

文章编号: 1007-7588(2005)03-0135-05

# 宁夏国民经济用水投入产出分析

黄晓荣<sup>1,2</sup>, 汪党献<sup>2</sup>, 裴源生<sup>2</sup>

(1. 四川大学水电学院, 成都 610065; 2. 中国水利水电科学研究院水资源研究所, 北京 100044)

**摘要:** 应用将传统的价值型投入产出表和水资源利用的实物型投入产出表相结合的乘数分析方法, 研究了宁夏各产业水资源产出边际效应, 以及水资源供给与需求对宁夏国民经济各部门直接与间接影响。这种方法克服了目前国内在对水资源需求分析中主要是计算各部门的直接水资源消耗系数, 不能揭示各个经济部门之间的相互影响, 也不能对各个产业水资源产出的边际效应做出全面综合结论的不足。分析出与宁夏严重缺水不相适应的经济发展所造成的问题, 并提供了相应的对策。

**关键词:** 投入产出分析; 宁夏; 价值型投入产出表; 实物型投入产出表

宁夏处于我国西北干旱半干旱地区, 降雨稀少当地水资源极度贫乏是全国干旱缺水最严重的地区之一, 其经济社会发展主要依赖于过境的黄河水量。据水文资料统计显示, 1987 年~2002 年我区黄河来水比原来减少了 23.4%, 1997 年~2002 年宁夏境内黄河来水比原来来水减少 31%, 由于国家对黄河引水量严格配额限制, 水资源短缺矛盾已成为宁夏经济快速增长的“瓶颈”。目前国内外, 利用投入产出技术来分析国民经济中水资源利用效率与效益研究还不够深入。因此, 建立符合水资源特殊性的投入产出模型, 以生产技术联系为基础的研究经济各部分间相互依存的数量关系的分析方法来定量研究经济发展与水资源供给关系及节水对策, 具有相当重要的意义。

## 1 水资源投入产出模型

### 1.1 水资源投入产出表

将水资源作为产业部门直接纳入投入产出表进行核算, 即可形成水资源投入产出表, 进而并对水资源宏观分析。美国加利福尼亚大学的 H. O. Carter 等首先在 20 世纪 70 年代提出利用投入产出表来研究和分析水的利用和交换问题。国内陈锡康、王维平等学者也做了相应的研究工作。然而由于水资源的特殊性, 当前的许有水资源利用行业并没有完全市场化, 更多的是一种公益性行业, 水资源部门的产出并没有完全反映水资源的价值, 世界各国对农业

灌溉用水进行各种形式的补贴就说明这一点。因此, 用水资源直接构造出来的价值型投入产出表是不科学的。将水资源作为产业部门直接纳入价值型投入产出表存在困难。由此将水资源水量纳入国民经济行业价值型投入产出表中构造出价值型—实物型混合性水资源投入产出表, 将传统的价值型投入产出表和水资源在生产过程中的物质循环描述相结合, 在投入产出模型之外构造单独的水资源利用分析模块, 才能够科学合理的描述整体系统<sup>[1]</sup>。具体见表 1 所示, 在表中增加 V 象限, 其为对角矩阵<sup>[2]</sup>, 主要反映各经济行业对水的占用情况。

### 1.2 投入产出方法分析国民经济用水模型的基本原理<sup>[2,3]</sup>

使用投入产出表, 主要是利用它所反映的物质技术联系, 而这种联系主要是通过直接消耗系数反映出来:

$$a_{ij} = x_{ij}/x_j, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

式中:  $a_{ij}$  为直接消耗系数, 其经济意义为: 第  $j$  部门生产单位直接消耗第  $i$  部门的产品数量。依据平衡关系的横行和纵行可以分别建立总的平衡关系:

$$AX + Y = X \quad (2)$$

式中:  $A$  直接消耗系数矩阵(或投入矩阵), 即  $A = (a_{ij})_{n \times n}$ ;  $X$  为各部门总产品的列向量, 即  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ ;  $Y$  为各部门最终产品组成的列向量, 即  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T$ , 由于  $I - A$  为严格对角占优阵,

