

腐蚀与防护手册

第二版

第4卷

工业生产装置的
腐蚀与控制

天华化工机械及自动化研究设计院 主编



化学工业出版社

腐蚀与防护手册

第二版

第4卷

工业生产装置的 腐蚀与控制

天华化工机械及自动化研究设计院 主编

藏书



化学工业出版社

北京

本书为《腐蚀与防护手册》的第4卷，重点介绍了具体工业生产装置的腐蚀环境、腐蚀特征、腐蚀现象、腐蚀影响因素及腐蚀控制措施，兼顾介绍了工业生产装置的防腐蚀设计，及其公用设施（如建筑设施、水处理系统等）的腐蚀控制措施。涉及石油、石化、化工、湿法冶金、电力等多个行业。

读者通过阅读本卷内容，能够从工业生产装置的整个体系了解该装置的腐蚀与防护特点，明确该装置腐蚀介质构成和腐蚀环境条件，掌握适合于该装置使用的耐蚀材料体系、腐蚀控制技术方法及装置运行、养护过程中的腐蚀控制措施，为读者在从事生产装置的防腐蚀工程设计，预防在设备制造安装过程中的腐蚀隐患，控制装置运行过程中可能发生的腐蚀事故，处理已发生的具体腐蚀事故提供了理论解释、实践指导和工作方法。

本书适合于防腐蚀工程师查阅参考，也是土建、材料等专业的工程师、大专院校师生有益的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

腐蚀与防护手册. 第4卷, 工业生产装置的腐蚀与控制/天华化工机械及自动化研究设计院主编. —2版.

北京: 化学工业出版社, 2008.7

ISBN 978-7-122-03257-7

I. 腐… II. 天… III. ①腐蚀-手册②防腐-手册③工业生产设备-防腐-手册 IV. TB304-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 098020 号

责任编辑: 段志兵 李志清
责任校对: 洪雅姝

文字编辑: 孙凤英
装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装订: 三河市万龙印装有限公司

720mm×1000mm 1/16 印张 38 $\frac{3}{4}$ 字数 1015 千字 2009 年 1 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 89.00 元

版权所有 违者必究

腐蚀与防护手册（第二版）

编辑委员会

主 编	天华化工机械及自动化研究设计院					
主 任	张亚丁					
副 主 任	肖世猛 郑卫京 刘惠奇 李晓刚					
委 员	(按拼音排序)					
	侯锐钢	李晓刚	刘惠奇	孟军锋	彭东辉	齐慧滨
	陶永顺	肖世猛	张嗣伋	张亚丁	赵志农	郑卫京
编写人员	(按拼音排序)					
	陈国龙	陈善继	陈一字	杜宝魁	高 瑾	侯锐钢
	孔朝辉	李洪发	李晓刚	李峥嵘	李 忠	刘惠奇
	刘 薇	刘正堂	陆世英	孟军锋	彭东辉	齐慧滨
	孙宏斌	陶永顺	汪冬兵	王家明	王云翔	徐卫亚
	徐仲民	徐自立	杨文忠	袁美琴	张俊科	张诗光
	张嗣伋	赵纪湘	赵先存	赵秀文	赵志农	郑卫京
	周 杰					
审稿人员	郑卫京	赵志农	陆志兴	陈一字	徐自立	唐梦奇
	李晓刚					

腐蚀与防护手册（第一版）

主编单位及编写人员名单

主编单位	化工部化工机械研究院					
编写人员	(按姓氏笔画排序)					
	于福洲	马德彰	毛力之	刘良岳	刘国瑞	刘桂彬
	过家驹	孙恭宽	李挺芳	劳添长	陆世英	陈一字
	赵先存	钟贞祚	聂世凯	徐自立	郭长荣	唐梦奇
	黄 峻	黄嘉琥	章 武	崔维汉	廖朝忠	
	刘国瑞、陆志兴负责总编审					
	刘桂彬、唐梦奇负责部分编审					

第二版前言

《腐蚀与防护手册》作为一套重要的防腐蚀工程技术指导图书，一直发挥着广泛而持久的作用，要一直跟踪着技术进步不断修订提升。本次修订正是顺应技术进步要求的必然结果。

本《手册》作为腐蚀行业工作人员在实际工作中针对具体问题查阅参考用的工具书，其主要服务对象为工业生产装置的设计工程师、防腐蚀施工技术人员、耐腐蚀设备的制造工程师、防腐蚀工程施工的监理人员、生产单位的装置管理及检修人员、大学及科研机构的腐蚀研究工程师，因此其内容侧重于防腐蚀材料、技术的工程实用性，常见的金属及非金属腐蚀失效的表现特征及分析方法，工业生产装置的主要腐蚀环境及控制方法。其主要功能是使上述读者通过查阅本《手册》，能够理解和运用本《手册》的知识和信息，解决在实际工作中遇到的腐蚀问题。充分体现针对性、可靠性、实用性。

