中国生态农业学报 2015 年 11 月 第 23 卷 第 11 期
Chinese Journal of Eco-Agriculture, Nov. 2015, 23(11): 1473−1480

DOI: 10.13930/j.cnki.cjea.150419

基于生态系统服务价值的环京津地区生态补偿研究*

郭年冬[1] 李恒哲[1] 李 超[1] 陈召亚[1] 许 皞[1,2**]

(1. 河北农业大学资源与环境科学学院 保定 071000; 2. 河北农业大学国土资源学院 保定 071000)

摘 要 为促进京津冀一体化协同发展及生态环境建设，本文在总结国内外相关研究方法的基础上，引入生态亚区空间尺度，将河北省环京津地区划分为 7 个生态亚区，应用生态补偿优先级模型，对环京津地区 73 个县(市)的单位面积生态系统服务价值和生态补偿优先级进行了计算，并从环京津地区整体、生态亚区、县(市)3 个空间尺度分析了环京津地区生态补偿的优先领域。结果表明：环京津地区生态补偿优先级总体较高，且西部山地丘陵地区的生态补偿优先级明显高于中东部及东南部平原地区。不同生态亚区单位面积生态系统服务价值差距不大；而不同县(市)的生态系统服务价值差异明显，最低的涞水县为 2 440 元·hm^{-2}，最高的滦南县达 10 060 元·hm^{-2}。各生态亚区中坝上高原草原与农业生态亚区、永定河上游间山盆地林农草生态亚区、冀北及燕山山地落叶阔叶林生态亚区应优先获得生态补偿；各县(市)中位于研究区北部的丰宁满族自治县、围场满族蒙古族自治县等 9 个县(市)的生态补偿优先级较高，应优先获得生态补偿；而位于东部及南部地区的三河市、大厂回族自治县等 49 个县(市)应率先支付生态补偿。研究结果与以往的经济补偿强度模型相比，量化了区域间生态补偿的迫切程度，能够较好地反映环京津地区生态经济关系，对于促进京津冀地区协同发展、生态环境保护与土地资源高持续效利用发挥着重要作用。

关键词 环京津地区 生态亚区 区域生态补偿 生态系统服务价值 生态补偿优先级(ECPS)

中图分类号: F301.24 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-3990(2015)11-1473-08

Regional ecological compensation based on ecosystem service value in the area surrounding Beijing and Tianjin*

GUO Niandong[1], LI Hengzhe[1], LI Chao[1], CHEN Zhaoya[1], XU Hao[1,2**]

(1. College of Resources and Environment Science, Hebei Agricultural University, Baoding 071000, China;
2. College of Land and Resources, Hebei Agricultural University, Baoding 071000, China)

Abstract The area around Beijing and Tianjin is a strategic region in terms of ecological defense of Beijing and Tianjin municipalities. To promote the integration of Beijing-Tianjin-Hebei and the construction of ecological environment, it is key point to clarify the compensators and recipients of ecological compensation. This paper introduced spatial scale of sub-ecological region, and divided the area around Beijing and Tianjin of Hebei Province, 73 counties (cities), into 7 sub-ecological regions. Then the paper calculated the per-unit area ecosystem service value and the sequence of priority of ecological compensation (ECPS) of 73 counties (cities) in the region surrounding Beijing and Tianjin. The ECPS can be used to quantify the priority of ecological compensation, and is the basis of regional compensation. The areas with priority for regional ecological compensation in the area surrounding Beijing and Tianjin were analyzed at three spatial scales — the whole region, the sub-ecological region and the county/city scale. The results showed that the ECPS of the area surrounding Beijing and Tianjin was high in totality, and that of the regions around the western mountains and hills was significantly higher

* 国土资源部公益性行业项目(201311060)和河北省高等学校科学技术研究优秀青年基金项目(Y2012015)资助

** 通讯作者: 许皞，研究方向为土地资源。E-mail: xuhao22003@yahoo.com.cn
郭年冬，研究方向为土地资源。E-mail: guo_niandong@163.com

收稿日期: 2015−04−12 接受日期: 2015−08−10

* This study was supported by the Special Fund for Land-scientific Research in the Public Interest (No. 201311060) and the Research Foundation for Excellent Youngers in University of Hebei Province (No. Y2012015).

** Corresponding author, E-mail: xuhao22003@yahoo.com.cn

Received Apr. 12, 2015; accepted Aug. 10, 2015

than that of the areas in the central and southeast plains. The per-unit area ecosystem service values of different ecological sub-regions were not significantly different. On the contrary, it varied considerably for different counties/cities — 2 440 Yuan·hm^{-2} for Laishui County (the lowest) in the west mountain area and 10 060 Yuan·hm^{-2} for Luannan (the highest) County in the east plain. The results also showed that at sub-ecological scale, the grassland and agro-ecological area in Bashang Plateau, the upper reaches of Yongding River and the deciduous broad-leaved forest areas of Jibei and Yanshan mountains needed high priority in terms of ecological compensation. At the county/city scale, Fengning, Weichang and other seven counties/cities in the northern region of the study area had higher priority level in terms of ecological compensation. Then Sanhe, Dachang and other 47 counties/cities in eastern and southern regions of the study area was the first to pay for the ecological compensation. Compared with previous economic compensation intensity models, a relatively simple and reliable evaluation method for priority areas and regional ecological compensation were established in this study. This was not only applicable in the promotion of Beijing-Tianjin-Hebei integration and the construction of ecological environment, but also offered scientific basis for rational land utilization and sustainable development in the study area.

