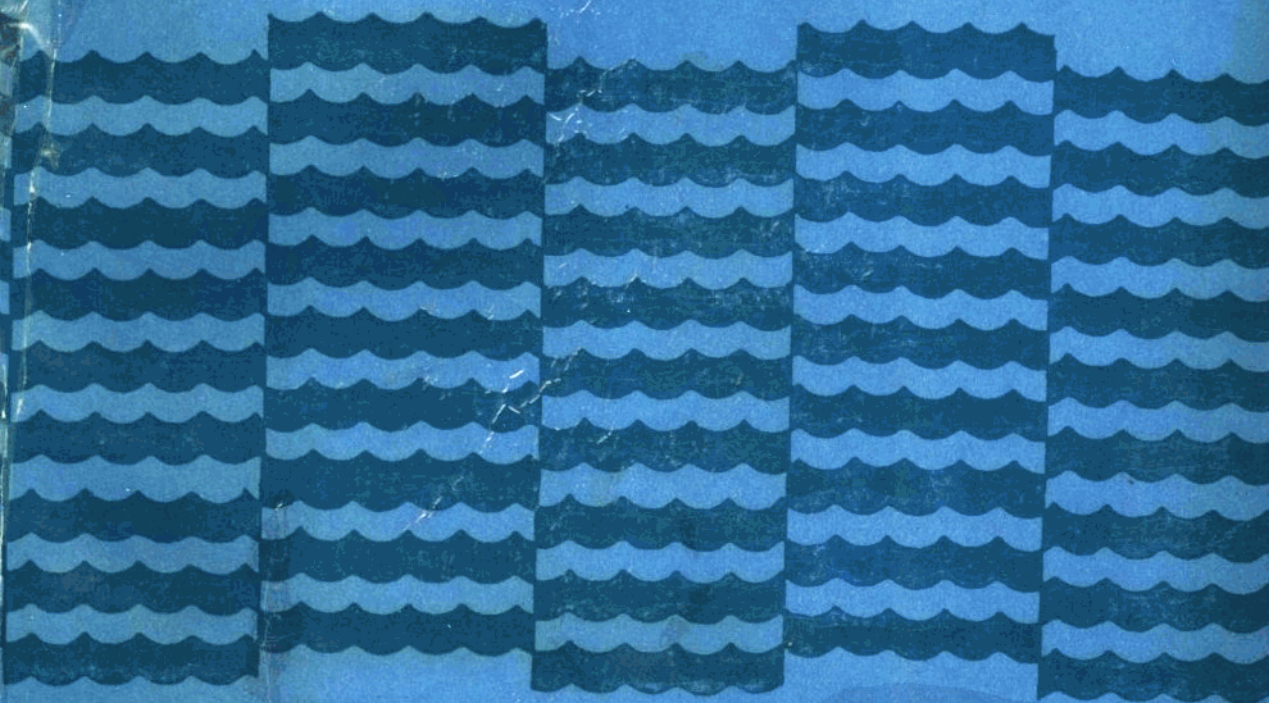


水体污染与 水资源保护

曹万金 刘曼蓉 主编



中国科学技术出版社

前 言

水是人类生活和社会生产不可缺少的一项自然资源,随着人口的增长,物质生活和文化生活水平的提高,以及工农业生产的日益发展,水显得更加重要。尽管水是可以循环和再生的自然资源,但它不会无限增长,也不会取之不尽用之不竭。

水资源包括水量和水质两个方面,两者密切相关。水体水质的优劣,对人类的生活和生产关系密切。从某种意义上说,没有符合要求的水质,再多的水量人类也是难于利用的。因此,研究水资源量的同时,亦应对水体水质的污染进行研究、分析与评价。

人们对水污染防治的研究,是在对水体水质污染的认识过程中逐渐发展起来的,早在16世纪末和20世纪初开始了用砂滤法净化自来水以及用漂白粉消毒等处理污水,20世纪以来,水环境污染日益严重。例如:20世纪50年代发生在日本水俣湾“狂猫跳海”事件,猫接二连三跳海,同时也发现一些人四肢麻木、全身蜷曲、精神失常、视野缩小,严重的甚至痛苦而亡。由于发生在水俣湾的事件原因不明,人们只能称为“水俣病”。事后查明,所谓水俣病是由于废水中甲基汞化合物,通过水中营养级的生物形成的食物链,逐渐富集于人或动物体内后引起一种神经系统中毒病。另外在60年代10万只爱尔兰上空飞翔的海鸟突然死去。经查是由于海鸟吃了受多氯联苯污染的鱼而中毒死亡。在这种情况下,用上述单一的过滤法无法解决水污染问题,而应根据化学、物理学、生物学、地学、医学等基础理论,运用各种工程技术的原理和手段(如卫生工程、给排水工程、化学工程等),废水单项治理技术有了较大的发展,形成了治理技术的单元操作过程及其水污染治理工艺系统。同时,提出了资源综合利用的观点。60年代中期,又开始规定了进行环境影响评价制度,使人们认识到控制水环境污染不仅要进行单项治理技术,更重要的应当采取综合防治措施以及对控制水环境污染措施进行综合经济分析等方法,保护人类能够利用的那部分水资源。

水环境科学起步较晚,目前尚无统一的认识,也不很成熟。水资源保护是水环境科学的一个重要组成部分,本书重点讲述水体污染的基本现象和知识,以及污染物在陆水环境中的迁移、转化、输送规律,水环境质量评价以及污染对人类和生产带来的危害与控制的技术措施等内容。

