

# 主体功能区生态补偿模型初探\*

徐梦月<sup>1,2</sup> 陈江龙<sup>1\*\*</sup> 高金龙<sup>1,2</sup> 叶 欠<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院南京地理与湖泊研究所 南京 210008; 2. 中国科学院研究生院 北京 100049)

**摘 要** 本文将我国四大主体功能区分为开发型区域与保护型区域两大类, 在分析生态补偿的生态环境价值论、外部性理论和公共产品理论三大经典基础理论的基础上, 依据“谁保护谁受益, 谁受益谁补偿”的原则, 考虑开发型区域的支付意愿与支付能力, 保护型区域贡献的生态效益及其生态系统服务功能对开发型区域的效用影响范围, 提出结合生态足迹法与基于生态系统服务功能的引力模型构建主体功能区生态补偿模型。通过“补偿标准估算—补偿基金设立—分配方案确定—补偿实施”4个步骤, 由开发型区域通过政府间财政转移向保护型区域支付生态补偿金, 形成主体功能区生态补偿机制。最后从资金筹集多源化、形式多样化、参与对象多元化等方面提出生态补偿实施的政策建议。通过主体功能区生态补偿模型的实施可激励生态保护行为, 减少破坏行为, 为区域均衡与差异化发展提供科学依据。

**关键词** 主体功能区 生态补偿模型 生态足迹法 生态系统服务功能 引力模型  
**中图分类号:** F301.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-3990(2012)10-1404-05

## Study on ecological compensation model for Major Function Oriented Zones

XU Meng-Yue<sup>1,2</sup>, CHEN Jiang-Long<sup>1</sup>, GAO Jin-Long<sup>1,2</sup>, YE Qian<sup>1,2</sup>

(1. Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China;  
2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract** Reasonable scientific ecological compensation mechanisms that balance different interests are critical to a successful implementation of Major Function Oriented Zone (MFOZ) plan. Current studies on ecological compensation standard of MFOZ are relatively deficient. This study divided the four MFOZs in China into two groups and analyzed three classical ecological compensation theories. The two MFOZ groups were development and protection zones and three classical theories were ecological environment value theory, externality theory and public goods theory. On the basis of “protector to profit, beneficiary to compensate”, an ecological compensation model was constructed. The model also took into account the willingness of the development zones to pay, and the ecological benefits and ecosystem services of the protection zones to contribute along with its influence scope. Ecological footprint and ecosystem service-driven gravity model were used to establish the compensation model for MFOZ. The four steps that accounted for the eco-compensation mechanism included compensation standard, compensation fund, distribution plan and implementation mode. Development zones paid ecological compensations to protection zones via financial payments by governments to realize the model objectives. The study also suggested funding from multiple sources, implementation of diverse and diverse participants. It was of urgent theoretical and practical importance to establish ecological compensation model that facilitated the realization of the objectives of MFOZ plan. It was also recommended that implementation of a sound ecological compensation model would encourage ecological protection, limit vandalism and provide scientific basis for balanced differential region development.

**Key words** Major Function Oriented Zone, Ecological compensation model, Ecological footprint, Ecosystem service, Gravity model  
(Received Apr. 12, 2012; accepted Jun. 18, 2012)

2011年6月,《全国主体功能区规划》面向全社会公布,将国土空间划分为优化开发区域、重点开发区域、限制开发区域和禁止开发区域。四大主体功能区的形成有利于促进社会、经济、资源环境

\* 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-339)和国家自然科学基金项目(70873120, 70503026)资助

\*\* 通讯作者: 陈江龙(1974—), E-mail: jlchen@niglas.ac.cn

徐梦月(1988—),女,硕士研究生,主要从事土地利用和区域发展研究。E-mail: august0573@126.com

收稿日期: 2012-04-12 接受日期: 2012-06-18

的空间均衡, 实现区域可持续发展<sup>[1]</sup>。生态补偿作为主体功能区顺利实施的重要配套措施, 是缩小地区间差异、平衡区域利益关系, 推进区域协调发展的重要保障。从主体功能区角度出发构建生态补偿机制已成为地区主体功能区目标实现的迫切需要, 具有极其重要的理论与现实意义。

