



21世纪普通高等教育规划教材

涂装工艺及装备

TUZHUANG

GONGYI JI ZHUANGBEI

刘会成 主编

TQ639
27



化学工业出版社

013042613

TQ639

27

21 世纪普通高等教育规划教材

涂装工艺及装备

刘会成 主编



化学工业出版社

· 北京 ·



北航

C1650191

TQ639
27

012045813

本书是根据教学改革的实际需要,为了涂料工业持续地、环境协调地发展培养人才而编写的。

本教材全面叙述涂装工程技术,系统介绍了涂装时涂料的配套选用、被涂物的表面处理、涂装方法和装备、涂装现场管理和技术服务以及涂装过程中可能产生的涂膜缺陷、原因分析和解决方法等。

本书可作为高分子材料专业或其他化学化工专业涂料工程方向的教材,也可作为相关专业研究生的主要参考书。

涂装工艺及装备

刘会成 主编

图书在版编目(CIP)数据

涂装工艺及装备/刘会成主编. —北京:化学工业出版社, 2012. 12

21世纪普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-122-15533-7

I. ①涂… II. ①刘… III. ①涂漆-工艺学-高等学校-教材 ②涂漆-施工机具-高等学校-教材 IV. ①TQ639

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 241757 号

责任编辑:白艳云
责任校对:宋 玮

装帧设计:杨 北

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 8 字数 190 千字 2013 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:21.00 元

版权所有 违者必究

编审委员会

主 任 孙莲英 徐菁利

副主任 杨渊德 甘文君

委 员 (按姓氏笔画排序)

甘文君 吕仕铭 刘国杰 孙莲英

张卫中 林宣益 杨渊德 倪玉德

徐菁利 涂伟萍 温绍国

主 编 刘国杰

副主编 温绍国

成 员 (按姓氏笔画排序)

王继虎 刘 丹 刘 杰 刘国杰

齐祥昭 温绍国

编写说明

涂料是涂于物体表面能形成具有保护、装饰或特殊性能（如绝缘、防腐、标志等）的固态涂膜的一类液体或固体材料之总称。早期大多以植物油为主要原料，故有油漆之称。现合成树脂大部或全部取代了植物油，故称为涂料。

建国初年，全国只有小型油漆企业 50 家，年产油漆约万吨，从业人员千人左右。1978 年全国涂料年产量 34.36 万吨，列于世界第八位。改革开放后涂料工业迅速发展。至 2010 年，对全国 1401 家规模以上的涂料企业统计，产量达 966.6 万吨，跃居世界第一，销售产值达 2324.6 亿元。

我国虽是涂料大国，但和发达国家相比，在涂料技术和高档工业涂料品种与质量上仍有较大差距，目前国内高端涂料市场竞争仍是国外涂料公司占主导地位。

为了涂料工业持续地、环境协调地发展，人才培养是关键。2009 年，中国涂料工业协会和上海工程技术大学化学化工学院合作创办了涂料工程本科班，上海工程技术大学列为国家教育部“卓越工程师人才培养计划”的试点高校，涂料工程班进入试点班。

由中国涂料工业协会推荐，上海工程技术大学聘任了几位涂料行业专家为兼职教授，负责授课和编写教材。在两届学生使用的基础上，教材经作者修改，由教材编委会集体讨论修订，现由化学工业出版社正式出版。

整套教材由 8 本组成，它们是《涂料及原材料质量评价》、《涂料树脂合成工艺》、《涂料用颜料与填料》、《涂料用溶剂与助剂》、《涂料制造及应用》、《涂料生产设备》、《涂料和涂装的安全与环保》、《涂装工艺及装备》。

本套教材有以下特点。

1. 用于高分子材料专业或其他化学化工专业涂料工程方向的教材，并可作为有关专业研究生的主要参考书。

2. 学生学习了有关化工基础课与技术基础课后开始学习本专业课，本教材中不介绍基础课程内容。

3. 教材既是学生了解行业的素材，更是学生发展潜能、分析问题、解决问题的基础，是钥匙。因此，注重讲清道理，以便举一反三。在内容安排上，对已商品化的涂料原料及涂料品种，简单介绍其制造原理和过程，着重介绍其性能特点、选用原则和改性途径。涂料清洁文明生产标准和三废处理技术，全封闭一体化涂料生产工艺技术等节能环保与循环经济侧重点介绍。适当介绍超支化树脂合成与应用技术，有机-无机杂化复合技术，纳米改性涂料、颜料技术，不用多异氰酸酯合成聚氨酯树脂等新技术。

这是国内第一套涂料工程教材。尽管我们主观上希望编写质量尽量提高，限于水平和时间，肯定会有许多不足。诚望得到业内同仁和有关高校师生的选用与评议，给我们反馈建议，以便进一步修订。

教材编审委员会

前言

涂装是涂料转变为涂膜,使其成为功能性材料的关键步骤。长期以来,涂装的内容并不列入涂料教材中,造成涂料技术人员对涂装工艺和过程了解不多,设计涂料时的目的和方向往往不明确。近年来,随着涂料涂装一体化理念的普及,行业内开始注重涂装技术的研究,各涂料企业对涂装设计和涂装技术服务工程师的需求也越来越迫切,在一些知名的外企,涂料技术支持和技术服务工程师的数量往往会超过配方设计工程师的数量。面对这一新的趋势,笔者结合自己在涂料企业的工作经验编写了这本教材。