Keywords Area surrounding Beijing and Tianjin; Sub-ecological region; Regional ecological compensation; Ecosystem service value; Ecological compensation priority sequence (ECPS)

近年来，在追求经济快速发展的同时生态环境也遭到了严重的破坏，尽管党和国家为治理生态环境做出了巨大的努力，但效果并不理想，生态环境保护形势依然严峻。生态补偿研究已成为生态系统可持续研究的热点[1−2]。实施区域生态补偿首先要确定区域生态服务价值。生态服务价值评估这一概念最早出现于20世纪60年代中后期，受Costanza等[3]研究成果的启发，从20世纪90年代起，我国学者在生态服务价值领域也做出了巨大的贡献[4]。在我国，生态系统服务的概念首先由欧阳志云等[5]提出，且在此基础上对中国陆地生态系统 6 种服务功能进行了初步评价，并较为全面地剖析了因所选择的评价参数而可能引起的结论偏差；在此基础上李文华[6]系统、全面地介绍了生态系统服务价值的理论、方法与实践；谢高地等[7−8]通过对青藏高原生态资产价值进行评估确定了我国生态系统单位面积生态服务价值当量。

目前，多数学者研究认为生态补偿的核心是明确生态补偿的依据，因其直接关系到补偿的效果和补偿者的承受能力，因此也是生态补偿机制建立的重点和难点之一。目前国内已有一些在对生态系统服务价值分析的基础上确定补偿依据的研究案例[9−14]，但大多都集中于经济补偿的强度，即“应该补偿多少”的问题，但对于“谁应该补偿谁”的问题研究较为少见。王女杰等[15]从不同区域间生态补偿的迫切程度入手，在综合考虑区域的生态系统服务价值和经济发展水平的基础之上，提出了生态补偿优先级的概念(ecological compensation priority sequence, ECPS)，为区域间生态补偿提供了依据。

环京津地区作为京津地区的生态保障区，在资源的开发利用、工业生产、废物处理等方面做出了很大的牺牲，对北京和天津地区的生态环境安全和社会经济发展等多方面的贡献作用明显。众所周知，当自然资源发挥其资产功能，以自然资本的形式向社会提供生态服务时，理应受到受益主体的补偿。因此明确提供和接受补偿主体是进行区域生态补偿的关键，有利于理顺环京津地区的生态经济关系，对于促进京津冀地区协同发展、生态环境保护与土地资源高持续效利用发挥着重要作用。

本文首先对环京津地区 73 个县(市)土地生态服务价值进行计算，然后据此计算出环京津地区、各生态亚区及各县(市)的生态补偿优先级，实现对区域间生态补偿迫切程度的量化，为建立环京津地区生态补偿机制提供依据，以期为促进京津冀一体化协同发展和生态环境建设提供参考。

1 研究区现状及研究方法

1.1 研究区现状

本文选取河北省的环京津地区为研究区，依据中国科学院生态环境研究中心发布的中国生态系统与生态功能区划专题数据库，将该地区划分为 7 大生态亚区(图 1)，包括与北京、天津地区接壤的河北承德、张家口、保定、廊坊、沧州、唐山 6 个设区市所辖 73 个县(市)，该区域土地总面积 1.33×10^7 hm^2，总人口约 3 854.2 万人[16]。年降水量 400~800 mm，年均气温为 0~12 ℃。地貌类型主要有高原、山地、丘陵、平原、沿海滩涂等。本研究在参考已有研究[17−19]的基础上，结合全国土地利用现状分类、中国科学院资源环境分类系统及当地生态环境特点，将土地利用类型划分为耕地、林地、园地、草地、水域、城镇村及工矿用地、其他土地 7 类主要的土地利用类型，结合环京津地区土地覆被特征、土地利用方

式特点及土地利用变更调查数据, 将城镇村及工矿用地整合为建设用地, 其他土地整合为未利用地。其中以耕地和林地为主, 分别占到土地总面积的 30.48%和 28.00%, 水域面积最少, 只占总面积的 3.67%。环京津地区作为保卫京津地区生态安全的重要生态缓冲地带, 担负着“保水、阻沙、防风”之重任, 其生态环境如何直接关系到京津地区的生态环境质量。

