

钱江源-百山祖国家公园生态补偿机制与标准研究

姚鸿文¹, 王世红², 朱程昊¹, 李佐晖^{1*}, 程凌宏³, 练吉禾⁴, 林杰⁵

(1.浙江省森林资源监测中心, 浙江 杭州 310020; 2.浙江省林业勘测规划设计有限公司, 浙江 杭州 310020;
3.钱江源-百山祖国家公园管理局, 浙江 开化 324300; 4.钱江源-百山祖国家公园百山祖管理局,
浙江 丽水 323000; 5.南京林业大学林草学院、水土保持学院, 江苏 南京 210037)

摘要:【目的】建立完善的生态补偿机制与标准,为国家公园建设提供持续稳定的资金保障。【方法】以钱江源-百山祖国家公园为例,从森林生态系统调节服务功能和机会成本损失两方面入手,计算钱江源-百山祖国家公园范围内的省级公益林调节服务价值和机会成本损失价值,分析范围内外两项价值差异,并在此基础上提出钱江源-百山祖国家公园生态补偿标准。【结果】研究区内省级以上公益林调节服务功能单位面积价值量为45 672.53元/(hm²·a),比范围外高13 306.25元/(hm²·a),以此作为生态补偿标准上限;木材经营收益、竹林经营收益和林下经济经营收益构成的机会成本损失价值为1 564.48元/(hm²·a),以此作为生态补偿标准下限,相比当前补偿最高标准[723.00元/(hm²·a)]仍有841.48元/(hm²·a)的差距。【结论】当前钱江源-百山祖国家公园实施的生态补偿标准和本研究测算结果仍有较大的差距,未来应该结合钱江源-百山祖国家公园实际发展需求,逐步逐年提高补偿标准。

关键词:钱江源-百山祖国家公园;生态服务功能价值;机会成本;生态补偿;补偿标准核算

中图分类号:S757.2

文献标志码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文章编号:1000-2006(2024)05-0021-07



Research on the ecological compensation mechanism and standards for Qianjiangyuan-Baishanzu National Park

YAO Hongwen¹, WANG Shihong², ZHU Chenghao¹, LI Zuohui^{1*},
CHENG Linghong³, LIAN Jihe⁴, LIN Jie⁵

(1.Forest Resource Monitoring Center of Zhejiang Province, Hangzhou 310020, China; 2. Zhejiang Forestry Survey Planning and Design Co. Ltd., Hangzhou 310020, China; 3. Management Bureau of Qianjiangyuan-Baishanzu National Park, Kaihua 324300, China; 4. Baishanzu Management Bureau of Qianjiangyuan-Baishanzu National Park, Lishui 323000, China; 5. College of Forestry and Grassland, College of Soil and Water Conservation, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: 【Objective】The study aims to establish a sound ecological compensation standard, which will provide a sustainable and stable financial guarantee for the construction of national parks. 【Method】Taking the Qianjiangyuan-Baishanzu National Park as an example, this study calculated the upper and lower range of the national park compensation standard by comparing the difference values of provincial public welfare forests inside and outside the national park with regulating services and opportunity cost losses. 【Result】Considering the value of forest ecosystem regulation services and opportunity cost losses comprehensively, the value of provincial public welfare forests within the national park reached 47 237.01 yuan/(hm²·a). Among them, the value of provincial public welfare forests regulating service function was 45 672.53 yuan/(hm²·a), which was 13 306.25 yuan/(hm²·a) higher than outside the scope, and the value of each regulating service was higher than that outside the implementation area. The opportunity cost loss of public welfare forests within the national park was 1 564.48 yuan/(hm²·a), which still showed a gap of 841.48

收稿日期 Received: 2023-09-28

修回日期 Accepted: 2024-03-14

基金项目: 浙江省“领雁”研发攻关计划(2022C02053); 百山祖国家公园科学研究项目(2022JBGS06)。

第一作者: 姚鸿文(yaohongwen2005@163.com), 高级工程师。*通信作者: 李佐晖(379937228@qq.com), 高级工程师。

引文格式: 姚鸿文, 王世红, 朱程昊, 等. 钱江源-百山祖国家公园生态补偿机制与标准研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2024, 48(5): 21-27. YAO H W, WANG S H, ZHU C H, et al. Research on the ecological compensation mechanism and standards for Qianjiangyuan-Baishanzu National Park[J]. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition), 2024, 48(5): 21-27. DOI: 10.12302/j.issn.1000-2006.202309044.

yuan/(hm²·a) compared with the current highest compensation standard of 723 yuan/(hm²·a) of the provincial public welfare forests. 【Conclusion】 At present, there was still a large gap between the ecological compensation standard implemented in Qianjiangyuan-Baishanzu National Park and that calculated based on the regulating service unit area and opportunity cost. In the future, we suggest that the compensation standard be gradually increased year by year, taking into account the actual development needs of the National Park.

