



区域水资源利用效益 核算理论与应用

吕素冰 王文川 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

区域水资源利用效益 核算理论与应用

吕素冰 王文川 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书从用水保证率以及水源开发利用的角度,将水资源分为稳定性水资源和随机性水资源,针对其利用产生的边际效益、生态服务功能效益和区域综合效益进行定性分析和定量评估,并提出用水结构的演化趋势。重点阐述区域用水边际效益、湿地生态服务功能效益以及区域洪水资源利用综合效益的核算方法和应用,最后介绍用水结构的演化趋势并对其进行预测。

本书可供水文学及水资源、城市水利、水利经济等领域的科研、管理人员阅读参考,也可以作为相关专业本科生或研究生的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据



书 名	区域水资源利用效益核算理论与应用
作 者	吕素冰 王文川 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京中献拓方科技发展有限公司
规 格	170mm×240mm 16开本 9.25印张 202千字
版 次	2015年8月第1版 2015年8月第1次印刷
定 价	35.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究



前言

经济社会高速发展过程中，水资源供需矛盾激化和水生态环境恶化情势非常突出。受其驱使，对水资源的认知定位和开发利用方式也在不断发展变化，水资源功能的体现和效益的发挥也存在不同层面。从经济学角度考虑，水资源短缺即是水的需求大于水的供给，解决方法无非是增加供给、减少需求。由于水资源供给主要依赖于天然降水，多年平均补给量趋于稳定，同时生产生活的用水需求也是不断增加的。多年来，解决水问题侧重于工程建设和技术手段，但是，用水结构失衡、水资源管理不善也是形成或恶化水问题的主要因素。因此，如何调整用水结构，如何合理利用有限的水资源达到用水效益最优化，如何利用经济杠杆调控水资源利用，是目前需要重点关注的问题。

本书从用水保证率以及水资源开发利用的角度，将水资源分为稳定性水资源和随机性水资源，针对其利用产生的边际效益、生态服务功能效益和区域综合效益进行定性分析和定量评估，并提出用水结构的演变趋势。主要包括：

(1) 水资源利用效益核算概要：介绍水资源利用效益核算的意义以及稳定性水资源和随机性水资源利用方式、用水效益以及用水结构的研究进展，指出相关研究中存在的问题。

(2) 水资源属性及效益分析：介绍稳定性水资源以及随机性水资源（主要是洪水资源）的利用方式，从多角度进行水资源效益分类。

(3) 区域用水过程及边际效益分析：从生产力角度出发，计算吉林省白城地区农业用水、工业用水和生活用水的边际效益，定量分析水要素的投入对不同产业增长的贡献程度。

(4) 湿地洪水资源利用生态服务功能效益核算：以莫莫格湿地

和向海湿地连续多年洪水资源利用为背景，分摊洪水资源在湿地利用中不同服务功能的水量，货币化计量其产生的生态服务功能效益（包括物质生产、大气调节、水文调节、净化水质、生物栖息地、休闲旅游和文化科研）。

（5）区域洪水资源利用综合效益量化评估：界定洪水资源利用效益的概念，建立洪水资源利用效益指标体系。鉴于洪水资源本身及其利用过程中的动态可变性，选取可变模糊模式识别模型对指标体系进行评估。

