

顾及生态损益的生态补偿支付次序研究

——以湖北省为例^{*1}

孙璇^{1, 2} 曾菊新^{1, 2} 陈四云^{1, 2} 杨振^{1, 2} 罗静^{*1, 2}

- (1. 华中师范大学地理过程分析与模拟湖北省重点实验室, 中国湖北武汉 430079;
2. 湖北省发展和改革委员会/华中师范大学武汉城市圈研究院, 中国湖北武汉 430079)

【摘要】: 建立和完善生态补偿机制, 有利于不同主体功能区主导功能的发挥, 其中合理确定支付次序对开展生态补偿实践具有重要意义。在科学假设的前提下, 根据“谁受益, 谁补偿”、“谁污染、谁付费”的原则, 以湖北省为例, 以 44 个重点开发区 (提供补偿区域) 和 30 个重点生态功能区 (受偿区域) 为研究对象, 从生态损益视角提出生态补偿支付次序优先度模型。结果表明: ①基于重点开发区接受重点生态功能区的生态受惠量相对大小, 补偿支付次序整体上遵循距离衰减规律, 部分地区呈现“先后交错分布”的特点。②根据重点开发区对重点生态功能区的生态致损量相对大小, 补偿支付次序整体上呈“东先西后”分布。由先到后依次为东部武汉城市圈、中部江汉平原西部及其以北地区、西部地区。③顾及生态损益两个视角, 重点开发区生态补偿综合支付次序呈现较明显的空间分异特征。整体上为“东西先、中间后”分布, 局部地区不同重点开发区对重点生态功能区生态补偿支付次序的影响因素不同。

【关键词】: 生态损益; 生态补偿; 支付次序; 重点开发区; 重点生态功能区

【中图分类号】: X171 **【文献标志码】**: A **【文章编号】**: 1000 - 8462 (2018) 05 - 0170 - 09

DOI: 10.15957/j.cnki.jjdl.2018.05.021

生态补偿是以保护生态系统和调节人与自然和谐关系为目的, 借助经济、市场和政策等手段, 来协调环境利益与经济利益的关系^[1]。生态补偿问题是世界各国在生态环境保护实践中关注的重要问题。2005 年, 在中共十六届五中全会中我国首次提出建立生态补偿机制。2010 年, 《全国主体功能区规划》为我国建立生态补偿机制进一步提供了空间布局框架和制度基础, 旨在

¹ 收稿时间: 2017 - 10 - 23; 修回时间: 2018 - 01 - 08

基金项目: 教育部哲学社会科学研究重大课题攻关项目 (16JZD015); 国家自然科学基金项目 (41371183); 华中师范大学研究生教育创新资助立项项目 (2017CXZZ004)

作者简介: 孙璇 (1992—), 女, 山东菏泽人, 博士研究生。主要研究方向为区域可持续发展与城乡规划。E-mail: muxuan0524@126.com。

***通讯作者**: 罗静 (1966—), 男, 湖北松滋人, 教授, 博士生导师。主要研究方向为人文地理和经济地理。E-mail: luojing@mail.ccnu.edu.cn。

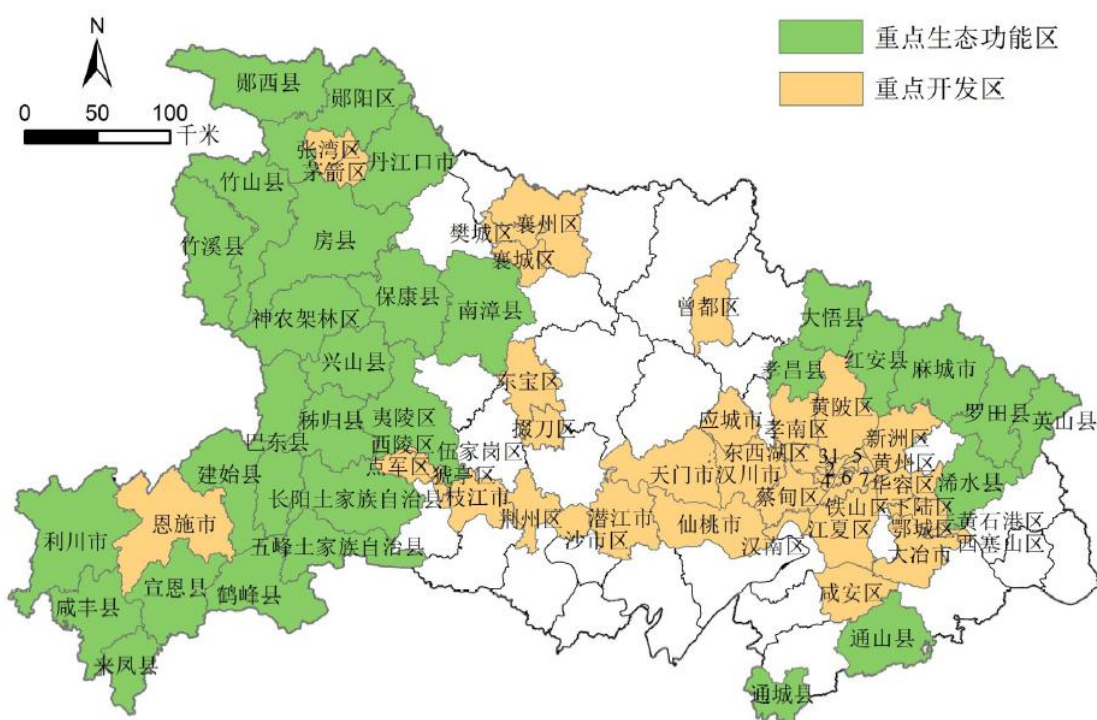
通过环境受益区（通常是优化开发区和重点开发区）向发展受损区（通常是限制开发区和禁止开发区）提供生态补偿，激励发展受损区进行生态修复^[2-3]。在探索基于主体功能区的生态补偿过程中，支付次序的计算和确定是其重要前提和关键环节，但该问题一直存在争议，主要源于生态效益受益区域与生态效益输出区域间的经济发展存在差异，造成区域间生态补偿难以协调^[4]。因此，研究顾及生态损益的生态补偿支付次序，对于完善主体功能区生态补偿机制，促进区域协调发展具有重要理论和实践意义。

