

高 等 学 校 教 材

涂料与涂装 科学技术基础

TULIAO YU TUZHUANG KEXUE JISHU JICHU



郑顺兴 主编

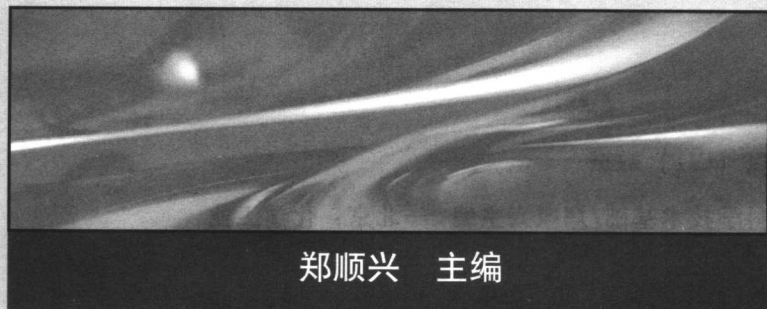


化学工业出版社

市印刷、机械、铁路、桥梁、船舶等工业领域广泛应用。在工业涂装中，涂料的涂装应用是至关重要的。涂料的涂装应用不仅关系到产品的质量和外观，还关系到产品的使用寿命和环保性能。因此，在工业涂装中，必须选择高质量的涂料，并采用科学的涂装方法，以确保涂装质量。

高等学校教材

涂料与涂装 科学技术基础



郑顺兴 主编

ISBN 978-7-122-01808-2
I. 涂... II. 郑... III. 涂料-高等学校-教材 IV. TQ63
中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第041808号

责任编辑：张景芳
封面设计：王静

责任印制：张景芳
封面设计：王静

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区黄城根街13号 邮政编码100013）
印刷：北京市顺义区康家营印刷厂
装订：北京市顺义区康家营印刷厂
2007年5月第1版 2007年5月第1次印刷
185mm×260mm 1/16 印张18 字数230千字

定价：30.00元（含增值税） 邮费：0.50元（含增值税） 电话：010-64318882



化学工业出版社

本书从涂料和涂装技术的基础知识和原理入手,介绍常用的高分子树脂、颜料、溶剂、助剂,它们在涂料或漆膜中表现出的性能特征,以及对其性能的要求,把学生在无机化学、有机化学、高分子化学中学习到的基础理论和知识与在涂料中的实际应用联系起来,使他们既了解涂料对各种化合物的要求与需要,又能够以发展的眼光看待现有的材料和技术。涂装施工方法的种类很多,本书重点介绍目前工业企业应用的涂装方法,并对多种喷涂方法进行对比介绍,使读者对它们有一个整体的认识。本书还从技术的角度介绍了如何实现涂装过程,又介绍了相关国家专业标准的要求。

本教材从原理出发介绍涂料与涂装,适合表面工程中的涂装专业、精细化工专业、高分子材料专业的大学高年级学生学习,使他们能够看得懂相关的技术资料,并能理解相关的工业背景。

图书在版编目(CIP)数据

涂料与涂装科学技术基础/郑顺兴主编. —北京:化学工业出版社, 2007. 4

高等学校教材

ISBN 978-7-122-00187-0

I. 涂… II. 郑… III. 涂料-高等学校-教材 IV. TQ63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 041808 号

责任编辑:杨菁 彭喜英
责任校对:洪雅姝

文字编辑:咎景岩
装帧设计:尹琳琳

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:北京市振南印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张19 1/4 字数526千字 2007年5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:38.00 元

版权所有 违者必究

前 言

本书是为学习过有机化学、高分子化学、物理化学的大学高年级学生编写的。大学生从学科的角度掌握了一些知识,但通常并不了解这些知识在工业实践中是如何应用的。将要参加工作的大学生需要了解工业实践方面的基本知识,更要能够从科学的角度理解这些知识。深造的大学生在读过硕士、博士学位后,通常在某个专业方向上进行过精深的研究,但相关的工业背景知识却往往不足。本书从原理出发介绍涂料与涂装,使他们能够看得懂相关的技术资料,并能理解相关的工业背景。

涂料与涂装的共同目的是为了得到符合性能要求的漆膜,有装饰、保护、标志或其他特殊的作用。工业上应用涂料很经济,漆膜厚度通常很薄,只有1mm的几分之一或十几分之一,就能达到要求的性能,因此,涂料与涂装在生产上被广泛应用,二者都涉及庞大的工业体系。我国涂料厂一千多家,年产涂料数百万吨,生产一千多个涂料品种。涂装是把涂料施工于产品表面,如建筑物、汽车、飞机、机床、轮船、家具等的表面。

涂料及其应用从远古时代就开始,是伴随人类文明一起发展起来的,但本书是站在目前工业实际应用的角度,介绍在工业上应用的涂料与涂装技术及其原理,以及有重要应用前景的技术。现代社会分工已经使涂料生产和涂料施工分别形成了独立的行业,涂料生产、研究人员在研制和生产一种涂料时,既要研究它的生产工艺,也要研究它的应用技术,研究形成漆膜的最佳条件。同样,从事涂装的工程技术人员也需要对工作对象有相当程度的了解,解决生产实践遇到的问题。我国一些工科高校很早就开设涂料与涂装方面的课程,20世纪80年代以后编写的涂装工艺学教材中,都花相当大的篇幅介绍涂料知识。

