

水

华中师范大学出版社

金伯欣 方子云 编著

水资源导论



水资源导论

金伯欣、方子云 编著

华中师范大学出版社

鄂新登字11号

水 资 源 导 论

金伯欣 方子云 编著

*

华中师范大学出版社出版发行
(武昌桂子山)

新华书店湖北发行所经销

华中师范大学印刷厂印刷

开本 850×1168

1991年10月第1版 1991年11月第1次印刷

ISBN 7-5622-0736-4/K·67

印数: 1—1 600 定价: 3.30元

目 录

第一章 绪论	1
一、水资源基本涵义与主要特性	2
二、人类水资源观念的发展	6
三、水资源研究的主要方向与内容	10
第二章 水资源分析与计算	12
第一节 水资源的地域分异与水资源的分区	12
一、水资源的地域分异	12
二、水资源分区原则	16
三、我国水资源分区等级单位系统	18
四、美、日、苏三国水资源分区简介	19
第二节 区域水资源分析与计算	23
一、水资源分析计算的基本原理与主要内容	23
二、径流还原计算的原理与方法	26
三、地下水资源计算	34
四、“三水转化”关系与区域水资源量重复计算问题	45
第三节 水资源供需平衡与需水预测	47
一、概述	47
二、农业用水的预测	49
三、工业用水的预测	59
四、城市生活用水的预测	66
第三章 水资源系统分析基础	69
第一节 水资源系统基本概念	69
一、系统的涵义、特性与分类	69
二、系统工程	72
三、水资源系统基本概念	76
第二节 最优化方法基本原理	84
一、线性规划	84
二、动态规划	95
三、系统模拟	108
第三节 水资源工程经济分析	113

一、水资源经济分析的基本经济指标	114
二、水资源工程方案可比性与效益费用时间序列的评价	116
三、水资源工程经济静态分析法与动态分析法	119
第四章 水资源系统规划与管理	124
第一节 水资源开发管理必须重视流域战略问题	124
一、规划原则	124
二、流域规划研究的主要问题	125
第二节 流域治理的规律	131
一、流域治理的一般过程	131
二、流域开发函数	132
三、水资源开发中对生态问题的考虑(举例)	133
第三节 水资源开发管理的程序系统组成及管理活动	137
一、水资源问题分类	137
二、水资源开发管理的程序	137
三、水资源系统的组成	138
四、水资源系统的管理活动	138
第四节 要重视立法和管理	142
一、用立法和管理手段促进流域合理用水	142
二、重视对现有工程的监测和评价	143
第五章 水资源开发与环境	145
第一节 概述	145
一、水资源开发与环境方面的经验教训	145
二、水资源系统规划设计思想的演进	147
三、水利工程对环境的影响	148
第二节 环境影响评价的方法与步骤	153
一、评价的分类	154
二、评价的方法与步骤	154
三、几个具体方法	158
四、评价时应注意的问题	172
五、湄公河巴蒙工程(Pamong Dam)环境影响评价实例	174
六、环境影响报告书	176
第三节 比较、选择水利开发方案时如何考虑环境问题	183
一、协调折中法	183
二、益本比	184

三、综合比较法	184
第四节 考虑环境要求的水库调度问题	185
一、考虑改善下游水质	186
二、考虑对水产的影响	187
三、水温变化与长期排浑	188
四、其他方面	189
第六章 水资源和水环境保护	191
第一节 水资源和水环境保护的战略重点与方针	192
第二节 中国的水资源保护	194
一、水质的基本情况	195
二、河流污染治理的原则与方法	204
三、水资源保护规划的方法与步骤	206
四、河流开发与污染防治	210
五、中国的水质管理	217
第三节 河流污染防治的主要经验	220
一、从流域水资源整体出发,开展综合治理	220
二、健全法制,以法保护和治理环境污染	223
三、建设与排水相适应的污水处理系统	226
四、建立适宜的组织体制统一管水	228
五、重视调查管理工作,把决策、立法建立在科学的基础上	229
第七章 世界水资源及其开发利用	232
第一节 世界水资源量	232
一、世界水储量与总水资源量	232
二、世界淡水资源	233
三、世界径流资源	238
第二节 世界水资源开发利用基本动向	247
一、世界水资源开发利用评估	247
二、世界水资源开发利用动向	258
第三节 国际水资源与生态环境研究展望	261
一、水质污染与水资源紧缺问题	261
二、可以承受的水资源开发问题	263
三、流域系统管理	263
四、水的和平与争端的管理	264
五、水法和行政措施作为管理的工具	264

