

水污染事件 应急处理技术与决策

林盛群 金腊华 编

SHUIWURAN SHIJIAN

YINGJI CHULI JISHU YU JUECE



化学工业出版社

水污染事件 应急处理技术与决策

林盛群 金腊华 编

SHUIWURAN SHIJIAN

YINGJI CHULI JISHU YU JUECE



化学工业出版社

· 北京 ·

近年来环境污染事件时有发生,造成的污染损失和环境影响触目惊心。为了预防和减轻水污染事件所造成的损失和影响,加强环境管理,在突发性污染事故发生后及时科学决策和快速反应十分必要。本书深入浅出地介绍了水污染事件应急处理技术、策略和决策支持系统,重点讨论了水污染概念、污染预测、污染应急处理和突发性水污染事件的应急处理,既有理论陈述,又有案例分析。

本书适合于环境、市政工程、土木工程和水利工程等领域相关专业科研人员和工程技术人员作为技术参考书,也可作为高等院校相关专业的硕士生和本科生的教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

水污染事件应急处理技术与决策/林盛群,金腊华编.
北京:化学工业出版社,2008.10
ISBN 978-7-122-03598-1

I. 水… II. ①林…②金… III. 水污染-紧急事件-处理 IV. X52

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第131252号

责任编辑:刘兴春 邹宁
责任校对:吴静

文字编辑:丁建华
装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市前程装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张11 字数202千字 2009年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686)

售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:38.00元

版权所有 违者必究

前 言

随着社会经济的不断发展,化学品生产、运输和使用量不断增加,随之带来了一系列的环境污染风险。近年来环境污染事件时有发生,造成的污染损失和环境影响触目惊心。为了预防和减轻水污染事件所造成的损失和影响,加强环境管理,在突发性污染事故发生后及时科学决策和快速反应十分必要。

编者根据我国环境保护工作发展的实际需要,结合实践经验,按照国家有关法规、标准、技术导则和最新学科研究成果,编写了此书。

全书以水污染控制的基本理论和方法为基础,注重介绍实际应用案例,便于读者深刻领会和掌握基本理论与方法,有利于读者自学。全书力求通俗易懂,简明实用,既有理论阐述、又有案例分析,同时注重内容的先进性。本书适合于环境类、市政工程类、土木工程类和水利工程类等相关专业科研人员和工程技术人员作为技术参考书,也可作为高等院校相关专业的硕士生和本科生的教材或参考书。

本书共分5章:第1章“概述”,介绍水环境污染的原因、危害和防治法律法规;第2章“水污染事件污染预测”,介绍河流、湖泊、河口和海洋水污染范围与程度的预测方法;第3章“水污染事件应急处理技术”,着重介绍溢油水污染、突发性重金属污染、毒性废水污染和水源污染的应急处理技术;第4章“水污染事件应急处理决策支持系统”,着重介绍区域水污染事件应急处理决策支持系统的总体结构设计、数据库设计和模型设计方法,并有案例分析;第5章“突发性环境污染事件及突发性水污染事件应急处理”,着重介绍突发性环境污染事件特征、分类和发展趋势,并给出了突发性水污染事件案例分析。

本书第1章和第5章由潮州市环境保护研究所所长林盛群高工编写,第2~第4章由暨南大学博士生导师金腊华教授编写。刘秀平、尹翠琴、李文松等同志进行了书稿的文字校对和完善;同时,本书编写过程中参考了许多研究者的有关成果,在此一并表示衷心感谢!

