

引用格式:包贵萍,梁小亮,梁颖,等.南方红壤丘陵耕地生态修复补偿标准研究[J].资源科学,2019,41(2):247-256. [Bao G P, Liang X L, Liang Y, et al. Land compensation standard in ecologic fragile areas of red soil hilly region in the southern China[J]. Resources Science, 2019, 41(2):247-256.] DOI :10.18402/resci.2019.02.04

# 南方红壤丘陵耕地生态修复补偿标准研究

包贵萍<sup>1</sup>,梁小亮<sup>2</sup>,梁颖<sup>3</sup>,耿 彬<sup>2</sup>,徐保根<sup>2</sup>

(1. 浙江财经大学工商管理学院,杭州 310018;2. 浙江财经大学,杭州 310018;

3. 浙江财经大学东方学院,杭州 310000)

**摘要:**科学制定生态补偿标准,引导企业合理规模种植,对于南方红壤丘陵山地生态脆弱区耕地生态修复具有重要意义。本文从企业微观经济行为出发,构建南方红壤丘陵山地新开垦耕地的生态补偿标准、新增生态系统服务价值、利用方式转化比例、土地面积的三维空间理论方法,提出以生态修复为导向的南方红壤丘陵山地生态脆弱区新开垦耕地补偿标准制定方法。并以浙江省松阳县为例进行了实证研究,研究结果表明:面向720 hm<sup>2</sup>待修复耕地,综合考虑当前生态补偿标准、县级政府财政能力,设定生态系统服务价值修复量为1000万元/a,补偿标准0.51万元/(hm<sup>2</sup>·a),企业转换利用方式种植脐橙转换面积比例为50%,需补偿资金为368.49万元/a。建议面向南方红壤丘陵山地生态脆弱区新开垦耕地生态修复目标,出台空间定位准确和补偿标准细化的精准生态补偿政策。

**关键词:**生态修复;生态补偿标准;生态脆弱区;生态系统服务价值;耕地;红壤丘陵山区;中国南方

DOI :10.18402/resci.2019.02.04

## 1 引言

为确保国家粮食安全,保持耕地总量平衡,耕地开垦工作在全国持续推进,仅2016年通过土地开垦增加耕地面积29.30万hm<sup>2</sup>[1]。作为落实《全国生态功能区划》具体措施的《全国生态脆弱区保护规划纲要》,将主要分布于浙、闽、赣、湘、鄂、苏等六省的南方红壤丘陵山地划为生态脆弱区。此区域内,县级耕地占补平衡压力下,“上山”垦造耕地现象普遍,但在市场失灵下这些新垦造耕地被弃耕抛荒的越来越多。南方红壤丘陵山地生态脆弱区土层薄,新开垦耕地撂荒造成植被覆盖度低,地表水蚀严重,加剧生态系统功能减弱,带来更为紧迫的生态修复问题[2-5]。生态补偿是以保护生态环境、促进人与自然和谐发展为目的,主要用将环境外部效应内部化的经济手段来调节生态保护利益相关者关系的制度安排[6,7]。农村人口外流导致劳动力不足的

背景下,如何制定生态补偿标准,引导企业承包新开垦耕地经营权实现规模种植,提高新开垦耕地生态价值,修复南方红壤丘陵山地生态脆弱区生态环境,是政府和社会关注的亟待解决的焦点问题[8]。

耕地生态补偿标准如何确定是学者长期关注热点问题。国内外研究成果应用最小数据法[9-12]、选择实验法[13-15]、条件估值法[16,17]等多种方法,从生态价值量[18,19]、粮食安全[20]、生态承载力[21]、生态足迹[22,23]、机会成本[24,25]等角度,探索了耕地生态补偿标准确定理论与方法。面向我国生态脆弱区主要类型,包括北方农牧交错生态脆弱区[26-28]、西北荒漠绿洲交接生态脆弱区[29]、西南岩溶山地石漠化生态脆弱区[30-32]、西南山地农牧交错生态脆弱区[33]、青藏高原复合侵蚀生态脆弱区[34,35]、沿海水陆交接带生态脆弱区[36],学者针对不同类型区的不同生态问题,提出了不同的生态补偿标准制定方法以及生态补偿机

收稿日期:2018-07-04 修订日期:2018-11-26

基金项目:国家自然科学基金项目(41401624);浙江省哲学规划课题(18NDJC148YB);浙江省教育厅课题(Y201738556)。

作者简介:包贵萍,女,浙江安吉人,硕士生,研究方向为生态补偿与耕地保护。E-mail: 2968321353@QQ.com

通讯作者:耿彬,E-mail: Gengbin\_zjcjdx@126.com

制,面向生态脆弱区的生态补偿标准确定思路和理论基础,可为本文南方红壤丘陵山地生态脆弱区的生态系统服务价值计算,以及生态补偿机制设计提供参考。然而,当前补偿方法虽然在机会成本计算方法上开始考虑微观个体间的差异,但国内引入最小数据法进行实践研究的成果仍然较少<sup>[37]</sup>,研究的主体主要立足于农户角度<sup>[38]</sup>,尚缺乏探讨企业的决策行为,而解决南方丘陵生态脆弱区的环境修复问题需要发挥企业作用<sup>[39]</sup>,基于企业决策者的微观经济行为和决策手段来确定特定生态环境修复目标下的最佳补偿标准。同时,目前的研究尚没有针对南方红壤丘陵山地生态脆弱区新开垦耕地特有生态修复问题,提出生态补偿标准制定的理论与方法。因此,在新开垦耕地农户生产意愿低的前提下,本文提出引入企业这一行为主体,使得企业主动利用新开垦耕地,以南方红壤丘陵山地生态脆弱区的浙江省松阳县新开垦耕地为例,基于最小数据法,创建生态补偿标准、新增生态系统服务价值、利用方式转化比例、土地面积的四维分析理论方法,从而得到不同的土地耕种方式下最佳的生态补偿标准,为实现南方红壤丘陵山地生态脆弱区的生态修复提供参考。

## 2 理论方法

本文的基本思路是在理论假设前提下,以南方红壤丘陵山地生态脆弱区新开垦耕地生态功能修复目标为引导,利用问卷调查方法拟合生态补偿与土地利用方式转化比例关系模型函数,推导生态补偿标准。

