

第三版

# 城市污水厂 处理设施设计计算

CHENGSHI WUSHUICHANG  
CHULI SHESHI SHEJI JISUAN

刘振江 崔玉川 主 编  
陈宏平 王延涛 副主编



共117个工程性设计计算例题  
内容全面翔实步骤清晰  
前两版广受读者好评



化学工业出版社

# 城市污水厂 处理设施设计计算

CHENGSHI WUSHUICHANG  
CHULI SHESHI SHEJI JISUAN

刘振江 崔玉川 主 编  
陈宏平 王延涛 副主编

第三版



化学工业出版社

·北京·

本书主要通过工程性设计计算例题的形式,具体介绍城镇污水处理厂常规处理和三级处理工艺中主要处理构筑物的设计计算内容、方法和要求。全书共14章,工程性计算例题117个。例题内容包括计量设施、调节池、配水井、格栅、沉砂池、初沉池、二沉池、强化一级处理设施、好氧活性污泥法处理设施、生物膜法处理设施、自然净化设施、消毒设施、污泥处理设施、除臭设施、三级处理设施等单元处理设施的设计计算,污水厂全流程系统的竖向水力计算和布置,以及城镇污水回用深度处理工程案例。本书在第二版的基础上,又补充了一些新型实用的处理设施、工艺和计算方法例题。

本书可供给水排水工程、环境工程等专业的工程技术人员和大专院校师生使用参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

城市污水厂处理设施设计计算/刘振江,崔玉川主编. —3版. —北京:化学工业出版社,2017.11  
ISBN 978-7-122-30621-0

I. ①城… II. ①刘…②崔… III. ①城市污水-污水处理厂-水处理设施-设计计算 IV. ①X799.303.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第227898号

责任编辑:徐娟  
责任校对:宋夏

装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:三河市延凤印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张23½ 字数642千字 2018年1月北京第3版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:78.00元

版权所有 违者必究

# 前言

《城市污水厂处理设施设计计算》(第二版)于2011年8月出版至2017年2月的5年多中,先后重印过7次(计13000册)。作为编者,我们非常感谢广大读者对该书的喜爱和好评。

近年来,我国对环境保护及污水资源化的要求不断提高,对城镇污水处理厂污染物排放标准也提出了更高更严的要求。从发展的长远态势上看,城镇污水厂处理的终极方向将会由达标排放的无害化处理,逐步向达标利用的资源化处理方面转移和发展。另外,这几年又有一些新的水处理工艺技术得到了开发应用。考虑到该书的内容也应与时俱进,所以我们重新审视了该书,决定对其进行修订再版。

本次再版在保持前两版特点和风格的基础上,增加了一些新的工艺技术、处理设施及其计算方法与例题(共10个),删除了几个不便使用的计算例题(共5个),简化了一些章节的例题内容,并增加了工程案例等。在本书第一章中,首先对重要名词“污水”给出了学术性定义,之后使用表格图形归纳的表述方法,对于城镇污水的处理工艺级别、方法、类别和单元设施,以及污泥的处理、处置方法的分类与设施,进行了高度概括归类简介,为后面各章打下了良好的基础。

全书由14章组成,共有117个设计计算例题。例题的内容和类型,较全面地涵盖了城镇污水处理厂中常规各级工艺中污水和污泥的单元处理设施,还列举了自然净化工艺中的稳定塘和土地处理,以及污水厂附属设施(调节池、配水井、计量设施)、竖向设计和污水资源化工程实例等计算例题和内容。关于膜法处理工艺装置及污水深度处理的有关内容和例题,请见《城市污水回用深度处理设施设计计算》(第二版)。

本书着力突出实用性,意在通过计算例题具体介绍城镇污水、污泥处理工艺各单元设施的工艺设计计算内容、方法和要求。同时,在一些设计例题的末尾设置了“题后语”,以与读者沟通和讨论。本书是城镇污水处理厂单元设施设计计算的参考书,对于初学设计者更是一本设计方法的入门读物。可供给排水科学与工程、环境工程等有关专业的工程技术人员和大专院校师生使用参考。

本书由刘振江和崔玉川任主编并统稿,陈宏平和王延涛任副主编。参加编写的还有齐吉山、刘洪梅、曹昉、刘幼琼、周茜等。同时感谢该书第一、二版的参编者张绍怡、管满、郜宏漪、安沁生、乌德、石虹、韩燕等同志对再版工作的支持。

由于我们的水平所限,书中难免会有疏漏和不足,敬请读者指教。

编者

2017年7月

# 第一版前言

由于城市和工业的飞速发展，污、废水的排放量与日俱增。据本世纪初统计资料，我国城市污水的年排放量已达 400 多亿立方米，但在我国 680 多个城市中，仅有 200 余座在建和建成的污水处理厂，并且集中在近 100 个城市中，全国污水处理率只有 25% 左右。污水的大量排放，导致了水环境的污染和水资源可利用性的降低。根据中国环境保护远景目标纲要的要求，到 2010 年全国的污水平均处理率为：设市城市和建制镇不小于 50%，设市城市不小于 60%，重点城市不小于 70%。按照《污水综合排放标准》的要求，为了满足出水排放标准，绝大多数城镇污水处理厂都必须采用二级生化处理或深度处理工艺技术。然而，我国城市平均每 100 万人才占有 1 座污水处理厂，而美国等发达国家则为 1 万人就占有 1 座（至 20 世纪 70 年代末，美国已有城市污水处理厂 18 000 多座，英国、法国、德国兴建有 7 000~8 000 座）。所以，为了保护环境和充分利用水资源，污、废水的处理与再用已迫在眉睫，大力兴建城市污水处理厂势在必行。

本书意在通过计算例题的形式，主要对城市污水常规处理工艺中的单元处理设施的工艺设计计算内容、方法和要求进行具体介绍，以使读者仿照例题即可完成一般的设计计算工作。书中共编写了污水和污泥单元处理等设施的设计计算例题 95 个，内容包括调节池、配水池、格栅、沉砂池、初沉池、强化一级处理设施、好氧活性污泥法处理设施、生物膜法处理设施、自然净化设施、二沉池、消毒设施以及污泥处理设施等。关于膜处理装置及污水深度处理的有关内容，请见本丛书的《城市污水回用深度处理设施设计计算》一书，本书不另赘述。

