

■ 张学敏 编著

涂装工艺学



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

涂 装 工 艺 学

张学敏 编著

化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

涂装工艺学/张学敏编著. —北京:化学工业出版社,
2002.9

ISBN 7-5025-3996-4

I. 涂… II. 张… III. 涂料-工艺学 IV. TQ630.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 054789 号

涂 装 工 艺 学

张学敏 编著

责任编辑: 丁尚林

责任校对: 蒋 宇

封面设计: 潘 峰

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 13 插页 1 字数 348 千字

2002 年 9 月第 1 版 2002 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3996-4/TQ·1576

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

序

随着我国社会经济的快速发展，各类产品的外观装饰和保护日益受到各家企业的重视，但在涂装作业过程中，经常出现各种各样的问题，对于生产一线的技术人员，迫切需要一本系统全面、理论与实例相结合的涂装技术图书。作者以武汉理工大学化工系的涂装工艺学、金属表面处理工艺学和涂装工艺设计基础等专业课讲义为基础，结合涂装生产管理与涂料涂装的最新知识和技术，以及本人长期的教学与科研工作积累，编写了这本《涂装工艺学》。

本书主体围绕涂装材料、涂装方法与工艺、涂装生产管理及涂装车间设计布置来阐述。由于任何产品都需要涂漆保护和装饰，因此涂装技术与各个行业、各类产品都有联系，本书着重抓住工厂化涂装作业、现场涂装施工及各类被涂产品的材质的特点在相关章节来充分表述。

本书共十二章。第一章至第三章介绍涂料涂装的基础知识、发展过程及涂料品种与选用。涂料品种仅介绍合成树脂类涂料，种类则兼顾到各类材质、各类产品所需之涂料。同时列举了一些配方，便于读者更好地把握各种涂料的性质，还介绍了许多新品种和新知识（如纳米材料在特种涂料中的应用等）。

第四章介绍了各类材质的漆前处理原理、工艺和方法。

第五章介绍了各类涂装方法和喷漆室的原理、特点与选用。

第六章介绍了涂料干燥原理与烘干装备。

第七章介绍了各类代表性材质和产品的涂装工艺，如汽车车身涂漆、塑料涂漆、木材涂漆、建筑涂料施工及重防腐蚀涂装工艺。

第八章介绍了涂装质量检测与管理、常见涂装缺陷与措施。其中介绍测试方法时，都附上了相应的最新国家标准，便于读者对照查阅。对于某些常见缺陷作了一定的理论知识介绍，便于生产技术

人员判断产生缺陷的根源。

第九章~第十二章介绍了涂装污染与治理、涂装安全与卫生、涂装车间设计布置及涂装工程验收。这部分内容全部以国家标准为准则,简明扼要地进行了阐述,便于相关专业技术人员进行涂装车间设计、改造时进行参考。在介绍涂装工艺技术经济指标时,简单介绍了价值工程概念,并介绍了确定权值的简易方法,便于读者通过简单方法来进行各类涂装工艺的技术经济性判别。

由于传统涂装过程对大气环境易造成严重污染,因此在本书中,不仅介绍了涂装污染治理方法,更从源头控制方面介绍了各类低 VOC 排放涂装体系和绿色涂料涂装技术新概念和新知识,希望借此促进全国涂装行业快速地向低污染、绿色化方向发展。

在本书编写过程中,责任编辑丁尚林先生对本书的编写结构提出了很好的宝贵建议,并在选题与编辑过程中付出了大量心血,使本书得以以全新的面貌呈现给读者,在此表示衷心感谢。

