



污水 处理
工程设计

黄维菊 魏星 编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

污水处理工程设计

黄维菊 魏星 编

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书介绍污水处理工程设计基础知识,同时对其一些研究热点作介绍,力图使读者在了解污水处理工程设计入门知识的同时,能整体了解和掌握污水处理工程设计技术及其今后的发展。全书共分7章,主要介绍污水的物理化学处理、污水的生物好氧厌氧处理等基本处理方法与设计;剖析污水处理工程设计具体内容与流程;同时介绍污水处理工程费用估算、建设模式与工程招标以及污水的水质监测等内容;最后介绍人工湿地等污水的生态净化处理技术。

读者对象主要为化工、过程控制、纺织、高分子材料、皮革、食品、制药、生物工程、生物技术、材料科学等专业本、专科学生,也可用作其他专业学生以及相关工程技术人员、管理人员学习污水处理工程设计技术的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

污水处理工程设计 / 黄维菊, 魏星编. —北京: 国防工业出版社, 2008. 10

ISBN 978-7-118-05989-2

I. 污... II. ①黄... ②魏... III. 污水处理 - 工程设计
IV. X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 153926 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 17½ 字数 397 千字

2008 年 10 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 35.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

水是生命之源,当今水环境污染是一个全球性问题。随着工农业的发展和人口增加,污水的排放量迅速增加。特别是化学工业等新型工业的发展,人工合成有机物种类和数量与日俱增,使水体污染、生态环境恶化,威胁人类生存和阻碍相关工业的发展与社会进步,特别是发展中国家此类现象尤为严重。我国的水资源十分短缺,目前我国每年排放的污水量已超过 630 亿 m^3 ,且处理率低,大量污水直接排入天然水体,造成了严重的水体污染,据统计已有超过 90% 的河流受到不同程度的污染。因此,加快污水处理工程的建设,提高污水处理率,保护有限的水资源,已经成为现阶段的紧迫任务。

为使环境污染和生态破坏加剧得到基本控制,需要更多的人学习掌握先进、适用、有效的污水处理工程技术。因此,在大学中除环境工程专业之外的其他理工科专业开设《污水处理工程设计》选修课十分必要。目前已有的针对环境工程专业的教材,内容较多,也过于专业,需要有较多环境工程方面的专业基础知识作铺垫,这对多数读者是不必要的;现有这方面的译著、专著等,其读者对象主要适合具有污水处理专业知识的专家、学者和研究人员;而适合大专院校其他理工科专业作为开设污水处理工程设计课程的学习教材较少。

为此,本书作者编写了此教材。自 2004 年起,在四川大学 2001 级~2004 级过程控制等专业本科学生中开设污水处理工程设计选修课以来,深受学生欢迎。几年来,虽然只是专业选修课,但每年开课时,不仅过程控制专业学生选修,其他相关专业(包括吴玉章学院、高分子、化工工艺、生物技术、制药、食品、皮革等)的学生选修的人数也较多,反映出大家关注水污染等环境问题和认识到治理水污染的社会需要。本书是作者在教学讲义的基础上,并结合多年的教学与实践经验,收集、查阅了大量资料,引入了一些应用新成果实例的基础上修改而成。在编写过程中,力求在介绍水资源、污水与水污染概念、我国水污染现状及污水特性的基础上,比较系统地讨论污水的各种基本处理方法、污水处理工程设计的基本内容与步骤,包括处理流程选择、处理设备(构筑物)的选型计算、厂址选择与布置、污水处理工程费用估算及建设模式与工程招标等;同时,作为相关知识的补充,也尽可能系统地介绍不同水的水质指标与水质标准、污水排放标准以及污水水质监测等方面的内容;还对近年来被广泛运用、更多注重整体综合治理的污水生态净化处理方法,包括人工湿地、稳定塘、土地处理等进行了介绍。虽然污水处理工程设计的内容很多、很专业,但作者力图通过本教材,使初学污水处理工程设计的学生在本、专科阶段即能较系统地了解污水处理工程设计技术的基础知识,进而掌握污水处理工程设计技术,将来能对我国污水处理工程设计技术的发展和污染治理起到积极的推动作用;使初学污水处理工程设计的学生在了解污水处理工程设计入门知识的同时,能整体了解污水处理工程设计技术

以及今后的发展。

全书共分7章,第1章绪论,概括性地介绍水资源、水污染与污水的定义,污水水质指标,污水的去处,污水处理基本方法与系统,污水处理工程设计的基本内容与步骤,水污染防治法及不同水的水质标准与污水排放标准;第2章~第4章,分别介绍污水的物理化学处理、污水的生物好氧处理、污水的厌氧生物处理等基本处理方法与设计;第5章剖析污水处理工程设计具体内容与流程及污水的水质监测;第6章介绍污水处理工程费用估算、污水处理工程建设模式与工程招标等内容;第7章介绍污水的生态净化处理,包括人工湿地、稳定塘和土地处理方法等。而且各章末给出了一些习题,便于课后复习练习。

