

森林生态补偿标准体系研究

吴 强, 张合平

(中南林业科技大学, 湖南 长沙 410004)

摘 要: 构建科学的生态补偿标准体系, 能够实现以生态补偿带动精准扶贫, 将生态环境退化与经济贫困恶化的困局兼而治之。目前, 对森林补偿标准的研究主要集中在局地层面, 国家尺度补偿标准体系研究尚不多见。将经济水平、营林成本、生态区位和林分质量等因素引入补偿标准模型, 应用森林长期定位观测数据和31省森林经营成本等基础数据, 构建效益法和成本法的补偿标准区间体系, 结合皮尔(R.Pearl)生长曲线模型和经济发展阶段设计我国适度补偿标准体系。结果表明: 效益法补偿标准均值是1 605.90元/(hm²·a), 成本法补偿标准均值是615.15元/(hm²·a), 各地适度补偿标准的均值为783.60元/(hm²·a); 效益法和成本法分别能够解释实际补偿标准变异的38.5%和41.4%; 补偿标准区间和适度补偿标准体系的构建能够响应多种异质性要素, 有利于实现森林生态补偿制度的激励相容。

关键词: 森林生态; 服务功能价值; 生态补偿; 补偿标准

中图分类号: S718.56; F316.20

文献标志码: A

文章编号: 1673-923X(2017)09-0099-05

Study on forest ecological compensation standard system

WU Qiang, ZHANG Heping

(Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, Hunan, China)

Abstract: Exploring scientific eco-compensation standard system can promote alleviating poverty precisely and conquer ecological degradation and deterioration of economic poverty trap meanwhile. At present, research findings on forest compensation standards mainly focus on the local level, however, the National Standard System are rarely concerned on. We introduce economic level, managing cost, ecological location and forest quality into the compensation standard model, and then apply long-term forest observation data, operating costs and Pearl growth curve model to establish compensation standard system. It turned out that the average annual compensation standard of benefit method is 1 605.90 CNY/hm²·yearly; the average annual compensation standard of cost method is 615.15 CNY/hm²·yearly; the moderate compensation standard is 783.60 CNY/hm²·yearly. Benefit method and cost method can explain the variation of actual compensation standard 38.5% and 41.4% respectively. Compensation standard system can respond to a variety of heterogeneous elements, which can promote implementing the incentive compatibility of forest ecological compensation system.

Keywords: forest ecology; service function value; ecological compensation; compensation standard

森林生态补偿机制是当前生态学和经济学研究的热点和前沿问题^[1], 生态补偿标准作为生态补偿制度建立的核心^[2-3], 受到广泛关注和研究。补偿标准的确定应体现补偿的本质特征, 应真正体现对林农经济损失的补偿, 才能达到激励的效果^[4]。目前, 国家森林补偿标准较低, 远不足以弥补林农的经济损失^[5-6]。部分地区由于公益林补偿标准与商品林地租金差距过大, 林农提出退出公益林的申请^[7]。2016年5月, 国务院办公厅印发《关于健全生态保护补偿机制的意见》中指出, 要不断

探索建立多元化生态保护补偿机制, 逐步扩大补偿范围, 合理提高补偿标准^[8]。森林补偿标准的制定可以根据区域生态的重要性和脆弱性, 综合考虑地域、林种、树种、森林质量和社会经济发展水平等指标确定公益林生态补偿标准^[5, 9-11]。补偿标准确定的主要依据应该是生态服务功能价值^[12]和机会成本^[13-17]。由于机会成本存在测算困难、供方道德风险和交易成本高等问题^[17], 不宜直接作为确定补偿标准的依据^[15], 常以经营成本与地租之和作为替代^[18-21]。森林生态系统服务价值是生态

收稿日期: 2016-10-27

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项“南方几种森林类型公益林经营技术研究”(201204512)

作者简介: 吴 强, 博士研究生

通讯作者: 张合平, 教授, 博士生导师; E-mail: hepzhang@sina.com

引文格式: 吴 强, 张合平. 森林生态补偿标准体系研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2017, 37(9): 99-103, 117.