本书由曹万金、刘曼蓉主编,其中一、二、三、四、九、十一、十二章由曹万金编写;五、六、七、八、十章由刘曼蓉编写;汤瑞凉编写第十六章;任清潮编写第十七章;胡志荣编写第十三章;高正夏编写第十四章;方军编写第十五章。全书由曹万金统稿和审定。在编写过程中承蒙金光炎教授高工对全书作了审阅,提出了宝贵意见,作者均一一作了修改,在此表示衷心的感谢。另外尚有杨光中、龚友平、杨宝全等在资料收集和实例准备及图件描绘中作了许多工作。

本书编写过程中,使用了国内外有关方面的许多资料,我们在参考书目一栏中已列出了一部分,但可能未全部列出,在此我们谨向文献的作者(包括未列出文献名的)表示衷心的感谢,并对未列文献名的作者表示歉意。

限于作者水平有限,错误之处,敬请指正。

曹万金 刘曼蓉

1990年5月 南京

目 录

第一篇 水环境与水体污染	(1)
第一章 水环境概论	(1)
第一节 水资源	(1)
一、水文循环	(1)
二、中国水资源及其与水文循环的关系	(2)
三、水资源与水质污染	(2)
第二节 水质与水文循环的关系	(5)
一、天然水质与水文循环的关系	(5)
二、水体污染与水文循环	(6)
第三节 水环境问题	(7)
一、环境污染比较严重	(8)
二、许多地区出现严重缺水现象	(8)
三、工农业生产增长,城市化进展加剧了水资源紧缺	(9)
四、开采引起地下水水质变化	(9)
五、治理资金不足,水环境污染加重	(9)
第四节 水污染的控制	(10)
一、政策、法规、条例与标准	(10)
二、强化管理、提高管理水平	(10)
三、提高科学技术水平是控制水污染的重要出路	(12)
第二章 水体污染概论	(13)
第一节 水的物理性质和化学性质	(13)
一、水的物理性质	(13)
二、水的化学成分与化学性质	(51)
第二节 水污染物质及其类型	(17)
一、水体污染物质	(17)
二、水污染物的类型	
三、水污染物的危害	
第三节 水体污染的类型	
一、按污染物质属性分类方法	
二、按接纳水体划分	
三、按污染程度划分	(2)
第四节 污染源及其特点	(23)
一、污染源的分类	(23)
二、水体污染源的特点	(24)
第五节 水体污染与自净机制	(25)
一、水体污染机制	(25)
二、水体自净过程与机制	(25)
三、影响水体自净的主要因素	(28)

第三章 地表水污染	(30)
第一节 河流污染	(30)
一、我国河流的水化学特性	(30)
二、河流的污染过程	(30)
三、河流污染的特点	(30)
四、河流的稀释与混合	(32)
五、河流的自净作用	(35)
第二节 湖泊与水库污染	(45)
一、湖泊与水库概况	(45)
二、水体与湖泊的污染	(46)
三、湖库水体的自净作用	(47)
第四章 地下水污染	(50)
第一节 地下水概论	(50)
一、水在岩土中的存在形式	(50)
二、地下水的类型	(51)
三、水文地质性质	(53)
四、地下水的运动	(53)
第二节 中国地下水资源及其分布	(55)
一、地下水资源量	(55)
二、地下水的分布	(55)
三、地下水资源的特点	(55)
四、地下水水质研究现状	(57)
第三节 地下水污染过程	(57)
一、污染源	(57)
二、地下水污染的发生	(58)
三、地下污染物的迁移	(60)
第四节 地下水的自净作用	(62)
一、微生物被吸附和衰亡的作用	(62)
二、微生物分解作用	(63)
三、化学沉淀作用	(63)
四、物理化学吸附作用	(63)
五、其它作用	(64)
第二篇 水质模型	(65)
第五章 水质模型概论	(65)
第一节 水质模型及其类型	(65)
一、模型的概念	(65)
二、水质数学模型的分类	(65)
第二节 模型的建立	(66)
一、水质污染系统	(66)
二、水质系统模型化过程	(67)
三、模型的求解	(68)
第三节 基本方程	(69)
一、推流方程	(69)
二、扩散方程	(69)

三、混合方程·····	(70)
四、沉淀方程·····	(70)
五、吸附方程·····	(70)
第六章 河流水质数学模型·····	(71)
第一节 河流水质模型的基本方程·····	(71)
一、零维水质模型基本方程·····	(71)
二、一维水质模型基本方程·····	(73)
三、二维水质模型基本方程·····	(76)
四、三维水质模型基本方程·····	(80)
第二节 斯特里特—弗尔普斯 ($s-p$) 模型·····	(81)
一、模型的建立·····	(81)
二、模型的各种修正式·····	(84)
第三节 多变量水质数学模型·····	(85)
一、氧圈与氮圈综合作用模型·····	(85)
二、河流水生生态模型·····	(87)
第七章 湖、库水质数学模型·····	(89)
第一节 完全混合型水质模型·····	(89)
一、以差分表示的从污染物质平衡反推的水质模型·····	(90)
二、以微分表示的考虑湖泊滞留时间的输出模型·····	(91)
三、以统计方法为依据的多元分析模式·····	(94)
第二节 非完全混合型水质模型·····	(94)
一、 $A \cdot B$ ·卡拉马舍夫扩散方程·····	(95)
二、易降解物质简化的水质模型·····	(96)
三、湖水溶解氧自净方程·····	(96)
第三节 湖泊(水库)分层水质模型·····	(98)
一、夏季温水层模型·····	(98)
二、夏季湖底层模型·····	(99)
三、冬季模型·····	(100)
四、春季模型·····	(100)
第四节 富营养化过程水质模式·····	(101)
一、湖水中可溶性磷的浓度变化方程·····	(101)
二、湖水中可溶性氮的浓度变化方程·····	(102)
三、湖底沉积物中释放的氮公式·····	(102)
第八章 水质模型参数的估算·····	(103)
第一节 单一参数的估值方法·····	(103)
一、河流水力学参数的估值·····	(103)
二、河流中扩散和弥散系数的估值·····	(104)
三、耗氧系数 K_1 值的估值·····	(109)
四、复氧系数 K_2 值的估值·····	(114)
五、硝化系数 K_n 的估值·····	(120)
六、底泥耗氧系数 L_a 的估值·····	(120)
第二节 同时估计水质模型所有参数的方法·····	(121)
一、最速下降法·····	(121)
二、举例·····	(123)

