

精细化学品配方设计与制备工艺丛书

涂料配方设计与 制备工艺

杨春晖 陈兴娟 徐用军 贾晓琳 编
郭亚军 审



化学工业出版社

化学与应用化学出版中心

精细化学品配方设计与制备工艺丛书

涂料配方设计与制备工艺

杨春晖 陈兴娟 徐用军 贾晓琳 编
郭亚军 审

化学工业出版社

化学与应用化学出版中心

·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

涂料配方设计与制备工艺/杨春晖等编. —北京: 化学工业出版社, 2003. 4

(精细化学品配方设计与制备工艺丛书)

ISBN 7-5025-3114-9

I. 涂… II. 杨… III. ①涂料-配方②涂料-生产工艺 IV. TQ630.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 014942 号

精细化学品配方设计与制备工艺丛书

涂料配方设计与制备工艺

杨春晖 陈兴娟 徐用军 贾晓琳 编

郭亚军 审

责任编辑: 路金辉

文字编辑: 丁建华

责任校对: 陈 静

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行

化学与应用化学出版中心

(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

北京市昌平振南印刷厂印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 20½ 字数 505 千字

2003 年 5 月第 1 版 2003 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3114-9/TQ·1345

定 价: 46.00 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

编审委员会

主任：强亮生

副主任：王慎敏 徐崇泉

委员（以姓氏汉语拼音为序）：

郭亚军	郭艳丽	郝素娥	黄玉东
李家和	强亮生	乔英杰	唐冬雁
王慎敏	徐崇泉	许越	杨春晖
赵九蓬	周德瑞		

丛书序言

随着科学技术的发展和人民生活水平的提高,精细化学品已深入到科学研究、工农业生产和衣、食、住、行的各个领域,引起了全社会的普遍关注。为了满足全社会对精细化学品的需求,近年来,我国在加速精细化学品研发、生产和推广的同时,出版了大量有关精细化学品的书籍,但大都集中在制备原理、配方和手册方面,很少有将配方设计和制备工艺融为一体的书籍,为此,在化学工业出版社的提议下,我们组织哈尔滨工业大学、哈尔滨工程大学、哈尔滨理工大学、齐齐哈尔大学、东北林业大学、北京航空航天大学、甘肃农业大学的部分教授和博士,编写了这套《精细化学品配方设计与制备工艺丛书》。考虑到编写的必要性和作者的实际情况,暂编了《新型功能材料设计与制备工艺》、《催化剂设计与制备工艺》、《新型化学建材设计与制备工艺》、《化妆品配方设计与制备工艺》、《洗涤剂配方设计、制备工艺与配方实例》、《胶黏剂合成、配方设计与配方实例》、《涂料配方设计与制备工艺》、《食品添加剂制备与应用技术》、《饲料添加剂预混料配方设计与加工工艺》9册。

本系列丛书的编写思想是注重基础、考虑发展、面向未来、反映最新科研成果、突出时代特色。以配方设计和制备工艺为主线,适当介绍基本原理、制备方法和发展趋势,并将科学性、实用性、先进性和新颖性融为一体。内容以必须和够用为度,表述注意深入浅出、简明扼要、突出重点,便于多个层次的读者阅读、领会和掌握。为使丛书的编写能够统一思想、统一要求、统一风格,并减少不必要的重复,特成立丛书编审委员会。编审委员会由丛书各分册主编和主审组成。

考虑到丛书各册的篇幅和内容的均衡性,对内容较多的精细化学品门类,只介绍了最主要的品种和制备工艺。在编写过程中参考了许多图书、文献和其他相关资料,均作为参考文献列于各册之后,在此谨向参考文献的作者表示衷心的感谢。另外,虽然本丛书的编写大纲均由编审委员会讨论决定,但其具体内容都是由各分册主编把关,读者若有疑问,请直接与各分册主编或相应内容的作者联系。

尽管丛书编审委员会对编写大纲几经讨论,力求做到内容安排合理、配方数据可靠、图表体例规范、文字表述通畅,但限于编者水平,不足之处一定难免,恳请读者原谅。

《精细化学品配方设计与制备工艺丛书》

编 审 委 员 会

2003年3月

前 言

涂料是一种应用广泛的精细化学品,涉及日常生活、国民经济及国防建设的各个部门,发展非常迅速,品种从仅具有装饰和保护功能的通用涂料,扩展到能改变被涂物表面各种性能的特种涂料。随着人们对保护环境和节约能源意识的加强,世界各国先后制订法规限制有机挥发物的排放量,促使涂料朝着节省资源、节省能源和无污染即节约型涂料的方向发展。涂料的研究、开发和生产涉及到科学技术的众多领域。

我国涂料的研究和开发近年来虽然发展较快,但与发达国家相比,仍存在明显的差距。编者在广泛收集近年来国内外与涂料配方设计和制备工艺相关的科技文献资料的基础上,结合自身教学和科研的实际经验,编写了此书,希望有助于推动我国涂料研究开发工作的进行及其推广应用。

