

中国森林生态系统服务功能及其价值评价

赵同谦^{1,2}, 欧阳志云^{1*}, 郑 华¹, 王效科¹, 苗 鸿¹

(1. 中国科学院 生态环境研究中心系统生态重点实验室, 北京 100085 2. 河南理工大学, 河南 焦作 454000)

摘要: 森林生态系统对维持我国自然生态系统格局、功能和过程具有特殊的生态意义。客观衡量森林生态系统的服务效能, 对于森林资源保护及其科学利用具有重要意义。论文在分析森林生态系统服务功能的基础上, 根据其提供服务的机制、类型和效用, 把森林生态系统的服务功能划分为提供产品、调节功能、文化功能和生命支持功能四大类, 建立了由林木产品、林副产品、气候调节、光合固 C、涵养水源、土壤保持、净化环境、养分循环、防风固沙、文化多样性、休闲旅游、释放氧气、维持生物多样性 13 项功能指标构成的森林生态系统评价指标体系, 并对其中的 10 项功能指标以 2000 年为评价基准年份进行了初步评价。结果表明, 森林生态系统 10 类生态系统服务功能的总生态经济价值为 $14\ 060.05 \times 10^8$ 元/a, 其中直接价值和间接价值分别为 $2\ 519.45 \times 10^8$ 元和 $11\ 540.60 \times 10^8$ 元, 间接价值是直接价值的 4.6 倍。研究认为, 森林生态系统服务功能及其价值评价工作应进一步加强森林生态系统服务功能机制的基础研究和不同尺度下空间数据的耦合和应用方法研究。

关键词: 森林生态系统; 生态系统服务功能; 价值; 评价

中图分类号: S718.55

文献标识码: A

文章编号: 1000-3037(2004)04-0480-12

1 前言

森林是人类和多种生物赖以生存和发展的基础^[1]。它具有丰富的生物多样性、复杂的结构和生态过程, 是自然界最丰富和稳定的有机碳贮库、基因库、资源库、蓄水库和能源库, 对改善生态环境, 维持生态平衡, 保护人类生存发展的基本环境起着决定性和不可替代的作用^[2]。根据第五次全国森林资源清查数据, 中国现有的森林面积约 $1.59 \times 10^8 \text{ hm}^2$, 居世界第五位, 但森林覆盖率(16.55%)远低于世界平均水平(29.6%), 人均森林面积和单位面积蓄积量同样处于世界后列^[2]。研究森林生态系统的服务功能及其生态经济价值, 对于保护森林具有重要的现实意义。

20 世纪 90 年代初期, 国外的森林生态系统服务功能研究主要以案例研究为主, 方法主要为旅行价值法和意愿调查法^[3-6]。Costanza 等^[7]在 1997 年对全球生态系统服务的价值进行了评价, 其中将森林生态系统划分为热带和温带/北方林两类并分别进行了价值估算; 日本林野厅^[8]于 2000 年对其国家的森林公益机能进行了经济价值评价, 选取的功能指标包括水源涵养等六大类。

我国的森林生态系统服务功能评价工作源于 20 世纪 80 年代初开始的森林资源价值核算研究工作。中国林学会在 1983 年开展了森林综合效益评价研究, 1988 年国务院发展研究

收稿日期: 2003-11-04; 修订日期: 2003-12-01。

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(30230090); 国家重点基础研究发展规划(973)项目(G2000046807); 中国科学院知识创新工程项目(KZCX2-405)。

第一作者简介: 赵同谦(1969~), 男, 河北石家庄人, 博士研究生, 副教授, 主要研究方向为生态评价与规划。E-mail: zhtqeric@sina.com

* 通讯作者: E-mail: zyouyang@mail.rcees.ac.cn

中心得到美国福特基金会的资助,开展了包括森林在内的资源价值核算工作,侯元兆等人^[9]第一次比较全面地对中国森林资源价值进行了评估,其中包括3种生态系统服务功能:涵养水源、防风固沙、净化大气的经济价值,并首次揭示了这3项功能是立木价值的13倍;李金昌等^[10]以森林生态系统为例全面总结了森林生态服务价值计量的理论和方法。20世纪90年代中后期开始,随着生态系统服务功能概念、内涵的进一步明确,森林生态系统服务功能评价的研究工作逐渐深化,欧阳志云等^[11,12]以海南岛为例深入开展了森林生态系统服务功能价值评价的研究工作,后又对中国陆地生态系统服务功能的价值进行了初步估算;周晓峰等^[13,14]利用生态定位观测资料对黑龙江省及全国的森林资源生态系统公益价值进行了估算;郭中伟等^[15]在大量实地观测的基础上对神农架地区兴山县的森林生态系统服务功能进行了系统评估;薛达元等^[16,17]在对长白山森林生态系统间接经济价值进行评估时,引入环境价值核算方法,首次采用条件价值法对长白山地区生物多样性的存在价值进行了支付意愿调查;蒋延玲^[18]利用全国第三次森林资源清查资料并采用 Costanza 等给出的价值系数,估算了我国38种主要森林类型生态系统服务功能的总价值为 $717.401 \times 10^8 \text{ US\$}/\text{a}$; 陈仲新等^[19]同样采用 Costanza 等的价值系数对中国生态系统效益进行了估算,其中森林部分的生态经济价值为 $15\,433.98 \times 10^8 \text{ 元}/\text{a}$ 。

目前,中国森林资源仍存在着资源总量不足、分布不均、林龄结构不合理、超限额采伐和林地征占用现象依然严重等诸多问题^[2],客观地衡量森林生态系统的服务效能,对于森林资源保护及其科学利用具有重要意义;同时,森林生态系统服务功能价值评价也是森林资源纳入国民经济核算体系的前提。本文拟在分析森林生态系统服务功能的基础上,通过建立其评价指标体系,探索适宜的基于服务功能机制的生态经济价值评价方法,并探讨今后应重点关注的一些问题。

2 评价指标体系构建

本次研究在总结前人研究成果的基础上,根据千年评估工作组(MA)提出的生态系统服务功能分类方法^[20],提出森林生态系统服务功能价值评价指标体系(表1)。其中气候调节、防风固沙和文化多样性3种功能,由于数据或评价方法的原因,尚难在全国尺度上进行评价。

表1 森林生态系统服务功能价值评价指标体系

Table 1 Indexes system of forest ecosystem services and their valuation in China

功能	提供产品		调节功能						文化功能		支持功能		
	林木产品	林副产品	气候调节	光合固C	涵养水源	土壤保持	净化环境	养分循环	防风固沙	文化多样性	休闲旅游	释放氧气	维持生物多样性
评价内容		√	√	-	√	√	√	√	√	-	-	√	√

