

● 闫福安 编著

水性树脂 与 水性涂料

SHUIXING SHUZHIZHI YU
SHUIXING TULIAO



化学工业出版社

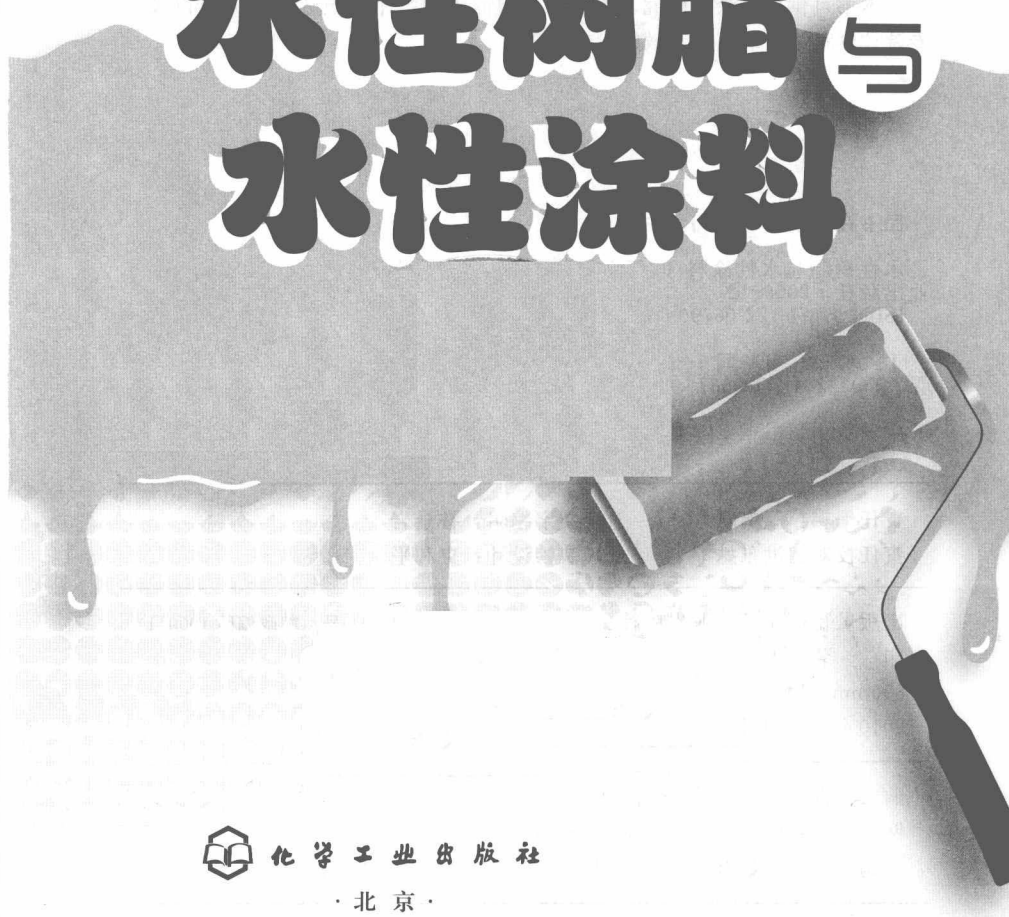
○ 闫福安 编著

水性树脂与 水性涂料



化学工业出版社

· 北京 ·



本书以涂料树脂合成的聚合反应理论为基础,对水性醇酸树脂、水性聚酯树脂、水性丙烯酸树脂、水性聚氨酯树脂、水性光固化树脂、水性环氧树脂、水性氨基树脂的合成单体、合成原理、合成配方及合成工艺进行了介绍,着重揭示树脂水性化的原理及其结构和性能的关系;同时对水性涂料的基本组成、配方原理及水性建筑涂料、水性木器涂料、水性塑料涂料、水性金属涂料进行了介绍。本书理论与实际相结合,列有大量合成实例及涂料配方,具有很强的实用性。

本书可供从事涂料研究、生产、应用的工程技术人员、管理人员以及大专院校本科生、研究生和教师参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

