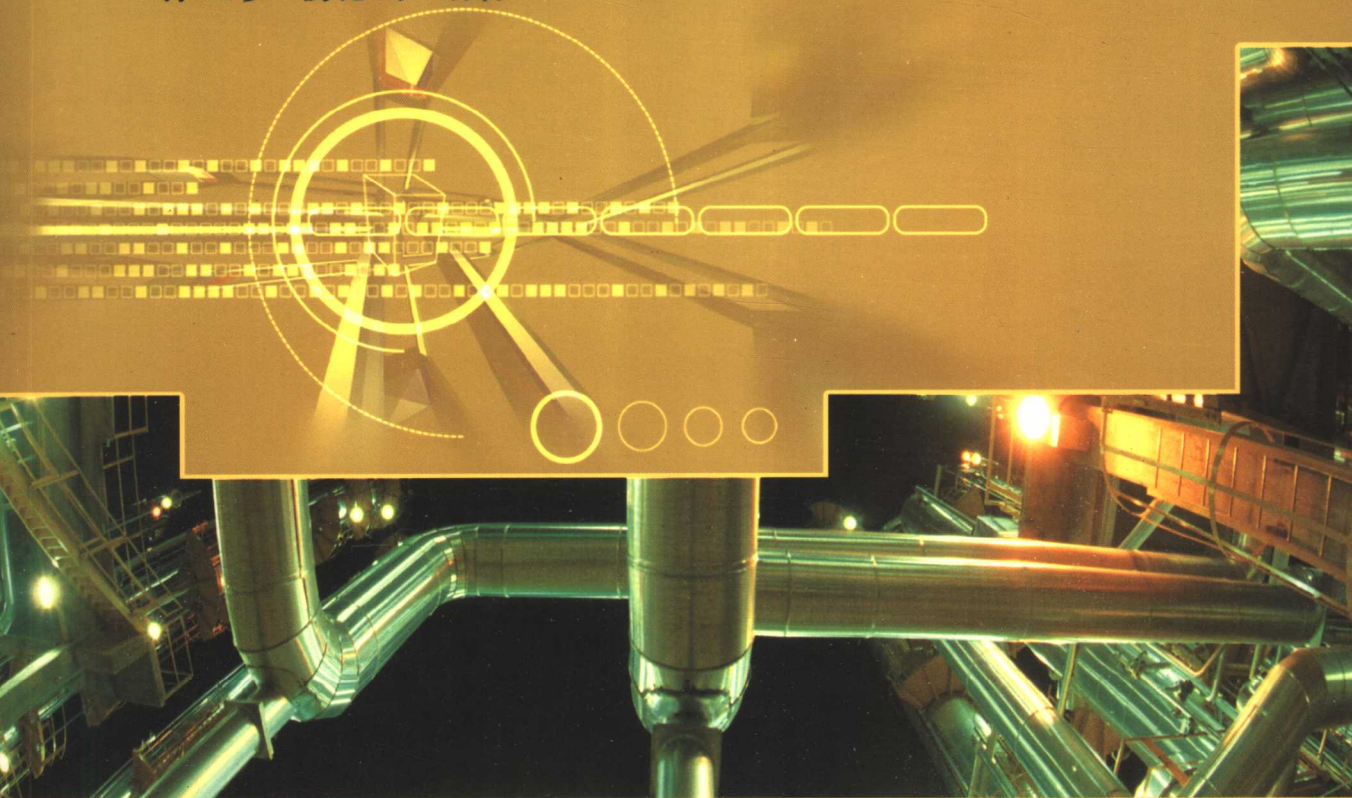


防 腐 蚀 工 程 师 必 读 丛 书

腐 蚀 和 腐 蚀 控 制 原 理

林玉珍 杨德钧 编著



中國石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

防腐蚀工程师必读丛书

腐蚀和腐蚀控制原理

林玉珍 杨德钧 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

《腐蚀和腐蚀控制原理》为《防腐蚀工程师必读丛书》之一，由中国腐蚀与防护学会组织专家编写。本书主要介绍金属腐蚀的电化学理论，内容包括两部分。第一部分(第1章至第6章)紧紧抓住腐蚀金属电极的特点，在有关可逆过程电化学理论的基础上，阐明腐蚀电极过程的热力学和动力学理论，重点结合讨论了氢和氧两类去极化腐蚀、金属的钝化和常见的局部腐蚀。第二部分(第7章至第15章)介绍了金属在各种典型环境下的腐蚀、影响腐蚀的各种因素、合理的防腐设计及腐蚀控制的途径，还增加了对国民经济重要领域的工业系统(石油、化工、电力等)中的腐蚀及其控制问题的具体剖析，以加深对腐蚀理论的理解，体验理论对解决实际问题的重要意义。

