

近 10 年来我国水资源承载力研究综述

文 琦¹, 何彤慧²

(1. 咸阳师范学院资源环境与城市科学系, 陕西 咸阳 712000 2. 兰州大学资源环境学院, 甘肃 兰州 730000)

摘要 阐释水资源承载力的概念, 分析水资源承载力的研究历程。对流域、地区和城市的研究, 从局部领域到生态、经济系统, 继而整个社会、经济、环境等复杂系统。总结了我国水资源承载力的研究方法, 从简单、直观的常规趋势法, 发展到目前的定性定量相结合的, 能对整个社会、经济、人口、环境进行系统分析的多目标决策法。探讨了水资源承载力的未来研究趋势, 认为它将更多地结合现代化的技术手段和方法, 结合特殊区域进行多学科的交叉研究, 并向着广域和局部的两极化发展。

关键词 水资源承载力 流域 地区 城市

中图分类号: TV213 文献标识码: A 文章编号: 1004-693X(2005)06-0015-04

Review on the study of water resources carrying capacity in China in the last ten years

WEN Qi¹, HE Tong-hui²

(1. Department of Resources Environment and Urban Sciences, Xianyang Normal Academy, Xianyang 712000, China; 2. School of Resources and Environment, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 3. School of Resources and Environment, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract Based on the explanation of the concept of water resources carrying capacity, it is presented that the research of water resources carrying capacity for river basins, regions, and cities has been developed from local area to ecological and economic system, and finally to the complex system of the whole society, economy and environment. Study methods in China were summarized, including the simple and visualized routine tendency method, the qualitative and quantitative multi-objective decision method, which can be used to analyze the society, economy, population and environment systematically. It is presented that the water resources carrying capacity in future would be studied using more modern techniques and methods, focusing on special regions and combining multidisciplinary methods. The study would be developed both locally and extensively.

Key words water resources carrying capacity; valley; region; city

水是生态系统不可或缺的基本要素, 随着西部生态重建和经济建设的进一步推进, 水资源将成为生态建设、经济发展的瓶颈之一。从可持续发展的战略角度分析, 区域的发展必须遵循自然规律, 考虑水资源的承载能力。水资源的承载能力决定着区域社会、经济、环境的良性发展。因此, 水资源承载能力的研究将成为整个生态建设和经济发展研究领域的主要组成部分。

1 水资源承载力概念的由来

可持续发展已经成为整个世界发展的主旋律, 而水资源的缺乏, 特别是我国缺水城市数量急速增长, 使得水资源承载力研究被各国政府以及学术界所重视。20 世纪 80 年代初, 联合国教科文组织提出了资源承载力的概念^[1], 资源承载力主要是探讨人口与资源的关系, 其中研究较早且比较充分的是土地承载能力, 而涉及水资源的相关研究较晚。

1985年,我国新疆水资源软科学课题研究组提出了水资源承载能力就是水资源可开发利用量,在满足维护生态环境用水要求后,能支撑的工农业最大产值和人口数量所需的水量^[2]。此后学者们从不同角度提出了水资源承载力的概念^[3~7]。

到目前为止,有关水资源承载力的概念还不统一。综合学者们从不同角度给出的定义,笔者认为,水资源承载力是指在维持社会、经济、生态系统安全的前提下,依据可持续发展理念,以社会发展的科技水平为依托,结合区域发展对水资源质和量等方面的需求,来衡量区域水资源的支撑能力。

2 水资源承载力研究进展

2.1 流域研究

水资源承载力的流域研究主要集中在北方干旱与半干旱的绿洲区域,是基于黄河流域、黑河流域等干旱区内陆河流域展开。曲耀光等^[8]通过对可用水资源的计算及流域社会经济需求的需水预测,分析了50a内黑河流域中游地区的水资源承载力。这一阶段的研究是从农业节水来寻求解决水资源短缺的问题,而随后的研究从生态经济系统来计算水资源的承载力。苏志勇等^[9]以黑河中游为例,将水资源承载力的研究纳入了生态经济系统进行综合集成研究,从价值量的角度对流域生态系统和经济系统进行了初步的耦合研究。王栋等^[10]提出通过水资源系统管理来提高水资源承载能力,协调区域经济的持续发展。将水资源承载力的研究纳入到区域的人口、经济、社会、环境等复杂系统中,是我国水资源承载力研究的又一跨越式发展。刘昌明^[11]从黄河流域水资源与水文循环、水量平衡结构、人口、经济、社会与环境等相互关系进行了深入探讨。流域水资源承载力定性和定量结合的研究也取得了很大进展。徐中民^[12]运用框架—情景分析模型,采用了多目标决策分析技术和正交设计的研究方法,对张掖地区的用水及水资源承载力进行了预测分析。另外,王铁成等^[13]采用水资源承载力的方法,探讨了绿洲生态支持子系统和社会经济子系统优化调控模式,对孔雀河流域近50a来绿洲环境退化的原因作了详尽地分析。

