



刘国杰 主编

特种

TEZHONG

功能性

GONGNENGXING

涂料

TULIAO



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

特种功能性涂料

刘国杰 主编

化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

特种功能性涂料/刘国杰主编. —北京: 化学工业出版社, 2002.7

ISBN 7-5025-3779-1

I. 特… II. 刘… III. 功能材料: 涂料 IV. TQ638

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 019845 号

特种功能性涂料

刘国杰 主编

责任编辑: 顾南君

责任校对: 郑捷

封面设计: 于兵

*

化学工业出版社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010)64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 22 字数 589 千字

2002 年 7 月第 1 版 2002 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3779-1/TQ·1517

定 价: 48.00 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

涂料是与国民经济和国防工业各部门配套的重要工程材料。以信息、生命、新能源与可再生能源、环保、新材料、空间、海洋等科学技术为代表的现代高科技的迅速发展，对与之配套的涂料提出了各种特殊要求——要求涂料不仅要具有保护、装饰的传统功能，而且还要满足各种特定条件下特殊要求的功能，这一类新发展的涂料品种可称为“特种功能性涂料”。现代科技的发展，推动了整个国民经济与国防工业的迅速发展，从而带动了涂料的分支——特种功能性涂料的形成和发展。将国内外目前这些进展情况汇成《特种功能性涂料》一书，贡献给涂料与涂装行业的广大工作者，以期对研发特种功能性涂料有所裨益。

特种功能性涂料 (special functional coatings) 既是特种涂料 (special coatings)，又是功能性涂料 (functional coatings)，是涂料的极重要分支，它们不仅要满足国防尖端产品和高科技发展的特殊需要，而且要满足国民经济各部门新发展的特种要求。由于涂料比其他材料更易于达到和满足各种特殊使用目的，并且制造方法简便，价格易为使用者接受，故发展很快。近年来，全世界涂料年总产量在 2200 万吨左右，特种涂料平均约占 15%，发达国家高于这个比例。国内从 20 世纪 50 年代开始研发特种功能性涂料，发展也较快，目前在涂料总产量中所占比例虽低于 15%，但实际消耗量高于这个比例，有些品种要靠进口来补足。

涂料是精细化工中知识密集度高、多学科交叉的行业，而特种功能性涂料涉及的知识与学科更广，技术难度更大。研发特种功能性涂料可以带动传统涂料品种的研究与发展，能提高整个涂料工业科技水平。正由于特种功能性涂料技术含量高，质量要求严，能满足国民经济和国防工业发展的各种特殊要求，所以产品的附加值也高，这些原因是促进其发展的强大动力。

特种功能性涂料在特定条件下显示热、声、光、电、磁、机械、生化、屏蔽等方面 1 种或 1 种以上的特殊功能，以此来满足特殊使用要求，其品种众多，花色纷呈。本书选择 20 多个有代表性的品类，分 5 篇 20 章编写。内容上代表面广，涉及的国防和国民经济的部门有航天、航空、核工业、兵器工业、海洋开发、电子、信息、交通（汽车、船舶）、机械设备、精密仪表、建筑等；涉及的特种功能性有超耐高温、示湿、耐核辐射、防火、防水、防渗、耐铣切液、防霉、灭虫、防雷达波与红外线侦察、防酸雨、海洋重防腐、导电、防静电、

磁性、隐身、光纤保护、道路标线、减震阻尼、润滑、防滑、耐磨等。

代表面广但不是面面俱到，而数以百计的特种功能性涂料也难以平均着墨，包罗完全。本书的做法是突出重点，一是突出了能满足代表我们国家科技发展水平，且能扬我国威的航天、航空、核能、海洋开发、电子、信息为代表的高新技术和国防尖端产品发展的特殊要求的功能性涂料品种（第二章、第四章~第六章、第十章、第十三~第二十章）；二是突出了能满足国民经济重点部门发展的特殊需要的功能涂料，如建筑（第三章、第八章、第十章），交通（第七章、第九章、第十一章、第十六章），冶金、机械设备、仪表（第一章、第五章、第十章、第十五章、第十七章）。其中建筑防火、防水、防雷，汽车的阻尼与防酸雨，道路标线等涂料是特种功能性涂料中量大面广产品，是当前涂料工业中研发的“热点”。

