

文章编号:1001-4179(2011)07-0056-04

成都市水资源利用“木桶”效应的量化分析

黄晓荣^{1,2}, 于德江³, 蒋红霞², 杜军凯²

(1. 四川大学 水力学与山区河流开发保护国家重点实验室, 四川 成都 610065; 2. 四川大学 水利水电学院, 四川 成都 610065; 3. 吉林省水文水资源局, 吉林 长春 130022)

摘要:为了从经济学角度,量化分析水资源对成都市经济发展的约束效应以及国民经济各部门的用水特性,借用“木桶”原理,运用经济学发展理论和投入产出技术,对成都市水资源的“矮板效应”、“高板效应”和“疏板效应”进行分类计算分析。结果表明:目前水资源还不是约束成都市经济发展的“瓶颈”资源,但在时间和空间上,其约束程度表现出一定的差异性;农业、餐饮业等部门浪费水资源较严重,用水量与城市化水平还未呈现合理的倒“U”形关系;水资源在各部门间配置还欠合理,在建筑业、文化娱乐和房地产业等配置较多,而对交通运输、工业和金融等配置较少。

关键词:水资源;“木桶”效应;投入产出;成都市

中图分类号:TV213.9 **文献标志码:**A

成都市长期以来的用水都主要依靠岷江过境水支撑全市社会经济发展。但随着都江堰灌区人口快速增长、灌溉面积增加、城市化加快,成都也进入缺水城市行列。目前,人均水资源量 $684\text{ m}^3/\text{人}$,含过境水人均 $1\,844\text{ m}^3/\text{人}$ 。本文借助“木桶”效应原理,从经济学角度,量化分析水资源对成都市经济发展的约束效应以及国民经济各部门的用水特性。

1 水资源利用的“木桶”效应

“木桶”效应源于经济学,即个体薄弱,影响制约总体水平,也称“矮板效应”,可指水资源约束。后来由人们从不同的角度进行推论和演绎成“高板效应”和“疏板效应”^[1],可分别描述“水资源浪费”和“水资源优化配置”,为区域水资源的可持续利用以及水资源约束力研究提供理论指导^[2-3]。

区域经济社会发展需要一定的自然资源为其服务。一方面,如果水资源是其中的“最矮板”资源,它将成为社会经济进一步发展的限制要素。反之,“高

板效应”会使“多余”水资源闲置甚至白白流走,只有把其他“矮板”加长后,“多余”水资源才会得到充分利用。另一方面,如果水资源在各产业之间没有优化配置,就会产生“疏板效应”而导致“漏水”,水作为经济资源的服务价值将打折扣。

2 水资源约束力的测算

水资源对城市发展约束强度可以通过用水总量和城市化水平分别与经济发展水平的量化关系进行测算^[4]。根据国内学者研究成果,城市化水平与经济增长之间的关系符合对数曲线关系^[5],区域用水总量与经济发展表现为幂函数关系^[6],进而推导城市化水平与用水总量之间呈对数函数关系:

$$Y = a + b \ln X \quad (1)$$

式中, Y 为城市化水平,用城镇化率表示,%; X 为用水总量; a, b 为拟合参数。

城市经济发展伴随着城市化水平的提高,在快速城市化进程中,用水量是不断增加的,当水资源出现短

收稿日期:2010-12-02

基金项目:四川大学水力学与山区河流开发保护国家重点实验室基金项目(0804);武汉大学水资源与水电工程科学国家重点实验室开放基金项目(2008B040);中国水利水电科学研究院开放研究基金项目(08SL-01)

作者简介:黄晓荣,男,副教授,博士,主要从事水资源综合规划、水环境等研究。E-mail:hxiaorong@tscu.edu.cn

缺时,将延缓城市化进程,两者之间的对数增长关系逐渐减弱。故水资源约束程度 ($WRCI$) 可以通过公式 (1) 拟合曲线与观察值的偏离程度 $1 - R^2$ 来表示, $WRCI \in [0, 0.36]$ 属于弱约束, $WRCI \in [0.36, 0.64]$ 属于较强约束, $WRCI \geq 0.64$ 属于强约束^[2]。

