



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
教育部高等学校环境类专业
教学指导委员会推荐教材

高等专科学校
高等职业技术学院

环境类专业新编系列教材

水污染治理技术

(第2版)

胡亨魁 主编

武汉理工大学出版社

高等专科学校
高等职业技术学院

环境类专业新编系列教材

水污染治理技术

(第2版)

主 编 胡亨魁

副主编 肖文胜

武汉理工大学出版社

内 容 简 介

本书根据教育部环境工程专业教学指导分委员会大专环境教学指导组制订的高专高职《水污染控制工程》课程教学基本要求所编写。按照高专高职“理论以够用为度”的原则,本书系统介绍了水污染控制工程的基本概念、理论、机理,重点介绍了水污染治理技术和设备,强化了操作运行管理与维护的内容,注重反映水污染治理工程的新技术、新工艺和新方法。本书可作为高专高职环境工程和给水排水专业教材,也可作为成人大专环境类专业自学考试教材,并可供环境保护及相关专业科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水污染治理技术/胡亨魁主编. —2版. —武汉:武汉理工大学出版社,2009,8
ISBN 978-7-5629-3018-1

I. 水… II. 胡… III. 水污染-污染防治 IV. X52

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 150093 号

出版发行:武汉理工大学出版社(武汉市武昌珞狮路 122 号 邮政编码:430070)

<http://cbs.whut.edu.cn>

E-mail:wutp @ public.wh.hb.cn

经 销 者:各地新华书店

印 刷 者:安陆市鼎鑫印务有限责任公司

开 本:787×960 1/16

印 张:26.75

字 数:510千字

版 次:2009年8月第2版

印 次:2009年8月第1次印刷

印 数:1~3000册

定 价:37.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。本社购书热线电话:(027)87397097 87394412

高等专科学校
环境类专业新编系列教材
高等职业技术学院

编审委员会

(第2版)

名誉主任:张晓健

主任:胡亨魁 高红武

副主任:李倦生 吕小明 周国强 李连山

蔡德明 梁红 张明顺

委员:(按姓氏笔画顺序排列)

王红云 吕小明 冯雁 刘晓冰

刘永坚 李连山 陈剑虹 林锦基

张晓健 张明顺 陈湘筑 吴国旭

邱梅 赵建国 周国强 胡亨魁

徐扬 高红武 梁红 蔡德明

总责任编辑:刘永坚

秘书长:徐扬

出版说明

(第2版)

2002年我社组织了全国十多所院校参加编写了本套教材,时任教育部高等学校环境工程专业教学指导委员会秘书长、清华大学教授张晓健担任系列教材编审委员会名誉主任,时任教学指导委员会大专组组长胡亨魁教授担任编审委员会主任。全套教材各门课程的教学大纲、具体内容均由教学指导委员会审订,并将此系列教材确定为教学指导委员会向全国推荐的重点教材。

本套系列教材(11种)正式出版后,已被众多学校选用,同时也得到了广大师生的好评。其中有6种教材被列为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。它们是:《大气污染控制工程》、《环境工程微生物学》、《环境工程基础》、《噪声控制工程》、《环境监测》、《水污染控制工程》;其中多种教材荣获教育部全国高等学校优秀教材奖或优秀畅销书奖。这充分说明了教材编审委员会关于教材的定位、内容、结构、特色和编写宗旨符合专业教学需要和专业建设的需要,但它仍然存在缺点和不足。随着科技的进步和教学发展的改变,教材编审委员会于2008年及时对本套教材进行了第二次修订。

本次修订更加强调了人才规格的培养要求,依据培养目标,培养第一线从事生产、服务和管理的应用型、技能型人才,依据教学模式和教学方法的内在规律,本套教材在原来基础之上,更加强调应用,更加强调实践,更加把握理论够用为度的原则,更加精减,同时吸收近年来国内外环境治理工程的新技术、新方法。

我们诚挚地期望使用教材的师生在教学实践中对教材提出批评和建议,以便我们不断修订、完善、精益求精!

