

GANGTIE GONGYE SANFEI
ZONGHE LIYONG JISHU

钢铁工业“三废” 综合利用技术

岳清瑞 张殿印 主 编
王 纯 张学义 副主编



化学工业出版社

钢铁工业“三废” 综合利用技术

岳清瑞 张殿印 主 编
王 纯 张学义 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是一部环境工程三废综合利用技术书,全书分为三篇十六章。上篇废水篇,介绍钢铁工业废水污染源,排放特点及利用方法,包括钢铁生产工艺流程及废水污染特点、回用原理,炼铁系统、炼钢系统、轧钢和铁合金系统的废水综合利用技术。中篇废气篇,介绍钢铁工业废气污染源及利用原理,炼铁系统、炼钢系统、轧钢和铁合金系统废气的综合利用技术。下篇废渣篇,介绍钢铁工业废渣的来源和综合利用原理,钢铁工业炼铁、炼钢、轧钢和铁合金系统各环节产生固体废物处置和综合利用技术。

本书具有较强的技术性和参考价值,可供环境工程污染治理和三废利用领域的科学研究人员、工程设计人员和企业管理人员阅读使用,也可供高等学校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

钢铁工业“三废”综合利用技术/岳清瑞,张殿印

主编. —北京:化学工业出版社,2014.1

ISBN 978-7-122-18517-4

I. ①钢… II. ①岳…②张… III. ①钢铁工业-废物综合利用 IV. ①X757

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 227972 号

责任编辑:刘兴春 管德存

文字编辑:汲永臻

责任校对:蒋 宇

装帧设计:韩 飞

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

787mm×1092mm 1/16 印张48½ 字数1216千字 2015年1月北京第1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:198.00 元

版权所有 违者必究

《钢铁工业“三废”综合利用技术》编委会

主 编 岳清瑞 张殿印

副主编 王 纯 张学义

编写人员 (以姓氏笔画排序)

王 延	王 冠	王雨清	卢 扩	申 丽	田 玮
冯馨瑶	吕方军	朱法强	朱晓华	庄剑恒	安登飞
许亚男	肖 春	肖敬斌	李 可	李小建	李惊涛
杨 青	杨景玲	陈满科	张 建	赵 宇	赵学林
郝以党	俞非澍	高华东	徐 飞	韩志强	褚 宁

前言

FOREWORD

随着社会经济的日益发展,人们对生活质量越来越关注,对自身健康越来越重视。但是人类生活的环境却不尽如人意。环境污染,灰霾天气,直接关系到每一个人的正常生活和健康。在环境污染物的来源中,钢铁工业三废污染是其中之一。因此大力推动钢铁工业三废治理和回收利用,发展清洁生产和循环经济,保持钢铁生产的污染物零排放,成为人们发展钢铁生产的重大任务。编写本书的目的在于补充三废回收利用图书的不足,把钢铁工业治理三废的成熟经验技术与近些年出现的新技术、新装备、新成果编写成书,以满足日益发展的三废污染控制技术需要,提高钢铁工业三废治理和利用技术水平。所以本书应当具有较高学术价值和很高的实用价值。

本书是一部环境工程技术书,全书共分为三篇十六章。上篇废水篇,介绍钢铁工业废水污染源,排放特点,回用原理,炼铁前工序、炼铁系统、炼钢系统,轧钢和铁合金系统的废水处理和回收利用技术。中篇废气篇,介绍钢铁工业废气污染源及污染特点,利用原理,烧结焦化系统、炼铁系统、炼钢系统、轧钢和铁合金系统废气的综合利用技术。下篇废渣篇,介绍钢铁工业废渣的来源和综合利用原理,钢铁工业炼铁、炼钢、轧钢和铁合金系统各环节产生固体废物处置方法和综合利用技术。

本书特点是:(1)内容全面,包括钢铁生产三废来源、性质,各种治理和利用方法,主要设备及综合技术;(2)联系实际,对叙述内容尽可能结合实际,如重要计算式和基本方法予以举例,全书列举许多工程应用实例;(3)技术新颖,编写用新规范、新术语,把近年出现的实践证明可行的新方法、新技术、新设备列在书中。编写内容力求重点突出,层次分明,图文并茂、内容翔实,使本书有较强的针对性和可操作性。读者通过本书可以对钢铁工业三废综合利用技术有全面的了解和掌握。

