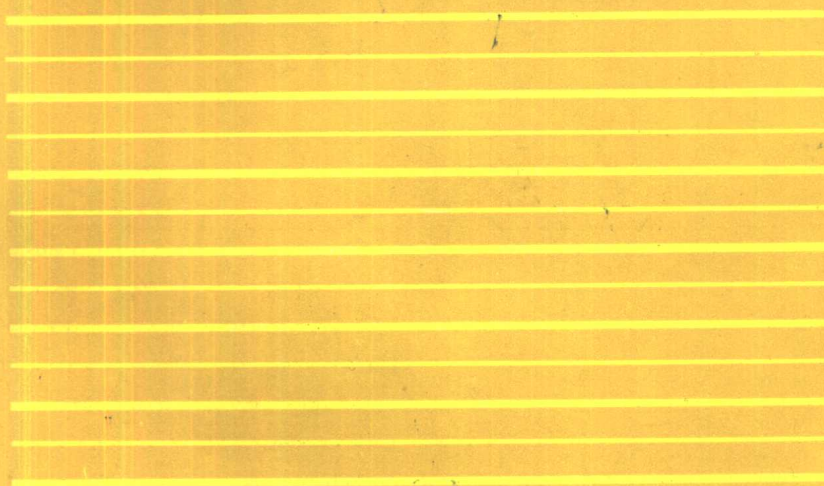


● 高等学校教学用书 ●

水污染控制工程

(修订版)

GAODENG XUEXIAO JIAOXUE YONGSHU



冶金工业出版社

高等学校教学用书

水污染控制工程

(修订版)

西安冶金建筑学院 张希衡 主编

冶金工业出版社

(京)新登字036号

高等学校教学用书

水污染控制工程

(修订版)

西安冶金建筑学院 张希衡 主编

*

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

新华书店总店科技发行所发行

河北省阜城县印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 印张 22.75 字数 541 千字

1993年 4 月第一版 1993年 4 月第一次印刷

印数00,001~3,300册

ISBN 7-5024-1160-7

X·33 (课) 定价5.90元

再 版 前 言

本书根据国家教委高等工业学校环境工程类专业教材委员会制定的“水污染控制工程教学基本要求”，对原教材《废水治理工程》进行了修改和补充后而编成的，并改名为《水污染控制工程》，供100~120学时教学用。

我国水资源十分短缺，而水环境的污染又日趋严重，在此情况下，全面深入地了解 and 掌握水污染控制技术，解决我国面临的水污染问题，已成为环境工程技术人员的重要历史使命。本书力求全面系统地介绍有关的技术政策、各种水污染控制技术的原理和设备计算，务使读者能掌握基本理论和学会解决实际问题的初步能力。

本书仍按废水中污染物的不同存在状态，将各种处理技术归纳为分离技术和转化技术两大类来建立编写体系，对原教材中的重点章节进行了补充，对一般章节进行了删节合并，新增了六章（第九、十四、十九、二十、二十一、二十四章），每章后列有习题和思考题。

参加本书编写工作的有西安冶金建筑学院的张希衡（第一、二、九章及第十九章的一、二、四、五节）、王志盈（第七、八章）、金奇庭（第十一、十二、十三、十四、二十章及第十九章的第三节）、陈克任（第二十一、二十二、二十三章）、王志远（第二十四章），昆明工学院的杨靖中（第三、四、五、六、十章）、周里一（第十五、十六、十七、十八章），由张希衡任主编。

本书由天津大学林荣忱教授、兰州铁道学院欧阳铭副教授、青岛建筑工程学院刘永纯高级工程师审稿。兄弟院校和有关部门的同志对本书的编写提出了许多宝贵意见，在此一并表示衷心感谢。

因编写人员水平有限，书中缺点和错误在所难免，欢迎读者批评指正。

编 者
1992.1

前 言

本书是高等院校环境工程专业的教学用书，供120学时教学之用。

本书根据废水中污染物的不同存在状态，系统地介绍了各种分离处理与转化处理。重点介绍废水水质控制的单元方法，侧重于基础理论和基本知识。

为了理论联系实际，书中介绍了一些计算例题和国内外的应用实例，供教学中参考。

参加本书编写工作的有西安冶金建筑学院陈克任、张希衡（合编第一、二、十六、十七、二十二、二十三、二十四、二十五章）、王志盈（第八、九、十、十一章）、金奇庭（第十二、十三、十四、十五章）、昆明工学院杨靖中（第三、四、五、六、七章）、周里一（第十八、十九、二十、二十一章）；由张希衡任主编。

