

DOI: 10.5846/stxb201810012143

盛文萍, 甄霖, 肖玉. 差异化的生态公益林生态补偿标准研究——以北京市为例. 生态学报, 2019, 39(1): - .

Sheng W P, Zhen L, Xiao Y. Distinct eco-compensation standards for ecological forests in Beijing. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(1): - .

差异化的生态公益林生态补偿标准研究 ——以北京市为例

盛文萍¹, 甄霖^{1,2,3,*}, 肖玉^{1,2}

1 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101

2 中国科学院大学资环学院, 北京 100049

3 国土资源部资源环境承载力评价重点实验室, 北京 100812

摘要:生态补偿本质是生态系统服务的购买,因此生态补偿标准的制定必须基于生态系统所提供的生态服务价值。2004 年开始,北京市逐步对生态公益林进行生态补偿,但补偿项目仍然采用了一刀切的标准制定模式。森林生态系统因树种和林龄的不同,提供的生态系统服务存在较大差异。另外,生态公益林所处的区域位置也决定着其生态系统服务价值发挥的稳定性和相对重要性,是生态补偿标准的制定中必须要考虑的因素。因而,有必要基于生态系统的生态服务价值量核算,并综合考虑生态系统的立地环境、区域定位和资源稀缺度因素,构建差异化的生态公益林生态补偿方案。依据该方案计算的北京生态公益林补偿标准范围在 176 元/hm²到 2168 元/hm²,其中延庆区和怀柔区的生态公益林补偿标准较高,中心城区和房山区的补偿标准较低。补偿标准的全市平均值为 1265 元/hm²,与北京现行山区生态林生态补偿项目的补偿标准相当。构建的公益林生态补偿标准,体现了生态系统的生态服务价值以及生态服务的区位相对重要性差异,为动态化、多元化的公益林生态补偿方案建立提供了可能。

关键词:生态系统服务价值;生态补偿;森林小班;区位因子

Distinct eco-compensation standards for ecological forests in Beijing

SHENG Wenping¹, ZHEN Lin^{1,2,3,*}, XIAO Yu^{1,2}

1 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, China Academy of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 Key Laboratory of Carrying Capacity Assessment for Resource and Environment, Ministry of Land and Resources, Beijing 100812, China

Abstract: Forest ecosystem, the most important ecosystem in Beijing, covers 35% of the administrative area and plays a key role in the maintenance of urban ecological security by providing many fundamental ecosystem services to local and surrounding communities. In Beijing, co-compensation has been gradually considered a potentially valuable tool for policymakers to better address ecological conservation and environmental issues. Eco-compensation is distributed by policymakers to manage natural resources and to address the misalignments between socially and privately optimal levels of ecosystem service provisioning. Ecological forests play a key role in the maintenance of ecological security in Beijing, and two eco-compensation programs that target forest ecosystems have been implemented in Beijing since 2004. These eco-compensation programs for forest construction have contributed to the equal distribution of ecological and economic benefits between protectors and beneficiaries. However, these eco-compensation programs have issues in payment standards for several reasons. First, the current standards are based on the fiscal capability of the government rather than the magnitudes

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFC0503700);国家水体污染控制与治理科技重大专项(2017ZX07101001);国家自然科学基金面上项目(31670486)

收稿日期:2018-10-01; 修订日期:2018-12-06

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhenl@igsrr.ac.cn

of forest ecosystem service value. Second, a one-size-fits-all standard is used for eco-compensation programs, which cannot reflect the contributions of different ecosystem services. Third, location diversity indicators are not taken into account in the current payment standard. To address these issues, a more reasonable and scientific determination of payment standards was established in this study. Because hydrological regulation is the primary sub-type of ecosystem services supported by the mountain ecological forests in Beijing, the economic values of hydrological regulation services in each subplot were calculated to represent the ecological forest ecosystem service value in the mountain areas in our study. The different geographical locations create different social and economic development dimensions in forest ecosystem services. Even if the ecosystem service values were the same, the relative importance of the forest ecosystem service would be different because of the different geographical locations. Therefore, three location indicators for the ecological forest subplot were considered for the determination of eco-compensation standards in this study, namely, eco-environment indicator, function-oriented zone indicator, and relative scarcity indicator. The value of the eco-environment indicator was based on the ecological importance level and ecological fragility level of each forest subplot. Function-oriented zone indicator value was assigned to each subplot according to the type of function zone in which the subplot was located. The relative scarcity indicator value was assigned according to the population density of each district. On the basis of the recommended eco-compensation standards, the eco-compensation standard was from 176 to 2168 RMB/ha. The first and second highest eco-compensation standards were in Yanqing and Huairou, and the two lowest ones were in Central Town and Fangshan. The average value of the eco-compensation standard of Beijing was about 1265RMB/ha, which is close to the total standards of the current two eco-compensation programs in Beijing. The results of our study would help in understanding the exact forest ecosystem service value and make recommendations for reasonable and feasible eco-compensation standards of mountain ecological forests. The recommended eco-compensation standards in this study, which reflect both the ecosystem services value and relative importance of forest ecosystem services on the basis of geographical location, would help policy and decision makers to design dynamic and diversified eco-compensation schemes for future eco-compensation initiatives with higher chances of success and contribute to the conservation and sustainability of forest resources.