杨景玲教授、邹元龙教授对全书进行了总审核。本书在编写、审阅和出版过程中得到申丽、朱晓华等多位知名专家的鼎力相助,在此一并深致谢忱。本书编撰过程中参考和引用了一些科研、设计、教学和生产工作同行撰写的著作、论文、手册、教材、样本和学术会议文集等,在此对所有作者表示衷心感谢。

由于编者学识和编写时间所限,书中疏漏和不妥之处在所难免,殷切希望读者朋友不吝指正。

编者

2014年8月于北京

目录

CONTENTS

上篇 废水篇

第一章 钢铁工业废水处理利用原理

2

第一节 废水来源、分类及污染特征	2
一、钢铁工业废水来源	2
二、钢铁工业废水的分类	3
三、钢铁工业废水污染特征	3
第二节 废水回收利用原理	5
一、废水的均和	5
二、沉淀与混凝沉淀	7
三、气浮	10
四、吸附	12
第三节 循环用水的水质稳定	15
一、水质稳定的基本概念及判别法	15
二、保持水质稳定的方法	20
三、浊循环水的水质稳定	23
第四节 水循环利用评价	27
一、水循环利用的意义	27
二、水的循环率及资源利用比	27
三、中水回用对资源利用比的影响	29
参考文献	30

第二章 炼铁前工序废水处理利用技术

31

第一节 矿山废水的处理利用	31
一、矿山废水的来源	31
二、矿山废水中的主要污染物	34
三、矿山废水处理利用方法	36
四、矿山废水处理利用实例	38
第二节 选矿废水处理回用	39

一、选矿用水与用水量	39
二、选矿废水处理回用	40
三、选矿废水回用工程实例	41
第三节 原料场废水处理利用	42
一、原料场废水的来源	42
二、原料场废水的处理利用	42
三、原料场废水处理利用实例	43
第四节 烧结废水处理利用	43
一、烧结厂废水来源及危害	44
二、烧结厂废水的特点	45
三、废水的水量和水质	47
四、废水处理和利用	48
五、选烧厂废水处理回收实例	57
第五节 烧结烟气脱硫废水处理利用	59
一、脱硫废水特征	59
二、常规处理方法——化学沉淀法	59
三、新发展的脱硫废水处理工艺	60
四、脱硫废水处理回用工程实例	61
第六节 焦化废水处理和利用	64
一、焦化废水来源与特点	64
二、焦化废水处理技术	66
三、焦化废水回用的深度处理	76
四、从含酚废水中萃取脱酚	86
五、含酚废水生化处理和利用	90
六、焦化废水脱氮回用	101
参考文献	105

第三章 炼铁废水综合利用技术

106

第一节 炼铁废水来源和特性	106
一、废水的来源及危害	106
二、废水的特点	107
三、废水的水量和水质	108
第二节 高炉煤气洗涤水处理利用	109
一、高炉煤气洗涤水处理	109
二、高炉煤气洗涤废水回用	112
三、高炉煤气洗涤水回用工程实例	117
第三节 高炉冲渣废水处理利用	119
一、生产工艺流程及废水来源	119

二、废水的排放量及组成	120
三、冲渣废水处理利用技术	120
四、RASA 法治理高炉冲渣废水实例	122
第四节 高炉冷却水的循环利用	124
一、高炉冷却水分类	124
二、高炉冷却水的水质控制	125
三、软水密闭循环利用	126
参考文献	128

第四章 炼钢废水综合利用技术

129

第一节 炼钢废水来源和特点	129
一、废水的来源特点	129
二、废水的水量	130
三、废水利用技术	130
第二节 转炉除尘废水处理回用技术	130
一、除尘废水处理回用要点	130
二、转炉除尘废水处理工艺流程	131
三、转炉尘泥的泥水脱水技术	133
四、转炉烟气除尘废水处理回用工程实例	134
第三节 连铸机废水处理利用技术	136
一、生产工艺流程及废水来源	136
二、废水的排放量及组成	137
三、废水的治理回用技术	137
四、循环法治理炼钢厂连铸废水实例	143
第四节 钢渣热焖工艺循环水处理利用	146
一、钢渣热焖工艺和用水	146
二、水处理工艺流程和设施	147
三、运行中可能出现的问题和对策	148
参考文献	149

