

# 市级生态保护红线生态补偿框架初探

——以济南市为例

代 静, 王小燕, 刘善军, 杜文强, 赵玉强  
(济南市环境研究院, 山东 济南 250102)

**摘 要:** 生态补偿对于协调经济发展和环境保护具有重要意义, 不同层次的生态补偿都急需探索。其中市级生态补偿因为具有“利益相关者明确、涉及范围小、行政管理方便”等优点, 更容易优先推进。文章以济南市为研究案例, 探索分析了市级生态保护红线生态补偿的利益相关者和资金框架结构, 确定了各区县间生态保护红线的生态补偿分配比例, 为其他城市乃至省级生态保护红线的生态补偿提供借鉴。

**关键词:** 生态保护红线; 生态补偿; 分配比例

**中图分类号:** X32

**文献标志码:** A

**DOI:** 10.16803/j.cnki.issn.1004-6216.2020.01.009

## Preliminary Study on Ecological Compensation Framework of Municipal Ecological Red Line ——Taking Jinan City as an Example

DAI Jing, WANG Xiaoyan, LIU Shanjun, DU Wenqiang, ZHAO Yuqiang  
(Jinan Environmental Research Institute, Jinan 250102, China)

**Abstract:** The ecological compensation is significant in balancing economic development and environmental protection. Thus, the ecological compensation with different levels is urgently needed to study. The municipal ecological compensation is more easily performed with the advantages of "clear stakeholders, the small scope and the convenient administration". Taking Jinan as an example, this paper explores and analyzes the stakeholders and financial framework of the ecological compensation of municipal ecological red line. The ecological compensation distribution of all the districts and counties is clarified. And this paper can provide a reference of ecological compensation for other cities and even for some provincial ecological red line.

**Keywords:** Ecological Red Line; Ecological Compensation; Distribution

**CLC number:** X32

生态补偿虽在概念、评价标准等尚缺乏统一的认识, 但都强调以激励换取生态环境保护这一核心内涵, 也强调了社会个体和组织在生态环境保护中的不同责任<sup>[1]</sup>。一般认为, 生态补偿是指国家或社会主体之间约定对损害资源环境的行为向资源环境开发利用主体进行收费或向保护资源环境的主体提供利益补偿措施, 并将所征收的费用或补偿性措施的惠益通过约定的某种形式, 转移到因资源环境开发利用或保护资源环境而自身利益收到损害的主体的过程<sup>[2]</sup>。生态补偿是以内化相关活动产生的外部成本为原则的一种经济激励特征的制度, 对

解决由于市场机制失灵造成的生态效益外部性的问题从而协调经济发展和环境保护具有重要意义。

根据《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》<sup>[3]</sup>要求, 2020年年底以前, 全面完成全国生态保护红线划定, 勘界定标, 基本建立生态保护红线制度, 并且确定加大生态保护补偿力度。生态保护红线制度对于生态环境保护和区域生态安全具有重要意义, 但红线内原有居民和当地政府会承担较大的经济成本。建立和完善各层次的生态补偿制度是实现生态保护红线性质不改变、功能不降低、面积不减少的有力保障。王灿发等<sup>[4]</sup>提出了建立生态

收稿日期: 2019-05-30

作者简介: 代 静(1987-), 女, 硕士、工程师。研究方向: 生态环境管理。E-mail: 357729507@qq.com

引用格式: 代 静, 王小燕, 刘善军, 等. 市级生态保护红线生态补偿框架初探——以济南市为例[J]. 环境保护科学, 2020, 46(1): 47-52.