第九章 地下水水质数学模型	(125)
第一节 污染物在地下水中迁移的基本理论——弥散理论	(125)
一、水动力弥散作用	(125)
二、水动力弥散的机理	(125)
第二节 污染物在地下水中迁移的数学模型	(126)
一、弥散项	(126)
二、对流项	(127)
三、源汇项	(128)
第三节 一维弥散方程的解析解	(129)
一、稳定源	(129)
二、瞬时源	(131)
三、考虑源汇项时弥散方程的解析解	(132)
第四节 水质参数的测定	(136)
一、弥散系数 (D) 的测定	(137)
二、吸收参数的测定	(138)
第三篇 水质评价与预测	(141)
第十章 环境质量评价概述	(141)
第一节 环境质量评价的目的及类型	(141)
一、环境质量评价的目的及其意义	(141)
二、环境质量评价的类型	(142)
第二节 水质评价的方法与步骤	(142)
一、评价方法	(142)
二、评价的步骤	(142)
第三节 环境背景特征的调查与资料收集	(143)
一、水文、气象环境背景	(143)
二、地质、地貌、水文地质环境背景	(143)
三、土壤、生物环境背景	(143)
四、社会经济环境背景	(143)
第四节 污染源调查与评价	(145)
一、污染源调查内容与调查方法	(145)
二、污染源评价	(147)
三、污染源评价实例	(149)
第十一章 地表水水质评价	(154)
第一节 河流水质评价	(154)
一、河流水体质量调查与评价工作的程序和内容	(154)
二、评价因子的选择	(154)
三、水质监测	(155)
四、河流水体质量评价方法	(156)
第二节 湖泊(水库)水体质量评价	(177)
一、评价程序	(177)
二、水质监测	(178)
三、湖泊水质评价方法(参见河流水质评价)	(179)
第三节 水体环境影响评价	(179)
一、目的	(179)

二、评价方法与标准·····	(179)
三、长江南京江浦姜庄段概况·····	(180)
四、水环境污染现状·····	(181)
五、啤酒厂排污口江段水质预测·····	(184)
六、结论·····	(195)
第十二章 地下水质量评价·····	(195)
第一节 地下水质量评价的原则和要求·····	(195)
一、地下水质量评价的原则·····	(195)
二、城市环境水文地质条件类型及其要求·····	(195)
第二节 调查和搜集资料·····	(196)
一、环境水文地质调查·····	(196)
二、资料收集·····	(197)
第三节 地下水水质监测·····	(197)
一、地下水水质监测的目的·····	(197)
二、地下水监测网的布设·····	(197)
三、监测参数的确定·····	(198)
第四节 地下水质量现状评价·····	(198)
一、评价因子的选择·····	(198)
二、评价标准的确定·····	(199)
三、水质评价方法·····	(199)
四、地下水水质评价举例·····	(200)
第十三章 水体水质污染预测·····	(212)
第一节 概述·····	(212)
一、水质预测及其目的与任务·····	(212)
二、水质预测的类型·····	(212)
三、水质预测方法的类型·····	(212)
第二节 水质预测方案的编制及实例·····	(213)
一、水质预测方案的编制步骤·····	(213)
二、举例·····	(213)
第三节 水质预测实例·····	(215)
一、智家堡水源地下水预测·····	(215)
二、长时段的预测·····	(216)
第四篇 水资源保护·····	(217)
第十四章 水资源保护概论·····	(217)
第一节 中国水资源的现状与未来·····	(217)
一、中国水资源现状·····	(217)
二、水资源的发展与未来·····	(218)
第二节 水资源保护的主要内容·····	(220)
一、水资源量保护·····	(220)
二、水质保护·····	(220)
第十五章 水污染防治途径与措施·····	(221)
第一节 水污染防治途径·····	(221)
一、加强水资源管理·····	(221)
二、建立污水处理厂·····	(224)