注:√表示具备该类生态效益并可以进行价值评估;-表示由于评价方法、机制研究或数据等原因暂时无法进行此项功能的价值评估。

3 森林生态系统服务功能价值评价

3.1 提供产品

林木产品 森林生态系统为人类提供大量的木材。根据《2000年全国林业统计指标》^[21]中的相关数据,中国2000年人工林及天然林木产品的总产值为 $856.96 \times 10^8 \text{ 元}$,加上村及村以下竹、木采伐的相应价值 $253.00 \times 10^8 \text{ 元}$,林木产品价值共计为 $1\,109.96 \times 10^8 \text{ 元}$ 。

林副产品 森林生态系统是人类重要的食物来源,例如有木本粮食之称的板栗、柿子、枣以及苹果、柑橘、猕猴桃、龙眼、荔枝、芒果、椰子等多种水果,生产食用油料的油茶、核桃、油桐、文冠果、乌桕等以及其他药材和林特产品。根据《2000年全国林业统计指标》^[21]中的相关数据,林副产品的产值达到 $1\,215.18 \times 10^8 \text{ 元}$ 。

综合上述结果,以2000年全国林木产品和林副产品的总产值作为森林生态系统提供的产品价值,得到其价值评价结果为 $2.325.14 \times 10^8$ 元。

3.2 调节功能

3.2.1 光合固C

生态系统通过植物光合作用和呼吸作用与大气进行 CO_2 和 O_2 交换,固定大气中的 CO_2 ,同时释放 O_2 ,对维持地球大气中的 CO_2 和 O_2 的动态平衡,减缓温室效应,以及提供人类生存的最基本条件有着不可替代的作用。

(1) 评价方法

以森林生态系统净初级生产力(Net Primary Productivity, NPP)数据为基础,根据光合作用方程式估算森林光合固C量,固C生态效益采用中国造林成本260.90元/tC^[22]进行评价。

(2) NPP计算

各森林生态系统的面积及其分布来源于全国植被图(1:4 000 000),各森林生态系统的净初级生产力主要根据冯宗炜^[23]和陈灵芝^[24]及其它研究结果^[25]整理得到。利用ARCVIEW3.2软件的空间分析功能进行处理,整理得到全国森林生态系统总NPP为 $14.026 \times 10^8 \text{t/a}$ (表2)。

表2 主要森林生态系统类型净初级生产力总量
Table 2 The total amount of NPP of forest ecosystem in China

森林类型	寒温带落叶松林	温带常绿针叶林	温带、亚热带阔叶林	温带落叶阔叶林	温带落叶小绿叶混交林	亚热带常绿阔叶林	亚热带常绿阔叶林	亚热带、热带常绿阔叶林	热带常绿阔叶林	热带季雨林	红树林	合计
面积(10 ⁸ hm ²)	0.125	0.043	0.295	0.117	0.238	0.108	0.537	0.009	0.09	0.001	1.563	
净生产力(10 ⁸ t/a)	1.04	0.318	1.691	0.901	0.884	1.865	5.309	0.255	1.765	0.026	14.054	

(3) 固C量及其生态经济价值估算

根据光合作用反应式,由NPP计算结果估算得到森林生态系统的年总固定 CO_2 量为 $22.862 \times 10^8 \text{t}$,进一步折合成固定C量为 $6.235 \times 10^8 \text{t/a}$ 。用造林成本法计算得到森林生态系统固定C的生态经济价值为 $1.626.76 \times 10^8$ 元/a。

3.2.2 涵养水源功能

(1) 评价方法

根据我国气候、地貌以及森林植被特征,确定该功能的评价区为降雨量大于400mm的东部地区。利用ARCVIEW软件的空间分析功能估算森林生态系统的涵养水分功能及其价值。

物质质量评价采用降水贮存量法^[10],即用森林生态系统的蓄水效应来衡量其涵养水分的功能[式(1)]。

$$Q = A \cdot J \cdot R \quad (1)$$

$$J = J_0 \cdot K \quad (2)$$

$$R = R_0 - R_g \quad (3)$$

式中 Q 为与裸地相比较,森林生态系统涵养水分的增加量; A 为计算区森林面积; J 为计算区多年平均产流降雨量($P > 20 \text{mm}$); J_0 为计算区多年平均降雨总量; K 为计算区产流降雨量占降雨总量的比例; R 为与裸地(或皆伐迹地)比较,森林生态系统减少径流的效益系数; R_0 为产流降雨条件下裸地降雨径流率; R_g 为产流降雨条件下林地降雨径流率。

考虑计算区不同区域的降雨强度、降雨量变化特征和不同森林类型的减流效益特征,可将式(1)进一步改写为 Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

$$Q = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{z=1}^p A_{ijz} \cdot J_{0i} \cdot K_j \cdot R_z \quad (i=1, \dots, n; j=1, \dots, m; z=1, \dots, p) \quad (4)$$

式中 n 为计算区降雨量 J_0 分区数 m 为降雨特征 K 为不同区域的侵蚀性降雨比例 p 为计算区森林类型数。

该功能的生态经济价值可采用替代工程法进行评价,水库蓄水成本取 $0.67 \text{ 元}/\text{m}^3$ [22]。

(2) 参数选取

J_0 : 根据全国多年降雨总量的分布特征,将计算区划分为 5 个降雨强度区,其降雨量范围及参数值见表 3。

表 3 降雨量分区及参数取值

Table 3 Rainfall distributed regions and their parameter values

降雨量范围 (mm)	400~600	600~800	800~1 200	1 200~1 600	>1 600
J_0 参考取值 (mm)	500	700	1 000	1 400	1 800

K : 将计算区以秦岭—淮河一线为界划分为北方区和南方区。北方地区降雨较少,较强降雨相对集中于 6~9 月份,甚至一年的降水主要集中在一两次降雨中;南方降雨次数多、降雨量大,主要集中在 4~9 月的雨季。根据降雨特征分别选取 K 参数值($P>20\text{mm}$)为:北方区 K_1 取 0.4 [26-30],南方区 K_2 取 0.6 [31-33]。

