

基于 C-D 生产函数的太湖生态系统供水服务价值评估

胡金杰, 蔡守华

(扬州大学水利科学与工程学院, 江苏 扬州 225009)

摘要: 为评估太湖生态系统供水服务价值, 以资金、劳动力、总用水量为自变量, 以 GDP 为因变量, 建立了太湖供水 C-D 生产函数。利用太湖下游地区苏州市 1993~2007 年统计资料, 计算出 2000 年苏州市 GDP 单位供水价值为 9.38 元/m³, 并以此为扩大指标, 评估出太湖生态系统供水服务价值为 334.12 亿元。

关键词: 水资源; C-D 生产函数; 生态系统服务价值; 太湖; 苏州

中图分类号: F407.9 文献标识码: A 文章编号: 1003-9511(2009)04-0026-03

生态系统服务是指人类从生态系统获得的各种服务, 包括供给服务、调节服务、文化服务及支持服务^[1]。随着生态经济学、资源环境经济学的发展, 生态学家和经济学家在评估生态系统服务价值方面做了大量研究工作。生态系统服务评估研究已经成为生态经济学和资源环境经济学研究的重要组成部分^[2]。然而, 生态系统服务价值评估面临很多的困难, 如难以确定经济价值评估所需的决定因素和假设前提, 难以明确生态系统服务功能价值评估结果的可信性和可预测性, 难以准确核定单位价值量等。

在传统的生态系统供水服务价值评估中, 供水价值一般是由生态系统提供的水资源量乘以水价得出, 然而, 水价往往受多种因素的影响, 不能反映水资源的真实价值, 影响了生态系统供水价值评估结果的可信度。为解决这一问题, 笔者提出, 借助经济学中的 C-D 生产函数来估算 GDP 单位供水价值, 即将用水量作为投入要素之一纳入生产函数, 来计算 GDP 单位供水价值, 进而评估太湖生态系统供水服务价值。

1 水资源 C-D 生产函数分析

经济学增长理论认为, 经济增长的主要因素是各生产要素的增加, 经济增长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指该项生产要素增长对经济增长的直接影响。生产函数就是描述生产过程中投入的生产要素和其他要素组合

所产生的可能最大产出量之间的依存关系的数学关系表达式^[3], 一般记为

$$Q = f(X_1, X_2, \dots, X_m) \quad (1)$$

式中: Q 为产出; X_1, X_2, \dots, X_m 为投入的各生产要素。

1928 年美国数学家 Cobb 和经济学家 Dauglas 提出了 C-D 生产函数^[3]

$$Q = AK^\alpha L^\beta \quad (2)$$

式中: K 为资本投入; L 为劳动力投入; α 为资本产出弹性; β 为劳动力产出弹性; A 为效率系数, 是广义技术进步水平的反映。

在公式(2)中, 虽然引入了效率系数 A , 但仅仅把它作为独立于其他生产要素之外的一个不变的参数, 其基本假设是: 技术进步是广义的、中性的, 改变了由其他投入要素的数量决定的生产效率, 其作用在所有样本点上都是相同的^[3]。显然, 这些假设不完全符合实际。在生产函数研究中, 经常以时间序列数据为样本, 不同的样本点表示不同的时间, 而技术的发展是与时间紧密相关的。1957 年, Solow 提出了如下改进的 C-D 生产函数模型^[4]:

$$Q = A(t)K^\alpha L^\beta \quad (3)$$

在生产函数中加入时间函数 $A(t)$, 以测定技术进步水平。其中, 确定 $A(t)$ 的形式需满足如下两个条件: ①应符合经济发展的实际情况, 使估计出来的参数能做经济方面的解释; ②函数检验拟合结果应能

作者简介: 胡金杰(1982—), 男, 江苏常州人, 硕士研究生, 主要从事水生态工程研究。

说明其相关度^[5]。A(t)的形式可假设为A₀(1+λ)^t (A₀为常数;λ为技术进步系数;t为年份序列)。改进的C-D生产函数模型弥补了技术进步测定的不足,能较好地描述资本、劳动投入和技术进步对经济增长的贡献。

生产函数模型中投入量和产出量之间的依存关系普遍存在于各种生产过程之中。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,所以在生产函数中不仅要考虑劳动力投入L和资本投入K这2种生产要素,也有必要将水资源视为一种生产要素,将产品中的“水量投入”(非水的经济投入)列为生产函数的自变量之一,由此分析水资源对经济发展的贡献。

考虑了水资源的C-D生产函数可表示为

$$Q = A_0(1 + \lambda)^t K^\alpha L^\beta W^\gamma \quad (4)$$

式中:W为GDP单位用水量;γ为水资源产出弹性。

将上式对数线性化,即

$$\ln Q = \ln A_0 + t \ln(1 + \lambda) + \alpha \ln K + \beta \ln L + \gamma \ln W \quad (5)$$

