



SHUIHUAJING SHUIZIYUAN BAOHU
JI SHUIWURAN ZHILI JISHU YANJIU

水环境水资源保护 及水污染治理技术研究

杨 波 著

中国大地出版社

水环境水资源保护 及水污染治理技术研究

杨 波 著

中国大地出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

水环境水资源保护及水污染治理技术研究 / 杨波著

. --北京: 中国大地出版社, 2018. 12

ISBN 978-7-5200-0358-2

I. ①水… II. ①杨… III. ①水环境—环境保护—研究
②水污染防治—研究 IV. ①X143②X52

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 299471 号

责任编辑: 刘雯芳

责任校对: 田建茹

出版发行: 中国大地出版社

社址邮编: 北京市海淀区学院路 31 号, 100083

电 话: 010—66554649 (邮购部); 010—66554609 (编辑部)

网 址: www.chinalandpress.com

印 刷: 三河市铭浩彩色印装有限公司

开 本: 787mm×960mm $\frac{1}{16}$

印 张: 17.5

字 数: 227 千字

版 次: 2019 年 3 月北京第 1 版

印 次: 2019 年 3 月北京第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5200-0358-2

定 价: 70.00 元

版权所有·侵权必究

前 言

资源短缺与环境污染是当今世界人类社会的突出问题,水资源与水环境首当其冲。水是人类及其他生物赖以生存的不可缺少的重要物质,也是工农业生产、社会经济发展和生态环境改善不可替代的极为宝贵的自然资源。然而,自然界中的水资源是有限的,随着人口的不断增长和社会经济的迅速发展,用水量在不断增加,排放的废水、污水量也在不断增加,水资源与社会经济发展、生态环境保护之间的不协调关系在“水”上表现得十分突出。水资源的不合理开发和利用不仅引起大面积的缺水危机,还可能诱发区域性的生态恶化,严重地困扰着人类的生存和发展。

放眼世界文明史,无论是工业革命的发源地欧洲,还是科技最发达的美国,都经历了水污染的惨痛教训。我国改革开放 40 年经济的高速发展,最先凸显的沉重的环境代价也是水污染。水污染不仅进一步加剧了干旱、半干旱地区的水危机,也造成了“水乡缺水”情景的频繁发生。为了及时有效地解决这些水问题,必须加强水资源的规划与管理,必须统筹考虑水资源与社会、经济、环境之间的协调,走可持续发展道路。为此,党和国家把环境保护摆到更加重要的位置,提出要加强环境保护,积极推进重点流域区域环境治理及城镇污水垃圾处理、农业面源污染治理、重金属污染综合整治等工作。水资源的合理利用与保护,不仅是我国现阶段必须大力发展和急需推进的重大战略,更是人类社会共同面临的课题。

水资源水环境问题正受到各界的关注和重视。合理开发与利用水资源,科学治理污水,加强水资源管理与保护已经成为当

前人类维持环境、经济和社会可持续发展的重要手段和保证措施。水资源的保护和水污染的治理都是十分重要的内容,因此,能够写作一本相关著作具有重要的现实意义。

全书共分为7个章节,对水环境水资源保护及水污染治理技术展开研究,内容包括:水环境水资源概况,水体污染与水体自净,水污染的危害及控制措施,水污染治理技术,水环境水资源保护,节约用水理论与技术,水资源开发与利用。本书注重理论性和实用性的统一,内容完整,模块清晰,简明易懂。本书适合资源环境科学、农业资源与环境、环境科学、环境工程等专业人员参考使用。

本书是在调研了国内外相关水资源开发、利用、保护和管理等方面的著作、文献和政策法规的基础上写作而成的。书中引用了许多国内外相关文献和资料,在此谨向这些作者表示感谢,并在参考文献中列出,如有疏漏深表歉意。由于水环境水资源保护及水污染治理涉及的内容非常广泛,受作者的理论和实践所限,对这些方面有所取舍,谬误与不足在所难免,作者真心希望得到同行、专家的批评指正。

作 者

2018年7月

目 录

第 1 章 水环境水资源概况	1
1.1 水环境的概念	1
1.2 不同水体环境条件	2
1.3 水资源的特征	3
1.4 全球水资源概况	7
1.5 我国水资源特点与问题	9
1.6 水环境水资源保护的意义与内容	13
第 2 章 水体污染与水体自净	16
2.1 水体污染	16
2.2 水污染的原因和污染途径	18
2.3 污染源分析	21
2.4 水体污染物的来源及种类	25
2.5 污染水体的物化与生物作用	31
2.6 水体自净的特点	34
第 3 章 水污染的危害及控制措施	38
3.1 水污染的危害	38
3.2 水污染防治措施	41
3.3 水污染控制的标准体系	45
第 4 章 水污染治理技术	55
4.1 工业废水处理	55
4.2 污水处理方法	65
4.3 污水处理工艺	113
4.4 污水再生利用	128

