

涂料配方设计与制造技术丛书

功能涂料配方设计 与制造技术

刘 栋 张玉龙 主编

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

涂料配方设计与制造技术丛书

功能涂料配方设计 与制造技术

刘 栋 张玉龙 主编



中国石化出版社

内 容 提 要

本书按涂料的功能特性分类,重点介绍了电功能、热功能、防火阻燃、光功能、隐身、磁性、抗菌防霉等功能涂料品种,按照原材料与配方、制造方法、性能、应用与效果评价格式介绍了每种涂料,是从事涂料研究、生产管理、销售和教学人员必读之书,也是广大涂料应用人员良好的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

功能涂料配方设计与制造技术 / 刘栋, 张玉龙主编.
—北京: 中国石化出版社, 2008
(涂料配方设计与制造技术丛书)
ISBN 978-7-80229-794-4

I. 功… II. ①刘… ②张… III. ①功能材料: 涂料-配方 ②功能材料: 涂料-生产工艺 IV. TQ 630.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 192739 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

金圣才文化发展(北京)有限公司排版

北京科信印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

850×1168 毫米 32 开本 13.875 印张 364 千字

2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

定价:32.00 元

《功能涂料配方设计与制造技术》

编写委员会

主 编：刘 栋 张玉龙

副主编：王喜梅 张广玉 齐贵亮

李 萍 陈 瑞

编 委：王永连 王喜梅 石 磊

帅 琦 刘 栋 齐贵亮

陈 瑞 李 萍 张广玉

张玉龙 张丽娜 宫 洁

夏 敏 柴 娟 曾泉雁

前 言

所谓功能涂料主要是指那些具备电功能、热功能、光功能、磁功能、隐身功能和抗菌功能等特性的一类涂料。功能涂料又称为专用涂料，其技术含量高，批量小，应用仅局限于某一领域或某一产品。尽管其应用量偏少，但产品的附加值相当高，也是涂料技术研究发展的重要方向，主要应用于高科技领域和军事领域。随着高新技术在功能涂料研制中的应用，使这类涂料的发展速度明显加快，目前已成为涂装行业中一颗最为耀眼的明星。

为了普及功能涂料的基础知识，宣传并推广功能涂料近年来研究与应用成果，我们组织编写了《功能涂料配方设计与制造技术》一书。全书8章，按照功能特性分类，重点介绍了电功能涂料、热功能涂料、光功能涂料、防火涂料、隐身涂料、磁性涂料和抗菌涂料等品种，并按照原材料与配方、制造方法、性能、应用与效果评价的编写格式详细地介绍了每一种涂料。本书是涂料研制、生产、管理、销售和教学人员必读之书，也是涂料应用人员及初学者良好学习用书。

本书突出实用性、先进性和可操作性，理论叙述从简，实际操作和应用技术介绍从详，着重从实例说明问题，信息量大，数据翔实，且语言简练。若本书出版发行能对我国涂料工业发展起到积极促进作用的话，编者将感到十分欣慰。

由于水平有限，文中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

目 录

第1章 概述	(1)
1.1 简介	(1)
1.1.1 基本概念	(1)
1.1.2 主要品种与分类	(1)
1.1.3 功能涂料的地位与作用	(2)
1.2 功能涂料的组成	(4)
1.2.1 成膜物质	(4)
1.2.2 颜料	(7)
1.2.3 助剂	(7)
1.2.4 溶剂	(8)
1.3 生产设备	(9)
1.3.1 预分散设备	(9)
1.3.2 研磨分散设备	(13)
1.3.3 调漆设备	(19)
1.3.4 过滤设备	(20)
1.4 涂料生产工艺	(20)
第2章 电功能涂料	(23)
2.1 导电涂料	(23)
2.1.1 简介	(23)
2.1.2 环氧导电涂料	(31)
2.1.3 醇酸导电涂料	(37)
2.1.4 丙烯酸导电涂料	(41)
2.1.5 其他树脂导电涂料	(50)
2.1.6 无机导电涂料	(55)

