

现代涂料的生产及应用

李肇强 编著



上海科学技术文献出版社

现代涂料的生产及应用

李肇强

上海科学技术文献出版社

(沪)新登字 301 号

责任编辑：徐翔飞

现代涂料的生产及应用

李肇强

*

上海科学技术文献出版社出版发行

(上海市武康路 2 号 邮政编码 200031)

全国新华书店经销

上海科技文献出版社昆山联营厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印张 13.25 字数 344,000

1996 年 2 月第 1 版 1996 年 2 月第 1 次印刷

印数：1—1,500

ISBN 7-5439-0628-7/T·359

定价：20.70 元

《科技新书目》343-270

序 言

有机高分子材料包括塑料、橡胶、合成纤维、胶粘剂和涂料,它们都是由高分子化合物(高聚物)加工而成的,人们将它们称为五大合成材料。

涂料在近代工业、农业及人民生活各个方面有着广泛的应用。房屋的内外墙,室内家具及装璜需要用涂料;汽车、摩托车、火车、轮船、农业机械及其他各种机械大量应用各种涂料;机床,电机,家用电器(电视机、洗衣机、电冰箱、空调机等),轻工产品(自行车、助动车、缝纫机、玩具、小五金等)都必须用涂料进行保护与装饰。涂料作为“工业的外衣”,日益受到人们重视。

作者曾长期在涂料厂工作,根据自己的工作经验,近几年来为本校高分子材料专业的高年级学生开设了涂料工艺学选修课,现根据讲义整理出版,期望对从事涂料生产及涂装应用的年青朋友们有所帮助,使他们对涂料生产及涂装应用有一个系统的了解,同时,也为涂料生产及涂装施工有关人员提供一本实用的参考书。

本书的出版,得到上海华生化工厂李隆铭厂长,上海高东造漆厂林树人厂长,上海金新化工厂汤水平厂长的支持,在此,谨对他们表示感谢。

本书如有不当之处,欢迎读者指正。

李肇强

1995年2月

于上海工程技术大学
化工系

目 录

第一章 绪论	1
第一节 涂料的作用和组成.....	1
第二节 涂料的分类与命名.....	3
第三节 涂料工业的特点和发展.....	7
第二章 涂料用原料	14
第一节 油类	14
一、油的组成.....	14
二、油的性质.....	16
三、油的种类.....	20
四、油的精制和加工.....	27
五、油酸及脱水蓖麻油.....	31
第二节 树脂	33
一、天然树脂.....	36
二、人造树脂.....	42
三、合成树脂.....	52
第三节 催干剂.....	133
一、催干剂的种类、特性及用途.....	133
二、制备催干剂的主要原料	137
三、制造催干剂的方法	139
第四节 溶剂.....	141
一、溶剂的分类和常用溶剂的性能	141
二、涂料用溶剂的选择	146
第五节 颜料.....	151

一、颜料的分类及命名	151
二、颜料的性能及应用	153
三、主要的颜料品种	156
第六节 涂料助剂	180
一、在涂料制造中发挥作用的助剂	182
二、在涂料贮存中发挥作用的助剂	185
三、在涂料施工时发挥作用的助剂	187
四、在涂料成膜后发挥作用的助剂	189
第三章 涂料生产的工艺过程	195
第一节 漆料的生产	195
一、油基漆料	195
二、合成树脂漆料	198
三、环氧树脂漆料	201
四、固体树脂溶液漆料	204
第二节 漆浆的生产	205
一、颜料吸油量与临界颜料体积浓度	207
二、颜料在漆料中研磨(分散)	226
三、颜料分散的评价方法	233
四、漆浆的调稀	235
五、单色浆的生产	248
六、研磨分散用设备	250
第三节 清漆和色漆的配制	255
一、清油和清漆	255
二、色漆	255
三、涂料配方原理	257
第四章 涂料及涂膜的性能测试	289
第一节 概述	289
第二节 涂料产品本身的性能测试	290

第三节	涂料施工性能的测试	294
第四节	涂料成膜后的一般性能测试	297
第五节	涂膜的特殊保护性能的测试	300
第六节	现代仪器分析技术在涂料中的应用	303
第五章	各类涂料概述	309
第一节	17 大类涂料产品	309
第二节	各种新型涂料	318
一、	水性涂料	318
二、	非水分散体涂料	320
三、	高固体分涂料	321
四、	粉末涂料	322
五、	辐射固化涂料	323
六、	无机高分子涂料	325
第三节	功能涂料	326
一、	电磁功能涂料	327
二、	热功能涂料	328
三、	光学功能涂料	333
四、	机械功能涂料	335
五、	界面功能涂料	336
六、	生物功能涂料	337
第六章	涂料的涂装及应用	339
第一节	涂料品种的选择与合理使用	340
第二节	涂装前的表面处理	344
第三节	涂装施工程序和各种涂装方法	356
第四节	涂料成膜机理和干燥固化方法	378
一、	涂料的成膜机理	378
二、	涂膜的干燥固化方法	391
	参考文献	393