### 2.1 理论假设

虽然新开垦耕地的道路、沟渠、田块平整等条件齐备,但是在农村人口外流,农户耕种意愿较低背景下,现实中新开垦耕地流转给企业规模种植成为一种实践选择。因此最小数据法做了以下假设:在新开垦耕地上,南方红壤丘陵山地生态脆弱区有A(不种植作物,即抛荒状态)和B(种植作物,种植茶树和脐橙)两种新开垦耕地利用方式。企业是否愿意采用B利用方式取决于其能否实现企业种植收益最大化。为简单起见,假设企业转变利用方式的转换成本为0<sup>[40]</sup>。

在新开垦的耕地采用A利用方式时,每单位土

地产生的生态系统服务为 $e_0$ ( $e_0$ 可能为0);当采用B利用方式时,增加 $e$ 单位的生态系统服务。某一时期企业的土地利用行为选择取决于其收益期望价值 $R(p, g, s)$ ,其中 $p$ 为产品价格, $g$ 为地块, $s = A$ 或 $B$ ,为土地利用方式<sup>[41]</sup>。在其他相同条件下,企业对土地利用方式的决策机制是:

$$\delta(p, g) = R(p, g, a) - R(p, g, b) \quad (1)$$

当 $\delta(p, g) \geq 0$ 时,企业将选择土地利用方式A,反之选择B。

### 2.2 新开垦耕地的新增生态系统服务价值的计算模型

在南方红壤丘陵山地生态脆弱区中,选择新开垦耕地,在不同利用方式A和B下,开展地块观测和土壤化验获得实验数据,包括地块面积、地块坡长坡度和土壤有机质含量等指标。南方丘陵生态脆弱区经人类开垦后引发的脆弱性表现为地表加速侵蚀和系统退化,土壤流失严重<sup>[2]</sup>;土层薄,土壤质量下降<sup>[42]</sup>;开垦中林木资源遭破坏,开垦后无人种植,净化空气能力下降,固碳释氧调节空气功能减弱<sup>[43]</sup>;乡村旅游业不振,陷入“贫困陷阱”<sup>[44]</sup>。因此本文根据南方红壤丘陵山地生态脆弱区新开垦耕地生态服务功能保护和修复的特殊性,对新开垦耕地的生态系统服务价值进行评价。评价指标包括土壤保持(固土,减少雨水冲刷),土壤肥力形成(有机物在开发土地生态系统的输入输出过程),净化空气能力(开垦土地与大气中的 $SO_2$ 和 $PM_{2.5}$ 的吸收过程),气体调节功能(调节大气中的 $O_2$ 和 $CO_2$ )以及旅游发展(发展当地旅游)<sup>[19]</sup>。

其中在土壤保持功能的生态价值评价中,首先对生态系统土壤保持的物质质量进行估算,再采用替代工程法对土壤保持功能进行价值化。土壤保持量一般采用美国通用土壤流失方程计算,此模型主要从侵蚀因子角度入手,利用观测资料和统计技术,研究土壤侵蚀量与降雨、植被、土壤、地形、水土保持措施等因子之间的关系<sup>[45]</sup>。土壤肥力形成的生态系统服务价值量评价中根据营养物质的市场价值来评估生态系统保护土壤肥力的价值<sup>[46]</sup>。净化空气的生态系统服务价值量评价使用替代工程法来表示,气体调节的生态系统服务价值评价使用碳税法或工业制氧法来获得<sup>[47,48]</sup>。而旅游发展生态功能的价值利用市场价值法计算其总价值<sup>[47]</sup>。因此,新

2019年2月

增生态系统服务价值  $e$ , 即新开垦耕地利用方式由 A 转为 B 而新增加的生态价值, 参考刘永强关于长江中游经济带生态服务功能的研究<sup>[49]</sup>, 根据公式(2) 计算各项生态服务功能的新增系统服务价值:

$$e = ESVb - ESVa = \sum_{k=1}^n H \times VCbk - \sum_{k=1}^n H \times VCak \quad (2)$$

式中:  $ESVa$  和  $ESVb$  分别为新开垦耕地利用方式 A 和 B 下耕地生态系统服务价值供给量,  $VCak$ 、 $VCbk$  分别为耕地的 A 和 B 种土地利用方式的第  $k$  项生态系统服务功能的单位面积的服务价值供给量(万元/ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ),  $H$  为土地面积( $\text{hm}^2$ )。

### 2.3 企业转变利用方式的机会成本

假设  $\delta(p, g)$  的空间分布概率密度函数为  $\beta(\delta)$ , 不实施生态补偿下, 企业采用土地利用方式 B 的比例为  $r(p)$ , 则有:

$$r(p) = \int_{-\infty}^0 \beta(\delta) d(\delta), \quad 0 \leq r(p) \leq 1 \quad (3)$$

为了实现南方红壤丘陵山地生态脆弱区新开垦耕地的生态修复, 假设每年在松阳县对企业实施给予生态补偿标准  $pe$  (生态补偿标准  $pe$  定义为单位生态系统服务的供给价格, 即企业多创造 1 单位生态系统服务价值, 政府给予的生态补偿), 引导企业流转新开垦耕地采用土地利用方式 B, 增加新开垦耕地生态系统服务供给量<sup>[41]</sup>。

生态补偿政策实施下, 如果企业没有租赁新开垦耕地经营权种植(利用方式 A), 选择租赁老熟地种植, 单位面积耕地可获得期望收益为  $R(p, g, a)$ 。如果企业租赁新开垦耕地经营权种植(利用方式 B), 获得期望收益为  $R(p, g, b) + epe$ , 其中  $R(p, g, b)$  是企业直接从采用 B 利用方式获得的收益,  $epe$  是企业实现生态修复而获得的生态补偿<sup>[12]</sup>。从而, 如果  $R(p, g, a) - R(p, g, b) - epe = \delta(p, g) - epe < 0$ , 即  $\delta/e < pe$ , 企业选择利用方式 b。  $\delta/e$  为企业单位生态系统服务价值供给的机会成本。