由于本人水平有限,在编写过程中可能存在某些不妥之处或错误,恳请读者给以指正。

编者

2002 年 5 月 18 日

目 录

第一章 绪论	1
第一节 涂层的功能	1
第二节 涂料与涂装技术发展简史	2
第三节 涂料组成、分类和命名	5
一、涂料的组成	5
二、涂料的分类	6
三、涂料的编号与命名	7
第四节 涂装基本要素	9
第五节 工业化涂装类别	10
第二章 涂料品种与特性	12
第一节 硝基漆	12
第二节 醇酸树脂漆	14
第三节 氨基烘漆	16
第四节 环氧树脂漆	18
第五节 聚酯树脂漆	20
第六节 丙烯酸树脂漆	21
第七节 聚氨酯漆	23
第八节 氟树脂漆	25
一、氟树脂的特性	25
二、热塑性氟树脂	26
三、交联性氟树脂	31
第九节 有机硅树脂漆	34
第十节 乙烯基树脂漆	37
一、PVC 涂料	37
二、氟酯共聚树脂漆	38
三、磷化底漆	39
四、氟化聚丙烯涂料	39

五、高氯化聚乙烯	39
第十一节 现代环境性涂料	40
一、高固体分涂料	40
二、粉末涂料	42
三、水性涂料	45
四、光固化涂料	52
第十二节 特种涂料	53
一、润滑涂料	54
二、示温涂料	56
三、伪装涂料	59
四、导电和防静电涂料	61
五、防污涂料	62
六、防火涂料	64
第三章 涂料的选用	66
第一节 涂料选择	66
一、根据被涂产品的使用环境条件来选择	66
二、根据涂漆产品的材质来选择	68
三、选择的涂料应满足施工条件的要求	69
四、根据技术经济性来选择涂料	69
五、复合涂层各涂料应配套使用	71
第二节 涂料用量估算	72
一、计算法求涂料需要量	72
二、统计法估计原材料消耗	75
三、实测法	75
第三节 涂料兑稀方法	77
第四节 涂层色彩设计	78
一、色彩的功能	78
二、色彩规划	79
第四章 漆前表面处理	80
第一节 漆前表面处理的作用和方法	80
一、漆前表面处理的作用	80
二、漆前表面处理的方法和特点	82
三、漆前表面处理方法的选择	83

第二节 除锈	84
一、化学除锈	85
二、机械除锈	92
三、除锈质量等级	94
第三节 除油	95
一、表面活性和表面活性剂的性质	95
二、清洗剂的除油机理	101
三、水基清洗剂组成和应用	103
第四节 磷化处理	113
一、磷化膜种类、组成与结构	113
二、磷化成膜机理	116
三、磷化膜的一般特性	124
四、磷化成膜影响因素	135
五、磷化工艺和设备	146
六、磷化膜的防护性能	153
第五节 氧化处理	159
一、化学氧化	159
二、铝阳极氧化	161
第六节 塑料表面处理	165
一、塑料的特性	165
二、塑料表面处理方法	166
第五章 涂装方法和装备	169
第一节 空气喷涂	169
一、空气喷涂原理与特点	169
二、空气喷涂设备	169
三、空气喷涂操作方法	172
四、环保性空气喷涂	174
五、加热喷涂	175
第二节 高压无气喷涂	176
一、原理与特点	176
二、高压喷涂设备	177
三、高压喷涂工艺条件	180
四、改进型高压喷涂	182

第三节 静电喷涂	183
一、静电喷涂原理	183
二、静电涂装特点	184
三、静电涂装的类型	185
四、静电喷涂影响因素	187
五、静电喷涂实例	188
第四节 粉末涂装	190
一、粉末涂装的特点	190
二、粉末涂装方法	191
三、粉末静电喷涂设备及工艺	192
第五节 电泳涂装	195
一、电泳涂装原理	195
二、电泳涂装特点	197
三、电泳涂装工艺参数控制	198
四、电泳涂装设备	204
第六节 自泳涂装	207
一、自泳涂装原理	207
二、自泳涂装特点	207
第七节 帘幕涂和辊涂	209
一、帘幕涂	209
二、辊涂	211
第八节 涂装方法选择	212
第九节 喷漆室	214
一、喷漆室分类	214
二、各类喷漆室的特征	215
第六章 涂料干燥与成膜	221
第一节 涂料成膜机理	221
一、非转化型涂料	221
二、转化型涂料	225
第二节 涂膜干燥方法	229
第三节 烘干设备	231
一、烘干室种类及烘干过程	231
二、对流式烘干设备	234