运用 1993 ~ 1999, 2000 ~ 2008 年两个阶段成都市统计数据, 建立成都市城市化水平与用水量之间的对数关系, 如图 1, 2 所示。其 $WRCI$ 分别为 0.031 5 和 0.215 8, 均属于弱约束。但从时间尺度分析, 水资源对经济发展及城市化水平的约束程度在逐渐增加。此外从区域尺度分析, 水资源约束程度在空间上呈现明显差异, 见图 3。成都市东部丘陵地区的金堂县和龙泉驿区水资源对当地经济发展及城市化进程已具有较强约束, 应提高成都东部沱江水资源开发程度, 从而支撑当地经济可持续发展。

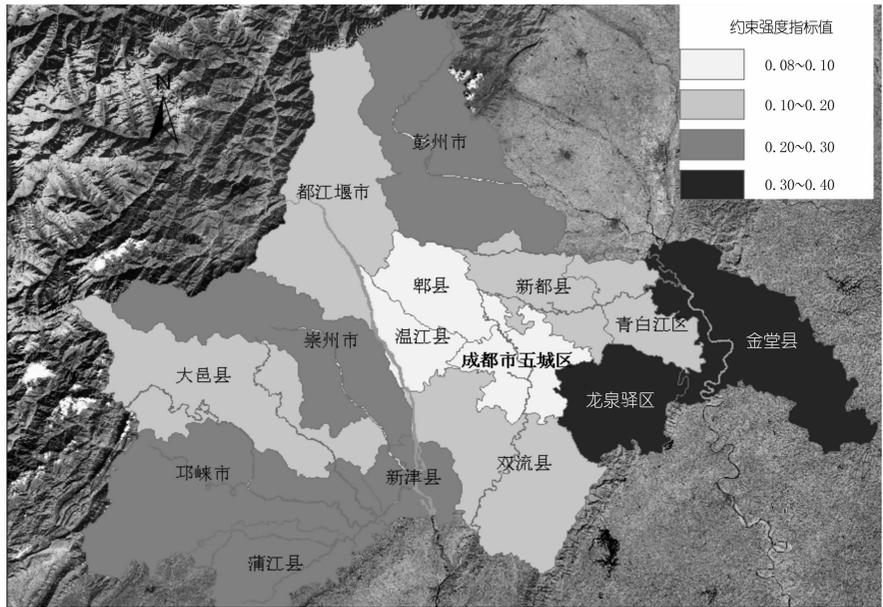


图 3 成都市水资源约束程度空间分布

3 水资源利用效率和效益分析

3.1 经济增长与水资源用水量

利用环境库兹涅茨曲线 (Environmental Kuznets Curve) 理论, 在社会早期发展阶段, 自然资源投入较多, 当经济发展到一定阶段后, 自然资源的价格由于开始反映出其稀缺性而上升, 社会降低了对自然资源的需求, 并不断提高自然资源的使用效率, 资源使用量与人均 GDP 呈倒“U”形。建立成都市 2000 ~ 2008 年人均 GDP 与用水量之间关系曲线, 如图 4 所示。由分析得知, 两者大致呈正“U”形关系, 拐点出现在 2002 ~ 2003 年间。此段之前水资源使用量随着人均 GDP 的增加略有降低, 至 2003 年后水资源的使用量随着人均 GDP 的提高而迅速增加。从水资源因子宏观定性判断, 目前成都市经济增长还比较粗放, 依赖水资源大量的消耗, 水资源使用量随着人均 GDP 的快速上升而急剧增加, 倒“U”形关系还未真正形成。究其原因, 在于成都市水资源相对充足, 社会节水意识淡薄, 水资源浪费严重。水资源还相对属于“高板”资源。

