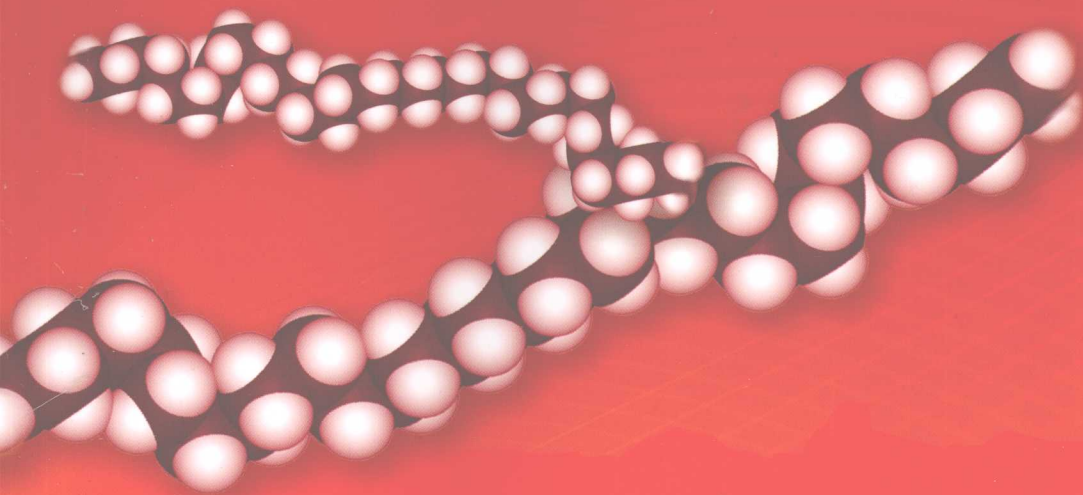


# 涂料树脂合成 及应用

TULIAO SHUZH  
HECHENG  
JI YINGYONG

闫福安 等编著



化学工业出版社

# 涂料树脂合成及应用

闫福安 官仕龙 张良均 樊庆春 编著



化学工业出版社

·北京·

本书以涂料化学为中心系统地介绍了涂料树脂合成的聚合反应理论，并以此为基础对醇酸树脂、聚酯树脂、丙烯酸树脂、聚氨酯树脂、氨基树脂、氟硅树脂、环氧树脂和光固化树脂进行了介绍，其主线是合成原理和大分子的分子设计，尽力揭示树脂结构和性能的关系。同时对涂料的基本组成及涂料助剂、涂料配方设计及金属涂料、建筑涂料和木器涂料进行了介绍，注重理论与实际相结合。

本书可供从事涂料教学、研究、生产及应用的技术人员，高等院校的学生、研究生和教师参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

涂料树脂合成及应用/闫福安等编著. —北京: 化学工业出版社, 2008. 6

ISBN 978-7-122-03030-6

I. 涂… II. 闫… III. 涂料-应用化学 IV. TQ630.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 081597 号

---

责任编辑: 宋林青

文字编辑: 向东

责任校对: 徐贞珍

装帧设计: 史利平

---

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 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市延风装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 23¼ 字数 612 千字 2008 年 9 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: 48.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

随着改革开放的深入和国民经济的发展,涂料品种迅速增加、性能不断提高,涂料工业得到了长足发展,形成了一个重要的工业门类,涂料产品已经成为工业、农业、国防、高新技术以及人们日常生活不可缺少的材料之一。涂料科学与技术已成为精细化工研究与开发的最重要领域之一。

武汉工程大学是国内较早开展涂料教学与科研的高校之一,近三十年来为涂料行业的发展培养了大量人才,为了进一步促进人才培养和涂料科技的发展,我们结合近年来的科研与教学经验,组织编写了《涂料树脂合成及应用》一书,全书有十六章,重点介绍了涂料树脂合成的聚合反应原理,以及醇酸树脂、聚酯树脂、丙烯酸树脂、聚氨酯树脂、环氧树脂、氟硅树脂、氨基树脂、光固化树脂的合成,其主线是合成原理和大分子的分子设计,尽力揭示树脂结构和性能的关系;此外,对涂料的组成、涂料用助剂的种类及应用、涂料配方设计原理以及金属涂料、木器涂料和建筑涂料的配方及生产工艺进行了介绍。书中既有理论,又有实例、配方设计和实际操作工艺,力求简单、直观、易学、好懂。

本书可作为从事涂料教学、研究、生产及应用的技术人员,大专院校的学生、研究生和教师参考。若本书能为我国涂料工业的创新和发展做出一定贡献,编者将感到无比欣慰。本书由闫福安教授主编,第1~6章由闫福安教授编写,第7~10章由官仕龙副教授编写,第11、12、16章由樊庆春老师编写,第13章由张良均教授编写,第14、15章由张良均教授、闫福安教授编写。全书由闫福安教授统稿。

本书在编写过程中得到了武汉工程大学绿色化工过程省部共建教育部重点实验室、化学工业出版社的支持和一些学生、朋友的帮助,在此深表谢意。由于水平有限,书中疏漏之处在所难免,敬请批评指正。

编 者

于 2008 年 3 月

# 目 录

<b>第 1 章 导论</b> .....	1	<b>第 3 章 醇酸树脂</b> .....	67
1.1 概述.....	1	3.1 概述.....	67
1.2 涂料的作用.....	2	3.2 醇酸树脂的分类.....	67
1.3 涂料的分类与命名.....	2	3.2.1 按改性用脂肪酸或油的干性 分类.....	67
1.4 涂料发展概况.....	5	3.2.2 按醇酸树脂油度分类.....	67
1.5 结语.....	8	3.3 醇酸树脂的合成原料.....	68
<b>第 2 章 聚合反应原理</b> .....	9	3.3.1 多元醇.....	68
2.1 概述.....	9	3.3.2 有机酸.....	69
2.2 自由基连锁聚合.....	9	3.3.3 植物油.....	70
2.2.1 高分子化学的一些基本概念.....	9	3.3.4 催化剂.....	71
2.2.2 聚合反应的类型.....	11	3.3.5 催干剂.....	71
2.2.3 高分子化合物的分类与命名.....	12	3.4 合成醇酸树脂的反应原理.....	72
2.2.4 高分子化合物的分子量及 其分布.....	13	3.5 醇酸树脂的配方设计.....	72
2.2.5 高分子化合物的结构.....	14	3.6 合成工艺.....	74
2.2.6 自由基聚合机理.....	16	3.6.1 醇解法.....	74
2.2.7 链引发反应.....	17	3.6.2 脂肪酸法.....	75
2.2.8 链增长、链终止反应.....	22	3.7 醇酸树脂合成实例.....	76
2.2.9 自由基聚合动力学.....	24	3.7.1 短油度椰子油醇酸树脂的合成.....	76
2.2.10 聚合物的分子量和链转移反应.....	27	3.7.2 中油度豆油季戊四醇醇酸树脂的 合成.....	76
2.2.11 阻聚与缓聚.....	30	3.7.3 60%长油度苯甲酸季戊四醇醇酸 树脂的合成.....	77
2.2.12 加聚物的分子量分布.....	32	3.8 醇酸树脂的改性.....	78
2.2.13 自由基共聚合.....	33	3.8.1 丙烯酸改性醇酸树脂.....	78
2.3 逐步聚合反应.....	42	3.8.2 水性醇酸树脂.....	79
2.3.1 缩聚反应.....	43	3.9 醇酸树脂的应用.....	83
2.3.2 缩聚过程中的副反应.....	46	3.10 结语.....	83
2.3.3 线型缩聚的动力学.....	47	<b>第 4 章 聚酯树脂</b> .....	84
2.3.4 线型缩聚物聚合度的影响因素及 控制.....	50	4.1 概述.....	84
2.3.5 线型缩聚产物的分子量分布.....	54	4.2 主要原料.....	84
2.3.6 体型缩聚.....	55	4.2.1 多元酸.....	84
2.3.7 体型缩聚的凝胶现象及凝胶 理论.....	57	4.2.2 多元醇.....	85
2.4 聚合实施方法.....	60	4.2.3 其他相关助剂.....	87
2.4.1 本体聚合.....	60	4.3 聚酯配方设计.....	88
2.4.2 溶液聚合.....	61	4.4 合成工艺.....	89
2.4.3 悬浮聚合.....	63	4.5 聚酯合成实例.....	89
2.5 缩聚实施方法.....	64	4.5.1 端羟基线型聚酯的合成.....	89
2.5.1 熔融缩聚.....	64	4.5.2 端羟基分支型聚酯的合成.....	90
2.5.2 溶液缩聚.....	65	4.5.3 氨基烤漆用端羟基分支型聚酯的 合成.....	91
2.6 结语.....	66		

