太湖流域水资源承载力研究

戴　薇,汪　群,王　华

(河海大学商学院,江苏 南京　210098)

[摘要] 界定了水资源承载力的相关概念,简介太湖流域的水资源特点,从水资源承载力的基本概念出发,根据水资源承载能力的内涵和特征,用简单明确的模型来定义和估算了太湖流域水资源承载能力。根据计算得出了太湖流域水资源超载的结论,并从可持续发展的角度提出了水资源修复的对策。

[关键词] 水资源承载力;水环境承载力;太湖流域;可持续发展

[中图分类号] TV213.4　　[文献标识码] A　　[文章编号] 1003-9511(2005)06-0011-05

1　水资源承载能力相关理论

随着人类社会经济发展,全球资源环境问题日趋严重,人们逐渐认识到自然资源是支持地球上生命系统和人类生存发展的物质基础,其量和质都是有限的,它们满足人类现在与未来发展需要的能力也是有限的。世界自然保护同盟(IUCN)、联合国环境规划署(UNEP)及世界野生生物基金会(WWF)在其出版的《保护地球》一书把承载能力定义为一个生态系统所能支持的健康有机体(即在维持它的生产力、适应能力和再生能力)的容量。后来"承载力"概念得到延伸发展,比较多地用于说明生态系统、环境系统、资源系统承受发展和特定活动能力的限度。由此,生态承载力、环境承载力、资源承载力等诸多概念也相继出现。

1.1　水资源承载能力的定义

水作为一种资源,其承载力合乎上述定义的内容。但由于水资源的特殊性,如水是地球上生命的来源;是人类的生命之源;水是生物物种和旅游等多种资源的载体;是土壤、森林和草原等多种资源的保证资源等,其承载能力也应有其特殊性。和其他资源承载力一样,目前,许多学者根据自己的理解赋予了水资源承载力的定义,水资源承载力一词也广泛应用于研究缺水地区的工业、农业、城市及经济的发展,但至今还没有一个统一的定义。分析这些定义,可以归纳为 2 种观点:①水资源开发容量论或水资源开发规模论;②水资源支持持续发展能力论。

1.1.1　水资源开发规模论

水资源开发规模论认为水资源承载能力是在一定社会技术经济阶段,在水资源总量的基础上,通过合理分配和有效利用所获得的最合理的社会、经济与环境协调发展的水资源开发利用的最大规模或在一定经济技术水平和社会生产条件下,水资源可供给工农业生产、人民生活和生态环境保护等用水的最大能力,也即水资源的最大开发容量。但强调在这个容量下水资源可以自然循环和更新,并不断地被人们利用,造福于人类。认为水资源承载能力分析的目的是为了揭示水资源区域经济和人口之间的关系,合理充分地利用水资源,使经济建设与水资源保护同步进行,促进社会经济持续发展。

1.1.2　水资源支持持续发展能力论

目前多数的观点认为,水资源的最大开发规模或容量,与水资源作为一种社会持续发展的支撑能力比较,范围要小的多,含义也不尽相同,因此将水资源承载能力定义为对经济和环境的支撑能力,即水资源支持持续发展能力论。

国家"九五"科技攻关"西北地区水资源合理配置与承载能力研究"项目大纲中定义水资源承载能力为:"在某一具体历史发展阶段下,以可预见的技术、经济和社会发展水平为依据,以可持续发展为原则,以维护生态环境良性循环发展为条件,经过合理的优化配置,水资源对该区经济社会发展的最大支撑能力"。

联合国教科文组织将其定义为:"一个国家或地

[基金项目]国家社会科学基金资助项目(05CJY018)

[作者简介]戴薇(1981—),女,江苏南通人,博士研究生,从事水资源规划管理方面的研究。

区的资源承载力是指在可以遇见的期间内,利用本地能源及其他资源和智力、技术等条件,在保证其社会文化准则的物质生活水平条件下,所能持续供养的人口数量。”

