

# 基于水资源承载力的城市规模研究

王传武

(济宁学院文化传播系, 山东 曲阜 273155)

**摘要:**就水资源与城市规模关系的研究而言,学者们对具体城市水资源承载力的应用性研究较多,理论性研究较少。基础理论的缺失必然导致应用性研究出现问题,导致有人对是否客观地存在水资源承载力产生怀疑。本文从承载力的内涵出发,论证了城市水资源承载力存在的客观性;在界定水资源承载力概念的基础上,提出了水资源承载力存在的两个极限:自然极限和社会极限;给出了因学者不同得出城市水资源承载力不同的解释,构建了基于水资源承载力的城市规模模型,并以北京市为例,计算了其水资源承载力。

**关键词:**水资源承载力;城市规模;自然极限;社会极限;社会文化准则

中图分类号:X14

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2013)04-0070-05

水是生命之源,是人类社会赖以生存、发展的基础和不可替代的有限性自然资源。城市规模与水息息相关。有学者认为,城市化最基本的制约因素是土地资源和水资源,其中水资源是最主要的制约因素<sup>[1]</sup>。在人类历史上,因水资源短缺而导致城镇衰退的现象在各国屡见不鲜<sup>[2]</sup>。由此可见,水在城市生存发展中占有极其重要的地位和作用,是决定城市经济持续增长和城市规模大小的重要因素。然而,当前的城市发展并未对水资源的承载能力给予充分的重视。作者认为,造成这种现象的原因之一是水资源对城市规模约束理论的不成熟。本文把水资源作为城市规模的唯一约束条件,试图探讨相关的基本理论问题。

## 1 研究状况及评价

### 1.1 承载力研究

研究水资源对城市规模的约束作用就要首先清楚承载力、水资源承载力的相关研究。迄今,不同学者对承载力、水资源承载力的认识仍然存在较大分歧。但是,无论是使用承载力概念的古希腊哲学家亚里士多德<sup>[3-4]</sup>,还是后来承载力概念应用于力学、生态学<sup>[5]</sup>,再到20世纪80年代末施雅风先生提出了水资源承载力的概念,承载力的基本含义只有一个,即承载主体在不

产生任何破坏时的最大(极限)荷载。对于人类社会来说,该含义也就是18世纪末英国人口学家马尔萨斯(Malthus)所说的环境因子对人口增长过程的限制作用<sup>[6-7]</sup>。水是最重要的环境因子,研究水资源与城市规模间的关系,实质就是研究水资源这个因子对城市人口的限制作用。

### 1.2 研究现状及评价

水资源对城市规模约束作用的研究是伴随着城市水资源短缺产生的。所谓短缺,实质是城市水资源不能满足城市人口的需要。在国外,对于水资源与城市规模关系的单项研究较少,大多将其纳入可持续发展理论中。在国内,水资源与人口规模关系的研究常见于水资源承载力的研究中,单纯探讨水资源对城市规模约束作用的研究也不多。无论国内还是国外,相关的基础理论研究都不多。作者认为,水资源对城市规模约束理论的不成熟,是导致相关应用性研究混乱的根源。例如,不同学者对北京市水资源承载力进行了多种方法的计算,其结果五花八门,甚至相差几倍。这样的结论很难得到其他学者和政府官员的认同,进而成为部分学者和政府官员怀疑人口承载力是否客观存的重要原因之一<sup>[8]</sup>。

在相关的应用性研究中,涉及北京市的有:北京市人口增长调控研究<sup>[9]</sup>、北京市水资源承载力的变化趋

收稿日期:2012-09-14

基金项目:山东省软科学项目—基于水资源承载力的城市规模研究(2011RKGB5031)