2.2 地区研究

地区方面的研究以西北干旱区研究较多,新疆是我国率先提出水资源承载力概念的地区。蔡安乐^[14]作了新疆水资源适度承载力研究,主要从用水结构方面探讨水资源供需平衡的关系,得出了农业是社会中各行业用水比例最大的产业。而闵庆文等^[15]将地区水资源承载力的研究纳入到了生态安

全的领域,他们的研究开创了水资源和生态安全相结合的研究。从水资源生态系统管理出发,以水资源承载力和水资源安全为基础,在防止水污染的前提下,提出了西北地区确保水资源安全的生态系统途径。夏军^[16]、朱一中^[17]则具体从水循环模拟研究切入,建立了水资源承载力评价指标体系,进行了不同发展背景下的生态用水和水资源承载力的量化研究。王颖^[18]则从水资源与水环境两方面分析了长江三角洲水资源承载力与其经济发展的密切关系。国家“九五”重点科技攻关计划“西北地区水资源合理开发利用与生态环境保护研究”项目又从不同区域进行了水资源承载力的量化分析,基本上实现了定性与定量结合的研究,提出了干旱区水资源承载能力计算方法及重点区不同发展阶段的水资源承载力^[19]。此后,地区的研究从各个方面建立数学模型进行细化研究,如李丽娟^[20]、陈冰等^[21]建立了以期望人口为核心的水资源承载力指标体系,运用系统动力学仿真模型(SDSMWRSCCB)对柴达木盆地水资源承载力及承载人口进行了预测和分析。惠泱河等^[7]运用系统动力学仿真模型,根据陕西关中未来水资源的变化趋势,研究了不同方案下关中水资源承载力。

2.3 城市研究

城市水资源承载力的研究和流域、地区有很大的差别,城市中农业用水相对比例较前两者少,而工业用水是城市主要用水方式。由于城市用水广泛,其研究内容也趋于多元化。1994年牟海省等^[22]提出了城市设置与区域水资源承载力相协调的原则,指出水资源承载力限制下我国城市体系的宏观布局是城市水资源的主要研究方向之一,并为城市水资源研究指明了几个方向,水资源承载力限制下我国城市体系的宏观布局 and 不同地区、不同类型城市设置水资源的标准是其中的两个关键研究方向。而从资源成本核算体系研究出发,又成为城市水资源承载力研究的又一切入点。谭少华^[23]通过建立资源成本核算体系,计算区域水资源承载力,来寻求解决区域社会经济与自然资源的协调发展的有效途径。城市水资源承载力研究也渐渐趋于成熟,主要以定量与定性相结合的研究。薛小杰等^[24]应用系统科学的原理和方法,建立了水资源承载力多目标核心模型,对西安市水资源承载力进行了实例研究。水资源承载力实质上是一个长期的、动态的现象,这就需要沿着时间序列进行研究。吴九红^[25]以动态序列研究为主,运用系统动力学(SD)模型,分析了影响郑州市水资源承载力的各层次要素间的反馈关系。魏斌^[26]对重工业城市本溪市的水资源承载力进行了专项研究,

他运用指数评价模型和 SD 模型,对城市工业用水变化情况和城市水资源系统发展趋势进行了分析预测。将城市水资源承载力与城市的社会、经济发展相结合研究是学者们研究的最终目的。孟凡德^[27]结合时间序列的动态研究,分析了烟台市自 20 世纪 80 年代以来水资源承载力变化的总体趋势和驱动因子,结果表明,人口、社会固定资产投资和 GDP 是影响烟台市水资源承载力变化的主要驱动因素。

3 水资源承载力研究方法评价

目前,水资源承载力研究大量使用计量方法,主要有常规趋势法、模糊评价法、主成分分析法、系统动力学方法、多目标决策分析法等。

a. 常规趋势法。1992 年,施雅风^[28]采用常规趋势法对新疆乌鲁木齐河流域水资源的承载力进行了研究。这种方法运算简便,内容显示直观,但涉及的社会因子较多是这种方法的主要缺陷,因为各因子之间的关系复杂,计算过程中难以把握,得出的水资源承载力与实际能力有一定的差距。

b. 模糊综合评价法。模糊综合评价法克服了常规趋势法的因子较多的缺陷。许有鹏^[3]最早利用模糊综合评价法研究了新疆和田流域的水资源承载力。该方法是对主观产生的“离散”过程进行综合处理,运算过程中选取部分影响较大的因子,而因子的取舍难以准确判断,取舍的偏差使得结果存在片面性。

