



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

水污染治理技术 ——工学结合教材 (第二版)

SHUIWURAN ZHILI JISHU GONGXUE JIEHE JIAOCAI

高红武 主编



“十二五”期间职业教育教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

水污染治理技术

——工学结合教材

(第二版)

高红武 主编

中国环境出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

水污染治理技术:工学结合教材/高红武主编. —2 版.

—北京:中国环境出版社, 2015.1

ISBN 978-7-5111-2096-0

I. ①水… II. ①高… III. ①水污染—污染防治

IV. ①X52

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 232235 号

出版人 王新程
责任编辑 黄晓燕 侯华华
责任校对 尹 芳
封面设计 宋 瑞

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67112735 (环评与监察图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2015 年 1 月第 1 版
印 次 2015 年 1 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 26.5
字 数 644 千字
定 价 41.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

《水污染治理技术——工学结合教材》(第二版)

编委会

主 编 高红武

副主编 徐 静 李 然 余良谋

编 写 李 理 王 琳 彭 莉 吴文彬

王 涛 程 瑛 任文春

前 言

《水污染治理技术》自 2011 年出版以来,在对高等职业教育环境工程类专业教学,突出应用性及联系生产实际,适应当前水污染治理技术发展的需要等方面,发挥了应有的作用。同时也得到了从事相关专业人员的认可。

《水污染治理技术》是高职高专环境监测与治理技术专业的核心课程之一。是在开设了基础课及化学类课程、环境工程单元操作(含流体力学)、环境微生物学等专业基础课后开设的,通过对本课程的学习,学生能掌握水污染治理技术的基本概念、理论及各种水污染治理工艺技术原理和设备,能够操作、运行、管理与维护水污染治理设备,具有从事一线水污染治理的工艺设计、设备生产、设施运行管理与维护的基本技能。此前所编写出版的相关教材,大多涉及专业理论知识过多,注重介绍基本处理方法原理,且局限于生活污水的治理技术,对各行业产生的工业废水着墨较少,不太适应高等职业教育培养高素质人才的需求。本教材作为昆明冶金高等专科学校建设国家示范性高职院校成果,根据环境监测与治理技术专业的人才培养目标以及对知识、能力、素质结构的要求,在课程教学内容的设置上,按照技术应用能力、职业素质培养为主线,本着“基础理论知识以应用为目的,以必需够用为度”的原则,以工学结合为切入点来精选内容,增加实践教学环节,强化学生能力的培养,使其适用性、针对性更强,具有一定的特色和较强的适应性。在内容广度、深度选择上,兼顾不同需求做一些有益的探讨和尝试。以工作任务为导向,典型项目为切入点,引导学生学习水污染治理技术的基本概念、各种水污染治理工艺及所需设备选用。

该教材共分七个教学情境。学习情境一为水污染治理技术初步,介绍了水处理相关规范、标准和基本处理方法原理;学习情境二为生活污水处理,介绍了各种生活污水处理工艺方法及实例;学习情境三至情境七分别介绍了钢铁工

业废水、有色冶金工业废水、化学工业废水、轻工业废水、食品、制药和其他工业废水的处理与利用方法及实例。该教材突出了行业的特色办学理念，实现了理论教学与生产实践的紧密结合，能够充分调动学生自主学习的积极性，促进学生积极思考和实践，从而达到职业教育人才培养目标的要求。

本书是高职高专院校环保类专业的相关课程教材，建议学时为 84 学时，各学校可根据学校实际选讲有关知识，同时也可供各行各业工程技术人员参考。

本书 2013 年 8 月被教育部职业教育与成人教育司认定为“十二五”职业教育国家规划立项教材。为贯彻《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》（教职成〔2012〕9 号），按照相关专业教学标准，对原教材进行了修订，并进行了勘误。