作者简介:王传武(1963-),男,山东泗水人,副教授,主要从事人地系统调控与区域可持续发展研究。E-mail: w3196666@163.com

势及驱动力研究、北京市水资源与人口规模关系探析、北京市水资源人口承载力再辨析<sup>[8]</sup>、北京市水资源承载力评估分析等。另外,也有一些学者对上海、天津、重庆、成都等做了相关研究。所有这些研究,虽然得出的定量结论千差万别,但定性结论是一致的,就是这些城市的水资源承载力都处于超载之中。如果按照黑格尔“存在即合理”的逻辑,或者退一步说“存在必有其合理性”,就会出现这样的悖论:承载力是极限人口,不能被超过,但是,北京、上海等城市的事实人口超过了这个极限。按照自然科学的思维方法,当事实与所谓的理论之间出现矛盾时,就应该废除或修正已有的理论。由此看来,建立水资源承载力的基础理论,是水资源承载力研究者应该首先解决的问题。

## 2 水资源对城市规模约束的客观性

### 2.1 水资源对城市规模约束的客观性

城市规模是否存在极限,水资源对城市规模是否具有约束作用,在学术界存在不同的看法。如前所述,很多学者认为北京市人口规模已经超过了水资源承载力。然而,事实上北京市人口仍在不断增加。要避免这种认识上的混乱,就必须界定或搞清相关的基本问题。

作者认为,水资源对城市规模是否客观存在约束作用,是否是城市发展的一个“门槛”,是水资源承载力研究、水资源与城市规模关系研究要回答的第一个问题。作者认为,按照承载力的概念,只要客观存在水资源对城市规模的约束作用,则存在水资源承载力,存在水资源与城市人口之间的极限关系。事实非常清楚,城市生产、生活、生态都离不开水,水与它们的规模间存在正相关关系。如果我们把城市规模比作由很多块木板组成的木桶里的水,那么城市水资源即为木桶上的一块木板,其木板的长短对木桶中水量的多少具有决定性的(当为最短的木板时)或潜在的限制作用。这就从逻辑上说明了水资源对城市人口规模、生产规模、生态规模的约束。历史与现实也能说明上述结论。很多学者认为,楼兰古城的消失是因为水资源的缺乏<sup>[10]</sup>,大陆向香港供水,提高了香港的城市规模。一个城市缺水,轻者会影响城市人口的生存质量,导致城市得“缺水病”,不健康;重者会导致城市萎缩或消失。以北京为例,近百年来,北京市湿地、湖泊减少了,河流水量减少了,地下水位下降了。我们认为,如果北京水资源更多一些,北京人的生活就会更好一些,北京的吸引力就会更大一些,在社会文化准则不变的情况下,北京的城市

规模也可以再大一些。事实上,把丹江口水库的水调到北京就是希望提高北京人的福祉,增加北京市的水资源承载力。1998年世界环境与发展委员会提出的文件指出:“水正在取代石油成为在全世界引起危机的主要问题(WCED,1998)。”所谓水资源不足、水资源危机,都是指水资源不能满足人们的需求,是水资源承载力的不足。由此可见,水资源对城市规模的约束作用是客观的,城市客观的存在水资源承载力问题。

### 2.2 两个极限

学者们为什么对同一城市水资源承载力的计算存在那么大的差别?作者认为,原因在于我们没有区分开水资源承载力存在的两个极限。

人具有自然属性和社会属性,讨论与人相关的问题应该同时考虑人的这两重属性。从人的自然属性看,人是一种“自然存在物”,一种动物。“我们连同我们的肉、血和头脑都是属于自然界,存在于自然界”。人具有动物所共有的特性,同样,约束动物的自然因子也会约束人。对于生物来说,生长繁殖存在一个逻辑斯谛曲线,其意义是,随着种群数量的增大,环境容纳量中种群尚未利用的资源(如土地资源、水资源)会逐渐减少,拥挤效应等环境阻力会逐渐增大,最终会导致种群增长率趋向于零,达到与资源相协调的极限。水、食物等是生物重要的生存因子,一定的水资源量必定存在可持续供养一个城市人口“活着”的最大数量,若大于这个数量就会有人因缺水而被自然选择所淘汰,最终达到人口与水资源的动态平衡,即达到该城市的水资源承载能力。我们把这种承载力称之为水资源人口承载力的自然极限,或称自然承载力。该极限是绝对极限,是自然之手在对人这个物种起限制作用。

