

# 水质工程学

李孟 桑稳姣 主编



清华大学出版社

# 水质工程学

李孟 桑稳姣 主编

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书为高等学校教材。全书共 19 章,由 5 篇组成。第 1 篇为基本理论介绍(第 1、2 章)。第 2 篇为物化处理(第 3 至 9 章),包括预处理、颗粒分析与混凝、沉淀与气浮、过滤、消毒、吸附等。第 3 篇为生物处理(第 10 至 14 章),包括活性污泥法、生物膜法、厌氧生物处理法、污泥的处理及资源化、膜生物反应器。第 4 篇为深度处理(第 15 至 17 章),包括脱氮除磷和膜分离等方法。第 5 篇为水厂、污水厂建设与运行管理(第 18、19 章)。本书可作为高等学校给水排水科学与工程、环境科学与工程等专业的教学用书,也可供给水排水及相关领域的科研人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

水质工程学/李孟,桑稳姣主编.--北京:清华大学出版社,2012.4

ISBN 978-7-302-27276-2

I. ①水… II. ①李… ②桑… III. ①水质—水处理 IV. ①TU991.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 231194 号

责任编辑:柳 萍

封面设计:傅瑞学

封面摄影:袁 宁

责任校对:刘玉霞

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社总机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印刷者:北京季蜂印刷有限公司

装订者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:27.75

字 数:672千字

版 次:2012年4月第1版

印 次:2012年4月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:49.80元



# F

# OREWORD

## 前 言

科学技术发展的日新月异、当前社会的不断进步以及水环境的污染加剧,使得对环境水质的要求也在不断提高。水质工程学是给水排水科学与工程的主要学科分支,经过 50 多年的专业发展,需要更科学和与时俱进的教材。同时,传统水质工程学教材多分为“给水工程”和“排水工程”进行介绍,在内容上存在较多重复。随着水环境污染的加剧,给水处理和废水处理的界限已逐渐模糊,它们相互渗透,有些技术在给水和废水中都有应用。

本教材就是在吸收和借鉴美国水行业协会(AWWA)所编写的有关水与废水处理专著的最新版本的基础上,针对我国目前水质复杂的实际情况,对传统的“给水工程”和“排水工程”内容进行了大胆的整合,打破了给水处理工艺与排水处理工艺之间的“界限”,强调了水处理工艺与污水处理工艺的相互借鉴和融合,同时也比较了它们在实际应用上的差异。在教材的编写上力图体现一个“新”字,尽量使本教材在内容编排上跟上国际最新发展趋势,尽量让读者能接触到国际上最先进的处理工艺和最新的研究思想(如在混凝中增加了混凝剂应用的卫生安全性、新型光电检测技术等内容),培养和激发读者对本专业的学习兴趣。同时,对一些较为陈旧或相互重复的内容作了更新、合并,并删减了(如工业水冷却中的部分内容)过于繁琐的内容,做到重点突出,主题明确。注重教材的针对性和综合性,以期适用于当前给水排水科学与工程专业及其相关技术人员知识结构的更新要求。

本教材共分 19 章。第 1~9 章由李孟、张倩和张珍编写;第 10~19 章由桑稳姣、黄凌凤编写;张倩负责了全书的修编工作;库辉参加了本书的插图绘制工作;全书由李孟、桑稳姣主编。在本书的编写过程中,编者参考了众多文献,文献名未一一列出,谨向这些文献作者致以谢意。同时,清华大学出版社对本教材的编写给予了极大的关心和支持,在此也表示衷心的感谢。