本《手册》修订本在保持初版大框架结构的基础上，注重了内容的推陈出新，力图准确地反映当前和未来的国内外腐蚀与防护技术的发展趋势，特别关注耐腐蚀设备的制造技术及防腐蚀材料的工程应用技术的最新科研成果。在腐蚀理论方面，增加“有机非金属材料腐蚀机理”章节；在腐蚀控制方面，增加“腐蚀防护工程”、“腐蚀调查”、“腐蚀在线监测”章节；在防腐蚀工程技术方面，增加“鳞片衬里技术”、“直埋钢管线外防腐保温成型技术”、“防腐蚀工程中的环保、安全和卫生”章节；在生产装置腐蚀与防护方面，增加“湿法烟气脱硫装置的腐蚀与防护”、“采储油生产装置的腐蚀与防护”、“石化装置加热炉用材料的高温腐蚀与防护”、“湿法冶金装置的腐蚀与防护”章节。充分体现本《手册》的新颖性、前瞻性、导向性。

本《手册》在原有内容的取舍上，针对既定的读者对象、行业需求及行业技术进步成果，在修订编写的各章节中坚决地淘汰过时的、无效的材料与技术，侧重于实用的、发展的及新生的材料与技术内容补充。其实例不胜枚举，充分体现本《手册》的历史性、先进性、实践性。

本《手册》在修订编写过程中，以国家标准、行业标准规范编写技术体系，尽量与国际标准接轨。在结构、层次及语言上，保持了初版的风格，以科学的结构、清晰的层次、简明的语言和丰富的图表，方便读者的查阅和理解。

本书为《腐蚀与防护手册》的第4卷，重点介绍了部分工业生产装置的腐蚀环境、腐蚀特征、腐蚀现象、腐蚀影响因素及腐蚀控制措施，兼顾介绍了工业生产装置的防腐蚀设计，及其公用设施（如建筑设施、水处理系统等）的腐蚀控制措施。其目的在于使读者通过阅读本分册内容，能够从工业生产装置的整个体系了解该装置的腐蚀与防护特点，明确该装置腐蚀介质构成和腐蚀环境条件，掌握适合于该装置使用的耐蚀材料体系、腐蚀控制技术方法及装置运行、养护过程中的腐蚀控制措施，为读者在从事生产装置的防腐蚀工程设计、预防在设备制造安装过程中的腐蚀隐患，控制装置运行过程中可能发生的腐蚀事故，处理已发生的具体腐蚀事故提供了理论解释、实践指导和工作方法。

本书的第1章由郑卫京编写，第2章由李晓刚编写，第3章由孔朝辉编写，第4章由赵志农编写，第5章由汪冬兵编写，第6章由王云翔编写，第7章由刘薇编写，第8章由陶永顺编写，第9章由李忠、赵秀文编写，第10章由徐卫亚、王家明、陈善继编写，第11章由赵志农、张诗光编写，第12章由徐自立编写，第13章由侯锐钢编写，第14章由郑卫京、侯锐钢编写，第15章由杨文忠编写。在本《手册》修订再版之际，编委会再次向本《分册》初版作者黄峻、黄嘉琥、郭长荣、刘国瑞、钟贞祚、毛力之、陆世英、聂世凯、劳添长、马德彰深表感谢，他们当年的作品是本次修订的基础和重要参考文献。

本书在第二版编著过程中得到了国内腐蚀行业广大专家的大力支持，化学工业出版社对本书的再版付出了辛勤的劳动并给予了真诚的指导和帮助，在此深表感谢。

《腐蚀与防护手册》编委会主任 张亚丁
天华化工机械及自动化研究设计院院长

第一版前言

腐蚀科学是研究材料在环境作用下的破坏机理以及如何进行保护的一门学科，它涉及的领域很广，与它交叉的学科很多，是一门新兴的边缘科学。

腐蚀问题遍及国民经济和国防建设各个部门。腐蚀造成巨大的经济损失，据几个工业发达国家的统计，每年由于腐蚀造成的直接损失约占其国民生产总值的1%~4%，腐蚀造成的间接损失更是难以计算；腐蚀消耗了大量资源和能源，世界钢铁年产量约有十分之一因腐蚀而报废，美国每年因腐蚀要多耗3.4%的能量；腐蚀妨碍新技术新工艺的发展；腐蚀还危及人身安全和造成环境污染。因此工业发达国家都高度重视这门科学技术，建立了研究和管理腐蚀的全国性机构，成立了各种国际性组织，举行学术会议，出版了大量专著和专业性杂志。