本书第1章、第2章和第5章由黄维菊和魏星合作编写;第3章、第4章和第7章由黄维菊编写;第6章由魏星编写。书中内容引用了国内外相关图书资料;部分实例及照片由成都蜀攸科技发展有限公司提供。在编写过程中得到四川大学教务处、四川大学化工学院、四川大学过程控制与安全系等的大力支持;同时也得到成都蜀攸科技发展有限公司,环境保护工程专家杨斗教授,李龙云高工等的热心帮助,特别是环境保护工程专家杨斗教授在百忙中不辞辛劳,认真地对全书进行了审阅,提出了宝贵意见和建议,在此谨对本书编写过程中所有给予支持帮助的人们一并表示衷心的感谢。

限于编者水平,书中可能存在疏漏及不妥之处,恳请广大读者批评赐教。

编者

2008年5月于成都

目 录

| | |
|---------------------------------|----|
| 第 1 章 绪论 | 1 |
| 1.1 水资源、污水与水污染 | 1 |
| 1.1.1 水资源 | 1 |
| 1.1.2 污水 | 3 |
| 1.1.3 污水水质指标 | 6 |
| 1.1.4 水污染与水体自净 | 11 |
| 1.2 我国水污染现状 | 16 |
| 1.2.1 部分城市和地区水域水污染现状 | 16 |
| 1.2.2 2006 年部分水污染统计数据 | 18 |
| 1.3 典型重大水污染事件举例 | 21 |
| 1.3.1 世界典型重大水污染事件举例 | 21 |
| 1.3.2 国内近期典型重大水污染事件举例 | 22 |
| 1.4 污水处理基本方法与系统 | 23 |
| 1.4.1 污水处理基本方法 | 24 |
| 1.4.2 污水处理程度与流程 | 24 |
| 1.4.3 工业废水的集中处理与单独处理 | 28 |
| 1.5 污水处理工程设计内容与步骤 | 30 |
| 1.6 水污染防治法与污水排放标准 | 31 |
| 1.6.1 水污染防治法 | 31 |
| 1.6.2 我国水环境标准 | 33 |
| 1.6.3 地表水环境质量标准(GB 3838—2002)简介 | 34 |
| 1.6.4 污水综合排放标准(GB 8978—1996)简介 | 35 |
| 习题 | 38 |
| 参考文献 | 39 |
| 第 2 章 污水的物理与化学处理 | 41 |
| 2.1 污水的过滤固液分离 | 41 |
| 2.1.1 格栅与筛网 | 42 |
| 2.1.2 过滤(粒状材料过滤) | 47 |
| 2.2 水质与水量调节 | 51 |

| | | |
|------------|------------------|------------|
| 2.2.1 | 水量调节池 | 51 |
| 2.2.2 | 水质调节池 | 52 |
| 2.3 | 污水的重力固液分离 | 52 |
| 2.3.1 | 沉淀分类 | 53 |
| 2.3.2 | 沉砂池 | 53 |
| 2.3.3 | 沉淀池 | 57 |
| 2.4 | 污水的浮力与气浮固液分离 | 68 |
| 2.4.1 | 污水的浮力固液分离 | 68 |
| 2.4.2 | 污水的气浮固液分离 | 70 |
| 2.5 | 污水的化学处理 | 76 |
| 2.5.1 | 化学混凝 | 76 |
| 2.5.2 | 中和法 | 80 |
| 2.5.3 | 化学沉淀法 | 81 |
| 2.5.4 | 氧化还原法 | 81 |
| | 习题 | 81 |
| | 参考文献 | 83 |
| 第3章 | 污水的生物好氧处理 | 84 |
| 3.1 | 污水生物处理基础 | 84 |
| 3.1.1 | 污水生物处理的基本原理与概念 | 84 |
| 3.1.2 | 污水生物处理技术分类 | 88 |
| 3.2 | 污水的好氧生化处理——活性污泥法 | 91 |
| 3.2.1 | 活性污泥基本概念 | 91 |
| 3.2.2 | 活性污泥法工作机理及基本流程 | 96 |
| 3.2.3 | 活性污泥法主要运行指标 | 102 |
| 3.3 | 活性污泥法的运行方式 | 106 |
| 3.4 | 曝气原理和曝气池 | 112 |
| 3.4.1 | 曝气原理 | 113 |
| 3.4.2 | 曝气池的设计计算 | 113 |
| 3.4.3 | 曝气设备 | 116 |
| | 习题 | 122 |
| | 参考文献 | 123 |
| 第4章 | 污水的厌氧生物处理 | 124 |
| 4.1 | 概述 | 124 |
| 4.1.1 | 厌氧生物处理的基本原理 | 125 |
| 4.1.2 | 好氧生物处理与厌氧生物处理的区别 | 130 |