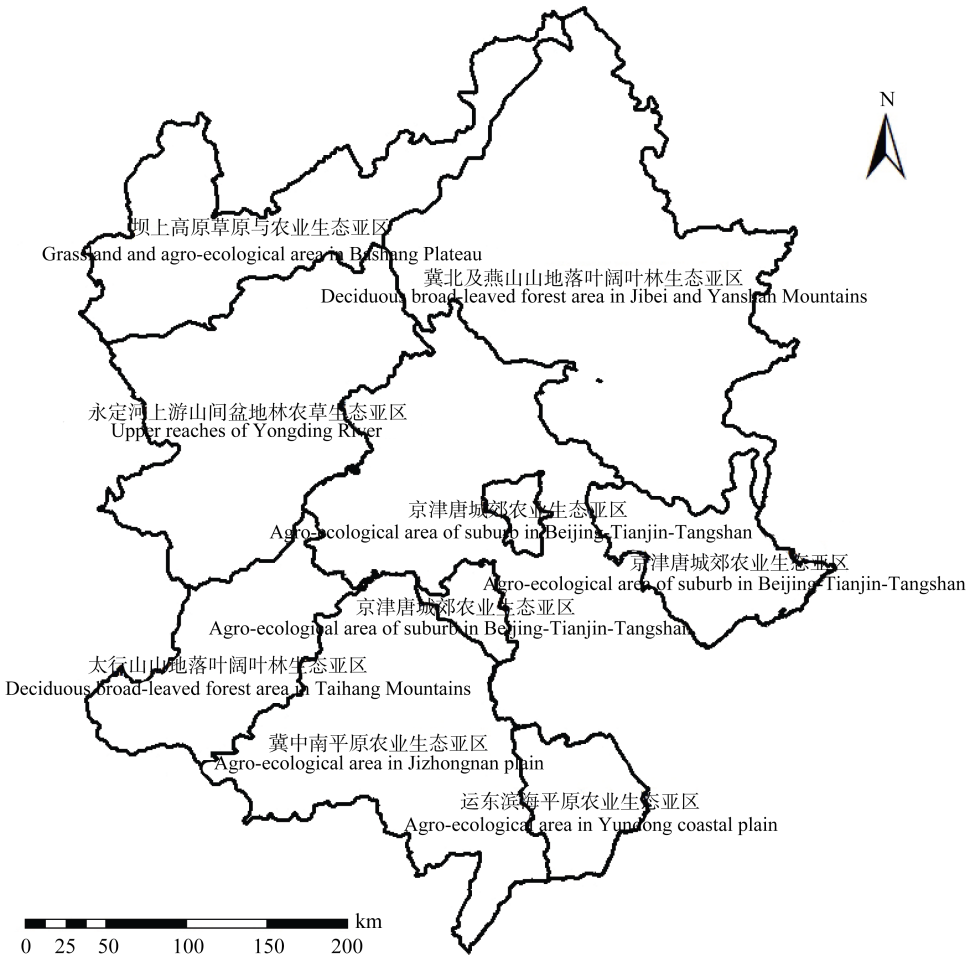

图 1　环京津地区生态亚区分区图

Fig. 1　Sub-ecological regions of the area surrounding Beijing and Tianjin

1.2　研究方法

1.2.1　数据预处理

数据来源于对 2011 年 Landsat TM 影像图的解译, 并应用 ENVI4.7 对影像图进行波段组合、几何校正(误差值不超过 0.5 个像元)、区域裁剪等数据预处理, 然后在 Arcgis 9.3 支持下, 采用监督分类与目视解译相结合的方法进行解译从而获取研究区的土地利用数据库; 同时参考 2011 年的《河北土地调查统计年鉴》及河北土地变更调查数据, 对研究区各土地利用类型面积及结构比例进行调整和检验, 解译结果的精度及 Kappa 指数均大于 0.8。社会经济及农业相关数据来源于 2011 年《河北省农村统计年鉴》、《河北省经济年鉴》、《河北省统计年鉴》及《全国农产品成本收益资料汇编》等。生态亚区分区图件来源于中国科学院生态环境研究中心中国生态系统与生态功能区划专题数据库(http://www.ecosystem.csdb.cn/ecoass/ ecoplanning.jsp)。

1.2.2　单位面积生态系统服务价值计算

依据生态系统与人类社会的供求关系, Costanza 等[3]按照其性质将生态系统服务价值分为市场价值和非市场价值两类。市场价值是一种能够在市场机制中反映或取得货币价值的生态系统服务价值, 包括食物及原材料的生产服务; 非市场价值是一种对人类有着非常重要的作用, 却又没有在市场机制中得到反映的生态系统服务价值。按照 Costanza 的生态系统服务理论, 对生态系统服务价值进行分类(表 1)。

依据谢高地等[8]的研究成果可知, 1 个当量因子的经济量约为全国粮食单产市场价格的 1/7。2005 年中国单个生态系统价值当量的经济价值为 449.1 元·hm^{-2}, 结合 2006 年《河北省统计年鉴》的

