

水体污染处理 新技术及应用

SHUITI WURAN CHULI XINJISHU JI YINGYONG

何晓文 伍 斌 著

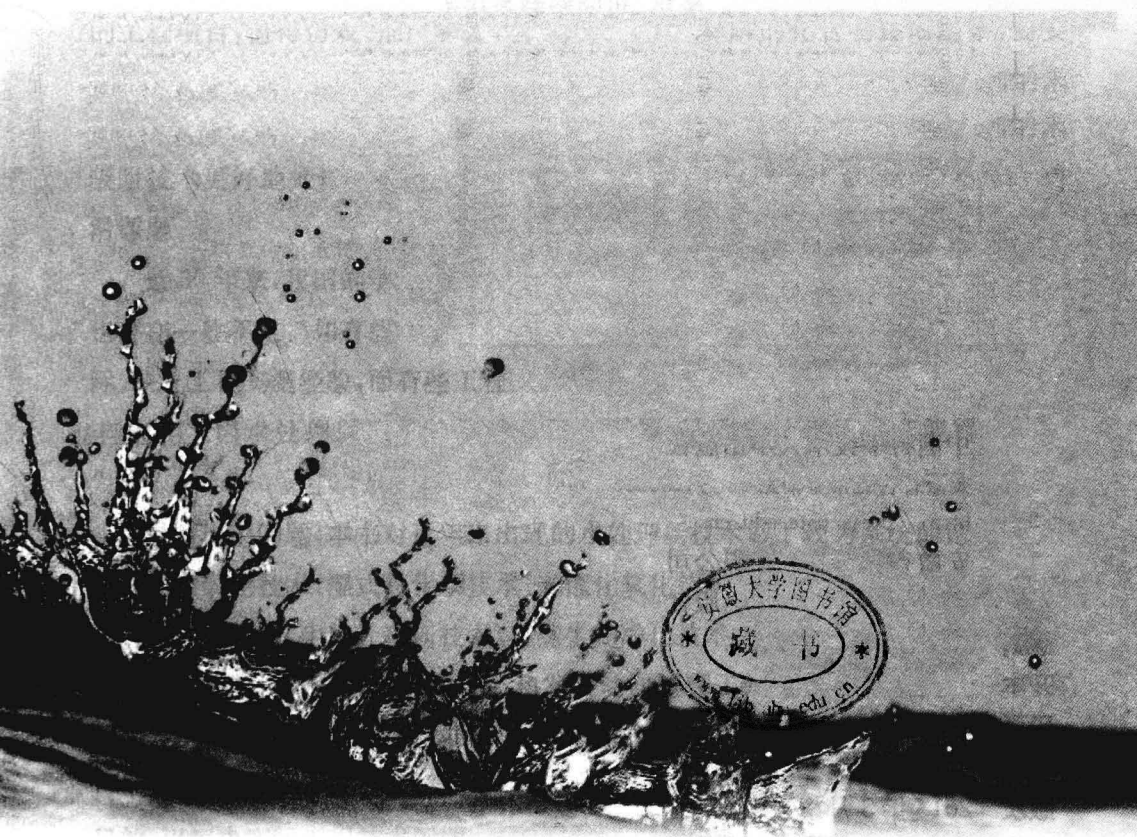


中国科学技术大学出版社

水体污染处理 新技术及应用

SHUITI WURAN CHULI XINJISHU JI YINGYONG

何晓文 伍 斌 著



中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书较系统地介绍了国内外多种水处理技术,包括高级氧化技术、纳米技术、膜技术以及高级氧化技术的联合应用。

本书综合了各种技术的前沿研究成果,资料丰富,对从事水处理技术研究、开发、设计的人员有较高参考价值,也可作为高等院校相关专业的教材或参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

水体污染处理新技术及应用/何晓文,伍斌著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2013.3

ISBN 978-7-312-03174-8

I. 水… II. ①何… ②伍… III. 水污染防治 IV. X52

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 003728 号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号,230026
<http://press.ustc.edu.cn>
印刷 安徽省瑞隆印务有限公司
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 710 mm×1000 mm 1/16
印张 17
字数 382 千
版次 2013 年 3 月第 1 版
印次 2013 年 3 月第 1 次印刷
定价 39.00 元