本教材的第一章阐述了涂装设计的理念,让读者明白涂料要通过涂装配套设计,组合起来使用才能最大限度发挥其功能,并通过 ISO 12944 标准中的常用涂装配套表格的解析使读者学会简单的涂装配套设计技能。第二章对各种涂装底材的表面处理方法做了介绍,重点让读者了解最常用的钢材的处理方法。第三章介绍了常用的各种涂装方法。第三章、第四章、第五章面对涂装技术服务工程师介绍了现场涂装管理、技术服务和涂膜缺陷处理的基本方法,加入了一些涂装管理理论和计算。

通过本教材的学习,作者希望可以将已经掌握涂料基础知识的本科生培养成涂料公司的售前或售后技术服务工程师。对于立志成为配方设计工程师的读者来讲,掌握基本的底材处理、涂装方法及涂装管理等知识也是做好涂料设计的基本技能。

由于本书面向本科学生,主要注重实际操作技能的培养,因此理论方面的阐述篇幅较少,有兴趣的读者可以参考相关书籍。

本书第一章、第二章、第四章由刘会成编写,其中第二章第二节由刘会成、林安共同编写,第三章由刘会成、李继华共同编写,第五章、第六章由刘会成、史春晖共同编写。全书由刘会成统稿和主编。

在本书的编写过程中得到了中国涂料工业协会有关专家的指导和大力帮助,在此一并表示感谢!

由于本书的作者绝大多数来自基层的涂料制造企业,对相关理论和概念的把握难免会有些偏颇,恳请广大读者指正。

刘会成
2012年9月

目 录

第一章 涂装配套设计及涂装工艺的制定	1
第一节 涂装配套设计	1
一、涂膜的使用环境分析	2
二、经济性分析	3
三、表面处理的类型和方法的选择	4
四、涂料的选择	4
五、涂膜期待使用寿命分析	7
六、涂装配套的选定	7
第二节 涂装工艺的制定	9
一、表面处理要求及注意事项	9
二、涂装方法的选择	10
三、涂料的准备	10
四、涂装过程的要求	10
五、涂膜检验	10
六、安全注意事项	11
七、涂装工艺指导书举例	11
第三节 产品说明书的编制	12
一、产品说明书的基本要求	12
二、产品说明书的具体内容	13
三、产品说明书的篇幅和文字	14
四、产品说明书形式举例	15
思考与练习	15
第二章 被涂物的表面处理	18
第一节 钢材表面的物理处理方法	18
一、手工工具清理	19
二、动力工具清理	20
三、喷射处理	21
四、钢铁表面处理的相关标准	24
第二节 钢材表面的化学处理	32
一、脱脂	32
二、酸洗	33
三、磷化处理	34
第三节 镀锌件的表面处理	35
一、金属锌对涂层的影响	36
二、镀锌表面的预处理	36
第四节 混凝土的表面处理	36
一、混凝土的表面特性	36
二、混凝土的表面处理方法	37
第五节 塑料的表面处理	38
一、塑料的特性	38
二、塑料的表面处理	39
第六节 木材的表面处理	40
一、木材的特性	40
二、涂装后木材的特点	41
三、木材的表面处理	42
思考与练习	44
第三章 涂装方法	45
第一节 刷涂法	45
一、漆刷	45
二、刷涂操作	45
三、漆刷的保存	46
第二节 辊筒刷涂法	47
一、辊刷的构造	47
二、辊刷的分类	47
三、辊涂操作	49
第三节 喷涂法	49
一、空气喷涂法	50
二、无空气喷涂法	55
三、空气辅助无气喷涂法	58
四、气雾罐喷涂法	59
五、喷涂方法比较	59
第四节 静电涂装法	59
一、概述	59
二、静电喷涂装置	60
第五节 辊涂法	61
第六节 电泳涂装法	62
一、原理	62
二、特点	63
三、工艺过程	64
第七节 粉末涂装方法	65
一、静电喷涂法	65
二、流化床涂装法	67
三、静电流化床涂装法	67
第八节 其他涂装方法	68
一、刮涂法	68
二、擦涂法	69

