



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

# 水污染控制工程

第四版 下册

高廷耀 顾国维 周琪 主编

高等教育出版社

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

# 水污染控制工程

Shuiwuran Kongzhi Gongcheng

第四版

下 册

高廷耀 顾国维 周琪 主编

高等教育出版社·北京

## 内容提要

本书是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材,其第三版是“十一五”国家级规划教材,第二版是面向21世纪课程教材。本书在第三版的基础上,根据近年来水污染控制工程在理论、技术等方面的进展,对内容做了较为全面的修订和补充。

本书为《水污染控制工程》的下册,共十二章。内容包括污水水质和污水出路、污水的物理处理、污水生物处理的基本概念和生化反应动力学基础、活性污泥法、生物膜法、稳定塘和污水的土地处理、污水的厌氧生物处理、污水的化学与物理化学处理、城市污水回用、污泥的处理与处置、工业废水处理、污水处理厂设计等。

本书可供高等院校环境工程专业、给水排水专业本科生作为教材,也可供广大科技人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

水污染控制工程.下册/高廷耀,顾国维,周琪主编.  
--4版.--北京:高等教育出版社,2015.4  
ISBN 978-7-04-042126-2

I. ①水… II. ①高… ②顾… ③周… III. ①水污染-污染控制-高等学校-教材 IV. ①X520.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第028976号

策划编辑 陈文 责任编辑 陈正雄 封面设计 于文燕 版式设计 余杨  
插图绘制 杜晓丹 责任校对 李大鹏 责任印制 毛斯璐

---

出版发行	高等教育出版社	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
社 址	北京市西城区德外大街4号		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
邮政编码	100120	网上订购	<a href="http://www.landraco.com">http://www.landraco.com</a>
印 刷	北京北苑印刷有限责任公司		<a href="http://www.landraco.com.cn">http://www.landraco.com.cn</a>
开 本	787mm×960mm 1/16	版 次	1989年2月第1版
印 张	32.5		2015年4月第4版
字 数	590千字	印 次	2015年4月第1次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	49.90元
咨询电话	400-810-0598		

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 42126-00

# 第一版前言

“水污染控制工程”是高等工业学校环境工程专业的一门必修专业课,但目前缺乏合适的教材和参考书。本书在同济大学1977—1980年所编的“排水工程”教材的基础上重新改编而成,主要供高等工业学校环境工程专业“水污染控制工程”课程(多学时)教学使用,也可供给水排水工程专业“排水工程”课程教学使用,同时,可供有关工程技术人员阅读参考。目前,我国各所学校的环境工程专业的课程设置和培养侧重点有所不同。有的是偏于土建类,既要强调水的治理工程,也要重视管道系统的规划设计;有的是偏于化工类的,对管道系统的规划设计的要求较低,同时在教学计划中不再有给水工程方面的课程。因此,要使一份教材满足各方面的要求是相当困难的,在编写的内容上就要适当兼顾,以便各校按照具体情况选用。作为教材,本书着重于基本原理和基础理论的阐述,因为又是参考书,有些内容的介绍就较为详细,但在教学中不必详细讲述。

本书是同济大学环境工程系的教师集体编写的,由高廷耀教授任主编。全书分上、下两册。上册主要介绍管道系统部分,包括污水沟道系统,雨水沟道系统和给水管道系统的规划设计等。下册主要介绍水处理部分,包括水体的污染和自净,水的物理处理,化学处理,生物处理,物理化学处理,污泥处理和给水、污水处理厂的规划设计等。水污染控制问题应从整个工程系统的角度加以考虑,因此本书对管道系统的规划设计作了必要介绍。在水处理部分,将废水处理 and 给水处理结合在一起加以阐述是一种尝试。

书籍内容的叙述上,力求基本概念正确。能适当反映本学科最近的进展和新的水平,引入了近年来同济大学环境工程系的教师和研究生的部分科研成果。书中也列举了一些计算例题和思考题,供教学中参考。