限于编者水平和时间,书中不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2008年8月

目 录

1 概述	1
1.1 水环境污染的概念	1
1.1.1 水环境	1
1.1.2 水污染	2
1.1.3 水体中主要污染物及其表征	2
1.2 水环境污染的成因	7
1.3 水环境污染的危害	8
1.4 防治水污染的法律法规	10
1.4.1 《中华人民共和国水污染防治法》主要内容	10
1.4.2 《中华人民共和国水污染防治法实施细则》主要内容	24
1.4.3 《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境 管理条例》主要内容	31
1.4.4 地方政府颁布的水污染防治条例	34
1.5 我国水污染状况及其防治技术进展	41
1.5.1 我国水污染状况	41
1.5.2 水污染防治技术进展	45
参考文献	47
2 水污染事件污染预测	48
2.1 河流水污染事件污染预测	48
2.1.1 固定排污口连续稳定排放超标废水引起的污染预测	48
2.1.2 固定排污口事故性排放废水引起的污染预测	54
2.1.3 水上运输工具事故性排放废水引起的污染预测	55
2.2 湖泊水污染事件污染预测	56
2.2.1 完全混合模型	56
2.2.2 大湖稀释扩散模型	57
2.2.3 狭长湖库推流衰减模型	58
2.2.4 二维湖库水质模型	58
2.3 河口水污染事件污染预测	59
2.3.1 一维动态混合衰减模型基本方程组	59
2.3.2 一维稳态 BOD-DO 耦合模型	60

2.3.3	二维动态混合衰减模型	60
2.3.4	河口及感潮河段水质模型的求解	61
2.4	海洋污染事件污染预测	66
2.4.1	海面溢油的动力学过程	66
2.4.2	海面溢油的降解过程	67
2.4.3	油粒子模型	67
	参考文献	68
3	水污染事件应急处理技术	69
3.1	溢油水污染事件应急处理技术	69
3.1.1	溢油应急反应	69
3.1.2	溢油处理技术	72
3.2	突发性重金属水污染事件应急处理技术	76
3.2.1	重金属及其毒性	76
3.2.2	水体重金属去除技术	77
3.3	毒性废水污染事件应急处理技术	79
3.3.1	应急控制策略	79
3.3.2	污染源应急控制	79
3.4	水源污染事件应急处理技术	81
3.4.1	物理处理技术	81
3.4.2	化学处理技术	82
3.4.3	生物处理技术	83
3.5	案例分析	85
3.5.1	松花江重大水污染事件	85
3.5.2	北江重大水污染事件	88
	参考文献	90
4	水污染事件应急处理决策支持系统	92
4.1	决策支持系统概述	92
4.2	水污染事件应急处理决策支持系统总体结构设计	95
4.2.1	设计总体要求	95
4.2.2	系统设计的总体原则	96
4.2.3	GIS平台的选择	96
4.2.4	系统体系架构	97
4.2.5	系统总体框架设计	98
4.3	水污染事件应急处理决策支持系统数据库设计	99
4.3.1	水环境信息化管理所需的基础数据	99

4.3.2	空间数据库的设计与建立	100
4.3.3	属性数据库设计与建立	104
4.3.4	空间数据库和属性数据库的连接	106
4.4	水污染事件应急处理决策支持系统水环境模型设计	106
4.4.1	水质评价方法	107
4.4.2	水质预测模型及方法	111
4.5	案例分析	111
4.5.1	水环境概述	111
4.5.2	基于 GIS 的区域水污染控制决策支持系统的开发设计	113
4.5.3	基于 GIS 的区域水管理决策支持系统实现	116
4.5.4	基于 GIS 的区域水管理决策支持系统的技术特点	124
	参考文献	125
5	突发性环境污染事件及突发性水污染事件应急处理	126
5.1	突发性环境污染事件的内涵和特征	126
5.1.1	突发性环境污染事件的内涵	126
5.1.2	突发性环境污染事件的特征	127
5.1.3	突发性环境污染事件发生的特点	127
5.2	突发性环境污染事件的分类	128
5.2.1	特别重大环境污染事件 (I 级)	128
5.2.2	重大环境污染事件 (II 级)	129
5.2.3	较大环境污染事件 (III 级)	129
5.2.4	一般环境污染事件 (IV 级)	129
5.3	突发性环境污染事件应急处理技术的发展概况与趋势	129
5.3.1	国外发展概况	129
5.3.2	国内发展概况	132
5.3.3	相关研究动态	134
5.4	突发性水污染事件应急处理案例分析	136
5.4.1	河段所在社会环境简况	136
5.4.2	河段概况	136
5.4.3	韩江 CZ 段环境敏感点分布现状	137
5.4.4	韩江 CZ 段水质现状	139
5.4.5	韩江 CZ 段污染源状况	141
5.4.6	突发性水环境污染事件应急体系	144
5.4.7	监测系统	154
5.4.8	指挥信息系统	159
	参考文献	169

