

水资源保护与管理

潘奎生 丁长春◎著



非外借

吉林科学技术出版社

SHUIZIYUAN BAOHU YU GUANLI

水资源保护与管理

潘奎生 丁长春 著



 吉林科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

水资源保护与管理 / 潘奎生, 丁长春著. -- 长春 :
吉林科学技术出版社, 2018.10
ISBN 978-7-5578-5172-9

I. ①水… II. ①潘… ②丁… III. ①水资源保护②
水资源管理 IV. ①TV213.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第239446号

水资源保护与管理

著 丁长春
出 版 人 李 梁
责任编辑 孙 默
装帧设计 李 梅
开 本 787mm×1092mm 1/16
字 数 200千字
印 张 15.25
印 数 1-3000册
版 次 2019年5月第1版
印 次 2019年5月第1次印刷

出 版 吉林出版集团
吉林科学技术出版社
发 行 吉林科学技术出版社
地 址 长春市人民大街4646号
邮 编 130021
发行部电话/传真 0431-85635177 85651759 85651628
85677817 85600611 85670016
储运部电话 0431-84612872
编辑部电话 0431-85635186
网 址 www.jlstp.net
印 刷 三河市天润建兴印务有限公司

书 号 ISBN 978-7-5578-5172-9
定 价 88.00元
如有印装质量问题 可寄出版社调换
版权所有 翻印必究 举报电话: 0431-85659498

作者分工

本书由潘奎生、丁长春所著，具体分工如下：

潘奎生（孟加拉国堤防改良项目一期工程第一施工标段项目经理）负责第一章、第三章、第四章、第五章内容撰写，计15万字；

丁长春（河南省信阳市淮滨县水利局）负责第二章、第六章内容撰写，计5万字。

作者简介

潘奎生，男，汉族，河南郑州人，1972年9月，河南省水利第一工程局项目经理。1993年毕业于郑州水利学校水利水电专业，从事水利水电、公路与桥梁、工业与民用建筑等工程建设20余年，先后参建过10多个国内外大中型重点工程项目建设。毕业后一直从事工程项目施工与管理，积累了丰富的工程项目施工管理经验，多次获得省部级奖励，擅长土石坝、闸站、桥梁、疏浚、房建等工程建设。在国内期刊发表学术论文数篇，在郑州大学工商管理高级总裁班学习。现任孟加拉国堤防改良项目一期工程第一施工标段项目经理。

丁长春，男，汉族，河南信阳人，1975年5月，河南省信阳市淮滨县水利局施工队副高级工程师。1995年毕业于河南省郑州水利学校水利工程专业，从事水利工程施工及管理工作10余年，积累了丰富的工程施工、工程管理经验。在国内期刊发表学术论文数篇，工作期间在河南广播电视大学进修学习工业及民用建筑专业。

水资源是自然环境的重要组成部分，又是环境生命的血液。它不仅是人类与其他一切生物生存的必要条件，也是国民经济发展不可缺少和无法替代的资源。随着人口与经济的增长，水资源的需求量不断增加，水环境又不断恶化，水资源短缺已经成为全球性问题。水资源的保护与管理，是维持水资源可持续利用、实现水资源良性循环的重要保证，管理是为达到某种目标而实施的一系列计划、组织、协调、激励、调节、指挥、监督、执行和控制活动。保护是防止事物被破坏而实施的方法和控制措施。水资源管理与保护是我国现今涉水事务中最重要的并受到较多关注的两个方面。水资源管理包括对水资源从数量、质量、经济、权属、规划、投资、法律、行政、工程、数字化、安全等方面进行统筹和管理，水资源保护则用各种技术及政策对水资源的防污及治污进行控制和治理。

2012年1月，国务院发布了《关于实行最严格水资源管理制度的意见》，这是继2011年中央1号文件和中央水利工作会议明确要求实行最严格水资源管理制度以来，国务院对实行该制度做出的全面部署和具体安排，是指导当前和今后一个时期我国水资源工作的纲领性文件。《关于实行最严格水资源管理制度的意见》确立了水资源开发利用控制、用水效率控制和水功能区限制纳污“三条红线”以及阶段性控制目标，将水资源管理与保护提升到了一个新的高度。

