

文章编号:1001-5485(2005)04-0022-04

流域水资源评价广义指标体系研究

黄薇,陈进

(长江科学院 水资源综合利用研究所,武汉 430010)

摘要:为全面分析流域水资源承载能力,根据影响水资源承载力的因素,采用系统方法,提出了流域水资源评价广义指标体系,重点分析了经济、环境和社会方面指标的建立及对流域水资源评价的作用,初步提出流域水资源评价核心指标体系。结合长江流域上、中、下游典型地区,讨论采用统一的指标评价流域内不同地区经济、环境和社会发展与水资源的关系。分析表明,采用广义指标评价流域水资源能更好地反映水资源可持续利用的状况。

关键词:水资源评价;指标体系;长江流域;生态环境;社会经济

中图分类号:TV211.1 **文献标识码:**A

1 概述

水资源评价是水资源配置和管理的基础,1986年我国进行过第一次全国水资源调查评价,并且已经有了技术标准^[1],目前正在进行第二次水资源评价。第二次评价的内容和深度显然要超过第一次,但评价的主要内容仍是水资源的自然状态和开发利用状态。随着社会发展对水资源可持续利用的要求越来越高,需要研究流域或区域水资源的承载力和优化配置,即需要了解目前有多少水可供开发,现有水资源能支撑社会经济发展到何种程度,水资源应如何配置才能发挥最大效益。对于这些问题除涉及到原有评价指标外,还需要对流域经济、社会、生态环境、流域管理和其他资源(土地、森林等)等方面也进行评价。由于目前对许多概念或指标的定义尚没有统一认识^[2,3],或还没有可测的定量化方法,为此本文根据国内外对水资源新的认识,初步提出广义水资源评价概念和核心指标体系。文中重点分析了经济、环境、社会 and 流域管理等方面指标的建立及对流域水资源评价的作用;讨论采用统一的指标评价流域内不同地区经济、环境和社会发展与水资源的关系;并结合长江流域水资源特征和流域上、中、下游社会经济水平,讨论长江流域水资源评价指标体系及其存在的问题,为改进流域水资源综合评价指标体系提供参考,使综合评价指标能更好地反映水资源可持续利用的状况。

2 建立评价指标体系的必要性及主要影响因素

传统的水资源评价指标主要包括水资源自然状态和水资源开发利用状态。这对于评价流域水资源的自然状态和人们利用技术手段开发利用水的能力是必要的。随着人们对水的重要性认识的提高,发现水资源利用与经济、社会发展,生态环境保护关系更加紧密,仅靠自然条件优劣和控制水的能力并不能决定水资源的承载力和优化配置问题。例如,以色列是水资源严重不足的国家,人均水资源占有量不足 370 m³,但由于先进的管理和节水技术,过去 50 年水资源的自然状态并没有发生显著变化,而农业用水量在仅增加 3 倍的基础上,农业产量增长了 12 倍,1995 年每万美元 GDP 用水量已经达到 256 m³的水平,是我国 2001 年的 18 倍多。可见,社会经济发展和先进的管理技术,在水资源开发利用中的作用十分显著。再如,新加坡年径流深 968 mm,人均水资源量仅 220 m³;香港年径流深 1 240 mm,人均水资源量仅 200 m³;上海年径流深 422 mm,人均水资源量仅 161 m³,这 3 个国际大城市人均水资源量十分短缺,但由于发达的服务业和发展外向型经济,并通过调水、进口“虚拟水”及科学的管理,克服了水资源不足,仍然使社会和经济快速发展,人均 GDP 保持在高水平。由此可见,水资源的承载能力有相当大的弹性。尽管全球气候变化,

收稿日期:2004-09-02;修回日期:2005-02-24

基金项目:国家“948”计划水利(引进)项目(200419);长江科学院基金资助项目(2003-2)

作者简介:黄薇(1958-),女,上海人,高级工程师,主要从事水资源研究,(电话)027-82927557(电子信箱)huang_w@ sina.com。

对水文循环有影响,但其影响程度远不如人类活动。以长江流域为例,长江流域 1956 - 1979 年的 23 年平均降水深为 1 074 mm,而 1956 - 2000 年的 45 年平均降水深为 1 087 mm,变化仅 1.25%,但经济变化要大得多,1980 年长江流域 GDP 为 4 455.7 亿元,到 2000 年达到 31 740.4 亿元,增长了 7.1 倍,同期用水量仅增加 1.38 倍。再如,海河流域 1997 年水资源利用率就已经达到 89%,但经济仍然在发展。这些都说明水资源的自然状态或开发利用程度还不能完全作为判断水资源是否可持续利用以及水资源承载力的依据,必须引进广义水资源评价指标体系。