三、引水冲污稀释有机污染物.....	(224)
四、采用人工复氧装置.....	(224)
五、其它水质控制措施.....	(224)
第二节 地下水污染治理措施.....	(225)
一、人工补给.....	(225)
二、加大抽水和补充淡水.....	(225)
三、开采被污染的地下水灌溉.....	(225)
第十六章 水资源保护规划.....	(226)
第一节 水资源保护规划及其分类.....	(226)
一、规划的目的与内容.....	(226)
二、规划中值得注意的几个问题.....	(226)
三、规划的分类.....	(227)
第二节 水资源保护规划的方法步骤.....	(228)
一、水资源保护规划的阶段.....	(228)
二、费用函数.....	(229)
三、目标函数与约束条件.....	(230)
第三节 规划举例——大沙河水质规划.....	(230)
一、水质目标.....	(231)
二、水质模型.....	(231)
三、费用函数.....	(233)
四、水质规划.....	(235)
第十七章 水体水质管理.....	(237)
第一节 水体水质管理标准.....	(237)
一、水质管理标准.....	(237)
二、浓度控制方法.....	(238)
三、总量控制方法.....	(239)
第二节 水体纳污容量计算模式.....	(239)
一、影响河流容量的主要因素.....	(239)
二、河流容量计算模式.....	(240)
三、 m 值计算模式.....	(242)
第三节 污水排放标准算例.....	(244)
一、制订污水排放标准的一般步骤.....	(244)
二、总量控制法举例.....	(245)
三、 m 值控制法算例.....	(248)
附件 I 中华人民共和国国家标准与部、省标准 (部分)	(249)
一、地面水环境质量标准.....	(249)
二、污水综合排放标准.....	(250)
三、生活饮用水卫生标准.....	(262)
四、渔业水质标准.....	(267)
五、农田灌溉水质标准.....	(270)
六、海水水质标准.....	(272)
附件 II 国外部分标准.....	(274)
七、英国国家水体委员会推荐的河流水质的分类.....	(275)
八、世界卫生组织规定的饮用水水质标准.....	(276)

九、美国湖水目标值（芝加哥入口处）.....	(276)
十、世界各国饮用水水质标准.....	(277)
十一、美国灌溉水水质标准.....	(279)
十二、日本农业灌溉水质标准（1970年）.....	(279)
十三、美国、澳大利亚畜牧饮用水水源中有毒物质的最大推荐浓度.....	(280)
十四、美国对排入地下水的控制指标.....	(280)
十五、美国一些城市对排入下水道系统中工业废水的预处理要求.....	(281)

第一篇 水环境与水体污染

第一章 水环境概论

人类赖以生存的环境是由大气、水、岩土、生态系统构成的自然环境与工业、农业、交通、城乡等构成的社会环境所组成的总体。水环境是生态环境的重要组成部分。

第一节 水资源

一、水文循环

自然界中各种形态的水由于自然和人为因素的影响处在不断运动和相互转换之中，水的这种运动和转换构成了水文循环。毫无疑问，水文循环不仅对水资源的多少和时空分布有决定性作用，而且对自然条件下甚至污染条件下的水质都有决定意义。

(一) 水文循环的类型

水文循环可分为大循环、小循环和内陆水循环三类。

大循环是指海陆之间的水分交换，亦即由海洋蒸发的水汽被输送到大陆上空后形成降水，其中一部分以地表径流的形式直接回归海洋，这种循环即大循环，如图1—1。由于海陆

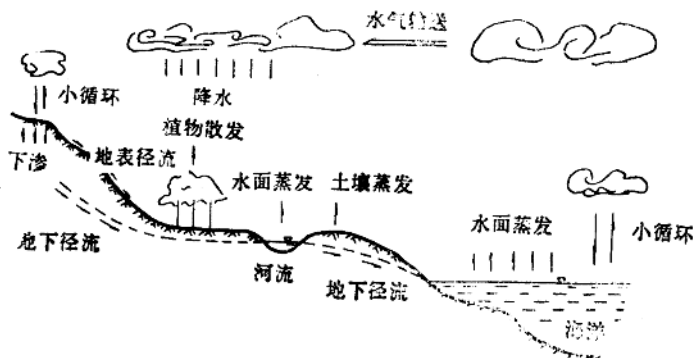


图1—1 全球水文循环示意图

分布不均匀与大气环流的作用，地球上存在若干个大的水文循环系统，这些系统在多种因素综合影响下，不仅随时间而变，空间上也有变动。

小循环是指水循环仅在陆地或海洋自身进行，亦即由海洋（或陆地）蒸发的水以水汽形式升空，再以降水形式回到海洋（或陆地），这种循环方式称为小循环。

内陆水文循环是指由于海洋向大陆输送的水汽（包括沿途接纳的陆地蒸发的水量）在陆地上形成降水，呈现出由海洋向内陆的降水量愈来愈小的趋势，也就是说愈向内陆，大气中的水汽含量愈小，最后由于大气中水汽含量少到无法形成降水，这一水分循环过程称为内陆水文循环系统。

（二）我国主要的水文循环系统

太平洋水文循环系统：太平洋上空的潮湿空气在东南季风和台风的影响下，不断地由东南向西北方向移动，进入我国上空，出现东南降水多，愈向西北降水愈少，我国大多河流自西向东流入太平洋，这一水文循环称为太平洋水文循环系统。

印度洋水文循环系统：水汽由印度洋上空随西南季风进入我国西南地区（有时亦能进入中南、华东以至河套以北地区），降水的一部分随河流返回印度洋，这一水分循环称为印度洋水文循环系统。应当说明，进入华南、华东等地的水汽也参与了太平洋水文循环系统。

