



COATINGS TECHNOLOGY

涂料工艺

第四版 上册

刘登良 主编



化学工业出版社

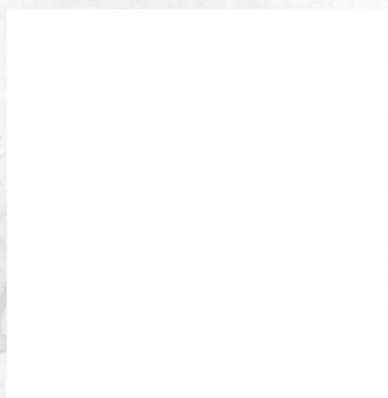
COATINGS TECHNOLOGY

涂料工艺

第四版

上册

刘登良 主编



TQ630.1
L603.04



化学工业出版社

·北京·

《涂料工艺》第四版在保持第三版基本结构的基础上,从市场经济条件下对涂料技术发展和管理的出发点进行修订。全书共分五篇:导论、涂料原材料、涂料各论、涂料的制造过程控制、涂装过程控制。涂料原材料篇尽量引入新观念、新材料、新原理和新标准,力求在与国际接轨的同时而又兼顾我国是发展中国家的现实,坚持先进性、实用性和经济性的统一。涂料各论篇按用途进行编写,涵盖涂料的基本品种,力求反映其现代技术水平,除提供实用的基础配方外重点讲述配方原理。涂料的制造过程控制篇介绍了涂料生产设备、涂料工厂设计、原料与产品的标准和检验,更加强调法规要求。涂装过程控制篇增加了涂料涂装工艺一体化的理念,强调了涂装现场管理和技术服务的重要性。

全书从涂料的基础知识、基本理论、原材料和产品性能要求和检测标准、配方原理、涂料生产过程控制、涂装工艺要求、涂装技术服务和涂装缺陷控制等方面对涂料工艺进行系统和全面的论述,帮助涂料行业从业人员树立涂料工艺的整体观,为涂料技术创新拓展思路。同时新版力求保持第三版实用性特点,所列配方翔实可靠,并标明原材料规格和供应商。本书可供涂料和涂装行业的工程技术人员、管理人员和技师阅读,也可作为大专院校相关专业师生的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

涂料工艺/刘登良主编. —4 版. —北京:化学工业出版社, 2009. 12

ISBN 978-7-122-06676-3

I. 涂… II. 刘… III. 涂料-工艺学 IV. TQ630.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 165727 号

责任编辑:顾南君

文字编辑:冯国庆、王琪、向东、管景岩、林丹、李玥

责任校对:宋 夏

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

787mm×1092mm 1/16 印张 129 字数 3428 千字 2010 年 1 月北京第 4 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:280.00 元

版权所有 违者必究

涂料工艺编委会

主 编 刘登良

编 委 (按拼音排序)

洪啸吟	李荣俊	刘登良	刘国杰	刘会成	钱伯荣
沈 浩	石玉梅	王 健	叶汉慈	虞兆年	

编写人员 (按拼音排序)

蔡国强	陈 革	戴蓉晖	杜长森	杜玲玲	杜 阳
方达经	冯俊忠	龚 骏	黄 安	黄微波	金晓鸿
赖 华	李桂宁	李华刚	李继华	李荣俊	李少香
李兴仁	林 安	林绍基	林雪南	林宣益	刘登良
刘国杰	刘 红	刘会成	刘林生	刘宪文	刘 新
刘志刚	吕仕铭	罗先平	马 赫	马 宏	孟军锋
孟庆昂	潘元奇	钱 捷	钱叶苗	邱星林	任卫东
史春晖	史英冀	宋志荣	孙凌云	唐 峰	唐海英
田育廉	汪盛藻	王华进	王 健	王利群	王庆生
吴伟卿	吴智慧	谢 劲	谢晓芳	徐 锋	杨建文
杨其岳	叶汉慈	易海瑞	虞兆年	袁林森	张纯名
张剑秋	赵 君	赵琪慧	曾光明	周琼辉	周志鹤
朱 红	朱 洪	朱龙观	祝家洵		

支持单位 (排名不分先后)

