

文章编号:1001-7380(2015)01-0028-05

浙江省遂昌县公益林生态效益评价初步研究

李大标¹, 龚笑飞¹, 张 骏², 郑楼福¹, 张健雄¹

(1. 浙江省遂昌县林业局, 浙江 遂昌 323300; 2. 浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023)

摘要:采用两阶抽样法,在生物量调查基础上,运用市场价值法、影子工程法、机会成本法等方法,对遂昌县226个公益林小班进行了实物量与价值量评价。结果显示:遂昌县公益林2010年总生物量 $1\,395.80 \times 10^4$ t,生态效益总价值90.59亿元。生物量大小依次为针阔混交林>杉木林>阔叶林>松木林>毛竹林>灌木林>杂竹林,不同服务功能价值量排序为涵养水源>生物多样性保护>固碳释氧>固土保肥>森林旅游>净化大气>森林防护>积累营养。研究表明,遂昌县公益林生态效益显著,间接价值远大于直接价值。研究认为生态系统各服务功能内在关系和量化指标选取对公益林生态效益评价有重要影响;加强公益林可持续管理,防止退化,是公益林生态效益下一步研究重点。

关键词:公益林;生态效益;生态系统;评价;浙江省

中图分类号:S718.56 **文献标识码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2015.01.006

Eco-benefit evaluation of public welfare forest in Suichang County, Zhejiang Province

LI Da-biao¹, GONG Xiao-fei¹, ZHANG Jun², ZHENG Lou-fu¹, ZHANG Jian-xiong¹

(1. Suichang Forestry Bureau of Zhejiang, Suichang 323300, China; 2. Zhejiang Forestry Academy, Hangzhou 310023, China)

Abstract: Based on the biomass investigation by two-class sampling method, the market value method, shadow engineering method and opportunity cost method, the physical quantity and value quantity of 226 public welfare forest subcompartment in Suichang County was evaluated. The result showed that the total biomass of public welfare forest in Suichang County in 2010 was $1\,395.80 \times 10^4$ T, and ecological value was 9.059 billion yuan. The order of biomass was ranked as coniferous and broadleaved mixed forest > Chinese fir > broadleaved forest > pine forests > bamboo forest > shrub forest > mixed bamboo forest; and different service function value order was ranked as water conservation > biological diversity protection > carbon fixation and oxygen release > soil fixation and fertility maintenance > forest tourism > air purification > forest protection > nutrients accumulation, suggesting that the eco-benefit of public welfare forest in Suichang was significant, and the indirect value was far greater than the direct value. We conclude that the inherent relation of the ecosystem service function and the quantitative indicators selection have an important influence on the evaluation of the public welfare forest benefit. The further research will focus on the sustainable management of public welfare forest.

Key words: Public welfare forest; Eco-benefit; Ecosystem; Evaluation; Zhejiang Province

生态系统服务功能即人类从生态系统中获得的效益^[1]。森林生态系统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^[2]。2008年,国家林业局颁布的《森林生态系统服务功能评估规范》(LY/T1721-2008)是目前森林

生态系统服务功能评估研究的国家标准,已经在多地推广应用。本文通过森林生态系统各项服务功能分析,对浙江省遂昌县公益林生态效益进行了价值评价,为权衡公益林的不同服务功能、制订更加科学的森林生态效益补偿提供了参考^[3]。

收稿日期:2014-08-11;修回日期:2014-08-20

基金项目:浙江省林业厅科技项目“公益林县级监测体系建设”(2010434)

作者简介:李大标(1973-),男,浙江遂昌人,工程师,大学本科毕业,主要从事森林资源保护工作。E-mail:scbiao@126.com。

1 研究地概况

研究地位于浙江省西南部的遂昌县,地理坐标介于东经 $118^{\circ}41' \sim 119^{\circ}31'$,北纬 $28^{\circ}13' \sim 28^{\circ}49'$ 之间,地处浙江省钱塘江和瓯江 2 水系的源头地区。全县林业用地总面积 22.13 万 hm^2 ,占土地总面积 25.4 万 hm^2 的 87.1%,活立木蓄积量 779 万 m^3 ,森林覆盖率 82.3%,居浙江省前列^[4]。