（6）用水结构演变趋势分析：从地区和全国两个尺度分析用水结构的演变及发展趋势，考察基于耗散结构的用水系统信息熵动态演变趋势。

（7）用水结构演变预测：以全国用水为背景，计算农业、工业和生活用水边际效益，并对用水结构及其信息熵发展变化进行预测。

（8）结论：概括总结了本书的主要研究内容以及取得的成果，并对有待进一步研究的问题进行展望。

本书内容有 3 个方面的创新：

（1）从水资源促进生产力发展、生态改善和区域协调三个角度，综合分析并计算水资源利用的效益。严峻的水资源危机突显了水资源的稀缺性，有必要结合地下水和洪水资源利用的不同方式，从多角度量化水资源效益。首先，从生产力角度，计算农业、工业和生活 3 类产业部门的用水边际效益，反映水资源投入对产业产出的贡献程度；其次，从水的生态功能角度，计算水资源对生态环境多种支持作用的生态服务功能效益，验证水资源对水体生态环境维持的重要性；第三，从水资源对区域发展贡献的角度，耦合用水结构和用水效益，提出水资源利用对区域经济、生态、社会协调发展的区域综合效益。3 类效益分别侧重经济性、生态性和社会性，通过多角度综合性的量化计算，使水资源利用的效益更为清晰和显著。

（2）提出洪水资源资源利用的生态服务功能效益和区域综合效益定量计算及综合评估的方法。洪水资源属于随机性水资源，大洪

水利用具有风险性，但对于干旱地区，中小洪水的利用效益可观。结合地下水用水路径以及洪灾损失分析，对洪水资源利用效益进行定义并分类，构建包含直接经济效益、生态环境效益和经济社会效益的效益指标体系，提出洪水资源本身及其利用过程中的动态可变性，选取可变模糊模式识别模型对指标体系进行评估。其中，对于生态的影响，以湿地为例，突出洪水对湿地的作用，量化总体缺水状态下湿地连续多年引蓄洪水的生态服务功能效益，将以单一年度为单位的静态效益估算拓展为连续多年动态评估。

(3) 针对典型区域用水特点，探讨地下水利用和洪水资源利用的用水效益以及对用水结构演变的影响。白城地区的地下水利用中，农业、工业、生活用水边际效益比例为 1 : 15 : 15，其中农业用水效益产出的偏低与用水量投入的逐年增长不符，这与该地区作为国家级商品粮基地、保障农业用水是首要目标的区域特点紧密相关。连续多年洪水资源利用对当地生态改善和区域发展有显著作用，水量的补给弱化了用水结构的单一性，有利于用水结构合理化发展，但是总体演变趋势不明显。这与全国 1 : 25 : 50 的用水边际效益比例以及呈倒“U”形曲线的用水结构信息熵发展趋向存在差距。因此需要对该地区加强农业补助，保障其粮食生产安全的基础上，均衡用水结构，增大用水效益。

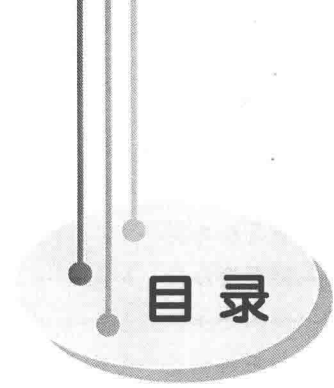
在本书撰写的过程中，大连理工大学许士国教授对本书框架结构、论点论据给予了悉心指导，许多专家也提出了宝贵意见，他们是：华北水利水电大学邱林教授、田景环教授、徐冬梅副教授、万芳博士、李庆云博士和孙艳伟博士，在此深表感谢。

本书参考了国内外水资源利用及其相关领域众多前辈和学者的著作、教材及科研成果，在此向有关作者致以诚挚的谢意。

由于作者水平有限，书中内容难免存有疏漏之处，一些观点还有待完善，恳请专家、学者和读者批评指正。

作者

2015 年 3 月



目 录

前言

第 1 章 水资源利用效益核算概要	1
1.1 水资源利用效益核算的意义	1
1.2 水资源利用效益核算研究情况	3
1.2.1 水资源利用研究现状	3
1.2.2 水资源利用效益研究现状	4
1.3 水资源利用效益核算存在问题	8
参考文献	9
第 2 章 水资源属性及效益分析	12
2.1 概述	12
2.2 水资源的概念和属性	13
2.2.1 水资源的概念	13
2.2.2 水资源特性及属性	13
2.2.3 水资源对产业的影响	16
2.2.4 我国水资源状况	18
2.3 水资源开发利用方式	20
2.3.1 稳定性水资源	20
2.3.2 随机性水资源	20
2.4 水资源利用效益	22
2.4.1 边际效益	22
2.4.2 生态服务功能效益	25
2.4.3 区域综合效益	27
2.5 小结	29
参考文献	29
第 3 章 区域用水过程及边际效益分析	31
3.1 概述	31
3.2 区域自然概况	32
3.2.1 地形地貌	32

