



面向21世纪课程教材

水文与水资源学

刘俊民 余新晓 主编

中国林业出版社

面向 21 世纪课程教材

水文与水资源学

刘俊民 余新晓 主编

中国林业出版社

内 容 提 要

本书总结了水文与水资源学的基本理论,包括地表水和地下水的基本规律、特征以及计算评价的方法;自然水质及其形成,水污染特征及评价、保护的基本方法。系统阐明了当前国内外水资源及其开发利用历史、现状及问题,尤其对水资源开发利用的主要工程作了介绍。在此基础上,阐明了水资源管理的内容和任务。本书可作为高等农林院校水土保持和荒漠化防治、农业资源与环境等本科专业的专业基础课教材或相近专业的教学参考书,对有关教育、科研和生产、管理部门的科技人员具有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

水文与水资源学/刘俊民,余新晓主编. —北京:中国林业出版社,1999.9
面向 21 世纪课程教材
ISBN 7-5038-2379-8

I. 水… II. ①刘… ②余… III. ①水文学-教材②水资源-概况 IV. P33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 41348 号

水文与水资源学

出版 中国林业出版社(北京西城区刘海胡同 7 号 100009)
印刷 三河市富华印刷包装有限公司
发行 新华书店北京发行所
版次 1999 年 10 月第 1 版 1999 年 10 月第 1 次印刷
开本 787mm×960mm 1/16 印张:20
字数 344 千字
印数 1~2000 册

定价 25.00 元

前 言

1998年8月,教育部“高等农林院校环境生态类本科人才培养方案及面向21世纪教学内容和课程体系改革的研究与实践”(03-8项目)经过两年多的深入研究,决定组织编写《水文与水文学》教材,并将其列入“面向21世纪课程教材”计划。经过4所大学7位教师1年多的艰苦努力,完成了本教材的编写。这本教材是在流域水文学、工程水文学、水文地质学、地下水利用和水资源水文学的基础上发展完善的一部新教材。本教材系统总结了水文学的基本理论,地表水、地下水资源的基本规律和特征以及计算评价的基本理论和方法,针对水资源开发利用现状及问题,阐明了水资源管理的内容和任务。“水文与水文学”是水土保持与荒漠化防治和农业资源与环境两个专业重要的必修专业基础课程,因此,本教材的编写出版,对这两个专业的教学工作具有重要的意义。

本教材的编写,经过多次修改,吸收国内外有关方面新资料、新观点和新理论,力图充分体现面向21世纪教材的特色。本教材除满足水土保持与荒漠化防治和农业资源与环境两个专业教学需要外,还可作为高等农林院校及工科院校环境生态类专业重要教学参考书,同时还可供有关生产、科研及管理部门科技人员参考。

本教材由西北农林科技大学(原西北农业大学)刘俊民和北京林业大学余新晓主编。第一、十、十一、十二章由刘俊民编写,第二、三章由西北农林科技大学王双银编写,第四、六章由余新晓编写,第五章由西北农林科技大学(原西北林学院)朱德兰和赵晓光编写,第七章由内蒙古农业大学张武文编写,第八、九章由西北农林科技大学(原西北农业大学)魏晓妹编写。全书由余新晓教授和刘俊民副教授统稿,北京林业大学高承德博士参加了部分统稿工作。西北农林科技大学(原西北农业大学)王纪科教授对本书进行了初审,北京林业大学王礼先教授对本书进行了终审,并担任本书的主审。

本教材在编写过程中,引用了大量研究成果、数据和图表。参考文献列于各章正文之后,在此谨向文献的作者们致以深切谢意。

由于《水文与水资源学》教材在国内出版尚属首次，限于我们知识水平与实践经验，缺点、错误在所难免，衷心期望读者对本书提出指正和修改意见，以便今后在教学中改进和提高。

编 者

1999 年 9 月

目 录

前 言

第1章 绪 论	(1)
1.1 水文与水资源学研究的对象和任务	(1)
1.2 水文与水资源的基本特征及研究方法	(3)
1.3 世界和中国水资源概况	(6)
1.4 水文与水资源学的任务与内容	(13)
主要参考文献	(14)
第2章 水循环及径流形成	(15)
2.1 水循环及水量平衡	(15)
2.2 河流和流域	(18)
2.3 降水及其特征	(22)
2.4 蒸发与散发	(30)
2.5 下 渗	(34)
2.6 径 流	(36)
主要参考文献	(39)
第3章 水文测验与水文调查	(40)
3.1 水文测站	(40)
3.2 降水、蒸发及入渗观测	(41)
3.3 流量测验及流量资料整编	(45)
3.4 坡面流测验	(55)
3.5 泥沙测验	(57)
3.6 水文调查与水文资料的收集	(62)
主要参考文献	(65)
第4章 水文统计	(66)
4.1 随机变量及其概率分布	(66)
4.2 经验频率曲线	(73)

