

DOI: 10.5846/stxb202201260252

张仕超, 刘竞宇, 冉龙池, 张煊贇, 邵景安. 基于提高森林覆盖率目标的跨区县横向生态补偿与供需对接——以重庆市为例. 生态学报, 2023, 43(11): 4651-4663.

Zhang S C, Liu J Y, Ran L C, Zhang X Y, Shao J A. Cross-county horizontal ecological compensation and supply-demand docking to increase forest coverage: A case study of Chongqing. Acta Ecologica Sinica, 2023, 43(11): 4651-4663.

基于提高森林覆盖率目标的跨区县横向生态补偿与供需对接

——以重庆市为例

张仕超^{1,2,*}, 刘竞宇¹, 冉龙池¹, 张煊贇¹, 邵景安^{1,2}

1 重庆师范大学地理与旅游学院 三峡库区地表过程与环境遥感重庆市重点实验室, 重庆 401331

2 重庆市三峡库区地表生态过程野外科学观测研究站, 重庆 401331

摘要: 建立以提高森林覆盖率为目标的横向生态补偿, 使保护发展生态的地区利益得到保障, 绿化空间有限的地区在发展经济的同时也尽到绿化责任, 从而推动各地间生态保护与经济发展的良性互动。以重庆市为例, 考虑不同类型森林资源的数量、质量、造林管护成本差异, 确定森林生态补偿指标价, 同时建立灰色预测 GM(1,1) 模型, 对标十四五规划, 分析 38 个区县 2025 年森林覆盖率预期目标达成率, 探索在全市森林覆盖率达到供需平衡下跨区县横向生态补偿供需对接关系。结果表明: (1) 兼顾森林资源数量、质量和成本下 38 个区县单位面积森林补偿指标价介于 5.69—7.32 万元/hm², 平均为 6.72 万元/hm², 较目前基于成本的统一指导价 3.75 万元/hm², 高出 0.79 倍。(2) 近 10a 森林覆盖率除大渡口区、江北区、九龙坡区、南岸区、长寿区、永川区、潼南区和忠县 8 个区县出现负增长外, 其余 30 个区县呈正增长, 预测到 2025 年达标的区县数量占全市总数的 45%, 其中达成率最高的是沙坪坝区 (117.37%), 最低是江北区 (41.49%)。(3) 依据各区县供需级别、对口帮扶结对关系、区位关系和政府购买意愿四个方面对接了 14 对补偿主体与客体, 需购买森林面积介于 0.13×10⁴—3.82×10⁴ hm², 生态补偿总金额介于 0.91×10⁴—25.20×10⁴ 万元, 平均金额为 8.72×10⁴ 万元。结合不同类型森林数量结构、质量和造林管护成本等多方面构建的生态补偿标准, 有利于提升森林质量、增强森林生态功能, 可为重庆市各区县多途径达成横向生态补偿提供参考和实践借鉴。

关键词: 跨区县; 森林覆盖率; 横向生态补偿; 补偿标准

Cross-county horizontal ecological compensation and supply-demand docking to increase forest coverage: A case study of Chongqing

ZHANG Shichao^{1,2,*}, LIU Jingyu¹, RAN Longchi¹, ZHANG Xuanyun¹, SHAO Jingan^{1,2}

1 Chongqing Key Laboratory of Surface Process and Environment Remote Sensing in the Three Gorges Reservoir Area, College of Geography and Tourism, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China

2 Chongqing Field Observation and Research Station of Surface Ecological Process in the Three Gorges Reservoir Area, Chongqing 401331, China

Abstract: The establishment of horizontally ecological compensation with the goal of increasing the forest coverage rate not only ensures that the interests of regions where the ecological environment is protected and developed can be granted, but also enables the regions with limited green space to fulfill their greening responsibilities while developing the economy, thus promoting the positive interactions between ecologically protected regions and economic development regions. Taking Chongqing as an example, the index price of forest ecological compensation was calculated considering regional differences

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (41971244, 41501104); 重庆市科委自然科学基金面上项目 (cstc2021jcyj-msxmX0696)

收稿日期: 2022-01-26; **网络出版日期:** 2023-02-07

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lintualchao@126.com

in the quantity, quality, and afforestation management cost of different types of forest resources. Meanwhile, the expected goal achievement rate of forest coverage rate in 2025 in 38 districts and counties of Chongqing was analyzed by establishing the Grey Prediction GM (1, 1) model and benchmarking to the 14th Five-Year Plan. Then, the docking relationship between supply and demand of the horizontal ecological compensation at the cross-county level was explored when the forest coverage rate of Chongqing would achieve a balance between supply and demand. The results showed the following. (1) The forest compensation price per unit area in the 38 districts and counties ranged from 56900 yuan to 73200 yuan per hectare, when considering the quantity, quality, and cost of different types of forest resources. This was 0.79 times higher than the current unified guidance price based on cost of 37,500 yuan per hectare, with an average of 67200 yuan per hectare. (2) In the past 10 years, except for eight districts and counties, i.e., Dadukou District, Jiangbei District, Jiulongpo District, Nan'an District, Changshou District, Yongchuan District, Tongnan District, and Zhongxian County, the forest coverage rate of the other 30 districts and counties experienced positive growth. It was predicted that 45% of the districts and counties of Chongqing would reach the standard of forest coverage rate by 2025, of which Shapingba District was the highest (117.37%) and Jiangbei District was the lowest (41.49%). (3) Fourteen pairs of compensation subject and object were matched according to four aspects including supply and demand level, pairing relationship of counterpart assistance, location relationship, and government willingness to purchase of each district and county. Additionally, the forest area to be purchased ranged between 1300 and 38200 hectares, and thus the total amount of ecological compensation ranged between 91 million yuan and 2520 million yuan, with an average of 872 million yuan. Therefore, the ecological compensation standard constructed combining with the quantity structure, quality and afforestation management, and protection cost of different types of forests resources is conducive to improving forest quality and enhancing forest ecological functions, and can also provide a reference for each of the 38 districts and counties in Chongqing to achieve horizontally ecological compensation in multiple ways.

Key Words: cross-county; forest coverage rate; horizontal ecological compensation; compensation standard

森林作为生态系统重要组成部分,对人类生存和社会经济发展具有深远意义。为推进绿色发展,适应新时代生态文明建设要求,国家高度重视森林生态环境保护,将生态补偿作为协调区域生态环境保护和经济发展矛盾的有效手段^[1],致力于生态补偿机制的多样化与市场化。理论上,生态补偿是聚焦森林、草原、湿地、耕地等重要生态环境要素,生态产品或环境服务的消费者向生产者、提供者就不同要素的生态保护成本予以适度的经济补偿,以调动各方参与生态保护积极性,达到保护和可持续利用生态系统服务的目的^[2-5]。实践中,生态补偿更多的是作为一种政府行为,政府作为中间力量促使生态补偿的达成^[6-7]。当前,森林生态系统因兼具经济效益价值^[8]和服务功能价值^[9]而被广泛关注,纷纷建立了省域森林生态补偿机制,对区域、个人等保护森林生态系统的行为进行补偿,实现保护发展生态的地方有了补偿利益得到保障,绿化空间有限的地方在发展经济的同时也尽到绿化责任,以推动各地间生态保护与经济发展的良性互动^[10]。近年来,国内外森林生态补偿研究的侧重点有所不同,国内集中在对概念、理论、科学问题的分析^[11-14],国外则主要对森林生态补偿的现状、有效性^[6,15-16]、影响利益相关者参与生态补偿的因素^[17],以及存在问题^[18]进行探究,对比中国^[4]和其他国家^[16],发现中国森林生态补偿制度存在补偿标准过低^[19]、模式单一^[20]、管理体制法规制度不健全^[21]等问题。其中,补偿标准过低是因主要关注造林管护投入或生态恢复成本或生态效益损失性补偿,而未显化森林生态系统服务多功能性价值。如北京市、浙江省作为经济发达地区公益林生态补偿分别为每年每亩 70 元和 31 元,远高于其他地区,其次是贵州省、四川省和辽宁省公益林生态补偿均为每年每亩 15 元,而黑龙江省为每年每亩 10 元,补助标准差异并不大。为此,有学者提出基于森林生态系统服务功能价值^[7,22-23],探索不同方法逐步完善提升生态补偿的标准。由于不同类型森林资源的生态系统服务价值存在差异^[24-25],故区域森林数量结构会影响生态系统服务价值总量,为此 Deng^[26]等基于不同类型森林生态系统服务价值结

