

涂料防腐蚀技术丛书

氟树脂涂料及应用

◎ 中国腐蚀与防护学会非金属材料专业委员会 组织编写

◎ 管从胜 王威强 编著



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

涂料防腐蚀技术丛书

氟树脂涂料及应用

中国腐蚀与防护学会非金属材料专业委员会 组织编写

管从胜 王威强 编著

化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

氟树脂涂料及应用/管从胜,王威强编著. —北京:
化学工业出版社, 2004.1
(涂料防腐蚀技术丛书)
ISBN 7-5025-4910-2

I. 氟… II. ①管…②王… III. ①聚四氟乙烯-
涂料-生产②聚四氟乙烯-涂料-应用 IV. TQ633

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 099229 号

涂料防腐蚀技术丛书
氟树脂涂料及应用
中国腐蚀与防护学会非金属材料专业委员会 组织编写
管从胜 王威强 编著
责任编辑: 段志兵
文字编辑: 刘志茹
责任校对: 吴桂萍
封面设计: 于 兵

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心
(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
北京云浩印刷有限责任公司印刷
三河市延风装订厂装订
开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 13½ 字数 356 千字
2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-4910-2/TQ·1858
定 价: 30.00 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

涂料防腐蚀技术丛书

编辑委员会

主任委员	左禹	教授		
副主任委员	管从胜	教授		
	侯锐钢	高级工程师		
委员	(以姓氏笔画为序)			
	马德彰	左禹	侯锐钢	崔维汉
	董凤书	虞兆年	管从胜	熊金平

序 言

目前，金属及其合金仍然是最重要的结构材料，其应用遍及国民经济的各个领域。金属腐蚀现象是普遍的，给国民经济带来的损失巨大。金属防腐蚀方法很多，有机涂层防腐蚀是最普遍和最重要的手段之一，施工简单，维修方便，成本低廉，适应性广。

有机涂层的应用和发展有数千年的历史。古人用天然树脂和矿物质等材料制成油性漆，对器具进行装饰和防护处理。随着钢铁等金属材料的广泛应用，有机涂层防腐蚀开始作为一门学科出现并得以发展；对高分子化学和合成树脂的深入研究，为有机防腐蚀涂层提供了优良的成膜物质，如环氧树脂、聚氨酯树脂和氟碳树脂等等，防腐蚀性能远远优于早期的油性漆；有机涂层防腐蚀机理研究也促进了涂料的发展。

现代工业对有机防腐蚀涂层提出了更高的要求，相继出现了各种重防腐涂料和特种涂料；涂料涂装方法和工艺的研究和发展，不但提高了涂层的质量，而且促进了防腐蚀涂料的进步，拓宽了有机防腐蚀涂层的应用领域，如静电粉末喷涂及其回收系统的发展和完善，使有机粉末涂料得到了迅速发展。人们对环境保护和劳动保护意识的加强，促进了绿色涂料和涂装技术的发展。研究开发资源利用率高、低污染或无污染新型涂料和涂装技术是有机涂层防腐蚀技术的发展方向。

涂层系统通常包括底层、中间过渡层和面层三部分。底层主要提高涂层与金属基体的结合强度，面层主要是满足各种不同性能要求的功能性部分，通过中间过渡层实现底层与面层的有机结合。有机涂料只是防腐蚀的一种中间材料，最终能起到防腐蚀作用的是其固化或交联的有机涂层，有机涂层通过屏蔽、缓蚀和电化学保护三种作用来达到防腐蚀的目的。为了获得理想的有机防腐蚀涂层，一

是选用合适的涂料；二是选择合理的涂装方法和涂装工艺，涂料的涂装比涂料本身更重要。

目前，有关树脂合成和涂料配方的书籍很多，但是专门介绍防腐蚀涂料应用技术的书籍较少，制约了有机涂料的应用与发展。在近几年举办的中国腐蚀与防护学会非金属材料专业委员会技术交流会上，许多从生产一线来的技术人员表示，希望能看到防腐蚀涂料应用技术的图书。为此，中国腐蚀与防护学会非金属材料专业委员会和化学工业出版社决定共同组织编写《涂料防腐蚀技术丛书》。《丛书》共8个分册，包括：

- (1) 防腐蚀涂料涂装和质量控制；
- (2) 丙烯酸树脂防腐蚀涂料及应用；
- (3) 聚氨酯树脂防腐蚀涂料及应用；
- (4) 环氧树脂防腐蚀涂料及应用；
- (5) 氟树脂涂料及应用；
- (6) 建筑防腐蚀涂料及应用；
- (7) 功能性防腐蚀涂料及应用；
- (8) 防腐蚀底层涂料及应用。