第 5 章 水环境水资源保护 137

5.1 水环境水资源保护概述 137

5.2 水环境质量监测与评价 143

5.3 水质模型 157

5.4 我国常用的一些水环境标准 162

5.5 水资源评价 164

5.6 水环境水资源保护措施 168

5.7 水环境修复 172

第 6 章 节约用水理论与技术 196

6.1 节水内涵及潜力分析 196

6.2 生活节水 200

6.3 工业节水 209

6.4 农业节水 213

6.5 海水淡化 229

6.6 雨水利用 231

第 7 章 水资源开发与利用 233

7.1 水资源的开发利用现状 233

7.2 水资源开发利用形式 237

7.3 水资源供需平衡 241

参考文献 268

第 1 章 水环境水资源概况

水是人类及一切生物赖以生存的不可缺少的重要物质,也是工农业生产、经济发展和环境改善不可替代的极为宝贵的自然资源。但目前水资源短缺、洪涝灾害、水环境污染等问题日益严重,这迫使人类必须重视水资源与水环境的保护与利用。

1.1 水环境的概念

水环境即自然界中水的形成、分布和转化所处空间的环境,是指围绕人群空间及可直接或间接影响人类生活和发展的水体,其正常功能的各种自然因素和有关的社会因素的总体。也有的指相对稳定的、以陆地为边界的天然水域所处空间的环境。

水环境主要包括两大部分,即地表水环境和地下水环境(图 1-1)。

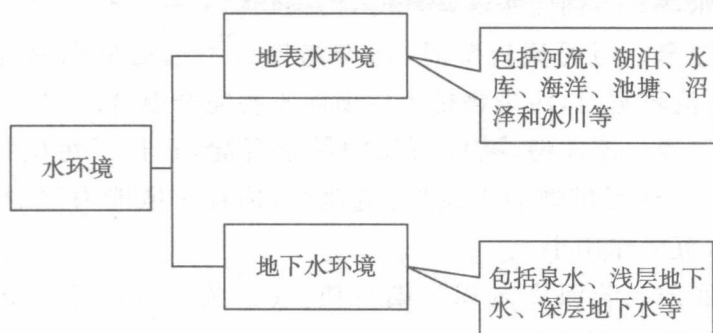


图 1-1 水环境的分类

水环境是构成环境的基本要素之一,是人类社会赖以生存和发展的场所,也是受人类干扰和破坏最严重的领域。水环境的污染和破坏已成为当今世界主要的环境问题之一。

1.2 不同水体环境条件

根据水流速度,水体环境可分为流动水体(如河流)和静水水体(如湖泊、水库、池、沼等)。

1.2.1 河流

河流具有如下特点:

河流的特点

- ①河水的矿化度较其他天然水体低
- ②河水的化学成分受季节、水文和气象等影响变化剧烈
- ③河水的溶解性气体富裕,表层水与底层水的溶气量差别很小
- ④河水的表层水与底层水的温度比较一致,不存在分层现象
- ⑤河流的有机物质基本来自陆地和邻近的静水水体,河水初级生产力较低

以下因素与河流水污染之间存在重要关系:

- ①水深。当河流水深较浅时,污染物纵向易混合。
- ②宽窄。当河流较窄时,污染物排出不远后横向易完全混合;当河流较宽时,污染物排出后横向不易完全混合。
- ③流速。流速慢,某些污染物易于沉淀,延长了污染物降解作用时间,稀释扩散能力减慢;流速快,稀释扩散能力强,搅拌河底淤泥,沉淀作用小。
- ④底质。若河底淤积污染物质,在水流的冲刷下会再次溶出,造成二次污染。

1.2.2 湖泊

湖泊具有如下特点：

湖泊的特点

- ①湖水的矿化度较高，这是由于停留时间长，蒸发量大，一些矿物盐分浓度提高，甚至发生盐类结晶沉淀
- ②湖泊中温度、溶解性气体和营养盐类等空间分布的特点引起湖水分层现象
- ③湖泊按水中营养盐分(主要氮、磷)的多少划分为贫营养湖泊、中营养湖泊和富营养湖泊等。一般，贫营养湖泊的初级生产力比河流高；中营养湖泊的初级生产力和次级生产力都比河流高；富营养湖泊的初级生产力过剩，造成水体极度缺氧，对其他生物不利，使次级生产力极低
- ④湖泊主要生产区是岸边浅水带和湖面透光层

