

基于水资源经济投入产出的重庆产业耗水研究

吕平毓¹,毛玉姣²,陈虎³,马玉婷¹

(1. 长江水利委员会 长江上游水文水资源勘测局, 重庆 400014; 2. 重庆交通大学 河海学院, 重庆 400074;
3. 重庆市水利电力建筑勘测设计研究院, 重庆 400020)

摘要:为分析重庆市各行业耗水情况,利用经济学中的投入产出原理,将重庆市 2007 年的产业耗水量纳入投入产出表中,建立了水资源经济投入产出模型,计算了各个产业的耗水系数,并进行产业间用水效益比较。结果表明,重庆各产业部门间接耗水量隐蔽性较高,不易察觉;产业部门不同,耗水系数占其相应的总耗水比例相差很大;投入产出表可以用来研究产业经济发展和耗水量的关系。分析结果可为重庆产业结构的调整和可持续发展提供一定参考。

关键词:水资源;投入产出;耗水系数;产业结构调整;重庆市
中图法分类号:TV213.4 文献标志码:A DOI:10.16232/j.cnki.1001-4179.2015.09.006

投入产出分析技术最早由 Wassily Leontief 在 20 世纪 30 年代提出并于 50 年代初期用于区域间投入产出模式研究,由于其在投入与产出核算、产业间联动机制分析等方面的突出优势,现已广泛应用于宏观经济、资源环境等众多领域^[1]。水资源为国民经济活动投入的基础要素,可为各行业有序稳定的发展提供必要支撑。将水资源要素纳入投入产出体系,分析水资源对国民经济产业发展贡献进而对行业结构进行调整是十分必要的。

1 水资源经济投入产出原理

1.1 水资源经济投入产出表

投入产出表以矩阵形式描述各部门在一定时期内生产活动的投入和产出,揭示各部门之间相互依存、相互制约的数量关系,是国民经济核算体系的重要组成部分^[2]。将产业耗水量作为一种投入纳入产出表中,构成水资源经济投入产出表,计算各种耗水系数,用以定量研究水资源与各产业经济的内在联系,有效实现二者的综合平衡。基于此平衡把生产部门看成黑箱,只考虑流入和流出该产业的水量之差,不考虑产业内部的循环与回水用量^[3]。根据投入产出模型,将产业耗水量引入到投入块,水资源经济投入产出可简化为

表 1。

表 1 水资源经济投入产出表的简化结构

项目	中间使用					最终使用	总产出
	1	2	...	n	合计		
中间投入	1	X_{11}	X_{12}	...	X_{1n}	μ_1	Y_1
	2	X_{21}	X_{22}	...	X_{2n}	μ_2	Y_2

	n	X_{n1}	X_{n2}	...	X_{nn}	μ_n	Y_n
合计		τ_1	τ_2		τ_n	τ	Y
用水量		W_1	W_2	...	W_n	W	H
增加值合计		N_1	N_2	...	N_n	N	
总投入		X_1	X_2	...	X_n	X	

1.2 水资源经济投入产出分析模型

采用统一货币单位表示水资源相关部门的用水量,构建水资源经济投入产出模型如下。

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} + Y_i = X_i \quad i = 1, 2 \cdots n \tag{1}$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} + N_j = X_j \quad j = 1, 2 \cdots n \tag{2}$$

对于用水投入部门有

$$\sum_{j=1}^n W_j + W_y = H \tag{3}$$

式中, $\sum_{j=1}^n X_{ij}$ 为 i 部门供给各产业部门的中间产出, Y_i

为第 i 部门提供的最终产出, X_i 为第 i 部门总产出;
 $\sum_{i=1}^n X_{ij}$ 为 j 部门中间产出所占用的其他产业部门投入;
 N_j 为 j 部门最终产出占用投入; X_j 为 j 部门占用总投入;
 $\sum_{j=1}^n W_j$ 为各产业部门中间产出耗水量之和; W_y 为产业部门最终产出耗水量; H 为产业部门总产出耗水量。

