

基于水库群调节的水资源承载力研究

文 聘

(四川省电力设计院,四川 成都 640000)

摘 要:水资源承载力水平是评价区域社会、经济和生态环境全面可持续发展状况的重要因素,不同状态下的用水功效系数不同,其水资源承载力也不同.本文在分析水资源承载力内涵的基础上,以深圳市中西部水资源为例,按照“协调可持续发展”原理,建立了基于水库群调节的水资源承载力模型,并进行长系列计算与分析.结果表明:深圳市中西部水资源最多只能满足现阶段(2015年)城市用水需求,同时随着城市人数不断的增加,远期深圳市中西部地区用水量必须对东江水和西部引水采取水库群联合调节的方式,以提高该区域的水资源承载力.

关键词:水资源承载力;协调可持续发展;水资源;水库群

中图分类号:TV213 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-4701(2018)06-0451-04

0 引 言

我国20世纪80年代开始研究气候变化对水资源的影响,包括气候变化对于流域内水量平衡、城市供水需求、农业灌溉和工业用水量的影响.截至2017年5月18日,深圳市累计登记的流动人口为1 200.55万,加上常住人口246万,深圳总人口为1 446.55万.深圳市是全国7个严重缺水城市之一,据了解,2016年,深圳市降水量2 721.33 mm,水资源总量30.40亿 m^3 ,人均占有的水资源量只有全国平均水平的1/12.目前深圳市90%的用水量靠境外引水,由深圳市水务局提供的一项数据表明,与南方大城市人均综合生活用水相比,全市人均用水量458.62L/d;城市居民人均生活用水量165.59 L/d,大大超过南方大城市人均综合生活用水量261 L/d的平均水平^[1,2].所以研究深圳市近期条件下的水资源供需关系具有十分重要的现实意义.

1 水资源承载力概念综述

水资源承载力(WRCC)是承载力概念与水资源领域的自然结合,水资源承载能力是指某一地区的水资源,在一定社会历史和科学技术发展阶段,在不破坏社会和生态系统时,最大可承载(容纳)的农业、

工业、城市规模和人口的能力.目前国内外还没有统一完善的定义.就国外而言,美国的URS公司^[3]对佛罗里达keys流域的承载力研究时曾涉及到承载力的定义.国内水资源承载力已广泛应用于研究缺水地区的工业、农业和城市及整个经济发展中的水资源供需平衡分析,以下是我国一些学者对水资源承载力概念的分析理解:

张保成^[4]等人对水资源承载力概念进行了详细的总结整理,以徐有鹏、施雅风、阮本青等人提出的概念使用的更为广泛.

何梓霖等人提出^[5]:水资源承载力是指某一区域在特定历史阶段的特定技术和社会经济发展水平条件下,以维护生态良性循环和持续发展为前提,当地水资源系统可支撑的社会经济活动规模和具有一定生活水平的人口数.

段春青^[6]等人提出:区域水资源承载力定义为“区域在一定经济社会和科技发展水平条件下,以生态、环境健康发展和社会经济可持续发展协调为前提,区域水资源系统能够支撑社会经济可持续发展的合理规模”.

Daily G C.^[7]提出社会经济质量与可持续发展和地球承载力之间的关系.

张俊成等人^[8]提出按照可持续发展的思路,在一定的区域内,以一定的水资源开发利用水平为基础,以可预见的技术、经济和社会发展水平为依据,以维护生

态、环境良性循环发展为条件,在一定的时期考察序列内(应不少于10年),以保证水资源对社会、经济、人口等方面的支撑为持续平衡增长的前提下,水资源可以达到的最大支撑能力。

夏军^[9]等通过分析城市化对地区水循环、社会经济和生态与环境的影响,探讨了城市化地区水资源承载力的内涵和特性。

综上所述,本文提出水资源承载力指某一地区的水资源(主水和客水),考虑水库调节,合理的调配水资源,使其承载工农业生产、人类生存以及生态环境等最大能力。

水资源承载力研究以流域、地区、城市研究为主要对象,本文以深圳市中西部为对象,并按照“协调可持续发展”原理建立模型,进行综合性研究。

2 基于“协调可持续发展”的水资源承载力模型的构建

目前,关于水资源承载力这方面的研究方法很多,有模糊综合评价方法、主成分分析法^[10]、常规趋势法、多目标分析方法、物元模型、系统动力学方法、投影寻踪评价模型等^[11]。本文基于“协调可持续发展”的原理来研究深圳市水资源承载力问题。

协调可持续发展的原理是:尽可能提高水资源利用率,减少水资源损失,实现经济、社会、生态相统一发展模式。所以本文讨论了用水功效系数的概念。用水功效系数反映一个地区或者用水部门对水资源的利用程度,也可以反应该地区的经济水平。

