

李国莱 张慰盛 管从胜 编著

重防腐

涂料

化学工业出版社



重防腐涂料

李国莱 张慰盛 管从胜 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

重防腐涂料/李国莱等编著. —北京: 化学工业出版社,
1999. 9

ISBN 7-5025-2555-6

I. 重… II. 李… III. 防腐漆 IV. TQ637

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 32716 号

重防腐涂料

李国莱 张慰盛 管从胜 编著

责任编辑: 段志兵 李志清

责任校对: 凌亚男

封面设计: 蒋艳君

*

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)

新华书店北京发行所经销

北京市燕山印刷厂印刷

北京市燕山印刷厂装订

*

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 8½ 字数 222 千字

1999 年 9 月第 1 版 1999 年 9 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—4000

ISBN 7-5025-2555-6/TQ·1144

定 价: 20.00 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

京工商广临字第 99067 号

前 言

长期以来,防腐涂料作为简单和有效的防腐手段,广泛用于国民经济各领域。但是,随着现代工业的发展,一批新兴工业领域的出现和许多现代工程的兴建,对防腐涂料承受环境的能力和使用寿命提出了更高的要求。常用的防腐涂料已不能满足这些需要,大约在60~70年代,人们提出了“重防腐涂料(Heavy-duty Coating)”的概念。简单地讲,重防腐涂料就是使用寿命更长、可适应更苛刻的使用环境的涂料。市场需要这类涂料,也直接推动了防腐涂料一系列新技术开发和应用的发展,这包括:高度耐蚀树脂的合成,高效分散和流变等助剂的应用,各种新型耐蚀、抗渗颜料、填料的出现,先进施工工具的使用以及对环保防腐涂料的开发研制等。结果,重防腐涂料在某些领域的成功应用,又成为衡量某一地区和领域的防腐蚀涂料先进技术的标志。

本书论述了重防腐涂料的发展和特点;重点介绍了当前国内外常用的环氧、聚氨酯和含氯树脂等重防腐涂料原料、种类、配方和性能及应用等;对耐蚀性能突出的新型有机-无机涂料、有机氟涂料和玻璃鳞片涂料等几种发展前景广泛的重防腐涂料,详细地从性能和应用等方面介绍了其发展动态。

全书共8章,由多位作者共同编写。其中,张慰盛教授编写了第3章和第4章,管从胜博士编写了第5章和第7章的2、3两节,陈声锐高工编写了第2章的4、5两节,笔者负责其余章节的编写和对全书的校核。在编写过程中,王旭东硕士提供了有机氟涂料等方面的资料,潘潮驿同志提供了生漆改性涂料的有关资料,特此致谢。

重防腐涂料正在发展;编著者尽努力向读者提供最新、最全面和实用的内容,但是难免有不足和错误之处,诚请读者批评指正。

李国荣

1999年7月

内 容 提 要

本书专门介绍重防腐涂料及涂装。第1章“概论”较全面地介绍了重防腐涂料的发展、涂层特性及涂装要点；第2章~第7章按成膜树脂之不同，分别介绍了环氧、聚氨酯、含氟树脂、有机氟、生漆及其他类型防腐涂料；第8章及附录介绍了玻璃鳞片涂料及其施工规程等。

