

管道防腐蚀手册

米琪
李庆林等
编著



中国建筑工业出版社

77.81

9400564

管道防腐蚀手册

米 琪 李庆林 等编著

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

本手册是介绍管道腐蚀及腐蚀防护的工具书。全书由十章组成,内容有:腐蚀原理、钢材表面处理、防腐涂料、涂层保护、电化学保护、强制电流保护、牺牲阳极保护、杂散电流的腐蚀与防护、阴极保护管理、测试技术等。本手册既有基本理论的论述,又便于实际应用。通过对基本理论的了解,运用书中内容可以从事管道的防腐设计、施工、运行管理,并掌握必要的测试技术。

本手册可供城建、石油化工系统从事管道腐蚀及腐蚀防护的工程技术和研究人员参考。也可供从事管道设计、施工人员及大专院校师生参考。

管 道 防 腐 蚀 手 册

米琪 李庆林 等编著

中国建筑工程出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

河北省香河县印刷厂印装

开本: 850×1168毫米1/32 印张: 15 1/4 字数: 407千字

1994年1月第一版 1994年1月第一次印刷

印数: 1—6 100册 定价: 15.00元

ISBN7-112-02197-9/TU·1688

(7217)

前 言

随着我国城市建设事业的发展和城市基础设施的不断加强,各种用途的地下金属管道大量增加,管道的腐蚀及防护,便成为人们面临的一个重要课题。工业发达国家,由于金属腐蚀造成的损失约为国民生产总值的2~4%,这一问题已受到各国的重视。我国管道的腐蚀情况十分严重。当前城市对地下管道有效的防护体系还没有建立起来,标准化体系与技术法规也不完善,每年为更换地下锈蚀管道,要不断投入大量资金,同时,由于腐蚀穿孔,造成洩漏事故也时有发生。实践证明,当采取了有效的防腐蚀措施后,可将腐蚀损失减少30%左右,管道的寿命可大为延长,为国家带来的社会效益和经济效益是可观的。

我国在管道腐蚀控制工程方面已做了大量的工作,总结了不少经验。但是,我们在从事煤气管网腐蚀的调查中,深深感到,我国对管道腐蚀控制技术方面,同先进国家相比差距还很大。这方面的专著或文章也很缺少,需要做大量工作才能赶上。于是我们在工作中便萌生了这样的想法并着手实践:结合我国的实际情况,广泛收集并参考国内外有关管道腐蚀方面的文献,编写这本《管道防腐蚀手册》,以期从事管道腐蚀与防护的专业人员提供有益的参考,为城市管道的防护做些有益的工作。

本书第1~4章及第10章由李庆林编写,第5~9章由米琪编写。阎世华为本书翻译了大量外文资料、高凤英负责本书全部插图的绘制工作,并由米琪对本书进行审定。在编写过程中得到许多同志的关心和帮助,在此一并表示谢意。

本手册系初次编写,无论在手册体系的科学性方面,还是在内容的深度和广度方面都存在不足之处,加之我们水平有限,编写经验不足,难免存在缺点和错误,敬请专家和读者批评指正。

1992年12月

目 录

第一章 金属腐蚀与电化学腐蚀原理	1
第一节 金属腐蚀与腐蚀分类	1
一、腐蚀的定义	1
二、腐蚀的分类	1
三、金属腐蚀速度表示方法	3
第二节 金属的电化学腐蚀	6
一、电极电位	6
二、腐蚀原电池	12
三、极化作用及产生的原因	17
四、氢去极化腐蚀和氧去极化腐蚀	21
五、极化曲线	25
六、腐蚀电池的极化图解	26
七、电位-pH图	28
第三节 埋地管道的腐蚀	30
一、土壤腐蚀	30
二、细菌腐蚀	33
三、杂散电流腐蚀	37
第二章 涂装前钢材表面处理	41
第一节 涂装前钢材表面除锈质量等级标准	41
一、钢材表面原始锈蚀等级	41
二、钢材表面除锈质量等级	42
第二节 清洗	43
一、适用范围	43
二、清洗前后的表面处理	43
三、清洗方法	43
第三节 工具除锈	45
一、工具除锈前的表面处理	45

