

普通高等学校“十二五”省部级重点规划教材

SHUIZIYUAN PINGJIA

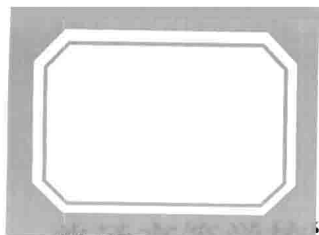
水资源评价 (第2版)

主编 王双银 宋孝玉

主审 刘俊民



黄河水利出版社



普通高等教育“十二五”省部级重点规划教材

水 资 源 评 价

(第2版)

主 编 王双银 宋孝玉
副主编 张 鑫 马耀光 董 洁
主 审 刘俊民

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书系统介绍了水资源及其评价的基本概念和原理,详尽论述了降水量和蒸发量的计算方法,对地表径流和地下水资源计算参数的计算方法,水资源数量、质量和开发利用现状评价作了深入阐述,并对水资源管理的有关内容作了介绍。

本书可作为普通高等院校水文与水资源工程专业本科生的教材,也可供水利工程、农业水土工程等相关专业的本科生及从事水资源管理规划工作的技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

水资源评价/王双银,宋孝玉主编. —2 版. —郑州:黄河水利出版社,2014. 7

普通高等学校“十二五”省部级重点规划教材

ISBN 978 - 7 - 5509 - 0837 - 6

I. ①水… II. ①王…②宋… III. ①水资源 - 评价 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①TV211. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 164850 号

策划组稿:李洪良 电话:0371 - 66026352 E-mail:hongliang0013@163.com

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:河南承创印务有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:17

字数:393 千字

印数:1—3 100

版次:2014 年 8 月第 2 版

印次:2014 年 8 月第 1 次印刷

定价:35.00 元

出版者的话

随着 2011 年中央 1 号文件《中共中央 国务院关于加快水利改革发展的决定》的发布和中央水利工作会议的召开,水利作为国家基础设施建设的优先领域迎来了前所未有的黄金期。到 2015 年全国水利投资总额达 1.8 万亿元,到 2020 年,水利投资达 4 万亿元。据《第一次全国水利普查公报》,截至 2011 年 12 月 31 日,全国堤防总长度为 413 679 公里(其中 5 级及以上在建堤防长度为 7 963 公里),共有水库 98 002 座(其中在建水库 756 座),共有水电站 46 758 座(其中在建水电站 1 324 座)。水利水电工程的大规模建设对设计、施工、运行管理等水利水电专业人才的需求也更为迫切,如何更好地培养适应现今水利水电事业发展的优秀人才,成为水利水电专业院校共同面临的课题。作为水利水电行业的专业性科技出版社,我社长期关注水利水电学科的建设与发展,并积极组织水利水电类专著与教材的出版。

在对水利水电类本科层次教材的深入了解中,我们发现,以应用型本科教学为主的众多水利水电类专业院校普遍缺乏一套完整构建在校本科生专业知识体系又兼顾实践工作能力的教材。在广泛调研与充分征求各课程主讲老师意见的基础上,按照高等学校水利学科专业教学指导委员会对教材建设的指导精神与要求,并结合教育部实施的多层次建设、打造精品教材的出版战略,我社组织编写了本系列“全国高等院校水利水电类精品规划教材”。

此次规划教材的特点是:

- (1) 以培养水利水电类应用型人才为目标,充分重视实践教学环节。
- (2) 在依据现有的专业规范和课程教学大纲的前提下,突出特色,力求创新。
- (3) 紧扣现行的行业规范与标准。
- (4) 基本理论与工程实例相结合,易于学生接受与理解。

本系列教材除了涵盖传统专业基础课及专业课外,还补充了多个新开课程的教材,以便于学生扩充知识与技能,填补课堂无合适教材可用的空缺。同时,部分教材由工程技术人员或有工程设计施工从业经历的老师参与编写,也是此次规划教材的创新。

本系列教材的编写与出版得到了全国 21 所高等院校的鼎力支持,特别是三峡大学原党委书记刘德富教授和华北水利水电大学副校长刘汉东教授对系列教材的编写与出版给予了精心指导,有效保证了教材出版的整体水平与质量。在此对推进此次规划教材编写与出版的各院校领导和参编老师致以最诚挚的谢意,是他们在编审过程中的无私奉献与辛勤工作,才使得教材能够按计划出版。

“十年树木,百年树人”,人才的培养需要教育者长期坚持不懈的努力,同样,好的教材也需要经过千锤百炼才能流传百世。本系列教材的出版只是我们打造精品专业教材的开始,希望各院校在对这些教材的使用过程中,提出改进意见与建议,以便日后再版时不断改正与完善。