遂昌县 2001 年进行公益林建设试点,2004 年实行森林生态效益补偿制度,公益林建设总规模 13.01 万 hm^2 (其中,国家级 3.53 万 hm^2 ,省级 9.48 万 hm^2) 占全县林业用地总面积的 58.8%^[5],建设规模位居浙江省前列。

2 研究方法

2.1 数据来源

于 2010 年 11 月至 2011 年 3 月,采取固定小班调查的方法,以公益林生态效益县级监测体系调查资料为基础,参考本研究其他相关研究资料^[6]。研究数据主要来源以下 4 个方面:

(1) 遂昌县 2009 年森林资源动态监测报告。

(2) 遂昌县人民政府 2011 年《遂昌县重点公益林建设与效益公报》。

(3) 遂昌县林业局 2007 年《遂昌县林业志》。

(4) 国家林业局《森林生态系统服务功能评估规范》(LY/T1721-2008)。

2.2 评价体系

根据 2008 年 4 月 28 日国家林业局发布的《森林生态系统服务功能评估规范》(LY/T1721-2008)^[7],对森林涵养水源、固土保肥、固碳释氧、积累营养、净化大气、森林防护、生物多样性保护、森林游憩等方面产生的效益进行了评价研究,并结合实际情况作了适当调整。

2.2.1 涵养水源 公益林通过林冠截留^[8]、枯枝落叶层截持^[9]、林地土壤对水分调节^[10] 3 个过程发挥生态防护效能。利用有林地和无林地蓄水能力的差异情况对公益林调蓄水功能进行评价,以调蓄水量衡量公益林净水能力^[11]。

$$W = \sum A_i \times (H_s \times D_s - V_w + W_1)$$

式中, W 为林地每年调水量 (m^3/a), A_i 为林型 i 的面积 (hm^2), H_s 为土壤非毛管孔隙度 (%), D_s 为土层厚度 (m), V_w 为无林地的土壤非毛管调水量 (m^3/a), W_1 为林地枯落物调水量 (m^3/a)。

对公益林涵养水源效益采用《森林生态系统服务功能评估规范》中的影子工程法分别从调水效益和改良水质效益 2 方面进行测算:

$$V_1 = W \times P_1 + W \times P_2$$

式中, V_1 为公益林涵养水源价值 (元), W 为公益林调蓄水量 (m^3), P_1 为调蓄水效益影子价格 (6.11 元/ m^3), P_2 为净水效益影子价格 (2.09 元/ m^3)。

2.2.2 固土保肥 公益林在截留天然降水的同时,大大减少了降雨势能对土壤的直接冲击,从而起到有效的固土保肥作用^[3]。固土能力以特定面积公益林减少同等面积无林地的土壤侵蚀量衡量,计算方法参考文献^[12]。

森林固土保肥和改良土壤效益评价,分别从森林固土效益、森林保肥效益和森林改良土壤效益 3 方面衡量。森林的固土能力以特定面积的森林固土量来表示。森林固土量通过该面积森林减少同等面积的无林地土壤侵蚀的量来衡量,计算公式为 $d_i = A_i \times (S_w - S_i)$

式中, d_i 为林型 i 的固土量 (t/a); A_i 同上; S_w 为无林地土壤侵蚀模数 [$\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$]; S_i 为林型 i 林地土壤侵蚀模数 [$\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$]。

以等价于森林固定土壤中纯 N、P、K 量的碳酸氢铵、过磷酸钙和硫酸钾的货币化价值计量森林保肥效益^[11]。

$$V_2 = K_1 \times \sum d_i / \rho_i + \sum d_i \times (N_s \cdot C_1 / R_1 + P_s \cdot C_2 / R_2 + K_s \cdot C_3 / R_3 + M \cdot C_3)$$

