

腐蚀与防护全书

化学工业中的腐蚀与防护

中国腐蚀与防护学会 主编
许淳淳 等编著



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

腐 蚀 与 防 护 全 书

化学工业中的腐蚀与防护

中国腐蚀与防护学会 主编

许淳淳 等编著

化 学 工 业 出 版 社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

化学工业中的腐蚀与防护/中国腐蚀与防护学会主编,
许淳淳等编著. —北京:化学工业出版社, 2001. 9

(腐蚀与防护全书)

ISBN 7-5025-3363-X

I. 化… II. 许… III. ①化工设备-腐蚀-研究
②化工设备-防腐-研究 IV. TQ050.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 041467 号

腐蚀与防护全书
化学工业中的腐蚀与防护
中国腐蚀与防护学会 主编
许淳淳 等编著
责任编辑: 段志兵
责任校对: 洪雅姝
封面设计: 于 兵

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64918013
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市彩桥印刷厂印刷
三河市前程装订厂装订
开本 850×1168 毫米 1/32 印张 15 1/4 字数 401 千字
2001 年 9 月第 1 版 2001 年 9 月北京第 1 次印刷
印 数: 1—4000
ISBN 7-5025-3363-X/TQ · 1396
定 价: 30.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

《腐蚀与防护全书》编委会成员

主任委员：肖纪美

副主任委员：石声泰 曹楚南 朱日彰 杨永炎
郭长生

顾问：张文奇 李 苏 沈增祚

委员：（按姓氏笔划序）

火时中 王广扬 王正樵 王光雍 许维钧

刘国瑞 刘翔声 朱祖芳 杜元龙 杜发一

宋诗哲 劳添长 李兴濂 李志清 李铁藩

吴宝琳 吴荫顺 杨文治 杨 武 杨熙珍

杨 璋 张其耀 张承濂 顾国成 徐乃欣

徐兰洲 徐克薰 袁玉珍 傅积和 曾宪焯

褚武扬 虞兆年 黎樵桀 戴新民

编辑组：吴荫顺 王光雍 褚武扬 袁玉珍

陈志良 段志兵

序

腐蚀与防护科学是 20 世纪 30 年代发展起来的一门综合性技术科学，目前已成为一门独立的学科，并正不断发展。

腐蚀是材料在各种环境作用下发生的破坏和变质，遍及国民经济各部门，给国民经济带来巨大损失。根据工业发达国家的调查，每年因腐蚀造成的经济损失约占国民生产总值的 2%~4%，我国每年因腐蚀造成的经济损失至少达二百亿元。搞好腐蚀与防护工作，已不是单纯的技术问题，而是关系到保护资源、节约能源、节省材料、保护环境、保证正常生产和人身安全、发展新技术等一系列重大的社会和经济问题。全面普及腐蚀科学知识，推广近代的防护技术，以减少腐蚀造成的经济损失，延长材料和设备的使用寿命，促进城乡经济的发展和企业经济效益的提高，是当前亟待解决的问题。

为此，中国腐蚀与防护学会和化学工业出版社决定共同组织编写《腐蚀与防护全书》。《全书》分总论、腐蚀理论、环境腐蚀与防护、耐蚀材料、防蚀技术、腐蚀试验与监控等六篇数十个分册，并将陆续出版。

《全书》属于专业百科性质的大型综合性工具书，全面系统地阐述腐蚀学科的理论和应用，总结国内外的腐蚀与防护经验，反映近代的防护技术；内容广泛，兼顾知识性、教育性和实用性。主要供腐蚀与防护专业以及与该专业有关的工程技术人员阅读使用，也可供企业管理干部与大专院校有关专业师生参考。

《全书》的编写工作曾得到腐蚀与防护领域许多专家、工程技术人员及所在单位领导的热情协助和支持，对此，表示衷心地感谢。

由于我们水平有限，缺点和错误在所难免，望读者批评指正。

《腐蚀与防护全书》编委会

前 言

化工（包括石油化工）是国民经济的重要支柱产业之一。化工生产中的腐蚀危害居所有行业之首，表现在腐蚀的经济损失最大，最易发生突发的恶性事故，造成的环境污染最严重，阻碍新工艺、新技术实现的几率最大，消耗人类的宝贵资源最多。化工生产中的腐蚀损失是巨大的，但它是可以被控制的。根据最新的调查，若充分应用现有防腐蚀技术和腐蚀科学知识，腐蚀损失至少可以挽回 1/4。因此，努力提高腐蚀科学理论水平，积极推广、应用先进的耐蚀材料和腐蚀控制技术，加强科学管理和技术交流，普及腐蚀科学知识，是腐蚀科技工作者肩负的重任。这也是编著本书的目的。