黄河水利出版社

全国高等院校水利水电类精品规划教材

编 审 委 员 会

主 任：	三峡大学	刘德富	华北水利水电大学	刘汉东
副主任：	西安理工大学	黄 强	郑州大学	吴泽宁
	云南农业大学	文 俊	长春工程学院	左战军
委 员：	西安理工大学	姚李孝	西北农林科技大学	辛全才
	扬州大学	程吉林	三峡大学	田 斌
	华北水利水电大学	孙明权	长沙理工大学	樊鸣放
	重庆交通大学	许光祥	河北农业大学	杨路华
	沈阳农业大学	迟道才	河北工程大学	丁光彬
	山东农业大学	刘福胜	黑龙江大学	于雪峰
	新疆农业大学	侍克斌	内蒙古农业大学	刘廷玺
	三峡大学	张京穗	华北水利水电大学	张 丽
	沈阳农业大学	杨国范	南昌工程学院	陈春柏
	长春工程学院	尹志刚	昆明理工大学	王海军
	南昌大学	刘成林	西华大学	赖喜德

再版前言

水是生命之源、万物之本,是实现可持续发展的重要物质基础,同时又是一个国家综合国力的重要组成部分。随着人类对水的需求不断增加,水资源的供需矛盾日益突出,已成为国民经济发展的主要制约因素。水资源评价是科学规划和合理开发水资源的基础,是保护和管理水资源的依据,是实现国民经济可持续发展的前提。为了适应水资源调查评价和水资源综合规划的发展和生产实践的需要,贯彻教育部关于加强高校、高职、高专教育人才培养工作的意见,根据水文与水资源工程专业指导性教学计划编写了《水资源评价》一书。

《水资源评价》是水文与水资源工程专业的一门专业课,教材编写注重理论与实践相结合,同时考虑水资源评价工作发展的趋势,以传承经典、成熟理论体系为主,适当吸收了本学科领域的部分新成果,主要包括水资源数量评价、水资源质量评价和水资源开发利用评价,同时为了适应各院校课程设置的的特点,本教材还增加了水资源管理的内容。

本教材编写大纲由编写人员集体讨论,经审稿人审定后确定。教材共分八章,参加具体编写工作的有:西北农林科技大学张鑫(第四章)、西北农林科技大学马耀光(第六章)、昆明理工大学程乖梅(第三章第五、六节)、西安理工大学宋孝玉(第一章第四、五节,第七章)、河南省农田水利水土保持技术推广站李凌湧(第八章)、西北农林科技大学王双银(第一章第一、二、三节,第二章,第三章第一、二、三、四、七节,第五章)。本书由王双银、宋孝玉担任主编,由王双银统稿,山东农业大学董洁参与了本次改版工作。西北农林科技大学教授、博士生导师、水利部水文与水资源工程专业教学指导委员会委员刘俊民主审。

本教材的出版得到了西北农林科技大学、西安理工大学、昆明理工大学、山东农业大学、陕西省水利厅水资源与科技处、陕西省水文水资源勘测局、陕西省宝鸡市水资源管理处等单位的关心和支持,在此我们向所有关心和支持本教材的单位和个人表示诚挚的谢意。同时,在编写过程中参阅了大量参考文献,在此谨向原作者表示衷心感谢。

由于本教材涉及学科领域较多,加之编者水平所限,书中不足及疏漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2014 年 5 月

目 录

出版者的话

再版前言

第一章 绪 论	(1)
第一节 水资源的含义与特征	(1)
第二节 我国水资源概况	(3)
第三节 水资源评价发展及其条件	(5)
第四节 水资源评价分区	(8)
第五节 水资源评价在水资源规划、管理及其开发利用中的作用	(9)
习 题	(9)
第二章 降水与蒸发	(10)
第一节 大气水分的循环与平衡	(10)
第二节 降水资料的收集与审查	(14)
第三节 降水量分析计算	(26)
第四节 降水量时空分布	(30)
第五节 蒸 发	(34)
习 题	(42)
第三章 地表水资源	(44)
第一节 基本资料的收集与审查	(44)
第二节 人类活动的水文效应	(49)
第三节 还原计算	(54)
第四节 河川径流量的分析计算	(65)
第五节 区域地表水资源分析计算	(72)
第六节 出境和入境水量计算	(75)
第七节 地表水资源可利用量估算	(77)
习 题	(80)
第四章 地下水资源	(82)
第一节 资料收集与计算分区	(82)
第二节 水文地质参数的确定方法	(83)
第三节 地下水资源的计算	(105)
第四节 地下水资源评价	(124)
习 题	(142)
第五章 水资源总量计算	(143)
第一节 水资源总量的概念	(143)

第二节	水资源总量计算	(145)
第三节	水量平衡分析	(149)
习 题		(150)
第六章	水资源质量评价	(151)
第一节	河流泥沙水质评价	(151)
第二节	地表水水质评价	(169)
第三节	地下水水质评价	(183)
习 题		(186)
第七章	水资源开发利用评价	(188)
第一节	水资源开发利用现状分析	(188)
第二节	需水预测	(194)
第三节	供水预测	(203)
第四节	供需平衡分析	(206)
习 题		(209)
第八章	水资源管理	(210)
第一节	概 述	(210)
第二节	水资源管理的工作流程和层次	(210)
第三节	水资源管理的原则和方法	(216)
第四节	可持续水资源管理量化研究方法	(221)
第五节	水资源管理措施	(245)
第六节	其他水资源管理内容简介	(248)
习 题		(253)
附表 1	全国水资源数量评价成果	(254)
附表 2	省级行政区水资源量评价成果	(255)
附表 3	全国水资源分区情况	(256)
参考文献		(259)

