



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

高等职业教育给排水工程技术专业系列教材

水处理工程技术

SHUICHULI GONGCHENG JISHU

张宝军 王国平 袁永军 刘红侠 ◀ 编著
冯启言 王阿华 ◀ 主审



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

水处理工程技术

编 著 张宝军 王国平 袁永军 刘红侠
主 审 冯启言 王阿华

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书是“十二五”职业教育国家规划教材、国家级精品课程、国家级精品资源共享课程配套教材。

本书系统介绍了水处理工程技术的基本原理、工艺流程、水处理构筑物及设备的功用和构造、水处理系统选择计算及运行维护与管理的相关知识。特别注重水处理工程技术的应用能力和职业技能的培养,反映了新知识、新技术、新工艺和新方法,具有职业教育特色。全书共5章,主要内容包括:水质与水处理工程技术、地表水处理技术、地下水及特殊用水处理技术、城镇污水处理技术、工业废水处理技术。每章针对不同的水质特点及水质标准,按处理对象与处理方法、处理工艺、运行管理顺序编排。

本书可作为技术技能型人才培养包括环境保护类、市政工程类专业教学用书,也可供从事水处理工程技术工作岗位的操作人员和运行管理人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

水处理工程技术/张宝军等编著. —重庆:重庆
大学出版社,2015.1

ISBN 978-7-5624-8477-6

I. ①水… II. ①张… III. ①水处理—高等职业教育
—教材 IV. ①TU991.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第179272号

水处理工程技术

编 著 张宝军 王国平 袁永军 刘红侠

主 审 冯启言 王阿华

责任编辑:桂晓澜 版式设计:桂晓澜

责任校对:关德强 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆鹏程印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:25.5 字数:589千

2015年1月第1版 2015年1月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-8477-6 定价:45.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

本书结合水处理工程技术特点，针对不同的水质特点、水质标准，系统地介绍了水处理工程技术的基本原理、水处理构筑物及设备的功用和构造、水处理系统选择计算及运行维护与管理等方面的知识。本书共分5章，主要内容包括：水质与水处理工程技术、地表水处理技术、地下水及特殊用水处理技术、城镇污水处理技术、工业废水处理技术。每章针对不同的水质特点及水质标准，按处理对象与处理方法、处理工艺、运行管理顺序编排。本书注重水处理工程技术的应用能力和职业技能的培养，反映了新知识、新技术、新工艺和新方法，具有职业教育特色。为便于学习，在相关章节中，安排了工程案例、课后小结与习题，附有全国职业院校技能大赛有关水处理工程技术比赛方案与样题，并配套出版《水处理工程技术实验实训》。

本书注重理论与实际的结合，体现产学研融合、校企合作的知识深度，做到中职、高职、应用本科、工程类研究生的有效衔接，有深有浅，繁简得当，既体现整体方案、工艺设计的技术水平，又体现现场操作维护、运行管理的技术能力。

本书依托国家精品课程、国家精品资源共享课水处理工程技术教学团队，由江苏建筑职业技术学院张宝军教授等编著完成。参与人员有江苏建筑职业技术学院王国平、袁永军、刘红侠，广州城市职业学院吕宏德，深圳信息职业技术学院相会强，北京科技职业技术学院张晓辉，山西建筑职业技术学院张智春，杨凌职业技术学院苏少林，浙江天煌科技实业有限公司宋进朝、朱幸福，徐州工业职业技术学院黄从国，南通农业职业技术学院白晓龙，徐州市建筑设计研究院有限公司陈桂德，徐州市政工程设计研究院有限公司王勇、耿德强，中建八局三公司蒋黎明、周玫生，江苏省第一工业设计研究院有限公司仇让凯，徐州核瑞环保投资有限公司赵传义，徐州首创水务有限责任公司刘晓玲，徐州市铜山区建筑安装工程质量监督站俞昊天，徐州市水处理工程技术研究中心张弛、龚贵生、王晓燕、沈永跃、岳朝松、刘春梅、王正扬、黄晓菊、庞海燕、刘爱萍、高将、王晓玲等。

本书由中国矿业大学冯启言教授、南京市市政工程设计研究院有限公司王阿华研究员级高级工程师担任主审，参加本书审定工作的还有黑龙江建筑职业技术学院边喜龙、王有志，长沙环境保护职业技术学院孙蕾、郭正，昆明冶金高等职业技术学校高



