



现代涂料 配方设计

武利民 李丹 游波 编著



化学工业出版社

现代涂料配方设计

武利民 李丹 游波 编著

化学工业出版社

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

现代涂料配方设计/武利民, 李丹, 游波编著. —北京:
化学工业出版社, 2000 (2001.6 重印)
ISBN 7-5025-2770-2

I. 现… II. ①武…②李…③游… III. 涂料-配方-
设计 IV. TQ630.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 01001 号

现代涂料配方设计

武利民 李 丹 游 波 编著

责任编辑: 路金辉 王秀鸾

责任校对: 洪雅姝

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64918013

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 15 $\frac{1}{4}$ 字数 405 千字

2000 年 3 月第 1 版 2001 年 6 月北京第 3 次印刷

印 数: 9001—13000

ISBN 7-5025-2770-2/TQ·1221

定 价: 36.00 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

前 言

有关涂料配方方面的书籍已面市不少，但涂料是一包含树脂基料、溶剂、颜料、各种助剂如流平剂、流变剂、增稠剂、润湿和分散剂、光稳定剂、防霉剂、防缩孔剂等多组分的有机结合体，各组分又种类繁多、性能各异，侧重点不同，价格也不相同，不同组分相互组合就可以成为不同的涂料配方，用于不同的基材如混凝土砖石、金属、木质基材、塑料等，不同的使用环境如室内、室外、高温、UV光照、酸碱环境、高湿度等，和不同的目的如装饰、保护、特殊功能等，因此，可以说，涂料配方五花八门，数以万计。

本书编写的目的，就是希望利用我们掌握的有关涂料方面的基本理论和基础知识，借助人们近年来在涂料配方技术方面的丰富经验，试图提炼出涂料配方的设计原则、要点和思路，以便帮助读者在设计新的涂料配方或改性现有涂料配方方面如何利用最短的时间尽快选择正确的树脂基料、溶剂、颜料和各种其他的助剂，包括种类和用量。

全书共分十章：第一章介绍了涂料配方设计的一般原则；第二章介绍了用于涂料的树脂品种及其选择，重点讨论了各种树脂的性能特点及其选用原则；第三章讨论了溶剂的选择原则及常用溶剂的选用；第四章颜填料及其他助剂的选择；第五章讨论了涂料配方的计算机辅助设计；第六章讨论了涂料性能测试方法的选择；第七章讨论了用于一般混凝土和建筑物涂料的配方设计；第八章讨论了汽车涂料的配方设计；第九章讨论了用于船舶、家电、金属容器、石油贮罐、军用隐身、塑料等涂料的配方设计；第十章介绍了涂料在不同的基材和不同的环境下使用的损坏及其修复。

其中，第一、二、八、九章由武利民撰写，第三、七、十章由李丹撰写，第四、五、六章由游波撰写。全书由武利民统一定稿。

由于水平有限，书中错误在所难免，敬请读者批评指正。

武利民

1999.10 于复旦大学

A.1.1.18/105

内 容 提 要

本书侧重从实际应用的角度讨论了涂料配方设计过程树脂基料、溶剂和颜料以及其他各种常用助剂的选择，并结合配方实例，重点介绍了各种建筑涂料、汽车涂料、船舶涂料、家电涂料、金属容器涂料、石油贮罐涂料、隐身涂料、塑料用涂料等的配方设计原则、要点和思路。

本书可供从事涂料研究开发的工程技术人员、科研人员和大专院校有关专业师生参考。

目 录

第一章 涂料配方设计的一般原则	1
一、原材料更换	2
二、成本降低	3
三、产品改进	4
四、新产品开发	4
五、新原材料的使用	6
六、新技术	6
第二章 树脂的品种和性能及其选择	7
第一节 环氧树脂	7
一、环氧树脂固化体系及其在涂料配方设计中的选择	7
二、双组分环氧树脂涂料的配方设计	13
三、环氧酯树脂及其涂料配方设计	13
第二节 聚氨酯树脂	16
一、原料的性能及选择	16
二、聚氨酯树脂的品种和性能	18
三、聚氨酯涂料配方中树脂的选择	22
第三节 聚酯树脂	25
一、原材料的基本性能及其选择	25
二、聚酯树脂/固化剂体系及其在涂料配方设计中的选择	30
第四节 醇酸树脂	33
一、合成醇酸树脂中原材料的选择	33
二、醇酸树脂的品种和性能及其在涂料配方设计中的选择	35
三、涂料配方设计中其他原材料的选择	36
第五节 丙烯酸树脂	38
一、单体的选择	39
二、溶液型丙烯酸树脂及其在涂料配方设计中的选择	42
三、水性丙烯酸树脂及其涂料配方设计	45