三、浸涂法	70	第四节 常用检测仪器的使用	99
四、幕帘淋涂法	70	一、涂装环境检查仪器	99
五、抽涂法	71	二、底材处理	101
第九节 自动涂装系统	72	三、涂装过程检测	102
一、识别系统	72	四、完工交付检测	103
二、自动换色系统	72	第五节 报告和记录	105
三、喷涂控制系统	72	一、报告的作用	105
四、自动涂装设备	73	二、报告填写	106
思考与练习	75	三、常用报告举例	106
第四章 涂装管理	76	思考与练习	108
第一节 施工设计	77	第六章 涂装缺陷及现场处置	109
一、涂装设计规格书	77	第一节 流挂与流痕	109
二、涂装配套确认	77	一、流挂产生的原因	109
第二节 施工过程控制	80	二、流挂的解决方法	110
一、涂料的管理	80	第二节 橘皮	110
二、涂装环境的管理	82	一、橘皮产生的原因	110
三、施工过程管理	86	二、橘皮的解决方法	111
第三节 涂装验收	88	第三节 缩孔	111
一、涂膜表面状态的验收	88	一、缩孔产生的原因	111
二、涂膜厚度的验收	89	二、缩孔的解决方法	111
三、涂膜物理性能的验收	89	第四节 针孔和起泡	112
第四节 涂装现场安全和职业健康管理	90	一、针孔和起泡产生的原因	112
一、涂装现场安全隐患	90	二、针孔和起泡的解决方法	112
二、涂装现场火灾的预防	91	三、气泡	112
三、涂装现场需注意的其他安全事项	91	第五节 浮色和发花	113
思考与练习	92	一、浮色和发花产生的原因	113
第五章 涂装施工技术服务	93	二、浮色和发花的解决方法	113
第一节 技术服务的定位	93	第六节 咬底	114
一、工作目的	93	一、咬底产生的原因	114
二、工作内容	94	二、咬底的解决办法	114
三、工作方法	94	第七节 涂膜发白	114
四、权力范围	95	一、涂膜发白产生的原因	114
第二节 技术服务开展之前的准备	96	二、涂膜发白的解决办法	115
一、工作的准备	96	第八节 干燥不良	115
二、装备的准备	96	第九节 剥落	115
三、工作计划	98	第十节 其他涂装缺陷	116
第三节 施工现场技术服务工作的展开	98	思考与练习	118
一、主要工作步骤	98	参考文献	119
二、现场工作的内容	99		

第一章 涂装配套设计及涂装工艺的制定

学习目的

本章主要阐述了涂装配套设计的基本原则和涂装工艺指导书及产品说明书制定的方法步骤。在学习中要掌握涂膜使用环境的分析方法、各种涂料的作用及涂装配套的选定原则，尤其要学会利用 ISO 12944 标准中涂装配套推荐表格，根据具体的涂装条件对涂装配套进行细化的方法。同时要了解涂装工艺指导书的主要内容，学会根据产品性能和用途编制产品说明书。

大家在其他课程中已经对不同类型的涂料有了一个非常明确的认识。无论是哪一种涂料，在某种意义上说都还只是一种半成品，它们或者是含有大量溶剂的液状物，或者是尚未发生交联反应的分离组分。这些半成品只有通过适当的工艺过程涂布在被涂物表面后，经历溶剂挥发、漆基交联等过程，形成网状涂膜后才能真正发挥涂料的保护、装饰、特殊功能等作用，这个把涂料变成涂膜的过程就是涂装。涂层质量的好坏不仅与涂料本身的质量相关，而且很大程度上取决于涂装的质量水平。

长期以来我国的涂料领域存在着涂料和涂装分离、重涂料开发轻涂装研究的问题。建国以来，我国的各大国营涂料公司在涂料研发方面一直比较重视，研究体系也还是比较完善的。但是我们涂料行业对涂装技术的研究一直不是很系统，涂装技术的研究往往游离于涂料行业之外。当时国内一些大型的船舶、汽车制造企业拥有涂装工艺研究机构，但其研究通常也只是停留在涂料使用技能的研究阶段，而涂料制造商一般也很少进行涂料施工方面的研究。改革开放以来，随着国际知名企业进入我国，在汽车、集装箱、船舶等领域也将涂料涂装一体化的先进概念带入我国。所谓涂料涂装一体化的概念，就是涂料商不仅仅负责涂料的研发和生产销售，同时还负责为客户设计涂料涂装配套方案，设计涂装施工工艺，甚至派工程师在涂装现场指导施工。按照现代的管理理念，这些涂料实体产品以外的服务和活动，是整体产品的一部分，因此在跨国涂料公司，为客户进行的涂装设计、现场管理和指导等工作都是免费的，或者说是包含在整体产品价格之内的。近年来在家装行业更出现了内墙乳胶漆免费涂装的产品销售方式，事实上实现了以涂膜代替涂料作为最终产品销售的革命。

本章为涂料行业的从业人员简要介绍一些专业技术知识以外的涂料涂装一体化知识，主要侧重于涂装设计。具体的专业知识，如表面处理方法和涂装方法等，将在后续章节介绍。

第一节 涂装配套设计

像建筑楼房要有蓝图一样，在对被涂物进行涂装之前，首先要完成涂装配套的设计。涂装设计是涂料涂装一体化体系中首要也是最重要的一环，如果涂装配套设计不合理，即使是采用了很高性能的涂料，也有可能因为不适应使用环境或者各层涂料间不匹配而造成整个涂

装配套的性能降低,甚至在施工期间出现附着不良、脱落等施工问题,或在涂膜使用早期出现起泡、锈蚀等涂膜劣化问题。由于专业分工的要求,涂料工程师往往需要为客户提供涂装配套设计方案。我们这里所说的涂装配套通常主要包括选定涂料品种、确定底材处理的方法和制定涂装工艺要求三个部分。

