



高等职业教育
化工类课程规划教材

水污染控制技术

GAODENG ZHIYE JIAOYU
HUAGONGLEI KECHENG GUIHUA JIAOCAI

新世纪高等职业教育教材编审委员会组编

主编 张素青 赵志宽

大连理工大学出版社



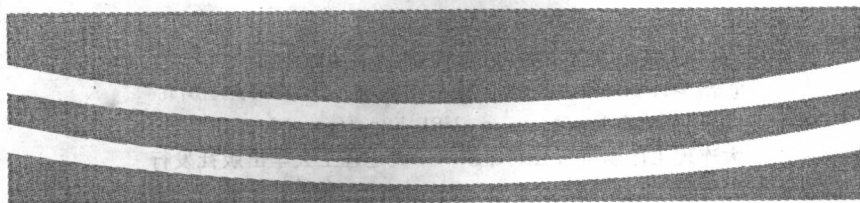
新世纪

高等职业教育化工类课程规划教材

水污染控制技术

新世纪高等职业教育教材编审委员会组编

主 编 张素青 赵志宽 副主编 王 波 张克军 郑轶荣



SHUIWURAN KONGZHI JISHU

大连理工大学出版社

DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

© 大连理工大学出版社 2006

图书在版编目(CIP)数据

水污染控制技术 / 张素青, 赵志宽主编. —大连: 大连理工大学出版社, 2006. 3
高等职业教育化工类课程规划教材
ISBN 7-5611-3139-9

I. 水… II. ①张… ②赵… III. 水污染—污染控制—高等学校—教材
IV. X52

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 017175 号

大连理工大学出版社出版

地址: 大连市软件园路 80 号 邮政编码: 116023

电话: 0411-84708842 邮购: 0411-84703636 传真: 0411-84701466

E-mail: dutp@dutp.cn URL: <http://www.dutp.cn>

大连理工印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸: 185mm×260mm 印张: 15.5 字数: 344 千字

印数: 1~4 000

2006 年 3 月第 1 版

2006 年 3 月第 1 次印刷

责任编辑: 雷春雨 白璐

责任校对: 徐冰

封面设计: 波朗

定 价: 24.00 元

新世纪高等职业教育教材编委会教材建设 指导委员会

主任委员：

曹勇安 黑龙江东亚学团董事长 齐齐哈尔职业学院院长 教授

副主任委员(以姓氏笔画为序)：

马必学	武汉职业技术学院院长	教授
王大任	辽阳职业技术学院院长	教授
冯伟国	上海商业职业技术学院副院长	教授 博士
刘兰明	邯郸职业技术学院副院长	教授 博士
刘长声	天津对外经济贸易职业学院副院长	副教授
李竹林	河北建材职业技术学院院长	教授
李长禄	黑龙江工商职业技术学院副院长	副研究员
陈 礼	广东顺德职业技术学院副院长	教授
金长义	广西工业职业技术学院院长	副教授
赵居礼	陕西工业职业技术学院副院长	副教授
徐晓平	盘锦职业技术学院院长	教授
高树德	吉林交通职业技术学院副院长	教授
戴裕崑	天津轻工业职业技术学院副院长	副研究员 博士

秘书长：

杨建才 沈阳师范大学职业技术学院院长

副秘书长(以姓氏笔画为序)：

张和平 江汉大学高等职业技术学院院长
张化疆 黑龙江生态工程职业学院副院长
周 强 齐齐哈尔大学应用技术学院院长

秘书组成员(以姓氏笔画为序)：

卜 军 上海商业职业技术学院
王澄宇 大庆职业学院
粟景妆 广西国际商务职业技术学院
鲁 捷 沈阳师范大学职业技术学院
谢振江 黑龙江省司法警官职业学院

会员单位：(略)