收稿日期: 2004-10-18; 修订日期: 2004-12-08

基金项目: 宁夏科技厅“宁夏经济生态系统水资源合理配置研究”。

作者简介: 黄晓荣(1972-), 重庆奉节县人, 博士生, 讲师, 主要从事水资源经济管理、水环境等方面研究。

E-mail: hxiaorong@tm.com

表1 水资源投入产出简表  
Table 1 Input-output sheet of water resource

产出 投入		中间使用				最终使用								总产品			
		行业1	行业2	...	行业n	合计	消费 城居	农居	社会 会计	积累 固定 流动	调 入	调 出	合计				
中间投入	行业1	$X_{11}$	$X_{21}$	...	$X_{1n}$	$U_1$	$C_1^c$	$C_1^a$	$C_1^s$	$C_1$	$F_1^f$	$F_1^s$	$F_1$	$M_1$	$E_1$	$Y_1$	$X_1$
	行业2	..	..	...	..	$U_2$	$C_2^c$	$C_2^a$	$C_2^s$	$C_2$	$F_2^f$	$F_2^s$	$F_2$	$M_2$	$E_2$	$Y_2$	$X_2$
	.	..	..	I	..	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	.	..	..	...	..	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II	.
	.	..	..	...	..	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	行业n	$X_{n1}$	$X_{n2}$	...	$X_{nn}$	$U_n$	$C_n^c$	$C_n^a$	$C_n^s$	$C_n$	$F_n^f$	$F_n^s$	$F_n$	$M_n$	$E_n$	$Y_n$	$X_n$
	合计	$\tau_1$	$\tau_2$	...	$\tau_n$	$\tau$	$C^c$	$C^a$	$C^s$	$C$	$F^f$	$F^s$	$F$	$M$	$E$	$Y$	$X$
最初投入	折旧	$D_1$	$D_2$	...	$D_n$	$D$											
	劳动者收入	$V_1$	$V_2$	III	$V_n$												
	利润和税金	$Z_1$	$Z_2$	...	$Z_n$	$Z$											
	合计	$N_1$	$N_2$	..	$N_n$	$N$											
总投入 用水量		$X_1$	$X_2$	..	$X_n$	$X$	IV										
	行业1	$W_1$	0		0	$W_1$											
	行业2	0	$W_2$		0	$W_2$											
	.	..	..		.	.											
	.	..	V		.	.											
	.	..	..		.	.											
	行业n	..	..		$W_n$	$W_n$											
	合计	$W_1$	$W_2$		$W_n$												

因此  $I-A$  为非异阵, 即  $(I-A)^{-1}$  存在, 故有:

$$X = (I-A)^{-1}Y \quad (3)$$

称  $B = (I-A)^{-1}$  完全需求系数(列昂惕夫逆系数), 它与完全消耗系数  $C = (I-A)^{-1} - I$  差别在于前者包括被生产的最终产品本身, 后者则不包括。

通过计算分析得到各部门万元产值或增加值的用水效率指标: 直接用水系数、完全用水系数, 用水乘数; 用水效益指标: 直接产出系数、完全产出系数、产出乘数; 经济用水特性综合评价指标: 相对用水系数、相对用水乘数、相对用水结构系数。

直接用水系数:

$$\begin{aligned} Q_j^x &= W_j / X_j \\ Q_j^N &= W_j / N_j \end{aligned} \quad (4)$$

式中: 直接用水系数采用第  $j$  行业万元产值用水量 ( $Q_j^x$ )、万元增加值用水量 ( $Q_j^N$ ) 表示。

完全用水系数:

$$\begin{aligned} BQ_j^x &= Q_j^x (I-A)^{-1} \\ BQ_j^N &= BQ_j^x / r_j, \quad \text{式中 } r_j = N_j / X_j \end{aligned} \quad (5)$$

用水乘数:

$$MW_j = BQ_j^x / Q_j^x = BQ_j^N / Q_j^N \quad (6)$$

直接产出系数:

$$\begin{aligned} O_j^x &= X_j / W_j = 10\,000 / Q_j^x \\ O_j^N &= N_j / W_j = O_j^x \times r_j \end{aligned} \quad (7)$$

式中: 直接产出系数采用第  $j$  行业单方水产值产出系数 ( $O_j^x$ )、单方水增加值产出系数 ( $O_j^N$ ) 表示。

完全产出系数:

$$\begin{aligned} BO_j^x &= (I-A)^{-1} O_j^x \\ BO_j^N &= BO_j^x \times r_j \end{aligned} \quad (8)$$

产出乘数:

$$MO_j = BO_j^x / O_j^x = BO_j^N / O_j^N \quad (9)$$

相对用水系数:

$$\begin{aligned} RQ_j^x &= Q_j^x / Q_0^x, \quad \text{式中 } Q_0^x = \sum_{j=1}^n W_j / \sum_{j=1}^n X_j \\ RQ_j^N &= Q_j^N / Q_0^N, \quad \text{式中 } Q_0^N = \sum_{j=1}^n W_j / \sum_{j=1}^n N_j \end{aligned} \quad (10)$$