补偿制度是生态红线法律保障制度实施的配套措施;郑华等<sup>[5]</sup>在完善生态红线制度的建议中提出要完善生态补偿制度和激励机制;李力等<sup>[6]</sup>提出创新生态红线保护利益补偿机制。

对于生态保护红线生态补偿机制构建方面,部分学者也做了相关探索。刘桂环等<sup>[7]</sup>从国家层面构建生态保护红线生态补偿的基础和框架;徐梦佳等<sup>[8]</sup>通过采用基于遥感测算的净初级生产力(NPP)计算红线区自然资源资产价值量,为生态保护红线的生态补偿提供了新的研究思路。但对于生态保护红线生态补偿制度建立和实际操作层面的研究尚处于探索阶段。

生态补偿对于协调经济发展和环境保护具有重要意义,不同层次的生态补偿都急需探索,其中市级生态补偿因为具有“利益相关者明确、涉及范围小、行政管理方便”等优点,更容易优先推进。本文以济南市为例,分析生态保护红线的利益相关方,探索构建市级层面生态保护红线的生态补偿框架,提出了市级生态保护红线生态补偿资金来源,确定了各区县生态补偿横向分配比例的计算方法;旨在探索建立方便、可行、因地制宜的市级层面生态保护红线生态补偿机制构建,从而为其他地市乃至国家和省级生态保护红线生态补偿制度的建设提供参考和依据,为生态保护红线的保护提供制度保障。

## 1 研究区域概况

济南地理位置介于北纬 36°01′~37°32′、东经 116°11′~117°44′之间,面积 7 998 km<sup>2</sup>。南依泰山,北跨黄河,背山面水,地处鲁中南低山丘陵与鲁西北冲积平原的交接带上,地势南高北低,分别与西南部的聊城、北部的德州和滨州、东部的淄博、南部的泰安和莱芜交界。济南市现辖历下、市中、槐荫、天桥、历城、长清和章丘 7 区,以及平阴、济阳、商河 3 县。此外,1991 年国务院批准建设“济南高新技术产业开发区”,即高新区。

根据《山东省生态保护红线规划(2016~2020 年)》(鲁环发〔2016〕176 号、鲁政字〔2016〕173 号),2016 年济南市纳入省级生态红线的水源涵养和土壤保持功能区,总面积为 509.91 km<sup>2</sup>,共 59 个地块,占济南市国土总面积的 6.38%。因部分红线地块位于济南边界线以外,切掉边界外红线后,面积为 436.33 km<sup>2</sup>。济南市生态保护红线分布及示意图见表 1 和图 1。

表 1 济南市生态保护红线分布情况

县区	生态保护红线面积/km <sup>2</sup>	占比/%
历下区	13.70	3.14
市中区	26.24	6.01
槐荫区	14.56	3.34
天桥区	29.43	6.74
历城区	101.33	23.22
长清区	96.83	22.19
章丘区	62.18	14.25
高新区	10.34	2.37
平阴县	32.74	7.50
济阳县	42.18	9.67
商河县	6.81	1.56
合计	436.33	/

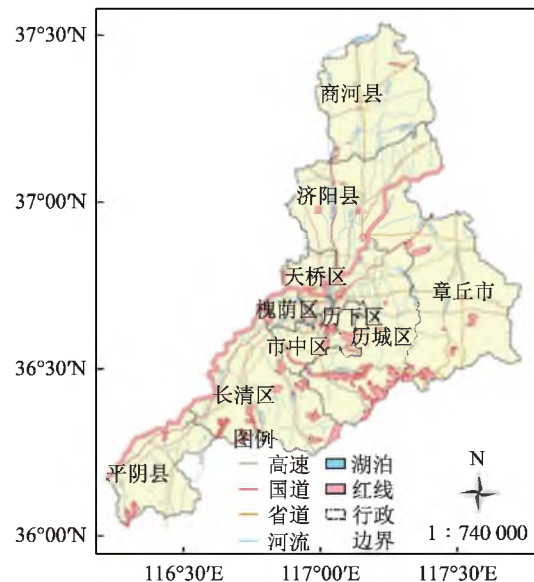


图 1 济南市各区县分布与红线分布示意图

## 2 数据与方法

### 2.1 数据来源

文章所采用的数据资料为:社会经济数据来源《2017 济南市统计年鉴》,土地利用数据来源于 2016 年济南市土地利用变更调查数据。

### 2.2 利益相关者分析和生态补偿框架构建

庇古理论强调通过政府收税和补贴的方式而不是市场来消除边际私人收益与边际社会收益、边际私人成本与边际社会成本之间的背离,从而使环境服务的外部性得到内部化。由于私人部门并不愿意对环境服务进行支付,许多生态补偿实践都依靠国家和社区来运作,需要通过税收或强制性服务收费来融资,并严格依赖于制度基础<sup>[9]</sup>。

