



TUZHUANG GONGYIXUE

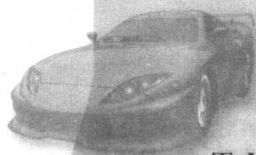
涂装工艺学

第二版

张学敏 编著



化学工业出版社



TUZHUANG GONGYIXUE

涂装工艺学

第二版

张学敏 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书先简要概括了涂料组成及分类, 涂料各组分的作用; 介绍了涂装材料, 包括传统溶剂型涂料、环保型涂料、各类建筑涂料、特种涂料及其性能与涂料配方。然后重点从原理、工艺与设备系统地阐述了钢铁、铝合金及塑料表面的涂装前处理; 各类涂装方法和喷涂室的原理、特点及选用; 涂料干燥成膜工艺方法与设备; 针对各类代表性的产品和材质, 介绍了相应的涂装工艺, 其中以汽车车身涂装为例, 全面介绍了整个涂装工艺的制定, 从理论到实施方法介绍了塑料涂装工艺; 对现场施工的重防腐涂装工艺也作了重点介绍。最后还介绍了涂料与涂层检测及涂装质量评价; 涂装污染治理与安全、卫生, 包括低 VOC 排放涂装体系和绿色涂料涂装新概念与新知识。

全书以涂装材料、工艺、管理及涂装车间设计布置与验收为主线, 对涂装工艺学作了系统阐述, 可供从事腐蚀与防护、涂料与涂装的专业技术人员参考使用, 也可作为大专院校相关专业的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

涂装工艺学/张学敏编著. —2 版. —北京: 化学工业出版社, 2006. 11

ISBN 978-7-5025-9700-9

I. 涂… II. 张… III. 涂装-工艺学 IV. TQ639

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 136552 号

责任编辑: 丁尚林

文字编辑: 李锦侠

责任校对: 郑捷

装帧设计: 韩飞

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

850mm×1168mm 1/32 印张 14 1/4 字数 399 千字

2007 年 1 月北京第 2 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: 28.00 元

版权所有 违者必究

第二版前言

《涂装工艺学》问世以来，受到广大读者的欢迎，多次重印，针对近来国内经济与社会持续快速的发展，以及腐蚀损失日益引起人们的重视与关注、能源与资源紧缺制约经济发展等问题，为适应这一新的形势，对第一版相关内容进行了补充和完善，包括如下内容。

第一章：增加涂料组成中的各组分、作用与影响内容，以便读者能从整体上把握涂料的性质及影响因素。

第二章：对建筑涂料，增加了隔热保温涂料、建筑防水涂料、蓄光（发光）涂料及施工工艺等新内容；完善了防火涂料、伪装涂料等特种涂料的内容。

第七章：对塑料涂装、木材涂饰、建筑涂料施工及重防腐蚀涂装工艺进行了某些内容的补充和完善。

第二版虽然对原书的某些错误进行了更正，但因本人水平和能力有限，可能还会有某些问题遗漏，恳请读者及时给以指正。

编著者

2007年1月

第一版前言

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书籍。现以武汉理工大学化工系“涂料涂装”专业方向的涂装工艺学、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装保护和装饰，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特点在相关章节中进行了充分表述。

本书共十二章。第一～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脾性，还介绍了一些新品种和新知识（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涂装前处理原理、工艺和方法。

第五章介绍了各类涂装方法和喷涂室的原理、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，如汽车车身涂装、塑料涂装、木材涂装、建筑涂料施工及长效腐蚀涂装工艺。

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~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、改造时借鉴参考。在介绍涂装工艺技术经济指标时,简单介绍了价值工程的概念,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造成严重的污染,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的新概念和新知识,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,责任编辑对本书的编写结构提出了宝贵建议,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疏漏之处,恳请读者给予指正。

