

涂装系统分析 与质量控制

齐祥安 刘晓佳 等编著

TUZHUANG XITONG FENXI
YU ZHILIANG KONGZHI



化学工业出版社

涂装系统分析 与质量控制

齐祥安 刘晓佳 等编著

TUZHUANG XITONG
YU ZHILIANG KONGZHI



化学工业出版社

·北京·

本书介绍了涂装系统分析与质量控制的相关知识。具体内容包括涂装系统与系统工程,设计阶段的分析与控制,制造阶段的分析与控制,储运阶段的分析与控制,安调阶段的分析与控制,试用阶段的分析与控制,涂装涂层与其他涂层的组合及其质量控制,涂料涂装相关标准与系统质量控制,涂装系统分析与质量控制的应用。

本书适合涂装企业相关技术人员、管理人员使用,也可供大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

涂装系统分析与质量控制/齐祥安,刘晓佳等编著. —北京:
化学工业出版社, 2012. 8
ISBN 978-7-122-14686-1

I. ①涂… II. ①齐… ②刘… III. ①涂漆-系统分析
②涂漆-质量控制 IV. ①TQ639

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 143063 号

责任编辑:仇志刚
责任校对:宋 玮

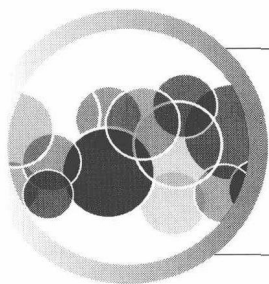
文字编辑:颜克俭
装帧设计:张 辉

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 刷:北京永鑫印刷有限责任公司
装 订:三河市万龙印装有限公司
720mm×1000mm 1/16 印张18 字数350千字 2012年10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: 68.00 元

版权所有 违者必究



前言

涂料在工业方面应用广泛，但是其服役寿命千差万别。涂装质量事故的发生可能涉及企业的多个部门，是一个非常复杂且难以解决的问题。随着技术的进步，我国产品的涂装涂层质量有了很大的进步。各企业虽然进行过诸如“全面质量管理”、“零缺陷质量管理”、“ISO 9000 贯标”、“Q、E、S 三标一体化”等工作，可涂装涂层的质量现状与国际先进水平相比，还是有很大差距。这主要是因为涂装涂层质量具有以下一些特点：非主流、难重视；跨学科，难掌握；多隐蔽，难发现；涉及广，难解决；易反复，难坚持；解决涂装质量问题需要“持久战”。

本书是编者 30 余年进行涂装工作中经验的记录和总结，其中有些问题是在企业工作中与领导、同事、供应商等同行的探讨、争论和研究的结果，具有很强的实用价值；本书也是编者在日本做访问学者期间以及在设计研究院工作期间的理论和实践知识的积累，其中有些内容是受国际友人和设计院工程师朋友们的启发和帮助的结晶，具有较强的理论性；在此本书出版之际，谨向上述各行业的诸位朋友致以最崇高的谢意！

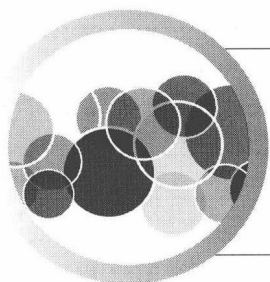
本书承蒙刘晓佳先生的热情鼓励和支持，他对于本书的章节结构、具体内容都付出了很多的关心和劳动，并将他自己多年积累的涂料、涂装方面的经验和知识提供给本书作为参考。胡伊凡先生、张俏女士编写了本书“第 9 章 涂料涂装相关标准与系统质量控制”的部分内容，并为本书绘制了每章的导读图；徐丽莉女士编写了本书“第 10 章 涂装系统分析与质量控制的应用”10.2 节的部分内容。在此，对各位编写者的辛勤劳动表示感谢！

对涂装质量影响的分析，本书力图系统分析影响涂装涂层质量的原因，并从技术、管理等角度提出相应的解决办法。由于编者水平有限，在编写中难免有疏漏之处，还请读者批评指正。

