

# 秦岭生态功能区森林水源涵养功能的经济价值估算

刘晓清, 张振文, 沈炳岗, 王亚萍

(陕西省环境科学研究院, 陕西 西安 710069)

**摘要:** 从水源涵养功能的角度, 利用影子工程法和市场价值法等, 估算了 2010 年秦岭生态功能区水源涵养的经济价值。结果得出, 2010 年秦岭生态功能区现有水源涵养功能总价值为  $3.17 \times 10^{10}$  元, 相当于安康市 2010 年国内生产总值(GDP), 比商洛市 2010 年国内生产总值高出  $5.70 \times 10^9$  元。纵向比较, 2010 年秦岭水源涵养价值比 2002 年高出  $8.80 \times 10^9$  元, 平均每年增长近  $1.00 \times 10^9$  元, 在水源涵养方面功能改善是显著的。目前生态功能经济价值仅为一种潜在价值, 为此提出通过加快建立与市场经济相适应的生态补偿机制, 实现水源涵养功能经济价值向现实经济价值的转化。

**关键词:** 秦岭生态功能区; 水源涵养; 经济价值; 生态补偿

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2012)01-0177-04

中图分类号: Q948.12

## Estimation of Economic Values of Water Conservation Function by Forest in Qinling National Ecology Function Zone

LIU Xiao-qing, ZHANG Zhen-wen, SHEN Bing-gang, WANG Ya-ping

(Shaanxi Provincial Academy of Environmental Science, Xi'an, Shaanxi 710069, China)

**Abstract:** From the economic value perspective, economic values of water conservation function in the Qinling National Ecology Function Zone(QNEFZ) were estimated by using shadow project approach and market value method. From the estimation, the total water conservation value for the QNEFZ in 2010 was about 31.7 billion Yuan, being equivalent to the gross domestic product(GDP) of Ankang City and 5.7 billion Yuan higher than the GDP of Shangluo City. Water conservation value for the QNEFZ in 2010 was 8.8 billion Yuan more than that in 2002, about 1 billion Yuan increase per year, which indicates a significant improvement in water conservation function. However, the current economic value of water conservation function is just a potential value. In the future, it is important to establish the ecological compensation mechanisms to fit market economy for promoting the transformation of the potential value to real value.

**Keywords:** Qinling National Ecology Function Zone(QNEFZ); water conservation; economic value; ecological compensation

生态系统服务功能及其经济价值日益受到国内外学者的重视<sup>[1-5]</sup>, 作为生态服务功能之一的水源涵养功能更是如此<sup>[6-14]</sup>。秦岭作为暖温带半湿润季风气候带与北亚热带湿润气候带的天然分界, 在中国自然地理格局中扮演重要角色, 加之丰富的自然地理条件, 使其在生态服务功能方面具有不可替代的重要作用, 历来受到科学家和政府的高度重视。2001 年起设立的秦岭国家级生态功能保护区, 从保护生态系统服务功能的角度出发, 对保护区进行了科学规划和严格保护, 取得了良好效果。从 10 a 来生态功能保护效益的角度分析, 亟需进行秦岭生态功能区经济价值

评估, 又由于生态保护区的设立, 使秦岭地区一些地方的经济发展受到限制, 急需通过生态补偿机制给以经济补偿, 而进行生态经济价值评估是建立经济补偿机制的前提和基础。本文以有关部门的统计数据为基础, 利用影子工程法和市场价值法对秦岭地区生态功能保护区水源涵养功能进行经济价值评估, 以期为建设生态补偿机制服务。

### 1 秦岭生态功能区概况

#### 1.1 地理位置与功能区范围

秦岭生态功能保护区位于陕西省中南部, 东连豫

鄂,西接甘陇,南望巴蜀,北瞰关中。地理坐标为东经  $105^{\circ}30'—110^{\circ}05'$ ,北纬  $32^{\circ}40'—34^{\circ}35'$ ,呈东西向条带延伸,总面积  $5.79 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。北部以秦岭北坡山脚线为界;南部以汉江北岸为界,不包括汉中、安康盆地,以盆地的北缘为界;东、西两侧以省界为界。该区域是秦岭山系的主体部分。行政区划上涉及西安市、渭南市、宝鸡市、汉中市、安康市和商州市 6 市所辖 38 个县(13 个县的全部及 25 个县的部分区域)、483 个乡镇。