Key Words: ecosystem services value; eco-compensation; forest subplot; location diversity indicators

生态补偿是一种将外部的、非市场化的环境价值转化为现实的财政激励措施的有效方式,旨在鼓励参与者提供更多的生态系统服务^[1-2]。生态补偿通过经济补偿实现生态效益的市场交换手段,解决保护者与受益者之间的利益关系^[3]。目前中央政府和许多地方已经积极探索开展生态公益林的生态补偿实践,例如,国家林业局开展的公益林生态效益补偿费、退耕还林和天然林保护工程的国家财政转移支付等^[4-5]。这些项目以政府出资的公共服务购买为主导,在保护森林资源和保障区域生态安全以及促进经济社会可持续发展方面起到了重要作用^[6-7]。

2004年北京市开始逐步对生态公益林进行生态补偿。2010年北京市建立山区生态公益林生态效益促进发展机制,补偿标准为400元/人。2016年,为落实国务院办公厅印发的《关于健全生态保护补偿机制的意见》,北京市山区生态公益林生态效益促进发展资金由每年600元/hm²提高到1050元/hm²。北京市生态公益林生态补偿项目的补偿标准远高于全国和其他省份,虽然极大促进了北京的生态公益林保护^[8],但补偿标准仍然采用了一刀切的定制模式,没有考虑到生态公益林实际提供的生态服务价值差异^[9]。

不同树种及不同林龄的公益林,其提供的生态系统服务存在较大差异^[10]。就同一优势种的森林来说,其固碳释氧功能随着林龄的增加表现为抛物线的变化曲线;而不同优势种的森林生态系统,其水源涵养服务功能也存在明显差异^[11]。另外,生态公益林所处的区域位置也决定着其生态服务价值发挥的稳定性和相对重要性。因此,在生态补偿标准的制定中应该考虑到这些因素^[12-13]。本研究以北京生态公益林为例,基于生态公益林的生态服务价值,综合考虑生态系统的区域差异性,构建适用于生态公益林的差异化生态补偿标准,为

建立生态公益林“市场化、多元化的生态补偿机制”提供科学依据。

1 研究区介绍

北京位于 $39^{\circ}28'—41^{\circ}05'N$, $115^{\circ}25'—117^{\circ}30'E$, 地处温暖半干旱的华北平原, 年均温度为 $11.7^{\circ}C$, 年均降水量约 700 mm 。北京林地面积约 $1.05 \times 10^6\text{ hm}^2$, 其中生态公益林占比 71% ^[14]。北京主要的森林资源为林地和灌木林地, 分别占林地资源的 58.7% 和 30.5% 。北京公益林优势种有油松、落叶松、侧柏、柞树、桦树、榆树、刺槐等。

2 数据来源

本研究生态服务价值计算和生态因子计算数据来自北京林业勘察设计院第七次森林资源调查数据。北京市第七次森林资源调查共调查森林小班 160475 个, 调查数据包括森林类型、面积、树种、盖度、高度、土壤类型、深度、凋落物厚度等^[15]。研究中的社会经济数据主要来自《北京统计年鉴》。

3 补偿标准构建

3.1 构建思路

生态补偿的目标决定了生态补偿的主体和客体, 进而决定了补偿资金的筹集渠道。依据生态补偿目标和生态补偿资金的筹集渠道, 可以划定生态补偿的区域范围以及补偿的核算单元^[16]。生态补偿标准的制定需要依据生态系统的生态服务价值, 然而目前生态系统服务价值的全核算结果与生态补偿主体的承受能力之间往往存在较大差异, 因此在差异化的生态补偿标准制定中, 不同的生态补偿主体, 可以根据补偿目的选择特定的生态系统服务价值进行补偿(见图 1)。