社会经济的发展不仅取决于自然条件和开发水平,而且更取决于管理水平、生态环境状况和资源的利用效率等方面,所以,广义水资源评价指标应该包括水资源自然状态、水资源开发利用状态、生态环境、经济、社会、流域管理和其他相关资源等主要方面。而水资源自然状态和水资源开发利用状态仍然是最主要的指标。生态环境的用水需要越来越重要,衡量生态环境的指标包含了河道内外用水、水生生物和生物多样性现状、湿地及保护区现状、水质达标率及径污比等。水在不同部门或地区使用会产生不同的效益,在某种程度上,水的分配可以转化为财富的分配,所以经济指标应包括 GDP 及增长率、产业结构、粮食产量及贸易、经济外向度、水利投资、用水弹性及水价弹性等指标。用水需求与社会发展密切相关,社会发展指标应该包括人口及增长率、城镇化率、基尼系数、就业率、科教水平、法制、文化和伦理等方面。流域管理方面包括水权及水市场、流域规划、用水户参与机制、取排水管理、水功能区管理、水事纠纷调解机制、水资源分配、水利工程管理、水务组织机构及能力建设和涉水法律法规建设等。水与土地、森林等其他资源密切相关,所以其他资源指标包括土地、森林、矿产、人文和自然景观等。

上述每一个指标或因素还可能细分为一些子指标,如降雨量还可分为多年平均降雨量、不同频率年降雨量、降雨年分布和变差系数等。同时,不同方面指标又可组成新指标,如水资源总量与人口结合可产生人均水资源总量;用水量与 GDP 结合,产生万元 GDP 用水量等,所以,指标之间存在相关性和交叉性。虽然许多因素对水资源评价影响很大,但由于涉及问题的复杂性,以及受人们认识水平和专业面的限制,目前有些评价指标还很难量化,如生态环境用水量、水资源管理作用等,因而选择评价指标存在着挑战和争议。

3 水资源评价指标确定原则及核心指标选择

为了科学、合理和简便地选择评价指标,应遵循以下原则:

(1) 根据流域特征、尺度和评价的对象选择指标体系。由于指标种类繁多,必须根据流域特征和评价对象选择指标,如对于人口稀少的河流或小流域,主要评价水资源的自然特性,而管理和社会类指标可以少选;但对于人口密集,经济发达地区,必须全面选择指标。

(2) 剔除相关性大的指标,选择相关性较小的核心指标。如降雨、径流和蒸发量之间可相互推算,相关性很大,可选择 2 项。

(3) 优选交叉指标和综合指标。交叉指标往往反映了分类之间的相互影响,更能说明问题,如人均 GDP 与 GDP,人均水资源量或亩均水资源量与水资源总量,万元产值用水量与工业用水量等,前者更具有可比性和综合性。

(4) 不缺项。由于水资源评价是一种公共资源的评价,不仅是水利部门的事,而是全社会共同的事,因此,尽管一些评价方面在某些流域中不突出,但也不要缺项,缺项就可能忽略了某个部门的利益。如旅游景点,可能不直接用水或用水很少,但他们依赖水的景观效果,对水质很关心。所以,水资源评价应该是综合的,不可轻视任何利益相关者,包括弱势群体。

(5) 优选可量化指标,兼顾难量化指标。应该优先选择容易统计或测量的指标,减少难量化或代表性差的指标,如陆面蒸发量,较难测量,即使测了,也难具有代表性。但对于重要指标,如流域生态环境和水资源管理类指标,虽较难量化,但十分重要,一般不能省略。

对于一个流域(或地区)水资源的总体评价或不同流域之间水资源进行比较,常常采用最有代表性的核心指标。在多达数百种相互有关联的指标中选择核心指标应该遵循通用性、可比性、通俗性、可追溯性和综合性等原则。根据这些原则,表 1 从 7 个方面初步选出 45 项核心指标。表中指标按可量化特性分为可量化指标和难量化指标 2 类(*号表示难量化指标);按含义又可分为单指标和多指标,如产业结构,可分出第一、第二和第三产业 3 个指标。对于难量化的指标,在目前的认识阶段,可以采用专家打分或模糊评判的方法进行初步量化处理。