1

概述

本章着重介绍水环境污染的基本概念、造成水污染的原因、水污染的主要危害以及我国防治水污染的主要法律法规和国家政策。

1
概述

1.1 水环境污染的概念

1.1.1 水环境

地球上的水以气态、液态和固态的形式存在，构成了自然地理环境的重要组成部分——水环境。它是水资源的存在形式和品质表征。

水是生命之源，是人类赖以生存的最基本物质。据测定，人体是由水、蛋白质、脂肪、碳水化合物、无机盐和维生素 6 大类营养素构成的，其中水的含量最多：成人含水量为 65%~70%，儿童含水量为 80% 左右，而婴儿含水量则高达 90%。因此，人体绝大部分是由水组成的。水在人体中的主要功能有四个方面：其一，作为溶剂，可溶解体内的多种物质，使其保持一定的浓度，使营养素进入细胞并便于吸收，同时使代谢产物随体液带至排泄器官而排出体外；其二，调节体温，因为血液中含有大量的水分，可吸收体内新产生的热量，并随血液循环来调节体温；其三，水作为液体可输送糖、蛋白质、脂肪、维生素等营养物质到身体各部位；其四，水作为器官、关节及肌肉的润滑剂。由此可见，水对人体健康形成直接影响。人每天都必须补充一定量的水，才能维持生命活动。但是，人们只有饮用了清洁的水，水在人体内的功能才能实现。如果饮用了不清洁的水，水在人体内的功能就有可能不能全部实现，并且

不洁净的水体内含有一些人体不需要的元素和化合物,进入人体后直接危害人体机能,影响人体健康。然而,随着现代化工业特别是有机化工、石油化工、医药、农药、化肥等工业的迅速发展,有机化合物的种类与日俱增,大量有机物通过各种不同的途径进入了人类环境,特别是水环境,对人类健康形成了直接威胁。这种威胁可通过多种途径来实现,例如:污染饮用水源而直接危害人体健康,污染水生生物后通过食物链危害人体健康,污水灌溉农作物后污染物进入作物果实而危害人体健康等。迄今为止,人们已在水中分离检测出 2221 种有害污染物。

因此,保护水环境、防治水污染是全人类面临的最迫切需要解决的重要任务。

1.1.2 水污染

在水的自然循环(如:海水蒸发成云——飘至陆地形成积雨云——降水——汇流入海)中,往往有化学物质进入水中,其中从非污染环境(天然原始环境)进入的物质叫做自然杂质或本底杂质,而其中从污染环境进入的物质则叫做污染物。如果进入水体中的污染物的数量或浓度超过水体的自净能力,那么水体原有的使用价值就会丧失,这种现象就叫做水污染。

水污染可以划分为以下几种基本类型。

① 需氧型污染 排放的废水中含有大量的有机物,这些有机物在被水体中的微生物氧化分解过程中要消耗水中的溶解氧,从而引起水中溶解氧浓度降低,水质恶化。

② 毒物型污染 排放的废水中含有有机毒物(如酚、农药等)、无机毒物(如汞、铬、砷、氰等)以及放射性物质等,引起水生生物受害中毒,并通过食物链,危害人类健康。

③ 富营养型污染 排放的废水中含有大量的氮和磷,就可能引起水面大量滋生藻类及其他水生植物。夏季这些藻类覆盖水面,影响水面复氧;冬季这些藻类死亡,就会引起水中的需氧物激增,使水质恶化。

④ 其他类型污染 包括感官型污染、浮油、酸碱、病原体、热等。

1.1.3 水体中主要污染物及其表征

1.1.3.1 耗氧型污染物

耗氧型有机物质包括碳水化合物、蛋白质、油脂、氨基酸、脂肪酸、脂类等有机物质。这些物质在被水体中微生物分解过程中,要消耗水中的溶解氧。水中有机物的种类繁多,成分复杂,可被水中微生物降解的程度也不一样。水质检测中常以总有机碳(TOC)、总需氧量(TOD)、溶解氧(DO)、生化需

氧量 (BOD) 和化学需氧量 (COD) 等指标来反映。

(1) 溶解氧 DO

它是指溶解在水中的氧气的浓度。当水体中存在有机物质时, 由于氧化分解需要消耗溶解在水中的氧气。若耗氧速度大于氧从大气溶入水体 (即大气复氧) 的速度, 则表现为水体的溶解氧 DO 值下降。因此, 溶解氧 DO 能衡量水体受有机物污染的程度, 是重要的水质指标之一。DO 值越小, 水质越差。