R : 根据已有的实测和研究成果,结合各森林生态系统类型的分布、植被覆盖、土壤、地形特征以及对对应裸地的相关特征,得到计算区各森林植被类型的 R 值(表 4)。

表 4 计算区主要森林生态系统类型 R 值

Table 4 R value of the various forest ecosystems in the calculated region

森林类型	寒温带落叶松林	温带常绿针叶林	温带、亚热带落叶阔叶林	温带落叶小叶疏林	亚热带常绿阔叶混交林	亚热带常绿阔叶林	亚热带、热带常绿针叶林	亚热带竹林	热带雨林、季雨林
R 值	0.21	0.24	0.28	0.16	0.34	0.39	0.36	0.22	0.55

注 R 值主要根据周晓峰等[13]、雷瑞德[34]、余新晓[35]、张金池[36]、田大伦[37]、黄礼隆[38]、王彦辉[39]、曾庆波等[40]的实测结果整理得到。

(3) 评价结果

首先将降雨量等值线图、地形图及植被类型图划定评价区范围,利用 ARC VIEW 软件的空间分析功能将评价范围图层与全国植被类型分布图进行叠加,得到评价区森林类型、降雨量、 K 系数的综合分布图以及数据库,根据式(4)进行计算得到物质质量评价结果,在此基础上进一步计算得到价值量评价结果(表 5)。

表 5 主要森林生态系统类型水分涵养量及其生态经济价值

Table 5 Water regulating amounts and their values of the various forest ecosystems in the calculated region

森林类型	寒温带落叶松林	温带常绿针叶林	温带、亚热带落叶阔叶林	温带落叶小叶疏林	亚热带常绿阔叶混交林	亚热带常绿阔叶林	亚热带、热带常绿针叶林	亚热带竹林	热带雨林、季雨林	合计
水量 ($10^6 \text{ m}^3/\text{a}$)	49.889	11.415	181.802	2.254	604.184	380.497	1 365.038	18.552	572.545	3 186.175
价值 ($10^6 \text{ 元}/\text{a}$)	33.426	7.648	121.807	1.510	404.803	254.933	914.576	12.430	383.605	2 134.738

3.2.3 土壤保持

由于受气候条件、下垫面状况等的影响,我国自然因素土壤侵蚀类型主要包括水力侵蚀、风力侵蚀、冻融侵蚀、重力侵蚀,其中水力侵蚀和风力侵蚀所占比例最大。森林生态系统

的土壤侵蚀控制功能主要表现在对防止风力和水力侵蚀方面的显著作用。本研究主要估算森林生态系统防止风、水蚀的作用及由此产生的生态经济效益。

(1) 评价方法

物质质量评价采用如下公式^[11]。

$$A_r = A_w + A_s \quad (5)$$

$$A_w \cdot A_s = A_p - A_r \quad (6)$$

式中 A_r 为森林生态系统土壤保持量, A_w 、 A_s 分别为风蚀为主区和水蚀为主区的土壤保持量, A_p 为潜在土壤侵蚀量, A_r 为森林分布区现实土壤侵蚀量。现实土壤侵蚀量来自于全国第二次土壤侵蚀普查数据, 潜在土壤侵蚀量取全国土壤侵蚀等级分类中的“强度”级对应的风蚀模数或水蚀模数。

价值量评价采用机会成本法, 估算森林生态系统因控制土壤侵蚀而减少土地废弃所产生的生态经济效益。土壤表土平均厚度取 0.5m ^[17], 利用式(7)估算因土壤侵蚀控制而减少的废弃土地面积及其生态经济价值, 单位农田年均收益取 $10\ 671.99\ \text{元}/\text{hm}^2$ (2000年农业总产值为 $13\ 873.59 \times 10^8$ 元, 农田播种面积为 $1.3 \times 10^8 \text{hm}^2$)^[41]。

$$E_s = A_r \cdot B / (0.5 \cdot 10\ 000 \cdot \rho) \quad (7)$$

式中 E_s 为减少土地废弃产生的生态经济价值, A_r 为土壤保持量, B 为单位农田年均收益, ρ 为土壤容重。

(2) 评价结果

评价结果见表6。

表6 主要森林生态系统类型控制土壤侵蚀的功能及其经济价值

Table 6 The economic values of soil erosion control service of the various forest ecosystems

森林类型	寒温带落叶松林	温带常绿针叶林	温带、亚热带落叶阔叶林	亚热带常绿阔叶混交林	亚热带常绿阔叶林	亚热带、热带常绿针叶林	亚热带竹林	热带雨林、季雨林	合计
抵御水蚀土壤保持量 (10^4t/a)	31 276.05	22 352.17	165 666.14	145 717.45	82 721.91	328 755.79	6 652.16	59 831.69	842 973.36
抵御风蚀土壤保持量 (10^4t/a)	158.27	3 090.10	15 508.96	30.06	307.03	1 026.33	0.00	31.27	20 152.03
土壤保持量 (10^4t/a)	31 434.32	25 442.28	181 175.10	145 747.51	83 028.94	329 782.12	6 652.16	59 862.96	863 125.38
折合土地面积 (hm^2)	46 569.37	37 692.26	268 407.56	215 922.23	123 005.83	488 566.11	9 855.05	88 685.87	1 278 704.27
价值 (10^8 元/a)	4.97	4.02	28.64	23.04	13.13	52.14	1.05	9.46	136.46

3.2.4 净化环境

森林生态系统的净化环境功能包括吸收污染物质、阻滞粉尘、杀灭病菌和降低噪声等^[10]。通常认为森林净化环境的能力是一种潜在的功能, 但对于目前我国具有普遍意义的酸雨和尘污染来说, 其净化功能可以认为已经得到了很好的发挥。根据净化功能机制研究现状和基础资料齐备程度, 结合大尺度评价过程中净化功能的显著性, 本次研究选择了森林吸收 SO_2 和滞尘两种功能进行评价, 试图在一定程度上反映出净化环境功能的重要性。

(1) SO_2 净化

据测定, 阔叶林吸收 SO_2 的能力为 $88.65\text{kg}/\text{hm}^2$; 柏类为 $411.60\ \text{kg}/\text{hm}^2$, 杉类为 $117.60\ \text{kg}/\text{hm}^2$, 松林为 $411.60\ \text{kg}/\text{hm}^2$, 平均为 $215.60\ \text{kg}/\text{hm}^2$ ^[22]。评价中, 阔叶林和针叶林的面积按 49.8% 和 47.2% 计, 3% 为针阔混交林^[22], 可计算得到森林净化 SO_2 的潜在能力为 $2\ 391 \times$

10^4t 。根据国家环境保护总局环境状况公报提供的数据,2000年全国 SO_2 排放总量为 $1.995 \times 10^4\text{t}$,若30%的排放量被森林生态系统所净化,则森林净化 SO_2 的价值为 35.91×10^8 元(SO_2 的投资及处理成本为 600 元/ $\text{t} \cdot \text{a}^{[22]}$)。