感谢家人和亲属的理解和支持。近几年编者几乎把所有的节假日和业余时间都用来进行本书的写作，通过几年的努力，终于使本书出版，这也是可以告慰各位亲人的一件喜事。

编者

2012 年 6 月 10 日于长沙



目 录

引言	1
第 1 章 绪论	4
1.1 涂装技术概述	5
1.1.1 基本概念及术语	5
1.1.2 涂装技术主要内容	20
1.2 涂装质量问题的特点	33
1.2.1 非主流, 难重视	34
1.2.2 跨学科, 难掌握	39
1.2.3 多隐蔽, 难发现	40
1.2.4 涉及广, 难解决	42
1.2.5 易反复, 难坚持	43
1.2.6 解决涂装质量问题需要“持久战”	43
参考文献	45
第 2 章 涂装系统与系统工程	46
2.1 基本概念的分析	47
2.2 涂装系统“五阶段”的分析	50
2.2.1 设计阶段	50
2.2.2 制造阶段	51
2.2.3 储运阶段	52
2.2.4 安调阶段	53
2.2.5 使用阶段	53
2.2.6 “五阶段”之间的关系	54
2.3 涂装系统“五要素”的分析	54
2.3.1 涂装材料	54
2.3.2 涂装设备	55
2.3.3 涂装环境	55
2.3.4 涂装工艺	55

2.3.5 涂装管理	55
2.3.6 五要素之间的关系	56
2.4 涂装系统的“三层”分析	56
2.4.1 企业层次	56
2.4.2 国家层次（行业管理层次）	58
2.4.3 国际层次（国际组织管理层次）	59
2.5 涂装系统的模型	59
参考文献	61

第3章 设计阶段的分析与控制	62
3.1 关于涂装行业内“设计”的概念	63
3.2 设计输入的主要内容	66
3.3 设计工作流程及其内容	67
3.3.1 产品类设计流程及内容	67
3.3.2 工程类设计流程及内容	75
3.4 设计输出的主要内容	79
3.4.1 涂装系统设计方案	79
3.4.2 涂层体系技术要求	84
3.4.3 涂层体系实施的主要工艺	85
3.4.4 涂层体系质量控制与检验	86
3.4.5 其他文件（对以上几类文件的补充）	88
3.5 设计阶段质量控制的要点	88
参考文献	90

第4章 制造阶段的分析与控制	91
4.1 制造阶段的涂装生产工艺文件	94
4.1.1 产品零部件涂装（腐蚀防护）分类、分组明细表	94
4.1.2 产品零部件涂装（腐蚀防护）工艺卡（工艺规程）	95
4.1.3 重要涂装设备（生产线）操作规程（操作指导）	96
4.2 涂装材料的影响及质量控制分析	98
4.2.1 涂料供应商的选择及涂料产品的检验	98
4.2.2 涂料（原漆）质量的检查	100
4.2.3 涂覆时所用涂料质量的控制	101
4.2.4 涂装化工材料与涂层弊病关联的分析	102
4.3 涂装设备的影响及质量控制分析	106
4.3.1 涂装设备的优劣与涂层体系质量控制	106

4.3.2	涂装设备的检查、维护与涂层体系的质量控制	107
4.3.3	涂装设备与涂层弊病关联的分析	109
4.4	涂装环境的影响及质量控制分析	111
4.4.1	环境温度的影响	112
4.4.2	湿度及露点	112
4.4.3	照度（采光）	113
4.4.4	洁净度	114
4.4.5	涂装环境与涂层弊病关联的分析	116
4.5	涂装工艺的影响及质量控制分析	118
4.5.1	生产中所用材料表面锈蚀等级的限定	119
4.5.2	被涂装零部件（工件）表面缺陷的处理及验收	121
4.5.3	涂覆涂料前表面处理状态的检验	121
4.5.4	钢材预处理、工序间交叉涂装与预涂装	123
4.5.5	每道涂层的涂装间隔时间及清洁度	124
4.5.6	干燥工艺对质量的影响	124
4.5.7	湿/干涂层厚度的控制	126
4.5.8	腻子及打磨的质量控制分析	127
4.5.9	涂层后处理的控制	127
4.5.10	涂装工艺对涂层质量的影响一览	128
4.6	涂装管理的影响及质量控制分析	131
4.6.1	组织构成及人员培训	132
4.6.2	生产（经营）计划进度的控制	133
4.6.3	质量检验与管理	133
4.6.4	工艺执行的控制	134
4.6.5	涂装现场 6S 管理	135
4.6.6	设备维护及保养	135
4.6.7	材料采购及储存	136
4.6.8	系统供货（涂料涂装一体化）的管理模式	136
4.6.9	涂装管理对涂层质量的影响一览	139
	参考文献	142