3.2.2	水资源	33
3.2.3	水文气象	34
3.3	用水过程与驱动力分析	36
3.3.1	用水过程	36
3.3.2	驱动力分析	38
3.4	区域用水边际效益	40
3.4.1	农业用水边际效益	41
3.4.2	工业用水边际效益	43
3.4.3	生活用水边际效益	45
3.5	小结	48
	参考文献	49
第4章	湿地洪水资源利用生态服务功能效益核算	50
4.1	概述	50
4.2	湿地生态系统	51
4.2.1	湿地资源	51
4.2.2	湿地生态系统服务功能	52
4.3	生态服务功能效益分类与核算	56
4.3.1	效益分类	56
4.3.2	核算方法	57
4.4	区域湿地概况	61
4.4.1	湿地概况	61
4.4.2	湿地洪水资源利用	62
4.4.3	分项效益核算	63
4.5	效益核算结果及分析	69
4.5.1	核算结果	69
4.5.2	效益分析	70
4.6	小结	72
	参考文献	73
第5章	区域洪水资源利用综合效益量化评估	74
5.1	概述	74
5.2	洪水资源与洪水资源化	75
5.2.1	洪水资源	76
5.2.2	洪水资源化	76
5.3	效益指标识别	78

5.3.1	洪水灾害损失	79
5.3.2	洪水资源利用效益分类	81
5.3.3	洪水资源利用效益特点	82
5.3.4	洪水资源利用效益指标集	82
5.3.5	不同背景的指标识别	85
5.4	效益体系评估模型	86
5.4.1	评估模型	86
5.4.2	评估模型选择	89
5.5	实例研究	90
5.5.1	洪水资源利用背景	90
5.5.2	效益指标体系评估	92
5.5.3	结果及分析	94
5.6	小结	96
	参考文献	96
第6章	用水结构演变趋势分析	99
6.1	概述	99
6.2	用水结构演变的理论模型	102
6.2.1	用水结构的耗散性	102
6.2.2	信息熵测算模型	103
6.3	用水结构的演变趋势	105
6.3.1	地区尺度	105
6.3.2	全国尺度	107
6.3.3	分异规律	111
6.4	小结	113
	参考文献	114
第7章	用水结构演变预测	115
7.1	概述	115
7.2	边际效益	115
7.3	驱动力分析	117
7.3.1	驱动因子	117
7.3.2	因子分析	117
7.4	用水结构的预测	121
7.4.1	BP 神经网络模型	121
7.4.2	用水系统 BP 神经网络模型	122

7.4.3 模拟和预测	124
7.5 小结	130
参考文献	131
第8章 结论	132
附录 参加课题及发表学术论文	135
I 参加课题	135
II 发表论文	135

第 1 章

水资源利用效益核算概要

本章概要：分析稳定性水资源和随机性水资源利用方式、用水效益以及用水结构的研究进展，指出相关研究中存在的问题，提出主要研究内容和实现方法：构建用水结构和用水效益之间的耦合关系，定性分析和定量评估稳定性水资源利用和随机性水资源利用的效益。

1.1 水资源利用效益核算的意义

水资源是维持一切生命活动不可替代的物质，是经济和社会发展的基础性资源，是维护人类生存环境不可或缺的因素。经济发展、生态保护和社会进步对水量和水质的需求越来越高，水资源危机地区不断扩大，流域上下游、区域间乃至国际间争水现象日益严重，尤其对于干旱或半干旱缺水地区，水资源不仅是经济社会发展的支撑性要素，甚至成为政治问题。在水资源总量一定的条件下，调整用水结构和提高用水效益是满足重要行业用水需求和达到总体利益最大化的必然结果。

