



环境工程技术手册

# 废水污染 控制技术手册

Handbook on Wastewater  
Pollution Control Technology

潘涛 李安峰 杜兵 主编



化学工业出版社



国家出版基金项目  
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

环境工程技术手册

# 废水污染 控制技术手册

## Handbook on Wastewater Pollution Control Technology

洪亚雄 秦永生 钱 潘涛 李安峰 杜兵 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书系统、翔实地介绍了城镇污水和典型工业废水的特点与污染控制方法,国内主导的或具有发展潜力的各种废水处理单元技术,废水污染控制工程建设与运行的程序步骤及其操作方法,具有代表性和指导意义的工程实施案例等内容。

本书内容主要包括四篇:第一篇典型行业废水污染防治技术,介绍了城镇污水、制浆造纸工业废水、化学工业废水、石油工业废水等十二类废水的来源、特点及治理方法与对策;第二篇废水处理单元技术,按物理分离、物化处理、膜分离处理、生物处理、化学除磷与磷回收、污泥处理与处置、生态处理、臭气处理等工艺类别分别介绍了各种废水处理单元技术的功能原理、设备装置和设计计算;第三篇废水处理工程的建设与运行,介绍了废水处理工程从立项、可行性研究到工程设计、建设、调试、验收以及运行管理的各个环节及其实施方法;第四篇废水处理工程实例,介绍了城镇污水处理、工业废水处理、废水的深度处理和回用的典型工程案例。

本书可作为环境科学与环境工程、市政工程等领域的工程技术人员、科研人员和管理人员的工具书,也可供高等学校相关专业师生参考。

# 废水污染控制工程手册

## Handbook on Wastewater Pollution Control Technology

主编 李安峰 潘涛 杜兵

### 图书在版编目(CIP)数据

废水污染控制技术手册/潘涛,李安峰,杜兵主编. —北京:化学工业出版社,2012.10  
(环境工程技术手册)  
ISBN 978-7-122-15291-6

I. ①废… II. ①潘…②李…③杜… III. ①废水-环境污染-污染控制-手册 IV. ①X703-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第210913号

责任编辑:管德存 刘兴春 左晨燕  
责任校对:宋 玮

文字编辑:汲永臻  
装帧设计:王晓宇

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90 字数2368千字 2013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:260.00元

版权所有 违者必究



# 前言 FOREWORD

近年来我国工业化、城镇化推进速度较快，行业、地域发展不平衡，而资源、环境的协调管理却相对滞后，导致水污染形势仍然非常严峻，水环境问题呈现错综复杂的格局。

当前国内水污染防治所面临的困难和挑战，集中体现在以下几个方面：一是水污染呈现复合型、持久型的特点，无论在发达地区还是欠发达地区，水环境质量的有效提升都面临较大的困难；二是尽管“十一五”以来水污染物减排的力度逐年加大，但是在经济高速增长、城镇化步伐空前加快、人口持续增加的背景下，污染物排放总量仍然居高不下，而且进一步削减的难度越来越大；三是高消耗、高污染的粗放型经济增长模式造成的水资源短缺与水环境污染的双重危机仍然很突出，二者之间互为因果、相互推动的恶性循环在短期内很难破解；四是水污染对人体健康和生态安全形成的威胁日益凸显，水环境安全保障面临极大的挑战，并成为政府和公众共同关注的热点。

在这样的背景下，水污染问题的解决已经不再仅仅依赖一项或数项废水处理技术的突破，而必须寻求废水污染控制行业技术水平的整体提升。编者认为，在同步跟踪国内外技术发展前沿的基础上，定期编写出版内容权威、系统、实用的技术手册，是保障废水污染控制工程的可靠性和先进性，解决设计不合理、建设不规范、运行管理水平不高等问题的必要手段。

早在1989年，北京市环境保护科学研究所主持编写的《水污染防治手册》就已经被普遍接受和应用。20多年来，北京市环境保护科学研究院以及依托的国家城市环境污染控制工程技术研究中心、国家环境保护工业废水污染控制工程技术（北京）中心，基于在废水污染控制领域国内领先的技术水平，以及一大批具有丰富工程经验的专家和技术人员，始终致力于水污染控制技术手册的编写工作，并以此作为引领行业技术发展的主要举措之一。