中国涂料工业协会

海洋化工研究院

中海油常州涂料化工研究院

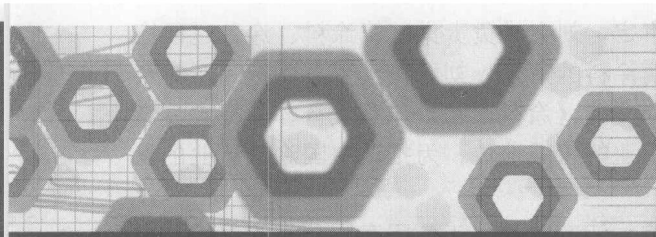
北京红狮漆业有限公司

武汉力诺化学集团有限公司

陕西宝塔山油漆股份有限公司

中远关西涂料化工有限公司

中华制漆(深圳)有限公司



前言

《涂料工艺》自 1970 年问世，历经 1992~1996 年改版为 6 个分册，1997 年再改为第三版的合订两册。《涂料工艺》第二版于 1997 年获第八届全国优秀科技图书二等奖；于 1998 年获国家石油和化学工业局科技进步二等奖。作为涂料行业集体智慧的结晶和权威的专著哺育了两代涂料专业技术和管理人员，功不可没。但是，对涂料工艺的认识基本上还处在计划经济的思维体系和框架中。最近十几年来，在改革开放和国民经济快速稳定增长，以及中国成为“世界制造基地”，在经济全球化和市场国际化的推动下，中国涂料行业的发展进入了快车道。从 20 世纪 90 年代的 100 万吨/年猛增至 2008 年的 600 多万吨/年，中国已成为世界第一大涂料生产和消费国。世界排名前二十位的跨国公司都已进入中国市场并完成了本地化生产的战略布局，成为中国涂料行业重要组成部分。再加上大批原材料、涂料设备和检测仪器供应商的进驻，中国涂料行业的技术发展水平、产品结构和管理水平迅速与国际接轨，融入国际化竞争的大环境。与此同时，在涂料研发和生产工艺控制中，ISO 9001 质量管理体系、ISO 14001 环境管理体系、ISO-18000 安全和职业健康管理体系等先进的管理理念在行业中实践了十多年。而可持续发展的科学发展观对行业的技术发展方向提出更高的要求：节能、减排、省资源、安全和环保，以及日益从紧的法律法规。涂料行业与涂装行业紧密结合，为用户提供满意的服务和最终效果，实现由涂料制造业向“加工服务业”转变的理念将推动涂料行业技术迈向新的台阶。此外，新版中还引入技术经济的观念。作为工艺学，处理好技术发展的先进性、实用性、可行性、经济性和可靠性-风险分析等之间的关系，并适当地介绍现代技术研发 R&D 的项目管理的基础要求，以提高研发的效率和效益。以上所述正是《涂料工艺》第四版编写的宗旨。

在整体结构保持第三版基本框架的基础上，按新的涂料分类标准 GB/T 2705—2003 向国际标准靠拢，全书分为五篇：导论——涂料基础知识和原理、涂料工艺范畴；原材料篇——介绍了成膜物、颜料、分散介质和助剂；涂料各论篇——按用途叙述，充实内容、拓展领域；涂料制造过程控制篇——涂料原材料、中间体和成品检测与质量控制，突出法律和法规的要求，补充现代质量管理体系；涂装过程控制篇——突出涂料涂装一体化的理念、涂装现场管理和技术服务。帮助工程技术人员建立系统的涂料工艺观——从原材料控制、涂料配方设计理论、涂料生产工艺、涂料性能检测至涂装工艺研发和涂装技术服务体系等。

本次改版工作得到中国涂料工业协会全力支持。以中涂协专家委员会为基础，动员了七十多位专家参与写作，力求从国际化视野反映我国目前涂料行业的技术水平，并对未来国际化竞争环境下涂料工艺的发展趋势加以阐述。同时聘请涂料行业的资深专家担任编委对各篇进行把关，其具体分工如下：虞兆年和洪啸吟负责原材料树脂、分散介质的审定，钱伯容负责颜填料、助剂、卷材涂料的审定，石玉梅负责建筑涂料的审定，叶汉慈负责不饱和树脂、木器涂料和塑料涂料的审定，沈浩负责涂料原材料和产品检验、涂料生产设备、工厂设计的

审定，刘国杰负责有机硅树脂、航空航天涂料的审定，刘会成负责集装箱涂料、涂装过程控制篇的审定，王健和李荣俊负责海洋涂料和重防腐涂料的审定，刘登良负责导论编写及其余部分的审定并通审全稿。希望广大读者一如既往地支持《涂料工艺》新版发行，多提宝贵意见，以利于不断改进，办成精品，保持其在涂料行业的权威地位，为推动中国涂料行业的发展继续做贡献。

海洋化工研究院、中海油常州涂料化工研究院、江苏兰陵化工集团有限公司等对编委会的工作提供大力支持，在此表示衷心感谢！

《涂料工艺》编委会
2009年9月

上册目录

第一篇 导 论

刘登良

第一章 涂料、涂层及涂料工艺的范畴 1

第一节 涂料及涂层的功能和应用 1

- 一、保护作用——涂层的基本功能 1
- 二、装饰作用 2
- 三、功能作用 2

第二节 涂料的组成和分类 3

- 一、涂料的基础成分 3
- 二、涂料的分类 7

第三节 涂料的附着 8

- 一、附着力的本质及影响附着力的因素 8
- 二、提高涂层附着力的技术途径 12

第四节 涂料的成膜及控制因素 12

- 一、与成膜过程有关的基本概念 13
- 二、物理方式——溶剂挥发成膜 13
- 三、聚合物分散体系的成膜 14
- 四、化学方式成膜 14

第五节 涂料工艺的范畴 16

第六节 涂料开发、生产和服务过程的管理 18

- 一、质量管理体系 18
- 二、环境管理 19

第二章 涂料工艺的发展 20

第一节 涂料工艺发展的推动力 20

- 一、经济发展的需求是涂料行业和涂料工艺进步的原动力 20
- 二、科学和技术进步是涂料工艺发展的推动力 20
- 三、涂料工艺与涂装工艺相互促进 21
- 四、符合可持续发展战略和法律法规要求 21

第二节 涂料工艺的发展 21

- 一、应用基础研究是创新和发展的基石 22
- 二、涂料原材料的发展 22
- 三、涂料产品的结构调整 23
- 四、涂料和涂层性能检测方法的科学化和标准化 23
- 五、涂料工艺与涂装工艺的发展密切结合、相互促进 23
- 六、环境友好型涂料成为涂料工艺发展的主流 24
- 七、生产流程和管理创新促进高效、安全和环保涂料生产 24

