

文章编号: 1001-1498(2003)02-0146-07

海南岛热带天然林生态环境服务功能 价值核算及生态公益林补偿探讨^{*}

李意德, 陈步峰, 周光益, 曾庆波, 吴仲民, 骆土寿

(中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520)

摘要: 概述了森林生态环境服务功能的价值核算基础和现状,并以海南岛尖峰岭热带林生态系统定位研究站过去几十年的研究结论和参数,对海南岛热带天然林的生态环境服务功能价值进行了核算,总价值达 43.9×10^8 元人民币 a^{-1} ,其中森林固定 CO_2 的价值占 20.53%, O_2 释放价值占 22.82%,森林凋落物制肥效益占 6.44%,固土价值占 0.81%,保肥价值占 4.19%,蓄水价值占 13.49%,调洪补枯价值占 24.70%,改善环境价值占 7.02%。按单位面积计算,热带原始林的价值接近 $7\,000 \text{元} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,天然更新林超过 $6\,500 \text{元} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。最后对海南岛以热带天然林为主的生态公益林补偿提出了建议。

关键词: 海南岛; 热带天然林; 生态效益

中图分类号: S718.56 **文献标识码:** A

自然资源不仅具有使用价值,而且具有价值量^[1]。对森林及生物多样性等自然资源的经济效益核算应纳入到现行的 GDP(国民生产总值)中。全球交流组织认为^[2],GDP 作为国家经济增长和国家繁荣程度的指标,是划分经济等级的主要标准,它体现在买卖关系中所有产品与服务的总价值中,因此 GDP 作为衡量真实经济进步的尺度就会产生 3 个方面的误导:一是 GDP 没有将建设性与破坏性的经济活动区别开来,对于疾病治疗、关押罪犯、修复自然灾害造成的损失等产生的交易都需要投入大量的资金,它们不应纳入到 GDP 的正价值中。其二,GDP 只有将自然资源消费之后才能衡量其价值,如原始森林中的树木为人类和动物作出了巨大的贡献,但如果树木没有被砍伐,它们的价值在当今使用的 GDP 系统中就毫无意义,由于没有将树木和森林的贡献(包括直接利用价值和间接利用价值)考虑在 GDP 中,就促使人们重视对森林资源的消费,而轻视对森林资源的保护,实际上激励了对目前有限的森林资源进行无限制的开发利用。第三,GDP 完全忽视了一切没有标价的服务与活动,目前森林生态环境服务功能的价值还不十分清楚。所以,目前国内外对自然资源的价值核算、特别是森林等可再生自然资源的生态环境服务功能的价值核算得到了高度的重视。

收稿日期: 2002-01-22

基金项目: 科技部和国家林业局“全国重点野外科学观测试验站”——海南尖峰岭热带林生态系统定位研究站项目(1996—2005年,项目编号 96-36 及 2001-08)、ITTO 海南热带林项目(1993—2002年,项目编号 PD 14/92 Rev 2F)的研究内容

作者简介: 李意德(1961—),男,湖南湘潭人,研究员。

^{*} 承海南省林业勘测设计院王耀连、何楚林先生提供海南森林资源数据;历年参加项目野外研究的还有林明猷、邱坚锐、周铁烽、郭宁、蒋忠亮、陈焕强等,特致谢意!

1 森林生态环境服务功能研究概述

森林生态环境服务功能价值,是森林生物多样性资源价值的主要组成部分。关于生物多样性资源价值,由于对其理解程度不一,而产生了不同的分类和核算方法。国际上主要有 McNeely 等人的方法^[3]、UNDP 提出的核算方法^[4]、Pearce 提出的方法等^[5]。