生态补偿一直是学界研究热点，国外早期研究主要侧重补偿意愿^[5]和补偿时空配置^[6]的研究^[7]。近年来关注的重点则是人文—经济生态补偿，涉及生态补偿的制度与公平性^[8-9]、贫困区生态补偿^[10]、生物多样性补偿^[11]、生态补偿的市场机制^[12]、补偿意愿以及生态经济模型构建等^[13-14]。从实践层面看，国外主要围绕森林、流域环境保护、景观保护和生物多样性保护等方面开展了生态服务付费试点工作，而在生态付费的标准和操作流程方面，相关案例很少，也难以按照理论计算的生态服务补偿价值去补偿^[15]。我国学者立足于不同学科对生态补偿进行研究，在理论上经历了从生态学意义^[16-17]到经济学意义^[18-20]和法学意义^[21]的转变^[22]。已有一些有关区域间生态补偿支付的研究，目前主要集中于基于经济学的方法，通过生态服务价值评估作为生态补偿标准的依据^[23-24]。在实践研究方面，国内学者重点围绕森林^[25-26]和流域生态补偿^[27-28]两大领域进行了较多研究，但各个研究都是在特定自然地理条件和社会经济条件下，从不同研究角度和研究方法进行探索，至今尚未形成完善的生态补偿实践研究体系。近年来，部分学者探讨了基于主体功能区的生态补偿问题^[29-30]，主要集中在理论基础与实施模式方面^[31-33]。总体而言，国内外对于生态补偿的理论分析与实践研究的相关成果较为丰富，但在实践的操作程序等领域的研究还处于探索阶段。

本研究认为，在国家主体功能区战略统筹下，重点生态功能区为保持向外提供生态产品与服务的数量和质量，很大程度上牺牲了自身发展权；不仅如此，还不同程度地受到重点开发区排放的各类污染物的负面影响，以致生态破坏和环境损害，因而应当得到重点开发区的适当补偿^[33]。基于上述逻辑前提，本文以湖北省为例，以该省 44 个重点开发区（提供补偿区域）和 30 个重点生态功能区（受偿区域）为研究对象，从生态损益视角考察前者的补偿支付次序问题，为省域内生态补偿机制的完善提供参考依据。

1 研究区概况

湖北省位于中国中部偏南、长江中游，29° 01′ N~33° 06′ N，108° 21′ E~116° 07′ E，东邻安徽，南界江西、湖南，西连重庆，西北与陕西接壤，北与河南毗邻。地势大致为东、西、北三面环山，中间低平。2012 年 12 月，湖北省政府办公厅发布《省人民政府关于印发湖北省主体功能区规划的通知》（鄂政发〔2012〕106 号），确定湖北省国家层面重点开发区域涉及 9 个地级市共 28 个县（市/区），主要位于武汉城市圈的核心区域，省级层面重点开发区域涉及 7 个地市州共 16 个县（市/区），总计 44 个县（市/区）；湖北省重点生态功能区主要涉及大别山水土保持生态功能区、秦巴生物多样性生态功能区、武陵山区生物多样性与水土保持生态功能区、三峡库区水土保持生态功能区以及鄂东南幕阜山区的 30 个县（市/区），多属经济欠发达且开发程度不高的生态环境保护区和生态环境敏感区，拥有巨大的生态系统服务价值，但经济基础薄弱，难以承受较大的生态建设资金压力，正面临着环境保护和经济发展双重压力。空间分布如图 1 所示。



注:1 江岸区;2 江汉区;3 硚口区;4 汉阳区;5 青山区;6 武昌区;7 洪山区。

图1 湖北省重点开发区和重点生态功能区空间分布

Fig.1 The spatial distribution of key development zones and key ecological functional zones in Hubei Province

2 指标、数据与方法

根据 2013 年中共十八届三中全会《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》中提出“实行资源有偿使用制度和生态补偿制度”要坚持“谁受益，谁补偿”、“谁污染环境、谁破坏生态谁付费”原则，选取重点开发区（生态效益受益区域）获得的生态受惠量相对大小，以及重点生态功能区（生态效益输出区域）获得的生态致损量相对大小作为支付次序先后的参考指标，构建支付次序优先度模型。相关基础数据来源于 2016 年湖北及各地州市统计年鉴，《湖北省主体功能区规划》文本，以及 2015 年湖北省国家级、省级监测站点的水污染控制断面监测数据及大气监测站点监测数据。大气监测站点及控制断面位置数据通过经纬度坐标数据转换获得。2015 年，湖北省水环境监测网的各级环境监测站对全省 59 条主要河流的 159 个监测断面、16 个湖泊、12 座水库、8 个城市内湖进行了监测，监测范围覆盖全省 85 个县（市/区）。由于水环境监测网尚未建设健全，不能覆盖的 15 个县（市/区）中包括 4 个重点开发区：青山区、铁山区、掇刀区和伍家岗区，因此利用空间插值的方法对其进行水污染物浓度超标指数的评价。

2.1 重点开发区生态受惠量相对大小测度

假定一个地区常住人口越多、建成区面积越大，意味着其生态受益程度越高；人均 GDP 越高，说明其生态补偿支付能力越大；距离被补偿区域越近，说明其生态受益越容易。因此选择重点开发区的常住人口（万人）、建成区面积（ km^2 ）、人均 GDP（亿元/人）、与被补偿区域的距离（km）4 个指标来计算其受益于重点生态功能区的生态受惠量。前 3 个指标与该地区获得的生态受惠量成正比，数值越大，应提供的生态补偿越多，反之应提供的生态补偿越少；第 4 个指标与该地区获得的生态受惠量成反比，距离越远，应提供的生态补偿越少，反之应提供的生态补偿越多。

运用 ArcGIS 对重点开发区创建由矩形（1 km×1 km）像元组成的渔网，即每个地区按 1 km×1 km 分割成若干方格，获得每个地区的渔网分割方格个数和所有方格质心到重点生态功能区的距离。

地区 j 所有方格对地区 i 的生态受惠量 $B_{ij(n)}$ ：

$$\begin{aligned} B_{ij(n)} &= \frac{E_i}{L_{ij(n)}^2} \times \frac{GDP_j}{P_j} \times P_j \times S_j \\ &= \frac{E_i}{L_{ij(n)}^2} \times GDP_j \times S_j \end{aligned} \quad (1)$$