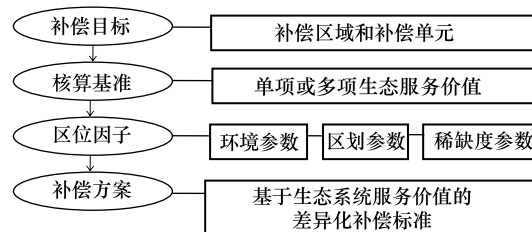


图 1 差异化的生态补偿标准研究思路

Fig.1 The framework of the distinct eco-compensation standards for ecological forests

生态系统服务价值的发挥还受到区位环境因素的影响。区位环境因素包括立地自然条件、区域发展定位、以及资源相对稀缺程度等方面。例如所处重要水源地和自然保护区的森林生态系统对维系区域生态安全特别重要, 因此其生态服务相对价值较高。相对稀缺度高的生态系统服务, 其价值也会越高等。这些区位因素制约生态公益林生态服务功能是否可以稳定长效发挥, 也影响了生态系统服务的相对重要性和相对稀缺程度, 因此, 在生态补偿标准构建时, 也应该充分考虑环境参数、区划参数和稀缺度参数等等区位环境因子。

3.2 补偿单元确定

根据北京市生态公益林生态补偿的目标、主客体和现行资金筹集渠道, 并考虑到生态补偿机制的实际操作可行性, 北京市生态公益林生态补偿标准构建研究的补偿单元确定为行政区。

3.3 生态系统服务功能选择和生态系统服务价值量核算

随着人口增长和城市化发展, 水资源短缺已经成了制约北京可持续发展

展的主要瓶颈^[17]。当前, 北京人均水资源量只有全国的 $1/10$, 仅为世界人均 $1/35$, 北京生态公益林的水文调节生态服务功能显得尤为重要。对北京生态公益林生态补偿的补偿资金有限时, 生态补偿可以优先考虑补偿其水文调节生态服务功能, 将水文调节服务价值作为生态补偿标准的核算基准。

生态系统水文调节服务功能分为降水拦截服务功能和涵养降水服务功能^[18], 本研究选取降水拦截量和生态系统涵养降水量两个功能量进行计算, 然后利用替代工程法完成生态系统水资源调节服务的价值化^[19]。

生态公益林水文调节生态服务价值量 V (元) 如下计算:

$$V = V_i + V_w \quad (1)$$

式中, V_i 为降水拦截生态服务功能价值量(元), V_w 为涵养降水服务价值量(元)。

$$V_i = (Q_c + Q_l + Q_s) \times c_r \quad (2)$$

$$V_w = Q_w \times c_r \quad (3)$$

式中, Q_c 为冠层截获降水功能量(t), Q_l 凋落物层截获降水功能量(t), Q_s 土壤保持降水功能量(t), Q_w 为森林涵养降水功能量(t), c_r 为存储相同水量的水库造价(元)。

$$Q_c = (\alpha \times R \times A) \div 10 \quad (4)$$

$$Q_l = \delta \times d \times A \quad (5)$$

$$Q_s = \gamma \times h \times A \quad (6)$$

$$Q_w = \beta \times h \times A \quad (7)$$

式中, α 是冠层降水拦截系数(%), R 是降水量(mm), A 调查森林小班的面积(ha), δ 是森林小班凋落物持水力($\text{tcm}^{-1}\text{hm}^{-2}$), d 是凋落物层厚度(cm), γ 是土壤孔隙度(%), h 是土壤层厚度(cm), β 是调查森林小班土壤非毛管孔隙度(%); α , δ , γ 和 β 的取值参见 Zhang 等^[20]。

3.4 区位因子

3.4.1 环境参数

生态重要性级别越高的生态林对区域生态环境维系和生态服务功能发挥越重要,生态补偿标准应该越高。而生态脆弱性等级越高则表示其提供的生态系统服务稳定性越低,生态系统稳效发挥的可能性也越低,生态补偿标准也应该越低。因此,选择森林小班的生态重要性(图2)和生态脆弱性等级(图3),作为北京生态公益林的生态环境等级区位因子,参与差异化的北京生态公益林生态补偿标准的构建。环境参数(E_i)计算公式如下:

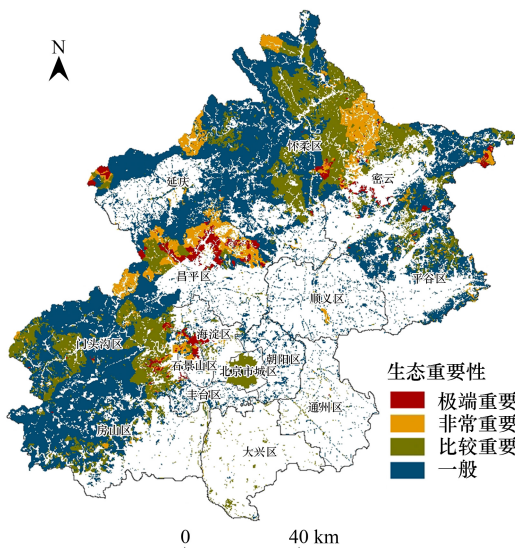


图2 北京生态公益林生态重要性等级分布

Fig.2 Ecological importance of ecological forest subplot in Beijing

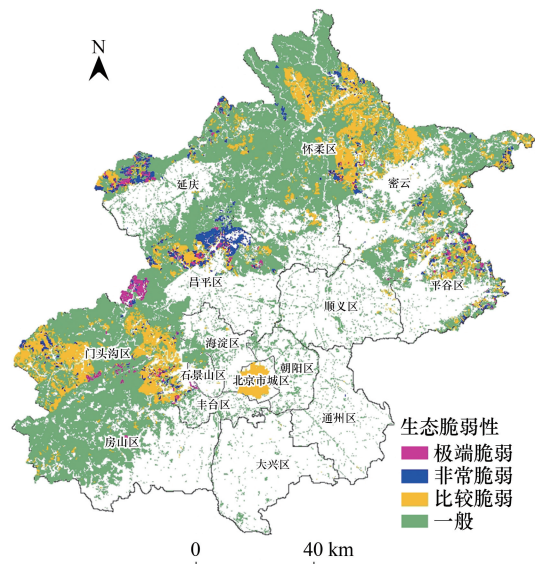


图3 北京生态公益林生态脆弱性等级分布

Fig.3 Ecological fragility of ecological forest subplot in Beijing

$$E_i = \frac{e_{wi} + e_{fi}}{2} \quad (8)$$

式中, e_{wi} 为每个森林小班的生态重要性因素参数值, e_{fi} 为每个森林小班的生态脆弱性因素参数值。

3.4.2 区划参数

城市主体功能区划对行政区域内的国土空间利用进行了合理规划,不同主体功能的区域内生态公益林对区域发展的贡献程度不同,2012年7月北京市颁布《北京市主体功能区规划》,将全市国土空间确定为四类功

能区域和禁止开发区域(表2)。北京生态公益林生态补偿标准构建案例研究中,选取主体功能区划为区划参数方案,根据区域的主体功能和生态建设目标,对不同区域赋值,设置生态公益林在本区域的重要性系数。

表 1 森林小班环境参数等级及赋值

Table 1 Weight assigned to different subplot based on the ecological importance and ecological fragility			
环境参数 Indicator	等级 Level	分级标准 Grading standard	赋值 Value
生态重要性 Ecological importance	极端重要	饮用水源地、自然保护区核心区、原始林	1.00
	非常重要	河流发源地、为干扰天然次生林	0.75
	比较重要	河库周边、其他天然次生林	0.50
	一般	其他林地	0.25
生态脆弱性 Ecological fragility	极端脆弱	坡度≥36°、覆盖度≤0.2、土壤严重侵蚀	0.25
	非常脆弱	坡度31°—35°、覆盖度0.3—0.4、土壤强度侵蚀	0.50
	比较脆弱	坡度26°—30°、覆盖度0.5—0.6、土壤中度侵蚀	0.75
	一般	坡度≤25°、覆盖度≥0.7、土壤轻度侵蚀	1.00