本书是在斟酌引用2000年版《三废处理工程技术手册（废水卷）》、2010年版《废水处理工程技术手册》部分内容的基础上，针对国内水污染控制的重点行业和领域，对一些国内外主流工艺技术进行重新归纳整理，经充实、完善而编写成稿的。鉴于这一原因，为这本手册的编写做出贡献的人员，可能远非“编委会”名单所能穷尽，在此一并对他们致以诚挚的感谢！

废水污染控制技术的目标其实是非常明确的，就是采用经济、高效的技术手段，将

废水中的各类污染物净化去除，以改善水环境质量或实现废水的资源化利用。然而对从业者而言，由于从事的具体工作和关注的技术环节不同，对手册内容的要求也会有差异。污染控制的决策人员可能更关注某种行业废水的治理对策；工程设计人员可能更关心一种或一类处理工艺的技术细节与设计方法；行业管理人员可能更想了解废水处理工程的建设程序和各个步骤的操作方法；工程咨询人员则可能更希望参考借鉴成功实施的工程案例。

尽管编者从多年的从业经验出发，对读者的这些需求感同身受，但是在同一本手册中合理安排上述所有内容仍然是有难度的。在本书中，编者按四条主线来展开内容：一是按废水的行业类型进行分类，结合各行业废水的特点，归纳总结清洁生产和废水处理具体的解决方案；二是按废水处理的单元技术进行分类，逐一介绍主流成熟的单元技术，力求详尽和实用，同时兼顾具有明确发展前景、代表未来发展趋势的潜力技术；三是按项目建设程序的各个环节进行分类，提供从立项、可行性研究等环节开始至竣工验收、运行维护的全过程操作方法；四是详细介绍具有代表性和示范意义的各类工程案例，提供具体实用的案例模板。针对这种从多角度、多层次分别阐述废水污染控制技术的内容编排特点，读者在查阅使用时，既可以针对不同篇章内容取其所需，也可以相关篇章对照阅读。

本书的内容庞杂，编写时间有限，难免存在未及修正的疏漏和不当之处，欢迎读者不吝指正。

编者

2012年7月于北京

# 目 录

## CONTENTS

### 第一篇 典型行业废水污染防治技术

001

Chapter 1	第一章	城镇污水	2
	第一节	概述	2
	第二节	城镇污水的特性	2
		一、城镇污水的来源	2
		二、城镇污水的水质	3
		三、城镇污水的水量	4
	第三节	城镇污水处理技术	4
		一、技术的历史及现状	4
		二、城镇污水处理的主流技术	5
		三、技术的发展趋势	20
	第四节	城镇污水的回用	22
		一、回用现状	22
		二、回用技术	23
		三、回用原则	25
		四、回用途径	26
		五、存在的问题及发展方向	26
	第五节	城镇污水处理厂现状及发展趋势	27
		一、城镇污水处理的现状	27
		二、城镇污水处理存在的问题	29
		三、城镇污水处理的发展趋势	30
		参考文献	30
Chapter 2	第二章	制浆造纸工业废水	32
	第一节	概述	32
		一、我国制浆造纸工业的特点与污染现状	32
		二、制浆造纸工业的产业政策	34
		三、制浆造纸工业的污染防治措施	35
	第二节	制浆原料备料	39
	第三节	碱法和硫酸盐法制浆	40
		一、生产工艺和污染物来源	40