上册部分由蔡不忒(总论)、周增炎(第一至第三章)、邓培德(第四至第六章)、许建华(第七章)等同志编写。下册部分由蔡不忒(第八、九、十、二十章)、赵俊瑛(第十一、十二章)、秦麟源(第十三章)、章非娟(第十五章)、顾国维(第十六章)、高廷耀(第十四、十七、十八、十九、二十二章和第十六章的第六、七节)、徐建华(第二十一章)等同志编写。由高廷耀担任主编。

由于我们的理论和实践水平的限制,加工时间仓促,本教材并不成熟,还可能有错误,我们热忱希望读者提出批评和意见。

编者  
1988年3月

## 第二版前言

本书的第一版是1989年印刷的。出版后,在国内高等院校获得较广泛的应用,并多次重印。

第一版教材出版至今已有10年。10年来,保护环境、可持续发展的理念已经深入人心。人们在水污染控制方面的认识也在深化,技术上有了新的进展,这些理应在教材中有所反映。同时,第一版教材中包括了给水工程方面的内容,对多数读者是不必要的;且由于有些内容过于繁复,不够精练;第一版教材中,还存在不少印刷上的错误,给读者带来很多不便。因此,我们决心对原教材作较大的修改和补充,以克服上述的缺点。

全书仍分为上、下两篇。上篇为污水沟道部分,共九章;下篇为污水处理部分,共十二章。

本书由周增炎(第二、三、四、七章)、杨海真(总论、第九章)、屈计宁(第一、二十章)、郑贤谷(第五、六章)、胡家骏(第八章)、章非娟(第十、十一、十二、十三章)、顾国维(第十四、十八、十九章)、高廷耀(第十四章第六节、第十五、十六、十七、二十一章)等同志改编;由高廷耀、顾国维担任主编。全书经胡家骏教授审改。

由于我们的水平限制,本教材还可能有错误,热忱希望读者提出批评和意见。

编者  
1999年3月

## 第三版前言

《水污染控制工程》自出版以来受到广大读者的好评,在国内高等院校获得较广泛的应用。其第一版于1989年出版,1990年获第二届全国优秀教材一等奖;第二版于1999年出版,2002年获全国普通高等学校优秀教材二等奖,2003年获上海市优秀教材一等奖;第三版为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

《水污染控制工程》(第二版)自出版至今已有7年。7年来,循环经济、保护环境、可持续发展的理念已深入人心。人们对水污染控制方面的认识在不断深化,水污染控制的理论和技术也在不断发展。因此,根据学科发展现状和教学的要求,《水污染控制工程》(第三版)在第二版的基础上进行了较大的修改和补充。

全书仍分为上、下两篇。上篇为排水管渠系统部分,共八章;下篇为污水处理部分,共十一章。

《水污染控制工程》(第三版)由周增炎(第一、二、三、五、八章、第四章第一、三、四、五节),全洪福、郑贤谷(第六章),朱保罗、郑贤谷(第七章),周琪(绪论、第十四、十五、十八章),周琪、章非娟(第十一章),徐竟成(第九、十七、十九章、第四章第二节),徐竟成、章非娟(第十三章),杨殿海、章非娟(第十章),杨殿海、顾国维(第十二章),高廷耀、李国建(第十六章)等同志改编;由高廷耀、顾国维、周琪担任主编。

由于编者水平有限,在本书的编写过程中难免会出现漏误之处,热忱希望读者提出批评和意见。

编者  
2006年10月

## 第四版前言

本书为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。《水污染控制工程》自出版以来在国内高等院校得到较广泛的应用,受到广大读者的好评,并多次获得相关教材奖。在《水污染控制工程》(第三版)出版的7年间,环境保护与可持续发展的理念已更加深入人心,水污染控制的理论和技术有很大的发展,工程实践也为教学积累了大量的经验与案例。为适应环境学科的发展和人才培养,本书在《水污染控制工程》(第三版)基础上作了较大的修改和补充,特别是增补了近年来水污染控制技术的发展现状。例如第一章增补了新型材质的管道、检查井和雨水口;第四章增补了立体交叉道路雨水的排除和雨水径流控制及资源化;第七章增补了排水管渠系统管理维护新技术;第十二章增加了生物脱氮的新的工艺技术;增加了第十九章工业废水处理;污水厌氧消化、污泥的处理处置等章节的内容也有较多的增补。全书仍分为上、下两篇。上篇为排水管渠系统部分,共八章;下篇为污水、污泥处理部分,共十二章。

