

污水治理与环境保护

张艳梅 著



非外借

云南出版集团公司
云南科技出版社

污水治理与环境保护

张艳梅 著

云南出版集团公司
云南科技出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

污水治理与环境保护 / 张艳梅著. — 昆明 : 云南
科技出版社, 2017.12
ISBN 978-7-5587-1221-0

I. ①污… II. ①张… III. ①污水处理 IV.
①X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 324167 号

责任编辑: 王建明 蒋朋美

封面设计: 瑞天书刊

责任印制: 叶水金

责任校对: 翟 苑

云南出版集团公司

云南科技出版社出版发行

(昆明市环城西路 609 号云南新闻出版大楼 邮政编码: 650034)

北京虎彩文化传播有限公司印刷 全国新华书店经销

开本: 710mm×1000mm 1/16 印张: 15.5 字数: 230 千字

2018 年 7 月第 1 版 2018 年 7 月第 1 次印刷

定价: 59.00 元

前言

环境问题是当今人类面临的最重大的问题之一。自从有人类社会以来，人们为了追求更加美好的生活，加速利用自然、改造自然，特别是进入 20 世纪以来，伴随着全球经济的高速增长，人与自然的矛盾更加激化，生态破坏和环境污染已经成为严重的区域性和全球性环境问题，制约着可持续发展。因此探索环境问题的成因、规律、危害，寻求解决环境问题的途径，保护我们赖以生存的生态环境，是一项紧迫而又艰巨的任务，也是我们义不容辞的责任。

在构成现代社会错综复杂的社会经济、技术和生态系统的进程中，都可以看出资源、环境、人口和发展之间的相互依存，相互影响的关系。人口和经济的迅速增长，加剧了资源的使用，特别是导致了环境的破坏，进一步降低了资源的生产率。自然生态的破坏、土地的损失和不当的工业化，不仅减少了资源基地，而且造成农业环境的退化，污染环境和浪费大量的资源，出现了当代一个严重的环境问题。因此，能不能正确认识和处理资源、环境、人口和发展之间相互关系，做好环境保护工作，不仅关系到当前的一代人，而且是关系到子孙后代能否正常生活的一个与人类前途休戚相关的战略问题。水质污染降低或丧失了水体使用功能，从另一方面使有限的可利用的水资源总量减少，因而进一步加剧了水资源的短缺局面。

随着人口增加、城市化进程加快以及工业的迅猛发展，污染带来的水资源短缺问题日益突出，是人类社会面临的重大环境问题之一。

环境治理在环境科学中占有特别重要地位。环境治理，一是指研究如何防患于未然，通过技术改造，提高资源能源的利用率，把污染控制和三废消除在生产过程之中，即采用无公害和少公害的生产技术，力求使污染源得到根治。一是指研究除患于既成之后，如何应用现代科学技术成果，通过综合利用，使排放的三废资源化。对于一些通过技术改造和综合利用一时还不能解决而又必须排放的污染物，则选择技术先进、经济合理、效果显著的治理措施，对已形成的环境污染进行治理。

在写作过程中，一些同行专家、学者的有关著作、论文，扩展了我的视野，提高了我的专业认识与水平，并吸取了他们的一些研究成果，在此谨致诚挚的谢意。限于作者水平，书中难免有许多不妥之处，恳请同行专家、学者和广大读者惠予批评指正。

目 录

第一章 水体污染及其危害	1
第一节 概述	1
第二节 主要水污染类型及其危害	6
第二章 我国水污染状况及发展趋势	11
第一节 水污染源及其发展趋势	11
第二节 我国河流污染及发展趋势	15
第三节 我国湖泊污染及发展趋势	20
第四节 地下水污染	24
第三章 水资源危机带来的生存与发展问题	28
第一节 严重制约社会经济发展	28
第二节 严重危及人类健康	31
第三节 威胁自然生态系统	34
第四章 水资源危机	35
第一节 概述	35
第二节 未来发展趋势	36
第三节 水资源危机	45
第五章 水资源的管理	48
第一节 水资源的管理	48
第二节 水资源保护战略	52
第六章 水污染的防治	62
第一节 水污染防治技术的发展	62
第二节 水污染防治的基本途径和技术方法	66
第三节 城市水污染控制技术与方法	68
第四节 非点源污染控制技术与方法	76
第五节 区域水污染防治	102
第七章 生态系统与环境保护	104

