



腐蚀试验方法 与防腐蚀检测技术

中国腐蚀与防护学会 主编

吴荫顺 方智 何积铨 编著
曹备 张琳

化学工业出版社



腐 蚀 与 防 护 全 书

腐蚀试验方法与防腐蚀检测技术

中国腐蚀与防护学会 主编

吴荫顺 方 智 何积铨 编著
曹 备 张 琳

化 学 工 业 出 版 社

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

腐蚀试验方法与防腐蚀检测技术/中国腐蚀与防护学会主编;吴荫顺 方 智 何积铨 曹 备 张 琳编著. —北京:化学工业出版社, 1995 (腐蚀与防护全书)

ISBN 7-5025-1606-9

I. 腐… I. ①中…②吴…③方…④何…⑤曹…⑥张… II. ①腐蚀试验-方法②防腐-检测-技术 N. ①TB304②TG174.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 17471 号

出版发行: 化学工业出版社 (北京市朝阳区惠新里 3 号)

社长: 俸培宗 总编辑: 蔡剑秋

经 销: 新华书店北京发行所
印 刷: 北京市管庄永胜印刷厂
装 订: 三河新集装订厂
版 次: 1996 年 3 月第 1 版
印 次: 1996 年 3 月第 1 次印刷
开 本: 850×1168 1/32
印 张: 10 1/4
字 数: 288 千字
印 数: 1—5000
定 价: 18.80 元

《腐蚀与防护全书》编委会成员

主任委员：肖纪美

副主任委员：石声泰 曹楚南 朱日彰 杨永炎 郭长生

顾问：张文奇 李 苏 沈增祚

委员（按姓氏笔划序）：

火时中 王广扬 王正樵 王光雍 许维钧 刘国瑞

刘翔声 朱祖芳 杜元龙 杜发一 宋诗哲 劳添长

李兴濂 李志清 李铁藩 吴宝琳 吴荫顺 杨文治

杨 武 杨熙珍 杨 璋 张其耀 张承濂 顾国成

徐乃欣 徐兰洲 徐克薰 袁玉珍 傅积和 曾宪焯

褚武扬 虞兆年 黎樵棠 戴新民

编辑组：吴荫顺 王光雍 褚武扬 袁玉珍 李志清 刘 威

序

腐蚀与防护科学是本世纪 30 年代发展起来的一门综合性技术科学，目前已成为一门独立的学科，并在不断发展。

腐蚀是材料在各种环境作用下发生的破坏和变质，遍及国民经济各部门，给国民经济带来巨大损失。根据工业发达国家的调查，每年因腐蚀造成的经济损失约占国民生产总值的 2—4%，我国每年因腐蚀造成的经济损失至少达二百亿元。搞好腐蚀与防护工作，已不是单纯的技术问题，而是关系到保护资源、节约能源、节省材料、保护环境、保证正常生产和人身安全、发展新技术等一系列重大的社会和经济问题。全面普及科学知识，推广近代的防护技术，以减少腐蚀造成的经济损失，延长材料和设备的使用寿命，促进城乡经济的发展和企业经济效益的提高，是当前急待解决的问题。

为此，中国腐蚀与防护学会和化学工业出版社决定共同组织编写《腐蚀与防护全书》。《全书》分总论、腐蚀理论、环境腐蚀与防护、耐腐蚀材料、防蚀技术、腐蚀试验与监控等六篇数十个分册，并将陆续出版。

《全书》属于专业百科性质的大型综合性工具书，全面系统地阐述腐蚀学科的理论和应用，总结国内外的腐蚀与防护经验，反映近代的防护技术，内容广泛，兼顾知识性、教育性和实用性。主要供腐蚀与防护专业以及与该专业有关的工程技术人员阅读使用，也可供企业管理干部与大专院校有关专业师生参考。

