



国家级职业教育规划教材


全国高职高专环境保护类专业规划教材 QUANGUO GAOZHI GAOZHUAN HUANJINGBAOHULEI ZHUANYE GUIHUAJIAOCAI

# 水污染控制技术

教育部高等学校高职高专环保与气象类专业教学指导委员会 组织编写

主 编 王有志  
副主编 彭 波 梁贤军  
主 审 谷 峡

SHUIWURAN KONGZHI JISHU

 中国劳动社会保障出版社

全国高职高专环境保护类专业规划教材

# 水污染控制技术

教育部高等学校高职高专环保与气象类专业教学指导委员会组织编写

主 编 王有志  
副主编 彭 波 梁贤军  
主 审 谷 峡

中国劳动社会保障出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

水污染控制技术/王有志主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2010  
全国高职高专环境保护类专业规划教材  
ISBN 978-7-5045-8240-9

I. 水… II. 王… III. 水污染-污染控制-高等学校:技术学校-教材 IV. X520.6  
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 046205 号

## 中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码:100029)

出版人: 张梦欣

\*

世界知识印刷厂印刷装订 新华书店经销

787毫米×1092毫米 16开本 24印张 550千字

2010年4月第1版 2010年4月第1次印刷

定价: 41.00元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

## 全国高职高专环境保护类专业规划教材编委会

- 主任** 林振山 南京师范大学，教授、博士生导师，教指委主任
- 副主任** 李元 云南农业大学，教授、博士生导师，教指委副主任
- 王国祥 南京师范大学，教授、博士生导师，教指委秘书长
- 张宝军 徐州建筑职业技术学院，博士、教授，教指委委员
- 王灿发 中国政法大学，教授、博士生导师，中国法学会环境资源法研究会副会长
- 谷峡 黑龙江建筑职业技术学院，教授

### 委员（排名不分先后）

- 朴光洙 中国环境管理干部学院
- 王有志 黑龙江建筑职业技术学院
- 王英健 辽宁石化职业技术学院
- 史永纯 黑龙江生态工程职业学院
- 吴卫东 江苏盐城技师学院
- 钟飞 南京化工职业技术学院
- 汪葵 江西环境工程职业学院
- 赵育 中国环境管理干部学院
- 王怀宇 邢台职业技术学院
- 马英 邢台职业技术学院
- 郭军 黑龙江生态工程职业学院
- 谭慧明 辽宁工业大学
- 龚贵生 徐州建筑职业技术学院
- 王存海 邢台职业技术学院

刘明华 河北秦皇岛市环境监测站  
姜松歧 哈尔滨市固废辐射管理中心  
牛树奎 北京林业大学  
谷群广 邢台职业技术学院  
崔宝秋 锦州师范高等专科学校  
丁邦东 扬州工业职业技术学院  
展惠英 甘肃联合大学  
彭 波 南京化工职业技术学院  
王 政 中国环境管理干部学院  
关贺群 黑龙江省伊春林业学校  
梁贤军 四川化工职业技术学院  
郭春明 黑龙江建筑职业技术学院  
刘青龙 江西环境工程职业学院  
裘建平 金华职业技术学院  
雷 颀 南昌理工学院  
石碧清 中国环境管理干部学院  
颜廷良 江苏盐城技师学院  
王中华 泰州职业技术学院  
叶兴刚 十堰职业技术学院  
郭有才 邢台职业技术学院  
段晓莹 邢台财贸学校  
焦桂枝 河南城建学院  
马永刚 黑龙江生物科技职业学院  
吴 琦 哈尔滨工程大学  
梁 晶 黑龙江生态工程职业学院  
张朝阳 长沙环保职业技术学院  
丁可轩 黄河水利职业技术学院  
连志东 北京市环境保护局

