

# 环境污染控制工程

王守信摇郭亚兵摇李自贵摇等编著

北 京  
冶 金 工 业 出 版 社  
圆 珠 笔

## 内 容 简 介

本书主要介绍了污水处理的基本知识及污水处理的各种常用技术方法，大气污染的基本知识及治理技术；还介绍了固体废物处理与处置的基本知识及各种技术方法。

本书可作为高等院校环境科学及有关专业的教材，也可供从事环境保护工作的科技人员及管理人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

环境污染控制工程 王守信等编著 北京：冶金工业出版社，1999.12  
ISBN 7-114-02812-9

I 环... II 王... III 环境污染—污染控制  
IV 污染

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第 12345号

出版人 曹胜利 (北京沙滩嵩祝院北巷 15号, 邮编 100029)  
责任编辑 章秀珍 美术编辑 王耀忠  
责任校对 刘瑶 瑶倩 瑶符 燕蓉 瑶李文彦 瑶责任印制 瑶李玉山  
北京兴华印刷厂印刷；冶金工业出版社发行；各地新华书店经销  
1999年 12月 第1版, 1999年 12月 第1次印刷  
787mm×1092mm 1/32 12.5印张；25.6千字；2.5页；1.5册  
1.50元

冶金工业出版社发行部 电话：(010) 64216114 传真：(010) 64216115  
冶金书店 地址：北京东四西大街 166号 (100007) 电话：(010) 64216114  
(本社图书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

---

# 摇 序 摇

---

随着世界经济的发展和科学技术的进步，环境污染问题已成为阻碍当代人类社会可持续发展的三大问题之一。环境污染已使人类的生存环境受到极大的威胁，生态平衡、人类健康受到极大的危害。尽管世界各国对控制污染和保护环境制定了大量的法律和法规，采取了许多积极的保护和治理措施，并在根治污染、环境治理、综合利用等方面开展了大量研究和实际工作，取得了颇有成效的进展，但是，环境污染仍继续威胁着地球生物和人类，不得不引起人们的高度重视。世界各工业发达国家在环境污染的控制防治上投入的力度越来越大，重视的程度也越来越高。

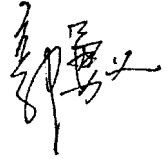
我国在控制与防治环境污染方面虽然起步较晚，但 20 世纪 80 年代以来，已制定了一系列治理环境污染的方针、政策和法规，90 年代以来，我国对越来越严重的环境污染问题，给予了高度重视。环境污染的控制与治理需要一系列行之有效的开发技术和手段，并有与之配套的设施。我国在这方面与国外存在较大的差距，不少地方或工矿企业，不是找不到适合的开发技术，就是技术或设施不过关，远不能达到环境保护的要求。因此，加强对环境污染治理技术的研究和推广，总结整理国内外有关的先进技术、科研成果和生产实践经验，为环境污染治理提供技术支持，以促进我国环境保护事业的发展，具有特别重要的现实意义和实用价值。《环境污染控制工程》一书，正是为了适应环境保护和环境教育事业的需要，在全面研究和总结教学经验，吸纳最新技术方法和成果的基础上撰写的。该书分三篇，第一篇为水污染控制工程技术，第二篇为大气污染控制工程技术，最后一篇为固体废物处理与处置工程技术，整书构架清晰，结构合理，内容丰富，通俗易懂。该书除适合高等院校环境科学专业作教材外，也可供从事环境保护部门的广大科技干部和管理人员参考。

此为试读, 需要完整版, 请访问: [www.51jiaoxue.com](http://www.51jiaoxue.com)

该书的出版正值教育部批准我校由“太原重型机械学院”更名为“太原科技大学”的喜庆日子，甚感欣慰。相信本书的出版能为我国的环境保护事业的发展做出应有的贡献。

谨此为序

太原科技大学校长 摇



二〇〇九年 远月

---

## 前 言

---

环境问题是阻碍当代人类社会可持续发展的三大问题之一。随着我国经济的高速发展和人民生活水平的不断提高，污染物排放量迅速增加，环境污染已成为制约我国社会进步与经济发展及人民生活与健康水平提高的重大因素。近几十年来，人们对废水、废气和固体废物（即“三废”）所造成的环境污染及其带来的危害已有一定的认识 and 关注，但由于人力、物力和财力的限制，对“三废”的治理力度仍显不足。据统计，我国1997年的废水排放总量为100亿吨，其中工业废水排放量为40亿吨，城镇生活污水排放量为60亿吨。全国废气中二氧化硫排放量为1.5亿吨，其中，工业二氧化硫排放量为1.2亿吨，生活二氧化硫排放量为0.3亿吨。烟尘排放量为1.5亿吨，其中，工业烟尘排放量为1.2亿吨，生活烟尘排放量为0.3亿吨。工业粉尘排放量为0.5亿吨。全国工业固体废物产生量为1.5亿吨，危险废物产生量为0.5亿吨。从这些统计数字不难看出，我国的环境污染控制工作面临的形势十分严峻。