综上所述,很多研究者根据各自对水资源承载能力的理解给出了不同的水资源承载能力定义,或侧重点不同,或所用的指标不同,归纳为水资源开发规模论和水资源支撑能力论,笔者认为后者的观点更符合当前水资源日益短缺、制约经济社会与环境协调发展的形势,更具有现实与长远意义。

因此,笔者将水资源承载力定义为 在某一具体历史发展阶段下,以可预见的技术、经济和社会发展水平为依据,以可持续发展为原则,在水资源得到合理开发利用下,在保证其社会文化准则的物质生活水平条件下,某地区的水资源(包括数量、质量)能够持续支持该地区的人口数量。

1.2 水环境承载能力的定义

水环境承载能力是指在一定的水域,其水体能够被持续使用并仍保持良好生态系统时,所能够容纳污水及污染物的最大能力。水资源承载能力和水环境承载能力有着非常紧密的联系。水资源承载能力是从用水的角度来确定水资源能够支撑经济发展到什么程度。水环境承载能力是从污水排放的角度来确定,水体能承受多少排放物。

目前,对水资源承载能力的定义和研究方法没有一个统一的定义,各种理论及计算方法也只是处于探索阶段,尤其是水资源承载能力与可持续发展的关系问题,虽然已经公认两者之间具有相互联结的关系,但两者之间到底是怎样的联结关系还不是很清晰。本文试图从水资源承载能力的基本概念出发,根据水资源承载能力的内涵,在分析了水资源的承载对象以及各个承载对象的影响因素的基础上,用简单明确的模型来定义和估算我国太湖流域水资源承载能力。

2 水资源承载对象及影响因素

笔者将水资源的承载对象分为 2 类 6 项,即 6 个承载对象 :生态、环境、人口、经济发展、生活(质量)、社会(安定),见图 1。

从承载对象自身的稳定性来看,自然因素一经确定是相对稳定的,即环境对水量与水质的基本要求相对稳定。而社会经济因素则具有较大的变动性,其变动的因素可分为 2 类 :①指人力无法抗拒的,其变化是由特定历史时期社会、经济发展规律所

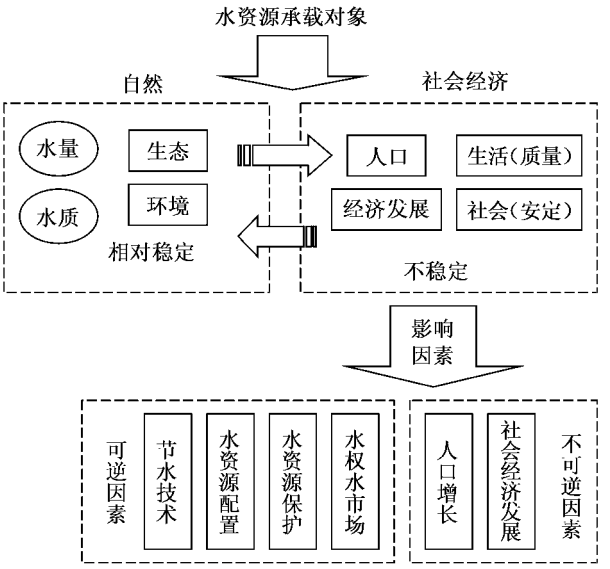

图 1 水资源承载对象及影响因素

决定的,如人口增长规律,经济发展的总体规律,在此称为不可逆因素 ;②指可以通过技术、法律法规、宣传教育以及水权、水资源市场的构造等进行人为调节的因素,在此称为可逆因素,如节水技术、水资源配置、水资源保护、水权、水市场等。

3 太湖流域水资源承载能力分析

3.1 太湖流域水资源特点

太湖流域多年平均水资源总量为 162 亿 m^3,其中地表水资源量为 137 亿 m^3,流域人均水资源量 450 m^3。由于受降雨量时空分布的影响,地表水资源量年际分布不均,水资源年内分配则呈汛期径流集中、4 季分配不均以及最大、最小月径流量相差悬殊等特点。