总 序

我们已经进入了一个新的充满机遇与挑战的时代，我们已经跨入了 21 世纪的门槛。

20 世纪与 21 世纪之交的中国，高等教育体制正经历着一场缓慢而深刻的革命，我们正在对传统的普通高等教育的培养目标与社会发展的现实需要不相适应的现状作历史性的反思与变革的尝试。

20 世纪最后的几年里，高等职业教育的迅速崛起，是影响高等教育体制变革的一件大事。在短短的几年时间里，普通中专教育、普通高专教育全面转轨，以高等职业教育为主导的各种形式的培养应用型人才的教育发展到与普通高等教育等量齐观的地步，其来势之迅猛，发人深思。

无论是正在缓慢变革着的普通高等教育，还是迅速推进着的培养应用型人才的高等职业教育，都向我们提出了一个同样的严肃问题：中国的高等教育为谁服务，是为教育发展自身，还是为包括教育在内的大千社会？答案肯定而且惟一，那就是教育也置身其中的现实社会。

由此又引发出高等教育的目的问题。既然教育必须服务于社会，它就必须按照不同领域的社会需要来完成自己的教育过程。换言之，教育资源必须按照社会划分的各个专业（行业）领域（岗位群）的需要实施配置，这就是我们长期以来明乎其理而疏于力行的学以致用问题，这就是我们长期以来未能给予足够关注的教育目的问题。

如所周知，整个社会由其发展所需要的不同部门构成，包括公共管理部门如国家机构、基础建设部门如教育研究机构和各种实业部门如工业部门、商业部门，等等。每一个部门又可作更为具体的划分，直至同它所需要的各种专门人才相对应。教育如果不能按照实际需要完成各种专门人才培养的目标，就不能很好地完成社会分工所赋予它的使命，而教育作为社会分工的一种独立存在就应受到质疑（在市场经济条件下尤其如此）。可以断言，按照社会的各种不同需要培养各种直接有用人才，是教育体制变革的终极目的。



新世纪

随着教育体制变革的进一步深入,高等院校的设置是否会同社会对人才类型的不同需要一一对应,我们姑且不论。但高等教育走应用型人才培养的道路和走理论型(也是一种特殊应用)人才培养的道路,学生们根据自己的偏好各取所需,始终是一个理性运行的社会状态下高等教育正常发展的途径。

高等职业教育的崛起,既是高等教育体制变革的结果,也是高等教育体制变革的一个阶段性表征。它的进一步发展,必将极大地推进中国教育体制变革的进程。作为一种应用型人才培养的教育,高等职业教育从专科层次起步,进而高职本科教育、高职硕士教育、高职博士教育……当应用型人才培养的渠道贯通之时,也许就是我们迎接中国教育体制变革的成功之日。从这一意义上说,高等职业教育的崛起,正是在为必然会取得最后成功的教育体制变革奠基。

高职教育还刚刚开始自己发展道路的探索过程,它要全面达到应用型人才培养的正常理性发展状态,直至可以和现存的(同时也正处在变革分化过程中的)理论型人才培养的教育并驾齐驱,还需假以时日;还需要政府教育主管部门的大力推进,需要人才需求市场的进一步完善发育,尤其需要高职教学单位及其直接相关部门肯于做长期的坚忍不拔的努力。新世纪高等职业教育教材编审委员会就是由全国100余所高职院校和出版单位组成的旨在以推动高职教材建设来推进高等职业教育这一变革过程的联盟共同体。

在宏观层面上,这个联盟始终会以推动高职教材的特色建设为己任,始终会从高职教学单位实际教学需要出发,以其对高职教育发展的前瞻性的总体把握,以其纵览全国高职教材市场需求的广阔视野,以其创新的理念与创新的组织形式,通过不断深化的教材建设过程,总结高职教学成果,探索高职教材建设规律。

在微观层面上,我们将充分依托众多高职院校联盟的互补优势和丰裕的人才资源优势,从每一个专业领域、每一种教材入手,突破传统的片面追求理论体系严整性的意识限制,努力凸现高职教育职业能力培养的本质特征,在不断构建特色教材建设体系的过程中,逐步形成自己的品牌优势。

