

文章编号: 0559-9350 (2000) 08-0027-05

工业用水的数量经济分析

沈大军¹, 王浩¹, 杨小柳¹, 李青¹

(1. 中国水利水电科学研究院水资源所, 北京 100044)

摘要: 本文以经济学的生产函数为基础, 将水作为生产要素, 建立数量经济模型. 以北京市为例, 分析了北京市工业用水的边际效益、水的产值弹性, 以及当用水价格等于边际效益和边际成本时的水价格弹性.

关键词: 工业用水; 数量经济分析; 边际效益; 产值弹性; 北京

中图分类号: F407.9

文献标识码: A

众所周知, 水资源是国民经济可持续发展的重要资源基础, 也是重要的生产要素. 我国北方地区由于水资源稀缺, 国民经济的可持续发展已经受到严重制约. 但是, 目前水资源与国民经济发展关系的研究几乎都偏于定性研究, 不能定量说明水资源对国民经济和社会发展的贡献, 无法为科学决策提供准确的依据. 本文按照经济学中生产函数的思路, 将水纳入生产函数作为因子, 建立了一个工业用水的数量经济模型, 然后根据 1996 年北京市工业行业的用水统计, 建立北京市工业行业考虑水资源的生函数, 由此估计北京市工业用水的边际效益及产值弹性等, 并对结果进行了合理性分析.

1 研究方法

在数量经济学的研究中, 生产函数是一个经常使用的分析手段. 生产函数最常用的形式是 Cobb-Douglas 函数, 其基本的函数形式如下:

$$X_i = A_i K_i^{\alpha_i} L_i^{\beta_i} \quad (1)$$

式中: X_i 为行业产出; A_i 为考虑技术进步因素和生产规模的常数; K_i 、 L_i 分别为投入要素, 在基本函数形式中一般为资金和劳动力; α_i 、 β_i 为要素间的替代弹性.

生产函数为线性齐次函数, 函数严格可分, 边际产出为正, 对于所有的非零投入, 单调递减, 要素间的边际替代率连续.

在某些研究中, 为了特殊的研究目的, 常对生产函数加以改动. 投入要素除了考虑资金和劳动力以外, 还结合诸如能源、原材料和土地等生产要素. 在结合其它生产要素的过程中, 由于如能源和水资源等其它要素的投入一般需消耗一部分资金和劳动力, 尽管这样处理投入要素会有一定程度的重复, 但一般认为其它生产要素与劳动力和资金的重复影响很小, 可忽略. 如 1995 年北京市自来水生产和供应业的固定资产投资仅占全社会固定资产投资的 0.88%, 而且这个数据包括除工业供水外的其它投资. 因此, 在本研究中, 为了分析工业用水对行业产出的边际效益, 我们将用水或水资源作为生产要素, 与资金和劳动力一起, 纳入到生产函数, 建立如下形式的生产函数:

$$X_i = A_i K_i^{\alpha_i} L_i^{\beta_i} W_i^{\gamma_i} \quad (2)$$

式中: W_i 为水投入; γ_i 为水的要素替代弹性.

收稿日期: 1999-10-12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (项目批准号: 79830040, 77970099)

作者简介: 沈大军 (1969-), 男, 浙江人, 高工, 博士.

若对上式作对数处理, 可得如下的形式:

$$\ln X_i = \ln A_i + \alpha_i \ln K_i + \beta_i \ln L_i + \gamma_i \ln W_i \quad (3)$$

对上式进行变换, 即为:

$$\ln X = \alpha \ln K + b \ln L + c \ln W + d \quad (4)$$

上式即为行业产出与资金、劳动力和水的三对数线性关系式, 其中的 a 、 b 、 c 分别为资金、劳动力和水的产值弹性, d 为常数, 可以分别从国民经济统计年鉴的数据建立模型获得. 若对上式求导, 可得:

$$\frac{\Delta X}{X} = \frac{a \Delta K}{K} + \frac{b \Delta L}{L} + \frac{c \Delta W}{W} \quad (5)$$

对上式进行转换, 可得水对工业行业产出的边际效益 V_w 为:

$$V_w = \frac{\partial X}{\partial W} = \frac{\partial \ln X}{\partial \ln W} \times \frac{X}{W} = c \frac{X}{W} \quad (6)$$

上式的 X/W 即为工业万元产值用水量的倒数, 表明水对工业行业的边际效益为水的产值弹性与万元产值用水量倒数的乘积.

