

引用格式:韩博,金晓斌,孙瑞,等.面向国土空间整治修复的生态券理论解析与制度设计[J].资源科学,2021,43(5):859-871.
[Han B, Jin X B, Sun R, et al. Theory analysis and policy design of Ecological Voucher facing land-space consolidation and restoration[J]. Resources Science, 2021, 43(5): 859-871.] DOI: 10.18402/resci.2021.05.01

面向国土空间整治修复的生态券 理论解析与制度设计

韩博^{1,2},金晓斌^{1,2},孙瑞^{1,2},梁鑫源^{1,2},张晓琳^{1,2},金志丰³,沈春竹³

(1. 南京大学地理与海洋科学学院,南京 210023;2. 自然资源部海岸带开发与保护重点实验室,南京 210023;3. 江苏省土地勘测规划院,南京 210017)

摘要:面向自然资源统一管理和国土空间生态系统保护修复的新形势,针对当前生态补偿目标与国土整治修复不匹配、补偿标准不一致、补偿方法单一化等现实问题,本文通过政策剖析、理论解析及应用分析,提出以生态券为载体实现国土整治修复项目生态价值量化的新思路。主要研究结果:①生态券是特定生态单元生态功效变化程度的价值量化。生态券制度是对生态券生产、应用、交易、评估、监测等进行管理的政策体系;②生态券制度设计的总体思路是以国土整治为生态券实施对象、以占补平衡为需求驱动、以生态补偿为建设目标,以集成生态系统功能、投入、耗散的生态功效框架为生态券测算依据,以国土空间生态修复潜力评价引导生态券价值修正,实现对项目尺度保护修复的整体生态价值的量化;③生态券测算包括区域背景设定、项目尺度计算、区域系数修正3个步骤,衔接国土空间生态修复管理流程中区域规划、项目建设、项目评估3个环节。建议建立包括政策法规、监测体系、技术标准等的生态券制度,为完善生态补偿制度及推动国土空间生态修复实施提供支撑。

关键词:生态券;生态补偿;国土空间生态修复;生态功效;制度建议

DOI: 10.18402/resci.2021.05.01

1 引言

近代以来伴随着全球工业化、城市化的快速推进,生态环境问题逐渐受到社会广泛关注^[1]。自20世纪90年代以来,“生态系统或环境服务付费(Payments for Ecosystem or Environmental Services, PES)”逐渐发展成为维护生物多样性、提升环境质量、协调生态保护与经济发展关系的重要工具,并在各国得到广泛应用^[2,3]。中国也在改革开放后的生态保护与建设实践中,形成了独具特色的生态补偿(Eco-compensation, EC)体系^[4,5]。国外的生态系统或环境服务付费政策实施以“自下而上”过程为主,侧重项目尺度或重点区域(如保护区)的生态价值支付,重点关注生态服务价值的评估、支付者意

愿、利益相关者的利益分配补偿方案和过程^[6],但面临不同类型生态项目补偿效果差异大、区域尺度生态问题解决能力弱、跨区域生态支付协调困难等问题^[7,8]。中国政府主导的“自上而下”生态补偿政策一直是支撑国家自然资源和国土空间管理的重要工具^[9],在实施初期主要发挥项目尺度生态工程支付功能^[10]。随着生态问题在全国范围的普遍化、复杂化,生态补偿逐渐发展为解决跨区域、跨流域系统性生态问题,协调区域间生态保护与经济发展关系的政策工具^[11-13]。但也存在相关主体利益分配不均、地方与个体参与积极性低、补偿资金渠道单一、与其他政策协调性不强等问题。

2018年政府机构改革和职能调整为中国生态

收稿日期:2020-05-06;修订日期:2020-07-11

基金项目:国家自然科学基金项目(41971234);自然资源部海岸带开发与保护重点实验室开放基金项目(2019CZEPK02);国家社会科学重大基金项目(19ZDA096)。

作者简介:韩博,男,河南新乡人,博士生,主要从事国土整治与生态修复研究。E-mail: mg1727028@smail.nju.edu.cn

通讯作者:金晓斌,男,甘肃兰州人,教授,博士,博士生导师,主要从事土地资源管理研究。E-mail: jinxb@nju.edu.cn

补偿机制创新提供了新的机遇。自然资源统一管理体系、国土空间规划体系、国土空间生态修复体系的建立分别为生态补偿从分散独立开展向全面系统开展提供了制度基础、目标引导和应用需求^[14,15]。当前中国正处于生态补偿制度实践与发展的窗口期。但是,目前中国相对单一的生态补偿类型、政府主导的生态支付方式以及生态补偿的部门化特征都难以适应制度发展的新需求^[4]。中国学界对生态补偿的相关研究侧重于生态价值评估的方法与模型^[16]、生态补偿项目实施效果评价^[17]、生态补偿定价标准分析^[12,18]、生态补偿政策实施影响^[19]、典型区域生态补偿案例解析^[20-22]等,但在生态补偿类型分析、制度创新设计、生态补偿与其他政策的协调性等方面的研究较少。尽管不少学者已经对中国生态补偿机制存在的问题、实施过程面临的困难、与国土生态问题的适应性等进行了总结^[23-25],但提供的解决方案多数仍基于现有生态补偿制度框架,在实施、操作、管理层面提出理论建议^[26,27],缺少对制度本身机理的分析和创新性的设计。因此,本文面向生态补偿理论创新研究需求,立足当前自然资源管理制度背景,拟通过政策剖析、理论解析及应用

分析,提出以生态券为载体实现国土整治修复项目生态价值量化的新思路,并试图回答以下几个问题:为什么要提出生态券?生态券的定义与内涵是什么?如何测算生态券?生态券的应用场景和作用是什么?通过这些问题的解答,形成生态券制度的基本轮廓,从而为今后生态补偿的开展和理论研究提供参考借鉴。

2 生态券的提出背景与目的

本文提出的生态券制度思路主要来源于3条主线(图1):①国土整治政策主线。通过国土整治与生态修复实现资源保护和生态改善,是占补平衡和生态补偿政策的根本目的,决定了生态券制度的设计目标;②生态补偿政策主线。中国生态补偿实践在生态价值量化、生态服务评估的理论与方法方面形成了大量成果,是生态券测算的方法基础;③占补平衡政策主线。中国近20年的占补平衡实践形成了丰富的政策经验,其“补充-置换或交易-占用”政策框架有效解决了补偿方、受益方时空错配的问题。下面将具体分析3条主线的发展过程及当前面临的问题。