| | | |
|------------|-------------------|------------|
| 4.2 | 厌氧处理方法与设备 | 132 |
| 4.2.1 | 化粪池 | 132 |
| 4.2.2 | 厌氧生物滤池 | 133 |
| 4.2.3 | 厌氧接触法 | 133 |
| 4.2.4 | 上流式厌氧污泥床反应器法 | 134 |
| 4.2.5 | 二段厌氧处理法 | 139 |
| 4.2.6 | 改良型上流式厌氧污泥床反应器 | 140 |
| 4.3 | 厌氧生物处理法的设计 | 141 |
| 4.3.1 | 流程和设备的选择 | 141 |
| 4.3.2 | 厌氧反应器的设计 | 142 |
| | 习题 | 143 |
| | 参考文献 | 144 |
| 第5章 | 污水处理工程设计剖析 | 145 |
| 5.1 | 污水处理工程设计依据 | 145 |
| 5.1.1 | 污水处理工程基本情况资料 | 145 |
| 5.1.2 | 设计任务书 | 145 |
| 5.1.3 | 污水处理工程技术资料 | 145 |
| 5.1.4 | 污水处理工程设计资料 | 146 |
| 5.2 | 污水处理工程设计步骤与内容 | 146 |
| 5.2.1 | 设计前期工作 | 147 |
| 5.2.2 | 初步设计 | 150 |
| 5.2.3 | 施工图设计 | 153 |
| 5.2.4 | 污水处理工程施工与验收 | 157 |
| 5.3 | 污水处理工艺流程选择 | 158 |
| 5.3.1 | 处理工艺流程选定应考虑的因素 | 158 |
| 5.3.2 | 污水处理工程典型流程 | 161 |
| 5.4 | 厂址选择与布置 | 166 |
| 5.4.1 | 厂址选择 | 166 |
| 5.4.2 | 污水处理工程平面布置 | 167 |
| 5.4.3 | 污水处理工程高程布置 | 170 |
| 5.5 | 污水处理工程构筑物结构设计 | 176 |
| 5.5.1 | 污水处理工程结构设计要求 | 176 |
| 5.5.2 | 污水处理工程设计举例 | 177 |
| 5.6 | 污水的水质监测 | 182 |
| 5.6.1 | 污水的水质监测及其作用 | 182 |
| 5.6.2 | 污水样品的采集 | 182 |

| | | |
|------------|------------------------------|------------|
| 5.6.3 | 污水水样的保存与管理 | 184 |
| 5.6.4 | 污水水质常规监测 | 187 |
| | 习题 | 188 |
| | 参考文献 | 190 |
| 第6章 | 污水处理工程费用估算与承建招标 | 192 |
| 6.1 | 编制污水处理工程概、预算的基础资料 | 192 |
| 6.1.1 | 概、预算主要基础资料 | 192 |
| 6.1.2 | 一般资料调查收集内容 | 192 |
| 6.2 | 工程造价构成分析 | 193 |
| 6.2.1 | 按工程分期的费用构成法 | 193 |
| 6.2.2 | 按总概算的费用项目划分 | 194 |
| 6.2.3 | 按建设费用的性质划分 | 194 |
| 6.3 | 处理工程投资估算 | 195 |
| 6.3.1 | 处理工程投资的指标与概算定额估算法 | 195 |
| 6.3.2 | 主要造价构成估算法 | 200 |
| 6.3.3 | 参照同类工程的造价估算法 | 200 |
| 6.3.4 | 内容积估算法 | 201 |
| 6.4 | 污水处理工程运行成本计算 | 201 |
| 6.5 | 污水处理工程成本估算举例 | 203 |
| 6.6 | 污水处理工程建设模式与工程招标 | 208 |
| 6.6.1 | 污水处理工程建设模式 | 209 |
| 6.6.2 | 城市污水处理工程建设模式 | 210 |
| 6.6.3 | 污水处理工程项目招(投)标 | 214 |
| | 习题 | 217 |
| | 参考文献 | 218 |
| 第7章 | 污水的生态净化处理法 | 219 |
| 7.1 | 人工湿地处理 | 219 |
| 7.1.1 | 湿地与人工湿地概念 | 219 |
| 7.1.2 | 国内外人工湿地现状与进展 | 220 |
| 7.1.3 | 人工湿地工艺原理 | 222 |
| 7.1.4 | 人工湿地的设计 | 224 |
| 7.1.5 | 人工湿地处理举例 | 226 |
| 7.2 | 污水的稳定塘处理 | 233 |
| 7.2.1 | 概述 | 234 |
| 7.2.2 | 稳定塘的工艺原理与分类 | 234 |

| | | |
|-------|-------------------------------|-----|
| 7.2.3 | 稳定塘系统总体布置与工艺流程选择 | 235 |
| 7.2.4 | 污水稳定塘设计 | 236 |
| 7.2.5 | 塘体设计 | 237 |
| 7.3 | 污水的土地处理 | 238 |
| 7.3.1 | 土地处理系统的净化机理 | 239 |
| 7.3.2 | 土地处理基本工艺 | 239 |
| 7.3.3 | 土地处理系统工艺选择和工艺参数 | 242 |
| | 习题 | 242 |
| | 参考文献 | 243 |
| 附录 | | 245 |
| I | 地表水环境质量标准(GB 3838—2002) | 245 |
| II | 污水综合排放标准(GB 8978—1996) | 255 |