本书由西安冶金建筑学院于泮池主审。王志远参加了全书的审校工作。

兄弟院校和有关部门的同志对本书的编写提出了许多宝贵意见，在此表示衷心感谢。

因编写人员的水平所限，书中缺点和错误在所难免，欢迎读者批评指正。

编 者

1983.3

目 录

第一篇 总论	1
第一章 水环境的污染与防治	1
第一节 水资源	1
第二节 水污染	2
第三节 水体污染防治	3
第二章 水污染防治基础知识	5
第一节 废水	5
第二节 污染物与污染指标	5
第三节 废水水质	9
第四节 废水水质控制标准	10
第五节 控制废水污染的基本途径	12
第六节 废水水质控制和污泥处理方法分类	12
第七节 废水处理系统	15
第八节 废水的预处理 (调节与均和)	17
第二篇 不溶态污染物的分离技术	20
第三章 重力沉降法	20
第一节 概述	20
第二节 离散颗粒的沉降规律	21
第三节 沉降试验和沉降曲线	23
第四节 理想沉淀池	30
第五节 沉砂池	31
第六节 普通沉淀池	33
第七节 斜板和斜管沉淀池	39
第四章 混凝澄清法	44
第一节 胶体结构及其脱稳凝聚机理	44
第二节 混凝剂及其作用机理	47
第三节 混凝条件及混凝试验	51
第四节 混合反应器和澄清设备	52
第五章 浮力浮上法	58
第一节 隔油	58
第二节 气浮和浮选原理	61
第三节 压力溶气气浮及其系统设计	65
第六章 不溶态污染物的其它分离方法	72
第一节 阻力截留法	72
第二节 离心力分离法	75
第三节 磁力分离法	79

第三篇 污染物的生物化学转化技术	83
第七章 活性污泥法	83
第一节 废水生物处理	83
第二节 活性污泥法基本原理	85
第三节 活性污泥降解有机物的规律	91
第四节 活性污泥法运行方式	95
第五节 曝气原理与曝气池构造	101
第六节 活性污泥法系统的工艺设计	106
第七节 活性污泥法的发展	120
第八节 活性污泥法系统的运行管理	121
第八章 生物膜法	125
第一节 概述	125
第二节 基本原理	125
第三节 生物滤池	126
第四节 塔式生物滤池	136
第五节 生物滤池的运行	138
第六节 生物转盘	139
第七节 其它型式生物膜法	143
第九章 厌氧生物处理法	145
第一节 厌氧消化原理	145
第二节 厌氧消化工艺设备	150
第十章 自然条件下的生物处理法	155
第一节 稳定塘	155
第二节 生态系统塘	157
第三节 土地处理法	158
第四篇 污染物的化学转化技术	163
第十一章 中和法	163
第一节 概述	163
第二节 基本原理	163
第三节 酸性废水的中和处理	164
第四节 碱性废水的中和处理	168
第十二章 化学沉淀法	170
第一节 氢氧化物沉淀法	170
第二节 其它化学沉淀法	172
第三节 铁氧体沉淀法	176
第十三章 氧化还原法	179
第一节 基本原理	179
第二节 药剂氧化法	180
第三节 药剂还原法	185
第四节 电化学法	186
第十四章 化学消毒法	192
第一节 概述	192

第二节	化学消毒原理	192
第三节	氯消毒法	194
第四节	其它化学消毒法	197
第五篇	溶解态污染物的物理化学分离技术	199
第十五章	吸附法	199
第一节	基本原理	199
第二节	吸附剂	203
第三节	吸附工艺过程及设备	204
第四节	吸附剂的再生	207
第五节	吸附法在废水处理中的应用	208
第十六章	离子交换法	210
第一节	离子交换剂	210
第二节	离子交换平衡与交换动力学	213
第三节	离子交换工艺过程及设备	215
第四节	离子交换系统的设计	219
第五节	离子交换法在废水处理中的应用	221
第十七章	膜分离法	225
第一节	概述	225
第二节	扩散渗析法	225
第三节	电渗析法	226
第四节	反渗透法	232
第五节	超滤法	237
第六节	液膜分离技术	238
第十八章	溶解态污染物的其它分离方法	242
第一节	吹脱法和汽提法	242
第二节	萃取法	245
第三节	蒸发法	249
第四节	结晶法	250
第五节	冷冻法	252
第六篇	废水的再用与排放	253
第十九章	废水再用系统的水质处理	253
第一节	概述	253
第二节	循环冷却水的冷却处理	253
第三节	循环冷却水的水质稳定	262
第四节	城市污水的高级处理与再用	270
第五节	废水的过滤技术	271
第二十章	除氮除磷	282
第一节	氮的去除	282
第二节	磷的去除	286
第二十一章	水体自净与废水排放	289
第一节	水体的特征	289
第二节	河流水体的自净规律	290

