

北京市工业用水投入产出模型

王韶华, 孟令刚, 李 智

(北京工业大学建筑工程学院, 北京 100022)

摘要:进行水资源生产函数分析, 得出了边际产量、平均产量和总产量之间的关系。运用水资源边际效益原理研究水资源经济效益, 提出了以资金、劳动力、总用水量为自变量, 以工业总产值为因变量的投入产出基本模型, 用以确定水资源对工业生产的贡献率。利用北京市 1989~2000 年实际资料建立的模型结果表明北京市水资源对工业生产的贡献率为 5.74%。

关键词:水资源; 生产函数; 边际产量; 平均产量; 投入产出模型; 工业用水; 北京市

中图分类号:TV21; E407.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-7647(2006)04-0034-03

Analysis of input-output model for industrial water consumption in Beijing//WANG Shao-hua, MENG Ling-gang, LI Zhi (College of Architecture and Civil Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract: The relationships between marginal production, average production and total production were obtained from an analysis of production function of water resources. The marginal benefit theory of water resources was applied to studying the economic benefit of water resources, and an input-output model with capital, labor forces, and total water consumption taken as independent variables and total industrial production taken as dependent variable was developed for determining the contribution of water resources to industrial production. According to the input-output model developed based on the relative data of Beijing for 1989 – 2000, the contribution ratio of water resources to industrial production is 5.74%.

Key words: water resources; production function; marginal production; average production; input-output model; industrial water consumption; Beijing

水资源作为战略性资源,其优化配置和合理利用已成为当今世界关注的热点之一^[1]。水资源经济效益分析是指在宏观调控下应用经济学原理研究水资源的最佳配置问题,即最佳的投入产出分析。水资源对经济发展的贡献是评价水利事业在区域国民经济和社会发展中的地位与作用的关键参数,是决策水利投入的重要科学依据,因此有必要研究其定量的分析计算方法。

1 水资源生产函数分析

经济学理论认为,经济增长的主要因素来源于各生产要素的增加,经济发展取决于各生产要素的贡献。某生产要素对经济发展的贡献率一般是指该项生产要素增长对经济增长的直接影响。将水资源视为一种生产要素,通过生产函数分析其对经济发展的贡献。

依据近代西方经济学的观点,生产过程就是从生产要素的投入到产品产出的过程。生产过程中各生产要素的投入量和产品产出量之间的数量关系可

用生产函数表示。生产函数表示在一定时期内,在技术水平不变的情况下生产中所使用生产要素的数量与所能生产的最大产量之间的关系。

以经济学实证研究中典型的柯布-道格拉斯(Cobb-Douglas)生产函数^[2]为依据,可建立以资金、劳动力、水资源为生产要素的生产函数:

$$P = AK^{\alpha}L^{\beta}W^{\tau} \tag{1}$$

式中: P 为产出产值; A 为技术进步对产值增长的贡献率; K, L, W 分别为资金、劳动力、水资源的投入量; α, β, τ 分别为资金、劳动力、水资源投入的产出弹性。

用水增加在带来产值增加的同时还引起了成本的增加。因此,水资源利用的边际效益可表示为

$$\Delta P_{MWP} = \frac{\partial P}{\partial W} = \tau AK^{\alpha}L^{\beta}W^{\tau-1} \tag{2}$$

经济学研究表明,当某一资源严重稀缺时,不断增加该资源投入的边际成本最终会攀升,边际成本曲线的这一特性决定于边际效益递减的事实^[3]。

设产量已定,其他生产要素的投入量不变,只有

水资源投入数量是可变的。假设水资源利用过程为一连续过程,其生产函数为一连续函数,则生产函数为

$$P = f(W) \tag{3}$$

其生产函数曲线如图 1 所示。图 1 中 P_{TWP} 为在其他资源配合下随水资源投入变动所取得产品的总产值; P_{AWP} 为平均产值,即单位水资源投入量所获得的产值, $P_{AWP} = P/W$; P_{MWP} 为边际产值,即每增加一个单位 W 的投入所引起产品总值的增减变化, $P_{MWP} = \Delta P/\Delta W$; W_1 和 W_2 为 P_{TWP} 增长过程中到达的两个拐点对应的水资源投入量, W_3 为 P_{TWP} 增长至最高点时的水资源投入量。