《全书》的编写工作曾得到腐蚀领域许多专家、工程技术人员及其所在单位领导的热情协助和支持，对此，表示衷心感谢。

由于我们水平有限，缺点和错误在所难免，望读者批评指正。

《腐蚀与防护全书》编委会

1995 年 8 月

前 言

本书的任务是为研究和解决腐蚀科学与防腐蚀技术的理论和实践问题提供研究方法、实验技术和检测监控手段。腐蚀试验、防腐蚀检测和工业腐蚀监控是腐蚀研究和防腐蚀措施应用的重要手段和不可逾越的途径。显然，本书内容具有很强的实用性和实践性。

作者曾为大学生和研究生讲授“金属腐蚀研究方法”和“工业腐蚀监控与防腐蚀检测技术”。为此陆续编写了一些讲义和教材，如《金属腐蚀研究方法》(1979年和1993年版)，《金属腐蚀试验方法》(1984年和1990年版)，《工厂设备的腐蚀检测与监控》(1988年版)，《防腐蚀检测技术》(1991年版)等。本书就是在此基础上，通过历届教学和科研实践，经过不断总结、修改和创新编写而成，其中许多内容是作者及其同事们多年教学和科研工作的总结。编写过程中也参考引用了一些重要的国内外著作中的有关内容。借此机会向这些著作者致以衷心感谢。

与本书相关的内容极为广泛，随着国民经济和现代科学技术的迅速发展，新的研究方法、检测监控技术和仪器装置不断涌现。因此，本书仅就目前发展水平，择其要点介绍，并适当兼顾一般。本书第1篇由吴荫顺和张琳编写，第2篇由吴荫顺、何积铨和曹备编写，第3篇由方智编写，全书由吴荫顺统稿校订。鉴于作者们的水平所限，编写时间仓促，对书中疏漏和错误之处，殷切地期望读者批评指正。

作者

1995年5月

北京科技大学

内 容 介 绍

《腐蚀与防护全书》是中国腐蚀与防护学会和化工出版社共同组织编写的一套具有百科性质的大型综合性工具书。本书是其中一个分册。

该书共分三篇。第一篇主要介绍腐蚀试验方法的分类、试验设计与试验条件控制；常用的腐蚀评定方法；电化学测试技术；常规实验室腐蚀试验方法；局部腐蚀试验方法；加速腐蚀试验方法；自然环境中的腐蚀试验。第二篇介绍防腐蚀检测技术，主要包括：阴极保护检测技术；涂料涂层检测技术；缓蚀剂测试评定方法；暂时性防锈材料的评定试验。第三篇为腐蚀监控，包括腐蚀监控技术、腐蚀监控装置和方法选择，以及腐蚀监控中的微机应用。

该书内容广泛，实用性强。

本书可供各科研部门、各工业部门（化工、石油、轻工、纺织、海洋、冶金、机械、航空航天等）从事腐蚀与防护、电化学、材料等专业的工程技术人员参考，也可供大专院校有关专业师生使用。

目 录

第 1 篇 腐蚀试验方法

第 1 章 概论	1
1. 腐蚀试验方法的任务与分类	1
1.1 腐蚀试验方法的任务	1
1.2 腐蚀试验方法的分类	2
1.2.1 实验室试验	2
1.2.2 现场试验	3
1.2.3 实物试验	3
2. 试验设计与试验条件控制	4
2.1 腐蚀试验设计的基本考虑	4
2.2 试样	5
2.2.1 试验材料	5
2.2.2 试样的形状和尺寸	5
2.2.3 试样制备	5
2.2.4 平行试样数量	6
2.2.5 试样标记	6
2.2.6 试样的暴露技术	6
2.3 试验介质	7
2.3.1 介质因素的作用	7
2.3.2 大气环境	7
2.3.3 土壤环境	8
2.3.4 自然水环境	8
2.3.5 工业介质	9
2.3.6 人工配制介质	10
2.4 环境条件	11
2.4.1 温度控制	11