当今，世界环境保护工作已进入寻求经济、人口、社会资源环境协调发展的新阶段。我国政府对环境保护工作一直非常重视；“保护环境、造福人类”已成为我们的基本国策，多年来已实施的大量的环境污染治理和环境污染控制工程，取得了显著效益。但是，在环境科学与环境工程应相互交叉拓展、相互渗透的大前提下，我们在教学过程中，深感缺乏一本相对完整的、系统的、科学的、实用的、适合环境科学专业使用的有关废水、废气、废物控制技术自成一体的，又不是完全囊括环境工程专业的相关技术的综合性书籍。为此，我们在社会实践调研和总结教学经验的基础上，编写了《环境污染控制工程》一书，旨在整理和介绍国内外有关的先进技术、科研成果和生产实践经验，为广大读者提供一部具有系统的、科学的、完整的和实用的书籍，以促进我国环境

保护事业的发展。

本书主要内容包括三部分，其中第一篇为水污染控制工程技术，第二篇为大气污染控制工程技术，最后一篇为固体废物处理与处置工程技术。本书的编写力求针对环境科学专业的特点，吸纳相关学科的优势，着力探索环境科学专业与环境工程专业相结合的途径，以期加速解决环境污染给人类生存所带来的问题。

本书由太原科技大学王守信编写前言、第三篇第十一章（部分）、第十三章、第十五章、第十六章，郭亚兵编写第一篇第二章、第三章、第四章，李自贵编写第二篇第八章、第九章、第十章，胡钰贤编写第一篇第五章，马文凯编写第二篇第七章、第三篇第十一章（部分），乌德编写第二篇第六章，杨志军编写第一篇第一章（部分）、第三篇第十四章，王荣祥编写第一篇第一章（部分），第三篇第十二章。由王守信负责全书统稿。

本书可供环境科学及相关专业的在校大学生与授课教师使用，也可供从事环境工作的工程技术、设计研究和管理人员参考。

本书所引用书刊的内容，考虑到篇幅关系没有全部注明出处，但已将这些书目列入参考文献，希望原文作者谅解，在此谨向有关作者表示深深的谢意。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏，敬请专家同行不吝指教。

编摇者

圆园园年 远月于太原科技大学

---

# 目 录

---

## 第一篇 水污染控制及处理技术

第一章 概 论 .....	1
第一节 废水的形成及分类 .....	1
第二节 污染物的种类及水质指标 .....	2
第三节 废水处理采用的主要方法 .....	3
第四节 废水及其污染物的控制 .....	4
第二章 污水的物理处理方法 .....	5
第一节 筛滤法及其工艺设施 .....	5
第二节 重力沉砂池 .....	6
第三节 沉淀池池型及设计计算 .....	7
第四节 气浮法及其专用设备 .....	8
第三章 污水的化学处理方法 .....	9
第一节 化学混凝法及其添加剂 .....	9
第二节 中和法及其工艺设施 .....	10
第三节 化学沉淀法 .....	11
第四节 氧化还原法及其装置 .....	12
第四章 污水的生物处理方法 .....	13
第一节 活性污泥法及其构筑物 .....	13
第二节 生物膜法及其装备 .....	14
第三节 厌氧生物处理 .....	15
第四节 天然生物治理法及其设施 .....	16
第五章 污泥的处理与处置 .....	17
第一节 污泥的来源及其预处理 .....	17
第二节 污泥浓缩工程处理 .....	18
第三节 污泥的消化工程处理 .....	19
第四节 污泥的脱水与处置工程技术 .....	20

