在职干部环境保护专业高等教育教材

环 境 工 程

李国鼎 主编



中国环境科学出版社

在职干部环境保护专业高等教育教材

环 境 工 程

李国鼎 主编

3K071/03

中国环境科学出版社

1987 7 1 2
北京市图书馆

China

内 容 简 介

本书为在职干部环境保护专业高等教育教材。书中综述了有关水污染治理、大气污染防治、固体废物处理、处置和利用、放射性污染防治、噪声及其他物理性污染控制等内容，系统地介绍污染性质、来源、危害以及防治的基础理论、主要工艺及设备设计，并有例题和说明。

本书可供从事环境保护工程设计、科研和管理工程技术人员及大专院校有关专业师生及环保干部参考。

在职干部环境保护专业高等教育教材

环 境 工 程

李国鼎 主编

责任编辑 高速进

•

中国环境科学出版社出版

北京崇文区东兴隆街69号

印刷

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

•

1990年3月第 一 版 开本 787×1092 1/16

1990年3月第一次印刷 印张 19 3/4

印数 1—3 200 字数 462千字

ISBN 7-80010-553-5/G·183

定价：8.20元

出 版 说 明

本教材是由国家环保局组织编写的在职干部环境保护专业高等教材，主要供具有高中文化程度的环境保护在职干部教育之用，也可作为具有大专文化水平的环保人员学习环境保护专业知识用书。全套教材共有15本。包括环境管理和环境监测二个专业的课程内容，现首先出版环境管理专业的教材，共11本，即：环境科学导论、环境化学、环境生物学、环境医学、环境工程、污染源控制、环境系统工程、环境质量评价、环境经济学、环境法学概论和环境管理。

早在1984年，国务院环境保护委员会办公室根据中央关于加强在职干部教育工作的决定精神和全国在职干部培训要点的要求，组织全国有关的专家和学者开始教材的编写工作，并成立教材编审委员会和办公室。几年来对各册书稿进行了反复修改、精简和补充，同时在中国环境管理干部学院环境管理专业试用。全部书稿都经过有关专家评审，认为符合编写要求后交付出版的。

本套教材的编写原则是按照先具有科学性和实用性并尽可能达到先进性和系统性的要求进行的，其内容包括目前我国环境管理所必需掌握的基本专业知识。因此，它还可以作为环境保护干部专业知识的考核依据和岗位培训的参考材料。在编写教材过程中得到中国环境保护科学学会、各省市环保局及清华大学、北京大学、同济大学、同济医学院、北京工业大学、北京师范大学等单位的大力支持，对此表示衷心感谢。

由于编审组织人员的工作水平有限，又是首次组织这样大型教材的编审工作，工作中的缺点错误在所难免，望各界人士批评指正。

国家环境保护局在职干部专业教材
编 审 委 员 会 办 公 室

1989年7月

41460

China

《在职干部环境保护专业高等教育教材》
编审委员会成员

主　任　曲格平

委　员　（以姓氏笔划为序）

刘天齐　刘培桐　刘瑞莲　朱钟杰　任耐安　孙嘉绵
李国鼎　肖隆安　周富祥　金瑞林　张沧禄　张坤民
姜象鲤　赵云岫　胡家骏　涂长晟　蔡宏道　戴树桂

办公室　刘凤奎　林又宾

China

前　言

在环境保护队伍迅速发展壮大，迫切需要提高专业技术水平的形势下，我们根据国家环境保护局于1984年在秦皇岛环境管理干部学院召开并制定的环境保护在职干部脱产二年制大专班环境管理专业《环境工程》教材编写大纲，前后经过近4年的努力，编写了这本教材。

环境工程是研究控制和改善水环境、大气环境、固体废物、放射性以及其他物理性包括噪声、电磁波、热等污染，促进人类工作和生活环境优美舒适的技术原理和工程实施的新兴学科，涉及的内容十分广泛。限于篇幅和提纲要求，本书适当地既对各类污染的性质、来源、防治技术的原理方法作出系统的介绍，同时还对典型的处理工艺流程和设计计算重点地有所说明，对于一些较新的技术也予以考虑，有所涉及。

本书各章节的编写人员是：第一、二章，李国鼎，金子奇(第二章第四节)；第三章，林肇信、杨吉生；第四章，1—3节，石青，第4节，金子奇、李国鼎，第5节，金子奇；第五章，张坤民；第六章，方丹群。全书由李国鼎主编，初稿经组织聘请顾夏声、陈志义、任耐安、俞珂、吴天宝、刘凤奎等教授、专家分章进行审查，提出不少宝贵意见，作了修正及补充，编写过程得到清华大学环境工程系许多同志的大力协助，提供资料，在此一并表示衷心感谢。