新世纪高等职业教育教材编审委员会在推进高职教材建设事业的过程中,始终得到了各级教育主管部门以及各相关院校相关部门的热忱支持和积极参与,对此我们谨致深深谢意;也希望一切关注、参与高职教育发展的同道朋友,在共同推动高职教育发展、进而推动高等教育体制变革的进程中,和我们携手并肩,共同担负起这一具有开拓性挑战意义的历史重任。

新世纪高等职业教育教材编审委员会

2001年8月18日

前 言

《水污染控制技术》是新世纪高等职业教育教材编审委员会组编的化工类课程规划教材之一。本教材在编写过程中,充分考虑了高职教育对教材的要求,着重突出了以下特点:

1. 以学生为本,注重对专业素质和能力的培养。在介绍“必需”的基础理论和专业知识的基础上,注重实际操作技能的培养,注意吸收国内外污水处理的新理论、新技术,列举了国内外典型的应用实例,并配有实验、实训及各种实习。

2. 在保证专业教学内容科学合理的基础上,结合社会对环境类职业的要求,突出技术传授和能力培养。重点介绍了各种水污染控制技术在实际中的应用及在应用中常出现的问题和解决方法。

3. 注重学生可持续学习能力的培养,编写时给出了必要的知识链接。在编写过程中,每章前均写明了知识要求和技能要求;在编写基本知识时,以基本原理、工艺流程、设备与构筑物、最新动态等为主线顺次展开;在编写基本技能时,以处理单元及设备(构筑物)、操作要求与控制参数、运行中常见的问题和解决方法、国内外典型实例等为主线顺次展开;每章后附典型实训科目及习题,习题本身的设计也更侧重学生应用能力的培养。

本教材共八章,包括总论、水污染控制的物理法、水污染控制的化学法、水污染控制的物理化学法、水污染控制的生化法、污泥处理、循环冷却水的处理、污水处理厂设计与运行管理。

本教材由河北工业职业技术学院张素青、黑龙江工商职业技术学院赵志宽任主编,辽宁工业大学职业技术学院王波、大庆职业学院张克军、河北工业职业技术学院郑轶荣任副主编,河北工业职业技术学院马东祝参与了本教材的编写。具体分工如下:第1章、第2章由王波编写,郑轶荣



6 / 水污染控制技术 □

也参与了部分内容的编写;第3章、第7章由张克军和张素青编写;第4章、第8章由赵志宽编写;第5章、第6章由张素青编写;全书由张素青统稿。此外,马东祝参与了部分章节的编写工作。齐齐哈尔大学应用技术学院刘勇智老师审阅了全部书稿并提出了很多宝贵的意见。

尽管我们在探索本教材特色建设的突破方面作了许多努力,但由于编写时间仓促以及编者水平有限,难免存在错误和不当之处,恳请各相关高职院校在使用本教材的过程中给予关注,并将改进意见及时反馈给我们,以便在下次修订时完善。

所有意见和建议请发往:gzjckfb@163.com

联系电话:0411-84706104

编 者

2006年3月

目 录

第 1 章 总论	1
1.1 我国水资源现状	1
1.2 污水的来源、水污染的途径及危害.....	4
1.3 水体中主要污染物质及水质指标	4
1.4 水污染控制的基本原则与方法	9
第 2 章 水污染控制的物理法	12
2.1 格栅与筛网.....	12
2.2 调节.....	18
2.3 沉淀法.....	21
2.4 隔油与气浮.....	40
2.5 过滤法.....	46
2.6 离心分离.....	54
2.7 磁分离.....	55
技能训练 沉淀试验	56
第 3 章 水污染控制的化学法	58
3.1 中和法.....	58
3.2 混凝.....	64
3.3 化学氧化还原.....	74
技能训练 混凝实验	82
第 4 章 水污染控制的物理化学法	85
4.1 吸附法.....	85
技能训练 4-1 活性炭吸附实验	97
4.2 离子交换法.....	99
技能训练 4-2 钠离子树脂软化设备运行操作训练	119
4.3 膜分离法	119
4.4 吹脱	126
第 5 章 水污染控制的生化法	131
5.1 水处理中的微生物基础知识	131
5.2 活性污泥法	140
5.3 生物膜法	168
5.4 厌氧生物处理	180