这次修订根据教学 and 实际使用中的反馈意见，在保持原版内容的适用性、典型性与先进性的基础上，根据企事业单位对环境监测与治理技术专业人才的需求，结合相关专业教学标准，突出其针对性。教材内容坚持以学生为本、为教学服务的原则，加强理论和实践应用相结合，培养学生分析、解决实际问题的能力，在内容广度、深度选择，兼顾不同需求等方面做一些有益的探讨和尝试。体现“学生主体”的教学模式。同时结合国家近年来颁布、修改的最新法律法规情况，引入了现阶段最新研究成果以及自教材出版以来新颁布的法律法规及标准。并对书的相关内容（包括部分内容的增加、删减和更新）进行了全面修订和勘误。经过修订后，内容更加充实、全面，结构更加条理化，实用性更强。在保证学生稳固掌握基础理论的前提下，使学生能真正学到有用的、实用的知识，能在相对较短的学时内掌握水污染治理技术的基本原理和应用方法，为从事相关工作奠定良好的基础。不但适合教学需要，还便于自学、应用与实际工作。

参加本书修订的人员有：主编高红武（学习情境一），副主编徐静（学习情境二之学习单元一、二、三）、李然（学习情境二之学习单元四、五、六、七）、余良谋（学习情境四学习单元三、四、五、六）；参编李理（学习情境

三)、王琳(学习情境五之学习单元三、四、五)、彭莉、吴文彬(学习情境七之学习单元二、三、四)、云南南磷集团王涛(学习情境五学习单元一、二)、云南铜业锌业股份有限公司程瑛(学习情境四之学习单元一、二)、云南省普洱市环境科学研究所任文春(学习情景七之学习单元一)。全书由高红武统稿。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中难免存在疏漏和错误,诚望批评指正。

编 者

2014年2月

目 录

学习情境一 水污染治理技术入门	1
学习单元一 污水处理相关规范、标准及基本方法	1
学习单元二 物理处理	20
学习单元三 化学处理	46
学习单元四 物理化学处理	76
学习单元五 生物处理	99
学习情境二 生活污水处理	136
学习单元一 概述	136
学习单元二 SBR 工艺	179
学习单元三 氧化沟工艺	188
学习单元四 A ² /O 工艺	196
学习单元五 MBR 处理工艺	203
学习单元六 其他生活污水处理工艺	214
学习单元七 生活污水处理厂、站设计初步	219
学习情境三 钢铁工业废水处理与利用	234
学习单元一 钢铁工业废水来源和性质	234
学习单元二 烧结厂污水处理与利用	238
学习单元三 炼铁厂废水处理与利用	241
学习单元四 炼钢厂废水处理与利用	250
学习单元五 轧钢厂废水处理与利用	255
学习情境四 有色冶金工业废水处理与利用	264
学习单元一 有色冶金工业废水的来源及性质	264
学习单元二 重有色金属冶炼废水处理与利用	265
学习单元三 轻有色金属冶炼废水处理与利用	275
学习单元四 稀有金属冶炼废水处理与利用	279
学习单元五 黄金冶炼废水处理与利用	288
学习情境五 化学工业废水的处理与利用	297
学习单元一 化学工业废水来源和性质	297
学习单元二 含油废水的处理与利用	300

学习单元三 含酚废水的处理与利用	308
学习单元四 硝基化合物废水的处理与利用	318
学习单元五 酸碱废水的处理与利用	321
学习情境六 轻工业废水的处理与利用	330
学习单元一 造纸废水的处理与利用	330
学习单元二 印染废水的处理与利用	337
学习单元三 化学纤维废水治理与利用	348
学习单元四 制革废水处理与利用	355
学习情境七 食品、制药与其他工业废水的处理与利用	365
学习单元一 食品工业废水的处理与利用	365
学习单元二 酿造废水的处理与利用	380
学习单元三 抗生素废水的处理与利用	390
学习单元四 农药废水的处理与利用	398
参考文献	413

学习情境一

水污染治理技术入门

【情境描述】

学习水污染控制相关法律法规、水质指标、控制标准、相关规范；掌握物理法、化学法、物理化学法、生物法等污水处理的基本方法及相关处理单元构筑物的结构特点及操作方式。具备水污染治理基本技术初步知识，能在后续污水处理工艺中利用这些知识进行流程运行控制。

