 ~ 1.5
顺丁橡胶	5 ~ 8		
过氧化二异丙苯	0.8 ~ 1	轻质碳酸钙	3 ~ 10
偶氮二甲酰胺	3.5 ~ 4.5		
三碱式硫酸铅 氧化锌 } (两种任选一)	1 ~ 1.5	色料	适量

(2) 性能 采用低密度聚乙烯制鞋是由于其柔软性及发泡性能优于高密度聚乙烯。所用聚乙烯的熔体流动速率应为 $2\text{g}/10\text{min}$ 左右。改性剂通常用 EVA 和顺丁胶两种聚合

物,前者增加鞋底的柔软性和耐寒性,并改善发泡性能,后者提高鞋底的弹性。过氧化二异丙苯起交联的作用,PE交联后,增加了熔体强度,以保持泡沫结构。交联剂用量对制品力学性能起很大影响,应严格计量。偶氮二甲酰胺则是发泡剂(AC发泡剂)。三碱式硫酸铅和氧化锌在这里是AC发泡剂的分解促进剂,加入一份就可使AC发泡剂的分解温度由190~200℃降至150℃左右,因此可使AC发泡剂在PE的塑化温度(170℃)下分解并使PE发泡。氧化锌无毒,还能起到紫外线吸收剂的作用,三碱式硫酸铅也能起稳定作用。

制好的发泡片,根据鞋号尺码大小分别冲裁成鞋底样,最后组装成各种鞋。凉鞋和拖鞋的组装比较简单,即先将鞋底冲眼,然后将PVC襟带有钮扣形状的一端强行压入鞋底孔眼。若组装PE发泡底的人造革或布帮的鞋,则可用缝制法或用粘合法。粘合法应先涂一遍胶,经50~60℃烘烤后再涂一次胶才能在加压下粘接。聚乙烯发泡鞋底片的模具结构比较简单,它是长方形的二板式模具,模腔四边转角处应有适当的弧度,这样可使发泡片易于出模。

注射机温度从自动送料端至机头部位分三段控制,分别为140~145℃、170~175℃和160~165℃。

2. 抗菌型 LDPE 微发泡鞋专用料

(1) 原材料与配方(质量份) LDPE 100; EVA 35; AC 3.5; DCP 0.6; 硬脂酸钡 0.5; 碳酸钙 8; 硬脂酸 0.5; 银离子抗菌剂 0.5; 氧化锌 1。

(2) 性能 该专用料配制合理,加工工艺性良好,花色品种多样,且制品经久耐用,防滑、防霉、耐磨、耐摩擦,穿着舒适。

3. 交联微发泡 LDPE/EPDM 鞋专用料

(1) 原材料与配方(质量份) LDPE 100; EPDM 20; 三碱式硫酸铅 3; 碳酸钙 15; AC 浆 14; DCP 1; 硬脂酸 0.5; 石蜡 0.4。

(2) 性能 该专用料配方设计合理,注射成型方便,花色品种多,制品耐磨、耐腐蚀、防滑,穿着舒适大方,经久耐用。

4. 交联微发泡 LDPE/EVA 鞋专用料

(1) 原材料与配方(质量份) LDPE 100; EVA 20; BR 10; 三碱式硫酸铅 3; 碳酸钙 15; AC 3.5; DCP 0.8; 硬脂酸 0.5。

(2) 性能 该专用料设计合理,成型工艺优良,生产效率高,且制品经久耐用、耐磨、耐腐蚀、防滑,穿着舒适。

5. LDPE/BR 发泡鞋专用料

(1) 原材料与配方(质量份) LDPE 100; BR 50; AC 2.5; DCP 1; 硫黄 1.5; 氧化锌 5; 硬脂酸 0.5; 三碱式硫酸铅 2。

(2) 性能 配方设计合理,注射加工方便,便于制备多种花色品种,制品经久耐用,穿着舒适。

6. 交联聚乙烯泡沫拖鞋与凉鞋专用料

(1) 原材料与配方(质量份) LDPE [$MFR = 2g/(10min)$] 60; EVA 40; AC 5;

DCP 1；三碱式硫酸铅 1；硬脂酸 1；碳酸钙 20。

(2) 性能 交联度为 82.3%，邵氏硬度 (H_A) 为 50。

7. 聚乙烯注射泡沫塑料布鞋底专用料

(1) 原材料与配方（见表 6-21）

表 6-21 原材料与配方

原材料	配方 1 (质量份)	配方 2 (质量份)	原材料	配方 1 (质量份)	配方 2 (质量份)
LDPE($MFR = 1.2g/10min$)	100	100	硬脂酸钡	0.3	0.5
AC 发泡浆	6.0	4.0	三碱式硫酸铅	0.5	0.3
AC 活化剂	1.5	1.2	氧化锌	1	1
DCP	1.5	1.0	硬脂酸	0.8	0.8

(2) 性能（见表 6-22）

表 6-22 聚乙烯注射泡沫塑料布鞋底性能

性 能	配方 1	配方 2	性 能	配方 1	配方 2
交联度(%)	74.1	75.6	邵氏硬度(H_A)	47	48
拉伸强度/MPa	19.6	20.6	断裂伸长率(%)	134	159

8. 聚乙烯填充交联注射泡沫塑料鞋底专用料

(1) 原材料与配方（见表 6-23）

表 6-23 原材料与配方

原材料	配方 1 (质量份)	配方 2 (质量份)	配方 3 (质量份)	配方 4 (质量份)	配方 5 (质量份)	配方 6 (质量份)
LDPE	100	100	100	100	100	100
填料	5(煅烧高岭土)	5(高岭土)	5(滑石粉)	5(氢氧化铝)	5(轻质碳酸钙)	5(熟石膏)
AC	4	4	4	4	4	4
DCP	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
氧化锌	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
硬脂酸钡	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
硬脂酸	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

(2) 性能 配方设计合理，注射成型加工方便，压缩强度高，防滑、耐磨。

9. EVA 微孔鞋底专用料

(1) 原材料与配方（见表 6-24）

表 6-24 原材料与配方

原材料	凉鞋底配方 (质量份)	皮鞋底配方 (质量份)	布鞋底配方 (质量份)	防滑底配方 (质量份)	防滑底配方 (质量份)
EVA	100	100	40	30	50
LDPE	—	—	60	50	—
CPE	—	—	—	20	—
EPDM	—	—	—	—	50
发泡剂 AC	4	3	4.5	4	5
DCP	1	1	1	1	1
硫黄	—	—	—	—	0.05
三碱式硫酸铅	1.5	1.5	1.5	2	1
硬脂酸钡	0.5	0.5	—	1	1
氧化锌	—	—	3	—	—
碳酸钙	10 ~ 15	13	5	20	10

(2) 性能 (见表 6-25)

表 6-25 EVA 微孔鞋底专用料性能

性 能	凉鞋底	皮鞋底	布鞋底	防滑底	防滑底
密度/(g/cm ³)	0.16 ~ 0.20	0.20 ~ 0.25	0.187	0.272	0.25
拉伸强度/MPa	2.0 ~ 2.5	3.5	1.48	1.9	1.9
邵氏硬度(H _A)	35 ~ 40	45 ~ 50	28	53	32
回弹率(%)	25 ~ 30	30	—	26	—

10. EVA/NBR 微发泡鞋专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) EVA 100; NBR 10; 三碱式硫酸铅 1.8; 二碱式亚磷酸铅 0.8; 硬脂酸钡 0.5; 硬脂酸钙 0.5; 硬脂酸锌 0.2; AC 3.5; DCP 1.2; 碳酸钙 12; 硬脂酸 0.2。

(2) 性能 配方设计合理, 注射成型工艺简便, 制品经久耐用, 穿着舒适。

11. EVA 微发泡鞋专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) EVA 100; 三碱式硫酸铅 1.8; 二碱式亚磷酸铅 1; 硬脂酸钡 0.5; 硬脂酸钙 1.5; AC 2.5; DCP 0.6; 碳酸钙 10; 硬脂酸 0.3; 炭黑 2。

(2) 性能 配方设计合理实用, 注射成型工艺简便, 制品经久耐用, 穿着舒适。

12. PP 低发泡鞋跟专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) PP 100; AC 5; 硬脂酸锌 0.5; 白油 0.5。

(2) 性能 配方设计实用, 注射成型工艺色简便, 压缩强度高, 力学性能优良,

制品耐磨、耐腐蚀性能好。

13. POE 微孔鞋底专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) POE (8003) 100; AC 2.5; 氧化锌 1; DCP 1.75; 三羟甲基丙烷三异丁烯酸酯 2; 碳酸镁 5; 钛白粉 3。

(2) 性能 密度为 $0.19 \sim 0.25 \text{g/cm}^3$, 邵氏硬度 (H_A) 为 50 ~ 56, 拉伸强度为 2.5 ~ 2.7MPa, 回弹率为 48% ~ 50%, 收缩率为 1% ~ 2%。

14. LLDPE 泡沫鞋底专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) LLDPE 100; 过氧化二异丙苯 0.8 ~ 1.0; 偶氮二甲酰胺 4 ~ 5; ZnO 2 ~ 3; 其他助剂适量。

(2) 性能与应用 选用合适型号的国产 LLDPE 在不加任何改性剂的情况下完全可以发泡, 而且力学性能与相同配方下的 LDPE 发泡材料相比有较大提高, 可作为鞋底材料推广应用, 这为 LLDPE 的用途开拓了新的途径。在发泡体系的配方中, AC 与 DCP 的最佳比例为 5:1 100 份的 LLDPE 主料中以 DCP 的加入量为 0.8 ~ 1.0 份、AC 的加入量为 4 ~ 5 份为宜。

15. 改性聚乙烯泡沫拖鞋专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) LDPE 100; EVA 30; 顺丁橡胶 15; 发泡剂 (AC) 适量; 氧化锌 适量; 交联剂 (DCP) 0.8 ~ 1.2; 三碱式硫酸铅适量; 润滑剂适量。

(2) 性能 拉伸强度为 1.3MPa, 邵氏硬度 (H_A) 为 50; 屈挠次数为 4 万次, 密度为 0.3g/cm^3 。

(3) 应用 改性 PE 泡沫拖鞋是目前国内市场上广为流行的产品, 它的特点是柔软、弹性好、舒适、质轻、耐磨。鞋底是 EVA 和橡胶改性聚乙烯的泡沫制品, 帮面可选择皮质、人造革、布料等材料。较 PVC 发泡拖鞋而言, 改性 PE 泡沫拖鞋更舒适、轻便, 对木质地板磨损小。

16. 改性 LDPE 泡沫鞋底专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) LDPE 100; AC 3.5; DCP 0.95; ZnO 0.8; 三碱式硫酸铅 1.5; HSt 0.9; PR-3 (含氯 25% ~ 45%) 5 ~ 30; CaCO_3 50 ~ 100。

(2) 性能 (见表 6-26)

表 6-26 改性 LDPE 泡沫鞋底专用料性能

性 能	EVA 改性	PR-3 改性	聚乙烯泡沫拖鞋底标准
拉伸强度 (纵/横)/MPa	3.55/3.46	3.64/3.54	≥ 2.0
断裂伸长率 (纵/横) (%)	151/146	146/138	≥ 30
邵氏硬度 20℃ (H_A)	35.5	33.2	30 ~ 40
密度/(g/cm^3)	0.22	0.24	0.18 ~ 0.25

(3) 应用

1) 采用 PR-3 为改性剂, 并配以适当的助剂和活性填料可制作 LDPE 改性发泡材

料。该材料力学性能优良，其改性剂最佳用量为 15 份。活性碳酸钙加入量的增加不仅可降低成本，而且还能改善 LDPE 发泡材料的初期性能。

2) PR-3 改性剂取代 EVA 是可行的。由于 PR-3 改性剂是利用废旧 PE 农膜氯化制得，所以经济效益显著。

3) 制成的改性 LDPE 发泡鞋底具有耐磨、耐低温、成本低的特点，完全符合制鞋的要求。

17. 改性 PE 泡沫拖鞋专用料

(1) 原材料与配方（质量份） 高压聚乙烯 100；EVA 30；顺丁橡胶 15；发泡剂（AC）适量；氧化锌适量；交联剂（DCP）0.8 ~ 1.2；三碱式硫酸铅适量；润滑剂适量。

(2) 性能 拉伸强度为 1.3MPa，屈挠次数为 4 万次，邵氏硬度为 50，表观密度为 $0.3\text{g}/\text{cm}^3$ 。

(3) 应用 改性 PE 泡沫拖鞋是目前国内市场上广为流行的产品，它的特点是柔软、弹性好、舒适、质轻、耐磨。鞋底是 EVA 和橡胶改性聚乙烯的泡沫制品，帮面可选择皮质、人造革、布料等材料。较 PVC 发泡拖鞋而言，改性 PE 泡沫拖鞋更舒适、轻便，对木质地板磨损小。