## 1.2 秦岭生态功能保护区建设情况

秦岭生态功能区于 2001 年开始建设,主要目的是通过保护和恢复森林植被,更大程度上发挥其水源涵养、生物多样性和水土保持等生态服务功能。10 a 来实施了多项以退耕还林和天然林保护为主要内容的林区建设和保护工程。根据陕西省林业厅的统计数据,2010 年秦岭共有森林面积  $42\,087.67 \text{ km}^2$ ,仅在 2001—2010 年,秦岭生态功能区退耕还林和天然林保护面积为  $11\,632.27 \text{ km}^2$ 。秦岭森林覆盖率由 2001 年的 52.6% 提高到 2010 年的 72.7%,秦岭生态功能保护区建设取得良好效果,对改善生态环境,遏制水土流失起到了重要作用。以天然林面积变化为例,2001—2010 年,秦岭天然林面积增加趋势非常明显,天保林面积由 2002 年的  $1\,768.6 \text{ km}^2$  增加到 2010 年的  $6\,916.8 \text{ km}^2$ (图 1),10 a 间天保林面积增加了近 4 倍。

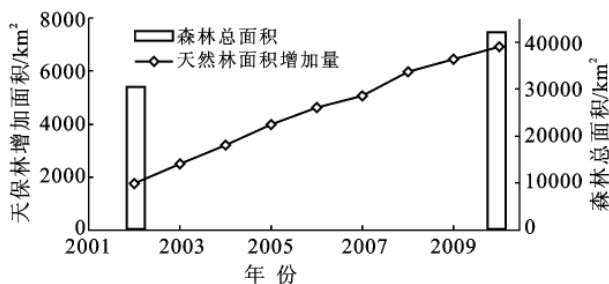


图 1 秦岭生态功能保护区 10 a 来林地面积变化情况

## 2 秦岭生态功能区森林水源涵养功能经济价值估算

### 2.1 估算方法与依据

秦岭生态功能区作为南水北调工程的主要水源区,森林承担着拦蓄水量,增加水资源量,净化水质,以保证足够水源和合格水质的重要作用。而且秦岭生态功能区属于流水侵蚀剥蚀的中低山地,山高坡陡,土薄石多,水土流失较为严重,森林又承担着保持水土,减少河道淤积的作用,所以秦岭生态功能区水

源涵养功能价值以森林拦蓄水量,净化水质以及减少河库淤积价值来计算。

我们定义水源涵养功能的总价值计算公式如下:

$$V_t = \sum_{i=1}^n (V_i) \quad (1)$$

式中: $V_t$ ——森林水源涵养功能总价值; $V_i$ ——森林水源涵养功能子价值。

本研究中主要考察秦岭生态功能保护区 3 种水源涵养的经济价值,分别是森林拦蓄水量经济价值( $V_1$ ),净化水质的经济价值( $V_2$ )和减轻江河湖库淤积价值( $V_3$ )。

我们分别利用影子工程法和市场价值法计算秦岭生态功能区水源涵养不同子价值。对于存在市场价格的子价值,可直接用市场价格计算这部分价值。对于没有直接市场价格的价值,我们采用替代工程的影子价格来计算水源涵养子价值,其理论基础是假设存在一个蓄水功能与植被水源涵养质量相同的水利工程,涵养水源的价值可以用经过水利工程调节的水源价格来计算<sup>[6]</sup>。

### 2.2 森林拦蓄水量经济价值( $V_1$ )

森林的拦蓄降水功能是指森林生态系统通过拦截降水,主要包括林冠、林下植被和枯枝落叶层的截留以及土壤蓄水,减少地表径流,使雨水转变为地下水,不断地涵养水源,维持河流流量,是森林涵养水源的主要表现形式<sup>[11]</sup>。森林拦蓄水量的计算公式为:

$$W_t = A(P - E - C) \quad (2)$$

式中: $W_t$ ——森林拦蓄水量; $A$ ——森林拦蓄降水面积; $P$ ——降雨量(mm); $E$ ——蒸散量(mm); $C$ ——地表径流量( $\text{m}^3$ ),林区地表径流量很小,可忽略不计。