# 序 言

环境保护是伴随人类社会经济发展的永恒的主题，我国党和政府一贯高度重视环境保护工作。近年来，随着我国经济建设的快速发展，社会和企业对环境保护应用型人才的需求日益扩大，这给高职高专环境保护专业建设带来了新的机遇和挑战。为了更有力地推动环境保护专业教育的发展和专业人才的培养，加强教材建设这一专业建设的重要基础工作，教育部高等学校高职高专环保与气象类专业教学指导委员会（以下简称“教指委”）与人力资源和社会保障部教材办公室结合各自的领域优势，共同组织编写了“全国高职高专环境保护类专业规划教材”。本套教材包括《环境监测》《水污染控制技术》《大气污染控制技术》《噪声污染控制技术》《固体废物处理与处置》《污水处理厂（站）运行管理》《环境保护概论》《环境管理》《环境生态学基础》《环境影响评价》《环境法实务》《环境工程制图与 CAD》《室内环境检测》《环境保护设备及其应用》《环境专业英语》《环境工程微生物技术》《环境工程给水排水技术》等 17 种。

本套全国规划教材的编写力求满足高职高专环境保护类专业课程体系和课程教学的新发展，立足教学现状，力求创新，在吸收已有教材成果的基础上，将本学科最新的理论、技术和规范纳入教学内容，并与国家最新的相关政策标准、法律法规保持一致。为满足培养应用型人才目标的需要，整套教材加强了职业教育特色，避免大量理论问题的分析和讨论，强调以实际技能和职业需求带动教学任务，技能实训部分采用项目模块化编写模式，提倡工学结合，增加可操作性和工作实践性，为学生今后的职业生涯打下坚实的基础。同时，教材中每章列有学习目标、章后小结和形式多样的复习题，便于学生理清知识脉络、掌握学习重点；丰富的课外阅读材料使学习的学习增加了兴趣，拓宽视野。

在本套教材开发过程中，在教指委的组织指导下，全国 20 余所高等院校、科研院所近百名专家和老师积极参与了教材的编写和审订工作，在此向他们表示衷心的感谢！

我们相信，本套教材的出版必将为我国高职高专环境保护类专业的发展和教材建设作出重要的贡献。因时间和各因素制约，教材中仍有不足之处，恳请相关领域的专家学者和广大师生提出宝贵的意见。

全国高职高专环境保护类专业规划教材编委会

2009 年 6 月

# 前 言

环境问题是国民经济发展中备受瞩目的重大问题之一，正在全面深刻地影响着人们的社会生活。随着经济社会和现代工业生产的迅速发展，对环境污染实施有效控制已变得越来越重要和紧迫。在众多的环境问题中，水环境污染和水资源短缺将是今后相当长一段时间内全球最严重的问题之一，影响人类的可持续发展。为了控制和消除各种污染物对水环境所造成的不良影响，需要培养大批既能满足水环境污染治理行业、企业就业岗位职业要求，又具有可持续职业发展潜力，在生产、服务、技术和管理第一线工作的高技能人才。

本书紧密结合水环境污染治理行业、企业岗位高技能人才的实际需求，并结合水污染治理项目的工程特点，比较系统地介绍了水污染控制技术的基础知识、基本方法和污水处理工艺流程，常用污水处理单元设备及构筑物的结构、工作原理、设计计算方法及污水处理设施的运行管理等。在本教材的编写过程中，注意吸收污水处理新工艺、新技术、新材料和新设备的知识，以工程应用为出发点，通过典型的实际工程案例，强化学生的工程意识，以使其具有适应本行业、企业就业需要的基础知识和专业技能。

本书由黑龙江建筑职业技术学院王有志任主编并统稿，南京化工职业技术学院彭波、四川化工职业技术学院梁贤军担任副主编，具体编写工作分工为：王有志（黑龙江建筑职业技术学院）编写第5章、第10章和第2、3章部分内容，谢炜平（深圳职业技术学院）编写第1章，杨丽英（黑龙江建筑职业技术学院）编写第2章部分内容、附录，朱明华（黑龙江生态工程职业学院）编写第4章和第3章部分内容，彭波（南京化工职业技术学院）编写第6章、第11章；梁贤军（四川化工职业技术学院）编写第7章、第12章，王红梅（黑龙江建筑职业技术学院）编写第8章；郭春明（黑龙江建筑职业技术学院）编写第9章。

本书由黑龙江建筑职业技术学院谷峡教授担任主审，提出了许多指导性意见和建议，黑龙江建筑职业技术学院边喜龙教授参加了本书的审定工作，提出了宝贵意见。在此，向二位教授表示诚挚的谢意。