水性树脂与水性涂料/闫福安编著. —北京: 化学工业出版社, 2009. 12
ISBN 978-7-122-06799-9

I. 水… II. 闫… III. ①水性树脂②水性漆
IV. TQ322.4 TQ637

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 181755 号

责任编辑: 顾南君
责任校对: 洪雅姝

文字编辑: 管景岩
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
850mm×1168mm 1/32 印张 12 字数 334 千字
2010 年 1 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: 38.00 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。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，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，推动涂料科技的发展，编者结合近年来的科研与教学经验，编写了《水性树脂与水性涂料》一书。全书共有十一章，重点介绍了涂料树脂合成的聚合反应原理，以及水性醇酸树脂、水性聚酯树脂、水性丙烯酸树脂、水性聚氨酯树脂、水性环氧树脂、水性氨基树脂、水性光固化树脂的合成原料、合成原理以及合成工艺，其主线是大分子的分子设计原理，尽力揭示树脂结构和性能的关系；此外，对水性涂料的组成、水性涂料用助剂的种类及应用、水性涂料配方设计原理以及水性建筑涂料、水性木器涂料、水性塑料涂料、水性金属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、配方计算和实际操作工艺，力求简单、直观、易学、好懂。

本书适合从事水性树脂及水性涂料研究、开发、管理和销售的人员学习参考，也可供大专院校本科生、研究生和有关教师参考使用。若本书能为我国水性涂料工业的创新和发展作出一定贡献，编者将感到无比欣慰。本书由闫福安教授编著。其中，广东天银化工实业有限公司陈少双先生参加了第10章的编写，研究生陈俊、黄贵参与了第8章一些资料的收集，学生周勇参与了文字录入和

排版工作。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、化学工业出版社和一些朋友、学生的帮助，在此深表谢意。由于水平所限，书中不妥之处在所难免，敬请批评指正。

编者

2009年8月

目 录

第 1 章 导论	1
1.1 概述	1
1.2 涂料的作用	3
1.3 涂料的分类与命名	4
1.4 涂料发展概况	7
1.4.1 涂料的水性化	11
1.4.2 涂料的粉末化	14
1.4.3 涂料的高固体分化	15
1.4.4 涂料的光固化	15
1.5 结语	15
第 2 章 聚合反应基础	17
2.1 概述	17
2.2 自由基连锁聚合	17
2.2.1 高分子化学的一些基本概念	17
2.2.2 聚合反应分类	19
2.2.3 高分子化合物的分类与命名	20
2.2.4 高分子化合物的分子量及其分布	21
2.2.5 高分子化合物的结构	22
2.2.6 自由基聚合机理	23
2.2.7 链引发反应	25
2.2.8 链增长、链终止反应	28
2.2.9 自由基聚合动力学	30
2.2.10 聚合物的分子量和链转移反应	32
2.2.11 阻聚与缓聚	35
2.3 自由基共聚合	36
2.3.1 均聚合与共聚合的区别	36

2.3.2	共聚物的分类与命名	36
2.3.3	共聚物组成方程	37
2.3.4	共聚物组成随转化率的变化	39
2.3.5	共聚物组成的控制方法	41
2.3.6	单体、自由基的活性大小及影响因素	42
2.4	逐步聚合反应	43
2.4.1	缩聚反应	44
2.4.2	官能团等反应活性假定	47
2.4.3	线型缩聚物聚合度的影响因素及控制	47
2.4.4	体型缩聚	51
2.4.5	体型缩聚的凝胶现象及凝胶理论	52
2.5	结语	56
第3章 水性醇酸树脂		58
3.1	概述	58
3.2	水性醇酸树脂的分类	59
3.2.1	按改性用脂肪酸或油的干性分类	59
3.2.2	按醇酸树脂油度分类	59
3.3	水性醇酸树脂的合成原料	61
3.3.1	多元醇	61
3.3.2	有机酸	62
3.3.3	油脂	62
3.3.4	催化剂	65
3.3.5	水性单体	65
3.3.6	助溶剂	66
3.3.7	中和剂	66
3.3.8	催干剂	66
3.4	合成原理	68
3.5	配方设计	70
3.6	合成工艺	71
3.6.1	醇解法	71
3.6.2	脂肪酸法	72
3.7	水性醇酸树脂合成实例	73
3.7.1	TMA型短油度水性醇酸树脂合成	73