补偿的理论基础^[2,22], 主流的评价技术包括市场价格法、替代成本法、支付意愿法等方法。支付意愿法在国际上得到广泛使用; 国内广泛采用的是国家林业局颁布的《森林生态系统服务功能评估规范》(以下简称“规范”)。“规范”解决了价值评估中因选取指标、价格参数、评估方法等不统一造成的评估误差^[23], 具有全面性和可操作性等优点, 但在应用过程中仍存在一些问題。第一, 测算结果是对森林生态功能的货币度量, 数值往往较大, 远高于利益相关者的支付能力和受偿意愿^[24], 难以应用。第二, 评价方法忽视经济发展水平的影响, 忽视不同地区经营者造林、管护等成本的不同^[5], 导致欠发达地区的理论补偿标准等于甚至高于发达地区, 与补偿实际脱节。第三, 忽视生态区位和林分质量等异质性因素对补偿标准的影响, 难以体现不同生态区位的重要性差别^[6]。

文章构建了基于服务功能价值(效益法)和经营成本(成本法)的补偿标准测算体系, 在效益法测算过程中引入经济水平、营林成本、生态区位和林分质量等要素作为调整因子, 作为补偿区间上限; 运用回归分析法建立成本法补偿标准的一般方程, 作为补偿标准区间下限; 并结合皮尔(R.Pearl)生长曲线模型和经济发展阶段, 设计各省市的适度补偿标准。为提高森林生态补偿效率, 健全国家和地方公益林补偿标准动态调整机制, 完善以政府购买服务为主的公益林管护机制提供科学依据。

1 补偿标准体系方法的构建

1.1 效益法评估模型

森林参与成本主要包括造林成本、管理成本、护林成本、地租等方面, 对不同省份主要森林类型营林成本和地租进行了调研和统计^[25], 调整系数 F_1 按照各省实际成本与全国平均成本比值计算; 经济密度是单位面积土地上的经济发展水平和经济集中程度^[26], 可以表征地区经济发展水平, 既可以反映该地区补偿主体的承受能力, 又可以反映补偿对象一定程度上的心理预期^[25], 选用GDP/土地面积作为经济密度系数 F_2 ; 不同林分以及不同生态区位的森林生态服务功能价值存在很大的差异^[27], 按照《国家级公益林区划界定办法》(林资发[2009]214号)所规定的分级标准, 并运用专家打分法来确定森林生态区位调整系数 F_3 ; 森林质量是既维持自身稳定性, 又提供给人类生产生活以及精神生活等社会活动的所有服务效能的总

和^[28], 与服务功能价值具有正向关系^[29], 结合全国生态公益林建设标准(GB/T 18337.1—2001)的基础上, 运用专家打分法确定不同地区森林质量水平, 作为质量调整系数 F_4 。各要素在补偿标准中的重要程度不同, 运用专家咨询法和古林法确定各个因子的权重(见表1)。

表1 权重系数[†]
Table 1 Weighting coefficient

系数	R_k	K_k	W_k
营林成本系数 F_1	5	40	0.784 3
经济密度系数 F_2	4	8	0.156 9
生态区位系数 F_3	2	2	0.039 2
质量系数 F_4	-	1	0.019 6

[†] R_k 表示不同系数的重要度; K_k 表示标准化后的重要度。

植被和土壤碳储量、生物多样性是存量概念, 涵养水源和固土保肥属于生态学视角的功能价值, 假设每年等额变化, 以20 a为经营考察期^[21,25], 将营林成本、经济密度、生态区位、林分质量几个要素引入森林补偿标准测算模型, 得到算式(1):

$$S_{ej} = \left(\sum_{k=1}^4 W_k F_k \right) \times (U_{ij}/t) \quad (1)$$

式中: S_{ej} 表示森林补偿标准; U_{ij} 表示单位面积森林服务功能价值; t 为经营考察期; F_k 表示调整系数, $k=1, \dots, 4$; W_k 表示调整系数的权重; R_k 表示不同系数的重要度; K_k 表示标准化后的重要度。