4.6	聚酯树脂的应用	92	6.5.2	聚氨酯油	138
4.7	不饱和聚酯	92	6.5.3	潮气固化聚氨酯	140
4.7.1	不饱和聚酯的原料	92	6.5.4	封闭型异氰酸酯	141
4.7.2	分子设计原理及合成工艺	93	6.6	溶剂型双组分聚氨酯涂料树脂	143
4.7.3	不饱和聚酯的应用	94	6.6.1	羟基树脂	143
4.8	水性聚酯树脂	95	6.6.2	多异氰酸酯的合成	145
4.8.1	水性单体	95	6.7	水性聚氨酯	147
4.8.2	助溶剂	95	6.7.1	水性聚氨酯的合成单体	148
4.8.3	中和剂	95	6.7.2	水性聚氨酯的分类	148
4.8.4	合成原理及工艺	95	6.7.3	水性聚氨酯的合成原理	149
4.8.5	TMA 型水性聚酯树脂的合成	96	6.7.4	水性聚氨酯的合成工艺	150
4.8.6	5-SSIP A 型水性聚酯树脂的合成	97	6.7.5	水性聚氨酯的合成实例	150
4.9	结语	97	6.7.6	水性聚氨酯的改性	153
<b>第 5 章</b>	<b>丙烯酸树脂</b>	<b>98</b>	6.7.7	水性聚氨酯的应用	156
5.1	概述	98	6.8	结语	157
5.2	丙烯酸(酯)及甲基丙烯酸(酯)单体	98	<b>第 7 章</b>	<b>环氧树脂</b>	<b>158</b>
5.3	丙烯酸树脂的配方设计	102	7.1	概述	158
5.3.1	单体的选择	102	7.1.1	环氧树脂及其固化物的性能特点	158
5.3.2	$T_g$ 的设计	104	7.1.2	环氧树脂发展简史	158
5.3.3	引发剂的选择	104	7.2	环氧树脂分类	159
5.3.4	溶剂的选择	105	7.2.1	按化学结构分类	159
5.3.5	分子量调节剂	105	7.2.2	按官能团的数量分类	161
5.4	溶剂型丙烯酸树脂	106	7.2.3	按状态分类	162
5.4.1	热塑性丙烯酸树脂	106	7.3	环氧树脂的性质与特性指标	162
5.4.2	热固性丙烯酸树脂	107	7.3.1	环氧树脂的性质	162
5.5	水性丙烯酸树脂	109	7.3.2	环氧树脂的特性指标	163
5.5.1	丙烯酸乳液的合成	109	7.3.3	国产环氧树脂的牌号	163
5.5.2	丙烯酸树脂水分散体的合成	122	7.4	环氧树脂的固化反应及固化剂	164
5.6	结语	124	7.4.1	环氧树脂的固化反应	164
<b>第 6 章</b>	<b>聚氨酯树脂</b>	<b>125</b>	7.4.2	固化剂	166
6.1	概述	125	7.5	环氧树脂的合成	173
6.2	聚氨酯化学	125	7.5.1	双酚 A 型环氧树脂的合成	173
6.2.1	异氰酸酯的反应机理	125	7.5.2	酚醛型环氧树脂的合成	176
6.2.2	异氰酸酯的反应类型	126	7.5.3	部分脂环族环氧树脂的合成	176
6.2.3	异氰酸酯的反应活性	127	7.6	新型环氧树脂固化剂的合成	177
6.3	聚氨酯的合成单体	127	7.6.1	改性多元胺固化剂的合成	177
6.3.1	多异氰酸酯	127	7.6.2	改性双氰胺潜伏性固化剂的合成	180
6.3.2	多元醇低聚物	134	7.6.3	硫醇固化剂的合成	180
6.3.3	扩链剂	136	7.6.4	非卤阻燃型固化剂的合成	181
6.3.4	溶剂	137	7.6.5	微胶囊固化剂的制备	183
6.3.5	催化剂	137	7.7	环氧树脂的改性	184
6.4	聚氨酯的分类	138	7.7.1	环氧树脂的增韧改性	185
6.5	单组分聚氨酯树脂	138	7.7.2	环氧树脂的其他改性	185
6.5.1	线型热塑性聚氨酯	138	7.8	水性环氧树脂	186

