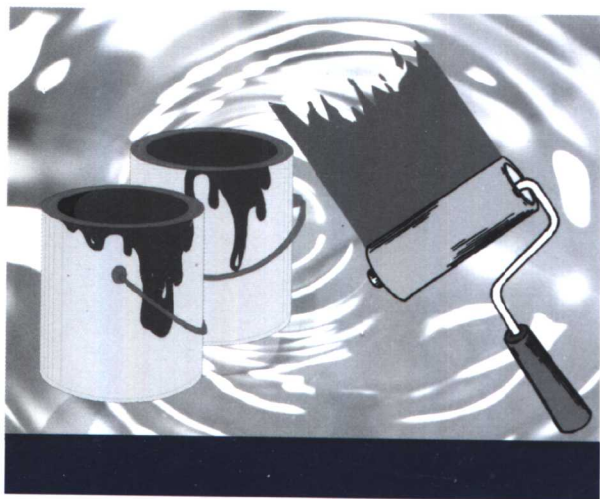


环保涂料丛书

环保型无机涂料

徐 峰 邹侯招 储 健 编著



Chemical Industry Press



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

TQ63

X702

环保涂料丛书

环保型无机涂料

徐 峰 邹侯招 储 健 编著



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

·北 京·

829134

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

环保型无机涂料/徐峰, 邹侯招, 储健编著. —北京:
化学工业出版社, 2004.3
(环保涂料丛书)
ISBN 7-5025-5267-7

I. 环… II. ①徐… ②邹… ③储… III. 无污染技
术-无机材料: 涂料-基本知识 IV. TQ63

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 016928 号

环保涂料丛书
环保型无机涂料
徐 峰 邹侯招 储 健 编著
责任编辑: 顾南君
文字编辑: 林 媛
责任校对: 王素芹
封面设计: 潘 峰

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
化学工业出版社印刷厂印刷
三河市宇新装订厂装订
开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 14 字数 374 千字
2004 年 3 月第 1 版 2004 年 3 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-5267-7/X·395
定 价: 32.00 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

出版者的话

随着科学技术和社会生产力的不断发展，人们的物质生活水平日益提高，与此同时，人类对生活环境也日益重视，环保问题已在全世界范围受到普遍关注。越来越多的国家、地区和城市发出“给我一片蓝天，还我一片绿地”的呼声。环境保护已是全人类的共同任务。

涂料工业是一个独特的原材料密集型制造行业，大多数有机涂料在生产过程中都使用了一些对人体和环境有害的原材料，在生产过程和施工过程中会排放出有害的废水和废气，甚至在施工后的一段时间内，还会释放出有害的气体。

20 世纪以来，世界各国纷纷制订了严厉的环保法规来限制工业废水、废气和废渣的排放，逐步淘汰一些对环境和人体有害的原材料已是势所必然。涂料工业已深切地感受到来自环境的压力。数十年来，一直占据主导地位的传统溶剂型涂料正面临极大的冲击，而高固体分涂料、无溶剂涂料、粉末涂料、水性涂料和光固化涂料已受到广大科技工作者的青睐，各国都投入大量人力、物力研制和开发环保型涂料。

我国涂料行业也在开发低污染和无污染的绿色产品，在减少有害原材料和消除有机溶剂的同时，尽最大可能降低能耗。但从环保涂料产品的种类、性能和发展速度来看，我们与发达国家尚存差距，为了促进我国环保涂料的研发，使之逐步与国际接轨，化学工业出版社组织并邀请有关专家编写了《环保涂料丛书》，希望能起到抛砖引玉的作用。

《环保涂料丛书》共有 5 个分册：《高固体分涂料》、《水性涂料》、《粉末涂料》、《光固化涂料》和《环保型无机涂料》。

前 言

人类进入 21 世纪以后，正如国外一位科学家所分析的那样，“科学技术的发展哺育着科学技术本身”，使得当今的科学技术正在以人们几乎无法预料的速度发展着。在科学技术的推动下，人类的现代化建设和城市化进展日新月异，人们得到了极大的物质享受。同时，环境压力和生存危机挥之不去地洋溢于人们的生活中。在这种情况下，环境保护和可持续发展成为人们需要共同遵守的原则。

