

矿山设备腐蚀与防护 实用手册

段慎修 程瑞珍 编

煤炭工业出版社

TD401
D-766

矿山设备腐蚀与防护 实用手册

段慎修 程瑞珍 编

煤炭工业出版社

780559

(京)新登字042号

内 容 提 要

手册比较全面地介绍了各种矿山设备防腐蚀技术,内容包括腐蚀与防护的基础理论知识;防腐蚀设计和施工工艺要点;金属、非金属防护涂层;玻璃钢复合材料,工程塑料,防锈油脂,缓蚀剂;电化学保护技术;分析与测试方法和防腐蚀施工实例等,内容紧密结合生产实际,实用性强,对促进矿山防腐蚀技术的推广和发展有重要现实意义和参考价值。

本书可供从事金属、非金属矿山、煤矿设计、建设、生产、管理工作和从事矿山机械、地下工程机械设计、制造、维修工作的工程技术人员、生产和施工人员、管理干部使用,也可供从事军工、地铁、水电、水利等地下工程金属腐蚀与防护工作的有关人员、高等院校的师生参考。

矿山设备腐蚀与防护实用手册

段慎修 程瑞珍 编

责任编辑:顾建中

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本787×1092mm^{1/32} 印张19^{3/4}

字数432千字 印数1—950

1993年10月第1版 1993年10月第1次印刷

ISBN 7-5020-0864-0/TD·801

书号 3630 E 0160 定价 16.90元

前 言

腐蚀是普遍存在而又非常严重的问题，涉及工农业生产和人民生活的各个领域，往往对国民经济的发展产生巨大的影响。据一些工业发达的国家统计，每年由于腐蚀造成的直接损失约占国民生产总值的1%~4%。腐蚀造成的间接损失更加巨大。据我国有关部门的初步调查统计，每年由于腐蚀造成的直接损失约占国民生产总值的3%~4%，其中，以化工、冶金、采矿等行业的腐蚀情况最为严重。

经过多年来的实践，采矿行业逐步认识到，虽然腐蚀是不可避免的，但采取得力措施，可以延缓设备的腐蚀，对安全生产和提高经济效益都有明显效果，因此对防腐工作的重视程度在不断地提高。

为适应矿山井筒装备和井下采掘设备，以及洗选厂设备防腐的需要，我们受煤炭工业出版社和中国腐蚀与防护学会煤炭学科组的委托编写了《矿山设备腐蚀与防护实用手册》一书，供从事矿山防腐工作的广大工程技术人员，以及从事军工、水电、水利、城建等地下工程的有关人员使用。

《矿山设备腐蚀与防护实用手册》，针对矿山井下环境和作业的实际情况，从腐蚀机理和腐蚀程度的评定方法，到各类防腐工程的工艺、技术，以及新型防腐材料的应用，作了比较全面的介绍。同时，还推荐了矿山常用的新技术、新材料、新工艺，包括金属构件酸洗钝化表面处理新工艺；

ABF04/02

矿用长效防腐涂料；玻璃钢和塑料制品，热喷涂、热浸镀、电刷镀、化学镀的生产和施工工艺；防锈润滑脂，液压乳化油等新产品；列举了矿山井筒装备，罐笼与箕斗、排水管道、矿车、矿山机械和电器设备、钢丝绳、洗选设备等防腐工程的实例，以及主要的技术分析和测试方法。内容力图简明扼要，实用，基本上可以满足矿山和其他地下工程有关行业防腐工作的需要。