合财务净现值等因素确定生态补偿标准,提出了多样化的支付标准。可见,基于不同类型森林资源的造林管护成本^[27]和生态系统服务多功能价值^[28-29],考虑数量结构和经济区位^[30]等因素,构建科学的生态补偿标准体系^[31],建立完善多元化的森林补偿机制对于精准优化森林结构、提升森林质量、增强生态服务功能至关重要。

重庆地处长江上游和三峡库区腹心地带,推动绿色发展,构建健康的森林生态系统,筑牢长江上游重要生态屏障责任重大,2018—2020 年全市开展了大规模国土绿化提升行动。以此为契机,重庆市首创横向生态补偿机制,这既解决区县土地面积受限无法扩大绿化面积的问题,同时将生态补偿与脱贫攻坚工作相结合,使各区县完成森林覆盖率的约束性指标,实现双赢。根据《重庆市实施横向生态补偿提高森林覆盖率工作方案(试行)》,森林面积指标价格应依据森林所在位置、质量、造林及管护成本协商确认,规定购买森林面积指标的区县需要支付每亩不低于 1000 元的造林费用给出售森林面积指标的区县,还需要支付每年高于 100 元的森林管护费用。这虽然意识到生态补偿标准应考虑森林位置和质量,但实际生态补偿支付仍仅考虑到价值容易定量且价值量较小的造林管护成本,而忽略了区域不同类型森林的数量结构差异、不同类型森林的生态系统服务功能价值和造林成本差异。因此,本研究以重庆市为例,基于 2020 年森林资源二类调查更新数据,考虑 38 个区县不同类型森林资源数量、质量、造林管护成本的差异,确定森林生态补偿指标价,同时基于 38 个区县 2012—2020 年森林资源管理“一张图”等数据,建立灰色预测 GM(1,1)模型,预测 2025 年各区县森林覆盖率,并对标十四五规划 2025 年区县森林覆盖率目标值,分析预期目标达成率,进而探索在全市森林覆盖率达到供需平衡下跨区县横向生态补偿供需对接关系,以期重庆市多途径达成横向生态补偿提供参考和实践借鉴。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

重庆市(105°11′—110°11′E、28°10′—32°13′N)位于中国西南部、长江上游地区,地处青藏高原与长江中下游平原的过渡地带,总面积 8.24 万 km²,辖 38 个区县(图 1)。自 2008 年,重庆市提出打造“森林城市”以

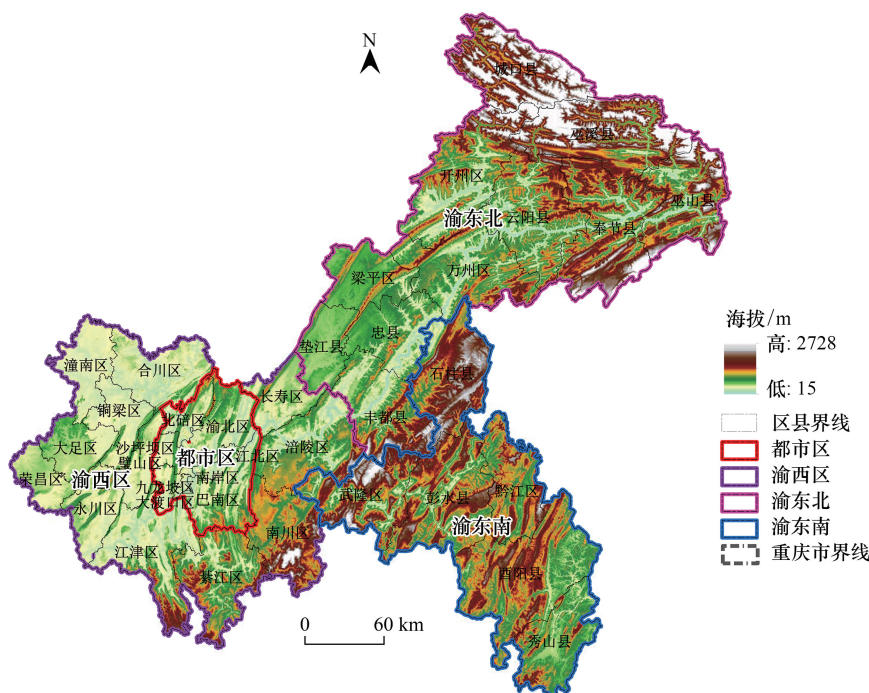


图 1 重庆市行政区划及高程

Fig.1 The administrative districts and digital elevation of Chongqing

来,全市上下一心大面积的退耕还林,扩大森林面积;优选优育,提高林分质量;调整森林结构,加强林业市场化工作,完善制度机制,促进经济发展。2012年重庆市森林覆盖率达42.1%,结合重庆“山水”特色,继续深化成果、加强统筹、争取国家技术资金政策支持,在2015年建成森林城市。2018年,市委办公厅、市政府办公厅发布《重庆市国土绿化提升行动实施方案》,要求结合重庆市实际,全面加强国土绿化工作,大力提升本市森林覆盖率,并首创横向生态补偿机制以提高森林覆盖率。随着国土绿化工作进一步深入,2020年行政区域森林覆盖率达52.5%,较2012年增加10.4%。

1.2 数据来源

本研究数据主要涉及各区县森林资源现状,来源于重庆市森林资源二类调查2020年更新数据;2012—2020年重庆市及38个区县森林覆盖率,来源于重庆市森林资源管理“一张图”和连续清查数据,由重庆市林业局提供;森林覆盖率预期目标数据来源于重庆市各区县国民经济和社会发展的第十四个五年规划和2035年远景目标纲要;造林成本和政府购买意愿等数据来源于社会调查。

2 研究方法

2.1 社会调查

本研究采用集中座谈和电话问卷相结合的方式,面向各区县园林绿化公司负责人及林业局有关专家,于2021年2月针对不同类型森林资源的造林成本、森林面积指标购买意愿两部分内容展开社会调查。一方面根据重庆市主要森林类型,对针叶林、阔叶林、针阔混交林、灌木林、竹林和疏林地6类森林的造林成本向区县60家园林绿化公司的负责人进行电话访问。另一方面,就6类森林的造林成本、购买森林指标的意愿,通过区县林业局有关专家集中座谈进行调查。其中购买意愿调查包括对生态补偿的认知、对接意向、支付意愿等。

2.2 灰色预测GM(1,1)模型

灰色预测模型是将原始信息数据序列通过一定的数学方法处理后,将其转化为动态微分方程来描述原系统的内在特征,建立抽象系统的动态演变预测模型,与其他方法相比,该模型对样本量的要求低,建模所需信息少,是处理小样本预测问题的有效工具。基于该模型,本研究以2012—2020年38个区县森林覆盖率为原始数据,预测2025年各区县森林覆盖率,具体计算方法见文献^[32—33]。