红武，中国环境干部管理学院张宝安、张仁志等。

本书在编写过程中，参考并引用了大量文献资料，在此向所有被引用资料的专家学者致以真诚的感谢！

因编写人员知识水平、实践经验所限，书中难免存在不完善之处，还请各位专家、读者批评指正。

编 者

2014年11月

目录

1 水质与水处理工程技术	1
1.1 水资源与水的循环	1
1.2 水体污染与水体自净	3
1.3 水质指标与水质标准	10
1.4 水处理工程技术及发展	16
本章小结	26
习题	26
2 地表水处理技术	27
2.1 地表水的混凝处理	27
2.2 地表水的沉淀、澄清处理	53
2.3 地表水的过滤处理	69
2.4 地表水的消毒处理	104
2.5 地表水处理工艺系统	111
本章小结	128
习题	128
3 地下水及特殊用水处理技术	129
3.1 地下水除铁除锰	129
3.2 地下水除氟	135
3.3 水的软化与除盐	136
3.4 循环冷却水处理	155
本章小结	163
习题	164
4 城镇污水处理技术	165
4.1 城镇污水的物理处理	165
4.2 城镇污水的活性污泥法处理	180
4.3 城镇污水的生物膜法处理	221
4.4 污水的厌氧生物处理	255
4.5 污水的深度处理与回用	272

4.6	污水的自然生物处理	287
4.7	污水厂污泥的处理	298
4.8	城镇污水处理工艺系统	323
	本章小结	338
	习题	338
5	工业废水处理技术	340
5.1	工业废水的物理处理	341
5.2	工业废水的化学处理	349
5.3	工业废水的物理化学处理	367
5.4	工业废水的生物处理	388
	本章小结	392
	习题	392
	附录	394
	附录 1 2012 年全国职业院校技能大赛“水环境监测与治理技术”赛项(高职组)比赛任务书	394
	附录 2 2014 年全国职业院校技能大赛“水环境监测与治理技术”赛项(高职组)比赛主要内容	398
	参考文献	400

教学要求

通过本章学习,理解水资源的概念,掌握我国水资源分布及特点,熟悉水的自然循环、水的社会循环、水质与水体自净、水质指标与水质标准等概念,了解水处理工程技术的现状与发展。

知识点

水资源;水的循环;水体污染;水体自净;水质指标;水质标准

1.1 水资源与水的循环

1.1.1 水资源

水资源,指现在或将来一切可能用于生产和生活的地表水和地下水。水是人类生产和生活不可缺少的物质,是生命的源泉,也是工农业生产和经济发展不可取代的自然资源。随着世界经济的快速发展,人口也不断增长,人民生活水平日益提高,用水量逐年增加。因此,每个国家都把水作为一种宝贵的资源,并加以开发、保护和利用。

地球总表面积为 $5.1 \times 10^8 \text{ km}^2$,其中海洋面积占全球面积的 70.8%,陆地面积约占 29.2%。地球上水的总量约有 $14 \times 10^8 \text{ km}^3$,以不同的形式分布于不同的区域。分布形式有海洋水、淡水湖水、盐湖和内海水、河流水、土壤水、地下水、冰冠和冰川水、大气水。海洋储量占地球水总量的 96.5%,陆地表面水量为 3.5%。海水含有大量的矿物盐类,不宜被人类直接使用。在人类可利用的淡水中,约有 75% 以冰冠和冰川的形式存在于地球的两极,可被人类开发利用的淡水仅占总水量的 0.3%。

我国地域辽阔,年平均降水总量约为 $6.0 \times 10^3 \text{ km}^3$,河川径流量为 $2.7 \times 10^3 \text{ km}^3$,占世界河川径流量的 5.7%,居世界第六位。但人均水量为 $2.6 \times 10^3 \text{ km}^3$,只有世界人均水量的 1/4,被列为世界 13 个贫水国家之一。水资源的地区分布也极不均匀,径流量由东南向西北递减,东南沿海湿润多雨,西北内陆干燥少雨,南北水资源相差悬殊。另外,我国大部分