1.3 产业部门耗水分析模型

耗水系数是从行业耗水量出发,不考虑其水资源的取用情况,从实质上描述水资源投入与行业经济发展的关系^[4]。

(1) 产业直接耗水系数。该系数表示某产业部门单位产出直接利用的水资源量,用 P_j 表示: $P_j = \frac{H_j}{X_j}$ ($j = 1, 2, \cdots, n$), 标准单位为 $\text{m}^3/\text{万元}$, n 个产业部门直接用水系数组成的向量为 $P_j(P_1, P_2, \cdots, P_n)$ 。

(2) 产业完全耗水系数。该系数指某产业部门每增加一万元产值的最终产品,整个产业经济系统所累积增加的耗水量(为直接耗水系数与间接耗水系数之和),用 CP_j 表示: $CP_j = P_j(I - A)^{-1}$, 其中, A 为经济投入产出直接消耗系数矩阵, I 为单位矩阵, $(I - A)^{-1}$ 为列昂惕夫矩阵。

(3) 产业耗水乘数。它是某一行业增加单位产值而整个经济系统所增加的耗水量,用于反映经济行业发展用水的乘数效应,为完全耗水系数与直接耗水系

数的比值,用 MP_j 表示: $MP_j = CP_j/P_j$ 。

2 产业水资源经济投入产出分析

2.1 水资源经济投入产出表的基础数据

国民经济投入产出表是由国家统计局和省(市)统计局逢 2、7 年份编制的统计数据表。本研究采用重庆市 2007 年投入产出表数据反映重庆市目前的产业用水情况。

(1) 重庆市 2007 年国民经济投入产出表(来自重庆统计信息网);

(2) 重庆市 2007 年国民经济投入产出的直接消耗系数表(摘自《2009 年重庆统计年鉴》);

(3) 重庆市 2007 年三大产业用水量(来自《2007 年重庆水资源公报》)。

农业部门耗水数据取用公报中农业用水量;其他产业部门耗水数据采用相对标准的编制方法,即将取自第二、第三产业的用水总量按照各自最终消费对水的生产和供应业的消耗比例进行分配,产业分配所得的用水量即为该产业的耗水量^[4]。按照本文所述方法构造 2007 年重庆水资源经济投入产出表,计算各产业耗水系数并为其排名,具体计算结果见表 2。

2.2 直接耗水系数、完全耗水系数、耗水乘数

直接耗水系数是判断产业发展耗水量大小最直观的指标。重庆市排在前 3 位的部门分别是农业、制造业、建筑业,其中,农业高达 $288.328\text{m}^3/\text{万元}$,是建筑

表 2 2007 年重庆市各产业的用水指标

行业	代号	产业完全耗水系数		产业直接耗水系数		产业间接耗水系数		产业耗水乘数	
		数值/	排名	数值/	排名	数值/	排名	数值/	排名
		($\text{m}^3 \cdot \text{万元}^{-1}$)		($\text{m}^3 \cdot \text{万元}^{-1}$)		($\text{m}^3 \cdot \text{万元}^{-1}$)		($\text{m}^3 \cdot \text{万元}^{-1}$)	
农业	1	353.86	3	288.33	1	65.52	18	1.23	19
采矿业	2	245.37	7	67.66	4	177.71	8	3.63	17
制造业	3	613.88	1	231.26	2	382.62	1	2.65	18
电力、燃气及水的生产和供应业	4	199.56	9	44.45	5	155.11	11	4.49	15
建筑业	5	494.85	2	124.93	3	369.93	2	3.96	16
交通运输、仓储及邮政业	6	197.22	10	4.05	12	193.17	7	48.70	8
信息传输、计算机服务和软件业	7	191.53	12	0.87	19	190.66	8	219.69	1
批发与零售业	8	109.03	17	2.11	16	106.92	16	51.59	7
住宿和餐饮业	9	258.54	6	9.14	8	249.40	5	28.29	11
金融业	10	126.46	16	2.16	15	124.29	15	58.49	5
房地产业	11	62.08	19	1.17	18	60.91	19	53.14	6
租赁与商务服务业	12	178.89	12	2.09	17	176.80	10	85.67	2
科学研究、技术服务与地质勘察业	13	290.87	4	17.59	6	273.27	3	16.53	13
水利、环境和公共设施管理业	14	108.66	18	2.34	14	106.32	17	46.53	9
居民服务和其他服务业	15	203.51	8	2.64	13	200.87	6	77.08	3
教育	16	141.42	14	15.18	7	126.25	14	9.32	14
卫生、社会保障和社会福利业	17	262.05	5	4.32	10	257.72	4	60.60	4
文化、体育与娱乐业	18	151.96	13	6.69	9	145.26	12	22.70	12
公共管理与社会组织	19	136.88	15	4.10	11	132.78	12	33.36	10