我国有计划有组织的腐蚀与防护的研究工作始于20世纪50年代。多年来，广大腐蚀科技工作者为发展我国的腐蚀科学和防护技术作出了贡献。由于化工生产中存在的腐蚀问题尤为突出，因此人们特别关注化工腐蚀与防护工作的进展。为适应化工防腐工作的发展，化学工业部化工机械研究院受化学工业出版社的委托，曾于1974年组织编写了《石油·化工实用防腐蚀技术》一书，分十四册出版。该书总结了20世纪60年代和20世纪70年代初期我国化工腐蚀与防护的研究和应用成果，满足了那时广大防腐工人和技术人员学习、掌握腐蚀基础理论和防腐蚀技术知识的要求。随着化工特别是石油化工的发展，腐蚀问题越来越突出，基层腐蚀研究和防腐工作者要求得到系统介绍化工防腐近期发展的书，于是我们再一次接受化学工业出版社的委托，组织编写了这本《腐蚀与防护手册》，奉献给从事化工防腐工作的广大科技人员、工人、管理干部、教师、研究生和在大专院校有关专业学习的学生。

本《手册》全面反映20世纪70年代以来我国腐蚀理论、化工耐蚀材料、化工腐蚀控制、腐蚀试验及评定等方面的最新成果，力求内容适合国情、简明、系统。

本《手册》分四册出版，第一册为腐蚀理论·试验及监测；第二册为耐蚀金属材料及防蚀技术；第三册为耐蚀非金属材料及防腐蚀施工；第四册为化工生产装置的腐蚀与防护。

《手册》所列数据、标准、规范如有与国家现行规定不同之处，应以国家规定为准。在《手册》编写过程中，杨永炎先生协助做了大量工作，在此表示感谢。由于水平所限，书中缺点错误在所难免，请读者批评指正。

化工部化工机械研究院
1987.9

欢迎订阅腐蚀与防护专业图书

书号	书 名	定价/元
专业工具书		
7812-9	腐蚀控制设计手册	158.00
7003-9	尤利格腐蚀手册	158.00
1536-4	腐蚀数据与选材手册	80.00
1740-5	实用防腐蚀工程施工手册	180.00
5402-5	防锈材料应用手册	78.00
2282-4	阴极保护工程手册	50.00
6530-2	阴极保护手册——电化学保护的理论与实践	68.00
012686-6	防腐蚀涂装工程手册	49.00
腐蚀与防护手册(第二版)		
9209-3	第1卷 腐蚀理论、试验及监测	98.00
9264-6	第2卷 耐蚀金属材料及防蚀技术	98.00
02736-8	第3卷 耐蚀非金属材料及防腐施工	98.00
03257-7	第4卷 工业生产装置的腐蚀与控制	89.00
腐蚀与防护全书		
4333-3	腐蚀与防护全书——金属高温氧化和热腐蚀	29.00
3363-X	腐蚀与防护全书——化学工业中的腐蚀与防护	30.00
3417-2	腐蚀与防护全书——石油工业中的腐蚀与防护	25.00
3490-3	腐蚀与防护全书——实用电镀技术	25.00
腐蚀科学与防蚀技术全书		
4067-9	现代腐蚀科学和防蚀技术全书——材料的耐蚀性和腐蚀数据	90.00
3962-X	现代腐蚀科学和防蚀技术全书——材料腐蚀学原理	39.00
7218-X	现代腐蚀科学和防蚀技术全书——电化学保护和缓蚀剂应用技术	98.00
4030-X	现代腐蚀科学和防蚀技术全书——防腐蚀表面工程技术	88.00
7829-3	现代腐蚀科学和防蚀技术全书——腐蚀科学技术的应用和失效案例	78.00
涂料防腐蚀技术丛书		
4537-9	涂料防腐蚀技术丛书——丙烯酸树脂防腐蚀涂料及应用	25.00
3126-2	涂料防腐蚀技术丛书——防腐蚀涂料涂装和质量控制	36.00
4910-2	涂料防腐蚀技术丛书——氟树脂涂料及应用	30.00
5118-2	涂料防腐蚀技术丛书——功能性防腐蚀涂料及应用	28.00
8145-6	涂料防腐蚀技术丛书——聚氨酯树脂防腐蚀涂料及应用	35.00
防锈技术系列		
9236-1	金属大气腐蚀与暂时性保护	25.00
01415-0	水基金属加工液	18.00
0028-6	气相缓蚀剂及其应用	28.00
教材和培训读本		
3214-5	过程装备腐蚀与防护(教材)	24.00
7389-5	金属电化学腐蚀与防护(教材)	29.00
0445-1	金属腐蚀理论及应用(教材,魏宝明主编)	32.00
8470-6	材料的腐蚀与防护	39.00
2010-4	化工腐蚀与防护(教材,第二版)	16.00
5716-4	化工腐蚀与防护(教材)	20.00
8612-1	职业技能操作训练丛书——防腐蚀工	16.00
5048-8	职业技能鉴定培训读本(技师)——防腐蚀工	36.00
4150-0	工人岗位培训实用技术读本——防腐蚀衬里技术	30.00