式中:  $Q_0^x$  和  $Q_0^N$  分别为系统产值和增加值综合平均

取水系数。

相对用水乘数:

$$RMW_j = MW_j \left( \sum_{j=1}^n MW_j h \right), n \text{ 为行业数} \quad (11)$$

相对用水结构系数:

$$RS_j = (W_j / W_0) \left( \sum_{j=1}^n (W_j / W_0) h \right) \quad (12)$$

式中:  $W_0 = \sum_{j=1}^n W_j$  为总用水量;  $j$  为行业序号;  $n$  为行业数。

相对产出系数:

$$\begin{aligned} RO_j^x &= O_j^x / O_0^x \\ RO_j^N &= O_j^N / O_0^N \end{aligned} \quad (13)$$

式中:  $O^{x0} = \sum_{j=1}^n X_j / \sum_{j=1}^n W_j = 10\ 000 / Q_0^x$

$$O_0^N = \sum_{j=1}^n N_j / \sum_{j=1}^n W_j = 10\ 000 / Q_0^N$$

相对产出乘数:

$$RMO_j = MO_j \left( \sum_{j=1}^n MO_j h \right), n \text{ 为行业数} \quad (14)$$

式中:  $O_0^x$  和  $O_0^N$  分别为经济系统产值和增加值综合平均产出水平值。  $r_j$  为第  $j$  经济部门增加值率;  $n$  为行业数; 公式中其他参数含义见表 1 所示。

## 2 宁夏国民经济现状投入产出分析

根据宁夏 1985 年、1987 年、1992 年、1997 年的投入产出表推求 2002 年各部门直接消耗系数表, 而对宁夏国民经济各部门用水进行分析。模型计算步骤<sup>[4]</sup>见图 1, 计算结果<sup>[5,6]</sup>见表 2, 表 3, 表 4。

表 2 宁夏 2002 年国民经济行业用水量统计

Table 2 Water utilization statistics in various sectors in Ningxia in 2002 ( $\times 10^8 \text{ m}^3$ )

农业	工业	建筑业	运输邮电业	商业	非物质生产部门
76 032	3 156	0.61	0.32	0.21	0.547

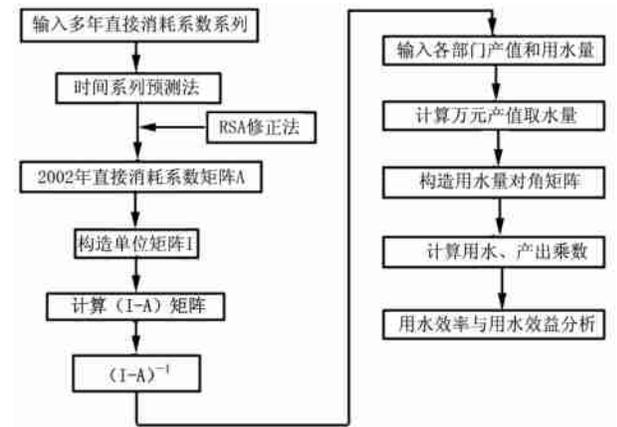


图 1 国民经济各部门投入产出分析计算流程

Fig 1 Flowchart of input-output analysis for water resource demand of national economic development

在表 4 中, 相对用水结构系数或相对用水系数大于 1 的行业为高用水行业, 相对用水结构系数大于 1, 表明该行业用水水平大于系统的平均水平; 相对用水系数大于 1, 表明该行业其生产单位产品所用水量大于经济系统的平均水平, 这些行业定义为高用水行业。一般用水行业: 相对用水乘数和相对用水系数均小于 1 的行业可以定义为一般用水行业。潜在高用水行业: 相对用水乘数大于 1 的行业为潜在高用水行业, 潜在一般用水行业: 相对用水乘数小于 1 的行业。

表 3 宁夏 2002 年国民经济行业用水投入产出系数

Table 3 Water input-output coefficient sheet in various sectors in Ningxia in 2002