前 言

水资源是人类社会对自然环境不可缺少的需求之一。随着工业的迅猛发展和人类物质生活水平的提高,水量不足和水体污染使得水质问题更加突出,但现代生活与生产对水质的要求日益提高,这一矛盾促使水处理技术成为目前重要的前沿科技领域。

水污染防治技术的发展目的主要是获得尽可能洁净的水质,消耗尽可能少的资源和能源,并尽可能地采用适合地方条件的一些实用技术。水处理新技术、新设备陆续问世,很多新工艺、新流程已应用于生产实践,还出现了不少示范性的工程项目,值得仿效、推广和应用。水中难生物降解的化合物逐渐增多,需要用非生物降解的其他处理技术来去除,因此,采用高级氧化技术、膜技术和纳米吸附技术更好地处理这些污染物,也是当前国内外水处理领域的研究热点和前沿课题。

近30年来,我国的学者和工程技术人员在水处理方面取得了很多成果,同时也存在一些不足。如有些学者虽然在理论领域有研究,但很少接触水处理工程实际,缺乏工程实施经验,而有些工程技术人员从事实际水处理工程,工作经验比较丰富,但又因水处理理论基础和试验研究不足,导致水处理技术未能得到充分发展。

针对以上问题,本书对近年来出现的水处理新技术做了较为系统的论述,包括超临界水氧化技术、湿式氧化新技术、光催化氧化技术、膜处理技术、污水生物脱氮除磷新技术、污水生物处理新技术、自然生物净化技术、污染处理新技术等,且对这些新技术与新工艺的最新研究成果和发展动向也作了阐述。同时,选取了一些有代表性的技术应用问题进行探讨,既有一定的理论阐述、机理研究,又着重于实用技术、实用工艺与设备等内容的介绍,对其进行分析与探讨,达到理论联系实际的目的,以解决实际工程技术问题。

本书是淮南联合大学何晓文老师与伍斌老师在多年从事水处理技术研究及教

学和实践基础上完成的,同时参考了部分公开发表的研究成果以及一些博士生和硕士生的论文,已在书中一一指出,在此一并表示感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在某些不足甚至错误,恳请读者批评指正。

作者

2013年2月

目 录

前 言	(i)
第一章 总论	(1)
第一节 水资源与水循环	(1)
第二节 废水的来源与特征	(3)
第三节 水质标准	(8)
第四节 水处理方法概要	(11)
第二章 高级氧化技术及其在水处理中的应用	(16)
第一节 臭氧氧化	(16)
第二节 高铁氧化	(27)
第三节 Fenton 均相催化氧化	(33)
第四节 湿式氧化	(43)
第五节 超临界水氧化	(56)
第六节 光催化氧化	(71)
第七节 电催化氧化	(87)
第八节 光电催化氧化	(99)
第九节 超声空化氧化	(111)
第十节 微波氧化	(126)
第三章 纳米技术及其在水处理中的应用	(140)
第一节 概述	(140)
第二节 纳米微粒的基本理论及其物理化学特性	(141)
第三节 半导体纳米颗粒的光催化技术	(149)
第四节 纳米材料的磁性吸附技术	(163)
第五节 纳米材料的吸附与强化絮凝	(171)

第四章 膜技术及其在水处理中的应用	(179)
第一节 膜的基础知识	(179)
第二节 膜生物反应器	(195)
第三节 曝气式膜生物反应器和萃取式膜生物反应器	(200)
第四节 膜污染与膜清洗	(213)
第五章 高级氧化技术在水处理中的联合应用	(237)
第一节 催化臭氧化	(237)
第二节 臭氧/光催化氧化技术	(242)
第三节 超声/臭氧联用	(248)
第四节 超声/光催化联用	(251)
第五节 超声/电化学联用	(255)
第六节 微波强化光催化氧化技术	(260)

第一章 总 论

第一节 水资源与水循环

一、水资源

水是分布广泛而又十分重要的自然资源。它孕育和滋养了地球上的一切生物,并从各个方面为人类社会服务。水的用途大致有以下几方面:生活用水、工业用水、农业用水、渔业用水、交通运输用水等。在一般情况下,与人类生活和生产密切相关的前3种用水不能大规模取用海洋咸水,而只能取用淡水。

