

—— 周 强 金祝年 主编 ——

涂料化学

涂料化学



化学工业出版社

0.1
2

周强 金祝年 主编

涂料化学

藏书



化学工业出版社

·北京·

本书在介绍涂料常用生产原料及高分子物理和高分子化学基本知识的基础上,详细介绍涂料的组成与分类、涂料的流变性、涂料中的表面化学等内容。对于涂料中的溶剂、颜料等重要组成,本书也对其分类、性质、作用等做了介绍,以便为涂料配方设计提供理论基础。

本书可供涂料行业的生产工人、工程技术人员参考,也可作为高等职业学校的涂料方向专业的教材及涂料企业的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

涂料化学/周强,金祝年主编. —北京:化学工业出版社,2007.8
ISBN 978-7-122-00371-3

I. 涂… II. ①周…②金… III. 涂料-化学
IV. TQ630.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第059982号

责任编辑:陈有华
责任校对:蒋宇

文字编辑:林媛
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
850mm×1168mm 1/32 印张6 $\frac{3}{4}$ 字数178千字 2007年6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:14.00元

版权所有 违者必究

前 言

涂料属于精细化工范畴，尽管人类使用涂料的历史久远，但近几十年才得到迅速发展。随着高分子科学的发展，人们掌握了部分涂料技术，但实际上这是远远不够的。因为涂料作为一门新兴的学科，所涉及的知识领域较广，仅一门高分子科学是不能涵盖的。

为了适应涂料行业的发展，培养涂料行业高技能应用型人才成了当务之急。而目前我国在这方面的专业书籍还不多，这给涂料行业培养涂料生产、分析检验、应用等方面的人才带来困难，也为广大涂料企业生产工人、技术员或涂料爱好者系统地学习涂料知识带来不便。在涂料行业中，非常需要有一本系统讲述涂料化学基础知识的书籍。为此，我们特地组织专业人员编写本书。

本书以培养实用型人才为目标，在内容选择上以必需、够用为度，在知识结构上力求做到难易结合，合理过渡，密切衔接，为涂料后续专业知识打好基础。全书从涂料常用生产原料讲起，逐渐深入到高分子物理和化学基础知识，通过对高分子材料的基本性能、结构以及合成方法的学习，介绍涂料的组成与分类；同时对涂料的流变性，涂料中表面化学也作了介绍；最后介绍涂料中的溶剂、颜料等特性，为涂料配方及工艺设计提供理论基础。本书内容深入浅出，通俗易懂，给人以启发，便于读者掌握涂料制备和使用的本领。本书可作为高等职业学校涂料方向专业的教材，也可用于专业技术人员及涂料技术工人学习参考。可以说，本书既是一本涂料

技术的普及性教材，又是一本涂料专业的参考书。

本书由广东顺德职业技术学院周强和浙江金华职业技术学院金祝年主编。第三章、第四章、第六章由周强编写，第五章、第七章由金祝年编写，绪论、第一章由顺德职业技术学院欧阳玉章编写，第二章由浙江金华职业技术学院费正新编写。全书由周强统稿。编写过程中，得到了有关院校领导和老师们的大力支持，在此表示感谢！

在本书的编写和审稿过程中，曾得到多位涂料企业专家和高校专业人士的指导和帮助，特别是洪啸吟教授在百忙中为本书提出了十分宝贵和建设性的意见，在此向他们表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，加之时间仓促，本书难免有不妥之处，恳请广大读者在使用过程中多提宝贵意见和建议。

编者

2007年3月

目 录

绪论	1
一、涂料的概念	1
二、涂料的发展	1
三、涂料工业的特点	3
四、涂料化学所涉及的内容	5
习题	6
第一章 涂料常用原料	7
第一节 醚酯及冰点、闪点和油度	7
一、醚酯	7
二、冰点	7
三、闪点	7
四、油度	8
第二节 涂料树脂中常用的有机化合物	9
一、醇类	9
二、酸和酸酐类	12
三、其他常用有机原料	15
习题	22
第二章 涂料高分子物理和化学基础	24
第一节 概述	24
一、高分子化合物	24
二、高分子化合物的分类和命名	25
三、高分子化合物的相对分子质量及其分布	36
第二节 高分子聚合物的结构和性质	38
一、高分子聚合物的结构	38
二、高分子聚合物的各种物理状态和性质	44