第1章 绪 论

水是宝贵的自然资源,是人类赖以生存的必要条件。当今世界面临着人口、资源与环境三大问题,其中水资源是各种资源中不可替代的一种重要资源。人类生存,离不开阳光、空气和水。“水”这个曾被认为取之不尽,用之不竭的生命之源,在人类步入现代文明的21世纪之时,却向人类发出了警报,已成为举世瞩目的重要资源问题之一。

从20世纪50年代以后,全球人口急剧增长,工业发展迅速。一方面,人类对水资源的需求以惊人的速度扩大;另一方面,日益严重的水污染蚕食大量可供消费的水资源。根据第三届世界水论坛提供的联合国水资源世界评估报告显示,全世界每天约有200t垃圾倒进河流、湖泊和小溪,每年约有5000亿 m^3 污水排入江河湖海,造成35.5亿 m^3 以上的水体受到污染。目前所有流经亚洲城市的河流均被污染;美国40%的水资源流域被加工食品废料、金属、肥料和杀虫剂污染;欧洲55条河流中除5条外水质均差强人意。随着水污染形势日益严峻,我国地表水松花江、黄河、淮河中度污染,辽河、海河重度污染,全国有近1/3的监测断面为劣V类水质,失去了生态功能,水体污染的形势已经到了非常严峻的地步。国家环境保护部领导近期指出:“全国约1/2的城市市区地下水污染严重,一些地区甚至出现了‘有河皆干、有水皆污’的现象”。水污染带来的生态系统恶化和生物多样性破坏,将严重威胁人类生存。对污水的处理和水污染的治理成为人类急需解决的问题。更多地了解和掌握污水处理工程设计内容具有重要意义。

1.1 水资源、污水与水污染

21世纪水正在变成一种宝贵的稀缺资源,水资源问题已不仅仅是资源问题,更成为关系到国家经济、社会可持续发展和长治久安的重大战略问题。伴随着人类的产生,污水作为人类排泄物的一部分就已存在,数量较少时,通过环境的自净就足以将这部分污染物降解消除。但是,随着社会的发展,人口激增,城市化进程加快,污水的成分和性质也发生了巨大变化。量大而复杂的化学污染物,如重金属、放射性核素与多氯联苯硝基苯、洗涤剂、化肥和杀虫剂等不能或难以生物降解和去除的污染物,被排放水体,使水和水体的物理、化学性质发生变化,导致水资源急剧劣化、污染和减少。

20世纪90年代以来,水污染不再是局部的,而是跨国度、遍布于整个流域的水污染问题。伴随日益严重的水污染和水资源减少,污水处理工作日益变得重要,也促进了污水作为再生水资源的回收和再用,更带动了污水处理工程设计技术的发展进步,以实现污水的净化和利用以及水循环。

1.1.1 水资源

水之所以成为资源是由其自身的物理特性、化学特性及自然特性所决定的。水资源

有广义和狭义之分,通常所说的水资源是指狭义水资源。

1. 水资源概念

广义水资源是指自然界中以固态、液态和汽态形式广泛存在于地球表面和地球的岩石圈、大气圈、生物圈中的水,是包括海水在内的地球水量的总体。人类生活的地球是一个水的星球,海洋、河流、湖泊、溪流……通过水文循环彼此间相互联系,相互影响,共同构成了完整的地球水圈,它是生命的发源地。从这个意义上讲,水圈中的任何水对人类都有着直接或者间接的利用价值,都可以视为水资源。它包括可更新水资源和不可更新水资源。

狭义水资源就是在水循环中,富集于江河、湖泊、冰川和埋藏在地下较浅的含水层中的水。它来源于大气降水,可以通过水循环逐年得到补充和更新,易于为人类所利用,包括地表水、地下水 and 土壤水。其中,地表水为河流、冰川、湖泊、沼泽等水体;地下水为地下汇水的动态水量;土壤水为分散于岩石圈表面的疏松表层中的水。