为了加强本书的系统性和全面性，全书包含了“水资源管理与保护”的诸多内容。

本书的主要内容是根据水资源现状和利用情况，研究如何合理利用水资源，如何有效进行水资源管理及水资源保护。本书共有六章，第一章为水资源概述，第二章为水资源的形成与水循环，第三章为水资源保护，第四章为水灾害及其防护，第五章为节水理论及取水工程，第六章为水资源管理。本书通过对水资源的来源、保护、节约、再生和管理等方面进行系

统分析，使读者充分了解水资源保护与管理的基本理论与方法。

在本书写作过程中，编者引用了国内学者大量的研究成果，书中所引内容的绝大部分已在参考文献中列举，在此，对它们的作者表示最真挚的谢意。

第一章 水资源概述	1
第一节 水资源量及分布	1
第二节 水资源的重要性与用途	7
第三节 水资源保护与管理的意义	10
第二章 水资源形成与水循环	12
第一节 水资源的形成	12
第二节 水循环	28
第三章 水资源保护	32
第一节 水资源保护概述	32
第二节 天然水的组成与性质	33
第三节 水体污染	40
第四节 水质模型	46
第五节 水环境标准	50
第六节 水质监测与评价	58
第七节 水资源保护措施	66
第四章 水灾害及其防护	70
第一节 水灾害属性	71
第二节 水灾害类型及其成因	73
第三节 水灾害类型及其成因	80
第四节 水灾害危害	91
第五节 水灾害防治措施	101

第五章 节水理论与技术	119
第一节 节水内涵	119
第二节 生活节水	121
第三节 工业节水	126
第四节 农业节水	134
第五节 海水淡化	151
第六节 雨水利用	158
第七节 城市污水回用	166
第八节 取水工程	173
第六章 水资源管理	187
第一节 水资源管理概述	187
第二节 国内外水资源管理概况	194
第三节 水资源法律管理	198
第四节 水资源水量及水质管理	204
第五节 水价管理	225
第六节 水资源管理信息系统	231
参考文献	234

第一章 水资源概述

第一节 水资源量及分布

一、水资源概述

水，是生命之源，是人类赖以生存和发展的不可缺少的一种宝贵资源，是自然环境的重要组成部分，是社会可持续发展的基础条件。百度百科给出水的定义为：水（化学式为 H_2O ）是由氢、氧两种元素组成的无机物，在常温常压下为无色无味的透明液体。水，包括天然水（河流、湖泊、大气水、海水、地下水等）和人工制水（通过化学反应使氢氧原子结合得到水）。

地球上的水覆盖了地球 71% 以上的表面，地球上这么多的水是从哪儿来的？地球上本来就有水吗？关于地球上水的起源在学术界上存在很大的分歧，目前有几十种不同的水形成学说。有的观点认为在地球形成初期，原始大气中的氢、氧化合成水，水蒸气逐步凝结下来并形成海洋；有的观点认为，形成地球的星云物质中原先就存在水的成分；有的观点认为，原始地壳中硅酸盐等物质受火山影响而发生反应、析出水分；有的观点认为，被地球吸引的彗星和陨石是地球上水的主来源，甚至地球上的水还在不停增加。

直到 19 世纪末期，人们虽然知道水，熟悉水，但并没有“水资源”的概念，而且水资源概念的内涵也在不断地丰富和发展，再加上由于研究领域不同或思考角度不同，国内外专家学者对水资源概念的理解和定义存在明显差异，目前关于“水资源”的定义有：

(1) 联合国教科文组织和世界气象组织共同制定的《水资源评价活动——国家评价手册》：可以利用或有可能被利用的水源，具有足够的数量和可用的质量，并能在某一地点为满足某种用途而可被利用。