这样就确立了以水资源作为一种投入要素的生产函数,可以利用水资源产出弹性求水资源的边际效益。按照经济学理论,弹性被用来表示经济变量因变量的相对变化对经济变量自变量的相对变化的反应程度或灵敏程度,它等于因变量的相对变化与自变量的相对变化的比值^[4]。

2 太湖生态系统供水服务价值评估

2.1 概述

太湖流域地势平坦低洼,河网交织,湖荡洼地星罗密布,太湖位居蝶形盆地中央,是我国第3大淡水湖^[6]。太湖以其优越的地理位置和自然地理环境为太湖流域经济社会发展提供了有利条件。太湖流域在行政区划上,包括上海市(不含大陆岸线外的各岛屿)、江苏省苏州、无锡、常州3市的全部与镇江市、高淳县的一部分,浙江省嘉兴市、湖州市全部与杭州市的一部分,以及安徽省皖南广德、朗溪地区的一小部分。由于有些县市只部分包括在太湖流域行政区域内,因此难于建立整个太湖区域供水C-D生产函数。本文以苏州市为典型区域建立供水C-D生产函数,计算苏州市GDP单位供水价值,并以此为扩大指标来代替整个太湖区域的GDP单位供水价值,以评估太湖生态系统供水服务价值。

2.2 苏州市供水C-D生产函数

太湖是苏州市的主要供水水源地。苏州市地处长江下游的太湖流域,河流水系基本上以太湖为中心。太湖以西为上游浙西、湖西山区水系,有苕溪和南溪径流入湖;太湖以东为苏州市的平原河网水系,是太湖洪水下泄入江归海的必经区域。

1993~2007年苏州市GDP、固定资产投资、社会从业人员和总用水量情况见表1。根据表1数据,将固定资产投资、社会从业人员和总用水量作为自变量,GDP作为因变量,分别取对数后经Excel回归分析,回归系数及区间估计、显著性检验结果见表2。

表1 1993~2007年苏州市GDP、固定资产投资、社会从业人员和总用水量

年份	GDP/亿元	固定资产投资/亿元	从业人员/万人	总用水量/亿m ³
1993	525.95	271.86	334.71	20.66
1994	720.90	307.70	328.57	36.79
1995	903.11	334.01	324.45	52.62
1996	1002.14	380.59	323.84	49.21
1997	1132.59	405.18	320.47	52.32
1998	1250.01	450.11	307.52	52.01
1999	1358.43	475.14	311.29	48.05
2000	1540.68	516.43	313.89	55.67
2001	1760.28	564.85	321.96	54.20
2002	2080.37	810.00	250.25	54.85
2003	2801.56	1408.93	260.08	57.04
2004	3450.00	1554.80	274.67	64.46
2005	4026.52	1870.00	393.72	52.61
2006	4820.26	2106.99	429.46	58.32
2007	5700.00	2360.00	483.40	61.35

表2 模型回归系数和模型回归精度参数

回归系数	回归值	95%下限	95%上限	标准误差	频率值	检验值
lnA ₀	1.356	0.951	1.762	0.182	0.000	7.453
ln(1+λ)	0.073	0.065	0.081	0.003	0.000	21.170
α	0.415	0.374	0.456	0.018	0.000	22.446
β	0.255	0.208	0.302	0.021	0.000	12.132
γ	0.339	0.298	0.380	0.018	0.000	18.438

由表2可知,苏州市水资源GDP的回归方程为

$$\ln Q = 1.356 + 0.073t + 0.415 \ln K + 0.255 \ln L + 0.339 \ln W$$

对方程进行拟合度检验,检验结果R²=0.9998,证明方程有效。

于是,得出1993~2007年苏州市供水C-D生产函数为Q=3.88(1+0.08)^tK^{0.415}L^{0.255}W^{0.339}。

2.3 苏州市GDP单位供水价值

根据苏州市供水C-D生产函数,可以从宏观上分析苏州市1993~2007年GDP单位供水价值。以2000年为例,利用苏州市供水C-D生产函数模型,对

GDP 用水量求偏导数就可以确定 2000 年苏州市 GDP 单位供水价值 B_w :

$$B_w = \frac{\partial Q}{\partial W} = \gamma \frac{Q}{W} = 0.339 \times \frac{1540.68}{55.67} = 9.38 \text{ (元/m}^3\text{)}$$

按上述方法可以计算其他年份苏州市 GDP 单位供水价值 结果见表 3。

表 3 2000~2007 年苏州市 GDP 单位供水价值

年份	供水价值/ (元·m ⁻³)	年份	供水价值/ (元·m ⁻³)
2000	9.38	2004	18.14
2001	11.01	2005	25.95
2002	12.86	2006	28.02
2003	16.65	2007	31.50