地区冬春少雨,夏秋多雨,年降雨集中在汛期,易造成一些地区旱涝灾害频繁发生。

1.1.2 水的循环

1) 水的自然循环

地球上的水时时刻刻都在运动中,而且可以相互交换。如果没有水的运动,陆地的水就会很快枯竭。正是由于地心引力及太阳的辐射作用,使得各种状态的水从海洋、江河、湖泊、沼泽、水库及陆地表面的植被中,蒸发、散发变成水汽,上升到空中,一部分被气流带到其他区域,在一定条件下凝结,通过降水的形式落到海洋或陆地上;一部分滞留在空中,待条件成熟,降到地球表面。降到陆地上的水,在地心引力的作用下,一部分形成地表的径流流入江河,最后流入海洋;还有一部分渗入地下,形成地下径流;另外,还有一小部分又重新蒸发到空中。这种由太阳照射和地球引力作用下形成的水的循环现象称为水的自然循环,如图 1.1 所示。海洋—内陆—海洋的循环,称为大循环或外循环,而由内陆—海洋的循环,省却了通向海洋的径流。那些在小自然区域内的循环,称为小循环或内循环,如图 1.2 所示。不论何种循环,使水蒸发的基本动力是太阳能,使云气运动的动力是密度差造成的大气环流,使水流动的动力是地球引力。

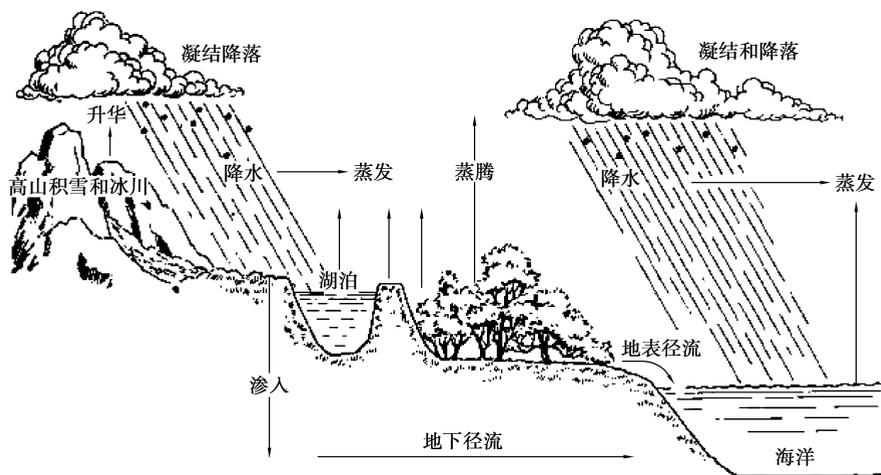


图 1.1 水的自然循环

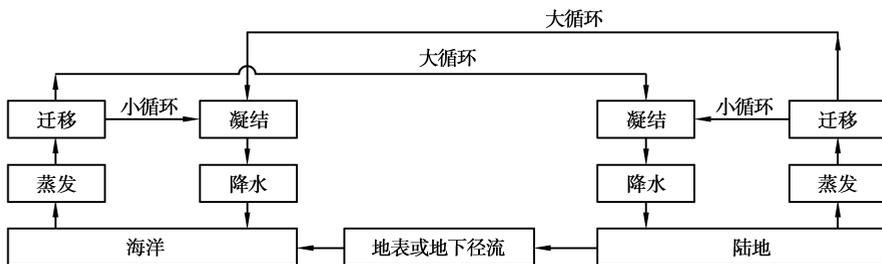


图 1.2 水的大循环与小循环

2) 水的社会循环

由人的因素促成的水循环,称为水的社会循环。它是直接为人的生活和生产服务的。取之于自然而直接供生活和生产使用的水,称为给水;使用后因丧失使用价值而排放的水,称为排水。

为保证给水能满足水量、水质和水压使用要求的工程设施,称为给水工程;为保证排水能安全可靠地排放的设施,称为排水工程。由给水工程和排水工程构成水的社会循环,如图 1.3 所示。

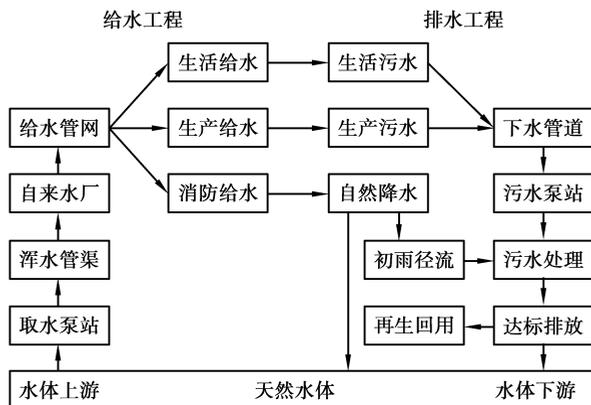


图 1.3 水的社会循环

1.2 水体污染与水体自净

1.2.1 天然水体中的杂质

天然水体按水源的种类可分为地表水和地下水两种。地表水又称陆地水,指存在于地壳表面,暴露于大气的水,是河流、冰川、湖泊、沼泽 4 种水体的总称;地下水,指贮存于包气带以下地层空隙中的水,包括岩石孔隙、裂隙和溶洞之中的水。