《水污染控制工程》(第四版)由周增炎(第一、二、三、五、八章,第四章第一、二、三、五节),全洪福(第六章),朱保罗(第七章),周琪(绪论,第十四、十五、十八章),周琪、章非娟(第十一章),徐竟成(第九、十七、二十章,第四章第四节),徐竟成、章非娟(第十三章),杨殿海、章非娟(第十章),杨殿海、顾国维(第十二章),李国建、高廷耀(第十六章),黄翔峰(第十九章)编写;由高廷耀、顾国维、周琪担任主编。

由于编者水平有限,在本书的编写过程中难免会出现漏误之处,热忱希望读者提出批评和意见。

编者  
2014年5月



# 目 录

第九章	污水水质和污水出路 .....	1
第一节	污水性质与污染指标 .....	1
	一、污水的类型与特征 .....	1
	二、污水的性质与污染指标 .....	2
第二节	污染物在水体中的自净过程 .....	7
第三节	污水出路与排放标准 .....	10
	一、污水出路 .....	10
	二、污水排放标准 .....	11
	三、污水处理基本方法 .....	13
	思考题与习题 .....	14
	参考文献 .....	14
第十章	污水的物理处理 .....	16
第一节	格栅和筛网 .....	16
	一、格栅的作用 .....	16
	二、格栅的种类 .....	17
	三、格栅的设计与计算 .....	25
	四、筛网 .....	28
	五、破碎机 .....	29
第二节	沉淀的基础理论 .....	30
	一、概述 .....	30
	二、沉淀类型 .....	30
	三、自由沉淀与絮凝 沉淀分析 .....	31
	四、沉淀池的工作原理 .....	34
第三节	沉砂池 .....	37
	一、平流式沉砂池 .....	38
	二、曝气沉砂池 .....	40
	三、旋流沉砂池 .....	44

第四节	沉淀池 .....	46
	一、沉淀池概况 .....	46
	二、沉淀池的一般设计原则 及设计参数 .....	48
	三、平流式沉淀池 .....	49
	四、竖流式沉淀池 .....	54
	五、辐流式沉淀池 .....	56
	六、斜板(管)沉淀池 .....	59
	七、提高沉淀池沉淀效果的 有效途径 .....	61
第五节	隔油池 .....	62
	一、含油废水的来源与危害 .....	62
	二、隔油池 .....	63
	三、乳化油及破乳方法 .....	65
第六节	气浮池 .....	66
	一、气浮法的类型 .....	67
	二、加压溶气气浮法的 基本原理 .....	71
	三、加压溶气气浮法系统的 组成及设计 .....	76
	思考题与习题 .....	84
	参考文献 .....	84

<b>第十一章</b>	<b>污水生物处理的基本概念和     生化反应动力学基础 .....</b>	<b>86</b>
第一节	概述 .....	86
第二节	污水生物处理基本原理 .....	87
	一、发酵与呼吸 .....	87
	二、好氧生物处理 .....	89
	三、厌氧生物处理 .....	90
	四、脱氮除磷基础理论 .....	91
第三节	微生物的生长规律和生长 环境 .....	92

