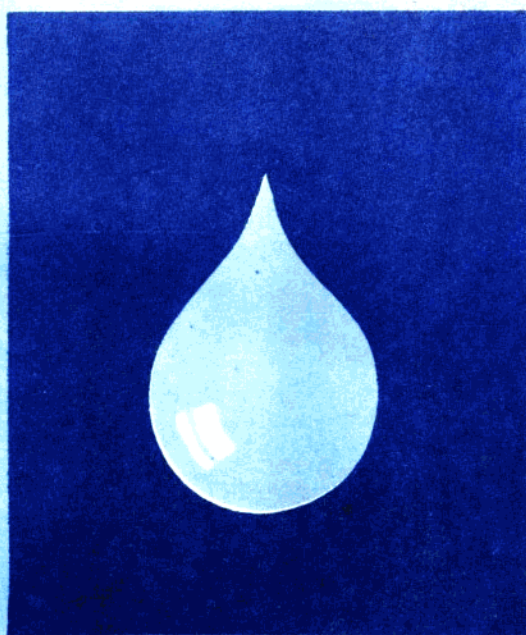


水资源学概论

主编 赵秉栋 管 华



河南大学出版社

前 言

水是一切生命活动的物质基础,是人类社会赖以生存和发展的宝贵的自然资源。随着人口的增长、经济的发展以及人们物质文化生活水平的提高,人类对水的需求量迅猛增长,加之人类活动所造成的水污染,使得世界上许多国家和地区出现了水资源危机。水资源紧缺已经成为当今世界许多国家社会经济发展的制约因素,引起人们普遍关注。为了合理开发利用水资源,以实现社会经济的持续发展,迫切需要加强水资源研究。经过近 30 多年的发展,以水文研究为基础,以水资源调查与评价为先导,水资源研究已逐渐深入到水资源规划、水资源管理与保护各个方面。由此,介于水文学与自然资源学之间的一门边缘学科——水资源学已初步形成了自己的科学体系。

为了满足教学的需要,本书作者于 1989 年编写出《水资源学概论》讲义,供内部使用。在近几年的教学与科研实践中,不断吸收国内外水资源研究的有关成果,作者在对原讲义全面修改补充的基础上写成本书。全书共分十一章。第一章综述了水资源学研究的内容及国内外水资源研究的进展。第二章至第四章全面论述了水资源调查与评价的有关问题:第二章论述了水资源量的调查与评价,包括地表水资源量、地下水资源量、水资源总量和水量平衡分析;第三章论述了水质分析与评价;第四章论述了水能资源调查与评价。第五章论述了水资源区划的指标体系和区划方法。第六章综述了水资源开发方式、水资源开发工程以及国内外水资源开发利用的现状等问题。第七章为水资源需求量预测,该章系统分析了不同部门需水量的预测方法,并论述了不同阶段的供需平衡分析方法。第八章介绍了水资源调节的有关问题,包括水资源的时间调节与空间调节。第九章与第十章分别为水资源规划和水资源系统分析,对水资源规划的原则、方法以及系统分析方法在水资源规划中的应用等进行了全面的论述。第十一章论述了水资源管理与保护的有关问题。本书可作为资源开发、国土整治、区域管理等专业的教材或教学参考书,亦可供从事上述专业的科研人员及实际工作者参考使用。

本书第一章、第二章由赵秉栋编写;第三章由管华编写;第四章、第六章的第一节和第九章由尚庆云编写;第五章和第六章的第二、三、四节由李占元编写;第七章由张素芳编写;第八章和第十一章的第一、四两节由吴初昌编写;第十章和第十一章的第二、三两节由徐晓霞编写。全书初稿完成后由赵秉栋、管华统编定稿。

在本书编写过程中,作者得到多方面的关心、鼓励和支持。许多水文水资源工作者为本书提供了丰富的资料;成都科技大学、河南大学的许多师友都为本书的编写创造了有利的条件;全国高校水文教学研究会同行们对本书的内容、体例等方面提出过许多有益的建议;河南大学出版社管金麟、姜伟林、董庆超、朱建伟等同志对本书的出版给予了热情的支持与帮助,董庆超同志给本书提出了许多宝贵的修改意见;河南大学地理学系绘图室彭

红、江黎同志为本书绘制了插图。在此编著者一并表示衷心的感谢!

本书是编著者为水资源学科建设所做出的一点微薄的努力。由于编著者学识所限,书中缺点或错误在所难免,恳切希望广大读者批评指正。

编著者
1996年1月

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 水资源概述	(1)
第二节 水资源研究概况	(6)
复习思考题	(15)
第二章 水资源量的调查与评价	(16)
第一节 地表水资源量的调查与评价	(16)
第二节 地下水资源量的调查与评价	(36)
第三节 水资源总量和水量平衡分析	(55)
复习思考题	(60)
第三章 水质分析与评价	(61)
第一节 概述	(61)
第二节 水的理化性质和主要污染物	(66)
第三节 水质调查与监测	(71)
第四节 水质评价	(77)
复习思考题	(82)
第四章 水能资源调查与评价	(83)
第一节 水能资源的特点	(83)
第二节 水能资源的估算	(85)
第三节 水能资源的开发方式	(88)
第四节 可开发水能资源	(91)
第五节 世界和中国的水能资源	(94)
复习思考题	(101)
第五章 水资源区划	(102)
第一节 概述	(102)
第二节 水资源区划的原则和指标	(103)
第三节 水资源区划的方法	(104)
复习思考题	(109)
第六章 水资源开发利用	(110)
第一节 概述	(110)
第二节 水资源开发工程	(113)
第三节 世界水资源开发利用	(128)