本书简明、扼要地介绍了涂料基础知识,并以成膜物质为分类标准,着重介绍了各种通用和特种涂料的生产工艺和配方原则。在编写过程中,力求系统性、完整性和实用性,并试图借助人们在涂料配方技术上的经验,提炼和总结出配方设计的原则和思路,从而帮助读者在设计新型涂料和改性现有涂料品种时能正确选择树脂基料、溶剂及其他助剂。本书注重理论性与实用性相结合,可供涂料研发、生产、使用人员和高校相关专业师生参考。

本书共分为14章,分别为绪论,涂料基础,溶剂和颜料,醇酸(聚酯)树脂涂料,酚醛树脂涂料,氨基树脂涂料,丙烯酸树脂涂料,环氧树脂涂料,聚氨酯树脂涂料,元素有机树脂涂料,水性涂料,高固体分涂料,粉末涂料和特种涂料。

本书由4位作者共同编写,哈尔滨工业大学杨春晖编写第1,2,3,12章,哈尔滨工程大学陈兴娟编写第4,7,8,11章,大庆职业学院徐用军编写第5,6,9,10章,郑州大学贾晓琳编写第13,14章。全书由杨春晖统编、定稿,并请哈尔滨工程大学化工学院副院长郭亚军博士审阅。张建硕士在本书的整理与校对过程中做了大量的工作,哈尔滨理工大学王慎敏教授和乔英杰副教授对本书的内容安排提出了宝贵意见,在此一并致谢。

由于编者水平有限,书中疏漏和错误之处在所难免,真诚欢迎专家学者和广大读者批评指正。

编 者

2003年2月

内 容 提 要

涂料是使用最多的精细化学品之一，有广阔的市场前景。本书系统的介绍了涂料的化学理论、设计思想、制备原理和生产工艺，并在对涂料的成膜过程、流平性能、表面性能和力学性能等进行简明扼要的介绍的同时，对醇酸（聚酯）树脂涂料、酚醛树脂涂料、氨基树脂涂料、丙烯酸树脂涂料、环氧树脂涂料、聚氨酯树脂涂料、元素有机树脂涂料、水性涂料、高固体分涂料、粉末涂料以及特种涂料等各种常用和新型的涂料配方、性能和生产工艺进行了详细说明。

本书可作为涂料研究、开发人员的工具书，亦可作为高校相关专业师生的参考书。

目 录

第 1 章 绪论	1	影响	36
1.1 涂料的作用	1	4.2.4 醇酸树脂的改性	37
1.1.1 保护作用	1	4.3 醇酸树脂的配方设计及制备工艺	45
1.1.2 装饰作用	1	4.3.1 醇酸树脂涂料中基料(成膜物质) 的配方设计	45
1.1.3 标志作用	1	4.3.2 醇酸树脂涂料配方设计中其他原 材料的选择	47
1.1.4 特殊作用	1	4.3.3 醇酸树脂涂料的制备工艺	49
1.2 涂料的组成	2	4.4 饱和聚酯树脂涂料的配方设计及制备 工艺	50
1.2.1 成膜物质	2	4.4.1 合成饱和聚酯树脂常用原材料 及其选择原则	50
1.2.2 溶剂	2	4.4.2 端羟基聚酯	53
1.2.3 颜料	2	4.4.3 端羧基聚酯	54
1.2.4 助剂	2	4.4.4 聚酯树脂/固化剂体系在涂料配 方设计中的选择	54
1.3 涂料的分类和命名原则	5	4.5 不饱和聚酯树脂涂料的配方设计及 制备工艺	56
1.4 涂料发展概述	7	4.5.1 不饱和聚酯的组成与原料的 选择	56
第 2 章 涂料基础	9	4.5.2 不饱和聚酯的制备工艺	58
2.1 涂料的成膜与干燥	9	4.5.3 引发体系	59
2.1.1 成膜机理	9	4.5.4 空气的阻聚作用	60
2.1.2 涂膜干燥方法	11	第 5 章 酚醛树脂涂料	61
2.2 涂装方法	13	5.1 醇溶性酚醛树脂的配方设计与制备 工艺	62
2.2.1 表面处理	13	5.1.1 酚醛树脂的化学反应	62
2.2.2 涂装方法	14	5.1.2 醇溶性酚醛树脂的制备工艺	65
2.3 涂料的性能	15	5.2 改性酚醛树脂涂料	69
2.3.1 涂料性能检验	15	5.2.1 松香改性酚醛树脂涂料的制备 工艺	69
2.3.2 涂料的流变性	19	5.2.2 丁醇醚化酚醛树脂	74
第 3 章 溶剂和颜料	22	5.3 纯酚醛树脂涂料的制备工艺	75
3.1 溶剂	22	第 6 章 氨基树脂涂料	81
3.1.1 溶剂的溶解力	22	6.1 丁醇改性氨基树脂	81
3.1.2 溶剂的挥发性	23	6.1.1 丁醇改性脲醛树脂	81
3.1.3 混合溶剂	24	6.1.2 丁醇改性三聚氰胺甲醛树脂	84
3.2 颜料	26	6.2 六甲氧基甲基三聚氰胺树脂	96
3.2.1 影响涂料性能的主要因素	26		
3.2.2 颜料体积浓度	27		
3.2.3 颜料的主要种类	29		
第 4 章 醇酸(聚酯)树脂涂料	33		
4.1 醇酸树脂所用原料	33		
4.2 醇酸树脂的合成原理及改性	34		
4.2.1 醇酸树脂的合成方法	34		
4.2.2 油度	35		
4.2.3 不同合成方法对树脂性能的			