	二、清洁生产与污染防治措施 .....	42
第四节	亚硫酸盐法制浆 .....	54
	一、生产工艺和污染物来源 .....	54
	二、清洁生产与污染防治措施 .....	55
第五节	化学浆漂白 .....	58
	一、生产工艺与污染物来源 .....	58
	二、清洁生产与污染防治措施 .....	59
第六节	半化学浆、化学机械浆及机械浆 .....	63
	一、生产工艺和污染物来源 .....	63
	二、清洁生产与污染防治措施 .....	64
第七节	废纸再生 .....	65
	一、概述 .....	65
	二、生产工艺与污染物来源 .....	66
	三、清洁生产与污染控制措施 .....	68
第八节	造纸过程 .....	69
	一、生产工艺与污染物来源 .....	69
	二、清洁生产与污染控制措施 .....	70
第九节	废水处理与利用 .....	74
	一、废水排放标准 .....	74
	二、处理工艺及污染物去除效果 .....	74
	三、各种处理方法的比较 .....	79
	四、废水回用 .....	80
	参考文献 .....	80

<b>Chapter 3</b>	<b>第三章 化学工业废水</b> .....	82
第一节	氮肥工业废水 .....	83
	一、生产工艺和废水来源 .....	83
	二、清洁生产 .....	84
	三、废水处理和利用 .....	89
第二节	磷肥工业废水 .....	95
	一、生产工艺和废水来源 .....	95
	二、清洁生产 .....	95
	三、废水处理和利用 .....	97
第三节	硫酸工业废水 .....	99
	一、生产工艺和废水来源 .....	99
	二、清洁生产 .....	99
	三、废水处理与利用 .....	100
第四节	氯碱工业废水 .....	101
	一、生产工艺与废水来源 .....	102



181		二、清洁生产	102
881		三、废水处理和利用	105
AB1	第五节	有机磷农药废水	107
Chapter 3	第八章	一、生产工艺和废水来源	107
181		二、清洁生产	109
881		三、废水处理和利用	112
	第六节	染料工业废水	115
881		一、生产工艺和废水来源	116
811		二、清洁生产	116
881		三、废水处理和利用	120
181		参考文献	127
881			247
<b>Chapter 4</b>	<b>第四章</b>	<b>石油工业废水</b>	128
881	第一节	石油开采工业废水	128
081		一、生产工艺与废水来源	128
Chapter 3		二、清洁生产	129
181		三、废水处理与利用	132
181	第二节	石油炼制工业废水	139
881		一、生产工艺与废水来源	139
181		二、清洁生产	141
181		三、废水处理与利用	143
808	第三节	石油化工废水处理	152
808		一、生产工艺与废水来源	152
808		二、清洁生产	153
018		三、废水处理与利用	154
018		参考文献	159
818			160
<b>Chapter 5</b>	<b>第五章</b>	<b>纺织工业废水</b>	160
818	第一节	棉纺工业废水	160
		一、生产工艺和废水来源	160
818		二、清洁生产	162
088		三、废水处理与利用	163
188	第二节	毛纺工业废水	171
888		一、生产工艺和废水来源	171
888		二、清洁生产	173
888		三、废水处理与利用	176
188	第三节	麻纺工业废水	179
188		一、生产工艺和废水来源	179
188		二、清洁生产	180



		三、废水的处理与利用 .....	181
	第四节	缫丝工业废水 .....	183
		一、生产工艺和废水来源 .....	184
		二、清洁生产 .....	184
		三、废水处理与利用 .....	184
		参考文献 .....	185
<b>Chapter 6</b>	<b>第六章</b>	<b>钢铁工业废水 .....</b>	<b>186</b>
	第一节	矿山废水 .....	186
		一、生产工艺和废水来源 .....	186
		二、清洁生产 .....	187
		三、废水处理与利用 .....	188
	第二节	烧结厂废水 .....	189
		一、生产工艺和废水来源 .....	189
		二、清洁生产 .....	190
		三、废水处理与利用 .....	191
	第三节	炼铁废水 .....	194
		一、生产工艺和废水来源 .....	194
		二、清洁生产 .....	196
		三、废水处理与利用 .....	197
	第四节	炼钢废水 .....	202
		一、生产工艺和废水来源 .....	202
		二、转炉除尘废水 .....	203
		三、连铸机废水 .....	208
	第五节	轧钢厂废水 .....	210
		一、热轧废水 .....	210
		二、冷轧废水 .....	213
		三、酸洗废液 .....	215
		参考文献 .....	218
<b>Chapter 7</b>	<b>第七章</b>	<b>有色金属工业废水 .....</b>	<b>219</b>
	第一节	有色金属矿山废水 .....	220
		一、生产工艺与废水来源 .....	221
		二、清洁生产 .....	222
		三、废水处理与利用 .....	223
	第二节	有色金属冶炼工业废水 .....	227
		一、生产工艺与废水来源 .....	227
		二、清洁生产 .....	231