任何实际应用的工业技术都涉及多个学科的知识。涂料本身涉及高分子树脂、颜料、溶剂、助剂等组成成分,颜料在涂料中的分散及稳定问题,液体涂料控制黏度涉及的流变学;为得到要求色彩的平整、光滑、美丽的漆膜,需要了解颜色技术和涂装技术;达到要求的防腐性能需要知道腐蚀原理等。涂料尽管很早就开始应用,但仅仅是一种实际的技术,高分子科学、流变学、色度学、胶体化学等学科的发展为从科学角度理解涂料与涂装提供了理论基础,而且也极大地促进了涂料与涂装技术的发展。在涂料及其施工方法的发展过程中,实践经验很重要。许多相关的书上主要介绍的是配方、工艺流程、操作技术等,尽管很实用,但一个大学生初接触这些东西,会感觉很陌生,很难理解。为便于读者理解,前人已经做了大量工作,如姜英涛的《涂料基础》、洪啸吟等的《涂料化学》、威克斯等的《有机涂料科学和技术》以及涂料工艺编辑委员会编写的《涂料工艺》(第三版)等专著,都有意地介绍涂料配方设计及应用原理。正是由于前人这些工作,我才能从教学角度选取材料编写本书。

本书从涂料和涂装技术基础知识和原理入手,介绍常用的高分子树脂、颜料、溶剂、助剂,它们在涂料或在漆膜中表现出的性能特征,以及对其性能的要求,这样就把学生在无机化学、有机化学、高分子化学中学习到的基础理论和知识与在涂料中的实际应用联系起来,既了解涂料对各种化合物的要求与需要,又能够以发展的眼光看待现有的材料和技术。

本书首先根据涂料的固化机理把涂料分类,就每一类的共性问题进行探讨,然后再介绍每一类中工业上应用的重要品种高分子的合成机理,如何调控得到要求的性能,以及涂料对其性

能的要求,并从涂料的角度出发,探讨了涂料的应用机制问题。溶剂方面介绍了溶解力和溶剂挥发的理论,及在控制形成无缺陷漆膜方面的应用,根据 Hansen 溶解度参数发展出来的概念探讨了涂料体系。颜料在实现涂料装饰、保护等功能方面具有极其重要的作用,第4章介绍了颜料的基础知识,颜料发挥作用的机制,及其对漆膜性能的影响,还介绍颜料形成颜色的原理,以及颜色测量的原理。环保型涂料中的粉末涂料在家用电器上已经得到大规模的应用,水性涂料替代溶剂型涂料是减少有机溶剂用量的一个发展方向,本书花费相当大的篇幅结合有关专著进行了探讨。本书还介绍了涂料配方设计和生产的基础知识,具体涂料配方设计、涂料生产车间设计、生产线布置及有关重要参数的计算等都未涉及,请参考有关专业书籍。

涂装施工方法的种类很多,本书重点介绍目前工业企业应用的涂装方法,把部分涂装方法结合到涂料中叙述,如电泳涂装在水性涂料中介绍,粉末涂装在粉末涂料中介绍。本书还对多种喷涂方法进行了对比介绍,使读者对它们有一个整体的认识。

漆膜的病态和缺陷课堂上很难讲,本书为方便课堂讲解,根据表面张力原理探讨涂料成膜过程中的橘皮、回缩、流平、流挂、消泡等问题,并随后介绍流平剂、触变剂和消泡剂的使用以及厚浆涂料的原理。

涂装工艺包括选用涂料、漆前表面处理和设备、施工方法和设备、漆膜干燥的方法和设备,以及在保证漆膜质量的前提下,实现涂装的工业过程,是制备漆膜的核心步骤。涂装工艺的基本要素是选择适当的涂料和施工方法,以及如何组织来实现这样一个工业过程。本书既从技术的角度介绍了如何实现涂装过程,又介绍了相关国家专业标准的要求。在复合涂层概念的基础上,首先从漆膜附着力的原理出发,提出对涂料施工的要求,使学生理解漆前表面处理和为保证层间结合力要采取措施的原理,其次介绍了复合涂层中的各层对涂料性能的要求,以及涂料施工的技术要求。实现涂装工艺过程需要相关的设备,本书介绍了这些设备的原理、性能特征及应用,但需要注意的是,有关设备选择和使用中一些重要参数的计算,尽管在实际工作中很重要,但限于篇幅,本书并未涉及,请参考有关的专业书籍。

由于涂料与涂装涉及的知识面广,有关的专著通常篇幅宏大,内容庞杂。这方面的教材一般介绍一些简单、基础性的内容,尽管面面俱到,但因为涂料知识的内容庞杂,讲不深也讲不透,需要学生掌握记忆的名词又特别多,组织教学不容易,因此很多人对这方面的教学工作基本上都敬而远之。作者在阅读这些教材的时候,常常感觉深度不够,不足以使学生应付实际工作或进一步学习研究的需要,因此本书努力用明白流畅的语言叙述涂料和涂料制造、涂装施工方法、涂装工业过程的工艺原理,一方面把学生在各学科学到的基础知识与涂料和涂装联系起来,便于掌握,另一方面通过基本工艺和原理的学习,达到举一反三、触类旁通的效果,能够顺利地阅读有关技术文献,理解相关的工艺过程,为学生从事相关的技术工作奠定基础。

涂料是材料应用的一种形态,本书从应用原理的角度进行介绍,当然这些基本原理不仅限于涂料,在工业上有更广泛的应用,如油墨、黏合剂、照相软片上的涂料、贴花和化妆品、应用广泛的塑料层压制品等,这些产品并不属于涂料,但与涂料的基本原理是一样的。同样,涂装方法应用了工业上比较成熟的技术,这些技术的基本原理也不仅仅限于涂装,如粉末涂料生产时的熔融挤出技术用于塑料的挤出成型,粉末涂装时的除尘技术广泛用于各种场合的除尘,还有液体涂料喷涂时的雾化技术,漆前表面处理的除油、除锈、磷化和喷(砂)抛(丸)技术,对流和辐射干燥技术等。