Keywords: Qianjiangyuan-Baishanzu National Park; ecosystem service value; opportunity cost; ecological compensation; compensation standard calculation

生态补偿机制研究是目前生态环境领域和经济学交叉领域的研究热点^[1-3],其中补偿标准研究是其重点也是难点^[4-5]。近年来建设以国家公园为主体的自然保护地体系,完善国家公园等自然保护地生态保护补偿机制成为生态文明建设的重要内容^[6],确定国家公园等自然保护地生态补偿标准是建立生态补偿机制的关键环节^[6],制定合理的生态补偿标准可以有效推进国家公园补偿机制发挥正向效益,完善国家公园保护机制^[7]。目前,构建以国家公园为主体的自然保护地体系正处于全面实施推进阶段,由于补偿对象的多样性及补偿范围的不确定性等原因,现有研究对于国家公园的生态补偿标准范围关注相对较少^[8-9]。并且针对不同生态补偿政策的补偿标准并没有形成公认的确方法^[10]。

当前不同学者主要依据生态资产理论、投入产出比、生态系统服务及机会成本等方面对生态补偿标准进行了研究。基于生态资产理论和投入产出比补偿标准的原理是把生态系统服务看成一种商品,认为应该按照市场实际的供求关系及原则来确定补偿标准。这种确定补偿标准的方式其优点是可以兼顾买卖双方的利益,缺点是适用的场景和范围都较小,现实情况下难以找到符合其实施条件的稳定市场^[5]。生态系统服务功能是生态补偿产生的基础,基于生态系统服务的生态补偿标准是对生态系统服务本身的价值或者修正后的价值来确定生态补偿的一种方法^[11]。武萍等^[12]运用生态系统价值法,根据外部性理论将三江源国家公园生态系统服务价值剔除自身消费,所得剩余生态系统服务价值为生态系统服务外溢价值。但是,目前计算得到的生态系统服务价值多为一个理想条件下的价值量,其值往往超出人类社会实际生产的价值,故根据这些方法制定的补偿标准也高于市场标准。机会成本是指生态系统服务的供给者为保护生态环境而付出的经济发展的机会成本,而基于机会成本的生态补偿标准则根据生态系统服务提供者的机会成本进行确定^[13-14]。由于该方法具有操作方便且相对公平的优点,目前是发展中国家生态补偿

标准制定的主流方法^[15]。李屹峰等^[16]以三江源自然保护区生态移民作为对象,采用畜牧机会成本法和草场机会成本法为不同村落的生态移民政策制定差异化的补偿方案。王昊天等^[17]提出的生态补偿模型,对辽宁省西北生态脆弱区 401 户退耕还林的农户进行机会成本损失调研,测算出退耕还林的补偿标准高于农户损失的机会成本。虽然机会成本法受到目前大多数学者的青睐,但是其结果在很大程度上依赖于社会调查数据的真实性,无法完全避免单方面定价方式的固有弊端。

综合考虑生态系统服务价值法和机会成本法确定生态补偿标准的研究,可以同时弥补生态系统服务评估价值量偏大和机会成本法单一定价带来的弊端,近些年也得到发展和应用。刘富国等^[8]以南山国家公园为研究区域,以区域内森林、草地和湿地 3 类生态系统 2016 年的服务功能价值作为生态补偿标准的参考上限,以生态保护机会成本作为生态补偿标准的参考下限,并结合 Logistic 生长曲线模型调整系数对计算出来的数值进行调整,最终确定了南山国家公园 2016 年的补偿标准。戴家远等^[18]以新安江流域为例,对流域上游进行机会成本核算,然后结合当地修正后的参数计算该地区生态服务价值总量,最后得到 2013—2017 年新安江流域生态补偿标准的范围。虽然基于生态系统服务价值和保护机会成本来制定生态补偿标准的实证研究近些年得到一定的发展,目前综合考虑森林生态系统调节服务和机会成本的研究仍然不足,对补偿标准期望参考值往往不明确。国家公园是生态文明建设的重要载体,国家公园的生态补偿影响国家公园的建设、管理与保护^[9]。随着国家大力推进国家公园生态补偿制度的建设,亟须针对国家公园建设和森林生态系统的特点建立适合当地环境 and 经济协调发展的补偿标准及相应机制。

鉴于目前国家公园生态补偿标准完善的需要,本研究根据生态系统服务功能价值和机会成本核算机制作为制定生态补偿标准的依据,以长三角地区最典型的中亚热带森林生态系统——浙江省钱江源-百山祖国家公园为研究对象,以 2021 年度县级森

林资源年度监测成果和社会公共数据评估钱江源-百山祖国家公园的生态补偿标准,并对相关评估指标进行差异化调整,根据钱江源-百山祖国家公园范围内外公益林调节服务和机会成本制定差异化补偿标准,以期为探索国家公园及其他自然保护地补偿标准的制定提供一种多元化分析视角,也为完善和提高国家公园等自然保护地生态补偿机制及标准提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