国内外学者已经在生态补偿的理论、标准制定、实施模式等方面做了大量研究。但对于主体功能区生态补偿的研究较少, 且主要集中在理论基础与实施模式方面。在理论上, 王昱等<sup>[2]</sup>从产业、人口迁移和公共服务支出等 3 个层面对不平衡性产生的机理进行阐述, 进而认为主体功能区划的顺利实施必须依赖于完备的区域间利益平衡机制, 而生态补偿正是这些机制的重要内容。龚进宏等<sup>[3]</sup>以权利义务对等性理论为生态补偿的理论依据, 分析不同主体功能区的权利与义务。王昱等<sup>[4]</sup>从区域性、综合性、整体性和差异性的地理学经典视角来探讨主体功能区的理论意义。孟召宜等<sup>[5]</sup>指出主体功能区生态补偿具有目标多元性、定位战略性、机制科学性、等级层次性、政策配套性。区域分工理论、区域发展空间均衡理论、区域管治理论对其有重要的指导意义。刘雨林<sup>[6]</sup>通过建立博弈模型发现, 当区域收入不均衡时, 提供生态环境保护与建设的纳什均衡结果也不同, 在主体功能区建设中应建立跨地区生态补偿机制。在补偿实施模式方面, 王昱等<sup>[2]</sup>认为生态补偿是诸多具有尺度性、区域性特征的政策、手段和方法的集合, 针对不同主体其操作的原则和路径不尽相同。从区域和局地两个层面, 以区域间基本公共服务均等化原则为基础, 构建区域生态补偿体系。白燕<sup>[7]</sup>认为要充分发挥市场补偿机制的功能, 同步落实主体功能区财政、产业、土地、人口管理、绩效评价和政绩考核政策, 从法律上明确生态补偿责任和各生态主体的义务。施晓亮<sup>[8]</sup>针对性地提出了以生态补偿基金为核心, 以公共补偿为主, 互助补偿、市场补偿为辅的区域生态补偿机制架构。作为建立生态补偿机制的核心和难点, 对于主体功能区生态补偿的标准测算研究不多, 韩德军等<sup>[9]</sup>对格罗夫斯-克拉克机制数学验证和修正, 通过克拉克税的征收和投票规则的实施, 提出确定生态补偿标准和成本的方法、解决生态补偿资金来源等核心问题的思路, 激励生态建设的参与者能够真实申报自己的投资意愿, 然后结合科学确定生态建设成本和生态补偿标准。谷学明等<sup>[10]</sup>基于生态系统服务外溢的理论, 通过在机会成本中引入科技进步系数并借助区位熵理论对主体功能区划中所产生的生态补偿问题进行初步核算。总的来说,

对于主体功能区生态补偿标准的研究还比较缺乏, 本文即从主体功能区角度出发构建生态补偿模型, 以期在一定程度上丰富在此方面的研究。

## 1 主体功能区生态补偿模型构建理论基础

主体功能区是指基于不同区域的资源环境承载能力、现有开发密度和发展潜力等, 统筹谋划人口分布、经济布局、国土利用和城镇化格局, 确定不同区域的主体功能, 并据此明确开发方向的一种空间单元与规划区域<sup>[1]</sup>。本文出于生态补偿的双向性特征, 将我国四大主体功能区分为两类, 优化开发区域与重点开发区域为开发型区域, 限制开发区域与禁止开发区域为保护型区域。生态补偿比较有代表性的定义为“生态补偿是通过损害(或保护)资源环境的行为进行收费(或补偿), 提高该行为的成本(或收益), 从而激励损害(或保护)行为的主体减少(或增加)因其行为带来的外部不经济性(或外部经济性), 达到保护资源的目的”<sup>[11-12]</sup>。传统的生态补偿经典基本理论包括生态环境价值论、外部性理论与公共产品理论。作为一种新型的补偿方式<sup>[5]</sup>, 主体功能区生态补偿赋予了生态补偿理论更新的内涵<sup>[5]</sup>, 从主体功能区的角度出发来分析这三大基本理论能为主体功能区生态补偿模型的构建提供理论基础:

1) 生态环境价值论。生态环境为人类提供了调节服务、支持服务、供给服务、文化服务等功能<sup>[13]</sup>, 人们从中获得各种效益, 应该有偿使用。从主体功能区划角度分析: 一方面, 保护型区域保护了资源, 改善了环境, 应该得到合理补偿, 否则长期进行生态环境保护的积极性就会逐渐减弱直至消失。另一方面, 开发型区域从生态环境中获益, 应该向生态产品的提供者支付一定费用。生态补偿是生态环境价值实现的重要经济手段。

2) 外部性理论。从主体功能区生态环境保护问题上来说, 保护型区域在生态保护活动中创造出具有正外部经济性的生态价值, 但无法直接从市场上获得经济效益。而开发型区域对环境的破坏与资源的使用的行为产生出外部不经济性, 也并没有付出相应的成本。两类区域的两种不同行为产生的生态保护“市场失灵”需要通过生态补偿来得到解决。

3) 公共产品理论。作为公共产品的生态产品, 其非竞争性会导致生态产品的过度使用, 其非排他性又会使开发型区域产生“搭便车”心理, 而实际上保护型区域也没有义务去免费提供公共产品, 就会产生供给的不足。生态产品使用的增多与供给的减少最终就会导致生态环境的破坏与资源的耗竭, 影响

区域的可持续发展。在生态保护中，通过开发型区域支付费用给生态产品的提供者保护型区域，从而减弱其非竞争性与非排他性。

## 2 主体功能区生态补偿模型构建方法

目前，生态补偿标准的计算还没有统一的方法，其中主要包括生态系统服务价值法、机会成本法、支付意愿法、生态足迹法等。不同主体功能区的特性决定了其权利和义务，明确了生态补偿的双方及其方向，即由开发型区域给予保护型区域补偿<sup>[5]</sup>。要实现外部效益内部化，需要综合考虑生态效益、社会接受度与现实可行性<sup>[12]</sup>，组合几种方法来构建主体功能区生态补偿模型。

作为生态服务受益方的开发型区域提供生态补偿金，需要综合考虑其支付意愿与支付能力。开发型区域的特征是人口比较密集、资源消耗较多、环境问题较突出<sup>[1]</sup>，对于其生态补偿的支付意愿可以通过其需求得到确定。利用生态足迹法能很好地测定既定技术条件和消费水平下特定人口对生态环境的影响规模和持续生存对生态环境提出的需求。同时，由于中国在相当长的时间内离环境库兹涅茨曲线的转折点还有距离，虽然开发型区域的经济基础较好，但生态环境的破坏与经济的关系仍然将处于上升阶段<sup>[14]</sup>。其主体功能定位是集聚人口及经济<sup>[1]</sup>，进行工业化城镇化开发后带来的直接后果依旧是资源的消耗和环境的破坏。生态足迹法能很好地动态测定其生态需求与供给的矛盾。

作为生态服务保护方的保护型区域得到来自开发型区域的生态补偿金，需要考虑其为区域贡献的生态效益。保护型区域的主体功能定位是保护生态环

境、提供生态产品，这个过程就是创造价值的过程<sup>[1]</sup>。这类价值可以通过生态系统服务功能价值法来确定，此方法是生态补偿标准的最合理解释。但由于通过生态系统服务价值评估得到的结果数值巨大，超出人类社会生产出的价值<sup>[12]</sup>，难以直接作为补偿依据，在本文中作为估算模型比例分配的依据。