(2)《中华人民共和国水法》：该法所称水资源，包括地表水和地下水。

(3)《中国大百科全书》：在不同的卷册对水资源也给予了不同的解释，如在“大气科学、海洋科学、水文科学卷”中，水资源被定义为：地球表层可供人类利用的水，包括水量(水质)、水域和水能资源，一般每年可更新的水量资源；在“水利卷”中，水资源被定义为：自然界各种形态(气态、固态或液态)的天然水，并将可供人类利用的水资源作为供评价的水资源。

(4)美国地质调查局：陆面地表水和地下水。

(5)《不列颠百科全书》：全部自然界任何形态的水，包括气态水、液态水或固态水的总量。

(6)英国《水资源法》：地球上具有足够数量的可用水。

(7)张家诚：降水量中可以被利用的那一部分。

(8)刘昌明：与人类生产和生活有关的天然水源。

(9)曲耀光：可供国民经济利用的淡水资源，其数量为扣除降水期蒸发的总降水量。

(10)贺伟程：与人类社会用水密切相关而又能不断更新的淡水，包括地表水、地下水和土壤水。

综上所述，国内外学者对水资源的概念有不尽一致的认识与理解，水资源的概念有广义和狭义之分。广义上的水资源，是指能够直接或间接使用的各种水和水中的物质，对人类活动具有使用价值和经济价值的水均可称为水资源。狭义上的水资源，是指在一定经济技术条件下，人类可以直接利用的淡水。水资源是维持人类社会存在并发展的重要自然资源之一，它应当具有如下特性：能够被利用；能够不断更新；具有足够的水量；水质能够满足用水要求。

水资源作为自然资源的一种，具有许多自然资源的特性，同时具有许多独特的特性为合理有效地利用水资源，充分发挥水资源的环境效益、经济效益和社会效益，需充分认识水资源的基本特点。

(1) 循环性

地球上的水体受太阳能的作用，不断地进行相互转换和周期性的循环过程，而且循环过程是永无止境的、无限的，水资源在水循环过程中能够不断恢复、更新和再生，并在一定时空范围内保持动态平衡，循环过程的无限性使得水资源在一定开发利用状况下是取之不尽、用之不竭的。

(2) 有限性

在一定区域和一定时段内,水资源的总量是有限的,更新和恢复的水资源量也是有限的,水资源的消耗量不应该超过水资源的补给量,以前,人们认为地球上的水是有限的,从而导致人类不合理开发利用水资源,引起水资源短缺、水环境破坏和地面沉降等一系列不良后果。

(3) 不均匀性

水资源的不均匀性包括水资源在时间和空间两个方面的不均匀性。由于受气候和地理条件的影响,不同地区水资源的分布有很大差别,例如我国总的来讲,东南多,西北少;沿海多,内陆少;山区多,平原少。水资源在时间上的不均匀性,主要表现在水资源的年际和年内变化幅度大,例如我国降水的年内分配和年际分配都极不均匀,汛期4个月的降水量占全年降水量的比率,南方约为60%,北方则为80%;最大年降雨量与最小年降雨量的比,南方为2~4倍,北方为3~8倍。水资源在时空分布上的不均匀性,给水资源的合理开发利用带来很大困难。

(4) 多用途性

水资源作为一种重要的资源,在国民经济各部门中的用途是相当广泛的,不仅能够用于农业灌溉、工业用水和生活供水,还可以用于水力发电、航运、水产养殖、旅游娱乐和环境改造等。随着人们生活水平的提高和社会国民经济的发展,对水资源的需求量不断增加,很多地区出现了水资源短缺的现象,水资源在各个方面的竞争日趋激烈,如何解决水资源短缺问题,满足水资源在各方面的需求是急需解决的问题之一。

(5) 不可代替性

水是生命的摇篮,是一切生物的命脉,如对于人来说,水是仅次于氧气的重要物质。成人体内,60%的重量是水,儿童体内水的比重更大,可达80%。水在维持人类生存、社会发展和生态环境等方面是其他资源无法代替的,水资源的短缺会严重制约社会经济的发展和人民生活的改善。