人还有社会属性,他们生活在一定的生产方式之中。人的社会属性决定了人不满足于维持“活着”的标准,而应该有更高的要求,需要更多的水,符合一定的社会文化准则。社会文化准则的不同,标准的不同,得出的水资源承载力当然有所不同。我们把符合一定社会文化准则的承载力称之为水资源承载力的社会极限。社会极限是相对极限,是相对于一定标准的极限,超过该极限就会导致承载主体“水资源”遭到破坏,导致水资源不能可持续被利用。事实上,我们所说的城市水资源承载力都是指社会极限。很明显,如果我们按发达国家(如美国、英国等)城市人口消费水资源的标准生活,或者按照联合国规定的人均水资源丰水线标准(3 000m<sup>3</sup>/人)维持生活,包括北京市在内的我国绝大多

数城市人口都是严重超载的。

### 3 水资源承载力与城市规模的关系

#### 3.1 概念的界定

科学的理论体系是从概念的界定开始的。基于水资源承载力的城市规模研究涉及两个核心概念：水资源承载力和城市规模。

水资源承载力：指一个国家或地区在现有技术和人口素质的基础上，在可预见时期内，利用可用水资源，在保证人类生物学用水需要、生态良性发展的前提下，在保护符合其社会文化准则的生活水平下所能持续供养的最大人口数量<sup>[11]</sup>。水资源承载力概念的界定是水资源承载力相关研究的基石。

作者认为，上述界定符合学术界普遍认同的适度人口的理念。法国著名人口学家、适度人口理论的主要代表索维给出了他的适度人口的界定，“适度人口也就是一个以最令人满意的方式达到某项特定目标的人口”。对于水资源承载力来说，“最令人满意的方式”可表述为“符合一定的社会文化准则”。索维还将技术进步引入到适度人口的分析中，把适度人口作为一个与技术相关的动态概念。作者在对水资源承载力概念进行界定时借鉴了这一思想。

城市规模：指符合一定社会文化准则生活水平的人口，包含人口数量和生活品质两个方面的内涵。

#### 3.2 指标的选取和模型的构建

##### 3.2.1 城市水资源的界定

我们规定：凡是符合一定标准可以用于生产、生活、生态的水，均视为水资源（当然，生产、生活、生态对水质的要求是不同的，为了使问题简单化，在此不作区分）。由于城市是个开放系统，城市水资源既包括城内空间范围内产生的水资源（如天然降水、地下水 and 再生或循环利用的水资源），也包括城市空间外输入的水资源。在水资源可持续利用的前提下，一定时间的水资源量=对应时段已供水资源量+对应时段潜在水资源量（可供应但未供应部分）=对应时段可供量。城市水资源承载力是由水资源可供应量（即水资源量）而非实际供应量决定的。

假设某城市水资源可供量为  $W_T$ ，将来利用时，该水资源可分解为：生活用水（ $W_L$ ）（指可分配量而非目前实际利用量）、生产用水（ $W_P$ ）和生态用水（ $W_E$ ）（界定为绿地（包括林地）用水），三者之间的关系可表述为

$$W_T = W_L + W_P + W_E \quad (1)$$

##### 3.2.2 “符合社会文化准则的生活水平”的界定及承载力计算

在本研究中，我们把“符合社会文化准则的生活水平”界定为一定标准的人均生活用水（ $W_{LP}$ ）（生活指标，通过居民人均生活用水定额体现）、人均 GDP（ $G_P$ ）（经济指标，可依据一定标准换算成对应的人均 GDP 用水（ $W_{TP}$ ）和人均绿地面积（ $A_P$ ）（生态指标，可依据一定标准换算成对应的人均生态用水（ $W_{EP}$ ））。