2. 世界水资源状况

地球表面约有 70% 以上面积为水所覆盖,其余约占地球表面 30% 的陆地也有水的存在,但只有 2.59% 的水是供人类利用的淡水。如图 1-1 所示,全球水资源总量约 $13.8 \times 10^9 \text{ km}^3$,其中,97.41% 为海水,淡水只占 2.59%,而且绝大部分为极地冰雪冰川(占 1.984%)和地下水(占 0.592%)。由于开发困难或技术经济的限制,海水淡化技术还未成熟、普及,同时,在地球上的淡水资源中,分布在南北两极地区的固体冰川及永冻土底冰是目前人类尚不能利用的。另外,在地下淡水中,由于它们非常分散,而且绝大部分埋藏很深,因此,只有很少一部分浅层水可供人类利用。目前人类较易利用的淡水资源仅占全球淡水资源的 0.3%,占全球总储水量的十万分之七,因此地球上的淡水资源并不丰富。全球淡水资源不仅短缺而且地区分布极不均匀。按地区分布,巴西、俄罗斯、加拿大、中国、美国、印度尼西亚、印度、哥伦比亚和刚果 9 个国家的淡水资源占世界淡水资源的 60%,而约占世界人口总数 40% 的 80 个国家和地区的人口面临淡水不足,其中 26 个国家的 3 亿人口完全生活在缺水状态。预计到 2025 年,全世界将有 30 亿人口缺水,涉及的国家 and 地区达 40 多个。

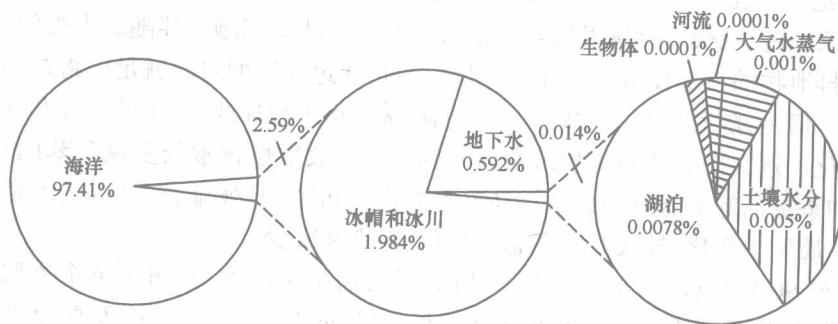


图 1-1 全球水总量分布简图

3. 中国水资源现状

我国是一个水资源短缺、水旱灾害频繁的国家,如果按水资源总量考虑,我国水资源总量约 28000 亿 m^3 ,水资源总量居世界第六位,但是我国人口众多,若按人均水资源量计算,人均占有量只有 2240 m^3 ,仅为世界人均水量的 1/4,在世界排第 110 位(按 149 个国家

统计,统一采用联合国1990年人口统计结果),已经被联合国列为13个贫水国家之一,在世界银行连续统计的153个国家中居第88位。按照国际公认的标准,人均水资源低于 3000m^3 为轻度缺水;人均水资源低于 2000m^3 为中度缺水;人均水资源低于 1000m^3 为重度缺水;人均水资源低于 500m^3 为极度缺水。中国目前有16个省(区、市)人均水资源量低于重度缺水线,有6个省、区(宁夏、河北、山东、河南、山西、江苏)人均水资源量低于 500m^3 ,为极度缺水地区。然而,中国又是世界上用水量最多的国家。仅2002年,全国淡水取用量达到5497亿 m^3 ,大约占世界年取用量的13%,是美国1995年淡水供应量4700亿 m^3 的约1.2倍。

从人口和水资源分布统计数据,中国水资源南北分配的差异非常明显。长江流域及其以南地区人口占中国的54%,但是水资源却占了81%。北方人口占46%,水资源只有19%。最近几年,北方连年干旱,资源性缺水日益严重,令人忧心。南方地区由于不注意污水的处理,把未经处理的污水大量排到天然河道,污染了水体,影响了水资源的有效性,造成有水不能用,形成了水质性缺水的严重状况。受大陆季风气候的影响,中国水资源在季节上分布极不均匀,总是连枯连涝。

综上所述,我国水资源具有总量多,人均占有量少,地区分布不均匀,季节分布不均匀,河流含沙量大,水污染日益严重,地下水开采过量等特点。

1.1.2 污水

在人类生活和生产活动中,从自然界取用了水资源,经生活和生产活动后,又向自然界排出受到污染的水。这些改变了原来的组成,甚至丧失了使用价值而废弃外排的水称为污水。由于污水中混进了各种污染物,排进自然界水体,日积月累,最终将导致自然界中的某一水系丧失使用价值。

目前“废水”和“污水”两个术语用法比较混乱。就科学概念而言,“废水”是指废弃外排的水;“污水”是指被脏物污染的水。不过,有相当数量的生产排水并不太脏(如冷却水等),因而用“废水”统称比较合适。只有在水质污浊不可取用的情况,两个术语才可通用。

1. 污水的定义及特性

污水是生活污水、工业废水、农业污水、被污染的雨水的总称。其中,生活污水是人类在日常生活中使用过的,并被生活废料所污染的水;工业废水是在工矿企业生产活动中用过的水,工业废水包括生产污水与生产废水两部分;生活污水与工业废水中的生产污水(或经工矿企业局部处理后的生产污水)的混合污水,称为城市污水。农业污水指农业径流排水;被污染的雨水,主要是指初期雨水。由于初期雨水冲刷了地表的各种污物,污染程度很高,需要作净化处理。