(6) 两重性

水资源是一种宝贵的自然资源,水资源可被用于农业灌溉、工业供水、生活供水、水力发电、水产养殖等各个方面,推动社会经济的发展,提高人民的生活水平,改善人类生存环境,这是水资源有利的一面;同时,水

量过多，容易造成洪水泛滥等自然灾害，水量过少，容易造成干旱等自然灾害，影响人类社会的发展，这是水资源有害的一面。

(7) 公共性

水资源的用途十分广泛，各行各业都离不开水，这就使得水资源具有了公共性。《中华人民共和国水法》明确规定，水资源属于国家所有，水资源的所有权由国务院代表国家行使，国务院水行政主管部门负责全国水资源的统一管理和监督工作；任何单位和个人引水、截（蓄）水、排水，不得损害公共利益和他人的合法权益。

二、世界水资源

水是一切生物赖以生存的必不可少的重要物质，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。地球在地壳表层、表面和围绕地球的大气层中存在着各种形态的，包括液态、气态和固态的水，形成地球的水圈，从表面上看，地球上的水量是非常丰富的。

地球上各种类型的水储量分布：水圈内海洋水、冰川与永久积雪地下水、永冻层中冰、湖泊水、土壤水、大气水、沼泽水、河流水和生物水等全部水体的总储存量为 13.86 亿 km^3 ，其中海洋水量 13.38 亿 km^3 ，占地球总储存水量的 96.5% ，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）外绝大多数是不能被直接利用的。陆地上的水量仅有 0.48 亿 km^3 ，占地球总储存水量的 3.5% ，就是在陆面这样有限的水体也并不全是淡水，淡水量仅有 0.35 亿 km^3 ，占陆地水储存量的 73% ，其中 0.24 亿 km^3 的淡水量，分布于冰川多积雪、两极和多年冻土中，以人类现有的技术条件很难利用。便于人类利用的水只有 0.1065 亿 km^3 ，占淡水总量的 30.4% ，仅占地球总储存水量的 0.77% 。因此，地球上的水量虽然非常丰富，然而可被人类利用的淡水资源量是很有限的。

地球上人类可以利用的淡水资源主要是指降水、地表水和地下水，其中降水资源量、地表水资源量和地下水资源量主要是指年平均降水量、多年平均年河川径流量和平均年地下水更新量（或可恢复量）。世界各地有的水资源量差别很大，欧洲、亚洲、非洲、北美洲、南美洲、澳洲及大洋洲、南极洲平均年降水量（体积）分别为 $8.29 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 、 $2.20 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 、

$22.30 \times 10^{12} \text{m}^3$ 、 $18.30 \times 10^{12} \text{m}^3$ 、 $28.40 \times 10^{12} \text{m}^3$ 、 $7.08 \times 10^{12} \text{m}^3$ 、 $2.31 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，最大平均年降水量是最小平均年降水量的 13.94 倍；平均年江河径流量（体积）依次为 $3.21 \times 10^{12} \text{m}^3$ 、 $14.41 \times 10^{12} \text{m}^3$ 、 $4.57 \times 10^{12} \text{m}^3$ 、 $8.20 \times 10^{12} \text{m}^3$ 、 $11.76 \times 10^{12} \text{m}^3$ 、 $2.39 \times 10^{12} \text{m}^3$ 、 $2.31 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，最大平均年江河径流量是最小平均年江河径流量值的 6.24 倍；平均年地下水更新量（体积）分别为 $1.12 \times 10^{12} \text{m}^3$ 、 $3.75 \times 10^{12} \text{m}^3$ 、 $1.60 \times 10^{12} \text{m}^3$ 、 $2.16 \times 10^{12} \text{m}^3$ 、 $4.12 \times 10^{12} \text{m}^3$ 、 $0.58 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，除南极洲外，最大平均年地下水更新量是最小平均年地下水更新量的 7 到 10 倍。