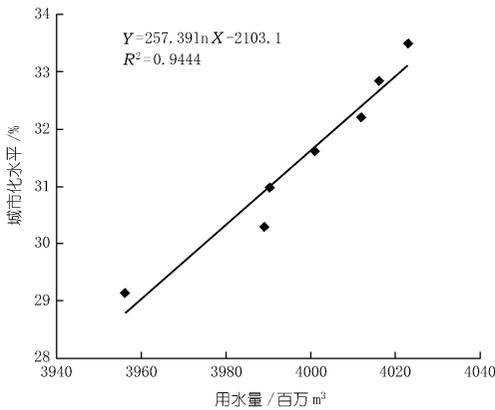


图 1 1993 ~ 1999 年城市化水平与用水量关系

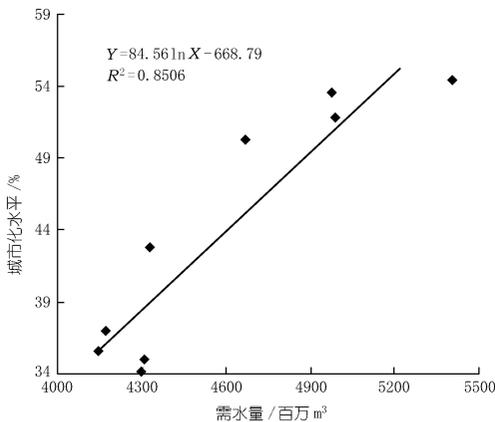


图 2 2000 ~ 2008 年城市化水平与用水量关系

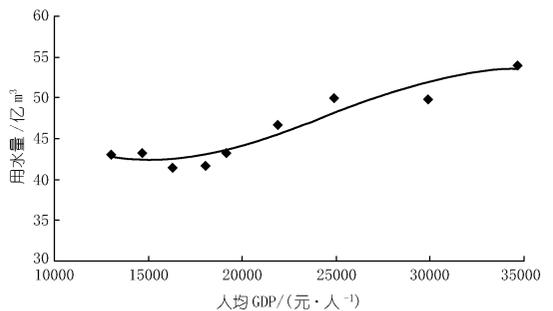


图 4 人均 GDP 与用水量关系曲线

3.2 水资源投入产出分析

利用投入产出技术,建立符合水资源特殊性的投入产出模型,以生产技术为基础、经济各部分间相互依存的数量关系来定量分析国民经济各部门水资源利用效率和效益^[7],这种方法不仅分析各部门的直接水资源消耗系数,而且还对各部门水资源产出的边际效应综合分析^[8]。部门用水效率通过用水系数反映,用水效益通过用水产出系数反映。用水系数包括增加值用水量、完全用水系数、用水乘数;产出系数包括增加值产出系数、完全产出系数和用水产出乘数。

鉴于省级行政区域 5 a 才编制一次投入产出表和成都市在四川省的重要地位,以及国民经济各部门相互依存的关联关系在一定时间内保持相对稳定的原理,利用四川省投入产出表(2002 年)、成都 2006 年水资源公报和成都市经济普查各部门用水资料,分析 17 个部门的用水特性,见表 1。

表 1 成都市用水特性

行业	用水系数/(m ³ ·万元 ⁻¹)			产出系数/(万元·m ⁻³)		
	增加值用水量	完全用水系数	用水乘数	增加值产出系数	完全产出系数	用水产出乘数
农业	1031.6	1130.8	1.1	9.7	68.4	7.06
工业	147.6	466.1	3.2	67.7	275.1	4.06
建筑业	14.3	319.3	22.3	698.4	915.4	1.31
交通邮政	56.2	263.3	4.7	178.1	372.9	2.09
信息软件	14.7	150.2	10.2	681.8	887.0	1.30
批发零售	36.2	152.9	4.2	276.0	432.6	1.57
住宿餐饮	243.6	538.4	2.2	41.0	186.1	4.53
金融	18.3	170.0	9.3	545.2	716.1	1.31
房地产	76.3	136.7	1.8	131.1	233.9	1.78
商务服务	91.9	299.2	3.3	108.8	283.7	2.61
科研技术	44.2	237.7	5.4	226.3	406.0	1.79
水利环境	126.7	315.5	2.5	78.9	259.5	3.29
居民服务	127.6	281.0	2.2	78.4	213.0	2.72
教育	79.1	283.8	3.6	126.4	323.7	2.56
卫生	97.9	335.0	3.4	102.2	277.6	2.72
文化娱乐	252.9	468.0	1.9	39.5	253.2	6.40
公共管理	42.4	251.2	5.9	235.8	435.3	1.85