(2) 滞尘

研究表明, 1hm^2 松林每年可吸附尘埃 36.0t , 杉林为 30.0t , 栎类林为 67.5t 。一个位于绿化良好地区的城镇, 其降尘量只有树木缺乏城镇的 $1/9 \sim 1/8^{[22]}$; 一般, 针叶林的年滞尘能力为 $33.20 \text{ t}/\text{hm}^2$, 阔叶林为 $10.11 \text{ t}/\text{hm}^2^{[11]}$, 其潜在的滞尘能力为 $40.15 \times 10^8 \text{ t}/\text{a}$ 。2000年全国烟尘排放总量为 $1.165 \times 10^4\text{t}$, 采用与 SO_2 净化功能相同的估算方法, 可以得到森林生态系统滞尘功能的价值为 5.94×10^8 元(除尘运行成本取 170 元/ $\text{t} \cdot \text{a}^{[22]}$)。

综合以上计算结果, 得到森林吸收 SO_2 和滞尘两种功能的价值总和约为 41.85×10^8 元/ a 。

3.2.5 养分循环

(1) 评价方法

根据养分循环功能的服务机制, 可以认为构成森林第一性净生产力的营养元素量即为参与循环的养分量, 参与评价的营养元素仅考虑含量相对较大的氮、磷、钾。物质质量评价中, 各森林生态系统的净生产力见表 2, 不同森林生态系统的植物体的营养元素含量见表 7; 价值量评价中, 我国平均化肥价格取 2.549 元/ $\text{t}^{[22]}$ 。

表 7 计算区主要森林生态系统类型植物体营养元素含量

Table 7 The content of nutrients in vegetable body of the various forest ecosystems

森林类型	寒温带落叶松林	温带常绿针叶林	温带、亚热带落叶阔叶林	亚热带常绿阔叶混交林	亚热带常绿阔叶林	亚热带、热带常绿针叶林	亚热带竹林	热带雨林、季雨林	红树林
N (%)	0.400	0.33	0.531	0.456	0.826	0.420	0.651	1.020	0.75
P (%)	0.085	0.036	0.042	0.032	0.035	0.075	0.079	0.108	0.45
K (%)	0.227	0.231	0.201	0.221	0.633	0.213	0.550	0.538	0.41

注:表中数据寒温带落叶松林取自冯林等^[42]大兴安岭落叶松天然林的实测结果;温带常绿针叶林源自严昌荣^[43]中国东部华山松、油松、红松、樟子松的研究结果;温带、亚热带落叶阔叶林取自刘广全^[44]在秦岭锐齿栎、黄建辉等^[45]在北京东灵山对落叶阔叶林的研究结果;亚热带常绿落叶阔叶混交林源自梁珍海^[46]对江苏栎林的实测结果;亚热带常绿阔叶林来自于莫江明^[47]广东鼎湖山常绿阔叶林的研究结果;亚热带、热带常绿针叶林取自张晓东等^[48]、项文化^[49]对安徽马尾松、湖南会同杉木的实测结果;亚热带竹林源自郑蓉^[50]、曹群根^[51]分别在福建、浙江的研究结果;热带雨林、季雨林取自卢培俊^[52]、张萍^[53]分别在海南尖峰岭和西双版纳的实测结果;红树林源自何斌^[54]在广西英罗港红树林的研究结果。其中,部分成果是根据主要树种器官生产力和养分含量综合得出的。

(2) 评价结果

物质质量及价值量评价结果见表 8 和表 9。

表 8 计算区主要森林生态系统类型养分循环总量 (10^4t)

Table 8 The total amounts of nutrient cycling of the various forest ecosystems (10^4t)

森林类型	寒温带落叶松林	温带常绿针叶林	温带、亚热带落叶阔叶林	亚热带常绿阔叶混交林	亚热带常绿阔叶林	亚热带、热带常绿针叶林	亚热带竹林	热带雨林、季雨林	红树林	合计
N	41.60	10.49	137.64	40.31	154.05	222.98	16.60	180.03	1.95	805.65
P_2O_5	20.28	2.62	24.93	6.48	14.95	91.19	4.61	43.66	2.68	211.41
K	23.61	7.35	52.10	19.54	118.05	113.08	14.03	94.96	1.07	443.77
合计	85.49	20.46	214.67	66.33	287.05	427.25	35.24	318.65	5.70	1460.83

表9 计算区主要森林生态系统类型养分循环价值(10⁸元/a)Table 9 The economic values of nutrient cycling of the various forest ecosystems(10⁸yuan/a)

森林 类型	寒温带落 叶松林	温带常绿 针叶林	温带、亚	亚热带常	亚热带常	亚热带、	亚热带	热带雨	红树林	合计
			热带落叶 阔叶林	绿落叶阔 叶混交林	绿阔叶林	热带常绿 针叶林	竹林	林、季 雨林		
N	10.60	2.67	35.08	10.28	39.27	56.84	4.23	45.89	0.50	205.36
P ₂ O ₅	5.17	0.67	6.36	1.65	3.81	23.25	1.18	11.13	0.68	53.89
K	6.02	1.87	13.28	4.98	30.09	28.82	3.57	24.20	0.27	113.12
合计	21.79	5.22	54.72	16.91	73.17	108.91	8.98	81.22	1.45	372.37

根据《2000年全国林业统计指标》^[21]中给出的相关数据,隶属林业系统管辖的自然保护区、森林公园、风景名胜区等全年旅游直接收益为 8.938 1×10⁸ 元。根据《中国统计年鉴 2001》^[41]中的统计数据,游览在整个旅游收入中占的比重为 4.6%, 按此比例估算, 得出 2000 年森林生态系统提供的休闲旅游功能的总价值应为 194.31×10⁸ 元。

3.4 支持功能

3.4.1 光合释氧

以净初级生产力数据为基础进行评价, 计算方法及所需参数与光合固 C 相同, 释氧效益采用 O₂ 工业成本 0.4 元/kg 进行评价^[22]。计算得到总释放 O₂ 量为 16.831×10⁸t/a, 价值为 6 732.48×10⁸ 元/a。