第一章 绪 论

人类对水资源的认识和关注程度是随着水资源的日渐紧缺及生态环境的日渐恶化而不断增强的。水不仅是人类生存、经济发展和社会进步的生命线及实现可持续发展的重要物质基础,而且是一个国家综合国力的重要组成部分,是一个国家经济社会、文明发展的战略资源。1997 年联合国发布的《世界水资源综合评估报告》中指出:水问题将严重制约 21 世纪全球经济与社会发展,并可能导致国家间的冲突。

第一节 水资源的含义与特征

一、水资源的含义

水资源(water resources)的含义在国内外的有关文献中有多种提法,至今没有形成公认的定义。

《大不列颠大百科全书》将水资源解释为“全部自然界任何形态的水,包括气态水、液态水和固态水的总量”,为“水资源”赋予了十分广泛的含义。实际上,资源的本质特性应体现其“可利用性”,不能被人类利用即不能称其为资源。基于此,1963 年英国的《水资源法》将水资源定义为“(地球上)具有足够数量的可用水”。在水环境污染并不突出的特定条件下,这一概念比《大不列颠大百科全书》的定义赋予水资源更为明确的含义,强调了其在量上的可利用性(李广贺等,1998)。联合国教科文组织(UNESCO)和世界气象组织(WMO)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”。这一定义的核心主要包括两个方面:其一是应有足够的数量;其二是强调了水资源的质量。有“量”无“质”,或有“质”无“量”,均不能称之为水资源。这一阐述比英国《水资源法》中有关水资源的定义具有更为明确的含义,它不仅考虑了水的数量,同时还指出其必须具备质量的可利用性(李广贺等,1998)。

《中华人民共和国水法》将水资源认定为“地表水和地下水”。《环境科学词典》定义水资源为“特定时空下可利用的水,是可再利用资源,不论其质与量,水的可利用性是有限制条件的”。《中国大百科全书大气科学·海洋科学·水文科学》定义的水资源是指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,一般指每年可更新的水量资源。《中国水利百科全书》定义的水资源是指地球上所有的气态、液态或固态的天然水。人类可利用的水资源,主要指某一地区逐年可以恢复和更新的淡水资源。1991 年,我国《水科学进展》编辑部以“水资源的定义与内涵”为题,组织国内有关人士进行了笔谈,但是由于各自的研究角度和侧重点不同,差异较大,难以把握。

对水资源的概念及其内涵之所以有不尽一致的认识与理解,主要原因是各种类型的

水体具有相互转化的特性,不同用途对水量和水质具有不同的要求,水资源的“量”和“质”在一定条件下是可以改变的,水资源与自然生态系统、社会经济系统及其变化有着密切的联系和作用,特别是水资源的开发利用还受经济技术条件、社会条件和环境条件的制约。为此,李广贺等(1998年)将水资源界定为:“水资源可以理解为人类长期生存、生活和生产活动中所需要的各种水,既包括数量和质量含义,又包括其使用价值和经济价值。水资源的概念具有广义和狭义之分。狭义上的水资源是指人类在一定的经济技术条件下能够直接利用的淡水;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,在社会生活和生产中具有使用价值和经济价值的水都可称为水资源。”

二、水资源的基本特性

水资源作为主要的自然资源,既是一切生物赖以生存的基本条件和人类生产生活的重要资源,又是自然环境的重要要素。为了防止因水资源过量利用而造成地表、地下水体枯竭,给自然环境和生态平衡带来严重的不良后果,水资源开发利用应以参与水循环的动态水量为上限,一般不宜动用静态水量。水资源具有一般资源的基本特性,但就其本身的存在形式及与自然环境、人类生产生活、经济社会等的关系来看,又具有某些比一般资源更重要的特性。只有充分认识它的特性,才能合理、有效地利用。

(一) 水资源属于可更新资源(可再生资源)

地表水和地下水不断得到大气降水的补给,开发利用后可以恢复和更新,并在一定时空范围内保持动态平衡,因此水资源属于可更新资源,具有可再生性。若能设法合理地增加和诱导天然补给,合理地控制其使用量和存在的空间,则能持续开发利用。例如,人为地控制地下水的埋深,可增加地下水的可补给量,并减少潜水蒸发。

水资源的质还表现为可改善性。水质的改善既可根据水体的生态环境和物理化学特性,利用水体的自净功能和水文地质环境对水体的净化能力来达到,也可通过人为技术措施来实现,但是改善程度取决于人、财、物的投入和用水目的要求。