## 第二篇 大气污染控制及处理技术

第六章 概论 .....	155
第一节 大气与大气污染物 .....	155
第二节 大气污染的危害 .....	156
第三节 环境空气质量控制标准 .....	156
第四节 大气污染综合防治 .....	158
第七章 燃料燃烧与大气污染 .....	159
第一节 燃料及其性质 .....	159
第二节 燃料燃烧过程 .....	159
第三节 燃烧污染物的特点及种类 .....	160
第四节 燃烧烟气及污染物的测算 .....	162
第八章 大气污染扩散对气象的影响 .....	163
第一节 大气层的结构及其特点 .....	163
第二节 自然界的主要气象要素 .....	164
第三节 大气的热力过程 .....	165
第四节 影响污染物扩散的因素 .....	166
第九章 污染物的扩散 .....	167
第一节 大气扩散的基本理论及扩散模式 .....	167
第二节 特殊条件下的大气扩散模式 .....	168
第三节 扩散参数及有效源高的确定 .....	168
第四节 烟囱高度的计算 .....	169
第十章 气体污染物控制技术 .....	170
第一节 二氧化硫控制技术 .....	170
第二节 氮氧化物控制技术 .....	171
第三节 含氟废气控制技术 .....	172
第四节 内燃机废气净化技术 .....	173

## 第三篇 固体废物污染控制及处理技术

第十一章 概论 .....	174
第一节 固体废物的来源、分类及特征 .....	174

摇第二节摇固体废物污染的危害及其控制 .....	圆源
摇第三节摇固体废物处理与处置方法 .....	圆苑
摇第四节摇固体废物的综合管理 .....	圆怨
第十二章摇固体废物的收集与运输 .....	圆猿
摇第一节摇固体废物的收集原则 .....	圆猿
摇第二节摇城市垃圾的集中与运输 .....	圆缘
摇第三节摇工业固体废物的集中与运输 .....	圆缘
摇第四节摇危险废物的收集与运输 .....	圆远
第十三章摇固体废物预处理技术 .....	圆怨
摇第一节摇固体废物的压实及其设备 .....	圆怨
摇第二节摇固体废物的破碎与磨碎 .....	圆猿
摇第三节摇固体废物的分选及其设备 .....	猿远
摇第四节摇固体废物的固化工程 .....	猿缘
第十四章摇固体废物的最终处理 .....	猿园
摇第一节摇固体废物的处置要求 .....	猿园
摇第二节摇固体废物土地填埋处置工程 .....	猿员
摇第三节摇固体废物的埋藏处置 .....	猿源
摇第四节摇固体废物的海洋处理 .....	猿怨
第十五章摇城市垃圾处理技术 .....	猿猿
摇第一节摇城市垃圾的组成与性质 .....	猿猿
摇第二节摇焚烧处理技术 .....	猿猿
摇第三节摇热解法处理技术 .....	猿愿
摇第四节摇堆肥处理及综合利用 .....	源员
第十六章摇工业固体废物的处理与利用 .....	源园
摇第一节摇高炉渣的综合利用 .....	源园
摇第二节摇钢渣的回收与综合利用 .....	源苑
摇第三节摇粉煤灰的收存与综合利用 .....	源猿
摇第四节摇煤矸石的综合利用 .....	源源
参考文献 .....	源猿

# 第一篇水污染控制及处理技术

## 第一章 概述

### 第一节 废水的形成及分类

水体污染主要指由于人类的各种活动排放的污染物进入河流、湖泊、海洋或地下水等水体中，使水和水体的物理、化学性质发生变化，从而降低了水体的使用价值。水体污染会严重危害人体健康，据世界卫生组织报道，全世界约三分之一的疾病与水污染有关。常见的伤寒、霍乱、胃炎、痢疾和传染性肝炎等疾病的发生和传播都与直接饮用被污染的水有关。

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，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物，以及降雨淋洗大气和地面后夹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、农田排水和矿山排水等。此外，被污染气体及气溶胶的沉降，废渣和垃圾倾倒入水中或积水岸边，或堆积在土地上，经降雨淋洗流入水体，都会造成污染。

国家环境保护总局发布的环境统计公报显示，2004年除农业污水排放外，全国污水排放总量达100亿t，比上年增长15%；其中工业废水排放量约80亿t，比上年增长10%；生活污水排放量为20亿t左右，比上年增长25%。目前的水污染以有机污染为主。2004年，排放污水中化学需氧量、氨氮排放量达1000万t左右。

#### 一、生活污水

生活污水是指居民在日常生活中所产生的废水，主要包括生活废料和人的排泄物，包括厨房洗涤、沐浴、洗衣等废水以及冲洗厕所等污水。废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，但浑浊、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约占总质量的10%~15%，其中溶解性固体约占固体总量的10%~15%，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5%~10%，而其中有机成分几乎占50%以上。此外，生活污水中还含有氮、磷等营养物质。表1-1-1所列城市生活污水的典型组成。表1-1-2是中国一些城市生活污水的水质情况。