本书主要介绍化工生产中腐蚀较严重的氯碱、化肥、硫酸、纯碱、染料、农药和石油化工等行业的腐蚀概况、腐蚀特点及影响设备装置腐蚀的各种因素和防护措施。其中，有许多防腐蚀技术是作者从事该行业腐蚀与防护技术工作几十年的切身体会和宝贵经验的结晶。本书可供从事化工和石油化工设计、科研人员，现场工作的工程技术人员以及高等院校有关专业的师生参考。

本书由许淳淳（第 1 章）、倪永泉（第 2 章、第 5 章）、刘松（第 3 章）、翁子懋（第 4 章、第 9 章）、王英杰（第 6 章）、周洵（第 7 章）、李文戈和陈允中（第 8 章）等同志编写，许淳淳任主编。由于编著者的学识和水平有限，书中的疏漏和错误在所难免，敬请读者批评指正。

编著者

2001 年 9 月

内 容 提 要

腐蚀是化学工业（包括石油化工）中的重要问题。本书介绍了化工行业中腐蚀比较突出的硫酸、纯碱、氯碱、化肥、染料、农药以及石油化工的生产工艺和设备上的、建筑物和构筑物的腐蚀问题和防护方法；“概述”一章，对化工工艺中的腐蚀和防护作了综述性的和前瞻性的论述。

本书内容详实，技术实用。可供防腐蚀技术人员、科研人员阅读，也可供材料、化工工艺专业技术人员、院校师生参考。

目 录

第 1 章 概述	1
1 腐蚀及化学工业中腐蚀的危害	1
2 化学工业腐蚀的特点和现状	4
2.1 化工系统行业划分	4
2.2 腐蚀特点及现状	5
2.2.1 氯碱行业	5
2.2.2 化肥行业	5
2.2.3 农药行业	7
2.2.4 染料行业	8
2.2.5 石油化工行业	8
2.2.6 纯碱行业	9
3 国内外化工防腐蚀技术进展	9
3.1 耐蚀材料的开发与应用	10
3.1.1 高性能耐蚀金属材料	10
3.1.2 耐蚀非金属材料	14
3.2 表面防蚀技术	19
3.2.1 耐蚀涂料	19
3.2.2 衬里技术及复合管道	21
3.2.3 其他表面工程技术	22
3.3 缓蚀剂	25
3.3.1 工业冷却水系统用的缓蚀剂	25
3.3.2 化学清洗用的缓蚀剂	26
3.4 电化学保护	27
3.4.1 阴极保护	27
3.4.2 阳极保护	30
4 可持续发展战略与腐蚀的全面控制	31
4.1 可持续发展战略与腐蚀防护技术	31

4.1.1	耐蚀材料的发展方向	32
4.1.2	将绿色化学应用于防腐蚀技术	34
4.1.3	开发新型化工装置	35
4.2	腐蚀的全面控制	36
4.2.1	设计和加工制造中的腐蚀控制	36
4.2.2	贮运和安装中的腐蚀控制	40
4.2.3	操作运行中的腐蚀控制	43
4.2.4	检修中的腐蚀控制	44
4.2.5	腐蚀控制管理	44

第2章 硫酸生产中的腐蚀与防护 48

1 概述 48

1.1 硫铁矿制酸生产流程简介 48

1.2 硫磺制酸生产流程简介 52

1.3 烟道气制酸生产流程简介 53

2 硫酸生产系统中腐蚀特点及原因分析 54

3 硫酸生产中的防腐蚀措施 55

3.1 非金属材料的选用 55

3.2 金属材料的选用 56

3.3 工艺控制 59

参考文献 59

第3章 纯碱生产中的腐蚀与防护 60

1 纯碱生产的腐蚀特点及腐蚀原因 60

1.1 腐蚀介质及腐蚀机理 60

1.2 腐蚀特点及破坏形式 61

2 纯碱生产中的主要防腐蚀手段 63

2.1 各种耐蚀材料的应用 64

2.1.1 合金铸铁 64

2.1.2 不锈钢的应用 64

2.1.3 钛材的应用 65

2.1.4 非金属材料的的应用 66

2.1.5 硫化钠缓蚀 69

2.2 主要工艺设备的选材	69
2.2.1 纯碱工艺的一般选材原则	69
2.2.2 典型设备防腐方法介绍	71
2.2.3 几种常用防腐蚀施工	74
附录: 纯碱主要设备选材一览表	77
参考文献	86