(1)国土整治主线。近20年土地整治行业的发展

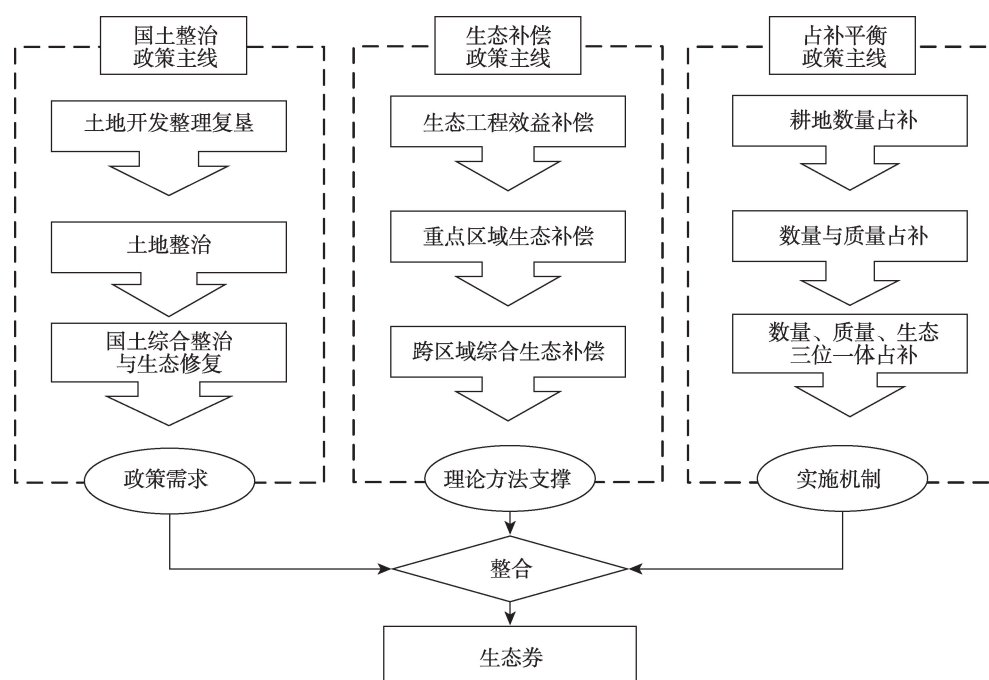


图1 生态券相关政策发展主线

Figure 1 Related policy development dimensions of Ecological Voucher

2021年5月

展,形成了包括法律法规、组织机构、规划编制、资金渠道、技术标准、项目管理、数据储备等方面在内的完整业态。2018年中央机构改革后,国土空间生态修复成为统筹各类独立整治类型的新类型^[15],其组织形式和实施模式仍延续了土地整治制度的相当部分。但是国土空间生态修复的对象、目标和途径复杂性大大提升,开展过程面临巨大资金缺口。传统土地整治以土地数量与结构为主要管理目标、以工程实施为主要考评标准的管理模式,难以适应生态修复的系统性、复杂性和长期性特征^[28]。未来国土生态修复的管理逐渐从过程管理转向目标管理、从土地数量指标考核转向土地功能考核、从实施机构转向监管机构转变。

(2)生态补偿主线。中国针对退耕还林、天然林保护等重大生态工程实施的生态补偿由来已久,之后在国家层面形成了重点生态功能区转移支付体系。在地方层面,针对森林、草原、湿地、耕地等不同生态系统类型也开展了大量生态补偿实践。近年来,“新安江模式”的成功促进了跨区域、跨流域生态补偿的实践。但是政府主导的生态补偿模式存在资金缺口大、利益协调难度高、不同工程类型补偿标准不一致等问题。目前还没有针对国土空间生态修复专门制定的生态补偿政策。2018年中央机构改革后,“承担生态保护补偿相关工作”写入国土空间生态修复司职能。如何进一步发挥生态补偿在生态功能评价、生态价值量化方面的优势,并创新机制适应国土空间生态修复形势,亟需探索。

(3)占补平衡主线。为促进城乡统筹发展,权衡协调耕地保护与城市发展关系,优化国土空间布局,中国自1999年提出实施耕地占补平衡政策,并在2006年开始启动增减挂钩政策试点^[29,30]。两项政策在维持耕地数量平衡、优化建设用地布局、激发社会资本参与等方面取得了一定成功。但是也存在“占优补劣”“重数量轻质量”、指标交易收益分配不当等问题。在当前时期,以耕地保护为核心目标的制度设计初衷也不完全适应生态文明建设要求。国土生态修复背景下以耕地为主的“数量占补”应向全地类的“数量、质量、生态三位一体占补平衡”转变^[31]。

国土整治、生态补偿和占补平衡政策主线发展

在组织方式、理论与方法基础、实施机制方面各有侧重,但都面临国土空间利用的新形势、自然资源统一管理的新背景和国土空间系统修复的新需求。本文希望提出一种适应整治修复需求,兼顾测算方法科学性与实施可行性的生态补偿制度。因此,本文尝试构建基于国土空间规划体系、以生态功效测算为基础、统筹不同类型与区域国土空间生态修复措施的生态券制度,为创新生态补偿路径、促进国土空间生态修复实施提供参考。

3 生态券定义与相关概念解析

本文提出的生态券是指特定区域范围的某生态单元生态功效变化程度的价值量化,是以“券”的形式对生态价值的实体化表达。生态券制度是对生态券的产生、应用、交易、评估、监测等进行管理的政策体系。区别于以生态用地面积或生态系统服务为测算依据的生态价值量化方法,本文提出了基于生态系统投入、产出、耗散过程变化量的生态功效测算框架,作为生态券价值量化与修正的基本依据。下面具体介绍为什么以及如何基于生态功效框架进行生态券测算。

3.1 生态功效概念与计算方法

生态功效计算是生态券产生的基础。现有生态补偿多以数值化或货币化的生态资源或功能^[32]为基础,侧重生态单元的外部价值,但较少考虑生态产品生产的过程性。同商品价值相似,生态功能对于不同主体具有差异性,但生态产品生产过程具有可比性。因此,本文提出生态功效概念,以生态功能、实现生态功能所需投入、生态过程产生的耗散^[33]作为生态功效组分,综合反映生态价值(图2)。现有生态补偿实践往往忽视投入与耗散的影响,或将功能、投入、耗散割裂为不同管理内容。因此本文以生态功效作为生态券测算基础,更符合国土空间生态修复的系统转型、效率转型、基于自然(Nature based)转型趋势。进一步为实现生态功效测算,构建概念模型如下:

$$EE_i = \frac{\sum_{j=1}^{m_j} \alpha_j F_{ij} - \sum_{k=1}^{m_k} \beta_k D_{ik}}{\sum_{l=1}^{m_l} \gamma_l I_{il}} \quad (1)$$

