

Protection for Aquatic
Environment



水环境保护

水资源保护

侯宇光 杨凌真 黄川友 编

四川大学出版社



水 环 境 保 护

(水资源保护)

侯宇光 杨凌真 黄川友 编

四川大学出版社

责任编辑:周树琴

封面设计:罗 光

图书在版编目(CIP)数据

水环境保护 / 侯宇光, 杨凌真, 黄川友编. —成都:
四川大学出版社, 1989.12 (2004.1 重印)

ISBN 7-5614-2753-0

I. 水... II. ①侯...②杨...③黄... III. 水污染
—污染防治 IV. X52

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 126402 号

书名 水环境保护

作者 侯宇光 杨凌真 黄川友 编

出版 四川大学出版社

地址 成都市一环路南一段 24 号 (610065)

印刷 成都益友印刷厂

发行 四川大学出版社

开本 787mm×1 092mm 1/32

印张 10.5

字数 226 千字

版次 1989 年 12 月第 1 版

印次 2004 年 1 月第 2 次印刷

印数 2 201~2 700 册

定价 12.60 元

◆读者邮购本书,请与本社发行科
联系。电话:85408408/85401670/
85408023 邮政编码:610065

◆本社图书如有印装质量问题,请
寄回出版社调换。

◆网址: www.scupress.com.cn

版权所有◆侵权必究

前 言

水是地球上宝贵的自然资源，是最活跃的环境要素之一，也是所有生物和人类赖以生存的必要条件，人类的生产及生活活动影响着水体，导致水体环境的变化，造成水体污染。被改变了的水体环境又反过来对人类产生重大影响，危及人类的健康和正常生产，并影响生态平衡。因此，对各种水环境的保护，是环境保护的一个重要方面。

水环境保护的内容涉及甚广，本书主要讲述水体环境的特点，水体污染的机理，水体的自净规律，水体污染的调查与监测，水体污染评价，水质预测预报，污水处理的原理与方法，水环境保护规划以及与上述内容有关的一些基础知识。

全书共八章，其中第一、二、六、七、八章由侯宇光编写，第五章由杨凌真编写，第三、四章由黄川友编写。全书由吴明远教授审稿并给予了热情的指导，谨在此表示深切的谢意。

限于编者的水平，加以时间仓促，编写中不免有谬误及不妥之处，敬请读者批评指正。

编者于

四川大学

1989年3月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 总述.....	(1)
第二节 天然水体的水质.....	(5)
第三节 水体中的生物及生态系统.....	(13)
第四节 水体底质.....	(18)
第五节 水体环境条件.....	(21)
第二章 水体污染	(29)
第一节 水体污染的机理和特点.....	(29)
第二节 水污染类型及其特性.....	(35)
第三节 水质的度量单位与指标.....	(63)
第三章 水体污染调查与监测	(69)
第一节 概述.....	(69)
第二节 水体污染调查.....	(70)
第三节 水体污染监测.....	(82)
第四节 水体污染的生物监测方法简介.....	(93)
第四章 水体污染的自净作用	(103)
第一节 水体污染的自净机制.....	(103)
第二节 影响水体污染自净作用的因素.....	(112)
第三节 水体污染的自净方程.....	(118)
第四节 水体污染自净作用的评价.....	(125)
第五章 水质评价	(131)
第一节 水质评价的目的和程序.....	(131)
第二节 河流水质现状评价.....	(137)

第三节	湖泊（水库）的水质评价·····	(156)
第四节	地下水水质现状评价·····	(163)
第六章	水质预测预报·····	(172)
第一节	常用的水质模型·····	(172)
第二节	点源污染的水质预测预报·····	(202)
第三节	面源污染的水质预测预报·····	(222)
第七章	污水处理原理与方法·····	(233)
第一节	概述·····	(233)
第二节	物理处理法·····	(235)
第三节	化学处理法·····	(243)
第四节	生物处理法·····	(252)
第五节	污泥的处理·····	(266)
第八章	水环境保护规划·····	(271)
第一节	概述·····	(271)
第二节	水环境容量的推求·····	(276)
第三节	水质规划·····	(293)
主要参考文献 ·····		(327)