二、工具除锈方法	45
第四节 喷(抛)射除锈	45
一、喷(抛)射除锈前后的表面处理	45
二、喷(抛)射除锈方法	46
三、喷(抛)射除锈用磨料	47
四、喷(抛)射除锈质量等级的选择	49
第五节 酸洗	51
一、适用范围及外观要求	51
二、酸洗方法	51
第三章 管道防腐常用涂料	54
第一节 涂料的分类、命名和型号组成	54
一、涂料分类原则	54
二、涂料命名原则	55
三、涂料的型号组成	55
第二节 涂料的选用	56
一、选用涂料品种时应考虑的因素	56
二、各种涂装系统对表面处理的最低要求	58
第三节 常用涂料的品种及应用	60
一、防锈漆和底漆	60
二、油脂漆和天然树脂漆	63
三、生漆和漆酚树脂漆	63
四、醇酸树脂漆	66
五、酚醛树脂漆	67
六、沥青漆	68
七、过氯乙烯漆	70
八、乙烯树脂漆	73
九、环氧树脂漆	74
十、聚氨基甲酸酯漆	78
十一、有机硅漆	81
十二、无机富锌漆	81
十三、氟碳化聚乙烯涂料	82
第四章 埋地管道涂层保护	85

第一节 一般规定	85
一、一般要求	85
二、防腐涂层的特性	85
三、输水管道的内防腐	87
第二节 石油沥青防腐层	87
一、材料	87
二、防腐层的等级与结构	88
三、防腐管质量检验	89
四、防腐管生产工艺要求	91
五、防腐管的贮存与搬运	93
六、防腐管道的补口与补伤	94
七、回填前后的检查及竣工资料	94
第三节 环氧煤沥青防腐层	95
一、材料	95
二、防腐层的等级与结构	96
三、防腐层质量评定标准及检查方法	96
四、施工技术要求	99
五、补口及补伤	101
六、搬运、下沟、回填及竣工资料	102
第四节 聚乙烯胶带防腐层	103
一、聚乙烯胶带及底漆	103
二、防腐层等级与结构	105
三、防腐层的质量标准及检查方法	106
四、施工技术要求	107
第五节 聚乙烯“夹克”防腐层	110
一、材料	110
二、防腐层结构	111
三、包覆管质量检验	111
四、包覆管的生产工艺	114
五、堆放与搬运	115
六、补口及漏点修补	115
七、下沟回填	118

第六节 煤焦油磁漆防腐层	119
一、煤焦油磁漆的特性及应用	119
二、防腐等级与结构	120
三、施工技术要求	122
第七节 泡沫塑料一次成型防腐保温层	124
一、材料	124
二、防腐保温层结构及性能指标	126
三、生产工艺要求	126
四、防腐保温层质量检查	130
五、贮存与搬运	132
六、防腐保温层的现场施工及补口	133
第八节 泡沫塑料“管中管”法成型防腐保温层	134
一、材料	134
二、防腐保温层结构及性能指标	137
三、生产工艺要求	138
四、贮存与搬运	140
五、防腐保温层的补口	140
第九节 环氧粉末内涂层	143
一、材料	144
二、粉末内涂层结构	145
三、内涂层质量标准及检验方法	145
第十节 输水管道水泥砂浆衬里	146
一、材料	147
二、衬里前应具备的条件	147
三、衬里	148
四、衬里质量检测及方法	149
五、修补	151
第五章 电化学保护	152
第一节 概论	152
一、定义	152
二、阴极保护与阳极保护	153
第二节 电化学保护原理	154

一、理想极化曲线	154
二、实验极化曲线	156
三、铁类金属的电化学保护法	157
第三节 阳极保护原理	159
一、金属的钝态	159
二、阳极极化曲线	161
三、阳极保护原理	162
四、阳极保护的基本参数	162
第四节 阳极保护的应用	165
一、概述	165
二、阳极保护的主要装置	165
第五节 阴极保护原理与应用	170
一、概述	170
二、应用范围	172
三、阴极保护原理	173
四、阴极保护的方法	175
第六节 阴极保护的基本参数	176
一、最小保护电流密度	176
二、最小保护电位	178
三、最大保护电位	180
第七节 阴极保护的准则	180
第八节 阴极保护的主要装置	182
一、绝缘法兰	182
二、阴极保护测试桩	187
三、检查片	188
四、均压线	190
第九节 缓蚀剂	191
一、定义	191
二、分类	191
三、缓蚀效率	193
四、缓蚀剂的应用	193
五、热力管网的防腐方法	197