六、自然水文灾害·····	265
七、21 世纪水资源的战略问题·····	265
八、国际水资源协会今后业务活动的方向·····	266
第八章 中国水资源及其开发与利用·····	268
第一节 中国水资源数量与分布·····	268
一、概述·····	268
二、我国大陆上空水汽输送与降水资源·····	271
三、径流资源·····	273
四、地下水资源·····	277
五、水资源总量·····	280
第二节 我国水资源利用现状·····	283
一、历史回顾与现有水利设施供水能力·····	283
二、全国用水现状·····	287
第三节 水资源供需展望与远距离调水·····	306
一、制约我国水资源开发利用的主要矛盾·····	306
二、水资源供需预测·····	315
三、远距离调水与我国的南水北调的环境影响·····	324
主要参考文献·····	333
后语	

第一章 绪 论

水是地球上分布最广泛的物质之一，它以气态、液态和固态三种形式存在于空中、地面与地下，成为大气中的水、海洋水、陆地水以及动植物有机体内的生物水。它们相互之间紧密联系，循环往复，组成复盖全球的水圈。地球上的水，正是通过循环往复、周流不息的运动，参与地球上发生的物质大循环、能量大循环与生物大循环，成为地球上的物质与能量的主要的传递者、输送者，并将地球上的大气圈、土壤岩石圈、生物圈与水圈串联一起形成相互联系、相互影响、相互制约的统一的圈层构造，进而影响地球的演替。

水是地球上生命的摇篮，是地球与其他行星之间的主要区别。细胞原生质中大部分是水，人体组织的平均含水量占体重的70%，其中血液含水达79%。没有空气(氧)可以有生命(厌氧生物体)，没有水便没有生命。我国古代思想家、政治家管仲，早在2700多年前就提出了“水者何也？万物之本源也，诸生之宗室也”的看法。2600多年前古希腊哲学家泰勒斯·米利的观点与管仲不谋而合，亦认为水是万物的本源。

水是人类社会赖以生存与发展的基本物质条件。“逐水草而居”，这是古代各民族共同遵循的普遍规律，古代四大文明都发源于大河流域是最生动的例证。其中古巴比伦文明发源于两河流域；古印度文明发源于印度河、恒河流域；尼罗河孕育了古埃及文明；黄河与长江则是中华民族的摇篮。现代社会更离不开水，水不仅是人们日常生活必不可少的生活资料，而且是工农业生产、交通运输、能源建设、城市建设、环境卫生等部门最基本最重要的生产资料，在我国已明确的将水利事业作为国民经济的基础行业。

此外，水又是环境保护、维护生态平衡必不可少的基本条件。所以地球上的水是人类最宝贵的自然资源，是全人类的共同财富。

一、水资源基本涵义与主要特征

(一) 水资源基本涵义

水作为一种自然资源，其使用价值表现为水量、水质及水能三个方面，也有将其所占的空间——水域，亦包括在内。由于涉及面广，比较复杂，至今还未得出统一的水资源定义，以致在国内外权威性文献上，论及水资源定义时，差别颇大。

如《中国大百科全书·气海水卷》中，水资源的定义为“地球表层可供人类利用的水，包括水量(质量)、水域和水能资源”，同时又强调“一般指每年可更新的水量资源”。

在《中国水资源评价》一书中，关于区域水资源总量(W)定义为“当地降水形成的地表和地下的产水量”。

在《简明不列颠百科全书》中，水资源(water resources)条目下为“世界水资源包括地球上所有的(气态、液态或固态)天然水”。并注明“其中可供我们利用的为海水、河水和湖水；其他可利用的为潜水和深层地下水，冰川和永久积雪”。

在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》中，定义水资源为“可资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”。

对于这些不同的论述，水资源可归纳为广义水资源与狭义水资源两种不同涵义。

按照广义水资源的涵义，地球上一切水体，包括海洋、江河、湖泊、冰川、地下水以及大气中的水分等，都能够直接或间接的加以利用，对人类都有益，是人类社会的财富，均属于自然资源的范畴。照此理解，地球上的水体与水资源是同义词，是同一物质的两种不同称谓。