项 目	农业	工业	建筑业	运输邮电业	商业	非物质生产部门
投入系数						
$Q(\text{m}^3/\text{万元})$	8 219.68	102.85	38.20	46.70	46.02	47.18
$BQ(\text{m}^3/\text{万元})$	10 954.00	1 022.00	765.00	557.00	468.00	341.00
$Q^N(\text{m}^3/\text{万元})$	14 389.10	274.91	167.77	125.10	83.04	73.51
$BQ^N(\text{m}^3/\text{万元})$	19 175.72	3 704.30	3 359.39	1 492.01	844.40	531.37
$MW$	1.33	13.47	20.02	11.93	10.17	7.23
产出系数						
$O(\text{元}/\text{m}^3)$	1.22	131.84	261.75	214.13	217.29	211.97
$BO(\text{元}/\text{m}^3)$	59.20	1 145.50	338.00	442.90	314.30	423.60
$O^N(\text{元}/\text{m}^3)$	0.69	36.38	59.61	79.94	120.43	136.03
$BO^N(\text{元}/\text{m}^3)$	33.82	316.04	76.97	165.34	174.20	271.84
$MO$	48.66	8.69	1.29	2.07	1.45	2.00

表4 宁夏2002年国民经济行业用水综合分析  
Table 4 Water utilization analysis in various sectors in Ningxia in 2002

项 目	耗用水特性分析					产出特性分析			
	$RQ^N$	$RS$	$RMW$	耗用水程度	潜在耗用水程度	$RQ^N$	$RMO$	产出程度	潜在产出程度
农业	5.86	5.64	0.12	高	一般	0.17	4.55	一般	高
工业	0.11	0.23	1.26	一般	高	8.94	0.81	高	一般
建筑业	0.07	0.05	1.87	一般	高	14.64	0.12	高	一般
运输邮电业	0.05	0.02	1.12	一般	高	19.63	0.19	高	一般
商业	0.03	0.02	0.95	一般	一般	29.58	0.14	高	一般
非物质生产部门	0.03	0.04	0.68	一般	一般	33.41	0.19	高	一般

### 3 结果分析

#### 3.1 用水效率评价

完全用水系数: 农业每增加1万元产值, 使整个经济系统每万元产值新增 $10\ 954.0\text{m}^3$ 用水量, 其中农业本身增加 $8\ 219.68\text{m}^3$ 用水量,  $2\ 734.32\text{m}^3$ 的用水量为间接用水量。从比较角度讲, 完全用水系数大的部门, 其生产发展需新增的用水量也相应要大, 反之则小。在宁夏, 如农业每新增1万元产值, 经济系统需新增 $10\ 954.0\text{m}^3$ 的用水量, 而工业每新增1万元产值, 系统需要增加 $1\ 022.0\text{m}^3$ 用水量, 而建筑业、商业相应值为 $765.0\text{m}^3$ 、 $468.0\text{m}^3$ 。

用水乘数: 农业万元产值和增加值用水量在所有行业中均是最大, 但其用水乘数仅1.33, 建筑行业万元产值和增加值用水量分别为 $38.20\text{m}^3/\text{万元}$ 和 $167.77\text{m}^3/\text{万元}$ , 仅为农业的0.46%和1.17%, 但用水乘数却是农业的15.05倍, 是所有行业的最高值。这表明宁夏农业每增加 $1\text{m}^3$ 用水量, 经济系统则增加 $1.33\text{m}^3$ 用水量, 而建筑业每增加 $1\text{m}^3$ 用水量, 经济系统则增加 $20.02\text{m}^3$ 用水量, 这说明用水乘数大的部门新增用水量对带动整个经济系统总用水量的增加影响最大, 这种工业结构需要调整。

#### 3.2 用水效益评价

完全产出系数: 农业直接产出系数为1.22元/ $\text{m}^3$ , 完全产出系数为59.2元/ $\text{m}^3$ , 工业直接产出系数为131.84元/ $\text{m}^3$ , 完全产出系数为1 145.5元/ $\text{m}^3$ , 分别是农业的108.06倍和19.34倍。显然, 完全产出系数高的行业, 其用水的经济效益高, 对经济系统总的产出量贡献率大, 反之, 其用水效益小。

产出乘数: 宁夏农业直接产出系数、完全产出系数在整个国民经济系统较小, 但农业产出乘数却为48.66, 在各部门中最高。这说明宁夏工业还处在初级阶段, 国民经济系统中尤其是农副产品加工业占

有相当大的比重。2002年宁夏工业总产值 $300.7 \times 10^8$ , 食品加工工业、食品制造业、饮料制造业及烟草加工业的合计总产值达到 $215.8 \times 10^8$ , 占工业总产值的71.8%。