本书半数以上是重点科研项目，质量指标高，技术难点多，目前国内处于先进水平，有的已达到国外同期先进水平；书中主要论述都是参考近二三年的国内外发表的文献，论点新颖。当前国内涂料行业中开始采用与开发的新技术也多有阐述，如氟树脂在汽车耐酸雨涂料和飞机蒙皮涂料中的应用；液晶改性飞机蒙皮涂料；纳米材料在隐身涂料中的应用前景等。这些都是20世纪末和21世纪的新技术。

本书的编者均来自高校、科研院所、企业的科研与生产第一线。他们利用各自丰富的实际经验和雄厚的知识积累参编，较系统地介绍各品种的国内外发展趋势，有说服力地阐明品种具备特种功能的原理；对配方设计、制备工艺及产品指标与评价方法，也做了较清晰的介绍。本书既是实际研发经验的总结，也是有关技术理论的总结。

由于本书内容丰富，代表面广，重点突出，技术水平先进，实用性强，对从事涂料与涂装的广大同仁们来说，本书不失为一本十分有价值的参考书。

特种功能性涂料是我所在的北方涂料工业研究设计院（原化工部涂料工业研究设计院）研究开发的重点，本书在编写过程中，得到了赵志平院长和有关领导的大力支持。得到了《现代涂料与涂装》期刊常务副主编刘梅玲高级工程师的支持，并协助校审书稿。本书的编者王平教授，对书名和目录的安排提出了宝贵的建议。在此一并表示衷心的感谢！

由于水平所限，不足之处难免，敬请读者指正！

刘国杰

2001年7月于北京

内 容 提 要

本书以能满足航天、航空、核工业、兵器工业、海洋业、电子、信息、汽车、建筑、舰船、公路、机械设备、仪表等迅速发展的特殊要求的、有代表性的功能涂料品种为主，介绍具有超耐高温、示温、超音速飞行器防护、耐核辐射、耐铣切液、防火、防水、防渗、防霉、灭虫、侦察、防酸雨、海洋重防腐、导电、防静电、磁性、隐身、光纤保护、道路标线、减震阻尼、润滑、防滑和耐磨等特殊功能的涂料，内容包括原理、配方、工艺、产品性能、检测方法、施工应用以及每个品种的国内外发展概况。

本书的编写人员均为科研生产第一线的教授、专家和科技工作者，具有丰富的实际经验和较深厚的理论基础，本书是特种功能性涂料研发经验的总结和有关技术理论的总结。本书是涂料与涂装行业科技人员、管理人员、技术工人极有价值的实用参考书，也可作为高等院校有关专业的师生教与学的参考。



图 20-7 SPUA 技术施
工罐体侧壁



图 20-8 SPUA 技术用于
层面防水保温

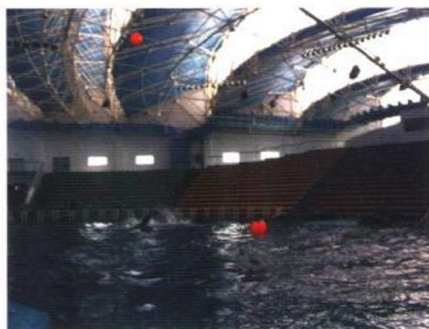


图 20-9 喷涂后的整体
效果



图 20-10 SPUA 技术
用于道具布景
的制作

主编 刘国杰

编委(按姓氏笔画排序)