附录.....	395
1. 各种有机涂料的物理性能表.....	395
2. 各种有机涂料的装饰性和施工应用性能表.....	397
3. 各种粘度标准换算表.....	400
4. 涂料用有机溶剂的特性.....	401
5. 各种涂料的施工方式表.....	403
6. 不同金属对底漆的选择表.....	404
7. 塑料表面涂漆选择表.....	405
8. 各种合成树脂的溶解性表.....	406
9. 各种合成树脂的耐化学性能表.....	407
10. 各种涂料性能比较表	407
11. 各种细度换算表	409

第一章 绪 论

第一节 涂料的作用和组成

涂料(coating)是一种涂覆在物体表面,能形成牢固附着的连续薄膜的材料。通常是以植物油或树脂为基料,加或不加颜料,用有机溶剂或水调制成粘稠液体,也有不用溶剂的无溶剂液状涂料和固体粉末涂料。涂料是一种配套性工程材料,它依赖于被涂覆的物体,发挥其保护、装饰作用。涂料通常也叫油漆(paint),这主要是由于最早的涂料常利用桐油和生漆(这是我国的特产),所以称为油漆,但随着工业及技术的发展,油漆的原料除了用植物油外还主要利用各种合成树脂,因此叫油漆不如叫涂料更符合实际。

涂料涂装在物体表面上,主要作用有三方面:

1. 保护作用

涂料可在被涂物体上形成牢固附着的连续薄膜,使之免受各种腐蚀介质,如大气中的湿气、氧气、工业大气、 H_2S 、 CO_2 、 NO_2 、 NH_3 等和酸碱盐溶液及有机溶剂的侵蚀,防止锈蚀,也能使表面减少或免受机械损伤和日晒雨淋带来的腐蚀,从而延长物体的使用寿命。

2. 装饰作用

涂料涂覆在物体上及建筑物上,赋予鲜艳的色彩和色调,美化物体及生活环境。特别是很多轻工产品(如自行车、缝纫机等),家用电器,需要涂料进行外观装饰,其他如房屋、五金用具、机床、家具、食品罐头、纺织品、纸张以至玩具、铅笔等,无一不需要用涂料

装饰。

3. 专用的特殊作用

涂料涂在工厂设备、管道、容器及道路上起着色彩标志作用。涂在电机内起绝缘作用。涂在船舶底部能防污，杀死附着于船底的海生物。涂料还可以涂在物体表面通过颜色变化表示温度。军事设施上的防红外线伪装涂料，火箭和宇宙飞船表面上的耐烧蚀涂料等都是具有特殊作用的涂料。涂料的特殊功能作用很多，将在第五章中较详细叙述。

涂料可涂覆在各种材料的物体上，包括金属、木材、水泥、砖墙、皮革、橡胶、塑料、纸张、各种纺织品表面，都可进行涂覆。总之，从它所起的作用可以看出，涂料确实是国民经济及人民生活中不可缺少的一种配套材料，可以称它为“工业的外衣”。据发达国家的统计资料表明，涂料产量约为钢铁产量的2%，占化学工业总产值的4~6%。由此可见，涂料工业在经济中的重要作用。

不论涂料品种及形态如何，总是由下列四种成分组成：

1. 成膜物质(基料)

或称基料，粘结剂，它由植物油，天然树脂和合成树脂等组成，是使涂料牢固附着于被涂表面上形成连续薄膜的主要物质，是构成涂料的基础，决定着涂料的基本特性。

2. 分散介质

即挥发性有机溶剂或水，其主要作用在于使成膜物质分散而形成粘稠液体，本身不构成涂层，都要挥发掉，但在涂料制造和施工中不可缺少，它有助于施工和改善涂膜的某些性能。平时，常将成膜物质基料和分散介质的混合物称为漆料。

3. 颜料(包括着色颜料及体质颜料)

它们本身不能单独成膜，主要用于涂膜着色和改善涂膜性能，增强涂膜的保护装饰和防锈作用，也可降低涂料成本。涂料在施工成膜后，颜料留在涂膜中。

4. 辅助材料(助剂)

