



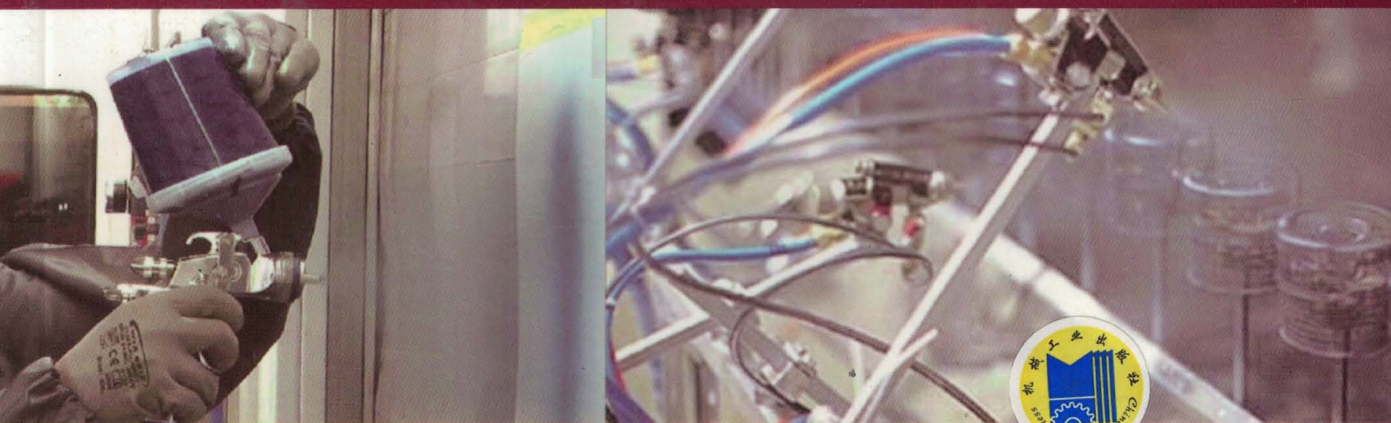
机电类技师鉴定培训教材

# 涂装工技师 鉴定培训教材

TUZHUANGGONG JISHI JIANDING PEIXUN JIAOCAI

机电类技师鉴定培训教材编审委员会组织编写

瞿云才 ◎ 编



- ◆ 汲取首套技师培训教材精华
- ◆ 紧扣职业技能鉴定考核要求
- ◆ 包含教材题库答案模拟试卷
- ◆ 注重分析解决问题能力提升



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

机电类技师鉴定培训教材

# 涂装工技师鉴定培训教材

机电类技师鉴定培训教材编审委员会组织编写

瞿云才 编



机械工业出版社

本书是依据《国家职业技能标准 涂装工》(技师)的知识要求,紧扣职业技能鉴定培训的需要编写的。本书的主要内容包括:安全文明生产,涂装表面预处理,淋涂、幕帘涂装及浸涂,常见喷涂方法,静电喷涂,电泳涂装,质量检验,培训与指导,涂装管理与新技术的应用。每章末均配有复习思考题,书末配有试题库、模拟试卷样例及答案,以便于企业培训、考核鉴定和读者自查自测。

本书既适合作为职业技能鉴定培训机构、企业培训部门、技师学院进行技师鉴定的考前培训教材,又可作为读者考前复习和自测用书,也可供职业技能鉴定部门在技师鉴定命题时参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

涂装工技师鉴定培训教材/瞿云才编. —北京:机械工业出版社, 2013. 9  
机电类技师鉴定培训教材  
ISBN 978-7-111-43755-0

I. ①涂… II. ①瞿… III. ①涂漆—职业技能—鉴定—教材 IV. ①TQ639

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 196923 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:荆宏智 邓振飞 责任编辑:荆宏智 邓振飞 王华庆

责任校对:刘怡丹 封面设计:饶 薇

责任印制:杨 曦

北京中兴印刷有限公司印刷

2013 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm • 11.25 印张 • 211 千字

0 001—3 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-43755-0

定价:27.00 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

# 机电类技师鉴定培训教材

## 编审委员会

主 任 郝广发

副主任 季连海 刘亚琴 徐 彤 吴茂林  
施 斌 荆宏智

委 员 (按姓氏笔画排序)

王平凡	王江宁	毛永年	尹子文
邓振飞	刘光虎	刘海涛	许顺生
朱为国	李 超	李世和	李援瑛
吴元徽	谷育红	陆根奎	陆文龙
张凯良	周泽祺	姜 平	贾恒旦
徐佩兰	殷作禄	梅建强	崔静波
谢中南	谢 剑	董桂桥	瞿云才

## 《涂装工技师鉴定培训教材》编审人员

编 者 瞿云才

主 审 陈 永

# 序

技师是技术工人队伍中的高技能人才，是我国人才队伍的重要组成部分，是各行各业产业大军的骨干，在加快产业优化升级、提高企业竞争力、推动技术创新和科技成果转化等方面具有不可替代的重要作用。而随着我国成为“世界制造业中心”进程的加快，高技能人才的总量、结构和素质还不能适应经济与社会发展的需要，特别是在制造、加工等传统产业领域，高技能人才严重短缺，已成为制约经济与社会持续发展和阻碍产业升级的“瓶颈”，企业迫切需要掌握真才实学的高技能人才。

大力加强高技能人才的培养工作，除需要加强高技能人才培养模式的研究和师资队伍建设外，还需要开发出有技师培养特色的实用教材。但由于技师培养模式多样，教材编写难度大，因此市面上这样的教材实在难寻，我们原来组织出版的“机械工业技师考评培训教材”也已显龙钟之态。

为更好地为行业服务，满足行业技师鉴定培训的需要，我们经过充分调研，决定对我们2001年组织出版的国内机械行业首套技师培训教材“机械工业技师考评培训教材”进行重新编写，并定名为“机电类技师鉴定培训教材”。

原来的“机械工业技师考评培训教材”是为配合技师评聘工作的开展，满足机械行业对工人技师培训和考评的需要，在没有《国家职业标准》的情况下，根据到各地调研了解的需求情况，为填补市场空白而编写的。教材出版后，以其独树一帜、适应需求、内容实用、针对性强等特点，受到全国各级技师培训、鉴定部门的欢迎，在市面上没有其他版本的技师培训教材的情况下，成为各级技师培训、鉴定部门的不二选择，许多地方均采用那套教材作为技师培训和鉴定用教材，那套教材也因此成为技师培训和鉴定的品牌教材。

新版“机电类技师鉴定培训教材”按劳动和社会保障部颁布的《国家职业标准》中对技师的要求，根据各地技能鉴定部门、企业、学校对技师能力的要求和培训培养模式，采用模块化的形式进行编写，并在汲取首套技师培训教材精华的基础上，在以下几方面做了改进：

在模块设置上，除专业模块外，设置公共基础模块和专业基础模块。

公共基础模块包括《公共基础知识》《技师论文写作·点评·答辩指导》，是本次新增模块。它是《国家职业标准》对各工种技师的共同要求，适用于所有工种。其内容包括：职业道德，职业培训指导，生产管理、质量管理、安全生产和通用的四新知识，以及技师论文写作、点评与答辩内容。

专业基础模块包括《机械制图与零件测绘》《机械基础与现代制造技术》《金属材料与加工工艺》和《电工与电子基础》四种。《机械制图与零件测绘》中删减了基础的内容，重点加入了测绘方面的内容。《机械基础与现代制造技术》中增加了液气压故障诊断与排除、数控技术方面的内容。《金属材料与加工工艺》《电工与电子基础》的内容也进行了相应的更新。

在工种选择上，增加了近几年需求量较大的数控车工、数控铣工、模具工，并按新的《国家职业标准》规范了部分工种的名称，需求量较小的工种本次暂不重编。新版教材共包



括车工、铣工、钳工、机修钳工、模具工、汽车修理工、制冷设备维修工、铸造工、焊工、冷作钣金工、热处理工、涂装工、维修电工、电工、数控车工、数控铣工 16 个机电行业主要工种。

在编写依据上，基础课教材以劳动和社会保障部最新颁布的《国家职业标准》相关工种技师知识要求中的通用部分为依据，专业工种教材则以该工种技师知识要求中的专用部分为依据，紧扣职业技能鉴定培训需要的原则编写。对没有国家职业标准，但社会需求量大且已单独培训和考核的职业，则以相关国家职业标准和有关地方鉴定标准和要求为依据编写。

在内容安排上，每本教材仍包括两大部分内容：第一部分为培训教材，第二部分为试题库、模拟试卷样例及答案。

教材部分按复习指导的性质编写，根据技师的定位，按相关工作内容和知识安排章节，提炼应重点培训和复习的内容，同时对技能方面提出要求。每章的章首有培训目标，章末附有针对本章内容的复习思考题。

书末附有本工种技师考核鉴定的试题库和答案，以及便于自检自测的模拟试卷。我们对原试题库中的经典内容进行了精选和保留，补充增加了最新的职业技能鉴定试题、全国及部分省市和行业的大赛试题，使得试题更具典型性、代表性、通用性和实用性。

综上所述，新版“机电类技师鉴定培训教材”的特色如下：

- 汲取首套技师培训教材精华——保留了首套技师培训教材的经典内容，考虑了现阶段企业和市场的需要，更新了教材和试题库内容，加强了论文写作和答辩内容。
- 依据国家职业标准要求编写——以《国家职业标准》对技师的要求为依据，以便于培训为前提，提炼应重点培训和复习的内容，同时提出对技能方面的要求。
- 紧扣职业技能鉴定考核要求——按复习指导的性质编写，教材中的知识点紧扣《国家职业标准》和职业技能鉴定考核的要求，适合考前 2~3 个月短期培训使用。
- 包含教材题库答案模拟试卷——分公共基础、专业基础和专业模块。每部分培训目标、复习思考题、培训内容、试题库模拟试卷样例、答案齐全。
- 注重分析解决问题能力提升——加强了高难度生产加工，复杂设备的安装、调试和维修，技术质量难题的分析和解决，复杂工艺的编制，故障诊断与排除等方面的内容。

新版教材在编写过程中力求突出“新”，做到“知识新、工艺新、技术新、设备新、标准新”，使教材更具先进性，内容更加实用。全套教材既适合作为各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门进行技师鉴定的考前培训教材，又可作为读者考前复习和自测用书，也可供职业技能鉴定部门在技师鉴定命题时参考。

在本套教材的调研、策划、编写过程中，得到了许多企业和鉴定培训机构的有关领导、专家、工程技术人员、技师和高级技师的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢！

虽然我们在编写这套技师培训教材中尽了很大的努力，但是教材中难免存在不足之处，诚恳地希望专家和广大读者批评指正。

机电类技师鉴定培训教材编审委员会

# 前 言

技师是技术队伍中具有高级技能的人才，是生产第一线的一支重要力量。他们对提高产品的质量和市场竞争力起着非常重要的作用。积极稳妥地开展技师评聘工作，对鼓励广大技术工人钻研业务、提高技术水平，推动企业生产技术进步以及稳定技术工人队伍有积极的促进作用。

为配合技师评聘工作的开展，满足机械行业对涂装工技师培训和考评的需要，我们经过广泛的调研，听取了行业专家的意见，依据《国家职业技能标准 涂装工》（技师）的知识要求编写了这本《涂装工技师鉴定培训教材》。

本书内容分为两大部分：第一部分为培训教材；第二部分为试题库、模拟试卷样例及答案。教材部分内容精练、实用，有针对性和通用性，主要介绍应重点培训和复习的内容；试题部分题意明确，有典型性、代表型、通用性和实用性，题型有判断题、选择题和计算题。

本书汲取了相关图书的优点，略去了低起点的内容，同时采用了最新国家标准和法定计量单位。本书既适合作为职业技能鉴定培训机构、企业培训部门、技师学院进行技师鉴定的考前培训教材，又可作为读者考前复习和自测用书，也可供职业技能鉴定部门在技师鉴定命题时参考。

本书由瞿云才编写，陈永主审。

由于时间仓促，书中难免存在不足之处，欢迎广大读者提出宝贵意见和建议。

编 者

# 目录

## Contents

序

前言

第一章 安全文明生产 .....	1
第一节 卫生安全防护 .....	1
一、溶剂的毒害作用 .....	1
二、涂装工的防护 .....	1
第二节 防火安全技术 .....	2
一、溶剂的危险性 .....	2
二、涂装时常见的火种 .....	2
三、灭火方法 .....	3
第三节 涂装的“三废”处理技术 .....	4
一、水污染的处理 .....	4
二、废弃物的处理 .....	7
三、空气污染的处理 .....	7
复习思考题 .....	8
第二章 涂装表面预处理 .....	9
第一节 金属材料表面预处理 .....	9
一、脱脂 .....	9
二、除锈 .....	10
三、磷化处理 .....	14
第二节 非金属材料表面预处理 .....	19
一、塑料表面预处理 .....	19
二、木制件表面预处理 .....	22
三、水泥、石膏板基层预处理 .....	22
四、石膏板材和木质板面基层预处理 .....	23
复习思考题 .....	24
第三章 淋涂、幕帘涂装及浸涂 .....	25
第一节 淋涂 .....	25
一、淋涂设备及工具 .....	25
二、淋涂设备的使用方法 .....	26
三、淋涂设备的维护与保养 .....	27
第二节 幕帘涂装 .....	27



一、幕帘涂装设备及工具 .....	27
二、幕淋头的使用方法 .....	28
三、幕淋头的维护与保养 .....	28
第三节 浸涂 .....	28
一、浸涂设备及工具 .....	28
二、浸涂设备的使用方法 .....	30
三、浸涂设备的维护与保养 .....	31
复习思考题 .....	31
第四章 常见喷涂方法 .....	32
第一节 空气喷涂 .....	32
第二节 热喷涂 .....	33
一、热喷涂原理 .....	33
二、热喷涂的优点 .....	34
三、热喷涂时的注意事项 .....	34
第三节 无空气喷涂 .....	34
一、无空气喷涂原理 .....	34
二、无空气喷涂的特点 .....	35
三、无空气喷涂装置的类型 .....	35
四、高压无空气喷涂易产生的问题及处理方法 .....	35
五、无空气喷涂时的注意事项 .....	37
第四节 喷涂修补 .....	37
一、表面预处理 .....	37
二、涂装 .....	38
三、典型工艺流程 .....	38
第五节 溶剂与配色 .....	39
一、溶剂及溶剂的应用 .....	39
二、溶剂的分类 .....	40
三、色彩基本知识 .....	44
四、配色 .....	48
五、配色应用实例 .....	50
复习思考题 .....	51
第五章 静电喷涂 .....	53
第一节 静电喷涂设备 .....	53
一、静电喷涂的基本原理 .....	53
二、静电喷涂工艺条件的选择 .....	53
三、静电喷涂设备及其维护和安全措施 .....	54
第二节 静电喷涂的特性 .....	55
一、静电喷涂的要求 .....	55
二、静电喷涂操作程序 .....	56
三、静电喷涂的特点 .....	56
四、静电喷涂的应用 .....	57
复习思考题 .....	57

第六章 电泳涂装 .....	58
第一节 电泳涂装的基本原理 .....	58
第二节 电泳涂装方法 .....	59
一、阳极电泳 .....	59
二、阴极电泳 .....	59
三、交流电泳 .....	59
第三节 电泳涂装设备 .....	59
一、电泳槽 .....	59
二、涂料搅拌设备 .....	60
三、直流电源 .....	61
四、导电机构 .....	61
五、冲洗设备 .....	62
六、烘烤设备 .....	62
七、挂具 .....	62
第四节 电泳涂装操作 .....	63
一、电泳涂装工艺流程 .....	63
二、工件电泳前的表面预处理 .....	63
三、电泳涂装工艺 .....	64
四、电泳涂装工艺条件的选择 .....	65
复习思考题 .....	68
第七章 质量检验 .....	69
第一节 涂料的质量检查 .....	69
一、粘度的检测 .....	69
二、遮盖力的检测 .....	69
三、密度的检测 .....	70
四、细度的检测 .....	70
五、固体含量的检测 .....	70
第二节 涂膜的质量检查 .....	71
一、颜色及外观测定法 .....	71
二、厚度测量法 .....	72
三、干燥性能测定法 .....	72
四、柔韧性测定法 .....	72
五、光泽测定法 .....	72
六、冲击强度测定法 .....	73
七、附着力测定法 .....	73
八、硬度测定法 .....	73
九、湿热试验（环境气候试验） .....	74
第三节 涂装缺陷与处理 .....	75
一、涂料在运输、储存过程中的缺陷 .....	75
二、常见的涂膜缺陷和处理方法 .....	77
第四节 电泳涂装常见的涂膜缺陷及处理方法 .....	85
一、电泳涂装涂膜缺陷的产生原因及处理方法 .....	85

二、涂料稳定性 .....	87
第五节 涂装质量的控制 .....	87
一、环境温度的影响 .....	87
二、相对湿度的影响 .....	87
三、露点温度的影响 .....	88
四、湿膜厚度的影响 .....	88
复习思考题 .....	88
第八章 培训与指导 .....	90
第一节 涂装设计 .....	90
一、涂装类型 .....	90
二、涂装设计步骤 .....	91
三、涂料的选择 .....	91
四、涂料的质量指标 .....	91
五、不同涂膜的涂料选择 .....	92
六、涂装方法的选择 .....	98
七、涂装工艺的制订 .....	100
第二节 涂装的主要工序 .....	101
一、表面预处理 .....	101
二、涂底漆 .....	101
三、刮腻子 and 涂中间层 .....	103
四、打磨 .....	106
五、涂面漆 .....	107
六、磨光、抛光与打蜡 .....	107
七、干燥 .....	108
第三节 对初、中、高级涂装工的指导 .....	112
一、涂装质量问题的分析和处理 .....	112
二、施工质量问题的处理 .....	113
复习思考题 .....	113
第九章 涂装管理与新技术的应用 .....	115
第一节 涂装工艺管理 .....	115
一、涂装准备工作 .....	115
二、涂装工艺文件的制订 .....	121
第二节 新材料、新工艺的应用 .....	127
一、新型涂料 .....	127
二、石砌面刷涂技术 .....	127
三、高压无气喷涂技术 .....	128
第三节 技术管理 .....	131
一、技术资料管理 .....	131
二、检验管理 .....	131
第四节 施工管理 .....	133
一、施工计划 .....	133
二、施工进度 .....	133

三、施工安排 .....	133
复习思考题 .....	133
<b>试题库</b> .....	135
一、判断题 试题 (135) 答案 (156)	
二、选择题 试题 (139) 答案 (156)	
三、计算题 试题 (150) 答案 (157)	
<b>模拟试卷样例</b> .....	153
<b>模拟试卷样例答案</b> .....	162
<b>参考文献</b> .....	164



# 第一章

## 安全文明生产

**培训目标** 掌握涂料在施工和保管过程中的安全知识以及个人、环境卫生的保护方法，提高涂料施工安全防范意识，做好安全防护措施和现场管理工作。

### 第一节 卫生安全防护

涂料中使用的溶剂材料用于降低涂料的粘度，以便于进行涂装。涂料干燥时，涂料中的溶剂并不留在涂膜中，全部挥发，扩散在周围环境中。

#### 一、溶剂的毒害作用

涂装施工时挥发出来的溶剂蒸气，易使操作者急性和慢性中毒，患职业病和皮肤疾病等。所以在涂装施工过程中必须加强卫生安全防护工作，这样对个人健康和安全生产都是大有益处的。

溶剂含量高时，对人体神经有严重的刺激和伤害作用，能造成抽筋、头晕甚至昏迷等症状。溶剂含量低时，也使人产生头晕、恶心、呕吐、疲劳和腹痛等症状。芳香烃类溶剂（如苯、甲苯和二甲苯）的挥发蒸气能破坏血液循环和血液组成。

#### 二、涂装工的防护

无论采用刷涂方法还是采用喷涂方法，都应保持良好通风，并且戴好防毒面具和防护帽，以防止吸入溶剂蒸气。戴上防毒面具后，有毒溶剂在防毒面具内被活性炭吸收。同时还要戴好手套，穿好工作服和工作鞋，尽量避免溶剂直接接触到皮肤。外露的皮肤应涂医用凡士林进行防护。溶剂的沸点越低，其挥发速度越快，毒性越大。在施工中应特别注意防护措施，避免溶剂中毒。

部分涂料中含有有毒颜料，如红丹、铅铬黄等，这些涂料能引起急性和慢性铅中毒。当与这种涂料接触时，铅的化合物会从皮肤侵入人体内。所以，在使用这些涂料时必须采用预防措施。

由于涂料中的颜料含有铅化合物，因此最好不采用喷涂法，应改用刷涂法。有些基料的毒性较大，如聚氨酯漆中含有游离的异氰酸酯，能引发呼吸系统过敏反应；环氧树脂涂料中的有机胺固化剂可能引起皮炎；大漆中的漆酚对人体皮肤的刺激较厉害，接触后会引发红肿肿胀，使皮肤呈水痘状或因感染而溃烂。在涂装这些涂料时，必须采取预防措施，防止吸入与接触。

涂料不仅会被人吸入肺部，而且还会通过皮肤和胃进入人体而产生危害。若人体表面长期与涂料溶剂接触，则皮肤上的油脂会被溶去造成皮肤干燥、开裂、发红，并能引起皮肤病。操作人员在涂装后感到气管干结，是由于吸入了漆雾中的溶剂蒸气，这时应多喝温开水。在有条件的情况下，喷枪、漆刷等涂装工具的清洗工作应在带盖溶剂桶内进行。带盖溶剂桶不使用时可自动密闭。有通风设备的，应打开排风机进行清洗工作。



操作酸和碱时，操作人员应穿戴专用工作服和橡胶手套、橡胶护袖、人造革围裙、防护眼镜。此外，在涂装现场严禁吃东西，更不要用未洗过的手接触食物。涂装完毕后，去除皮肤上的凡士林，用温水和肥皂洗净手上和脸上的污物，有条件的最好淋浴。另外，定期对从事涂装施工的人员进行体检（每年至少一次）。

## 第二节 防火安全技术

### 一、溶剂的危险性

- (1) 闪点 可燃性液体蒸气在液体表面附近和使用的容器中与空气形成可燃性混合气体，遇到明火后引起闪电式燃烧，这种现象称为闪燃。引起闪燃的最低温度称为闪点。根据闪点，可将溶剂和涂料的火灾危险等级分为三级：
- 1) 一级火灾危险品，闪点在 21℃ 以下，极易燃。
  - 2) 二级火灾危险品，闪点为 21~70℃，较易燃。
  - 3) 三级火灾危险品，闪点在 70℃ 以上，难燃。
- (2) 着火点 溶剂蒸气遇火能燃烧 5s 以上，温度比闪点略高。
- (3) 自燃点 不需借助火源，自行燃烧的最低温度称为自燃点。它比闪点高得多。
- (4) 爆炸范围 可燃性气体与空气混合形成的混合性气体产生爆炸的最低含量称为爆炸下限，产生爆炸的最高含量称为爆炸上限。在爆炸上限和爆炸下限区域内都能产生爆炸，称为爆炸范围。为确保安全，易燃气体的体积分数控制在 25% 以下。常用溶剂的闪点和爆炸极限见表 1-1。

表 1-1 常用溶剂的闪点和爆炸极限

序号	溶剂名称	闪点/℃（闭杯法）	爆炸下限/(g/m <sup>3</sup> )	爆炸上限/(g/m <sup>3</sup> )	卫生许可含量/(mg/L)
1	甲醇	-1~10	46.5	478	0.05
2	正丁醇	27~34	51	309	0.2
3	丙酮	-17	60.5	218	0.2
4	环己酮	40	44	—	—
5	乙基溶纤剂	40	9.5	574	0.2
6	乙酸丁酯	25	80.6	712	0.2
7	苯	-8	48.7	308	0.05
8、9	甲苯	6~30	38.2	264	0.05
10	二甲苯	29~50	130	330	0.05
11	松节油	30	体积分数为 0.8%	体积分数为 44.5%	0.3
12	溶剂汽油	>28	体积分数为 1.4%	体积分数为 6.0%	0.3

(5) 蒸气密度 易燃性溶剂蒸气的密度一般比空气的密度大，有积聚在地面和低处的倾向，因此要求将通风换气口设置在接近地面处。

### 二、涂装时常见的火种

(1) 自燃火种 若不及时清理浸有清油、油性漆或松节油的破布、棉纱而任其自然继续堆积，则将导致产生热量的化学反应，当温度达到自燃点时，就会“自动着火”。所以，擦过涂料和溶剂的破布、棉纱，必须放在专用的有水的金属桶内，定期进行处理。

(2) 明火 在涂装车间内和涂装现场严禁吸烟, 禁止携带火种, 严禁任意使用直接火种和易于燃烧的用具及设备。若必须使用喷灯、烙铁、电焊机、气焊等, 则应按规定在有关职能人员和部门的监督下, 在动火规定的区域内操作。当可燃物体刚起火时, 应用泡沫灭火器扑火, 或用铺盖物将其罩上, 以隔绝空气, 消除火灾。

(3) 电气火花 电气设备开关在关、开时, 会产生火花; 电源线超负荷时也会产生过热和剧热现象。这些都是产生火灾的潜在隐患。

涂装车间或涂装现场必须采用防爆型照明装置, 应定期检查电路及设备的绝缘有无破损, 电动机是否超负荷, 电气设备的接地是否牢固可靠等, 插头必须采用三线结构, 严禁使用能产生火花而导致火灾的电气设备和仪器。在使用溶剂的工作场所, 禁止安装开关、配电箱、断路器及普通电动机。

(4) 冲击火花 用铁器敲打或开启金属油漆容器, 铁器互相敲击或穿有铁钉的鞋子撞击铁器, 都很容易产生冲击火花。因此, 在开启金属桶时, 应使用铜质制的工具或专用工具, 操作者应穿无鞋钉的鞋子。

(5) 静电 静电是火种的来源之一, 但常被人们忽视。在生产中, 两个良好的绝缘体之间的摩擦是产生静电的主要原因, 也是火灾和爆炸事故的根源。

在批量大的涂装生产中, 倾倒溶剂时也会产生静电。假设溶剂从乙桶倒入甲桶, 溶剂从空气中落下时分散成小滴, 小滴在空气中摩擦, 聚集了电荷并储积在甲桶中, 在甲桶与流出液体后的乙桶之间形成电位差, 达到一定条件后产生火花, 点燃溶剂的蒸气。所以, 涂装车间的设备、管道、容器应接地, 这样形成的电位差就会消失了。

涂装车间静电的来源很多, 还有电动机传动带与带轮、打磨与抛光设备, 甚至人们穿的化纤衣服也可能产生静电。所以, 要防止静电火花的产生, 必须将设备有效地接地, 并力求消除产生静电的根源。

### 三、灭火方法

1) 隔绝空气, 切断氧气, 或将不燃烧气体 (如二氧化碳等) 喷射到燃烧物体上, 使空气中氧气的体积分数降到 16% 以下, 就能熄灭火势。

2) 移去或隔离已燃烧的火源, 然后将其扑灭。

3) 用冷却法使被燃烧物质的温度降低到着火点以下, 即可灭火。

常用的灭火器类型及适用范围见表 1-2, 火灾类型及灭火方法见表 1-3。

表 1-2 常用的灭火器类型及适用范围

序号	灭火器类型	药液化学组分	适用灭火类型
1	酸碱式	$\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NaHCO}_3$	用于非油类及电器的一般灭火
2	泡沫式	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 、 $\text{NaHCO}_3$	适用于液体溶剂、涂料类灭火
3	高倍数泡沫式	脂肪醇、硫酸钠加稳定剂、抗燃烧剂	适用于火源集中、泡沫容易堆积等场合的灭火, 以及大型油池、室内仓库、涂料类、木材纤维等的灭火
4	二氧化碳	液体二氧化碳	适用于电器灭火
5	干粉灭火 (以二氧化碳作为喷射动力)	$\text{NaHCO}_3$ 等盐类并加有适量润滑剂和防潮剂	适用于涂料类、可燃气体、电器设备、精密仪器、文件记录和遇火燃烧等的灭火
6	四氯化碳	液体四氯化碳	适用于电气灭火
7	1211	$\text{CF}_2\text{ClBr}$	灭火效率高, 适用于有机溶剂、高压电气设备、精密仪器等的灭火

表 1-3 火灾类型及灭火方法

序号	燃 烧 物	灭 火 方 法	灭 火 原 理
1	有机纤维类普通燃烧材料（如擦漆用的废纱头和破布之类）	1) 用黄沙扑灭 2) 用水或酸碱式泡沫灭火器	起冷却降温、隔绝空气作用
2	有机溶剂、涂料类不溶于水的燃烧性液性（如稀释剂、清漆、色漆）	1) 用二氧化碳灭火器扑灭 2) 用泡沫灭火器和石棉毯压盖	隔绝空气
3	有机溶剂（如醇和醚类可溶于水的燃烧性液体、酒精、丁醇、乙醚）	用水扑灭	冲淡溶液或将容器盖严而隔绝空气
4	电气设备、仪器上或附近的燃烧物（如空气压缩机、输漆泵、静电设备等仪器和仪表）	用四氯化碳、溴甲烷、二氧化碳灭火器	蒸气密度比空气密度大，可在物体上形成隔绝空气的气体并冲淡氧气，但只能用于通风之处，因其蒸气有毒
5	电动机（如各种开口或封闭式电动机）上的燃烧物		

涂装车间的职工应熟知防火安全技术知识、火灾类型及其灭火方法，还应会使用各种消防工具。一旦发生火灾，尤其是在电器附近着火时，应立即切断电源，以防火势蔓延和产生电击事故。当工作服上着火时，切勿惊慌奔跑，应就地打滚将火熄灭。当粉尘着火时，不能用水灭火，否则火情会随着水流动而蔓延，造成火灾面积扩大的后果。

第三节 涂装的“三废”处理技术

工业生产中，涂装时不可避免地会出现“三废”，即废水、废气、废渣，给环境造成一定的危害性。因此，在生产的同时必须进行三废的治理。

一、水污染的处理

1. 工业废水的分类

第一类工业废水是指含有能在周围环境或动物体内蓄积，对人体健康产生长远影响的有害物质的工业废水。第一类工业废水最高允许排放质量浓度见表 1-4。

表 1-4 第一类工业废水最高允许排放质量浓度

序号	有害物质名称	最高允许排放质量浓度/（mg/L）
1	汞及其无机化合物	0.05（按汞计）
2	铬及其无机化合物	0.1（按铬计）
3	六价铬化合物	0.5（按六价铬计）
4	砷及其无机化合物	0.5（按砷计）
5	铅及其无机化合物	1.0（按铅计）

第二类工业废水是指含有的有害物质对人体健康产生的影响小于第一类工业废水所含有的有害物质的工业废水。第二类工业废水最高允许排放质量浓度见表 1-5。

表 1-5 第二类工业废水最高允许排放质量浓度

序 号	有害物质或项目名称	最高允许排放质量浓度/（mg/L）
1	pH 值	6～9
2	悬浮物（水力排灰、洗煤水、水力冲渣、尾矿水）	500
3	生化需氧量（5 天 20℃）	60
4	化学耗氧量（重铬酸钾法）	100

(续)

序 号	有害物质或项目名称	最高允许排放质量浓度/ (mg/L)
5	硫化物	1
6	挥发性酚	0.5
7	氰化物 (以游离氰根计)	0.5
8	有机酸	0.5
9	石油类	10
10	铜及其化合物	1
11	锌及其化合物	5
12	氟的无机化合物	10
13	硝基苯	5
14	苯胺类	3

2. 废水的三级处理

(1) 一级处理 主要是预处理，采用机械方法或简单的化学方法，使废水中的悬浮物或胶状物沉淀下来，并初步中和溶液的酸碱度。

(2) 二级处理 主要是解决可分解或可氧化的有机溶解物或部分悬浮固体物的污染，常采用生物处理，或添加凝聚剂使固体悬浮物凝聚分离。经二级处理后的水质能明显得到改善，大部分可以达到排放标准。

(3) 三级处理 又称为深度处理，主要是用来处理难以分解的有机物和溶液中的有机物，处理方法有活性炭吸附，离子交换、电渗析、反渗透和化学氧化处理等。通过三级处理，可使废水达到地面水、工业用水或生活用水的水质标准。

3. 废水处理方法

(1) 物理处理法 有分离法、过滤法、离心分离法等。废水的物理处理法主要用于去除悬浮物、胶状物等物质；蒸发结晶和高磁分离法主要用于去除胶状物、悬浮物和可溶性盐类以及各种金属离子，若投放磁铁粉和凝聚剂，则还能去除其他非金属杂质。

(2) 化学处理法 有中和法、凝聚法、氧化还原法等。

1) 中和法。中和法是将废水进行酸碱中和，调整溶液的酸碱度 (pH 值)，使其呈中性或接近中性，或达到适宜于下一步处理的 pH 值范围的方法。

酸性废水中和采用的中和剂有废碱、石灰、电石渣、石灰石、白云石等。碱性废水中和采用的中和剂有废酸液，以及烟道气体中的二氧化硫、二氧化碳等。一个工厂或一个工业区，有条件时应尽量采用酸性废水和碱性废水互相中和，以废治废，降低生产成本。

2) 凝聚法。在废水中加入适当的絮凝剂，使废水中的胶粒互相碰撞而凝聚成较大的粒子，从溶剂中分离出来，其中包括一系列物理化学和胶体化学反应的复杂过程。

① 电荷作用：采用氯化铝作絮凝剂时，若废水的碱性太高，则可加入酸性白土作助凝剂；若废水的碱性不高，则可采用石灰乳作助凝剂。碱式氯化铝水解后，生成带正电荷的物质，而废水中的胶体杂质带负电荷，因此碱式氯化铝的加入就可吸附中和胶体物质的带电离子，使其电位降低，当电位降低到一定程度时，各个微粒就会相互碰撞、吸附而凝聚沉淀下来。

② 化学作用：即凝聚剂中的金属离子和胶体杂质的特性官能团形成配位键结合而凝聚。

③ 机械作用：通过机械搅拌、离心碰撞，使颗粒互相结合而增大，重力增加而沉淀、凝聚。胶体溶液中的微粒受方向相反的两力作用，一种是物质的重力，另外一种为扩散力。后一种力是由质点微粒的布朗运动而引起的。这个力使质点由浓度高的部分向浓度低的部分移动，当两力相等时，微粒就会达到平衡状态，无法沉淀。当外加机械力时，这种平衡就会被破坏，从而使微粒下沉。通过这种方法，可达到废水净化的目的。

3) 氧化还原法。在氧化还原反应中，参加反应的物质会改变其原有的特性，在水质控制和处理技术中常采用这种方法。

① 药剂法：在废水中加入适当的氧化剂或还原剂，使之与水中的无机物杂质进行反应，重点用于工厂的工业废水的处理。例如，氰化物用氯氧化以及六价铬用亚铁盐还原为三价铬等。

② 过滤法：将颗粒状的氧化剂或还原剂材料填充成层，形成滤池，使待处理的废水通过滤层，废水中杂质即进行氧化还原反应而被除去。例如，使汞还原后留在滤层中而被除去。

③ 暴气法：将有压力的气体通到废水中，使废水中的物质得到氧化而除去。例如，废水中的二价铁离子经暴气后，可氧化为三价铁离子；高浓度的硫化铵石油废水，经暴气再加热，其中的硫化物可氧化为硫代硫酸盐或硫而被除去。

(3) 物理化学法 有离子交换法、电渗析法、反渗透法、气浮分离法、汽提法、吹脱法、吸附法、萃取法等。物理化学法主要用于分离废水中的溶解物质，回收有用的物质，使废水得到深度处理。

1) 离子交换法。离子交换法是利用离子交换剂上的离子和废水中的离子进行交换，进而除去废水中有害离子的方法。离子交换法的特点主要是吸附离子化的物质，并进行等当量的离子交换。

离子交换法广泛用于回收废水中的金属离子，如金、银、铂、汞、铬、镉、锌、铜等。除此之外，在净化放射性废水和有机废水方面也有应用。

2) 吸附剂和吸附法。固体表面与液体表面一样，存在剩余的表面自由能，同样具有自动降低这种能量的趋势。固体表面自动降低自由能的趋势往往表现为对气体或液体中某种物质的吸附作用。固体表面是由固体和气体或固体与液体组成的，在此界面上常会出现气体组分或溶质组分浓度升高的现象，这就是固体表面的吸附作用。

① 吸附剂：用来进行吸附的固体材料。被吸附的物质称为吸附物。吸附作用常常是综合产生的，如有时候在温度低时产生物理吸附作用，而在温度升高时产生化学吸附作用。有时在同一温度对被吸附物先进行物理吸附，再进一步发生化学作用，转化为化学吸附。常用的吸附剂有活性炭、活化煤、磺化煤、腐殖酸、硅藻土、白陶土、硅胶、活性铝、分子筛等。

② 吸附法：利用吸附剂处理废水、废气的方法。吸附法可除去废水中的酚、染料、农药、有机物、各种重金属离子等，还可吸附废气中的有害物质。吸附法在三废治理中是一种较为实用的水处理方法。

(4) 生物处理法 生物处理法又称为生化法，是利用微生物群的新陈代谢过程，使废水中复杂的有机物氧化分解成二氧化碳、甲烷和水的处理方法。生物处理法的种类很多，按基本类型可分为4大类，即自然氧化法、生物滤池氧化法、活性污泥法、厌氧发酵法。



## 二、废弃物的处理

### 1. 废弃物的来源

1) 废涂料。废涂料仍呈液体状, 其组成和性能与原涂料无大的差别, 仅因各色混合、弄脏或变质而成为废弃物。

2) 废溶剂。废溶剂是用于清洗设备和洗净容器的溶剂, 仅含少量的油、树脂和颜料。

3) 涂料废渣 (固态或半固态状)

① 已没有或失去流动性的腻子、已胶凝的涂料等。

② 喷涂室的废漆渣、刷落的旧漆点等。

③ 蒸馏、再生废溶剂的残渣。

4) 水性沉渣, 如磷化处理的沉渣、水处理后的沉渣、废水性涂料。

5) 废的涂料桶、废的油布、脏手套、旧漆刷以及修补涂装遮蔽用的胶带和纸类。

### 2. 废弃物的处理技术

禁止挖坑深埋和禁止投入海洋、河流的废弃物, 必须采取焚烧处理。与涂装和涂料有关的废弃物多是易燃的, 因而也可以采用焚燃方法处理。

在处理废弃物时应注意以下事项:

1) 要考虑回收或再利用。

2) 废弃物应分类收集, 以方便按固体和液体的废弃物种类进行最适宜的处理。

3) 要防止焚烧废弃物时产生二次污染。例如, 在焚烧氯化橡胶涂料、聚氯乙烯树脂涂料时会产生有毒的氯气, 涂料中含有的颜料成为灰尘会飘入大气中等。

4) 焚烧时要防止发生火灾事故。

5) 涂料和废渣焚烧后残留的灰分中, 不含有有害物质的可直接挖坑深埋, 含有有害物质的, 在符合有害物质污泥的标准的情况下, 才能进行深埋处理。

## 三、空气污染的处理

### 1. 涂装时空气污染物的来源

1) 喷涂时烟雾中的有机溶剂 (如二甲苯、甲基异丁基酮、异佛尔酮等)。

2) 放出恶臭的涂料挥发分、热分解生成物和反应生成物 (如三乙基胺, 丙烯醛、甲醛等)。

3) 涂料喷雾粉尘。

### 2. 涂装废气的来源

1) 喷涂室排气。为维持喷涂室内的作业环境, 喷涂室内的换气风速应控制在  $0.25 \sim 1\text{m/s}$ 。一般喷涂室内的排风量很大, 溶剂蒸气浓度很低。喷涂室排气内还含有过喷产生的漆雾粉尘。这些粉尘 (漆雾滴) 的直径约为  $20 \sim 200\mu\text{m}$ , 没有一定的排风量, 它们飞散不到远处, 会停留在施工现场, 成为废气处理的障碍。

2) 晾干室的排气。晾干室的作用是在被涂物涂装后, 烘干或强制干燥前, 使涂膜中的一部分溶剂先挥发掉而形成良好的涂膜。在晾干过程中排出的气体中含有溶剂蒸气, 几乎不含有漆雾。

3) 烘干室的排气。从烘干室排出的废气包括涂料系统排出的废气。其中, 涂料系统排出的废气中含有涂膜中未挥发完的溶剂、部分增塑剂或树脂单体等挥发物、热分解生成物、反应生成物等。



### 3. 涂装废气的处理方法

处理涂装废气时常采用直接燃烧法、触媒氧化分解法、活性炭或油吸附法、水洗或化学处理的气体洗净法等。涂装废气处理方法比较见表 1-6。

表 1-6 涂装废气处理方法比较

序号	处理方法	原理及主要控制条件	优 点	缺 点
1	吸附法	用活性炭吸附, 处理气体流速为 $0.3 \sim 0.6 \text{ m/s}$ , 活性炭层厚度为 $0.8 \sim 1.5 \text{ m}$	1) 可回收溶剂 2) 可净化低含量、低温废气 3) 不需要加热	1) 需要预处理除去漆雾、粉尘、烟、油等杂质, 高温废气需要冷却 2) 仅限于低含量废气
2	直接燃烧法	在 $600 \sim 800^\circ\text{C}$ 下燃烧, 停留时间为 $0.3 \sim 0.5 \text{ s}$	1) 操作简单、维护容易 2) 不需要预处理, 有机物可完全燃烧 3) 有利于净化高含量废气 4) 燃烧热可作为烘干室的热源	1) $\text{NO}_x$ 的排量增大 2) 当单独处理时, 燃烧费用较高, 为触媒氧化法的 3 倍
3	触媒氧化法	在 $200 \sim 400^\circ\text{C}$ 下靠触媒催化氧化, 停留时间为 $0.14 \sim 0.24 \text{ s}$	与直接氧化法相比 1) 装置较小 2) 燃料费用低 3) $\text{NO}_x$ 生成少	1) 需要有良好的预处理 2) 触媒中毒和表面的异物附着易失效 3) 催化剂和设备价格较高

## 复习思考题

1. 涂装施工时为什么要做好卫生安全防护工作?
2. 如何做好个人防护工作?
3. 为何要防止溶剂直接接触皮肤? 接触后有哪些症状?
4. 操作酸、碱时应穿戴哪些防护用品?
5. 什么叫闪点?
6. 火灾危险分为哪几个等级?
7. 什么叫自燃点?
8. 常见的火种有哪几种?
9. 常用的灭火方法有哪些?
10. 何谓涂装的“三废”?
11. 废水处理中物理方法有哪几种?
12. 废弃物如何进行处理? 应注意哪些事宜?
13. 废气的来源有哪几种?
14. 如何处理废气?

## 第二章

# 涂装表面预处理

**培训目标** 掌握金属材料和非金属材料涂装前表面的处理方法，以及处理过程中出现的质量问题的解决和调整方法。

## 第一节 金属材料表面预处理

### 一、脱脂

#### 1. 油污的分类及性质

按化学性质的不同，油污可分为皂化类和非皂化类两大类。

(1) 皂化类油污 由动物和植物体制备的、不溶于水而密度比水密度小的油腻物质称为油脂。它属于可以皂化的油类，是一种复杂的有机化合物的混合物，主要成分是脂肪（甘油三酸酯）。在油脂中脂肪约占 95%（质量分数）以上。脂肪是甘油与高级脂肪酸构成的脂。油脂与碱起作用后分解成能溶于水的脂肪酸盐（肥皂）和甘油。这类油脂属于皂化油脂。

(2) 非皂化类油污 采用化学方法从矿物油中提炼或合成的油脂称为矿物油，如燃油、凡士林、各种润滑油等。矿物油与动、植物油脂的成分、性能不同。矿物油是烃类碳氢化物的混合物。这类油不溶于水。称为非皂化类油脂。

#### 2. 脱脂方法

(1) 有机溶剂脱脂 有机溶剂能溶解皂化油脂和非皂化油脂。常用的有机溶剂有煤油、汽油、甲苯、四氯化碳、三氯乙烯等。其中，最有效的为三氯乙烯、四氯化碳。它们的特点是不会燃烧，可以在较高的温度下进行脱脂。用易燃的有机溶剂脱脂时，应准备两个以上的有机溶剂槽，分初浸、二次浸、最后浸三个步骤，并依次将产品用毛刷刷净。对于表面带有较厚油膜的产品，应将其放在专用槽中反复清洗，并更换干净的溶剂进行最后一道清洗，以将其彻底清洗干净。若产品体积较大，无法在专用清洗槽内进行清洗，则可用干净的化纤布蘸上有机溶剂在产品表面擦洗，分初擦洗、净擦洗，直至彻底清洗干净为止。

1) 不燃性溶剂的脱脂方法很多，可以用溶剂直接浸洗脱脂，也可以用溶剂的蒸气脱脂，或者用溶剂喷洗脱脂。用溶剂直接浸洗脱脂时，尤其是用三氯乙烯浸洗脱脂时，由于其毒性较大，因此必须在良好的封闭式脱脂设备中进行，并且必须装有良好的通风设备才能施工。

2) 有色金属产品在碱液中进行表面脱脂时，其表面会有不同程度的损伤，因此其适合用有机溶剂脱脂。例如，锌及锌合金、有色金属和非金属的压制品适合使用有机溶剂脱脂；铝及铝合金、镁及镁合金不适于采用三氯乙烯脱脂，应采用四氯化碳脱脂。在有机溶剂脱脂后，必须进行补充脱脂。因为在溶剂挥发后，产品表面总是留有一层极薄的油膜，所以必须再用碱液或其他方法将其油膜除净。只有在特殊要求下，才用有机溶剂清洗，一般情况下不采用。为了降低生产成本，节约能源，应尽可能少用有机溶剂脱脂。用有机溶剂清洗不仅会

造成浪费，而且容易造成火灾、中毒等事故。

(2) 化学碱液脱脂 化学碱液是由一定比例的碱和碱性盐类以及一些表面活性物质溶解在水中组成的溶液。常用的碱和碱性盐类有：氢氧化钠（NaOH）、碳酸钠（Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>）、磷酸三钠（Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>·12H<sub>2</sub>O）、正硅酸钠（Na<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>）、偏硅酸钠（Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>）。其中，氢氧化钠属于强碱，皂化作用较强，但润湿作用和乳化作用比较差，脱脂效果不理想，水洗性也不好（即不易用清水清洗干净），对有色金属有腐蚀性（如使黄铜变色），采用碳酸钠脱脂也会出现变色现象。

磷酸三钠具有一定的表面活性，水洗性极好。偏硅酸钠具有良好的表面活性，当与其他表面活性剂组合时，偏硅酸钠是碱类中最佳的润湿剂、乳化剂和分散剂，脱脂效果极佳。

偏硅酸钠在有色金属脱脂中被用作碱液中的缓蚀剂。其他的还有磷酸氢钠、磷酸钠、碳酸氢钠、碳酸钾等，它们溶于水且都呈碱性。使用碱性清洗剂脱脂时，应根据金属材质的不同，相应地控制碱性清洗剂的 pH 值。不同的金属材料应调整控制不同 pH 值的清洗剂，防止碱液清洗剂造成腐蚀现象。部分金属材料产生腐蚀的 pH 值见表 2-1。

表 2-1 部分金属材料产生腐蚀的 pH 值

材 质	锌	铝	锡	黄铜	钢铁
pH 值	10	10	11	11.5	13

二、除锈

1. 机械除锈法

通常有喷砂、喷丸或抛丸、手工除锈等除锈方法。

(1) 喷砂处理 喷砂处理可分为干喷砂和湿喷砂两种方法。

1) 干喷砂设备有吸入式、压力式、自流式、离心式等。企业中常用的是吸入式和压力式。吸入式干喷砂设备结构简单，但效率低，适用于小零件的生产。压力式干喷砂设备大，功率大，效率高，因此适用性广，多用于批量大、产品大的生产单位使用。

2) 湿喷砂设备通常有雾化喷砂、水-气喷砂和水喷砂三种。湿喷砂时，在砂料中加入适量的水和防锈剂，使之成为砂-水混合物。湿喷砂能减缓砂料对金属材料的冲击作用，减少金属材料的去除量，使金属的表面更细。湿喷砂原理及特点见表 2-2。

表 2-2 湿喷砂原理及特点

种类	原 理	特 点
雾化喷砂	即低压喷砂，砂料从装有文氏管的压缩空气系统至喷头，以雾化水-砂流冲击零件表面	只有改变砂料粒度，才能改变喷砂表面粗糙度
水喷砂	不使用压缩空气的水-砂流喷砂	只有改变水压，才能改变喷砂表面粗糙度
水-气喷砂	由泥砂泵以高压将水-砂料经软管输送到喷头，并在喷头处通入压缩空气，以喷出的高速水-砂流冲击金属表面	改变压缩空气压力就能改变喷砂表面粗糙度

3) 喷砂机的结构。喷砂机主要由储砂箱、喷砂室及工作台组成。压缩空气通过混合室与砂料混合，然后一起沿软管输送至喷枪，从喷嘴中高速喷出，冲击被处理件表面，达到清除氧化皮和锈蚀物的目的。

4) 喷砂处理方法的选择。表面处理最适用的喷砂处理方法是水-气喷砂,其砂料为氧化铝。其特点是:不易粉化,砂料可以循环使用,劳动条件得到改善,环境污染减轻,还可以用碳化硅砂、锆镁砂等,但由于砂料价格昂贵,企业很少采用。

在不宜采用湿喷砂时,可根据涂装件形状、结构的复杂程度,选用干喷砂处理。此时喷砂件应干燥,砂料也是干燥的,若砂料不干,则必须进行烘干或晒干处理。干喷砂的空气压力应根据被处理件的材质、结构形状、工件厚度以及加工件的余量来确定。其中,工件厚度小于3mm的不采用喷砂处理,主要原因是工件壁薄,易产生变形,这时应采用手工打磨和机械打磨的处理方法。厚度大于3mm的工件才采用喷砂处理。

#### 5) 喷砂处理工艺流程

① 干喷砂工艺流程为:脱脂→喷砂→清理→磷化处理→冷水洗→热水洗→自干或风干→涂装(涂底漆)。

② 湿喷砂的工艺流程与干喷砂的基本相同。

#### 6) 表面质量要求

① 干喷砂后,物体表面为均匀的无光泽灰色(金属色),达到GB/T 8923.1—2011的表面处理等级要求。

② 湿喷砂后,表面应均匀、致密、无光泽或半光泽的灰色(金属色),要求与干喷砂的相同。

③ 喷砂的工作压力在0.04~0.56MPa范围内,湿喷砂一般选用0.56MPa的工作压力。喷砂用砂粒尺寸及空气压力见表2-3。

表 2-3 喷砂用砂粒尺寸及空气压力

序号	机 件 种 类	砂粒尺寸/目	空气压力/MPa
1	铸件、锻件、厚度在3mm以上的板材	2.5~3.5	0.2~0.4
2	厚度在3mm以下的板材	1~2	0.1~0.2
3	薄的和小的零件	0.5~1	0.05~0.1
4	有色金属铸件	0.5~1	0.1~0.15
5	1mm以下的板材	0.05~0.15	0.03~0.05

(2) 抛丸处理 抛丸处理的原理是丸粒从旋转的叶轮经分配室的窗口射向转动轮的叶片上,在离心力的作用下,以80m/s的速度向被处理表面喷射多达130kg/min的丸粒(丸粒喷流呈扇形)。抛丸设备按操作方式分为断续工作和连续工作两种。有的设备通过改变叶片方向,扩大抛料流密度,增大被处理件的包容面积来提高处理能力。固定抛丸设备的自动化程度高,但只适用于板材和型材的表面处理。

在抛丸处理前,应将待处理件预热到40~50℃,目的是去掉金属表面的潮气,同时也能缩短处理和涂装的干燥时间。抛丸处理的丸粒径一般为0.5~1.5mm。丸粒过细不能保证完全清除氧化皮,丸粒过大则会产生粗糙度不均匀的粗糙表面,影响涂膜的外观质量。

(3) 手工或半机械化除锈法 有刷光处理、抛光处理和磨光处理等除锈方法。

1) 刷光处理。刷光处理是用弹性很好的钢丝刷或铜丝刷,搓刮金属表面上的铁锈和氧化皮以及污染等的处理方法,可以手工进行,也可以装在电动的装置上进行。其优点是转速快,除锈的速度也快,不会改变金属零部件原来的形状;缺点是除锈不彻底。

2) 抛光处理。抛光处理是利用抛光轮和抛光膏等精细磨料,对金属表面进行轻微的切削和研磨,以除去锈蚀和表面的细微不平的处理方法,在除锈的同时,可提高金属零部件表面的光洁程度。

3) 磨光处理。磨光处理是利用黏附有氧化铝和碳化硅等磨料的砂纸、砂布和砂轮,在处理件上来回摩擦,以去除金属表面上的铁锈或氧化皮的处理方法。此方法简便易行,但效率低,只适用于小批量生产的零部件的局部处理,不适于处理形状复杂的零部件,对锈蚀严重的部位清理不彻底。

4) 滚光处理。滚光处理时,装有磨料和零件的滚筒,在电动机的带动下做旋转运动,零件在滚筒内不断与磨料翻滚磨搓,从而除去零件上的铸造砂、冲压所形成的毛刺、氧化皮和铁锈。与抛光处理、磨光处理相比较,滚光处理能降低生产成本和费用,提高生产率。滚光处理也称为甩砂处理。

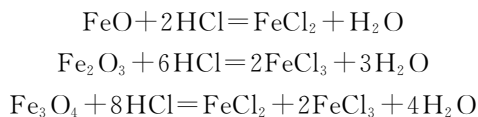
5) 高压水处理。高压水处理是利用高压水流的冲击力来进行除锈,是较新的除锈方法,适用于处理大面积的金属锈蚀物、氧化皮、旧涂膜等。该方法需要专用设备。在自动化程度很高的地方使用高压水处理,具有处理效率高、生产成本低的优点。常用的高压水连续射流压力为 20~80MPa。

## 2. 化学除锈法

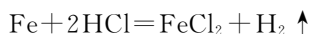
化学除锈法包括酸洗除锈、综合除锈、碱性除锈、电解除锈等方法。

(1) 酸洗除锈法 酸洗除锈法是利用酸与金属表面的锈蚀物(氧化物)产生化学反应生成可溶于水的盐类,从而达到除锈目的的除锈方法。酸洗液有硫酸和盐酸两种,一般企业采用盐酸。

盐酸反应式如下:



与此同时,铁与酸化学反应时会析出氢气。



氢气的逸出能把难溶的黑色氧化皮(特别是多孔疏松状的黑皮)机械地剥落下来。若除锈时间过长,则会使裸露的基体金属溶解,导致被处理件尺寸改变(即过腐蚀现象)。溶解铁所析出的氢原子渗入金属体晶相内部,会导致金属表面力学性能变差(氢脆现象),尤其是高碳钢和弹性体,本来就很硬,再加上氢脆现象的存在,则有可能造成断裂而报废。

为了防止氢脆现象,常采用一种能减缓金属表面溶解和损坏的物质,既对氧化物的溶解无影响,又能减少氢的析出,从而降低金属的吸氢作用。这种物质称为缓蚀剂。缓蚀剂能被吸附在金属的阳极上,阻碍电化学腐蚀的作用,从而缓解金属的腐蚀。例如,渗氢的产品和零部件经过 180~200℃ 高温脱氢处理(时间为 2~3h),可以避免质量事故的发生。

盐酸溶液中添加的缓蚀剂有乌洛托品(六次甲基四胺)及其缩合物和苯胺等。若硫酸溶液中添加的缓蚀剂有硫脲、六次甲基四胺、若丁等,则其添加量一般控制在 1~3g/L,也有按 10g/L 添加的。缓蚀剂含量高并不能代表其作用显著。

酸的含量与温度对金属的腐蚀速度有影响,尤其是酸含量的提高会使腐蚀速度加快,这时就要控制工件在槽液内停留的时间,考虑金属材料的材质、表面锈蚀情况和观察酸洗效

果,防止金属件在酸洗槽内停留时间过长而产生过腐蚀现象,影响外观质量或改变金属件尺寸。

(2) 综合除锈法 综合除锈法是在同一槽液中,同时完成几道除锈工序的处理方法,有脱脂、除锈“一步法”,脱脂、除锈、磷化“三合一法”,脱脂、除锈、磷化、钝化“四合一法”。综合除锈法简化了生产工序,提高了处理效率,减少了清洗设备和占地面积,节省了清洗用水及处理材料。综合除锈法采用弱酸作除锈液,对环境污染轻,得到推广应用。

“三合一法”和“四合一法”的除锈液主要由表面活性剂(乳化剂)、除锈剂(各种酸)、磷化剂、配位剂、螯合剂、促进剂等组成。综合除锈液的pH值在2~3之间,游离酸的质量分数应在3%~6%之间。综合除锈方式分为浸泡式和喷淋式,也有喷浸结合式。综合除锈液中含有的表面活性物质,不但有很好的脱脂去污效果,而且可以提高酸液的渗透性,液面上的少量的气泡还能减少酸雾的逸出。综合除锈液配方见表2-4。

表 2-4 综合除锈液配方(质量分数)

配方 成分及规范	1	2	3	4	5
硫酸(工业)	10%~20%	15%~20%	—	—	—
OP-10	0.2%~0.8%	0.6%~1%	—	3%~4%	3%~5%
硫脲	0.3%~0.5%	0.3%~0.5%	—	0.1%~0.3%	0.05%~0.1%
[O]	—	—	11%~18%	30%~45%	60%~70%
烷基苯磺酸钠	—	—	—	1%~2%	0.5%~1%
氧化锌	—	—	2%~4%	—	—
硝酸锌	—	—	3%~5%	3%~5%	1.5%~3%
氯化镁	—	—	15%~17%	30%~40%	—
酒石酸	—	—	1.5%~3%	—	—
柠檬酸	—	—	0.5%~1%	—	1.5%~3%
温度/℃	60~80	60~65	60~70	50~70	50~70
时间/min	1~2	40~49	5~15	3~10	3~10
处理方式	喷	浸	浸	浸喷	浸喷

(3) 碱性除锈法 铁锈或氧化物不能直接在碱液中溶解,也不会很快从金属表面脱落,必须使其溶解于碱,形成配位化合物。能够和三价铁反应而生成配位化合物的化合物有氰化钾、羟基羧酸和氨基多元羧酸等。这种碱性除锈剂对金属的腐蚀性小,很少产生有害物质,不会产生酸洗过程中的过腐蚀现象,产生的氢气也极少,因此也不会出现氢脆现象;可将被处理件表面的锈蚀物和油污同时去除,并且具有缓蚀作用;除锈后的水洗和中和过程简单方便,只是处理时间较长,使用温度较高,生产成本比硫酸和盐酸处理法高;难以除净工件表面和焊接件凹坑处的铁锈,对黑色的氧化皮无效等。

(4) 电解除锈法 电解除锈法是把处理件浸放在电解液中通以直流电,通过电化学反应达到除锈目的的除锈方法。电解除锈法有两种类型:一类是把除锈件作为阳极;另一类是把除锈件作为阴极。

1) 阳极除锈法:通电后金属溶解,利用阳极产生的氧气的机械力来分离锈层。由于阳极



在电解质中被腐蚀，因此在将处理件表面锈蚀物去除的同时，金属基体也被腐蚀。若仅要除去金属表面的锈蚀物，则不宜用这种方法；若要使金属表面达到电抛光效果，则可采用此方法。

2) 阴极除锈法：利用通电后在阴极上产生的氢气来还原氧化铁，使它易溶于酸液中，再以氢的机械力使锈蚀物从被处理件表面脱离，同时还起到阴极保护作用。阴极除锈时的电流密度大，故被处理件在电解质中没有被腐蚀现象。在阴极除锈时，阴极上会产生氢气，会产生氢脆现象，因此在溶液中添加适量的缓蚀剂仍是必须的。

#### (5) 化学除锈时的注意事项

1) 除锈溶液都有强腐蚀性，因此在操作过程中要注意安全，防止溶液飞溅到皮肤和衣物上。操作时一定要穿耐酸工作服（或耐酸围裙）、耐酸胶鞋，戴橡胶手套和防护眼镜，以防烧伤。

2) 除锈过程中的各工序必须连续进行，中途不能间断，否则会影响除锈的效果。应严格控制溶液的配方，由于使用过程中水分会逐渐挥发，因此应随时加水调整。若溶液配比不当，则被处理件会出现过腐蚀等现象，因此应定期对槽液进行化验分析并随时进行调整，尤其应严格控制温度和酸洗时间，遵守工艺制度。

经热溶液处理的工件取出后应先用热水冲洗，再用冷水冲洗；经常温酸洗的工件取出后应先用冷水冲洗，再用热水冲洗。冲洗时必须将工件彻底冲洗干净，使金属表面无残液，否则会出现再度锈蚀现象。结构受力工件酸洗后，可在 140℃ 保温 1h 进行脱氢处理。

3) 化学药品的妥善保管。严禁将氧化剂、酸和酸酐混放在一起，彼此应隔离存放，防止因混存而引起爆炸、燃烧等危险事故。应注意维护化学除锈场地的设备，加强通风，降低化学除锈的蒸发气体对设备的腐蚀作用。

### 三、磷化处理

#### 1. 磷化膜的形成机理

磷化膜的形成是一个比较复杂的化学反应过程。文献资料中阐述的有关磷化处理的反应式写法各异，无统一的反应式能说清楚。这是由于磷化处理涉及的化学反应形式很多，如电离、水解、氧化还原、沉淀、配位化合等。

#### 2. 磷化膜的成分

磷化膜是磷酸铁盐 ( $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 和磷酸锌盐  $[\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2]$  的混合物。磷酸铁盐在金属表面的析出先于磷酸锌盐，磷酸铁盐是磷酸锌盐沉淀的基础。

#### 3. 磷化膜的获得

在磷化液中加入适量的氧化剂，主要用于加速磷化作用（去氢气，溶解铁）。常用氧化剂有硝酸盐、亚硝酸盐、氯酸盐、双氧水等。氧化剂能使  $\text{Fe}^{2+}$  转化成为  $\text{Fe}^{3+}$ 。但氧化剂的含量过高，会使磷化膜呈粉状，附着力变差，磷化液产生大量沉渣，影响磷化的正常生产和产品质量，并且造成磷化液有效成分的损失。在磷化液中加入某些碱土金属离子或重金属离子，可以改善磷化膜质量，减少沉渣量。

#### 4. 磷化膜的分类

有的按磷化液的成分进行分类，有的按磷化膜的成分进行分类，有的根据磷化膜中金属离子的来源和按照磷化膜的用途及膜厚进行分类等。

(1) 按照磷化液及磷化膜成分分类 一般可分为锌系膜、铁系膜、锌钙系膜、锰系膜、锌锰系膜等磷化膜。这种分类方法并不确切，因为每种磷化膜中均含有一定量的铁成分，所

以不能按照纯金属膜名称来分类。磷化液成分和磷化膜的分类见表 2-5。

表 2-5 磷化液成分和磷化膜的分类

序号	成 分	磷化膜类型	膜重/(g/m <sup>2</sup> )	用 途
1	磷酸铁、磷酸锰、磷酸锌	铁、锰、锌系膜	35.0	电绝缘
2	磷酸铁、磷酸锌、磷酸	锌、铁系膜	5~20	冷成形(拉、轧、冲压)
3	磷酸镍和磷酸锰、加速剂	锰、铁、镍系膜	5~10	提高耐磨性和防止机体金属咬死
4	磷酸锌或磷酸锰、磷酸	结晶, 锌和铁系膜或锌和锰系膜	30	作为油、脂、蜡的底层
5	磷酸锌和磷酸钙、磷酸、加速剂	结晶, 锌和铁系膜或锌和钙系膜	1~5	作低碳钢、镀锌或镀锡钢的涂装底层
6	碱金属或铵的磷酸盐、磷酸、草酸、加速剂	无定形, 磷酸铁或草酸铁系膜	0.1~1.0	作为钢、锌及合金的涂装底层
7	碱金属或铵的磷酸盐、湿润剂	无定形磷酸铁	0.1~1.0	在钢上作涂装的底层

(2) 按晶形分类 有结晶形磷化膜和无定形磷化膜两大类。结晶形磷化膜种类很多, 用途较广。无定形磷化膜种类少, 而且只作为涂装的底层。表 2-5 中的 1~5 项为结晶磷化膜, 6~7 项为无定形磷化膜。

(3) 按膜重和用途分类 膜重是指单位面积的膜层质量, 通常以 g/m<sup>2</sup> 来表示。磷化液按厚度可分为薄膜和厚膜两个基本类型。厚膜是在只含有简单的磷酸二氢锌或磷酸二氢锰及少量铁盐的磷酸溶液中于高温条件下形成的。其磷化膜厚度可达 20μm (30~40g/m<sup>2</sup>), 适用于涂油、脂、蜡, 还可用于单一防护或染色等, 不可以在涂层上作底层。薄膜是在含有添加剂的溶液中形成的, 处理时间短, 膜薄, 一般为 1~5μm (1~7g/m<sup>2</sup>)。薄膜的形成有两个过程, 产生物质的性质不同, 即结晶型磷化膜(伪转化磷化膜)和无定形磷化膜(转化磷化膜)。

#### 5. 磷化膜质量的控制

影响磷化膜质量的因素很多。控制磷化膜的质量时, 既要控制溶液中每种成分的含量, 又要控制溶液在磷化处理时的温度、时间, 以及被处理件磷化前的处理方法、基体材质、原材料的纯度等。在溶液正常时, 影响磷化膜质量的因素如下:

(1) 游离酸度和总酸度的影响 游离酸度和总酸度分别是浓度的一项指标。控制总酸度实际上是确保将磷化液中成膜离子的浓度保持在规定的范围内。提高溶液的总酸度能加快磷化反应, 使得膜层厚度薄而晶粒细。若总酸度过高, 则会使膜层过薄, 这时应稀释溶液降低总酸度。若总酸度过低, 则磷化反应速度慢, 磷化膜层厚而且晶粒变粗。当总酸度过低时, 应补充浓缩液或加入一定量的磷酸盐来进行调整。

1) 磷化液的游离酸度在磷化液正常使用过程中总会有小幅度的升高, 主要原因是在磷化膜形成过程和磷化渣产生过程中, 磷酸二氢盐离解出多余的 H<sup>+</sup>。游离酸度过高会使磷化反应时间延长, 形成的磷化膜结晶粗、疏松、多孔、泛黄, 耐蚀性变差。