式中: EE_i 为生态单元 i 的生态功效; F_{ij} 为生态单

2021年5月

效变化过程,生态券即为该变化过程产生的差值。这与以现状评价为依据的生态功能服务价值存在差别。按照生态功效变化类型,可以将其分为6种类型(图3)。根据生态弹性理论^[35],外部自然要素影响生态单元的生态弹性区间,决定了生态功效的上下限。图3a-3c代表生态功效总体上升,但变化过程中修复措施不同。其中图3c代表修复过程人类活动的剧烈扰动导致生态功效跌至 E_{\min} 以下,修复后出现了部分不可逆的生态功能损失($E_3 < E_{\max}$)。图3d-3f代表生态损坏过程,产生原因可能是地质灾害等自然作用或人类经济活动,包括不合理的国土空间生态修复活动。生态功效变化过程的差异决定了生态券的正负属性和扰动特征。利用正负属性可以落实区域生态券占补平衡。为使区域内不同项目产生的生态券可比,需将不同时期项目换算至相同的评估期。因此,结合前文所述“特定区域”的概念,需要确定生态券的“标准区”和“标准期”作为生态券制度基础,即以特定时间段特定区域的生态功效变化作为换算“标尺”,从而进一步确定公式(1)中 F_{ij} 、 D_{ik} 、 I_{il} 的计算公式(以 F_{ij} 为例):

$$F_{ij} = \frac{f_{ij}(T) - \text{Min}(S_j)}{\text{Max}(S_j) - \text{Min}(S_j)} \quad (2)$$

式中: $f_{ij}(T)$ 为评估时点 T 某生态单元 i 的生态功能 j 非标准化实测值; $\text{Max}(S_j)$ 与 $\text{Min}(S_j)$ 分别为标准区所在生态单元的生态功能 j 在标准期的最大与最小值。

4 生态券测算框架

4.1 综合框架

生态券定义中最后一个关键概念为“价值量化”。“价值量化”指从生态功效数值到生态券价值的测算过程,主要包括3个部分,一是生态单元内生生态功效的计算,二是将生态单元上升至区域尺度进行价值修正,三是通过政府调控和市场作用形成生态券交易实际价格,本文重点解释前两部分。首先按照公式(1)、(2),可以计算得到生态单元在特定时间点的生态功效 EE_i , EE_i 的计算不具有空间依赖性。国土空间系统中各单元的空间位置差异会导致相同 EE_i 的生态单元对整个系统的作用也存在差异。且由于生态券的交易跨生态单元,因此需要根据单元的空间特征进行价值修正。价值修正系数的确定主要基于生态单元所在区域的现状分析和未来空间格局规划,在国土格局优化、空间冲突协调的目标引导下,以生态修复必要性、经济可行性

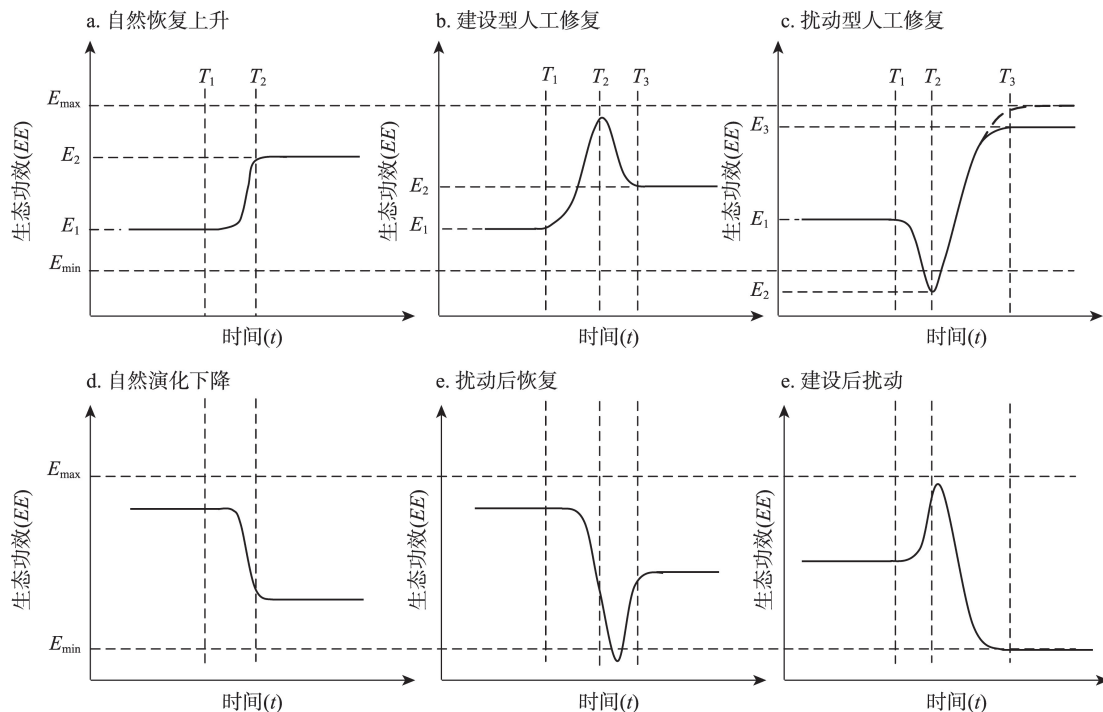


图3 生态功效变化过程分类

Figure 3 Classification of the change process of Ecological Function-Efficiency

和社会可接受性作为价值修正系数确定的基本依据。基于此本文构建了生态券测算的总体框架(图4)。生态券测算需基于国土空间生态修复业务全流程,涵盖区域规划、项目建设、项目评估3个环节,对应生态券测算区域背景设定、项目尺度计算、区域系数修正3个步骤。区域规划通过确定生态修复潜力,谋划修复项目分类布局,进一步通过项目实施实现生态功效提升,并进行初次价值量化。最

后,依据项目在区域总体生态格局优化中的地位与作用进行价值修正,形成可进入交易市场的生态券产品。

4.2 区域价值修正系数

通过国土空间规划及国土空间生态修复等专项规划,形成包含每个生态单元价值修正系数的区域背景设定,是生态券测算的第一步。该步骤有2个要点:

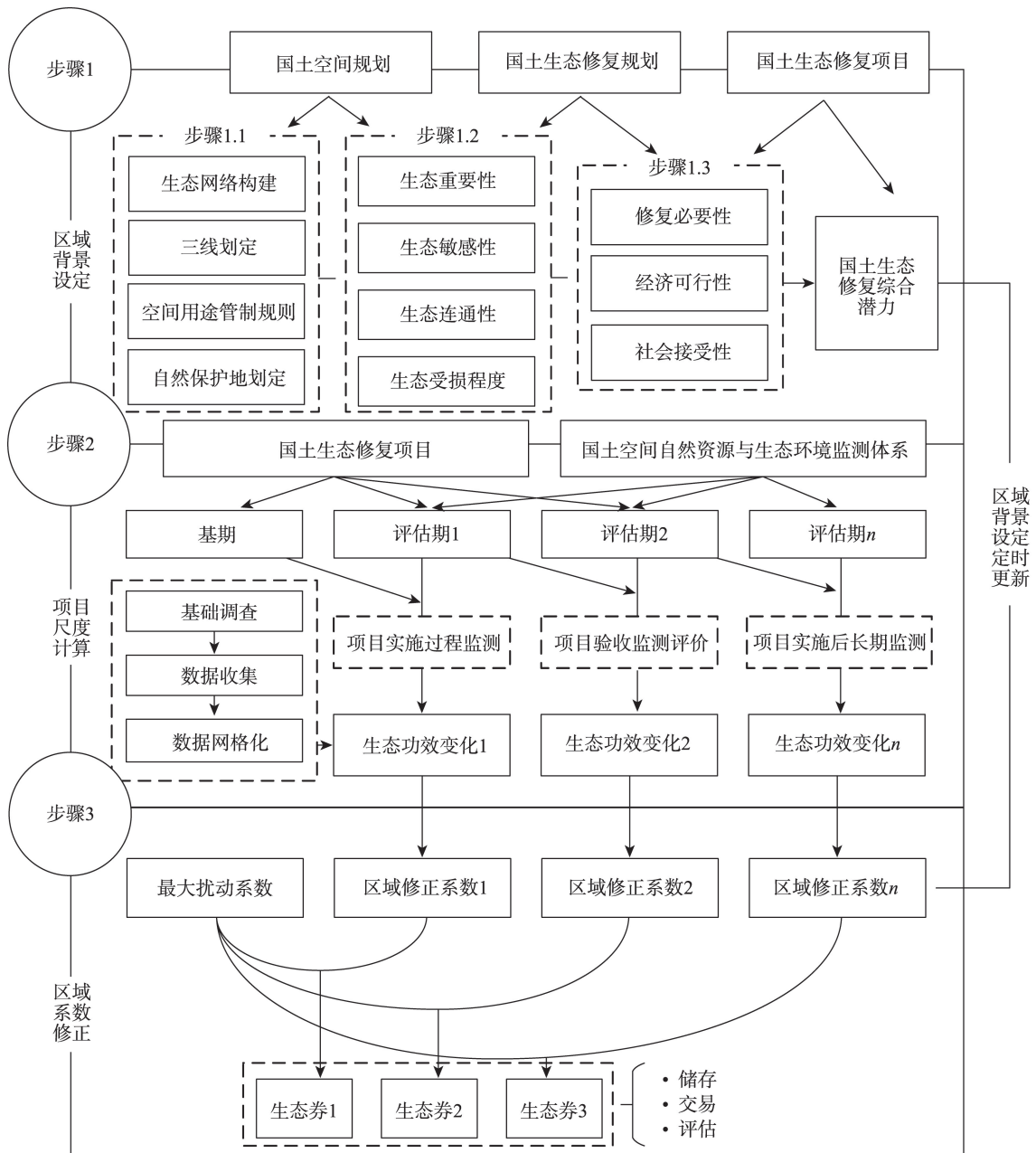


图4 生态券测算框架

Figure 4 Calculation framework of Ecological Voucher

2021年5月

(1)区域修正系数单元与生态单元应一致或可折算。例如省域范围可以以县级单元作为区域修正系数单元,县域范围内各类国土空间修复项目按照该系数进行修正,该方法有助于生态券制度直接与管理体制对接。但由于大多数国土空间生态修复项目是在图斑尺度开展,且县域范围内存在生态差异,为体现国土空间全域的系统性,建议以格网单元作为区域修正系数单元,将项目区生态功效按占格网面积比例折算,再进行区域系数修正。当前国土空间规划体系成果一般以较高精度栅格为分析单元,以行政区为规划单元。格网单元在体现空间异质性、促进空间精细化管理方面具有独特优势,因此以格网尺度生态券测算为应用出口,可以丰富国土空间规划的成果表达。

(2)国土生态修复综合潜力的确定。如前文所述,国土生态修复过程是生态功效变化过程,因此可以认为,通过越少投入使生态系统服务功能提升越大、耗散降低越多的生态单元,国土生态修复综合潜力越高。同时考虑生态单元的区域性,生态重要性越高,生态修复效率越高(即通过较少投入提升较高生态功能),国土生态修复综合潜力越高(图5)。综合修复潜力可按以下公式进行计算:

$$P_i = f(d_m, v) \quad (3)$$

$$v = -\varphi(E_{itop} - E_{it})^2 + \eta \quad (4)$$

式中: P_i 为生态单元 i 的国土生态修复综合潜力; $f(d_m, v)$ 是关于空间重要性 d_m 和生态修复效率 v 的函数, m 为生态格局规划的类型数,实践中由各类空间规划确定,例如生态网络中的关键源地与廊

道、生态保护红线、永久基本农田、自然保护区等; E_{itop} 为生态单元 i 生态系统服务功能的理想值,由生态单元的外部自然特征决定,是生态单元的固有属性; E_{it} 为生态单元 i 在时间节点 t 的实际生态功能; φ 、 η 为 v 函数表达式的常量,其中 $\varphi > 0$ 。 v 函数表达式的理论函数图像如图5所示。

国土生态修复潜力取值范围为 $[0, \infty)$, 为避免生态券测算过程由于计算方法导致的潜力值差距过大,生态券交易无法有效进行,将国土生态修复综合潜力 P 在特定区间范围进行映射,从而得到区域修正系数:

$$C_a = P \rightarrow \{C_{\min}; C_{\max}\} \quad (5)$$

式中: C_a 和 P 分别为区域范围内生态单元区域修正系数和国土生态修复潜力值的集合; C_{\min} 和 C_{\max} 分别为区域修正系数集合中的最小值和最大值,依据管理需求和生态券市场情况进行确定。