6.2.1	六甲氧基甲基三聚氰胺合成反应机理	97	8.3.2	胺类固化剂	136
6.2.2	六甲氧基甲基三聚氰胺制备工艺与性能	100	8.3.3	改性胺类固化剂	139
6.3	氨基醇酸树脂烘干涂料	102	8.3.4	酰胺类固化剂	141
6.3.1	醇酸树脂的选用	103	8.3.5	酸酐类固化剂	142
6.3.2	氨基树脂和醇酸树脂的配合	104	8.3.6	合成树脂类固化剂	143
第7章	丙烯酸树脂涂料	106	8.3.7	环氧树脂的潜伏性固化剂	145
7.1	丙烯酸树脂合成原理及所用原料的选择	106	8.4	环氧树脂涂料的配方设计和制备工艺	147
7.1.1	丙烯酸树脂的聚合机理	106	8.4.1	原料的选择	147
7.1.2	合成丙烯酸树脂所用原料的选择	107	8.4.2	环氧树脂涂料的制备工艺	153
7.2	丙烯酸树脂的改性	110	8.5	溶剂型环氧树脂涂料	155
7.2.1	丙烯酸酯类单体的共聚合	110	8.5.1	环氧清漆	156
7.2.2	接枝聚合	112	8.5.2	环氧底漆/中间漆	156
7.2.3	互穿网络聚合物	114	8.5.3	环氧煤焦沥青涂料	158
7.3	热塑性丙烯酸树脂(TPA)的制备工艺	121	8.5.4	酚醛环氧涂料	159
7.3.1	配方	121	8.6	无溶剂型环氧树脂涂料	159
7.3.2	热塑性丙烯酸树脂的制造工艺(悬浮聚合法)	121	8.6.1	性能和用途	159
7.4	热固性丙烯酸树脂(TSA)的制备工艺	122	8.6.2	无溶剂涂料的配制	160
7.4.1	羟基丙烯酸树脂	122	第9章	聚氨酯树脂涂料	162
7.4.2	带有其他官能团的丙烯酸树脂	125	9.1	聚氨酯涂料的性能与分类	162
7.4.3	热固性丙烯酸树脂的制备工艺	125	9.1.1	单组分聚氨酯	162
第8章	环氧树脂涂料	127	9.1.2	双组分聚氨酯	164
8.1	环氧树脂的分类	128	9.2	聚氨酯涂料的化学反应	165
8.1.1	双酚A(BPA)型环氧树脂	128	9.2.1	制备聚氨酯涂料的化学反应	165
8.1.2	双酚F(BPF)型环氧树脂	128	9.2.2	异氰酸酯的反应性及其影响因素	167
8.1.3	热塑性酚醛环氧树脂	129	9.3	单组分及催化固化双组分聚氨酯涂料的制备工艺	172
8.1.4	阻燃性环氧树脂	130	9.3.1	氨酯油和氨酯醇酸的制备工艺	172
8.1.5	双酚砜(BPS)型环氧树脂	130	9.3.2	封闭型聚氨酯涂料的制备工艺	174
8.1.6	脂环族环氧树脂	130	9.3.3	潮气固化聚氨酯涂料的制备工艺	176
8.1.7	缩水甘油胺型环氧树脂	130	9.3.4	预聚物催化固化双组分聚氨酯涂料的制备工艺	178
8.1.8	新开发的一些环氧树脂品种	130	9.4	—NCO/—OH型双组分聚氨酯涂料的制备工艺	179
8.2	环氧树脂的几个重要指标和分析方法	131	9.4.1	多异氰酸酯组分(A或甲组分)制备工艺	180
8.2.1	环氧树脂的几个重要质量指标	131	9.4.2	多羟基组分(B组分或乙组分)	184
8.2.2	环氧值、羟基值和含氮量的分析方法	132	9.4.3	—NCO/—OH型双组分聚氨酯涂料的配制	190
8.3	环氧树脂固化剂和固化反应	136	9.4.4	典型—NCO/—OH型双组分聚氨酯涂料举例	191
8.3.1	环氧树脂固化剂的分类	136	9.5	聚氨酯互穿网络聚合物涂料及其	

