

文章编号:1009-4210(2004)04-05-05

水资源评价指标体系的 研究现状及问题探讨

张丽萍^{1,2}, 朱钟麟¹, 邓良基²

(1. 农业部长江上游土地资源利用与保护重点实验室, 四川 成都 610066;

2. 四川农业大学资源环境学院, 四川 雅安 625014)

摘 要: 进行水资源评价首先要建立科学合理的评价指标体系, 其研究大致可分为单项和综合评价指标体系两个方面, 前者主要包括水资源的承载力、丰富度、脆弱性、价值、生态环境影响、开发利用特性、管理等的评价, 后者主要是水资源可持续利用的评价。在简述现状的基础上, 对水资源评价指标体系研究的特点作出初步探讨, 包括指标的选取、指标的可操作性和方式、基础数据的获取手段、评价的尺度、评价的范围以及指标体系的应用验证和推广等方面。

关键词: 水资源; 评价指标体系; 评价

中图分类号: TV211 **文献标识码:** A

水资源评价就是确定水资源的数量、质量、分布范围和可靠性以及人类活动的影响, 对水资源开发利用状况及开发潜力做出评估, 对供需之间可能出现的矛盾和合理开发利用水资源提供一个科学的依据^[2], 而最简单又具有实用指导意义的解释为“水资源评价就是要定量地查清某一特定地区水的可利用程度和社会生产、生活所需水资源的可满足程度”。建立科学合理实用的水资源评价指标体系, 既是水资源的评价基础工作, 也是水资源研究向前发展的导向和推动力。

一、研究现状

中国是世界上13个贫水国之一, 淡水资源只占世界总量的8%, 人均占有水资源量仅有2200m³, 约为世界人均值的1/4, 相当于美国人均占有量的1/6, 巴西的1/9; 从我国社会经济发展来看, 水资源已迅速接近承载力的上限, 水资源短缺问题将越来越成为我国农业和社会经济发展的制约因素^[1]。实现水资源的可持续利用, 发挥水资源的经济、社会、生态效益是当前和今后长期的重要任务。而开展水资源评价, 既是水资源可持续利用与管理的依据, 也是与水资源有关的工程合理规划和正常运行的前提。

1979年, 我国进行了第一次水资源评价工作, 全面系统描述了全国地表水及地下水资源的数量、质量、分布规律和水资源总量以及开发利用状况等, 为国民经济宏观决策、工农业合理布局、水资源开发利用与保护提供了科学依据。随后, 为适应经济发展需要, 1985-1987年又陆续开展了华北地区水资源及其开发利用研究, 西北地区水资源合理配置研究, 全国水量中长期供求计划编制, 地下水开发利用研究规划, 缺水城市供水水源地规划等区域性和专题性水资源评价工作, 在1984年和1996年完成了2次全国水质评价^[2]。

收稿日期: 2004-01-14; 改回日期: 2004-03-05

基金项目: 国家863计划——南方季节性缺水灌区(四川简阳)综合技术集成与示范(2002AA2Z426)

作者简介: 张丽萍(1978-), 女, 硕士研究生, 从事土地资源管理、农业可持续发展等研究。

近 20 年来,许多专家学者针对不同地区、不同流域,在水资源评价方面做了大量的研究工作,采用了不同的评价指标体系,其大致可分为水资源单项评价指标体系和综合评价指标体系。

(一) 单项评价指标体系

不少专家学者针对水资源的某一特定属性,进行了全面深入细致的研究,如水资源的质量、承载力、丰富度、脆弱性、价值、生态环境影响、利用特性、管理等,不同属性的评价有其相应的指标体系。

1. 承载力评价。为保证水资源的可持续利用,在处理水资源的供需问题时,应以水资源的承载力为前提,防止导致环境质量和生态系统的恶化,甚至引发生命支持系统破坏;区域水资源承载力分析的目的是为了揭示水资源、区域经济和人口之间的关系,合理充分的利用水资源,使经济建设和水资源保护同步进行,促进社会经济持续发展^[3]。

影响水资源承载力的因素众多,主要有水资源的数量、质量及其开发利用程度、生产力水平、消费水平与结构、科学技术、人口与劳动力、其它资源潜力、其它因素(如政策、法规、市场、宗教、传统、心理等)。惠决河等构建了包括社会经济承载能力、水环境容量、可供水量、需水量等四大层次、多个指标的水资源承载力评价指标体系^[4]。