虽然地球表面的2/3被水覆盖,但淡水资源仅占其中的2.5%,人类可利用的淡水只占全球水总量的0.26%,而人类可以从江河湖泊中取用的淡水只占全球水总量的0.014%。根据联合国统计,自20世纪初以来,全球淡水消耗量的增长速率提高了2倍。

水资源指可供人们经常使用的水量,即大陆上由大气降水补给的各种地表、地下淡水体的储存量和动态水量。地表水包括河流、湖泊、冰川等,其动态水量为河流径流量,即地表水资源由地表水体的储存量和河流径流量组成。地下水的动态水量为降水渗入和地表水渗入补给的水量,即地下水资源由地下水的储存量和地下水的补给量组成。我国的水资源总量约为 $2.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$ (其中地下水8000亿 m^3),居世界第6位,但人均占有量约为2200 m^3 ,只有世界人均占有量的1/4,相当于美国的1/5、俄罗斯的1/7,排在世界第100位以后,故中国已被列入全球贫水国家的名单。水污染更加剧了水的危机,据估计,全世界每年排放的污水达4000亿~5000亿 m^3 ,占全球径流量的14%以上。有人认为,到2025年,全世界人口增至83亿时,如果不合理开发利用水资源,将有1/2的人口遭受中高度或高度缺水的压力和危机。

我国水资源空间分布很不均匀。长江流域以北的淮河、黄河、海滦河、辽河、黑龙江等5个流域水资源量合计仅占全国总量的14.4%,而人口却占全国总量的43.5%,所以这5个流域的人均水资源占有量只略高于900 m^3 。其中海滦河流域则更少,仅有400多立方米。因此,水资源对我国来说十分宝贵,保护水资源的一个不可忽视的方面就是防治水污染。

二、水循环

水循环是指自然界中的水通过蒸发、凝结、降水(雪)、渗透和径流等作用,无终止地往复循环的过程。

地球上水的储量是有限的,自然界中的水是不能新生的,只能通过大循环而再生。水圈是指地壳表面的液态水层,占地球外层 5 km 地壳的 50% 以上。水是地球上最丰富的化合物,大约是在 30 亿年前形成的。地球上这些水在不断地进行着循环,处于平衡状态。因此,江河奔流不息,地下水位相对稳定,海拔没有明显的变化。这样,就形成了水的无终止往复循环过程。水的循环分为自然循环和社会循环两种。

1. 自然循环

地球表面上的水在阳光照射下,通过江河、湖泊、海洋等地面水、表土水的蒸发,植物茎叶的蒸腾,形成水蒸气,进入大气,遇冷凝结,以雨、雪、雹等形式重返地面。返回地面的水,一部分渗入地下成为土壤水和地下水,再供植物蒸腾,或直接从地面蒸发;一部分流入江河、湖泊、海洋,再经这些水面蒸发或植物蒸腾等,无终止地往复循环。水的自然循环见图 1.1。

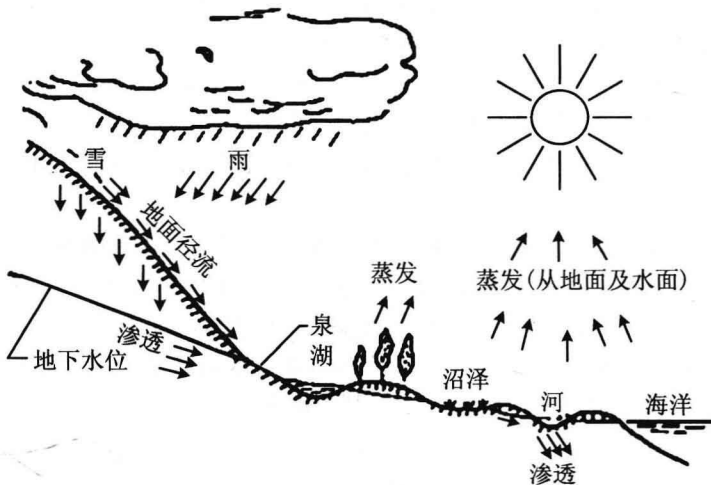


图 1.1 水的自然循环

自然界中的水在太阳照射和地心引力等的影响下不停地流动和转化,通过降水、径流、渗透和蒸发等方式循环不止,构成水的自然循环,形成各种不同的水源。

水在自然界循环中几乎每个环节都有杂质混入,从而使水质发生了变化。

2. 社会循环

人类为满足生活与生产需要,要从自然界获得大量的水。这些水经使用后就成为生活污水和生产废水,排入自然水体。这样,水在人类社会中也构成了一个局部的循环体系,即水的社会循环。