第四节 中国水资源开发利用·····	(137)
复习思考题·····	(154)
第七章 水资源需求量预测与供需平衡分析·····	(155)
第一节 工业需水量预测·····	(155)
第二节 城乡生活需水量预测·····	(160)
第三节 农业需水量预测·····	(162)
第四节 区域水资源供需平衡分析·····	(170)
复习思考题·····	(175)
第八章 水资源调节·····	(176)
第一节 水资源的时间调节·····	(176)
第二节 水资源的空间调节·····	(197)
复习思考题·····	(206)
第九章 水资源规划·····	(207)
第一节 概述·····	(207)
第二节 水资源规划的经济分析·····	(209)
第三节 流域规划·····	(219)
第四节 水库群联合运用规划及水资源工程多目标规划·····	(226)
复习思考题·····	(234)
第十章 水资源系统分析·····	(235)
第一节 系统分析概述·····	(235)
第二节 线性规划·····	(240)
第三节 非线性规划·····	(250)
第四节 动态规划·····	(259)
复习思考题·····	(268)
第十一章 水资源管理与保护·····	(269)
第一节 水资源与环境·····	(269)
第二节 水资源管理·····	(278)
第三节 水资源保护·····	(282)
第四节 节约用水·····	(292)
复习思考题·····	(298)
主要参考文献·····	(299)

第一章 绪 论

水资源是一种重要的自然资源,它是人类社会赖以存在和发展的物质基础。随着人口的增长和经济的发展,全世界对水的需求量迅猛增长,许多国家和地区出现了水源不足、用水紧张的问题。加之人类活动所造成的水质污染,又使大量的水分失去了资源价值,更加剧了水源危机。水资源紧缺成为许多国家和地区经济发展的制约性因素,引起人们普遍的关注。人们逐渐认识到,合理开发利用水资源是实现社会经济持续发展必不可少的重要条件。要合理开发利用水资源,就不仅需要研究和了解天然水体水文情势的一般规律和开发利用中的工程水文问题,而且需要对水资源进行全面的研究。在近数十年水资源研究的基础上,一门介于水文学与自然资源学之间的边缘科学——水资源学已初步形成了自己的学科体系。本章就水资源学的研究对象、研究内容、研究进展以及水资源学的理论基础和水资源研究的方法论等作以概括的论述。

第一节 水资源概述

一、水资源的概念

目前,关于水资源的概念,尚未形成公认的定义。在国内外文献中,对水资源的概念有多种提法,其中具有一定代表性的有如下数种:

① 在《英国大百科全书》中,水资源被定义为“全部自然界任何形态的水,包括气态水、液态水和固态水的全部水量。”1963年通过的《英国水资源法》中,水资源则被定义为“具有足够数量的可用水源”。

② 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》中将水资源定义为“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”。

③ 苏联水文学家 O. A. 斯宾格列尔在其所著的《水与人类》一书中指出:“所谓水资源,通常可理解为某一区域的地表水(河流、湖泊、沼泽、冰川)和地下水储量。水资源储量可分为更新非常缓慢的永久储量和年内可恢复的储量两类,在利用永久储量时,水的消耗不应大于它的恢复能力”。

④ 在《中国水资源初步评价》中将水资源定义为“逐年可得到恢复的淡水量,包括河川径流量和地下水补给量”,并指出大气降水是河川径流和地下水的补给来源。

⑤ 《中国大百科全书·气海水卷》提出,水资源是“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,但主要是每年可更新的水量资源”^[1]。

上述各定义彼此差别较大:有的把自然界各种形态的水都视为水资源;有的只把逐年

可以更新的淡水作为水资源;有的把水资源与用水联系考虑;有的除了水量之外,还把水域和水能列入水资源范畴之内。如何能够比较确切地规定水资源的定义呢?这一问题值得进一步探索和研究。

·部分学者认为,水资源概念的确定应当考虑如下几条原则:

① 水作为自然环境的组成要素,既是一切生物赖以生存和发展的基本条件,又是人类生活、生产过程中不可缺少的重要资源,前者属于水的生态功能,后者则是水的资源功能。地球上存在有多种水体,有的可以直接取用,资源功能明显,如河流水、湖泊水和浅层地下水;有的不能直接取用,资源功能不明显,如土壤水、冰川和海洋水。一般只宜把资源功能明显的水体作为水资源。

② 人类社会各种活动的用水,都要求有足够的数量和一定的质量。随着工农业生产的发展以及人民生活水平的提高,人类对水量和水质的要求也愈来愈高,这就要求有更多的水源具有良好的水质和好的补给条件,能保证长期稳定供水,不会出现水质变坏或水量枯竭的现象。因此,水资源应该与社会需水要求密切联系。社会需水要求包含“水量”和“水质”两方面的含义。也就是说,只有逐年可以更新并满足一定水质要求的淡水水体才可作为水资源。

③ 地表、地下的各种淡水水体均处在水循环系统中,它们能够不断地得到大气降水的补给。参与水循环的水体补给量称为动态水量,而水体的储量称为静态水量。为了保护自然环境、维持生态平衡和保证水源长期不衰,一般只能取用动态水量,不宜过多动用静态水量,静态水量的一部分可作为调节备用水量。水资源的数量应以参与水循环的动态水量(即水体的补给量)来衡量。把静态水量计入水资源量的观点完全忽视了水的生态功能,不利于水资源的合理开发和综合利用。