第三节 湖泊及海洋的自净规律	294
第四节 废水处理程度的确定	298
第五节 废水的输送与排放	301
第七篇 污泥处理与处置技术	305
第二十二章 污泥的处理与利用	305
第一节 概述	305
第二节 污泥的浓缩	306
第三节 污泥的脱水与干化	311
第四节 污泥的稳定	317
第五节 污泥的利用与处置	321
第八篇 废水处理站设计与水环境区域综合防治	325
第二十三章 废水处理站的设计	325
第一节 概述	325
第二节 处理站工艺流程及总体布置	326
第三节 站内排水及给水设施	330
第四节 配水及计量设备	333
第五节 废水泵房	336
第二十四章 水环境区域性综合防治	339
第一节 概述	339
第二节 水环境区域性综合防治的工作要点	339
第三节 污染物总量控制方法	341
第四节 行政经济原则及措施	345
附录一 地面水环境质量标准	348
附录二 农田灌溉水质标准	349
附录三 渔业水质标准	350
附录四 海水水质标准	351
附录五 生活饮用水水质标准	352
附录六 农用污泥中污染物控制标准值	353
主要参考文献	354

第一篇 总 论

第一章 水环境的污染与防治

第一节 水资源

存在于地球上的气态、液态和固态的水，构成了自然地理环境的重要组成部分——水圈或水环境。

水是分布最广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。一般情况下，与人类生活和生产密切相关的前三种用水不能大规模取用海洋咸水，而只能取用淡水。

地球上的水约为 $1.36 \times 10^{18} \text{m}^3$ ，覆盖着近3/4的地球表面。此外，地球上的水还在不停地循环运动着，进行着相互之间的补给。从这个角度出发，可以认为水是“取之不尽，用之不竭”的自然资源。但是，水环境中的淡水资源却很少，仅占总水量的2.53%，而目前能供人类直接取用的淡水资源仅占0.22%，加之自然水源的季节变化和地区差异，以及自然水体遭到的普通污染，致使可供直接取用的优质水量日显短缺，难以满足人们生活和工农业生产日益增长的要求。从这个角度来看，水又是十分短缺的自然资源。因此，保护和珍惜使用水资源，乃是整个社会的共同职责。就我国而言，淡水资源人均不过 2545m^3 ，不到世界人均值的1/4，对水资源的保护和爱惜尤应倍加重视。

地球上的水主要以连续状态存在，存在于地上者，称为地面水，包括海洋、江河、湖泊、水库、冰川等；存在于地下者，称为地下水，包括潜水和承压水；地下水涌出地面者称为泉水。

以不连续状态存在的水虽分布甚广，而其数量较少，主要是含于大气中的水、贮于生物体内的水和贮存及结合于岩石土壤中的水。

地球上的水经常处于循环运动中，包括自然循环和社会循环。由自然力促成的水循环，称为水的自然循环，它是水的基本运动型式。海水蒸发为云，随气流迁移到内陆，遇冷气流凝为雨雪而降落，称为降水。一部分水沿地表流动，汇成江河湖泊，称为地面径流，另一部分降水渗入地下，形成地下径流。在流动过程中，地面水和地下水相互补给，最终复归大海。这种海洋→内陆→海洋的循环，称为大循环。那些在小的自然地理区域内的循环，称为小循环。生物体内的水，也进行着吸收→蒸腾或蒸发→吸收的内外循环。自然循环的模式如图1-1所示。