另一方面，对于主体功能区的生态补偿来说，在一定区域范围内，保护型区域与开发型区域存在多个，如何确定补偿双方是实施补偿的关键。这一问题可通过生态系统服务功能的空间流转模型解决。宏观上看，生态系统提供的生态服务是“活”的，有些生态服务会在域外发生效用，其受益者是有层次的，且其影响范围会随距离增加而递减<sup>[15-18]</sup>。也就是说，保护型区域提供的生态服务在本地发生作用的同时对不同开发型区域产生不同大小的效用。对于开发型区域来说，需要支付的是生态服务通过空间流转得到的部分，也就是保护型区域提供的生态系统服务功能影响到的范围。本文通过确定保护型区域生态服务功能对开发型区域的效用影响范围确定不同保护型区域得到的开发型区域生态补偿基金的比例。

## 3 主体功能区生态补偿模型建立

从主体功能区的区域特征与规划定位出发，依据“谁保护谁受益，谁受益谁补偿”的原则，应用生态足迹法与基于生态系统服务功能的引力模型构建主体功能区生态补偿模型，形成生态补偿机制，重点解决“谁补偿谁”、“补偿多少”与“怎么补偿”三大问题。通过补偿标准估算—补偿基金设立—分配方案确定—补偿实施 4 个步骤，由开发型区域通过政府间财政转移向保护型区域支付生态补偿金，构建的补偿模型如图 1。