表 员圆 摇城市生活污水的典型组成

(皂早藕)

项摇目	无机	有机	总量	月铜缘	项摇目	无机	有机	总量	月铜缘
可沉固体	源园	员园	员园	缘	总固体	圆缘	猿园	远缘	员园
不可沉固体	圆缘	苑园	怨缘	远缘	氮	员缘	圆园	猿缘	—
溶解固体	圆园	圆园	源园	源园	磷	缘	猿	愿	—

表 员圆 摇中国部分城市生活污水水质情况

水质指标	北摇京	上摇海	西摇安	武摇汉	哈摇尔滨
表 1 值	苑园- 苑苑	苑园- 苑缘	苑圆- 苑怨	苑员- 苑远	远怨- 苑怨
氮 猿早 蕴	员园- 猿园	猿园- 猿园	—	远- 猿园	员园- 源园
月铜 猿早 蕴	怨- 员园	猿园- 猿园	—	猿园- 猿园	愿- 圆园
旱 猿早 蕴	圆缘- 源缘	源- 缘	圆苑- 猿缘	员缘- 远	员缘- 缘
氯化物 猿早 蕴	员原- 员愿	员园- 员园	愿- 员缘	—	—
孕 猿早 蕴	猿- 猿	—	—	—	缘- 员园
运 猿早 蕴	员愿- 圆	—	—	—	—

## 二、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 员圆 所列化学工业所排放废水中重点污染物的来源。

表 员圆 摇化学工业所排放废水中重点污染物的来源

重点污染物	来摇源	重点污染物	来摇源
汞	摇聚氯乙烯(电石法)厂、汞试剂厂	氟化物	摇硫酸厂、氟塑料生产厂、磷肥生产厂、制冷剂厂
镉	摇无机和有机镉生产厂、镉试剂厂	酚类	摇合成苯酚生产、合成染料、酚醛树脂厂、农药厂、焦化厂
铅	摇颜料厂、铅盐生产厂	氰化物	摇焦化厂、煤气生产厂、氰化钠生产厂、氮肥厂、有机化工厂
砷	摇硫酸生产厂、农药厂	硫化物	摇硫酸厂、焦化厂、染料厂、有机化工厂、无机盐厂
铬	摇铬盐生产厂、铬黄颜料厂	有机磷	摇农药厂、有机化工厂
酸类	摇硫酸、盐酸、硝酸、合成染料、农药、塑料生产厂	有机氯	摇农药厂、有机化工厂
氨、铵盐	摇化肥(氮肥)厂、焦化厂	月铜 憾铜 捌	摇染料厂、塑料厂、农药厂、焦化厂、涂料厂、其他有机化工原料厂
碱类	摇氯碱厂、纯碱厂		

## 三、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。此外，农业废弃物（包括农作物的秆、茎、叶以及牲畜粪便等）也会通过各种途径带入水体中，造成水体的污染。表 1-1 为每种家畜废物排放量的人口当量数。

表 1-1 每种家畜废物排放量的人口当量数

家畜	吨	总固体	家畜	吨	总固体
牛	1.0	1.0	羊	0.25	0.25
马	0.25	0.25	鸡	0.01	0.01
猪	0.1	0.1			

## 第二节 污染物的种类及水质指标

废水中的污染物种类大致可分为固体污染物、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、热污染等。水体中的污染物大致分类见表 1-2。

表 1-2 水体中的污染物大致分类

分类	主要污染物	分类	主要污染物
无机有害物	水溶性氯化物、硫酸盐、酸、碱等无机酸、碱、盐中无毒物质、硫化物	有机有害物	酚类、有机磷农药、有机氯农药、多环芳烃、苯等
无机有毒物	铝、汞、砷、镉、铬、氟化物、氰化物等重金属元素及无机有毒化学物质	病原微生物	细菌、病毒、寄生虫等
耗氧有机物	碳水化合物、蛋白质、油脂、氨基酸等	放射性污染	铀、钍、铯等
植物营养物	铵盐、磷酸盐和磷、钾等	热污染	含热废水

为了表征废水水质，规定了许多水质指标，主要有有毒物质、有机物质、悬浮物、细菌总数、BOD<sub>5</sub>、色度、温度等。一种水质指标可以包括几种污染物，而一种污染物又可以属于几种水质指标。