④ 人类对水资源的开发利用,除了采用工程措施直接引用地表水和地下水外,还可通过生物措施利用土壤水,使无效蒸发转化为有效蒸发。农作物的生长与土壤水有密切的关系,不计及土壤水的利用,就不能正确估计农作物的需水定额。大气降水是地表水、地下水、土壤水的补给来源,所以土壤水和大气降水也应列入水资源的研究范畴。

应当指出,“水”和“水资源”两者在含义上理应有所区别,不能混为一谈。地球上各种水体的储量虽然很大,但因技术等限制,还不能将其全部纳入水资源范畴。例如,海洋水量虽然极其丰富,但由于技术特别是经济条件的限制,目前还不能大量开发利用;冰川储水占地球表面淡水储量的68.7%,目前也难以开发利用;深层地下水的开发利用也有较大的困难。能够作为水资源的水体一般应符合下列条件:其一,通过工程措施可以直接取用,或者通过生物措施可以间接利用;其二,水质符合用水的要求;其三,补给条件好,水量可以逐年更新。因此,水资源是指与人类社会生产、生活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。地表水资源量通常用河川径流量来表示,地下水和土壤水资源量可用补给量来表示。三种水体之间密切联系而又互相转化,扣除重复量之后的资源总量相当于对应区域内的降水量。

因受试验观测资料条件的限制,目前对土壤水与地表水、地下水互相转化的定量关系尚不甚明了,所以我国现行的水资源评价,只考虑与工程措施有关的地表水和地下水。在实际工作中,用河川径流量与地下水补给量之和扣除重复量后作为水资源总量,虽然这在

理论上不够完善(特别是对农业区而言),但基本上已能满足生产上的需要,而且比国外仅用河川径流量表示水资源数量前进了一大步。

1986年12月在广西南宁召开的中国地理学会水文专业委员会第四次学术会议上,对水资源定义进行了专门的讨论。在这次会议上,对水资源定义虽仍未能取得一致的意见,但大多数代表对下述水资源定义取得认可:“在目前经济技术条件下可以被人类开发利用的那一部分动态水量。”一般认为,水资源定义中应当包括水量、水质和水能,但目前评价的重点是水量和水质。

二、水资源的特点^[4,5]

与其他各类自然资源比较,水资源在资源生成条件、表现形式及功能等方面,均有其独特的性质。

(一) 循环再生性

由于地球在宇宙中的特殊地位及其表面特殊的物质组成,自然界发生着水分循环现象。在太阳辐射能的作用下,地球表面的水受热蒸发,化为水汽上升到空中,遇冷凝结成云致雾,继而形成液态或固态降水,雨滴、雪粒在地球重力作用下降至地面,而后又形成地表或地下径流,从而构成水循环系统。在水循环过程中,作为水资源的淡水不断得以再生,这就是水资源的循环再生性。由于循环过程是无限的和连续发生的,所以地表水和地下水在被合理开发利用后,总能得到大气降水的补给。然而,对任一研究区域而言,由于水分循环而再生所得到的补给水量总是有限的。循环过程的无限性和再生补给水量的有限性,决定了水资源在一定限度内才是取之不尽用之不竭的,在水资源的开发利用中,不应破坏水资源的再生能力。为了保护自然环境和维持生态平衡,一般不宜动用水体的静态水量,即多年平均利用量不能超过循环再生水量——多年平均补给量。

(二) 多样性

作为自然资源的水,在常温状态下三态共存,表现出水资源的多样性。固态水主要指极地及高山冰川,它们占了地表淡水的绝大部分。气态水浮游于大气中,它在水分循环中占据重要的地位。液态水广泛存在于地表的江河湖海以及土壤与岩石空隙中。水资源的多样性主要表现在赋存条件上:大气水赋存于空气中;地表水(包括河槽水、湖泊水、沼泽水等)赋存于具有一定的封闭性并具有相当厚度的地球表面上;地下水赋存于土壤和岩石空隙中。大气降水、地表水、地下水三者之间互相影响、互相联系、互相转化,反映了水分循环的客观规律,对其中一种形式的水资源的开发利用,必然要影响到其他形式的水资源。因此,在水资源评价和开发利用时,要充分考虑三者的关系。如果把蒸发考虑在内,再计及土壤水的特殊作用,就出现了降水、蒸发、地表水、土壤水、地下水五种水体之间的关系问题。研究它们的变化规律,是水资源研究的一个重要方面。

(三) 地区分布的差异性

水资源的分布具有明显的地区差异性。在地球上,由于海陆位置、地理纬度、大气环流以及地形等因素的影响,各地降水差异很大,由此导致了水资源地区分布的差异。例如,赤道附近是全球降水最多的地带,相应的径流量也最为丰富。地球上约有1/3的地区为干旱与半干旱带,这些地区降水稀少,地表很少产生径流,甚至有大面积的无流区。在一个国家的范围内,水资源分布的地区差异性也有很明显的表现,如中国幅员辽阔,南北气候差异显著,东西地形很不相同,降水分布不均匀,使得各地水资源条件有明显的差异。水资源地区分布的差异性,给水资源的开发利用带来了一定的困难。

(四) 时间变化的不稳定性

气象气候条件对水资源有决定性的影响。由于气象气候条件的差异,特别是降水和蒸发有明显的时间变化,使水资源也随时间而变化,这种变化可以概略地分为年际变化和年内变化两类。水资源的时间变化具有十分复杂的表现形式:既有在确定性因素影响下的周期性变化,又有在随机性因素影响下的不重复性变化。水资源时间变化的不稳定性,造成丰水、枯水等自然现象及洪涝、干旱等自然灾害。