该书系污、废水处理设计参考书，也是一本设计方法入门读物。可供给水排水工程、环境工程等专业的工程技术人员和大专院校师生使用参考。

本书由崔玉川主持编写，刘振江和张绍怡为副主编。各章节的编写人员为：第一章为崔玉川教授，第二、三、四、五章为安沁生高工，第六章的第一、五、六节和附录为刘振江高工，第六章的第二、四节为管满高工，第六章的第三节为石虹高工，第七、八章为张绍怡教授级高工、韩燕高工、安沁生高工，第九、十、十一章为郜宏漪高工。全书由崔玉川教授统稿。

目前，我国对一些新型污水处理工艺技术设施的设计尚无颁布法规性技术文件，所以本书的某些设计计算例题只是一种探索性的尝试，期待同仁进一步修改完善。由于我们的水平以及收集到的资料所限，书中难免会有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

2004 年 4 月

## 第二版前言

《城市污水厂处理设施设计计算》一书的第一版自 2004 年 8 月出版后,受到广大有关专业工程技术人员和大专院校师生的关爱与好评。化学工业出版社曾于 2006 年和 2008 年进行过两次重印,但仍未能满足社会的需求。为此,出版社与我们相商后决定编写该书的第二版,为使其内容与与时俱进,我们对该书进行了重新审视编写。

该书的第一版共 11 章,95 个计算例题。在保持第一版特点和风格的基础上,又补充了一些新型实用的处理设施、工艺和计算方法例题。经过对其内容进行删除、增加和整合修改后,第二版变为 13 章,112 个工程性计算例题。

第二版新增加的内容如下。

1. 增加了两章,即“第十二章城镇污水三级处理工艺设施”,内容以化学除磷和进一步去除悬浮物为主,包括混凝、沉淀(澄清)、过滤等设施的设计计算例题,如高密度沉淀池、V 型滤池、流动床滤池、转盘滤池等;“第十三章污水处理厂竖向设计计算”,内容包括竖向布置的设计原则和全流程系统的水力计算例题。

2. 第二章更名为“调节池、配水井及计量设施”,增加一节“计量设施”的计算例题。

3. 第六章增加了两节,即“膜生物反应器(MBR)”和“复合生物反应器”的计算例题,以及“改良 A<sup>2</sup>/O”及“改良卡鲁塞尔氧化沟”的计算例题。

4. 第七章增加了“反硝化曝气生物滤池”的计算例题。

5. 第八章增加了“潜流人工湿地”的计算例题。

6. 第十一章更名为“污泥处理及除臭设施”,增加了“污泥好氧消化”的计算例题,同时增加一节“除臭设施”的计算例题。

第二版删除了重复的内容,如第五章的第三节“AB 法 A 段工艺”、第六章计算例题中相同项目的计算过程等。同时对某些局部内容进行了修整和完善,对附录中的技术法规和标准进行了筛选和更新。

本书由崔玉川教授主持编写并统稿,刘振江和张绍怡二位教授级高工为副主编。各章节的执笔编写者为:第一章为崔玉川、安沁生高工,第二、三、四、五章为安沁生,第六章的第一、五、六、七、八节为刘振江、安沁生;第二、三、四节为管满高工,第七、八章和第十一章的第七节为张绍怡、安沁生,第九、十章和第十一章的第一至六节为郜宏漪教授级高工,第十二章和附录为崔玉川、刘振江和安沁生,第十三章为管满。乌德讲师参加了第九、十、十一章的部分修改工作。另外,陈宏平、李福勤、聂文欢、唐玮媛、王少雄、杜佳、张晓航、贾玉丽、员健、王艳芳、张国宇、何寿平、曹日方等同志也对本书的编写提供了帮助,在此表示感谢。

本书的宗旨是通过计算例题的形式,具体介绍处理构筑物的设计计算内容、方法和要求。而其中的主要设计参数则应随着新颁布的技术法规标准进行更新替代。另外在本书的一些例题之后增加了题后语,用以说明该种设计方法存在的问题、应用条件及其他等,以与读者沟通和讨论。

由于我们的水平有限,书中难免会有缺点和疏漏之处,敬请同行专家和读者不吝指教。

崔玉川

2011. 1

# 目 录

<b>第一章 城镇污水处理的内容、方法和工艺</b> .....	<b>1</b>
第一节 城镇污水的水质及危害 .....	1
一、城镇污水的组成 .....	1
二、城镇污水的水质 .....	1
三、城镇污水中污染物质的危害 .....	3
第二节 城镇污水处理方法 .....	4
一、物理处理法 .....	4
二、化学处理法 .....	5
三、生物处理法 .....	5
第三节 城镇污水处理的级别与工艺 .....	7
一、城镇污水处理的程度 .....	7
二、污泥的处理方法 .....	8
三、城镇污水处理厂的工艺流程 .....	10
<b>第二章 调节池、配水井及计量设施</b> .....	<b>11</b>
第一节 调节池 .....	11
一、设计概述 .....	11
二、计算例题 .....	12
【例 2-1】 按逐时流量曲线计算水量调节池 .....	12
【例 2-2】 按累计流量曲线计算水量调节池 .....	14
【例 2-3】 用于 SBR 池的水量调节池设计计算 .....	14
第二节 配水井 .....	16
一、设计概述 .....	16
二、计算例题 .....	17
【例 2-4】 堰式配水井设计计算 .....	17
第三节 计量设施 .....	17
一、设计概述 .....	17
(一) 类型和构造 .....	17
(二) 一般规定 .....	19
二、计算例题 .....	20
【例 2-5】 巴氏计量槽设计计算 .....	20
【例 2-6】 计量三角堰设计计算 .....	21
<b>第三章 预处理设施</b> .....	<b>23</b>
第一节 格栅 .....	23
一、设计概述 .....	23
二、计算例题 .....	24
【例 3-1】 格栅设计计算 .....	24
【例 3-2】 格栅除污机设备选用计算 .....	26
第二节 沉砂池 .....	26
一、平流式沉砂池 .....	26
(一) 设计概述 .....	26
(二) 计算例题 .....	26
【例 3-3】 平流式沉砂池设计计算 .....	26
二、竖流式沉砂池 .....	28
(一) 设计概述 .....	28
(二) 计算例题 .....	29
【例 3-4】 竖流式沉砂池设计计算 .....	29
三、曝气式沉砂池 .....	30
(一) 设计概述 .....	30
(二) 计算例题 .....	30
【例 3-5】 曝气式沉砂池设计计算 .....	30
四、涡流式沉砂池 .....	31
(一) 设计概述 .....	31
(二) 计算例题 .....	33
【例 3-6】 涡流式沉砂池的选型计算 .....	33
<b>第四章 初次沉淀池</b> .....	<b>35</b>
第一节 平流式初次沉淀池 .....	36
一、设计概述 .....	36
二、计算例题 .....	38
【例 4-1】 平流式初次沉淀池设计计算 .....	38
第二节 竖流式初次沉淀池 .....	40
一、设计概述 .....	40
二、计算例题 .....	40
【例 4-2】 竖流式初次沉淀池设计计算 .....	40
第三节 辐流式初次沉淀池 .....	42
一、设计概述 .....	42
二、计算例题 .....	44
【例 4-3】 辐流式初次沉淀池设计计算 .....	44
第四节 斜板(管)初次沉淀池 .....	45
一、设计概述 .....	45
二、计算例题 .....	46
【例 4-4】 斜板(管)初次沉淀池设计计算 .....	46
<b>第五章 强化一级处理设施</b> .....	<b>48</b>
第一节 水解(酸化)工艺 .....	48
一、设计概述 .....	48
二、计算例题 .....	49