参考文献 25

第二篇 涂料原材料

第一章 涂料成膜物树脂 26

第一节 松香树脂 吴伟卿 26

- 一、原料 26
- 二、松香树脂生产设备 28
- 三、松香树脂的质量指标 29
- 四、松香树脂分类与合成 29
- 五、松香树脂的应用 33

第二节 醇酸树脂 田育康 35

一、概述 35

二、醇酸树脂的分类 35

三、醇酸树脂的有关化学反应与相关理论 36

四、醇酸树脂的性质和配方计算 39

五、醇酸树脂的制造 52

六、醇酸树脂的应用 68

七、醇酸树脂的改性 71

八、醇酸树脂的发展趋势 102

第三节 酚醛树脂 张剑秋 吴伟卿 108

一、概述 108

二、原料	109	七、安全防护	428
三、酚醛树脂合成的基本化学反应	111	第十节 氯化聚烯烃树脂及	
四、酚醛树脂	113	应用	王华进 赵 君 429
五、酚醛树脂的应用	119	一、氯化橡胶	429
第四节 氨基树脂	吴伟卿 120	二、氯磺化聚乙烯	433
一、概述	120	三、过氯乙烯	434
二、氨基树脂所用的原料	121	四、高氯化聚乙烯树脂	435
三、氨基树脂的分类	125	五、氯醚树脂	436
四、氨基树脂的合成	125	六、其他的氯化聚烯烃树脂	438
五、氨基树脂的生产设备	146	第十一节 硝酸纤维素	林雪南 邱星林 438
六、涂膜固化反应	147	一、概述	438
七、氨基树脂的应用	149	二、硝酸纤维素的生产工艺	438
八、氨基树脂生产和使用时的 VOC	157	三、硝酸纤维素的分类及应用	439
第五节 饱和聚酯树脂	吴伟卿 张剑秋 158	四、硝酸纤维素的溶解	443
一、概述	158	五、硝酸纤维素的运输、贮存和应用的安全	
二、聚酯树脂所用的原料	159	问题	445
三、聚酯树脂合成的基本化学反应	162	第十二节 有机硅树脂涂料	刘国杰 446
四、聚酯树脂的生产工艺	168	一、概述	446
五、饱和聚酯树脂的分类与制备	171	二、有机硅功能与专用性树脂涂料	447
六、饱和聚酯树脂的应用	185	三、氟化基团改性有机硅涂料	451
第六节 丙烯酸树脂	蔡国强 朱龙观 188	四、有机硅高固体分涂料	459
一、概述	188	五、辐射固化有机硅涂料	465
二、溶剂型丙烯酸树脂	190	六、有机硅乳胶树脂涂料	471
三、水溶性丙烯酸树脂	236	第十三节 氟碳树脂	刘宪文 476
四、丙烯酸乳液	243	一、常用氟化物单体	479
五、辐射固化丙烯酸酯涂料	254	二、溶剂型氟碳树脂	480
第七节 环氧树脂与涂料	虞兆年 258	三、水性氟碳树脂	487
一、概况	258	四、粉末氟碳树脂	492
二、环氧树脂的特性指标和牌号	263	参考文献	498
三、环氧树脂的制造	266		
四、环氧树脂的固化剂	275	第二章 颜料与填料	吕仕铭 杜长森 504
五、胺固化环氧树脂漆	280	第一节 颜料与填料的概述	504
六、水性环氧树脂漆	297	一、颜料与填料的定义	504
七、环氧树脂的分析方法	302	二、颜料与填料的作用	504
第八节 聚氨酯与涂料	虞兆年 302	三、颜料与填料的分类	505
一、概况	302	第二节 颜料的特性和指标	505
二、化学原理	305	一、颜料基本性能	506
三、制漆工艺	329	二、颜料标准及检验方法	513
四、安全、计算	378	三、颜料的特性	513
第九节 聚脲树脂	黄微波 386	第三节 颜料与填料各论	514
一、概述	386	一、无机颜料	514
二、聚脲树脂所用原料	387	二、有机颜料	524
三、聚脲化学反应原理	407	三、填料(体质颜料)	537
四、喷涂聚脲弹性体结构与性能的关系	413	四、特种功能颜料	541
五、喷涂聚脲弹性体的性能	419	第四节 着色与配色原理——色彩学	550
六、底材处理与施工工艺	424	一、色彩学的意义	550

二、颜色基本概念	550	三、萜烯类溶剂	623
三、色彩基本理论	551	四、醇类溶剂	623
四、同色异谱颜色	556	五、酮类溶剂	625
五、颜色的测量	556	六、酯类溶剂	627
第五节 色浆和电脑调色	557	七、醇醚及醚酯类溶剂	629
一、色浆（颜料制备物）	557	八、取代烃类溶剂	631
二、配色	561	九、其他溶剂	632
第六节 颜料和填料的发展趋势	564	第六节 有关环保法规	633
一、开发高性能颜料品种	564	一、国外涂料工业环保发展历程	633
二、颜料表面处理	564	二、我国涂料工业环境保护现状	636
三、颜料与填料的超微粉碎或纳米化	565	第七节 发展趋势	637
四、颜料与填料的剂型化	565	参考文献	638
五、颜料与填料的环保化	565		
参考文献	565		
第三章 分散介质和溶剂	刘宪文 567	第四章 助剂	640
第一节 概述	567	第一节 助剂的分类、作用及整体匹	
第二节 水的主要特性	567	配性	杨其岳 640
第三节 有机溶剂的主要特性指标及应用	568	一、涂料助剂的作用及分类	640
一、溶解力	569	二、涂料助剂应用的整体匹配性	643
二、黏度	584	第二节 助剂各论	645
三、挥发速率	587	一、润湿分散剂	杨其岳 645
四、表面张力	596	二、流平和防流挂剂	杨其岳 654
五、电阻率	597	三、防沉剂	林宣益 664
六、毒性和安全性	599	四、消泡剂	林宣益 666
第四节 活性分散介质	610	五、消光剂	杨其岳 674
一、无溶剂环氧涂料用活性稀释剂	610	六、防浮色发花剂	杨其岳 677
二、聚氨酯涂料用活性稀释剂	612	七、增稠剂	林宣益 683
三、光固化涂料用活性稀释剂	612	八、催干剂和防结皮剂	林宣益 688
四、活性稀释剂的毒性	617	九、防腐剂、防霉剂和防藻剂	林宣益 696
五、活性稀释剂的贮存和运输	618	十、光稳定剂	杨建文 703
第五节 涂料常用有机溶剂	618	十一、成膜助剂	林宣益 707
一、脂肪烃类溶剂	618	十二、乳化剂	林宣益 713
二、芳香烃类溶剂	619	十三、特种功能添加剂	林宣益 718
		参考文献	林宣益 719