2.4.2 金属与介质的相对运动	11
2.4.3 充气与去气	12
2.4.4 试样暴露程度	12
2.4.5 试验持续时间	13
2.5 分段试验法	14
第2章 常用腐蚀评定方法	16
1. 表观检查	16
1.1 宏观检查	16
1.2 显微检查	17
1.3 评定方法	17
2. 重量法	18
2.1 增重法	19
2.2 失重法	19
2.3 重量法测定结果评定	20
2.4 腐蚀产物清除方法	21
3. 失厚测量与孔蚀深度测量	21
3.1 失厚测量	22
3.2 孔蚀深度测量	23
4. 气体容量法	24
4.1 析氢测量	24
4.2 耗氧测量	25
5. 电阻法	26
5.1 基本原理	26
5.2 测量技术	27
6. 力学性能与腐蚀评定	28
6.1 全面腐蚀对力学性能的影响	28
6.2 局部腐蚀对力学性能的影响	28
7. 溶液分析与指示剂法	29
第3章 电化学测试技术	31
1. 极化曲线测量	31
1.1 电极电位测量	31
1.1.1 原理	31
1.1.2 测量技术	32

1.2 极化曲线测量	32
1.2.1 原理与方法	32
1.2.2 测量技术	34
1.3 测定腐蚀速度的极化曲线外延法	35
2. 线性极化测量技术	36
2.1 线性极化方程式	36
2.2 线性极化测量技术	37
2.3 线性极化技术中的常数	39
2.4 暂态线性极化技术	39
3. 弱极化测量方法	40
3.1 两点法	40
3.2 三点法	41
3.3 四点法	43
3.4 计算机解析法	44
4. 充电曲线法	45
4.1 充电曲线方程式	46
4.1.1 恒电流充电曲线方程式	46
4.1.2 恒电位充电曲线方程式	47
4.2 充电曲线试差法和改进法	48
4.2.1 试差法	48
4.2.2 改进法	49
4.3 充电曲线切线法和两点法	49
4.3.1 切线法	49
4.3.2 充电曲线两点法	50
5. 交流阻抗技术	51
5.1 电化学等效电路与阻抗图谱	51
5.2 复数平面图	54
5.2.1 扩散控制体系	54
5.2.2 含有吸附型阻抗的体系	55
5.2.3 具有弥散效应的活化极化控制体系	57
5.3 交流阻抗测试技术	58
5.3.1 测试技术特点	58
5.3.2 测试系统	58

5.3.3 测试电路	58
5.3.4 阻抗测试方法	59
第4章 常规实验室腐蚀试验方法	65
1. 模拟浸泡试验	65
1.1 全浸试验	65
1.2 半浸试验	68
1.3 间浸试验	69
2. 动态浸泡试验	71
2.1 一般流动溶液试验	71
2.2 循环流动溶液试验	71
2.3 高速流动溶液试验	72
2.4 转动金属试样的试验	73
3. 控温试验	74
3.1 等温试验	74
3.2 传热面试验	75
3.3 温差腐蚀试验	76
3.4 高温高压釜试验	76
4. 氧化试验	77
4.1 重量法	77
4.2 容量法	79
4.3 压力计法	80
4.4 电阻法	81
5. 燃气腐蚀试验	81
5.1 硫酸露点腐蚀试验	81
5.2 碱性硫酸盐熔融腐蚀试验	83
5.3 钎腐蚀试验	85
第5章 局部腐蚀试验方法	87
1. 孔蚀试验	87
1.1 化学浸泡试验方法	87
1.1.1 三氯化铁试验法	87
1.1.2 其它溶液的孔蚀浸泡试验	87
1.1.3 孔蚀检查与评定	89
1.2 电化学试验方法	90