保护生态红线对于保护生态环境和保障区域

生态安全具有重要意义,生态保护红线的利益相关者也具有不同的层次,根据区域的重要性分别具有国家、省级和当地的意义。因此本研究确定全市生态保护红线生态补偿资金应包括以下来源:国家重点生态功能区转移支付资金、山东省财政生态保护红线相关生态补偿资金、周边受益地市生态保护红线生态补偿资金、济南市财政生态保护红线生态补偿资金和其他资金。

CORBERA et al<sup>[10]</sup> 认为生态补偿旨在通过经济激励加强或改变自然资源管理者与生态系统管理相关行为的制度设计,《若干意见》<sup>[9]</sup> 强调地方各级党委和政府是严守生态保护红线的责任主体,因此本研究确定补偿对象为县区政府。济南市生态保护红线生态补偿框架示意图见图 2。

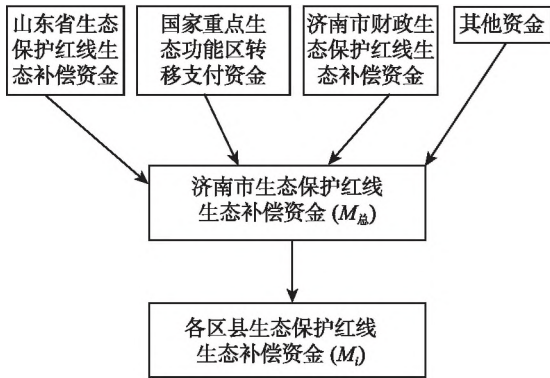


图 2 济南市生态保护红线生态补偿框架示意图

生态补偿标准是生态补偿的核心之一,关系到补偿的效果和补偿者的承受能力,也是生态补偿机制建立的难点之一<sup>[11]</sup>。因各省市税收和财政情况各不相同,用于生态保护红线的生态补偿总资金不尽相同,而市级相对容易,所以本研究对于国家、省补偿资金总量暂不做讨论,重点关注生态补偿资金在区县间如何分配。同时,该方法也可为国家对各省以及省级对各地市的生态补偿制度的构建提供参考。

### 2.3 分配比例确定

文中提出两个变量因子,分别为生态保护红线生态系统服务价值系数和生态补偿优先级系数。生态服务价值评估是生态补偿标准的关键之一<sup>[12]</sup>。生态保护红线生态系统服务价值系数依据生态保护红线生态系统服务价值的计算结果,反映该县区生态保护红线生态系统服务功能占全市生态保护红线生态服务功能的贡献率。参考王女杰等<sup>[13]</sup> 和孟雅丽等<sup>[14]</sup> 的研究成果,生态补偿优先级综合考虑区域的生态系统服务价值和经济发展水平,反映该

区县补偿的迫切程度。

各区县生态保护红线生态补偿资金计算公式见公式(1)~(7)。

$$M_i = M_{\text{总}} \times F \quad (1)$$

$$F = \frac{X_i \times Y_i}{\sum_{i=1}^n X_i \times Y_i} \quad (2)$$

式中,  $M_i$  为  $i$  县区获得生态保护红线生态补偿金额,万元;  $M_{\text{总}}$  为济南市全部生态保护红线生态补偿资金,万元;  $F$  为分配比例;  $X_i$  为  $i$  县区生态保护红线生态系统服务价值系数;  $Y_i$  为  $i$  县区生态补偿优先级系数。

$$X_i = \frac{ESV_i}{\sum_{i=1}^n ESV_i} \quad (3)$$

$$ESV_i = \sum_{j=1}^n P_j \times A_{ij} \quad (4)$$

式中,  $ESV_i$  为  $i$  县区生态保护红线区域生态系统服务总价值,万元;  $P_j$  为单位面积上土地利用类型  $j$  的生态系统服务价值,元/ $\text{km}^2 \cdot \text{a}^{-1}$ ;  $A_{ij}$  为  $i$  县区生态保护红线区域内土地利用类型  $j$  的面积总数,  $\text{km}^2$ 。