8 / 水污染控制技术 □

5.5 污水的自然生物处理	190
技能训练 5-1 曝气池混合液耗氧速率测定	193
技能训练 5-2 活性污泥污泥负荷与污水 BOD ₅ 去除率的关系	194
第 6 章 污泥处理	196
6.1 概述	196
6.2 污泥浓缩	198
6.3 污泥脱水	199
6.4 污泥的处置与综合利用	202
技能训练 污泥过滤脱水——污泥比阻的测定实验	203
第 7 章 循环冷却水的处理	206
7.1 循环冷却水系统	206
7.2 循环冷却水系统中的沉积物及其控制	210
7.3 循环冷却水系统中金属的腐蚀及控制	214
7.4 循环冷却水系统中微生物的危害及控制	218
第 8 章 污水处理厂设计与运行管理	222
8.1 设计程序	222
8.2 流程选择	224
8.3 污水处理厂建筑物设计原则	227
8.4 构筑物的结构要求及运行	230
8.5 污水处理厂的运行管理	231
8.6 污水处理厂实例	235
技能训练 8-1 水处理设备厂现场实训教学	236
技能训练 8-2 污水处理厂现场参观学习	236
参考文献	238

第 1 章

总 论

知 识 要 求

掌握水资源、水的性质、污水、水体的污染、污水的指标和性质等基本概念与污水处理技术常用的方法。

水是自然界里最普遍存在的物质之一,人类视水为生命的源泉、经济的命脉、宝贵的资源。水对于人类来说是一种片刻也不能离开、不可缺少的重要物质,水是人类环境的一个重要组成部分。因此,保护水资源、防治水污染是全人类神圣而又不容辞的责任,对于水资源紧张的中国来讲更应重视和珍惜水资源。

1.1 我国水资源现状

有些人认为:天上降水,地下储水,水是取之不尽,用之不竭的,谈不上宝贵。实际上,纵观全球,水资源危机已经出现,加上水污染越来越严重,水资源短缺已成为令人十分担忧的问题。

1.1.1 水资源及其特性

1. 水资源

地球上的海洋、河流、冰川融化水、地下水、湖泊、大气含水、土壤水和生物水在地球周围形成了一个紧密联系、相互作用、不断交换的水圈。水圈就是地球表面不连续的水壳。

水资源包括地表水和地下水,地球上约有 $1.4 \times 10^{15} \text{ m}^3$ 的水,绝大部分为海洋水。水资源中的 97.2% 是人类不能直接使用的咸水,淡水只有 2.8%。即使在 2.8% 的淡水中,因为绝大部分是地球南北两极和高山的冰雪、冰川,人类能够直接利用的水资源实际上只有 0.5%~0.8%。地球上水的分配比例如图 1-1 所示。

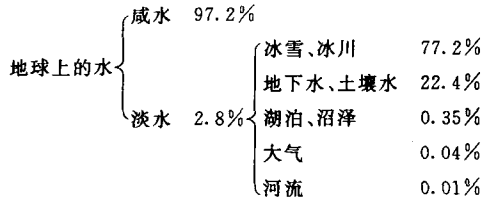


图 1-1 地球上水的分配比例

因此,水资源并不是取之不尽,用之不竭的,而是数量有限的。加之水资源地域分布不均匀,有些地区水资源相当匮乏。按照国际通行标准,淡水消费量占本国淡水总量的20%~40%,即视为中高度缺水国家;淡水消费量超过本国淡水总量的40%,视为高度缺水国家。据统计,全世界有100多个国家和地区缺水,严重缺水的国家和地区有43个,占全球陆地面积的60%。