同时, 如果假设水价设定等于用水的边际成本. 在一个完善的市场中, 对于一个追求利润最大化的企业, 产品的边际效益将等于边际成本. 由此, 水价将等于水的边际效益 V_w . 若定义 E_P 为用水的价格弹性, 则:

$$E_P = \frac{\partial \ln W}{\partial \ln P} = \frac{\partial \ln W}{\partial \ln V_w} = \frac{1}{1 - c} \quad (7)$$

式中的 c 即为式 4 的水产值弹性.

需要说明的是, 上述各式中的水投入 W 应采用用水量, 而不是新鲜水取用量. 由于水资源可以重复利用, 取用的新鲜水量可以在工业生产过程中重复利用, 但参与工业生产的用水包括新鲜水取用量和重复利用量的水量 (图 1)^[1].

其中: W_F 为新鲜水取用量; W 为总用水量; W_{CY} 为重复利用水量; W_{CO} 为耗水量; W_D 为排水量; W_L 为漏溢水量.



图 1 工业用水体系

一般在统计年鉴中只提供工业的新鲜水取用量 W_F 和复用率 η . 可用下式转换而得^[1]:

$$W = W_F \times \frac{1}{1 - \eta} \quad (8)$$

因此, 式 (6) 得到的水的边际效益也是工业用水边际效益, 而不是工业新鲜水取用量的边际效益. 若要推求工业新鲜水取用量的边际效益 V'_w , 可用下式转化:

$$V'_w = \frac{V_w}{1 - \eta} \quad (9)$$

上述模型从行业的角度, 结合用水的情况, 提出了计算工业行业用水的边际效益的方法, 其体现的边际效益是行业水平的用水边际效用, 反映了用户或行业从单位用水中获得的收益, 它同时是一个体现行业或用户对供水服务支付能力的一个指标.

2 北京市工业及其用水概况

根据北京市统计局的统计, 1996 年北京市工业实现增加值 569 亿元, 比上年增长 6.8%. 其中乡及乡以上实现增加值 509.9 亿元, 增长 7.6%. 根据北京市统计局对北京市乡及乡以上独立核算工业企业的统计, 1996 年工业实现总产值 1552.3 亿元, 实现工业增加值 478.4 亿元, 就业人数 166.6 万人, 资产总额 2263.3 亿元, 其中流动资产年平均余额 1218.3 亿元, 固定资产净值年平均余额 1045.0 亿元 (表 1).

表 1 1996 年北京市全部独立核算工业企业主要经济指标和用水指标

行业	工业总产值 /万元	全部职工 年平均数 /人	流动资产年 平均余额 /万元	固定资产净值 年平均余额 /万元	资产合计 /万元	新水补给量 /万 m ³	复用率 (%)
煤炭采选业	110566	40704	88950	91764	180714	314.7	80.6
石油和天然气开采业	600	97	0	673	673	0.8	0
黑色金属矿采选业	20269	2890	24774	14740	39514	251.1	77.61
有色金属矿采选业	1981	343	376	1776	2152	12	0.83
非金属矿采选业	30652	3443	8068	12148	20216	144.5	5.86
其它矿采选业	902	241	174	88	262	5.5	0
食品加工业	769534	29546	298516	176977	475493	880.2	42.08
食品制造业	332691	41628	235079	287049	522128	1244.6	47.38
饮料制造业	439364	25650	249064	265766	514830	2303.4	72.52
烟草加工业	63140	1008	29454	32074	61528	33.4	36.26
纺织业	554184	106537	517726	404541	922267	3238.1	75.12
服装及其他纤维制品制造业	465756	117912	330500	158613	489113	372.4	0.88
皮革、毛皮、羽绒及其制品业	77479	17343	116322	46837	163159	182.3	13.81
木材加工及竹、藤、棕、草制品业	34420	7317	38468	17020	55488	96.6	25.64
家具制造业	91821	19625	75449	30509	105958	128	38.58
造纸及纸制品业	135080	17189	99366	60101	159467	1568.2	82.1
印刷业、记录媒介的复制	272739	49666	173529	257011	430540	532.8	55.16
文教、体育用品制造业	85104	29843	87322	48928	136250	154.2	21.92
石油加工及炼焦业	1275499	41752	525716	631670	1157386	7810.6	89.31
化学原料及化学制品制造业	997723	82174	631440	495543	1126983	9175	89.06
医药制造业	252502	28299	324942	112132	437074	1147.1	64.76
化学纤维制造业	30881	7975	24615	58923	83538	481.2	78.82
橡胶制品业	134053	20520	102768	69761	172529	686.5	63.92
塑料制品业	262460	37276	282443	165125	447568	589.8	59.01
非金属矿物制品业	683136	123614	540318	539618	1079936	3640.2	64.59
黑色金属冶炼及压延加工业	2002467	137009	1019128	1958814	2977942	11614.3	93.47
有色金属冶炼及压延加工业	86106	12786	57079	51387	108466	260.4	72.24
金属制品业	396729	68524	335316	185528	520844	592.5	30.28
普通机械制造业	519230	101563	749098	371039	1120137	744.1	65.15
专用设备制造业	395856	66541	457380	242538	699918	851.5	48.12
交通运输设备制造业	1594298	146509	1120390	592413	1712803	1594.6	60.59
武器弹药制造业	81788	14836	67960	83608	151568	270.9	71.37
电气机械及器材制造业	429017	79504	599332	270295	869627	471	65.71
电子及通信设备制造业	1906185	86577	1626190	600138	2226328	801.8	57.66
仪器仪表及文化、办公用机械制造业	307678	38240	360532	120805	481337	312.7	42.24
其它制造业	138896	29774	133013	58525	191538	244.4	4.72
电力、蒸汽、热水的生产和供应业	167334	17080	766841	1324950	2091791	1403.9	89.5
煤气生产和供应业	29300	8271	47242	245399	292641	104.6	6.44
自来水的生产和供应业	45431	6537	38091	365370	403461	116.9	83.45
合计	15222851	1666343	12182971	10450196	22633167	54376.8	87.12