应用	194	12.1.4 助剂的选择	249
第 10 章 元素有机树脂涂料	196	12.2 醇酸树脂高固体分涂料	249
10.1 有机硅单体及其性质	196	12.2.1 添加活性稀释剂提高固体分	249
10.1.1 不含有机官能团的有机硅 单体	196	12.2.2 不靠活性稀释剂实现高固体 分化	252
10.1.2 含有机官能团的有机硅单体	197	12.2.3 有机铝交联的高固体分醇酸 树脂	253
10.2 有机硅树脂涂料的配方设计与制备 工艺	198	12.3 聚酯树脂高固体分涂料	255
10.2.1 硅树脂结构及固化机理	198	12.3.1 聚酯树脂低黏度化	255
10.2.2 有机硅树脂的制备工艺	199	12.3.2 氨基树脂的选择	257
10.2.3 有机硅树脂的配方设计	202	12.4 丙烯酸树脂高固体分涂料	258
10.2.4 有机硅树脂的改性	204	12.4.1 丙烯酸树脂低黏度化的途径	258
10.3 有机硅树脂耐热涂料	207	12.4.2 高固体分丙烯酸涂料的交联固化 物性	259
10.3.1 有机硅树脂耐热机理分析	207	12.4.3 实用性高固体分丙烯酸涂料	259
10.3.2 有机硅树脂耐热涂料的种类	208	12.5 聚氨酯高固体分涂料	260
10.3.3 有机硅树脂耐热涂料品种配制与 选择原则	209	12.5.1 聚氨酯涂料高固体分化途径	260
10.4 有机硅专用涂料	211	12.5.2 无酯基树脂高固体分涂料	261
10.4.1 有机硅耐候涂料	211	12.5.3 高性能氟碳聚醚聚氨酯高固体分 涂料	262
10.4.2 有机硅绝缘涂料	212	12.6 高固体分涂料的涂膜缺陷	263
10.4.3 其他有机硅专用涂料	213	第 13 章 粉末涂料	264
第 11 章 水性涂料	216	13.1 粉末涂料的制备工艺	264
11.1 水稀释性树脂的合成原理	216	13.1.1 粉末涂料的组成与特性	264
11.1.1 成盐法	216	13.1.2 粉末涂料的制备工艺	269
11.1.2 Bunte 盐法	217	13.2 热塑性粉末涂料	273
11.1.3 离聚物法	217	13.2.1 热塑性粉末涂料的配方设计 原则	273
11.1.4 引入非离子基团法	217	13.2.2 几种热塑性粉末涂料的性能和 配制	275
11.1.5 Zwitterion 中间体法	217	13.3 热固性粉末涂料	279
11.2 常用水稀释性树脂的制备	217	13.3.1 热固性粉末涂料的配方原则	279
11.2.1 水性环氧树脂	217	13.3.2 环氧树脂粉末涂料	280
11.2.2 水性醇酸树脂	221	13.3.3 聚酯粉末涂料	281
11.2.3 水性聚酯树脂	222	13.3.4 丙烯酸粉末涂料	284
11.2.4 水性聚氨酯树脂	223	第 14 章 特种涂料	286
11.3 乳胶漆	232	14.1 防火涂料	286
11.3.1 乳液聚合的机理	232	14.1.1 防火涂料的阻燃原理	287
11.3.2 乳液液的配方设计和制备 工艺	234	14.1.2 非膨胀型防火涂料	288
11.3.3 乳胶漆的配方设计和制备 工艺	240	14.1.3 膨胀型防火涂料	290
第 12 章 高固体分涂料	245	14.2 防污涂料	291
12.1 高固体分涂料的配方设计	245	14.2.1 防污涂料的配方设计	292
12.1.1 成膜物对黏度的影响	245	14.2.2 防污涂料的主要类型	293
12.1.2 溶剂的选择	247	14.2.3 防污涂料的发展	294
12.1.3 色漆化问题	248		

14.3 变色涂料	295	14.6 航空航天特种涂料	305
14.3.1 示温涂料	295	14.6.1 航空涂料的作用	305
14.3.2 变色龙涂料	296	14.6.2 飞机蒙皮涂料	306
14.4 防核辐射涂料	297	14.6.3 航天涂料	308
14.4.1 耐辐照涂料	297	14.7 海洋重防腐涂料	309
14.4.2 去污涂料	298	14.7.1 简述	309
14.4.3 防腐蚀涂料	298	14.7.2 车间底漆	310
14.4.4 具有测量、吸收等功能的 涂料	299	14.7.3 船底防锈漆	310
14.5 绝缘涂料	300	14.7.4 海上采油平台涂料	311
14.5.1 绝缘涂料的基本性能	300	14.8 导电涂料和防静电涂料	311
14.5.2 阻燃型绝缘涂料的组成	300	14.8.1 无机导电涂料	312
14.5.3 阻燃型绝缘涂料的配方设计	302	14.8.2 有机导电涂料	312
14.5.4 阻燃型绝缘涂料的发展	304	主要参考文献	314

第1章 绪 论

涂料是指用特定的施工方法涂覆到物体表面后，经固化在物体表面形成美观而有一定强度的连续性保护膜，或者形成具有某种特殊功能涂膜的一种精细化工产品。涂料的应用十分广泛，涉及日常生活、国民经济及国防建设等方方面面，目前涂料产品近千种，世界涂料产量愈2000万吨，并以合成树脂涂料占主导地位，形成了醇酸、丙烯酸、乙烯、环氧、聚氨酯树脂涂料为主体的系列。

1.1 涂料的作用

涂料是涂覆在被涂物体表面，通过形成涂膜而起作用，涂料的作用可概括为以下几个方面。

1.1.1 保护作用

物体暴露在大气中，受到水分、气体、微生物、紫外线等各种介质的作用，会逐渐发生腐蚀，如金属锈蚀、木材腐烂、水泥风化等，从而逐渐丧失其原有性能，使用寿命降低。在物体表面涂覆涂料后，涂料在物体表面形成干燥固化的薄膜，使腐蚀介质不能直接作用于物体避免了腐蚀的发生，从而成倍延长物品的使用寿命。虽然涂料本身也会发生老化失效现象，但是人们可以定期、方便地刮除旧的涂层，涂布新涂层而达到长期防腐的目的，这一过程相对于更换新的部件而言，具有成本低，操作方便等特点，因此在物体表面涂上涂料是最方便、可靠和常用的防护手段之一。如金属材料在海洋、大气和各种工业气体中的腐蚀极为严重，一座钢铁结构的桥梁，不用涂料加以保护，只能有几年的寿命，若使用合适的涂料保护并维修得当，寿命可达百年以上；工业生产中使用的各种管道、贮罐、塔釜等各种设备也要通过使用各种涂料加以保护。