本书取材较新，力求反映重防腐涂料的新技术和应用现状。适合于防腐蚀设计和施工技术人员、防腐涂料生产和销售人员、建筑和防腐专业师生阅读。

目 录

第1章 概论	1
1.1 重防腐涂料的发展和特点	1
1.2 厚膜化是重防腐涂料的重要标志	3
1.2.1 膜厚与寿命的关系	3
1.2.2 厚膜化对涂料配方工艺提出的要求	6
1.2.2.1 高固体分或无溶剂化	6
1.2.2.2 触变功能	6
1.3 高性能的合成树脂和颜料、填料是重防腐涂料发展的关键	7
1.3.1 高性能合成树脂	7
1.3.1.1 目前较普遍应用的三个树脂品种	7
1.3.1.2 性能优异,但目前数量尚不大的品种	9
1.3.1.3 其他高性能树脂	10
1.3.2 化学防锈颜料	11
1.3.3 无机富锌底漆	12
1.3.3.1 富锌底漆的发展和应 用	12
1.3.3.2 对锌粉的要求	13
1.3.3.3 水溶性后固化无机富锌底漆	14
1.3.3.4 自固化无机富锌底漆	14
1.3.3.5 正硅酸乙酯型无机富锌底漆	15
1.3.3.6 无机富锌底漆与环氧富锌底漆的比较	16
1.4 严格的表面处理是决定重防腐涂料寿命的首要因素	17
1.4.1 化学处理方法	17
1.4.2 机械处理方法	19
1.5 应注重重防腐涂料的施工、检测和维修	21
1.5.1 确保施工中每一个环节的质量	21
1.5.2 加强现场检测	22
1.5.3 注意维修	22

第 2 章 环氧防腐涂料	25
2.1 概述	25
2.1.1 环氧树脂及其分类	25
2.1.1.1 双酚 A 型环氧树脂	25
2.1.1.2 酚醛环氧树脂和双酚 F 环氧树脂	28
2.1.2 环氧树脂的分子结构	30
2.1.2.1 环氧树脂的可反应官能团的表示方法	30
2.1.2.2 热塑性环氧树脂和热固性环氧树脂	31
2.1.3 环氧涂料的特点	32
2.1.3.1 突出的附着力	32
2.1.3.2 良好的耐腐蚀性	32
2.1.3.3 品种、性能的多样性和应用的广泛性	33
2.1.3.4 体现了当代涂料的发展方向	33
2.2 环氧树脂的固化和固化剂	33
2.2.1 环氧树脂的固化	33
2.2.1.1 固化原理	33
2.2.1.2 固化过程中的化学反应	34
2.2.1.3 固化过程	36
2.2.2 环氧树脂固化剂的分类	36
2.2.3 胺类固化剂	37
2.2.3.1 脂肪族胺	37
2.2.3.2 芳香胺	38
2.2.3.3 脂环族胺	38
2.2.3.4 叔胺	39
2.2.3.5 胺类固化剂用量计算	39
2.2.4 胺改性固化剂	41
2.2.4.1 胺环氧树脂加成物	41
2.2.4.2 胺加成物固化剂	42
2.2.4.3 曼尼期碱固化剂	43
2.2.5 酰胺类固化剂	44
2.2.5.1 聚酰胺树脂固化剂	44
2.2.5.2 酰氨基胺固化剂	45
2.2.5.3 改性酰胺固化剂	45

2.2.6	多异氰酸酯固化剂	46
2.3	溶剂型环氧涂料	47
2.3.1	溶剂、颜料和助剂	47
2.3.1.1	溶剂	47
2.3.1.2	颜料	48
2.3.1.3	助剂	50
2.3.2	环氧清漆	51
2.3.3	环氧底漆/中间漆	52
2.3.3.1	环氧富锌底漆	52
2.3.3.2	环氧云母氧化铁底漆/中间漆	54
2.3.3.3	环氧富锌底漆/环氧云铁中间漆应用举例	56
2.3.4	环氧煤焦沥青涂料	59
2.3.5	酚醛环氧涂料	60
2.3.6	高固体分环氧涂料	61
2.3.7	溶剂型环氧涂膜的耐蚀性	63
2.4	水性环氧涂料	67
2.4.1	水性环氧涂料的分类	68
2.4.2	水分散性环氧涂料	68
2.4.2.1	简史	68
2.4.2.2	特性	69
2.4.2.3	水分散性环氧乳液生成过程	70
2.4.2.4	水分散性环氧涂料固化成膜过程	71
2.4.2.5	水分散性环氧涂料配方介绍	72
2.4.3	水分散性环氧涂料在防腐蚀上的应用	73
2.4.3.1	内墙及工业地坪	73
2.4.3.2	高速公路、机场及沥青路面	74
2.4.3.3	船舶上的甲板、舱室	75
2.4.3.4	食品卫生方面	75
2.4.3.5	水泥建筑物的修补	76
2.4.3.6	其他	76
2.5	环氧粉末涂料	77
2.5.1	概述	77
2.5.2	环氧粉末涂料分类及配方举例	78