McNeely 等学者于 1990 年提出的方法^[3]是按经济价值进行分类,归纳为直接利用价值和间接利用价值两大类,其中直接利用价值又分为消耗性使用价值(含薪柴、野味等非市场性的价值)和生产性使用价值(含木材等产品商业性价值);间接利用价值则包括三个方面:一是非消耗性使用价值,如科学研究、野生动植物观赏等。二是选择性价值,如保留生物多样性对将来有用的选择用途。三是存在价值,如野生生物存在的伦理感觉上的价值。联合国环境规划署(UNEP)于 1993 年组织了一批专家编写了《生物多样性国情研究指南》^[4],将生物多样性资源的价值分为 5 类:显著和不显著的实物形式的直接价值、间接价值、选择价值以及消极价值。1994 年,英国经济学家 Pearce 和 Moran^[5]提出了环境资源价值的分类系统,将环境资源区分为使用价值和非使用价值两大类,其中使用价值又分为直接利用、间接利用和选择价值三部分,非使用价值又分为遗产价值和存在价值两部分。中国《生物多样性国情研究》报告,主要是依据 UNDP 的分类标准,并结合中国的具体情况,制定了中国生物多样性价值的分类系统。

国外对这方面的研究早在 20 世纪中叶就开始了。1950 年前后前苏联对乌克兰 3 条河流域进行研究,采用营造防护林方法来调节河川径流,在经济上比修建水库更有效,经计算,森林调节水文的效能比销售木材的净受益要高出 0.5~1.0 倍^[6]。日本于 20 世纪 70 年代对全国森林效益进行了研究,结果显示,日本全国森林公益价值总额,1972 年为 12.832 万亿日元(当年价格,下同),1978 年为 23.13 万亿日元,1991 年为 39.2 万亿日元,其中以供给 O₂ 和净化大气、防止泥沙流失、保健游憩等方面的效益比值较大,而到了 1998 年日本森林产生的经济效益约为 75 万亿日元,相当于 1998 年日本国民经济预算总额,其中以防止水土流失的效益最高,达 28 万亿日元^[7]。英国的一些学者^[8,9]对 90 万 hm² 森林的娱乐价值进行了研究,结果表明森林的娱乐价值平均为 47 英镑 hm⁻² a⁻¹,年总娱乐价值达 0.53 亿英镑。Adgar 对墨西哥森林的经济总价值进行了评估^[10];Kremen 等对非洲马达加斯加的热带雨林经济价值进行了研究^[11]。

国内的研究起步较晚。吴楚材等^[12]计算了湖南张家界国家森林公园 1998 年的游憩价值为 1 694.3 万元,林地产生的游憩价值平均达 6 051.07 元 hm⁻²,而北京香山公园 1990 年游憩产生的剩余价值达 898.82 万元^[13]。侯元兆等^[14]首次较为全面地计算了我国森林资源的涵养水源、保护土壤、固定 CO₂ 和供给 O₂ 等四项生态系统的功能效益,并作为森林资源的总价值的参考值,结果为 13 万亿元人民币。长白山生物圈保护区的生物多样性价值评估多达 4 大类 17 个小项^[11],是我国较为全面地研究单一区域生物多样性价值的案例,结果表明,该保护区总的经济价值每年达 72.91 亿元,最为显著的价值在于它的非使用价值类型,占了总价值的 68%,而其中的存在价值是最高的。在生态功能价值方面,固定 CO₂、涵养水源的效益最高,其中森林固定的 CO₂ 价值可达 5 250 元 hm⁻² a⁻¹,涵养水源的价值达 4 174 元 hm⁻² a⁻¹。黑龙江省的森林效益计量,共评价了 1 类木材生产效益和 5 类生态效益^[6],结果显示,该省森林总的经济效益为 498.6 亿元,每年产生的效益为 3 095 元 hm⁻²,其中木材市场效益为 453.16 元,生态效益中的水源涵养效益为 654.29 元,固土保肥效益为 1 095.04 元,改良土壤效益为 52.77 元,