第 5 章 储运阶段的分析与控制

5.1	装卸运输过程中涂层的破坏和保护	145
5.1.1	涂层的划伤	145
5.1.2	涂层的接触伤痕	147
5.1.3	产品海运锈蚀	148

5.2 存放过程中涂层体系的破坏和保护	149
5.2.1 露天存放	149
5.2.2 敞棚（棚子）存放	153
5.2.3 仓库（库房）存放	153
5.3 产品包装与涂层体系的破坏和保护	155
5.3.1 缓冲（保护）包装及注意事项	156
5.3.2 防水包装及注意事项	157
5.3.3 防锈包装及注意事项	159
参考文献	162

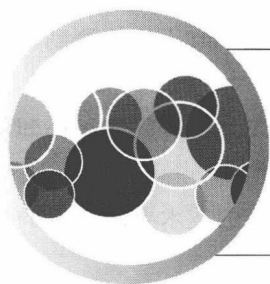
第6章 安调阶段的分析与控制	163
6.1 安装（装配）调试的概念及分类	164
6.2 工厂内装配/调试形式的涂层破坏及保护	164
6.3 工厂内装配/调试加现场安装/调试类产品的涂层破坏及保护	167
6.4 全部现场安装类产品（工程）的涂层破坏及保护	174
参考文献	177

第7章 使用阶段的分析与控制	178
7.1 产品涂层在使用阶段的特点	179
7.2 使用过程中涂层的破坏与保护	183
7.2.1 使用环境的选择和保持	183
7.2.2 产品（设备）的清理与清洁	184
7.2.3 定期进行防锈处理	185
7.2.4 轻微涂层破坏的修复要及时	187
7.3 使用阶段涂层质量的监控及分析	187
7.3.1 已有涂层的测试、评估（评价）方法	187
7.3.2 已有涂层的测试、评估（评价）内容、等级的划分及合格与否的判定	190
7.4 涂层的修复工程	191
7.4.1 不当的涂层修复会带来更严重的问题	193
7.4.2 涂装维修方案的设计	194
7.4.3 涂装维修工程的一个实例	196
参考文献	197

第8章 涂装涂层与其他涂层的组合及其质量控制	198
8.1 各种复合涂层的组合方式	199

8.2	涂装涂层与镀锌层的组合及质量控制	200
8.3	涂装涂层与热喷涂锌、锌铝合金涂层的组合及质量控制	202
8.4	涂装涂层与铝合金氧化涂层的组合及质量控制	206
8.5	涂装涂层后处理的质量控制	208
	参考文献	215
第9章	涂料涂装相关标准与系统质量控制	216
9.1	涂料涂装相关技术标准与质量控制的重要性	217
9.2	国内涂料涂装的相关标准归口组织及标准现状	221
9.2.1	涂装技术标准归口组织及标准的制修订	221
9.2.2	涂料涂装技术标准的分类	222
9.2.3	企业使用涂料涂装技术标准的现状	226
9.3	涂料涂装所涉及的主要标准	227
9.3.1	涂装材料方面的主要标准	228
9.3.2	涂装设备方面的主要标准	230
9.3.3	涂装环境方面的主要标准	231
9.3.4	涂装工艺方面的主要标准	232
9.3.5	涂装管理方面的主要标准	235
9.4	涂料涂装相关标准在企业的实施和应用	236
9.4.1	要及时收集、学习、理解各类涂料涂装技术标准资料	236
9.4.2	根据企业实际情况编制企业涂装技术标准	237
9.4.3	组织实施涂料涂装技术标准	238
9.4.4	企业应用涂料涂装技术标准工作的建议	239
	参考文献	240
第10章	涂装系统分析与质量控制的应用	241
10.1	涂装系统质量控制与企业质量管理体系	242
10.1.1	涂装系统与质量管理体系的关系	242
10.1.2	各类企业组织机构涂装系统质量控制特点	244
10.1.3	如何评价外协企业的涂装系统	246
10.2	涂装系统质量控制与常用方法和工具	253
10.2.1	涂装系统与质量控制方法、工具	253
10.2.2	常用方法和工具的应用实例	256
10.3	涂装系统质量控制与检验检测和数据收集	260
10.3.1	涂装系统的过程控制	260
10.3.2	涂装系统质量数据的收集/分析/处理(评价)/保存	263