根据水系特点及水资源开发利用情况,太湖流域共划分为 8 个 4 级水资源分区,即湖西区、武澄锡虞区、阳澄淀泖区、太湖区、杭嘉湖区、浙西区、浦东区和浦西区。

1998 年太湖流域属中偏丰水文年,降雨 1 269 mm。全年太湖流域总水资源量为 212 亿 m^3,其中地表水资源量为 179 亿 m^3,地下水资源量 59 亿 m^3(包括重复计算量 26 亿 m^3)。

太湖流域北濒长江,南临钱塘江,过境水资源量丰沛。长江干流大通站多年平均下泄水量多达9 051 亿 m^3,钱塘江 350 亿 m^3。太湖流域多年平均从长江引水达 45 亿 m^3 左右,2000 年引长江水 78 亿 m^3。从钱塘江引水约 10 亿 m^3 左右。

太湖是流域内一个可人工调节的天然湖泊,环太湖一线进出湖河道众多,据 1966 ~ 1998 年的水文

巡测资料分析计算，年平均入湖总量为 42.6 亿 m^3，其中汛期入湖水量 26.5 亿 m^3，占全年入湖水量的 62.2%；非汛期入湖水量为 16.1 亿 m^3，占全年的 37.8%。多年平均出湖水量为 55.2 亿 m^3，其中汛期出湖水量 25.2 亿 m^3，占全年的 45.6%；非汛期出湖水量为 30.0 亿 m^3，占全年的 54.4%。

3.2 太湖流域水资源承载力相关指标分析

3.2.1 水资源人口承载力

水资源人口承载力可以被定义为一个区域在现有供水能力约束下，水资源所能容纳的人口数量，计算公式为：

$$C_t = \varepsilon W_r / W_p$$

式中：C_t 为水资源人口承载力；W_r 为水资源总量；ε 为将水资源转化为供水量的系数，简称供水能力系数；W_p 为人均综合用水量指标。

可见，水资源人口承载力取决于水资源总量、供水能力系数和人均用水指标 3 个变量。在我国，各区域水资源总量基本上是一个常量，供水能力系数大小取决于经济技术条件。2000 年左右，中国水资源量为 27 460.3 亿 m^3，供水量为 5 567 亿 m^3，供水能力系数为 0.2；1999 年和 2000 年人均综合用水量为 435m^3。1980 年 ~ 2001 年，供水能力系数每年平均增长 1.2%[1]，以此可获得计算今后 20 年中国水资源实际人口承载力的参数。

太湖流域多年平均水资源总量为 162.3 亿 m^3，据水资源公报统计，从近 4 年（1997、1998、1999、2000 年）的流域用水量看，总量都在 290 亿 m^3 左右。1999 年太湖流域总供水量为 285 亿 m^3，人均年用水量为 802m^3。流域总用水量高于本地总水资源量，一方面依靠水的重复利用，另一方面主要以长江引水补给。

计算结果表明，如果太湖流域将全部水资源 100%利用的情况下，只能承载 2000 万人。据统计，2001 年太湖流域人口 3600 万人，并且人口数量呈逐年增长趋势，由此可见，太湖流域水资源人口超载达 50%以上，属于水资源严重超载地区。

3.2.2 水资源 GDP 承载能力

水资源 GDP 承载能力反映了区域水资源对整体经济活动和规模的承载水平，水资源 GDP 承载能力采用下式计算：

$$C_{GDP} = W_r / W_{GDP}$$

式中：C_{GDP} 为水资源 GDP 承载能力；W_{GDP} 为万元国内生产总值用水量。

1998 年，太湖流域用水指标显示，流域内万元 GDP 用水量为 352.8 m^3，1999 年流域内万元 GDP 用水量为 321 m^3，GDP 用水量有逐年减少的趋势。

结果表明，太湖流域水资源总量能够承载现有技术水平下的 GDP 为 4 600 亿元。据统计，太湖流域 2000 年国内生产总值达 9 941 亿元。由此可见，太湖流域经济发展规模严重超出当地水资源承载能力。