每人每天至少需要 5 L 水,加上卫生方面的需要,全部生活用水量日人均均为 40~50 L 以上。生活水准越高,用水量也越大。一般来说,发展中国家人均日用水量为 40~60 L,发达国家则达到 200~300 L。当然,用水量的大小与不同地区的气候条件及生活习惯有关。

工业更是用水大户。据统计,工业用水一般要占城市用水的 70%~80%,各种行业如发电、冶金、石油、化工、纺织、印染、造纸等都是用水大户。

农业则是另一用水大户。不少国家尽管工业用水量很大,但农业用水量仍大大超过工业用水量。即使发达国家如美国、日本,其农业用水量也为工业用水量的 2~3 倍。中国是一个农业大国,农业是主要的用水与耗水部门。据统计,长江流域每亩水稻田的需水量为 250~500 m³; 北方地区的主要农作物为小麦、玉米和棉花,其需水量分别为 200~300 m³/hm², 150~250 m³/hm², 80~150 m³/hm²。

第二节 废水的来源与特征

一、水的异常特征

1. 水的三态变化

水的冰点为 0℃,沸点为 100℃,在常温下为液体。在自然环境中,水也可以固体存在,并有相当部分成为蒸汽,从而可以实现水的自然循环,生产中也应用水的三态变化来转换能量。

2. 温度、体积效应

水在 3.98℃时密度最大,为 1.000 g/cm³。与一般物质不同,水在结冻时体积膨胀。由此特性,天然水体才能形成冬季冰盖,使水下生物得以生存。

3. 热容量最大

在所有液体和固体物质中,水具有最大的比热容,同时有很大的蒸发热和溶解热。这使天然水体可以调节气候温度,同时,工业生产中水也成为冷却其他物体或者储存及传送热量的优良载体。

4. 溶解及反应能力极强

水作为一种溶剂,是其他物质所不能与之相比的。水的溶解能力极强,而且由于介电常数很大,溶质离解的能力也极强。水中溶解的物质可以进行多种化学反应,而且水本身与许多金属氧化物、非金属氧化物以及活泼金属等都可产生化合作用,其生成物再进一步参加不同物质的各种反应。水有时还可作为一种催化剂,极微量的水有时会对化学反应的进行起重大作用。

5. 界面特性突出

在所有常温下的流体中,除汞以外,水具有最大的表面张力。水的各种界面特性

如润湿、吸附等都是很突出的,这在各种物理化学作用以及自然界机体生命活动中起着显著影响。

6. 有机物和生命物质中氢元素的来源

生物从水分解中取得氢元素,所花费的能量最少,因此生命与水是不可分开的。没有水及其异常特性,也就没有现在的自然环境和人类社会。

二、水中污染物来源

水体污染有两类:一类是自然污染,另一类是人为污染,而后者是主要的。自然污染主要是由自然因素所造成的,如特殊的地质条件使某些地区的某些或某种化学元素大量富集,天然植物在腐烂过程中产生某种毒素,以及降雨淋洗大气和地面后挟带各种物质流入水体,都会影响该地区的水质。人为污染是人类生活和生产活动中产生的废水对水体的污染,包括生活污水、工业废水、农业废水等。此外,污染气体及气溶胶的沉降,废渣和垃圾倾倒在岸水中或岸边,或堆积在土地上,经降雨淋洗流入水体,都能造成污染。

1. 生活污水

生活污水是指居民在日常生活中所产生的废水,主要有生活废料和人的排泄物,包括厨房洗涤、沐浴、洗衣以及冲厕所等产生的污水。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。污染物的浓度则与用水量有关。