限于编者水平，书中缺点错误在所难免，欢迎广大读者批评指正。

编　者

1988年10月

China

目　录

第一章　绪论……（1）
一、环境工程学的形成 ……（1）
二、环境工程学的基本内容……（2）
三、环境工程学的发展趋势……（4）
第二章　水污染治理……（5）
第一节　水体污染与自净……（5）
一、水体、水体污染和污染源……（5）
二、水体污染的水质指标 ……（6）
三、水体自净……（9）
第二节　废水来源、性质及排放方式和标准……（16）
一、废水来源与分类 ……（16）
二、废水特征……（17）
三、废水排除系统及组成部分……（18）
四、废水的排放标准 ……（23）
第三节　废水处理技术……（26）
一、废水处理的基本方法及处理程度的选择……（26）
二、废水的物理处理法……（34）
三、废水的化学处理法……（51）
四、废水的生物处理法……（62）
第四节　污泥处理与废水回用……（78）
一、污泥的处理及利用……（78）
二、废水回用……（83）
第三章　大气污染防治……（85）
第一节　概论……（85）
一、大气与大气组成 ……（85）
二、大气的重要性 ……（86）
三、大气污染源及主要污染物的发生机制 ……（86）
四、大气中主要污染物对人体健康的影响 ……（93）
五、大气质量控制标准 ……（96）
第二节　能源与大气污染……（99）
一、当前世界能源的供应及消耗 概况 ……（99）
二、能源利用对环境的影响……（102）
第三节　大气污染与气象……（103）
一、影响大气污染的气象因子……（104）
第四节　除尘技术……（110）

一、除尘技术的基本知识……(110)
二、重力除尘器……(122)
三、惯性力除尘器……(123)
四、旋风除尘器……(125)
五、湿式除尘器……(134)
六、过滤式除尘器……(141)
七、电除尘器……(148)
第五节　气态污染物净化技术……(153)
一、吸收法净化气态污染物的基本原理……(154)
二、吸附法净化气态污染物……(166)
三、催化转化法……(171)
第六节　大气污染综合防治……(178)
第四章　固体废物的处理、处置和利用……(180)
第一节　概述……(180)
一、定义……(180)
二、固体废物的分类……(180)
三、固体废物的污染与综合利用……(181)
四、固体废物利用与处理、处置的重要性……(182)
五、固体废物的环境管理对策……(184)
第二节　量大面广固体废物的利用、处理和处置……(185)
一、主要的利用和处理、处置方法……(185)
二、几种主要工、矿业固体废物的利用、处理和处置……(187)
第三节　危险废物的处理、处置与利用……(198)
一、危险废物环境管理技术要点……(198)
二、危险废物的主要处理技术……(203)
三、危险废物的主要处置技术……(207)
第四节　城镇垃圾处理和利用……(211)
一、概述……(211)
二、城镇垃圾性质和收运……(212)
三、垃圾的预处理……(219)
四、城镇垃圾堆肥化……(222)
五、垃圾的填埋……(224)
六、城镇垃圾资源化……(229)
第五节　土壤污染与防治……(230)
一、土壤污染的来源……(230)
二、重金属对土壤的污染及其危害……(232)
三、有机农药对土壤的污染与危害……(233)
四、土壤污染的防治……(234)
第五章　放射性污染的防治……(236)

China

第一节　放射性基础知识……(236)
一、从发现放射性到制造核武器……(236)
二、核能的开发和利用……(237)
三、放射性和辐射量的单位……(240)
四、电离辐射防护……(243)
第二节　放射性污染的特点与污染防治技术政策……(247)
一、环境中的辐射源……(247)
二、放射性污染源……(249)
三、放射性污染的特点……(252)
四、放射性污染防治技术政策……(253)
第三节　放射性废物的处理与处置……(254)
一、基本方案……(254)
二、技术指标……(254)
三、放射性废物的处理……(255)
四、放射性废物的处置……(264)
第六章　噪声及其他物理污染控制……(269)
第一节　物理污染及环境物理学……(269)
第二节　噪声污染及控制……(270)
一、噪声及其计量评价……(270)
二、噪声的危害和标准……(274)
三、噪声测量……(279)
四、噪声控制技术……(282)
第三节　电磁污染及控制……(294)
一、电磁污染及其危害……(294)
二、电磁污染源……(296)
三、电磁辐射防护……(298)
第四节　热污染及其控制……(303)
一、热环境和热污染……(303)
二、热污染控制……(305)