鄂霍茨克海水文循环系统：东北气流把鄂霍茨克海与日本海的湿冷空气带入我国东北北部地区，径流经黑龙江返回鄂霍茨克海，这一水分循环系统称为鄂霍茨克海水文循环系统。

另外，还有北冰洋水文循环系统和内陆水文循环系统。北冰洋水文循环系统较强，但含水量少。内陆水文循环系统是指大西洋水汽随西风环流东移至我国新疆地区，在局部地区也能形成相当数量的降水，但因降水产生的水源均耗于内陆，故称为内陆水文循环系统。

二、中国水资源及其与水文循环的关系

据《中国水资源评价》一书，全国河川径流量多年平均值为26380亿立方米，地下水补给资源为7720亿立方米，扣除重复量6890亿立方米，全国多年平均总水资源量为27210亿立方米。这个数据表明，中国水资源量在世界各国中占第六位，但是对拥有11亿多人口、960万平方公里土地的中国来说，水资源是不丰富的，加之时空分布又极不均匀，使我国出现了大面积的干旱与半干旱区。

中国水资源量的时空变化，主要受制于水文循环。中国水资源空间分布呈由南向北、由东向西减少的变化规律，主要是受太平洋和印度洋两大水文循环系统的控制。新疆和东北局部地区水源比较丰富是受内陆和鄂霍茨克海两个水文循环系统的影响。另外由于地质条件和地形等的差异也加深了水资源空间分布的不均匀。

随着工农业生产的发展，人民生活水平的不断提高，用水量日益增加，国内不少地区发生了水荒，而且缺水区的面积不断扩大，缺水程度不断加深。这种缺水现象不仅出现在我国干旱缺水的北方地区，在水量丰沛的南方地区也时有发生，这主要是由于水源污染的结果。

三、水资源与水质污染

（一）水资源及其利用

全球总水资源是指分布在地球表面、岩石圈内、大气层中以及生物体内各种形态水的总和。它包括海洋水、湖泊水、沼泽水、冰川（含永久冻土的底冰水）、地下水、土壤水、大气水和生物水，这些水在全球形成了一个完整的水系统，称此系统为水圈。据估计其总量约为138.6亿立方公里，各种形态之水量如表1—1。

由表1—1可见，淡水量的比例极小，但是据估计淡水量中约15%易开发利用。如前所述，中国的水资源量并不丰富，而且时空分布极不均匀。例如，中国河川径流总量占世界第六位，但人均数却只占世界人均量的1/4，如表1—2。

水资源开发利用主要在三个方面：

1. 生活用水 包括饮用、炊事、洗脸、洗澡、洗衣、洗汽车、冷藏库及家庭美化等。用水情况与经济条件密切相关。据美国统计，正常家庭用水每人每日已达75~350升，平

表1—1

全球各种水体的水量

各 种 水 体	水 量 资 源 (万km ³)	其 中 淡 水 资 源 (万km ³)	水 量 更 替 期 (年)
大 洋	137000		3000
地 下 水	6000		5000
(浅层地下水)	400	400	330
冰 川	2400	2400	8600
湖 泊	23	12.5	10
土 壤 水	8.2	8.2	1.0
大 气 水	1.4	1.4	0.027
河 槽 水	0.12	0.12	0.032
全 球 水 体	145000	2822	2800

摘自“Selected Works in Water Resources” Internation Water Resources Association U.S.A, 1975

表1—2

中外年径流量、人均占有量对比表 (1976年)

项 目	世界各国总计	巴 西	苏 联	加 拿 大	美 国	印 尼	中 国	印 度	日 本
年径流量 (万亿立方米)	47.00	5.19	4.71	3.12	2.97	2.81	2.65	1.78	10.42
人 口 (亿人)	43.35	1.23	2.64	0.24	2.20	1.48	9.88	6.78	1.16
人均水量 (万立方米)	1.08	4.22	1.78	13.0	1.35	1.90	0.27	0.26	0.36

包括台湾省统计数字。摘自《百科知识》1982年等七期。

均为200升左右；日本统计，基本生活用水每人每日约为145升；世界上某些大城市则达300~400升。我国1975年天津市统计每人每日为60升。

2. 农业用水 主要是灌溉用水。至今不论是工业国（除加拿大外）或者农业国，农业用水是最多的。平均约占全世界总用水量的60~70%。在我国，农业也是主要用水部门，占总用水量4767亿立方米的84%，见表1—3。

表1—3

中外用水量统计对比表

用 水 量 统 计 项	国 家		美 国	加 拿 大	苏 联	墨 西 哥	意 大 利	日 本	法 国	印 度	中 国
	年 份		1975	1963	1968	1970	1970	1965	1970	1969	1979
年总用水量(亿立方米)			4676	229	2204	468	430	695	340	3237	4767
年人均用水量(立方米/人)			2340	1070	930	920	860	694	665	600	491
工业用水占%			43.5	81.5	36.0	5.2	10.0	18.3	41.2	0.8	11.0
农业用水占%			48.6	13.5	59.0	83.1	69.0	72.0	42.5	95.5	84.0
生活及其它用水占%			7.9	5.0	5.0	6.7	17.0	9.7	16.8	3.7	5.0
年径流量(万亿立方米)			2.97	3.12	4.77	0.39	0.16	0.52	0.20	1.67	2.65
总用水量占年径流量%			10.0	0.75	4.68	12.0	27.0	13.4	17.0	19.4	18.0

注：中国数字未包括台湾省。摘自《百科知识》1982年第五期。

3. 工业用水 随着工业发展,工业用水的比重增长甚快。在一些工业化国家,工业用水量已接近或超过了农业用水量(见表1—3)。工业用水可分为原料用水、锅炉用水、冷却用水、工艺用水、冲洗用水、空调用水及水力用水等。一般冷却水约占50%,工艺及冲洗用水约占30%,原料用水约占1%,锅炉用水约占3%,空调用水约占6%。