第一章 绪 论

第一节 总 述

水是人类生存的重要条件，人类生活、工农业生产都离不开水。据统计，工业用水一般占城市用水量的80%左右，农业用水量更大，大约2~3倍于工业用水量。

表1-1 地球上水的分配比

地球上各种水体容蓄的水量约为14.5亿立方公里，但其中咸水或高矿化度水约占总水量的97.3%。淡水仅占总水量的2.7%左右。而淡水大部分以两极的冰盖、大陆冰川和深度超过750米的地下水的形式存在。水资源（淡水）的可利用量不到1%，仅是河流、湖泊等地表水和地下水的一部分。见表1-1。

地球上(%)的水	海水及高矿化度水	97.3
	淡 水	2.7
淡水的分配(%)	冰盖及冰川	77.2
	地下水	21.95
	土壤水	0.45
	湖沼水	0.35
	大气水	0.04
	河槽水	0.01

我国的淡水资源从总量看居世界第六位。但按人均水量却是第88位，只及世界平均数的1/4(1979年资料)见表1-2。而且我国水资源在时空分布上也极不平衡。华北、西北七省市约占全国一半的国土是属于年雨量少于400毫米的干旱

表1-2 世界部分国家年径流量人均占有量 (1979年)

数 国	单 量 家	项 目 位	年径流量	人口	人均水量
			万亿米 ³	亿人	万米 ³
	巴西		5.19	1.23	4.22
	苏联		4.71	2.64	1.78
	加拿大		3.12	0.24	13.0
	美国		2.97	2.20	1.35
	印尼		2.81	1.48	1.90
	中国		2.65	9.88	0.27

与半干旱地带，水资源量仅占全国的9.7%，而南方各省的水资源总量却占全国81%，人均占有水量为全国均值的1.6倍。在时间分配上，大约70%左右的雨水集中在夏秋季的3~4个月内，且多以暴雨形式出现，能够利用的雨水不过百分之十几，绝大部分宝贵的淡水都付诸东流。

由表1-3可以看出我国目前用水量的水平还较低。经济发达国家的年人均用水量 and 工业用水所占比例都大大高于我国。随着我国四化建设的发展，对水资源的需要将迅速增加。目前已有144个城市出现不同程度的缺水，北方小麦、棉花产区因缺水而减产，“水”在这些地区已成经济发展的制约因素。

水是一种宝贵的自然资源，认识到这点是人们对水的观念的重大转化。说明人类进入了新时代，这是由于人类生产的高度发展，人类才逐渐认识到水是无法代替的、发展经济

表1-3 世界部分国家用水量统计

国家 年份 用水量	美国	加拿大	苏联	意大利	日本	法国	印度	中国
	1975	1968	1968	1970	1965	1970	1969	1979
年总用水量(亿米 ³)	4676	229	2204	430	695	340	3237	4767
年人均用水量(米 ³ /人)	2340	1070	930	860	694	665	600	491
工业用水占%	43.5	81.5	36.0	19.0	18.3	41.2	0.6	11.0
农业用水占%	48.6	13.5	59.0	69.0	72.0	42.5	95.5	84.0
生活及其它用水%	7.9	5.0	5.0	12.0	9.7	16.3	3.7	5.0
总用水量/年径流量	16.0	0.73	4.68	27.0	13.4	17.0	19.4	18.0

不可缺少的，而数量又是有限的一种重要资源。另一方面，随着工农业发展和人口的增长，许多江河湖库都遭到不同程度的污染，使有限的水资源从质量上受到严重的影响。工农业生产和人民生活不仅要求提供充足的水量，同样对水质也有一定的要求，因为没有好的水质，量也就没有意义了。而且更为严重的是坏的水质将影响工农业生产和直接损害人类健康。因此，水资源的保护就自然成为人们当今最关切的问题之一。

水又是自然环境的组成部分，它具有最易遭受破坏，在各种人类活动影响下迅速发生变化的特点。水环境是已有生态系统赖以维持的要素，因此，保护水资源不仅仅是保护人类生产与生活的用水问题，而且也是保护水环境，维护生态平衡的重要课题。

水资源的匮乏和污染已受到国际上的普遍重视，即使发达国家其水质退化问题仍然是最大问题。目前世界范围内只有约1/3的人口能得到优质饮用水。其余2/3的人口处于饮用水被污染或者根本没有供水设施的状态，每天约有3万人由