18. LDPE/EVA 发泡鞋专用料

(1) 原材料与配方（质量份） LDPE 100；EVA 30；DCP 1.0；AC 5.5；ZnO 3.0；SA 1.5。

(2) 性能 加工温度对发泡材料性能的影响见表 6-27。

表 6-27 加工温度对发泡材料性能的影响

性 能	模压温度/℃			
	160	170	180	190
密度/ (g/cm^3)	0.570	0.087	0.079	0.076
邵氏硬度(H_A)	—	26	27	26
冲击回弹性(%)	—	38.28	38.92	39.07
压缩永久变形(%)	—	25.00	43.75	40.63

注：LDPE 与 EVA 的质量比为 100:30，加工时间为 15min。

(3) 应用

1) 研究表明，本体系适宜的发泡温度为 170℃，模压时间为 15min，压力影响不显著。

2) 在 LDPE 中加入 EVA，能提高熔体黏度，使泡孔尺寸变小，提高撕裂强度，且具有好的外观。

3) LDPE/EVA（质量比 100:30）发泡材料具有高的凝胶率，泡孔大小均匀，泡壁规则致密。

4) LDPE/EVA (质量比 100:30) 发泡材料表现出高的冲击回弹性 (38.28%)、低的压缩永久变形 (25%)，且综合性能良好。

第三节 其他塑料注射成型鞋制品与专用料

1. 聚氨酯发泡底旅游鞋、凉鞋与皮鞋专用料

(1) 原材料与配方 (见表 6-28)

表 6-28 聚氨酯鞋底材料的参考配方

原材料	配比(质量份)	原材料	配比(质量份)
聚醚树脂(羟值 59)	100	三亚乙基二胺	0.4
1,4-丁二醇	12	辛酸亚锡	0.03
水(物料中含水)	0.10	Voramate M800 (MDI 和聚醚的加成物)	70.3[熔体流动速率为 102g/(10min)]
F-11	6		
有机硅泡沫稳定剂	0.1		

(2) 性能 以发泡聚氨酯为底，以合成革或皮革为帮，经粘接就可以组装成各种鞋，例如旅游鞋、凉鞋、皮鞋等。这类鞋轻便、耐磨、耐寒、耐油，弹性卓越，挺拔不易走形，美观大方，所以深受人们欢迎。聚氨酯鞋属于高档塑料鞋，价格较其他塑料鞋高，目前我国还在大力开发推广中。

2. 聚氨酯发泡鞋底专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) 聚醚多元醇 100；甲苯二异氰酸酯 38；三乙烯二胺 0.2；水溶性硅油 1；二月桂酸类化合物 0.8；蒸馏水 3。

(2) 性能 配方设计合理，注射成型工艺简便，制品耐磨性优良，且穿着舒适，经久耐用。

3. SBS 旅游鞋专用料 1

(1) 原材料与配方 (质量份) SBS 100；PS 15~25；PE 5~10；填料 5~10；加工助剂 2；其他助剂适量。

(2) 性能 SBS 材质旅游鞋的特点是防滑性能好，穿着舒适，耐寒性优良 (-60℃)。与其他材质如 PVC 比较，质量轻 20%~30%，和橡胶底对比，无需硫化处理就可加工，故有取代 PVC、橡胶、EVA 粘橡胶等材质鞋底旅游鞋的趋势。

目前 SBS 旅游鞋采用的加工工艺有注射成型、挤出成型和压模粘胶等，成型设备有多工位回转式制鞋机和多工位圆盘挤出式制鞋机等。SBS 旅游鞋成型条件见表 6-29。

4. SBS 旅游鞋专用料 2

(1) 原材料与配方 (质量份) SBS 100；PP 粉 10~20；填料 5~8；其他助剂适量。

(2) 性能 SBS 是以丁二烯、苯乙烯为单体，经阴离子聚合得到的嵌段共聚物，其

性能兼有橡胶和塑料的特性，常温下具有橡胶的弹性，而高温下又能像塑料那样熔融流动，成为可塑性的材料，因此它能采用通常塑料的成型加工方法制造鞋底。

表 6-29 SBS 旅游鞋成型条件

成 型 条 件	注塑机	挤出机
鞋用 SBS 熔体流动速率/(g/10min)	15 ~ 20	5 ~ 15
机筒温度(四段加热)/℃	140 ~ 190	145 ~ 180
注射(或挤出)压力/kPa	20 ~ 30	30 ~ 40
注射时间/s	2 ~ 3	3 ~ 4
冷却定型时间/min	取决于冷却方法	
模具温度/℃	30 ~ 50	50 ~ 60

将 SBS 鞋底与合成革鞋帮、皮帮、布帮等组装（粘接或一次注射粘接），就可根据需要分别生产出 SBS 底旅游鞋、凉鞋、布鞋。

SBS 鞋底有许多突出的优点，和聚氯乙烯鞋底相比，它耐老化、耐磨、耐寒、弹性好，制成的鞋穿着轻便（密度小），不易打滑。与聚氨酯鞋底比较，又有生产工艺简单、价格较低、容易粘接等优点。所以 SBS 已成为当前制鞋的一种新材料。

5. SBS 鞋专用料

(1) 原材料与配方（见表 6-30）

表 6-30 原材料与配方

原材料	配方 1(质量份)	配方 2(质量份)	原材料	配方 1(质量份)	配方 2(质量份)
SBS	150	150	UV-102	0.5	1
PS	50	50	环烷油	—	40
碳酸钙	20	45	石蜡	20	—
防老剂 SP	1	1	硬脂酸锌	0.5	0.5

(2) 性能 该专用料配方设计实用合理，注射成型工艺简便，所制产品经久耐用，耐磨性、耐腐蚀性良好，防滑、挺括，穿着舒适，深受人们欢迎。

6. SBS/AMS 共混鞋专用料

(1) 原材料与配方（质量份）SBS（791）100；AMS 20；HIPS 18；抗氧剂 1010 0.2；抗氧剂 DLTP 0.3；环烷油 50；碳酸钙 25。

(2) 性能 该专用料配方设计实用合理，注射成型简便，制品耐磨性、耐腐蚀性优良，且防滑、穿着舒适，经久耐用。

第七章 注射成型塑料日用制品与专用料

第一节 聚乙烯注射成型日用制品与专用料

1. 大型高密度聚乙烯托盘

(1) 原材料与配方（质量份） HDPE 100；色母粒 10 ~ 15；加工助剂 3；其他助剂适量。

(2) 性能 高密度聚乙烯（HDPE）托盘质量轻、无毒、表面光洁、易消毒（无钉子、木屑等杂物）且不易破损，可用作医药用品的包装用具，也可用于食品、啤酒、水果、水产品、书籍、纸张、五金电器等产品的包装。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。意大利利用 HDPE 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为 100 万只/年。

不同托盘型号的载荷及外形尺寸见表 7-1。

表 7-1 不同托盘型号的载荷及外形尺寸

型号	长/mm	宽/mm	高/mm	最大载质量/t
SY812	1 200	800	145	0.65
SY1012	1 200	1 000	145	1
SY1112	1 200	1 100	145	1
SY1212	1 200	1 200	145	1
SY1113	1 300	1 100	145	1.5
SY1213	1 300	1 200	145	1.5

1) 托盘抗弯曲变形的检测结果见表 7-2。

表 7-2 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	0.64
1212	23 ~ 25	18.1 ~ 18.4	10	4.07	0.98
1112	25	16.4	10	4.3	1.2
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托盘的平均值。

2) 托盘抗压试验。在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°C 冷库中 24h 后, 由 1m 高对角垂直跌落五次, 没有明显变形。

2. 聚烯烃塑料周转箱

(1) 原材料与配方 (质量份) HDPE 100; PP 10 ~ 15; PP 母料 5 ~ 10; 填料 6 ~ 10; 加工助剂 2.0; 其他助剂适量。

(2) 性能 注射周转箱是采用高密度聚乙烯或聚丙烯树脂为主要原料, 经注射工艺成型的大型塑料容器, 分固定式和折叠式两种。固定式是在注射机上一次成型的制品; 折叠式是先注射若干部件, 然后再装配而成。注射周转箱质轻、强度高、搬运方便、容易清洗、色泽鲜艳、使用寿命长、防虫、防潮、防霉。其中折叠式周转箱还具有占地面积小、便于运输和存放的特点。注射周转箱被广泛用于食品、饮料、果品、蔬菜、仪表、零部件、药品、化工品等的周转和贮存, 是以塑代木的一类主要产品。

该产品采用高密度聚乙烯或共聚聚丙烯树脂为主要原料, 为了降低生产成本, 可加入少量 (如 10% 左右) 的无规聚丙烯填充母料。

对共聚丙烯和高密度聚乙烯树脂的性能要求见表 7-3。

表 7-3 共聚丙烯和高密度聚乙烯树脂的性能要求

性 能	指标	性 能	指标
熔体流动速率/[g/(10min)]	3 ~ 7	布氏硬度	≥ 6
缺口冲击强度/(kJ/m)	> 0.098		
拉伸强度/MPa	29.4	压缩强度/MPa	39.4

食品塑料周转箱执行国家标准 GB/T 5737—1995, 瓶装酒、饮料塑料周转箱执行国家标准 GB/T 5738—1995, 其他塑料周转箱目前尚无国家标准和行业标准, 可参照上述标准作必要的修正。

3. 一次性食道支架推送器

(1) 原材料与配方

1) 外管配方 (质量份): HDPE 50; LLDPE 50; 填料 5.0; 其他助剂适量。

2) 内管配方 (质量份): HDPE 25; LLDPE 75; 色母粒 1 ~ 3; 填料 5 ~ 6; 加工助剂 1 ~ 2; 其他助剂适量。

(2) 性能 食道支架推送器由调节柄、固定柄、手柄、外管、内管、细管、导引头等零部件组合而成, 产品的基本构架示意图如图 7-1 所示。

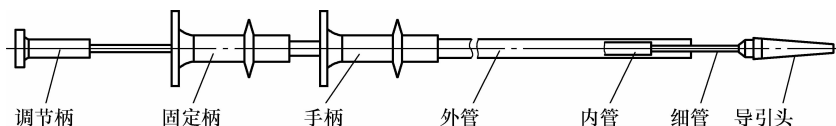


图 7-1 产品的基本构架示意图

该推送器外管和内管间有一定的间隙，以保证二者可作相对滑动。支架放置在外管与细管形成的腔里（称为支架腔），通过内管和细管的相互移动可调节支架腔的长度以适应不同长度的支架。支架推送器插入到达预定位置后，稳住内管不动，缓慢回抽外管，即可释放出支架。

不同密度的 PE，其应用特性具有很大的差异。HDPE 与 LLDPE 相比，HDPE 具有较高的硬度、拉伸强度、软化温度和较好的加工性，而 LLDPE 则较柔软且表面光泽好，但加工性较差。将 HDPE 和 LLDPE 共混可以得到不同性能的共混物。HDPE 与 LLDPE 可按任意比例共混，通过改变共混比例来调节导管的硬度，并可改善导管的表面质量。本产品的内管和外管壁厚不同，采用了不同配方，以得到不同柔软度的导管。为考查不同 HDPE/LLDPE 配比对导管性能的影响，进行了配比实验，结果见表 7-4。

表 7-4 HDPE/LLDPE 对比对导管性能的影响

HDPE/LLDPE	拉伸强度/MPa	洛氏硬度 HRR	外观质量	加工性能
100:0	24.2	65	毛糙,不太透明	加工性好
50:50	16.3	54	光滑,透明	加工性好
35:65	23.6	50	光滑,透明	加工性好
25:75	24.9	47	光滑,透明	加工性好
0:100	12.0	40	光滑,透明	较难加工

硅橡胶具有与人体组织相容性较好、不易凝血、耐生物老化、有助于切口部位的愈合和术后并发症较少等一系列优点，加之硅橡胶还有良好的柔软性、弹性，因而该材料在医疗领域已大量使用。选用硅橡胶制作的导引头，可减少对黏膜的刺激和损伤。

1) 物理性能。支架推送器外表面应光滑、清洁、无杂质，外管及导引头末端应无飞边、锋棱等加工缺陷和表面缺陷；支架推送器外管和内管在相对运动时应顺畅，推拉所需的力不大于 5N；支架推送器应有良好的弯曲性能，且在 50℃ 下持续处理 48h 能基本保持原有的弯曲性能；支架推送器内管、细管内通道应通畅，没有堵塞现象；支架推送器外管及连接处、内管及连接处应能承受 15N 的静拉力，而不发生断裂或连接处脱落。

2) 化学性能。浸取液 pH 值与空白对照液 pH 值之差 不大于 1.5；浸取液与空白对照液所耗高锰酸钾溶液（0.002mol/L）的体积之差不超过 2.0mL；重金属（Pb²⁺）含量小于 1μg/mL。

3) 生物性能。细胞毒性反应不大于Ⅱ级；无口腔黏膜刺激；致敏率小于 8%。

4. 聚烯烃头梳、皂盒与茶盘

(1) 原材料与配方

红色 PE 塑料制品着色配方见表 7-5。

(2) 性能 聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）塑料原料无臭、无味、无毒、易于着色，用它们所制成的日用塑料制品，色泽艳丽，颇受人们的欢迎。这类塑料制品大多用注射