所以, 新开垦耕地利用方式 A 转换为利用方式 B 的土地比例  $r(p, pe)$  为:

$$r(p, pe) = \int_0^{pe} \beta(\delta/e) d(\delta/e) \quad (4)$$

### 2.4 生态补偿标准测算的四维分析方法

假设研究范围内已开垦耕地面积为  $H$ , 耕地新增生态服务价值为  $e$ , 则不实施生态补偿下耕地总

生态系统服务供给量( $D(pe)$ )为:

$$6D(pe) = r(p) \times H \times e \quad (5)$$

实施生态补偿后, 总生态系统服务供给量为:

$$6D(pe) = r(pe) \times H \times e \quad (6)$$

故新增生态系统服务供给量为:

$$6D(p, pe) = r(p, pe) \times H \times e \quad (7)$$

$$\text{其中: } r(p, pe) = r(pe) - r(p) \quad (8)$$

基于以上分析可知, 根据生态系统服务价值修复总量( $D$ ), 新开垦土地面积( $H$ ), 土地利用方式所能带来的新增生态系统服务价值( $e$ ), 即可求得所需的土地利用方式转换比例( $r$ ), 根据  $r$  与生态补偿标准( $pe$ )之间的关系可以得到土地利用方式转换比例下的生态补偿标准。生态补偿标准、新增生态系统服务价值、利用方式转换比例和新开垦耕地面积的四维关系模型如图 1 所示。其中,  $r$  轴是土地利用方式转换比例,  $e$  轴是新增生态系统服务价值,  $H$  轴是新开垦耕地面积,  $pe$  轴为生态补偿标准, 曲线展示了生态补偿标准与土地利用方式转换比例之间的关系。土地利用方式转换比例随着生态补偿标准变化而变化, 三角锥体积代表生态系统服务供给量。因此本文以南方红壤丘陵山地生态脆弱区新开垦耕地生态系统服务供给量目标为导向, 推导生态补偿标准。

## 3 研究区概况和数据来源

### 3.1 研究区概况

浙江省松阳县地处南方红壤丘陵山地生态脆弱区, 低丘缓坡新开垦耕地较多, 新开垦耕地抛荒现象普遍, 植被覆盖度低, 地表水蚀严重。茶叶和

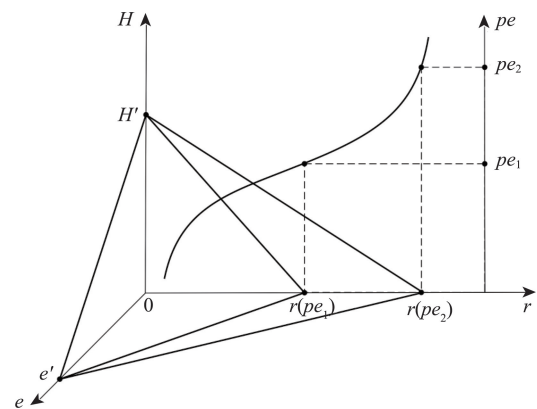


图 1 生态系统服务供给量的四维分布模型

Figure 1 The four-dimensional model of ecosystem services supply



脐橙种植为松阳县特色农业,2016年全县40%人口从事茶产业、50%农民收入来自茶产业、60%农业产值源于茶产业,脐橙产量1.38万t,产值0.14亿元<sup>[50]</sup>。因此本文选择松阳县2011—2017年新开垦耕地开展实证研究。

### 3.2 数据来源

采用研究区域的2011年、2017年TM影像数据(30 m×30 m)和DEM数据(30 m×30 m),利用ERDAS以及Arcgis软件进行校正、裁剪,再对影响数据进行植被分类<sup>1)</sup>。将TM影像与2011年—2017年松阳县国土资源局公布的土地开垦项目数据对比,最终提取新开垦耕地抛荒地空间分布图,作为生态修复补偿范围<sup>2)</sup>。

为定量探讨企业承包新开垦耕地进行种植的生态补偿标准,本研究在2017年对随机筛选的48个村庄开展调查,调研内容主要包括不同生态补偿标准下,茶树和橙树两种利用模式,企业转换土地利用方式意愿。为获取计算5项生态功能的系统服务价值量的数据,本研究于2016年3月—2018年3月,分别对生态补偿范围内的新开垦耕地抛荒、企业承包新开垦耕地种植茶树或脐橙、企业承包熟地种植茶树或脐橙的16个地块进行数据采集。通过实地调研获取茶树和脐橙种植情况,测量记录种植地块的坡长、坡度,同时进行土壤采样,通过化验获取土壤类别、有机质的含量及土壤容重数据。地块的年平均单产等数据参考松阳县的各年统计年鉴。调查主要通过问卷调查、实地走访等方式进行,共发放问卷共400份,整理后有效问卷342份,占问卷总数的85.5%。统计结果如表1所示。

## 4 结果及分析

### 4.1 新增开垦耕地的生态系统服务价值

本文针对新开垦耕地利用方式A(不种植作物,即抛荒状态)和B(种植作物,种植茶树和脐橙),采用土壤流失方程<sup>[45,51]</sup>、替代工程法<sup>[52]</sup>、碳税法<sup>[53]</sup>等生态系统服务价值量评价方法计算新开垦耕地生态系统服务价值(如表2所示),得出单位面积新开垦

表1 种植企业情况调查描述性统计结果

Table 1 Descriptive statistics of the enterprise survey

特征变量	极小值	极大值	均值	标准差
企业注册资本/万元	8.00	4000	781.20	1 299.00
农业业务占比/%	0.45	95.00	52.75	35.37
农业营业额/(万元/a)	0.04	79.00	1.49	0.60
农业营业额占比/%	0.01	98.87	55.89	40.45
其他营业额/(万元/a)	2.00	12 600.00	1 390.00	3 940.00
其他营业额占比/%	1.13	99.54	44.07	40.38
茶树种植面积/hm <sup>2</sup>	0.20	200.00	60.41	74.22
脐橙种植面积/hm <sup>2</sup>	0.00	100.00	28.51	33.79

表2 松阳新增土地生态系统服务价值

Table 2 The eco-service values of Songyang newly increased land

(万元/(hm<sup>2</sup>·a))

生态系统服务价值	a	b	
		茶树	脐橙
土壤保持	22.78	60.38	37.69
土壤肥力提升	0.36	3.45	1.77
气体调节(CO <sub>2</sub> 、O <sub>2</sub> )	0.05	0.29	0.31
空气净化(SO <sub>2</sub> 、PM2.5)	0.01	0.01	0.01
旅游发展	0.00	0.11	0.10
合计	23.20	64.24	39.88
新增生态服务价值	—	41.04	16.68

耕地的生态系统服务价值在A种土地利用方式为23.20万元/(hm<sup>2</sup>·a),在B种土地利用方式下茶树为64.24万元/(hm<sup>2</sup>·a),脐橙为39.88万元/(hm<sup>2</sup>·a),故茶树新增生态系统服务价值e为41.04万元/(hm<sup>2</sup>·a),脐橙新增生态系统服务价值e为16.68万元/(hm<sup>2</sup>·a)。