2.2	抗静电涂料	(58)
2.2.1	环氧抗静电涂料	(58)
2.2.2	聚氨酯抗静电涂料	(67)
2.2.3	聚酯抗静电涂料	(70)
2.2.4	掺杂锑二氧化锡(ATO)/聚酰胺透明抗静电 涂料	(74)
2.2.5	丙烯酸抗静电涂料	(75)
2.2.6	漆酚抗静电涂料	(77)
2.3	电磁屏蔽涂料	(81)
2.3.1	简介	(81)
2.3.2	石墨填充电磁屏蔽涂料	(87)
2.3.3	SiC/Ni 改性丙烯酸电磁屏蔽涂料	(89)
2.3.4	铜粉/醇酸清漆电磁屏蔽涂料	(91)
2.4	绝缘涂料	(92)
2.4.1	环氧树脂绝缘粉末涂料	(92)
2.4.2	新型耐高低温三防绝缘涂料	(95)
2.4.3	有机硅耐高温绝缘涂料	(96)
2.4.4	铝用高温绝缘涂料	(97)
第3章	热功能涂料	(99)
3.1	耐高温涂料	(99)
3.1.1	简介	(99)
3.1.2	有机硅耐高温涂料	(110)
3.1.3	环氧耐高温涂料	(129)
3.1.4	其他有机耐高温涂料	(135)
3.1.5	无机耐高温磷酸盐涂料	(138)
3.1.6	硅酸盐耐高温涂料	(145)
3.1.7	有机/无机耐高温涂料	(149)
3.2	隔热保温涂料	(152)
3.2.1	简介	(152)

3.2.2	有机隔热保温涂料	(155)
3.2.3	无机隔热保温涂料	(167)
3.2.4	无机/有机隔热涂料——BG 水性保温隔热 涂料	(170)
3.3	示温涂料	(171)
3.3.1	简介	(171)
3.3.2	环氧示温涂料	(175)
3.3.3	醇酸示温涂料	(178)
3.3.4	有机硅示温涂料	(185)
3.3.5	聚苯乙烯/孔雀绿内酯可逆示温涂料	(189)
3.3.6	聚乙烯醇缩甲醛水性低温可逆示温涂料	(191)
第4章	防火阻燃涂料	(193)
4.1	简介	(193)
4.1.1	基本概念与发展	(193)
4.1.2	防火涂料的种类	(193)
4.1.3	防火涂料的阻燃机理	(194)
4.1.4	防火涂料应具备的基本条件	(194)
4.1.5	防火涂料的成膜机理	(195)
4.1.6	防火涂料的组成	(196)
4.1.7	防火涂料的制备	(199)
4.1.8	专用防火阻燃涂料实例	(202)
4.1.9	防火涂料的研究发展方向	(208)
4.2	热固性树脂防火阻燃涂料	(208)
4.2.1	环氧树脂防火阻燃涂料	(208)
4.2.2	不饱和聚酯防火阻燃涂料	(211)
4.2.3	聚氨酯防火阻燃涂料	(215)
4.2.4	氨基树脂防火阻燃涂料	(219)
4.3	热塑性树脂防火阻燃涂料	(229)
4.3.1	丙烯酸类防火阻燃涂料	(229)

4.3.2	氯乙烯类防火阻燃涂料	(243)
4.3.3	苯乙烯类防火阻燃涂料	(248)
4.3.4	新型多彩纤维阻燃内墙涂料	(252)
4.3.5	塑料制品防火涂料	(254)
4.3.6	纳米 ZnO 晶须改性钢结构防火涂料	(256)
4.4	无机防火涂料	(257)
4.4.1	简介	(257)
4.4.2	无机耐高温防火涂料	(262)
4.4.3	耐水硅酸盐膨胀型防火涂料	(264)
4.4.4	隧道防火涂料	(265)
4.4.5	高铝水泥隧道防火涂料	(267)
第5章	光功能涂料	(269)
5.1	发光涂料	(269)
5.1.1	简介	(269)
5.1.2	丙烯酸发光涂料	(275)
5.1.3	环氧发光涂料	(288)
5.1.4	聚酯发光涂料	(291)
5.1.5	醇酸发光涂料	(293)
5.1.6	水性聚乙烯醇发光涂料	(301)
5.2	反光涂料	(303)
5.2.1	聚苯乙烯泡沫废料制备的反光道路标志 涂料	(303)
5.2.2	热熔性反光路标涂料	(305)
5.2.3	松香树脂/醇酸树脂/玻璃微珠制备路标 反光涂料	(306)
5.2.4	石油树脂振荡雨夜反光道路标线涂料	(307)
5.3	光纤涂料	(308)
5.3.1	有机硅紫外线固化光纤缓冲层涂料	(308)
5.3.2	丙烯酸紫外光固化光纤带涂料	(309)