法制得。

聚烯烃类塑料型号种类较多,为了使成型时熔体有良好的流动性,必须选择适合注射用的塑料原料,而通常用熔体流动速率表示塑料原料的流动性。注射用的各种塑料原料,如高密度聚乙烯(HDPE),熔体流动速率要求为 $3 \sim 8\text{g}/(10\text{min})$;低密度聚乙烯(LDPE),熔体流动速率要求为 $4 \sim 20\text{g}/(10\text{min})$;PP熔体流动速率要求为 $2 \sim 9\text{g}/(10\text{min})$ 。

表 7-5 红色 PE 塑料制品着色配方

物料名称	配比(质量份)	物料名称	配比(质量份)
PE	100	苯二甲酸二辛酯	0.08
YJO-1 透明红	0.04		

由于聚烯烃类塑料多为透明或半透明白色固体,为生产出各种颜色的制品,需加入一定量的着色剂将原料染色。常用的塑料着色剂有:YJP 型荧光黄,YJO 型透明红,3G 型荧光绿等。

头梳、皂盒、茶盘等日用塑料制品目前尚无国家标准和行业标准,各生产厂家多执行地方标准。

外观质量一般要求塑化良好、成型饱满无缺陷、不变形、色泽鲜艳。PS、AS 及 ABS 制品要求透明度好,不允许有丝纹、气泡、“云雾”和裂纹。贴花图案不允许歪斜和起皱,烫金图案要完整清晰。

5. 聚乙烯水桶

(1) 原材料与配方(质量份) HDPE 85; LLDPE 15; 亚乙基双硬脂酰胺(EBS) 1; 其他助剂适量。

说明:EBS 添加量在 1.2 份以下时,能大幅增加制品的表面光泽度,但添加量超过 1.2 份时,则会对制品的印刷性能有较大影响。

(2) 性能 配方设计合理实用,注射成型简便,所得制品尺寸良好,无变形,使用性能良好,已广泛应用。

6. HDPE 周转箱

(1) 原材料与配方(质量份) HDPE 100; 母料 10; 填料 20~30; 增韧剂 5~8; 加工助剂 1~2; 其他助剂适量。

(2) 性能 配方设计合理实用,注射成型简便可靠,制品尺寸稳定、无变形、力学性能良好,可满足使用要求,现已广泛使用。

7. 聚乙烯瓦楞箱

(1) 原材料与配方(质量份) HDPE 100; LDPE 25; 碳酸钙 125; 硬脂酸锌 1.1; 硬脂酸钡 1.1; 抗氧剂 CA 0.11; 助抗氧剂 DLTP 0.055。

(2) 性能 配方设计合理使用,注射成型工艺简便可行,制品尺寸稳定,无变形,具有一定的强度与刚度,满足使用要求,现已广泛使用。

8. 聚乙烯切菜板

- (1) 原材料与配方（质量份） 聚乙烯 80；PP 20；填料 10 ~ 20；增韧剂 5.0；加工助剂 1 ~ 2；其他助剂适量。
- (2) 性能 配方设计合理，注射或挤出成型工艺简便，尺寸稳定，不变形，经久耐用。

9. 羽毛球

- (1) 原材料与配方（质量份） LDPE 100；HDPE 5 ~ 20；磁白颜料 1 ~ 2；其他助剂适量。
- (2) 性能与说明 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、适用和耐久替代了许多皮革、羽毛制的球。一般塑料球采用吹胀模塑法生产，而塑料羽毛球采用注射法生产。

将聚乙烯中掺入适当的磁白颜料，然后投入注射机机筒，塑料在外热和摩擦热的作用下塑化，经合模、注射、保压、冷却、开模即得产品。有的产品在球头部再套上胶头以增加弹跳力。如使用柱塞式注射机，应把带色原料预先造粒然后注射成型。

10. 周转箱

- (1) 原材料与配方（质量份） HDPE 100；CaCO₃ 20 ~ 40；偶联剂 0.5 ~ 1.0；APP 母料 10；增韧剂 5 ~ 8；其他助剂适量。
- (2) 加工条件（见表 7-6）

表 7-6 周转箱加工条件

项目		聚乙烯	聚丙烯	项目	聚乙烯	聚丙烯
机筒温度 /℃	前	170 ~ 210	190 ~ 220	注射时间/s	3 ~ 10	5 ~ 10
	中	180 ~ 220	220 ~ 240	保压时间/s	5 ~ 15	5 ~ 15
	后	160 ~ 190	180 ~ 200	冷却时间/s	20 ~ 40	20 ~ 60
喷嘴温度/℃		160 ~ 190	170 ~ 200	总周期/s	60 ~ 180	60 ~ 180
注射压力/MPa		5.88 ~ 10.79	6.86 ~ 10.79			

- (3) 性能 缺口冲击强度 >0.098kJ/m，拉伸强度 >29.4MPa，布氏硬度 ≥6，压缩强度 >39.4MPa。

第二节 聚丙烯注射成型日用制品与专用料

1. PP 结构发泡板

- (1) 原材料与配方（质量份） PP 100；发泡剂 0.5；色母粒 0.3；填料 5 ~ 6；加工助剂 1 ~ 2；其他助剂适量。
- (2) 性能 具有致密表皮且有连续发泡芯层的材料称为结构发泡材料，这种材料比未发泡的同类材料可提高 3 倍左右的刚度和强度。结构发泡材料的加工方法很多，以

注射为主。适用于结构发泡材料注射加工的塑料品种较多，聚丙烯（PP）是其中的一种。结构发泡产品的种类也很多，注射发泡板是应用较广的一种。

2. 家具用 PP 结构发泡专用料

（1）原材料与配方（质量份） PP 100； CaCO_3 30 ~ 40；发泡剂 0.5 ~ 1.0；偶联剂 0.5 ~ 0.8；加工助剂 1 ~ 2；其他助剂适量。

（2）性能 结构发泡聚丙烯家具是表皮光滑、芯层发泡的特殊结构制品，具有轻而坚固，以及外观可仿木纹，易于锯、切、钉等机加工的优点。

3. 改性聚丙烯方椅

（1）原材料与配方（质量份） PP 100；POE 7 ~ 9； CaCO_3 20 ~ 25；偶联剂 0.5；抗氧剂 0.1 ~ 0.5；抗老化剂 1 ~ 2；加工助剂 1 ~ 2；其他助剂适量。

（2）性能 PP 方椅有四个空心方形腿、双侧扶手和环形靠背，单重 4kg 左右，如图 7-2 所示。所用原料像所有家具料一样，要有良好的流动性、耐冲击性、尺寸稳定性及高强度。此外，还应根据方椅自身的结构特点，着重解决好熔体流动性和尺寸稳定性，因为在生产方椅过程中良好的熔体流动性能保证熔体在不太高的压力下以平推流方式（而不是以旋转流方式）射入四个型腔，并使各处熔接良好，具有较高的强度；而良好的尺寸稳定性则能保证四个腿芯体以较小的拉力从椅子四个方形腿平稳抽出。活性滑石粉含量对共混体系性能的影响见表 7-7。

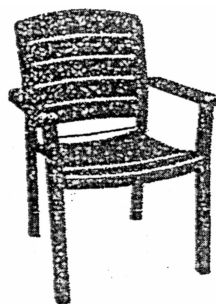


图 7-2 PP 方椅

表 7-7 活性滑石粉含量对共混体系性能的影响

项 目	滑石粉质量分数(%)				
	5	10	20	25	30
MFR[g/(10min)]	11.7	12.0	11.4	11.0	10.2
成型收缩率(%)	1.1	0.95	0.67	0.61	0.52
拉伸强度/MPa	25	26	29	31	33
断裂伸长率(%)	200	126	57	23	12
弯曲弹性模量/MPa	1 500	1 876	2 780	3 157	3 421
弯曲强度/MPa	39	43	50	53	55
缺口冲击强度/(J/m)	115	121	118	107	93
热变形温度/℃	110.8	120	128.4	130.6	135.1
洛氏硬度 HRR	92	91	88	86	85

从表 7-7 可以看出，随着滑石粉用量的增加，共混体系的成型收缩率减小，这可能是滑石粉的加入破坏了 PP 球晶的生长，使 PP 生成不完整的球晶，结晶度降低，结晶速率加快，从而降低了 PP 结晶收缩率；同时滑石粉占据了一部分 PP 的自由体积，在

结晶过程中阻碍自由体积的减少，故而使 PP 的收缩率降低。从表 7-7 还可以看出，共混体系的熔体流动速率在一定范围内有所增加，分析其原因，可能是由于滑石粉的密度比熔体 PP 的密度大，加入滑石粉后尽管单位时间流出标准口模的体积流量下降，但质量流量却是上升的，这样以质量流率为基准的 *MFR* 值就增大。此外，加入滑石粉后共混体系的弯曲弹性模量、热变形温度及拉伸强度都逐步增高，这可能取决于滑石粉的片状结构；洛氏硬度的减小和缺口冲击强度在一定范围内的提高分别与滑石粉质地柔软和具有异相成核作用有关。

4. 注射成型 PP 方椅

(1) 原材料与配方（质量份） PP 100；EPDM 20 ~ 30；色母粒 1 ~ 3；填料 5 ~ 10；抗氧剂 0.5 ~ 1.0；其他助剂 适量。

(2) 性能 PP 方椅所用原料是以 PP 为基体树脂加入三元乙丙橡胶（EPDM）及填充材料，经双螺杆挤出机共混制成的改性 PP。

改性 PP 原料的主要性能指标见表 7-8。

表 7-8 改性 PP 原料的主要性能指标

洛氏硬度	<i>MFR</i> /[g/(10min)]	弯曲强度/MPa	弯曲弹性模量/MPa	Izod 缺口冲击强度/(J/m)
86	12.1	46.2	2 338	64

(3) 注意事项

1) 该制品原料是用 PP/EPDM/填充材料共混而成的，EPDM 作为非定型物质加入到结晶性较高的 PP 中，在提高制品冲击强度的同时，也会降低该体系的流动性。此外，加入填充材料后，流动性也会下降。因此在注射过程中，在适宜的注射温度下，应根据物料在型腔中流动的几个转向点，选择相应的几段注射速度（可设 5 段）和注射压力来完成制品的注射成型，且在保证制品成型的前提下应尽量选用较小的注射压力。

2) 在制品原料中加填充材料的目的是提高制品的刚性和模量，以保证成型收缩率小。在注射过程中，按制品的厚度，应适当增加保压补缩的压力、时间以及冷却时间，以减少制品的收缩痕。

3) 当熔融物以不同方式冷却时，可得到不同结晶度的制品，因此要控制好模具温度。在 4 套液压缸中，4 号液压缸上的 4 根方形内腿芯体运行的距离最长。为顺利地将制品从中分离开，在芯体上设计了冷却水道，用模具温度控制器控制芯体的模具温度。根据实际操作经验，45℃ 为最佳工作温度。

4) 根据制品厚度和物料在型腔中的走向来选择最佳的工艺速度。当速度过大时，沿着椅面流向前腿的物料，将顺着方形的型腔，旋转流向底部，在方形腿某一面会出现较大的塑流痕，直接影响制品的外观；速度小时，物料会以平推流的方式，沿方形腿四面型腔同时流向底部，可取得良好的效果。但速度过小也会造成靠背上端的熔接线熔接不好，因此速度的选择要两者兼顾。

5. PP 方椅靠背

(1) 原材料与配方（质量份） PP 100；增韧剂 20 ~ 30；填料 5 ~ 10；抗氧剂 5 ~

10；加工助剂 2.0；其他助剂 适量。

(2) 性能 聚丙烯 (PP) 方椅靠背是一种两面带竖条纹且微鼓的扇形装饰件 (见图 7-3)，其横向中间可根据不同的需求，分别穿插不同的装饰图案。

该制品在注射成型过程中，由于模具进料口与制件浇口位置并不在同一直线上，为提高制件成品率，特设计了扇形浇口及热流道加热室，从而降低了原材料的用量，提高了生产效率。

改性共聚 PP 的主要性能指标见表 7-9。

(3) 注意事项

1) 在注射成型过程中，注射速率的大小不但影响注射压力，还直接影响制品质量和生产效率。注射速度越慢，注射时间越长，制品熔接痕越明显，且密度不均。制品内应力大，对于薄壁制品来说更易发生翘曲和扭曲。因此，在注射成型过程中，应根据型腔的变化，合理缩短注射时间。适宜地提高注射速率，可以减少熔体在模内的温差，改善压力传递效果，保持制品密度均匀，从而提高制品的力学性能和表面光泽。

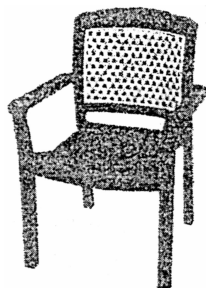


图 7-3 方椅靠背效果图

表 7-9 改性共聚 PP 的主要性能指标

项 目	数值	项 目	数值
熔体流动速率/[g/(10min)]	13.2	弯曲弹性模量/MPa	1 396
落氏硬度	90	Izod 缺口冲击强度(23℃)/(J/m)	76
拉伸屈服强度/MPa	25.5		