	一、微生物的生长规律 .....	92
	二、微生物的生长环境 .....	95
第四节	反应速率和反应级数 .....	97
	一、反应速率 .....	97
	二、反应级数 .....	97
第五节	微生物生长与底物降解	
	动力学 .....	99
	一、微生物的增长速率 .....	99
	二、底物利用速率 .....	100
	三、微生物增长与底物降解 .....	103
	思考题与习题 .....	105
	参考文献 .....	105
<b>第十二章 活性污泥法</b> .....		106
第一节	基本概念 .....	106
	一、活性污泥 .....	106
	二、活性污泥法的基本 流程 .....	108
	三、活性污泥降解污水中 有机物的过程 .....	109
第二节	活性污泥法的发展 .....	112
	一、活性污泥法曝气反应池 的基本形式 .....	112
	二、活性污泥法的发展和 演变 .....	114
	三、活性污泥法生物脱氮 除磷 .....	125
	四、膜生物反应器 .....	125
第三节	活性污泥法数学模型基础 .....	126
	一、底物降解与微生物增 长数学模型的假设 .....	127
	二、劳伦斯和麦卡蒂模型 .....	128
	三、劳伦斯-麦卡蒂方程 的应用 .....	130

	四、劳伦斯-麦卡蒂方程	
	参数的测定 .....	133
	五、国际水协会活性污泥	
	数学模型简介 .....	134
第四节	气体传递原理和曝气设备 ..	143
	一、气体传递原理 .....	143
	二、氧转移的影响因素 .....	146
	三、氧转移速率与供气量	
	的计算 .....	148
	四、曝气设备 .....	150
第五节	去除有机污染物的活性	
	污泥法过程设计 .....	156
	一、曝气池容积设计计算 .....	156
	二、剩余污泥量计算 .....	158
	三、需氧量设计计算 .....	159
第六节	脱氮、除磷活性污泥法	
	工艺及其设计 .....	163
	一、生物脱氮工艺 .....	164
	二、生物除磷工艺 .....	174
	三、生物脱氮除磷工艺 .....	178
	四、常用生物脱氮除磷工艺	
	设计参数和特点 .....	181
	五、污水生物脱氮除磷	
	新技术 .....	183
第七节	二次沉淀池 .....	185
	一、基本原理 .....	186
	二、二次沉淀池的构造 .....	188
	三、二次沉淀池的设计计算 ..	189
第八节	活性污泥法处理系统的	
	设计、运行与管理 .....	190
	思考题与习题 .....	201
	参考文献 .....	202
第十三章	生物膜法 .....	203

第一节	基本原理	203
	一、生物膜的结构及净化	
	机理	203
	二、影响生物膜法污水处理	
	效果的主要因素	207
	三、生物膜法污水处理特征	209
	四、生物膜反应动力学介绍	211
第二节	生物滤池	214
	一、概述	214
	二、生物滤池的构造	215
	三、生物滤池法的工艺流程	218
	四、滤床高度的动力学	
	计算方法	223
	五、生物滤池的设计计算	227
	六、生物滤池的运行	232
第三节	生物转盘法	232
	一、概述	232
	二、生物转盘的构造	233
	三、生物转盘法的工艺流程	234
	四、生物转盘的设计计算	235
	五、生物转盘法的应用和	
	研究进展	239
第四节	生物接触氧化法	240
	一、概述	240
	二、生物接触氧化池的构造	241
	三、生物接触氧化法的	
	工艺流程	243
	四、生物接触氧化法的	
	设计计算	243
第五节	曝气生物滤池	245
	一、概述	245
	二、曝气生物滤池的构造	
	及工作原理	246

三、曝气生物滤池的工艺	248
四、曝气生物滤池的主要 工艺设计参数	251
第六节 生物流化床	251
一、流态化原理	251
二、生物流化床的类型	254
三、生物流化床的优缺点	255
思考题与习题	256
参考文献	257
<b>第十四章 稳定塘和污水的土地处理</b>	<b>258</b>
第一节 稳定塘	258
一、概述	258
二、好氧塘	259
三、兼性塘	263
四、厌氧塘	266
五、曝气塘	268
第二节 污水土地处理	269
一、概述	269
二、污水土地处理系统的 净化原理	269
三、污水土地处理系统的 工艺类型	272
第三节 人工湿地处理	277
一、概述	277
二、人工湿地的净化机理	278
三、人工湿地的类型	282
四、人工湿地的设计	284
思考题与习题	285
参考文献	285
<b>第十五章 污水的厌氧生物处理</b>	<b>287</b>
第一节 污水厌氧生物处理的 基本原理	287