地区 j 对地区 i 的生态受惠量 B_{ij} ：

$$\begin{aligned} B_{ij} = \sum B_{ij(n)} &= E_i \times GDP_j \times \\ &S_j \times \left(\frac{1}{L_{ij(1)}^2} + \frac{1}{L_{ij(2)}^2} + \frac{1}{L_{ij(3)}^2} \cdots + \frac{1}{L_{ij(n)}^2} \right) \end{aligned} \quad (2)$$

地区 j 对全部地区 i 的生态受惠量 B_j ：

$$B_j = \sum B_{ij} \quad (3)$$

式中： E_i 为地区 i 重点生态功能区可提供的生态价值相对量（生态环境对人和人类社会生存发展的价值，由生态系统承载的一类价值的总称^[34]）；n 为地区 j 的方格数； $L_{ij(n)}$ 为地区 j 每个方格质心到地区 i 的距离； P_j 、 GDP_j 、 S_j 分别为地区 j 的常住人口、GDP 和建成区面积的标准化值； $i=1, 2, 3, \dots, 30$ ，分别对应 30 个重点生态功能区； $j=1, 2, 3, \dots, 44$ ，分别对应 44 个重点开发区。

2.2 重点开发区生态致损量相对大小测度

环境评价是环境管理工作的重要组成部分，是人们认识环境、保护环境、建设环境的基础，主要表征区域环境系统对经济社会活动产生的各类污染物的承受与自净能力。对 44 个重点开发区的生态致损量采用衡量环境污染状况的污染物浓度综合超标指数作为其评价指标，通过主要污染物年均浓度监测值与国家现行环境质量的对比值反映，由大气、水主要污染物浓度超标指数集成获得，指标体系见表 1^[35]。生态致损量越多，说明该地区对生态效益输出区域的生态环境不利影响越大，应提供的补偿越多；反之越少。地区之间的污染扩散与转移受到彼此所处上下游及上下风向位置的影响，鉴于本研究主要关注空间距离与补偿大小的相对关系，为简化分析，不考虑风向等因素的影响。

表 1 大气、水污染物浓度超标指数评价因子体系

因子类型	评价因子	所需数据
------	------	------

大气污染物浓度超标指数	SO ₂ 浓度超标指数	SO ₂ 年均浓度监测值
	NO ₂ 浓度超标指数	NO ₂ 年均浓度监测值
	CO 浓度超标指数	CO 年均浓度监测值
	O ₃ 浓度超标指数	O ₃ 年均浓度监测值
	PM ₁₀ 浓度超标指数	PM ₁₀ 年均浓度监测值
	PM _{2.5} 浓度超标指数	PM _{2.5} 年均浓度监测值
水污染物浓度超标指数	DO 浓度超标指数	DO 年均浓度监测值
	COD _{mn} 浓度超标指数	COD _{mn} 年均浓度监测值
	BOD ₅ 浓度超标指数	BOD ₅ 年均浓度监测值
	COD _{Cr} 浓度超标指数	COD _{Cr} 年均浓度监测值
	NH ₃ -N 浓度超标指数	NH ₃ -N 年均浓度监测值
	TN 浓度超标指数	TN 年均浓度监测值
	TP 浓度超标指数	TP 年均浓度监测值

单项大气污染物浓度超标指数，以各项污染物的标准限值表征环境系统所能承受人类各种社会经济活动的阈值（标准限值采用《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中规定的各类大气污染物浓度限值二级标准）。单项水污染物浓度超标指数，以各控制断面主要污染物年均浓度与该项污染物一定水质目标下水质标准限值的差值作为水污染物超标量（标准限值采用国家 2020 年各控制单元水环境功能分区目标中确定的各类水污染物浓度的水质标准限值）。在主要大气、水污染物浓度超标指数分项测算的基础上，采用极大值模型集成评价形成污染物浓度综合超标指数的结果。

大气污染物浓度超标指数计算公式如下：

$$R_{\epsilon_{ij}} = \max (R_{\epsilon_{ij}}) = \max \left(\frac{C_{ij}}{S_i} - 1 \right) \quad (4)$$

式中：R_{ε_{ij}} 为地区 j 内第 i 项大气污染物浓度超标指数；C_{ij} 为该污染物的年均浓度监测值（其中 CO 为 24 小时平均浓度第 95 百分位，O₃ 为日最大 8 小时平均浓度第 90 百分位）；S_i 为该污染物浓度的二级标准限值；R_{ε_j} 为地区 j 的大气污染物浓度超标指数，其值为各类大气污染物浓度超标指数的最大值。i=1, 2, …, 6，分别对应 SO₂、NO₂、PM₁₀、CO、O₃、PM_{2.5}；j=1, 2，

3, ..., 44, 分别对应 44 个重点开发区。

水污染物浓度超标指数计算公式如下：

当 $i=1$ 时：

$$R_{水ijk} = 1 / (C_{ijk} / S_{ik}) - 1 \quad (5)$$

当 $i=2, \dots, 7$ 时：

$$R_{水ijk} = C_{ijk} / S_{ik} - 1 \quad (6)$$

$$R_{水ij} = \sum_{k=1}^{N_j} R_{水ijk} / N_j \quad (7)$$

$$R_{水jk} = \max (R_{水ijk}) \quad (8)$$

$$R_{水j} = \sum_{k=1}^{N_j} R_{水jk} / N_j \quad (9)$$

式中： $R_{水ijk}$ 为地区 j 第 k 个断面第 i 项水污染物浓度超标指数； $R_{水ij}$ 为地区 j 第 i 项水污染物浓度超标指数； C_{ijk} 为地区 j 第 k 个断面第 i 项水污染物的年均浓度监测值； S_{ik} 为第 k 个断面第 i 项水污染物的水质标准限值； k 为某一控制断面， $k=1, 2, \dots, N_j$ ， N_j 表示地区 j 内控制断面个数。当 k 为河流控制断面时，计算 $R_{水ijk}$ ， $i=1, 2, \dots, 5, 7$ ；当 k 为湖库控制断面时，计算 $R_{水ijk}$ ， $i=1, 2, \dots, 7$ ； $R_{水jk}$ 为地区 j 第 k 个断面的水污染物浓度超标指数； $R_{水j}$ 为地区 j 的水污染物浓度超标指数。 $i=1, 2, \dots, 7$ ，分别对应 DO 、 COD_{Mn} 、 BOD_5 、 COD_{Cr} 、 NH_3-N 、 TN 、 TP ； $j=1, 2, 3, \dots, 44$ ，分别对应 44 个重点开发区。