根据气象资料,秦岭生态功能区年均降水量为 800 mm,蒸散量取降雨量的 75%,即蒸散量为 600 mm。则秦岭生态区森林拦蓄水量为  $8.418 \times 10^9 \text{ m}^3$ ,单位面积水源涵养量为  $2\,000 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。

事实上即使在非森林区,枯季径流和基流也是可以直接利用的,在洪水期非森林地区径流中的 50% 以洪水形式溢出,而这些径流要得到合理利用,必须通过水利设施进行调节;建设蓄水工程费用按目前库容造价  $5.714 \text{ 元}/\text{m}^3$  进行计算<sup>[15]</sup>,森林拦蓄水量的经济价值( $V_1$ )为:

$$V_1 = W_t \times 50\% \times 5.714 \quad (3)$$

经过 10 a 造林建设,秦岭生态功能区现有森林拦蓄水量价值为 240.49 亿元/a。同样我们可以算出,秦岭以 2002 年的森林拦蓄水量价值为 173.9 亿元/a(表 1)。

表 1 秦岭生态功能区水源涵养价值估算结果

年份	水源涵养价值/亿元			
	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_t$
2002	173.90	54.80	0.40	229.10
2010	240.49	75.76	1.59	317.84

注: $V_1$ 为森林拦蓄水量经济价值; $V_2$ 为净化水质的经济价值; $V_3$ 为减轻江河湖库淤积价值; $V_t$ 为森林水源涵养功能的总价值。

### 2.3 净化水质的经济价值( $V_2$ )

森林流域被认为是清洁水源的发祥地<sup>[16]</sup>,作为南水北调的水源地,秦岭生态功能区森林对涵养水源,改善水质起着举足轻重的作用,随着水分在森林生态系统的输入和输出,污染物被生物和土壤固定或吸收或分解,水中污染物的种类和数量逐步减少<sup>[17]</sup>。秦岭生态功能区森林生态系统对不同物理化学组成物质,会表现出不同的作用方式和显示不同的净化程度,凋落物及植被根系对降雨起良好的过滤作用,去掉了有害离子或化学物质,例如从天保林排出的水可溶性固体含量一般会比较低,硬度也会较低。秦岭生态功能区的水源涵养林,对保护南水北调水源地的水源安全意义重大。

根据研究<sup>[18-21]</sup>,森林中的降水在被林冠层分配的同时,也伴随着化学元素的冠层交换过程,主要表现为树木表面分泌物被雨水溶解、枝叶对降水中离子的吸收以及雨水对枝叶表面粉尘、微粒等大气悬浮沉降物的淋洗等;当降水到达林地后,地被物和土壤层作为第二界面对降水化学性质产生影响,主要表现为活地被物和枯枝落叶层的截留、微生物对化合物的分解以及对离子的摄取、土壤颗粒的物理吸附、土壤对金属元素的化学吸附和沉淀等。研究表明<sup>[22]</sup>,经过森林生态系统的降水水质中,溶解氧、总盐度和 $\text{NO}_3^-$ 等营养元素化学成分明显增加,而pH值、浊度和 $\text{NH}_4^+$ 等明显下降,水质得到不同程度的净化。

秦岭生态区森林拦蓄水量为 $8.42 \times 10^9 \text{ m}^3$ ,通过森林的净化作用,转化为地下径流(转化率为90%)的水量为 $7.58 \times 10^9 \text{ m}^3$ ,按目前我国水质净化费用的平均标准 $1.00 \text{ 元/m}^3$ <sup>[23]</sup>,其净化水质的经济价值 $7.58 \times 10^9 \text{ 元/a}$ 。

以2002年为基准年森林拦蓄水量为 $6.09 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{a}$ ,转化为地下径流为 $5.48 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{a}$ ,其净化水质的经济价值为 $5.48 \times 10^9 \text{ 元/a}$ 。所以秦岭生态功能区2010年森林净化水质经济价值比2002年增加了 $2.10 \times 10^9 \text{ 元}$ (表1)。