110	三、废水处理与利用	231
210	参考文献	237
<b>Chapter 8</b>	<b>第八章 机械加工工业废水</b>	238
210	第一节 机械加工含油废水	238
210	一、废水来源及性质	238
210	二、清洁生产	238
230	三、废水处理与利用	239
230	第二节 电镀废水	242
230	一、电镀废水的来源及性质	242
230	二、清洁生产	243
230	三、电镀废水处理	247
240	四、电镀污泥的处置及回收利用	258
240	参考文献	261
<b>Chapter 9</b>	<b>第九章 制药工业废水</b>	262
260	第一节 生物制药废水	263
260	一、生产工艺和废水来源	264
260	二、清洁生产	268
260	三、废水处理与利用	269
260	第二节 化学制药和其他制药废水	276
260	一、生产工艺和废水来源	276
260	二、清洁生产	278
260	三、废水处理与利用	279
260	参考文献	282
<b>Chapter 10</b>	<b>第十章 食品加工工业废水</b>	283
280	第一节 肉类加工工业废水	283
280	一、生产工艺和废水来源	283
280	二、清洁生产	286
280	三、废水处理与利用	287
280	第二节 油脂工业废水	295
280	一、生产工艺和废水来源	295
280	二、清洁生产	299
280	三、废水处理与利用	300
280	第三节 豆制品废水	309
280	一、生产工艺和废水来源	310
280	二、清洁生产	310

	三、废水处理与利用 .....	311
	参考文献 .....	315
<b>Chapter 11</b>	<b>第十一章 饮料酒及酒精制造业废水 .....</b>	<b>316</b>
	第一节 啤酒工业废水 .....	316
	一、生产工艺与废水来源 .....	316
	二、啤酒行业的综合利用 .....	319
	三、清洁生产 .....	326
	四、废水处理与利用 .....	328
	第二节 白酒工业废水 .....	335
	一、生产工艺与废水来源 .....	335
	二、白酒行业的综合利用 .....	338
	三、清洁生产 .....	341
	四、废水处理与利用 .....	342
	第三节 酒精工业废水 .....	345
	一、生产工艺与废水来源 .....	347
	二、清洁生产 .....	348
	三、酒精糟的综合利用和处理 .....	353
	参考文献 .....	362
<b>Chapter 12</b>	<b>第十二章 制革工业废水 .....</b>	<b>364</b>
	第一节 生产工艺及废水来源 .....	364
	一、制革工业的发展 .....	364
	二、制革污染 .....	365
	三、制革污染防治 .....	365
	四、制革工艺 .....	366
	五、废水来源及特性 .....	366
	第二节 清洁生产 .....	369
	一、原料皮保藏清洁技术 .....	371
	二、脱毛浸灰清洁工艺 .....	371
	三、脱灰清洁工艺 .....	372
	四、鞣制清洁工艺 .....	373
	五、脱脂废水回收 .....	374
	六、植鞣清洁工艺 .....	375
	七、涂饰过程中的清洁工艺 .....	375
	八、制革废渣及其利用 .....	376
	九、其他可行的清洁生产方法 .....	376
	第三节 废水处理与利用 .....	376



020	一、预处理 .....	376
022	二、化学法处理制革废水 .....	377
024	三、生物法处理制革废水 .....	378
026	四、工程实例 .....	380
028	五、制革废水处理设计注意事项 .....	383
030	参考文献 .....	384

