

姜佳丽 主编

# 涂料配方设计



化学工业出版社

# 涂料配方设计

姜佳丽 主编



化学工业出版社

·北京·

# 前 言

---

涂料属于一种配方产品，包含许多原料，每种原料又包含不同种类，原料如何选择以及用量如何确定对涂料的性能有非常重要的影响。换句话说，涂料能否实现它的价值就在于其配方是否合理，因此，涂料配方设计在涂料生产中十分重要。

本书共分九章进行讲述，首先简要地叙述了涂料基础知识、涂料配方设计的基本原理、配方设计中涉及的重要参数以及实验方法等；接下来重点讲述了涂料的四种基本组成成分——成膜物质、溶剂、颜料、助剂等的种类及选择原则与方法，最后的四章讲述了按涂料状态分的几种重要涂料——溶剂型涂料、乳胶漆、水性木器漆和粉末涂料的配方设计以及具体配方举例。

本书可供涂料生产企业、涂料研究院所等从事涂料配方设计或相关专业的人员参考，也可作为高职高专化工类专业涂料方向的教材。

本书由姜佳丽主编并进行统稿，第一章至第五章由姜佳丽编写，第六章由百丽池涂料有限公司的邓昕副总经理编写，第七章和第八章由鸿昌涂料有限公司的副总经理、技术总监曾晋编写，第九章由百丽池涂料有限公司的张旭生技术副总经理编写。

在此，感谢顺德涂料企业界人士和顺德职业技术学院应用化工技术系的全体老师在本书编写过程中提出的宝贵意见。

此外，本书在编写过程中，还参阅了相关的文献和专著，已将参考文献列于书后，在此向各位编者表示深

切的谢意。

由于编者水平有限，书中疏漏之处在所难免，恳请专家学者和广大读者批评指正！

**编者**

**2012年2月**

# 目 录

第一章 涂料配方设计总论 .....	1
第一节 基本知识 .....	1
一、涂料的分类 .....	1
二、涂料组成 .....	2
三、涂料的命名原则 .....	5
四、涂料配方设计原理 .....	7
第二节 涂料配方中的重要参数 .....	9
一、颜基比 ( $P/B$ ) .....	9
二、颜料体积浓度 ( $PVC$ ) .....	9
三、临界颜料体积浓度 ( $CPVC$ ) .....	10
四、乳胶漆临界颜料体积浓度 .....	11
五、固含量 .....	11
六、涂膜性能与 $PVC$ 的关系 .....	12
第三节 涂料配方设计的几种形式 .....	14
一、原材料更换 .....	15
二、成本降低 .....	15
三、产品改进 .....	16
四、新产品开发 .....	17
五、新原材料的使用 .....	18
六、新技术 .....	19
第四节 涂料配方设计中的实验设计 .....	19
一、随机分组实验设计方法 .....	21
二、拉丁方实验设计方法 .....	22
三、正交实验设计方法 .....	22

<b>第二章 涂料用成膜物质的选择</b> .....	<b>25</b>
<b>第一节 聚酯树脂</b> .....	<b>25</b>
一、结构与品种 .....	25
二、聚酯树脂固化剂体系的选择 .....	27
三、聚酯树脂在涂料工业中的应用 .....	31
<b>第二节 醇酸树脂</b> .....	<b>31</b>
一、醇酸树脂的结构与品种 .....	31
二、涂料配方设计中其他原料的选择 .....	33
<b>第三节 环氧树脂</b> .....	<b>34</b>
一、环氧树脂的结构与分类 .....	34
二、环氧树脂的固化体系 .....	35
三、环氧树脂在涂料工业中的应用 .....	39
<b>第四节 聚氨酯树脂</b> .....	<b>41</b>
一、聚氨酯树脂的结构和种类 .....	41
二、聚氨酯树脂的性能与应用 .....	46
<b>第五节 丙烯酸树脂</b> .....	<b>47</b>
一、丙烯酸树脂的结构与分类 .....	47
二、丙烯酸树脂的性能与应用 .....	48
<b>第六节 氨基树脂</b> .....	<b>49</b>
一、氨基树脂的结构与分类 .....	49
二、氨基树脂的性能与应用 .....	50
<b>第七节 酚醛树脂</b> .....	<b>53</b>
一、酚醛树脂的结构与分类 .....	53
二、酚醛树脂的性能与应用 .....	54
<b>第八节 其他重要树脂</b> .....	<b>55</b>
一、氯化橡胶 .....	55
二、有机硅树脂 .....	56
三、氟聚合物 .....	56
<b>第九节 涂料配方设计中树脂体系选择的指导原则</b> .....	<b>57</b>
一、涂料体系选择的一般性原则 .....	57