最后,因时间仓促,水平有限,敬请读者对本教材的疏漏乃至错误之处提出批评和指正。

李 孟

2011 年 9 月于武汉理工大学



## 第 1 篇 基本理论介绍

第 1 章 绪论	3
1.1 21 世纪水质科学与工程的发展方向	3
1.1.1 高度重视水资源保护	3
1.1.2 水质标准将更加完善	3
1.1.3 水处理技术的发展趋势	4
1.1.4 水质检测技术快速可造	6
1.1.5 水厂和污水厂控制技术日益提高	6
第 2 章 水质工程学的基本理论	7
2.1 水溶液的基本性质	7
2.1.1 水合、配合与离子对	7
2.1.2 天然水中的溶解固体	8
2.1.3 水的电导率和电阻率	9
2.1.4 水中阴、阳离子间的关系	10
2.2 反应器与化学反应动力学的基本概念	12
2.2.1 物料衡算和质量传递	12
2.2.2 理想反应器与非理想反应器	13
2.3 水微生物学基础知识	17
2.3.1 微生物生态	17
2.3.2 污染物结构与微生物代谢动力学	18
2.4 水质参数和在线检测技术	20
2.4.1 浊度、悬浮物浓度与悬浮微粒浓度	20
2.4.2 有机物的水质替代参数	23
2.4.3 饮用水水质与健康	24
2.4.4 水质参数的光电检测技术概论	30
2.5 水质标准与水质模型	34
2.5.1 国内外饮用水水质标准概述	34

2.5.2 水体水质基本模型 .....	41
思考题 .....	43

## 第2篇 物化处理

<b>第3章 预处理</b> .....	47
3.1 格栅的分类与设计 .....	47
3.1.1 格栅的分类 .....	47
3.1.2 格栅的设计 .....	50
3.2 沉砂池的种类与设计 .....	51
3.2.1 平流沉砂池 .....	52
3.2.2 曝气沉砂池 .....	54
3.2.3 钟式沉砂池 .....	55
3.3 沉淀预处理的应用 .....	56
3.4 调节池的分类 .....	57
3.4.1 水量调节池 .....	58
3.4.2 水质调节池 .....	58
3.5 饮用水预处理技术 .....	59
3.5.1 化学预氧化法 .....	59
3.5.2 生物预处理 .....	61
3.5.3 活性炭吸附 .....	61
思考题 .....	62
<b>第4章 颗粒分析与混凝</b> .....	63
4.1 双电层的构造和界面电位 .....	63
4.1.1 胶体表面电荷的来源和双电层的构造 .....	63
4.1.2 胶体间的相互作用位能和 DLVO 理论 .....	65
4.1.3 混凝剂的水解反应与混凝机理 .....	66
4.2 絮凝动力学理论 .....	70
4.2.1 异向絮凝动力学模型 .....	70
4.2.2 同向絮凝动力学模型 .....	71
4.2.3 Camp-Stein 公式 .....	72
4.2.4 絮凝特性曲线 .....	73
4.3 混凝剂和助凝剂的种类和应用 .....	74
4.3.1 传统铁盐、铝盐混凝剂的应用 .....	74
4.3.2 无机高分子混凝剂 .....	75
4.3.3 有机高分子混凝剂 .....	77
4.3.4 新型无机-有机高分子复合混凝剂的研究进展 .....	78
4.3.5 助凝剂 .....	79

4.3.6	混凝剂的卫生安全性 .....	79
4.4	混凝工艺的工程实践 .....	80
4.4.1	絮凝剂配制投加设备 .....	80
4.4.2	混合设备的设计与计算 .....	82
4.4.3	絮凝池的设计与计算 .....	84
4.4.4	新型组合式絮凝池的研究进展 .....	88
4.5	颗粒分析方法与絮凝过程的自控技术 .....	89
4.5.1	颗粒分析的基本内容 .....	89
4.5.2	絮凝过程的光电检测技术综述 .....	89
4.5.3	絮凝投药自动控制技术与设备 .....	90
	思考题 .....	93
<b>第 5 章</b>	<b>沉淀与气浮 .....</b>	<b>94</b>
5.1	颗粒沉降基本理论 .....	94
5.1.1	颗粒的自由沉降速度 .....	94
5.1.2	自由沉降试验 .....	96
5.1.3	分层沉降 .....	97
5.1.4	沉淀效率的计算 .....	99
5.2	平流式沉淀池的构造和设计 .....	103
5.2.1	平流式沉淀池的进出水布置 .....	103
5.2.2	平流式沉淀池的排泥设施 .....	105
5.2.3	平流式沉淀池的设计与运行管理 .....	106
5.3	其他沉淀池的设计和计算 .....	107
5.3.1	斜板(管)沉淀池的类型和设计 .....	107
5.3.2	辐流式沉淀池的工作原理与设计 .....	109
5.3.3	其他新型沉淀池的应用 .....	110
5.4	澄清池的原理和设计 .....	112
5.4.1	澄清池的一般工作原理 .....	112
5.4.2	机械搅拌澄清池的设计 .....	112
5.4.3	水力循环澄清池的设计 .....	114
5.4.4	脉冲澄清池与悬浮澄清池的运行特点 .....	114
5.5	浓缩池的理论和设计 .....	116
5.5.1	浓缩池的原理和特点 .....	116
5.5.2	浓缩池的设计 .....	117
5.6	气浮池的设计计算 .....	120
5.6.1	气浮原理概述 .....	120
5.6.2	气浮池的设计 .....	122
5.6.3	吹脱和气提 .....	125
	思考题 .....	127