业的 2 倍,是公共管理与社会组织产业部门的 70 倍,其全年耗水量占全产业生产耗水量的 32.07%。由此可见,重庆市农业部门生产发展需新增的耗水量非常大。完全耗水系数客观反映产业部门发展对水资源量的总需求,系数越大需求越高,反之亦然。制造业、建筑业、农业排位靠前,制造业达到了 613.880 m³/万元,是房地产业的 10 倍。

产业部门耗水有量的绝对性与质的相对性,不同部门的耗水相差很大,为反映各产业部门耗水结构,计算各产业部门不同耗水系数占总耗水的百分比,绘制了如图 1 所示的统计图。其中农业、采矿业、制造业、电力燃气及水的生产和供应业、建筑业 5 个部门是直接耗水比例系数大于完全耗水比例系数,完全耗水比例系数大于间接耗水比例系数,属于常规高耗水部门;其余 14 个部门是间接耗水比例系数大于完全耗水比例系数,完全耗水比例系数大于直接耗水比例系数,说明这些部门耗水隐蔽性很高,不易察觉。信息传输计算机服务软件业、租赁与商务服务业、居民服务和其他服务业、卫生社会保障和社会福利业、金融业 5 个行业耗水乘数最高,属于潜在的高耗水行业,随着这些部门的发展,耗水也会随之大大增加。例如软件业的耗水乘数为 219.693,表明它增加单位耗水量可以使整个经济系统创造的产值是其自身的 219 倍。

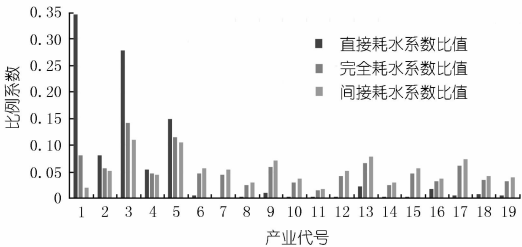


图 1 重庆市产业部门各耗水比例系数

2.3 间接消耗系数

由于间接用水的隐蔽性,人们习惯用 P_i 来衡量产业部门用水,忽略该产业发展对本地区水资源总需求的间接影响。因此评价一个产业用水需求要考虑间接耗水系数和直接耗水系数。根据重庆产业耗水计算结果,取 3 类耗水系数绘制如图 1 所示的折线图。由图 1 可知,重庆产业耗水系数之间有以下 3 种情形。

(1) 直接耗水系数与间接耗水系数同步。由表 2 和图 2 可知,系数同高的产业有制造业、建筑业、住宿和餐饮业,同低的有批发与零售业、金融业、房地产业等。严格来说,系数同高的产业是水资源密集型,该类产业对水资源的需求较为突出,依赖比较大;系数同低的产业是水资源节约型,在不考虑其他制约因素的条件 下应该优先发展该产业,这种发展模式在一定程

度上能缓解用水压力。

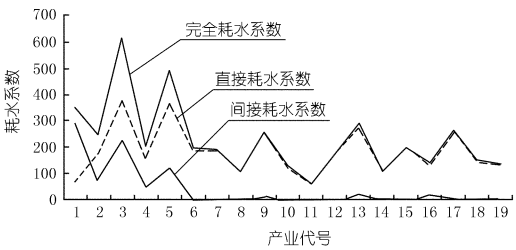


图 2 重庆市产业部门耗水系数变化趋势

(2) 低直接耗水系数,高间接耗水系数。该类型产业的用水量不易察觉,具有一定的隐蔽性,因此在判定高耗水产业的时候常被忽略。较为典型的产业部门有信息传输、计算机服务和软件业、卫生社会保障和社会福利业。长远看来,高间接用水会导致与该产业相关的部门用水量增加,应适当限制该类产业发展。