学习单元一 污水处理相关规范、标准及基本方法

一、水资源及其循环

(一) 水资源概述

天然水资源包括河川径流、地下水、积雪和冰川、湖泊水、沼泽水、海水。按水质划分为淡水和咸水。与其他自然资源不同，水资源是可再生的资源，可以重复多次使用；并出现年内和年际量的变化，其变化具有一定的周期和规律；储存形式和运动过程受自然地理因素和人类活动影响。随着科学技术的发展，被人类利用的水量增多，例如海水淡化、人工催化降水和南极大陆冰的利用等。由于气候条件变化及各种水资源的时空分布不均，天然水资源量不等于可利用水量，因而往往采用修筑水库和地下水库来调蓄水源，或采用回收和处理的办法利用工业和生活污水，扩大水资源的利用。

如图 1-1 所示，地球的总水量约为 14.00 亿 km^3 ，其中 97.5% 以上为海洋水，地球淡水总量为 0.35 亿 km^3 ，为全球总水量的 2.5%。其中地表水占 1.78%，地下水占 1.69%。其中 3/4 是在南北极的冰帽和冰川，目前极少被利用。而能供人类直接利用而且易于取得的淡水资源为 400 万 km^3 左右，仅占地球总水量的 0.3%。地球上水资源的分布及分配比见表 1-1。

我国江河平均年径流量为 2.8 亿 m^3 ，仅次于巴西、俄罗斯、加拿大、美国、印度尼西亚，居世界第 6 位。但人均径流量只有世界人均径流量的 1/4，每亩（ $1 \text{ 亩}=1/15 \text{ hm}^2$ ）耕地水量也只有世界平均值的 2/3。如图 1-2 所示。

我国水资源时空分布严重不均匀。就空间分布来说，长江流域及其以南地区，水资源约占全国水资源总量的 80%，但耕地面积只为全国的 36% 左右；黄、淮、海流域，水资源只有全国的 8%，而耕地则占全国的 40%。从时间分配来看，中国大部分地区冬春少雨，

夏、秋雨量充沛，降水量大都集中在 5—9 月，占全年雨量的 70%以上，且多暴雨。黄河和松花江等河，近 70 年来还出现连续 11~13 年的枯水年和 7~9 年的丰水年。中国地下水补给量为 7 718 亿 m³/a，其中长江流域最多，为 2 130 亿 m³/a。