2.3 森林生态补偿标准的确定

生态补偿标准计算,目前主要立足生态系统服务功能价值^[22—23,26,30,34—36],或引入边际效应^[22]、区位因子^[23,30]、财务净现值^[26]、社会经济^[35]、时间^[36]等因素对生态系统服务功能价值进行修正,也有考虑机会成本^[27,37]。显然单方面考虑造林管护成本的生态补偿过低或生态系统服务功能价值的生态补偿过高,一方面不利于森林质量的提升、森林生态功能的增强,另一方面丧失了经济上的可行性和社会上的接受度。同时,因不同类型森林资源的造林成本和生态系统服务价值均存在差异,故也应看到区域不同类型森林数量结构差异会对生态补偿标准的测算结果产生重要影响。为此,本文拟综合考虑区县不同类型森林资源的数量结构、服务功能、造林管护成本的差异,确定单位面积森林生态补偿指标价。即首先基于调研数据等确定出不同类型森林单位面积的平均造林管护成本,其次参考前人研究成果确定不同类型森林7项主要生态系统服务功能价值,并以此引入森林生态系统服务功能价值比系数对不同类型森林造林管护成本进行修正,最后基于森林资源二类调查数据获取各区县不同类型森林占比,通过面积加权法,确定38个区县单位面积森林生态补偿金额。

2.3.1 不同类型森林造林管护成本

基于各区县不同类型森林单位面积造林成本的调查数据,取其平均值作为每类森林的造林成本(S_j)。从表1可知,不同类型森林单位面积造林成本存在一定细微差异,其中,针叶林的造林成本介于1.40—1.63万元/hm²,均值为1.58万元/hm²;阔叶林的造林成本介于1.38—1.63万元/hm²,均值为1.60万元/hm²;针阔混交林的造林成本介于1.55—1.65万元/hm²,均值为1.62万元/hm²;灌木林的造林成本介于1.50—1.56万元/

hm^2 , 均值为 1.51 万元/ hm^2 ; 竹林的造林成本介于 1.43—1.57 万元/ hm^2 , 平均造林成本为 1.53 万元/ hm^2 ; 疏林地的造林成本介于 1.27—1.53 万元/ hm^2 , 均值为 1.48 万元/ hm^2 。单位面积森林管护成本 (T_j), 考虑到不同类型森林管护成本差异非常小, 则依据已签订横向生态补偿提高森林覆盖率协议的区县确定为 0.15 万元 $\text{hm}^{-2} \text{a}^{-1}$ 。

表 1 单位面积不同类型森林的造林成本

Table 1 Afforestation costs per unit area of different types of forests

森林类型 Forest types	针叶林 Coniferous forest	阔叶林 Broad-leaved forest	针阔混交林 Coniferous and broad-leaved mixed forest	灌木林 Shrubbery	竹林 Bamboo forest	疏林地 Open woodland
造林成本/(万元/ hm^2) Afforestation cost	1.58	1.60	1.62	1.51	1.53	1.48

2.3.2 不同类型森林生态系统服务功能价值

森林生态系统包括支持服务、调节服务、供给服务和文化服务 4 类服务, 涉及保育土壤、林木养分固持、涵养水源、固碳释氧、净化大气环境、森林防护、生物多样性、林木产品供给、森林康养, 共 9 类服务功能。参照学者对重庆市森林生态系统服务功能价值评估^[38—40], 选取保育土壤、林木养分固持、涵养水源、固碳释氧、净化大气环境、生物多样性、森林康养 7 类服务功能, 分森林类型对针叶林、阔叶林、针阔混交林、灌木林、竹林和疏林地 6 类森林生态系统服务功能价值进行评估。由表 2 可知, 不同类型森林生态系统服务功能价值存在差异, 为提升整体的森林质量、增强生态系统服务功能, 同等条件下针对生态系统服务功能价值相对较高的森林类型, 理论上购买方应相应支付更高的生态补偿金额。因此, 拟通过生态系统服务功能价值比系数 α_j , 即以 6 类森林中生态系统服务功能价值最低的一类森林类型为基准, 将每类森林类型的单位面积生态系统服务功能价值 U_j 除以最低一类森林生态系统服务功能价值 $\min(U_j)$, 作为修正系数 α_j , 进而对 6 类型森林的造林管护成本进行修正。

表 2 单位面积不同类型森林生态系统服务价值及修正系数

Table 2 The ecosystem service value per unit area of different types of forest and correction coefficient

生态系统服务功能 Ecosystem service functions	单位面积森林生态系统服务价值/(万元 $\text{hm}^{-2} \text{a}^{-1}$) Ecosystem service value per unit area of forest					
	针叶林 Coniferous forest	阔叶林 Broad-leaved forest	针阔混交林 Coniferous and broad-leaved mixed forest	灌木林 Shrubbery	竹林 Bamboo forest	疏林地 Open woodland
保育土壤 Soil conservation	0.52	0.42	0.56	0.41	0.41	0.52
林木养分固持 Forest nutrient retention	0.41	0.54	0.45	0.05	0.34	0.23
涵养水源 Water storage	1.43	1.51	1.67	1.87	0.98	0.73
固碳释氧 Carbon fixation and oxygen release	1.20	1.25	0.92	0.96	0.88	0.53
净化大气环境 Air quality purifying	0.02	0.04	0.07	0.02	0.01	0.02
生物多样性 Biodiversity	1.00	1.00	0.50	0.30	0.20	0.20
森林康养 Forest health care	0.27	0.30	0.35	0.30	0.22	0.16
合计 Total	4.85	5.06	4.52	3.91	3.03	2.40
生态系统服务功能价值比系数 α_j Ecosystem service functions value ratio α_j	2.02	2.11	1.88	1.63	1.26	1.00

$$U_j = \sum_{i=1}^n U_{ji} \quad (1)$$

式中, U_j 表示第 j 类森林生态系统服务功能价值, $j=1,2,3,4,5,6$; U_{ji} 为第 j 类森林类型的第 i 种生态系统服务功能价值, $i=1,2,3,4,5,6,7$ 。

$$\alpha_j = \frac{U_j}{\min(U_j)} = \frac{\sum_{i=1}^n U_{ji}}{\min(\sum_{i=1}^n U_{ji})} \quad (2)$$

式中, α_j 为第 j 类森林的造林管护成本修正系数。

2.3.3 单位面积森林生态补偿金额

由于自然禀赋差异和利用条件配置差异, 38 个区县不同类型森林数量结构亦不同。为此, 在生态系统服务功能价值比系数 α_j 修正造林管护成本的基础上, 同时考虑各区县不同类型森林面积占比 k_{pj} 的二次影响, 通过面积加权法, 测算得出各区县单位面积森林生态补偿金额 V_p 。

$$V_p = \sum (S_j + 15 \times T_j) \times k_{pj} \times \alpha_j \quad (3)$$

式中, V_p 表示区县单位面积森林生态补偿金额 (万元/hm²); p 代表不同区县; S_j 为第 j 类森林类型单位面积造林成本; T_j 为第 j 类森林类型单位面积森林管护成本, k_{pj} 表示第 j 类森林类型面积占 p 区县森林总面积的比重; 15 为协议年限, 依据已签订横向生态补偿提高森林覆盖率协议区县设定的年限而确定。

3 结果与分析

3.1 单位面积森林生态补偿指标价

由图 2 可知, 重庆市 38 个区县森林数量结构存在一定差异。除永川区、大足区、荣昌区和璧山区 4 个区的针叶林、阔叶林和针阔混交林三类森林面积所占比重之和低于总面积的 50% 外, 其余 34 个区县三类森林面积比重之和均大于 50%。其中永川区、大足区和荣昌区森林以竹林为主, 面积超过总面积的 35%, 璧山区以针叶林和灌木林为主。结合不同类型森林造林成本, 各区县单位面积森林的造林成本如图 3, 其介于 1.25—1.57 万元/hm², 平均值为 1.46 万元/hm²。其中成本最高的是石柱县, 成本最低的是南岸区, 这是因为造林成本相对较高的针叶林和针阔混交林两类森林的面积石柱县已超过总面积的 70%, 而南岸区虽以针叶林和阔叶林为主但所占比重均低于 33%。