c. 主成分分析法。针对模糊综合评价方法在综合评价中存在的主观性问题,傅湘^[29]以陕西汉中平坝地区的水资源统计资料为实例,采用主成分分析法对区域水资源承载力进行综合评价。该法是将高维变量空间进行降维处理,尽量使数据信息丢失最小,克服了模糊综合评价法的缺陷。但这种方法只能进行横向的比较研究,不能进行纵向比较研究,达不到动态监测的效果。

d. 系统动力学方法。系统动力学方法是以反馈控制理论为基础,以计算机仿真技术为手段的研究,是一种定性与定量相结合,系统分析、综合与推理集成的方法,能够较好的把握系统的各种反馈关系,适合于具有高阶次、非线性、多重反馈、机理复杂和时变特征的系统问题,成为研究大系统运动规律的理性方法^[30]。1995 年,魏斌^[26]运用系统动力仿真模型,选取 6 种方案对本溪市水资源承载力进行了比较研究。但这种方法用于长期发展模拟时,参变量不好掌握,推断的结论容易产生偏差。

e. 多目标决策法。多目标决策法将社会、经济、人口、生态环境等因子进行整体优化,依据可持续发展原则,运用系统分析和动态分析,进行水资源

承载力的纵向研究。翁文斌等^[31]最早以华北地区为例,提出多目标决策分析方法在宏观经济水资源规划中的应用。这种方法可以将水资源系统与区域宏观经济系统作为一个综合体来考虑。但它也存在着不足,多目标决策中各影响因子权重的确定多是通过主观判断的方法,客观性也较差。

此外,门宝辉^[32]运用物元模型进行了地下水资源承载力的综合评价研究。郦建强等^[33]创建了遗传投影寻踪插值模型,并对山西省水资源承载能力进行了综合评价。这些模型的分析逐渐细化了影响指标,分析结果更趋近于现实,但由于选取指标的有限性,而且指标的选择也带有一定的主观性,所以预测的结果难免产生偏差。

4 水资源承载力研究展望

4.1 趋向于宏观和微观两极

水资源承载力的研究以区域可持续发展为目标。目前,研究趋于两极化,分别从面上和点上两方面的研究展开。面上研究主要集中在流域或较大区域,而且随着信息的获取手段不断更新,研究的区域也不断扩大,同时强调水资源系统综合研究,考虑自然因素和人类活动对水资源承载力的共同作用。点上研究即城市或小区域的水资源承载力方面的研究将更加细化,由城市水系统的研究辐射到各行业水资源的承载力分析,如进行工业、农业、生态甚至工农业内部的某一方面的水资源承载力研究等等。另外,空间差异与区域组合研究将会加强,以进一步增强水资源承载力研究成果的应用性^[34]。

4.2 与生态安全结合,侧重干旱缺水地区和城市

生态环境对人类生存显得至关重要,水资源承载力的研究一方面注重生态需水;另外从质和量两方面考虑在人类活动影响下水资源的动态承载能力,同时涉及到人类经济活动中虚拟水的调出调入量等方面。以协调好水资源的开发利用与区域、人口、经济、资源和环境的关系,分别研究大、中、小区域水资源的合理配置模式。随着城市化和工业化进程的加快,基于绿洲城市发展的水资源承载力研究将会得到进一步发展,而且有关水资源承载力的基础研究,将越来越多地成为区域和城市发展规划与计划制订的依据。

4.3 研究手段和方法多样化,学科交叉融合

现代科技的飞速发展水资源承载力的研究提供了多样化的方法和手段,从而获得更准确、更深入、更全面的信息和定量数据。随着水资源承载力研究的领域不断扩展,在信息科学的支持下,运用数理方法进行水资源承载力的细化和动态研究,使其

结果更接近实际。水资源承载力的研究方法由传统的静态转向动态模拟,使研究区域时间上的连续性成为可能。水资源承载力研究涉及到理论和实证、定性与定量;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)宏观领域到环境容量、植被耗水机理等微观领域^[35];从水文水资源科学到社会经济科学、规划科学、计量科学等不同层次、不同学科的研究范围,采用多种研究方法进行全方位的研究,属于典型的交叉学科研究领域,各学科的合作研究将会得到更深层次的发展。

5 结 语

为了满足日益增长的经济社会发展对水资源的需求,也为了更好地保护和修复生态环境,社会的发展必须考虑水资源承载力,在既定的范围内求发展,同时,通过各种方法提高区域水资源的承载能力,使社会、经济、生态环境三者向着协调、统一、持续的方向发展。另外,加强我国水资源承载力的研究是水资源可持续利用的有力保障手段。

参考文献:

[1] UNESCO, FAO. Carrying capacity assessment with a pilot study of KenYa: A resource accounting methodology for exploring national options for sustainable development[R]. Paris and Rome, 1985.

[2] 新疆水资源软科学课题研究组. 新疆水资源及其承载力的开发战略对策[J]. 水利水电技术, 1989(6): 2~9.