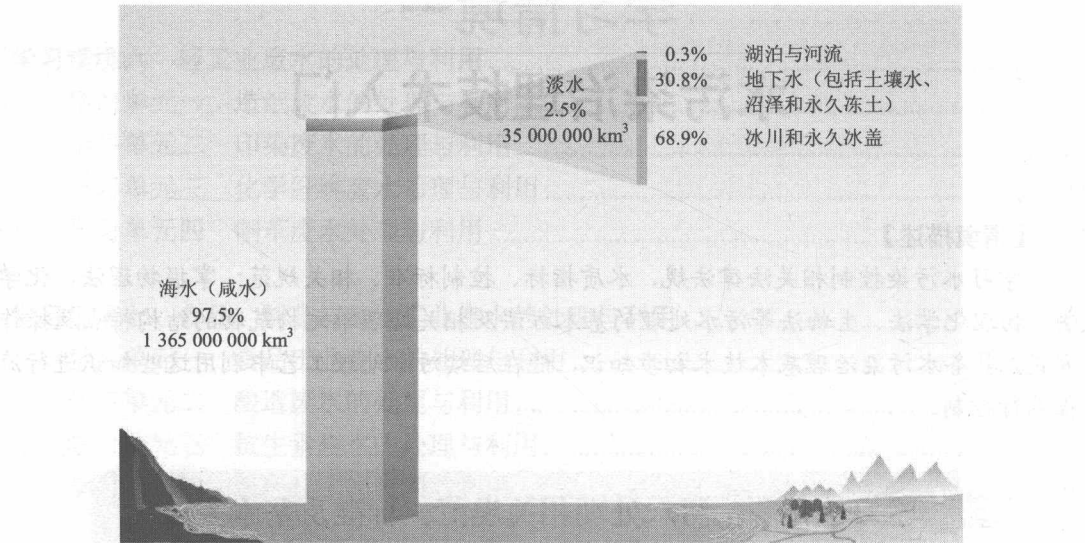


图 1-1 全球水资源配比情况

表 1-1 地球上水资源的分布及分配比

分布类型	体积/km ³	分配比/%	分布类型	体积/km ³	分配比/%
地表水			地下水（深层）	4 170 000	0.31
淡水湖	125 000	0.009 3	其他水		
咸水湖	104 000	0.007 8	冰盖及冰河	29 200 000	2.15
河 流	1 250	0.000 09	大气	13 000	0.001
地表以下的水			海洋	1 320 000 000	97.2
土壤及渗透水	67 000	0.005	生物体内	6 000	0.000 5
地下水（地面至地下 750 m）	4 170 000	0.31	总计	1 357 856 250	100

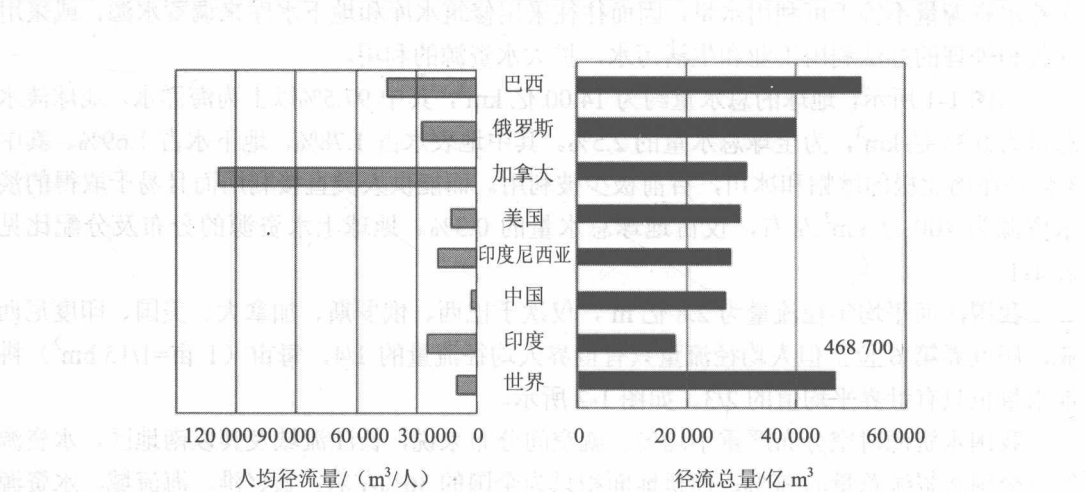


图 1-2 世界七个水资源丰富国家的径流量

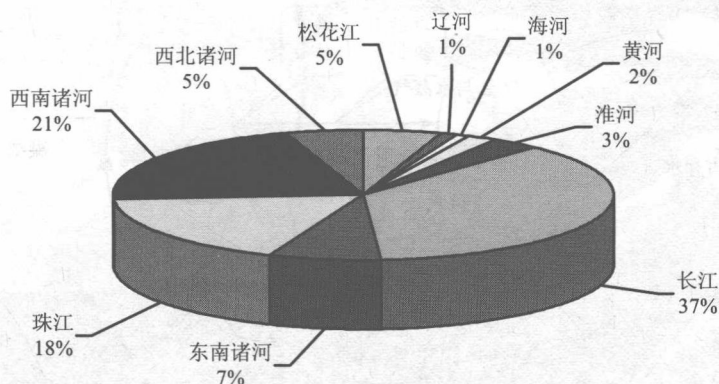


图 1-3 中国水资源总量分区情况

综上所述，我国水资源有以下特点：

① 水量在地区上分布不平衡。水资源分布与降水分布基本一致，东南多、西北少，由东南沿海地区向西北内陆递减，分布不均匀。

② 水量在时间分配上不均匀。受季风气候影响，降水量在年内分配不均，年际变化也大。大部分地区冬春少雨，多春旱；夏秋多雨，多洪涝。

③ 水土资源组合不相适应。东北、西北、黄淮河流域径流量占全国总量的 17%，但土地面积占全国的 65%，长江以南江河径流量占全国的 83%，土地面积仅占 35%。而且各地对水资源的开发利用也不平衡，南方多水地区利用程度较低，北方少水地区地表水、浅层地下水开发利用程度较高。