水在自然循环中都不同程度地有各种各样的杂质混入,使水质发生变化。其杂质的来源基本分为两类:一是自然过程,如初期降水(包括雨、雪等)在到达地面之前对各种有害物质的溶入,水对地层矿物中某些易溶成分的溶解,水流对地表及河床冲刷所带入的泥沙和腐殖质,水中各类微生物、水生动植物繁殖及其死亡残骸等;二是人为因素(即生活污水及工业废水)的污染,此时,水中杂质将更为复杂,这些杂质按形态(主要是尺寸大小)可分为悬浮物、胶体和溶解物 3 类,见表 1.1。

表 1.1 中的颗粒尺寸是按球形计,各类杂质的尺寸界限是大体的范围。粒径为 $100\text{ }\mu\text{m}\sim 1\text{ }\mu\text{m}$ 属于胶体和悬浮物的过渡阶段。小颗粒悬浮物也具有一定的胶体特性,当

粒径大于 $10\ \mu\text{m}$ 时与胶体有明显差别。

表 1.1 水中杂质分类

杂质	溶(低分子、离子)解物		胶体			悬浮物		
	0.1 mm	1 mm	10 mm	100 mm	$1\ \mu\text{m}$	$10\ \mu\text{m}$	$100\ \mu\text{m}$	1 mm
分辨工具	电子显微镜		超显微镜		显微镜		肉眼可见	
外观	透明		浑浊		浑浊			

1) 悬浮物和胶体杂质

地表水中大多含有大量悬浮物、胶体物质,这些物质的存在使水变得浑浊,而且它们还能够粘附很多细菌和病毒。因此,悬浮物和胶体是地表水作为饮用水源时水处理中主要的去除对象。

从水的生活饮用和水处理技术的观点看:悬浮物的尺寸较大,易于在水中下沉或上浮。易于下沉的一般是大颗粒泥沙及矿物质废渣等;能够上浮的一般是体积较大而密度小于水的某些有机物。胶体状的物质颗粒尺寸很小。水中胶体通常包括黏土、藻类、腐殖质及蛋白质等。它们在水中长期静置,既不能上浮水面也不能沉淀澄清。悬浮物和胶体往往造成水的浑浊,而有机物如腐殖质及藻类等还造成水的色、嗅、味,对工业使用和人类健康产生主要影响,并给人以厌恶感和不快。

2) 溶解杂质

水中溶解杂质分无机物和有机物两类。

①无机溶解物,指水中所含的无机低分子和离子,它们与水构成相对稳定的均相体系。无机溶解物可产生色、嗅、味,导致水的硬度、碱度提高,是某些工业用水的去除对象。有毒有害的无机溶解物是饮用水的去除对象。

②有机溶解物,指水中所含的有机高分子物质,如腐殖酸等。

溶解气体指溶解在水中的 O_2 、 N_2 、 CO_2 气体,有时还含有 SO_2 和 H_2S 。这些物质用常规的混凝、沉淀、过滤等方法难以去除。天然水体中 O_2 主要来源于空气中的氧的溶解,部分来自藻类等水生植物的光合作用。正常水体中溶解氧的含量为 $5\sim 10\ \text{mg/L}$,最高含量不超过 $10\ \text{mg/L}$ 。天然水体中 CO_2 来源于有机物的分解,江河水中 CO_2 的含量一般小于 $30\ \text{mg/L}$ 。天然水体中 N_2 主要来源于空气中氮的溶解,部分是有机物分解及含氮化合物的细菌还原过程产生。

水中的离子包括以阳离子和阴离子存在形式的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- ,而地下水还有 Fe^{2+} 和 F^- 等。所有这些离子主要来源于矿物质的溶解,部分来源于水中有机物的分解。随着水污染的程度日益加重,水中可能含有 Hg 、 Cr 、 Cd 、 Pb 、 Se 、 As 氰化物等无机类有毒物质,多环芳烃、芳香族氨基化合物、有机汞、酚类化合物等有机类有害物质,以及人工合成的有机磷农药、有机氯等有毒物质,此时水处理工艺将更为复杂。