生活污水的水质特征是水质较稳定,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占总质量的 0.1%~0.2%,其中溶解性固体占固体总量的 3/5~2/3,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 1/3~2/5,而其中有机成分几乎占 3/4 以上。此外,生活污水中还含有氮、磷等营养物质。表 1.1 所列的为城市生活污水的典型组成。

表 1.1 城市生活污水的典型组成

单位:mg/L

项目	无机物	有机物	总量	BOD ₅	项目	无机物	有机物	总量	BOD ₅
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	

2. 工业废水

工业废水是指工业生产所排放的废水。由于工业类型、生产工艺及用水水质、管理水平不同,各类工业废水的成分与性质千差万别。工业废水中除冷却水等较清洁的生产废水外,都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。这类工业废水必须经处理后方能排入水体或城市下水道系统。表 1.2 所列的为工业废水的主要来源。

表 1.2 工业废水的主要来源

废水种类	废水主要来源
重金属废水	采矿、冶炼、金属处理、电镀、电池、特种玻璃及化工等工业
放射性废水	铀、钍、镭矿的开采加工,核动力站运转,医院同位素试验室等
含铬废水	采矿、冶炼、电镀、制革、颜料、催化剂等工业
含氰废水	电镀、提取金银、选矿、煤气洗涤、焦化、金属清洗、有机玻璃生产等工业
含油废水	炼油、机械厂、选矿厂及食品厂等
含酚废水	焦化、炼油、化工、煤电、染料、木材防腐、塑料、合成树脂等工业
硝基苯类废水	染料工业、炸药生产等
有机废水	化工、酿造、食品、造纸等工业
含砷废水	制药、农药、化工、化肥、采矿、冶炼、涂料等工业
酸性废水	化工、矿山、金属酸洗、电镀、钢铁等工业
碱性废水	造纸、印染、化纤、制革、化工、炼油等工业

3. 农业废水

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)也会经各种途径带入水体中,造成水体的污染。

三、水质指标

水质是指水与水中杂质共同表现的综合特征。水中杂质具体衡量的尺度称为水质指标。水质指标可分为物理指标、化学指标和生物指标。水质指标是对水体进行监测、评价、利用以及污染治理的主要依据。污水水质指标有悬浮物(SS)、化学需氧量(COD)、生化需氧量(BOD)、总需氧量、总有机碳、有机氮、pH值、有毒物质、细菌总数、大肠菌数、溶解氧等。

1. 悬浮物

悬浮物指不能通过过滤器(滤纸或滤膜)的固体物质。污水中的固体物质包括悬浮固体和溶解固体两类。悬浮固体指悬浮于水中的固体物质。悬浮固体也称悬浮物或悬浮物,通常用SS表示。悬浮物透光性差,水质浑浊,影响水生生物的生长,大量的悬浮物还会造成河道阻塞。

2. 化学需氧量

化学需氧量是指在酸性条件下,用强氧化剂将有机物氧化为 CO_2 和 H_2O 所消耗

的氧量。氧化剂一般采用重铬酸钾。由于重铬酸钾氧化作用很强,所以能够较完全地氧化水中大部分有机物和无机性还原物质(但不包括硝化所需的氧量),此时化学需氧量用 COD_{Cr} 或 COD 表示。如采用高锰酸钾作为氧化剂,则写作 COD_{Mn} 。

与 BOD_5 相比, COD_{Cr} 能够在较短的时间内(规定为 2 h)较精确地测出废水中耗氧物质的含量,不受水质限制。缺点是不能表示可被微生物碱化的有机物量。此外,废水中的还原性无机物也能消耗部分氧,造成一定误差。

如果废水中各种成分相对稳定,那么 COD 与 BOD 之间应有一定的比例关系。一般来说, $\text{COD}_{\text{Cr}} > \text{BOD}_{20} \geq \text{BOD}_5 > \text{COD}_{\text{Mn}}$ 。其中 $\text{BOD}_5 / \text{COD}_{\text{Cr}}$ 比值可作为废水是否适宜生化法处理的一个衡量指标。比值越大,废水越容易被生化处理。一般认为 $\text{BOD}_5 / \text{COD}_{\text{Cr}}$ 大于 0.3 的废水才适宜采用生化处理方法。

