

# 政府调控下经济增长与生态质量的和谐路径

## ——兼论中国生态补偿制度的再设计

胡娟<sup>1</sup> 李臻<sup>1</sup> 郝颖<sup>2</sup>

(1.安徽师范大学经济管理学院,安徽芜湖 241002;2.北京师范大学经济与工商管理学院,北京 100875)

**摘要:**本文围绕政府调控下经济增长与生态质量的相互关系,在新古典增长理论框架下构建了动态均衡模型,证明了在政府适度调控条件下经济发展与生态质量提升和谐共存的思想,即在政府调控的条件下同时实现经济增长与生态质量提升双重目标。在考虑温度、日照、治污投资、人口等控制变量的基础上,利用中国省际面板数据验证了生态质量与经济增长之间的倒“U”型关系,回归结果较为显著,但投资、日照与温度等因素对各省排放量影响并不明显。进一步地,本文设计了纵向和横向的系统性跨区域的全国生态补偿机制,纵向生态补偿设计基于公平原则赋予当前一般转移支付生态属性,以弥补生态保护的机会成本为主要目标;横向生态补偿基于“谁受益,谁付费”的“效率”原则,以弥补生态保护的直接投入成本为主要目标,由生态服务受益区向生态服务提供区支付费用。

**关键词:**经济发展;生态质量;政府调控;生态补偿

**中图分类号:**F124.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-5230(2021)02-0126-12

### 一、引言

经济增长与生态环境质量的关系一直备受学术界关注,部分学者认为经济增长与生态之间存在内在冲突,且这种矛盾不可调和。具体而言,持悲观主义观点的学者认为经济增长不断消耗生态资源,并向环境排放污染物,导致生态质量不断下降,进而给经济增长带来负面效应如灾害频发、资源短缺、生物多样性丧失等,最终导致经济系统崩溃。类似的观点以罗马俱乐部为代表,该俱乐部还通过计算机模拟给出经济增长与生态崩溃的具体时间。另一部分学者持相反观点,认为经济增长与生态最终能够走向和谐,经济增长过程中产生的污染排放,尽管会给生态带来负面影响,但经济增长过程中伴随的技术升级等因素,例如传统高耗能、大排放等产业加速升级,提高企业生产能效并减低排放,加上公众环保意识的提高,共同参与生态保护,促成经济增长与生态质量提升共同走向和谐,类似的

**收稿日期:**2020-11-22

**基金项目:**教育部人文社科青年项目“非市场环境主义下中国生态补偿制度研究”(19YJC790038)

**作者简介:**胡娟(1984—),女,安徽芜湖人,安徽师范大学经济管理学院讲师;

李臻(1982—),男,辽宁沈阳人,安徽师范大学经济管理学院讲师;

郝颖(1976—),男,湖南长沙人,北京师范大学经济与工商管理学院教授,博士生导师。

观点以“环境库兹涅茨曲线”(Environmental Kuznets Curve,简称 EKC)为代表,认为生态质量与经济增长呈现倒“U”型的关系。该曲线表明经济发展与生态的关系分为三个阶段:第一阶段中经济发展与生态相互对立,牺牲生态质量,着重促进经济增长,物质生活极大丰富,生态质量急剧恶化;第二阶段中生态消耗带来巨大的副作用,导致人们重新审视经济发展与生态的关系,主动进行生态改善,着力恢复生态系统,生态质量恶化减缓甚至有所好转;第三阶段,经济发展与生态保护相互统一,注重经济高质量发展的同时不断改善生态系统,两者达到和谐共生状态。

后续很多学者通过各国或区域性的污染物排放、经济增长等数据进行实证研究,都证明了这种关系的存在,但关于经济增长如何影响生态质量、生态质量如何改善与政府如何调控等关键性问题没有回答。本文将在新古典经济增长理论框架下,延伸和拓展古典经济增长模型,在消费、生产函数中考虑环境变量,厘清经济增长对生态质量的动态影响,寻找经济增长与生态质量提升共同走向和谐的路径,从理论上证明 EKC 的存在。并采用中国经济增长、污染物排放、政府污染治理投资等数据验证经济增长与生态之间的关系,最后探索性地优化了适用于中国当前生态质量状况的生态补偿制度<sup>①</sup>。