10.4 涂装涂层缺陷（弊病）的分析及处理	265
10.4.1 缺陷（弊病）的基本概念	266
10.4.2 缺陷（弊病）的分类	267
10.4.3 缺陷（弊病）的检测与评定的依据（标准）	269
10.4.4 缺陷（弊病）的分析及处理流程	270
10.4.5 涂层/涂层体系缺陷（弊病）分析及处理举例	276
参考文献	278



引言

如何认识涂装的各种质量问题？

您可能经常遇到或听到这样的情况：某型号机电产品出口到某国家，半年或1年内或者更短时间，涂层出现了起泡、脱落、锈蚀等严重的质量问题……国内产品在销售和使用中，也经常出现此类问题，只是客户反映没有国外那么强烈和突出。可是当您去调查、解决这些涂装质量事故时，却发现这是一个非常复杂的难以解决的问题！请看企业各部门在涂装质量事故出现后的意见。

销售及售后服务部门：客户对产品的涂装质量问题反映很强烈，要求索赔并及时修复，急需解决当前的问题，请技术部门尽快想办法！今后更需要避免产品再发生此类问题……客户在使用过程中不会发生问题，安装调试是否有损坏？生产中的各个环节是否有问题？

安装调试部门：我们安装过程是按照规范执行的，不会带来损坏问题……质量检查是否未发现问题带到客户手中？