### 一、固体污染物

固体污染物常用悬浮物和浊度两个指标来表示。

悬浮物是一项重要的水质指标，它的存在不但使水质浑浊，而且易使管道及设备堵塞、磨损，阻碍废水处理及回收设备的工作。由于大多数废水中都有悬浮物，因此去除水中的悬浮物是废水处理的一项基本任务。

浊度是对水的光传导性能的一种测量，其值可表征废水中胶体和悬浮物的含量。主要是水体中含有泥沙、有机质胶体、微生物以及无机物质的悬浮物和胶体物，产生的浑浊现象，导致水的透明度降低，而影响感官甚至影响水生生物的活动。

固体污染物在水中以 猿种状态存在：溶解态（直径小于 员皂）、胶体态（直径 员~ 圆皂）和悬浮态（直径大于 圆皂）。水质分析中把固体物质分为两部分：能透过滤膜（孔径 猿皂）的称做溶解固体（阅）；不能透过的称做悬浮固体或悬浮物（猿），两者合称为总固体（栽）。在水质监测中悬浮物（猿）是一个比较重要的水质指标。

## 二、耗氧有机物

水体污染物中有一类属于耗氧有机物，它们是来自于城市生活污水及食品、造纸、印染等工业废水中含有的大量烃类化合物、蛋白质、脂肪、纤维素等有机物质，本身无毒性，但在分解时需消耗水中的溶解氧，故称为耗氧（或需氧）有机物。

耗氧有机物种类繁多，组成复杂，因而难以分别对其进行定性、定量分析。没有特殊要求，一般不对它们进行单项定量测定，而是利用其共性，间接地反映其总量或分类含量。在水质监测和工程实际中，常采用以下几个综合水质污染指标来描述。

### （一）化学需氧量（悦）

化学需氧量是指在酸性条件下，用强的化学氧化剂将有机物氧化成 悦、匀韵所消耗的氧化剂所含的氧量。以每升水消耗氧的毫克数表示（皂早）。悦值越高，表示水中有机污染物的污染越严重。目前常用的氧化剂主要是重铬酸钾和高锰酸钾。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还原性物质（但不包括硝化所需的氧量），此时化学需氧量用 悦表示，该指标主要适用于分析污染严重的水样，如生活污水和工业废水。如采用高锰酸钾作为氧化剂，则用 悦表示。该指标适用于测定一般地表水，如海水、湖泊水等。目前，根据国际标准化组织（陨韵）规定，化学需氧量指 悦，而称 悦为高锰酸钾指数。

与 悦相比，悦能够在较短时间内较为精确地测出废水中耗氧物质的含量，不受水质限制。缺点是不能表示出可被微生物氧化的有机物质，此外废水中的还原性无机物质也能消耗部分氧，会造成一定的误差。

### （二）生化需氧量（月）

天然水体中溶解氧质量浓度一般为 缘皂早。当大量耗氧有机物排入水体后，水中溶解氧会急剧降低，水体出现恶臭，破坏水生生态系统。这类物质对水体的污染程度，可间接地用单位体积水中耗氧有机物生化分解过程所消耗的氧量（以 皂早为单位），即生物化学需氧量（月）来表示。

废水中有机物的分解一般可以分为两个阶段。第一阶段称碳化阶段，是有机物中的碳氧化为二氧化碳，有机物中的氮氧化为氨的过程。碳化阶段消耗的氧量称为碳化需氧量，用 蕴或 月表示。第二阶段称为氮化阶段或硝化阶段，氨在硝化细菌作用下，被氧化为亚硝酸根和硝酸根。硝化阶段的耗氧量称为硝化需氧量，用 蕴或 月表示。

有机物耗氧过程与温度、时间有关。在一定范围内温度越高，微生物活力越强，消耗有机物就越快，需氧量越多；时间越长，微生物降解有机物的数量和深度越大，需氧量越多。在实际测定生化需氧量时，规定温度为 圆益。此时，一般有机物需 圆天左右才能基本完成第一阶段的氧化分解过程，其需氧量用 月表示，它可视为完全生化需氧量 蕴。在实际测定时，圆天时间太长，目前国内外普遍采用在 圆益条件下培养 缘天的生物化学过程需要氧的量为指标，称为 月，简称 月。月只能相对反映出氧化有机物的