(2) 生化需氧量 BOD

用微生物代谢作用所消耗的溶解氧量来间接表示水体被有机物污染程度的一个重要指标。其定义是: 在有氧条件下, 好氧微生物氧化分解单位体积水中有机物所消耗的游离氧的数量 (mg/L)。一般有机物在微生物的新陈代谢作用下, 其降解过程可分为两个阶段, 第一阶段是有机物转化为 CO_2 、 NH_3 和 H_2O 的过程。第二阶段则是 NH_3 进一步在亚硝化菌和硝化菌的作用下, 转化为亚硝酸盐和硝酸盐, 即所谓硝化过程。 NH_3 已是无机物, 污水的生化需氧量一般仅指有机物在第一阶段生化反应所需要的氧量。微生物对有机物的降解与温度有关, 一般最适宜的温度是 $15\sim 30^\circ\text{C}$, 所以在测定生化需氧量时一般以 20°C 作为测定的标准温度。 20°C 时在 BOD 的测定条件 (氧充足、不搅动) 下, 一般有机物 20 天才能够基本完成在第一阶段的氧化分解过程 (完成过程的 99%)。就是说, 测定第一阶段的生化需氧量, 需要 20 天, 这在实际工作中是难以做到的。为此又规定一个标准时间, 一般以 5 日作为测定 BOD 的标准时间, 因而称之为五日生化需氧量, 以 BOD_5 表示。 BOD_5 约为 BOD_{20} 的 70%。

(3) 化学需氧量 COD

在一定条件下, 用强氧化剂处理水样时所消耗的氧化剂的量 (以氧计), 称为化学需氧量, 简称为 COD, 表示单位为 mg/L。采用重铬酸钾 ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 作为氧化剂测定出的化学需氧量表示为 COD_{Cr} , 如果采用高锰酸钾作为氧化剂, 则用 COD_{Mn} 表示, 又叫做高锰酸钾指数。化学需氧量可以反映水体受还原性物质污染的程度。水中还原性物质包括有机物、亚硝酸盐、亚铁盐、硫化物等。重铬酸钾能够比较完全地氧化水中的有机物, 如它对低碳直链化合物的氧化率为 $80\%\sim 90\%$, 因此 COD_{Cr} 能够比较完全地表示水中有机物的含量。此外, COD_{Cr} 测定需时较短, 不受水质限制, 因此作为监测工业废水污染的指标。 COD_{Cr} 的缺点是不能像 BOD_5 那样表示出被微生物氧化的有机物的量, 另外废水中的还原性无机物也能消耗部分氧量, 造成一定的误差。

如果废水成分相对稳定, 则 COD_{Cr} 与 BOD_5 之间有一定的比例关系, 且把 $\text{BOD}_5/\text{COD}_{\text{Cr}}$ 作为废水是否适宜生化处理的一个衡量指标, 一般认为 $\text{BOD}_5/\text{COD} > 0.3$ 的废水可采用生化法处理。一般情况下, $\text{COD} > \text{BOD}_{20} >$

$BOD_5 > COD_{Mn}$ 。

(4) 总需氧量 TOD 与总有机碳量 TOC

TOD 表示水样中有机污染物在高温下完全燃烧氧化所需氧量；TOC 则代表水体中有机污染物的总碳量，以高温燃烧有机污染物所产生的 CO_2 值来反映，可以进行自动快速测定，克服了 BOD_5 不能迅速及时反映水体被有机物污染程度的缺陷。

有机物质分解使水体溶解氧缺乏，影响鱼类和其他水生生物生长，甚至威胁其生存。水中溶解氧耗尽后，有机物将转入厌氧分解，产生硫化氢、氨和硫醇等，气味难闻，水色变黑、水质恶化，除了厌氧微生物之外，其他生物难以生存。