于饮用污染的水和由于水的媒介得传染病而死亡。（见1982年国际饮用水会议资料）。在我国，根据国务院国家环境保护局公布的资料（见86年11月23日人民日报海外版），目前我国每年废水排放量约为300亿吨，其中大部分未经处理直接排入江、河、湖、海，使大中城市附近90%的水域受到不同程度的污染，这还仅仅就城市和工业废水而言，还没有计及面源污染。据1985年调查全国5万公里的河段，不符合饮用水和渔业用水水质标准的河段达85%，不符合地表水标准的占47%，严重污染的河段占4.3%。在我国还有部分地区大约5670万人和3千万头牲畜连吃水都困难。由此可见，我国水资源保护工作的重要性。1985年国际水资源协会执行局会议计划成立“21世纪水资源展望专门委员会”，从长远、宏观方面对水资源作战略性研究，这一方面值得我国水资源研究的重视。

水资源保护，从内容上说应该包括两个方面，即水量的保护和水质保护，前者主要体现为搞好水利工程建设，搞好水库调节，多蓄少弃，保护好水源涵养（植树造林和水土保持）以及节约用水（如灌溉方式、灌溉定额的研究）和重复用水（循环用水，一水多用）等。水质的保护从环境保护的角度出发，又可以称为水体环境保护或水环境保护，主要内容包括水体污染与水体水质的现状调查、监测；水体水质评价；水体自净规律的研究；水质污染的预测预报；水质管理规划等。

水环境保护的指导思想和作法概括起来有以下几点：

1. 重视基本数据的可靠性、合理性和可比性。
2. 把水体污染的防治规划与城市、区域、流域的污染

防治规划结合进行。

3. 在治理上要“节污水之源，开清水之流。搞活死水。”并“以防为主、防治结合，综合治理”。

4. 对于水体水质及污染评价要简明扼要，以能反映主要污染源和主要污染物的模式为主。除进行水质评价外，还要进行底质评价，在可能和需要时进行水生物评价。

5. 注意保护接纳水体的水质。一般控制在不低于水环境质量标准二、三级的水质，并进行排放工程对接受水体的环境影响评价。

6. 采取综合防治措施。把水利措施，污水处理措施和生物措施有机地结合起来，进行污染物总量控制，运用系统工程理论，以投资小、效益大、见效快为目标。

7. 正确认识和处理发展生产与保护环境的关系和合理利用自然资源和保护自然资源的关系。使相互矛盾的变为相互促进。在开发利用自然资源时，要先进行合理规划，在保护的前提下开发利用，避免走先污染、再治理的老路。

8. 水环境保护要注意生态系统的变化，维护生态平衡。生态系统的结构和功能的改变将直接影响生态平衡。原有的生态平衡遭破坏，将严重地影响一些生物种群的生长和繁殖，最终将危害到人类本身。

第二节 天然水体的水质

水体是指海洋、河流、湖泊、水库、冰川、沼泽以及地下水等地表与地下贮水体的总称。水体不仅是指水，还包括水中所含各种物质、水中生物及底质。因此，水体是指地表

(或一定的自然空间)被水覆盖的自然综合体。

水体按海洋与陆地水体划分为两大类。海洋容积大,水质含盐量高,而陆地水体的容积小得多,比较分散,多为淡水,我们研究的水体主要是陆地水体,而且是与人类生活有广泛联系的河流、湖泊、水库与地下水。

水是良好的溶剂,在自然界的循环过程中它能溶解许多物质,并在流动过程中携带一些不溶解的物质。因此,在自然界纯水是没有的。不同来源的天然水由于自然背景不同,其水质状况不相同。天然水的水质是在特定的自然条件下形成的,它溶解了某些固体物质和气体,并在流动中携带一些物质。这些物质大多以分子态、离子态或胶体微粒状态存在于水中,它们组成了各种水体的天然水质,这就是水体水质的本底状况,或简称本底值。

一、天然水的组成物质

(一) 溶解气体

溶解于天然水中的气体,主要是氧 O_2 和二氧化碳 CO_2 ,其它还可能含有少量硫化氢(H_2S)和甲烷(CH_4)等。

1. 溶解氧(DO)。溶解氧是溶解于水中的分子态氧,天然水中溶解氧的来源一是大气通过水与大气的界面进入,二是水生植物光合作用放出的氧。

在标准大气压下,水中溶解氧含量随温度的升高而降低。当水中溶解氧的实际

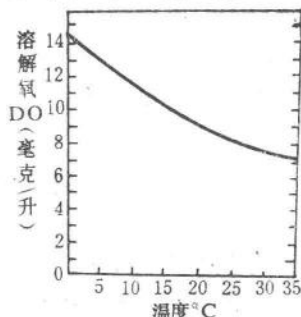


图1-1 一个大气压下,淡水中氧的饱和溶解度

值低于图 1-1 中给定条件下的饱和值时，大气中的氧就会溶于水中。同时增大水与大气的接触面积，也可以增加氧的溶解量，故流动的河水比静止的水含氧量高。天然水中的溶解氧含量的变幅为0~14毫克/升。在标准大气压下，不同温度条件溶解氧量在蒸馏水中的饱和量如表1-4。