本书是腐蚀科学的基本读物，可作为防腐蚀工程师技术资格认证培训教材，也可供腐蚀工程科技工作者及高等学校材料等专业的教师和学生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

腐蚀和腐蚀控制原理/林玉珍,杨德钧编著.
—北京:中国石化出版社,2007
(防腐蚀工程师必读丛书)
ISBN 978-7-80229-215-4

I.腐… II.①林… ②杨… III.腐蚀-控制 IV.TB304

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 134256 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

中国石化出版社图文中心排版

河北天普润印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787 × 1092 毫米 16 开本 23.75 印张 581 千字

2007 年 3 月第 1 版 2007 年 3 月第 1 次印刷

定价:48.00 元

《防腐蚀工程师必读丛书》 编写委员会

名誉主任委员	柯 伟					
主任委员	吴荫顺					
副主任委员	左 禹	李金桂	杨德钧	赵 怡		
委 员	左 禹	米 琪	李久青	李金桂	吴荫顺	
	杜翠薇	杨德钧	林玉珍	郑家燊	高 瑾	
	曹 备	熊金平				

序

金属材料在自然条件或工况条件下，由于与其所处环境介质发生化学或电化学反应而引起的退化和破坏，这种现象称为腐蚀，其中也包括上述因素与力学因素或生物因素的共同作用。某种物理作用(例如金属材料在某些液态金属中的物理溶解现象)也可以归入金属腐蚀范畴。

腐蚀问题遍及各个部门及行业，对国民经济发展、人类生活和社会环境产生了巨大危害。据统计，各国由于腐蚀破坏造成的年度经济损失约占当年国民经济生产总值的1.5%~4.2%，随各国不同的经济发达程度和腐蚀控制水平而异。根据《中国腐蚀调查报告》的资料，我国近年来的年腐蚀损失约为5000亿元(约占国民经济生产总值的5%)，这是一个十分惊人的经济损失数字。除了腐蚀的经济性问题之外，腐蚀过程和结果实际上也是对地球上有限资源和能源的极大浪费，对自然环境的严重污染，对正常工业生产和人们生活的重大干扰，并给人们带来不可忽视的社会安全性问题。腐蚀问题还可成为阻碍高新技术发展和国民经济持续发展的重要制约因素。

腐蚀与防护是一个很重要的学科，它涉及许多对国民经济发展有着重要影响的行业。普遍地、正确地选用适当的腐蚀控制技术和方法，可以防止或减缓腐蚀破坏，最大程度地减轻可能由腐蚀造成的经济损失和社会危害。一般认为，只要充分利用现有的腐蚀控制技术，就可使腐蚀损失降低(挽回)25%~30%。采用适当的腐蚀控制措施和预防对策，其能够达到的目标是：可以保障公共安全，防止工业设备损伤破坏，保护环境，节约资源能源，以及挽回数以百亿、千亿元的腐蚀损失。

腐蚀结果表现为多种不同的类型，在不同条件下引起金属腐蚀的原因不尽相同，而且影响因素也非常复杂。因此，根据不同的金属/介质体系和不同的工况条件，迄今已发展出多种有效的防腐蚀技术(腐蚀控制措施)，内容非常丰富。每一种防腐蚀技术都有其适用范围和条件，只要掌握了它们的原理、技术和工程应用条件，就可以获得令人满意的防腐蚀效果。对国民经济建设的贡献将是巨大的。