对于汽车、集装箱、船舶等大量工业化生产的产品,其行业内一般都有现成的与涂装配套相关的规范,这些规范有的是行业内公认的做法,有的则是行业或者国家的标准或法规的规定,进行涂装配套设计时一定要遵循这些要求。对于一些单独的涂装项目,如厂房、桥梁等的涂装配套设计,需要根据项目在技术和经济等方面的要求,参考相关的涂装规范和标准制定涂装配套。本节将结合相应的标准规定,对涂装配套设计的一般程序和作法做一介绍,供大家参考。

设计涂装配套时往往要考虑涂膜的使用环境、使用涂料的特性、底材处理方式、涂膜使用年限、涂装方法选择等因素,另外还要考虑经济和安全条件的限制。涂装设计时要考虑的各种因素间的关系见图 1-1。

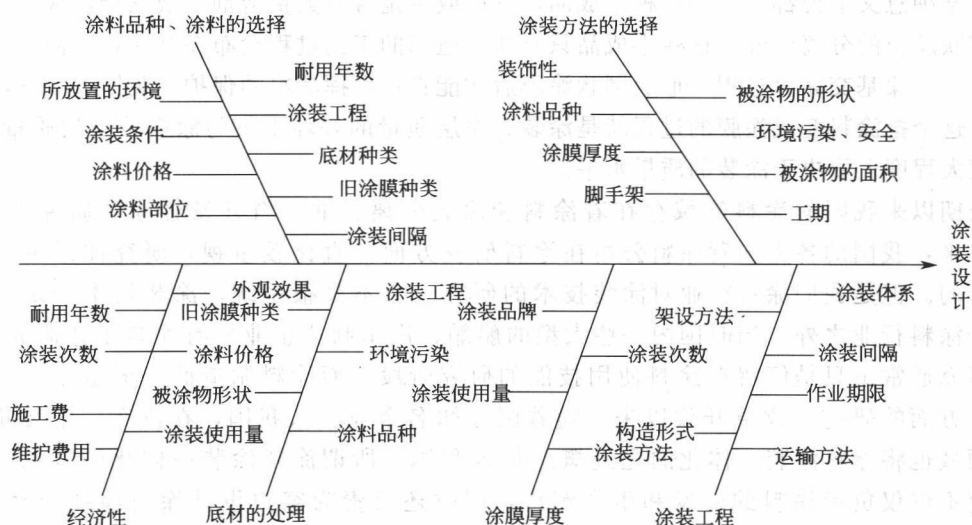


图 1-1 涂装设计参考因素间的关系

一、涂膜的使用环境分析

需要进行涂装配套设计的被涂物往往处于不同的使用环境中,按照涂装配套施工后形成的涂膜也会暴露在各种环境之中,接受各种腐蚀介质的考验。例如,汽车通常会在户外使用,阳光中紫外线的能量会对漆膜的颜色、光泽等装饰效果产生不利的影响,而雨水侵蚀、砂石冲击、空气中的腐蚀性气体等也会对破坏涂膜的防护性能;再如,钢结构一般会暴露在不同的环境中,可能包括室内环境、一般的户外环境、严重腐蚀的环境等,涂膜的防护性能会受到室内的结露、阳光中的紫外线、空气中盐雾等的影响。在充分了解了这些可能对被涂物造成腐蚀或破坏以及可能导致涂膜早期劣化的因素后,方可设计出符合被涂物使用要求的涂装配套。目前,很多行业都对其被涂物所处的环境作了分类总结并形成了标准。例如,ISO 12944—2 就对钢结构所处的腐蚀环境系统进行了详细的分类。一般情况下,导致钢结构产生腐蚀的环境因素主要有大气、水和土壤等。ISO 12944—2 定义了大气腐蚀环境的级

别（表 1-1）以及钢结构在水下和埋地时腐蚀环境的分类（表 1-2），目前这种分类方法已经被行业内所广泛接受。

表 1-1 ISO 12944—2 定义的大气环境腐蚀级别

腐蚀类型	单位面积上腐蚀产生的质量损失				温性气候下的典型环境	
	低碳钢		锌		外 部	内 部
	质量损失 /(g/m ²)	厚度损失 /μm	质量损失 /(g/m ²)	厚度损失 /μm		
C1 很低	≤10	≤1.3	≤0.7	≤0.1		有供热装置的建筑物内部，空气洁净。如商场、学校、宾馆等
C2 低	10~200	1.3~25	0.7~5	0.1~0.7	大气污染程度较低的农村、田园地区	无供热装置的建筑物内部，可能产生结露，如库房、体育馆等
C3 中	200~400	25~50	5~15	0.7~2.1	城市和工业大气环境，中等二氧化硫污染，低盐度沿海地区	高湿度和有污染空气的生产场所，如食品加工厂、洗衣场、酿酒厂、乳制品厂等
C4 高	400~650	50~80	15~30	2.1~4.2	高盐度的工业区和沿海地区	化工厂、游泳池、造船厂和沿海航行的船舶等
C5-I 很高 (工业)	650~1500	80~200	30~60	4.2~8.4	高盐度和恶劣大气环境的工业区域	长期处于高湿度高污染环境的建筑物等
C5-M 很高 (海洋)	650~1500	80~200	30~60	4.2~8.4	高盐度环境的沿海设施和海上平台	长期处于高湿度高污染环境的建筑物等