5.3.3	丙烯酸聚氨酯紫外光固化光纤涂料	(311)
5.3.4	WF-101 与 WF-102 紫外光固化光纤涂料	(314)
第6章 隐身涂料		(318)
6.1	简介	(318)
6.1.1	隐身涂料的分类	(318)
6.1.2	隐身涂料的性能和作用	(325)
6.2	可见光隐身涂料	(326)
6.2.1	简介	(326)
6.2.2	可见光隐身涂料的设计	(326)
6.2.3	可见光伪装涂料	(327)
6.3	红外隐身涂料	(328)
6.3.1	简介	(328)
6.3.2	红外隐身涂料的组成	(329)
6.3.3	影响红外隐身涂料发射率的因素	(332)
6.3.4	红外隐身涂料国内外发展状况	(335)
6.3.5	热红外隐身涂料	(338)
6.3.6	纳米氧化铟红外隐身涂料	(344)
6.4	激光隐身涂料	(351)
6.4.1	激光隐身涂料隐身机理	(351)
6.4.2	激光隐身对涂料性能的要求	(352)
6.4.3	几种激光隐身涂料	(352)
6.4.4	激光隐身技术发展趋势	(352)
6.5	雷达吸波隐身涂料	(354)
6.5.1	简介	(354)
6.5.2	隐身涂料的品种与特性	(357)
6.5.3	铁氧体隐身吸波涂料	(360)
6.5.4	潜艇隐身用氯磺化聚乙烯橡胶吸波涂料	(365)
6.5.5	视黄基席夫碱盐吸波隐身涂料	(367)

6.6 复合隐身涂料	(369)
6.6.1 激光/红外复合隐身涂料	(369)
6.6.2 激光/雷达复合隐身涂料	(373)
6.6.3 红外/雷达复合隐身涂料	(374)
6.6.4 毫米波/激光隐身涂料	(379)
第7章 磁性涂料	(383)
7.1 简介	(383)
7.2 磁性涂料的组成	(384)
7.3 录音磁带用磁性涂料	(386)
7.4 磁性氧化铁环氧底漆	(387)
第8章 抗菌防霉涂料	(391)
8.1 简介	(391)
8.1.1 需求	(391)
8.1.2 抗菌剂及其抗菌机理	(391)
8.1.3 抗菌涂料的配方设计	(394)
8.2 丙烯酸类抗菌涂料	(396)
8.2.1 食用型丙烯酸抗菌涂料	(396)
8.2.2 防霉抗菌苯丙乳液建筑涂料	(399)
8.2.3 纳米氧化锌/苯丙乳液抗菌涂料	(402)
8.2.4 纳米 TiO_2 苯丙乳液抗菌涂料	(406)
8.2.5 纯丙乳液抗菌防霉环保涂料	(410)
8.2.6 纳米银粉抗菌涂料	(413)
8.3 食品工业用防霉环氧涂料	(415)
8.4 抗菌粉末涂料	(416)
8.4.1 环氧抗菌防霉粉末涂料	(416)
8.4.2 聚酯抗菌防霉粉末涂料	(419)
参考文献	(422)

第 1 章 概 述

1.1 简 介

1.1.1 基本概念

所谓功能涂料是指那些既对材料或制品表面起防腐保护作用，又能美化材料或制品外观，还能赋予材料或制品新的功能特性的一类表面涂装物质。

1.1.2 主要品种与分类

功能涂料的分类方法较多，也不太统一，一般情况下，以其功能特性分类的居多，为叙述方便本书便按其功能特性分类，对其他分类方法本书不作介绍。按其功能特性分类，大致可分为：