表 2 北京生态公益林生态补偿标准构建区划参数选择和赋值

Table 2 Weights assigned to different function zones in the major function-oriented zoning in Beijing based on expert consultation			
主体功能区 Function zone	包含行政区 District	参数赋值 Value	赋值依据 Ecological forest roles
首都功能核心区 Core zone of the capital function	东城和西城	0.5	首都“四个服务”职能的主要承载区/增加多种形式绿地面积提高宜居水平
城市功能拓展区 Expanding zone of the urban function	朝阳、海淀、丰台、石景山	0.25	高端服务功能的重要承载区,经济任务远远优先于生态保障任务
城市发展新区 New zone of the urban development	通州、顺义、大兴以及昌平	0.75	承接产业、人口和城市功能转移的重要区域/较为重要的生态廊道和生态屏障
生态涵养发展区 Ecological conservation zone	门头沟、平谷、怀柔、密云、延庆	1	生态屏障和重要水源保护地

3.4.3 稀缺度参数

稀缺程度越高的生态系统服务功能,人们为了获得相同数量的生态服务付出的代价就越大。人口数量决定生态系统服务消费稀缺度的重要因素,区域内人口数量越多,人均可获得的生态服务功能越少,生态服务功能越稀缺,其相对价值越高。因此,在北京生态公益林生态补偿标准构建中,选取人口密度作为资源稀缺度参数(表3)。

表 3 资源稀缺性参数及其赋值

Table 3 Weight assigned to different districts based on the location variable of population density		
人口密度 (人/km ²) Population density	行政区 District	赋值 Value
>10000	核心区、朝阳、石景山、海淀、丰台	1.0
1000—10000	通州、大兴、昌平、房山、顺义	0.7
≤1000	门头沟、平谷、怀柔、密云、延庆	0.5

3.5 补偿标准模型构建

$$C = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i \times E_i \times D \times P$$

(9)

式中, C 为某区域内的公益林生态补偿标准, V_i 为第*i*个森林小班的选定生态服务价值, n 为选定区域森林小班个数。 E_i 为每个森林小班的环境参数值, D 为选定区域的区划参数值, P 为选定区域的稀缺度参数值。

4 结果分析

4.1 北京水源涵养生态服务价值

北京生态公益林水文调节生态服务价值量区域分布情况如图 4 所示。从空间分布图可以看出,北京生态公益林的水文调节服务功能价值量受到海拔高度的影响较大。相对于地势高、坡度大的西部山区,北京东南部平原地区的生态公益林的水文调节生态服务价值较高。北京生态公益林生态水文调节生态服务价值量最高的区域出现在顺义潮白河、朝阳温榆河、延庆妫水河和门头沟清水河河谷地区。北京较高海拔的云蒙山、妙峰山和百花山极其周边地区的生态公益林水源涵养服务价值量最低。另外,中心城区的生态公益林水源涵养服务价值也较低。

4.2 差异化的北京生态公益林生态补偿标准

依据公式 9 计算得到的各区生态公益林补偿标准见表 4。平均来看,北京生态公益林的补偿标准为 1265 元/hm²,但是各个行政区的补偿标准之间存在较大差异。东城和西城区的生态补偿标准最低,仅为每年 176 元/hm²,朝阳区、丰台区和房山区的生态补偿标准也在每年 1000 元/hm²以下。生态补偿标准最高的行政区是延庆区,补偿标准达到每年 2158 元/hm²,怀柔区的补偿标准紧跟其次,也接近每年 2000 元/hm²。生态公益林补偿标准比较高的还有通州区、大兴区、门头沟区、密云区和平谷区。

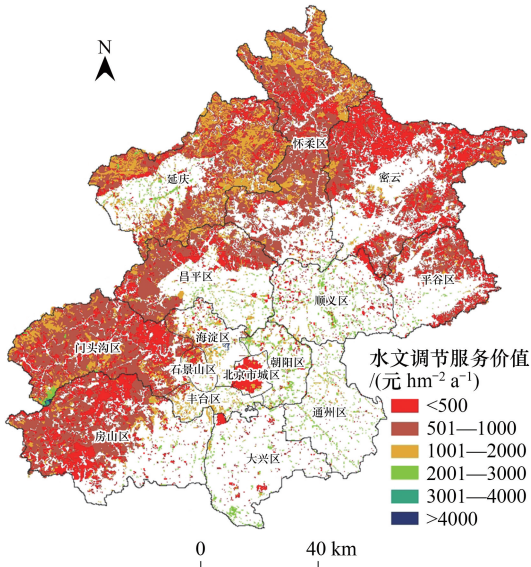


图 4 北京生态公益林水文调节生态服务功能价值
Fig. 4 The hydrological regulation value of ecological forests in Beijing