质量检查部门：出厂前我们进行多项指标（一般3~10项）的检查，未发现不

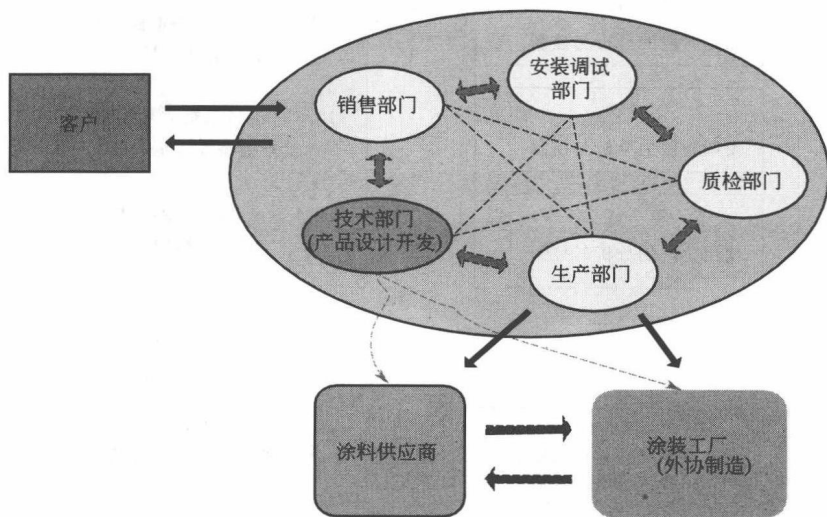


图 0-1 问题怪圈



符合质量标准的缺陷……是否其中潜伏了质量事故的因素，出厂时无法检测到，生产过程中有问题吧？

生产及外协部门：我们是按照图纸和技术要求加工生产，不会有问题……即使有问题也是在技术部门吧？涂料有问题？涂装外协厂有问题？

技术部门：涂料是供应商推荐的名牌涂料，我们按照他们的技术要求制定的技

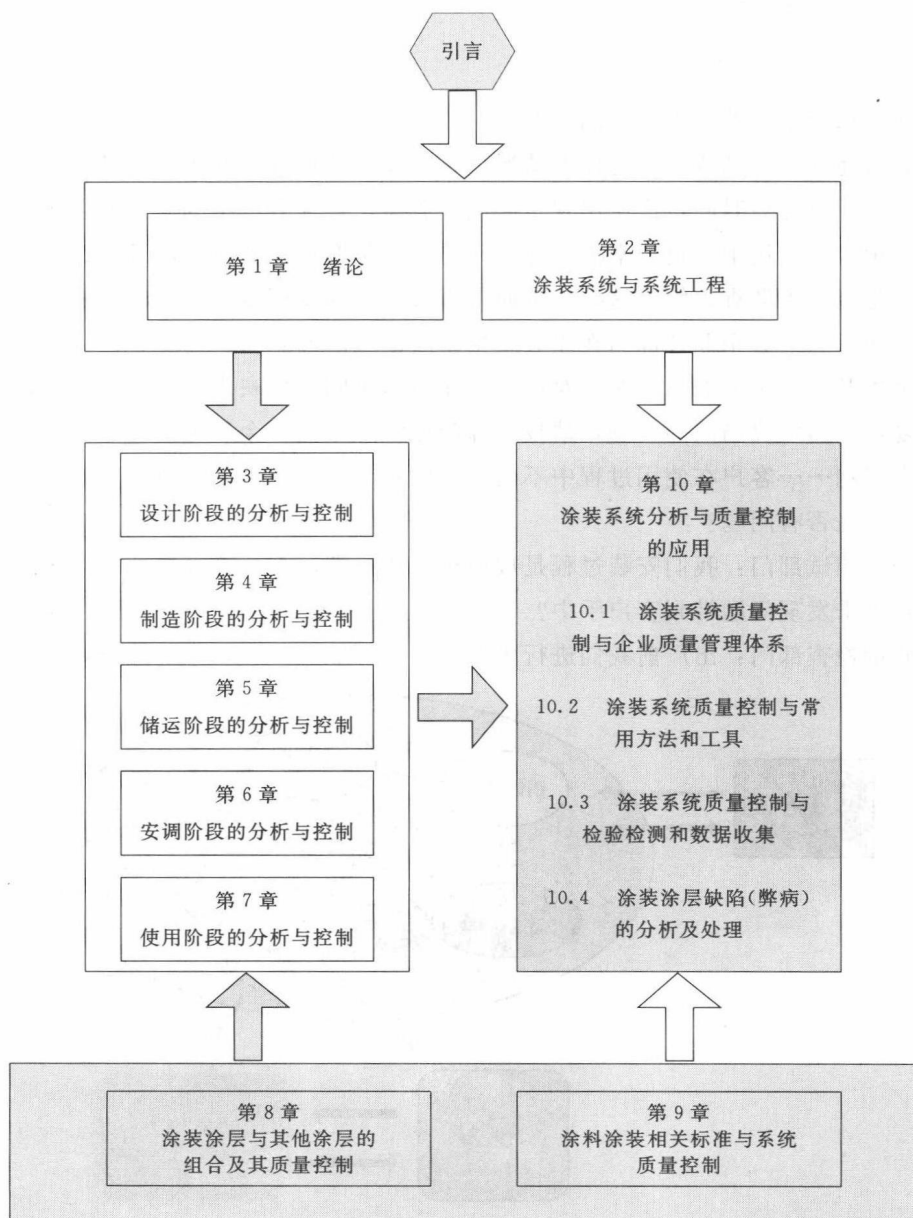


图 0-2 本书知识脉络



术文件怎么会有问题，可能是生产中未严格执行带来的质量问题吧？

涂装工厂：我们使用的是你们甲方公司指定的涂料，执行的是技术部门的技术文件，按生产计划完成任务，生产部门有现场监理工程师，怎么会有问题！是涂料的问题吧？

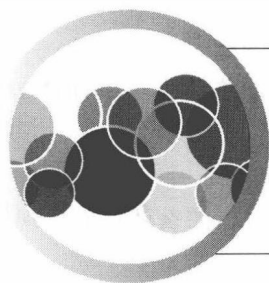
涂料供应商：我们涂料已经使用多年，别的厂家未出现过，怎么就你们出现问题？是你们找的涂装工厂不行或涂装过程有问题吧？