(1) 电功能涂料

电功能涂料主要包括：导电涂料、抗静电涂料、电磁屏蔽涂料和电绝缘涂料等。

(2) 热功能涂料

热功能涂料主要包括：耐热涂料、隔热绝热涂料和示温涂料等。

(3) 光功能涂料

光功能涂料主要包括：发光涂料、反光涂料和光导纤维涂料等。

(4) 防火涂料

防火涂料主要包括：具有防火功能又具备阻燃功能的有机涂料和无机涂料等。

(5) 隐身伪装涂料

隐身伪装涂料主要包括：光学(可见光)伪装涂料、红外隐

身涂料、激光隐身涂料和雷达波隐身涂料等。

(6) 磁性涂料

磁性涂料主要包括：磁盘及磁介质用的磁性涂料等。

(7) 抗菌涂料

抗菌涂料中主要包括具有杀菌、抗菌和防霉变功能的有机涂料等。

1.1.3 功能涂料的地位与作用

功能涂料除具备通用涂料的防腐作用和装饰作用外，主要是提供功能特性。

功能涂料能提供多种不同的特殊功能，如：电绝缘、导电、屏蔽电磁波、防静电产生等作用；防霉、杀菌、杀虫、防海洋生物粘附等生物化学方面的作用；耐高温、保温、示温和温度标记、防止延燃、烧蚀隔热等热能方面的作用；反射光、发光、吸收和反射红外线、吸收太阳能、屏蔽射线、标志颜色等光学性能方面的作用(见表1-1)。随着国民经济的发展和科学技术的进步，涂料将在更多方面提供和发挥各种更新的特种功能。

表 1-1 功能涂料的功能特性与应用

类型	涂料名称	功 能 特 性	应 用
电 功 能 涂 料	导电涂料	使涂层具备导电性能	用于现代电子工业中，例如显像管、电波屏蔽器、电视天线、波导体、无线电反射器、雷达截留抛物面的反射器、阴极射线管的外表面等
	防静电涂料	防止静电的产生	用于电子元件、电机构件以及航天、兵器、核工业、化工、矿山、煤矿等需要防止静电的部位
	电磁屏蔽涂料	能部分吸收和反射电磁波干扰，对被涂设备起电磁屏蔽作用	主要用于电子设备、暗室、计算机工作室、现代军事设备
	绝缘涂料	在较高温度下能保持良好的强度和介电性能	用于较高温度下运转的电机和电器设备中的漆包线和浸渍部件上

续表

类型	涂料名称	功 能 特 性	应 用
热 功 能 涂 料	耐高温涂料	能长期耐温 500 ~ 800℃ 的高温涂料	高速飞机和宇宙飞船的高温部位
	隔热涂料	利用辐射和消融等手段实现防热, 隔热	导弹、火箭、飞机、建筑和各类工厂需要隔热防护的部位
	示温涂料	以颜色变化指示物体表面温度变化和温度分布	用于航空、宇宙、石油化工、交通、机械、食品消毒等方面需要严格控制温度的部位和物品
光 功 能 涂 料	发光涂料	黑暗处能发光, 有永久性发光和暂时性发光两种	涂于建筑物内作指示标记
	荧光涂料	暗处发光, 颜色鲜艳醒目	作危险标志、交通标志和商标等
	反光涂料	黑暗处能反射光作用	主要用于建筑物、交通、标志牌等
	光导纤维涂料	对光纤起保护作用, 增大光导率	主要用于光导纤维涂覆
防 火 涂 料	有机防火涂料	正常温度下具有一定装饰性和保护性; 涂层具有不燃性和难燃性, 不会被点燃, 或具有自熄性; 涂层在一定时间内具有阻燃性和延滞燃烧过程的性能	建筑物、厂房和需要防火的构件
	无机防火涂料		
磁 性 涂 料	磁带涂料 磁介质涂料	对磁性记录材料起重要作用, 使获得磁性粒子分散均匀、表面平滑、耐久、耐磨的磁性涂层	用于各种磁带, 如录音带、录像磁带、计算机磁带和仪器磁带
抗 菌 涂 料	杀菌涂料	保护和杀虫双重作用, 且有防虫、防腐作用	可用作内墙涂料, 杜绝蝇、蚊、蟑螂、蜘蛛等的破坏作用及保护木材等
	抗菌涂料		
	防霉涂料		

由于功能涂料所发挥的作用对人类社会的发展做出的贡献, 功能涂料得到长期和广泛的应用和发展。

人类在生产和生活中使用多种装饰保护涂层, 在由功能涂料形成的有机涂膜以外, 还经常使用搪瓷、金属镀层(电镀层)、水泥涂层、橡胶衬里、塑料喷涂和衬里或粘合膜等多种不同方

式。比较起来，功能涂料得到的涂层具有以下特点，因而涂料能够长期应用和不断发展。

① 功能涂料能广泛应用在各种不同材质的物件表面，像金属、木材、水泥制品、塑料制品、皮革、纸制品、纺织品等都能涂饰使用。

② 能适应不同性能的要求。涂料能按不同的使用要求配制不同的品种，如：既有电绝缘涂料，又有导电涂料。涂料品种繁多，根据需要不断创新。

③ 功能涂料使用方便，一般用比较简单的方法和设备就可施工在被涂物件上得到所需要的涂膜，而搪瓷、电镀则需要复杂的工艺和设备。

④ 涂膜容易维护和更新，是应用涂料的最大优越性：涂膜旧了可以擦洗或重涂，部分破损可以修补，易于整旧如新；更可根据随时根据审美观点改变涂膜外观。总之不需较大投资即可经常得到新的涂膜。