2. 丰富度评价。水资源的丰富度评价与各种水资源量有关(如地表水与地下水资源量、降水量),也与社会经济活动有关(如人口、经济发展程度),是多种因素综合作用的结果。罗先香等将能够增强网络可塑性的无监督 ART-KOHONEN 网络模型运用于中国西部水资源丰富度综合评价中,选取的 10 项评价因子为耕地率、耕地灌溉率、人口密度、工业产值模数、需水量模数、供水量模数、人均供水量、水资源利用率、不同年(现状及 2000 年水平年)缺水率^[5]。

3. 脆弱性评价。目前国内有关水资源脆弱性的研究较少,主要侧重于地下水的研究,针对地表水的研究更少,主要是水质方面,对水资源的脆弱性评价尚未形成一个统一的指标体系,而且某些指标不易获得,可操作性差。刘绿柳总结了水资源脆弱性的研究领域、研究进展及其存在的问题,重新定义了水资源脆弱性的概念,建立了易于操作、可比性强、综合全面的指标体系,包括本质脆弱性(即水资源的内部性质)、特殊脆弱性(即水资源的外部性质)两个方

面,构建了年降水量、过境水量、空间分布等 17 个指标,注重指标可比性方面,如水利发电量/总发电量、开采系数、超采系数、水质综合指数、储量/供给量、需求量/供给量等^[6]。

4. 价值评价。水本身是一种有价值的物质,是一种特殊的基础资源,在被开发、利用和管理的过程中付出了一定的投入,一定程度上增加了水资源的价值量,而且同样的水资源量由于时间、空间位置的不同,其价值量也不同。

所以,运用经济手段管理水资源,实现水资源的合理流动和有效配置是可持续发展内容之一。近年来,水资源价值研究日趋活跃,研究方向由水资源价值的来源理论探讨向定量化推进。水资源的价值量评价对确定水价具有重要的指导意义。姜文来等提出水资源的价值因素可分为自然(包括环境)、经济、社会三类因素,自然因素是非人工控制的,决定了水资源态势,即水资源的丰度和品质、水资源的开发条件及特性;经济因素主要包括产业结构、规模、用水效率、国民收入等;社会因素主要包括技术、人口、政策、文化历史背景等。

5. 生态环境影响评价。张礼兵等在水资源工程环境影响评价中,采用的指标体系分水资源、土地资源、森林资源、草牧资源、局部地区气候、人口资源 6 个子系统,指标包括主河长缩减率、地下水位变化率、耕地面积比率、降水量增加率、流域人口密度等 20 个指标,并探讨了利用层次分析法(AHP)作为确定指标权重的实现过程,针对 AHP 中判断矩阵的一致性,提出用加速遗传算法同时计算 AHP 中各要素的排序权值和检验判断矩阵一致性的新方法(AGA-AHP)^[7];黄奕龙等则从一个独特的角度,将水资源生态系统和社会经济系统耦合成水资源生态经济系统,把水资源的开发利用纳入生态经济系统的运行体系之中,利用生态经济学中的生态经济协调发展理论和可持续发展的思想,建立水资源可持续发展的生态经济评价体系,在总目标下包括生态目标、社会经济目标,其中生态因子包括水资源开采系数、矿化度、植被覆盖率等 8 个指标^[8]。

6. 开发利用特性。一个区域现有水资源的开发利用状况直接反映了该区域对水资源的开发能力、利用程度和用水水平,常采用的指标有:蓄水工程控制能力(蓄水工程控制的流域面积占评价区域面积

的百分比或蓄水工程的总容积占多年平均地表总径流量的百分比),水资源的开发利用率,利用区域外水资源能力(入境水量占总用水量的百分比),剩余水资源量或不可利用水资源量(出境水量占水资源总量的百分比),污水处理回用率等。

而杨晴等提出的灌区水资源开发利用特性评价,从灌区水资源禀赋,水量供需和水质环境三个方面建立了5个指标,其中水资源天然禀赋因素,采用水资源总量和水资源压力指数指标;水资源供需状况采用灌区需水量及可供水量开发程度指标,为反映灌区水环境和水质污染的潜在可能,还设立灌区水质潜在污染程度指标,以评价灌区水环境状况;并依据国际上常见的评价量值,进行了指标定值分析^[9]。