表 1-2 ISO 12944—2 定义的水下和埋地环境腐蚀级别

水和土壤的腐蚀分类		
分类	环境	环境和结构实例
Im1	淡水	河流上安装的结构，如水力发电站
Im2	海水、盐水	港口、海边的结构，如闸门、防波堤；海上的平台结构
Im3	土壤	埋地储罐、钢桩和管道

二、经济性分析

和设计任何产品一样，涂装配套的设计也要考虑各方面因素的平衡。通常，设计质量好的涂装配套和设计价格低廉的涂装配套都不是很难的事，但是设计一个既好又经济的涂装配套就需要平衡各种因素。一般来说，满足最基本的保护功能是设计涂装配套时要考虑的首要因素，在这个前提的基础上，才可以考虑如何降低成本。涂装配套的成本包括很多方面，设计时既要考虑涂料自身的成本，同时也要考虑底材处理、涂装方法甚至工期等各方面的成本。例如，对于在工厂内流水线上大批量生产的集装箱，采用喷射底材处理、标准的环氧富锌+环氧底漆+丙烯酸面漆涂层组合以及自动化无空气喷涂的施工方法可能是最经济的，但是对于处于类似腐蚀环境的在沿海地区使用的小型储罐，如果在没有动力源的野外进行涂装，可能采用简单的手工打磨方法处理底材，使用对底材处理要求较低的带锈环氧底漆+丙烯酸面漆涂层组合，采用刷涂方法反而是比较经济的。

三、表面处理的类型和方法的选择

第二章已经详细介绍了各种底材的表面处理方法。只有在涂装设计时必须选定适当的表面处理方法,才能发挥涂膜的各种防护性能。在使用涂料被覆的材料中,应用最多的底材是钢材,如汽车、船舶、船舶等都会使用各种规格的钢材,钢材的表面处理方式有酸洗、磷化等化学处理法和喷射、打磨等物理方法,还有火焰处理、高压水处理等其他方法,各种处理方法都有各自的特点和使用对象,很难说哪一种表面处理方法是最好的。在设计涂装配套时要针对被涂物的种类、使用环境及使用的涂料品种等因素综合考虑来选择合适的底材处理方法,如汽车上的薄板部件通常要采用用磷化等方法进行处理。而船舶、集装箱等大部分采用比较厚的钢板,要采用喷砂或抛丸处理。

四、涂料的选择

涂料是涂装配套的主体,可以说是涂装配套中最主要的部分,根据不同的使用环境,涂料可以分为防腐涂料、装饰涂料和功能涂料等,但是这种分类不是绝对的,有些涂装配套系统往往兼具防腐和装饰的功能。

为了发挥防腐和装饰等功能,涂装配套系统一般都由多道涂膜组合在一起,形成一个整体体系,这也就是所谓的“配套系统(coating system)”的意义所在。各道涂层在整个体系中发挥着不同的作用,一般的涂层配套系统通常包含底漆、腻子、中间漆、面漆等,有的配套系统还包括连接漆、雾喷层等。选择各涂层的涂料时应该参考以下原则。

1. 涂料的选择原则

(1) 底漆 底漆是整个涂层的基础,它的主要作用是为整个层涂提供防腐性和对底材的附着力。底漆的涂装质量对涂装配套系统的防腐效果和使用寿命至关重要。选择底漆时应考虑以下因素。

① 底漆应对底材和下一道涂料都要有良好的附着力。通常采用基料中含有羟基、羧基等极性基团的醇酸、环氧类涂料作为底漆。

② 防腐底漆应具有良好的屏蔽性。对屏蔽性要求较高的涂层体系,在设计底漆时要选用含有片状颜料的涂料,就是因为片状颜料能切断涂层中的毛细孔,延长腐蚀介质的通过路径,从而屏蔽水、氧和离子等腐蚀因子透过。这类底漆包括含有云母氧化铁、玻璃鳞片以及片状铝粉的环氧涂料等。

③ 底漆中应含较多的颜料、填料,以增加表面粗糙度,增加与中间漆或面漆的层间密合;同时降低底漆的收缩率,减少因为溶剂挥发及树脂交联固化反应产生体积收缩而使涂膜附着力降低。

④ 对于铝、锌等特殊底材,普通底漆很难长期附着于其表面,应选用含有缓蚀颜料、附着力增强剂以及特殊树脂的功能性底漆。

⑤ 对于严酷的腐蚀环境往往要使用富含锌、铝等活泼金属粉末的牺牲阳极类富锌底漆等,以加强防腐功能,并阻止因外力破坏损伤涂膜后腐蚀的进一步扩散。

⑥ 在容易产生附着力不良的底漆和面漆之间应增加提高其附着效果的连接底漆,如船舶的环氧底漆和防污漆之间一般都需要增加一道乙烯类连接漆;硅酸锌类无机富锌漆在覆涂下一度环氧中间漆之前也要喷涂一道黏度很低的雾喷底漆,以封闭底漆表面的多孔结构。