3.2.3 水资源城镇居民和农村居民生活的承载能力

水资源城镇居民生活的承载能力采用下式计算：

$$C_{cpe} = W_{rcpe} / (W_{pcpe} \times 365)$$

式中：C_{cpe} 为水资源城镇居民生活承载能力；W_{rcpe} 为用于城镇居民生活的水资源量；W_{pcpe} 为城镇居民人均生活用水量。

1998 年太湖流域城镇居民人均生活用水量为 389.3 L/d，折合 0.389 3 m^3/d。1999 年太湖流域城镇居民人均生活用水量为 385 L/d，折合 0.385 m^3/d。

水资源农村居民生活的承载能力采用下式计算：

$$C_{spt} = W_{rspe} / (W_{pspt} \times 365)$$

式中：C_{spt} 为水资源农村居民生活承载能力；W_{rspe} 为用于农村居民生活的水资源量；W_{pspt} 为农村居民人均生活用水量，根据 1998 年太湖流域水资源公报统计，流域农村居民人均生活用水量为 143 L/d，折合 0.143 m^3/d。

太湖流域现有城镇人口为 1 698 万人，农村人口为 1 915 万人，计算表明，太湖流域城镇人口和农村人口超载均高达 50%以上，属于严重超载区。

3.2.4 水资源工业和农业承载能力

水资源工业发展承载能力采用下式计算：

$$C_i = W_{ri} / W_{pi}$$

式中：C_i 为水资源工业发展承载能力；W_{ri} 为用于工业的水资源量；W_{pi} 为万元工业产值用水量（85 m^3）。

水资源农业发展承载能力采用下式计算：

$$C_a = W_{ra} / W_{pa}$$

式中：C_a 为水资源灌溉面积的承载能力；W_{ra} 为用于灌溉的水资源量；W_{pa} 为单位面积农田灌溉用水量（7 230 m^3/hm^2）。

据水资源公报统计，1999 年太湖流域工业用水约 42 亿 m^3（不含火电用水），农业用水约 101 亿 m^3。由此可见，太湖流域水资源工业产值的最大承载能力为 4 941 万元，太湖流域水资源能够承载的最大灌溉面积为 139 万 hm^2。

3.2.5 水环境承载能力

水资源不仅提供水源,满足人类经济社会发展中的生活用水、工业用水、农业用水、生态用水,同时它还要发挥容纳污水、环境自净的功能。一般来说,一个区域水资源越丰富,容纳污水并将其净化的能力越强。

详细计算水环境承载能力的方法目前还并不成熟,本文的估算建立在以下假设之上。①所有的水假定只来自于降雨,太湖流域的年降水总量为 414 亿 m^3。其中一部分形成地表径流,一部分补给地下水,降水总量的 46%形成太湖流域的水资源总量即 190.44 亿 m^3。②水资源总量的 20%被社会经济系统使用,形成年用水总量。用水总量也可根据实际用水量计算,也可根据人均综合用水指标来推算。③用水量的 70%将转化为污水排放。④设污水排放量占降水总量的 10%为水自净能力的阀值,那么污水容纳量为降水总量的 10%,水资源总量的 0.10/0.46 = 21.7%,依此可计算出太湖流域的水环境承载能力。

计算结果表明:太湖流域污水的最大容纳量为 35.15 亿 m^3。以 1998 年不考虑规模以下工业用水情况下分析,太湖流域污废水排放量(扣除火电)为 38.5 亿 m^3。太湖流域污水排放量已经超出了水环境的承载能力。