续表

书号	书 名	定价/元
腐蚀科学		
6832-8	大气腐蚀	39.00
5187-5	腐蚀电化学原理(曹楚南)	42.00
2726-5	腐蚀破坏事故 100 例	18.00
3532-2	金属的腐蚀磨损	38.00
8565-6	镁合金腐蚀与防护	29.80
6031-9	中国材料的自然环境腐蚀	78.00
防腐蚀技术		
3613-2	防腐蚀技术及应用实例	95.00
7482-4	防腐蚀施工管理及施工技术	36.00
6688-0	钢结构的腐蚀控制	46.00
7926-5	工程防腐蚀指南——设计·材料·方法·监理检测	58.00
00879-4	混凝土中钢筋的腐蚀与阴极保护	39.00
5310-X	管线腐蚀控制(第二版)	45.00
8281-9	海水冷却系统的腐蚀及其控制	36.00
4625-1	基础设施腐蚀防护和耐久性问与答	20.00
3438-5	热水锅炉防腐阻垢技术	36.00
2936-5	水处理防腐蚀和失效分析 1000 例	28.00
3684-1	新领域精细化工丛书——缓蚀剂	38.00
防腐蚀涂装		
6477-2	彩色涂层钢板技术	45.00
3507-1	防腐蚀涂料和涂装(第二版)	18.00
5436-X	粉末涂料与涂装实用技术问答	45.00
6352-0	钢结构防腐蚀和防火涂装	35.00
3530-6	工业涂料与涂装技术丛书——防腐蚀涂料与涂装技术	25.00
3681-7	实用涂装基础及技巧	29.00
8399-8	涂料喷涂工艺与技术	29.00
8176-6	涂料行业职业技能鉴定培训教材——地坪涂料与涂装工	28.00
8294-0	涂料行业职业技能鉴定培训教材——防腐蚀涂料与涂装工	25.00
7852-8	涂料与涂装技术	36.00
6090-4	涂装表面预处理技术与应用	38.00
3996-4	涂装工艺学	28.00
5635-4	涂装工艺与设备	46.00
4504-2	预涂金属卷材及涂料	24.00
00234-1	聚苯硫醚涂料及应用	28.00
金属防护涂层		
8045-X	钢材热镀锌	59.00
00689-9	钢带热镀锌技术问答	32.00
5974-4	实用焊接技术丛书——表面堆焊与热喷涂技术	39.00
9117-6	电弧喷涂技术	36.00
5095-X	实用电镀技术丛书——防护装饰性镀层	38.00
8402-1	镀铬修复及应用实例	28.00
8951-1	镀铁铜镍及合金修复技术	20.00
4797-5	刷镀技术	28.00
8434-X	表面处理清洁生产技术丛书——镀锌	15.00

续表

书号	书 名	定价/元
清洗技术及其他		
7654-1	石材清洗、防护、粘接与深加工	68.00
3604-3	工业清洗剂及清洗技术	45.00
6380-6	电力工业清洗技术	40.00
3001-0	实用化学清洗技术(第二版)	20.00
9790-0	工业清洗及应用实例(第二版)	28.00
4343-0	工人岗位培训实用技术读本——工业清洗技术	35.00
7778-5	高压水射流清洗技术及应用	29.00
5550-1	铝合金阳极氧化与表面处理技术	45.00
5865-9	不锈钢表面处理技术	32.00
5890-X	喷丸清理技术	38.00

如需以上图书的内容简介、详细目录以及更多的科技图书信息，请登录 www.cip.com.cn。

邮购地址：(100011) 北京市东城区青年湖南街 13 号化学工业出版社

服务电话：010-64518888, 64518800 (销售中心邮购科)