与某些大城市的 GDP 单位供水价值情况相比, 苏州市 GDP 单位供水价值偏低。例如, 2000 年, 北京市 GDP 单位供水价值为 27.82 元/m³[4], 苏州市 GDP 单位供水价值仅为 9.38 元/m³。苏州市 2006 年 GDP 单位供水价值为 28.02 元/m³, 仅相当于北京市 2000 年的水平。

从表 3 可以看出, 苏州市 GDP 单位供水价值从 2000 年的 9.38 元/m³ 提高到 2007 年的 31.50 元/m³, 说明随着苏州市社会经济的不断发展, 对水的依赖性也越来越强, 水资源的价值随着经济的发展递增。

2.4 太湖生态系统供水服务价值评估

根据文献[7], 2000 年直接从太湖取水具有一定规模的自来水供水工程的总供水能力为 162 万 t/d; 以太湖为水源, 具有一定规模、自备水源的工矿企业的用水量为 230 万 t/d, 则 2000 年太湖总的供水能力为 392 万 t/d。太湖周围的城市大多属于大城镇和中等城镇, 其供水日变化系数取 1.3。根据 2000 年太湖总的供水能力以及其供水日变化系数, 可计算出从太湖取水的工业和生活用水总量为 301.54 万 t/d。

2000 年, 从太湖取水的用水总量为 35.62 亿 m³, 其中工业和生活用水总量为 11.01 亿 m³, 农业生产用水总量为 24.61 亿 m³。通过 2000 年从太湖取水的用水总量和苏州市 GDP 单位供水价值, 可计算出 2000 年太湖生态系统供水服务价值 334.12 亿元。

在传统生态系统供水服务价值评估中, 供水服务价值是通过市场价值法计算得出的。2000 年从太湖取水的工业和生活用水总量为 11.01 亿 m³, 农

业生产用水总量为 24.61 亿 m³, 2000 年太湖流域 26 座城市生活及工业用水价格在 1.03~2.27 元/m³ 之间[8], 取均价 1.65 元/m³, 农业生产用水均价取 0.03 元/m³[7], 则 2000 年太湖生态系统供水服务价值为 18.90 亿元, 而基于 C-D 生产函数的供水服务价值为 334.12 亿元, 两者相差甚远。分析其原因, 可能是受政府控制的供水水价明显低于其真实价值。

3 结 语

本文以经济学生产函数理论为基础, 将水资源作为生产要素之一, 建立供水 C-D 生产函数, 由此来分析 GDP 单位供水价值, 并评估生态系统供水服务价值。对 GDP 单位供水价值进行评估, 有助于全面认识供水区域水资源的价值, 从而科学合理地利用水资源, 达到水资源利用的生态效益和经济效益最优化[9-10]的目的。

参考文献:

- [1] Institute of Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystem and human well-being: synthesis[M]. Washington, D. C.: Island Press, 2005.
- [2] TURNER R K, PAAVOLA J, COOPER P, et al. Valuing nature: lessons learned and future research directions[J]. Ecological Economics, 2003, 46(3): 493-510.
- [3] 汪伟. 基于 Solow 改进的 C-D 生产函数模型对我国经济增长的析[J]. 科技与经济, 2006(5): 2-4.
- [4] 龚园喜. 基于改进的生产函数模型分析浙江省水资源经济效益[J]. 浙江水利水电专科学校学报, 2007, 19(2): 4-6.
- [5] 赵魁君. 带有技术进步系数的柯布-道格拉斯生产函数[J]. 财贸研究, 1994(2): 72-73.
- [6] 陈荷生, 宋祥甫, 邹国燕. 太湖流域水环境综合整治与生态修复[J]. 水利水电科技进展, 2008, 28(3): 76-79.
- [7] 水利部太湖流域管理局. 太湖流域水资源及其开发利用现状调查评价简要报告[R]. 上海: 水利部太湖流域管理局, 2004.
- [8] 王浩, 陈敏建, 唐克旺. 水生态环境价值和保护对策[M]. 北京: 清华大学出版社, 北京交通大学出版社, 2004: 100.
- [9] 黎世苻, 陈磊, 黄灵丽, 等. 天目湖新镇水生态系统服务功能价值评价[J]. 水利经济, 2009, 27(1): 29-31.
- [10] 莫创荣, 孙艳军, 高长波, 等. 生态价值评估方法在水电开发环境影响评价中的应用研究[J]. 水资源保护, 2006, 22(5): 18-21.

(收稿日期 2009-02-25 编辑 彭桃英)