China

第一章 绪 论

环境工程学的主要任务是运用工程技术的原理和方法以防治环境污染，并求合理利用自然资源，保护和改善环境质量，使人类和环境得到协调的持续发展。

环境工程学的主要研究内容包括：水污染防治工程，大气污染防治工程，固体废物处理和利用，噪声及物理性如辐射、电磁波等污染控制等。为了解决好这方面的问题，除了要依据化学、物理学、生物学、地学、医学等的基础理论，运用给排水工程、化学工程、机械工程、土木工程等的技术原理和手段以外，还涉及以环境污染综合防治作为基本指导思想，采取系统分析和系统工程的方法，从区域环境的整体出发寻求最佳方案，同时还须考虑控制污染的技术经济合理，并做好环境影响评估等方面工作。

一、环境工程学的形成

在地球上人类出现以后，人们通过生产和消费活动，从自然界获取生存资源，然后又将经过改造和使用的自然物还有各种废弃物归还给自然界，这样就参与了自然界的物质环境和能量流动的过程，不断地改变着地球环境，地球也不断地反作用于人类。在世界人口数量不多，生产规模不大时，人类活动对环境的影响无关重要。但自产业革命以后，随着社会生产力的迅速发展，机器的广泛使用，为人类创造了大量财富，而由于生产中的资源浪费和不合理使用，以致大量有用物资成为废物排出。人类征服自然界的能力大为增强，环境的反作用便日益强烈地显露出来。于是在一些地区，相继发生因环境污染造成在短期内人群大量生病和死亡的所谓"公害事件"，分析这类事件发生的原因，归纳为以下几个方面：

一是由于大气污染造成的公害。如英国伦敦，格拉斯哥和美国多诺拉镇等的烟雾事件，日本横滨和四日市以及美国新奥尔良市的哮喘事件，还有美国、日本、联邦德国、加拿大、澳大利亚、荷兰等国发生的光化学烟雾事件等，主要是因为煤和石油燃烧排入大气中的污染物所产生。

二是由于水体污染造成的公害。如1854年英国伦敦宽街霍乱流行，是由于水井受到患者粪便的污染，日本熊山县水俣市的水俣病事件是由于工业生产将大量含甲基汞的工业废水排入水俣湾和不知火海，因鱼中毒而人食毒鱼后受害。又如日本富山县的痛痛病是由于锌、铅冶炼工厂等排放的含镉废水污染了神通山水体，通过引水灌溉使稻米含镉，居民食用含镉粮物和饮用含镉河水所造成。1988年我国上海一度甲型肝炎流行，事后调查了解是由于毛蚶在海潮作用下受带有甲肝病毒的生活污水污染，体内长期富集毒素，人们食用毛蚶引起了祸害。类似的由于饮用水不合格，以及工业、农药生产等将大量有毒有害物质排进水体造成严重公害事件的现象，不幸在世界范围内时有发生。

三是由于土壤污染造成的公害。如美国德克萨斯州某个废品公司的沙坑，由于废酸

和含油废物的污染，使周围26口水井水质变坏发生恶臭，饮用后引起恶心、喉痛和头痛等病症。如我国某铁合金厂的铬渣露天堆积，受雨水浸淋的结果，溶液渗入地下，使厂区下游10余平方公里范围的地下水遭到污染，超过饮用水容许含量达千余倍。

四是由于固体废物造成的公害。如英国自1394年几度鼠疫流行，均与垃圾处置不当有关。1977年日本发生的公害事件中，有2489件是由于固体废物的违法投弃所造成，这个数字占公害事件总数的一半以上。

以上事实说明：在世界范围内，自然界的生态平衡日益受到干扰，环境污染问题已十分严重地影响到人们的正常生活。污染治理的涵义已超越"卫生"一词，过去卫生工程所包含的内容不能不用另一个范围更广泛的名词来替代，那就是"环境工程"。总之，环境工程学是在人类同环境污染作斗争，人类为了保护和改善赖以生存的环境的过程中逐步形成的。

以水污染治理技术的发展来说，最初是由于水源遭到污染，为了防止传染病流行，人们开始采用混凝沉淀、过滤、消毒等方法进行给水的处理。后来由于水体受到的污染愈演愈烈，一般的水处理技术不足以满足人们生活的要求，因而对污水进行处理。起先采用格栅截流、自然沉淀等处理方法去除漂浮、悬浮和可沉淀物，稍后一些时候，开发了生物滤池和活性污泥法等技术，目的主要是去除污水中的可生物降解的有机物质。二次大战后的30多年来，工业迅猛发展，工业废水的处理受到更大的重视，研究成功和实际应用了多种有效的处理手段，如离子交换、汽提、蒸发浓缩、膜分离技术等，根据工业各行业废水的不同成分、性质和水量，采用不同的处理方法，最终目标是净化水质，排除污染。