经济社会不同发展阶段对水资源质和量的需求不同，因此在不同时期对水资源的认知有不同的定位以及面临的水资源问题有所差异，从而水资源的开发利用方式、用水功能的发挥和效益的体现也随之变化。1934 年，毛泽东在江西瑞金召开的第二次全国工农代表大会上提出“水利是农业的命脉”，开创了中国水利事业最伟大辉煌的时代；改革开放至上世纪末，国家明确水利是“国民经济和社会持续稳定发展的重要基础和保障”；进入新世纪，中央提出“水资源是基础性的自然资源和战略性的经济资源”；2011 年初，“十二五”规划即将拉开序幕之际，党中央、国务院在新中国成立 62 年以来首次出台关于水利的综合性文件——中央一号文件《中共中央 国务院关于加快水利改革发展的决定》，开宗明义地提出“水是生命之源、生产之要、生态之基”，明确水利

具有很强的公益性、基础性和战略性,首次提出“加快水利改革发展,不仅关系到防洪安全、供水安全、粮食安全,而且关系到经济安全、生态安全、国家安全”。2011年7月8—9日,召开有史以来规格最高的中央水利工作会议,阐述了新形势下水利的重要地位,对事关经济社会发展全局的重大水利问题进行了全面部署,提出当前要做好的六方面工作:①着力加强农田水利建设;②着力提高防洪保障能力,全面提高城市防洪排涝能力,从整体上提高抗御洪涝灾害能力和水平;③着力建设水资源配置工程,实现江河湖库水系连通,确保城乡居民饮水安全;④着力推进水生态保护和 water 环境治理,维护河湖健康生态,改善城乡人居环境;⑤着力实行最严格的水资源管理制度;⑥着力提高水利科技创新能力,加快水利科技成果推广转化。综上,从对水资源定位的理论层面,实现了从基础性的自然资源到战略性的经济资源再到公益性的社会资源的转变,即从最初单纯地将水资源作为农业和工业不可或缺的生产要素,到着重强调水资源作为生活要素对环境保护和生活质量提升的重要意义;从水资源利用的实践层面,实现了从主要考量经济效益追求经济效益最大化,到直接经济效益、生态环境效益和经济社会效益统一度量的转变。

我国水资源开发利用以地表水和地下水为主,虽然用水结构和水资源配置不断优化,但是大规模河道外用水导致河流季节性断水、湖泊和湿地退化,同时,地下水超采造成大面积地下水位沉降漏斗与土层干化等负面影响,总体水资源供给不足是不争的事实。尤其在干旱、半干旱缺水地区,上下游、干支流、区域间争水现象日益白热化,因此,洪水和雨水利用、区域外调水、污水和中水处理再利用、海水和咸湖水淡化等随机性水源的补给逐步受到重视。在我国的河川径流中,约有2/3以上是洪水径流。我国每年汛期大洪水的发生是随机的,而灾害洪水是百年不遇的小概率事件,对于常遇的中小洪水,可以通过采取一定的工程或非工程措施存蓄洪水,经过时间和空间的合理再分配,于缺水时段加以利用。2003年初,水利部与国家防汛抗旱总指挥部办公室提出我国“防洪要从控制洪水向洪水管理转变”。程晓陶指出洪水资源化的实现要与洪水的风险管理结合起来,做到风险分担,利益共享。洪水资源利用逐步由以往的偏重或单纯考虑经济效益提升到洪水对生态和社会问题的解决,如通过渗漏补给地下水,通过淤积造陆,通过水量补充恢复湿地生境,改观当地居民生活状态,滞留人口减少外迁,重视提高人口素质进而提升整个社会水平等。因此,洪水资源利用在实现区域水资源供需平衡中发挥着举足轻重的作用,对缓解区域水资源短缺,减轻地下水开发利用压力,优化区域用水结构,提高水资源利用的社会和生态效益等方面有着重要意义。