1.2 成本法评估模型

为了探索不同森林类型的经营成本及其决定因素, 以20年为经营周期计算^[25], 构建森林经营成本模型如下:

$$T_i = C_i + a_i X_i + b_j X_j + \varepsilon_i \quad (2)$$

式中: T_i ($i=1,2,3$)表示不同森林类型的经营成本; X_i ($i=1, 2, 3$)表示人均GDP; X_j ($j=1, 2, 3$)表示经济密度; C_i 、 a_i 、 b_i ($i=1, 2, 3$)是待估参数; R^2 和 \overline{R}^2 表示可决系数和调整可决系数。基础数据引自杨洪国^[29]的调查, 运用SPSS22.0进行回归分析, 得到运算结果见表2。

表2 不同森林类型经营成本回归分析结果
Table 2 Regression analysis results of operating costs of different forest types

森林类型	C_i	a_i	b_i	R^2	\overline{R}^2
针叶林	400.800 (0.003)	1.067 (0.000)	0.089 (0.000)	0.788	0.772
阔叶林	361.712 (0.008)	1.272 (0.000)	0.071 (0.003)	0.770	0.753
混交林	349.769 (0.008)	1.234 (0.000)	0.079 (0.001)	0.803	0.788

由表 2 可知, 待估参数 C_i 、 a_i 和 b_i 大于 0, 且高度显著 ($p < 0.01$), 表明: ①未考虑人均 GDP (X_i) 和经济密度 (X_j) 的情况下森林经营成本 (T_i) 大于 0; ②人均 GDP (X_i) 和经济密度 (X_j) 均与经营成本 (T_i) 正相关, 与森林经营实际相一致。调整可决系数 (\bar{R}^2) 大于 0.75, 表明人均 GDP (X_i) 和经济密度 (X_j) 能够解释森林经营成本 (T_i) 75% 以上的变异, 模型具有较强的解释能力。

2 数据来源与调整系数

2.1 数据来源

本研究数据来源于: (1) 中国森林生态系统

定位研究网络 (CFERN) 所属的森林生态站的长期定位观测数据, 基本覆盖了中国主要的地带性植被分布区^[30]; (2) 国家林业局第七次森林资源清查数据; (3) 我国统计局、物价局等权威机构公布的社会公共数据等; (4) 各省的营林成本和地租进行了调研和统计^[25]。

2.2 调整系数

综合调整系数 (见表 3) 排名前三的依次是上海、北京、天津 3 个直辖市, 浙江、江苏、广东和山东依次位居第四至第七, 排在后五位的依次是黑龙江、宁夏、内蒙古、贵州和海南, 排名与当年各省市人均 GDP 排名相关度为 0.611, 且高度显著。