【例 5-1】 水解(酸化)池设计计算 .....	49	【例 6-11】 AB法工艺设计计算 .....	90
第二节 化学絮凝强化工艺 .....	50	第四节 氧化沟 .....	94
一、设计概述 .....	50	一、概述 .....	94
二、计算例题 .....	51	二、技术特点 .....	95
【例 5-2】 化学絮凝强化设施计算 .....	51	三、氧化沟的类型和基本形式 .....	95
第六章 好氧活性污泥法处理设施 .....	53	四、奥贝尔氧化沟 .....	95
第一节 传统活性污泥法 .....	53	(一) 技术特点 .....	95
一、设计概述 .....	53	(二) 设计参数及设备 .....	96
二、计算例题 .....	54	(三) 计算例题 .....	97
【例 6-1】 按污泥负荷法设计推流式曝气池 .....	54	【例 6-12】 奥贝尔氧化沟工艺设计计算 .....	97
【例 6-2】 按污泥龄法设计推流式曝气池 .....	60	五、帕斯维尔氧化沟 .....	102
【例 6-3】 完全混合式曝气池设计 .....	61	(一) 工艺特点 .....	102
【例 6-4】 阶段曝气活性污泥工艺设计计算 .....	64	(二) 主要设计参数及设备 .....	102
【例 6-5】 吸附再生活性污泥工艺设计计算 .....	67	(三) 计算例题 .....	102
第二节 脱氮除磷活性污泥法 .....	68	【例 6-13】 帕斯维尔氧化沟工艺设计计算 .....	102
一、 $A_1/O$ 生物脱氮工艺 .....	69	六、交替工作式氧化沟 .....	106
(一) 工艺特点 .....	69	(一) 工艺特点 .....	106
(二) 设计参数及设备 .....	69	(二) 设计参数及设备 .....	106
(三) 计算例题 .....	70	(三) 计算例题 .....	106
【例 6-6】 $A_1/O$ 生物脱氮工艺设计计算 .....	70	【例 6-14】 三沟式氧化沟工艺设计计算 .....	106
二、 $A_2/O$ 生物除磷工艺 .....	76	七、卡鲁塞尔氧化沟 .....	110
(一) 工艺特点 .....	76	(一) 工艺特点 .....	110
(二) 设计参数及设备 .....	77	(二) 设计参数 .....	111
(三) 计算例题 .....	77	(三) 计算例题 .....	111
【例 6-7】 $A_2/O$ 生物除磷工艺设计计算 .....	77	【例 6-15】 卡鲁塞尔氧化沟工艺设计计算 .....	111
三、 $A^2/O$ 生物脱氮除磷工艺 .....	79	八、改良卡鲁塞尔氧化沟 .....	114
(一) 工艺特点 .....	79	(一) 工艺特点 .....	114
(二) 设计参数及设备 .....	80	(二) 设计参数 .....	115
(三) 计算例题 .....	80	(三) 计算例题 .....	115
【例 6-8】 $A^2/O$ 生物脱氮除磷工艺设计计算 .....	80	【例 6-16】 改良卡鲁塞尔氧化沟工艺设计计算 .....	115
【例 6-9】 按规范推荐的方法计算 $A^2/O$ 工艺生物反应池 .....	83	第五节 间歇式活性污泥法 .....	119
四、改良 $A^2/O$ 生物脱氮除磷工艺 .....	85	一、设计概述 .....	119
(一) 工艺特点 .....	85	二、计算例题 .....	120
(二) 设计参数及设备 .....	85	【例 6-17】 经典 SBR 工艺设计 .....	120
(三) 计算例题 .....	85	【例 6-18】 CASS 工艺设计计算 .....	123
【例 6-10】 改良 $A^2/O$ 生物脱氮除磷工艺设计计算 .....	85	【例 6-19】 经典 SBR 工艺脱氮除磷的设计计算 .....	125
第三节 吸附-生物降解活性污泥法 .....	89	第六节 膜生物反应器 .....	126
一、工艺特点 .....	89	一、设计概述 .....	126
二、设计参数及设备 .....	90	二、计算例题 .....	128
三、计算例题 .....	90	【例 6-20】 浸没式 MBR 设计计算 .....	128
		第七节 复合生物反应器 .....	131
		一、设计概述 .....	131
		二、计算例题 .....	132