表 1 生态系统服务分类表

Table 1 Classification of the ecosystem services

价值分类 Value type	生态系统服务类型 Ecosystem service type	生态系统类型 Ecosystem type
市场价值 Market value	农产品生产与原材料提供 Agricultural production and materials provided	农业生态系统 Agro-ecosystem
	渔产品生产与原材料提供 Fish production and materials provided	湿地生态系统 Wetland ecosystem
	林产品生产与原材料提供 Forest production and materials provided	森林生态系统 Forests ecosystem
非市场价值 Non-market value	水源涵养 Water conservation	森林、草地和湿地生态系统 Forests, grassland and wetland ecosystem
	废弃物处理 Waste treatment	湿地和海洋生态系统 Wetland and marine ecosystem
	生物多样性保护 Biodiversity conservation	森林、草地和湿地生态系统 Forests, grassland and wetland ecosystem
	土壤形成与保持 Soil formation and protection	森林、草地和湿地生态系统 Forests, grassland and wetland ecosystem
	气体与气候调节 Air and climate regulation	森林、草地和湿地生态系统 Forests, grassland and wetland ecosystem
	游憩文化 Recreation and culture	森林、草地和湿地生态系统 Forests, grassland and wetland ecosystem

相关数据，计算得出 2005 年环京津地区平均粮食产量为 4 683.35 kg·hm^{-2}，因全国地均粮食产量为 5 896.50 kg·hm^{-2}，据此对全国的生态系统服务价值当量价值进行系数修正，考虑物价水平差异，结合物价指数变化，将得出的生态价值当量转化为 2011 年价值量数据，确定环京津地区单个生态当量的价值为 403.07 元·hm^{-2}。再计算陆地生态系统单位面积生态服务价值系数(单位当量价值×当量)，最后计算得到环京津地区单位土地面积生态服务价值系数(VC，表 2)。

表 2 2011 年环京津地区不同土地利用类型的单位面积土地生态服务价值系数

Table 2 Ecosystem service value per unit area of different land use types in the area surrounding Beijing and Tianjin in 2011

Yuan·hm^{-2}

生态系统服务类型 Ecosystem service type	耕地 Farm land	林地 Forest land	园地 Garden land	草地 Grassland	水域 Water area	建设用地 Construction land	未利用地 Unused land
气体调节 Gas regulation	501.58	1 438.97	970.27	328.91	0	0	0
气候调节 Climate regulation	892.16	1 110.06	1 001.11	370.02	189.12	0	0
水源涵养 Water reservation	600.26	1 315.63	957.93	328.91	8 378.11	−3 865.45	12.34
土壤形成与保护 Formation and protection of soil	1 463.63	1 603.41	1 533.52	801.71	4.11	0	8.23
废物处理 Waste disposal	1 644.53	538.58	1 091.56	538.58	7 474.39	−1 257.58	4.11
生物多样性保护 Biodiversity conservation	711.26	1 340.29	1 025.78	448.14	1 023.72	0	139.78
食物生产 Food production	1 003.16	41.11	522.14	123.34	41.11	0	4.11
原材料 Raw materials	98.67	1 068.95	583.80	20.55	4.11	0	0
娱乐文化 Entertainment and culture	8.23	526.25	267.23	16.44	1 784.31	0	4.11
合计 Total	6 931.69	8 983.24	7 957.47	2 976.60	18 899.76	−5 123.04	172.68

单位面积生态系统服务价值的计算公式为:

$$V_{al}=(A_k\times V_k)/A_{al} \quad (1)$$

式中: V_{al} 为研究区单位面积的生态系统总服务价值，单位为元; A_k 为研究区第 k 类土地利用类型的面积，单位为 hm^2; V_k 为研究区第 k 类土地利用类型的单位面积土地生态服务价值系数，单位为元·hm^{-2}; A_{al} 为研究区的土地面积总和。

1.2.3 区域生态补偿优先级计算

区域间经济发展水平存在很大的差异，对不同区域的生态补偿优先级(ECPS)进行测算，依照区域的经济发展水平(GDP)排列是最简单最直观的方法，生态补偿对经济发展落后的区域迫切程度要高于发展水平较为良好的地区[15]。由于生态系统服务的市场价值在市场机制中已经通过货币的形式为区域的发展做出了贡献，因此在计算生态补偿优先级(ECPS)时应摒弃这部分价值，只取其非市场价值部分，即本文以某个区域的单位面积生态系统服务的非市场价值和单位面积 GDP 的比值来表示不同区域

获得生态补偿的优先级。具体表达如下:

$$S_{ECP}=V_{alN}/GDP_N \quad (2)$$

式中: S_{ECP} 为生态补偿优先级, GDP_N 表示单位面积地区生产总值, V_{alN} 表示单位面积生态系统非市场价值。如果研究区的生态补偿优先级较小, 说明该区域支付生态补偿后对其经济状况影响较小, 应当率先支付生态补偿资金; 反之, 说明该区域支付生态补偿后对其经济状况影响较大, 应当率先得到生态补偿支持。