2) 在保证制品成型的前提下应尽量选用较小的注射压力。

3) 非晶态结构能提高制品的冲击强度，而晶态结构则能提高制品的刚性。冷却速度是聚合物结晶过程中最敏感的因素，而冷却速度往往取决于模具温度，因此在规定的时间内，冷却系统对制品的质量起至关重要的作用。好的冷却系统可以改善制品的成型性能，确保制品的尺寸精度，消除外观缺陷，并可缩短模塑周期，从而提高生产效率。为了保证拥有良好的冷却系统，可采用模具温度控制器来控制模具温度。物料在型腔中由上至下流动，冷却系统流动方向与物流方向一致，可将模具上方的热量传递到模具下方，使整个模具温度一致，温度控制起来较为方便。根据实际操作经验，确定 50℃ 为模温控制器最佳工作温度。

4) 该制品的形状很薄，成扇形，并且在制品上下两边有 10 个为固定方椅后背而设计的嵌角，顶杆也布置在该部位。但在顶出过程中仍易发生断裂现象。在生产过程中，调整注射工艺条件时应选用较小的顶出速度。另外对顶出块上的弹簧顶针应经常擦拭，上油保养，以改善脱模条件，使脱模力达到均衡，防止产生内应力，提高制品质量。

6. 注射成型 PP 圆椅

(1) 原材料与配方 (质量份) PP 100；POE 25；填料 10~30；偶联剂 0.5；抗氧

剂 1.0；其他助剂 适量。

(2) 性能 PP 圆椅在成型过程中需用两套液压缸配合完成，过程较复杂，制品要求严格，工艺条件苛刻。为便于机械手自动取出制品，防止流道凝料过多，特设计了点浇口、热流道注射模具，从而降低了原材料的用量，提高了生产效率。

聚丙烯（PP）圆椅是一种具有环形靠背、圆椅面及四个半圆形椅腿的高档休闲塑料椅，如图 7-4 所示。其靠背中的图案可通过不同的嵌块加以调节。圆椅单重约 2.5kg。所用材料是在考虑物料流动性的前提下，以 PP 为基体树脂，加入聚烯烃弹性体（POE）及填料，经同向双螺杆挤出机共混而成的改性 PP。

改性 PP 的主要性能指标见表 7-10。

(3) 注意事项

1) PP 圆椅采用 PP/POE/填料共混物为原料，POE 作为新型热塑性弹性体，能在提高该体系整体冲击强度的同时，降低材料的流动性。加入填料后，其熔体流动速率会有所下降。因此在注射成型过程中，应根据型腔的变化选用相应的注射速率，并有使注射量与注射率的转换点相匹配。在保证制品成型的前提下应尽量选用较小的注射压力。

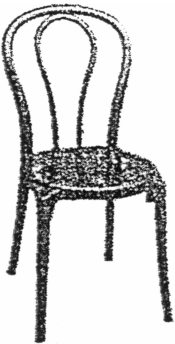


图 7-4 PP 圆椅

表 7-10 改性 PP 的主要性能指标

项 目	数值	项 目	数值
洛氏硬度	75	弯曲弹性模量/GPa	2.1
熔体流动速率/[g/(10min)]	10.5		
弯曲强度/MPa	45	悬臂梁缺口冲击强度(23℃)/(J/m)	65

2) 在注射成型过程中，模具特别是大型注射模的温度控制显得尤为重要。高温熔融物料在模腔内固化成制品时，将释放出大量的热量，在规定的时间内，冷却系统对制品的质量起着至关重要的作用。根据注射成型的经验，当熔融物以不同方式冷却时，可得到不同结晶度的制品。好的冷却系统可改善制品的成型性能，确保制品的尺寸精度，消除外观缺陷，并可缩短模塑周期，从而提高生产效率。为保证有良好的冷却系统，生产 PP 圆椅时采用了新型模具温度控制器来控制模具温度，并根据实际操作经验，确定 50℃ 为最佳工作温度。

3) 在改性 PP 中添加填料的目的是提高制品的表面硬度和弯曲弹性模量，以保证制品在使用过程中不易出现划痕和弯曲变形。为保证制品成型收缩率小，在成型过程中需根据实际情况提高保压补缩的压力和冷却时间，以保证制品有良好的尺寸稳定性。

4) 在成型过程中选用注射速率时，应根据物料在型腔中的走向来选择。即使在完成制品的某个部位后，当型腔角度发生变化时，注射速率也应作相应调整。注射速率过大，会使制品的环形腿出现较大的流痕，在浇口处也会产生喷射状的流痕，直接影响制

品的外观；注射速率过小，靠背上环形接触点即熔接线熔接不好。因此，注射速率的选择要多方面考虑，两者兼顾。

7. 改性 PP 桌面

(1) 原材料与配方（质量份） PP 100；增韧剂 20~30；填料 10~20；偶联剂 0.5~1.0；抗氧剂 0.5~0.8；其他助剂 适量。

(2) 性能 改性 PP 桌面是新近开发的高级休闲桌，为板状制品，外形尺寸为 1100mm×700mm×7mm，质量约 5.5kg。

以聚丙烯为基体树脂，加入滑石粉、增韧剂经双螺杆挤出机共混制得改性聚丙烯，其主要性能指标见表 7-11。同时，应根据制品颜色要求，混配色母粒或色粉备用。

表 7-11 改性 PP 的主要性能指标

项 目	数值	项 目	数值
洛氏硬度 (HRR)	86	Izod 冲击强度 (缺口) (23℃)/(J/m)	64
熔体流动速率/[g/(10min)]	12.1	断裂伸长率(%)	85
弯曲弹性模量/MPa	2 300	拉伸强度/MPa	31
收缩率(%)	0.9	弯曲强度/MPa	47

生产出的板状制品应表面光滑，无明显的熔接痕和凹陷，制品尺寸稳定，收缩率控制在 0.9% 左右，翘曲变形量在 2mm/m 以内，装配正常，符合质量要求。

8. 改性 PP 桌腿

(1) 原材料与配方（质量份） PP 100；POE 20~30；滑石粉 10~20；偶联剂 0.5；抗氧剂 0.5~1.0；其他助剂 适量。

(2) 性能 改性聚丙烯 (PP) 桌腿是一种以空心方形钢为中心，由 4 个螺栓固定而形成的高档休闲桌腿，它的外形呈中括号形状，它与桌面用螺钉镶嵌而形成休闲桌，效果如图 7-5 所示。改性聚丙烯 4 个桌腿共重 4.754kg。

PP 桌腿制品在成型过程中，由一套液压缸配合完成，过程并不复杂，但制品要求表面光泽、无明显凹陷。模具进料口与制品浇口位置在同一直线上。为提高成品率，设计了热流道加热室，从而降低了原材料的用量，提高了生产效率。

所用材料是以均聚 PP 为基体树脂，在充分考虑物料流动性、弯曲强度以及弯曲模量的前提下，加入适当的橡胶增韧剂 (POE) 和适量的滑石粉以增强共混体系的冲击强度和刚性，经双螺杆挤出机挤出造粒后制得的专用改性 PP 桌腿料。

改性 PP 的主要性能指标见表 7-12。

(3) 注意事项

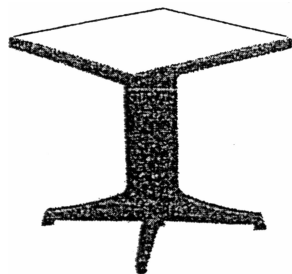


图 7-5 桌腿效果图

表 7-12 改性 PP 的主要性能指标

项 目	数值	项 目	数值
洛氏硬度 (HRR)	93	弯曲强度/MPa	47.5
MFR/[g/(10min)]	12.3	弯曲弹性模量/MPa	2 470
拉伸强度/MPa	33	缺口 Izod 冲击强度 (23℃)/(J/m)	46
断裂伸长率(%)	50		

1) 在注射成型过程中, 改性 PP 因其结晶性较高, 结晶性高分子沿流动方向取向, 导致流动方向与垂直于流动的方向收缩不一, 易产生翘曲变形。注射速率的选择不但影响注射压力, 还直接影响制品质量和生产效率。注射速率过大, 结晶和取向作用加强, 收缩率加大, 尺寸稳定性差。注射速率过慢, 制品熔接痕明显, 周期长。因此, 在注射成型过程中, 在适宜的注射温度下, 应根据型腔的变化选用相应的注射速率, 并且使注射量与注射速率的转换点相匹配。尽量减小熔体在模腔内的温差, 改善压力传递效果, 进而提高制品的力学性能和表面光泽。在保证制品成型的前提下, 应选用较小的注射压力。

2) 改性 PP 桌腿专用料是采用均聚 PP/POE/填充材料共混制得的。在保证共混体系有一定冲击强度和刚性的前提下, 专用料的熔体流动速率也会相应的减小。这就要求在注射过程中, 对料温的选择必须适宜。料温提高有利于塑化并降低熔体黏度, 浇口冻结速度放缓, 补缩作用增大, 但制品的冷却时间加长, 制品脱模后易翘曲变形, 直接影响产品质量。根据实际经验, 料温应控制在 210 ~ 230℃ 为宜。

3) 模具温度的控制也是注射成型的关键。冷却速度的大小是聚合物结晶过程中最敏感的因素。冷却系统对制品的质量起着至关重要的作用。在比较适宜的模具温度范围内, 物料熔体的流动性好, 容易充满模腔且不易发生欠注, 制品脱模后收缩和翘曲变形小, 形状和尺寸稳定, 制品的物理性能与力学性能以及表面质量也比较高。为了保证有良好的冷却系统, 可采用模具温度控制系统来控制模具的温度, 利用各出口的阀门来控制冷却介质的流量, 尽可能提高模具温度的均匀程度, 减小模腔表壁各处的温差。根据实践经验, 最终确定模具温度 50℃ 为最佳工作温度。

4) 在注射成型过程中应根据实际情况适当提高保压补缩的压力, 增加冷却时间, 以保证制品有良好的尺寸稳定性。在顶出过程中, 因为制品的加强筋较多、刚性较强、模量较高, 在开模时, 特别是模具开启的时候, 应选用较小的开模速度, 以保证侧开模顺利脱出。顶出时, 顶出液压缸的移动速度也不应过快, 防止制品发生开裂、变形。另外, 对顶出块上的弹簧顶针应经常擦拭保养。在生产过程中, 还应间断性地对动模块型腔喷洒脱模剂, 以改善脱模条件使脱模力达到均衡, 提高制品质量, 并对上、下液压缸位置定期检测以保证位移一致。

9. PP 椅子

(1) 原材料与配方 (质量份) PP 100; AC 发泡剂 1; 滑石粉 0.8; 白油 0.3; 着

色剂 适量。

(2) 工艺条件 选用 1000g 低发泡专用注射机, 发泡倍率为 1.8, 注射速率为 0.4s, 机筒温度为 185~200℃, 模具温度为 30℃, 背压为 0.5MPa (表压), 注射压力为 13MPa (表压), 喷嘴封闭力为 3000N, 成型周期为 120~180s。

(3) 性能 制品外观大方美观, 强度、刚性好, 经久耐用。

10. 改性 PP 安全帽

(1) 原材料与配方 (质量份) PP 100; 三元乙丙橡胶 30; BaSt 1; 滑石粉 10; 钛白粉 1; 264 抗氧剂 0.5; 抗氧剂 1010 0.5。

(2) 性能 配方设计合理, 注射成型工艺简便, 制品抗冲击强度高, 且耐磨, 安全性能良好, 已广泛应用。

11. 聚丙烯/橡胶安全帽

(1) 原材料与配方 (质量份) LDPE 15; PP 85; 顺丁二烯胶 20; PbSt 0.5; BaSt 1.5; CA 抗氧剂 0.5; DLTP 抗氧剂 0.5; UV-9 0.5; 钛白粉 0.025。

(2) 性能 配方设计实用合理, 注射成型工艺简便易行, 制品具有良好的冲击强度, 刚性优良, 防护性能好, 已广泛应用。

12. 聚丙烯安全帽

(1) 原材料与配方 (见表 7-13)

表 7-13 原材料与配方

原材料	配方 1 (质量份)	配方 2 (质量份)	原材料	配方 1 (质量份)	配方 2 (质量份)
PP	100	85	DLTP	—	0.5
LDPE	—	15	UV-9	—	0.5
丁二烯橡胶	—	20	UV-327	0.5	—
滑石粉	10	—	氧化锌	—	1.5
硬脂酸铅	—	0.5	钛白粉	1	0.025
硬脂酸钡	1	1.5	抗氧剂 264	0.5	—
抗氧剂 CA	—	0.5	抗氧剂 1010	0.5	—

(2) 性能 配方设计实用合理, 注射成型工艺简便易行, 安全帽冲击强度高, 防护性能好, 戴着舒适, 建议推广使用。

13. 随弃式塑料注射器

(1) 原材料与配方 (质量份) PP 80; PE 20; 增韧剂 5.0; 填料 3~6; 钛白粉 1.0; 抗氧剂 0.5; 加工助剂 2.0; 其他助剂 适量。