如催干剂、流平剂、增塑剂、固化剂、润湿剂、防结皮剂等,本身不能成膜,它帮助成膜物质形成具有一定性能的涂膜并留在涂膜中。

当然,在清漆中就不含颜料及填充料,对于粉末涂料就没有分散介质。至于辅助材料(助剂)也是看需要,在涂料中添加一种到数种,有时一种也不加。但不论哪一种涂料,成膜物质(基料)则是不可缺少的成份。

第二节 涂料的分类和命名

涂料产品很多,从不同角度分类的方法很多,例如,(1)按其是否有颜料可分为清漆和色漆,(2)按其形态可分为水性涂料,溶剂性涂料,粉末涂料,无溶剂涂料等,(3)按其用途可分为建筑漆、汽车漆、飞机蒙皮漆、木器漆、船舶漆、美术漆……,(4)按施工涂装方法可分为喷漆、浸渍漆、电泳漆、烘漆等,(5)按涂装工序可分为底漆、腻子、二道底漆、面漆、罩光漆等,(6)按使用效果可分为绝缘漆、防锈漆、防污漆、防腐蚀漆等。但这些方法都有一定局限性。根据我国国家标准 GB2705-81《涂料产品分类,命名和型号》,按涂料中主要成膜物质将涂料进行分类,共分为 17 大类,另将辅助材料定为一大类,共计 18 大类。

此外,为了适应生产计划统计和商业统计方面的需要,又将全部涂料产品分为 48 个小类:

(1)清油,(2)厚漆,(3)油性调合漆,(4)油性防锈漆,(5)其他油性漆,(6)酯胶清漆,(7)酯胶调合漆,(8)酯胶磁漆,(9)酯胶底漆,(10)松香防污漆,(11)其它天然树脂漆,(12)酚醛清漆,(13)酚醛调合漆,(14)酚醛磁漆,(15)酚醛防锈漆,(16)其他酚醛漆,(17)沥青清漆,(18)沥青烘漆,(19)沥青底漆,(20)其它沥青漆,(21)醇

酸清漆,(22)醇酸磁漆,(23)醇酸底漆,(24)氨基树脂漆,(25)硝基纤维漆,(26)硝基铅笔漆,(27)纤维素漆,(28)过氯乙烯漆,(29)磷化底漆,(30)乙烯树脂漆,(31)各种丙烯酸漆,(32)各种聚酯漆,(33)环氧清漆,(34)环氧磁漆,(35)环氧底漆,(36)其它环氧漆,(37)各种聚氨酯漆,(38)各种有机硅漆,(39)各种橡胶漆,(40)其它漆,(41)硝基漆稀料,(42)过氯乙烯漆稀料,(43)氨基漆稀料,(44)醇酸漆稀料,(45)催干剂,(46)脱漆剂,(47)防潮剂,(48)其他辅料。

现将主要成膜物质及其序号、代号、名称列于表 1-1 中。

表 1-1 涂料产品分类表

序号	代号	涂料产品类别	代表性成膜物质
1	Y	油脂漆	天然植物油,清油(熟油),合成干性油
2	T	天然树脂漆	松香及其衍生物,虫胶,乳酪素,动物胶,大漆及其衍生物。天然资源产生或加工后的物质
3	F	酚醛树脂漆	纯酚醛树脂,改性酚醛树脂,二甲苯树脂
4	L	沥青漆	天然沥青,煤焦沥青,石油沥青
5	C	醇酸树脂漆	醇酸树脂及改性醇酸树脂
6	A	氨基树脂漆	尿醛及三聚氰胺甲醛树脂及改性氨基树脂
7	Q	硝基漆	硝化纤维素及改性产物
8	M	纤维素漆	醋酸纤维,苧基纤维,醋丁纤维素,羧甲基纤维素
9	G	过氯乙烯漆	过氯乙烯树脂及改性过氯乙烯树脂
10	X	乙烯树脂漆	聚氯乙烯及其共聚物,聚酯酸乙烯,聚乙烯醇缩丁醛,聚苯乙烯,石油树脂等
11	B	丙烯酸树脂漆	丙烯酸树脂及其共聚物,改性树脂
12	Z	聚酯树脂漆	饱和聚酯及不饱和聚酯
13	H	环氧树脂漆	环氧树脂及其改性树脂
14	S	聚氨酯漆	聚氨酯树脂
15	W	元素有机漆	有机硅,有机钛,有机铝树脂
16	J	橡胶漆	天然橡胶,合成橡胶及其衍生物
17	E	其他漆类	以上 16 类包括不了的成膜物质如无机高聚物,聚酰胺,聚酰亚胺等
18		辅助材料	稀释剂,防潮剂,催干剂,固化剂等