注：不包括发电用水。

1996 年，北京市乡及乡以上工业企业取用新鲜水资源 54377 万 m³，其中自来水补给量 10308 万 m³，占 19.0%，井水补给量 29303 万 m³，占 53.8%，河水补给量 14766 万 m³，占 27.2% (表 1)。

在 39 个工业行业中，用水量最大的为黑色金属冶炼及压延加工业，达 11614 万 m³，占总取水量的 21.36%；化学原料及化学制品制造业次之，为 9175 万 m³，占 16.87%，石油加工业及炼焦业位列第三，为 7811 万 m³，占 14.36%；三行业的用水量总和占北京市全部工业用水的 52.6%，说明此三行业是北京市的工业用水大户。用水量最少的为石油和天然气开采业，仅 0.8 万 m³。

1996 年全市工业用水平均复用率为 87.12%，其中黑色金属冶炼及压延业达 93.47%，化学原料及化学制品制造业为 89.06%，石油加工业及炼焦业为 89.31%，说明北京市大用水行业的复用率较高；其它一些小用水行业的复用率相对较低。

3 北京市工业用水的经济分析

根据以上北京市工业经济和用水的数据以及所述的模型结构，建立的北京市工业行业产值与资金、劳动力和水的双对数多元线性关系式的参数和模型拟合精度的参数如表 2 所示。

表 2 模型拟合参数和模型拟合精度参数

参数	值	标准误差	T 检验值	频率值	95 %下限	95 %上限
a (资金)	0.3996	0.1181	3.3833	0.0018	0.1598	0.6394
b (劳动力)	0.4765	0.1217	3.9159	0.0004	0.2295	0.7236
c (水)	0.0988	0.0625	1.5821	0.1226	- 0.0280	0.2257
d (常数)	1.5537	0.6208	2.5026	0.0171	0.2934	2.8141

模型拟合的多元回归系数为 0.9629，F 值为 148.67（F 显著性为 5.637×10^{-20} ），说明模型的拟合精度很好。

表 2 的数据显示，1996 年北京市工业用水的产值弹性为 0.0988，也即是供水对工业产值的贡献率；资金的产值弹性系数为 0.3996，劳动力的产值弹性为 0.4765。

由此可得，1996 年北京市工业行业考虑水投入的行业生产函数为：

$$X = 4.7289 \times K^{0.3996} \times L^{0.4765} \times W^{0.0988} \tag{10}$$

式中：X、K、L、W 分别代表行业产出、资金、劳动力和水投入，单位分别为万元、万元、人、万 m³。

表 3 显示的为北京市各工业行业用水的边际效益及新鲜水取用的边际效益。表 3 的数据反映，北京市工业行业间的水边际效益相差很大。工业用水的边际效益变化在 1.11 ~ 122.52 元/m³ 之间，最大的为服装及其它纤维制品制造业，最小的为黑色金属冶炼及压延制造业，全部工业行业平均为 3.56 元/m³。新鲜水取用的边际效益在 6.34 ~ 234.97 元/m³ 之间，最大的为电子及通讯设备制造业，最小的为化学纤维制造业，全部工业行业平均为 27.63 元/m³。表 3 的数字同时显示，北京市的大用水行业的水边际效益明显小于小用水行业的边际效益，北京市最大的三个用水行业：黑色金属冶炼及