2.5.3	环氧粉末涂料在防腐蚀上的应用	79
第3章	聚氨酯涂料	81
3.1	概述	81
3.1.1	聚氨酯涂料的发展简史	82
3.1.2	聚氨酯树脂的合成	82
3.1.2.1	异氰酸酯与含活性氢原子化合物的反应	82
3.1.2.2	异氰酸酯的自聚反应	84
3.1.2.3	聚氨酯大分子的合成及其特性	85
3.1.3	聚氨酯涂料的主要原料及其特性	88
3.1.3.1	异氰酸酯	88
3.1.3.2	多元醇化合物	92
3.1.3.3	催化剂	94
3.1.3.4	溶剂	95
3.1.3.5	其他	97
3.2	聚氨酯防腐涂料	97
3.2.1	聚氨酯涂料的分类及特征	97
3.2.2	聚氨酯涂料泛黄的机理	103
3.2.3	聚氨酯大分子结构与防腐性能	104
3.2.4	聚氨酯防腐涂料的主要品种及其应用	106
3.2.4.1	双组分羟基固化型聚氨酯防腐涂料	106
3.2.4.2	单组分潮气固化型聚氨酯防腐涂料	110
3.2.4.3	双组分催化固化型聚氨酯防腐涂料	112
3.3	聚氨酯改性防腐涂料	113
3.3.1	聚氨酯环氧改性防腐涂料	113
3.3.2	聚氨酯沥青防腐涂料	115
3.3.3	其他树脂改性的聚氨酯防腐涂料	118
3.3.3.1	用丙烯酸树脂改性	118
3.3.3.2	用氯醋共聚树脂改性	119
3.3.3.3	用醛酮树脂改性	120
3.4	其他类型的聚氨酯涂料及其特点	120
3.4.1	聚氨酯弹性涂料	121
3.4.2	水性聚氨酯涂料	123
3.4.3	聚氨酯粉末涂料	125

3.4.4	聚氨酯互穿网络聚合物涂料	127
3.4.5	新型聚氨酯涂料	128
第4章	含氯防腐涂料	130
4.1	概述	130
4.1.1	含氯防腐涂料的种类	130
4.1.2	含氯防腐涂料的结构与性能	131
4.2	乙烯类含氯树脂防腐涂料	132
4.2.1	过氯乙烯树脂涂料	132
4.2.1.1	过氯乙烯树脂的制法	133
4.2.1.2	过氯乙烯涂料的性能	134
4.2.1.3	过氯乙烯防腐涂料的应用	135
4.2.2	氯乙烯-醋酸乙烯共聚树脂涂料	136
4.2.2.1	二元氯醋共聚物的合成及组成	136
4.2.2.2	三元氯醋共聚物的合成及组成	137
4.2.2.3	氯醋共聚树脂涂料的特性与应用	137
4.2.3	氯醚树脂涂料	139
4.2.3.1	氯醚树脂的组成及其结构	140
4.2.3.2	氯醚树脂涂料的特性与应用	141
4.2.4	其他乙烯类含氯防腐涂料	142
4.2.4.1	偏氯乙烯共聚树脂涂料	142
4.2.4.2	氯化聚烯烃涂料	144
4.3	含氯橡胶类防腐涂料	145
4.3.1	氯化橡胶涂料	145
4.3.1.1	氯化橡胶的合成及结构	146
4.3.1.2	氯化橡胶的特性	147
4.3.1.3	氯化橡胶防腐涂料的配制与应用	148
4.3.2	氯磺化聚乙烯涂料	150
4.3.2.1	氯磺化聚乙烯的合成与交联反应	151
4.3.2.2	氯磺化聚乙烯的结构与特性	151
4.3.2.3	氯磺化聚乙烯防腐涂料的配制与应用	152
4.3.3	其他含氯橡胶类防腐涂料	154
4.3.3.1	氯丁橡胶涂料	154
4.3.3.2	氯化氯丁橡胶涂料	156

