



21世纪环境工程类高职教材
教育部高等学校环境工程专业
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

环境工程专业新编系列教材

水污染控制工程

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 环境工程专业新编系列教材

水污染控制工程

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,注重反映水污染控制工程的新技术、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

水污染控制工程/胡亨魁主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2003.8

ISBN 7-5629-1985-2

I. 水… II. 胡… III. 水污染-污染控制-高等学校:技术学校-教材
IV. X52

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 107054 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:26.375

字 数:500千字

版 次:2003年8月第1版

印 次:2003年8月第1次印刷

印 数:1~3000册

定 价:34.00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
环境工程专业新编系列教材
高等职业技术学院

编审委员会

顾 问: 孙俊逸 宫学栋 宋振东 彭长琪
黄东峰 黎松强 王宜明

名誉主任: 张晓健

主任: 胡亨魁 雷绍锋

副主任: 王红云 吕小明 周国强 李连山
高红武 蔡德明

委 员: (按姓氏笔划排列)

王红云	田子贵	吕小明	冯 雁
刘晓冰	刘永坚	李连山	陈剑虹
宋振东	林锦基	张晓健	张明顺
陈湘筑	吴国旭	吴晓琴	邱 梅
赵建国	周国强	胡亨魁	宫学栋
徐 扬	高红武	曾育才	梁 红
彭长琪	黎松强	雷绍锋	蔡德明

总责任编辑: 刘永坚 吴晓琴

秘 书 长: 徐 扬

出版说明

由于人类面临的环境问题日益严重,大量影响人类生存和发展的环境问题亟待解决,“环境科学”也就应运而生。当然,与其他发展历史久远的成熟学科相比,环境科学及其分支学科环境工程学都很年轻,又属于多学科交叉融会的横断学科,因此至今尚未成熟。反映到教育领域,国内大专院校的环境工程专业大都是近年才陆续创设、开办,也是一个非常年轻的专业。随着人们对环境问题的深刻关注和了解,环境科学的重要性日益突显,社会对环境工程专业人才的需求大大增加,环境工程专业得到了迅速发展。然而,正因为环境工程专业的年轻和多学科交叉的特点及其突出的实用性特色,使得教材建设的难度很大,以致专业教材严重匮乏。教材成了制约学科和专业发展的重要因素。

为解决教学急需,武汉理工大学出版社在教育部高等学校环境工程专业教学指导分委员会的大力支持和直接指导下,经过广泛深入地调研,决定组织编写、出版一套高等专科学校、高等职业技术学院环境工程专业新编系列教材。此举得到了众多相关院校的热烈响应。全国十多所大专院校积极参加编写;教育部高等学校环境工程专业教学指导委员会秘书长、清华大学张晓健教授担任系列教材编审委员会名誉主任,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编写大纲、具体内容均由教学指导委员会审定,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。

高等专科和高等职业教育的培养目标是培养在第一线从事生产、服务和管理的应用型、技能型人才,其教学模式和教学方法有其自身特定的规律,不能套用或简单压缩本科教学的模式和方法。本套教材的编写主要满足三个方向的培养要求:一是从事一线环境污染控制工艺设计、设备生产、设施运行管理与维护的专门人才;二是从事一线生态保护的专门人才;三是一线环境管理的专门人才。为此,教材编写特别强调应用性和实践性,各门课程的理论教学把握以够用为度的原则。全套教材对原有课程体系和教学内容进行了优化整合,精简了理

论教学时数,增加和强化了实践性教学环节。编写内容上特别注重吸取近年来国内外环境治理工程的新技术、新方法,力求与世界先进的环境保护理论和环境工程技术的发展保持同步。

由于本套教材的实用性特色,所以它不仅是一套全日制高等专科学校、高等职业技术学院的专业教材,也可以用于环境保护行业的管理干部和技术干部的职业培训,还可供环境保护的工程技术人员参考。

本套教材是迄今为止全国的第一套专科环境工程专业系列教材,环境工程学科又处在不断发展的过程中,因此,尽管我们的编审者殚精竭虑、尽心尽力,新教材的不足之处也在所难免。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