如要出版新著，请与编辑联系。电话：010-64519271 E-mail: dzb@cip.com.cn

目 录

第 1 章 工业生产装置的防腐蚀工程设计	1
1.1 概述	1
1.1.1 工业生产装置防腐蚀工程设计的重要性	1
1.1.2 工业生产装置防腐蚀工程设计的必要性	2
1.1.3 工业生产装置防腐蚀工程设计程序	3
1.1.4 工业生产装置防腐蚀结构设计的一般原则	3
1.2 防腐蚀材料与技术的选择	5
1.2.1 装置的腐蚀环境体系构成	5
1.2.2 耐腐材料与技术的选择	6
1.2.3 设备防腐蚀投资与使用寿命评估	7
1.3 无应力腐蚀环境的防腐蚀结构设计	8
1.3.1 避免形成缝隙腐蚀的结构设计	8
1.3.2 避免形成沉积腐蚀的结构设计	10
1.3.3 避免形成电偶腐蚀的结构设计	11
1.3.4 避免形成露点腐蚀的结构设计	11
1.4 应力腐蚀环境的防腐蚀结构设计	12
1.4.1 均匀腐蚀	12
1.4.2 应力腐蚀破裂 (SCC)	13
1.4.3 腐蚀疲劳	15
1.4.4 摩振腐蚀	17
1.5 工艺状态、设备结构与腐蚀	18
1.5.1 设备结构、介质流动状态与腐蚀	18
1.5.2 设备结构、环境热差异状态与腐蚀	20
1.5.3 设备结构、介质浓度状态与腐蚀	22
1.6 非金属衬里设备的结构设计	23
1.6.1 受衬设备壳体的结构设计	24
1.6.2 受衬设备内件、支撑架及接管的结构设计	27
1.6.3 受衬设备的其他要求	30
1.7 结语	31
参考文献	32
第 2 章 腐蚀防护工程	33
2.1 腐蚀损失与腐蚀防护工程	33
2.2 腐蚀防护工程的内容和特点	35
参考文献	40
第 3 章 炼油生产装置的腐蚀与防护	41
3.1 炼油生产装置的腐蚀环境及腐蚀形态分析	41
3.1.1 原油中的腐蚀介质	41
3.1.2 炼油装置的腐蚀环境	42
3.2 炼油厂主要的腐蚀体系	44
3.2.1 HCl-H ₂ S-H ₂ O 的腐蚀与防护	44
3.2.2 H ₂ S-H ₂ O 的腐蚀与防护	45
3.2.3 HCN-H ₂ S-H ₂ O 的腐蚀与防护	47
3.2.4 CO ₂ -H ₂ S-H ₂ O 的腐蚀与防护	48
3.2.5 RNH ₂ (乙醇胺)-CO ₂ -H ₂ S-H ₂ O	

的腐蚀与防护	48	3.3.6 RFCC 气体分离脱硫系统腐蚀 及控制	69
3.2.6 S-H ₂ S-RSH 的腐蚀与防护	50	3.4 炼油生产装置用金属耐蚀材料的 选择	71
3.2.7 S-H ₂ S-RCOOH 的腐蚀与防护	51	3.4.1 炼油主要装置设备的推荐 用材	71
3.2.8 高温 H ₂ 的腐蚀与防护	53	3.4.2 炼油厂部分材料的腐蚀数据	74
3.2.9 高温 H ₂ -H ₂ S 的腐蚀与防护	53	3.5 炼油装置腐蚀防护新技术的开发 应用	76
3.3 原油加工主要装置的腐蚀及防护 实例	56	3.5.1 材料表面改性技术开发	76
3.3.1 催化、焦化及硫黄回收装置的 腐蚀与防护	56	3.5.2 大型石油储罐长效防腐技术	77
3.3.2 制氢装置的腐蚀与防腐	58	3.5.3 缓蚀剂技术	77
3.3.3 蒸馏装置的腐蚀与防腐	60	3.5.4 新型高效电脱盐技术	77
3.3.4 加氢及重整装置的腐蚀与 防护	64	参考文献	78
3.3.5 加工高硫原油对储罐系统的 影响及对策	67		

第 4 章 采储油生产装置的腐蚀与防护 79

4.1 采储油生产装置的腐蚀环境	79	4.2.2 集输管线和联合站的腐蚀 控制	95
4.1.1 大气腐蚀	79	4.2.3 金属耐蚀材料的选择	97
4.1.2 土壤腐蚀	79	4.2.4 药剂防腐技术	100
4.1.3 油田采出水 and 钻井液腐蚀环境 及腐蚀形态分析	80	4.2.5 电化学保护技术	104
4.1.4 H ₂ S 腐蚀环境及腐蚀形态分析	82	4.2.6 油气田防腐涂料的应用	113
4.1.5 CO ₂ 腐蚀环境及腐蚀形态 分析	86	4.2.7 玻璃钢在石油工业中的应用	121
4.1.6 SRB 微生物腐蚀环境及腐蚀 形态分析	87	4.2.8 适于石油工业应用的几种 橡胶	123
4.1.7 海洋及滩涂腐蚀环境及腐蚀 形态分析	88	4.3 采储油生产装置在运行检修中的 腐蚀控制	123
4.2 采储油生产装置的腐蚀控制对策	92	4.3.1 输油管线的清洗	123
4.2.1 生产工艺过程与装置的腐蚀 控制	92	4.3.2 管道的防腐修复技术	125
		参考文献	132

第 5 章 尿素生产装置的腐蚀与防护 133

5.1 尿素生产工艺及装置腐蚀概况	134	5.2.7 选择性腐蚀	153
5.2 尿素设备的腐蚀特点	141	5.2.8 冲刷腐蚀	154
5.2.1 几种主要腐蚀性介质	141	5.2.9 点蚀	155
5.2.2 腐蚀的电化学特点	142	5.2.10 缝隙腐蚀	155
5.2.3 均匀腐蚀	144	5.2.11 其他腐蚀形态	157
5.2.4 应力腐蚀	145	5.3 腐蚀影响因素及防护措施	159
5.2.5 冷凝腐蚀	149	5.3.1 温度	159
5.2.6 晶间腐蚀	151	5.3.2 氨碳比	161