<b>第 6 章 过滤</b> .....	128
6.1 过滤理论综述 .....	128
6.1.1 过滤工艺理论的发展历程.....	128
6.1.2 过滤理论的主要内容.....	129
6.1.3 迹线分析模型.....	131
6.2 滤层和承托层 .....	131
6.2.1 滤层综论.....	131
6.2.2 滤料.....	132
6.2.3 承托层.....	136
6.3 滤池的运行方式 .....	137
6.3.1 等速过滤.....	137
6.3.2 变速过滤.....	140
6.3.3 滤层负水头.....	142
6.4 滤池的配水系统 .....	142
6.4.1 配水系统.....	143
6.4.2 大阻力配水系统.....	145
6.4.3 小阻力配水系统.....	146
6.5 滤池的过程控制 .....	149
6.5.1 滤池控制策略.....	149
6.5.2 液位控制.....	149
6.5.3 反冲洗控制.....	150
6.6 普通快滤池的设计计算 .....	155
6.6.1 滤池的面积和滤池的长宽比.....	156
6.6.2 滤池的深度.....	157
6.6.3 管廊布置.....	157
6.6.4 管渠设计流速.....	159
6.6.5 设计中应注意的问题.....	159
6.7 其他滤池的特点和应用 .....	159
6.7.1 V 型滤池 .....	160
6.7.2 虹吸滤池.....	161
6.7.3 移动冲洗罩滤池.....	162
6.7.4 压力滤池.....	164
6.7.5 多级精细过滤装置.....	164
思考题.....	166
<b>第 7 章 消毒</b> .....	167
7.1 消毒的基本理论 .....	167
7.2 液氯消毒 .....	168



7.2.1	氯的性质	168
7.2.2	氯消毒作用机理	168
7.2.3	折点加氯法	169
7.2.4	加氯点的确定	170
7.2.5	消毒副产物	170
7.3	其他消毒方法	171
7.3.1	二氧化氯消毒	171
7.3.2	漂白粉和次氯酸钠消毒	172
7.3.3	氯胺消毒	172
7.3.4	臭氧消毒	173
7.3.5	高锰酸钾消毒	173
7.3.6	物理消毒法	174
	思考题	174
<b>第 8 章</b>	<b>吸附</b>	<b>175</b>
8.1	吸附的基本理论	175
8.1.1	吸附类型	175
8.1.2	吸附等温线	176
8.1.3	吸附速率	178
8.1.4	影响吸附的因素	178
8.2	活性炭吸附的理论和设计	180
8.2.1	活性炭的制造	180
8.2.2	活性炭的细孔构造和分布	180
8.2.3	活性炭的表面化学性质	181
8.2.4	活性炭吸附在给水处理中的应用	181
8.2.5	活性炭吸附在废水处理中的应用	181
8.2.6	废水活性炭吸附法处理设计实例	182
8.3	吸附塔的设计	183
8.3.1	吸附工艺	183
8.3.2	吸附塔的设计要点	184
8.3.3	吸附塔的设计方法	185
	思考题	187
<b>第 9 章</b>	<b>其他物化处理方法</b>	<b>188</b>
9.1	萃取	188
9.1.1	基本原理	188
9.1.2	萃取剂的选择与再生	189
9.1.3	萃取工艺过程	189
9.2	蒸馏	190