(2) 性能 注射器筒及注射推杆应选用聚烯烃材质。注射器筒的材质应透明性好、尺寸稳定性好, 生物试验和毒性试验都符合药店的规定, 对推杆材质无特殊要求。

对密封塞的材质, 要求能在常温下具有橡胶一样的良好弹性, 能像普通塑料那样易于注射成型, 尺寸稳定性好, 生物试验和毒性试验都合格。塑料注射器的综合技术指标

见表 7-14，其性能测试数据及生物试验和毒性试验结果分别见表 7-15 和表 7-16。

表 7-14 塑料注射器的综合技术指标

项目	指 标	项目	指 标
筒的可见光透过率	平均值 >50%	热源	合格
气水密封性	在 3.5kg/cm ² 作用下无液体反渗	急性毒性试验	合格
容量标记	全容量允差 <3%	溶血试验	合格

表 7-15 塑料注射器的性能测试数据

项目	设备	条件	数据或结果
筒可见光透过率	紫外光谱仪	400 ~ 760nm	平均值 51%
气水密封性	重力试漏仪	3.5kg/cm ²	无液体返渗
容量标记	5mL 滴定管	5mL 液体	全容量允差 <3%

表 7-16 塑料注射器的生物试验和毒性试验结果

制品	热源	急性毒性试验	溶血试验
筒	阴性	阴性	阴性
塞	阴性	阴性	阴性

14. 医用一次性塑料注射器

(1) 原材料与配方（质量份） PP（1320L）100；1120LXPP 42.9；PP（2908）7.1；滑爽剂 1 ~ 1.5；加工助剂 1 ~ 2；其他助剂 适量。

(2) 性能 无胶头一次性塑料注射器、针管由聚丙烯为主要原料生产。由于使用中对针管的透明度、强度、弹性、韧性及表面滑润性要求较高，所以在材料的选用及配合上比较严格。为满足以上技术要求，生产中选择了具有不同特性的聚丙烯和助剂进行配合使用。

聚丙烯可使用德国生产的 1320L。1320L PP 耐磨性、曲挠性和透明度高，再配加少量滑爽剂，则制品成型效果较好。

针管推塞使用 100% 高密度聚乙烯或掺混少量润滑剂制成。目前使用的是加拿大生产的 2908（牌号）的低压聚乙烯。该料刚度、抗冲击性能都很好，而且具有很好的成型稳定性。

该制品无毒、无菌，锥头及器身不泄漏，整个注射器外观光滑、无飞边。

15. 塑料棋

(1) 原材料与配方

1) 棋壳（质量份）：PP 80；PE 20；填料 5 ~ 8；抗氧剂 0.5；加工助剂 1 ~ 2；其他助剂 适量。

2) 棋面（质量份）：PS 100；增韧剂 5 ~ 6；填料 2 ~ 5；抗氧剂 0.5；其他助剂 适量。

(2) 性能 棋类在人们的业余文体生活中是不可缺少的,而各种塑料棋以它的质轻、耐久、色彩艳丽深受各层人士喜爱。该类制品一般采用注射模塑法生产。

一般棋类(象棋、军棋等)的壳体用聚丙烯或高密度聚乙烯,棋面用聚苯乙烯。把制成的棋面用塑料漆涂在凹下的字体上,干燥后经修整,嵌在棋壳体上即得成品。跳棋只用聚苯乙烯为原料,分别加入几种不同颜料,制成几种颜色的主体,再用白色粒料制成球形头和下底,然后把球形头和下底嵌在主体上下两端,或者用粘合剂粘牢,最后将一套棋子连同印刷好的棋盘装盒。

16. PP 抗菌沸石塑料专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100;抗菌沸石 10;加工助剂 5~15;其他助剂适量。

(2) 性能(见表 7-17)

表 7-17 不同抗菌沸石含量的 PP 抗菌沸石塑料力学性能

抗菌沸石含量 (质量分数,%)	0.00	5.00	10.00	20.00	抗菌沸石含量 (质量分数,%)	0.00	5.00	10.00	20.00
拉伸强度/MPa	37	36	35	32	弯曲弹性模量/GPa	1.45	1.7	2.0	2.5
弯曲强度/MPa	67	70	71	75	缺口冲击强度 /(kJ/m ²)	10	8.5	7.6	6.4

17. 抗菌塑料砧板专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 聚乙烯或聚丙烯 100;活性轻质碳酸钙 40~60;二氧化硅 4~7;钛酸酯偶联剂 0.5;苯甲酸钠 0.25;2,6-二叔丁基对甲酚 0.2;硬脂酸钙 2;五氯苯酚 1;抗菌剂 XK-SM-01 0.3~1.5。

(2) 性能 对大肠杆菌抗菌率为 80.31%,对金黄色葡萄球菌抗菌率为 80.12%,对白色念珠菌抗菌率为 79.93%。

18. 纳米级抗菌 PP 塑料专用料

(1) 原材料与配方(质量份) PP 100;纳米抗菌剂 0.2~2.0;加工助剂 5.0~10;其他助剂 适量。

(2) 性能

1) 添加抗菌剂对材料的力学性能几乎没有影响。由于纳米级抗菌剂的存在,某些力学性能还有所提高(见表 7-18)。

表 7-18 力学性能测试结果

被测性能	空白样	0.2% 抗菌剂 1	0.5% 抗菌剂 2	1.0% 抗菌剂 3	2.0% 抗菌剂 4
缺口冲击强度/(kJ/m ²)	15.3	13.2	14.9	16.4	14.9
拉伸强度/MPa	31.0	31.9	30.5	32.1	31.5
弯曲强度/MPa	37.8	36.6	37.3	38.1	38.5

2) 塑料中的银离子不够稳定, 在紫外线的照射下或加热到一定温度后, 银离子会被还原为金属银, 因此需要对银系抗菌剂加以改进来解决其在塑料制品中的变色问题。

19. 纳米沸石抗菌塑料专用料

(1) 原材料与配方 (质量份) 树脂 (PP、PE、PA 和 PET) 100; 抗菌剂 0.5 ~ 2.0; 加工助剂 5.0 ~ 10; 其他助剂 适量。

(2) 抗菌塑料的性能

1) 抗菌性。按照卫生部《消毒卫生规范》, 对 PP、PA6、LDPE 试样进行抗菌率测定, 其结果见表 7-19。

表 7-19 抗菌率测试结果

菌 种	24h 抗菌率(%)		
	PP	PA6	LDPE
大肠杆菌(ATCC8099)	99. 66	100	100
金黄色葡萄球菌(ATC65380)	99. 10	99. 50	99. 30

2) 力学性能。抗菌塑料拉伸强度、拉伸弹性模量、断裂伸长率按 GB/T 1040. 1 ~ 1040. 4—2006 测试, 冲击强度按 GB/T 1843—2008 测试, 弯曲强度、弯曲弹性模量按 GB/T 9341—2008 测试, 热变形温度按 GB/T 1634. 1 ~ 1634. 3—2004 测试。几种抗菌塑料的力学性能见表 7-20。由表 7-20 可知, 添加纳米材料后能够提高塑料的力学性能。

表 7-20 几种抗菌塑料的力学性能

项 目		PP		PA6		LDPE	
		通用	抗菌塑料	通用	抗菌塑料	通用	抗菌塑料
拉伸强度/MPa		25. 5	28. 5	78	85. 5	16	28
拉伸弹性模量/GPa		—	—	—	—	1. 1	2. 0
断裂伸长率(%)		46	不断	15	22. 5	45	50
冲击强度(缺口)/(J/m)		82. 2	105	7. 0	126	150	400
弯曲强度/MPa		42. 1	46. 5	100	156	—	—
弯曲弹性模量/MPa		1 025	1 203	2. 5	3. 5	—	—
热变形温度 /℃	1. 85MPa	—	—	—	—	140	90
	0. 46MPa	133	102	190	163	—	—

第三节 聚氯乙烯注射成型日用制品与专用料

1. 塑料人体模型

(1) 原材料与配方 (质量份) PVC (乳液法) 80; 掺混树脂 20; DIOP 45; 聚乙二醇丙二醇 45; 硫醇锡 1. 5; CaCO₃ 12; Ba/Cd 稳定剂 2。

(2) 性能 配方设计合理实用, 可采用注射或搪塑成型工艺制备, 制品仿真性好,

回弹性高,已得到广泛应用。

2. PVC 抗菌砧板

(1) 原材料与配方(质量份) PVC 40~56; NBR 24~36; 合成橡胶的高硬剂 3~8; HDPE 2~8; 胶态硅石 6~10; ZnO 1~4; Ti 1~4; HSt 0.2~0.6; 陶瓷粉末 2~6; 无机抗氧剂 0.4~6。

(2) 性能 配方设计实用合理,可采用注射或模压制备,工艺性良好,制品强度与刚度优良,耐磨性、耐划痕性良好,已得到广泛应用。

3. PVC 塑料铅笔芯

(1) 原材料与配方(质量份) PVC 100; 丁基化三聚氢酰胺树脂 50; 石墨 50; PbSt 3; DOP 10; 甲乙酮 20。

(2) 性能 配方设计实用合理,注射成型工艺简便可行,铅笔芯耐用好使,深受欢迎。

4. PVC 橡皮

(1) 塑料橡皮配方 1(质量份) PVC 100; DOP 200; CaCO_3 200; CaSt 1.5; ZnSt 1.5; HSt 0.2。

(2) 塑料橡皮配方 2(质量份) PVC 100; Ca/Zn 稳定剂 2.5; DOP 50; DBP 50; CaCO_3 50; 淀粉 120; SiO_2 15; 颜料 适量; 香料 少许。

(3) 多功能橡皮配方 3(质量份) PVC(乳液) 100; DOP 80; DOA 或 DOS 20; BaSt 或 PbSt 3.3; CaCO_3 13; TiO_2 1.3; 十二烷基苯磺酸钠 1; N-甲基甲酰胺 60; 偶氮二异丁腈 20~40。

5. 塑料黑板擦

(1) 原材料与配方(质量份) PVC 100; NBR 110; CaCO_3 50; 壬二酸二丁酯 15; 三碱式硫酸铅 4; ZnSt 2; HSt 0.2。

(2) 性能 配方设计合理,注射成型工艺简便,板擦经久耐用,使用性能好,建议广泛使用。

6. PVC 洗衣板

(1) 原材料与配方(质量份) PVC 100; DOP 10; DBP 4; PbSt 1; BaSt 0.5; CaSt 0.5; 石蜡 0.1; 色料 适量。

(2) 性能 配方设计实用,注射或模压工艺简便可行,制品强度和韧性好,耐水,经久耐用,已得到广泛使用。

7. PVC 旋具把柄

(1) 原材料与配方(质量份) PVC($K=58$) 100; DOP 15~18; TM-18-FS 1.5~3; 润滑剂 1 0.5~0.8; 润滑剂 2 0.2~0.5; 消色剂 适量。

(2) 性能 拉伸强度为 50MPa,透光率为 78%,介电强度为 5kV/mm,邵氏硬度(H_A)为 92。

8. PVC 抗菌砧板专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 合成橡胶(NBR) 24~36; 硬质聚氯乙烯 40~56;

合成橡胶的高硬化剂 3~8；低压聚乙烯树脂 2~8；陶瓷粉末（远红外效果）2~6；胶态硅石 6~10；氧化锌 1~4；钛 1~4；硬脂酸 0.2~0.6；无机抗菌剂（钟纺株式会社制）0.4~6。

(2) 性能 该 PVC 料除具有优良的力学性能外，抗菌率可达 100%，具有较高的应用价值。

(3) 应用 主要用作砧板或与食物、肉制品等接触的制品。

9. 药液过滤器外壳 PVC 专用料

(1) 原材料与配方（质量份） PVC 树脂 100；DOP 20~30；ESO 3~5；复合稳定剂 0.2~0.4；螯合剂 0.1~0.3；内润滑剂 0.2；外润滑剂 0.3。

(2) 性能

1) 外观。一次性使用的药液过滤器外壳用 PVC 粒料，为 $\phi 3\text{mm} \times 3\text{mm}$ 的无色透明或半透明圆柱粒状物。

2) 力学性能。按规定方法将粒料制成各种规格的标准试样，进行力学性能测试，测试结果见表 7-21。

表 7-21 力学性能测试结果

测试项目	测试指标	测试项目	测试指标
拉伸强度/MPa	≥ 26.5	邵氏硬度(H_A)	97.2
断裂伸长率(%)	≥ 293	吸水率(%)	0.102

3) 化学性能。将标准试样按规定方法制成水浸液，进行化学性能测试，测试结果见表 7-22。

表 7-22 化学性能测试结果

测试项目	测试指标	测试项目	测试指标
钡	试验液不得发生浑浊	易氧化物/mL	0.1
性状	试验液无色澄清	锌/(mg/mL)	≤ 0.4
pH 差值	0.01	紫外吸收值	0.04
重金属	无浑浊		