本书在编写过程中，参考并引用了大量文献资料，并邀请行业、企业专家对书稿进行了审阅。在此，谨对参考文献的作者和对本书提出宝贵意见和建议的行业、企业专家表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免出现错误和纰漏，敬请读者予以批评、指正。

编 者

2009年8月

## 内 容 简 介

本书根据高职高专环境类专业教材的基本要求编写，内容紧密结合水污染治理行业、企业岗位高技能人才的实际需求，突出教材的工程实用性与实践性。

本书共分 12 章，内容包括：绪论、污水的物理处理、污水的化学处理、污水生物处理概述、活性污泥法、生物膜法、污水的厌氧生物处理、污水的自然生物处理、污泥的处理和处置、污水的物理化学处理、循环冷却水的处理和污水处理厂站设计与运行管理等。

本书为高职高专院校环境类专业国家级规划教材，可作为环境类专业的教学用书，也可作为水污染治理行业、企业及污水处理厂站运营操作和管理岗位技术人员的参考书。



# 目 录

1 绪论	(1)
1.1 水资源	(1)
1.1.1 水资源的特征	(1)
1.1.2 水资源状况	(3)
1.1.3 天然水中的杂质	(4)
1.2 水体污染与水体自净作用	(5)
1.2.1 水体污染	(5)
1.2.2 水体自净作用	(7)
1.3 水质指标与水质标准	(9)
1.3.1 污水的水质指标	(9)
1.3.2 水质标准	(14)
1.4 水污染控制的基本原则与方法	(15)
1.4.1 基本原则	(15)
1.4.2 污水处理技术	(17)
本章小结	(20)
练习题	(20)
2 污水的物理处理	(21)
2.1 均衡与调节	(21)
2.1.1 均衡调节作用	(21)
2.1.2 调节水量	(22)
2.1.3 调节水质	(22)
2.1.4 确定调节池容积	(23)
2.2 筛滤	(24)
2.2.1 格栅	(24)
2.2.2 筛网	(29)
2.2.3 筛余物的处置	(30)
2.3 沉淀	(30)
2.3.1 沉淀的基本理论	(30)
2.3.2 沉淀池	(33)
2.3.3 沉砂池	(42)

2.4	除油	(46)
2.4.1	含油污水的特征	(46)
2.4.2	隔油池的类型与构造	(47)
2.4.3	隔油池设计计算	(48)
2.5	过滤	(48)
2.5.1	过滤机理	(49)
2.5.2	颗粒材料滤池——快滤池	(49)
2.5.3	其他滤池	(52)
2.5.4	滤池运行中常见问题及解决方法	(55)
	本章小结	(56)
	练习题	(57)
	技能实训 污水静置沉淀实验	(58)
3	污水的化学处理	(60)
3.1	中和法	(60)
3.1.1	概述	(60)
3.1.2	酸碱污水相互中和	(61)
3.1.3	药剂中和法	(62)
3.1.4	过滤中和法	(63)
3.1.5	污水中和处理应注意的问题	(65)
3.2	混凝	(66)
3.2.1	混凝原理	(66)
3.2.2	混凝剂与助凝剂	(70)
3.2.3	混凝工艺过程与设备	(71)
3.2.4	混凝工艺设备的运行管理	(78)
3.2.5	澄清池	(79)
3.3	化学氧化还原	(82)
3.3.1	化学氧化	(83)
3.3.2	化学还原	(87)
3.4	化学沉淀	(89)
3.4.1	氢氧化合物沉淀法	(89)
3.4.2	硫化物沉淀法	(89)
3.4.3	铁氧体沉淀法	(90)
3.5	消毒	(91)
3.5.1	消毒的目的与方法	(91)
3.5.2	物理法消毒	(91)
3.5.3	化学法消毒	(92)
	本章小结	(98)