(二) 水资源具有不可替代性

水资源不仅是人类及其他一切生物生存的必要条件和基础物质,也是国民经济建设和社会发展不可缺少的资源。在当今世界,对水的认识是把其纳入国家综合国力的重要组成部分来对待,人均年耗水量已成为衡量一个国家经济发展程度的重要标志,其用水结构成为判断一个国家工业化程度和生活水平的重要依据,而单方水所能创造的财富,又是衡量一个国家技术经济水平的重要尺度,其开发利用潜力决定着一个国家的发展后劲。在我国,把“水利是农业的命脉”提高到水利是国民经济基础设施和基础产业的地位,并纳入国家可持续发展长远目标规划进行优先考虑。国际上已公认,水是未来繁荣昌盛和社会稳定的一种关键自然资源,应被作为区域合作的一个促进因素来认识。

(三) 水资源的有限性及不均匀性

水循环过程虽然是无限的,但各种水体的补给量是不同的和有限的,这决定了水资源在一定数量限度内才是取之不尽、用之不竭的。水资源在空间和时间上分布极不均衡,与人类的需要相差很远,加之水基本上是就地利用,难以远距离输送,因此世界上不少地区水资源匮乏。我国是世界上水资源比较贫乏的国家之一,突出表现在水资源地区分布很

不均匀;与人口、土地、矿产资源的分布和经济布局也不相适应;年际、年内变化较大;同时,我国还是世界上水旱灾害频发的国家之一。

(四) 水环境较脆弱、易破坏

水环境较脆弱、易破坏的特性主要体现在两个方面:一是水环境易受污染,使原本洁净的水域失去利用功能,而且作为一种载体,能使污染物在更大范围扩散蔓延;二是水环境极易受破坏,特别是地下水,当开采量超过补给量时,水资源的质和量都会失去平衡状况,并由此引发一系列的地质环境问题,从而使水资源失去原有存在的环境条件,失去作为开发利用水源基地的应有价值。例如,地下水超量开采所造成的直接后果是地下水位持续下降,地下水降落漏斗逐年扩大、加深。据《全国水资源综合规划》成果,全国目前已形成深浅层地下水超采区 400 多个,地下水超采区总面积近 19 万 km^2 ,占平原区总面积的 11% 左右,主要分布在北方地区,其中海河平原地下水超采区面积占其平原面积的 91%。在超采区中,开采率大于 120% 及年均地下水位下降速率大于 1.5 m 的严重超采区面积约为 7.2 万 km^2 ,约占全国超采区面积的 39%。地下水降落漏斗的发生导致机井大批报废,设备不断更新,井越凿越深,取水成本越来越高,形成恶性循环。同时,诱发海水、咸水入侵以及地面沉陷、堤坝裂缝等水文地质环境问题,致使生态环境日益恶化。

在开发利用水资源时,必须切实保护环境,否则会产生严重危害。同时,水环境一旦受到污染和破坏,治理起来非常困难,代价也是巨大的。这也是人类在开发利用水资源时所逐步认识到的,水环境的脆弱性无时不在提醒我们注意保护人类的生存环境。

第二节 我国水资源概况

一、水资源数量

据《全国水资源综合规划》成果,我国多年平均年降水量为 61 775 亿 m^3 ,折合降水深 650 mm。我国南方地区面积占全国的 36%,降水量占全国的 68%;北方地区面积占全国的 64%,降水量占全国的 32%,其中西北诸河区面积占全国的 35%,降水量仅占全国的 9%。全国多年平均年地表水资源量为 27 388 亿 m^3 ,折合径流深 288 mm,其中南方地区地表水资源量占全国的 84%,折合径流深 667 mm,北方地区地表水资源量占全国的 16%,折合径流深 72 mm。全国多年平均年地下水资源量为 8 218 亿 m^3 ,其中北方地区地下水资源量为 2 458 亿 m^3 ,占全国的 30%,南方地区为 5 760 亿 m^3 ,占全国的 70%。全国山丘区地下水资源量为 6 770 亿 m^3 ,占全国的 79%,绝大多数通过河川径流的形式排泄;全国平原区地下水资源量为 1 765 亿 m^3 (含与山丘区间重复计算量 317 亿 m^3),占全国的 21%。

全国多年平均年降水量为 61 775 亿 m^3 ,多年平均年地表水资源量为 27 388 亿 m^3 ,多年平均年地下水资源量为 8 218 亿 m^3 ,全国多年平均年水资源总量(地表水资源量和地下水资源量之和扣除二者之间的重复计算水量 7 194 亿 m^3)为 28 412 亿 m^3 ,其中北方地区水资源总量为 5 267 亿 m^3 ,占全国的 19%,南方地区为 23 145 亿 m^3 ,占全国的 81%。全国和省级行政区水资源数量见附表 1 和附表 2。

二、水资源质量

据《全国水资源综合规划》成果,我国地表水和地下水矿化度总体趋势均由东南向西北逐渐升高。全国地表水矿化度小于 0.1 g/L 极低矿化度水、0.1~0.3 g/L 低矿化度水、0.3~0.5 g/L 中等矿化度水、0.5~1 g/L 较高矿化度水、大于 1 g/L 高矿化度水的分布面积分别占全国的 8%、39%、21%、19% 和 13%。全国平原区地下水矿化度小于或等于 1 g/L、1~2 g/L、2~3 g/L 的面积分别占 63.6%、21.2% 和 6.3%;矿化度 3~5 g/L 的半咸水面积占 4.3%;矿化度大于 5 g/L 的咸水面积占 4.6%。