$$Y_i = 1 + \frac{ESPS_i - ESPS_{i \min}}{ESPS_{i \max} - ESPS_{i \min}} \quad (5)$$

$$ESPS_i = \frac{VAL_N}{GDP_N} \quad (6)$$

$$VAL_N = \frac{\sum_{j=1}^n P_j \times L_{ij}}{\sum_{j=1}^n L_{ij}} \quad (7)$$

$ESPS_i$  表示生态补偿优先级;  $VAL_N$  为单位面积生态系统非市场价值,万元/ $\text{km}^2$ ;  $GDP_N$  为单位面积地区生产总值,万元/ $\text{km}^2$ ;  $L_{ij}$  为  $i$  县区生态保护红线区域内土地利用类型  $j$  的面积总数,  $\text{km}^2$ 。生态补偿优先级可以形象描述区域补偿的迫切程度,是区域间生态补偿的重要依据,其优先级的确定取决于经济发展水平和生态服务功能<sup>[13]</sup>。

本研究参考谢高地等<sup>[15]</sup> 的研究,确定济南市不同用地类型生态服务价值单价,并参考其制定的中国陆地生态系统单位面积生态服务当量表,其中农田当量因子按照山东平均值取全国 1.38 倍<sup>[16]</sup>; 根据济南市粮食生产情况确定 1 个生态服务价值当量因子的经济价值量,从而得到济南市各用地类型生态系统单位面积生态服务价值量,见表 2 和表 3。

表 2 济南市不同类型地类生态系统服务价值系数表

万元/km<sup>2</sup>·a<sup>-1</sup>

用地类型	市场价值			非市场价值								合计
	供给服务		小计	调节服务				支持服务		文化服务		
	食物生产	原材料生产		气体调节	气候调节	水源涵养	废物处理	土壤形成与保护	维持生物多样性	提供美学景观		
森林	1.90	49.29	5.19	66.35	51.19	60.67	24.83	73.94	61.80	42.27	363.04	414.23
草地	5.69	0.95	6.64	15.17	17.06	15.17	24.83	36.97	20.66	0.76	130.62	137.25
农田	26.16	2.62	28.78	13.08	23.28	15.70	42.91	38.20	18.57	0.26	152.00	180.78
湿地	5.69	1.33	7.01	34.12	324.18	293.85	344.65	32.42	47.39	105.22	1 181.83	1 188.85
水体	1.90	0.19	2.09	0.00	8.72	386.36	344.65	0.19	47.21	82.28	869.41	871.49
未利用地	0.19	0.00	0.19	0.00	0.00	0.57	0.19	0.38	6.45	0.19	7.77	7.96

表 3 土地利用数据与生态系统服务价值地类对应表

一级类	二级类	对应生态系统服务地类
耕地	水田	农田
	水浇地	农田
	旱地	农田
园地	其他园地	森林和草地均值
	果园	森林和草地均值
林地	其他林地	森林
	有林地	森林
	灌木林地	森林
草地	其他草地	草地
工矿仓储用地	采矿用地	
	城市	
住宅用地	村庄	
	建制镇	
特殊用地	风景名胜设施用地	
	铁路用地	
交通运输用地	农村道路	
	公路用地	
	机场用地	
	坑塘水面	河流/湖泊
水域及水利设施用地	河流水面	河流/湖泊
	湖泊水面	河流/湖泊
	沟渠	河流/湖泊
	内陆滩涂	湿地
	水工建筑用地	
	水库水面	河流/湖泊
其他土地	设施农用地	耕地
	盐碱地	未利用地
	裸地	未利用地
	沼泽地	湿地

1 个生态服务价值当量因子的经济价值量等于平均粮食单产市场价值的 1/7。济南市 2016 年粮食生产情况见表 4(单价来自国家粮油信息中心), 主要作物为小麦和玉米, 占全部粮食产量的 96%, 因此只计算小麦和玉米的粮食单产价格, 作为全市