当前，随着国民经济的迅速发展，我国腐蚀科学和防腐蚀工程技术领域迎来了又一个春天。防腐蚀市场的发展和巨大需求，给腐蚀科学和防腐蚀工程业界的广大科研人员和工程技术人员带来了极大的机遇。为和腐蚀作斗争，满足国民经济的巨大需求，就需要拥有大量高水平的科技人才和一支很大的防腐蚀从业人员队伍。在开展腐蚀科学研究、发展和推广应用防腐蚀技术、精心实施防腐蚀工程项目的同时，我们还应高度重视防腐蚀教育工作，培养一大批合格的、能满足国民经济需要的各类人才。

中国腐蚀与防护学会经国家主管部门授权，试点开展防腐蚀工程师(系列)技术资格认证工作。同时，对需要提高腐蚀与防护专业知识水平的人员，中国腐蚀与防护学会将组织专业培训和考试。为此中国腐蚀与防护学会组织编写了《防腐蚀工程师技术资格认证考试指南》(中国石化出版社出版，2005年1月)。为了适应防腐蚀工程师(系列)技术资格认证工作的需求，以及满足腐蚀学科与防腐蚀行业的科研人员和工程技术人员进一步学习的需要，中国腐蚀与防护学会和中国石化出版社又共同组织编写了一套《防腐蚀工程师必读丛书》。这套丛书包括《腐蚀和腐蚀控制原理》(林玉珍、杨德钧)、《工程材料及其耐蚀性》(左禹、熊金平)、《表面工程技术和缓蚀剂》(李金桂、郑家荣)、《阴极保护和阳极保护——原理、技术及工程应用》(吴荫顺、曹备)、《防腐蚀涂料与涂装》(高瑾、米琪)、《腐蚀试验方法及监测技术》(李久青、杜翠薇)共6册。在编写过程中，力求理论联系实际，深入浅出，通俗易懂，便于自学，尽可能结合防腐蚀工程案例，使它们既可用作技术资格认证培训的参考书，也可作为广大科技工作者的科技参考书。

丛书编委会由中国腐蚀与防护学会邀请本学科、本行业的专家教授组成。由于时间短促和限于作者水平，书中缺点错误在所难免，敬请广大读者指正；当然，作者和编委会努力将缺点错误减至最少。我们期望这套丛书对感兴趣的读者有所裨益，对我国的国民经济建设能有所贡献。

《防腐蚀工程师必读丛书》

编写委员会

前 言

腐蚀与腐蚀控制原理主要介绍腐蚀电化学理论，其研究对象是非平衡体系中的金属电极系统，而不是平衡体系中的理想电极系统。该电极系统有两个特点：其一是在没有外电流的自然电位情况下，腐蚀金属电极上有两个或两个以上的电极过程同时进行，腐蚀电位是两个或两个以上电极反应耦合的非平衡电极电位，实质上可以说是一个多电极系统。其二是与一般的电化学过程不同，腐蚀金属电极上所发生的电极过程，通常是不可逆过程，而前者主要是可逆状态下的电化学过程。因此，在分析和研究腐蚀问题时，必须要注意这些特点和区别，否则就不会得到正确结果。

本书的特点之一是抓住腐蚀金属电极系统的特点，在有关可逆过程电化学理论的基础上，进一步阐明腐蚀电极过程的热力学和动力学理论。为此，补充并加强讨论了与金属腐蚀相关的电极过程的不可逆热力学问题。

本书的另一个特点是强调基本概念、基本原理，但更注重这些原理的实际应用。讨论腐蚀过程动力学，结合两类常见的氢和氧的去极化腐蚀、金属的钝化以及常见的局部腐蚀，介绍典型的环境介质，讨论腐蚀的发生、发展，揭示机制，以寻找有效的腐蚀控制途径。由于腐蚀理论的难点较为集中，不易掌握，书中特增加了国民经济重要领域，如石油、化工、电力、水利枢纽、铁路运营工业系统中的腐蚀及其控制的内容。用腐蚀理论对实际工况条件下具体的腐蚀问题进行较为系统的剖析，以加深对腐蚀理论的理解，体验理论对解决实际腐蚀问题的重要意义。