2) 游离酸度过低, 会使磷化膜很薄、甚至没有磷化膜, 有时形成的磷化膜呈粉状, 很容易被擦去, 附着性很差, 而且磷化液会产生沉渣。在保持总酸度不降低的前提下, 游离酸度一般不会自行降低。单独看总酸度或游离酸度的值是不准确的, 两者在磷化处理时总是成

对出现的,其比值(酸比)是影响磷化膜形成的先决条件。

3) 酸比是指磷化液中总酸度和游离酸度的比值。不同的处理条件、不同的配方以及膜的用途不同等,所选用的酸比也是不相同的。常用配方的酸比一般在5~30的范围内。酸比较小的配方,其游离酸度高,成膜速度慢,磷化时间长,处理的温度高,形成的磷化膜厚,结晶晶粒粗糙;酸比大的配方,其成膜速度快,磷化时间短,处理温度低,形成的磷化膜薄,结晶细密,但溶液的沉渣量会增加。在实际生产中,由于配方已定,因此其酸比应控制在一个不大的范围内。

(2) 磷化处理温度的影响 各磷化液均有规定的磷化处理温度。磷化处理温度主要取决于磷化液中的各成膜离子浓度和所选用加速剂的种类以及加入量。对于同一配方的磷化液,若磷化处理温度高,则磷酸二氢盐的离解度大,成膜离子浓度变高,磷化膜生成的速度快,磷化膜厚度增加快。若磷化温度过高,则会使磷化液中的可溶性磷酸盐的离解度加大,成膜离子浓度大幅度提高,产生不必要的沉渣,并且影响槽液性能的稳定;若磷化处理温度低,则磷化膜生成缓慢,结晶晶粒粗大,处理时间变长;若磷化温度过低,则磷化液中的成膜离子浓度总达不到溶度积,不能形成完整的磷化膜,以致磷化膜与金属基体结合不牢固,附着力变差,耐蚀性能降低。因此,磷化处理的温度过低或过高,不仅会影响磷化膜的质量,而且会造成槽液成膜离子浓度的平衡被破坏。当温度恢复到原设定的温度时,原有的平衡并不能恢复。如果不进行必要的调整,就可能造成磷化不上或磷化膜质量差等弊病。

(3) 磷化液成分的影响 单用磷酸盐配制的磷化液反应缓慢,处理时间长,晶粒粗,不能满足工业生产的要求。因此磷化液除含有磷酸盐外,还含有一些其他的成分,以提高磷化反应速度,细化晶粒。这些成分分为三大类:一类是氧化剂;另一类是金属离子;还有一类是杂质离子,这是直接影响磷化质量的物质。

(4) 磷化预处理的影响 金属材料及产品部件在加工制造、储存、搬运和封存过程中,表面会产生锈蚀、油污,若在磷化处理前不将其除去或清理不干净,将严重影响磷化膜质量,甚至根本磷化不上,所以必须进行磷化预处理。通常采用的磷化预处理方法有:强碱强酸处理,如硫酸二合一处理;微碱清洗剂脱脂后用活化水活化,用表面活化清洗剂处理;机械擦除处理;喷砂或喷丸处理等。前两种处理如果在高温下进行,则会使基体材料的原始状态遭到破坏,晶界遭到严重腐蚀,磷化膜质量变差。碱性清洗剂中的碱金属硅酸盐具有良好的清洗脱脂能力。其水漂洗性能较差,与磷化处理的配套性差,使得磷化膜结晶粗糙、膜重增加。这种磷化膜不宜用于电泳涂装工艺。因此,磷化处理时必须严格控制磷化预处理的质量。

(5) 磷化后处理的影响 磷化后处理包括水洗、钝化和干燥三个工序。这些工序也能影响磷化处理质量。

1) 水洗。磷化后的水洗一般采用多级水洗。在多级水洗过程中,下一级的水洗水溢流至上一级水洗槽中,以充分利用水源,降低水的消耗。水洗的目的是彻底洗掉磷化膜表面残留的可溶性盐,避免涂层在湿热条件下早期起泡。若最后一级的水洗水采用新鲜的纯水,则效果会更好。

2) 钝化。磷化后的钝化处理是指采用含铬的酸性水溶液对磷化膜做补充处理。一般情况下,钝化处理后的磷化膜的耐腐蚀能力会有所提高。但这不是绝对的,有些磷化膜钝化与不钝化相差不大。有些磷化膜在钝化后,质量反而更差。这是由于钝化时,磷化膜中的某些氧化物遭到破坏,造成耐腐蚀能力下降。钝化过的磷化膜质量与钝化前的磷化膜质量有所不

同, 主要用孔隙率进行比较, 钝化前的孔隙率为  $8 \sim 10$  点/ $\text{cm}^2$ , 钝化后的孔隙率为  $0 \sim 1$  点/ $\text{cm}^2$ 。钝化后的磷化膜进行孔隙率试验时, 除个别出现清晰的蓝色点外, 其余表面无变化。没有进行钝化处理的磷化膜, 试验部分全部出现淡蓝色。没有进行钝化处理的磷化膜水洗后, 若不快速干燥, 则会有锈迹产生, 而钝化后的磷化膜经水洗和自然干燥后是不会生锈的。磷化膜上的涂层进行耐盐雾试验的结果证明, 未经钝化处理的涂层很快就起泡, 32h 时沿划线扩蚀的宽度大于或等于 5mm; 钝化后的涂层 72h 才起泡, 104h 时沿划线扩蚀的宽度大于 5mm。同时, 钝化处理可以提高涂膜的附着力。因此, 磷化后钝化处理的方法是非常重要的。

#### 6. 磷化液的配制、检测与调整

(1) 磷化液的配制 先将磷化槽刷洗干净, 再加入  $2/3$  容积的水 (或纯水), 计算将所需材料并称量, 依次分别加入槽中, 并补水至规定液位, 彻底搅拌均匀, 然后加热至处理温度, 取样进行化学分析。在各个参数符合工艺规定要求后, 先进行试生产, 试生产合格后方可进行正常生产。

磷化液配方举例 (低温锌系磷化液的组成及配比):

$\text{Zn}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	55g/L
$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	90g/L
$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	5g/L
促进剂	4g/L
添加剂	0.5g/L
总酸度	75~95 点
游离酸度	3~4 点
温度	35~45℃
时间	5~15min

#### (2) 总酸度与游离酸度的检测方法

1) 试剂: 检测时所使用的试剂有: 溴酚蓝指示剂、酚酞指示剂、 $0.1\text{mol/L}$  NaOH 标准溶液。

2) 分析方法: 取 10mL 磷化液, 注入 250mL 锥形瓶中, 加 3 滴或 4 滴酚酞指示剂, 摇匀后用  $0.1\text{mol/L}$  的 NaOH 标准溶液进行滴定, 当溶液颜色从无色变为淡红色时为终点, 所消耗的 NaOH 标准溶液毫升数为 A。另取 10mL 磷化液, 注入另一只 250mL 锥形瓶中, 加入 3 滴或 4 滴溴酚蓝指示剂, 摇匀后, 用  $0.1\text{mol/L}$  的 NaOH 标准溶液进行滴定, 溶液颜色从黄色变为蓝色为终点, 所消耗的 NaOH 标准溶液毫升数为 B。

#### 3) 计算

$$\text{总酸度 (点)} = AM/0.1$$

$$\text{游离酸度 (点)} = BM/0.1$$

式中 A、B——滴定时消耗 NaOH 的毫升数;

M——NaOH 标准溶液浓度。

(3) 总酸度和游离酸度的调整 总酸度取决于磷酸盐和硝酸盐。游离酸主要取决于磷酸盐。当游离酸度低于工艺规定值时, 添加磷酸盐, 这时总酸度也有所提高; 若游离酸度在规定的范围内, 而总酸度低, 则可加硝酸盐进行调整。当游离酸度过高时, 溶铁反应不能进

行，零部件表面无法生成磷化膜。此时，应加碱进行调整。加碱调整时还应注意，首先将碱稀释成质量分数为 3%~5% 的稀溶液，然后一边搅拌一边滴加进行调整（主要防止磷化液因局部碱液浓度过高而产生沉渣现象）。在生产实践中，可以不降低游离酸度，只要将游离酸度和总酸度的比值调整好，就能获得理想的磷化膜。

如果操作过程中将酸洗工序中的硫酸液带入磷化槽中，就会影响磷化液的总酸度和游离酸度，造成磷化膜晶粒变粗，结晶不连续。此时，应加入适量的可溶性钡盐加以调整。这时钡离子与硫酸根离子起反应生成不溶性的硫酸钡沉淀。将沉淀物清除掉，调整好磷化液的浓度后再重新使用。

### 7. 磷化处理工艺

涂装前的表面处理技术发展很快，许多新技术、新工艺得到推广应用，如磷化表面活化清洗剂、性能优良的锌钙系磷化液、快速成膜的低锌高镍高“P”比的薄膜型磷化液的应用等。磷化处理工艺举例见表 2-6。

表 2-6 磷化处理工艺举例

序号	工序名称	溶 液		工 艺 条 件		备注
		组 成	含量/(g/L)	温度/℃	时间/min	
1	脱脂除锈	硫酸低泡清洗剂	50~100	45~50	3~5	喷或浸
2	水洗	自来水	—	20~30	3~5	浸
3	表面活化清洗	表面活化清洗剂	60~100	60~70	3~5	浸
4	水洗	自来水	—	20~70	3~5	浸
5	磷化	锌钙系磷化液	100~160	35~50	2~8	喷浸给合
6	水洗	自来水	—	20~30	3~5	浸
7	水洗	自来水或纯水	—	>60	3~5	浸
8	烘干或风干	—	—	—	3~5	—
9	检验	查看磷化膜表面状况	—	—	—	—

### 8. 磷化膜的检验

磷化膜质量检验的方法因磷化膜用途的不同而不同。用作涂装底层的磷化膜的主要检验内容为其外观和耐蚀生。

#### (1) 外观检查

1) 磷化处理后，工件表面颜色应为淡灰色到深灰色或者为彩色。磷化膜层应结晶致密、连续、均匀。

2) 磷化处理后的工件，具有下列情况或其中之一时，为允许缺陷。

- ① 轻微的水迹、重铬酸盐的痕迹、擦白及挂灰现象。
- ② 局部热处理、焊接以及表面加工状态的不同，造成颜色和结晶不均匀。
- ③ 在焊缝的气孔和夹渣处无磷化膜。

3) 磷化处理后的工件，具有下列情况之一时，为不允许缺陷。

- ① 磷化膜层疏松。
- ② 有锈蚀或绿斑。
- ③ 局部无磷化膜（焊缝的气孔和夹渣处除外。）



④ 工件表面有严重挂灰现象。

(2) 耐蚀性能的检验 对于磷化膜的耐蚀性能,国外都是与涂层结合在一起进行检验的,而不是单独考核。我国采用点滴法和盐水浸渍法直接考核磷化膜的耐蚀性。

1) 点滴法:在温度为  $15\sim 25^{\circ}\text{C}$  时,先用脱脂棉纱蘸上无水乙醇(酒精),在需检验的试板表面擦拭,待酒精挥发后,即可在磷化膜表面滴一滴检验溶液,同时按动秒表,观察检验溶液从天蓝色变为淡黄色或淡红色的时间。一般要求滴液变色时间以  $1\text{min}$  左右为合格。此方法可用于工序间磷化膜耐蚀性的快速检验。

检验溶液的组成和含量如下:

硫酸铜 ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )	41g/L
氯化钠 ( $\text{NaCl}$ )	35g/L
0.1mol/L 盐酸 ( $\text{HCl}$ )	13ml

检验溶液应用化学纯试剂和蒸馏水配制,有效期为一周。

2) 浸渍法:将磷化处理后的试板温度降至室温,浸入质量分数为 3% 的  $\text{NaCl}$  水溶液中(溶液只用一次有效),在  $15\sim 30^{\circ}\text{C}$  温度下保持 2h,取出试板,洗净吹干,金属基体不应出现锈蚀现象,但棱角、尖角、焊缝除外。另一种方法是将磷化处理后的试板浸泡在质量分数为 3% 的  $\text{NaCl}$  水溶液中,15min 后取出试板用水洗净,放置于室温下晾干 30min,不出现黄锈即为合格。

(3) 磷化膜厚度的检验 磷化膜的厚度与所选用的磷化液配方处理方式、磷化膜的重量以及成膜时的结晶状况有关。磷化膜太厚或太重,都会影响涂膜的结合力和涂膜性能。

1) 用千分尺测量:先分别测出底材厚度,磷化后再测出底材与磷化膜的总厚度,二者之差即为磷化膜厚度。

2) 用磁性测厚仪测理:此方法准确且测试速度快。

(4) 不合格磷化膜的处理 当出现不合格磷化膜需要进行退除时,将其在加热的稀硫酸、稀盐酸或稀硝酸中浸泡数分钟,就可将磷化膜退除,然后将零件用自来水冲洗干净,再重新进行磷化处理。

## 第二节 非金属材料表面预处理

### 一、塑料表面预处理

#### 1. 脱脂、除尘和退火

(1) 脱脂、除尘 塑料表面如果粘上油污,也会像金属一样,使涂料的附着力变差,涂层产生龟裂、起泡、脱落等现象。因此,塑料表面的脱脂工序非常重要。塑料表面的脱脂方法与金属表面的脱脂方法类似,可以用碱性溶液脱脂或溶剂脱脂。耐溶剂性差的塑料,如聚苯乙烯等,可用低级醇(乙醇)或用中性清洗剂溶液进行处理。对于使用擦洗法还不能充分除去的脱膜剂,可以用砂纸打磨去除。

由于塑料是绝缘体,容易产生静电而吸附灰尘,因此在洗涤和干燥过程中还可能再次粘上灰尘,故常用离子化空气来除尘。在空气喷头的气体出口处装有两对高压电极,利用火花放电(又称为电晕放电)使空气电离化。这种离子化的空气吹到塑料表面,能够中和灰尘的电荷,使得灰尘易于被清除。该方法能同时起到除静电和除灰尘的作用。



(2) 退火 塑料制品在成型时易形成内应力。在涂装、溶剂处理时,塑料制品局部受到有机溶剂的溶解、溶胀作用,则易在内应力集中处开裂。所以有时需要将塑料制品加热到稍低于热变形的温度,并保持一定时间,以缓解成型时产生的内应力,从而防止龟裂,这就是塑料制品的退火处理。

## 2. 化学处理法

化学处理法的原理是通过适当的化学物质(如酸、碱、氧化剂等)对塑料表面进行处理,使其氧化产生活性基团,或选择性地去除表面低分子成分、非晶态成分,使表面粗化并具有多孔性,从而改善涂料在塑料表面的附着力。

(1) 溶剂处理和碱处理法 塑料制品在接近于沸点的过氯乙烯或三氯乙烯中进行浸渍处理时,表面的低分子部分、无定型部分能被洗去而成为凸凹状,然后再在塑料制品表面涂上含氯的聚合物,这样涂料在其上的附着力可明显提高。

用碱(如氢氧化钠、氢氧化钾或氢氧化钙)处理塑料表面也有一定的作用。对于聚对苯二甲酯、乙二醇酯塑料,处理时随着碱浓度的升高和处理温度的升高,涂料在其上的附着力呈上升趋势。

对于普通塑料,只要喷或涂上溶剂,再轻轻摩擦,即可除去附着在表面上的脱膜剂(如蜡、硅酮和硬脂酸等),同时还能除去油污。在选用溶剂时,应考虑溶剂的溶解性、蒸发速度等因素。耐溶剂较差的聚苯乙烯酯等塑料宜采用低级醇(乙醇、异丙醇等),热塑性塑料可用甲苯、丙酮、香蕉水,聚烯烃类塑料可采用氯化烃类和萘烷等高沸点溶剂。

中性清洗剂和碱性清洗剂也常用来处理塑料表面。例如,用碱金属、碱土金属化合物的二烷基亚砷溶液来处理塑料表面,能提高涂料的附着力。

氟利昂(二氟三氯甲烷)也可用来处理塑料表面。用丙酮、丁酮浸渍聚乙烯、聚丙烯塑料,其处理温度在 $25^{\circ}\text{C}$ 至酮的沸点之间(如聚丙烯塑料在 $78^{\circ}\text{C}$ 的丁酮中浸渍5min),可以提高涂料在其上的附着力。

(2) 铬酸、硫酸混合溶液法 这种方法的原理是通过表面氧化导入的亲水性基团和其他基团的作用,提高塑料表面的润湿性,使表面刻蚀为可控制的多孔性结构,达到增强涂料在塑料表面上的附着力的目的。

用重铬酸钾7份、硫酸150份、水12份(质量份)的混合溶液对聚乙烯和聚丙烯塑料进行处理,温度为 $15\sim 30^{\circ}\text{C}$ ,时间为 $5\sim 10\text{min}$ ,就能达到很好的表面处理效果,处理后用水洗干净并干燥,即可进行涂装。

聚苯乙烯塑料在 $80^{\circ}\text{C}$ 的硫酸中浸渍 $2\sim 3\text{s}$ ,接触角可减少到接近 $0^{\circ}$ ,具有非常好的亲水性,其主要原因是聚苯乙烯的苯环被磺化,处理后用水洗干净并干燥,即可进行涂装。

在室温下将普通的聚甲醛塑料浸渍在重铬酸钾11份、硫酸400份、水44份(质量份)的混合溶液中处理后,其表面可以粗化,处理后用水洗干净并干燥,即可进行涂装。

如果塑料在成型时模具的温度太低,则会导致不含球晶的表面层厚度大于 $2\mu\text{m}$ ,这样经酸类处理后其表面易产生龟裂现象,此时只有用研磨法或喷砂法(粒度为 $0.02\sim 0.04\mu\text{m}$ 的细砂)处理塑料表层,才能避免龟裂。塑料表面用质量分数为40%的磷酸处理后,涂料在塑料表面上的附着力有明显的提高。

(3) 偶联剂处理法 偶联剂处理法的原理是有机硅、有机钛偶联剂在处理塑料(特别是表面上具有一OH、—COOH或— $\text{NH}_2$ 等官能团)时,能与塑料生成共价键,从而提高涂

料的附着力。聚乙烯等塑料表面没有这样的官能团,可以通过表面处理,使之形成—OH 或—COOH 基团,然后再和硅烷反应。

(4) 气体处理法 在高温和紫外线辐射下,用二硫化碳气体处理聚乙烯,能使之生成硫醇基,继续处理会生成磺酸基等,从而可提高塑料表面张力、润湿性和涂塑在其上的附着力。氟塑料等可先用锂蒸气处理,生成锂的氟化物,再除去氟化锂,就可使表面活化。塑料表面用臭氧( $O_3$ )处理,可使表面氧化,形成  $\text{C}=\text{C}$ 、COOH 基,或使链断裂形成—OH 和—COOH 等端部活性基,从而提高塑料表面的润湿性,增加涂料在其上的附着力。

(5) 单体处理法 有些塑料表面在进行溶剂处理或用水洗涤时,会吸附溶剂或水分,使涂装后的涂层起泡并影响涂料的附着力。对于这些不适宜用溶剂或水处理的塑料,可用聚合的单体(通常是液体)代替溶剂处理,然后再使单体聚合,就完全可以改善涂料在这些塑料表面上的附着力。

选用的聚合单体结构最好与塑料材料的单体结构相同或类似。例如,聚甲基丙烯酸甲酯、聚苯乙烯、聚碳酸酯、硬质聚氯乙烯、乙酸纤维素、不饱和聚酯树脂等塑料的表面,都可用乙烯类不饱和单体进行处理。这种乙烯类不饱和单体应对塑料有浸透性,溶胀性和适当的溶解性。适用于塑料表面处理的乙烯类单体有乙酸乙烯、乙氧基、丁氧基、苯、甲苯、 $\alpha$ -甲基苯乙烯、二乙烯苯、丙烯腈、甲基丙烯腈、丙烯酸、顺丁烯二酸及这些酸的酯类。其他还有甲醇、丁醇、乙二醇、丙二醇等与上述酸所组成的单酯或二元酯,例如(甲基)丙烯酸甲酯、(甲基)丙烯酸乙酯、(甲基)丙烯酸乙基乙酯、二甲基丙烯酸乙二醇酯等。这些单体可以单独使用,也可以混合使用。所使用的单体结构最好与塑料的单体结构相同或类似。例如,聚甲基丙烯酸甲酯塑料用(甲基)丙烯酸酯类单体处理,聚苯乙烯塑料用芳香族乙烯类单体处理。单体的相对分子质量以 50~200 为宜,单体的沸点要高于室温而低于  $150^\circ\text{C}$ 。单体中可加入适当的有机溶剂,处理后要使多余的单体挥发掉或将其吸附掉(用滤纸)。可根据不同的塑料采用不同的处理方法,通常是浸渍 1~15min,取出后放置 3min 以上,使其挥发干燥后用滤纸吸附掉多余的单体。

(6) 表面接枝法 塑料表面经单体或气体处理后,都可以进行接枝聚合。提供接枝聚合的能量可以是化学能、紫外线及电解法和气体放电法放出的能量。接枝方法可以改变塑料表面的化学结构,从而提高塑料表面的润湿性、附着力和涂装性。

### 3. 物理处理法

(1) 紫外线辐射法 塑料制品的表面经紫外线辐射处理后,结构将发生变化。例如,聚丙烯塑料在空气中经紫外线辐射后,表面羰基( $\text{C}=\text{O}$ )和羟基(—OH)增加,聚合链有断裂。这些变化有利于涂料附着力的提高,紫外线波长越短,附着力提高得越明显。

(2) 火焰处理法 火焰处理法的原理是将火焰喷射到塑料表面,使塑料表层分子局部氧化,从而改善其润湿性和涂料在其上的附着力。火焰和塑料表面接触部分的温度为  $1000\sim 2800^\circ\text{C}$ ,但处理时间极短(以秒计算),塑料不会损伤熔化,最好在与火焰不接触的侧面用水冷却。操作时,要调节好空气(或氧气)与可燃性气体的混合比例,以保持适当的氧化程度。火焰处理法所用的设备简单,成本较低,但处理后塑料表面的亲水性不高,且易因受紫外线照射而老化。

(3) 离子轰击法 又称为溅射刻蚀处理法,是把塑料表面作为阳极,用低压辉光放电或

其他方法生成的正离子,对塑料表面进行轰击。因为用加速了的正离子碰撞塑料表面的分子或原子,所以这些正离子对塑料表面进行了刻蚀处理,在塑料表面就形成若干微小的突起。经过刻蚀处理后的塑料表面能明显地提高涂料的附着力。此方法广泛用于汽车塑料件的表面处理。

(4) 热风处理法 与火焰处理法相比,热风处理的温度较低(300℃左右),且不一定用氧化性火焰。热风处理法通常与化学处理法配合使用。

(5) 等离子体处理法 在高真空条件下,或在强电场、高温、激光等的作用下,物质的中性原子或分子就会失去电子,电离为离子或分解为自由基。这种物质所包含的正电荷与负电荷相等,称为等离子体。等离子体技术用于处理塑料表面,解决了溶剂处理时带来的污染问题。用等离子体处理塑料表面,既能提高涂料的附着力,也能提高塑料表面的性能。常用的等离子体有两种:一种是低温高真空等离子体,又称为非平衡等离子体,采用这种等离子体处理称为辉光放电处理;另一种是局部高温的等离子体,又称为平衡等离子体,采用这种等离子体处理通常又称为电晕处理(火花放电处理)。产生等离子体的方法有直流电放电法、高频放电法、微波放电法等。

#### 4. 塑料表面预处理质量的检查

对塑料制品表面预处理的程度和均匀性必须进行检查,以保证随后的涂装质量。检查方法有以下三种:

(1) 水浸润法 将表面处理完毕的塑料制品浸入水中,取出后观察水膜的完整情况和水膜破裂的时间。处理良好的工件,其表面会全部被润湿,并且水膜在一定时间内不破裂。

(2) 接触角法 将液滴滴在处理完毕的工件表面,观察接触角的大小。处理程度越好,接触角越小,甚至达到完全铺展的程度。

(3) 品红着色法 将表面处理完毕的工件浸入酸性品红溶液中,取出后用水冲洗。塑料表面处理的程度和均匀性分别与着色程度和均匀性程度成正比。

### 二、木制品表面预处理

#### 1. 木材脱色

有些木质内、外表面颜色有色差,会影响外观质量,尤其涂刷清漆时更为突出和明显。这种木质制品必须进行脱色处理,使木质色差尽量缩小,颜色均匀一致。用于脱色的材料很多,常用脱色剂是双氧水(过氧化氢)与氨水的混合溶液。这种脱色剂的配比(质量比)为双氧水(体积分数为30%):氨水(体积分数为25%):水=100:20:100。脱色剂中的双氧水与木质中的颜色胶反应能放出很多的氧,分解木材中的色素,并将其带出,使木质颜色褪掉。为了加快氧的放出,故在双氧水中加入适量的氨水。在脱色操作时,用毛刷蘸取脱色剂刷在木材表面,经过15~30min后,颜色就会褪掉,然后用冷水将脱色剂洗净即可,待干燥后再进行下一步操作。

#### 2. 木刺的去除

木制品经锯和刨加工后,表面有许多木刺。这些木刺会影响木制品表面的光滑程度和外观质量。应用细砂纸在木制品上轻轻地打磨,将木刺磨掉,使木制品表面光滑平整,以保证涂饰表面质量。

### 三、水泥、石膏板基层预处理

(1) 空鼓、脱壳或硬化不良 先用凿子等凿除空鼓、脱壳部分,再用钢丝刷清除浮渣,

然后用棕刷清扫干净,洒水后,用聚合物水泥砂浆分两层或三层修补(相临两层修补时间间隔应在2h以上),面层用木抹子搓平并进行养护。

(2) 基层表面有较大裂缝(梁与墙或柱与墙之间的缝隙) 先用凿子将裂缝凿成V形,再用刷子清除缝隙内的碎渣和灰尘,并清扫干净,然后在缝内塞实填充物,洒上清水,再加入107胶水的聚合物水泥砂浆将表面缝隙嵌实、抹平。

(3) 基层表面有细小裂缝(水泥砂浆层干燥收缩后产生的) 应根据裂纹数量来选用处理方法:裂纹较多时,用基底封闭材料或防裂腻子沿裂缝嵌平并打磨平整;裂纹较少时,用抗裂湿强纸带贴缝;对于预制混凝土板小裂缝,可用低粘度环氧树脂或聚合物水泥砂浆进行压力灌浆,将其表面打磨平整,待干燥后,贴抗裂湿强纸带。

(4) 表面有气泡、砂孔 先用钻具、刷子清理干净,孔径在3mm以上者用树脂砂浆或聚合物水泥砂浆嵌实、抹平;孔径在3mm以下者可用同种涂料腻子批嵌,然后抹平、养护。

(5) 表面麻点过大 先用工具将其表面清理干净,再用相同装饰面涂料的腻子分数次刮抹平整。

(6) 基层露出钢筋 先用凿子剔除钢筋周围的少量混凝土,再将外露钢筋切除或敲进基层,然后用聚合物水泥砂浆嵌埋,修整抹平并进行养护。

(7) 表面有水泥砂浆流痕或其他喷溅物等凸起物 用铲刀、刮刀、钢丝刷及打磨机等清除水泥砂浆和电焊飞溅物,若表面有喷漆飞溅物,则用脱漆剂或溶剂将其去除。

(8) 表面有粉末状黏附物 用毛刷、扫帚及吸尘器清理。

(9) 表面有油脂、密封胶等 用碱性水擦洗油脂、油污、用汽油或化学溶剂清除密封胶。

(10) 表面有锈斑、霉斑 对于锈斑,应先用铲刀清除,不行再用凿子凿或用化学除锈剂除尽;对于霉斑,应用除霉剂清洗。

(11) 有“白霜”等泛白现象 用草酸液清洗,也可用钢丝刷、除尘机清除。

(12) 基层面修补处的含水率、pH值不符合要求 用专用仪器测量,含水率要求在8%以下,pH值要求在10以下。若修补处的含水率、pH值与其他部位不同,则应加涂封底涂料。

另外,基层上各种金属件应加做防锈处理。

#### 四、石膏板材和木质板面基层预处理

(1) 表面有油污 在纸面石膏板施工前要检查板面,若板面上有油污,则此板应严禁施工上墙;若施工上墙后出现油污,当油污面大时,要换掉该板。

(2) 表面有水泥砂浆或乳胶喷溅物等凸起物 用铲刀、刮刀等清除水泥砂浆或乳胶喷溅物等凸起物,但在铲除或刮除时,注意不要损坏石膏板的纸面。

(3) 板材脱胶、反翘 板材脱胶、反翘时应重新施胶,用钉钉牢,钉眼要进行耐蚀处理。

(4) 露出自攻螺钉 在木质面上,应用钻具或铁钉尖头将外露钉敲进板内并批嵌油性腻子进行防锈;应将石膏板面上的外露钉旋进石膏板内3mm并点防锈漆防锈。

(5) 粉末状黏附物 用毛刷、扫帚及吸尘器清除干净。

## 复习思考题

24

1. 油污分哪几类？
2. 脱脂方法有哪几种？分别叙述其常用的材料名称。
3. 除锈方法有哪几种？
4. 机械除锈方法有哪几种？
5. 化学除锈方法有哪几种？
6. 化学除锈操作时应注意哪些事项？
7. 磷化膜一般可分为哪几类？
8. 磷化后处理包括哪几个工序？
9. 磷化膜检验哪些内容？
10. 磷化处理后的不允许缺陷是什么？
11. 什么叫综合处理方法？
12. 塑料制品为什么要进行化学处理？
13. 木制件表面需要清除什么？
14. 水泥空鼓、脱壳后怎么处理？
15. 水泥基层表面有细小裂缝时怎么处理？
16. 石膏板钉子露出后如何处理？
17. 塑料制品预处理质量检查有哪几种方法？



## 第三章

# 淋涂、幕帘涂装及浸涂

**培训目标** 了解淋涂的施工方法，设计淋涂设备和工具，掌握淋涂设备的使用和维护保养方法。

## 第一节 淋 涂

### 一、淋涂设备及工具

#### 1. 手工淋涂法

淋涂是一种传统的涂装方法，分手工淋涂、自动淋涂两种方式。手工淋涂所需用的设备及工具很简单，只需要把调制好的涂料，用勺子或其他工具舀出，浇在被涂物表面，确保被涂物表面都浇到涂料，然后滴净涂料，干燥形成涂膜，俗称浇淋涂法或流涂法。

#### 2. 手工淋涂设备及工具

手工淋涂设备及工具很简单，主要有根据被涂物的体积设计的适合被涂物的涂料槽，储存涂料的桶一只，舀涂料的勺子一把和软管等。

#### 3. 自动喷淋

由淋涂室、滴料室、涂料槽、涂料泵、加热冷却装置、自动灭火装置、通风装置、喷淋嘴、管道、悬挂输送链及传送机构或传送带及传动机构、烘干炉、环保设施等配套组成。

(1) 淋涂室与滴料室 它们是专为喷淋设备而设计的，主要用于封闭喷淋生产线工序。其由角钢作骨架，钢板作室壁，室体通过焊接而成，沿传送带或悬挂链走向，在室体横向两侧有供传送带或悬挂链及被涂件进入和供操作者进出的门，通风装置的引风机则布置在另一侧顶部，通过管道伸出厂房外。淋涂室内除布置有通风的引风罩外，主要设置有涂料槽、涂料泵、涂料循环管道布置在不同高度和方向上的喷淋嘴。淋涂后的被涂件，随着传送带或悬挂链进入两室相连的滴料室。该室装置有滴料槽（结构与淋涂线用槽相同）和通风装置，并与烘干炉相接，全线组成形式为通道式。

(2) 涂料槽、涂料泵 槽体由聚氯乙烯塑料板（厚度为 12mm 左右）塑焊成长方形，若被淋涂件比较大，则根据其设计一个大型槽，这时可用角钢作骨架或作加强肋。角钢骨架和钢板（厚度为 5mm）焊接成长方形，内衬粘贴厚度为 5mm 以上的环氧玻璃钢。主槽与辅槽构成一体，主槽前端的辅槽内设过滤网（铜丝、尼龙丝或不锈钢丝网）。槽体内设内循环搅拌泵系统或外循环搅拌泵系统。内循环搅拌泵系统可设置在槽底，开动搅拌泵，涂料从主槽流向辅槽，从辅槽底部管道抽出，经离心泵以一定压力从槽内一侧排管回流注入主槽，如此循环。外循环搅拌泵系统采用离心泵以一定压力从主槽底部将涂料抽出，经槽外管道输送至主槽上部回注，从而达到循环搅拌的目的。较先进的为双侧插杆式搅拌，当被涂件较小，批量不大时，可采用封闭式压力供料槽的结构形式。常见的涂料泵有叶片泵或离心泵。

(3) 加热冷却装置 应根据使用环境、地区的需要设置加热冷却装置。

(4) 喷淋嘴 在通道式的淋涂室内,按照被淋涂件的形状,在不同的高度和方向上设置喷淋嘴。喷淋嘴处的涂料可靠自重流下,而采用泵输送至喷淋嘴的涂料具有一定压力,流向被涂件表面。喷淋嘴由黄铜或铝合金材质制成,具有不同的形状,如扁形、圆形或扁平形。

(5) 自动灭火装置 涂装现场必备常规消防灭火器材。为了能迅速扑灭较大的火灾,应设置自动灭火装置。常用的自动灭火装置是专用的灭火气体压力储罐和压力泡沫灭火罐等装置。当发生火情时,只要放开阀门,压力储罐内的灭火气体、泡沫等就会自动喷向火场,隔绝空气而实现灭火。

(6) 通风装置 淋涂的通风装置有涂料槽边的槽格通风和淋涂室的通风两种形式。

(7) 烘干炉 通道式烘干炉的炉体结构有直通式、桥式两种类型,实际使用中以桥式炉为主。炉体由角钢作骨架,双层钢板围焊成形,采用硅酸铝毡、石棉毡、耐火砖等隔热材料作保温层。在使用时,根据被涂件材质、形状、涂装批量,选用涂料实际干燥要求的干燥温度和干燥时间。炉体占地面积、干燥热源等因素,取决于炉体的形状和大小、烘干炉位置、方向等。

通道式烘干炉多为长方形结构。常用热源有电远红外辐射、蒸气,还有汽电两用、油载体、煤气、紫外光照射(也称为光固化)、电子束照射、高周波等多种热源。通道式烘干炉中的地面直通式炉,为使炉内保温性能好,热效率高,大多数采用自动开关的气门,两端炉口用热风封闭,采用循环风机进行对流烘干。

桥型炉具有一定高度,有效烘干段长,炉体两端的坡度段形成了封闭区,使炉内热风外逸少,保温好,热效率高。桥型炉的许多结构特点是为其其他烘干炉所不及的。

## 二、淋涂设备的使用方法

(1) 淋涂室、滴料室的正确使用方法 设置在室内的涂料槽,涂料循环泵,输送管道,各个方向上的喷流嘴、输送链及传送机构,通风装置,滴料槽等设备及工具,都应按连续生产的通过式结构组成。操作者的进出口位置应方便畅通。输送链和被涂件进出口必须确保该线最大被涂件顺利进出。室内气流组成以及进入室内的风量、风速都应满足将室内挥发的有害溶剂抽出的要求。滴料槽的设置应符合输送链的走向。被涂件在进入炉内烘干前,应滴净表面上多余的涂料。操作时应按时打开和关闭通风机。

(2) 涂料槽、涂料泵的正确使用方法 应根据槽体容积计算出能盛装的涂料量,不可满装,防止涂料溢出。按淋涂件的要求调制适宜的涂料粘度,并经过过滤后加入涂料槽。淋涂后涂料减少而需补加涂料时,也应照此进行。涂料槽应设置盖板,不淋涂时应加盖密封,以减少溶剂挥发和杂物、灰尘落入涂料中,同时也可防止火灾的发生。淋涂前应先将涂料搅拌均匀,防止其因放置太久而出现沉淀,并保证粘度均匀。槽体顶端周边应无涂料黏附,以保持清洁。有压力供料槽的,应定期或随时观察涂料量,使用时还要注意观察压力表,保证输送压力,使淋涂涂料均匀不间断。涂料泵应具有足够的压力,抽送足够量的涂料,送至喷淋嘴。淋涂时应随时观察喷淋是否均匀,否则要及时调整流量。

(3) 喷淋嘴的正确使用方法 应根据被涂件的形状、大小、结构、涂层厚度以及涂层质量要求等,选用不同形状、口径的喷淋嘴。正确选择涂料的淋涂压力,如常用的喷淋嘴口径为1.5~2.5mm,淋涂压力为0.15~0.35MPa。淋涂最适宜粘度大(需要时可调制100s左右)的涂料,所以喷淋嘴的口径和形状要根据涂料流下压力,涂料粘度,被涂件结构、形状、体积以及涂膜质量要求等适当选择。先通过试涂观察淋涂所得涂层的质量,然后调整喷



淋嘴口径和形状、淋涂压力以及涂料的粘度、喷淋嘴角度和方向。

喷淋设备及工具示意图如图 3-1 所示。

(4) 烘干炉的正确使用方法 根据炉体结构、形状、大小以及热源, 选用涂料要求的干燥温度和干燥时间等, 确定涂装前开始升温的时间、升温温度、达到涂料干燥温度后的保温时间和通过有效烘干段的时间。对烘干炉内的烘干温度分三层进行测量, 即选炉内上、中、下三点放入热电偶、示温带、微机控制温度并采用定时调温等控温技术。观察温度表的示值, 严格控制炉内温度, 同时正确调整保温时间。操作者必须持有专职合格证书方可上岗, 并负责烘干炉的使用管理, 严格遵守操作规程, 掌握好烘干质量。

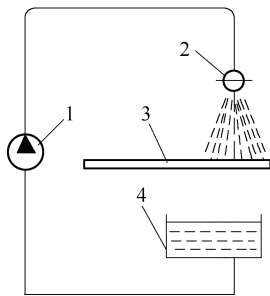


图 3-1 喷淋设备及工具示意图

1—涂料泵 2—喷淋嘴  
3—台板 4—涂料槽

### 三、淋涂设备的维护与保养

(1) 淋涂室、滴料室的维护与保养 室体和施工场地地面必须保持清洁, 若不慎溅上涂料, 则应及时将其清除干净。在淋涂前, 应向地面洒上少量水, 以防止尘土飞扬, 应每天打扫一次卫生。注意观察通风装置的运转情况, 电源开关应保持清洁。操作者应严格执行安全操作规程和个人卫生、防护措施。

(2) 涂料槽、涂料泵、搅拌泵的维护与保养 定期与不定期检查槽体有无膨胀和涂料渗漏现象, 不得任意超量加入涂料; 不使用涂料槽时, 必须加盖, 以免灰尘和杂物掉入槽内, 影响涂料质量。涂料泵和搅拌泵要定期检查, 若有故障, 则应及时排除, 修理好后再使用, 并加防护罩, 以免灰尘杂物落进泵体内。若压力表显示不准确, 则应及时调整、修理或更换新的压力表。槽体和泵体以及管道应保持清洁, 防止机械碰撞或人为损伤。

(3) 喷流嘴的维护与保养 应保持每个喷淋嘴畅通, 淋涂后应使用配套的溶剂将其清洗干净。若喷淋嘴上黏附涂料, 则应卸下喷淋嘴, 用配套溶剂浸泡后清洗干净。压力涂料输送管道要保持畅通, 在每批产品涂装完成后都必须用配套的稀释剂冲洗, 否则会因涂料的沉淀堆积、干结等而堵塞。定期检修喷淋头、喷淋嘴, 不允许有涂料堵塞现象。压力输送管道接头损坏时, 应及时进行修理或更换, 以免因涂料渗漏而造成输送压力降低, 影响淋涂涂膜质量。

(4) 烘干炉的维护与保养 按照设备维护与保养制度, 定期检查和修理烘干炉各组件, 特别是检查温度表显示数据的准确性, 如果因温度表显示数据失准而出错, 则升至超高温时, 不但会使涂膜因过烘烤而报废, 而且很容易造成炉体、输送链等的损坏。当干燥温度低时, 不能将涂膜彻底干燥, 其各项性能会明显下降, 并且会影响生产周期。定期清扫炉体, 保持清洁, 对涂膜质量很有益处。另外, 应及时将炉内蒸发的有害溶剂气体抽出。

## 第二节 幕帘涂装

### 一、幕帘涂装设备及工具

幕帘涂装设备及工具示意图如图 3-2 所示。

(1) 涂料槽、抽送循环泵系统的结构、使用方法、维护与保养方法 基本与前面介绍的喷淋设备相同。

(2) 幕淋头的结构 幕淋头为缝隙状结构, 使用时可调整缝隙宽度。幕淋头设置在高位

涂料槽的底部。高位涂料槽有槽形、漏斗形两种,根据涂装批量、产品形状、大小、涂层质量要求等因素,还可以制成其他形状。幕淋头的材质宜用不锈钢制作。通过旋转螺栓调整淋涂缝隙宽度,控制淋涂时的涂料幕帘流量。

(3) 通风装置和灭火装置 与前面所介绍喷淋装置相同。

(4) 台板传送带及传送机构 由交流电动机、齿轮传动箱、蜗杆副至主动轮,通过环链经回转轮带动全线运转,台板随着传送带前后移动。传送带及传送机构设置在地面上,并有盖板。台板机构连接在传送带上,设置在地面上的一定高度处。传送带可无级变速,用电控开关或电控装置统一控制。

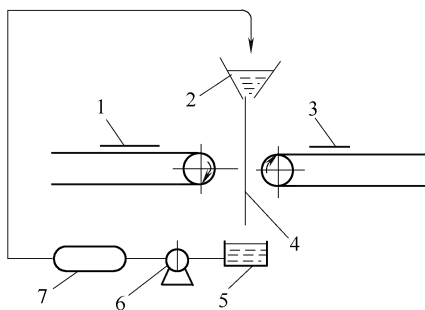


图 3-2 幕帘涂装设备及工具示意图

1—预涂装件 2—高位涂料槽及幕淋头  
3—已涂装件 4—涂料幕帘 5—涂料槽  
6—泵 7—过滤器

## 二、幕淋头的使用方法

将涂料调制到使用的粘度后,用离心式涂料泵从涂料槽中将其抽出,以一定压力经管道输送至漏斗状幕淋头内。涂料在幕淋头内受到一定的压力(约 0.02MPa),所以当涂料从流幕嘴(口径为 0~4mm,可调)不间断地流下时,就会形成涂料幕,流向被涂件表面,形成均匀涂层(要有适宜的传送速度相配合)。被涂件通过流幕的速度、流幕嘴口径、幕淋头内压力和流下压力以及涂料的粘度等,都是幕帘涂装应当注意选择的工艺参数,要根据被涂件材质、形状、体积以及生产批量和质量要求,进行正确的选择。

## 三、幕淋头的维护与保养

幕淋头内的涂料要保持洁净,应无灰尘和杂物落入。更换涂料前应把使用过的涂料用配套的溶剂清洗干净。要定期检修流幕嘴结构组件,使其灵活好用、调整自如。

# 第三节 浸 涂

## 一、浸涂设备及工具

手工半机械化浸涂设备示意图如图 3-3 所示。自动浸涂设备示意图如图 3-4 所示。

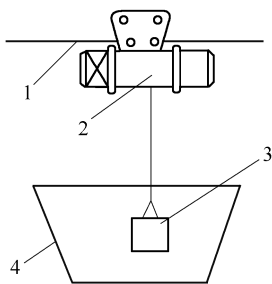


图 3-3 手工半机械化  
浸涂设备示意图

1—传送装置 2—电葫芦 3—浸涂件  
4—涂料槽(浸涂槽)

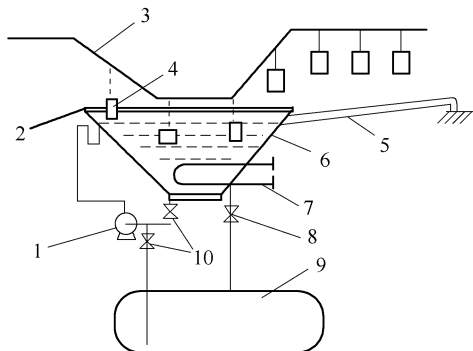


图 3-4 自动浸涂设备示意图

1—循环搅拌泵 2—槽边通风装置 3—悬挂输送链  
4—挂件 5—滴料盘 6—槽体 7—加热装置  
8—放料阀 9—储料罐 10—阀门

(1) 浸涂槽 浸涂法分手工半机械化浸涂和自动化浸涂。浸涂槽的槽体由聚氯乙烯硬质塑料板(厚度为12mm)塑焊成船形为最好,大型槽体用角钢作骨架。若用角钢骨架和低碳钢板(厚度为5mm以上)焊接成船形或矩形槽体,则其内壁应粘贴厚度为5mm以上的环氧玻璃钢,并设置槽边通风装置,槽壁设置加强肋(角钢),用以增加槽体强度。船形槽体适宜大批量的自动浸涂流水线。单件小批量浸涂用的槽体多为正方形或长方形。浸涂大型的较重产品或批量较大的产品时,应设置浸涂室、滴料室、烘干炉,组成通过式生产线。室体用角钢作骨架,钢板围焊成形。室体顶部及室壁中间留有输送通道开口,室体左右两侧留有浸涂件通过的开口。槽内底部应设置格板,避免损坏槽底或槽内其他附设的设备。浸涂槽无论大小,都必须设置盖板和应急排料口,经管道连接储料罐。应急排料口的密封件用耐溶剂材料制成。

(2) 搅拌装置 常用的搅拌装置有抽送式外循环搅拌装置和立式搅拌装置两种。抽送式循环搅拌装置由抽送泵(离心式泵)和管道等组成。立式搅拌装置由立式搅拌器(离心泵)和管道等组成,分内循环和外循环两种形式。立式内循环搅拌装置将立式搅拌器设置在浸涂槽两侧。

(3) 加热冷却装置 槽液采用蛇形管和U形或W形的管状加热器(也称为热交换器)加热,材质以不锈钢管为佳,管接头密封,热源为蒸汽和电,使用接点温度计、电磁阀和压力表控制气量及压力。冷却装置多为冷水管,在浸涂槽壁外围设置冷却夹套,降温时通入冷水。简单的加热冷却利用槽外循环搅拌装置,通过循环泵抽送涂料,槽液在循环搅拌中进行加热或冷却。

(4) 清除多余涂料装置 浸涂时都会从槽液中带出涂料。被涂件表面多余涂料的清除装置为滴料槽。滴料槽稍大于最大浸涂件的形状,槽体材质及结构与浸涂槽相同。如果是输送悬链的自动浸涂,则滴料槽体的长度要根据槽液粘度、浸涂件形状以及表面上多余涂料的滴落时间(不连续滴落时)等因素确定。槽底应具有一定的倾斜度,这样利于滴落的涂料从最低处的排料口排出,进入浸涂槽。如果是批量较大的自动流水线连续浸涂,为加快多余涂料滴落和保证涂层质量,应采用静电装置。静电装置由高压静电发生器、电缆和电极组成。其工作原理是:靠电极与工件(为另一极)之间产生的强电场力的作用,加快清除浸涂件流坠下来的和聚积在涂件底部的多余涂料。电极多为平板和网状。浸涂件上多余涂料滴落的表面积大小,决定着选用电极的长度和浸涂件的距离。极间距离的大小以使多余涂料滴落的时间最短为依据,可经反复试验选定。选用的高压静电发生器若无完全防止打火电路,则电极与浸涂件的距离应取大于放电打火距离的两倍以上。

(5) 电葫芦、悬挂输送链及传送机构 电葫芦由工字钢作轨道,焊接在厂房顶部的钢制框架上或由工字钢梁支撑轨道,也可安装在砖石结构的支撑墙壁之间。电葫芦可在纵、横向轨道上吊重后做前、后、左、右行进。悬挂输送链由优质合金钢铸锻而成,有链或椭圆形环链两种,从14号或16号工字钢轨支撑的猫头吊中间穿过。在输送链前进方向(个别在其后方)设有拉紧机构,输送链通过主动机构的主动轮和多个回转轮,带动全线运转。我国生产的输送链及传送机构有特轻型、轻型、普通推式、积放推式、地推式等类型,根据悬挂浸涂件的重量,又分为轻型和重型。由电动机带动无级变速器,经齿轮传动机构带动主动轮旋转,再经悬挂链带动回转轮,构成全线运转,由电源开关或电控台控制传送。

(6) 通风装置 根据浸涂方法的不同,设有槽边通风装置或总通风装置。若浸涂槽为全封闭的通过式自动浸涂槽,则通风装置设置在封闭挡板内,引风入口为悬挂件进出口,风速应大于溶剂挥发速度的4倍。总通风装置的引风管道分上下布置,应考虑安装拆修方便,引

风效果要好。槽边通风装置的结构有单侧或双侧两种形式,设置在浸涂槽长边壁上端,多为条格槽结构,用于槽宽 800mm 以下的单侧通风和槽宽为 800~1200mm 的双侧通风。为减少噪声,引风电动机多设置在厂房外或单独放置在小房间内,并加隔声罩。

(7) 环保、消防设施 大型浸涂槽的应急排料口不用时是牢固密封着的。发生火灾时,应急排料口的热感应阀门会自动开启,迅速将槽内涂料排入储料罐。大型浸涂槽备用的储料槽,按安全规定,都应设在厂房外或地下。浸涂槽附近应设有专用消防灭火器材,周围不允许存在明火或高温热源以及机械碰撞产生火花等激发源。为改善环境污染和健康条件,应当设置有害溶剂吸附装置。所有电器设备及开关应有防爆措施。

## 二、浸涂设备的使用方法

(1) 浸涂槽的使用方法 槽体的结构、形状、容积等应根据浸涂件的体积、形状、生产批量确定,与浸涂工艺必须相适应。涂料的加入量应满足产品能浸入涂料内,以保证产品质量要求。浸涂槽敞开口径应越小越好,以减少溶剂挥发或涂料槽液的配制量,并减轻槽壁的压力。槽液高度以最大浸涂件全部浸入为宜。应急排料口是为不慎着火时快速排放涂料而设置的,平时应密封好。

(2) 搅拌装置的使用方法 对于抽送式外循环搅拌,可将搅拌装置设在浸涂槽的水平或垂直位置,使用时,开动搅拌泵,将槽内涂料从槽底抽出,通过管道回注入槽面。大型浸涂槽可设置一对结构相同的抽送泵搅拌装置。分设槽内两侧的一对立式搅拌器,在使用时,一个是下抽上送,另一个是上抽下送。由于引流、搅拌都在槽内进行,因此称为内循环搅拌。此装置多用于大型电泳槽液的搅拌。中、小型浸涂槽液的搅拌可采用机械搅拌装置。机械搅拌装置由电动机、凸轮机构和立式桨叶杆等组成。

(3) 加热冷却装置的使用方法 涂料使用的最佳温度是 20~30℃,否则应进行加热或降温。当需加热时,旋开通气开关或通电开关,蒸汽压力不大于 0.25MPa,当温度达到 20~30℃时自动关闭。当用蒸汽加热时,应注意管接头不能泄漏,否则应旋紧接头。经测试,槽液温度过高时(超过 30℃),应进行冷却,此时打开水泵阀门,将冷水通入浸涂槽的夹水套中,观察插入槽内的温度计,温度降至 30℃以下即可。

(4) 清除多余涂料装置的使用方法 非自动流水线的断续浸涂件,应在滴料槽上方停留一定时间,使多余涂料滴净后再进行干燥。当采用传送线浸涂时,应让多余涂料在自动输送链行进中自然滴落。当采用静电装置清除时,常用工作电压为 65~85kV,以在 1.5~2min 内清除为宜。使用静电装置时,要随时注意高压静电发生器输出电压、电流的稳定性,以防止打火,极间距离应不小于 100mm。

(5) 电葫芦、悬挂输送链及传动机构的使用方法 在使用前,应进行空载试运行,检查有无故障,若有故障,则应修理好后再用。电器控制开关要安全、可靠,吊载运行控制自如。电葫芦的吊重不可超过规定值,并且不可开过头而碰撞轨道挡板。悬挂链的挂重不可超过规定值,也不可将全线承载重量集中挂在悬链的某一段内,应拉开距离,均重吊挂。传送机构应无故障运转,若无反车机构,则不得反车随意运行。在使用中应严格遵守设备操作规程。

(6) 通风装置的使用方法 应于使用前 5min 打开通风装置,施工场地应保持足够的空气流通,特别是封闭式的浸涂槽,应有足够的风量进入。在浸涂操作结束后,应等 10min 才能关掉通风装置。

(7) 环保、消防设施的使用方法 吊挂杠杆机构感温元件的阀门,着火时会自动开启。



施工现场应有专用消防器材，每个操作者要熟悉各种消防器材的使用方法。严禁在浸涂操作现场吸烟，禁止使用明火，勿使金属物相互碰撞。当需要利用焊接方法维修设备时，事先应准备好消防器材，按操作规程使用。

### 三、浸涂设备的维护与保养

(1) 浸涂槽的维护与保养 已盛装涂料的浸涂槽，不使用时要加盖保管，以防止灰尘和杂物落入，并防止涂料中溶剂、稀释剂挥发而使涂料变稠，影响使用。操作时，必须避免较重的浸涂件碰撞槽壁。不得任意浸涂过大产品和装入过量涂料，防止槽体因长时间承受过大压力而损坏。浸涂件体积、形状应与槽体容积相适应。不慎掉入浸涂槽中的浸涂件应及时取出，以防设备因受重压而损坏或发生泄漏事故。

(2) 搅拌装置的维护与保养 使用前，应检查搅拌装置的各组件，若有故障，则应及时修理。在运行过程中，若泵、搅拌器、电动机或管道等出现异常或损坏，则应立即停机，修好后再使用。浸涂时因不慎掉入槽内的被涂工件要及时捞出，以免损坏内循环搅拌器。外循环装置的泵、管道和抽送口必须保持畅通。各装置组件应有定期检查维修制度，保证其正常运行。

(3) 清除多余涂料装置的维护与保养 滴料槽应定期用配套溶剂清洗。应避免浸涂件掉落浸涂槽内。浸涂槽的排料口及料口过滤网应畅通。高压静电发生器、电缆和电极等，在使用前或使用过程中，应检查有无故障或不正常现象，若有，则应及时修理。

(4) 电葫芦、悬挂输送链及传送机构的维护与保养 应按操作规程定期检查和维护设备。使用前，应进行空车或吊重试运行，发现故障时应及时修理。无设备操作证、不熟悉设备操作方法的人员不得任意开动设备。电葫芦若开过距离碰撞挡板，极易造成损坏和人身事故。设备各运行或运转组件要定期润滑，不允许超载吊挂。定期检查悬挂输送链拉紧机构的牢靠程度，拉紧是否正确，不符合要求时要进行调整。

(5) 通风装置的维护与保养 应定期清除通风管道内、引风罩内黏结的干燥涂料层等杂质，以保证引风罩的畅通。引风电动机应加罩，防止受潮，不得有灰尘和杂质掉入，以免造成运转故障。定期检查电动机各组件，发现故障时应及时修理，不可超时间运转。电源接线要正确，防止烧坏电动机。

(6) 环保、消防设施的维护与保养 定期检查应急排料口是否有堵塞现象，阀门自动开启机构是否灵活好用。灭火器材不得随意动用，不允许随便变更存放地点，超过使用期的，必须进行更换。定期检查有害溶剂吸附装置的使用效果，若有故障，则应及时修理好。回收的有害溶剂应妥善处理，条件允许时可回收再利用。

### 复习思考题

1. 怎样正确使用手工淋涂方法？
2. 如何选择喷淋嘴？
3. 如何对喷淋嘴进行维护与保养？
4. 幕帘涂装的幕淋头结构是什么样的？
5. 怎样做好幕淋头的维护与保养？
6. 浸涂对环保设施的要求有哪些？
7. 浸涂涂料在什么情况下需加热和冷却？
8. 淋涂的特点是什么？
9. 什么情况下不适宜采用淋涂法？

## 第四章

# 常见喷涂方法

**培训目标** 掌握喷涂操作方法，能够处理涂装过程中出现的缺陷，掌握不同的修补方法，能够正确使用助剂和配色漆。

### 第一节 空气喷涂

(1) 空气喷涂原理 空气喷涂是利用压缩空气的气流使涂料从喷枪口喷出并雾化，在气流的带动下，涂到被涂物表面上，形成一层均匀致密涂层的方法。喷涂压力为  $0.2 \sim 0.4 \text{ MPa}$ 。

(2) 喷枪的种类 喷枪按混合方式分为内部混合型和外部混合型两种。内部混合型喷枪的喷头在涂料和空气于空气帽内混合好后将其喷出，仅供喷涂油性漆、多色美术漆和涂装小物体等使用。外部混合型喷枪用于涂料和空气在空气帽外侧混合的场合，大多数涂装采用这种喷枪。

喷枪按涂料供给方式分为吸上式、重力式和压送式三种。

1) 吸上式喷枪：涂料罐安装在喷枪下方，喷嘴一般稍比空气帽向前方凸出，靠环绕喷嘴四周喷出的空气流在喷嘴部位产生的低压吸引涂料，同时将其雾化。吸上式喷枪的涂料喷出量受涂料粘度和密度的影响较大，而且与喷嘴口径有关。

2) 重力式喷枪：涂料罐安装在喷枪的上部，涂料靠自身重力流到喷嘴并与空气流混合后喷出。重力式喷枪的优点是涂料容易流出并且能从涂料罐内完全喷出，涂料喷出量要比吸上式喷枪稍大。重力式喷枪的结构与吸上式喷枪的相同。在涂料使用量大时，可将涂料罐吊在高处，用胶管连接喷枪，此时可借涂料罐的高度和方向来改变涂料喷出量。

3) 压送式喷枪：压送式喷枪由另外设置的增压箱供给涂料。提高增压箱中空气的压力，可同时向几支喷枪供给涂料。这种喷枪的喷嘴和空气帽位于同一平面或者喷嘴较空气帽稍凹一些，在喷嘴前方不需要形成真空。当涂装部件体积大而且量也很大时，主要采用这种类型的喷枪。压送式喷枪如图 4-1 所示。

(3) 操作喷枪的要点 在操作过程中，喷枪与工件间的距离、喷枪运行方式和喷雾图样搭接是喷涂的三原则，也是喷涂技术的基础，必须熟知并严格遵守。

1) 喷涂距离：喷涂距离是指喷枪喷头到工件之间的距离。标准的喷涂距离与喷枪的类型

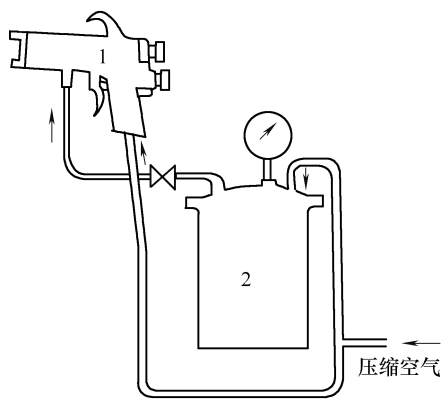


图 4-1 压送式喷枪  
1—喷枪 2—涂料增压箱

有关：采用大型喷枪时为 20~30cm，采用小型喷枪时为 15~25cm，采用空气雾化的手提式静电喷枪时为 25~30cm。喷涂距离会影响涂装的质量：若喷涂距离过小，则单位时间内形成的涂膜过厚，尤其垂直的工件表面，涂膜的重量大于涂料的附着力时，就产生涂料流挂现象；若喷涂距离过大，则涂料不易喷到工件表面，绝大部分涂料会随着气流飞离工件，不仅涂膜厚度不易建立，而且会造成不必要的浪费，严重时会使有光泽的涂膜表面变为无光泽表面，涂膜厚度不均匀。

2) 喷枪运行方法：包括喷枪与工件表面所成角度和喷枪运枪速度。在操作时，喷枪与工件表面成直角，平行匀速运枪，运枪速度控制在 30~60cm/s，并且无论喷涂哪一个表面，运枪速度都保持恒定。如果喷枪倾斜并呈圆弧状运枪或运枪速度时快时慢，则会出现涂膜厚度不均匀现象，易产生条纹和斑痕；如果喷枪运枪速度过慢（30cm/s 以下），则会造成涂膜过厚而产生流挂现象；如果运枪速度过快，使得喷枪喷出的涂料搭接不多，同样得不到平滑的涂膜。

#### （4）选择喷枪的方法

1) 喷枪本身的大小和重量。从操作者操作方便和减轻操作者劳动强度方面考虑，体轻、小型的喷枪为好。但枪体小的喷枪的性能受限制，涂料喷出量和空气量也随着减少，喷枪运枪速度减小，喷涂次数增多，施工效率下降，不适于批量大和大工件喷涂。若用大型喷枪喷涂小的工件或管状件，则涂料损失较多，浪费较严重。呈平面状且体积大的工件可选用大型喷枪进行涂装。凹凸面很悬殊的工件选用小型喷枪施工最为适宜。

2) 涂料用量及涂料供给方式。当涂料需要量小，颜色涂料更换次数多，喷涂工件平面多时，应选用重力式喷枪（涂料罐的容量在 0.5L 以下）。

当涂料用量稍大一些，颜色涂料更换次数多，喷涂面为侧面时，选用容量为 1L 以下的带罐吸上式喷枪为宜。在喷涂较平的部件时，吸上式喷枪不适宜。若为批量大、工件大、涂料使用量大、颜色涂料固定的连续作业，则可采用压送式喷枪。此时应选用容量为 10~100L 的增压箱，当涂料用量更大时，可选用泵和涂料循环管道压送涂料。采用这种施工方法时，涂料供给不可随意中止。压送式喷枪不带涂料罐，喷枪重量轻，喷涂施工操作方便。其缺点是清洗喷涂设备比较费时间，并且费清洗溶剂。

3) 喷嘴口径。喷嘴口径越大，涂料喷出量就越大。由于涂料粘度越大，涂料喷出量就越少，因此粘度较大的涂料应选用喷嘴口径大的喷枪。压送式喷枪的涂料喷出量随着压力的增大而增大。当喷涂底漆等对涂装要求不高，而又要求涂膜较厚时，可选用口径较大的喷嘴；喷涂面漆时要求涂膜均匀，外观质量较好，相对要求喷枪喷出来的涂料雾化效果要好，选用口径较小的喷嘴即能达到技术要求。

## 第二节 热 喷 涂

### 一、热喷涂原理

将涂料加热到预定温度时进行喷涂称为热喷涂。常温下喷涂的涂料称为冷喷涂。经过加热的涂料能够减少本身内部分子间的摩擦，从而降低粘度。因此，热喷涂是用加热的方式来代替添加稀释剂，使涂料粘度下降的涂装方法。热喷涂主要适用于稀释剂较多的硝基漆的涂装，也适用于乙烯类涂料和氨基树脂类涂料的涂装。但对于油性类涂料，一次性喷涂的涂膜



较厚，干燥得较慢，容易造成起皱现象，因此不宜采用热喷涂方法。

## 二、热喷涂的优点

- 1) 减少稀释剂的用量，利于节约资源，减轻大气污染，降低生产成本。
- 2) 不挥发成分含量较高，因而能获得较厚的涂层，可以减少喷涂次数。
- 3) 涂料温度高，涂膜的流平性好，能够提高光泽。
- 4) 不受环境条件影响，即使在湿度高的条件下施工，涂膜也不会产生泛白现象；即使在不同季节涂装，也不需要调整涂料的粘度，使用方便。
- 5) 涂膜丰满，不易产生流挂和垂流等涂层质量问题。

## 三、热喷涂时的注意事项

- 1) 选择预定涂料最适宜的加热温度。
- 2) 必须使用加热后粘度能显著下降的涂料。
- 3) 当采用热固型涂料时，在热喷涂时必须慎重，因为涂料在加热输送或加热循环时可能起反应，从而增稠和胶化，所以必须将涂料加热温度控制在不会产生反应的温度以下。
- 4) 在电加热时，电源电压不应超过加热器的额定电压。

# 第三节 无空气喷涂

## 一、无空气喷涂原理

无空气喷涂利用压缩空气作动力源，驱动高压泵，将涂料吸入并增至高压（14.71～24.52MPa），然后通过一个特殊的喷嘴小孔喷出，其喷涂速度非常大，约为 100m/s。当受压缩的涂料离开喷嘴到达大气中时，涂料立即激烈膨胀，被雾化成极细小的漆粒，高速地喷到被涂工件上。因涂料雾化时无压缩空气，所以称为无空气喷涂，又称为气动无气喷涂。用电动机作动力源驱动高压泵时，通常称为电动无气喷涂，也有按高压原理称其为高压无空气喷涂的。

根据动力源的不同，无空气喷涂用的泵可分为三种，即气动泵、液压泵、电动泵。

(1) 气动泵 气动泵是目前使用最多的泵，最高压力可达 6.7MPa，可通过减压阀调节空气压力来控制喷涂压力。喷涂压力可达输入气压 10 倍。喷涂压力与气动压力之比称为压力比。喷涂压力与涂料喷出的量有关，随着涂料喷出量的增大，喷涂压力下降。无空气喷涂装置示意图如图 4-2 所示。

(2) 液压泵 液压泵的压力最高可达 6.9MPa（常用喷涂压力为 4.9MPa），可通过减

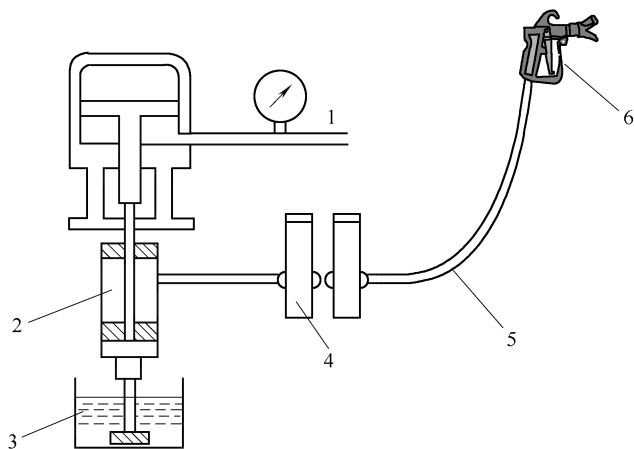


图 4-2 无空气喷涂装置示意图

1—动力源 2—柱塞泵 3—涂料容器  
4—蓄压器 5—输漆管 6—喷枪

压阀控制油压来调整涂料喷出的压力。为了与气动泵有所区分，其输入压力与输出压力之比不称为压力比，而称为最高喷出压力。

(3) 电动泵 电动泵用交流电源直接驱动泵，分为喷涂中断时泵自动停止和泵继续运转使涂料通过溢流阀溢流两种。目前这种泵的容量不大，喷出压力最高为 19.6MPa，每分钟喷出涂料量为 1.3L 左右。电动泵示意图如图 4-3 所示。