#### 3.3 行业用水综合分析

综合表4分析可见, 农业直接耗用水程度高, 潜在耗用水程度一般, 直接产出较低, 但潜在产出程度较高, 这也说明农业在宁夏国民经济中的基础性地位。由于工业产出程度高, 耗用水程度一般; 第三产业产出程度高, 耗用水程度一般, 调整产业结构, 大力发展工业尤其是第三产业, 并对工业内部结构进行调整应是宁夏国民经济发展的重点。

### 4 结论

(1) 宁夏农业用水效率及用水效益都远低于其他部门, 调整农业产业结构和规模势在必行, 尤其应适当压缩传统的水稻种植面积、改变小麦套种玉米高耗水生产方式是调整的重要部分, 但农业基础地位不会动摇。

(2) 水资源行业的公益性特性决定了直接构造价值型水资源投入产出表的失败。通过将传统的价值型投入产出表和水资源利用的实物型投入产出分析相结合, 解决了这个问题。

(3) 用水资源投入产出乘数分析方法可以定量描述各产业水资源产出边际效应, 这对水资源贫乏地区区域产业布局、结构调整提供对策分析。

#### 参考文献 (References):

- [1] 翁文斌, 王忠静, 赵建世. 现代水资源规划—理论、方法和技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004. 292~295. [WENG Wenbin, WANG Zhong-jing, ZHAO Jian-shi. Advanced Water Resources Planning Theory, Method and Technology [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2004. 292~295.]
- [2] 汪党献. 水资源需求分析理论与方法研究[D]. 北京: 中国水

- 利水电科学研究院, 2002. [ WANG Dang-xian. Water Demand Analysis: Theory and Practice[D]. Beijing: China Institute of Water Resources and Hydropower Research, 2002.]
- [ 3 ] 何其祥. 投入产出分析[M]. 北京: 科学出版社, 1999. 12 ~ 20. [ HE Qi-xiang. Input-Output Analysis[M]. Beijing: China Science Press, 1999. 12 ~ 20.]
- [ 4 ] 李智慧, 杨金海, 薛凤海. 投入产出方法在研究山西国民经济用水中的应用[J]. 水利学报, 1997, (5): 66 ~ 69. [ LI Zhi-hui, YANG Jin-hai, XUE Feng-hai. The input/output method for studying water demand in development of economy[J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 1997, (5): 66 ~ 69.]
- [ 5 ] 中国国家统计局. 宁夏统计年鉴(2002)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2002. [ National Bureau of Statistics of China. Ningxia Statistical Yearbook (2002) [M]. Beijing: China Statistics Press, 2002.]
- [ 6 ] 宁夏统计局. 宁夏投入产出模型[M]. 银川: 宁夏出版社, 1999. [ Bureau of Statistics of Ningxia. Input-Output Model of Ningxia Economic Development[M]. Yinchuan: Ningxia Press, 1999.]

## Input-Output Analysis of Water Consumption for Economic Development in Ningxia

HUANG Xiao-rong<sup>1,2</sup>, WANG Dang-xian<sup>2</sup>, PEI Yuan-sheng<sup>2</sup>

(1. *Department of Water & Electricity, Sichuan University, Chengdu 610065, China;*

2. *China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100044 China*)

**Abstract** The I/O analysis of regional macroeconomic water resources is a major component for the establishment of water planning and management targets. With an I/O approach, it is possible to account for both direct and indirect effects on the supply and demand of water resources. The I/O analysis is an effective method for water resources development and management. The prevailing method of macroeconomic water demand analysis in China is to calculate the direct water consumption coefficients of each sector, and then rank these sectors by their coefficients to derive sector priorities. The advantage of this approach is its simplicity and easy to be used by decision makers. Its weakness is that it cannot reveal the interaction among different economic sectors and does not provide overall and comprehensive conclusions for the marginal effects of the water input of each industry. The I/O multiplier analysis could overcome those shortcomings. Due to water resource's non-profit peculiarity, the financial input-out sheet of water resource can't be directly constructed unless traditional financial input-output sheet and physical input-output sheet of water resource can be combined. With this approach, characteristics and interrelationship of water utilization in various sectors of local economy, as well as the influence of industrial structure on water demand and supply are studied in macro economy perspective. Therefore, problems deriving from water consuming economic activities are identified and countermeasures put forward.

**Key words:** Input-output analysis; Ningxia; Physical input-output sheet; Financial input-output sheet