武汉理工大学出版社

2009年4月

第 2 版前言

《水污染控制工程》于 2003 年出版以来,在国内高职高专院校获得较广泛的应用,并多次重印,2005 年被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

近年来,随着我国高等教育教学改革的不断推进,高职高专环境类专业教学定位更加明确。为了更好地适应高职高专环境类专业教学需要,本次修订对本书的名称和内容均作了必要调整。书名由原来的《水污染控制工程》更名为《水污染治理技术》,从而更加明确地与本科环境工程专业教材区分开来。在此基础上,适当更新了部分内容,删除了部分早期统计数据资料,适量补充了一些反映国内外水污染治理方面的新技术,力求使本书能够符合国家对高职高专“十一五”规划教材的高质量要求。

本书由胡亨魁教授任主编,肖文胜任副主编。编写分工是:第 1、3、12、13 章,胡亨魁;第 2 章,冯兴华;第 4、5 章,肖文胜;第 6 章第 1、2 节,田文杰;第 6 章第 3、4 节、第 11 章,张青;第 7、8、9、10 章,齐水冰。余国文参与了第 2 章的改编;罗承辉参与了第 6、9、10、11 章的改编;刘子国参与了第 7、8 章的改编;郭建林参与了第 11、12 章的改编。

由于编者水平有限,书中难免出现缺点和错误,热诚欢迎读者批评指正。

编 者

2009 年 3 月

第 1 版前言

为推进我国高等专科环境教育的可持续发展,全国大专环境教学指导组从 1995 年开始,就专科环境工程专业主干课程教学基本要求多次开会讨论,数易其稿,于 1999 年经教育部环境工程专业教学指导委员会审定并下达了《试行环境类专业专科课程教学基本要求的通知》。本教材是根据上述通知中《水污染控制工程》课程教学基本要求编写的。

根据我国高职高专实用型、技能型人才培养的层次定位,本书按照“理论以够用为度”的原则,系统介绍了水污染控制工程的基本概念、理论、机理,重点介绍了水污染的治理技术和设备,强化了操作、运行管理与维护的内容,注重反映水污染控制工程的新技术、新工艺和新方法。为了避免与《固体废物处理与资源化》教材的重复,本书关于“污水处理、处置”的内容介绍了污泥的“浓缩与脱水”。为了便于读者牢固掌握基本内容,书中还编有适量的例题、习题和思考题。

本书由胡亨魁教授任主编,肖文胜任副主编。编写分工是:第 1、3、12、13 章,胡亨魁;第 2 章,冯兴华;第 4、5 章,肖文胜;第 6 章、第 1、2 节,田文杰;第 6 章第 3、4 节、第 11 章,张青;第 7、8、9、10 章,齐水冰。刘子国、高欢参与了部分章节的图表整理。

本书在编写过程中,得到教育部环境工程专业教学指导分委员会的关心和支持,武汉理工大学彭长琪教授参与了本书编写大纲的讨论,并提出了许多宝贵意见;清华大学张晓健教授、武汉理工大学出版社蔡德民副社长等同志对本书的编写和出版给予了大力帮助。在此一并致以深深的谢意。

由于编者水平有限,书中难免出现缺点和错误,热诚欢迎读者批评指正。

编 者

2003 年 1 月

目 录

1 绪论	1
1.1 水资源及其循环	1
1.1.1 水资源	1
1.1.2 水循环	2
1.2 水污染的来源及其危害	3
1.2.1 天然水质量	3
1.2.2 水污染的来源	3
1.2.3 水污染的危害	6
1.3 污水水质与水污染控制标准	7
1.3.1 污水水质	7
1.3.2 水污染控制标准	11
1.4 水体自净与水环境容量	12
1.4.1 水体自净	12
1.4.2 水环境容量	14
1.5 水污染治理的原则与方法	15
1.5.1 水污染治理的基本原则	15
1.5.2 污水处理基本方法与流程	17
思考题与习题	19
2 水污染治理管道系统的规划设计	20
2.1 排水工程的设计原则与设计资料	20
2.1.1 城市排水工程的设计原则	20
2.1.2 排水工程设计资料	21
2.2 排水系统的体制及其选择	22
2.2.1 合流制排水系统	23
2.2.2 分流制排水系统	23
2.3 城市排水系统的组成	25
2.3.1 城市污水排水系统的主要组成	25