3.7.2	PEG 型水性醇酸树脂合成	74
3.7.3	DMPA 型水性醇酸树脂合成	74
3.7.4	DMPA 型短油度水性醇酸树脂合成	75
3.7.5	间苯二甲酸-5-磺酸钠型水性醇酸树脂 (1) 的合成	76
3.7.6	间苯二甲酸-5-磺酸钠型水性醇酸树脂 (2) 的合成	76
3.7.7	水性醇酸-丙烯酸树脂杂化体的合成	77
3.8	醇酸树脂的应用	78
3.9	结语	79
第 4 章 水性聚酯树脂		80
4.1	概述	80
4.2	主要原料	81
4.2.1	多元酸	81
4.2.2	多元醇	82
4.2.3	其他相关助剂	85
4.2.4	水性单体	87
4.2.5	助溶剂	87
4.2.6	中和剂	87
4.3	合成原理及工艺	88
4.4	水性聚酯配方设计	90
4.5	水性聚酯合成实例	92
4.5.1	TMA 型水性聚酯树脂合成	92
4.5.2	5-SSIPPA 型水性聚酯树脂合成	93
4.5.3	DMPA 型水性聚酯树脂合成 (1)	94
4.5.4	DMPA 型水性聚酯树脂的合成 (2)	94
4.6	结语	95
第 5 章 水性丙烯酸树脂		96
5.1	引言	96
5.2	丙烯酸乳液的合成	97
5.2.1	丙烯酸乳液的合成原料	97
5.2.2	乳液聚合机理	107
5.2.3	乳液聚合动力学	111
5.2.4	乳液聚合工艺	113

5.2.5	无皂乳液聚合	116
5.2.6	核-壳乳液聚合	117
5.2.7	互穿网络乳液聚合	122
5.3	乳液聚合实例	123
5.4	丙烯酸树脂水分散体的合成	138
5.4.1	配方设计	138
5.4.2	合成工艺	139
5.5	水性丙烯酸树脂的应用	141
5.6	结语	142
第6章 水性聚氨酯树脂		
6.1	概述	143
6.2	聚氨酯化学	145
6.2.1	异氰酸酯的反应机理	145
6.2.2	异氰酸酯的反应类型	146
6.2.3	异氰酸酯的反应活性	147
6.3	水性聚氨酯的合成单体	148
6.3.1	多异氰酸酯	148
6.3.2	多元醇低聚物	159
6.3.3	扩链剂	162
6.3.4	溶剂	162
6.3.5	催化剂	163
6.3.6	亲水单体(亲水性扩链剂)	164
6.3.7	中和剂(成盐剂)	165
6.4	水性聚氨酯的分类	166
6.5	水性聚氨酯的合成原理	167
6.6	水性聚氨酯的合成工艺	168
6.7	水性聚氨酯的合成实例	169
6.7.1	非离子型水性聚氨酯的合成	169
6.7.2	阴离子型水性聚氨酯的合成	169
6.7.3	水性聚氨酯-聚丙烯酸酯杂化体的合成	175
6.7.4	水性聚氨酯油的合成	179
6.7.5	阳离子型水性聚氨酯的合成	180
6.7.6	水性聚氨酯羟基组分的合成	180

6.8	水性多异氰酸酯固化剂的合成	182
6.9	水性聚氨酯的改性	182
6.10	水性聚氨酯的应用	186
6.10.1	皮革涂饰剂	186
6.10.2	水性聚氨酯涂料	186
6.10.3	水性聚氨酯黏合剂	188
6.11	结语	188
第7章 其他水性树脂		189
7.1	水性光固化树脂	189
7.1.1	水性光固化树脂的合成	192
7.1.2	合成实例	198
7.1.3	水性光固化涂料的其他组分	201
7.1.4	水性光固化树脂的应用领域	205
7.2	水性环氧树脂	207
7.2.1	环氧树脂及其固化物的性能特点	207
7.2.2	环氧树脂的特性指标	208
7.2.3	国产环氧树脂的牌号	210
7.2.4	水性环氧树脂的制备	210
7.2.5	水性环氧树脂的合成实例	215
7.2.6	水性环氧树脂固化剂的合成	219
7.2.7	水性环氧树脂的应用	221
7.3	水性氨基树脂	222
第8章 水性涂料用助剂		225
8.1	概述	225
8.2	水性润湿分散剂	226
8.2.1	概述	226
8.2.2	颜料润湿分散机理	227
8.2.3	常用润湿分散剂	228
8.2.4	水性润湿分散剂的发展	230
8.3	水性消泡剂	231
8.3.1	概述	231
8.3.2	泡沫的产生及消泡机理	231