第三节 高分子化合物的合成和反应	49
一、缩聚反应	50
二、加聚反应	58
三、高分子聚合物的降解、老化和防老	67
四、聚合物反应的实施方法	71
习题	80
第三章 涂料的组成及分类	82
第一节 涂料的组成及作用	82
一、涂料的组成	82
二、涂料的作用	86
第二节 涂料的分类	89
一、涂料的分类方法	89
二、建筑涂料	95
三、工业涂料	97
四、特种涂料	98
习题	98
第四章 涂料的流变性	99
第一节 液体的流变性	99
一、简单剪切下液体的流变性	99
二、纯剪切下的流变性	107
第二节 流变性对涂料的质量的影响	107
一、涂料流变性与开罐质量	108
二、涂料流变性与施工质量	109
三、涂料流变性与颜料分散	110
四、粉末涂料的熔融黏度与流动	110
第三节 涂料的组成对流变性的影响	111
第四节 与涂料流变性有关的漆膜弊病	114
一、流平不良和流挂	114
二、贮存期内的颜料沉底	115
习题	116

第五章 涂料中的表面化学	117
第一节 表面张力	117
一、液体的表面张力	117
二、固体的临界表面张力和润湿张力	119
三、液体在固体表面的展布	122
四、液体的表层流动	123
第二节 表面张力与涂料的质量	124
一、表面张力与湿膜的流平	124
二、表面张力与漆膜对底材的附着力	124
三、表面张力与颜料的分散	125
第三节 表面活性剂	126
一、表面活性剂的结构和作用机理	127
二、胶束	128
三、表面活性剂在乳化过程中的作用	130
第四节 降低涂料表面张力的途径	131
一、选用表面张力低的溶剂	131
二、降低高分子成膜物的表面张力	132
三、使用表面活性剂	133
第五节 湿膜的流平	133
一、湿膜的流平	133
二、流平助剂	134
三、粉末涂料的流平	136
第六节 由表面张力引起的漆膜弊病	136
一、缩孔	137
二、橘皮	138
三、浮色和发花	138
四、厚边	139
五、缩边、露角	139
六、对底材附着不良	140
七、层间附着不良	140
八、气泡痕	141
九、针孔	141
十、破幕	141

习题	142
第六章 溶剂	143
第一节 溶剂的分类	143
一、石油溶剂	143
二、苯系溶剂	144
三、醇和醚	144
四、酮和酯	145
五、氯代烃和硝基烃	145
第二节 溶剂的挥发性	145
第三节 高分子溶液	148
一、高分子溶液的概念及意义	148
二、高分子溶液的分类	149
三、高分子溶液的特点	149
四、高分子聚合物的溶解	150
五、高分子聚合物溶解过程的热力学解释	152
六、高分子溶液中溶剂的选择	153
第四节 涂料中溶剂的作用	161
第五节 一些成膜聚合物常用的溶剂	163
一、醇酸树脂常用的溶剂	163
二、硝基纤维常用的溶剂	164
三、丙烯酸类树脂常用的溶剂	164
四、乙烯基树脂常用的溶剂	165
五、环氧树脂常用的溶剂	165
六、氨基树脂常用的溶剂	166
七、橡胶类树脂常用的溶剂	167
八、异氰酸酯树脂常用的溶剂	168
第六节 因溶剂选用不当而引起的漆膜弊病	168
一、发白	168
二、爆孔	169
习题	170
第七章 颜料	171

第一节 颜料的作用与性质	171
一、颜料的作用	171
二、颜料的性质	174
第二节 颜料的吸油量和颜料体积浓度	175
一、颜料的吸油量	175
二、颜料的体积浓度	177
三、乳胶漆的临界颜料体积浓度	179
第三节 涂料中颜料的选择	180
一、白色颜料	180
二、黑色颜料	188
三、彩色颜料	189
四、金属颜料	196
五、塑料颜料	197
六、珠光颜料	197
七、发光颜料	198
八、防腐蚀颜料	199
九、体质颜料	201
习题	204

参考文献	205
-------------------	------------

绪 论

一、涂料的概念

涂料是以高分子材料为主体，以有机溶剂、水或空气为分散介质的多种物质的混合物。该物质涂于物体表面，可形成一层致密、连续、均匀的薄膜，对基体具有保护、装饰或其他作用。高分子材料是形成涂膜、决定涂膜性质的主要物质，称为主要成膜物。由于早期的主要成膜物质是植物油或天然树脂漆，所以常把涂料称作油漆。现在合成树脂已大部分或全部取代了天然植物油或天然树脂漆，所以现在统称为涂料。但在具体的涂料品种名称中有时还沿用“漆”字表示涂料，如调和漆、磁漆等。