“协调可持续发展”模型分为5个步骤:①确定水库的库容 V, m^3 ;②确定城市供水量 $W_{(g)}, m^3$;③确定城市综合需求量 r, m^3 ;④求解城市综合用水功效系数 U ^[5];⑤求解城市国内生产总值 $G, 元$;⑥建立“协调可持续发展”模型。

目标函数:

$$\text{Min}W_g = \sum_{m=1}^n \sum_{t=1}^n (W_x(U(m,t), G(m,t), V(m,t))) \quad (1)$$

$$\frac{W_1 U_1}{r_1} = \frac{W_2 U_2}{r_2} = \dots = \frac{W_n U_n}{r_n} \quad (2)$$

$$\frac{G}{W} = \frac{G_1}{W_1} = \frac{G_2}{W_2} = \dots = \frac{G_n}{W_n} \quad (3)$$

水库状态转移方程:

$$V_m(t+1) = V_m(t) + W_{\text{入库}}(t) - W_{\text{出库}}(t) \quad (4)$$

$$\text{约束条件: } \sum_{m=1}^n W_g(m) \leq \sum_{m=1}^n W_{\text{出库}}(m), \sum_{m=1}^n Q_g(m) \leq \sum_{m=1}^n Q_{\text{出库}}(m)$$

$$V_m^{\text{min}}(t) \leq V_m(t) \leq V_m^{\text{max}}(t)$$

$$W = W_1 + W_2 + \dots + W_n \quad (5)$$

式中: $r_j(j=1,2,\dots,n)$ 为某种生活水准下第 j 方面的城市需水量, m^3 ; $W_j(j=1,2,\dots,n)$ 为满足城市各区 j 需求相应的供水量, m^3 ; $U_j(j=1,2,\dots,n)$ 为单位水资源量对某种用水对象 j (如GDP)的最大生产能力,即用水功效系数, U 决定了用水效率,当 U 值越大,则用水水平就越高; $G_j(j=1,2,\dots,n)$ 为生产总值,元,通过生产总值可以说明该地区的经济发展水平; $W_{\text{入库}}(m)$ 、 $W_{\text{出库}}(m)$ 、 $Q_g(m)$ 、 $Q_{\text{出库}}(m)$ 分别代表第 m 个水库入库流量、出库水量、供水流量、出库流量, m^3 ; $W_g()$ 、 $W_x()$ 代表水库供水、城市需水, m^3 ; $V_m^{\text{min}}(t)$ 、 $V_m^{\text{max}}(t)$ 第 m 个水库第 t 时段的上、下限库容约束。

3 深圳市中西部水资源承载力的估算与评价

3.1 研究区基本概况

本文以深圳市中西部为研究对象,其中包括:宝安、南山、福田三大区,其面积分别为:79 km^2 、151 km^2 、733 km^2 ,总面积963 km^2 。截止到2010年,深圳市福田区、宝安区、南山区总人口数为718.33万^[12]。深圳市中西部主要水源为自产水和境外引水,境外引水的比例约占特区内淡水供水总量的90%。

3.2 本地来水

本地来水主要以深圳市石岩水文站^[13]1970~2005年的降雨资料作为全区域的降雨;多年平均降雨量为1615.57 mm;月平均值为133.10 mm,见表1。根据多年降雨资料,得到深圳市中西部各水库的自产水量,见表2。

公明水库自产水和蒸发渗漏损失基本上抵消了,并且公明水库是个备用水库,没有对应的供水水厂,所以本地自产水和对应水厂供水规模供水按0计算。

3.3 境外来水

境外引水近期主要是通过北线引水工程给深圳市中西部地区供水,在97%的供水保证率下,北线引水量为3.50亿 m^3 /年。远期则要加大北线引水并与西线引水工程结合供水。

表1 石岩水文站 1970~2005年降雨量

mm

年份	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
降雨量	1 666.5	1 810.1	1 836.0	2 000.6	1 576.8	2 382.4	1 872.1	1 151.9
年份	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
降雨量	1 575.8	1 518.1	1 488.9	1 520.7	1 376.8	1 810.9	1 060.7	1 608.5
年份	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
降雨量	1 563.2	1 828.4	1 272.3	1 250.4	1 021.0	1 021.4	1 643.1	1 930.7
年份	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
降雨量	1 903.0	1 463.2	1 662.0	1 739.0	1 548.9	1 495.8	2 160.2	2 308.7
年份	2002	2003	2004	2005				
降雨量	1 417.5	1 419.1	1 431.5	1 824.4	多年平均值 1 615.57			

表2 本地多年平均来水量及 2010 年

水厂供水规模 $10^8 m^3$

名称	本地自产水	对应水厂供水规模
公明水库	0	0
鹅颈水库	0.026 0	0.546
石岩水库	0.167 4	2.179
西坑水库	0.019 8	0.988
总和	0.213 2	3.713