可分别用人均生活可用水（ $W_{LP}$ ）、人均 GDP 可用水（ $W_{TP}$ ）、人均绿地面积可用水（ $W_{EP}$ ）分别计算其对应的水资源承载力  $P$ ，依次表述为

$$P_1 = \frac{W_L}{W_{LP}} \quad (2)$$

或 
$$P_2 = \frac{W_T}{W_{TP}} \quad (3)$$

或 
$$P_3 = \frac{W_E}{W_{EP}} \quad (4)$$

式(2)(3)(4)说明，当我们规定的“符合社会文化准则的生活水平”标准高时，即人均生活用水多、人均 GDP 大、人均绿地面积大时，同样的水资源承载的人口就少。

如果我们把“符合社会文化准则的生活水平”同时界定为不低于人均生活用水、人均 GDP、人均绿地面积中的任何一个时，该城市水资源承载的人口（ $P$ ）可以表述为

$$P = \text{Min}\{P_1, P_2, P_3\} \quad (5)$$

显然，当  $P_1 = P_2 = P_3$  时， $P$  最大。

##### 3.2.3 人均 GDP 用水（ $W_{TP}$ ）和人均生态用水（ $W_{EP}$ ）的计算

(1) 人均 GDP 用水（ $W_{TP}$ ）的计算。城市 GDP 总量  $G_T$ 、总用水  $W_T$  与单位 GDP 用水  $G_A$  的关系表述为

$$G_A = \frac{W_T}{G_T}$$

当我们界定“符合社会文化准则的生活水平”的 GDP 为  $G_P$  时，就有

$$W_{TP} = G_P \times G_A$$

即 
$$W_{TP} = G_P \times \frac{W_T}{G_T} \quad (6)$$

(2) 人均生态用水（ $W_{EP}$ ）的计算。城市绿地总面积  $A$ 、绿地总用水  $W_C$  与单位面积绿地用水  $W_{CP}$  的关系为

$$W_{CP} = \frac{W_C}{A}$$

当我们界定“符合社会文化准则的生活水平”的人



均绿地面积为  $A_p$  时,就有

$$W_{EP} = A_p \times W_{GP}$$

$$\text{即 } W_{EP} = A_p \times \frac{W_G}{A} \quad (7)$$

### 3.2.4 用城市人均综合需水量计算承载力

柯礼丹先生(2004)给出了预测未来城市需水量的公式<sup>[12]</sup>。柯先生认为,在一定时期内,一个地区的人均用水量是个相对稳定的数值,可以用人均综合用水量方法预测未来的需水量,即:预测水平年总需水量=预测水平年人口数×(现状年人均用水量±人均用水量调整数)。从预测的效果看,该方法预测的未来需水量与后来的事实比较相符。如果我们把柯先生的公式变换一下即可得到:预测水平年人口数=预测水平年总需水量÷(现状年人均用水量±人均用水量调整数),再把“现状年人均用水量±人均用水量调整数”替换为“符合社会文化准则的生活水平”的城市人均综合需水量  $W_c$ ,则城市水资源人口承载力就可以表述为

$$P = \frac{W_T}{W_c} \quad (8)$$

公式(8)的优点在于,它不仅可以基于现状即用“现状年人均用水量±人均用水量调整数”计算一定水资源量的人口承载力,而且可以摆脱现状的约束,只考虑理想状态(即符合社会文化准则的生活水平)来计算一定水资源量的人口承载力。