1980 年以来,我国工业及城镇废污水排放量年均增长率为 6% 左右。由于点源污染不断增加而废污水达标和处理程度低(2006 年全国设市城市污水处理率为 57%,县城仅为 23%),非点源污染日渐严重但缺乏有效的防治,进入我国江河湖库水体的污染物不断增加,如海河区、太湖流域、辽河流域的污径比分别高达 50%、44% 和 38%。由于许多河流(段)污染物入河量远远超过了其水体容纳能力,水环境污染十分严重。在全国主要江河湖库划定的 6 834 个水功能区中,有 33% 的水功能区化学需氧量 COD 或氨氮现状污染物入河量超过其纳污能力,其污染物入河量为其纳污能力的 4~5 倍,部分河流(段)甚至高达 13 倍,造成水体质量不断恶化,湖泊和水库富营养化加剧问题突出,一些水体使用功能部分或全部丧失。全国水功能区达标个数比例为 55%,其中南方地区为 67%,北方地区为 39%。海河区、淮河区、辽河区的辽河流域和太湖流域分别为 28%、29%、29% 和 24%。全国评价的湖泊、河流和水库类水功能区达标比例分别为 48%、60% 和 76%。总体上,湖泊水质较河流水质状况差、河流水质较水库差,缺水地区较丰水地区差,水网地区较其他地区差,城镇河段较一般河段差,下游人口密集地区河段较上游地区差。

全国平原区浅层地下水水质评价结果表明,Ⅰ~Ⅲ类水面积占评价面积的 37%,Ⅳ、Ⅴ类水面积分别占评价面积的 29% 和 34%。总体而言,经济社会活动强度大、人口密集、地表水污染严重、土地开发利用程度高和地下水天然本底较差地区的地下水水质较差,如辽河区、海河区Ⅴ类地下水面积占评价面积的比例分别为 61%、50%。若剔除地下水水质受天然因素影响造成部分指标本底超标,全国平原区浅层地下水约 26% 的Ⅳ、Ⅴ类水面积是人为污染造成的。

三、我国水资源的特点

(1) 总量相对丰富,但人均拥有水量少,水资源供需矛盾突出。

我国水资源总量为 28 412 亿 m^3 ,仅次于巴西、前苏联、加拿大、美国和印度尼西亚,位居世界第六。但我国人均水资源占有量为 2 114 m^3 ,仅为世界平均值的 28%;耕地亩均水资源占有量 1 500 m^3 左右,为世界平均值的一半左右;单位国土面积水资源量 30 万 m^3/km^2 ,约为世界平均值的 4/5。全国 669 座城市中,有 400 座供水不足,110 多座严重缺水,严重缺水城市中北方城市占 71 个,南方城市有 43 个。

(2) 水资源地区分布不均匀,与生产力布局不相匹配。

我国水资源时空变化大、分布不均且与生产力布局不相匹配。北方地区国土面积、人口、耕地面积和 GDP 分别占全国的 64%、46%、60% 和 45%,但其水资源总量仅占全国的

18.6%, 人均水资源占有量为 883 m^3 , 不足南方地区的 $1/3$ 。其中, 黄河、淮河、海河 3 个水资源一级区水资源总量仅占全国的 7%, 人均水资源占有量不足 450 m^3 。由于人均水资源量少, 年内年际变化大, 分布不均且与生产力布局不相匹配, 不但易造成旱涝灾害, 也使得水资源开发利用难度较大, 可利用水量有限。

(3) 水资源时间分配不均匀, 水资源年际、年内变化大。

我国降水及河川径流量的年际变化大, 年降水量最大值与最小值之比, 南方为 $2 \sim 3$, 北方为 $3 \sim 5$; 年径流量最大值与最小值之比, 长江、珠江、松花江为 $2 \sim 3$ 、黄河约为 4, 淮河达到 15, 海河高达 20。一些主要河流都曾出现过连续丰水年和连续枯水年的现象。例如, 黄河 1922 ~ 1932 年是连续 11 年的枯水年, 11 年的平均年径流量比常年偏少 24%, 同样也出现过 1943 ~ 1951 年的连续 9 年的丰水年, 9 年平均年径流量比常年偏多 19%。这种连续丰、枯水年现象, 是造成水旱灾害频繁、生产供水保证率降低和水资源供需矛盾加剧的重要原因, 增加了开发利用水资源的难度和复杂性。

同时, 年内降水、径流的发生主要集中在汛期。例如, 我国华北和东北地区每年 6 ~ 9 月份的降水量一般占全年降水量的 60% ~ 80%, 而 10 月至次年 5 月才占到 20% ~ 40%。全国多数地区河流最大 4 个月(一般指 6 ~ 9 月)的径流量占全年的 40% ~ 70%。降水、径流年内集中分布, 加大了拦蓄、调节水资源的难度, 尤其是在当前对雨洪资源开发利用措施不多、能力有限的情况下, 大量雨洪资源不能成为可利用的有效水资源而白白流掉, 造成水资源评价量偏大。但是, 也应看到我国的雨热同期优势, 为农业生产充分利用降水资源, 提高农业产量创造了有利条件。