表 3 北京市工业用水的边际效益

行业	工业用水的 边际效益 / (元/m ³)	新鲜水的 边际效益 / (元/m ³)	行业	工业用水的 边际效益 / (元/m ³)	新鲜水的 边际效益 / (元/m ³)
煤炭采选业	6.74	34.72	医药制造业	7.67	21.76
石油和天然气开采业	74.13	74.13	化学纤维制造业	1.34	6.34
黑色金属矿采选业	1.79	7.98	橡胶制品业	6.96	19.30
有色金属矿采选业	16.18	16.32	塑料制品业	18.03	43.98
非金属矿采选业	19.74	20.97	非金属矿物制品业	6.57	18.55
其它矿采选业	16.21	16.21	黑色金属冶炼及压延加工业	1.11	17.04
食品加工业	50.05	86.41	有色金属冶炼及压延加工业	9.07	32.68
食品制造业	13.90	26.42	金属制品业	46.14	66.18
饮料制造业	5.18	18.85	普通机械制造业	24.03	68.97
烟草加工业	119.09	186.84	专用设备制造业	23.84	45.95
纺织业	4.21	16.91	交通运输设备制造业	38.94	98.82
服装及其它纤维制品制造业	122.52	123.61	武器弹药制造业	8.54	29.84
皮革、毛皮、羽绒及其制品业	36.20	42.01	电气机械及器材制造业	30.87	90.02
木材加工及竹、藤、棕、草制品业	26.19	35.22	电子及通信设备制造业	99.48	234.97
家具制造业	43.55	70.90	仪器仪表及文化、办公用机械制造业	56.17	97.25
造纸及纸制品业	1.52	8.51	其它制造业	53.52	56.17
印刷业、记录媒介的复制	22.69	50.59	电力、蒸汽、热水的生产和供应业	1.24	11.78
文教、体育用品制造业	42.59	54.55	煤气生产和供应业	25.90	27.68
石油加工业及炼焦业	1.73	16.14	自来水的生产和供应业	6.36	38.41
化学原料及化学制品制造业	1.18	10.75	合计	3.56	27.63

压延加工业、化学原料及化学制品制造业和石油加工业及炼焦业的工业用水的边际效益分别为 1.11 元/ m³、1.73 元/ m³ 和 1.18 元/ m³，远低于其它行业的边际效益，反映在新鲜水取用的边际效益上也是如此。

表 3 的工业用水的边际效益也表明了各行业对用水服务收费的不同承受能力，由于用水的边际效益将决定用户或行业对供水服务收费能力的上限，工业用水的边际效益的数据显示，单位用水量大的工业行业对供水服务收费的承受能力较低。

表 3 的计算结果是从宏观角度分析获得的，可作为区域水工程决策的参考，如污水处理工程和开源节流工程的宏观决策。同时，从微观的角度也可为工业水价的调整提供参考依据。

若假设水的定价等同于水的边际效益，则根据式 7 可求得在用水价格等于边际成本与边际效益的情况下，水的价格弹性为 - 1.11。

4 结论

以上通过将水投入纳入经济学的生产函数中，建立了一种计算水的边际效益的计量经济方法，该方法能同时分析区域工业用水的产值弹性和分析在水价等于边际效益情况下的水需求价格弹性。同时结合北京市 1996 年 39 个工业行业的全部独立核算工业企业的统计数据，建立了北京市工业行业考虑水投入的生产函数，计算了北京市工业用水的边际效益。

建立的方法为定量分析水的效益或对国民经济的贡献提供了一个简单易行的手段。所获得的结果同时可作为区域水工程决策的宏观参考和为水费的调整提供依据。

参 考 文 献：

- [1] 李智慧，徐卫东，王力，等编著. 水平衡测试技术 [M]. 山西：山西科学技术出版社，1998.
- [2] 北京市统计局. 北京市统计年鉴 —1997 [M]. 北京：中国统计出版社，1997.

The econometric analysis of industrial water use

SHEN Dajun¹, WANG Hao¹, YANG Xiaoliu¹, LI Qing¹

(1. China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100044, China)

Abstract Based on the production function of economics, an econometric model for analyzing industrial water use is established. In the model, water (or water resources) is regarded as one of the elements of production to be integrated into the function together with fund and labor. The water use in Beijing is analyzed as a case study.

Key words industrial water use; econometric analysis; margin value; output elasticity; Beijing