平均粮食单产市场价值。得出济南市 1 个生态服务价值当量因子的经济价值量为 1 895.79 元/hm<sup>2</sup>。

表 4 2016 年济南市粮食生产情况汇总表

作物名称	粮食种植面积 /万hm <sup>2</sup>	粮食平均价格 /元·kg <sup>-1</sup>	粮食作物单产 /kg·hm <sup>-2</sup>
小麦	20.68	2.46	6 103
稻谷	0.18	/	7 354
玉米	19.22	1.818	6 268
谷子	0.61	/	3 500
高粱	0.09	/	2 572
其他	0.01	/	3 000
豆类	0.78	/	2 714
薯类	0.81	/	5 805
总计	42.38	/	/

耕地对应农田, 园地取森林和草地价值当量均值, 林地对应森林, 草地对应草地, 沼泽地和内陆滩涂对应湿地, 设施农用地对应耕地, 盐碱地和裸地对应未利用地, 其他用地认为无生态服务价值为零。

### 3 结果与分析

#### 3.1 生态系统服务价值系数

根据生态保护红线生态系统服务价值系数的计算方法, 得到济南市各区县生态系统服务价值系数, 全市各县区生态系统服务价值系数从高到低依次为: 长清区、历城区、章丘区、济阳县、天桥区、平阴县、市中区、槐荫区、高新区、历下区和商河县表 5。

生态保护红线面积是该系数的主要影响因素, 此外, 生态保护红线内的用地类型也影响该系数的波动。该系数与生态保护红线面积占比趋势基本一致, 但存在该系数与红线占比偏离的现状。其中, 该系数小于生态保护红线面积占比的县区为市中区、历下区、历城区等。这主要是因为这些区域城市、村庄、耕地等用地类型占比较高, 而耕地生

表 5 济南市各区县生态保护红线生态系统服务价值系数

县区	红线面积占比 /%	生态服务价值量/万 元·a <sup>-1</sup>	X
历下区	3.14	4 085.22	0.023 0
市中区	6.01	7 558.03	0.042 5
槐荫区	3.34	7 245.55	0.040 7
天桥区	6.75	16 618.06	0.093 4
历城区	23.22	35 801.84	0.201 2
长清区	22.19	37 914.83	0.213 0
章丘区	14.25	25 225.34	0.141 7
高新区	2.37	4 909.45	0.027 6
平阴县	7.50	15 065.29	0.084 7
济阳县	9.67	20 252.83	0.113 8
商河县	1.56	3 292.74	0.018 5

注：X，县区生态保护红线生态系统服务价值系数。

态系统服务价值较低，城市和村庄用地生态服务价值为 0。市中区生态保护红线中耕地、城市、村庄地类占比均较高分别为 11.16%、10.28% 和 6.15%；历下区生态保护红线城市用地占比为 22.10%，历城区生态保护红线中耕地和园地占比均较高分别为 9.06% 和 8.88%，章丘区生态保护红线中耕地类占比较高为 20.60%。该系数大于生态保护红线面积占比的县区为天桥区、平阴县、槐荫区、商河县、高新区、济阳县等。这主要是因为这些区域生态服务价值较高的河流/湖泊和森林等用地类型占比较高，如天桥区生态保护红线中河流/湖泊和湿地用地占比共计 54.92%，平阴县生态保护红线中河流/湖泊用地和湿地用地占比共计 30.13%、森林用地占比 38.72%，槐荫区生态保护红线中河流/湖泊和湿地用地占比共计 51.86%，商河县生态保护红线中河流/湖泊和湿地用地占比共计 48.65%，高新区生态保护红线中河流/湖泊和湿地用地占比共计 37.92%，济阳县生态保护红线中河流/湖泊和湿地用地占比共计 43.17%。

### 3.2 生态补偿优先级系数

根据生态补偿优先级系数的计算方法，计算出济南市各区县生态补偿优先级系数，全市生态补偿优先级系数各县区从高到低依次为：商河县、长清区、济阳县、平阴县、章丘区、历城区、天桥区、高新区、槐荫区、市中区、历下区表 6。

该系数较小的区域均为城市建成区，例如历下区、市中区、槐荫区、天桥区、高新区，这些区域经济发展水平较高，区域非市场生态服务价值较低，为生态受益地区，所以生态补偿优先程度应为较低。该系数较高区域为城市建成区周边县区，例如