(1)生活污水 城乡居民在日常生活中所产生的污水,主要包括生活废料和人的排泄物,包括厨房洗涤、沐浴、洗衣等废水以及冲洗厕所等污水。污水的成分及其变化取决于居民的生活状况、生活水平及生活习惯。污染物的浓度与用水量有关。

生活污水的水质特征是水质较稳定,但浑浊、色深且具有恶臭,呈微碱性,一般不含有毒物质。由于生活污水适于各种微生物的生长繁殖,所以往往含有大量的细菌、病毒和寄生虫卵。生活污水中所含固体物质约占总质量的0.1%~0.2%,其中溶解性固体约占固

体总量的 $\frac{3}{5} \sim \frac{2}{3}$, 主要是各种无机盐和可溶性的有机物质, 悬浮固体占总量的 $\frac{1}{3} \sim \frac{2}{5}$, 而其中有机成分几乎占 $\frac{3}{4}$ 以上。此外, 生活污水中还含有氮、磷等营养物质。

(2) 工业废水 工业废水是指工业生产中所排放的废水, 包括生产污水与生产废水两类。生产污水是指在生产过程中形成、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(指生产过程中产生的、水温超过 60°C 的水)。由于工业类型、生产工艺及用水水质、管理水平不同, 使各类生产污水的成分与性质千差万别, 含有各种各样的污染物: 有的含有大量的有机污染物质; 有的含有毒有害物质; 有的物理性状十分恶劣, 成分十分复杂。生产废水是指在生产过程中形成, 但未直接参与生产工艺、未被生产原料、半成品或成品污染或只是温度稍有上升的水。生产污水必须经净化处理后方能排入水体或城市下水道系统; 生产废水不需要净化处理或仅需作简单的处理, 如冷却处理。

(3) 农业污水 随着农药与化肥的大量使用, 农业径流排水已成为水体的主要污染源之一。施用于农田的农药与化肥除一小部分被植物吸收外, 大部分残留在土壤或漂浮于大气中, 经降水洗淋、冲刷及农田灌溉排水, 残留的农药与化肥最终会随降水及灌溉排水径流排入地面水体或渗入地下水中。此外, 农业废弃物(包括农作物的秆、茎、叶以及牲畜粪便等)也会随各种途径带入水体中, 造成水体的污染。

2. 污水水质指标

污水中所含污染物随着污水来源不同而千差万别, 可以通过检测和分析, 定性、定量地确定污水水质。国际通用的反映污水水质的指标可以分为物理性指标、化学性指标和生物性指标三大类。主要有生物化学需氧量(BOD)、化学需氧量(COD)、总需氧量、悬浮物、总有机碳、有机碳、pH 值、有毒物质、细菌总数、大肠菌数、溶解氧等(详细见 1.1.3 节)。

3. 污水的去处

为防止污染环境, 污水在排放前应根据具体情况给予适当处理, 污水经净化处理后的最终去处主要有: 排放水体, 作为水体的补给水, 地下水回灌; 工农业利用, 灌溉田地等; 处理后回用, 重复使用等。

1) 排放水体及基本要求

排放水体是污水的自然归宿, 也是污水传统的和最主要的去处。由于水体具有一定的稀释与自净能力, 将使污水得到净化, 是最常采用, 同时也是可能造成水体遭受污染的原因之一。污水排入水体应以不破坏该水体的原有功能为前提。由于污水排入水体后需要一个逐步稀释、降解的净化过程, 所以污水排放口一般均应建在取水口的下游, 以免污染取水口的水质。水体接纳污水受到其使用功能的约束, 污水排放水体的基本要求如下。

(1) 根据《中华人民共和国水污染防治法》规定, 禁止向生活饮用水地表水源和一级保护区的水体排放污水, 已设置的排污口, 应限期拆除或限期治理。在生活饮用水源地、风景名胜区水体、重要渔业水体和其他有特殊经济文化价值的水体的保护区内, 不得新建排污口。在保护区附近新建排污口, 必须保证水体不受污染。

(2) 《污水综合排放标准 GB 8978—1996》规定在《地表水环境质量标准 3838—2002》中 I 类、II 类水域和 III 类水域中规定的保护区和《海水水质标准 GB 3097—1997》中规定的 I 类水域, 禁止新建排污口。现有的排污口必须按水体功能要求, 实行污染物总量控制, 以保证接纳水体的水质符合规定用途的水质标准。

(3)对生活饮用水地下水源应当加强保护。禁止企事业单位利用渗井、渗坑、裂隙和溶洞排放、倾倒含有毒污染物的污水和含病原体的污水。向水体排放含热污水,应当采取适当措施,保证水体的水温符合环境质量标准,防止热污染危害。排放含病原体的污水,必须经过消毒处理,符合国家有关标准后排放。