⑦ 对于生产工艺有特殊要求的场合,要选用专门设计的专用底漆。例如船舶的前处理

生产线就使用适合其快速生产、高速焊接、短期防腐等要求的无机磷酸锌车间底漆。

(2) 腻子 有些被涂物的表面由于加工时残留的缺陷,其表面即使涂过底漆以后也有可能留有孔隙、凹凸甚至裂缝等造成的不平整,需要先用腻子找平。腻子可以看成是 PVC 值很高的涂料,具有很好的厚涂性,但是由于成膜物较少,有弹性差、易开裂、防护性能差等缺点,往往会降低整个涂层配套系统的性能,因此如果加工条件允许的话,应尽量通过提高被涂物的原始外观并配合选用合适的中间漆来提高涂层的装饰性,尽量避免使用腻子。选择腻子时要考虑以下因素。

① 腻子要与底漆相容,并对底漆和下一道涂层均有良好的附着力。

② 对于要一次涂装比较厚的腻子,要有较高的固体分,否则腻子干燥后会因为体积收缩过大造成塌陷。

③ 腻子的收缩率等指标要尽量和相关涂层接近,以避免产生收缩过度 and 开裂等弊病。

④ 腻子要便于施工和打磨,通常腻子的硬度不能高于底漆的硬度,否则打磨时可能会损伤底漆。

(3) 中间漆 中间漆对底漆和面漆起着承上启下的作用,它的主要作用是提高涂膜的厚度和平整度,从而强化整个涂装配套体系的防腐和装饰性能。选择中间漆时要考虑如下原则。

① 中间漆应对底漆和面漆都有良好的附着力。有些底漆表面有可能不能直接覆涂面漆,不能采用和底漆或者面漆同类型的涂层作为中间漆,一定要选用合适的过渡涂层。如锌粉漆表面直接涂装含有醇酸树脂的面漆会因酸性成膜物和锌粉反应生成皂类而造成早期剥落,此时一定要设计一层对底漆和面漆都有较好附着力的环氧类中间漆将底漆和面漆隔离开。

② 中间漆应采用厚涂型涂料,以便通过较少的涂装次数达到规定的涂层总体厚度,降低施工费用。涂层的防腐性能有时依赖于整个涂层系统的总体膜厚,有些功能性底漆无法涂得太厚,而面漆的成本又相对较高,所以合理使用中间漆,既可以保证整体膜厚又可以减少面漆的用量,降低涂装配套的整体成本。

③ 有些特殊功能可以通过中间漆来实现,如桥梁构件在工厂制造好以后有时候需要半年以上才能到现场安装完毕并涂装面漆,对于这类涂装间隔要求较长的涂装配套应采用没有涂装间隔要求的环氧云母氧化铁中间漆,来避免涂装面漆前大量的中间漆涂层的拉毛和清理工作。

(4) 面漆 面漆的主要作用是装饰,有的还兼具一些防腐保护功能。由于面漆的成本较高,通常设计的膜厚较低。设计面漆时应考虑以下原则。

① 面漆应具有较好的耐候性,如抗失光、抗粉化、变色小等功能。不同品种的面漆的耐候性主要与所采用的树脂中的化学键的键能高低有关。考虑面漆耐候性的同时还要考虑整个涂装配套的其他方面,如防腐性能等。常见面漆的耐候性排序及其在配套中的防腐性能见表 1-3。

由表 1-3 可见,在耐候性和防腐性要求都比较高的场合,应该选用氟碳和聚氨酯等类型的面漆,而在耐候性要求不高而防腐性要求很高的场合,可以选用环氧面漆,两者都是重防腐涂装配套。

② 面漆还需要具备一定的防护作用,如在化工污染较为严重的区域,要求面漆能抵抗一定程度的酸碱腐蚀。对在沿海地区使用的涂装系统,还需要面漆能抵御海洋环境特有的较为严酷的腐蚀条件,有较好的抗离子渗透能力。

表 1-3 常见面漆耐候性及在配套中的防腐性排序

期待年限 车间底漆		优←→劣			
		10 年以上	10 年	5 年	2 年
面漆	底漆	厚膜型 富锌底漆	普通 富锌底漆	长效型 磷化底漆	裸钢板 (St 3 处理)
优 ↑ ↓ 劣	氟树脂	厚膜富锌底漆 环氧底漆 环氧中间漆 氟树脂面漆			
	聚氨酯	厚膜形富锌漆 环氧底漆 环氧中间漆 聚氨酯面漆	富锌底漆 环氧底漆 环氧中间漆 聚氨酯面漆		
	丙烯酸 (氯化橡胶)		富锌底漆 环氧底漆 丙烯酸面漆 (氯化橡胶面漆)	磷化底漆 红丹防锈漆 氯化橡胶中间漆 氯化橡胶面漆	
	醇酸			磷化底漆 红丹防锈漆 醇酸中间漆 醇酸面漆	红丹底漆 醇酸中间漆 醇酸面漆
	环氧	厚膜形富锌漆 环氧底漆 环氧中间漆 环氧面漆			
防腐配套类型		重防腐配套	准重防腐配套	轻防腐配套	

③ 面漆应具有较好的装饰性，并可通过其色彩、光泽、图纹等的变换来快速改进环境的装饰效果。

2. 涂料的搭配

由于组成各类涂料的树脂和溶剂不同，因此并非所有类型的涂料都可以相互搭配组成涂装配套系统，如果错误搭配，很容易处理脱落、咬底、渗色、起泡等涂膜弊病。在设计涂装配套时应注意不同涂料间的相容性，避免错误搭配。各类常见涂料间的相容性可参考表 1-4。