3.4.2 维持生物多样性

以森林自然保护区的机会成本、政府投入和公众支付意愿三方面构成森林生态系统维持生物多样性功能的总价值。

(1) 机会成本

根据国家环境保护总局自然生态保护司《全国自然保护区名录》^[55]中的统计, 截止 2001 年底, 全国已建立各种类型、不同级别的自然保护区 1 551 个, 总面积达到 12 989×10⁴hm² (其中陆地保护区面积 12 387×10⁴hm²) 约占国土面积的 12.9%。已建自然保护区中, 按自然保护区类型划分, 森林生态系统自然保护区 769 个, 面积为 2 245.08×10⁴hm²; 如果加上生境是森林的野生生物类保护区, 则森林生态系统个数达到 956 个, 占全国自然保护区总数的 61.64%, 面积达到 3 028.95×10⁴hm², 占全国保护区面积的 23.32%。

2000 年林业产业总产值为 3 555.47×10⁸ 元^[21], 林业用地面积 2.633×10⁸hm², 则单位面积林业用地的产值为 1 350.35 元/(hm²·a), 由此可估算得出, 森林生态系统因维持生物多样性而丧失的林业开发机会成本为 409.01×10⁸ 元。

(2) 政府投入

近年来, 各级政府对自然保护区每年的总投入约 2×10⁸ 元^[56]。以森林自然保护区占全国自然保护区的面积比例进行估算, 可得到森林保护的政府经费投入为 0.47×10⁸ 元/a。

(3) 公众支付意愿

根据《中国生物多样性国情研究报告》^[22]中的调查结果, 全民每人每年捐赠支付金额为 10 元。据此估算得到的中国生物多样性保护支付意愿为 125.68×10⁸ 元。在《中国濒危动物红皮书》^[57]记载的 164 种中国一级保护物种中, 生境为森林生态系统的保护物种占 68.3%, 按此比例估算得到森林生态系统维持生物多样性功能的支付意愿为 86.46×10⁸ 元/a。

综合上述结果, 得到森林生态系统维持生物多样性功能的总价值为 495.94×10⁸ 元/a。

4 结果与讨论

根据以上评价结果, 得出森林生态系统 10 类生态系统服务功能的总生态经济价值为 14 062.06×10⁸ 元/a (表 10), 相当于 2000 年我国国内生产总值^[40]的 15.7%。

如果按照价值构成来进行比较,本次研究所评价的 10 类功能中,林木产品、林副产品和

表 10 森林生态系统服务功能价值评价结果 (10⁸ 元/a)

Table 10 The results of forest ecosystem services valuation

功能	提供产品		调节功能				文化功能	支持功能		
	林木产品	林副产品	光合固 C	涵养水源	土壤保持	净化环境	养分循环	休闲旅游	光合释氧	维持生物多样性
评价结果	1 109.96	1 215.18	1 626.76	2 134.74	136.46	41.85	372.37	194.31	6 732.48	495.94
分类合计	2 325.14		4 321.18					194.31	7 228.42	
总计	14 060.05									

休闲旅游可看作森林生态系统的直接价值,而光合固 C 等 7 种调节功能和支持功能构成了其间接价值,则得到森林生态系统服务功能的直接价值和间接价值分别为 2 519.45×10⁸ 元和 11 540.60×10⁸ 元,间接价值是直接价值的 4.6 倍。上述研究结果表明,森林生态系统除为社会提供直接产品价值外,还具有巨大的间接使用价值,而且这种价值对人类的贡献比林产品的提供价值更显著。应该说明的是,这只是一个不完全的估算,随着人们对森林生态功能认识的深入,其生态经济价值将会更加明确。

本文的研究只是做了一些探索性工作,在指标的选取、量化评价方面还有待进一步深入、完善。今后森林生态系统服务功能及其价值评价工作应注重以下几个方面研究:一是进一步加强森林生态系统服务功能机制的基础研究^[58,59],尤其是应重点探索人类活动对森林生态系统服务功能的影响机制,比较分析不同干扰方式与干扰程度影响下,生态系统结构与生态过程的变化,以及相应生态系统服务功能响应特征与变化趋势,为森林可持续管理提供基础;二是探索不同尺度下空间数据的耦合和应用方法,区域服务功能评价过程中指标参数选取的精度和合理性是评价过程中不得不考虑的问题;此外,森林生态系统在不同的空间单元具有不同的生态功能,研究生态调节功能与各空间单元的自然环境条件、生态系统结构过程之间的关系,无论对于生态服务功能评价理论和评价方法研究,还是对区域生态环境保护 and 资源开发都具有重要意义。

参考文献(References):

- [1] 李文华,李飞.中国森林资源研究[M].北京:中国林业出版社,1996.[Li Wen-hua,LI Fei.Research of Forest Resources in China. Beijing:China Forestry Publishing House,1996.]
- [2] 中国可持续发展林业战略研究项目组.中国可持续发展林业战略研究总论[C].北京:中国林业出版社,2002.[Research Group of Forestry Sustainable Development in China.Conspectus of Research on Forestry Sustainable Development in China. Beijing:China Forestry Publishing House,2002.]
- [3] Tobias D,Mendelsohn R.Valuing ecotourism in a tropical rainforest reserve[J].*Ambio*,1991,20:91~93.
- [4] Munasinghe M.Biodiversity protection policy:environmental valuation and distribution issues[J].*Ambio*,1992,21(3):227~236.
- [5] Dixon J A,L F Scura T,van 't Hof.Meeting ecological and economic goals: marine parks in the Caribbean [J].*Ambio*,1993,22(2~3):117~125.
- [6] Perrings C,Folke C,Maeler K G.The ecology and economics of biodiversity loss:The research agenda[J].*Ambio*,1992,21(3): 201~211.
- [7] Costanza R,d 'Arge R,de Groot R,*et al*.The value of the world 's ecosystem services and natural capital[J].*Nature*,1997,387: 253~260.
- [8] 和爱军.浅析日本的森林公益机能经济价值评价[A].CAF&ITTO.森林环境价值核算国际研讨会论文集[C].北京:中国林业出版社,2001.[HE Ai-jun.Analysis of valuation of forest services in Japan.CAF&ITTO.International Symposium on Forest Environmental Value Accounting.Beijing:China Forestry Publishing House,2001.]
- [9] 侯元兆,张佩昌,王琦,等.中国森林资源核算研究[M].北京:中国林业出版社,1995. [HOU Yuan-zhao,ZHANG Pei-chang,