第一节 生态学的基础知识.....	104
第二节 生态环境保护的基本原理	111
第三节 生物多样性及其保护	120
第四节 自然保护区	122
第八章 人口、资源与环境	127
第一节 人口与环境	127
第二节 自然资源的开发利用与环境保护	134
第三节 土地资源的开发利用与生态环境保护	138
第四节 水资源的开发利用与环境保护	147
第五节 森林资源的开发利用和保护	152
第六节 能源的开发利用与环境	157
第九章 环境管理与环境法规	161
第一节 环境管理	161
第二节 环境保护法规	173
第三节 环境标准	190
第十章 环境监测与评价	197
第一节 环境监测	197
第二节 环境影响评价	210
第十一章 可持续发展战略	214
第一节 可持续发展理论的形成	214
第二节 可持续发展战略的内涵与特征	220
第三节 可持续发展的指标体系	226
第四节 可持续发展战略的实施	233

第一章 水体污染及其危害

第一节 概述

一、水体污染

水体污染，简称水污染，是指污染物进入河流、海洋、湖泊或地下水等水体后，使水体的水质和水体沉积物的物理、化学性质或生物群落组成发生变化，从而降低或丧失了水体的使用价值和使用功能的现象。

水体污染是相对的概念。水体中含有环境污染物并不意味着一定受到了污染，天然水体中本身含有各类环境污染物，只有在环境污染物的含量达到或超过水体使用功能对应的环境标准条件下，水体的使用功能或价值降低时，我们才称水体受到了污染。不同的时期，不同的水域有不同的使用功能和价值，因此，水体污染是相对特定时间和空间的概念。本节后面我们将介绍水质标准和环境容量两个基本概念，有助于理解什么是水体污染。

二、主要水污染物

（一）无毒无机物质

无毒无机物质主要指排入水体中的酸、碱及一般的无机盐类，如碳酸盐、氢化物、硫酸盐、钾、钠、钙、镁、铁、镁等，酸性或碱性污水造成的水体污染通常伴随着无机盐的污染。酸性和碱性废水的污染，破坏了水体的自然缓冲作用，抑制着细菌及微生物的生长，妨碍着水体自净，腐蚀着管道、水工建筑物和船舶。同时，还因其改变了水体 pH 值，增加了水

中的一般无机盐类和水的硬度等。

（二）有毒无机物质

主要指重金属（如汞、铜、铬、钢）和砷、镉、氟化物等，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累积性，可使污染影响持久和扩大。不同的无机有毒污染物有程度不同的毒性。

（三）无毒有机物质

无毒有机物质主要指耗氧有机物，天然水中的有机物质一般是水中生物生命活动产物，人类排放的生活污水和大部分工业废水中都含有大量有机物质，其中主要是耗氧有机物如碳水化合物、蛋白质、脂肪等。这些物质的共同特点是：没有毒性，进入水体后，在微生物的作用下，最终分解为简单的无机物质，并在生物氧化分解过程中消耗水中的溶解氧。因此，这些物质过多地进入水体，会造成水体中溶解氧严重不足甚至耗尽，从而恶化水质，并对水中生物的生存产生影响和危害。

碳水化合物、蛋白质、脂肪和酚、醇等有机物质可在微生物作用下进行分解，分解过程中需要消耗氧，因此被统称为需氧有机污染物或耗氧有机污染物。

耗氧有机物种类繁多，组成复杂，在中国，反映水体有机耗氧污染物污染水平的主要指标为：溶解氧（DO）、化学需氧量（COD）、生物需氧量（BOD）以及总有机碳（TOC）。