本手册共分十七章，全书由段慎修同志统稿，其中，第一章至第五章，第十一章至第十三章，第十五章至第十七章由段慎修同志编写，第六章至第十章，第十四章由程瑞珍同志编写。

编写《矿山设备腐蚀与防护实用手册》这类工具书，在国内采矿行业还是第一次，希望本书能为矿山设备的防腐工作作出贡献。

煤炭科学研究总院毛光宁高级工程师在审阅中提出了很多宝贵的意见和建议，在此深表感谢。

编者

1993. 4

目 录

第一章 金属腐蚀与防护基本理论	1
1. 腐蚀的定义	1
2. 金属腐蚀的分类	1
2.1 按照腐蚀机理分类 (1) 2.2 按照腐蚀破坏形态 分类 (2) 2.3 按照腐蚀环境分类 (4)	
3. 电化学腐蚀的机理	6
3.1 金属的电极电位 (6) 3.2 电化学腐蚀机理 (7)	
3.3 腐蚀电池的类型 (13) 3.4 影响金属电化学腐蚀 的因素 (15)	
4. 电位—pH图	18
4.1 几种金属的电位—pH图 (18) 4.2 电位—pH图的 应用及使用限制 (19)	
5. 腐蚀程度的评定方法	20
5.1 金属腐蚀程度评定方法 (20) 5.2 金属耐蚀性评 定标准 (22) 5.3 非金属材料腐蚀程度评定方法 (22)	
5.4 腐蚀速度的单位换算 (22)	
第二章 控制腐蚀的方法	25
1. 选用耐腐蚀的金属材料	26
1.1 采用贵金属和纯金属 (26) 1.2 采用耐蚀合 金 (26)	
2. 提高金属材料的耐蚀性能	33
3. 改善腐蚀环境	33
3.1 调节介质的pH值 (34) 3.2 除去介质中的有害杂 质 (34) 3.3 添加缓蚀剂 (34)	

4. 采用耐蚀复盖层	35
4.1 金属复盖层 (36)	
4.2 非金属复盖层 (36)	
5. 电化学保护	37
6. 采用耐蚀非金属材料	37
7. 设计、施工和管理	38
7.1 防腐设计 (38)	
7.2 防腐施工 (38)	
7.3 防腐管理 (38)	
第三章 防腐涂料	40
1. 涂料的基本知识	40
1.1 涂料的组成 (40)	
1.2 涂料的分类 (40)	
1.3 涂料的命名及表示方法 (40)	
1.4 辅助材料 (43)	
1.5 涂层的保护作用 (44)	
2. 防腐涂料	45
2.1 常用防腐涂料的性能 (45)	
2.2 常用防腐涂料的现场配制 (45)	
2.3 溶剂和稀释剂 (66)	
3. 防腐涂料的选择	66
4. 涂料防护层的施工	71
4.1 涂料使用量的计算 (71)	
4.2 施工方法的选择 (75)	
4.3 涂料施工的要求 (75)	
4.4 对涂层的质量要求 (77)	
4.5 涂装缺陷及预防措施 (86)	
第四章 玻璃钢	87
1. 概述	87
2. 玻璃钢的主要原材料	88
2.1 粘合剂 (88)	
2.2 增强材料 (107)	
2.3 填料、颜料 (114)	
3. 玻璃钢的成型方法	115
3.1 主要成型方法 (115)	
3.2 成型方法的选择 (115)	
3.3 脱模剂 (119)	
4. 玻璃钢的一般配比	121