【例 6-21】 复合生物反应器计算 .....	132	【例 7-11】 二段式生物接触氧化池计算 ...	159
第八节 改良型 SBR .....	134	【例 7-12】 接触沉淀池计算	
一、设计概述 .....	134	(二段式) .....	161
二、计算例题 .....	135	【例 7-13】 生物接触氧化法硝化工艺的	
【例 6-22】 MSBR 工艺的设计计算 .....	135	设计计算 .....	163
第九节 移动床生物膜工艺 .....	139	【例 7-14】 一段式生物接触氧	
一、设计概述 .....	139	化池计算 .....	165
二、设计要点 .....	141	第四节 曝气生物滤池 .....	166
【例 6-23】 MBBR 工艺的设计计算 .....	141	一、设计概述 .....	166
<b>第七章 生物膜法处理设施 .....</b>	<b>144</b>	二、计算例题 .....	167
第一节 生物滤池 .....	144	【例 7-15】 DC 型曝气生物滤池计算 .....	167
一、滤池种类及参数 .....	144	【例 7-16】 N 型曝气生物滤池计算 .....	170
二、普通生物滤池 .....	144	【例 7-17】 按规范计算 N 型曝气	
(一) 一般规定 .....	144	生物滤池 .....	172
(二) 计算例题 .....	144	【例 7-18】 分建式 DN 型曝气生物	
【例 7-1】 用容积负荷法计算普		滤池计算 .....	173
通生物滤池 .....	144	【例 7-19】 合建式 DN 型曝气生	
【例 7-2】 用动力学公式法计算		物滤池计算 .....	175
普通生物滤池 .....	145	第五节 生物流化床 .....	176
三、高负荷生物滤池 .....	146	一、设计概述 .....	176
(一) 一般规定 .....	146	二、计算例题 .....	177
(二) 计算例题 .....	146	【例 7-20】 好氧三相流化床	
【例 7-3】 用面积负荷法计算高		容积计算 .....	177
负荷生物滤池 .....	146	第六节 竖向多级 A/O 池 .....	177
【例 7-4】 用容积负荷法计算高		一、工艺概述 .....	177
负荷生物滤池 .....	147	二、计算例题 .....	178
四、塔式生物滤池 .....	148	【例 7-21】 竖向多级 A/O 工艺的	
(一) 一般规定 .....	148	设计计算 .....	178
(二) 计算例题 .....	148	<b>第八章 自然净化设施 .....</b>	<b>182</b>
【例 7-5】 塔式生物滤池计算 .....	148	第一节 稳定塘 .....	182
五、生物滤池需氧量 .....	149	一、稳定塘的种类和选用 .....	182
【例 7-6】 生物滤池需氧量计算 .....	149	二、好氧塘 .....	183
六、生物滤池布水系统 .....	150	(一) 设计参数 .....	183
(一) 一般规定 .....	150	(二) 计算例题 .....	183
(二) 计算例题 .....	150	【例 8-1】 用面积负荷法计算	
【例 7-7】 固定式喷嘴布水器计算 .....	150	普通好氧塘 .....	183
【例 7-8】 旋转式布水器计算 .....	151	【例 8-2】 用奥斯瓦德法 (Oswald) 计	
七、生物滤池排水通风系统 .....	153	算普通好氧塘 .....	184
八、生物滤池污泥量 .....	154	【例 8-3】 用维纳-威廉法 (Wehner-Wielhelm)	
【例 7-9】 高负荷生物滤池污		计算普通好氧塘 .....	185
泥量计算 .....	154	三、兼性塘 .....	186
第二节 生物转盘 .....	155	(一) 设计参数 .....	186
一、设计概述 .....	155	(二) 计算例题 .....	187
二、计算例题 .....	156	【例 8-4】 用面积负荷法计算兼性塘 .....	187
【例 7-10】 生物转盘计算 .....	156	【例 8-5】 用曲线图解法计算兼性塘 .....	188
第三节 生物接触氧化法 .....	158	四、厌氧塘 .....	189
一、设计概述 .....	158	(一) 设计参数 .....	189
二、计算例题 .....	159	(二) 计算例题 .....	189

【例 8-6】 厌氧塘计算 .....	189	三、设计要点 .....	215
五、曝气塘 .....	191	第二节 平流式二次沉淀池 .....	217
(一) 设计参数 .....	191	一、设计概述 .....	217
(二) 计算例题 .....	191	二、计算例题 .....	219
【例 8-7】 等容积串联好氧曝 气塘计算 .....	191	【例 9-1】 按沉淀时间和水平流速 计算平流式二沉池 .....	219
【例 8-8】 用去除率计算好氧曝气塘 .....	192	【例 9-2】 平流式沉淀池进出水 系统计算 .....	220
六、稳定塘污泥量 .....	193	【例 9-3】 根据沉淀试验计算 二沉池面积 .....	221
【例 8-9】 稳定塘污泥量计算 (1) .....	193	第三节 辐流式二次沉淀池 .....	222
【例 8-10】 稳定塘污泥量计算 (2) .....	193	一、设计概述 .....	222
七、稳定塘对氮和磷的去除 .....	194	二、计算例题 .....	224
八、稳定塘其他有关设计计算 .....	194	【例 9-4】 普通辐流式二沉池设计计算 .....	224
(一) 进出水口设计计算 .....	194	【例 9-5】 向心流辐流式二沉池 设计计算 .....	227
【例 8-11】 稳定塘进出水口设计计算 .....	194	第四节 斜板(管)二次沉淀池 .....	228
(二) 稳定塘长宽比设计 .....	196	一、设计概述 .....	229
(三) 导流墙设计 .....	196	二、计算例题 .....	229
(四) 稳定塘组合作业及处理效率 .....	197	【例 9-6】 斜管二沉池设计计算 .....	229
第二节 土地处理 .....	198	第五节 矩形同侧进出水式 二次沉淀池 .....	231
一、土地处理的类型和参数 .....	198	一、设计概述 .....	231
(一) 适用条件 .....	198	二、计算例题 .....	231
(二) 设计参数和处理效果 .....	198	【例 9-7】 矩形同侧进出水式二沉池 设计计算 .....	231
二、慢速渗滤系统 .....	199	第十章 消毒设施 .....	233
(一) 设计条件 .....	199	第一节 液氯消毒 .....	233
(二) 计算例题 .....	199	一、设计概述 .....	233
【例 8-12】 慢速渗滤系统计算 .....	199	二、计算例题 .....	235
三、快速渗滤系统 .....	202	【例 10-1】 液氯消毒工艺设计计算 .....	235
(一) 设计条件 .....	202	第二节 二氧化氯消毒 .....	236
(二) 计算例题 .....	202	一、设计概述 .....	236
【例 8-13】 快速渗滤系统计算 .....	202	二、计算例题 .....	236
四、地表漫流系统 .....	203	【例 10-2】 二氧化氯消毒设计计算 .....	236
(一) 适宜条件和设计参数 .....	203	第三节 臭氧消毒 .....	237
(二) 计算例题 .....	204	一、设计概述 .....	237
【例 8-14】 地表漫流系统计算 .....	204	二、计算例题 .....	240
五、湿地处理系统 .....	205	【例 10-3】 臭氧消毒工艺计算 .....	240
(一) 设计条件 .....	205	第四节 紫外线消毒 .....	240
(二) 计算例题 .....	205	一、设计概述 .....	240
【例 8-15】 地表流湿地处理计算 .....	205	二、计算例题 .....	242
【例 8-16】 按水力负荷对潜流湿 地处理计算 .....	206	【例 10-4】 紫外线消毒工艺计算 .....	242
六、土地处理进出水设计 .....	207	第五节 接触池 .....	243
(一) 土地处理进水设计 .....	207	一、设计概述 .....	243
(二) 土地处理出水设计 .....	210	二、计算例题 .....	244
【例 8-17】 按污泥物负荷计算潜流 人工湿地 .....	211	【例 10-5】 接触池工艺计算 .....	244
第九章 二次沉淀池 .....	214		
第一节 二次沉淀池的特点和设计要点 .....	214		
一、二次沉淀池与初次沉淀池的区别 .....	214		
二、池型选择 .....	214		