7.管理评价。水资源管理水平直接影响到水资源开发的合理性和利用的有效性,也是关系到水资源能否为国民经济可持续发展提供保证的重大问题,我国目前水资源开发利用的管理水平不高,相对比较成熟的评价指标也难以量化。

可持续水资源管理按照1996联合国教科文组织工作组的定义为:“支撑从现在到未来社会及其福利而不破坏它们赖以生存的水文循环和生态系统的完整性的水的管理与使用”。夏军等提出可持续水资源管理评价指标体系的建立应遵循可行性、层次性、完备性、主导性和独立性原则,其指标分为社会经济指标(包括人口、经济、社会的发展等指标)、水资源指标(包括水资源的总量、容量、利用、变化等指标)、生态环境指标(包括植被覆盖率、水、土地和大气指标等)和综合性指标(包括人均社会净福利、生态环境质量、缺水指数等指标)四大类^[10];吕一河提出在水资源需求管理政策评价指标中,政策效能、经济效益、公平性、环境影响、财政效应、政治和公众的可接受性、可持续性和管理的可能性等指标是非常重要的,但特殊情形下,食物自给、区域发展和城乡均衡的影响等相关因素也需做相应的考虑^[11]。

(二) 综合评价指标体系

水资源可持续利用是指在一个国家或地区,在保证水资源的可持续性下,既要为社会经济的可持续发展提供安全可靠的淡水供应,又要保证生态环境良性发育所需的淡水资源,以达到区域内人口、资源、社会、经济、环境的协调发展和代际间的公平用

水,从而有效地开发、利用、管理和保护水资源的一种合理利用方式。对水资源实施可持续开发利用的战略管理观点已被世界上绝大多数国家(包括中国)所接受,如何实现水资源的可持续开发利用是当前水资源管理研究的核心问题。

从水资源-生态环境-社会经济复合系统来看,水资源的可持续利用首先受到水资源形成因素的影响,主要体现在水资源条件方面(包括对其组成部分河川在内的河流流量的年内分配和年际变化、河川径流中各种极值的对比、水旱灾害、区域分配的不均匀程度、水质及污染等);其次受到社会经济发展水平的影响(包括人口增长、城市化程度、经济发展、人民生活水平);再次受到国家、区域地方政策和人类环境保护意识的影响。

所以,研究水资源与社会、经济、环境间的相互制约关系,综合考虑自然、社会、经济、环境、人文等多种因素,建立综合评价指标体系,建立水资源可持续开发利用指标体系,可为实现水资源的可持续利用提供科学依据和手段。

左东启等提出了包括自然、人文、经济、管理等方面的47个指标,根据各指标的隶属关系及每个指标的类型,将各个指标划分为不同的层次,组成可持续评价指标体系,如人文地理包括人均水面、人口密度等4个指标,社会经济包括人均用水量、单位面积产量等9个指标,水资源数量包括人均当地降水资源量等4个指标,水资源质量包括污染水面率等3个指标,水资源开发程度包括灌溉率、渠系利用系数等7个指标,水资源管理包括供水率、供水设施完好率等7个指标^[12]。

朱玉仙等构建了能够表征水资源、社会、经济、环境协调发展状况的指标体系,由总量指标、比例指标、强度指标三部分组成,其中总量指标是用来表征地区在某时段内水资源、人口、经济总的规模或总的水平,包括可利用水资源总量、可供水总量、人口总量、国内生产总值;比较指标地区水环境和水资源复用率及分质用水程度,包括水质达标率、水资源复用率实际水平;强度指标表征科学用水水平和水资源利用效率与水资源利用的经济效益,包括人均生活用水、第一、二、三产业耗水系数、环境耗水系数。在指标体系基础上,构建了综合评价指数,包括协调系数和可持续系数,协调系数用来评价水资源、社会、