练习题·····	( 98 )
技能实训  混凝实验 ·····	( 99 )
4 污水生物处理概述 ·····	( 103 )
4.1 微生物的代谢及其生长规律 ·····	( 103 )
4.1.1 微生物的分类及其作用 ·····	( 103 )
4.1.2 微生物的代谢 ·····	( 104 )
4.1.3 微生物的生长规律 ·····	( 105 )
4.1.4 微生物的生长条件 ·····	( 106 )
4.2 污染物的降解及可生化性 ·····	( 108 )
4.2.1 生物化学反应动力学 ·····	( 108 )
4.2.2 污水的可生化性 ·····	( 110 )
4.3 污水的生物处理法 ·····	( 112 )
4.3.1 生物处理方法的分类 ·····	( 112 )
4.3.2 好氧生物处理与厌氧生物处理的区别 ·····	( 112 )
本章小结·····	( 113 )
练习题·····	( 113 )
5 活性污泥法 ·····	( 115 )
5.1 活性污泥及其净化过程 ·····	( 115 )
5.1.1 活性污泥 ·····	( 115 )
5.1.2 活性污泥法处理工艺 ·····	( 117 )
5.1.3 活性污泥法的净化过程 ·····	( 117 )
5.2 活性污泥的性能指标及活性污泥法设计运行参数 ·····	( 118 )
5.2.1 活性污泥性能指标 ·····	( 118 )
5.2.2 活性污泥法的设计运行参数 ·····	( 120 )
5.3 曝气与曝气设备 ·····	( 122 )
5.3.1 曝气原理 ·····	( 122 )
5.3.2 曝气装置 ·····	( 122 )
5.3.3 曝气池 ·····	( 126 )
5.4 活性污泥法的运行方式 ·····	( 129 )
5.4.1 传统活性污泥法 ·····	( 129 )
5.4.2 渐减曝气活性污泥法 ·····	( 130 )
5.4.3 阶段曝气活性污泥法 ·····	( 130 )
5.4.4 延时曝气活性污泥法 ·····	( 130 )
5.4.5 吸附—再生活性污泥法 ·····	( 130 )
5.4.6 完全混合活性污泥法 ·····	( 131 )
5.4.7 吸附—生物降解活性污泥法 ·····	( 131 )

5.4.8	序批式活性污泥法	(132)
5.4.9	活性污泥法的发展	(135)
5.5	活性污泥法工艺的设计与运行管理	(142)
5.5.1	设计曝气池	(142)
5.5.2	设计曝气系统	(145)
5.5.3	污泥回流设备的选择与计算	(146)
5.5.4	设计二沉池	(147)
5.5.5	活性污泥法工艺设计计算实例	(148)
5.5.6	活性污泥法的运行管理	(151)
5.5.7	A/O 工艺处理城市污水工程实例	(155)
	本章小结	(156)
	练习题	(157)
	技能实训 观察活性污泥中的微生物	(158)
6	生物膜法	(160)
6.1	概述	(160)
6.1.1	生物膜的构造及其净化机理	(160)
6.1.2	生物膜法的主要特征	(161)
6.2	生物滤池	(162)
6.2.1	生物滤池的一般构造	(162)
6.2.2	生物滤池的分类与运行系统	(164)
6.2.3	生物滤池的设计与计算实例	(167)
6.3	生物转盘	(170)
6.3.1	生物转盘的构造	(171)
6.3.2	生物转盘的工艺流程与布置形式	(172)
6.3.3	生物转盘的设计计算	(173)
6.3.4	生物转盘处理技术的进展	(174)
6.4	生物接触氧化池	(175)
6.4.1	生物接触氧化池的构造及形式	(176)
6.4.2	生物接触氧化处理技术的工艺流程	(177)
6.4.3	生物接触氧化池的设计与计算实例	(178)
6.5	生物流化床	(180)
6.5.1	生物流化床的工艺类型	(180)
6.5.2	生物流化床的构造	(182)
6.6	曝气生物滤池	(183)
6.6.1	曝气生物滤池的构造	(184)
6.6.2	曝气生物滤池的设计运行参数	(184)
6.7	生物膜法的运行管理	(185)