净化大气效益为 838.04 元,森林景观效益为 1.86 元。欧阳志云等^[15]对我国陆地生态系统(主要为森林和草原)的服务功能和经济价值进行了评估,其结果表明,中国陆地生态系统的有机质生产间接价值为 157 000 亿元,固定 CO₂ 效益为 7 730 亿元,释放 O₂ 效益为 2 840 亿元,维持营养物质循环效益为 3 240 亿元;减少土壤侵蚀效益为 56 900 亿元,涵养水源效益为 2 710 亿元,净化大气的效益为 49 800 亿元,合计达 307 580 亿元。蒋延玲等^[16]通过对我国 37 种森林类型的生态系统公益价值(包括气候控制、水分供应、侵蚀控制、营养循环、食品生产、基因保存、文化等 14 项价值)进行计算,表明我国森林生态系统的效益为 1 174.01 亿美元 a⁻¹,折合人民币为 9 744 亿元。河北省森林的涵养水源、保护土壤等 7 项生态系统功能的效益计算^[17]结果为 162.28 亿元。北京市森林资源的总价值则达 2 000 亿元人民币以上^[18],环境效益是木材产出效益的 13.3 倍,其中,林地价值为 20.8 亿元,林木产出价值 159.16 亿元,环境价值 2 119.88 亿元,社会效益 13.53 亿元。中国森林生物多样性按东北、西北、黄土高原、华北、南方、西南高山、热带和青藏高原等 8 个区域分别进行分区计算^[19],结果为中国森林生物多样性的总价值为 73 790 亿元,其中热带地区单位面积上的价值最高,为 5.93 万元 hm⁻²。广东省生态公益林的价值构成为^[20]:直接经济产品效益(包括木材和副产品薪柴生产)为 542 元 hm⁻² a⁻¹,占 8.60%;生态功能产品的效益为 5 758 元 hm⁻² a⁻¹,占 91.40%,其中:森林固定 CO₂ 效益占 12.14%,森林制氧(O₂)效益占 20.73%,凋落物的制肥效益占 2.83%,固土效益占 7.62%,保肥效益占 20.19%,蓄水效益占 13.41%,调洪补枯效益占 13.71%,生态旅游效益占 0.76%;总值为 6 300 元 hm⁻² a⁻¹。

由上述研究可以看出,不同的学者对森林的价值计算有很大的差异,这其中固然有区域差异,但更主要的是所使用的计算参数和价格差异而造成的,特别是一些参数的选择,由于没有长期定位观测数据的支持,而采用了估计数,这对计算结果的影响是很大的。

本文采用海南省林业勘测设计院提供的森林更新数据。海南岛 2000 年有基本未受人为干扰的热带原始林 33 798 hm²,受过轻微干扰但群落结构和功能与原始林接近的天然林面积 163 828 hm²,本文将这两类森林统称为“原始林”,合计面积 197 626 hm²;中度干扰后的天然林面积有 355 950 hm²,重度干扰后的天然林面积有 106 272 hm²,两者统称为“更新林”,合计面积 462 212 hm²。下面以这些面积数据来对海南岛热带天然林的生态环境服务功能价值进行评估,生态环境功能参数采用国家重点野外科学观测试验站——海南尖峰岭热带林生态系统定位研究站 20 多年来测定平均值^[21,22],采用的评估方法包括:等价格替换法、造林成本法、环境治理成本法等。

2 海南岛热带天然林的生态环境服务价值评估

2.1 热带天然林固定大气 CO₂ 作用

据测定,1 hm² 的热带原始林年同化 CO₂ 量为 74.280 2 t,其中有 13.994 7 t 被森林植被净同化,凋落物的 CO₂ 固定量为 17.595 6 t,同时系统中又有 42.689 9 t 被森林群落的呼吸而释放到大气中。另外凋落物层和森林土壤层的呼吸量分别达 3.268 4 和 26.955 9 t,因此,对于森林生态系统而言,每年可从大气中净固定 CO₂ 量为 1.366 t hm⁻²。按照治理 1 t 工业 CO₂ 平均需 30 美元^[23](折合人民币 250 元)计算固定 C 的价值,海南岛的热带原始森林由此而产生的效益可达 6.7 × 10⁷ 元 a⁻¹(人民币,下同)。