7.8.1	水性环氧树脂的制备	186	第 10 章	光固化树脂	244
7.8.2	水性环氧树脂的合成实例	189	10.1	概述	244
7.8.3	水性环氧树脂固化剂的合成	190	10.2	溶剂型光固化树脂的合成	244
7.9	环氧树脂的应用	192	10.2.1	不饱和聚酯的合成	244
7.9.1	防腐蚀环氧涂料	193	10.2.2	环氧丙烯酸酯的合成	245
7.9.2	电气绝缘环氧树脂涂料	194	10.2.3	聚氨酯丙烯酸酯的合成	245
7.9.3	汽车、船舶等交通工具用环氧树脂涂料	194	10.2.4	聚酯丙烯酸酯的合成	249
7.9.4	食品容器用环氧树脂涂料	195	10.2.5	聚醚丙烯酸酯的合成	250
7.10	结语	195	10.2.6	纯丙烯酸树脂的合成	251
8	氨基树脂	196	10.2.7	环氧树脂的合成	251
8.1	概述	196	10.2.8	有机硅低聚物的合成	252
8.1.1	涂料用氨基树脂的发展简史	196	10.3	水性光固化树脂的合成	253
8.1.2	涂料用氨基树脂的特点	196	10.3.1	水性聚氨酯丙烯酸酯的合成	253
8.1.3	涂料用氨基树脂的分类	197	10.3.2	水性环氧丙烯酸酯的合成	254
8.2	氨基树脂的性能	197	10.3.3	水性聚酯丙烯酸酯的合成	254
8.2.1	脲醛树脂的性能	197	10.4	光固化树脂的应用	255
8.2.2	三聚氰胺甲醛树脂的性能	198	10.4.1	光固化涂料的其他原料	255
8.2.3	苯代三聚氰胺甲醛树脂的性能	199	10.4.2	光固化树脂的应用领域	263
8.2.4	共缩聚树脂的性能	199	10.5	结语	267
8.3	氨基树脂的合成原料	199	11	涂料助剂	268
8.3.1	氨基化合物	199	11.1	概述	268
8.3.2	醛类	202	11.2	润湿分散剂	268
8.3.3	醇类	204	11.2.1	概述	268
8.4	氨基树脂的合成	204	11.2.2	颜料分散和稳定机理	269
8.4.1	脲醛树脂的合成	204	11.2.3	常用润湿分散剂	269
8.4.2	三聚氰胺甲醛树脂的合成	206	11.2.4	润湿分散剂在涂料中的应用	271
8.4.3	苯代三聚氰胺甲醛树脂的合成	211	11.2.5	润湿分散剂的性能评价	271
8.4.4	共缩聚树脂的合成	213	11.3	流平剂	271
8.5	氨基树脂的应用	214	11.3.1	概述	271
8.5.1	丁醚化氨基树脂的应用	215	11.3.2	流平机理	272
8.5.2	甲醚化氨基树脂的应用	217	11.3.3	常用流平剂	274
8.6	结语	218	11.3.4	流平剂的发展趋势	276
9	氟树脂和硅树脂	219	11.4	消泡剂	276
9.1	氟树脂	219	11.4.1	概述	276
9.1.1	概述	219	11.4.2	泡沫的产生及稳定	276
9.1.2	氟树脂的合成单体	220	11.4.3	消泡机理	277
9.1.3	氟树脂的合成	222	11.4.4	常用消泡剂	278
9.1.4	氟树脂的应用	232	11.4.5	消泡剂的应用	278
9.2	硅树脂	233	11.5	光泽助剂	279
9.2.1	概述	233	11.5.1	概述	279
9.2.2	硅树脂的合成单体	234	11.5.2	涂料光泽的影响因素	279
9.2.3	硅树脂的合成原理	237	11.5.3	常用消光剂及其使用	280
9.2.4	硅树脂的合成	239	11.5.4	增光剂	280
9.2.5	硅树脂的应用	241	11.6	流变剂	281
9.3	结语	243	11.6.1	流体流动模型	281
			11.6.2	流体的主要类型	281

11.6.3	流变剂的作用机理	282	13.3.1	醇酸自干漆	314
11.6.4	常用流变助剂与应用	282	13.3.2	丙烯酸自干漆	317
11.7	增稠剂	283	13.3.3	环氧酯自干漆	319
11.7.1	概述	283	13.4	双组分自干漆	321
11.7.2	增稠剂的作用机理	283	13.4.1	双组分聚氨酯自干漆	321
11.7.3	常用增稠剂与应用	284	13.4.2	双组分环氧自干漆	323
11.8	水性助剂	285	13.5	结语	325
11.8.1	水性润湿分散剂	285	<b>第 14 章 建筑涂料</b>		326
11.8.2	水性消泡剂	286	14.1	概述	326
11.8.3	成膜助剂	286	14.2	建筑涂料的分类	326
11.8.4	防霉杀菌剂	287	14.3	乳胶漆	327
11.8.5	水性流平剂	287	14.3.1	乳胶漆的特点	327
11.8.6	缓蚀剂	288	14.3.2	乳胶漆的组成	328
11.9	结语	288	14.3.3	乳胶漆的配方设计	329
<b>第 12 章 涂料配方设计</b>		289	14.3.4	乳胶漆的生产工艺	330
12.1	概述	289	14.3.5	乳胶漆生产工艺探讨	331
12.2	涂料基本组成	289	14.4	乳胶漆国家标准	332
12.2.1	树脂	289	14.5	乳胶漆配方	332
12.2.2	溶剂	292	14.5.1	经济型内墙乳胶漆	332
12.2.3	颜料	294	14.5.2	高档内墙乳胶漆	333
12.2.4	助剂	296	14.5.3	经济型外墙乳胶漆	334
12.3	成膜机理	297	14.5.4	高档外墙乳胶漆	335
12.3.1	溶剂挥发和热熔成膜	297	14.5.5	弹性拉毛乳胶漆	336
12.3.2	乳胶漆的成膜	297	14.5.6	水性真石漆	337
12.3.3	反应成膜	298	14.5.7	丝光涂料	338
12.3.4	成膜过程表征	298	14.5.8	透明封闭底漆	338
12.4	颜料体积浓度	298	14.5.9	遮盖型封闭底漆	339
12.4.1	颜基比	298	14.6	结语	340
12.4.2	颜料体积浓度与临界颜料体积浓度	298	<b>第 15 章 木器涂料</b>		341
12.4.3	颜料吸油值	299	15.1	概述	341
12.4.4	乳胶漆临界颜料体积浓度	299	15.1.1	木器表面涂装的目的和要求	341
12.4.5	涂膜性能与 PVC 的关系	300	15.1.2	木器涂料的分类	341
12.5	流变学	301	15.2	醇酸型木器漆	342
12.5.1	黏度	301	15.3	丙烯酸自干木器漆	344
12.5.2	黏度的影响因素	302	15.4	聚氨酯木器漆	345
12.5.3	涂料流动方程	302	15.5	不饱和聚酯木器漆	348
12.6	涂膜病态防治	303	15.6	硝基漆	349
12.7	结语	304	15.7	光固化木器涂料	350
<b>第 13 章 金属涂料</b>		305	15.8	水性木器漆	350
13.1	概述	305	15.9	结语	353
13.2	氨基烘漆	307	<b>第 16 章 涂料生产设备与工艺</b>		354
13.2.1	丙烯酸型氨基烘漆	308	16.1	概述	354
13.2.2	醇酸型氨基烘漆	311	16.2	涂料生产设备	354
13.2.3	聚酯氨基烘漆	313	16.2.1	分散设备	354
13.3	单组分自干漆	314	16.2.2	研磨设备	355
			16.2.3	过滤设备	356