表 3 调整系数
Table 3 Adjusted coefficient

行政区	营林成本 F_1	经济密度 F_2	生态区位 F_3	林分质量 F_4	综合调整系数	行政区	营林成本 F_1	经济密度 F_2	生态区位 F_3	林分质量 F_4	综合调整系数
北京	1.91	1.26	1.45	0.437	1.759 9	湖北	0.88	0.96	1.75	0.523	0.920 9
天津	1.67	1.26	1.77	0.280	1.581 1	湖南	0.88	0.96	1.71	0.566	0.917 7
河北	0.88	1.00	1.50	0.389	0.914 8	广东	1.46	1.08	1.19	0.549	1.369 5
山西	0.92	0.96	1.59	0.401	0.945 0	广西	0.74	0.96	1.19	0.592	0.791 9
内蒙古	0.70	0.92	1.52	0.433	0.757 4	海南	0.70	0.96	1.19	0.641	0.756 2
辽宁	0.77	1.00	1.20	0.459	0.817 0	重庆	0.93	0.96	1.74	0.608	0.960 0
吉林	0.77	0.96	1.19	0.552	0.812 2	四川	0.93	0.96	1.74	0.634	0.959 2
黑龙江	0.73	0.92	1.19	0.577	0.774 7	贵州	0.68	0.92	1.75	0.590	0.756 4
上海	2.20	1.36	1.63	0.554	2.009 8	云南	0.73	0.92	1.71	0.568	0.793 7
江苏	1.47	1.08	1.59	0.386	1.389 8	西藏	0.67	0.92	2.65	0.610	0.783 0
浙江	1.69	1.08	1.32	0.617	1.558 6	陕西	0.72	0.96	1.60	0.403	0.784 5
安徽	1.05	0.96	1.39	0.462	1.033 8	甘肃	0.75	0.92	1.84	0.332	0.810 0
福建	0.93	1.00	1.18	0.694	0.946 1	青海	0.75	0.92	2.28	0.389	0.827 0
江西	0.89	0.96	1.18	0.660	0.905 4	宁夏	0.69	0.92	1.86	0.200	0.758 6
山东	1.34	1.08	1.47	0.361	1.281 1	新疆	0.73	0.92	2.22	0.382	0.810 3
河南	0.89	1.00	1.37	0.404	0.915 3						

3 结果与分析

3.1 计算结果

测算涵养水源、固碳释氧和保育土壤等 5 种单位面积服务功能价值, 引入综合调整系数后得到效益法补偿标准; 以各省 2009 年人均 GDP 和经济密度作自变量, 计算得到成本法补偿标准, 各省森林实际补偿标准通过电话访谈和网站数据得到。

由表 4 可知, 我国森林年度单位功能价值的均值是 1 591.50 元 / (hm²·a), 按大小排名, 位居前六的依次是江西、广西、广东、海南、四

川和江苏, 排在最后六位的分别是贵州、北京、陕西、青海、天津和新疆。实际补偿标准的均值是 323.35 元 / (hm²·a), 按大小排名前六位依次是北京、浙江、江西、广东、福建和海南, 排在最后六位的分别是甘肃、宁夏、西藏、贵州、青海和新疆。增加调整因子后, 效益法补偿标准的均值为 1 605.90 元 / (hm²·a), 与年度单位功能价值整体具有一致性, 按大小排名, 位居前六的依次是广东、浙江、江苏、上海、江西和山东, 排在最后六位的分别是西藏、内蒙古、贵州、陕西、青海和新疆。成本法补偿标准的均值是 615.15 元 / (hm²·a), 位居前六的分别是上海、北京、天津、江苏和浙江, 排在最后的是广西、西藏、云南、甘肃和贵州。

表4 补偿标准测算结果
Table 4 Calculation results of compensation standard

(元/hm²·a)

行政区	功能价值	实际额度	效益法	成本法	行政区	功能价值	实际额度	效益法	成本法
北京	1 057.35	600.00	1 860.90	1 248.75	湖北	1 599.15	191.25	1 472.55	495.75
天津	902.70	225.00	1 427.40	1 132.65	湖南	1 570.95	255.00	1 441.65	469.35
河北	1 455.60	150.00	1 331.55	540.00	广东	2 376.60	390.00	3 254.70	739.35
山西	1 290.15	150.00	1 219.20	487.20	广西	2 408.85	225.00	1 907.55	431.70
内蒙古	1 308.30	225.00	990.90	570.30	海南	2 266.80	300.00	1 714.20	458.25
辽宁	1 594.95	150.00	1 303.05	616.65	重庆	1 562.40	225.00	1 500.00	480.30
吉林	1 608.30	150.00	1 306.20	510.60	四川	2 168.70	225.00	2 080.20	432.75
黑龙江	1 949.40	150.00	1 510.20	482.55	贵州	1 282.95	150.00	970.50	369.30
上海	1 379.10	3 000.00	2 771.85	2 277.75	云南	1 969.65	225.00	1 563.30	399.90
江苏	2 016.00	225.00	2 801.85	822.15	西藏	1 284.15	150.00	1 005.45	402.15
浙江	1 974.90	450.00	3 078.00	788.55	陕西	1 045.35	225.00	820.05	463.50
安徽	1 626.90	225.00	1 681.95	451.05	甘肃	1 436.70	150.00	1 163.85	390.75
福建	1 884.60	330.00	1 783.05	605.55	青海	912.30	150.00	754.50	434.25
江西	2 419.35	307.50	2 190.45	434.55	宁夏	1 335.60	150.00	1 013.10	451.65
山东	1 623.75	300.00	2 080.20	701.55	新疆	663.15	150.00	537.45	457.20
河南	1 363.80	225.00	1 248.15	523.65	全国	1 591.50	323.35	1 605.90	615.15