第三篇 涂 料 各 论

第一章 建筑涂料	720	六、乳胶漆的成膜机理和涂膜结构	766
第一节 乳胶漆	林宣益 720	七、外墙保护理论	769
一、乳胶漆概述	720	八、乳胶漆性能评价	771
二、乳胶漆的组成	723	九、乳胶漆的进展	777
三、乳胶漆的配方设计	727	十、乳胶漆的涂装	787
四、乳胶漆的生产	747	第二节 溶剂型建筑涂料	徐 峰 799
五、乳胶漆的品种	759	一、定义、种类与性能特征	799
		二、丙烯酸酯类和丙烯酸酯-聚酯类外墙	
		涂料	801

三、有机硅建筑涂料	803	一、浸涂及电泳底漆	853
四、聚氨酯类外墙涂料和氟树脂建筑涂料	804	二、电泳底漆	855
五、金属光泽外墙涂料	806	第二节 中间涂料	866
六、溶剂型耐酸雨涂料	807	一、原料	868
七、溶剂型涂料生产技术	808	二、几类中间涂料	871
八、技术性能指标	810	三、中间涂料的技术标准	872
九、普通涂装的溶剂型建筑涂料施工技术	813	第三节 面漆	872
十、氟树脂涂料仿铝板涂层施工技术	814	一、色浆	874
十一、应用与发展展望	816	二、本色漆	883
第三节 无机建筑涂料 徐 峰	817	三、金属闪光底色漆	895
一、定义、种类与性能特征	817	四、罩光清漆	900
二、无机建筑涂料的应用及发展	818	五、汽车面漆标准	907
三、无机建筑涂料的基料	819	第四节 底盘抗石击涂料	908
四、外墙无机建筑涂料的配制要点及生产技术分析	821	一、PVC 塑溶胶	908
五、外墙无机建筑涂料的技术性能要求	826	二、聚酯型	909
六、无机外墙建筑涂料施工技术	826	第五节 汽车修补涂料	909
第四节 建筑防水涂料 徐 峰	828	一、汽车修补涂料面漆系统的基本构成	909
一、概述	828	二、辅料	921
二、聚氨酯防水涂料	829	三、汽车修补涂料系统及计算机配色	936
三、聚合物水泥防水涂料	836	第六节 汽车涂料的涂装工艺	937
四、聚合物乳液防水涂料	840	一、汽车原厂漆	938
五、渗透结晶型防水涂料	841	二、汽车修补涂料	949
第五节 其他功能型建筑涂料 徐 峰	843	第七节 汽车涂料性能检验与漆膜缺陷	964
一、概述	843	一、原漆性能检验	964
二、抗菌、防霉涂料	843	二、涂层性能检验	973
三、可改善空气质量的内墙涂料	845	三、漆膜缺陷、起因及解决措施	976
四、保温隔热涂料	846	第八节 发展和展望	986
参考文献	851	一、阴极电泳底漆	987
第二章 汽车涂料	汪盛藻 852	二、中间涂料	988
第一节 底漆及电泳底漆	852	三、底色漆	988
		四、罩光清漆	988
		五、汽车修补漆	989
		缩略语	989
		参考文献	990

第一篇 导论

第一章

涂料、涂层及涂料工艺的范畴

第一节 涂料及涂层的功能和应用

我国使用天然大漆的历史可追溯至 2000 多年前的西汉时期，但是涂料作为化工产品的生产仅有 100 多年，直到 20 世纪初涂料用的主要成膜物树脂还来源于植物油（包括合成醇酸树脂）、沥青及煤焦油等天然产物，而且以溶剂型液态产品供应市场，俗称“油漆”，并沿用至今，对应于英文 paint。近代涂料通常对应于 coatings，不仅意味着使用更为广泛的合成材料作为成膜物树脂，而且实质上包含将不同形态的涂料通过涂装过程 coatings 转变成涂层材料而发挥其功能。严格来讲，涂料公司生产的涂料产品只是“半成品”，只有涂层或涂膜才是满足用户需求的最终产品。从这个意义上讲，涂料应称为涂层材料，涂料行业不完全是制造业，某种意义上，应归属于“加工服务业”。涂料和涂装是不可分割的整体，涂料生产商有责任帮助用户选择适用的涂料和配套体系，同时指导用户正确涂装和使用涂料，直到获得满足用户需求的涂层。

广义上讲，涂层材料包括无机和金属涂层（例如热喷涂，等离子喷涂铝、锌及耐高温贵金属合金涂层，电镀和高真空金属镀膜，无机富锌涂层等）；有机涂层，以有机聚合物为成膜物的涂层材料是市场上涂料的主体；近年来正在发展的有机-无机杂化涂层材料，例如以 sol-gel 法制备的有机改性硅氧烷杂化树脂材料等。所有的涂层材料都必须采用适当的涂装设备和涂装工艺将其转变成适用的涂层或涂膜。本书主要讨论有机涂料，适当涉及以无机成膜物、有机-无机杂化树脂为主的特种涂料。

涂料形成的涂层对被涂装的底材——金属、木材、混凝土、塑料、皮革、纸张、玻璃等具有保护、装饰和功能化的作用。

一、保护作用——涂层的基本功能

暴露在大气环境中的物体会遭受多种腐蚀因素的侵蚀。氧、水和电解质、酸雨、盐雾等引起金属电化腐蚀，紫外线引起塑料、木材和纸张降解，空气中的二氧化碳和酸雨导致混凝

土风化变质,微生物及代谢产物对所有底材具有很大的破坏作用,并污损其外观。

接触各种腐蚀介质的容器内壁(油罐,溶剂贮罐,水、酸、碱、盐等贮运设施,油、气、水等管道),污水处理池,海港设施等常年处于侵蚀状态,最为典型的是船舶及沿海设施处于十分严酷的腐蚀环境,涂层防腐是延长其使用期最基本的要求。涂层能够隔离和屏蔽腐蚀介质与底材作用,或者通过特殊添加剂延缓腐蚀而达到保护底材的目的。家具和塑料制品经常接触洗涤剂、酒精、醋等腐蚀介质,也需要适当的保护。

