

防腐保温保冷工程 设计与施工 手册

赵应龙等 主编

石油大学出版社

责任编辑: 伍仁祖
封面设计: 王凌波

ISBN 7-5636-0671-8



9 787563 606719 >

ISBN 7-5636-0671-8/TB-06

定价: 87.00元

TG174

Z-923

防腐保温保冷 工程设计与施工手册

赵应龙等 编著

石油大学出版社

846197



防腐保温保冷工程设计与施工手册

赵应龙等 编著

*

石油大学出版社出版发行

(山东省东营市)

新华书店经销

山东电子工业印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 36.375 印张 931 千字

1996 年 10 月第 1 版 1996 年 10 月第 1 次印刷

印数 1—3000 册

ISBN 7-5636-0671-8/TB·06

定价:87.00 元

新华书店

PDG

前 言

金属腐蚀是十分普遍、非常严重的,它遍及工农业生产和国防建设的各个部门,给国民经济带来巨大的经济损失和钢铁消耗。据调查统计,每年由于金属腐蚀造成的经济损失约占国民经济总产值的2%~4%。美国1982年因金属腐蚀造成的经济损失1260亿美元,约占国民总产值的4.2%;英国1970年的腐蚀损失为89亿美元,占国民总产值的3.5%。我国没有完整的统计数字,根据化工、冶金系统10个企业的调查,腐蚀也是十分严重的,腐蚀损失占被调查企业总产值的1.6%~3.97%,专家们估计我国金属腐蚀损失约占国民生产总值的2%。腐蚀还可能对环境造成污染,甚至产生不安全事故。由此可见,金属的防腐蚀具有十分重大的意义。

能源是发展国民经济的物质基础。节约能源是国家能源工作的基本方针。做好设备、管道的绝热工作是节约能源的重要方面。

随着我国“四化”建设的迅速发展,对设备、管道、容器的防腐、保温、保冷工作提出了越来越高的要求。我国广大工程技术人员在与腐蚀作斗争中,在节约能源的工作中做了大量的研究工作,研究出了许多新技术、新工艺、新材料,积累了丰富的防腐、保温、保冷经验。本手册在总结这些实践经验的基础上参考了国外一些新技术资料,希望这部《防腐保温保冷设计与施工手册》能为广大设计、施工工程技术人员提供帮助。

本手册内容包括:腐蚀概论,耐蚀材料选择与结构设计,腐蚀介质处理与缓蚀剂的应用,控制硫化氢、二氧化碳腐蚀的措施,覆盖层防护,电法保护,工业建筑防腐蚀,设备管道保温,设备管道保冷以及设计与施工管理等十一章。

本手册由赵应龙主编,参加编写的还有华震宇(编写第八章)、唐孝芳(编写第九章)、胡世信(编写第六章第四节)、林雪梅(编写第四章)

等。本书由郑家燊教授审稿。编写过程中还得到刘正规、严明、何峰等同志的协助,特此表示感谢。

由于编者水平有限,经验不足,书中一定有不少缺点和错误,恳切希望读者批评指正。

编 者

1996 年 5 月



内 容 提 要

本手册在总结我国近几十年防腐、保温实践经验的基础上,收集了国内外许多专家的 89 篇论文、图表和 91 本标准、规范编著而成。全书共分十一章,主要包括金属腐蚀与防护的基础理论,实用的防腐设计与施工,实用的保温、保冷设计与施工。手册涉及石油地面工程、城市煤气、给水排水、供热保冷工程、化工设备、管道以及工业建筑等方面。