3. 生化需氧量

所谓生化需氧量,是指在有氧的条件下由于微生物的作用,水中能分解的有机物质完全氧化分解时所消耗氧的量。它是以水样在一定的温度(如 20°C)下,在密闭容器中,保存一定时间后溶解氧所减少的量(mg/L)来表示的。当温度在 20°C 时,一般的有机物质需要 20 天左右时间能基本完成氧化分解过程,而要全部完成这一分解过程则需 100 天。但是,这么长的时间对于实际生产控制来说就失去了实用价值。因此,目前规定在 20°C 下,培养 5 天作为测定生化需氧量的标准。这时候测得的生化需氧量就称为 5 天生化需氧量,用 BOD_5 表示。

如果污水中的有机物的数量和组成相对稳定,则两者之间可能有一定的比例关系,可以互相推算求出。生活污水的 BOD 与 COD 的比值为 0.4~0.8。对于一定的污水而言,一般来说, $\text{COD}_{\text{Cr}} > \text{BOD}_{20} > \text{BOD}_5$ 。

4. 总需氧量

有机物中含 C, H, N, S 等元素。当有机物全部被氧化时,这些元素分别被氧化为 CO_2 , H_2O , NO_2 和 SO_2 , 此时的需氧量称为总需氧量(TOD)。

总需氧量的测定原理和过程是:向有氧的载气中注入一定数量的水样,并将其送入以铂钢为触媒的燃烧管中,在 900°C 的高温下燃烧,水样中的有机物因被燃烧而消耗了载气中的氧,剩余的氧用电极测定,并用自动记录器加以记录,从载气原有的氧量中减去水样燃烧后剩余的氧,即为总需氧量。

此指标的测定与 BOD 和 COD 的测定相比,更为快速简便,其结果也比 COD 更接近于理论需氧量。

5. 总有机碳

有机物都含有碳,用废水中的总含碳量可以表示有机物含量。总有机碳(TOC)的测定方法是:向氧含量已知的氧气流中注入定量的水样,并将其送入以铂为触媒的燃烧管中。在 900°C 高温下燃烧,用红外气体分析仪测定在燃烧过程中产生的 CO_2 量,再折算出其中的含碳量,就是总有机碳的值。为排除无机碳酸盐的干扰,应先将水样酸化,再通过压缩空气吹脱水中的碳酸盐。TOC 的测定时间仅需几分钟。

6. 有机氮

有机氮是反映水中蛋白质、氨基酸、尿素等含氮有机化合物总量的一个水质指标。

若使有机氮在有氧的条件下进行生物氧化,可将有机化合物逐步分解为 NH_3 , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- 等形态, NH_3 和 NH_4^+ 称为氨氮, NO_2^- 称为亚硝酸氮, NO_3^- 称为硝酸氮。这几种形态的含量均可作为水质指标,分别代表有机氮转化为无机物的各个不同阶段。

总氮(TN)则是一个包括从有机氮到硝酸氮等全部含氮量的水质指标。

7. 酸碱污染物

酸碱污染物主要来源于工业废水排放的酸碱以及酸雨。水质标准中,以 pH 值来反映其含量水平。

酸碱污染物使水体的 pH 值发生变化,抑制微生物生长,妨碍水体自净,使水质恶化、土壤酸化或盐碱化。各种生物都有自己的 pH 值适应范围,超过该范围,其生存就会受到影响。对渔业水体而言,pH 值不得低于 6 或高于 9.2,当 pH 值为 5.5 时,一些鱼类就不能生存,或生殖率下降。农业灌溉用水的 pH 值应为 5.5~8.5。此外,酸性废水也对金属和混凝土材料造成腐蚀。

