

区域水资源承载力的研究进展及其理论探析*

姚治君¹, 王建华², 江 东¹, 陈传友¹

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国水利水电科学研究院水资源研究所, 北京 100044)

摘要: 在总结区域水资源承载力研究历史和现状的基础上, 定义了水资源承载力的概念, 并阐述了水资源承载力的内涵与特性。在分析区域水资源承载力影响因子之后, 研究了区域水资源承载力的理论研究层次, 对水资源承载力的理论体系的建立作了较为深入的探析。

关 键 词: 水资源; 承载力; 理论

中图分类号: TV 213.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-6791(2002)01-0111-05

随着人口的增长、工业化城市化的进程不断推进, 环境污染、资源短缺等问题日益突出, 实现人类社会可持续发展的核心问题就是如何将人类活动控制在资源、环境和生态的承受范围内。于是承载力的概念逐渐被人们所接受并应用到有关方面, 水资源承载力研究也应运而生。

1 水资源承载力研究进展

1.1 水资源承载力概念

区域水资源承载力(Regional Water Carrying Capacity)的理论研究, 国际上单项研究的成果较少, 大多将其纳入可持续发展理论中, 如 Joardor 等(1998)从供水的角度对城市水资源承载力进行了相关研究, 并将其纳入城市发展规划当中^[1]; Rijberman. J 等在研究城市水资源评价和管理体系中将承载力作为城市水资源安全保障的衡量标准^[2]; Harris 着重研究了农业生产区域水资源农业承载力, 将此作为区域发展潜力的一项衡量标准^[3,4]。

在国内这方面研究起步较晚, 20 世纪 80 年代末施雅风明确提出了水资源承载力的概念, 但迄今为止仍然没有形成一个系统的、科学的理论体系, 即便是关于区域水资源承载力的定义, 国内外也没有统一的认识, 许多学者都提出了自己的观点(冯尚友, 1999; 崔凤军, 1998; 陈传友, 1999; 傅湘, 2000)^[5,6]。综合这些定义, 对于水资源承载力的观点可以概括为:

- (1) 区域水资源承载力一定意义上等同于区域供水量;
- (2) 区域水资源承载力就是区域现状水资源负载状况;
- (3) 区域水资源承载力可以用区域内所能供养人口的数量来刻划。

* 收稿日期: 2001-03-27; 修订日期: 2001-05-21

基金项目: 中科院地理科学与资源所创新项目 (CXIOGA00-07-02); 国家重点基础研究发展规划 (973) 项目 (G1999043602) 资助

作者简介: 姚治君 (1959 -), 男, 辽宁沈阳人, 中国科学院地理科学与资源所研究员, 主要从事区域水资源与农田水利方面研究。

实际上,区域水资源承载力是一个具有自然-社会双重属性的概念,既反映了水资源系统满足社会经济系统的能力,也与社会经济系统开发自然水资源系统的深度有关,其大小取决于区域自然环境、水资源量、社会经济技术水平、社会经济结构和承载驱动力大小等诸多因素。

1.2 水资源承载力的研究方法

常见用于资源承载力以及水资源承载力的方法有:背景分析法、多因素综合评价方法、多目标规划方法、多目标决策分析方法等等^[7,8]。

背景分析法就是在一定历史时段内自然的和背景相似的研究区域的实际情况做对比,推算对比区域可能的承载能力。最直观和简单的水资源承载能力的背景分析例子如河西走廊石羊河流域与以色列全国的比较。两个区域天然水资源量、面积、气候条件等几乎相当,但支撑的社会经济规模和水平却相差较大,前者 1995 年支撑水平为 214 万人和人均收入约 100 美元,而后者则为 500 万人和人均收入 1 000 美元,从而推算出石羊河流域水资源还应有较大的承载潜力。背景分析法只采用一个或几个承载因子分析,因子之间相互独立,简单易行,但分析多局限于静态的历史背景,割裂了资源、社会、环境之间的相互作用的联系,对水资源承载能力这一复杂的自然-社会经济系统来说显得过于单薄。