随着经济的迅速发展，用水量日益增加，而水资源由于受到工业废水和生活污水的污染，水质日益恶化。我国水资源 70% 受到污染，3 亿人在饮用不清洁水，1.9 亿人的饮用水含有害物质。因此，正确认识中国水资源的特点，合理开发利用，防止水污染，保护水资源是刻不容缓的任务。

（二）水循环

水循环分为自然循环和社会循环两种。

1. 水的自然循环

地球上的水不是静止不动，而是不断通过运动和相变从一个地圈转向另一个地圈，或从一种空间转向另一种空间。水循环是一个复杂过程，如图 1-4 所示，但蒸发无疑是其初始的、最重要的环节。海陆表面的水分因太阳辐射而蒸发进入大气。在适宜条件下水汽凝结形成降雨。其中大部分直接降落在海洋中，形成水分在海洋与大气间的内循环；另一部分水汽被输送到陆地上空，以雨的形式降落到地面。一是通过蒸发和蒸腾返回大气；二是渗入地下形成土壤水和潜水，形成地表径流及河流最终注入海洋，后者即是水分的海陆循环；三是内陆径流不能注入海洋，水分通过河面和内陆湖面蒸发再次进入大气圈。



图 1-4 水的自然循环

各种形式的水在循环中以不同周期自然更新。水的赋存形式不同，更新周期差别也很悬殊。多年冻土带的地下冰和极地冰盖更新周期最长，需 1 万年左右。海水更新则需 2 500 年，山岳冰川视其规模不同约需数 10 年至 1 600 年，深层地下水 1 400 年，较大的内陆海 1 000 年，湖泊数年甚至数十年，沼泽 1~5 年，土壤水 280 天至 1 年，河川水 10~20 天，大气水 8~9 天，生物水则仅需数小时。

水的自然循环使各种自然地理过程得以延续，也使人类赖以生存的水资源不断得到更新从而永续利用。因此，其无论对自然界还是对人类社会都具有非同寻常的意义。

2. 水的社会循环

除了上述水的自然循环外，随着人类的活动不断迁移转化，形成了水的社会循环。水的社会循环是指人类为了满足生活和生产的需求，不断取用天然水体中的水，经过使用，一部分天然水被消耗，绝大部分却变成生活污水和工业废水排放，重新进入天然水体。

与水的自然循环不同，在水的社会循环中，水的性质在不断地发生变化。例如，在人类的生活用水中，只有很少一部分是作为饮用或食物加工以满足生命对水的需求，而大部分水用于卫生目的，如洗涤、冲厕等。这部分水经过使用会挟带大量污染物质。工业生产用水量很大，除了用一部分水作为工业原料外，大部分是用于冷却、洗涤或其他目的，使用后水质也发生了显著变化，其污染程度随工业性质、用水性质及方式等因素而变。在农业生产中，化肥、农药使用量的日益增加使得降雨后的农田径流会挟带大量化学物质流入地面或地下水水体，形成所谓“面源污染”。

如图 1-5 所示，在水的社会循环中，生活污水和工农业生产废水的排放，是形成自然界水污染的主要根源，也是水污染防治的主要对象。

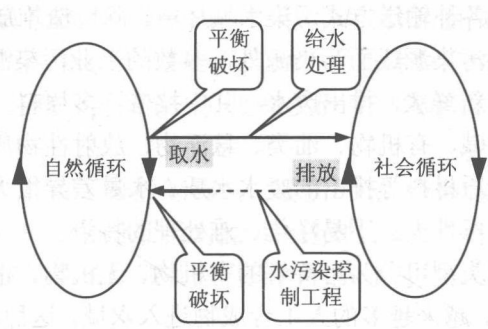


图 1-5 水的社会循环对自然循环的影响

二、水污染的来源及危害

自然界的水在其蒸汽状态下通常近乎纯净。由于冷凝过程常常需要有一个表面或者晶核，水在变为液滴时有可能带入杂质。加上液态水的流动性很大，溶解能力又很强，因此在自然界循环中，水与大气、土壤和岩石表面接触的每一个环节都会有更多的杂质混入和溶入，自然界几乎不存在纯净的水。