表 4 北京各行政区生态公益林补偿标准 (元/hm²)

Table 4 The eco-competence standards of each district in Beijing

行政区 District	补偿标准 Eco-competence standard	行政区 District	补偿标准 Eco-competence standard
东城区和西城区	176	顺义区	1112
朝阳区	848	昌平区	1123
丰台区	935	大兴区	1552
石景山区	1037	怀柔区	1912
海淀区	1206	平谷区	1473
门头沟区	1520	密云区	1510
房山区	681	延庆区	2158
通州区	1730	平均值	1265

5 结论与讨论

5.1 差异化生态补偿标准构建的合理性

生态补偿标准的制定需要依据生态系统的生态服务价值^[2,9],然而目前对生态系统服务价值的匡算结果与生态补偿主体的承受能力之间往往存在较大差异^[21-22]。本研究构建的生态补偿方案以生态系统服务的水文调节服务价值为核算基准,体现了生态补偿的本质意愿,又避免了“天价”的生态系统服务价值无法指导实际生态补偿实践的问题^[12]。北京生态公益林生态补偿标准构建的案例研究中,选取生态公益林的水文调节

服务功能作为生态补偿标准的核算基础,计算得到的北京平均补偿标准为 1265 元/hm²。北京市目前实施的《山区生态林补偿机制》和《山区生态公益林生态效益促进发展资金》生态补偿项目的补偿标准分别为 1050 元/hm²和 313 元/hm²^[23],合计与本研究核算得到的北京生态公益林生态补偿标准的全市平均值差异不大,符合当前北京市政府的支付能力。

本研究构建的生态补偿标准在体现生态系统服务价值的基础上,也考虑了区位环境因素的差异。例如,在地势平坦、水分调节较好的北京东南部平原区,生态公益林具有更高的水文调节生态服务价值(图 4),但是由于不同发展区划,具有重要生态功能地位的延庆和怀柔北部两区的生态补偿标准却最高(表 4)。本研究构建的生态补偿标准合理地反映了北京市生态公益林的相对生态服务价值,该标准符合当前北京市生态补偿政策的制定目的。

5.2 差异化生态补偿标准的应用与不足

本研究构建的生态补偿标准体现了补偿标准的区域“差异化”,可以为有限的补偿资金提供更为合理的空间分配策略^[24]。差异化的生态补偿标准可以将有限的生态补偿资金更合理地分配到需要补偿的生态系统,使生态补偿政策收获更大的生态补偿效益^[25-26]。根据补偿主体的实际需要,补偿标准也可以基于不同的乡镇差别化计算。

差异化的生态补偿标准为实现“多元化”的生态补偿机制建立提供了可能。不同的生态补偿主体可以根据自身的生态系统服务消费意愿以及资金状况“量体裁衣”。例如针对“碳汇造林”的市场主导的生态补偿项目,可以选择生态公益林的碳汇服务功能价值量作为生态补偿标准制定的核算基准。随着北京市补偿资金的增加和多元补偿主体的参与,可以将除水文调节服务外的其他生态系统服务逐步纳入到生态补偿标准的核算基准中来。

差异化生态补偿标准的“动态化”核算,为将生态公益林的管护效果纳入生态补偿的标准提供了可能。生态补偿标准可以根据最新的森林清查数据进行核算,实现补偿标准的定期更新,使生态补偿标准体现生态管护效果,提高社区保护生态公益林的积极性。

北京生态公益林生态补偿标准构建的案例研究中选择了生态重要性和生态脆弱性来体现公益林所处的立地环境条件,选择了主体功能区划体现生态林所处区域的生态发展定位,选择了人口密度作为资源相对稀缺度的指标。在其他应用时,可以根据具体需求和数据可获得性,对区位因子进行增删和替换。本研究中的区位因子赋值采用了专家咨询法,带有一定的主观因素。如何更客观的选取区位因子并为其赋值,需要在下一步工作中继续研究。

参考文献(References):