最早将多目标决策分析技术引入承载能力分析的是澳大利亚学者 Millington (1973)。1997 年,我国将这一方法引入华北地区水资源承载力的研究中(水科院,1997),分析了区域水资源承载现状,并预测了 2030 年华北地区未来时期的承载状况。国家“九五”攻关项目西北地区水资源合理开发利用与生态环境保护研究中,多目标规划方法也成为水资源优化配置时的主要手段之一(水科院,1999)。由于多目标规划问题在求解技术上存在的困难,难以全面考虑系统的影响因素。近些年,由于计算机技术的发展以及数学规划工具的日臻完善,分析人员可以将精力更集中在模型建立、方案构成和目标选择上,特别是由于经济、社会、资源、环境综合分析具有的决策内涵。但总的来说,在水资源承载能力的研究中,多目标规划方法无论是在其规划目标的选定还是资源-经济-生态的内涵联系的刻划上都存在一定的困难。

模糊综合评判方法就是用模糊数学对受多种因素制约的事物和现象作出一个总体评价的方法。由于模糊综合评判的实质就是对主观产生的“离散”过程进行综合的处理,其方法本身存在明显的缺陷,体现在剔小取大的运算法则使大量有用信息遗失,模型的信息利用率低,当评价因素越多,遗失的有用信息就越多,信息利用率也越多,误判的可能性就越大。将模糊综合评判运用于区域水资源承载力的评价中(许有鹏,1993),无论是在评判因素的选取上,还是因素对承载力的影响程度上都存在一定的局限性。

区域水资源承载能力的确定是区域发展的基础和前提。今后水资源承载力研究发展的趋势主要集中在以下几个方面:一是考虑人类活动影响下的水资源演变和相关的生态环境演变,这将影响资源承载力计算的基础;二是考虑水资源合理配置模式,因在干旱区水资源同时承载着社会经济系统和生态环境系统,相应地水资源合理配置也要同时考虑经济用水和生态用水的平衡;三是承载能力计算中不但要考虑经济结构变化,也要考虑干旱区生态系统的层圈结构变化,另外包括两者的相互影响;四是要考虑市场经济条件下由产品交换导致的水资源调入调出。

龚家栋. 引自以色列新闻中心. 以色列概况. (该水资源还支撑着巴勒斯坦约 200 万人口,本文注)。

2 区域水资源承载力理论探析

在前人研究的基础上,分析水资源承载力的内涵与特性,区域水资源承载力可定义为“在将来不同的时空尺度上,以预期的经济技术发展水平为依据,在对生态环境不构成危害的条件下,经过合理的水资源优化配置,某一区域内水资源持续供养区域经济规模和人口发展的最大能力”^[9]。

2.1 水资源承载力内涵分析

(1) 时空内涵 从区域水资源承载力的定义可看出,水资源承载力具有明显的空间性和时序性。首先,它有明显的空间内涵,表现在两方面:其一,区域水资源承载力具有相应的空间,一般在没有外流域调水的情况下,区域水资源是指当地水资源;其二,相同数量的水资源在不同区域上,相对应的水资源承载力是不相同的。另外区域水资源具有时序内涵,区域水资源承载力是指区域水资源在“将来不同时间尺度”上的承载能力,包括两重内涵:其一,区域水资源承载力是指“将来”时段上的负载状况,具有特定的时间内涵;其二,区域水资源承载力是指“不同的时间尺度”上的负载能力,主要体现的未来不同时段,区域水资源的外延和内涵都会有不同的发展。

(2) 社会经济内涵 区域水资源承载力的社会经济内涵主要表现在三方面:其一,区域水资源承载力是以“预期的经济技术发展水平”为依据。这里预期的经济技术水平主要包括区域水资源的投资水平、水资源开发利用和管理水平。其二,区域水资源承载力是“经过合理的水资源优化配置”而得到的,而区域水资源优化配置是一种典型的社会经济活动行为。其三,区域水资源承载力的最终表象为“区域经济规模和人口数量”。人口和相应的社会体系是区域水资源的承载对象,因此水资源承载力的大小是通过人口以及相对应的社会经济水平和生活水平体现出来。

(3) 持续内涵 区域水资源承载力的前提条件是“对生态环境不构成危害”,对社会的支持方式是“持续供养”,这充分体现了区域水资源承载力的持续内涵。基于区域水资源承载力的持续内涵,就可以澄清“适度水资源承载力”和“最大水资源承载力”(高吉喜,1998)概念间的辨析。另外持续的内涵还表现在水资源承载力的增强是持续的,即无论以何种方式进行水资源承载力增强过程的操作,但随着社会的持续发展,水资源承载力的增强总是持续的。