江河水易受自然条件影响,水较混浊,细菌较多,含盐量和硬度较低。由于湖泊及水库水多由河水供给形成,水质与河水类似。但由于湖(或水库)水流动性小,贮存时间长,经

过长期自然沉淀,一般浊度较低,多数含藻类较多。湖(或水库)水受风浪冲击后水质变化较大,受生活污水污染后易产生富营养化。

1.2.2 水体污染

1) 水体污染的概念

水体,指河流、湖泊、沼泽、水库、地下水、冰川、海洋的总称。它不仅包括水,而且也包括水中的悬浮物、底泥及水生生物等。

水体污染,指人类在生活、生产中使用过的水排入水体后,其所含的污染物在数量上超过了该物质在水体中的本底含量和水体的环境容量,导致水的物理、化学及生物性质发生变化,使水体固有的生态系统和功能受到破坏。在自然情况下,天然水的水质也常有一定变化,但这种变化是一种自然现象,不属于水体污染。水体一旦受到污染,会降低水的质量,直接或间接地危害人类的生存和健康。

2) 水体污染的原因

水体污染体现在排入水体的污染物质总量超过了水体本身的净化能力。导致水体污染的原因是人类生活、生产过程中排放的污染物造成的。其主要污染源为工矿企业生产过程产生的废水,城镇居民生活区的生活污水与农业生产过程中产生有机农药污水也对水体产生污染。

生活污水,指人类在日常生活中使用过的,并被生活废弃物所污染的水,一般指受到粪便污染的水。

工业废水,指工矿企业生产过程中使用过的并被生产原料等废料所污染的水,包括生产污水和生产废水。

城市污水,指生活污水和工业废水的混合污水。

初期降水由于冲刷了地表的各种污染物,初雨径流含有大量的污染物质,需要对其进行水质处理。

污水经净化处理后最终转化为排放水体,灌溉农田和重复利用。排放水体是污水的自然归宿。当污水排入水体后,水体本身具有一定的稀释与净化能力,污染物浓度能得以降低,但也是造成水体污染的重要原因。灌溉农田可以节约水资源,但必须符合灌溉的有关规定,如果用污染超标水灌溉,不利于农作物生长,还会污染地下水或地表水。因此,农业灌溉用水也是水体受到污染的原因之一。

3) 水体污染的分类

水体污染源,指向水体排放污染物的场所、设备和装置等。

①按污染的分布特征不同,分为点污染源、面污染源、扩散污染源。

点源污染,指来自未经妥善处理的城市污水(生活污水与工业废水)集中排入水体造成的污染。

面源污染,指农田肥料、农药以及城市地面的污染物随雨水径流进入水体造成的污染。

扩散污染,指随大气扩散的有毒有害物质,由于重力沉降或降雨过程,进入水体造成的污染。

②按造成水体污染原因的不同,分为天然污染源和人为污染源。

天然污染,指由自然因素造成的污染,如地面水渗漏和地下水流动将地层中某些矿物质溶解,使水中的盐分、微量元素或放射性物质浓度偏高而使水质恶化。

人为污染,指由于人类的生产和生活活动造成的水体污染。人为污染是当前水体污染的主要污染源。

③按受污染的水体的不同,分为地面水污染源、地下水污染源和海洋污染源。

④按污染源释放的有害物质种类不同,分为物理性污染源、化学性污染源、生物性污染源。

4) 水体污染的危害

(1) 物理性污染及其危害

物理性污染,指能被人类感官所觉察并引起不悦的水温、色度、臭味、悬浮物及泡沫等造成的污染。一般包括悬浮物污染、热污染、放射性污染。

悬浮物污染不但使水质变得浑浊,还会使管道及设备堵塞、磨损,干扰废水处理及回收设备的工作。悬浮性固体会导致鱼类窒息死亡,并且能使水质恶化;溶解性固体能增加水中的无机盐浓度,使土壤板结。

热污染,指废水温度过高而引起的水体污染。水温过高会导致水体溶解氧浓度降低,导致生物耗氧速度加快,水质迅速恶化,造成鱼类和水生生物因缺氧而死亡。热污染主要来源于热电站、核电站、冶金和石油化工等工厂的排水。

放射性污染,指由放射性物质所造成的污染。环境中的放射性物质可以由多种途径进入人体,发出的射线会破坏机体内的大分子结构,甚至直接破坏细胞和组织结构,给人体造成损伤,引发白血病和各种癌症,破坏人的生殖机能,严重的能在短期内致死。累积照射会引起慢性放射病,使造血器官、心血管系统、内分泌系统和神经系统等受到损害,发病过程往往延续几十年。放射性污染的来源有:原子能工业排放的放射性废物,核武器试验的沉降物以及医疗、科研排出的含有放射性物质的废水、废气、废渣等。