- [1] Zhinden S, Lee D R. Paying for environmental services: an analysis of participation in costa Rica's PSA Program. *World Development*, 2005, 33(2): 255-272.
- [2] Sarkki S, Karjalainen TP. Ecosystem service valuation in a governance debate: practitioners' strategic argumentation on forestry in northern Finland. *Ecosystem Services*, 2015, 16: 13-22.
- [3] 黄富祥, 康慕谊, 张新时. 退耕还林还草过程中的经济补偿问题探讨. *生态学报*, 2002, 22(4): 471-478.
- [4] 潘影, 甄霖, 杨莉, 龙鑫, 曹晓昌. 宁夏固原市生态保育对农民福祉的影响初探. *干旱区研究*, 2012, 29(3): 553-560.
- [5] 孙新章, 谢高地, 甄霖. 泾河流域退耕还林(草)综合效益与生态补偿趋向——以宁夏回族自治区固原市原州区为例. *资源科学*, 2007, 29(2): 194-200.
- [6] 孙传淳, 甄霖, 王超, 杜秉贞, 胡洁, 李鹏. 生态建设工程对鄱阳湖区域土地利用/覆被变化的影响. *资源科学*, 2015, 37(10): 1953-1961.
- [7] 李国伟, 赵伟, 魏亚伟, 方向民, 高波, 代力民. 天然林资源保护工程对长白山林区森林生态系统服务功能的影响. *生态学报*, 2015, 35(4): 984-992.
- [8] 崔向雨. 北京市山区生态公益林补偿政策实施成效分析及评价[D]. 北京: 北京林业大学, 2008.
- [9] 欧阳志云, 郑华, 谢高地, 杨武, 刘桂环, 石英华, 杨多贵. 生态资产、生态补偿及生态文明科技贡献核算理论与技术. *生态学报*, 2016,

- 36(22): 7136-7139.
- [10] MalingaR, GordonLJ, LindborgR, JewittG. Using participatory scenario planning to identify ecosystem services in changing landscapes. *Ecology and Society*, 2013, 18(4): 10.
- [11] 马长欣, 刘建军, 康博文, 孙尚华, 任军辉. 1999—2003 年陕西省森林生态系统固碳释氧服务功能价值评估. *生态学报*, 2010, 30(6): 1412-1422.
- [12] 李晓光, 苗鸿, 郑华, 欧阳志云. 生态补偿标准确定的主要方法及其应用. *生态学报*, 2009, 29(8): 4431-4440.
- [13] 杨光梅, 闵庆文, 李文华, 甄霖. 我国生态补偿研究中的科学问题. *生态学报*, 2007, 27(10): 4289-4300.
- [14] 汪锦辉, 王菁黎, 邓华锋. 北京山区集体生态公益林管护情况调查分析. *林业调查规划*, 2012, 37(6): 68-72.
- [15] 北京市林业勘察设计院. 北京市森林资源规划设计调查操作技术细则. 2014.
- [16] 王凤春, 郑华, 王效科, 彭文佳. 生态补偿区域选择方法研究进展. *生态环境学报*, 2017, 26(1): 176-182.
- [17] 谢高地, 曹淑艳, 鲁春霞. 中国生态资源承载力研究. 北京: 科学出版社, 2011.
- [18] 李纯, 袁汝兵, 王彦峰. 北京市水资源危机与可持续利用探讨. *环境科学与技术*, 2009, 32(6): 533-535.
- [19] 北京市林业勘察设计院, 中国科学院地理科学与资源研究所. 北京市城区园林绿地生态资产评估. 2011.
- [20] ZhangB, LiW H, XieG D, XiaoY. Water conservation of forest ecosystem in Beijing and its value. *Ecological Economics*, 2010, 69(7): 1416-1426.
- [21] 甄霖, 闫慧敏, 胡云锋, 吴睿子, 曹晓昌, 杜秉贞, 龙鑫, 李芬, 刘雪林. 生态系统服务消耗及其影响. *资源科学*, 2012, 34(6): 989-997.
- [22] 甄霖, 刘雪林, 魏云洁. 生态系统服务消费模式、计量及其管理框架构建. *资源科学*, 2008, 30(1): 100-106.
- [23] 薛文, 贾东东, 彭强, 袁士保, 米锋. 北京山区生态公益林补偿政策对农民收入的影响. *北京林业大学学报: 社会科学版*, 2015, 14(3): 59-62.
- [24] 赵雪雁. 生态补偿效率研究综述. *生态学报*, 2012, 32(6): 1960-1969.
- [25] 戴其文. 中国生态补偿研究的现状分析与展望. *中国农学通报*, 2014, 30(2): 176-182.
- [26] 王金南, 万军, 张惠远. 关于我国生态补偿机制与政策的几点认识. *环境保护*, 2006, (19): 24-28.