目前,对水资源利用和水利事业的认知已经提升至战略性和国家安全的角度,这是由水资源开发利用过程中产生的一系列问题所驱使的:①水资源时空

分布不均和人类活动影响导致水旱灾害频发,汛期为确保江河和水工建筑物安全将洪水资源下泄入海,汛后往往又紧接干旱缺水,农业、工业、生活和生态用水供给不足;②水资源供需矛盾激化,即相对于生产、生活用水需求急剧增长而言,水资源供需失衡的同时水资源浪费严重,由此带来巨大的经济损失,成为制约国民经济可持续发展的“瓶颈”;③水生态环境恶化,一方面生产、生活用水挤占生态用水,造成河流、湿地、湖泊等水生态类型基本的生态服务功能退化;另一方面,生产和生活污水大量无节制的排放污染水源,对水资源的质和量造成无法估量的负面影响,进一步加剧了水资源供需矛盾。因此,人们逐步认识到水资源不再是“用之不尽、取之不竭”,需要合理开发、调配和保护,以达到满足经济社会可持续发展的长远目标。针对稳定性水源和随机性水源的开发和利用情况,进行水资源利用效益的定性评估和定量核算,考察用水结构演变趋势,对量化水资源价值、明晰水资源管理、优化水资源配置具有重要意义,同时也可可为水价、水权、水市场等经济政策的制定提供理论依据。

1.2 水资源利用效益核算研究情况

国内外对水资源利用及其效益均有广泛研究,其中,水资源利用的研究有地表水、地下水资源利用和洪水资源利用;水资源利用效益的研究分为水资源经济性及价值分类、水资源效益量化评价以及洪水资源利用效益评估;水资源利用结构的研究主要为用水演变、预测和驱动力分析。

1.2.1 水资源利用研究现状

我国地处季风气候区,受热带、太平洋低纬度上温暖潮湿气团的影响以及西南印度洋和东北鄂霍次克海水蒸气影响,我国东南、西南以及东北地区可以获得充足的降水量,使得我国水资源相对丰富,但是由于人口和耕地面积基数较大,人均和每公顷平均水量相对偏小。同时,由于我国降水、河川径流和地下水资源的时空分布不均匀,使得有些地方在某一时间内水资源富集,而其他地方在另一时间水资源贫乏,从而形成旱涝并存、灾害频发的状况。因此,合理开发地下和地表水资源、充分利用随机性水源,是实现水资源统一管理、联合调度以及最大限度有效利用的关键。

1. 稳定性水资源利用

稳定性水资源利用是指通过水资源开发为各类用户提供符合质量要求的地表水和地下水可用水源以及各个用户的用水过程。地表水开发利用是通过修建水库、水坝等水工建筑物利用江河天然径流量。可是因为无节制的开发,我国特别是北方地区很多河流出现季节性断流的现象。地下水资源因其地域分布广、随时接受降水和地表水体补给、便于开采、水质良好、径流缓慢等特点,

其开发利用在我国水资源利用中占据主要地位。尤其对于地表水相对贫乏的北方,平原区地下水源比较丰富且易于开发利用,对农业、工业和生活用水有重要意义。农业是我国的用水大户,在北方,地下水用水量占农业总用水量的24.2%,个别省份高于这一比例,如北京市为85.5%,河北省为66.6%;地下水也是生活用水的主要来源,地下水用量占城镇生活总用水量的59%,北京、河北、山东等省(直辖市)的地下水所占比例达70%以上。但是,用水量的剧增造成地下水过度开采,使得地下水位持续下降,造成地下漏斗和地面沉降、植被退化和生态环境恶化、海水入侵造成水质矿化度上升以及土壤盐渍化等一系列负面影响。