由人的社会需要而促成的循环，称为水的社会循环。它是直接为人们的生活和生产服务的。取之自然而直接供生活和生产（特别是工业生产）使用的水，称为给水；使用后回

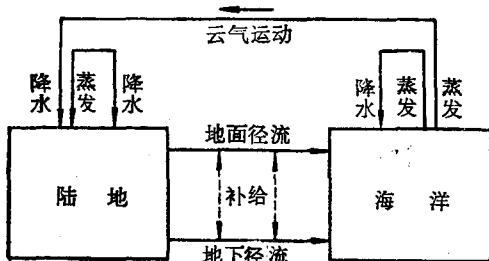


图 1-1 水的自然循环

丧失原有使用价值而废弃外排的水，称为**废水**。为保证给水能满足用户的使用要求（水量、水质和水压）而采取的整套工程设施，称为**给水工程**。为保证废水（有时也包括部分雨水）能安全排放或再用而采取的整套工程设施，称为**排水工程**。给水工程和排水工程构成了水的社会循环（图1-2）。完善的给水系统和排水系统是现代城市和工业区所必须具备的基础条件。

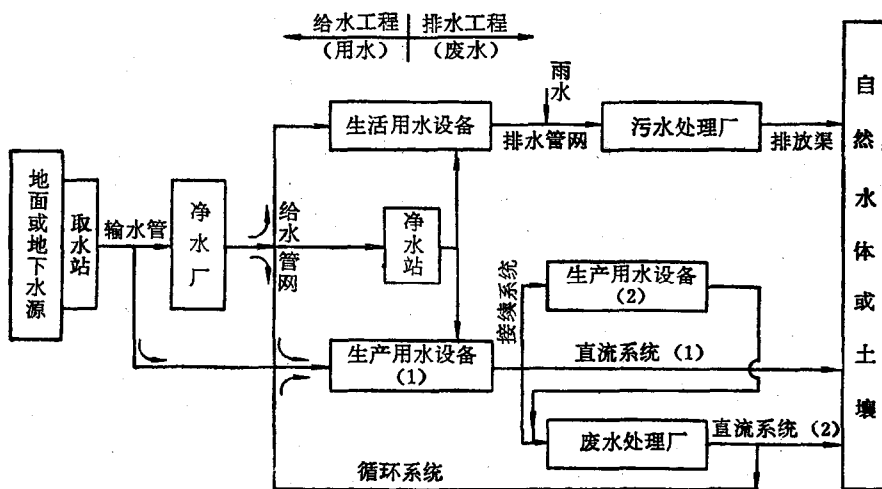


图 1-2 水的社会循环

第二节 水污染

水在自然循环中，由非污染环境进入水中的化学物质，称为**自然杂质或本底杂质**；由污染环境进入水中的化学物质，称为**污染物**。进入水体（地面径流和地下径流）中的污染物质超过了水体自净能力或纳污能力，而使水体丧失规定的**使用价值**时，称为**水体污染或水污染**。

水环境可受到多方面的污染，其中主要污染源有以下几种：

- (1) 向自然水体排放的各类废水；
- (2) 向自然水体直接倾倒的固体废弃物，以及垃圾堆放场所的渗出液和淋洗雨水；
- (3) 大气污染地区的酸雨及其它淋洗降水；
- (4) 大气中有害的沉降物及水溶性气体；
- (5) 淋洗植被后溶入了化肥和农药的（降水）径流；
- (6) 航道中船舶的漏油、废水及固体废弃物。

水环境的污染源虽有以上许多方面，但最普遍最重要的污染源仍为排放的各类废水。就一定意义上说，只要严格控制好排放废水的水质，水环境的污染就能得到基本的治理。

废水排放引起的水体污染有以下几种基本类型。

(1) 需氧型污染 大多数有机物(及少数无机物)被水体中的微生物吸收利用时,要消耗水中的溶解氧。溶解氧降低到一定程度后,水中的生物(如鱼类)就无法生活。溶解氧耗尽后,水质就腐败,发臭变黑,恶化环境。这种由于废水中的有机物而引起的水体污染,称为需氧型污染,或有机型污染。我国绝大多数水环境的污染属于这种污染类型。

(2) 毒物型污染 废水中的有机毒物(如酚、农药等)、无机毒物(如汞、铬、砷、氰等)以及放射性物质等排入水体后,就会使水生物受害中毒,并通过食物链危害人体。当饮用或接触被这类污染物污染的水时,能直接危害人体健康。这种因毒物排入而造成的人体污染,称为毒物型污染。毒物型污染一般发生于排放口附近的水域。重金属的毒性危害具有长期积累性,尤应注意。