<b>第十一章 污泥处理及除臭设施</b> .....	<b>245</b>	<b>第八节 污泥的干燥与焚烧</b> .....	<b>280</b>
第一节 污泥处理的目标和工艺流程 .....	245	一、设计概述 .....	280
第二节 污泥产量计算 .....	246	二、计算例题 .....	283
一、设计概述 .....	246	【例 11-18】 污泥干燥与焚烧设计计算 .....	283
二、计算例题 .....	248	<b>第九节 污水处理厂除臭设施</b> .....	<b>285</b>
【例 11-1】 污泥含水率计算 .....	248	一、设计概述 .....	285
【例 11-2】 污泥相对密度计算 .....	248	二、设计要点 .....	287
【例 11-3】 消化污泥量计算 .....	248	三、计算例题 .....	288
第三节 污泥的管道输送 .....	249	【例 11-19】 进水泵房和粗格栅车 间除臭计算 .....	288
一、设计概述 .....	249	【例 11-20】 初沉池高能离子除臭计算 .....	288
二、计算例题 .....	251	<b>第十二章 城镇污水三级处理</b>	
【例 11-4】 污泥输送管道计算 .....	251	<b>工艺设施</b> .....	<b>290</b>
第四节 污泥浓缩 .....	251	第一节 三级处理的目的、内容和方法 .....	290
一、设计概述 .....	251	一、三级处理的目的 .....	290
二、计算例题 .....	254	二、三级处理的内容 .....	290
【例 11-5】 用试验法设计连续式重力 浓缩池 .....	254	三、三级处理的方法 .....	291
【例 11-6】 用污泥固体通量设计连 续式重力浓缩池 .....	256	(一) 工艺技术 .....	291
【例 11-7】 气浮浓缩池设计计算 .....	257	(二) 方法作用 .....	291
第五节 污泥的厌氧消化 .....	258	<b>第二节 高密度沉淀池</b> .....	<b>292</b>
一、设计概述 .....	259	一、构造和特点 .....	292
二、计算例题 .....	261	(一) 工艺构造 .....	292
【例 11-8】 消化池容积计算 .....	261	(二) 技术特点 .....	293
【例 11-9】 中温污泥消化系统 热平衡计算 .....	263	(三) 性能特点 .....	294
【例 11-10】 消化池污泥气循环 搅拌计算 .....	267	二、关键部位设计 .....	294
【例 11-11】 污泥消化池沼气收集 储存系统设计 .....	268	三、计算例题 .....	295
第六节 污泥的好氧消化 .....	269	【例 12-1】 高密度沉淀池设计计算 .....	295
一、设计概述 .....	269	<b>第三节 过滤设施</b> .....	<b>299</b>
(一) 基本原理及特点 .....	269	一、V 型滤池 .....	299
(二) 设计要点 .....	270	(一) 设计概述 .....	299
二、计算例题 .....	271	(二) 计算例题 .....	301
【例 11-12】 污泥好氧消化池和 需气量计算 .....	271	【例 12-2】 V 型滤池设计计算 .....	301
第七节 污泥的干化与脱水 .....	273	二、流动床滤池 .....	305
一、设计概述 .....	273	(一) 设计概述 .....	305
二、计算例题 .....	274	(二) 计算例题 .....	307
【例 11-13】 污泥干化场设计计算 .....	274	【例 12-3】 流动床滤池设计计算 .....	307
【例 11-14】 污泥真空转鼓过滤脱 水机设计计算 .....	275	三、表面过滤滤池 .....	309
【例 11-15】 污泥板框压滤机设计计算 .....	276	(一) 设计概述 .....	309
【例 11-16】 滚压带式压滤机污泥 脱水设计计算 .....	277	(二) 计算例题 .....	311
【例 11-17】 污泥高压隔膜压滤机深度 脱水设计计算 .....	278	【例 12-4】 转盘滤池选型计算 .....	311
		<b>第四节 脱氮与化学除磷设施</b> .....	<b>312</b>
		一、脱氮设施 .....	312
		二、化学除磷设施 .....	313
		(一) 设计概述 .....	313
		(二) 计算例题 .....	313
		【例 12-5】 化学除磷药剂投加 量的估算 .....	313