海南岛的更新林,由于其生物净积累量高,被植被净同化的 CO_2 量达 $19.9484\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$,其中凋落物的 CO_2 固定量为 17.4887 t ,凋落物层和土壤层的呼吸量估算为 30.2243 t ,因此系统净 CO_2 同化量为 $7.2128\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$,由此而产生的效益达 $8.33\times 10^8\text{ 元}\cdot\text{a}^{-1}$ 。两项合计,海南岛热带天然林净固定 CO_2 的总值可达 $9.0\times 10^8\text{ 元}\cdot\text{a}^{-1}$ 。

2.2 海南岛热带天然林释放 O_2 效益计算

据光合作用方程式,森林生产 1 t 干物质可释放 O_2 平均为 1408 kg 。海南岛原始林平均干物质净生产量为 $6.9213\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$,按原始林面积和 O_2 的平均生产价为 $0.12\text{ 元}\cdot\text{kg}^{-1}$ (为医用氧气的批发价的 16%),则原始林释放 O_2 的效益可达 $2.31\times 10^8\text{ 元}\cdot\text{a}^{-1}$ 。更新林平均干物质净生产量为 $9.8658\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$,其净化大气的效益可达 $7.71\times 10^8\text{ 元}\cdot\text{a}^{-1}$ 。两项合计效益达 $10.02\times 10^8\text{ 元}\cdot\text{a}^{-1}$ 。

2.3 热带天然林凋落物的改良土壤效益

原始林的凋落物产量(L)为 $9.177\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$,更新林为 $9.323\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 。原始林凋落物 N 、 P 、 K 的平均含量(C)为 1.035% 、 0.035% 、 0.356% ,更新林分别为 1.063% 、 0.030% 、 0.385% 。目前南方常用的化肥(N 肥为尿素, P 肥为过磷酸钙, K 肥为氯化钾)中 N 、 P 、 K 占各类肥料中的比例 R 分别为 $28/60$ 、 $62/406$ 、 $39/74.5$,3种肥料的平均销售价分别为 1600 、 500 、 $1250\text{ 元}\cdot\text{t}^{-1}$,计算土壤改良效益公式为: $V=L\times C\times S/R$ [式中 S 为森林面积(hm^2)],计算出的原始林和更新林的土壤改良效益(V)分别为原始林 $8.2\times 10^7\text{ 元}\cdot\text{a}^{-1}$;更新林 $2.01\times 10^8\text{ 元}\cdot\text{a}^{-1}$,两项合计达 $2.83\times 10^8\text{ 元}\cdot\text{a}^{-1}$ 。

2.4 热带天然林固土保肥效益

2.4.1 热带天然林固土效益计算 根据公式 $V_g=K\times S\times G\times d$ 换算。式中,挖取泥沙费用(K)按照 $10\text{ 元}\cdot\text{t}^{-1}$ 计算,根据尖峰岭热带林生态系统定位研究站的研究结果,更新林地比无林地减少的侵蚀量为 $4.50\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ (即 d 值),原始林地比无林地减少的侵蚀量为 $7.50\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$,而且由于该结果来自集水区(流域)的泥沙输送量,所以测得的总泥沙是全部流入河道,即进入河道或水库中的泥沙占总泥沙流失量的比值(G)为 100% ; S 为森林面积。由此计算出海南岛原始林和更新林的固土效益评价价值(V_g)分别为 $1.5\times 10^7\text{ 元}\cdot\text{a}^{-1}$ 和 $2.1\times 10^7\text{ 元}\cdot\text{a}^{-1}$,合计为 $3.6\times 10^7\text{ 元}\cdot\text{a}^{-1}$ 。

2.4.2 热带天然林保肥效益计算 根据公式 $V_f=d\times S\times(P_{1N}\cdot P_{2N}\cdot P_{3N}+P_{1P}\cdot P_{2P}\cdot P_{3P}+P_{1K}\cdot P_{2K}\cdot P_{3K})$ 换算。式中 d 、 S 与固土效益计算式相同, P_{1N} 、 P_{1P} 、 P_{1K} 分别为 N 、 P 、 K 在森林土壤中的含量,海南岛多点的平均值分别为 $\text{N}=0.1199\%$ 、 $\text{P}=0.0179\%$ 、 $\text{K}=1.9682\%$; P_{2N} 、 P_{2P} 、 P_{2K} 分别为纯 N 、 P 、 K 结算化肥的比例; P_{3N} 、 P_{3P} 、 P_{3K} 分别为相应化肥的价格,并以 30 cm 表土层的土壤养分含量来计算,得出海南岛热带原始林和更新林保肥效益评价价值为 $7.7\times 10^7\text{ 元}\cdot\text{a}^{-1}$ 和 $1.08\times 10^8\text{ 元}\cdot\text{a}^{-1}$,合计为 $1.85\times 10^8\text{ 元}\cdot\text{a}^{-1}$ 。