作者经历 30 余年腐蚀与防护专业的教学实践与科研工作，对书中内容做了精心选择。本书充分反映了我国腐蚀科学领域中的成果以及国内外在这一领域中的新进展，具有一定的先进性、科学性和实用性。

本书为防腐工程师必读丛书之一，是腐蚀科学的基本读物，可供腐蚀工程科技工作者以及高等学校材料等专业的教师和学生阅读。

本书由北京化工大学林玉珍和北京科技大学杨德钧(第 6、7 章)共同编著。由于作者水平所限，书中错误与不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编著者

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 金属腐蚀的代价与腐蚀控制在国民经济中的意义	(1)
1.2 腐蚀与腐蚀控制历史的简要回顾	(3)
1.3 金属腐蚀的定义	(6)
1.4 金属腐蚀的分类	(6)
1.4.1 按腐蚀机理分类	(6)
1.4.2 按腐蚀破坏的形貌特征分类	(7)
1.4.3 按腐蚀环境分类	(7)
1.5 法拉第(Faraday)定律	(7)
1.6 金属腐蚀速度的表示	(8)
1.6.1 金属腐蚀速度的质量指标 V	(8)
1.6.2 金属腐蚀速度的深度指标 V_L	(9)
1.6.3 金属腐蚀速度的电流指标 i_a	(10)
1.6.4 金属腐蚀的力学性能指标 V_m	(11)
第2章 金属电化学腐蚀热力学	(12)
2.1 金属的腐蚀过程	(12)
2.2 平衡电极电位	(12)
2.2.1 电极系统和电极反应	(12)
2.2.2 电化学位	(14)
2.2.3 电极电位	(17)
2.2.4 平衡电极电位与交换电流密度	(20)
2.3 非平衡电极电位	(23)
2.3.1 电极反应的过电位	(23)
2.3.2 原电池中的不可逆过程	(24)
2.3.3 腐蚀电池	(26)
2.3.4 共轭体系与混合电位	(26)
2.3.5 多电极反应耦合系统	(29)
2.4 金属电化学腐蚀倾向的判断	(29)
2.4.1 腐蚀反应自由能的变化与腐蚀倾向	(29)
2.4.2 可逆电池电动势和腐蚀倾向	(31)
2.5 电位 - pH 图	(32)
2.5.1 氧电极和氢电极的电位 - pH 图	(32)
2.5.2 布拜(Pourbaix)图	(34)

第3章 电化学腐蚀动力学	(38)
3.1 电极系统的界面结构	(38)
3.1.1 电极/溶液界面的基本图像.....	(38)
3.1.2 电流通过时对电极系统相界区的影响	(39)
3.1.3 零电荷电位 E_0	(40)
3.2 腐蚀速度与极化作用	(42)
3.2.1 极化作用及其表征	(42)
3.2.2 极化的原因与类型	(44)
3.3 电化学极化	(46)
3.3.1 电极电位对电化学步骤活化能的影响	(46)
3.3.2 电极电位对电极反应速度的影响	(47)
3.3.3 电化学步骤的基本动力学参数	(49)
3.3.4 稳态极化时动力学公式	(51)
3.3.5 参比电极体系	(54)
3.4 浓度极化	(55)
3.4.1 理想情况下的稳态扩散	(55)
3.4.2 浓度极化公式	(58)
3.4.3 浓度极化对电化学极化的影响	(60)
3.5 腐蚀金属电极及其极化行为	(61)
3.5.1 腐蚀体系及腐蚀电位	(61)
3.5.2 影响腐蚀电位和腐蚀速度的电化学参数	(63)
3.5.3 腐蚀金属电极的极化行为	(68)
3.5.4 腐蚀电池及其作用	(71)
3.6 实测极化曲线与理想极化曲线	(78)
3.6.1 实测与理想极化曲线及其相互关系	(79)
3.6.2 理想极化曲线的绘制	(80)
3.7 腐蚀极化图及其应用	(81)
3.7.1 腐蚀极化图	(81)
3.7.2 腐蚀极化图的应用	(82)
3.8 腐蚀的阴极过程	(86)
3.9 局部腐蚀电化学	(87)
3.9.1 导致局部腐蚀的电化学条件	(88)
3.9.2 供氧差异电池	(89)
3.9.3 自催化效应	(91)
第4章 常见的两类去极化腐蚀	(93)
4.1 氢去极化腐蚀	(93)
4.1.1 析氢反应的基本步骤	(93)
4.1.2 氢去极化的阴极极化曲线	(94)