### 2.4 减轻江河湖库淤积价值( $V_3$ )

对于水源涵养林防止泥沙流失的效能评价,通常是将水源涵养林所能防止的泥沙流失量换算成在下游修筑混凝土堰堤防止的泥沙流失量<sup>[24]</sup>,并以其所

需经费为标准,根据国内主要流域泥沙移动规律,水土流失的泥沙有24%淤积于江河、水库和湖泊<sup>[1,25]</sup>。利用蓄水成本估算水土保持措施的减轻泥沙淤积的价值,计算公式为

$$V_3 = 24\% \times S \times C / \rho \quad (4)$$

式中: $V_3$ ——减轻泥沙淤积的价值(元/a); $S$ ——保土拦蓄泥沙量( $10^4 \text{ t/a}$ ); $C$ ——水库工程费用(元/ $\text{m}^3$ ),目前挖取泥沙的费用约为 $6.5 \text{ 元/m}^3$ <sup>[26]</sup>;  $\rho$ ——土壤容重,取值为 $1.35 \text{ t/m}^3$ 。

据陕西省水土保持局资料秦岭生态功能区多年平均保土拦蓄泥沙量为 $9.01 \times 10^7 \text{ t}$ ,按照天然林面积变化计算,2002年和2010年秦岭保土拦蓄泥沙量价值分别为 $4.00 \times 10^7 \text{ 元/a}$ 和 $1.59 \times 10^8 \text{ 元/a}$ (表1)。

秦岭生态功能区水源涵养功能主要表现为森林拦蓄水量、净化水质、减轻湖库淤积。经过以上计算,2010年秦岭生态功能现有水源涵养功能总价值为 $3.18 \times 10^{10} \text{ 元}$ ,2002年秦岭水源涵养价值为 $2.29 \times 10^{10} \text{ 元}$ ,2010年水源涵养功能价值比2002年秦岭水源涵养价值高出 $8.87 \times 10^9 \text{ 元}$ ,平均每年增长 $9.80 \times 10^8 \text{ 元}$ 。

## 3 结论

与秦岭生态功能区所在的陕西南部3个城市2010年国内生产总值(GDP)相比,秦岭生态功能区水源涵养价值也是巨大的(图2)。由图2可见,秦岭生态功能区2010年水源涵养价值比商洛市2010年GDP总量高出20个百分点,相当于安康市2010年GDP总量,是汉中市2010年GDP总量的66%。值得指出的是由于水源涵养功能是一个不断发展的,被丰富的概念,人们对其价值的认识仍未成熟,秦岭生态功能区水源涵养功能和计量结果存在不确定性,反映的仅是秦岭生态保护区水源涵养功能最低价值。

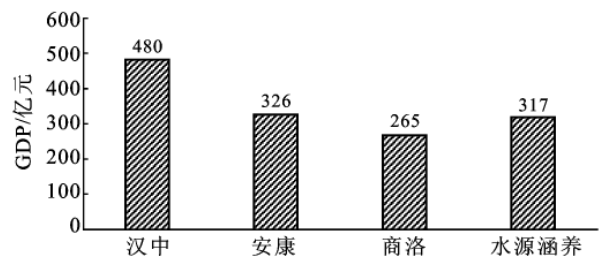


图 2 秦岭生态功能区水源涵养价值与陕西南部 3 市 GDP 的比较

本文计算的秦岭生态功能保护区水源涵养功能仅是一种潜在价值,并未包含在国内生产总值中,如何将这潜在价值转化为现实价值,是一项值得深入研究的课题。尽快完善与市场经济相适应的生态补偿机制,建立生态功能价值交易市场,让保护区人民