- WANG Qi,et al.Chinese Forest Resources Accounting.Beijing:China Forestry Publishing House,1995.]
- [10] 李金昌.生态价值论[M].重庆:重庆大学出版社,1999.[LI Jin-chang.Ecological Value Theory.Chongqing:Chongqing University Press,1999.]
- [11] 欧阳志云,肖寒,等.海南岛生态系统服务功能及空间特征研究[A].赵景柱,等.社会—经济—自然复合生态系统可持续发展研究 [C].北京:中国环境科学出版社,1999.270~284.[OUYANG Zhi-yun,XIAO Han,et al.The spatial distribution characteristics and eco-economic value of ecosystem service in Hainan Island.In:Zhao Jing-zhu,et al.Research on Sustainable Development of SENCE. Beijing:Chinese Environment Science Press,1999.270~284.]
- [12] 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. [OUYANG Zhi-yun,WANG Xiao-ke,MIAO Hong.A primary study on Chinese terrestrial ecosystem services and their ecological economic values.*Acta Ecologica Sinica*,1999,19(5):607~613.]
- [13] 周晓峰,李庆夏,金永岩.帽儿山、凉水森林水循环的研究[A].周晓峰.中国森林生态系统定位研究[C].哈尔滨:东北林业大学出版社,1994.213~222.[ZHOU Xiao-feng,LI Qing-xia,JIN Yong-yan.Studies on forest water cyclings.In:ZHOU Xiao-feng. Long-term Research on China's Forest Ecosystems.Haerbin:Northeast Forestry University Press,1994.213~222.]
- [14] 周晓峰,蒋敏元.黑龙江省森林效益的计量、评价及补偿[J].林业科学,1999,35(3):97~102.[ZHOU Xiao-feng,JIANG Min-yuan.Qualification,evaluation,and compensation for forest benefits in Heilongjiang province.*Scientia Silvae Sinicae*,1999, 35(3):97~102.]
- [15] Zhongwei G,Xiangming X,et al.Ecosystem functions,services and their values-a case study in Xingshan County of China[J]. *Ecol-Econ.*,2001,38:141~154.
- [16] 薛达元.生物多样性经济价值评估——长白山自然保护区案例研究[M].北京:中国环境科学出版社,1997.[XUE Da-yuan.Economic Valuation of Biodiversity—A Case Study on Changbaishan Biosphere Reserve in Nouttheast China.Beijing: China Environmental Science Press,1997.]
- [17] 薛达元,包浩生,李文华.长白山自然保护区森林生态系统间接经济价值评估[J].中国环境科学,1999,19(3):247~252. [XUE Da-yuan,BAO Han-sheng,LI Wen-hua.A valuation study on the indirect values of forest ecosystem in Changbaishan Mountain Biosphere Reserve of China.*China Environmental Science*,1999,19(3):247~252.]
- [18] 蒋延玲,周广胜.中国主要森林生态系统公益的评估[J].植物生态学报,1999,23(5):426~432.[JIANG Yian-ling,ZHOU Guang-sheng.Estimation of ecosystem services of major forest in China.*Acta Phytocologica Sinica*,1999,23(5):426~432.]
- [19] 陈仲新,张新时.中国生态系统效益的价值[J].科学通报,2000,45(1):17~22.[CHEN Zhong-xin,ZHANG Xin-shi.The value of ecosystem benefits in China.*Chinese Science Bulletin*,2000,45(1):17~22.]
- [20] Sub-Global Assessment Selection Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment.Millennium Ecosystem Assessment Sub-Global Component:Purpose,Structure and Protocols [EB/OL]. <http://www.millenniumassessment.org>, 2001.
- [21] 国家林业局.2000年全国林业统计指标 [EB/OL].http://www.forestry.gov.cn/lytj/2001q/tj_01.html. [State Forestry Administration of China.The Forestry Statistics of China,2000.http://www.forestry.gov.cn/lytj/2001q/tj_01.html.]
- [22] 中国生物多样性国情研究报告编写组.中国生物多样性国情研究报告[C].北京:中国环境科学出版社,1997.[Editorial Committee of State Report on Biodiversity of China Committee.State Report on Biodiversity of China.Beijing:China Environmental Science Press,1997.]
- [23] 冯宗炜,王效科,吴刚.中国森林生态系统的生物量和生产力[M].北京:科学出版社,1999. [FENG Zong-wei,WANG Xiao-ke,WU Gang.Biomass and Productivity of China Forest Ecosystem.Beijing:Science Press,1999.]
- [24] 陈灵芝,黄建辉,严昌荣.中国森林生态系统养分循环[M].北京:气象出版社,1997.[CHEN Ling-zhi,HUANG Jian-hui,YAN Chang-rong.Nutrient Cycling of China Forest Ecosystem.Beijing:China Meteorological Press,1997.]
- [25] 肖寒.区域生态系统服务功能形成机制与评价方法研究[D].北京:中国科学院生态环境研究中心,2001.[XIAO Han. Formation and Evaluation of Regional Ecosystem Service.Beijing:Research Center for Eco-Environmental Sciences,Chinese Academy of Sciences,2001.]
- [26] 彭文英,张科利,江忠善,等.黄土高原坡耕地退耕还草的水沙变化特征[J].地理科学,2002,22(4):397~402.[FENG Wen-ying,ZHANG Ke-li,JIANG Zhong-shan,et al.Runoff and sediment changes characteristics after returning cropland to grass