编者
2007年元月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 涂料的基本概念	1
1.1.1 涂料的定义	1
1.1.2 涂料的作用	1
1.1.3 涂料的组成	2
1.2 涂装的概念	3
1.3 涂料的分类和命名	4
1.3.1 涂料的分类	4
1.3.2 我国涂料产品的命名原则	5
1.3.3 应用范围广泛的基本品种	8
1.4 聚合物的玻璃化温度	9
1.4.1 涂料溶液的 T_g	10
1.4.2 热固性涂料的 T_g	10
1.5 涂料的应用与发展	10
练习题	11
第 2 章 涂料中常用的高分子树脂	12
2.1 挥发型涂料	12
2.1.1 纤维素聚合物	13
2.1.2 卤化聚合物	14
2.1.3 热塑性丙烯酸酯	16
2.2 自由基聚合固化涂料	16
2.2.1 氧化聚合型涂料	17
2.2.2 不饱和聚酯涂料	32
2.2.3 辐射固化涂料	33
2.3 缩合聚合固化涂料	36
2.3.1 氨基树脂	36
2.3.2 丙烯酸涂料	42
2.3.3 聚酯涂料	46
2.3.4 聚氨酯漆	49
2.3.5 环氧漆	56
2.3.6 小节	59
2.4 涂料应用机制	59
2.5 高固体分涂料	61
练习题	65
第 3 章 溶剂	66

3.1 涂料用溶剂	66
3.2 溶解力	67
3.2.1 高分子的溶解及溶解度参数	67
3.2.2 Hansen 溶解度参数	70
3.2.3 从溶解度参数引申的概念	72
3.2.4 涂装中溶解力的测试方法	72
3.3 涂料的黏度	73
3.4 溶剂的挥发	76
3.5 有机溶剂的其他性质	79
附录 I 溶解度参数 δ 的计算及应用	80
附录 II 有机溶剂挥发速率的测量	82
练习题	82
第 4 章 颜料	84
4.1 颜料的分类和性质	84
4.1.1 颜料的分类	84
4.1.2 漆膜颜料体积浓度	85
4.1.3 颜料的通性	87
4.2 颜色	89
4.2.1 光与颜色的关系	89
4.2.2 影响颜色的因素	89
4.2.3 颜色的属性及表征	91
4.2.4 目测对比	95
4.3 漆膜的装饰性	95
4.3.1 涂料的调色	96
4.3.2 漆膜的光泽	97
4.3.3 消光	100
4.3.4 闪光	100
4.4 漆膜的保护性	102
4.4.1 漆膜防腐蚀的概念	102
4.4.2 完整漆膜的防腐蚀	102
4.4.3 不完整漆膜的防腐蚀	104
4.5 涂料中常用的颜料	106
4.5.1 白色颜料	106
4.5.2 有色颜料	107
4.5.3 体质颜料	111
练习题	112
第 5 章 涂料生产和色漆的制备	114
5.1 涂料的生产概述	114
5.1.1 漆料的生产工艺	114
5.1.2 色漆配方制订程序	115
5.2 颜料的分散及稳定	117
5.2.1 颜料分散的过程	117
5.2.2 分散体系的稳定	118

5.2.3	工艺配方	121
5.2.4	研磨漆浆的方式	121
5.2.5	研磨漆浆的组成	122
5.3	分散设备和工艺	123
5.3.1	分散设备	123
5.3.2	色漆生产工艺过程	129
	练习题	130
第 6 章	水性涂料和粉末涂料	131
6.1	水性涂料	131
6.1.1	乳胶漆	131
6.1.2	水稀释涂料	139
6.2	电泳涂装	149
6.2.1	电泳涂料	149
6.2.2	电泳涂装原理	150
6.2.3	电泳设备	151
6.2.4	电泳涂装工艺	154
6.2.5	电泳涂装的特点	155
6.3	粉末涂料	155
6.3.1	粉末涂料的基料	156
6.3.2	粉末涂料的性能	160
6.3.3	粉末涂料的制造	162
6.4	粉末涂装	164
6.4.1	高压静电喷涂	164
6.4.2	其他粉末涂装方法	169
6.4.3	粉末涂装的特点	171
6.4.4	新型粉末涂层	172
	练习题	173
第 7 章	涂装施工方法	174
7.1	手工施工方法	174
7.2	喷涂	176
7.2.1	空气喷涂	176
7.2.2	高压无气喷涂	180
7.2.3	静电喷涂	184
7.2.4	其他喷涂方法	189
7.3	喷漆室	193
7.3.1	喷漆室的结构	194
7.3.2	喷漆室的类型	196
7.3.3	喷漆室的其他组成系统	198
7.4	其他机械施工方法	201
7.4.1	浸涂	201
7.4.2	淋涂	203
7.4.3	辊涂	205
	练习题	205

第 8 章 漆膜的形成及性能	206
8.1 漆膜的形成过程控制	206
8.1.1 表面张力	206
8.1.2 形成平滑漆膜的问题	207
8.1.3 泡沫和消泡	210
8.1.4 流挂	211
8.1.5 流平流挂性能测试	213
8.1.6 发花和浮色	214
8.1.7 起皱	215
8.2 漆膜的力学性能	215
8.2.1 聚合物的黏弹性	216
8.2.2 漆膜的力学性能	217
8.2.3 漆膜力学性能测试	218
8.2.4 漆膜的表面损坏	226
8.3 漆膜的老化	227
练习题	229
第 9 章 涂装工艺	230
9.1 涂装工艺概述	230
9.1.1 涂层等级(涂装类型)	231
9.1.2 设计涂装工艺	232
9.1.3 制订涂装工艺	234
9.1.4 涂料的涂覆标记	235
9.2 漆前表面处理	236
9.2.1 金属表面的化学处理	238
9.2.2 喷抛处理	248
9.3 涂料的施工	253
9.3.1 涂料施工前的准备工作	253
9.3.2 涂底漆	254
9.3.3 涂中间涂层	258
9.3.4 打磨	260
9.3.5 涂面漆	261
9.3.6 抛光上蜡	263
9.3.7 质量控制与检查	265
9.4 漆膜的干燥	265
9.4.1 涂料的干燥方式	265
9.4.2 漆膜的干燥过程	266
9.4.3 涂料的干燥设备	267
9.5 涂装工艺举例	275
9.5.1 漆前表面处理	277
9.5.2 电泳涂料底漆	278
9.5.3 中间层	278
9.5.4 面漆	278
9.5.5 工厂修补程序	280