按照狭义水资源的理解,水资源与地球上的水体是两个不同的概念,不能混淆,更不能等同。地球上的各种天然水体,早在人类社会形成之前就已存在,它们是不依赖人类社会而存在的客观实体。但作为水资源则是对人类社会而言的,其主要表现为能够直接被人类所使用,这种使用显然要受到人类社会条件的制约。由此可见,水资源包含有双重性:一种是作为自然界水体所固有的自然属性;另一种是人类社会所给定的社会属性。前者如运动上的往复循环性,时间变化上的不稳定性与空间分布上的不均匀性等;后者如水资源利用多目标性,利弊的双重性,技术上的可靠性与经济上的合理性等。因而所谓水资源,仅指在一定时段内能被人们直接开发与利用的那一部分水体。这种开发利用不仅在技术上是可做到的,而且要求在经济上是合理的,开发后所造成的环境影响是可接受的。浩瀚的海洋,除了为人们提供水产品、盐以及航运之利外,由于盐度高,海水淡化费用太大,还不能作为水资源大规模的开发利用。陆地上的咸水湖以及高矿化的地下水,亦存在类似的问题。极地冰川,本是地球上最大的淡水宝库,但是由于远离人类聚居的大陆而难以利用。因而通常所说的水资源,是指陆地上可供生产、生活直接利用的江河、湖沼以及储存在地下的淡水资源。这部分水量还不到地球上各种水体总储水量的万分之一。如进一步从满足长期开发利用需要的角度来衡量,那么所谓水资源,仅指一定区域内逐年可以恢复、更新的淡水量,具体的来说是指以河川径流量表征的地表水资源,以及以积极参与水循环的地下径流量表征的地下水资源。由于地表水与地下水之间存在密切联系,一部分地下水资源直接转化为地表径流量,因而在我国第一次水资源评价工作中,将地表河川径流量加上地下水资源量再扣除两者之间的重复量作为水资源总量。

此外,按照狭义水资源的理解,除了考虑水的数量特征外,还要重视水的质量,对于水质不良、不符合有关水质标准的水,在水质没有改善之前就不能归属于水资源范畴。遭受严重污染的

水,为了消除污染影响和危害,常常需要用清洁的水来加以稀释和净化,反而消耗水资源。由此可见,对于一定区域范围而言,水资源量并非是恒定不变的,而是随着用水目的、水质要求的不同,以及经济发展与科学技术水平的不断提高而变化,所以说狭义水资源是动态的、相对的,水资源量是可变的,随着经济发展与开发利用技术的提高,可资利用的水资源量将逐步增大。

(二)水资源主要特性

水作为一种自然资源,除了天然水所固有物理、化学性质外,从开发利用角度来分析,还表现如下特性:

1. 再生性和有限性

地球上各种形式的水,在太阳辐射和地心引力的作用下,不断地循环往复,变化交换,这种周而复始的循环运动,使得自然界各种水体不断得到更新,赋予水资源可以“永续利用”的特点,这就是水资源的再生性。

根据狭义水资源的观点,这部分可以更新的水量,就是可资利用的实际的水资源量。就某一水体或某一特定区域范围中的水来说,水的交换更新速度越快,水的可资利用率越高,遭受污染以后,水质恢复也越快;反之水的交换更新周期越长,其可供开发利用的水量越受到限制,水体的自净能力亦越弱。由此可知,水资源并非“取之不尽,用之不竭”的。就特定地区、特定水体、特定时段而言,水资源量是有限的,一旦实际利用量超过更新的水量,就会面临水资源不足,发生水荒甚至水资源枯竭的严重局面。这是水资源开发利用上必须深入研究的重大问题。

以我国西部内陆冰川资源为例,它是我国内陆干旱地区十分宝贵的水资源,其总储水量 $5 \times 10^{12} \text{ m}^3$,大约等于5条长江年平均入海的径流总量,其中积极参与水循环的多年平均冰川融水量为 $5.46 \times 10^{10} \text{ m}^3$ 。按此计算全部冰川交替一周共需91.6年。从理论上说在不影响冰川总体储量的条件下,我国冰川可资利用的水资源量,不能超过 $5.46 \times 10^{10} \text{ m}^3$,如若超过就必然减少冰川总储水量并

影响后继的利用。

2. 空间分布上的不均衡性与时间变化上的不稳定性

水资源的时空变化是在地理纬度、海陆分布、大气环流、地形条件等各种要素的综合影响下产生的，水资源的这一特性，深刻影响到水资源的开发利用，是造成许多国家和地区水资源供需不平衡的重要原因之一。我国位于欧亚大陆东部，深受季风气候影响，水资源的时空变化尤为强烈，许多水资源工程，其根本性任务，就是改变水资源的这种时空变化的不均衡性与不稳定性，使之朝向符合人类需要的方向重新再分配。