表 1-4 各种涂料的相容性

第 2 度 第 1 度	无机 富锌	环氧 富锌	醇酸	氯化橡胶	丙烯酸	环氧	聚氨酯	氟树脂
无机富锌漆	△	○	×	△	△	○	△	△
环氧富锌漆	×	○	×	△	○	○	○	○
醇酸树脂漆	×	×	○	△	○	△	△	△
氯化橡胶漆	×	×	△	○	○	×	×	×
丙烯酸漆	×	×	○	△	○	×	×	×
环氧漆	×	×	△	○	○	○	○	○
聚氨酯漆	×	×	△	○	○	○	○	○
氟树脂漆	×	×	△	△	△	△	△	△

注：○可以覆涂；△一定条件下可覆涂（与涂料商实现商定）；×不可覆涂。

例如，同样是高性能的耐候性面漆，聚氨酯涂料表面就可以覆涂大部分的其他品种涂

料，而氟树脂涂料由于其表面能很低，覆涂其他类型涂料甚至覆涂同类型的氟树脂面漆都有可能出现脱落等问题，所以在当氟树脂配套体系需要修补时，一定要和涂料供应商协商后方可涂装配套。

五、涂膜期待使用寿命分析

在选择涂料时，涂膜的使用年限是非常重要的参考因素，由于被涂物建造条件的限制，有的可以随时进行涂膜维护，有的则永远不可能进行维护，因此对涂膜系统的使用年限要求是不同的。涂膜使用寿命的设计主要依据采用涂料的种类、涂膜在使用环境下的年消耗速度（微米/年）以及防护等级要求来确定。例如，ISO 12944 标准中将钢结构的涂膜使用寿命分为 L、M、H（低、中、高）三个级别，分别为 5 年、10 年和 15 年，但是我们要注意，这里所说的涂膜使用寿命只是一个技术参数，是设计涂装配套和对涂膜进行维修和换涂的依据，而往往并非涂膜的担保使用年限。对于不同的使用年限，在选定涂料时不仅要考虑涂料的品种，还要考虑其膜厚以及不同种涂料的搭配。因此常常会出现同一个建筑物的不同部位采用不同的涂膜系统的情况，例如海上钻井平台（表 1-5），其甲板平台和生活区部位由于维修方便可以使用相对比较廉价而涂膜使用寿命不是很长的涂层组合，在飞溅区和水下部位，由于防腐要求苛刻且维修困难，就要使用涂膜使用年限较长的重防腐涂层组合，而对于钢管桩等无法维护的埋地部位，则往往采用永久或半永久的涂层组合，很多时候还需要同时采用涂料以外的其他防腐措施。

表 1-5 海上钻井平台不同部位的涂膜组合

部 位	期待使用年限	涂膜组合	
甲板和生活区	2~5 年	环氧漆	50 μ m
		丙烯酸面漆	40 μ m
飞溅区	10 年	耐磨环氧漆	300 μ m
		聚氨酯面漆	60 μ m
海底埋地区	15 年以上	环氧玻璃鳞片漆	450 μ m

六、涂装配套的选定

在决定选用哪种涂装配套之前，应充分分析被涂物的使用环境、期待使用寿命、各种涂料的选用原则以及被涂物的使用特点和成本因素后。针对不同的设计要求，可供选择的涂装配套往往可能有很多种，这些配套通常都会各自在某些方面有些侧重，有的防腐效果相对好一些，有的装饰效果好一些，有的则成本低一些。选定涂装配套时首先要考虑使用方的要求，在此前提下设计者也会体现自己的风格。

现在对于大多数的被涂物和使用条件，相关的标准或设计手册中都有对应的涂装配套方案，进行设计时可以在参考这些方案的基础上，再结合项目的具体情况，制定出更加合理的配套方案。

表 1-6 是 ISO 12944—5 中推荐的对应于本节第一段中所列的 C4 腐蚀环境的涂装配套，表格中供列出了 32 个各种涂料品种的涂装配套。C4 腐蚀环境是指高盐度的工业区和沿海地区以及诸如化工厂、游泳池、造船厂和沿海航行的船舶等所处的腐蚀环境，这是一种比较苛刻的腐蚀环境。从表 1-6 中我们可以看出，对应这种配套的底材处理都要求到 Sa2 $\frac{1}{2}$ 级，不推荐 St2 等底材处理方式。