2003年7月

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,姚君;第6章第3、4节、第11章,周国强;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 水污染控制的原则与方法	15
1.5.1 水污染控制的基本原则	15
1.5.2 污水处理基本方法与流程	17
思考题与习题	19
2 水污染控制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_4	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	96
2.11.4	排水管道养护管理中的安全	97
	思考题与习题	97
3	物理法	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	化学法	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	物理化学法	176
5.1	吸附	177
5.1.1	吸附原理	177
5.1.2	吸附剂	178
5.1.3	影响吸附的各种因素	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	200
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	好氧生物法	211
6.1	好氧生物法的基本原理	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	240
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	厌氧生物法	284
7.1	厌氧生物处理原理	284
7.2	厌氧法的影响因素	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	299
7.4.1	消化设备	299
7.4.2	影响消化的主要因素	302
7.4.3	污泥好氧消化	303
7.5	废水的厌氧处理	304
	思考题与习题	306
8	生物处理新技术	308
8.1	缺氧-好氧生物处理(A ₁ /O法)	308
8.2	厌氧-好氧生物除磷工艺(A ₂ /O工艺)	310
8.3	厌氧-缺氧-好氧生物脱氮除磷工艺(A ² /O工艺)	311
8.4	吸附-生物降解法	312
8.5	间歇式活性污泥法	314
8.6	氧化沟法	316
	思考题与习题	320
9	污泥的浓缩与脱水	321
9.1	污泥的分类及其指标	322
9.1.1	污泥的分类	322
9.1.2	测定指标	322
9.2	污泥的浓缩方法	323
9.2.1	重力浓缩	324
9.2.2	气浮浓缩	326
9.2.3	其它浓缩法	328
9.3	污泥的脱水方法	328
9.3.1	污泥脱水的基本理论	329
9.3.2	污泥的自然干化	330
9.3.3	污泥的机械脱水及其设备	331
	思考题与习题	332
10	冷却与水质稳定	333
10.1	水的冷却原理	333
10.2	冷却方法及其设备	334
10.3	水质稳定的方法	338
	思考题与习题	340
11	废水的深度处理与资源化	341
11.1	废水的深度处理	341
11.1.1	去除悬浮物及细菌	341
11.1.2	去除残余溶解性有机物及色素	342
11.1.3	去除无机盐类	342

11.1.4	废水的脱氮	342
11.1.5	除磷技术	347
11.1.6	同步脱氮除磷技术	348
11.2	污水消毒处理	349
11.2.1	消毒的目的	349
11.2.2	消毒剂的种类	349
11.2.3	液氯消毒法	349
11.2.4	臭氧消毒法	350
11.2.5	次氯酸钠消毒法	350
11.2.6	紫外线消毒法	351
11.3	废水的资源化	351
11.3.1	废水资源化的重要性	351
11.3.2	中水回用技术	352
11.3.3	废水的回用	355
	思考题与习题	356
12	污水处理厂的设计	358
12.1	污水处理厂的设计步骤	358
12.1.1	设计前期工作	358
12.1.2	扩大初步设计	360
12.1.3	施工图设计	361
12.2	设计资料的收集	361
12.2.1	设计依据	361
12.2.2	城市概况与自然条件资料	362
12.2.3	有关水质、水量的资料	362
12.2.4	有关编制概算和施工方面的资料	362
12.3	厂址选择	363
12.4	处理工艺流程的选择	364
12.5	污水处理厂的平面布置	365
12.6	污水处理厂的高程布置	368
12.6.1	水头损失的确定	368
12.6.2	高程布置时的注意事项	369
12.7	污水处理厂运行工艺参数在线监测仪表的选用	371
	思考题与习题	373
13	污水处理厂的运行管理	374
13.1	概述	374
13.1.1	污水处理厂建设工程的验收	374
13.1.2	污水处理厂的调试	375
13.1.3	污水处理厂运行管理的内容	375

13.2	沉淀池的运行管理	376
13.3	快滤池的操作与维护	377
13.3.1	快滤池投产前的准备	377
13.3.2	快滤池的操作运行	378
13.3.3	快滤池常见故障及排除	378
13.3.4	快滤池的保养和检修	380
13.4	活性污泥法处理系统的运行管理	381
13.4.1	活性污泥法处理系统的投产	381
13.4.2	活性污泥法处理系统运行效果的检测	384
13.4.3	活性污泥法运行中的异常现象及其防止措施	385
13.5	生物膜处理系统的运行管理	387
13.5.1	生物滤池的运行管理	387
13.5.2	生物转盘的运行管理	389
13.5.3	生物接触氧化处理装置的运行管理	392
13.6	厌氧生物处理系统的运行管理	393
13.6.1	厌氧生物处理系统的启动	393
13.6.2	厌氧生物处理装置的运行管理	395
13.7	常用设备的运行管理	397
13.7.1	格栅的运行管理	397
13.7.2	加压溶气气浮设备的运行管理	397
13.7.3	表面曝气机的运行维护	398
13.7.4	鼓风机的运行维护	399
13.7.5	污水泵的运行管理	399
	思考题与习题	400
	附录	401
	附录一 氧在蒸馏水中的溶解度	401
	附录二 空气管计算图(a)	402
	附录三 空气管计算图(b)	403
	附录四 各种管内部压力损失的换算系数	404
	附录五 我国鼓风机产品规格	404
	参与文献	405

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、水污染控制的原则与方法等。通过本章学习,要求重点掌握污水水质与水污染控制标准、水污染控制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，控制水污染，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