### 3.3 举例:北京市水资源承载力的计算

假设北京市水资源可供总量为  $37.39 \times 10^8 \text{m}^3$ ,其中分配给生活的供水为  $15.6 \times 10^8 \text{m}^3$ ,环境供水  $4.29 \times 10^8 \text{m}^3$ (其中分配给绿地的供水为  $3 \times 10^8 \text{m}^3$ ),万元 GDP 水耗  $29 \text{m}^3$ ,绿地用水定额为  $0.3 \text{m}^3/(\text{a} \cdot \text{m}^2)$ 。北京市“符合社会文化准则的生活水平”界定为城市居民生活用水量标准  $240 \text{L}/(\text{人} \cdot \text{d})$ ,人均绿地面积  $60 \text{m}^2$ ,人均国内生产总值 8 万元,计算北京市水资源承载力。

根据公式(2)(3)(4)(5),可以求得

$$P_1 = 1781 \text{ 万人}$$

$$P_2 = 1612 \text{ 万人}$$

$$P_3 = 1666 \text{ 万人}$$

$$P = 1612 \text{ 万人}$$

北京的常住人口在 2009 年底是 1755 万人,多年平均人均水资源量  $W_c$  为  $213 \text{m}^3$ ,按照 2002 年国务院批复的《南水北调工程总体规划》引水  $10 \times 10^8 \text{m}^3$  到京的目标,并把 2009 年城市人均综合需水量的标准界定

为“符合社会文化准则的生活水平”,2014 年南水北调引江水进京后,根据公式(8)可得北京市可增加的水资源承载力为

$$\Delta P = \frac{\Delta W_T}{W_c} = 469 \text{ 万人,即承载力为 } 2224 \text{ 万人。}$$

说明:上述给出的条件都是基于北京市的现状而非理想状态,因此,得到的结果也与北京市现状人口相当。如果我们给出满足北京人民需要的“符合社会文化准则的生活水平”的其它标准,同样也能计算得到北京市其它结果的水资源承载力。

## 4 基本结论与相关思考

从以上分析我们看到:

(1)城市水资源承载力是与人的价值观相联系的一个概念。即便水资源相同,不同的价值观,不同的社会文化准则,其承载力也不同。城市规模的大小,既取决于水资源的多少,更取决于人们对社会文化准则的选择。

(2)城市水资源承载力是与技术相关的概念。技术水平高,生态用水效率高,万元 GDP 水耗少,再生水量多,水资源承载力就高。

(3)城市水资源承载力是考量城市规模是否适度的重要标准,它为我们考量城市规模提供了一个重要的、不可替代的参考。城市水资源承载力的研究,对于城市规划、城市发展,治理或预防“城市病”的发生,达到城市让生活更美好的目的都有积极的作用。因此,城市水资源承载力的研究是有用的。

参考文献:

- [1] 程俐骢. 城市规模约束:城市化可持续发展的新视角[J]. 同济大学学报(社会科学版), 2009, 20(2):23-29. (CHENG Licong. To restrain city scale: a new view towards the sustainable development of urbanization [J]. Tongji University Journal (Social Science Section), 2009, 20(2):23-29. (in Chinese))
- [2] 刘敏. 水资源量与城市人口规模[J]. 城市环境与城市生态, 2004, 17(2):27-28. (LIU Min. Water resources and city population scale [J]. Urban Environment & Urban Ecology, 2004, 17(2): 27-28. (in Chinese))
- [3] OECD. Sustainable consumption and production: clarifying the concepts [A]. OECD Proceedings [C]. 1997.
- [4] Hardin G. Carrying Capacity as an Ethical Concept [J]. Soundings, 1976, 59:120-137.
- [5] 陈春生. 环境容量受力分析与都市成长管理之研究:以台北都会区水资源个案为例 [J]. 国立台湾大学建筑与城乡研究学报, 1987, 3(1): 133-144. (CHEN Chunsheng. Environmental carrying capacity analysis and growth management [J]. Journal of Building and Planning,