2.3.2	工业废水排水系统的主要组成	27
2.3.3	雨水排水系统的主要组成	28
2.4	排水系统的布置形式	29
2.5	污水设计流量的确定	30
2.5.1	生活污水设计流量	31
2.5.2	工业废水设计流量	33
2.5.3	地下水渗透水量 Q_g	34
2.5.4	城市污水设计总流量计算	34
2.6	污水管道的设计	37
2.6.1	确定排水区界,划分排水流域	37
2.6.2	确定污水厂和出水口的位置	38
2.6.3	污水管道系统的定线	38
2.6.4	控制点的确定和泵站的设置	39
2.6.5	设计管段及设计流量的确定	40
2.6.6	污水管道的埋设深度	41
2.6.7	污水管道的衔接	43
2.6.8	污水管道在街道上的位置	44
2.7	污水管道的水力计算	46
2.7.1	污水在管道中的流动特点	46
2.7.2	水力计算的基本公式	47
2.7.3	污水管道水力计算的设计数据	47
2.7.4	污水管道的水力计算方法	50
2.8	污水管道的设计计算实例	52
2.8.1	在平面图上布置污水管道	52
2.8.2	街区编号并计算其面积	52
2.8.3	划分设计管段,计算设计流量	53
2.8.4	污水主干管水力计算	55
2.8.5	污水管道平面图和纵剖面图的绘制	58
2.9	雨水管渠系统的设计计算	61
2.9.1	雨水管渠系统的布置原则	61
2.9.2	雨水设计流量的确定	63
2.9.3	雨水管渠的设计计算	68
2.10	管渠及管渠系统上的构筑物	79
2.10.1	对管渠材料的要求	79
2.10.2	常用排水管渠	80
2.10.3	排水管渠材料的选择	82
2.10.4	排水管渠系统上的附属构筑物	82
2.11	排水管道系统的维护与管理	93

2.11.1	管理和维护的任务	93
2.11.2	排水管道的疏通	93
2.11.3	排水管道的维修	97
2.11.4	排水管道养护管理中的安全	97
	思考题与习题	97
3	物理治理技术	99
3.1	调节	99
3.1.1	调节池的构造	99
3.1.2	调节池设计计算	100
3.1.3	调节池的搅拌	101
3.2	格栅与筛网	101
3.2.1	格栅	101
3.2.2	筛网	107
3.3	沉淀	108
3.3.1	沉淀基本理论	109
3.3.2	沉淀池的类型及适用条件	111
3.3.3	沉淀池的一般设计原则及参数	113
3.3.4	平流式沉淀池	114
3.3.5	辐流式沉淀池	118
3.3.6	竖流式沉淀池	119
3.3.7	斜板、斜管沉淀池	120
3.3.8	提高沉淀池沉淀效果的有效途径	122
3.4	过滤	122
3.4.1	过滤机理	122
3.4.2	快滤池的构造及工作过程	123
3.4.3	滤料与承托层	124
3.4.4	快滤池的冲洗	126
3.4.5	快滤池的设计	131
3.5	自然上浮与气浮	134
3.5.1	自然上浮	134
3.5.2	气浮	136
3.6	离心分离	146
3.6.1	离心分离原理	146
3.6.2	离心分离设备及其计算	147
3.7	磁分离	150
3.7.1	磁分离原理及应用	150
3.7.2	磁分离设备	151
	思考题与习题	152

4 化学治理技术	153
4.1 混凝	154
4.1.1 混凝原理	154
4.1.2 影响混凝效果的主要因素	155
4.1.3 混凝剂和助凝剂	157
4.1.4 化学混凝的设备	158
4.2 中和	162
4.2.1 酸碱废水互相中和	162
4.2.2 投加药剂中和	162
4.2.3 过滤中和	164
4.3 化学沉淀	165
4.4 氧化还原	167
4.4.1 药剂氧化	167
4.4.2 臭氧氧化	168
4.4.3 药剂还原与金属还原	171
4.5 电解	172
4.5.1 电解基本理论	172
4.5.2 电解工艺设备	173
4.5.3 电解法在废水处理中的应用	174
思考题与习题	175
5 物理化学治理技术	176
5.1 吸附	177
5.1.1 吸附原理	177
5.1.2 吸附剂	178
5.1.3 影响吸附的因素	179
5.1.4 吸附工艺和设备	180
5.1.5 吸附塔的设计	182
5.1.6 吸附在污水处理中的应用	182
5.2 离子交换	184
5.2.1 离子交换基本原理	184
5.2.2 离子交换树脂的基本性能	185
5.2.3 离子交换树脂的选用	187
5.2.4 离子交换法的工艺设备	188
5.2.5 离子交换法在污水处理中的应用	190
5.3 萃取	192
5.3.1 萃取原理	193
5.3.2 萃取剂的选择	193
5.3.3 萃取过程与工艺	194