根据国家标准,涂料的命名原则是:涂料产品的全名称包括颜色或颜料名称+主要成膜物质名称+基本名称。例如,红硝基磁漆,锌黄酚醛防锈漆等。

为求统一和简化,每一类油漆产品都有一个确定的型号,型号及其命名原则如下所示:

S04-2 各色聚氨酯磁漆,S——成膜物质(聚氨酯),04——基本名称(磁漆),2——序号。

基本名称是用00至99两位数字表示,共计57个,见表1-2。

表 1-2 涂料产品基本名称代号表

代号	基本名称	代号	基本名称	代号	基本名称
00	清油	22	木器漆	53	防锈漆
01	清漆	23	罐头漆	54	耐油漆
02	厚漆	30	浸渍绝缘漆	55	耐水漆
03	调合漆	31	覆盖绝缘漆	60	防火漆
04	磁漆	32	绝缘磁漆	61	耐热漆
05	粉末涂料	33	粘包绝缘漆	62	示温漆
06	底漆	34	漆包线漆	63	涂布漆
07	腻子	35	硅钢片漆	64	可剥漆
09	大漆	36	电容器漆	66	感光漆
11	电泳漆	37	电阻漆、电位器漆	67	隔热漆
12	乳胶漆	38	半导体漆	80	地板漆
13	其它水溶性漆	40	防污染	81	渔网漆
14	透明漆	41	水线漆	82	锅炉漆
15	斑纹漆	42	甲板防滑漆	83	烟囱漆
16	锤纹漆	43	船壳漆	84	黑板漆
17	皱纹漆	44	船底漆	85	调色漆
18	裂纹漆	50	耐酸漆	86	标志漆
19	晶纹漆	51	耐碱漆	98	胶液
20	铅笔漆	52	防腐蚀漆	99	其它

表中00—13代表基础品种,14—19为美术漆,20—29为轻工用漆,30—39为绝缘漆,40—49为船舶漆,50—59为防腐蚀漆,60—79为特种漆,80—99为其它品种。

型号的例子如下:Q01—17 硝基清漆,

B04—11 大红丙烯酸磁漆,C04—3 白醇酸磁漆,

A04—81 黑氨基无光烘干磁漆，

H52—98 铁红环氧酚醛烘干防腐底漆。

关于序号两位数字的含义，见表 1—3。

表 1—3 涂料产品序号的代号

涂料产品		代 号	
		自 干	烘 干
清漆	底漆 腻子	1—29	30 以上
磁 漆	有 光	1—49	50—59
	半 光	60—69	70—79
	无 光	80—89	90—99
专业用漆	清 漆	1—9	10—29
	有光磁漆	30—49	50—59
	半光磁漆	60—64	65—69
	无光磁漆	70—74	75—79
	底 漆	80—89	90—99

一般氨基清漆、磁漆、底漆、腻子按自干类型漆划分，但专业用漆仍按表 1—3。

根据国家标准，涂料辅助材料常按其用途分为如下各类，如表 1—4 所示。

表 1—4 涂料辅助材料的代号名称

代 号	名 称	代 号	名 称	代 号	名 称
X	稀释剂	G	催干剂	H	固化剂
F	防潮剂	F	脱漆剂		

辅助材料型号含义如下：

F—2 防潮剂 H—1 环氧树脂漆固化剂

X—5 丙烯酸树脂漆稀释剂

短横后面数字(可以有两位数字)表示序号。

第三节 涂料工业的特点和发展

一、涂料工业的特点

涂料工业是以油脂,天然树脂和合成树脂,颜料,填料,溶剂和各种助剂为原料,生产出各种涂料产品,并提供应用的工业,其内容包括了涂料制造和涂料使用(涂装施工)两大部分,前者包括油脂的热炼,树脂及色漆的制造,质量管理,广义的讲还包括颜料的制造与使用。后者指物体涂装(涂料施工)前的表面处理,涂装施工,涂装设备与方法,涂层的干燥成膜与涂膜性能检测等,这两部分既互有区别也互有联系,为了达到涂料的最终使用目的,不能偏废任何一方面。

涂料工业是化学工业的一部分,除具有化学工业共同性外,还有其自身的一些特点:

1. 涂料工业产品的广泛性及专一性

由于国民经济各部门及国防,人民生活中都要使用涂料,所以涂料工业服务的对象是极其广泛的,产品是多种多样的,而各用漆部门对涂料性能的要求往往带有专一性,因此,必须生产不同性能,不同规格的多品种产品,以满足不同使用要求。为达到此目的,必须使用多种多样的原料。当然,有的原料可以相互取代,通过适当调整产品生产配方,互换使用。