(3) 高直接用水系数,低间接用水系数。典型代表有农业、电力燃气及水的生产与供应业。这些行业尽管直接耗水系数高,但其发展不会引起相关产业用水的大幅增加。因此,在水资源充裕时可通过优化用水技术提高直接用水率适当发展该类产业。

3 结 论

(1) 各产业部门均存在着不同程度的直接和间接生产耗水量,且不同部门之间差距显著。在重庆市供水充裕时,可根据水资源配置条件适当促进高产出、高耗水产业的发展,但要注意节水与排污限制。

(2) 同一产业部门的直接耗水系数越小、间接耗水系数越大,产业耗水乘数越大,发展该产业会带来潜在高耗水。因此,重庆市在制定中长期产业发展计划时,耗水乘数不容忽视,只有兼顾产业部门正负经济产出,才能使产业部门各个方面投入产出保持最佳平衡。

(3) 不同耗水系数占总耗水的比例在同一个产业部门相差很大,产业耗水结构不均衡。第一产业各部门直接耗水比例远远大于间接耗水比例;第二、三产业大多数部门的间接耗水比例远远大于直接耗水比例。

参考文献:

[1] 石敏俊,张卓颖.中国省区间投入产出模型与区际经济联系[M].北京:科学出版社,2012:33.
[2] 董承章,王守楦.投入产出学[M].北京:中国统计出版社,2012:60.
[3] 田贵良.产业用水分析的水资源投入产出模型研究[J].经济问题,2009,(7):18-22.
[4] 汪党献,王浩,倪红珍,等.水资源与环境经济协调发展模型及其应用研究[M].北京:中国水利水电出版社,2011:137.

(编辑:常汉生)

[8] 肖金强.应用分布式流域水文模型 MIKE SHE 研究华北土石山区
小流域水文响应[D]. 北京:北京林业大学,2006.
[9] 王盛萍,张志强,唐寅,等. MIKE SHE 与 MUSLE 耦合模拟小流域
侵蚀产沙空间分布特征[J]. 农业工程学报,2010,26(3):92-98.
(编辑:常汉生)

Application of MIKE SHE in peak flood calculation of hydropower plant and result comparison

TANG Min, CAO Shuanghe, HU Hongbing, REN Xi
(Guizhou Electric Power Design Institute, Guiyang 550002, China)

Abstract: The traditional design flood calculation methods for hydropower plant are characterized as simple calculation methods established by empirical formula or reasoning formula and the correction rate of the calculation method is low. In the combination of GIS and RS technology, the design flood of Jiacha Hydropower Station on Liudong River in the karst area of Guizhou Province is calculated by MIKE SHE model and the calculation result is compared with that calculated by other models. It shows that the result of MIKE SHE model is more accurate and detail, which is suitable to the karst area. The successful application of the model laid solid foundation for future flood peak calculation in the similar karst area.

Key words: MIKE SHE model; distributed hydrological model; flood peak calculation; Jiacha Hydropower Station; Guizhou Province



(上接第 25 页)

Research of industrial water consumption of Chongqing City based on water resources economic input – output

LU Pingyu¹, MAO Yujiao², CHEN Hu³, MA Yuting¹

(1. Changjiang Upstream Hydrology and Water Resources, Changjiang Water Resources Commission, Chongqing 400014, China;
2. River and Sea College, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China; 3. Chongqing Survey and Design Institute of Water Resources, Electric Power and Architecture, Chongqing 400020, China)

Abstract: To analyze the water consumption of various industries in Chongqing City, the input – output model of water resources economy is established based on input – output theory in economics by bringing the industrial water consumption of Chongqing City in 2007 into the input – output table. The water consumption coefficients of various industries are calculated, and the water resources utilization benefits are compared. The result shows that the indirect water consumption of each industrial department is highly concealed, which is difficult to be perceived; the proportion of the water consumption coefficients of each industry in total water consumption is different; the input – output table can be used to study the relationship between the industrial economic development and water consumption. The analysis results lay a scientific foundation for the industrial structure adjustment and sustainable development of Chongqing City.

Key words: water resources; input – output; water consumption coefficient; industrial structure adjustment; Chongqing City