### 4.2 新开垦耕地生态修复的补偿标准

根据企业的问卷调查结果,推导出生态补偿标准和企业转换土地利用方式的比例关系的曲线。根据企业转换土地利用方式比例计算的新增生态系统服务价值,建立起补偿标准和企业转换土地利用方式比例之间的关系。首先对数据采用拉依达准则法即3σ法观察是否存在异常值,若存在异常值,则剔除异常值后再进行回归。异常值的判断依据为:

$$P(|x - \mu|/Z > 3\sigma) \leq 0.003 \quad (9)$$

1)TM数据来源为地理空间数据云网站 landsat8 卫星数据产品;DEM数据来源为地理空间数据云网站 GDEMDEM 30m 分辨率数字高程数据,网站地址: <http://www.gscloud.cn/sources/?cdataid=263&pdataid=10>。

2)土地开垦项目数据来源为松阳县国土资源局官方网站,网站地址: <http://gtj.lishui.gov.cn/syxgtzyj/>。

2019年2月

式中:  $\mu$  与  $\sigma$  分别表示正态总体的数学期望和标准差。此时,在实验数据值中出现大于  $\mu + 3\sigma$  或小于  $\mu - 3\sigma$  数据值的概率是很小的。因此,根据上式将大于  $\mu + 3\sigma$  或小于  $\mu - 3\sigma$  的实验数据作为异常值,予以剔除<sup>[54]</sup>。拟合最终结果如图2、图3中曲线所示。从图2、图3可看出,随着补偿价格的增加,企业愿意转变土地利用方式的比例也在增加。表3结果显示 720.49 hm<sup>2</sup> 新开垦耕地,生态系统服务价值修复量定为 1000 万元/a 时,需要企业改变土地利用方式种植茶树比例为 20.29%,则补偿标准必须大于 1.88 万元/(hm<sup>2</sup>·a),需补偿的资金为 1354.71 万元/a,相对地,企业愿意转换利用方式种植脐橙比例为 50%,补偿的标准必须大于 0.51 万元/(hm<sup>2</sup>·a),需补偿的资金为 368.49 万元/a;而当生态系统服务价值修复量定为 2500 万元/a 时,企业改变土地利用方式种植茶树的比例为 50.73%,补偿的标准必须大于 2.74 万元/(hm<sup>2</sup>·a),所需资金为 1976.47 万元/a,种植脐橙的转换比例为 100%,补偿的标准为 1.63 万元/(hm<sup>2</sup>·a),所需资金为 1174.40 万元/a。

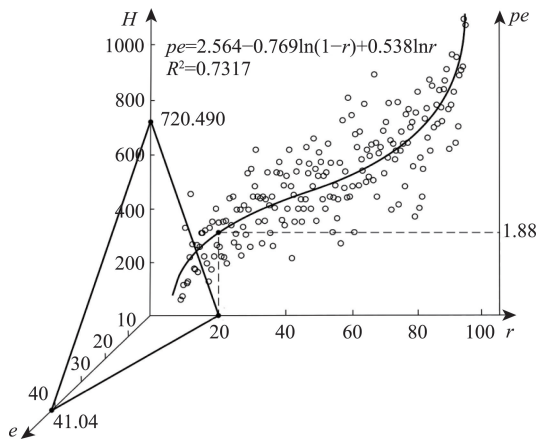


图2 茶树的新增系统服务价值总量

Figure 2 The total ecosystem services supply of tee tree

根据松阳县财政局访谈得知,全县财政收入在全省相对落后,2017年财政总收入 9.93 亿元,其中耕地占用税收入 2669 万元,现有生态补偿中,生态公益林补偿为 600 元/hm<sup>2</sup>。因此,综合考虑当前生态补偿标准、县级政府财政能力,选择生态系统服务价值修复量 1000 万元/a 开展新开垦耕地生态修复补偿,补偿标准定为 0.51 万元/(hm<sup>2</sup>·a),县财政从耕地占用税收入支出 368.49 万元,即可实现生态脆弱区 720 hm<sup>2</sup> 新开垦耕地的生态修复目标。

#### 4.3 政策启示

在生态脆弱区实施退耕还林(草)是很多学者提出的治理水土流失等问题的对策<sup>[55]</sup>。当前政策也倾向于通过退耕还林等方式维护生态平衡,例如《浙江省林地管理办法》第十五条第三款规定,“坡度 25° 以上的山地已开垦种植农作物的,应当依法限期退耕还林”<sup>[56]</sup>。然而南方红壤丘陵山地生态脆弱区的坡度多在 25° 以下,且居住着大量以耕地作为主要收入来源的农户,为保护粮食产能安全,在兼顾生态修复的同时,合理的耕地开垦是必须的。

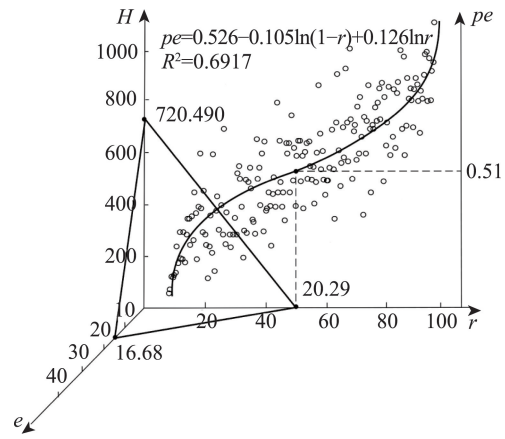


图3 脐橙的新增系统服务价值总量

Figure 3 The total ecosystem services supply of navel orange

表3 不同生态修复目标下的生态补偿标准

Table 3 The different ecological compensation standard for different ecological remediation targets

生态系统服务价值 修复目标/(万元/a)	转换比例		补偿标准/(万元/(hm <sup>2</sup> ·a))		补偿金额总额/(万元/a)	
	茶树	脐橙	茶树	脐橙	茶树	脐橙
500	10.15	24.96	1.42	0.38	1 019.87	274.71
1 000	20.29	50.00	1.88	0.51	1 354.71	368.49
1 500	30.44	74.87	2.20	0.63	1 587.40	457.19
2 000	40.58	99.82	2.48	1.19	1 786.15	856.93
2 500	50.73	100.00	2.74	1.63	1 976.47	1 174.40