4.1 手糊成型玻璃钢的一般配比 (121)	4.2 模压成型料的一般配比 (125)	4.3 模压料的工艺条件 (126)
第五章 防腐蚀塑料	128	
1. 塑料的分类及组成	128	
1.1 塑料的分类 (128)	1.2 塑料的组成 (130)	
2. 常用塑料	130	
2.1 聚烯烃 (130)	2.2 聚氯乙烯 (135)	2.3 聚苯乙烯类塑料 (139)
2.4 聚碳酸酯塑料 (双酚A型) (148)		
2.5 聚酰胺 (尼龙) 塑料 (148)		
第六章 电镀	150	
1. 概述	150	
1.1 基本公式 (150)	1.2 影响电镀质量的因素 (151)	
1.3 电镀作业中的安全注意事项 (153)		
2. 镀前处理	154	
2.1 磨光 (154)	2.2 抛光 (156)	
3. 单金属电镀	165	
3.1 电镀锌 (166)	3.2 电镀铜 (172)	3.3 电镀铜 (179)
3.4 电镀镍 (185)	3.5 电镀铬 (194)	
4. 合金电镀	203	
4.1 铜锡合金电镀 (203)	4.2 铅锡合金电镀 (211)	
4.3 镍铁合金电镀 (214)		
第七章 热喷涂	218	
1. 概述	218	
1.1 热喷涂的目的 (218)	1.2 热喷涂工艺分类 (218)	
1.3 热喷涂工艺的特点 (219)	1.4 各种热喷涂工艺比较 (220)	
2. 喷涂材料	224	
2.1 线材 (224)	2.2 粉末材料 (225)	2.3 塑料 (227)

3. 喷涂表面的预处理	251
3.1 金属基体材料的预处理 (251)	
3.2 非金属基体材料的预处理 (251)	
4. 喷涂工艺	252
4.1 火焰喷涂 (252)	
4.2 电弧喷涂 (257)	
4.3 等离子喷涂 (259)	
5. 热喷涂层的选择和涂层系统设计	268
5.1 涂层的选择 (268)	
5.2 涂层性能 (269)	
6. 喷涂层质量事故及分析	276
第八章 热浸镀	278
1. 概述	278
1.1 热浸镀工艺的分类 (278)	
1.2 热浸镀锅 (280)	
1.3 热镀制品的应用 (287)	
2. 热镀锌	289
2.1 铁—锌系二元状态图 (289)	
2.2 锌液温度和浸镀时间对镀层的影响 (290)	
2.3 钢基成分对镀层的影响 (291)	
2.4 锌液成分对镀层的影响 (293)	
2.5 钢铁的热镀锌工艺 (295)	
3. 热镀铝	298
3.1 铁—铝系二元状态图 (299)	
3.2 铝液温度和浸镀时间的影响 (299)	
3.3 钢基成分的影响 (300)	
3.4 铝液中各种添加元素的影响 (300)	
3.5 钢部件的热镀铝工艺 (304)	
4. 热镀锡	306
4.1 铁—锡系二元状态图 (306)	
4.2 镀锡温度与浸镀时间的影响 (306)	
4.3 热镀锡工艺 (307)	
第九章 电刷镀	309
1. 概述	309
1.1 电刷镀的主要特点 (309)	
1.2 电刷镀的应用范	

围 (309)

2. 电刷镀的主要设备 309

 2.1 电源 (310) 2.2 镀笔 (310)

3. 电刷镀表面的修整 314

 3.1 表面修整 (314) 3.2 表面预处理 (315)

4. 电刷镀工艺 316

 4.1 电刷镀溶液 (316) 4.2 各种基材电刷镀工艺流程 (319) 4.3 电刷镀操作中应注意的问题 (319) 4.4 电刷镀溶液使用中应注意的问题 (328) 4.5 电刷镀层附着力不好的原因及解决办法 (330)

第十章 化学镀 331

1. 概述 331

 1.1 化学镀的特点 (331) 1.2 化学镀的条件 (331)

 1.3 化学镀的应用 (331)

2. 化学镀镍 332

 2.1 以次磷酸盐为还原剂镀镍 (332) 2.2 以硼氢化物为还原剂镀镍 (338) 2.3 以胺基硼烷为还原剂镀镍 (339) 2.4 不同金属基体上的化学镀镍 (341)

3. 化学镀铜 345

 3.1 工艺规范 (345) 3.2 溶液配制 (346) 3.3 工艺维护 (349)

4. 化学镀钴 350

 4.1 工艺规范 (351) 4.2 溶液配制与工艺维护 (351)

5. 化学镀镍基合金 352

 5.1 化学镀镍钴合金 (352) 5.2 化学镀镍铁合金 (352)