马 宏 王 平 叶林标 匡金和

刘正堂 刘国杰 刘登良 杜君俐

李秀艳 杨保平 何敏婷 陆 荣

孟军锋 战凤昌 耿耀宗 黄微波

阎明久 葛义谦 曾庆衿

目 录

第一篇 热与高温性功能涂料

第一章 耐高温腐蚀的陶瓷涂料 曾庆祯	1
第一节 金属的高温保护与节能陶瓷涂料	1
一、概述	1
二、金属的低温湿腐蚀和高温干腐蚀	2
三、金属的高温防护节能涂料的原理	4
四、配方和工艺	6
五、涂层技术指标与功能	7
六、涂料施工和烧结成膜	7
七、展望	8
第二节 高温节能耐腐蚀陶瓷涂料	9
一、概述	9
二、加热炉高温辐射加热存在的问题	9
三、提高窑炉炉衬热辐射率的节能评估	11
四、提高红外波段匹配系数的途径	12
五、涂层与基体结合的强度和耐腐蚀性	13
六、陶瓷涂料 (HES) 高温节能耐腐蚀的原理	14
七、配方和制造工艺	15
八、适用范围、技术指标、功能	16
九、施工工艺和烧结工艺	17
十、展望	17
参考文献	18
第二章 有机高温消融防热涂料 战凤昌	19
第一节 发展简史	19
第二节 有机消融材料的特点及分类	21
一、有机消融材料的特点	21
二、有机消融材料的分类	22

第三节	消融防热的机理	22
第四节	消融涂料的组成	23
一、	漆基	24
二、	填料、增强剂和添加剂	27
三、	溶剂	28
第五节	消融涂料的配方设计及应用举例	29
一、	配方设计的基本原则	29
二、	消融涂料的应用举例	30
第六节	消融涂层特定的评价试验及评价参数	32
一、	评价试验	32
二、	消融涂层的评价参数	34
第七节	回顾与展望	35
	参考文献	35
第三章	防火涂料 葛义谦	36
第一节	概述	36
第二节	防火涂料的分类及组成	37
一、	防火涂料的种类	37
二、	防火涂料的组成	38
第三节	防火涂料的防火机理	40
一、	非膨胀型防火涂料的防火机理	40
二、	膨胀型防火涂料的防火机理	40
第四节	饰面型防火涂料	42
一、	饰面型防火涂料的质量要求	42
二、	饰面型防火涂料的防火性能检测	44
三、	常用饰面型防火涂料性能	49
四、	饰面型防火涂料配方参考	50
第五节	钢结构防火涂料	51
一、	钢结构防火涂料的质量要求	52
二、	钢结构防火涂料防火性能检测	53
三、	常用钢结构防火涂料性能	54
四、	钢结构防火涂料配方参考	55
第六节	展望	55
一、	提高防火性能	56

二、注意发展水性化防火涂料	56
三、防火涂料应用范围的扩大	56
参考文献	57
第四章 示温涂料 刘正堂	58
第一节 概述	58
一、示温涂料的定义及测温原理	58
二、示温涂料的分类	58
三、示温涂料的特点及用途	59
四、示温涂料的发展	59
第二节 单变色不可逆示温涂料	60
一、概述	60
二、变色机理	60
三、单变色不可逆示温涂料的制备	62
四、单变色不可逆示温涂料的应用	65
五、单变色不可逆示温涂料的发展前景	66
第三节 多变色不可逆示温涂料	66
一、概述	66
二、多变色不可逆示温涂料	67
三、多变色不可逆示温涂料的制备	67
四、多变色不可逆示温涂料的应用	68
五、多变色不可逆示温涂料的发展前景	69
第四节 单变色不可逆示温贴片	69
一、概述	69
二、示温机理	69
三、单变色不可逆示温贴片的制备	70
四、单变色不可逆示温贴片的应用	72
五、单变色不可逆示温贴片的发展前景	72
第五节 可逆示温涂料	72
一、概述	72
二、无机可逆示温涂料	73
三、有机可逆示温涂料	76
四、高分子液晶为基础的可逆示温涂料	80
五、可逆示温涂料的应用及前景	81