式中, V_2 为森林每年保育土壤的价值 (元/a); A_i , d_i 同上式; K_1 为挖掘泥沙的费用 (12.6 元/ m^3); ρ_i 为林型 i 的土壤容重 (t/m^3); N_s , P_s , K_s 分别为森林土壤中氮、磷、钾含量, M 为森林土壤有机质含量; R_1 为磷酸氢二铵含氮量, R_2 为磷酸氢二铵含磷量, R_3 为氯化钾含钾量; C_1 为市场上磷酸氢二铵平均价格 (2 400.00 元/t), C_2 为氯化钾平均价格 (2 200.00 元/t), C_3 为有机质平均价格 (320 元/t)。

2.2.3 固碳释氧 公益林固定空气中 CO_2 量:

$$\text{CO}_2 = 1.6123 B_i$$

式中, CO_2 为森林固定空气中 CO_2 量 (t);1.6123 为每吨森林固定空气中 CO_2 系数; B_i 为森林年净生长生物量 (t)。

公益林释放 O_2 量:

$$\text{O}_2 = 1.1724 W_i$$

式中, O_2 为森林释放 O_2 量 (t);1.1724 为每吨

森林释放 O_2 量系数; B_i 同上式。

本文运用工业生产成本法对公益林固碳释氧价值进行核算^[6]。计算公式为

$$V_3 = CO_2 \times P_c + O_2 \times P_o$$

式中, V_3 为公益林固碳释氧价值量(元); P_c 为人工固 C 价格(元/t); P_o 为人工生产 O_2 价格(元/t)。

2.2.4 积累营养物质 森林植物通过生化反应,在大气、土壤和降水中吸收 N、P、K 等营养物质并贮存在体内各器官的功能。森林植被的积累营养物质功能对降低下游面源污染及水体富营养化有重要作用。计算公式:

$$V_4 = \sum A_i \times B_i \times (N_i \cdot C_1/R_1 + P_i \cdot C_2/R_2 + K_i \cdot C_3/R_3)$$

式中, V_4 为森林每年积累营养物质的价值量(元/a); $A_i, B_i, R_1, R_2, R_3, C_1, C_2, C_3$ 同上式; N_i, P_i, K_i 分别为森林林分中氮、磷、钾含量。

2.2.5 森林游憩 森林游憩效益包括公益林在经营中产生的显性价值和隐性价值 2 部分^[13]。本文采用典型调查法与专家评价法,并参考已有的研究资料来计算。其计算方法如下:

$$V_5 = \sum A_i \times K_i$$

式中, V_5 为森林景观效益经济评价价值(元); A_i 同上; K_i 为单位面积森林的旅游价值(元/hm²)。

2.2.6 森林防护 在实践中,常以公益林降低水灾、旱灾等自然灾害的发生和相应损失(直接和间接损失)来衡量公益林森林防护效益。遂昌县为浙江省林业大县,传统的森林经营模式造成了森林过量采伐和林分质量下降,本文认为遂昌县干旱洪灾的损失主要是由森林经营不当引起的,并依此评价公益林森林防护效益。

$$V_6 = a \times K_2 \times \sum A_i$$

式中, V_6 为森林每年的防护价值(元/a); A_i 同上; a 为当年各县居民消费价格指数和 2004 年价格指数比; K_2 为单位面积森林的减轻灾害价值(元·hm²/a),通过浙江省历年水库直接经济损失、泥沙损失量以及江河湖库引起的库容损失换算。

2.2.7 生物多样性 公益林的生物多样性效益由单位面积年物种损失机会成本和公益林面积相乘得到^[14]。计算公式为

$$V_7 = \sum A_i \times S$$

式中, V_7 为公益林年物种保育价值(元/a), A_i 同上, S 为单位面积年物种损失机会成本(元/hm²·

a),运用 Shannon - Wiener 多样性指数计量其效益。

2.2.8 净化大气 空气中负氧离子的浓度大小,跟人的身体健康有直接关系。森林的树冠、枝叶的尖端放电以及光合作用过程的光电效应均会促使空气电解,产生大量的空气负离子。植物释放的挥发性物质如植物精气等也能促进空气电离,从而增加空气负离子浓度。计算公式:

$$V_8 = 5.256 \times 10^{15} \times \sum A_i \times H_i \times K_m (Q_m - 600)/L_m$$