本书可供从事防腐、绝热工作的科研、设计、施工工程技术人员和生产管理人员使用,也可供大专院校师生阅读参考。



目 录

第一章 腐蚀概论.....	(1)
第一节 金属腐蚀的分类及其破坏形式.....	(1)
一、金属腐蚀分类.....	(1)
二、腐蚀分类.....	(2)
第二节 电化学腐蚀的基本原理.....	(2)
一、与腐蚀有关的金属及电解质溶液的基本特征.....	(2)
二、双电层和电极电位.....	(4)
三、电化学腐蚀过程.....	(9)
四、极化作用和去极化作用.....	(10)
第三节 腐蚀因素的调查.....	(15)
一、土壤.....	(15)
二、水.....	(18)
三、大气.....	(20)
四、未处理的天然气.....	(21)
五、未经处理的原油(以下简称原油).....	(23)
六、微生物.....	(23)
七、大气中杂散电流.....	(23)
八、化工介质.....	(26)
第四节 防腐蚀方法与方案评选.....	(28)
一、防腐措施的依据(电化学腐蚀).....	(28)
二、防腐蚀方法.....	(28)
三、各种防腐蚀方法的评选(经济评价).....	(29)
第二章 耐蚀材料选择与结构设计.....	(33)
第一节 材料选择.....	(33)
一、正确选择耐蚀材料.....	(33)
二、常用钢材的主要性能.....	(34)
三、石油地面工程常用主要钢材与合金.....	(43)
四、耐大气腐蚀的低合金钢.....	(43)
五、碳钢和铸铁在化工介质中的耐蚀性.....	(43)
六、非金属材料.....	(72)
第二节 合理设计金属结构.....	(90)
一、一般原则.....	(90)
二、管道设计.....	(90)
三、管卡.....	(90)

四、储罐和容器	(91)
第三节 玻璃钢	(91)
一、玻璃钢的增强材料	(92)
二、玻璃纤维的表面处理	(97)
三、玻璃钢的基本材料——合成树脂	(99)
四、玻璃钢的耐腐蚀性	(122)
五、玻璃钢内衬设备	(128)
第三章 腐蚀介质处理与缓蚀剂的应用	(136)
第一节 介质处理	(136)
一、脱除水中的氧	(136)
二、脱除水中的硫化氢	(137)
三、杀菌	(137)
四、天然气的净化处理	(139)
第二节 缓蚀剂的应用	(140)
一、缓蚀剂分类	(140)
二、影响缓蚀作用的因素	(141)
三、缓蚀剂在石油工业中的应用	(142)
四、缓蚀剂在冶金和机械工业中的应用	(144)
第四章 控制硫化氢、二氧化碳腐蚀的措施	(145)
第一节 腐蚀类型及破坏特点	(146)
一、阳极铁溶解导致的均匀腐蚀或局部腐蚀	(145)
二、氢原子导致的开裂	(145)
第二节 控制均匀腐蚀或局部腐蚀的措施	(146)
第三节 控制 SSC 的措施	(146)
一、控制环境因素	(146)
二、选用抗 SSC 材料	(147)
三、选用抗 SSC 阀件、仪表	(147)
第四节 控制 HIC 的措施	(148)
一、控制环境因素	(148)
二、改善管线钢和容器的抗 HIC 性能	(148)
第五章 覆盖层防护	(149)
第一节 涂料覆盖层	(149)
一、涂料的分类、命名和对防腐蚀的要求	(149)
二、涂料覆盖层设计的一般原则	(154)
第二节 管道外覆盖层	(156)
一、石油沥青覆盖层	(156)
二、煤焦油瓷漆覆盖层	(159)
三、聚乙烯覆盖层	(163)
四、胶粘带覆盖层	(170)
五、溶结环氧粉末	(173)