2.2 水资源承载力的特性及其影响因子分析

(1) 有限性 水资源承载力的有限性是指在某一具体的历史发展阶段,水资源承载力具有有界的特性,即存在可能的最大承载上限,其原因主要是自然条件和社会因素的约束。具体地说,包括区域水资源条件的约束、社会经济技术水平的约束和生态环境的约束。

(2) 动态性 动态性是指水资源承载力与具体的历史发展阶段有直接的联系,不同的发展阶段有不同的承载能力。水资源承载力是一个动态的概念,这是因为承载力的主体和客体都是动态的,即水资源系统和社会经济系统都是动态的,具体体现在人对于水资源的能动性在不断变化和人类社会为适应区域水资源形势也在不断调整社会结构两大方面。

(3) 可增强性 区域水资源承载力是可以增强的,其直接驱动力是人类社会对水资源需求的增加,在这种驱动力的驱使下,人们一方面拓宽水资源利用量的外延,如地下水的开采、雨水集流、海水的淡化、污水处理回用等;另一方面利用水资源使用内涵的不断添加和丰富,来增强水资源承载力,如用水结构的调整和水资源的重复利用等等。需水量零增长的概念的提出(刘昌明,1997)就是区域水资源量不增加的情况下,而水资源承载力增强的体现。

区域水资源承载力受其周边诸多因素的影响,主要包括资源限制、环境条件、科技进步、制度安排等方面。影响区域水资源的承载力主要包括 水资源的数量和质量; 水资源开发利用现状; 不同社会经济阶段社会发展规模和水资源事业费的投入; 水资源活动的经济评价。

2.3 区域水资源承载力的理论研究层次

概括来说,对区域水资源承载力的理论研究从低到高大致可分为以下三个层次:

(1) 区域水资源的内部转换以及区域水资源开发利用与环境之间平衡关系研究 区域水资源的内部转换以及区域水资源开发利用与环境之间平衡关系研究包括两方面内容,即水资源内部转换和水资源的开发利用对环境的影响。随着人类活动对水循环过程的干扰加剧,今后对于水资源转换应注意以下几方面: 人类活动改变水循环路径的研究; 人类活动对流域水文特性的改变的研究; 人类活动对水循环动力条件改变的研究。

区域水资源开发利用与环境之间平衡关系是水资源承载力理论研究的另一个重要基础,这里所说的环境主要包括生态环境和工程环境两方面。水资源作为生态环境的有机组成和控制性因素,单纯基于社会经济系统的水资源开发利用必然会影响到由水资源系统、人类社会系统、生态环境系统共同构成的复杂巨系统的稳定性。在各种水资源和生态环境问题的胁迫下,现代水资源承载力的研究必须囊括水资源系统、生态环境系统和社会经济系统三者平衡关系的研究,其重点包括生态需水的研究和区域环境容量的研究。

(2) 区域水资源状态与社会经济结构的适配关系的研究 区域水资源承载力有很强的地域特征,因此区域的社会经济结构必须和区域内的水资源状态相适配。现代的区域可持续发展战略要求宏观经济必须从传统的外延式自然资源消耗型转变为经济对自然资源的内涵式增长,对于水资源而言,就是要求社会通过经济结构的调整和用水水平的提高,不增加水资源绝对值而实现区域经济发展。在经济部门内,对于水资源供需平衡的调节主要是通过采取先进的用水技术、安装节水装置和加强用水管理来控制部门用水额度。在缺水地区鼓励发展单位产值耗水小的产业部门,控制单位产值相对大的产业部门的发展规模,同时兼顾当地产业结构体系的完整和生产布局的合理性,使得区域发展过程中经济整体的单位耗水率大幅度下降,从而实现使区域水资源和社会经济发展的良好适配状态。

(3) 社会需求与水资源承载力之间平衡关系研究 在传统的规划方法中,常采用“以需定供”的水资源配置模式,这种模式考虑社会需水因素,但忽视了影响需水诸因素间的动态制约关系,特别是它忽略了水资源承载力对于社会需求的制约。水资源规划的另一种方法是“以供定需”。“以供定需”的水资源规划模式的缺陷体现在在需水和投资两方面的计算上的依据都不足。