8.3.3	常用水性消泡剂	233
8.3.4	消泡剂的选择	236
8.3.5	消泡剂的用量和加入方法	236
8.4	水性增稠剂	237
8.4.1	概述	237
8.4.2	水性涂料用增稠剂的分类	237
8.4.3	增稠剂作用机理	237
8.4.4	水性增稠剂的选择	238
8.4.5	常用水性增稠剂	239
8.5	流平剂	241
8.5.1	概述	241
8.5.2	流平剂的作用机理	242
8.5.3	常用水性流平剂	243
8.6	消光剂	243
8.6.1	概述	243
8.6.2	常用水性消光剂	243
8.7	成膜助剂	244
8.7.1	概述	244
8.7.2	成膜助剂的作用机理	245
8.7.3	常用的成膜助剂	246
8.8	pH 值调节剂	248
8.8.1	概述	248
8.8.2	常用的 pH 值调节剂	249
8.9	其他助剂	249
8.9.1	防霉防腐剂	249
8.9.2	缓蚀剂	249
8.9.3	防冻剂	250
8.9.4	手感剂	251
8.10	结语	251
第 9 章 水性涂料配方设计原理		252
9.1	概述	252
9.2	涂料基本组成	252
9.2.1	水性树脂	253

9.2.2	颜料	254
9.2.3	水性助剂	260
9.3	乳胶漆的成膜机理	268
9.4	颜料体积浓度	269
9.4.1	颜基比	269
9.4.2	颜料体积浓度与临界颜料体积浓度	270
9.4.3	乳胶漆临界颜料体积浓度	270
9.4.4	涂膜性能与PVC的关系	273
9.5	流变学	276
9.5.1	黏度	276
9.5.2	黏度的影响因素	276
9.5.3	涂料流动方程	277
9.6	乳胶漆料的配方设计	278
9.7	水性木器漆的配方设计	290
9.7.1	树脂的选择	291
9.7.2	助剂的选择	293
9.7.3	颜料和填料	299
9.8	结语	300
第10章	建筑涂料	301
10.1	概述	301
10.2	建筑涂料的分类	301
10.3	乳胶漆	303
10.3.1	乳胶漆的特点	303
10.3.2	乳胶漆的组成	303
10.3.3	乳胶漆的配方设计	306
10.3.4	乳胶漆的生产工艺	308
10.3.5	乳胶漆生产工艺探讨	308
10.4	乳胶漆国家标准	310
10.5	乳胶漆配方实例	311
10.6	结语	335
第11章	水性木器漆及其他水性漆	336
11.1	概述	336

11.2 水性木器漆	336
11.2.1 单组分水性木器漆	338
11.2.2 双组分水性聚氨酯清漆	350
11.3 水性金属漆	354
11.4 水性塑料漆	357
11.5 结语	361
附录	362
附录一 乳液各种指标的检测方法	362
附录二 涂膜病态防治	364
附录三 水性木器漆的检验项目及标准	369
参考文献	370

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，经干燥后形成一层薄膜，赋予物体保护、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。

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，溶剂并不留在漆膜中，而是全部挥发掉了，因此，溶剂（或分散介质）并非成膜物质，它可以帮助成膜和施工。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，易挥发，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，挥发性比甲苯差，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：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、甲基异丁基酮、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。
- 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，只在某些特种漆和脱漆剂中使用；醚醇类溶剂是一种新型溶剂，有乙二醇乙醚、乙二醇甲醚及其乙酸酯类等。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：形象地说，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。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，增强质感，提高装饰效果。

(3) 其他作用 保护和装饰是涂料的基本功能，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，其他仍采用“漆”一词，以后在具体叙述时，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；