第六节 酚醛树脂和氨基树脂	48
一、酚醛树脂	48
二、氨基树脂	50
第七节 其他重要树脂	54
一、氯化橡胶	54
二、有机硅树脂	55
三、氟聚合物	55
第八节 涂料配方设计中树脂体系选择的指导原则	55
一、涂料体系选择的一般性原则	58
二、涂料体系选择的主要因素	61
参考文献	65
第三章 溶剂的选择	67
第一节 溶剂的选择原则	67
一、溶解理论	67
二、极性和偶极矩	72
三、氢键参数	72
四、溶剂化	73
五、溶剂、惰性溶剂以及非溶剂	73
六、稀释比和可稀释度	74
七、溶剂的挥发和蒸发	77
八、粘度和表面张力	78
九、闪点、燃点以及燃烧极限	79
第二节 涂料中的常用溶剂	87
一、脂肪烃	87
二、脂环烃	87
三、芳香烃	88
四、萜烯烃和萜类化合物	88
五、氯化烃	89
六、醇类	90
七、酮类	94
八、酯类	96
九、醇醚类	99
十、其他溶剂	102

第三节 涂料中溶剂的选择	103
一、涂料中混合溶剂的组成	103
二、涂料粘度的调节	104
三、高固体分涂料中溶剂的选择	105
四、水性涂料中溶剂的选择	105
五、气干型涂料中溶剂的选择	106
六、交联和烘烤漆中溶剂的选择	106
七、厚膜涂料和多涂漆溶剂的选择	107
八、发白、光泽、流动性与溶剂的选择	107
九、机械性能、残留溶剂与溶剂的选择	107
第四节 脱漆剂中溶剂的选择	108
第五节 印刷油墨中溶剂的选择	108
第六节 化学反应中溶剂的选择	109
参考文献	109
第四章 颜填料及其他助剂的选择	111
第一节 颜料体积浓度和临界体积浓度理论	111
一、颜料体积浓度和临界颜料体积浓度	111
二、CPVC 的实验测定法	112
三、PVC 与 CPVC 的关系	123
四、孔隙率的选择	126
五、CPVC 在配方设计中的应用	129
第二节 涂料配方设计中颜料的选择	137
一、颜料的特性	138
二、颜料的表面改性	145
三、颜料的分类	147
四、白色颜料的选择	150
五、有色颜料的选择	159
六、防锈颜料的选择	167
七、体质颜料（填料）的选择	172
第三节 提高涂料干遮盖力的几种方法	181
一、概述	181
二、涂料堆积物的相关性	184
三、微孔技术——无颜料白漆（Pittment）	186

四、聚合物中空微球体质颜料	188
五、塑料颜料	189
六、不透明聚合物	190
第四节 涂料中其他助剂的选择	194
一、消泡剂	194
二、润湿剂和分散剂	195
三、表面处理剂	195
四、催干剂和催化剂	197
五、防腐剂	198
六、流变剂	199
七、光稳定剂	200
八、抗冻剂	201
参考文献	201
第五章 涂料配方的计算机辅助设计	203
第一节 概述	203
第二节 计算机在涂料中的应用	205
一、计算机流程控制	205
二、涂料的配色	206
三、涂料及涂装的计算机辅助设计	206
四、涂料配方和涂料成本	207
第三节 实验设计与优化	213
一、随机分组实验设计方法	216
二、拉丁方实验设计方法	217
三、多因素实验设计方法	217
四、分级多因素实验设计方法	223
五、Box-Behnken 实验设计方法	223
六、正交实验设计方法	225
第四节 混合物实验设计方法	228
一、三组分混合物实验设计方法	228
二、四组分混合物实验设计方法	238
第五节 涂料配方理论和数学模型	245
参考文献	246
第六章 涂料性能测试方法的选择	248