8. 有毒物质

有毒物质是指在污水中达到一定的浓度后,能够危害人体健康、危害水体中的水生生物,或者影响污水的生物处理的物质。

由于这类物质的危害较大,因此,有毒物质含量是污水排放、水体监测和污水处理中的重要水质指标。有毒物质是人们所普遍关注的,可分为无机毒物和有机毒物。

9. 细菌总数

细菌总数是指 1 mL 水中所含各种细菌的总数,是反映水所受细菌污染程度的指标。

在水质分析中,是把一定量水接种于琼脂培养基中,在 37°C 条件下培养 24 h 后,数出生长的细菌菌落数,然后计算出每毫升水中所含的细菌数。

10. 大肠菌数

大肠菌数是指 1 L 水中所含大肠菌个数。大肠菌本身虽不是致病菌,但由于大肠菌在外部环境中的生存条件与肠道传染病的细菌、寄生虫卵相似,而且大肠菌的数量多,比较容易检验,所以把大肠菌数作为生物污染指标。比较常见的病原微生物有伤寒病毒、肝炎病毒、腺病毒等,同时也存在某些寄生虫。

11. 溶解氧

溶解氧是指溶解在水中的游离氧,用 DO 表示,单位用 mg/L 表示。

在水生物的生存中,溶解氧是不可缺少的,在自然净化中作用很大,是有机污染的重要指标。污水污染越严重,污水中溶解氧越少。

12. 色度

污水由于含有各种不同杂质,常显现出不同的颜色。

污水进入环境后,会对环境造成表观的污染。有色污水排入水体后,会减弱水体的透光性,影响水生生物的生长。

色度是一种通过感官来观察污水颜色深浅程度的指标,洁净水应是无色透明的,

若被污染了,水的色泽将加深。人们一般从污水的色度可以粗略地判断水质的好坏,如二类污水色度(稀释倍数)一级标准为 50~80,二级标准为 80~100。

13. 浊度

水中含有泥土、粉砂、微细有机物、无机物、浮游生物等悬浮物和胶体物都可以使水体变得浑浊而呈现一定浊度。在水质分析中规定,1 L 水中含有 1 mg SiO_2 所构成的浊度为一个标准浊度单位,简称 1 度。

第三节 水质标准

水质标准可分为两类:一类是根据水的不同用途而制定的水质标准,即针对不同的用途而建立相应的物理、化学和生物学的水质质量标准;另一类是为了保护环境、保护水体的正常用途,对排入水体的生活污水和工业废水水质提出一定的限制与要求,即污水排放标准。

一般排放标准有《工业“三废”排放试行标准》(GB 16297—1996)、《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)及《农业污泥中污染物控制标准》(GB 4284—1984)等。行业排放标准涉及各种行业,如《石油炼制工业水污染排放标准》(GB 3551—1983)、《制革工业水污染物排放标准》(GB 3549—1983)、《医院污水排放标准》(GB J48—1983)、《造纸工业水污染物排放标准》(GB 3544—1992)、《钢铁工业水污染物排放标准》(GB 13456—1992)、《纺织染整工业水污染物排放标准》(GB 4287—1992)、《肉类加工工业水污染物排放标准》(GB 13457—1992)及《合成氨工业水污染物排放标准》(GB 13458—1992)等。以上标准可作为规划、设计、管理与监测的依据。

以下重点介绍应用最广泛的《污水综合排放标准》。该标准根据废水污染物危害程度把污染物分为两类:第一类污染物能在环境或在动植物体内积蓄,对人类健康产生长远的影响。规定含此类污染物的污水必须在车间或车间处理设施排放口处取样分析,同时其含量必须符合表 1.3 的规定。第二类污染物的长远影响小于第一类,规定的取样地点为排污单位的排出口,其最高允许排放浓度要按地面水使用功能的要求和污水排放去向,分别执行表 1.4 中的一、二、三级标准。

表 1.3 第一类污染物最高允许排放质量浓度 单位:mg/L

污染物	最高允许排放质量浓度	污染物	最高允许排放质量浓度	污染物	最高允许排放质量浓度
总汞	0.05 ^①	总铬	1.5	总铅	1.0
烷基汞	检不出	铬(VI)	0.5	总镍	1.0
总镉	0.1	总砷	0.5	苯并[a]芘 ^②	0.000 03