4) 生物试验。取标准试样，按规定方法制成水浸液，进行生物试验，试验结果见表 7-23。

表 7-23 生物试验结果

试验项目	试验指标	试验项目	试验指标
急性毒性	无异常反应	热源	无热源反应
溶血	无溶血反应	血保存率(%)	74

(3) 效果

1) 一次性药液过滤器外壳用无毒 PVC 粒料，通过批量生产和两年多的应用证明，

该产品配方合理,生产工艺先进,已初具规模,解决了市场需求,填补了国内空白。

2) 各项外观质量和内在性能均符合有关规定指标的要求。

3) 经有关厂家应用,认为所研制的 SL-4A 药液过滤器外壳粒料的材质优越,加工性能良好,其最大优点是热稳定性佳,温度略偏高些也不会降解分解,加工时流动性好,容易脱模,降低了注射难度,提高了工效,颇受用户欢迎。

第四节 其他塑料注射成型日用制品与专用料

1. AS 仿象牙塑料筷子

(1) 原材料与配方(质量份) AS 100;滑石粉(用6份石蜡和聚乙二醇复合润滑处理)30;增韧剂3~6;着色剂适量。

(2) 性能 透光率为90%,悬臂梁冲击强度为850J/m。

2. SBS 防滑笔套

(1) 原材料与配方(质量份) SBS 100;PS 100;PE 10~20;增韧剂1.0;填充剂20~40;防老剂0.1~0.5;润滑剂0.5~1.0;其他助剂适量。

(2) 性能 近年来,国外一些制笔厂家在圆珠笔及活动铅笔笔杆上包裹一层弹性材料,使其手感舒适,既美观又实用。目前,国内也有厂家开始生产这种笔杆套。

根据实践,物料塑化温度应控制在130~180℃,进料段温度应控制在130~150℃,中间段温度应控制在150~170℃,喷嘴处温度应控制在160~180℃,注射压力应控制在2.0~3.0MPa,注射时间应为3~5s,模具温度应控制在30~50℃,这样便可制备出合格产品。

3. 耐热聚甲基丙烯酸甲酯塑料专用料

(1) 原材料与配方(质量份) 水200~350;MMA+耐热单体100;悬浮聚合稳定剂0.6~1.0;AIBN 0.05~0.25;十二烷基苯磺酸钠0.02~0.05;十二烷基叔硫醇0.1~0.4。

(2) 性能 不含耐热单体的试样与含5%耐热单体的试样的力学性能对比见表7-24。

表 7-24 不含耐热单体的试样与含5%耐热单体的试样的力学性能对比

试样编号	断裂伸长率 (%)	弯曲强度 /MPa	冲击强度/(kJ/m ²)		拉伸强度 /MPa
			无缺口	缺口	
试样1(不含耐热单体)	6.4	103	4.9	3.3	66.3
试样2(含5%耐热单体)	8.3	102	5.7	3.5	84.1

(3) 应用 该专用料可用于制造光学仪器、照明灯具、装饰材料等。

4. 耐辐射含铅有机玻璃专用料

(1) 原材料与配方(见表7-25)

表 7-25 原材料与配方

序号	甲基丙烯酸烷基酯	苯乙烯	EM ^①	甲基丙烯酸铅	羧酸铅	引发剂
配方 1(质量分数,%)	17	5.5	13	35.5	29	适量
配方 2(质量分数,%)	34		7.5	18.5	40	适量

① EM 为聚乙烯基乙二醇二甲基丙烯酸酯,聚合度为 23。

(2) 性能 该专用料对射线吸收能力强,对可见光透明性好,力学性能优良。含铅有机玻璃的性能见表 7-26。

表 7-26 含铅有机玻璃的性能

配方号	厚度/mm	透光率(%)	冲击强度/(kJ/m ²)
配方 1	4	86	19.6
配方 2	4	89	16.16

5. 防辐射含铅有机玻璃板材专用料

(1) 原材料与配方(质量分数,%) 聚氧乙烯二甲基丙烯酸酯 20;聚异丁醚二甲基丙烯酸酯或聚新戊基醚二甲基丙烯酸酯 15;甲基丙烯酸铅 35;辛酸铅 30。

(2) 性能 该板材不仅具有屏蔽放射线的能力,而且透明、耐刻划,力学性能和耐湿性优良。

6. 头盔硬衬用聚氨酯泡沫塑料(PUF)专用料

(1) 高活性聚醚三元醇和 TDI-80/20 组成的发泡体系的配方及制品性能(见表 7-27)

表 7-27 高活性聚醚三元醇和 TDI-80/20 组成的发泡体系的配方及制品性能

项 目		配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5	配方 6	配方 7	配方 8
配方 (质量份)	高活性聚醚三元醇 ($M_n=4800$)	100	100	100	100	100	100	100	90
	TDI-80/20	26	36	36	36	46	46	46	46
	水	3	3	3	3	4	4	4	4
	三乙醇胺	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	—
	三乙烯二胺	—	—	—	—	—	—	—	0.5
	二月桂酸二丁基锡	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	—
	三羧甲基丙烷	—	—	10	15	10	10	15	10
	二氯甲烷	—	—	—	—	—	10	10	15
	硅油	—	—	—	—	—	2	2	2
性能	发白时间/s	30	30	25	25	25	30	30	25
	上升时间/s	150	70	70	130	58	170	65	130
	不黏时间/s	—	—	300	—	330	—	490	330
	TDI 指数	0.75	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
	密度/(g/cm ³)	0.186	0.138	0.102	0.210	0.131	0.110	0.09	0.073

(2) 高活性聚醚三元醇和 PAPI 组成的发泡体系的配方及制品性能 (见表 7-28)

表 7-28 高活性聚醚三元醇和 PAPI 组成的发泡体系的配方及制品性能

项 目		配方 9	配方 10	配方 11	配方 12	配方 13
配方 (质量份)	高活性聚醚三元醇 ($M_n = 4800$)	90	90	90	90	90
	PAPI	103	87	87	87	87
	水	5	4	3	3	3
	三乙烯二胺	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	三羟甲基丙烷	10	10	10	15	20
	二氯甲烷	15	15	15	15	15
	硅油	2	2	2	2	2
性能	发白时间/s	8	8	8	8	8
	上升时间/s	30	35	40	25	30
	不黏时间/s	75	80	80	70	70
	密度/(g/cm^3)	0.025	0.033	0.055	0.072	0.071
	10% 压缩强度/kPa	3.82	4.60	6.29	8.52	9.04
	50% 压缩强度/kPa	16.14	25.10	54.05	89.14	93.21

由表 7-28 可见以水和二氯甲烷为混合发泡剂时, 由该体系所得的聚氨酯泡沫 (PUF) 有更低的密度 ($0.025 \sim 0.071 \text{g}/\text{cm}^3$), 与用珠粒发泡的聚乙烯泡沫密度相似, 而且随三羟甲基丙烷用量的增多 (配方 11 ~ 配方 13), 制品密度增加, 压缩强度也增加。

综合以上配方的数据可以看出, 配方 7、配方 8 和配方 11 ~ 配方 13 制品的密度均能满足设计的要求。其中配方 7、配方 8 的结皮较好, 但表干时间较长 ($5 \sim 8 \text{min}$), 比较适合在模内发泡的工艺要求。而配方 11 ~ 配方 13 结皮较差, 硬度较高, 脆性稍大, 但表干时间很短 ($1 \sim 1.5 \text{min}$), 比较适合在头模上发泡工艺的要求。

参 考 文 献

- [1] 张玉龙. 塑料制品注射成型实例 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [2] 张玉龙, 颜祥平. 塑料配方与制备手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
- [3] 张玉龙, 李萍. 塑料专用料品种与性能 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2011.
- [4] 张玉龙. 塑料品种速查手册 [M]. 北京: 中国纺织出版社, 2009.
- [5] 王文广, 严一丰. 塑料配方大全 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [6] 窦强. 新型聚丙烯汽车保险杠专用料的研制 [J]. 合成树脂及塑料, 2004, 21 (1): 28-31.
- [7] 赵全友, 等. PP/共聚 PP/POE 汽车保险杠专用料的研制 [J]. 工程塑料应用, 2001, 29 (11): 5-6.
- [8] 窦强, 王斌. 聚丙烯轻型汽车车门内衬板专用料的研制 [J]. 工程塑料应用, 2003, 31 (12): 16-18.
- [9] 赵文聘, 等. 聚丙烯汽车顶板专用料的研制 [J]. 工程塑料应用, 2004, 32 (3): 17-19.
- [10] 施明珠, 等. 轿车用塑料挡泥板材质研制 [J]. 塑料加工, 1994 (4): 31-32.
- [11] 任俊. 汽车空气调节系统用改性聚丙烯的研制 [J]. 塑料加工, 1993 (4): 13-17.
- [12] 任俊, 等. 轿车专用料 PP8 的研制 [J]. 现代塑料加工应用, 1992 (2): 14-16.
- [13] 孙伯平. POE 改性 PP 汽车专用料的研制 [J]. 工程塑料应用, 2004, 32 (1): 14-17.
- [14] 孙建平, 等. 改性 PP 汽车风扇专用料的研制 [J]. 工程塑料应用, 1995, 23 (2): 15-17.
- [15] 杨桂生, 等. PC/ABS 合金的研制及其在汽车上的应用 [J]. 工程塑料应用, 1995, 23 (1): 37-38.
- [16] 张皓瑜, 等. 高耐热型改性 ABS 树脂及其在汽车上的应用 [J]. 工程塑料应用, 1996, 24 (6): 29-30.
- [17] 刘建伟, 等. 尼龙 1212 汽车管材专用料的研制与应用 [J]. 工程塑料应用, 2003, 31 (11): 33-35.
- [18] 赵文聘, 等. 冷桥用 PA66 挤出异型条专用料研究 [J]. 工程塑料应用, 2002, 30 (8): 7-8.
- [19] 王勇, 等. 复合改性 PP 在全自动滚筒洗衣机上的应用 [J]. 工程塑料应用, 1999, 27 (10): 19-20.
- [20] 张林, 等. 相对分子质量调节剂在 PP1937 中的应用 [J]. 工程塑料应用, 1998, 26 (8): 3-6.
- [21] 王旭, 黄锐, 张佩君. ABS/PVC 合金的研究 [J]. 工程塑料应用, 1997, 25 (1): 5-9.
- [22] 张金柱, 陈弦, 等. 电视机壳用 ABS/PVC 塑料合金 [J]. 塑料科技, 1995 (5): 1-5.
- [23] 邹新伟, 等. 空调室外机壳用耐候 PP 合金材料的研制 [J]. 塑料, 2001, 30 (1): 57-58.
- [24] 刘秩良, 姚亮红. PBT 节能灯专用料的研究 [J]. 现代塑料加工应用, 2000, 12 (5): 17-20.

- [25] 程秋林. 电容器壳专用性聚丙烯的研制 [J]. 工程塑料应用, 1996, 24 (5): 11-12.
- [26] 周春怀. 蓄电池槽体专用聚丙烯料的研制 [J]. 中国塑料, 1996, 10 (4): 14-19.
- [27] 陈红兵, 等. 甲基乙烯基硅橡胶的应用试验 [J]. 橡胶工业, 1997, 44 (7): 409.
- [28] 齐暑华, 等. 航空用接插件材料的研究 [J]. 工程塑料应用, 2000, 28 (10): 3-5.
- [29] 王艳芳, 等. LDPE 耐候棚膜专用料 2F0.4B 的研制与开发 [J]. 合成树脂及塑料, 2002, 19 (5): 8-13.
- [30] 许剑浩, 等. LLDPE DFDA-7047L 耐候用料的加工性研究 [J]. 塑料工业, 1993 (6): 31-35.
- [31] 尹华, 张师军, 张薇, 等. 热塑性聚酯工程塑料的进展 [J]. 合成树脂及塑料, 2002, 19 (5): 65.
- [32] 刘柏林, 杨明. 聚对苯二甲酸乙二醇酯结晶成核剂 [J]. 精细石油化工, 1999 (6): 37.
- [33] 祝学城. 增强 PET 玻璃纤维无捻粗纱及短切纤维的研制 [J]. 玻璃纤维, 1999 (1): 6.
- [34] 臧国强. PET/GF 注塑专用料的研制 [J]. 工程塑料应用, 2003, 31 (6): 2-4.
- [35] 高建明, 等. 高熔体强度 PP 的制备研究 [J]. 合成树脂及塑料, 2002, 19 (2): 27-31.
- [36] 钱欣, 等. 高抗冲聚丙烯材料的制备 [J]. 工程塑料应用, 2002, 30 (11): 11-13.
- [37] 王天书. 医用 PVC 粒料的研制 [J]. 塑料工业, 1991 (1): 52-53.
- [38] 杨春城. 抗静电聚烯烃塑料制造技术 [J]. 塑料开发, 1998, 24 (1): 881-882.
- [39] 吕宏初, 等. 高性能软质 PVC 透明料的研制 [J]. 加工与应用, 2003 (1): 30-32.
- [40] 吴宏安, 徐锡丽, 等. 无卤阻燃聚丙烯的生产 [J]. 工程塑料应用, 2003, 31 (5): 22-23.
- [41] 蒋宝成, 蒋幼生. 阻燃 PP 塑料的研制 [J]. 塑料工业, 1991 (4): 37-39.
- [42] 倪燕, 等. 抗静电酚醛塑料的研制 [J]. 塑料工业, 1993 (6): 36-38.
- [43] 张新华, 等. 高速挤出普通铝塑复合管材专用料的研制与应用 [J]. 塑料科技, 2002 (3): 35-37.
- [44] 李先林, 等. ABS 管材专用料的开发 [J]. 工程塑料应用, 2003, 31 (4): 5-6.
- [45] 陈国武. 我国黑色 PE 电缆护套料简况 [J]. 塑料开发, 1990 (1): 20-23.
- [46] 吴廷禄. LLDPE 通信电缆绝缘料性能 [J]. 塑料科技, 1995 (6): 12-13.
- [47] 刘方, 等. 阻燃 HDPE 电缆料的研制 [J]. 塑料工业, 2000, 28 (6): 41-42.
- [48] 刘玲. LLDPE/LDPE/(E/VAC)/Mg(OH)₂ 无卤阻燃电缆料的研制 [J]. 工程塑料应用, 2002, 30 (4): 15-18.
- [49] 李开辉, 刘怡. 聚乙烯护套料的工艺配方研究 [J]. 塑料, 2000, 29 (2): 44-45.
- [50] 田维生. 黑色线性低密度聚乙烯护套料的开发与生产 [J]. 塑料加工, 1999, 27 (4): 36-37.
- [51] 酆华兴, 等. PE 电缆料的高速挤出技术 [J]. 现代塑料加工应用, 2003, 15 (3): 23-25.
- [52] 邱益清, 等. 阻燃绝缘级 PVC 电缆料的研制 [J]. 现代塑料加工应用, 1992 (1): 23-26.
- [53] 黄兆阁. 低烟低卤 PVC 电缆料的研制 [J]. 现代塑料加工应用, 2003, 15 (5): 20-22.
- [54] 侯元春. TAS-3A 润滑剂在 PVC 电缆料及 PE 色母料中的应用 [J]. 塑料, 2000, 29 (1):