1.2.3 水库

水库是个半河、半湖的人工水体，其特点如下：

水库的特点

- ①水位不稳定、浑浊度大，以致生产力往往低于天然湖泊
- ②库水交换频率高于湖水，使水质状况接近河水
- ③淹没区的植被沉入湖底，腐败分解，土壤的浸渍作用和岩石溶蚀作用使库水矿化度、溶解气体和营养物质逐渐接近湖水

1.3 水资源的特征

水一直处于不停地运动着的状态，积极参与自然环境中一系列物理的、化学的和生物的作用过程，在改造自然的同时不断地改造自身。由此表现出水作为自然资源所独有的性质特征。水资源是一种特殊的自然资源，是具有自然属性和社会属性的综合体。

1.3.1 水资源的自然属性

1. 储量的有限性

全球淡水资源并非取之不尽用之不竭的，它的储量十分有限。全球的淡水资源仅占全球总水量的 2.5%，这其中又有很大的部分储存在极地冰帽和冰川中而很难被利用，真正能够被人类直接利用的淡水资源非常少。

尽管水资源是可再生的，但在一定区域、一定时段内可利用的水资源总量总是有限的。以前人们错误地认为“世界上的水是无限的”而大肆开发利用水资源，事实说明，人类必须要有一个正确的认识，保护有限的水资源。

2. 资源的循环性

水资源是不断流动循环的，并且在循环中形成一种动态资源。地表水、地下水、大气水之间通过水的这种循环，永无止境地进行着互相转化，没有开始也没有结束。水循环过程如图 1-2 所示。

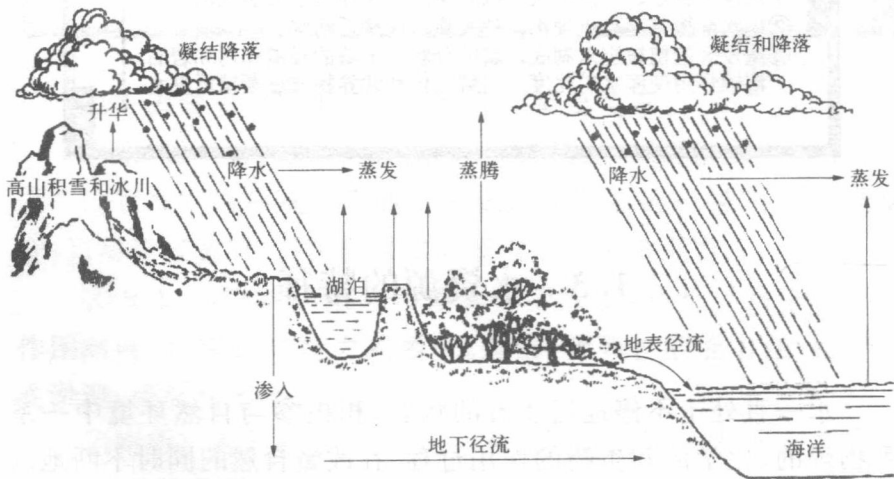


图 1-2 水的自然循环过程示意图

水循环系统是一个庞大的天然水资源系统,由于水资源这一不断循环、不断流动的特性,从而可以再生和恢复,为水资源的可持续利用奠定物质基础。

3. 可更新性

自然界中的水处于不断流动、不断循环的过程之中,使得水资源得以不断地更新,这就是水资源的可更新性,也称可再生性。

水资源的可再生性是水资源可供永续开发利用的本质特性。源于两个方面:

第一,水资源在水量上损失(如蒸发、流失、取用等)后,通过大气降水可以得到恢复。

第二,水体被污染后,通过水体自净(或其他途径)可以得以更新。

不同水体更新一次所需要的时间不同,如大气水平平均每 8d 可更新一次,而极地冰川的更新速度则更为缓慢,更替周期可长达万年。

4. 时空分布的不均匀性

水资源在自然界中具有一定的时间和空间分布。受气候和地理条件的影响,全球水资源的分布表现为极不均匀性,最高的和最低的相差数倍或数十倍。

我国水资源在区域上分布不均匀这一特性也特别明显。由于受地形及季风气候的影响,总体上表现为东南多,西北少;沿海多,内陆少;山区多,平原少。在同一地区中,不同时间分布差异性很大,一般夏多冬少。

5. 多态性

自然界的水资源呈现出液态、气态和固态等不同的形态。它们之间是可以相互转化的,形成水循环的过程,也使得水出现了多种存在形式,在自然界中无处不在,最终在地表形成了一个大大