第5章 有机氟涂料	157
5.1 概述	157
5.1.1 氟聚合物的发展历史	157
5.1.2 有机氟聚合物的基本性能	159
5.1.3 有机氟涂料及其涂敷方法	160
5.2 聚四氟乙烯涂料	162
5.2.1 聚四氟乙烯的制取	162
5.2.2 聚四氟乙烯涂膜的性能	162
5.2.3 聚四氟乙烯涂料的涂敷	163
5.2.4 聚四氟乙烯涂层的应用	164
5.3 聚氟乙烯涂料	164
5.3.1 聚氟乙烯涂膜的性能	164
5.3.2 聚氟乙烯涂料的涂敷	167
5.3.3 聚氟乙烯涂层的应用	167
5.4 聚偏氟乙烯涂料	168
5.4.1 聚偏氟乙烯涂膜的性能	168
5.4.2 聚偏氟乙烯涂料的涂敷	171
5.4.3 聚偏氟乙烯涂层的应用	171
5.5 四氟乙烯-六氟丙烯共聚物 (FEP) 涂层	172
5.5.1 FEP 的性能	172
5.5.2 FEP 涂料的涂敷	176
5.5.3 FEP 涂层的应用	176
5.6 乙烯-四氟乙烯共聚物 (ETFE) 涂料	177
5.6.1 ETFE 的性能	177
5.6.2 ETFE 涂料的涂敷	178
5.6.2.1 基材表面处理	178
5.6.2.2 涂层涂敷	180
5.6.2.3 烧结	180
5.7 四氟乙烯-全氟烷基乙烯基醚共聚物 (PFA) 涂料	181
5.7.1 PFA 的基本性质	181
5.7.2 PFA 涂料的涂敷	181
5.7.3 PFA 涂层的应用	183
5.8 氟乙烯-乙烯基醚共聚物 (FEVE) 涂料	184

5.8.1	FEVE 的基本性质	184
5.8.2	FEVE 涂料及涂层性能	186
5.8.3	FEVE 涂料的涂敷和应用	188
5.9	氟橡胶涂料	189
5.10	其他氟聚合物及其涂料简介	191
5.10.1	乙烯-三氟氯乙烯共聚物及其涂料	191
5.10.2	聚三氟氯乙烯及其涂料	191
5.11	氟涂料品种比较与选用	192
第 6 章	新型无机-有机聚合物涂料	195
6.1	概述	195
6.2	Siloxirane [®] 的性能	196
6.2.1	Siloxirane 涂料的性能	197
6.2.2	Siloxirane 涂膜的性能	197
6.3	Siloxirane 涂料应用举例	199
6.3.1	洗涤塔内衬	199
6.3.2	高温氯化炉的防渗层	199
6.3.3	管道外防腐	200
6.3.4	混凝土地坪和内衬防腐	200
6.3.5	贮罐的防腐	201
第 7 章	生漆改性防腐涂料和聚苯硫醚、氯化聚醚涂料	202
7.1	生漆改性防腐涂料	202
7.1.1	概述	202
7.1.2	漆酚清漆	203
7.1.3	环氧改性漆酚树脂涂料	204
7.1.3.1	漆酚缩醛环氧涂料	204
7.1.3.2	环氧改性漆酚糠醛树脂涂料	206
7.1.4	金属钛的漆酚改性树脂涂料	207
7.1.4.1	漆酚钛树脂涂料的性能	208
7.1.4.2	漆酚钛树脂涂料的施工和应用	209
7.2	聚苯硫醚 (PPS) 涂料	210
7.2.1	PPS 的性能	210
7.2.2	PPS 涂料和涂层	212
7.2.3	PPS 涂料涂敷及应用	215