第三节 水资源评价发展及其条件

一、水资源评价的发展过程

水资源评价是保证水资源可持续开发和管理的 premise, 是进行与水有关活动的基础。因此, 应把对国家范围内水资源的评价看做是国家的责任, 并关心这种评价的深度是否能适应国家的需要。联合国于 1977 年在阿根廷马德普拉塔(Mar Del Plata)召开的世界水会议的第一项决议中指出: 没有对水资源的综合评价, 就谈不上对水资源的合理规划与管理, 并号召各国进行一次专门的国家水平的水资源评价活动。为此, 世界气象组织和联合国教科文组织在联合国管理协调委员会秘书处水资源组的支持下, 组织开展了这项工作。这一行动, 使全球水资源评价活动大大前进了一步。

美国在 1840 年对俄亥俄河和密西西比河进行过河川径流量的统计, 并在 19 世纪末 20 世纪初编写了《纽约州水资源》《科罗拉多州水资源》《联邦东部地下水》等专著; 苏联在 1930 年编制了《国家水资源编目》, 后来还编纂了国家水册——《苏联水册》等, 都主要是对河川径流量的统计, 有的还包括了径流化学成分的资料整理和其他各类水文资料的统计数据。上述这些可以看做是初期的水资源评价活动, 其目的是为水资源开发规划设计准备了有关各类水文资料的汇总, 包括观测资料系列、统计特征值, 也包括各类水文特征值的图表, 以及区域水文的研究等。

从 20 世纪 60 年代以来,由于水资源问题的突出和大量水资源工程的出现,加强对水资源开发利用的管理和保护被提上日程。1965 年美国国会通过了水资源规划法案,并成立了水资源理事会,开始进行全美国水资源评价工作,并于 1968 年完成了评价报告。这是美国进行的第一次国家级水资源评价活动,其对美国水资源的现状和展望进行了研究分析,比较了水资源的供需情况,并评价了水资源的专门问题,讨论了缺水地区的情况和问题,划分了美国主要的水资源分区,并提出了 2020 年全美国需水展望,即进行了约半个世纪的需水预测。

美国在第一次水资源评价工作完成后,在 1978 年又开始进行全美国的第二次水资源评价活动。但这一次评价的内容,与第一次评价有较大的差异,即对于天然水资源情况的评价不再作为重点,而是把重点放在分析可供水量和用水要求上。在这次评价活动中,美国把用水分为河道内用水(如航运和水力发电用水)、河道外用水(如对工业、农业、城市的供水),并重新对各类用水现状及对未来的展望进行了分析。在评价中对一些与水资源有关的关键性重要问题专门进行了研究,包括一些地区地表水供水不足、地下水超采、水质污染、饮用水的质量降低、洪水灾害、侵蚀和泥沙、清淤和清淤物的堆置、排水和湿洼地、海湾和河口沿岸水质变坏等问题,都提出了可能的解决途径。

苏联在 1960 年以后,也开始进行国家水册的第二次修订。在这次修订中按三部分进行:第一部分是《水文知识卷》,包括整编过的水文站网全部定点观测资料和野外勘察调查资料;第二部分是《主要水文特征值卷》,包括全部观测期内各站各类水文资料的统计特征值如均值、 C_v 等,这些资料有河、湖水位,流量、冰情和热量变化、输沙及含沙量以及水化学资料等;第三部分为《苏联地表水资源卷》,内容包括水文图集、不同地理区水文要素情势,以及水资源工程所需的有关水文要素计算方法的图表和说明等。由于各方面对水资源信息的需要不断增长,苏联开始建立国家水册的新体系,即国家水册的统一自动化信息系统,并建立了地表水、地下水和水资源开发三个子系统,以及三个相互关联的子系统,包括水文原始观测资料的收集、管理和初步整编的子系统,水文观测资料的存储、整编、检索、样本抽取和按照不同要求进行资料整理的子系统,以及向各类用户提供相应水文资料和情报信息的子系统。这些水文信息自动化系统的建立,大大提高了水文为生产建设服务的效率。

中国从 20 世纪 50 年代开始进行各大河流域规划时,对有关大河全流域河川径流量进行过系统统计。中国科学院地理研究所曾在 50 年代提出过我国东部入海大江大河的年径流量统计。但比较全面系统整编全国水文资料、提出统计图表的是由中国水利水电科学研究院编制并于 1963 年出版的《全国水文图集》,其中对全国的降水、河川径流、蒸发、水质、侵蚀泥沙等水文要素的天然情况统计特征进行了分析,编制了各种等值线图、分区图表等。这项工作可以看做是中国第一次全国性水资源基础评价的雏形,其特点是只涉及水文要素的天然基本情势,未涉及水的利用和污染问题。在这项工作的带动下,不少省、自治区和直辖市也都编制了本地区的水文图集,推动了这项工作的前进。1980 年前后,在中国农业区划工作的带动下,全国又开展了水资源调查评价及水资源利用的调查分析和评价工作。限于当时的条件,与水有关的各部门如水利电力部、地质矿产部、交通部水运部门等分别独立地进行了评价工作,没有协调一致的成果。在水利电力部门曾分

