

北京山地森林生态系统服务功能及其价值初步研究

余新晓<sup>1</sup>,秦永胜<sup>2</sup>,陈丽华<sup>1</sup>,刘 松<sup>2</sup>

( 1. 北京林业大学水土保持学院,北京 100083 2. 北京市林业局,北京 100029 )

摘要 :从生态系统服务功能的概念入手,根据观测和研究资料,采用替代工程、市场价值等方法,从两个方面评价了北京山地森林生态系统服务功能的价值。结果表明,面积为 4056.64km<sup>2</sup> 的北京山地森林生态系统的生态服务功能价值每年为 167.78 亿元,其中涵养水源价值为 91.67 亿元,净化水质价值为 15.3 亿元,保持土壤价值为 2806.92 万元,固碳制氧价值为 2.24 亿元,净化环境价值为 48.65 亿元,游憩价值为 9074.98 万元,林果品价值为 8.73 亿元。

关键词 :森林生态系统,生态系统服务功能,北京山地

The Forest Ecosystem Services and Their Valuation of Beijing Mountain Areas

YU Xin-Xiao<sup>1</sup>,QIN Yong-Sheng<sup>2</sup>,CHEN Li-Hua<sup>1</sup>,LIU Song<sup>2</sup> ( 1. Soil and Water Conservation College of Beijing Forestry University, Beijing 100083, China ;2. Beijing Forestry Bureau, Beijing 100029, China ). *Acta Ecologica Sinica* 2002, 22( 5 ): 783~786.

Abstract :The quantitative studies on the ecosystem service function of forests have become a worldwide discussed issue in current days due to the various forest-related environmental problems. This paper attempts to evaluate the forestry ecosystem service benefits of Beijing mountain area and provide data supports to the decision-makers based on the field investigations and researches of more than ten years.

Beginning with the concept of forest ecosystem services, the authors adopted the eco-economy evaluation methods and classified the forest ecosystem service of Beijing mountain area into direct and indirect benefits. Direct benefits of forest ecosystem include the income from timber and tree crops products and tourism ; indirect ecosystem service of forest is the principal part of its environment protection function and consists of water resource and soil conservation, air and water resource purification, carbon fixation and oxygen production. The studies' results show that average annual forest ecosystem services benefits of Beijing mountain areas, which covers 4056.64km<sup>2</sup>, adds up to 16.78 billion yuan ( Chinese RMB ), of which direct benefits makes up 5.74% and are about 0.964 billion yuan, which includes about 90.7498 million yuan income from tourism, about 873 million yuan of the output of standing economic trees and forest products, whereas indirect benefits make up 94.26% and are 15.816 billion yuan, which consist of 9.167 billion yuan of water-holding, 1.53 billion yuan of water purification and about 28.0692 million yuan of soil conservation, about 224 million yuan of carbon fixation and oxygen production, about 4.865 billion yuan of air purification. Compared to the direct benefits of forest ecosystem, indirect benefits are more important for the survival of human being.

Key words : forest ecosystem, ecosystem services, Beijing mountain areas

文章编号 :1000-093X( 2002 )05-0783-04 中图分类号 :Q148, S718.5 文献标识码 :A

生态系统服务一般指自然生态系统及其所属物种支撑和维持人类生存的条件和过程<sup>[5]</sup>。森林生态系统的生态服务功能是指森林生态系统及其生态过程为人类提供的自然环境条件与效用<sup>[3,6]</sup>。森林是地球

基金项目 :国家自然科学基金重点基金资助项目( 39930130 ) 教育部博士点基金资助项目( 2000002209 )

收稿日期 :2000-12-27, 修订日期 :2001-11-09

作者简介 :余新晓,男,博士,教授。主要从事森林水文和流域管理研究。

生物圈的重要组成部分,是可再生资源,也是可再生能源,是维护生态平衡的重要调节器。但是,由于对森林生态系统服务功能及其重要性缺乏了解和林业经营上的失误,导致森林资源大面积减少,对森林生态系统服务功能造成严重损害,进而威胁国家生态安全,危及社会经济发展。随着对资源环境可持续发展机制研究的深入,人们开始懂得维持与保育生态系统特别是森林生态系统服务功能是实现社会经济可持续发展的基础<sup>[4]</sup>。森林的可持续经营是 21 世纪社会经济可持续发展的基石,森林的环境功能是人类现代文明进程的最终抉择<sup>[1]</sup>。然而,客观准确的计量评价森林生态系统的服务功能及其价值仍然是一个有待深入研究的理论和技术难题,已成为国内外生态学与生态经济学研究的前沿课题。面对当前极为紧迫的生态环境建设局面,充分认识森林生态系统在预防自然灾害和促进资源经济协调发展中的巨大作用,保护与恢复森林生态系统功能,应该成为各级决策部门的共识。