实际上,在现代水资源态势的约束下,区域水资源开发利用方式必须由原来的粗放开采型转变为可持续利用型,即将与需水相联系的宏观经济系统与供水相联系的区域水资源系统结合起来研究。在水资源规划过程中,必须将水资源的社会需求和水资源承载力联系起来,在生态环境系统可持续约束下,将影响供水和需水的主要因素均作为内生变量来考虑,在各个规划水平年应尽量保持需水、供水和水质的动态平衡。因此必须在对水资源的需求与水资源承载能力之间寻找一个平衡区域,研究两者的平衡关系,同时考虑对需水的控制以及需水和供水间的相互作用,并在定量的基础上进行多目标可持续意义下的优化配置,以保证水资源规划的可行性和现实性。

2.4 提高区域水资源承载力的途径和措施的研究

水资源承载力研究的目的是为了解决区域水资源承载力与区域水资源承载负荷或负荷期望

值间的矛盾,其最终研究阶段必然是区域水资源承载力增强途径与措施的研究。

水资源开发利用的过程实际上是一个“水资源量 取水量 利用量 合理利用量”的过程,可将这个过程分解四个节点和三个流程,四个节点分别为水资源量、取水量、利用量、合理利用量,三个流程就是开发过程、传输过程和合理利用过程。提高区域水资源承载力的途径和措施就是加大节点的内涵和减少流程中的损失。其中,加大节点内涵的内容包括:增加水资源量、增加取水量、增加利用量在取水量中的比例和合理利用水资源,使合理利用量的比率增大;减少流程中的损失的内容包括:减少取水过程、输水过程和利用过程中的损失量。

关于区域水资源承载力的研究,目前还没有一个完整的理论体系,笔者在此作这方面的探索,以期望为提高我国区域水资源承载力作一理论上的尝试。

参考文献:

- [1] Harris Jonathan M, *et al.* Carrying capacity in Agriculture: Gobe and regional issue. *Ecological Economics*[J]. 1999, 129(3):443 - 461.
- [2] Rijisberman, *et al.* Different approaches to assessment of design and management of sustainable urban water system[J]. *Environment Impact Assessment Review*. 2000, 129(3):333 - 345.
- [3] Munther J, Haddadin. Water issue in Hashemite Jordan, *Arab Study Quarterly*[J]. Belmont, Spring 2000, 22(5):54 - 67.
- [4] Hrllich, Anne H. Looking for the Ceiling: Estimates of the Earth's carrying capacity[J]. *American Scientist*, Research Triangle Park, 1996, 84(5):494 - 499.
- [5] 崔凤军. 城市水环境承载力及其实证研究[J]. *自然资源学报*, 1998, (1), 72 - 78.
- [6] 傅 湘, 纪昌明. 区域水资源承载能力综合评价[J]. *长江流域资源与环境*, 1999, (2), 31 - 37.
- [7] 高彦春. 区域水资源供需协调分析及模拟预测[D]. 北京:中国科学院地理科学与资源研究所, 1998.
- [8] 马宏志. 石羊河流域水资源承载能力分析[D]. 北京:清华大学, 1998.
- [9] 王建华. SD 支持下的区域水资源承载力预测模型的研究[D]. 北京:中国科学院地理科学与资源研究所, 2000.

Advances in study on regional water resources carrying capacity and research on its theory^{*}

YAO Zhi-jun¹, WANG Jian-hua², JIANG Dong¹, CHEN Chuan-you¹

(1. *Institute of Geography Science and Resources, CAS, Beijing 100101, China;*

2. *China Institute of Water Resources and Hydropower, Beijing 100044, China*)

Abstract: Based on the summarization of research status quo of regional water resources carrying capacity, the paper defines the water resources carrying capacity and expounds its connotation and characteristic. After analyzing the influence factors of the regional water resources carrying capacity, it studies the theory arrangements and explores the theory system of regional water resources carrying capacity.

Key words: water resources; carrying capacity; theory

^{*} The project is a Key Basic Research Programme(973)of China(GI999043602).