大气污染治理学的形成和发展也有类似的情况。美国在1885年发明了离心除尘器，借以消除工业生产造成的粉尘污染，进入20世纪以来，除尘、空气调节、燃烧装置、工业尾气净化等工程技术逐渐开发并得到推广应用，有效地控制了气态污染。

在固体废物处理利用方面，中国、印度等亚洲国家，自古以来就有利用粪便于农业生产和利用垃圾堆肥的处理处置方法，1874年英国建成世界第一座垃圾焚化炉，将余烬作填埋处置，目前被认为这是一种较彻底的处理有害废物的方法。

所以，环境工程学的形成有它的历史背景。总的说，它是研究环境污染防治技术的原理和方法的学科。主要研究对给水、废水、废气、固体废物、噪声、以及对造成污染的放射性物质、热、电磁波等进行处理、处置和防治的技术。

二、环境工程学的基本内容

根据目前环境工程学的发展，其基本内容有以下几方面：

（一）水污染防治工程　水污染防治与城市或某个区域的自然条件（如气象、地质、水文、河流及上下游的利用状况等），社会条件（如城市或区域发展，工农业生产，人口密度和布局、交通状况、经济生活水平等）均有密切关系。因此，必须综合考虑各种使水质受到污染的污染源性质，污染水量和水质的控制，集中或分散的输送方式，处理场地的位置和处理方法，以及经过处理以后的污水或废水的排放或回用，水体、土壤等的自然净化能力等进行全面的规划和安排。

在水体自净能力的利用方面，首先是对水体污染进行系统的监测，为研究水体污染、自净规律和环境容量提供依据。根据水体功能制定各种水质标准、废水排放标准，以保护水环境质量，并确定各种污水、废水的合理处理程度。

在排水系统的选定和布设方面，为了及时排除城市或区域的生活污水、工业废水和天然降水，须分别不同的水质或集中输往处理厂，或排入水体，或作土地处理，或在处理后重复使用，按照最经济合理的方案建设排水系统。进行规划时应结合本地区客观条件考虑采用分流制（生活污水、工业废水、雨水分别修建管网系统），合流制（不加区别的合建管网系统）或两项结合的混合制；排放口位置的确定；以及对管径、坡降、管网附属构筑物、施工工程量，运行维护人员和费用等作出技术经济比较。并注意近期建设和远期规划的结合，对改建或扩建工程利用旧有管道系统的可能性。

在水质净化方面，对生活污水的处理，一般是根据受纳水体对有机污染物BOD_5（五日生化需氧量）的容许排放负荷确定其要求的处理程度。采用污水的一级处理，可去除水中的漂浮物和部分悬浮状污染物，目的在于减轻水质的腐化程度和后续处理工艺负荷。经过一级处理的污水，一般达不到排放标准，尚须进行二级处理即生物处理，以除去污水中的大量有机污染物，使之得到进一步净化。目前污水的二级处理仅能去除可生物降解的有机物和部分去除氮、磷等营养性物质，处理后的污水排入水体仍有造成污染的可能。为此，在必要时需加设除氮、除磷等的处理设备。缺水地区特别是要求去除病原体时，需要将二级处理后的出水作三级（又称深度）处理。根据对水质的具体要求，污水深度处理的流程和组成单元有所不同。若需防止受纳水体富营养化，可采用除磷除氮的处理单元过程；若需保护下游饮用水源或浴场不受污染，可采用除磷、氮、毒物、病原体等的处理单元过程；若系直接作为饮用水之外的生活用水如洗衣、清扫、冲洗厕所、喷洒街道和绿化庭院等，则应根据这类用水的水质一般要求较低的特点，在处理程度上进行适当的调整。污水的适当处理和相应的输配水管道结合起来即形成城市或区域的中水道系统。

此外，对工业废水来说，由于它的成分和性质甚为复杂，处理难度较大，费用高，必须采用综合防治措施。区分不同的情况采用合理的处理工艺流程和设备、消除跑冒滴漏，以减少流失量和处理化学药剂耗用量。对重金属废水、放射性废水、无机毒物废水和难以生物降解的有机毒物废水，应尽可能与其他废水分流收集，就地单独处理，并尽可能采用闭路循环系统，或在厂内进行适当的预处理，达到一定的排放标准后再排入城市下水道。对于相对清洁的废水如冷却水，宜在厂内经过简单处理后循环使用，以节省水资源，同时减轻下水道和污水处理厂的负荷。对于性质接近城市生活污水的工业废水可排入下水道，由污水处理厂集中处理，对于能为生物所降解的毒性废水如含酚、含氰废水，可按一定标准排入城市下水道，与生活污水混合处理。