二、涂料体系选择的主要因素 .....	58
三、涂料用树脂的选择 .....	59
<b>第三章 溶剂的选择 .....</b>	<b>63</b>
<b>第一节 涂料中常用溶剂 .....</b>	<b>63</b>
一、脂肪烃 .....	63
二、脂环烃 .....	63
三、芳香烃 .....	64
四、萜烯烃和萜类化合物 .....	65
五、氯化烃 .....	65
六、醇类 .....	67
七、酮类 .....	70
八、酯类 .....	73
九、醇醚类 .....	76
十、其他溶剂 .....	79
<b>第二节 涂料中溶剂的选择 .....</b>	<b>80</b>
一、涂料中溶剂的组成 .....	80
二、涂料中溶剂的作用 .....	81
三、涂料中溶剂选择原则 .....	82
四、几种涂料溶剂选择 .....	87
<b>第四章 颜料的选择 .....</b>	<b>91</b>
<b>第一节 着色颜料 .....</b>	<b>91</b>
一、着色颜料的基本性质 .....	91
二、着色颜料的种类 .....	94
<b>第二节 防锈颜料 .....</b>	<b>101</b>
一、物理性防锈颜料 .....	101
二、化学性防锈颜料 .....	102
三、电化学防锈颜料 .....	102
四、防锈颜料在涂料工业中的应用 .....	102

第三节	体质颜料	103
一、	碳酸钙	103
二、	镁颜料	105
三、	硫酸钡	106
四、	硅藻石	107
五、	云母	107
六、	高岭土	108
七、	硅藻土	109
八、	石英	110
九、	石膏	110
第四节	颜料的选择原则	111
一、	颜料体积浓度与颜基比的关系	111
二、	选择颜料的几个因素	112
三、	颜料的表面改性	117
<b>第五章</b>	<b>助剂的选择</b>	<b>119</b>
第一节	润湿分散剂	119
一、	颜料润湿分散的基本原理	120
二、	润湿分散剂的基本结构及类型	127
三、	涂料工业使用的润湿分散剂的种类	129
四、	润湿分散剂在涂料工业中的应用	131
第二节	消泡剂	140
一、	消泡剂的组成和品种	141
二、	消泡剂的选择	143
三、	消泡剂的使用	147
第三节	流变剂	149
一、	流变学基本概念	149
二、	流体的主要类型	151
三、	流变剂的作用机理	153
四、	流变助剂在涂料中的作用	155



五、流变助剂的种类·····	156
第四节 流平剂·····	171
一、概述·····	171
二、溶剂型涂料用流平剂·····	172
三、水性涂料用流平剂·····	173
四、粉末涂料用流平剂·····	174
第五节 增稠剂·····	174
一、概述·····	174
二、增稠机理·····	175
三、增稠剂的特点及选择·····	176
第六节 其他助剂·····	178
一、增塑剂·····	178
二、催干剂·····	180
三、固化剂·····	180
四、光稳定剂·····	181
<b>第六章 溶剂型涂料配方设计</b> ·····	<b>183</b>
第一节 木器涂料·····	183
一、双组分聚氨酯涂料·····	183
二、不饱和聚酯漆·····	188
三、硝基漆(硝酸纤维素涂料)·····	189
第二节 金属涂料·····	192
一、丙烯酸氨基烤漆·····	193
二、聚酯烤漆·····	195
三、醇酸氨基烤漆·····	196
第三节 塑料涂料·····	199
<b>第七章 乳胶漆配方设计</b> ·····	<b>202</b>
第一节 乳胶漆配方中的基本参数·····	202
一、颜基比(P/B)·····	202