9.6 涂装质量评价和管理	280
9.6.1 涂装质量标准制定	281
9.6.2 涂装质量管理	281
9.7 涂装安全生产概述	285
9.7.1 涂装中的“三废”	285
9.7.2 涂装安全管理	286
9.7.3 涂料的历史演变和发展	289
练习题	290
第10章 涂装的实际应用	291
10.1 船舶涂装	291
10.1.1 船舶涂装工艺	291
10.1.2 不同部位的要求	293
10.1.3 检测	294
10.2 木质家具涂装	294
10.2.1 木材	294
10.2.2 木材表面前处理	295
10.2.3 涂面漆	297
10.2.4 人造饰面板	298
10.3 塑料涂装	300
10.3.1 塑料用涂料	300
10.3.2 塑料表面前处理	301
10.3.3 模内处理	303
10.3.4 塑料涂漆工艺	304
参考文献	306

第1章 绪 论

1.1 涂料的基本概念

1.1.1 涂料的定义

涂料是一类流体状态或粉末状态的物质，把它涂布于物体表面上，经过自然或人工的方法干燥固化形成一层薄膜，均匀地覆盖和良好地附着在物体表面上，具有防护和装饰的作用。这样形成的膜通称涂膜，又称漆膜或涂层。

涂料的应用无处不在。在室内，涂料在墙壁、家具上；在户外，涂料在房屋和汽车上。从飞机、轮船、跨海大桥，到不易觉察的电动机电线、电视机内印刷电路、录音录像带和光盘，都广泛地采用涂料。涂料是材料应用的一种形态，把学生在无机化学、有机化学、高分子化学中学习到的基本物质方面的知识在涂料课中进行应用和评价，即把这些基本物质方面的知识与实际中的应用联系起来。涂料涉及的原理可以应用于广泛的材料，如油墨、纸张和织物生产上应用的聚合物，照相软片上的涂料，贴花和层压制品以及化妆品等，但通常不把它们包括在涂料中。

1.1.2 涂料的作用

涂料的主要作用是装饰和保护。实际使用中漆膜通常还发挥多种作用，归纳起来有以下几个方面。

(1) 装饰作用

最早的油漆主要用于装饰，现代涂料更是将这种作用发挥得淋漓尽致。涂料涂覆在物体表面上，可以改变物体原来的颜色，而且涂料本身可以很容易调配出各种各样的颜色。这些颜色既可以做到色泽鲜艳、光彩夺目，又可以做到幽静宜人。通过涂料的精心装饰，可以将火车、轮船、自行车等交通工具变得明快舒适，可使房屋建筑和大自然的景色相匹配，更可使许多家用器具不仅具有使用价值，而且成为一种装饰品。因此，涂料是美化生活环境不可缺少的，对于提高人们的物质生活与精神生活有不可估量的作用。

(2) 保护作用

物件暴露在大气之中，受到氧气、水分等的侵蚀，造成金属锈蚀、木材腐朽、水泥风化等破坏现象。在物件表面涂以涂料，形成一层保护膜，能够阻止或延迟这些破坏现象的发生和发展，使各种材料的使用寿命延长。

金属的腐蚀是世界上的最大浪费之一，它不仅腐蚀金属，而且会因为腐蚀引发严重事故。钢铁是最常用的金属材料，但钢铁在环境中从热力学上讲就不稳定，会自发生成它的高价氧化态，如 $\text{FeO}(\text{s})$ 的标准吉布斯函数 $\Delta_r G_m^\ominus = -244 \text{ kJ/mol}$ ， Fe_2O_3 （赤铁矿）的为 $\Delta_r G_m^\ominus = -742.2 \text{ kJ/mol}$ ， Fe_3O_4 （磁铁矿）的为 $\Delta_r G_m^\ominus = -1015.4 \text{ kJ/mol}$ ，因此钢铁表面需要保护才能在规定的服役期内保护材料免遭腐蚀。靠有机涂料在钢铁表面形成漆膜来保护钢铁是最常用的防腐蚀手段，目前钢铁防腐蚀费用的约 $2/3$ 用于涂料和涂装上。

(3) 标志作用

涂料的第三个作用是标志，特别是在交通道路上，通过涂料醒目的颜色可以制备各种标志牌和道路分离线，它们在黑夜里依然清晰明亮。在工厂中，各种管道、设备、槽车、容器常用不同颜色的涂料来区分其作用和所装物质的性质。电子工业上的各种器件也常用涂料的颜色来辨别其性能。有些涂料对外界条件具有明显的响应性质，如温致变色、光致变色涂料可起到警示的作用。

(4) 特殊作用

涂料还可赋予物体一些特殊功能，例如，电子工业中使用的导电、导磁涂料；航空航天工业上的烧蚀涂料、温控涂料；军事上的伪装与隐形涂料等等，这些特殊功能涂料对于高科技的发展有着重要的作用。高科技的发展对材料的要求愈来愈高，而涂料是对物体进行改性最便宜和最简便的方法。因为不论物体的材质、大小和形状如何，都可以在表面上覆盖一层涂料从而得到新的功能。