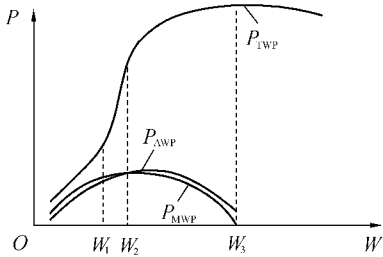


图 1 水资源生产函数曲线示意图

从图 1 可以看出:当边际产值为正时总产值曲线呈上升趋势,此时增加水资源的投入会增加总产值;当边际产值为负时总产值呈下降趋势,此时增加水资源的投入反而使总产值减少;当边际产值为零时总产值最大(斜率为零)。当边际产值分别大于、小于、等于平均产值时,相应的平均产值分别呈上升、下降趋势和达到最大值。从这些关系可得出结论:当技术和生产的其他要素不变时,增加水资源的投入会使边际产值增加到一定值,当超过该定值后,再增加水资源投入量反而会使边际产值递减,这就是边际收益递减规律。收益递减的原因是由于增加的生产要素只能与越来越少的固定生产要素结合。

确定单位水资源投入的最佳数量更是人们普遍关注的问题^[4]。基于边际收益递减律的作用,单位水资源投入的产出效益变化可借助生产弹性进行分析。设 $E_f(W)$ 为生产弹性,表达式为

$$E_f(W) = \frac{\Delta P/P}{\Delta W/W} = \frac{\Delta P}{\Delta W} \frac{W}{P} = \frac{P_{MWP}}{P_{AWP}} \tag{4}$$

从式(4)可以得出:当 $E_f(W) > 1$ 时,增加 1% 的水资源量可使产量增加大于 1%;当 $E_f(W) \leq 0$ 时,增加水资源投入则产量不变或下降;当 $0 < E_f(W) \leq 1$ 时,增加一定比例的水资源则产量或按同样比例增加,或按小于增加水资源的比例增加。由此可见,应避免 $E_f(W) \leq 0$ 的情形;在 $E_f(W) > 1$ 时,应增加供水量。因此,需进行水资源优化的情形为 $0 < E_f(W) \leq 1$ 的阶段。将柯布-道格拉斯(Cobb-Dou-

glas)生产函数应用到工业生产中建立工业生产函数,即可用“用水弹性系数”推求工业供水效益。

由式(1)和式(2)可知,工业用水量变化 ΔW 与工业产值变化 ΔP 的关系式为

$$\frac{\Delta P}{\Delta W} \div \frac{P}{W} = \frac{\tau AK^\alpha L^\beta W^{\tau-1}}{AK^\alpha L^\beta W^{\tau-1}} = \tau = E_f(W) \tag{5}$$

则 $\tau = \frac{\Delta P}{P} \div \frac{\Delta W}{W}$ 即表示用水量增加 1% 时将引起工业产值增加的百分数。需再次强调,这种分析的前提条件是其他生产要素投入量的增加是在水资源投入量增加的基础上实现的,也就是说,水是制约投入和产出的主要因素,工业产值的增加是由于工业用水量增加引起的,可称为“工业用水增量效益”。

工业用水量与供水量不同,这里包含着节水(体现为水的重复利用率)和取用水两个因素。众所周知,水的重复利用率等于重复利用水量除以总用水量,总用水量由取用水量和重复利用水量组成。工业总用水量效益与用水增量效益不同。工业总用水量效益是指一定的总用水量对工业产值所作的贡献,它与用水增量效益有关。某一年总用水量效益应等于其前一年总用水量效益加上该年相对于前一年的用水增量效益。如已知前一年的总用水效益,就可逐年推算出以后各年的总用水效益。水资源生产函数 $P = AK^\alpha L^\beta W^\tau$ 中,参数 $\alpha + \beta + \tau$ 可称为规模弹性,当 $\alpha + \beta + \tau = 1$ 时规模报酬不变;当 $\alpha + \beta + \tau > 1$ 时规模报酬递增,反之递减。当 $\alpha + \beta + \tau > 1$ 时,说明产出的增长包含了技术进步等因素的作用,即为规模弹性效应。一般只有当规模报酬不变时,各要素的增长对产出增长的实际贡献之和才等于产出增长。为了正确反映单个投入要素对产出的贡献,应采用 τ' (称为折算用水弹性)来消除规模弹性的影响:

$$\tau' = \frac{\tau}{\alpha + \beta + \tau} \tag{6}$$

同理也可以计算出其他投入要素的折算弹性参数 α' 和 β' ,使 $\alpha' + \beta' + \tau' = 1$,以剔除技术进步因素对“用水弹性”的影响。

2 运用水资源的工业生产函数计算水资源效益

运用上述方法可从宏观上分析北京市 1989 ~ 2000 年工业经济发展的水资源平均贡献率和单方水效益。1989 ~ 2000 年北京市主要工业总产值和固定资产原值、劳动力人数、工业总用水量见表 1。

根据表 1 数据,将固定资产、劳动力、总用水量作为自变量,工业产值作为因变量,经 Excel 规划求解,在精度为 0.01、允许误差为 5%、收敛度为 0.001