(一) 水污染的来源

水在自然循环与社会循环过程中因某物质的介入，导致其物理、化学、生物或者放射性等方面特性发生改变，从而影响水的有效利用，危害人体健康或者破坏生态环境，造成水质恶化的现象称为水污染。造成水污染的污染物发生源称为污染源。水污染治理技术中通常将水污染的来源分为工业污染源、生活污染源和面源污染三类。如图 1-6 所示。

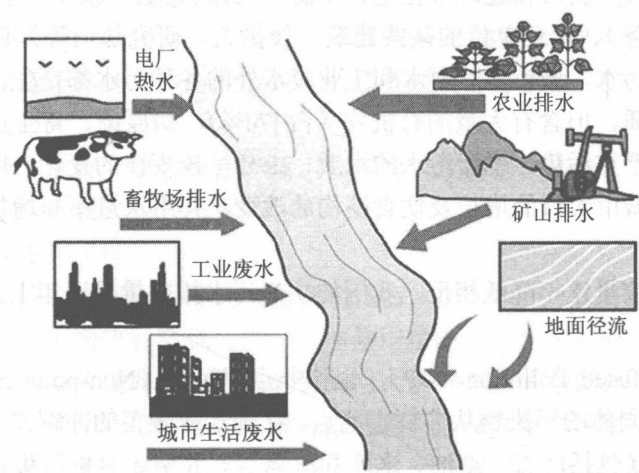


图 1-6 水污染来源

1. 工业污染源

工业污染源是对水域环境造成有害影响的工业生产设备、装置或场所。工业生产中的一些环节，如原料生产、加工过程、加热或冷却过程等所用的设备、装置和场所排出含有

不同污染物的废水，通过各种输送方式污染水域环境。除废渣堆放场和工业区由降水径流引起的污染发生源、属线污染源或面污染源外，多数的工业污染源属于水域的点污染源。工业生产过程要消耗大量新鲜水，排出废水，其中挟带许多原料、中间产品或成品，例如重金属、有毒化学品、酸碱、有机物、油类、悬浮物、放射性物质等。不同工业、不同产品、不同工艺过程及不同原材料等排出的废水水质、水量差异很大。因此，工业废水具有面广、量大、成分复杂、毒性大、不易净化、难处理的特点。

工业污染源的污染物类型可分为可降解的有机物、无机物、重金属和难降解的有机物等。随着化学工业的发展，越来越多的人工合成物进入水域，这种难降解物在水体中循环、富集，构成对人体健康威胁的污染来源。表 1-2 列出了主要工业污水及其来源。

表 1-2 主要工业污水及其来源

污水种类	污水的主要来源
重金属污水	矿、冶炼、金属处理、电镀、电池、特种玻璃及化工生产等
放射性污水	铀、钍、镭矿的开采加工，医院及同位素实验室
含铬污水	采矿、冶炼、电镀、制革、颜料、催化剂等
含氰污水	电镀、金银提取、选矿、煤气洗涤、核电站焦化、金属清洗
含油污水	炼油、机械、选矿及食品
含酚污水	焦化、炼油、化工、煤气、染料、木材防腐、合成树脂等
有机污水	化工、酿造、食品、造纸等
含砷污水	制药、农药、化工、化肥、采矿、冶炼、涂料、玻璃等

2. 生活污染源

生活污染源是指人类消费活动产生的污水。城市和人口密集的居住区是主要的生活污染源。水生活污染源来自居住建筑（住宅、工房）、公共建筑（旅社、学校、医院、饭店、菜场、浴室、公厕等）、事业单位的某些建筑（如机关、研究部门等）以及工厂中生活、办公用房等排出的污水。城市内除雨水和工业废水外的各种污水都是生活污染源。生活污水一般不含有毒物质，但含有大量的有机物（占 70%）、病原菌、寄生虫卵等，排入水体或渗入地下将造成严重污染，生活污水的水质、成分呈较规律的变化，用水量则呈较规律的季节变化，随着城市人口的增长及饮食结构的改变，其用水量不断增加，水质和成分有所变化。