水资源是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、地下淡水的储存量和动态水量。

地表水包括河流、湖泊和冰川等,其动态水量为河流径流量,因此,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,因此,地下水资源由地下水的储存量和地下水的补给量组成。

2. 水的特性

(1) 水的三态变化

水的冰点为0℃,沸点为100℃,在常温下为液体。在自然环境中水也能够以固体存在,并有相当部分成为蒸汽,从而可以实现水的自然循环,生产中也经常利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,水在结冰时体积膨胀。正因为如此,天然水体表面才能形成冬季冰盖,水下生物才得以生存。

(3) 蒸发热大、比热容高

在所有液体中,水的蒸发热最大,是比热容最高的物质之一。这意味着蒸发一点点水就需要大量的热能,或者说用给定的热量加热一定质量的水时,其温度升高较少。水的这种特性使太阳照射到地球上的热能在全世界得以分散,大量的太阳能以热的形式贮存在被蒸发的海水中,然后转移到较冷的陆地上空,凝结成降水而释放热量,起到均衡地球上各地气温的作用,同时防止了气温的大幅度变动,从而保护了生命机体免受气温突变的伤害。水的蒸发热大,还有利于生物维持体温,仅需蒸发少量水分即可满足散热要求。水的比热容高还有利于热电站和工业过程排热。

(4) 溶解及反应能力极强

水作为一种溶剂,其溶解能力极强,是其他物质都不能与之相比的。而且由于水的介电常数很大,使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学作用,其生成物再进

一步参与不同物质的各种反应。水有时还可作为一种催化剂,极微量的水有时也会对化学反应的进行起重大作用。

水能溶解多种物质,是很好的溶剂,因此营养物质才能随水在动植物体内输送。水也可作为清洗剂使用。但是,也正因为这种性质,水极易被污染,并且会使污染在一定区域内扩大。

(5)界面特性突出

在所有常温下的液体中,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,这对各种物理化学作用以及自然界机体生命活动都有着显著影响。

(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消耗的能量最少,因此,生命与水是不可分开的。没有水及其特性也就没有现在的自然环境和人类社会。

1.1.2 水资源的循环

水资源的循环是指自然界中的水通过蒸发、凝结、降水(雪)、渗透和径流等作用而无终止地往复循环过程。

1. 自然循环

地球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,再经过这些水面蒸发或植物蒸腾等,无终止地往复循环。

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,形成不同的水源。

水在自然循环中几乎在每个环节都有杂质混入,使水质发生了变化。

2. 社会循环

人类为了生存,从自然环境中大量取用天然水体中的水,作为维持生命活动的物质基础,又不断地通过新陈代谢把代谢产物排泄到自然环境中,如此周而复始。水在人类社会中构成的局部循环体系,被称为社会循环。

1.1.3 我国的水资源

我国淡水资源总量为 $2.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占全球水资源的6%,仅次于巴西、俄罗斯和加拿大,居世界第四位,但人均只有 2200 m^3 ,仅为世界平均水平的1/4、美国的1/5,在世界上名列第121位,是全球13个人均水资源最贫乏的国家之一。目前我国600多个城市中,有400多个城市缺水,其中100多个城市严重缺水。北京、天津等大城市目前的供水状况尤其严峻。

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 $4 \times 10^{11} \sim 5 \times 10^{11} \text{ m}^3$,占全球径流量的14%以上。

我国的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、辽河与黑龙江五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

4 / 水污染控制技术 □

这五个流域的人均水资源占有量只是略高于 900 m^3 。其中海滦河流域更少,仅有 400 m^3 。因此,水资源对我国来说是十分宝贵的。保护水资源的一个不可忽视的方面就是防治水污染。