16.2.4	输送设备	357
16.3	涂料生产工艺过程	357
16.3.1	基本工艺	357
16.3.2	乳胶漆生产工艺	358
16.3.3	生产过程中应注意的问题	359
16.4	质量检验与性能测试	360
第14章 涂料助剂		
14.1	概述	359
14.2	涂料助剂的功能分类	359
14.3	分散剂	357
14.3.1	分散剂的种类	357
14.3.2	分散剂的机理	358
14.3.3	分散剂的配方设计	358
14.3.4	分散剂的生产工艺	360
14.3.5	分散剂的主要性能指标	361
14.4	润湿剂	362
14.5	消泡剂	363
14.5.1	消泡剂的分类	363
14.5.2	消泡剂的机理	363
14.5.3	消泡剂的配方设计	364
14.5.4	消泡剂的生产工艺	365
14.5.5	消泡剂的主要性能指标	366
14.5.6	水性涂料用消泡剂	367
14.5.7	水性涂料用消泡剂	368
14.5.8	水性涂料用消泡剂	368
14.5.9	水性涂料用消泡剂	369
14.6	增稠剂	370
第15章 木器涂料		
15.1	概述	371
15.1.1	木器涂料的发展概况	371
15.1.2	木器涂料的分类	371
15.2	硝基木器涂料	373
15.3	丙烯酸木器涂料	374
15.4	聚氨酯木器涂料	375
15.5	不饱和聚酯木器涂料	378
15.6	氨基木器涂料	379
15.7	光固化木器涂料	380
15.8	水性木器涂料	380
15.9	结语	382
第16章 涂料生产安全与卫生		
16.1	概述	384
16.2	涂料生产安全	384
16.2.1	分装设备	384
16.2.2	灌装设备	385
16.2.3	罐装设备	385

16.4.1	涂料产品本身的性能	360
16.4.2	涂料施工性能	361
16.4.3	涂膜性能	361
参考文献		
11.1.1	水性涂料	385
11.1.2	水性涂料	385
11.1.3	水性涂料	385
11.1.4	水性涂料	385
11.1.5	水性涂料	385
11.1.6	水性涂料	385
11.1.7	水性涂料	385
11.1.8	水性涂料	385
11.1.9	水性涂料	385
11.1.10	水性涂料	385
11.1.11	水性涂料	385
11.1.12	水性涂料	385
11.1.13	水性涂料	385
11.1.14	水性涂料	385
11.1.15	水性涂料	385
11.1.16	水性涂料	385
11.1.17	水性涂料	385
11.1.18	水性涂料	385
11.1.19	水性涂料	385
11.1.20	水性涂料	385
11.1.21	水性涂料	385
11.1.22	水性涂料	385
11.1.23	水性涂料	385
11.1.24	水性涂料	385
11.1.25	水性涂料	385
11.1.26	水性涂料	385
11.1.27	水性涂料	385
11.1.28	水性涂料	385
11.1.29	水性涂料	385
11.1.30	水性涂料	385
11.1.31	水性涂料	385
11.1.32	水性涂料	385
11.1.33	水性涂料	385
11.1.34	水性涂料	385
11.1.35	水性涂料	385
11.1.36	水性涂料	385
11.1.37	水性涂料	385
11.1.38	水性涂料	385
11.1.39	水性涂料	385
11.1.40	水性涂料	385
11.1.41	水性涂料	385
11.1.42	水性涂料	385
11.1.43	水性涂料	385
11.1.44	水性涂料	385
11.1.45	水性涂料	385
11.1.46	水性涂料	385
11.1.47	水性涂料	385
11.1.48	水性涂料	385
11.1.49	水性涂料	385
11.1.50	水性涂料	385
11.1.51	水性涂料	385
11.1.52	水性涂料	385
11.1.53	水性涂料	385
11.1.54	水性涂料	385
11.1.55	水性涂料	385
11.1.56	水性涂料	385
11.1.57	水性涂料	385
11.1.58	水性涂料	385
11.1.59	水性涂料	385
11.1.60	水性涂料	385
11.1.61	水性涂料	385
11.1.62	水性涂料	385
11.1.63	水性涂料	385
11.1.64	水性涂料	385
11.1.65	水性涂料	385
11.1.66	水性涂料	385
11.1.67	水性涂料	385
11.1.68	水性涂料	385
11.1.69	水性涂料	385
11.1.70	水性涂料	385
11.1.71	水性涂料	385
11.1.72	水性涂料	385
11.1.73	水性涂料	385
11.1.74	水性涂料	385
11.1.75	水性涂料	385
11.1.76	水性涂料	385
11.1.77	水性涂料	385
11.1.78	水性涂料	385
11.1.79	水性涂料	385
11.1.80	水性涂料	385
11.1.81	水性涂料	385
11.1.82	水性涂料	385
11.1.83	水性涂料	385
11.1.84	水性涂料	385
11.1.85	水性涂料	385
11.1.86	水性涂料	385
11.1.87	水性涂料	385
11.1.88	水性涂料	385
11.1.89	水性涂料	385
11.1.90	水性涂料	385
11.1.91	水性涂料	385
11.1.92	水性涂料	385
11.1.93	水性涂料	385
11.1.94	水性涂料	385
11.1.95	水性涂料	385
11.1.96	水性涂料	385
11.1.97	水性涂料	385
11.1.98	水性涂料	385
11.1.99	水性涂料	385
11.1.100	水性涂料	385
11.1.101	水性涂料	385
11.1.102	水性涂料	385
11.1.103	水性涂料	385
11.1.104	水性涂料	385
11.1.105	水性涂料	385
11.1.106	水性涂料	385
11.1.107	水性涂料	385
11.1.108	水性涂料	385
11.1.109	水性涂料	385
11.1.110	水性涂料	385
11.1.111	水性涂料	385
11.1.112	水性涂料	385
11.1.113	水性涂料	385
11.1.114	水性涂料	385
11.1.115	水性涂料	385
11.1.116	水性涂料	385
11.1.117	水性涂料	385
11.1.118	水性涂料	385
11.1.119	水性涂料	385
11.1.120	水性涂料	385
11.1.121	水性涂料	385
11.1.122	水性涂料	385
11.1.123	水性涂料	385
11.1.124	水性涂料	385
11.1.125	水性涂料	385
11.1.126	水性涂料	385
11.1.127	水性涂料	385
11.1.128	水性涂料	385
11.1.129	水性涂料	385
11.1.130	水性涂料	385
11.1.131	水性涂料	385
11.1.132	水性涂料	385
11.1.133	水性涂料	385
11.1.134	水性涂料	385
11.1.135	水性涂料	385
11.1.136	水性涂料	385
11.1.137	水性涂料	385
11.1.138	水性涂料	385
11.1.139	水性涂料	385
11.1.140	水性涂料	385
11.1.141	水性涂料	385
11.1.142	水性涂料	385
11.1.143	水性涂料	385
11.1.144	水性涂料	385
11.1.145	水性涂料	385
11.1.146	水性涂料	385
11.1.147	水性涂料	385
11.1.148	水性涂料	385
11.1.149	水性涂料	385
11.1.150	水性涂料	385
11.1.151	水性涂料	385
11.1.152	水性涂料	385
11.1.153	水性涂料	385
11.1.154	水性涂料	385
11.1.155	水性涂料	385
11.1.156	水性涂料	385
11.1.157	水性涂料	385
11.1.158	水性涂料	385
11.1.159	水性涂料	385
11.1.160	水性涂料	385
11.1.161	水性涂料	385
11.1.162	水性涂料	385
11.1.163	水性涂料	385
11.1.164	水性涂料	385
11.1.165	水性涂料	385
11.1.166	水性涂料	385
11.1.167	水性涂料	385
11.1.168	水性涂料	385
11.1.169	水性涂料	385
11.1.170	水性涂料	385
11.1.171	水性涂料	385
11.1.172	水性涂料	385
11.1.173	水性涂料	385
11.1.174	水性涂料	385
11.1.175	水性涂料	385
11.1.176	水性涂料	385
11.1.177	水性涂料	385
11.1.178	水性涂料	385
11.1.179	水性涂料	385
11.1.180	水性涂料	385
11.1.181	水性涂料	385
11.1.182	水性涂料	385
11.1.183	水性涂料	385
11.1.184	水性涂料	385
11.1.185	水性涂料	385
11.1.186	水性涂料	385
11.1.187	水性涂料	385
11.1.188	水性涂料	385
11.1.189	水性涂料	385
11.1.190	水性涂料	385
11.1.191	水性涂料	385
11.1.192	水性涂料	385
11.1.193	水性涂料	385
11.1.194	水性涂料	385
11.1.195	水性涂料	385
11.1.196	水性涂料	385
11.1.197	水性涂料	385
11.1.198	水性涂料	385
11.1.199	水性涂料	385
11.1.200	水性涂料	385