为两个阶段进行。第一阶段基本确定了水资源评价的内容和方法,并吸收国外经验,把以统计水文资料为主的基础评价与水的利用和供需展望结合进行,提出了全国水资源调查评价初步成果。初步评价阶段因配合农业初步规划的要求,时间较紧,因此在资料的收集和加工方面来不及细致进行,只能提出轮廓性成果。第二阶段由于时间比较充分,全面收集并加工了现有的水文资料,基础工作比较扎实。在这一阶段由于水利系统内部机构的分工,以水文资料统计为主的基础评价工作和以研究水资源利用和供需问题的评价工作由不同单位进行,虽在工作过程中尽量协调,但在水资源二级分区等具体技术细节方面仍有不一致。因此,在第二阶段提出了《中国水资源评价》和《中国水资源利用》两部分。同时,地质矿产部提出了《中国地下水资源评价》,交通部提出了《中国水运资源评价》。因此,严格来说,虽然这一阶段各有关部门都提出了全国性的评价成果,但各部门提出的成果仍然属于部门级的成果,而不是国家级的成果。为此,在1985年国务院批准建立全国水资源协调小组,并由各有关部门领导参加,决定提出各部委认可的全国水资源成果。1987年以全国水资源协调小组办公室名义,在各部门成果基础上,提出了《中国水资源概况和展望》的成果,内容包括中国水资源量的概况及其特点,水质和泥沙概况,水能、水运、水产资源概况,水资源利用概况及存在问题,水资源开发利用展望及供需分析,分城乡供水、农田水利、内河航运、水能利用、水产养殖、防洪、水土保持和水源污染几个方面,分别进行阐述。成果中还提出了在水资源开发与管理方面的政策性建议。2002年水利部和国家发展计划委员会联合发布《建设项目水资源论证管理办法》(水利部、国家发展计划委员会令第15号)。开展建设项目水资源论证,目的是保证建设项目的合理用水,提高用水效率和效益,减少建设项目取水和退水对周边产生的不利影响,从而为取水许可的科学审批提供技术依据。同年,国家发展计划委员会和水利部部署了“全国水资源综合规划”任务,同时要求提出第二次全国水资源评价成果。

从有关各国在水资源评价工作的进展过程中可以看出,水资源评价的内容随时代的前进而不断增加。从早期只统计天然情况下河川径流量及其时空分布特征开始,继而增加水资源工程规划设计所需要的水文特征值计算方法及参数分析,然后又增加水资源工程管理及水源保护的内容,特别是对水资源供需情况的分析和展望,以及在此基础上的水资源开发前景展望逐渐成为主要的内容。对因水资源的开发治理引起的环境影响评价,正在成为人们十分关注的新焦点。

在1988年由联合国教科文组织和世界气象组织共同提出的文件中,给水资源评价所下的定义是这样的:“水资源评价是指对于水资源的源头、数量范围及其可依赖程度、水的质量等方面的确定,并在其基础上评估水资源利用和控制的可能性。”基于这样的定义,水资源评价活动的内容应当包括评价范围内全部水资源量及其时空分布特征的变化幅度及特点、可利用水资源量的估计、各类用水的现状及其前景、全区及其分区水资源供需状况的评价及预测、可能的解决供需矛盾的途径、为控制自然界水源所采取的工程措施的正负两方面的效益评价,以及政策性建议等。水资源评价不同于水资源规划,而应当是进行水资源规划可行性研究的基础性前期工作。

二、水资源评价的条件

水资源评价只能在具有一定基础条件的情况下进行,这些条件主要指:所评价的区域

内是否有足够的水文和气象站网,且积累有一定长度的观测资料系列,对各类水文资料的整编或分析技术能力及水平是否够用,对区域内地形、地质、地貌、土壤、植被耕地的情况是否已调查过并具有可用的水平,有关的已有成果如各类地图、专用图、等值线图 and 图表、整编资料或资料库等是否已经具备。另外,还有关于工作条件的情况,包括进行水资源评价活动的组织形式,人员保证、技术水平和设备以及经费保证等。对此,联合国教科文组织和世界气象组织建议,当进行水资源评价时,应当对各类基本资料及其取得的手段提出相应的精度要求,对于各类自然地理资料的调查内容和重要程度也提出了相应的要求,参见文献[8]。

此外,对于观测资料的整编程度、刊印、存储及检索方式等也都有所规定。因各国情况不同,未做摘录。但基本原则是在进行水资源评价活动前,必须对所评价地区的各类资料整编情况进行了解,以便使评价具有扎实的工作基础。