《丛书》属于应用性图书，各个分册有一定的独立性，系统叙述树脂合成、涂料配方、涂料涂装、涂层性能测试和评价、典型的应用实例等。《丛书》整体上强调涂装技术及应用，内容广泛。主要供腐蚀与防护、涂料涂装的工程技术人员阅读使用，也可供大专院校师生和企业管理者参考。

《丛书》编写工作曾得到中国腐蚀与防护学会许多专家、工程技术人员及其所在单位领导的热情协助和大力支持，对此，表示衷心的感谢！

《涂料防腐蚀技术丛书》编辑委员会

2003年2月

前 言

随着社会经济的发展、人们生活水平的提高和对环境保护意识的增强，人们对涂料和涂装技术提出了更高的要求。氟树脂涂料具有优异的耐化学品性能、耐热性能、耐候性能、不粘性能和润滑性能等，越来越受到重视，广泛应用于重防腐、高档装饰、防粘和润滑处理等。

目前，国内没有系统介绍氟树脂涂料及应用的参考书，制约了我国氟树脂涂料研究和应用开发的进程。

在中国腐蚀与防护学会非金属材料专业委员会的倡导和组织下，作者以《重防腐涂料》第5章的内容为基础，结合多年来从事氟树脂及其复合涂料研究和应用的经验，查阅了大量的相关文献，编写了本书。

本书共分8章。第1章介绍了氟化学、氟树脂以及氟树脂涂料的基本知识。第2章详细讲述了聚四氟乙烯树脂的合成、结构与性能，聚四氟乙烯树脂分散液涂料的制备、性能、加工和应用，聚四氟乙烯微粉的制备与应用。第3章是以四氟乙烯为主要单体的共聚物涂料及应用，包括聚全氟乙丙烯、可溶性聚四氟乙烯、乙烯与四氟乙烯共聚物和四氟乙烯与磺酰基全氟烷基乙烯基醚共聚物、涂层和薄膜应用等。第4章主要介绍了聚氟乙烯、聚偏二氟乙烯、聚三氟氯乙烯和低温（或常温）常温固化氟树脂涂料及应用，这些涂料主要用于建筑和防腐蚀。第5章讲述了以聚全氟乙丙烯和聚苯硫醚为主的复合涂料配方研制与涂料涂装，介绍了硅烷偶联剂及在耐热防腐涂料中的作用。第6章详细讲述了氟树脂及复合涂料的涂装技术。第7章为氟树脂涂料及涂层质量的评价方法和标准。第8章为氟树脂涂料生产和应用过程的安全、卫生和环保知识。

本书第5~7章由管从胜和王威强负责编写，其余由管从胜负

责编写。叶鹏、马长江和边洁等参加了部分试验工作，在此向他们表示感谢。本书第 1 章和第 2 章中，参考了缪京媛、叶牧编写的《氟塑料——加工与应用》（化学工业出版社，1987 年）一书，在此对原作者表示感谢。

本书可作为氟树脂生产与应用，特别是氟树脂涂料生产和应用技术人员的参考书。

由于作者水平有限，加之时间紧，错误和疏漏在所难免，希望氟树脂领域的专家和广大读者批评指正。

管从胜 王威强

2003 年 8 月

缩写符号

CTFE	chlorotrifluoroethylene, 三氟氯乙烯
ECTFE	ethylene chlorotrifluoroethylene copolymer, 乙烯-三氟氯乙烯共聚物
ETFE	ethylene tetrafluoroethylene copolymer, 乙烯-四氟乙烯共聚物
FC	fluorocarbon coating(s), 氟碳涂料
FEP(PFEP)	polyfluorinated ethylene propylene, 聚全氟乙丙烯
FEVE	fluoroethylene vinyl ether(ester) copolymer, 氟乙烯-乙烯基醚(酯)共聚物
HFP	hexafluoropropylene, 六氟丙烯
PA	polyamide, 聚酰胺
PCTFE	polychlorotrifluoroethylene, 聚三氟氯乙烯
PEEK	polyether ether ketone, 聚醚醚酮
PFA	polyperfluoroalkoxyether, 聚全氟烷氧基醚; tetrafluoroethylene perfluoroalkoxyl ether copolymer, 四氟乙烯-全氟烷氧基醚共聚物
PI	polyimide, 聚酰亚胺
PPS	polyphenylsulfide, 聚苯硫醚
PSF	polysulfone(s), 聚砜
PTFE	polytetrafluoroethylene, 聚四氟乙烯
PVDF	polyvinylidene fluoride, 聚偏氟乙烯
PVF	polyvinyl fluoride, 聚氟乙烯
TFE	tetrafluoroethylene, 四氟乙烯
VF	vinyl fluoride, 氟乙烯