应该强调的是在选择治理方案时应特别考虑污水的利用问题。此外，饮用水的品质直接影响人体健康。城镇应建立完善的给水系统，向居民供应符合标准的饮用水。

（二）大气污染防治工程　自20世纪中叶以来，进入大气中的污染物种类和数量不断增多，其中影响面广，对环境危害严重的主要有硫氧化物、氮氧化物、碳氢化合物，碳氧化物，氟化物等有害气体，以及飘浮在大气中含有多种有害物质的颗粒物和气溶胶

China

等。这些污染物有的来自自然界本身的物质运动和变化，有的来自工业生产和人们的消费活动。弄清它们在地理条件和气象因素下的演变情况，认识其规律性，应用物理的、化学的原理和方法对有害气体进行治理和对颗粒物、胶体物加以去除是大气污染防治工程的主要任务。

（三）固体废物处理和利用　随着生产的发展和生活水平的提高，固体废物的排放量以惊人的速度在增加，种类也十分复杂，名目繁多。为便于管理，常按其来源分为工、矿、城市、农业和放射性五类。由于它的来源面广量大，若是管理不当，必将对水体、大气和土壤带来污染，更兼有毒、有害废物和病原体还会通过生物和环境介质的传播，危害人体健康。因此，对于固体废物的处理和处置是一项十分重要的问题。根据固体废物的性质，对它的处理方法有固化、焚化和生物降解等，它的处置措施则有填埋和圈隔堆存等。焚化法解毒较彻底但费用昂贵，适用于有机废物、污泥、垃圾等的处理。但从积极意义来说，某一过程或某一方面的废物，在另一过程或另一方面可能是原料，实现固体废物资源化（例如利用矿物废料作建筑材料，道路工程材料，冶金，化工和轻工等工业原料；利用含碳、油或其他有机物质的废物从中回收能源；利用含有土壤、植物所需要的元素或化合物的废物作土壤改良剂和肥料等），有广阔前景，是处理固体废物的重要方向。

（四）环境污染综合防治　环境污染是三废及其他一些污染源在各种复杂的自然因素和社会因素下共同作用的结果。对它的控制除了单项治理技术满足一定的要求外，还需根据当地的自然条件，弄清污染物产生、迁移和转化的规律，对出现的环境问题进行系统分析，采取技术、管理、经济相结合的综合防治措施，包括改革生产工艺和设备，开发和利用无污染能源，充分利用自然净化能力等，以求得出最佳效果，达到保护和改善环境质量的目的。

三、环境工程学的发展趋势

环境工程学具有庞大而复杂的技术体系的特点，它所研究和要求解决的问题不仅局限于防治环境污染和公害的技术措施，而且包括保护和合理利用自然资源、探讨和开发废物资源化技术。改革生产工艺、发展少害或无害的闭路生产系统，以及按区域环境质量的要求进行合理管理，求得社会、经济和环境三个效益的统一。以此种考虑为基础所形成的环境污染综合防治概念的具体化，可以认为是环境工程学的重要发展方向。

实际上存在于地球的自然资源是有限的，而无限的科学发展和社会进步对自然资源的需求不断地在增长。这样一来，在环境污染控制与资源需求之间酝藏着矛盾的发展关系。调整这个矛盾的行之有效的方法是对现有及未来技术发展可能对环境造成的影响进行预测和估计，并研究解决环境问题的途径和方法。这方面的工作也在环境工程学的研究内容之列。有人认为预测科学进步所产生的副作用，实质上就是预测未来的环境问题。美国从60年代中期开始探讨一些科学技术革命带来的环境影响。如建设原子能电站，虽然以它和传统的能源工业相比，气态的和固态的环境污染有了相当的减少，但是增加了放射性污染的新问题，为此就需要开展一系列针对性研究，落实到工程性的实施。因而可以说，资源、生态、经济三者发展的动平衡关系，决定着环境工程学未来的发展趋势。

China

第二章　水污染治理

第一节　水体污染与自净

一、水体、水体污染和污染源

水体是海洋、湖泊、河流、沼泽、水库、地下水的总称。在环境学中，水体包括了水本身及其中存在的悬浮物、溶解物、胶体物、水生生物和底泥等完整的生态系统。

广义的水体有"类型"和"区域"之分。按水体类型，可将水体分为海洋水体和陆地水体两种，后者又分地表水体（包括河流、湖泊等）和地下水体。按水体区域则是指某条水系所覆盖的地段而言。