第五章 轧钢和铁合金废水回收利用技术

150

第一节 轧钢废水来源和特点	150
一、轧钢废水来源	150
二、轧钢废水的特点	150
三、轧钢废水水量和水质	151
第二节 热轧废水处理和利用	152
一、热轧废水处理与回用方法	152

二、热轧废水处理工艺流程	153
三、热轧废水中铁皮与污泥处理及回用	155
四、热轧废水处理与回用工程实例	156
第三节 冷轧废水处理与回用	159
一、冷轧浮化液废水处理回用	159
二、冷轧含铬废水处理与回用技术	162
三、冷轧酸碱性废水处理技术	164
四、冷轧厂电镀锌废水处理利用	167
五、冷轧废水处理利用工程实例	170
第四节 酸洗废液回收利用技术	175
一、酸洗废液来源、组成及性质	175
二、硫酸酸洗废液回收利用	176
三、盐酸酸洗废液的再生	186
四、硝酸-氢氟酸混合废液再生回收	194
第五节 轧钢含油污水处理利用	200
一、污染物分类	200
二、油水分离技术	201
三、含油废水处理回收实例	205
第六节 铁合金废水处理利用	207
一、铁合金废水来源和特点	208
二、铁合金废水处理与回用	210
三、铁合金废水回收利用实例	222
参考文献	226

中篇 废气篇

第六章 钢铁工业废气综合利用原理

228

第一节 钢铁工业废气来源和特点	228
一、钢铁工业废气排放场所	228
二、钢铁工业烟气排放特点	229
三、各工序排放废气比较	232
第二节 废气综合利用原理	233
一、钢铁工业废气余热利用	233
二、可燃气体回收利用	233
三、烟气净化副产品回收利用	237
四、废气利用技术途径	237

参考文献	238
------------	-----

第七章 烧结焦化废气综合利用技术

239

第一节 烧结废气余热回收利用技术	239
一、烧结废气余热回收利用	239
二、烧结废气余热发电技术	248
三、烧结烟气余热用于有机胺脱硫工艺	251
四、烧结工序余热利用技术发展趋势	253
第二节 焦炉煤气净化和综合利用	254
一、焦炉煤气来源	254
二、焦炉煤气的性质	255
三、焦炉煤气净化工艺流程	255
四、焦炉煤气的综合利用	271
第三节 干熄焦烟气除尘和余热利用	274
一、干熄焦工艺流程	274
二、干熄焦烟气除尘	276
三、干熄焦烟气余热回收利用	287
四、干熄焦烟气余热利用实例	291
参考文献	292

第八章 炼铁厂废气综合利用技术

294

第一节 高炉煤气除尘净化与余压发电	294
一、高炉煤气除尘工艺流程	294
二、煤气粗除尘系统	296
三、湿式细除尘系统	300
四、干式细煤气除尘系统	304
五、高炉炉顶煤气余压发电技术	314
六、联合循环发电技术	330
第二节 全烧高炉煤气锅炉技术	335
一、小高炉全烧高炉煤气锅炉技术	336
二、大中高炉全烧高炉煤气锅炉技术	338
三、煤粉锅炉掺烧高炉煤气实例	340
第三节 热风炉废气余热利用	342
一、回收热风炉废气热量方法	342
二、废气热量回收装置	342
三、热风炉烟气余热回收实例	346
第四节 磨煤机烟气循环利用	347

一、烟气自循环利用工艺	347
二、烟气自循环工作原理	348
三、烟气自循环工艺的形式	352
四、适用烟气自循环工艺的场所	353
第五节 高炉渣余热回收利用	353
一、高炉渣余热回收利用现状	353
二、高炉渣余热回收方式	354
三、高炉渣余热回收利用技术	355
参考文献	358

第九章 炼钢厂废气综合利用技术

359

第一节 转炉烟气净化与回收利用	359
一、转炉煤气来源与特点	359
二、转炉烟气 OG 法净化回收技术	363
三、转炉烟煤气 LT 法净化回收技术	380
四、转炉烟气净化回收实例	392
五、转炉煤气的综合利用	399
第二节 转炉烟气余热回收利用	400
一、转炉汽化冷却装置新技术	400
二、新型蒸汽蓄热技术	401
三、向真空精炼供气技术	405
第三节 电炉烟气余热利用技术	409
一、电炉烟气余热利用技术	409
二、余热锅炉设计要点	411
三、余热锅炉的自动控制系统	412
四、余热锅炉的运行	412
第四节 电炉烟气预热废钢技术	413
一、废钢预热的常规工艺	413
二、预热装置的技术参数	416
三、废钢预热的影响因素	416
第五节 钢厂 CO ₂ 综合利用	418
一、CO ₂ 综合利用途径	418
二、石灰焙烧炉 CO ₂ 回收利用实例	420
三、利用二氧化碳与废氨水生产肥料	422
第六节 钢渣热能回收	424
一、钢渣滚筒法热能回收	424
二、钢渣风淬法热能回收	425
参考文献	426