至此，问题进入了一个难以理清的怪圈，如图 0-1 所示……

问题到底出在哪里？责任在谁？谁应该来承担经济赔偿责任？质量管理人员烦恼，涂装技术人员痛苦，企业领导气愤！此类问题解决起来非常棘手，可此类问题非常普遍，造成的经济损失也绝非小数目。

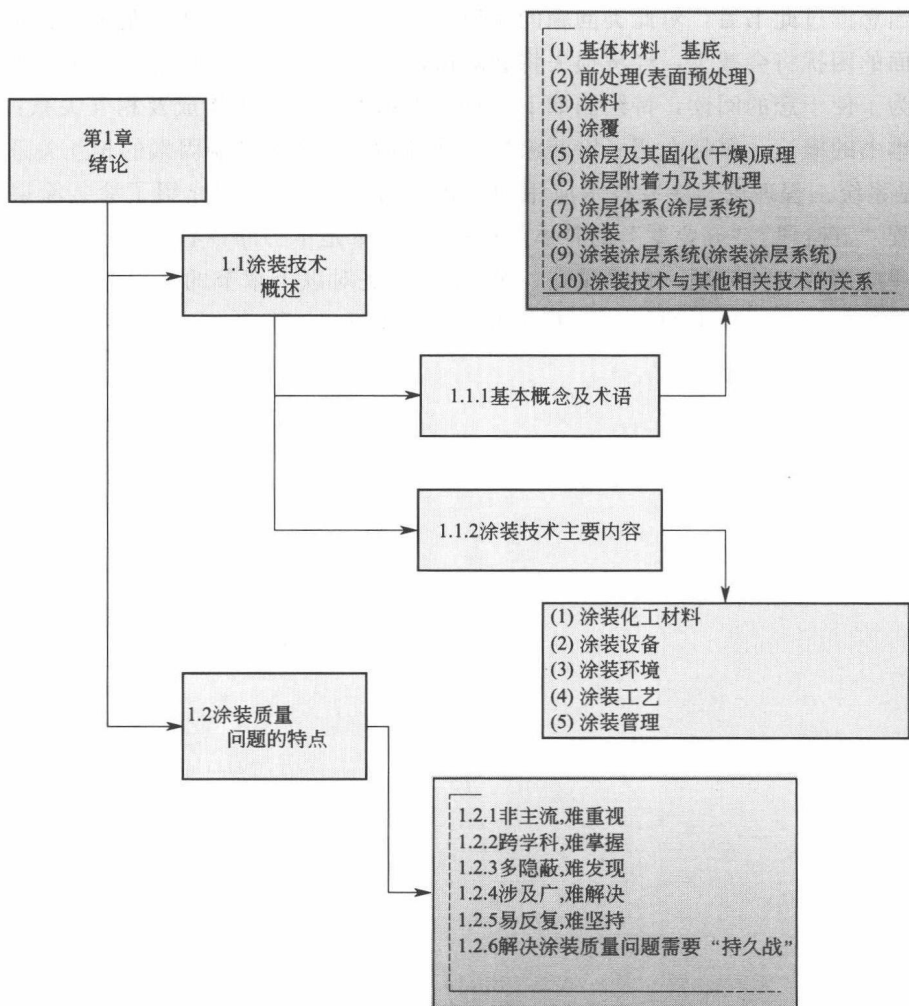
当您读过此书后，对此类问题的认识可能会有新的答案，您企业在涂装涂层质量方面的困扰将会减少，经济损失将会降低，企业效益和市场竞争能力会有提高。

为了便于您的阅读，特绘制如下示意图表示本书章节的构成及相互关系：第 1 章是本书的概论，概括介绍了涂装涂层的基础知识和各种影响因素的相互关系；第 2 章是系统工程理论与涂装技术应用的论述；第 3~7 章详细介绍了涂装涂层寿命全过程“五阶段”“五要素”的具体分析；第 10 章是本书的核心内容，主要叙述了在企业应用的具体问题，也是重点；第 8、9 章是对以上章节的补充和对涂装涂层的完整性理解不可缺少的部分。本书知识脉络如图 0-2 所示。