3.4 城市需水量

深圳市中西部城市各部门现状(2010年)需水量之和,以各水库对应水厂的供水规模为准,总和 3.713 亿 m^3 /年,见表 2。按现状的用水要求,通过“协调可持续发展”模型中(4)式和(5)式,对水库群进行长系列联合优化调度计算,是多年调节水库蓄丰补枯,即水库丰水年蓄多余不用的水,等到枯水年再向城市供水。得出水资源供、需平衡关系,结果见表 3。

表3 深圳市中西部长系列水资源供、需平衡计算结果

$10^8 m^3$

序号	年份	水库群天然来水量北线引水供水能力	总可供水量	需水量	余缺	
1	1970	0.215	3.5	3.715	3.713	0.002
2	1971	0.222	3.5	3.722	3.713	0.009
3	1972	0.226	3.5	3.726	3.713	0.013
4	1973	0.225	3.5	3.725	3.713	0.012
5	1974	0.219	3.5	3.719	3.713	0.006
...
31	2000	0.167	3.5	3.667	3.713	-0.046
32	2001	0.204	3.5	3.704	3.713	-0.009
33	2002	0.230	3.5	3.730	3.713	0.017
34	2003	0.235	3.5	3.735	3.713	0.022
35	2004	0.188	3.5	3.688	3.713	-0.025
36	2005	0.193	3.5	3.693	3.713	-0.020
	平均	0.213	3.5	3.713	3.713	

深圳市中西部 1970~2005 多年平均总可供水量约为 3.713 亿 m^3 ,按 2010 年城市需水量 3.713 亿 m^3 ,多年平均需水量 3.713 亿 m^3 。可以看出目前的供水量基本满足 2010 年的用水需求,结果见表 3。

根据国内生产总值平均值与城市综合用水平均值之比、确定出各区相应供水量,通过式(2)计算出相应的城市综合用水功效系数,见表 4。通过(3)式从而计算出深圳市水资源承载力,见表 5。

U 值是指地区生产总值/对应的用水量,随着 U 值的增大,城市越富裕,见表 4。表 5 是对深圳市水资源承载力分析结果,在温饱型条件下,宝安区、福田区、南山区基本属于缺载状态,在全面小康型条件下,福田区、南山区属于弱度超载,宝安区属于高度超载,超载值为 127.86 万人左右。在初步富裕型条件下,福田、南山基本属于弱度超载,宝安区属于高度超载,超载值达到了 138 万人左右。

表4 深圳市中西部各区用水功效系数(U值)

类型	2000年—温饱型			2005年—全面小康型			2010—初步富裕型		
	名称	第一产业	第二产业	第三产业	第一产业	第二产业	第三产业	第一产业	第二产业
宝安	0.632	20.388	10.589	0.511	73.567	46.302	0.051	96.441	51.678
南山	0.079	23.606	7.325	0.250	66.280	29.490	0.085	102.29	59.687
福田	0.006	13.375	15.120	0.001	20.575	44.561	0.071	20.267	169.274
总和	0.717	57.369	33.034	0.759	160.419	120.351	0.208	218.998	280.639

表5 深圳市水资源承载力^[14,15] 经济一亿元,人口一万人

类型	2000年—温饱型		2005年—全面小康型		2010—初步富裕型	
	名称	经济	人口	经济	人口	经济
宝安	305.49	165.69	1 163.45	204.17	2 329.84	362.01
南山	364.08	123.72	1 124.66	152.45	1 990.05	270.31
福田	448.07	101.85	1 027.03	125.50	1 832.63	222.52
总和	1 117.64	391.25	3 315.14	482.11	6 152.52	854.84

4 结论与讨论

本文建立的“协调可持续发展”模型分析计算出深圳市中西部福田区、南山区、宝安区温饱型、全面小康型、初步富裕型的水资源承载力状况。结果表明:在水平年,深圳市中西部水资源量最多只能满足现状(2010)年的初步富裕型用水要求,能够达到供需平衡状态,不缺水;同时各区的超载人数也在不断的增多。在枯水年,深圳市中西部承载力人口肯定小于平水年承载力人口。因此为了保持深圳市中西部供水量的稳定性,本文提出以下几方面的建议:

(1) 创建节水型城市,努力开发利用新水源,大力发展节水技术,建立供水、中水回用和污水处理的良性运行体系,提高水资源的利用率;

(2) 建立完善水资源开发利用的管理体系,达到水资源的可持续发展,为深圳市经济发展和人民生活提供持续、可靠的水资源保证;

(3) 因为深圳市中西部水源主要靠引水,所以为了防止深圳市发生突发性事件,深圳市应做好储备水库的应急供水预案——公明水库;