与工业废水排放量逐年降低相反，我国的生活污水排放量呈逐年上升趋势。

3. 面源污染

面源污染（Diffused Pollution，DP），也称非点源污染（Non-point Source Pollution，NPS），是指溶解和固体的污染物从非特定地点，在降水或融雪的冲刷作用下，通过径流过程而汇入受纳水体（包括河流、湖泊、水库和海湾等）并引起有机污染、水体富营养化或有毒有害等其他形式的污染。根据面源污染发生的区域和过程特点，一般将其分为城市面源污染和农业面源污染两大类。

面源污染自 20 世纪 70 年代被提出和证实以来，对水体污染所占比重随着对点源污染的大力治理呈上升趋势，而农业面源污染是面源污染的最主要组成部分。自 20 世纪 60 年代以来，虽然点源污染逐步得到了控制，但是水体的质量并未因此有所改善，人们逐渐意

识到农业面源污染在水体富营养化中所起的作用。据统计,面源污染约占总污染量的 2/3,其中农业面源污染占面源污染总量的 68%~83%,农业污染已经成为美国河流污染的第一污染源。农业面源污染问题日益突出,开展相关研究寻求解决面源污染治理的方法尤为必要。

面源污染具有微量、广域、分散等特点。微量是指污染物浓度通常较点源污染低,但污染物总负荷却非常大;广域和分散指面源污染地理边界和发生位置难以识别和确定,随机性强,成因复杂,潜伏周期长,涉及范围广,控制难度大。

(二) 水污染的危害

水污染的危害主要体现在以下 4 个方面:

(1) 加剧水资源短缺危机,破坏可持续发展的基础

水是人类赖以生存和发展的一种不可替代资源。水对我国社会和经济可持续发展的作用比以往任何时期都更加突出。我国作为一个贫水国家,水污染使水体功能降低甚至丧失,不仅使原来缺水的地区和城市更加缺水,而且使一些水资源丰富的地区和城市守着河、湖却不能得到清洁的、水质符合要求的水,形成了所谓的水质型缺水。这已经成为全国不少地区经济和社会发展的最大障碍。

(2) 降低饮用水的安全性,威胁人民身体健康

饮用水的质量和与安全与人体健康直接相关。安全饮用水的供给是以水质良好的水源为前提的。但是我国 90% 的城镇饮用水源已经受到城市污水、工业废水和农业废水的威胁。水污染问题使污水处理工艺受到了前所未有的挑战,有的已不可能生产出安全的饮用水,甚至不能满足冷却水及工艺水的水质要求。

(3) 影响农产品和渔业产品质量安全

由于大量未经充分处理的污水被用于灌溉,已经使 1 000 多万亩 (1 亩=1/15 hm^2) 农田受到重金属和合成有机物的污染。长期的污水灌溉使病原体、“三致”物质通过粮食、蔬菜和水果等食物链迁移到人体内,造成污水灌溉区人群寄生虫、肠道疾病、肿瘤死亡率等大幅提高。

水污染对渔业的危害主要表现在养殖水体恶化,致病菌、病毒、有毒有害物质导致养殖生物大量死亡,经济损失相当严重。

(4) 危害水体生态系统

富营养化的湖泊、水库因为藻类大量繁殖覆盖水面,水生生态系统结构、功能失调,溶解氧下降,使水生生物缺氧窒息死亡,水体使用功能受到很大影响,甚至使湖泊、水库退化、沼泽化。水污染还使海洋生态系统受到巨大的损害,大量的污染物直接注入海域,使海洋水质恶化,尤其是城市附近的海域污染严重,赤潮发生频次增加,面积扩大,珊瑚礁生态系统和沿海湿地生态系统退化,鱼类群落多样性明显下降,珍稀物种减少,海水中细菌及病毒含量增高,海水产品质量下降。