## 二、文献综述

实际上,学者对经济增长与生态之间关系的研究历来已久,总体上可以分为两类,一类称之为悲观主义,认为经济发展与生态是完全对立的关系,经济发展必然对环境造成破坏,导致生态崩溃,最终整个经济社会发展停滞并毁灭,最早的代表是“公地的悲剧”,认为如果公共品消耗没有管制和干预,很快便会消耗完并降低所有消费者效用<sup>[1]</sup>。这类文献中较为著名的是认为滥用杀虫剂造成全球气候异常,并导致生态系统崩溃<sup>[2](P102-110)</sup>,该论断直接促成早期大量环保 NGO 组织的产生。悲观主义最具代表性的是罗马俱乐部发表的《增长的极限》,该研究利用计算机模拟地球生态系统,模拟结果表明 2050 年左右就是世界末日,届时地球总人口超过 100 亿,资源全部耗尽,饥饿、灾难、战争等频发,世界最终走向毁灭,并表明技术进步并不能解决经济发展与生态之间的冲突,而且会带来新的破坏与污染<sup>[3]</sup>。Pimentel 和 Patzek 的研究指出,人口是导致经济发展与生态冲突的重要因素,并主张限制人口<sup>[4]</sup>。也有学者利用中国数据进行研究,提出了“经济净进步率”概念,即剔除生态成本后的经济增长率,通过数据发现 2000 年以前中国经济净进步率基本为负,后续开始转正,但目前该值最高的 2002 年也仅为 1.6%,粗放式发展模式未来不可持续<sup>[5]</sup>。近期,悲观主义者认为生态是经济发展的内在限制性因素,全球经济发生衰退就是因为生态受限引致的<sup>[6]</sup>。

第二类观点被称之为乐观主义,认为经济发展与生态最终会和谐共生,经济发展至少会给生态带来规模、技术、结构三种效应:规模效应指经济发展规模越大对生态质量的负面影响越深;技术效应指新技术的产生可能会降低对生态的破坏,同时对环境有着修复作用;结构效应指产业结构升级,高耗能、高污染等产业会向高效率、低排放、技术密集型产业转移,减少对生态的负面影响。三种效应叠加对环境的影响是正面的,并利用数据验证了经济增长与环境污染呈现倒“U”型关系,称之为环境库兹涅茨曲线(简称 EKC)<sup>[7][8]</sup>。经济发展对生态的三类效应中,有学者认为技术效应最为重要,特别是减排技术的大规模应用尤为重要<sup>[9]</sup>。后续有很多研究分别采用美国、西班牙等数据,且充分考虑温度、阳光、海拔等因素,对 EKC 进行了验证,证明了 EKC 的存在<sup>[10][11][12]</sup>。

但乐观主义者认为,经济发展与生态和谐共生的状态并不是自发的,必须进行人为调控,在经济发展过程中主动进行生态补偿与环境改善,才能实现和谐目标<sup>[13][14]</sup>。对于生态补偿的方式,在学术界存在两种不同看法,一种看法是基于科斯理论,认为经济发展能够自动解决污染与破坏性问题,可以将生态服务分类并估值定价,通过市场化交易,自动实现“谁受益,谁付费”生态补偿目标,称之为(自由)市场环境主义<sup>[15][16][17]</sup>。另一种看法认为经济发展不能自发解决污染问题,公共部门必须发挥主导作用,才能够避免生态补偿中的交易成本与代理问题等,生态保护更加高效有效,称之为非市场环境主义<sup>[18][19][20]</sup>。

综上所述,当前关于生态与经济发展的关系研究大多集中在数据量化分析、验证等方面,较少分

析经济发展与生态之间的相互影响机理与路径;在生态补偿机制方面的研究大多集中在流域、森林、湿地等区域性案例方面,较少系统考虑设计生态补偿方案。因此,本文的主要边际贡献是:一是通过拓展动态均衡理论框架,优化了传统效用与生产函数,解释经济发展与生态相互影响机理,找出了在宏观调控前提下经济与环境和谐发展的具体路径;二是采用空间计量模型,通过中国数据验证了污染排放程度和经济增长之间的倒“U”型关系,从侧面印证了理论模型中经济与环境的和谐路径;三是针对中国经济发展西弱东强、生态资源西多东少的不平衡特征,设计优化了覆盖我国各区域的生态补偿制度,其中纵向生态补偿制度重在弥补机会成本,以公平为目标;横向生态补偿制度重在弥补投入成本,以效率为目标。

### 三、经济与环境理论分析框架

#### (一)一般性框架

假设一个经济体,为了分析与计算方便,将该经济体人口作为单一整体考虑,因此消费者与生产劳动力固定,模型中变量都为人均变量。本模型建立在动态一般均衡框架的基础上,根据上述假设,分别拓展效用函数、生产函数,在两个函数当中考虑环境要素,即在消费过程中,除了传统的劳动产品外,还有空气、水、植被等生态要素;在生产过程中,除了传统的劳动力、土地、资本等,还需空气、水、光线等生态要素。因此,该经济体效用函数表示如下:

$$X = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} U(C(t), E(t)) dt \quad (1)$$