商河县、长清区、济阳县、平阴县等，这些区域经济发展水平较低，生态用地面积较大，区域非市场生态服务较高，为生态输出地区。并且区域的生态服务量高有利于该区域生态保护红线区域的保护工作。因此该区域应优先开展生态补偿。

表 6 济南市各区县生态保护红线生态系统服务价值系数与红线面积占比对比表

县区	VAL <sub>N</sub> /万元·km <sup>-2</sup>	GDP <sub>N</sub> /亿元·km <sup>-2</sup>	优先级	Y
历下区	96.559 8	13.834 0	0.000 7	1.000 0
市中区	125.025 6	2.935 5	0.004 3	1.030 5
槐荫区	157.223 7	2.856 2	0.005 5	1.041 2
天桥区	183.501 2	1.614 0	0.011 4	1.091 4
历城区	184.879 1	0.756 6	0.024 4	1.203 3
长清区	190.906 3	0.245 0	0.077 9	1.661 4
章丘区	161.248 6	0.544 6	0.029 6	1.247 6
高新区	149.649 0	2.219 6	0.006 7	1.051 8
平阴县	180.137 7	0.343 0	0.052 5	1.443 9
济阳县	187.503 4	0.268 7	0.069 8	1.591 8
商河县	181.090 0	0.154 2	0.117 5	2.000 0

注：Y，县区生态补偿优先级系数。

### 3.3 分配比例分析

分配系数计算结果见表 7，各县区分配比例从高到低依次为：长清区(26.16%)、历城区(17.89%)、济阳县(13.39%)、章丘区(13.07%)、平阴县(9.03)、天桥区(7.53%)、市中区(3.23%)、槐荫区(3.13%)、商河县(2.73%)、高新区(2.14%)和历下区(1.70%)，其中，长清区、历城区、济阳县和章丘区 4 区县系数之和占全市系数的 70% 以上，为 70.50%。分配系数与生态服务价值系数趋势基本一致，且综合考虑了经济发展水平，生态补偿向经济发展水平较低地区倾斜，兼顾了公平和效率。

表 7 济南市各区县分配系数表

县区	X	Y	F/%
历下区	0.023 0	1.000 0	1.70
市中区	0.042 5	1.030 5	3.23
槐荫区	0.040 7	1.041 2	3.13
天桥区	0.093 4	1.091 4	7.53
历城区	0.201 2	1.203 3	17.89
长清区	0.213 0	1.661 4	26.16
章丘区	0.141 7	1.247 6	13.07
高新区	0.027 6	1.051 8	2.14
平阴县	0.084 7	1.443 9	9.03
济阳县	0.113 8	1.591 8	13.39
商河县	0.018 5	2.000 0	2.73

注：X，县区生态保护红线生态系统服务价值系数；Y，县区生态补偿优先级系数；F，分配比例。

## 4 结论与建议

1)因生态服务价值的计算尚存在争议,并且各省市税收和财政情况各不相同,用于生态保护红线的生态补偿总资金不尽相同,所以本研究重点讨论了市级层面各区县分配比例。但未对全市生态保护红线生态补偿总额以及其他非资金形式生态补偿进行讨论。ASQUITH et al<sup>[17]</sup>认为,当补偿数额不大时,非现金补偿方式比现金补偿方式对服务提供者产生的激励作用更明显。因此,对于非资金形式的生态补偿有必要进一步深入研究,配合现金生态补偿制度开展实施。

2)该分配方法基于土地利用类型,较好的符合了生态保护红线的性质不改变、面积不减少的要求,但计算基础为某地类型为固定的生态系统服务价值,对该用地类型的功能提升方面缺少考虑,需进一步细化生态系统服务价值。

3)建议各区县分配系数每年随土地利用类型和生态保护红线成果更新。一方面济南市正在开展生态保护红线优化工作,相关系数需根据生态保护红线成果更新完善。另一方面,基于产出的“绩效支付”是最直接、最能体现“成本-效率”观,也是对提供者而言最经济实惠的支付模式,因为这种支付条件为服务提供者创新服务提供留下了空间,赋予了服务提供者充分的主观能动性<sup>[18-19]</sup>。根据每年生态保护红线保护情况,更新生态补偿资金的分配比例,有利于生态保护红线的属地管理效率。