第4章 氯碱工业中的腐蚀与防护

1 概述	87
1.1 氯碱工业中的腐蚀特点	87
1.2 防腐技术的进步推动了氯碱工业的发展	87
2 盐水溶液的腐蚀与防护	88
2.1 盐水精制工艺简介	88
2.2 盐水溶液的腐蚀特点	89
2.3 精制盐水系统设备的防腐蚀措施	90
2.3.1 溶盐桶	90
2.3.2 盐水槽	91
2.3.3 螯合树脂塔	92
2.3.4 烧结碳素管过滤器	93
2.3.5 纯酸槽	93
2.3.6 盐水预热器	93
2.3.7 脱氯塔	93
3 食盐电解的腐蚀与防护	94
3.1 食盐电解工艺简介	94
3.2 隔膜电解槽的腐蚀	94
3.2.1 阳极的腐蚀	95
3.2.2 阳极片与底板组合的腐蚀	95
3.2.3 阴极的腐蚀	96
3.2.4 槽盖的腐蚀	96
3.3 离子膜电解槽的腐蚀	96
3.3.1 电极的腐蚀	97
3.3.2 离子交换膜的破坏	97
3.3.3 电解槽的缝隙腐蚀	97

3.4	食盐电解系统设备的防腐蚀措施	98
3.4.1	隔膜电解槽的防腐蚀措施	98
3.4.2	离子膜电解槽的防腐蚀措施	100
3.5	钛的焊接修复措施	101
4	氯气冷却干燥处理中的腐蚀与防护	102
4.1	冷却干燥处理工艺简介	102
4.2	氯气对金属材料和高分子材料的腐蚀	104
4.2.1	氯气对金属的腐蚀	104
4.2.2	氯气对高分子材料的腐蚀	104
4.3	氯气冷却系统设备的防腐蚀措施	105
4.3.1	间接冷却工艺的防腐蚀措施	105
4.3.2	闭路循环氯水直接冷却工艺的防腐蚀措施	106
4.4	氯气干燥系统设备的防腐蚀措施	106
4.4.1	除雾器	107
4.4.2	干燥器	107
4.4.3	脱氯槽	107
4.5	氯气压缩输送设备的防腐蚀措施	108
5	碱液蒸发和固体烧碱的腐蚀与防护	109
5.1	碱液蒸发工艺简介	109
5.2	碱液蒸发系统设备的腐蚀	110
5.2.1	碳钢的腐蚀	111
5.2.2	不锈钢的腐蚀	112
5.2.3	镍和镍基合金的腐蚀	112
5.3	碱液蒸发系统的防腐蚀措施	113
5.4	固碱工艺简介	114
5.4.1	低浓度固碱工艺	114
5.4.2	高浓度固碱工艺	115
5.5	固碱生产系统的腐蚀特点和防腐蚀措施	116
5.5.1	腐蚀特点	116
5.5.2	防腐蚀措施	117
6	氯化氢和盐酸生产中的腐蚀与防护	119
6.1	氯化氢和盐酸生产工艺简介	119
6.2	氯化氢和盐酸对系统设备的腐蚀	121

6.2.1	氯化氢和盐酸对金属的腐蚀	121
6.2.2	氯化氢和盐酸对非金属的腐蚀	122
6.3	氯化氢和盐酸生产系统设备的防腐蚀措施	123
6.3.1	氯化氢合成炉	123
6.3.2	氯化氢冷却器	124
6.3.3	盐酸吸收器	125
6.3.4	“三合一”盐酸合成炉	126
6.3.5	盐酸贮槽	128
7	次氯酸盐的腐蚀与防护	130
7.1	次氯酸钠与次氯酸钙的生产工艺简介	130
7.1.1	次氯酸钠的生产工艺简介	130
7.1.2	次氯酸钙的生产工艺简介	131
7.2	次氯酸盐对设备的腐蚀	132
7.2.1	次氯酸钠的腐蚀	132
7.2.2	次氯酸钙的腐蚀	134
7.3	次氯酸钠系统的防腐蚀措施	134
7.4	漂白粉生产系统的防腐蚀措施	136
7.5	漂粉精生产系统的防腐蚀措施	137
7.5.1	钙法工艺的主要设备防腐蚀措施	137
7.5.2	钠钙法工艺的主要设备防腐蚀措施	137
8	氯乙烯生产系统的腐蚀与防护	138
8.1	氯乙烯生产的工艺流程简介	138
8.1.1	电石乙炔法的工艺流程简介	138
8.1.2	乙烯氧氯化法的工艺流程简介	139
8.2	电石乙炔法制氯乙烯系统的腐蚀	141
8.2.1	混合脱水	141
8.2.2	酸雾过滤	141
8.2.3	混合气预热	141
8.2.4	转化	142
8.2.5	合成气的净化	143
8.3	电石乙炔法制氯乙烯系统的防腐蚀措施	144
8.3.1	混合脱水	144
8.3.2	酸雾过滤	144