所有的产品和设备经常受到各种机械冲击、划伤、狂风暴雨的冲刷、风沙的磨损等,均需要涂层进行保护。

二、装饰作用

涂层可以充分改变底材的外观,赋予其绚丽灿烂的色彩、不同的光泽、丰富的质感、表面花纹等美术和装饰效果,满足用户日益多样化和个性化的需求。汽车、塑料、家具、仪器仪表、皮革和高级纸张等高装饰性涂层往往是产品附加值的重要组成部分。涂料的性能和涂装工艺的结合是达到预定装饰效果的基础。

三、功能作用

保护和装饰本身也是一类功能,这里所指的是特种功能——特种涂层材料的功能,集中体现在与国防军工相关的应用领域。例如,电磁屏蔽,吸收雷达波,吸收声呐波,吸收和反射红外线等隐形和伪装涂层,太阳热反射或吸收涂层,舰船防污涂层,防火涂层,耐高温涂层(200~2000℃),隔热绝热、烧蚀涂层,阻尼降噪声涂层,甲板防滑、防结冰涂层,自清洁热反射船壳涂层等。市场对特种功能涂料的需求越来越多,例如,建筑涂料中的屋顶防水、隔热、热反射涂料,内墙用的防水、防虫、防霉涂料等。

不同的底材,被涂产品的使用环境、使用要求、性价比不同,对涂层材料的性能要求侧重点不同,它们均体现在涂料性能的技术指标上,与保护作用相关的如耐水性、耐油性、耐化学介质性、耐盐雾性、耐湿热性、耐人工和大气老化性等;与装饰性有关的如光泽、透明度、硬度、耐划伤性、色差、雾影等。特种涂层都有特殊的功能指标及测试方法,技术指标的确定可以采用或参考已颁布的各种标准(国际标准、国家标准、行业标准、企业标准、与用户的协议或合同标准等)。市场经济条件下,用户需求更加多样化和个性化,更重要的是与用户充分沟通,尽可能准确辨识和把握用户的需求,从而采用更合理指标。但是,测试方法必须标准化,必须采用 ISO、ASTM 或国家标准方法进行涂层性能检测。

涂层发挥其作用的基础是具备一定的物理机械性能。涂层的强度(压缩、拉伸、断裂等)、柔韧性、耐冲击性、硬度、弹性、耐高低温循环性、耐磨性和耐划伤性等也是不可缺少的性能要求。

涂料必须经过涂装成膜是涂料发挥功能的前提,因此与施工、涂装和成膜相关的涂料性能要求也至关重要。其中包括以下几点。

① 涂料对底材润湿和渗透性;涂料与底材及涂层之间的附着力,与涂装间隔相关的可重涂性、涂装间隔时间;干燥时间(表干、硬干等)等。

② 涂料的流变性以及对涂装工艺的适应性,这对于在线涂装的 OEM 涂料尤其重要,涂料施工流平、防流挂、干燥时间控制是成膜关键。

③ 涂层配套体系和涂层厚度、单位面积涂料量控制和优化。

④ 涂料施工性能对施工环境的适应性。环境的温度、湿度、通风条件及底材清洁度等对涂料成膜具有重要影响。

涂料产品本身,液体涂料或粉末涂料应保证出厂性能指标,如固体含量、颜色、分散稳定性、贮存稳定性(剪切、冻融循环、定期贮存)等。俗称涂料的“开罐性能”——液体涂料呈现良好的流动性和分散性。

在市场日益规范,法律法规更加严格的环境下,满足环保要求、安全要求是涂料产品进入市场的许可证。

当然,在激烈的市场竞争条件下,技术经济指标——产品的性价比也是不可忽视的因素。

此外,单一涂层使用并不多,主要是以配套体系为主——底漆、中间层和面漆等。涂装配套体系设计也是涂料工艺的重要内容,它一般体现为各种涂装规范和标准。

综上所述,涂料的研发、选用、涂装过程涉及多种复杂甚至矛盾的性能要求因素,这是一个不断优化的过程,需要从整体上去把握和平衡各种性能要求,从而达到较好的结果。

涂料行业在我国属于精细化工领域,专业上与胶黏剂、油墨相近。涂层无处不在,大至飞机、船舶、车辆、建筑物、桥梁,小至玩具、文具,如同人要穿衣服一样,几乎所有的物体都需要涂层保护。随着我国国民经济的快速稳定的发展,涂料行业以高于国家 GDP 增长速度的增速发展,据不完全统计,2008 年我国涂料总产量达到 638 万吨,仅次于美国居世界第二位。但是,人均涂料消费水平远远低于发达国家,随着国民经济发展和人民消费水平提高,中国涂料市场具有巨大的发展潜力。中国加入 WTO 后,市场国际化和经济全球化,成为“世界制造基地”,为中国涂料行业发展提供了巨大的空间和机遇。与此同时,在中国涂料市场的竞争中体现得特别明显,世界排名前十位的涂料跨国公司均已进入中国。国外先进的技术和产品、管理理念和制度对中国涂料行业的技术进步和管理水平提升具有重大的推动作用。

第二节 涂料的组成和分类

涂料是由成膜物、分散介质、颜填料及助剂组成的复杂的多相分散体系,涂料的各种组分在形成涂层过程中发挥其作用。

一、涂料的基础成分

1. 成膜物

也称树脂,黏合剂或基料。它将所有涂料组分黏结在一起形成整体均一的涂层或涂膜,同时对底材或底涂层发挥润湿、渗透和相互作用而产生必要的附着力,并基本满足涂层的性能要求(清漆或透明的涂层主要由成膜物组成),因此成膜物是涂料的基础成分。