参考文献	81
------------	----

第二篇 电、磁、光学性功能涂料

第五章 导电涂料 王平	83
第一节 概述	83
一、导电涂料的范畴	83
二、导电涂层导电性能的特征	84
第二节 固体导电的机理	85
一、固体电子导电的机理	86
二、固体离子导电的机理	91
第三节 添加型导电涂料导电机理	93
一、渗流作用	94
二、隧道效应	94
三、热膨胀	95
第四节 添加型导电涂料	95
一、成膜粘合剂、助剂和溶剂	95
二、导电填料与抗静电剂	97
三、添加型导电涂料的应用	106
第五节 非添加型导电涂料	114
一、 π 共轭型导电聚合物	115
二、电荷转移型导电聚合物	120
三、高离子电导聚合物	122
四、光电导聚合物	125
第六节 导电涂料的发展动向	127
一、导电填料的表面改性	127
二、环境友好型导电涂料	129
三、导电聚合物	131
四、小结	131
参考文献	132
第六章 磁性涂料 李秀艳 王平	135
第一节 综述	135
一、概述	135
二、磁记录涂层的特性	136
三、磁记录涂层的工作原理	137

四、磁性涂料的组成	138
第二节 磁粉	138
一、氧化铁	141
二、Co- γ -Fe ₂ O ₃ 型磁粉	141
三、CrO ₂ 磁粉	142
四、钡铁氧体	143
五、金属磁粉	144
六、磁记录介质的发展趋势	145
第三节 磁性涂料的基料	147
一、树脂成膜物及溶剂	147
二、助剂	171
第四节 磁性涂料的配制、施工与应用	172
一、磁性涂料的配制	172
二、磁性涂料的涂布施工	174
三、磁性涂料的应用	176
参考文献	178
第七章 路面标线涂料 匡金和	180
第一节 概述	180
一、路面标线涂料的特性	180
二、我国路面标线涂料的现状	181
第二节 路面标线涂料的分类	183
一、常温溶剂型	183
二、加热溶剂型(厚浆型)	187
三、水性路面标线涂料	188
四、热熔型	190
第三节 路面标线涂料的检测	196
一、技术要求	196
二、试验项目及方法	199
第四节 标线施工	199
一、标线施工的特殊性	199
二、施工步骤与方法	199
第五节 标线涂膜的缺陷与对策	206
一、标线涂膜的主要缺陷	207
二、对策	209

第六节 我国路面标线涂料的发展趋势	215
一、我国公路的发展	215
二、我国路面标线涂料发展的特殊性	216
三、我国路面标线涂料的发展趋势	217
参考文献	218

第三篇 生化性功能涂料

第八章 防霉、灭虫涂料 陆荣	220
第一节 概述	220
第二节 防霉、灭虫涂料原理	221
一、霉菌的繁殖	221
二、杀菌剂作用机理	222
三、灭虫剂作用原理	224
第三节 防霉涂料的配方设计	225
一、防霉杀菌剂	225
二、基料	238
三、颜料和填料	240
四、助剂	241
五、小结	243
第四节 防霉涂料生产、产品质量检测和施工	243
一、防霉涂料生产	243
二、产品质量检测	244
三、施工	244
第五节 灭虫涂料	246
一、灭虫涂料的配方设计	246
二、灭虫涂料性能评价方法	252
第六节 展望	254
一、开发环境可接受的银系体系	255
二、天然酶杀菌剂	256
三、化学杀菌剂依然是杀菌剂开发的主要方面	256
四、灭虫剂的新发展	256
参考文献	257

第四篇 声与机械性功能涂料

第九章 阻尼涂料 耿耀宗	259
--------------------	-----

第一节 阻尼涂料的阻尼作用原理	260
一、高聚物粘弹体的动态力学行为与阻尼作用	260
二、阻尼性能(力学损耗)的微观解释	262
第二节 阻尼涂料的性能测试及评价	265
一、阻尼性能的测试	266
二、阻尼性能的评价	269
三、评价 IPN 性能的新方法	271
第三节 阻尼材料(涂料)配方设计的基本原则	273
一、基料的玻璃转变温度要与使用环境温度一致	273
二、宽玻璃化转变区域的设计	274
三、填料对阻尼性能的影响	285
第四节 树脂共混阻尼涂料	288
一、合成树脂共混阻尼涂料	288
二、树脂改性沥青阻尼涂料	290
第五节 普通乳液型阻尼涂料	293
一、聚醋酸乙烯酯为基料的阻尼涂料	293
二、无皂纯丙乳液为基料的阻尼涂料	293
第六节 乳液互穿网络阻尼涂料的研究与生产	295
一、LIPN P(St-BA)/P(BA-St)的合成	295
二、LIPN 合成表现动力学特征	296
三、复合基料的工业化设计及实施	302
四、LIPN 阻尼涂料的生产	302
第七节 阻尼涂料研究的进展	305
一、聚氨酯类	305
二、环氧树脂类阻尼材料	306
三、丙烯酸酯类阻尼材料	307
参考文献	308