第六章 强制电流保护	201
第一节 强制电流保护的设备及装置	201
一、电源设备	201
二、辅助阳极	211
三、参比电极	217
第二节 强制电流阴极保护的设计与计算	219
一、参数的选取	219
二、阴极保护的计算	220
三、强制电流阴极保护的理論计算	225
第三节 阴极保护设计的一般规定	236
一、设计原则	236
二、使用条件	236
三、设计程序	236
四、阴极保护设计	238
第四节 施工与安装	243
一、阳极地床处理	243
二、电缆的选型与施工	248
三、铝热焊剂的应用技术	250
四、阴极保护中的接头处理	252
五、阴极保护施工中的绝缘处理	254
第五节 柔性阳极的阴极保护设计	260
一、柔性阳极技术的产生	260
二、柔性阳极阴极保护的电位曲线特征及优点	261
三、柔性阳极的性能参数	263
四、设计步骤	263
五、安装指南	264
第六节 阴极保护在其它工程中的应用	266
一、埋地电缆的防护	266
二、港湾设施的防护	267
三、船舶的内外防护	268
四、其它方面	268
第七章 牺牲阳极保护	271

第一节 牺牲阳极材料	271
一、对牺牲阳极材料的要求	271
二、牺牲阳极种类及规格型号	272
第二节 牺牲阳极法的设计与计算	282
一、牺牲阳极种类的选择	283
二、牺牲阳极的设计与计算	283
第三节 牺牲阳极的施工	290
一、阳极的检验与组装前的准备	290
二、袋装牺牲阳极的制作	291
三、阳极埋设	292
四、国内牺牲阳极应用举例	295
第四节 牺牲阳极的其它用途	299
一、用作接地体	299
二、作参比电极用	300
三、防干扰接地电池	301
四、作地电位均压装置	301
五、露天贮罐的牺牲阳极保护实例	302
第八章 杂散电流的腐蚀与防护	305
第一节 直流电力系统所产生的腐蚀	305
一、直流干扰腐蚀的产生	305
二、阴极保护系统的干扰腐蚀	308
三、直流干扰腐蚀的判断标准	311
四、干扰腐蚀调查	313
五、干扰腐蚀测试实例分析	314
第二节 直流干扰腐蚀的防护	319
一、减少干扰源电流的洩漏	319
二、避开干扰源的设计原则	320
三、增加回路电阻的原则	320
四、采用排流保护技术	321
第三节 直流排流的实施与评价	324
一、实施细则	324
二、排流效果评价	327

三、排流系统的调整	329
第四节 交流电力线路对埋地管道的交流干扰	329
一、交流干扰的危害	329
二、对管道造成危险影响的高压输电线路的三种状态	330
三、交流干扰的干扰方式与途径	331
四、交流干扰的计算	336
第五节 交流干扰的防护	338
一、对交流干扰的测试	338
二、安全指标	338
三、防护措施	340
第九章 腐蚀的勘测与阴极保护的管理	343
第一节 腐蚀原因调查与实施方法	343
一、腐蚀原因调查的必要性	343
二、腐蚀原因勘测内容	344
三、腐蚀原因调查工作程序	346
四、确定防蚀方法	346
第二节 管线的普查	349
一、普查的内容	349
二、编写各项检测内容报告	354
第三节 阴极保护系统的运行与维护	355
一、阴极保护投入前的准备与验收	355
二、阴极保护投入运行	356
三、阴极保护站的日常管理	357
四、阴极保护系统常见故障判断与处理方法	359
第四节 阴极保护的经济评价	363
一、经济评价的必要性	363
二、计算方法介绍	364
三、基本计算式	365
四、计算项目与计算式	365
五、计算举例	367
第十章 测试技术	371
第一节 土壤理化性质的测定	371

一、含水量的测定	371
二、氯离子的测定	373
三、硫酸根的测定	375
四、水溶盐总量的测定	375
五、氧化还原电位的测定	376
六、pH值的测定	379
七、电阻率的测定	381
八、土壤容重的测定与孔隙度的计算	383
第二节 水腐蚀性测试方法	384
一、试样	384
二、试验介质	386
三、试验方法	386
四、试验结果	390
第三节 阴极保护参数测试方法	392
一、一般规定	393
二、管地电位测试	394
三、牺牲阳极输出电流测试	396
四、管内电流测试	397
五、绝缘法兰绝缘性能测试	400
六、接地电阻测试	402
七、管道外防腐涂层漏电阻测试	404
第四节 电力线路对埋地钢管交流干扰测试方法	406
一、一般规定	406
二、管道交流干扰电压测试	407
三、管道交流参数测试	410
第五节 防腐层厚度的无损测量方法	415
一、仪器	415
二、试验步骤	415
三、精密度	416
第六节 防腐层检漏方法	416
一、仪器	416
二、仪器校准	417