注:① 烧碱行业(新建、扩建、改建企业)采用 0.05 mol/L。

② 为试行标准,二级、三级标准暂不考核。

表 1.4 第二类污染物最高允许排放质量浓度 单位:mg/L

标准分级	一级标准		二级标准		三级标准
	规模	新扩改	现有	新扩改	
pH 值		6~9	6~9	6~9	6~9 ^①
色度(稀释倍数)		50	80	80	100
悬浮物		70	100	200	250 ^②
生物需氧量(BOD ₅)		30	60	60	80
化学需氧量(COD _{Cr})		100	150	150	200
石油类		10	15	10	20
动植物油		20	30	20	40
挥发酚		0.5	1.0	0.5	1.0
氰化物		0.5	0.5	0.5	0.5
硫化物		1.0	1.0	1.0	2.0
氨氮		15	25	25	40
氟化物		10	15	10	15
				20 ^④	30 ^⑤
磷酸盐(以 P 计)		0.5	1.0	1.0	2.0
甲醛		1.0	2.0	2.0	3.0
苯胺类		1.0	2.0	2.0	3.0
硝基苯类		2.0	3.0	3.0	5.0
阴离子合成洗涤剂(LAS)		5.0	10	10	15
铜		0.5	0.5	1.0	1.0
锌		2.0	2.0	4.0	5.0
锰		2.0	5.0	2.0 ^⑥	5.0 ^⑥

注:① 现有火电厂和黏胶纤维工业,二级标准 pH 值放宽至 9.5。

② 磷肥工业悬浮物放宽至 300 mg/L。

③ 对排入带有二级污水处理厂的城镇污水管网的造纸、皮革、食品、洗毛、酿造、发酵生物制药、肉类加工、纤维板等工业废水,BOD₅可放宽至 600 mg/L,COD_{Cr}可放宽至 1 000 mg/L。具体限度还可以与市政部门协商。

④ 为低氟地区(系指水体含氟量<0.5 mg/L)容许排放浓度。

⑤ 为排入蓄水性河流和封闭性水域的控制指标。

⑥ 合成脂肪酸工业标准新扩改为 5 mg/L,现有企业为 7.5 mg/L。

表 1.5 为世界卫生组织及某些国家部分水质标准比较。

项目	WHO(世界卫生组织) 规定		日本		美国	中国	
	标准	最大允许	排放	环境	饮用	饮用	地面
铝	0.1		1.0	0.1	0.05		0.1
镉	0.01		0.1	0.001	0.01	0.01	0.001
汞	0.001		0.02	0.02	0.005	0.001	0.000 5
铜	0.05	1.5	3.0	1.0	1.0	1.0	0.01
砷	0.05	0.2	0.5	0.05	0.05	0.02	0.05
铬(VI)	检不出	0.05	0.5	0.05	0.05		0.01
氰化物	检不出	0.01	1.0	检不出	0.01	0.01	0.005
甲基汞			检不出 (0.001)	检不出 (0.001)			
PAH	0.000 2						0.002 5
pH 值	7.0~8.5	6.2~9.2	6.8~8.6		7.0~10.0	6.5~9.0	6.5~8.5

上面提到的排放标准都是质量浓度标准。这类标准存在明显的缺陷:不论废水接纳水体的大小和状况,不论污染源的大小,都采用同一个标准。因此,即使满足排放标准,如果排放总量大大超过接纳水体的环境容量,也会对水体造成不可逆的严重后果。此外,质量浓度标准也无法防止某些工厂用清水稀释来降低排放质量浓度以满足排放标准的现象。

针对这一状况,近年来总量控制标准受到了重视,该标准根据一定范围内的水体环境容量和自净能力,计算出允许排入该水域的污染物总量,然后再按照一定的原则,将这些允许的排污总量合理地分配给区内各污染源。

按照适用范围的大小,总量控制可分几个层次:规定一个工厂(或企业)每个排放口的排污总量;规定一个范围内(包括若干工厂)的排放总量,由各厂协商分配,只要各厂总量不超过该范围所允许的排放总量即可;一条河流的流域往往在地理上与若干城市有关,可以规定流经某城市的河段所允许的排污总量。

总量控制可以避免质量浓度标准的缺点,但要实行总量控制先需要做很多基础工作,如污染源调查、环境质量评价、水体自净规律和污染物迁移转化规律的研究、污染治理边际费用研究等。在没有这些条件以前,总量控制难以实施或奏效。