成本法主要反映了经济发展水平, 效益法既体现经济水平; 又体现生态区位和林分质量等因素。

3.2 结果分析

3.2.1 参数估计

分别以年度单位面积服务功能价值、效益法补偿标准、成本法补偿标准为自变量, 以实际补偿标准为因变量进行回归分析, 结果见表5。

表5 线性回归结果[†]
Table 5 Linear regression results

方程	C_i	a_i	F	R^2	$\overline{R^2}$
$Y_1=C_1+a_1X_1+e_1$	9.372 (0.048)	0.058 (0.168)	2.005 (0.168)	0.067	0.033
$Y_2=C_2+a_2X_2+e_2$	4.747 (0.085)	0.103 (0.000)	19.127 (0.000)	0.406	0.385
$Y_3=C_3+a_3X_3+e_3$	3.140 (0.279)	0.332 (0.000)	21.502 (0.000)	0.434	0.414

[†] 式中: Y 表示实际补偿标准; X_1 、 X_2 、 X_3 分别表示年度单位面积服务功能价值、效益法补偿标准和成本法补偿标准; a_1 、 a_2 、 a_3 、 C_1 、 C_2 、 C_3 是待估参数。

表5表明, 年度单位面积服务功能价值与实际补偿标准之间的相关系数为0.058, 概值0.168 > 0.05, 方程线性关系不显著; 可决系数 $\overline{R^2}$ 为0.033, 自变量能够解释因变量变异的3.3%, 调整前单位数据与实际补偿标准吻合度低, 对现实解释能力有限。增加调整因子后, 效益法补偿标准与实际补偿标准的相关系数为0.103, 概值0.000 < 0.05, 显著异于零; F 概值0.000 < 0.01, 线性关系显著; 可决系数 $\overline{R^2}$ 为0.385, 效益法补偿标

准能够解释实际补偿标准变异的38.5%, 较调整前解释能力明显增强。成本法补偿标准与实际补偿标准的相关系数为0.332, 概值0.000 < 0.05, 显著异于零; 可决系数 $\overline{R^2}$ 为0.414, 与效益法补偿标准解释能力接近。

3.2.2 补偿标准测算

以全国森林功能价值和经营成本为基础, 分别测算出效益法和成本法的理论补偿标准, 并构建效益法和成本法的全国补偿标准体系。可以将效益法补偿标准作为补偿区间上限, 成本法补偿标准作为补偿区间下限, 在具体标准的确定上, 可以结合皮尔(R.Pearl)生长曲线模型和经济发展阶段^[3,21,31]计算得到适度补偿标准, 计算公式见式(3)。

$$Y_i=Y_v+(Y_u-Y_v)\times i \quad (3)$$

式中: Y_i 表示合理补偿额度; Y_u 表示效益法补偿标准; Y_v 表示成本法补偿标准; i 表示补偿系数; 补偿系数取0.170^[3]。各省适度补偿标准测算结果见表6。

4 结论与讨论

各省适度补偿标准均值是783.60元/(hm²·a), 排名靠前的是上海、北京、天津、浙江和广东, 靠后的是甘肃、西藏、青海、贵州和新疆, 与各地经济发展水平相一致。湖北省适度补偿标准为661.80元/(hm²·a), 与张家来^[32]的计算结果682.80元/(hm²·a)接近; 广东省和辽宁省分别是1 167.00元/(hm²·a)和733.35元/(hm²·a), 比牛