水中耗氧有机物来源广、数量大，例如生活污水和造纸、石油、化工、食品、制革等行业排放的废水都含有大量的有机物。

1.1.3.2 植物营养物

植物营养物主要是指氮、磷、钾、硫及其化合物。如果氮、磷等植物营养物质大量而连续地进入湖泊、水库及海湾等缓流水体，将促使各种水生生物生长，刺激它们快速繁殖（主要是藻类），就可能带来一系列严重后果：其一，藻类在水体中占据的空间越来越大，使鱼类活动的空间越来越小，衰死藻类将沉积塘底；其二，藻类种类逐渐减少，并由以硅藻和绿藻为主转为以蓝藻为主，而蓝藻有很多种有胶质膜，不适于作鱼饵料，且其中有些种属是有毒的；其三，藻类过度生长繁殖，将造成水中溶解氧的急剧变化，死亡藻类的分解将消耗大量的氧，有可能在一定时间内使水体处于严重缺氧状态，影响鱼类生存；其四，可使漂浮在水面的某些植物如凤眼莲（水葫芦）等“疯长”。藻类死亡和某些植物的茎叶脱落后，沉入水底，在无氧条件下腐烂、分解，又将氮、磷等重新释放进入水中，再供给藻类利用。这样周而复始，形成了氮、磷等植物营养物质在水体内部循环，使植物营养物质长期保存在水体中。所以缓流水体一旦出现富营养化，即使切断外界营养物质的来源，水体还是很难恢复，这是水体富营养化的重要特征。所谓水体富营养化是指天然水体中由于过量营养物质的排入而引起各种浮游生物和水生生物异常的繁殖和生长的现象。这些过量营养物质主要来自于农田施肥、农业废弃物、城市生活污水和某些工业废水。污水中的氮可分为有机氮和无机氮两类，前者是含氮化合物，如蛋白质、多肽、氨基酸和尿素等；后者则指氨氮、亚硝酸盐氮，其中大部分直接来自污水，但也有一部分是有机氮经微生物分解转化作用而形成的。城市生活污水中含有丰富的氮、磷，如人体排泄物含有一定数量的氮，使用含磷洗涤剂，含有大量的磷等。另外如磷灰石、硝石、鸟粪层的开采以及化肥的大量使用，也是氮、磷等营养物质进入水体的来源。一般来说，静水中总磷和无机氮分别

为 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $300\text{mg}/\text{m}^3$, 就可以认为水体已处于富营养化的状态。但是, 富营养化问题的关键, 不是水中营养物的浓度, 而是连续不断地流入水体中的营养盐的负荷量, 因此不能完全根据水中营养盐浓度来判定水体富营养化程度。水体中营养物的极限负荷量有两种表示方法: 单位体积负荷量 $\text{g}/(\text{m}^3 \cdot \text{a})$ 或单位面积负荷量 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。据研究, 如果进入水体中的磷大部分以生物代谢的方式流入时, 那么贫营养湖与富营养湖之间临界负荷量是: 总磷 $0.2 \sim 0.5\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 总氮 $5 \sim 10\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。对发生富营养化作用来说, 磷的作用远远大于氮的作用, 磷的含量不很高时就可以引起富营养化。一般常用高锰酸盐指数来表示富营养化程度。在自然地理的正常演变中, 湖泊会由贫营养湖发展为富营养湖, 进一步又发展为沼泽地和干地, 但这一历程在自然条件下需几万年甚至几十万年。但由于水体污染而造成的富营养化将大大促进这一过程。

1.1.3.3 重金属

水环境质量中研究的重金属主要指汞、镉、铅、铬以及非金属砷等生物毒性显著的重金属元素, 通常将这五种重金属称为“五毒物质”。重金属污染物质最主要的特征是: 在水中不能被微生物降解, 而只能发生形态之间的相互转化、分散和富集。水体中重金属含量一般以浓度来表征。

1.1.3.4 农药

农药可以对环境造成广泛影响, 它通过大气、水体、土壤、作物经食物链富集造成危害。由于农药的化学性质不同, 在环境中的降解度不同, 对人体的影响也不同。环境中的农药, 可通过消化道、呼吸道和皮肤等途径进入人体。其中有机磷农药、有机氯农药是造成人体急性或慢性中毒的主要污染物。有机磷农药是一种神经毒剂, 它能抑制体内胆碱酯酶, 造成乙酰胆碱聚积, 导致神经功能紊乱等。