4.1.3	金属的阳极溶解过程	(96)
4.1.4	铁在酸中的腐蚀	(97)
4.1.5	氢去极化腐蚀的特点和影响因素	(100)
4.2	氧去极化腐蚀	(101)
4.2.1	氧向金属(电极)表面的输送	(101)
4.2.2	氧还原反应的基本步骤	(102)
4.2.3	氧去极化的阴极极化曲线	(103)
4.2.4	氧去极化腐蚀的特点和影响因素	(104)
4.3	两类不同的腐蚀及其控制因素的分析	(105)
4.3.1	两类去极化腐蚀的比较	(105)
4.3.2	对氢离子和氧分子共同去极化的总阴极极化曲线的分析	(106)
4.4	对 H^+ 和 O_2 共同去极化腐蚀的控制因素的分析	(106)
第 5 章	金属的钝化	(108)
5.1	金属的钝化作用	(108)
5.1.1	钝化现象	(108)
5.1.2	金属钝化的特性曲线	(110)
5.1.3	钝化建立的极化图解分析	(111)
5.2	金属的自钝化过程	(115)
5.3	钝化理论	(118)
5.3.1	成相膜理论	(118)
5.3.2	吸附理论	(120)
5.3.3	钝化现象吸附论与成相膜论的统一	(120)
5.4	佛莱德(Flade)电位	(122)
5.4.1	E_F 与 pH 值的关系	(122)
5.4.2	Flade 电位的意义	(123)
5.5	钝态破坏引起的腐蚀	(123)
5.5.1	过钝化及其腐蚀	(124)
5.5.2	氯离子对钝化膜的破坏	(124)
5.6	影响金属钝化的因素	(127)
5.6.1	金属本身性质的影响	(127)
5.6.2	介质的成分和浓度的影响	(127)
5.6.3	介质 pH 值的影响	(127)
5.6.4	氧的影响	(127)
5.6.5	温度的影响	(128)
5.7	钝性的利用	(128)
5.7.1	提高合金的耐蚀性	(128)
5.7.2	阳极保护技术	(128)
5.7.3	阳极型缓蚀剂	(129)

第 6 章 金属的腐蚀形态	(130)
6.1 全面腐蚀与局部腐蚀	(130)
6.1.1 全面腐蚀	(130)
6.1.2 局部腐蚀	(131)
6.2 电偶腐蚀	(133)
6.2.1 电动序和电偶序	(133)
6.2.2 电偶电流及电偶腐蚀效应	(134)
6.2.3 电偶腐蚀的影响因素	(135)
6.2.4 控制电偶腐蚀的途径	(137)
6.3 孔蚀	(138)
6.3.1 孔蚀的形貌与特征	(138)
6.3.2 孔蚀机理	(140)
6.3.3 孔蚀的影响因素	(143)
6.3.4 孔蚀的控制途径	(146)
6.4 缝隙腐蚀	(146)
6.4.1 缝隙腐蚀机理	(147)
6.4.2 影响缝隙腐蚀的因素	(148)
6.4.3 控制缝隙腐蚀途径	(149)
6.4.4 丝状腐蚀——缝隙腐蚀的一种特殊形式	(150)
6.5 晶间腐蚀	(152)
6.5.1 晶间腐蚀机理	(152)
6.5.2 影响晶间腐蚀的因素	(154)
6.5.3 控制晶间腐蚀措施	(157)
6.5.4 不锈钢焊缝的晶间腐蚀	(157)
6.6 选择性腐蚀	(158)
6.6.1 黄铜脱锌	(159)
6.6.2 石墨化腐蚀	(160)
6.7 应力腐蚀破裂	(160)
6.7.1 应力腐蚀特征	(161)
6.7.2 应力腐蚀机理	(162)
6.7.3 影响应力腐蚀的因素	(164)
6.7.4 应力腐蚀的典型示例	(169)
6.7.5 控制应力腐蚀途径	(174)
6.8 氢损伤	(175)
6.8.1 氢的来源	(175)
6.8.2 氢腐蚀	(175)
6.8.3 钢的氢鼓泡	(177)
6.8.4 氢脆	(178)