	一、厌氧消化的机理 .....	287
	二、厌氧消化的影响因素 .....	289
第二节	污水的厌氧生物处理	
	工艺 .....	290
	一、化粪池 .....	290
	二、普通厌氧消化池 .....	291
	三、厌氧生物滤池 .....	292
	四、厌氧接触法 .....	292
	五、升流式厌氧污泥床 反应器 .....	293
	六、厌氧流化床和颗粒污 泥膨胀床 .....	294
	七、厌氧内循环反应器 .....	295
	八、厌氧折流板反应器 .....	295
	九、厌氧生物转盘 .....	296
	十、厌氧序批式反应器 .....	297
	十一、两相厌氧法 .....	297
	十二、分段厌氧处理法 .....	298
第三节	厌氧生物处理法的设计	
	计算 .....	299
	一、流程和设备的选择 .....	299
	二、厌氧反应器的设计 .....	300
	三、反应器的热量计算 .....	301
	思考题与习题 .....	303
	参考文献 .....	303
<b>第十六章 污水的化学与物理化学处理</b> ..... 304		
第一节	中和法 .....	304
	一、湿投加法 .....	305
	二、过滤法 .....	306
第二节	化学混凝法 .....	307
	一、混凝原理 .....	307
	二、混凝剂和助凝剂 .....	310

	三、影响混凝效果的 主要因素 .....	312
	四、化学混凝的设备 .....	313
第三节	化学沉淀法 .....	318
	一、溶解度和溶度积 .....	318
	二、沉淀剂用量计算 .....	320
第四节	氧化和还原法 .....	321
	一、氧化法 .....	321
	二、高级氧化技术 .....	322
	三、还原法 .....	327
第五节	吸附法 .....	330
	一、吸附原理 .....	330
	二、吸附剂 .....	335
	三、吸附工艺和设备 .....	336
	四、吸附法在污水处理 中的应用 .....	339
第六节	离子交换法 .....	340
	一、离子交换剂 .....	341
	二、离子交换树脂的选用 .....	341
	三、离子交换的工艺 和设备 .....	344
	四、离子交换法在废水 处理中的应用 .....	346
第七节	萃取法 .....	348
	一、萃取剂的选择 .....	349
	二、萃取工艺 .....	350
	三、萃取设备 .....	353
	四、萃取法在废水处理 中的应用 .....	355
第八节	膜析法 .....	356
	一、渗析法 .....	356
	二、电渗析法 .....	358
	三、反渗透法 .....	360
	四、超滤法 .....	362



第九节 超临界处理技术 .....	362
一、概述 .....	362
二、两类常用的超临界 流体 .....	364
三、超临界技术的应用 .....	365
思考题与习题 .....	367
参考文献 .....	368
<b>第十七章 城市污水回用 .....</b>	<b>369</b>
第一节 回用途径 .....	369
第二节 回用水水质标准 .....	370
一、回用水水质基本要求 .....	370
二、回用水水质标准 .....	371
第三节 污水回用系统 .....	376
一、污水回用系统类型 .....	376
二、城市污水回用系统 组成 .....	377
第四节 回用处理技术方法 .....	378
一、预处理技术 .....	378
二、深度处理技术 .....	379
三、处理技术组合与集成 .....	380
第五节 污水回用安全措施 .....	383
一、风险评价的主要内容 .....	383
二、安全措施和监测控制 .....	385
思考题与习题 .....	386
参考文献 .....	386
<b>第十八章 污泥的处理与处置 .....</b>	<b>387</b>
第一节 污泥的来源、特性及 数量 .....	387
一、污泥的来源 .....	387
二、污泥的特性 .....	388
三、污泥量 .....	392