6.7.1 生物膜的培养 .....	(185)
6.7.2 生物膜法运行过程中的异常现象与处理措施 .....	(186)
本章小结 .....	(188)
练习题 .....	(189)
<b>7 污水的厌氧生物处理 .....</b>	<b>(191)</b>
7.1 概述 .....	(191)
7.1.1 厌氧生物处理的机理 .....	(192)
7.1.2 厌氧生物处理的影响因素 .....	(193)
7.2 厌氧接触法 .....	(196)
7.2.1 厌氧接触法工艺流程 .....	(196)
7.2.2 厌氧接触法的特点 .....	(196)
7.2.3 厌氧接触法运行中常见问题与处理措施 .....	(197)
7.3 厌氧生物滤池 .....	(197)
7.3.1 厌氧生物滤池的构造 .....	(197)
7.3.2 厌氧生物滤池的类型与特点 .....	(198)
7.3.3 厌氧生物滤池的运行管理 .....	(199)
7.4 升流式厌氧污泥床反应器 .....	(199)
7.4.1 升流式厌氧污泥床反应器的工作原理 .....	(200)
7.4.2 升流式厌氧污泥床反应器的构造与特点 .....	(200)
7.4.3 升流式厌氧污泥床反应器的工艺设计 .....	(201)
7.4.4 启动升流式厌氧污泥床反应器 .....	(205)
7.5 两相厌氧生物处理法 .....	(208)
7.5.1 两相厌氧生物处理工艺 .....	(208)
7.5.2 两相厌氧生物处理工艺的特点 .....	(209)
7.6 厌氧复合床反应器 .....	(210)
7.6.1 UBF 反应器的构造 .....	(210)
7.6.2 UBF 反应器的工艺特点 .....	(210)
7.7 厌氧生物转盘 .....	(211)
7.8 厌氧折板反应器 .....	(211)
7.8.1 厌氧折板反应器工作原理 .....	(211)
7.8.2 厌氧折板反应器特点 .....	(212)
7.9 厌氧流化床及膨胀床 .....	(213)
7.10 水解工艺 .....	(213)
7.10.1 工艺流程 .....	(213)
7.10.2 水解工艺的特点 .....	(214)
7.10.3 水解工艺在污水处理中的应用 .....	(214)
本章小结 .....	(216)

练习题	(216)
技能实训  厌氧消化实验	(217)
<b>8 污水的自然生物处理</b>	<b>(219)</b>
8.1 稳定塘	(219)
8.1.1 稳定塘的类型与净化机理	(219)
8.1.2 稳定塘的设计	(221)
8.1.3 几种新型稳定塘	(223)
8.2 污水的土地处理系统	(225)
8.2.1 土地处理系统的净化机理	(225)
8.2.2 污水土地处理系统的基本工艺	(225)
8.2.3 采用土地处理工艺应注意的问题	(230)
本章小结	(230)
练习题	(230)
<b>9 污泥的处理和处置</b>	<b>(231)</b>
9.1 概述	(231)
9.1.1 污泥的分类与性质	(232)
9.1.2 污泥量	(233)
9.1.3 污泥的水力特征与管道输送	(233)
9.2 污泥浓缩	(234)
9.2.1 重力浓缩法	(234)
9.2.2 气浮浓缩法	(235)
9.2.3 离心浓缩法	(236)
9.2.4 选择污泥浓缩法	(236)
9.3 污泥的厌氧消化	(237)
9.3.1 消化工艺	(237)
9.3.2 污泥厌氧消化的影响因素	(238)
9.3.3 厌氧消化池的池形、构造与设计	(240)
9.3.4 消化池的运行管理	(243)
9.4 污泥的好氧消化	(245)
9.4.1 好氧消化的机理	(245)
9.4.2 好氧消化池的构造与工艺设计	(245)
9.5 污泥的干化与脱水	(246)
9.5.1 污泥自然干化	(246)
9.5.2 污泥机械脱水	(247)
9.6 污泥的消毒、干燥与焚烧	(251)
9.6.1 污泥消毒	(251)