(五) 利用的广泛性和不可代替性

水资源既是生活资料,又是生产资料,它在工农业生产及人们生活中有十分广泛的用途。人类对水资源开发利用的方式可分为直接利用与间接利用两类:直接利用是通过兴建蓄、引、提等水利工程,调蓄引用地面水及地下水,以满足工农业生产和生活用水需要;间接利用是通过耕作、植树等生物措施吸取土壤水分,使无效蒸发转变为有效蒸发。从用水类型上说,用水可分为损耗性用水和非损耗性用水两类:工农业生产和日常生活要消耗和污染大量水分,这称为损耗性用水;而水运、水力发电、水产养殖等用水则主要是借用水体,只要求保持一定的水位和水量,耗水量极小,这称为非损耗性用水。

水是一切生物的命脉。在维系生命和组成自然环境方面,水起着其他任何物质都不能替代的作用,这是人所共知的。

(六) 经济上的两重性

由于水资源地区分布的差异性以及时间变化的不稳定性,往往会造成洪涝、干旱等自然灾害。开发利用水资源的目的是除害兴利,造福人类。如果对水资源开发利用不当,也会引起人为灾害。筑坝蓄水、开渠引水等可给人类带来福利,但垮坝事故、次生盐渍化、水质污染等也给人类带来灾难。“水可载舟,亦可覆舟”,水既能给人类带来福利,又可能引起灾害,这说明水资源在经济上具有两重性特点。开发利用水资源必须重视水资源的这一特性,严格按照自然规律和经济规律办事,统一规划,综合开发,合理利用,以达到除害兴利的双重目的。由此看来,水资源又不只是自然之物,它还具有商品属性;对其开发利用还受经济规律的制约和技术条件的限制。

由上述水资源特点可以看出,水资源不仅有自然属性,而且有社会属性。因此,对水

资源的研究不仅要深入探讨它的自然规律,而且还要认真研究其社会经济规律。

三、水资源的重要性

水是一切生命活动的物质基础,是人类社会赖以存在和发展的宝贵的自然资源。没有水就没有生命,也就不会有人类社会。水不仅是人类日常生活中不可缺少的生活资料,而且是发展工农业生产所必需的物质条件。如果缺乏足够的水源,工厂的机器不能转动,农业就要减产歉收甚至绝收,城市生活会陷于瘫痪。这是人所共知的道理。

随着人口的增加、人民物质文化生活水平的提高以及工农业生产的发展,人类社会对水的需求量迅猛增长。加之人类活动所造成的水质污染,使得世界上很多国家和地区出现“水荒”、“水危机”。水资源与人口、粮食、环境等问题已成为当代国际上几个重大的社会问题。有人将水源危机、能源危机、粮食危机并列为当今世界的三大危机,这也充分说明了水资源的重要性。

由历史发展过程可以看出,人类社会对水资源需求的增长速度是十分惊人的。据苏联学者格里申与索洛科夫研究估算,本世纪初世界耗水量约为 400 立方千米/年,1950 年增长为 1 100 立方千米/年,1975 年达到 3 000 立方千米/年,预计到 2000 年将增加到 6 000 立方千米/年,为本世纪初的 15 倍。这样,不仅干旱地区的国家严重缺水,而且湿润地区的国家也面临着水源危机问题。

问题的严重性还不仅在于用水数量上的成倍增长,而且还在于水源的严重污染。人类活动特别是大工业的发展以及化肥与农药的大量使用,造成了水源的严重污染。据研究,为消除污水对环境的危害,需要用相当于污水 10~20 倍的河水来稀释污水。据不完全统计,70 年代中期全世界每年排放污水约 450 立方千米,要全部稀释这些污水每年需要 4 500~9 000 立方千米的河水。目前全世界发展中国家有 70% 的居民得不到符合标准的饮用水,特别是非洲不少国家,因饮用水不合标准,在人群中仍有多种流行病不能根绝。即使在工业发达的国家,也有 40% 的居民的饮用水不合标准。水源污染使部分水失去了资源价值,从而加剧了水源危机。

我国的水资源问题也同样可以说明水资源的重要性。近 40 年来,我国大力开展水利建设,兴修了多种水利工程,为工农业生产和城乡人民的生活提供了大量的水源。但据统计,全国每年平均受旱面积 1 933 万公顷,尤其是西北干旱地区的广大农村和牧区,受干旱威胁更为严重,缺水限制了经济的发展,部分地区人畜饮水问题还没有得到彻底解决。我国黄淮海平原广大地区水资源严重不足,阻碍了工农业生产的发展。华北许多城市(如北京、天津、唐山等)都存在供水紧张的问题。我国南方地区,虽然水资源较为丰富,但因水资源时空分布不均匀,在不同程度上存在着水资源保证率不高的问题。即使是位于长江口的上海市,因黄浦江遭受严重污染以及海水倒灌的影响,淡水资源的供求矛盾也相当突出。水资源短缺已经影响到整个国民经济的布局和广大人民群众的身心健康。因此,加强对水资源的调查、评价、规划、预测以及为解决水资源问题所应采取的措施的研究已经迫在眉睫。