（四）有毒有机物质

有毒有机污染物质的种类很多，且这类物质的污染影响、作用也不同，包括酚类化合物、酯类、有机氯农药、有机磷农药、有机汞农药、聚氯联苯（PCB）、多环芳烃类等。

（五）放射性物质

放射性污染物，如 $^{238}\text{铀}$ 、 $^{90}\text{锶}$ 、 $^{137}\text{铯}$ 、 $^{60}\text{钴}$ 等，通过水体可影响生物，灌溉农作物亦可受到污染，最后可由食物链进入人体。放射性污染物放出的 α 、 β 、 γ 等射线可损害人体组织，并可蓄积在人体内造成长期危害，促成贫血、白血球增生、恶性肿瘤等各种放射性病症。

（六）生物污染物质

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、病毒及寄生虫类等污染水体，引起各种疾病传播。

三、水污染物来源

水污染物来源，简称水污染源，包括外源和内源两种，外源是来自水体以外的水污染源的统称，内源主要指来自水体内的底泥污染物释放、生物残体等。外源又可以划分为点源和非点源，点源指工业污染源和生活污染源等固定发生源，非点源是相对于点源而言，除工业废水、生活污水等具有固定排放口的污染源以外，其他的各类污染源均统称为非点源。非点源的定义因国家、地区，时期而异，但内涵基本是一致的。晴天累积，雨天排放，没有固定发生源是非点源的最基本特征。

生活污染源是指由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，人们生活中产生的污水，包括由厨房、浴室、厕所等场所排出的污水和污物。工业污染源指工业生产过程中排出的废水、污水、废液等，统称工业废水。工业污染源如按工业的行业来分，则有冶金工业废水、电镀废水、造纸废水、无机化工废水、有机合成化工废水、炼焦煤气废水、金属酸洗废水、石油炼制废水、石油化工废水、化学肥料废水、制药废水、制炸药废水、纺织印染废水、染料废水、制革废水、农药废水、制糖废水、食品加工废水、电站废水等。各类废水都有其独特的特点。

四、环境质量标准

为保护人群身体的健康和生存环境，对污染物（或有害因素）容许含量（或要求）所作的规定，环境质量标准体现国家的环境保护政策和要求，反映了人群和生态系统对环境质量的综合要求，也反映了社会为控制污染危害在技术上实现的可能性和在经济上可承担的能力。环境质量标准是衡量环境是否受到污染的尺度，是环境规划、环境管理和制订污染物排放标准的依据。由于各种标准制订的目的、使用范围和要求不同，所以同一污染物在不同标准中规定的标准值是不同的。环境质量标准的建立和确定是以基准为依据，另外还要考虑自然条件和国家的技术经济条件，即标准受社会因素的制约。不同国家和地区、同一国家和地区的不同发展阶段，环境质量标准可能是不同的。

水环境质量标准是环境质量标准的重要组成部分，我国的水环境质量标准包括地表水环境质量标准、地下水环境质量标准、生活饮用水标准、渔业用水标准和农田灌溉用水标准等。针对不同的使用功能要求，水环境质量标准可以分级，以国家地表水环境质量标准为例，它分为五类，从Ⅰ类到Ⅴ类，水质要求逐级放宽，水质由好变差。

五、水环境容量

水环境容量是指：一定水体在规定环境目标下所能容纳的污染物的量。水环境容量的大小与水体特征、水质目标及污染物特性有关。还与污染物的排放方式及排放的时空分布有着密切的关系。排放进入水体的污染物的量超过特定水体水环境容量时，水体温会受到污染。水环境容量也是衡量水体污染的重要指标之一。