## 二、无空气喷涂的特点

1) 涂装效率高。由于喷涂压力较高，涂料喷出量大，涂料粒子喷射的速度快，所以其涂装效率要比空气喷涂大得多，为空气喷涂的 3 倍以上。

2) 涂膜质量好。无空气喷涂时，由于涂料中不混有压缩空气中的水分、杂质和油污，因此涂料形成的涂膜也就没有以上因素产生的缺陷，涂膜质量好。无空气喷涂方法可以喷涂高粘度涂料，一次喷涂可获得厚度为 100~300 $\mu\text{m}$  的涂膜，附着力大，在缝隙、边角等处也能形成较均匀的涂膜。

3) 改善劳动条件。由于喷雾分散小，因此涂料利用率高，对环境污染减少，可以连续操作。

4) 无空气喷涂设备中的气动泵、液压泵体积大一些，电动泵体积小、重量轻。

5) 操作时喷雾幅度和喷出量不能调节，只有拆下喷嘴换上所需的喷嘴，才能满足喷涂调节的要求，并要准备数个喷嘴待换。

6) 适用于厚层涂料涂装，不适用于薄层的装饰性涂装。

7) 不适用于小面积涂装。

8) 每次喷涂后均需将设备清洗干净，若清洗不干净，则会严重影响其正常使用甚至将其损坏。

## 三、无空气喷涂装置的类型

(1) 固定式 将喷嘴固定在一个位置上进行间断性喷涂或连续喷涂，通常应用于批量比较大的生产，而且是自动流水线作业。

(2) 移动式 常用于不固定的施工场所，哪里需要涂装就移动到哪里喷涂。

(3) 轻便手提式 常用于工件较小，经常变动的施工场所，使用、携带方便。

## 四、高压无空气喷涂易产生的问题及处理方法

1. 涂料压力升不高

(1) 原因

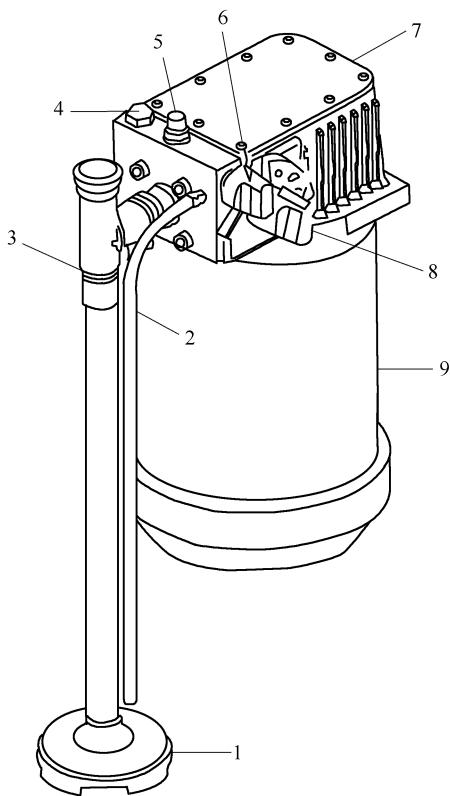


图 4-3 电动泵示意图

- 1—吸料罩 2—回流管 3—吸料管 4—出阀  
5—高压管连接处 6—回流/喷涂阀 7—外壳  
8—调压阀 9—电动机

- 1) 没开空气阀。
- 2) 涂料压力表失灵。
- 3) 吸漆阀堵塞。
- 4) 涂料通路进入空气。
- 5) 涂料不够。
- 6) V 形衬垫磨损。

(2) 处理方法

- 1) 打开空气阀。
  - 2) 更换涂料压力表。
  - 3) 用溶剂清洗吸漆阀。
  - 4) 杜绝空气进入涂料通路。
  - 5) 补加涂料。
  - 6) 更换 V 形衬垫。
2. 泵工作正常但喷雾质量不好

(1) 原因

- 1) 压缩空气不足。
- 2) 压缩空气供给阀过细。
- 3) 空气压力过低。
- 4) 喷枪的过滤器被污物堵塞。
- 5) 使用的涂料不合适。

(2) 处理方法

- 1) 增大压缩空气量。
- 2) 增大压缩空气供给阀。
- 3) 提高空气压力。
- 4) 除尽污物。
- 5) 升高涂料压力, 选择合适的涂装方法。

3. 在操作过程中涂料中断

(1) 原因 喷嘴、过滤器堵塞或涂料管堵塞。

(2) 处理方法 用 120 目 (相当于直径为 0.125mm 的筛孔) 左右的铜或不锈钢网过滤, 用溶剂洗净堵塞处。

4. 喷枪漏涂料

(1) 原因

- 1) 针阀的衬垫磨损。
- 2) 喷嘴阀面有异物附着。

(2) 处理方法

- 1) 更换衬垫。
- 2) 除掉喷嘴阀面的异物。

5. 压力不稳定

(1) 原因

1) 喷嘴孔太大, 涂料喷出量过多。

2) 蓄压器漏气。

(2) 处理方法

1) 改用喷嘴孔较小的喷嘴。

2) 排除蓄压器漏气故障。

#### 五、无空气喷涂时的注意事项

(1) 防止伤人 无空气喷涂时的高压涂料从喷嘴或输漆管损坏处的小孔中喷出, 其速度非常大, 有穿破皮肤的危险, 而且涂料中含有对人体有害的物质, 易灼伤操作人员, 所以要避免这种事故的发生。

(2) 防止静电积聚 涂料从喷嘴中高速喷出时, 会自然产生静电, 积聚在喷枪和被涂物上, 一旦放电, 就会使操作者受电击, 有时会造成火灾或引起爆炸事故, 因此输漆管及涂料泵都应有接地装置。

(3) 涂料管路的处理 若涂装设备长期不使用, 则应将涂料管路中的涂料完全洗净。洗净时严禁喷射溶剂, 因为溶剂被雾化, 不仅有引起爆炸的危险, 而且对人体有害。喷嘴孔堵塞时, 不宜用针捅, 以免孔形受损。

### 第四节 喷涂修补

#### 一、表面预处理

(1) 脱脂 一般使用有机溶剂(如汽油、碱性清洗剂等)擦洗需修补的部位, 无论是旧涂装件还是新涂装件, 都应根据现有的条件, 视修补件的数量, 选择切实可行的方法清洗工件。

(2) 除锈 一般根据修补件锈蚀程度, 选用 300 目(相当于直径为 0.05mm 的筛孔)左右的砂纸或砂布、工具等, 采用手工除锈或电动工具除锈, 锈蚀严重时(如小型喷砂设备)最好采用喷砂除锈。批量大的修补件也可采用多功能处理剂进行脱脂、除锈和磷化处理。

(3) 除旧漆 旧漆是否需要清除, 应根据旧漆的状况而定。当旧漆损坏很严重, 破烂不堪, 非清除不可时, 小面积的局部旧漆可用铲刀之类的工具进行铲除。火焰烧烤是使旧漆变软或烧掉, 然后用铲刀清理干净的方法。使用火焰烧烤法时, 必须注意不要使烧烤面积扩大。当清除面积比较大时, 可以采用专用脱漆剂除旧漆。有条件的部门也可采用喷砂方法, 除旧漆的效果好。也可用电动工具打磨的方法除旧漆。

(4) 打磨 在对涂膜损坏的部位进行处理后, 由于涂膜有一定厚度, 因此除掉涂膜的部位与原有的涂膜形成一个台阶。在进行局部修补时, 应用细砂纸将待修补面轻轻打磨干净, 尤其要将台阶部位附着力不实的旧漆铲除掉, 并从旧漆面向金属基体平缓过渡打磨成一斜坡, 直至旧漆附着力牢实处为止。无论涂膜损坏面积大小, 都采用这种方法打磨。打磨的斜坡如图 4-4 所示。

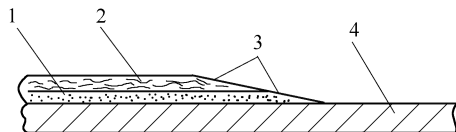


图 4-4 打磨的斜坡

1—底层 2—面层 3—斜坡 4—钢板

## 二、涂装

(1) 涂底漆 常采用刷涂的方法涂底漆。如果修补面积比较大,则采用喷涂方法;若与原底层厚度接近,则可多次补涂。底层干燥后用细砂纸轻轻打磨,并清理干净。

(2) 涂隔离涂层 在不知道原面层的种类时,为达到修补的质量,应涂隔离涂层,以防止涂料种类不配套而引起咬底现象。

(3) 涂面漆 涂面漆应在喷涂房内进行。喷涂房的温度、湿度应符合涂装施工环境的要求,即施工温度不低于 $5^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度不大于 $80\%$ 。局部修补涂装时,涂面漆的难度大,喷枪最好使用重力式喷枪。涂面漆时应选择好所需的面漆和色漆。色漆的颜色在选择或配制时应深一度,因为先喷与后喷的时间间隔越长色差越大,色漆颜色会由深变浅,所以在补漆时所选色漆应比原有色漆颜色应深一些,这样色差小。在面漆干燥后,用晶相砂纸轻轻打磨,使修补的涂膜厚度接近原来的涂膜厚度,手摸无高低之别后,再涂二道面漆,此时特别注意涂料的粘度,应为 $16\sim 18\text{s}$ (涂—4粘度计, $25^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ )。

## 三、典型工艺流程

### (1) 局部修补

1) 检查并清理损坏的涂膜,铲除不实的和附着力极差的涂膜,然后确定修补范围。

2) 用砂纸打磨边棱。

3) 若不见金属底,而有一层底层,则不涂,否则在修补范围内都要涂一层底层,厚度与原来一样。

4) 干燥。

5) 用腻子刮平修补处。

6) 干燥。

7) 轻轻打磨腻子。

8) 清理灰尘。

9) 用纸或遮挡装置遮住不涂部分。

10) 涂面漆。

11) 干燥。

12) 用晶相砂纸打磨至手摸无缺陷。

13) 再涂一层面漆。

14) 干燥。

### (2) 浅层损伤的修补(不露金属,有一层底层)

1) 擦净修补部位的油污、灰尘。

2) 修补整理,用400目(相当于直径为 $0.0375\text{mm}$ 的筛孔)水磨砂纸湿打磨破损处,洗净后干燥。

3) 刮涂配套腻子,填平破损处。

4) 干燥。

5) 用400目水磨砂纸水磨,洗净后干燥。

6) 涂面漆,最好采用压送式喷枪,空气压力低一些,只需要涂料能喷出并有良好的雾化效果即可,喷枪与工件间的距离根据气压大小确定。喷涂范围能够覆盖住修补部位即可,尽量不要扩大喷涂范围。

- 7) 干燥。
- 8) 涂二道面漆，喷涂方法同 6)，喷涂范围比 6) 略微大一些。
- 9) 干燥。

第五节 溶剂与配色

一、溶剂及溶剂的应用

(1) 溶剂 能溶解脂肪、树脂、沥青、油类、硝化纤维等物质的易挥发的有机溶剂均称为溶剂。溶剂首先应当具有一定的活性，即具有能溶解多种物质的能力。溶剂的溶解能力越高（即被溶于其中的物质浓度越大），溶剂的活性也就越高。溶剂的蒸发速度及沸点也是溶剂的重要性质。在涂装过程中，只有了解溶剂的性能，才能正确使用溶剂并发挥溶剂的应有作用。

(2) 溶剂的应用 在涂料中加入溶剂是为了降低树脂和油料等成膜物质的黏稠度，以便于施工。溶剂在涂料中占有很大的比例，而在涂料干燥成膜后，又不能留在涂膜中，必须全部挥发掉，所以又称为挥发物部分。

涂装常用溶剂有以下三种：

- 1) 真溶剂：是能溶解涂料中的有机高聚物的溶剂。
- 2) 助溶剂：又称为潜溶剂，本身不能溶解涂料中的有机高聚物，但以一定数量与真溶剂混合使用，具有一定的溶解能力，并且不影响涂料的其他性能。
- 3) 稀释剂：这种溶剂不能溶解涂料中的有机高聚物，也无助溶作用，但在一定限度的数量内，可以和真溶剂及助溶剂混合使用，因此称为稀释剂。其价格比真溶剂和助溶剂低，可降低涂料成本。

在稀释硝基漆时，酮类、酯类、醚类、醇醚类溶剂为真溶剂，醇类溶剂为助溶剂，芳烃类溶剂为稀释剂。它们按一定配比组成硝基漆稀释剂。当然，溶剂的分类是相对的，对于某种溶剂，在一种类型的涂料中其作用是真溶剂，而在另外一种类型的涂料中可能只作为稀释剂来使用。例如，酒精是溶解虫胶的真溶剂，而在硝基漆中只是助溶剂或稀释剂。

了解溶剂的挥发率，即可知道溶剂的挥发速度，从而控制涂膜处于流体状态的时间的长短。挥发速度必须适应涂膜的形式。挥发速度太快，会影响流平和回刷的时间；挥发速度太慢，会造成针孔、起泡、流挂、指触干时间太长。对于有极性的溶剂（如醇类溶剂）其沸点虽然不是很高，但是分子间相互吸引、牵连结合，会降低挥发速度；对于没有极性的溶剂（如纯苯），其分子间不互相牵制，所以容易挥发。部分溶剂的闪点、挥发率和沸点见表 4-1。

表 4-1 部分溶剂的闪点、挥发率和沸点

名称	闪点/℃	挥发率/min（5mL，25℃）	沸点/℃
松节油	35	450	140~200
松香水	27~38	440~450	150~240
汽油	10	15	80~150
煤油	71~73.5	4000	174~274



(续)

名称	闪点/℃	挥发率/min (5mL, 25℃)	沸点/℃
苯	-27~-7	12~15	79.6~80.4
甲苯	4.4~5	36	110.7
二甲苯	17.1	81	139.1
丙酮	-20~-18	5	56.1
乙酸乙酯	-5~-4	10.5	77.1
乙酸丁酯	21~25	65	110~135
乙酸戊酯	24.4	90	138.18
乙醇	12.6	32	78.5

溶剂的蒸气有毒，对人体具有危害性。中毒的症状有急性和慢性两种。其症状为头昏、眼花、唇色泛紫、皮肤干燥等。溶剂通过呼吸道或皮肤进入人体。人体虽然有排出外来物质的能力，但是也可从中吸收一部分。此外，溶剂的毒性与其含量、作用、停留时间以及每个人的适应性等有关。在同种环境下，有的人反应敏感，有的人却毫无影响。所以，在使用溶剂的过程中应加以小心，若皮肤沾上溶剂，则应马上擦干净，并用肥皂和水洗净。使用溶剂时，若感觉呼吸道干结或不舒服，则应多喝温开水或冷开水，以冲淡体内溶剂的含量，并促使其通过尿液排出。施工时，必须有良好的通风设备，以避免工人吸进溶剂蒸气，并做好安全防护工作，防止溶剂沾在皮肤上。

二、溶剂的分类

溶剂的种类很多，按其来源、组成的不同，可分为图 4-5 所示的几大类。

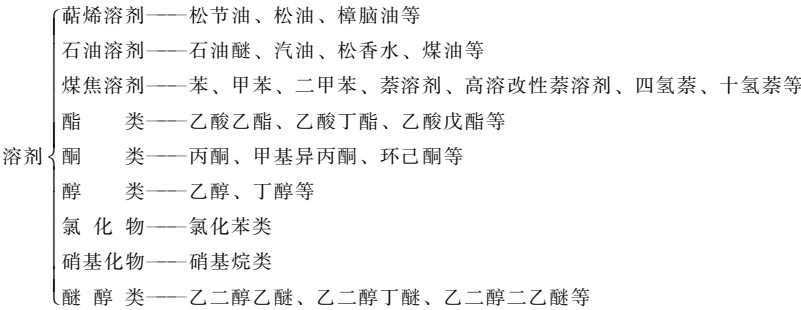


图 4-5 溶剂的分类

(1) 萜烯溶剂 萜烯溶剂是植物性溶剂，绝大部分来自松树分泌物，最常用的为松节油。它是一种无色或淡黄色透明，密度比水的密度小的油状液体。松树分泌物经水蒸气馏出的叫脂松节油，用松根切片馏出的叫木松节油。松节油是烯蒾组成的混合物，主要是 α-烯蒾、β-烯蒾、双戊烯，分子式为 C<sub>10</sub>H<sub>18</sub>。沸点为 155~176℃ 的松节油，对天然树脂和油料的溶解力大于松香水，小于苯类。沸点为 140~200℃ 的松节油，挥发速度适中，符合刷涂及干燥的要求。比松节油沸点高的（195~220℃）产物叫松油，含有大量萜烯醇类，挥发慢、溶解力强、流平性好，用在醇酸漆中，可改进刷涂性，但用量不可过多，可作为防肝化剂、防结皮剂及去泡剂等，用于烘漆中，可防止针孔、缩边，并能增加光泽和流平性。樟脑油的沸点为 175~200℃，含有萜烯、二聚戊烯、茨烯等，可代替部分松节油使用。



(2) 石油溶剂 石油溶剂是从石油中分馏而得到的。它们主要含有链状碳氢化合物、烷族烃、烯族烃和环烷族烃,有时也含有部分芳香族烃(苯、甲苯、二甲苯)。沸点小于 $80^{\circ}\text{C}$ 的产物称为石油醚,挥发极快,可用来提取香精。沸点为 $80\sim 150^{\circ}\text{C}$ 的产物称为汽油,闪点、自燃点都低,挥发速度很快,只在浸渍用漆、快干漆中使用。沸点为 $150\sim 204^{\circ}\text{C}$ 的产物称为松香水,又称为矿质松节油或白酒精,是涂料中普遍采用的溶剂。它的沸点和挥发速度都与松节油相似,溶解力因其中所含芳香族烃的多少而不同,一般是芳香族烃的含量越大,其溶解力越好。它的最大特点是毒性较小,这是其他溶剂所不能相比的,一般用于油性漆和磁性漆中,代替松节油使用。

(3) 煤焦溶剂 煤焦溶剂是煤在干馏过程中的产物,其中有苯、甲苯、二甲苯、萘溶剂等,经硫酸、烧碱液洗涤,再进行精馏,就可得到纯苯、甲苯和二甲苯。

1) 苯( $\text{C}_6\text{H}_6$ ): 苯在煤焦溶剂中沸点最低,纯苯的沸点为 $80.4^{\circ}\text{C}$ 。作为溶剂用的工业苯含有少量其他烃类。苯的熔点是 $5.5^{\circ}\text{C}$ ,天冷时会结冰,应避免储存在严寒的地方。苯的闪点低,极易着火,必须密封,小心储藏。苯的毒性大,应尽可能采用二甲苯或其他溶剂代替。

2) 甲苯( $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ ): 沸点为 $110.7^{\circ}\text{C}$ ,挥发率仅次于苯。工业品甲苯中含有苯、二甲苯及少量甲基噻吩,溶解力与苯相似,主要用作醇酸漆料的溶剂,并在硝基漆、乙基纤维漆、乙烯类树脂漆、酚醛漆、环氧树脂漆、丙烯酸树脂漆及其他漆料中用作稀释剂,在洗涤剂、着色剂中也少量使用。

3) 二甲苯 [ $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$ ]: 挥发性和溶解力次于甲苯,沸点为 $139.1^{\circ}\text{C}$ ,毒性比苯小,可代替松香水用作强力溶剂。

4) 萘溶剂: 煤焦溶剂的各个馏分不加以精炼的产物称为萘溶剂(包括石脑油、溶剂苯、重质苯、挥发油溶剂),依据其蒸馏限,可将其分为轻溶剂苯(蒸馏限为 $80\sim 165^{\circ}\text{C}$ )、溶剂苯(蒸馏限为 $115\sim 165^{\circ}\text{C}$ )和重质苯(蒸馏限为 $162\sim 200^{\circ}\text{C}$ )。

5) 四氢萘和十氢萘: 十氢萘( $\text{C}_{10}\text{H}_{18}$ )的溶解力相当于松节油,沸点为 $188\sim 193^{\circ}\text{C}$ ,无毒,不会吸收氧,掺在松节油中使用,可防止松节油的吸氧结胶作用。四氢萘( $\text{C}_{10}\text{H}_{12}$ )挥发缓慢,沸点为 $200\sim 213^{\circ}\text{C}$ ,无毒,溶解力比十氢萘强,极易溶解脂肪、树脂和沥青,能渗透木材。

(4) 酯类 酯类是低碳的有机酸和醇的结合物。它和酮、醇、醚等相同,常带有极性,溶解力很强,能溶解硝酸纤维和各种人造树脂,是纤维漆的主要溶剂。经常使用的低沸点( $100^{\circ}\text{C}$ 以下)酯类有乙酸甲酯、乙酸乙酯,中沸点( $110\sim 140^{\circ}\text{C}$ )的酯类有乙酸丙酯、乙酸异丁酯、乙酸丁酯、乙酸戊酯、丁酸乙酯、丁酸丁酯、乙酸环己酯;经常使用的高沸点( $155\sim 220^{\circ}\text{C}$ )酯类有乳酸、乙酯等。

1) 乙酸丁酯( $\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$ ): 乙酸丁酯是无色透明而有香蕉味的液体,蒸馏限为 $110\sim 135^{\circ}\text{C}$ ,闪点为 $21\sim 25^{\circ}\text{C}$ ,毒性小。它用在硝基漆中,可防止树脂和硝基纤维析出,挥发不太快,涂膜不易泛白,便于施工。

2) 乙酸乙酯( $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ ): 蒸馏限为 $70\sim 95^{\circ}\text{C}$ ,溶解力比乙酸丁酯好,所得溶液粘度较小。常与乙酸丁酯混合,用于汽车、木器等的硝基纤维漆中。

3) 乙酸戊酯( $\text{CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11}$ ): 沸点为 $138.18^{\circ}\text{C}$ ,用于纤维漆中能改进流平性和泛白性,挥发较慢,在热喷涂用的纤维漆中也常使用。

(5) 酮类 酮类分子内含有羰基 ( $\text{C}=\text{O}$ )，主要用来溶解硝基纤维，常用的有丙酮、环己酮，甲异丙酮等。

1) 丙酮 ( $\text{CH}_3\text{CO}\cdot\text{CH}_3$ )：无色透明液体，能和水以任何比例混合，溶解力极强，能溶解硝基纤维、乙烯类树脂、甲基丙烯酸树脂及其他多种聚合树脂，能掺入大量甲苯而不浑浊，沸点为  $56.1^\circ\text{C}$ ，属于低沸点溶剂，挥发速度很快，容易使涂膜吸水而泛白和形成结皮。因此，丙酮必须同其他挥发性慢的溶剂混合使用。丙酮大多用于硝基漆、脱漆剂、快干漆中。丙酮极易燃烧，使用时必须注意防火。

2) 甲乙酮 ( $\text{CH}_3\text{COC}_2\text{H}_5$ )：比丙酮挥发略慢，沸点为  $79.6^\circ\text{C}$ ，也属于低沸点溶剂；溶解力稍次，可以单独使用；常用于纤维漆、乙烯类树脂等多种树脂漆中。

3) 甲基异丙酮 [ $(\text{CH}_3)_2\text{CHCOCH}_3$ ]：沸点为  $112\sim 118^\circ\text{C}$ ，属于中沸点酮类溶剂；溶解力强，挥发速度适中；可用于纤维漆、乙烯类树脂漆中，防止涂膜泛白的能力极强。

4) 环己酮 ( $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{CO}$ )：沸点为  $156^\circ\text{C}$ ，是高沸点溶剂；可溶解纤维衍生物、过氯乙烯、聚氯乙烯等树脂；性能稳定，不易挥发；可防止涂膜泛白，改善涂膜的流平性，便于施工；可以和其他溶剂或稀释剂混合使用，大多用于乙烯类树脂漆中。

(6) 醇类 醇类是一种强极性溶剂，分子内含有羟基 ( $-\text{OH}$ )，能和水混合。醇类不能单独溶解硝酸纤维，但同酯类、酮类混合后，即可与溶剂一样溶解同等数量的硝酸纤维，所以又称其为硝酸纤维的潜溶剂。醇类不能溶解一般树脂，但能溶解乙基纤维、虫胶及马尼拉软树脂等醇溶性树脂，常用于制备醇溶清漆、木材染色剂、磷化底漆及醇溶性酚醛烘漆等。常用的醇类有乙醇、丁醇等。

1) 乙醇 ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )：俗称为酒精，可用淀粉发酵制得，也可用乙烯气制取。

2) 丁醇 ( $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ )：由淀粉制得的，性质和乙醇相似，但溶解力较乙醇略低，挥发较慢，常与乙醇、异丙醇合用，可防止涂膜泛白、针孔、桔皮、起泡等缺陷的产生。此外，丁醇还能够溶解肝化发胀的颜料浆，防止涂料胶化，降低短油度醇酸的粘度。丁醇也可以作为氨基树脂的溶剂。

可用于涂料的醇类还有异丙醇 ( $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ )、正丙醇 ( $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ )、异丁醇 ( $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ )、戊醇 ( $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$ )、环己醇 ( $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{OH}$ ) 等。

(7) 醚醇类 醚醇类是一种新兴的溶剂，有乙二醇乙醚 ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_4\text{OH}$ )、乙二醇甲醚 ( $\text{CH}_3\text{OC}_2\text{H}_4\text{OH}$ )、乙二醇丁醚 ( $\text{C}_4\text{H}_9\text{OC}_2\text{H}_4\text{OH}$ )、乙二醇二乙醚 ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{OC}_2\text{H}_4\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$ ) 等，都是挥发性差、沸点高的溶剂，常用于硝基漆、酚醛树脂漆及某些环氧树脂漆中。乙二醇丁醚为最好的防白剂，能提高硝基漆的光泽度和流平性，还可用于静电喷涂和电泳涂装中。

(8) 涂料中常用的稀释剂 在涂装中，常用稀释剂来调整涂料的粘度，使之符合施工要求。稀释剂对涂膜性能有一定影响。有时好的涂料，在施工中也有不良现象产生，这大多是由于稀释剂用错或用量不当所致。稀释剂用错、会使涂料混浊析出，不能使用；稀释剂用量过多，会使色漆遮盖力和光亮度变差；稀释剂用量过少，会使涂料过稠，喷涂时涂膜流平性差，呈桔皮状，甚至起皱流挂。因此，一定要正确选用稀释剂，最好选用涂料生产厂家推荐的稀释剂，按产品使用说明书进行配用。

各种型号的稀释剂适用范围如下：

X—1 硝基漆稀释剂：稀释能力高于 X—2 而低于 X—20，主要用于硝基清漆、磁漆、底漆的稀释，也可用于稀释各种热塑型丙烯酸漆。

X—2 硝基漆稀释剂：可稀释质量要求不太高的硝基漆，或用于清洗硝基漆施工工具及用品等。

X—3 过氯乙烯稀释剂：稀释能力高于 X—23，主要用于稀释过氯乙烯底漆、腻子、磁漆和清漆，也可用于稀释各种热塑性丙烯酸漆。

X—4 氨基漆稀释剂：主要用于各种氨基漆的稀释，也可用于稀释短油度的醇酸漆及环氧酯类漆。

X—5 丙烯酸漆稀释剂：对丙烯酸树脂溶解良好，主要用于稀释各种丙烯酸漆，也可用于稀释硝基漆。

X—6 醇酸漆稀释剂：用于各种长、中油度的醇酸磁漆、清漆及底漆的稀释，也可用于酯胶漆、酚醛漆的稀释。

X—7 环氧漆稀释剂：对环氧树脂有较好的溶解性，可用于稀释由纯环氧树脂及高分子环氧树脂制成的底漆、磁漆、清漆及腻子、防腐漆等。

X—8 沥青漆稀释剂：有良好的流平性和稀释能力，可用于自行车沥青漆的稀释，但不能用于常温干燥的沥青漆的稀释。

X—9 缩醛漆稀释剂：对聚乙烯醇缩醛漆类有良好的溶解性，主要用于稀释缩醛漆类。

X—10 聚氨酯漆稀释剂：对聚氨酯漆有较强的稀释能力。

X—11 聚氨酯漆稀释剂：有良好的稀释和溶解性能，专用于 S01—2、S04—4、S06—2、S07—1 等聚氨酯漆和腻子的稀释。

X—12 有机硅漆稀释剂：用于有机硅耐热漆、底漆及腻子的稀释。

X—13 有机硅漆稀释剂：专用于 W61—27 有机硅耐热漆的稀释。

X—15 硝基漆稀释剂：溶解性好，挥发快，可用于 Q20—38、Q20—80 硝基铅笔漆的稀释，也可用于其他硝基铅笔漆的稀释。

X—16 硝基漆稀释剂：溶解性好，挥发快，专用于 Q20—37 硝基漆的稀释。

X—17 硝基漆稀释剂：用于硝基铅笔漆的稀释。

X—18 硝基铅箔漆稀释剂：对醇溶性染料的溶解性较强，专用于稀释 Q01—20 硝基铅箔清漆。

X—19 氨基静电漆稀释剂：用于稀释氨基静电漆，如 A14—3 等。

X—20 硝基漆稀释剂：防白性比 X—1 好，尤其在相对湿度为 70%，室温高于 30℃或低于 20℃时，更能显示其优越性，但比 X—1 硝基漆稀释剂价格贵，除用于稀释硝基漆外，也可用于热塑丙烯酸漆及环氧酚醛罐头漆的稀释。

X—22 硝基漆稀释剂：挥发性比一般硝基漆稀释剂快，但较易泛白，可用于稀释要求快干的硝基漆。

X—23 过氯乙烯漆稀释剂：溶解性比 X—3 过氯乙烯漆稀释剂差，可用于过氯乙烯底漆、腻子和要求不高的磁漆的稀释，也可用于过氯乙烯漆的施工工具和用品的清洗等。

X—24 聚酯漆稀释剂：专用于稀释 Z34—1 聚酯漆包线漆。

X—25 过氯乙烯锤纹漆稀释剂：专用于稀释过氯乙烯锤纹漆。

X—27 酚醛皱纹漆稀释剂：溶解力较强，易挥发，能加速皱纹的形成，专用于稀释酚

醛皱纹漆。

X—29 过氯乙烯漆稀释剂：具有较好的稀释能力和适当的挥发速度，适用于稀释各种过氯乙烯漆类。

X—30 硝基漆稀释剂：具有较好的溶解能力和适当的挥发速度，适用于稀释 Q01—4 毛刷施工的硝基清漆。

X—31 聚氨酯漆稀释剂：适用于聚氨酯清漆、磁漆、底漆和聚氨酯橡胶磁漆的稀释。

X—32 环氧沥青漆稀释剂：适用于稀释环氧沥青漆类。

三、色彩基本知识

(1) 光与色的关系 我们生活在色彩之中。色是人的眼睛受到可见光刺激后产生的视觉感，这时色彩就产生了。所以说，有光才会有色，无光便无色。这是人们能够亲身体会得到的。若不在灯的玻璃表面涂上其他颜色，则人们眼睛看到的只是灯光本色的光源色。我们看到的红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等颜色是不同波长的光。它们从各种物体上反射回来，刺激人的眼睛，使人的眼睛看到了那些物体本身的颜色。经常进行配色的人，在配色时，为了求得准确，需要反复拿到各种不同的光线下去观察对比，以通过不同波长的光来辨别配出的色相比标准色的色相有多少差别。每个人辨别颜色的能力有所不同，就是在配色能力相同时，还有视力和色感的差别。因此，光和色的关系是不可分的。

(2) 光色的产生 著名的英国物理学家牛顿在 1666 年发现由于光的折射而产生色的现象。即把波长为 400~700nm 的可见光（这是人所能见到的光）引入暗室，在光的通道上设置棱镜，当光照在棱镜上产生折射时，在白色幕布上就会出现彩虹一样的红、橙、黄、绿、青、蓝、紫的美丽彩带。这种现象在色彩学中称为“色散”，色带则称为光谱，即色光的混合。光是一种电磁波，波长不同的各色光线（光波）照射在物体上，折射率不同，从而产生“色散”，使人的眼睛看到了各种不同的颜色。

(3) 光的波长与色的关系 由上述所知，因光的波长不同，才有各种不同的颜色，形成万紫千红的色彩组合。六色光谱的波长范围见表 4-2。

表 4-2 六色光谱的波长范围

颜 色	波长区间/nm	颜 色	波长区间/nm
红	700~610	绿	570~500
橙	610~590	蓝	500~450
黄	590~570	紫	450~400

(4) 颜色在物体表面能显出彩色 在自然界里人们所看到的各种物体，有单一的颜色，也有同一物体呈现两种以上颜色的。这是什么原因呢？用色彩学的知识解释这些现象是因为各种物体都是由物质组成的，不同的物质有不同的性能，对阳光照射的吸收和反射也不一样，所以各种物体才显示出各种不同的颜色，构成了色彩缤纷的世界。每个物体都具有质量和色素，又具有折射（反射）光和吸收光的性质。当每个物体全色（红、橙、黄、绿、青、蓝、紫色）接受时并不全折射（反射），而是能吸收某些色光，折射（反射）某一种或几种色光，从而使物体本身呈现出所折射（反射）色光赋予的颜色。

(5) 颜色的表示 变幻莫测的颜色又怎样进行表示呢？在众多的色彩中，可以找出它们的规律性，即把人们所能看得到的色彩分成两个大类，称为有色彩和无色彩两类。划分的范



围是将白色、黑色、灰色及它们的所有深、浅不同的颜色都称为无色彩类；把红、橙、黄、绿、青、蓝、紫色以及其他不同的色彩划为有色彩类。

(6) 颜色的特性 概括起来，颜色有三种显著的特性，又称为色彩的三属性，即明度、色相、纯度（也称为饱和度）。有色彩的颜色才全部具有三属性，而无色彩的颜色只具有三属性中的一个属性，即明暗度。颜色特性的产生是很复杂的，但也有它们的规律性。孟赛尔色系表中，将颜色的特性用立体坐标的方法表示出来，称为孟赛尔色立体。在立体坐标图中把明度、色相、纯度用字母和阿拉伯数字表示出来，组成色相环。以用 R 表示红、Y 表示黄、G 表示绿、B 表示青、P 表示紫五个色相为基础，再在五个基本色中间加上黄红、黄绿、青绿、青紫、红紫五个色相，分别用 YR、GY、BG、PB、BP 等字母表示，以这十个色组成色相环。孟赛尔把上述十色相的每一色相用阿拉伯数字 1~10 再分成十个色相，如 3R、4B、5PB 等，这样共组成了 100 个色相。孟赛尔通过这 100 个色相的不同明度、纯度的色的再组合，就组成了 5000 多个不同的颜色块。为了辨别方便，孟赛尔采用 HV/C 字母形式表示明度和纯度，如 5B4/13，意思是第 5 号青色，明度为 4，纯度为 13。孟赛尔色块中纯度 14 为最高纯度。孟赛尔色立体中，还确定了其中的 10 个色相为代表色，分别用 5R4/14、5Y8/12、5GY7/10、5G5/8、5BG5/6、5B4/8、5PB3/12、5P4/12、5RP4/12 表示。

(7) 颜色的基本色 人对颜色的视觉感是光刺激人的眼睛后由人的生理本能感觉得到的，这些颜色就是看得见的各种颜色。由于光的波长不同，光的强度也就不一样，并且同一种光源的同一种光能产生不同的颜色，所以单靠人的眼睛辨别颜色是困难的。调配颜色时只有找出颜色的基本颜色，才能使配色有规律可循。颜色的基本色有三个，即红、黄、蓝。之所以称为基本色，是因为这三个颜色用其他任何颜色均不能调配出来，因此称它们为原色（本色）。以三个基本色为基础调配颜色，据研究可调出约 800 万种颜色。各色的名称含义分述如下：

1) 三原色：红、黄、蓝是基本色，是用任何颜色也不能调配出来的三种颜色，故称为三原色。

2) 间色：两种基本色以不同的比例相混而成的一种颜色，称为间色。间色也只有三个，即红色+蓝色=紫色，黄色+蓝色=绿色，红色+黄色=橙色。

3) 复色：两间色与其他色相混调或三原色之间不等量混调而成的颜色，称为“复色”。这可调出很多颜色。

4) 补色：两个原色可配成一个间色，而剩余的一个原色则称为补色。两个间色相加混调也会成为一个复色，而与其对应的另一个间色也称为补色。

5) 消色：原色和复色中加入一定量的白色，可调配出粉红、浅红、浅蓝、浅天蓝、淡蓝、浅黄、蛋黄、奶黄、牙黄等深浅不一的多种颜色，若再加入黑色，则可调出棕色、灰色、褐色、黑绿等明亮度和色相不同的颜色。黑色和白色起到了消色的作用，因此把白色和黑色称为消色。另外还有靠近色、对比色等。

(8) 颜色的色相、明度和纯度

1) 色相：色相（也称色调）用色彩的产生来解释是由物体接受光照射的反射（折射）光的波长决定的。各种物体由于质量和色素不同，形成吸收和反射的色光也就不同，使得各种物体呈现出红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等色彩。色彩都与色光的光谱相对应，即色光光

波长短范围内的波长决定颜色。所以,各种物体除吸收的色光外,折射出去的色光也不是某一个波长的光,而是由某一个范围的波长决定的光。例如,光波在700~610nm这个波长范围内的光都呈红色。因此,物体反射的色光波长刚好在某颜色的波长范围内时,即呈现该颜色,二者相对应的比例是人看得到的颜色和色相。

2) 明度:色的明度顾名思义就是色的明或暗的程度,即通常人们说的这个色很亮,亮度很高,或者说这个色很暗,亮度不够等。用色彩的理论来解释色的明度不够是指光的反射不强,对人的眼睛刺激不够。白色的刺激最强,红色、黄色的刺激也很强。所以,在配色时,为了辨别所配制颜色的亮度,总是要在各种光线下辨别配色的色相和明亮度。只有在光线适合的情况下才能辨别准确,明度太亮或太暗都不好。有时色相配对了,而亮度不对,不是太亮就是太暗。要介于两者之间,需要反复调整明亮度,才能找准确。白色和黑色最分明,纯白和纯黑,一个最亮,一个最暗。白和黑色的色相和亮度也有程度不同的深浅色。因为有颜色的色相和明度,所以能配制出很多颜色来。

3) 纯度:色的纯度即通常人们所说的色的纯正程度。配出很纯正的颜色是很不容易的,靠人的眼睛来辨别尤为困难。最纯正的颜色是光谱的颜色。如果采用现代化的光电比色计、分光光度计或色泽仪,再配一台高精度的电子计算机等仪器进行调配颜色,当然是最快和最准确的。因为色泽仪、分光光度计和光电比色计等精密光色仪器都是按光谱的颜色制造的,所以与所配颜色相对比再进行高速计算,可快速找出色料之间的比例数量,很快会知道其中哪种色料加入量不足和相差的数量。无配色仪器设备时,只能慢慢地找比例,若配色经验多,则调配得快并接近准确,但完全与光谱色一致是很不容易的。因此,我国生产的各批涂料的颜色之间都有一定的差别。即使使用光谱仪器和计算机配色,也还有在生产中造成的差别。完美的与光谱色一致的涂料是极少的,只能取得相当接近的颜色。

(9) 颜色对比 调配颜色时若没有对比色来检验,则很难说调配得是否准确,一般情况下都应进行对比。颜色的对比方法有两种:一种是和光谱对比,可采用光泽仪、光电比色计、分光光度计等仪器对比;另一种方法就是目测对比,用各种标准色卡相对比,其关键是标准色卡要制作得很准确才行。标准色卡应以光谱颜色为标准,这样才能使与标准色卡相对比的颜色达到高准确度。颜色对比时主要是对比色相、明亮度和纯度。对比颜色与使用的对比色板面积有很大关系。色板面积小,则对比的准确度较差。面积大的色板,其色彩的色相、明亮度和纯度的呈现都比较有层次,对比时很容易找出差距。

(10) 颜色调配的层次 颜色调配的层次非常重要。调色时,要首先找出主色和依次相混调的颜色,最后才是补色和消色。两相近色相调配时,一般可以调配出鲜艳明快的颜色,颜色柔和谐调。补色是用于调整灰色调的。所有颜色与其补色相调,都只能调成灰色调和较为沉着的色调。因此,在调配颜色时,补色一定要慢慢地少量加入,否则一旦加入量过多,就很难再调整过来。消色同样也是要少量地分次加入,一旦加多,也是很难调整的。白色的加入或作为主色尚可容易调整,而黑色则很难调整过来。补色和消色过量的结果,一方面是难以调整,另一方面是调配量越调越多,浪费时间和原材料,使用不完则难以保管。对于复色调配,应当主、次色依次序分清,按比例顺序逐步加入。用补色和消色进行最后的慎重调整,首先要调配好色相,然后再调整明度和纯度。在调配颜色时,只有使调配颜色有秩序地按步进行,按主次顺序加入色料,才能调得又快又准确。

(11) 颜色的感觉与作用 人们所能推断出的颜色有数百万种。颜色使人的视觉、生理、



心理产生各种各样的感觉和作用。现代人们对色彩的要求是艳丽、明亮、色相纯正而高雅，并且具备色彩的多样化。工业美术中离不开色彩，装饰美化产品使工业品具有成为富有时代先进科学技术特色的魅力。采用颜色材料来美化环境，可赋予生活以色彩美。颜色能给人以很多生理上的感觉，如冷暖感、疲劳感、轻重感、前进与后退感、明亮感等。颜色还会使人产生许多的联想，产生对各种颜色的喜爱或厌恶。颜色具有很多象征意义，会对人的心理上产生明显的作用。鲜花、明亮的色彩会使人感到快乐，精神振奋，催人奋进，给人以启发等。暗淡的灰色调会使人感到压抑、沉闷，给人的身心健康造成损害。颜色对人的视觉、生理、心理的作用如此之大，使得许多专家学者在不懈地探讨着。其具体内容如下：

1) 颜色的冷暖感。色彩中的红、黄、橙、黄红色使人感到温暖、振奋、快乐。红色使人感到轻松，想到前进，想到火与血，作为标示时使人感到明快、醒目。它们属于暖色。纯正的蓝色、紫色、绿色使人感到清新、爽快、平静，能赋予人们美好的联想。它们属于冷色。在生活、生产以及各种环境的活动中，颜色对人的生理与心理产生的作用是非常明显的。形容太阳的温暖是用“火红的太阳”，赞美人的热情时说“有着一颗火红的心”等。红色成为温暖的象征，使人们一看到红色就感到兴奋，催人上进。但红色也有不好的作用，就是让人感到时间长，红色的物体有沉重感，看久后精神烦躁，脉搏跳动会加快，使血压升高等。人们形容春天的来临为“天蓝蓝，地黄黄，风吹草低见牛羊”。黄色的明亮度仅次于白色，能使人感到醒目、明快，使人感到兴奋、明亮、壮观，产生贵重崇高的联想。橙色对人的生理、心理上的作用如同红色，会令人感到温暖而明亮。橙色中的浅淡橙色更会使人感到轻快、饱满、热情、友好。宾馆、饭店、餐厅等处多涂成浅橙色。淡橙色还会使人增加食欲，使人具有满足感。冷色使人们心理上、精神上感到轻松、清新、淡雅、安静、满足感，是使人浮想联翩的颜色。蓝色的天空、蓝色的大海、绿色的原野、绿色的大地等，都会使人感到心旷神怡。绿色是最易让人分辨的一种颜色，它给人以宁静之感，使人轻松并富于想象力，所以它是科研部门办公室选用的理想颜色。绿色会使人安静，集中精神去进行新的探索。蓝色会使人感到深远，奥妙无穷，得到平静感和心理上的安详感。重物涂上蓝色后会使人感到轻了，长度变短了等。蓝色还给人以清冷、冷淡、消极、荒凉、扩大之感。冷色调的紫色具有独特的美感，也有深浅不一的色相。紫色的幕幔给人以淡雅、安静之感，使观众觉得离舞台很近。应用紫色时，用浅淡的紫色才会显得美。使用具有冷暖感的颜色涂装产品，布置厂房、餐厅、商店、办公室、居室等处时，必须考虑多种因素，不仅要达到装饰美化的目的，而且要注意给人以温暖感，应使人具有明朗、舒适、淡雅、安静、愉快的感觉。阴面明亮的居室宜用浅淡的冷色（宾馆、医院、冷饮店也如此），阴面较暗的居室宜用暖色，给人以温暖、明快的感觉。如果一年内涂装两次，则宜选择冬暖夏凉的颜色。

2) 颜色的明亮感。浅色明亮轻快，深色暗淡。一般的居室墙壁的上部粉刷白色，阳面用冷色，阴面用暖色，要求避光的地方用深色，家具大都用明亮的浅淡色，也可以用紫檀色、深色。

3) 颜色的远近感。画家在作画时，常非常巧妙地利用色彩的远近感来表示浩瀚的大海、无边的天空、天地相连的大草原等。不同的颜色给人们以远近分明、有前有后的感觉。高明度的红、黄、橙色使人感到“近”，明亮度低的蓝、绿、青色使人感到距离远，有后退感。

4) 颜色的轻重感。在通常情况下，浅色会使人感到轻，而深色使人感到沉重、压抑、沉闷。在涂装产品时也要注意这一点。轻的产品应用浅色，小巧产品也要用浅色，如电风

扇、台灯、厂房、居室的顶棚等，这样不会使人感到压迫。地面和地板宜用深色，这样会给人以上轻下重的稳定感，否则会使人感到头重脚轻，不稳定。

5) 颜色的疲劳感、人们在红、黄色环境中工作久了会感到精神疲劳、刺激性强并觉得时间过得慢，而在浅色的天蓝、淡绿、水绿、淡紫等冷色布置的环境中工作、生活，会觉得淡雅、清静、舒适，精神舒展、愉快，并且会感觉时间过得快，不易疲劳。

6) 颜色给人以联想。色彩千变万化，给人以各种感觉。人们看到一幅美丽的图画时会浮想联翩。天空中遨游的白云，夜晚当空的明月，蓝蓝的大海，绿色的原野，这些充满色彩的大自然景物都会使人产生联想，给人以无穷的乐趣。人们也赋予色彩以各种象征，如用白色象征纯洁，用红色象征火红的心，用黑色象征狠毒等。从事涂装技术工作的技术人员、操作者要千方百计地美化产品，努力用多彩多色的颜料装饰出美丽的产品。

#### 四、配色

(1) 配色方法 涂料使用过程中的配色（涂料、颜料配色），在色料选择、比例关系、配制方法、配色质量等方面，都与涂料生产中的配色有着很大的区别。所以，配色时只有严格选择配制复色涂料的色料，遵守最基本的配色原则和正确的操作方法，才可能将颜色调配得好。若具备电子计算机等配色的先进仪器，则只要根据产品涂装要求的颜色、涂料的质量等进行色料选择，就可以通过较准确地计算出加入量，颜色的组合等也就较方便了。无配色仪器时，用手工配色是一件很困难的技术工作。配色时按照一定的原则进行操作。

(2) 色料的选择 配制复色涂料时，应重视需用色料的选择，选料时要遵循一定的方法。

1) 色料选用的依据。由于涂装产品使用环境条件的需要，选用色料时应考虑：调配的颜色要新颖，要突出产品的功能性和装饰性，兼顾设备整体颜色的统一，协调其他零部件已涂装的色彩，还要考虑产品在市场上的竞争力以及涂料购入的难易程度和生产短缺情况等因素。

2) 配色用辅助添加剂的加入方法。在配色过程中，根据涂料的使用要求，需加入催化剂、固化剂、防毒剂等一些辅助材料，或添加定量清漆。配色时若使用厚色涂料，则颜料色深并且粘度大，需要加入稀释溶剂。为使之互溶，应当加入适宜的配套品种，加入量应以尽量少为准。催干剂、固化剂等要在配制时按适宜比例加入，若加过量，则会影响明度和色泽。

3) 准确辨别配色的色相。根据几种颜料色浆和涂料在配制中所占的比例，来确定被选料的品种、性能、数量等。辅助添加剂也应一并选择。

##### 4) 色料选择方法与注意事项

① 色料的配套性。应选择性能相同且配套的原色涂料、原色颜料色浆、稀释溶剂等。必要添加的辅助材料中的催干剂、固化剂、防潮剂、罩光涂料等要与复色涂料的性能、质量相宜，并绝对避免它们损坏涂料的色相、明亮度、纯度。若选料不当，则它们相互混溶性不好，成色质量差，严重者会产生树脂析出、分层等缺陷。

② 色料密度。配制复色涂料时，用两种色料调配是极少数的情况，几种色料相调则属常见。若色料的密度不一样，则配制后的复色涂料易沉淀，使用时产生“浮色”，造成色相偏离。

③ 色料的颜色标准。虽然已判定复色调配用料的基本色调、主要色相及调整色料，但

是仍需在选料时具备对比颜色的标准色卡或标准色板，并进行准确的对照选择，以免影响配色的色相、亮度、色的纯度等。绿、灰、青色等涂料需用几种色漆料，色料的密度肯定会不一样，配制时，应边配边充分搅拌，使之充分互溶为一体。最好选用密度相近的色料。若配色时必须选用密度相差较大的色料，则对使用中可能产生的浮色，可采用加入硅油的办法来调整。

(3) 配色的原则 由于人眼接触的光波波长不同，所以看见的颜色也不一样。光有强、弱、明、暗之分，物质反射光的能力及色的组合也千变万化，这给配色工作带来很大困难，尤其在不具备先进仪器时，更不容易配色。但颜色有最基本的特征，存在着一定的规律性，只要掌握色彩的性能，循规守章，就可配成所需要的颜色。

1) 熟悉颜色的特征。虽然颜色多得难以推测，但是人们已经发现了它的最基本的特征，即色相、明度、纯度（又为饱和度）三个要素。它们是区分和辨别不同颜色的主要技术指标。简言之，色相就是颜色的样子，犹如人的相貌，各种物体的形象；明度是明亮的程度，明暗的差别；纯度是量的饱和程度。明度也称为辉度，主要用于辨别颜色的鲜艳程度。红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等以及它们相配合的颜色为有彩色，白、黑、灰色等以及它们深浅不同的颜色为无彩色。这两大类颜色的区别在于有彩或无彩色相。同色相的颜色仍有明与暗以及鲜艳与不鲜艳的区别。鉴别多种颜色时，只有遵照颜色基本特征多种多样的表现，才可将它们真正辨别清楚。

2) 按基本色的变化规律配色。基本色又称为颜色的原色。红、黄、蓝是原色。这三种色是用任何颜色均不能调配出来的，而以它们其中的两种色相混合或三原色不等量相混合，却可以调配成百上千种颜色。这就是色无穷变化的规律。要想配出准确的颜色，就必须遵守这个“规律”，否则不会取得配色的成功。例如，红+蓝=紫色，蓝+黄=绿色，黄+红=橙色，红、黄、蓝以不同比例相混可成黑等。紫、绿、橙色称为间色，间色俗称为复色。三种间色再相互混合又得出新的颜色。例如，紫+绿=橄榄色，紫+橙=赤褐色，橙+绿=柠檬色。三原色中的两种色相混合成色，三种间色中的两种色相混合成色，其中都还剩下一种色，这种色成为一种补色。两个对比最明显的颜色是补色，如红与蓝、紫与橙、黄与红等具有强烈的反照，相互依存、互为补充。所谓红花需有绿叶配，才显得红、绿分明而又鲜艳美丽。补色能起到调整色调（彩色的基调）的作用，如调和的明、暗、冷、暖、灰、沉着等色调。白色可以冲淡原色、复色等其他任何有彩色的或无彩色的色，如浅蓝、浅红、粉红、淡紫、浅绿、粉绿等颜色。加入不等量的黑色，可降低色的明度，但也可调出很多较沉着的颜色，如褐、灰、棕、墨绿、深紫等颜色。所以白、黑色又被称为消色。有彩色颜色（无色相）的色则存在明度、纯度的不同。按照基本色与复色、补色、消色等相互交错混合、对比、调整的规律，遵守它们成色的原则，就能调配出准确的颜色。

3) 配色用色料的配套性原则。选用的色料、稀释溶剂、辅助添加剂等，其性质必须符合配制复色涂料的性能，相互之间应配套，否则混溶性不佳，色相不准，还会出现析出、分层等质量问题。

4) 标准色的选择。最标准的色是光谱的颜色，用照片制作的标准色卡（或称色板）与其相比终有一些差距。校验配色的准确度时，可采用光电比色计等仪器进行对比。用光电比色计还可检测每种颜色的定量成分与加入量的差数，因为光谱仪能真实反映光谱色的本色。但在缺少比色仪器时，选用准确度较高的标准色卡是唯一的办法。对比调整是配色好否的一

条原则，也是配色准确度高的保证条件之一。

5) 调节涂料色彩的作用。成品涂料都具有多种多样的颜色。根据产品涂装需要，首先要显示出颜色的新颖性，甚至是购买不到的色料，表示出现代光学最新成果的色彩美，若再加上先进的材质、造型、加工工艺美，则既装饰产品又美化使用环境。颜色应醒目明快、舒展，令人喜爱。暖色令人感到温暖、愉快，催人奋进；冷色让人感到爽快、安静、舒适等，给予心理上美的享受。

五、配色应用实例

常用色漆配方见表 4-3。

表 4-3 常用色漆配方

色 相		配 比 (%)	原 色	红	黄	蓝	白	黑
粉	红			3	—	—	97	—
桔	红			9	91	—	—	—
枣	红			71	24	—	—	5
淡	棕			20	70	—	—	10
铁	红			72	16	—	—	12
栗	色			72	11	14	—	3
鸡蛋	色			1	9	—	90	—
淡	紫			2	—	1	97	—
紫	红			93	—	7	—	—
深	棕			67	—	—	—	33
国防	绿			8	60	9	13	10
褐	绿			—	66	2	—	32
解放	绿			27	23	41	8	1
茶	绿			—	56	20	—	24
灰	绿			—	11	8	70	11
蓝	灰			—	—	13	73	14
奶油	色			1	4	—	95	—
乳	黄			—	9	—	91	—
沙	黄			1	8	—	89	2
浅灰	绿			—	5	2	91	2
浅豆	绿			—	8	2	90	—
豆	绿			—	10	3	87	—
淡青	绿			—	20	10	70	—
葱心	绿			—	92	8	—	—
冰	蓝			—	2.5	1	96.5	—
天	蓝			—	—	5	95	—
湖	绿			—	6	3	91	—
浅	灰			—	—	1	95	4
中	灰			—	—	1	90	9

(1) 色料配色的准备工作 使用多种色料进行配色的步骤是：先熟悉标准色卡，准确判断所要配制颜色在标准色卡上是什么颜色，然后找出与标准色卡能够相调一致的基本色相，判断出颜色的主色、辅加调和色，调整色彩的明度、纯度，需要几种原色颜料色浆，主次的顺序加入方法，相互之间的比例（即配比），混合用色料的数量，然后选择性能、色度都比较好的原色色料，准备好调配设备和需用的工具，就可以进行调配了。涂装操作过程中的配



色是指将购买的原色色料调制成颜料色浆，对比标准色卡上的颜色，先调配好主色，然后调整好色相、明度、纯度等。所谓主色，是指用两种原色色料的适宜混合量调配出的基本色调。涂料生产厂是把配制涂料组分的树脂、油料、颜料（按配色比例量）、催干剂、有机溶剂等相混合，先研磨混溶，然后进行炼制，使之成为具有一定颜色的涂料成品。

（2）色料的配色方法 按照色彩产生的基本原理，色料的配色方法是加色法、减色法，现简要分述如下：

1) 加色法配色。色光照射在各种物体上时，由于物体组成物质的质量以及所含色素不同，使物体各自都具有既能反射色光，又能吸收某些色光的性能。物体反射出来的色光若在人眼所能看得见的色光光波范围内，则刺激人眼的视网膜，经神经传给大脑后再反射回来，由于人的生理本能可辨别各种颜色的色彩，因此可看到物体反射的色光颜色，也就是物体本身的颜色，即有彩色和无彩色的两类颜色。物体的颜色是阳光（人可见光）的色光赋予物体的。各种各样的物体由于吸收和反射色光的能力不同，所以有各自的颜色。色光就是阳光的无数光线。由于太阳光是一种电磁波，因此每种色光都有各自的波长。但各种波长范围不同的色光以不同的波长照射在物体上时，各种物体反射出来的色光波长也不相同，物体表面又不可能单一地反射光线，而人眼所见色光赋予物体表面的颜色是在一定光波波长范围内的色光所能呈现的颜色（如蓝色是 500~450nm 范围内光波的颜色，这种蓝色的色相、明度和纯度都很标准），这时，若将两种不同颜色的光照射在同一点上（照在白色幕布上），则它们同时反射（折射）回来的色光刺激人的眼睛，使人们眼睛所看到的这种色光的色比单一色的色彩（色相）更鲜艳、明亮。这说明颜色相加，可以获得色相更鲜艳明亮的混合颜色。以这种颜色相加而能获取更多不同明亮度的混合彩色的方法，称为加色法配色。

2) 减色法配色。阳光组成的光谱中有六种主要颜色，即红、橙、黄、绿、蓝、紫。我们知道，物体中的色素可吸收某些颜色光，而又反射不能吸收的色光，呈现色光所赋予的颜色（也是在一定波长范围内所能呈现的一种颜色）。根据上述道理，就可以明白各种物体可以吸收某些色光和不能吸收某种色光的现象。物体对光谱的主要颜色是全色接受，但为什么每一种物体又只呈现某一种颜色呢？这是因为物体把其他色光吸收了，反射了某一波长范围内色光的颜色，该颜色是人眼可见光的颜色。色料也是如此。当日光照射到蓝色料上时，蓝色料吸收了全部橙色光、大多数的红色和黄色光；当日光照射到黄色料上时，黄色料能吸收全部的紫色光、蓝色光以及被蓝色光吸收了大部分而留下少部分的红色光。所以黄和蓝两种色料相混合后吸收了其他的色光，而剩下的是绿色光，即黄色料和蓝色料混合后显绿色。把一种颜色的涂料涂在物体的表面上，假设呈现的是由两种色料相调后的颜色，如黄+蓝=绿色，则看到的绿色是把其他颜色的色光都吸收后的混合色（即黄、蓝混合后的颜色）。几种色料颜色相混调后而得到的一种变色，是吸收了用来调配这种颜色的几种色料的原色，而且不同程度地降低了这些色料原色本来很高的色相、明亮度、纯度后产生的具有一定色相、明亮度、纯度的一种混合色。在混合色中，参加混合配色的每一种色料都在混合色中被减去了自身的色相、明度与纯度。人们把这种有规律的配色方法称为减色法配色。

### 复习思考题

1. 简述空气喷涂原理。
2. 空气喷涂用喷枪按混合方式分为哪几种类型？

3. 操作喷枪的要点是什么？
4. 简述选择喷枪的方法。
5. 什么是热喷涂？
6. 热喷涂有哪些优点？
7. 何谓无空气喷涂方法？
8. 无空气喷涂方法有哪些特点？
9. 喷涂修补时需要做哪些表面处理？
10. 简述局部修补的工艺流程。
11. 简述溶剂的应用原理。
12. 溶剂按其来源，组成的不同分为哪几类？
13. 什么叫三原色？
14. 什么是颜色的色相、明度和纯度？
15. 为什么要注意配色用色料的配套性？
16. 色料配色时常采用哪两种方法？



# 第五章

## 静电喷涂

**培训目标** 掌握静电喷涂的原理和方式；能根据涂装件的特性选择适宜的涂装设备和施工方法，以获得满意的涂膜。

### 第一节 静电喷涂设备

#### 一、静电喷涂的基本原理

静电喷涂是将高压静电发生器产生的负高压电引到喷枪，使涂料作为负极，并进行雾化，按照“同性相斥，异性相吸”的原理，被涂物作为阳极，在两极间形成高压静电场，带负电荷的涂料微粒受静电场的作用，沿着电力线的方向，高效地被吸附到带正电极（接地）的被涂物表面，从而形成一层均匀的涂膜。静电喷涂原理示意图如图 5-1 所示。

静电喷涂设备主要由静电喷枪、静电发生器、输漆管、储漆桶等部件组成。整套静电喷涂设备安装在可移动的车子上，便于施工。

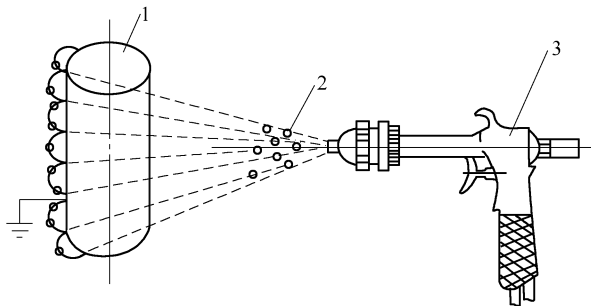


图 5-1 静电喷涂原理示意图

1—工件 2—带负电荷的涂料微粒 3—喷枪

#### 二、静电喷涂工艺条件的选择

（1）静电喷涂的操作方式 根据被涂物体的结构形状、体积大小、生产方式、涂装现场条件、所用涂料的品种、涂膜质量要求等因素选择和设计好静电喷涂设备，以保证有最好的涂装效果和效率，并获得最高的经济效益。在施工过程中必须选择好工艺条件。

（2）静电场电场强度 电场强度是静电涂装的动力。它的强弱直接影响静电涂装效果（静电效应、涂装效率和涂膜的均匀性等）。在一定静电场强度范围内，电场强度越强，静电雾化和静电引力效果越好，涂装效率也就越高；反之，电场强度小到一定程度，电量放电变弱（甚至不能产生），涂料微粒的带电量变小，静电雾化和涂装效率就会变差。

静电场电场强度主要取决于所用的电压和放电极与被涂物之间的距离（称为极距）。它与电压成正比，与极距成反比。静电场电场强度一般用平均电场强度表示。

在一般空气中，均匀电场火花放电的平均电场强度接近  $10\text{kV/cm}$ ，而在不均匀电场中此值显著下降，超过  $4.35\text{kV/cm}$  就能产生火花放电，不均匀电场的平均电场强度小于  $2\text{kV/cm}$ ，电晕放电很小，因此涂装效率极差。根据施工经验，静电喷涂最适宜的平均电场强度为  $30\sim 40\text{kV/cm}$ 。

静电喷涂采用的电压一般为 50~100kV, 固定型静电喷涂采用的电压为 80~100kV, 手提式静电喷涂采用的电压为 50~60kV。电压增高, 电场强度变强, 因而涂装效率也就好, 但使用 100kV 以上的电压时, 电场集中, 给绝缘带来困难, 故一般不采用。

被涂物与放电极之间的距离(极距)与电压有关, 电压增高, 极距必须增大。当电压为 80~100kV 时, 极距一般为 25~30cm。所以, 在装挂被涂物时还需注意物件形状。例如, 当四角形物体自转时, 要注意其最近和最远的距离。当极距小于 20cm 时就有产生火花放电的危险, 而当极距大于 40cm 时, 涂装效率非常差。

(3) 静电喷枪的设置 静电喷涂所用的各种类型的静电喷枪都规定了一定的喷涂量。若涂料带电量不足或雾化不良, 则会影响涂装效果。为满足涂装量和工艺上的需要, 常在同一喷涂室中采用多支喷枪进行静电喷涂。在设置喷枪时, 除注意其与被涂物间的距离外, 还要注意其与相邻喷枪间的距离, 以及接地装置之间(如地面、喷枪支架、喷涂室金属壁板和顶板等)的距离, 接地与相邻喷枪之间的距离。两支喷枪喷出的涂料以不相干扰为原则。若喷枪设置位置不当, 则会造成涂料粒相互碰撞, 产生离子同性相斥, 漆雾无方向性到处乱飞, 浪费涂料。

(4) 工件的悬挂 工件的悬挂是否正确和合理, 对静电喷涂效果影响很大。工件之间的距离以互不相碰撞为原则, 工件离地面的距离不应小于 1m, 自动输送带被涂物上端至运输链的距离不应小于 0.5m。在静电喷涂过程中, 被涂物最好能自转, 这样有利于涂膜厚度均匀, 但自转速度不宜过快, 一般为 3~4 次/min 即可。应经常检查和维护挂具, 确保被涂物悬挂正常。

### 三、静电喷涂设备及其维护和安全措施

(1) 静电喷涂设备 静电喷涂设备的类型较多, 按操作方法、喷枪的雾化方式和喷涂室的形状可分为以下几种:

1) 手提式静电喷涂设备: 手提式静电喷涂设备由静电喷枪、高压静电发生器、压力供漆桶等部分组成。为了移动方便, 将成套设备安装在小车上, 用手操纵静电喷枪进行涂装。手提式静电喷涂设备灵活性大, 不受施工场地和工件尺寸限制, 适用于生产批量不大的工件涂装。

2) 室式静电喷涂设备: 室式静电喷涂设备是静电喷涂设备中常见的类型。它由静电喷涂室、喷枪、高压静电发生器、供漆装置等部分组成。室式静电喷涂设备在静电喷涂室内进行涂装。喷涂室一般采用悬挂输送机或地面输送机运送工件。按照涂装的技术要求, 工件能在喷涂室内旋转。喷涂室内的设备有固定式的, 也可将静电喷枪安装在可以升降的机构上, 这样可充分利用喷枪的使用范围。室式静电喷涂设备适用于连续生产。形状简单, 结构不复杂的大、中、小工件选择室式静电喷涂设备, 可以得到较好的涂装质量。

3) 移动式静电喷涂设备: 移动式静电喷涂设备是把喷枪按照所喷涂工件的外形轮廓, 安装在龙门桁架上, 喷涂施工时, 工件固定不动, 龙门桁架沿工件长度方向移动。移动式静电喷涂设备生产效率高, 移动一次即可完成一道喷涂操作。这种喷涂方法适用于大型工件, 如机车车辆的外表面喷涂。