在进行水资源基础评价工作前,应对所评价区域范围的气候特点有所了解,其中最主要的就是以干旱和湿润为标准进行的气候分区。这是因为对于干旱地区或湿润地区来说,水资源的重要性并不相同。对湿润地区说,由于天然水资源丰富,在经济发展中水的因素并不一定占首要位置,而制约经济发展的可能是水以外的其他因素。但对于干旱地区来说,情况则大不一样,在干旱地区经济发展的主要制约因素可能就是水资源。因此,水在评价活动中的重要程度也就有所不同。

第四节 水资源评价分区

为准确掌握不同地区水资源的量和质以及三水转化关系,水资源评价应分区进行。水资源数量评价、水资源质量评价和水资源利用现状及其影响评价均应使用统一分区。各单项评价工作在统一分区的基础上,可根据该项评价的特点与具体要求,再划分计算区或评价单元。

分区单元的划分,目的是把区内错综复杂的自然条件和社会经济条件,根据不同的分析要求,选用相应的特征指标,通过划区进行分区概化,使分区单元的自然地理、气候、水文和社会经济、水利设施等各方面条件基本一致,便于因地制宜有针对性地进行开发利用。

水资源供需分析分区的主要原则是:①尽可能保持流域、水系的完整性;②供水系统一致,同一供水系统划在一个区内;③边界条件清楚,区域基本封闭,有一定的水文测验或调查资料可供计算和验证;④基本上能反映水资源条件在地区上的差别,自然地理条件和水资源开发利用条件基本相似的区域划归一区;⑤尽量照顾行政区划的完整性。

2004年完成的《中国水资源及其开发利用调查评价》中,为便于按流域和区域进行水资源调配和管理,按照流域和区域水资源特点,全国共划分为10个水资源一级区;在一级区的基础上,按基本保持河流水系完整性的原则,划分为80个水资源二级区;结合流域分区与行政分区,又进一步划分为213个三级区。全国水资源分区情况见附表3。

依据现行国家标准及行业标准,按建立现代化水资源信息管理系统的要求,对分区进行编码。水资源一级区按照由北向南并顺时针方向编序,水资源二级区、三级区、四级区及五级区按照先上游后下游、先左岸后右岸的顺序编码。全国水资源分区编码由7位大写英文字母和数字组成,其中,自左至右第1位英文字母是一级区代码,第2、3位数码是

二级区代码,第4、5位数码是三级区代码,第6位数码或字母是四级区代码,第7位数码或字母是五级区代码(其中当四级区与五级区的数码大于9以后用字母顺序编码)。

第五节 水资源评价在水资源规划、管理及其开发利用中的作用

水资源评价一般是针对某一特定区域,在水资源调查的基础上,研究特定区域内的降水、蒸发、径流诸要素的变化规律和转化关系,阐明地表水和地下水资源数量、质量及其时空分布特点,开展需水量调查和可供水量的计算,进行水资源供需分析,寻求水资源可持续利用最优方案,为区域经济、社会发展和国民经济各部门提供服务。

水资源评价是水资源合理开发利用的前提。随着社会的发展及人民生活水平的提高,不仅用水量大幅度增加,水体也不断受到污染,水的供需矛盾日趋尖锐,水资源的开发利用已成为各国政府和人们关注的问题。一个国家或地区,要合理地开发利用水资源,首先必须对本国和本地区水资源的状况有全面了解,包括水源、水资源量、开采利用量、水质和水环境状况等。所以,科学地评价本地区水资源的状况,是合理开发利用水资源的前提。

水资源评价是水资源规划的依据。水资源评价的内容包括规划区水文要素的规律研究和降水量、地表水资源量、地下水资源量以及水资源总量的计算。合理的水资源评价,对正确了解规划区水资源系统状况、科学制定规划方案有十分重要的作用。

在进行水资源评价之后,需要进一步对水资源开发利用现状进行分析。了解现状条件下流域用水结构、用水状况,分析目前的需水水平、存在的问题及今后的发展变化趋势,对水资源规划具有指导意义。

另外,需要进一步对水资源供需关系进行分析。其实质是针对不同时期的需水量,计算相应的水源工程可供水量;进而分析需水的供应满足程度。目的是摸清现状、预测未来、发现问题、指明方向,为今后制定规划提供依据,从而实现水的长期稳定供给。

水资源评价是保护和管理水资源的基础。水是人类不可缺少而又有限的自然资源,因此保护好、管理好水资源,才能兴利去害,持久受益。水资源的保护、管理、供需平衡、合理配置、可持续利用,水质免遭污染、水环境良性循环,水资源保护和管理政策、法规、措施的制定等,其根本依据就是水资源评价成果。

水资源评价是在水资源供需矛盾日益突出、水源污染不断加重的历史条件下发展起来的。随着时间的推移,人类活动影响的加剧,需要不断加强地表水和地下水的动态观测工作,定期更新资料,使水资源评价不断充实、提高。

习 题

1. 水资源的含义有哪些?各有什么特点?
2. 水资源有哪些基本特性?我国水资源的特点是什么?
3. 什么是水资源评价?为什么要进行水资源评价?
4. 水资源评价分区的目的是什么?如何进行水资源分区?
5. 水资源评价在水资源规划、管理中有何作用?