(4)向农田灌溉渠道排放污水应保证下游最近的灌溉取水点的水质符合农灌标准。利用污水进行农田灌溉时,应防止地下水、土壤和农产品受到污染。

2) 污水回用

水资源短缺已成为全球面临的严重问题,污水经过适当的处理进行回用和水的循环,已经成为全世界的共识。随着污水处理技术的不断进步,水质净化手段日益增多,经过处理后的污水回用率正在不断提高,有些企业的(例如冶金矿山的磁选厂)污水利用率已超过95%。污水回用可以缓解水资源的供需矛盾,但必须十分谨慎,以免造成危害。污水的回用领域主要包括市政用水(绿地浇灌、市政与建筑用水、城市景观用水等)、工业用水(工艺用水、冷却用水、锅炉用水、其他杂用水等)、农业用水、林业用水、渔业用水、畜牧业用水及地下水回灌等,如图1-2所示。

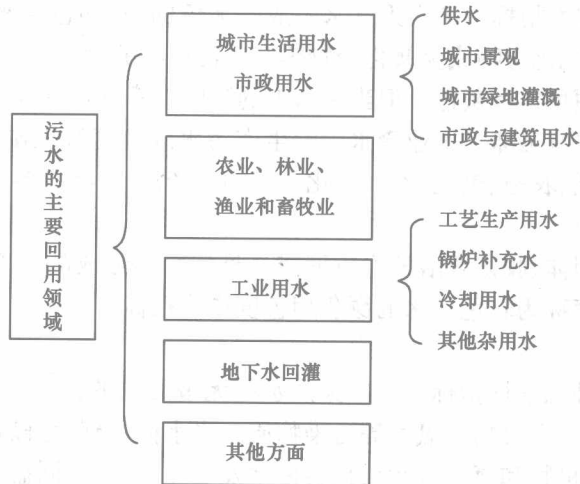


图 1-2 污水的主要回用领域示意图

污水回用可分为直接回用与间接回用两种。直接回用又可分为循序使用法和循环使用法。工矿企业在生产过程中,甲工序产生的污水经适当处理后用于乙工序叫循序使用;经适当处理后,再用于甲工序叫循环使用。地表水体接纳污水并对其作进一步净化处理后,再作为沿岸城市与工矿企业的给水水源,属于污水的间接回用。以城市污水为给水水源,经处理后作为生活饮用水,也是重复使用,但处理成本极高,在极端缺乏水源地区,才可考虑采用。在市政用水方面,污水回用日益广泛,已大量用于洗车、道路清洗、绿地浇灌、市政与建筑用水、城市景观用水等;在农林牧渔方面,灌溉田地可使污水得到充分利用,但必须符合灌溉的有关规定,使土壤与农作物免遭污染。

污水回用应满足如下要求:对人体健康不应产生不良影响;对环境和生态系统不应产生不良影响;对产品质量不应产生不良影响;应符合应用对象对水质的要求或标准;应能被使用者和公众所接受;回用系统在技术上可行、操作简便;价格应比自来水低廉;应

有安全使用的保障。

1.1.3 污水水质指标

1. 污水的物理性质及指标

表示污水物理性质的主要指标是水温、色度、臭味、固体含量及泡沫等。

1) 温度

污水的水温,对污水的物理性质、化学性质及生物性质有直接的影响。水温是污水水质的重要物理性质指标之一。

我国的幅员广大,但根据统计资料表明,各地的生活污水年平均温度差别不大,均约在 $10^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ 之间。工业废水中的生产污水水温与生产工艺有关,变化很大。故城市污水的水温,与排入排水系统的生产污水性质、所占比例有关。污水的水温过低(如低于 5°C)或过高(如高于 40°C)都会影响污水的生物处理效果。工业废水常引起水体热污染,造成水中溶解氧减少,加速耗氧反应,最终导致水体缺氧或水质恶化。

2) 色度

色度是一种感官性指标。纯净天然水一般是无色的,水的色度来源于金属化合物或有机化合物,含有有机化合物或金属化合物等有色污染物的污水会呈现出各种颜色,影响观瞻。生活污水的颜色常呈灰色。但当污水中的溶解氧降低至零,污水所含有有机物腐烂,则水色转呈黑褐色并有臭味。工业废水中的生产污水的色度视工矿企业的性质而异,差别极大,如印染、造纸、农药、焦化、冶金及化工等的生产污水,都有各自的特殊颜色。色度往往给人以感观不悦。

色度可由悬浮固体、胶体或溶解物质形成。悬浮固体形成的色度称为表色。胶体或溶解物质形成的色度称为真色。水的颜色用色度作为指标。

3) 嗅和味

嗅和味也是一种感官性指标。纯净天然水是无嗅无味的,水的异臭来源于还原性硫和氮的化合物、挥发性有机物和氯气等污染物质。当水体受到污染后会产生异样的气味,还原性硫、挥发性有机物和氯气等污染物会使水发出异臭,而不同盐分会使水产生不同的异味。生活污水的臭味主要由有机物腐败产生的气体造成。工业废水的臭味主要由挥发性化合物造成。