涂料工业是一个独特的原材料密集型制造行业，大多数有机涂料在生产过程中使用了对人体和环境有害的原材料，在施工过程中或施工后的一定时间内大部分会挥发到大气中。同时，涂料的生产也消耗着大量的自然资源。因此，涂料工业对环境产生重要的不良影响，已经引起人们的普遍重视，同时促进了各种涂料新技术的不断出现。例如，高固体分涂料、无溶剂涂料、粉末涂料、水性涂料和光固化涂料等。其中，无机涂料占有很重要的地位，其受青睐之程度，从欧美国家和日本等提出的“涂料无机化”理念便可见一斑。

无机涂料优点很多，但主要还在于其环保性、功能性和技术经济综合性能。所谓环保性，在于大多数无机涂料是水性产品，没有溶剂污染危害之虞，且其原材料的生产加工也很少向环境或大气中排出有毒有害物质，亦或是高能耗的；所谓功能性，在于无机涂料大多是具有特殊功能的涂料，例如建筑防火涂料、建筑防霉涂料、工业防腐涂料、导电涂料、电磁波屏蔽涂料、高温防腐涂料、金属热处理保护涂料等；所谓技术经济综合性能，在于无机涂料成本相对较低，性能却相对较高。例如，以硅溶胶为主要基料并复合少量的合成树脂乳液而制得的涂料，与合成树脂乳液涂料相比，成本没有显著提高，而涂料性能却上了一个“台阶”，耐久性显著提高。

但是，无机涂料的这些特点和优势，并没有被充分认识和了解，在多数情况下，人们仍然是以使用有机涂料为主。

目前我国无机涂料的发展较发达国家差距很大。主要体现在两个方面，一是产品质量，即对于同类产品，国外的产品质量要优异得多；二是技术含量。目前我国在无机涂料的研究方面主要是利用有机涂料进行物理混合来克服无机涂料的诸多性能不足，而发达国家则是利用更新的技术（例如纳米技术）对无机涂料进行结构上的改变，从根本上消除其性能不足。另外，我们一直认为无机涂料很难应用于木质基层或塑料基层，而国外有些应用于这些基层上的无机涂料已经具有成功的商品。希望本书的出版能够对我国无机涂料的发展与应用有所促进。

在编写过程中，作者始终谨记认真二字。书中虽然参照了一些以前的文献资料，但也注入了许多新的内容，并力求避免错误，但密难避疏，缺失在所难免，诚望原有并不吝赐教（联系电话：0551-2678696）。感谢毕照锦、徐艳不辞辛劳进行书稿的整理和计算机输入工作。

编著者

2004 年元月

目 录

第一章 概论	1
第一节 无机涂料的种类与特征	1
一、无机涂料的定义与范围	1
二、无机涂料的分类和种类	2
第二节 涂料工业对环境的影响	4
一、涂料工业的环境污染	4
二、解决涂料工业环境污染的可能途径	6
第三节 无机涂料的性能	11
一、无机涂料的资源优势和环保优势	11
二、无机涂料的性能特征	13
三、展望	16
参考文献	18
第二章 外墙无机建筑涂料	19
第一节 概述	19
一、建筑涂料的特点	19
二、建筑涂料的分类	20
三、外墙无机建筑涂料的特性	21
四、无机建筑涂料的应用及发展	24
第二节 外墙无机建筑涂料的基料	26
一、水玻璃类基料	26
二、硅溶胶	36
第三节 颜料和填料	39
一、种类和通性	39
二、白色颜料	47
三、黑色颜料	50
四、红色颜料	52
五、黄色颜料	55