由于水体具有广泛的生态系统的含义，区分"水"与"水体"的概念是十分重要的。例如某条河流受到重金属如汞污染，此种污染物易被水中悬浮物吸附、络合而自水中转移至底泥内，从而使水中的重金属含量降低，乃致未被察觉而误以为未受污染，但自底泥取样分析则会因其含汞量而判断水体受到严重污染。

自然界的水受到各种复杂因素的影响，通常不是纯净的，其中含有物理、化学和生物的成分。水中各种成分及含量各有不同，反映到水的感官性状（色、臭、味、浑浊度等），物理化学性能（温度、反应值、电导率、氧化还原电势、放射性等），化学成分（无机物和有机物），水中生物组成（种群、数量）甚至其底泥状况彼此均有差异。由于人类生产和生活等人为的活动，不可避免地有污染物排出，它们会通过不同途径进入水体而使水体受到污染，表征在水体中的物理化学性能和生物种群产生一系列变化。

早期的水体污染，主要是人口稠密的大城市所排出生活污水造成。后来在18世纪产业革命以后，工业生产排放的废水和废物成为水体污染的主要来源。随着工业的发展，水污染的范围不断扩大，污染程度日益严重。20世纪50年代以后，在一些水域和地区，由于水体严重污染而危及人类的正常活动，70年代以来采取了一些防治措施，部分水体的污染虽有所减轻，但全球性的水污染状况还在发展，尤其工业废弃物对水体的污染更具有潜在的危险性，若干水资源还因污染而降低或丧失了使用价值，改善和消除这种现象已是当务之急了。

向水体排放污染物的场所、设备和装置称之为污染源，污染源也包括污染物进入水体的途径。现行的水体污染源的分类方法，如按造成水体污染的原因分为天然和人为两类；如按释放有害物种类分物理性、化学性、生物性；按其分布特征，分为点污染源、面污染源和扩散污染源；按受污染的水体则分为地面水污染源，地下水污染源和海洋污染源。表2-1中列举出水体中主要污染物的来源。

表2-1　水体中主要污染物分类和来源

种类	名称		主要来源
物理性污染	热		热电站、核电站、冶金和石油化工等工厂的排水
	放射性物质(如铀及其裂变,衰变产物)		核生产废物、核试验沉降物，核医疗和核研究单位的排水
化学性污染物	无机物	铬	铬矿冶炼、镀铬、颜料等工厂的排水
		汞	汞的开采和冶炼、仪表、水银法电解以及化工等工厂的排水
		铅	冶金、铅蓄电池、颜料等工厂的排水
		镉	冶金、电镀和化工等工厂的排水
		砷	含砷矿石处理、制药、农药和化肥等工厂的排水
		氰化物	电镀、冶金、煤气洗涤、塑料、化学纤维等工厂的排水
		氮和磷	农田排水；生活污水；化肥、制革、食品、毛纺等工厂的排水
		酸、碱和盐	矿山排水；石油化工、化学纤维、化肥造纸、电镀、酸洗和给水处理等工厂的排水;酸雨
	有机物	酚类化合物	炼油、焦化、煤气、树脂等化工厂的排水
		苯类化合物	石油化工、焦化、农药、塑料、染料等化工厂的排水
		油类	采油、炼油、船舶以及机械、化工等工厂的排水
生物性污染物	病原体		生活污水；医院污水；屠宰、畜牧、制革、生物制品等工厂的排水；灌溉和雨水造成的径流
	毒素		制药、酿造、制革等工厂的排水

二、水体污染的水质指标

一般常用水质指标来表征水体受到污染的程度。反映水质的重要参数有悬浮物、有机物、生化需氧量、反应值、细菌及有毒物质等。以下进行简要的讨论。

（一）悬浮物　水体中悬浮物质含量是水质污染的基本指标之一，表明的是水体中不溶解的悬浮和漂浮物质，包括无机物和有机物。悬浮物对水质的影响在阻塞土壤孔隙，形成河底淤泥，还可阻碍机械运转。

悬浮物能在1至2小时内沉淀下来的部分，称之为可沉固体，此部分可粗略地表示水体中悬浮物之量。生活污水中沉淀下来的物质通常称作污泥，工业废水中沉淀的颗粒物则称作沉渣。