编著者

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	3
第三节 涂料组成	5
第四节 涂料的分类和命名	8
一、涂料的分类	8
二、涂料的编号与命名	9
第五节 涂装基本要素	11
第六节 工业化涂装类别	12
第二章 涂料品种与特性	14
第一节 硝基纤维素涂装	14
第二节 醇酸树脂涂料	16
第三节 氨基烘漆	18
第四节 环氧树脂涂料	20
第五节 聚酯树脂涂料	23
第六节 丙烯酸树脂涂料	23
第七节 聚氨酯涂料	26
第八节 氟树脂涂料	28
一、氟树脂的特性	28
二、热塑性氟树脂	29
三、交联性氟树脂	33
第九节 有机硅树脂涂料	37
第十节 乙烯基树脂涂料	40
一、PVC 涂料	40
二、氯醋共聚树脂涂料	41
三、磷化预涂涂料	41
四、氯化聚丙烯涂料	42

五、高氯化聚乙烯	42
第十一节 现代环境型涂料	43
一、高固体分涂料	43
二、粉末涂料	45
三、水性涂料	48
四、光固化涂料	55
第十二节 特种涂料	56
一、润滑涂料	57
二、示温涂料	59
三、伪装涂料	62
四、导电和导静电涂料	70
五、防污涂料	71
六、阻燃涂料	73
七、隔热保温涂料	76
八、建筑防水涂料	89
九、蓄光(发光)涂料	92
第三章 涂料的选用	94
第一节 涂料选择	94
一、根据被涂产品的使用环境条件来选择	94
二、根据涂料产品的材质来选择	94
三、选择的涂料应满足施工条件的要求	97
四、根据技术经济性来选择涂料	97
五、复合涂层各涂料应配套使用	99
第二节 涂料用量估算	100
一、计算法求涂料需要量	100
二、统计法估计原材料消耗量	102
三、实测法	103
第三节 涂料兑稀方法	105
第四节 涂层色彩设计	105
一、色彩的功能	105
二、色彩规划	106
第四章 涂装前表面处理	108
第一节 涂装前表面处理的作用和方法	108
一、涂装前表面处理的作用	108

二、涂装前表面处理的方法和特点	110
三、涂装前表面处理方法的选择	111
第二节 除锈	112
一、化学除锈	112
二、机械除锈	119
三、除锈质量等级	122
第三节 除油	123
一、表面活性和表面活性剂的性质	123
二、清洗剂的除油机理	129
三、水基清洗剂的组成和应用	131
第四节 磷化处理	141
一、磷化膜的种类、组成与结构	141
二、磷化成膜机理	144
三、磷化膜的一般特性	153
四、磷化成膜影响因素	164
五、磷化工艺和设备	174
六、磷化膜的防护性能	183
第五节 氧化处理	189
一、化学氧化	189
二、铝阳极氧化	191
第六节 塑料表面处理	195
一、塑料的特性	195
二、塑料表面处理方法	195
第五章 涂装方法和装备	200
第一节 空气喷涂	200
一、空气喷涂原理与特点	200
二、空气喷涂设备	200
三、空气喷涂操作方法	203
四、环保型空气喷涂	205
五、加热喷涂	206
第二节 高压无气喷涂	208
一、原理与特点	208
二、高压无气喷涂设备	208
三、高压无气喷涂工艺条件	212

四、改进型高压无气喷涂	213
第三节 静电喷涂	214
一、静电喷涂原理	214
二、静电涂装的特点	215
三、静电喷涂的类型	216
四、静电喷涂的影响因素	218
五、静电喷涂实例	219
第四节 粉末涂装	221
一、粉末涂装的特点	221
二、粉末涂装方法	222
三、粉末静电喷涂设备及工艺	223
第五节 电泳涂装	226
一、电泳涂装原理	226
二、电泳涂装的特点	228
三、电泳涂装工艺参数控制	229
四、电泳涂装设备	235
第六节 自泳涂装	238
一、自泳涂装原理	238
二、自泳涂装特点	239
第七节 帘幕涂和辊涂	240
一、帘幕涂	240
二、辊涂	242
第八节 涂装方法选择	243
第九节 喷涂室	246
一、喷涂室的分类	246
二、各类喷涂室的特征	246
第六章 涂料干燥与成膜	253
第一节 涂料成膜机理	253
一、非转化型涂料	253
二、转化型涂料	258
第二节 涂膜干燥方法	262
第三节 烘干设备	264
一、烘干室的种类及烘干过程	264
二、对流式烘干设备	266