(2) 化学性污染及其危害

化学性污染,指农用化学物质、食品添加剂、食品包装容器和工业废弃物的污染,汞、镉、铅、氰化物、有机磷及其他有机或无机化合物等造成的污染。常见的有需氧性有机物污染、有机毒物污染、重金属污染、营养物质污染和酸碱污染等。影响水质的污染物质大部分为有机污染物。

需氧有机物污染,包括碳水化合物、蛋白质、油脂、氨基酸、脂肪酸、酯类等有机物质。需氧有机物没有毒性,但水体需氧有机物越多,耗氧也越多,水质就越差,水体污染就越严重。由于需氧有机物造成水体缺氧,对水生生物中鱼类危害严重。充足的溶解氧是鱼类生存的必要条件,目前水污染造成的死鱼事件,绝大多数是由于这种类型的污染所致。当水体中溶解氧消失时,厌氧菌繁殖,形成厌氧分解,发生黑臭,分解出甲烷、硫化氢等有毒有害气体,更不适于鱼类生存和繁殖。

有机毒物污染,包括酚类化合物、有机氯农药、有机磷农药、增塑剂、多环芳烃、多氯联苯等。

重金属作为有色金属在人类的生产和生活方面有着广泛应用,因此在环境中存在着各种各样的重金属污染源。其中,采矿和冶炼是向环境释放重金属的主要污染源。重金属污染物一般具有潜在危害性。它们与有机污染物不同,水中的微生物难于使之分解消除(可称为降解作用),经过“虾吃浮游生物,小鱼吃虾,大鱼吃小鱼”的水中食物链被富集,浓度逐级加大。而人正处于食物链的终端,通过食物或饮水,将有毒物摄入人体。

重金属污染的特点是,水体中重金属离子浓度在 $0.1 \sim 10 \text{ mg/L}$,即可产生毒性效应;重金属不能被微生物降解,反而可在微生物的作用下,转化为金属有机化合物,使毒性猛增;水生生物从水体中摄取重金属并在体内大量积蓄,经过食物链进入人体,甚至经过遗传或母乳传给婴儿;重金属进入人体后,能与体内的蛋白质及酶等发生化学反应而使其失去活性,并可能在体内某些器官中积累,造成慢性中毒,这种积累的危害,有时需要 $10 \sim 30$ 年才显露出来。因此,污水排放标准都对重金属离子的浓度作了严格限制,以便控制水污染,保护水资源。引起水污染的重金属主要为汞、铬、镉、铅等,此外锌、铜、钴、镍、锡等重金属离子对人体也有一定的毒害作用。

人体摄入过量的氟,能引起牙斑釉和骨骼硬化;人体含氟量过少,会引起龋齿;氰化物有剧毒,一次摄入 $50 \sim 60 \text{ mg}$ 可致死,低剂量摄入会慢性中毒,引起甲状腺激素生成量减少;人体内的砷化物过量,会引起毛细血管、新陈代谢和神经系统病变,一次摄入量约 100 mg 即可致死;硒在人体内积蓄过量,对人的肝、肾、骨髓和中枢神经系统有破坏作用,且有可能致癌;汞在人体内积蓄,主要对神经系统有毒害作用,对心脏、肾脏和胃肠道亦有毒害;镉的毒性较强,且能在人体内积蓄,引起新陈代谢失常和肾脏病变,并会引起“骨痛病”;六价铬毒性较强,可在人体内积蓄,吸入量一定时有致癌作用,经口摄入时对肠胃有毒害作用,对皮肤和粘膜有强烈的腐蚀作用;铅可在人体内积蓄,中毒后可引起神经系统和血液系统病变。

污水中的氮、磷为植物的营养物质,对高等植物的生长, N、P是重要物质,而对天然水体中的藻类,虽然是生长物质,但藻类的大量生长和繁殖能使水体产生富营养化现象。

污水中的无机盐类,主要指污水中的硫酸盐、氯化物和氰化物等。硫酸盐来自人类排泄物及一些工矿企业废水,如选矿、化工、制药、造纸等工业废水。污水中的硫酸盐用 SO_4^{2-} 表示,在缺氧状态下,硫酸盐还原菌和反硫化菌的作用使其还原成 H_2S 。硫化物主要来自人类排泄物。某些工业废水含有较高的氯化物,它对管道及设备有腐蚀作用。