表 6 适度补偿标准
Table 6 Appropriate compensation standard results

(元/hm²·a)

行政区	适度补偿标准	行政区	适度补偿标准	行政区	适度补偿标准	行政区	适度补偿标准
北京	1 352.85	上海	2 361.75	湖北	661.80	云南	597.75
天津	1 182.75	江苏	1 158.75	湖南	634.65	西藏	504.75
河北	674.55	浙江	1 177.80	广东	1 167.00	陕西	524.10
山西	611.70	安徽	660.30	广西	682.65	甘肃	522.15
内蒙古	641.85	福建	805.80	海南	671.70	青海	488.70
辽宁	733.35	江西	733.05	重庆	653.70	宁夏	547.05
吉林	645.90	山东	935.85	四川	712.80	新疆	470.85
黑龙江	657.30	河南	646.80	贵州	471.45		

香^[31]的主导功能生态效益法 663.00 元/(hm²·a) 和 225.30 元/(hm²·a) 要高; 海南省 671.70 元/(hm²·a) 比李芬^[3]的主导森林生态系统服务价值法 946.95 元 hm²·a 要低; 湖南省 634.65 元/(hm²·a) 比陈臻^[33]的补偿系数模型法 219.90 元/(hm²·a) 要高。

由于测算依据、考察周期和计算基期等的不同, 结论之间有一定差异。与其他研究结果相比具有以下优点: ①补偿标准体系比较完整, 能够为中央森林生态效益补偿制度和各省补偿标准的制定提供理论依据; ②效益法和成本法的测算结果与实际补偿标准吻合度高, 能够解释实际补偿标准 40% 以上的变异, 解释现实的能力较强; ③适度补偿标准能够体现经济水平、生态区位和林分质量等因素, 且与受偿意愿^[6,34-35]有一致性, 有利于实现补偿制度的激励相容。

参考文献:

[1] 郭丽玲, 欧阳勋志, 郭孝玉, 等. 基于农林视角的赣江源公益林生态补偿满意度评价研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2015,25(11):320-323.

[2] 肖建红, 王敏, 于庆东, 等. 海岛旅游绿色发展生态补偿标准研究——以浙江舟山普陀旅游金三角为例 [J]. 长江流域资源与环境, 2016,25(8):1247-1255.

[3] 李芬, 李文华, 甄霖, 等. 森林生态系统补偿标准的方法探讨——以海南省为例 [J]. 自然资源学报, 2010,25(5):735-745.

[4] 吴萍, 吕东锋, 陈世伟. 集体林权改革后的公益林生态补偿制度的完善 [J]. 江西社会科学, 2012(12):145-149.

[5] 孔凡斌, 陈建成. 完善我国重点公益林生态补偿政策研究 [J]. 北京林业大学学报(社会科学版), 2009, 8(4):32-39.

[6] 王雅敬, 谢炳庚, 李晓青, 等. 公益林保护区生态补偿标准与补偿方式 [J]. 应用生态学报, 2016, 27(6):1893-1900.

[7] 贺根生. 广西: 加大公益林森林生态效益补偿 [N]. 中国科学报, 2013-03-13(2).

[8] 唐丹, 胡卫卫, 田富俊, 等. 福建扶贫开发重点县生态扶贫的问题及其对策 [J]. 中南林业科技大学学报(社会科学版),

2016, 10(4):28-31.

[9] 刘灵芝, 刘冬古, 郭媛媛. 森林生态补偿方式运行实践探讨 [J]. 林业经济问题, 2011,31(4):310-313.

[10] 胡长清, 邹冬生, 宋敏. 湖南省生态公益林补偿现状及机制探讨 [J]. 农业现代化研究, 2013, 34(2): 202-205.

[11] 王清军, 陈兆豪. 中国森林生态效益补偿标准制度研究——基于 10 省地方立法文本的分析 [J]. 林业经济, 2013(2):57-68.