涂料成膜是十分复杂的过程,下节将详细讨论。绝大多数涂料都是由液态湿膜转变为固体涂层(粉末涂料也是先熔化成液态,成膜后冷却固化)。有机成膜物树脂的化学组成和结构、分子量大小及分布,溶解度参数,极性及极性基团的结构和分布,交联反应型树脂的活性基团的含量及分布,玻璃化温度 T_g 等基本性质直接决定了涂层的性能,而且与液体分散体系的分散稳定性、流变特性乃至成膜的整体均一性密切相关。选择适当的成膜物并充分了解其特性是开发涂料新产品关键的第一步。

近半个多世纪以来,化学工业和材料科学的迅猛发展,成膜物树脂产品层出不穷,推动涂料行业的不断升级。成膜物习惯上可按如下方式分类。

(1) 按有机、无机分类

① 有机成膜物 天然和合成聚合物, 化学改性的天然树脂等, 它们是涂料的主体——构成有机涂层材料。

② 无机成膜物 以聚合硅酸盐或磷酸盐为黏合剂主体, 例如高模数硅酸钾、硅酸锂、聚合磷酸锌等。

③ 有机-无机杂化树脂 近十几年发展起来的新型树脂成膜物, 以硅、钛溶胶改性有机聚合物, 具有纳米结构的成膜物体系为代表, 还有环氧改性的聚合磷酸盐等。

(2) 按热塑性、热固性分类

① 热塑性 (thermoplastic) 树脂成膜物 分子量较大的天然或合成的聚合物树脂, 例如聚合改性松香、沥青、虫胶、硝基纤维素、醋酸丁酸纤维素 CAB、氯化橡胶等天然及化学改性树脂, 丙烯酸、氯磺化聚乙烯、过氯乙烯、高氯化聚乙烯及聚丙烯等合成氯化聚烯烃树脂、聚乙烯缩甲醛、聚醋酸乙烯、聚醋酸乙烯-乙烯树脂等合成线型聚合物树脂等。通常将它们溶解在适当溶剂体系中配成树脂溶液制备涂料, 通过溶剂蒸发后固化成膜。树脂的化学结构成膜前后基本不变 (物理状态, 分子缠绕等可能有变化)。热塑性树脂的玻璃化温度 T_g 控制在室温以上, 不能太高, 树脂发脆, 达到 T_g 后树脂呈橡胶态发黏。其特点为涂层可熔、可溶。热塑性树脂的溶解度有限, 很难制备高固体分涂料, VOC (有机挥发物) 含量比较高, 难以符合环保法规要求, 将会越来越限制其应用范围。但是热塑性溶剂涂料具有单组分、快干、施工对环境条件变化不敏感、涂层装饰效果好等优点, 仍占有相当大的市场份额。

② 热固性 (thermosetting) 或交联型树脂 它们是分子量较低、带有一定数量的可参加交联成膜反应的基团的低聚物 (oligomer) 树脂, 在成膜过程中与外加固化剂反应交联成膜 (环氧、聚氨酯、不饱和聚酯及聚脲涂料等), 或者吸收空气中氧与醇酸树脂不饱和键氧化交联, 或者吸收湿气的单组分聚氨酯交联, 以及空气中二氧化碳与硅酸盐反应为基础的无机树脂成膜机理, 还有常温下惰性, 高温烘烤反应成膜的氨基树脂, 粉末涂料中的环氧、环氧聚酯、聚酯树脂等。反应交联形成三维网状、分子量趋于无穷大的体型聚合物, 生成的涂层不溶、不熔, 比热塑性涂层具有更高的机械强度、更好的保护和装饰性能。热固性树脂大量应用于高性能工业涂料和特种功能涂料领域。由于热固性树脂分子量相对较低, 并且可以溶解于可参与交联反应的活性溶剂, 因此可加工成高固体含量、低 VOC 及无溶剂型涂料, 也是环境友好型 (environment-friendly) 涂料发展方向之一。大多数反应型树脂与固化剂分别包装, 使用前混合, 存在施工使用期问题, 而且固化成膜过程与施工环境关系很大, 对涂装控制要求较高。

(3) 按分散方式分类

① 水分散型树脂——乳液 (latex) 以建筑乳胶漆涂料的基础乳液 (纯丙烯酸、苯乙烯-丙烯酸、醋酸乙烯-丙烯酸、EVA 等乳液) 为代表, 它们用乙烯基类单体经乳液聚合工艺制备, 以水为分散介质, VOC 较低, 为分子量较大的热塑性树脂。在水分蒸发过程中树脂乳胶粒子聚结, 搭接后成膜。涂层由于亲水乳化剂或亲水基团存在, 其耐水性不如相应的溶剂型树脂涂层。乳液也可经树脂溶解于溶剂后外加乳化剂经机械分散后脱溶剂的工艺制备, 称为后乳化工艺。近年来采用将亲水基团 ($-\text{COOH}$ 、 $-\text{OCH}_2\text{CH}_2-$ 等) 引入树脂结构中制备可自乳化的树脂。同时热固性树脂乳液在工业涂料中的应用发展很快。乳液的稳定性、水稀释性、耐电解质性、剪切及冻融稳定性、流变特性、抗起泡性及成膜性等对制备涂料和成膜过程至关重要。乳液的形态及粒子大小和分布决定其稳定性和流变特性。一般乳液平均粒度 $0.5 \sim 1 \mu\text{m}$, 微乳 (microemulsion) 小于 100nm , 即纳米乳液呈半透明带蓝、黄荧光状态。

② 水可稀释型树脂 (water-reducible) 通常先将单体溶解在亲水性较高的溶剂——丙二醇醚、丙酮、丁醇、N-甲基吡咯烷酮等中进行聚合反应, 然后进行中和, 并用水稀释。它们的 VOC 比相应的溶剂型涂料低, 但比乳液型涂料高。