涂料除具有防腐功能外，还可以增加物体的表面硬度，提高其耐磨性。

1.1.2 装饰作用

在涂料中加入不同的颜料，可使涂膜具有各种颜色，增加物体表面的色彩和光泽，还可以修饰和平整物体表面的粗糙和缺陷，改善外观质量，提高商品价值。

火车、汽车等交通工具涂装了各种颜色的涂料显得美观、舒畅；房屋建筑涂上各种色彩的涂料就显得有了生气；家具日用品涂上涂料会五光十色，绚丽多彩。自古以来，涂料在人们的物质生活乃至精神生活中都是不容忽视的。

1.1.3 标志作用

涂料可作色彩广告标志，利用不同色彩来表示警告、危险、安全、前进、停止等信号。各种危险品、化工管道、机械设备等涂上不同颜色的涂料后，容易识别、便于准确操作；公路划线、铁道标志等也需要不同色彩的涂料以保证安全行车；在各种容器、机械设备及办公设备外表涂上各种色彩的涂料可以调节人的心理情绪。有些涂料对外界条件还具有明显的响应性质，如温致变色、光致变色等，更可起到警示的作用。目前，应用作为标志的涂料的色彩在国际上已逐渐标准化。

1.1.4 特殊作用

除了以上三种功能外，某些涂料还具有特殊功能。例如，阻燃涂料可以提高木材的耐火

性；导电涂料可以赋予非导体材料以表面导电性和抗静电性；示温涂料可以根据物体温度的变化呈现不同的色彩；防污涂料可以防止海洋生物在船体表面的附着；隐身涂料（吸收电磁波）可以减少飞机对雷达波的反射；阻尼涂料可以吸收声波或机械振动等交变波引起的振动或噪声，用于舰船可吸收声纳波，提高舰船的战斗能力，用于机械减振可大幅度延长机械的寿命，用于礼堂、影院可减少噪声等。

1.2 涂料的组成

1.2.1 成膜物质

成膜物质又称基料，是使涂料牢固附着于被涂物体表面上形成连续薄膜的主要物质，是构成涂料的基础，决定着涂料的基本性质。它既可以是热塑性树脂，也可以是热固性树脂。常用作成膜物质的树脂有醇酸/聚酯树脂、酚醛/氨基树脂、环氧树脂、丙烯酸树脂、聚氨酯、乙烯基树脂、纤维素类树脂、天然及合成橡胶等。由于不同的树脂有不同的化学结构，其化学物理性质和机械性能各异，有的耐候性好，有的耐溶剂性好或机械性能好，因此其应用范围也不同。

1.2.2 溶剂

溶剂是挥发成分，包括有机溶剂和水。主要作用是使基料溶解或分散成为黏稠的液体，以便涂料的施工。在涂料的施工过程中和施工完毕后，这些有机溶剂和水挥发，使基料干燥成膜。溶剂的选用除考虑其对基料的相容性或分散性外，还需要注意其挥发性、毒性、闪点及价格等。一个涂料品种既可以使用单一溶剂，又可以使用混合溶剂。常将基料和挥发分的混合物称为漆料。

1.2.3 颜料

颜料为分散在漆料中的不溶的微细固体颗粒，分为着色颜料和体质颜料，主要用于着色、提供保护、装饰以及降低成本等。

1.2.4 助剂

助剂在涂料配方中所占的份额较小，但却起着十分重要的作用。各种助剂在涂料的贮存、施工过程中以及对所形成漆膜的性能有着不可替代的作用，常见的助剂有以下 8 种。

(1) 流平剂 流平剂的作用就是改善涂层的平整性，包括防缩孔、防橘皮及流挂等现象。不同类型的涂料和同一类型的涂料因成膜物质不同，其流平机理不一样，使用的流平剂的化学结构也不一样。但其作用机制都是从以下 3 方面进行考虑和设计的：

- ① 降低涂料与底材之间的表面张力，使涂料对底材具有良好的润湿性；
- ② 调整溶剂挥发速度，降低黏度，改善涂料的流动性，延长流平时间；
- ③ 在涂膜表面形成极薄的单分子层，以提供均匀的表面张力。

溶剂型涂料成膜机理是靠溶剂的挥发，因此常使用含高沸点的混合溶剂来调整其稀料的挥发速度，延长流平时间来控制涂膜的平整度和致密性。在此情况下，高沸点的溶剂则是流平剂。

