

区域水资源可持续利用及其评价指标体系研究^{*}

徐良芳, 冯国章, 刘俊民

(西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨陵 712100)

[摘要] 阐明了区域水资源实行可持续利用的必要性, 分析了现有区域水资源可持续利用评价指标体系的国内外研究进展和存在的不足, 建立了区域水资源可持续利用评价指标体系, 提出运用离差法、主成分分析和层次分析方法计算指标, 利用动态和静态相结合的方法对指标进行评价。

[关键词] 区域水资源; 可持续利用; 评价指标体系

[中图分类号] TV 213.4 **[文献标识码]** A

[文章编号] 1000-2782(2002)02-0119-04

众所周知, 水是人类社会赖以生存和发展的不可替代的自然资源, 是区域可持续发展的重要保证。但是由于水资源缺乏, 时空分布不均; 加之工程供水能力不足, 水的有效利用率低, 供需矛盾日益突出; 以及由于管理不善所造成的水体污染, 生态环境恶化, 一些地区或部门之间用水矛盾十分尖锐等, 严重地阻碍了水资源的功能发挥, 使得水资源的开发和利用面临严峻的挑战。水不再是一种取之不竭、用之不尽的无限资源, 而越来越成为一种有限的资源。随着人口的增长, 经济的发展, 水已成为制约区域社会、经济、环境发展的关键因素。因此, 必须深入研究区域水资源面临的问题, 以实现区域水资源的可持续利用, 保证区域社会、经济、环境可持续发展。

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。到目前为止, 尽管对区域水资源可持续利用研究较多, 但还没有较好的区域水资源可持续利用评价模式和方法, 更没有统一的指标体系。因此, 全面、深刻地理解区域水资源可持续利用内涵, 深入、系统地研究区域水资源面临的问题和区域水资源可持续利用评价问题, 对区域的可持续发展具有重要的理论意义和实践价值。对区域水资源可持续利用来讲, 当务之急是建立的一套实用的反映

或衡量区域水资源与可持续发展关系的水资源可持续利用评价指标体系, 并提出评价方法和标准, 以对区域水资源可持续利用进行评价和预测。这对于区域水资源科学而合理的开发、利用、保护和管理都具有重要的指导意义, 并对区域社会经济的发展决策具有重要的理论价值, 为保证区域水资源—社会—经济—环境这一复合系统的协调发展提供科学依据。

1 国内外研究的历史与现状

“可持续发展”这一术语是国际自然联盟于1980年首先提出来的。20世纪80年代挪威首相Brudland夫人等在世界环境与发展委员会上明确提出可持续发展概念。1992年6月, 在巴西里约热内卢由联合国召开的世界环境与发展大会通过的“21世纪议程”确定了可持续原则, 可持续发展已得到人们的共识。

在可持续发展中, 研究的热点之一是评价指标及其评价方法, 从现有的研究成果来看, 可持续发展指标涉及到可持续发展的各个方面。许多国际机构(如联合国可持续发展委员会, 世界银行等), 非政府组织(环境科学委员会, 世界自然资源保护同盟等)和一些国家(英国, 荷兰, 加拿大等), 以及一些学者(如Bossel等)都对可持续发展指标体系展开了研究, 提出了各自的指标体系和研究方法。我国将可持续发展作为一项重大战略在全国实施, 目前我国可持续发展指标的研究是国家统计局统计科学研究所和《中国21世纪议程》管理中心尝试建立的一套国

^{*} [收稿日期] 2001-05-21

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(50179031)

[作者简介] 徐良芳(1976-), 女, 重庆市人, 在读硕士, 主要从事水资源管理与利用研究。

家级的可持续发展指标体系,其总体结构是将可持续发展的指标体系分成经济、社会、人口、资源、环境和科教 6 个子系统。还有一些研究部门及学者在如何选择指标,建立可持续发展指标体系及其评价方法和标准上作了大量的研究,并取得了很大的进展^[1~3]。这些现有的研究成果对于发展水资源可持续利用指标体系具有十分重要的借鉴和参考价值。

现有的可持续发展指标体系中,有相当一部分涉及到一些与水资源有关的指标,但数量不多,如联合国最新指标体系中与 21 世纪议程第 18 章对应的驱动力指标只有 2 项,状态指标 3 项,响应指标 2 项。但这些指标只适用于大范围的研究区域如国家乃至全球,对区域水资源可持续利用评价并无多大的实用价值。我国目前对水资源与可持续发展有关的指标研究取得了一定成果。例如:刘旺^[4]提出水资源可持续利用评价指标体系中应包含自然生态因素,社会因素,经济因素,在每个影响因素下又存在许多影响因子;左东启^[5]提出了一些水资源评价指标;陈宁^[6]不仅提出了水资源指标,还提出了一些社会经济指标;王慧明^[7]不仅提出了构建指标体系的基本原则和筛选指标的方法,还提出了测度指标体系结构和流域复合系统可持续发展的测度方法等等。这些指标体系对进一步发展完善水资源可持续利用评价指标体系是十分有用的,但还存在一些不足之处,它们虽然也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,难以反映水资源对可持续发展的影响程度。所以,对水资源可持续利用评价,目前还难以找到一套切实可行的评价指标体系,而且现有的指标还存在以下不足之处:

(1) 对建立指标体系的原则和方法阐述不够明确。

(2) 对现有的指标反映不够全面。由于对水资源可持续利用理解不够深刻,因而选用的指标不太全面,特别是社会、经济、环境方面的指标还较少,所选用的指标大多是反映水资源本身的指标。指标体系作为一个有机的整体是多种因素综合作用的结果。因此,指标体系应反映出影响可持续发展的各个方面,从不同角度体现被评价系统的主要特征和状况。

(3) 对如何选择指标研究不够。对于指标体系中的指标,有些指标是基本的,也是可测的,但是反映的内容比较单一,所以,还需创建一些新的综合性指标,尽量使指标体系反映全面、深刻。

(4) 选择指标时,灵活性不够。不同的地区,有不同的水资源条件,不同的社会经济发展水平,不同的种族和文化背景。因此,对于不同评价目的,要选择不同的指标。

(5) 指标如何得到,通过什么途径获得,尚无明确的答案。

(6) 指标的可操作性不强,实用价值不大。水资源可持续利用指标可以罗列出不少,但真正实用,具有可操作性的不多。

(7) 对可测指标的动态研究不够。现有水资源可持续利用评价指标体系中的指标,基本上反映的都是静态,而指标体系的可持续性就体现在指标的动态变化上,指标在过去、现在及未来时刻变化,只有建立在指标的动态变化分析上,才能对指标的发展过程进行比较、分析,才能知道区域以水资源为主导因素的资源—社会—经济—环境这一复合系统的可持续发展状况。

2 水资源可持续利用的理论基础

水资源是一种可再生的资源,它本身所具有的可持续性是对其进行可持续利用研究的前提;水资源具有社会属性,它一方面为区域社会、经济的发展提供可靠的供水保证,另一方面社会、经济的发展也极大地影响着水资源的开发、利用、管理水平;水资源具有环境属性,它是环境的组成部分,区域内良好的自然生态环境是保证水资源的前提基础。这样,水资源的可持续性、社会属性、环境属性为水资源的可持续利用构筑了坚实的理论基础。

3 区域水资源可持续利用评价指标体系的建立

3.1 指标体系的建立原则

判断一个区域以水资源为主要控制因素的资源—社会—经济—环境这一复合系统是否实现了可持续发展,必须建立该区域水资源可持续利用评价指标体系和相应的衡量标准与方法,才能给出可持续与否的科学界定。因此,区域水资源可持续利用评价指标体系不仅要体现该区域水资源本身的特征、开发、利用、管理状况即水资源系统的发展水平,与水相关的社会系统、经济系统、环境系统的发展水平,还要反映水资源系统与社会系统、经济系统、环境系统的协调发展状况和协调程度,以及复合系统的可持续发展能力。基于这种思想,在选择指标构建指标体系时,必须遵循如下原则:

(1) 全面性和独立性相结合。所选择的指标既要尽量全面地反映区域水资源可持续利用这一复合系统的各个方面, 又要求精炼, 避免信息重复, 从而影响评价结果的精度。

(2) 系统性和层次性相结合。区域以水资源为主导因素的资源—社会—经济—环境这一复合系统的内部非常复杂, 各个子系统之间相互影响, 相互制约。因此, 要求建立的指标体系层次分明, 不仅要反映各子系统各自的特征, 更要体现水资源系统与其

他系统之间的相互关系。

(3) 可操作性。建立的指标体系往往在理论上反映较好, 但实践性不强。因此, 在选指标时, 不能脱离指标相关资料信息条件的实际, 尽量选择那些关键性的具有综合性的指标, 使得建立的指标体系简洁明确, 易于计算和分析。

3.2 区域水资源可持续利用指标体系的建立

基于以上的理论分析, 建立的区域水资源可持续利用指标体系如图 1 所示。



图 1 区域水资源可持续利用评价指标体系

Fig 1 An evaluation index system of sustainable utilization for regional water resources

在图 1 指标体系中, 可持续度为总目标层, 主要体现区域水资源复合系统发展对整个系统的发展水平, 系统内水资源系统与社会、经济、环境系统之间的协调状况, 复合系统可持续发展能力的满意程度; 准则层包括 3 项指数: 发展水平指数是指区域水资源复合系统或者各个子系统的发展程度; 协调水平指数是指区域水资源系统与社会、经济、环境的协调