(3) 富营养型污染 含氮和磷多的废水一旦排入水环境,就会大量滋长藻类及其它水生植物。当冬天这些水生植物死亡时,就会使水中的需氧物猛增,危害水生生物的生长。长期的富营养化过程会使一个水体衰老化,由杂草丛生逐渐演变为沼泽。水环境的富营养型污染相当普遍,已成为当今世界普遍关注的环境问题之一。

(4) 感官型污染 废水中的许多污染物能使人感到很不愉快,颜色、嗅味、泡沫、浑浊就属于此类污染现象,它对旅游环境的影响十分严重。

(5) 其它 浮油、酸碱、病原体、热水等污染物能引起各具特色的水体污染,造成不同的污染危害。

第三节 水体污染防治

为防治水污染,保护和改善环境,以保障人体健康,保证水资源的合理利用,我国于1984年11月1日起施行《水污染防治法》。

水体污染的根本防治,要通过一系列行政的、法律的、经济的和工程的配套措施;要建立完善的监督管理系统与机构;制定水环境质量和污染物排放标准;规定法律责任。

防止地表水污染的主要措施为:禁止向水体排放油类、酸液、碱液及剧毒废液;禁止在水体清洗装贮过油类或毒物的车辆和容器;禁止将含有汞、镉、铬、砷、铅、氰化物、黄磷等的可溶性剧毒废渣向水体排放或不作防渗层而直接埋入地下;禁止向水体倾倒工业垃圾、生活垃圾或其它废弃物;不得在水体最高水位线以下的滩地和岸坡上堆存废弃物;禁止向水体排放带有放射性物质的废弃物及废水;不得向水体排放足以引起热污染的废水;不得向水体排放带有病原体而未经消毒的废水;使用农药要保证安全,不得污染水体;农灌水要符合有关规定;船舶的各类废水必须符合排放标准,不得向水体排泄油污。

防止地下水污染的主要措施为:禁止利用渗井、渗坑、裂隙和溶洞排放含毒废水和带菌废弃物;不得采用无防渗措施的沟渠池塘输送含毒或带菌废水;开采地下水时,应防止已被污染的潜水渗入地下水,并防止水质差异很大的各层地下水互相渗透;兴建地下工程设施或进行地下勘探及采矿时,应采取防护措施,防止地下水污染;人工回灌补给地下水时,不得恶化地下水水质。

废水是污染自然水体的主要因素,废水水质的净化是防止自然水体污染的关键措施。本书的主要任务,就是介绍控制废水水质的各种工程技术,为防治水污染打下基础。

习 题 和 思 考 题

1. 收集有关技术资料，了解我国水资源现状。
2. 学习中华人民共和国《水污染防治法》，了解基本内容。

第二章 水污染防治基础知识

第一节 废 水

水是人类生活和生产活动中不可缺少的物质资源。。按其用途可把用水分为：生活用水、工业用水、农业用水、渔业用水、观赏用水及航运用水。其中需经提升、输送、净化等工序而后才能使用，并在使用后又排放到自然界去的水，主要为生活用水和工业用水。这种在使用过程中由于丧失了使用价值而被废弃外排的水，称为废水。

根据污浊程度的不同，废水分为净废水和浊废水（或污水）。有些冷却水是典型的净废水，而生活污水则是常见的浊废水。

根据来源不同，废水可分为生活污水和工业废水两大类。前者是人们生活过程中排出的废水（主要包括粪便水、浴洗水和冲洗水等）；后者是工业生产中排出的废水。此外，由城镇排出的废水，叫做城市废水，其中既包括生活污水也包括工业废水。

根据污染物类别的不同，废水可分为有机废水和无机废水两种。前者主要含有机污染物，相当一部分具有生物降解性；后者主要含无机污染物，无生物降解性。

根据毒物的种类不同，还可把废水分为含酚废水、含汞废水等。应当指出，“含汞废水”仅表明其中主要毒物是汞，并不意味着其中汞的含量最多，或者汞是唯一的污染物。

此外，还可根据产生废水的工业部门或生产工艺来命名。例如，焦化厂废水和食品厂废水，电镀废水和冷却废水等。

第二节 污染物与污染指标

废水中的污染物种类繁多，难于一一列举。根据对环境造成污染危害的不同，废水中的污染物可大致区分为以下几个类别：固体污染物、需氧污染物、毒性污染物、营养性污染物、生物污染物、感官污染物、酸碱污染物、油类污染物、热污染物及其它污染物等。