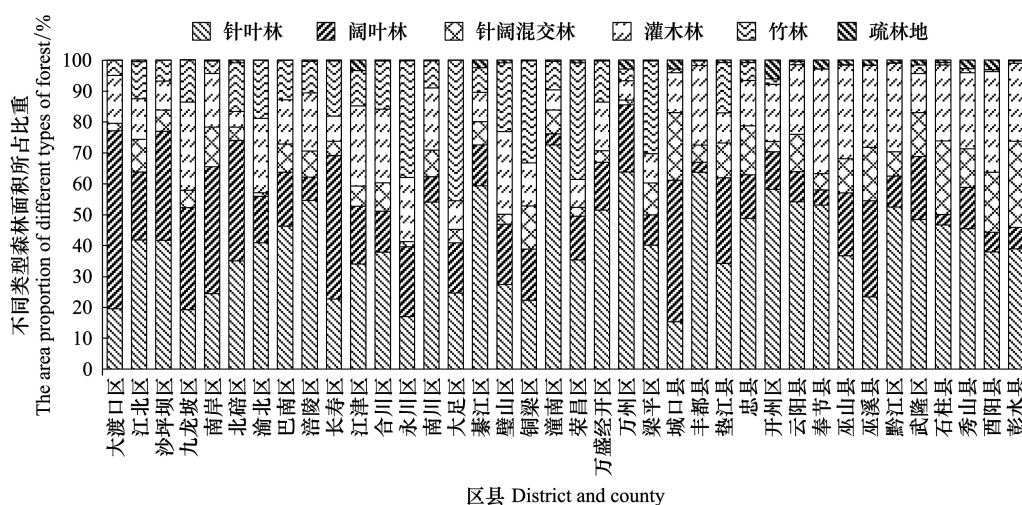


图 2 各区县不同类型森林面积占比

Fig.2 The area proportion of different types of forest in each district and county

图中石柱土家族苗族自治县、彭水土家族苗族自治县、酉阳土家族苗族自治县、秀山土家族苗族自治县分别简称为石柱县、彭水县、酉阳县、秀山县

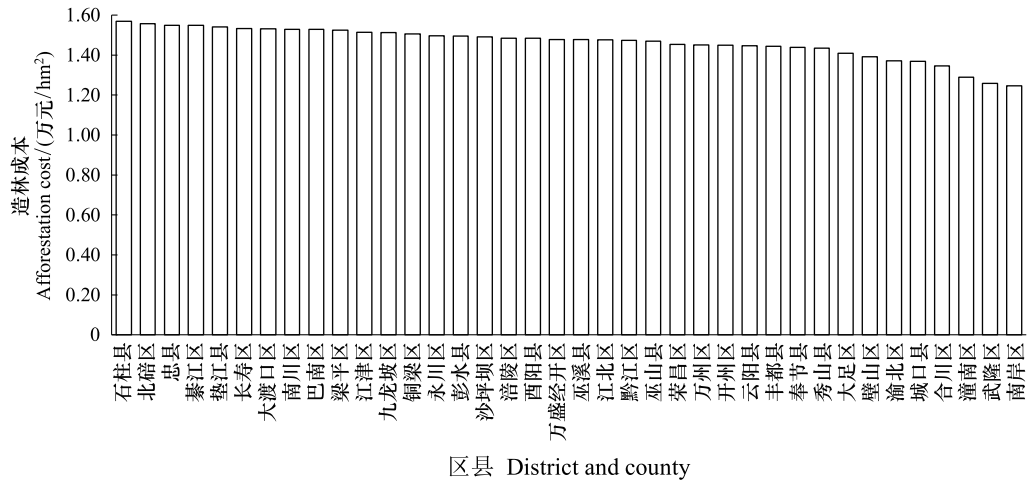


图3 各区县单位面积森林的造林成本

Fig.3 Afforestation cost per unit area of forest in each district and county

重庆市 38 个区县单位面积森林的生态补偿指标价见表 3,其介于 5.69—7.32 万元/hm²,平均值为 6.72 万元/hm²,超过均值的区县有 19 个,占 50%。其中排前 5 位的依次是大渡口区、北碚区、石柱县、忠县和綦江区,分别为 7.32 万元/hm²、7.19 万元/hm²、7.18 万元/hm²、7.16 万元/hm²、7.16 万元/hm²。这是因为大渡口区、北碚区、綦江区针叶林和阔叶林两类森林面积大,占比之和均大于 70%,而石柱县和忠县针叶林、阔叶林、针阔混交林面积占比之和也超过 70%,这三类森林无论是造林成本还是生态系统服务功能价值均较其他森林类型高。生态补偿指标价排后 5 位的分别是璧山区(5.97 万元/hm²)、合川区(5.93 万元/hm²)、武隆区(5.90 万元/hm²)、南岸区(5.86 万元/hm²)和大足区(5.69 万元/hm²),均小于 6 万元/hm²。这些区县生态补偿指标价较低,一方面是因生态系统服务功能价值较低的灌木林、竹林、疏林地面积较大,另一方面是因未纳入价值估算的未成林地、无立林地和宜林地的面积较大。如璧山区、合川区和大足区灌木林、竹林、疏林地的总面积占全区森林面积的 40%左右,且未成林地、无立林地和宜林地总面积占 10%左右,累计面积占全区 50%以上,而南岸区和武隆区灌木林、竹林、疏林地总面积仅占全区森林面积的 15%左右,但未成林地、无立林地和宜林地面积较大,均占全区森林面积的 20%以上。

表3 各区县单位面积森林生态补偿指标价

Table 3 Index price per unit area of forest ecological compensation in each district and county

区县 Districts and counties	指标价/(万元/hm ²) Index price	区县 Districts and counties	指标价/(万元/hm ²) Index price	区县 Districts and counties	指标价/(万元/hm ²) Index price
大渡口区	7.32	黔江区	6.82	梁平区	6.52
北碚区	7.19	巫山县	6.77	城口县	6.44
石柱县	7.18	九龙坡区	6.76	铜梁区	6.29
忠县	7.16	江北区	6.74	永川区	6.13
綦江区	7.16	云阳县	6.74	荣昌区	6.05
沙坪坝区	7.07	涪陵区	6.74	渝北区	6.02
长寿区	7.03	万盛经开区	6.72	潼南区	6.00
垫江县	6.97	丰都县	6.70	璧山区	5.97
南川区	6.96	江津区	6.69	合川区	5.93
巴南区	6.96	酉阳县	6.65	武隆区	5.90
万州区	6.89	开州区	6.65	南岸区	5.86
巫溪县	6.84	秀山县	6.58	大足区	5.69
彭水县	6.84	奉节县	6.53		

3.2 不同区县森林覆盖率变化及目标达成度

3.2.1 各区县森林覆盖率时空变化特征

2012—2020 年重庆市森林覆盖率整体持续增长小幅波动,8 年间增长了 10.5%,但全市内部各区县 2012—2020 年森林覆盖率变化存在增降差异,呈现出持续增长、先增长后下降、先下降后增长、先增长后下降再增长四类趋势变化规律。除大渡口区、江北区、九龙坡区、南岸区、长寿区、永川区、潼南区 and 忠县 8 个区县出现负增长外,其余 30 个区县均呈正增长。其中,呈现负增长的区县中大渡口区表现为先下降后增长;江北区、长寿区、潼南区、忠县、九龙坡区和永川区呈现出先增长后下降再增长;南岸区表现为先增长后下降的变化规律,而呈现正增长的 30 个区县四类变化规律均有涉及。近 9 年,全市森林覆盖率稳居第一的是城口县,2012 年和 2020 年分别为 62.9% 和 72.1%,期间增长最多的是奉节县,由 2012 年的 42.4% 增长至 2020 年的 60.1%,增加了 17.7%,而下降最多的是九龙坡区,由 2012 年的 32.9% 下降至 2020 年的 26.7%,下降了 6.2%,下降最少的是江北区,2012 年和 2020 年分别为 18.9% 和 18%,仅下降 0.9%。