[3] 许有鹏. 干旱区水资源承载能力综合评价研究[J]. 自然资源学报, 1993(3): 229~237.

[4] 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): 58~62.

[5] 阮本青, 沈晋. 区域水资源适度承载能力计算模型研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998(3): 57~61.

[6] 夏军, 朱一中. 水资源安全的度量: 水资源承载力的研究与挑战——Ⅰ[J]. 海河水利, 2000(2): 5~7.

[7] 惠泱河, 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, 2000(1): 30~34.

[8] 曲耀光, 樊胜岳. 黑河流域水资源承载力分析计算与对策[J]. 中国沙漠, 2000(1): 1~8.

[9] 苏志勇, 徐中民, 张志强, 等. 黑河流域水资源承载力的生态经济研究[J]. 冰川冻土, 2002(4): 400~406.

[10] 王栋, 史运良, 王腊春. 浅析太湖流域水资源系统退化与修复对策[J]. 水资源保护, 2000(6): 41~42.

[11] 刘昌明, 王红瑞. 浅析水资源与人口、经济和社会环境的关系[J]. 自然资源学报, 2003(5): 635~644.

[12] 徐中民. 情景基础的水资源承载力多目标分析理论及应用[J]. 冰川冻土, 1999(2): 99~106.

[13] 王铁成, 谢红彬, 贾宝全. 孔雀河流域绿洲生态支持系统调控模式研究[J]. 干旱区资源与环境, 2002(16): 3):

7~11.

[14] 蔡安乐. 水资源承载力浅谈——兼谈新疆水资源适度承载力研究中应注意的几个问题[J]. 新疆环境保护, 1994(4): 190~196.

[15] 闵庆文, 于贵瑞, 余卫东. 西北地区水资源安全的生态系统途径[J]. 水土保持研究, 2003(4): 272~274.

[16] 夏军, 朱一中. 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(3): 262~269.

[17] 朱一中, 夏军, 谈戈. 西北地区水资源承载力分析预测与评价[J]. 资源科学, 2003(4): 43~48.

[18] 王颖, 王腊春, 王栋. 长江三角洲水资源水环境承载力、发展变化规律与永续利用之对策研究[J]. 2000(6): 34~41.

[19] 中国水利电力研究所. 西北地区水资源合理开发利用与生态环境保护研究[J]. 中国水利, 2001(5): 9~11.

[20] 李丽娟, 郭怀成, 陈冰, 等. 柴达木盆地水资源承载力研究[J]. 环境科学, 2000(2): 20~23.

[21] 陈冰, 李丽娟, 郭怀成, 等. 柴达木盆地水资源承载方案系统分析[J]. 环境科学, 2000(3): 16~21.

[22] 牟海省, 刘昌明. 我国城市设置与区域水资源承载力协调研究刍议[J]. 地理学报, 1994(4): 338~343.

[23] 谭少华. 我国水资源与城市规划协调研究[J]. 地域研究与开发, 2001(2): 47~50.

[24] 薛小杰, 惠泱河, 黄强, 等. 城市水资源承载力及其实证研究[J]. 西北农业大学学报, 2000(6): 135~139.

[25] 吴九红, 曾开华. 城市水资源承载力的系统动力学研究[J]. 水利经济, 2003(3): 36~39.

[26] 魏斌, 张霞. 城市水资源合理利用分析与水资源承载力研究——以本溪市为例[J]. 城市环境与城市生态, 1995(4): 19~24.

[27] 孟凡德, 刘贤赵. 烟台市水资源承载力变化的驱动力研究[J]. 烟台师范学院学报(自然科学版), 2003(1): 46~50.

[28] 施雅凤, 曲耀光. 乌鲁木齐河流域水资源承载力及其合理利用[M]. 北京: 科学出版社, 1992.

[29] 傅湘, 纪昌明. 区域水资源承载能力综合评价——主成分分析法的应用[J]. 长江流域资源与环境, 1999(2): 168~173.

[30] 王其藩. 高级系统动力学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1995.

[31] 翁文斌, 蔡喜明, 史慧斌, 等. 宏观经济水资源规划多目标决策分析方法研究及应用[J]. 水利学报, 1999(2): 1~11.

[32] 门宝辉. 物元模型在区域地下水资源承载力综合评价中的应用[J]. 四川大学学报(工程版), 2003(3): 34~37.

[33] 酆建强, 陆桂华, 杨晓华, 等. 区域水资源承载能力综合评价的 GPPIM[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2004(3): 1~4.

[34] 朱一中, 夏军. 关于水资源承载力理论与方法的研究[J]. 地理科学进展, 2002(2): 180~188.

[35] 张戈平, 朱连勇. 水资源承载力研究理论及方法初探[J]. 水土保持研究, 2003(2): 148~150.

(收稿日期 2004-07-05 编辑 舒建)