3. 水资源的多功能性与利用上的多目标性

水资源有着多种功能，并渗透到人类社会的生活领域与生产领域。它既为人类提供生活资料，又为人类的生产活动直接提供生产资料、能源与交通运输条件。水资源的这种多功能与综合经济效益是其他自然资源难以相比的。此外，水资源还有着目前尚难进行定量计算的重大效益，那就是水作为生态环境的重要因素，对于自然界的生态平衡与创造人类优良的生活环境有着巨大的生态环境效益。

水资源的多功能性赋予水资源开发工程的多目标性。许多水资源工程，常常肩负有发电、防洪、灌溉、供水、航运、水产以及发展旅游等多种目标。这一方面提高了水资源开发工程的经济效益、社会效益与生态效益，同时这些目标之间往往存在不协调的一面，因而增加了水资源工程的复杂性与困难性。

4. 利与害的双重性

“水能载舟，亦能覆舟”。这种水利与水害并存的双重性，亦是水有别于其他自然资源的又一特点。纵观人类社会的发展，不仅在放牧时代人类就知道“逐水草而居”，就是现代世界各大城市与人类密集分布的聚居区，绝大多数亦是沿着江河发展，即使沿海城市，也多位于入海河口，依靠江河求得发展。但在另一方面，无论水多还是水少，也会给人类带来巨大的灾难与损失。如果水分

过多,造成农田渍水,就可能使农业严重减产,洪水泛滥,决堤溃口,不仅会冲毁田园村舍,还会直接威胁人类的生命安全;反之,干旱缺水,同样会造成严重的问题,工业受到制约,农业发生减产,甚至造成赤地千里。70年代末期以来非洲连年大旱,造成成亿灾民,成百万人的死亡是最严酷的实例。即使是水利工程,一旦规划不当,措施不力,便会造成各种功能之间互不协调,亦会变水利为水害。例如在干旱半干旱地区兴建灌溉工程,采用不合理的灌溉方式,只灌不排,常常不仅不能促进农业增产,甚至还会引起土壤次生盐渍化。至于许多大型水利工程对生态环境可能造成的种种消极影响,更是全社会关注的重大问题,

水资源的上述特性,深深地制约了水资源的开发利用,它既提高和扩大了水资源开发利用的价值,同时又增加了水资源开发工程的难度和复杂性。因而是水资源研究中需要认真分析的重要问题。

二、人类水资源观念的发展

人类对自然界的认识,总是伴随着社会进步、经济发展与科技水平的提高而不断地深化。人类水资源观念的发展就是如此,经历了由浅入深,由片面到全面,由具体到抽象的发展过程。在资本主义社会形成之前的漫长历史时期里,除了农田灌溉用水外,水主要供人们日常生活之需要,对水的特性认识还很肤浅。以后随着资本主义经济发展,对自然界各种水体的开发利用规模日益扩大,人们对水的研究与认识随之逐步深入,但是在相当长的时期里,这种研究与认识主要反映在对水自然属性的研究与认识上,以及对于自然界江河、湖、海、地下水等水体的性质、运动变化等的研究,在总体上仍然将地球上的水视为自然界的恩赐,是“取之不尽、用之不竭”的。只有进入20世纪,尤其是20世纪50年代后,由于世界经济的高速度发展,人类对自然界各种水体的开发利用日益扩大与强化,以致世界上一系列的国家和地区相继发

生水资源供需不平衡的矛盾，促使人们在更深的层次上开展了对水资源的研究，从而，人类水观念亦向前推进了一大步。可以说进入了重视水资源合理开发、综合利用与注重保护的新时代。

（一）人们对水的新认识

自60年代以来，人们对水的观念，有了质的飞跃，概括起来主要表现在如下方面：

水是无法取代的，而且是数量有限的重要资源，它不仅是人类与其它一切生物生存的必要条件，也是国民经济发展不可缺乏的资源。

同时，由于工农业的发展和人口的膨胀，工业“三废”和生活污水的大量排放，化肥、农药的大量使用，使得许多江河、湖泊和水库都遭到不同程度的污染，因而淡水的需求，就应包括水量与水质两个方面，没有一定质的量是没有意义的。

水又是自然环境的重要组成部分，亦是生态系统赖以生存的要素，必须考虑人与生态系统对水资源、水环境的各自要求。由于水极易受到外界的干扰，尤其是在人类活动的影响下具有迅速发生变化的特点，因而必须高度重视保护水资源的问题，这也是维护生态平衡的一个重要问题。

水资源的匮乏和污染已经成为国际上普遍重视的重大问题。美国学者波斯图在1984年发表在《世界观察》上的论文“水匮乏时代，重视管理”中就强调“当一种资源开始出现滥用的现象时，经济上和生态上的后果一般就不远了！”这一警句已为国际水资源界所重视，国际水资源协会已成立了“二十一世纪水资源委员会”，从长远、宏观的角度对水资源进行战略性研究，并采取相应对策。