4.3 生态券测算

完成区域背景设定后,按照公式(1)(2)进行项目尺度生态功效的计算。国土空间生态修复项目至少需要进行修复前、中、后3期监测。在未来通过建设集成遥感、点位监测一体化连续时点的监测体系,将为生态券测算提供更有有力支撑。基于监测数据,可以判断生态单元生态功效变化过程类型。若存在极端扰动情况(如图3c、3f),则应在生态券测算过程乘以最大扰动系数,用以反映扰动导致的不可逆生态副作用。综上,按照生态券测算框架,可以得到最终计算公式:

$$EV_i = C_{ai} C_{di} [EE_i(T_3) - EE_i(T_1)] \quad (6)$$

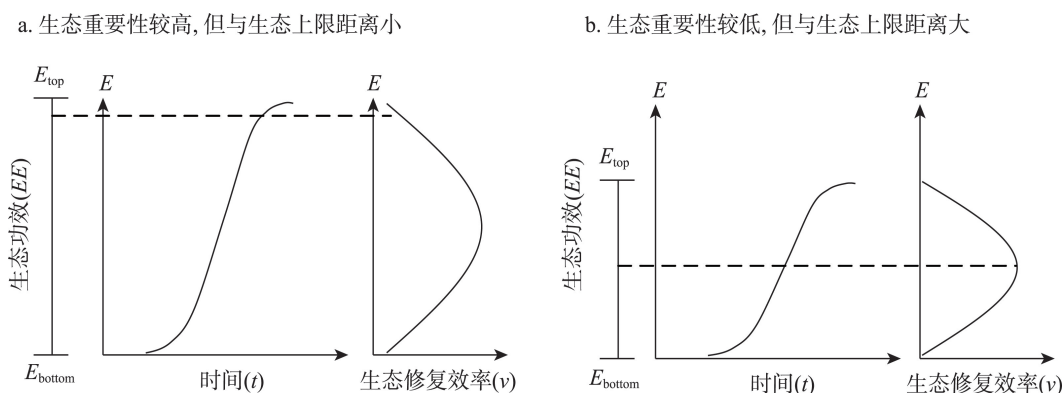


图5 生态修复潜力类型对比

Figure 5 Comparison of ecological restoration potential types

$$C_{di} = g[EE_i(T_2) - EE_i(T_1)] \tag{7}$$

式中： EV_i 为生态单元 i 在时间 T_1 到 T_3 产生的生态券； C_{ai} 与 C_{di} 分别为生态单元 i 的区域修正系数和最大扰动系数， C_{ai} 按照公式(5)计算， C_{di} 由公式(7)根据区域特征、管理需求和生态券市场情况确定。 $EE_i(T_1)$ 、 $EE_i(T_2)$ 、 $EE_i(T_3)$ 分别为评估期1、评估期2、评估期3生态单元的生态功效，其中评估期1和评估期3为任意时间节点(受监测数据周期影响)，评估期2为评估期1~3之间生态功效较小值所在时点。

由于国土生态修复项目范围与生态单元划分范围可能不一致，需要进一步折算。以格网单元作为生态单元为例，根据公式(6)可以推导出项目尺度生态券测算公式为：

$$EV_x = \sum_1^x (r_x EV_x) \tag{8}$$

式中： EV_x 为国土空间生态修复项目 x 产生的生态

券； r_x 为项目区第 x 部分占所在格网的面积比例； EV_x 为项目区第 x 部分所在格网产生的生态券。需要注意的是，根据公式(8)可以计算任意时间 T_n 与 T_{n-1} 之间的生态券，因此该计算方法不仅可以得到国土生态修复项目实施后短期生态效益产生的生态券，还可以得到长期生态变化产生的生态券，从而适应生态修复的长期性特征，同时避免短时间过度人类干预后出现反弹。

5 生态券制度分析与建议

5.1 生态券制度与其他政策比较

从以下四方面比较生态券制度与其他政策的差异：①测算标准。测算标准是生态价值量化的基础。与现有生态补偿标准相比，生态券在关注生态功能的基础上综合考虑了投入(及影响投入的资源结构和自然要素)和耗散，将功能优先转向效率优先导向(表1)；②补偿主体。现有生态补偿制度多以政府为支付与受益主体。生态券由国土空间生

表1 不同政策的主要测算标准对比

Table 1 Comparison of the main measurement standards of different policies

	类型	投入端						生态系统 服务功能	耗散
		土地要素	土地数量	土地格局	利用方式	利用强度	自然要素		
经济手段	占补平衡与增减挂钩		√						
	生态占补平衡		√					√	
	生态转移支付	√	√					√	√
	流域生态补偿		√						√
	生态工程补偿	√						√	
	环境治理补偿								√
	碳排放权交易					√			√
项目手段	退耕还林	√	√						
	污染治理								√
	水土保持工程	√							√
	全域土地综合整治*	√	√	√					
	国土空间生态修复*	√	√	√	√	√	√	√	√
	三线划定	√	√	√	√	√		√	
规划手段	自然保护区划定	√	√	√	√	√		√	
	土地利用总体规划		√			√			
	生态功能区划	√	√					√	√
	主体功能规划		√	√	√		√	√	
	国土空间规划*	√	√	√	√		√	√	√
	生态券*	√	√	√	√	√	√	√	√

注：经济手段部分，若某项内容为该制度的核心测算依据标为“√”；项目手段部分，若某项内容为该类工程项目的主要实施内容标为“√”；规划手段部分，若某项内容为该规划类型的主要管控或规划目标则标为“√”。2018年中央机构改革后提出的措施标注“*”。

2021年5月

态修复项目生产,由县(市)管理部门组织交易,收益返还项目实施相关主体;③应用尺度。现有生态补偿制度主要应用于生态转移支付、重大生态工程补偿、跨流域生态补偿等,以县域尺度以上为主。生态券的测算与生产是基于项目区尺度,生态券的管理与交易是基于区域尺度,应用尺度更广;④适用范围。现有生态补偿针对环境治理、生态工程、流域补偿等有着差异较大的补偿标准。生态券将各类生态修复措施纳入统一核算框架,对国土空间系统修复适用性更强。

5.2 生态券应用场景与作用

生态券作为生态系统服务价值的量化表达与政策载体,在国土空间生态修复管理体系下能够发挥多功能作用。生态券制度设计的基本目标是衡量国土空间生态修复项目实施成效,量化生态修复实现的生态价值提升,通过建立生态券占补平衡制度引导政府与其他主体参与投入。具体应用场景与作用如下:

针对国土空间生态修复项目,生态券可以应用于成效评估、绩效评价、规划评估等场景:①国土空间生态修复项目实施效果评估。生态券制度可以对采取不同整治修复途径、空间区位条件不同、修复效果时间跨度不同的国土空间生态修复项目在生态功效框架下进行评估、比较。生态功效框架通过价值引导可以避免整治修复项目过度工程化、短期化,鼓励实施自然过程为主、人类活动为辅、修复过程耗散低的项目。社会、文化修复措施的生态价值也得以体现(如土地整治项目中通过权属调整措施改善了耕地权属细碎化现象,从而降低了农业生产投入,提高生态功效);②国土空间生态修复项目管理绩效评估。目前国土空间生态修复项目以任务指标完成情况作为绩效考核的主要依据,采用生态券考核替代以往整治修复项目中的数量目标和工程目标,可以避免以往整治修复过程价值标准“一刀切”的问题,鼓励地方实施更适应本地化特征的措施;③通过生态券引导国土空间规划实施。生态券测算采用区域修正系数,可以将国土空间规划中确定的生态评价结果、空间管制规则、国土空间格局优化方向等定性内容量化,转换成生态券价值取向,促使地方项目选址过程更加合理,提升点上修复对总体格局的支撑性。生态券框架兼顾上