六、环氧煤沥青防腐覆盖层	(176)
七、环氧粉末、聚乙烯复合覆盖层	(179)
第三节 管道内壁覆盖层	(180)
一、水泥砂浆覆盖层	(180)
二、管道内壁熔结环氧粉末覆盖层	(183)
三、管道内壁环氧煤沥青覆盖层	(184)
四、管道内壁 H87 覆盖层	(185)
五、管道内壁有机涂层施工工艺	(186)
第四节 钢质容器等的覆盖层	(190)
一、内覆盖层	(190)
二、金属容器和构筑物的外壁覆盖层	(195)
第五节 特种涂料	(205)
一、E61-A 型特种耐高温涂料	(205)
二、其他特种涂料	(207)
第六节 表面处理	(208)
一、金属的表现处理	(208)
二、非金属的表面处理	(218)
第六章 电法保护	(221)
第一节 长输管道阴极保护	(221)
一、阴极保护系统的类型	(221)
二、阴极保护系统的选择原则	(221)
三、阴极保护系统设计的主要目的	(222)
四、设计应收集的资料	(222)
五、阴极保护标准与最大保护电位	(222)
六、外加电流阴极保护系统的设计	(223)
七、牺牲阳极阴极保护的设计	(233)
第二节 容器阴极保护	(238)
一、设计基本原则	(238)
二、系统的选择	(238)
三、阳极的安装	(239)
四、参比电极的装设	(239)
五、监测和记录	(240)
六、安全	(241)
第三节 区域性阴极保护与油井套管阴极保护设计	(241)
一、区域性阴极保护的特点	(241)
二、适应油田区域性阴极保护的设计措施	(242)
三、保护电流所需量的确定	(242)
四、阴极保护系统的设计	(245)
第四节 城市地下金属构筑物的阴极保护	(248)
一、城市地下金属构筑物的特点	(248)

二、认真作好现况调查	(248)
三、保护方式选择	(248)
四、工艺计算	(248)
五、牺牲阳极的施工	(251)
第五节 直流杂散电流影响的防护措施	(251)
一、杂散电流的防护	(251)
二、排流保护的设计	(254)
三、排流效果的评定	(261)
四、杂散电流的勘测	(263)
第六节 交流杂散电流影响的防护措施	(265)
一、交流杂散电流对钢质管道影响的防护设计	(266)
二、安全防护措施	(268)
第七节 阴极保护常用的主要设备材料	(270)
一、主要设备	(270)
二、主要阳极材料	(271)
三、长效参比电极	(277)
四、阴极保护工程中电缆焊接的铝热焊剂及模具	(277)
第七章 工业建筑防腐蚀	(278)
第一节 腐蚀性分级与总平面布置	(278)
一、腐蚀性分级	(278)
二、总平面及建筑布置	(282)
第二节 结构	(283)
一、混凝土结构	(283)
二、钢结构	(284)
三、砌体结构	(285)
四、木结构	(285)
五、地基	(286)
六、基础	(286)
七、桩基础	(287)
第三节 建筑防护	(287)
一、地面	(287)
二、设备基础	(291)
三、地沟和地坑	(291)
四、构件的表面防护	(292)
五、门窗	(293)
六、屋面	(293)
第四节 构筑物	(294)
一、储槽、污水处理池	(294)
二、室外管架	(295)
三、排气筒	(295)

第五节 材料	(297)
一、一般规定	(297)
二、水泥砂浆和混凝土	(297)
三、耐腐蚀块材	(297)
四、木材	(297)
五、金属	(298)
六、塑料	(298)
七、沥青类材料	(298)
八、水玻璃类材料	(298)
九、树脂类材料	(299)
十、防腐蚀涂料	(299)
十一、几种材料的配合比	(300)
第八章 化工装置的防腐蚀	(306)
第一节 橡胶衬里	(306)
一、概述	(306)
二、橡胶的性能	(307)
三、橡胶板的配方、规格和选用	(309)
四、对衬橡胶设备及橡胶的要求	(313)
五、橡胶衬里的施工方法	(315)
第二节 砖板衬里	(330)
一、设备的结构与表面处理	(331)
二、衬里层的结构选择	(332)
三、砖板材料	(346)
四、胶合剂与衬里施工	(349)
第三节 衬铅和搪铅设备	(354)
一、对衬铅、搪铅设备的要求	(355)
二、铅焊的施工	(355)
三、衬铅的施工	(357)
四、搪铅的施工	(359)
第九章 设备管道保温	(366)
第一节 保温设计范围和基本原则	(366)
一、保温设计范围	(366)
二、保温设计的基本原则	(366)
三、设备和管道涂油漆的原则	(366)
第二节 保温层厚度的确定	(367)
一、保温层厚度计算原则	(367)
二、保温层厚度计算方法	(367)
第三节 保温结构	(375)
一、保温结构的基本要求	(375)
二、保温结构形式	(375)