6.8.5	控制氢损伤的途径	(179)
6.9	腐蚀疲劳	(180)
6.9.1	腐蚀疲劳的特征	(180)
6.9.2	腐蚀疲劳的机理	(181)
6.9.3	腐蚀疲劳的影响因素	(181)
6.9.4	控制腐蚀疲劳的途径	(183)
6.10	磨损腐蚀	(183)
6.10.1	磨损腐蚀的定义和特征	(183)
6.10.2	磨损腐蚀的影响因素	(184)
6.10.3	磨损腐蚀的动态模拟装置	(185)
6.10.4	磨损腐蚀的机理	(186)
6.10.5	碳钢在氯化钠水溶液中的磨损腐蚀	(188)
6.10.6	磨损腐蚀的特殊形式	(189)
6.10.7	磨损腐蚀的控制途径	(190)
第7章	金属在各种典型环境下的腐蚀	(191)
7.1	金属的高温氧化	(191)
7.1.1	金属高温氧化的可能性	(191)
7.1.2	金属表面的氧化膜及其成长规律	(192)
7.1.3	金属和合金的高温氧化	(196)
7.2	金属在大气中的腐蚀	(198)
7.2.1	大气成分及其对腐蚀的影响	(198)
7.2.2	大气腐蚀的基本特征和机理	(200)
7.2.3	工业大气腐蚀及其控制	(202)
7.3	金属在土壤中的腐蚀	(206)
7.3.1	土壤腐蚀的基本特征	(206)
7.3.2	土壤参量对腐蚀的影响	(208)
7.3.3	土壤腐蚀中常见的腐蚀形式	(211)
7.3.4	防止土壤腐蚀的措施	(213)
7.4	金属在海水中的腐蚀	(213)
7.4.1	海水的成分、性质	(215)
7.4.2	海水成分对腐蚀影响	(216)
7.4.3	海水腐蚀的电化学过程	(218)
7.4.4	海洋环境分类及腐蚀特点	(219)
7.4.5	海水腐蚀控制途径	(220)
7.5	微生物腐蚀	(222)
7.5.1	微生物腐蚀的特征	(222)
7.5.2	与腐蚀有关的主要微生物	(223)
7.5.3	防止微生物的措施	(224)

7.6	金属在酸、碱、盐介质中的腐蚀	(225)
7.6.1	金属在酸中的腐蚀	(225)
7.6.2	金属在碱溶液中的腐蚀	(229)
7.6.3	金属在盐类水溶液中的腐蚀	(231)
7.7	金属在工业水中的腐蚀	(232)
7.7.1	冷却水的腐蚀	(232)
7.7.2	高温、高压水的腐蚀	(238)
第8章	影响金属腐蚀的因素	(243)
8.1	金属材料因素	(243)
8.1.1	合金成分的影响	(243)
8.1.2	杂质的影响	(244)
8.1.3	金相组织与热处理的影响	(244)
8.1.4	金属表面状态的影响	(245)
8.1.5	变形及应力的影响	(245)
8.2	环境的因素	(246)
8.2.1	介质 pH 值对腐蚀的影响	(246)
8.2.2	介质的性质、成分及浓度的影响	(246)
8.2.3	介质温度、压力对腐蚀的影响	(248)
8.2.4	介质流动对腐蚀的影响	(249)
8.2.5	环境的细节和可能变化的影响	(251)
8.3	设计、加工以及防腐施工的影响	(251)
8.3.1	设计合理与否的影响	(251)
8.3.2	设备加工、安装措施等合理与否的影响	(253)
第9章	化学工业中的腐蚀	(255)
9.1	硫酸生产及以硫酸为主要介质生产过程中的腐蚀	(255)
9.1.1	硫酸生产系统中的腐蚀	(255)
9.1.2	氢氟酸生产系统中硫酸的腐蚀	(259)
9.1.3	维尼纶生产时醛化液中硫酸的腐蚀	(260)
9.1.4	锦纶生产系统中硫酸的腐蚀	(260)
9.2	化肥生产中的腐蚀	(260)
9.2.1	合成氨生产中的腐蚀	(260)
9.2.2	尿素生产中的腐蚀	(262)
9.2.3	磷肥生产中的腐蚀	(267)
9.2.4	钾肥生产中的腐蚀	(270)
9.3	纯碱生产中的腐蚀	(271)
9.3.1	纯碱生产中的腐蚀特点及原因分析	(271)
9.3.2	纯碱生产过程中的腐蚀控制途径	(272)