二、颜料体积浓度 (PVC) .....	202
三、乳胶漆配方中的 <i>P/B</i> 、 <i>PVC</i> 及 <i>CPVC</i> .....	203
第二节 乳胶漆的成膜机理和涂膜结构 .....	205
一、乳胶漆的成膜过程 .....	205
二、乳胶漆的成膜条件 .....	206
三、乳胶漆的成膜驱动力 .....	207
四、影响成膜过程的主要因素 .....	208
第三节 乳胶漆的流变学 .....	211
一、牛顿型 (非牛顿型、假塑性) 流动 .....	211
二、触变性 .....	212
三、黏度、表观黏度 .....	212
四、乳胶漆黏度的表示方法 .....	213
第四节 乳胶漆配方设计中原料的选择 .....	213
一、成膜物 .....	214
二、颜料 .....	215
三、填料 (或称体质颜料) .....	215
四、分散介质 .....	217
五、助剂 .....	217
第五节 乳胶漆配方的设计原理 .....	220
第六节 配方设计的步骤 .....	222
第七节 配方设计实例 .....	224
一、内墙乳胶漆 .....	224
二、外墙乳胶漆 .....	231
三、弹性乳胶漆 .....	239
四、防霉乳胶漆 .....	243
五、真石漆 .....	245
<b>第八章 水性木器漆配方设计 .....</b>	<b>249</b>
第一节 水性木器漆配方的组成 .....	249
一、概述 .....	249

二、水性木器漆配方组成及作用·····	250
第二节 水性木器漆的原料及设计要点·····	251
一、基料（成膜物、漆料、漆基）·····	251
二、助剂·····	257
三、颜料、填料及着色剂·····	269
四、交联剂·····	272
第三节 水性木器漆的配方实例·····	277
一、水性木器漆的类型·····	277
二、水性木器漆配方解析·····	278
<b>第九章 粉末涂料配方设计</b> ·····	<b>314</b>
第一节 粉末涂料概述·····	314
一、粉末涂料的发展史·····	314
二、粉末涂料与溶剂型涂料的特点比较·····	314
第二节 粉末涂料的种类·····	315
一、热固性粉末涂料·····	315
二、热塑性粉末涂料·····	317
第三节 粉末涂料的组成·····	318
一、成膜物质·····	318
二、颜料和填料·····	318
三、助剂·····	318
四、载体·····	318
第四节 粉末涂料配方设计的化学基础（成膜物质的化学 反应）·····	318
一、混合型·····	318
二、聚酯+TGIC·····	320
三、HAA·····	321
四、环氧+固化剂·····	321
五、羟基聚酯树脂（或羟基丙烯酸树脂）+封闭型 IPDI·····	323

六、丙烯酸缩水甘油酯+长碳二元酸.....	324
第五节 粉末涂料配方设计中的原料选择.....	324
一、颜料.....	324
二、粉末涂料配方设计中的助剂.....	326
三、粉末涂料配方设计原则.....	328
第六节 粉末涂料配方设计示例.....	328
<b>参考文献 .....</b>	<b>336</b>

# 第一章 涂料配方设计总论

## 第一节 基本知识

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的涂膜的一类精细化工产品。涂料涂覆到物体表面主要起到保护作用、装饰作用、标志作用及其他特殊用途。

### 一、涂料的分类

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面，目前涂料产品近千种，涂料的分类方法很多，通常有以下几种分类方法：

- (1) 按涂料的形态可分为水性涂料、溶剂性涂料、粉末涂料、高固体分涂料等；
- (2) 按施工方法可分为刷涂涂料、喷涂涂料、辊涂涂料、浸涂涂料、电泳涂料等；
- (3) 按施工工序可分为底漆、中涂漆（二道底漆）、面漆、罩光漆等；
- (4) 按功能可分为装饰涂料、防腐涂料、导电涂料、防锈涂料、耐高温涂料、示温涂料、隔热涂料、防火涂料、防水涂料等；
- (5) 按用途可分为建筑涂料、罐头涂料、汽车涂料、飞机涂料、家电涂料、木器涂料、桥梁涂料、塑料涂料、纸张涂料等；
- (6) 家用涂料可分为内墙涂料、外墙涂料、木器漆、金属用漆、地坪漆；
- (7) 按漆膜性能可分为防腐漆、绝缘漆、导电漆、耐热漆等；
- (8) 按成膜物质可分为醇酸树脂漆、环氧树脂漆、聚氨酯漆、