第四节 保温设备和管道的防腐与涂色·····	(385)
一、防腐·····	(385)
二、涂色·····	(385)
第五节 保温材料·····	(386)
一、保温层材料的选择·····	(386)
二、保温层材料的性能·····	(386)
三、保护层品种的特性·····	(388)
四、辅助材料·····	(390)
第六节 设计选用参考表·····	(392)
第七节 保温层施工技术要求及质量检测·····	(441)
一、一般施工技术要求·····	(441)
二、捆扎法施工要求·····	(442)
三、粘结法保温施工要求·····	(442)
四、填充法保温施工要求·····	(442)
五、缠绕法保温施工要求·····	(443)
六、喷涂法保温施工要求·····	(443)
七、质量检测·····	(443)
第八节 保温层施工·····	(444)
一、硬质聚氨酯泡沫塑料保温层的施工·····	(445)
二、密封及防水涂料·····	(453)
三、金属保护层·····	(455)
四、毡布保护层·····	(456)
五、膨胀伸缩缝·····	(456)
第十章 设备管道保冷·····	(458)
第一节 保冷范围与计算·····	(458)
一、范围·····	(458)
二、计算·····	(458)
第二节 保冷结构·····	(495)
一、保冷结构的基本要求·····	(495)
二、保冷结构的组成·····	(495)
三、几种保冷结构·····	(497)
四、保冷结构图·····	(497)
第三节 保冷材料的选用与耗用量计算·····	(511)
一、保冷材料的选用·····	(511)
二、保冷材料耗用量计算表·····	(511)
第四节 保冷结构施工技术要求及质量检测·····	(520)
一、一般施工技术要求·····	(520)
二、质量检测·····	(520)
第五节 保冷工程的施工·····	(520)
一、一般要求·····	(520)

二、保冷工程的几种施工方法	(520)
三、保护层	(522)
第十一章 设计与施工管理	(525)
第一节 设计管理	(525)
一、本专业职责范围和各设计阶段的任务及与其他专业的分工	(525)
二、防腐、保温保冷专业在各设计阶段的工序管理	(526)
三、防腐、保温保冷专业设计文件校审细则	(529)
四、防腐、保温保冷专业与其他专业在各设计阶段的资料交接	(532)
五、防腐、保温保冷专业应遵循的标准、规范和技术规定	(533)
六、防腐、保温保冷专业设计文件的内容及深度	(534)
第二节 施工管理	(536)
一、项目管理的内容与形式	(536)
二、项目经理与项目管理组织	(537)
三、项目承包与项目管理的实施	(542)
四、技术管理的任务与要求	(546)
五、工地技术管理内容和岗位职责	(548)
六、施工工艺(技术措施)的编制	(550)
七、施工过程中工地必须贯彻执行的技术管理制度	(552)
八、竣工验收阶段工地技术管理	(555)
九、工程质量管理	(557)
参考文献及资料	(570)

第一章 腐蚀概论

金属表面与周围介质发生化学及电化学反应而遭到破坏叫做金属腐蚀。

金属腐蚀给国民经济带来巨大损失,同时可能造成环境污染和产生事故,并影响生产的安全正常进行。

为了减轻金属腐蚀带来的损失,研究发生腐蚀的原因及防护方法是十分有意义的。

第一节 金属腐蚀的分类及其破坏形式

金属与外部介质发生化学或电化学反应而引起的破坏称为腐蚀。从热力学的观点来看,除少数贵金属(如金、铂)外,其余各种金属都有与周围介质发生作用转变成离子的倾向,也就是说金属腐蚀是自然趋势,它是普遍存在的。