为了便于环境管理和污染防治，规定了许多废水水质指标。一种水质指标可能包括一种污染物（如挥发酚、硫化物等），也可能包括好多种污染物（如需氧污染物等）；而一种污染物既可以仅属于一种污染指标（如 H^+ 仅以污染指标pH反映），也可以属于几种污染指标（如有机性悬浮物既是SS、又是COD的构成物质）。

除pH、温度、细菌总数及大肠菌群数、臭味及色度、浊度、放射性物质外，其余污染指标的单位均用mg/L。

一、固体污染物

固体污染物在常温下呈固态，它分无机物和有机物两大类。

固体物质在水中有三种分散状态：溶解态（直径小于1nm）、胶体态（直径介于1~100nm）、悬浮态（直径大于100nm）。在水处理技术中，由于直径介于100~1000nm（甚至2000nm）的固体微粒的悬浮能力也很强，因而分离这类颗粒仍然采用分离胶体微粒的

凝聚法，故在技术上也把胶体微粒的上限扩大到1000~2000nm。此外，水质分析中把固体物质分为两部分：能透过滤膜或滤纸（孔径因材料不同而异，约3~10 μ m）的叫溶解固体（DS）；不能透过者叫悬浮固体或悬浮物（SS），两者合称为总固体（TS），或总固形物。必须指出，这种分类仅仅是为了水处理技术的需要。

在紊动的水流中，悬浮物能悬浮于水中，但悬浮是有条件的和暂时的，一旦维持悬浮的条件（水的紊动）消失，它就从水中分离出来。比重大于1的沉于水底，小于1的浮于水面。通常把前者叫做沉降性悬浮物，后者叫做漂浮性悬浮物。沉降性悬浮物中能在技术操作时间（一般不大于2小时）内用标准沉降管沉降分离的，叫可沉物（其粒径大体在10 μ m左右）；难于沉降分离的，叫难沉物。

悬浮物是废水的一项重要水质指标。悬浮物的主要危害是造成沟渠管道和抽水设备的堵塞、淤积和磨损；造成接纳水体的淤积和土壤空隙的堵塞；造成水生动物的呼吸困难；造成给水水源的浑浊；干扰废水处理和回收设备的工作。由于绝大多数废水中都含有数量不同的悬浮物，因此去除悬浮物就成为废水处理的一项基本任务。

溶解固体（DS）中的胶体是造成废水浑浊和色度的主要原因。少数废水含有很高的溶质（主要为无机盐类），对农业和渔业有不良影响。

二、需氧污染物

能通过生物化学（个别情况下还有化学）的作用而消耗水中溶解氧的化学物质，统称为需氧污染物。

无机的需氧物为数不多，主要有Fe、Fe²⁺、NH₄⁺、NO₂⁻、S²⁻、SO₃²⁻、CN⁻等。绝大多数需氧物是有机物，因而在特定情况下，需氧物即指有机物。

虽然绝大多数有机物（主要是天然的）为需氧物，但也有一部分有机物不是需氧的。前者称为可生化有机物，后者称为非生化有机物。可生化有机物被微生物分解利用的难易程度不同，因而又分为难降解有机物和易降解有机物。

需氧物对环境水体造成两方面的危害。好氧微生物和兼性微生物在吸收利用需氧物（主要为有机物）的生化过程中，要消耗溶解氧。当消耗量大于补充量时，溶解氧浓度就要降低。当浓度低于某一限值，水生动物的生活就受到影响。例如，鱼类要求氧的限值是4mg/L，如果低于此值，会导致鱼群大量死亡。当溶解氧消耗殆尽时，厌氧微生物和改变了代谢方式的兼性微生物就生活于水中，进行厌氧分解。这时，代谢产物中的硫化氢对生物有致毒作用，硫化氢、硫醇和氨等还能散发出刺鼻的恶臭，形成的硫化铁能使水色墨黑，还出现底泥冒泡和泥片泛起。这就是水质腐败的现象，它严重影响环境卫生和水的使用价值。