第1章 绪 论

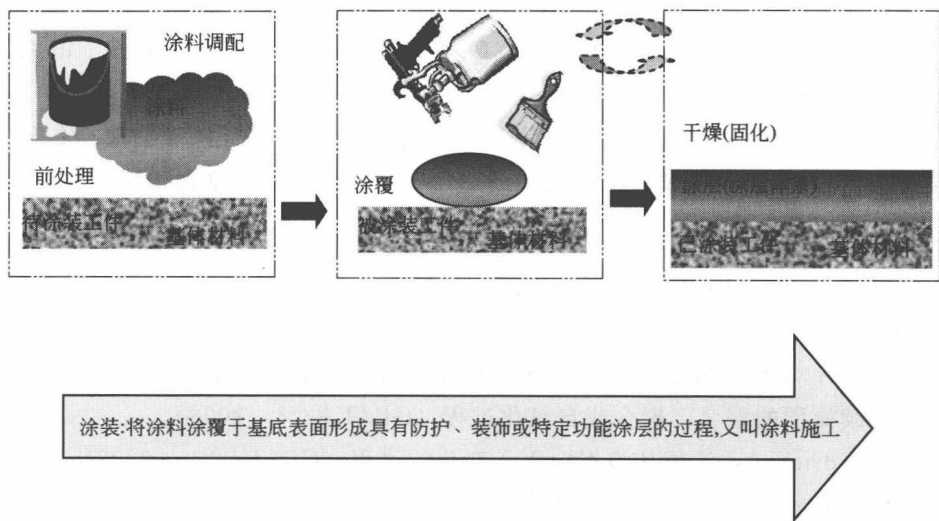
导读图



1.1 涂装技术概述

1.1.1 基本概念及术语

涂装技术是一项历史悠久、适用广泛、发展迅速的应用技术，在其快速的发展变化的过程中，曾经使用过各种各样的名词和术语。由于这些术语的流传和使用的不规范，使我们在技术交流、商业谈判、教学培训等过程中，常常会出现概念定义不统一、理解使用有歧义、讨论争论无休止等问题。作者认为，应该以《涂装技术术语》（GB/T 8264—2008）等标准为主要依据，规范地使用各种涂装技术术语。图 1-1 表示了几个基本概念及其相互之间的关系。



(1) 基体材料、基底

基体材料（basis materials）：需要涂覆或保护的成型构件的主体材料，又叫底材。若此材料为金属，则叫金属基体；若为非金属材料，则叫非金属基体（GB/T 8264—2008）。

基底 substrate：需要涂覆的基体材料的表面，此表面或有涂覆层或无涂覆层（GB/T 8264—2008）。

(2) 前处理（表面预处理）

表面预处理（surface pretreatment）：在涂装前，除去工件表面附着物、生成



的氧化物以及提高表面粗糙度、提高工件表面与涂层的附着力或赋予表面以一定的耐蚀性能的过程，又叫前处理（GB/T 8264—2008）。

（3）涂料

涂料（coating）：涂于工件表面能形成具有保护、装饰或特殊性能（如标识、绝缘、耐磨等）的连续固态涂膜的一类液体或固体材料的总称（GB/T 8264—2008）。但是，由于涂料过去曾经在很长时期内被称为“油漆”，所以现在制订的一些标准中，对具体的涂料分类和命名、对涂装技术的叙述时，仍允许“××漆”“×漆×”和“涂料”、“××涂料”等词语的共存使用。加上有些文件、标准、规范、规定和宣传媒体对语言使用得不规范，很容易使人误解“油漆”与“涂料”是两种不同的产品和材料。

（4）涂覆

涂料涂覆（representation of coating）：将涂料按施工要求施涂在金属、非金属制品表面，使其形成覆盖层的过程（GB/T 4054—2008）；也是喷涂、淋涂、电泳等工序的总称。