## 2 涂料配方设计

酚醛树脂漆、氯化橡胶漆、硝基漆、过氯乙烯漆等。

本书中，主要以涂料的形态为线进行配方设计的阐述。

### 二、涂料组成

对于水性涂料、溶剂性涂料、粉末涂料及高固体分涂料四种涂料而言，除粉末涂料外，其他三种涂料都由成膜物质、溶剂、颜料及助剂组成，而粉末涂料中不含有溶剂。

#### 1. 成膜物质

成膜物质是组成涂料的基础，故而又称为基料，是使涂料牢固附着于被涂物件表面上形成连续薄膜并黏结涂料中其他组分的主要物质，对涂料和涂膜的性质起决定性作用。早期的涂料以天然的植物油和漆树液为成膜物质，所以称为油漆。近半个世纪以来，随着高分子化学的发展，对高分子化合物的合成、性能和结构有了较系统深入的研究，合成树脂品种日益增多和成熟，合成树脂逐渐成为涂料的主要原料。作为涂料成膜物质的合成树脂需具备的基本特征是其能经过施工形成薄层的涂膜，并为涂膜提供所需要的各种性能。此外，还需与涂料中其他组分混容，形成均匀的分散体。具备这些特性的化合物都可用作成膜物质。它们的形态可以是液态，也可以是固态。

用作涂料成膜物质的合成树脂种类越来越多，分类方法也较多，按其本身结构与所形成涂膜的结构主要分为热塑性树脂和热固性树脂两类。

(1) 成膜物质在涂料成膜过程中组成结构不发生变化，即成膜物质与涂膜的组成结构相同，在涂膜中可以检查出成膜物质的原有结构，这类成膜物质称为非转化性成膜物质，它们具有热塑性，受热软化，冷却后变硬，多具有可溶解性。由此类成膜物质构成的涂膜具有与成膜物质同样的化学结构，也是可溶可熔的。属于这类成膜物质的品种有：①天然树脂，包括来源于植物的松香（树脂状低分子化合物），来源于动物的虫胶，来源于化石的琥珀、柯巴树脂等，和来源于矿物的天然沥青；②天然高聚物的加工产品，如硝基纤维素、氯化橡胶等；③合成的高分子线型聚合物即热塑性树脂，如过氯乙烯树脂、氯乙酸乙烯树脂等；用于涂料的热塑性树脂与用

于塑料、纤维、橡胶或黏合剂的同类品种，组成、分子量和性能都不相同，它应按涂料的要求而制成。

(2) 成膜物质在成膜过程中组成结构发生变化，即成膜物质形成与其原来组成结构完全不同的涂膜，这类成膜物质称为转化性成膜物质。它们都具有能起化学反应的官能团，在热、氧或其他物质的作用下能够聚合成与原来组成结构不同的不溶不熔的网状高聚物，即热固性高聚物，因而所形成的涂膜是热固性的，通常具有网状结构。属于这类成膜物质的品种有：①干性油和半干性油；②天然漆和漆酚，也属于活性基团的低分子化合物；③低分子化合物的加成物或反应物，如多异氰酸酯的加成物；④合成聚合物，如酚醛树脂、醇酸树脂、聚氨酯预聚物、丙烯酸酯低聚物等。

现在还开发了多种新型聚合物如基团转移聚合物、互穿网络聚合物等，品种不断发展。现代涂料很少使用单一品种作为成膜物质，而经常是采用几个树脂品种，互相补充或互相改性，以适应多方面性能要求。随着科学技术的发展，将会有更多品种的合成材料应用为涂料的成膜物质。

## 2. 颜料

颜料是一种微细的粉末状的有色物质，在使用过程中一般不溶于它所分散的介质，而始终以原来的晶体状态存在，因此它不能离开主要成膜物质（基料）而单独构成涂膜，故也称为次要成膜物质。它在涂料中的主要作用是使涂膜具有所需要的各种色彩和一定的遮盖力，对涂膜的性能也有一定的影响，如提供一定的机械强度、化学稳定性以强化保护作用等。

颜料的品种很多，各具有不同的性能和作用。在配制涂料时，根据所要求的不同性能，需要注意选用合适的颜料。颜料的分类方法包括以下几种：

- (1) 按来源可分为天然颜料和合成颜料；
- (2) 按化学成分可分为无机颜料和有机颜料；
- (3) 按其在涂料中所起的作用可分为着色颜料、体质颜料、防锈颜料和特种颜料等。