三、热辐射烘干设备	236
四、涂膜干燥方式的选择	238
第七章 涂漆工艺	240
第一节 制定涂漆工艺的基本原则	240
第二节 汽车车身涂漆工艺	242
一、汽车涂层标准	242
二、汽车涂料选择	242
三、确定漆前处理剂和工艺方式	244
四、选择涂装方法和设备	245
五、选择干燥方式	245
六、汽车涂漆工艺实例	246
第三节 汽车零部件涂漆工艺	255
第四节 农业机械涂漆工艺	260
第五节 摩托车涂漆工艺	261
第六节 塑料涂漆工艺	263
一、塑料种类与特性	263
二、塑料涂层附着力的影响因素	265
三、塑料涂漆工艺	268
四、最新塑料涂漆方法	270
第七节 木材涂饰	272
一、干燥	272
二、除毛刺	273
三、除松脂	273
四、漂白	273
五、着色	274
六、填孔	276
七、木器涂漆工艺	277
第八节 美术涂饰	280
一、大理石纹的涂饰	281
二、皱纹漆的涂饰	282
三、锤纹漆涂饰	282
四、裂纹漆的涂饰	283
五、结晶漆的涂饰	284

六、彩纹涂饰(浮漆涂饰法)	284
七、印花涂饰	284
八、绒面涂饰	285
九、浮雕漆涂饰	285
十、闪光漆涂饰	286
十一、粉末涂饰	287
第九节 建筑涂料施工	288
一、概述	288
二、建筑涂料施工工艺	291
第十节 重防腐涂漆工艺	291
一、重防腐涂层的构成	291
二、重防腐涂料种类	292
三、重防腐涂层施工	293
第十一节 绿色涂料与涂装技术	296
一、超临界 CO_2 清洗	296
二、无废液排放的磷化技术	298
三、超临界 CO_2 喷涂技术	299
四、高红外辐射固化技术	302
第八章 涂装质量评价	307
第一节 涂装质量标准制定	307
第二节 涂料性能测试	309
一、外观	309
二、粘度(GB/T 1723—93)	310
三、细度(GB/T 6753.1—86)	310
四、固体分	311
第三节 涂料施工性能测定	311
一、干燥性	311
二、遮盖力	313
三、厚度	313
四、流平与流挂性	315
五、打磨性(GB/T 1770—89)	315
六、重涂性	315
第四节 涂膜性能测试	316

一、涂膜外观	316
二、硬度	320
三、冲击强度	321
四、柔韧性	321
五、附着力	322
六、杯突实验 (GB/T 9753—88)	323
七、耐磨性	323
八、抗石击性	324
九、耐水性	324
十、耐汽油性	325
十一、耐化学性	325
十二、耐洗刷性	325
十三、耐湿热性	325
十四、盐雾试验	326
十五、大气老化试验	327
十六、人工加速老化试验	328
十七、漆膜耐候性评级 (GB/T 1766—95)	329
第五节 漆前处理质量检测与评价	332
一、除锈	332
二、除油	333
三、磷化	333
四、铝表面钝化	333
第六节 涂膜缺陷与对策	333
一、流挂	333
二、橘纹	337
三、颗粒	340
四、露底	340
五、咬底	341
六、发白	341
七、拉丝	342
八、缩孔	342
九、气泡与气孔	342
十、针孔	343