表 1 建议的核心指标

Table 1 Proposed key indexes

方面	项序	指标名称	注释
水资源自然状态	1	多年平均降雨量	可采用降雨深(mm)表示
	2	年降水变差系数	表示降雨量的年际变化
	3	多年平均径流量	也可采用径流深(mm)。由 1,2 和 3 可得蒸发量和径流系数
	4	水资源总量	m ³
	5	与外流域交换水量	包括调出和调入水量
	6	土壤侵蚀量	t,也可用侵蚀模数 t·km ⁻² /a,代表产沙水平
	7	河流多年输沙量	t/a,代表河流输沙水平
	8	流域面积	km ²
	9	湖泊面积和水量	km ² ,m ³
水资源开发利用状况	10	人均水资源量	m ³ ,代表水资源紧缺程度
	11	灌溉面积	hm ²
	12	水资源利用率	%
	13	水能开发利用率	%
	14	水库总库容	代表河流调控能力和水库规模
	15	人均用水量	代表用水水平
	16	万元产值用水量	代表用水效率
	17	污水排放量	总污水量和各主要指标量
	18	污水处理率	清洁生产和现代化标志之一
	19	耗水率	可以分析回水情况
	20	工业用水重复利用率	可以发现用水效率
生态环境	21	生态环境需水量 *	包括河道内外用水、湿地用水和最小入海流量
	22	水生生物 *	反映生物多样性、生物及其生存环境
	23	污径比	分析河流纳污能力的重要参数之一
经济发展	24	GDP 及增长率	今后要考虑扣除由生态环境破坏造成的损失后的绿色 GDP
	25	产业结构	分析第一、第二、第三产业比重
	26	粮食贸易	分析“虚拟”水的进出
	27	水利投资	可分析供水成本、水利建设和运行成本
社会发展	28	人口及增长率	%
	29	城镇化率	现代化标志之一
	30	基尼系数	包括人们收入协调程度
	31	人均 GDP	现代化标志之一
	32	法制、文化和伦理	市场化、文明化指标
流域管理	33	水权及水市场 *	水商品化标志
	34	水价	供水成本和水资源价值体现
	35	水资源费和排污费 *	水利设施和污水处理厂的维护和运行
	36	用户参与机制 *	公众参与水事,各部门各地方利益是否兼顾
	37	取水和排水管理 *	取排水许可、取排水计量和管理
	38	水资源统一配置 *	流域水利设施联合调度,水量统一分配,应急预案
	39	组织机构及能力建设 *	各级水管机构健全?专业队伍建设 and 公众对水的意识?
	40	流域规划 *	综合规划?定期修订?执行情况?权威性?
	41	水事纠纷调解 *	是否有协调机制,涉水法律法规是否健全?
	42	耕地面积	hm ²
其他资源	43	森林和草原覆盖率	分析水源涵养、生物生境和资源状态
	44	矿产	分析矿产储量、分布、开采及对环境的影响
	45	人文和自然保护区	分析历史、文化和自然遗产

4 长江流域水资源评价

以长江流域为例,在上、中、下游分别选择贵州、

湖北和上海 3 个典型地区进行水资源指标比较,见表 2 所示。其中湖北和上海 95 %以上面积在长江流域,贵州省有 65.7 %面积在长江流域。表中数值均指长江流域内,除标明外均以 2000 年资料为准。由于目前掌握的资料有限,这里仅选择了 29 项指标,但基本不缺项。从水资源和其他自然条件看,3 个地区降雨条件差不多,上海市径流深最小,可能由于没有山区,产流条件差,蒸发量大的原因,但过境

表 2 长江流域及 3 个典型区域水资源指标

Table 2 Water resource indexes in Changjiang River Basin and its three typical regions

方面	指标名称	长江流域	贵州省	湖北省	上海市
水资源自然状态	多年平均降雨量/mm	1 087	1 126	1 180	1 094
	年降水变差系数	0.1~0.4	0.12~0.24	0.15~0.3	0.17~0.26
	多年平均径深/mm	553	587	542	378
	水资源总量/亿 m ³	9 616	668 (长江流域)	1 027.86	25.57
	过境水量/亿 m ³		1 178 (净出)	6 298	9 441
	流域或地区面积/万 km ²	180	11.57	18.59	0.62
	湖泊/亿 m ³			94.80	1.09
	人均水资源量/m ³	2 252	2 356	1 734	193
	灌溉面积/万 hm ²	1 455.8	48.2	206.5	28.6
	水资源利用率/%	17.3	7	26.8	364
水资源开发利用状况	水库总库容/亿 m ³	699.4	58.66	489	0.2
	人均用水量/m ³	410	229 (2001)	472 (2001)	302 (2001)
	万元 GDP 用水量/m ³	550	750 (2001)	625 (2001)	215 (2001)
	污水排放量/亿 m ³	233.9	14.69	39.2 (2002 年)	19.83
	污水处理率/%		3.1	18	55
	耗水率/%	47.8	47 (2001)	49.5 (2001)	18.5 (2001)
	工业用水重复利用率/%			35 (2002)	80 (2002)
	生态环境需水量/m ³				
	水生生物水质等于劣于类/%	9.4	<5	12(中小河流)	51.8
	GDP 及增长率/亿元	31 803.07	845.27	4 262.37	4 551.15
经济发展	农业/工业总值	0.29	0.71	0.37	0.03
	总投资/亿元	10 549	217	1 356	1 870
	人口/万	42 693	2 835.41	5 926.13	1 321.63
社会发展	城镇化率/%	28	15.9	40.2	74.6
	人均 GDP/(元·人 ⁻¹)	7 449	2 981	7 193	34 436
其他资源	水资源综合管理水平	中	一般	中	较高
	耕地面积/km ²	22 369.17	1 385.2	3 273.38	285.89
	森林覆盖率/%		30.83	20	15
	矿产		丰富	中等	缺乏
	人文和自然保护区		丰富	中等	一般