内 容 提 要

本书是《涂料防腐蚀技术丛书》之一。

本书是第一本专门介绍氟树脂涂料的科技图书，主要内容包
括：氟树脂基本知识、聚四氟乙烯树脂的合成与应用、以聚四氟
乙烯为主要单体的共聚涂料及应用、改性和复合涂料配方研制及
应用、氟树脂涂料质量评价方法、氟树脂在生产应用过程中的安
全、卫生和环保知识。本书还着重阐述了氟树脂复合涂料的涂装
技术，具有很强的实用性。本书内容先进，实例丰富，应用
性强。

本书可供从事防腐蚀领域的科研和技术人员参考，也可供从
事氟树脂涂料开发和销售人员参考。

目 录

第1章 概述	1
1.1 氟及氟化物	1
1.1.1 氟化学及其特点	1
1.1.2 常用氟化物单体	3
1.1.3 氟化学的重要发展	5
1.2 氟树脂及其发展	7
1.2.1 氟树脂	7
1.2.2 氟树脂改性	7
1.3 氟树脂涂料	10
1.3.1 有机涂料	10
1.3.2 氟树脂涂料	12
1.4 氟树脂涂料的发展历史与研究现状	17
1.4.1 氟树脂涂料的发展历史	17
1.4.2 氟树脂涂料的研究开发现状	19
1.4.3 我国氟树脂涂料与国外的差距	22
参考文献	24
第2章 聚四氟乙烯树脂涂料及应用	25
2.1 聚四氟乙烯的合成	25
2.1.1 聚四氟乙烯的聚合	25
2.1.2 聚四氟乙烯的后处理	27
2.2 聚四氟乙烯的结构	28
2.2.1 聚四氟乙烯的分子结构	28
2.2.2 聚四氟乙烯的晶态结构	31
2.3 聚四氟乙烯的性能	32
2.3.1 聚四氟乙烯的热力学性质	33
2.3.2 聚四氟乙烯的表面性能	37
2.3.3 聚四氟乙烯的电性能	38

2.3.4	聚四氟乙烯的力学性能	40
2.3.5	聚四氟乙烯的化学性质	42
2.4	聚四氟乙烯分散液及应用	47
2.4.1	聚四氟乙烯分散液	47
2.4.2	聚四氟乙烯涂层	49
2.4.3	聚四氟乙烯分散液浸渍	53
2.5	聚四氟乙烯微粉及应用	63
2.5.1	聚四氟乙烯微粉的特性	64
2.5.2	聚四氟乙烯微粉的制备	67
2.5.3	聚四氟乙烯微粉的应用	69
2.6	改性聚四氟乙烯涂层	74
2.6.1	聚四氟乙烯与其他树脂共混改性	74
2.6.2	掺和型聚四氟乙烯涂料	77
2.7	聚四氟乙烯纤维增强涂层	78
2.7.1	聚四氟乙烯纤维的性能	78
2.7.2	含聚四氟乙烯纤维的涂料	79
2.7.3	基料	81
2.7.4	含聚四氟乙烯纤维复合耐磨涂料的应用	83
2.8	聚四氟乙烯涂层的应用	84
2.8.1	聚四氟乙烯涂料的特点	84
2.8.2	聚四氟乙烯涂层的防粘应用	86
2.8.3	聚四氟乙烯涂料在防腐中的应用	89
2.8.4	其他应用	90
2.9	聚四氟乙烯的改性及应用	90
2.9.1	填充料改性	91
2.9.2	反应共混改性	95
2.9.3	聚四氟乙烯表面改性	95
	参考文献	98
第3章	四氟乙烯共聚物及涂料	100
3.1	聚全氟乙丙烯	102
3.1.1	聚全氟乙丙烯的聚合	102
3.1.2	聚全氟乙丙烯的结构	105
3.1.3	聚全氟乙丙烯的性能	106