#### (2) 静电喷涂设备的检查和维护

1) 静电喷涂设备在长期使用后, 放电极上会附着一层较厚的涂料, 使荷电效率下降, 并使喷枪的喷嘴和内部积漆, 直接影响静电喷涂的效果。因此, 喷涂施工完成后, 应把放电

极、喷枪的喷嘴及其内部用棉纱蘸溶剂轻轻地擦洗干净。在擦洗前放电极应接地放电，不允许把内部装有保护电阻的静电喷枪直接浸泡在溶剂中。

2) 静电喷枪、支架固定座、输漆管、气管、高压电缆等绝缘件上会附着涂料，不仅会产生漏电现象，而且会有表面放电和绝缘电阻被破坏，引起火花放电的危险。所以在涂装完成之后，应用棉纱蘸溶剂把附着在表面上的涂料擦净并晾干。若发现部件已损坏，则应及时更换。

3) 定期检验高压静电发生器设备上的直流电压表和直流电流表的测量准确性并校正其有无异常。高压静电发生器存放处必须保持干燥和清洁。

4) 静电喷涂时被涂物必须良好接地。被涂物的接地途径为：被涂物→吊具→运输链→房屋钢架→接地。其中，吊具易附着涂料，并且反复使用，涂料在其表面会越积越厚，因此在吊具连接点处易产生接地不良，从而使被涂物产生接地不良现象。这样不仅影响喷涂效率和环保性，而且容易蓄积电荷，当人和其他接地物与其接近或接触时，有产生火花放电的危险。为此，应经常检查被涂物接地是否良好。

常用 1000V 的绝缘电阻表检查被涂物接地状况是否良好。当接地与被涂物之间的绝缘电阻超过  $1\text{M}\Omega$  时，说明接地不良。还可以采用非接触式检查方法，即用静电荷检验器测定刚喷涂后的被涂物表面上的电位，如果测出有电位，就可判定接地不良。

### (3) 静电喷涂时的安全措施

1) 在喷涂室内施工时，所有被涂物（高压系统除外）都必须接地，但在喷涂导电性涂料时，输漆系统例外，不能接地。

2) 静电喷枪的高压部位以及高压电缆等高电压系统离接地物体的距离，应大于该产品制造厂所规定的间隔距离。

3) 喷涂室内的操作者必须穿导电鞋（电阻在  $10^5\Omega$  以下）以处于接地状态。当操作手提式静电喷枪时，手不应戴手套，应裸手操作。

4) 喷涂室内地面不应积存废漆，应保持地面干净。

5) 静电喷涂施工结束后，应立即切断高压电源，并接地放电。

## 第二节 静电喷涂的特性

### 一、静电喷涂的要求

静电喷涂的效果不仅取决于静电喷涂设备和管理水平，而且取决于所使用的涂料品种是否符合静电涂装的要求。静电涂装时，要求涂料的电阻率低，其数值为  $5\sim 50\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$  比较适宜。涂料的电阻率除与涂料中的树脂有关外，还与选用的溶剂组分有关。因此在实际涂装时，往往采用加入溶剂的办法来调整其电阻率的大小。

静电喷涂用涂料的电阻率要求低，而常用涂料的电阻率比较高。为了降低涂料的电阻率，常在涂料中添加适当极性的溶剂。常用溶剂的极性分类见表 5-1。

静电喷涂室内的风速也很重要。喷涂室内的排风主要用于排除在喷涂过程中产生的溶剂蒸气，使室内溶剂蒸气的含量在有机溶剂爆炸下限浓度以下，以确保施工安全。静电喷涂室风速应控制在  $0.3\sim 0.7\text{m/s}$ ，风速过大会影响喷涂效果。排风装置中应设置风速调节机构。

表 5-1 常用溶剂的极性分类

高极化	中极化	低极化	非极化
丙酮	乙酸戊酯	甲基戊酯	苯
乙酸乙酯	乙酸异己基甲基戊酯	乳酸乙酯	甲苯
甲醇	丁醇		二甲苯
甲乙酮（丁酮）	乙二醇乙醚		200# 溶剂汽油
甲基异丁基酮	乙酸乙二醇乙酯		高闪点石脑油
乙酸丁酯	丁二醇丁醚		
二丙酮醇			

## 二、静电喷涂操作程序

### （1）开机程序

1) 先打开高压静电发生器低压开关，然后打开其高压开关，这时可见高压指示灯发亮，高压静电发生器中的绝缘油产生微小的波动。喷枪上的高压静电在使用前不需要测量。当需要判断喷枪是否有高压静电时，操作者可拿一根良好的绝缘棒，在棒的另一端缚上接地导线，当此导线逐渐靠近喷枪时，就会看到放电现象，拉弧长度为 1cm，相当于电压为 10kV，正常使用时拉弧长度一般为 8~12cm。如果在喷涂室内进行静电喷涂，则打开高压静电发生器后任何人不要进入喷涂室，以免造成电击伤害。

2) 开启压缩空气，这时喷枪就喷出漆雾，判断正常后关掉压缩空气（或输漆泵），待工件进入喷涂室时再开启压缩空气（或输漆泵）。

### （2）停机程序

1) 先关压缩空气（或输漆泵），停止输漆。

2) 关高压静电发生器。

3) 把输漆管放入溶剂桶内，用溶剂清洗管道。

## 三、静电喷涂的特点

1) 能大幅度地提高涂料利用率。静电喷涂是靠静电将涂料粒子涂到被涂物上，因此能大幅度地减少喷雾回弹和喷逸现象，只有很少一部分涂料飞散损失。以手工喷涂为例，涂料的利用率为 30%~70%（以喷涂到被涂物表面的湿膜计），有的甚至更低。喷涂网状或管状的被涂物时，涂料利用率仅为 10%~30%，而静电喷涂由于具有环抱效果，所以涂料的利用率为 80%~90%，涂料的耗用量为空气喷涂的 50%~90%。

2) 成倍地提高生产率。静电喷涂适用于批量较大的流水线生产。

3) 减轻劳动强度，改善卫生环境。静电喷涂可以实现自动化，能够进行连续流水作业，使操作者从繁重的体力劳动中解脱出来。由于吸附作用，因此在生产过程中不产生大量漆雾，从而改善了生产环境卫生，有利于操作者的身体健康，减轻了涂装产生的公害，节省能源。

4) 喷涂质量好。被涂物的凸出部分、圆部、角部等都能被喷到涂料，并且涂装质量良好。

5) 静电喷涂使用的是高电压，有易发生火灾的危险，因此施工时必须要有可靠的安全措施和防火措施，并遵守操作规程。

6) 静电屏蔽作用使电场力分布不均匀，导致喷涂到工件上的涂膜也不均匀，出现凸出现象，尖端和锐边处涂膜较厚，而凹陷处涂膜很薄，甚至有的涂不上涂料。

7) 静电喷涂所用的涂料和稀释剂在性能上与一般喷涂法所用的涂料和稀释剂是有区别的。静电喷涂的涂料应具备的特点为: 流平性和附着力要好; 细度要高, 光泽度要好; 具有一定的导电性能; 固体含量要高, 遮盖力要好; 粘度要适当。此外, 静电喷涂所用涂料内的色料密度不应太大, 否则易沉底, 使涂膜颜色不一致。一般静电喷涂的电阻应控制在  $10 \sim 50 \text{k}\Omega$ 。为达到此目的, 一般电阻较高的静电涂料需加入高沸点、溶解性强及高极性的溶剂, 以降低表面张力, 提高闪点。高极性的溶剂容易带电, 能有效地降低涂料的电阻值。高沸点溶剂在雾化时不易挥发, 可防止涂膜表面出现桔皮缺陷。溶剂的表面张力要小, 以增强雾化效果。闪点高的涂料不易发生火灾。

#### 四、静电喷涂的应用

1) 静电喷涂的应用范围日益扩大, 从大型的铁路客车、汽车、拖拉机, 到小型的工件、玩具以及家用电器等行业, 都可采用静电喷涂技术。

2) 静电喷涂也可与电泳涂装配套应用, 即以电泳涂装工艺涂底漆, 然后以静电喷涂工艺涂面漆, 并实现涂装作业的连续化、自动化。这种配套施工工艺已在汽车制造业和自行车制造业中采用。

### 复习思考题

1. 静电喷涂的基本原理是什么?
2. 静电喷涂设备主要由哪几大部件组成?
3. 选择静电喷涂操作方式时需考虑哪几个主要因素?
4. 一般固定型静电喷涂设备的电压是多少?
5. 手提式静电喷涂设备的电压是多少?
6. 静电喷涂时电极之间的距离是多少?
7. 工件的悬挂相隔距离以什么为原则?
8. 静电喷涂设备有哪几种类型?
9. 为什么要清除掉放电电极上的涂料?
10. 静电喷涂设备上附着涂料有什么害处?
11. 为什么被涂物必须接地良好?
12. 被涂物接地情况用什么方法检测?
13. 静电喷涂对涂料的要求是什么?
14. 静电喷涂室内为什么要规定风速?
15. 静电喷涂的操作程序是什么?
16. 简述静电喷涂特点。
17. 简述静电喷涂的应用范围。



## 第六章

# 电泳涂装

**培训目标** 涂装方法有多种，对于不常用的电泳涂装方法，需要了解和掌握，以便在实际生产中灵活运用和选择。

### 第一节 电泳涂装的基本原理

电泳涂装是应用胶体化学中的电泳原理，即带电荷的胶态粒子在直流电场的作用下，向着和它所带电荷相反的电极方向运动，并在电极上脱去电荷同时沉积而形成涂膜的涂装方法。这种胶体粒子的移动现象称为电泳现象。电泳涂料、电泳涂装也由此得名。

目前，广泛采用的阳极电泳涂装所用的电泳涂料——水溶性树脂，是一种高酸价的羧酸盐。该树脂制成后，多用胺类中和，生成高分子羧酸的氨（胺）盐，当溶于水中时，即离解成为带负电荷的胶态粒子和氨（胺）的阳离子，即



阳极电泳涂装时，在电泳槽中，以被涂物为阳极，另一金属片或槽体为阴极，通入直流电。根据电泳原理，在直流电场中，离子发生定向移动，带负电荷的胶态粒子  $\text{RCOO}^-$  向阳极移动，并在被涂物体上脱去负电荷，沉积成为不溶于水的涂膜；阳离子向阴极移动，在阴极上获得电子，还原成氨（胺）。这就是阳极电泳涂装的基本原理。当然，实际上，电泳过程是很复杂的，一般认为，有下列 4 种同时进行的物理化学过程（以阳极电泳为例）。

（1）电泳 带电荷的胶体粒子在直流电场的作用下，向与它所带电荷相反的电极方向移动，这种胶体粒子的移动现象称为电泳。涂料中，除了能溶于水的带电荷的粒子可以电泳外，还有能分散在水中不带电荷的颜料和体质颜料的粒子，它们也被包裹在带电荷的树脂粒子中间而随着其电泳。

（2）电沉积 溶于水的树脂粒子是带负电荷的，在直流电场的作用下向阳极方向移动，在阳极释放出电子并沉积在阳极上，成为不溶于水的涂膜，这个过程称为电沉积。脱去电荷的粒子先沉积在电力线密度特别高（即电阻值最小）的部位，如被涂物体的边缘、棱角等处，然后按电阻值大小的顺序进行沉积，最后得到比较均匀的涂膜。这就是电泳涂装的涂膜均匀完整的原因。这一反应是电泳涂装的主要反应。

（3）电解 当电流流过电解质和水时，水便发生电解反应，在阴极上放出氢气，在阳极上放出氧气。对于电泳涂装来说，并不希望发生电解反应（实际上又是难以避免的），因为阳极上放出的氧气可被沉积的涂膜吸收，影响涂膜质量，降低泳透率。为了降低电解作用对电泳涂装的影响，操作过程中应尽量降低使用电压，缩短电泳时间，以减少电解放出的氧气影响电泳涂装质量。

（4）电渗 电渗是在电场作用下的液相运动。当涂料的树脂粒子向阳极移动并沉积时，



分散树脂微粒的介质（主要是水）在内渗力的作用下，向粒子运动的反方向运动，从阳极附近穿过沉积的涂膜进入电泳液中，这种现象称为电内渗，也称为电渗。电渗的作用是对沉积下来的涂膜进行脱水。这是电泳涂装非常有利的工艺过程。这样可以使沉积的涂膜含水量降低，即涂膜中的水被“挤出”去了。含水量降低，使烘烤的时间和耗能量也降低，并且使涂膜变得更紧密。

## 第二节 电泳涂装方法

### 一、阳极电泳

阳极电泳是应用比较多的一种电泳涂装法。电泳涂装时所用的涂料树脂及颜料粒子能带负电荷。在电泳过程中，被涂物体作阳极，电泳槽体作阴极，两极分别接上直流电源的正负电极，在外加直流电源的作用下，带负电荷的涂料粒子移向阳极（被涂物体），在阳极表面失去电荷，呈不溶状态沉积在阳极上。切断电源后将阳极取出（被涂物体），用清水冲洗干净，然后烘干，在物体表面就会形成一层电泳涂膜。

### 二、阴极电泳

阳极电泳涂装存在着涂膜颜色变深、耐蚀性能差的缺点。随着涂装技术水平的不断提高，采用阴极电泳涂装，所得涂膜性能比阳极好，具有一定的耐蚀性。阴极电泳所用的涂料树脂及颜料粒子带正电荷，在电泳过程中，被涂物作为阴极，阳极通常一般采用炭棒，安装在具有隔膜的罩内。金属槽体的内壁表面需要用绝缘保护，目的是防止金属槽体受损。两极分别与直流电源的正负极相接。在直流电源外加电场的作用下，带正电荷的涂料粒子移向阴极，失去电荷的阴极表面呈不溶状态沉积在阴极上。这时切断电源，从槽体中取出被涂物，用水冲洗干净，然后经烘干处理，物体表面上便形成一层电泳涂膜。

### 三、交流电泳

交流电泳采用的电源为 50Hz 交流电，电泳的工件和电极间的电场是 50Hz 的交流电场。涂料中的带电粒子在交流电场正极半周时向工件方向移动，失去电子，在物体上沉积成膜；在交流电场负极半周时，涂料粒子就被排斥而离开物体，不能在物体上沉积成膜。交流电泳与直流电泳相比，设备简单，容易实施，电泳的涂料 pH 值不需严格控制，电泳涂料的固体成分适应范围大，可以用于黑色金属和铝制件的电泳，但耗电量大，使用的交流电压比较高，存在着一定的危险性。由于交流电泳电压是交变的，沉积效率低，因此交流电泳涂装不适合大规模的连续性长期生产，只能在无直流设备的情况之下，过渡性生产时采用。

## 第三节 电泳涂装设备

电泳涂装主要设备如图 6-1 所示。

### 一、电泳槽

电泳槽一般用普通钢板焊接制成，也有的采用聚氯乙烯硬板热焊制成，槽体的大小根据涂装工件的外形、尺寸和施工方式（如间歇式或连续自动化生产）来确定。为了适应涂料数量和厂房现有面积，要求将电泳槽体制作得尽量小一些，但阴阳两极之间要保持一定距离（一般在 150mm 以上），以保证良好的电泳和安全操作。阴极的面积应根据电泳涂料的品

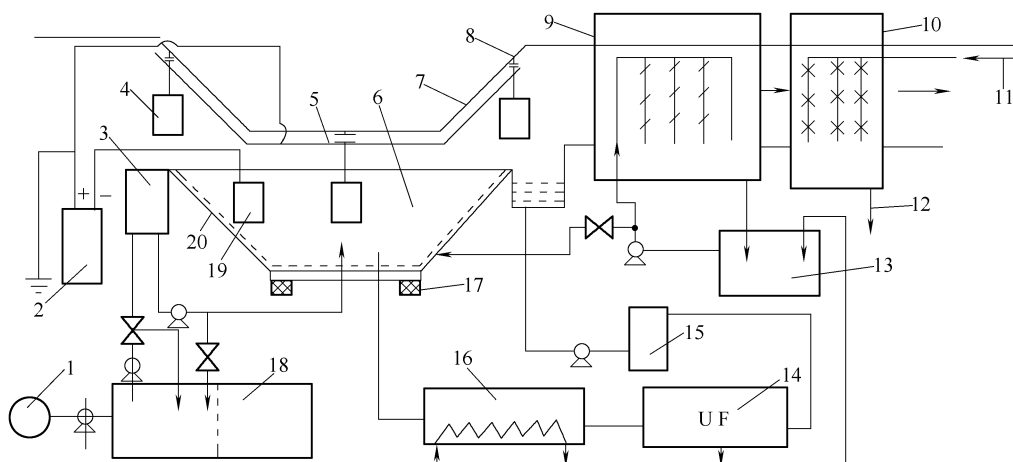


图 6-1 电泳涂装主要设备结构示意图

- 1—补给涂料槽 2—直流电源 3—辅槽 4—泳涂件 5—导电机构 6—电泳槽  
7—悬挂输送链 8—绝缘质 9—水冲洗机构 10—脱离子水冲洗机构 11—供水系统  
12—排水 13—水槽 14—超滤装置 15—预滤装置 16—热交换器  
17—绝缘垫板 18—搅拌槽 19—电极装置 20—绝缘衬里

种、工件体积和形状来确定，一般不小于电泳件面积的  $1/2$ 。

电泳槽的形状有方形、船形。其中，船形电泳槽多见于连续式操作。无论什么形状的电泳槽，都是由电泳槽和溢流槽组成的，如图 6-2 所示。

涂料从溢流槽下部抽出，由循环泵打入主槽底部喷管喷出。涂料从下向上返，以强力的旋涡和射流使涂料得到充分搅拌。主槽中的涂料经过槽上溢流装置流到溢流槽，使涂料得到不断的循环。槽底四周要避免死角，最好采用抛物面等圆形状。溢流槽处应配过滤网，这样既可除去电泳涂料循环时的机械杂质，也可起消泡作用。电泳槽设有加热机构，可以通水或蒸汽来调节槽中的涂料温度。

为了便于电泳槽的维修，还应设有与电泳槽容量相同的储漆槽。

## 二、涂料搅拌设备

涂料搅拌方式大体可分为机械搅拌、泵循环搅拌两类。采用泵循环搅拌时，涂料从溢流槽经循环泵通过主槽底部的多孔管送入主槽，将槽底沉淀冲起，适当而有力的循环可使涂料成分及温度均匀，并防止颜料沉降。为了更有效地防止沉淀产生，也可在槽底部增加往复运动的滑板。涂料循环时，速度不宜太大，否则成膜效率低，并加速电泳涂料的老化变质。为了防止空气由循环泵吸入口上方进入涂料中，循环泵入口必须严格密封。小型的电泳槽还可用电动搅拌器循环搅拌，搅拌次数应根据涂料组成而定，一般全循环搅拌次数每小时  $2 \sim 10$  次。

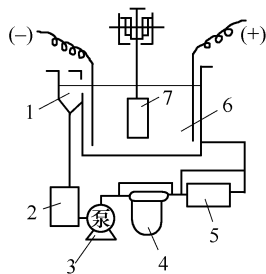


图 6-2 电泳槽示意图

- 1—溢流槽 2—循环槽 3—泵 4—过滤器  
5—热交换器 6—电泳槽 7—工件

### 三、直流电源

一般采用硅整流器或硒整流器，将交流电进行整流而获得直流电。大型设备可将直流发电机作为直流电源。

除上述电器设备外，还可根据条件和需要安装时间继电器、信号装置及自动控制设备等。

电泳涂装有恒压法、恒流法两种，目前我国采用的多为恒压法。其设备简单，操作方便，电压可用调压变压器来调整。恒流法的设备复杂，要求自动化程度高，所以应用较少。

### 四、导电机构

由直流电源输出的直流电通过阳极电排（导电梁），送到工件或挂具（阳极），电源负极直接连接槽体，并使槽体接地作为阴极，即阴极接地法，如图 6-3 所示。若需使用阴极罩等隔膜装置，则电源的负极悬于阴极罩内，电泳槽接地，槽内壁绝缘（见图 6-4）。另外还有阳极接地法，如图 6-5 所示。

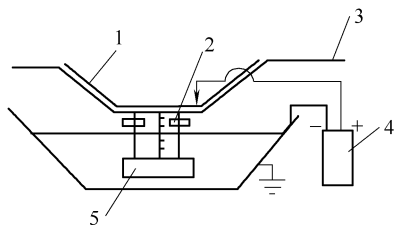


图 6-3 阴极接地方式

1—导电梁 2—绝缘体 3—传送带  
4—整流器 5—电泳件

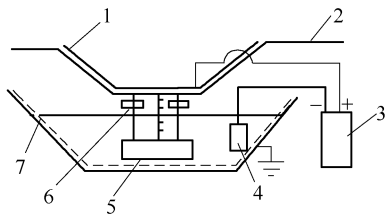


图 6-4 槽体接地方式

1—导电梁 2—传送带 3—整流器  
4—阴极隔膜 5—电泳件 6—绝缘体 7—内衬

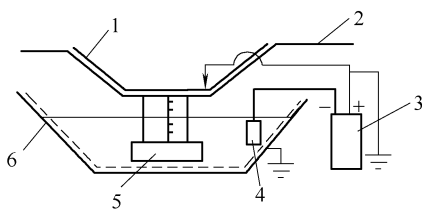


图 6-5 阳极接地方式

1—导电梁 2—传送带 3—整流器  
4—阴极隔膜 5—电泳件 6—内衬

阳极接地方式的优点是：

1) 被涂物体及阳极系统处于大地电位（即电位等于零），挂具与传送带之间，传送带与阳极电排（导电梁）之间均无需绝缘，因此可以降低设备费用。

2) 因为待涂工件与大地电位相等，所以操作人员与待涂工件接触没有触电危险。

3) 在阳极接地的同时，槽体也接地并绝缘（衬里），使槽体不带电，便于采用阴极隔膜装置。采用槽体绝缘可以防止槽体和工件同一电位，从而避免电泳开始时槽体表面电沉积和冲击电流过大而烧毁电表。

电泳时间的长短可通过传送带的速度和导电梁的长度进行控制。图 6-6 所示的是一种滚轮导电机构，适于阴极接地的电泳系统。工件悬挂在小

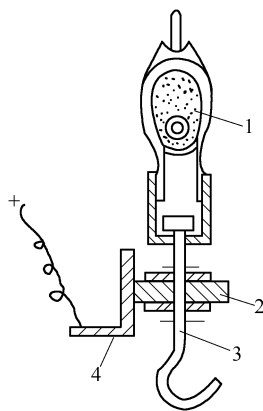


图 6-6 滚轮导电机构

1—绝缘瓷球 2—滚轮 3—小钩 4—阳极电排

钩 3 上, 由传送带输送到电泳槽时, 滚轮 2 与阳极电排 4 接触, 工件带电入槽电泳, 并带电出槽, 在工件离开电泳槽时即断电停止电泳。

### 五、冲洗设备

工件在电泳涂装前后冲洗, 一般用自来水 (最好用无离子水), 但需加压设备, 使水达到一定的压力, 才能达到预期的冲洗效果。图 6-7 所示的是一种带螺旋体的淋洗喷嘴, 可使水分散成伞形雾状水束, 效果较好。小型工件也可用常压自来水冲洗。

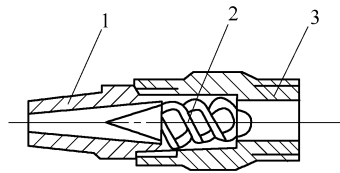


图 6-7 淋洗喷嘴

1—锥形喷嘴 2—螺旋体 3—连接体

### 六、烘烤设备

目前生产中所用的电泳漆多为烘烤型的。它不是单靠水分蒸发成膜, 而是主要使树脂发生化学反应而成膜, 因此必须烘干。烘干时应注意温度的控制, 温度太高, 涂膜颜色深, 脆性大; 温度低, 涂膜软, 附着力差。

电泳漆可采用电阻炉、感应电炉和红外线烘烤炉烘烤。目前小型工件以红外线烘炉设备应用较普遍, 所用的加热元件有氧化镁和碳化硅等。

红外线烘烤的特点主要是通过热辐射能透过涂膜, 使金属加热后由里向外干燥。其成本低, 产量高, 烘干时间短, 且温度均匀。在实际应用中, 碳化硅型的红外线加热元件较普遍。碳化硅红外线辐射器有管式与板式两种。前者的特点是升温快, 但要装辅助辐射板; 后者绝对温度高, 适用于大型工件或厚涂层工件的烘干, 但消耗的电能大。两种类型的辐射器结构如图 6-8 所示。烘烤设备要根据具体情况进行选择。

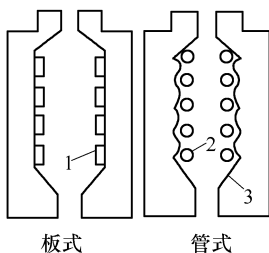


图 6-8 红外线辐射干燥结构示意图

1—碳化硅板 2—碳化硅管 3—反射板

### 七、挂具

实践表明, 在电泳涂装过程中, 挂具的选择是一个很值得注意和重视的问题, 尤其是对多品种或大量生产更是如此。如果选择不合适的挂具, 不仅影响产品质量, 而且会给装卸工件工作带来困难。根据一些工厂的实践经验, 在设计、制造及使用挂具时, 应注意以下几个问题:

- 1) 挂具最好采用铜质材料制造, 因为铜的导电性好, 在一定电压下不易附着涂料。若用铁质材料挂具, 则要定时用碱液将附着的涂料脱除。
- 2) 必须注意挂具的通用性和互换性, 尽量采用简单挂钩式等形式, 既要保持导电性好, 又要装卸方便。
- 3) 工件在装挂时应设法使工件的凹面在入槽和出槽时不产生窝漆的现象。
- 4) 若采用恒压法阴极接地形式电泳, 则必须使阳极 (即挂具) 绝缘。这就要求挂具上的绝缘装置耐高温烘烤, 并且要求挂具能承受一定的重量。因此挂具的制造就复杂了。
- 5) 在进行电泳涂装时, 挂具上也被沉积上涂膜, 烘烤后被绝缘。为使挂具能继续使用, 必须将挂具上的涂膜除掉, 一般采用热碱液煮沸脱除。但挂具上的碱液必须用水冲干净, 否则会影响电泳槽中涂料的稳定性和产品质量。
- 6) 大部分电泳涂装的工件是不能用手触及的。

## 第四节 电泳涂装操作

### 一、电泳涂装工艺流程

目前,钢铁工件的电泳涂装流程为:脱脂→水洗→除锈→水洗→中和→水洗→磷化→水洗→电泳涂装→水洗→烘干。

某些对涂装质量要求不高的工件不要求磷化或钝化处理,如铸件一般用喷砂法或喷丸法进行表面处理即可;对涂装质量要求很高的工件还要采取相应的处理措施。

### 二、工件电泳前的表面预处理

任何一种涂装方法,能否最大限度地发挥涂料的保护性能,要看金属表面净化和预处理是否得当,电泳涂装也不例外。

电泳前工件的表面预处理是电泳涂装的一个重要环节。工件表面预处理不好,不仅影响涂膜质量,降低其防锈性能,而且能破坏涂料的稳定性。因此,电泳涂装的工件表面要求无油、无锈、无酸碱及无电解质离子、无不溶于水的有机溶剂等。电泳涂装常采用的表面预处理工艺见表 6-1。如下:

#### 1. 脱脂

一般钢铁件采用碱洗脱脂,也有采用三氯乙烯蒸气进行气相脱脂的效果较好,但毒性很强,使用时应避免其外溢。用碱洗脱脂时,必须将碱液冲洗干净。铝件金属一般采用汽油或煤油清洗,或采用聚乙烯辛烷基酚—10(OP—10)、磷酸三钠(或硅酸钠)的水溶液进行清洗。

#### 2. 除锈

当工件表面有锈时,可通过酸洗将其除去,常用的酸有硫酸、盐酸、磷酸等。一般尽可能不用强酸,酸洗液中加少量缓蚀剂(若丁等)以减轻金属过度腐蚀及产生“氢脆”等。目前也有采用综合处理法同时进行脱脂、除锈的。

酸洗后的工件必须冲洗干净,否则残存在工件表面或狭缝中的酸随着工件带入电泳槽中,造成涂料中树脂絮凝、稳定性变坏。同时,残存的酸也会使磷化膜不均匀,从而使电泳涂膜出现“花脸”等缺陷。

#### 3. 磷化

磷化处理的目的是提高电泳涂膜的附着力及耐蚀能力,同时也延缓丝状锈(红丝)的出现。通常以锌、锰铁的酸式磷酸盐作磷化剂,其中以锌盐居多,锰铁盐较少,温度一般都采用中温或高温磷化。

磷化膜具有一定的电阻值。磷化膜越厚,电阻值越大,越不易涂装,涂膜局部缺陷越严重。不磷化的底层很容易涂装,但涂膜的附着力差,耐蚀性不好,容易产生丝状锈。电泳涂装的磷化膜应满足多孔、无灰、耐蚀性好的要求。磷化后应用水洗净电解质。

#### 4. 钝化

钝化可以达到填充磷化膜晶格空隙而提高磷化膜耐蚀性能的目的。钝化液一般采用铬酸酐或重铬酸钾的稀溶液(质量分数为 0.5%)。

在电泳涂装时是否进行钝化,尚值得研究。有的认为钝化对磷化层耐蚀性有很大影响,不能舍去;有的则认为磷化膜中铬酸痕迹的存在会对涂料的稳定性产生不良影响,故应当去



掉此钝化工序。

5. 水洗

表面预处理各阶段水洗的效果将对整个表面预处理及涂膜质量产生影响。脱脂、磷化和钝化，多数采用二次水洗（冷、热水各洗一次）。因为任何一种磷酸盐或水中的盐类都会影响涂料的使用稳定性。所以整个表面预处理的最后一次水洗最好采用软水（或无离子水），从而使工件在涂装前是纯净的。同时被涂物表面残存的电解质将导致电泳涂装过程中电解反应加剧，产生过多的气体，使涂膜出现针孔。

6. 烘干

工件进行适当的干燥，对防止杂质带入电泳涂料有很大作用。此外，涂料本身浓度就很低，工件若不经烘干就在涂料中进行电泳涂装，则其周围的浓度就更低，电泳过程中电极反应过激，工件上产生大量气体，其结果使涂膜粗糙，外观变坏。因此，工件即使不经过烘干，也要经过吹干，以除去涂膜上残余的水滴等，或在工件进入电泳槽前用稀释的电泳涂料（体积分数为3%）浸渍一下，这对改善涂膜外观及延长涂料使用寿命均有好处。但烘干温度应选择适当，以防破坏磷化膜。

表 6-1 电泳涂装常采用的表面预处理工艺

编号	工序	溶液成分	温度/℃	时间/min	溶液 pH 值
1	脱脂	NaOH: 80~90g/L Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> : 30g/L Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> : 30g/L Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> : 3~5g/L	>90	2~10	12~14
2	水洗	流动热水洗	>80	20~30s	8~9
3	水洗	流动冷水洗	常温	20~30s	7
4	除锈	30%工业盐酸	常温	2	—
5	水洗	流动清水洗	常温	1	4~5
6	中和	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> : 10~20g/L	40~50	1	9~11
7	水洗	流动清水洗	常温	1	—
8	磷化	Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> : 100~120g/L Zn(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> : 50~60g/L 总酸度: 80~85 点 游离酸度: 6~6.5 点	60~70	3~7	2~3
9	水洗	流动热水洗	>70	1	—
10	钝化	CrO <sub>3</sub> : 0.5~1.5g/L	>80	1	3~4
11	水洗	流动清水洗	>80	1	—
12	烘干	—	>170	4~8	—

三、电泳涂装工艺

1. 电泳

以某厂 WB130 产品 01-3 工件为例，所用涂料为 F11—2 军黄纯酚醛电泳漆。其电泳涂装工艺参数如下：

固体成分 10%~15%（质量分数）

颜基比	1 : 2.5
pH 值	6.8~7.2
漆温	18~25℃
醇含量	乙醇、丁醇各为 2.5% (质量分数)
漆液电阻	250Ω 以上
电压	40~120V
时间	4min

## 2. 电泳涂装的后处理

### (1) 水洗

其目的在于除去工件在电泳涂装过程中由于浸渍而黏附在漆膜表面的浮漆,以防止涂膜出现花脸。黏附的浮漆对涂膜有再溶现象。

水洗一般用自来水,但若自来水中含有较多的盐类,则涂膜防潮性会受到影响。在水中添加质量分数为 0.5%~3%的表面活性剂,对改善涂膜外观,增加光洁度,克服水痕等均有什么好处。

### (2) 烘干

电加热 170℃ 以上,时间 33min。生产上广泛采用红外线烘烤,其优点利于涂膜固化,缩短烘烤时间。

### (3) 检验

涂膜外观:平整、光滑、致密,膜厚一般为 20~35μm。

涂膜性能:

- 1) 用质量分数为 3%的 NaCl 溶液浸泡 48h,无锈蚀和锈点。
- 2) 用 40℃的蒸馏水浸泡 48h,无脱漆现象。
- 3) 抗冲击强度好,将冲击试验器的重锤(质量为 1kg)提高到 50cm 的高度进行冲击,用 5 倍放大镜观察涂膜,应无掉漆和裂纹。
- 4) 附着力:用划圈法测试,应一级通过。

## 四、电泳涂装工艺条件的选择

为了获得良好的电泳涂膜,除选择性能好的电泳涂料和表面处理工艺外,选择适宜的电泳涂装工艺条件是非常重要的。下面以阳极电泳为例介绍电泳涂装工艺条件的选择。

### 1. 电泳电压

电泳涂装有两种操作方法:一种是采用恒电压法操作,另一种是采用恒电流法操作。其中,恒电压操作容易控制,在生产上应用较多。

采用恒电压电泳时,电压对电泳涂膜质量的影响很大,它与电泳涂料的品种、被涂工件材料的材质、表面积和阴阳极之间的距离都有一定的关系。电泳电压高,电泳沉积速度就会加快,泳透力(即在电泳涂装时,涂料对被涂物内表面和凹处的电泳能力)也会提高,使涂膜增厚。但电泳电压过高时,电解反应加剧,气泡增加很多,电泳涂膜厚,而且表面粗糙,容易产生针孔,烘干后有桔皮现象。电泳电压过低时,电解反应缓慢,电泳沉积量减少,涂膜厚度薄而均匀,泳透力差。几何形状和结构复杂,表面积较大的工件,欲获得一定厚度且均匀的电泳涂膜,通常要通过数次试验来选择适宜的电泳电压。一般钢铁件采用的电泳电压较低,为 30~60V;铝及铝合金采用电压较高些,为 60~90V。当电泳电压超过破裂电压

时, 电解反应激烈, 气泡增多, 沉积在工件表面上, 使涂膜无实用价值。因此, 选择的极间电压应在临界电压与破裂电压间较为合适。

## 2. pH 值

电泳涂料为胶体溶液, 其 pH 值直接影响电泳涂料的稳定性, 而涂料稳定性正是电泳涂料涂装的一个主要参数, 在电泳涂装过程中, 需经常调整涂料的 pH 值, 主要方法如下:

(1) 加料法 补加低胺或无胺新涂料。这样, 一方面可以达到补加涂料固体成分含量的目的; 另一方面可利用涂料中的过剩胺, 将补加进去的新涂料稀释溶解, 从而达到调整和改善 pH 值的目的。

(2) 阴极隔膜法 (即阴极罩法) 用半透明膜制成一个阴极罩, 把阴极板装入阴极罩内, 罩内注满蒸馏水, 这样涂料的 pH 值不会上升, 始终能保持在一定范围内。这是控制 pH 值稳定的一种最有效方法。

(3) 离子交换树脂法 主要使涂料通过分别装有弱酸型和强碱型的离子交换树脂塔。其中, 弱酸型的离子交换树脂塔的作用是除胺, 调整 pH 值; 强碱型的离子交换树脂塔的作用主要是除杂质离子, 恢复电阻率。

## 3. 固体含量

固体含量指的是电泳涂料中所含固体成分的含量。刚出厂的电泳涂料中固体含量较高, 为 50% (质量分数) 左右, 而电泳施工时一般要求固体含量控制在 8%~16% (质量分数) 之间。为了获得这一固体含量, 必须用蒸馏水或无离子水对电泳涂料进行稀释。

在使用过程中, 若固体含量增加, 而其他工艺条件不变, 则涂料的粘度随之增加, 而涂料粒子的泳动速度与涂料粘度成反比。一般常用电泳涂料的固体含量在 30% (质量分数) 以下时, 随着涂料固体含量的增高, 粘度增大, 泳透力降低, 电渗性不好, 所以涂膜粗糙而且疏松, 附着力不好, 工件从电泳槽中黏附带出而损失的涂料量也随之增多。反之, 涂料固体含量过低时, 颜料容易沉淀, 涂料的稳定性差, 涂膜电阻增加, 使电泳电压增加, 导致水的电解反应加剧, 泳透力低, 电沉积效果差, 涂膜厚度薄, 易出现针孔、发花等缺陷。

## 4. 电泳涂料温度

在电泳涂装生产中, 一般采用连续电泳操作方法。电泳涂料在电沉积时, 一部分电能转化为热能, 再加上循环系统机械摩擦产生的热量, 以及周围环境温度等, 很容易导致电泳涂料温度逐渐上升, 而电泳涂料温度必须控制在 20~30℃ 之间。为此对电泳涂料必须采用恒温措施。电泳涂料温度升高, 涂料粘度降低, 涂料粒子运动加快, 电阻下降, 电流密度增大, 电沉积量增大。如果涂料温度过高, 则涂料中的溶剂挥发较快, 导致电泳涂料稳定性变差, 在电沉积过程中, 涂膜容易出现针孔、桔皮等缺陷。如果电泳涂料温度过低, 则涂料的水溶性降低, 电沉积量减少, 涂膜就会很薄, 在深凹表面处可能沉积不上涂料, 还会产生涂膜粗糙、无光等缺陷。

## 5. 电泳时间

随着电泳时间的延长, 沉积量也增加。对于结构、几何形状不是太复杂的工件, 电泳时间只需要 2~3min 即可。当工件的表面结构、几何形状复杂时, 根据泳涂效果来分析, 应适当地提高电泳电压和延长电沉积时间。

在一定条件下, 电泳时间增加, 电沉积量也增加。当涂膜达到一定厚度, 电阻接近于无穷大时, 若电泳时间再延长, 则不可能再增加涂膜厚度, 相反, 却可能导致涂膜外观质量变

坏。电泳时间与电压、固体含量、工件的形状、材料厚薄及极间距离等因素有关，没有固定标准。当电压一定时，在保证产品质量的情况下，电泳时间越短越好。

#### 6. 颜基比

颜基比是涂料中的颜料与基料（树脂）的质量之比。在电泳过程中，电泳涂料的基料质量总是比涂料的颜料质量大。当电泳涂料长期使用时，颜基比就会逐渐地下降，相应地使涂膜的颜基比也发生变化，影响涂膜的颜色、耐蚀性能及光泽。为保证涂膜质量，涂料的颜基比必须通过添加颜料含量高的涂料加以调整。

对电泳底漆来说，其颜基比为 1:2 时较适宜，无光电泳涂料的颜基比最好控制在 1:1~1:2 的范围内；有光电泳涂料的颜基比一般控制在 1:4 左右较好。实践证明，电泳涂料的颜基比控制在 1:1 以上较理想。在这种颜基比的情况下所获得涂膜，平整光滑。若颜基比太高，则所得的涂膜易粗糙，且薄而无光泽。如果电泳涂料中的基料少于颜料，则树脂对颜料的黏附能力较差，因此颜料与填料容易沉淀，使涂料的稳定性变差，所得涂膜的遮盖力随之变差。

#### 7. 阴阳极面积比及极间距离对电沉积的影响

阴阳极面积比对电泳涂装效率有很大的影响。电泳涂装量随着阴极面积的增加而增加。当阴极面积小于阳极面积的 1/2 时，电泳涂装效率将急剧降低。因此，一般将阴阳极面积比控制在 0.5~2.0 为宜。在生产过程中，一般采用的阴阳极面积比为 1:1。

极间距离过小时，极间电阻降低，并产生局部性大电流，这样所得到的涂膜厚度不均匀。若极间距离过大，则电泳涂装效果就受到影响，涂装量减少，电泳涂膜很薄并且不均匀。因此，极间距离需保持适当的范围，在连续生产批量大的情况下，一般控制在 100~150mm。

#### 8. 泳透力

泳透力就是电泳涂料对被涂物的部位（内表面、凹面、缝隙等处）的涂覆能力。即使结构复杂的工件也能在其全部表面均匀地涂上涂膜。

泳透力与电泳涂料本身的性能很有关系，故选择泳透力大的电泳涂料有重要的实际意义。凡泳透力不好的涂料，涂装后工件表面出现阴阳面，甚至会有严重的流挂现象，但泳透力特别好的涂料，电泳涂装后，则不能获得较厚的涂膜。

有些人认为，泳透力反映了涂料本身电泳涂装能力，与电泳涂装工艺参数也有关。泳透力与电泳电压、时间、涂料固体含量成反比，与涂料的 pH 值、温度、极间距离成正比。影响泳透力的因素很多，应根据实际条件进行测试并加以比较，选择出适宜的工艺参数和电泳涂料。

#### 9. 助溶剂的影响

电泳涂料的溶剂为水，在施工过程中加入适量的有机溶剂作为助溶剂，用以改善电泳涂料中树脂的水溶性及改善涂膜的表面状态，同时可以调节涂料的粘度，从而提高涂料的稳定性。施工常用的助溶剂品种有丁醇和乙醇等。

实践证明，加入助溶剂，可使电泳涂装量有所增加。但助溶剂的用量必须适宜，若用量过多，则会使电泳涂膜的电渗作用变差，泳透力降低，涂膜变薄且容易出现针孔。另外，在实际生产中，应考虑溶剂会因蒸发而减少，这时要定期补加部分助溶剂，以使电泳涂装正常进行和保证涂装件的涂装质量。

总之，电泳涂装与其他涂装方法相比有以下优点：

1) 电泳涂装以水作为溶剂，不用涂料配制，施工中不使用有机溶剂，不会带来易燃、易爆、有毒等危害，有利于安全生产，并降低了有机溶剂消耗，减少了环境污染。

2) 涂料利用率高，可达90%~95%，比其他涂装方法高得多，降低了生产成本。

3) 可实现机械化、自动化涂装。目前，电泳涂装多采用流水作业生产，降低了工人劳动强度，使生产效率显著提高。

4) 涂膜质量好，附着力强，涂膜厚度均匀，即使是工件的棱角、缝隙、内层及形状复杂的部位，也能均匀、完整地一次性涂覆。涂膜结构细密，防护性能超过同类溶剂型涂料。

由于电泳涂料有较多的优越性，因此汽车行业、货架行业、自行车行业等，凡是生产批量比较大而零部件尺寸不大的场合大多采用电泳涂装工艺进行涂装。

### 复习思考题

1. 有几种电泳涂装方法？
2. 什么叫做电泳？
3. 什么叫做电沉积？
4. 什么叫做电渗？
5. 电泳槽的要求有哪些？
6. 涂料搅拌设备有哪两类？
7. 电泳工件为什么要接地？
8. 如何使用冲洗设备？
9. 使用挂具时应注意哪几个问题？
10. 电泳涂装的一般工艺流程是什么？
11. 电泳涂装常采用的表面预处理方法分为几个步骤？
12. 电泳涂装工艺参数有哪些？
13. 电泳涂装工艺条件有哪些？
14. 电泳电压对涂膜有什么影响？
15. 为什么要控制电泳涂料的固体含量？
16. 电泳涂料温度一般控制在什么范围？
17. 电泳时间对涂膜有什么影响？
18. 简述极间距离对电沉积的影响。
19. 什么叫泳透力？
20. 助溶剂有什么作用？



# 第七章

## 质量检验

**培训目标** 能对照质量验收评定标准，对涂装施工质量进行自我检查，并根据验收规范认真填写自检自查表，判定完工后质量的好坏，找出质量问题的原因，并能采取必要的防止措施。

### 第一节 涂料的质量检查

涂料质量的优劣直接影响涂膜的质量。涂料的质量检查是确保满足产品涂装后使用环境条件要求的重要保证之一。

#### 一、粘度的检测

(1) 粘度的定义 粘度是液体内部阻碍其相对流动的特性。在外力作用下，液体分子间的相互作用会阻碍分子之间的相互运动，这种特性称为粘度，又称为绝对粘度或动力粘度。

(2) 涂料粘度的控制 对涂料的生产单位来说，粘度是控制涂料质量的重要指标；对涂装施工单位而言，了解涂料的粘度，就能控制施工时涂膜的厚度。在一定固体含量的条件下，涂料粘度与漆基中的高聚物相对分子质量有关。若聚合度过高，则高聚物相对分子质量就会过大，要达到施工粘度，就要多加溶剂，降低涂料的固体含量，而这样会使涂膜达不到规定要求的厚度，从而影响产品的使用寿命；若聚合度低，则高聚物相对分子质量太小，形成的涂膜不耐久、丰满度差、光泽低、冲击强度和硬度低。因此，无论涂料的生产单位还是施工单位，都要将粘度控制在一个合适的范围内。

#### (3) 涂料粘度的测定方法

1) 相对粘度（条件粘度）的测定：在一定的温度下，一定体积的液体，从规定容器中通过规定直径的小孔流出所需的时间为相对粘度，以 s（秒）为单位。

2) 绝对粘度（动力粘度）的测定：测量液体各个分子间的摩擦力得到绝对粘度，以  $\text{Pa} \cdot \text{s}$  为单位。

目前，通常测量涂料的相对粘度，采用的仪器为涂—4粘度计（也称涂—4杯），用金属材料制成，如图7-1所示。

测试时，先用手指堵住漏液孔，然后用涂料将粘度计注满，用直尺刮平液面，把手指从漏液孔处移开，同时开始计时。涂料从粘度计流出的全部时间（s），即为涂料的涂—4杯粘度。

#### 二、遮盖力的检测

(1) 遮盖力的定义 遮盖力是指有色不透明的涂料

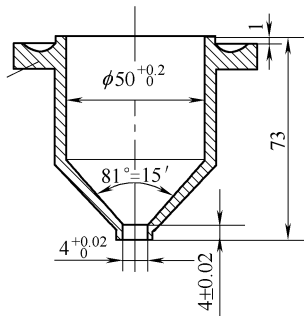


图 7-1 涂—4 粘度计

均匀地涂覆在被涂物表面上,使其底色不再呈现的能力,称为遮盖力。优良的涂料品种,应具有较好的遮盖力,一般深色漆的遮盖力比浅色漆强。

### (2) 遮盖力的测试方法

1) 单位面积耗量法。该方法是测试涂料遮盖力的常用方法,又称为黑白格测定法,即将试样均匀地涂刷在  $100\text{mm} \times 200\text{mm}$  的黑白格玻璃板上,在散射光或规定的光源设备内目测,当刚看不见黑白格界限时,称其所用的涂料量。遮盖力(以湿涂膜计)的计算公式为

$$X = (W_1 - W_2) / S$$

式中  $X$ ——涂料遮盖力 ( $\text{g}/\text{m}^2$ );

$W_1$ ——涂刷前盛有涂料的容器和漆刷的总质量 ( $\text{g}$ );

$W_2$ ——涂刷后盛有剩余涂料的容器和漆刷的总质量 ( $\text{g}$ );

$S$ ——黑白格板被涂面积 ( $\text{m}^2$ )。

此方法由于不易观察到终点,因此准确度较差,且流平性和刷痕对遮盖力的测试结果也有一定的影响。但由于该方法操作简单、经济实用,因此至今仍普遍使用。

2) 最小涂膜厚度法。采用刷涂或喷涂于单位面积黑白格板上,用湿膜测厚仪测出湿膜厚度,再计算消耗量。

### 三、密度的检测

密度对涂料只作为参考指标,主要是作为计算涂料体积和质量的依据,决定包装桶大小,也可用于核算成本。

测定涂料密度的方法是:采用容积为  $37\text{mL}$  的金属筒(密度杯),将试样倒入杯中装满,盖上盖,让多余的涂料从盖上小孔溢出,擦净,称重并除以  $37$  即可,以  $\text{g}/\text{mL}$  为单位。

### 四、细度的检测

涂料细度表示涂料中所含颜料的分散程度,以  $\mu\text{m}$ (微米)为单位。

涂料细度小,能使涂膜的表面平整、光滑,改善涂膜的外观和装饰性,并且能提高涂膜的保护性能;粗糙的涂膜,不但影响涂膜的外观和光亮度,而且会影响涂膜的耐久性。涂料的细度应根据产品用途加以区别,如用于室内的对装饰性要求高的产品(如电冰箱、热水瓶等)对细度的要求就特别严格,而室外的桥梁、起重机、农业机械等则要求以防护性为主。对防锈底漆的细度要求可适当放宽,以提高面漆层的附着力等。

涂料细度采用刮板细度计测定,以  $\mu\text{m}$ (微米)为单位。刮板细度计有  $0 \sim 150\mu\text{m}$ 、 $0 \sim 100\mu\text{m}$ 、 $0 \sim 50\mu\text{m}$  三种长沟槽。测定时,将试样放在细度计的沟槽最深处,以双手持刮刀(见图 7-2),横置在磨光平板上端,使刮刀与细度计表面垂直,在  $3\text{s}$  内将刮刀由沟槽最深部位拉至最浅的部位,立即使视线与沟槽平面成  $15^\circ \sim 30^\circ$  角,对光观察沟槽中颗粒均匀显露处的刻度,即为该试样的细度。

### 五、固体含量的检测

固体含量通常是指涂料组分中不挥发成分的含量,以质量分数表示。

固体成分在涂料中也是主要的成膜物质,而涂料中的溶剂只对涂料中的涂料起溶解和帮助涂料涂覆的作用。涂料中固体含量的高低代表成膜物质的多少。固体含量高,在涂装时涂膜就厚,能提高涂膜的保护性能,同时可节约大量的溶剂和减少涂装的次数,因此具有一定的经济价值和实用意义。

目前我国常用的溶剂型涂料,因组分不同,固体含量也不相同。近年来为了降低溶剂的

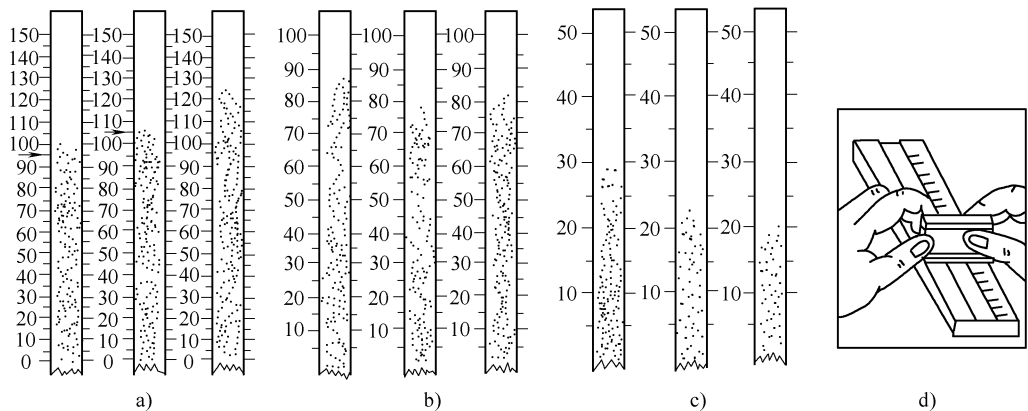


图 7-2 刮板细度计

a) 0~150μm b) 0~100μm c) 0~50μm d) 使用方法

使用量，正在大力发展少用溶剂的高固体分涂料或不用溶剂的各种低污染新型涂料。

固体含量常采用烘干后称重的方法进行测量，即称取一定量的试样，放在干燥、清洁的培养皿中，然后放入一定温度的恒温箱中保温，干燥后取出，放在干燥器中冷却至室温，称重。

固体含量的计算公式为

$$X = (W_1 / W_2) \times 100\%$$

式中  $W_1$ ——干燥前试样的质量 (g)；

$W_2$ ——干燥后试样的质量 (g)。

试验结果取两次平行试验的平均值，两次试验结果之差应不大于 1%。

## 第二节 涂膜的质量检查

涂料只有在产品表面形成固着的涂膜以后，才能发挥出作用。生产中除了对涂膜的外观进行检查外，还应 对涂膜的附着力、力学性能、耐蚀性等一些重要的性能指标进行验证，以确保涂装产品的质量。

### 一、颜色及外观测定法

(1) 标准样品法 按 GB 1727—1992 的要求，将测定样品和标准样品分别在马口铁板上制备样板，待样板上的涂膜实干后，将两种样板重叠 1/4 的面积，然后在天然散射光线下检查，眼睛与样板涂膜约距 300mm 并成 120°角，观察色相、明度、纯度和涂膜外观，颜色应符合技术要求，涂膜外观应平整、光滑或符合产品的标准规定。近年来，也有以光电管为基础的色差仪，能直接读出色差的数值来进行比较。

(2) 标准色板法 按 GB 1727—1992 的要求，将测定样品在马口铁板上制备样板，待样板上的涂膜实干后，将标准样板与待测样板重叠 1/4 的面积，在天然散射光线下检查，眼睛与样板涂膜约距 300mm 并成 120°角，观察色相、明度、纯度和涂膜外观，其颜色若在两级标准色板之间并与一块标准色板接近，则认为颜色符合要求，涂膜外观应平整、光滑或符合产品的标准规定。

## 二、厚度测量法

(1) 湿膜厚度测量法 该方法在施工现场进行,当涂料刚涂上时,使用板状或圆盘形湿膜厚度计在被涂面上测量,可直接读出厚度。

(2) 干膜厚度测量法 在检验涂膜性能或统计涂膜总厚度时,均以测干膜为主。常用的测厚仪有磁性测厚仪和非磁性测厚仪两种。磁性测厚仪用来测量黑色金属导磁底板上涂膜的厚度;非磁性测厚仪用来测量铝板、铜板等非导磁底板上涂膜的厚度。

用于施工现场的干膜测厚仪,结构形式很多,有笔形、手枪形、组合形(既可测量导磁底板涂膜的厚度,又可测量非导磁底板涂膜的厚度)。

## 三、干燥性能测定法

(1) 表面干燥时间测定法 表面干燥是指仅在涂膜表面形成极薄的膜,可用手指轻触涂膜样板,感到有些发粘,但不粘手指的状态。

测定涂膜的表面干燥时间时,可将棉花球放在涂膜样板上,在距棉花球 10~15cm 处,用嘴沿水平方向软吹棉花球,至能将棉花球吹走,涂膜表面不留棉丝时,所经历的时间即为表面干燥时间。或用手指轻触涂膜样板,感到有些发粘,但无漆粘在手指上,至此所经历的时间即为表面干燥时间。

(2) 实际干燥时间测定法 实际干燥是指表面干燥后,涂膜表面全部形成固体,用手指强压涂膜也不残留指纹,用手指急速捅涂膜,在涂膜表面上也不留有伤痕的状态。

测定涂膜的实际干燥时间时,可在涂膜上放一片滤纸,在其上轻轻放置一个底面积为  $1\text{cm}^2$ 、质量为 200g 的干燥试验器,经 30s 时间,移去干燥仪器,将样板翻转(涂膜向下),滤纸能自由落下而滤纸纤维不被粘在涂膜上,至此所经历的时间即为实际干燥时间。或用脱脂棉纱蘸上特定的溶剂在涂膜表面轻轻擦拭,以棉纱表面不粘涂料色时所经历的时间为实际干燥时间(仅限于烘烤型和反应型涂料)。

## 四、柔韧性测定法

柔韧性表示涂膜在弯曲试验后,底材上的涂膜开裂和剥落情况。涂膜的柔韧性不但与弹性有关,而且与底材的附着力有关。

测定柔韧性的方法是:用规定的圆棒(直径有 1mm、2mm、3mm、4mm、5mm、10mm 6 种),经  $90^\circ$  的弯曲,弯曲的直径越小,则涂膜的伸长率(柔韧性)越大。一般要求涂料的柔韧性为 1~3mm。

测定柔韧性时,可用 4 倍放大镜检查有无裂纹、网纹及剥落等现象,若无异样,则为合格。

## 五、光泽测定法

光泽是指物体表面受光照射时,光线向一定方向反射的性质。光泽关系到涂膜的光亮程度。光泽较好的涂膜对大气抵抗作用比光泽差的要好。涂膜的光泽会随着时间的延长而逐渐降低。涂料的光泽是鉴别涂膜外观质量的重要指标。

光泽的好坏首先取决于物体表面粗糙度。当光照射物体表面时,涂膜表面的反射光有强和弱的差别。光泽除了取决于涂膜表面粗糙度以外,在同一涂膜表面,以不同入射角照射的光会出现不同的反光强度,并且入射角越大,反射光的强度越大。因此在测定光泽时,不论是目测还是采用仪器,都必须先固定光的入射角。一般采用的标准入射角为  $45^\circ$ 。

标准板的准确与否对光泽的测定结果影响较大,因此常在玻璃板上制备涂膜。清漆需在

预先涂有同类型的黑色无光漆的纸板上制备。

光泽计的原理是：将一定角度的光照射在平放的涂膜板上，通过透镜反射，并用光电池将反射光强度转变为电能，再通过精密的检流计测定。目前常用 G—1 型光电光泽计测定涂膜的光泽。

### 六、冲击强度测定法

冲击强度是评价涂膜在高速度的负荷冲击下抗变形能力的一种指标。这种应力变化与其伸长率、附着力和硬度有关。

冲击强度试验时，使 1kg 的重锤落在规定厚度的涂膜表面，而不引起破裂程度为合格。冲击强度的单位为  $\text{kg} \cdot \text{cm}$ 。

测定时，使涂膜朝上，将重锤提升到产品标准规定的高度，按动控制钮，重锤即自由落下，提起重锤，取出样板，检查有无脱落、裂纹、皱纹等现象。

### 七、附着力测定法

附着力是指涂膜与被涂物表面之间或涂膜之间相互黏结的能力。涂料的附着力是一项重要的质量指标。测定涂料的附着力常用的方法有划格法、画圈法、拉开法和扭开法等。

画圈法是由附着力测试仪进行的，即以留声机唱针作针头装在附着力测试仪的机头上，把已涂上涂膜的样板面朝上固定在能移动的试验台上，在移动的同时以作画圈运动的钢针刺穿涂膜，并刻画出重叠圆滚线的纹路，从圆滚线的纹路中观察涂膜破坏的位置，来确定涂膜的附着力。

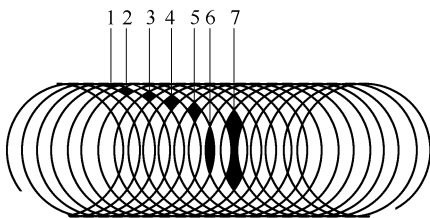


图 7-3 涂膜附着力等级（画圈法）

钢针对涂膜的破坏作用，除垂直的压力作用外，还有钢针的运动而发生的剥离作用。涂膜附着力的等级共分 7 级，1 级附着力为最好，7 级附着力最差，如图 7-3 所示。

由于手动仪器结构的限制，画圈法不能在生产现场检测涂料附着力。在生产现场常用划格法来测定涂料的附着力，即采用划格器（测试头为半圆形，下部带有距离为 1mm 的齿牙的合金钢制的划格测头，宽度为 15~20mm，即在宽度上并排有 15~20 个相距 1mm 的齿牙），将齿牙测头紧紧按在涂膜表面上，用力均匀地向后拉划一段距离，划出纵向格子线后，再横向在纵向划线部位划出横线，形成边长为 1mm 的方格，然后在方格上贴上透明胶带，随后用力拉开，目测或用 4 倍放大镜检查格子交线周围涂膜的破损情况，根据格子内涂膜的破损情况测定和评定其附着力等级。

### 八、硬度测定法

硬度是指涂膜表面被另一更硬的物体穿入时表示的阻力。涂膜的硬度随着其干燥程度的增大而增大，完全干燥的涂膜才具有特定的高硬度。

涂膜硬度采用摆杆硬度计测量，如图 7-4 所示。以一定质量的摆杆在涂膜上摆动，其振幅从  $5^\circ$  衰减到  $2^\circ$  所需的时间与摆杆

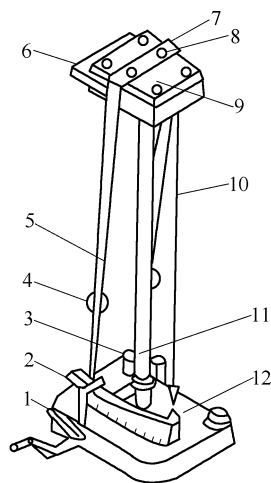


图 7-4 摆杆硬度计

- 1—制动杆 2—刻度尺 3—螺钉  
4—重锤 5—摆杆 6—框  
7—连接片 8—钢球 9—平台  
10—铅锤 11—支杆 12—底座



在未涂涂膜的玻璃板上摆动衰减相同振幅所需时间的比值即为涂膜硬度。

试验前,校正玻璃值从 $5^{\circ}$ 摆动到 $2^{\circ}$ 所需的时间为 $440\text{s}\pm 6\text{s}$ ,以此数除以有涂膜时的摆动值,表示涂膜的硬度。

涂膜硬度(X)的计算公式为

$$X = t/t_0$$

式中  $t$ ——摆杆振幅在涂膜上从 $5^{\circ}$ 衰减到 $2^{\circ}$ 的时间(s);

$t_0$ ——摆杆振幅在玻璃上从 $5^{\circ}$ 衰减到 $2^{\circ}$ 的时间(s)。

涂膜硬度取两次试验的平均值,两次试验结果之差不应大于平均值的50%。

注意:测定涂膜硬度时,摆杆支点距涂膜边缘应不少于2cm。

## 九、湿热试验(环境气候试验)

### 1. 试验方法

(1) 人工湿热试验 分为恒定湿热试验和交变湿热试验两种。恒定湿热试验的温度为 $40^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度为 $95\%\pm 3\%$ ;交变湿热试验的高温为 $40^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ,低温为 $30^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度为 $95\%\pm 3\%$ 。

(2) 恒定湿热试验和交变湿热试验的应用范围 一般根据下述要求来确定:

1) 恒定湿热试验法用于在湿热环境的大气影响下,由于直接受潮而引起性能变化的产品。根据产品使用的环境条件,恒定湿热试验方法用来确定在潮湿条件下产品绝缘介电特性的稳定性,以及鉴别产品耐持续潮湿影响的能力。

2) 交变湿热试验法用于在湿热环境的大气影响下,由于涂料呼吸作用引起受潮,以及以内部潮气凝聚引起性能变化为主要作用的封闭型(非气密)结构的产品,或用于要求在试验过程中周期地产生凝露的产品。

由于 $40^{\circ}\text{C}$ 交变试验对湿热带天然气候的模拟性比较好,故在选择热带电工产品湿热试验方法时,应优先选用 $40^{\circ}\text{C}$ 交变湿热试验方法。

### 2. 试验设备

环境气候试验箱(室)应符合GB/T 10586—2006《湿热试验箱技术条件》的规定。

### 3. 试验条件

1) 在试验箱(室)的温度、湿度条件到达控制值后,在有效试验工作空间内任何一点的温度、相对湿度与标准控制值的偏差范围:温度为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度为 $\pm 3\%$ 。

试验箱(室)的有效试验工作空间,即试验箱(室)内允许放置受试样品的空间内提供本标准所规定的温度和相对湿度的试验条件。

2) 试验时,指示点温度、湿度的波动:温度为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度为 $\pm 3\%$ 。

3) 试验箱(室)的有效工作空间内任何一点的空气应流动,但风速不得大于 $1\text{m/s}$ 。

4) 湿热试验箱(室)采用喷水雾法或气泡法加湿时,所使用的水应经软化处理。

5) 恒定湿热试验和交变湿热试验均以24h为一个循环周期。各类产品湿热试验的循环周期总数,根据有关热带电工产品标准规定,选用7h、11h、14h、21h、56h中的之一为试验周期。

6) 交变湿热试验按每个周期分为升温、高温高湿、降温和低温高湿4个阶段循环。各个阶段的温度和湿度条件及控制程序见表7-1。

表 7-1 40℃ 交变湿热试验条件控制值

条件 阶段	参 数	温度 /℃	相对湿度 (%)	时间 /h	相邻两阶段合计 时间/h
升 温		30 升至 40	80~90 凝露	1.5~2.0	16
高温高湿		40±2	95±3	14~14.5	
降 温		40 降至 30	≥85	2~3	8
低温高湿		30±2	95±3	5~6	

4. 试验程序

- 1) 在投试样品前，应除去其表面的灰尘和油污，并检查样品是否完整及其可动部位是否卡牢，进行原始性能的测量与初次外观检查，做好标记和记录。
- 2) 受试样品应尽可能地按工件状态放置，并且放置状态以不影响箱内的温度和湿度为宜，放置位置不得互相重叠，并避免上层样品的冷凝水滴落在下层样品上。
- 3) 当试验箱（室）和试样温度不符合低温阶段的温度时，将试验箱（室）进行预热，对样品进行温度预处理，一般预处理温度为 30~35℃。
- 4) 在受试样品完成了湿热试验周期总数后，整个湿热试验即告完成。

5. 检查方法

(1) 外观质量分级标准

- 一级：外观良好，无明显变化和缺陷。
- 二级：有轻微失光，轻微变色，少量针孔等缺陷；样品主要表面任意 1dm<sup>2</sup> 正方形面积内直径为 0.5~1mm 的气泡不得多于 2 个，不允许出现直径大于 1mm 的气泡。
- 三级：有色泽变暗，少量起皱等缺陷；样品主要表面任意 1dm<sup>2</sup> 正方形面积内直径为 0.5~3mm 的气泡不得多于 9 个，其中直径大于 1mm 的气泡不超过 3 个，直径大于 2mm 的气泡不超过 1 个，不允许出现直径大于 3mm 的气泡；主要表面出现个别锈点。
- 四级：涂膜缺陷多于三级的即为四级。

(2) 附着力的测定

- 1) 涂膜附着力是在湿热试验后 24~48h 之内采用划格法进行测定的。根据 9 个方格中涂膜脱落的总面积对受试样品进行评定。
- 2) 附着力分级标准
  - 一级：9 个方格完整，涂膜没有脱落。
  - 二级：底层没有脱落，或面层脱落不超过 1/3 面积。
  - 三级：底层脱落不超过 1/3 面积，或面层脱落不超过 2/3 面积。
  - 四级：底层脱落超过 1/3 面积，或面层脱落 2/3 面积。