第一节 概述	248
一、试验配方与实际生产的差别	248
二、方法的选择	250
三、涂料检验的特点	250
四、涂膜的常用制备法	252
第二节 贮存性能的测试	253
一、涂料的粘度特性	254
二、涂料的贮存稳定性	258
三、颜料分散程度的测试	259
第三节 涂料施工性能的测试	260
一、装饰性涂料的施工性能	260
二、工业涂装	264
第四节 涂料的成膜性能	265
一、涂膜的干燥方式	265
二、干燥时间的测定	266
第五节 涂膜性能的测试	266
一、涂膜外观的测定	266
二、涂膜机械性能的测试	269
三、涂膜化学性能的测试	272
四、涂膜的耐候性试验	274
参考文献	288
第七章 混凝土和建筑涂料的配方设计	289
第一节 混凝土的特性	289
一、概述	289
二、混凝土的特性引起的涂装问题	291
第二节 工业用混凝土涂料的配方设计	296
一、工业用混凝土涂料的配方设计原则	296
二、混凝土涂料的类型和配方设计	299
第三节 建筑涂料的配方设计	304
一、内墙乳胶漆的配方设计	304
二、外墙涂料的配方设计	324
第四节 乳胶漆中常见问题及补救措施	339
第五节 成本分析	342

参考文献	349
第八章 汽车涂料的配方设计	350
第一节 汽车底漆设计原则及其配方实例	350
一、浸涂底漆	350
二、电泳底漆	351
三、其他汽车底漆	354
第二节 中涂漆设计原则及其配方实例	355
一、树脂体系选择	355
二、颜料的选择	356
三、溶剂的选择	357
四、其他助剂的选择	358
五、防石击中涂漆	358
六、根据汽车面漆选择中涂漆	359
第三节 汽车面漆设计原则及其配方实例	359
一、溶剂性面漆	360
二、金属底色漆的配方设计原则	362
三、罩清漆的配方设计原则	363
第四节 汽车塑料部件用涂料的配方设计原则	365
参考文献	367
第九章 其他主要涂料的配方设计	368
第一节 船舶涂料的配方设计	368
一、车间底漆	368
二、船底防锈漆配方设计	371
三、船底防污漆的配方设计	374
四、水线漆的配方设计	379
五、货舱涂料的配方设计	380
六、饮水舱涂料的配方设计	380
七、甲板、船壳涂料的配方设计	382
第二节 家电涂料的配方设计	383
一、醇酸树脂的选用	384
二、氨基树脂的选用	385
三、氨基树脂和醇酸树脂的配合	386
四、颜料的选择	387

五、氨基醇酸漆用溶剂和助剂的选用	388
第三节 金属容器涂料的配方设计	390
第四节 石油贮罐内壁涂料配方设计	395
一、配方设计原则	395
二、涂料配方设计中各组分的选择	396
第五节 军事隐身涂料的配方设计	397
一、防可见光隐身涂料的配方设计	400
二、防红外隐身涂料的配方设计	401
三、防雷达波隐身涂料的配方设计	402
第六节 塑料用涂料的配方设计	405
一、塑料用涂料的配方设计原则	405
二、塑料的表面处理	405
三、塑料表面涂料的配方设计	406
参考文献	409
第十章 涂料的损坏和修补	410
第一节 涂料的损坏	410
一、与配方有关的涂料损坏	411
二、涂料体系选择不当导致的涂料损坏	421
三、与基材相关的涂料损坏	423
四、与表面制备相关的涂料损坏	426
五、与施工方法相关的涂料损坏	428
六、与被涂构件设计有关的涂料损坏	432
七、与粘结有关的涂料损坏	434
八、外部环境引起的涂料损坏	440
第二节 涂料的修补	442
一、损坏类型及其修补	443
二、损坏的程度及其修补	446
三、涂料类型及其修补	450
四、基材的类型及其修补	457
五、衬里的修补	468
参考文献	473