三、我国水资源

（一）我国水资源总量

我国地处北半球亚欧大陆的东南部，受热带、太平洋低纬度上空温暖而潮湿气团的影响，以及西南的印度洋和东北的鄂霍次克海的水蒸气的影响，东南地区、西南地区以及东北地区可获得充足的降水量，使我国成为世界上水资源相对比较丰富的国家之一。

我国水利部门在综合有关文献资料的基础上，对世界上 153 个国家的水资源总量和人均水资源总量进行了统计。在进行统计的 153 个国家中，水资源总量排在前 10 名的国家分别是巴西、俄罗斯、美国、印度尼西亚、加拿大、中国、孟加拉国、印度委内瑞拉、哥伦比亚，用多年平均年河川径流量表示的水资源总量依次为 69500 亿 m^3 、42700 亿 m^3 、30560 亿 m^3 、2980 亿 m^3 、29010 亿 m^3 、27115 亿 m^3 、23570 亿 m^3 、20850 亿 m^3 、13170 亿 m^3 、10700 亿 m^3 ，中国仅次于巴西、俄罗斯、美国、印度尼西亚、加拿大，排在第 6 位，水资源总量比较丰富。

（二）我国水资源特点

我国幅员辽阔，人口众多，地形、地貌、降水、气候条件等复杂多样，再加上耕地分布等因素的影响，使得我国水资源具有以下特点：

1. 总量相对丰富，人均拥有量少

我国多年平均年河川径流量为 27115 亿 m^3 ，排在世界第 6 位。然而，

我国人口众多,年人均水资源量仅为 2238.6m^3 ,排在世界第 21 位。1993 年“国际人口行动”提出的《持续水——人口和可更新水的供给前景》报告提出下列划分标准:人均水资源量少于 $1700\text{m}^3/\text{a}$ 则为用水紧张国家;人均水资源量少于 $1000\text{m}^3/\text{a}$,则为缺水国家;人均水资源量少于 $500\text{m}^3/\text{a}$,则为严重缺水国家。随着人口的增加,到 21 世纪中叶,我国人均水资源量将接近 $1700\text{m}^3/\text{a}$,届时我国将成为用水紧张的国家。随着人民生活水平的提高,社会经济的不断发展,水资源的供需矛盾将会更加突出。

2. 水资源时空分布不均匀

我国水资源在空间上的分布很不均匀,南多北少,且与人口、耕地和经济的分布不相适应,使得有些地区水资源供给有余,有些地区水资源供给不足。据统计,南方面积、耕地面积、人口分别占全国总面积、耕地总面积、总人口的 36.5%、36.0%、54.4%,但南方拥有的水资源总量却占全国水资源总量的 81%,人均水资源量和亩均水资源量分别为 $41800\text{m}^3/\text{a}$ 和 $4130\text{m}^3/\text{a}$,约为全国人均水资源量和亩均水资源量的 2 倍和 2.3 倍。北方的辽河、海河、黄河、淮河四个流域片面积、耕地面积、人口分别占全国总面积、耕地总面积、总人口的 18.7%、45.2%、38.4%,但上述四个流域拥有的水资源总量只相当于南方水资源总量的 12%。我国水资源在空间分布上的不均匀性,是造成我国北方和西北许多地区出现资源性缺水的根本原因,而水资源的短缺是影响这些地区经济发展、人民生活水平提高和环境改善等的主要因素之一。

由于我国大部分地区受季风气候的影响,我国水资源在时间分配上也存在明显的年际和年内变化,在我国南方地区,最大年降水量一般是最小年降水量的 2~4 倍,北方地区为 3~6 倍;我国长江以南地区由南往北雨季为 3~6 月至 4~7 月,雨季降水量占全年降水量的 50%~60%,长江以北地区雨季为 6~9 月,雨季降水量占全年降水量的 70%~80%。我国水资源的年际和年内变化剧烈,是造成我国水旱灾害频繁的根本原因,这给我国水资源的开发利用和农业生产等方面带来很多困难。