4.3	水文随机变量概率分布的估计	(77)
4.4	相关分析	(83)
4.5	水文过程的随机模拟	(87)
	主要参考文献	(93)
第5章	设计洪水分析与计算	(94)
5.1	概 述	(94)
5.2	由流量资料推求设计洪水	(98)
5.3	由暴雨资料推求设计洪水	(105)
5.4	流域设计洪水过程线的推求	(116)
5.5	通过水文随机模拟法求设计洪水简介	(123)
	主要参考文献	(128)
第6章	地表水资源的计算与评价	(129)
6.1	概 述	(129)
6.2	降水分析	(134)
6.3	径流分析及设计年径流计算	(138)
6.4	蒸发分析	(148)
6.5	泥沙分析	(151)
6.6	区域地表水资源	(154)
	主要参考文献	(159)
第7章	地下水资源及其基本特征	(160)
7.1	地下水形成与分布	(160)
7.2	地下水的基本类型	(169)
7.3	地下水运动的基本规律	(183)
7.4	地下水动态与均衡	(192)
	主要参考文献	(197)
第8章	地下水资源计算与评价	(198)
8.1	概 述	(198)
8.2	水量均衡法	(206)
8.3	相关分析法	(208)
8.4	开采试验法	(215)
8.5	开采强度法	(219)
8.6	数值法	(224)
	主要参考文献	(230)
第9章	水资源总量计算	(231)

9.1 水资源总量的概念	(231)
9.2 水资源总量计算	(233)
9.3 水量平衡分析	(237)
主要参考文献	(239)
第10章 水质与水质评价	(240)
10.1 水质及其形成	(240)
10.2 水污染及其特征	(245)
10.3 水质标准	(247)
10.4 水质评价的基本方法	(257)
主要参考文献	(260)
第11章 水资源开发利用	(261)
11.1 世界水资源开发利用状况	(261)
11.2 水资源开发利用的主要工程	(266)
11.3 水资源开发利用出现的环境问题	(284)
主要参考文献	(288)
第12章 水资源管理	(289)
12.1 水资源管理的概念和任务	(289)
12.2 用水管理	(293)
12.3 水资源管理与保护的技术措施	(297)
主要参考文献	(306)

Contents

Preface

Chapter I Introduction	(1)
1.1 Objects and Tasks of Hydrology and Water Resources Research	(1)
1.2 Basic Characteristics and Study Methods of Hydrology and Water Resources Research	(3)
1.3 Water Resources of China and World	(6)
1.4 Tasks and Context of Hydrology and Water Resources	(13)
Main References	(14)
Chapter II Water Cycling and Runoff Generation	(15)
2.1 Water Cycling and Water Balance	(15)
2.2 River and Watershed	(18)
2.3 Precipitation and Traits	(22)
2.4 Evaporation and Evapotranspiration	(30)
2.5 Infiltration	(34)
2.6 Runoff	(36)
Main References	(39)
Chapter III Hydrometry and Hydrological Investigation	(40)
3.1 Hydrometrical Stations	(40)
3.2 Precipitation, Evaporation and Infiltration Observation	(41)
3.3 Discharge Measure and Data Filing	(45)
3.4 Overland Flow Measurement	(55)
3.5 Sediment Sampling	(57)
3.6 Hydrological Investigation and Data Collecting	(62)
Main References	(65)
Chapter IV Hydrological Statistics	(66)