钱江源-百山祖国家公园规划正式批复时间为 2020 年 8 月,由钱江源园区和百山祖园区两个园区组成,实施范围至今无变动。钱江源园区位于开化县境内(118°3′59″~118°22′28″E,29°10′32″~29°27′19″N),范围涉及古田山国家级自然保护区、钱江源国家森林公园、钱江源省级风景名胜区 3 处国家级保护地。百山祖园区位于丽水市辖区内的龙泉市、庆元县和景宁县境内(118°56′39″~119°22′9″E,27°32′25″~27°58′28″N),涉及浙江凤阳山-百山祖国家级自然保护区、庆元国家森林公园

园、庆元大鲵国家级水产种质资源保护区、景宁英川香炉山次生阔叶林自然保护区、庆元班岱后南方铁杉保护小区 5 个自然保护地。两个园区涉及 14 乡镇 53 个行政村。土地总面积 75 825.03 hm²,其中钱江源园区面积 25 295.57 hm²,百山祖园区面积 50 529.46 hm²。钱江源-百山祖国家公园内森林主要为省级以上公益林,占比高达 85.8%。

1.2 森林生态系统调节服务功能评估

根据研究区域生态系统服务功能特点,依据受益者范围和是否对改善生态有贡献两方面确定补偿范围,生物多样性保护价值因受益主体不明确而不予补偿,未将其纳入评估范围^[18]。本研究在总结相关研究成果和标准规范基础上^[19-21],基于研究区涉及县(市)的 2021 年森林资源年度监测成果,选择水源涵养、土壤保持等 7 个指标核算森林生态系统调节服务,指标和核算方法见表 1。考虑到生态服务功能指标的差异性,采用生物量调整系数对每个指标物质量进行调整。采用工业生产者出厂价格指数对价值量核算所涉及的单价调整至 2021 年。

表 1 森林生态系统调节服务功能指标和评估方法(2021 年)
Table 1 Indicators and evaluation methods of forest ecosystem regulatory services of 2021

指标 index	物质量 ecosystem product amount	价值量 ecosystem product value	参数说明 parameter description	参数来源 parameter sources
水源涵养 water conservation	$Q_{wr} = \sum_{i=1}^n 10 \times A_i \times K_i \times (P_i - R_i - E_i)$	$V_{wr} = Q_{wr} \times C$	Q_{wr} 为森林生态系统水源涵养总量,m ³ ; A_i 为第 i 类森林生态系统的面积, hm ² ; K_i 为森林生态系统功能调整系数; P_i 为第 i 类森林生态系统的年产流降雨量, mm; R_i 为第 i 类森林生态系统的年地表径流量, mm; E_i 为第 i 类森林生态系统的年蒸发量, mm; n 为森林生态系统类型的数量; V_{wr} 为森林生态系统水源涵养总价值,元; C 为水价,元/m ³	降雨量参考浙江省及周边气象站点 30 年的降雨量。蒸散率、地表径流量参数参照文献[22-24]。水价为 1.02 元/m ³
土壤保持 soil retention	$Q_{sr} = \sum_{i=1}^n (d_0 - d_i) \times A_i \times K_i$	$V_{sr} = \lambda \times \frac{Q_{sr}}{\rho} \times C_1$	Q_{sr} 森林生态系统土壤保持总量,t; d_i 第 i 类森林生态系统土壤侵蚀模数,t/hm ² ; d_0 无立木林地平均土壤侵蚀模数,t/hm ² ; A_i 第 i 类森林生态系统的面积, hm ² ; V_{sr} 为森林生态系统土壤保持总价值,元; λ 为森泥沙淤积系数; ρ 为森土壤容重,t/m ³ ; C_1 为单位水库清淤工程费用,元/m ³	土壤侵蚀模数、土壤容重参数参照文献[25-26]。泥沙淤积系数取 24%。水库单位库容清淤工程费用 26.82 元/m ³
洪水调蓄 flood regulation and storage	$C_{fc} = \sum_{i=1}^n (P_{1,i} - R_{f,i}) \times A_i \times K_i \times 10$ $R_{f,i} = p_i \times \beta_i$	$V_{wm} = C_{fc} \times (C_{we} + C_{wo})$	C_{fc} 为森林生态系统洪水调蓄量, m ³ ; $P_{1,i}$ 为第 i 类森林生态系统年暴雨降雨量, mm; $R_{f,i}$ 为第 i 类森林生态系统年暴雨径流量, mm; β_i 为第 i 类森林生态系统的平均地表暴雨径流系数; V_{wm} 为森林生态系统洪水调蓄总价值,元; C_{we} 为水库单位库容的工程造价,元/m ³ ; C_{wo} 为水库单位库容的运营成本,元/m ³	暴雨降雨量和暴雨径流量参数参照文献[27]

表 1(续)