水中溶解氧主要消耗于好氧微生物对有机物的分解，以及有机体的呼吸，其损耗与恢复的动态能反映水体的水质状况和自净作用及其过程。

2. 二氧化碳 CO_2 。天然水中的二氧化碳来源于有机物质的氧化分解、水生物的新陈代谢和溶解大气中的 CO_2 ，溶

表1-4 水中饱和溶解氧量

温度 (℃)	溶解氧 (毫克/升)	温度 (℃)	溶解氧 (毫克/升)	温度 (℃)	溶解氧 (毫克/升)	温度 (℃)	溶解氧 (毫克/升)
0	14.62	8	11.87	16	9.96	24	8.53
1	14.23	9	11.59	17	9.74	25	8.38
2	13.84	10	11.33	18	9.54	26	8.22
3	13.48	11	11.08	19	9.35	27	8.07
4	13.13	12	11.83	20	9.17	28	7.92
5	12.80	13	10.60	21	8.99	29	7.77
6	12.48	14	10.37	22	8.83	30	7.63
7	12.17	15	10.15	23	8.68		

解于水中的 CO_2 大部分呈分子状态称为游离 CO_2 ，另一部分与水结合成碳酸 H_2CO_3 。

CO_2 消耗于碳酸盐类溶解和水生植物的光合作用。如水中二氧化碳过饱和时也会自水中逸出。一般江湖水中 CO_2 含量的变幅为20~30毫克/升，地下水含量较高，海水含量

则较低。

3. 硫化氢 H_2S 。硫化氢一般只在缺氧条件下存在，常由有机物(主要是蛋白质)在缺氧条件下分解产生，其它无机硫化物或硫酸盐在缺氧条件下也还原成 H_2S ，少数水体由火山喷发而产生 H_2S 。

硫化氢易于氧化和自然逸出，因此天然地表水中含 H_2S 甚微，甚至没有。只在人为污染或富氧化水体形成缺氧环境时才存在较多的 H_2S 。地下水则由于地球化学作用，所含 H_2S 相对较高，尤以深层地下水与矿泉水含量最高。含有 H_2S 的水有恶臭味，故饮用水规定 H_2S 的含量不得超过5毫克/升。

(二) 溶解于水中的离子

水中溶解固体总量的95%以上为八种离子：氯离子 (Cl^-)，硫酸根离子 (SO_4^{2-})，重碳酸根离子 (HCO_3^-)，碳酸根离子 (CO_3^{2-})，钙、镁、钾、钠离子 (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+)，它们在各类水中的含量与来水的背景，自然地理条件密切有关，水化学或水环境化学的书籍有详细阐述。

天然水中除以上八种离子外，还有含量很少但有特殊性的氢离子 (H^+)。水中氢离子浓度常用 pH 值来表示，一般天然水中的 pH 值变化在 6.8~8.5 之间， $pH=7$ 为中性水， $pH<6$ 为酸性水， $pH>8$ 为碱性水。氢离子的多少常反映水中的化学过程与生物过程的情况，所以 pH 值是表征水质特性的重要参数。水中氢离子主要是由碳酸盐离解而来，其次是 HCl ， HNO_3 ， H_2SO_4 及某些盐类的溶解。水分子本身虽也能离解，但其作用是很弱的。

天然水中还有一些微量元素也以离子态存在，它们包括 Br^- , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , H_2PO_4^- , $\text{H}_2\text{PO}_4^{=2}$, $\text{PO}_4^{=3}$, 及可溶性有机磷，这些离子在水中含量很低（约在0.01~0.1毫克/升），然而它们对水生物的生长却至关重要，含量过多会使水生物急剧繁殖，造成水体出现“红潮”或“水华”等污染。其它微量元素有以胶体微粒状态存在于水中的铁化合物，还有碘 (I)，氟 (F)，铜 (Cu)，钴 (Co)，镍 (Ni) 等。