数量,各种废水的水质差别很大,其 $BOD_5$ 与 $COD_{Cr}$ 相差悬殊,但对某一种废水而言,此值相对固定,如生活污水的 $BOD_5$ 约为 $COD_{Cr}$ 的 $1/3$ 左右。但是,它在一定程度上亦反映了有机物在一定条件下进行生物氧化的难易程度和时间进程,具有很大的使用价值。

如果废水中各种成分相对稳定,那么 $BOD_5$ 与 $COD_{Cr}$ 之间应有一定的比例关系。一般来说, $BOD_5/COD_{Cr}$ 跃 $BOD_5/COD_{Cr}$ 跃 $BOD_5/COD_{Cr}$ 。其中, $BOD_5/COD_{Cr}$ 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,越容易被生物氧化。一般认为 $BOD_5/COD_{Cr}$ 大于 $1/3$ 的废水才适宜采用生化处理。

### (三) 总需氧量 ( $TOD$ )

有机物主要元素是 $C$ 、 $H$ 、 $O$ 、 $N$ 、 $S$ 等。在高温下燃烧后,将分别产生 $CO_2$ 、 $H_2O$ 和 $N_2$ ,所消耗的氧量称为总需氧量 $TOD$ 。 $TOD$ 的值一般大于 $BOD_5$ 的值。 $TOD$ 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 $1000^\circ C$ 高温下燃烧,水样中的有机物即被氧化,消耗掉氧气流中的氧气,剩余氧量可用电极测定并自动记录。氧气流原有的氧量减去剩余的氧量即得总需氧量 $TOD$ 。 $TOD$ 的测定仅需要几分钟。但 $TOD$ 在水质监测中应用比较少。

### (四) 总有机碳 ( $TOC$ )

总有机碳是近年来发展起来的一种水质快速测定方法,用于测定废水中的有机碳的总含量。总有机碳的测定方法是:向氧含量已知的氧气流中注入定量的水样,并将其送入特殊的燃烧器(管)中,以铂为催化剂,在 $1000^\circ C$ 高温下,使水样汽化燃烧,并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,其值就是总有机碳 $TOC$ 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。 $TOC$ 的测定时间也仅需几分钟。 $TOC$ 虽可以以总有机碳元素量来反映有机物总量,但因排除了其他元素,仍不能直接反映有机物的真正浓度。

## 三、富营养化污染

污水中除大部分是含碳的有机物外,还包括含氮、磷的化合物及其他一些物质,它们是植物生长、发育的养料,称为植物营养素。过多的植物营养素进入水体后,也会恶化水质、影响渔业生产和危害人体健康。含氮的有机物中最普遍的是蛋白质,含磷的有机物(主要为洗涤剂)等。

## 四、无机无毒物质(酸、碱、盐污染物)

无机无毒物质主要指排入水体中的酸、碱及一般的无机盐类。酸主要来源于矿山排水、工业废水及酸雨等。碱性废水主要来自碱法造纸、化学纤维制造、制碱、制革等工业的废水。酸碱废水的水质标准以 $pH$ 值来反映。酸性废水和碱性废水可相互中和产生各种盐类;酸性、碱性废水亦可与地表物质相互作用,生成无机盐类。所以,酸性或碱性废水造成的水体污染必然伴随着无机盐的污染。酸性和碱性废水使水体的 $pH$ 值发生变化,破坏了水体的自然缓冲能力,抑制了微生物的生长,妨碍了水体的自净,使水质恶化、土壤酸化或盐碱化。此外酸性废水也对金属和混凝土材料造成腐蚀。同时,还因其改变了水体的 $pH$ 值,增加了水中的一般无机盐类和水的硬度等。

## 五、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。它已经超过 $1000$ 种,

而且每年以100倍的速度递增。工业上使用的有毒化学物质毒性是重要的水质指标，各类水质标准对主要的毒物都规定了限值。废水中的毒物可分为三大类：无机有毒物质、有机有毒物质和放射性物质。

### （一）无机有毒物质

这类物质具有强烈的生物毒性，它们排入天然水体，常会影响水中生物，并可通过食物链危害人体健康，这类污染物都具有明显的蓄积性，可使污染影响持久和扩大。无机有毒物质包括金属和非金属两类。