污泥中水的重量和污泥总重量之比称为污泥的含水率。污泥含水率的变化是设计污

水处理构筑物时必须考虑的因素。当污泥的含水率由97.5%降至95%时，其固体物由2.5%增至5%，污泥的总体积随之减小1倍。即污泥的体积和污泥中固体物质的含量成反比关系，用公式表示为：

$$\frac{V_1}{V_2}=\frac{100-P_2}{100-P_1}=\frac{p_2}{p_1}$$

式中 V_1、V_2——污泥的体积；

P_1、P_2——污泥的含水率；

p_1、p_2——污泥中固体物质含量的百分率。

应加注意的是上述规律只适用于含水率大于75～80%的污泥，此时可假定污泥容积与重量的关系相同于水的容积与重量的关系。若污泥的含水率继续降低，污泥将呈现多孔性，上面的假定不再适用。

（二）有机物 生活污水和许多工业废水均含有机物。生活污水中的有机物主要是动、植物的残体和排泄物；从化学组成分析，主要是碳水化合物，脂肪和蛋白质。这些复杂的有机物质主要由碳、氧、氢、氮、硫等元素构成。它们在污水中一般是不稳定的，在微生物的作用下，不断地进行分解，并转化为上述元素的无机物。这些无机物就成为植物的养料，通过植物的光合作用和同化作用，又合成为植物的机体。

在有机物分解过程中，自由氧的存在与否，对分解的性质有决定性的影响。在有氧情况下，有机物的分解在好氧微生物（主要是好氧细菌，又称好气菌）的作用下进行，称作好氧分解（也称好气分解）。稳定产物主要是CO_2、H_2O、NO_3^-、SO_4^-，PO_4^{3-}，分解过程的时间较短。好氧分解的基本化学公式如下：

复杂有机物 $+O_2\rightarrow CO_2+H_2O+$稳定产物

当反应中存在硫化物时，其最稳定的终点产物为硫酸盐离子SO_4^-。同样，磷最终形成正磷酸盐PO_4^{3-}、氮经过逐趋稳定的系列进程，最后生成硝酸盐。其化学式为：

有机氮$\longrightarrow NH_3$（氨）$\longrightarrow NO_2^-$（亚硝酸盐）$\longrightarrow NO_3^-$（硝酸盐）

如缺少氧气，有机物的分解则在嫌氧微生物（主要是嫌气细菌，又称嫌氧菌）的作用下进行，称作嫌气分解（也称厌氧分解）。稳定产物主要是CH_4、CO_2、H_2O、NH_3、H_2S、H_2，分解过程缓慢，而且放出恶臭。理想的化学公式如下：

$$C_aH_bD_cN_d\xrightarrow{\text{嫌气菌}}nC_wH_xO_yN_z+mCH_4+pCO_2+rH_2O+sNH_3$$

实际分解过程中，CH_4、CO_2和NH_3约占产生气体的95～98%，剩余的气体是H_2S和H_2。

（三）生化需氧量 污水中的有机物种类繁多，如要对这些物质进行各个组成元素的定性和定量分析，需耗费大量时间、人力和物力。通常采用概括性的指标借以表示受有机物污染的程度。

在有机物的好氧分解过程中，需要消耗一定数量的氧。污水的生物化学需氧量（简称生化需氧量或BOD）即好氧分解时微生物利用污水中可分解的有机物质所消耗的氧量，常以此值作为计量污水中有机物的代表。

有机物的好气分解，一般分两个阶段进行。图 2-1 示生活污水由于有机物分解而消耗氧的进程曲线，图中纵坐标为消耗的氧量，以〔mg/L〕计，横坐标为分解进行的日数。当污水温度为20℃时，第一阶段进行约16天，第二阶段约自第20天开始，持续较