污水中的氰化物主要来自电镀、焦化、制革、塑料、农药等工业废水。氰化物为剧毒物质,在污水中以无机氰和有机氰两种类型存在。

除此以外,城市污水中还存在一些无机有毒物质,如无机砷化物,主要以亚砷酸和砷酸盐形式存在。砷会在人体内积累,属致癌物质。

酸碱污染物主要由排入城市管网的工业废水造成。水中的酸碱度以 pH反映其含量。酸性废水的危害在于有较大的腐蚀性;碱性废水易产生泡沫,使土壤盐碱化。城市污水的酸碱性变化不大,微生物生长要求酸碱度为中性偏碱为最佳,当 pH超出 $6 \sim 9$ 的范围,将会对人畜造成危害。

(3) 生物性污染及其危害

生物性污染,指致病菌及病毒等病原微生物排入水体后,直接或间接地使人感染或传染各种疾病。病原体污染来源于粪便、医院污水、屠宰、制革生物制品等工厂排水、垃圾及地表径流等。霉菌毒素污染来源于制药、酿造、制革等工厂的排水。

病原微生物的水污染危害历史悠久,至今仍是威胁人类健康和生命的重要水污染类型。洁净的天然水一般含细菌很少,病原微生物更少。水质监测中通常规定用细菌总数和大肠杆菌群数作为病原微生物污染的间接指标。

病原微生物污染的特点是:数量大,分布广,存活时间长(病毒在自来水中可存活2~288天),繁殖速度快,易产生抗药性。因此,传统的二级生化污水处理及加氯消毒后,某些病原微生物仍能大量存活。因此,此类污染物实际上通过多种途径进入人体,并在体内生存,一旦条件适合,会传播霍乱、伤寒、胃炎、痢疾等病毒污染的疾病和寄生虫病。病毒种类很多,仅人粪尿中就有100多种,常见的有肠道病毒和传染性肝炎病毒,每克粪可含 100×10^4 个,生活污水每克可达 $(50 \sim 700) \times 10^4$ 个。

1.2.3 水体自净

1) 水体自净

水体自净,指水体受到污染后,通过自身的一系列物理、化学和生物等因素的共同作用,致使污染物质的总量减少或浓度降低,使受污染的水体部分或完全恢复原状的过程。

水体自净的机理包括稀释、混合、吸附沉淀、氧化还原、生物分解、生物转化和生物富集等。一般情况下,自净过程主要取决于水体对受纳污染物的稀释作用以及水体中的微生物对有机污染物的生物降解作用。

水体自净过程十分复杂,按其净化机理可分为:

(1) 物理自净

物理自净,指通过污染物质在水体中的稀释、扩散、混合、沉淀和挥发等作用,使水体得到一定程度净化的过程。其净化能力的强弱取决于污染物自身的物理性质(密度、形态、粒度等)以及水体的水文条件(温度、流速、流量等)。物理自净作用只能降低水体中污染物质的浓度,并不能减少污染物质的总量。

(2) 化学自净

化学自净,指水体中的污染物质通过氧化、还原、吸附、凝聚、中和等反应,使其浓度降低的过程。影响化学净化能力的因素主要有污染物质的形态和化学性质、水体的温度、酸碱度以及氧化还原电位等。

(3) 生物自净

生物自净,指通过水生生物的代谢作用,使水体中的污染物质浓度降低或转化为无害物质的过程。水体生物净化过程进行的快慢和程度与污染物质的性质和数量、微生物种类及水体温度、供氧状况等条件有关。

任何水体的自净作用都是上述三项自净作用的综合,它们同时发生并相互影响,其中常以生物自净作用为主,微生物在水体自净过程中是最活跃、最积极的因素。图1.4为河

水净化示意图。

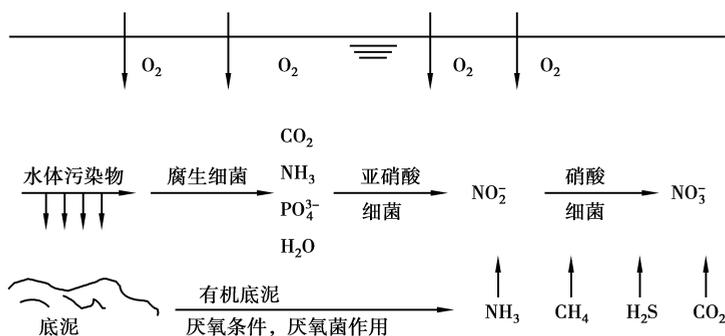


图 1.4 河水自净示意图

如图 1.5 所示,正常河流处于清洁带,水中的溶解氧与好氧物质处于一种平衡状态。当有机污染物排入水体后,河流处于污染带,微生物降解有机物而将水中的溶解氧消耗殆尽,使河水出现氧不足现象,或称亏氧状态,此时的溶解氧曲线处于如同一只勺子的底部。随着大气向水体不断溶氧,又使得水体中的溶解氧逐步得到恢复,河流处于恢复带,最后达到正常清洁状态。描述被污染河流中溶解氧的变化曲线,称为氧垂曲线。