- 20-21.
- [55] 段予忠, 等. 农业薄膜用无滴母料的研制 [J]. 塑料开发, 2000, 26 (1): 1299-1300.
- [56] 吴立峰, 等. 塑料着色和色母粒实用手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1998.
- [57] 段予忠, 张明连. 塑料母料生产及应用技术 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999.
- [58] 毕家琨, 等. 聚乙烯微薄有色农膜色母料的研制 [J]. 塑料科技, 1981 (1): 26-31.
- [59] 赖胜民, 等. 聚乙烯吹塑薄膜专用填充母料的研究 [J]. 塑料科技, 1989 (3): 7-10.
- [60] 张华集, 等. 微膜级超浓白色母料的分散性能研究 [J]. 现代塑料加工应用, 1992 (6): 22.
- [61] 徐同考. 耐老化防雾滴农膜母料的研制与生产 [J]. 现代塑料加工应用, 1996, 8 (2): 33-36.
- [62] 王文强, 等. 柑桔保鲜微膜专用着色母料的研制 [J]. 塑料开发, 1999, 1 (25): 1075-1078.
- [63] 王文强, 等. 薄层涂覆用色母料的研制与应用 [J]. 塑料科技, 1999 (1): 16-18.
- [64] 侯元春. TAS-3A 润滑剂在 PVC 电缆料及 PE 色母料中的应用 [J]. 塑料, 2000, 29 (1): 19-20.
- [65] 周健. PP-R、PP-B 管材料专用色母粒的研制 [J]. 工程塑料应用, 2002, 30 (5): 13-15.
- [66] 景志坤, 等. 硅灰石粉填充母料的制造与应用 [J]. 塑料科技, 1990 (6): 19-21.
- [67] 岳名正. 填充母粒生产技术 [J]. 塑料工业, 1990 (3): 56-58.
- [68] 马振文, 邹恩广. CaCO_3 填充聚乙烯母粒料的研制与应用 [J]. 现代塑料加工应用, 1992 (1): 18-22.
- [69] 张环, 等. 抗菌塑料母粒的制备及其抗菌性能研究 [J]. 合成树脂及塑料, 2003, 20 (1): 20-23.
- [70] 白福臣, 等. 聚乙烯淀粉母料的研制与应用 [J]. 工程塑料应用, 1996, 24 (4): 9-11.
- [71] 常俊山, 等. PP-R 树脂专用色母料的研制 [J]. 合成树脂及塑料, 2003, 20 (4): 21-25.
- [72] 裴运同, 等. 丙纶强力丝复合稳定体系母料的研制与应用 [J]. 工程塑料应用, 1998, 26 (4): 24-27.
- [73] 杨军忠, 等. 聚丙烯编织袋专用耐温防老化母料的研制 [J]. 塑料工业, 1997 (5): 110-112.
- [74] 刘冠文, 陈天俊. 双向拉伸聚丙烯 (BPP) 薄膜 [J]. 合成材料老化与应用, 2001 (1): 24-29.
- [75] 王剑, 林广安, 张林财. BOPP 膜料性能研究 [J]. 现代塑料加工应用, 2000, 12 (2): 1-5.
- [76] 颜汉波, 等. 用于双向拉伸薄膜的抗静电母料的制备 [J]. 广西化科技, 2003 (3): 53-57.
- [77] 常旭升, 等. 聚烯烃薄膜抗粒连母料的研制及应用 [J]. 齐鲁石油化工, 2003, 31 (2): 87-89.
- [78] 王小红, 等. 高熔体指数 PP 改性母料的研制及开发应用 [J]. 塑料开发, 1998 (1):

1034-1035.

- [79] 蒋幼生, 等. 聚丙烯阻燃母料的研制和应用 [J]. 塑料科技, 1989 (3): 12-14.
- [80] 王金保. OM 聚烯烃改性母料的研究与应用 [J]. 塑料工业, 1993 (4): 63-65.
- [81] 周健, 等. 聚烯烃阻燃母粒的制造及应用试验 [J]. 工程塑料应用, 2002, 30 (10): 15-19.
- [82] 刘晓春, 等. PVC 色母料的研制与应用 [J]. 现代塑料加工应用, 1999, 11 (2): 9-12.
- [83] 冯绍华, 等. HIPS 挤出低发泡母料的研制 [J]. 塑料, 1999, 28 (3): 22-25.
- [84] 刘英俊, 刘伯元. 塑料填充改性 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998.
- [85] 陈辉, 等. 塑料制品表面光泽改善剂的研制 [J]. 现代塑料加工应用, 1992 (3): 41-44.
- [86] 郑玉婴, 等. 新型粉煤灰玻璃微珠改性填充母料的研制及应用 [J]. 工程塑料应用, 1990 (4): 10-14.
- [87] 郑振英, 等. ABS 填充母料的研制及应用 [J]. 工程塑料应用, 1998, 26 (8): 19-20.
- [88] 梁基照, 等. 玻璃微珠填充 LDPE 的动态力学性能 [J]. 塑料, 1997, 26 (2): 26-29.
- [89] 张广成. 聚烯烃接枝马来酸酐的反应挤出研究 [J]. 工程塑料应用, 2002, 30 (2): 24-27.
- [90] 杨军, 等. UHMNPE 改性 PP [J]. 塑料, 1997, 26 (1): 29-31.
- [91] 刘光晨, 李继刚, 等. 马来酸酐接枝聚乙烯在铝塑复合管上的应用研究 [J]. 工程塑料应用, 2001, 29 (12): 22-24.
- [92] 张志龙, 郑裕堃, 等. 膨胀型无卤阻燃聚乙烯材料的研究 [J]. 塑料, 2000, 29 (3): 15-21.
- [93] 薛平, 蒋启柏, 等. 超高相对分子质量聚乙烯复合阻燃改性及挤出工艺研究 [J]. 工程塑料应用, 2001, 29 (8): 1-3.
- [94] 何杰, 等. GF/TLCP/PESU 热塑性复合材料研究 [J]. 工程塑料应用, 2000, 28 (5): 1-2.
- [95] 叶林忠, 等. 滑石粉填充 PP/HDPE/SBS 体系的性能研究 [J]. 塑料, 1998, 27 (3): 26-29.
- [96] 谢孔蛟, 马淑志. 滑石粉填充改性 PP 生产工艺探讨 [J]. 工程塑料应用, 1992, 20 (4): 20-23.
- [97] 辛敏琦, 等. 高性能增强 PP 的研制 [J]. 工程塑料应用, 1998, 26 (8): 1-2.
- [98] 杨其, 等. 用于交通信号标识制品的聚丙烯合金的研制 [J]. 塑料工业, 2002, 30 (3): 30-32.
- [99] 杨其. 交通运输用塑料的选材 [J]. 工程塑料应用, 2000, 28 (10): 39-43.
- [100] 周健. 纳米级 CaCO_3 改性 PP 的研制 [J]. 现代塑料加工应用, 2003, 15 (5): 26-28.
- [101] 张芳, 等. 高流动性 PP/POE/纳米 CaCO_3 复合材料的研制 [J]. 中国塑料, 2003, 17 (12): 53-57.
- [102] 方少明, 等. PP/POM/EVA 共混体系研究 [J]. 现代塑料加工应用, 1999, 11 (2): 6-8.
- [103] 陈庆华, 等. EPDM/PP 动态硫化热塑性弹性体的研制与应用 [J]. 工程塑料应用, 2002, 30 (5): 9-12.

- [104] 王文一, 陈建峰, 等. PP/EPR/纳米 CaCO_3 三元共混体系的研究 [J]. 工程塑料应用, 2003, 31 (8): 15-17.
- [105] 项尚林, 等. LLDPE-g-PGMA 对 PBT/LLDPE 共混聚物的增容作用 [J]. 工程塑料应用, 2002, 30 (8): 13-14.
- [106] Kang T K Properties of uncompatibilized and compatibilized poly (butylene terephthalate) -LLDPE blends [J]. J Appl Polym Sci, 1999, 72: 989.
- [107] 张洪亮, 马庆维, 等. 纳米 SiO_x 改性 PP/POE 复合材料冲击性能的研究 [J]. 工程塑料应用, 2002, 30 (11): 4-5.
- [108] 杨惠娣. 聚丙烯应用进展 [J]. 中国化工信息, 1999 (11): 9.
- [109] 左美祥, 等. 纳米 SiO_x 在涂料中的分散及改性作用 [J]. 化工新型材料, 2000, 28 (11): 24.
- [110] 赵磊, 等. 我国聚氯乙烯增韧改性研究的最新进展 [J]. 中国塑料, 2000, 14 (1): 11.
- [111] 叶春明, 等. 超微氧化钪填充聚丙烯的结晶行为 [J]. 塑料工业, 1994 (5): 45.
- [112] 任显成, 等. 纳米 CaCO_3 增强增韧聚丙烯的研究 [J]. 中国塑料, 2000, 14 (1): 25.
- [113] 张向南. 玻璃纤维增强塑料中玻璃纤维含量的控制 [J]. 现代塑料加工应用, 1997, 9 (5): 36-38.
- [114] 段德晶, 等. 短切无碱玻璃纤维增强聚丙烯改性料的研究 [J]. 工程塑料应用, 1999, 27 (12): 12.
- [115] 申欣, 等. 高冲击玻璃纤维增强聚丙烯的研制 [J]. 工程塑料应用, 2001, 29 (10): 8-9.
- [116] 陈和平. 高冲击玻璃增强聚丙烯的研制与应用 [J]. 工程塑料应用, 1991 (4): 16-17.
- [117] 李金钊. 玻璃纤维增强聚丙烯料的研制 [J]. 工程塑料应用, 1997, 25 (2): 13-16.
- [118] 陈国良, 等. 镁盐晶须填充改性 PP 材料的研究 [J]. 中国塑料, 2003, 17 (12): 45-48.
- [119] 郭宝华, 等. 高性能木纤维增强聚丙烯复合材料的制备 [J]. 工程塑料应用, 2002, 30 (7): 13-15.
- [120] 袁新恒, 等. 废报纸填充聚丙烯材料的研究 [J]. 塑料工业, 1997 (1): 60.
- [121] 张祥福, 等. 纤维素填料增强聚丙烯的性能 [J]. 中国塑料, 1998 (2): 31.
- [122] 许健南. 塑料材料 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999.
- [123] 蒋顶军, 等. 国内外阻燃尼龙研究开发现状 [J]. 工程塑料应用, 2000, 28 (10): 48.
- [124] 王文广, 等. 塑料阻燃配方设计 [J]. 辽宁化工, 1997, 5 (3): 130.
- [125] 欧育湘, 等. 阻燃聚酰胺 (PA) [J]. 塑料科技, 1994 (3): 9.
- [126] 熊政治, 等. 赤磷阻燃剂母料在热塑性工程塑料中的应用 [J]. 工程塑料应用, 2000, 28 (8): 28.
- [127] 李颖, 等. 阻燃聚酰胺的发展现状 [J]. 高分子材料科学与工程, 1999 (1): 18.
- [128] 姜明材. 抗冲增强尼龙 66 工程塑料研究 [J]. 工程塑料应用, 1993, 21 (2): 8-11.
- [129] 方少明, 阮世凤, 等. PA66 阻燃改性研究 [J]. 工程塑料应用, 2002, 30 (6): 4-5.
- [130] 邵桂敏, 等. 双螺杆挤出尼龙 6 的研究生产 [J]. 现代塑料加工应用, 1998, 10 (2):

33-35.