(二) 水资源的水质污染

水资源评价包括水量与水质评价两部分。众所周知,工农业生产及生活等用水,对水质都有一定的要求。水质低劣可能严重危及工农业生产和人民身体健康。因此,没有合格的水质,即使水量充沛,对水资源开发利用也没有意义。从这个意义上讲,水质决定了水资源的开发价值。

水体的水质一方面决定于水体的天然水质,而更加重要的是随着人口和工农业生产的发展而导致的人为水质水体污染。

据统计,全世界目前每年约有4200亿吨污水排入自然界(其中美国1500亿吨,日本240亿吨),污染水体5500立方公里。

工业发达国家,50年代水体污染达到高峰,例如日本发生的震惊世界的汞污染事件。70年代以来,一些国家加强了防治措施,使部分地区的水体污染状况有所改善。

发展中国家的水质污染问题也日益突出。据世界卫生组织(WHO)从75个发展中国家获得60份城市供水资料,供水人口达到2.45亿,占75个国家总人口77%。按水质标准来衡量,属于优等的只有5%,良好的只有7%,其余88%均不符合要求,见表1—4。

表1—4 六十个发展中国家城市供水情况(1962年)

级 别	国 家		城 市 人 口	
	个 数	%	数量(万人)	(%)
优	3	5	1208	5
良	4	7	1502	6
差	33	55	12104	49
很差	20	33	9710	40
总计	60	100	24524	100

我国水质污染问题也日益突出,据1983年统计,每天约有1亿吨污水,其中大部分未经处理就直接排入水体。全国27条主要河流都已受到不同程度的污染,其中严重污染的有17条,严重污染河流长达1万多公里。例如:

黄河水系接纳的工业有害废水、生活污水,每日达400万吨以上。全年高达14亿多吨,相当于黄河多年平均径流量的3%。污水主要来自兰州、包头、西安、太原等城市。

长江流域约有3万多个点污染源,每年排放工业废水约80亿立方米,占长江多年平均水量的1%,长江干流的污染长度约800公里,占长江干流长度的1/8左右。

由于地表水和地下水的相互转化,受污染的地表水转化为地下水时,也将引起地下水的污染。例如,北京市50年代中期地下水的硬度在10德国度左右,而现在已上升到20德国度,东郊纺织工业区高达30~40德国度。无疑,水质的硬化不仅危害人体健康,也将有害于用水的生产设备。因此合理开发利用水资源,防治水污染是水资源开发利用与保护的一项极为重要的任务。

第二节 水质与水文循环的关系

一、天然水质与水文循环的关系

在水文循环过程中,天空、地面与地下之间通过降水、蒸发和下渗进行水分交换,海洋与陆地间也进行水分交换,在这个运动过程中,天然水水质随之发生复杂的变化。例如陆地上每年有 36×10^{12} 立方米的水流入海洋,这些水把约 36×10^4 吨的可溶解物质带入海洋。天然水可以认为是在自然条件下溶解了气体、离子与矿物及生物的胶体物质的复杂综合体。自然界完全纯净的水是不存在的。

到目前为止,地球上已知的100多种化学元素中,在天然水中就出现60多种,其中有些是主要成分,含量较大,有些却很少。按其含量及其存在的形式不同,天然水化学成分的组合可分为下列几种:

主要离子:阳离子, Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ 、 H^+ ;阴离子, HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 等。

溶解气体:溶解氧(O_2)、二氧化碳、氮(N_2)及硫化氢(H_2S)。

生物原生质:主要是水生生物或微生物的有机体分解后的一些产物。如 NO_3^- 、 NO_2^- 、 Fe^{3+} 、 Fe^{2+} 、 NH_4^+ 等离子和P、S、O₂等。

微量元素:溴离子(Br^-)、碘离子(I^-)、氟离子(F^-)、偏硼酸根离子(BO_2^{2-})、亚硫酸氢根离子(HSO_3^-)、硫代硫酸根离子($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$)、硫氢离子(HS^-)、硅酸氢根离子(HSiO_3^-)、铁离子(Fe^{2+} 、 Fe^{3+})、锰离子(Mn^{2+})、硅酸(H_2SiO_3 或 $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)。

有机物质:如腐殖质、水生物的排泄物等。应当说明,自然界中的各类水体的成分并不相同,而与它们所处环境和运动过程中所接触到的物质有关。

(一) 降水

大气中的水汽在各种条件的综合影响下,凝结降落而成降水。从水资源角度出发,降水中最重要的是降雨。毫无疑问,水汽在凝结成水滴和下降过程中,吸收和溶存空气中的不同气体、飘尘与杂质,例如氧、氮、二氧化碳与空气中的灰尘微粒、微生物。据中国科学院环化所、地化所的测定,珠穆朗玛峰冰雪中溶存有铜(Cu)、铅(Pb)、锌(Zn)、镉(Cd)等。由此可见,大气中的降水也并不纯洁。不过,一般地讲,它较其它的水要纯洁一些。

