

# 水资源承载力研究理论及方法初探

张戈平<sup>1</sup>, 朱连勇<sup>2</sup>

(1. 东北农业大学, 哈尔滨 150030; 2. 新疆塔里木农垦大学, 新疆阿拉尔 843300)

**摘 要:** 水资源承载力涉及到整个资源、经济、环境大系统, 水资源承载力与社会、经济、环境可持续发展是否协调是全球关注的重大问题。探讨水资源承载力的概念、特性及组成, 总结概括水资源承载力分析方法, 其进一步研究应加强学科综合研究, 促进 GIS 等信息技术的结合运用。

**关键词:** 水资源承载力; 分析方法; 研究趋势

**中图分类号:** S273

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2003)02-0148-03

## Primary Study on the Theories and Process of Water Resources Carrying Capacity

ZHANG Ge-ping<sup>1</sup>, ZHU Lian-yong<sup>2</sup>

(1. Northeast Agriculture Institute, Harbin 150030, Heilongjiang, China;

2. Tarim University of Agriculture, Alar 843300, Xinjiang, China)

**Abstract:** Water resources carrying capacity (WRCC) relates to economy, environment and other resources. It focuses on the WRCC's principle index, characteristics and components, and summarizes the evaluation methods of WRCC study. Finally, the authors point out that the further study of WRCC should strengthen intergration study of different subject, apply the new technology of GIS and so forth.

**Key words:** water resources carrying capacity; evaluation methods; study direction

在可预见的三四十年来,我国人口将达到 16 亿,经济增长将达到世界中等发达国家的水平,这无疑对水资源的需求和压力将越来越大。人口压力、资源短缺和环境恶化,资源、环境、人口、发展之间的矛盾日益尖锐。如何将人类活动控制在资源、环境和生态的承受范围内,处理好开发与保护、人口与资源以及可持续发展的关系,已成为科学界研究的热点之一。承载力的概念随之被人们接受并运用到有关方面,水资源承载力的研究也应运而生。

### 1 水资源承载力相关理论

#### 1.1 水资源承载力概念

“承载力”一词原为物理力学中的一个物理量,指物体在不产生任何破坏时的极限负荷。后被生态学借用,用以衡量特定区域在某一环境条件下可维持某一物种个体的最大数量。在对资源短缺和环境污染问题的研究中,“承载力”概念得到延伸发展并广泛用于说明环境或生态系统承受发展和特定活动能力的限度。承载力概念的演化与发展是对发展中

出现问题的反应与变化的结果。在不同的发展阶段,产生了不同的承载力概念和相应的承载力理论。如针对土地资源短缺问题,人们提出了土地资源承载力的概念和理论,针对环境问题,提出了环境承载力的概念和理论。“水资源承载力”是随水问题的日益突出由我国学者在 80 年代末提出的。水资源承载力是一个国家或地区持续发展过程中各种自然资源承载力的重要组成部分,且往往是水资源紧缺和贫水地区制约人类社会发展的“瓶颈”因素,它对一个国家或地区综合发展和发展规模有至关重要的影响。

鉴于水资源承载力研究的现实与长远意义,对它的理解和界定,要遵循下列事实:

(1) 必须把它置于可持续发展战略构架下进行讨论。

(2) 要把它作为生态经济系统的一员,综合考虑水资源对地区人口、资源、环境和经济协调发展的支撑能力。

(3) 要识别水资源与其它资源不同的特点,它既是生命、环境系统不可缺少的要素,又是经济、社会发展的物质基础,既是可再生、流动的、不可浓缩的资源,又是可耗竭、可污染、

利害并存和不确定性的资源。

(4) 水资源承载能力受自然因素影响外, 还受许多社会因素影响和制约, 如受社会经济状况、国家方针政策(包括水政策)、管理水平和社会协调发展机制等影响。

据上述认识, 可这样定义水资源承载力: 在一定区域内, 在一定生活水平和一定生态环境质量下, 天然水资源的可供水量能够支持人口、环境与经济协调发展的能力或限度。

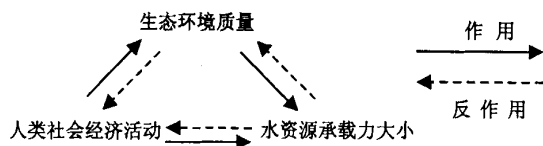
### 1.2 水资源承载力特性

在不同的生态环境中, 水资源系统对社会、经济的发展支撑能力有一个“阈值”, 这个“阈值”的大小取决于该地区生态环境系统与社会经济系统两个方面。在不同时间、不同区间、不同生态、不同社会经济状况下, “阈值”的取值是不同的。因此, 水资源承载能力具有以下特性:

(1) 时变性。水资源承载力随着时间而变化, 同时又不断地受到社会、经济系统愈来愈强的作用。这种特性, 要求人们的经济行为既要适应时间的变化, 同时又要发挥主观能动性, 对水资源承载力进行调控。因此, 水资源承载力具有特定的时间内涵。