第一章 涂料配方设计的一般原则

涂料，通俗的讲，就是涂覆在被涂物件表面并能形成牢固附着的连续薄膜的材料。被涂覆的物件表面可以是金属的如钢、铝、铁、铜及其合金等，也可以是非金属的如混凝土、砖石、木器，塑料、纸张等，通称为基材或底材——即被涂基材的材质不同。这些被涂覆的物件既可以用于室内，也可室外；既可以在通常的环境条件下使用，又可以在恶劣环境条件下使用（如高温、低温、高湿度、盐雾、强紫外光等）——即使用环境不同。其作用既可以是起简单的装饰作用，如用于建筑的内墙、外墙和地板涂料等，也可以是起保护作用，如船舶、管道、化工设备、木材等的防腐蚀，也可以是赋予被涂物件某种特殊功能，如防火涂料、防水涂料、导电涂料、隐身涂料、防辐射涂料、示温涂料、隔热涂料、防霉涂料等。大多数情况下，则同时要求涂料具有其中的两种或所有的3种作用，如汽车涂料、飞机涂料、家用电器涂料、船舶涂料等既要求装饰美观又要有保护作用；用于军事上的舰艇、战斗机、轰炸机、导弹等既要有装饰和保护作用，又要有隐身或伪装作用——即涂料的作用不同。

涂料涂覆基材材质的不同，使用环境的不同和涂料作用的不同使涂料的研究开发较塑料和橡胶更具挑战性，配方设计的影响因素更加复杂，如，与塑料和橡胶不同，涂料一般不能单独作为工程材料使用，它总是涂覆在物件表面上与被涂物件一起使用，因此涂膜与被涂物件的界面作用力是涂料配方设计所要考虑的一个重要的影响因素。

总的来说，涂料的配方设计需要考虑下列几方面。

① 成膜物质——树脂的化学性质和物理性能，如室温干燥固化还是反应固化，柔软性/硬度比，与被涂基材的粘结性，耐候性，耐UV性，防腐蚀性等；

② 挥发物——溶剂和稀释剂的物理化学性质，如挥发速度，沸

点，对树脂的溶解性，毒性和闪点等；

③ 颜料和助剂性质，如颜料的着色力，遮盖力，密度，与基料的混容性（分散性），耐光性，耐候性和耐热性等；助剂的特殊功能如防沉、防流挂、防桔皮、消泡，帮助颜料润湿分散，改善涂料的施工性和成膜性用的流平剂、增稠剂、成膜助剂、固化剂、催干剂等；

④ 涂覆的目标和目的，如基材的材质，是高档产品（如轿车、飞机、精密仪器仪表等）还是中低档产品（如家用电器、内外墙、桥梁、塑料、纸张等）。是一般的装饰，还是起保护作用，还是赋予被涂物件某种特殊功能；

⑤ 成本考虑，包括原材料的成本，生产成本，贮存和运输成本等。用于高档产品的涂料，其性能要求更高些，价格可以较贵些；用于低档产品的涂料，性能可以稍差些，价格则可以便宜些；

⑥ 竞争力因素，明确本公司所设计的涂料配方产品是市场上的全新产品还是其他公司已有的类似的产品，若是后者，则要比较本公司所设计的产品与该产品在性能和价格上的优势，包括涂料本身的性能如固含量，粘度，密度，PVC，贮存期等；使用性能如遮盖力，需要几涂才能达到所需的性能要求，是常温干燥还是升温反应固化成膜；漆膜的性能如柔软性/硬度比，与基材的附着力大小，耐候性，耐UV性，耐酸碱性，耐化学药品性，耐溶剂性，耐污性，耐温性和耐湿性等。以确定本公司所设计的产品是否在某一或某几个主要性能上优于市场上现有的同类产品或性能近似但价格上有很大的优势。

具体的说，在涂料的配方设计中，常常涉及：原材料更换；降低成本；产品改进；新产品开发；新的原材料利用；新技术等。

一、原材料更换

在涂料的配方设计和生产中，由于价格或运输或其他方面的原因，常常遇到配方中的某一种或某几种原材料的货源发生临时或长久的更动。虽然为同一种原材料，但必须牢记不同的生产厂家由于生产工艺的不同，质量检测控制的标准和手段差异以及自动化程度的高低，所生产出来的原材料的性能可能不完全相同，有时甚至会有很大