2.5 热带天然林的蓄水量及其调蓄效益

2.5.1 蓄水量及其效益 有森林的林地类似一座天然的水库,可储蓄大量的降水量。根据尖峰岭定位站的多年观测资料,海南热带原始林林地平均持水量为 $2250\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$;更新林平均为 $1351\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$,无林地的平均蓄水量为有林地的 $1/10$ (平均值为 $125\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$),按拦蓄 1 m^3 水的水库、堤坝修建费(80 a 的使用寿命,平均成本约为 $0.6\text{ 元}\cdot\text{m}^{-3}$)计算,

海南岛原始林和更新林的蓄水效益分别为 2.52×10^8 元 a^{-1} 和 3.40×10^8 元 a^{-1} , 合计为 5.92×10^8 元 a^{-1} 。

2.5.2 调洪补枯及其效益 依据尖峰岭生态定位站观测资料,以热带山地雨林皆伐后的人工林(6年生杉木幼林,地面覆盖度50%,幼林未郁闭,平均高2m)的年径流系数0.79代表天然林砍伐后转化为其他用地的水量输出参数对照值。原始林多年平均径流系数为0.41,更新林为0.51,径流系数之差反映了热带天然林的调蓄功能。按研究区域年平均降水量2540.9mm以及工业、农业、生活等用水加权平均价格0.2元 m^{-3} 等参数计算,海南岛原始林和更新林调蓄水源的价值分别为 3.98×10^8 元 a^{-1} 和 6.86×10^8 元 a^{-1} 。两项合计为 10.48×10^8 元 a^{-1} 。

2.6 热带天然林改善气候环境与生态旅游效益

热带森林的改善局部和区域气候环境的功能是明显的。据在尖峰岭热带天然林与受过严重人为干扰的1年生人工幼林对比研究结果表明,7月份平均地面温度热带林为27.5℃,人工林为55.5℃,较差达28℃;地面20cm处的气温热带林为21.7℃,而人工林为23.4℃,较差达1.7℃;在“刀耕火种”地,20cm处的气温比林内高0.6~2.0℃,相对湿度比林内低10%~20%;林内的负氧离子含量一般在3000个 cm^{-3} 以上,林内瀑布处最高可达80000个 cm^{-3} 。由此可见,热带森林在改善气候环境、促进森林生态旅游方面的作用是非常显著的。热带森林已成为海南岛三大特色旅游(热带滨海、黎族苗族风情、热带雨林及其珍稀动植物景观)之一。1997年,全岛的旅游收入达 6.17×10^9 元^[23],若按热带雨林生态旅游对全岛总旅游产值的贡献率按5%计算(其中以原始林为主,约占4%,更新林为辅,占1%),则与热带天然林有关的生态旅游收益为:原始林 2.47×10^8 元 a^{-1} ,更新林 6.2×10^7 元 a^{-1} ,合计为 3.09×10^8 元 a^{-1} 。

2.7 热带天然林的生态环境效益综合评估

由上面的计算可知,按2000年全岛热带天然林面积计算,其生态环境服务功能的效益总值达 43.90×10^8 元 a^{-1} ,这还未包括环境能量调节效益、对水和空气污染物的净化效益等方面,各项生态环境服务功能所占的比重详见表1。另据计算,海南岛现有热带天然林的木材生产和非木材生产的效益仅有 4.5×10^8 元 a^{-1} 左右,因此,其生态环境服务功能效益约是木材和非木材生产效益的10倍,热带天然林的作用主要表现在生态环境服务功能方面。海南省1999年的国内生产总值(GDP)为 471.67×10^8 元,全省热带天然林的总效益(含木材和非木材产品效益)相当于该年度GDP的10.3%,表明热带森林在海南的社会经济发展中起到了重要的保障作用。