污染物浓度综合超标指数即生态致损量，计算公式如下：

$$D_j = R_j = \max (R_{气j}, R_{水j}) \quad (10)$$

式中： D_j 为地区 j 的生态致损量； R_j 为地区 j 的污染物浓度综合超标指数； $R_{气j}$ 为地区 j 的大气污染物浓度超标指数； $R_{水j}$ 为地区 j 的水污染物浓度超标指数。 $j=1, 2, 3, \dots, 44$ ，分别对应 44 个重点开发区。

2.3 顾及生态损益的补偿支付优先度

利用熵值法计算各指标的权重，根据权重和标准化值得到各重点开发区的生态受惠量和生态致损量的得分结果，得分越高，支付次序越优先，以此构建生态补偿支付次序优先度模型 $PB - D$ ，并生成得分矩阵，得分从高至低即湖北省重点开发区对重点生态功能区的生态补偿支付次序。

重点开发区 j 对全部重点生态功能区总得分 P_i ：

$$P_i = \sum S_{ij} \quad (11)$$

$$P_{B-D} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1(i-1)} & S_{1i} & P_1 \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2(i-1)} & S_{2i} & P_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{(j-1)1} & S_{(j-1)2} & \cdots & S_{(j-1)(i-1)} & S_{(j-1)i} & P_{(j-1)} \\ S_{j1} & S_{j2} & \cdots & S_{j(i-1)} & S_{ji} & P_j \end{bmatrix} \quad (12)$$

式中： S_{ij} 为地区 j 对地区 i 的熵值得分； $i=1, 2, 3, \dots, 30$ ，分别对应 30 个重点生态功能区； $j=1, 2, 3, \dots, 44$ ，分别对应 44 个重点开发区。

3 结果与分析

3.1 基于生态受惠量的重点开发区补偿支付次序

根据式 (1) ~ (3) 计算，结果显示 44 个重点开发区接受 30 个重点生态功能区的生态受惠相对量，位序最为靠前的是张湾区，最靠后的是铁山区。重点生态功能区主要分布在鄂西北秦巴山区、鄂西南武陵山区、鄂东北大别山区和鄂东南幕阜山区，大致呈集中连片分布。重点开发区整体呈零星分布。生态受惠量整体上遵循距离衰减规律，部分地区呈现“高低交错分布”的特点。可以发现，重点生态功能区的生态价值主要影响区域在其周边地区，距离其越近的重点开发区，生态受惠量越大；距离其越远，生态受惠量越小。鄂西秦巴山区、武陵山区内部的张湾、恩施、茅箭及其周边襄州、樊城、枝江、荆州，鄂东南幕阜山区内部的大冶及其周边的江夏、洪山、咸安，鄂东南大别山区内部的黄陂、孝南等地生态受惠量较多，支付次序靠前，其生态受惠量对距离的敏感度较高，城镇建设受益于重点生态功能区的生态支持较大。鄂中南江汉平原东部的仙桃、汉川、天门、潜江、沙市及鄂东武汉城市圈大部分地区生态受惠量较少，支付次序稍后。鄂中地区东宝、掇刀、襄城以及武陵山区向江汉平原过渡地带的西陵、伍家岗、猇亭、点军等地，虽然距离鄂西山地的重点生态功能区较近，但是 GDP 较低；鄂东南黄石市的西塞山、下陆、黄石港、铁山整体距离重点生态功能区较远且工业单一，GDP 较低，其生态受惠量最小，支付次序最后。对各重点开发区的生态受惠相对量用自然断点法分为五级，其中 0.4229~1 为第一级，包含张湾 1 个地区；0.2641~0.4228 为第二级，包含大冶、恩施、江夏 3 个地区；0.1293~0.2640 为第三级，包含茅箭、枝江、洪山等 9 个地区；0.0463~0.1292 为第四级，包含咸安、天门、鄂城等 10 个地区；0~0.0462 为第五级，包含东宝、黄州、襄城等 21 个地区。基于生态受惠量的重点开发区补偿支付次序如图 2。

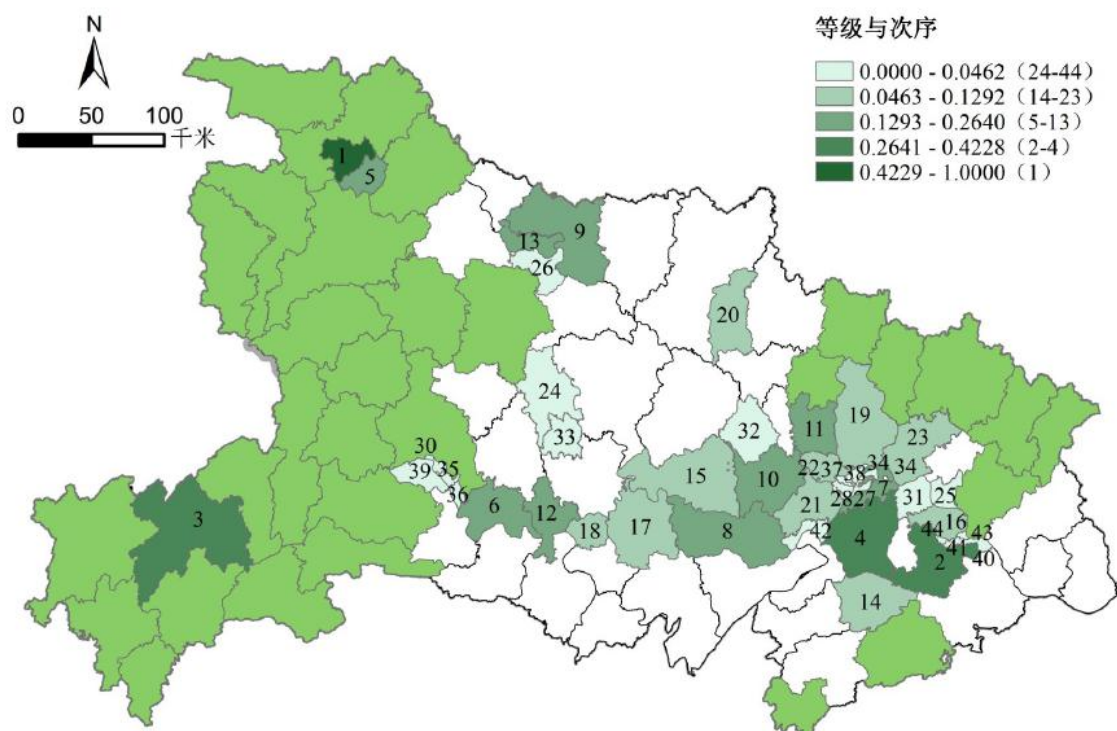


图2 湖北省重点开发区生态受惠量空间分布

Fig.2 The Spatial distribution of ecological benefit in key development zones in Hubei Province