4.1	Random Variable and Its Possibility Distribution	(66)
4.2	Empirical Frequency Curve	(73)
4.3	Possibility Distribution Estimation of Hydrological Random Variances	(77)
4.4	Correlation Analysis	(83)
4.5	Stochastic Simulation of Hydrological Process	(87)
	Main References	(93)
Chapter V	Analysis and Calculation of Designed Flood	(94)
5.1	Introduction	(94)
5.2	Designed Flood Extrapolation from Discharge Data	(98)
5.3	Designed Flood Extrapolation from Rain Storm Data	(105)
5.4	The Extrapolation of Watershed Storm Hydrography	(116)
5.5	Brief Introduction on the Designed Flood Calculation using Stochastic Simulation	(123)
	Main References	(128)
Chapter VI	Calculation and Assessment of Surface Water Resources	(129)
6.1	Introduction	(129)
6.2	Precipitation Analysis	(134)
6.3	Runoff Analysis and Designed Annual Runoff Calculation	(138)
6.4	Evaporation Analysis	(148)
6.5	Sediment Analysis	(151)
6.6	Regional Surface Water Resources	(154)
	Main References	(159)
Chapter VII	Ground Water Resources and Basic Traits	(160)
7.1	The Formation and Distribution of Ground Water	(160)
7.2	Basic Types of Ground Water	(169)
7.3	Basic Equation for Ground Water Movement	(183)
7.4	Ground Water Dynamic and Equilibrium	(192)
	Main References	(197)
Chapter VIII	Calculation and Evaluation of Ground Water Resources	(198)
8.1	Introduction	(198)

8.2	Water Balance Method	(206)
8.3	Correlation Analysis Method	(208)
8.4	Exploitation Experiment Method	(215)
8.5	Exploitation Intensity Method	(219)
8.6	Numerical Simulation Method	(224)
	Main References	(230)
Chapter IX	Total Water Resources Calculation	(231)
9.1	Concept of Total Water Resources	(231)
9.2	Calculation of Total Water Resources	(233)
9.3	Water Balance Analysis	(237)
	Main References	(239)
Chapter X	Water Quality and Its Assessment	(240)
10.1	Water Quality and Its Formation	(240)
10.2	Water Pollution and Its Characteristics	(245)
10.3	Water Quality Standard	(247)
10.4	Basic Methods of Water Quality Assessment	(257)
	Main References	(260)
Chapter XI	Exploitation and Utilization of Water Resources	(261)
11.1	Exploitation and Utilization of World Water Resources	(261)
11.2	Major Structures of Water Resources Development	(266)
11.3	Environmental Impacts of Water Resources Development	(284)
	Main References	(288)
Chapter XII	Water Resources Management	(289)
12.1	Concept and Tasks of Water Resources Management ...	(289)
12.2	Water Use Management	(293)
12.3	Technological Aspects of Water Resources Development and Conservation	(297)
	Main References	(306)

第 1 章

绪 论

1.1 水文与水资源学研究的对象和任务

水是人类及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。

水文一词泛指自然界中水的分布、运动和变化规律以及与环境的作用。水资源(water resources)一词虽然出现较早,随着时代进步其内涵也在不断丰富和发展。但是水资源的概念却既简单又复杂,其复杂的内涵通常表现在:水类型繁多,具有运动性,各种水体具相互转化的特性;水的用途广泛,各种用途对其量和质均有不同的要求;水资源所包含的“量”和“质”在一定条件下可以改变;更为重要的是,水资源的开发利用受经济技术、社会和环境条件的制约。因此,人们从不同角度的认识和体会,造成对水资源一词理解的不一致和认识的差异。目前,关于水资源普遍认可的概念可以理解为人类长期生存、生活和生产活动中所需要的既具有数量要求和质量前提的水量,包括使用价值和经济价值。一般认为水资源概念具有广义和狭义之分。

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。本书中所论述的水资源限于狭义的范畴,即与人类生活和生产活动以及社会进步息息相关的淡水资源。

研究水文规律的学科称为水文学,它是通过模拟和预报自然界中水量和水质的变化及发展动态,为开发利用水资源,控制洪水和保护水环境等方面的水利建设提供科学依据。而水资源作为一门学科是随着经济发展对水的需求和供给矛盾的不断加剧,伴随着水资源研究的不断深入而逐渐发展起来的。在这一发展过程中,水文学的内容一直贯穿在水资源学的始终,是水资源学的基础。而水资源学始终是水文学的发展和深化,具体体现在:

20 世纪 60 年代以来,用水问题在世界内已十分突出,加强对水资源开发利用、管理和保护的研究,已经提到议事日程上来,并且发展很快。联合国本部 (UN)、粮农组织 (FAO)、世界气象组织 (WMO)、联合国教科文组织 (UNESCO)、联合国工业发展组织 (UNIDO) 等均有对水资源方面的研究项目,并不断进行国际交流。

1965 年联合国教科文组织成立了国际水文十年 (IHD) (1965~1974) 机构,120 多个国家参加了水资源研究。在该水文 10a 中,组织了水量平衡、洪涝、干旱、地下水、人类活动对水循环的影响研究,特别是农业灌溉和都市化对水资源的影响等方面的大量研究,取得了显著成绩。1975 年成立了国际水文规划委员会 (IHP) (1975~1989) 接替 IHD。第一期 IHP 计划 (1975~1980) 突出了与水资源综合利用、水资源保护等有关的生态、经济和社会各方面的研究;第二期 IHP 计划 (1981~1983) 强调了水资源与环境关系的研究;第三期 IHP 计划 (1984~1989) 则研究“为经济和社会发展合理管理水资源的水文学和科学基础”,强调水文学与水资源规划与管理的联系,力求有助于解决世界水资源问题。

联合国地区经济委员会、粮农组织、世界卫生组织 (WHO)、联合国环境规划署 (UNEP) 等都制定了配合水资源评价活动的内容。水资源评价成为一项国际协作的活动。

1977 年联合国在阿根廷马尔德普拉塔召开的世界水会议上,第一项决议中明确指出:没有对水资源的综合评价,就谈不上对水资源的合理规划和管理。要求各国进行一次专门的国家水平的水资源评价活动。联合国教科文组织在制定水资源评价计划 (1979~1980) 中,提出的工作有:制定计算水量平衡及其要素的方法,估价全球、大洲、国家、地区和流域水资源的参考水平,确定水资源规划和管理的计算方法。

1983 年第九届世界气象会议通过了世界气象组织和联合国教科文组织的共同协作项目:水文和水资源计划。它的主要目标是保证水资源量和质的评价,对不同部门毛用水量 and 经济可用水量的前景进行预测。

1983 年国际水文科学协作修改的章程中指出:水文学应作为地球科学和水资源学的一个方面来对待,主要任务是解决在水资源利用和管理中的水文问题,以及由于人类活动引起的水资源变化问题。

1987 年 5 月在罗马由国际水文科学协会和国际水力学研究会共同召开的“水的未来——水文学和水资源开发展望”讨论会,提出水资源利用中人类需要了解水的特性和水资源的信息,人类对自然现象的求知欲将是水文学发展的动力。

因此可以认为,水文与水资源学,不但研究水资源的形成、运动和赋存特征以及各种水体的物理化学成分及其演化规律,而且研究如何利用工程措施,合理有效地开发、利用水资源并科学地避免和防治各种水环境问题的发生。在这个意义上可以说,水文与水资源学研究的内容和涉及的学科领域,较水文学还要广泛。

前已述及,水资源是与人类生活、生产及社会进步密切相关的淡水资源,也可以理解为大陆上由降水补给的地表和地下的动态水量,可分别称为地表水资源和地下水资源。因此,水文与水资源学和人类生活及一切经济活动密切相关,如制定流域或较大地区的发展规划及水资源开发利用,亦或一个大流域的上中下游各河段水资源利用和调度以及工程建设都需要水文与水资源学方面的确切资料。一个违背了水文与水资源规律的流域或地区的规划、工程及灌区管理都将导致难以弥补的巨大损失。

1.2 水文与水资源的基本特征及研究方法

1.2.1 水文与水资源的基本特征

1.2.1.1 时程变化的必然性和偶然性

水文与水资源的基本规律是指水资源(包括大气水、地表水和地下水)在某一时段内的状况,它的形成都具有其客观原因,都是一定条件下的必然现象。但是,从人们的认识能力来讲,和许多自然现象一样,由于影响因素复杂,人们对水文与水资源发生多种变化的前因后果的认识并非十分清楚。故常把这些变化中能够作出解释或预测的部分称之为必然性。例如,河流每年的洪水期和枯水期,年际间的丰水年和枯水年;地下水位的变化也具有类似的现象。由于这种必然性在时间上具有年的、月的甚至日的变化,故又称之为周期性,相应地分别称之为多年期间,月的或季节性周期等。而将那些还不能作出解释或难以预测的部分,称之为水文现象或水资源的偶然性的反映。任一河流不同年份的流量过程不会完全一致;地下水位在不同年份的变化也不尽相同,泉水流量的变化有一定差异。这种反映也可称之为随机性,其规律要由大量的统计资料或长系列观测数据分析。