1.1.3 涂料的组成

涂料有四个组成部分：主要成膜物质、颜料、溶剂和助剂。

(1) 主要成膜物质

涂料要成为黏附于物体表面的薄膜，须有黏结剂，黏结剂就是涂料的主要成膜物质。按主要成膜物质，涂料可分为有机涂料和无机涂料，在工业上具有重要意义的是有机涂料，本书只介绍有机涂料。有机涂料的主要成膜物质中包括植物油和树脂（见表 1-1）。植物油是植物种子压榨后得到的油脂，如豆油、花生油等。树脂包含了聚合物和低聚物。树脂的原始含义为树木渗出物，如松香、生漆等。现在树脂也泛指合成的，还没有进一步应用的聚合物，如醇酸树脂、氨基树脂等。现代涂料主要以高分子树脂为主要成膜物质。主要成膜物质既可以单独形成漆膜，又可以黏结颜料颗粒等成膜，所以是构成涂料的基础物质，并且在很大程度上左右漆膜的性能。没有成膜物质的表面涂覆物不能称为涂料。

表 1-1 涂料中使用的主要成膜物质

植 物 油	桐油、亚麻仁油、豆油、蓖麻油等	
树 脂	天然树脂	松香、生漆、虫胶、天然沥青等
	人造树脂	纤维素衍生物、氯化橡胶等
	合成树脂	醇酸树脂、氨基树脂、环氧树脂等

用作塑料、橡胶和纤维的多数聚合物相对分子质量在 $10^4 \sim 10^6$ 之间，而用于涂料和黏结剂的聚合物的相对分子质量多数在 10000 以下，通常称为低聚物，含有 2~20 个链节。低聚物和聚合物之间没有明确界限。

主要成膜物质被称为漆基，加溶剂后配成黏稠的溶液，被称为漆料、基料。把颜料颗粒加进去充分地分散，而颜料不溶解在漆料中，制备出各种颜色不透明的涂料就是色漆。因此，漆料又称展色剂。

以植物油为基料的漆，有很好的韧性、气密性、水密性及坚固的附着力，具有很好的耐候性，但也存在着保护作用有限、不适应现代工业技术快速高效等缺陷。

涂料中使用的树脂要赋予涂膜一定的保护与装饰性能，如光泽、硬度、弹性、耐水性、耐酸性等，在涂料中为了满足多方面的要求，常是多种树脂合用，或树脂与油合用。

一部分清漆中只含有一种高分子，但绝大多数涂料的主要成膜物质都是由多种组分构成的高分子混合物，从而利用每一种组分赋予漆膜的优点。

(2) 颜料

颜料一般是 $0.2\sim 10\mu\text{m}$ 的粉末。它不溶于涂料所用的溶剂或漆料中，在涂料中仍以颗粒存在。颜料的主要目的是赋予涂料颜色和遮盖力，也就是使漆膜有颜色和不透明。颜料还起到提高涂料力学性能、改善涂料流变性、增强涂料的防锈保护效果、降低涂料成本的功能。另外，有的还赋予涂料某些特定功能，如防腐蚀、导电、阻燃等。颜料通过涂料生产过程中的搅拌、研磨、高速分散等加工过程，使其均匀分散在成膜物质或其溶液中而发挥作用。

涂料的主要功能——装饰和保护功能是通过颜料来实现的。颜料最重要的功能是构成漆膜的颜色，同时呈现要求的颜色。在颜料部分将学习颜色的相关知识及表达方法。遮盖是漆膜覆盖在底材上，使底材呈现不出原有颜色的能力。因为漆膜通常很薄，为达到遮盖功能，就需要研究颜料的遮盖力。颜料为实现保护功能，尤其是金属的防腐蚀，需要主要成膜物质形成的膜通透性小、附着力好，同时可利用防锈颜料的防腐蚀功能。

颜料分为防锈颜料、着色颜料、体质颜料三大类。着色颜料是颜料中使用最多的一种，不溶于水和油，具有美丽的颜色和遮盖力，在涂料中起着着色作用和遮盖物体表面的作用，如铬黄（黄色）、铁红（红色）、群青（蓝色）、二氧化钛（白色）、炭黑（黑色）、氧化锌、锌白（白色）、铜粉（金黄色）等。防锈颜料具有特殊的防锈能力，用在涂料中涂在金属表面上，可防止金属的锈蚀，甚至漆膜略有擦破也不致生锈，因此具有较大的经济价值。体质颜料又称填充料，起不到很好的遮盖作用，也不能赋予膜以美丽的色彩。涂料中使用体质颜料，可节省好而贵的着色颜料。体质颜料多为惰性物质，与涂料其他组分不起化学作用。

（3）溶剂

溶剂是用来溶解或分散主要成膜物质使它成为流体的。尽管溶剂在形成漆膜的过程中挥发掉，但对于形成的漆膜质量非常重要，合理地选择和使用溶剂可以提高涂层性能，如外观、光泽、致密性等。挥发到空气中的有机溶剂对大气造成污染，对于溶剂的种类和用量各国都有严格的限制。常用的溶剂品种有：水、200 号溶剂汽油、甲苯、二甲苯、乙醇、丁醇、乙酸乙酯、丙酮等。

（4）助剂

助剂在涂料中用量很少，一般不超过 5%，如聚合反应催化剂、稳定剂、控制涂料流动性的助剂等。它们主要用于显著改善涂料生产加工、存储、涂布、成膜过程中某些方面的性能。并不是每种涂料都同时需要这些助剂，不同的涂料需要不同的助剂。