如果涂料中的高分子物质是有机物，则这种涂料就叫做有机涂料。同理，如涂料中的高分子材料是无机物，则把这种涂料称作无机涂料。完全以有机溶剂为分散介质的涂料称为溶剂型涂料；完全或主要以水为分散介质的涂料称为水性涂料；不含溶剂，即以空气为分散介质的涂料称为粉末涂料。涂料中含有的可挥发性有机化合物的含量称为 VOC (volatile organic compound)，此值越高，涂料施工过程中，对环境的污染就越严重，造成的资源浪费就越多。因此，涂料的 VOC 值是评价涂料对环境友好与否的重要指标。

二、涂料的发展

涂料的应用历史悠久，我国使用生漆和桐油作为涂料至少有 4000 年以上的历史了。秦始皇墓的兵马俑已使用了彩色涂料，在马王堆出土的汉代文物中也有精美的漆器。埃及也早就知道用阿拉伯胶、蛋白等来制备色漆，用于装饰。11 世纪，欧洲开始用亚麻油制备油基清漆，到 17 世纪，含铅的油漆得到了较大发展，1762 年，波士顿就开始使用石磨制漆。此后，工业制漆得到了快速发展。尽管涂料的应用与生产具有久远的历史，但在早期它只是以一

2 涂料化学

种技艺的形式相传，没有进入科学的领域，这种方式沿袭至今，目前不少人还认为涂料是靠经验传授的工艺。另一方面，早期的涂料所用原料主要是天然的油和树脂，因此，涂料长期被叫做油漆。

现在的涂料已经不是早期的“油漆”模样了，它已进入了科学的发展时代。涂料第一次和科学的结合，是以 20 世纪 20 年代杜邦公司开始使用硝基纤维素作为喷漆为标志的。硝基纤维素的出现，为汽车提供了快干、耐久和光泽好的涂料。30 年代，卡若日斯 (W. H. Carothers) 和他的助手弗洛利 (P. J. Flory) 对高分子化学和高分子物理的研究，为高分子科学的发展奠定了基础，也为现代涂料的发展奠定了基础，此后涂料工业就和高分子科学的发展结下了不解之缘。30 年代出现了醇酸树脂，它后来发展成为涂料中最重要的品种之一——醇酸漆。第二次世界大战时，由于大力发展合成乳胶，为乳胶漆的发展拓宽了道路。40 年代，汽巴 (Ciba) 化学公司等开发出了环氧树脂涂料，环氧树脂涂料的出现，使防腐蚀涂料有了突破性的发展。50 年代，聚丙烯酸酯涂料出现并投入使用，聚丙烯酸酯涂料具有优良的性质，如优越的耐久性和高光泽度，结合当时出现的静电喷涂技术，使汽车漆的发展又上了一个台阶。例如，出现了高质量的金属闪光漆。50 年代，福特汽车 (Ford Motor) 公司和格利登 (Glidden) 油漆公司发展了阳极电泳漆，以后 PPG 公司又发展了阴极电泳漆。电泳漆是一种低污染的水性漆，而且它还进一步提高了涂料防腐蚀的效果，为工业涂料的发展做出了巨大贡献。60 年代，聚氨酯涂料得到迅速发展，它可以室温固化，而且性能特别优异，尽管它当时价格比较贵，但仍受到广泛重视，是最有发展前途的现代涂料品种之一。粉末涂料是一种无溶剂涂料，它的制备方法更接近于塑料生产的方法。粉末涂料于 50 年代开始研制，由于受到当时涂装技术的限制，一直到 70 年代才得到快速的发展。80 年代涂料发展的重要标志是杜邦公司发现基团转移聚合方法，基团转移聚合可以控制聚合物的相对分子质量大小及相对分子质量分布，还可以控制共聚物的组成，这种方法是制备高固体分涂料用的聚合物的理想聚合方法。有人把基团转移聚

合法认为是高分子化学发展的一个里程碑，但它却首先应用在涂料上。至此，涂料的发展已经和高分子科学的发展同步了。

三、涂料工业的特点

1. 产品应用广泛、品种繁多

涂料是与国民经济和国防工业配套的重要工程材料。涂料行业是为各行业做配套服务的行业。各行业的发展都需要使用涂料，所以涂料应用十分广泛。正是因为涂料的用途繁多，而且不同用途的涂料又要求具有适合于各种用途的性质，还有配套的腻子、底漆、面漆，还有罩光漆等因素，使得涂料品种非常多。目前有正式行业技术标准 and 牌号的涂料已超过了千种，企业自己命名的牌号就更多了。品牌繁杂、品种众多是涂料工业的一个重要特点。