体连续的圈层——水圈。

6. 环境资源属性

自然界中的水并不是化学上的纯水,而是含有很多溶解性物质和非溶解性物质的一个极其复杂的综合体,这一综合体实质上就是一个完整的生态系统,使得水不仅可以满足生物生存及人类经济社会发展的需要,同时也为很多生物提供了赖以生存的环境,是一种不可或缺的环境资源。

1. 3. 2 水资源的社会属性

1. 利用的多样性

水资源是人类生产和生活不可缺少的,在工农业、生活,及发电、水运、水产、旅游和环境改造等方面都发挥着重要作用。用水目的不同,对水质的要求也表现出差异,使得水资源表现出一水多用的特征。

现如今,人们对水资源的依赖性逐渐增强,也越来越发现其用途的多样性。特别是在缺水地区,人们因为水而发生矛盾或冲突也不是稀奇的事情。对水资源一定要充分地开发利用,尽量减少浪费,满足人类对水资源的各种需求,又不会对水资源造成严重的破坏和影响。

2. 公共性

水是自然界赋予人类的一种宝贵资源,它不是属于任何一个国家或个人的,而是属于全人类的。水资源养活了人类,推动着人类社会的进步、经济的发展。获得水的权利是人的一项基本权利,表现出水资源具有的公共性。

3. 利、害的两重性

水资源具有两重性,它既可造福于人类,又可危害人类生存。

这也就是为什么人们常说,水是一把双刃剑,比金珍贵,又凶猛于虎。

关于水资源给人类带来的利益这里不再多说,人类的生存、社会的发展、经济的进步就是最好的证明。下面说说人类在开发利用水资源的过程中受到的危害。如垮坝事故、土壤次生盐碱化、洪水泛滥、干旱等。这些人们并不陌生,正是水资源利用开发不当造成的。它可以制约国民经济发展,破坏人类的生存环境。

既然知道水的利、害两重性,在利用的过程中就要多加注意。要注意适量开采地下水,满足生产、生活需求。反之,如果无节制、不合理地抽取地下水,往往引起水位持续下降、水质恶化、水量减少、地面沉降,不仅影响生产发展,而且严重威胁人类生存。

4. 商品性

长久以来,人们都错误地认为水是无穷无尽的,而大肆地开采浪费。但是,人口的增多,经济社会的不断发展,使得人们对水资源的需求日益增加,水对人类生存、经济发展的制约作用逐渐显露出来。水成了一种商品,人们在使用时需要支付一定的费用。水资源在一定情况下表现出了消费的竞争性和排他性(如生产用水),具有私人商品的特性。但是当水资源作为水源地、生态用水时,仍具有公共商品的特点,所以它是一种混合商品。

1.4 全球水资源概况

水是地球上分布最广的物质,是人类环境的一个重要组成部分,它以各种不同的形式广泛分布于海洋、陆地与大气之中,并构成一个大体连续、相互作用,又相互不断交换的圈层——水圈。

从表面上看,地球上的水量是非常丰富的。地球表面积约 5.1 亿 km^2 ,据水文地理学家的估算,全球总储水量约为 $13.86 \times 10^8 \text{ km}^3$,主要由海洋水、陆地水和大气水三部分构成(图 1-3)。

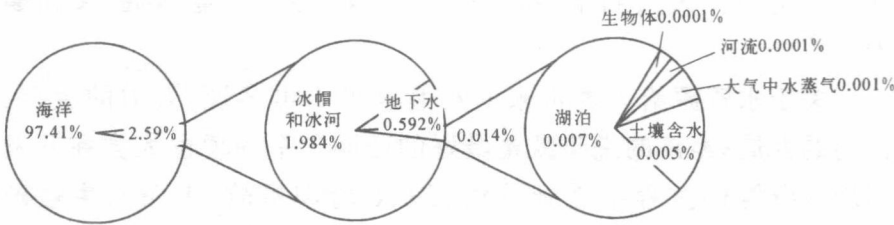


图 1-3 地球上水的分布

海洋面积 3.61 亿 km^2 ，占地球表面积的 70.8%。海洋水量为 $13.5 \times 10^8 \text{km}^3$ ，占地球总水量的 97.41%。但这部分巨大的水体属于高盐量的咸水，除极少量水体被利用(作为冷却水、海水淡化等)外，绝大多数是不能被利用的。