(二) 地表水

雨水或冰雪溶化,通过岩土空隙渗透及冲刷岩土,溶解盐分和有机物等,汇入河流、湖泊及海洋。可见,天然地表水的成分与径流形成地区的岩性、水文地质、植被、季节、地形以及水的运动、水体储存环境等密切相关。不同河流、不同湖泊的水呈现出的化学成分与微生物含量以及物理性质是有差异的,甚至在同一河流不同河段,一个湖泊的不同水域也表现出了这种差异。

1. 江河水 地形陡峻的山区,易成洪水。由于地形坡度陡,地表水流速大,冲刷强,搬运力大,因此水中的矿物质、悬浮物量多。显然,水中所含的物质与被冲刷地段的岩土性质有关。江河水中的化学成分随季节的变化也很大。

冬季,一般水的浑浊度较低。硬度及含盐量较高。因为冬季江河中的水主要来自浅层地下水补给,水中的溶解氧数量由于被水体中各种性质不同的生化过程所消耗而不断减少。当

河面封冻时，有时甚至会导致水中缺氧而使鱼类死亡。

春季，有春汛的地区，一方面由于融雪水中含有大量氧气而使河水中溶解氧量有所增加，另一方面则由于从土壤表层冲刷下来的有机污染物增加了河水的生化需氧量。春汛过后，有的地区出现短暂的枯水，水质情况与冬季类似。

夏季，水质情况与冬季相反。因为暴雨径流冲刷，泥沙俱下，浑浊度增高。而由于潜水径流占总径流的比例很少，硬度及含盐量大大降低。汛期中有机物数量常常达到最大值，但也由于得到饱和的溶解氧的雨水补给而使河水获得额外的氧量。此外，夏季是水生物的茂盛时期，由于光合作用的结果，可以看到有的河水中含氧量为过饱和现象。部分有机物质则充作水底植物和浮游生物的养料。

秋季，河水消退，水温逐渐下降，河水开始储存冬季所需的溶解氧。例如：溶解氧的数量能从水温 20°C 时 9.17 毫克/升上升至 0°C 时 14.62 毫克/升。与此同时，水中有机物质的生物氧化过程逐渐消退。

2. 湖泊（包括水库）流动性较小，悬浮物质容易下降，因而浑浊度降低，但其它化学成分与流入湖泊的水源有关。同时，也受到自然条件的影响，使各个湖泊的水质都不相同。有的湖泊矿物质较多，清澈透明；有的湖泊其硬度和含盐量却很高。一般，大湖泊的化学成分受季节变化的影响较小。不过，在夏季水生植物的繁殖使水的色度增加。同时，上层水中的 CO_2 因参与水生植物的光合作用而减少，溶解氧的量则因此而增加。冬季，这种现象恰好相反。

（三）地下水

一般说来，地下水所含的矿物质较多。其水化学成分随所接触的含水层的岩性而变，不过由于组成地壳的物质溶解度不同，使地下水中所含主要成分的数量与地壳不同，通常以 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 K^+ 为地下水的常量成分，这也是确定地下水类型和特点的主要成分。微量组分在地下水中的含量很少，而且它们不决定水化学类型。属于两者之间过渡地位的有： H^+ 、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、 H_2SiO_4^- 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} ，它们在某些类型中可能具有主要的意义，同样可以起着常量成分的作用。

地下水主要是由于降雨入渗补给地下形成的，或地面水通过河床渗漏亦能补给地下水而形成。当降雨或地面水渗漏入地下水时，沿途必然溶解了各种物质。同时地下水储存运动等过程中，也溶解了一些物质，所以地下水中化学成分的含量一般高于河水，硬度较高。另一方面，雨水或地面水通过土壤渗入地下时，滤去了水中原有的尘埃、细菌杂质，因此地下水在物理特征方面较良好，清澈透明，很少有悬浮物质。

二、水体污染与水文循环

水文循环主要由天空（大气圈）、地面（陆地和海洋）、地下（岩石圈）三个极为复杂而又密切联系的系统组成。

水是一种良好的溶剂，与它接触的物质均或多或少的被其溶解，当然各物质的溶解数量大小不一，因此天然水是一种溶有多种元素和物质的混合溶液。

水中溶解的多种元素和物质中，有多种变价元素、氢化剂、还原剂、无机物和有机物。这些元素和物质如果处于同一水体中，它们各自的电位不同，在电位差作用下，发生氧化还原反应。也就是说，天然水体是一个复杂的氧化还原混合系统。

水体溶解各种元素和物质，有的溶解指溶质分散于溶剂中成为溶液，有的则分散存在于水中，这一切构成了天然水体的水质状态，称此状态为本底状态。应当指出，天然水体的本底状态并不是固定不变的，而是在各种因素的综合影响下，时空变化有时相当大。在研究水体污染时，了解这一点是十分必要的。

随着工业、农业生产的发展，城市规模的扩大与城市化的进展，废水与污水量迅速增加，如果不加处理直接排入江、河、湖、海，必然引起天然水水质恶化，甚至使水体遭受污染。

河流水体是人类干预最多的水体，也是水文循环地面上的主要输水通路。当降雨强度超过下渗强度时，地面开始产流，其中常常包含一定数量的基流，即地下水通过地下径流的形式排入河道，成为河川径流的一个组成部分。基流仅是地下径流的一个部分。降雨形成径流在不同经济区人们使用不同的名字，例如：流域上未开发地区形成天然地表和地下径流（严重的暴雨如酸雨等除外），农业耕地上形成农药化肥污染的农业径流；矿山（特别是露天矿）形成受矿区开发活动污染的矿山径流；城市形成受工业和生活污染的城市径流。当流域上这些径流汇入河道，向下游运动时，又受沿河工业、农业、城市生活用水排放的污染。