## 第二篇

## 废水处理单元技术

385

Chapter 1	第一章	物理分离 .....	386
	第一节	筛除 .....	386
		一、原理和功能 .....	386
		二、设备和装置 .....	386
		三、格栅的设计计算 .....	388
	第二节	沉砂池 .....	392
		一、原理和功能 .....	392
		二、设备和装置 .....	392
		三、设计计算 .....	395
	第三节	沉淀 .....	404
		一、原理和功能 .....	404
		二、设备和装置 .....	404
		三、设计计算 .....	408
	第四节	澄清 .....	423
		一、原理和功能 .....	423
		二、设备和装置 .....	424
		三、设计计算 .....	425
	第五节	隔油 .....	429
		一、原理和功能 .....	429
		二、设备和装置 .....	430
		三、设计计算 .....	438
	第六节	离心分离 .....	440
		一、原理和功能 .....	440
		二、设备和装置 .....	441
		三、设计计算 .....	442
	第七节	磁分离 .....	445
		一、原理和功能 .....	445
		二、装置和设备 .....	446
		三、设计计算 .....	447

376	参考文献	450
377	参考文献	375
Chapter 2	<b>第二章 物化处理</b>	451
Chapter 11	第一节 调节均化	451
386	一、原理和功能	451
386	二、设备和装置	451
	三、设计计算	459
388	第二节 混凝	465
	一、原理和功能	465
388	二、混凝剂与助凝剂	465
388	三、设备和装置	468
388	四、设计计算	471
388	第三节 气浮	481
388	一、原理和功能	481
388	二、设备和装置	481
388	三、设计计算	486
388	第四节 过滤	490
388	一、原理和功能	490
388	二、设备和装置	490
388	三、设计计算	498
388	第五节 吸附	506
388	一、原理和功能	506
388	二、设备和装置	510
388	三、设计与计算	511
388	四、活性炭的再生	513
388	参考文献	515
Chapter 3	<b>第三章 膜分离处理</b>	516
388	第一节 电渗析	516
388	一、原理和功能	516
388	二、设备和装置	516
388	三、设计计算	518
388	第二节 反渗透和纳滤	525
388	一、原理和功能	525
388	二、设备和装置	526
388	三、设计计算	529
388	四、膜的清洗	536
388	第三节 超滤和微滤	541

818	一、原理和功能	541
818	二、设备和装置	542
818	三、设计计算	545
778	参考文献	549

<b>Chapter 4</b>	<b>第四章 化学处理与消毒</b>	550
	第一节 中和及 pH 控制	550
	一、原理和功能	550
	二、设备和装置	553
	三、设计计算	556
	第二节 化学沉淀	558
	一、原理和功能	558
	二、设备和装置	560
	三、设计计算	560
	第三节 化学氧化与还原	572
	一、原理和功能	572
	二、设备和装置	578
	三、设计计算	581
	第四节 电解	582
	一、原理和功能	582
	二、设备和装置	584
	三、设计计算	584
	第五节 离子交换	586
	一、原理和功能	586
	二、设备与装置	590
	三、设计计算	593
	第六节 消毒	597
	一、原理和功能	597
	二、设备和装置	600
	三、设计计算	603
	参考文献	604

<b>Chapter 5</b>	<b>第五章 传统活性污泥法</b>	605
	第一节 基本原理	605
	一、活性污泥的形态、组成与性能指标	605
	二、活性污泥的微生物及其生态学	606
	三、活性污泥反应的理论基础与反应动力学	608
	四、活性污泥反应的影响因素	612