表 1 北京市主要工业企业生产要素及产出值

年份	工业 取水量/ 亿 m ³	工业 重复用 水量/ 亿 m ³	工业 总用 水量/ 亿 m ³	劳动力/ 万人	固定资 产原值/ 亿元	工业 产值/ 亿元	固定工 业增加 值/ 亿元
1989	8.75	5.99	14.74	418.4	790.0	1263.9	339.5
1990	7.75	5.43	13.18	454.9	854.9	1450.2	389.5
1991	8.84	6.33	15.17	470.0	908.4	1583.7	425.4
1992	9.20	6.84	16.04	476.6	955.3	1802.0	484.0
1993	9.60	7.36	16.96	467.3	1418.4	2149.6	577.4
1994	10.54	8.08	18.62	471.8	1162.2	2073.3	556.9
1995	10.41	8.07	18.48	470.9	1487.0	1781.7	478.6
1996	12.64	9.95	22.59	460.6	1627.1	1847.8	496.4
1997	11.00	8.86	19.86	465.3	1777.3	1886.3	506.7
1998	10.84	8.92	19.76	450.1	2170.5	1980.7	532.0
1999	10.56	8.98	19.54	438.0	2286.8	2166.2	581.9
2000	10.50	9.14	19.64	434.2	2531.6	2774.2	745.2

注:后 3 列为折算到 2000 年的数据。资料来源于 1989~2000 年《北京市统计年鉴》。

的情况下得到北京市水资源工业生产函数为

$$P=0.05109K^{0.6801}L^{0.3859}W^{0.0639}\tag{7}$$

折算用水弹性为

$$\tau'=\frac{0.0639}{0.6801+0.3859+0.0639}=0.0574$$

由此得出在北京市工业生产中水对工业增长的贡献率为 5.74%,也即工业增长 1 个百分点中水的因素占 0.0574 个百分点,其他因素占 0.9426 个百分点。若以 2000 年为基准,在其他因素不变的条件下,工业总用水量增加 1%(0.1964 亿 m³),取用水量也增加 1%(0.105 亿 m³),工业产值将增加 1.6 亿元,工业增加值增加 0.43 亿元,折合每立方米取用水产生的工业产值为 15.2 元,产生的工业增加值为 4.1 元。

3 结论及建议

中国水利水电科学研究院水资源研究所沈大军等^[5]在不考虑规模弹性效应时,统计得到 1997 年北京市的工业用水弹性为 0.098 8,与本文通过模型计

算的以 2000 年为基准的多年结果在某种程度上比较接近。由此说明本文模型精度较高,对于定量分析计算水资源投入对国民经济发展的贡献具有一定的参考价值。

应用生产函数法评估水资源价值,是将水资源视为生产要素,并假设生产者追求成本最小或利润最大,从而导出水资源及其他生产要素的引申需求函数。生产函数法将水视为生产要素,适用于具有较高经济效益的行业,而景观、防洪、生态保护或环境保护等以社会效益体现水资源价值的领域不适合用本文方法来评价。在应用本文方法时,应注意以回归分析法量化生产函数时所得到的用水项的回归系数未必具有统计显著性。由于统计分析的原因,本法适用于用水量较大的产业。该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,所获得的结果可作为区域水工程决策的宏观参考和为水费调整提供依据。

参考文献:

[1] ROGER O, HURST C, HARSHADEEP N. Water resources planning in a strategic context: linking the water sector to the national economy[J]. Water Resource Research, 1993, 29(7): 1895-1906.

[2] 陈宏民,赵旭.管理经济学[M].上海:上海交通大学出版社,2003:54-63.

[3] 龙爱华,徐中民,张志强,等.基于边际效益的水资源空间动态优化配置研究[J]. 冰川冻土, 2002, 24(4): 408-410.

[4] 张文婕,傅春,夏晨风.水资源市场配置的经济研究[J]. 南昌大学学报,2001,32(2):53-54.

[5] 沈大军,王浩,杨小柳,等.工业用水的数量经济分析[J]. 水利学报,2000(8):30-34.

(收稿日期:2005-04-12 编辑:高建群)

·小资料·

当今世界装机容量最大的 4 座水电站

序号	电站名称	国 家	河 流	坝 型	坝高/m	装机容量/ 万 kW	年发电量/ 亿 kW·h	库容/ 亿 m ³	开工年份	开始发 电年份	建成年份
1	三 峡	中 国	长 江	重力坝	181	26×70	840	393	1993	2003	(2009)
2	伊泰普	巴西/巴拉圭	巴拉那河	双支墩坝	196	首次 18×70 扩机 2×70	750 785	290 290	1974 2002	1984 2004	1992 2004
3	溪洛渡	中 国	金沙江	双曲拱坝	278	16×75	574	122	(2005)	(2014)	(2017)
4	古 里	委内瑞拉	卡罗尼河	重力坝	162	首期 10×30 二期 10×73	510	170 1350	1963 1976	1968 1984	1977 1986

注:括号内为计划建成年份。

(吴 高供稿)