2. 涂料行业是知识密集型行业

涂料行业是技术密集度较高的行业。在日本，把制造业的技术密集度定为 100，把涂料行业定为 279。由于涂料品种繁多，所用原材料种类也多，为了满足涂料的不同用途，在原料的选择、产品配方设计、涂料产品性能检测、施工应用等方面都具有很高的技术含量。在涂料的生产与施工过程中，涉及的知识面很广，不仅要具有无机化学、有机化学、物理化学、胶体化学、生物化学、分析化学、颜色科学等方面的知识，而且还要具有界面科学、物理学、机械学、计算机等相关学科的知识，还要不断把最新的科学技术应用到行业中来，推动行业的发展，才能使涂料产品满足社会的需要。一种高性能涂料产品的开发与成功的应用，往往是多学科交叉的成果。

3. 涂料行业是加工工业性质的行业

涂料所用的原材料包括树脂、颜料与填料、溶剂、助剂等，一般都是由专业生产厂生产。原材料的质量直接影响涂料产品质量，只要使用符合质量标准的原料，加上合理的配方、合理的生产工艺，就可生产出合格的涂料产品。涂料只是半成品，必须通过涂装施工后，在被涂物表面形成涂膜（漆膜），涂膜才是成品。但是涂料的施工应用工序是由用户具体来完成的，涂料生产商除了可以间

4 涂料化学

接（或直接）指导施工外，再已无能为力。涂料的质量自然很重要，但涂料的施工过程，即涂装的质量对最终所获得的涂膜好坏起着关键性的作用。所以有“三分涂料、七分涂装”的说法。

不论是从涂料质量对原材料的依赖性来看，还是从涂料功能的体现对施工质量的依赖性来看，都说明涂料工业是加工性质的行业。所以，涂料产品的质量管理、生产工艺管理，都应从原料进厂时开始，严把质量关。同时涂料的质量管理也应延伸至涂装工艺管理，加强产品的售后服务和涂装施工指导，才能保证涂料的质量，使涂膜的性能得以完美的体现。

4. 投资少、见效快，但形成规模化经济比较困难

涂料工业是国民经济的配套性产业，随着我国的国民经济的持续高速发展，也带动了我国涂料工业的发展。目前的涂料生产，大部分是间歇式生产，限制了企业的产量，同时，涂料的市场需求不断扩大，这就使得涂料生产企业的数量急剧上升。20世纪80年代初期，我国的改革开放刚刚开始，人们用一间简陋的房子，一口大锅，再加上一根搅棒，把几种原材料混合均匀，就可生产涂料，当然生产的涂料质量十分低劣。尽管当时涂料厂很多，但年产值多在1亿元（人民币）以下。进入21世纪以来，随着经济全球化的发展，特别是我国加入世界贸易组织后，国内涂料企业经受到前所未有的压力，如石油价格的不断涨价、国民的环保意识逐渐增强、许多环保标准相继出台、安全标准逐渐加严等，使得许多设备落后、工艺落后、产品质量低劣、不符合环保标准和安全标准的企业在激烈的市场竞争中逐渐退出市场。只有那些认识到涂料是知识密集、多学科交叉的行业，注重产品质量和长远发展的企业，在保证产品质量的前提下，在科学研究、新产品开发方面等投入很大的人力、物力，才得以在激烈、残酷的市场竞争中生存下来，而且还使自己不断发展、壮大。但是随着国外跨国涂料公司不断进入中国市场，它们还将面临着更加严峻的挑战。

5. 新世纪的朝阳工业

涂料工业与国民经济的配套性决定了传统的第一、第二、第三

产业的发展都离不开涂料，新经济甚至是知识经济的发展也离不开涂料。就连被联合国教科文组织确定为高科技的信息、生命、新能源与再生能源、环境、空间、海洋、新材料等科学技术，它们的发展也离不开涂料，而且还推动了特种功能性涂料的发展。面临环境保护对溶剂型涂料发展提出的新挑战，人们正在花大量的人力、物力开发高性能、低污染涂料品种，使涂料行业向水性涂料、粉末涂料方向发展，使涂料行业继续保持旺盛的发展生命力。业内专家预测，20年后的涂料行业，应该是以水性涂料、粉末涂料等低污染涂料为主要产品的行业，有美好的发展前景，所以说涂料行业是新世纪的朝阳产业。

四、涂料化学所涉及的内容

尽管高分子科学是涂料科学最重要的基础，但单是高分子科学并不能使涂料成为一门独立的学科。涂料不仅需要聚合物，还需要有各种有机颜料、无机颜料及各种助剂和溶剂的配合，才能获得各种性能。为了制备出稳定、适用的涂料，使涂料获得最佳使用效果，还需要有光学、胶体化学、流变学等方面理论的指导。因此，涂料化学不是某一门学科能简单概括的。