	第二节	主要运行方式 .....	615
		一、推流式活性污泥法 .....	616
		二、完全混合活性污泥法 .....	616
		三、分段曝气活性污泥法 .....	617
		四、吸附-再生活性污泥法 .....	617
		五、延时曝气活性污泥法 .....	618
		六、高负荷活性污泥法 .....	618
		七、浅层曝气、深水曝气、深井曝气活性污泥法 .....	619
		八、纯氧曝气活性污泥法 .....	620
	第三节	曝气装置 .....	621
		一、原理和功能 .....	621
		二、设备和装置 .....	624
		三、曝气系统设计计算 .....	632
	第四节	传统活性污泥法设计计算 .....	635
		一、曝气池的设计计算 .....	635
		二、二次沉淀池的设计计算 .....	636
		三、污泥回流系统的计算与设计 .....	638
		参考文献 .....	641
<b>Chapter 6</b>	<b>第六章</b>	<b>改良活性污泥法 .....</b>	<b>643</b>
	第一节	间歇式活性污泥法 (SBR) .....	643
		一、原理和功能 .....	643
		二、设备和装置 .....	645
		三、设计计算 .....	648
		四、其他 SBR 变种 .....	667
	第二节	氧化沟法 .....	674
		一、原理和功能 .....	674
		二、设备和装置 .....	686
		三、设计计算 .....	692
	第三节	AB 法 .....	698
		一、原理和功能 .....	698
		二、AB 活性污泥法工艺的运行控制 .....	704
		三、设计计算 .....	705
	第四节	投料活性污泥法 .....	709
		一、原理和功能 .....	709
		二、设备和装置 .....	715
		三、设计计算 .....	720

	第五节	膜生物反应器 .....	727
		一、原理与功能 .....	727
		二、设备与装置 .....	737
		三、设计与计算 .....	744
		四、膜污染防治 .....	761
	参考文献 .....		768
<b>Chapter 7</b>	<b>第七章</b>	<b>生物膜法 .....</b>	<b>770</b>
	第一节	生物滤池 .....	770
		一、原理和功能 .....	770
		二、设备和装置 .....	771
		三、设计计算 .....	774
	第二节	生物转盘 .....	777
		一、原理和功能 .....	777
		二、设备和装置 .....	778
		三、设计计算 .....	779
	第三节	生物接触氧化法 .....	785
		一、原理与功能 .....	785
		二、设备和装置 .....	789
		三、设计计算 .....	795
	第四节	生物流化床 .....	800
		一、原理和功能 .....	800
		二、设备和装置 .....	805
		三、设计计算 .....	807
	第五节	曝气生物滤池 .....	809
		一、原理和功能 .....	809
		二、工艺单元和工艺流程 .....	819
		三、设计计算 .....	822
		四、主要设备与材料 .....	832
	第六节	生物活性炭滤池 .....	845
		一、原理和功能 .....	845
		二、设备和装置 .....	847
		三、设计计算 .....	851
	参考文献 .....		853
<b>Chapter 8</b>	<b>第八章</b>	<b>厌氧生物处理 .....</b>	<b>855</b>
	第一节	原理和功能 .....	855
		一、厌氧处理工艺类型 .....	855

		二、原理与特点 .....	860
		三、工艺控制条件 .....	861
		四、厌氧工艺的设计方法 .....	863
		五、沼气的收集和利用 .....	864
	第二节	设计计算 .....	867
		一、预处理设施 .....	867
		二、厌氧工艺的设计 .....	869
		三、各种类型废水设计参数 .....	870
		四、反应器的详细设计 .....	872
	第三节	普通消化池和接触工艺 .....	876
		一、原理和功能 .....	876
		二、设备与装置 .....	880
		三、设计计算 .....	881
	第四节	厌氧生物滤池和复合床反应器 .....	883
		一、原理与功能 .....	883
		二、设备与装置 .....	885
		三、设计计算 .....	886
	第五节	升流式厌氧污泥床反应器 .....	888
		一、原理和功能 .....	888
		二、设备与装置 .....	890
		三、设计计算 .....	892
	第六节	厌氧流化床/膨胀床反应器 .....	895
		一、原理和功能 .....	895
		二、设备和装置 .....	897
		三、设计计算 .....	898
	第七节	水解反应器 .....	903
		一、原理和功能 .....	903
		二、设备和装置 .....	909
		三、设计计算 .....	909
		参考文献 .....	911
Chapter 9	第九章	生物脱氮除磷 .....	913
	第一节	生物脱氮 .....	913
		一、原理和功能 .....	913
		二、设备和装置 .....	933
		三、设计计算 .....	935
	第二节	生物除磷 .....	942
		一、原理和功能 .....	942
		二、设备和装置 .....	950
		三、设计计算 .....	950