9.4 氯碱工业中的腐蚀	(272)
9.4.1 盐水溶液的腐蚀	(273)
9.4.2 盐水电解系统中的腐蚀	(274)
9.4.3 电解中杂散电流引起的腐蚀	(276)
9.4.4 氯处理生产中的腐蚀	(278)
9.4.5 碱液浓缩生产中的腐蚀	(280)
9.4.6 氯化氢和盐酸生产中的腐蚀	(282)
9.5 化工建筑物和构筑物的腐蚀	(283)
9.5.1 化工建筑物和构筑物的腐蚀实例	(283)
9.5.2 化工建筑物和构筑物的腐蚀特点及其原因的分析	(284)
9.5.3 化工建筑物和构筑物腐蚀的控制途径	(285)
第 10 章 石油工业中的腐蚀	(288)
10.1 钻井系统中的腐蚀	(288)
10.1.1 钻井过程中的腐蚀环境	(288)
10.1.2 钻井过程中的腐蚀特点和原因分析	(289)
10.1.3 钻井系统中的腐蚀控制途径	(290)
10.2 采油及集输系统中的腐蚀	(291)
10.2.1 采油及集输系统中的腐蚀特点及原因分析	(291)
10.2.2 采油及集输系统中的腐蚀控制途径	(293)
10.3 酸性油气田的腐蚀	(295)
10.3.1 酸性油气田腐蚀特点及原因分析	(295)
10.3.2 酸性油气田中的腐蚀控制途径	(297)
10.4 海洋中油气田的腐蚀	(298)
10.4.1 海洋及滩涂环境中钢铁腐蚀的特点以及原因分析	(299)
10.4.2 海洋及滩涂石油平台腐蚀的防护	(300)
10.4.3 海洋环境中钢筋混凝土的腐蚀与防护	(302)
10.5 石油炼制工业中的腐蚀	(303)
10.5.1 原油中的腐蚀介质	(304)
10.5.2 石油炼制过程中的腐蚀及其原因分析	(305)
10.5.3 石油炼制过程中的腐蚀控制途径	(307)
第 11 章 电力工业中的腐蚀	(310)
11.1 火力发电系统中的腐蚀	(310)
11.1.1 火力发电过程中的腐蚀及原因分析	(310)
11.1.2 火力发电过程中腐蚀的控制途径	(313)
11.2 水力发电系统中的腐蚀	(313)
11.2.1 水力发电过程中的腐蚀及原因分析	(314)
11.2.2 水力发电过程中腐蚀的控制途径	(316)