需氧物种类繁多，通常用综合水质指标间接表示其含量多少。最常用的指标是生化需氧量（BOD）、化学需氧量（COD）和高锰酸盐指数。用生化过程中消耗的溶解氧量来间接表示需氧物的多少，称为生化需氧量。用化学氧化剂K₂Cr₂O₇或KMnO₄氧化分解有机物时，用与消耗的氧化剂当量相等的氧量来间接表示需氧物的多少，分别称为化学需氧量（COD）和高锰酸盐指数。在有些文献中，两者分别用COD_{Cr}和COD_{Mn}表示。

必须指出，生化需氧的过程很长，且具有明显的阶段性。在第一阶段，首先把不含氮有机物转化为CO₂和H₂O，把含氮有机物转化为氨，这个过程称为氨化或无机化。参与分解的是异养型微生物。在第二阶段，氨依次被转化为亚硝酸盐和硝酸盐，这个过程称为硝

化, 参与转化的是化能自养型微生物 (硝化菌)。两阶段的需氧情况见图2-1。生活污水在标准控制温度为20℃时的氨化过程历时10多天到20天。氨化的结果表明, 有机物已基本上无机化了。有机物在20天内消耗的溶解氧量, 叫做20天生化需氧量, 用 BOD_{20} 表示。显然, 这个测定时间太长了, 难于指导生产实践。一般均采用5天(20℃)的测定时间, 在此期间所消耗的溶解氧量叫做5天生化需氧量, 以 BOD_5 表示。各种废水的水质差异很大, 其 BOD_{20} 或 BOD_5 值相差悬殊。但就某一种废水而言, 两者有一个稳定的比值。例如, 生活污水的 $BOD_5 : BOD_{20} \approx 0.7$ 。一般说来, $COD > BOD_{20} > BOD_5 >$ 高锰酸盐指数值。

BOD_5 和 COD 的比值是衡量废水可生化性(即可进行生化处理)的一项重要指标, 比值愈高, 可生化性愈好, 一般认为, 该值大于0.3即宜进行生化处理。

除以上几种测定需氧物的方法外, 目前又发展了测定总需氧量(TOD)和总有机碳(TOC)两种方法。在900℃的高温下, 以铂为催化剂, 使水样气化燃烧, 然后测定气体载体中氧的减少量, 作为有机物完全氧化所需的氧量, 称为总需氧量。如在相同条件下, 测定气体中的 CO_2 增量, 从而确定水样中碳元素的含量, 用以判定有机物含量, 称为总有机碳。总需氧量法和总有机碳法的特点是测定迅速, 但仪器较昂贵。

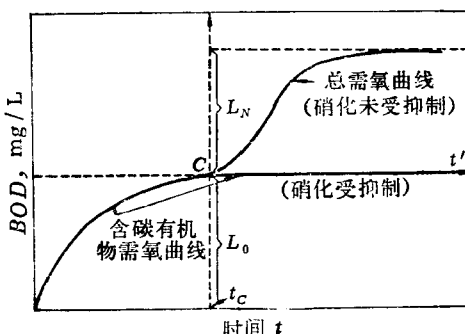


图 2-1 含碳 BOD 和含氮 BOD

三、毒性污染物

废水中能对生物引起毒性反应的化学物质, 称为毒性污染物, 简称为毒物。工业上使用的有毒化学物质已超过10000种, 因而已成为人们最关注的污染物类别。

毒物对生物的效应有急性中毒和慢性中毒两种。急性中毒的初期效应十分明显, 严重时会导致死亡。毒物对鱼类的急性中毒量, 通常以半数死亡浓度 TLM 表示, 即在24h或48h内使供试鱼类50%致死的毒物浓度。慢性中毒的初期效应很不明显, 但长期积累可引起突变、致畸、致癌、致死, 甚至引起遗传性畸变。目前, 对微量毒物尚缺乏合理的判定标准。

大多数毒物的毒性与浓度和作用时间有关, 浓度越大, 作用时间愈长, 致毒后果愈严重。此外, 毒物反应与环境条件(温度、pH值、溶解氧浓度等)和有机体的种类及健康状况等因素有关。