级规划与地方实施,可以在保证地方操作灵活性的前提下避免无序建设。

除国土空间生态修复项目,生态券可以拓展应用于土地开发建设、生态占补平衡、国土空间规划等其他业务场景:①土地利用活动的生态券评估。生态功效框架具有较好的兼容性,可以在未来应用于其他土地利用活动,如新增建设用地、农业结构调整、低效用地再开发等;②区域生态券占补平衡。通过建立涵盖开发、利用、保护、整治修复等全国土管理类型的生态券评估体系,计算行政区域内年度生态券总值。行政部门需要通过国土管理或交易保证生态券总值不为负。生态券占补平衡是对现有占补平衡政策的补充,在确保耕地等特定地类保护目标前提下实现行政区总体生态平衡的目标。生态券占补平衡政策有助于政府职能从类型管理和过程管理向功能管理和结果管理转变;③国土空间规划预评估与实施效果评估。由国土空间规划方案确定的土地系统变化可以进行生态券评估,确保从规划基期至规划期产生生态券不为负,并通过不同规划方案的对比选取生态券价值最高方案。通过对比国土空间规划实施期实际生态券与预评估生态券,可以判断国土空间规划实施的实际生态影响,从而提出规划调整与优化建议。此外,生态券总值、交易额、储备额等可以作为政府绩效、生态文明建设、生态产业评估的综合性指标。

5.3 生态券制度建议

生态券制度有效实施需要相关制度的支撑。根据前文所述,生态券的测算与管理提出了以下制度新需求:①实施生态占补平衡制度是形成生态券交易的前提;②为生态券价值可比性和交易公平性,需要建立生态券测算标准体系,形成统一的底层数据基础、计算流程和计算方法;③开展立体化连续时点生态监测是生态券生产与测算的基础;④以格网单元为计算单元可以有效衔接项目区尺度与行政管理尺度,因此需要国土空间规划体系形成精细化的成果表达。为促进生态券制度实施,本文建议构建法律、政策、组织管理、规划、技术标准、储备交易、监管考核、监测体系一体化生态券制度体系(图6)。考虑到制度重构的现实阻力,生态券制度建设应优先衔接现有制度,如构建基于当前生态质量监测体系的生态功效评价指标体系、以生态红

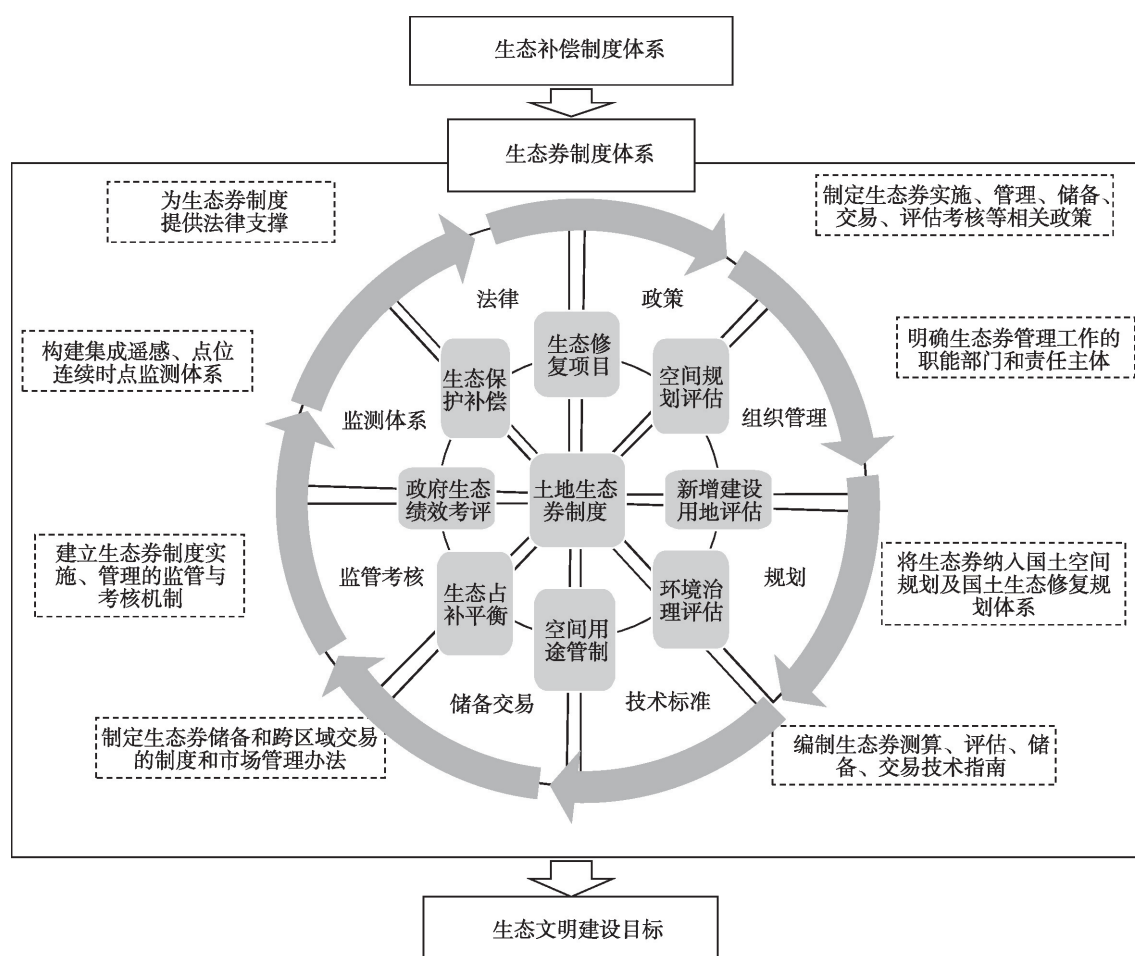


图6 生态券制度设计

Figure 6 Institutional design of Ecological Voucher

线与自然保护区等为主的生态格局作为修复潜力测算依据、沿用并拓展现有占补平衡指标交易体系开展生态券交易等。

6 结论与讨论

6.1 结论

生态补偿是促进生态文明建设的重要途径。面对当前自然资源从分类管理向统一管理转变,资源数量管理向数量、质量、生态三位一体管理转变,国土整治从分类整治向系统整治转变的新形势,亟需提出一种与国土空间生态修复需求相适应的新的生态补偿制度。本文通过梳理国土整治、生态补偿、占补平衡3条主线,提出了集成3类政策的生态券概念,并基于土地系统科学、景观生态学和生态系统生态学的相关理论,对生态券概念进行了理论解析,提出了生态券测算框架和制度建议。得到以

下主要结论:

(1)国土整治、生态补偿、占补平衡3类政策在新的自然资源管理形势背景下都面临困境与挑战,生态券制度可以整合占补平衡政策的实施机制与生态补偿的理论方法,解决国土空间生态修复的资金与管理需求。

(2)生态券是对特定区域范围的某生态单元生态功效变化程度的价值量化。生态功效框架通过整合土地资源本底与人类活动强度作为投入端,综合考虑生态系统服务功能和耗散,可以有效实现不同区域、时段、类型的国土整治修复价值量化。基于生态功效评价、区域系数修正和最大扰动系数修正,可以完成生态券测算。

(3)与现有生态补偿制度相比,生态券制度在测算标准、补偿主体、应用尺度和适用范围方面进

2021年5月

行了拓展,能适应包括国土空间生态修复效果评估、绩效评估、生态占补等多种应用场景,通过建立健全制度体系可以进一步提升生态券制度的适用性与实用性。

6.2 讨论

本文提出的生态券概念初步框架与测算方法在以下方面仍有待深化:

(1)目前生态功效计算方法未考虑投入端与生态系统服务功能、耗散的内在联系机制,适用于评价与比较,但无法针对特定生态问题提出决策方案。该问题的解决需要针对生态系统、土地系统进行更深入的机理研究。

(2)指标选取问题。选取哪些指标能够更有效表达不同区域、不同类型的国土整治修复生态功效,需要进一步通过大量实践与实验进行证明。

(3)目前生态券测算主要针对非市场部分,未讨论生态券的定价标准、交易方式、实际市场价格等问题。因此,我们将在下一步通过案例实证研究,深入解析生态券的具体测算过程。

参考文献(References):

- [1] Montoya J M, Solé R V, Pimm S L. Ecological networks and their fragility[J]. *Nature*, 2006, 442(7100): 259–264.
- [2] Zhong S Z, Geng Y, Huang B B, et al. Quantitative assessment of eco-compensation standard from the perspective of ecosystem services: A case study of Erhai in China[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2020, DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.121530.
- [3] Wunder S. The efficiency of payments for environmental services in tropical conservation[J]. *Conservation Biology*, 2007, 21(1): 48–58.
- [4] 吴乐,孔德帅,靳乐山. 中国生态保护补偿机制研究进展[J]. *生态学报*, 2019, 39(1): 1–8. [Wu L, Kong D S, Jin L S. Research on the progress of the eco-compensation mechanism in China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39(1): 1–8.]
- [5] Yu H J, Xie W, Yang L, et al. From payments for ecosystem services to eco-compensation: Conceptual change or paradigm shift? [J]. *Science of the Total Environment*, 2020, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.134627.
- [6] Muradian R, Arsel M, Pellegrini L, et al. Payments for ecosystem services and the fatal attraction of win-win solutions[J]. *Conservation Letters*, 2013, 6(4): 274–279.
- [7] Wunder S. Revisiting the concept of payments for environmental services[J]. *Ecological Economics*, 2015, 117: 234–243.
- [8] Wunder S, Brouwer R, Engel S, et al. From principles to practice in paying for nature's services[J]. *Nature Sustainability*, 2018, 1(3): 145–150.
- [9] 李双成,黄姣,邵晓梅,等. 区域生态补偿与土地生态安全[J]. *中国土地科学*, 2011, 25(5): 39–41. [Li S C, Huang J, Shao X M, et al. Regional ecological compensation and land ecological security [J]. *China Land Sciences*, 2011, 25(5): 39–41.]
- [10] 盛文萍,甄霖,肖玉. 差异化的生态公益林生态补偿标准: 以北京市为例[J]. *生态学报*, 2019, 39(1): 45–52. [Sheng W P, Zhen L, Xiao Y. Distinct eco-compensation standards for ecological forests in Beijing[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39(1): 45–52.]
- [11] 郑云辰,葛颜祥,接玉梅,等. 流域多元化生态补偿分析框架: 补偿主体视角[J]. *中国人口·资源与环境*, 2019, 29(7): 131–139. [Zheng Y C, Ge Y X, Jie Y M, et al. Analysis framework of diversified watershed eco-compensation: A perspective of compensation subject[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2019, 29(7): 131–139.]
- [12] 丁振民,姚顺波. 区域生态补偿均衡定价机制及其理论框架研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2019, 29(9): 99–108. [Ding Z M, Yao S B. Research on the equilibrium pricing mechanism and theoretical framework of regional ecological compensation[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2019, 29(9): 99–108.]
- [13] 丁振民,姚顺波. 小尺度区域生态补偿标准的理论模型设计及测度[J]. *资源科学*, 2019, 41(12): 2182–2192. [Ding Z M, Yao S B. Model and measurement of payment for ecosystem services at small scale[J]. *Resources Science*, 2019, 41(12): 2182–2192.]
- [14] 张雪飞,王传胜,李萌. 国土空间规划中生态空间和生态保护红线的划定[J]. *地理研究*, 2019, 38(10): 2430–2446. [Zhang X F, Wang C S, Li M. Demarcating ecological space and ecological protection red line under the framework of territory spatial planning [J]. *Geographical Research*, 2019, 38(10): 2430–2446.]
- [15] 韩博,金晓斌,孙瑞,等. 新时期国土综合整治分类体系初探[J]. *中国土地科学*, 2019, 33(8): 79–88. [Han B, Jin X B, Sun R, et al. Research on the classification system of integrated territory consolidation in the new period[J]. *China Land Sciences*, 2019, 33(8): 79–88.]
- [16] 刘利花,杨彬如. 中国省域耕地生态补偿研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2019, 29(2): 52–62. [Liu L H, Yang B R. Research on ecological compensation of provincial cultivated land in China[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2019, 29(2): 52–62.]
- [17] Lu Y H, Li T, Whitham C, et al. Scale and landscape features matter for understanding the performance of large payments for ecosystem services[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2020, DOI: 10.1016/j.landurbplan.2020.103764.
- [18] 包贵萍,梁小亮,梁颖,等. 南方红壤丘陵区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.]
- [19] 周婷, 张勇, 严力蛟. 生态公益林补偿政策对植被覆盖时空格局的影响: 以杭州市临安区为例[J]. 生态学报, 2018, 38(13): 4800–4808. [Zhou T, Zhang Y, Yan L J. Effects of forest compensation policy for public welfare on the spatiotemporal patterns and dynamics of vegetation cover: A case study at Lin'an, Hangzhou City[J]. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(13): 4800–4808.]
- [20] 朱建华, 张惠远, 郝海广, 等. 市场化流域生态补偿机制探索: 以贵州省赤水河为例[J]. 环境保护, 2018, 46(24): 26–31. [Zhu J H, Zhang H Y, Hao H G. Market-based watershed eco-compensation: A case study of Chishui watershed in Guizhou Province[J]. Environmental Protection, 2018, 46(24): 26–31.]
- [21] 蒙古军, 王雅, 江颂. 基于生态系统服务的黑河中游退耕还林生态补偿研究[J]. 生态学报, 2019, 39(15): 5404–5413. [Meng J J, Wang Y, Jiang S. Study of ecological compensation of the Grain for Green program in the middle reaches of Heihe River based on ecosystem services[J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(15): 5404–5413.]
- [22] 冯佰香, 李加林, 龚虹波, 等. 基于恢复能力与影响周期的围海养殖工程生态损害特征及补偿标准: 以象山县水湖涂名优水产养殖区为例[J]. 自然资源学报, 2019, 34(4): 745–758. [Feng B X, Li J L, Gong H B, et al. Study on ecological damage characteristics and compensation standard of aquaculture project based on recovery capacity and impact cycle: A case study of the famous aquaculture area of Shuihutu in Xiangshan County[J]. Journal of Natural Resources, 2019, 34(4): 745–758.]
- [23] 吴健, 郭雅楠. 生态补偿: 概念演进、辨析与几点思考[J]. 环境保护, 2018, 46(5): 51–55. [Wu J, Guo Y N. Analysis and some observations on the evolution of eco-compensation related concepts[J]. Environmental Protection, 2018, 46(5): 51–55.]
- [24] 靳乐山, 吴乐. 我国生态补偿的成就、挑战与转型[J]. 环境保护, 2018, 46(24): 7–13. [Jin L S, Wu L. Achievements, challenges and transformation of China's ecological compensation[J]. Environmental Protection, 2018, 46(24): 7–13.]
- [25] 刘桂环, 文一惠. 新时代中国生态环境补偿政策: 改革与创新[J]. 环境保护, 2018, 46(24): 15–19. [Liu G H, Wen Y H. The reform and innovation direction of China's ecological compensation policy in the new era[J]. Environmental Protection, 2018, 46(24): 15–19.]
- [26] 裴丽, 唐吉斯. 基于“管制平衡”的草原生态补偿政策参与式干
预发展评价研究[J]. 生态学报, 2019, 39(1): 73–84. [Qiu L, Tang J S. Research on the participatory assessment development evaluation of grassland ecological compensation policy based on “regulation balance”[J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(1): 73–84.]
- [27] 王西琴, 高佳, 马淑芹, 等. 流域生态补偿分担模式研究: 以九洲江流域为例[J]. 资源科学, 2020, 42(2): 242–250. [Wang X Q, Gao J, Ma S Q, et al. A model of shared responsibility of watershed ecological compensation: A case study of the Jiuzhoujiang River Basin[J]. Resources Science, 2020, 42(2): 242–250.]
- [28] 曹宇, 王嘉怡, 李国煜. 国土空间生态修复: 概念思辨与理论认知[J]. 中国土地科学, 2019, 33(7): 1–10. [Cao Y, Wang J Y, Li G Y. Ecological restoration for territorial space: Basic concepts and foundations[J]. China Land Science, 2019, 33(7): 1–10.]
- [29] 宇振荣, 郎文聚. 土地整治应做好“生态占补平衡”[J]. 中国土地, 2016, (11): 29–30. [Yu Z R, Yun W J. Land consolidation should do a good job of “ecological occupation and compensation balance”[J]. China Land, 2016, (11): 29–30.]
- [30] Wang B, Li F, Feng S Y, et al. Transfer of development rights, farmland preservation, and economic growth: A case study of Chongqing's land quotas trading program[J]. Land Use Policy, 2020, DOI: 10.1016/j.landusepol.2020.104611.
- [31] 文兰娇, 张安录. 地票制度创新与土地发展权市场机制及农村土地资产显化关系[J]. 中国土地科学, 2016, 30(7): 33–40. [Wen L J, Zhang A L. Relationship among institutional innovation of Land Coupon, market mechanism of land development right and fulfillment of rural land assets value[J]. China Land Sciences, 2016, 30(7): 33–40.]
- [32] Ostrom E. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems[J]. Science, 2009, 325(5939): 419–422.
- [33] 胡熠娜, 彭建, 刘焱序, 等. 区域生态效率研究进展[J]. 生态学报, 2018, 38(23): 8277–8284. [Hu Y N, Peng J, Liu Y X, et al. Review on regional eco-efficiency research[J]. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(23): 8277–8284.]
- [34] 刘竞妍, 张可, 王桂华. 综合评价中数据标准化方法比较研究[J]. 数字技术与应用, 2018, 36(6): 84–85. [Liu J Y, Zhang K, Wang G H. Comparative study on data standardization methods in comprehensive evaluation[J]. Digital Technology & Application, 2018, 36(6): 84–85.]
- [35] Sasaki T, Furukawa T, Iwasaki Y, et al. Perspectives for ecosystem management based on ecosystem resilience and ecological thresholds against multiple and stochastic disturbances[J]. Ecological Indicators, 2015, 57: 395–408.