1.2 污水的来源、水污染的途径及危害

污水的性质及危害取决于污水的来源。在实际生活中,污水一般来源于生活污水、工业废水和降水。

1. 生活污水

生活污水是由家庭、学校、机关等排放的污水,如厨房污水、粪便污水、洗涤污水等的总称(也叫城市下水)。

生活污水中,有机物约占 70%、无机物约占 30%,同时含有大量的病菌和细菌,具有消耗环境氧量与传播疾病的危害,生活污水一般夏季量多,冬季量少。

2. 工业废水

工业废水是指工业生产中排放出来的水。工业废水成分复杂,涉及面广,影响因素多,性质各异。工业废水的性质及危害人类的程度主要取决于工业类别、原料品种、工艺过程等诸多因素。

3. 降水

降水包括降雨和降雪。降水时,雨雪大面积地冲刷地面,将地面上的各种污染物淋洗后进入水道或水体,造成河流、湖泊等水源的污染。

降水对接纳水体的污染很大,其中固体悬浮物、有机物、重金属和污泥直接污染地面水源。

1.3 水体中主要污染物质及水质指标

1.3.1 水体中主要污染物质

水体中主要污染物质的种类大致可作如下划分:固体污染物、需氧污染物、营养性污染物、酸碱污染物、有毒污染物、油类污染物、生物污染物、感官性污染物和热污染等。

1. 固体污染物

固体污染物的存在不但使水质浑浊,而且使管道及设备堵塞、磨损,干扰废水处理及回收设备的工作。

固体污染物在水中以三种状态存在:溶解态(直径小于 1 nm)、胶体态(直径介于 $1 \sim 100 \text{ nm}$)和悬浮态(直径大于 100 nm)。由于大多数废水中都有悬浮物,因此去除悬浮物是废水处理的一项基本任务。

固体污染物常用悬浮物和浊度两个指标来表示。

2. 需氧污染物

废水中通过生物化学作用而消耗水中溶解氧的物质,统称为需氧污染物。

绝大多数的需氧污染物是有机物,无机物主要有 Fe^{2+} 、 S^{2-} 、 CN^- 等。因而在一般情况下,需氧污染物即指有机污染物。

由于有机污染物的种类非常多,现有的分析技术难以将其区分与定量,所以,在工程实际中,采用以下几个综合水质污染指标来描述。主要有化学需氧量(COD)、生化需氧量(BOD)、总需氧量(TOD)和总有机碳(TOC)等。

3. 营养性污染物

废水中所含的 N 和 P 是植物和微生物的主要营养物质。当废水排入接纳水体,使水中 N 和 P 的浓度分别超过 0.2 mg/L 和 0.02 mg/L 时,就会引起接纳水体的富营养化,促进各种水生生物(主要是藻类)的活性,刺激它们的异常增殖,这样会造成一系列的危害。

(1)藻类占据的空间越来越大,使鱼类活动空间越来越小,衰死藻类将沉积水底,增加水体有机物含量。

(2)藻类种类逐渐减少,从以硅藻和绿藻为主转为以迅速繁殖的蓝藻为主,蓝藻不是鱼类的良好饲料,并且有些还会产生毒素。

(3)藻类过度生长,将造成水中溶解氧的急剧减少,使水体处于严重缺氧状态,造成鱼类死亡,水体腐败发臭。

N 的主要来源是氮肥厂、洗毛厂、制革厂、造纸厂、印染厂、食品厂和饲养厂等。P 的主要来源是磷肥厂和含磷洗涤剂等。生活污水经普通生化法处理,也会转化出无机 N 和 P。此外 BOD、温度、维生素类物质也能促进和触发营养性污染。

4. 酸碱污染物

酸碱污染物主要是由工业废水排放的酸碱以及酸雨带来的。水质标准中以 pH 来反映其含量水平。

酸碱污染物使水体的 pH 发生变化,破坏自然缓冲作用,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 适应范围,超过该范围,就会影响其生存。对渔业水体而言,pH 不得低于 6 或高于 9.2,当 pH 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 应为 5.5~8.5。此外酸性废水也会对金属和混凝土材料造成腐蚀。