4)根据本研究结果,建议一方面生态保护红线地区开展退耕还林、退耕还草、荒山绿化、退耕还湿等行动,减少耕地、建设用地、未利用地等用地类型,增加湿地、林地、草地等用地类型;另一方面,生态补偿向经济发展水平较低地区倾斜,鼓励经济不发达地区保护生态红线区域,让“绿水青山”转化为“金山银山”。

5)根据本研究成果,各县区从高到低依次为:长清区(26.16%)、历城区(17.89%)、济阳县(13.39%)、章丘区(13.07%)、平阴县(9.03%)、天桥区(7.53%)、市中区(3.23%)、槐荫区(3.13%)、商河县(2.73%)、高新区(2.14%)和历下区(1.70%)。

6)本研究方法方便易行,具有普遍的适用性,其他城市方便借鉴,省级层面构建生态保护红线生态补偿制度时仍可借鉴。

## 参考文献

- [1] 袁伟彦,周小柯.生态补偿问题国外研究进展综述[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(11): 76-82.
- [2] 杜群.生态补偿的法律关系及其发展现状和问题[J]. 现代法学, 2005, 27(3): 186-191.
- [3] 中共中央办公厅,国务院办公厅.关于划定并严守生态保护红线的若干意见[EB/OL].(2017-02-07)[2019-05-05]. [http://www.gov.cn/zhengce/2017-02/07/content\\_5166291.htm](http://www.gov.cn/zhengce/2017-02/07/content_5166291.htm).
- [4] 王灿发,江钦辉.论生态红线的法律制度保障[J]. 环境保护, 2014, 42(增1): 30-33.
- [5] 郑华,欧阳志云.生态红线的实践与思考[J]. 中国科学院院刊, 2014, 29(4): 457-461.
- [6] 李力,王景福.生态红线制度建设的理论和实践[J]. 生态经济, 2014, 30(8): 138-140.
- [7] 刘桂环,文一惠.关于生态保护红线生态补偿的思考[J]. 环境保护, 2017, 45(23): 31-35.
- [8] 徐梦佳,王燕,邹长新.生态保护红线区生态资产价值评估[J]. 生态与农村环境学报, 2018, 34(6): 528-534.
- [9] VATN A. An institutional analysis of payments for environmental services[J]. *Ecological Economics*, 2010, 69(6): 1245-1252.
- [10] CORBERA E, SOBERANIS C G, BROWN K. Institutional dimensions of payments for ecosystem services: an analysis of Mexico's carbon forestry programme[J]. *Ecological Economics*, 2009, 68(3): 743-761.
- [11] CAI B C, WEN L Q, LU G F. Theories for mechanism of ecological compensation[J]. *Ecological Economy*, 2005(1): 47-50.
- [12] FARBER S C, COSTANZA R, WILSON M A. Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services[J]. *Ecological Economics*, 2002, 41(3): 375-392.
- [13] 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.
- [14] 孟雅丽,苏志珠,马杰,等.基于生态系统服务价值的汾河流域生态补偿研究[J]. 干旱区资源与环境, 2017, 31(8): 76-81.
- [15] 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(5): 911-919.
- [16] 谢高地,肖玉,甄霖,等.我国粮食生产的生态服务价值研究[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(3): 10-13.
- [17] ASQUITH N M, VARGAS M T, WUNDER S. Selling two environmental services: in-kind payments for bird habitat and watershed protection in Los Negros, Bolivia[J]. *Ecological Economics*, 2008, 65(4): 675-684.
- [18] SCHOMERS S, MATZDORF B. Payments for ecosystem services: a review and comparison of developing and industrialized countries[J]. *Ecosystem Services*, 2013(6): 16-30.
- [19] ZABLE A, ROE B. Optimal design of pro-conservation incentives[J]. *Ecological Economics*, 2009, 69(1): 126-134.