8.3.3	混合气预热	144
8.3.4	转化	145
8.3.5	水洗	145
8.3.6	碱洗	146
8.3.7	水分离	146
8.4	乙烯氧氯化法制氯乙烯的腐蚀	146
8.4.1	100 单元	146
8.4.2	200 单元	147
8.4.3	300 单元	149
8.4.4	400 单元	149
8.4.5	600 单元	149
8.4.6	900 单元	150
8.5	乙烯氧氯化法制氯乙烯系统设备的防腐蚀措施	150
8.5.1	100 单元	150
8.5.2	200 单元	150
8.5.3	300 单元	153
8.5.4	400 单元	153
8.5.5	600 单元	153
8.5.6	900 单元	153
9	氯碱生产中杂散电流的腐蚀	154
9.1	杂散电流的来源与存在部位	154
9.2	杂散电流对设备、管路、泵阀的腐蚀	155
9.2.1	盐水漏电回路系统	155
9.2.2	碱液漏电回路系统	156
9.2.3	氯气、氢气漏电回路系统	156
9.2.4	电槽支脚漏电回路系统	156
9.2.5	连接铜排支座漏电回路系统	156
9.3	杂散电流的危害举例	157
9.3.1	盐水预热器	157
9.3.2	氢气盐水热交换器	157
9.3.3	盐水管路	157
9.4	防止杂散电流腐蚀的措施	158
9.4.1	金属阳极隔膜电槽的防腐蚀措施	158

9.4.2 离子膜电槽的防护措施	160
参考文献	161
 第5章 化肥生产中的腐蚀与防护	162
1 概述	162
2 合成氨生产中的腐蚀与防护	163
2.1 生产流程简介	163
2.2 腐蚀特点及原因分析	165
2.2.1 氢腐蚀	165
2.2.2 氮腐蚀	165
2.2.3 硫化氢腐蚀	166
2.2.4 露点腐蚀	167
2.2.5 氧去极化腐蚀	167
2.2.6 脱硫厂房腐蚀	168
2.3 合成氨生产系统中的防腐蚀措施	168
3 尿素生产中的腐蚀与防护	169
3.1 尿素生产流程简介	169
3.1.1 水溶液全循环流程	169
3.1.2 二氧化碳汽提流程	170
3.2 尿素生产系统中腐蚀特点及原因分析	171
3.2.1 尿素甲铵液的化学腐蚀	172
3.2.2 尿素的结晶膨胀腐蚀	172
3.2.3 晶间腐蚀	173
3.2.4 应力腐蚀	173
3.2.5 选择性腐蚀	173
3.2.6 冲刷腐蚀	174
3.2.7 汽蚀	174
3.2.8 腐蚀疲劳	174
3.2.9 缝隙腐蚀	174
3.3 尿素生产中防腐蚀措施	175
3.3.1 选用非金属材料	175
3.3.2 选用金属材料	175
3.3.3 工艺控制	175