毒物是重要的水质指标, 各类水质标准中对主要的毒物都规定了限值。

废水中的毒物有三大类: 无机化学毒物、有机化学毒物、放射性物质。

(一) 无机化学毒物

无机化学毒物分为金属和非金属两类。金属毒物主要为重金属(比重大于4~5)。废水中的重金属主要是汞、铬、镉、铅、锌、镍、铜、钴、锰、钛、钒、钼、锑、铋等, 特别是前几种危害更大。在轻金属中, 铍是一种重要的毒物。

甲基汞能大量积累于人脑中, 引起乏力、末梢麻木、动作失调、精神混乱、疯狂痉挛。

六价铬中毒时能使鼻膈穿孔，皮肤及呼吸系统溃疡，引起脑膜炎和肺癌。镉中毒时引起全身疼痛、腰关节受损、骨节变形，有时还会引起心血管病。铅中毒时引起贫血、肠胃绞痛、知觉异常、四肢麻痹。镍中毒时引起皮炎、头疼、呕吐、肺出血、虚脱、肺癌和鼻癌。锌中毒时能损伤胃肠等内脏，抑制中枢神经，引起麻痹。铜中毒时引起脑病、血尿和意识不清等。铍中毒能引起急性刺激，招致结膜炎、溃疡、肿瘤和肺部肉芽肿大（铍肺病）。

作为毒物，重金属具有以下特点：（1）其毒性以离子态存在时最为严重，故通称重金属离子毒物；（2）不能被生物降解，有时还可被生物转化为更毒的物质（如无机汞被转化为烷基汞）；（3）能被生物富集于体内，既危害生物，又能通过食物链危害人体。

重要的非金属毒物有砷、硒、氰、氟、硫（ S^{2-} ）、亚硝酸根离子（ NO_2^- ）等。砷中毒时能引起中枢神经紊乱，诱发皮肤癌等。硒中毒时能引起皮炎、嗅觉失灵、婴儿畸变、肿瘤。氰中毒时能引起细胞窒息、组织缺氧、脑部受损等，最终可因呼吸中枢麻痹而导致死亡。氟中毒时能腐蚀牙齿，引起骨骼变脆或骨折；氟对植物的危害很大，能使之枯死。硫中毒时，引起呼吸麻痹和昏迷，最终导致死亡。亚硝酸盐能使幼儿产生变性血红蛋白，造成人体缺氧；亚硝酸盐在人体内还能与仲胺生成亚硝胺，具有强烈的致癌作用。

必须指出的是许多毒物元素，往往是生物机体所必需的微量元素，只是在超过水质标准时，才会致毒。

（二）有机化学毒物

这类毒物种类繁多，在水质标准中规定的有机化学毒物有：挥发酚、苯并（a）芘、DDT、六六六等。酚有蓄积作用，对人和鱼类危害很大，它使细胞蛋白质变性和沉淀，刺激中枢神经系统，降低血压和体温，麻痹呼吸中枢。苯并（a）芘是众所周知的致癌物。多氯联苯能引起面部肉瘤、骨节肿胀、全身性皮炎、肝损伤等，并有致癌作用。有机农药（杀虫剂、除草剂、选种剂等）分有机氯、有机磷和有机汞三大类。有机氯（DDT、六六六、艾氏剂、狄氏剂等）的毒性大，稳定性高。DDT能蓄积于鱼脂中，可高达12500倍，使卵不能孵化。

（三）放射性物质

放射性是指原子裂变而释放射线的物质属性。对人体有危害的电离辐射有X射线、 α 射线、 β 射线、 γ 射线及质子束等，射线通过物质时会产生离子。废水中的放射性物质一般浓度较低，主要引起慢性辐射和后期效应，如诱发癌症（白血病），对孕妇和胎儿产生损伤，缩短寿命，引起遗传性伤害等。放射性物质的危害强度与剂量、性质和身体状况有关。半衰期短的，其作用在短期内衰退消失；半衰期长的，长期接触有蓄积作用，危害甚大。

四、营养性污染物

氮和磷是植物和微生物的主要营养物质。氮和磷的浓度分别超过0.2和0.02mg/L时，会引起水体的富营养性变化，促使藻类大量繁殖，在水面上聚集成大片的水华（湖泊）或赤潮（海洋）。当藻类在冬季大量死亡时，水中的BOD值猛增，导致腐败，恶化环境卫生，危害水产业。

此外，BOD、温度、维生素类物质也能触发和促进富营养性污染。

五、生物污染物