<b>第十三章 污水处理厂竖向设计计算 ...</b>	<b>315</b>	附录二 《污水综合排放标准》	
第一节 竖向设计的目的、意义和要求 .....	315	(GB 8978—1996) (摘) .....	350
一、目的和意义 .....	315	附录三 《污水排入城镇下水道水质标准》	
二、一般规定 .....	315	(GB 343—2010) (摘) .....	357
第二节 竖向设计流程计算 .....	315	附录四 不同纬度地区海平面逐	
【例 13-1】 污水处理厂竖向布		月可见光辐射值 .....	358
置流程计算 .....	315	附录五 全国主要城市日照时数	
<b>第十四章 城市污水深度处理回</b>		及日照百分率 .....	359
<b>用工程实例 .....</b>	<b>334</b>	附录六 不同海拔高度大气压力 .....	361
第一节 国内城市污水回用工程实例 .....	334	附录七 城市污水处理常用生物反应	
第二节 国外城市污水回用工程实例 .....	341	化学计量参数和动力学参数 .....	361
<b>附录 .....</b>	<b>344</b>	附录八 常用建筑材料的热工指标 .....	362
附录一 《城镇污水处理厂污染物		附录九 氧在蒸馏水中的溶解度饱和度 .....	362
排放标准》(GB 18918—2002) .....	344	<b>参考文献 .....</b>	<b>363</b>

# 第一章

## 城镇污水处理的内容、方法和工艺

### 第一节 城镇污水的水质及危害

#### 一、城镇污水的组成

污水，乃受到人为的物理性或化学性、生物性、放射性等侵害后，其水质成分或外观性状对饮用或使用和环境会造成危害与风险的水，亦称废水、脏水或病态水。它一般是清洁水体的水，经过人们生活或生产使用后所排出的一种特殊水质的水体。污水是经过适当处理后可以再生使用的一种重要水利资源。

城镇污水是排入城镇排水系统中各类废水的总称，泛指生活污水、生产污水（应适当处理后）以及其他排入城镇排水管网的混合污水。

在合流制排水系统中还包括雨水，在半分流制排水系统中包括初期雨水。城镇污水组成来源如图 1-1 所示。

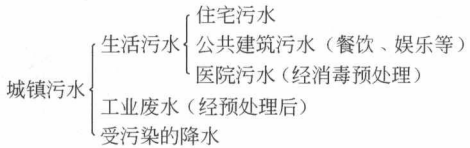


图 1-1 城镇污水组成来源

#### 1. 生活污水

生活污水是人们日常生活中使用过并为生活废料所污染的水。例如居民区、宾馆、饭店等服务行业，以及一些娱乐场所产生的污水。

#### 2. 工业废水

工业废水是工矿企业生产活动中用过的水，是生产污水和生产废水的总称。

生产污水即在生产过程中所形成，并被生产原料、半成品或成品等废料所污染的水，也包括热污染水（生产过程中产生温度高于 60℃ 的高温水）。生产污水需要进行处理，才能排放或再用。

生产废水即在生产过程中所形成，但未直接参与生产工艺，未被污染或只是温度稍有上升的水。这种废水一般不需处理或只需进行简单处理，即可再用或排放。

#### 3. 受污染的降水

主要指初期雨水和雪融水。由于冲刷了地面上的各种污物，污染程度很高，需要进行处理。

### 二、城镇污水的水质

#### 1. 影响城镇污水水质的因素

城镇污水水质主要受居民生活污水、工业生产污水等的水质成分及其混合比例、城市规模、居民生活习惯、季节和气候条件以及排水系统体制等的影响。

城镇污水中的污染物质是多种多样的，有油脂、粪尿、洗涤剂、染料、溶液、各类有机和无机物，还有细菌、病毒等致病微生物，以及毒性、酸碱性、放射性和重金属类等物质。这些污染物质按化学成分可分为无机和有机两大类，按物理形态可分为悬浮固体、胶体及溶解性污染物质。

#### 2. 生活污水水质

生活污水包括厨房洗涤、淋浴、洗衣等废水以及冲洗厕所等污水。其成分及其变化，取决于居民生活的状况、水平和习惯。污染物浓度与用水量有关。

生活污水的主要污染物是有机物和氮、磷等营养物质，其水质特征是水质稳定但浑浊、色深且具有恶臭，呈微碱性，一般不含有毒物质，含有大量的细菌、病毒和寄生虫卵。

在生活污水中，所含固体物质约占总质量的 0.1%~0.2%，其中溶解性固体（主要是各种无机盐和可溶性的有机物质）约占 3/5~2/3，悬浮固体（其中有机成分占 4/5）占 1/3~2/5。此外，生活污水中还有氮、磷等物质。

城镇生活污水的典型组成见表 1-1。典型生活污水水质指标见表 1-2。我国部分城市的生活污水水质情况见表 1-3，供参考。

表 1-1 城镇生活污水的典型组成/(mg/L)

项 目	无机物	有机物	总 量	BOD <sub>5</sub>	项 目	无机物	有机物	总 量	BOD <sub>5</sub>
可沉固体	40	100	140	55	总固体	275	380	655	160
不可沉固体	25	70	95	65	氮	15	20	35	
溶解固体	210	210	420	40	磷	5	3	8	

表 1-2 典型生活污水水质指标

水质指标	浓度/(mg/L)			水质指标	浓度/(mg/L)		
	高	中	低		高	中	低
总固体(TS)	1 200	720	350	可生物降解部分	750	300	200
溶解性总固体	850	500	250	溶解性	375	150	100
非挥发性	525	300	145	悬浮性	375	150	100
挥发性	325	200	105	总氮(N)	85	40	20
悬浮物(SS)	350	220	100	有机氮	35	15	8
非挥发物	75	55	20	游离氨	50	25	12
挥发性	275	165	80	亚硝酸盐	0	0	0
可溶解物	20	10	5	硝酸盐	0	0	0
生化需氧量(BOD <sub>5</sub> )	400	200	100	总磷(P)	15	8	4
溶解性	200	100	50	有机磷	5	3	1
悬浮性	200	100	50	无机磷	10	5	3
总有机碳(TOC)	290	160	80	氯化物(Cl <sup>-</sup> )	200	100	60
化学需氧量(COD)	1 000	400	250	碱度(CaCO <sub>3</sub> )	200	100	50
溶解性	400	150	100	油脂	150	100	50