3.2.2 近期森林覆盖率预测值、目标值、达成度

依据 2012—2020 年重庆市 38 个区县森林覆盖率,采用灰色预测模型,预测各区县 2025 年森林覆盖率(图 4)。相较 2020 年,2025 年森林覆盖率除大渡口区、南岸区、巴南区和长寿区有所下降外,其余区县均增加。其中,大渡口区下降最多,由 2020 年的 33.60% 下降至 2025 年的 26.98%,下降了 6.62%;合川区增加最多,由 2020 年的 26.20% 增加至 39.58%,增加了 13.38%。2025 年森林覆盖率超过 70% 的有 5 个区县,总量占全市的 10.5%,依次为城口县(80.56%)、巫溪县(75.39%)、彭水县(73.24%)和奉节县(70.75%)。

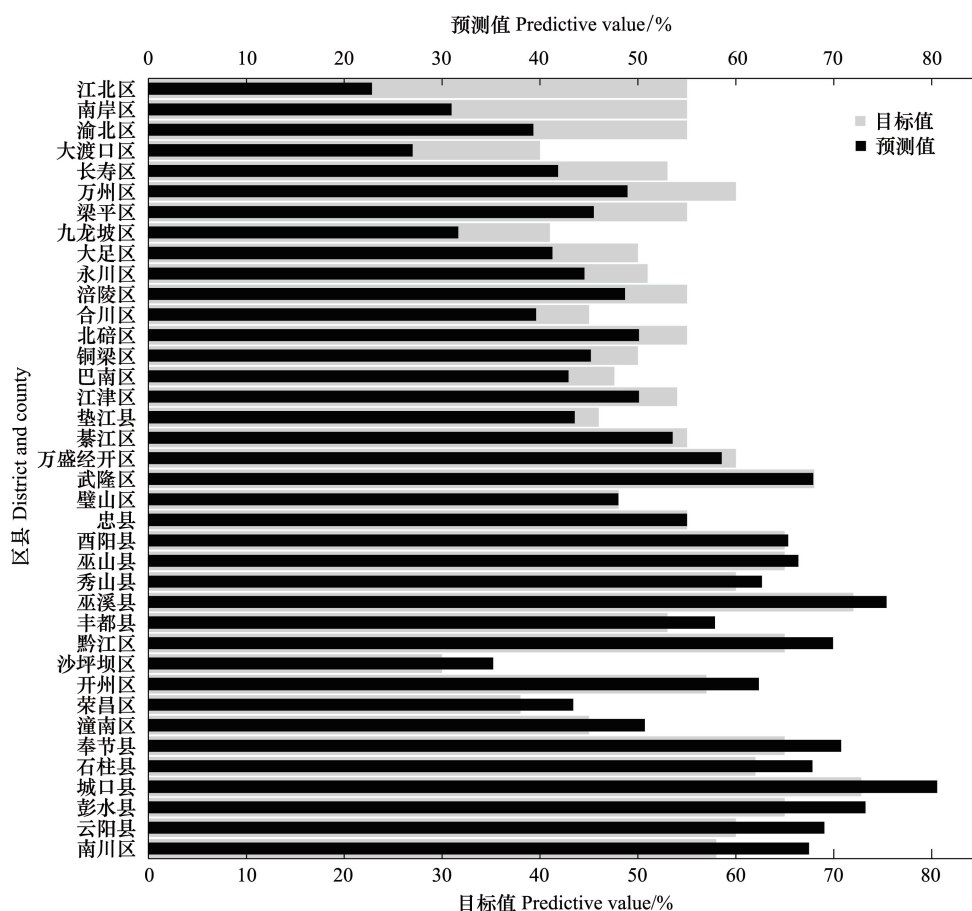


图 4 各区县 2025 年森林覆盖率目标值、预测值

Fig.4 The target value and forecast value of forest coverage rate in 2025 in each district and county

对标十四五规划重庆市 38 个区县 2025 年森林覆盖率目标值,预测 2025 年有 17 个区县将达到规划目标值,总量占全市的 45%,其达标率介于 100.02%—117.37%,均值为 109.13%,未达到目标值的 21 个区县达标率介于 41.49%—99.96%,均值为 83.68%。由图 5 可知,未达到目标值的区县多分布于都市区和渝西区,渝东北区和渝东南区仅少数区县未达标。就目标达成率来看,达成率超过 110% 有 6 个区县,分别是沙坪坝区、南川区、云阳县、荣昌区、彭水县和城口县,其中最高的沙坪坝区达 117.37%。达成率低于 70% 的区县包括江北区(41.49%)、南岸区(56.25%)和大渡口区(67.45%)。依据各区县森林覆盖率预期目标达成率,测算森林供需面积,并采用自然断点法将可供和需购买的区县分别分为 3 个等级,等级越高表示可供出售森林面积或所需购买森林面积越大。其中,可供面积 0—6548.92hm² 为 1 级,6548.93—19436.34hm² 为 2 级,19436.35—32905.80hm² 为 3 级;需购买面积 0—7104.37hm² 为 1 级,7104.38—22796.40hm² 为 2 级,22796.41—38234.42hm² 为 3 级。由图 5 可知,可供的区县中,奉节县、城口县、彭水县和云阳县为 3 级,可供面积介于 23566.03—32905.80hm²;潼南区、开州区、黔江县、巫溪县、丰都县、石柱县和南川区为 2 级,可供面积介于 9038.93—19436.34hm²;其余达标区县为 1 级,可供面积介于 21.87—6548.92hm²。需购买的区县中,万州区为 3 级,需购面积为 38234.42hm²;巴南区、永川区、大足区、江津区、合川区、长寿区、梁平区、涪陵区和渝北区为 2 级,需购面积介于 9125.00—22796.40hm²;其余未达标区县为 1 级,需购面积介于 18.3—6447.71hm²。

