



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

潘涛 李安峰 杜兵 主编

常州大学图书馆  
藏书章

主 编：潘 涛 李安峰 杜 兵

编 者：潘 涛 李安峰 杜 兵

李建国 林学海 杜 兵

王 磊 李安峰 杜 兵

曹从荣 英文撰 齐吉山



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。

## 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

# 《环境工程技术手册》

## 编委会

主任：郝吉明

副主任：聂永丰 潘涛 张殿印

其他编委会成员（以姓氏笔画排序）：

王伟	王纯	王冠	王琪	王绍堂	王洪涛
王海涛	田刚	司亚安	刘建国	刘富强	孙长虹
孙瑞征	杜兵	杨景玲	李安峰	李金惠	李建民
张克南	张学义	张进锋	陆文静	武江津	苑文颖
林秀军	岳东北	岳清瑞	金宜英	赵学林	俞非漉
洪亚雄	秦永生	钱雷	倪正	梁延周	董保澍

# 《废水污染控制技术手册》

## 编委会

主编：潘涛 李安峰 杜兵

编写人员：

李建民	林秀军	田刚	曹建平	傅海霞	董娜
王珊	刘寅	何然	梁延周	杜义鹏	孙长虹
曹从荣	苑文颖	齐吉山	余杰	赵淑霞	王佳
袁阳洋	骆坚平	郭行	刘晓剑	梁康强	李箭
徐文江	葛艳菊	刘洪梅	何星海	常丽春	董志英
李焯	王永刚	安同艳	马鸣超	杜秋平	李菲
史骏	刘彤	吴春江			

# 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实例，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	<b>第一章 城镇污水</b> .....	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	<b>第二章 制浆造纸工业废水</b> .....	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

## Chapter 3

<b>第三章</b>	<b>化学工业废水 .....</b>	<b>82</b>
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



	二、清洁生产 .....	102
	三、废水处理和利用 .....	105
第五节	有机磷农药废水 .....	107
	一、生产工艺和废水来源 .....	107
	二、清洁生产 .....	109
	三、废水处理和利用 .....	112
第六节	染料工业废水 .....	115
	一、生产工艺和废水来源 .....	116
	二、清洁生产 .....	116
	三、废水处理和利用 .....	120
	参考文献 .....	127

Chapter 4	<b>第四章 石油工业废水</b> .....	128
	第一节 石油开采工业废水 .....	128
	一、生产工艺与废水来源 .....	128
	二、清洁生产 .....	129
	三、废水处理与利用 .....	132
	第二节 石油炼制工业废水 .....	139
	一、生产工艺与废水来源 .....	139
	二、清洁生产 .....	141
	三、废水处理与利用 .....	143
	第三节 石油化工废水处理 .....	152
	一、生产工艺与废水来源 .....	152
	二、清洁生产 .....	153
	三、废水处理与利用 .....	154
	参考文献 .....	159

Chapter 5	<b>第五章 纺织工业废水</b> .....	160
	第一节 棉纺工业废水 .....	160
	一、生产工艺和废水来源 .....	160
	二、清洁生产 .....	162
	三、废水处理与利用 .....	163
	第二节 毛纺工业废水 .....	171
	一、生产工艺和废水来源 .....	171
	二、清洁生产 .....	173
	三、废水处理与利用 .....	176
	第三节 麻纺工业废水 .....	179
	一、生产工艺和废水来源 .....	179
	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

## Chapter 6

<b>第六章</b>	<b>钢铁工业废水</b> .....	186
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

## Chapter 7

<b>第七章</b>	<b>有色金属工业废水</b> .....	219
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

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

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

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

参考文献 .....	450
------------	-----

<b>Chapter 2</b>	<b>第二章 物化处理 .....</b>	<b>451</b>
	第一节 调节均化 .....	451
	一、原理和功能 .....	451
	二、设备和装置 .....	451
	三、设计计算 .....	459
	第二节 混凝 .....	465
	一、原理和功能 .....	465
	二、混凝剂与助凝剂 .....	465
	三、设备和装置 .....	468
	四、设计计算 .....	471
	第三节 气浮 .....	481
	一、原理和功能 .....	481
	二、设备和装置 .....	481
	三、设计计算 .....	486
	第四节 过滤 .....	490
	一、原理和功能 .....	490
	二、设备和装置 .....	490
	三、设计计算 .....	498
	第五节 吸附 .....	506
	一、原理和功能 .....	506
	二、设备和装置 .....	510
	三、设计与计算 .....	511
	四、活性炭的再生 .....	513
	参考文献 .....	515

<b>Chapter 3</b>	<b>第三章 膜分离处理 .....</b>	<b>516</b>
	第一节 电渗析 .....	516
	一、原理和功能 .....	516
	二、设备和装置 .....	516
	三、设计计算 .....	518
	第二节 反渗透和纳滤 .....	525
	一、原理和功能 .....	525
	二、设备和装置 .....	526
	三、设计计算 .....	529
	四、膜的清洗 .....	536
	第三节 超滤和微滤 .....	541

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

<b>Chapter 4</b>	<b>第四章</b>	<b>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</b>	<b>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

## Chapter 6

第六章	改良活性污泥法 .....	643
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

Chapter 7	<b>第七章 生物膜法</b> .....	770
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

Chapter 8	<b>第八章 厌氧生物处理</b> .....	855
第一节	原理和功能 .....	855
	一、厌氧处理工艺类型 .....	855