 5.3 化学镀镍钨合金 (352) 5.4 化学镀镍锡合金 (352)

 5.5 化学镀其他镍基合金 (353)

6. 化学镀钴基合金 359

7. 化学镀其他金属 359

第十一章 阴极保护 362

1. 电化学腐蚀与电化学保护	362
1.1 电化学腐蚀 (362) 1.2 电化学保护 (362) 1.3 电化学保护的分类 (362)	
2. 阴极保护的原理	363
2.1 外电流法阴极保护 (363) 2.2 恒电位法阴极保 护 (363) 2.3 阴极保护的介质条件 (364) 2.4 阴极 保护的有关参数 (365) 2.5 保护电位和保护电流密度 (369)	
3. 牺牲阳极法阴极保护	373
4. 外电源法阴极保护	376
5. 阴极保护的设计	380
5.1 牺牲阳极法阴极保护的设计 (381) 5.2 外电源 法阴极保护的设计 (382)	
6. 参比电极及电位换算	384
6.1 参比电极 (384) 6.2 电位换算 (386)	
第十二章 缓蚀剂	388
1. 缓蚀剂的定义	388
2. 缓蚀剂的分类	388
3. 常用缓蚀剂	391
3.1 无机化合物缓蚀剂 (391) 3.2 有机化合物缓蚀剂 (392) 3.3 缓蚀剂的协合作用 (393) 3.4 缓蚀剂的 工业应用 (395)	
第十三章 表面处理	411
1. 表面处理的质量标准	411
1.1 瑞典《SIS055900》标准 (411) 1.2 美国《SSPC 表面预处理规范》 (412)	
2. 常用的表面除锈方法	414
2.1 喷砂(丸)除锈 (414) 2.2 酸洗除锈 (419)	
3. 金属表面的钝化、磷化和氧化	424
3.1 钢铁设备酸洗后的钝化处理 (424) 3.2 钢铁表面	

的磷化处理 (425) 3.3 钢铁表面的氧化处理 (428)

3.4 有色金属表面的化学氧化 (430)

第十四章 防锈油脂 436

1. 概述 436

1.1 防锈油脂的组成 (436) 1.2 防锈油脂的分类 (436) 1.3 防锈油脂的基本特征 (437)

2. 防锈润滑油脂 437

2.1 防锈润滑油脂的主要理化性质 (437) 2.2 防锈润滑油脂的品种 (441)

3. 防锈油 450

3.1 置换型防锈油 (450) 3.2 溶剂稀释型防锈油 (453) 3.3 封存防锈油 (455)

4. 液压乳化油 (液) 463

4.1 液压乳化油的主要成分 (463) 4.2 液压乳化油的性能 (470) 4.3 液压乳化液的性能 (470)

5. 防锈切削油 (液) 472

6. 钢丝绳防锈脂 (油) 476

6.1 润滑型钢丝绳防锈脂 (476) 6.2 增摩型钢丝绳防锈脂 (油) (478)

第十五章 防腐蚀设计 480

1. 防腐蚀设计的一般原则 480

2. 机械加工设计 485

2.1 焊接对腐蚀的影响 (485) 2.2 不同金属之间的连接 (492) 2.3 轴与轮毂的连接 (494) 2.4 板材的加工应力 (497) 2.5 轴承的防腐蚀 (498) 2.6 管道的防腐蚀设计 (499)

第十六章 防腐施工实例 501

1. 钢铁的表面处理方法 501

1.1 酸洗除锈、钝化处理施工 (501) 1.2 喷砂 (丸)

除锈施工 (504)