9.2.1	多效蒸发	190
9.2.2	多级闪蒸	191
9.3	离心分离	192
9.3.1	离心分离原理	192
9.3.2	离心分离设备	192
9.4	氧化还原	195
9.4.1	药剂氧化还原	195
9.4.2	金属还原	196
9.4.3	臭氧氧化	197
9.4.4	空气氧化	198
9.4.5	光氧化	199
9.5	电解	200
9.5.1	概述	200
9.5.2	电解法在水处理中的应用	201
9.6	离子交换	203
9.6.1	离子交换树脂的选择性	203
9.6.2	离子交换法在水处理中的应用	204
	思考题	209

### 第3篇 生物处理

第10章	活性污泥法	213
10.1	活性污泥法的基本原理	213
10.1.1	活性污泥法的基本概念与流程	213
10.1.2	活性污泥的形态与活性污泥微生物	214
10.1.3	活性污泥净化反应过程	218
10.1.4	活性污泥净化反应系统的主要控制目标与设计、运行参数	220
10.2	活性污泥动力学基础	221
10.2.1	概述	221
10.2.2	莫诺方程式	222
10.2.3	劳伦斯-麦卡蒂方程式	224
10.2.4	动力学参数的确定	226
10.3	活性污泥处理系统的运行方式	227
10.3.1	传统活性污泥法处理系统	227
10.3.2	阶段曝气活性污泥法系统	228
10.3.3	再生曝气活性污泥法系统	228
10.3.4	生物吸附活性污泥法系统	229
10.3.5	延时曝气活性污泥法系统	230
10.3.6	完全混合活性污泥法系统	230

10.3.7	高负荷活性污泥法系统 .....	231
10.4	活性污泥处理系统新工艺 .....	232
10.4.1	概述 .....	232
10.4.2	氧化沟 .....	232
10.4.3	间歇式活性污泥处理系统 .....	235
10.4.4	AB法污水处理工艺 .....	239
10.5	活性污泥处理系统的工艺设计 .....	241
10.5.1	曝气池的计算与设计 .....	241
10.5.2	曝气系统的计算与设计 .....	244
10.5.3	污泥回流系统的设计与剩余污泥的处置 .....	245
10.5.4	二次沉淀池的计算与设计 .....	247
10.5.5	曝气沉淀池的计算与设计 .....	249
10.5.6	处理水的水质 .....	249
10.6	活性污泥处理系统的维护管理 .....	250
10.6.1	活性污泥处理系统的投产与活性污泥的培养驯化 .....	250
10.6.2	活性污泥处理系统运行效果的检测 .....	252
10.6.3	活性污泥处理系统运行中的异常状况与对策 .....	253
	思考题 .....	255
<b>第 11 章</b>	<b>生物膜法</b> .....	<b>256</b>
11.1	生物膜法的基本原理 .....	256
11.1.1	生物膜的构造及净化机理 .....	256
11.1.2	生物膜的增长过程 .....	257
11.1.3	生物膜处理法的主要特征 .....	258
11.2	生物滤池的设计计算 .....	258
11.2.1	普通生物滤池 .....	258
11.2.2	高负荷生物滤池 .....	261
11.2.3	塔式生物滤池 .....	265
11.2.4	曝气生物滤池 .....	266
11.3	生物转盘的设计计算 .....	267
11.3.1	生物转盘的构造及净化原理 .....	268
11.3.2	生物转盘系统的特征 .....	268
11.3.3	生物转盘的计算与设计 .....	269
11.4	生物接触氧化 .....	272
11.4.1	概述 .....	272
11.4.2	生物接触氧化池的构造及形式 .....	273
11.4.3	生物接触氧化池的计算 .....	274
11.5	生物流化床 .....	275
11.5.1	概述 .....	275