经济、环境的协调状况,可持续系数用来评价水资源可持续开发利用状况^[13]。

卞建民等建立了包含水资源的可供性(产水系数、模数、人均水量、地均水量、矿化度)、开发技术水平和管理水平(工业、农业、生活用水利用率、耕地灌溉率、重复用水率、水资源供水率)及综合效益(单位水资源工业产值、单位水资源农业产值)的可持续利用评价的指标体系^[14]。冯耀龙等建立的区域水资源系统可持续发展评价的指标体系,由一个目标层(可持续发展满意度)、一个准则层(发展度、发展持续度、公平度)和两个指标层构成,指标Ⅰ层包括水资源子系统发展系数、经济发展系数等12个指标,指标Ⅱ层包括水资源工程调蓄能力扩大系数等49个指标^[15]。

一些学者针对特定水资源类型,选取特定的区域(如风景区景观水资源、城市水资源)进行综合评价研究。温淑瑶等建立的区域湖泊水资源可持续发展评价指标体系包括工业生产、农业生产、居民、资源等对水的满意度、水环境可恢复度等49个指标,并采用层次分析法确定指标权重,研究结果是和人民群众息息相关的居民用水满意度占的权重最大,人均住宅面积居第二,技术进步贡献率居第三^[16]。岳亮等提出景观水资源综合评价标准,包括自然评价和人文评价2个方面,其中自然评价标准为诱人性,包括理化优劣性、水情动态性、水体位态性、环境搭配性四个方面;人文评价包括社会评价(历史性、观赏性)、生态评价(自然性)和经济评价(稀缺性、效益性)^[17]。

二、主要问题

从水资源评价指标体系的研究现状可以看出,目前还存在以下4方面的问题:

1.对水资源单项特征评价指标的选取。主要是结合水资源的某项属性,提出相应的指标,包括水资源的质量、承载力、丰富度、脆弱性、价值、生态环境影响、利用特性、管理等,没有很好地结合当地自然、经济、社会的实际情况,提出既具有水资源一般属性特征,又具有当地特色,真正成熟完善并具有指导意义的指标体系。

对水资源属性的研究还不太全面,且有一些重要的属性(如水资源的质量评价、供需平衡评价、农业利用效益评价)缺乏比较完善的指标体系,或者一些比较重要的指标被忽略,如缺水度。也有一些水

源属性研究的深度不够,提出的指标相对单一,不能全面反映水资源的属性特征。

2.水资源可持续利用评价指标难以反映水资源对可持续发展的影响程度。虽然涉及到不少社会经济指标,但就其本质而言,反映的基本上是水资源本身的指标,侧重于水资源自然属性的评价,很少涉及到水资源与社会、经济、环境的直接联系。具体表现在:建立指标体系的原则和方法阐述不够明确,现有的指标反映不够全面,对于如何选择指标研究不够,选择指标时的灵活性不够,指标的可操作性不强,实用价值不大,对可测指标的动态研究不够。

3.目前的研究主要针对某区域(或流域、城市)进行研究,缺乏多尺度或不同尺度相结合的水资源评价研究。

4.缺乏对指标体系做深入的完善和推广研究。研究多是根据一定的评价原则,提出一套指标体系,结合具体的实例进行评价,只是进行一个初步的验证,很少做进一步深入的完善和推广研究,对指标体系中存在的一些具体问题(如资料的获取、具体操作等)很少做相应的指导或说明。

三、对策

针对水资源评价指标体系研究存在的问题,作者提出以下对策:

1.水资源单项和属性特征评价指标的选取。要以水资源的自然属性特征为基础,结合水资源的经济、社会属性特征,深入研究它们之间的相互联系和影响,提出既具有水资源一般属性特征,又具有当地特色,真正成熟完善并具有指导意义的指标体系。

2.水资源可持续利用评价。既要考虑现状开发,又要考虑在未来的社会经济发展条件下能否适应,既要满足现在和将来较长时期内的需求,而又不会引起明显或持久性的生态环境功能问题,才是可持续的水资源利用。因此,今后的研究可加大对全面综合实用水资源评价指标的研究,多注重水资源的自然、经济、社会、环境等多方面的关联研究,提出科学合理、逻辑严密、具有指导意义的评价指标,对其涵义及计算方法进行研究界定,最终形成较为综合全面的水资源可持续评价指标体系。