4 结论及对策

通过对太湖流域水资源承载力现状的分析和研究,结果表明,该流域的社会经济发展严重超出了水资源和水环境的承载能力。

为了缓解太湖流域水资源严重超载的压力,本文从水资源承载对象的影响因素角度,提出以下建议。

4.1 提高、协调、平衡水资源系统承载力

水资源承载力和水环境承载力相互依赖和制约,2 者匹配和协调程度决定了水资源系统的功能、结构和平衡状态。一定条件下,2 者可良性循环,共同促进经济社会的持续、快速、稳定发展;另一条件下,2 者则可能恶性循环,共同制约经济社会的可持续发展。因此,太湖流域水资源系统的修复与调控必须运用可持续发展的观点,建立在提高、协调、平衡水资源系统承载力的前提和基础之上,以水资源系统承载力度量和判别太湖流域水资源系统的功能,维系良好生态系统,以水资源的可持续利用支撑和保障经济社会的可持续发展[2]。

4.2 实行水资源一体化统一管理

为修复、保护水资源系统,必须实行水资源统一管理,主要体现在 2 个方面:①流域的统一管理,②城市水务的统一管理。为此,迫切需要按照流域与区域管理相结合的原则,建立以流域为单元、以城市为重点的水资源统一管理机构(流域管理委员会和水务厅局),对江河湖海、城市与乡村、水量与水质、地表水与地下水、当地水与过境水和外调水、供水与需水、用水与治污等实行一体化管理。

4.3 完善流域水资源保护政策法规体系,加强水资源保护工作

为保证太湖流域水资源保护工作有序进行,应根据需要制定流域层次的法规。国家应该尽快组织制定相关条例及相关的经济政策,流域水资源保护管理机构按照法律并根据水利部、国家环境保护总局的授权,制定取水许可水质管理、排污口管理、重大水污染事件应急管理等规范性文件;各行政区应根据本行政区域内面临的突出问题,制定地方法规。力争在较短的时间内,建立和完善太湖流域水资源保护政策法规体系,通过法制保障流域水资源保护工作。

4.4 节约用水和科学用水,提高用水效率

在提高用水效率方面,太湖流域具有相当大的潜力和发展空间[3]。目前,流域平水年平均用水 8 250 亿 m^3左右,如果节水 10%,仅水田灌溉一项每年就可节水 9 亿 m^3,相当于 1/4 的生活用水量,还可以减少面源污染。1999 年,太湖流域万元 GDP 用水为 321 m^3,而目前发达国家一般在 50 m^3 以下。日本、美国、前苏联在 20 世纪 80 年代工业用水重复利用率就在 75%以上,虽然上海市 2000 年用水大户工业用水重复利用率已达 79.2%,但流域总体上仍处于较低的水平,只有 50%左右。城镇人均生活用水为 358 L/d,而欧洲 15 国维持在 160 L/d。

节约用水和科学用水,提高用水效率的关键在于:①树立和增强全民节水意识。②鼓励和推广节水作业、绿色生产和清洁生产,实行定额用水制度,加强需水管理。③开发和利用非传统水资源,例如雨水利用、海水淡化、污水回用、洪水资源化等。④因地制宜,适时、适度提高水价,逐步改变水价格背离价值的状况[4],从而实现以建设节水高效的现代灌溉和旱地农业为目标的农业用水战略,以节流优先、治污为本、多渠道开源的城市水资源可持续利用为目标的城市和工业用水战略[5],使人与水和谐共处,永续发展。

4.5 启动水权管理,推动水市场机制的建立,实现水资源的优化配置

在中国启动水权管理,现阶段的主要工作是明晰流域水资源产权,包括河流、湖泊及水利工程的产权界定,为下一阶段的水权交易奠定基础,目标是使市场在国家宏观调控之下对水资源配置发挥主要的调节作用。实行水资源所有权和使用权的分离,把资源交给市场化的主体去经营,这个问题的实质是为水资源的使用权确定适宜的市场化主体。水市场是一个不完全市场,是一个准市场,因此对它的培育需要国家有关法律法规的支持和约束,需要政府积极推动。制定水权的有关法规特别是明确规定在水权交易中如何保护第三者的利益,防止对环境可能造成负面影响,明确出现水事冲突时的解决办法等,有利于促进水权交易制度健康发展,使水市场不断得到发展和完善,保障水权交易双方的利益。在政府宏观调控与市场机制有机结合的基础上,逐步建立水权交易市场,实行水权有偿转让,建立合理的水价形成机制,推动节约用水,促进水资源的高效利用、优化配置和有效保护,以实现人与自然和谐相处的目标。

[参考文献]

[1] 中国21世纪议程管理中心可持续发展战略研究组.发展的基础——中国可持续发展的资源、生态基础评价[M].北京:社会科学文献出版社,2004.189~198.