## 4 涂料配方设计

每一类都有很多品种。在涂料中最早使用的多是天然的无机颜料，现代涂料则广泛使用合成涂料，其中有机颜料不断发展，但仍以使用无机颜料为主。着色颜料是涂料中广泛应用的颜料类型，随着国民经济的发展，特种颜料将占有越来越重要的作用。

### 3. 助剂

助剂，也称为涂料的辅助材料组分，不能单独成膜，而是在涂料成膜后作为涂膜中的一个组分而存在，在涂料配方中所占的份额较小，但却起着十分重要的作用。助剂的作用是对涂料或涂膜的某一特定方面的性能起改进作用。不同品种的涂料需要使用不同作用的助剂；即使同一类型的涂料由于其使用的目的、方法或性能要求的不同，而需要使用不同的助剂；一种涂料中可使用多种不同的助剂，以发挥其不同的作用。总之，助剂的使用是根据涂料和涂膜的不同要求而决定的。原始的涂料使用种类有限的助剂，现代的涂料则使用了种类众多的助剂，而且不断发展。

现代用作涂料助剂的物质包括多种有机和无机化合物，其中也包括高分子聚合物。具体品种在近年有很大的增加。根据助剂对涂料和涂膜所起的作用，现代涂料所使用的助剂可分为以下四个类型：

(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) 对涂料贮存过程发生作用的助剂，如防结皮剂、防沉淀剂等；

(3) 对涂料施工成膜过程发生作用的助剂，如增塑剂、平光剂、防霉剂、阻燃剂、防静电剂、紫外线吸收剂等；

(4) 对涂膜性能发生作用的助剂，如催干剂、固化剂、流平剂、防流挂剂等。

助剂在涂料中使用时，虽然用料很少，但能起到显著的作用，因而助剂在涂料中的应用越来越受到重视，助剂的应用技术已成为现代涂料生产技术的重要内容之一。

### 4. 溶剂

溶剂是不包括无溶剂涂料在内的各种液态涂料中所含有的，



为使这些类型液态涂料完成施工过程所必需的一类组分。它原则上不构成涂膜，也不应存留在涂膜中。溶剂组分的作用是将涂料的成膜物质溶解或分散为液态，以使易于施工成薄膜而当施工后又能从薄膜中挥发至大气中，从而使薄膜形成固态的涂膜。溶剂组分通常是可挥发性液体，习惯上称为挥发分。作为溶剂组分包括能溶解成膜物质的溶剂，能稀释成膜物质溶液的稀释剂和能分散成膜物质的分散剂，习惯上统称为溶剂。现代的某些涂料中开发应用了一些既能溶解或分散成膜物质为液态，而又能在施工成膜过程中与成膜物质发生化学反应形成新的物质而留存于涂膜中的化合物，它们原则上也属于溶剂组分，统称为反应性溶剂或活性稀释剂。

现代很多化学品包括水、无机化合物和有机化合物都可以用作涂料的溶剂组分。其中以有机化合物品种最多，常用的有脂肪烃、芳香烃、醇、酯、醚、酮、萜烯、含氯有机物等，总称为有机溶剂。现代涂料中溶剂组分所占比例还是很大的，一般达到 50%（体积分数）。有的是涂料中加入，有的是在涂料施工时加入。对于溶剂品种的选用是根据涂料和涂膜的要求而确定的。一种涂料可以使用一个溶剂品种，也可使用多个溶剂品种。溶剂组分虽然主要作用是将成膜物质变成液态的涂料，但它对涂料的生产、贮存、施工和成膜，涂膜的外观和内在的性能都产生重要的影响。因此，生产涂料时选择涂料的品种和用量是不能忽视的。溶剂组分虽是制备液态涂料所必需的，但它在施工成膜以后要挥发掉，造成资源的损失，特别是使用具有光化学反应性的溶剂，在涂料生产和施工过程中造成环境污染，危害人类健康，这些都是使用溶剂组分带来的严重问题。努力解决这些问题，是涂料发展的一个重要方向，目前已取得不少明显成果。

### 三、涂料的命名原则

我国国家标准 GB 2705—81 中对涂料的命名原则规定如下：

(1) 涂料全名 = 颜料或颜色名称 + 成膜物质名称 + 基本名称。  
例如，红醇酸磁漆，锌黄酚醛防锈漆等。