注:完全用水系数是指某行业每增加 1 万元的最终产品,整个经济系统所累计增加的用水量;用水乘数是指某一行业增加单位用水量,整个经济系统所增加的用水量。完全产出系数是指某一行业增加或减少单方用水量所引起的整个经济系统经济量的变化值。用水产出乘数为该行业每增加单位用水量所引起的整个经济系统产出价值量的增加量。

通过表 1 综合分析,成都市农业万元增加值用水量和完全用水系数是最高的,其次是住宿餐饮业;另一方面,这两行业增加值产出系数和完全产出系数是最低的。这说明成都市农业、住宿餐饮业用水效率和效益较低,水资源浪费严重,符合目前成都市实际情况。此外,农业用水乘数是最小,而产出乘数是最大的。根据乘数效应的概念,用水乘数小的行业对整个经济系

统用水总量增长的放大倍数也小,反之亦然。这说明农业直接耗用水程度高,潜在耗水量低;直接产出较低,但潜在产出程度较高,农业在经济中的基础性地位是很重要的。反观信息软件和金融行业用水效率和效益较高,但用水乘数大,这些行业的发展将会促进整个经济系统用水量的快速增长。

4 水资源配置合理性分析

根据大道定理^[9],均衡增长率由结构关联技术水平矩阵(即直接消耗系数阵) A 所决定。均衡增长产出结构等于非负矩阵 A 的最大特征根所对应的特征向量。基于区域最优经济结构的原理,可分析水资源在国民经济各部门是否得到较合理的优化配置,从而为寻求内涵式、节水型的社会发展道路提供思路^[10]。

根据上述原理,可以构造产业结构偏离度:

$$K_i = 1 - \min(x_i, u_i) / \max(x_i, u_i) \quad (2)$$

式中, x_i 为实际的生产结构; u_i 为最优的生产结构。 K_i 越大, i 部门偏差越大。产业结构的总体协调情况可以用实际的生产结构向量与最优的生产结构向量之间夹角余弦 k 表示, k 越大,结构优化协调性越好。

$$k = \cos \alpha = \frac{\sum_{i=1}^n x_i u_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2 \sum_{i=1}^n u_i^2}} \quad (3)$$

根据投入产出表,建立 17 部门的矩阵,计算出最大特征根为 0.559 8,对应的特征向量(0.149 4, 0.954 8, 0.005 1, 0.170 4, 0.060 6, 0.083 4, 0.070 4, 0.123 7, 0.040 2, 0.028 6, 0.202, 0.004 5, 0.053 8, 0.013 5, 0.001 3, 0.010 5, 0.001 3),成都总的结构优化协调度为 0.935 6。这说明成都总体资源配置较优,总的产业结构协调较好,但具体行业结构有偏差,根据行业所占的比重,列出部分行业结构偏差对照表,见表 2。

表 2 成都市产业结构优化分析

部门	实际结构	优化结构	偏差系数	部门	实际结构	优化结构	偏差系数
农业	7.09	8.35	15.00	房地产	5.39	2.25	58.31
工业	33.58	53.34	37.04	文化娱乐	1.48	0.59	60.39
建筑业	10.47	0.28	97.28	批发零售	8.83	4.66	47.24
金融	4.76	6.91	31.11	交通运输	5.05	9.52	46.95

成都市实际结构比优化结构大的行业有建筑业、文化娱乐和房地产业等,实际结构比优化结构小的行业有交通运输、工业和金融业等。这说明成都一段时间内大量水资源(也包括其他资源)对建筑业、文化娱乐和房地产业配置较多,而对交通运输、工业和金融业

等配置较少,从而产生了“疏板效应”,存在漏水现象。

5 结论

(1) 目前,水资源还不至于成为成都市经济发展的“矮板”资源,但约束力随着时间有增强的趋势,并且约束程度地域分布呈现差异,局部地方已成为经济发展和城市化进程的约束条件。

(2) 水资源“高板”效应相对明显,经济发展依赖水资源大量的消耗,农业、餐饮业等部门浪费水资源较严重。

(3) 水资源呈现出一定的“疏板效应”。水资源对建筑业、文化娱乐和房地产业等配置较多,而对交通运输、工业和金融业等配置较少。

参考文献:

[1] 王春燕. 生产企业供应链管理——“木桶效应”面面观[J]. 企业与

市场,2005,(5):46-47.