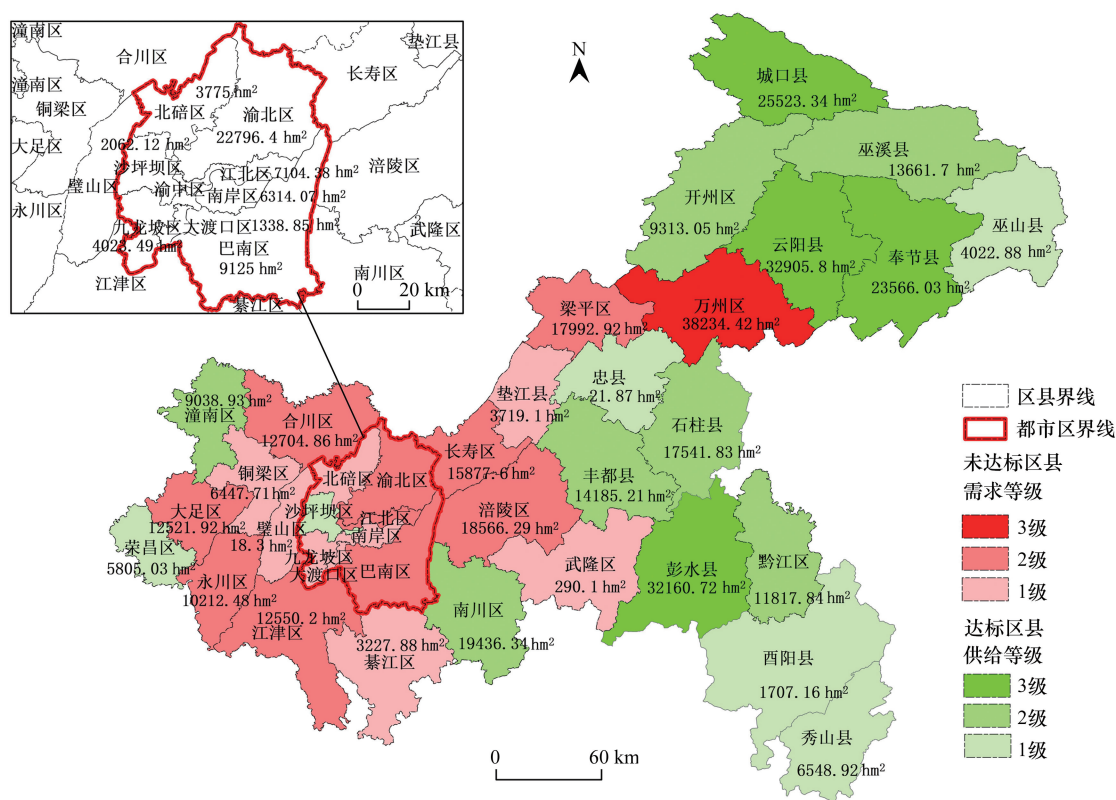


图 5 2025 年各区县森林覆盖率达标及供需情况

Fig.5 The expected goal achievement of forest coverage rate in 2025 and the basics of supply and demand in each district and county

3.3 覆盖率目标下横向生态补偿跨区县对接

不同区域的森林生态资源和经济发展状况存在差异,以致在森林生态补偿的实践上存在补偿标准和补偿利益主客体上的区别,因此更需要综合考虑不同区域生态功能定位、生态保护成效、经济社会发展水平等因素,因地制宜落实森林生态补偿。参照《重庆市实施横向生态补偿提高森林覆盖率工作方案(试行)》,在考虑产粮大县或菜油主产区的森林覆盖率目标值不低于 50%,既是产粮大县又是菜油主产区的森林覆盖率目标

值不低于 45% 等要求和确保出售面积后森林覆盖率仍要大于 60% 的要求后,结合超标额确定供给方。同时,考虑到未来国土绿化提升工作的进一步强化实施,森林覆盖率至少会提高 5%,因此将预测目标差额小于 5% 的未达标区县视为暂无需购买森林面积指标。在全市森林覆盖率达到供需平衡下,依据各区县供需级别(需求面积越多的区县更加急需购买,可供面积越多的区县可优先考虑供给)、区县对口帮扶结对关系、各区县区位关系和政府购买意愿四个方面,对履行补偿义务的补偿主体和享有受偿权利的补偿客体进行对接,关系如图 6,具体为:万州区与城口县、云阳县和奉节县、渝北区与云阳县、涪陵区与南川区、梁平区与云阳县和奉节县、长寿区与彭水县、合川区与秀山县和石柱县、大足区与彭水县和石柱县、永川区与黔江区、巴南区与开州区、江北区与酉阳县和彭水县、南岸区与石柱县、九龙坡区与城口县、北碚区与巫山县、大渡口区与黔江区。

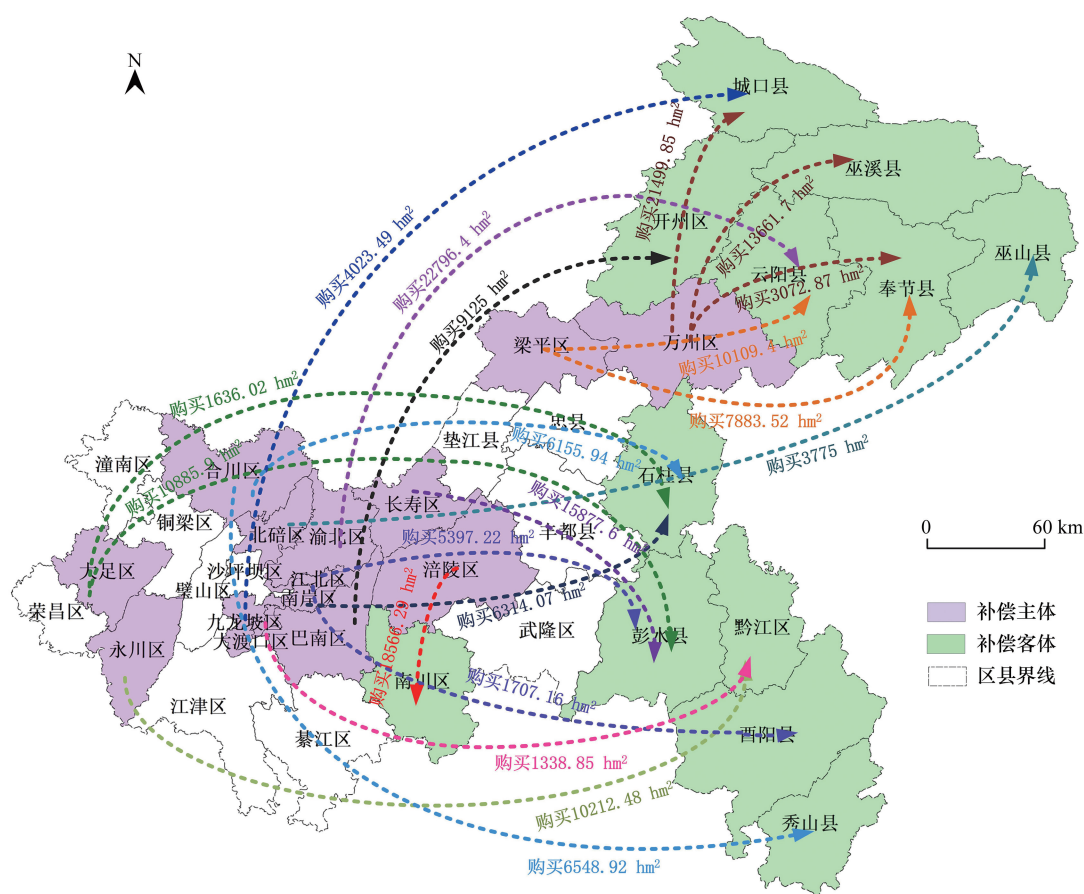


图 6 补偿主体与客体的对接关系

Fig.6 The matching relationship of compensation subject and compensation object

结合重庆市各区县单位面积森林生态补偿指标价,未达标区县森林购买面积和补偿主客体的配对关系,计算作为补偿主体的区县应支付的补偿金额(表 4),其介于 0.91×10^4 — 25.20×10^4 万元,平均值为 87220.21 万元(8.72×10^4 万元)。其中最高的是万州区,为 251999.30 万元(25.20×10^4 万元);其次是渝北区、涪陵区、梁平区和长寿区,均大于 100000 万元(10.00×10^4 万元);最低的是大渡口区,为 9133.46 万元(0.91×10^4 万元)。

4 讨论

森林生态补偿作为一种保护森林和生态环境的经济手段,对生态文明建设的影响不可小觑。目前横向森林生态补偿以跨区域和跨区县两种方式为主,补偿标准的确定存在差异。如河北省张承地区与北京搭建的跨区域森林横向生态补偿,以森林生态效益损失性补偿作为补偿标准主要依据,因经济发展水平差异,存在区域