[12] 王娇, 胡丹, 李智勇. 辽宁省森林生态系统服务功能价值研究 [J]. 中南林业科技大学学报, 2016, 36(9):96-103.

[13] Engel S, Pagiola S, Wunder S. Designing Payments for Environmental Services in Theory and Practice: An Overview of the Issues[J]. Ecological Economics, 2008, 65(4): 663-674.

[14] Pagiola S, Ramirez E, Gobbi J, et al. Paying for the Environmental Services of Silvopastoral Practices in Nicaragua[J]. Ecological Economics, 2007, 64(2): 374-385.

[15] Munoz-Pina C, Guevara A, Torres J M, et al. Paying for the Hydrological Services of Mexico's Forests: Analysis, Negotiations and Results[J]. Ecological Economics, 2008, 65(4): 725-736.

[16] 李云驹, 许建初, 潘剑君. 松华坝流域生态补偿标准和效率研究 [J]. 资源科学, 2011, 33(12):2370-2375.

[17] 袁伟彦, 周小柯. 生态补偿问题国外研究进展综述 [J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(11):76-82.

[18] 王翊. 生态公益林经营补偿标准测算 [J]. 求索, 2005(5):10-12.

[19] 李坦. 基于收益与成本理论的森林生态系统服务价值补偿比较研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2013.

[20] 施海智. 基于成本法的宁夏六盘山区森林生态补偿标准研究 [J]. 湖北农业科学, 2015, 54(15): 3806-3809.

[21] 王娇, 李智勇, 胡丹. 辽宁省森林成本补偿标准研究 [J]. 林业经济, 2015(7):108-116.

[22] Costanza R, D'ARCE R, DE GROOT R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997, 387: 253-260.

[23] 韦惠兰, 祁应军. 森林生态系统服务功能价值评估与分析 [J]. 北京林业大学学报, 2016, 38(2): 74-82.

(下转第 117 页)