- 1987, 3(1):133-144.( in Chinese))
- [6] Seidl I, Tisdell CA. Carrying capacity reconsidered: from Malthus' population theory to cultural carrying capacity [J]. *Ecological Economics*, 1999,31:395-408.
- [7] Population Information Network, United Nations Population Division, Department for Economic and Social Information and Policy Analysis. Population and environment in developing countries: a literature survey and bibliography [Z]. United Nations Population Division, 1994.
- [8] 童玉芬. 北京市水资源人口承载力再辨析[J]. *北京社会科学*, 2011, (5):22-28. (TONG Yufen. Re-discussion on population carry-capacity of water resources in Beijing[J]. *Social Sciences in Beijing*, 2011, (5):22-28. ( in Chinese))
- [9] 覃成林,周立云,覃成菊. 北京城市人口增长调控研究[J]. *中国人口、资源与环境*, 2002,12 (6):141-143. (QIN Chenglin, ZHOU Liyun, QIN Chengju. Research on the control of urban population growth in Beijing [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2002, 12(6):141-143. ( in Chinese))
- [10] 高玉山,桑琰云,徐刚,等. 楼兰的兴衰与环境变迁、灾变[J]. *阜阳师范学院学报(自然科学版)*, 2004,21 (3):59-61. (GAO Yushan, SANG Yanyun, XU Gang, et al. The rise and decline of Loulan and the environmental changes[J]. *Journal of Fuyang Teachers College (Natural Science)*, 2004,21(3):59-61. ( in Chinese))
- [11] 王传武. 对水资源承载力几个基本问题的新认识 [J]. *水文*, 2009,29 (2):24-27. (WANG Chuanwu. New understandings about several basic concepts such as water resources carrying capacity [J]. *Journal of China Hydrology*, 2009,29(2):24-27.( in Chinese)),
- [12] 柯礼丹. 人均综合用水量方法预测需水量—观察未来社会用水的有效途径[J]. *地下水*, 2004,26(1):1-10. (KE Lidan. Forecast water demand by the method of comprehensive water use per capita—effective way for observing water use in future society [J]. *Ground Water*, 2004,26(1):1-10. ( in Chinese))

## Study on Urban Size Based on Water Resources Carrying Capacity

WANG Chuanwu

(*Culture & Communication Department, Jining University, Qufu 273155, China*)

**Abstract:** As for research on relationship between water resources and urban size, scholars made a lot of applied research on city water resources carrying capacity, while theoretical research is less. The deficiency of basic theory must lead to the problems of applied research. Some people will be in doubt about the existence of water resources carrying capacity objectively. From the connotation of carrying capacity, the existence objectivity of urban water resources carrying capacity was argued in this paper. Based on the definition of water resources carrying capacity, the two limits of water resources carrying capacity were brought forward: natural limit and social limit. This paper explained the difference of urban water resources carrying capacity because of the different scholars and structured an urban size model on city water resources carrying capacity. Taking Beijing City as an example, this paper calculated the concerned water resources carrying capacity.

**Key words:** water resources carrying capacity; urban size; natural limit; social limit; social and cultural standard

(上接第 86 页)

## Pearl River Water Diversion Research Based on Drinking Water Supply Target and Flow Control

LIU Bin, LIU Lishi, WU Wei, WEN Ping, HUANG Yuming

(*Institute of Pearl River Water Resources Protection, Guangzhou 510611, China*)

**Abstract:** Pearl River Delta is characterized by the staggered distribution of rivers network and estuarine system, which is different from the other estuaries of the world. The salty water intrusion in this area is also different as the complex hydrodynamic system. At the same time, Pearl River Delta has a large population and active economic activities, the population affected by salty water intrusion is over 10 million, and the affected daily water supply is over 10million m<sup>3</sup>. Thus, Pearl River Water Resources Commission of MWR has implemented water diversion for 8 years since 2005, the flow for repelling salty water intrusion can not be less than 1 800m<sup>3</sup>/s at the Wuzhou station. Based on the relationship between the salty tide and runoff, this paper made an analysis and put forward a new water diversion scheme based on the drinking water supply target and flow controlling.

**Key words:** salty water intrusion; recharge fresh water for repelling saltwater intrusion; Pearl River delta