第二节 水资源研究概况

一、水资源研究的任务

水资源研究的根本目的,在于人类在自我完善过程中如何能从自然界获得更多可用的水,以适应人类社会经济发展的需要和为人类创造更为充实的生活条件。水资源研究的任务,可归结为如下几个方面:①查清水资源的数量、质量和时空分布规律;②调查、分析水资源开发利用现状及存在的问题;③对近期、远景的可能供需状况进行预测,制定解决水资源供需矛盾的总体规划;④从技术上可能和经济上合理两个方面研究开发利用和保护水资源的措施,并提出解决用水需求的可行方案;⑤运用各种管理手段,充分发挥水资源的综合效益,以适应国民经济发展和人民生活的需要。

二、水资源研究的内容

水资源研究是一门综合性很强的边缘科学,它涉及面相当广泛,包括自然与社会、技术与经济、生产与生活、数量与质量、近期开发利用与远景预测预报以及环境影响与水源保护等各个方面。不同国家和地区,在社会经济发展的不同阶段,水资源研究的任务与具体内容也有所不同。综观国内外的水资源研究,可将其内容概括为如下几个方面。

(一) 水资源调查与评价^[8,9]

水资源调查与评价是水资源规划、水资源开发利用和保护、水资源管理等的基础工作,其目的在于查清水资源本身及与其有关的基本情况,为国民经济各部门的宏观决策提供科学依据。各国水资源调查与评价的内容不尽相同,而且随时代的前进其内容不断丰富。早期的水资源调查与评价内容只统计分析天然状况下的水文要素,未涉及水资源的利用问题,如苏联的国家水册和中国的水文图集等。近期的水资源调查与评价则增加了与水资源开发利用有关的研究内容,包括水资源开发利用现状、供水和需水预测、供需平衡分析和其他一些与水资源有关的专题性问题的研究,如美国的第一次和第二次全国水资源评价,日本的21世纪用水预测,我国的水资源评价和水资源利用等项分析工作。

水资源调查与评价大致包括以下内容:

1. 基础资料的收集整理和水资源区的划分

此项工作需要搜集和整理的基础资料包括降水、径流、蒸发、泥沙、地下水位、水质等水文观测资料,气候、地貌、土壤、植被等自然地理资料,人口、耕地、城市、工矿、交通以及各类水利工程等社会经济方面的资料。为了便于地表水资源和地下水资源综合评价,还需要依照适宜的原则将研究区域进行水资源区的划分,将其作为水资源评价的基本单元。

2. 降水量和地表水资源量的计算

降水量是地表水、地下水和土壤水的补给来源,其数量的多少大体上能反映水资源条

件的优劣。降水量的分析计算内容包括分区年降水量系列、多年平均值以及不同频率的降水量等。地表水资源量指河流、湖泊、冰川和沼泽的动态水量,通常以河川径流量表示。由于水资源的开发利用改变了河川径流的天然状况,实测径流资料系列前后失去了一致性,因此在进行地表水资源计算时,首先要对实测径流进行水量还原计算。地表水资源计算的内容包括多年平均河川径流量和不同频率的河川径流量等。

3. 地下水资源量的计算

通常以地下水的补给量作为地下水资源量。区域地下水资源调查与评价常用水量平衡法,即根据水文地质单元划分计算单元,计算各单元的各项补给量和排泄量。平原区与山丘区的计算方法有所不同:平原区以计算补给量为主,用排泄量和蓄水变量对其进行校核;山丘区主要计算各项排泄量,以此近似作为地下水的补给量,即地下水资源量。

4. 水资源总量的计算

水资源总量为当地降水所形成的地表和地下的产水量。由于地表水和地下水密切联系、互相转化,河川径流中包括一部分地下水排泄量,地下水补给量中有一部分来源于地表水的入渗,故不能简单地将上述地表水资源量加上地下水资源量作为水资源总量,而应当在相加后再扣除互相转化的重复水量,这才是该区域的水资源总量。

5. 水资源特点分析

水资源特点分析的内容包括水资源的地区分布、多年变化、年内分配、天然水质、泥沙以及水量平衡分析等。水资源地区分布的分析,常依据表征水资源地区分布的各种等值线图,结合人口和耕地的分布,揭示各地区水资源条件的差异。根据长系列雨量站和流量站资料,可分析水资源的丰枯变化周期、连丰连枯年份出现情况和年际变化幅度,以揭示水资源的多年变化规律。通过分析降水及河川径流的月、季、最大四个月水量占全年水量的百分比,可揭示水资源年内分配的集中程度。分析天然水质和泥沙,可根据天然水质常规分析资料和泥沙观测资料,统计分析地表水和地下水的矿化度,绘制淡水、咸水分布图,计算河流含沙量和输沙量,绘制输沙模数分布图。水量平衡分析主要是探讨各分区水资源组成分量的相互对比关系,利用水文、气象和其他自然条件的地带性规律检查水资源量计算结果的合理性,估算较容易开发利用的水量(河川基流量、地下潜流量和平原区潜水蒸发量)占水资源总量的百分比。

6. 水资源开发利用现状调查

回顾总结水资源开发利用的历史,了解现有水利设施情况,统计蓄、引、提等水利工程的供水能力和地下水的开采量,调查农业灌溉水量、工业和城镇生活用水量、农村引用水量以及其他用水量。选定基准年或典型年,分析水资源的开发利用程度。进行污染源和废水污水排放量调查,根据水质监测资料和水质标准,对地表水、地下水污染现状作出评价。在全面调查分析的基础上,对水资源的开发利用、保护现状和存在问题及其与社会经济、人民生活的适应程度进行综合评价。