2. 洪水资源利用

洪水资源是作为随机性水源对稳定性水源的补给利用,目前各大流域的洪水资源利用均被探讨和研究。长江洪水资源化是使长江水患和华北缺水能够得到统筹解决的一种思路。蓄洪是洪水资源化的基础,应在完善流域水库网络体系的基础上,考虑人工控湖工程,特别要重视蓄洪区建设,通过“给水让地”,实现“以土地换和平”;可通过引洪冲湖,治理流域污染湖泊;南水北调应以调水为主,可通过蓄洪调水和直接引洪北调实现。对于黄河,可以采取“蓄洪”“调沙”“冲污”“造床”“引洪”等方式,解决黄河中下游的断流及缺水、泥沙淤积等问题,还能缓解黄河水质污染、生态环境恶化等问题。采取综合估算法,即一切未被利用的水资源(地表径流)均可看作是洪水资源,将海河流域看作整体,流域的洪水资源化潜力即为入海水量,海河流域洪水资源潜力在10亿~140亿 m^3 之间。针对无控制性工程的河流中下游平原地区,可以从水资源开发与风险实践发生的一般过程:洪水资源开发的规划、事前预案及实时操控3个阶段出发,对平原地区洪水资源利用的风险因子进行识别,建立洪水资源利用风险评价指标体系,并提出“长期规划控制、事前预案降低、实时管理避免”的河流洪水资源利用风险控制策略。

1.2.2 水资源利用效益研究现状

稀缺性是水资源价值和效益体现的基础,水资源供需关系发生变化,在需求大于供给时实现了其价值从无到有、从低到高的演变过程。1992年1月26—31日在爱尔兰都柏林召开的水与环境国际会议,首次明确了水资源的经济性,提出“水在各种竞争性用途中都有经济价值,应把它作为一种经济商品看待”,在满足基本需求后,水资源应以效益最大化进行分配和利用。把水作为一种经济商品来管理,是实现有效而公平的水资源利用和鼓励保护稀少水资源的一种重要方法。

1. 水资源的经济性及价值分类的研究

水资源具有稀缺性、不可替代性、再生性和波动性4大经济特性。稀缺性

和不可替代性是水资源价值的基础,水资源本身已经成为经济资源,而且是“战略性资源”。作为一种经济商品,合理的水资源价格可以促进水资源管理的公平、有效和可持续发展。与水资源价值有关的影响因素,包括水资源开发条件、国民经济结构、人口密度等。Marcouiller 和 Coggins 将水资源价值分为使用价值和非使用价值,使用价值是个人直接或间接使用水获得的价值,其一是直接用水的商品和服务产出以及为人类生计提供支持,其二是间接使用价值,即水并非直接使用产出商品而是休闲娱乐和旅游效益,其三是生态系统服务功能价值,如防洪、固碳、蓄水、污染物同化和保护生物多样性等。间接使用价值包括存在价值、未来选择价值和遗产价值。Kerry 等则认为水资源的使用价值包括消耗性使用价值(如提水灌溉或渔业养殖)、休闲与观赏和教育使用价值、远程使用价值(通过报纸或电视等媒介的传播)和间接使用价值(如湿地防洪或者补给含水层移除污染物)。非使用价值包括存在价值(水资源的持续存在特性)、遗产价值(水资源具有代际传递性以供后代有机会享用)和慈善价值(水资源保证当代人可用的价值)。Suren 将千年生态系统评估(Millennium Ecosystem Assessment)方法用于水资源价值评价,列出南萨斯喀彻温河流域的水资源价值分类,分为直接使用价值、间接使用价值、选择价值和非使用价值。诸如生态系统功能和社会文化等非使用价值很难估算,一方面是因为水对许多社会活动是必需的,一些功能很难识别更不用说量化了;另一方面是由于数据粗略且不完整,很久以来,水被认为是免费资源,监测工作甚少,而且一些相关资料为私人占有而非公共可得。按照自然属性、经济属性和社会属性,Tian 构建了反映水资源价格的水资源价值指标体系,并分别用半梯形分布和专家评估法确定定量指标和定性指标的隶属度。自然属性包括水量、水质、水资源开发利用程度和生态环境;经济属性包括经济发展水平和环境保护;社会属性包括社会文明程度、社会文明水平和政策方针。纵观这些指标,定性指标多于定量指标,评估过程中难免涉入较多的主观影响,并且环境保护归为经济属性不甚恰当。汪林等认为根据水资源适用对象的不同,水资源的使用功能主要有满足居民生活用水需求、供给产业部门生产、保持生态系统稳定、维持环境系统安全等。由于水资源对使用者的效用不同,也就决定了不同使用部门的水资源使用价值差异,其构成分为社会价值(包括城镇生活用水价值和农村生活用水价值)、生产价值(包括第一产业用水价值、第二产业用水价值和第三产业用水价值)、生态价值和环境价值。分析国内外对水资源价值的研究,由于国情和水资源条件不同,价值分类也不同。国外侧重“以人为本”,依据水资源是否直接为人所利用来划分价值类型;而我国重点强调不同用水对象的用水路径,以此划分水资源价值。