2　结果与分析

2.1　环京津地区生态系统服务价值和生态补偿优先级分析

环京津地区土地生态系统服务价值总量为 6.60×10^6 万元, 单位面积生态系统服务价值为 4 869 元·hm^{-2}, 生态补偿优先级为 0.136 3。与张猛等[20]、王女杰等[15]的研究成果对比发现, 环京津地区的生态补偿优先级高于山东省和辽宁省(其生态补偿优先级均小于 0.1)等北方地区, 生态环境压力较大, 加之其地理位置特殊, 应对该地区优先进行生态补偿。

根据环京津地区生态补偿优先级的空间分布可以看出, 生态补偿空间分布状况存在一定规律性。其中, 西北山地丘陵地区生态补偿优先级较高, 应优先获得生态补偿; 而中东部及东南部平原地区生态补偿优先级较低, 应率先支付生态补偿。运用 Arcgis 9.3 将所得数据与环京津地区底图进行叠加, 按照自然裂点分类法(Jenks), 以生态补偿优先级值 0.135 3、0.269 4、0.571 1、0.960 9 为断点, 将环京津地区生态系统生态补偿优先级划分为 4 级区: 1 级区、2 级区、3 级区、4 级区(图 2), 其面积分别为 $2.287\ 2\times10^6$ hm^2、$2.455\ 6\times10^6$ hm^2、$3.085\ 1\times10^6$ hm^2、$5.472\ 0\times10^6$ hm^2; 1 级区的生态补偿优先级最大为 0.862 0, 最小的为 4 级区 0.042 0; 其中 1 级和 2 级区的生态补偿优先级大于平均值, 说明这些生态亚区为环京津地区生态环境安全做出了贡献, 应视为优先获取生态补偿的地区, 3 级和 4 级区小于平均值, 应率先支付补偿。

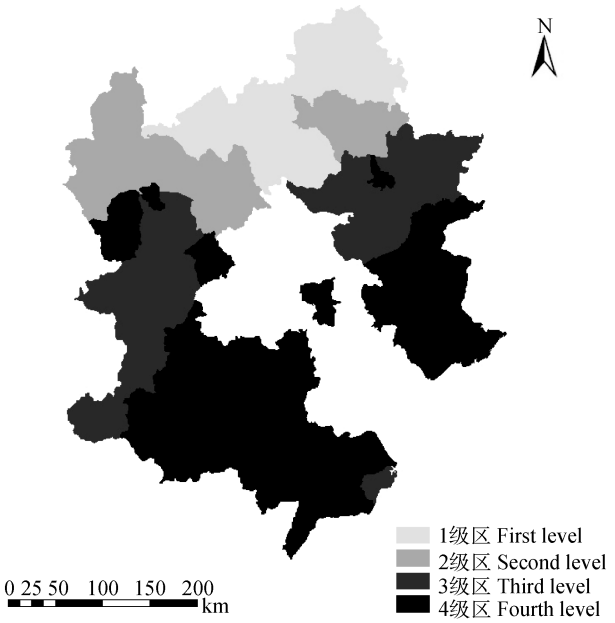

图 2　环京津地区生态补偿优先级分级图

Fig. 2　Classifying map of ecological compensation priority sequences of the area surrounding Beijing and Tianjin

2.2　各生态亚区单位面积生态系统服务价值和生态补偿优先级

按照上述环京津地区生态亚区划分, 应用公式(1)计算环京津地区各生态亚区的生态系统服务价值(表 3)。

表 3　环京津地区各生态亚区单位面积生态系统服务价值

Table 3　Ecosystem service values of different sub-ecological regions of the area surrounding Beijing and Tianjin

生态亚区 Sub-ecological region	市场价值 Market value (Yuan·hm^{-2})	非市场价值 Non-market value (Yuan·hm^{-2})	总价值 Total value (Yuan·hm^{-2})	生态补偿优先级 Ecological compensation priority sequence
坝上高原草原与农业生态亚区 Grassland and agro-ecological area in Bashang Plateau	668.68	4 686.26	5 354.95	0.592 3
永定河上游山间盆地林农草生态亚区 Upper reaches of Yongding River	580.18	3 947.59	4 527.77	0.296 8
冀北及燕山山地落叶阔叶林生态亚区 Deciduous broad-leaved forest area in Jibei and Yanshan Mountains	683.92	4 792.69	5 476.61	0.121 5
太行山山地落叶阔叶林生态亚区 Deciduous broad-leaved forest area in Taihang Mountains	568.61	3 502.67	4 071.28	0.077 8
京津唐城郊农业生态亚区 Agro-ecological area of suburb in Beijing-Tianjin-Tangshan	671.82	4 227.08	4 898.90	0.021 7
冀中南平原农业生态亚区 Agro-ecological area in Jizhongnan plain	744.71	3 737.00	4 481.71	0.034 8
运东滨海平原农业生态亚区 Agro-ecological area in Yundong coastal plain	668.31	3 958.55	4 626.86	0.046 7