11.5.2	生物流化床的工艺类型 .....	275
11.5.3	生物流化床技术的特点 .....	276
	思考题 .....	276
<b>第 12 章</b>	<b>厌氧生物处理法 .....</b>	<b>277</b>
12.1	厌氧生物处理法的基本原理 .....	277
12.1.1	基本原理 .....	277
12.1.2	厌氧生物处理的主要特征 .....	278
12.1.3	厌氧消化的影响因素与控制要求 .....	278
12.2	厌氧过程动力学 .....	281
12.3	厌氧活性污泥法 .....	282
12.3.1	普通厌氧消化池 .....	282
12.3.2	厌氧接触法 .....	282
12.3.3	UASB .....	283
12.3.4	厌氧折流板式反应器(ABR) .....	285
12.4	厌氧生物膜法 .....	286
12.4.1	厌氧生物滤池 .....	286
12.4.2	厌氧生物转盘 .....	287
12.5	厌氧生物处理的运行管理 .....	287
	思考题 .....	288
<b>第 13 章</b>	<b>污泥的处理及资源化 .....</b>	<b>289</b>
13.1	污泥的分类、性质及性质指标 .....	289
13.1.1	污泥的分类与性质 .....	289
13.1.2	污泥的性质指标 .....	289
13.2	污泥的浓缩 .....	291
13.2.1	污泥重力浓缩 .....	291
13.2.2	污泥气浮浓缩 .....	295
13.2.3	污泥的其他浓缩法 .....	297
13.3	污泥的消化 .....	297
13.3.1	污泥的厌氧消化 .....	297
13.3.2	污泥的好氧消化 .....	305
13.4	污泥脱水与干化 .....	306
13.4.1	机械脱水前的预处理 .....	306
13.4.2	机械脱水的基本原理 .....	308
13.4.3	压滤脱水 .....	309
13.4.4	滚压脱水 .....	309
13.4.5	离心脱水 .....	310
13.4.6	污泥干化 .....	311

13.5	污泥的消毒 .....	311
13.5.1	巴氏消毒法(低热消毒法) .....	312
13.5.2	石灰稳定法 .....	312
13.5.3	加氯消毒法 .....	312
13.6	污泥资源化技术 .....	312
13.6.1	农肥利用与土地处理 .....	312
13.6.2	污泥堆肥 .....	313
13.6.3	其他方式 .....	314
13.7	污泥减量技术 .....	314
	思考题 .....	317
<b>第 14 章</b>	<b>膜生物反应器 .....</b>	<b>318</b>
14.1	膜生物反应器及其分类 .....	318
14.1.1	膜生物反应器 .....	318
14.1.2	膜生物反应器的分类 .....	318
14.2	膜生物反应器的设计及运行机理 .....	321
14.2.1	膜生物反应器的设计 .....	321
14.2.2	膜生物反应器的运行机理 .....	323
14.3	膜生物反应器特征及膜过滤的影响因素 .....	323
14.4	膜生物反应器处理污水的应用实例 .....	324
14.4.1	膜生物反应器用于处理某石化企业废水实例 .....	325
14.4.2	膜生物反应器处理洗涤、洗浴污水工程实例 .....	326
<b>第 4 篇 深度处理</b>		
<b>第 15 章</b>	<b>污水脱氮除磷技术 .....</b>	<b>331</b>
15.1	污水生物脱氮技术特征 .....	331
15.1.1	生物硝化过程与反硝化过程 .....	331
15.1.2	单级活性污泥脱氮工艺 .....	333
15.2	污水生物除磷技术特征 .....	334
15.2.1	污水生物除磷的机理 .....	334
15.2.2	生物除磷的影响因素 .....	335
15.3	污水生物同步脱氮除磷工艺的选择与设计 .....	336
15.3.1	A-A-O 工艺 .....	336
15.3.2	Phoredox 工艺 .....	339
15.3.3	UCT 工艺 .....	339
15.3.4	VIP 工艺 .....	340
15.3.5	其他脱氮除磷工艺 .....	340
	思考题 .....	343