7. 水资源供需预测分析

根据人口增长趋势和国民经济发展计划,预测近期和远景的需水量。在现有水利设施供水能力的基础上,考虑可能的新增水源工程,预估近期和远景的可供水量,并与同期需水量相比,揭示分区的水量余缺情况。通过供需预测分析,归纳出各地区各时期的主要

水资源问题,并提出相应的对策。水资源调查与评价阶段的供需分析是为国家宏观决策作参考的,所提出的措施、投资、效益分析等都可较为粗略。

(二) 水资源规划

水资源规划是以国民经济发展战略目标和国土整治规划为依据,在水资源调查与评价的基础上,制定流域或地区开发利用水资源和防治水害的总体方案和工程部署,以适应国家现代化建设和人民生活水平提高的需要。

水资源规划是水资源管理、水资源开发利用和水资源保护的基本依据。制定水资源规划时应当遵循兴利与除害相结合、开发利用与保护并重、综合利用、统筹兼顾、讲求效益等原则,必须贯彻水利为国民经济全面服务的方针,充分发挥水的多种功能,满足各地区、各行业的用水需求,以较小的投入取得最大的综合效益。

水资源规划的内容包括确定开发、治理目标,制定实施方案;选择工程措施和非工程措施以及安排开发程序等。

水资源规划分为综合规划和专业规划两类。综合规划是以整个流域(或地区)为研究对象,从当地的自然、社会、经济、技术条件出发,制定水资源多目标开发和综合治理方案。专业规划是在综合规划的基础上所制定的更为详细的单一目标规划,如防洪、治涝、灌溉、供水、发电、航运、渔业、水质保护和水土保持等规划。在规划制定中要进行投资和效益分析,选出最优实施方案。效益分析除了需要估算水利工程对国家和地方经济带来的正、负效益外,还要分析工程修建后对社会、环境产生的有利和不利影响。

为了使水资源规划真正能起到指导流域开发治理的作用,国家规定了水资源规划的编制和审批程序,明确了规划的法律地位。《中华人民共和国水法》中明确指出:“经批准的规划是开发利用水资源和防治水害活动的基本依据。”“规划的修改,必须经原批准机关核准。”用法律形式将水资源规划作为制度确定下来,对今后的水资源开发利用将产生重大的影响。

(三) 水资源开发利用和保护

由于水资源时空分布不均匀,且与人口、耕地、城市的分布不完全适应,与用水部门要求的供水数量、质量和供水时间不一致,因而无论水多或水少的地区,都需兴建蓄水、引水、提水、调水工程以及水处理工程,控制和调节天然水量,开发利用水资源,以满足人类社会各类用水部门的用水要求。

流域或地区水资源的开发利用大致要经历三个阶段:①以需定供的自取阶段。在水资源开发利用初期,流域内用水量很少,用户可以根据需要随意取用水,不会发生上下游或左右岸的争水矛盾,水利工程也多为单目标开发。②以供定需的管水阶段。随着人口的增长和生产的发展,流域内用水量接近或超过可能控制利用的水量,供需矛盾日益尖锐,水事纠纷不断发生,各用户随意取用水已不可能。此时必须对流域水资源实行统一规划和多目标开发,做到一库多用、一水多用、计划供水、科学用水。③跨流域调水阶段。当流域内用水量大大超过水资源可利用量时,即使合理开发当地水资源和合理、节约用水,也不能满足流域内各部门用水的需要。此时需考虑流域间调水,实行多流域水资源的统

一开发和调配。

我国水资源时空分布极不均匀,历史上水旱灾害频繁,防治水害和开发利用水资源,历来都是关系到治国安邦和国计民生的大事。新中国成立以后,我国进行了大规模的水利建设,这对满足国民经济各部门和城乡人民对水的需求、战胜历次严重的水旱灾害,起到了巨大的作用。但是,随着国民经济和社会的迅速发展,各类用水不断增加,这对水资源开发利用提出了更高的要求,也出现了一些新的问题。例如,北方部分地区水的供需矛盾十分尖锐,严重影响人民生活和经济的发展;水资源综合利用不够,出现损耗性用水和非损耗性用水矛盾以及工业与农业争水的现象;水污染日趋严重,危害人民健康和工农业生产,减少了水资源的可利用量;有些城市和地区地下水过量开采,造成水源枯竭、地面沉降和海水入侵;盲目围湖造田和在河道内设障阻水,降低了湖泊、河川的蓄洪、泄洪能力,人为地增加了洪涝灾害。

根据我国水资源的特点和开发利用及保护中存在的问题,今后应当做好以下几个方面的工作:

① 做好开发利用水资源的前期工作,包括综合科学考察、调查评价和统一规划。新建、扩建、改建的各种水利工程项目,都必须以上级批准的综合规划和专业规划为基础依据,并要遵守国家规定的基本建设程序,避免效益搬家和工程报废,避免造成水事纠纷。

② 遵循兴利与除害相结合的原则,综合考虑防洪、治涝、供水、灌溉、水电、水运、渔业以及生态环境等方面的需求,兼顾上下游、左右岸和地区之间的利益,充分发挥水的多种功能,以获取水资源利用的综合效益。

③ 优先满足生活用水,统筹兼顾工业、农业用水,以适应国民经济全面发展的需要。在水资源紧缺的地区,应当限制城市规模和耗水量大的工业、农业的发展,实行计划用水和节约用水,以缓和水的供需矛盾。

④ 在水的供需矛盾十分突出的地区,应当首先挖掘当地水资源开发利用潜力,然后考虑从外流域引水补源。兴建跨流域调水工程,必须从经济效益、社会效益、生态效益、环境效益等方面进行科学论证和全面规划,统筹兼顾引出和引入流域的用水要求,防止发生顾此失彼的不良后果。