第一节 高温蓄热燃烧技术	427
一、高温蓄热燃烧工作原理	427
二、关键设备与部件	430
三、蓄热式技术在钢包烘烤器的应用	432
第二节 加热炉废气余热回收利用	435
一、空气预热器回收加热炉余热	435
二、余热锅炉回收加热炉废气热能	435
三、换热器回收废气余热	437
四、隧道窑和倒焰窑的余热回收利用	437
五、轧钢加热炉节能改造实例	438
第三节 铁合金电炉废气综合利用	441
一、生产工艺及污染物特点	441
二、封闭型电炉煤(炉)气净化回收	442
三、半封闭型电炉烟气净化回收	445
四、铁合金电炉废气回收实例	448
参考文献	453

下篇 废渣篇

第一节 钢铁工业固体废物来源	455
一、钢铁生产工艺流程	455
二、固体废物分类及来源	455
三、钢铁工业固体废物的特点	457
第二节 钢铁废物综合利用途径	460
一、提取各种金属	460
二、生产建筑材料	460
三、生产农肥	461
四、回收能源	461
五、取代某种工业原料	461
第三节 钢铁废物利用基本方法	461
一、固体废物的预处理	462
二、物理方法处理技术	462

三、化学方法处理技术	464
四、生物方法处理技术	465
第四节 技术政策和标准体系	465
一、技术政策总则	465
二、各工序技术政策	466
三、钢铁渣综合利用标准体系	469
四、钢铁企业固体废物综合利用发展方向	470
参考文献	470

第十二章 炼铁前工序固体废物综合利用技术

472

第一节 矿山开采复垦概况	472
一、采矿业对土地的破坏	472
二、矿山复垦利用	474
三、采矿固体废物综合利用	480
第二节 选矿厂固体废物综合利用	482
一、选矿厂固体废物来源与特点	483
二、选矿厂固体废物综合利用	484
三、利用尾矿筑高坝实例	494
第三节 烧结厂固体废物综合利用	499
一、烧结厂固体废物来源和特点	499
二、烧结固体废物综合利用	500
三、烟气脱硫副产品的综合利用	502
第四节 焦化固体废物综合利用	509
一、废物的来源和性质	510
二、废物综合利用技术	513
三、工程应用实例	518
参考文献	520

第十三章 炼铁固体废物综合利用技术

522

第一节 高炉渣的来源和性能	522
一、高炉渣来源	522
二、高炉渣的分类	522
三、高炉渣的性能	523
第二节 高炉渣的再生方法	526
一、高炉渣水淬粒化法	526
二、高炉渣干式粒化法	544
三、高炉渣化学粒化法	548

四、矿渣膨珠生产	549
五、矿渣碎石工艺	553
第三节 高炉渣的综合利用	553
一、用于水泥和建筑材料	554
二、用作农业肥料	572
三、用作高炉护炉材料	574
四、污水处理剂	577
五、新型材料方面的应用	578
六、冶炼废渣综合利用实例	579
参考文献	581

第十四章 钢渣综合利用技术

582

第一节 转炉钢渣的产生及特征	582
一、转炉钢渣的产生	582
二、转炉钢渣的组成	582
三、钢渣的产生量	584
四、转炉钢渣特性	584
第二节 钢渣再生方法	585
一、钢渣再生处理流程	586
二、钢渣水淬法再生工艺	586
三、热泼碎石再生工艺	600
四、余热碎解再生工艺	602
五、钢渣风淬法再生工艺	611
六、钢渣破碎加工处理	612
第三节 钢渣综合利用技术	618
一、钢渣用作冶炼溶剂	619
二、钢渣用作筑路和建筑材料	621
三、钢渣用作农业肥料	625
四、用于铁水预处理脱磷剂	627
五、在废水处理中应用研究	629
六、不锈钢含镍废物综合利用	632
七、钢渣处理与资源化利用实例	637
参考文献	639