[2] 汪恕诚.资源水利——人与自然和谐相处[M].北京:中国水利水电出版社,2003.161.

[3] 叶寿仁,黄卫良.太湖流域节水工作研究[J].中国水利,2001(8):75~76.

[4] 王颖,张永战.人类活动与黄河断流及海岸环境影响[J].南京大学学报(自然科学版),1998,34(3):257~271.

[5] 钱正英,张光斗.中国可持续发展水资源战略研究综合报告[M].北京:中国水利水电出版社,2001.9~11.

(收稿日期:2005-08-26 编辑:徐广生)

(上接第10页)的理解和支持,保留了水利风景区管理事项,要求县以上人民政府水行政主管部门要切实履行职责,严格对设立水利旅游项目的审批,并在国办发[2004]62号文件中给予了明确。水利部也出台了《关于印发水利风景区管理办法的通知》(水综合[2004]143号)、《关于批准发布水利风景区评价标准的通知》(水国科[2004]129号)等文件。这些文件的出台,是全社会对水利风景区高度认知的结果,是我国水利风景区建设与管理工作中的一件盛事,为水利风景区的进一步发展明确了政策依据。我国现有8.6万多座水库,3万多座水闸,26万多km堤防,蕴藏着丰富的水利风景资源,为开展水利风景区建设与管理工作提供了得天独厚的有利条件。水利旅游业作为水利多种经营的新的经济增长点,要以水利风景区建设为契机,不断开拓,并作为水利多种经营进一步发展的重点和突破口,逐渐成为水利多种经营发展的支柱。

2.9 坚持科学发展观,搞好水利资源的综合利用和开发

水利多种经营是对水利资源的综合开发和利用,而水利资源的综合开发和利用又是对水利多种经营的延伸和升华。但水利资源的综合开发和利用不应该是简单的"征服自然"和"统治自然",毫无节制地向大自然索取和掠夺,而应该是有目的的、有理性的、有节制的、有科学的开发和利用。在人类历史发展进程中,人与自然关系的发展经历了4个时期——依存、开发、掠夺、和谐。在各个时期,经济社会发展程度不同,人们对自然的认识不同,在处理与自然的关系时也采取了不同的态度。21世纪,人类社会的发展已经进入与自然"和谐"相处的时期,人与自然和谐相处是经济社会不断发展的必然结果。应该说,人与自然和谐相处是破解中国水问题的核心理念,是实现可持续发展水利的必然要求,也是新时期基于科学发展观下水利发展的具体体现。水利资源的综合开发和利用是水利工作的重要组成部分,其发展势必也要提倡"人天和谐",统筹考虑、分清优劣、优化配置,把科学发展观融入到具体的实践当中[5]。

[参考文献]

[1] 李晓华,赵敏,田圃德,等.我国水利多种经营发展现状综述[J].水利经济,2005(3):55~59.

[2] 李晓华,赵敏,田圃德,等.水管单位开展水利多种经营的经验与模式选择[J].水利经济,2005(4):25~29.

[3] 李晓华,田圃德,赵敏,等.我国水利多种经营的制约因素分析[J].水利经济,2005(5):47~49.

[4] 许书平,刘剑.利用优势求发展,做活做足水文章[J].江苏水利,2000(7):43~44.

[5] 汪恕诚.坚持科学发展观,坚持依法行政,努力把水利事业推进到新水平[J].中国水利,2005(1):5~14.

(收稿日期:2005-10-14 编辑:徐广生)