⑤ 对地表水和地下水实行统一评价、统筹规划和综合开发利用,避免地面取水工程和地下水开采井的重叠和失效。在地下水已经超采的地区,应当加紧监督管理,严格控制地下水的开采,防止水源枯竭。

⑥ 实行开发利用与保护相结合的方针。由于大量开发利用水资源以及社会生产活动的不当,带来了水质污染、地下水超采、水土流失、水道阻塞、水利工程效益降低等不良后果,损害了水的资源功能和生态功能。因此,在开发利用水资源的同时,要加强植树种草、水土保持、河湖整治、水污染防治、水利工程维修等工作,使涵养水源、保护水质和改善生态环境并举。

(四) 水资源管理

为了保持水源的良性循环和长期开发利用,满足社会各部门用水量不断增长的需求,必须运用行政、法律、经济、技术和教育等手段,对水资源进行全面的、综合的管理。

现代水资源管理的研究包括以下几个方面:水资源管理的主要任务,水资源管理的内容,水资源管理的体制以及水资源管理的措施等。

三、水资源研究与水资源学

(一) 国外的水资源研究^[2,6,7]

由于科学和技术的飞速发展,世界上多数经济发达或比较发达的地区,在短短的几十年中就因水资源开发而使大多数河流改变了原来的自然状态。蓄水工程的兴建改变了河川径流的自然变化规律,大量的引水、提水工程和用水量的增加部分地改变了水的自然循环路径。工业废水的大量排放严重地污染了天然水源,这已经成为当代人们不得不认真解决的问题。原来认为取之不尽、用之不竭的水在一些地区变得十分紧张,进而又引发了不少新的矛盾。于是人们开始探索如何能经济有效并长期不断地使用和分配有限的水资源,以适应日益增长的用水需求,并谋求取得最好的经济效益。为解决水资源供需矛盾,人们还千方百计地继续增强人类对天然水源的控制能力,以增加可供开发利用的新的水源。

世界上水资源的研究工作,大致始于本世纪 50 年代以后。水资源研究是在水文研究的基础上发展起来的,并以水资源调查与评价为其先导,以后逐渐深入到水资源规划、管理与保护等各个方面。

早在 1935~1937 年,美国就由自然资源委员会中的水资源委员会完成了国家水资源综合评价工作。1965 年,国会通过、总统签署了争论了多年的《水资源规划法》,成立了美国水资源理事会。1968 年,水资源理事会受权发表了第一次全国水资源评价成果。1978 年,美国又发表了第二次全国水资源评价成果,提出了《1975~2000 国家水资源评价》报告。该报告包括四个方面的内容:有多少水(时空分布,不同保证率的水量和可利用量);需要多少水(过去、现在和将来);供需平衡有什么问题;应采取什么措施来解决存在的水资源问题。水资源调查评价是一项涉及多学科、多部门的综合性工作,它不但包括水量(地表水、地下水)、水质(天然水质、水源污染),还包括供水、用水等,需要有关部门的通力合作和严密的组织及统一的领导。美国第二次全国水资源评价,是由内政部、商业部等七个联邦机构负责提供社会、经济和环境资料,由六个机构提供逐年供水、用水分析资料,全部工作则是在由八个联邦机构组成的水资源理事会统一领导下完成的。

苏联是以国家水册作为水资源评价的基础的。原先的国家水册主要刊印的是自然水的基础资料,基本上不包括社会经济方面的评价内容。1976 年,苏联开始进行国家水资源登记工作,水资源研究出现了新的进展。1978 年,苏联开始进行新的国家水册的编制工作,同时建立了国家水册自动信息系统和专门数据库。国家水册包括地表水、地下水和用水量三部分内容,其自动信息系统和专门数据库储存了水资源数量、质量等方面的大量数据,并能部分承担水资源管理的复杂任务。80 年代中期,在对国家水册的资料进行科学总结,完成全国水资源和水量平衡研究工作的基础上,出版了《苏联水资源及水平衡》专

著。该专著汇总了苏联水资源研究成果,并预报了本世纪及更远的未来在人类经济活动和气候因素的影响下,水资源可能发生的变化。

世界上的其他地区,如日本、印度、印度尼西亚以及西欧的不少国家都进行了全国或重点地区的水资源调查评价工作。1980年,日本以地理学家协会的名义编辑了《日本陆地水及其资源》一书,其他许多国家也都提出了水资源研究的专题报告。

在全球水资源评价方面,苏联学者作出了突出的贡献。1974年,苏联有关水文水资源的研究机构联合编制了巨型专著《世界水平衡与地球水资源》。这本专著第一次高度可靠并详细地提供了所有大陆及全世界的水文状况、水平衡、水资源及其利用等方面的资料。这本专著获得了苏联国家奖并被译成多种文字出版。此外,苏联科学院地理研究所还出版了专著《世界水资源及其未来》,在国内外引起了较大的反响。