1.2.1.2 地区变化的相似性和特殊性

相似性,主要指气候及地理条件相似的流域,其水文与水资源现象则具有一定的相似性,湿润地区河流径流的年内分布较均匀,干旱地区则差异较大;表现在水资源形成、分布特征也具有这种规律。

特殊性,是指不同下垫面条件产生不同的水文和水资源的变化规律。如

同一气候区,山区河流与平原河流的洪水变化特点不同;同为半干旱条件下河谷阶地和黄土原区地下水赋存规律不同。

1.2.1.3 水资源的循环性、有限性及分布的不均一性

水是自然界的重要组成部分,是环境中最活跃的要素。它不停地运动且积极参与自然环境中一系列物理的、化学的和生物的过程。

水资源与其他固体资源的本质区别在于其具有流动性,它是在水循环中形成的一种动态资源,具有循环性。水循环系统是一个庞大的自然水资源系统,水资源在开采利用后,能够得到大气降水的补给,处在不断地开采、补给和消耗、恢复的循环之中,可以不断地供给人类利用和满足生态平衡的需要。

在不断的消耗和补充过程中,在某种意义上水资源具有“取之不尽”的特点,恢复性强。可实际上全球淡水资源的蓄存量是十分有限的。全球的淡水资源仅占全球总水量的2.5%,且淡水资源的大部分储存在极地冰帽和冰川中,真正能够被人类直接利用的淡水资源仅占全球总水量的0.796%。从水量动态平衡的观点来看,某一期间的水量消耗量接近于该期间的水量补给量,否则将会破坏水平衡,造成一系列不良的环境问题。可见,水循环过程是有限的,水资源的蓄存量是有限的,并非用之不尽,取之不竭。

水资源在自然界中具有一定的时间和空间分布。时空分布的不均匀是水资源的又一特性。全球水资源的分布表现为大洋洲的径流模数为 $51.0\text{L}/(\text{s}\cdot\text{km}^2)$,亚洲为 $10.5\text{L}/(\text{s}\cdot\text{km}^2)$,最高的和最低的相差数倍。

我国水资源在区域上分布不均匀。总的说来,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。

1.2.1.4 利用的多样性

水资源是被人类在生产和生活活动中广泛利用的资源,不仅广泛应用于农业、工业和生活,还用于发电、水运、水产、旅游和环境改造等。在各种不同的用途中,有的是消耗用水,有的则是非消耗性或消耗很小的用水,而且对水质的要求各不相同。这是使水资源一水多用、充分发展其综合效益的有利条件。

此外,水资源与其他矿产资源相比,另一个最大区别是:水资源具有既可造福于人类,又可危害人类生存的两重性。

水资源质、量适宜,且时空分布均匀,将为区域经济发展、自然环境的良性循环和人类社会进步做出巨大贡献。水资源开发利用不当,又可制约国民经济发展,破坏人类的生存环境。如水利工程设计不当、管理不善,可造

成垮坝事故,也可引起土壤次生盐碱化。水量过多或过少的季节和地区,往往又产生各种各样的自然灾害。水量过多容易造成洪水泛滥,内涝渍水;水量过少容易形成干旱、盐渍化等自然灾害。适量开采地下水,可为国民经济各部门和居民生活提供水源,满足生产、生活的需求。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。正是由于水资源利害的双重性质,在水资源的开发利用过程中尤其强调合理利用、有序开发,以达到兴利除害的目的。

1.2.2 水文与水资源学的研究方法

水文现象的研究方法,通常可分为以下3种,即成因分析法、数理统计法和地区综合法等。在这些方法基础上随着水资源的研究不断深入,要求利用现代化理论和方法识别、模拟水资源系统,规划和管理水资源,保证水资源的合理开发、有效利用,实现优化管理、可持续利用。经过近几十年多学科的努力,在水资源利用和管理的理论和方法方面取得了明显进展,主要为:

(1) 水资源模拟与模型化 随着计算机技术的迅速发展以及信息论和系统工程理论在水资源系统研究中的广泛应用,水资源系统的状态与运行模型模拟已成为重要的研究工具。各类确定性、非确定性、综合性的水资源评价和科学管理数学模型的建立与完善,使水资源的信息系统分析、供水工程优化调度、水资源系统的优化管理与规划成为可能,加强水资源合理开发利用、优化管理决策系统的功能和决策效果。

(2) 水资源系统分析 水资源动态变化的多样性和随机性,水资源工程的多目标性和多任务性,河川径流和地下水的相互转化,水质和水量相互联系的密切性,以及水需求的可行方案必须适应国民经济和社会的发展,使水资源问题更趋复杂化,它涉及到自然、社会、人文、经济等各个方面。因此,在对水资源系统分析过程中更注重系统分析的整体性和系统性。在20多年来的水资源规划过程中,研究者应用线性规划、动态规划、系统分析的理论力图寻求目标方程的优化解。总的来说,水资源系统分析正向着分层次、多目标的方向发展与完善。

(3) 水资源信息管理系统 为了适应水资源系统分析与系统管理的需要,目前已初步建立了水资源信息分析与管理系统,主要涉及信息查询系统、数据和图形库系统、水资源状况评价系统、水资源管理与优化调度系统等。水资源信息管理系统的建立和运行,提高了水资源研究的层次和水平,加速了水资源合理开发利用和科学管理的进程。水资源信息管理系统已经成为水资

源研究与管理的重要技术支柱。

(4) 水环境研究 人类大规模的经济和社会活动对环境和生态的变化产生了极为深远的影响。环境、生态的变异又反过来引起自然界水资源的变化,部分或全部地改变原来水资源的变化规律。人们通过对水资源变化规律的研究,寻找这种变化规律与社会发展和经济建设之间的内在关系,以便有效地利用水资源,使环境质量向着有利于人类当今和长远利益的方向发展。

1.3 世界和中国水资源概况

1.3.1 世界水资源概况

从表面上看,地球上的水量是非常丰富的。地球 71% 的面积被水覆盖,其中 97.5% 是海水。如果不算两极的冰层、地下冰等,人们可以得到的淡水只有地球上水的很小一部分。此外,有限的水资源也很难再分配,巴西、俄罗斯、中国、加拿大、印度尼西亚、美国、印度、哥伦比亚和扎伊尔等 9 个国家已经占去了这些水资源的 6%。从未来的发展趋势看,由于社会对水的需求不断增加,而自然界所能提供的可利用的水资源又有一定限度,突出的供需矛盾使水资源已成为国民经济发展的主要制约因素,主要表现在如下两方面。

(1) 水量短缺严重,供需矛盾尖锐 随着社会需水量的大幅度增加,水资源供需矛盾日益突出,水量短缺现象非常严重。联合国在对世界范围内的水资源状况进行分析研究后发出警报:“世界缺水将严重制约下个世纪经济发展,可能导致国家间冲突”。同时指出,全球已有 1/4 的人口面临着一场为得到足够的饮用水、灌溉用水和工业用水而展开争斗。预测“到 2025 年,全世界将有 2/3 的人口面临严重缺水的局面”。

统计结果表明,从 1900~1975 年,世界人口大约翻了 1 番,年用水量则由约 400km^3 增加到 $3\,000\text{km}^3$,增长了约 7.5 倍。其中农业用水约增加了 5 倍(从每年的 350km^3 增加到 $2\,100\text{km}^3$)。城市生活用水约增长 12 倍(从每年的 20km^3 增加到 250km^3)。工业用水约增加了 20 倍(从每年的 30km^3 增加到 630km^3)。特别是从 20 世纪 60 年代开始,由于城市人口的增长、耗水量大的新兴工业的建立,全世界用水量增长约 1 倍。近年来,在一些工业较发达、人口较集中的国家和地区明显表现出水资源不足。

目前,全球地下水资源年开采量已达到 550km^3 ,其中美国、印度、中国、巴基斯坦、欧共体、前苏联、伊朗、墨西哥、日本、土耳其的开采总量占全球地下水开采量的 85%。亚洲地区,在过去的 40a 里,人均水资源拥有量下降了 40%~60%。