7.3 氯化聚醚 (CPE) 涂料	216
7.3.1 CPE 的性能	216
7.3.2 CPE 涂料和涂层	216
7.3.3 CPE 涂料的涂敷和应用	217
第 8 章 玻璃鳞片涂料	219
8.1 概述	219
8.1.1 玻璃鳞片涂料及其特点	219
8.1.2 玻璃鳞片涂料的发展	219
8.1.3 玻璃鳞片涂料的分类	221
8.2 玻璃鳞片涂料的组成	222
8.2.1 树脂	222
8.2.1.1 间苯型不饱和聚酯树脂	223
8.2.1.2 双酚 A 型不饱和聚酯树脂	223
8.2.1.3 含氯不饱和聚酯树脂	223
8.2.1.4 乙烯基酯不饱和聚酯树脂	224
8.2.1.5 二甲苯型不饱和聚酯树脂	226
8.2.2 玻璃鳞片	227
8.2.2.1 玻璃的化学成分	227
8.2.2.2 玻璃鳞片的厚度	228
8.2.2.3 玻璃鳞片的处理	228
8.2.2.4 玻璃鳞片的片径	230
8.2.3 辅助成分	231
8.3 玻璃鳞片涂料的性能	231
8.3.1 基本性能	232
8.3.1.1 物理性能	232
8.3.1.2 抗渗性	233
8.3.1.3 耐温性	233
8.3.1.4 耐寒性	234
8.3.2 玻璃鳞片涂料与其他耐蚀材料性能比较	235
8.3.2.1 与耐蚀金属和橡胶的比较	235
8.3.2.2 与玻璃钢性能比较	236
8.3.3 玻璃鳞片涂料与常用耐蚀涂料综合性能比较	237
8.4 玻璃鳞片涂料品种的选用	237

8.5 玻璃鳞片涂料的施工	240
8.5.1 基体的表面处理	240
8.5.2 涂装和检测	240
8.5.3 涂层的保养和维护	241
8.6 玻璃鳞片涂料的应用	241
8.6.1 将要涂敷玻璃鳞片涂料的金属设备、容器在制造中的注意事项	241
8.6.2 关于玻璃鳞片涂料的质量标准	242
8.6.3 玻璃鳞片涂料的应用实例	243
附录一 海上油田重防腐涂料涂装介绍	247
附录二 玻璃鳞片涂料涂装规程举例	252
主要参考文献	258

第1章 概 论

能在严酷的腐蚀环境下应用并具有长效使用寿命的涂料称为重防腐涂料。在化工大气和海洋环境里重防腐涂料一般可使用10或15年以上；在酸、碱、盐和溶剂介质里并在一定温度的腐蚀条件下，一般应能使用5年以上。

重防腐涂料的应用涉及现代工业各领域：新兴的海洋工程——海上设施、海岸及海湾构造物及海上石油钻井平台等；现代化的交通运输——桥梁、船舶、集装箱、火车和汽车等；重要的能源工业——油管、油罐、输变电设备、核电设备及煤矿矿井等；大型的工矿企业——化工、钢铁、石油化工厂的管道、贮槽、设备及大型矿山冶炼设备等。

1.1 重防腐涂料的发展和特点

涂料作为简单、有效和经济的防腐手段已有数千年的历史。古人用沥青树脂涂在小船和掩体上用来防水；我国现已出土的大量古代文物表明，早在二千多年前，我们的祖先就用大漆进行各种木器的防腐和装饰，并达到了很高的水平。但是，当时的防腐对象主要是木材，而防腐涂料也仅由几种天然树脂和油料混合而成，涂料的性能受到很大的限制。

钢铁等金属材料的大规模生产，促进了近代工业革命的实现和发展，也由于钢铁材料的逐步大规模的应用，防腐涂料开始作为一门科学出现并得以发展。在这方面钢铁桥梁的防腐过程可作为一个典型事例。18世纪40年代建于英国 Tees 河上的第一座铁桥，由于未加任何防腐保护，于60年后因铁链腐蚀而倒塌，这使人们意识到对钢铁建筑进行防腐保护的重要性。从18世纪末到19世纪末，经过几乎一个世纪的摸索、实践和改进，人们才设计、规定了一套标准的防腐涂装

工艺，即安装前先手工除锈、预涂红丹底漆，安装后再涂底漆和由氧化铁红颜料、油料和天然树脂加工成的油漆作为面漆。这套涂料体系已经包含了现代涂装中的一些基本概念，如表面处理、防锈颜料和底面漆等，它一直延用到本世纪中期。