一、金属腐蚀分类

金属腐蚀一般可分为两大类:

1. 化学腐蚀

化学腐蚀是因金属表面与介质发生化学作用而引起的。它的特点是在作用进行中没有电流产生。化学腐蚀又可分为如下两类:

1) 气体腐蚀

金属在干燥气体中发生的腐蚀,称为气体腐蚀。它一般是指在高温时金属的氧化腐蚀,如轧钢、氧气切割时生成氧化物,内燃机活塞的烧坏等。

2) 在非电解质溶液中的腐蚀

这是指金属在不导电的液体(如酒精、石油等)中发生的腐蚀。

2. 电化学腐蚀

电化学腐蚀的特点是在腐蚀过程中伴随有电流产生。按其所接触环境的不同,可以把电化学腐蚀分为如下几类:

1) 大气腐蚀

腐蚀是在潮湿的气体(如空气)中进行。

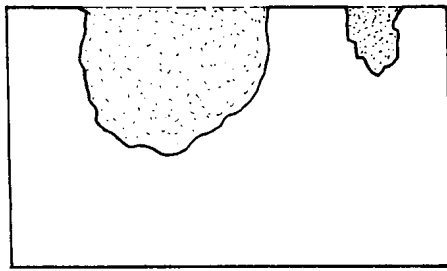
2) 土壤腐蚀

3) 在电解质溶液中的腐蚀

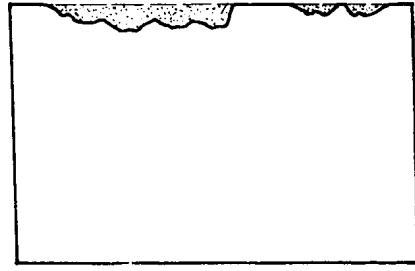
这类腐蚀极其广泛,大自然的水及大部分水溶液对金属结构的腐蚀(例如在海水和酸、碱、盐的水溶液中所发生的腐蚀)都属于这一类。