5.3.4	萃取设备	196
5.3.5	萃取法在废水处理中的应用	198
5.4	膜分离	199
5.4.1	扩散渗析法	199
5.4.2	电渗析法	201
5.4.3	反渗透	203
5.4.4	超滤	208
	思考题与习题	210
6	好氧生物治理技术	211
6.1	好氧生物治理技术的基本原理	211
6.1.1	基本概念	211
6.1.2	好氧生物处理的基本反应	212
6.1.3	影响好氧生物处理的因素	213
6.2	活性污泥法	215
6.2.1	活性污泥法的发展历史	215
6.2.2	活性污泥法的基本流程	215
6.2.3	活性污泥法降解废水中有机物的过程	216
6.2.4	活性污泥的性能及其评价指标	217
6.2.5	活性污泥的增长规律	219
6.2.6	有机物的降解与微生物的增殖	221
6.2.7	有机物的降解与需氧	222
6.2.8	曝气方法和曝气池的构造	223
6.2.9	活性污泥法的运行方式	236
6.2.10	活性污泥系统的设计	241
6.3	生物膜法	251
6.3.1	生物滤池	252
6.3.2	生物转盘	262
6.3.3	淹没式生物滤池	268
6.3.4	生物膜法新工艺	272
6.4	自然生物法	274
6.4.1	生物塘	274
6.4.2	土地处理系统	279
	思考题与习题	281
7	厌氧生物治理技术	284
7.1	厌氧生物治理技术原理	284
7.2	厌氧治理技术的影响因素	286
7.3	厌氧反应器	289
7.3.1	厌氧工艺的有关术语	289

7.3.2	厌氧反应器	291
7.4	污泥消化	301
7.4.1	消化设备	301
7.4.2	影响消化的主要因素	303
7.4.3	污泥好氧消化	305
7.5	UASB 治理废水案例	305
	思考题与习题	308
8	生物治理新技术	309
8.1	缺氧-好氧生物处理(A_1/O 法)	309
8.2	厌氧-好氧生物除磷工艺(A_2/O 工艺)	311
8.3	厌氧-缺氧-好氧生物脱氮除磷工艺(A^2/O 工艺)	312
8.4	吸附-生物降解法	313
8.5	间歇式活性污泥法	315
8.6	氧化沟法	317
8.7	曝气生物滤池	321
	思考题与习题	323
9	污泥的浓缩与脱水	324
9.1	污泥的分类及其指标	325
9.1.1	污泥的分类	325
9.1.2	测定指标	325
9.2	污泥的浓缩方法	326
9.2.1	重力浓缩	327
9.2.2	气浮浓缩	329
9.2.3	其它浓缩法	331
9.3	污泥的脱水方法	331
9.3.1	污泥脱水的基本理论	332
9.3.2	污泥的自然干化	333
9.3.3	污泥的机械脱水及其设备	334
	思考题与习题	335
10	冷却与水质稳定	336
10.1	水的冷却原理	336
10.2	冷却方法及其设备	337
10.3	水质稳定的方法	341
	思考题与习题	343
11	废水的深度处理与资源化	344
11.1	废水的深度处理	344
11.1.1	去除悬浮物及细菌	344
11.1.2	去除残余溶解性有机物及色素	345

11.1.3	去除无机盐类	345
11.1.4	废水的脱氮	345
11.1.5	除磷技术	350
11.1.6	同步脱氮除磷技术	351
11.2	污水消毒处理	352
11.2.1	消毒的目的	352
11.2.2	消毒剂的种类	352
11.2.3	液氯消毒法	352
11.2.4	臭氧消毒法	353
11.2.5	次氯酸钠消毒法	353
11.2.6	紫外线消毒法	354
11.3	废水的资源化	354
11.3.1	废水资源化的重要性	354
11.3.2	中水回用技术	355
11.3.3	废水的回用	358
	思考题与习题	359
12	污水处理厂的设计	361
12.1	污水处理厂的设计步骤	361
12.1.1	设计前期工作	361
12.1.2	扩大初步设计	363
12.1.3	施工图设计	364
12.2	设计资料的收集	364
12.2.1	设计依据	364
12.2.2	城市概况与自然条件资料	365
12.2.3	有关水质、水量的资料	365
12.2.4	有关编制概算和施工方面的资料	365
12.3	厂址选择	366
12.4	处理工艺流程的选择	367
12.5	污水处理厂的平面布置	368
12.6	污水处理厂的高程布置	371
12.6.1	水头损失的确定	371
12.6.2	高程布置时的注意事项	372
12.7	污水处理厂运行工艺参数在线监测仪表的选用	374
	思考题与习题	376
13	污水处理厂的运行管理	377
13.1	概述	377
13.1.1	污水处理厂建设工程的验收	377
13.1.2	污水处理厂的调试	378