水性涂料分为水溶性涂料和水分散涂料。水溶性涂料的成膜机理与溶剂性涂料一样，是靠水或水/醇的挥发成膜，因此溶剂的挥发速度可通过高沸点的醇的使用或加水性增稠剂两种方法来控制，从而达到流平的目的。水溶性涂料多以水和醇（乙二醇单丁醚）的混合物为溶剂。水分散涂料主要以乳胶涂料为主，因乳液成膜机制是乳胶粒子的堆积，因此涂膜的平整度取决于乳胶粒表面聚合物的 T_g 值，因此乳胶涂料均有一个施工时的最低成膜温度

(minimum film temperature, 简称 MFT), 为提高漆膜的流平, 常用有机溶剂 (200# 汽油、甲苯、丁醇)、水溶性醚酯、乙二醇单丁醚来增塑 (溶解) 乳胶粒子表面的聚合物, 降低其 T_g 值。乳胶涂料最常用的流平剂是乙二醇单丁醚和 3,3-二甲基-1,3-二羟基戊酯 (Texanol)。但应注意的是, 在乳胶涂料中这些具有流平功能的助剂则称为成膜助剂, 乳胶涂料的流平性不仅受聚合物的 T_g 值的影响, 和溶剂型涂料一样, 也受溶剂的挥发速度、固体含量的影响, 因此在乳胶涂料中, 增稠剂也起到漆膜的流平作用。

粉末涂料有聚酯型、丙烯酸酯型、环氧树脂型粉末涂料。因其成膜机制是在经静电喷涂后烘烤下成膜的不涉及溶剂或水的挥发问题, 因此其流平性主要决定于成膜物质对基材的润湿性, 因此其流平剂的加入主要是提高成膜物质对基材的润湿性。粉末涂料常用的流平剂有两类: 一类是高级丙烯酸酯与低级丙烯酸酯的共聚物或它们的嵌段共聚物; 另一类是环氧化豆油和氢化松香醇。

(2) 增稠剂 增稠剂实质上是一类流变助剂。涂料加入增稠剂后, 黏度增加, 形成触变型流体或分散体, 从而达到防止涂料在贮存过程中已分散颗粒 (如颜料) 的沉淀、聚集, 防止涂装时的流挂现象发生。目前在溶剂型涂料中称为触变剂, 在水性涂料中则称为增稠剂。尤其制备乳胶涂料, 增稠剂的加入可控制水的挥发速度, 延长成膜时间, 从而达到涂膜流平的功能。

水性涂料使用的增稠剂主要有水溶性和水分散型高分子化合物。早期水性涂料使用的增稠剂多为天然高分子改性物, 如树胶类、淀粉类、蛋白类及缩甲基纤维素钠, 由于存在易腐败、霉变及在水的作用下降解而失去增稠效果, 因此现在已很少使用。

为此近年来国内外均开发出增稠效率高、不霉变、不降解的合成高分子型增稠剂, 理想的乳胶漆增稠剂应满足以下要求:

- ① 用量少增稠效果好;
- ② 不易受酶的侵袭及温度、pH 值的变化而使乳胶漆黏度下降, 不会使颜料絮凝, 贮存稳定性好;
- ③ 保水性好, 无明显的起泡现象;
- ④ 对漆膜性能如耐水性、耐碱性、耐擦洗性、光泽度、遮盖力等无副作用。

目前涂料行业仍在使用天然纤维素类增稠剂, 主要使用羟乙基纤维素和羟丙基纤维素, 但更多的还是使用合成高分子增稠剂, 这是因为合成高分子增稠剂和纤维素类增稠剂相比具有触变性小、用量少的特点, 因此漆膜的流平性好而其他性能则不受影响。合成高分子增稠剂主要有水溶性的聚丙烯酸钠、聚甲基丙烯酸钠、聚醚和聚氨酯等, 前两者由于本身黏度高、用量大而将被淘汰, 但优点是不产生颜料的絮凝, 后两者可通过控制水溶性直接制成水分散型的增稠剂, 由于本身黏度低, 使用方便。为了改进聚 (甲基) 丙烯酸钠的性能, 目前国内已开发并生产出乳液型丙烯酸酯-(甲基) 丙烯酸钠共聚物增稠剂, 其本体黏度为 $(30 \sim 100) \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}$, 用量为 5kg/t 涂料, 因用量小对漆膜性能几乎无影响, 由于是共聚物型, 成膜后可直接作为成膜物质。

除上述增稠剂外, 吸水膨润土和钛酸酯偶联剂也可作为水性涂料的增稠剂, 但由于前者导致漆膜耐水性差, 后者品种少、成本高等限制, 在涂料中很少使用。

(3) 表面活性剂 涂料行业使用的表面活性剂主要用于水性涂料的颜料润湿, 它和颜料分散剂起协同作用, 因此二者同时使用, 其功能均是提高颜料的分散效果, 有时表面活性剂还可增加不同组分的相容性。在水性涂料中常用的表面活性剂主要为烷基酚聚氧乙烯醚, 其

中以 NP-40、OP-40 为佳。

(4) 颜料分散剂 颜料分散剂也称润湿分散剂，其作用机理是改变固体颜料与液体连续相和固体与气体之间的表面张力，即在颜料分散过程中表面性质和能量发生变化。其定量描述为杨氏定理（图 1-1）。