5. 有毒污染物

废水中能对生物引起毒性反应的化学物质,称为有毒污染物(以下简称毒物)。工业上使用的有毒化学物质已经超过 12 000 种,而且每年以 500 种的速度递增。

毒物是重要的水质指标,各类水质标准对主要的毒物都规定了极值。

废水中的毒物可分为三大类:无机化学毒物、有机化学毒物和放射性物质。

(1)无机化学毒物

无机化学毒物包括金属毒物和非金属毒物两类。

金属毒物主要为汞、铬、镉、铅、锌、镍、铜、钴、锰、钛、钒、钼和铋等。汞进入人体后被转化为甲基汞,在脑组织内积累,会破坏神经功能,无法用药物治疗,严重时能造成死亡。镉中毒时会引起全身疼痛、腰关节受损、骨节变形,有时还会引起心血管疾病。

金属毒物具有以下特点:

①不能被微生物降解,只能在各种形态间相互转化、分散。如无机汞能在微生物作用下,转化为毒性更大的甲基汞。

6 / 水污染控制技术 □

②毒性以离子态存在时最严重,金属离子在水中容易被带负电荷的胶体吸附,吸附金属离子的胶体可随水流迁移,但大多数会迅速沉降,因此重金属一般都富集在排污口下游一定范围内的底泥中。

③能被生物富集于体内,既危害生物,又通过食物链危害人体。如淡水鱼能将汞富集 1 000 倍、将镉富集 300 倍、将铬富集 200 倍等。

④重金属进入人体后,能够和生理高分子物质,如蛋白质和酶等发生作用,而使这些生理高分子物质失去活性;也可能在人体的某些器官中积累,造成慢性中毒,其危害有时需 10~20 年才能显露出来。

重要的非金属毒物有砷、硒、氟、氟、硫和亚硝酸盐等。砷中毒时能引起中枢神经紊乱,诱发皮肤癌等。亚硝酸盐在人体内还能与仲胺生成具有强烈致癌作用的亚硝胺。

必须指出的是许多毒物元素,往往是生物体所必需的微量元素,只是在超过一定限值时才会致毒。

(2)有机化学毒物

这类毒物大多是人工合成有机物,难以被微生物降解,并且大多是较强的三致物质(致癌、致突变、致畸),毒性很大。主要有:农药(DDT、有机氯、有机磷等)、酚类化合物、聚氯联苯、稠环芳烃(如苯并芘)和芳香族氨基化合物等。以有机氯农药为例,首先其具有很强的化学稳定性,在自然环境中的半衰期为十几年到几十年,其次它们都可能通过食物链在人体内富集,危害人体健康。如 DDT 能蓄积于鱼脂中,浓度可比水体中高 12 500 倍。

(3)放射性物质

放射性是指原子核衰变而释放射线的物质属性。放射性物质主要包括 X 射线、 α 射线、 β 射线及质子束等。废水中的放射性物质主要来自铀、镭等放射性金属的生产和使用过程,如核实验、核燃料再处理、原料冶炼厂等。其浓度一般较低,主要引起慢性辐射和后期效应,如诱发癌症、对孕妇和婴儿产生损伤、引起遗传性伤害等。

6. 油类污染物

油类污染物包括石油类和动植物油两项。油类污染物能在水面上形成油膜,隔绝大气与水面,破坏水体的富氧条件。它还能附着于土壤颗粒表面和动植物体表,影响养分的吸收和废物的排出。当水中含油 0.01~0.1 mg/L 时,就会对鱼类和水生生物产生影响。当水中含油 0.3~0.5 mg/L 时,水体就会产生石油气味,不适于饮用。