三、试验步骤	417
四、精密度	419
第七节 防腐层阴极剥离试验方法	419
一、意义和用途	419
二、方法概述	420
三、仪器和设备	421
四、试剂和材料	423
五、试件	423
六、试件制备	424
七、方法A的试验步骤	426
八、方法B的试验步骤	427
九、试验报告	429
十、精密度	431
第八节 防腐层特定可弯曲性的试验方法	434
一、方法概述和意义	434
二、试验装置和仪器	435
三、试件和状态调节	435
四、试验步骤	437
五、试验报告	438
第九节 防腐层抗冲击性试验方法	439
一、方法概述和意义	439
二、仪器和设备	439
三、试件与状态调节	442
四、预测试与试验步骤	443
五、计算与试验报告	444
第十节 防腐层化学稳定性试验方法	446
一、方法概述与意义	446
二、仪器、试件及化学介质	447
三、试验步骤及安全措施	449
四、试验报告	450
第十一节 防腐涂料与金属粘结的剪切强度试验方法	451
一、概述	451

二、设备、试件及试件制备.....	452
三、试验步骤与计算.....	454
四、试验报告.....	455
附录1 名词解释.....	456
附录2 现值系数表及现金流量折算系数表.....	466
附录3 现金流量折算系数表.....	468
主要参考文献.....	470

第一章 金属腐蚀与电化学腐蚀原理

第一节 金属腐蚀与腐蚀分类

一、腐 蚀 的 定 义

金属与环境间的物理—化学的相互作用，造成金属性能的改变，导致金属、环境或由其构成的一部分技术体系功能的损坏。

二、腐 蚀 的 分 类

由于金属腐蚀的现象与机理比较复杂，因此金属分类的方法也是多样的，常用的分类方法如下：

（一）按腐蚀环境分类

分为化学介质腐蚀、大气腐蚀、海水腐蚀、土壤腐蚀、杂散电流腐蚀、细菌腐蚀、磨损腐蚀、应力腐蚀和接触腐蚀等。这种分类方法往往有助于人们大致了解不同环境下的腐蚀规律和特征。

（二）按腐蚀反应机理分类

分为化学腐蚀、电化学腐蚀和物理腐蚀等。

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。其反应历程的特点为，在一定条件下，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，即氧化还原反应是在反应粒子相互作用的瞬间于碰撞的那一个反应点上完成的。例如，铝在四氯化碳或乙醇中的腐蚀等就属于化学腐蚀。在化学腐蚀过程中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。实际在生产实践中单纯化学腐蚀的例子是很少见的。

电化学腐蚀，是指金属表面与离子导电的介质（电解质溶液）发生电化学作用而产生的破坏。任何一种按电化学机理进行的腐蚀反应至少包含一个阳极反应和一个阴极反应，并以流过金属内部的电子流和介质中的离子流联系在一起。阳极反应，是金属离子从金属转移到介质中和放出电子的过程，即阳极氧化过程。阴极反应便是介质中氧化剂组分吸收来自阳极的电子的还原过程。电化学腐蚀的特点在于电的腐蚀历程可分为两个相对独立，并且可以同时进行的过程。由于在被腐蚀的金属表面上一般具有隔离的阳极区和阴极区，腐蚀反应过程中电子的传递可通过金属从阳极区流向阴极区，其结果有电流产生。

电化学腐蚀是最普遍、最常见的腐蚀。金属在各种电解质水溶液中，在大气、海水和土壤中的腐蚀都属于这一类型。一般说来，金属的电化学腐蚀要比金属的化学腐蚀强烈得多。金属的破坏大多数是电化学腐蚀所致。

物理腐蚀是指单纯的物理溶解作用引起的破坏。许多金属在与高温熔盐、熔碱、液态金属相接触时会出现这种腐蚀。例如，用来盛熔融锌的钢容器，会被液态锌熔解变薄。

（三）按腐蚀破坏的特征分类

分为全面腐蚀和局部腐蚀两大类，见图 1-1-1 所示。全面腐蚀系指腐蚀分布在金属表面上，它可以是均匀的，也可以是不均匀的。一般说，这种腐蚀危害性不大，易于控制和监测。局部腐蚀系指腐蚀主要集中在金属表面的一定区域，其它部位则不受什么影响。往往在整体较好的情况下，发生局部破坏而引起灾难性事故。这类腐蚀破坏，不论是控制还是监测方面，都是比较困难的。

局部腐蚀又可以分为电偶腐蚀、隙缝腐蚀、小孔腐蚀、晶间腐蚀、选择性腐蚀、应力腐蚀、磨蚀性腐蚀和氢脆等。