十一、发花	343
十二、浮色	344
十三、渗色	344
十四、闪光漆色调不均匀	344
十五、光泽低	345
十六、剥落	345
第九章 涂装污染治理与安全、卫生	347
第一节 概述	347
第二节 废水治理	349
一、废水治理方法	349
二、漆前废水治理	352
三、电泳涂漆废水治理	356
第三节 废气治理	357
一、废气治理方法	357
二、低 VOC 排放涂装体系	359
第四节 涂装作业安全、卫生	364
一、概述	364
二、涂装作业安全	365
三、涂装作业卫生	366
第十章 涂装车间布置	368
第一节 涂装车间的布置设计	368
一、车间厂房布置设计的条件和依据	368
二、车间厂房的布置设计	369
三、生产辅助设施的布置和设计	371
第二节 油漆车间对涂装环境的要求	372
一、采光和照明	372
二、温度和湿度	372
三、空气清洁度	373
四、通风换气	374
五、防火防爆	374
六、涂装车间地面	375
第三节 厂房布置设计步骤	376
一、厂房布置草图	376

二、厂房布置图	376
三、厂房布置设计实例	377
第十一章 涂装工艺技术经济指标	386
第十二章 涂装工程验收	394
第一节 涂装工程验收总则	394
第二节 涂装设备的制造施工与验收	395
第三节 管路系统的施工验收	396
第四节 风机与泵的安装验收	396
一、风机安装验收	396
二、泵安装验收	397
三、风机与泵的验收	397
第五节 设备、管道的保温施工和验收	397
第六节 输送设备的安装验收	397
第七节 电控系统的安装施工验收	398
一、低压电器	398
二、控制盘	398
三、外部配线	398
第八节 涂装设备试运转	399
第九节 涂装设备性能验收项目	399
一、前处理设备	399
二、电泳设备	399
三、喷漆室	400
四、流平室	400
五、烘道	400
参考文献	401

第一章 绪 论

第一节 涂层的功能

涂料是一种流动状态（少量是粉末状态）的有机物质，采取刷、淋、浸、喷等简单的施工方法，并经自干或固化，能够很方便地在物体表面牢固覆盖一层均匀的薄膜（即涂层）。该涂层将对物体起保护作用、装饰作用、标志作用和其他各方面的特殊作用。

1. 保护作用

在社会生活中，我们所接触到的各类生产和生活用具、设备，都是由各类金属、木材和塑料制造的。金属材料会受到环境中腐蚀性介质、水分和空气中氧的侵蚀和腐蚀，尤其在海洋等恶劣环境中，金属的腐蚀极为严重，每年因腐蚀造成的损失占国民生产总值比例都很可观，而采取各类防腐蚀方法的开支费用中，采用涂装保护的花费占到60%以上。由于用涂层保护非常简便有效，如在海洋恶劣环境中的设施，不保护的寿命只有几年，采用重防腐蚀涂层并定期加以维护，海洋设施的使用寿命可提高到30~50年，甚至100年。因此，用涂层来进行保护，应用最为广泛，是金属防腐蚀的重要手段，它的消耗量要占到钢铁产量的2%。木材易受潮气、微生物的作用而腐烂，塑料则会受光和热的作用而降解。因此木材和塑料也要用涂层来保护。

2. 装饰作用

用各种颜色来美化物品、美化生活和工作环境，这是人类情感上的需要，是人的天性。涂料很容易配出成千上百种颜色，加上涂层平整光亮，甚至可以做出各种立体质感的效果，如锤纹、橘纹、裂纹、晶纹、闪光珠光、多彩和绒面等，装饰效果极佳，加上施工方法便利，因而人们喜欢用涂料来装饰美化各种用具、物品和生活

环境，使大家得到美和舒适的享受。

3. 标志作用

人们往往将明度高、反差强烈的几种色彩，如红、橙、黄、绿、蓝、白和黑等，用在交通管理、化工管路和容器、大型或特种机械设备上进行标识，指示道路交通、引起人们警觉，避免危险事故发生，保障人们的安全。