水量很大。所以,从水资源自然条件看,三者条件相差不多。在矿藏和森林等其他资源方面,贵州占有明显优势。从人均水资源量看三者差距较大,上海最小,贵州最大,上海本地水资源根本不够用,主要依靠黄浦江和长江的客水,而贵州水资源利用率仅7%,其余都流到下游地区。从用水效率和污水处理率看,上海最好,万元GDP用水量贵州是上海的3.5倍。从河道水质来看,上海又比贵州要差。从经济发展看,上海市人均GDP是贵州的11.6倍,两地经济发展水平差距相当大。在社会和水资源管理方面,上海市城镇化率已经达到75%,而贵州仅16%。从三地流域水资源公报、水资源管理年报和地方水利(或水务)网站信息全面程度和公开程度看,仍然是上海水资源管理水平最高。从以上比较看,长江上游的贵州具有明显资源优势,但尚没有将资源优势转化为经济和社会发展的优势,其原因是地域远离沿海,交通不便,人才缺乏,管理水平不高和城镇化率低等。而上海则明显具有经济和社会发展水平高的优势,由于有经济优势,通过引进客水和粮食等“虚拟水”,弥补了资源不足的劣势,如果再提高节水管理水平和加大水环境资金投入,上海仍然有较大的发展空间。

利用条件,还要看流域或地区经济社会发展水平、管理水平、生态环境和其他相关资源条件。所以,为了更全面和科学地评价水资源的承载能力和水资源配置,建立广义水资源评价指标体系是十分必要的。当然,要使这项工作更具有科学性,尚有许多问题值得研究,如生态环境和管理等指标量化,公共指标与地区特征指标的选择,指标阈值的确定和评价方法等都有待进一步研究。

参考文献:

- [1] SL/T238-1999, 水资源评价导则[S].
- [2] 陈家琦,钱正英. 关于水资源评价和人均水资源量指标的一些问题[J]. 中国水利, 2003, (11A): 42 - 44.
- [3] 王浩,秦大庸,陈晓军,等. 水资源评价准则及其计算口径[J]. 水利水电技术, 2004, 35(2): 1 - 4.
- [4] 周维博,李佩成. 干旱半干旱地域灌区水资源综合效应评价体系研究[J]. 自然资源学报, 2003, 18(3): 288 - 293.
- [5] 廖文根,彭静,何少苓. 水环境承载力及其评价体系探讨[A]. 水资源及水环境承载力[C]. 北京:中国水利水电出版社, 2002. 14 - 22.
- [6] 陈进,黄薇. 水资源承载力的弹性区间[J]. 长江科学院院报, 2004, 21(6): 65 - 68.

(编辑:陈绍选)

5 结 语

水资源的可持续利用不仅靠水资源自然和开发

Generalized Index System of Water Resource Evaluation for River Basin

HUANG Wei, CHEN Jin

(Yangtze River Scientific Research Institute, Wuhan 430010, China)

Abstract: In order to completely analyze carrying capacity of river basin water resource, based on different aspect factors affecting water resource carrying capacity and using system method, a generalized index system relating to water resource assessment of river basin is proposed. The establishment of economy, environment and society indexes and the effects of these indexes on water resource evaluation of river basin are especially analyzed. Using these united indexes to evaluate the relation between development of economy, society, environment and water resource among different areas is discussed for typical areas in upstream, middlestream and downstream of Changjiang River Basin. The result shows that using generalized index system to assess river water resource is a better method to reflect water resource sustainable utilization.

Key words: water resource evaluation; index system; Changjiang River Basin; ecology and environment; society and economy