地下水包括地下径流是水文循环的一个重要组成部分，地下径流是水文循环的地下通道。地下水的污染主要是由被污染的降雨、地表水入渗补给地下水时，污染物随着补给源一起进入地下水中；污水灌溉入渗补给及污水回灌地下水也是极为重要的污染来源，地下水赋存环境中易溶物（有害物质）的大量溶解。

水文循环不断的向陆地输送水量，水文循环愈频繁，循环强度愈大，地球上的水体污染愈小。相反，由于向陆地提供的水量少，则常常污染加重。当不考虑大气污染导致降水的污染条件下，人类活动对地面、地下的污染框图如图1—2。

综上所述，水污染的发生与发展在水文循环各个环节中是有差异的，但是水污染的原因总的可以归纳为两类：一类是由自然地理因素引起的，称为自然污染；另一类是由人为因素引起的，称为人为污染。前者是指由于特殊的地质或其它自然条件，使一些地区某种化学元素大量富集，或天然植物在腐蚀中产生某些毒物等，从而污染了河水。广义的自然污染有时也包括流域降雨冲刷污染的有机质和泥沙。把由于自然地理条件所造成水体的天然水质含量称为水质自然背景值（或本底值），后者是指由于人类活动（工业、农业、城镇生活等）所造成的人为污染。

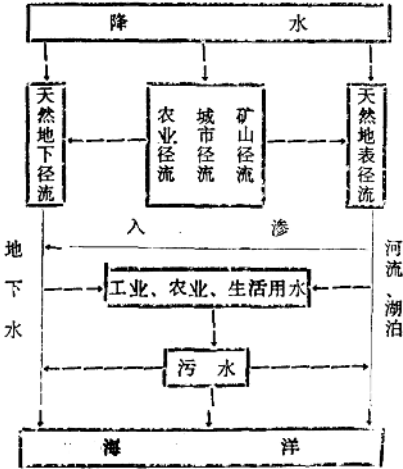


图1—2 水质污染框图

第三节 水环境问题

水环境问题常常因地而异，其原因是生产、生活水平、科学技术和经济条件的不同引起的。以下介绍中国现状条件下水环境问题。

一、环境污染比较严重

环境污染，其中尤其是水体污染，人们认识尽管比较一致，但如何处理和对待则有不同的看法。归纳起来有三种见解：①先污染后治理；②边污染边治理；③不闻不问，到时再议。这三种见解各有依据，例如先污染后治理这一见解，即根据国外经验与中国实际，因此认为可行；第二种见解则是一种理想的见解。因此常常有种种因素的限制而难以实现；不闻不问是一种不负责任的见解，不可取。笔者认为，在讨论水体污染防治问题时，应根据实际情况，按照不同情况，分别对待。

例如，就地表水污染与地下水污染而论，一般讲地表水污染后的治理要比地下水污染治理容易解决，因此要区别对待。再如，水体污染有程度不同的区别，当然最好不污染，或采取措施控制污染，但是由于科学技术条件所限，特别是经济条件不具备，所以只好在尽到最大努力予以防治下，让其污染。

我国水污染情况已相当严重。据统计，1985年全国污水排放量达342亿立方米，其中，工业废水和生活污水分别占76%和25%。而且80%以上的污水未经处理直接排入不同水域，引起水体污染。据1984年68个城市81条河的131个监测点提供的资料，COD、氨氮、亚硝酸盐氮、挥发酚、悬浮物等超标的河段分别为68%、57.1%、20.4%、38.8%和34.3%。目前大江大河干流污染还不甚严重，但支流一般污染比较严重。城郊湖泊一般受污大，常常富营养化严重。城市水源地普遍遭受不同程度的污染，不少大城市的地下水中硝酸盐、硬度、矿化度普遍升高，也有不少指标超过饮用水标准。

据2000年的预测，全国污水排放量将增加到700~800亿立方米以上，污水中有害物质亦将由1986年的9万吨增加到26万吨，因此水污染将加重，并将影响国民经济的发展。

以上污染情况的产生主要由于我国环境保护工作起步比较晚，防治的科学技术尚不成熟，特别是经济能力有限。

二、许多地区出现严重缺水现象

发生严重缺水的地区，其原因是：水资源量原来偏少，而且时空分布又不均匀；用水量增长过快，用水超过水源的补给；管理不善，用水浪费；水污染加重，使原来可利用的水源无法使用，等等。

目前我国出现缺水现象严重的地区，大多数在少水的干旱半干旱地区。这类地区由于农田灌溉和工业的发展及城市化的进展，用水量大幅度增加，水资源呈现出需大于供的现象。例如山西省因能源基地的建设与发展，出现了严重的缺水现象。

同样，世界上有许多国家出现水源不足的现象，据估计本世纪末可达30个国家左右面临严重缺水的局面。美国1975年的总用水量为18.99亿立方米/年，1985年总用水量28.19亿立方米/年，2000年总用水量45.30亿立方米/年。年降雨量所得蓄水量和径流总量不超过55亿立方米/年，其中可利用的淡水资源约25.4亿立方米/年。日本1975年总取水量为838.8亿立方米，预计1990年将取1150.3亿立方米，是1975年取水量的1.87倍。据估算日本1970年河川径流量仅595亿立方米。由此可见，美国、日本以及世界不少国家和地区已经出现或将要出现缺水现象，有的已经相当严重。