- on the loess plateau. *Scientia Geographica Sinica*, 2002, 22(4): 397~402.]
- [27] 王占礼, 邵明安, 常庆瑞. 黄土高原降雨因素对土壤侵蚀的影响[J]. 西北农业大学学报, 1998, 26(4): 101~105. [WANG Zhan-li, SHAO Ming-an, CHANG Qing-rui. Effects of rainfall factors on soil erosion in loess plateau. *Acta Univ. Agric. Boreali-occidentalis*, 1998, 26(4): 101~105.]
- [28] 王万忠, 焦菊英. 中国的土壤侵蚀因子定量评价研究[J]. 水土保持通报, 1996, 16(5): 1~20. [WANG Wan-zhong, JIAO Ju-ying. Quantitative evaluation on factors influencing soil erosion in China. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 1996, 16(5): 1~20.]
- [29] 彭素琴, 杨兴国, 柯晓新, 等. 甘肃河东地区降雨特征分析研究[J]. 水科学进展, 1996, 7(1): 73~78. [PENG Su-qin, YANG Xing-guo, KE Xiao-xin. Rainfall characteristic in the east region of the Yellow river of Gansu province. *Advances in Water Science*, 1996, 7(1): 73~78.]
- [30] 王少丽, 李福祥. 降雨特征分析及其与旱涝关系的探讨[J]. 中国农村水利水电, 1996, 16: 8~12. [WANG Shao-li, LI Fu-xiang. Analysis of rainfall characteristics and the relations with drought or excessive rain. *China Rural Water and Hydropower*, 1996, 16: 8~12.]
- [31] 黄欠如, 贺湘逸, 周慕卿, 等. 红壤丘陵果农复合系统的小气候效应初步观察[J]. 江西农业学报, 1998, 10(2): 76~83. [HUANG Qian-ru, HE Xiang-yi, ZHOU Mu-qing, et al. Preliminary observation on climatic effect of ecosystems of fruit trees and crops in red soil of hilly region. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 1998, 10(2): 76~83.]
- [32] 黄录基, 胡鸣高, 张绍贤, 等. 从土壤侵蚀角度讨论华南降水特征[J]. 水土保持学报, 1993, 7(1): 53~60. [HUANG Lu-ji, HU Ming-gao, ZHANG Shao-xian, et al. A study on rainfall in south China from the view of soil erosion. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1993, 7(1): 53~60.]
- [33] 段舜山, 林秋奇. 广东缓丘坡地牧草果树间作模式的水土保持效应[J]. 中国草地, 2000, (5): 35~40. [DUAN Shun-shan, LIN Qiu-qi. Effect of the soil and water conservation of fruit tree and grass intercropping patterns on gentle slopeland in Guangdong. *Grassland of China*, 2000, (5): 35~40.]
- [34] 雷瑞德, 张仰渠, 党坤良. 秦岭林区水文效应的研究[A]. 周晓峰. 中国森林生态系统定位研究[C]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1994. 223~234. [LEI Rui-de, ZHANG Yang-qu, DANG Kun-liang. A study on hydrologic effects of forest in Qinling mountains forest region. In: ZHOU Xiao-feng. Long-term Research on China's Forest Ecosystems. Haerbin: Northeast Forestry University Press, 1994. 223~234.]
- [35] 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. [YU Xin-xiao, QIN Yong-sheng, CHEN Li-hua, et al. The forest ecosystem services and their valuation of Beijing mountain areas. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(5): 783~786.]
- [36] 张金池, 李土生, 姜志林, 等. 苏南丘陵区主要森林类型水土保持功能研究[A]. 周晓峰. 中国森林生态系统定位研究[C]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1994. 320~326. [ZHANG Jin-chi, LI Tu-sheng, JIANG Zhi-lin, et al. A preliminary study on soil and water conservation function of main forest types in the hilly region of southern Jiangsu province. In: ZHOU Xiao-feng. Long-term Research on China's Forest Ecosystems. Haerbin: Northeast Forestry University Press, 1994. 320~326.]
- [37] 田大伦, 盛利元, 何炳非, 等. 杉木林生态系统人为干扰的水文学效应研究[A]. 周晓峰. 中国森林生态系统定位研究[C]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1994. 384~393. [TIAN Da-lun, SHENG Li-yuan, HE Bing-fei, et al. A study on hydrological effect of artificial disturbance in a Chinese fir plantation ecosystem. In: ZHOU Xiao-feng. Long-term Research on China's Forest Ecosystems. Haerbin: Northeast Forestry University Press, 1994. 384~393.]
- [38] 黄礼隆. 川西亚高山暗针叶林森林涵养水源性能的初步研究[A]. 周晓峰. 中国森林生态系统定位研究[C]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1994. 400~412. [HUANG Li-long. Preliminary studies on water conservation functions of subalpine dark coniferous forest in western Sichuan. In: ZHOU Xiao-feng. Long-term Research on China's Forest Ecosystems. Haerbin: Northeast Forestry University Press, 1994. 400~412.]
- [39] 王彦辉, 刘永敏. 毛竹人工林水文作用的研究[A]. 周晓峰. 中国森林生态系统定位研究[C]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1994. 354~363. [WANG Yan-hui, LIU Yong-min. A study on hydrological function of a mosobamboo plantation. In: ZHOU Xiao-feng. Long-term Research on China's Forest Ecosystems. Haerbin: Northeast Forestry University Press, 1994. 354~363.]
- [40] 曾庆波. 海南岛尖峰岭热带林生态系统的水分循环研究[A]. 周晓峰. 中国森林生态系统定位研究[C]. 哈尔滨: 东北林业