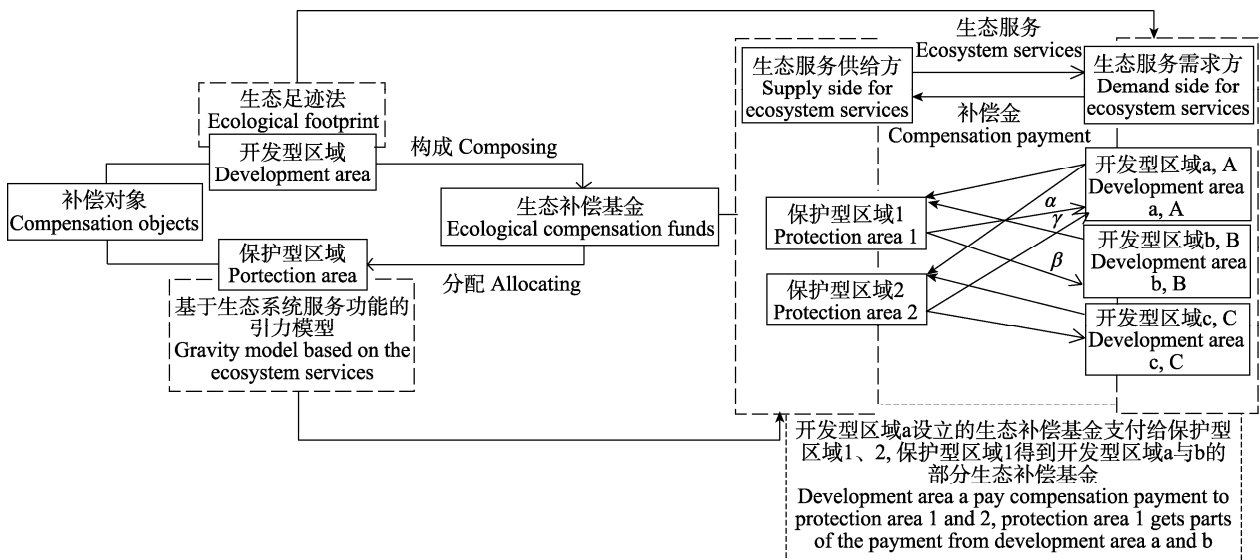


图 1 主体功能区生态补偿模型

Fig. 1 Ecological compensation model of the Major Function Oriented Zone

各开发型区域利用修正后的生态足迹法估算出应支付的补偿标准, 分别设立生态补偿基金; 各保护型区域利用基于生态系统服务功能的引力模型计算出分配给不同开发型区域的生态系统服务功能总量, 从而得到各个开发型区域支付给不同保护型区域的补偿金比例, 以估算补偿标准, 确定分配方案。如图 1 右侧: 开发型区域 a 与 b 经生态足迹法计算得到补偿标准分别为 A 与 B(即设立补偿基金为 A 与 B), 保护型区域 1 为开发型区域 a 与 b 提供的生态系统服务功能总量分别为  $\alpha$  与  $\beta$ , 保护型区域 2 为开发型区域 a 提供的生态系统服务功能总量为  $\gamma$ , 则保护型区域 1 得到的生态补偿总金额为:  $A \times \alpha / (\alpha + \gamma) + B$ , 分别来自开发型区域 a、b; 开发型区域 a 设立的生态补偿基金 A 中有  $A \times \alpha / (\alpha + \gamma)$  支付给保护型区域 1,  $A \times \gamma / (\alpha + \gamma)$  支付给保护型区域 2。生态补偿金的支付通过政府间财政转移机制得到实现。

本文构建的主体功能区生态补偿模型实质也可以认为是开发型区域政府购买保护型区域提供的生态产品<sup>[1]</sup>。图 1 中, 对于买方的开发型区域来说, 通过设立生态补偿基金对保护型区域进行补偿。其标准的确定要综合考虑支付意愿与支付能力两部分。支付意愿可通过生态服务的需求来确定, 利用生态足迹法<sup>[19]</sup>计算得到。同时, 由于不同地区的社会经济发展水平不同, 不同开发型区域的支付能力有差异, 支付能力的确定可以通过生态足迹的修正得到实现<sup>[20]</sup>。另外, 本文中主体功能区生态补偿主要通过政府间财政转移支付得到实现, 故引入恩格尔系数与财政收入对其进行修正, 修正后的生态足迹公式为:

$$EC = (EF - ED) \times GDP / AEF \times R \quad (1)$$

式中: EC 为支付生态补偿的标准; EF 为开发型区域生态足迹; ED 为开发型区域生态承载力;  $GDP / AEF$  为生态足迹效率; GDP 为国内生产总值; AEF 为总的生态足迹; R 为生态补偿修正系数, 计算公式如下:

$$R = e^\varepsilon \times F_j / (e^\varepsilon + 1) \times F \quad (2)$$

式中,  $F_j$  为开发型区域地方财政收入, F 为区域总财政收入,  $\varepsilon$  为恩格尔系数。

作为卖方保护型区域来说, 得到来自开发型区域的生态补偿金。引入物理学中的引力模型, 借鉴断裂点公式、场强公式定量研究两区域之间的生态系统服务功能的互相作用关系<sup>[15-17]</sup>。其中生态系统服务功能价值参考谢高地等<sup>[21]</sup>确定的我国不同生态系统单位面积生态服务价值系数; 服务功能包括气体调节、气候调节、水源涵养、废物处理、土壤形成与保护、生物多样性保护、食物生产、原材料与娱乐

文化。其中食物生产和原材料的生态系统服务的市场价值已经在市场中得到实现<sup>[22]</sup>, 土壤形成与保护功能基本不发生流转<sup>[17]</sup>, 因此, 在生态补偿量的确定中舍弃, 其余生态系统服务功能以大气、水、动植物为介质或载体得到流转而且呈衰减特征<sup>[15-17]</sup>。生态服务功能价值流转的断裂点公式为<sup>[15-17]</sup>:

$$D_p = \frac{D_{dp}}{1 + \sqrt{N_d / N_p}} \quad (3)$$

式中,  $D_p$  是保护型区域到断裂点的距离,  $D_{dp}$  是开发型区域与保护型区域之间的距离,  $N_d$ 、 $N_p$  分别为开发型区域和保护型区域生态系统服务功能价值(因本文中只需根据引力模型得出保护型区域生态补偿金分配比, 为计算方便, 可直接采用单位面积生态服务价值当量计算服务功能价值), d 为开发型区域, p 为保护型区域。基于此公式, 利用 GIS 软件的缓冲与叠加功能即计算得出生态系统服务功能辐射面积 S。