9.6.2	污泥的干燥	(252)
9.6.3	污泥的焚烧	(253)
9.7	污泥的最终处置与利用	(254)
9.7.1	污泥的最终处置	(254)
9.7.2	污泥的利用	(255)
	本章小结	(255)
	练习题	(256)
10	污水的物理化学处理	(257)
10.1	气浮	(257)
10.1.1	气浮的基本原理	(257)
10.1.2	气浮设备的类型	(259)
10.1.3	气浮运行操作中应注意的事项	(264)
10.1.4	气浮法在污水处理中的应用	(264)
10.2	吸附	(265)
10.2.1	吸附的基本原理及类型	(265)
10.2.2	吸附容量与吸附等温线	(266)
10.2.3	吸附的影响因素	(267)
10.2.4	吸附剂及其再生	(269)
10.2.5	吸附操作方式和设计	(272)
10.2.6	吸附法在污水处理中的应用	(275)
10.3	离子交换	(277)
10.3.1	离子交换剂	(277)
10.3.2	离子交换的工艺流程	(282)
10.3.3	离子交换设备和设计计算	(285)
10.3.4	离子交换法在污水处理中的应用	(286)
10.4	膜分离	(287)
10.4.1	电渗析	(288)
10.4.2	反渗透 (RO)	(291)
10.4.3	超滤 (UF)	(296)
10.4.4	膜分离法工程实例	(297)
10.5	吹脱	(298)
10.5.1	吹脱基本原理	(299)
10.5.2	吹脱装置	(299)
10.5.3	影响吹脱的主要因素	(300)
	本章小结	(301)
	练习题	(301)
	技能实训 1 气浮实验	(302)

技能实训 2 活性炭吸附实验 .....	(305)
<b>11 循环冷却水的处理</b> .....	<b>(308)</b>
11.1 循环冷却水系统 .....	(308)
11.1.1 循环冷却水系统的类型 .....	(308)
11.1.2 循环冷却水系统基本设施 .....	(309)
11.1.3 循环冷却水系统存在的问题 .....	(311)
11.2 循环冷却水的水质控制 .....	(312)
11.2.1 水垢及其控制 .....	(312)
11.2.2 污垢的控制 .....	(314)
11.2.3 微生物的控制 .....	(315)
11.2.4 金属腐蚀与控制 .....	(319)
11.3 循环冷却水系统工程实例 .....	(328)
11.3.1 适用于高盐类冷却水系统的工程实例 .....	(328)
11.3.2 采用非磷酸盐缓蚀剂的处理冷却水的工程实例 .....	(330)
本章小结 .....	(330)
练习题 .....	(331)
<b>12 污水处理厂站的设计与运行管理</b> .....	<b>(332)</b>
12.1 污水处理厂站的设计程序 .....	(332)
12.1.1 设计前期的工作 .....	(332)
12.1.2 初步设计 .....	(333)
12.1.3 施工图设计 .....	(334)
12.2 污水处理工程项目的方案比较 .....	(334)
12.2.1 污水处理工程项目方案比较的内容 .....	(334)
12.2.2 污水处理工程项目的技术经济指标 .....	(335)
12.2.3 评价工程项目设计方案的技术经济指标 .....	(335)
12.2.4 污水处理工程项目设计方案的经济指标比较方法 .....	(336)
12.2.5 污水处理工程项目的建设投资和运营管理费用 .....	(336)
12.3 污水处理厂站的设计 .....	(337)
12.3.1 污水处理厂站的设计内容及原则 .....	(337)
12.3.2 选择污水处理厂站厂址 .....	(338)
12.3.3 确定污水处理工艺流程 .....	(339)
12.3.4 污水处理厂站的平面与高程布置 .....	(340)
12.3.5 污水处理厂站的工程结构与辅助工程 .....	(342)
12.3.6 污水处理厂站节能设计 .....	(347)
12.4 污水处理厂站的运行管理与自动控制 .....	(347)
12.4.1 污水处理工程的验收 .....	(347)



---

12.4.2 污水处理厂站的调试·····	(349)
12.4.3 污水处理厂站的运行管理·····	(349)
12.4.4 污水处理厂站的水质指标监测·····	(351)
12.4.5 污水处理厂运行的自动控制·····	(351)
12.4.6 污水处理厂站安全操作注意事项·····	(352)
本章小结·····	(353)
练习题·····	(353)
<b>附录</b> ·····	(355)
附录 1 污水综合排放标准 (GB 8978—1996) ·····	(355)
附录 2 城镇污水处理厂污染物排放标准 (GB 18918—2002) ·····	(358)
附录 3 城市杂用水水质标准 (GB/T 18920—2002) ·····	(359)
附录 4 再生水用作冷却用水的水质控制标准 (GB/T 19923—2005) ·····	(360)
附录 5 地表水环境质量标准 (GB 3838—2002) ·····	(361)
<b>参考文献</b> ·····	(364)