第二次世界大战前后，一系列合成高聚物（如酚醛树脂、醇酸树脂、环氧树脂和氯化橡胶等）的出现，使防腐涂料的品种和性能发生了根本的改变。相应地，金属腐蚀与防护理论的发展、机械除锈表面处理的应用、各种辅助材料和助剂的配套作用以及各种涂层性能检测仪器的出现，使防腐涂料得到了重大的发展。与此同时，金属材料和混凝土材料等在工程上的应用无论从数量和质量都进入了一个新阶段。仍以桥梁为例，桥梁由河上发展到江海，甚至有了跨海大桥。如日本为了连接国内的主要岛屿，发展铁路和高速公路，建设了几条跨海大桥，其中一条工程总长近 180km，包括 19 座桥梁，这些桥建在环境相当恶劣的海上，盐雾腐蚀严重，为了安全和节约维修费用，防腐涂层必须有更长的寿命，要采用性能更好的涂料和涂装体系。为此，从研究、设计到施工，前后花了 30 年时间才基本完成这项工程。正是在这种情况下，大约从 60 年代开始，为了区别以往的防腐涂料，出现了重防腐涂料的说法。尽管这一新名词在开始只是人们的一种期望，也很难对重防腐涂料与常用防腐涂料的区别提出一套系统、完整的概念，但它毕竟为防腐涂料的发展提出了迫切要求和奋斗目标。

我国近 20 年来的改革、开放，带来了国民经济发展的巨大变化，这些变化也体现在重防腐涂料领域。这 20 年的发展使重防腐涂料走过了在其他国家几十年的发展过程。例如，已建成的具有世界水平的我国南浦大桥、杨浦大桥和正在建设中的举世瞩目的三峡工程所采用的重防腐涂料及其涂装体系，已经达到了与国外接轨的先进水平。总结国内外重防腐涂料近几十年的发展历程，使我们对重防腐涂料有可能总结出如下一些有意义的结论。

(1) 人们当初提出的重防腐涂料的设想和目标，经过近半个世纪的实践努力，已基本实现，重防腐涂料在现代工业的某些领域的应用（如本书所提到的一些工程应用事例）是相当成功的。

(2) 重防腐涂料的发展与现代工业技术的综合发展是密切相关的。重防腐涂料的发展涉及到多方面技术的发展,如金属与非金属材料腐蚀与防护机理、表面处理技术,新型合成树脂的开发和厚膜化涂料的配方,防锈颜料、填料和高效助剂的开发和应用以及施工、维修和现代检测技术等方面。从这个意义上说,重防腐涂料的发展水平也标志着一个国家的科技发展水平。

(3) 现代工业技术的发展不仅为重防腐涂料的发展提供了更好的技术物质条件,也提供了更为广阔的市场。从陆地到海洋、从空间到地下、从传统工业到新兴工业都为重防腐涂料提供了越来越多的应用舞台;同时环境保护的限制对涂料提出了水性化、粉末化和高固体化的发展要求,这些都将使重防腐涂料在更多领域和更高水平上取代一般的防腐涂料并逐步趋向完善和成熟。

重防腐涂料除了具有严酷腐蚀环境下应用和长效寿命特点外,还有以下几点区别于一般防腐涂料。

(1) 厚膜化,这是重防腐涂料的重要标志之一。

(2) 高性能的耐蚀合成树脂和新型的颜料、填料的开发应用,是促使重防腐涂料发展的关键。

(3) 重防腐涂料必须同金属基体的严格表面处理相结合才能达到理想的效果,两者缺一不可。

(4) 正确的施工和维修管理是实现重防腐涂料设计规程和目标的重要环节。

1.2 厚膜化是重防腐涂料的重要标志

常用防腐涂料的涂层干膜厚度一般为 $100\mu\text{m}$ 或 $150\mu\text{m}$ 以上,而重防腐涂料干膜厚度一般要在 200 或 $300\mu\text{m}$ 以上,厚者可达 $500 \sim 1000\mu\text{m}$,甚至 $2000\mu\text{m}$ (2mm)。厚的涂膜为涂料的长效寿命提供了可靠的保证,同时也给涂料加工与施工提出了新的课题。

1.2.1 膜厚与寿命的关系

涂层在腐蚀介质环境下的破坏有多种原因:介质的化学侵蚀,介质的物理溶解和溶胀,介质在涂层中的渗透扩散以及由于配方、施工