大多数生态补偿标准的制定以平衡利益相关者利益为目的,很少从保护生态修复出发。南方红壤丘陵区新开垦耕地生态补偿项目参与企业是理性的决策者,只有当补偿标准超过企业负担的机会成本、实施成本和交易成本,企业才会履行生态修复行为获得生态补偿。本研究构建南方红壤丘陵区新开垦耕地的生态补偿标准、新增生态系统服务价值、利用方式转化比例、土地面积的四维空间理论方法,创新提出生态保护为导向的南方红壤丘陵区生态脆弱区新开垦耕地补偿标准制定方法。

在制定切实可行的生态补偿标准政策时,应结合当地耕地不同利用方式和资源禀赋,构建生态系统服务价值定期评估机制。结合县域财政收入和当前各类生态补偿标准,确定合理的年度新开垦耕地生态系统服务价值修复量。综合考虑县财政收支状况下,依据本研究创新提出的生态补偿标准、新增生态系统服务价值、利用方式转化比例、土地面积的四维空间理论方法,动态确定合理可操作的生态补偿标准,以达到通过生态补偿政策实施,调动企业转变耕地生态利用方式意愿,逐渐实现南方红壤丘陵区新开垦耕地的生态修复。

此外,南方红壤丘陵区新开垦耕地生态补偿区域内,耕地生态利用模式政策思路应该从“保证粮食产量”转变为“保证粮食产能”。《关于深入推进农业供给侧结构性改革做好农村产业融合发展用地保障工作的通知》提出,“明确因地制宜保护耕地,允许在不破坏耕作层的前提下,对农业生产结构进行优化调整,仍按耕地管理。”粮食生产需要必要的水利设施、田间道路、土壤肥力,南方红壤丘陵区生态脆弱区新开垦耕地种植茶树和脐橙,必须保证基础设施功能不受损失。保障粮食的产能可以在长期内保证我国粮食安全,在任何供给不足的时候,可以迅速启动这些产能,以满足人们食物需求。

## 5 结论

南方红壤丘陵区生态脆弱区新开垦耕地,市场失立下农户弃耕抛荒,造成植被覆盖度低,地表水蚀严重,生态与环境问题越来越受到广泛关注。通过生态补偿引导企业租赁新开垦耕地,采用生态

友好型利用方式,提高新开垦耕地生态系统服务供给,可能是解决南方红壤丘陵区生态脆弱区生态修复问题的必要途径。

生态修复与保护目标下生态补偿标准确定是函待解决的核心问题。本研究在理论假设前提下,构建了生态补偿标准、新增生态系统服务价值、利用方式转化比例、土地面积的四维理论框架,基于问卷调查确定的生态补偿与土地利用方式转化比率、新增生态系统服务价值的关系函数,以南方红壤丘陵区生态脆弱区新开垦耕地生态功能改善目标为引导,确定新开垦耕地的生态补偿标准,得出以下结论:

(1)松阳县新开垦耕地种植茶树后,单位面积新增生态系统服务价值为41.04万元/( $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ );种植脐橙后,单位面积新增生态系统服务价值为16.68万元/( $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ )。

(2)720  $\text{hm}^2$ 新开垦耕地,生态系统服务价值修复量定为1000万元/a时,需企业转换利用方式种植茶树面积比例为20.29%,补偿标准为1.88万元/( $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ),需补偿资金为1354.71万元/a;而种植脐橙转换面积比例为50.00%,补偿标准为0.51万元/( $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ),需补偿资金为368.49万元/a。

本研究以生态系统服务价值理论为基础,创建生态补偿标准、新增生态系统服务价值、利用方式转化比例、土地面积的四维分析模型,此模型的变量也可以进行替代和转换,这是值得拓展的部分。同时,将企业作为微观主体,可能更多地考虑到其利益的最大化,补偿政策的制定和执行考虑的影响因素较多,过程艰难,这将有待进一步的深入和研究。此外,由于南方红壤丘陵区生态脆弱区各县市情况不同,本文测算所得的补偿价格可能与其他区域实际存在偏差,因此在实践中应以本文补偿标准测算方法为参考,再结合当地的实际情况,确定适宜的补偿标准。

## 参考文献(References):

- [1] 中国国土资源部. 2016中国国土资源公报[EB/OL].(2017-11-24)[2018-07-04]. <http://bd.hebgt.gov.cn/baoding/zwgk/gzyl/101520643035789.html>. [Ministry of Land and Resources of the Peo-