第二节 水资源的重要性与用途

一、水资源的重要性

水资源的重要性主要体现在以下几个方面：

(1) 生命之源

水是生命的摇篮，最原始的生命是在水中诞生的，水是生命存在不可缺少的物质。不同生物体内都拥有大量的水分，一般情况下，植物植株的含水率为60%~80%，哺乳类体内约有65%，鱼类75%，藻类95%，成年人体内的水占体重的65%~70%。此外，生物体的新陈代谢、光合作用等都离不开水，每人每日大约需要2~3L的水才能维持正常生存。

(2) 文明的摇篮

没有水就没有生命，没有水更不会有文明的进步，文明往往发源于大河流域，世界四大文明古国——古代中国、古代印度、古代埃及和古代巴比伦，最初都是以大河为基础发展起来的，尼罗河孕育了古埃及的文明，底格里斯河与幼发拉底河流域促进了古巴比伦王国的兴盛，恒河带来了古印度的繁荣，长江与黄河是华夏民族的摇篮。古往今来，人口稠密、经济繁荣的地区总是位于河流湖泊沿岸。沙漠缺水地带，人烟往往比较稀少，经济也比较萧条。

(3) 社会发展的重要支撑

水资源是社会经济发展过程中不可缺少的一种重要的自然资源，与人类社会的进步与发展紧密相连，是人类社会和经济发展的基础与支撑。在农业用水方面，水资源是一切农作物生长所依赖的基础物质，水对农作物的重要作用表现在它几乎参与了农作物生长的每一个过程，农作物的发芽、生长、发育和结实都需要有足够的水分，当提供的水分不能满足农作物生长的需求时，农作物极可能减产甚至死亡。在工业用水方面，水是工业的血液，工业生产过程中的每一个生产环节（如加工、冷却、净化、洗涤等）几乎都需要水的参与，每个工厂都要利用水的各种作用来维持正常生产，没有足够的水量，工业生产就无法进行正常生产，水资源保证程度对工业发展规模起着非常重要的作用。在生活用水方面，随着经济发展水平的不

断提高，人们对生活质量的要求也不断提高，从而使得人们对水资源的需求量越来越大，若生活需水量不能得到满足，必然会成为制约社会进步与发展的一个瓶颈。

(4) 生态环境基本要素

生态环境是指影响人类生存与发展的水资源、土地资源、生物资源以及气候资源数量与质量的总称，是关系到社会和经济持续发展的复合生态系统。水资源是生态环境的基本要素，是良好的生态环境系统结构与功能的组成部分。水资源充沛，有利于营造良好的生态环境，水资源匮乏，则不利于营造良好的生态环境，如我国水资源比较缺乏的华北和西北干旱、半干旱区，大多是生态系统比较脆弱的地带。水资源比较缺乏的地区，随着人口的增长和经济的发展，会使得本已比较缺乏的水资源进一步短缺，从而更容易产生一系列生态环境问题，如草原退化、沙漠面积扩大、水体面积缩小、生物种类和种群减少。

二、水资源的用途

水资源是人类社会进步和经济发展的基本物质保证，人类的生产活动和生活活动都离不开水资源的支撑，水资源在许多方面都具有使用价值，水资源的用途主要有农业用水、工业用水、生活用水、生态环境用水、发电用水、航运用水、旅游用水、养殖用水等。

(1) 农业用水

农业用水包括农田灌溉和林牧渔畜用水。农业用水是我国用水大户，农业用水量占总用水量的比例最大，在农业用水中，农田灌溉用水是农业用水的主要用水和耗水对象，采取有效节水措施，提高农田水资源利用效率，是缓解水资源供求矛盾的一个主要措施。

(2) 工业用水

根据《工业用水分类及定义》(CJ40-1999)，工业用水是指，工、矿企业的各部门，在工业生产过程(或期间)中，制造、加工、冷却、空调、洗涤、锅炉等处使用的水及厂内职工生活用水的总称。工业用水是水资源利用的一个重要组成部分，由于工业用水组成十分复杂，工业用水的多少受工业类别、生产方式、用水工艺和水平以及工业化水平等因素的影响。