指标 index	物质量 ecosystem product amount	价值量 ecosystem product value	参数说明 parameter description	参数来源 parameter sources
空气净化 air purification	$Q_{ap} = \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^m Q_{ij} \times A_i \times K_i$	$V_{ap} = \sum_{i=1}^{n_2} Q_{ap} \times C_i$	Q_{ap} 为大气污染物净化总量,t; Q_{ij} 为第 <i>i</i> 类森林生态系统对第 <i>j</i> 种大气污染物的单位面积年净化量,t/hm ² ; n_1 为核算地域大气污染物类型的数量; V_{ap} 为森林生态系统空气净化总价值,元; C_i 为第 <i>i</i> 类大气污染物的治理成本,元/t; n_2 为大气污染物类型的数量	净化二氧化硫酸、氮氧化物量参数参考文献[25,27],净化二氧化硫和氮氧化物的治理成本使用浙江省排污权交易网价格 19 057.44 元/t、151 40.87 元/t
固定二氧化碳 carbon sequestration	$Q_{CO_2} = \frac{M_{CO_2}}{M_C} \times \Delta C$	$V_{cl} = Q_{CO_2} \times C_{CO_2}$	Q_{CO_2} 为森林生态系统固碳量,t(CO ₂ 量); M_{CO_2}/M_C 为CO ₂ 与C的分子量之比,即44/12; ΔC 为前后两期森林生态系统碳储量差值,t; V_{cl} 为森林生态系统固碳总价值,元; C_{CO_2} 为碳交易价格,元	
释放氧气 oxygen release	$Q_{or} = \frac{M_{O_2}}{M_{CO_2}} \times Q_{CO_2}$	$V_{or} = Q_{or} \times C_{or}$	Q_{or} 为森林生态系统释氧量,t; M_{O_2}/M_{CO_2} 为O ₂ 与CO ₂ 的分子量之比,即32/44; Q_{CO_2} 为森林生态系统固碳量,t(CO ₂ 量); V_{or} 为森林生态系统释氧总价值,元; C_{or} 为氧气制造成本,元/t	采用浙江省单株生物量模型计算生物量,模型见文献[25]。再通过含碳系数将生物量转换为碳储量[28]。固定二氧化碳采用碳交易价格,即全国碳排放权交易市场43.84元/t;氧气价格1 225.00元/m ³
提供负离子 provide negative ions	$Q_{noi} = \sum_{i=1}^{n_3} \frac{5.256 \times 10^{15} \times T_{noi,i} \times H_i \times K_f}{L}$	$V_{noi} = \sum_{i=1}^n \frac{5.256 \times 10^{15} \times H_i \times K_f \times C_{noi}}{L}$	Q_{noi} 为森林生态系统提供负离子数量,个; $T_{noi,i}$ 为森林生态系统实测林分负离子浓度,个/m ³ ; H_i 为第 <i>i</i> 类森林生态系统实测林分高度,m; L 为负离子寿命,min; V_{noi} 为森林生态系统提供负离子总价值,元; C_{noi} 为负离子生产费用,元/个; n_3 为森林生态系统类别数	参考文献[29],负离子生产价格5.97×10 ⁻¹⁸ 元/个
调整系数 adjustment coefficient	$K_a = \frac{b}{B}$	$K_b = 0.4K_1 + 0.6K_2 = 0.4 \frac{G_i}{G} + 0.6 \frac{h_i}{h}$	K_a 为乔木林的调整系数; b 为评估林分生物量,t; B 为平均林分生物量,t; K_b 为竹林、经济林和灌木林的调整系数; K_1 为植被覆盖度系数; K_2 为高度系数; G_i 为竹林、经济林、灌木林盖度,%; $\bar{G}$ 为全部竹林、经济林、灌木林平均盖度,%; h_i 为竹林、经济林、灌木林经济林高度,m; $\bar{h}$ 为全部竹林、经济林、灌木林平均高度,m	—

1.3 机会成本损失评估

机会成本损失采用钱江源-百山祖国家公园范围所涉及4个县(市)的2019—2022年木材收益、竹林经营收益和林下经济经营收益衡量,数据源于涉及县的林业统计年报。考虑到林业经营投入产出的不稳定性,对相关数据采取平均化来避免数据异常引起结果差异。由于钱江源-百山祖国家公园实施严格空间管制,研究假设国家公园范围内林农收益为零。机会成本(Y)经济价值评估方法如下:

$$Y = (V_a + V_b + V_u) / A_p \quad (1)$$

式中: Y 表示机会成本值,元/hm²; V_a 、 V_b 、 V_u 分别表示涉及县(市)木材净收益、竹林净收益和林下经济净收益,万元; A_p 表示钱江源-百山祖国家公园范围外涉及县(市)森林总面积,hm²。其中 V_a 、 V_b 、 V_u