2019年2月

- ple's Republic of China. China National Land Resource Bulletin in 2016[EB/OL]. (2017-11-24)[2018-07-04]. <http://bd.hebgt.gov.cn/baoding/zwgk/gzyl/101520643035789.html>. ]
- [2] 田亚平, 刘沛林, 郑文武. 南方丘陵区的生态脆弱度评估: 以衡阳盆地为例[J]. 地理研究, 2005, 24(6): 843-852. [Tian Y P, Liu P L, Zheng W W. Vulnerability assessment and analysis of hilly area in southern China: A case study in the Hengyang Basin[J]. *Geographical Research*, 2005, 24(6): 843-852. ]
- [3] Queiroz C, Beilin R, Folke C, *et al.* Farmland abandonment: Threat or opportunity for biodiversity conservation? A global review[J]. *Frontiers in Ecology & the Environment*, 2014, 12(5): 288-296.
- [4] 宋世雄, 梁小英, 梅亚军. 基于CBDI的农户耕地撂荒行为模型构建及模拟研究: 以陕西省米脂县冯阳峁村为例[J]. 中国自然学报, 2016, 31(11): 1926-1937. [Song S X, Liang X Y, Mei Y J. Modeling and simulating land abandonment behavior of farmer households based on the CBDI[J]. *Journal of Natural Resources*, 2016, 31(11): 1926-1937. ]
- [5] 杨国勇, 许文兴. 耕地抛荒及其治理: 文献述评与研究展望[J]. 中国农业大学学报, 2015, 20(5): 279-288. [Yang G Y, Xu W X. Cultivated land abandoning and its governance: Literature review and research prospective[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2015, 20(5): 279-288. ]
- [6] 甄霖, 刘雪林, 李芬, 等. 脆弱生态区生态系统服务消费与生态补偿研究: 进展与挑战[J]. 资源科学, 2010, 32(5): 797-803. [Zhen L, Liu X L, Li F, *et al.* Consumption of ecosystem services and eco-compensation mechanism in ecological sensitive regions: Progress and challenges[J]. *Resources Science*, 2010, 32(5): 797-803. ]
- [7] 李国平, 石涵予. 退耕还林生态补偿与县域经济增长的关系分析-基于拉姆塞卡斯: 库普曼宏观增长模型[J]. 资源科学, 2017, 39(9): 1712-1724. [Li G P, Shi H Y. The relationship between GTGP and regional economic growth based on Ramsey-Cass-Koopmans modeling[J]. *Resources Science*, 2017, 39(9): 1712-1724. ]
- [8] 韩连贵. 关于探讨农村土地综合开发治理利用、征购储备、供应占用和财政筹融资监管体系完善的途径(下)[J]. 经济研究参考, 2017, (20): 4-115. [Han L G. Ways to explore the improvement of rural land comprehensive development and utilization, purchase and reserve, supply occupation and financial financing and financing system (2)[J]. *Review of Economic Research*, 2017, (20): 4-115. ]
- [9] 吕明权, 王继军, 周伟. 基于最小数据方法的滦河流域生态补偿研究[J]. 资源科学, 2012, 34(1): 166-172. [Lv M Q, Wang J J, Zhou W. Payments for water provision service for the Luanhe river basin based on a minimum-data approach[J]. *Resources Science*, 2012, 34(1): 166-172. ]
- [10] 刘玉卿, 徐中民, 南卓铜. 基于SWAT模型和最小数据法的黑河流域上游生态补偿研究[J]. 农业工程学报, 2012, 28(10): 124-130. [Liu Y Q, Xu Z M, Nan Z T. Study on ecological compensation in upper stream of Heihe river basin based on SWAT model and minimum-data approach[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2012, 28(10): 124-130. ]
- [11] 韦惠兰, 宗鑫. 禁牧草地补偿标准问题研究: 基于最小数据方法在玛曲县的运用[J]. 自然资源学报, 2016, 31(1): 28-38. [Wei H L, Zong X. Ecological compensation standard for graze-prohibited grassland: Application of the minimum data method in Maqu county[J]. *Journal of Natural Resources*, 2016, 31(1): 28-38. ]
- [12] Antle J M, Valdivia R O. Modelling the supply of ecosystem services from agriculture: A minimum-data approach[J]. *Australian Journal of Agricultural & Resource Economics*, 2010, 50(1): 1-15.
- [13] Traversi C M, Nijkamp P. Valuing environmental and health risk in agriculture: A choice experiment approach to pesticides in Italy[J]. *Ecological Economics*, 2008, 67(4): 598-607.
- [14] Forman R T, Godron M. Landscape Ecology[M]. New York: John Wiley & Sons, 1995.
- [15] 孙博, 段伟, 丁慧敏, 等. 基于选择实验法的湿地保护区农户生态补偿偏好分析: 以陕西汉中朱鹮国家级自然保护区周边社区为例[J]. 资源科学, 2017, (9): 1792-1800. [Sun B, Duan W, Ding H M, *et al.* Preference analysis of household ecological compensation in Crested Ibis protected area in Hanzhong, ShaanXi based on choice experiments[J]. *Resources Science*, 2017, (9): 1792-1800. ]
- [16] Amirnejad H, Khalilian S, Assareh M H, *et al.* Estimating the existence value of North forests of Iran by using a contingent valuation method[J]. *Ecological Economics*, 2006, 58(4): 665-675.
- [17] Loomis J B. A willingness-to-pay function for protecting acres of spotted owl habitat from fire[J]. *Ecological Economics*, 1998, 25(3): 315-322.
- [18] 刘祥鑫, 蒲春玲, 刘志有, 等. 区域耕地生态价值补偿量化研究: 以新疆为例[J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(5): 84-90. [Liu X X, Pu C L, Liu Z Y, *et al.* Quantitatively study on ecological value compensation of regional cultivated land: Taking Xinjiang as an example[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2018, 39(5): 84-90. ]
- [19] Costanza R, D'arge R, Groot R D, *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. *World Environment*, 1999, 387(1): 3-15.
- [20] Chang H H, Lambert D M, Mishra A K. Does participation in the conservation reserve program impact the economic well-being of farm households?[J]. *Agricultural Economics*, 2008, 38(2): 201-212.
- [21] Rees W E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity

- ty: What urban economics leaves out[J]. *Focus*, 1992, 6(2): 121–130.
- [22] Wackernagel M, Rees W. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth[M]. Philadelphia: New Society Publishers, 1996.
- [23] Wackernagel M, Rees W E. Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: Economics from an ecological footprint perspective[J]. *Ecological Economics*, 1997, 20(1): 3–24.
- [24] Kosoy N, Martinez-tuna M, Muradian R, et al. Payments for environmental services in watersheds: Insights from a comparative study of three cases in Central America[J]. *Ecological Economics*, 2007, 61(2): 446–455.
- [25] Wunder S, Engel S, Pagiola S. Taking stock: A comparative analysis of payments for environmental services programs in developed and developing countries[J]. *Ecological Economics*, 2008, 65(4): 834–852.
- [26] 常丽霞. 西北生态脆弱区森林生态补偿法律机制实证研究[J]. 西南民族大学学报(人文社会科学版), 2014, (6): 97–102. [Chang L X. Empirical study on forest eco-compensation legal mechanisms in ecological fragile areas in northwest China[J]. *Journal of Southwest University for Nationalities(Humanities and Social Science)*, 2014, (6): 97–102. ]
- [27] 刘兴元, 姚文杰, 刘有延. 西北牧区草地生态补偿绩效评价的逻辑框架研究[J]. 生态经济, 2017, (1): 133–137. [Liu X Y, Yao W J, Liu Y T. Logical framework of performance evaluation for grassland ecological compensation in northwest pasturing area in China [J]. *Ecological Economy*, 2017, (1): 133–137. ]
- [28] Han P, Huang H Q, Zhen L, et al. The effect of eco-compensation in the farming-pastoral transitional zone of Inner Mongolia, China [J]. *Journal of Resources and Ecology*, 2011, 2(2): 141–150.
- [29] 樊辉, 赵敏娟, 史恒通. 选择实验法视角的生态补偿意愿差异研究: 以石羊河流域为例[J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(10): 65–69. [Fan H, Zhao M J, Shi H T. Inhabitants' willingness to pay in northwestern ecological fragile zone[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2016, 30(10): 65–69. ]
- [30] 李世杰, 吕文强, 周传艳, 等. 西南喀斯特山区生态补偿机制初探: 以贵州北盘江板贵乡为例[J]. 中南林业科技大学学报, 2016, 36(7): 89–96. [Li S J, Lv W Q, Zhou C Y, et al. Ecological compensation of Karst mountain region: A case study on Bangui town in Guanling county of Guizhou province[J]. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 2016, 36(7): 89–96. ]
- [31] 赖长鸿, 覃家作, 张文, 等. 四川省石漠化敏感性评价及其空间分布特征[J]. 水土保持研究, 2013, 20(4): 99–104. [Lai C H, Tan J Z, Zhang W, et al. Assessment on sensitivity and spatial distributed characteristics of karst Rocky desertification in Sichuan province[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2013, 20(4): 99–104. ]
- [32] 尚二萍, 许尔琪. 黔桂喀斯特山地主要生态系统服务时空变化[J]. 资源科学, 2017, 39(10): 2000–2015. [Shang E P, Xu E Q. Temporal and spatial variation of main ecosystem services in Guizhou and Guangxi karst mountainous region[J]. *Resources Science*, 2017, 39(10): 2000–2015. ]
- [33] 陈文福. 西南喀斯特地区生态补偿制度研究[J]. 贵州民族研究, 2005, 25(2): 142–148. [Chen W F. On ecological compensation system in karst area in southwest China[J]. *Guizhou Ethnic Studies*, 2005, 25(2): 142–148. ]
- [34] 陈晓林, 杨忠, 熊东红, 等. 昌都地区生态系统服务功能价值评估[J]. 水土保持研究, 2008, 15(1): 156–162. [Chen X L, Yang Z, Xiong D H, et al. The valuation of ecosystem services in Changdu, Tibet[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2008, 15(1): 156–158. ]
- [35] 宗鑫, 赵龙, 王光耀, 等. 生态补偿的复制动态及其进化稳定策略研究: 以黄河流域上游青藏高原区为分析背景[J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(9): 32–37. [Zong X, Zhao L, Wang G Y, et al. Replicator dynamics and evolutionary stable strategy on ecological compensation[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2016, 30(9): 32–37. ]
- [36] 王显金, 钟昌标. 沿海滩涂围垦生态补偿标准构建: 基于能值拓展模型衡量的生态外溢价值[J]. 自然资源学报, 2017, (5): 742–754. [Wang X J, Zhong C B. Construction of ecological compensation standard for tidal flat reclamation: Based on the spill over ecological value measured by expansion energy synthesis model[J]. *Journal of Natural Resources*, 2017, (5): 742–754. ]
- [37] 韦惠兰, 周夏伟. 沙区沙化土地封禁保护补偿标准的估算: 最小数据方法在甘肃省民勤县的运用[J]. 自然资源学报, 2018, 33(4): 600–608. [Wei H L, Zhou X W. Estimation of compensation standard for enclosed protection area of desertified land in sandy area: Application of minimal data method in Minqin County of Gansu Province[J]. *Journal of Natural Resources*, 2018, 33(4): 600–608. ]
- [38] 唐增, 徐中民, 武翠芳, 等. 生态补偿标准的确定: 最小数据法及其在民勤的应用[J]. 冰川冻土, 2010, 32(5): 1044–1048. [Tang Z, Xu Z M, Wu C F, et al. Determination of the eco-compensation criteria: An application of the minimal data method in Minqin, Gansu[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2010, 32(5): 1044–1048. ]
- [39] 许灿英. 环境修复主体制度探析[J]. 哈尔滨学院学报, 2017, 38(12): 63–66. [Xu C Y. The system of the environmental restoration subject[J]. *Journal of Harbin University*, 2017, 38(12): 63–66. ]
- [40] 赵雪雁, 董霞, 王飞, 等. 基于最小数据方法的甘南藏族自治州生态补偿标准[J]. 应用生态学报, 2009, 20(11): 2730–2735. [Zhao X Y, Dong X, Wang F, et al. Ecological compensation criterion in Gannan Tibetan Autonomous Prefecture based on mini-