2. 水资源效益

(1) 水资源效益评价。目前,对水资源效益的研究对象集中于拟建或已建水利工程,研究内容倾向于效益的评价。传统的效益评价往往只是注重水资源提供的产品价值或供水效益,没有把环境和生态变化纳入其中,因此通常会给出一个过于乐观的结论。不客观的结论可能导致错误的决策,将不利于水资源的可持续开发和利用。现有效益量化评价多针对具体工程,但由于各工程的不同功能和效用,所以构建的效益指标体系只有特殊性而无普适性。虽然经济效益能够量化,但是环境效益和社会效益多以层次分析法等定性分析。

(2) 水资源效益量化计算。水资源价值分类已经明确,水资源效益指标体系的研究也相对成熟,但区域水资源供给的具体效益值却鲜有计算。联合国粮农组织阐明了水资源具有4种重要的经济效益:商品效益、废物同化效益、审美和娱乐方面的效益以及为鱼类和野生动物提供生境。欧阳志云等将水视为特殊的生态资源,根据水生态系统提供服务的类型和效用,将水生态服务功能划分为提供产品、调节功能、文化功能和生命支持功能,并逐一分析。同时将我国陆地水生态系统分为河流、水库、湖泊和沼泽4类,建立包含调蓄洪水、疏通河道、水资源蓄积、净化环境、土壤持留、固定碳、提供生境和休闲娱乐8项功能的间接评价指标体系并进行估算。结果表明水生态服务功能间接价值相当于供水、发电航运、水产品产出等直接使用价值的1.6倍。王颖倩用分摊系数法求出衡水市“一湖、两河、三系统”规划区水资源开发利用的第一产业(农业用水)、第二产业(工业用水)和第三产业(生活用水)的水资源经济效益,研究表明,第一产业单方水效益较小,第二产业单方水效益居中,第三产业单方水效益最大。单勇计算出乌鲁木齐市水资源生态服务价值共计120.1亿元,包括气候调节价值、水质净化价值、提供生境价值和维持林地系统价值,按居民生活用水比例分摊,乌鲁木齐市居民生活用水的资源水价应为9.8元/ m^3 ,远超过乌鲁木齐市现行居民生活用水水价2.1元/ m^3 。王茵把水资源作为生产要素,与资金和劳动力纳入柯布-道格拉斯生产函数(Cobb-Douglas production function),结合黄河流域用水情况,计算出单方水产出率为16.8元,各行业平均用水的边际效益为2.2元/ m^3 ,水资源对GDP的贡献占有投入资源的13.9%。水资源利用效益的细化和进一步深入研究对社会经济发展和水价制定具有重要意义。