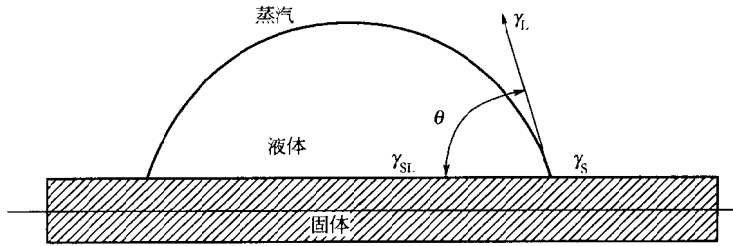


图 1-1 润湿接触角

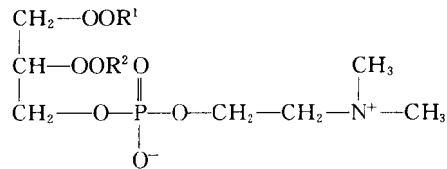
各种表面张力的作用关系可用杨氏公式表示：

$$\gamma_s = \gamma_{sl} + \gamma_l \cos\theta$$

式中 γ_s ——固体、气体之间的表面张力；
 γ_{sl} ——固体、液体之间的表面张力；
 γ_l ——液体、气体之间的表面张力；
 θ ——液/固之间的接触角。

润湿效率 $B_s = \gamma_s - \gamma_{sl}$ ，因此 $B_s = \gamma_l \cos\theta$ ，故得出接触角越小，润湿效果越好，当 $\theta = 180^\circ$ 时为完全润湿。

颜料分散剂有非离子表面活性剂、阴离子表面活性剂、阳离子表面活性剂、两性表面活性剂。最早和最常用的阴离子表面活性剂有六偏磷酸钠、油酸钠、烷基硫酸钠等，可用于溶剂型涂料和水性涂料等。阳离子表面活性剂有十八碳烯胺乙酸盐、烷基季铵盐等，主要用于非水分散的涂料。非离子表面活性剂有脂肪酸聚氧乙烯酯，烷基酚聚氧乙烯醚等，主要用于水溶性涂料，目的是降低表面张力、提高颜料的润湿性，最近开发出有机硅聚合物，不仅具有降低表面张力的作用，且在防止发花、浮色和改善流平性等方面具有良好的效果。两性表面活性剂主要有大豆卵磷脂，很早就用在溶剂型涂料中应用。



目前工业上使用的颜料分散剂，主要有无机类、有机类和高分子类。效果较好的是高分子类。无机类主要有聚磷酸钠（焦磷酸钠、磷酸三钠、磷酸四钠、六偏磷酸钠等）、硅酸盐（偏硅酸钠、二硅酸钠）。有机类包括上述的阳离子型、非离子型和阴离子型表面活性剂。高分子类有天然高分子，主要用于溶剂型涂料；合成高分子有聚羧酸盐、聚丙烯酸盐、聚甲基丙烯酸酯、顺丁烯二酸酐-异丁烯（苯乙烯）共聚物、聚乙烯吡咯烷酮、聚醚衍生物等。国内主要开发出聚甲基丙烯酸钠型颜料分散剂。目前北京东方化工厂、兰州涂料研究所、常州涂料研究所、北京市化工研究院、青岛海洋涂料研究院等均开发了系列颜料分散剂，有的产

品技术指标已达到国际先进水平。

(5) 增塑剂 涂料加入增塑剂与塑料增塑一样,改善漆膜的柔韧性,降低成膜温度。如聚乙酸乙烯酯乳胶漆其成膜物质本身就加入了增塑剂邻苯二甲酸二丁酯,有的成膜物质不能满足涂料的低温柔性,适当加入增塑剂就可以得到解决,但这种方法存在漆膜中的增塑剂的迁移问题。

(6) 催干剂 催干剂又称干燥剂,是能加速漆膜氧化、聚合交联、干燥的有机金属皂的总称。与固化剂不同,催干剂不参与成膜。催干剂主要用于油性漆,油性漆中的干油或亚麻油等既是成膜物质又是稀料,其分子结构中含有不饱和双键,遇空气中的氧,开始氧化,双键打开形成自由基,然后与其他双键进行交联固化,干燥和固化是同时进行的,类似无溶剂的光固化涂料,而其他涂料的干燥与固化是两种概念,干燥是连续相挥发的过程,固化则是漆膜形成网络结构的过程。油性漆使用如环烷酸锰、钴、铅、锌等类催干剂,可以加快氧打开双键的速度,固化速度越快,干燥时间越短。因此涂料中所说的催干剂就是能对漆膜中干性油或树脂中双键的氧化剂起催化作用、缩短漆膜的干燥、交联时间的有机酸皂类混合物。

(7) 固化剂 固化剂亦称交联剂或架桥剂,其作用是使线型树脂发生交联反应,从而提高漆膜的耐热性(耐回黏性)、耐水性、耐溶剂性、耐打磨性或耐擦痕性等。

涂料虽司空见惯,但其固化是一门综合性的科学,通常固化剂的反应基团与成膜物质上反应基团的搭配决定了固化温度,对于不能进行烘烤的基材,如墙体、屋顶、木材等,必须进行低温或室温交联,尤其是水性涂料的室温交联一直是国内外从事涂料行业研究者们的重要课题。目前所有的常规化学基团的反应均难在室温下发生,即使发生,欲达到理想的交联效果往往需7~15天,有的甚至需几个月。目前能进行室温快速交联的只有异氰酸酯基与羟基、环氧基、氨基等的反应以及环氧基与氨基反应两种类型,但这两种反应均很难在水性涂料中应用。最近国外的BASF公司、Room & Hass公司已开发出室温可见光交联固化的丙烯酸酯共聚乳液技术,广泛用于建筑外墙涂层、建筑层顶的防水弹性涂层。