- 大学出版社,1994.413~429.[ZENG Qing-bo.Hydrologic cycling of tropical forest ecosystem in Jianfengling,Hainan Island. In: ZHOU Xiao-feng.Long-term Research on China's Forest Ecosystems.Haerbin:Northeast Forestry University Press, 1994.413~429.]
- [41] 国家统计局.中国统计年鉴 2001 年[Z].北京:中国统计出版社,2000.[National Bureau of Statistics of China.Chinese Statistics Yearbook-2000.Beijing:Chinese Statistics Press,2000.]
- [42] 冯林,王立明.落叶天然林林木有机质和营养元素的积累分布[A].周晓峰.中国森林生态系统定位研究[C].哈尔滨:东北林业大学出版社,1994.73~79.[FENG Lin,WANG Liming.Accumulation and distribution of organic matter and nutrients in natural larch forest.In:ZHOU Xiao-feng.Long-term Research on China's Forest Ecosystems.Haerbin:Northeast Forestry University Press,1994.73~79.]
- [43] 严昌荣,陈灵芝,黄建辉,等.中国东部主要松林营养元素循环的比较研究[J].植物生态学报,1999,23(4):351~360.[YAN Chang-rong,CHEN Ling-zhi,HUANG Jian-hui,et al.A study on nutrient cycling of pine stands in eastern part of China. *Acta Phytocologica Sinica*,1999,23(4):351~360.]
- [44] 刘广全,土晓宁.秦岭锐齿栎林叶内营养元素含量的时空分布[J].西北林学院学报,1999,14(4):1~8.[LIU Guang-quan,TU Xiao-ning.Distribution of main nutrient elements at different layers for the sharptooth oak forest ecosystem in Mt.Qinling. *Acta Bot. Boreal. Occident Sin.*,1999,14(4):1~8.]
- [45] 黄建辉,孔繁志,江洪.东灵山地区落叶阔叶林乔木层营养元素积累特征研究[A].陈灵芝.暖温带森林生态系统结构与功能研究[C].北京:科学出版社,1997.265~271.[HUANG Jian-hui,KONG Fan-zhi,JIANG Hong.The characteristics of the nutrient accumulation of the arboreous layer of deciduous broad-leaved forests in Dongling mountain,Beijing.In:Chen Ling-zhi.Study on the structure and function of forest in the warm zone.Beijing:Science Press,1997.265~271.]
- [46] 梁珍海,洪必恭.宝华山栎林生态系统乔木层的营养元素循环[J].南京大学学报,1992,28(3):479~483.[LIANG Zhen-hai,HONG Bi-gong.The tree layer nutrient cycling of *Quercus variabilis* ecosystem in Baohua nature conservation.*Journal of Nanjing University*,1992,28(3):479~483.]
- [47] 莫江明,张德强,黄忠良.鼎湖山南亚热带常绿阔叶林植物营养元素含量分配格局研究[J].热带亚热带植物学报,2000,8(3):198~206.[MO Jiang-ming,ZHANG De-qiang,HUANG Zhong-liang.Distribution pattern of nutrient elements in plants of Dinghushan lower subtropical evergreen broad-leaved forest.*Journal of Tropical and Subtropical Botany*,2000,8(3):198~206.]
- [48] 张晓东,薛明华,许军.安徽马尾松人工林营养元素分配格局的研究[J].应用生态学报,1993,4(1):7~11.[ZHANG Xiao-dong,XUE Ming-hua,XU Jun.Distribution pattern of nutrient elements in mason pine plantation of Anhui province.*Chinese Journal of Applied Ecology*,1993,4(1):7~11.]
- [49] 项文化,田大伦,闫文德,等.第 2 代杉木林速生阶段营养元素的空间分布特征和生物循环[J].林业科学,2002,38(2):2~8.[XIANG Wen-hua,TIAN Da-lun,YAN Wen-de,et al.Nutrient elements distribution and cycling in the second rotation Chinese fir plantation at fast growing stage.*Scientia Silvae Sinicae*,2002,38(2):2~8.]
- [50] 郑蓉.不同海拔毛竹竹树化学组成成份分析[J].浙江林业科技,2001,21(1):17~20.[ZHENG Rong.Analysis of chemical content of bamboo wood of *Phyllostachys heterocycle* cv.*Pubescens* of different altitude.*Journal of Zhejiang Forest Science and Technology*,2001,21(1):17~20.]
- [51] 曹群根,傅懋毅,李正才.毛竹林凋落叶分解失重及养分累积归还模式[J].林业科学研究,1997,10(3):303~308.[CAO Qun-gen,FU Mao-yi,LI Zheng-cai.Patterns of mass-loss,nutrient accumulation and release of leaf litter in the moso stands.*Forest Research*,1997,10(3):303~308.]
- [52] 卢培俊,吴仲民.尖峰岭热带林的植物化学特征[J].林业科学研究,1991,4(1):1~9.[LU Pei-jun,WU Zhong-min. Phytochemistry characteristics of tropical forests in Jianfeng Mountain.*Forest Research*,1991,4(1):1~9.]
- [53] 张萍,冯志立.西双版纳热带雨林次生林的生物养分循环[J].土壤学报,1997,34(4):418~426.[ZHANG Ping,FENG Zhi-li. Biological nutrient cycling of secondary forests in Xishuangbanna. *Acta Pedologica Sinica*,1997,34(4):418~426.]
- [54] 何斌,温远光,梁宏温.英罗港红树植物群落不同演替阶段植物元素分布及其与土壤肥力的关系[J].植物生态学报,2002,26(5):518~524.[HE Bin,WEN Yuan-guang,LIANG Hong-wen. Element distribution and its relationship with soil fertility in different succession stages of a mangrove community in Yingluo Bay, Guangxi. *Acta Pedologica Sinica*,2002,26

(5):518~524.]

- [55] 国家环境保护局自然保护司.全国自然保护区名录[C].北京:中国环境科学出版社,2002.[Nature Reserves Department, State Environmental Protection Administration of China.Catalog of China Nature Reserves.Beijing:Chinese Environment Science Press,2002.]
- [56] 韩念勇.中国自然保护区可持续管理政策研究[C].北京:科学技术文献出版社,2000.[HAN Nian-yong.Study on The Policy Towards Sustainable Management of Nature Reserves in China.Beijing:Scientific and Technical Document Publishing House,2000.]
- [57] 汪松.中国濒危动物红皮书[C].北京:科学出版社,1998.[WANG Song.China Red Data Book of Endangered Animals. Beijing: Science Press,1998.]
- [58] 李文华,何永涛,杨丽韞.森林对径流影响研究的回顾与展望[J].自然资源学报,2001,16(5):398~406.[LI Wen-hua,HE Yong-tao,YANG Li-yun.A summary and perspective of forest vegetation impacts on water yield.*Journal of Natural Resources*,2001,16(5):398~406.]
- [59] 孙惠南.近20年来关于森林作用研究的进展[J].自然资源学报,2001,16(5):407~412.[SUN Hui-nan.Progress of the research on the role of the forest during the past 20 years.*Journal of Natural Resources*,2001,16(5):407~412.]

Forest ecosystem services and their valuation in China

ZHAO Tong-qian^{1,2}, OUYANG Zhi-yun¹, ZHENG Hua¹, WANG Xiao-ke¹, MIAO Hong¹

(1. Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085,China;

2. Henan University of Technology, Jiaozuo 454000,China)

Abstract: Forest ecosystem plays a special role in maintaining the structure,function and ecological process of natural ecosystems.At present,a series of ecological problems are becoming more and more serious because of forest damage in some regions.The accurate valuation of forest ecosystem services is very important to the reserve and rational development of forest resources in China.Forest ecosystem services are divided into four groups:provisioning services,regulating services,cultural services,and supporting services in this paper.On the basis of the service mechanism analyses,an index system for the assessment of forest ecosystem services has been established,which consists of 13 service indexes such as timber and other products,weather regulation,C fixation,water storage,erosion control,air quality purifying,nutrients cycle,windbreaks,cultural diversity,recreation and ecotourism,O₂ release,and provisioning of habitat.Then,10 services of China forest have been assessed and evaluated by taking the year of 2000 as the base year.Including timber and other products provision,C fixation,water storage,erosion control,air quality purifying,nutrients cycle,recreation and ecotourism,O₂ release,and provisioning of habitat.As a result,the economic values of these services are 2 325.14×10⁸,1 626.76×10⁸,2 134.7×10⁸,136.46×10⁸,41.85×10⁸,372.37×10⁸,194.31×10⁸,6732.48×10⁸,and 495.94×10⁸ yuan,respectively.The total value is estimated as 14 060.05×10⁸ yuan with indirect values being 11 540.60×10⁸ yuan,4.6 times that of the direct values.The results show that forest ecosystems provide huge indirect values to human being besides the direct value of goods,and that the indirect values are equally important as the direct values.The focuses of forest ecosystem services and their valuation in the future should be the service mechanism and the coupling and the application of different scales data.

Key words: forest ecosystem; function of ecosystem services; valuation; evaluation