5.3.3	水碳比	162	5.5.1	全面宏观检查及耐蚀层的测厚	171
5.3.4	氧含量	162	5.5.2	换热管束的涡流检测	172
5.3.5	硫含量	163	5.5.3	列管角焊缝的自动超声检测	174
5.3.6	其他影响因素	166	5.5.4	换热管缺陷处理方法	177
5.4	主要设备用材	166	5.5.5	耐蚀衬里及堆焊层的修复方法	178
5.4.1	尿素合成塔	166	5.6	尿素设备用材的发展	178
5.4.2	高压甲铵冷凝器	167	5.6.1	使用现状	178
5.4.3	汽提塔	168	5.6.2	几种材料的使用效果对比	179
5.4.4	高压洗涤器	169	5.6.3	选材方向	180
5.4.5	甲铵预热器和甲铵分离器	170	参考文献		181
5.4.6	高压甲铵泵和减压阀	171			
5.4.7	其他中低压设备	171			
5.5	尿素高压设备的腐蚀检测及修理	171			

第6章 化纤生产装置的腐蚀与防护

6.1	化纤生产及装置腐蚀概要	182	6.6.3	己内酰胺生产的腐蚀环境	198
6.2	涤纶生产系统	184	6.6.4	己内酰胺设备的腐蚀情况及分析	198
6.2.1	涤纶生产工艺流程	184	6.7	化纤生产装置用耐蚀金属材料的选择	198
6.2.2	主要腐蚀介质	185	6.7.1	碳钢、低合金钢及合金铸铁	199
6.2.3	主要设备腐蚀情况及分析	186	6.7.2	不锈钢	199
6.3	维纶生产系统	188	6.7.3	铝及铝合金	202
6.3.1	维纶生产工艺流程	188	6.7.4	铜及铜合金	202
6.3.2	腐蚀介质	188	6.7.5	铅及铅合金	203
6.3.3	典型设备腐蚀情况与分析	190	6.7.6	钛及钛合金	203
6.4	腈纶生产系统	192	6.7.7	镍及镍合金	205
6.4.1	腈纶生产工艺流程	192	6.7.8	钽、铌	206
6.4.2	主要腐蚀介质	193	6.8	化纤生产装置用耐蚀非金属材料的选择	206
6.4.3	主要设备腐蚀情况与分析	193	6.8.1	有机非金属材料	206
6.5	黏胶纤维生产系统	194	6.8.2	无机非金属材料	211
6.5.1	黏胶纤维生产工艺流程	194	参考文献		213
6.5.2	主要腐蚀介质	195			
6.5.3	设备腐蚀情况及分析	195			
6.6	锦纶生产系统	196			
6.6.1	尼龙66盐生产工艺流程	196			
6.6.2	尼龙66盐生产主要腐蚀				

第7章 氯碱生产装置的腐蚀与防护

7.1	氯碱生产工艺及生产装置腐蚀概要	214	7.2.3	氯处理工序	227
7.2	电解制碱装置的腐蚀与防护	215	7.2.4	碱浓缩工序	231
7.2.1	食盐水溶液	215	7.3	聚氯乙烯(PVC)生产装置的腐蚀与防护	239
7.2.2	盐水电解的腐蚀与防护	221	7.3.1	主要工艺	240

7.3.2 腐蚀控制	241
7.3.3 防腐蚀实例	243

参考文献	243
------------	-----

第 8 章 硫酸生产装置的腐蚀与防护 245

8.1 硫酸的物理和化学性质	246
8.1.1 硫酸的物理性质	246
8.1.2 硫酸的化学性质	249
8.2 硫酸对生产设备的腐蚀	250
8.2.1 硫酸腐蚀的特点	250
8.2.2 影响硫酸腐蚀的主要因素	250
8.3 硫酸生产装置的腐蚀与防护	260
8.3.1 硫酸生产工艺典型流程简介	260
8.3.2 主要腐蚀及环境分析	266

8.3.3 适用防腐蚀材料及技术	288
8.3.4 主要设备的腐蚀控制对策	298
8.4 其他以硫酸为介质的化工装置的 腐蚀与防护	310
8.4.1 己内酰胺装置	310
8.4.2 钛白粉装置	312
8.4.3 氢氟酸装置	313
8.4.4 维尼纶装置	315
参考文献	317