第三节 涂装缺陷与处理

一、涂料在运输、储存过程中的缺陷

1. 透明涂料发糊和发混

清油、油性清漆和合成树脂清漆在运输、储存过程中会出现透明度差、混浊、沉淀等

现象。

产生原因及防止方法：

- 1) 在低温储存时产生沉淀或析出物。加热即能使其恢复透明。
- 2) 干料析出，特别是铅干料易使透明涂料浑浊。由铅催干剂引起的混浊现象可用加热的方法消除，但更有效的方法是陈化后过滤净化。
- 3) 混入水，如溶剂中含有水分，或在露天存放、运输过程中从桶口渗入水。由于水的存在，将会促进催干剂析出而造成混浊。
- 4) 稀释剂的溶解力不足，选用不当，也易产生混浊。应选用适当的溶剂或添加溶解力强的稀释剂。

## 2. 增稠、结块、胶化和干化

涂料在储存过程中粘度逐渐增高，直至产生胶状或结块的现象。

溶剂挥发、使用不当及氧化聚合反应等使粘度增高的现象称为增稠。增稠有时有触变性，也可由颜料及体质颜料的膨胀引起，此时一经强烈振动即能恢复原来的稠度。漆基与颜料之间的反应使得稠度变得特别高，严重的呈豆腐脑状或块状，称为肝化或结块。透明涂料或者仅含少量颜料的涂料，因溶剂挥发失去流动性而成果冻状、胶质状，称为胶化。结块、胶化和肝化等现象是不可逆的，与增稠现象不同。

产生原因及防止方法：

1) 色漆黏稠化的主要原因是所用颜料与漆基起反应，如锌白、铅白等盐基性颜料与漆基中的有机酸起反应生成金属皂。胶体的漆基分散相大部分带正电荷，与带负电荷的颜料混合，相互吸引和中和，引起胶化和凝固。又如，带酸性的炭黑能促使酸性聚合树脂涂料（如氨基树脂涂料）产生胶化。红丹漆的肝化病是由一氧化铅和游离脂肪酸之间的相互作用引起的，增稠的倾向与颜料中的氧化铅含量成正比。金粉和铬黄等颜料也容易使硝化纤维素涂料产生肝化现象。颜料中的水分对酸性漆料和碱性颜料的反应有促进作用。

某些漆基应避免选用盐基性颜料。以锌钡白、钛白、氧化锑等颜料替代炭黑时，pH 值低，通常添加少量的三乙醇胺来克服。

2) 容器不完全密封或者未装满桶，在储存过程中部分溶剂挥发，使漆液浓缩、增稠，空气中氧化也能促进胶化。容器一定要密封，开桶使用后要密封好，最好在一周内用完。

3) 热固性树脂的漆基受热时粘度会上升，从而产生胶化现象。所以涂料储存场所的温度不宜过高，切勿在日光下、散热器或炉旁存放。

4) 添加了不适当的稀释剂。由于溶解力不强的稀释剂会使粘度增高，因此应选用溶解力强的稀释剂。

## 3. 结皮

结皮是指氧化干燥型涂料（如油性漆、油性腻子 and 自干型合成树脂漆等）表面氧化固化呈皮状的现象。下列因素可促进结皮现象的产生：

- 1) 表面干燥干料（如钴干料）添加得过多，或用桐油制的涂料。
- 2) 容器不密闭或未装满桶，使漆面与空气接触。
- 3) 储存温度高或阳光照射。

下列几种方法可以减少储存期间容器中结皮现象的产生：

- 1) 使涂料尽量装满容器，让涂料液面上的空气体积越小越好。

2) 将盛满涂料的容器封好, 不让空气流入容器内。  
3) 在装涂料的容器中通入二氧化碳或氮气, 排除容器上层的空气, 把容器密封好储存。  
4) 在大口容器的涂料液面贴一张能完全将其覆盖住的纸, 在纸上面再倒些稀释剂, 然后将大口容器盖子封好保存。

5) 暂时不将促进表面干燥的催干剂加入涂料中, 待涂装前再按比例调入。

6) 加抗结皮剂, 常用的有邻甲氧基酚、苯酚、邻苯二酚、松节油、丁醇、丁基乙醇酸、环己酮肟等。尽管这些化合物可以显著地阻滞结皮的产生, 但是不容易将其完全消除。若已结皮, 则应将其除掉, 涂料经搅拌和过滤后方可使用。

#### 4. 沉淀与结块

在储存过程中, 色漆虽然产生沉淀, 但是在使用前能搅起, 这属于正常现象。若色漆沉淀后结块, 则不能搅起再分散了。

产生原因:

- 1) 所用颜料或体质颜料研磨不细、分散不良、密度大等, 易产生沉淀。
- 2) 颜料与漆基间产生反应或相应吸附, 生成固态沉淀物。
- 3) 储存时间过长, 尤其是长期静放。
- 4) 粉末状颜料粒子处于不稳定状态。

防止方法:

1) 在设计、选择配方时, 注意颜料与漆基的适应性; 增加粘度, 以防止沉淀产生; 利用不相溶液体制成触变型涂料; 添加防沉淀剂或润湿悬浮剂, 常用的防沉淀剂有硬脂酸铝、气相二氧化硅、氢氧蓖麻油、改性膨润土等。

2) 沉淀与结块现象较轻时, 可研磨沉渣, 使其分散后再用。

### 二、常见的涂膜缺陷和处理方法

在涂装过程中, 或涂膜使用初期产生的缺陷一般与被涂物的状态、涂装工艺、涂料品种、涂装方法及操作、涂装设备和环境等因素有关。为预防涂膜缺陷, 涂装工作人员必须熟知上述关系, 以便在设计涂装工艺和操作时防止产生涂膜缺陷。

#### 1. 涂装时产生的缺陷、原因及处理方法

(1) 刷痕 涂层表面产生刷痕, 由于刷得不均匀, 呈颗粒状的现象。

产生原因:

- 1) 涂料粘度大。
- 2) 刷子不好。
- 3) 涂装操作者技术水平低。
- 4) 涂料、溶剂质量差。

处理方法:

- 1) 调整涂料涂装粘度。
- 2) 使用优质、适宜的刷子。
- 3) 提高涂装操作者的技术水平。
- 4) 选择适宜的涂料和溶剂。

(2) 桔皮 涂层表面上凹凸不平的现象。

产生原因:

1) 溶剂挥发得过快,使表面温度下降,浓缩量增加,与膜内对流形成许多旋涡而产生粗糙不平的现象。

- 2) 涂料粘度过大。
- 3) 使用溶剂不当。
- 4) 涂装时温度高。
- 5) 涂装设备系统故障。

处理方法:

- 1) 调整涂装粘度。
- 2) 选择适合的涂料和专用稀释剂。
- 3) 改善涂装环境。
- 4) 调整喷嘴的流量,压缩空气的压力、喷枪与工件的距离。

(3) 流挂、垂流与流痕 涂装在垂直面上的涂料流动不恰当,使涂膜产生不均匀的条纹和流痕。

产生原因:

- 1) 溶剂挥发慢。
- 2) 涂得过厚。
- 3) 喷涂距离过近,喷涂角度不当。
- 4) 涂料粘度过低。
- 5) 几乎不换气,周围空气中溶剂蒸气含量高。
- 6) 气温过低。
- 7) 涂料中含有密度大的颜料(如硫酸钡),在漆基中有分散不良的色漆。
- 8) 在旧涂膜上(特别是在有光的涂膜)涂装时也易产生流痕。

处理方法:

1) 选择适当的溶剂。

2) 将常规涂料一次涂装的厚度控制在  $20\sim 25\mu\text{m}$ 。为获得较厚的涂层,热固性涂料可采用“湿碰湿”工艺,或选用高固体分涂料。

3) 提高操作者的熟练程度,控制喷涂距离。喷涂大工件时喷涂距离为  $25\sim 30\text{cm}$ ,喷涂小工件时喷涂距离为  $15\sim 20\text{cm}$ ,并使喷枪沿物面平行移动。

- 4) 严格控制涂料粘度,如硝基漆的粘度为  $18\sim 26\text{s}$ ,烤漆的粘度为  $20\sim 30\text{s}$ 。
- 5) 适当换气。
- 6) 气温保持在  $10^{\circ}\text{C}$  以上。
- 7) 添加阻垂剂对防止流痕有较好的效果。
- 8) 在旧涂膜上涂装前先将旧涂膜打磨一下。

(4) 露底、遮盖不良 涂装后仍看见底层颜色的现象。

产生原因: 涂料组分中颜料量不足或颜料本身遮盖力差而产生露底或遮盖不良。具体原因有: 涂料粘度过低; 颜料沉淀; 颜料量不足; 涂层厚度不够; 喷涂不均匀。

处理方法: 严格控制涂料的粘度; 充分搅拌; 掌握涂料的性能; 保持底层、面层颜色; 进行二次涂装。

(5) 咬起 涂面漆后下一涂层被咬脱离,多呈皱纹胀起的现象。



产生原因:

- 1) 涂层未干透就涂下一道。
- 2) 面漆的溶剂能溶胀底漆。
- 3) 涂得过厚。

处理方法:

- 1) 应在底涂层干透后再涂面漆或溶剂挥发后即涂面漆。
- 2) 面漆采用溶解力弱的溶剂。
- 3) 为防止咬起, 第一道应涂薄薄的一层, 待稍干后再涂第二道漆。

(6) 发白、白化、变白 发白、白化多发生在挥发性涂料涂装过程中, 使涂膜变成白色雾状, 严重时会使失光, 出现微孔和丝纹, 使涂膜的力学性能下降, 但有时在干燥过程中会恢复为本来的面貌。

产生原因:

1) 空气湿度太大, 超过溶剂被水稀释的比率, 或者在干燥过程中溶剂的挥发使涂膜表面温度下降, 进而使表面局部空气温度降至“露点”以下。此时, 空气中的水分凝结渗入涂层, 产生乳化, 表面变成半透明白色膜, 待水分蒸发后, 空隙就被空气取代, 成为一层有孔无光的涂层, 因此降低了涂膜的装饰性和力学性能。

2) 所用的有机溶剂沸点低, 而且挥发速度快。

3) 被涂物表面温度太低。

4) 涂料或稀释用的溶剂中含有水分。

5) 在涂装时, 净化压缩空气用的油水分离器失效, 水分进入涂膜中使其变白。

6) 溶剂和稀释剂的配合比例不恰当, 在部分溶剂迅速挥发后, 剩余的溶剂对树脂的溶解能力不足, 使树脂在涂层中析出而变白。

处理方法:

1) 选用高沸点、挥发速度慢的有机溶剂, 如丁醇、乙酸丁酯、乳酸乙酯、乳酸丁酯、乙酸戊酯、二丙酮醇、环己酮、丁基溶纤剂等。

2) 在涂装前, 先将被涂物加热, 使其温度比环境温度高出  $10^{\circ}\text{C}$ , 或在喷涂后立即将被涂物送进烘箱中干燥。

3) 涂装场地的环境温度最好为  $15\sim 25^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度不应大于  $70\%$ 。

4) 应检查使用的有机溶剂和压缩空气是否纯净, 有无水分。

5) 合理选用有机溶剂和稀释剂, 防止涂层中的树脂析出。

(7) 针孔 在涂膜上产生针孔状小孔或像皮革毛孔一样的缺陷, 孔径为  $100\mu\text{m}$  左右。

产生原因: 基体有小孔; 过多地使用挥发快的溶剂; 基体与环境有温差; 在高温高湿的环境中涂装; 剧烈加热; 涂膜较软时就烘烤干燥; 涂得太厚; 喷涂压力太大; 压缩空气中含有水分或油杂质。

处理方法: 整平基体; 使用专用溶剂; 调整环境温度; 将环境温度控制在  $30^{\circ}\text{C}$ , 将湿度控制在  $80\%$  以下; 放置一段时间, 使膜内溶剂充分挥发, 再进行烘烤; 涂层不宜过厚; 调整喷涂压力; 压缩空气必须经过滤净化。

(8) 起泡 在涂膜上产生气泡状的肿起和孔的现象, 即在涂膜内部有气泡。烘干型涂料易产生这种缺陷。

产生原因：溶剂挥发快；厚涂膜加热急剧；涂料粘度高；底涂层未干透就涂面漆；涂料搅拌得过快；刷涂时刷子移动得过快；被涂物表面上残留水分。

处理方法：使用指定的溶剂；涂层烘烤干燥时应缓慢升温；稀释涂料，降低粘度；确认底涂层干透后再涂面漆；以适当的速度搅拌涂料；刷涂时以适宜的速度移动刷子；添加醇类溶剂或消泡剂。

(9) 起皱 直接涂在底层上（或已干透的底层上）的漆膜，在干燥过程中产生皱纹的现象。

产生原因：

- 1) 大量使用桐油制得的涂料。
- 2) 在涂料中过多使用钴、锰催干剂。另外，含有 0.5%~2%（质量分数）的亚麻油酸锰或松焦酸钴的厚漆也会产生起皱现象。
- 3) 高温加速烘烤干燥，涂膜将有更大的起皱倾向。
- 4) 涂膜过厚。
- 5) 用浸渍法涂装物体，常发生“肥厚的边缘”。
- 6) 易挥发的有机溶剂比挥发慢的溶剂更易使涂膜起皱。

处理方法：

- 1) 适量控制桐油的用量。
- 2) 少用钴、锰催干剂，多用铅或锌催干剂。对于烘烤型涂料，加锌催干剂防止起皱的效果特别突出。
- 3) 涂料组分中增加树脂的含量。
- 4) 严格控制每层涂装厚度。
- 5) 按照烘烤干燥技术条件制订烘烤干燥的工艺规范。
- 6) 采用防起皱剂，在醇酸漆中添加少量（质量分数为 5%）的氨基树脂作为防止起皱剂，一次喷涂到 40 $\mu\text{m}$  以上也不会起皱。

(10) 色发花、色不均匀 在含混合颜料的涂膜中，由于颜料分离，产生与整体色不一致的斑点和条纹模样而使色相杂乱的现象。

产生原因：

- 1) 涂料中的颜料分散不良，或两种以上的色漆混合不充分。
- 2) 稀释剂溶解力不强。
- 3) 涂得过厚，涂膜上下发生对流、发花而形成六角形的小花纹。
- 4) 涂料粘度不当。
- 5) 涂装附近有能与颜料起作用的氨及二氧化硫的发生源。

处理方法：

- 1) 选用颜料分散性好的和互溶性好的涂料。
- 2) 使用适当的稀释剂。
- 3) 涂装厚度和涂料粘度应符合工艺要求。
- 4) 用于调配复色漆的涂料，应选用同一厂家生产的同型号色漆，不能同时使用不同牌号的涂料。
- 5) 涂装时应远离氨及二氧化硫发生源。

(11) 渗色 底层或底材的颜色渗入面层中,而使面层变色的现象。

产生原因:

- 1) 底层的有机颜料或沥青树脂被面层溶剂所溶解,使颜色渗入面层中。
- 2) 底材(如木材)含有有色物质。
- 3) 面层中含有溶解力强的溶剂(如酯类、酮类)和底层未完全干透就涂面漆。

处理方法:

- 1) 涂防止渗色的封底涂料后再涂面漆。
- 2) 在中间层或面层中添加片状颜料(铝粉),防止面层溶剂的渗入。
- 3) 采用挥发速度快的且对底层溶解力小的溶剂。

(12) 浮色(色浮) 在含有混合颜料的涂膜中,颜料粒子的大小、形状、密度、分散性、内聚性等不同,使涂膜表面和下层的颜料分布不均,各断面的色调有差异的现象。与色发花的差别为:浮色在水平方向的涂膜外观及色调仍一样,但湿膜和干膜的颜色相比有很大不同。

产生原因:浮色和色发花与涂膜形成过程中产生的对流现象有密切关系,因而产生这种缺陷的主要原因是涂料配方和制造方法不当,具体为:

1) 使用两种以上的颜料调制复色漆时,由于涂层溶剂不均匀地蒸发,产生了对流现象而出现浮色。

- 2) 颜料的密度相差悬殊。
- 3) 使用的涂装器具不同。

处理方法:

- 1) 选用不易浮色的涂料及改进其制造工艺(如分散方法)。
- 2) 使用同一涂装器具。
- 3) 添加硅油等助剂,对防止浮色有显著效果。

(13) 金属闪光色不均匀 金属粉(主要是铝粉)的流挂或涂膜厚薄不均,使涂膜颜色不均匀的现象。它是金属闪光色涂料的独特缺陷。

产生原因:铝粉含量低,遮盖力差;涂料中的稀释剂含量大;树脂的相对分子质量小;树脂的表干时间过长;喷涂的涂料粘度过低或过高;涂膜过厚,厚度不均匀;“湿碰湿”两涂层的间隔时间短;输漆量多,雾化差;雾化空气压力过高或过低;环境温度低。

处理方法:

- 1) 使用指定的溶剂。
- 2) 喷涂涂料的粘度要比一般涂料的粘度稍低一些。
- 3) 喷涂压力比通常要求的高一点,喷枪与被涂物的间距要保持适当。
- 4) 喷涂薄一点,增加涂装次数。
- 5) 喷涂金属闪光色涂料时必须用专用喷枪。

(14) 出汗、发汗 无光的油性漆和磁漆在打磨后再次出现光彩的现象;硝基漆在60℃以上烘干时,增塑剂呈汗珠状析出的现象。

产生原因:

- 1) 在打磨前涂膜未完全干透。
- 2) 硝基漆采用了蓖麻油、樟脑油等非溶剂型增塑剂。
- 3) 当涂膜中含有蜡、矿物油或润滑油脂时,它们可能逐渐渗出涂膜表面。

处理方法：

1) 在涂膜干透后再打磨。

2) 选用溶剂型增塑剂。

(15) 丰满度不良 在涂膜涂得很厚的情况下，外表看上去仍很薄，显得干瘪的现象。

产生原因：

1) 使用了高聚合度的漆基以及涂料的丰满度差。

2) 颜料含量少和涂料粘度低。

3) 被涂物面不平滑，且吸收涂料。

处理方法：

1) 与固体树脂并用，选用丰满度好的涂料。

2) 增加颜料量，采用不挥发分含量高的涂料。

3) 用细砂纸打磨。

(16) 缩边 被涂面的边、角等部位的涂层薄，严重时露底，色、光泽等与其他平坦部位有差异的现象。

产生原因：所使用的溶剂挥发速度小；涂料粘度低；漆基的内聚力大。

处理方法：选用挥发速度适当的溶剂；添加阻流剂。

(17) 干燥不良 涂装后按产品技术条件规定的干燥规范自干或烘干时，涂膜不固化，涂膜发湿，硬度低，表干里不干的现象。易产生干燥不良的涂料有调和漆、醇酸漆、油性漆等。

产生原因：

1) 在底材上残存有蜡、硅油、油、水等。

2) 喷涂用的压缩空气中含有油和水。

3) 稀释剂选择不当。

4) 一次涂得太厚（尤其是氧化固化型涂料）。

5) 干燥场所（指烘干室）换气不良，湿度大，温度低。

6) 干燥剂失效，或表干干燥剂（如钴干料）量过多。

7) 烘干室装载的被烘干物过多，比热容不同的工件（厚薄不同）在同一烘干室中烘干。

8) 烘干室的技术状态不良，烘干时间短。

处理方法：

1) 被涂物表面处理要干净。

2) 除掉喷涂用压缩空气中的油和水分。

3) 使用指定的稀释剂。

4) 对氧化固化型涂料不宜一次涂得太厚，应分几次涂装。

5) 加强干燥场所的换气。

6) 不同比热容的工件应有不同的烘干规范；装载量应控制在一定范围内。

7) 在干燥剂失效的场合应补加干燥剂。

8) 确保烘干装配的技术状态良好。

2. 涂装后不久出现的缺陷及其原因和处理方法

(1) 脱落 涂膜发生开裂，失去黏附力而造成脱落的现象。

产生原因：工件表面有油脂、水分、铁锈之类的物质；工件表面、底层特别光滑；涂料中树脂的含量过多；工艺不当。

处理方法：加强表面预处理的管理，物体表面处理要干净；粗化工件表面；选用树脂含量少的涂料作底漆，底漆与面漆配套性要好；涂膜干燥要充分。

(2) 回粘 已固化的涂膜软化带黏性的现象。

产生原因：使用涂料不当（含鱼油、半干性油的涂料）；钴催干剂含量太多；涂膜太厚；温度高；低温干燥后，在日光下照射。

处理方法：调整油性涂料的成分；添加适量的催干剂；控制涂膜的厚度；改善环境条件；注意溶剂的选择。

(3) 变色。涂装后涂膜迅速改变颜色，即浅色涂膜变黑、变灰色的现象。

产生原因：

1) 涂料受外界影响发生化学作用。例如，铅催干剂受二氧化硫作用生成硫化铅而变色，锰催干剂与四氢化萘作用变为粉红色。

2) 涂装周围环境中飞扬的金属粉黏附在柔软的涂膜上，若湿度增大，则涂膜颜色马上变为黑色或褐色。

处理方法：

1) 正确选择涂料，涂料中的颜料要与环境相适应。

2) 改善涂装条件（不污染大气，无酸碱，无金属灰尘飞扬，降低湿度）。

(4) 倒光 有光泽的涂料涂装后短时间内失去光泽或者产生一部分失光的现象。

产生原因：

1) 基体粗糙不平，有较厚的化学保护膜。

2) 空气中含有  $H_2O$ 、 $CO_2$ 、 $H_2S$ 、 $NH_3$  等。

3) 涂料粘度低，使用溶解力差的稀释剂。

4) 底层未干就涂面漆。

5) 使用变质的涂料。

6) 烘干温度低或烘烤时间长。

处理方法：

1) 通过刮腻子或涂底漆整平基表面，降低化学保护膜的厚度。

2) 涂装室内的空气应经过滤并保持清洁。

3) 向涂料中加入适量的专用稀释剂。

4) 底层干燥后再涂面漆。

5) 调节烘干温度，并使烘干时间保持一定。

3. 涂层经长期使用出现的病态、原因及处理方法

(1) 退色 色漆膜在使用过程中，由于光、热或其他因素的作用，失去本色或颜色减退的现象。

产生原因：

1) 受日光和化学药品、大气污染的作用而使颜色变质。

2) 受热、紫外线的作用使树脂变质。

处理方法：



1) 选用耐候性优良的涂料。

2) 选用不退色涂料。

(2) 粉化 涂膜在大气的作用下光泽下降,发生分解变化,涂膜表面损坏或呈粉状脱落的现象。

产生原因:

1) 在大气中的紫外线、水分、氧气的作用下,涂膜老化,包裹颜料颗粒表面的树脂被破坏,使颜料游离出来而粉化。

2) 涂料的耐候性差(即涂料中的树脂、颜料本身的耐候性差)。

处理方法:

1) 选用耐候性、保光性良好的涂料,在使用中一定不要将内用涂料用于户外涂装。

2) 加强涂膜的维护保养。

(3) 开裂、裂缝 在涂膜上产生裂缝的现象。裂缝按形状可分为细微裂、龟裂、鳄鱼皮裂纹、针状裂纹、玻璃裂纹。

产生原因:

1) 底层比面层软,若涂层配套不当(如在长油度底漆上涂短油度的面漆),则易开裂。

2) 底层涂得过厚。

3) 面层涂得过厚,且耐寒性不佳(特别是在修补场合和新涂层早期暴露在严寒之中)。

4) 底层未干透就涂面漆。

5) 面层耐候性差或将内用漆当外用漆用。

处理方法:

1) 底层和面层的伸缩性能应相接近。

2) 严格控制底层和面层的厚度。

3) 选用耐寒性、耐候性优良的面层涂料。

4) 底层必须干透才能涂面漆。

5) 尽可能避免涂装工件早期暴露在严寒之中。

(4) 生锈 黑色金属件涂装后不久在涂膜下出现红丝或透过涂膜出现锈点的现象。

产生原因:

1) 底材表面质量差,有锈未除净就涂装。

2) 涂装前基体磷化处理不完全。

3) 涂层不完整,有针孔、漏涂等现象。

4) 涂膜耐候性、耐蚀性较差。例如,涂装前未经磷化处理的阳极电泳涂膜的耐蚀性差,易产生红丝。

5) 空气潮湿,温度高。

处理方法:

1) 涂装前一定要将基体表面处理干净,并进行磷化处理。

2) 确保涂膜的完整性,使需涂装的表面(包括焊缝)都得到良好的涂装。

3) 选用耐蚀性和耐潮湿性优良的涂料。

4) 在阳极电泳涂装前,工件表面必须进行磷化处理。

(5) 变脆 涂膜失去弹性变差的现象。变脆是涂膜开裂或剥落的前奏。

产生原因：

- 1) 烘干温度过高，烘干时间过长，使涂膜变脆。
- 2) 涂层配套不合理，如在低温烘烤的底层上涂高温烘烤的面层。
- 3) 附着力不良的涂膜易变脆。
- 4) 涂膜在过低的温度条件下使用。

处理方法：

- 1) 按工艺规定的烘干条件进行烘干。
- 2) 通过试验正确地选择配套性良好的涂层。

## 第四节 电泳涂装常见的涂膜缺陷及处理方法

### 一、电泳涂装涂膜缺陷的产生原因及处理方法

电泳涂装和其他涂装方法一样，会由于电泳涂料的质量不好或涂装操作不当，使涂膜出现这样或那样的缺陷。有些电泳涂装的涂膜缺陷（如针孔）虽然与一般涂装的涂膜相同，但是其产生原因差别很大（如再溶解）。现将电泳涂装常见的涂膜缺陷的产生原因及处理方法介绍如下：

（1）阴阳面 同一工件上涂膜光亮度不一致的现象。

产生原因：

- 1) 电泳涂料的颜基比不当或颜料分散性不好。
- 2) 被涂工件位置不当。
- 3) 电泳涂料搅拌不均匀。
- 4) 工件的几何形状太复杂，形成电力线屏蔽现象。
- 5) 被涂工件进入电泳槽液时，部分空气没有排除。
- 6) 被涂工件之间的距离没有保持一定。

处理方法：

- 1) 调整电泳涂料的颜基比及搅拌速度。
- 2) 可根据工件的具体形状，安装适当的辅助阴极。
- 3) 工件位置应与阴极平行。
- 4) 改变挂具及工件位置，以利于将气体排除。
- 5) 被涂工件间应保持一定距离，应做到不带电入槽，不带电出槽。

（2）涂膜外观不好 如花脸、粗糙、流挂等现象。

产生原因：基体表面处理不好，脱脂、除锈不彻底，磷化处理时磷化膜不均匀；被涂工件不干燥入槽电泳，或入槽时工件表面太热；电泳涂料的 pH 值不稳定，过高或过低；电泳涂料中固体含量过高或过低；电泳涂料的温度过高或过低；电泳涂装的电压过高或电流密度过大；极间距离或被涂工件之间的距离太小；电泳涂料中杂质离子含量多。

处理方法：加强工件的表面处理；严格控制被涂工件的干燥质量；调整电泳涂料的 pH 值、固体含量、温度；降低电泳涂装的电压；调整极间距离；电泳涂料要过滤，清除其杂质，严格控制水的质量，保证涂料的稳定性。

（3）涂膜失光 涂膜光泽不均匀或全部失光的现象。

产生原因：电泳时产生阴阳面；磷化膜不均或结晶粒度过大；电泳涂料 pH 值过高，产生再溶解；电泳涂料温度过低，涂膜太薄；被涂工件表面处理不净；电泳涂料中含有杂质离子过多；电场分布不均匀。

处理方法：工件位置尽量与阴极平行；改善磷化膜质量；调整电泳涂料的 pH 值、温度；严格控制电泳漆的配制、工件入电泳槽前水洗的质量（一般采用脱离子水）；加强工件的表面预处理；调整极间距离。

#### （4）针孔 膜上有微孔。

产生原因：电压太高，电解反应快，气泡过多；电泳涂料 pH 值过高，涂膜产生再溶解；涂料中杂质离子过多；后处理水洗时，水的喷射力过大，水洗时间过长。

处理方法：降低电压，加入少量乙醇等排除气泡；调整电泳涂料的 pH 值；调整水洗压力和时间；过滤电泳涂料，排除杂质离子，以保持电泳涂料的稳定性。

#### （5）涂膜剥落（涂膜附着力差） 工件在电泳涂装后进行水洗时，涂膜有脱落的现象。

产生原因：工件表面预处理质量不好，磷化膜太薄；工件入电泳槽时表面温度高；电泳涂料 pH 值过高，涂膜产生再溶解；电泳涂装电压过低；电泳涂装后水洗时间过长；电泳涂料中杂质离子过多。

处理方法：改善工件表面处理质量；调整电泳涂装前工件表面预处理的干燥温度；调整电泳涂料的 pH 值；调整水压及水洗时间。

#### （6）表面露底（涂膜过薄）

产生原因：电泳涂装电压低、时间短；电泳涂料固体含量低；电泳涂料搅拌速度太快。

处理方法：调整电泳涂装的电压和时间；补加新涂料；调整电泳涂料的搅拌速度。

#### （7）涂膜表面不平整、有颗粒

产生原因：磷化处理后的处理不当；涂料中树脂凝聚；涂料中颜料分散不均匀；涂料混有杂质；电泳槽温度过高；电泳后水洗用水混浊，有杂质。

处理方法：清除磷化膜表面上的尘土及杂质离子；补加乙醇或丁醇，调整电泳涂料的 pH 值；调整电泳涂料的搅拌速度；过滤电泳涂料，清除杂质离子；用干净的水进行水洗；降低电泳槽的温度。

#### （8）涂膜颜色不均匀（色漆发花）

产生原因：烘烤温度过高，或烘室内温度不均匀；电泳涂料中颜料分散不均匀；电泳涂料 pH 值过高，产生再溶解；工件表面处理不彻底，油脂、污垢残存在涂膜上。

处理方法：调整烘烤温度；加强电泳前电泳涂料的搅拌，使颜料分散均匀；调整电泳涂料的 pH 值；加强工件表面处理，彻底清脱油脂。

#### （9）涂膜表面呈泪滴水迹状

产生原因：后处理水洗用水混浊，杂质多；电泳水洗后，到烘室时间短；电泳水洗后，进入烘室口时温度过高；电泳漆液颜基比过低，助溶剂量过大；电泳漆液中相对分子质量低的树脂增加；电泳漆液 pH 值不稳定；磷化膜过薄；电泳漆液表面张力大。

处理方法：用干净的水进行水洗；延长到烘室的晾干时间；调整烘室口的温度；调整电泳漆的颜基比；严格控制电泳漆液的质量；调整电泳漆液的 pH 值；严格控制磷化膜质量；改善电泳涂料的表面张力。

#### （10）涂膜力学性能、附着力差

产生原因：电泳涂装前工件表面温度高；磷化膜不均匀；电泳涂料 pH 值过低；磷化膜后处理不好。

处理方法：调整电泳涂装前工件表面的干燥温度；提高磷化膜质量；调整电泳涂料的 pH 值；改善磷化膜后处理。

#### （11）耐蚀性差

产生原因：磷化膜不均匀；磷化膜后处理不好；电泳涂料中杂质离子过多；电泳涂装后水洗用水不净。

处理方法：提高磷化膜质量；改善磷化膜后处理工艺和条件；过滤电泳涂料，清除杂质离子，保持涂料稳定；用干净的水进行水洗。

### 二、涂料稳定性

#### 1. 涂料不稳定的原因

- 1) 原涂料中树脂水溶性不好，或颜料稳定性差而引起沉淀。
- 2) 涂料的 pH 值过高或过低。
- 3) 涂料中杂质离子含量过高。
- 4) 搅拌设备不良或槽底结构不好，不易搅拌。
- 5) 涂料温度过高，或原储存条件不好，通风不良，导致涂料发霉。

#### 2. 涂料变质原因

- 1) 电泳涂料由于长期使用，助溶剂与胺挥发及树脂的氧化聚合都会引起涂料变质。
- 2) 电泳涂料为有机水溶液，夏季气温高，易发霉或酸败，导致涂料的 pH 值下降，使树脂析出。

3) 电泳时不按原涂料的颜基比沉淀，导致涂料组分变化。

4) 电泳涂装过程中用水冲洗时，水中杂质被带入。

5) 磷化处理时，磷化液被带入电泳槽液中。

#### 3. 变质涂料的再生

为了保证产品质量和电泳涂料的长期使用，将变质的电泳涂料采用化学法和超滤法来净化处理，使变质的电泳涂料恢复到生产要求的工作涂料。

## 第五节 涂装质量的控制

### 一、环境温度的影响

环境温度对涂装施工和涂膜质量有一定影响。单组分和双组分涂料重涂的时间间隔、干燥时间会随着涂膜厚度的变化而变化。当涂料温度低于 15℃ 时，特别是底材温度也低于 15℃ 时，应按规定比例配制并混合双组分涂料，并且在搅拌均匀后最好让双组分涂料预反应一段时间。当涂料温度为 15℃ 时，预反应 15min；当涂料温度为 10℃ 时，预反应 25min。为获得较好的涂装质量和涂膜性能，涂料温度不能低于 10℃。

### 二、相对湿度的影响

相对湿度对涂装质量的影响很大。相对湿度就是空气中含水蒸气的多少，也就是一个干球温度与一个湿球温度之比，两者越接近，相对湿度越大，反之湿度越小。如果在相对湿度很大的环境下进行涂装施工，则工件表面上会有一层薄薄的水膜，用肉眼难以辨别和判断，

用手指在工件表面轻轻地一抹就会看出有一道痕迹。遇到这种情况，必须采取相应的措施，有条件时可采用工件加热烘干处理，提高工件表面温度。另一简易的办法为，等天晴几天后再涂装，相对湿度在 80% 以下施工为好。

三、露点温度的影响

露点温度是空气中所含的水蒸气能在工件表面形成露水时的温度。露点温度与环境温度相差越大，越不易产生露水。当露点温度与环境温度接近时，会产生露水现象，有的称此现象为出汗现象。因此，在涂装前必须检测露点温度。一般在露点温度比环境温度低 3~5℃ 的情况下才能涂装，否则应采取相应措施，如烘干或提高工件表面温度，使空气中的水蒸气无法在工件表面形成露水。若为下雨天，则应等天气转晴后，环境温度比露点温度高 3~5℃ 时再涂装。

四、湿膜厚度的影响

湿膜厚度用湿膜片测量。湿膜片上设有缺口，每个缺口上端标有尺寸（单位为  $\mu\text{m}$ ）。先根据产品技术要求规定的厚度进行试涂，然后待涂膜流平后用湿膜片测量湿膜厚度，并做好记录。在涂膜干燥后，用涂膜测厚仪测量干膜厚度，同样做好记录，与湿膜厚度进行比较，看其收缩率是多少，以在同样的粘度和喷枪运行速度时，达到规定厚度需要喷涂几道。这样做到心里有数，避免出现涂膜太厚或太薄现象。

涂装自控自检表见表 7-2。根据表 7-2 内容，先测量施工时的环境温度、相对湿度、露点温度，喷完第一层后立即测量湿膜厚度，然后将测得的数据分别填入表格内。

表 7-2 涂装自控自检表

产品型号			产品名称					
环境温度		℃	涂装部位	底漆干膜厚度		涂装部位	面漆干膜厚度	
相对湿度		%		内表面	外表面		内表面	外表面
露点温度		℃		μm	μm		μm	μm
涂装判定								
底漆	名称		湿膜厚度	第一层：	μm	干膜厚度	第一层：	μm
	牌号			第二层：	μm		第二层：	μm
	颜色			第三层：	μm		第三层：	μm
面漆	名称		湿膜厚度	第一层：	μm	干膜厚度	第一层：	μm
	牌号			第二层：	μm		第二层：	μm
	颜色			第三层：	μm		第三层：	μm
底漆外观检查：								
面漆外观检查：								
防止措施：								

复习思考题

- 1. 什么叫做粘度？为什么要控制粘度？
- 2. 测试粘度的常用方法有哪些？
- 3. 什么叫做遮盖力？



4. 何谓固体含量?
5. 湿膜厚度如何测量?
6. 涂膜实际干燥时间有哪两种测定法?
7. 涂膜附着力有几种测定方法?
8. 涂料在储存过程中出现沉淀与结块的原因是什么? 如何处理?
9. 桔皮现象的产生原因是什么? 如何处理?
10. 流挂现象的产生原因是什么? 如何处理?
11. 咬起现象的产生原因是什么? 如何处理?
12. 发白现象的产生原因是什么? 如何处理?
13. 起泡、起皱现象的产生原因是什么? 如何处理?
14. 渗色、浮色现象的产生原因是什么? 如何处理?
15. 丰满度不良的原因是什么? 如何处理?
16. 涂膜脱落的原因是什么? 如何处理?
17. 色漆颜色变化的原因是什么? 如何处理?
18. 什么是粉化现象? 其产生原因是什么?
19. 什么是涂膜开裂现象? 其产生原因是什么? 怎么处理?
20. 涂装后涂膜下有生锈现象的原因是什么?
21. 涂膜为什么有变脆现象? 如何处理?
22. 电泳涂装时出现阴阳面的原因是什么? 如何处理?
23. 电泳涂膜流挂、粗糙、花脸的产生原因是什么? 如何处理?
24. 电泳涂膜产生针孔的原因是什么?
25. 电泳涂膜剥落的原因是什么?
26. 电泳涂膜表面不平整、有颗粒的原因是什么?
27. 电泳涂膜附着力差的原因是什么?
28. 电泳涂料不稳定的原因是什么?
29. 电泳涂料变质的原因是什么?

# 第八章

## 培训与指导

**培训目标** 作为涂装技师，必须具备对初、中、高级工进行技术指导和督促工作的能力，并传授涂装类型、涂料及涂装方法的选择与运用方法，掌握涂装设计步骤及涂装工艺制订的方法，并有能力撰写技师论文及处理严重质量缺陷。

### 第一节 涂装设计

#### 一、涂装类型

每种产品一般都有涂装标准和技术要求，如汽车行业、轻工行业、建筑行业、机械行业、电器行业等都有统一的涂装标准。

根据被涂物外观装饰性要求以及涂层的使用条件和涂层的性能，一般将装饰性涂层分为下列五种类型。

(1) 高级装饰性涂层 又称为一级涂层。涂层外观极漂亮，光亮如镜，色泽鲜艳或表面平整光滑，表面无肉眼能见的缺陷（皱纹、小泡和桔皮等），涂膜坚硬，供户外使用时还应具备足够好的耐候性和耐潮湿性。这类涂层一般是由底层、中间层和面层（涂2~5道面漆）配套组成。有时采用抛光、打蜡等工序来提高涂层的装饰性。

适合涂装这一涂层的产品有高、中级轿车车身，钢琴，各种仪器仪表，计算机，缝纫机，高档自行车，高级木制家具，家用电器等。

(2) 装饰性涂层 又称为二级涂层。其装饰性、平滑度较一级涂层稍差，有细小缺陷，但外观仍漂亮，色泽鲜艳，机械强度甚至优于一级涂层。供户外产品使用时，也应具有优良的耐候性、耐潮湿性。这一涂层一般由一道底漆、两三道面漆配套组成。适合涂装这一涂层的产品有载重汽车、拖拉机的驾驶室及覆盖件、自行车、机床、火车车厢、公共汽车等。

(3) 保护装饰性涂层 又称为三级涂层。这一涂层以保护性为主，装饰性次之。涂层表面不应有皱纹、流痕、针孔和影响涂层保护性能的夹杂物、垃圾等。要求这种涂层具有较好的耐蚀性、耐潮湿性，户外使用时还应具有较好的耐候性。这一涂层一般由一道底漆、一两道面漆配套组成。在个别情况下，涂层的道数可根据涂料品种和涂层的使用条件增加。适合涂装这一涂层的产品有工厂设备、集装箱、农业机械、管道、钢板屋顶、汽车和货车等。

(4) 一般保护性涂层 主要用于一般防腐蚀，对装饰性能无要求，一般涂一两道漆，厚度在20~60 $\mu\text{m}$ 范围内。这类涂层适用于外观无要求，使用条件不十分苛刻的（室内）制品或部件。

(5) 特种保护性涂层 这是对物件起特种保护作用的涂层。从广义来讲，绝缘、耐酸、耐碱、耐盐水、耐化学试剂、耐汽油、耐油、耐热、防污、防霉等涂层，以及水下、地下的耐蚀涂层等均属于这一类。这一类涂层的主要功能是保护底材，耐某种介质的浸蚀作用或隔

绝作用。涂层的完整性是这一类涂层的涂装要点。为此,一般采用多层涂装的方法,如耐化学试剂涂层需涂底漆、面漆、清漆 10 多道(总的涂层厚度达数百微米)。又如输油管道涂层,为提高涂层的强度和厚度,边涂装边包裹玻璃纤维布,再在玻璃布上涂几道漆。

此外,还有外表具有皱纹、锤纹、冰纹等的涂层(称为美术装饰涂层)或具有示温、夜光等特种功能的涂层。

## 二、涂装设计步骤

第一阶段:明确涂装标准或等级(类型),查清涂装的条件和底材的种类。被涂物的条件有:

(1) 被涂物使用条件 即被涂物的使用目的、大小、形状、数量、使用年限、经济效益等。

(2) 被涂物的环境条件 即被涂物在使用过程中所处的环境及外界因素,包括:被涂物所处的位置,室内还是户外,地上、地下或水中、淡水、海水、溶液。外界因素包括:空气、水分(液态、蒸汽)、温度(大气温度)、光源、化学药品(酸、碱的溶液或气体)、海盐粒子、电流、尘埃等。被涂物自身产生的外力条件,如热、振动、冲击和风压。

(3) 被涂物自身条件 即底材的种类和性质,被涂物表面状态(如腐蚀状态、粗糙程度)。

第二阶段:根据第一阶段所得情况选择性能和经济适宜的涂料。选用的涂料应与被涂物底材相配套,并且在被涂物所处的环境下能保持适当的性能,能与被涂物的涂装条件相适应。

第三阶段:根据涂装场所以及被涂物的形状、大小、材质、产量,涂料品种及涂装标准等,选定合适的涂装方法。涂装方法很多,选择要适当。必须充分了解各种涂装方法的特性,并熟知各种涂装方法最适合的被涂物。

第四阶段:根据涂料、底材、涂装环境、涂装方法、资源利用和污染等制订多种方案并进行比较,通过价值工程计算,最后选定作业条件。这两项对所形成涂层的性能影响很大,所以与涂料的选择同样重要。

## 三、涂料的选择

涂料选择的总原则为:选择的涂料必须满足涂装产品的使用环境条件和涂膜质量要求。

涂装产品有多种多样的使用环境条件和涂膜质量要求:如户内和户外、陆地和航天、沿海地区和高原地区、海上和地下、干热带或湿热带地区、化工防腐环境等。根据产品环境条件的使用范围和使用的质量要求,还有高保护性与一般装饰性的要求。从某种意义上说,实现高质量的汽车修理涂装比汽车制造涂装更难,因为修理的汽车是来自不同厂家的各种类型的汽车,涂膜的涂料类型、涂料组成、涂装工艺以及色彩等各有不同,这就增加了作业难度,也显示出了涂料选择的重要性。选择的涂料的性能及用途,必须满足各种产品涂装后的使用环境条件和对涂膜的质量要求。

## 四、涂料的质量指标

涂料品种很多,性能及用途不同,只有熟悉和掌握各种涂料所具有的性能和用途,才能正确、合理地进行选择。涂料应当具有下列各项质量指标:

(1) 附着力 涂料经一定方法涂装在产品表面上,在满足涂料附着的各种条件后,涂料本身必须具有牢固附着在被涂材质表面上的性能。涂料的附着力等级不同,涂装质量就会不同,所得涂膜的性能也就不同。

(2) 光泽 涂料经涂装干燥后形成的涂膜表面应具有一定的光泽。光泽有高光泽、半光

和无光之分。涂料的光泽质量标准等级通常以百分比表示。选择涂料时,应根据产品涂装质量要求的装饰性来选择光泽等级。

(3) 色泽和亮度 涂料形成的涂膜应具有一定的色泽和亮度。除罩光涂料(通常称清漆)外,其他涂料都具有一定的颜色。涂料的色泽和亮度应力求与光谱的本色相一致。颜料的色泽(也称为色相)、纯度和亮度在涂料与涂膜颜色及外观的质量标准中,都有严格的标准要求和检验方法。选择涂料时,必须使所选用涂料的颜色、色泽和亮度与产品的涂装要求相一致。

(4) 遮盖力 各种产品涂装的目的是利用致密的涂膜,将产品表面与外界的腐蚀介质以及机械的和人为的碰撞冲击等隔离开,以便保护和装饰表面。为此,涂料必须具有一定的遮盖力。涂料的遮盖力通常以  $\text{g}/\text{m}^2$  表示。涂装时,应当根据产品涂装时对涂膜的厚度要求来选择涂料,并尽量选择遮盖力好的涂料。

(5) 力学性能 涂料都应具有一定的力学性能。力学性能包括硬度、冲击强度和柔韧性。涂料的硬度、冲击强度和柔韧性需在产品表面实际干燥并形成牢固的涂膜后才能真正体现出来。硬度以一定重量的摆锤,在规定摆动振幅的衰减时间的“比值”来表示(如 $\geq 0.5$ )。冲击强度的单位为  $\text{kg} \cdot \text{cm}$ ,柔韧性的单位为  $\text{mm}$ 。应根据各产品在涂装时对涂膜力学性能的要求来选择涂料。硬度比值大,冲击强度为  $50\text{kg} \cdot \text{cm}$ ,柔韧性在  $1\text{mm}$  内的涂料,被认为是力学性能好的涂料。

(6) 特殊性能 在品种繁多的涂料中,还有很多具有耐高温、耐低温、防毒、示温、防燃烧、阻尼、伪装、绝缘、导电等多种多样的特殊性能,可用于涂装在特殊环境下使用的产品。在使用时,可根据产品的涂装要求进行有针对性的选择。

(7) 细度与粘度 固体涂料应具有一定的细度(也称粒度),液体涂料应具有一定的粘度。细度指涂料的粗细程度,通常以  $\mu\text{m}$  表示(固体的粉末涂料用“目”表示)。液体涂料的粘度通常以“s”表示。涂料的细度和粘度对涂膜的质量有很大的影响。细度不够,涂膜表面呈颗粒状,从而影响涂膜的其他各项性能。使用时的涂料粘度,是在涂装开始时,选用配套稀释剂按涂装要求调制而成的。

(8) 固体含量 涂料的固体含量是指涂料中不挥发成分的含量,常以“%”表示。涂料因类别和品种的不同,其固体含量也不同。固体含量最高的是粉末涂料,为100%。液体涂料的固体含量,根据涂料用途的不同而不同。

(9) 涂膜的化学性能 不同的涂料形成涂膜后,各自有着一系列的物理和化学性能。涂膜的化学性能有耐水性、耐油性、耐酸碱性、耐溶剂性、耐湿热性、耐盐雾性、耐霉菌性、耐温变性和耐候性等。

(10) 涂装的经济性 由于产品涂装对涂料性能的要求不一样,因此选用涂料的经济性(即价格)也不同,要根据产品对涂装的质量要求选择。能用低档涂料的就不用高档涂料;能用单一涂层或底、面二层涂装的,就不用底层、中间层或二道以上的面层(也称复合涂膜或多层涂膜)的涂装方法。涂料的经济性也是选择涂料时必须考虑的问题,它关系着产品涂装全过程的经济效益,不可忽视。

## 五、不同涂膜的涂料选择

涂膜的作用是由涂料的性能决定的。当然,涂料的性能和作用必须通过涂装后,形成牢固附着于产品表面的涂膜表现出来。涂膜的作用也与涂膜的厚度与致密性有很大关系。除粉

末涂料和高固体分涂料经一道涂装可以形成较厚的涂膜外，其他类型及品种的溶剂型涂料，一道涂装后形成的涂膜厚度一般不超过  $25\mu\text{m}$ ，这么薄的涂膜不能较长时间抵抗外界腐蚀介质的侵害、化学药品的侵蚀和机械的冲击碰撞等，不能起到保护产品表面的作用，更不能具有很好的装饰性。因此，除采用高固体分和粉末涂料涂装的产品外，其他的产品几乎都采用多层涂装方法（也称为复合涂膜）。性能及用途各异的涂料组分，在涂装后形成的涂膜中各自发挥作用并共同形成足够厚度的致密涂膜，这样才能使涂膜真正发挥保护和装饰产品的重要作用。

### 1. 底层涂料的选择

因为底层与产品材质表面直接接触，所以一般底层涂料中，都加入了防锈颜料和抑制性颜料，它们对金属表面能起到防锈作用和钝化作用，从而最大限度地减少了表面被腐蚀的危险。底层涂料必须对金属或其他材质表面有很强的附着力，与上层涂料有良好的结合力。但是，底层的作用必须要有可靠的表面预处理质量作保证，否则材料表面存在的油污或油膜就会隔绝涂料与材质表面的直接接触，使两者不能相粘。表面的锈蚀物是金属表面遭到腐蚀破坏后生成的松散氧化物。氧化皮是在金属加工过程中形成的。氧化皮既是松散的氧化物，又是金属腐蚀的媒介物。灰尘泥土及其他污垢不但含有腐蚀金属材质的有害物质，而且附着在表面易吸潮，对金属表面产生腐蚀，同时也隔离了底层与金属表面的良好接触。所以，底层的作用除了要有涂料本身的优良性能作保证外，还必须有优良的表面预处理质量作保证。

### 2. 中间层涂料的选择

对装饰性要求高或对保护性要求强的产品，或对因材质表面平整度不够（如铸铁表面）而要求涂膜有一定的装饰性和保护性的产品，均需采用中间层涂装。中间层具有承上启下的作用。选择的中间层涂料通常被称为二道底层涂料。我国可供选择的二道底层涂料都能与底层涂料、腻子 and 面层涂料有良好的结合力，具有良好的流平性和较高的遮盖力，能自干或烘干，并且干燥后的涂膜平整光滑，易打磨平整，不粘砂纸，能进行干磨和湿磨。其作用还有弥补腻子层尚未填平的表面缺陷，刮涂较大面积的缺陷，补充效率低的涂装；填平打磨腻子层留下的砂布或砂纸的道痕（也称纹道），可刮涂或喷涂；能弥补涂膜厚度的不足，或弥补多种深、浅颜色与面层色彩的配套。其涂膜具有适宜的平光及微平光的光泽。中间层的致密度好，坚硬柔韧，具有一定的保护作用，是产品的又一道防腐蚀屏障。多层涂装中有了中间层，可以较容易地得到光滑平整、丰满度高、光泽美观的装饰性很高的涂膜。

### 3. 面层涂料的选择

面层对涂料的要求是：具有优良的抵抗外界腐蚀的性能，有一定的力学性能或特殊性能和作用。面层不但是保护产品表面免受外界腐蚀与机械和人为冲击碰撞的第一道屏障，而且具有色彩艳丽，光泽丰满的装饰性外观。表面涂膜应与产品涂装前的表面处理质量、涂装方法和设备以及涂装技术等相配合，使涂装全过程融为一体，这样才能取得与涂装的整体复合涂膜一致的优良涂装质量，才能真正发挥产品涂装后形成的牢固附着的涂膜的性能和作用。

### 4. 高固体分涂料、电泳涂料、粉末涂料的选择

高固体分涂料、电泳涂料、粉末涂料等是 20 世纪 80 年代我国生产的少溶剂涂料的典型品种，通常也称为低污染涂料。高装饰性、高保护性、低毒、低污染、有特殊作用、美术型等类型的涂料，是国内外现代涂料生产的总方向。电泳涂装、静电喷涂（包括高压无气静电喷涂）、粉末静电喷涂法，同样是现代涂装技术发展的必然趋势。所以，对高固体分涂料、



电泳涂料（阳极与阴极电泳涂料，特别是阴极电泳涂料）、粉末涂料（分热固型和热塑型）的使用与选择，以及这些涂料涂装后形成的涂膜的良好性能，应当给予充分重视。这几种涂料的涂装方法体现了力求减少或最大限度地消除环境污染，改善劳动条件和卫生条件，缩短生产周期，实现机械化、自动化流水线生产，提高涂装的质量、效率，节约能源、劳动力、原材料，降低成本，取得最佳的技术经济效益的发展趋势。

（1）高固体分涂料的选择 我国生产的高固体分涂料可供选择的类型有：氨基醇酸树脂、丙烯酸氨基树脂（前两种类型的涂料中都采用了三聚氰胺树脂）、无油聚氨酯树脂涂料等。它们的性能、作用与它们的溶剂型低固体分相同。但固体分中的树脂含量高，涂装时固体分的质量分数达 65%~70%。虽然涂料中的挥发分没有降到 20% 以下，但是有机溶剂挥发量降低到 30% 以上，涂装后形成的涂膜厚度有明显的提高，一道涂层厚度可达 30~40 $\mu\text{m}$ 。采用高压无气喷涂或高压无气静电喷涂和静电喷涂，效率提高 2~20 倍。涂装后形成的涂膜均匀致密，形状复杂的尖边棱角或内腔部位，都能得到很好的喷涂。高固体分涂料可使涂装质量、涂膜作用有较大的提高，总成本降低。

（2）电泳涂料的选择 20 世纪 80 年代中期以来，我国可供选择的电泳涂料有阳极电泳涂料、阴极电泳涂料两种。阳极电泳涂料有不同颜色的纯酚醛、环氧酯等品种，阴极电泳涂料有环氧酯和异氰酸酯等。电泳涂装极易形成自动流水线生产。无溶剂及雾化涂料，可有效地保护环境。电泳涂装产品表面沉积的涂层均匀平整，附着力强，有很好的耐蚀性，丰满光滑，无流挂，可使形状复杂的工件各个部位都能得到使用其他涂装方法得不到的高质量涂层。自动流水线生产质量好，效率高，省工省料，降低成本。电泳涂装广泛适用于机械、仪器仪表、轻工、电器、汽车、航空、国防等行业产品的涂装。阳极电泳涂装有两大缺陷：一是涂料槽液呈碱性，易使成膜物高分子产生降解，使涂层作用下降；二是电泳时被涂物金属及表面处理膜（如磷化膜）会因阳极氧化和水的电解反应，使阳极区域呈酸性部分被溶解。溶出物使电泳涂料颜色变深，耐蚀性能、力学性能下降。阴极电泳涂料和涂装方法的出现，解决了阳极电泳涂料和涂装方法的这两大缺陷。阴极电泳涂装时，被涂件成为阴极，金属及表面处理膜溶出极微，不足以加深涂膜的颜色，因此，涂层耐蚀性能大大提高；又因主要成膜物质呈碱性，所以耐蚀性又有提高。槽液是酸性水溶液，高分子降解倾向小，对腐蚀有抑制作用，涂料及成膜后的涂膜性能不会降低。这是阴极电泳法具有的阳极电泳法所不及的特点，故阳极电泳很可能被阴极电泳代替。但阴极电泳涂料呈酸性，因此使用的设备、工具应耐酸，阳极用不活性金属为好（免得金属有溶出），电泳槽不能作相反极使用。选择电泳涂料进行涂装，尤其是选择已为国内外汽车行业所采用的阴极电泳，能获得高质量和优良性能的涂膜。但是，电泳涂料的涂装方法具有很突出的特点，需要一定的生产条件来实现。其涂装工艺、操作技术较复杂，又要求必须有很高的表面预处理质量；各项工艺参数需经反复试验后，认真选择最佳数据，并要严格执行操作规程，这样才能取得最佳质量的涂膜。除此以外，由于不同材质、不同产品的表面预处理方法不同，因此电泳涂装用的工艺参数也不同。槽液还要及时测出大量的试验数据来配合生产。这些都是电泳涂料及其涂装技术应用中需要解决的问题。

（3）粉末涂料的选择 我国生产的粉末涂料有热塑型和热固型两类。热塑型粉末涂料有聚乙烯、聚氯乙烯、聚酰胺（尼龙）、聚酯等品种。热固型粉末涂料有环氧树脂、聚酯环氧、聚酯、丙烯酸等品种。聚乙烯树脂粉末涂料有优良的耐化学药品性、耐水性、耐各种溶剂

性、绝缘性、耐低温性、柔韧性及好的塑性、无毒性、较好的力学性能，且价格低，适宜流化床和静电喷涂法涂装。其涂层表面硬度及耐候性差，主要用于电器、电缆线、金属线、容器工具、充电工具等。聚氯乙烯树脂粉末涂料具有优良的耐候性、耐水性、耐化学药品性、耐潮湿性、柔韧性、耐磨性、挠曲性，以及好的边缘覆盖性、耐久性，且价格便宜，适用于家用电器、金属网制品、化工设备、泵、阀门等产品的涂装，可用流化床和静电喷涂法施工。其不足之处是与底材附着力差，需涂底漆；烘烤时，增塑剂挥发，熔融温度与分散温差小，烘干温度范围小；高温烘烤不适宜厚度在  $100\mu\text{m}$  以下的涂膜，否则，涂膜的性能很差。聚酰胺树脂粉末涂料具有优良的耐化学药品性、耐水性、耐沸水性（能耐  $100^\circ\text{C}$  热水）、耐溶剂性、电绝缘性、柔韧性、耐磨性、抗冲击性、耐候性等。其缺点是与金属表面的附着力差，需涂底漆，并且熔融张力大，涂装时尖边棱角易流淌，烘干温度高，价格较贵。聚酰胺树脂粉末可采用流化床和静电喷涂法施工，以流化床涂装为多。热塑性聚酯树脂粉末具有优良的附着力，涂膜表面光滑平整，光泽度高，装饰性好，具有优良的耐候性和耐化学品腐蚀性，烘干温度范围也较宽。其不足之处是硬度低，挠曲性和耐溶剂性较差，耐冲击性不好等。依据上述各热塑性粉末涂料的特点及其适用范围，我国目前应用较多的是聚乙烯粉末涂料，聚氯乙烯粉末涂料次之，其次是热塑型聚酯、尼龙等粉末涂料。近年来，我国热固型粉末涂料的用量以逐年翻番的速度增长着。热固型粉末涂料以环氧树脂、聚酯环氧的应用为最广。不同的热固型粉末涂料，其特点及适用范围不同，如环氧树脂粉末涂料主要用于室内和地下工程，适于地下管道、矿井、不接触阳光曝晒和大气的产品，以及对装饰性要求不高而对保护性、防腐性要求高的产品的涂装。聚酯粉末涂料（分不饱和聚酯和饱和聚酯）则用于室外的、要求耐大气性能好、不怕阳光曝晒、装饰性能好的产品的涂装。丙烯酸树脂粉末涂料的涂膜比聚酯粉末涂料的涂膜具有更优良的耐候性、保光保色性、抗污染性、耐蚀性及附着力和力学性能等，但在我国尚未进入工业化生产，还处在小批量试制阶段。

（4）涂料质量及配套性的选择 一般来讲，应根据产品涂膜质量要求来选择性能优良的涂料。那么，性能优良的涂料应当具有什么样的质量要求呢？我国生产的涂料有 17 大类，大类下又分有几十个小类和 1000 多个品种，以及特殊用途的类型和品种，并且还有很多即将问世的不同类别和品种。要想完全清楚地了解它们是很困难的，只有长期从事涂料涂装生产，才能逐步积累并掌握它们。上面内容已对各大类型涂料及其常用品种的性能、质量、用途等进行了选择性的介绍。各大类型的涂料以及同类不同品种的涂料，都有各自的生产质量标准 and 出厂质量标准。产品在涂装前，一般都要进行验证，看选用涂料的质量标准是否合格。目前，我国生产的涂料质量标准有国家标准、行业标准，以及各种涂料生产厂依据国家标准、行业标准和各单位产品涂装质量要求而制订的企业标准。涂料的类型也有不同，而同类型的涂料中又有底漆、腻子、二道底漆（也有称二道浆）、面漆之分，而底漆、中间漆、面漆的不同品种适应的材质和产品涂装质量要求也不同。所以说，涂料的选择是困难的。对装饰性、保护性要求高的复合涂膜用涂料的选用显得尤为困难，必须对使用的每一层、每一个品种涂料的质量掌握得十分清楚。现代的涂料绝大部分是由化学合成材料组成的，各组分在涂料中发挥着不同的作用。因此，由不同性能的涂料组成的整体涂膜，有着多种性能。由于合成物质的化学性质各异，因此它们混合后就自然会有各种各样的反应。如果其性质相近，则能相溶，否则将不相溶，并产生这样或那样的变态或变质。例如，醇酸树脂类的涂料稀释剂不能溶解硝基漆类涂料；硝基漆稀释剂能使醇酸漆中的树脂析出而变成丝状物，失去

涂料的作用。所以,各类型的涂料不能随意混用。若要组成一个复合涂膜,则必须选择允许的类型和品种的涂料相配套,这样才能溶为一体,发挥各自的作用。性质相近和可相溶是涂料选择与配套使用的首要依据,其次是涂料的质量。由于系统全面地介绍我国生产的一千多个品种涂料的性能和作用是很困难的,因此把作为涂料所应当具有的最基本的统一性能——涂料的质量标准,作为选择的依据。例如,涂料都应具有较好的附着力,特别是底漆,应具有优良的附着力、防锈作用和抑制作用;上、下层涂料应有优良的结合力、一定的遮盖力、打磨性等。涂料都应有一定的光泽、亮度,具有较好的色泽、遮盖力(纯正的色泽和能形成一定厚度的涂膜);形成的涂膜应具有较好的硬度、强度(包括耐磨、抗冲击、柔韧性),有一定的保色保光性或优良的保光保色性,较好的抗化学品性、耐候、耐水、耐溶剂等(有些品种不具备其中的一项或多项性能,应由别的品种进行弥补);成膜时流平性要好,干燥固化后不起皱、不裂纹、无桔皮(美术漆品种除外)、不起泡,无缩孔等(施工不好的因素除外)。此外,涂料要有一定的粘度(也称为稠度)和干燥迅速(一定的条件下和一定的时间内,可自干或烘干),能溶于相应的溶剂并可稀释到一定的施工粘度。都应具有良好的施工性,并且低毒、低污染;要有较好的经济效益,具有优良的涂膜质量和最佳的技术效果。

#### 5. 涂装生产中各因素与涂料选择的关系

选择涂料的首要条件是要熟悉、掌握各类品种的性能、用途及适用范围等。选择的涂料,既要满足产品涂装质量要求,又要有经济性。所以,选择涂料时,应当在充分考虑选择的涂料能达到产品涂装要求的前提下,还要掌握以下情况:产品材质、预处理方法、涂装方法,以及设备工具、干燥方法、涂装层次间涂料与稀释剂的配套性、涂装特点、操作环境条件要求、经济性等。现将它们之间的关系分述如下:

(1) 涂膜使用环境与涂料选择的关系 由于涂装的目的不同,涂装后涂膜的使用环境不同,要求的涂装质量和涂装层次不同,所以所选用的涂料就不同。例如,有用于室内或室外的,耐化学品腐蚀或在溶剂、油中使用的,用于干热和湿热带的,用于飞机和航天器的,耐紫外线或要求防腐的,物理性能好或无毒的,高保护、低装饰的,高装饰、低保护的,高装饰、高保护的,标志或伪装的,耐高温和低温的,抗燃烧或延燃的等涂料。涂料只有满足各自产品的要求,才能达到预期的涂装目的。

(2) 产品的材质与涂料选择的关系 被涂件的材质(如钢铁、铸铁、铜及铜合金、铝及铝合金、铸铝及压铸铝合金、塑料、木材、橡胶皮革、纸张、织品、水泥等)不同,涂料的适应性也就不同。适于不同材质的涂料还要和该材质其他涂层的涂料合理配套使用。只有涂料配套合理,涂敷方法及操作正确,才能达到不同材质要求的涂装目的,获得质量好的涂膜外观。例如,钢铁件、铸铁件的底层涂料应为铁红醇酸(或环氧树脂)底漆、醇酸(或环氧)腻子,面层涂料为醇酸磁漆(内用或外用)或氨基醇酸烘漆,底漆和面漆用配套稀释剂稀释后,还可选用硝基或过氯乙烯等配套的同类型不同品种的底、面层涂料及配套稀释剂。

(3) 涂料的性能、用途、施工特点与涂料选择的关系 类型和品种不同的涂料,有着不同的性能及用途、不同的施工特点和不同的涂装方法。例如,清油、调和漆等采用刷涂效果好;酯胶清烘漆适于平刷或喷涂;醇酸、氨基醇酸烘漆适于喷涂;水溶性电泳涂料适于浸渍电泳;粉末涂料适于流化床和静电喷涂;粘度大的溶剂涂料则适于高压无气喷涂;建筑涂料适于高压无气喷涂或手工喷涂等。

(4) 不同的涂料涂装前表面预处理方法与涂料选择的关系 表面预处理质量是获得优良



涂层的三要素之一。涂装前,被涂产品表面的锈蚀程度和油污程度,凸凹不平缺陷的严重程度,以及采取的不同处理方法和处理所能达到的质量,对涂料的选择有着十分重要的影响。例如,手工脱脂除锈与机械方法脱脂除锈的质量不同,喷砂与喷(抛)丸处理与酸洗磷化处理的质量不同;碱洗与用金属清洗剂方法脱脂的效果不同;去除铝件表面油污和氧化膜,采用金属清洗剂或弱酸、碱清洗与进行阳极氧化处理所得到的效果不同。铸件最适宜采用喷砂或喷丸处理,而不能用酸洗、脱脂去锈;非金属件均不宜采用不适宜浓度的酸、碱清洗;木材、皮革、塑料、纸张等被涂件,则具有技术性更强的专门处理方法,否则,不但不能取得高质量的处理效果,而且会弄巧成拙。根据不同材质及涂装前的表面状态,正确选择合理的表面预处理方法,使之达到涂装所要求的表面预处理质量,对涂料的选择非常重要。例如,经手工脱脂去锈方法处理的工件,就不能进行电泳、静电或粉末涂装;表面缺陷严重而又要求涂膜外观光滑平整的,就要采用刮腻子 and 喷涂二道底漆和多层面漆的涂装方法,此时选择的涂料就必须满足多层涂装的需要;电泳涂装时,被涂件表面磷化膜不宜过厚,因为过厚的磷化膜会在电泳涂装时被部分溶解,而破坏电泳槽液的稳定性;化学处理后的被涂工件表面,若在水电泳涂装前用水冲洗得不干净,则附着于被涂件表面的有害化学离子对电泳槽液的危害会更大,严重影响电泳槽液的正常使用。所以说,涂装前表面预处理的方法及处理质量的好坏,对涂料选择是至关重要的。根据被涂件的材质和涂装的质量要求、涂装的性能用途及施工特点,选择正确的表面预处理方法,以获得最佳的处理质量。例如,铸铁件最好采用喷砂(丸)处理,适宜进行浸涂、静电涂装或粉末涂装。