第十五章 轧钢和铁合金废物的综合利用技术

640

第一节 轧钢废物的形成和分类	640
一、轧钢生产工艺流程	640

二、轧钢氧化铁皮的形成和分类	641
第二节 氧化铁皮的去除和再生	646
一、氧化铁皮的去除	646
二、氧化铁皮的再生	650
第三节 轧钢废物综合利用	655
一、返同生产系统	655
二、回收金属	659
三、用作粉末冶金原料	660
四、用作化工原料	663
第四节 铁合金渣综合利用	664
一、铁合金渣的来源	664
二、铁合金渣的化学组成	664
三、铁合金渣处理方法	665
四、铁合金渣的综合利用	667
第五节 铬渣综合利用技术	673
一、铬渣组成和危害	673
二、铬渣解毒技术	674
三、铬渣在冶炼中的应用	677
四、铬渣在农肥中的应用	681
五、用铬渣生产建筑材料	686
参考文献	692

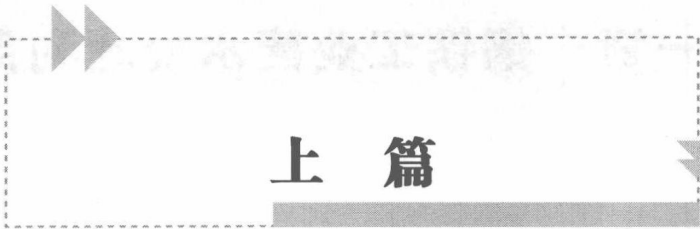
第十六章 全厂性固体废物综合利用技术

693

第一节 废耐火材料的综合利用	693
一、废耐火材料的来源和危害	693
二、废耐火材料再生利用原则和方法	694
三、废耐火材料的综合利用	701
第二节 含铁尘泥综合利用技术	712
一、烧结粉尘回收利用技术	712
二、回收焦粉的综合利用	718
三、高炉含铁尘泥回收利用技术	721
四、炼钢尘泥回收利用技术	729
五、轧钢粉尘的回收利用	747
六、铁合金粉尘回收利用	748
参考文献	754