1.1.3.5 石油类

石油及其制品是水体重要污染物之一, 港口、河口和近海等水域中的石油污染更为突出。近年来, 因人类活动, 全世界每年排入海洋的石油及其制品可高达数百万吨至上千万吨, 约占世界石油总产量的 5%。石油及其制品进入水体之后, 可发生复杂的物理和化学变化, 如扩展、蒸发, 溶解、卤化、光化学氧化, 不易氧化分解的形成沥青块而沉入水底。石油污染给环境带来严重的后果, 这不仅是因为石油的各种成分都有一定的毒性, 而且油膜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。

1.1.3.6 酚类

在酚类化合物中苯酚毒性最大，炼焦、生产煤气、炼油等行业所排废水中以苯酚为主。酚类化合物是一种细胞原浆毒，其毒性作用是使细胞原浆中蛋白质发生化学反应，形成变性蛋白质，使细胞失去活性。酚类化合物污染地表水，如果作为饮用水源，酚类化合物与水中余氯作用生成令人厌恶的氯酚臭类物质，使自来水有特殊氯酚臭，其嗅觉阈值为 0.01mg/L。水体低浓度酚影响鱼类生殖回游，仅 0.1~0.2mg/L 时，鱼肉就有异味，降低食用价值；浓度高时可使鱼类大量死亡，甚至绝迹。

1.1.3.7 氰化物

氰化物分两类：一类为无机氰，如氢氰酸及其盐类如氰化钠、氰化钾等；另一类为有机氰或腈，如丙烯腈、乙腈等。水体中的氰化物主要来源为化工、冶金、炼焦、电镀和选矿等工业废水。这些废水除含有大量氰化物外，往往还含有酚类、重金属或其他污染物。氰化物在水中不仅可被稀释，也可被水解生成氢氰酸，然后挥发进入大气，水中的氰化物也就逐渐消失。氰化物是剧毒物质。它对鱼类及其他水生生物的危害较大，水中氰化物含量折合成氰离子，浓度达 0.04~0.1mg/L 时，能使鱼类死亡。对浮游生物和甲壳类生物的氰离子最大容许浓度为 0.01mg/L。氰化物在水中还对鱼类的毒性还与水的 pH 值、溶解氧及其他金属离子的存在有关。此外，含氰废水还会造成农业减产，牲畜死亡。

1.1.3.8 废热

热污染是指人类产生的一种过剩能量排入水体，使水体升温影响水生态系统结构的变化，造成水质恶化的一种污染。水体热污染主要来源于工业冷却水。其中以能源工业为主，其次为冶金、化工、石油、造纸和机械工业。在美国，动力工业冷却水量占全国工业冷却水量的 80% 以上。水温升高，水中化学反应和生化反应速率也随之提高，许多有毒物质的毒性增强，如氰化物、重金属离子。水体热污染可使水生生物群落、种群结构发生剧烈变化，有的消失，有的发展，如 20℃ 的河流中，硅藻为优势种；30℃ 时绿藻就转变成为优势种；35~40℃ 时蓝藻就大量繁殖起来。如果水温在短时间升高 5℃ 左右，鱼类生活受到威胁，甚至死亡。

1.1.3.9 酸碱及一般无机盐类

酸性废水主要来自矿山排水、冶金、金属加工酸洗废水和酸雨等。碱性废水主要来自碱法造纸、人造纤维、制碱、制革等工业废水。酸、碱废水彼此中和，

可产生各种盐类，它们分别与地表物质反应也能生成一般无机盐类，所以酸和碱的污染，也伴随着无机盐类污染。酸、碱废水破坏水体自然缓冲作用，消灭或抑制细菌及微生物的生长，妨碍水体的自净功能，腐蚀管道和船舶。酸碱污染不仅能改变水体的 pH 值，而且可大大增加水中的一般无机盐类和水的硬度。

1.1.3.10 放射性物质

放射性物质在化工、冶金、医学、农业等行业使用，并随污水排入水体，形成放射性污染。污染水体的最危险的放射性物质有铯 90、铯 137 等，这些物质半衰期长，化学性能与组成人体的主要元素钙、钾相似，经水和食物进入人体后，能在一定部位积累，增加对人体的放射性辐照，可引起遗传变异或癌症。