1975年,联邦德国出版了《世界水平衡》一书,这是当时具有代表性的重要专著。

近20多年来,水文学与水资源研究领域的国际合作,对基础理论的发展和水资源开发利用中实际问题的解决均有重要意义。1964年联合国教科文组织和世界气象组织共同制订了《国际水文十年》计划,这是一项广泛且具有重要意义的国际水文计划,约有120个国家参加了此项计划。该计划的研究目标在于解决自然环境的保护、水资源的合理利用及管理问题。该计划为水资源评价、水资源合理开发利用和水平衡、地下水及洪水研究以及水文、水资源专门人才的教育和培训等都作出了巨大的贡献。1974~1984年,水文水资源研究领域的国际合作经验被系统地汇集在42本科学讨论会专著、33本国际手册和参考书以及50本技术文件和技术报告中。1981年,联合国教科文组织和世界气象组织共同召开了第二次国际水文会议——国际水文及水资源合理管理的科学基础会议。在此会议上,审议通过了国际水文计划第三阶段(1984~1989年)规划纲要,并把水资源评价作为一项重要内容。水资源评价除了评价水量和水质以外,还要考虑社会经济和环境。会议还组织交流了国家水资源评价工作经验。联合国水文会议强调指出,没有对水资源的全面评价,就不可能合理规划和管理水资源。水资源评价就是确定水资源的来源、规模和可靠程度以及质量,以此作为对其利用和控制的可能性的依据。世界教科文组织和世界气象组织还联合编写了《水资源评价手册》,其中论述了国家一级评价水资源所需要的程序和基础。

1972年由美国发起成立了国际水资源协会,并于1973年在美国召开了第一次世界性会议,1975年在印度召开了第二次世界性会议。两次会议讨论的问题十分广泛,包括水资源的调查评价,工农业用水的发展和用水效率的提高,水对卫生和环境的影响,水资源管理政策和规划,洪水灾害的防治等。1979年,国际水资源协会又在墨西哥召开了以“人类的生存和水”为主题的第三次世界性会议。

有关水资源研究的国际性活动十分活跃。除了上述组织外,还有联合国水资源开发中心、联合国自然资源常设委员会、世界卫生组织、粮食和农业组织、国际建设和开发银行、国际开发协会、国际原子能机构等联合国及各国政府间的专门组织,以及国际水文学协会、国际给水协会、国际水利学研究协会、国际水污染研究协会、国际水文地质协会、国际大地测量和地球物理学联合会、国际地质科学协会及国际科学联盟理事会的水资源科学委员会等民间国际组织,这些组织均进行了有关水资源方面的研究。频繁的国际性

活动,促进了各国水资源调查评价工作的开展,为世界性的水资源研究作出了重要的贡献,大大强化了人们对水资源研究的认识。

(二) 我国的水资源研究

我国的水资源研究工作起步较晚。解放后水文水利部门进行的第一项工作就是对全国的水文资料(包括解放前散存在各处的资料)进行搜集整理,按统一规范进行了资料整编,并将其汇编成水文年鉴。随着水文资料的逐年积累,除每年出版水文年鉴外,又在年鉴的基础上进行了逐站历年资料统计,即《全国主要河流水文特征统计》。原规定每隔十年刊布一次有关资料,迄今已出版三次,分别于1957年、1975年和1982年出版。统计特征值包括逐年雨量、水量、沙量等水文要素数值以及各水文要素的多年平均值、特大值、特小值等。这些数据是估算全国水资源量的基础资料,同时也为水文资料的用户提供了很大方便。根据水利发展形势的要求,1959年开始组织各省、自治区、直辖市编制水文图集,并于1963年出版了我国第一套《全国水文图集》,绝大多数省、自治区、直辖市编制了包括本省的水文图集、有关统计资料和中小型工程水文计算方法等方面内容的水文手册,这为当时蓬勃发展的中小水利工程建设作出了贡献。70年代初,又有不少省、自治区、直辖市根据当时积累的资料和实践经验,对60年代的水文手册或图集作了修正。为了更好地满足生产实际的需要,不少地区、县也参照省里的资料编制出本地区的水文图集和水文手册。上述图集和手册只是给出了河川径流的量、质和时、空分配,并未进行水资源供需分析和水资源评价。

1979年原国家农委、国家科委等在“全国农业自然资源调查和农业区划会议”上提出,要进行全国水资源调查评价工作。随后,这项任务被布置给各省、直辖市、自治区、有关部委和中国科学院,原水利部被指定为负责单位。同年10月,水利部水文局、科技局联合召开了水利系统第一次水资源调查评价工作座谈会,进行了组织上和技术上的准备工作。1980年3月,水利部下达了水资源调查评价工作要点和地表水、水质等两个调查分析工作提纲,向各省、自治区、直辖市水利厅(局)作了具体安排。1982年4月,水电部下达了在全国开展地下水资源调查评价工作的任务,并制订了调查评价提纲和细则。从此,水利系统开始了第一次全面系统的全国水资源调查评价工作。

全国农业区划委员会为了加强领导,于1981年成立了由水利、地质、气象等有关部门参加的水资源专业组,以协调中央各有关部门对水资源调查评价工作的意见。

1980年初,原国家水利部对全国水资源调查评价工作作了部署。不久又研究提出,在完成正式评价成果前,先利用当时已有的资料,简单加工处理,提出一个初步成果,以满足农业和水利化简明区划的急需。因此,同年5月水利部再次下达任务,要求各省、自治区、直辖市在已有水文图集、水文手册等成果的基础上,尽快汇总出一个水资源调查评价初步成果,并委托水利水电科学研究院和南京水文研究所共同负责全国水资源调查评价的技术指导和初步成果的协调、汇总工作,其中水质部分由华东水利学院环境水利研究所负责。经一年多的努力,《中国水资源评价初步成果》于1981年底完成刊印,供有关部门和单位参考使用。

初步成果完成后,全国各省、自治区、直辖市的水文总站、有关水利设计院等单位的广