间生态补偿不均衡的问题^[22]。重庆市以提高全市森林覆盖率为总目标,建立了跨区县横向生态补偿机制,提出补偿标准根据森林所在位置、质量、造林及管护成本协商确认森林面积指标价格。同时,2019—2021 年江北区和酉阳县、九龙坡区和城口县、南岸区与石柱县、璧山区与酉阳和巫溪县先后签订“横向生态补偿提高森林覆盖率协议”,涉及森林购买面积指标分别为 5000hm²、1000hm²、6133.33hm²、2666.67hm²,支付横向生态补偿资金共计 5.5 亿元。从目前已签订生态补偿协议的几个区县来看,支付的横向生态补偿资金仅涉及造林和管护成本的补偿,尚未体现不同类型森林数量、位置、质量进行差异化补偿。这种单方面考虑成本的生态补偿标准会导致在同等补偿金条件下出售森林面积的区县更倾向于大规模培育低成本、低生态系统服务价值的一类森林,这不利于提升整体森林质量、增强森林生态功能。与此同时,同等森林购买面积下,针对生态系统服务功能价值相对高的森林类型,理论上购买方应相应支付更高的生态补偿金,才有利于优化森林结构,充分发挥森林生态功能。由于不同类型森林的造林成本和生态系统服务价值均存在差异^[41],故生态补偿标准还应充分考虑区域森林资源的数量结构差异。为此,本研究考虑区县不同类型森林资源的数量结构、服务功能、造林管护成本的差异,确定森林生态补偿指标价,体现了生态补偿标准确定的多元化和差异化,又避免了高额的补偿金额无法指导实际生态补偿实践的问题^[30],进而调动区域内森林生态保护的积极性。此外,预测发现 2025 年仍有 55% 的区县森林覆盖率目标达成率较低,应进一步加强国土绿化工作,同时依据科学合理的生态补偿标准积极签订横向生态补偿协议,履行职责达到提高森林覆盖率的目标。

表 4 应支付的补偿金额

Table 4 The amount of compensation to be paid

区县 Districts and counties	补偿金额/万元 Compensation amount	区县 Districts and counties	补偿金额/万元 Compensation amount	区县 Districts and counties	补偿金额/万元 Compensation amount
万州区	251999.30	合川区	87276.50	南岸区	45350.83
渝北区	153582.10	大足区	86172.16	九龙坡区	25916.99
涪陵区	129301.90	永川区	69668.22	北碚区	25548.09
梁平区	119619.80	巴南区	60709.92	大渡口区	9133.46
长寿区	108547.20	江北区	48256.50	平均值 Mean	87220.21

不同区县森林的数量结构和服务功能价值存在明显差异,在进行森林生态补偿时补偿主体应根据补偿客体所出售的单位面积森林数量结构和服务功能价值的不同,支付相应的补偿金额。数量结构上,从森林资源二类调查结果可知各区县不同类型森林资源占有量不同。服务功能上,不同类型的森林其生态系统服务功能及生态价值各异^[24—26,42],且单位面积森林生态系统服务功能价值受到森林类型影响外,也受到数量结构的影响^[41]。但考虑到直接将生态系统服务功能价值与造林管护成本直接相加计算得出的补偿金额巨大,地方财政无法承担^[43—44],因此引入森林生态系统服务功能价值比系数对不同类似森林造林管护成本进行修正,并基于森林资源二类调查数据获取各区县不同类型森林占比,通过面积加权法,确定 38 个区县单位面积森林生态补偿金额。对比现有实施方案,修正后平均单位面积森林指导价(6.72 万元/hm²)较当前基于成本的统一指导价(3.75 万元/hm²)高出 0.79 倍,有关学者也同样发现由于地区的非均衡协调发展导致现有补偿标准低于基于边际效应理论的测算结果^[22],如北京还需进一步补偿河北张承地区 450192.24—1206508.36 万元/年。同理,重庆市在实施横向生态补偿时也应现行补偿标准下进一步考虑森林数量结构、服务功能差异,适当提高对补偿客体的补偿力度,体现出生态补偿标准确立的差异化^[30]。本研究发现 38 个区县的单位面积森林指导价介于 5.69—7.32 万元/hm²,平均指导价为 6.72 万元/hm²,这与 Deng 等^[26]在考虑生态系统服务价值的同时引入财务净现值确定的平均补偿标准上限 5.61 万元/hm²结果较为相近,但与陈天宇^[45]以森林生态系统服务价值效益转移结果为参照,结合当地经济发展状况确定的森林生态补偿标准合理区间 0.85—3.16 万元/hm²相比,差异加大,其主要原因在于测算方法和区域经济发展水平的不同。此外,为达到提高森林覆盖率目标而购买森林面积指标时,要注重数量更要注重质量,在指标落地过程中,未来是否可以考虑购买数质相当的森

林,即若购买生态服务功能价值更低的森林,则购买面积需要相应增加,反之购买生态服务功能价值更高的森林,则可适当减少购买面积?其次,在实施横向生态补偿跨区县对接时,是否也应考虑购买森林面积指标区县的购买能力以及出售森林面积指标区县的出售意愿等因素?这些有待进一步深入研究。

本研究所采用的森林生态系统服务功能价值源于前人对重庆市森林生态系统服务功能价值研究的结果,仅涉及保育土壤、林木养分固持、涵养水源、固碳释氧、净化大气环境、生物多样性、森林康养7类服务功能,缺乏森林生态系统的森林防护和林木产品供给服务功能的价值评估,也缺乏适用于重庆市乃至西南地区森林生态系统服务价值动态评估机制,难实现对生态补偿标准的动态调整,因此应针对森林生态系统服务价值设立一套适应重庆市当地及西南地区的评估机制,定期结合森林结构、造林成本、管护成本、区域功能、经济发展等实际情况,对森林生态补偿标准做出及时调整。

5 结论

本文以重庆市为例,引入森林生态系统服务功能价值比系数对不同类型森林的造林管护成本进行修正,并充分考虑区域森林资源的数量结构,通过面积加权法,确定38个区县单位面积森林生态补偿金额。同时,基于2012—2020年38个区县的森林覆盖率变化,预测2025年各区县的森林覆盖率,并对标十四五规划2025年区县森林覆盖率目标值,分析预期目标达成率,进而探索在全市森林覆盖率达到供需平衡下跨区县横向生态补偿供需对接关系。主要结论如下:

(1) 不同类型森林资源的造林管护成本和生态系统服务价值均存在差异,以致区域森林资源数量结构会对以造林保护成本或生态服务价值为主要依据的生态补偿标准测算结果产生重要影响。重庆市38个区县森林资源数量结构存在差异,单位面积森林生态补偿指标价介于5.69—7.32万元/hm²之间,平均值为6.72万元/hm²,其高出当前基于成本统一指导价的0.79倍。

(2) 2025年重庆市森林覆盖率目标达成率不足60%。2025年38个区县森林覆盖率达标率于41.49%—117.37%之间,未达到目标值的区县多达21个,总量占全市的55%。应进一步加强区县国土绿化工作,深挖内部森林覆盖率提升潜力,尤其是达成率较差的江北区和南岸区(41.49%和56.25%),同时积极搭建横向生态补偿多元对接关系,拓展外部森林覆盖率提升潜力,内外合力促进十四五规划森林覆盖率目标完成。

(3) 结合供需级别、区县对口帮扶结对关系、区位关系和政府购买意愿等四个方面确定森林补偿主体和补偿客体的对接关系,通过建立一对一和一对多的灵活有效对接形式,按需而设、应愿而施、因地制宜推进跨区县横向生态补偿,有助于生态保护补偿工作的落地见效,更能带动全域全民绿化,提高森林覆盖率。

参考文献(References):