表1 海南岛热带天然林生态环境服务功能效益量化值汇总表

生态环境服务 功能效益项目	总效益/($\times 10^8$ 元 a^{-1})			占效益合计 值比例/%	单位面积效益值/(元 hm^{-2} a^{-1})	
	原始林	更新林	生态环境服务功能		原始林效益值	更新林效益值
CO ₂ 固定效益	0.68	8.33	9.01	20.53	341.50	1803.20
O ₂ 释放效益	2.31	7.71	10.02	22.82	1169.42	1666.93
凋落物制肥效益	0.82	2.01	2.83	6.44	414.18	434.65
固土效益	0.15	0.21	0.36	0.81	75.00	45.00
保肥效益	0.77	1.07	1.84	4.19	387.71	232.62
蓄水效益	2.52	3.40	5.92	13.49	1275.00	735.60
调洪补枯效益	3.98	6.86	10.84	24.70	2014.76	1484.56
环境旅游效益	2.46	0.62	3.08	7.02	1248.21	133.42
(合计)	13.69	30.21	43.90	100.00	6925.78	6535.98

3 海南岛生态公益林的补偿问题

海南省自1994年全面停止对热带林的采伐、天然林全部变为生态公益林后,林区居民的生活来源被切断,为此有必要给予适当的补偿。《森林法》中已明确规定“国家设立森林生态效益补偿基金”,这为生态公益林的建设提供了强有力的法律保障。目前重要的是尽快保证这一制度的实施。海南岛生态公益林的补偿额度是多少?这是一个相当复杂的问题。根据我国国情和人们对森林效益的认识,不可能将上述计算的生态环境服务功能效益总值全部计入补偿标准之内,这是由于我国对森林资源的无形产品——森林生态环境保护和效能还没有当成产品来看待(除生态旅游收益外,其他均没有通过市场直接体现),因此,在制定生态公益林的补偿标准时应充分考虑这个因素。如果按照生态公益林总效益的10%进行补偿,那么海南省生态公益林应补偿 $735 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,这个标准比广东生态公益林补偿标准($525 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)约高40%。作者认为,该补偿额度是合理的。

从实际情况来看,生态公益林建设的重点大多为贫困地区,地方政府很难为其建设投入大量资金。筹集这笔资金,应从国力、省情及地方实际出发,按照“谁受益,谁补偿”的原则,建立多层次的公益林补偿渠道。目前可考虑以下几个途径:

(1) 财政投入。由国家、省拨付公益林补偿基金,用于承担生态公益林建设与管理单位的人员经费以及基础设施建设费用。生态公益林的主导利用是发挥生态功能,受益的是全社会,各级财政投入应是森林生态效益补偿基金的主要资金来源。

(2) 征收生态补偿费。征收项目可包括:工业用水和城镇居民生活用水,木材加工、贩运,征占用林地,狩猎,野生动物养殖、经营,森林旅游,在风景区从事商业活动的单位和个人,以及林业部门依法收取的环保补偿罚款等。主要由税务部门征收,确保及时、稳定地收取。

(3) 林业部门补偿。从育林基金或造林更新费中提取部分经费用于补充生态公益林基金,主要用于公益林的病虫害防治、护林防火、科学研究等。

(4) 社会公众补偿与捐赠。成立生态公益林的慈善机构,设立慈善基金,接受社会各界的捐赠。慈善机构通过广播、报刊、电视等媒体举办慈善晚会,广泛筹措生态公益林补偿资金。

参考文献:

- [1] 薛达元. 生物多样性经济价值评估[M]. 北京:中国环境科学出版社,1997
- [2] 南方. GDP指标过时了[N]. 科学时报,2000-12-09(5)
- [3] McNeely J A, Reid W V, Mittermerer R A, et al. 保护世界的生物多样性[M]. 薛达元,等译. 北京:中国环境科学出版社,1991
- [4] UNDP. Guidelines for country studies on biological diversity, Nairobi, Kenya[M]. Oxford: Oxford University Press, 1993
- [5] Pearce D W, Moran D. The economic value of biodiversity[A]. IUCN: Cambridge Press, 1994
- [6] 周晓峰. 黑龙江省森林效益计量与评价[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社,1999
- [7] 张可喜. 森林的公益功能[N]. 科学时报,2000-09-11(2)
- [8] Willis K G, Benson J F. A comparison of user benefit and costs of nature conservation at three nature reserves[J]. Regional Studies, 1988, 22: 417 ~ 428
- [9] Bateman J F. Public values for Environmental features in commercial forests[J]. Quarterly Journal of Forestry, 1992, 86: 9 ~ 17
- [10] Adgar W N. 墨西哥森林的经济总价值[J]. ABMIO, 1995, 24(5): 285 ~ 295 (中文版)
- [11] Kremen C, Niles J O, Daily G C, et al. Economic incentives for rain forest conservation across scales[J]. Science, 2000, 288: 1828

~ 1832

- [12] 吴楚材, 吴章文. 张家界国家森林公园游憩效益的经济评价[J]. 林业科学, 1992, 28(5): 423 ~ 429
- [13] 王连茂, 尚伟新. 香山公园森林游憩效益的经济评价[J]. 林业经济, 1993(3): 66 ~ 71
- [14] 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
- [15] 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初步研究[J]. 生态学报, 1999, 19(5): 607 ~ 613
- [16] 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
- [17] 毕绪岱, 杨永辉, 许振华, 等. 河北森林生态与经济效益的研究[J]. 河北林业科技, 1998(1): 1 ~ 5
- [18] 李忠魁. 北京市森林资源价值[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000
- [19] 张颖. 中国森林生物多样性价值核算[J]. 北京林业大学学报, 2000, 16(5): 56 ~ 61
- [20] 李意德, 彭尚德. 广东生态公益林效益计量评价及补偿机制的初步探讨[A]. 见: 冯灼峰. 绿色曙光[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000
- [21] 曾庆波, 李意德, 陈步峰, 等. 热带森林生态系统研究与管理[M]. 北京: 中国林业出版社, 1997
- [22] 李意德, 陈步峰, 周光益, 等. 中国海南岛热带森林及其生物多样性保护研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 2002
- [23] 张阿玲, 方栋. 温室气体 CO₂ 的控制和回收利用[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996
- [24] 谢文明, 杨立刚. 生态优化条件下的经济增长——海南经济可持续发展模式[M]. 海口: 海南出版社, 1999

The Values for Ecological Service Function of Tropical Natural Forest in Hainan Island, China

LI Yi-de, CHEN Burfeng, ZHOU Guang-yi, ZENG Qing-bo, WU Zhong-min, LUO Tu-shou

(The Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou 510520, Guangdong, China)

Abstract : The evaluation of the forest ecological service values is summarized, and based on the research results of the past 2 decades in Hainan Island by Jianfengling Long-term Research Station for Tropical Forest Ecosystems (JLRS), the values for ecological service function of natural tropical forest in Hainan Island were calculated by means of methods of the forestation cost, equivalence prices substitution and environment-repaired cost and so on. The total value of the island's forest was up to 43.9×10^8 RMB yuan per year, of which the carbon dioxide absorption occupied 20.53% of the total, the oxygen releasing 22.82%, fertilizer-make by litter-fall 6.44%, soil erosion protection 0.81%, nutrients keeping 4.19%, water storage in soil 13.49%, flood-water adjusting in rainy season and water supply in dry season 24.70%, and improving environment for ecological tourism 7.02%. The value of the primary rain forest in Hainan is near to 7 000 RMB yuan $\text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ and the secondary rain forest is more than 6 500 RMB yuan according to the market prices at the end of 1999.

Key words : Hainan Island; tropical natural forest; ecological benefits