从表 3 可以看出，不同生态亚区的单位面积生态服务价值不等，其中冀北及燕山山地落叶阔叶林生态亚区的总价值最大，为 5 476.61 元·hm^{-2}，太行山山地落叶阔叶林生态亚区最小，为 4 071.28 元·hm^{-2}，均值为 4 776.87 元·hm^{-2}。坝上高原草原与农业生态亚区、冀北及燕山山地落叶阔叶林生态亚区、京津唐城郊农业生态亚区的总价值高于全区均值，说明这些生态亚区为环京津地区生态环境安全做出了贡献。

通过公式(2)并结合 2011 年各生态系统在环京津地区各市县(市)的分布以及环京津地区各市县(市)的经济发展状况[21]，得到环京津地区 7 大生态亚区的补偿优先级(ECPS)：坝上高原草原与农业生态亚区的 ECPS 最大，达 0.592 3；其次为永定河上游间山盆地林农草生态亚区与冀北及燕山山地落叶阔叶林生态亚区，分别为 0.296 8、0.121 5，这些地区支付生态补偿的优先级较低，应当优先得到补偿；京津唐城郊农业生态亚区最小，为 0.021 7，南部的冀中南平原农业生态亚区、运东滨海平原农业生态亚区也较小，大致在 0.05 以下，这些地区不急于获得生态补偿，应率先进行生态支付。研究区各生态亚区 ECPS 的空间分布呈现出以下 3 个特点：1)北高南低。各生态亚区需要获得补偿的迫切程度大小为：北部地区>南部地区，即环京津地区“生态输出”主要集中在北部地区。2)山区大于平原。大部分处于山地丘陵地区的生态亚区其 ECPS 大于平原地区生态亚区。3)内陆平原生态亚区大于东部沿海平原生态亚区。

2.3 各县(市)区单位面积生态系统服务价值和生态补偿优先级

通过利用公式(1)对各县(市)单位面积生态系统服务价值计算，环京津地区各县(市)单位面积生态系统服务价值差距很大，最低的涞水县为 2 440 元·hm^{-2}，最高的滦南县达 10 060 元·hm^{-2}，是前者的 4 倍有余。该地区单位面积生态系统服务价值的均值为 4 870 元·hm^{-2}，其中滦南县、乐亭县、安新县等 28 个县(市)的生态系统服务价值大于均值，说明这些县(市)为环京津地区生态环境安全做出了贡献，其余县(市)则小于均值。

通过利用公式(2)，计算出环京津地区 73 个县(市)生态补偿优先级(ECPS)，见图 3。结合计算结果和图可以看出 ECPS 大于 0.5 的县有 5 个，主要集中于环京津地区的东北部地区，分别为丰宁满族自治县(0.960 9)、围场满族蒙古族自治县(0.836 0)、沽源

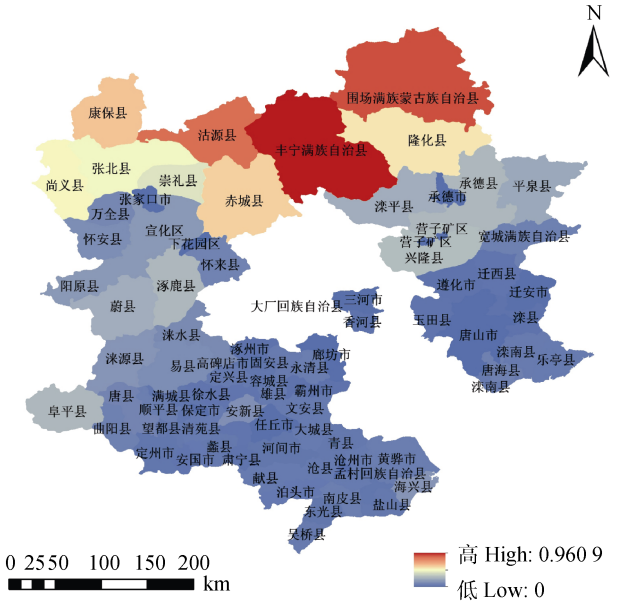

图 3 环京津地区土地生态补偿优先级空间分布图

Fig. 3 Spatial distribution map of the ecological compensation priority sequence of the area surrounding Beijing and Tianjin

县(0.789 2)、康保县(0.571 1)、赤城县(0.537 5)，这 5 个县均处于坝上地区，做为京津地区的第一道生态屏障，为京津地区的生态安全做出了巨大的贡献，作为“生态输出”县(市)，迫切需要获得生态补偿。其次西北部的隆化县、尚义县、张北县、崇礼县，ECPS 分别为 0.495 1、0.465 0、0.436 6、0.385 5，因此也需要优先获得生态补偿。该地区 ECPS 两极分化差异巨大，ECPS 小于 0.1 的县(市)有 49 个，主要分布于中东部地区及南部地区，其中三河市、迁安市、任丘市、大厂回族自治县最小，分别为 0.004 8、0.007 1、0.009 0、0.009 4，作为“生态消费”县(市)，应率先支付生态补偿。此外，沧州地区海兴县的 ECPS 高于其周围县(市)，其原因是海兴县单位面积生态系统非市场价值为 4 025 元·hm^{-2}，在研究区中处于中上游水平，但其单位面积 GDP 仅为 23 836 元·hm^{-2}，在所研究的 73 个县(市)中处于较低水平，是典型的“生态输出”、经济欠发达地区，需要获得生态补偿。