本文对北京山地森林生态系统服务功能及其价值进行了初步计量评价,旨在唤醒公众的环保意识,为促进首都 21 世纪资源、环境和社会经济的可持续发展提供基本的理论支持。

## 1 研究区概况

### 1.1 自然地理概况

北京位于华北平原的西北部,北与内蒙古高原接壤,属于燕山山脉的一部分,西与山西高原毗连,属太行山的余脉。北京市总面积 16666 km<sup>2</sup>,其中山区面积占 62%,平原占 38%。北京属暖温带半湿润季风大陆性气候区,年平均气温 9.0~12.0℃,≥10℃ 活动积温 4000~4600h,无霜期 150~200d。多年平均降水量 638.8mm,降水分布极不均匀,主要集中在夏季多以暴雨形式出现,年蒸发量达 1800~2000mm。

### 1.2 山地森林资源现状

北京是少林地区,天然次生林保存较少,主要分布在海拔 800m 以上的深山区,树种以栎类为主,其次为桦树、山杨、油松和侧柏等。北京的人工林资源主要是 20 世纪 50 年代以来在浅山和平原地区营造的,包括风景林、水土保持林、经济林、用材林、薪炭林和平原区的农田林网。根据“九五”二类资源清查结果,北京现有林地 801290hm<sup>2</sup>,其中森林面积 512335.2hm<sup>2</sup>,北京山区林地 691019.2hm<sup>2</sup>,占全市林业用地面积的 86.24%,其中森林面积 405664.5hm<sup>2</sup>,占林地面积的 79.2%。

## 2 森林生态服务功能价值计算方法

长期以来对生态系统服务的评价方法主要有两类,一类是物质量评价法,另一类是价值量评价法,赵景柱等<sup>[3]</sup>曾对这两种方法进行过客观的比较分析。根据价值量的体现形式,可以把森林生态服务功能的价值分为直接经济价值和间接经济价值。本文采用肖寒<sup>[4]</sup>等的生态经济价值评价方法,以北京山区现有森林为对象,对北京山地森林的生态服务功能价值初步研究。

### 2.1 直接经济价值

森林生态服务功能的直接经济价值主要表现为林产品价值和游憩价值。

**2.1.1 林产品价值计算** 对于北京市来说,林产品主要指木材和果品,采用市场价值法来评估其价值。

$$FP = \sum S_i \cdot V_i \cdot P_i$$

式中,FP 为区域森林生态系统木材或果品价值; $S_i$  为第  $i$  类林分类型或果品的分布面积; $V_i$  为第  $i$  类林分单位面积的净生长量或产量; $P_i$  为第  $i$  类林分的木材或果品价值。

**2.1.2 森林游憩价值计算** 根据北京市 11 个森林公园平均最大游憩收益来计算。

### 2.2 间接经济价值

森林生态服务功能的间接经济价值主要表现为森林生态系统的环境功能,如保持水土、净化水质、固碳制氧等,是其生态服务功能价值的主体,是最难以进行评价而又最容易被人们忽视的价值。因此,对这部分价值进行定量评价对确切评价森林的生态服务功能具有重要意义。

**2.2.1 涵养水源价值计算** 采用水量平衡法来计算水源涵养量:

$$W = (R - E) \cdot A = \theta R \cdot A$$

水的价值采用替代工程法(或影子工程法)来计算,据调查,目前的单位库容造价为 5.714 元/m<sup>3</sup>。式中 W

为涵养水源量( $\text{m}^3/\text{a}$ ); $R$  为平均降雨量( $\text{mm}/\text{a}$ ); $E$  为平均蒸发散( $\text{mm}/\text{a}$ ); $A$  为研究区面积( $\text{hm}^2$ ); $\theta$  为径流系统。