# 第1章 导 论

## 1.1 概述

涂料是一种保护、装饰物体表面的涂装材料。具体讲，涂料是涂布于物体表面后，经干燥可以形成一层薄膜，赋予物体以保护、美化或其他功能的材料。从组成上看，涂料一般包含四大组分：成膜物质（也称为主要成膜物质）、溶剂（或分散介质）、颜（或填）料（也称为次要成膜物质）和各类涂料助剂。本书首先介绍成膜物质，即涂料树脂的合成方法，然后介绍涂料配方的其他组分、配方原理和应用。

成膜物质是一种高分子化合物（亦称为树脂），可分为天然高分子和合成高分子两大类。其中合成高分子在涂料成膜物质中占主导地位，可细分为缩聚型高分子（缩聚物）、加聚型高分子（加聚物）及改性型高分子三大类。常用的缩聚型高分子有聚氨酯、醇酸树脂、环氧树脂等，加聚型高分子有丙烯酸树脂、过氯乙烯树脂、聚氯乙烯树脂、聚醋酸乙烯树脂等，改性型大分子有高氯化聚乙烯、氯化橡胶等。天然高分子来自自然界，常用的有以矿物为来源的沥青、以植物为来源的生漆、以动物为来源的虫胶等。沥青涂料不仅耐腐蚀性能良好，而且价格便宜。生漆是我国的特产，有很多优良的性能，使用已有几千年的历史。

颜料是涂料中的次要成膜物质。它也是构成涂膜的组成部分，但它不能离开主要成膜物质而单独构成涂膜。颜料是一种不溶于成膜物质的有色物质。从颜料的用途分为体质颜料（也称为填料）、着色颜料、防锈颜料三种。体质颜料：主要用来增加涂层厚度，提高耐磨性和机械强度。着色颜料：可赋予涂层美丽的色彩，具有良好的遮盖性，可以提高涂层的耐日晒性、耐久性和耐气候变化等性能。防锈颜料：这种颜料可使涂层具有良好的防锈能力，延长寿命，它是防锈底漆的主要原料。颜料依来源可分为有机颜料和无机颜料，无机颜料又可分为天然无机颜料和人造无机颜料。

溶剂（或分散介质）在涂料中起到溶解或分散成膜物质及颜（填）料的作用，以满足各种油漆施工工艺的要求，其用量在50%（体积分数）左右。油漆涂布成膜后，它并不留在漆膜中，而是全部挥发掉了，因此，溶剂（或分散介质）并非成膜物质，它可以帮助施工和成膜。不同品种的合成树脂或油漆，其溶剂不同。溶剂在涂料中的作用往往不为人们重视，认为它是挥发组分，最后总是挥发掉而不留在漆膜中，对漆的质量不会有很大影响。其实不然，各种溶剂的溶解力及挥发率等因素对于成漆在生产、贮存、施工及漆膜光泽、附着力、表面状态等多方面性能都有极大影响。涂料中的溶剂是一种挥发组分，对环境造成极大污染，也是对资源的很大浪费，所以，现代涂料行业正在努力减少溶剂的使用量，开发出了高固体分涂料、水性涂料、无溶剂涂料等环保型涂料。溶剂的品种类别很多，按其化学成分和来源可分为下列几大类。①萜烯溶剂：绝大部分来自松树分泌物，常用的有松节油。②石油溶剂：这类溶剂属于烃类，是从石油中分馏而得，常用的有溶剂油、松香水。松香水是油漆中普遍采用的溶剂，毒性较小。③煤焦溶剂：这类溶剂也属于烃类，但由煤干馏而得，常用的有苯、甲苯、二甲苯等。苯的溶解能力很强，但毒性大，挥发快，一般不用；甲苯的溶解能力与苯相似，主要作为醇酸漆溶剂，也可以作环氧树脂、喷漆等的稀释剂用；二甲苯的溶解性略低于甲苯，挥发比甲苯慢，毒性较小。近年来，重芳烃（三甲基苯）类溶剂得到了广

泛应用。④酯类溶剂：是低碳的有机酸和醇的酯化物，常用的有醋酸丁酯、醋酸乙酯、醋酸戊酯等。酯类溶剂毒性小，一般用在民用漆中。⑤酮类溶剂：主要用来溶解硝酸纤维，常用的有丙酮、甲乙酮、甲异丙酮、环己酮、异佛尔酮等。⑥醇类溶剂：常用的有乙醇、异丙醇和丁醇等。醇类溶剂对涂料的溶解力差，仅能溶解虫胶或聚乙烯醇缩丁醛树脂，与酯类、酮类溶剂配合使用时，可增加其溶解力。乙醇不能溶解一般树脂，而能溶解硝基纤维、虫胶等。⑦其他溶剂：常用的有含氯溶剂、硝化烷烃溶剂、醚醇类溶剂等。含氯溶剂溶解力很强，但毒性较大，只是在某些特种漆和脱漆剂中使用；醚醇类溶剂是一种新型的溶剂，有乙醚乙二醇、甲醚乙二醇及其酯类等。近年来，水性涂料发展很快，除极少量水溶性体系外，绝大部分属于水分散体系，水起到分散介质的作用。

**助剂**：形象的说，助剂在涂料中的作用，就相当于维生素和微量元素对人体的作用，用量很少，约0.1%（质量分数），但作用很大，不可或缺。现代涂料助剂主要有四大类：①对涂料生产过程发生作用的助剂，如消泡剂、润湿剂、分散剂、乳化剂等；②对涂料储存过程发生作用的助剂，如防沉剂、稳定剂，防结皮剂等；③对涂料施工过程起作用的助剂，如流平剂、消泡剂、催干剂、防流挂剂等；④对涂膜性能产生作用的助剂，如增塑剂、消光剂、阻燃剂、防霉剂等。