(2) 空间变异性。在不同区域, 相同水资源量的承载力是有差异的。我们知道, 生态环境是由各个自然要素组合成的统一体。水资源是其中的重要组成成分之一。而且在对生态环境响应过程中, 水资源是一种灵敏度较高的因素, 水资源可利用量的多少可直接反映该生态环境的稳定性。所以, 当生态环境较弱时, 水资源的承载力相对较小, 反之则较高。水资源承载力的空间变异性, 要求人们在一定时期内, 人类活动应根据空间差异进行合理布局, 协调好区域之间的发展, 从整体上最大限度地合理利用水资源。

(3) 可控性。区域水资源承载力的大小, 一方面受制于生态环境中的物质与结构, 另一方面, 受控于人类社会经济活动的发展。三者的相互关系如下:



这种关系需要人类有目的地对生态环境加以改造, 使得水资源承载力的质和量朝着有利于人类的目标发生变化。

### 1.3 水资源承载力的组成

评价地区水资源承载能力的目的, 在于提示有限水资源与人口、环境和经济发展的关系, 从中找出制约地区发展的因素和条件, 以利统筹对策, 促进全社会的持续发展。然而, 水资源对地区发展的支撑条件, 并不仅仅体现在可供水量的多少, 更需要从水资源对人类社会所产生的利害关系全面考虑, 综合评价。据此, 一个地区的水资源承载能力, 基本上是由水资源量的承载力、水资源质和水环境承载力和地区水害防御能力三个部分所组成。三者之间的关系既有相互影响的一面, 也有相互独立的一面; 三者的各自作用和内容不尽相

同, 且具有各自特有的现时能力和阈值, 但支持持续发展的目的是是一致的。

(1) 水资源量的承载力是指水资源可供地区人口、生态环境、工农业生产和社会其它用水的能力。它是维持地区社会生产与发展的“生命之源”, 是衡量地区水资源承载力的主要成分和主导方面, 其现时能力与未来能力的阈值, 可通过地区的供需平衡来确定。地区水资源现时承载力是指地区现时发展的情况下, 水资源对现时人口、环境、经济和社会发展的供应能力, 预示着水资源对地区发展的贡献、存在的问题和支持发展的潜力。现时承载力可用地区水资源开发利用率、人均占有水量和人均利用水量表示。水资源最大承载力或极限因地区水的丰缺程度而有不同含义: 对水资源紧缺和贫乏地区, 是指在合理分配人口、环境和生产用水的条件下, 水资源可供水量(包括当地和域外可能调引的可用水源)的增长率为零时的总可供水量; 对水资源丰富地区, 是指在合理满足各种用水的条件下, 人口发展和经济增长均达到零增长时的可供水量。

(2) 水环境承载能力是指一定水域、一定时期内, 为了维持水域生态环境和人类健康环境, 实施设定的水质和环境质量目标对人类活动的支持能力。一般, 水环境的承载力也有最大、最小之分。水环境最小的承载力是指在维持水体自净能力的条件下, 保证水环境质量最低要求时对人类活动的限制。最大承载力是指在保持一定生态环境质量目标的条件下, 采用无污染环境的各种措施, 达到人类活动与水环境和谐状态时所具有的支持能力。水环境最大最小承载力之间存在一个非常重要的环境容量承载力。它的含义是指在一定的水质或环境目标下, 某水域能够允许容纳某类污染物的最大数量, 称为该污染物在这一水域的环境容量; 这个环境容量对人类活动的支持能力, 即为环境容量的承载力。它对开发利用水环境、防治水污染、管理水环境、保护水资源均起着重要的作用。

(3) 区域水害的防御能力是指对水的危害一面进行防御, 从而支持地区经济、社会发展的能力, 就是根据地区自然、社会条件, 依设立的防灾目标, 采用工程和非工程措施相结合的防御体系, 所能保护和支撑地区社会发展的能力。因为水的不确定性和投入防御措施的经济性, 人们只求与地区经济发展相适应的、能够使灾害损失降到最小的防御标准。

## 2 水资源承载力分析方法

水资源承载力分析关系到地区环境、人口和经济发展规模及代际持续发展的前景, 涉及面广、内容复杂, 目前国内外的研究均处于初始阶段, 尚无统一和成熟的方法, 设想解决问题的方法可有以下几类:

### 2.1 水资源供需平衡法与多目标分析模型

采用水资源供需平衡法进行水资源承载力评估与预测与水资源的合理配置有密切关系, 它首先以维护生态平衡和生态环境质量以及可持续发展为前提, 将水资源在生态系统和社会经济系统之间进行平衡分析和配置, 然后以对社会经济系统可供水量为约束条件, 通过多目标分析模型确定社

会发展模式(经济结构、农业种植结构等)、供水组成(节水、污水回流、开发当地水、外流域调水等)及供水分配状况,最后在上述水资源供需平衡及水资源合理配置的基础上计算水资源承载力的大小(绝对指标),包括人口发展规模和社会经济发展规模。