3.2 基于生态致损量的重点开发区补偿支付次序

根据式(4)~(10)计算,以44个重点开发区对30个重点生态功能区的生态致损量为标准,其生态补偿支付次序整体上为“东先西后”的分布特点,呈“鄂东地区武汉城市圈污染最为严重,补偿支付最先;鄂中江汉平原西部及其以北地区污染相对较轻,补偿支付其次;鄂西地区局部污染最轻,补偿支付最后”的空间分布趋势。根据《资源环境承载能力监测预警技术方法(试行)》污染物浓度超标指数分类标准,将评价结果划分为污染物浓度超标(>0)、接近超标($>-0.2, <0$)和未超标(<-0.2)三种类型,如图3所示。污染物浓度综合超标指数越大,表明区域环境系统对社会经济系统的支撑能力越弱,生态致损量越大,补偿支付应越多。44个重点开发区中,生态致损量最大的是仙桃(3.964),最小值的是恩施(-0.296)。补偿支付最先的为29个污染物浓度超标地区,主要位于鄂东地区的武汉、黄石、十堰和江汉平原大部分地区,污染十分严重,造成的生态致损量最多。补偿支付其次的为14个污染物浓度接近超标地区,主要位于鄂中地区的襄阳、随州、荆门、孝感、宜昌的部分地区,污染相对较轻,生态致损量相对较少。补偿支付最后的为1个污染物浓度未超标的地区——鄂西地区的恩施,其污染最轻,生态致损量最少。就44个重点开发区的大气、水两个单项污染物浓度超标情况而言,其污染空间分布整体均呈东高西低态势,大气污染物浓度超标的7个地区均为武汉主城区,未超标的4个地区为鄂西山地的张湾、茅箭、恩施以及鄂东南幕阜山区的咸安,其余33个地区均处于接近超标状态。水污染浓度超标严重的地区主要分布在荆州、潜江、黄冈、仙桃、武汉等经济发达城市,中西部地区水质情况整体相对较好。

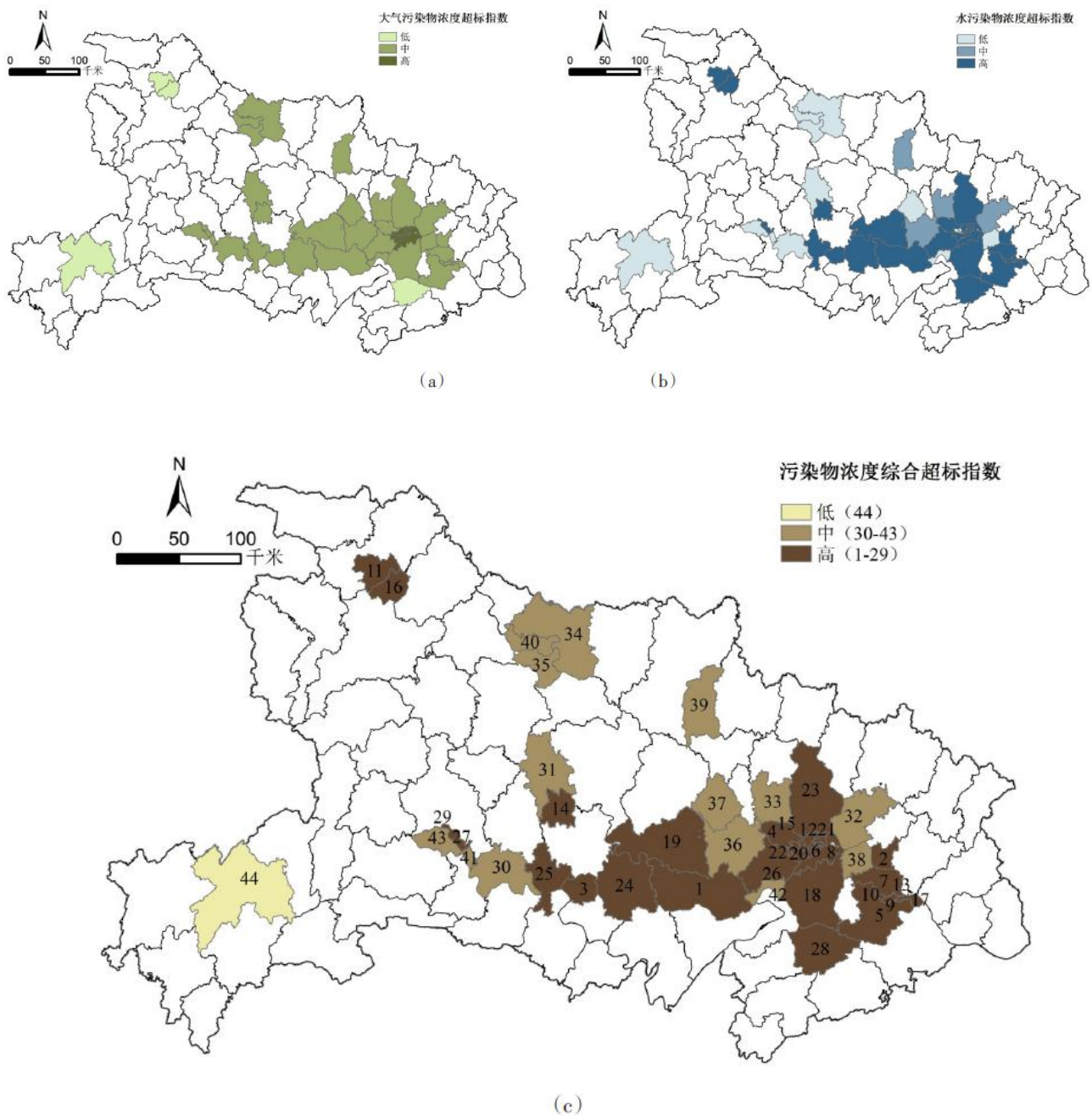


图3 湖北省重点开发区生态致损量空间分布

Fig.3 The Spatial distribution of ecological damage in key development zones in Hubei Province