(5) 干燥方法与涂料选择的关系 涂料干燥方法有常温自干和加热固化干燥、烘干、光固化或电子束聚合干燥及电磁感应干燥等。常温干燥方法主要是指溶剂挥发和水蒸发干燥及触媒聚合干燥(也称氧化聚合干燥)。干燥时间(速度)与干燥的温度成正比。对其干燥程度有影响的因素(如温度和湿度)超出涂料规定的范围时,则不能使涂料干燥完全,并会使涂膜外观产生各种缺陷。在各种干燥方法中,以对流干燥为最好。在涂装生产中,很多涂料的主要成膜物质(即树脂)的分子间需要交联聚合,这种交联聚合干燥必须在规定的温度、时间范围内进行。超出涂料规定的温度和时间,不会获得实际干燥效果和质量优良的涂膜外观,而涂料干燥所需的温度和时间不是绝对的。例如,在涂装生产中,不同材质、形状、大小、厚度的被涂件,以及操作现场条件的影响等,都要求对规定的温度和时间进行适当的调整。经过反复试验后,找出每批被涂件所使用涂料的适宜干燥温度和时间,但最终都必须使涂料的成膜物分子完成其交联聚合的干燥过程,否则不会得到真正干燥的涂层和完好的涂膜外观。涂料的另一种干燥方法是烘干触媒聚合干燥(也称为氧化聚合干燥)。这种干燥方法,既可自然干燥(常温在 $25^{\circ}\text{C}$ 、一定时间内干燥),又可在较低的加热条件下,于一定的时间内干燥。采用这种方法干燥的涂膜的性能比在常温下自然干燥的涂膜的性能有很大的提高。同时,这种干燥方法加快了涂料干燥的进程,可获得比自然干燥性能更优良的涂膜外观,是一种可取的干燥方法。上述干燥方法,均应采取清洁的空气对流干燥。干燥时的热源和加热方式及干燥设备的结构,也是选择涂料时应当注意的重要因素。加热方法有多种,如蒸汽加热、汽电两用加热、辐射加热(远红外),以及较新的高周波、电磁感应、光固化(紫外光辐射)、电子束射线照射固化加热等。烘干炉有定式、通过式和桥型通过式等不同结构。热源、加热方式及干燥设备的结构等,都应在选择涂料时予以很好的考虑。只有照顾到各方面的因素,才能互相兼顾,获得涂装要求的质量标准。

(6) 涂料的配套性与涂料选择的关系 选择涂料时必须遵循涂料与涂料之间及与稀释剂之间的配套性，这是十分重要的原则。涂料的类型、品种繁多，组成涂料的各种物质（特别是合成树脂涂料）有着不同的化学和物理性能，在涂覆、干燥、成膜的过程中会发生一系列的化学反应和物理变化。在选择涂料时，应充分考虑各类涂料组成物质间相互的化学及物理变化（即形成涂膜的机理）。成膜机理多种多样，如涂料的挥发成膜（物理性变化）、氧化聚合反应成膜、氧化反应成膜、聚合反应成膜、辅助材料的聚合反应成膜、紫外线照射引发的聚合反应成膜、电子束照射激发的聚合反应成膜和综合的物理及化学反应进行的挥发或蒸发与氧化聚合或缩合化学反应成膜等。由此生成的膜的物理化学性能各不相同，其施工特点也不一样。如果不充分考虑这些因素，就会不可避免地发生很多涂装质量事故，导致涂料稀释溶剂的损失、报废。现代大多数产品及零件的表面涂装，一般极少要求单一涂膜（粉末涂装除外），均要求复合涂膜。选择涂料时，必须注意底层、中间层、面层的涂料类型、品种及其稀释剂间的配套性。在涂料性能允许的范围内，也可以选择不同类型和品种的涂料。要获取复合涂膜，必须采取中间过渡的配套方法。复合涂膜涂料选择的配套性还要注意涂料之间的含油度（含油量）及硬度、流平性等性能一致的问题，否则会因面漆油度长、底漆油度短而使涂膜因收缩性不同而产生龟裂、耐久性差等缺陷。硬度、流平性不同，涂膜会产生凸凹不平的堆积、流挂、桔皮等缺陷。

(7) 经济效益与涂料选择的关系 经济效益是任何涂装生产中必须要重视的综合指标。在选择涂料时，应认真遵守既不使产品涂装生产成本超标，又能取得最佳的经济效益的原则，做到高效、低耗、节能，减少环境污染或完全消除环境污染，改善劳动条件等。这是涂料选择的最根本的标准和原则。总之，选择的涂料既要满足产品涂装目的与涂层质量要求，又要经济。能用低档涂料时尽量不用高档涂料；单层涂装能满足产品涂装要求时无须追求多层涂装；施工中可利用现有设备，不要追求尽善尽美，使成本提高。但产品涂装质量要求高，批量又很大，现有施工条件不能适应要求时，可采取改造措施。添置新设备与改善施工条件。即使一次性投资稍大，只要能很快取得经济效益，也是可行的。设计者需要审时度势，果断采取增添和改善的决策，不要因循守旧，采取不重视态度，以致临时抱佛脚，这样经济损失会更大。

六、涂装方法的选择

1. 涂装方法的种类及优缺点（见表 8-1）

表 8-1 涂装方法的种类及优缺点

涂装方法		主要优缺点
刷 涂		适用范围广，无需专用设备，工具简单，操作简便，使用涂料的品种多；劳动强度大，生产效率低，涂层厚度不均，施工条件差
浸 涂	手工浸涂	涂装生产效率高，材料消耗低，浪费少，设备简单，操作简单，适用范围广；涂层薄厚不均，易产生流挂，劳动强度大，涂层不平整
	自动浸涂	涂装效率高，省工省料，劳动强度比手工浸的低，易操作；涂层薄而不均，易产生流挂，溶剂挥发量大，防火、防爆措施要求高
淋 涂		有喷淋和自动帘幕淋涂法。其优点是省工省料，生产效率高，可自动化生产，涂层均匀，无流挂，适用范围广。其不足之处是要求涂料不能有沉淀、浮色和桔皮、变稠等缺陷
辊 涂		涂装生产效率高，涂层均匀，节省溶剂，能采用高粘度涂料一次涂覆达到涂层厚度，易形成机械化、自动化生产，适宜大平面板件、卷材等的涂装



(续)

涂装方法	主要优缺点
喷 涂	应用范围最广，适用于各种涂装产品，操作简便，涂装效率高、质量好；使用的涂料粘度低，涂料及稀释剂溶剂浪费大，环境污染严重，有损工人身体健康，需要环境保护措施
高 压 无气喷涂	涂装生产效率比喷涂的高得多，适用大面积喷涂，涂料、溶剂、稀释剂飞散少，节约原料，环境污染少，能用粘度大的厚浆涂料，涂装质量好，应用范围较广
静电喷涂	涂装效率高，涂层均匀，质量高，溶剂、涂料、稀释剂飞散少，对环境污染很小，容易形成机械化、自动化生产；使用的稀释剂要求专用，要求严格，产品的深腔、边角、棱角等形状复杂处不易喷涂到，涂膜薄
电泳涂装	涂装效率很高，涂料附着力强，涂膜薄厚均匀，涂装质量高，涂料利用率高，省工省料，不用有机溶剂，污染很小，废漆液可过滤再用，易形成自动化连续化涂装生产，改善了劳动条件，适用范围广；设备投资较高，涂膜薄，限于底层涂装
粉末涂装	涂装效率高，涂料附着力强，涂层均匀，涂层质量高，无溶剂，过喷粉末可回收再用，省工省料，环境污染很小，易形成自动流水线生产，一次涂装一次烘烤，减少了工序，满足了涂膜厚度要求，节省能源，降低成本；形状复杂产品的凹处、深腔、尖边、棱角等处涂装效果不好，不易形成较薄的涂膜，换色困难

2. 涂装方法的合理选择
- (1) 涂装方法的选择

选择涂装方法时需要考虑的因素很多，应根据产品涂装的使用环境条件，涂膜质量要求，涂料的性能、用途和涂装特点，涂装产品的基材、形状和尺寸，涂装前的表面状况及表面预处理方法，涂装必备的设备及工具（包括现有设备及工具和需要添置的设备及工具），涂膜层次，涂膜厚度，涂装产品的批量，涂料干燥方法及设备条件，涂装环境条件和环保设施，组织机构，涂装技术水平等进行合理选择。涂装方法选择得是否合理，直接影响着涂装质量，甚至关系到涂装的成败。如果涂装方法选择不当，即使有性能和质量优良的涂料，完善适宜的设备及工具，良好的涂装环境条件，现代化的组织管理，技艺高超的涂装队伍，也不可能达到产品涂装预期的目的，甚至会造成工期的延误及原材料、能源、财力、物力的损失和不必要的浪费。
- (2) 涂装产品的使用环境和条件

涂装产品的使用环境和条件有：室内室外，静的动的，陆地或海洋，干热带或湿热带，恒温恒湿或交变的，低空或高空，一般工业用或化工设备用，油中或地下管道用，工业区或居民区，厂房内或家庭用等，涂装产品的使用环境和条件决定了涂装的目的，如防锈、防潮、防湿热、防霉菌、防盐雾、耐高温、耐水、耐油、耐多种化学品腐蚀、表面装饰程度（一般装饰或高级装饰）、绝缘、导电、示温、耐辐射、隔热、伪装、防污、阻燃等各种不同的涂装目的和特殊要求。为了满足产品涂装后使用环境和条件的要求，需要选择能够满足要求的涂料以及涂装的层次。
- (3) 涂装的基材

涂装的基材有钢铁，以及铜、锌、镁、锡、铅及它们的合金等，还有木材、橡胶、塑料、纸张、皮革、水泥等。由于材质、表面状况及表面预处理方法不同，选用的涂料及涂装层次也不同，故涂装和干燥方法必须与之相适应。
- (4) 表面状况及表面预处理的方法

涂装产品的材质不同，涂装前其表面状况也就不一样。例如，金属表面都有不同程度的油污、锈蚀、氧化皮或氧化膜；有的材质表面较光滑，如塑料、橡胶、皮革、纸张等的表面；有的材质表面很粗糙，如铸铁件、铸铝件、热轧钢板等。涂料在光滑的表面的附着力不好。粗糙表面的氧化皮多且厚，使涂膜的外观质量显著下降。被涂物表面存在油脂、锈蚀、氧化皮、灰尘等污染物时，会使涂料的附着力下降，从而产生气泡、龟裂、脱落等一系列涂装质量事故。所以，涂装方法的选择要适应这些不同材

质的表面状况和表面预处理方法。例如,经脱脂、除锈及磷化处理的冷轧型材及制品,可采用浸涂、淋涂、滚涂、喷涂、电泳涂装、静电喷涂及粉末喷涂等方法。铸铁件若经过喷砂、喷丸或抛光处理,可采用浸涂、喷涂、静电喷涂等方法。钢铁制品、有色金属、塑料、橡胶、木材、纸张等材质表面都必须经过处理,根据不同的表面处理方法及处理后的状况(表面既无锈蚀物、无油污、无灰尘和泥土、无机械杂质和影响涂料牢固附着的物理化学物质等,又具有一定的粗糙度),选择相适应的涂装方法。

(5) 涂料的涂装特点及涂装环境条件 涂装方法的选择,只有满足涂料的涂装特点和涂装环境条件的要求,才能保证产品涂装质量、批量及经济效益等。在保证产品涂装质量、批量及经济效益的前提下,能采用刷涂、浸涂、淋涂的可不采用喷涂,能采用自干型涂料的可不采用烘干型涂料,以节约能源与设备费用。当然也要十分重视采用先进的电泳涂装、静电喷涂和粉末涂装方法以及半机械化或自动化流水涂装生产线的涂装方法。对保护性、装饰性要求不高,涂装批量大的产品,应当采用浸涂、淋涂或喷涂等自动化流水线涂装方法。对保护和装饰性要求高,涂装批量大的产品,宜采用电泳涂装、静电喷涂及粉末涂装等先进的涂装方法进行自动化流水线涂装生产,并应采用质量高的烘干型涂料和桥形通道式电远红外线烘干技术及设备,形成联动线涂装。

(6) 涂装层次及涂膜质量要求 在20世纪80年代的涂装生产中,很少采用单层涂装,粉末涂装由于一次涂装能形成较厚的涂层和较高的涂层质量,才用于单层涂装。溶剂型涂料一次涂装干燥后形成的涂层厚度只有 $20\sim 25\mu\text{m}$ ,一次涂装不可能得到耐蚀性能好、有一定装饰性、色彩美观的致密涂层。在涂装后,涂膜受到日晒、风吹、雨淋和多种化学品及物理性的侵蚀,潮湿及气候变化,很快就会出现气泡、龟裂、失光、老化脱落的破坏现象。这是因为涂膜有微孔被渗透,因此通常都采用多层涂装的方法,层层设防,达到保护产品表面在较长时间内免受腐蚀和保持外表美观的目的。这是现代大多数产品涂装质量的要求。在选择涂装方法时,普遍都要考虑涂层配套的多层涂装方法,即底层、中间层和面层的复合涂层的涂装方法。

(7) 涂装设备和工具 选择涂装方法时,既要注意各种涂装方法所必需的设备和工具,也要考虑工厂企业现有的设备和工具,若既能保证涂装产品的质量和批量要求,并且有一定的经济效益,又能符合选用的涂装方法,则应采用本单位现有的设备和工具,当条件允许时,再逐步采用涂装新工艺及新设备和工具。但是,也应增置确保质量,节省和改善劳动条件,高效率、高收益的新工艺设备。即使暂时投资较多,但是经过一段时间生产可以达到上述效益的,也应当选择这样的涂装方法。

(8) 涂装环境条件及技术力量 宽敞的涂装场所,适宜的操作区,温度与相对湿度,通风排尘装置及环保设施,防火、防爆与防毒设施,安全与个人保护措施,自然采光与人工照明以及其他辅助设施等环境条件,都是涂装所必不可少的。加之涂装组织机构的健全和现代化的管理,具备一定技术水平的人才队伍等,能够保证涂装方法的实施,取得涂装要求的质量。

## 七、涂装工艺的制订

涂装工艺是根据被涂物对使用环境,涂膜性能等的要求制订的。

涂装工艺一般由若干道工序组成。工序的多少取决于涂装技术要求和涂膜的功能。涂膜要求高时工序多达几十道。但对实际施工工序而言,涂装工艺可分为三个步骤,即涂装前的表面预处理、涂料的涂装和涂膜干燥。

## 第二节 涂装的主要工序

涂装主要工序为：表面预处理→涂底漆→刮腻子 and 涂中间层→打磨→补刮腻子→涂面漆→抛光→打蜡→干燥。

### 一、表面预处理

表面预处理的目如下：

(1) 保证涂膜具有良好的耐蚀性能并保证涂膜与被涂物表面具有良好的附着力 金属表面存在的氧化皮、铁锈、焊渣、油污、水、灰尘及旧的不坚固的涂膜，都直接影响涂膜与被涂物表面的附着力和耐蚀性能。表面预处理就是要彻底清除这些污物，以提高涂膜的附着力和耐蚀性能。例如，对钢铁件在涂装前进行磷化处理，对铝制件在涂装前进行氧化处理，以提高涂膜与工件的附着力并增加耐蚀能力；对需涂装的塑料件在涂装前进行特种化学处理，以提高涂膜与塑料物面的结合力等。

(2) 提高涂膜的外观质量 材料的性质和加工方法各异，导致其表面状况不同。例如，用普通方法造型的铸件，其表面粗糙，而用树脂砂造型的铸件，其表面较平整。可采用机械的方法来消除被涂物的机械加工缺陷，并达到涂装所需要的表面粗糙度。例如，大型的焊件进行整体喷砂处理，用锤平的方法平整被涂钣金件凹凸不平的缺陷，锉掉毛刺，对铸件进行平整预处理等。有了平整的金属表面后，能否得到优质的涂膜，还取决于所选用涂料的性能和施工方法。

### 二、涂底漆

#### 1. 涂底漆的要求

工件经表面预处理后，第一道工序是涂底漆（俗称打底）。涂底漆是涂料涂装中最基础的工作。根据不同用途，选用不同类型的底漆。若需涂二道底漆，则两道底漆的颜色最好有深浅之分，以便于检查在涂完第一道底漆后，再涂第二道底漆时是否有漏涂现象。

涂底漆的目的是在被涂物面与随后的涂层之间创造良好的结合力。涂底漆应紧接着表面预处理进行，两工序间的间隔时间应尽可能短。在选择底漆时，必须考虑被涂物的材质特性，以及与中间层或面层的配套性。若考虑不周，则可能促进底材腐蚀或使涂层早期破坏。适用于黑色金属的底漆，可能完全不适用于有色金属；适用于金属件的底漆，可能完全不适用于塑料制品的打底。因此，作为一个涂装工作者，在选择底漆时除考虑上述两方面外，还必须熟知各种底漆材料的特性及其适用范围。

在设计底漆配方时，应使底漆具备以下性能：

- 1) 对底材应有很好的附着力及很好的机械强度。
- 2) 底漆本身必须对底材具有良好的保护性能（作为金属腐蚀的阻化剂）并且不起副作用（如咬底和促进腐蚀作用等），应具有较好的耐潮湿性和耐化学药品性。
- 3) 为随后的涂层创造良好的基底，即与中间层或面层的配套性良好。不应含有能渗入上一层涂层而引起涂膜缺陷的物质。
- 4) 底漆应具有良好的涂装性能（涂布性和干燥性），能适应自动化涂装工艺（如电泳涂装、浸涂等）。

金属经表面预处理后，应在规定时间内立即涂底漆，否则会产生第二次生锈。

常用底漆分为保养底漆、一般底漆和防锈底漆等。

2. 涂保养底漆

钢材在除锈清理之后，为了防止产生新锈，必须涂保养底漆。保养底漆要干燥迅速，在焊接或气割处理时，发生毒性和影响质量，附着力强，有足够的耐候性，能耐海水、清水、燃料油、原油、润滑油的腐蚀。常用保养底漆见表 8-2。

表 8-2 常用保养底漆

保 养 底 漆	组 成 和 原 理	用 途	品 种
磷化底漆	含聚乙烯醇缩丁醛，分子当中具有较多的极性基团，使其对金属的附着力有所提高。它借铬的交联成为不溶性的配位化合物涂层，再与磷酸结合形成磷酸盐涂层，促进金属表面磷化及钝化作用	可代替磷化处理，用于钢铁、建筑物、船舶、起重机、桥梁以及其他机械设备的涂装	分为单组分、双组分
富锌底漆	由于涂层含有大量锌粉（质量分数在 90% 以上），因此具有阴极保护作用。当涂层受到电化学腐蚀时，锌比钢铁的电极电位更负，锌首先被腐蚀，从而保护了钢铁	由于耐磨、耐腐蚀，因此可用于船舶钢板、水槽、水塔、热交换器外壁的涂装，但涂装时易发生“锌热病”	分有机、无机两种
无锌底漆	使用氧化铁铬酸锌、铝粉浆等防锈颜料，以解决焊接、气割时产生毒性等问题	用以涂装钢板、铝及铝合金材料	如铁红、铝粉漆
铝粉底漆	铝和锌同样是两性金属，能对焊接部分的碱性附着物起到中和作用，磷片状铝粉浆的耐大气性、耐热性均好	涂装钢板、铝及其他合金材料	—

3. 一般底漆

不同的产品需涂装不同的底漆，特别要注意与腻子、二道浆、面漆等配套使用。例如，桥梁底漆是红丹醇酸防锈底漆，因此面漆也应选用灰醇酸桥梁面漆；若使用耐化学腐蚀的过氯乙烯底漆，则应选用过氯乙烯的磁漆和清漆，金属表面均直接用有色底漆或防锈漆。

被涂工件在允许烘干的情况下进行烘干，可提高底层的物理强度，免遭面层稀料咬底的破坏。常用底漆烘干温度及时间见表 8-3。常见底漆的性能和应用范围见表 8-4。涂底漆工艺见表 8-5。

表 8-3 常用底漆烘干温度及时间

底 漆 名 称	温度/℃	底漆干燥时间/min	
		油性烘漆下的底漆	硝基漆下的底漆
铁红醇酸底漆	100~110	35	60
铁红酚醛底漆	120~130	20	35
环氧底漆	140~150	15	20
锌铬黄底漆	100~120	35	60

表 8-4 常见底漆的性能和应用范围

序号	底 漆 名 称	涂装方式	适用金属表面	干燥时间/h	干燥厚度/ $\mu\text{m}$	应 用 范 围
1	红丹油脂防锈底漆	刷涂	钢铁	24	25~100	作外用防锈底漆时效果很好
2	红丹长油醇酸防锈底漆	刷涂、喷涂	钢铁	6	25~50	耐候性好，供室外用
3	红丹、锌黄氧化铁防锈底漆	刷涂、喷涂	钢铁	—	75	作为船舶防锈底漆用
4	红丹、锌黄纯酚醛防锈底漆	刷涂	钢铁	4	100	作为船舶防锈底漆用

(续)

序号	底 漆 名 称	涂装方式	适用金属表面	干燥时间/h	干燥厚度/ $\mu\text{m}$	应 用 范 围
5	红丹、锌黄乙烯共聚防锈底漆	刷涂、喷涂	钢铁	4	75~100	可作浸水设备涂层
6	锌黄酚醛防锈底漆	喷涂	铝及铝镁合金	1~4	8~10	作有色金属防腐蚀涂层
7	锌黄醇酸防锈底漆	喷涂	铝及铝镁合金	1~6	8~10	作有色金属防腐蚀涂层
8	磷化底漆	喷涂	各种金属	1	5~8	可代替金属磷化处理
9	云母氧化铁底漆	喷涂	钢铁	0.5~4	25~50	桥梁结构打底
10	铁红锌黄环氧底漆	喷涂	钢铁	1~4	25~50	工业器材打底
11	铁红锌黄醇酸底漆	喷涂	钢铁	0.5~4	25~50	工业器材打底
12	铁红油性防锈底漆	刷涂	钢铁	>6	50~75	用于一般防锈时也可作面漆
13	硅铬酸铅醇酸底漆	刷涂、喷涂	各种金属	1~6	20~50	用于外用潮湿表面
14	氯化橡胶富锌底漆	刷涂、喷涂	焊接表面	1~4	40~75	可代替镀锌表面
15	环氧富锌底漆	刷喷	同上	4~6	40~75	可代替镀锌表面
16	钛白丙烯酸乳胶底漆	刷涂	木材	1	25	用于木材、镀锌表面
17	铬酸锶环氧底漆	刷涂	锌、铝	4	12.5	用于耐潮湿表面
18	铬酸钙或锶钙黄环氧底漆	喷涂	各种金属	4	12.5~25	用于耐潮湿表面
19	氧化铬或锶钙黄环氧底漆	喷刷	同上	8	50~100	用于耐化学腐蚀表面
20	铁红纯酚醛水溶性底漆	电泳	同上	烘干	10~30	用于工业器材打底
21	铁红环氧水溶性底漆	电泳	同上	烘干	10~30	用于工业器材打底

表 8-5 涂底漆工艺

工序号	工序名称	工序内容	材料与工具		干燥时间/h	质量要求	备 注
			材 料	工 具			
1	涂底漆	内外表面及时刷（喷）涂两道底漆	X06—1 乙烯磷化底漆、过氯乙烯底漆 C54—31 醇酸耐机油防锈漆	喷枪毛刷	0.5~1 0.5~1 24	刷（喷）涂均匀，无流挂、无漏涂现象	—
2	检查	按工序 4 质量要求	—	—	—	—	—
3	转下道工序	—	—	—	—	—	—
4	清洗	用汽油或金属净洗剂等擦净工件内外表面的油污、切屑等	工业汽油、金属净洗剂	毛刷	—	内外表面无油污、脏物等	—
5	复涂底漆	外表面复涂底漆	过氯乙烯底漆	喷枪毛刷	0.5~1	1. 刷涂均匀，无流挂 2. 不得沾污已加工表面	—

三、刮腻子 and 涂中间层

各种工件的被涂装表面一般都有凹陷，当要求涂层具有装饰性时，一般靠涂刮腻子来填平凹陷，消除坑洼，靠喷涂中间层来消除划伤等小缺陷，打磨后获得平滑的被涂装表面。



1. 刮腻子

刮腻子可提升涂层的外观而不能提高涂层的保护性能，因腻子的颜料含量高且缺乏弹性，因而易开裂，导致整个涂层破坏，再加上刮腻子效率低，劳动强度大，所以应靠涂装前的机械加工和加强管理（精心装配、防止碰撞、锤平烫锡、打磨等）来消除被涂工件表面缺陷，力争做到不刮或少刮腻子。例如，国外的轿车车身在新车涂装工艺过程中已不用腻子，仅靠涂中间层来消除表面小缺陷。

腻子是一种专供填平表面用的材料，含颜料和填料较多，与各种漆基研磨后可变为浆状的涂料。腻子应具有下列特性：

- 1) 良好的涂刮性、干燥性和打磨性。
- 2) 良好的填平性，收缩性要小，不吸收上层涂料。
- 3) 对底漆的附着力要好，腻子层应具有一定的机械强度。

在操作时应注意下列要求：

- 1) 在涂刮前，腻子一定要均匀。根据作业要求，腻子稠度要适当。
- 2) 不要反复刮腻子，以防卷边和表面封闭，影响腻子层的干燥。
- 3) 当需要刮多层腻子时，应先局部填坑，再统刮和最后刮稀。每层腻子应在干透、打磨、擦净后再刮一道腻子。为增强腻子层，推荐采用一道腻子刷涂一道底漆的工艺，即让打磨过腻子层的孔隙中渗透底漆，以提高腻子层的强度和层间附着力。

4) 每层腻子的涂刮厚度不应超过 0.5mm，环氧树脂腻子可略厚一些，若涂刮得过厚，则易产生表干里不干的现象。

- 5) 腻子层在烘干前应有较长的晾干时间，然后再逐渐升温，以防烘干得过急而起泡。

至今有些工厂还凭老经验现场调配腻子，甚至还用石膏腻子。现场调配时用手工搅拌，不研磨，往往使腻子混合不均，质量差；石膏腻子干燥性和填坑性能虽好，可力学性能极差，易引起涂层早期开裂和起泡。所以这是一种落后工艺，应选用制漆厂的成品。

快干硝基腻子和过氯乙烯树脂腻子收缩性大，仅可用来填平同种漆基层上的砂眼和划痕，与相应的面漆配套使用，不宜用来填坑或大面积涂刮。主要腻子的特征见表 8-6。

表 8-6 主要腻子的特征

腻子种类 腻子特征	不饱和聚酯腻子	聚氨酯腻子	氨基腻子	环氧腻子	油性腻子	硝基腻子
一次涂刮厚度/mm	几毫米	< 1.5	< 0.3	< 0.5	< 0.3	< 0.2
干燥减量	接近零	10%~20%	10%~20%	—	10%~20%	30%~40%
干燥形式	自干、烘干	自干	烘干	烘干	自干	自干
干燥时间	20min(<100℃)	4~7h	30min(120℃)	30~60min(120℃)	6~7h	1~2h
打磨的难易程度	稍难	稍难	稍好	难	稍难	难
对钢铁的附着力	略好	好	略好	好	稍差	差
耐水性	良好	良好	稍好	好	差	稍差
耐热性	中	中	大	大	大	中
收缩性	小	中	中	中	中	大
耐久性	大	大	中	中	小	小
机械强度	大	大	中	大	小	小
使用期限	无限制	无限制	无限制	无限制	无限制	无限制
储藏性	无限制	无限制	无限制	无限制	无限制	无限制

2. 涂中间层

介于底层和面层之间的涂层称中间层。中间层涂料中除腻子外，其他按（120℃）功能可分为通用底漆（又称为底漆二道浆或二道浆）、腻子二道浆（又称为喷用腻子）、封底漆等。

通用底漆既具有底漆性能（可当底漆用），又具有一定的填平能力（二道浆的功能）。二道浆的功能介于底漆和腻子之间，对物体微小的不平处也有填平能力，含颜料量比底漆多，比腻子少，一般用来填平涂过底漆或刮过腻子的表面上的划纹和针孔等缺陷。腻子二道浆兼有腻子和二道浆的性能，一般喷在底漆上，其颜料含量较二道浆高。常见二道浆的性能见表 8-7。

表 8-7 常见二道底漆的性能

性 能 \ 类 型	硝 基 类	油 基 类	合 成 树 脂 类	备 注
保持膜厚	小	大	大	指一次涂装所得涂层厚度
附着力	大	大	特大	与面层、底层的结合力
干燥性	快干、自干	一般自干、或烘干	差、烘干	指固化时间
对面层的吸收性	大	大	小	吸收程度
打磨性	一般	好	好	干打磨和湿打磨

注：合成树脂二道浆是指氨基醇酸树脂和聚氨酯树脂。

中间层本身的功能是保护底层和腻子层（防止被面层咬起），增加底层与面层结合力，消除底层的粗糙度，提高涂层的装饰性，增加涂层的厚度，提高整个涂层的耐水性和装饰性。为此，中间层涂料与底漆和面漆应有良好的配套性，良好的打磨性，湿打磨后应得到平滑的表面。

为适应大量流水生产工艺要求，以及随着冲压技术及底材调整技术的提高，可用一道封底漆代替通用底漆、腻子和二道浆。为减少湿打磨工作量，国外正在努力研制流平性优良、不需打磨的封底漆。以前的封底漆多数呈光泽较小的灰色。近来，它们的光泽和颜色与面漆相接近，这样可减少价格较贵的面漆用量，并且被涂物内腔（如汽车车身内表面）可不涂面漆。

由于底漆、二道浆涂膜的光泽小，因而不易发现被涂面存在的小凹凸缺陷，若到涂面漆后再发现这些缺陷，就难补救了。因此，靠封底漆涂层可发现被涂面的划伤等小缺陷，故封底漆涂层又称为显影层。

封底漆应具有下列特性：

- 1) 耐久性与面漆相仿。
- 2) 直接涂在腻子涂层上能填充小坑。
- 3) 在防止产生针孔的同时，能减少二道浆的吸湿性。
- 4) 在一定程度上提高涂层的丰满度。
- 5) 能防止因表面不平滑和具有吸收性而产生的消光性。
- 6) 封底漆自身有光，因而从光学上易发现漆面上的伤痕。
- 7) 比面漆的打磨性好。

为达到上述性能，采用与面漆相同漆基或选用具有极性的树脂作封底漆。常使用的合成树脂有醇酸树脂、氨基醇酸树脂、环氧改性氨基醇酸树脂和环氧聚酯等。

中间层仅用于对装饰性要求高的产品，对装饰性要求较低的产品一般不采用中间层（即面漆直接涂装在底漆上）。中间层一般都采用喷涂法和自动静电涂装法。二道浆一般连续喷涂“湿碰湿”两道，干燥后涂膜厚度为 35~40 $\mu\text{m}$ 。

四、打磨

刮涂腻子的表面干燥后粗糙不平，必须进行打磨，以达到表面平整的目的，并使涂层之间结合得更牢固。打磨还可使底层、面层及中间层更加平整、光滑或增加涂层之间的附着力。

打磨时，采用具有高硬度及切削性能好的天然或人造的粒状矿物打磨材料，如砂布、水砂纸或浮石。常用砂布、细砂纸规格见表 8-8 及表 8-9。

表 8-8 打磨砂布型号和规格

规 格	中 粗	细
号 数	4, 7/2, 3, 5/2, 2, 3/2, 1	0, 00, 000, 0000
粒度/目	24, 30, 36, 46, 60, 80, 100	120, 150, 180, 240

表 8-9 耐水砂纸的型号和规格

规 格	中 粗	细
号 数	200, 220, 240, 280, 300	320, 340, 380, 400

打磨方法有：

（1）干打磨法 采用砂纸、浮石细石粉等直接打磨，不进行润滑。一般腻子及中间层通常采用砂布（0~312 号）进行干打磨。

（2）湿打磨法 先用水、肥皂水或松香水等溶剂润湿表面，再用水砂纸或浮石打磨。

对于面漆以及要求较光滑的表面，最后一道腻子中间层可以采用湿打磨。腻子层一般采用 150~200 号水砂纸或浮石打磨，面层采用细粒度水砂纸（280 号以上）打磨，中间层介于二者之间。精、细打磨或最后一道面层打磨，应使用特细水砂纸（400 号）。打磨完毕用水仔细冲洗表面，使之干燥。

打磨时注意按一个方向来回操作，不可采用无方向打磨法或者划圈打磨。这样打磨出来的涂层既不平整也不均匀。

先用粗砂布或粗砂纸将高点、不平的部位打磨掉，然后用细号的砂布或砂纸再打磨。如果腻子表面有微孔缺陷，最好用相同的腻子刮一层，目的是把微孔缺陷填平，这时腻子不要刮得太厚，薄薄的一层就行。注意：必须在腻子层干燥后再刮另一层腻子。

打磨时的注意事项

1) 根据涂膜类型选用合适的打磨材料，如干打磨腻子采用 80~120 号水砂纸打磨，湿打磨面层采用 400~600 号水砂纸打磨，要求无残留砂纸纹。

2) 打磨腻子层或面层缺陷（如缩孔、流挂等）时，为提高打磨速度和质量，可先选用较粗的砂纸将腻子层或缺陷处磨平，然后再选用较细砂纸将腻子层或缺陷处磨光。

3) 打磨时应注意方向性，不宜朝各个方向乱磨，并且不宜压得过紧。为提高打磨表面的平整度，在手工打磨时，砂纸上可垫软木或橡胶制的磨块。

- 4) 在打磨过程中应不断清除掉打磨灰；湿打磨时，最后要用纯水冲洗干净，并干燥。
- 5) 涂层应干透并经彻底冷却后才能进行打磨，以免产生砂纸纹。

### 五、涂面漆

被涂装物经涂底漆、刮腻子、涂中间层、打磨后的工序是涂面漆。这是完成涂装工艺过程的关键工序。

(1) 涂面漆的要求 面漆应能较好地适应环境条件的要求，必须具有良好的外观，起到包装涂装件和保护底层的作用。因此，它的优劣直接影响被涂件的商品价值、装饰性和涂膜的使用寿命。面漆材料和涂装道数主要取决于被涂工件及产品的装饰性要求和使用的环境条件。当工件对装饰性要求不高时，通常涂一道面漆；当工件对装饰性要求高和使用条件较苛刻时，通常涂2道或3道面漆，甚至涂多道面漆，目的是提高面层的光泽、丰满度和装饰保护性能。若产品在户外使用，则要选用耐候性优良的涂料。该涂料必须具备保光保色、耐温、耐潮湿性能。千万不能选用耐候性能差的涂料或室内用面漆。

(2) 涂面漆的原则 面漆应涂装在无缺陷而且已干透的底层或中间层上，涂第二道面漆时也应涂在已干燥的第一道面漆上。含强溶剂的面漆涂在其他涂层上时应更注意这一原则。

一般采用空气喷涂、无空气喷涂、静电喷涂等方法涂面漆。在小批量或单件生产等涂膜干燥慢的情况下，可采用刷涂法。

有的为了保护涂层，提高面层的光泽及装饰性，在面层上再涂一道清漆，这一工序称为罩光。例如，自行车、缝纫机等轻工产品在面层上贴花装饰后罩一层氨基醇酸清漆。

### 六、磨光、抛光与打蜡

(1) 磨光 磨光前用400号水砂纸进行手工湿打磨，消除涂膜的纹浪、桔皮、垂流等缺陷，然后用清水洗干净，再用清洁的软布擦拭干净，干燥后用法兰绒擦拭干净。

磨光方法分为手工磨光和机械磨光两种

手工磨光时，先用易被溶剂浸润和软化的细纹布料包裹脱脂棉、绒线、尼龙丝或泡沫塑料等制成棉团。其大小酌情而定，但以能便于抓握为准。其握法可用手指捏握或满把抓握，以运用自如为原则。磨光时，手握棉团，蘸少许磨光膏（也称为砂蜡），从某部位的边缘开始，以圆圈形、“8”字形、直线形等轨迹运行，如图8-1所示。磨光时，不能将棉团握得太紧，用力要均匀，动作要轻快，棉团初接触涂膜面和离开涂膜面时应呈滑动姿势，不应做直上直下的垂直运动。整个打磨过程中棉团应平缓连续运行，有规律、有步骤地从涂膜面一端到一端，一行接一行地磨光，切不可无规律地乱磨，更不能中途停止作业，应一鼓作气地把需要磨光的部分全磨完。

磨光膏又称为砂蜡，是一种有溶剂气味的软膏状物，由氧化铝粉末、凡士林、蓖麻油和水等组成，也有的由硅藻土、矿物油、蜡、乳化剂、溶剂和水等组成。磨光膏的磨料粒度均匀性要好，不应含机械杂质。

小批量生产时一般采用手工磨光。大批量生产时宜采用盘式磨光机进行机械磨光。盘式磨光机重量轻，便于操作，其转速一般为1800r/min。其转速不可太高，否则涂膜表面易产生热量，烫伤涂膜，影响涂膜外观。

(2) 抛光 抛光是使面层具有柔和、稳定的光泽，使面层更加平滑。它是提高涂层装饰性的一种手段，一般仅在装饰性要求高级的产品（如高级轿车、钢琴、高级家具、乐器等）涂装工艺中采用。

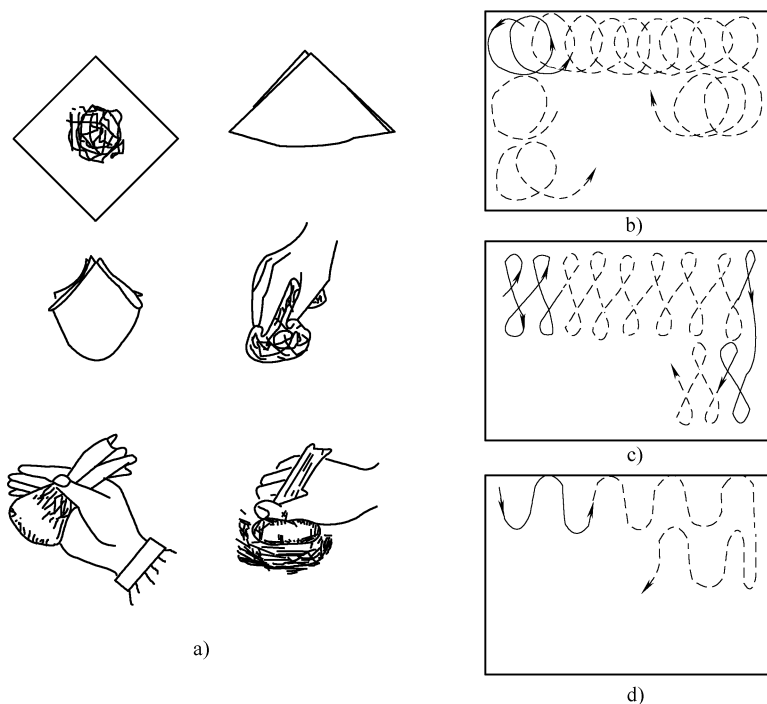


图 8-1 磨光运动轨迹

a) 棉团的包法及握法 b) 圆图形 c) “8”字形 d) 直线形

抛光程序与磨光程序完全一样。两者不同之处是抛光时采用的抛光膏比磨光时采用的磨光膏里的磨料更细，使涂膜呈现出镜面般的光泽。

(3) 打蜡 为了进一步提高涂膜的装饰性，采用上光剂进行上光处理，称为打蜡。打蜡可增强涂膜表面的光亮度，使光亮持久，并起防潮、防水、防污染的作用。

上光剂也称为上光蜡，由蜂蜡、石蜡、硬脂酸铝等成分组成。

打蜡操作与磨光操作相似，但比磨光操作更细致、更轻巧。打蜡后表面光亮如镜。

打蜡时应注意以下几点：

1) 首先根据涂膜颜色深浅选用上光剂，深色涂料选用黑色、红色、绿色系列，浅色涂料选用银色、白色或珍珠色系列。

2) 打蜡前先用清水洗净并擦干涂膜表面。在使用液体蜡前，应将罐内液体摇匀。

3) 气温高时应在阴凉处打蜡。

(4) 磨光、抛光、打蜡的适用范围 适用于硬树脂改性的硝基面漆和丙烯酸面漆，以及聚酯漆、氨基漆等有抛光性能的面漆。涂膜硬度较低时，不能抛光的涂料有油性漆和醇酸树脂漆等面漆。

## 七、干燥

所谓干燥，就是液态涂膜转变成固态涂膜的整个过程。所以涂膜干燥的过程也就是涂膜形成的过程。干燥过程可以分为几种类型。它们各有不同的特点，要求不同的条件。通常希望涂膜尽可能干得快一些，以缩短施工过程，但在提高干燥速度的同时，必须考虑施工质量。各种涂料都有其合理的干燥时间，不能要求任何品种都干得很快。



### 1. 涂料的成膜机理

(1) 溶剂挥发型涂料 在常温下靠溶剂挥发干燥成膜。在干燥过程中,成膜物质的分子结构无显著的化学变化。属于这种成膜方式的涂料有乙基纤维素漆、硝化纤维素漆、过氯乙烯树脂漆、热塑性丙烯酸树脂漆、虫胶漆等。影响其干燥的因素主要是:

1) 组成成分。所用的溶剂多是几种溶剂和助溶剂的混合物。在确定溶剂组成比例时,除了要考虑溶剂对树脂的溶解能力、溶剂的毒性、闪点、经济性等因素外,还要注意溶剂的挥发性。为了控制溶剂的挥发性,就必须根据各类溶剂、助溶剂的物理化学特性(如蒸气压、沸点等),恰当地加以配合,这样才能达到控制溶剂挥发速度的目的。溶剂的挥发速度要控制在一定的范围内。若溶剂挥发得太快,则涂料粘度增加得太快,使涂膜易产生针孔、结皮等缺陷;若溶剂挥发得太慢,则涂膜易产生流挂现象,而且影响涂膜的干燥速度。

2) 成膜物质对溶剂的释放性。同一种溶剂用于不同种类的挥发性涂料时会有不同的挥发速度。这就是不同的成膜物质对溶剂的释放性不同的缘故。硝基漆的挥发速度比过氯乙烯漆快,因此硝基漆在常温下仅需数十分钟就可干燥,而过氯乙烯漆则需2~3h。

3) 施工环境温度和湿度。温度高时,溶剂挥发得快,涂膜干燥得也快,温度低时则相反。挥发性涂料的施工温度不宜太高,一般以15~25℃为宜。空气的湿度对干燥速度也有影响,湿度太高时,涂膜易产生泛白缺陷。

(2) 氧化—聚合型涂料 这类涂料的干燥可在常温下进行。干燥过程大致分两个阶段:第一阶段,溶剂从液态的涂膜中挥发出来;第二阶段进行氧化和聚合反应,形成坚韧的涂膜。凡是含有干性油或以干性油改性的涂料都可以通过氧化—聚合反应在常温下干燥。常用的清油、厚漆、酯胶漆、酚醛漆、醇酸漆等都属于此类。影响其干燥的因素主要有:

1) 干性油的类型。含有不饱和双键的植物油容易干燥。共轭双键多的干性油(如桐油)干燥性能更好。共轭双键少的(如亚麻仁油)干性油干燥得就慢一些。半干性油(如豆油)干燥得更慢一些。涂料的干燥性能,在很大程度上取决于所用油的类型。另外,涂料中油和树脂的比例对干燥性能也有影响。含油多的(长油度)涂料干燥得慢,含油少的(短油度)涂料干燥得快。

2) 催干剂的类型。在氧化—聚合型涂料中,为了加速干燥,通常加入一定量的催干剂。一般认为铅催干剂对促进内层聚合反应有效,钴、锰催干剂对促进涂膜的外层氧化—聚合反应有效。催干剂的种类和用量,应根据涂膜的干燥条件及涂料中的油脂含量合理选择。

3) 树脂的类型。酚醛磁漆干燥得快,干后涂膜坚硬。钙酯磁漆干燥得略慢,干后涂膜有回粘现象。一般酚醛磁漆比醇酸磁漆干燥得快。

4) 施工环境的影响。主要是温度、湿度的影响。温度高时,溶剂挥发得快,氧化—聚合反应进行得也快。湿度大时,即使温度高,也不如在温度较低而湿度小的条件下干燥得快。

(3) 烘烤聚合型涂料 这种涂料只有经过一定温度的烘烤,才能使成膜物质分子中的官能基团发生反应而固化,如氨基醇酸烘漆、沥青烘漆、有机硅烘漆等。当然,每种涂料都有一定的烘烤温度,不可随意升高或降低,否则,会对涂膜的质量有影响。例如,氨基醇酸磁漆在超过150℃的温度下长时间烘烤时会使涂膜变色、发脆,耐久性能降低;有机硅耐热漆的烘烤温度太低时,涂膜不能完全固化;F01—6酚醛清漆的烘干温度低时,涂膜固化不完全,耐化学品性能会降低。

在实际施工中,每种涂料的烘干条件又与下列条件有关:

1) 涂料的颜色。由于深色涂料的吸热量大,因此其烘烤时间可以缩短。白色涂料反射热,其烘干时间要长一些。

2) 工件的形状。薄的工件或多孔的工件吸热量小,热传导快,干燥得快。较厚的工件吸热量大,烘烤时间长。

3) 底材的材质。黑色金属吸热的速度快,有色金属相对要慢一些,所以,铜、铝等材料上的涂料烘烤时间要略长一些。

烘烤固化的涂膜硬度高,耐磨性、耐化学性、耐久性都比气干涂膜的要好。

(4) 固化剂固化型涂料 这类涂膜的固化机理是:依靠固化剂中的活性基团引起成膜物质中分子交联而固化。例如,胺固化环氧漆、双组分聚氨酯漆等,根据所用固化剂的种类,可分为常温固化和高温固化两种。又如,以 H—1、H—2 等固化剂固化的环氧漆可在常温下固化,而以酸酐和某些胺类作固化剂的涂料则需要经烘烤加热才能固化。

为了缩短施工期限,提高涂膜性能,常温固化的涂料有时也可加热固化。例如,以 H—2 固化剂固化的环氧漆,在室温下需 3~5 天才能充分固化,而在 120℃ 经 1~2h 就固化,而且提高了涂膜的耐化学性能。

## 2. 涂膜的干燥方式

(1) 自然干燥 也称为空气干燥。自然干燥的涂料包括溶剂挥发型涂料、氧化—聚合型涂料、室温固化型涂料等。所谓自然干燥,是指涂膜可在室温环境下干燥。其干燥条件是:温度为 15~30℃,相对湿度不大于 80%。因此,冬季露天作业时,常发生涂膜干燥缓慢的现象。露天作业时不要使表面未干的涂膜过夜,防止潮湿侵袭涂膜。室内施工时,除气温有要求外,还要加强通风,以加速溶剂挥发,改善劳动条件。

空气干燥的涂料适用于建筑和机械工程维护,如汽车、船舶、桥梁、港埠设施等,还可用于不宜烘烤的物体如纸张、皮革、塑料等的涂装。

(2) 加速干燥 在工业涂装中,为了缩短涂装施工周期,加快生产进度,常常将气干型涂料在一定温度下(一般为 50~80℃)加速干燥。例如,醇酸磁漆在常温下完全干燥需 24h,而在 70~80℃ 干燥只需要 3~4h。加速干燥的涂料与空气干燥涂料是有区别的,主要的区别是催干剂的用量较少。由于加速干燥的涂膜固化彻底,因此涂膜在硬度、附着力等力学性能方面都比自然干燥的要好。酚醛磁漆、酯胶磁漆、醇酸漆等自干涂料都可采用加速干燥的方法。

(3) 烘烤干燥 这是工业涂料中经常采用的方法。因为许多高质量的涂膜是不能自然干燥的,而必须采用烘烤的方法才能固化。例如,氨基醇酸漆、沥青烘漆、有机硅耐热漆等都需要在一定的温度(一般为 120~180℃)下固化。

烘烤干燥的涂膜在硬度、附着力、耐久性、耐油、耐水、耐化学药品等方面的性能都比自然干燥的涂膜的要好得多。

(4) 辐射干燥 辐射干燥法是将由热能转换成的具有热效应的电磁波——红外线辐射到工件上进行干燥的方法。红外线是波长为 0.75~1000μm 的电磁波。通常又将红外线分成两部分:波长小于 5.6μm,离红色光较近的称为近红外线;波长大于 5.6μm,离红色光较远的称为远红外线或长波红外线。

红外线的产生与温度有密切关系。研究表明,自然界中任何固体或液体在其温度大于绝

对零度（即 $-273^{\circ}\text{C}$ ）时，都会辐射红外线。其辐射能量的大小和波长的分布情况是直接由物体的表面温度决定的。物体的温度高时，能辐射波长较短的近红外线，而温度较低时，能辐射波长较长的远红外线。

红外线与可见光线一样都是以直线传播的，传播速度与光速一样为 $3\times 10^5\text{km/s}$ 。它辐射到物体表面时，出现三种情况：一部分在物体表面被反射，一部分被物体吸收，其余部分透过物体。被物体吸收的红外线辐射能量就转化成热能，使物体升温。吸收的红外线越多，物体的温度升得越高。采用红外线辐射干燥法正是利用它的这个特性。

当近红外线辐射到涂膜表面时，其辐射能量的约10%被涂膜吸收，约30%被涂膜表面反射，其余的60%透过涂膜被底材吸收，转化为热能，从涂膜下面对涂膜进行加热。其热量传递与预热干燥相类似，热传递方向与涂膜中溶剂挥发方向一致，可达到加速涂膜固化和改善涂膜质量的要求。

远红外线辐射干燥时，一般情况下辐射能量的50%被涂膜吸收，其余50%则透过涂膜被底材吸收。尤其是有机高分子物质（例如三聚氰胺甲醛树脂），吸收能力更强，对波长为 $3\sim 50\mu\text{m}$ 的远红外线几乎能100%地吸收，所以，远红外线比近红外线干燥涂膜的效率更高。

有色涂膜所含颜料影响近红外线的辐射效率，但涂膜色调差别对远红外线的吸收影响很小。这也是远红外线干燥的一大特点。各种颜色对红外线的吸收率见表8-10。

表 8-10 各种颜色对红外线的吸收率

表面颜色	吸收率 (%)	表面颜色	吸收率 (%)
黑色	85~95	红色	50~65
灰色	65~75	黄色	50~60
绿青蓝	65~75	白色	35~46

能有效辐射远红外线的辐射材料较多，如各种金属的氧化物，碳化物、硼化物和氮化物等，目前常用的有铁、钛、锆、锰、钇等金属氧化物。能产生近红外线的辐射器有碘钨灯泡、碳化硅管状辐射器等。

由于红外线是按直线传播的，因此被遮挡部分不易干燥。辐射干燥时，涂膜升温迅速，涂膜短时间内急剧固化（20~30min），有时溶剂来不及挥发而影响成膜质量，会有涂膜变色变脆的危险，尤其是淡红色涂膜更容易变色。

#### （5）其他干燥方法

1) 紫外线干燥。紫外线干燥又称为光固化，是感光涂料——光敏漆的特定干燥形式。光敏漆是一种能在紫外线照射下几秒钟或几分钟内快速固化成膜的新型涂料。

2) 脉冲辐射固化。脉冲辐射固化是指用能量很大的脉冲辐射器的脉冲射线照射涂料，使之固化干燥。当含双键的不饱和化合物受到更强大的能量辐射时，能在很短的时间内打开足够数量的双键，加快聚合反应，使涂膜更快地固化成膜。

3) 电子束固化。电子束固化就是将数千千伏的电子加速器作为电子能源，用高速的电子束射线（又称为加速电子流）辐射涂膜使之固化干燥。电子束能激发并产生游离基因，引发聚酯树脂与单体共聚反应。

4) 感应式干燥。将工件放入电磁场内，电磁能在工件内部转化为热能，使工件先受热，然后传向涂膜使其干燥。干燥过程是由涂膜底部开始的，能使溶剂完全挥发掉，干燥后的涂

膜具有较好的性能。

涂膜的干燥方法很多,目前应用较多的是远红外线干燥、热空气循环干燥和自然干燥三种方法。

### 第三节 对初、中、高级涂装工的指导

#### 一、涂装质量问题的分析和处理

##### 1. 常见的涂料质量问题

###### (1) 胶化 胶化的原因如下:

① 生产储存时间太久,超过涂料使用有效期,油漆树脂聚合成胶状,涂料粘度变大,甚至有大小块状物。

② 稀释剂与涂料不配套,使用错误的稀释剂也会产生胶化现象。

③ 涂料桶打开后,没有及时加盖密封保存,空气中的水蒸气进入涂料中。

④ 两种涂料性能不同,主要是类型不同的稀释剂和溶剂混入涂料中。

###### (2) 结皮 结皮的原因如下:

① 在涂料生产制造过程中,桶盖包装不密封,漏气,空气进入涂料桶内,尤其是醇酸类涂料更易产生结皮现象。

② 在涂料生产过程中,催干剂添加比例过多,促使涂料表面结皮。

③ 储存场所环境温度高,影响储存期的缩短,加速涂料表面干燥,造成结皮现象。涂料粘度大时也会出现这种现象。

###### (3) 沉淀结块 沉淀结块的原因如下:

① 涂料储存期已超过有效使用期,或者储存期时间太长,沉淀结块无法搅动,已变质。

② 稀释剂与涂料不相溶,使用不当。

③ 重金属物类的涂料,由于本身密度较大,始终沉在涂料的底部,若超过储存期,则会在桶底部沉淀。储存时间越长,沉淀物越难搅开。

##### 2. 涂料质量问题的处理

###### (1) 胶化的处理方法

1) 加强涂料购进时间的管理,先购进先使用;控制仓库储存量,尽量不要使涂料超过储存期。

2) 储存的涂料应避免太阳直晒和阳光照射,防止淋雨,并储存于干燥的地方。

3) 使用与涂料配套的稀释剂,不能向涂料中混入不同类型的稀释剂。

4) 打开的涂料桶随时随地加盖密封保管。

###### (2) 结皮的处理方法

1) 无论是生产过程还是施工过程,都得对涂料加强保管,尤其是密封工作很重要。施工时应及时加盖密封,防止久存出现结皮。如果施工时只剩半桶涂料,则应尽快将其用光。

2) 催干剂虽然能缩短涂料干燥,但是不能随意添加,必须控制催干剂的使用量。

3) 应选择阴暗干燥处储存涂料,储存场所不能受外界温度影响。

###### (3) 沉淀的处理方法

1) 应有计划地购进涂料,必须做到先购进的先使用。在桶上注明购进日期和生产日期,

防止先购进后使用，超过储存期太长则会有沉淀和变质现象。

2) 查明现用的涂料稀释剂是否与原涂料稀释剂的名称和类型相符，若不符，则更换稀释剂。

3) 有些涂料（如含锌粉的涂料，锌粉本身密度很大），放上几天就会沉淀，这种现象是不可避免的，但是不可储存时间太长，使沉淀物久沉积块，因无法搅开而失效。沥青漆就存在此现象，使用时必须搅拌均匀后施工。

## 二、施工质量问题处理

### 1. 木制件上白棱的处理

先根据原木制件上的涂料颜色配制好涂料，用小毛笔蘸取少许涂料，再根据原来颜色的色相，蘸取所需的近似的颜色，在白棱的部位滚动手中的小毛笔，将有颜色的涂料覆在白棱上，就可将其修复好。

### 2. 涂膜撞凹碰裂的处理

找出撞凹的部位，先用细砂纸将其轻轻打磨至光滑，然后用虫胶漆或硝基腻子进行嵌补。在腻子干燥后，用水砂纸蘸水打磨表面，打磨好后进行干燥并清理干净，然后刷涂一道虫胶漆或硝基漆（不宜太厚），接着根据原来的颜色进行补色，砂磨，将凹处四周高出的涂料打磨平整，最后用棉花团蘸硝基漆揩涂几次，揩至平整光滑为止。

若涂膜表面被撞凹的缺陷过大，则可先在凹陷处用针扎几个小孔，并用热湿毛巾覆盖在凹陷处，使木材吸收水分而发胀，直到被撞凹陷处受潮凸起为止，然后干燥一段时间，让水分充分挥发，再用水砂纸把高出的部分打磨平，最后按上面补涂的方法对凹陷处进行修补。

### 3. 木线条、棱角缺陷的处理

木线条和棱角上有严重的撞裂时，应由专业木工根据撞伤情况进行整修，然后进行涂膜的整修。其修补方法与涂膜撞凹的修补方法基本相同，不同之处在于嵌补和打磨以后，还需用擦涂的方法擦涂相应填孔料，待干燥后刷涂一道虫胶漆，再进行补色、涂罩光漆、水砂纸湿打磨、抛光、上光打蜡等工序。

## 复习思考题

1. 装饰性涂层有哪几种类型？
2. 涂装设计有哪几个步骤？
3. 涂料选择的总原则是什么？
4. 简述涂料的质量指标。
5. 选择底层涂料时必须考虑哪些方面？
6. 选择中间层涂料时应考虑哪些方面？
7. 面层涂料应具有什么性能和作用？
8. 电泳涂料有哪两种？各有几个品种？
9. 粉末涂料有几种类型？各有几个品种？
10. 选择涂料时为什么要考虑产品的材质？
11. 自然干燥的原理是什么？
12. 选择涂料时除考虑其各种性能外，还要考虑什么？
13. 常用的涂装方法有哪几种？
14. 选择涂装方法时需考虑哪几个主要因素？



15. 涂装操作可分为哪三个步骤?
16. 表面预处理的目的是什么?
17. 简述底漆必须具备的性能?
18. 刮腻子的目的是什么?
19. 腻子应具有什么特性?
20. 什么叫中间层?
21. 什么叫干打磨法? 什么叫湿打磨法?
22. 简述打磨操作时的注意事项。
23. 涂面漆时的要求有哪些?
24. 涂面漆的原则是什么?
25. 磨光方法有哪几种?
26. 简述手工磨光方法的具体操作。
27. 磨光膏是由哪几种物质组成的?
28. 打蜡的作用是什么?
29. 涂料干燥的机理有哪几种?
30. 涂料干燥的方式有哪几种?