3.1.4	聚全氟乙丙烯涂料及涂层制备	110
3.1.5	聚全氟乙丙烯涂层性能及应用	113
3.1.6	改性聚全氟乙丙烯涂料	117
3.2	四氟乙烯与乙烯共聚物	118
3.2.1	乙烯与四氟乙烯共聚物简介	118
3.2.2	四氟乙烯与乙烯的共聚	119
3.2.3	乙烯与四氟乙烯共聚物的结构	120
3.2.4	乙烯与四氟乙烯共聚物的性能	120
3.2.5	乙烯-四氟乙烯共聚物涂料与涂层制备	125
3.2.6	乙烯与四氟乙烯共聚物涂层应用	128
3.3	四氟乙烯与全氟丙基乙烯基醚共聚物	130
3.3.1	四氟乙烯与全氟丙基乙烯基醚共聚物的聚合	131
3.3.2	四氟乙烯与全氟烷基乙烯基醚共聚物的结构	132
3.3.3	四氟乙烯与全氟烷基乙烯基醚共聚物的性能	132
3.3.4	四氟乙烯-全氟烷基乙烯基醚共聚物涂料的性能	134
3.3.5	四氟乙烯-全氟烷基乙烯基醚共聚物涂料涂敷与应用	138
3.4	四氟乙烯与磺酰基全氟烷基乙烯基醚共聚物	139
3.4.1	四氟乙烯与磺酰基全氟烷基乙烯基醚共聚合	141
3.4.2	四氟乙烯与磺酰基全氟烷基乙烯基醚共聚物的结构	143
3.4.3	四氟乙烯与磺酰基全氟烷基乙烯基醚共聚物(膜)的 性质	143
3.4.4	全氟磺酸离子交换膜的应用	147
3.5	其他四氟乙烯共聚物	153
	参考文献	155
第4章	其他氟树脂涂料及应用	156
4.1	聚氟乙烯树脂及涂料	156
4.1.1	氟乙烯的聚合	156
4.1.2	聚氟乙烯树脂的结构	159
4.1.3	聚氟乙烯树脂的性能	159
4.1.4	聚氟乙烯涂料与涂层性能	162
4.1.5	聚氟乙烯涂料的涂敷	165
4.1.6	聚氟乙烯涂层的应用	166
4.2	聚偏二氟乙烯树脂及涂料	167

4.2.1	偏二氟乙烯的聚合	167
4.2.2	聚偏二氟乙烯的结构	169
4.2.3	聚偏二氟乙烯的性能	169
4.2.4	聚偏二氟乙烯涂料及涂层	171
4.2.5	改性聚偏二氟乙烯涂料	172
4.2.6	聚偏二氟乙烯涂层的应用	185
4.3	聚三氟氯乙烯	186
4.3.1	聚三氟氯乙烯的聚合	186
4.3.2	聚三氟氯乙烯的结构	187
4.3.3	聚三氟氯乙烯的性能	187
4.3.4	聚三氟氯乙烯涂料涂层	189
4.3.5	乙烯-三氟氯乙烯共聚物及其涂料	191
4.4	低温和常温固化涂料及应用	193
4.4.1	低温和常温固化涂料用氟树脂	193
4.4.2	常温固化涂料用氟树脂的合成	195
4.4.3	常温固化氟树脂结构和性质	197
4.4.4	常温固化氟树脂涂料性能及应用	201
4.4.5	改性常温固化氟树脂涂料及应用	207
4.5	氟橡胶涂料及应用	209
4.5.1	氟橡胶的性能	209
4.5.2	氟橡胶的硫化	212
4.5.3	氟橡胶的改性	214
4.5.4	氟橡胶涂料	215
4.5.5	氟橡胶涂层应用	218
4.6	氟涂料品种比较与选用	220
	参考文献	223
第5章	氟树脂与聚苯硫醚复合涂层及应用	225
5.1	耐热树脂及其改性	225
5.1.1	耐热树脂	225
5.1.2	耐热树脂改性	226
5.2	聚苯硫醚树脂	231
5.2.1	聚苯硫醚的发展	231
5.2.2	聚苯硫醚的合成	233