式中, V_8 为森林每年提供的负离子价值(元/a); A_i 同上; H_i 为林型 i 高度(m); K_m 为负离子的价值 5.8185×10^{-18} /个; Q_m 为负离子浓度(个/cm³); L_m 为负离子寿命 10(min)。

2.3 样地设置

主要为固定样地调查。公益林固定小班调查以小班为大样本,结合生态监测要求,在小班内设置固定监测样方。在省级样地布点加密的基础上确定监测样地数量。遂昌县公益林小班总数为 15 991 个,本文运用两阶抽样法,按小班总抽样数量的 1% ~ 2% 抽取,监测小班 226 个。

固定监测样方布设在公益林小班中按上、中、下坡位进行随机设定,面积为 20 m × 20 m (水平方向 20 m),样方内胸径达到 5.0 cm 的林木均应进行编号计量。沿固定监测样方对角线设置 3 个 2 m × 2 m 的固定小样方(对角线两端各设 1 个,中间设 1 个),调查小样方内林分的灌木、竹类和草本等植物^[6,12]。

3 结果与分析

3.1 涵养水源

遂昌县境内河流分属钱塘江和瓯江 2 水系,总蓄水量 7.0×10^7 m³,水力资源蕴藏量 4.0×10^5 kw·h^[15]。经测算,遂昌县 2010 年公益林调蓄水量 3.61×10^8 t,水源涵养效益累计 29.58 亿元,占总效益的 32.95%,其中调水效益 22.04 亿元,净化水质效益 7.54 亿元。

3.2 固土保肥

遂昌县公益林 2010 年共固定土壤 4.6124×10^6 t,减少流失和增加土壤养分纯氮 4 961.60 t、纯磷 1 333.52 t、纯钾 88 103.48 t、有机质 174 306.18 t (见表 1),累计效益价值 6.03 亿元。不同林型固土量依次为针阔混交林 > 杉木林 > 阔叶林 > 松木林 > 毛竹林 > 灌木林 > 杂竹林。

表 1 遂昌县公益林不同林型固土及积累营养量

森林类型	固土量 /万 t	减少土壤养分流失/t			积累营养/t			
		N	P	K	有机质	N	P	K
松木林	50.90	358.63	103.16	11 314.78	13 624.72	320.84	62.52	181.68
杉木林	108.56	1 313.52	291.14	20 191.25	40 491.05	1 198.72	176.94	420.43
阔叶林	92.70	1 334.83	239.22	15 837.82	45 487.39	506.45	69.43	422.91
针阔混交林	206.97	1 935.13	693.34	40 358.35	73 990.30	1 157.41	193.79	565.38
毛竹林	1.16	9.38	2.89	193.10	378.90	11.02	1.28	8.39
杂竹林	0.11	1.64	0.66	24.86	47.07	1.18	0.13	0.90
灌木林	0.84	8.47	3.11	183.32	286.75	8.01	2.10	12.16
合计	461.24	4 961.60	1 333.52	88 103.48	174 306.18	3 203.63	506.19	1 611.85

3.3 固碳释氧

固碳释氧由固定 CO₂ 和释放 O₂ 组成。制造 1 t 森林生物量,可释放 O₂ 1.19 t,同化 CO₂1.63 t,折算成固碳量为 0.44 t^[11,16-17]。遂昌县 13.01 万 hm² 公益林 2010 年吸收 CO₂ 2.219 0 × 10⁶ t, 释放 O₂

1.349 5 × 10⁶ t(单位面积固碳释氧量,见表 2);净增固碳量为 6.052 × 10⁵ t,其中,植被固碳 5.041 × 10⁵ t。生态效益累计价值 20.76 亿元,其中固碳 7.26 亿元,释放 O₂ 13.50 亿元。