表 1-6 ISO 12944—5 推荐用于 C4 腐蚀环境的各种涂装配套

配套 编号	表面处理等级		底漆				面漆,包括中间漆				涂装系统		期待寿命 ISO 12944—1		
	St2	Sa2½	所用树脂	种类	道数	膜厚 /μm	树脂	道数	膜厚 /μm	道数	总膜厚 /μm	L	M	H	
S4,01		×	醇酸	各种 防腐 底漆	1~2	80	醇酸	2~3	120	3~5	200				
S4,02		×			1~2	80	沥青	2	160	3~4	240				
S4,03		×			1~2	80		2~3	200	3~5	280				
S4,04		×			1~2	80	丙烯酸、氯化橡胶、聚氯乙	2~3	120	3~5	200				
S4,05		×			1~2	80	烯	2~3	160	3~5	240				
S4,06		×	丙烯酸 氯化橡胶 聚氯乙		1~2	80	沥青	2	160	3~4	240				
S4,07		×			1~2	80		2~3	200	3~5	280				
S4,08		×			1~2	80	丙烯酸、氯化橡胶、聚氯乙	2~3	120	3~5	200				
S4,09		×			1~2	80		2~3	160	3~5	240				
S4,10		×	1		160	1		40	2	200					
S4,11		×	环氧		1	160		1	120	2	280				
S4,12		×			1~2	80	环氧树脂、聚氨酯	2~3	120	3~5	200				
S4,13		×			1~2	80		2~3	160	3~5	240				
S4,14		×			1~2	80		2~3	200	3~5	280				
S4,15		×			1~2	80		3~4	240	4~6	320				
S4,16		×			环氧 聚氨酯	1		40	丙烯酸、氯化橡胶、聚氯乙	1~2	120	2~3	160		
S4,17		×	1			40	2~3	160		3~4	200				
S4,18		×	1			40	2~3	200		3~4	240				
S4,19		×	1			40	环氧树脂、聚氨酯	1~2	120	2~3	160				
S4,20		×	1			40		2~3	160	3~4	200				
S4,21		×	1			40		2~3	200	3~4	240				
S4,22		×	1			40		2~3	240	3~4	280				
S4,23		×	1			40		3~4	280	4~5	320				
S4,24		×	硅酸乙酯	Zn(R)	1	80	—	—	1	80					
S4,25		×			1	80	丙烯酸、氯化橡胶、聚氯乙	1~2	80	2~3	160				
S4,26		×			1	80		2~3	120	3~4	200				
S4,27		×			1	80		2~3	160	3~4	240				
S4,28		×			1	80	环氧树脂、聚氨酯	1~2	80	2~3	160				
S4,29		×			1	80		2~3	120	3~4	200				
S4,30		×			1	80		2~3	160	3~4	240				
S4,31		×			1	80		2~3	200	3~4	280				
S4,32		×			1	80		3~4	200	4~5	320				

注: ×表示推荐的表面处理等级; 标注阴影的部分表示该配套推荐用于此防腐类型。

在表 1-6 中所列的 32 个配套中, 有 32 个适用于 L 级, 即 5 年期涂膜使用寿命; 有 22 个适用于 M 级 (10 年), 而对于 H 级 (15 年) 的涂膜使用寿命, 则对应应有 S4, 03/S4, 07/S4, 11、S4, 14、S4, 15、S4, 18、S4, 21、S4, 22、S4, 23、S4, 27、S4, 30、S4, 31、S4, 32 共 13 个配套。我们在设计配套时要根据具体情况将这些推荐的配套进行细化,

如 S4, 23 配套可以细化成表 1-7 的形式, 这个配套适用于对防腐和装饰要求都比较高的场合。也可以细化成表 1-8 的形式, 它适用于只要求防腐性而不要求装饰性的场合, 如钢箱梁等的内表面, 由此可以看出, 即使标准中推荐的同一个配套编号, 也可以演绎出适合不同使用环境的多种涂装配套。

表 1-7 细化的 S4, 23 配套 (用于有装饰性要求的场合)

项目名称	C4 环境下钢结构防腐涂装配套		
使用条件	高盐度的工业区和沿海地区以及化工厂、游泳池、造船厂和沿海航行的船舶等腐蚀环境		
涂膜使用寿命	15 年		
底材处理方式	Sa2½		
涂料类型	每度膜厚/ μm	道数	合计膜厚/ μm
环氧富锌底漆	40	1	40
厚涂环氧漆	70	3	210
聚氨酯面漆	70	1	70
总膜厚	320		

表 1-8 细化的 S4, 23 配套 (用于没有装饰性要求的场合)

项目名称	C4 环境下钢结构防腐涂装配套		
使用条件	高盐度的工业区和沿海地区以及化工厂、游泳池、造船厂和沿海航行的船舶等腐蚀环境		
涂膜使用寿命	15 年		
底材处理方式	Sa2½		
涂料类型	每度膜厚/ μm	道数	合计膜厚/ μm
环氧富锌底漆	40	1	40
厚涂环氧漆	70	2	280
总膜厚	320		

第二节 涂装工艺的制定

施工工艺是对涂装施工过程进行规范化要求的技术性文件, 它是在涂装配套基础之上对施工过程的要求和注意事项的详细描述。通常以施工工艺指导书的形式下发给涂料使用部门。施工工艺指导书一般由涂料供应商制定, 有时也会由涂料供应商和使用单位双方共同制定。它对充分发挥涂料和整个涂层系统的性能, 保证涂料的正确使用具有重要的意义。制定涂装工艺是涂料设计工程师和涂料技术服务工程师的一项基本技能。涂装工艺指导书通常包括以下部分。

一、表面处理要求及注意事项

表面处理的方式通常在涂装配套中已经有明确的要求和描述, 在涂装工艺指导书中, 除了要规定涂装配套中要求的底材处理的等级以外, 通常还会根据需要规定一些更详细的技术指标, 如喷射处理的粗糙度, 各种磨料的比例、洗液的 pH 值、磷化膜的重量等。