<b>第 16 章 膜分离处理技术</b> .....	344
16.1 电渗析法 .....	344
16.1.1 电渗析原理及过程 .....	345
16.1.2 电渗析器的构造与组装 .....	346
16.1.3 电渗析法在废水处理中的应用 .....	348
16.2 反渗透 .....	349
16.2.1 渗透现象与渗透压 .....	349
16.2.2 反渗透 .....	350
16.2.3 反渗透膜及其透过机理 .....	350
16.2.4 反渗透装置、工艺流程与布置系统 .....	351
16.2.5 反渗透法在废水处理中的应用 .....	352
16.3 纳滤、超滤和微滤 .....	353
16.3.1 纳滤 .....	353
16.3.2 微滤和超滤 .....	355
16.4 纯水的制备方法 .....	357
思考题 .....	359
<b>第 17 章 其他深度处理方法</b> .....	361
17.1 地下水除铁除锰方法 .....	361
17.1.1 地下水除铁方法 .....	361
17.1.2 地下水除锰方法 .....	364
17.2 除氟和除砷技术 .....	365
17.2.1 水的除氟 .....	365
17.2.2 水的除砷 .....	367
17.3 高锰酸钾复合药剂对地表水源处理的应用 .....	369
17.3.1 去除有机物 .....	369
17.3.2 除藻及藻臭 .....	369
17.3.3 去除微污染水的色度与浊度 .....	370
17.3.4 高锰酸钾及 PPC 与其他方法的联用 .....	370
17.4 纳米技术在水处理中的应用 .....	371
17.4.1 纳米微粒的基本理论 .....	371
17.4.2 半导体纳米颗粒的光催化技术 .....	372
17.4.3 纳米材料的磁性吸附技术 .....	374
17.4.4 纳米材料的吸附与强化絮凝 .....	376
17.5 高级氧化技术的联合应用 .....	377
17.5.1 催化臭氧化 .....	377
17.5.2 臭氧-光催化氧化技术 .....	379
17.5.3 超声-臭氧联用 .....	379

17.5.4	超声-电化学联用 .....	380
17.5.5	超声-光催化联用 .....	381
17.5.6	微波强化光催化氧化技术 .....	382
17.6	新型高效催化氧化技术 .....	383
17.6.1	光催化氧化 .....	383
17.6.2	催化湿式氧化 .....	384
17.6.3	超临界水氧化 .....	385
17.6.4	纳米 TiO <sub>2</sub> 光电催化技术 .....	386
17.6.5	超声空化氧化 .....	387
17.6.6	微波氧化 .....	389
	思考题 .....	390

## 第 5 篇 水厂、污水厂建设与运行管理

<b>第 18 章</b>	<b>水厂的建设和设计 .....</b>	<b>393</b>
18.1	水厂建设的基本内容 .....	393
18.1.1	厂址选择 .....	393
18.1.2	水厂工艺流程选择 .....	393
18.1.3	水处理构筑物类型选择 .....	395
18.1.4	平面布置 .....	395
18.1.5	高程布置 .....	396
18.2	水厂设计和施工基本原则 .....	397
18.2.1	水厂设计原则 .....	397
18.2.2	水厂施工原则 .....	398
18.3	水厂的日常运行管理 .....	399
18.3.1	水厂内控指标 .....	399
18.3.2	水厂生产现场管理 .....	399
18.3.3	水厂现场监测 .....	399
18.3.4	水厂运行控制 .....	400
18.3.5	水量计量设备管理 .....	400
18.3.6	水厂机电设备管理 .....	400
18.3.7	水厂安全生产 .....	401
18.4	给水厂的国内外建设实例 .....	401
18.4.1	狼山水厂平面布置 .....	401
18.4.2	瑞士日内瓦皮约尔水厂 .....	402
	思考题 .....	405
<b>第 19 章</b>	<b>城市污水处理厂设计 .....</b>	<b>406</b>
19.1	污水处理厂设计的基本原则 .....	406

19.1.1	污水处理厂设计内容及设计原则 .....	406
19.1.2	污水处理厂工艺选择 .....	407
19.1.3	污水处理厂选址原则 .....	408
19.2	污水处理厂的平面布置与高程布置 .....	408
19.2.1	污水处理厂的平面布置 .....	408
19.2.2	污水处理厂的高程布置 .....	412
19.3	污水处理厂的运行管理和自动化控制 .....	416
19.3.1	污水处理厂的运行管理 .....	416
19.3.2	污水处理厂运行的自动控制 .....	418
19.4	污水处理厂的国内外建设实例 .....	419
19.4.1	北京市大兴污水处理厂 .....	419
19.4.2	安徽阜阳市某污水处理厂设计 .....	421
19.4.3	美国加州 San Jose 污水处理厂 .....	422
	思考题 .....	426
	参考文献 .....	427



## 第1篇

# 基本理论介绍

DDAVT