1.2.1	控制电位法	90
1.2.2	控制电流法	92
1.3	现场试验方法	93
2.	缝隙腐蚀试验	94
2.1	化学浸泡试验方法	94
2.2	电化学测试方法	96
3.	电偶腐蚀试验	97
3.1	电偶腐蚀敏感性测量方法	98
3.1.1	电位测量	98
3.1.2	极化测量	98
3.1.3	电偶电流测量	99
3.1.4	暴露试验	99
3.2	测定电偶电流的方法	101
4.	应力腐蚀试验	104
4.1	概述	104
4.2	SCC 试样	105
4.2.1	光滑试样	105
4.2.2	缺口试样	110
4.2.3	预裂纹试样	112
4.3	SCC 试验加载系统	117
4.3.1	恒载荷系统	117
4.3.2	恒变形系统	118
4.3.3	慢应变速率加载系统	119
4.4	SCC 试验环境介质	120
4.5	试验与评定	121
4.5.1	SCC 试验	121
4.5.2	SCC 评定	122
5.	腐蚀疲劳试验	123
5.1	概述	123
5.2	CFC 试验加载系统	124
5.3	CFC 试验的腐蚀介质引入法	125
5.4	试验与评定	126
6.	晶间腐蚀试验	128

6.1	化学浸泡试验方法	131
6.2	电化学试验方法	134
6.2.1	草酸电解浸蚀试验法	134
6.2.2	动电位再活化法 (EPR 法)	136
6.2.3	其它电化学试验方法	137
6.3	其它检验与评定方法	138
第6章	加速腐蚀试验方法	140
1.	盐雾试验	140
1.1	中性盐雾 (NSS) 试验	140
1.2	醋酸盐雾 (ASS) 试验	141
1.3	铜加速的醋酸盐雾 (CASS) 试验	141
1.4	其它试验方法	141
2.	电解加速腐蚀试验	142
2.1	电解腐蚀试验 (EC 试验)	142
2.2	阳极氧化膜的腐蚀试验方法	143
2.2.1	阳极氧化膜的 FACT 试验	143
2.2.2	阳极氧化膜的阴极破坏试验	144
3.	其它加速腐蚀试验	144
3.1	湿热腐蚀试验	144
3.2	二氧化硫气体腐蚀试验	145
3.3	硫化氢气体腐蚀试验	146
3.4	青泥腐蚀试验	147
第7章	自然环境中的腐蚀试验	149
1.	大气暴露试验	149
1.1	试验场点选择	149
1.2	暴晒架与试样	150
1.2.1	户外暴晒试验	150
1.2.2	百叶箱试验	151
1.2.3	库内试验	151
1.2.4	试样制备与要求	152
1.3	试验记录与结果评定	153
2.	自然水中的腐蚀试验	154
2.1	海水腐蚀试验	154

2.1.1 试验站	154
2.1.2 试样与框架	155
2.1.3 记录与评定	157
2.2 淡水腐蚀试验	158
3. 土壤腐蚀试验	158
3.1 基本要求	158
3.2 土壤埋置试验	159
3.3 测量与结果评定	160
参考文献	162

第2篇 防腐蚀检测技术

第1章 概论	165
1. 防腐蚀检测的任务和意义	165
2. 防腐蚀检测技术的发展和应 用	166
第2章 阴极保护检测技术	168
1. 引言	168
1.1 阴极保护检测的任务	168
1.2 阴极保护检测技术的基本要求	168
2. 各种检测技术	169
2.1 管地电位测试	170
2.1.1 直接参比法	170
2.1.2 地表参比法	170
2.1.3 近参比法	170
2.1.4 远参比法	171
2.1.5 通断电法	172
2.2 牺牲阳极输出电流测试	173
2.2.1 直接测量法	173
2.2.2 标准电阻法	173
2.2.3 双电流表法	174
2.3 管内电流测试	175
2.3.1 电压降法	175
2.3.2 补偿法	175
2.4 绝缘法兰绝缘性能测试	176