涂料科学是建立在高分子科学、有机化学、无机化学、胶体化学、表面化学和表面物理、流变学、力学、光学和颜色学等学科基础上的新学科。正因为涂料科学涉及如此多的理论，长期以来还没有发展成为一门独立的学科。当然，涂料科学并不是各相关学科的简单合并，而是以它们为基础建立起具有本身特点的独立学科，包括涂料的成膜理论，表面结构与性能，涂布工艺及各种分析测试手段和理论，以及各种施工应用方法的有关理论。

为了使读者在接受这些知识时，不感觉冗长，这里把以上涂料科学中所涉及的学科知识分成几本系列图书来介绍。它们分别是《涂料化学》、《涂料生产工艺》、《涂料分析与检测》、《色与调色》、《涂装工艺与设备》，目的是便于读者更有针对性地理解和接受。

涂料化学主要介绍涂料常用原料、涂料高分子物理和化学、涂料的组成及分类、涂料的流变性、涂料中的表面化学、溶剂和颜料

6 涂料化学

等内容。通过以上内容的介绍,旨在使读者掌握涂料的基本性能、涂料的成膜理论以及颜料的作用,理解涂料的生产工艺。

自20世纪80年代以来,能源、材料与环境已经成为具有时代特征的三大课题。使用涂料是保护材料的重要手段,也是对各种材料进行改性、赋予新性能的最简单的方法。溶剂型涂料中大量使用溶剂,挥发后的溶剂是大气污染物的重要组成,因此,发展低污染的涂料是环境保护的需要。近年来,国际上对溶剂型涂料的生产有了严格的质量标准,旨在严格控制涂料中挥发性有机化合物(VOC)的含量,一方面减少对环境的污染,另一方面也减轻对操作工人健康的危害。目前,由于石油价格的不断上涨,引起溶剂价格的不断攀升,其结果是使溶剂型涂料生产成本不断上升。鉴于此,行业中正在大力发展非溶剂型涂料,如水性涂料、粉末涂料等。

从另外一个角度来看,由于涂料的保护作用,从而减轻了因材料的破坏引起的环境污染,涂料更是美化环境的重要材料。随着涂料工业的发展,人们发展了不同用途的多种涂料,特别是防火涂料、防污涂料、变色涂料、导电涂料和磁性涂料、航空航天特种涂料等。涂料已经成为与国民经济的发展、人民生活水平的提高、国家高科技和军事的发展密不可分的材料,涂料工业的发展水平在某种程度上标志着国家现代化的程度。

习 题

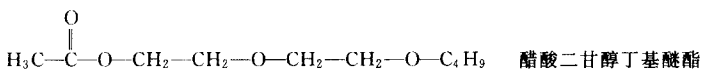
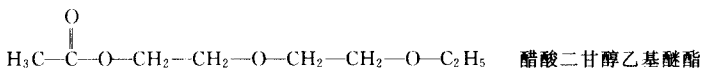
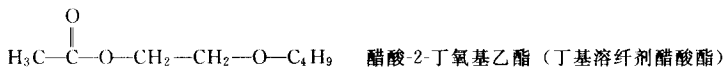
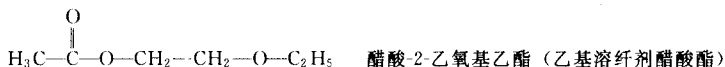
1. 什么是涂料?
2. 简述涂料的发展历程。
3. 涂料工业有什么特点?
4. 涂料化学涉及哪些学科知识?

第一章 涂料常用原料

第一节 醚酯及冰点、闪点和油度

一、醚酯

醚醇和羧酸进行酯化反应所得的化合物称为醚酯。醚酯兼具醚和羧酸酯的性质，其代表性化合物有：



以上各种醚酯，能与多种有机溶剂混溶，可分别对松香、乙基纤维素、硝化纤维、聚苯乙烯、聚醋酸乙烯酯、氯丁橡胶、酚醛树脂、三聚氰胺甲醛树脂、醇酸树脂等有良好的溶解能力，用作金属和家具喷漆用溶剂和刷涂用溶剂、高沸点漆用溶剂。

二、冰点

软质石油产品在规定条件下，试样出现结晶后，再使其升温，到原来形成的烃类结晶消失的最低温度，用“℃”来表示。

三、闪点

闪点 (flash point) 是油品安全性指标。油品在特定的标准条件下加热至某一温度，令由其表面逸出的蒸气刚好与周围的空气形