## 1.2 涂料的作用

涂料是精细化工的一个重要工业部门，在工业、农业及人们日常生活中起着重要的作用。

涂料的作用一般包括三个方面：

(1) 保护作用 涂料可以在物体表面形成一层保护膜，保护各种制品免受大气、雨水及各种化学介质的侵蚀，延长其使用寿命，减少损失。

(2) 装饰作用 由颜料（或填料）及成膜物质提供，其他组分协助。当然，颜料除了使涂膜呈现鲜艳多彩的颜色外，还具有其他作用，如提供一定的机械强度、化学稳定性以强化保护作用；成膜物质使涂饰物表面光泽发生变化，提高丰满度，提高质感，提高了装饰效果。

(3) 其他作用 保护和装饰性是涂料的基本功能，此外涂膜还可以提供防静电、导电、绝缘、耐高温、隔热、阻燃、防霉、杀菌、防海洋生物附着、热至变色、光至变色等作用。

## 1.3 涂料的分类与命名

随着涂料科研、生产及应用的不断发展，涂料工业发展非常迅速，涂料品种越来越多、用途越来越广，因此有必要对涂料进行分类。

涂料的分类方法很多。

- (1) 按照涂料形态分 粉末涂料、液体涂料；
- (2) 按成膜机理分 热塑性涂料、热固性涂料；
- (3) 按施工方法分 刷涂涂料、辊涂涂料、喷涂涂料、浸涂涂料、淋涂涂料、电泳涂涂料；
- (4) 按干燥方式分 常温干燥涂料、烘干涂料、湿气固化涂料、光固化涂料、电子束固化涂料；
- (5) 按涂布层次分 腻子、底漆、中涂漆、面漆；

(6) 按涂膜外观分 清漆、色漆；平光漆、亚光漆、高光漆；

(7) 按使用对象分 金属漆、木器漆、水泥漆，汽车漆、船舶漆、集装箱漆、飞机漆、家电漆；

(8) 按性能分 防腐漆、绝缘漆、导电漆、耐热漆、防火漆；

(9) 按成膜物质分 醇酸树脂漆、环氧树脂漆、氯化橡胶漆、丙烯酸树脂漆、聚氨酯漆、乙烯基树脂漆等。

(10) 按分散介质不同分 溶剂型涂料、水性涂料（水溶型涂料、水分散型涂料和水乳型涂料）。

以上的各种分类方法各具特点，但是无论哪一种分类方法都不能把涂料所有的特点都包含进去，可以说到目前为止还没有统一的分类方法。

为了简化起见，在涂料命名时，除了粉末涂料外仍采用“漆”一词，以后的具体叙述时，各涂料品种也称为漆，在统称时仍用“涂料”一词。涂料命名原则规定如下：

① 涂料全名=颜料或颜色名称+成膜物质名称+基本名称；

② 若颜料对漆膜性能起显著作用，则用颜料名称代替颜色名称；

③ 对于某些有专门用途及特性的产品，必要时在成膜物质后面加以阐明。

按成膜物质的种类，涂料可以进行如表 1-1 所示分类。

按照中国的国家标准 GB 2705—92，涂料基本名称代号如表 1-2 所示。

表 1-1 涂料分类表

序号	代号(汉语拼音)	涂料类别	主要成膜物质
1	Y	油性漆类	天然动植物油,鱼油,合成油
2	T	天然树脂漆类	松香及其衍生物、虫胶、酪素、动物胶,大漆及其衍生物
3	F	酚醛树脂漆类	酚醛树脂、改性酚醛树脂、二甲苯树脂
4	L	沥青漆类	天然沥青、石油沥青、煤焦沥青、硬脂酸沥青
5	C	醇酸树脂漆类	甘油醇酸树脂、季戊四醇醇酸树脂、其他改性醇酸树脂
6	A	氨基树脂漆类	脲醛树脂、三聚氰胺甲醛树脂
7	Q	硝基漆类	硝基纤维素、改性硝基纤维素
8	M	纤维素漆类	乙基纤维素、苄基纤维素,羟甲基纤维素,醋酸纤维素,醋酸丁酸纤维素等
9	G	过氯乙烯漆类	过氯乙烯树脂、改性过氯乙烯树脂
10	X	乙烯漆类	氯乙烯共聚物,聚醋酸乙烯及其共聚物,聚乙烯醇缩醛,氟树脂
11	B	丙烯酸漆类	丙烯酸酯共聚物及其改性树脂
12	Z	聚酯漆类	饱和聚酯及不饱和聚酯
13	H	环氧树脂漆类	环氧树脂及改性环氧树脂
14	S	聚氨酯漆类	聚氨基甲酸酯
15	W	元素有机漆类	有机硅、有机钛等元素有机化合物
16	J	橡胶漆类	天然橡胶、合成橡胶及其改性树脂
17	E	其他漆类	如无机高分子(硅酸锂),聚苯胺,聚酰亚胺等

表 1-2 涂料基本名称代号

代号	基本名称	代号	基本名称
00	清油	44	船底漆
01	清漆	45	饮水舱漆
02	厚漆	46	油舱漆
03	调合漆	47	车间(预涂)底漆
04	磁漆	50	耐酸漆
05	粉末涂料	51	耐碱漆
06	底漆	52	防腐漆
07	腻子	60	耐火漆
08	水性涂料	61	耐热漆
09	大漆	62	示温漆
11	电泳漆	63	涂布漆
12	乳胶漆	64	可剥漆
13	其他水溶(性)漆	65	卷材涂料
14	透明漆	66	光固化涂料
15	斑纹漆	67	隔热涂料
16	锤纹漆	71	工程机械用漆
17	皱纹漆	72	农机用漆
18	裂纹漆	73	发电、输配电设备用漆
20	铅笔漆	77	内墙涂料
22	木器漆	78	外墙涂料
23	罐头漆	79	屋面防水涂料
24	家电用漆	80	地板漆
26	自行车漆	82	锅炉漆
27	玩具漆	83	烟囱漆
28	塑料用漆	86	标志漆、路标漆、马路划线漆
30	(浸渍)绝缘漆	87	汽车漆(车身)
32	(绝缘)磁漆	88	汽车漆(底盘)
34	漆包线漆	89	其他汽车漆
35	硅钢片漆	90	汽车修补漆
36	电容器漆	93	集装箱漆
37	电阻漆、电位器漆	94	铁路车辆用漆
38	半导体漆	95	桥梁漆、输电塔漆及其他(大型露天)钢结构漆
40	防污漆	96	航空、航天用漆
41	水线漆	98	胶液
42	甲板漆、甲板防滑漆	99	其他
43	船壳漆		

涂料用辅助材料型号由一个汉语拼音字母和1~2位阿拉伯数字组成，字母与数字之间有半字线（读成“之”）。字母表示辅助材料类别代号。数字为序号，用以区别同一类辅助材料的不同品种。辅助材料代号见表1-3，型号名称举例见表1-4。

表 1-3 辅助材料代号

代 号	辅助材料名称	代 号	辅助材料名称
X	稀释剂	T	脱漆剂
F	防潮剂	H	固化剂
G	催干剂		

表 1-4 型号名称举例

产品型号	产品名称	产品型号	产品名称
Q01-17	硝基清漆	H36-51	中绿环氧烘干电容器漆
A05-19	铝粉氨基烘漆	S07-1	浅灰聚氨酯腻子(分装)
C04-2	白醇酸磁漆	H-1	环氧漆固化剂