1.1.3.11 病原微生物和致癌物

水体中病原微生物主要来自生活污水、医院废水、制革、屠宰、洗毛等工业废水，以及牧畜污水。病原微生物有三类：病菌，即可引起疾病的细菌，如大肠杆菌、痢疾杆菌等；病毒，一般没有细胞结构，但有遗传、变异、共生、干扰生命现象的作用，如麻疹、流行性感胃等；寄生虫，即动物寄生物的总称，如疟原虫、血吸虫等。病原微生物是水体污染中主要的污染物。根据流行病学调查结果认为，诱发人类癌症的外部因素 80%~90% 是由化学物质、病毒和放射性物质等环境因素引起的，其中以化学物质为主。目前已知有上千种化学致癌物质，这些化学致癌物质一般分为三大类：多环芳烃、杂环化合物和芳香胺类。至少有 20 多种多环芳烃有致癌作用，苯并[a]芘是其中最具有代表性的，它能引起皮肤癌和肺癌等。黄曲霉素是黄曲霉的一种代谢产物，有强致癌性，可引起肝癌等，它是一种杂环化合物。芳香胺中有 α -萘胺、 β -萘胺、联苯胺等可引起肝癌、膀胱癌等。水体中致癌物质来源很广。如多环芳烃来自焦化厂、煤气厂、石油精炼厂。大气中的致癌物质通过降水、降尘进入水体。一些工业废水，如石棉开采、金属冶炼等将致癌化合物排入水体，特别是人工合成高分子物质，进入水体后，危害水生生物。据报道，鱼类中的突变率很高，癌变率也高，这些都值得注意。

1.2 水环境污染的成因

水污染是天然洁净水由于人类活动而被污染的现象。造成水污染的原因有：工业废水排放、居民生活污水排放、农业生产引起、畜牧业废弃物排放等，如图 1-1 所示。

水在被使用后而丧失了其使用价值，于是被废弃外排，这种被废弃外排的



图 1-1 水污染的来源

水就叫做废水。废水的基本特征就是被废弃了，它可能包含污染物、也可能不包含污染物。

按照不同的分类方法，可对废水进行不同的分类。

根据污浊程度分类，可分为净废水和污水。例如，水电站尾水就是净废水，而生活污水就是被污染了的废水。

根据来源分类，可分为生活污水和生产废水。生活污水是日常居民生活中所产生的废水，而生产废水是工农业生产中产生的废水，是工业生产过程中产生的废水和废液，其中含有随水流失的工业生产用料、中间产物以及生产过程中产生的污染物。

工业废水可按不同分类方法进行分类。

① 按工业废水中所含主要污染物的化学性质分类，有含无机污染物为主的无机废水和含有机污染物为主的有机废水。例如电镀废水和矿物加工过程的废水是无机废水，食品或石油加工过程的废水是有机废水。

② 按工业企业的产品和加工对象可分为造纸废水、纺织废水、制革废水、农药废水、冶金废水、炼油废水等。

③ 按废水中所含污染物的主要成分可分为酸性废水、碱性废水、含酚废水、含铬废水、含有机磷废水和放射性废水等。

1.3 水环境污染的危害

水环境污染可产生下面 6 个方面的危害。

(1) 危害人体健康

水污染对人体健康的影响表现如下。

① 引起急性和慢性中毒 水体受化学有毒物质污染后,通过饮水和食物链便可造成中毒,如甲基汞中毒(水俣病)、镉中毒(骨痛病)、砷中毒、铬中毒、农药中毒、多氯联苯中毒等,这是水污染对人体健康危害的主要方面。

② 致癌作用 某些有致癌作用的化学物质,如砷、铬、镍、铍、苯胺、苯并[a]芘和其他多环芳烃等污染水体后,可在水中悬浮物、底泥和水生生物内蓄积。长期饮用这类水质或食用这类生物就可能诱发癌症。

③ 发生以水为媒介的传染病 生活污水以及制革、屠宰、医院等废水污染水体,常可引起细菌性肠道传染病和某些寄生虫病,如伤寒、痢疾、霍乱、肠炎、传染性肝炎和血吸虫病等。