计算公式如下:

$$V_a = (W - C' - T) \times G; \quad (2)$$

$$C' = (C'_1 / C_5) + C_2 + C_3 + W \times (t_4 + t_5 + t_6); \quad (3)$$

$$T = W / (1 + t_4 + t_5 + t_6) \times t_1 \times (1 + t_2 + t_3); \quad (4)$$

$$V_b = P_b \times Q_b - C_b; \quad (5)$$

$$V_u = (P_u - C_u) \times A_u \quad (6)$$

式中: W 为木材销售价格,元/m³; C' 为生产经营成本,元/m³; C'_1 、 C_2 、 C_3 分别为伐区设计费、直接采伐成本、集材成本,元/m³; T 表示税费,元; G 为木材采伐材积量,m³; t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_4 、 t_5 、 t_6 分别为增值税(按不含税木材销价6%征收)、城建税(按增值稅額5%征收)、教育附加稅(按增值稅額3%征收)、銷售費用(按銷售價1%計)、管理費(按銷售價3%計)、不可預見費(按銷售價的2%計); P_b 为竹材销

售价格,元/根; Q_b 为竹材年产量,根; C_b 为竹材采伐成本,元; P_u 为单位面积毛收益,元/hm²; C_u 为投入成本,元/hm²; A_u 为经营面积,hm²。

2 结果与分析

2.1 森林生态系统调节服务价值

森林生态系统调节服务功能在总价值量上没有可比性,故本研究从钱江源-百山祖国家公园范围内

省级以上公益林和外部公益林调节服务功能单位面积物质量和价值量上进行比较。整体而言,2021年,钱江源-百山祖国家公园内省级以上公益林生态系统调节服务单位面积价值量 45 672.53 元/hm²,范围外部的省级以上公益林调节服务单位面积价值量32 366.28 元/hm²,范围内比外部公益林每公顷高 41.11%,即 13 306.25 元/hm²(表 2)。

表 2 2021 年国家公园范围内外省级以及公益性森林生态系统调节服务物质量和价值量
Table 2 Volume and value of provincial publilwelfare forest ecosystem regulating services within and outside the national park of 2021

调节服务 regulating service	统计类别 accounting categorie	范围内 within the national park	范围外 outside the national park
	面积/hm ² area	62 084.37	33 4920.64
水源涵养 water conservation	物质量/(×10 ⁴ m ³)	50 873.38	232 284.05
	价值量/万元	51 890.85	236 929.73
	单位面积价值量/(元·hm ⁻²)	8 358.12	7 074.21
土壤保持 soil retention	物质量/(×10 ⁴ m ³)	306.55	1 361.58
	价值量/万元	1 604.69	7 198.39
	单位面积价值量/(元·hm ⁻²)	258.47	214.93
洪水调蓄 flood regulation and storage	物质量/(×10 ⁴ m ³)	34 971.84	144 951.80
	价值量/万元	104 216.09	431 956.47
	单位面积价值量/(元·hm ⁻²)	16 786.20	12 897.28
空气净化 air purification	物质量/(×10 ⁴ m ³)	0.73	3.34
	价值量/万元	12 780.27	58 642.34
	单位面积价值量/(元·hm ⁻²)	2 058.53	1 750.93
固定二氧化碳 carbon sequestration	物质量/(×10 ⁴ m ³)	118.48	365.90
	价值量/万元	5 360.18	16 553.21
	单位面积价值量/(元·hm ⁻²)	863.37	494.24
释放氧气 oxygen release	物质量/(×10 ⁴ m ³)	86.17	266.11
	价值量/万元	105 557.76	325 981.54
	单位面积价值量/(元·hm ⁻²)	17 002.31	9 733.10
提供负离子 provide negative ions	物质量/(×10 ⁴ m ³)	63 399.88	228 183.23
	价值量/万元	2 145.17	6 751.71
	单位面积价值量/(元·hm ⁻²)	345.52	201.59
合计 total	价值量/万元	283 555.01	1 084 013.39
	单位面积价值量/(元·hm ⁻²)	45 672.53	32 366.28

2021 年,钱江源-百山祖国家公园内省级以上公益林每一项调节服务功能价值均高于范围外。其中,释放氧气、洪水调蓄和水源涵养在钱江源-百山祖国家公园内外单位面积价值量对比差异居前 3,国家公园内比国家公园外分别高出 7 269.21 元/hm²(差值比例 74.69%,下同),3 888.92 元/hm²(30.15%)和 1 283.91 元/hm²(18.15%)。固定二氧化碳和空气净化国家公园内比国家公园外分别高出 369.13 元/hm²(74.69%)和 307.60 元/hm²

(17.57%)。相对而言,提供负氧离子和土壤保持的内外差异较小,分别为 143.93 元/hm²(内比外高 71.40%)和 43.54 元/hm²(内比外高 20.26%)。生态系统调节服务及单项服务的结果显示国家公园内的省级以上公益林相对于外部的生态服务功能发挥作用更加突出。2021 年,单位面积调节服务价值量大小排序是:释放氧气>洪水调蓄>水源涵养>空气净化>固定二氧化碳>提供负氧离子>土壤保持。

2.2 机会成本损失价值

钱江源-百山祖国家公园在林业经营方面的机会成本损失由木材经营收益、竹林经营收益和林下经济收益3部分机会成本损失组成。2019—2022年,钱江源-百山祖国家公园平均机会成本损失107 797.26万元/a,其中木材经营平均收益机会成本损失为24 532.94万元/a,占22.76%;竹林经营年平均收益机会成本损失为49 367.74万元/a,占45.80%;林下经济年平均收益机会成本损失为33 896.58万元/a,占31.44%。机会成本损失除以国家公园范围外所涉县(市)森林总面积689 029.93 hm^2 ,得到机会成本的损失为1 564.48元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)。