7. 生物污染物

生物污染物主要是指废水中的致病性微生物,它包括致病细菌、病虫卵和病毒。未污染的天然水中细菌含量很低,当城市污水、垃圾淋溶水、医院污水等排入后将带入各种病原微生物。如生活污水中可能含有能引起肝炎、伤寒、霍乱、痢疾、脑炎的病毒和细菌以及蛔虫卵和钩虫卵等。生物污染物的特点是数量大、分布广、存活时间长、繁殖速度快,必须予以高度重视。

8. 感官性污染物

废水中能引起异色、浑浊、泡沫、恶臭等现象的物质,虽无严重危害,但能引起人们感官上的极度不快,被称为感官性污染物。对于供游览和文体活动的水体而言,感官性污染物的危害则较大。

异色、浑浊的废水主要来源于印染厂、纺织厂、造纸厂、焦化厂和煤气厂等。恶臭废水主要来源于炼油厂、石化厂、橡胶厂、制药厂、屠宰厂和皮革厂等。当废水中含有表面活性物质时,在流动和曝气过程中将产生泡沫,如造纸废水、纺织废水等。

9. 热污染

废水温度过高而引起的危害,叫做热污染,热污染的主要危害有以下几点:

(1)由于水温升高,使水体中溶解氧的浓度降低,相应的含氧量随之减少,故大气中的氧向水体传递的速率也减慢;另一方面,水温升高会导致生物耗氧速度加快,促使水体中溶解氧更快被耗尽,导致水质迅速恶化,造成鱼类和水生生物因缺氧而死亡。

(2)由于水温升高,加速藻类繁殖,从而加快水体富营养化进程。

(3)由于水温升高,导致水体中的化学反应加快,使水体的物理化学性质如离子浓度、电导率、腐蚀性等发生变化,可能对管道和容器造成腐蚀。

(4)由于水温升高,加速细菌生长繁殖,增加后续水处理的费用。如取该水体作为给水水源,则需要增加混凝剂和氯的投加量,使水中的有机氯化物含量增加。

1.3.2 水质指标

为了表征废水水质,规定了许多水质指标。

水质是指水与水中杂质共同表现的综合特征。水中杂质的具体衡量尺度称为水质指标。水质指标可分为物理指标、化学指标和生物指标,主要的水质指标有:

1. 化学需氧量(COD)

所谓化学需氧量,是指在一定的条件下,采用一定的强氧化剂处理水样时所消耗的氧化剂量。它是表示水中还原性物质含量的一个指标。水中的还原性物质有各种有机物、亚硝酸盐、硫化物和亚铁盐等,其中主要的是有机物。因此,化学需氧量又往往作为衡量水中有机物含量的指标。化学需氧量越大,说明水体受有机物的污染越严重。

随着水样中还原性物质以及测定方法的不同,化学需氧量的测定值也有所不同。目前应用最普遍的是酸性高锰酸钾氧化法与重铬酸钾氧化法。酸性高锰酸钾氧化法,氧化率较低,但比较简便,在测定水样中有机物含量的相对比较值时可以采用。重铬酸钾氧化法,氧化率高,再现性好,适用于测定水样中有机物的总量。

2. 生化需氧量(BOD)

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完全氧化分解时所消耗氧的量。它是用水样在一定的温度(如 20℃)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℃时,一般的有机物质需要 20 天左右就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℃下,培养 5 天作为测定生化需氧量的标准。这种方法测得的生化需氧量就称为五日生化需氧量,用 BOD_5 来表示。对于一定的污水而言,一般说来, $COD > BOD_{20} > BOD_5$ 。

如果污水中的有机物的数量和组成相对稳定, BOD 、 COD 两者之间可能有一定的比例关系,可以互相推算求定。如生活污水的 BOD 与 COD 的比值大致为 0.4~0.8。

3. 总需氧量(TOD)

有机物的主要元素是 C、H、O、N、S 等,在高温下燃烧后,将分别产生 CO_2 、 H_2O 、 NO_2