## 2.2 多指标综合评价法与综合评判模型

该方法通过水资源系统支持力和水资源系统压力来共同反映水资源承载状况。水资源系统支持力代表了承载媒体的客观承载能力大小,其分值越大,表示水资源现实承载力越高;水资源系统压力代表了被承载对象的压力大小,其分值越大,表示系统所受压力越大,水资源承载力越低;通过两值相比得到水资源承载力指数(相对指标)并进行分级,可指示水资源承载状况。

## 2.3 系统分析方法——动态模拟递推算法

动态模拟递推法主要是通过水的动态供需平衡计算来显示水资源承载力的状况和支持人口与经济最终发展的最终规模。其实质是模拟法,将动态模拟和数学经济分析相结合,利用计算机模拟程序,仿造地区水资源供需真实系统运动行为进行模拟预测,根据逐年运行的实际结果,有目的地改变模拟参数或结构,使其与真实系统尽可能一致。当水资源供应能力达到零增长(对水资源紧缺地区)或地区人口增长和经济增长均达到零增长(对水资源丰裕地区)时,水资源承载力按定义已达最大。

## 2.4 系统动力学方法与系统动力学仿真模型

系统动力学(SD)模型是一种定性定量相结合、系统分析、综合与推理集成的方法,并配有专门的DYNAMO软件,给模型的仿真、政策模拟带来很大方便,可以较好地把握系统的各种反馈关系,适合于进行具有高阶次、非线性、多变量、多反馈、机理复杂和时变特征的承载力研究。用SD模型计算的水资源承载力不是简单地给出区域所能养活人口的上限,而是通过各种决策在模型上模拟,清晰地反映人口、资源、环境和发展之间的关系,可操作性较强。

# 3 水资源承载力研究趋势

水资源承载力研究在我国目前还处于初期阶段,还没有形成水资源承载力研究的成熟的理论、内容和方法体系,笔

者在前文中已就该问题进行了一个较粗浅的论述。为使水资源承载力研究进一步深入,取得更精确和实用的成果,近期主要研究方向应包括以下方面:

## 3.1 加强学科交叉融合的研究

水资源承载力研究涵盖了从理论到实证,从“水-生态-社会经济”复合系统下的二元模式水文循环和水量平衡等宏观领域到水环境容量、植被耗水机理等微观领域;从水文水资源科学到社会经济科学、规划科学等不同层次、不同学科的研究范围,并以多目标决策分析方法、系统动力学方法、遥感与地理信息系统方法等作为技术手段,属于典型的交叉学科研究领域。因此,迫切需要加强学科交叉融合的研究。

## 3.2 技术创新

目前制约水资源承载力研究的一个重要因素就是数据的获取与分析处理。GIS在支持与水文和水环境有关的地理空间数据的获取、管理、分析、模拟和显示,以解决复杂的水资源、水环境规划和管理问题方面显示了其强大的功能。水资源承载力研究必须突破陈旧的数据获取与分析手段,充分利用现代先进技术,将地面水文观测与空中遥感信息相结合,利用地理信息系统进行数值计算和模拟,并将现有水资源承载力数学模型方法与GIS集成,这是水资源承载力研究取得突破性进展的一个关键所在。

## 3.3 研究领域的拓展

地域分异和空间配置历来是地理学最重要的优势研究领域。现有的水资源承载力研究着重研究了水资源可承载人口和社会经济发展总量规模和结构,这只是表征水资源承载力大小的一个面上的宏观指标,事实上水土资源与社会经济活动的空间配置状况对水资源承载力有着极为重要的影响,因此有必要加强空间差异与区域组合研究,以进一步增强水资源承载力研究成果的适应性。与水资源承载力密切相关的区域合理配置研究内容包括水土资源空间配置、上、中、下游的城市与产业合理布局、水源保护区区域范围内的人口、产业布局等,在水资源承载力研究中考虑区域分异与空间配置问题,不但是水资源承载力研究的一个重要方面——水资源承载力区域差异研究的需要,也必将使水资源承载力研究成果对社会实践具有更明确的指导作用。

## 参考文献:

- [1] 惠泱河,等.二元模式下水资源承载力系统动态仿真模型研究[J].地理研究,2001,20(2):191-198
- [2] 冯尚友.水资源可持续利用导论[M].北京:科学出版社,2000
- [3] 姚治君,等.区域水资源承载力的研究进展及理论探析[J].水科学进展,2002,5(1):54-63
- [4] 夏军,等.水资源安全的度量:水资源承载力的研究与挑战[J].自然资源学报,2002,17(3):262-269
- [5] 惠泱河,等.水资源承载力评价指标体系研究[J].水土保持通报,2001,21(2):30-34
- [6] Stockholm Water Co., SE-106 30 Stockholm, Sweden. A framework for systems analysis of sustainable urban water management[J]. Environmental Impact Assessment Review, 2000, 20(3): 311-321
- [7] 王在高,等.岩溶地区水资源承载力指标体系及其理论初探[J].中国岩溶,2001,20(2):144-148