（三）水中有机物质

天然水体中的有机物质一般是指有机腐殖质，各种水生物不包含在内，主要是生物生命活动过程中所产生的有机物质和生物遗骸的分解所产生的有机物质。这些有机物质大部分呈胶体微粒状，部分呈真溶液状，部分呈悬浮物状。这些有机物的化学组成极为复杂，但它们主要是由碳、氢、氧组成，这三种元素占全部含量的98.5%，另含少量微量元素如氮、磷、钾、钙等。水中有机物在化学与生化作用下不断被分解成为无机物。例如蛋白质最终生成氮和二氧化碳。碳水化合物及脂肪在微生物的作用下，最终也是分解成无机物。水中氨离子的存在表示水中有机物正在分解中。

二、各类天然水体的水质

自然界水分循环过程中形成的各类水体，各具形态特征和环境条件。而水体的形态特征和环境条件又影响着水质形成过程及其在时间和空间上的变化规律。

（一）空中水与大气降水的水质

空中呈悬浮状态的大气水称为空中水，空中同时存在着

各种气体及各种飘尘、杂质，如氧、氮、二氧化碳、二氧化硫以及 NO 、 NO_2 和灰尘微粒、微生物等。大气中的水汽在凝成水滴的过程及下降过程中，就吸收、溶存这许多物质或者包裹这些杂质使之成为凝结核，最后降落至地面。

大气降水中的物质含量在天然条件下一般不多，近海和干旱地区则相对多些，这是由于不同地区的环境条件不同，降水中所含物质也就不同。近海地区降水中 Cl^- 含量最多， Na^+ 次之。内陆干旱的盐土地区含量较多的是 Cl^- 和 SO_4^{2-} 。工业区和大城市附近的降水中往往含 SO_4^{2-} 较多。一般情况下大气降水以 HCO_3^- 为主要含量。悬浮状态的大气中物质可以随大气的流动输送到很远的地方，因此，大气降水中的水质成分也可能含有很远地区的污染物质。例如酸雨中的物质含量常有远地排放到大气中的污染物质。

降水中的物质含量一般比悬浮态的空中水汽所含的物质量为高，尤其在降水初期更明显，但随着降水的过程而逐渐减少，以至趋于稳定。不过由于大气中物质含量的变化以及大气环流的影响。这种稳定性就会遭破坏。

（二）地表水水质

降落到地面的水经过下垫面的作用（一系列的物理和化学作用），改变了原来的水质组成，富集了各种盐分和有机物质，然后汇集到河流湖泊与海洋。地表水按其自然形态与环境条件可分为很多类水体。

1. 河流水质。河水流动，不断汇入支流与区间水流。水体内部水的更换比其它水体快得多，河水矿化度较低，化学成分与河流补给源地有关，且沿程变化较大，流动的河水与大气有良好的接触面，大气中的气体能更好地掺入和溶解其

中。此外，水生生物的活动过程为河水提供有机物质及某些在缺氧条件下有机物分解所产生的气体。当有人类活动的废水、污水排放入河流时，河流的水质成分就起大变化。

河流水质成分还随季节变化，一般冬季浑浊度较低，而硬度及含盐量较高；在污染排放严重的地区，由于枯季径流小，污水稀释较差，河流水质十分恶劣。春季有春风，由于融雪水大量汇入，融雪水往往挟带大量地表积存的有机物质，同时也带入丰富的溶解氧。春风过后，水质情况又回到类似冬季的状况。夏季由于暴雨径流与泥沙俱下，河水浑浊度大增，硬度及含盐量则降低，此时河水流量较大，对排放进来的废、污水稀释比很大，因此污染质浓度降低。但是，暴雨径流又冲刷地面积存的各种污垢，尤以暴雨初期特别突出，加之洪水进入河流，流速剧增，河底淤积的污染物质就会被扰动而重新悬浮，因此在暴雨洪水初期河水水质较恶劣。不过此时河水中的溶解氧也会较高，甚至过饱和。秋季河水处于消退阶段，水温随气温也逐渐下降，河水中的溶解氧随着温度的下降（至 0°C ）反而上升，这个现象可以看作是河水为冬季储存溶解氧。与此同时，水中有机物质的生化分解过程也逐渐下降。

2. 湖泊和水库水质。由于流动缓慢、湖水更换期远比河水长，（库容相对于径流量很小的水库除外），水中悬浮物的沉淀使湖水浑浊度低，透明度较高。水体容积大或深水湖泊水流不易混合，会出现水质分布不均匀的现象，包括深度上与平面上的分布不均。

湖水化学成分与入湖水源有关，同时也受自然条件的影响。因此各湖的水质都不相同。例如干旱地区蒸发量大，淡