2. 涂料工业具有投资少,见效快的特点

涂料属于精细化工产品(fine chemicals),和大宗化工产品(mass chemicals)相比,具有投资少,产值大,利润较高,还本期短和见效快的特点,例如,1983年我国涂料工业产值,利税总额分别是化学工业总值中的5.63%及6.11%,而历年来对涂料工业的投资,在化学工业中只占1~2%。

3. 涂料工业带有加工工业的性质

首先,涂料工业生产品种多,使用的原料多,除少数专用树脂外,大部分原料都要由其他工业部门供应,包括颜料,溶剂,助剂,大多数树脂,这就使得涂料工业带有加工工业的性质。第二,涂料生产工艺设备比较简单,很多品种都是在相同的设备上,采用不同规格的原料,按不同的配比和不同的操作方法而制成的。第三,涂料产品本身的价值必须体现在被涂装的对象之上。第四,涂料工业具有技术密集度高和垄断性强的特性,由于涂料生产过程类同,生产周期短,生产工艺设备较简单,但产品多性能,多用途。这就要求在原料选择,产品配方上具有很高的技术性,在生产技术的掌握上也是非常复杂的,由于涂料工业的技术密集程度高,新品种的技术垄断性强。这也是作为加工性质的精细化工产品特点。

4. 涂料产品应用施工的重要性

涂料产品是一种配套材料,它不是独立使用,而必须涂装施工在具体的物体上,形成涂膜后,发挥其使用作用。涂层性能的好坏,不仅取决于涂料本身的质量,更重要的还取决于涂装施工质量的好坏。对于涂料工业,不仅要生产出高质量的产品,还必须研究涂装施工的方法,同涂料使用单位密切联系,研究最佳的施工工艺,这是保证产品质量必不可少的措施。这也是涂料工业产品与别种材料产品不同的地方。

二、国外涂料工业的现状和发展趋势

人类很早就利用涂料,经历了以天然矿物和色素为基础的原始涂料,以植物油和松香为基础的涂料,以虫胶、大漆为基础的天然树脂及改性天然涂料等时期,在1790年,英国建立了世界上第一个涂料生产厂,1855年硝基漆投入生产,1907年在美国制成了醇溶性酚醛树脂并用于生产涂料。20世纪以来,随着科学技术进步和工业的发展,对涂料的需要越来越多,对质量要求也愈来愈高,从而促进了合成树脂涂料的发展。70年代以来,世界涂料工业发生了巨大的变化,表现在以下几个方面:

1. 涂料产品品种结构发生了三大变化

(1) 合成树脂漆占绝对优势,美国占 90%,德国占 78%,日本占 67%。

(2) 无污染、省资源、节能涂料迅速增长:在美国,1977 年通用型溶剂型涂料占 66.6%,1979 年就降到 40.7%,而代之以水性涂料,高固体份涂料,粉末涂料,辐射固化涂料和低温固体涂料等。

(3) 功能性涂料(以前习惯称特种涂料)的生产和应用愈来愈广泛,其品种和产量越来越多。

2. 生产工艺装备及自动化水平显著提高

控制仪表化,液料输送管道化,固体料采用气动和机械输送,生产设备大型化。树脂反应釜 10m^3 以上,甚至高达 $30\sim 40\text{m}^3$,普遍采用热煤加热,降低了能耗,实现了反应温度的自动控制。

3. 涂料检测技术趋向现代化

为了准确快速评价涂层性能,必须深入到涂料的内部组成、结构和界面状态等微观检测项目,因此,X-射线微分析仪(EPMA)、X-射线光电光谱仪、傅里埃红外光谱、色谱、质谱、核磁共振仪、色差计等现代分析仪器在涂料工业中应用日益广泛。

4. 涂料施工应用技术有了进一步的发展

对现有涂装设备的完善与改进,增加设备的通用性和适用性,提高设备对漆的利用率,这一切有利于涂装系统的小型化,轻量化和自动化。新的涂装方法的出现以适应涂料产品品种的更新换代,如静电粉末涂装的应用。机器人在涂装中得到了广泛的应用。开发了新的涂料固化成膜方法如紫外线固化,电子束固化和蒸汽固化技术等的应用。

5. 重防腐涂料与涂装系统的建立与完善极大的延长了涂膜的使用寿命

6. 电子计算机在涂料工业中的应用

最优化配方的设计,计算机配色,试验数据的处理与分析,计