环京津地区经济发展落后且水平差异较大。位于环京津地区北部、中西部及东南部的张家口沽源县、承德滦平县、保定涞源县、沧州肃宁县等 4 个地市共 31 个县构成环京津贫困带[22]，其中 26 个县为国家级贫困县，5 个县为省级贫困县，这些县(市)经济发展落后，且 ECPS 大，是京津冀地区防风固沙、水源涵养及动植物多样性保护的重要地区，在为京津冀的生态安全和资源环境建设做出巨大贡献的同时也失去了发展经济的机会，急需获得生态补偿的支持。中东部的唐山地区和西南部保定部分地

区的经济发展较为良好, 但工业迅猛发展带动经济进步的同时对生态环境的破坏也日益严重, 因此作为经济的受益者和生态的“消费者”, 需要向“生态输出”地区支付生态补偿。

3　讨论与结论

本研究对环京津地区生态补偿状况进行了探究。以县(市)行政区域为研究单元, 引入生态补偿优先级(ECPS)模型, 对环京津地区的 73 个县(市)的生态补偿优先级(ECPS)进行了计算, 解决了环京津地区“谁应该补偿谁”的问题。研究结果显示: 1)通过分析其自然环境及经济发展水平发现, 随着开发强度的增加, 其单位面积生态系统服务价值是递减的。2)环京津地区生态补偿优先级总体较高, 且生态补偿空间分布状况存在一定规律性, 其中西北山地丘陵地区生态补偿优先级较高, 这是由于该地区自然资源丰富, 是京津冀地区防风固沙、水源涵养及动植物多样性保护的重要地区, 在为京津冀的生态安全和资源环境建设做出巨大的贡献的同时也失去了发展经济的机会, 属于“生态输出”地区, 应优先获得生态补偿; 而中东部及东南部平原地区经济态势发展良好, 但工业迅猛发展带动经济发展的同时对生态环境也造成了迫害, 因此作为经济的受益者和生态的“消费者”应率先支付生态补偿。

由于前人研究大多都集中于经济补偿强度, 即“应该补偿多少”的问题, 但对于“谁应该补偿谁”的问题研究较为少见。因此, 本文引入生态补偿优先级模型, 对环京津地区生态环境问题进行了研究, 明确了环京津地区生态经济关系, 量化了区域间生态补偿迫切程度, 对于促进京津冀地区协同发展、生态环境保护与土地资源高持续效利用发挥着重要作用, 同时也为其他区域间生态补偿提供较为科学的依据。但本文仅通过生态补偿优先级模型对 2011 年环京津地区生态补偿及其空间分布状况进行了定量分析, 并未深入分析造成这种空间分布状况的原因, 且未结合其时间变化规律进行时空动态全面分析, 今后可在此基础上探索适当的方法对环京津地区生态补偿时空变化特征及驱动力分析、改善环京津地区生态环境的措施、建议等方面进一步深入分析研究。

参考文献

[1] Semwal R L, Nautiyal S, Sen K K, et al. Patterns and ecological implications of agricultural land-use changes: A case study from central Himalaya, India[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2004, 102(1): 81–92

[2] 吴大千, 刘建, 贺同利, 等. 基于土地利用变化的黄河三角洲生态服务价值损益分析[J]. 农业工程学报, 2009, 25(8): 256–261
Wu D Q, Liu J, He T L, et al. Profit and loss analysis on ecosystem services value based on land use change in Yellow River Delta[J]. Transactions of the Chinese of Society of Agriculture Engineering, 2009, 25(8): 256–261

[3] Costanza R, D′ Arge R, de Groot R, et al. The value of the world’s ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387(6230): 253–260

[4] 欧阳志云, 王如松, 赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. 应用生态学报, 1999, 10(5): 635–640
Ouyang Z Y, Wang R S, Zhao J Z. Ecosystem services and their economic valuation[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1999, 10(5): 635–640

[5] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究[J]. 生态学报, 1999, 19(5): 607–613
Ouyang Z Y, Wang X K, Miao H. A primary study on Chinese terrestrial ecosystem services and their ecological-economic values[J]. Acta Ecologica Sinica, 1999, 19(5): 607–613

[6] 李文华. 生态系统服务功能价值评估的理论、方法与应用[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2008
Li W H. Functional Valuation of Ecosystem Services: Theory, Method and Application[M]. Beijing: China Renmin University Press, 2008