3 结 论

2021年,钱江源-百山祖国家公园内省级以上公益林生态系统调节服务单位面积价值量为45 672.53元/ hm^2 ,比范围以外要高13 306.25元/ hm^2 ,且公园内单项调节服务单位面积价值量均高于外围,说明国家公园内森林生态系统服务具有更高的调节功能,发挥了更高的生态调节能力。

浙江省公益林生态补偿区分为1、2、3档,第1档为国家公园和省级及以上自然保护区中实施租赁的非国有公益林也仅723元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$);第2档为主要干流和重要支流源头县、加快发展县的公益林,及国家公园和省级及以上自然保护区中未实行租赁的公益林为600元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$);第3档除上述区域以外的其他公益林为495元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)。基于木材经营收益、竹林经营收益和林下经济收益求得的公园内公益林保护带来的机会成本损失为1 564.48元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)。与当前的最高补偿标准723元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)仍有841.48元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)的差距,仍有较大补偿的空间。

综合考虑森林生态系统调节服务价值和机会成本损失,可以以公园内省级以上公益林生态系统调节服务整体单位面积价值量作为生态补偿范围上限45 672.53元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$),以机会成本损失作为补偿范围的下限1 564.48元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)。目前钱江源-百山祖国家公园实施的生态补偿标准和基于调节服务单位面积及机会成本计算所得仍有较大的差距,未来应该结合钱江源-百山祖国家公园实际需求,逐步逐年提高补偿标准,补偿额应在国家公园和其他自然保护区内进一步根据区位、保护类型进行分区分类分档。

对比当前钱江源-百山祖国家公园森林生态系

统调节服务功能价值和机会成本损失发现,当前生态补偿额度远低于机会成本损失,不足以弥补因设立国家公园加强生态保护后园区内林农所付出的代价。建议在鼓励对国家公园等其他自然保护区进行生态保护的同时,政府应加大对国家公园及其他自然保护区扶持补偿资助力度。

首先,提高国家公园及其他自然保护区生态补偿标准。通过对钱江源-百山祖国家公园和涉及县(市)的森林生态系统调节服务功能价值和机会成本损失结果的分析,建议在当前财政生态补偿政策制度下,国家公园以及其他自然保护区的生态补偿标准整体应逐步逐年提高。当前国家公园补偿标准为723元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$),2021年补偿收入总额2 805万元,农户人均仅868元、户均约3 868元,今后将参照浙江省公益林补助标准的提高额度而同步提高。若以机会成本损失1 564.48元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)为标准,约3.23万村民共享补偿红利,可有力推动社会共同富裕。

其次,推进国家公园及其他自然保护区生态补偿市场化。当前国家公园生态补偿方式较为单一,主要以国家财政转移支付补偿为主,市场参与程度不够。未来生态补偿离不开市场的参与,需充分发挥市场对生态补偿的重要作用,建议引入市场机制,明确收益权和交易成本,减轻政府的财政负担。当前钱江源-百山祖国家公园在管理体制机制创新、生态保护、生物多样性监测、社区发展等方面取得了较为显著的成绩,特别是管理体制机制创新方面,园区有序开展了集体林地地役权改革和农村承包土地保护地役权改革,探索提升生态价值促进农民增收新路径。建议下一步可探索建立生态保护领域“政府-农户-企业”新型利益联结机制,解决好农业生产过程中因滥施农药化肥等给生态系统造成的负面影响,形成多方参与、互利共赢的新局面。

最后,提高国家公园及其他自然保护区公众认识度与参与度。通过多种信息平台进行自然保护区生态保护的宣传工作,定期组织开展相关宣教活动,让公众意识到对自然保护区进行生态保护的重要意义。建议结合自然保护区各类公益活动,强化社会公众对自然保护区生态保护意识,尤其是涉及县(市)民众的保护意识,推动人与自然和谐共生。

参考文献(reference):

- [1] SALZMAN J, BENNETT G, CARROLL N, et al. The global status and trends of payments for ecosystem services[J]. Nat Sustain, 2018, 1: 136-144. DOI: 10.1038/s41893-018-0033-0.
- [2] VAN HECKEN G, BASTIAENSEN J. Payments for ecosystem services: justified or not? A political view[J]. Environ Sci