- [131] 金日光. 尼龙 6 合金的超韧新材料 [J]. 化工新型材料, 1998, 27 (8): 23.
- [132] 吴培熙, 等. 聚合物共混改性 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1996.
- [133] 朱之培. 中国聚酰胺生产、科研和市场概况 (上) [J]. 化工新型材料, 2000, 28 (6): 3.
- [134] 彭小平, 等. 高刚性耐候超韧尼龙的研究 [J]. 工程塑料应用, 2002, 30 (3): 1-4.
- [135] 马通建, 等. 新型尼龙增韧剂对尼龙 6 增韧的研究 [J]. 工程塑料应用, 2004, 32 (3): 14-15.
- [136] 于中振, 欧玉春, 冯宇鹏. 超韧尼龙 6 体系的流变与力学行为 [J]. 高分子材料科学与工程, 2000, 16 (6): 102.
- [137] 赵永红. 尼龙 6 增韧研究进展 [J]. 塑料工业, 2003, 31 (8): 1.
- [138] 黄俊辉, 刘建伟, 田国锋, 等. 新型增韧剂在尼龙 6 上的应用 [J]. 塑料工业, 2003, 31 (8): 49.
- [139] 郑现国, 李馥梅, 余卫勋. 高韧性尼龙 6 的研究与应用 [J]. 中国塑料, 2002, 16 (9): 17.
- [140] 李小梅, 武德珍, 吴立峰. PA6/POE/EAA 共混体系的相态与性能的研究 [J]. 中国塑料, 2002, 16 (8): 27.
- [141] 舒声, 等. PA6/ABS/PC 合金的研制 [J]. 工程塑料应用, 2002, 30 (4): 2-4.
- [142] 左健东, 等. PA6/ABS 合金的研制 [J]. 塑料, 2003, 32 (16): 15-19.
- [143] 吴培熙, 等. 聚合物共混改性 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1996.
- [144] 冯威, 等. PPO/PA 合金的研究进展 [J]. 合成树脂及塑料, 1999, 16 (6): 45.
- [145] 汪多仁. 聚苯醚与改性聚苯醚的生产与应用进展 [J]. 塑料开发, 2000, 26 (1): 1294.
- [146] 彭小平, 等. 新型 PA6/PPO 合金的研制 [J]. 工程塑料应用, 2002, 30 (8): 1-3.
- [147] 彭树文. 碳纤维增强尼龙 66 的研究 [J]. 工程塑料应用, 1998, 16 (9): 5-7.
- [148] 刘相果, 等. 偶联剂对短玻璃纤维增强微观结构及性能影响研究 [J]. 工程塑料应用, 2003, 31 (7): 1-3.
- [149] 赵若飞, 等. 玻璃纤维增强热塑性复合材料的增强方式及纤维长度控制 [J]. 纤维复合材料, 2000 (1): 19.
- [150] 高志秋, 等. 长玻璃纤维增强尼龙 6 复合材料研究 [J]. 纤维复合材料, 2001, 29 (7): 2-5.
- [151] 陶国良, 等. PA6/HDPE/EVA 三元共混改性的研究 [J]. 工程塑料应用, 1992, 20 (3): 20-23.
- [152] 杨克用. PA/EPDM 共混物加工条件和性能的研究 [J]. 工程塑料应用, 1993, 21 (2): 29-30.
- [153] 陈民杰, 等. PA66/EVA-g-MAH/绢云母复合材料的研究 [J]. 中国塑料, 2003, 17 (12): 24-27.
- [154] 田国峰, 等. 尼龙 1212/蒙脱土纳米复合材料制备与性能研究 [J]. 工程塑料应用, 2003, 31 (10): 9-11.

- [155] 涂开熙, 于福德. 新型长碳链尼龙工程塑料 [J]. 现代塑料加工应用, 2001 (5): 7.
- [156] 冯钠, 刘晓明, 项素云, 等. 阻隔改性组分 PA6 对 HDPE/PA6 合金性能的影响 [J]. 工程塑料应用, 2000, 28 (6): 3.
- [157] 刘立敏, 陈国庆. 熔体插层制备 PA6/蒙脱土纳米复合材料的性能表征 [J]. 高分子学报, 1998 (3): 304.
- [158] 漆宗能, 李强, 赵竹第, 等. 一种聚酰胺/粘土纳米复合材料及其制备方法: 中国, 1138593A. 1996-06-05.
- [159] 冯绍华, 等. UHMWPE、PUR-T 对 PA6 共混改性研究 [J]. 工程塑料应用, 2003, 31 (9): 4-6.
- [160] 杜荣昵, 等. 聚甲醛/纳米 CaCO_3 体系的制备与性能 [J]. 工程塑料应用, 2004, 32 (3): 9-12.
- [161] 郝丽华, 宁荣昌, 孔杰. 纳米粒子在聚合物增强增韧中的应用 [J]. 工程塑料应用, 2001, 29 (4): 53.
- [162] 乐启发, 等. POM/改性 PTME 合金的研究 [J]. 工程塑料应用, 2001, 29 (7): 6-8.
- [163] 孙绍灿. PETP 废料化学再生成聚酯切片 [J]. 工程塑料应用, 1992, 20 (3): 24-26.
- [164] 李林, 陆建锋. 增强阻燃 PET 的研究与应用 [J]. 工程塑料应用, 2001, 29 (1): 3-5.
- [165] 银贵晨, 等. 无氧阻燃酚醛塑料的研制 [J]. 工程塑料应用, 2002, 30 (7): 7-9.
- [166] 银贵晨. 无阻燃剂阻燃酚醛塑料的研制 [J]. 工程塑料应用, 2000, 28 (4): 8-9.
- [167] 杨杰, 周祚万, 等. 聚醚/氧化锌晶须复合材料的研究 [J]. 工程塑料应用, 2003, 31 (5): 5-7.
- [168] 张文栓, 等. 纳米 SiO_2 改性聚苯硫醚力学性能的研究 [J]. 工程塑料应用, 2003, 31 (8): 4-6.
- [169] 金国珍. 工程塑料 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.
- [170] 周祚万, 楚珑晟, 雷强. 氧化锌晶须在树脂基复合材料中的应用 [J]. 化工新型材料, 2001, 29 (9): 45.
- [171] 赵安赤, 等. PVDF 液晶合金的研究 [J]. 塑料, 1997, 26 (3): 10-13.
- [172] 肖望东. 阻燃 HIPS 及其耐候性的研究 [J]. 工程塑料应用, 2003, 31 (7): 5-7.
- [173] 程贤甦, 等. HIPS/纳米蒙脱土复合材料的研究 [J]. 工程塑料应用, 2002, 30 (7): 10-11.
- [174] 丁圣宏, 等. HIPS/SBS 共混改性研究 [J]. 塑料科技, 1995 (5): 9-11.
- [175] 葛存旺, 等. PBT/BMI 耐热阻燃材料的研究 [J]. 工程塑料应用, 1999, 27 (9): 4-6.
- [176] 刘树青, 等. ABS/改性 PE/PC 塑料合金的研究 [J]. 工程塑料应用, 1997, 25 (3): 6-9.
- [177] 朱兆奇, 等. 马来酸酐接枝 ABS 及其性能的研究 [J]. 工程塑料应用, 1996, 24 (1): 4-6.
- [178] 方少明, 等. PP-g-MAH 改性 PC/ABS 合金的研究 [J]. 工程塑料应用, 2003, 31 (10): 6-8.
- [179] 曹文鑫. PC/ABS 合金的开发和应用现状 [J]. 化工新型材料, 2001 (8): 37.
- [180] 王海诚. LDPE-g-MAH 增容 PA6/LDPE 的研究 [J]. 塑料科技, 1998 (5): 11.
- [181] 李刚, 等. 改性聚用醛的摩擦性能 [J]. 工程塑料应用, 1991 (4): 12-15.

- [182] 王士才,等. 反应挤出聚氨酯-聚氯乙烯共混塑料的研究 [J]. 塑料开发, 1997, 23 (3): 737-743.
- [183] 郑德,李杰. 塑料助剂与配方设计技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [184] 黄锐. 纳米塑料 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2002.
- [185] 吴培熙,张留成. 聚合物共混改性 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2002.
- [186] 孟秀茹,梁国正,赵磊,等. 聚丙烯增韧改性研究的最新进展 [J]. 塑料科技, 2000 (1): 41.
- [187] 邵军. 供水管用改性聚丙烯/纳米 CaCO_3 复合材料的研究 [J]. 工程塑料应用, 2004, 32 (3): 5-8.
- [188] 林志丹,等. PP/改性纳米 CaCO_3 复合材料力学性能与断裂形态研究 [J]. 工程塑料应用, 2002, 30 (9): 2-10.
- [189] 官瑾,等. PET/MFMB 复合材料的力学性能、热性能的研究 [J]. 工程塑料应用, 2002, 30 (2): 5-7.
- [190] 冯绍华,等. PE 挤出发泡研究 [J]. 现代塑料加工应用, 2003, 15 (4): 17-19.
- [191] 王伟华,等. 丁烷物理发泡 PE 的生产与应用 [J]. 现代塑料加工应用, 1999, 11 (1): 26-28.
- [192] 曹正松,等. 彩色低发泡母粒的研制和应用 [J]. 现代塑料加工应用, 1997, 9 (3): 28-32.
- [193] 崔健. 硬质 PVC 低发泡管材的单螺杆挤出成型 [J]. 塑料工业, 2001, 29 (4): 22-23.
- [194] 刘长维,等. 硬质 PVC 发泡制品的挤出工艺研究 [J]. 塑料, 1997, 26 (4): 20-24.
- [195] 胡永明,等. PVC 结皮发泡材料的制备及工艺 [J]. 工程塑料应用, 1997, 25 (2): 24-25.
- [196] 刘跃建,等. 硬聚氯乙烯低发泡挤出成型研究 [J]. 中国塑料, 1996, 10 (4): 35-38.
- [197] 崔文瑾. 低发泡 RPVC 挤出成型的配方和工艺研究 [J]. 现代塑料加工应用, 1998, 10 (5): 8-10.
- [198] 陈祖敏,等. 影响 PVC 挤出制品发泡质量的因素 [J]. 现代塑料加工应用, 1998, 10 (6): 34-36.
- [199] 崔文瑾,等. 仿木塑料的挤出工艺 [J]. 中国塑料, 1998, 12 (2): 62-65.
- [200] 徐军,等. 带年轮状合成木材的研究 [J]. 中国塑料, 1999, 13 (6): 75-80.
- [201] 冯绍华,等. HIPS 挤出低发泡母料的研制 [J]. 塑料, 1999, 28 (3): 22-25.
- [202] 顾书英,等. 低发泡 HIPS 挤出成型工艺的研究 [J]. 中国塑料, 2001, 15 (9): 49-52.
- [203] 刘伯元,等. 新型微发泡仿木塑料的生产开发 [J]. 现代塑料加工应用, 1998, 10 (3): 28-30.
- [204] 李艳霞,等. 聚丙烯汽车仪表盘专用料的研制 [J]. 工程塑料应用, 2001, 29 (4): 7-9.
- [205] 周春怀,等. 微型汽车仪表板专用料研制 [J]. 中国塑料, 1995, 10 (6): 52-56.
- [206] 李艳霞,等. 加相容剂的聚丙烯汽车仪表盘专用料的研制 [J]. 工程塑料应用, 2001, 29 (6): 8-10.
- [207] 张舜喜. 保险杠用超高冲击强度聚丙烯材料的研制 [J]. 塑料科技, 1995 (4): 10-13.
- [208] 李荣勋,等. 共聚聚丙烯 EPF 30R 作汽车保险杠专用料研究 [J]. 现代塑料加工应用, 2001, 13 (6): 23-26.

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
38858	实用通用塑料手册	张玉龙 石磊	88
41112	微孔塑料注射成型技术	[美]Jingyi Xu	99
42195	塑料注塑成型技术(高级)第2版	张玉龙	49
43724	塑料注塑成型与模具设计指南	徐佩弦	119
41441	塑料回收高效利用新技术	张继宗	118
45548	现代注塑模结构设计实用技术	文根保	56
47010	实用注塑成型及模具设计(第2版)	洪慎章	59

以下塑料配方类图书即将出版：

《塑料制品配方与制备手册》

敬请关注！

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>

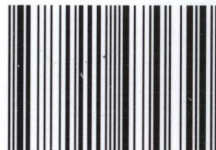
封面无防伪标均为盗版

上架指导 工业技术 / 高分子材料 / 塑料

ISBN 978-7-111-47465-4

策划编辑◎张秀恩 / 封面设计◎陈沛

ISBN 978-7-111-47465-4



9 787111 474654 >

定价：39.00元