[7] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 189–196
Xie G D, Lu C X, Leng Y F, et al. Ecological assets valuation of the Tibetan Plateau[J]. Journal of Natural Resources, 2003, 18(2): 189–196

[8] 谢高地, 甄霖, 鲁春霞, 等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J]. 自然资源学报, 2008, 23(9): 911–919
Xie G D, Zhen L, Lu C X, et al. Expert knowledge based valuation method of ecosystem services in China[J]. Journal of Natural Resources, 2008, 23(9): 911–919

[9] 熊鹰, 王克林, 蓝万炼, 等. 洞庭湖区湿地恢复的生态补偿效应评估[J]. 地理学报, 2004, 59(5): 772–780
Xiong Y, Wang K L, Lan W L, et al. Evaluation of the lake recovery area eco-compensation in Dongting lake wetland[J]. Acta Geographica Sinica, 2004, 59(5): 772–780

[10] 蔡邦成, 温林泉, 陆根法. 生态补偿机制建立的理论思考[J]. 生态经济, 2005(1): 47–50
Cai B C, Wen L Q, Lu G F. Theoretical considerations on the establishment of ecological compensation mechanism[J]. Ecological Economy, 2005(1): 47–50

[11] 虞依娜, 彭少麟. 生态系统服务价值评估的研究进展[J]. 生态环境学报, 2010, 19(9): 2246–2252
Yu Y N, Peng S L. Review on evaluation of ecosystem services[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2010, 19(9): 2246–2252

[12] 张志强, 徐中民, 程国栋. 生态系统服务与自然资本价值评估[J]. 生态学报, 2001, 21(11): 1918–1926
Zhang Z Q, Xu Z M, Cheng G D. Valuation of ecosystem

service and natural capital[J]. Acta Ecologica Sinica, 2001, 21(11): 1918–1926

[13] 杨正勇, 杨怀宇, 郭宗香. 农业生态系统服务价值评估研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(5): 1045–1050
Yang Z Y, Yang H Y, Guo Z X. A literature review on evaluation of agricultural ecosystem services[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2009, 17(5): 1045–1050

[14] 郑德凤, 臧正, 孙才志. 改进的生态系统服务价值模型及其在生态经济评价中的应用[J]. 资源科学, 2014, 36(3): 584–593
Zheng D F, Zang Z, Sun C Z. An improved ecosystem service value model and application in ecological economic evaluation[J]. Resources Science, 2014, 36(3): 584–593

[15] 王女杰, 刘建, 吴大千, 等. 基于生态系统服务价值的区域生态补偿——以山东省为例[J]. 生态学报, 2010, 30(23): 6646–6653
Wang N J, Liu J, Wu D Q, et al. Regional eco-compensation based on ecosystem service assessment: A case study of Shandong Province[J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(23): 6646–6653

[16] 河北省人民政府. 河北省环京津地区产业发展规划(2010—2015 年)[R]. 冀政[2010]89 号
Hebei Provincial Government. The industry development plan of the area surrounding Beijing and Tianjin in Hebei Province (2010–2015)[R]. Jizheng[2010]No.89

[17] 苗正红. 吉林省生态资产遥感定量评估[D]. 长春: 东北师范大学, 2010: 31–32
Miao Z H. The evaluation of ecological assets in Jilin by the quantitative method of remote sensing[D]. Changchun: Northeast Normal University, 2010: 31–32

[18] 许吉仁, 董霁红. 南四湖湿地景观格局变化的生态系统服务价值响应[J]. 生态与农村环境学报, 2013, 29(4): 471–477
Xu J R, Dong J H. Response of ecosystem in service value to changes in landscape pattern of the Nansi Lake wetland[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2013, 29(4): 471–477

[19] 马新辉, 任志远, 孙根年. 城市植被净化大气价值计量与评价——以西安市为例[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(2): 180–182
Ma X H, Ren Z Y, Sun G N. The calculation and assessment to the values of air purification by vegetation in Xi'an City[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2004, 12(2): 180–182

[20] 张猛, 崔海兰, 梁成华, 等. 基于生态系统服务价值的区域生态补偿研究——以辽宁省为例[J]. 国土与自然资源研究, 2014(2): 53–55
Zhang M, Cui H L, Liang C H, et al. Regional eco-compensation based on ecosystem service assessment — A case study of Liaoning Province[J]. Territory & Natural Resources Study, 2014(2): 53–55

[21] 河北省统计局. 河北省 2011 年统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2011
Hebei Province Statistics Bureau. Hebei Statistics Yearbook 2011[M]. Beijing: China Statistics Press, 2011

[22] 张蓬涛, 张贵军, 崔海宁. 基于退耕的环京津贫困地区生态补偿标准研究[J]. 中国水土保持, 2011(6): 9–12
Zhang P T, Zhang G J, Cui H N. Ecological compensation standard for poverty-stricken areas surrounding Beijing and Tianjin based on returning cultivated land to woodland[J]. Soil and Water Conservation in China, 2011(6): 9–12