- Policy, 2010, 13(8): 785–792. DOI: 10.1016/j.envsci.2010.09.006.
- [3] 董海宾, 刘思博, BOLORMAA D, 等. 基于 CiteSpace 的国内生态补偿研究[J]. 生态学报, 2022, 42(20): 8521–8529. DONG H B, LIU S B, BOLORMAA D, et al. Study on domestic ecological compensation based on CiteSpace[J]. Acta Ecol Sin, 2022, 42(20): 8521–8529. DOI: 10.5846/stxb202109082529.
 - [4] LUNDBERG L, PERSSON U M, ALPIZAR F, et al. Context matters: exploring the cost-effectiveness of fixed payments and procurement auctions for PES[J]. Ecol Econ, 2018, 146: 347–358. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2017.11.021.
 - [5] 李晓光, 苗鸿, 郑华, 等. 生态补偿标准确定的主要方法及其应用[J]. 生态学报, 2009, 29(8): 4431–4440. LI X G, MIAO H, ZHENG H, et al. Main methods for setting ecological compensation standard and their application[J]. Acta Ecol Sin, 2009, 29(8): 4431–4440. DOI: 10.3321/j.issn:1000-0933.2009.08.050.
 - [6] 吴乐, 孔德帅, 靳乐山. 中国生态保护补偿机制研究进展[J]. 生态学报, 2019, 39(1): 1–8. WU L, KONG D S, JIN L S. Research on the progress of the eco-compensation mechanism in China[J]. Acta Ecol Sin, 2019, 39(1): 1–8. DOI: 10.5846/stxb201808281842.
 - [7] 夏云娇, 王俊华. 国家公园生态补偿地方立法的特点和不足及其完善[J]. 安全与环境工程, 2020, 27(2): 35–41. XIA Y J, WANG J H. Local legislation on ecological compensation in National Parks: characteristics, deficiencies and countermeasures[J]. Saf Environ Eng, 2020, 27(2): 35–41. DOI: 10.13578/j.cnki.issn.1671-1556.2020.02.005.
 - [8] 刘富国, 李姣, 汪杰, 等. 南山国家公园生态补偿标准研究: 基于生态系统服务功能价值和机会成本[J]. 湖南林业科技, 2019, 46(5): 9–16. LIU F G, LI J, WANG J, et al. Research on ecological compensation standard of Nanshan National Park: based on ecosystem service value and opportunity cost[J]. Hunan For Sci Technol, 2019, 46(5): 9–16. DOI: 10.3969/j.issn.1003-5710.2019.05.002.
 - [9] 赵森峰, 黄德林. 国家公园生态补偿主体的建构研究[J]. 安全与环境工程, 2019, 26(1): 26–34, 41. ZHAO M F, HUANG D L. Construction of ecological compensation subject in National Parks[J]. Saf Environ Eng, 2019, 26(1): 26–34, 41. DOI: 10.13578/j.cnki.issn.1671-1556.2019.01.004.
 - [10] 闫海明, 张瑜, 李炜, 等. 生态补偿标准估算方法研究进展[J]. 河北师范大学学报(自然科学版), 2022, 46(5): 533–540. YAN H M, ZHANG Y, LI W, et al. Review of methods to estimate the ecological compensation standard[J]. J Hebei Norm Univ (Nat Sci), 2022, 46(5): 533–540. DOI: 10.13763/j.cnki.jhebn.202205011.
 - [11] 王振波, 于杰, 刘晓雯. 生态系统服务功能与生态补偿关系的研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2009, 19(6): 17–22. WANG Z B, YU J, LIU X W. Research on the relationship between ecosystem services and ecological compensation[J]. China Popul Resour Environ, 2009, 19(6): 17–22. DOI: 10.3969/j.issn.1002-2104.2009.06.004.
 - [12] 武萍, 张慧. 三江源国家公园生态补偿适度标准评估: 基于生态系统服务价值供给的视角[J]. 青海社会科学, 2022(1): 50–58. WU P, ZHANG H. Evaluation of appropriate criteria for ecological compensation in Sanjiangyuan National Park: based on the supply of ecosystem service value[J]. Qinghai Soc Sci, 2022(1): 50–58. DOI: 10.14154/j.cnki.qss.2022.01.009.
 - [13] 柳获, 胡振通, 靳乐山. 生态保护补偿的分析框架研究综述[J]. 生态学报, 2018, 38(2): 380–392. LIU D, HU Z T, JIN L S. Review on analytical framework of eco-compensation[J]. Acta Ecol Sin, 2018, 38(2): 380–392. DOI: 10.5846/stxb201605281028.
 - [14] 吴娜, 宋晓谕, 康文慧, 等. 不同视角下基于 InVEST 模型的流域生态补偿标准核算: 以渭河甘肃段为例[J]. 生态学报, 2018, 38(7): 2512–2522. WU N, SONG X Y, KANG W H, et al. Standard of payment for ecosystem services in a watershed based on InVEST model under different standpoints: a case study of the Weihe River in Gansu Province[J]. Acta Ecol Sin, 2018, 38(7): 2512–2522. DOI: 10.5846/stxb201704130664.
 - [15] 谭秋成. 关于生态补偿标准和机制[J]. 中国人口·资源与环境, 2009, 19(6): 1–6. TAN Q C. Eco-compensation standard and mechanism[J]. China Popul Resour Environ, 2009, 19(6): 1–6. DOI: 10.3969/j.issn.1002-2104.2009.06.001.