## 涂装管理与新技术的应用

**培训目标** 学习涂装施工工艺以及新材料、新工艺的应用,能够制订施工准备工作计划,能够进行质量检查,培养在具体施工各环节中的管理能力。

## 第一节 涂装工艺管理

## 一、涂装准备工作

### 1. 材料需用量计划的制订

根据涂装工程施工进度计划编制的材料需用量计划,是资源供应、调度、落实的依据,一般包括涂装材料、施工机具、涂装成品和半成品等需用量计划。涂装件材料需用量见表 9-1。

表 9-1 涂装件材料需用量

公司 分厂		涂装件材料消耗量							第    页		生产阶段		
									共    页				
序 号	零件名称	零件件号	每套产品上的数量					涂装面积	材料名称	单件材料消耗量			备注

## 2. 原材料消耗定额的制订

原材料消耗定额的表示方法有两种：单位材料消耗定额（或称为标准定额）和被涂物件的材料消耗定额。确定涂料消耗定额的方法有计算法、统计法、实测法和经验估算法等。

(1) 计算法 根据涂膜的厚度、涂料的密度、不挥发分和材料的利用率等因素进行计

算，计算公式为

$$q = \delta \rho / NVm$$

式中  $q$ ——单位面积的消耗量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ )；  
 $\delta$ ——涂膜的厚度 ( $\mu\text{m}$ )；  
 $\rho$ ——涂膜的密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )；  
 $NV$ ——原漆或施工粘度的不挥发分 (%)；  
 $m$ ——材料的利用率或涂着效率 (%)；

(2) 统计法 用 1 个月或一年的涂料消耗总额除以涂装的被涂物件数 (或总面积)，即得消耗定额。这样经过多次考核，所得的定额较客观且较精确。

(3) 实测法 在涂装前称取装有涂料的容器质量，涂装一定数量的工件或面积后，再称重，则原材料消耗定额为

$$q = (g_1 - g_2) / S$$

式中  $q$ ——单位面积的消耗量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ )；  
 $g_1$ ——涂装前装有涂料的容器质量 ( $\text{g}$ )；  
 $g_2$ ——涂装后装有涂料的容器质量 ( $\text{g}$ )；  
 $S$ ——涂装面积 ( $\text{m}^2$ )。

由于人为因素影响较大，因此实测的定额往往偏高，只能作为制订定额的参考。

(4) 经验估算法 根据实际经验，参考有关技术文件和工件实物来确定材料的消耗定额。原材料消耗定额取决于下列因素：

1) 涂料特性 (颜色、遮盖力、涂膜密度、不挥发分等)。若涂料的颜色深，遮盖力强，则其消耗定额就偏低；若涂料的颜色浅，遮盖力差，则其消耗定额就偏高。在同一涂膜厚度条件下，涂膜的密度大、不挥发分低的，其消耗定额就偏高，反之偏低。

2) 涂装方法。各种涂装方法的涂着效率 (材料的利用率) 会直接影响原材料消耗定额。采用涂着效率高的涂装方法 (如静电粉末喷涂、刷涂、浸涂和电泳涂装等) 时，材料消耗定额低。空气喷涂法的涂着效率低，一般为 60% 左右，当喷涂小件和管状零件时，涂着效率更低，仅为 30% 左右，因而采用空气喷涂时涂料消耗定额就偏高。

3) 被涂物的材质、形状、大小。在木质和混凝土制品上涂装时，原材料消耗定额较在金属制品上涂装时大；涂装铸件时的原材料消耗定额比涂装钣金、冲压件时的大，这是因为铸件的表面粗糙，实际表面积大；采用喷涂法喷涂大型平板件时，原材料消耗定额小，喷涂外形复杂的小零件时原材料消耗定额大。

4) 操作熟练程度。在手工涂装 (喷涂、刷涂、浸涂等) 时，涂装相同的工件，熟练工人或懂得操作要领的工人对原材料的消耗就少，材料的利用率就高。

在工业涂装中，常用涂料的消耗定额见表 9-2。涂装用辅助材料消耗定额见表 9-3。

表 9-2 常用涂料的单位消耗定额 (单位:  $\text{g}/\text{m}^2$ )

序号	方 法 涂 料 品 种	喷 涂 法			浸涂法	电泳法	静电法	刷 涂	备注
		金属件	木质件	铸 件					
1	铁红醇酸底漆	90~120	—	158~180	—	—	—	50~80	—
2	电泳底漆	—	—	—	—	70~80	—	—	—

(续)

序号	方 法 涂 料 品 种	喷 涂 法			浸涂法	电泳法	静电法	刷 涂	备注
		金属件	木质件	铸 件					
3	磷化底漆	20	—	—	—	—	—	—	膜厚为 6~8μm
4	沥青漆	100~120	180	—	80~100	—	90~100	90~100	—
5	粉末涂料	—	—	—	—	—	70~80	—	膜厚为 50μm
6	硝基面漆	120~150	—	150~180	—	—	—	—	—
7	醇酸磁漆	90~100	100~120	—	—	—	—	100~120	—
8	氨基面漆	100~120	—	—	—	—	80~100	—	—
9	红丹防锈底漆	—	—	—	—	—	—	100~160	—

注：1. 除磷化底漆外，其他涂料形成的涂膜厚度以 20μm 计。  
2. 表中数据除电泳涂料、粉末涂料按原材料计算外，其他均以稀释到工作粘度的涂料计。

表 9-3 涂装用辅助材料消耗定额 (单位：g/m<sup>2</sup>)

序号	辅助材料名称	规格	被处理件类型		备 注
			金属板件	金属件/铸件	
1	复合清洗剂	—	4~8	—	各种碱式盐及表面活性剂
2	三氯乙烯	工业用	15~25	—	脱脂用
3	溶剂汽油	工业用	25~30	—	脱脂用
4	磷化液	—	15~30	—	总酸度为 600 点
5	重铬酸钾	工业用	0.65~1	—	清洗后钝化用
6	硫酸 (密度为 1.82g/cm <sup>3</sup> )	工业用	65~80	65~80	热轧钢板和锻件酸洗去锈用
7	碳酸钠	工业用	12~25	—	酸洗后中和用
8	硅砂 (喷砂用)	—	—	5%~12%	按零件重量计
9	铁丸 (喷丸用)	—	—	0.03%~0.05%	按零件重量计
10	砂布	2~3 号	0.1	—	去锈用
11	砂纸	0~2 号	0.04~0.05	—	打磨腻子用
12	砂纸	0~200 号	0.01~0.025	—	打磨腻子用
13	水砂纸	220~600 号	0.02~0.04	—	打磨腻子、中间层涂料
14	水砂纸	600~1000 号	0.05~0.06	—	打磨面漆用
15	擦布	—	10	15	擦净用
16	法兰绒	—	0.04~0.05	—	抛光用

注：砂布、砂纸的消耗单位以平方米计，即打磨每平方米涂装表面所消耗砂布或砂纸的平方米数。

3. 工时定额的制订

完成某工程或产品的涂装任务所需的人工劳动时间称为某工程或某产品的涂装工时定额。它是估工和安排劳动力的重要依据。

制订工时定额的方法有两种，即实际测定和参照同类型劳动单位的工时定额来确定。在流水线生产中，用岗位数乘以被涂物通过岗位的时间，就可估算该产品的工时定额。岗位数

的确定取决于工人的操作时间和被涂物通过岗位的时间。若操作时间小于通过时间，则可设一个岗位或将两道以上的工序合并为一人操作，设一个岗位；若操作时间大于通过时间，则设几个岗位，安排 2 个或几个人操作。

涂装工时定额取决于以下因素：

- (1) 生产方式 小批量涂装手工业的劳动工时大，大量流水线式涂装作业工时小。
- (2) 运输和涂装的自动化程度 劳动工费的上涨，再加上涂装是有害工种，促进了工业涂装现代化，使得电泳涂装、静电喷涂、自动喷涂等新技术、新工艺得到广泛应用。
- (3) 操作工人的熟练程度 下面引述一些工业涂装中的经验数据，供制订工时定额参考。
  - 1) 装卸工件的工时数据与装卸的难易程度、工件的质量、每个挂具装挂的件数、转运的距离等因素有关。当转运距离为 2m，每个挂具装挂 4~15 个以上的质量为 1kg 以内的小零件，或装挂 2~6 个质量为 3kg 以内的中小件时，经验装卸工时定额见表 9-4。
  - 2) 被涂物表面去锈、脱脂、除水或吹灰、擦净等工序的参考工时分别参见表 9-5、表 9-6、表 9-7。

表 9-4 装挂中小件的工时定额

零件质量/kg	装 或 卸	每个零件所需的装卸工时/min	平均定额/min
1kg 以内	装挂	0.1~0.22	0.14~0.16
	从悬链和挂具上卸下	0.08~0.20	
3kg 以内	装挂	0.18~0.30	0.20~0.21
	从悬链和挂具上卸下	0.16~0.24	

表 9-5 清除铁锈及氧化皮所需工时

序号	采用器具名称	清理每平方米工件的工时定额/min		
		小件 (0.01~0.3m <sup>2</sup> )	中件 (0.3~1.5m <sup>2</sup> )	大件 (>1.5m <sup>2</sup> )
1	手动机械圆形钢刷	—	4~6	3~4
2	手用钢刷子 (2 号或 3 号)	10~15	6~10	4~6
3	喷砂	—	4~6	2~4
4	喷丸	—	3~5	2~3
5	滚桶清理	0.75~1 <sup>①</sup>	—	—

① 清理 1kg 零件的工时。

表 9-6 用压缩空气吹去零件上的水分或灰尘所需工时

被处理工件面积/m <sup>2</sup>	0.5	0.6~3	>3.0
吹 1m <sup>2</sup> 工件所需时间/min	0.13~0.16	0.11~0.14	0.08~0.20

表 9-7 擦油或擦净的工时

序号	零件的外形复杂程度	擦净每平方米的工时/min				
		<0.1m <sup>2</sup>	0.1~0.25m <sup>2</sup>	0.25~0.5m <sup>2</sup>	0.5~1.0m <sup>2</sup>	>1.0m <sup>2</sup>
1	外形简单，如平板、管、角铁等	1.40	1.10	0.80	0.60	0.50
2	外形较简单	1.80	1.50	1.20	1.0	0.90
3	外形复杂 (有深孔、缝隙)	2.1~2.4	1.8~2.1	1.5~1.8	1.2~1.5	1.1~1.4



3) 涂底漆、涂面漆、刮腻子等工序的参考工时定额分别见表 9-8、表 9-9。

表 9-8 手工喷涂底漆和面漆的工时

序号	喷涂状况及难易程度	涂每平方米所需工时/min							
		<0.1m <sup>2</sup>		0.1~0.5m <sup>2</sup>		0.5~1.0m <sup>2</sup>		>1.0m <sup>2</sup>	
		底漆	面漆	底漆	面漆	底漆	面漆	底漆	面漆
1	单面喷涂	0.42	0.50	0.30	0.35	0.18	0.20	0.15	0.18
2	喷涂时需转动工件	0.52	0.60	0.35	0.40	0.25	0.30	0.20	0.25
3	喷涂外形较复杂的工件	0.85	0.95	0.65	0.75	0.45	0.50	0.40	0.45

表 9-9 刮腻子的工时

序号	工作内容	刮涂和打磨每平方米的工时定额/min		
		0.02~0.3m <sup>2</sup>	0.3~1.5m <sup>2</sup>	>1.5m <sup>2</sup>
1	局部刮腻子填平	4~6	3~4	3~4
2	全面通刮一层腻子	15~25	10~15	8~10
3	全面刮一薄层腻子	12~20	9~12	7~9
4	局部用 1 号砂纸轻打磨腻子	2.4~5	1.5~2	1~1.5
5	全面湿打磨腻子和擦干净	30~58	20~30	16~20
6	全面湿打磨最后一道腻子并擦干净	34~64	25~35	20~25

4. 成本的计算

涂装成本主要包括涂料费用和运行费用以及设备折旧三个方面。运行费用包括人工费用、能耗费用等。一般在流水线生产的场合，涂料费用占的比例大，而在小批量涂装时，运行费用占的比例大，尤其在人工费用高的地区更突出。

用被涂件的面积乘以各涂层单价，相加后即得一定厚度的涂膜单价，计算公式为

$$C = g_0 y_0 + g_1 y_1$$

式中 C——涂料费用；

$g_0$ ——原漆单位面积消耗定额；

$y_0$ ——原漆单价；

$g_1$ ——溶剂的消耗定额（即  $g_0 \times$  稀释百分数）；

$y_1$ ——溶剂单价。

运行费用按工时，定额和参考相应设备的能耗换算。

关于设备折旧国家有规定，一般是按选用设备的估计使用年数计算，若能用 10 年，则设备折旧费为一次投资费的 10%。

5. 制订施工人员需要量计划

涂装施工工程量有大有小，施工工程的要求有的简单，有的复杂，根据施工周期及要求，制订施工人员需要量，以使施工顺利地进行。施工人员需要量计划见表 9-10。

表 9-10 施工人员需要量计划

[illegible]

### 6. 制订施工机具需用量计划

涂装施工工程不仅需要不同类型的涂料和施工方法,而且需要有一定的施工机具。施工机具需用量计划见表 9-11。

表 9-11 施工机具需用量计划

[illegible]

### 7. 制订涂装施工进度计划

涂装工程施工进度计划是施工组织设计的重要组成部分。制订施工进度计划是指根据技术条件,遵守各施工工艺过程合理的工艺顺序,统筹安排各项施工活动,确定涂装工程各个工序的施工顺序及所需要的施工延续时间,组织协调各工序之间的衔接、穿插、平行搭接、协作配合等关系。施工进度计划是按照组织施工的基本原则,在时间和空间上为各项具体施工过程确定一个初安排,力求以最少的人力、财力,在规定的生产周期内保质、保量地完成施工任务。

施工进度计划也是施工企业计划部门编制月、季度计划的基础，能够为职能部门调配材料、机具、配件及进场提供依据。

### (1) 施工进度计划编制的依据

- 1) 产品总图样和零件图所规定的技术条件、相关的技术标准资料、有关的技术条件的规范资料等。
- 2) 产品制造合同规定的生产周期, 即投产期和出产品期。
- 3) 已选择确定的施工方案和施工方法。
- 4) 施工条件。
- 5) 有关的劳动定额。

(2) 施工进度计划的表达形式 施工进度计划一般采用网络图和横道图的形式。

用横道图表达的施工进度计划见表 9-12。

表 9-12 施工进度计划

[illegible]

(3) 施工进度计划的编制程序 施工进度计划的编制程序为：收集及编制技术资料 and 文件→计算工程量→套用施工定额，计算劳动量或机械台班需要量→确定施工项目延续时间→编制初步进度计划方案→调整初步进度计划方案→编制正式进度计划方案。

二、涂装工艺文件的制订

1. 涂料的综合性能

涂料的质量和配套性是获得优质涂膜的基本条件。选用涂料时要从涂膜性能、作业性能、经济效益等方面综合考虑。

(1) 涂料质量 涂料的颜色、外观和涂膜的力学性能应满足产品设计的要求，并在其使用过程中耐久、稳定；涂膜的耐化学品性能、耐蚀性能等应满足产品使用环境或条件的要求。

(2) 涂料的作业性 选用涂料的施工条件、干燥性能和涂装性能等应与所具备的涂装条件相适应。选用的涂料最好能低温快速干燥。为提高涂膜的装饰性，应选用具有良好打磨和抛光性能的涂料。在流水线生产中应选用能适用于高效涂装方法（如静电喷涂）的涂料。

(3) 涂料间的配套性 涂料被涂在物体表面后应具有优良的附着力，在多层涂装的场合下，各涂层间的配套性应良好。涂层间应具有良好的结合力，并且应该相互增强，不因配套不良而引起涂层缺陷。底层对被涂底材应具有优良的附着力，而且与中间层或面层之间的结合力也应良好。在涂层的配套性方面，还应注意各涂层的硬度和烘干方式的配套。底层的硬度与面层的硬度应相仿或略高，如在硬度低的底层上涂高硬度的面层，则易引起面层早期开裂。在烘烤型涂装场合，底层的烘干温度（或耐温性）应高于面层的烘干温度或相仿，反之易产生涂层过烘干现象。

(4) 涂膜性能和经济性 选用在价值工程中计算功能值高的涂料，即选用价廉物美的涂料。应注意在高效的工业涂装中材料成本占的比例较大，但也要注意涂膜性能与材料价格之间的合理性。另外，还应考虑涂膜对产品的商品性能的影响，若选用的涂料品质低，则可能引起涂层的早期损坏而返修，造成更大的浪费。

(5) 涂料的毒害性和污染性 涂料的毒性和污染问题也应给以足够的重视，在涂装中应尽可能选用毒性小、低污染或无污染的涂料（如水性涂料、粉末涂料、高固体分涂料等）。

2. 涂装方法的选用

涂装方法一般根据涂料的特性、施工性能，以及被涂物的类型、大小、形状及涂装条件来选择。涂装方法的种类、特征和适用范围见表 9-13。

表 9-13 涂装方法的种类、特征和适用范围

序号	涂装方法	方 式	适用的涂料	特 征	适用范围	工作效率
1	刷涂	使用刷子	调和漆、合成磁漆、其他水性漆	一般	一般都适用	低
2	刮涂	使用刮刀	各种腻子类	一次性刮涂较厚	比较平滑的被涂物	低
3	空气喷涂	用压缩空气雾化涂料，喷射涂覆	挥发性涂料、磁漆、调和漆	涂膜厚度均匀，稀释剂用量大，涂料利用率低	一般都适用	高
4	高压无气喷涂	给涂料加高压，由特殊喷嘴喷射雾化	挥发性涂料、磁漆、调和漆	喷雾的反弹小，涂料的利用率高	一般都适用	高

(续)

序号	涂装方法	方 式	适用的涂料	特 征	适用范围	工作效率
5	静电喷涂	靠静电场使涂料雾化带电，而被吸往被涂物	磁 漆	涂料损失小，突出部、锐边等部位涂得较好	金属制品均可	高
6	电泳涂装	将被涂物浸在水性涂料中，通以直流电进行涂装	水性涂料	节约涂料，一般不易涂装的部位也能涂得上	汽车车身、电气产品和其他金属制品	高
7	浸涂	将被涂物浸入涂料中	沥青涂料、磁漆	作业简单，有流痕	复杂工件，小型物体	高

3. 涂装工艺文件

涂装工艺主要根据产品设计时对产品的涂装要求、涂层的标准及使用条件和涂装施工现场条件进行设计，一般由若干道工序组成。在实际生产中，涂装工艺通过涂装零件清单、涂装工艺卡、操作规程（或作业指导书）和涂装材料消耗定额表、技术问题处理通知单、工艺文件更改通知单等工艺文件来表示。

（1）涂装零件清单 在涂装时，按涂装技术要求和涂装工艺流程对被涂物进行分组。对于不同的产品零件，若它们的涂装技术要求、涂装工艺流程都相同，则可以将它们划分为同一零件组；对于大型物件的涂装，若各部位的涂装要求、涂装工艺流程都相同，则可不必分组，若不相同，则可按部位分组。

涂装零件清单的内容包括零件名称、零件件号、零件外形尺寸或质量、有无特殊要求等，见表 9-14。

表 9-14 涂装零件清单

生产 厂家		涂装零件清单  年				第 页 共 页		工艺卡片组号		简要涂装工艺	
序 号	零件名称	零件件号	零件外形尺寸		每套产品上的数量				零件路线		备注
										送来单位	
标记	处数	更改通知单号		日期	批准		审核		会签	校对	编制
				月 日	月 日		月 日		月 日	月 日	月 日

（2）涂装工艺卡 涂装工艺卡是记载涂装工艺操作顺序的工艺文件。与涂装零件清单的分组相对应，涂装工艺卡一般包括下列内容：

1) 涂装前被涂物表面的技术要求，进入涂装车间的尚未涂装件的质量验收标准，如对锈蚀、表面平整度、几何形状和焊缝间隙等的许可限度等。

2) 按工序顺序编写操作内容，包括工序名称、工序内容、工艺参数、使用材料、涂装设备和工具等。

3) 技术检查工序，包括检查方式、数量、质量标准等。一般在关键工序前后设置中间技术检查工序和最终检查工序等。

- ① 涂装前的检查工序，即对进入涂装线的产品进行质量验收，一般为抽检。
- ② 中间技术检查工序，即在关键工序前后设置的检查工序，如检查表面预处理质量、底层质量等，一般以操作者自检为主，专检为辅。
- ③ 最终检查工序，即通过目视和简单的测量工具或仪器检查涂层质量，评价涂层是否合格，确定不合格品是小修还是彻底返修处理或局部修补涂装。检查内容包括涂膜外观、干燥程度、厚度及缺陷。一般设专职检查员进行全检。涂装工艺卡片见表 9-15。

表 9-15 涂装工艺卡片

生产 厂家		涂装工艺卡片			第 页 共 页	使用阶段		工艺卡片编号
序号		工序名称及内容		设备、工具名称		使用材料		备注
标记	处数	更改通知单号		日期	批准	审核	会签	编制
				月 日	月 日	月 日	月 日	月 日

(3) 操作规程（作业指导书） 操作规程是详细描述某一关键工序或设备的工作原理、操作顺序及注意事项的书面指导，以确保该工序或设备的操作质量和安全，指导操作者使用及维护好设备，是涂装工艺卡片的补充部分。表面预处理、电泳涂装、静电喷涂、自动喷涂、干燥等关键工序和其中的设备一般都编制操作规程。

(4) 涂装材料消耗定额表 各种材料的消耗是经济核算、工艺管理的基础，尤其是精益生产中的成本控制，必须进行定额管理，常用的是涂装件材料消耗定额表。

(5) 技术问题处理通知单 涂装零件清单、工艺卡片、操作规程和材料消耗定额表是涂装工艺的基本文件，是生产的法规和工艺检查的准则，一般要求内容相对稳定，不允许任意修改。而技术问题处理通知单，作为工艺文件的一种，主要用于弥补上述工艺文件不易修改而带来的缺陷，一般用于产品开发，以及新产品、新材料、新技术应用等临时性或突发性问题的处理，其格式见表 9-16。

表 9-16 技术问题处理通知单

字 号年 月 日

主 送	
抄 送	
事 由	

批准：

审核：

拟订：

发文单位盖章

承办人：



(6) 工序质量分析表 工序是产品、零部件制造过程中的基本环节，是构成生产的基本单位。工序质量分析就是要分析造成工序质量异常波动的影响因素，使生产工序处于受控状态。

影响工序质量的因素有人（Man）、机（Machine）、料（Material）、法（Method）、环（Environment），也就是常说的 4M1E。在众多影响最后质量的因素中，决定全局和“支配”地位的因素称为“主导因素”。在制造过程中可以运用主导因素这一概念，根据不同工序的情况，采用有效的控制措施，达到保证质量的目的。影响工序质量的因素可用工序质量分析表来表示，见表 9-17。

表 9-17 工序质量分析表

公司 分厂		工 序 质 量 分 析 表								第    页		零 件 件 号				
										共    页		零 件 名 称				
序 号	工序名称 及内容	设备工 装名称 及编号	质量 项目	重 要 度	自 检	首 检	巡 检	抽 检	质量问题 原因分析 （展开）	检    验			责 任 者			备 注
										项目 及 方法	精 度	频 次	操 作 者	职 能 者	检 验 员	
标记	处数	更改通知单号				日期		批准	审核	会签		校对		编制		
						月    日		月    日	月    日	月    日		月    日		月    日		

(7) 工艺文件更改通知单 工艺文件一旦编制、实施，其内容就要保持相对稳定，不允许任意修改。更改时必须经一定的审批手续，即填写工艺文件更改通知单，见表 9-18。

表 9-18 工艺文件更改通知单

公司 分厂		工艺文件更改通知单				字 号		
						第 页	共 页	
零件件号		更 改 原 因		在制品 的处理				
零件名称								
更 改 前		更 改 后			发 往 单 位			
备 注		更改实施日期		批准	审核	会签	校对	编制
标记： 处数：								
				月 日	月 日	月 日	月 日	月 日

#### 4. 涂装工序的编制

涂装工艺的主要工序是指组成工艺必不可少的工艺,包括表面预处理(准备)、涂料的涂覆、烘干等工序。

(1) 表面预处理 表面预处理是指在涂装各道涂料之前对被涂物表面进行处理,使之符合要求,并为各涂层的质量打下良好的基础。一般可分为涂底漆前的底材处理工序(脱脂、酸洗、抛光、磷化、氧化、钝化等工序)和涂底漆、涂面漆前的准备工作(清理灰尘、表面修平、打磨、擦净等工序)。涂底漆前各种底材的处理工艺已在第二章作了详细的介绍,本节仅介绍涂面漆前的表面准备工作。

为获得良好的涂层,必须将底层或前一道涂层上的缺陷消除,使得涂装前工件涂层表面达到清洁无尘。有时通过打磨来提高涂层间的结合力。这些操作工序统称为表面预处理。在装饰性要求高的涂装场合,靠打磨来消除底层上的缺陷,并增加涂层间的结合力;通过钣金修整和刮腻子来消除被涂物表面的凹凸缺陷等。

清除被涂物表面上的灰尘是涂装前表面准备工作的主要内容。灰尘是影响涂装质量的主要因素。被涂物表面有灰尘或不干净,会直接影响涂层的质量。清除灰尘的方法有以下几种:

1) 将灰尘用一种特殊的黏性纱布擦净。这种黏性纱布是一种用不干性树脂浸透的纱布,具有一定的黏性,在轻轻擦拭被涂物表面时,能将灰尘粘起。操作时切勿用力擦拭,并避免在被涂物表面未冷却时就进行擦拭,以防止不干性树脂转移至被涂物表面,从而影响涂层的质量。

2) 在现代化的车身涂装生产线上采用自动的仿形鸵鸟毛除尘机进行灰尘的处理。在鸵鸟毛滚轮前后吹离子化空气,消除涂层上静电吸附的灰尘;在鸵鸟毛滚轮后装有吸风管,吸掉鸵鸟毛上的灰尘。采用鸵鸟毛的原因是其强度高,且具有擦拭时不产生静电的特性。

(2) 涂料的涂装 采用各种涂装方法将各种类型的涂料均匀地涂装到被涂物表面上的工序称为涂装工序。涂料涂装的方法有刷涂、浸涂、空气喷涂、静电喷涂、电泳涂装、静电粉末涂装等。

1) 空气喷涂法有效率高的优点,但也有不足之处,如喷不严,边缘、焊缝、内腔等处无法喷涂等,使工件的耐蚀性不好,从而缩短其使用寿命。另外,空气喷涂时产生的雾化涂料较多,不仅影响操作者的健康,而且浪费涂料。

2) 电泳涂装形成的涂膜耐蚀性能好,边缘、焊缝、内腔等部位均能较好地涂装,生产效率高,但设备的投资比较大。

3) 静电喷粉法的危害小,涂膜的耐蚀性和力学性能都很好,是涂装的一个发展方向。

4) 涂面漆时可采用“湿碰湿”的涂覆工艺,即涂第一道面漆后,仅晾干数分钟,在涂膜尚湿的情况下再涂第二道面漆,然后一起进行干燥。在装饰性要求高的情况下,涂面漆时,可采用“溶剂咬平”和“再流平”的技术。“溶剂咬平”技术仅适用于热塑性面漆(如硝基磁漆),其工艺过程是:喷完第一道面漆后干燥,用水砂纸打磨,擦洗干净后喷涂一层溶解能力强、挥发较慢的溶剂,或用这种溶剂调配粘度极小的同一面漆,然后晾干展平。

“再流平”技术又称为烘干→打磨→烘干工艺。其方法是:先使热塑性或热固性丙烯酸面漆半硬化,随后用湿打磨方法消除涂层缺陷,然后在较高的温度下使其熔融固化。热塑性涂料的“再流平”工艺过程是:涂面漆(使其干膜厚度为 $50\mu\text{m}$ 以上),晾干 $1\text{min}$ ,在 $107^\circ\text{C}$

下干燥 15min, 检查、修补和打磨, 最后在 140℃ 左右烘干 30min。

(3) 涂膜的烘干 涂膜的烘干方法有很多种, 为了适应流水线生产的需要, 要求涂膜的固化时间限制在 30min 以内 (必须采用烘干的方法来缩短涂膜的固化时间), 这一工序称为烘干工序。一般根据烘干物的材料结构、所用涂料的烘干性能和施工现场条件来选择合适的烘干方式和烘干规范, 以获得最佳的涂膜性能, 同时防止产生烘不干和过烘干现象。

1) 溶剂型涂料的被涂物在进入烘干室之前都设有晾干工序, 目的是让涂膜中的溶剂充分挥发, 便于涂膜的展开和固定, 以防止烘干时由于表干产生针孔现象。粉末涂料和电泳涂膜可直接进入高温烘干室中进行烘干。对外观质量要求高的电泳涂膜, 为防止表面产生水痕, 在烘干前可先于 100℃ 进行预烘干处理。

2) 烘干室内的温度应均匀、稳定, 应符合工艺规范; 烘干室内装载的工件数量不应过多, 以防止温度不均匀而影响涂膜的干燥; 涂膜溶剂过多也会发生爆炸事故; 补给烘干室的空气应经过过滤装置。

3) 最好采用地面输送方式输送工件, 以防止在输送过程中从悬挂链上掉灰尘和油污, 影响涂层质量。

(4) 涂装的辅助工序 涂装的辅助工序不是组成涂装工艺的必不可少的工序, 而是对工序起辅助作用, 或是某种产品的特种涂装工序。它包括打磨、抛光、涂蜡、密封等工序。

#### 1) 打磨

① 打磨的作用: 涂装工艺中的打磨工序主要是清除底材表面上的毛刺及杂物, 清除被涂物表面的颗粒、粗糙和不平整处 (如刮腻子层表面不平整等), 增加涂层之间的附着力。

##### ② 打磨操作的注意事项

a. 根据涂膜的具体情况选用合适的打磨材料, 如干打磨腻子采用 80~120 号水砂纸; 湿打磨面层采用 400~600 号水砂纸, 要求无残留砂纸纹。

b. 打磨腻子层或面层缺陷 (如缩孔、流挂等) 时, 为提高打磨速度和质量, 可先选用粒径略大的砂纸将腻子层或缺陷处磨平, 然后再选用粒径小的砂纸将腻子层或缺陷处磨光。

c. 打磨时应注意方向性, 不宜朝各个方向乱磨, 打磨时不宜压得过紧。为提高打磨表面的平整度, 在手工打磨时砂纸上可垫软木或橡胶制的磨块。

d. 在打磨过程中应不断清除打磨灰, 湿打磨时最后要用纯水冲洗干净, 并干燥。

e. 涂层应干透并经彻底冷却后才能进行打磨操作, 以免产生砂纸纹。

#### 2) 抛光

① 抛光的作用。抛光处理一般在高装饰性产品的涂装工艺中采用。抛光可使涂膜具有柔和、稳定的光泽, 使涂膜表面更加平整光亮, 以提高涂膜的装饰性。同时, 抛光处理还可以消除一些涂膜上的微小缺陷 (如小颗粒、流痕、虚烟等)。为了达到更好的效果, 在抛光处理后还要进行打蜡, 以提高装饰性并具有一定的保护作用。

② 抛光处理的操作方法。用法兰绒、棉纱蘸抛光膏或极细的磨料, 涂在被抛光的涂膜上进行抛光处理, 直至获得平滑的涂膜为止, 擦净后用蜡进行抛光打蜡处理, 使得涂膜表面具有很好的光泽和鲜艳; 对于涂膜上存在的微小的缺陷, 可先用 400 号的水砂纸蘸水进行打磨, 消除各种缺陷及磨平后再进行抛光处理, 最后进行抛光打蜡, 这样可以消除涂膜上的微小缺陷。抛光处理可采用手工和机械 (抛光机) 方法进行操作。抛光机的橡胶制圆盘抛光头上一一般套有柔软的羊毛轮或法兰绒的帽, 转速在 1500r/min 左右。

③ 涂保护蜡。为进一步提高被涂物件的耐蚀性和防止涂膜在储运中被损坏,在要求高的产品涂装后需进行涂保护蜡处理。

涂保护蜡工序可分为涂防锈蜡工序和涂保护蜡封存工序两种。前者是在被涂物的内腔、夹层等涂装薄弱之处灌注或喷涂防锈蜡,以提高被涂物的耐蚀性;后者是在产品外表面涂保护蜡层,能起到好的封存作用,防止高温高湿和日晒的损伤。在产品销售前,用汽油将产品外表面的保护蜡擦洗干净。

④ 涂密封涂料。涂密封涂料是汽车车身涂装工艺的独特工序。在车身的焊缝处涂密封涂料,以提高车身的密封和耐蚀性。密封涂料干燥后应具有弹性和良好的附着力,受振动时不开裂或脱落。密封涂料一般采用糊状聚氯乙烯树脂加增塑剂等配制成的无溶剂 PVC 涂料,施工时采用高压无空气喷涂法进行操作。

为了更好地消除由于车身振动而产生的声音,在涂密封涂料后在车身内表面、底板上铺置或粘贴各种形状的隔热减振胶片。

## 第二节 新材料、新工艺的应用

### 一、新型涂料

#### 1. 好涂壁涂料

好涂壁涂料是引进国外先进技术,结合我国现有实际状况而生产的新型高级内壁多彩立体涂料。

特性:色彩柔和,透气性好,吸声,防潮效果好,无刺激,无异味,具有流沙、浮云、花雨、轻羽等多种质感和色彩,施工操作简便,适用于任何基层材料的室内墙面。

#### 2. 好涂壁涂料的施工工艺

1) 基层表面必须完全干燥,在涂装前需将基层表面的脏物、浮灰清理干净,并修补墙面,使之平整光滑。若为木基层、石膏板,则需刷涂一道封闭底漆或一层普通清漆。

2) 从袋中取小袋乳胶,拆开后倒入盆中,用适量的水稀释。

3) 将稀释好的乳胶溶液倒入好涂壁干料中,搅拌时再逐渐加入适量的水,调成糊状为止。

4) 拌好后存放 20min 后使用

好涂壁涂料可在塑料或不锈钢上涂抹施工,除要求吸声效果的特殊情况以外,饰面仅需盖住墙面即可。涂抹时用抹子抹压平整,不使其留下抹子痕迹,但应注意不要过分地进行抹压。为达到自然流畅的效果,施工时抹子宜纵横涂抹,需要次日继续施工时,应注意涂饰接缝部位不应留有明显的痕迹。

好涂壁涂料施工后,一般在常温 36~42h 即可干燥,低温下 45~58h 可干燥,高温下 25~36h 可干燥。施工后应注意室内通风,室温低于 5℃ 时,不宜施工。

好涂壁涂料每包标准涂饰面积为 3m<sup>2</sup>。

### 二、石砌面刷涂技术

使用耐久性好和维修量低的乳胶墙面涂料、水泥涂料、橡胶涂料及特殊的墙面油基涂料在石砌面上刷涂,可增强石砌面的装饰性和整洁性。为防止涂料从石砌面上脱落,石砌面在刷涂前必须经大气干燥。一般需搁置 6 个月到一年,但若采用酸洗措施,则可缩短到 2 个月。酸洗方法是:用耐酸硬毛刷蘸上 1:4 (体积比) 的盐酸水溶液刷洗石砌面,中和其所

含的碱质,然后用清水洗涤。已刷涂过涂料的石砌面,应将已剥落或粉化严重的旧涂膜全部除去,特别是大白浆或石灰浆,因其不与其他涂料黏附,即使表面状况良好,也应完全将其除掉。石砌面刷涂方法如下:

(1) 基层处理 先用钢丝刷除去脏物和砂粒,用清水冲洗,用强洗涤剂或脱脂剂除去油脂和污迹。

(2) 修补裂缝和洞穴 先将松动部位凿掉挖出,将水泥、砂子和水调成膏状(灰浆),用刷子将修补处蘸湿,然后用铲刀将灰浆填在修补处,压实,不要留下气穴,潮湿养护两昼夜。若要使修补面形成石材纹理,则可在修补后 1h 左右用扫帚毛轻轻地在修补面上戳划几下,待修补面干燥后才能刷涂底漆。

(3) 刷涂底漆、面漆 像木质面、金属面一样,石砌面在刷涂面漆前也需要刷涂一层优质的底漆,待干后再刷涂面漆。在刷漆时常使用长柄的圆形硬毛刷,省力,刷毛耐磨,又容易使涂料渗进表面。用这种圆形硬毛刷刷涂时,走刷要呈圆形,收刷要轻。

在石砌面上刷涂乳胶漆时要先喷水雾,湿润表面,可防止涂料中的水分被基层吸收过多,涂料干燥得过快而引起掉粉现象,并能节省涂料。刷涂地下室一类的墙面时,应使用透气性涂料,如水泥涂料、106 涂料和乳胶漆等。

### 三、高压无气喷涂技术

高压无气喷涂技术能克服传统施工工艺方法(如刷涂、辊涂、有气喷涂)的诸多缺陷。

#### 1. 高压无气喷涂设备

高压无气喷涂机是利用高压泵直接向喷嘴供应高压涂料,用特殊的喷嘴将涂料雾化,以实现高压无气喷涂工艺的新型设备。其动力分为气动、电动、液压等。高压泵有活塞式、柱塞式和隔膜式三种类型。其中,隔膜式高压泵的使用寿命长,适用于喷涂油性和水性涂料。非移动式高压无气喷涂机如图 9-1 所示。移动式高压无气喷涂机如图 9-2 所示。移动式高压无气喷涂机工作示意图如图 9-3 所示。高压喷枪如图 9-4 所示。喷枪的正确使用方法如图 9-5 所示。

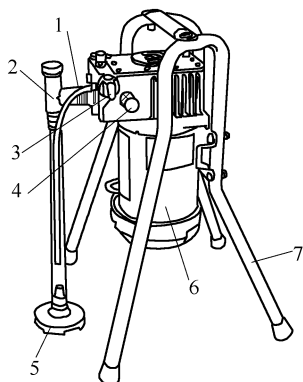


图 9-1 非移动式高压无气喷涂机  
1—排气管 2—吸料管 3—放气阀  
4—升降阀 5—吸料滤网 6—电动机  
7—支架

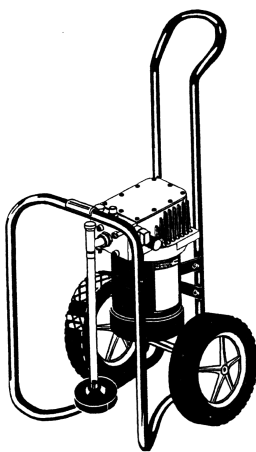


图 9-2 移动式高压无气喷涂机

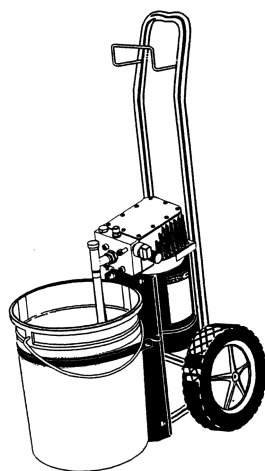


图 9-3 移动式高压无气喷涂机工作示意图



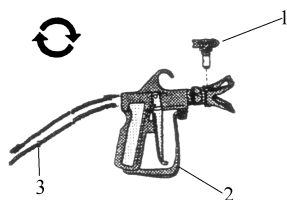


图 9-4 高压喷枪  
1—喷嘴 2—喷枪体 3—涂料管

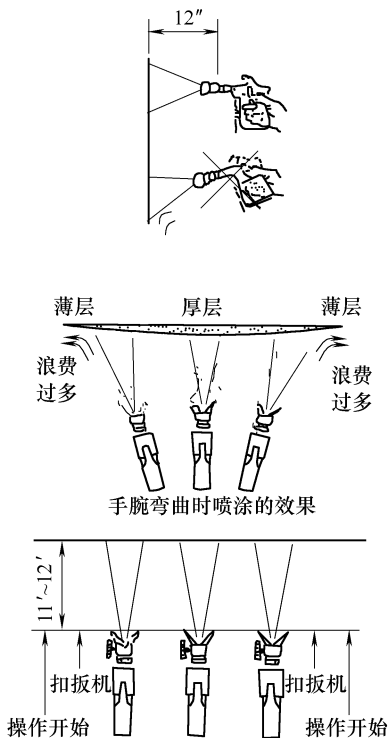
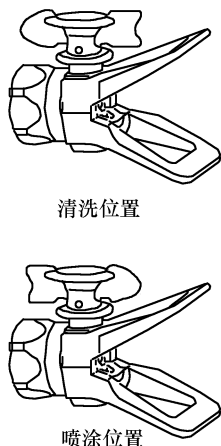


图 9-5 喷枪的正确使用方法



高压无气喷涂机的操作要点如下：

1) 在起动喷涂机前，调压阀、卸压阀应处于开启状态。首次使用高压无气喷涂机时，应检查各部位的紧固件是否拧紧，以防连接松动。

2) 喷涂低燃点易燃涂料时，必须有接地线，地线一头接设备的零线位置，另一头接涂料桶或被涂的金属物体。

3) 若喷涂时喷枪堵塞，则应将喷枪关闭，把喷嘴手柄旋转  $180^\circ$ ，再扣扳机，用有压力的涂料排除堵塞物。若仍不见效，则应停机卸压后拆下喷嘴，用溶剂和硬毛刷彻底清洗干净，用竹丝疏通。

4) 不可用手指试高压射流。喷涂间歇时，要随手关闭喷枪安全装置，防止无意将其打开而伤人。

5) 高压软管的弯曲半径不得小于 25cm，更不得在尖锐的物体上用脚踩高压软管，防止其破裂损坏。

6) 在施工中停歇时间较长时，要停机卸压，将喷枪的喷嘴部位放入溶剂里，如果是双组分涂料，则不可采用此种方法。每次施工结束后，必须彻底清洗喷枪、喷嘴，冲洗高压软管、过滤网。在清洗过程中，严禁将溶剂喷回小口径的溶剂桶内，以防止静电火花。

## 2. 高压无气喷涂原理

高压无气喷涂的原理就是利用高压柱塞泵不断往密封的涂料管道内输送涂料，从而在密封空间内达到 21MPa 左右的高压，然后扳动连接于涂料管末端的喷枪扳机，使高压涂料强

制通过极为细小的喷嘴（速度非常高，约为 100m/min），涂料离开喷嘴一接触空气，便立即剧烈膨胀，雾化成极细的扇形涂料流喷向被涂物表面。简单地说，高压无气喷涂相当于把涂料用力“扔”到墙上，不仅适用于喷涂普通涂料，而且适用于喷涂高粘度的涂料。

### 3. 高压无气喷涂的特点

1) 喷涂均匀，涂膜平整、光滑、致密，无刷痕、辊痕和颗粒，较少“过喷”和涂料反弹，可深入墙面缝隙，拐角处也能很好地涂上涂料，使墙面与涂膜形成机械咬合，涂料附着力高，表面质量极佳，使用寿命长。

2) 喷涂效率高达 300~500m<sup>2</sup>/h，节省人力、工时，是传统辊涂施工效率的 10 倍以上，而且还可以相对节省涂料 20%~30%。

3) 适用的涂料范围广，无需过度加水就能喷涂较高粘度的涂料，如各类高光、中光、蛋壳光、丝光、亚光及“三合一”、“五合一”等高中档涂料。

4) 节省了昂贵的稀释剂费用，降低了施工成本，对消费者来说，费用甚至比手工刷涂低 10%~20%。

高压无气喷涂常见故障及排除方法见表 9-19。

表 9-19 高压无气喷涂常见故障及排除方法

故障现象	故障原因	排除方法
电动机运转但不回流涂料	1. 出阀粘住 2. 吸阀粘住 3. 旁通阀处于水平位置 4. 吸盘滤网堵塞 5. 出阀磨损 6. 吸阀磨损 7. 涂料太稠 8. 调压阀位置太低 9. 机内有空气（可能性小）	1. 按出阀三次 2. 按吸阀三次 3. 将旁通阀扳至竖直位置 4. 清洗或更换吸盘滤网 5. 更换出阀 6. 更换吸阀 7. 稀释或过滤涂料 8. 调大调压阀压力 9. 将调压阀调至最低，将旁通阀扳至竖直位置，让电动机转一会儿，然后将旁通阀扳至水平位置，调大调压阀，重复几次即可
喷涂机产生压力但开动喷枪后压力下降	1. 吸盘滤网过脏或堵塞 2. 吸料管垫圈脏堵或磨损 3. 出阀、吸阀磨损或脏堵 4. 枪内过滤网磨损或太脏 5. 喷嘴尺寸太大	1. 清洗或更换吸盘滤网 2. 更换吸料管垫圈 3. 更换或清洗出阀、吸阀 4. 更换或清洗枪内过滤网 5. 换小尺寸的喷嘴
喷涂机吸料但无压力产生	1. 吸阀脏堵或磨损 2. 吸阀粘住 3. 调压阀未调高或损坏 4. 旁通阀脏堵住或磨损，导致旁通阀处于水平位置时，回流管仍有涂料流出 5. 涂料太稠或未经过滤 6. 液压系统油位太低（可能性小）	1. 清洗或更换吸阀 2. 推动吸阀 3. 调高或更换调压阀 4. 清洗或更换旁通阀 5. 稀释或过滤涂料 6. 检查油位，若过低，则加入指定液压油
关上喷枪后仍然喷射涂料	1. 枪阀内有涂料或脏堵 2. 枪阀磨损 3. 枪扳机行程未调节 4. 喷枪内的过滤网太紧（可能性小）	1. 清洗或更换枪阀 2. 更换枪阀 3. 调节枪尾部的螺母 4. 调松喷枪内的过滤网

(续)

故障现象	故障原因	排除方法
喷涂机的电动机不启动或发出“嗡嗡”声	1. 系统内有压力时开机或旁通阀处于水平位置时开机 2. 电动机过热，过热保护开关闭合 3. 接线板质量太差	1. 关机并将旁通阀处于竖直位置 2. 关上机器，使旁通阀处于竖直位置，并冷却机器 10~30min 3. 换用优质接线板
喷出的形状不对	1. 喷嘴脏堵或磨损 2. 涂料太稠或太脏 3. 压力太低 4. 吸盘滤网太脏 5. 枪内过滤网堵塞 6. 喷嘴过大或过小 7. 吸阀脏或磨损	1. 清洗或更换喷嘴 2. 稀释或过滤涂料 3. 调高血压 4. 清洗或更换吸盘滤网 5. 清洗或更换枪内过滤网 6. 换合适的喷嘴 7. 清洗或更换吸阀
压力正常但喷枪喷不出料	枪嘴堵塞	利用枪嘴反向自清理功能冲出脏物

第三节 技术管理

一、技术资料管理

1. 技术文件

技术文件是指导涂装施工的生产法规，包括产品图样、工艺文件等，是协调施工过程，保证涂装质量的根本措施之一。因此，在涂装过程中认真编制、贯彻技术文件，工艺文件是规定操作方法和工艺要求的资料，必须妥善保管。

2. 技术条件

技术条件是技术文件的核心。简单地说，技术条件规定了整机、零件等应选用何种涂料以及什么颜色，或参照哪些技术文件规定的要求等。物资供应部门根据这些要求，在市场中选购或到制造厂直接订购涂料，并要求供方提供质量保证书，以便于在质保期内出现质量问题时反馈给供方，要求其给予处理。

二、检验管理

1. 工艺规程

工艺规程是指导生产的主要技术文件。工艺规程的形式有：工艺路线卡（或叫工艺过程卡），规定了涂装过程中所经过的各工艺阶段及工序的顺序；工艺卡，是按工艺阶段编制的，规定某一工艺阶段各工序的操作方法，如表面预处理、涂底漆、涂面漆等阶段；工序卡，是按每道工序编制的，如涂底漆、干燥、刮腻子、干燥、打磨等工序，关键工序要编工序卡。

工艺规程的格式较灵活，根据施工项目确定具体内容。一般工艺规程有：施工工序、技术要求、所用涂料和稀释剂、设备工具、操作者、工时定额等内容，以及检验、安全要求等。工艺规程一般印成表格形式，随工件流转，各道工序逐项填写，最后完工时收集存档。

编制工艺规程时应根据技术条件要求，结合本企业实际条件和技术的先进性程度，做到切实可行、合理、先进，并确保产品涂装质量为目的。工艺规程在编制后首先试行，然后调整、修订，经审批后作为正式技术文件贯彻。只有有了以上技术文件中所规定的技术要

求,才能保证涂膜质量。

## 2. 检验

在施工过程中,工序间也需要检验,如检验涂膜附着力,涂膜厚度、光泽、颜色,涂料粘度,涂层干燥情况,涂层外表面有无颗粒等。各项检验结果和结论应做好记录。

涂膜附着力的检验方法如下:

(1) 划格法 用很锋利的刀片和一把直尺,在涂膜上划痕,痕间距为 1mm,横四道,竖四道,应划到基体,即划通涂膜,但不能划过,以免影响检验结果。划出 9 个格子,然后用毛刷轻轻地在其表面刷,观察涂膜掉落量,以此评定涂膜的附着力。

(2) 拉力法 在已涂底漆且干透的涂膜上涂胶水,使拉件 4 的 A 端(见图 9-6)与已涂上胶水的面相接触,这时停留 1~2min 就可粘住,然后干燥 72h 即可以做拉力试验了。注意:涂膜必须干透。

操作方法:将拉力器的拉头与拉件扣紧不动,然后转动拉力器手柄,这时观察压力表的指示值是否增大,若增大,则说明拉力器已受力;继续旋转手柄,压力表指示值继续增大,当压力表指示在 25kg 左右时,即停止加压,同时观察拉件 4 有无变化,若在这个拉力状态下不见涂膜脱落,则说明涂膜的附着力合格;再继续加压,如果压力表指示值到最大时还不见脱落,就停止拉力,卸下拉力器。

当拉力器的拉件 4 粘在涂膜上时,不可用太大的力将其掰下,否则涂膜会被破坏。此时应用加热器(见图 9-7)夹头夹住拉力器拉件 4,插上 220V 电源,数分钟后,加热器达到一定温度时,拉件会自动从涂膜上脱落下来。除净涂膜上的胶水和拉件 A 端的胶水,以备下次使用。

在粘拉件 4 时,涂膜表面应用干净的布擦干净,最好用清洗剂清洗干净后再粘。该试验一般在双组分底漆上进行。注意:底漆应达到规定厚度。通常在不同位置选取 5 个拉力点进行考核。在涂膜对质量有特殊要求的情况下,才使用这种方法。

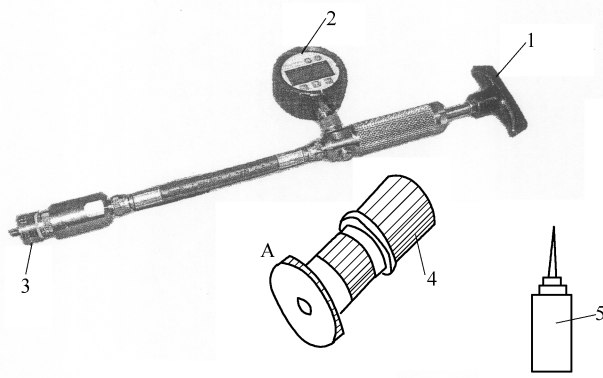


图 9-6 拉力器

1—手柄 2—压力表 3—拉头  
4—拉件 5—胶水

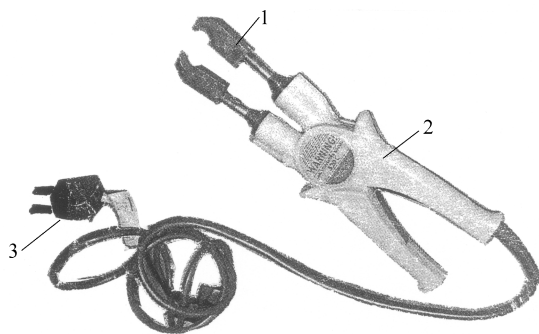


图 9-7 加热器

1—夹头 2—夹体 3—电源插头

## 第四节 施工管理

### 一、施工计划

施工计划是根据总计划大纲而制订的。

- 1) 按设计图样配置工艺设备和工具, 同时进行工艺文件编制准备工作。
- 2) 准备施工所需要的所有材料。
- 3) 配置施工人员。
- 4) 确定施工周期, 即开始施工的日期和竣工日期。

### 二、施工进度

施工进度是根据施工计划而编制的, 一切都服从施工计划进行施工。

- 1) 施工工序可以随时穿插, 并做好各工序间的衔接, 不出现停留等待现象。
- 2) 施工进度应根据工序的节奏快慢随时进行调整。
- 3) 在施工进度初步方案编排完成后, 应检查各施工过程之间的施工顺序是否合理, 施工进度是否满足施工计划的要求, 劳动力等资源用量是否均衡, 应及时调整, 直至满足计划要求。

值得注意的是, 在编制施工进度时应留有余地, 以便在执行施工进度的过程中根据施工条件等因素的变化进行修改、调整, 真正达到按进度施工的目的, 并增强计划的实用性。由于每个施工过程的安排是互相联系、互相依赖、互相影响的, 因此在编排施工进度时做充分的预测、全面的安排、周密的考虑、精心的设计, 但是由于实际涂装施工受客观条件的影响较大, 施工环境的制约因素也多, 这些将直接影响施工进度。

### 三、施工安排

- 1) 首先按施工计划做好提前准备工作, 其中包括技术准备、现场准备、资源准备及其他准备等。
- 2) 安排好施工人员, 每道工序人员的数量和技术水平高低配置应合理。
- 3) 做好现场管理工作。在保障现场施工顺利进行的条件下, 还必须符合劳动保护、安全生产、消防、环保等要求。

## 复习思考题

1. 材料需用量计划包括哪几方面?
2. 材料需用量计划编制的依据是什么?
3. 材料消耗定额的制订有哪几种方法?
4. 涂装材料消耗量取决于什么因素?
5. 工时定额的制订有哪几种方法?
6. 影响工时定额制订的因素是什么?
7. 计算成本时应考虑哪几方面内容?
8. 涂装准备工作有哪些?
9. 编制涂装工艺时应考虑哪些内容?
10. 空气喷涂法有什么特点?
11. 什么叫做“湿碰湿”涂装工艺?



12. 烘干涂膜时必须注意什么？
13. 打磨的目的是什么？
14. 好涂壁涂料的特性是什么？它适用于什么地方？
15. 高压无气喷涂设备的动力有哪几种？
16. 高压无气喷涂时为什么不可用手指试射流？
17. 叙述高压无气喷涂的原理。
18. 简述高压无气喷涂的特点。
19. 质量管理包括哪些内容？
20. 涂膜附着力的检验方法有哪几种？简述其操作方法。
21. 施工管理的内容有哪些？

# 试 题 库

## 一、判断题（对的画√，错的画×）

1. 涂料中的溶剂能留在涂膜中而不会挥发掉。 ( )
2. 涂料中混入溶剂不是为了降低涂料粘度。 ( )
3. 大部分涂料溶剂（除水溶剂外）有害。 ( )
4. 溶剂挥发后在空气中的含量较高时，会对人体造成伤害。 ( )
5. 无论刷涂还是喷涂，都不需要通风。 ( )
6. 喷涂时可以不戴防毒面具和口罩。 ( )
7. 施工人员感到口干、气管干结时应多喝温开水。 ( )
8. 在施工现场可以吃东西。 ( )
9. 为防止溶剂伤皮肤，可涂凡士林进行保护。 ( )
10. 引起闪燃的最低温度为闪点。 ( )
11. 可燃气体与空气混合后点火不会爆炸。 ( )
12. 易燃性溶剂的蒸气密度一般比空气的密度大。 ( )
13. 浸有清油、油性漆或松节油的破布堆放在一起不会自燃。 ( )
14. 在涂装场地可以吸烟。 ( )
15. 在涂装车间施工时可以动用明火。 ( )
16. 开启金属涂料容器时不可采用铁器敲打。 ( )
17. 金属涂料容器可用铜制工具开启。 ( )
18. 静电也是起火的原因之一。 ( )
19. 常见的火种有自燃火种、明火、电气火花、冲击火花。 ( )
20. 遇到火情时，不需要移去和隔离火源，可直接灭火。 ( )
21. 用冷却法使被燃烧物质的温度降低也能灭火。 ( )
22. 涂装车间电器附近着火时，应立即切断电源，防止火灾蔓延和发生电击事故。 ( )
23. 工作服上着火时可以奔跑把火灭掉。 ( )
24. 当粉尘着火时，能用浇水法将火灭掉。 ( )
25. 涂装“三废”处理是指废水、废气、废渣处理。 ( )
26. 废水处理分一级、二级、三级处理。 ( )
27. 废涂料是指各色混合、弄脏或变质物。 ( )
28. 废溶剂是指用于清洗设备和洗净容器的溶剂。 ( )
29. 废渣是指腻子、失去流动性的废漆渣、刷落和喷落的旧漆点。 ( )
30. 废涂料桶和旧涂料桶可以用火烧掉。 ( )
31. 焚烧废涂料桶时一定要防止发生火灾事故。 ( )
32. 废涂料焚烧后残留的灰分不用深埋处理。 ( )

- 33. 涂装废气来源于喷涂室、晾干室、烘干室。 ( )
- 34. 金属材料表面的油污分为皂化类油污和非皂化类油污两大类。 ( )
- 35. 脱脂方法包括有机溶剂脱脂和化学碱液脱脂。 ( )
- 36. 常用的有机溶剂有汽油、煤油、甲苯、四氯化碳、三氯乙烯等。 ( )
- 37. 有机溶剂清洗一次就能干净。 ( )
- 38. 采用三氯乙烯溶剂清洗时可不用通风设备。 ( )
- 39. 有色金属可以用碱液清洗。 ( )
- 40. 为降低生产成本, 节约能源, 应尽量少用有机溶剂脱脂。 ( )
- 41. 除锈方法有喷砂、喷丸或抛丸、手工除锈等。 ( )
- 42. 喷砂处理包括干喷砂处理和湿喷砂处理。 ( )
- 43. 化学除锈法有酸洗、碱性防锈和电解防锈。 ( )
- 44. 酸洗除锈是指通过酸与金属表面的锈蚀物化学反应进行除锈。 ( )
- 45. 碱性防锈时将工件直接放在碱液中, 氧化物会很快从金属表面脱落。 ( )
- 46. 除锈溶液都有强腐蚀性, 在操作过程中要注意安全。 ( )
- 47. 磷化膜的形成过程是一个比较复杂的化学反应过程。 ( )
- 48. 磷化膜表面颜色应为淡灰色到深灰色或者有点彩色。 ( )
- 49. 综合处理方法是在一个槽液中完成脱脂和除锈的方法。 ( )
- 50. 塑料工件可以用碱性溶液和溶剂脱脂。 ( )
- 51. 木质制品常用的脱色剂是过氧化氢与氨水的混合溶液。 ( )
- 52. 影响木制件表面光滑程度和外观质量的不是木刺。 ( )
- 53. 水泥基层表面有较大裂缝时不需要凿成 V 形, 可以用水泥直接嵌实、抹平。 ( )
- 54. 石膏板和木质板面有油污时应严禁施工上墙。 ( )
- 55. 淋涂涂装分为手工淋涂、自动淋涂两种方式。 ( )
- 56. 淋涂涂料槽根据物体大小用聚氯乙烯塑料板 (厚度为 12mm 左右) 塑焊而成。 ( )
- 57. 浸涂涂装应设有搅拌装置。 ( )
- 58. 淋涂和浸涂方法都可以不设通风装置。 ( )
- 59. 带有深槽、盲孔的工件涂装时易积留涂料, 但仍可以选用浸涂方法。 ( )
- 60. 空气喷涂时利用压缩空气的气流使涂料从喷枪口喷出雾化成雾状。 ( )
- 61. 空气喷涂时涂料的供应方式分为吸上式、重力式和压送式三种。 ( )
- 62. 喷涂施工距离以 20~30cm 为合适。 ( )
- 63. 喷涂运枪速度应保持恒定, 不可时快时慢。 ( )
- 64. 喷枪喷嘴口径与涂料喷出量无关。 ( )
- 65. 热喷涂时应将涂料加热到预定温度。 ( )
- 66. 热喷涂的优点为: 减少稀释剂的用量, 降低生产成本。 ( )
- 67. 无空气喷涂是利用压缩空气或电动机驱动高压泵吸入涂料, 形成喷涂压力, 使涂料激烈膨胀并雾化。 ( )
- 68. 无空气喷涂比空气喷涂效率低。 ( )

69. 无空气喷涂适用于厚层涂料的涂装。 ( )
70. 无空气喷涂不适用于小面积涂装。 ( )
71. 无空气喷涂装置的类型有固定式、移动式、轻便手提式。 ( )
72. 无空气喷涂喷嘴或输漆管损坏时不会伤人。 ( )
73. 修补旧涂膜时不需要在涂膜上打磨出斜坡。 ( )
74. 能溶解脂肪、树脂、沥青、油类、熟油、硝化纤维等的物质称为溶剂。 ( )
75. 将溶剂加入涂料中的目的不是降低其粘度。 ( )
76. 溶剂蒸气有毒, 但对人体无危害。 ( )
77. 有光才会有色, 无光便无色。 ( )
78. 光的三原色为红、绿、蓝基本色。 ( )
79. 颜色有三种显著的特性, 即明度、色相、纯度 (也称为饱和度)。 ( )
80. 颜料配色有加色法和减色法两种方法。 ( )
81. 配色用颜料可以不考虑配套性。 ( )
82. 静电喷涂利用高压静电发生器使涂料雾化。 ( )
83. 静电场电场强度的强弱直接影响静电涂装效果。 ( )
84. 静电场强度主要取决于电压, 而与涂物之间的距离无关。 ( )
85. 静电喷涂不仅设备和管理水平好, 而且考虑了涂料涂装的使用性。 ( )
86. 静电喷涂能大幅度地提高涂料利用率。 ( )
87. 电泳涂装时, 在直流电源电场的作用下, 带负电荷的涂料粒子移向阳极 (被涂物体), 经烘干形成一层电泳涂膜, 称为阳极电泳。 ( )
88. 电泳涂装带正电荷的涂料粒子移向阴极 (被涂物体), 称为阴极电泳。 ( )
89. 交流电泳在无直流设备的情况下, 在过渡性生产时采用。 ( )
90. 电泳槽采用水泥材料制成。 ( )
91. 电泳挂具最好采用铜质材料制造。 ( )
92. 电泳涂装时不需要表面预处理。 ( )
93. 电泳涂装后处理的目的是除去黏附在涂膜表面的浮漆。 ( )
94. 电泳涂装生产一般采用恒电压法操作, 而不采用恒电流法操作。 ( )
95. 电泳涂装涂料温度与电泳涂装质量无关。 ( )
96. 电泳温度必须控制在  $20\sim 30^{\circ}\text{C}$  之间。 ( )
97. 电泳时间越长, 涂膜质量越好。 ( )
98. 电泳涂料的溶剂为水。 ( )
99. 电泳极间距离对涂装涂膜无影响。 ( )
100. 涂料粘度是控制涂料质量的重要指标。 ( )
101. 遮盖力是无色透明的涂料均匀地涂刷在被涂物表面, 使底色不再呈现的能力。 ( )
102. 测定涂料颜色的方法有标准样品法和标准色板法。 ( )
103. 涂膜厚度的测量方法有湿膜厚度和干膜厚度两种测量方法。 ( )
104. 检查涂膜干燥程度时, 可用手摸, 不粘手为干燥。 ( )
105. 透明涂料渗入水后不会造成混浊。 ( )

106. 即使氧化干燥型涂料容器不密闭, 涂料也不会产生结皮。 ( )
107. 附着力测定法是指涂膜与被涂物表面之间或涂膜之间相互黏结的能力。 ( )
108. 湿热试验(环境气候试验)方法用于在大气影响下, 外观质量、性能发生变化的产品。 ( )
109. 溶剂挥发、使用不当时, 涂料的粘度不会增稠。 ( )
110. 即使储存时间过长, 涂料也不会有沉淀与结块现象。 ( )
111. 如果涂装操作者技术水平低, 那么刷涂时涂层表面易产生刷痕。 ( )
112. 桔皮是由于溶剂挥发过快, 表面湿度下降, 浓缩量增加而产生的粗糙不平现象。 ( )
113. 涂料涂得过厚, 溶剂挥发慢时, 易出现流挂现象。 ( )
114. 底层未干透就进行下一道涂装, 不会有咬起现象。 ( )
115. 即使空气中湿度太大, 也可以进行涂装施工。 ( )
116. 涂膜上产生的似针孔状的小孔为针孔缺陷。 ( )
117. 涂膜上产生的肿起状现象为起泡。 ( )
118. 易挥发的有机溶剂涂层比挥发慢的溶剂涂层更易起皱。 ( )
119. 底层的有机颜料被面层溶剂溶解时, 不会使颜料渗入面层中。 ( )
120. 无光的油性漆和磁漆在打磨后再次出现光彩的现象称为出汗、发汗。 ( )
121. 易产生干燥不良的涂料有调和漆、醇酸漆、油性漆等。 ( )
122. 即使工件表面有油脂、水分、铁锈之类的物质, 涂料也不会脱落。 ( )
123. 涂料受外界影响而产生化学作用时会变色。 ( )
124. 如果底材表面质量差, 有锈未除净就涂装, 那么涂装后不久, 透过涂膜便会出现锈点。 ( )
125. 电泳涂装涂料的颜基比不当, 颜料分散性不好时, 会出现阴阳面。 ( )
126. 电泳涂料长期使用、助溶剂与胺挥发及树脂的氧化聚合, 都会使涂料变质。 ( )
127. 相对湿度在 80% 以下时施工为好。 ( )
128. 露点温度与环境温度接近时不会有露水。 ( )
129. 湿膜厚度测量做到涂装自控厚度。 ( )
130. 涂层可分为高级装饰性涂层、装饰性涂层、保护装饰性涂层、一般保护性涂层、特种保护性涂层等。 ( )
131. 涂装步骤一般按四个阶段进行设计。 ( )
132. 选择涂料时可不考虑使用环境条件和涂膜质量要求。 ( )
133. 涂装方法选择不当, 不可能达到产品涂装预期的目的。 ( )
134. 表面预处理的目的是彻底清除污物, 以提高涂膜的附着力和耐蚀性能。 ( )
135. 刮腻子的主要目的是既提高涂层的外观美, 又提高涂层的保护性能。 ( )
136. 腻子未干透也可打磨。 ( )
137. 涂面漆时应确认底层无缺陷且已干透。 ( )
138. 抛光是使面层具有柔和、稳定的光泽, 使面层更加平滑。 ( )



139. 打蜡可增强涂膜表面的光亮度,使光亮持久,并起防潮、防水、防污染的作用。( )
140. 涂膜干燥就是液态涂膜转变成固态涂膜的整个过程。( )
141. 涂膜干燥的方式有自然干燥、加速干燥、烘烤干燥、辐射干燥等。( )
142. 即使涂料生产储存时间太久,超过使用期,涂料也不会有胶化现象。( )
143. 修理木制件白棱时可用毛刷直接刷漆。( )
144. 涂料需用量计划是各种资源供应、调度、落实的依据。( )
145. 原材料消耗定额的制订方法有计算法、统计法、实测法、经验估算法。( )
146. 工时定额是估计工时和安排劳动力的重要依据。( )
147. 涂装成本主要包括涂料费用、运行费用以及设备折旧三个方面。( )
148. 施工进度计划是根据图样技术条件,遵守各施工工艺过程,统筹安排各项施工活动进行编制的。( )
149. 涂装方法一般根据涂料的特性、施工性能,被涂物的类型、大小、形状,以及涂装条件进行选择。( )
150. 涂装工艺主要根据产品设计时对产品的涂装要求、涂层标准及使用条件和涂装施工现场条件进行设计。( )
151. 喷涂法有效率高的优点,但内腔无法喷涂,边缘、焊缝处涂不严等。( )
152. 溶剂型涂料的被涂物在进入烘干室之前不需设晾干工序,可直接进行烘干。( )
153. 高压无气喷涂机利用高压泵直接向喷嘴供应高压涂料,用特殊的喷嘴将涂料雾化。( )

## 二、选择题 (将正确答案的序号填入括号内)

- 在空气喷涂中,为了净化空气,使涂膜光滑平整,应当采用( )净化设备。  
A. 射水抽气器      B. 过滤器      C. 油水分离器
- 硝基涂料和过氯乙烯涂料属于( )涂料。  
A. 氧化聚合型      B. 固化型      C. 挥发型
- 按溶剂品种分类,甲醇、乙醇、丁醇等属于( )。  
A. 脂类溶剂      B. 酮类溶剂      C. 醇类溶剂
- 紫红与适当黄色混合后的颜色为( )。  
A. 果绿      B. 深草绿      C. 栗子皮色
- 涂料中使用溶剂的目的是( )涂料的粘度,使之便于进行涂装。  
A. 降低      B. 提高      C. 中和
- 溶剂材料大部分对人体( )。  
A. 无害      B. 有害      C. 无影响
- 无论采用刷涂方法还是采用喷涂方法,都应在( )的地方进行。  
A. 不通风      B. 通风良好      C. 随意
- 在涂装现场( )吃东西。  
A. 严禁      B. 可以      C. 不限
- 可燃性气体与空气混合形成混合性气体,点火即( )。

- A. 爆炸                      B. 燃烧                      C. 不会爆炸
10. 电气设备开关在关、开时,会产生接触瞬间( ),是涂装现场产生火灾的潜在隐患。
- A. 发热                      B. 跳动                      C. 火花
11. 穿化纤材料制成的衣服可能产生( ),必须将设备有效地接地。
- A. 交流电                      B. 静电                      C. 直流电
12. 当工作服上着火时切勿( ),应就地打滚将火熄灭。
- A. 奔跑                      B. 慢跑                      C. 立停不动
13. 采用物理法进行废水处理,主要是去除( )、胶状物等物质。
- A. 水藻                      B. 悬浮物                      C. 水草
14. 处理含有废油的涂料时,禁止将其( )和投入海洋、河流中。
- A. 焚烧                      B. 乱丢弃                      C. 挖坑深埋
15. 大红与少许黑色混合后形成的颜色为( )。
- A. 翠绿                      B. 枣红                      C. 中蓝
16. 在烘干或强制干燥前,使涂膜中的大部分溶剂先( )而形成良好的涂膜。
- A. 挥发掉                      B. 不挥发                      C. 保持不变
17. 有色金属产品在( )中进行表面脱脂时,材料表面会有不同程度的损伤。
- A. 碱液                      B. 酸液                      C. 有机溶剂
18. 干喷砂的空气压力应根据被处理件的材质、结构形状、工件厚度来确定,其中工件厚度小于( ) mm的不采用喷砂处理。
- A. 1                          B. 3                          C. 5
19. 磨光处理是去除金属表面上( )的处理方法。
- A. 油污                      B. 铁锈、氧化皮                      C. 灰尘
20. 酸洗除锈时利用酸与金属表面的锈蚀物进行( )生成可溶于水的盐类。
- A. 中和反应                      B. 物理反应                      C. 化学反应
21. 除锈溶液有强腐蚀性,在操作时应注意安全,防止溶液飞溅到( )上。
- A. 墙面                      B. 皮肤和衣物                      C. 地面
22. 在磷化液中加入适量的氧化剂,主要是加速( )作用。
- A. 脱脂                      B. 除锈                      C. 磷化
23. 磷化处理既要控制溶液中每种成分的含量,又要控制溶液在磷化处理时的( )。
- A. 温度、时间                      B. 膜的厚度                      C. 溶液量
24. 磷化温度过高,会使磷化液中的可溶性磷酸盐的离解度( ),成膜离子浓度大幅度提高。
- A. 稳定                      B. 加大                      C. 缩小
25. 磷化温度低,则磷化膜生成缓慢,晶粒粗大,处理时间( )。
- A. 不长不短                      B. 变长                      C. 缩短
26. 磷化前预处理不彻底,将严重影响磷化膜质量,甚至根本( )。
- A. 不受影响                      B. 磷化上                      C. 磷化不上
27. 磷化膜经钝化处理耐蚀能力( )。

- A. 提高                      B. 不变                      C. 降低
28. 如果操作过程中将酸洗中的硫酸液带入磷化槽中, 会造成磷化膜晶粒 (     ), 结晶不连续。
- A. 变细                      B. 不变                      C. 变粗
29. 塑料表面如果沾上油污, 会像金属一样使涂料的附着力 (     ), 涂层产生龟裂、起泡、脱落等现象。
- A. 变好                      B. 变差                      C. 不变
30. 化学处理法能使塑料表面 (     ), 具有多孔性, 从而改善涂料在塑料表面的附着力。
- A. 粗化                      B. 变细                      C. 平滑
31. 塑料火焰处理法是指将火焰喷射到塑料表面, 使塑料表层分子局部 (     ), 从而改善其润湿性和附着力。
- A. 紧密                      B. 疏松                      C. 氧化
32. 木制品脱色剂中的 (     ) 与木质中的颜色胶反应能放出很多的氧, 分解木材中的色素。
- A. 自来水                      B. 过氧化氢                      C. 氨水
33. 用细砂纸在木制品上 (     ) 打磨, 能使木制品表面光滑平整。
- A. 轻轻地                      B. 重重地                      C. 不重不轻地
34. 水泥基层表面有较大裂缝时, 用凿子将裂缝凿成 (     ) 形, 用加入 107 胶水的聚合物水泥砂浆将表面隙缝嵌实、抹平。
- A. S                      B. V                      C. U
35. 水泥基层表面有细小裂缝且较多时, 用 (     ) 沿裂缝嵌平并打磨平整。
- A. 抗裂湿强纸带                      B. 水泥                      C. 防裂腻子
36. 淋涂是一种传统的涂装方法, 分为 (     ) 两种方式。
- A. 手工、自动                      B. 机械、手工                      C. 喷涂、机械
37. 淋涂槽体由 (     ) 塑焊成长方形。
- A. 聚氯乙烯                      B. 钢板                      C. 铝
38. 涂装现场应必备常规 (     )。
- A. 通风设置                      B. 照明                      C. 灭火器材
39. 根据涂料槽的容积计算出其能盛装的涂料量, 不可 (     ), 防止溢出。
- A. 浅装                      B. 半装                      C. 满装
40. 烘干炉严格控制炉内温度的准确性和保温的时间, 操作者必须持有 (     ) 合格证书方可上岗。
- A. 专业                      B. 专职                      C. 业余
41. 幕淋头内的涂料要保持 (     )。
- A. 洁净                      B. 稀释                      C. 畅通
42. 大型浸涂槽的应急 (     ) 不用时是牢固密封着的, 不慎发生火灾时会自动开启, 迅速将槽内涂料注入储料罐。
- A. 排料口                      B. 进料口                      C. 排污口