森林增加地表有效水量的价值可用下式计算：

$$V = P \sum_{i=1}^n S_i (H_i - H_0)$$

式中, $V$  为森林增加地表有效水量价值; $S_i$  为第  $i$  树种的面积; $H_0$ 、 $H_i$  分别为对照地和第  $i$  树种单位面积的拦蓄降水能力  $\text{m}^3/\text{hm}^2$ ; $P$  为当前生活用水价格,取  $2.0 \text{ 元}/\text{m}^3$ 。

2.2.2 净化水质价格计算 采用替代工程法来计算。

2.2.3 保持土壤价值计算 森林植被的存在可以极大的减少土壤侵蚀量、保护和提高土壤肥力水平。因此,森林保持土壤的价值可从减少土地损失、减少土壤肥力损失和减免泥沙淤积和滞留 3 个方面加以考虑。其中,森林减少土壤肥力损失的价值可按下式计算：

$$V_f = d \cdot s \cdot \sum_{i=1}^n P_{1i} \cdot P_{2i} \cdot P_{3i}$$

式中, $V_f$  为森林保肥效益经济价值计算; $d$  为单位面积水土流失量; $s$  为森林面积; $P_{1i}$  为森林土壤中氮磷钾等含量; $P_{2i}$  纯氮磷钾等折算成化肥的比例; $P_{3i}$  各类化肥的销售价。

2.2.4 净化空气价值计算 主要采用影子价格法来计算。

2.2.5 净化环境价值计算 一般是根据森林面积及森林对有害物质、噪声、辐射等的减除能力及影子价格计算<sup>[7]</sup>。

3 结果分析

3.1 直接经济价值

3.1.1 林果产品价值 据北京市林业局的研究测算,北京果品年产量为 5.6 亿 kg,北京山区果品产量为 3.58 亿 kg,价格按 2.14 元/kg 计算,则果品年产值为 7.68 亿元。据调查,从“七五”末到“八五”末的 5a 间,北京市活立木蓄积增加 2831723 $\text{m}^3$ ,增长率为 32.0%,年均增长 566344.6 $\text{m}^3$ ,山地森林蓄积年均增长 438619.91 $\text{m}^3$ ,按 240 元/ $\text{m}^3$  计算,山地森林经济价值为 1.05 亿元,因此,北京山地森林年林果品价值为 8.73 亿元。

3.1.2 森林游憩价值 根据北京 11 个森林公园年均最大游憩收益测算得北京市森林游憩总价值为 9074.98 万元。

3.2 间接经济价值

3.2.1 森林涵养水源价值 北京森林年涵养水源量包括森林拦截降水量和森林增加地表有效水量两部分。北京山区森林拦蓄降水面积取 4056.64 $\text{km}^2$ ,北京多年平均降水量为 638.8mm,林区蒸散量约占年降水量的 60%,计算得山区森林拦蓄水量为  $1.55 \times 10^9 \text{ m}^3$ ,根据工程替代法,按单位库容造价 5.714 元/ $\text{m}^3$  来计算,北京森林年拦截降水价值为 88.57 亿元,北京森林每年增加地表有效水量  $1.96 \times 10^8 \text{ m}^3$ <sup>[7]</sup>,因此,山地森林每年增加的有效水量为  $1.96 \times 10^8 \times 0.792 = 1.55 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。根据 2001 年北京生活用水价格 2.0 元/ $\text{m}^3$  计算,山地森林增加地表有效水价值 3.1 亿元。两项合计 91.67 亿元。

3.2.2 森林净化水质价值计算 据北京市林业局和北京林业大学的研究<sup>[2,8]</sup>,森林拦截的降水与对比试验地相比具有明显的改善水质的作用,在水源涵养林保护下的水质完全可以达到生活饮用水的标准,单位体积水的净化费用可取 0.9885 元/ $\text{m}^3$ <sup>[7]</sup>,可得北京山地森林年净化水质的价值为  $1.55 \times 10^9 \times 0.9885 = 15.3$  亿元。

3.2.3 森林保持水土价值 根据北京市林业局的研究,北京山地森林每年可减少土地损失的面积为 455.75 $\text{hm}^2$ ,平均年减少土壤侵蚀量为 335.57 $\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ,根据土地价 5480.5 元/ $\text{hm}^2$  计算,森林每年减少土地损失的价值为 249.77 万元。北京森林地表层土壤有机质含量平均为 3%,全氮含量平均为 0.19%,全磷含量为 0.02%,全钾含量为 0.08%,每平方公里森林减少土壤机质、氮、磷、钾的损失量分别为 10.07、0.64、0.067 和 0.268 $\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。