三、热辐射烘干设备	268
四、涂膜干燥方式的选择	271
第七章 涂装工艺	273
第一节 制定涂装工艺的基本原则	273
第二节 汽车车身涂装工艺	275
一、汽车涂层标准	275
二、汽车涂料选择	276
三、确定涂装前处理剂和工艺方式	277
四、选择涂装方法和设备	280
五、选择干燥方式	280
六、汽车涂装工艺实例	281
第三节 汽车零部件涂装工艺	289
第四节 农业机械涂装工艺	292
第五节 摩托车涂装工艺	294
第六节 塑料涂装工艺	295
一、塑料种类与特性	295
二、塑料涂层附着力的影响因素	297
三、塑料涂装工艺	300
四、最新塑料涂装方法	303
第七节 木材涂饰	305
一、干燥	305
二、除毛刺	305
三、除松脂	306
四、漂白脱色	306
五、着色	307
六、填孔	309
七、木器涂装工艺	311
第八节 美术涂饰	318
一、大理石纹的涂饰	318
二、皱纹涂料的涂饰	319
三、锤纹涂料涂饰	320
四、裂纹涂料的涂饰	321
五、晶纹涂料的涂饰	321
六、彩纹涂饰（涂料漂浮涂饰法）	322

七、印花涂饰	322
八、绒面涂饰	323
九、浮雕涂料涂饰	323
十、金属底色漆涂饰	324
十一、粉末涂饰	324
第九节 建筑涂料施工	326
一、概述	326
二、建筑涂料施工工艺	328
第十节 长效耐腐蚀涂装工艺	330
一、长效耐腐蚀涂层的构成	330
二、长效耐腐蚀涂料的种类	331
三、重防腐蚀涂料的施工	335
第十一节 绿色涂料与涂装技术	339
一、超临界 CO ₂ 清洗	339
二、无废液排放的磷化技术	341
三、超临界 CO ₂ 涂料喷涂技术	342
四、高效节能的高红外辐射固化技术	345
第八章 涂装质量评价	350
第一节 涂装质量标准制定	350
第二节 涂料性能测试	352
一、外观	352
二、黏度 (GB/T 1723—93)	352
三、细度 (GB/T 6753.1—86)	353
四、固体分	353
第三节 涂料施工性能测定	354
一、干燥性	354
二、遮盖力	355
三、厚度	356
四、流平能力与抗流挂性	358
五、打磨性 (GB/T 1770—89)	358
六、重涂性	358
第四节 涂膜性能测试	359
一、涂膜外观	359
二、硬度	363

三、冲击强度	364
四、柔韧性	364
五、附着力	364
六、杯突实验 (GB/T 9753—88)	365
七、耐磨性	365
八、抗石击性	366
九、耐水性	367
十、耐汽油性	367
十一、耐化学性	367
十二、耐洗刷性	368
十三、耐湿热性	368
十四、盐雾试验	369
十五、大气老化试验	370
十六、人工加速老化试验	371
十七、涂膜耐候性评级 (GB/T 1766—95)	371
第五节 涂装前处理质量检测与评价	374
一、除锈	374
二、除油	375
三、磷化	375
四、铝表面钝化	375
第六节 涂膜缺陷与对策	376
一、流挂	376
二、橘纹	379
三、颗粒	382
四、露底	383
五、咬底	383
六、发白	384
七、拉丝	384
八、缩孔	385
九、气泡与气孔	385
十、针孔	385
十一、发花	386
十二、浮色	386
十三、渗色	386