2.4.1	兆欧表法	176
2.4.2	电位法	176
2.4.3	电压电流法	177
2.5	接地电阻测试	178
2.5.1	外加电流接地阳极的接地电阻测试	178
2.5.2	牺牲阳极接地电阻测试	179
2.6	土壤电阻率测试	180
2.7	管道外防腐涂层漏电阻测试	181
2.7.1	外加电流法	181
2.7.2	间歇电流法	182
2.8	故障点确定	184
2.8.1	用直流法检测故障点	185
2.8.2	用交流法检测故障点	186
第3章	涂料涂层检测技术	188
1.	引言	188
1.1	涂料涂层的质量与应用要求	188
1.2	涂料涂层质量的检测与控制	189
1.2.1	金属表面处理质量检测	189
1.2.2	涂料质量控制	192
1.2.3	涂装过程质量控制	193
1.2.4	涂层质量控制	193
2.	涂料性能检测技术	195
2.1	液体涂料性能检测技术	195
2.1.1	颜色与外观	195
2.1.2	密度	195
2.1.3	细度	196
2.1.4	粘度	196
2.1.5	固体含量	198
2.1.6	闪点	198
2.1.7	流平性	199
2.1.8	遮盖力	199
2.1.9	流挂性	199
2.1.10	干燥时间	200

2.2 粉末涂料性能检测技术	201
2.2.1 表观密度	201
2.2.2 粒度和粒度分布	201
2.2.3 挥发份含量	202
2.2.4 倾注性	202
2.2.5 熔融流动性	202
2.2.6 熔融粘度	203
2.2.7 胶凝时间	203
2.2.8 沉积效率	203
3. 涂层性能检测技术	204
3.1 涂层基本性能检测技术	204
3.1.1 颜色与外观	204
3.1.2 厚度	205
3.1.3 回粘性	206
3.1.4 硬度	207
3.1.5 附着力	209
3.1.6 柔韧性	210
3.1.7 冲击强度	211
3.2 涂层应用性能检测技术	212
3.2.1 抗磨损性	212
3.2.2 耐水性	213
3.2.3 耐化学性	213
3.2.4 耐湿热性	213
3.2.5 耐盐雾性	214
3.2.6 耐汽油性	214
3.2.7 耐霉菌性	214
3.2.8 抗污气性	215
3.2.9 耐候性(自然老化)	215
3.2.10 人工老化试验	216
3.2.11 加速腐蚀试验	216
3.2.12 电化学试验方法	217
第4章 缓蚀剂测试评定方法	220
1. 引言	220

1.1	缓蚀剂的性能与特点	220
1.2	缓蚀剂的缓蚀效率	220
2.	缓蚀剂的测试评定试验	221
2.1	失重试验	221
2.2	电化学测试评定	223
2.2.1	活化极化曲线测试与评定	223
2.2.2	钝化极化曲线测试与评定	224
2.2.3	线性极化法	225
2.2.4	交流阻抗法	226
2.2.5	氢渗透电化学法	226
2.3	物理分析技术	228
第5章 暂时性防锈材料的评定试验		230
1.	引言	230
2.	防锈油(脂)的评定试验	230
2.1	大气暴露试验	230
2.2	湿热试验	231
2.2.1	高温高湿试验	231
2.2.2	静态湿热试验	232
2.2.3	快速冷凝试验	232
2.2.4	露点腐蚀试验	232
2.3	盐水腐蚀试验	233
2.3.1	盐水浸泡试验	233
2.3.2	盐雾试验	233
2.3.3	喷盐水试验	234
2.4	透平油腐蚀试验	234
2.5	工业气氛模拟试验	234
2.5.1	二氧化硫气体试验	234
2.5.2	硫磺燃烧静态试验	234
2.5.3	亚硫酸氢钠分解静态试验	235
2.5.4	硫代硫酸钠分解静态试验	235
2.6	叠片试验	236
2.7	中和置换性试验	236
2.7.1	汗液三性试验	236