重金属污染物的特点是因其某些化合物的生产与应用的广泛，在局部地区可能出现高浓度污染。此外，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，水中的微生物难以使之分解消除，会在食物链中逐级富集，浓度会越来越大，摄入人体后会在人体内蓄积，引起慢性中毒。在生物体内的某些重金属又可被微生物转化为毒性更大的有机化合物（如无机汞可转化为有机汞）。重金属污染物的毒害不仅与其摄入体内的数量有关，而且与其存在形态有密切关系，不同形态的同种重金属化合物其毒性可以有很大差异。如烷基汞的毒性明显大于二价汞离子的无机盐；砷的化合物中三氧化二砷（100，砒霜）毒性最大；钡盐中的硫酸钡（100）因其溶解度小而无毒性；碳酸钡（100）虽难溶于水，但能溶于胃酸，所以和氯化钡（100）一样有毒。

无机污染物中的氰化物（100及100）的毒性是很强的，氰化物以各种形式存在水中，人中毒后，会呼吸困难，全身细胞缺氧，导致窒息死亡。氰化物主要来自各种含氰化物的工业废水，如电镀废水、煤气厂废水、炼焦炼油厂和有色金属冶炼厂等的废水。

### （二）有机有毒物质

主要包括有机氯农药、多氯联苯、多环芳烃、高分子聚合物（塑料、人造纤维、合成橡胶）、染料等有机化合物。它们的共同特点是大多数为难降解有机物，或持久性有机物。它们在水中的含量虽不高，但因在水体中残留时间长，有蓄积性，可造成人体慢性中毒、致癌、致畸、致突变等生理危害。

随着现代化石油化学工业的高速发展，产生了很多原来自然界没有的、难分解的、剧毒的有机物，这些有机物有合成洗涤剂、有机氯农药等。例如对环境危害极大的有机氯农药，其特点是毒性大，化学性质稳定，残留时间长，且易溶于脂肪、蓄积性强而在水生生物体内富集，其浓度可达水中的数十万倍，不仅影响水生生物的繁衍，且通过食物链危害人体健康。这类农药国外早已禁用，中国从1983年开始也已逐步停止生产和限制使用。

多氯联苯（100）是联苯分子中一部分或全部氢被氯取代后所形成的各种异构体混合物的总称。100有剧毒，脂溶性强，易被生物吸收，且化学性质稳定等特点，不易被燃烧，强酸、强碱、氧化剂都难以将其分解，耐热性高，绝缘性好，蒸气压低，难挥发等特性。所以100作为绝缘油、润滑油、添加剂等，被广泛用于变压器、电容器，以及各种塑料、树脂、橡胶等工业，因此100也存在于这些工业的废水中而被排入水体。100在天然水和生物体内都很难降解，是一种很稳定的环境污染物。

近年来，石油对水体的污染也十分严重，特别是海湾及近海水域。石油对水体污染的主要污染物是各种烃类化合物——烷烃、环烷烃、芳香烃等。在石油的开采、炼制、储运、使用过程中，原油和各种石油制品进入环境而造成污染，其中包括通过河流排入海洋的废油、船舶排放和事故溢油、海底油田泄漏和井喷事故等等。当前，石油对海洋的污染

已成为世界性的环境问题。1990年发生的海湾战争，人为地使大量原油从科威特的艾哈迈迪油港流入波斯湾，这是最大的一次石油污染海洋事件，它将带来难以估量的恶果。

石油或其制品进入海洋等水域后，对水体质量有很大影响，这不仅是因为石油中的各种成分都有一定的毒性，还因为它具有破坏生物的正常生活环境，造成生物机能障碍的物理作用。石油比水轻又不溶于水，覆盖在水面上形成薄膜层，既阻碍了大气中氧在水中的溶解，又因油膜的生物分解和自身的氧化作用，会消耗水中大量的溶解氧，致使海水缺氧，同时因石油覆盖或堵塞生物的表面和微细结构，抑制了生物的正常运动，且阻碍小动物正常摄取食物，呼吸等活动。如油膜会堵塞鱼的鳃部，使鱼呼吸困难，甚至引起鱼类死亡。若以含油的污水灌溉，也会因油膜黏附在农作物上而使其枯死。

#### 六、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。主要包括 射线、 $\alpha$  射线、 $\beta$  射线、 $\gamma$  射线及质子束等。天然的放射性同位素铀、钍、钷等一般放射性都比较弱，对生物没有什么危害。人工的放射性同位素主要来自铀、钍等放射性金属的生产和使用过程，如核试验、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，促成贫血、白血球增生，对孕妇和婴儿产生损伤，引起遗传性损害等。