地球上陆地面积为 1.49 亿 km^2 ，占地球表面积的 29.2%。陆地上湖泊、河流、冰川与地下水等水体的总量约 $0.36 \times 10^5 \text{km}^3$ ，占地球总水量的 2.59%。就是陆面上的有限水体也并不是全是淡水，再加上分布于冰川、多年积雪、两极和多年冻土中在现有的技术条件下很难被利用，因此，虽然地球上水量丰富，但水资源总量极其有限。

大气水量约 $1.3 \times 10^4 \text{km}^3$ ，占地球总水量的 0.001%。地球上水的分布如图 1-3 所示，各种水的蓄积量如表 1-1 所示。

表 1-1 地球上水的分布 (单位: km^3)

总水量	海洋水	陆地水							大气水
		河水	湖泊淡水	内陆湖咸水	土壤水	地下水	冰盖/冰川中的水	生物体内的水	
		1700	100000	105000	70000	8200000	27500000	1100	
1385990800	1350000000	35977800							13000

前面还提到，由于受地理位置和地形地貌的影响，水资源的空间分布是极不均衡的。即使在同一个洲内，由于空间跨度大，再加上自然条件的差异，水资源的分布也是很不均匀的。

1.5 我国水资源特点与问题

1.5.1 我国水资源总量多、均值少,供需矛盾突出

水资源短缺是当今和未来面临的主要水问题之一。2016 年全国供用水总量为 6040.2 亿 m^3 ,较 2015 年减少 63.0 亿 m^3 。其中,地表水源供水量 4912.4 亿 m^3 ,占供水总量的 81.3%;地下水源供水量 1057.0 亿 m^3 ,占供水总量的 17.5%;其他水源供水量 70.8 亿 m^3 ,占供水总量的 1.2%。与 2015 年相比,地表水源供水量减少 57.1 亿 m^3 ,地下水源供水量减少 12.2 亿 m^3 ,其他水源供水量增加 6.3 亿 m^3 。

但我国人口众多,耕地面积不少,按 2016 年统计,我国的人均水资源量只有 2300 m^3 ,仅为世界平均水平的 1/4,是全球人均水资源最贫乏的国家之一。目前,我国水资源供需矛盾日益突出。

由此可见,我国水资源供需面临非常严峻的形势,如果在水资源开发利用上没有大的突破,在管理上不能适应这种残酷的现实,水资源很难支持国民经济迅速发展的需求,水资源危机将成为所有资源问题中最为严重的问题。

1.5.2 地下水分布广泛,是北方地区重要的供水水源

由于地下水分布相对比地表水均匀且相对稳定,年际和季节变化较小,水质较好,不易污染,在北方地表水资源相对贫乏的地区,地下水对工业、农业和城镇供水有着重要的意义,有些地方,地下水甚至成为唯一的供水水源。北方平原区地下水资源比较丰富且容易开发利用,往往成为大型水源地。东北诸河、海河、淮

河和山东半岛、内陆诸河等地区的地下水开采量,约占总供水量的 $\frac{1}{3}$ 。其中,海河地下水开采量占全流域供水量的 53%。许多城镇供水全部开采地下水。

1.5.3 空间分布不均,水土资源不相匹配

我国的年降水量和年径流深受海陆分布、水汽来源、地形地貌等因素的影响,年降水量由东南向西北递减所造成的东部地区湿润多雨、西北部地区干旱少雨的降水分布特征,对地下水资源的分布起到重要的控制作用。

地形、降水分布的地域差异性,使我国不仅在地表水资源上表现为南多北少的局面,而且地下水资源仍具有南方丰富、北方贫乏的特征。占全国总面积 60% 的北方地区,水资源总量只占全国水资源总量的 19%,不足南方的 $\frac{1}{4}$ 。北方地区地下水天然资源量约占全国地下水天然资源量的 30%,不足南方的 $\frac{1}{2}$ 。特别是占全国约 $\frac{1}{3}$ 面积的西北地区,水资源量仅占全国的 4.6%,地下水天然资源量占全国地下水天然资源量的 9.5%。而东南及中南地区,面积仅占全国的 11%,但水资源量占全国的 28%,地下水天然资源量约占全国地下水天然资源量的 24.3%。南、北地区在地下水资源量上的差异是十分明显的。

上述表明,我国地下水资源量总的分布特点是南方高于北方,地下水资源的丰富程度由东南向西北逐渐减少,另外,由于我国各地区之间社会经济发达程度不一,各地人口密集程度、耕地发展情况均不相同,使不同地区人均、单位耕地面积所占有的地下水资源量具有较大的差别。一定要在科学指导下,合理开发利用水土资源,支持发展的需要。

1.5.4 时间分布变化大,水旱灾害频繁

我国的水资源不仅在地域上分布很不均匀,而且在时间分配