4) 在熔融盐中的腐蚀

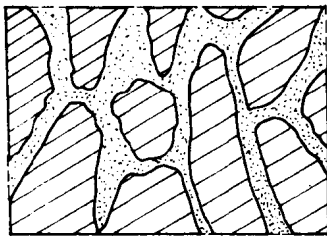
例如在熔盐加热炉中,电极及所处理的金属发生的腐蚀。



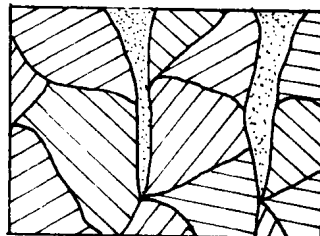
脓疮腐蚀



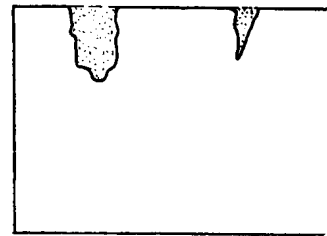
斑点腐蚀



晶间腐蚀



穿晶粒腐蚀



孔腐蚀

图 1-1-1 局部腐蚀的几种形式

二、腐蚀分类

按腐蚀破坏的形式可以把腐蚀分为两大类：

1. 局部腐蚀

它包括斑点腐蚀、脓疮腐蚀、孔蚀、晶间腐蚀、穿晶粒腐蚀、选择腐蚀等，见图 1-1-1 所示。

2. 均匀腐蚀

均匀腐蚀的形状见图 1-1-2 所示。

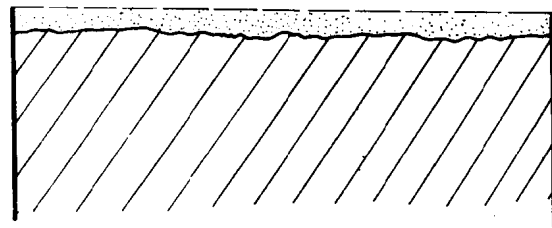


图 1-1-2 均匀腐蚀

第二节 电化学腐蚀的基本原理

电化学腐蚀是金属腐蚀的主要类型，而且造成的危害也比较大，这是本书介绍的主要内容。

一、与腐蚀有关的金属及电解质溶液的基本特征

1. 金属

1) 晶体特性

金属或合金在固体状态时都是晶体。在金属内部,金属离子以一定规律紧密排列在一起形成晶格。而若干个晶格又结合成无数个外形不规则的晶粒,金属就是这些晶粒堆积而成。晶体中的电子以很高的速度无秩序地在内部运动,形成所谓“电子气”,“电子气”在电位作用下能产生定向运动,形成电流,因此金属具有很高的导电性。

2) 逸出性

外加能量能使金属离子-原子或电子逸出金属表面。

3) 吸附性

金属表面具有吸附分子、原子、离子、极性分子的能力。

4) 晶间薄弱性

金属是由外形不规则的晶粒堆积而成。晶粒间必然存在着空穴、挤压,使边沿晶格扭曲或破坏。所以在晶粒间界的金属离子-原子具有较高的晶格能,对于内部来说是不稳定的;在金属结晶过程中,由于杂质的凝固点都较一般金属本身低,最后才能凝固,所以杂质大多停留在晶间;另外,由于热处理和焊接等原因,可能在晶间析出新组分,在电化学腐蚀中形成电极。基于以上三个原因,所以晶间耐蚀能力一般低于晶粒内部。

5) 表面物理状态不均一性

金属的机械加工(切削、研磨、抛光等)使金属表面形成一定厚度的变形层。在变形层的外表面处,金属的结晶点阵几乎全被破坏,所以金属表面不同部位具有不同的吸附能力和电化学活性。

2. 电解质溶液

所谓电解质就是在溶解或熔化状态下能够导电的化合物。如 H_2SO_4 、 NaCl 、 NaOH 等都是电解质。电解质溶于水所形成的溶液称为电解质溶液,油田污水、海水等都是电解质溶液。电解质溶液的主要特征有两个:

1) 导电性

电解质溶液能导电。其原因是溶质分子全部(强电解质)或部分地(弱电解质)在溶液中或熔化状态下解离成带正电的阳离子和带负电的阴离子。其中酸分子解离成带正电的 H^+ 和带负电的酸根离子 R^- ;碱分子解离成金属离子 Me^+ 和氢氧根离子 OH^- ;盐分子解离为金属离子 Me^+ 和酸根离子 R^- 。这些带有电性的离子在直流电场作用下产生定向运动,其中阳离子向阴极,阴离子向阳极运动,并在电极上放电而形成电流。

这里需要说明的是:金属和电解质溶液的导电机理是不同的。金属是第一类导体。电流是电子在电场作用下,电子由低电位向高电位的移动,在整个过程中并没有显著的物质迁移现象。而电解质溶液是第二类导体,电荷的迁移是靠正负离子的反向运动来完成的,在此过程中有显著的物质迁移现象。

2) 水化作用

解离的电解质离子和溶剂水分子之间发生静电吸引,离子和水分子结合(被包围),此现象被称为水化作用。

发生水化作用的原因是因为水分子是极性分子(偶极分子),水的分子式为 H_2O ,但水的内部结构不是以 $\text{H}-\text{O}-\text{H}$ 的对称排列,而是三角形分布, H 原子偏于一端形成 $104^\circ 40'$ 的夹角(如图 1-2-1)。由于这种结构,偏于 H 这端就显“+”性,而 O 的一端出现“-”性,所以水分子是带有正负电极的极性分子。在电解质溶液中,因水的极性,离子与水分子之间发生静电吸引