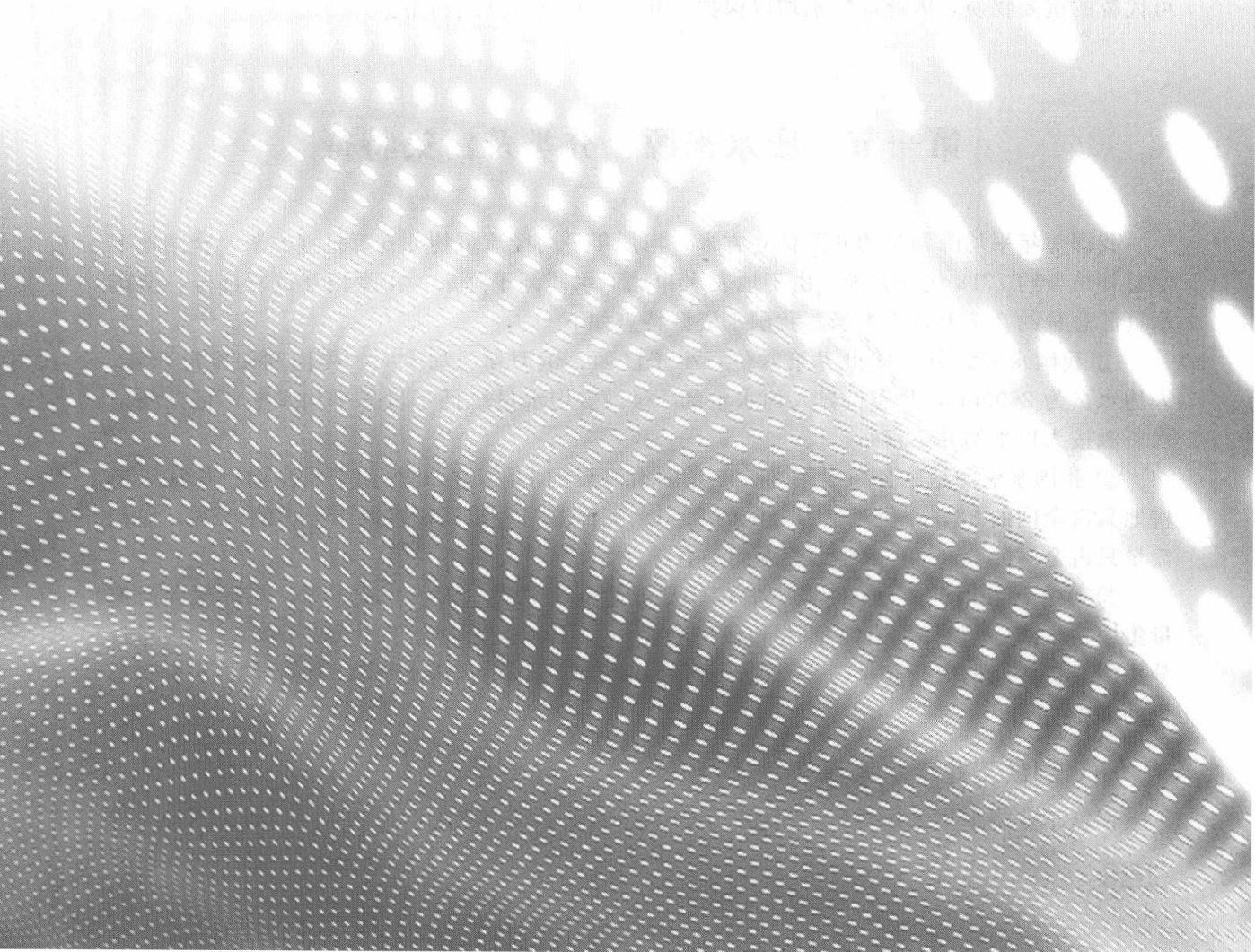
附录 钢铁工业清洁生产三废回收利用指标

755



上 篇

废水篇



第一章 钢铁工业废水处理利用原理

所谓水资源是指现在或将来一切可用于生产和生活的地表面水和地下水源。水资源是自然资源的重要组成部分。地球上水的总储量约为 13.6 亿立方千米,其中海水占 97.3%,淡水只占 2.7%。淡水资源中冰山、冰冠水占 77.2%,地下水和土壤中水占 22.4%,湖泊、沼泽水占 0.35%,河水占 0.1%,大气中水占 0.04%。便于取用的淡水只是河水、淡水湖水和浅层地下水,估算约 300 万立方千米,仅为地球总水量的 0.2%左右^[1]。

水在自然界中呈循环状态。地球上循环的水量,每年大体为 42 万立方千米,其中降落陆地上的约为 10 万立方千米,而后通过江河流入海洋的水量 4 万~4.5 万立方千米。水是地球上一切生命赖以生存、人类生活和生产不可缺少的基本物质,又是地球上自然资源中不可代替的重要物质,因此应特别加以保护,并对废水进行处理利用。

第一节 废水来源、分类及污染特征

我国每年平均降雨量约 6 万亿立方米,河川年平均径流量约 2.6 万亿立方米,全国地下水总补给量约 7718 亿立方米。由于地表水和地下水同源降水,扣除相互重复部分,全国水资源总量约 2.7 万亿立方米。我国水资源特点如下^[2]。

① 我国水资源总量居世界第六位,少于巴西、俄罗斯、加拿大、美国和印度尼西亚。人均水量为 2600m³,只有世界人均水量的 1/4,亩均水量也低于世界平均水平,可见我国水资源按人口平均并不富裕。

② 我国水资源地区分布很不均匀。东南沿海湿润多雨,西北内陆干燥少雨;长江以南耕地只占全国的 38%,径流量占全国的 82%;黄淮海三大流域,耕地占全国的 40%,而径流量只占全国的 6.6%。南北水资源相差悬殊。

③ 水资源在时间上分布不均。我国大部分地区在冬春少雨,夏秋多雨,年降雨和径流量集中在汛期。华北、东北、西北和西南地区 6~9 月降雨量占全年的 70%~80%。雨量过分集中,造成汛期大量弃水,非汛期严重缺水,因此我国可利用水资源,一般仅占水资源总量的 40%左右。

一、钢铁工业废水来源

钢铁工业用水量大,每炼 1t 钢用 150~250m³ 水。在钢铁生产过程中排出的废水,主要