第 9 章 硝酸生产装置的腐蚀与防护 320

9.1 硝酸对金属的腐蚀	320
9.2 硝酸生产工艺及设备的腐蚀环境	324
9.2.1 硝酸生产工艺流程	324
9.2.2 主要腐蚀介质及环境分析	328
9.2.3 硝酸生产装置适用防腐蚀材料 及技术	329
9.3 硝酸生产装置的腐蚀与控制	333
9.3.1 稀硝酸生产装置	333
9.3.2 用稀硝酸制取浓硝酸生产	

装置	335
9.3.3 用液态氮氧化物制取浓硝酸 生产装置	337
9.4 其他的硝酸为介质生产装置腐蚀与 防护	340
9.4.1 硝酸盐生产装置	340
9.4.2 三硝基甲苯和其他硝化生产 装置	341
参考文献	344

第 10 章 磷酸生产装置的腐蚀与防护 345

10.1 湿法磷酸生产装置	345
10.1.1 生产工艺过程	345
10.1.2 腐蚀环境分析	346
10.1.3 防腐蚀材料	348
10.1.4 磷酸反应槽的腐蚀控制	351
10.2 高浓度磷复肥及饲料级磷酸氢钙 生产装置	353
10.2.1 生产工艺过程	353
10.2.2 腐蚀环境分析	355
10.2.3 防腐蚀材料	356

10.2.4 硫基氮磷钾生产装置硫酸氢钾 反应槽的腐蚀控制	358
10.3 热法磷酸及三聚磷酸钠生产 装置	359
10.3.1 生产工艺过程	360
10.3.2 腐蚀环境分析	362
10.3.3 防腐蚀材料	365
10.3.4 主要设备的腐蚀控制	368
参考文献	378

第 11 章 湿法冶金生产装置的腐蚀与防护 379

11.1 湿法冶金生产工艺及设备的 腐蚀	379
11.1.1 湿法冶金的一般工艺和 设备	379

11.1.2 湿法冶金中的腐蚀问题——以 铝冶炼工艺为例	383
11.1.3 湿法冶金工业腐蚀类型	391
11.2 湿法冶金腐蚀介质体系及防腐	

材料	392
11.2.1 硫酸介质体系	392
11.2.2 氯化冶金	393
11.2.3 氢氟酸、硅氟氢酸及其混酸 的冶金介质	396
11.2.4 湿法冶金选材表	397
11.2.5 湿法冶金防腐蚀必须注意的 几个问题	405
11.3 典型装备防腐实例	406
11.3.1 搅拌槽	406

11.3.2 电解槽	407
11.3.3 加热器	410
11.3.4 电解电极的腐蚀防护	412
11.3.5 酸碱泵	413
11.3.6 钛制中和槽、反应釜、离心机 和泵的应用	418
11.3.7 湿法冶金车间的腐蚀与 防护	418
参考文献	422

第 12 章 石化装置加热炉用材的高温腐蚀与防护 423

12.1 石化装置加热炉及工况特点	423
12.1.1 石化装置加热炉概况	423
12.1.2 石油化工加热炉工况特点	423
12.1.3 石油化工加热炉中与高温腐蚀 有关的腐蚀介质	424
12.2 石油化工加热炉用高温金属 材料	425
12.2.1 加热炉对高温金属材料的 要求	425
12.2.2 加热炉用高温金属材料	426

12.3 材料的高温腐蚀和破坏	433
12.3.1 高温腐蚀	433
12.3.2 其他破坏问题	437
12.4 防止高温构件早期失效的 对策	439
12.4.1 合理选材	439
12.4.2 金属表面预处理	441
12.4.3 涂装防护层	441
参考文献	444

第 13 章 建筑物和构筑物的腐蚀与防护 445

13.1 建筑物、构筑物的腐蚀与腐蚀性 介质分类	445
13.1.1 建筑物、构筑物材料的腐蚀 环境和腐蚀形式	445
13.1.2 建筑物、构筑物腐蚀性介质 分类	447
13.2 建筑物、构筑物的防腐蚀工程	451
13.2.1 建筑物与构筑物防腐蚀工程 的基本类型	451
13.2.2 建筑物、构筑物防腐蚀工程 的基本应用范围	451
13.2.3 建筑物、构筑物防腐蚀工程 常用的技术规范	451
13.2.4 建筑物、构筑物防腐蚀工程 对材料与施工的一般规定	453
13.3 涂料类防腐蚀工程	455
13.3.1 建筑物、构筑物防腐蚀工程 常用涂料	455

13.3.2 常用防腐蚀涂料品种的选用 原则	458
13.3.3 涂料的配制及施工一般 规定	461
13.3.4 涂料的施工要点	462
13.3.5 质量要求及检验	464
13.4 树脂类防腐蚀工程	464
13.4.1 树脂材料品种及质量指标	464
13.4.2 辅助材料的质量指标	468
13.4.3 树脂材料配制及施工要点	471
13.4.4 树脂玻璃钢的施工要点	472
13.4.5 树脂胶泥、树脂砂浆铺切块材 和树脂胶泥勾缝与灌缝施工 要点	475
13.4.6 树脂稀胶泥、树脂砂浆整体面 层施工要点	475
13.5 水玻璃类防腐蚀工程	477
13.5.1 水玻璃类防腐蚀工程施工的	