13.1.3 污水处理厂运行管理的内容	378
13.2 沉淀池的运行管理	379
13.3 快滤池的操作与维护	380
13.3.1 快滤池投产前的准备	380
13.3.2 快滤池的操作运行	381
13.3.3 快滤池常见故障及排除	382
13.3.4 快滤池的保养和检修	383
13.4 活性污泥法处理系统的运行管理	384
13.4.1 活性污泥法处理系统的投产	384
13.4.2 活性污泥法处理系统运行效果的检测	387
13.4.3 活性污泥法运行中的异常现象及其防止措施	388
13.5 生物膜处理系统的运行管理	390
13.5.1 生物滤池的运行管理	390
13.5.2 生物转盘的运行管理	392
13.5.3 生物接触氧化处理装置的运行管理	395
13.6 厌氧生物处理系统的运行管理	396
13.6.1 厌氧生物处理系统的启动	396
13.6.2 厌氧生物处理装置的运行管理	398
13.7 常用设备的运行管理	400
13.7.1 格栅的运行管理	400
13.7.2 加压溶气气浮设备的运行管理	400
13.7.3 表面曝气机的运行维护	401
13.7.4 鼓风机的运行维护	402
13.7.5 污水系的运行管理	402
思考题与习题	403
附录	404
附录一 氧在蒸馏水中的溶解度	404
附录二 空气管计算图(a)	405
附录三 空气管计算图(b)	406
附录四 各种管内部压力损失的换算系数	407
附录五 我国鼓风机产品规格	407
参考文献	408

1 绪 论

本章提要

本章介绍了水资源及其循环、水污染的来源及其危害、污水水质与水污染控制标准、水体自净与水环境容量、水污染治理的原则与方法等。通过本章学习,要求重点掌握污水水质与水污染控制标准、水污染治理的原则与方法等内容。

1.1 水资源及其循环

1.1.1 水资源

地球上的总水量约为 $13.6 \times 10^8 \text{ km}^3$, 其中 97% 以上为海洋的咸水, 地球淡水总量为 $3.8 \times 10^7 \text{ km}^3$, 只占全球总水量的 3%, 且 3/4 是在南北极的冰帽和冰川中, 目前还极少被利用。对人类生活和生产活动关系密切而比较容易被开发利用的淡水储量约为 400 万 km^3 左右, 仅占地球总水量的 0.3%, 而且这部分淡水在陆地上的分布也很不均匀。地球上的水量分布见表 1.1。

表 1.1 地球上的水量分布

水分类型	水量(10^4 km^3)	比例(%)
大气水	1.3	0.001
海洋水	132000	97.212

续表 1.1

水分类型	水量(10^4 km^3)	比例(%)
冰川和冰帽	2920	2.15
河 水	0.13	0.0001
淡水湖	12.5	0.0092
盐水湖	10.4	0.0077
土壤水	6.7	0.0049
地下水	835	0.615
生物体内水	0.12	0.0001
总 量	135784.85	100.0

我国水资源总量约为 2.8 亿 m^3 , 居世界第 6 位, 但人均占有量只有 2300 m^3 , 约为世界人均水平的 1/4, 列世界第 121 位。是世界上 13 个贫水国家之一。

不仅如此, 我国的水资源还存在着严重的时空分布不均衡性。在空间(地区)分布上, 总的说来是东南多西北少, 南方长江流域和珠江流域水量丰富, 而北方则少雨干旱, 大约 90% 的地面径流量和 70% 以上的地下渗流量分布在不到全国面积 50% 的南方。在时间分布上, 由于我国大部分地区的降水量主要受季风气候的影响, 汛期四个月左右的降水, 南方各省占全年降水量一半, 北方及西南各省占 70%~80%。这就导致了年内分配不均, 年际变化很大。总的来说是冬春少雨、夏季多雨。有时还连续出现枯水年和丰水年的现象, 更给水资源的合理利用增加了困难。据对全国 669 个城市调查, 有 400 个城市常年供水不足, 其中 110 个城市严重缺水, 日缺水量达 1600 万 m^3 。因此, 合理用水, 节约用水, 防治水污染, 保护水资源是我国实现社会、经济可持续发展的十分重要战略任务。

1.1.2 水循环

水的循环分为自然循环和社会循环两种。

(1) 水的自然循环

地球表面液态的水(河川、湖泊、土壤水分等)和固态的水(冰川、冰盖、冰帽等), 在阳光的照射下, 受热蒸发为汽。上升遇冷, 凝结为云雾, 漂浮空间, 随大气环流迁移。在一定条件下, 形成雨、雪等降水, 回落地面。有的遇冷成冰, 形成冰帽、冰盖或冰川; 有的为植物或地物所截留, 逐渐蒸发为水汽; 有的渗入地下, 成为土壤水和地下水; 有的沿地面流向低处, 称地面径流(以区别于地下径流——流动的地下水)。径流汇集地面低洼处, 形成泉、溪、沼泽、池塘、湖泊、河川等天然水体, 最后流归海洋。这种不断发生相态转换和周而复始运动的过程称为水