与水容量相关的水体特征参数包括水体的几何参数、水文参数、地球化学背景参数、水体的自净能力、生物降解能力等。

不同的水质目标允许水体中污染物的含量不同，因此水环境容量也就不同。

不同污染物的自净能力和生物降解能力不同，因此水环境容量也不同。自净能力和降解能力大的污染物的水环境容量大于自净能力和降解能力弱的污染物。

六、水体自净能力

对于水环境来说，水体自净的定义有广义和狭义两种，广义的定义指受污染的水体经物理、化学与生物作用，使污染物的浓度降低，并恢复到污染前的水平；狭义的定义是指水体中的微生物氧化分解有机污染物而使水体得以净化的过程。影响水体自净过程的因素很多，其中主要因素为：受纳水体的地理、水文条件、微生物的种类与数量、水温、复氧能力（风力、风向、水体紊动状况）以及水体和污染物的组成、污染物的浓度等。废水或污染物进入水体后，即开始自净过程。该过程由弱到强，直到趋于恒定，使水质逐渐恢复到正常水平。

第二节 主要水污染类型及其危害

一、富营养化

近几十年来,湖泊富营养化越来越明显。湖泊支持着人们生活和生产的各种用水功能,在人类活动集中区域内的湖泊,富营养化已普遍成为用水功能障碍,对水资源造成很大破坏,其主要表现为:

1.城市湖泊功能下降

中国城市湖泊多为浅水湖泊,大型水生植物群落几乎均已灭绝,并受纳随高度都市化而大量增加的城市生活污水,从而迅速发展了藻类富营养化,这些湖泊多已处于富或重富营养状态,其饮用水功能不得被放弃或取消,游憩观赏功能亦已被极大损害(透明度 $0.1\sim 0.5\text{m}$,水色黑或黄绿,味腥臭),渔业用水功能则或因屡有死鱼而受到实际损害,或因与风景游览功能不相协调而被迫人为弱化,其中某些湖泊严重缺氧,不仅受富营养化影响,还叠加排放污水中有机物直接耗氧的影响。

2.恶化湖体感官性状,降低湖泊美学价值

在富营养化水体中,生长着以蓝藻、绿藻为优势种的大量水藻,这些藻类浮在湖水表面,形成一层绿色“浮渣”,既影响湖泊的美学价值,也影响人们的水上活动。中国某些远城郊或非城市湖泊具有极强的风景游览功能,由于旅游业和城市化的发展,而使营养物质大量排放,导致湖泊富营养化,使湖泊感官质量明显下降。

3.引起供水障碍

在富营养化水体中,有的藻类释放一些毒素,有的藻类散发出难闻的气体,使水体质量下降,另外,作为工业或生活用水,富营养化的水体有大量藻类存在,要达到用水要求必须经过处理,而处理的难度也加大了,由于这些原因,富营养化常常引起供水障碍。中国某些作为城市供水水源的水库、湖泊,曾经发生过因藻类富营养化发展引起的供水障碍。如抚顺大伙房水库

曾因藻类大量生长而堵塞水厂滤池；安徽巢湖则因藻泥腐烂，水厂出水味臭而不能饮用。“三湖（太湖、滇池、巢湖）”水的利用在工农业、水产养殖、旅游等方面都有其重要意义，并且是饮用水的重要水源地。太湖是江苏省重要城市无锡等市的重要水源地，滇池的外海是云南省省会昆明市的主要饮用水源地，巢湖是安徽省合肥市和巢湖市的主要供水源，但现在“三湖”受到严重污染，浮游植物异常繁殖，水质恶化，富营养化现象十分严重。太湖已经到了全湖富营养化的程度，自来水厂取水困难，水质腥臭，部分工厂停产减产，水产养殖能力下降。滇池也已到了异常富营养化的程度，其草海鱼虾绝迹，水质恶臭，水葫芦疯长，覆盖全湖面积的 80%，外海水藻严重，自来水厂停产。