六、蓝色颜料	57
七、绿色颜料	59
八、填料 (体质颜料)	59
九、遮盖性聚合物	69
十、特种颜料	69
第四节 助剂	76
一、概述	76
二、润湿剂、分散剂	77
三、消泡剂	80
四、成膜助剂	82
五、防霉剂	84
六、增稠剂	87
第五节 外墙无机建筑涂料生产及应用技术	93
一、硅溶胶外墙涂料	93
二、硅酸钾 (钾水玻璃) 外墙涂料	103
三、硅酸钠 (钠水玻璃) 外墙涂料	104
第六节 外墙无机建筑涂料的技术性能要求和检测方法	110
一、外墙无机建筑涂料的技术性能要求	110
二、外墙无机建筑涂料的性能检测方法	112
第七节 高装饰性无机外墙建筑涂料	115
一、无机-有机复合型砂壁状建筑涂料	115
二、无机-有机复合型复层建筑涂料	118
三、无机-有机复合型砂壁状建筑涂料和复层建筑涂料的技术要求	122
第八节 其他几种无机建筑涂料生产技术	123
一、乙丙乳液或苯丙乳液与水泥复合的外墙涂料	124
二、碱矿渣无机涂料	126
第九节 无机外墙建筑涂料施工技术	131
一、外墙基层类型及其特点	131
二、基层的常见缺陷及处理措施	131
三、基层处理	134
四、外墙无机建筑涂料的基本施工工序	136
五、墙面腻子的批刮	137
六、无机建筑涂料的施工	138

参考文献	149
第三章 功能性无机建筑涂料	151
第一节 定义与分类	151
一、功能性无机建筑涂料的定义和范围	151
二、功能性无机建筑涂料的种类	151
第二节 防火涂料	152
一、防火涂料的组成与作用	153
二、防火涂料的种类与特征	154
三、钢结构防火涂料	155
四、防火涂料的防火机理	157
五、非膨胀型防火涂料	159
六、膨胀型防火涂料	162
七、防火涂料的性能要求及检测方法	173
八、防火涂料施工技术	184
第三节 建筑绝热涂料	186
一、建筑绝热涂料的种类、特征和原理	187
二、无机绝热建筑涂料的原材料	192
三、绝热涂料生产技术	204
四、阻隔型建筑绝热涂层的传热分析及绝热涂料在建筑工程中 的应用	208
五、绝热涂料的技术要求及检测方法	211
六、绝热涂料涂装技术	217
七、展望	218
第四节 无机防霉涂料	218
一、无机防霉涂料的原材料	218
二、无机防霉涂料生产技术	219
三、防霉涂料的新发展	222
四、防霉涂料防霉性能的检测	226
五、防霉涂料的防霉时效性	228
六、防霉涂料的涂装	229
第五节 无机防结露涂料	230
一、防结露涂料的基本原理和分类	230
二、防结露涂料的原材料	231

三、防结露涂料生产技术	237
四、有机防结露涂料简述	239
五、防结露涂料的技术要求及检测方法	239
六、防结露涂料的涂装	242
第六节 聚合物改性的水泥防水涂料	243
一、特征与种类	243
二、聚合物改性水泥涂料的水泥改性机理	245
三、聚合物改性水泥防水涂料的性能影响因素	247
四、聚合物改性水泥防水涂料生产技术	251
五、聚合物改性水泥防水涂料的技术性能及其检测	252
六、聚合物改性水泥防水涂料的应用和施工技术	257
第七节 混凝土养护涂料	260
一、定义与作用	260
二、水玻璃类混凝土养护涂料	261
三、养护涂料养护混凝土的效果分析	265
第八节 灰钙粉类合成树脂乳液涂料	265
一、引言	265
二、合成树脂乳液	267
三、其他涂料组分的选用	268
四、灰钙粉在涂料中的作用机理分析	270
五、使用灰钙粉配制合成树脂乳液类涂料实例	271
六、灰钙粉在涂料应用中存在的问题	272
第九节 功能型无机建筑涂料的发展展望	272
参考文献	276
第四章 无机防腐涂料	278
第一节 金属的腐蚀及防护	278
一、金属腐蚀的机理及过程	278
二、金属的防腐蚀	279
三、防腐蚀涂料的作用和要求	280
第二节 无机防腐蚀涂料的种类及特征	282
一、防腐蚀涂料的主要类别及无机富锌涂料	282
二、无机富锌涂料的种类及特征	283
三、无机富锌涂料的成膜及防腐蚀机理	287