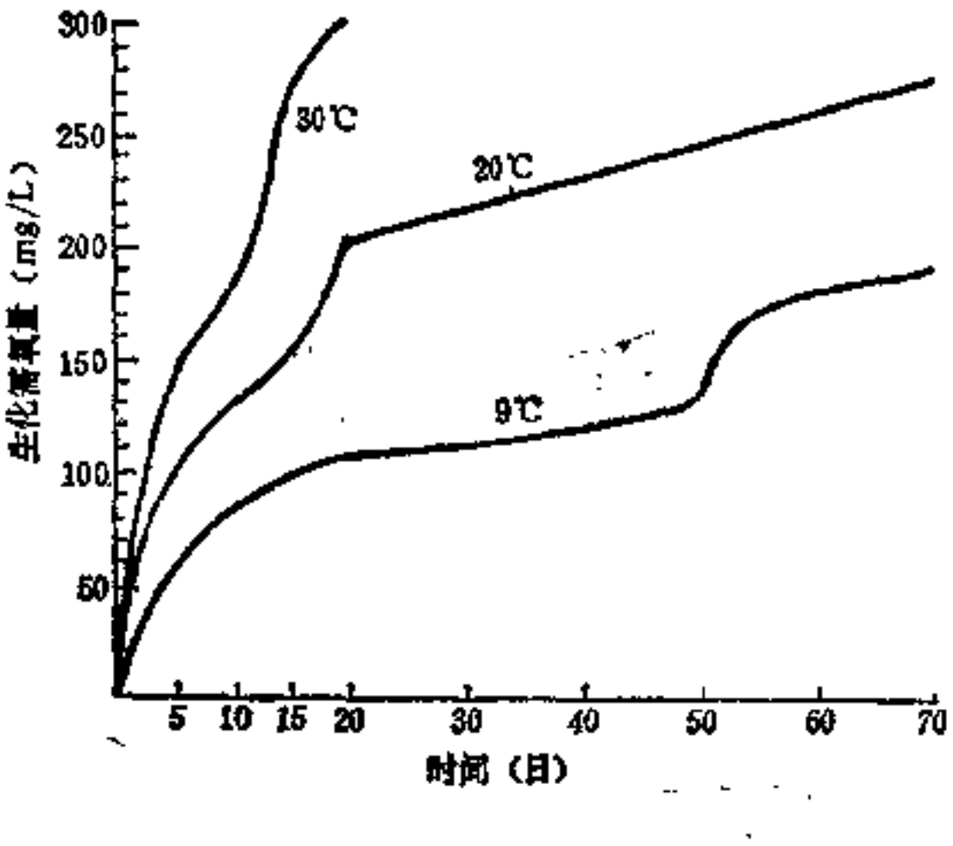


图2-1　不同温度的污水分解生化需氧量曲线

长时间。自第16天至20天为过渡期。在第一阶段，通过微生物的作用，有机的碳、氢、氮转化为无机的二氧化碳、水和氨。俟此段进程达到一定程度接近完成时，出现另一类生化过程。污水进行好氧分解第一阶段所需的时间随水温有所不同，如图可见，当水温高于20℃时，所需时间较短，而当水温低于20℃时，需时较长。

污水中有机物分解的第二阶段主要依靠硝化细菌使氨氧化为亚硝酸和硝酸。氨的硝化，对卫生影响较小，因此污水的生化需氧量通常只指第一阶段的耗氧量。试验研究结果表明，此阶段污水中有机物在各时刻的耗氧速度与该时刻污水中有机物含量成正比关系，一般可以认为：若污水中有机物含量高时，其耗氧速度加快。

图2-1还表明，污水完全稳定需要很长的时间。若按例行的污水检验，要采用很长的培养期来测定污水的生化需氧量，显然是不现实的。即使采用20天以测定第一阶段的数值，仍嫌为时过长。考虑到耗氧速度一般在开始时最快，5日内能降低生化需氧量68%左右，因此目前多规定：将污水在20℃温度下培养5日，作为BOD检验的标准，在此条件下测得的结果称作5日生化需氧量，记作BOD_5。一般生活污水的5日生化需氧量约为40g/(人·日)。

（四）化学需氧量　在酸性条件下，强氧化剂能使污水中全部有机物氧化。用化学氧化剂氧化污水或工业废水中有机污染物所耗用的氧量即为化学需氧量，用COD表示，其单位为〔毫克/升〕。COD愈高，表示污水或废水中的有机物愈多。目前常用的氧化剂主要为重铬酸钾（$K_2Cr_2O_7$）和高锰酸钾（$KMnO_4$），用以测得的数值分别为化学需氧量和耗氧量，后者用DO表示。

COD一般较BOD为高，其差值表示不能被生物降解的有机物含量。另外，由于高锰酸钾只能氧化一些易被氧化的有机物，故其值较小。一般情况下，测得值的排列顺序为$OC<BOD_5<BOD_{20}<COD$。化学需氧量的检验只需数小时，而生化需氧量的测定需要5日（近年来若使用仪器分析，也可在较短时间得出结果），这是COD检验的主要优点，但COD检验只能反映有机物含量，而BOD检验则能反映污水中有机物分解时所需的氧量，对研究水体的污染与自净和污水的净化效果来说，这些数值都是重要资料。

（五）pH值　pH值也是污染指标之一。生活污水一般呈弱碱性，其pH值约在7.2～7.6之间。工业废水的pH值变化极大，应充分掌握其变化规律。污水的pH值对排水管道，特别是强酸性工业废水对混凝土材料有腐蚀作用。并对水生生物及细菌的生长与活动均有直接影响，从而会影响到污水的生物处理和水体自净的过程。

（六）细菌数　污水和有些工业废水中含有大量细菌，每毫升污水中的细菌数常以百万计。这些细菌的大部分是无害的，但其中可能含有对人体健康有危害的病原菌和寄

China