- [1] 黄晶晶,李玲玲,徐琳瑜.基于外溢生态系统服务价值的区域生态补偿机制研究.生态学报,2021,41(17):6994-7001.
- [2] 王前进,王希群,陆诗雷,郭保香.生态补偿的经济学理论基础及中国的实践.林业经济,2019,41(1):3-23.
- [3] 李小强,史玉成.生态补偿的概念辨析与制度建设进路——以生态利益的类型化为视角.华北理工大学学报:社会科学版,2019,19(2):15-19,29-29.
- [4] 刘璨,张敏新.森林生态补偿问题研究进展.南京林业大学学报:自然科学版,2019,43(5):149-155.
- [5] Engel S, Pagiola S, Wunder S. Designing payments for environmental services in theory and practice: an overview of the issues. Ecological Economics, 2008, 65(4): 663-674.
- [6] Chervier C, Costedoat S. Heterogeneous impact of a collective payment for environmental services scheme on reducing deforestation in Cambodia. World Development, 2017, 98: 148-159.
- [7] 张丛林,黄洲,郑诗豪,陈劭锋,董磊华,乔海娟.基于赤水河流域生态补偿的政府和社会资本合作项目风险识别与分担.生态学报,2021,41(17):7015-7025.
- [8] 潘华,刘晓艺.云南森林生态系统服务功能经济价值评价.生态经济,2018,34(5):201-206,211-211.
- [9] 王娇,胡丹,李智勇.辽宁省森林生态系统服务功能价值研究.中南林业科技大学学报,2016,36(9):96-103.
- [10] 范明明,李文军.生态补偿理论研究进展及争论——基于生态与社会关系的思考.中国人口·资源与环境,2017,27(3):130-137.
- [11] 吴健,郭雅楠.生态补偿:概念演进、辨析与几点思考.环境保护,2018,46(5):51-55.
- [12] 王会.森林生态补偿理论与实践思考.中国国土资源经济,2019,32(7):25-33,51-51.

- [13] 常兆丰, 乔娟, 赵建林, 董志洋, 汪杰. 我国生态补偿依据及补偿标准关键问题综述. 生态科学, 2020, 39(5): 248-255.
- [14] 李琪, 温武军, 王兴杰. 构建森林生态补偿机制的关键问题. 生态学报, 2016, 36(6): 1481-1490.
- [15] Chu L, Grafton R Q, Keenan R. Increasing conservation efficiency while maintaining distributive goals with the payment for environmental services. *Ecological Economics*, 2019, 156: 202-210.
- [16] Ruggiero P G C, Metzger J P, Tambosi L R, Nichols E. Payment for ecosystem services programs in the Brazilian Atlantic Forest: effective but not enough. *Land Use Policy*, 2019, 82: 283-291.
- [17] Figueroa F, Caro-Borrero Á, Revollo-Fernández D, Merino L, Almeida-Leñero L, Paré L, Espinosa D, Mazari-Hiriart M. "I like to conserve the forest, but I also like the cash". Socioeconomic factors influencing the motivation to be engaged in the Mexican Payment for Environmental Services Programme. *Journal of Forest Economics*, 2016, 22: 36-51.
- [18] Aganyira K, Kabumbuli R, Muwanika V B, Nampanzira D, Tabuti J R S, Sheil D. Learning from failure: lessons from a forest based carbon and charcoal project. *International Forestry Review*, 2019, 21(1): 1-10.
- [19] 汪亚光. 宁夏森林生态补偿政策创新与实践探索. 北方民族大学学报, 2020, (1): 171-176.
- [20] 刘明明, 卢群群, 杨纪超. 论中国森林生态效益补偿制度存在的问题及完善. 林业经济问题, 2018, 38(5): 1-9, 99.
- [21] 李文华, 李芬, 李世东, 刘某承. 森林生态效益补偿机制与政策研究. 生态经济, 2007, (11): 151-153, 159-159.
- [22] 聂承静, 程梦林. 基于边际效应理论的地区横向森林生态补偿研究——以北京和河北张承地区为例. 林业经济, 2019, 41(1): 24-31, 40-40.
- [23] Sheng W P, Zhen L, Xie G D, Xiao Y. Determining eco-compensation standards based on the ecosystem services value of the mountain ecological forests in Beijing, China. *Ecosystem Services*, 2017, 26: 422-430.
- [24] 楚鑫磊, 李乐, 曾立雄, 黄志霖, 刘常富, 肖文发. 三峡库区建坝前后森林生态系统服务动态. 长江流域资源与环境, 2019, 28(8): 1977-1986.
- [25] 李左玉, 董红先, 刘雷雷, 雷祖培. 浙江乌岩岭国家级自然保护区森林生态系统服务价值评估. 浙江农林大学学报, 2020, 37(5): 891-897.
- [26] Deng C, Zhang S G, Lu Y C, Li Q F. Determining the ecological compensation standard based on forest multifunction evaluation and financial net present value analysis: a case study in southwestern Guangxi, China. *Journal of Sustainable Forestry*, 2020, 39(7): 730-749.
- [27] 王娇, 李智勇, 胡丹. 辽宁省森林成本补偿标准研究. 林业经济, 2015, 37(7): 108-111, 116-116.
- [28] Deng H B, Zheng P, Liu T X, Liu X. Forest ecosystem services and eco-compensation mechanisms in China. *Environmental Management*, 2011, 48(6): 1079-1085.
- [29] 韦惠兰, 祁应军. 森林生态系统服务功能价值评估与分析. 北京林业大学学报, 2016, 38(2): 74-82.
- [30] 盛文萍, 甄霖, 肖玉. 差异化的生态公益林生态补偿标准——以北京市为例. 生态学报, 2019, 39(1): 45-52.
- [31] 吴强, 张合平. 森林生态补偿标准体系研究. 中南林业科技大学学报, 2017, 37(9): 99-103, 117-117.
- [32] 邓聚龙. 灰色系统基本方法(第二版). 武汉: 华中科技大学出版社, 2005.
- [33] 姜晓艳, 吴相利. 林业资源型城市生态-经济-社会协调发展的定量测度——以黑龙江省伊春市为例. 生态学报, 2021, 41(21): 8396-8407.
- [34] 杨兰, 胡淑恒. 基于动态测算模型的跨界生态补偿标准——以新安江流域为例. 生态学报, 2020, 40(17): 5957-5967.
- [35] 蒋毓琪, 陈珂, 朱少英, 陈同峰, 封硕. 浑河流域森林生态补偿标准测算. 水土保持通报, 2018, 38(6): 206-211, 216-216.
- [36] 陈科屹, 邱胜荣, 赵晓迪, 黄三祥, 高函宇, 何友均. 北京市湿地生态补偿标准研究. 生态学报, 2021, 41(12): 4786-4794.
- [37] 龚心语, 黄宝荣, 邓冉, 黄凯, 孙晶, 张丛林. 自然保护区退牧还草生态补偿标准——以向海国家级自然保护区为例. 生态学报, 2021, 41(12): 4694-4706.
- [38] 冯茹. 重庆市森林生态系统服务价值评价[D]. 重庆: 西南大学, 2014.
- [39] 刘勇, 王玉杰, 王云琦, 张会兰, 朱锦奇, 李云鹏, 刘楠. 重庆缙云山森林生态系统服务功能价值评估. 北京林业大学学报, 2013, 35(3): 46-55.
- [40] 吴娇, 刘春霞, 李月臣. 三峡库区(重庆段)生态系统服务价值变化及其对人为干扰的响应. 水土保持研究, 2018, 25(1): 334-341.
- [41] 殷格兰, 邵景安, 郭跃, 党永峰. 林地资源变化对森林生态系统服务功能的影响——以南水北调核心水源地淅川县为例. 生态学报, 2017, 37(20): 6973-6985.
- [42] 鲁绍伟, 李少宁, 刘逸菲, 徐晓天, 赵娜. 北京市退耕还林生态效益评估. 生态学报, 2021, 41(15): 6170-6181.
- [43] 杨一盈. 基于生态系统服务价值的公益林横向生态补偿机制研究——以浙江省为例[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2018.
- [44] Li T, Zhang Q G, Zhang Y. Modelling a compensation standard for a regional forest ecosystem: a case study in Yanqing district, Beijing, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, 15(4): 565.
- [45] 陈天宇. 异质性视角下黄山森林生态补偿标准评估研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2021.