第三节 水性无机富锌涂料	294
一、水性无机富锌涂料的特性	294
二、水性无机富锌涂料的原材料	296
三、水性无机富锌涂料配方	299
四、水性无机富锌涂料的技术性能	300
第四节 溶剂型无机富锌涂料	301
一、溶剂型无机富锌涂料的原材料	301
二、溶剂型无机富锌涂料配方	304
三、溶剂型无机富锌涂料的制备	305
四、聚硅酸乙酯的改性	309
五、改性聚硅酸乙酯的应用	311
六、新型无机-有机复合型防腐蚀涂料	312
七、溶剂型无机富锌涂料的技术性能	315
第五节 无机富锌防腐蚀涂料的工程应用	315
一、无机富锌涂料在船舶涂装中的应用	315
二、在各类贮罐上的应用	317
三、在海上平台、跨海大桥等海洋设施中的应用	317
四、在发电站各类钢结构上的应用	318
五、在长距离输送管道防腐中的应用	318
第六节 防腐蚀涂料的施工	319
一、防腐蚀涂层的设计原则	319
二、防腐蚀涂层的配套体系	319
三、防腐蚀涂料施工注意事项	326
四、无机富锌涂料使用中的几个问题	328
第七节 防腐蚀涂料的检测	334
一、耐水性	334
二、耐盐水性	335
三、耐石油制品性	336
四、耐湿热性	336
五、耐盐雾性	337
六、耐化学试剂性	338
七、耐化工气体性	338
八、耐热性	340

九、耐阴极剥离性试验	340
十、耐腐蚀性能测试的新方法	341
参考文献	347
第五章 无机导电涂料	349
第一节 无机导电涂料及其组成材料	349
一、概述	349
二、导电涂料的组成材料	351
三、导电涂料的导电机理	354
四、导电涂料的电磁屏蔽	355
第二节 无机导电涂料的制备及性能	355
一、碳系无机导电涂料	355
二、铜粉系导电涂料	361
三、银系及镍系导电涂料	366
第三节 无机电热涂料	369
一、改性硅溶胶无机电热涂料的制备与性能	369
二、无机电热涂料	372
三、其他电热涂料的制备及性能	374
四、电热涂料应用中的问题	375
第四节 导电涂料导电性能的影响因素	377
一、影响涂料导电性能的实质	377
二、导电填料的影响	379
三、溶剂的影响	383
四、聚合物的影响	384
五、磁化处理的影响	386
六、涂料固化条件的影响	388
第五节 涂料电性能的检测——体积电阻率和表面电阻率测定法	390
第六节 无机导电涂料的应用与发展	393
一、无机导电涂料的应用	393
二、无机导电涂料的发展	395
参考文献	396
第六章 其他几种无机涂料	397
第一节 无机耐热涂料	397
一、无机耐热涂料的种类及特性	397

二、耐热涂料的研究和应用现状	399
三、耐热涂料的原材料	401
四、不同品种的无机耐热防腐涂料	407
五、无机耐热涂料的发展展望	411
六、航天工程用耐高温无机涂层材料	411
第二节 无机润滑耐磨涂料和润滑耐磨涂料	416
一、概述	416
二、润滑耐磨涂料的组成材料	419
三、玻璃成型模具用润滑耐磨涂料	420
第三节 金属热处理保护涂料	423
一、金属热处理保护涂料的保护作用	423
二、金属热处理保护涂料的种类和性能要求	424
三、金属热处理保护涂料的保护机理	425
四、几种金属热处理保护涂料	426
参考文献	428

第一章 概 论

第一节 无机涂料的种类与特征

一、无机涂料的定义与范围

材料是构成人类文明的重要物质基础，是各门科学技术进步的先决条件。新材料被认为是 21 世纪经济发展的三大支柱之一。在现代，新材料作为发展高新技术和人类文明进步的基础，其先导作用越来越突出^[1]。

世界上的材料虽然成千上万，难以计数，但可以简单地分为无机金属材料、无机非金属材料 and 有机材料。就无机材料来说，无机金属材料是人们所熟悉的，例如常见的金、银、铜、铁等；而无机非金属材料，除了人们常见的各种以金属氧化物、金属氢氧化物或无机盐类为基本成分的普通材料以外，还集中了种类繁多的各种功能性材料。本书将要叙述的各种无机涂料，虽然也只是为数众多的无机非金属材料中的极小一部分，但也集中了一些功能独特的专用涂料，例如无机富锌涂料，航空、航天用特殊涂料和耐热、耐磨、润滑涂料等。