利用场强公式<sup>[15-17]</sup>计算保护型区域流转到开发型区域的生态系统服务功能总量( $V_{dp}$ ):

$$V_{dp} = \sum_{i=1}^n K_{dp} \frac{M_{dp} S}{D_{dp}^2} \quad (4)$$

式中:  $M_{dp}$  为保护型区域单位生态服务功能价值转移量; K 为生态服务自然流转的影响因子, 随着区域间水、风、生物等介质传递生态服务的频度、规模的增加而增大, 并受地形地貌等自然因素的影响(可根据资料查阅与专家打分法确定); i 为生态系统服务功能的类别; n 为生态系统服务功能的总类别数。

#### 4 主体功能区生态补偿模型实施建议及研究展望

本文构建的主体功能区生态补偿模型主要通过生态补偿基金的设立实现。在模型建立后更重要的是保证其顺利实施, 在参阅相关资料基础上, 对生态补偿基金的筹集及支付等方面提出以下建议(见图 2)。

1) 资金筹集多元化。生态补偿基金的建立依赖于多源的资金筹集渠道, 除了政府财政的支持外, 更大部分的资金应该来源于使用者收费、公益捐款、破坏者赔偿等。

2) 实施形式多样化。对于生态补偿的实现, 可以通过受损者补贴, 开发型区域向保护型区域提供飞地开发、技术指导、人才服务、物资支持、生态项目实施以及政策倾斜等措施来促进保护型区域的发展, 重点应放在提高其基本公共服务包括教育、卫生、医疗、文化、基础设施等的水平上。

3) 参与对象多元化。主体功能区的差别性政策

的实施会影响到政府、社会、个人，涉及多部门多行业，其顺利推进需要各个群体的共同参与。

随着主体功能区规划在全国各省市的不断推进，对于主体功能区生态补偿的研究需求会越来越迫切。对于主体功能区生态补偿的研究目前多集中于理论阶段，本文构建的主体功能区生态补偿模型引入发展较为成熟的生态足迹法、生态系统服务功能评估与引力模型，具有一定的可操作性，且能够激励保护型区域保持对生态环境保护行为的积极性，同时能保证开发型区域为了减少支付金额而不对其生态环境进行“过度消费”，在一定程度上促进了区域经济与生

态环境的协调发展，为区域均衡化与差异化发展提供了科学依据。但是对于模型的建立只作了一个初步的探索，对于模型中生态足迹法的各参数、引力模型中开发型区域与保护型区域之间的距离、生态服务自然流转的影响因子等的确定方法都有待于进一步的探索。另外，因为基础数据获取的限制，尤其是区县及以下小尺度区域资料数据的难获取性，本文所构建的模型更适宜于对省市及更大尺度区域上的研究。由于生态补偿标准计算的争议性和不同主体功能区之间的复杂关系，对于如何建立科学合理的主体功能区生态补偿机制，还有待于更深入的研究。

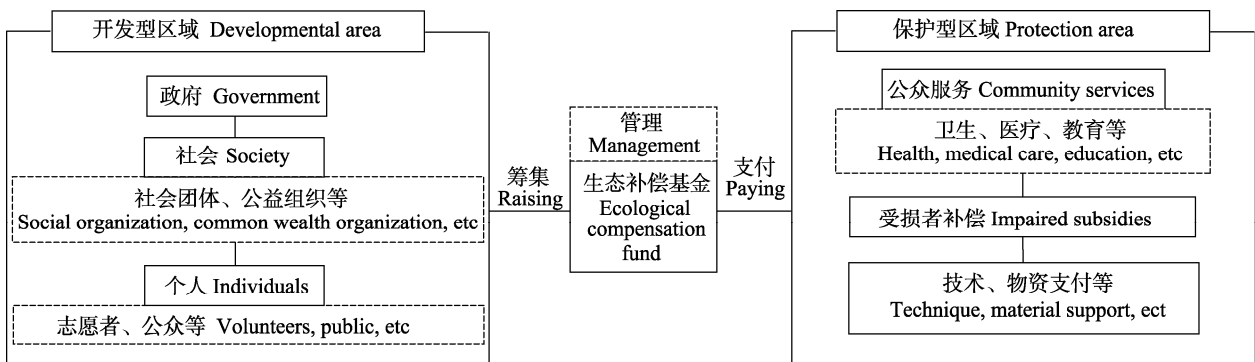


图 2 主体功能区生态补偿模型实施  
Fig. 2 Implementation of ecological compensation model of the Major Function Oriented Zone