2019年2月

- mum-data method[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2009, 20(11): 2730-2735. ]
- [41] 唐增, 黄茄莉, 徐中民. 生态系统服务供给量的确定: 最小数据法在黑河流域中游的应用[J]. *生态学报*, 2010, 30(9): 2354-2360. [Tang Z, Huang J L, Xu Z M. Modeling the supply of water services: The application of minimum data approach in Ganzhou District, Heihe River[J]. *ACTA Ecologica Sinica*, 2010, 30(9): 2354-2360. ]
- [42] 曾月娥, 伍世代, 王强. 南方丘陵生态脆弱区生态文明区划探讨: 以长汀县为例[J]. *地理科学*, 2013, 33(10): 1224-1230. [Zeng Y E, Wu S D, Wang Q. Ecological civilization construction of ecological fragile region in southern hills: A case study of Changting County[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2013, 33(10): 1224-1230. ]
- [43] 张灿, 徐涵秋, 张好. 南方红壤典型水土流失区植被覆盖度变化及其生态效应评估: 以福建省长汀县为例[J]. *自然资源学报*, 2015, 30(6): 917-928. [Zhang C, Xu H Q, Zhang H. Fractional vegetation cover change and its ecological effect assessment in a typical reddish soil region of southeastern China: Changting County, Fujian Province[J]. *Journal of Natural Resources*, 2015, 30(6): 917-928. ]
- [44] 林明水, 林金煌, 程煜, 等. 省域乡村旅游扶贫重点村生态脆弱性评价: 以福建省为例[J]. *生态学报*, 2018, 38(19): 1-9. [Lin M S, Lin J H, Cheng Y, et al. Ecological vulnerability assessment of key villages of tourism poverty alleviation in Fujian province [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(19): 1-9. ]
- [45] 田志会, 王有年. 北京山区果园生态系统土壤保持功能及其生态经济价值估算: 以北京市平谷区果园为例[J]. *林业科学*, 2011, 47(12): 165-171. [Tian Z H, Wang Y N. Eco-economic value of soil conservation service of orchard ecosystems in Beijing Mountainous Area: A case study of orchard in Pinggu district of Beijing[J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2011, 47(12): 165-171. ]
- [46] 许旭, 郜昂, 朱萍萍, 等. 基于多源遥感数据的生态系统服务价值评估: 以河北省为例[J]. *国土资源遥感*, 2013, 25(4): 180-186. [Xu X, Hao A, Zhu P P, et al. Valuation of ecosystem services based on multi-source remote sensing data: A case study of Hebei Province[J]. *Remote Sensing for Land & Resources*, 2013, 25(4): 180-186. ]
- [47] 张振明, 刘俊国, 申碧峰, 等. 永定河(北京段)河流生态系统服务价值评估[J]. *环境科学学报*, 2011, 31(9): 1851-1857. [Zhang Z M, Liu J G, Shen B F, et al. Evaluation of ecosystem service of the Yongding River in Beijing[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2011, 31(9): 1851-1857. ]
- [48] 陈丽, 郝晋珉, 王峰, 等. 基于碳循环的黄淮海平原耕地固碳功能研究[J]. *资源科学*, 2016, 38(6): 1039-1053. [Chen L, Hao J M, Wang F, et al. Carbon sequestration function of cultivated land use system based on the carbon cycle for the Huang-Huai-Hai Plain[J]. *Resources Science*, 2016, 38(6): 1039-1053. ]
- [49] 刘永强, 龙花楼. 长江中游经济带土地利用转型时空格局及其生态服务功能影响[J]. *经济地理*, 2017, 37(11): 161-170. [Liu Y Q, Long H L. Study on the spatial-temporal patterns of land use transition and its impact on ecological service function of the middle of Yangtze river economic belt [J]. *Economic Geography*, 2017, 37(11): 161-170. ]
- [50] 松阳统计局. 松阳统计年鉴 2016[M]. 丽水: 松阳县统计局, 2016. [Songyang Statistics Bureau. Songyang Statistical Yearbook in 2016[M]. Lishui: Songyang Statistics Bureau, 2016. ]
- [51] Wischmeier W H, Smith D D. Predicting rainfall erosion losses—A guide to conservation planning[J]. *Agric Handbook*, 1978, 537(5): 1-58.
- [52] 王明浩, 王文杰, 许超, 等. 水府庙水库流域土壤保持功能生态价值评估[J]. *环境科学与技术*, 2015, (6): 210-216. [Wang M H, Wang W J, Xu C, et al. spatial distribution characteristics and eco-economic value of soil conservation service in Shuifumiao reservoir watershed[J]. *Environmental Science and Technology*, 2015, (6): 210-216. ]
- [53] Simon T P. The use of biological criteria as a tool for water resource management[J]. *Environmental Science & Policy*, 2000, 3(S1): 43-49.
- [54] 叶川, 伍川辉, 张嘉怡. 计量测试中异常数据剔除方法比较[J]. *计量与测试技术*, 2007, 34(7): 26-27. [Ye C, Wu C H, Zhang J Y. Comparison about how to get rid of abnormal data in metrology&measurement[J]. *Metrology and Measurement Technique*, 2007, 34(7): 26-27. ]
- [55] 胡仲义, 吴长飞. 退耕还林(草)的思考[J]. *江西林业科技*, 2003, (1): 25-28. [Hu Z Y, Wu C F. Thoughts on returning farmland to forest and grass in eco-fragile regions of hills in South China[J]. *Jiangxi Forestry Science and Technology*, 2003, (1): 25-28. ]
- [56] 浙江省人民政府. 浙江省林地管理办法[EB/OL]. (2006-06-12) [2018-07-04]. [http://www.zj.gov.cn/art/2006/6/12/art\\_12708\\_191433.html](http://www.zj.gov.cn/art/2006/6/12/art_12708_191433.html). [The People's Government of Zhejiang Province. Measures for Forest Land Management in Zhejiang Province[EB/OL]. (2006-06-12) [2018-07-04]. [http://www.zj.gov.cn/art/2006/6/12/art\\_12708\\_191433.html](http://www.zj.gov.cn/art/2006/6/12/art_12708_191433.html). ]

## Land compensation standard in ecologic fragile areas of red soil hilly region in the southern China

BAO Guiping<sup>1</sup>, LIANG Xiaoliang<sup>2</sup>, LIANG Ying<sup>3</sup>, GENG Bin<sup>2</sup>, XU Baogen<sup>2</sup>

(1. School of Business Administration, Zhejiang University of Finance and Economics, Hangzhou 310018, China;

2. Zhejiang University of Finance and Economics, Hangzhou 310018, China;

3. Dongfang College, Zhejiang University of Finance & Economics, Hangzhou 310000, China)

**Abstract:** Under the condition of the market regulation malfunction, the idle cultivated land aggravated soil erosion and caused the tillage layer thinning in the ecological fragile zone of the southern China. Therefore, government should establish a scientific eco-compensation standard for guiding enterprises to grow crops on a reasonable scale as that is their important function for protecting the ecologic fragile areas of the Southern China. Based on the microeconomic activities of enterprises, this study built a 4D spatial theory of neo-cultivated land in hilly region of the Southern China. The 4D spatial theory is composed of four dimensions, which are respectively four aspects of the eco-compensation standard, the added eco-service value, the ratio of land-use change, and land area. Then, an ecological-restoration oriented eco-compensation standard was creatively constructed for newly cultivated land in ecologic fragile areas of red soil hilly region in the Southern China. This study also made an empirical research on Songyang in Zhejiang Province. The results indicate that the radio of enterprises converting their land-use and the compensation standard increased with the ecological remediation value of ecosystem service. The results specifically shows that: The area of neo-cultivated land is 720 hm<sup>2</sup>, and when the ecological remediation value of ecosystem service was set as 1000×10<sup>4</sup> yuan/a. If we use neo-cultivated land to plant tee trees, the conversion ratio of land-use reached 20.29% The required compensation standard of tee trees was  $1.88 \times 10^4$  yuan/(hm<sup>2</sup> · a), and the required compensation funds was  $1354.71 \times 10^4$  yuan/a. If we use neo-cultivated land to plant navel oranges, the conversion ratio of land-use reached 50% The required compensation standard of navel oranges was  $0.51 \times 10^4$  yuan/(hm<sup>2</sup> · a), and the required compensation funds was  $368.49 \times 10^4$  yuan/a. It is suggested that the newly cultivated land should be cultivated for ecological restoration in ecologic fragile areas of red soil hilly region in the south. Government should establish a targeted eco-compensation system in an accurate space orientation and optimized ecological compensation standard.

**Key words:** ecological remediation; ecological compensation standard; ecologic fragile areas; ecosystem service value; cultivated land; the hilly red soil region; red soil hilly region; southern China