③ 有机分散型树脂 将树脂溶解在强溶剂中, 再加脂肪烃在特种表面活性剂存在下稀释而成的有机乳液。它们的成膜性优于水乳液, 而且主体分散介质为低毒的脂肪烃, 可制备 VOC 较低的涂料。这类成膜物体系正在开发之中。

④ 气-固分散型树脂 以粉末涂料为代表。树脂具有较高的软化点, 与颜料和助剂加工粉碎成一定粒度的细粉, 经静电喷涂于加热的底材上熔化交联成膜。粉末涂料为环境友好型涂料的代表之一, 几乎无 VOC。

(4) 按树脂成膜物的化学结构和来源分类 我国涂料行业一直采用这种分类法, 并写入国家标准, 共 17 大类: 油脂、天然树脂、酚醛树脂、沥青、醇酸树脂、氨基树脂、硝基纤维素、纤维素酯、纤维素醚、过氯乙烯树脂、烯类树脂、丙烯酸树脂、聚酯树脂、环氧树脂、聚氨酯树脂、元素有机化合物、橡胶及其他。但是, 近年来成膜物树脂发展很快, 上述分类已不能反映现实, 本书在尊重历史和习惯的同时, 尽可能与国际接轨, 介绍更多、更新的成膜物树脂。

现代涂料工艺配方中采用单一成膜物树脂的不多, 往往将几种树脂共混改性以提高涂料性能。因此, 树脂的混溶性成为人们关注的重点, 以此保证形成均一的涂层。但是, 不同的树脂并非一定要在涂料中保持均一混溶状态。为了制备单组分热固性涂料, 可以将树脂和固化剂做成互不相溶的两个相, 在成膜时借助加热或其他方式使二者混溶反应成膜。还有正在发展的一涂分层涂料, 其树脂混合物或在涂料中混溶, 在交联成膜过程中发生分相和分层; 或者是混合的互不相溶的稳定分散相, 成膜时一相向涂层表面迁移, 一相朝底材迁移, 发生分相成膜。

2. 颜料和填料

颜料是色漆或有色涂层的必要组分。颜料赋予涂层色彩、着色力、遮盖力, 增加机械强度, 具有耐介质性、耐光性、耐候性、耐热性等。颜料以微细固体粉末分散在成膜物中, 颜料的细度与粒度分布、晶型、吸油度、表面物理化学活性等, 直接与其着色力、遮盖力, 与树脂相互作用、分散稳定性、流变特性紧密相关。化学结构相同, 但来源 (天然或合成) 不同, 或生产工艺, 甚至批次不同, 颜料的上述性能指标可能有差别, 这往往导致配色中的色差。

颜料的品种很多, 大体上可分为如下几种。

(1) 着色颜料 二氧化钛 (钛白)、立德粉为代表的白色颜料, 炭黑、氧化铁黑等黑色颜料, 以及无机和有机黄色、红色、蓝色、绿色等颜料。有机颜料的着色力、鲜艳度及装饰效果优于无机颜料, 但其耐候性、耐热性、耐光性等不如无机颜料。

(2) 体质颜料或填料 它们以天然或合成的复合硅酸盐 (滑石粉、高岭土、硅藻土、硅灰石、云母粉、石英砂等)、碳酸钙、硫酸钙、硫酸钡等为代表, 细度范围 200~1200 目的产品均有, 而且也有经过不同表面处理以适应溶剂型或水性涂料的产品。一般填料遮盖力和着色力较差, 主要起填充、补强作用, 同时也降低成本。但是, 随着新改性的体质颜料出现, 人们对它们与成膜物树脂相互作用认识的深入, 体质颜料在涂层中的作用将重新定位。

(3) 功能性颜料 它们除了着色、填充等基本性能外, 主要赋予涂层特种功能, 种类繁多。其中防腐、防锈颜料为一大类, 它们是金属防腐底涂层的必要成分, 通过牺牲阳极、金属表面钝化、缓蚀、屏蔽等作用防止金属底材腐蚀。给予涂层特殊装饰效果的金属闪光颜

料、珠光颜料、纳米改性随角异色颜料等。其他的防海生物附着的防污颜料，导电颜料，热敏、气敏颜料，电磁波吸收剂，防火、阻燃填料等结合各种特殊功能涂层的要求就不一一枚举了。

尽管颜料种类很多，上述分类及特征并非绝对的，往往一种颜料兼有多种功能。例如，绢云母一般归类填料，但其具有良好的紫外线屏蔽功能，也兼有一定的遮盖力；云母氧化铁是熟知的防锈颜料，同时又是高耐候的面涂颜料。充分认识和全面把握各种颜料的性能，发挥其技术和经济潜能还有很多工作要做。而且绝大多数情况下都是几种颜色混合使用，优化颜料组合保证涂料的分散稳定性、合理流变性及良好的成膜性需要做大量的筛选和优化工作。

颜料必须均匀地分散在分散介质中成为稳定的分散体才能发挥功能。因此，颜料的分散及分散稳定性至关重要。固体颜料粉末是多分散的颜料初级晶体的聚集体（粒度 $0.1 \sim 100\text{nm}$ ），在分散过程中借助机械剪切力将聚集体打开，同时发生与分散介质和成膜物之间（往往在分散、润湿助剂存在的条件下）的相互作用——润湿、分散、稳定过程，形成具有一定流变特性的稳定分散体系。颜料的分散性是颜料的重要特性之一，它与颜料的晶型、粒子大小及粒度分布有关。更重要的是其表面特性——表面张力、极性基团及活性、表面改性的程度以及含水量等。颜料的表面活性决定其与成膜物、助剂及分散介质之间的相互作用程度。通常无机颜料具有高表面张力和极性中心，而有机颜料表面张力低；有机溶剂表面张力为 $(30 \sim 40) \times 10^{-3} \text{N/m}$ ，而水为 $76 \times 10^{-3} \text{N/m}$ ，它们与不同颜料的相互作用完全不同。成膜物的分子大小不同，化学结构不同，它们与颜料的相互作用也不同，再加上助剂的结构和作用原理的差别，优化分散体系需要做大量的工作，这将在涂料制造工艺中详细研讨。