受益,这既能实现生态保护,又能促进潜在生态价值向现实价值转化。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] Costanza R. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. *Nature*, 1997, 287(6630): 253-260.
- [2] Daily G. *Natures services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*[M]. Washington, DC: Island Press, 1997.
- [3] 欧阳志云,王效科,苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究[J]. *生态学报*, 1999, 19(5):607-613.
- [4] 肖寒,欧阳志云,赵景柱,等. 森林生态系统服务功能及其生态经济价值评估初探:以海南岛尖峰岭热带林为例[J]. *应用生态学报*, 2000, 11(4):481-484.
- [5] 张叶. 试论森林生态经济效益与计量若干理论与方法[J]. *林业经济*, 1987(4):30-33.
- [6] 程根伟,石培礼. 长江上游森林涵养水源效益及其经济价值评估[J]. *中国水土保持科学*, 2004, 2(2):17-20.
- [7] 高成德,余新晓. 水源涵养林研究综述[J]. *北京林业大学学报*, 2000, 22(5):78-82.
- [8] 姜文来. 森林涵养水源的价值核算研究[J]. *水土保持学报*, 2003, 17(2):34-40.
- [9] 石培礼,李文华. 森林植被变化对水文过程和径流的影响效应[J]. *自然资源学报*, 2001, 16(5):481-486.
- [10] 李晶,任志远. 秦巴山区植被涵养水源价值测评研究[J]. *水土保持学报*, 2003, 17(4):132-138.
- [11] 刘世荣,温远光,王兵. 中国森林生态系统水文生态功能规律[M]. 北京:中国林业出版社,1996.
- [12] 片冈顺. 水源林研究述评[J]. *水土保持科技情报*, 1990(4):44-45.
- [13] 孙立达,朱金兆. 水土保持林体系综合效益研究与评价[M]. 北京:科学出版社,1995.
- [14] 王治国. 林业生态工程学[M]. 北京:中国林业出版社,2000.
- [15] 余新晓,秦永胜,陈丽华,等. 北京山地森林生态系统服务功能及其价值初步研究[J]. *生态学报*, 2002, 22(5):783-786.
- [16] Nunez D, Nahuelhual L, Oyarzun C. Forests and water: The value of native forests in supplying water for human consumption [J]. *Ecological Economics*, 2006, 58(3):606-616.
- [17] 崔剑波,庄季屏. 硝态氮通过褐土田间隔离土柱运移地模型[J]. *中国农业大学学报*, 1997, 3(2):57-64.
- [18] 张彪,李文华,谢高地,等. 森林生态系统的水源涵养功能及其计量方法[J]. *生态学报*, 2009, 29(3):529-534.
- [19] 余新晓,张志强,陈丽华,等. 森林生态水文[M]. 北京:中国林业出版社,2004.
- [20] 马雪华. 森林与水质[C]//全国森林水文学学术讨论会文集. 北京:测绘出版社,1989.
- [21] 孙阁. 森林植被对河流泥沙和水质影响综述[J]. *水土保持学报*, 1988, 2(3):83-89.
- [22] 李文宇,余新晓,马钦彦,等. 密云水库水源涵养林对水质的影响[J]. *中国水土保持科学*, 2004, 2(2):80-83.
- [23] 周冰冰,李忠魁. 北京市森林资源价值[M]. 北京:中国林业出版社,2000.
- [24] 张志永. 莲峡河小流域森林涵养水源功能评价及典型造林设计研究[D]. 武汉:华中农业大学,2005.
- [25] 殷兴军. 试论江河泥沙灾害的生态环境评估[J]. *环境科学进展*, 1999(3):78-83.
- [26] 鲁绍伟,靳芳,余新晓,等. 中国森林生态系统保护土壤的价值评价[J]. *中国水土保持科学*, 2005, 3(3):16-21.

(上接第 160 页)

- [8] 王禹生,田红. 铁瓦河小流域水土保持经济效益计算[J]. *人民长江*, 1999, 30(4):27-29.
- [9] 赵麦换,张翼,杨帆,等. 水土保持产业化评价指标体系研究[J]. *水土保持学报*, 2003, 17(1):5-9.
- [10] 陈英智,李立新,王占臣,等. 牡丹江流域中下游水土保持生态建设工程及效益分析[J]. *水土保持通报*, 2003, 23(2):53-55.
- [11] Tom Kuhlman, Stijn Reinhard, Aris Gaaff. Estimating the costs and benefits of soil conservation in Europe [J]. *Land Use Policy*, 2010, 27(1):22-32.
- [12] 叶延琼,张信宝,冯明义,等. 水土保持效益分析与社会进步[J]. *水土保持学报*, 2003, 17(2):71-72.
- [13] Sergio Colomboa, Javier Calatrava-Requenaa, Nick Hanley. Analysing the social benefits of soil conservation measures using stated preference methods [J]. *Ecological Economics*, 2006, 58(4):850-861.
- [14] 赵力仪,马国力,祁永新,等. 水土保持社会效益的监测与评价[J]. *人民黄河*, 2000, 22(6):23-25.