(4) 要满足远期(2020)需水要求:利用公明水库的调节机制,配合其他3个水库进行混联水库群调度,实现水资源合理有序利用。

(5) 由于数据有限,本文没有从水环境污染方面考虑水资源承载力问题,所以在此方面有待提高。

参考文献:

- [1] 2016年度深圳市水资源公报[EB/OL]. 网址: http://www.szwrbb.gov.cn/xxgk_73214/zfxgkml/szswgk/tjsj/szygb/201711/P020171108613385083907.pdf
- [2] 中国历年总用水量 and 人均生活用水量统计[EB/OL]. 网址: <http://wenku.baidu.com/view/a38a6a235901020207409e4f.html>
- [3] 杜敏,等. 济宁市水资源承载力评价与分析[J]. 济南大学学报(自然科学版),2011,25(4),341~343.
- [4] 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.
- [5] 张保成,国锋. 国内外水资源承载力研究综述[J]. 上海经济研究,2006(10):39~42.
- [6] 何梓霖,等. 湖南省长沙县水资源承载力主成分分析研究[J]. 资源环境与发展,2008(2):17~19.
- [7] 段春青,等. 区域水资源承载力概念及研究方法的探讨[J]. 地理学报,2010,65(1):82~87.
- [8] Daily G C. English P R. Socioeconomic equity, sustainability and earth capacity[J]. Ecological Application,1996,6(4):991~1001.
- [9] 张俊成,等. 邹城市水资源承载力研究[J]. 资源环境与发展,2010,1:11~15.
- [10] 夏军,张永勇,王中根,等. 城市化地区水资源承载力研究[J]. 水利学报,2006,37(12),1482~1487.
- [11] 傅湘,纪昌明. 区域水资源承载力综合评价——主成分分析法的应用[J]. 长江流域资源与环境,1999,8(2):168~172.
- [12] 焦士兴. 安阳市现状水资源承载力研究[J]. 水资源保护,2007,23(2):47~49.
- [13] 深圳市2000、2005、2010年国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. 网址: http://news.sznews.com/content/2011-04/25/content_5565662.htm

- [14] 徐建军,陈汉宁. 深圳市公明供水调蓄工程初步设计报告(综合说明部分 第2版)[R]. 深圳市水利规划设计院,2008.3~9.
36(20):8757~8760.
- [15] 刘波,等. 南通市水资源承载力量化分析[J]. 安徽农业科技,2008,

编辑:张绍付

Research on carrying capacity of water resource based on multi – reservoir regulation

WEN Pin

(Sichuan Electric Power Design Institute, Chengdu 640000, China)

Abstract: The level of Carrying Capacity of Water Resources is an important factor to evaluate the condition of a region social, economic and ecological environment comprehensive and sustainable development. Water efficiency coefficients are different in different states, the carrying capacity of water resources is different too. This paper is based on analyzing the meaning of water resources carrying capacity, take water resources of the midwest of Shenzhen city as an example, by the way of the “Coordinated and sustainable development” theory, found the model of the carrying capacity of water resources, calculated and analyzed. The results show that the water resources in the midwest of Shenzhen city can only meet now this stage (2015) Urban water demand. At the same time, as the number of cities we increasing. In the long run, the water consumption in the midwest of Shenzhen must be regulated jointly by the reservoir group and the eastern river and the western diversion. In order to improve the water resources carrying capacity of the region.

Key words: Carrying capacity of water resources; Coordinated and sustainable development; Water resource; Reservoirs

翻译:文 聘

(上接第444页)

Quota assessment of domestic water resource in Jiangxi province

XIA Lili¹, ZHANG Dan², WANG Jingbin¹, YANG Peng¹

(1. Jiangxi Institute of Water Sciences, Nanchang 330029, China;

2. Jiangxi Provincial Research Institute for Soil and Water Conservation, Nanchang 330029, China)

Abstract: Strengthening water quota management is a significant guarantee for the integrated control of water consumption in the areas of southern China with abundant water resource, and it is also an effective measure to improve the efficiency and benefit of the water use. Water quota is a dynamic index. Whether the water quota meets the daily management requirement of water resource and whether it is applicable to the practical situation of the current social and economic development are directly related to its implementation effect. The second version of the domestic water quota of Jiangxi province was revised and promulgated at the end of 2017. In order to understand the level of the new quota, combined with the typical survey of the domestic water consumption, the weighted average method was applied to compare the quota criteria at home and abroad with that in Jiangxi province. The Jiangxi province Water Supply Quota (DB36/T419 – 2017) was comprehensively assessed in terms of coverage, reasonability, advancement and practicality. Then, the existing questions were deciphered and the specific suggestions were put forward. This work would provide an important basis for improving the standard of domestic water quota in Jiangxi province in the future.

Key words: Domestic water; Quota assessment; Weighted average method; Coverage; Rationality; Advanced; Practicability

翻译:夏丽丽