3.3 顾及生态损益的补偿综合支付次序

根据公式 (11)、(12) 计算, 得到湖北省重点开发区对重点生态功能区生态补偿支付次序, 结果见表 2。例如, 对江岸区来说, 其对鄖阳区的生态补偿支付次序排在 44 个重点开发区的第 13 位, 对兴山县的补偿支付次序排在第 25 位, 对全部重点生态功能区的补偿支付总次序排在第 24 位。将湖北省重点开发区对重点生态功能区的补偿综合支付总得分按自然断点法分为“先”、“较先”、“中等”、“较后”、“后”五个层级, 可以发现, 顾及生态损益的补偿综合支付次序呈现较明显的空间分异特征。如图 4 所示, 鄂中南江汉平原、鄂东武汉城市圈南部以及鄂西地区西部为生态补偿优先支付的聚集区, 其中武汉城市圈聚集程

度最高；鄂东武汉城市圈北部、鄂中局部、鄂西地区东部为生态补偿较后支付的聚集区，其中鄂西和鄂中交界处聚集程度最高；其他地区呈现过渡状态。从整体上看，顾及生态损益的补偿综合支付次序呈“东西先、中间后”。鄂东武汉城市圈南部的仙桃、大冶、黄州、东西湖、洪山、鄂城、江夏、武昌，鄂中南地区的沙市，鄂西北地区的张湾，鄂西南地区的恩施等地区呈现较先支付次序；鄂中南地区的枝江、荆州、天门、汉川、潜江，鄂西北地区的茅箭、襄州，鄂东地区的下陆、铁山等支付次序位于中等。鄂中地区的樊城、襄城、掇刀、东宝，鄂西南地区东部的伍家岗、西陵、猇亭、点军，鄂东武汉城市圈北部及其周边的黄陂、孝南、江岸、汉阳、江汉、新洲、青山、硚口、应城、华容、曾都，鄂东南地区的蔡甸、咸安、汉南、黄石港、西塞山，呈现较后支付次序。从局部地区看，不同重点开发区对重点生态功能区生态补偿支付次序的影响因素不同。鄂东地区虽然重点生态功能区较少，生态受惠量较少，但其工业化率与城镇化率较高，排放污染物更多，造成的生态致损量更多，故其生态补偿支付次序较先；鄂西地区虽然污染物排放少于鄂东地区，造成生态致损量较少，但其重点生态功能区数量较多且连片分布，生态受惠量更多，故其生态补偿支付次序也较先；鄂中地区、鄂中与鄂西交界地区，生态受惠量和生态损坏量都处于中等水平，故其生态补偿支付次序也大致处于中等水平。

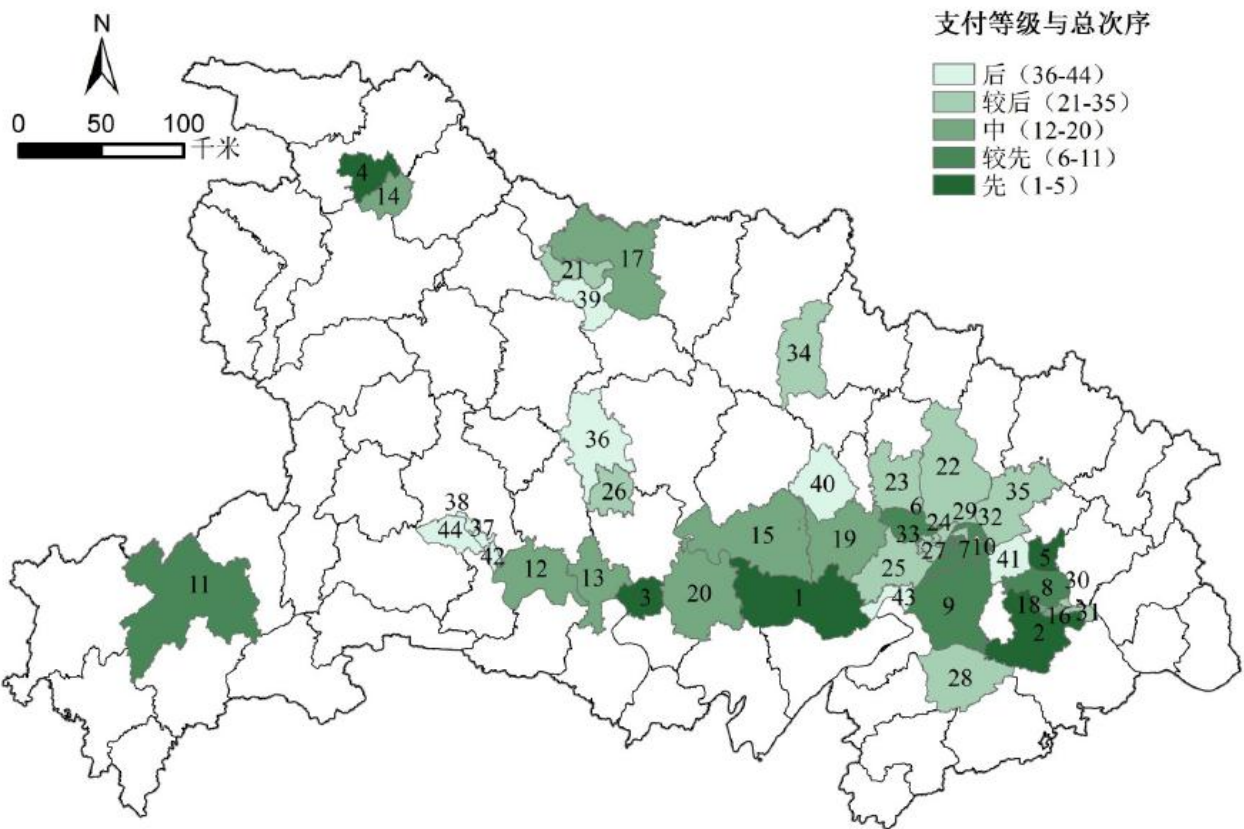


图4 湖北省重点开发区对重点生态功能区生态补偿支付总次序
Fig.4 The total order of ecological compensation payments of key development zones for key ecological functional zones in Hubei Province