根据薪材转换成土壤有机质的比例为 1:2 和薪材的机会成本价格 51.3 元/t 计算,北京山地森林每年减少土壤有机质损失的经济价值为 419.22 万元。根据目前市场化肥的价格可计算出山地森林每年减少氮磷钾养分损失的价值为 2137.93 万元。

因此,北京山地森林每年保持水土的总价值为 2806.92 万元。

**3.2.4 森林固碳制氧价值** 据测定,中国北方森林的  $\text{CO}_2$  吸收率为  $13.6\text{t}/\text{hm}^2\text{a}$ <sup>[9]</sup>,固碳造林的成本为 273.3 元/t,我国森林生产氧气的成本为 369.7 元/t<sub>0</sub>。根据森林资源清查资料,按照光合作用法计算可得,北京市山地森林每年固定  $\text{CO}_2$  的数量为  $4.09 \times 10^5\text{t}$ ,提供  $\text{O}_2$  的数量为  $3.03 \times 10^5\text{t}$ ,采用造林成本法求出固定  $\text{CO}_2$  和提供  $\text{O}_2$  的价值均为 1.12 亿元。

**3.2.5 森林净化环境价值** 根据周冰冰<sup>[7]</sup>等人的研究成果,北京市森林净化环境的价值包括,吸收二氧化硫的价值 2351 万元、吸收氟化物的价值为 22.49 万元、吸收氮氧化物的价值为 454.92 万元、阻滞降尘的价值为 361.78 万元、杀菌功能价值为 36.67 亿元、减噪价值为 24.44 亿元,总计为 61.43 亿元。因此,根据山地森林占全市森林的面积比例可得山地森林的净化环境价值为  $61.43 \times 0.792 = 48.65$  亿元。

#### 4 结语

如前所述,分别从两个方面 7 项指标计算了北京山地森林生态服务功能的价值,把各项具体指标的计算结果相加,可得北京森林生态服务功能价值总计为 167.78 亿元/a,其中直接价值为 9.64 亿元/a,间接价值为 158.14 亿元/a,间接价值是直接价值的 16.43 倍。应当指出的是,受科学技术水平、计量方法和研究手段的限制,目前无法对森林生态系统服务功能进行十分确切评价,其价值体现仍然是不完全的。因此,对北京山地森林生态系统服务功能的评价也必然是部分的,但这一数值依然清楚地说明了北京山地森林生态系统在维系和促进首都社会经济持续发展中的巨大作用。任何忽视森林生态系统功能作用的行为必将贻患无穷。

#### 参考文献

- [1] Chen Y H (陈耀邦) ed. Compile of XI. World forestry congress (in Chinese). Chinese Environment Science Press, 1998.
- [2] Yu Z M (于志民), Wang L X (王礼先) ed. The study on the benefit of water resource conservation forest. Beijing: Chinese Forestry Press, 1999.
- [3] Zhao J Z (赵景柱), Xiao H (肖寒), et al. Comparison analysis on physical and assessment methods for ecosystems services. *Chinese Journal of Applied Ecology* (in Chinese 应用生态学报) 2002, 11(2): 290~292.
- [4] Xiao H (肖寒), Ouyang Z Y (欧阳志云), et al. Forest ecosystem services and their ecological valuation-A case study of tropical forest in Jianfengling of Hainan island. *Chinese Journal of Applied Ecology* (in Chinese 应用生态学报) 2000, 11(4): 481~484.
- [5] Costanza R et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997: 387.
- [6] Daily G ed. Natures Service Societal dependence on natural ecosystem. Island Press, Washington DC, 1997.
- [7] Zhou B H (周冰冰), Li Z K (李忠魁). Value of forest resources in Beijing. Beijing: Chinese Forestry Press, 2000.
- [8] Yu X X (余新晓), Yu Z M (于志民), et al. Forest for Water Resources Protection-Silviculture, Management, Evaluation. Beijing: Chinese Forestry Press, 2001.
- [9] Xu D Y (徐德应), Guo Q G (郭泉水) et al. Study on the effect of climate changes to China fores (in Chinese) Beijing: China Science and Technology Press, 1996.