程度; 发展能力指数是指复合系统所具有的可持续发展能力; 领域层与指标层略。

4 水资源可持续利用指标的计算

4.1 采用离差法^[8]计算单项指标(指标层)

(1) 发展型指标(如人均 GDP):

$$T_{nb} = [(T_n - T_0) / (T_b - T_0)] \times 100\%$$

式中, T_{nb} 为 n 年份(或时间段)的指标值, T_b 为统计平均值, T_0 为最低值, 如 GDP 的底值线, T_n 为 n 年份实际测量或统计数值。

(2) 限制型指标(如水资源承载力):

$$T'_n = [(T_n - T_0)/T_0] \times 100\%$$

式中, T'_n 为第 n 年份(或时间段)的指标值, T_0 为指标不可持续性的标准值(或参考值), T_n 为 n 年份实际测量或统计数值。

(3) 协调型(并非协调指标)指标(如科技投入):

$$T_{nb} = [(T_n - T_0)/(T_b - T_0)] \times 100\%$$

式中, T_{nb} 为 n 年份(或时间段)的指标值, T_b 为统计平均值, T_0 为最低值即零值, T_n 为 n 年份实际测量或统计数值。

4.2 采用主成分分析法计算领域层指标

对各个子系统的发展水平指数、各子系统之间的协调程度指数(领域层)运用主成分分析法。例如:把系统的 P 个指标 $X = (x_1, x_2, \dots, x_p)$, 采用线性组合方式表示为另一组随机变量

$$y = (y_1, y_2, \dots, y_r) \text{ 即 } y_i = \sum_{j=1}^r l_{ij}x_j \quad j = 1, 2, \dots, r$$

设主成分 y_i 的方差 $V(y_i) = \lambda_i, i = 1, 2, \dots, r$, 令

$$g_i = \lambda_i / \sum_{j=1}^r \lambda_j$$

即 g_i 为第 i 个主成分的贡献率, 该指标越大, 则表

明指标概括 $x_1, x_2, \dots, x_p$ 的能力越强。 $\sum_{j=1}^r \lambda_j$ 则为前 j 个主成分的累积贡献率。在实际应用中, 当累积贡献率达 90% 左右时, 即若 $\sum_{j=1}^r g_j \geq 90\%$, 则令

$$F = g_1y_1 + g_2y_2 + \dots + g_ry_r$$

F 即为该区域某一子系统的综合发展水平。

4.3 目标层和准则层指标的计算

目标层和准则层指标的计算, 用层次分析法确定权重后, 运用加权求和的方法即可求得。

$$Q = \sum I_i W_i$$

I_i, W_i 为下一级指标的评价值和权重。

5 评价方法

为了形象具体地反映区域水资源可持续利用这一复合系统的发展水平, 协调状况, 可持续发展能力, 拟采用动态和静态相结合的方法进行评价。静态的评价方法即是算出指标在具体某一水平年的评价, 而动态的评价方法即是建立指标的动态模型(即建立指标在某一时间段的变化发展曲线), 则可根据指标的变化状况, 进行比较分析, 指出区域水资源开发利用管理中以及区域社会、经济、环境发展中存在的问题, 并提出相应的解决措施。

[参考文献]

- [1] 曹利军, 王华东. 可持续发展评价指标体系建立原理与方法研究[J]. 环境科学学报, 1998, 18(5): 526- 532
- [2] 方创琳, 毛汉英. 区域发展规划指标体系建立方法探讨[J]. 地理学报, 1999, 54(5): 410- 419
- [3] 郝晓辉. 可持续发展指标体系初探[J]. 国土开发与整治, 1996, 6(3): 33- 39
- [4] 刘旺. 水资源可持续利用评价方法研究[J]. 四川师范大学学报(自然科学版), 1999, 22(4): 453- 456
- [5] 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- 373
- [6] 陈宁, 张彦军. 水资源可持续发展的概念、内涵及指标体系[J]. 地域研究与开发, 1998, 17(4): 37- 39
- [7] 王慧明. 流域复合系统可持续发展测度[J]. 河海大学学报, 1999, 27(3): 45- 48
- [8] 周海林. 可持续评价指标(体系)及其确定方法的探讨[J]. 中国环境科学, 1999, 19(4): 360- 364

Sustainable utilization and evaluation index system for regional water resources

XU Liang-fang, **FEENG Guo-zhang**, LIU Jun-ming

(College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: This paper points out that the regional water resources must be sustainably utilized, and analyzes the development at home and abroad as well as the disadvantages of evaluation index system for regional water resources. An evaluation index system is set up. It proposes that deviation method, main ingredient analysis method and analytic hierarchy process method should be applied in calculating indexes. In the end, the static method and dynamic method for evaluating indexes are put forward.

Key words: regional water resources; sustainable utilization; evaluation index system