注意要点	478
13.5.2 原材料和制成品的质量要求	479
13.5.3 密实型钾水玻璃砂浆整体面层的施工	480
13.5.4 水玻璃混凝土的施工	480
13.5.5 水玻璃类材料的养护和酸化处理	481
13.6 聚合物水泥砂浆防腐工程	481
13.6.1 原材料和制成品的质量要求	481
13.6.2 聚合物水泥砂浆的配制及施工要点	483
13.6.3 聚合物水泥砂浆铺切块材的施工	483

13.7 块材防腐工程	484
13.7.1 原材料质量要求	484
13.7.2 块材防腐施工	484
13.8 聚氯乙烯塑料板防腐工程	487
13.8.1 原材料的质量要求	487
13.8.2 聚氯乙烯塑料板防腐工程作业	488
13.9 沥青类防腐工程	491
13.9.1 原材料和制成品的质量要求	491
13.9.2 材料参考配合比及配制工艺	492
13.9.3 沥青类防腐工程施工	493
参考文献	496

第 14 章 湿法烟气脱硫装置的腐蚀与防护 498

14.1 概述	498
14.1.1 湿法烟气脱硫装置的化学反应过程	498
14.1.2 湿法烟气脱硫装置的腐蚀机理	499
14.1.3 国外公司湿法烟气脱硫装置防腐技术及材料选择	500
14.2 火电厂湿法烟气脱硫装置腐蚀区域及设备构成	501
14.3 湿法烟气脱硫装置各腐蚀区域的腐蚀分析	502
14.3.1 烟气输送及热交换系统	502
14.3.2 SO ₂ 吸收及氧化系统	504
14.3.3 吸收剂(石灰石浆液)传输及回收系统	505
14.4 烟气脱硫装置钢结构的防腐设计	506
14.4.1 衬里烟道壳体钢结构的防腐设计	506
14.4.2 烟道变截面区采用外加固筋与粗大内支撑复合加强结构	507
14.4.3 90°弯道区导流板结构设计	509
14.4.4 衬里钢壳局部结构设计	511
14.4.5 烟气脱硫装置的结构设计对	

衬里腐蚀失效的影响	512
14.5 烟气脱硫装置防腐衬里区域的总体设计	516
14.5.1 烟气脱硫主体装置防腐衬里区域	517
14.5.2 烟气脱硫辅助设备防腐衬里区域	517
14.6 烟气脱硫装置防腐衬里技术选择	517
14.6.1 湿法烟气脱硫装置适用防腐衬里技术性能比较分析	517
14.6.2 烟气脱硫装置非金属防腐衬里材料体系选择	519
14.7 湿法烟气脱硫装置防腐衬里结构设计	521
14.7.1 冷衬橡胶防腐衬里	521
14.7.2 鳞片防腐衬里	521
14.8 烟气脱硫装置鳞片内衬防腐施工技术	527
14.8.1 施工中应注意的技术环节	527
14.8.2 施工中易出现的质量问题	528
14.9 烟气脱硫装置配套设备及配件防腐材料选择	529

第 15 章 工业水系统的腐蚀与防护	530
15.1 概述	530
15.1.1 工业水及其分类	530
15.1.2 工业水系统腐蚀的特点	531
15.2 工业水系统的腐蚀影响因素	534
15.2.1 工业水质对金属腐蚀的影响	534
15.2.2 工艺条件对金属腐蚀的影响	538
15.2.3 微生物对金属腐蚀的影响	542
15.3 金属材料在工业冷却水系统中的腐蚀形态	544
15.3.1 碳钢在工业水系统中的腐蚀形态	544
15.3.2 不锈钢在工业水系统中的腐蚀形态	546
15.3.3 铝、铜及其合金在工业水系统中的腐蚀形态	547
15.4 工业水系统的腐蚀控制对策	550
15.4.1 水质的工艺控制	550
15.4.2 水处理化学品的防护技术	553
15.4.3 新型耐蚀材料的选用	574
15.4.4 涂层防护	575
15.5 锅炉水系统的腐蚀与防护	581
15.5.1 锅炉水系统的腐蚀	581
15.5.2 锅炉给水系统的防腐蚀	584
15.5.3 锅炉水汽系统的防腐蚀	586
15.5.4 停用锅炉的防腐蚀	587
15.6 在役工业水系统生产装置在运行检修中的腐蚀控制	587
15.6.1 在役工业水系统中金属腐蚀的监测	587
15.6.2 在役工业水系统的防腐蚀修复技术	594
参考文献	599