4.藻类毒素危害

湖泊发生富营养化，某些藻类异常增殖，它们可能分泌毒素而危及人、畜饮水安全。蓝绿藻是许多富营养化水体中的优势种。在通常情况下，藻类的存在随季节性变化而发生更替，典型的变化规律是，在春季时以硅藻生长占优势，夏季以绿藻生长占优势，秋季则以蓝绿藻生长占优势。蓝绿藻本身有毒性，澳大利亚、美国、南非、以色列都报道过毒性蓝绿藻的存在，欧洲有 26 个国家发生过蓝藻对鱼、鸟和哺乳动物的毒性事件。有些藻类对人体也有毒害作用，人在含有毒性蓝绿藻的富营养化湖泊中游泳后，会产生皮肤发炎、眼睛疼痛、胃肠不调、呕吐等症状。

5.对水生生态、渔业的影响

在正常情况，湖泊水体中各种生物都处于相对平衡状态，但当水体污染而发生富营养化后，这种平衡就会被破坏，某些生物种类明显减少，某些生物种类则明显增加。在湖泊富营养化较轻时，鱼类产量一般不会下降，有时还会上升，但这时鱼类的种群结构会发生变化，一些低质量的鱼大量繁殖，经济价值高的鱼则减少甚至消失。当湖泊富营养化严重时，鱼类产量会下降，一部分鱼类会消失。

二、汞污染与水俣病

1953 年年底，在日本面临水俣湾的渔村中，发生了一种以特异性神经障碍为主的奇怪疾病。最初发生这种奇怪疾病的是一名小女孩，她手足拘挛，怪声喊叫而死。当时根本就搞不清这是怎样一回事，在她的死亡诊断证明书上写的死亡原因是“小儿麻痹”。这种病的发病非常缓慢，没有前期症状，也没有发热，有时在喝酒后突然发作。患者一开始四肢终端有痛麻感觉，接着不能紧握东西，甚至不能解开纽扣，走路不能跑，而且容易摔跤，说话也变得娇声娇气的。此外，患者还出现视物不清、耳朵发背、吞饮困难等现象。到 1956 年 5 月，因发生了许多类似上述症状的怪病，而且这些怪病都发生在一定的区域，人们开始怀疑这是一种污染病，对患者进行隔离、消毒等工作，同时开始了追查病因的工作。经过医务工作者和专家多方面的共同努力，人们终于发现，这种病的凶手是工厂污水中排放的甲基汞，甲基汞污染了鱼、贝，人们大量食用被污染的鱼、贝后导致甲基汞中毒。水俣村的病例得到了广泛的关注，这种病被命名为“水俣病”。

甲基汞具有脂溶性、原形蓄积和高神经中毒三个特征，甲基汞进入胃内与胃酸作用，产生氯化甲基汞，经肠道吸收进入血液，经血液输送到各器官，这种物质亦能通过血脑屏障，进入脑细胞，还能透过胎盘，进入胎儿脑中。脑细胞富含类脂质，而脂溶性甲基汞对类脂质具有很高的亲和力，所以很容易蓄积在脑细胞内。甲基汞主要侵害成年人大脑皮层的运动区、感觉区和视觉听觉区，也会侵害小脑。对胎儿的侵害是遍及全脑。成人甲基汞中毒可出现四肢末端感觉麻木、刺痛和感觉障碍，运动失调，中心性视野缩小或疑有运动失调，有明显的中心性眼、耳、鼻症状或兼有平衡功能障碍。胎儿性水俣病比较严重，可出现原始反射、斜视、吞咽困难、动作失常、语言困难、阵发性抽搐和发笑症状。患儿随着年龄的增长，可出现明显的智能低下、发育不良和四肢变形等症状。

水俣病是环境污染造成的最严重的公害病之一。汞和甲基汞一旦进入水体，通过食物链的逐级富集危害人体。甲基汞分子结构中的 C-Hg 键结合得很牢固，不易破坏，在细胞中是原形蓄积，以整个分子损害脑细胞，而且随着