3. 洪水资源利用效益

水资源效益定性分析和量化计算的研究从理论上证实了水资源对国民经济发展的贡献,但是随着我国洪涝灾害与干旱矛盾、水生态水环境恶化和城市供水威胁等现象的频发,用水的安全性、均衡性以及可持续性问题日益突显。洪水资源利用不仅有直接的可以货币化的经济效益,还可以产生间接的生态环境

效益和防洪减灾等社会效益,这些效益的产生,对社会经济以及人们生产生活产生影响,进而影响社会发展以及人们的行为方式和意识形态。因此,洪水资源利用不仅是解决干旱缺水的权宜之计,更是一种可持续发展的模式。

(1) 湿地生态服务功能效益。湿地是地球上具有多功能的生态系统,其中水文条件是湿地属性的决定性因子。洪水资源利用对维持湿地生境和缓解湿地水资源短缺均具有重要意义。目前,对于湿地生态系统服务功能的研究已较为成熟。Turner 等将经济价值、综合模型、受益群体和多目标评估综合分析,为湿地管理和政策制定的可持续性提供支持。Woodward 和 Wui 利用二元和多元分析法,评估了不同湿地服务功能的相对值。Costanza 评估了全球 16 个生态系统类型(如海洋、开阔海面、海岸带、陆地、森林、草地、湖泊、湿地、沙漠、农田等)、17 类生态系统功能(包括大气调节、气候调节、干扰调节、水量调节、水源供给、侵蚀控制和沉积物保持、土壤形成、养分循环、废物处理、植物授粉、生物控制、栖息地保护、食物生产、原材料生产、生物多样性保护、休闲娱乐、文化科研)的价值,其中全球湿地面积为 $330 \times 10^6 \text{ hm}^2$,产生的生态服务功能价值为 4.879×10^{12} 美元/年(1994 年价),生态服务功能价值为 14785 美元/(年· hm^2),远远高于每公顷海洋生态系统 [577 美元/(年· hm^2)] 和森林生态系统的生态服务功能价值 [969 美元/(年· hm^2)]。借鉴 Costanza 等人的分类方法和经济参数,陈仲新和张新时计算出中国生态系统总价值为 7.78×10^{12} 元/年,其中湿地以占 1.65% 的面积产生了 47.71% 的生态系统价值。之后,辽河三角洲盘锦湿地、鄱阳湖湿地、郑州黄河湿地自然保护区、扎龙湿地的生态效益均被估算。现有研究集中于对湿地服务功能的总体估算,而没有突出水资源对湿地的效益贡献;并且湿地效益估算多针对典型年份分析,缺乏连续年份动态评价,此方面的研究有待于深入探讨。

(2) 区域洪水资源利用效益。水库是广泛采用的防洪工程措施之一,对于水库洪水资源利用,主要是依托天气预报和洪水预报的技术进步,挖掘水库预报调度能力,进行汛限水位动态控制,从而减少汛期弃水并增加蓄水进而提高兴利效益。典型的有五强溪水库、东武仕水库和碧流河水库,如碧流河水库采用汛限水位动态控制方法,2005 年和 2006 年两年累计多拦蓄洪水资源 1.35 亿 m^3 (相当于中等规模城市年用水量),以城市水价 2.6 元/ m^3 估算,蓄水效益为 3.51 亿元,效益可观。河流洪水资源利用是通过旁侧通河湖泊、水库、泡沼、湿地、蓄滞洪区引蓄干流洪水,实现流域内洪水的时空再分配。如吉林省白城地区自 2003 年开始引蓄嫩江和洮儿河洪水,有效改善当地生态环境和提高地下水位,经济、生态和社会效益显著。对于区域洪水资源利用,许士国等以松嫩平原为背景,提出了河流洪水资源利用的基本蓄水模型。胡庆芳等分析了海河流域洪水资源利用与河流生态环境安全、防洪安全的合理性关系。