43. 浸涂方法的涂料温度最佳为 ( )。
- A. 30~40℃                      B. 20~30℃                      C. 15~20℃
44. 在搅拌装置运行过程中,若泵、搅拌器、电动机或管道等出现异常,则应 ( ) 停机,修好后再使用。
- A. 不需                      B. 检查                      C. 立即
45. 电葫芦碰撞挡板,极易造成 ( ) 事故。
- A. 人身                      B. 火灾                      C. 电气
46. 灭火器材不得随意动用,不许随便变更存放地点,超过使用期的,必须及时 ( )。
- A. 继续使用                      B. 更换                      C. 检查
47. 空气喷涂时,利用压缩空气的气流使涂料从喷枪口喷出雾化成雾状,其喷涂压力为 ( ) MPa。
- A. 0.1~0.2                      B. 0.5~0.8                      C. 0.2~0.4
48. 吸上式喷枪的涂料喷出量受涂料的粘度和密度影响较大,而且与喷嘴 ( ) 有关。
- A. 口径                      B. 材料                      C. 长短
49. 喷涂距离是指喷枪喷头到工件之间的距离。大型喷枪的喷涂距离为 ( ) cm。
- A. 20~30                      B. 15~25                      C. 10~15
50. 小型喷枪的喷涂距离为 ( ) cm。
- A. 20~30                      B. 15~25                      C. 10~15
51. 喷枪的运枪速度应控制在 ( ) cm/s,无论喷涂哪一个工件表面,运枪速度都应保持恒定。
- A. 10~20                      B. 20~30                      C. 30~60
52. 喷嘴口径越大,涂料喷出量也就越大;涂料粘度越高,涂料喷出量就 ( )。
- A. 适中                      B. 越少                      C. 越大
53. 热喷涂不受环境和气候影响,即使在湿度大的环境中施工,涂膜也不会产生 ( ) 现象。
- A. 起皱                      B. 泛白                      C. 凝露水
54. 无气喷涂是利用压缩空气、油压、电动机作动力源,驱动 ( ) 泵,将涂料吸入,通过一个特殊的喷嘴小孔喷出。
- A. 高压                      B. 中压                      C. 低压
55. 无气喷涂适用于 ( ) 涂料的涂装。
- A. 厚层                      B. 薄层                      C. 一般
56. 无气喷涂的高压涂料从喷嘴或输漆管受损处的小孔中喷出,其速度非常高,有 ( ) 皮肤的危险。
- A. 穿破                      B. 擦破                      C. 碰破
57. 喷涂喷嘴孔堵塞时,不宜用 ( ) 捅,以防止孔形受损。
- A. 竹杆                      B. 钢针                      C. 木杆
58. 火焰烧烤方法是使旧涂膜变软或烧掉,然后用 ( ) 清除干净,但必须注意不要

使烧烤面积扩大。

- A. 砂纸                      B. 毛刷                      C. 铲刀

59. 在不知道原面层的涂料品种时, 为达到修补的质量, 应先涂 ( ) 涂层, 以防止油漆种类不配套而引起咬底现象。

- A. 底漆                      B. 相溶                      C. 隔离

60. 涂装施工温度不低于  $5^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度不大于 ( )。

- A. 70%                      B. 90%                      C. 80%

61. 涂料先喷与后喷的间隔时间越长, 色差越明显, 因此修补涂装时的涂料颜色应比原有涂料颜色 ( )。

- A. 中深                      B. 深一些                      C. 浅一些

62. 溶剂的溶解能力越高, 溶剂的活性也就 ( )。

- A. 略高                      B. 越低                      C. 越高

63. ( ) 是溶解虫胶的真溶剂, 而在硝基漆中只是助溶剂或稀释剂。

- A. 酒精                      B. 甲苯                      C. 二甲苯

64. 溶剂的蒸气有毒, 能够通过 ( ) 或皮肤进入人体。

- A. 呼吸道                      B. 食道                      C. 眼睛

65. 当发现呼吸道干结或感觉不舒服时, 应多喝 ( ), 以冲淡体内溶剂, 并促使其通过尿液排出。

- A. 饮料                      B. 温开水                      C. 热开水

66. 在涂装时, 常用稀释剂调整涂料的 ( ), 使之符合施工要求。

- A. 颜色                      B. 粘度                      C. 干燥时间

67. 稀释剂用错, 会使涂料混浊析出, 不能使用, 用量过多, 会使色漆 ( ) 变差。

- A. 遮盖力、光亮度      B. 干燥性能                      C. 颜色

68. 颜色是人的眼睛受到 ( ) 刺激后产生的视觉, 这时色彩就产生了。

- A. 电弧光                      B. 可见光                      C. 可见颜色

69. 因光的 ( ) 不同, 才有了各种不同的颜色, 形成万紫千红的色彩组合。

- A. 环境                      B. 强弱                      C. 波长

70. 颜料的基本色有三个, 即 ( ) 为原色。

- A. 红、黄、蓝                      B. 黑、白、黄                      C. 红、黄、黑

71. 颜色有三种显著的特性, 又称为色彩的三属性, 即明度、色相、( ) (也称为饱和度)。

- A. 美度                      B. 亮度                      C. 纯度

72. 在混合色中, 参加混合配色的每一种颜料都在混合色中被减去了自身的色相、明度与纯度。人们把这种有规律配色方法称为 ( ) 法配色。

- A. 加色                      B. 减色                      C. 增色

73. 静电喷涂是将高压静电发生器产生的负高压电引到喷枪, 使涂料作为负极, 并进一步雾化, 按照同性相斥, 异性 ( ) 的原理进行涂装。

- A. 互粘                      B. 不吸                      C. 相吸

74. 在一定静电场强度范围内, 电场强度越强, 静电雾化和静电引力效果 ( ), 涂



着效率也就越高。

- A. 不变                      B. 越好                      C. 越差

75. 静电场放电极与被涂物之间的距离与电压高低成正比, 与极距大小 ( )。

- A. 有关                      B. 无关                      C. 成反比

76. 在设置静电喷涂喷枪时, 除注意与被涂物的距离外, 还要注意与 ( ) 喷枪的距离。

- A. 相邻                      B. 大型                      C. 小型

77. 喷枪设置位置不当会造成漆雾粒相互碰撞, 产生离子 ( ), 漆雾无方向到处乱飞, 甚至漆粒朝后飞溅, 造成浪费。

- A. 无性反应                      B. 异性相吸                      C. 同性相斥

78. 静电喷涂时, 悬挂的工件离地面的距离不应小于 ( ) m。

- A. 1.5                      B. 1                      C. 0.5

79. 静电喷涂过程中被涂物最好能 ( ), 这样有利于漆膜厚度均匀。

- A. 自转                      B. 手工转动                      C. 半自动转动

80. 静电喷涂设备在长期使用后, 放电极上会附着一层较厚的涂料使荷电效率 ( )。

- A. 稳定                      B. 下降                      C. 上升

81. 静电喷涂设备电气绝缘件上附着涂料时, 不仅会产生漏电现象, 而且会产生表面放电现象, 并且绝缘电阻会被 ( )。

- A. 提高                      B. 保护                      C. 破坏

82. 高压静电发生器存放处必须保持 ( ) 和清洁。

- A. 干燥                      B. 潮湿                      C. 恒温

83. 静电喷涂物接地状况用 ( ) V 的绝缘电阻表检查。

- A. 1000                      B. 500                      C. 250

84. 静电喷涂室内的操作者必须穿 ( ), 使操作者处于接地状态。

- A. 导电鞋                      B. 绝缘鞋                      C. 皮鞋

85. 静电喷涂施工结束后, 应立即切断高压电源, 并 ( )。

- A. 将接地拆除                      B. 断开接地处                      C. 接地放电

86. 静电喷涂具有环保效果, 所以涂料的利用率为 ( ), 其涂料的耗用量为空气喷涂的 50%~90%。

- A. 80%~90%                      B. 50%~60%                      C. 70%~80%

87. 静电喷涂使用的是高压电, 有易发生火灾的危险, 必须设有可靠的安全措施和 ( ) 措施, 遵守操作规程。

- A. 防电击                      B. 防火                      C. 防爆

88. 阳极电泳涂装时被涂物体作为阳极, 电泳槽体作为阴极, 两极分别接在 ( ) 的正、负电极上。

- A. 直流电源                      B. 交流电源                      C. 变频电源

89. 交流电泳涂装时采用的电源为 ( ), 以 50Hz 的频率作正弦变化。

- A. 低压电                      B. 交流电                      C. 高压电

90. 为了降低电解作用对电泳涂装的影响, 在操作过程中应尽量降低使用电压, 缩短电

泳（ ），以减少电解放出的氧气。

- A. 时间 B. 深度 C. 电流

91. 电泳槽的槽体尺寸根据（ ）、尺寸和施工方式确定。

- A. 涂装现场范围 B. 涂装工件的形状 C. 涂装工件的长度

92. 电泳涂装的阳极电泳直流电压应控制在（ ）V。

- A. 20~80 B. 50~180 C. 40~120

93. 电泳涂装时涂料温度的控制很重要，为了有效长期使用，电泳温度为（ ）℃。

- A. 20~30 B. 18~25 C. 15~20

94. 电泳涂装时水洗的目的在于除去工件在电泳涂装过程中由于浸渍而黏附在涂膜表面的浮漆，以防止涂膜出现（ ）。

- A. 起皱 B. 流挂 C. 花脸

95. 电泳涂装有两种操作方法，一种是采用恒电压法操作，另一种是采用恒电流法操作，生产上一般采用（ ）操作。

- A. 恒压、恒流法 B. 恒电压法 C. 恒电流法

96. 电泳电压过高，电解反应加剧，气泡增加很多，电泳涂膜厚，表面粗糙，容易产生（ ）。

- A. 针孔 B. 流挂 C. 桔皮

97. 电泳涂装时一般要求固体的质量分数控制在8%~16%之间，为了获得这一固体含量，必须用（ ）或无离子水进行稀释。

- A. 蒸馏水 B. 自来水 C. 湖水

98. 电泳底漆颜基比为1:2时较适宜；有光电泳涂料，其颜基比一般控制为（ ）。

- A. 1:5 B. 1:3 C. 1:4

99. 电泳件极间距离需保持在适当的范围，在连续生产、批量大的情况下，一般控制在（ ）mm。

- A. 100~150 B. 80~100 C. 120~200

100. 电泳涂料的溶剂为水，在施工过程中加入适量的有机溶剂作为助溶剂，用以（ ）电泳涂装涂膜的表面状态。

- A. 改善 B. 改变 C. 提高

101. 相对粘度（条件粘度）的测定方法为：在一定的（ ）下，测定一定体积的液体从规定容器中通过规定直径的小孔所需的时间，以此作为相对粘度。

- A. 环境 B. 湿度 C. 温度

102. 遮盖力是指有色不透明的涂料均匀地涂刷在被涂物表面上，使其（ ）不再呈现的能力。

- A. 颜色 B. 面色 C. 底色

103. 密度对涂料来说只作为参考指标，主要作为（ ）和质量的依据，决定包装桶的容积，并用于核算成本。

- A. 纯度 B. 粘度 C. 计算涂料体积

104. 常用的测厚仪有磁性和非磁性两种。磁性测厚仪用来测量（ ）导磁底板上涂膜的厚度。

- A. 非金属                      B. 有色金属                      C. 黑色金属

105. 涂膜实际干燥时间是指表面干燥后,涂膜表面全部形成固体,用( )强压涂膜也不残留纹痕。

- A. 手心                      B. 手背                      C. 手指

106. 附着力是指涂膜与被涂物表面之间或涂膜之间相互( )的能力。

- A. 结合                      B. 黏结                      C. 溶解

107. 若溶剂中含有( )或在露天存放,将会促进催干剂析出造成混浊。

- A. 灰尘                      B. 水分                      C. 机油

108. 盛放氧化干燥型涂料(如油性漆、油性腻子 and 自干型合成树脂漆等)的容器不密闭或未装满时,漆面会与( )接触,促进结皮现象的产生。

- A. 空气                      B. 水分                      C. 油类

109. 涂料储存时间过长,尤其是在长期静放的场合,会出现( )与结块现象。

- A. 变色                      B. 沉淀                      C. 混浊

110. 涂料粘度大,操作者技术水平低,刷子不好,刷涂易产生( )现象。

- A. 刷痕                      B. 不均匀                      C. 流挂

111. 溶剂挥发慢,粘度过低,涂得过厚时,涂膜会产生( )现象。

- A. 流挂                      B. 起皱                      C. 发花

112. 涂料粘度过低,颜料沉淀未搅匀,涂层厚度不够时,易产生( )现象。

- A. 露底                      B. 花斑                      C. 流痕

113. 第一层涂层未干透就涂下一道,面漆的溶剂溶胀底漆,称为( )。

- A. 发花                      B. 咬起                      C. 露底

114. 空气中湿度太大,在干燥过程中由于溶剂的挥发涂膜表面温度下降,使表面局部空气温度降至“露点”以下,空气中的水分渗入涂层,表面变成半透明白色膜,称为( )现象。

- A. 露白                      B. 发白                      C. 发花

115. 基体有小孔,压缩空气中含有水分或油杂质,喷得太厚时,会产生( )现象。

- A. 麻点                      B. 针孔                      C. 凹坑

116. 烘干型涂料漆膜厚加热急剧,被涂物表面上残有水分时易产生( )现象。

- A. 起皱                      B. 脱落                      C. 起泡

117. 涂膜过厚,高温加速烘烤干燥,涂膜易产生( )现象。

- A. 变色                      B. 起皱                      C. 起泡

118. 被涂工件表面未将油、水分、铁锈之类的物质处理干净,工件表面特别光滑,会造成( )现象。

- A. 起泡                      B. 返锈                      C. 脱落

119. 涂料受日光和化学药品、大气污染的作用,失去本色,称为( )。

- A. 倒光                      B. 失光                      C. 退色

120. 底材表面处理质量差,有锈未除净就涂装,涂层不完整,空气潮湿时会重新( )。

- A. 粉化                      B. 发粘                      C. 生锈

121. 涂膜烘干温度过高, 烘干时间过长, 涂膜失去弹性变差的现象称为 ( )。
- A. 变脆                      B. 变色                      C. 变软
122. 电泳涂料的颜基比不当, 或颜料分散性不好, 工件几何形状太复杂, 在同一工件上涂膜光亮度不一致的现象叫做 ( )。
- A. 阴阳面                      B. 双色面                      C. 软硬面
123. 电泳时产生阴阳面, 电泳涂料温度过低, 涂膜太薄等原因, 电泳件表面会产生 ( ) 现象。
- A. 有光                      B. 失光                      C. 流痕
124. 电泳电压太高, 电解反应快, 气泡过多易造成 ( ) 现象。
- A. 针孔                      B. 无膜                      C. 发花
125. 电泳件表面处理不好, 工件入电泳槽时表面温度高, 电泳涂装电压过低等原因, 电泳涂膜有 ( ) 现象。
- A. 剥落                      B. 起皱                      C. 无膜
126. 电泳涂装电压低、时间短, 电泳涂料固体含量低, 搅拌速度太快, 会带来 ( ) 现象。
- A. 厚度不均                      B. 表面露底                      C. 颜色变差
127. 电泳前工件表面温度高、磷化膜不均匀和后处理水洗时用水不净, 会造成 ( ) 现象。
- A. 涂膜失光                      B. 耐候性差                      C. 涂膜力学性能差
128. 双组分涂料按规定配比混合后, 应 ( ) 施工。
- A. 预反应数分钟后                      B. 立即                      C. 不考虑预反应
129. 相对湿度影响涂膜的附着力和质量, 施工时相对湿度在 ( ) 以下为好。
- A. 70%                      B. 80%                      C. 90%
130. 在涂装施工之前必须检测露点温度, 一般露点温度比周围温度低 ( ) 时才能涂装施工。
- A. 1~3℃                      B. 3~5℃                      C. 6℃
131. 根据被涂物装饰性要求, 以及涂层的使用条件和涂层的性能, 一般可将装饰性涂层分为 ( ) 种类型。
- A. 四                      B. 三                      C. 五
132. 涂装设计分为 ( ) 阶段, 才能达到涂装质量要求。
- A. 五                      B. 四                      C. 三
133. 涂料选择的总原则, 选择的涂料必须满足涂装产品的 ( ) 和涂膜质量要求。
- A. 耐潮性                      B. 耐久性                      C. 使用环境条件
134. 由于产品涂装对涂料性能的要求不一样, 因此选用的涂料的 ( ) 也不同。
- A. 粘度                      B. 颜色                      C. 经济性 (价格)
135. 底层涂料必须对金属或其他材质表面有很强的 ( ), 与上层涂料有良好的结合力。
- A. 遮盖力                      B. 着色力                      C. 附着力
136. 表面涂膜对涂料选择的要求是: 应具有优良的抵抗外界多种 ( ) 的性能, 有

一定的力学性能或特殊性能和作用。

- A. 腐蚀                      B. 风蚀                      C. 日晒

137. 我国可供选择的电泳涂料有 ( ) 电泳等两种。

- A. 变频、数控              B. 交流、直流              C. 阳极、阴极

138. 铸件最适宜采用喷砂或喷丸处理, 而不能用 ( ) 脱脂、除锈。

- A. 四合一                      B. 酸洗                      C. 碱液

139. 常温干燥方法主要是 ( ) 挥发和水蒸发干燥以及触媒聚合干燥 (也称为氧化聚合干燥)。

- A. 溶剂                      B. 助剂                      C. 漆基

140. 选择涂料时, 应认真遵循既不使产品涂装生产成本超标, 又能取得最佳技术经济效益的原则, 做到高效、低耗, 减少 ( ), 改善劳动条件等。

- A. 环境污染                  B. 涂层                      C. 厚度

141. 如果 ( ) 选择不当, 即使有了性能和质量优良的涂料、良好的涂装环境条件, 也不可能达到产品涂装预期目的。

- A. 喷涂方法                  B. 涂装方法                  C. 刷涂方法

142. 大气中的有害气体如 ( )、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{HCl}$  等, 与空气中的水雾接触时, 会溶解在雾滴中, 形成酸性电解质, 从而加速金属腐蚀。

- A.  $\text{O}_2$                       B.  $\text{CO}_2$                       C.  $\text{CO}$

143. 黑色金属污物有 ( )、铁锈、焊渣、油污、旧漆等。

- A. 氧化皮                      B. 灰尘                      C. 砂子

144. 金属表面处理的目的是保证涂膜具有良好的耐蚀性能并保证涂膜与被涂物表面具有良好的 ( )。

- A. 光泽                      B. 附着力                      C. 涂装性

145. 要提高涂膜的附着力和耐蚀性, 在涂装前需对钢铁制件进行 ( )。

- A. 磷化处理                  B. 喷砂                      C. 打磨

146. 刮腻子的主要目的是提高涂层的 ( ), 而不能提高涂层的保护性能。

- A. 力学性能                  B. 厚度                      C. 外观美

147. 腻子层在烘干前应较长的晾干时间, 然后再逐渐升温, 以防烘得过急而 ( )。

- A. 起泡                      B. 脱落                      C. 变脆

148. 打磨腻子时应按一个方向来回操作, 不可采用无方向打磨法或者 ( ) 打磨。

- A. 先竖后横                  B. 先横后竖                  C. 划圈

149. 对装饰性要求高的产品通常涂 2 道或 3 道面漆, 甚至涂多道面漆, 目的是提高面层的光泽、( ) 和装饰保护性能。

- A. 平整度                      B. 厚度                      C. 丰满度

150. 抛光与磨光程序完全一样, 不同的是采用的抛光膏比磨光膏里的磨料 ( ), 使涂膜呈现出镜面般的光泽。

- A. 粗                      B. 更细                      C. 中粗

151. 对于氧化-聚合型涂料, 为了加速其干燥, 通常加入一定量的 ( )。

- A. 溶剂                      B. 催干剂                      C. 促进剂



152. 为了缩短涂装施工周期, 加快生产进度, 常常将气干型涂料在一定温度下加速干燥, 一般温度为 ( ) $^{\circ}\text{C}$ 。

- A. 30~50                      B. 80~100                      C. 50~80

153. 一般情况下, 远红外线辐射干燥时, 辐射能量的 50% 能被涂膜吸收, 其余的 50% 则透过涂膜被 ( ) 吸收。

- A. 环境                      B. 底材                      C. 设备

154. 修复木制件白棱时, 用小毛笔蘸取少许涂料, 再根据原来颜色的色相, 蘸取所需的近似颜色, 在白棱的部位 ( ) 手中的小毛笔, 将有颜色的涂料涂在白棱上。

- A. 滚动                      B. 横刷                      C. 顺刷

155. 编制的涂料需用量计划是做好各种 ( )、调度、落实的依据。

- A. 涂装工具                      B. 涂装设备                      C. 资源的供应

156. 确定涂料消耗定额的方法有计算法、统计法、实测法和 ( ) 等。

- A. 经验估算法                      B. 累计法                      C. 对照法

157. 涂装任务所需的人工劳动时间称为某工程或产品的涂装工时定额。它是估计工时和 ( ) 的重要依据。

- A. 设备、工具                      B. 安排劳动力                      C. 材料准备

158. 涂装施工工程不仅需要不同类型的涂料和施工方法, 而且需要有一定的施工 ( ) 配合才能进行涂装工程。

- A. 场地                      B. 机具                      C. 队伍

159. 施工进度计划是根据 ( )、施工工艺过程, 统筹安排各项施工活动而进行编制的。

- A. 施工要求                      B. 图样技术条件                      C. 用户要求

160. 空气喷涂法有效率高的优点, 但也有不足之处, 如喷不严, 边缘、焊缝、( ) 等处无法喷涂等。

- A. 内腔                      B. 管道                      C. 外壁

161. 为防止涂料从石砌面上脱落, 石砌面在涂刷前必须经大气干燥, 一般需搁置 ( )。

- A. 4 个月                      B. 1 年以上                      C. 6~12 个月

162. 高压无气喷涂机利用高压泵直接向喷头供应高压涂料, 用特殊的 ( ) 将涂料雾化, 以实现高压无气喷涂工艺。

- A. 喷嘴                      B. 喷枪                      C. 喷管

163. 高压无气喷涂不可用 ( ) 试高压射流, 喷涂间歇, 要随手关闭喷枪安全装置。

- A. 其他产品                      B. 对人                      C. 手指

164. 技术文件是指导涂装施工的生产法规, 其中包括产品图样、( ), 是协调施工过程, 保证涂装质量的根本措施之一。

- A. 工艺文件                      B. 检查文件                      C. 检验报告

165. 检验涂膜附着力的方法中, 划格法是用锋利很薄的刀片, 一把直尺, 在涂膜上划痕, 痕间距离为 ( ) mm, 横四道、竖四道, 划出 9 个方格, 观察脱落量。

- A. 3                      B. 1                      C. 2

166. 在编制施工进度时应 ( ), 以便在涂装过程中根据施工条件等因素的变化进行修改、调整。

A. 适当考虑

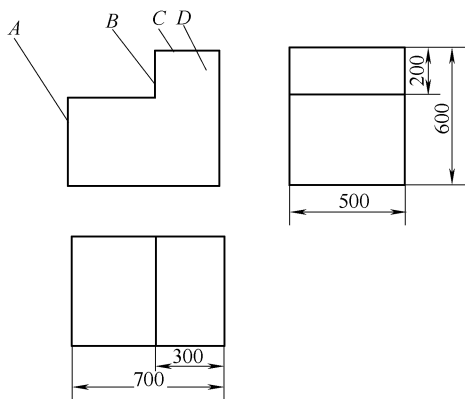
B. 留有余地

C. 充分利用

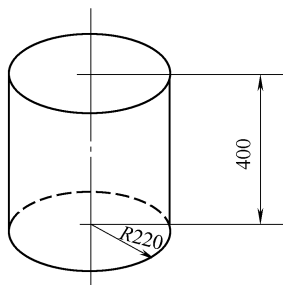
### 三、计算题

1. 有 200 件垫铁 (见题图 1), 根据涂装技术条件, A、B、C、D 面为涂装面, 问需涂装面的面积  $S$  是多少?

2. 如题图 2 所示, 某设备部件为圆柱体 (共 100 件), 经表面预处理后, 涂硅酸锌底漆一层, 干后涂铁红环氧底漆一层, 再干后涂酞菁蓝丙烯酸磁漆一层, 问所需涂料各多少? (每层硅酸锌底漆使用量为  $140\text{g}/\text{m}^2$ , 每层铁红环氧底漆使用量为  $80\text{g}/\text{m}^2$ , 酞菁蓝丙烯酸磁漆使用量  $60\text{g}/\text{m}^2$ )



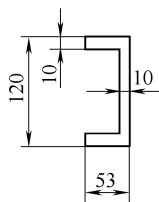
题图 1 垫铁示意图



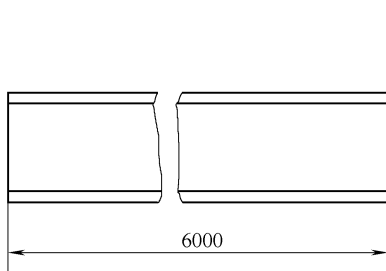
题图 2 圆柱体示意图

3. 如题图 3 所示, 加工槽钢 50 根, 表面经酸洗、除锈、脱脂处理后, 涂铁红醇酸底漆两层, 干后涂中绿色聚氨酯磁漆一层, 问所需底漆和磁漆各多少千克? (每层铁红醇酸底漆使用量为  $80\text{g}/\text{m}^2$ , 每层中绿色聚氨酯磁漆使用量为  $60\text{g}/\text{m}^2$ )

4. 有 0.8mm 厚的梯形铝板一批, 尺寸如题图 4 所示, 计 300 件, 经表面预处理后, 已喷涂磷化底漆, 还需喷锌黄环氧底漆一层, 喷奶黄氨基醇酸漆一层。试估算锌黄环氧底漆和奶黄氨基醇酸漆的需要量各为多少千克? (每层锌黄底漆使用量为  $80\text{g}/\text{m}^2$ , 每层奶黄氨基醇酸漆使用量为  $90\text{g}/\text{m}^2$ )

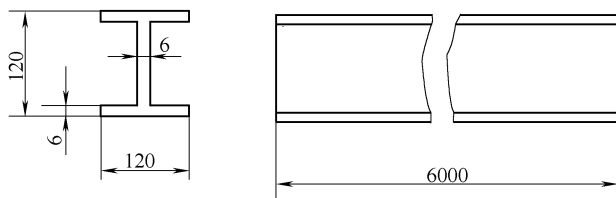


题图 3 槽钢示意图



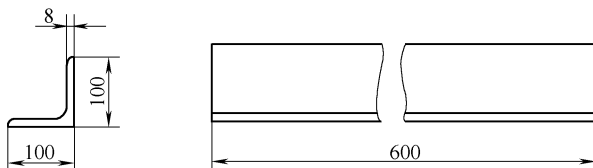
题图 4 梯形铝板示意图

5. 如题图 5 所示, 有工字钢长 6000mm, 共计 100 根, 经表面预处理后涂一层铁红环氧底漆, 干后涂一层灰丙烯酸磁漆, 问需要多少底漆和磁漆? (每层铁红环氧底漆使用量为  $80\text{g}/\text{m}^2$ , 每层灰丙烯酸磁漆使用量为  $60\text{g}/\text{m}^2$ )



题图 5 工字钢示意图

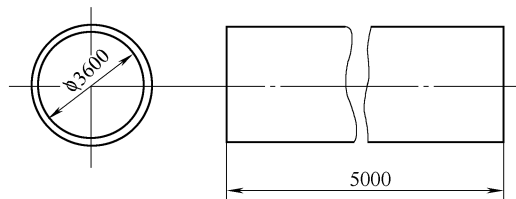
6. 有一批等边角钢 (见题图 6) 尺寸为  $100\text{mm} \times 8\text{mm}$ , 经表面化学处理后, 涂富锌底漆一层, 铁红环氧底漆一层, 问涂 120 件该等边角钢各需要多少涂料? (每层铁红环氧底漆使用量为  $80\text{g}/\text{m}^2$ , 每层富锌底漆使用量为  $140\text{g}/\text{m}^2$ )



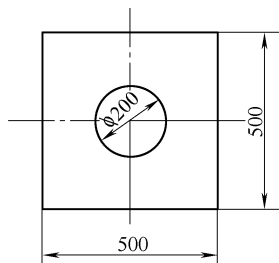
题图 6 等边角钢示意图

7. 如题图 7 所示, 用 12mm 厚的钢板卷成一个圆管, 先经表面预处理, 然后涂一层富锌底漆, 制成后喷两层铝粉硅有机漆, 问需要多少涂料才能覆盖其内外表面? (每层铝粉硅有机漆使用量为  $80\text{g}/\text{m}^2$ )

8. 如题图 8 所示, 有正方形圆孔板, 需涂铁红环氧底漆两层, 中绿聚氨酯磁漆两层, 工件 100 件, 问两面涂装各需多少涂料? (每层铁红环氧底漆使用量为  $70\text{g}/\text{m}^2$ , 每层中绿聚氨酯磁漆使用量为  $60\text{g}/\text{m}^2$ )



题图 7 圆管示意图

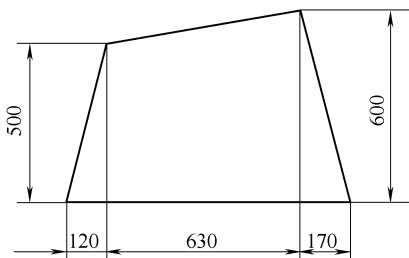


题图 8 正方形圆孔板示意图

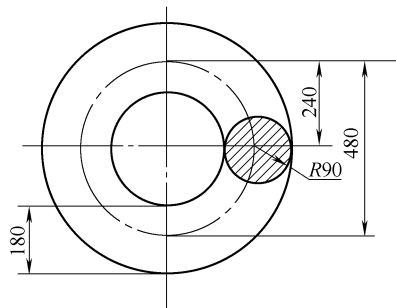
9. 有不等边四边形钢板 100 件, 如题图 9 所示。其钢板件厚度忽略不计。经表面化学处理后, 一面涂铁红环氧底漆一层, 干后涂奶黄聚氨酯丙烯酸磁漆一层; 另一面涂铁红环氧底漆一层, 干后涂豆绿聚氨酯丙烯酸磁漆一层。问各需要多少涂料? (每层铁红环氧底漆使用量为  $60\text{g}/\text{m}^2$ , 每层奶黄聚氨酯丙烯酸磁漆使用量为  $55\text{g}/\text{m}^2$ , 每层豆绿聚氨酯丙烯酸磁漆使用量为  $60\text{g}/\text{m}^2$ )

使用量为  $56\text{g}/\text{m}^2$ )

10. 如题图 10 所示, 某工程圆环体 (共 200 件) 经表面预处理后, 涂铁红醇酸底漆一层, 干后涂黑色丙烯酸磁漆一层, 问各需多少涂料? (每层铁红醇酸底漆使用量为  $80\text{g}/\text{m}^2$ , 每层黑色丙烯酸磁漆使用量为  $60\text{g}/\text{m}^2$ )



题图 9 不等边四边形示意图

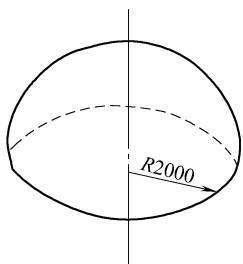


题图 10 圆环体示意图

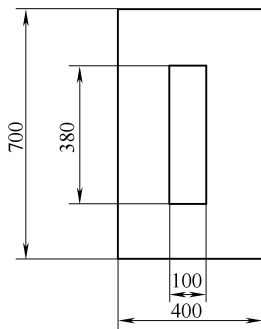
11. 有半球体部件 10 件, 如题图 11 所示。其外表面机械除锈, 清理后脱脂, 涂铁红醇酸底漆两层, 干后涂银色丙烯酸磁漆一层, 问各需多少涂料? (每层铁红醇酸底漆使用量为  $80\text{g}/\text{m}^2$ , 每层银色丙烯酸磁漆使用量为  $60\text{g}/\text{m}^2$ )

12. 如题图 12 所示, 有一长方形孔板, 材料厚度不计, 一面涂铁红环氧底漆两层, 丙烯酸磁漆两层; 另一面涂铁红醇酸底漆一层, 奶黄醇酸磁漆两层。若涂 100 件板件, 问各需多少涂料? (每层铁红环氧底漆使用量为  $80\text{g}/\text{m}^2$ , 每层丙烯酸磁漆使用量为  $55\text{g}/\text{m}^2$ , 每层铁红醇酸底漆使用量为  $60\text{g}/\text{m}^2$ , 每层奶黄醇酸磁漆使用量为  $58\text{g}/\text{m}^2$ )

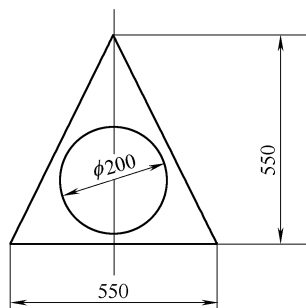
13. 某工件是中心割去直径为 200mm 圆形的等腰三角形工件, 如题图 13 所示。已知工件厚度为 10mm, 底边和高均为 550mm, 经喷丸处理后, 立即涂上底漆, 然后喷上一层中绿色皱纹漆, 问涂装 100 件共需多少中绿色皱纹漆? (每层中绿色皱纹漆使用量为  $140\text{g}/\text{m}^2$ )



题图 11 半球体示意图



题图 12 长方形孔板示意图



题图 13 等腰三角形示意图

14. 电泳涂装用高纯度水, 需要用离子交换树脂, 在对离子交换树脂再生时, 需要质量分数为 5% 的 HCl 溶液, 问配制 8000g 质量分数为 5% 的盐酸溶液需要多少质量分数为 37% 的浓盐酸? 需要多少水? 如果盐酸的密度为  $1.184\text{g}/\text{cm}^3$ , 则需用盐酸多少升?

15. 有一个涂装工程项目, 涂装面积为  $70\text{m}^2$ , 购涂料费用为 380 元, 劳务费用按每小时 8 元计算, 熟练的涂装工每小时能涂装  $5\text{m}^2$ , 涂料使用寿命为两年, 问涂装成本是多少?

# 模拟试卷样例

## 一、判断题（对的画√，错的画×；每题 1 分，共 20 分）

1. 涂料中的溶剂能留在涂膜中不挥发掉。 ( )
2. 当挥发的溶剂在空气中的含量高时，会对人体造成伤害。 ( )
3. 可燃气体与空气混合点火不会爆炸。 ( )
4. 易燃性溶剂蒸气的密度一般比空气的密度大。 ( )
5. 涂装车间正在施工时可动用明火。 ( )
6. 遇到火情时，不需要移去和隔离已燃烧的火源，可直接灭火。 ( )
7. 有色金属可以用碱液清洗。 ( )
8. 酸洗除锈时酸与金属表面的锈蚀物产生化学反应。 ( )
9. 木制品常用的脱色剂是过氧化氢和氨水的混合溶液。 ( )
10. 石膏板和木质板面有油污，应严禁施工上墙。 ( )
11. 带有深槽、盲孔的工件涂装时易积留涂料，但可以选用浸涂方法进行涂装。 ( )
12. 喷涂施工距离以 20~30cm 为合适。 ( )
13. 无空气喷涂比空气喷涂效率低。 ( )
14. 颜料的三原色为红、黄、蓝基本色。 ( )
15. 配色用颜料可以不考虑配套性。 ( )
16. 电泳涂装在直流电源的电场作用下，带负电荷的涂料粒子移向阳极（被涂物体），经烘干形成一层电泳涂膜，称为阳极电泳。 ( )
17. 涂料粘度是控制涂料质量的重要指标。 ( )
18. 附着力是指涂膜与被涂物表面之间或涂膜之间相互黏结的能力。 ( )
19. 露点温度与环境温度接近时不会有露水出现。 ( )
20. 修理木制件白棱时可用毛刷直接刷涂。 ( )

## 二、选择题（将正确答案的序号填入括号内；每题 2 分 共 40 分）

1. 在空气喷涂中，为了净化空气质量，使涂膜光滑平整，应当采用 ( ) 净化设备。  
A. 射水抽气器                  B. 过滤器                  C. 油水分离器
2. 无论采用刷涂方法还是采用喷涂方法都应在 ( ) 的地方进行。  
A. 不通风                  B. 通风良好                  C. 任意
3. 有色金属产品在 ( ) 中进行表面脱脂时，材料表面会有不同程度的损伤。  
A. 碱液                  B. 酸液                  C. 有机溶剂
4. 化学处理法能使塑料表面 ( )，具有多孔性，从而改善涂料在塑料表面的附着力。  
A. 粗化                  B. 变细                  C. 平滑
5. 木制件脱色剂中 ( ) 与本质中的颜色胶反应能放出很多的氧，分解木材中的色



素,从而随着氧带出木质外部。

- A. 自来水                      B. 过氧化氢                      C. 氨水

6. 水泥基层表面有较大裂缝时,用凿子将裂缝凿成( )形,再用加入 107 胶水的聚合物水泥砂浆将表面隙缝嵌实、抹平。

- A. S                              B. V                              C. U

7. 幕淋头内的涂料要保持( )。

- A. 洁净                              B. 稀释                              C. 顺通

8. 喷涂距离是指喷枪喷头到工件之间相隔的距离。小型喷枪的喷涂距离为( ) cm。

- A. 20~30                      B. 15~25                      C. 10~15

9. 无气喷涂的高压涂料从喷嘴或输漆管受损坏处的小孔中喷出,其速度非常高,有( )皮肤的危险。

- A. 穿破                              B. 擦破                              C. 碰破

10. 在不知道面层的涂料品种时,为达到修补涂装的质量,应先涂( ),以防止涂料种类不配套而引起咬底现象。

- A. 底漆                              B. 相溶涂层                      C. 隔离涂层

11. 溶剂的溶解能力越高,溶剂的活性也就( )。

- A. 不变                              B. 越低                              C. 越高

12. ( )是溶解虫胶的真溶剂,而在硝基漆中只是助溶剂或稀释剂。

- A. 酒精                              B. 甲苯                              C. 二甲苯

13. 颜色的基本色有三个,即( )。

- A. 红、黄、蓝                      B. 黑、白、黄                      C. 红、黄、黑

14. 静电喷涂是将高压静电发生器产生的负高压电引到喷枪,使涂料作为负极,并进一步雾化,按照同性相斥,异性( )的原理进行涂装。

- A. 互粘                              B. 不吸                              C. 相吸

15. 静电喷涂室内的操作者必须穿( ),使操作者处于接地状态。

- A. 绝缘鞋                              B. 导电鞋                              C. 皮鞋

16. 电泳涂装时一般要求将固体的质量分数控制在 8%~16%之间,为了获得这一固体含量,必须用( )或无离子水稀释剂进行稀释。

- A. 河水                              B. 自来水                              C. 蒸馏水

17. 涂料储存时间过长,尤其是在长期静放的场合,易出现( )与结块现象。

- A. 变色                              B. 沉淀                              C. 混浊

18. 底材表面预处理质量差,有锈未除净就涂装,涂层不完整,空气潮湿时会重新( )。

- A. 粉化                              B. 生锈                              C. 发粘不干

19. 底层涂料必须对金属或其他材质表面有很强的( ),与上层涂料有良好的结合力。

- A. 遮盖力                              B. 着色力                              C. 附着力

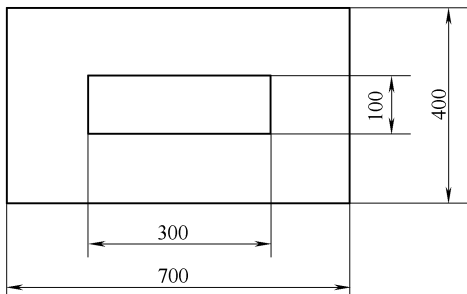
20. 柠檬黄与中蓝混合后形成的颜色为( )。

- A. 翠绿                              B. 中蓝                              C. 枣红

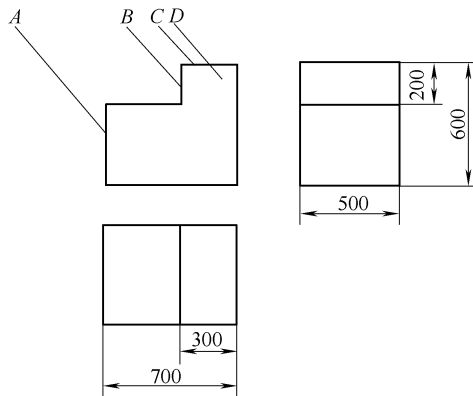
### 三、计算题（每题 10 分，共 40 分）

1. 如题图 14 所示，有一长方形孔板，材料厚度不计，一面涂铁红环氧底漆两层，丙烯酸磁漆两层；另一面涂铁红醇酸底漆一层，奶黄醇酸磁漆两层。若涂 150 件，问各需多少涂料？（铁红环氧底漆使用量为  $80\text{g}/\text{m}^2$ ，丙烯酸磁漆使用量为  $55\text{g}/\text{m}^2$ ，铁红醇酸底漆使用量为  $60\text{g}/\text{m}^2$ ，奶黄醇酸磁漆使用量为  $65\text{g}/\text{m}^2$ ）

2. 有 300 件垫铁（见题图 15），根据设计技术条件，A、B、C、D 面为涂装面，问需涂装面的面积共多少？

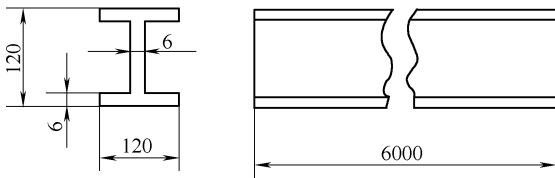


题图 14 长方形孔板示意图



题图 15 垫铁示意图

3. 有工字钢（见题图 16）共计 120 根，经表面预处理后涂一层铁红环氧底漆，干燥后涂一层灰丙烯酸磁漆，问需多少底漆和磁漆？（铁红环氧底漆使用量为  $80\text{g}/\text{m}^2$ ，灰丙烯酸磁漆使用量为  $60\text{g}/\text{m}^2$ ）



题图 16 工字钢示意图

4. 有一个涂装工程项目，涂装面积为  $120\text{m}^2$ ，购涂料费用 380 元，劳务费用按 10 元/h 计算，熟练的涂装工每小时能涂装  $5\text{m}^2$ ，涂料使用寿命为两年，问涂装成本是多少？

# 试题库答案

## 一、判断题

1. ×	2. ×	3. √	4. √	5. ×	6. ×	7. √	8. ×	9. √
10. √	11. ×	12. √	13. √	14. ×	15. ×	16. √	17. √	18. √
19. √	20. ×	21. √	22. √	23. ×	24. ×	25. √	26. √	27. √
28. √	29. √	30. ×	31. √	32. ×	33. √	34. √	35. √	36. √
37. ×	38. ×	39. ×	40. √	41. √	42. √	43. √	44. √	45. ×
46. √	47. √	48. √	49. √	50. √	51. √	52. ×	53. ×	54. √
55. √	56. √	57. √	58. ×	59. ×	60. √	61. √	62. √	63. √
64. ×	65. √	66. √	67. √	68. ×	69. √	70. √	71. √	72. ×
73. ×	74. √	75. ×	76. ×	77. √	78. √	79. √	80. √	81. ×
82. √	83. √	84. ×	85. √	86. √	87. √	88. √	89. √	90. ×
91. √	92. ×	93. √	94. √	95. ×	96. √	97. ×	98. √	99. ×
100. √	101. ×	102. √	103. √	104. ×	105. ×	106. ×	107. √	108. √
109. ×	110. ×	111. √	112. √	113. √	114. ×	115. ×	116. √	117. √
118. √	119. ×	120. √	121. √	122. ×	123. √	124. √	125. √	126. √
127. √	128. ×	129. √	130. √	131. √	132. ×	133. √	134. √	135. ×
136. ×	137. √	138. √	139. √	140. √	141. √	142. ×	143. ×	144. √
145. √	146. √	147. √	148. √	149. √	150. √	151. √	152. ×	153. √

## 二、选择题

1. C	2. C	3. C	4. C	5. A	6. B	7. B	8. A	9. A
10. C	11. B	12. A	13. B	14. C	15. B	16. A	17. A	18. B
19. B	20. C	21. B	22. C	23. A	24. B	25. B	26. C	27. A
28. C	29. B	30. A	31. C	32. B	33. A	34. B	35. C	36. A
37. A	38. C	39. C	40. B	41. A	42. A	43. B	44. C	45. A
46. B	47. C	48. A	49. A	50. B	51. C	52. B	53. B	54. A
55. A	56. A	57. B	58. C	59. C	60. C	61. B	62. C	63. A
64. A	65. B	66. B	67. A	68. B	69. C	70. A	71. C	72. B
73. C	74. B	75. C	76. A	77. C	78. B	79. A	80. B	81. C
82. A	83. A	84. A	85. C	86. A	87. B	88. A	89. B	90. A
91. B	92. C	93. B	94. C	95. B	96. A	97. A	98. C	99. A
100. A	101. C	102. C	103. C	104. C	105. C	106. B	107. B	108. A
109. B	110. A	111. A	112. A	113. B	114. B	115. B	116. C	117. B
118. C	119. C	120. C	121. A	122. A	123. B	124. A	125. A	126. B

127. C 128. A 129. B 130. B 131. C 132. B 133. C 134. C 135. C  
 136. A 137. C 138. B 139. A 140. A 141. B 142. B 143. A 144. B  
 145. A 146. C 147. A 148. C 149. C 150. B 151. B 152. C 153. B  
 154. A 155. C 156. A 157. B 158. B 159. B 160. A 161. C 162. A  
 163. C 164. A 165. B 166. B

### 三、计算题

1. 解  $S = [0.5\text{m} \times (0.4 + 0.2 + 0.3)\text{m} + 0.7\text{m} \times 0.6\text{m}$   
 $- (0.7\text{m} - 0.3\text{m}) \times 0.2\text{m}] \times 200$   
 $= [0.45\text{m}^2 + 0.42\text{m}^2 - 0.08\text{m}^2] \times 200$   
 $= 158\text{m}^2$

答 需涂装面的面积是  $158\text{m}^2$ 。

2. 解 圆柱体的表面积公式为

$$S = 2\pi r(r + h)$$

已知  $r = 220\text{mm}$   $h = 400\text{mm}$

$$S = 2\pi \times 0.22\text{m}(0.22\text{m} + 0.4\text{m})$$

$$= 0.857\text{m}^2$$

$$S_{\text{总}} = 0.857\text{m}^2 \times 100 = 85.7\text{m}^2$$

需硅酸锌底漆的量为

$$85.7\text{m}^2 \times 140\text{g}/\text{m}^2 = 11.998\text{kg}$$

需铁红环氧底漆的量为

$$85.7\text{m}^2 \times 80\text{g}/\text{m}^2 = 6.856\text{kg}$$

需酞菁蓝丙烯酸磁漆的量为

$$85.7\text{m}^2 \times 60\text{g}/\text{m}^2 = 5.142\text{kg}$$

答 需硅酸锌底漆的量为  $11.998\text{kg}$ ，需铁红环氧底漆的量为  $6.856\text{kg}$ ，需酞菁蓝丙烯酸磁漆的量为  $5.142\text{kg}$ 。

3. 解  $S = 0.12\text{m} \times 6\text{m} \times 1 + 0.053\text{m} \times 6\text{m} \times 2$   
 $+ (0.12\text{m} - 0.02\text{m}) \times 6\text{m} + 0.01\text{m} \times 6\text{m} \times 2$   
 $+ (0.053\text{m} - 0.01\text{m}) \times 6\text{m} \times 2$   
 $= 2.592\text{m}^2$   
 $S_{\text{总}} = 2.592\text{m}^2 \times 50 = 129.6\text{m}^2$

铁红醇酸底漆的用量为

$$129.6\text{m}^2 \times 80\text{g}/\text{m}^2 \times 2 = 20.736\text{kg}$$

中绿色聚氨酯磁漆的用量为

$$129.6\text{m}^2 \times 60\text{g}/\text{m}^2 = 7.776\text{kg}$$

答 铁红醇酸底漆的用量为  $20.736\text{kg}$ ，中绿色聚氨酯磁漆的用量为  $7.776\text{kg}$ 。

4. 解 铝板厚度忽略不计。

$$S = (0.5\text{m} + 0.4\text{m}) \times 0.25\text{m} \div 2 \times 2$$

$$= 0.225\text{m}^2$$

锌黄底漆的用量为

$$\frac{300 \times 0.225\text{m}^2 \times 80\text{g}/\text{m}^2}{1000\text{g}} = 5.4\text{kg}$$

奶黄氨基醇酸漆

$$\frac{300 \times 0.225\text{m}^2 \times 90\text{g}/\text{m}^2}{1000\text{g}} = 6.075\text{kg}$$

答 需要锌黄底漆的量为 5.4kg, 需奶黄氨基醇酸漆的量为 6.075kg。

$$\begin{aligned} 5. \text{ 解 } S &= 0.12\text{m} \times 6\text{m} \times 2 + 0.006\text{m} \times 6\text{m} \times 4 \\ &\quad + (0.12\text{m} - 0.012\text{m}) \times 6\text{m} \times 2 \\ &\quad + (0.12\text{m} - 0.006\text{m}) \times 6\text{m} \times 2 \\ &= 4.248\text{m}^2 \end{aligned}$$

$$S_{\text{总}} = 4.248\text{m}^2 \times 100 = 424.8\text{m}^2$$

铁红环氧底漆的用量为

$$\frac{424.8\text{m}^2 \times 80\text{g}/\text{m}^2}{1000\text{g}} = 33.984\text{kg}$$

灰丙烯酸磁漆的用量为

$$\frac{424.8\text{m}^2 \times 60\text{g}/\text{m}^2}{1000\text{g}} = 25.488\text{kg}$$

答: 需铁红环氧底漆的量为 33.984kg, 需灰丙烯酸磁漆的量为 25.488kg。

6. 解 角铁倒角忽略不计

$$\begin{aligned} S &= 0.1\text{m} \times 6\text{m} \times 2 + (0.1\text{m} - 0.008\text{m}) \times 6\text{m} \times 2 \\ &\quad + 0.1\text{m} \times 0.008\text{m} \times 2 + (0.1\text{m} - 0.008\text{m}) \times 0.008\text{m} \times 2 \\ &\quad + 0.008\text{m} \times 6\text{m} \times 2 \\ &\approx 2.4\text{m}^2 \end{aligned}$$

$$S_{\text{总}} = 120 \times 2.4\text{m}^2 = 288\text{m}^2$$

铁红环氧底漆的量为

$$\frac{80\text{g}/\text{m}^2 \times 288\text{m}^2}{1000\text{g}} = 23.04\text{kg}$$

富锌底漆的用量为

$$\frac{140\text{g}/\text{m}^2 \times 288\text{m}^2}{1000\text{g}} = 40.32\text{kg}$$

答: 需铁红环氧底漆的量为 23.04kg, 需富锌底漆的量为 40.32kg。

7. 解 圆管内外表面积为

$$\begin{aligned} S &= \pi \times 3.6\text{m} \times 5\text{m} + \pi \times 3.624\text{m} \times 5\text{m} \\ &\quad + \pi \times 1.812\text{m} \times 1.812\text{m} - \pi \times 1.8\text{m} \times 1.8\text{m} = 113.5\text{m}^2 \end{aligned}$$

铝粉硅有机漆的用量为

$$\frac{2 \times 80\text{g}/\text{m}^2 \times 113.5\text{m}^2}{1000\text{g}} = 18.16\text{kg}$$

答: 需要铝粉硅有机漆的量为 18.16kg。

8. 解  $S_1 = \pi r^2$

$$S_2 = L^2$$

已知  $r = 200\text{mm} \div 2 = 100\text{mm}$

$$L = 500\text{mm}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{总}} &= 2(S_2 - S_1) = 500\text{mm} \times 500\text{mm} \times 2 - 100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 2\pi \\ &= 0.438\text{m}^2 \end{aligned}$$

铁红环氧底漆的用量为

$$\frac{0.438\text{m}^2 \times 70\text{g/m}^2 \times 2 \times 100}{1000\text{g}} = 6.132\text{kg}$$

中绿聚氨酯磁漆的用量为

$$\frac{0.438\text{m}^2 \times 60\text{g/m}^2 \times 2 \times 100}{1000\text{g}} = 5.256\text{kg}$$

答 铁红环氧底漆的用量为 6.132kg, 中绿聚氨酯磁漆的用量为 5.256kg。

9. 解 该不等边四边形的面积为

$$S = \frac{a(h + h') + bh' + ch}{2}$$

已知  $a = 630\text{mm}$   $h = 600\text{mm}$

$$b = 120\text{mm}$$

$$h' = 500\text{mm}$$

$$c = 170\text{mm}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0.63\text{m} \times (0.6\text{m} + 0.5\text{m}) + 0.12\text{m} \times 0.5\text{m} + 0.17\text{m} \times 0.6\text{m}}{2} \\ &= 0.428\text{m}^2 \end{aligned}$$

铁红环氧底漆的用量为

$$0.428\text{m}^2 \times 60\text{g/m}^2 \times 100 \times 2 = 5.136\text{kg}$$

奶黄聚氨酯丙烯酸磁漆的用量为

$$0.428\text{m}^2 \times 55\text{g/m}^2 \times 100 = 2.354\text{kg}$$

豆绿聚氨酯丙烯酸磁漆的用量为

$$0.428\text{m}^2 \times 56\text{g/m}^2 \times 100 = 2.397\text{kg}$$

答 需铁红环氧底漆的量为 5.136kg, 需奶黄聚氨酯丙烯酸漆的量为 2.354kg, 需豆绿聚氨酯丙烯酸磁漆的量为 2.397kg。

10. 解 圆环表面积为

$$S = \pi^2 Dd$$

已知  $D = 480\text{mm}$ ,  $d = 180\text{mm}$

$$S = \pi^2 \times 0.48\text{m} \times 0.18\text{m} \approx 0.85\text{m}^2$$

$$S_{\text{总}} = 0.85\text{m}^2 \times 200 = 170\text{m}^2$$

铁红醇酸底漆的用量为

$$170\text{m}^2 \times 80\text{g/m}^2 = 13.6\text{kg}$$

黑色丙烯酸磁漆的用量为

$$170\text{m}^2 \times 60\text{g/m}^2 = 10.2\text{kg}$$

答 需铁红醇酸底漆的量为 13.6kg, 需黑色丙烯酸磁漆的量为 10.2kg。



11. 解 此半球体的表面积为

$$S = 3\pi r^2$$

已知  $r=2000\text{mm}$

$$S = 3\pi \times 2\text{m} \times 2\text{m} = 37.7\text{m}^2$$

$$S_{\text{总}} = 37.7\text{m}^2 \times 10 = 377\text{m}^2$$

铁红醇酸底漆的用量为

$$377\text{m}^2 \times 80\text{g}/\text{m}^2 \times 2 = 60.32\text{kg}$$

银色丙烯酸磁漆的用量为

$$377\text{m}^2 \times 60\text{g}/\text{m}^2 = 22.62\text{kg}$$

答 需铁红醇酸底漆的量为 60.32kg, 需银色丙烯酸磁漆的量为 22.6kg。

12. 解 长方形孔板单面面积为

$$S = HB - hb$$

已知  $H=700\text{mm}$

$$B=400\text{mm}$$

$$h=380\text{mm}$$

$$b=100\text{mm}$$

$$S = 0.7\text{m} \times 0.4\text{m} - 0.38\text{m} \times 0.1\text{m} = 0.242\text{m}^2$$

铁红环氧底漆的用量为

$$0.242\text{m}^2 \times 80\text{g}/\text{m}^2 \times 100 \times 2 = 3.872\text{kg}$$

丙烯酸磁漆的用量为

$$0.242\text{m}^2 \times 55\text{g}/\text{m}^2 \times 100 \times 2 = 2.662\text{kg}$$

铁红醇酸底漆的用量为

$$0.242\text{m}^2 \times 60\text{g}/\text{m}^2 \times 100 = 1.452\text{kg}$$

奶黄醇酸磁漆的用量为

$$0.242\text{m}^2 \times 58\text{g}/\text{m}^2 \times 100 \times 2 = 2.807\text{kg}$$

答 需铁红环氧底漆的量为 3.872kg, 需丙烯酸磁漆的量为 2.662kg, 需铁红醇酸底漆的量为 1.452kg, 需奶黄醇酸磁漆的量为 2.807kg。

13. 解 工件表面积为

$$S = 2(ab/2 - \pi R^2) + a\delta + 2c\delta + \pi d\delta$$

$$a = 550\text{mm} = 0.55\text{m}$$

$$b = 550\text{mm} = 0.55\text{m}$$

$$c = \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + b^2} = \sqrt{275\text{mm} \times 275\text{mm} + 550\text{mm} \times 550\text{mm}} \approx 615\text{mm} = 0.615\text{m}$$

$$R = 0.2\text{m}/2 = 0.10\text{m}$$

$$\delta = 0.01\text{m}$$

$$d = 200\text{mm} = 0.2\text{m}$$

$$\begin{aligned} S &= 2 \times (0.5 \times 0.55\text{m} \times 0.55\text{m} - \pi \times 0.10\text{m} \times 0.10\text{m}) \\ &\quad + 0.55\text{m} \times 0.01\text{m} + 2 \times 0.615\text{m} \times 0.01\text{m} + \pi \times 0.2\text{m} \times 0.01\text{m} \\ &= 0.264\text{m}^2 \end{aligned}$$

$$S_{\text{总}} = 0.264\text{m}^2 \times 100 = 26.4\text{m}^2$$

中绿色皱纹漆的用量为

$$140\text{g}/\text{m}^2 \times 26.4\text{m}^2 = 3.696\text{kg}$$

答 需中绿色皱纹漆的量为 3.696kg。

14. 解  $8000\text{g} \times 5\% = 400\text{g}$

$$400\text{g} \div 37\% = 1081\text{g}$$

$$1081\text{g} \div 1.184\text{g}/\text{cm}^3 = 913\text{cm}^3 = 0.913\text{L}$$

$$\text{需水量为 } 8000\text{g} - 1081\text{g} = 6919\text{g}$$

答 需 1081g 质量分数为 37% 的 HCl, 需 6919g 水, HCl 密度为  $1.184\text{g}/\text{cm}^3$  时需用 913L HCl。

15. 解 根据公式

$$\begin{aligned} \text{涂装成本} &= \frac{\frac{\text{涂料费用}}{\text{涂装面积}} + \frac{\text{每小时的劳务费}}{\text{每小时涂装面积}}}{\text{耐用年限}} \\ &= \frac{\frac{380 \text{ 元}}{70\text{m}^2} + \frac{8 \text{ 元}}{5\text{m}^2}}{2} \\ &= 3.514 \text{ 元}/\text{m}^2 \end{aligned}$$

答 涂装成本为 3.514 元/ $\text{m}^2$ 。

# 模拟试卷样例答案

## 一、判断题

1. ×    2. √    3. ×    4. √    5. ×    6. ×    7. ×    8. √    9. √  
10. √    11. ×    12. √    13. ×    14. √    15. ×    16. √    17. √    18. √  
19. ×    20. ×

## 二、选择题

1. C    2. B    3. A    4. A    5. B    6. B    7. A    8. B    9. A  
10. C    11. C    12. A    13. A    14. C    15. B    16. C    17. B    18. B  
19. C    20. A

## 三、计算题

1. 解 长方形孔板单面面积为

$$S = HB - hb$$

已知  $H=700\text{mm}$

$B=400\text{mm}$

$h=380\text{mm}$

$b=100\text{mm}$

$$S = 0.7\text{m} \times 0.4\text{m} - 0.38\text{m} \times 0.1\text{m} = 0.242\text{m}^2$$

铁红环氧底漆的用量为

$$0.242\text{m}^2 \times 80\text{g/m}^2 \times 150 \times 2 = 5.808\text{kg}$$

丙烯酸磁漆的用量为

$$0.242\text{m}^2 \times 55\text{g/m}^2 \times 150 \times 2 = 3.993\text{kg}$$

铁红醇酸底漆的用量为

$$0.242\text{m}^2 \times 60\text{g/m}^2 \times 150 = 2.178\text{kg}$$

奶黄醇酸磁漆的用量为

$$0.242\text{m}^2 \times 65\text{g/m}^2 \times 150 \times 2 = 4.719\text{kg}$$

答 需铁红环氧底漆的量为 5.808kg, 需丙烯酸磁漆的量为 3.993kg, 需铁红醇酸底漆的量为 2.178kg, 需奶黄醇酸磁漆的量为 4.719kg。

2. 解  $S = [0.5\text{m} \times (0.6\text{m} + 0.3\text{m}) + 0.7\text{m} \times 0.6\text{m} - (0.7\text{m} - 0.3\text{m}) \times 0.2\text{m}] \times 300$   
 $= [0.45\text{m}^2 + 0.42\text{m}^2 - 0.08\text{m}^2] \times 300$   
 $= 237\text{m}^2$

答 需涂装面的面积是  $237\text{m}^2$ 。

3. 解  $S = 0.12\text{m} \times 6\text{m} \times 2 + 0.006\text{m} \times 6\text{m} \times 4$   
 $+ (0.12\text{m} - 0.012\text{m}) \times 6\text{m} \times 2 + (0.12\text{m} - 0.006\text{m}) \times 6\text{m} \times 2$

$$= 4.248\text{m}^2$$

$$S_{\text{总}} = 4.248\text{m}^2 \times 120 = 509.76\text{m}^2$$

铁红环氧底漆的用量为

$$\frac{509.76\text{m}^2 \times 80\text{g}/\text{m}^2}{1000\text{g}} = 40.78\text{kg}$$

灰丙烯酸磁漆的用量为

$$\frac{509.76\text{m}^2 \times 60\text{g}/\text{m}^2}{1000\text{g}} = 30.59\text{kg}$$

答 需铁红环氧底漆的量为 40.78kg, 需灰丙烯酸磁漆的量为 30.59kg。

4. 解 根据公式

$$\begin{aligned} \text{涂装成本} &= \frac{\frac{\text{涂料费用}}{\text{涂装面积}} + \frac{\text{每小时的劳务费}}{\text{每小时涂装面积}}}{\text{耐用年限}} \\ &= \frac{\frac{380 \text{ 元}}{120\text{m}^2} + \frac{10 \text{ 元}}{5\text{m}^2}}{2} \\ &= 2.58 \text{ 元}/\text{m}^2 \end{aligned}$$

答 完成这个涂装工程成本为 2.58 元/m<sup>2</sup>。

## 参 考 文 献

- [1] 陈永. 装饰涂裱工 (高级、技师) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [2] 机电工业考评技师复习丛书编审委员会. 油漆工 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1995.
- [3] 机械工业部技工培训教材编审组. 高级涂装工艺学 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [4] 机械工业技师考评培训教材编审委员会. 涂装工技师培训教材 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.

## 读者信息反馈表

感谢您购买《涂装工技师鉴定培训教材》一书。为了更好地为您服务，有针对性地为您提供图书信息，方便您选购合适图书，我们希望了解您的需求和对我们图书的意见和建议，愿这小小的表格为我们架起一座沟通的桥梁。

姓名		所在单位名称		
性别		所从事工作（或专业）		
通信地址			邮 编	
办公电话			移动电话	
E-mail				
1. 您选择图书时主要考虑的因素（在相应项前面画√）： （    ） 出版社 （    ） 内容 （    ） 价格 （    ） 封面设计 （    ） 其他				
2. 您选择我们图书的途径（在相应项前面画√）： （    ） 书目 （    ） 书店 （    ） 网站 （    ） 朋友推介 （    ） 其他				
希望我们与您经常保持联系的方式： <div><input type="checkbox"/> 电子邮件信息      <input type="checkbox"/> 定期邮寄书目</div> <div><input type="checkbox"/> 通过编辑联络      <input type="checkbox"/> 定期电话咨询</div>				
您关注（或需要）哪些类图书和教材：				
您对我社图书出版有哪些意见和建议（可从内容、质量、设计、需求等方面谈）：				
您今后是否准备出版相应的教材、图书或专著（请写出出版的专业方向、准备出版的时间、出版社的选择等）：				

非常感谢您能抽出宝贵的时间完成这张调查表的填写并回寄给我们，我们愿以真诚的服务回报您对我社的关心和支持。

请联系我们——

地址 北京市西城区百万庄大街 22 号 机械工业出版社技能教育分社

邮编 100037

社长电话(010) 88379083 88379080 68329397（带传真）

E-mail jnfs@compbook.com



# 机电类技师鉴定培训教材

- 公共基础模块** 公共基础知识  
技师论文写作·点评·答辩指导
- 专业基础模块** 机械制图与零件测绘  
机械基础与现代制造技术  
金属材料与加工工艺  
电工与电子基础
- 专业模块** 车工技师鉴定培训教材  
铣工技师鉴定培训教材  
数控车工技师鉴定培训教材  
数控铣工技师鉴定培训教材  
钳工技师鉴定培训教材  
模具工技师鉴定培训教材  
机修钳工技师鉴定培训教材  
汽车修理工技师鉴定培训教材  
制冷设备维修工技师鉴定培训教材  
铸造工技师鉴定培训教材  
焊工技师鉴定培训教材  
冷作钣金工技师鉴定培训教材  
热处理工技师鉴定培训教材  
**涂装工技师鉴定培训教材**  
维修电工技师鉴定培训教材  
电工技师鉴定培训教材

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/机械工程/表面技术

ISBN 978-7-111-43755-0

策划编辑◎荆宏智、邓振飞

ISBN 978-7-111-43755-0



9 787111 437550 >

定价: 27.00元