并不是每种涂料都同时具有主要成膜物质、颜料、溶剂和助剂。没有颜料的涂料是黏性透明流体，称为清漆。极少数涂料中只有植物油作为主要成膜物质，这些涂料称为清油。有颜料的涂料称为色漆。加有大量颜料的稠厚浆状体的涂料称为腻子。

涂料中没有溶剂又呈粉末状的为粉末涂料，以有机溶剂作溶剂的涂料称为溶剂型涂料，以水作主要溶剂的称为水性涂料。

涂料是工业上直接应用的一种高分子材料，它是由高分子、颜料颗粒、溶剂、各种助剂构成的，而工业上以同样形态应用的还有胶黏剂、层压复合材料中使用的胶液、有机摩擦材料的胶液等。由高分子出发制备工业上橡胶、塑料使用的各种添加剂，其基本原理也是同样的。本教材主要介绍这些工业上常用的物质及其使用的基本原理。

1.2 涂装的概念

涂料虽然作为商品在市场流通，实际是涂膜的半成品，涂料只有形成了涂膜，才能发挥其作用，具备使用价值。使涂料在被涂表面形成涂膜的过程，通称涂料施工，也称涂装。

涂装（organic finishing）是指将涂料涂布到清洁的（即经过表面处理的）被涂表面上，

经过干燥形成漆膜的工艺,由漆前表面处理、涂料涂布、涂料干燥三个基本工序组成。

① 被涂物的表面预处理 也称为漆前表面处理。其目的是为被涂底材和漆膜的黏结创造一个良好的条件,同时还能提高和改善漆膜的性能。如钢铁表面经过磷化处理,可以大大提高涂膜的防锈蚀性。漆前表面处理是涂装工艺取得良好效果的基础和关键,在现代化涂料施工中表面处理的技术特别受重视。

② 涂布 也称涂饰、涂漆,有时也被称作涂装。用不同的方法、工具和设备将涂料均匀地涂覆在被涂物件表面。涂布的质量直接影响涂膜的质量和涂装的效果。对不同的被涂物件和不同的涂料应该采用最适宜的涂布方法和设备。

③ 漆膜干燥 或称涂膜固化。将涂在被涂物件表面的湿涂膜固化成为连续的干涂膜。

涂装的分类方法很多。按照被涂物分类,有钢铁涂装、镀锌板涂装、铝合金涂装、塑料涂装、木材涂装、水泥制品涂装等。不同的材料需要不同的漆前表面处理方法,不同的材料对涂料性能的要求也不一样。按照工业产品的种类来分,有汽车涂装、船舶涂装、飞机涂装、建筑物涂装、家具涂装等。由于这些工业产品生产方法不同,服役的环境也不同,对漆膜各有各自特定的要求,因此采用的涂料和涂装方法也不同。按照涂层装饰性能来分,分为四个等级,即高级装饰性涂层(一级涂层)、装饰性涂层(二级涂层)、保护装饰性涂层(三级涂层)、一般综合性涂层(四级涂层)。第五级涂层是特种保护性涂层,其装饰性要求见前面四个等级。不同等级的涂层有不同的质量要求和相应的涂装工艺要求。按照 GB 4054—83 对涂覆标记的要求,产品设计图纸上应当标明涂装的等级。涂装的等级确定后,相应的涂层质量要求和涂装工艺过程也确定了。按照施工方法来分,有刷涂、空气喷涂、高压无空气喷涂、静电喷涂、静电粉末喷涂、电泳涂装等。相应的内容本书将进一步介绍。

1.3 涂料的分类和命名

1.3.1 涂料的分类

涂料应用历史悠久,使用范围广泛,品种近千种。根据长期形成的习惯,有以下几种分类方法。

① 按涂料形态分类 分为溶剂性涂料、高固体分涂料、水性涂料、非水分散涂料及粉末涂料等。其中非水分散涂料与乳胶漆相似,差别在于乳胶漆以水为分散介质,树脂依靠乳化剂的作用分散于水中,形成油/水结构的乳液,而非水分散涂料则是以脂肪烃为分散介质,形成油/油乳液。高固体分涂料通常是涂料的固含量高于 70% 的涂料。

② 按涂料用途分类 分为建筑涂料、工业用涂料和维护涂料。工业用涂料包括汽车涂料、船舶涂料、飞机涂料、木器涂料、皮革涂料、纸张涂料、卷材涂料、塑料涂料等工业化涂装用涂料。卷材涂料是生产预涂卷材用的涂料,预涂卷材是将成卷的金属薄板涂上涂料或层压上塑料薄膜后,以成卷或单张出售的有机材料/金属板材。它又被称为有机涂层钢板、彩色钢板、塑料复合钢板等,可以直接加工成型,不需要再进行涂装。预涂卷材主要用于建筑物的屋面或墙面等。

③ 按涂膜功能分类 有防锈漆、防腐漆、绝缘漆、防污漆、耐高温涂料、导电涂料等。涂料工业中的色漆主要是两大类品种:底漆和面漆。底漆注重附着牢固和防腐蚀保护作用好;面漆注重装饰和户外保护作用。两者配套使用,构成一个坚固的涂层,但其组成上有很大的差别。面漆的涂层要具有良好的装饰与保护功能。常将面漆称为磁漆(也称为瓷漆),磁漆中选用耐光和着色良好的颜料,漆膜通常平整光滑、坚韧耐磨,像瓷器一样。

④ 按施工方法分类 有喷漆、浸渍漆、电泳漆、烘漆等。喷漆是用喷枪喷涂的涂料。

浸渍漆是把工件放入盛漆的容器中蘸上涂料的。靠电泳方法施工的水溶性漆称为电泳漆。烘漆是指必须经过一定温度的烘烤,才能干燥成膜的涂料品种,特别是用两种以上成膜物质混合组成的品种,在常温下不起反应,只有经过烘烤才能使分子间的官能团发生交联反应以便成膜。