Theory analysis and policy design of Ecological Voucher facing land-space consolidation and restoration

HAN Bo^{1,2}, JIN Xiaobin^{1,2}, SUN Rui^{1,2}, LIANG Xinyuan^{1,2}, ZHANG Xiaolin^{1,2}, JIN Zhifeng³,
SHEN Chunzhu³

(1. College of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210023, China; 2. Key Laboratory of Coastal Zone Exploitation and Protection, Ministry of Land and Resources, Nanjing University, Nanjing 210023, China; 3. Jiangsu Institute of Land Survey and Planning, Nanjing 210017, China)

Abstract: In order to innovate the ecological compensation system for adaptation to the new situation of unified management of natural resources and ecological restoration, this study analyzed and integrated three main policy dimensions including land consolidation, eco-compensation, and balancing occupation and compensation to propose a new concept of Ecological Voucher. This article explained Ecological Voucher in terms of its conceptualization, measurement framework, and policy analysis and recommendations, and the conclusions are as follows: (1) Ecological Voucher is the quantification of the degree of change of the Ecological Function-Efficiency of an ecological unit. The Ecological Function-Efficiency framework could effectively quantify the value of different land ecological restoration projects in diverse regions and periods, and could guide the transition of land ecological restoration projects from an engineering approach to low-input, low-dissipation, and naturalization; (2) Based on Ecological Function-Efficiency evaluation, regional revised coefficients, and maximum disturbance revised coefficients, the Ecological Voucher framework could optimize the layout of ecological restoration projects by taking into account top-down planning and local needs; (3) Compared with the existing eco-compensation system, the Ecological Voucher has been expanded in measurement standard, compensation subject, application scale, and application scope. Establishing an Ecological Voucher system that includes policies, regulations, monitoring systems, and technical standards can further improve the applicability and practicability of Ecological Voucher policy.

Key words: Ecological Voucher; eco-compensation; land-space ecological restoration; ecological function-efficiency; policy recommendation