十四、闪光涂膜色调不均匀	387
十五、光泽低	387
十六、剥落	388
第九章 涂装污染治理与安全、卫生	389
第一节 概述	389
第二节 废水治理	391
一、废水治理方法	391
二、涂装前废水治理	394
三、电泳涂装废水治理	398
第三节 废气治理	399
一、废气治理方法	399
二、低 VOC 排放涂装体系	401
第四节 涂装作业安全、卫生	406
一、概述	406
二、涂装作业安全	407
三、涂装作业卫生	409
第十章 涂装车间布置	410
第一节 涂装车间的布置设计	410
一、车间厂房布置设计的条件和依据	410
二、车间厂房的布置设计	411
三、生产辅助设施的布置和设计	412
第二节 涂装车间对涂装环境的要求	414
一、采光和照明	414
二、温度和湿度	415
三、空气清洁度	415
四、通风换气	416
五、防火防爆	416
六、涂装车间地面	417
第三节 厂房布置设计步骤	418
一、厂房布置草图	418
二、厂房布置图	418
三、厂房布置设计实例	419
第十一章 涂装工艺技术经济指标	428
第十二章 涂装工程验收	435

第一节	涂装工程验收总则	435
第二节	涂装设备的制造施工与验收	436
第三节	管路系统的施工验收	437
第四节	风机与泵的安装验收	437
一、	风机安装验收	437
二、	泵安装验收	438
三、	风机与泵的验收	438
第五节	设备、管道的保温施工和验收	438
第六节	输送设备的安装验收	438
第七节	电气控制系统安装施工验收	439
一、	低压电器	439
二、	控制盘	439
三、	外部配线	439
第八节	涂装设备试运转	440
第九节	涂装设备性能验收项目	440
一、	前处理设备	440
二、	电泳设备	440
三、	喷涂室	441
四、	流平室	441
五、	烘道	441
参考文献		442

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，大多是由各类金属、木材和塑料制造而成的。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作用，尤其在海洋恶劣环境中，金属的腐蚀极为严重，《中国腐蚀调查报告》的数据表明，我国年度金属腐蚀损失为 5000 亿元，这还仅仅是就重大工程项目进行的不完全统计，若再加上矿山、冶金、轻工、食品和造纸等行业及合资与民营企业的腐蚀损失，我国的年腐蚀损失会更大。

根据世界上一些国家的统计，年度腐蚀损失可占当年国家国民生产总值（GDP）的 2%~4%，腐蚀过程和结果实际上也造成了地球的有限资源和能源的极大浪费，并使自然环境污染加重。

金属的腐蚀可采用涂装方法来保护，由于涂层保护非常简便有效，不管是一般领域还是重大工程建设场合，涂层保护都是重要而最有效的防腐蚀方法。例如在海洋恶劣环境中的设施，不保护的寿命只有几年，采用长效耐腐蚀涂层并定期加以维护，海洋设施的使用寿命可延长到 30~50 年，甚至 100 年。像我国现行的“西气东输”天然气项目的埋地管道建设，也是采用了三层聚乙烯涂层加阴极保护联合的国际一流保护技术，该项技术的成功应用可使从采用

一般腐蚀防护措施的 20 年使用寿命延长到 50 年以上，因此涂层保护已成为我国重大工程建设的“护航舰”，应用最为广泛，是金属腐蚀防护的重要手段，其涂料的消耗量要占到钢铁产量的 2%，若按被保护金属的面积计算，涂层保护占到 80% 以上。

木材和塑料也是当今社会广泛使用的两种材料，木材易受潮汽、微生物的作用而腐烂，塑料则会受光和热的作用而降解。因此木材和塑料同样也要用涂层来保护。

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，人们因此最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，在其品牌成长为名牌的过程中赋予某种象征意义和内涵，因而很多颜色也用被涂产品来命名。

4. 特殊作用

涂层除了赋予上述几种常见功能外，还有如下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、导静电涂料、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；