3.3.4 其他	177
4 碳铵生产中的腐蚀与防护	177
4.1 碳铵生产的工艺流程	177
4.2 碳铵生产系统中腐蚀特点及防护措施	177
5 硫铵生产中的腐蚀与防护	178
5.1 硫铵生产流程简介	178
5.2 硫铵生产系统腐蚀特点及防护措施	178
6 硝铵生产中的腐蚀与防护	179
6.1 硝铵生产流程简介	179
6.2 硝铵生产系统中腐蚀特点及防护措施	180
7 磷肥生产中的腐蚀与防护	180
7.1 生产流程简介	180
7.1.1 磷酸生产的流程简介	180
7.1.2 过磷酸钙生产流程简介	182
7.1.3 磷铵(磷酸铵)生产流程简介	183
7.2 磷肥生产系统中的腐蚀特点	184
7.3 防腐措施	186
7.3.1 非金属材料的应用	186
7.3.2 金属材料的应用	188
7.3.3 工艺控制	188
8 钾肥生产中的腐蚀与防护	188
8.1 氯化钾生产系统中的腐蚀与防护	188
8.1.1 氯化钾的生产工艺	188
8.1.2 防腐蚀措施	191
8.2 硫酸钾生产系统中的腐蚀与防护	191
8.2.1 硫酸钾的生产工艺	191
8.2.2 防腐蚀措施	195
参考文献	195
 第 6 章 染料生产中的腐蚀与防护	 196
1 概述	196
2 磺化设备的腐蚀与防护	198
2.1 氯磺酸磺化设备防腐蚀	198

2.2 硫酸磺化设备防腐蚀	199
3 硝化设备的腐蚀与防护	201
3.1 硝化反应设备的选材	202
3.2 硝化物的中和水洗设备的腐蚀与防护	204
3.3 硝化废酸设备的腐蚀与防护	205
4 氯化设备的腐蚀与防护	208
4.1 氯化苯生产中的腐蚀与防护	208
4.1.1 氯化苯生产工艺流程及腐蚀特性	208
4.1.2 氯化器的防腐蚀措施	209
4.1.3 其他设备防腐蚀	212
4.2 苯甲醛生产中的防腐蚀措施	213
4.3 蒽醌的芳环氯化中的防腐蚀措施	213
4.4 氯化尾气吸收设备防腐蚀	214
5 溴化设备的腐蚀与防护	215
5.1 溴的腐蚀与防护	215
5.2 2-苯绕蒽酮生产中溴化工艺的防腐蚀措施	218
5.3 分散染料红 3B 溴化工艺的防腐蚀措施	219
6 硝基物还原设备的腐蚀与防护	221
6.1 铁粉还原法设备的防腐蚀措施	221
6.1.1 铁粉还原法工艺	221
6.1.2 铁粉还原锅的防护	222
6.2 锌粉还原法设备的防腐蚀措施	225
7 氨基化设备的腐蚀与防护	226
7.1 芳烃核上羟基、磺酸基氨基化设备防腐蚀	226
7.2 氯化物氨基化设备防腐蚀	227
8 烷基化设备的腐蚀与防护	230
8.1 卤烷烷基化工艺中的防腐蚀	230
8.1.1 工艺中的腐蚀情况	230
8.1.2 烷化釜的镀银防护	231
8.1.3 使用钛制烷化釜	234
8.2 醇烷基化工艺中的防腐蚀	234
9 酰化设备的腐蚀与防护	235
9.1 有机酸作酰化剂的酰化工艺的防腐蚀	235

9.2	用光气为酰化剂的酰化工艺的防腐蚀	238
9.3	酰化尾气吸收设备的防腐蚀	238
10	羟基化设备的腐蚀与防护	239
10.1	碱熔设备的腐蚀与防护	240
10.1.1	常压高温碱熔设备	240
10.1.2	加压中温碱熔设备	242
10.1.3	加压高温碱熔设备	243
10.1.4	酸化设备	243
10.2	酸性介质中羟基取代氨基工艺中的腐蚀与防护	244
11	缩合、重排设备的腐蚀与防护	246
11.1	缩合设备的腐蚀与防护	246
11.2	重排设备的腐蚀与防护	250
12	重氮、偶合设备的腐蚀与防护	251
12.1	重氮、偶合流程简介	251
12.2	重氮化设备的腐蚀与防护	254
12.3	偶合设备的腐蚀与防护	255
13	过滤设备的腐蚀与防护	258
13.1	过滤设备材质	258
13.2	真空过滤设备防腐蚀	260
13.3	加压过滤设备防腐蚀	262
13.4	离心过滤机防腐蚀	264
14	废水处理及建筑物的防腐蚀	265
14.1	废水处理设备防腐蚀	265
14.2	建筑结构防腐蚀	267
第7章	农药生产中的腐蚀与防护	269
1	概述	269
1.1	农药生产中的腐蚀损失和防护的重要性	269
1.2	农药生产的特殊性和腐蚀特点	270
1.2.1	农药生产的特殊性	270
1.2.2	腐蚀特点	270
2	甲胺磷和甲基对硫磷生产中的腐蚀与防护	274
2.1	生产工艺及主要反应	274