11.3	核能发电系统中的腐蚀	(317)
11.3.1	核电中腐蚀介质的特征	(318)
11.3.2	核电站中的腐蚀及其原因分析	(318)
11.3.3	核电站中腐蚀的控制途径	(323)
第12章	大型水利枢纽工程中的腐蚀	(325)
12.1	水利枢纽中钢结构的腐蚀	(325)
12.1.1	水利枢纽中主要的金属构件和设备	(325)
12.1.2	水利枢纽中钢结构腐蚀特点及原因分析	(325)
12.2	水利枢纽中金属构件与设备腐蚀的控制途径	(326)
12.2.1	防腐覆盖层	(326)
12.2.2	阴极保护	(326)
第13章	铁路运输工业中的腐蚀	(327)
13.1	铁路运输工业中的腐蚀特点及腐蚀原因分析	(327)
13.1.1	腐蚀介质特点	(327)
13.1.2	铁道机车车辆的腐蚀	(327)
13.1.3	钢轨的腐蚀	(328)
13.1.4	铁路桥梁的腐蚀	(329)
13.1.5	铁路其他金属构件的腐蚀	(331)
13.2	铁路运输工业中腐蚀的控制途径	(331)
13.2.1	涂料	(331)
13.2.2	缓蚀剂防腐	(332)
13.2.3	选择耐蚀材料	(332)
13.3	铁路运输工业中防腐技术的发展动向	(332)
第14章	合理的防腐蚀设计	(334)
14.1	防腐结构设计	(334)
14.2	提高机械加工水平	(341)
14.2.1	焊接对腐蚀的影响	(341)
14.2.2	铸造对腐蚀的影响	(342)
14.2.3	冷热作成型对腐蚀的影响	(343)
14.2.4	表面处理对腐蚀的影响	(343)
14.3	合理的工艺设计	(343)
第15章	腐蚀控制途径简介	(349)
15.1	正确选用耐蚀材料	(349)
15.1.1	设备的工作介质条件	(349)
15.1.2	材料性能	(350)
15.2	合理的防腐设计	(350)
15.3	电化学保护	(350)

15.3.1	阴极保护	(350)
15.3.2	阳极保护	(352)
15.3.3	阳极保护与阴极保护的比较	(353)
15.4	介质处理	(353)
15.4.1	去除介质中溶解的氧	(353)
15.4.2	调节介质的 pH 值	(354)
15.4.3	降低气体介质中的湿分	(355)
15.4.4	添加缓蚀剂	(355)
15.5	金属表面覆盖层	(357)
参考文献		(359)

第 1 章 绪 论

1.1 金属腐蚀的代价与腐蚀控制在国民经济中的意义

腐蚀是材料和周围环境发生作用而被破坏的现象。它是一种自发进行的过程，给人类带来的经济损失和社会危害极大。

金属的腐蚀，遍及国民经济各个领域、几乎所有的行业，包括冶金、化工、能源、交通、航空航天、信息、医药、农业、海洋开发和基础设施的建设等等。从日常生活到工农业生产，从新工艺、新技术的实现到尖端科学的发展，都存在不同程度的腐蚀问题。由于腐蚀，大量得来不易的有用材料变成废料，造成设备过早失效，生产不能正常运行。不仅消耗了宝贵的资源和能源，造成巨大的直接经济损失，而且还可使产品质量下降，污染并恶化环境，甚至造成突发的灾难性事故，危及人身安全。例如，1979年由于材料的环境敏感断裂引起国内某厂液化罐爆炸当场炸死30余人，重伤50多人；1997年北京某化工厂18个乙烯原料储罐因硫化物腐蚀发生火灾，停产达半年，直接经济损失达2亿多元，间接损失更是难以估算。不仅如此，更为重要的是腐蚀将使新工程、新技术的实现受到限制。当今，随着我国经济腾飞，腐蚀问题已经成为影响国民经济和社会可持续发展的一个重要因素。

为寻求控制腐蚀的对策和措施，对腐蚀造成的损失有一个比较准确的估计就十分必要。近年来，许多国家不断开展了腐蚀调查，其结果见表1-1。我国于2000年也对某些重要的工业部门做了腐蚀调查，用Hoar方法调查的结果示于表1-2。

表 1-1 一些国家的年腐蚀损失

国 家	时 间	年腐蚀损失	占国民经济总产值/%
美 国	1949 年	55 亿美元	
	1975 年	820 亿美元(向国会报告为 700 亿美元)	4.9(4.2)
	1995 年	3000 亿美元	4.21
	1998 年	2757 亿美元	
英 国	1957 年	6 亿英镑	
	1969 年	13.65 亿英镑	3.5
日 本	1975 年	25509.3 亿日元	
	1997 年	39376.9 亿日元	
前苏联	20 世纪 70 年代中期	130140 亿卢布	
	1985 年	400 亿卢布	
原联邦 德 国	1968 ~ 1969 年	190 亿马克	3
	1982 年	450 亿马克	
瑞 典	1986 年	350 亿瑞典法郎	
印 度	1960 ~ 1961 年	15 亿卢比	
	1984 ~ 1985 年	400 亿卢比	