表 2 遂昌县公益林不同林型多样性指数、固碳释氧及生物量

森林类型	松木林	杉木林	阔叶林	针阔混交林	毛竹林	杂竹林	灌木林
多样性指数	11.460	9.225	35.115	25.065	7.920	9.495	19.890
单位面积固碳/[t/(hm ² ·a)]	5.355	7.290	4.170	5.460	3.525	4.245	4.035
单位面积释氧/[t/(hm ² ·a)]	12.345	16.425	6.375	10.38	7.815	9.060	7.020
森林生物量/万 t	136.68	376.41	238.19	641.68	1.48	0.16	1.20

3.4 积累营养

森林从土壤和空气中吸收营养物质是森林生态系统中的重要过程^[18]。本文估算了公益林营养物质积累所产生的价值。经测算,遂昌县公益林 2010 年积累营养物质中,纯氮 3 203.63 t,纯磷 506.19 t,纯钾 1 611.85 t(见表 1),积累营养价值累计 0.70 亿元。

3.5 森林游憩

遂昌境内建有南尖岩、遂昌金矿国家矿山公园、神龙谷、千佛山 4 处国家 4A 级旅游景区和 1 处 3A 级景区。全县依托森林资源的农家乐生态休闲旅游村(点)64 个,建成农家乐省级特色示范村 2 个、省级特色示范点 2 个,市级特色村 8 个、市级特色示范点 4 个,四星级农家乐 3 家、三星级农家乐 54 家。

据测算,遂昌县单位面积公益林的旅游价值为 2 940.3 元/hm²,2010 年旅游价值为 3.82 亿元。

3.6 森林防护

森林在生态环境建设中具有降低台风风速、调蓄洪水等作用,可有效减轻台风和洪水的危害程度^[6]。经测算,遂昌县森林平均减轻水旱灾的价值为 1 678.1 元/hm²,2010 年公益林防护效益累计价值 0.73 亿元。

3.7 生物多样性

运用机会成本法^[19]和 Shannon-Wiener 多样性指数(见表 2),由公式得出遂昌县公益林生物多样性保护总价值为 23.99 亿元。针阔混交林的物种保育价值占主体 49%,其次是常绿阔叶林占 32%。

3.8 净化大气

遂昌县公益林各林型负离子平均浓度为 1 990 个/cm³,均达到 4 级以上水平,对人类健康相当有利,净化大气效益为 3.53 亿元。

4 结 论

(1)从研究结果来看,遂昌县公益林生态效益显著,其间接经济价值要远大于直接经济价值。2010年公益林生物总量 $1.395\ 80 \times 10^7\ \text{t}$,年增长量 $1.134\ 0 \times 10^6\ \text{t}$,发挥生态效益总价值 89.59 亿元。不同森林类型生物量大小依次为针阔混交林>杉木林>阔叶林>松木林>毛竹林>灌木林>杂竹林(见表2)。从公益林生态效益不同服务功能类型来看,价值量依次为涵养水源>生物多样性保护>固碳释氧>固土保肥>森林旅游>净化大气>森林防护>积累营养(见表3)。

表3 遂昌县公益林生态效益不同服务功能类型价值

类别	价值/亿元	所占比例/%
涵养水源	28.58	32.65
生物多样性保护	23.99	26.48
固碳释氧	20.76	22.91
固土保肥	6.03	6.66
森林旅游	3.82	4.22
净化大气	3.53	3.90
森林防护	2.18	2.41
积累营养	0.70	0.77
合计	89.59	100

(2)本文对公益林生态效益的评价研究,并未考虑人为活动的影响,只作了静态方面的研究^[20-21]。这就使得评估价值难以全面、客观地反映公益林的生态价值。由于技术方法、资料收集等各方面的原因,生态效益的监测,尤其是以县域为单位的监测工作还是初步的。如净化大气中的吸收污染物,降低噪音,滞尘和草本层多样性,由于监测、计量手段及其人为因素的影响,无法精确计量和进入市场交易。但以上研究数值依然清楚地反映了公益林在改善生态环境和发展社会经济中的促进作用。