涂料是指涂装于物体表面而能够结成坚韧保护膜的材料，无机涂料则是指组成涂料的主要材料（例如基料或能够赋予涂料某一特殊功能的助剂）是无机材料的一类涂料。由于古老的或传统的涂料人们称之为油漆，这类涂料都是有机涂料，在此基础上发展起来的合成树脂涂料仍是有机涂料，因而无机涂料的发展较晚，品种和应用都很少，在我国过去对涂料的分类标准 GB 2705《涂料产品分类、命名和型号》中没有列出这一涂料种类。

涂料的分类主要有两种方法，一种是以涂料的化学组成为基础对涂料进行分类，国家标准 GB 2705 就是按照这种方法把涂料分

为 18 大类；另一种方法是按照涂料的应用领域对涂料进行分类，例如建筑涂料、汽车涂料、道路涂料、木器涂料、家电涂料等。显然，无机涂料是以涂料的化学组成而命名的，它包括许多应用领域的不同涂料品种，例如建筑涂料、防腐涂料、导电涂料、耐热防腐保护涂料、金属热处理保护涂料和无机润滑耐磨涂料等。

二、无机涂料的分类和种类

为了讨论上的方便，先按化学组成将涂料简单地分类为有机涂料和无机涂料，然后再进一步按照应用领域对无机涂料进行分类。由此分类得到的无机涂料的主要品种及其特性如表 1-1 所示。

表 1-1 无机涂料的主要品种及其特性

种类	主要品种	特性 ^①
无机建筑涂料	(1)以硅溶胶为主要基料 ^② 的单组分无机外墙涂料	(1)与硅酸盐类无机基材间的附着力强，涂膜硬度高，耐沾污性能相应提高，比之同档次的合成树脂乳液类涂料性能有所提高，但性脆、易开裂，随着复合有机基料的比例的提高脆性现象逐渐变小直至消失
	(2)以硅酸钾为主要基料的双组分无机外墙涂料	(2)化学反应固化成膜，涂膜的硬度和常见各项物理性能优异，成本低，但涂料的流平性有待改进
	(3)以改性钠水玻璃为主要基料的建筑墙面涂料	(3)成本低，耐水性、耐碱性等性能好，但涂料的涂装性差，涂膜干燥快，流平性不好，技术不当时贮存稳定性差
	(4)无机防火涂料	(4)无机基料不燃，耐高温，在火焰作用下不会产生有害气体，涂膜的个别物理力学性能和装饰效果尚有待于改进
	(5)无机防霉涂料	(5)涂料本身所含有机营养成分很少，微生物生存条件差，加入适当的防霉剂后，更易于杀灭侵入涂膜中的霉菌和微生物，因而防霉效果好
	(6)无机绝热涂料	(6)涂膜强度高、成本低、绝热性能好、不燃、环保性强，资源丰富，但施工周期长、不耐冲击、于缩大
	(7)无机防结露涂料	(7)涂膜强度高、防结露性能好、防霉，防结露性能持久
	(8)无机防水涂料	(8)有硅酸盐水泥类和结晶渗透型两类，防水性能可靠、耐久，相比较于高档有机防水涂料成本低，施工简单，环保性好，高温、低温下均具有有效的防水性能