另外还有醒目的广告标志及公用设施的标识（如医院、消防车、救护车、邮局等），以引起人们的注意和辨别。

对于某些产品，厂家也往往用某种专用色彩来装饰，并赋予某种象征意义和内涵，使其品牌成长为名牌，因而很多颜色是用被涂产品来命名的。

4. 特殊作用

涂层除了具有上述几种常见功能外，还有六大方面的特殊功能。

- ① 力学功能 如耐磨涂料、润滑涂料、阻尼涂料等；
- ② 热功能 如示温涂料、耐高温涂料、防火阻燃涂料等；
- ③ 电磁学功能 如导电涂料、防静电涂料、电磁波吸收涂料等；
- ④ 光学功能 如发光涂料、荧光涂料、反光涂料等；
- ⑤ 生物功能 如防污涂料、防霉涂料等等；
- ⑥ 化学功能 如耐酸、耐碱等耐化学介质涂料等。

涂层的这些特殊作用，增强了产品的使用性能，拓宽了使用范围，并且对涂料和涂装技术提出了更高的要求。

第二节 涂料与涂装技术发展简史

涂料的应用已有几千年的历史，中国是发明和应用油漆最早的国家，并且古代的中国涂料技术曾有过辉煌的成就。早在新石器时代，已经利用赭石和炭黑这两种天然颜料及蛋白质等天然成膜物质调合彩绘陶器表面；到商、周时代，我国特有的天然大漆得到了发展和应用，漆器品种增多，花纹之精细、装饰之精美，令人惊叹。

到周代后期春秋时代，人们已经发现大漆除了赋予器件表面光彩之外，更有保护材质使之坚牢耐用的功能。因此，这一时代油漆的应用已从漆器扩展到日常用具、家具、兵器及乐器等，漆树、桐树的栽培及大漆、桐油的应用也已达到相当的水平，在当时已形成一个产业专门组织生产和管理。现在出土的有些秦汉漆器，仍然鲜艳如新，有的用少量桐油改性大漆，漆膜具有很好的韧性和更好的防护性，更加光彩照人；而在敦煌莫高窟，保留了 1000 多尊彩塑，色彩极其丰富，这更是世界上现存规模最宏大的艺术宝库。

但自油漆诞生以后的 2000 多年历史里，都是利用天然植物油、大漆或虫胶等天然树脂与天然颜料调配成各色油漆，油漆品种、性能和适用性都有限，施工方法全部采取手工涂饰。涂料工业的形成实际上只有 100 多年的历史，并在 20 世纪中期得到飞速发展。

20 世纪由于石油化学工业的迅猛发展，为涂料生产提供了多品种、性能全面卓越的合成树脂，使涂料新品种不断出现，由 20~30 年代出现的酚醛树脂漆、硝基漆和醇酸漆，到 60 年代以后，工业用高档涂料几乎全部被氨基、丙烯酸、聚氨酯、环氧等合成树脂漆所替代。

由于涂料是精细化学品中的一类重要产品，具有附加值高、利润率高、投资少的特点，加上涂料的多功能性及各类产品和设备的最终使用性，对涂料的需求总是非常旺盛，故现代涂料工业一直处在快速发展过程中，但竞争也极为激烈。

现代涂料生产由于技术难度大，涉及知识面广，特别是功能性涂料，需要多学科知识交叉，新品种的垄断性强，更新周期短，故属高技术密集产业。因此，涂料新产品的研究和开发充满着勃勃生机，走上了现代化发展的快道，为各行各业提供着优质产品。

被涂覆产品的工业化大规模生产，刺激了涂料生产技术的发展。一方面要提供更高品质的涂料，另一方面要求所提供的涂料能满足规模化快速流水线的施工特性要求。促使涂料施工方法和涂装技术不断的创新和提高。涂装生产也由手工作业进入高效工业化生产方式，并由空气喷涂、浸涂、淋涂、辊涂等一般高效机械化涂装