## 1.4 涂料发展概况

涂料的发展历史源远流长，可以追溯到石器时代，我国是最早生产、使用涂料的国家之一，考古发掘出土的大量文物、漆器就是证明，足见我们的祖先已具有很高的涂料生产、使用技术。由于早期的涂料是由植物油脂等为原料生产的，所以人们习惯上称其为油漆，随着20世纪初高分子科学的发展，尤其是30年代醇酸树脂的工业化生产，合成树脂开始广泛应用于涂料生产，因此油漆的含义已经发生了根本变化，现在应当用涂料代替油漆的概念，包括有机和无机涂料，其中以有机涂料尤为重要。据统计，目前合成树脂涂料已占涂料总产量的80%，而且，仍在不断开发新的涂料用树脂。

涂料的发展史一般可分为三个阶段：①天然成膜物质的使用；②涂料工业的形成；③合成树脂涂料的生产。

① 天然成膜物质的使用。中国是世界上使用天然成膜物质涂料最早的国家之一。春秋时期（公元前770~公元前476年）就掌握了熬炼桐油制造涂料的技术。战国时期（公元前475~公元前221年）能用桐油和大漆复配涂料。长沙马王堆出土的汉墓漆棺和漆器，做工细致，漆膜坚韧，保护性能良好，说明中国在公元前2世纪的汉初时，大漆的使用技术已相当成熟。此后，该项技术陆续传入朝鲜、日本及东南亚各国，并得到发展。公元前的巴比伦人使用沥青作为木船的防腐涂料，希腊人掌握了蜂蜡涂饰技术。公元初年，埃及采用阿拉伯树胶制作涂料。到了明代（1368~1644年），中国漆器技术达到高峰。明隆庆年间黄成所著的《髹饰录》系统地总结了大漆的使用经验。17世纪以后，中国的漆器技术和印度的虫胶（紫胶）涂料逐渐传入欧洲。

② 涂料工业的形成。18世纪涂料工业开始形成。亚麻仁油熟油的大量生产和应用，促使清漆和色漆的品种迅速发展。1773年，英国韦廷公司搜集出版了很多用天然树脂和干性油炼制清漆的工艺配方。1790年，英国创立了第一家涂料厂。19世纪，涂料生产开始摆脱了手工作坊的状态，很多国家相继建厂，法国在1820年、德国在1830年、奥地利在1843年、日本在1881年都相继建立了涂料厂。19世纪中叶，涂料生产厂家直接配制适合施工要求的涂料，即调合漆。从此，涂料配制和生产技术才完全掌握在涂料厂中，推动了涂料生产

的规模化。第一次世界大战期间，中国涂料工业开始萌芽，1915年开办的上海开林颜料油漆厂是中国第一家涂料生产厂。

③ 合成树脂涂料时期。19世纪中期，随着合成树脂的出现，涂料成膜物质发生了根本性的变革，形成了合成树脂涂料时期。

1855年，英国人A.帕克斯取得了用硝酸纤维素（硝化棉）制造涂料的专利权，建立了第一个生产合成树脂涂料的工厂。1909年，美国化学家L.H.贝克兰试制成功醇溶性酚醛树脂。随后，德国人K.阿尔伯特研究成功松香改性的油溶性酚醛树脂涂料。第一次世界大战后，为了打开过剩的硝酸纤维素的销路，适应汽车生产发展的需要，找到了醋酸丁酯、醋酸乙酯等良好溶剂，开发了空气喷涂的施工方法。1925年硝酸纤维素涂料的生产达到高潮。与此同时，酚醛树脂涂料也广泛应用于木器家具行业。在色漆生产中，轮碾机被逐步淘汰，球磨机、三辊机等现代机械研磨设备在涂料工业中得到推广应用。

1927年，美国通用电气公司的R.H.基恩尔突破了植物油醇解技术，发明了用干性脂肪酸制备醇酸树脂的工艺，醇酸树脂涂料迅速发展为主流的涂料品种，摆脱了以干性油和天然树脂混合炼制涂料的传统方法，开创了涂料工业的新纪元。1940年，三聚氰胺-甲醛树脂（氨基树脂）与醇酸树脂配合制漆（即氨基-醇酸烘漆），进一步扩大了醇酸树脂涂料的应用范围，发展成为装饰性涂料的主要品种，广泛用于工业涂装。

第二次世界大战结束后，合成树脂涂料品种发展很快。美国、英国、荷兰（壳牌公司）、瑞士（汽巴公司）在20世纪40年代后期首先生产了环氧树脂，为发展新型防腐蚀涂料和工业底漆提供了新的原料。50年代初，性能优异的聚氨酯涂料在联邦德国拜耳公司投入工业化生产。1950年，美国杜邦公司开发了丙烯酸树脂涂料，逐渐成为汽车涂料的主要品种，并扩展到轻工、建筑等部门。第二次世界大战后，丁苯胶乳过剩，美国积极研究用丁苯胶乳制造水乳胶漆涂料。20世纪50~60年代，又开发了聚醋酸乙烯酯胶乳和丙烯酸酯胶乳涂料，这些都是建筑涂料的最大品种。1952年联邦德国克纳萨克·格里赛恩公司发明了乙烯类树脂热塑粉末涂料。壳牌化学公司开发了环氧粉末涂料。美国福特汽车公司1961年开发了电沉积涂料，并实现工业化生产。此外，1968年联邦德国拜耳公司首先在市场上出售光固化木器漆。乳胶漆、水性涂料、粉末涂料和光固化涂料，使涂料产品中的有机溶剂用量大幅度下降，甚至不使用有机溶剂，开辟了低污染涂料的新领域。随着电子技术和航天技术的发展，以有机硅树脂为主的元素有机树脂涂料，在50~60年代发展迅速，在耐高温涂料领域占据重要地位。这一时期开发并实现工业化生产的还有杂环树脂涂料、橡胶类涂料、乙烯基树脂涂料、聚酯涂料、无机高分子涂料等品种。

随着合成树脂涂料的发展，逐步采用了大型的树脂反应釜，研磨工序逐步采用高效的研磨设备，如高速分散机和砂磨机得到推广使用，取代了40~50年代的三辊磨。

为配合合成树脂涂料的推广应用，涂装技术也发生了根本性变化。20世纪50年代，高压无空气喷涂在造船工业和钢铁桥梁建筑中推广，大大提高了涂装的工作效率。静电喷涂是60年代发展起来的，它适用于大规模流水线涂装，促进了粉末涂料的进一步推广。电沉积涂装技术是60年代为适应水性涂料的出现而发展的，尤其在超过滤技术解决了电沉积涂装的废水问题后，进一步扩大了应用领域。

20世纪70年代以来，由于石油危机的冲击，涂料工业向节省资源、能源，减少污染、有利于生态平衡和提高经济效益的方向发展。高固体涂料、水型涂料、粉末涂料和辐射固化涂料的开发，是其具体表现。1976年，美国匹兹堡平板玻璃工业公司研制的新型电沉积涂料——阴极电沉积涂料，提高了汽车车身的防腐蚀能力，得到迅速推广。70年代开发了有机-无机聚合物乳液，应用于建筑涂料等领域。另外，功能性涂料成为70年代以来涂料工业