3.加强不同尺度水资源评价指标体系理论和实践探索。评价指标不能仅仅依靠单一的定量、定性指

标,或定性和定量指标的简单结合,还需要提出一些新的综合指标,以满足水资源综合效益评价的要求。

4.对已提出的指标体系要做进一步的完善和推广研究,对指标体系中存在的具体问题要做进一步深入研究。

5.没有详细确切的基础数据做支撑,就难以保证指标体系的科学合理性和可操作性。水资源评价受自然、社会、工程、环境、政策、管理等多方面的影响,需要处理大量的信息,因此,在进行水资源指标体系研究的同时,还需要加大基础研究,如怎样充分利用国家水文数据库系统,建立水资源评价系统与水文数据库、水资源数据库之间的连接等,加强计算机技术的研究,减轻评价工作量和人为因素对评价结果精确度的影响,为水资源评价提供技术上的支持和保障。

参考文献:

- [1] 黄修桥,高峰,王宪杰.节水灌溉与21世纪水资源的持续利用[J].灌溉排水,2001,(3):1-5.
- [2] 王萍,张锦玉,杨虎男.浅谈水资源评价现状与发展[J].东北水利水电,2002,(7):34-35.
- [3] 傅湘,纪昌明.区域水资源承载力综合评价——主成分分析法的应用[J].长江流域资源与环境,1999,8(2):168-170.
- [4] 惠决河,蒋晓辉,黄强,等.水资源承载力评价指标体系研究[J].水土保持通报,2001,21(1):30-34.
- [5] 罗先香,何岩,邓伟,等.区域水资源丰富度综合评价的A-K网络模型[J].水土保持学报,2002,16(5):112-134.
- [6] 刘绿柳.水源脆弱性及其定量评价[J].水土保持通报,2002,22(2):41-44.
- [7] 张礼兵,金菊良,吴贻名,等.确定水资源工程环境影响评价指标权重的方法[J].农业系统科学与综合研究,2002,18(3):192-196.
- [8] 黄奕龙,汤洁.水资源可持续利用的生态经济评价[J].吉林地质,2001,20(4):62-66.
- [9] 杨晴,曾肇京,雷声隆.灌区水资源利用特性评价模型研究[J].水利发电,2002(5):11-16.
- [10] 夏军,王中根,穆宏强.可持续水资源管理评价指标体系研究(一)[J].长江职工大学学报,2000,17(2):1-7.
- [11] 吕一河.中国水资源需求管理及其政策评价[J].中国人口·资源与环境,1999,9(3):84-89.
- [12] 左东启,戴树声,袁汝华,等.水资源评价指标体系研究[J].水科学进展,1996,7(4):367-374.
- [13] 朱玉灿,黄义星,王丽杰.水资源可持续开发利用综合评价方法[J].吉林大学学报(地球科学版),2002,32(1):55-57,63.
- [14] 卞建民,杨建强.水资源可持续利用评价的指标体系研究[J].水土保持通讯,2000,20(4):43-45.
- [15] 冯耀龙,练继建,韩文秀.区域水资源系统可持续发展研究[J].水利水电技术,2001,32(12):9-11.
- [16] 温淑瑶,马占青,周之豪,等.层次分析法在区域湖泊水资源可持续发展评价中的应用[J].长江流域资源与环境,2000,9(2):196-201.
- [17] 岳亮,李佩成,胡建平.景观水资源综合评价研究[J].西安交通大学学报(地球科学版),1998,32(12):102-104,110.

Present Situation of and Problems in Water Resource Evaluation Indicator Systems in China

ZHANG Li-ping^{1,2}, ZHU Zhong-lin¹, DENG Liang-ji²

(1. Key Laboratory of Land Resource Utilization and Protection

on the Upper Reach of Yangtze River of the Ministry of Agriculture, Chengdu, 610066, China;

2. Department of Resources and Environment, Sichuan Agricultural University, Ya'an, 625014, China)

Abstract: A set of scientific and sensible evaluation indicator systems is a must in conducting the evaluation of water resources, which includes single properties and comprehensive properties of water resource. The former refers to the evaluation of bearing capacity, abundance, fragility, value, ecological and environmental effects, exploitation and utilization, management of water resource and so on. The latter concerns the evaluation of water resource sustainable utilization. Based on the present situation of the research, this paper discusses the characteristics of the evaluation indicator systems, including the choice, operability and methods of indicators, the access of basic data, the scale and range of evaluation, the application, verification and promotion of the evaluation indicator systems, etc.

Key words: water resources; evaluation indicator systems; evaluation