臭味大致有鱼腥臭[胺类 CH_3NH_2 , $(\text{CH}_3)_3\text{N}$],氨臭(氨 NH_3),腐肉臭[二元胺类 $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2$],腐蛋臭(硫化氢 H_2S),腐甘蓝臭[有机硫化物 $(\text{CH}_3)_2\text{S}$],粪臭(甲基吲哚 $\text{C}_8\text{H}_5\text{NHCH}_3$)以及某些生产污水的特殊臭味。

臭味给人以感观不悦,甚至会危及人体生理,引起呼吸困难,倒胃胸闷,呕吐等。故臭味也是物理性质的主要指标。

4) 固体物质

固体物质按存在形态的不同可分为:悬浮的、胶体的和溶解的三种;按性质的不同可分为:有机物、无机物与生物体三种。固体含量用总固体量(TS)作为指标。把一定量水样在 $105^{\circ}\text{C} \sim 110^{\circ}\text{C}$ 烘箱中烘干至恒重,所得的重量即为总固体量。

水中所有残渣的总和称为总固体(TS),总固体包括溶解物质(DS)和悬浮固体物质(SS)或称悬浮物。水样经过滤后,滤液蒸干所得的固体即为溶解性固体,滤渣脱水烘干

后即是悬浮固体。溶解性固体表示盐类的含量,悬浮固体表示水中不溶解的固态物质的量。

固体残渣根据挥发性能可分为挥发性固体(VS)和固定性固体(FS)。将固体在600℃的温度下燃烧,挥发掉的量即是挥发性固体,燃烧残渣则是固定性固体。挥发性固体反映固体的有机成分量。

悬浮固体中,颗粒粒径在0.1 μm ~1.0 μm 之间者称为细分散悬浮固体;颗粒粒径大于1.0 μm 者称为粗分散悬浮固体。把水样用滤纸过滤后,被滤纸截留的滤渣,在105℃~110℃烘箱中烘干至恒重,所得重量称为悬浮固体;滤液中存在的固体物即为胶体和溶解固体。悬浮固体中,有一部分可在沉淀池中沉淀,形成沉淀污泥,称为可沉淀固体。悬浮固体也由有机物和无机物组成,故又可分为挥发性悬浮固体(VSS)和非挥发性悬浮固体(NVSS)两种。

水体含盐量多将影响生物细胞的渗透压和生物的正常生长;悬浮固体将可能造成水道淤塞;挥发性固体是水体有机污染的重要来源。

2. 污水的化学性指标

1) 有机物

有机物指标用于测定水中有机污染物成分。生活污水中含有大量有机物,主要来源于人类排泄物及生活活动产生的废弃物洗涤污物、食物残屑、动植物残片等;主要成分是碳水化合物、蛋白质与尿素及脂肪;组成元素是碳、氢、氧、氮和少量的硫、磷、铁等。

食品加工、饮料等工业废水中有机物成分与生活污水基本相同,其他工业废水所含有机物种类繁多,主要有动植物纤维、油脂、糖类、染料有机酸、各种有机合成工业品、有机原料、废物等。

有机物在微生物作用下最终分解为简单的无机物质、二氧化碳和水等。这些有机物在分解过程中需要消耗大量的氧,故属耗氧污染物。耗氧有机污染物是使水体产生黑臭的主要因素之一。有机物具有下述危害:①消耗溶解氧、恶化水质、破坏水体;②抑制水生生物、破坏水生生态;③滋生微生物,传播疾病;④有毒有机物直接危害人体健康和水生生物生长,等等。

污水中有机污染物种类繁多,组成较复杂,现有技术很难分别逐个测定各类有机物的含量,也没有必要。在实际工作中通常是利用共性,用某种指标间接反映其含量。例如,一般利用有机污染物易被氧化的特性,采用生物化学需氧量(BOD, Biological Oxygen Demand)、化学需氧量(COD, Chemical Oxygen Demand)作为测定指标,或者采用总有机碳(TOC, Total Organism Carbon)、总需氧量(TOD, Total Oxygen Demand)、总氮、总磷、总硫等根据主要元素含量指标来反映水中有机物的含量。

下面讨论生物化学需氧量(BOD)、化学需氧量(COD)、总有机碳(TOC)和总需氧量(TOD)等主要有机物指标,其他指标请参阅有关资料。

(1) 生物化学需氧量 水中有机污染物被好氧微生物分解时所需的氧量称为生化需氧量(以 mg/L 为单位)。它反映了在有氧的条件下,水中可生物降解的有机物的量。生化需氧量愈高,表示水中需氧有机污染物愈多。有机污染物被好氧微生物氧化分解的过程,一般可分为两个阶段:第一阶段主要是有机物被转化成二氧化碳、水和氨;第二阶段主要是氨被转化为亚硝酸盐和硝酸盐。污水的生化需氧量通常只指第一阶段有机物生物氧