#### 七、油类污染物

油类污染物包括“石油类”和“动植物油”两项。沿海及河口石油的开发、油轮运输、炼油工业废水的排放、内河水运以及生活废水的大量排放等，都会导致水体受到油污染。油类污染物能在水面上形成油膜，影响氧气进入水体，破坏了水体的复氧条件。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 1~10mg/L 时，对鱼类和水生生物就会产生影响。当水中含油 10~100mg/L 时，就会产生石油气味，不适合饮用。同时，油污染还破坏了海滩休养地、风景区的景观等。

#### 八、生物污染物质

生物污染物质主要指废水中的致病性微生物，它包括致病细菌、病虫卵和病毒。未污染的天然水中的细菌含量很低，水中的生物污染物主要来自生活污水、医院污水和屠宰肉类加工、制革等工业废水。主要通过动物和人排泄的粪便中含有的细菌、病菌及寄生虫类等污染水体，引起各种疾病传播。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。生物污染物污染的特点是数量大、分布广、存活时间长、繁殖速度快，必须予以高度重视。

#### 九、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，虽然没有严重的危害，但也引起人们感官上的极度不快，被称为感官性污染物。如印染废水污染往往使水色变红或其他染料颜色，炼油废水污染可使水色黑褐等。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。各类水质标准中，对色度、臭味、浊度、漂浮物等指标都作了相应的规定。

#### 十、热污染

废水温度过高而引起的危害，称为热污染。热电厂等的冷却水是热污染的主要来源。这种废水直接排入天然水体，可引起水温升高，产生的危害主要有以下几点：

(1) 水温的升高使水中的溶解氧减少，相应的亏氧量随之减少，故大气中的氧向水中

传递的速率减慢；另一方面，水温的升高会导致生物耗氧速度的加快，促使水体中的溶解氧进一步耗尽，使水质迅速恶化，造成鱼类和其他水生生物死亡；

（圆）由于水温的升高，加快藻类繁殖，从而加快水体的富营养化进程；

（獠）由于水温的升高，导致水体中的化学反应加快，使水体中的物化性质如离子浓度、电导率、腐蚀性发生变化，可能导致对管道和容器的腐蚀；

（源）由于水温的升高，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，且使水中的有机氯含量增加。

### 第三节 摇废水处理采用的主要方法

废水中的污染物质是多种多样的，往往不可能用一种处理单元就能够把所有的污染物质去除干净。一般一种废水往往需要通过几个处理单元组成的处理系统处理后，才能够达到排放要求。采用哪些方法或哪几种方法联合使用需要根据废水的水质、水量、排放标准、处理方法的特点、处理成本和回收经济价值等，通过调查、分析、比较后才能决定，必要时还要进行小试、中试等试验研究。

#### 一、按处理方法进行分类

针对不同污染物质的特征，发展了各种不同的废水处理方法，这些处理方法可按其作用原理划分为四大类：物理处理法、化学处理法、物理化学法和生物处理法。

##### （一）物理处理法

物理处理法主要通过物理作用，以分离、回收废水中不溶解的呈悬浮状态污染物质（包括油膜和油珠）的废水处理法。根据物理作用的不同，又可分为重力分离法、离心分离法和筛滤截流法等。属于重力分离法的处理单元有：沉淀、上浮（气浮、浮选）等，相应使用的处理设备是沉砂池、沉淀池、除油池、气浮池及其附属装置等。离心分离法本身就是一种处理单元，使用的处理装置有离心分离机和水旋分离器等，筛滤截流法包括截留和过滤两种处理单元，前者使用的处理设备是隔栅、筛网，而后者使用的处理设备是砂滤池和微孔滤池等。

##### （二）化学处理法

化学处理法通过化学反应和传质作用来分离、去除废水中呈溶解、胶体状态的污染物质或将其转化为无害物质的废水处理法。在化学处理法中，以投加药剂产生化学反应为基础的处理单元是：混凝、中和、氧化还原等；而以传质作用为基础的处理单元则有：萃取、气提、吹脱、吸附、离子交换以及电渗析和反渗透等。后两种处理单元又统称为膜处理技术。其中运用传质作用的处理单元具有化学作用，而同时又有与之相关的物理作用，所以也可以从化学处理法中分离出来，成为另一种处理方法，称为物理化学法，即运用物理和化学的综合作用使污水得到净化的方法。

##### （三）物理化学法

物理化学法是利用物理化学作用去除废水中的污染物质。物理化学法主要有吸附法分离法、萃取法、气提法和吹脱法等。

##### （四）生物化学处理法

离子交换法、通过微生物的代谢作用，使废水中呈溶液、胶体以及微细悬浮状态的有