的差异，例如具有相似油度、组成、固含量/粘度比的两种长油度醇酸树脂是否有类似的酸值和羟值；同是金红石型钛白粉，其纯度、细度、吸油度或遮盖力是否完全相同或几乎完全相同；同一级石油熔剂是否有相同的沸点范围、芳香族含量和溶剂性等。如有不同，是否会对涂料的主要性能产生很大的差异。换句话说，涂料的主要性能对原材料不同的接受程度到底有多大，一般的建议是原材料的采购尽量固定在二、三家经常提供同一原材料的生产厂商，以免性能发生较大的变化而导致涂料配方和涂料生产的失败，万一必须更换原材料厂商，必须得到该供应商所提供的该原材料的物理化学性能，必要时需要进行实验比较，若性能差异较大，需要对原来的配方进行必要的调整或重新设计。

二、成本降低

涂料配方设计者的作用是以最低的成本设计符合性能要求的配方和产品，因此，在涂料配方设计中要常常注意下列几个问题。

① 现在的配方其产品性能是否高于客户所要求的或对手所提供的产品的性能，是否可以牺牲某些方面的性能以降低成本而又保持产品达到或略高于客户所要求的性能。

② 现在的配方可否通过二、三或更多的现有产品的简单共混以达到所需要的性能。

③ 涂料中的添加剂用量少，但多数价格较贵，每种添加剂在该配方中是否都是必需的：另外选择分散剂是否以消除或减少消泡剂的使用；涂料贮存在金属容器中需要加入防腐剂，改用塑料容器后，有无必要仍加入防腐剂。

④ 涂料的流变性能否通过仔细选择树脂体系或体质颜料来控制而不需要加入防流挂剂或增稠剂等。

通常，对于一个配方体系，树脂体系和颜料是成本的两个主要方面：配方中为得到产品性能要求所选择的树脂是否是最经济的体系；是否可以用价格较高的树脂体系但可以用较高的 PVC 以降低总的树脂用量。颜料，尤其是 TiO_2 ，价格较贵，能否进一步通过提高分散程度来降低其用量而又保持足够的遮盖力，一般的经验是，对于溶剂

型涂料的低粘度树脂溶液中，高于通常的羟值或酸值，其遮盖力与额外加 5%~10% TiO_2 的相当；而对于乳胶型涂料体系，利用更有效的颜料润湿剂和分散剂和避免在分散过程中使用高粘度溶液有利于大大降低 TiO_2 的用量。另外必须注意的是配方中总的原材料成本还取决于总的固含量，这样，能否降低 5%~10% 的固含量而又不影响其应用性能，如使用较高粘度的树脂或在乳胶漆中使用较高分子量的聚合物可以适当降低固含量而又不影响其遮盖力、膜厚度和膜性能。

三、产品改进

产品的改进主要是指产品某一或某几个方面性能的改进，通常伴随着整个原材料成本的升高，或以牺牲其他方面的性能作代价。一般的程序是：

① 查看以前的实验记录是否已有配方的性能与所要求的接近（包括性能和成本），必要时可再作一些补充实验进行对比，看能否避免重新设计整个配方；

② 尽可能的借鉴其他渠道的经验和配方，以减少产品改进所需的工作量；

③ 如果①、②均不可行，则下一步就得确定一下现在的产品配方中哪些原材料对所要求的性能无明显的影响，在重新设计配方时可暂时维持为不变量，哪些原材料对所要求的性能有大的影响，一般尽可能减少可变变量的数目以简化配方设计；

④ 最简单的方法是增加某一组分的用量，或改变某两组分的用量比，或用某一组分的性能更高级别的原材料取代现有级别的原材料，并通过必要的实验室小试比较是否已达到所需要的性能要求；

⑤ 当改变现有组分的用量或组分间的用量比仍不能达到所需要的性能要求时，就要考虑添加某一新的组分或用其他某一组分（如树脂、颜料、添加剂等）代替现在配方中相应组分进行实验比较；

⑥ 一旦改性的产品配方确定，就要进行放大实验并与现有产品性能进行全面比较，必要时还可能进行配方设计微调。

四、新产品开发

在新产品开发的配方设计中，首先要注意是否仅是公司的新产