表 1-3 我国部分城市的生活污水水质情况/(mg/L)

水质指标	北 京	上 海	西 安	武 汉	哈 尔 滨
pH 值	7.0~7.7	7.0~7.5	7.3~7.9	7.1~7.6	6.9~7.9
SS	100~320	300~350	—	60~330	110~450
BOD <sub>5</sub>	90~180	350~370	—	320~340	80~250
NH <sub>3</sub> -N	25~45	40~50	21.7~32.5	15~60	15~50
氯化物	124~120	140~150	80~105	—	—
P	30~35	—	4~21	11.5~34.5	5~10
K	18~22	19.5	13.4	29.1	19.5

我国一般城镇生活污水水质参数的变化幅度见表 1-4，南方不同排水系统体制的城镇生活污水水质数据见表 1-5，供参考。

表 1-4 一般城镇生活污水水质参数变化幅度/(mg/L)

水质指标	pH 值	BOD <sub>5</sub>	COD	SS	NH <sub>3</sub> -N	P	K
变化幅度	7.1~7.7	100~400	250~1 000	50~330	15~59	30~34.6	17.7~22

### 3. 工业生产污水水质

工业生产污水的水质情况，因产业门类和生产工艺不同而各有所异。一般来说，工业生产

污水的排放量大、污染物含量高、处理难度大，对环境的危害也是比较大的。

几种主要工业生产污水的污染物及水质特点，见表 1-6，供参考。几种工业污水中植物性营养物的含量见表 1-7。

表 1-5 我国南方城镇不同排水体制的污水水质/(mg/L)

排水体制	BOD <sub>5</sub>	COD	SS	TN	TP
分流制	150~230	250~400	150~250	20~40	4~8
合流制	60~130	170~255	70~150	15~23	3~5

表 1-6 工业生产污水的污染物及水质特点

工业部门	工厂性质	主要污染物	废水特点
动力	火力发电、核电站	冷却水热污染、火电厂冲灰、水中粉煤灰、酸性废水、放射性污染物	热，悬浮物高，酸性，放射性，水量大
冶金	选矿、采矿、烧结、炼焦、金属冶炼、电解、精炼、淬火	酚、氰化物、硫化物、氟化物、多环芳烃、吡啶、焦油、煤粉、As、Pb、Cd、B、Mn、Cu、Zn、Ge、Cr、酸性洗涤水、冷却水热污染、放射性废水	COD 较高，含重金属毒性较大，废水偏酸性，有时含放射性废物，水量较大
化工	肥料、纤维、橡胶、染料、塑料、农药、涂料、洗涤剂、树脂	酸、碱、盐类、氰化物、酚、苯、醇、醛、酮、氯仿、氯苯、氯乙烯、有机氯农药、有机磷农药、洗涤剂、多氯联苯、Hg、Cd、Cr、As、Pb、硝基化合物、胺基化合物	BOD 高，COD 高，pH 值变化大，含盐量大，毒性强，成分复杂、难降解
石油化工	炼油、蒸馏、裂解、催化、合成	油、氰化物、酚、硫、砷、吡啶、芳烃、酮类	COD 高，毒性较强，成分复杂，水量大
纺织	棉毛加工、纺织印染、漂洗	染料、酸碱、纤维悬浮物、洗涤剂、硫化物、砷、硝基化合物	带色，毒性强，pH 值变化大，难降解
制革	洗毛、鞣革、人造革	硫酸、碱、盐类、硫化物、洗涤剂、甲酸、醛类、蛋白酶、As、Cr	含盐量高，BOD 高，COD 高，恶臭，水量大
造纸	制浆、造纸	黑液、碱、木质素、悬浮物、硫化物、As	污染物含量高，碱性大，恶臭，水量大
食品	屠宰、肉类加工、油品加工、乳制品加工、水果加工、蔬菜加工等	病原微生物、有机物、油脂	BOD 高，致病菌含量高，恶臭，水量大
机械制造	铸、锻、机械加工、热处理、电镀、喷漆	酸、氰化物、油类、苯、Cd、Cr、Ni、Cu、Zn、Pb	重金属含量高，酸性强
电子仪表	电子器件原料、电讯器材、仪器仪表	酸、氰化物、Hg、Cd、Cr、Ni、Cu	重金属含量高，酸性强，水量小
建筑材料	石棉、玻璃、耐火材料、化学建材、窑业	无机悬浮物、Mn、Cd、Cu、油类、酚	悬浮物含量高，水量小
医药	药物合成、精制	Hg、Cr、As、苯、硝基物	污染物浓度高，难降解，水量小
采矿	煤矿、磷矿、金属矿、油井、天然气井	酚、硫、煤粉、酸、氟、磷、重金属、放射性物质、石油类	成分复杂，悬浮物高，油含量高，有的废水含有放射性物质

表 1-7 工业生产污水中植物性营养物的含量/(mg/L)

污水类别	总氮	氨氮	磷	钾
洗毛污水	584~997	120~640	—	—
含酚污水	140~180	2~10	3~17	8~13
制革污水	30~37	16~20	6~8	70~75
化工污水	30~76	28~56	1~12	1~16
造纸污水	20~22	4~8	8~12	10~15