时间的延长损害日益加重。因此，在水俣病的病程中，损害的表现具有进行性和不可恢复性。

三、镉污染与疼痛病

疼痛病是发生在日本富山县神通川流域部分镉污染地区的一种公害病，以周身剧痛为主要症状而得名。疼痛病发病的主因是当地居民长期饮用受镉污染的河水，并食用此水灌溉的含镉稻米，致使镉在体内蓄积而造成肾损害，进而导致骨软化症。妊娠、哺乳、内分泌失调、营养缺乏（尤其是缺钙）和衰老是本病的诱因，此外，还可能存在地区性的发病原因。发病年龄一般为30~70岁，平均47~54岁。患者多为多子女的妇女，在当地居住数十年，一直饮用神通川水，食用含镉米。本病潜伏期一般为2~8年，长者可达10~30年。初期，腰、背、膝关节疼痛，随后遍及全身。疼痛性质为刺痛，活动时加剧，休息时缓解。髋关节活动障碍，步态摇摆。数年后，骨骼变形，身长缩短，骨脆易折，患者疼痛难忍，卧床不起，呼吸受限，最后往往在衰弱疼痛中死亡。

疼痛病至今尚无特效疗法，对于体内蓄积的镉，目前尚无安全的排镉方法。消除镉污染是防治疼痛病的根本措施。

在中国福建省清流县高坂村，过去20多年时间里，全村只生女婴，不见一个男婴降世。据有关部门鉴定，原先的井水受了镉污染，水中镉的含量特别高。

四、有毒有机物污染

人们的生活离不开水，如果有机污染物进入水中污染饮用水源，会导致饮用水水质不断恶化。饮用水质的好坏与人体健康有着直接关系，很多肿瘤、癌症的发生与饮用水的有机污染有很大关系。世界卫生组织和国际癌症病机构通过大量的数据和材料证实，现时发现癌症的50%是由饮食不当造成的，而其中相当重要的是饮水质量低下。进入水体中种类繁多的有机物绝大部分

对人体有急性或慢性、直接或间接的致毒作用，有的还能积累在组织内部，改变细胞的 DNA 结构，对人体组织产生致癌变、致畸变和突变的作用。为充分体现水中有机污染物对人体健康的危害程度，近年来，国内外对水中“三致”物的研究正在不断进展。Ames 试验为测定水的致突变活性的有效方法，阳性结果表示受试物质具有致突变活性，Ames 致突变物与致癌物有 60%~80% 的相关性。上海自来水公司的调查发现，Ames 致突变性每增加 1%，则消化道癌症病死亡率每百万人将增加 3%。安徽宿县地区的沿河两岸群众，因长期饮用被污染的水，癌症死亡率逐年增加。

第二松花江长期以来受到工业废水和城市污水的严重污染，特别是有机物的污染尤其严重。据长春应用化学研究所、东北师范大学对有机污染物的探查研究，发现在第二松花江中可以探查出 364 种有机污染物，其中有 26 种可以诱发动植物或人类的癌症。吉林医学院多年来监测，也发现哈达湾江段江水 PAH 超过自然本底值的 226.7 倍，九站超过 28.2 倍。在上述两个江段中二己基亚硝胺在江水中的含量分别为 $0.45\mu\text{g/L}$ 和 $0.33\mu\text{g/L}$ 。哈尔滨医科大学应用多元回归分析方法对哈尔滨市居民癌症死亡率进行研究，认为该市癌症死亡率的增高与江水污染有密切关系；对松花江有机提取物的致突变实验结果亦表明有致突变作用；在对哈尔滨市各种环境因素对沿江居民恶性肿瘤预测后，认为沿江居民的恶性肿瘤死亡率与江水污染有关。

五、有机耗氧污染物污染

生活污水和很多工业废水，如食品工业、石油化工工业、制革工业、焦化工业等废水中都含有这类有机物。大量需氧有机物进入水体，会引起微生物繁殖和溶解氧的消耗。当水体中溶解氧降低至 4mg/L 以下时，鱼类和水生生物将不能在水中生存。水中的溶解氧耗尽后，有机物将由于厌氧微生物的作用而发酵，生成大量硫化氢、氨、硫醇等带恶臭的气体，使水质变黑发臭，造成水环境严重恶化。