④ 间接影响 水体受污染后,常可引起水的感官性状恶化,发生异臭、异味、异色、呈现泡沫和油膜等,抑制水体天然自净能力,影响水的利用与卫生状况。

(2) 影响农业灌溉和农作物产量和品质

农田灌溉必须采用符合国家《农田灌溉水质标准》的水。如果采用污水灌溉,那么污水中包含的污染物就可能通过农作物根系的吸收,进入到农作物体内和果实内,有可能使农作物的产量大幅下降和品质发生显著改变。

(3) 影响渔业生产的产量和品质

水污染对渔业生产的影响主要是使鱼类和水产品的产量降低、品质下降,具体表现为3个方面。

① 水污染物中的毒物使鱼类急性中毒或者慢性中毒,其中急性中毒将使鱼类致死、而慢性中毒将使鱼类活性降低或产量和品质显著降低。例如,中国内陆省份在鱼塘中使用孔雀石绿防治鱼类疾病,引起鱼类体内富集致癌物质孔雀石绿。孔雀石绿是一种合成的三苯基甲烷类工业染料,分子式为 $C_{23}H_{25}N_2Cl$, 相对分子质量为 365,易溶于水和乙醇,为深绿色结晶状固体,因外观颜色呈孔雀石绿而得名。它既是杀真菌剂,又是染料,易溶于水,溶液呈蓝绿色;溶于甲醇、乙醇和戊醇。由于其价格低廉,长期以来渔民都用它来预防鱼的水霉病、鳃霉病、小瓜虫病等,而且为了使鳞受损的鱼延长生命,在运输过程中和存放池内,也常使用孔雀石绿。大量科研结果表明,孔雀石绿在鱼体内残留时间太长,且其具有高毒素、高残留和致癌、致畸、致突变等副作用,鉴于此,许多国家均将孔雀石绿列为水产养殖禁用药物。

② 污水中的非毒性污染物可消耗水体中的溶解氧,抑制水生生物生长,改变鱼类生长环境,降低鱼类产量。特别是污水中的纤维性污染物可堵塞鱼类的呼吸腮,使鱼类因不能呼吸而窒息死亡。

③ 废热水排入地表水域，可使水体增温，改变鱼类生长条件，可引起鱼类种群改变或死亡。

(4) 制约了以水为原料的工业生产

以水为原料的工业有造纸工业、酿酒工业以及食品工业等。水质好坏将直接影响这些工业的产品质量和生产成本。

(5) 加速了生态环境的退化

污染物进入水体后，会降低水质，将可能改变水体的功能，使水生环境和周边生态环境发生变化。例如，对黄河水污染的状况及危害进行调查和量化分析后发现，黄河干流近 40% 河段的水质为劣五类，基本丧失水体功能；随着经济发展，黄河流域废污水排放量比 20 世纪 80 年代多了一倍，污染事件不断发生。黄河上游的绝大部分支流都受到不同程度的污染，而中下游几乎所有支流水质长年处于劣五类状态，支流变成了“排污河”，使黄河周边的生态环境变差。

(6) 造成经济损失

从以上因水污染引起的生态和环境问题可知，水污染可能会造成巨大的经济损失。根据估算，环境污染使中国年损失 2830 亿元人民币，并且其中还不包括环境破坏带来的对人体健康的伤害。

1.4 防治水污染的法律法规

从 1973 年至今，中国已经制订了为数众多的环境保护法律文件，其表现形式多种多样，内容和任务各不相同，其制定机关以及法律效力也不尽一致。从整体看，它们共同构成了一个相互联系、比较协调的环境保护法律体系。我国的环境保护法律体系是以宪法中关于环境保护的规定为依据，由以下八个层次构成：即环境保护法、环境保护单项法、环境保护相关法、环境保护的行政法规、环境保护的部门规章、地方性法规和规章、环境保护标准、缔结和签署的国际公约。

我国颁布的水污染防治和水环境保护法律法规有：水污染防治法、水污染防治法实施细则以及地方政府颁布的水污染防治条例等。

1.4.1 《中华人民共和国水污染防治法》主要内容

《中华人民共和国水污染防治法》是 1984 年 5 月 11 日第六届全国人民代表大会常务委员会第五次会议通过，1996 年 5 月 15 日第八届全国人民代表大会常务委员会第十九次会议修正，2008 年 2 月 28 日第十届全国人民代表大会常务委员会第三十二次会议修订。其主要内容如下。

第一章 总则