水和土是人类社会赖以生存发展的两大基本资源，在开发利用与保护上两者之间存在着相互联系、相互制约的密切关系。例如，区域(流域)内土地利用方式，在相当大的程度上是根据水资源的数量和质量来确定的；反过来，水资源的开发利用又常常与

土地利用方式密切相关。水、土资源之间这种相互依赖性，在经济发展与环境制约中都能得到反映。所以国际上的基本动向是两者统一考虑，将水资源保护利用规划、土地利用规划和环境规划三者紧密结合，共同组成一个完好的区域(或流域)规划整体，这是当代流域(或区域)治理上的新的里程碑。

(二) 全球性四大水资源问题

根据国际上有关组织和一些著名专家对许多国家和地区水资源状况的研究，认为目前世界面临着下列四大水资源问题：

1. 提供安全饮用水问题

饮用水的供应是一个非常重要的问题，据调查估计，目前世界上约有 1/3 的人口可得到第一等的优质饮用水，1/3 的人口虽有饮用水设施，但水质尚未达到标准，另有 1/3 的人口没有供水设施。全世界每天约有 3 万人由于饮用被污染的水以及水传染病而死亡。

根据联合国世界卫生组织的调查，提供安全饮用水问题，主要存在于发展中国家，尤其是在农业地区问题最为突出。如据 1971 年对 71 个发展中国家的调查，其中 77% 的城市人口有管道供水，而在农村只有 22% 的人口有清洁的饮用水。到 1980 年这些国家的城市与农村人口能得到清洁饮用水的比例比 1971 年有所提高，但仍有多达 71% 的农村人口得不到安全饮用水的供给。据统计，我国农村至今约有 6000 万人口和 3000 万头牲口吃水困难，至于虽有饮用水供应，但饮用水不符合卫生安全标准的人口数，比这个数目还要高得多。

鉴于此，国际上曾把 1981—1990 年作为“国际饮用水供给和卫生”的十年，并且提出所有的人民都有根据其基本需要得到保质、保量的水的权利。

2. 工业与农业供水需求不断扩大的问题(包括水量和水质)

从全球看，农业是最大的用水户，它占全球耗水量的 80% 左右，1975 年世界总灌溉面积为 2.23×10^8 ha，其中作物灌溉用水量

为 $1.3 \times 10^{12} \text{m}^3$, 由于损耗等原因, 实际用水量已达 $3.0 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。1990年世界总灌溉面积将达 $2.73 \times 10^8 \text{ha}$, 从发展来看, 农田灌溉的增产效益十分显著, 因而世界总灌溉面积必将进一步增加, 于是灌溉用水量必然不断扩大, 这是对水资源工作的一个严重挑战。

工业用水方面, 在一些发达国家已占总用水量的相当大的比重, 如美国为40%左右, 加拿大更高达84%。从今后来看, 随着工业化进一步发展, 世界工业用水必然不断增加, 其中尤以发展中国家工业用水量的增长十分快速。估计在今後一段时期里, 发展中国家工业用水量的年平均增长率可能达到8%, 这不仅需要大量的水, 而且由工业排放的废水, 还会对水环境与各种水体水质带来十分不利的影响。

此外, 水能是水资源开发的主要目标之一, 目前世界上有些国家在其能源结构中, 水能的利用占很高的比重, 但多数发展中国家水能利用率还不高, 在石油等能源材料涨价、供求不平衡的条件下, 许多国家为了提高自力更生的能力, 将会注重水能的开发, 这亦是水资源利用上需要深入研究的重大问题。

3. 水资源开发工程的环境影响问题

水资源开发, 如同其他任何种类的开发一样, 会对社会环境、生态系统带来一定压力, 要付出长期的社会与环境的投资。例如灌溉工程本是为了提高作物产量而兴修的, 但住住由于设计不合理, 用水不当, 管理不善等原因, 不仅浪费了大量水资源, 还会产生不利的环境问题, 例如抬高地下水位, 产生或加重土壤次生盐渍化。至于大型水资源开发工程可能产生的环境与生态问题, 常常成为全社会关注的重大问题。

4. 跨国河流水资源开发问题

据统计, 全球有214条河流(或湖泊流域)是为两国或更多的国家所共有, 其中欧洲有48条, 亚洲40条, 非洲57条, 北美与中美洲38条, 南美洲36条。在这些跨国的河流(或湖泊)中, 有不少河流本来在水面所有权、资源使用权以及防洪排涝等抗灾防