(8) 稳定剂 稳定剂一般是能吸收紫外线的化合物,改善漆膜的耐老化性能。

另外在涂料中必须加入的助剂还有防霉剂、防潮剂、防冻剂、消泡剂等。

1.3 涂料的分类和命名原则

常用的涂料分类方法主要有以下几种,分述如下。

① 根据主要成膜物质分类,这是目前国内广泛采用的分类方法,详见表1-1。

② 根据涂料或成膜物质的性状、形态来分类,例如溶液涂料、乳液涂料、粉末涂料、有光涂料、多彩涂料、双组分涂料等。

③ 根据涂膜的特殊功能来分类,例如打底涂料、防锈涂料、防腐涂料、防污涂料、防霉涂料、耐热涂料、防火涂料、电绝缘涂料、荧光涂料等。

④ 根据被涂物即按用途来分类,例如建筑用涂料、船舶用涂料、汽车用涂料、木制品用涂料等,建筑用涂料又可分为室内用、室外用、木材用、金属用、混凝土用涂料等。

⑤ 根据涂装方法来分类,例如刷涂涂料、电泳涂料、烘涂涂料、液态床涂装涂料等。

还可以根据施工方法以及涂料中是否含有颜料等来进行分类。

我国国家标准GB 2705—81中对涂料的命名原则有如下规定:

涂料全名=颜色或颜料名称+成膜物质名称+基本名称

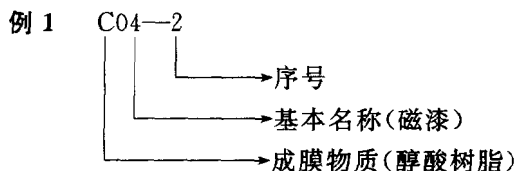
例如红醇酸磁漆、锌黄酚醛防锈漆等。

表 1-1 涂料分类表

序号	代号(汉语拼音字母)	成膜物质类别	主要成膜物质
1	Y	油性类	天然动植物油、清油(熟油)、合成油
2	T	天然树脂类	松香及其衍生物、虫胶、乳酪素、动物胶、大漆及其衍生物
3	F	酚醛树脂类	改性酚醛树脂、纯酚醛树脂、二甲苯树脂
4	L	沥青类	天然沥青、石油沥青、烘焦沥青、硬质酸沥青
5	C	醇酸树脂类	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、改性硝基醛树脂
8	M	纤维素类	乙基纤维、苜蓿纤维、羟甲基纤维、醋酸纤维、醋酸丁酸纤维、其他纤维酯及醚类
9	G	过氯乙烯类	过氯乙烯共聚树脂、改性过氯乙烯树脂
10	X	乙烯基类	氯乙烯共聚树脂、聚乙烯醇及其共聚物、聚乙烯醇缩醛树脂、聚二乙烯乙炔树脂、含氟树脂
11	B	丙烯酸树脂类	丙烯酸树脂、丙烯酸共聚物及其改性树脂
12	Z	聚酯类	饱和聚酯树脂、不饱和聚酯树脂
13	H	环氧树脂类	环氧树脂、改性环氧树脂
14	S	聚氨酯类	聚氨酯甲酸酯
15	W	元素有机漆类	有机硅、有机钛、有机铝等元素有机聚合物
16	J	橡胶类	天然橡胶及其衍生物、合成橡胶及其衍生物
17	E	其他类	未包括在以上所列的其他成膜物质,如无机高分子材料、聚酰亚胺树脂等
18		辅助材料	稀释剂、防潮剂、催化剂、脱漆剂、固化剂

对于某些有专业用途及功能特性的产品,必要时可以在成膜物质后面加以说明。例如醇酸导电磁漆、白硝基外用磁漆。

涂料的组成和含义如同其他工业产品一样,其型号是一种代表符号。涂料的型号由三个部分组成:第一部分表示涂料类别(成膜物质),用汉语拼音字母表示;第二部分是基本名称,用两位数字表示;第三部分为序号,用自然数顺序表示,第二部分与第三部分之间用短线连接,把基本名称和序号分开。



凡组成、性能、用途相同者为同一型号。基本名称编号见表 1-2。

表 1-2 基本名称编号表

代号	代表名称	代号	代表名称	代号	代表名称
00	清油	09	大漆	18	裂纹漆
01	清漆	11	电泳漆	19	晶纹漆
02	厚漆	12	乳胶漆	20	铅笔漆
03	调合漆	13	其他水溶性漆	22	木器漆
04	磁漆	14	透明漆	23	罐头漆
05	粉末涂料	15	斑纹漆	30	(浸渍)绝缘漆
06	底漆	16	锤纹漆	31	(覆盖)绝缘漆
07	腻子	17	皱纹漆	32	绝缘(磁烘)漆