续表

种类	主要品种	特性 ^①
无机建筑涂料	(9)无机-有机复合型砂壁状墙面涂料	(9)与无机基层的黏结力强,涂膜高温回黏现象显著减轻,耐污染性好,成本低,涂膜浸水后泛白现象减缓,干燥快,复合有机基料后可避免涂膜开裂
	(10)无机-有机复合型复层墙面涂料	(10)与无机基层的黏结力强,高温回黏现象显著减轻,耐污染性好,成本低,干燥快,需要复合有机基料以避免涂膜开裂
	(11)水泥-苯丙乳液外墙涂料	(11)耐候性极好,成本低,但涂料为双组分,施工要求特殊,装饰效果对涂料的施工技术依赖性大
	(12)混凝土养护涂料	(12)新浇混凝土初凝后,通过在表面喷涂或辊涂一道涂料,结成封闭性能良好的涂膜,能够阻隔混凝土内部的水分向大气中散失,使混凝土达到保水养护的目的
无机防腐涂料	无机富锌底漆	分溶剂型富锌底漆和水溶性富锌底漆两类,溶剂型富锌底漆的防腐性能优良,干燥速度快,施工适应性好,涂装时对基层表面处理要求高。水溶性富锌底漆又分水溶性后固化型和水溶性自固化型两类。后固化型的防腐性能优异,但涂膜性脆,涂装时对基层的表面处理要求高,施工麻烦;自固化型的防腐性能优异(但稍次于后固化型的),可以自固化,施工简便,涂装时对基层的表面处理要求高
无机耐热防腐涂料	(1)硅酸乙酯耐热涂料	(1)耐热性好(最高可达 1000℃),涂膜硬度高,并兼具有耐溶剂性和耐化学腐蚀性(但耐碱性差),可常温干燥,但涂膜性脆,未完全固化时耐水性不好
	(2)硅酸盐耐热涂料	(2)耐热性好(最高可达 1000℃),涂膜不燃,硬度高,并兼具有耐溶剂性和耐化学腐蚀性(但耐碱性稍差),需要高温烘烤固化,涂膜性脆,未完全固化时耐水性不好
	(3)硅溶胶耐热涂料	(3)耐热性好(最高可达 1000℃),涂膜不燃,硬度高,并兼具有耐溶剂性和耐化学腐蚀性,可常温固化,涂膜性脆,对钢铁等金属材料的附着力差
	(4)磷酸盐耐热涂料	(4)耐热性好(最高可达 800℃),涂膜不燃,硬度高,并兼具有耐溶剂性和耐化学腐蚀性,需要高温烘烤固化,未完全固化时耐水性不好,对钢铁等金属材料的附着力强

续表

种类	主要品种	特性 ^①
无机导电涂料	(1) 碳系无机导电涂料	(1) 以炭黑、石墨粉或碳纤维为导电填料, 成本低, 导电性能差, 耐水性不好, 多应用于电磁屏蔽和其他无特殊要求的场合
	(2) 银系无机导电涂料	(2) 导电性好, 化学性能稳定, 但成本高, 多应用于重要的、可靠性要求高的电器设备
	(3) 铜系无机导电涂料	(3) 导电性能好, 成本低, 未经化学处理的铜粉其涂料导电性能不稳定且易氧化, 涂料贮存时易沉淀
	(4) 镍系无机导电涂料	(4) 导电性一般, 化学性能稳定, 成本低, 多应用于电磁屏蔽等导电性能要求不高的应用场合
无机金属热处理保护涂料		涂膜能够承受较高温度而不破坏, 因而能够保护金属在高温下不氧化、不脱碳和防止其他元素向金属中的渗入。涂层在常温下有较好的物理力学性能
无机润滑耐磨涂料		涂膜能够使两个接触的表面处于低的剪切强度和高的流动压力状态(即摩擦系数值低)的状态; 涂膜在高温、低温、高真空度和多种辐射作用的恶劣环境下仍能够发挥优异的润滑作用

① 除表中所列特性外, 无机涂料的共同特性是以水为分散介质, 节省能源, 环保性好。

② “主要基料”是指该种无机涂料中除无机基料外, 为了涂膜的某些性能, 尚需要拼加一些有机基料与无机基料复合。

第二节 涂料工业对环境的影响

人类现代的每一项工业活动几乎都会伴随着对环境和自然资源的破坏。涂料工业的本质是一个服务性行业, 同时也是个独特的原材料密集型制造业。大多数有机涂料在生产过程中使用了大量的对人体和环境有害的原材料, 这些有害的材料在施工过程中或施工后的一定时间内大部分会挥发到大气中。同时, 涂料的生产也消耗着大量的自然资源。因此, 涂料工业对环境产生重要的不良影响。

一、涂料工业的环境污染

涂料在生产时使用了大量的对人体和环境有害的溶剂、颜料和助剂, 这些有害溶剂中有些在短时间内就会对人体造成危害, 有些