的研究的重要课题，并推出了一系列新品种。80年代各种建筑涂料发展很快。这一阶段有如下特点：①以现代的高分子科学等理论为指导，有目的地进行研究开发工作，加快了涂料发展的进程，例如现代化学、材料科学的理论应用在涂料科学，涂料助剂得到广泛推广使用，从而使涂料产品的性能和生产效率都有了大幅度提高。②利用共聚合、大分子改性和共混方法，实现了合成树脂结构的优化组合，提高了涂料的性能，且使功能性涂料品种日益增多。③对涂料质量的测试由宏观转向微观，已从测定表面性能转向测定影响涂料内在质量的结构层次方面。如更加重视测定合成树脂的分子量与分子量分布以了解合成树脂的质量，用扫描电镜观察涂膜的微观结构对涂膜性能的影响等。

20世纪90年代初，世界发达国家进行的“绿色革命”对涂料工业是个挑战，促进了涂料工业向“绿色”涂料方向大步迈进。以工业涂料为例，在北美和欧洲，1992年常规溶剂型涂料占49%，到2000年降为26%；水性涂料、高固体分涂料、光固化涂料和粉末涂料由1992年的51%增加到2002年的74%。今后十年，涂料工业的技术发展将主要体现在“水性化、粉末化、高固体分化和光固化”——即“四化”上，50%以下固体含量的溶剂型涂料则是衰退中的技术。

(1) 涂料的水性化 由于水性涂料的优越性十分突出，近十年来，水性涂料在涂料领域的应用日益扩大，已经替代了不少惯用的溶剂型涂料。随着各国对挥发性有机物及有毒物质的限制越来越严格，以及树脂、配方的优化和适用助剂的开发，可以预计水性涂料在用于家庭装饰涂料、建筑涂料等方面的市场份额将不断提高，逐步占领溶剂型涂料的市场。在水性涂料中，乳胶涂料占绝对优势，此外，水分散体涂料在木器、金属涂料领域的技术、市场发展很快。水性涂料重要的研究方向有以下几个方面。

① 成膜机理的研究。这方面的研究主要是改善涂膜的性能。

② 施工应用的研究。近年来对金属包装用水基涂料做了大量研究并获得十分可喜的进展，美国、日本、德国等国家已生产出金属防锈底漆、面漆，在市场上颇受欢迎。热塑性乳胶基料常用丙烯酸酯聚合物、聚氨酯分散体及其杂合乳液，通过大分子量的聚合物颗粒聚结而固化成膜。乳胶颗粒的聚结性关系到乳胶成膜的性能。近几年来，着重于强附着性基料和快干基料的研制，以及混合树脂胶的开发。一般水性乳胶聚合物对疏水性底材（如塑料和净化度差的金属）附着性差。为提高乳胶附着力，必须注意乳胶聚合物的结构和配方设计，使其尽量与底材的表面能接近，并选择合适的聚结剂，降低体系的表面张力，以适应表面张力较低的市售塑料等基材的涂饰。新开发的聚合物乳胶容易聚结，聚结剂用量很少也能很好地成膜，现已在家具、机械和各种用具等塑料制品上广泛应用。

③ 水性聚氨酯涂料。这是近年来迅速发展的一类水性涂料。水性聚氨酯对环境无污染，中毒和着火的危险性小。水性聚氨酯树脂分子内存在氨基甲酸酯键，所以水性聚氨酯涂料的柔韧性、机械强度、耐磨性、耐化学药品及耐久性等都十分优异，欧、美、日均将其视为高性能的现代涂料品种大力研究开发。

由于能源危机，油性漆原材料的价格大涨，为水性漆的发展提供了机遇。当然，目前水性涂料的发展还面临着很多挑战。一是消费者的消费习惯能不能被环保和健康观念改变；二是生产厂家能不能在水性漆的物理性能方面有更大的改进和提高。另外，政策面的推动也应加强，广大民众的消费观念也需更新。因此，水性漆的发展需要研发、生产、政府和用户等多方的共同努力。

(2) 涂料的粉末化 在涂料工业中，粉末涂料亦属于发展较快的一类。由于世界上出现了严重的大气污染，环保法规对污染控制日益严格，要求开发无公害、省资源的涂料品种。因此，无溶剂、100%地转化成膜、具有保护和装饰综合性能的粉末涂料，便因其具有独有



的经济效益和社会效益而获得飞速发展。

粉末涂料的主要品种有环氧树脂、聚酯、丙烯酸和聚氨酯粉末涂料。近年来，芳香族聚氨酯和脂肪族聚氨酯粉末以其优异的性能令人注目。

(3) 涂料的高固体分化 在环境保护措施日益强化的情况下，高固体分涂料有了迅速发展。采用脂肪族多异氰酸酯和聚己内酯多元醇等低黏度聚合多元醇，可制成固体分高达100%的聚氨酯涂料。该涂料各项性能均佳，施工性好。用低黏度IPDI三聚体和高固体分羟基丙烯酸树脂或聚酯树脂配制的双组分热固性聚氨酯涂料，其固体含量可达70%以上，且黏度低，便于施工，室温或低温可固化，是一种非常理想的高装饰性高固体分聚氨酯涂料。

(4) 涂料的光固化 光固化涂料也是一种不用溶剂、节省能源的涂料，最初主要用于木器和家具等产品的涂饰，目前在木质和塑料产品的涂装领域开始广泛应用。在欧洲和发达国家，光固化涂料市场潜力大，很受大企业青睐，主要是流水作业的需要，美国约有700多条大型光固化涂装线，德国、日本等大约有40%的木质或塑料包装物采用光固化涂料。最近又开发出聚氨酯丙烯酸光固化涂料，它是将有丙烯酸酯端基的聚氨酯齐聚物溶于活性稀释剂（光聚合性丙烯酸单体）中而制成的，既保持了丙烯酸树脂的光固化特性，又具有特别好的柔性、附着力、耐化学腐蚀性和耐磨性。

环境压力正在改造全球涂料工业，一大批环境保护条例对VOC的排放量和使用有害溶剂等都做了严格规定，整个发达国家的涂料工业已经或正在进行着调整。归根结底，全球市场正朝着更适应环境的技术尤其是水性、高固体分、辐射固化和粉末涂料方向发展。

## 1.5 结语

虽然涂料科学和技术方面的研究已有近百年历史了，但直到20世纪80年代，涂料技术才发展成为一门科学，又因为涂料科学和技术涉及聚合物化学、有机化学、无机化学、分析化学、电化学、表面与胶体化学、流变学、色彩物理学、化学工程、腐蚀、粘接、材料科学、微生物学、光化学和物理学等多个学科领域，一些基本问题还没有满意的答案，因此就需要多学科的学者协同攻关，进一步完善涂料科学的内容，促进涂料工业的蓬勃发展，使涂料产品为社会创造更加巨大的经济效益。