表2 湖北省重点开发区对重点生态功能区生态补偿支付总次序

巴东	保康	大悟	丹江口	房县	鹤峰	红安	建始	来凤	利川	罗田	麻城	南漳	神农架	通城	通山	五峰	浠水	咸丰	孝昌	兴山
----	----	----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	----	----	----	----	----	----	----

江岸	23	24	21	17	19	20	19	18	20	17	19	19	24	23	21	16	22	14	19	19	25
江汉	25	27	30	20	21	22	26	20	22	20	27	27	26	25	24	22	26	21	22	22	28
硚口	30	33	33	24	26	27	30	26	27	26	31	32	32	29	30	26	30	28	26	29	33
汉阳	26	25	23	22	23	23	22	22	23	22	20	22	27	26	20	17	24	15	24	21	26
武昌	10	12	14	8	8	7	12	7	7	7	9	10	9	8	10	10	10	9	7	10	13
青山	28	32	29	23	25	25	25	24	25	24	26	25	30	28	27	25	29	25	25	26	32
洪山	12	14	4	10	10	12	2	10	10	10	4	3	15	13	7	9	12	6	10	7	17
东西湖	9	10	7	6	7	6	6	5	6	6	8	7	8	7	8	7	8	8	6	3	11
汉南	44	43	43	42	43	43	42	43	43	43	42	42	43	43	42	42	44	42	43	42	44
蔡甸	29	30	15	28	29	29	15	28	29	28	16	15	31	30	14	15	27	16	27	17	24
江夏	15	16	3	15	15	16	4	14	14	13	3	4	19	17	3	4	15	5	13	9	18
黄陂	32	34	8	27	28	30	5	27	30	27	17	12	33	32	28	28	32	26	28	12	34
新洲	39	39	24	38	38	38	13	37	38	37	11	9	38	39	33	32	40	24	38	32	39
黄石港	24	26	32	19	20	21	31	19	21	19	30	31	25	24	25	23	25	20	21	27	29
下陆	18	18	20	11	11	13	18	11	13	11	14	17	20	18	17	11	16	10	11	16	20
铁山	19	19	22	13	12	14	21	12	15	12	15	18	21	20	18	13	17	12	12	18	22
西塞山	27	29	34	21	22	24	32	21	24	21	28	30	28	27	26	24	28	18	23	28	30
大冶	7	8	2	7	6	5	3	6	5	5	1	1	7	6	2	1	7	1	5	5	8

鄂城	11	13	13	9	9	8	11	8	8	8	6	6	10	9	9	8	11	3	8	11	14
华容	42	42	37	40	41	42	35	41	41	41	34	34	42	42	38	37	42	31	41	39	42
黄州	4	6	11	4	4	4	7	3	4	3	5	5	5	4	5	5	6	4	3	4	7
孝南	37	36	6	36	37	36	10	36	35	36	22	14	35	36	29	29	37	30	36	2	37
应城	41	40	35	39	40	40	36	40	40	40	39	38	40	40	39	39	41	39	40	34	41
汉川	22	22	5	33	31	28	8	32	28	31	10	11	23	22	11	18	20	19	30	8	19
咸安	33	35	25	30	30	32	24	30	31	30	18	21	34	34	6	3	33	17	31	30	35
仙桃	1	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	1	1
潜江	16	17	17	26	24	17	20	25	17	23	21	20	18	19	13	19	13	27	18	20	16
天门	13	15	12	16	14	15	14	15	16	14	13	13	16	15	12	14	14	13	14	13	12
襄城	38	21	39	32	34	39	40	39	39	39	40	40	13	35	40	40	38	40	39	40	31
樊城	20	3	28	14	16	31	34	34	32	33	35	35	1	14	34	38	23	38	33	36	9
襄州	17	4	18	12	13	26	27	29	26	29	32	29	3	11	31	33	19	34	29	31	6
张湾	5	1	16	1	1	10	16	9	9	9	12	16	6	1	16	12	9	11	9	14	2
茅箭	14	7	27	3	3	18	28	13	18	15	24	26	17	5	22	21	18	22	16	23	10
曾都	34	31	9	37	36	37	17	38	36	38	25	24	29	33	32	36	36	35	37	15	27
西陵	35	38	40	35	35	35	39	33	37	34	38	39	37	38	37	34	34	36	35	38	36
伍家岗	36	37	38	31	32	34	38	31	34	32	36	36	36	37	35	31	35	32	32	35	38

点军	43	44	44	43	44	44	43	44	44	44	43	43	44	44	44	43	43	43	44	43	43
猇亭	40	41	41	41	42	41	41	42	42	42	41	41	41	41	41	41	39	41	42	41	40
枝江	6	9	26	29	27	9	33	23	12	25	33	33	14	10	19	30	2	33	17	33	3
东宝	31	20	36	34	33	33	37	35	33	35	37	37	12	31	36	35	31	37	34	37	21
掇刀	21	23	31	18	18	19	29	17	19	18	29	28	22	21	23	20	21	23	20	24	23
荆州	8	11	19	25	17	11	23	16	11	16	23	23	11	12	15	27	4	29	15	25	5
沙市	3	5	10	5	5	3	9	4	3	4	7	8	4	3	4	6	3	7	4	6	4
恩施	2	28	42	44	39	1	44	1	1	1	44	44	39	16	43	44	5	44	1	44	15

4 结论与讨论

4.1 结论

本文构建了生态补偿支付次序优先度计算模型，在省域范围内初步界定了重点开发区对重点生态功能区的补偿支付次序。主要研究结论如下：①基于重点开发区接受重点生态功能区的生态受惠量相对大小，补偿支付次序整体上遵循距离衰减规律，部分地区呈现“先后交错分布”的特点。重点生态功能区的生态价值主要影响区域在其周边地区，距离其越近的重点开发区，生态受惠量越大，补偿支付次序越靠前；距离其越远，生态受惠量越小，补偿支付次序越靠后。②根据重点开发区对重点生态功能区的生态致损量相对大小，补偿支付次序整体上呈“东先西后”分布。鄂东地区武汉城市圈生态致损量最多，补偿支付最先；鄂中江汉平原西部及其以北地区生态致损量相对较少，补偿支付其次；鄂西地区局部生态致损量最少，补偿支付最后。③顾及生态损益两个视角，重点开发区生态补偿综合支付次序呈现较明显的空间分异特征。整体上为“东西先、中间后”分布，局部地区不同重点开发区对重点生态功能区生态补偿支付次序的影响因素不同。