第五篇 特定条件下的功能性涂料

第十章 润滑、防滑、耐磨涂料 杜君俐	310
第一节 引言	310
一、润滑、防滑、耐磨涂料的产生	311
二、影响涂膜摩擦与磨损的因素	312
三、润滑、防滑、耐磨涂料的作用	312

四、润滑、防滑、耐磨涂料的分类	313
第二节 润滑涂料的主要类型及性能特点	315
一、润滑涂料的发展状况	315
二、有机润滑涂料的主要类型及性能特点	317
三、无机固体润滑剂型润滑涂料	320
四、润滑涂料的性能特点	320
五、温度和膜厚对润滑性能的影响	321
六、增滑剂	323
七、美俄航空润滑涂料的差异	327
第三节 防滑涂料的主要类型及主要特点	328
一、概述	328
二、防滑剂的应用机理和主要种类	329
三、防滑剂的使用及防滑效果检验方法	329
四、防滑涂料配方举例	331
第四节 耐磨涂料的主要类型及性能特点	334
一、耐磨剂的应用机理和主要分类	334
二、耐磨涂料用树脂及填料	334
三、耐磨涂料应用及其配方举例	337
四、耐磨效果的检验方法	342
第五节 涂料成膜工艺及涂层性能评价方法	343
一、涂料成膜工艺	343
二、涂层性能评价方法	345
第六节 润滑、防滑、耐磨涂料应用的基础研究	349
一、聚四氟乙烯 (PTFE) 基复合材料磨损机理的研究	349
二、固体润滑剂的发展及应用	350
三、润滑涂层及聚合物共混与固体润滑	354
四、涂层中多组分之间的相互作用和协同作用	356
五、润滑涂层的润滑和失效机理	358
六、聚合物磨损的几种形式及其对润滑、防滑、耐磨涂料的影响	359
第七节 润滑耐磨涂层的应用与配方举例	361
一、应用	361
二、国内外配方举例	363
参考文献	371

第十一章 抗酸雨腐蚀的汽车涂料 刘国杰	373
第一节 酸雨对汽车面漆层的腐蚀作用	373
一、酸雨腐蚀现状	373
二、酸雨对汽车面漆层的腐蚀	375
第二节 酸雨对汽车清面漆层腐蚀机理	383
一、酸处理三聚氰胺及其交联剂	383
二、酸处理氨基丙烯酸清面漆涂膜	386
三、腐蚀机理小结	388
第三节 抗酸雨腐蚀的汽车涂料	389
一、设计抗酸雨腐蚀汽车涂料的要求	389
二、氨基树脂交联固化体系的改性	394
三、非氨基树脂交联固化的汽车涂料	403
第四节 酸雨对涂膜腐蚀作用的评价方法	414
一、硫酸点蚀法	414
二、质量定量试验法	415
三、实验室试验和野外暴露试验方法的相关性	417
四、实验室试验方法和野外暴露试验方法相关性的光谱分析	419
五、结论	423
参考文献	424
第十二章 建筑防水涂料 叶林标	426
第一节 防水涂料在国内外的概况	426
第二节 防水涂料分类	428
一、防水涂料按类型分类	428
二、防水涂料按主要成膜物质分类	428
第三节 合成高分子防水涂料	429
一、双组分沥青基聚氨酯防水涂料	429
二、无溶剂单组分沥青基聚氨酯防水涂料	432
三、硅橡胶防水涂料	434
四、聚丙烯酸酯防水涂料	436
第四节 有机-无机复合防水涂料	438
一、双组分聚合物水泥复合防水涂料	438
二、粉状聚合物水泥复合防水涂料	440
第五节 橡胶改性沥青防水涂料	442