⑤ 按成膜机理分类 有转化型涂料和非转化型涂料。非转化型涂料是热塑性涂料,包括挥发性涂料、热塑性粉末涂料、乳胶漆等。转化型涂料包括气干性涂料、固化剂固化干燥的涂料、烘烤固化的涂料及辐射固化涂料等。气干性是涂装后在室温下涂料与空气中的氧或潮气反应就自行干燥。

⑥ 按主要成膜物质分类 根据原化工部颁布的涂料分类方法,按主要成膜物质分成17类(参见表1-2)。下面主要介绍该分类方法。

表 1-2 涂料按主要成膜物质分类

序号	涂料类别	代号	主要成膜物质
1	油脂漆	Y	天然植物油、鱼油、合成油
2	天然树脂漆	T	松香及其衍生物、大漆及其衍生物、虫胶、动物胶
3	酚醛树脂漆	F	改性酚醛树脂、甲苯树脂
4	沥青漆	L	天然沥青、石油沥青、煤焦沥青
5	醇酸树脂漆	C	醇酸树脂及改性醇酸树脂
6	氨基漆	A	三聚氰胺甲醛树脂、脲醛树脂等
7	硝基漆	Q	硝基纤维素、改性硝基纤维素
8	纤维素漆	M	苧基纤维素、乙基纤维素、羟甲基纤维素、醋酸丁酸纤维素等
9	过氯乙烯漆	G	过氯乙烯树脂、改性过氯乙烯树脂
10	乙烯树脂漆	X	氯乙烯共聚树脂、聚酯酸乙烯系列、含氟树脂、氯化聚丙烯等
11	丙烯酸漆	B	丙烯酸树脂
12	聚酯树脂漆	Z	聚酯树脂、不饱和聚酯树脂
13	环氧树脂漆	H	环氧-胺、环氧酯等
14	聚氨酯漆	S	聚氨酯树脂
15	元素有机漆	W	有机硅树脂、有机氟树脂
16	橡胶漆	J	氯化橡胶及其他合成橡胶
17	其他漆	E	无机高分子材料

1.3.2 我国涂料产品的命名原则

按国家标准 GB/T 2705—92 对我国涂料产品的分类,我国目前已存定型涂料产品(不包括辅助材料)近千个,主要由17大类的主要成膜物质组成。在涂料工业中,主要成膜物质是构成涂料的基础物质,它使涂料牢固附着于被涂物表面,形成连续的固体涂膜,颜、填料被其包裹、润湿和分散,形成涂料。成膜物质对涂料和涂膜的性质起决定作用,而且每种涂料中都含有主要成膜物质,其他的组分有的涂料中不一定含有。因此,涂料的分类主要以形成涂膜的成膜物质进行。

表1-2中的前三类产品以干性油和松香改性树脂为基本原料,经高温熬炼到一定黏度后,加入各种金属催干剂成为成膜物质,再加上第四类沥青树脂,习惯上含这四种主要成膜物质的涂料称为油基漆。它们的特点是施工性能较好,价廉,具有一般的保护性能,但干燥慢,力学性能较差,不能适应严酷腐蚀环境的防护需要。表1-2中第五类开始的各类树脂称为合成树脂,主要应用的有醇酸树脂、氨基树脂、丙烯酸树脂、环氧树脂、聚氨酯树脂、含氯和氟的聚合物树脂以及酚醛树脂等几大类。以这些树脂为主要成膜物质制成的涂料统称合成树脂涂料。它们是目前工业上应用广泛的涂料的主要成膜物质。

为帮助熟悉表1-2中的聚合物,从化学反应的角度来看,有这样几个反应。

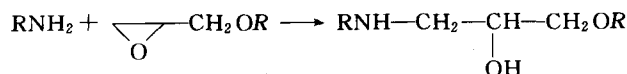
① 酯化反应 多元醇和多元酸反应生成酯 ($\text{—OH} + \text{—COOH} \longrightarrow \text{—COO—}$)。表 1-2 中的聚酯树脂漆分为聚酯树脂、不饱和聚酯树脂, 其中不饱和聚酯树脂分子中含有双键。醇酸树脂是用大量植物油改性的聚酯。天然树脂漆中的主要品种酯胶是松香(分子中含有羧基)与多元醇酯化生成的。硝基漆是纤维素(分子中含有羟基)与无机酸——硝酸的酯化产物。

② 氨基树脂与羟基的反应 每个氨基树脂分子中含有多个 —NHOR 基团, 氨基树脂与其他树脂分子上的羟基在加热的条件下发生反应 ($\text{—NHOR} + \text{聚合物—OH} \longrightarrow \text{—NHO—聚合物} + \text{ROH} \uparrow$)。氨基树脂起交联剂的作用。表 1-2 中的氨基漆是氨基树脂交联的醇酸树脂。通常的聚酯漆主要是氨基树脂交联的饱和聚酯。热固性丙烯酸漆主要是氨基树脂交联的羟基丙烯酸树脂。

③ 自由基聚合反应 植物油分子中有双键, 在空气中氧气分子的作用下产生过氧化氢 (—OOH), 过氧化氢产生的自由基引发双键的聚合反应, 双键相互之间形成新的 C—C 键, 交联在一起。室温干燥的醇酸树脂漆、酚醛树脂漆、天然树脂漆、油脂漆、植物油改性环氧树脂(环氧酯)等, 都是靠漆中结合进的植物油中的双键交联的。需要注意的是, 这些漆在其他的干燥方式下(如加热固化)就不一定采用这种交联方式。

不饱和聚酯漆中的不饱和聚酯树脂中的双键与作为溶剂的苯乙烯中的双键发生自由基聚合而交联。涂料中应用的高分子树脂如丙烯酸树脂、水性丙烯酸树脂以及其他乙烯树脂都是自由基聚合生成的。