我国水污染造成的经济损失占 GDP 的 1.46%~2.84%。水体污染物种类繁多,依据污染物物质所造成的环境问题,主要有以下几种类型。

① 酸、碱、盐等无机物污染及危害。水体中酸、碱、盐等无机物的污染,主要来自冶金、化学纤维、造纸、印染、炼油、农药等工业废水及酸雨。水体的 $\text{pH}<6.5$ 或 $\text{pH}>8.5$

时，都会使水生生物受到不良影响，严重时造成鱼虾绝迹。水体含盐量增高，会影响工农业及生活用水的水质，用其灌溉农田会使土地盐碱化。

② 重金属污染及危害。污染水体的重金属有汞、镉、铅、铬、钒、钴、钡等。其中汞的毒性最大，镉、铅、铬次之，砷由于毒性与重金属相似，常与重金属列在一起。重金属在工厂、矿山生产过程中随废水排出，进入水体后不能被微生物降解，经食物链的富集作用，含量能逐级在较高级生物体内成百上千倍地增加，最终进入人体（表 1-3）。例如，20 世纪 50 年代发生在日本的“水俣病”就是一个典型的例子。

表 1-3 水生生物对常见重金属的平均富集倍数

重金属	淡 水 生 物			海 水 生 物		
	淡水藻	无脊椎动物	鱼类	淡水藻	无脊椎动物	鱼类
汞	1 000	100 000	1 000	1 000	100 000	1 700
镉	1 000	4 000	300	1 000	250 000	3 000
铬	4 000	2 000	200	2 000	2 000	400
砷	330	330	330	330	330	230
钴	1 000	1 500	5 000	1 000	1 000	500
铜	1 000	1 000	200	1 000	1 700	670
锌	4 000	40 000	1 000	1 000	100 000	2 000
镍	1 000	100	40	250	250	100

③ 耗氧物质污染及危害。生活污水、食品加工和造纸等工业废水，含有碳水化合物、蛋白质、油脂、木质素等有机物质。这些物质悬浮或溶解于污水中，经微生物的生物化学作用而分解，由于在分解过程中要消耗氧气，被称为耗氧污染物。这类污染物造成水中溶解氧减少，影响鱼类和其他水生生物的生长。水中溶解氧耗尽后，有机物将进行厌氧分解，产生 H_2S 、 NH_3 和一些有异味的有机物，使水质进一步恶化。

④ 植物营养物质污染及危害。生活污水和某些工业废水中，含有一定量的氮和磷等植物营养物质；施用磷肥、氮肥的农田水中，也含有磷和氮；含洗涤剂的污水中也有不少磷。水体中过量的磷和氮，成为水中微生物和藻类的营养，使得蓝绿藻和红藻等迅速生长。其繁殖、生长、腐败，导致水中氧气大量减少，使鱼虾等水生生物死亡、水质恶化。这种由于水体中植物营养物质过多蓄积而引起的污染，叫做水体的“富营养化”，在海湾出现的水体富营养化叫做“赤潮”。

⑤ 石油污染及危害。在石油的开采、贮运、炼制及使用过程中，由于原油和各种石油制品进入环境而造成污染。石油中很多种成分具有一定的毒性，会破坏海洋生物的正常生活环境，造成生物机能障碍。石油在海水中形成油膜，影响海洋绿色植物的光合作用，使海兽、海鸟失去游泳和飞行的能力。黏度大的石油堵塞水生动物的呼吸和进水系统，使之窒息死亡。石油污染还会破坏海滨风景区和海滨浴场。

⑥ 难降解有机物污染及危害。随着石油化学工业的发展，生产出很多自然界没有的、难分解和有毒的有机化合物。其中污染水体的主要是有机氯农药、多环有机化合物、有机氮化合物、有机重金属化合物、合成洗涤剂等。例如，合成洗涤剂由表面活性剂、增净剂等组成。表面活性剂在环境中存留时间较长，消耗水体中的溶解氧，对水生生物有毒性，