2. 矿山井筒装备防腐蚀施工 506
 - 2.1 防腐蚀涂层的选择 (506)
 - 2.2 钢铁构件的表面处理 (507)
 - 2.3 防腐蚀涂层的施工 (507)
 - 2.4 玻璃钢复合材料在井筒装备中的应用 (509)
3. 提升容器 (罐笼、箕斗) 的防腐蚀方法 511
 - 3.1 涂料防护 (511)
 - 3.2 热喷铝防护 (512)
 - 3.3 轻型耐蚀合金提升容器 (513)
4. 酸性水矿井排水系统防腐蚀 514
 - 4.1 泵、阀的防腐蚀 (514)
 - 4.2 弯头、三通等的防腐蚀 (515)
 - 4.3 排水管道防腐蚀 (516)
5. 矿车的防腐蚀、防粘结涂装 518
6. 液压支架 (柱) 防腐蚀 519
 - 6.1 液压支架活柱、缸体的防腐蚀 (519)
 - 6.2 液压支架各种阀类防腐蚀 (525)
 - 6.3 液压支架其他部位的防腐蚀涂装 (525)
 - 6.4 单体液压支柱的防腐蚀方法 (527)
 - 6.5 单体液压支柱的防腐蚀维护和修复 (527)
7. 通风机防腐蚀 528
8. 矿用电器设备防腐蚀 530
 - 8.1 矿用电器防腐涂料的特殊要求 (530)
 - 8.2 防锈底漆 (531)
 - 8.3 防护面漆 (531)
 - 8.4 涂装前的表面处理 (532)
 - 8.5 涂装层数、漆膜厚度及涂装方法 (533)
 - 8.6 漆膜的干燥条件和施工的时间间隔 (533)
 - 8.7 涂料的配套使用 (534)
9. 矿山机械设备的防腐蚀涂装 534
 - 9.1 井下机械设备的防腐蚀涂装 (535)
 - 9.2 露天机械设备的防腐蚀涂装 (537)
10. 矿山井筒装备的防腐蚀维护 538
 - 10.1 防腐蚀维护前的表面处理 (538)
 - 10.2 防腐涂料 (539)
 - 10.3 防腐蚀涂装 (540)

11. 矿用钢丝绳的防腐蚀	540
11.1 钢丝绳材料的选择 (540)	
11.2 钢丝绳结构的选择 (541)	
11.3 钢丝绳的防腐蚀方法 (541)	
11.4 钢丝绳的日常管理 (544)	
12. 大型地面钢铁设施的防腐蚀涂装	544
12.1 热浸镀锌防护层 (545)	
12.2 热喷锌、热喷铝防护层 (545)	
12.3 涂料防护 (546)	
13. 洗选设备的防护方法	549
13.1 金属材料的选择 (549)	
13.2 衬陶瓷 (550)	
13.3 铺、衬铸石 (551)	
13.4 衬橡胶 (551)	
13.5 衬塑料 (552)	
14. 煤气柜的防腐蚀涂装	552
第十七章 分析与测试方法	557
1. 涂料性能测试	557
1.1 涂料粘度的测定 (557)	
1.2 涂料固体含量的测定 (558)	
1.3 涂料比重的测定——比重杯法 (559)	
1.4 涂料使用量的测定 (561)	
1.5 漆膜一般制备法 (562)	
1.6 漆膜干燥时间测定法 (564)	
1.7 漆膜附着力测定法 (566)	
1.8 漆膜柔韧性测定法 (568)	
1.9 漆膜耐冲击强度测定法 (569)	
1.10 漆膜厚度测定法 (570)	
1.11 漆膜耐化学试剂性测定法 (572)	
2. 金属镀层性能的测定	574
2.1 镀层厚度的测定 (574)	
2.2 镀层结合强度试验方法 (580)	
2.3 镀层孔隙率的测定 (582)	
3. 涂层的耐湿热、耐盐雾和耐候性试验	586
3.1 漆膜的制备方法 (586)	
3.2 涂层的耐湿热试验 (587)	
3.3 涂层的耐盐雾试验 (588)	
3.4 漆膜耐候性试验 (590)	
4. 钢丝绳防锈脂的分析	594
4.1 滴点的测定方法 (594)	
4.2 运动粘度的测定方	