 - [16] 李屹峰, 罗玉珠, 郑华, 等. 青海省三江源自然保护区生态移民补偿标准[J]. 生态学报, 2013, 33(3): 764–770. LI Y F, LUO Y Z, ZHENG H, et al. Standard of payments for ecosystem services in Sanjiangyuan Natural Reserve[J]. Acta Ecol Sin, 2013, 33(3): 764–770. DOI: 10.5846/stxb201205280785.
 - [17] 王昊天, 陈珂, 王玲. 基于机会成本法的退耕还林生态补偿标准: 以辽西北生态脆弱区为例[J]. 沈阳大学学报(社会科学版), 2020, 22(2): 176–181. WANG H T, CHEN K, WANG L. Eco-compensation standard of sloping land conversion program based on opportunity cost method: taking ecological vulnerable region of northwestern Liaoning as an example[J]. J Shenyang Univ (Soc Sci), 2020, 22(2): 176–181. DOI: 10.16103/j.cnki.21-1582/c.2020.02.010.
 - [18] 戴家远, 胡淑恒, 张贝尔, 等. 基于机会成本和生态系统服务价值核算的生态补偿标准研究: 以新安江流域为例[J]. 湖北农业科学, 2021, 60(21): 152–157. DAI J Y, HU S H, ZHANG B E, et al. Study on ecological compensation standard based on opportunity cost and ecosystem service value accounting: a case study of Xin'an River Basin[J]. Hubei Agric Sci, 2021, 60(21): 152–157. DOI: 10.14088/j.cnki.issn.0439-8114.2021.21.033.
 - [19] 姚鸿文, 陶吉兴, 杜群, 等. 浙江省森林生态服务功能评估与分析[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2012, 36(4): 13–17. YAO H W, TAO J X, DU Q, et al. Evaluation and analysis of forest ecosystem services in Zhejiang Province[J]. J Nanjing For Univ (Nat Sci Ed), 2012, 36(4): 13–17. DOI: 10.3969/j.issn.1000-2006.2012.04.003.
 - [20] 国家林业和草原局. 森林生态系统服务功能评估规范: GB/T 38582—2020[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
 - [21] 浙江省发展和改革委员会. 生态系统生产总值(GEP)核算技术规范—陆域生态系统: DB33/T 2274—2020[S]. 杭州: 浙江省市场监督管理局, 2020.
 - [22] 李少宁. 江西省鄱大岗山森林生态系统服务功能研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2007. LI S N. Study on forest ecosystem services in Jiangxi Province and Dagangshan[D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry, 2007.
 - [23] 刘玉莉, 江洪, 周国模, 等. 安吉毛竹林水汽通量变化特征及其与环境因子的关系[J]. 生态学报, 2014, 34(17): 4900–4909. LIU Y L, JIANG H, ZHOU G M, et al. Water vapor flux variation characteristic and the relationship with its environment factors in *Phyllostachys edulis* forest in Anji[J]. Acta Ecol Sin, 2014, 34(17): 4900–4909. DOI: 10.5846/stxb201301050025.
 - [24] 唐小燕. 钱江源典型森林类型地表径流和土壤侵蚀特征研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2012. TANG X Y. Characteristics of runoff and soil erosion of typical forest types in the source of Qiantang River [D]. Hangzhou: Zhejiang A & F University, 2012.
 - [25] 袁位高, 江波, 葛永金, 等. 浙江省重点公益林生物量模型研究[J]. 浙江林业科技, 2009, 29(2): 1–5. YUAN W G, JIANG B, GE Y J, et al. Study on biomass model of key ecological forest in Zhejiang Province[J]. J Zhejiang For Sci Technol, 2009, 29(2): 1–5. DOI: 10.3969/j.issn.1001-3776.2009.02.001.
 - [26] 浙江省林业科学研究院. 浙江省公益林建设与效益评价技术报告[R]. 杭州: 浙江省林业科学研究院, 2021. Zhejiang Academy of Forestry Sciences. Technical report on the construction and benefit evaluation of public welfare forests in Zhejiang Province[R]. Hangzhou: Zhejiang Academy of Forestry Science, 2021.
 - [27] 国家发展和改革委员会, 国家统计局. 生态产品总值核算规范[M]. 北京: 人民出版社, 2023. National Development and Reform Commission, National Bureau of Statistics. Technical specification for gross ecosystem product accounting [M]. Beijing: People's Publishing House, 2023.
 - [28] 陶吉兴, 杜群, 李碧勇. 浙江森林碳汇功能监测[M]. 北京: 中国林业出版社, 2014. TAO J X, DU Q, LI B Y. The forest carbon sequestration function monitoring in Zhejiang[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2014.
 - [29] 国家林业局. 森林生态系统服务功能评估规范: LY/T 1721—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008. National Forestry Administration. Specifications for assessment of forest ecosystem services in China: LY/T 1721—2008. [S]. Beijing: Standards Press of China, 2008.

(责任编辑 孟苗婧 郑琰燚)