5.2.3	聚苯硫醚树脂的性能及改性	237
5.2.4	聚苯硫醚树脂的交联处理	249
5.2.5	聚苯硫醚树脂的应用	253
5.3	聚苯硫醚复合涂料及应用	254
5.3.1	聚苯硫醚复合涂料	254
5.3.2	聚苯硫醚复合涂层制备	258
5.3.3	聚苯硫醚复合涂层性能	262
5.3.4	聚苯硫醚涂层的应用	264
5.4	氟树脂与聚苯硫醚共混改性涂料及应用	264
5.4.1	概述	264
5.4.2	涂料配方优化设计	265
5.5	涂料涂敷工艺对涂层性能影响	276
5.5.1	金属基体粗糙度对涂层性能的影响	276
5.5.2	磷化处理对涂层性能的影响	277
5.5.3	烧结或固化条件对涂层性能的影响	277
5.5.4	涂层厚度对涂层性能的影响	279
5.6	涂层性能及应用	280
5.6.1	涂层的耐腐蚀性能	280
5.6.2	涂层结合强度测试	281
	参考文献	283
第6章	氟树脂涂料涂装	285
6.1	金属基体表面处理	286
6.1.1	机械处理	287
6.1.2	除油	289
6.1.3	除锈	294
6.1.4	磷化	297
6.1.5	除油除锈磷化工艺	302
6.1.6	铝及合金的化学氧化处理	304
6.1.7	金属基体表面的其他处理	304
6.2	硅烷偶联剂及其在耐热防腐涂料中的应用	308
6.2.1	硅烷偶联剂的结构特征和品种	308
6.2.2	硅烷偶联剂的作用机理	310
6.3	氟树脂及改性氟树脂涂料涂装	319

6.3.1	各种涂装方法比较	319
6.3.2	粉末静电喷涂	321
6.3.3	分散液喷涂与浸渍	326
6.3.4	粉末流化床浸涂	330
6.3.5	粉末火焰喷涂法	334
6.4	建筑用铝合金幕墙板的涂装	337
6.4.1	涂敷方法	337
6.4.2	铝合金幕墙的静电喷涂	338
6.4.3	铝合金卷材辊涂	341
	参考文献	343
第7章	氟树脂涂料与涂层性能检测	344
7.1	聚合物涂料和涂层的性能检测	344
7.1.1	聚合物涂料和涂层的性能检测项目	344
7.1.2	涂料涂装工程相关规范和标准	348
7.2	氟树脂涂料和涂层检测	350
7.2.1	氟树脂涂料和涂层的检测项目	350
7.2.2	建筑用氟树脂涂膜的技术指标	351
7.2.3	氟树脂的国内外标准	351
7.3	氟树脂涂层外观的检测	354
7.3.1	涂层外观检测内容	355
7.3.2	涂层表面缺陷检测	355
7.4	氟树脂涂层厚度的检测	355
7.5	氟树脂涂层耐蚀性的检测	357
7.5.1	大气暴露试验	357
7.5.2	使用环境试验	357
7.5.3	人工模拟与加速腐蚀试验	358
7.6	氟树脂涂层的结合强度检测	361
7.6.1	涂层结合强度检测概述	361
7.6.2	氟树脂涂层的结合强度测定方法	363
7.6.3	氟树脂涂层性能评价方法和标准的探索	365
7.6.4	其他检验检测方法的提出	367
	参考文献	368
第8章	安全、卫生 and 环保	369

8.1 毒害性品的危害	369
8.1.1 毒害品毒性的表示方法	369
8.1.2 毒害品毒性的分类方法	370
8.1.3 操作环境中的氧浓度	372
8.2 有机氟化合物裂解气和残液气的毒性	372
8.2.1 二氟一氯甲烷裂解气	373
8.2.2 二氟一氯甲烷裂解残液气	373
8.2.3 四氟乙烯裂解残液气	374
8.3 氟树脂的热分解	374
8.3.1 氟树脂的热分解速度	374
8.3.2 氟树脂的热分解产物	375
8.3.3 氟树脂热分解产物的毒性	375
8.4 氟树脂的安全防护措施	379
8.4.1 氟树脂生产中的安全防护措施	379
8.4.2 氟树脂涂料涂装过程中的安全防护措施	381
8.4.3 涂层烧结过程中的安全防护措施	381
8.4.4 氟树脂其他的防护措施	382
8.5 基体表面处理过程的危害与防护	383
8.5.1 溶剂的危害与防护	384
8.5.2 喷砂的危害与防护	385
8.5.3 除油除锈和磷化处理的危害与防护	386
参考文献	388
附录1 氟树脂的性能一览表	389
附录2 氟树脂产品的品级及特征	393
附录3 标准筛筛孔与粒径的关系	405
附录4 常用单位换算表	406