④ 异氰酸根与羟基的反应 带有多个异氰酸根 (—NCO) 的树脂与带有多个羟基的树脂发生交联反应 ($\text{—NCO} + \text{聚合物—OH} \longrightarrow \text{—NHCOO—}$)。聚氨酯漆主要应用的就是该反应。



⑤ 环氧-胺 环氧树脂和多元有机胺反应发生交联, 这就是双组分室温固化环氧树脂漆。

⑥ 甲醛缩合反应 甲醛与酚类缩合形成酚醛树脂(形成羟甲基 $\text{—CH}_2\text{OH}$), 与三聚氰胺、尿素等的氨基反应(形成羟甲基 $\text{—CH}_2\text{OH}$)成为氨基树脂。为在有机溶剂中能溶解, 通常还用丁醇把羟甲基 $\text{—CH}_2\text{OH}$ 醚化。

涂料的名称由三部分组成, 即颜料或颜色的名称、主要成膜物质的名称、基本名称。

涂料的颜色位于最前面, 如红色醇酸磁漆。若颜料对漆膜性能起显著作用, 则可用颜料的名称代替颜色的名称, 如锌黄酚醛防锈漆。

基本名称仍采用我国广泛使用的名称, 如清漆、磁漆、底漆、粉末涂料等, 见表 1-3。在成膜物质和基本名称之间, 必要时可标明专业用途或特性等。如醇酸导电磁漆、白色硝基外用磁漆。

凡是烘烤干燥的漆, 名称中都有“烘干”或“烘”字样。如果没有, 即表明该漆常温干燥或烘烤干燥均可, 如绿色环氧电容器烘漆、白色氨基烘干磁漆等。

不同的漆料组成的烘漆, 各有其规定烘烤温度范围和烘烤时间, 温度过高或时间过长, 会使漆膜变色或发脆, 降低耐久性能; 温度过低或时间过短, 则不能达到全部交联聚合的目的, 这样即使固化成膜, 其耐久性和光泽也不好。

需要注意的是, 国际科技期刊上一般使用成膜物质称呼涂料, 如醇酸树脂漆、氨基树脂漆、酚醛树脂漆、聚氨酯树脂漆、环氧树脂漆、聚酯树脂漆、丙烯酸树脂漆。我国行业内或涂料销售时通常采用基本名称, 而不考虑涂料的组成, 如家具漆、船舶漆、铅笔漆。

表 1-3 涂料的基本名称及代号

代 号	基本名称	代 号	基本名称	代 号	基本名称
00	清油	22	木器漆	53	防锈漆
01	清漆	23	罐头漆	54	耐油漆
02	厚漆	30	(浸渍)绝缘漆	55	耐水漆
03	调和漆	31	(覆盖)绝缘漆	60	耐火漆
04	磁漆	32	(绝缘)磁漆	61	耐热漆
05	粉末涂料	33	(黏合)绝缘漆	62	示温漆
06	底漆	34	漆包线漆	63	涂布漆
07	腻子	35	硅钢片漆	64	可剥漆
09	大漆	36	电容器漆	66	感光涂料
11	电泳漆	37	电阻漆	67	隔热涂料
12	乳胶漆	38	半导体漆	80	地板漆
13	其他水性漆	40	防污漆	81	渔网漆
14	透明漆	41	水线漆	82	锅炉漆
15	斑纹漆	42	甲板漆	83	烟囱漆
16	锤纹漆	43	船壳漆	84	黑板漆
17	皱纹漆	44	船底漆	85	调色漆
18	裂纹漆	50	耐酸漆	86	标志漆、马路画线漆
19	晶纹漆	51	耐碱漆	98	胶液
20	铅笔漆	52	防腐漆	99	其他

注：基本名称代号划分如下：00~13 代表涂料的基本品种；14~19 代表美术漆；20~29 代表轻工用漆；30~39 代表绝缘漆；40~49 代表船舶漆；50~59 代表防腐蚀漆；60~79 代表特种漆；80~99 代表其他用途漆。

为了区别同一大类中的各个品种的涂料，同时也为了在产品图纸上表示方便，我们采用涂料的型号来表示涂料。涂料的型号包括三部分内容：主要成膜物质的种类代号、涂料的基本名称和序号。序号表示一大类涂料的各个品种之间在组成、配比、性能、用途方面的差异。例如：C04-2（C 代表醇酸树脂，04 代表磁漆，2 代表序号）是醇酸磁漆。Q01-17（Q 代表硝酸纤维素，01 代表清漆，17 代表序号）是硝基清漆。涂料序号的命名规则见表 1-4。

表 1-4 涂料产品的序号

涂 料 品 种		序 号	
		自 干	烘 干
清漆、底漆、腻子		1~29	30 以上
磁漆	有光	1~49	50~59
	半光	60~69	70~79
	无光	80~89	90~99
专业用漆	清漆	1~9	10~29
	有光磁漆	39~49	50~59
	半光磁漆	60~64	65~69
	无光磁漆	70~74	75~79
	底漆	80~89	90~99

注：氨基漆不完全符合此规则。

涂料型号举例：Y53-31 红丹油性防锈漆；A04-81 黑色氨基无光烘干磁漆；H52-98 铁红环氧酚醛烘干防腐底漆；G64-1 过氯乙烯可剥漆；S54-31 白色聚氨酯耐油漆。

涂料辅助材料常用的有 5 种：稀释剂（代号为 X）；防潮剂（代号为 F）；催干剂（代号为 G）；脱漆剂（代号为 T）；固化剂（代号为 H）。

辅助材料的型号表示举例：X-5 是丙烯酸漆稀释剂，X-10 是聚氨酯漆稀释剂，其中 5