由于涂装方法的迅速发展，“喷涂”“喷漆”等名词已经无法全面概括各种各样的涂装工艺，因此，“涂覆”一词已广泛应用于各种涂装技术文件中。

（5）涂层及其固化（干燥）原理

涂层（coat）：一道涂覆所得到的连续膜层（GB/T 4054—2008）；亦称涂膜、漆膜。

固化（curing）：由于热作用、化学作用或光的作用产生的从涂料形成所要求性能的连续涂层的缩合、聚合或自氧化过程（GB/T 8264—2008）。

干燥（dringy）：涂层从液态向固态变化的过程（GB/T 8264—2008）。

涂层及其固化（干燥）类型的详细内容，见表 1-1。

（6）涂层附着力及其机理

附着力（adhesion）：涂层与基底间结合力的总和（GB/T 8264—2008）。

关于附着力的机理，自 1925 年提出机械互锁理论以来，几十年间出现了多种理论和观点，直至目前还没有一种理论能同时解释附着力的各种现象。但人们从不同角度提出了多种观点，不同程度地从各方面对附着力的本质作了理论阐述，归纳起来有以下 5 种。

① 机械嵌合作用 涂装时涂料渗透到基材表面的小沟和孔隙中，固化后通过“锚合”、“钩合”、“钉合”、“嵌合”、“树根固定”等形式（如图 1-2 所示）把涂料和被涂物连在一起。

② 吸附作用 该理论认为，两种材料的界面紧密接触，分子或原子在界面层

表 1-1 涂层及其固化(干燥)类型

序号	干燥形式	涂层所用涂料	涂层形成机理	备 注
1	自然固化(干燥)涂层	挥发型涂料(硝基纤维素、过氯乙烯、热塑性丙烯酸涂料等)	成膜过程仅靠物理作用,无化学转化作用,通过溶剂挥发,使聚合物分子链相互缠结形成涂层	物理成膜方式:溶剂挥发成膜方式
2		乳胶涂料(苯丙乳胶、丙烯酸乳胶涂料等)	随着分散介质(主要是水和共溶剂)挥发的同时,产生聚合物粒子的接近、接触、挤压变形而聚集起来,最后由粒子状态的聚集成为分子状态的凝聚而形成连续的涂层	物理成膜方式:聚合物粒子凝聚方式
3		氧化聚合型涂料(油性、醇酸、环氧酯涂料等)	当涂料涂覆于工件表面后,油脂中不饱和脂肪酸的双键与空气中的氧发生氧化聚合反应而形成涂层	化学成膜方式:连锁加聚反应成膜,氧化聚合形式
4		固化剂固化型涂料(双组分环氧、聚氨酯涂料,不饱和聚酯涂料等)	此类涂料多为双包装涂料,两个组分之间有很强的化学活性,因此常温下能进行反应固化成膜,并且混合之后只有4~8h的使用期	化学成膜方式:连锁加聚反应成膜
5	加热固化(干燥)涂层	热熔融成膜涂料(粉末涂料等)	固体的粉末涂料在受热的条件下通过高聚物粒子热熔、凝聚而成膜	物理成膜方式:聚合物粒子凝聚方式
6		烘烤固化性涂料(氨基、丙烯酸、环氧烘漆、聚酯、热固性聚氨酯、有机硅涂料、电泳涂料等)	此类涂料的树脂中的各基团,在常温下的化学反应性很弱,但加热到较高温度时,基团之间将快速地发生化学反应使涂膜交联固化	化学成膜方式:连锁加聚反应成膜
7	照射固化(干燥)涂层	光固化涂料(紫外光固化涂料,UV)	在紫外光的作用下,涂料产生活性自由基引发聚合成膜	化学成膜方式:连锁加聚反应成膜,能量引发聚合
8		电子束固化涂料	在辐射能的作用下,涂料产生活性自由基引发聚合成膜	化学成膜方式:连锁加聚反应成膜,能量引发聚合
9	其他	其他		

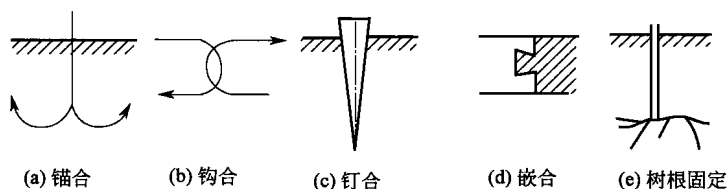


图 1-2 机械嵌合作用模型图

互相吸附产生附着力,是涂料、胶黏剂和被粘物之间牢固结合的普遍性原因。力的主要来源是分子间作用力,包括氢键力和范德华力以及路易斯酸碱相互作用。

③ 化学键作用 化学键作用是涂料的活性基团与工件表面金属发生化学反应,