### 三、城镇污水中污染物质的危害

水中含有污染物质是城镇污水对环境和人体健康具有危害性的根源。城镇污水中的污染物

质大致可分为固体性、需氧性、营养性、酸碱性、有毒性、油类、生物性及感官性等污染物，其相关水质指标及危害见表 1-8，供参考。

表 1-8 城镇污水中污染物质的危害

类别	污染物质	相关水质指标	危害
固体污染物	泥砂,矿渣,有机质胶体,微生物,无机质悬浮物和胶体等	浊度 悬浮物(SS) 溶解固体(DS) 总固体(TS=SS+DS)	使水浑浊,降低水的透明度;易使管道及设备堵塞、磨损;影响水生生物的活动
耗氧有机污染物(可生物降解有机物)	碳水化合物,烃类化合物,蛋白质,脂肪,糖,维生素等	化学需氧量(COD) 高锰酸钾指数(COD <sub>Mn</sub> ) 耗氧量(OC) 生化需氧量(BOD <sub>5</sub> ) 总需氧量(TOD) 总有机碳(TOC)	使水体溶解氧降低
富营养化污染物(植物营养素)	硝酸盐,亚硝酸盐,氨氮,磷化合物(如洗涤剂)	氮(N) 磷(P)	可使湖泊、水库等缓流水体的水质富营养化,滋生藻类,产生水华等;硝酸盐和亚硝酸盐在胃中可生成“三致”物质亚硝酸胺
无机无毒污染物	酸,碱,无机盐类	pH值 溶解性总固体 电导率	可使水的pH值发生变化;增加水的无机盐含量和硬度;破坏水体的自然缓冲能力;抑制微生物的生长;妨碍水体的自净;使水质恶化、土壤酸化或盐碱化;酸性废水具有腐蚀性
有毒污染物	无机有毒物质如非重金属物(砷、氰化物)重金属物(汞、镉、铬、铅等);有机有毒物质如有机氯农药、多氯联苯、多环芳烃、高分子聚合物(塑料、人造纤维、合成橡胶)、染料等	毒理学指标	具有强烈的生物毒性,影响水生生物生长,并可通过食物链危害人体健康
放射性污染物	X射线、α射线、β射线、γ射线及质子束等	放射性指标	可引起慢性辐射和后期效应,如诱发癌症,促成贫血、白血球增生,使孕妇和婴儿损伤,引起遗传性损害等
油类污染物	石油类,动植物油	含油量	使水面形成油膜,破坏水体的复氧条件。附着于土壤颗粒表面和动植物体表,影响养分吸收和废物排出
生物污染物	致病的细菌、病毒和病虫卵等	细菌总数、总大肠菌群、粪大肠菌群	可引起水致传染疾病,如伤寒、霍乱、痢疾以及肝炎、脑炎等
感官性污染物	不溶物,漂浮物等	色度、浊度、臭味、肉眼可见物	使水产生色度、浊度、泡沫、恶臭等
热污染	水温升高	温度	水温升高可使水的溶解氧减少,造成水生生物死亡;可加快藻类繁殖,加快水体富营养化进程;可导致水中化学反应加快,使水的物理性质发生变化,产生对管道和容器的腐蚀;可加速细菌生长繁殖,增加后续水处理的费用

## 第二节 城镇污水处理方法

污水处理,就是采用一定的处理方法和流程将污水中所含的污染物质减少或分离出去,或将其转化为无害和稳定的物质,以使污水得到净化,恢复其原来性状或使用功能的过程。现代污水处理技术,按其作用机理可分为三类,即物理处理法、化学处理法和生物处理法。也有把物理化学处理法另作一类的。

### 一、物理处理法

此法系通过物理作用,分离、回收污水中呈悬浮状态的污染物质,在处理过程中不改变污

染物的化学性质。

根据物理作用类型的不同，物理处理采用的方法与设备也各不相同，污水物理处理方法的类型和设备如图 1-2 所示。

## 二、化学处理法

此法系通过化学反应和传质作用，来分离、回收污水中呈溶解、胶体状态的污染物质，或将其转换为无害物质。污水化学处理法类别如图 1-3 所示。

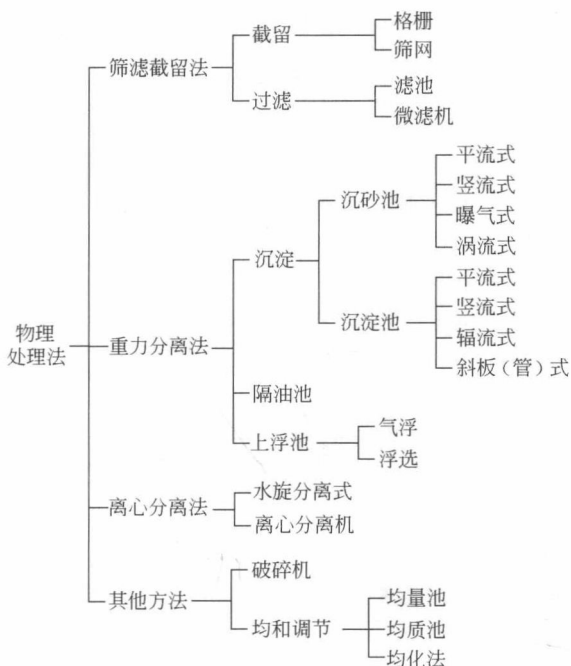


图 1-2 污水物理处理方法的类型和设备



图 1-3 污水化学处理法类别

## 三、生物处理法

此法系通过微生物的代谢作用，使污水中呈溶解状态、胶体状态以及某些不溶解的有机甚至无机污染物质，转化为稳定、无害的物质，从而使污水得到净化。此法也称生化法，即生物化学处理法。一般认为，污水的可生化指标 ( $BOD_5/COD$ ) 大于 0.3 时才适于用生化处理。

污水生物处理法分为好氧和厌氧两大类（见图 1-4）。这两类生物处理法，按照所处条件可分为自然和人工两种；按照微生物的生长方式，可分为活性污泥法（悬浮生长型）和生物膜法（附着生长型）两种，每种又有许多形式；按照系统的运行方式可分为连续式和间歇式；按照主体设备中的水流状态，可分为推流式和完全混合式等。

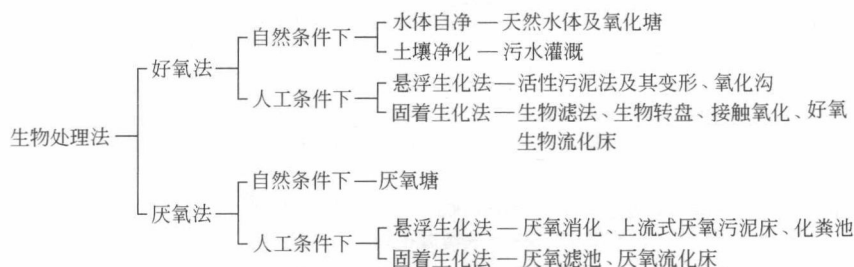


图 1-4 污水生物处理法类别

好氧生物处理法常用于城镇污水和有机生产污水的处理，厌氧生物处理法则多用于处理高