参考文献

[1] 中华人民共和国环境保护部. 国务院关于印发全国主体功能区规划的通知[Z]. [http://zfs.mep.gov.cn/fg/gwyw/201106/t20110609\\_211861.htm](http://zfs.mep.gov.cn/fg/gwyw/201106/t20110609_211861.htm)

[2] 王昱, 王荣成. 我国区域生态补偿机制下的主体功能区划研究[J]. 东北师大学报: 哲学社会科学版, 2008(4): 17-21

[3] 龚进宏, 熊康宁, 李馨, 等. 基于主体功能区划的黔东南州生态补偿机制研究[J]. 贵州师范大学学报: 自然科学版, 2011, 29(1): 14-17

[4] 王昱, 丁四保. 主体功能区划及其生态补偿机制的地理学依据[J]. 地域研究与开发, 2009, 28(1): 17-21, 26

[5] 孟召宜, 朱传耿, 渠爱雪, 等. 我国主体功能区生态补偿思路研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18(2): 139-144

[6] 刘雨林. 关于西藏主体功能区建设中的生态补偿制度的博弈分析[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(1): 7-15

[7] 白燕. 主体功能区建设与财政生态补偿研究——以安徽省为例[J]. 环境科学与管理, 2010, 35(1): 155-158, 194

[8] 施晓亮. 基于主体功能区划的生态补偿机制研究——以宁波象山港区域为例[J]. 世界经济情况, 2008(4): 80-85

[9] 韩德军, 刘建忠, 赵春艳. 基于主体功能区规划的生态补偿关键问题探讨——一个博弈论视角[J]. 林业经济, 2011(7): 54-57

[10] 谷学明, 曹洋, 赵卉卉, 等. 主体功能区生态补偿标准研究[J]. 水利经济, 2011, 29(4): 28-32

[11] 毛显强, 钟瑜, 张胜. 生态补偿的理论探讨[J]. 中国人

口·资源与环境, 2002, 12(4): 38-41

[12] 燕守广, 沈渭寿, 邹长新, 等. 重要生态功能区生态补偿研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(3): 1-4

[13] Reid W V, Mooney H A. 生态系统与人类福祉[M]. 张永民译. 北京: 中国环境科学出版社, 2007

[14] 赵细康, 李建民, 王金营, 等. 环境库兹涅兹曲线及在中国的检验[J]. 南开经济研究, 2005, 3(3): 48-54

[15] 范小杉, 高吉喜, 温文. 生态资产空间流转及价值评估模型初探[J]. 环境科学研究, 2007, 20(5): 160-164

[16] 范小杉, 高吉喜, 于勇. 基于生态补偿实施的 NSE 生态服务功能分类体系及应用模型[J]. 生态经济, 2007(4): 35-39

[17] 乔旭宁, 杨永菊, 杨德刚. 生态服务功能价值空间转移评价——以渭干河流域为例[J]. 中国沙漠, 2011, 31(4): 1008-1013

[18] 蔡邦成, 陆根法, 宋莉娟, 等. 生态建设补偿的定量标准——以南水北调东线水源地保护区一期生态建设工程为例[J]. 生态学报, 2008, 28(5): 2413-2416

[19] 蔡海生, 肖复明, 张学玲. 基于生态足迹变化的鄱阳湖自然保护区生态补偿定量分析[J]. 长江流域资源与环境, 2010, 19(6): 623-627

[20] 陈源泉, 高旺盛. 基于生态经济学理论与方法的生态补偿量化研究[J]. 系统工程理论与实践, 2007, 27(4): 165-170

[21] 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

[22] 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