- 法 (596) 4.3 滑落试验方法 (599) 4.4 低温性能测定法 (600) 4.5 水溶性酸或碱试验 (602) 4.6 腐蚀试验-紫铜片试验 (603) 4.7 防锈油脂的湿热试验 (604) 4.8 防锈油脂的盐雾试验 (606)
5. 酸洗液、钝化液的分析 607
- 5.1 酸洗溶液中酸浓度的分析 (608) 5.2 酸洗液中
铁离子浓度的分析 (609) 5.3 钝化液中亚硝酸根浓度
的分析 (611)
6. 矿用有机高分子材料安全性能检验 612
- 6.1 阻燃性试验 (612) 6.2 导电性试验 (614)

第一章 金属腐蚀与防护基本理论

1. 腐蚀的定义

随着对腐蚀机理和腐蚀过程认识的逐步加深，腐蚀的定义范围也在不断扩大。当前，腐蚀的定义主要有以下三种：

(1) 在金属材料范围内的定义。金属和周围介质发生化学和电化学作用而引起的破坏称为金属腐蚀。

(2) 在整个材料范围内的定义。材料在周围环境作用下引起的破坏或变质称为腐蚀。

(3) 从热力学观点的定义。金属与周围介质发生作用而转入氧化（离子）态的倾向称为腐蚀。

2. 金属腐蚀的分类

金属腐蚀有多种分类方法，最常见的是按照腐蚀机理、腐蚀破坏形态和腐蚀环境等三种方法分类。

2.1 按照腐蚀机理分类

金属腐蚀按照机理可分为化学腐蚀、电化学腐蚀和物理腐蚀三种。

(1) 化学腐蚀。化学腐蚀是指金属表面与非电解质直接发生纯化学作用而引起的破坏。其主要特点是非电解质中的氧化剂直接与金属表面的原子相互作用而形成腐蚀产物。电子的传递是在金属与氧化剂之间直接进行的，因而没有电流产生。

(2) 电化学腐蚀。电化学腐蚀是指金属表面与离子导电的介质因发生电化学反应而产生的破坏。主要特点是其反应历程可以分成两个相对独立，并且可同时进行的过程——阴极反应和阳极反应。电化学腐蚀产生的电流与反应物质的转移可通过法拉第定律定量地联系起来。

(3) 物理腐蚀。物理腐蚀是指金属由于单纯的物理溶解作用所引起的破坏。其特点是没有化学反应发生，仅仅是物理溶解过程。

2.2 按照腐蚀破坏形态分类

根据金属腐蚀破坏的特征，可把腐蚀分为全面腐蚀和局部腐蚀两大类。

(1) 全面腐蚀。又称均匀腐蚀，是指腐蚀作用以基本相同的速度在整个金属表面同时进行。特点是在整个金属表面的腐蚀速率基本相等，其大小可根据材料和腐蚀介质测算出来，因而其危险性比较小。

(2) 局部腐蚀。是指腐蚀作用仅发生在金属的某一局部区域，其他部位基本没有发生腐蚀，或金属某一部位的腐蚀速度比其他部位的腐蚀速度快得多，呈局部破坏状态。局部腐蚀包括全面腐蚀以外的所有腐蚀形式，如小孔腐蚀，晶间腐蚀，电偶腐蚀，缝隙腐蚀，应力腐蚀破裂，氢脆等。局部腐蚀难以预测，其危险性很大。

a. 小孔腐蚀。亦称点蚀，是指金属表面某一局部区域出现向深处发展的小孔，其腐蚀深度大于其孔径，而其他部位不腐蚀或腐蚀很轻。其特点是蚀孔一旦形成，便具有向深处自动加速发展的能力。

b. 晶间腐蚀。是指发生在金属的晶粒边界和它的邻近区域的一种腐蚀现象。其主要特点是晶粒本身基本没有腐