4.2 讨论

当前，在较大的地域范围内，例如省域补偿主体和受偿主体一般都不止一个，针对多区域补偿的次序问题研究显得尤为重要，因为与补偿的相对大小有关。本研究在国家实施主体功能区战略的背景下，根据“谁受益，谁补偿”、“谁污染、谁付费”的基本原则，从生态损益的视角，参考重点开发区的生态受惠量与致损量相对大小，确定了对外经济补偿的相对次序，为区域多补偿主体和被补偿主体的补偿实践提供了一条思路，为省域内生态补偿机制的完善提供了参考依据。然而，不同区域之间的补偿及被补偿问题十分复杂，例如补偿数量、补偿方式等都是必须深入探究的问题，本研究仅仅对补偿次序进行了初步探索，将诸多因素综合起来考虑，使本文的补偿次序更为科学，是下一步的重要工作。

参考文献：

-
- [1] 刘春腊, 刘卫东, 徐美. 基于生态价值当量的中国省域生态补偿额度研究 [J]. 资源科学, 2014, 36(1): 148 - 155.
- [2] 贺思源, 郭继. 主体功能区划背景下生态补偿制度的构建和完善 [J]. 特区经济, 2006(11): 194 - 195.
- [3] 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.
- [4] 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): 6 646- 6 653.
- [5] Bienabe E, Hearne R R. Public preferences for biodiversity conservation and scenic beauty with in a framework of environmental services payments [J]. Forest Policy and Economics, 2006(9): 335 - 348.
- [6] Johst K, Drechsler M, Watzold F. An ecological-economic modeling procedure to design compensation payments for the efficient spatio-temporal allocation of species protection measures [J]. Ecological Economics, 2002(41): 37 - 49.
- [7] 赖力, 黄贤金, 刘伟良. 生态补偿理论、方法研究进展 [J]. 生态学报, 2008, 28(6): 2 870 - 2 877.
- [8] Corbera E, Soberanis CG, Brown K. Institutional dimensions of payments for ecosystem services: An analysis of Mexico' s carbon forestry programme [J]. Ecological Economics, 2009, 68: 743 - 761.
- [9] Burner J, Wunder S, Wertz-Kanounnikoff S, et al. Direct conservation payments in the Brazilian Amazon: Scope and equity implications [J]. Ecological Economics, 2010, 69: 1 272 - 1 282.
- [10] Pattanayak S K, Wunder S, Ferraro P J. Show me the money: Do payments supply environmental services in developing countries [J]. Review of Environmental Economics and Policy, 2010, 4: 254 - 274.
- [11] Wunder S. The efficiency of payments for environmental services in tropical conservation [J]. Conservation Biology, 2007, 21: 48 - 58.
- [12] Kosoy N, Corbera E. Payments for ecosystem services as commodity fetishism [J]. Ecological Economics, 2010, 69: 1 228 - 1 236.
- [13] Ulber L, Klimek S, Steinmann HH, et al. Implementing and evaluating the effectiveness of a payment scheme for environmental services from agricultural land [J]. Environmental Conservation, 2011, 38: 464 - 472.
- [14] Hayes TM. Payment for ecosystem services, sustained behavioural change, and adaptive management: Peasant perspective in the Colombian Andes [J]. Environmental Conservation, 2012, 39: 144 - 153.
- [15] 陈学斌. 基于主体功能区的生态补偿研究 [D]. 北京: 中国科学院地理科学与资源研究所, 2012.
- [16] 马世骏. 现代化经济建设与生态科学——试论当代生态学工作者的任务 [J]. 生态学报, 1981, 1(2): 176 - 178.

-
- [17] 张诚谦. 论可更新资源的有偿利用 [J]. 农业现代化研究, 1987, 8(5): 22 - 24.
- [18] 陆新元, 汪东青, 凌云, 等. 关于我国生态环境补偿收费政策的构想 [J]. 环境科学研究, 1994, 7(1): 61 - 64.
- [19] 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.
- [20] 李文华, 李芬, 李世东, 等. 森林生态效益补偿的研究现状与展望 [J]. 自然资源学报, 2006, 21(5): 677 - 688.
- [21] 汪劲. 论生态补偿的概念——以《生态补偿条例》草案的立法解释为背景 [J]. 中国地质大学学报: 社会科学版, 2014, 14(1): 1 - 8.
- [22] 潘竟虎. 甘肃省区域生态补偿标准测度 [J]. 生态学杂志, 2014, 33(12): 3 286 - 3 294.
- [23] 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): 771 - 780.
- [24] 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.
- [25] 李文华, 李芬, 李世东, 等. 森林生态效益补偿的研究现状与展望 [J]. 自然资源学报, 2006, 21(5): 677 - 688.
- [26] 肖强, 肖洋, 欧阳志云, 等. 重庆市森林生态系统服务功能价值评估 [J]. 生态学报, 2014, 34(1): 216 - 223.
- [27] 禹雪中, 冯时. 中国流域生态补偿标准核算方法分析 [J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(9): 14 - 19.
- [28] 王军锋, 侯超波. 中国流域生态补偿机制实施框架与补偿模式研究——基于补偿资金来源的视角 [J]. 中国人口·资源与环境, 2013, 23(2): 23 - 29.
- [29] 徐梦月, 陈江龙, 高金龙, 等. 主体功能区生态补偿模型初探 [J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(10): 1 404 - 1 408.
- [30] 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, 72.
- [31] 徐诗举, 查道懂. 主体功能区视阈下的区域间生态补偿制度创新 [J]. 赤峰学院学报: 自然科学版, 2012, 285(4): 53 - 56.
- [32] 贺思源, 郭继. 主体功能区划背景下生态补偿制度的构建和完善 [J]. 特区经济, 2006(11): 194 - 195.
- [33] 陈永林. 主体功能区划背景下鄱阳湖流域生态补偿机制研究 [J]. 科技经济市场, 2013(10): 128 - 131.
- [34] 牛路青. 基于生态价值量的关中地区生态补偿研究 [D]. 西安: 西北大学, 2008.
- [35] 国土资源部. 资源环境承载能力监测预警技术方法(试行) [R]. 2016 - 09 - 26.