⑤ 涂膜为有机物质，一般涂层较薄，多在 1mm 以下，致使其装饰保护作用有一定的局限性，只能在一定的时间内发挥一定程度的作用。和其他较厚的涂层或无机涂层比较，使用寿命相对较短，经过一段时间必须维修。涂料不能被认为是永久性保护材料。

1.2 功能涂料的组成

功能涂料与通用涂料组成大致相同，也是由成膜物质、颜料、溶剂和助剂四部分组成，其不同点则是根据其功能特性要求而选择的添加型助剂不同而异。

1.2.1 成膜物质

成膜物质是组成涂料的基础，它具有粘接涂料中其他组分形成涂膜的功能。它对涂料和涂膜的性质起决定性作用。

可以作为涂料成膜物质使用的物质品种很多。原始的涂料的成膜物质是油脂，主要是植物油，到现在仍在应用。后来大量使用树脂作为涂料成膜物质。树脂是一类以无定形状态存在的有机物，通指未经过加工的高分子聚合物。过去，涂料使用天然树脂为成膜物质，现代则广泛应用合成树脂，包括各种热塑性树脂和热固性树脂。成膜物质的分类见表 1-2。

表 1-2 成膜物质分类

成膜物质类别	主要成膜物质
油脂	天然植物油、动物油(脂)、合成油等
天然树脂 ^①	松香及其衍生物、虫胶、乳酪素、动物胶、大漆及其衍生物等
酚醛树脂	酚醛树脂、改性酚醛树脂等
沥青	天然沥青、(煤)焦油沥青、石油沥青等
醇酸树脂	甘油醇酸树脂、季戊四醇、醇酸树脂、其他醇类的醇酸树脂、改性醇酸树脂等
氨基树脂	三聚氰胺甲醛树脂、脲(甲)醛树脂等
硝酸纤维素(酯)	硝酸纤维素(酯)
纤维素酯、纤维素醚	乙酸纤维素(酯)、乙酸丁酸纤维素(酯)、乙基纤维素、苄基纤维素等
过氯乙烯树脂	过氯乙烯树脂
烯类树脂	聚二乙烯乙炔树脂、聚多烯树脂、氯乙烯共聚树脂、聚乙酸乙烯及其共聚物、聚乙烯醇缩醛树脂、聚苯乙烯树脂、含氟树脂、氯化聚丙烯树脂、石油树脂等
丙烯酸树脂	热塑性丙烯酸树脂、热固性丙烯酸树脂等
聚酯树脂	饱和聚酯树脂、不饱和聚酯树脂等
环氧树脂	环氧树脂、环氧酯、改性环氧树脂等
聚氨酯树脂	聚氨(基甲酸)酯树脂
元素有机化合物	有机硅树脂、有机钛树脂、有机铝树脂等
橡胶	氯化橡胶、环化橡胶、氯丁橡胶、氯化氯丁橡胶、丁苯橡胶、氯磺化聚乙烯橡胶等
其他	以上 16 类包括不了的成膜物质，如无机高分子材料、聚酰亚胺树脂、二甲苯树脂等

① 包括由天然资源所生成的物质及经过加工处理后的物质。

涂料成膜物质具有的最基本特性是它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。它还要能与涂料中所加入的必要的其他组分混溶，形成均匀的分散体。具备这些特性的化合物都可作为涂料成膜物质。它们的形态可以是液态，也可以是固态。

现代用作涂料成膜物质的化合物品种不断发展，越来越多。按其本身结构与所形成涂膜的结构比较来划分，现代涂料成膜物质可分为两大类：

(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，在涂膜中可以查出成膜物质的原有结构，这类成膜物质称为非转化型成膜物质，它们具有热塑性，受热软化，冷却后又变硬，多具有可溶解性。由这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、聚乙酸乙烯树脂等。用于涂料的热塑性树脂与用于塑料、纤维、橡胶或粘合剂的同类品种，组成、相对分子质量和性能都不相同，它应按照涂料的要求而制成。

(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型成膜物质。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有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，主要是来源于植物的植物油脂，它们是具有一定数量官能团的低分子化合物。②天然漆和漆酚，也属于含有活性基团的低分子化合物。③低分子化合物的加成物或反