透明清漆和涂层往往采用醇溶性或油溶性——溶于有机溶剂的染料作为着色剂。通常染料的耐热性和耐光性不如颜料。近年来纳米分散的颜料用于透明涂层着色日益受到人们的重视。

3. 分散介质

涂料作为分散体系（液-液、液-固、气-固、固-固），分散介质的作用是确保分散体系的稳定性、流变性，同时在施工和成膜过程中起重要作用。溶剂型液体涂料中的分散介质一般称为溶剂，它们首先将成膜物树脂溶解成适合配方要求的溶液，涂料制备过程中调节产品的黏度及流变特性，在涂装过程中调节施工黏度和控制成膜速率及流变特性，这类溶剂又称稀料或稀释剂。溶剂的作用是多方面的，在热固性涂料中，溶剂的极性、亲质子性等对交联反应速率起调节作用。因此全面了解溶剂的溶解力、挥发性、黏度、表面活性、电性能（静电喷涂）等对选择正确的溶剂十分重要。传统的溶剂型涂料成膜后溶剂不留存于涂层中，挥发到大气中成为污染源之一，而且绝大多数有机溶剂都有毒性，易燃易爆。因此，了解溶剂的毒性和安全性是必要的，发达国家的產品说明中要求提供材料的卫生安全数据 MSDS。随着 VOC 和 HAPS（有害空气污染物）法规要求日益严格，对涂料中溶剂的用量和种类限制是涂料工艺面临的巨大挑战之一。高固体和无溶剂液体涂料，包括光固化涂料为降低 VOC 主要采用反应型或活性溶剂，它们参与交联成膜不挥发到大气环境中。但是，它们仍然具有一定的蒸气压，如接触皮肤会引起炎症。

水乳和有机分散系中分散介质为水或溶解力较弱的脂肪烃。它们通常不溶解成膜物树脂，成膜后挥发到大气中。树脂借助乳化剂和分散剂以超细液滴分散在介质中，在水等分散介质蒸发过程中通过毛细管作用凝聚，聚结成膜。对于热塑性的聚合物乳液往往将借助于成

膜助剂——高沸点有机溶剂成膜。因此,虽然分散介质是环境友好的,但成膜助剂的种类和用量仍然受到法规限制。在标准条件下,温度 23℃,相对湿度 50%,乳胶涂料的干燥速率可能高于溶剂型涂料,这是因为成膜物不溶于水,没有分散介质遗留在涂层中。但是水性涂料的干性受环境条件(温度、相对湿度、通风等)的影响比溶剂型涂料大,因此对施工工艺的要求更高。

4. 助剂

助剂,又称涂料辅助材料,其开发和应用是现代涂料工艺的重大技术成就之一。它们用量很少,在现代涂料的制备、贮运和涂装过程中对保证涂料和涂装性能起到重要的作用。水性及高性能、高装饰涂料中的助剂是不可或缺的组分。助剂在涂料成膜后一般留在涂层中成为其组分之一,所以在认识其主要功能的同时还应注意其对最终涂层的负面影响。例如,乳化剂是乳液不可缺少的成分,但残留涂层中的乳化剂的迁移性和亲水性势必影响涂层耐水性和附着力。

(1) 助剂种类繁多,通常按助剂的功能分类 润湿、分散剂,乳化剂,消泡剂,流平剂,防沉、防流挂剂,催干剂,固化剂及催化剂,增塑剂,防霉剂,平光剂,增稠剂,阻燃剂,导静电剂,紫外线吸收剂,热稳定剂,防结皮剂,以及用量较大的增塑剂,乳胶涂料的成膜助剂,防冻剂,防霉剂等。

(2) 也有按其在涂料制备和涂装过程的作用分类

① 涂料生产过程调节涂料性能助剂 润湿、分散剂,乳化剂,消泡剂,流变调节剂——增稠剂、防流挂剂等。

② 保证涂料贮存运输过程性能稳定性的助剂 防沉淀剂,防结皮剂,防霉剂,防浮色、分色剂等。

③ 调整涂料施工涂装,改善成膜性的助剂 流平剂、消光剂、防流挂剂、成膜助剂、固化剂及催干剂等。

④ 改进涂层特殊性能,提高耐久性的助剂 紫外线吸收剂、热稳定剂、防霉剂、耐划伤剂、憎水或亲水处理剂等。

迄今为止,助剂的作用原理并不十分清楚,而且往往多种助剂在一种涂料中使用,由于助剂的结构和理化性质不同,而且大多数助剂都是不同类型的表面活性剂,它们在一起可能起协同作用,也可能起拮抗作用。此外,助剂与成膜物树脂、颜料及分散介质之间也存在复杂的相互作用,因此选择正确的助剂组合需要助剂供应商与配方师共同努力,进行大量的筛选工作。

还应注意,助剂不是万能的,涂料或涂层出现缺陷主要还是主体材料的问题或涂装工艺的不足,用尽可能少的助剂制备符合用户要求的涂料是合格配方师的基本要求。

二、涂料的分类

近代涂料经过 100 多年的发展,种类特别繁杂,由于地域和国家民族文化差异,涂料命名、专业用语至今难以统一。涂料分类方式很多,我国 1981 年颁布国家标准 GB 2705—1981,1992 年又进行了修订和增补 GB 2705—1992。分类主要依据成膜物,涂料全名由成膜物名称代码、基本名称、涂料特征和用途、型号等组成。其中涂料采用习惯叫法——漆,例如底涂与底漆,面涂与面漆。为了适应与国际接轨和市场经济的要求,新颁布的标准 GB 2705—2003 主要采用以涂料市场和用途为基础的分类法,同时对原分类法进行适当简化。主要包括如下几大类。