- [13] 国家林业局造林绿化管理司. 森林经营项目碳汇计量监测指南 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2014:1-49.
- [14] 孟晓清, 刘琪璟, 陶立超, 等. 大兴安岭地区南北部幼中龄林碳储量研究 [J]. 中南林业科技大学学报, 2014, 34(6):37-43.
- [15] 孙 瑜, 史明昌, 彭 欢, 等. 基于 MAXENT 模型的黑龙江大兴安岭森林雷击火灾险预测 [J]. 应用生态学报, 2014, 25(4): 1100-1106.
- [16] 蔡文华, 杨 健, 刘志华, 等. 黑龙江省大兴安岭林区火烧迹地森林更新及其影响因子 [J]. 生态学报, 2012, 32(11):3303-3312.
- [17] 韦新良, 郭仁鉴, 赵 斌. 浙江省马尾松天然林生长模型及采伐年龄的确定 [J]. 浙江林学院学报, 2001, 18(4):3-6.
- [18] 国家发展和改革委员会应对气候变化司. 中华人民共和国气候变化第二次国家信息通报 [N]. 北京: 中国经济出版社, 2013.
- [19] 鲍春生, 白 艳, 青 梅, 等. 兴安落叶松天然林生物生产力及碳储量研究 [J]. 内蒙古农业大学学报 (自然科学版), 2010, 31(2): 77-82.
- [20] 罗云建, 张小全, 王效科, 等. 森林生物量的估算方法及其研究进展 [J]. 林业科学, 2009, 45(8):129-134.
- [21] Zhou G S, Wang Y H, Jiang Y L, *et al.* Estimating biomass and net primary production from forest inventory data: a case study of China's Larix forests[J]. *Forest Ecology and Management*, 2002, 169: 149-157.
- [22] Smith J E, Heath L S, Jenkins J S. 2003. Forest volume-to-biomass models and estimates of mass for live and standing dead trees of U. S. forests.[EB/OL].[2005-10-07].<http://www.treesearch.fs.fed.us/pubs/5179>.
- [23] 黄从德, 张 健, 杨万勤, 等. 四川森林植被碳储量的时空变化 [J]. 应用生态学报, 2007, 18(12):2687-2692.
- [24] 孙玉军, 张 俊, 韩爱惠, 等. 兴安落叶松 (*Larix gmelini*) 幼中龄林的生物量与碳汇功能 [J]. 生态学报, 2007, 27(5):1756-1762.
- [25] Thomas K, Christian A, Bernd S, *et al.* Admixing broadleaved to coniferous tree species: a review on yield[J]. *Ecological Stability and Economics*, 2008, 127: 89-101.
- [26] 冯万富, 张学顺, 张玉虎, 等. 暖温带-亚热带过渡区鸡公山不同海拔天然松栎混交林生态系统碳库特征 [J]. 安徽农业大学学报, 2015, 42(3):375-380.
- [27] 周玉荣, 于振良, 赵士洞. 我国主要森林生态系统碳贮量和碳平衡 [J]. 植物生态学报, 2000, 3(5): 518-522.
- [28] 夏成财, 刘忠玲, 王庆成, 等. 16 年生落叶松白桦纯林与混交林林分生长量及生物量对比 [J]. 东北林业大学学报, 2012, 40(10): 1-3.
- [29] 张令峰. 不同混交比例马尾松林生态功能比较研究 [D]. 合肥: 安徽农业大学, 2013.
- [30] 田 晓, 刘苑秋, 魏晓华, 等. 模拟楠木杉木人工混交林不同混交比例对净生产力和碳储量的影响 [J]. 江西农业大学学报, 2014, 36(1):122-130.
- [31] 曹志冬, 王劲峰, 李连发, 等. 地理空间中不同分层抽样方式的效率与优化策略 [J]. 地理科学进展, 2008, 27(5):152-160.
- [32] 颜士鹏. 气候变化视角下森林碳汇法律保障的制度选择 [J]. 中国地质大学学报 (社会科学版), 2011, 12(3):42-48.

[本文编校: 谢荣秀]

(上接第 103 页)

- [24] 李 琪, 温武军, 王兴杰. 构建森林生态补偿机制的关键问题 [J]. 生态学报, 2016, 36(6): 1481-1490.
- [25] 杨洪国. 国家重点生态公益林生态补偿标准调整系数的研究 [D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2010.
- [26] 沈体雁, 劳 昕, 张晓欢. 经济密度: 区域经济研究的新视角 [J]. 现代经济探讨, 2012(6):82-88.
- [27] 李 英, 齐丹坤. 基于生态区位测度的伊春林区森林生态服务功能价值评估 [J]. 林业科学, 2013, 49(8):140-147.
- [28] 武高洁. 县级森林资源质量评价指标体系及评价方法的研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2010.
- [29] 付 晓, 王雪军, 孙玉军, 等. 我国森林生态系统服务功能质量指标体系与评价研究 [J]. 林业资源管理, 2008(2): 32-37.
- [30] 王 兵, 任晓旭, 胡 文. 中国森林生态系统服务功能及其价值评估 [J]. 林业科学, 2011, 47(2): 145-153.
- [31] 牛 香. 森林生态效益分布式测算及其定量化补偿研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2012.
- [32] 张家来, 章建斌, 戴均华, 等. 湖北森林生态资源价值的补偿标准 [J]. 林业科学, 2007, 43(8):127-133.
- [33] 陈 臻, 石程远, 边更战, 等. 生态公益林分级补偿研究——以株洲市为例 [J]. 林业资源管理, 2015(5):44-49.
- [34] 李顺龙, 李 华. 森林生态效益补偿标准影响因素研究 [J]. 现代管理科学, 2015(9):27-29.
- [35] 金珂丞, 王忠诚. 湖南省林业补贴政策实施中存在的问题及对策 [J]. 中南林业科技大学学报 (社会科学版), 2016, 10(5): 39-44.

[本文编校: 谢荣秀]