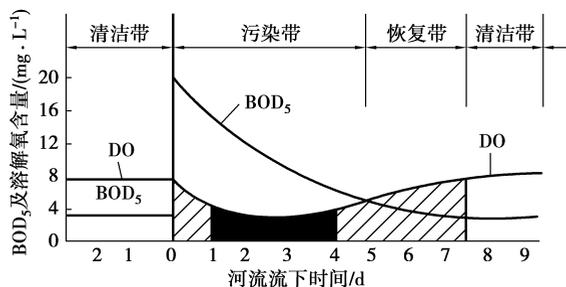


图 1.5 被污染河流中生化需氧量与溶解氧的变化曲线

2) 水环境容量

水环境容量,是指在不影响水的正常用途的情况下,水体所能容纳污染物的最大负荷量或自身调节并保持生态平衡的能力。正确认识和利用水环境容量对水污染控制有重要意义,它是环境管理部门制定地方性、专业性水域排放标准的依据之一,是确定水污染实施总量控制的依据,是水环境管理的基础。

水环境容量的大小除与水体的本身特性如河宽、水深、流量、流速以及天然水质、水文特征等有关外,还与水体的用途和功能、污染物特性有关。水体功能越强,对水质要求也就越高,其水环境容量越小。反之,当水体的水质指标不甚严格时,水环境容量将会大一些;污染物的物理、化学性质越稳定,其环境容量越小。例如,耗氧性有机物的水环境容量比难降解有机物的水环境容量大得多,而重金属的水环境容量则甚微。

1.3 水质指标与水质标准

1.3.1 水质指标

水质指标又称为水质参数,指水样中除去水分子外所含杂质的种类和数量,是反映水的性质的一种量度,是判断和综合评价水体质量并对水质进行界定分类的重要参数。

水质指标有的涉及单项质量浓度具体数值,如水中的铁、锰等;有的不代表具体成分,但能直接或间接反映水的某一方面的性质,如水的色度、浊度、COD等,称为替代参数。

1) 物理性指标

(1) 温度

水温与水的物理化学性质有关,气体的溶解度、微生物的活动及 pH、硫酸盐的饱和度等都受水温影响。许多工业排放的废水都有较高的温度,这些废水排放使水体水温升高,造成水体热污染。

(2) 色度

色度是一项感官性指标,表现在水体呈现的不同颜色,分为表色与真色。表色指由悬浮物造成的色度,真色指由胶体物质和溶解物质形成的色度。色度污染会使水体的色度加深,透光性减弱,还会影响水生生物的光合作用,抑制其生长繁殖,妨碍水体的自净作用。

纯净水无色透明,天然水中含有黄腐酸呈黄褐色,含有藻类的水呈绿色或褐色,较清洁的地表水色度一般为 15~25 度,湖泊水可达 60 度以上,饮用水色度不超过 15 度。

生活污水的颜色一般呈灰色。工业废水则由于工矿企业的不同,色度差异较大,如印染、造纸等生产污水色度很高。带有金属化合物和有机化合物等有色污染物的污水呈现各种颜色。将有色污水用蒸馏水稀释后与参比水样对比,一直稀释到二水样色差一样,此时污水的稀释倍数即为色度。

(3) 嗅和味

嗅和味属感官性指标,靠人体的感官测定,可定性反映水体中污染物的多少。天然水是无嗅无味的。当水体受到污染后会产生异味。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。不同盐分会给水带来不同的异味,如氯化钠带咸味、硫酸镁带苦味、铁盐带涩味、硫酸钙带甜味等。

(4) 固体物质

总固体(TS),指水中所有残渣的总和,包括溶解性固体(DS)和悬浮固体(SS)。溶解性固体指水样经过滤后,滤液蒸干所得的固体。悬浮固体指滤渣脱水烘干后所得的固体。

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℃ 的温度下灼烧,挥发掉的量即是挥发性固体,灼烧残渣则是固定性固体。