(3)本文将公益林生态效益按生态系统服务功能分类分项进行价值评价,实际上生态系统各效益间交叉重叠,服务功能复杂多样^[22],因此公益林的生态效益研究是一项长久的课题,需要建立定位站进行长期、连续、动态监测,只有明确生态系统各服务功能的内在关系,选取相应的量化指标,生态效益评价结果才会更准确。

(4)公益林生物量受坡度、坡向、海拔等环境因子影响^[23],要多方位、多视角对公益林生态系统进行研究,深化公益林生态效益相关热点及新兴问题研究。加强公益林可持续管理,防止其进一步退化,

将是公益林生态效益下一步研究重点。

参考文献:

- [1] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being[M]. Washington DC: Island Press, 2005.
- [2] 赵景柱,肖 寒,吴 刚. 生态系统服务的物质质量与价值量评价方法的比较分析[J]. 应用生态学, 2000, 11(2): 290-292.
- [3] 叶龙华,易立颀,莫楚欣,等. 广东省公益林生态效益研究[J]. 防护林科技, 2013(4): 109-111.
- [4] 李大标,龚笑飞,吴英俊,等. 遂昌县生态公益林管护实践与启示[J]. 福建林业科技, 2013, 40(3): 150-153.
- [5] 周建革,李大标,吴英俊. 遂昌县公益林建设管理对策研究[J]. 江苏林业科技, 2013, 40(4): 28-30.
- [6] 王坚娅,应宝根,张 骏,等. 仙居县公益林生态系统服务功能及价值评估[J]. 浙江林业科技, 2010, 30(3): 46-51.
- [7] 国家林业局. 中华人民共和国林业行业标准(LY/T1721-2008)[S]. 森林生态系统服务功能评估规范, 2008: 4-6.
- [8] 于志民,王礼先. 水源涵养林效益研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 1999.
- [9] 范志平,余新晓. 中国水源保护林生态系统功能评价与营建技术体系[J]. 世界林业研究, 2000, 13(1): 51-58.
- [10] 谭芳林. 森林水文学的研究进展与展望[J]. 福建林业科技, 2002, 29(4): 47-51.
- [11] 胡祥林,骆红阳,徐卫城,等. 东阳市公益林生态效益监测评估分析[J]. 华东森林经理, 2012, 26(1): 42-45.
- [12] 张 骏,高洪娣,应宝根,等. 浙江省仙居县公益林生物量动态分析[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2011, 35(5): 147-150.
- [13] 李土生,袁位高. 公益林监测研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 2011: 237-248.
- [14] 李 坦,李 慧,张 颖. 国家级公益林生态效益价值核算[J]. 资源开发与市场, 2013, 29(2): 122-126.
- [15] 遂昌县人民政府. 遂昌县重点公益林建设与效益公报[Z]. 2011.
- [16] 宋朝枢,陈立伟,武立磊. 自然保护区现代管理概论[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.
- [17] 张华柳,伊力塔,余树全,等. 嵊州市公益林生物量及生态效益价值评价[J]. 林业资源管理, 2011(1): 78-85.
- [18] 张 颖,侯元兆,魏小真,等. 北京森林绿色核算研究[J]. 北京林业大学学报, 2008(3): 232-237.
- [19] 张 颖. 林业统计核算优化模型与绿色政策分析[M]. 北京: 中国经济出版社, 2011: 72-73.
- [20] 王昌海,温亚利,李 强,等. 秦岭自然保护区群生态效益计量研究[J]. 中国人口资源与环境, 2011, 21(6): 125-134.
- [21] 白 杨,欧阳志云,郑 华,等. 海河流域森林生态系统服务功能评估[J]. 生态学报, 2011, 31(7): 2029-2039.
- [22] 张志华. 生态公益林效益评价研究综述[J]. 林业调查规划, 2009, 34(3): 72-75.
- [23] 张华柳. 嵊州市公益林生态效益服务功能价值评价研究[D]. 临安: 浙江农林大学, 2011.