[2] 方创琳,鲍超,乔标,等. 城市化过程与生态环境效应[M]. 北京:科学出版社,2008.

[3] Fang C L, Bao C, Huang J C. Management Implications to Water Resources Constraint Force on Socio-economic System in Rapid Urbanization: A Case Study of the Hexi Corridor, NW China[J]. Water Resources Management, 2007, (21): 1613-1633.

[4] 鲍超,方创琳. 河西走廊城市化与水资源利用关系的量化研究[J]. 自然资源学报,2006,21(2):301-309.

[5] 周一星. 城市地理学[M]. 上海:商务印书馆,1995.

[6] 宋建军,张杰杰,刘颖秋. 2020年我国水资源保障程度分析及对策建议[J]. 中国水利,2004,(9):14-17.

[7] 江党献,王浩,倪红珍,等. 国民经济行业用水特性分析与评价[J]. 水利学报,2005,36(2):167-173.

[8] 黄晓荣,江党献,裴源生. 宁夏国民经济用水投入产出分析[J]. 资源科学,2005,27(3):135-139.

[9] 吴殿廷. 区域经济学[M]. 北京:科学出版社,2003.

[10] 黄晓荣,裴源生,梁川. 基于宏观经济结构合理化的宁夏水资源合理配置研究[J]. 水利学报,2006,37(3):371-375.

(编辑:李慧)

Quantitative analysis of wooden barrel effect on water resources utilization in Chengdu City

HUANG Xiaorong^{1,2}, YU Dejiang³, JIANG Hongxia², DU Junkai²

(1. State Key Laboratory of Hydraulics and Mountain River Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China; 2. College of Hydraulic and Hydroelectric Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China; 3. Jilin Hydrology and Water Resources Bureau, Changchun 130022, China)

Abstract: Based on the Wooden Barrel Principle, the highest board's effect, the lowest board's effect and the sparse board's effect on the water resources in Chengdu City are analyzed respectively with development economics theory and input-output technology. The result shows that, the water resources is not the bottleneck that restricts the economic development in Chengdu, however, to some extent, the constraint intensity of water resources is distributed unevenly both in time and space. The problem of water resources wasting is serious in agriculture and catering industry, and the relationship curve of water utilization and urbanization is not an invert-U type. Therefore, the water resources are not reasonably allocated in different sectors. Excessive water is allocated to the industries of construction, cultural entertainment and real estate, while less water to the transportation, industry and finance.

Key words: water resources, wooden barrel effect, input-output, Chengdu City

(上接第55页)

Research on assessment of urban drinking water safety in Yunnan Province

CUI Yanqiang, FAN Tao, YANG Jia

(College of Tourism and Geography Science, Yunnan Normal University, Kunming 650092, China)

Abstract: We establish a safety assessment framework for urban drinking water in Yunnan Province considering water quality, water quantity and emergency response capacity and make an overall assessment. The water quality in Yunnan Province is assessed by general pollutant index, toxic organic substance index and eutrophication index of lakes and reservoirs. It is concluded that the water safety rate in Yunnan Province is 96.3%. The water quantity in the province is assessed by index of project water supply capacity, runoff guarantee rate in dry year and groundwater mining rate and it is concluded that the water quantity in 86% of water sources areas is in safe state. The emergency handling ability is assessed by AHP and the result is poor. The comprehensive assessment result of water quality and quantity is in safe. Based on the assessment result, the risk sources for urban drinking waters are analyzed and the suggestions of the safe and guarantee measures are put forward from the respects of water sources protection, safe water supply facilities and emergency handling mechanism.

Key words: urban drinking water sources; safety assessment; countermeasure; Yunnan Province