式(1)满足经济学一般性假设条件, $\rho$ 表示折现系数, $t$ 表示各期。 $C$ 、 $E$ 分别表示消费者需要的传统劳动产品、生态要素集合(生态质量)。生产函数表示如下:

$$Y = f(K_Z, E) \quad (2)$$

式(2)满足经济学一般性假设条件, $Z$ 表示生产产品总规模; $K_Z$ 表示生产需要的人力资本,如设备、资金等; $E$ 表示自然生态要素(生态质量),如能源、空气、土地、水等; $E$ 随着时间变化而变化; $E = E(t)$ 。

本文假设生态质量下降的主要影响因素是环境污染,且全部由工业生产造成。假设环境污染与生产规模呈线性关系,即表示为:

$$W = \gamma Z \quad (3)$$

式(3)中, $\gamma > 0$ ,表示生产排放比例,为简化分析假定 $\gamma$ 为常数。若该经济体不进行生态与环境保护,则生态质量函数:

$$\dot{E} = -W = -\gamma Z \quad (4)$$

则当 $\dot{E} < 0$ 时,生态质量下降,环境不断恶化,当 $t \rightarrow \infty, E = 0$ ,则 $F = f(K_Y, 0) = 0$ ,即生态质量为0时,生态系统崩溃,人类生产活动被迫停止,经济停滞不前。

若假设该经济体进行生态与环境保护,投入部分人力资本 $K_E$ 修复环境,如退耕还林、污水净化、减少排放等,则:

$$I = h(K_E) \quad (5)$$

式(5)中, $I$ 表示生态质量提升即生态保护函数,则动态生态质量可以表示为: $\dot{E} = I - W$ 。若 $I < W$ ,表示生态质量改善赶不上生态环境恶化速度,生态环境不断恶化,即 $\dot{E} < 0$ ,生态质量随时间下降。若 $I > W$ ,表示生态质量改善快于生态环境恶化速度,生态质量逐步改善,即 $\dot{E} > 0$ ,则生态质量随时间提升。

由以上假设可知,该经济体人力资本 $K = K_Z + K_E$ ,即该经济体人力资本部分用于生产促进经济增长,部分用于生态保护活动。

假设用于生产的人力资本  $K_z = \theta K$ , 则用于生态保护的人力资本  $K_E = (1 - \theta)K$ ,  $\theta$  为内生变量, 随时间变化。则生产函数、生态保护函数可重新表示为:

$$Z = f(\theta K, E) \quad (6)$$

$$I = h(1 - \theta(t)K) \quad (7)$$

为分析方便, 假设折旧率为 0, 则人力资本、生态质量的动态路径可表示为:

$$\dot{K}(t) = f(\theta(t)K(t), E(t)) - C(t) \quad (8)$$

因为不考虑折旧因素, 因此式(8)表示每一时点人力资本总量等于生产出来的总量减去消费消耗部分, 其中生产又取决于人力资本和生态要素的投入。

$$\dot{E}(t) = h(1 - \theta(t)K(t)) - \gamma f(\theta(t)K(t), E(t)) \quad (9)$$

式(9)表示每个时点上的生态质量取决于生态保护函数与生产活动产生污染函数, 若前者越大, 生态质量随时间提升; 若后者越大, 生态质量随时间下降。

根据最优化原理<sup>②</sup>, 得到该经济体消费动态路径:

$$\frac{\dot{C}}{C} = -\frac{U_C}{CU_{CC}} \left[ \frac{f_K}{h_K + \gamma f_K} - \rho + \frac{EU_{CE}}{U_C} \frac{\dot{E}}{E} \right] \quad (10)$$

从式(10)可以看到, 当该经济体达到稳态时, 消费的动态路径  $\frac{\dot{C}}{C}$  与生态质量动态路径  $\frac{\dot{E}}{E}$  正相关, 表明生态质量提升将带来更多消费效用; 从社会福利角度看, 生态质量的提升有利于整体福利水平的提高。

## (二) 特定函数下的结果

假设效用函数、生态质量提升函数和生产函数分别为:

$$U(C, E) = \frac{(C^{1-\alpha} E^\alpha)^{1-\beta} - 1}{1-\beta} \quad (11)$$

$$I = I_1 K_E = I_1 (1 - \theta)K \quad (12)$$

$$Y = f(\theta K, E) = T (\theta K)^\lambda E^{1-\lambda} \quad (13)$$

为简化分析, 式(11)中,  $\alpha, \beta$  为固定常数。式(12)中,  $I_1$  表示固定常数。式(13)中,  $T$  表示综合技术进步率, 假设该生产函数技术水平不变;  $\lambda$  表示弹性系数, 该生产函数规模报酬不变。则式(10)消费动态路径可表示为:

$$\frac{\dot{C}}{C} = \frac{1}{\beta} \left[ \frac{I_1 f_K}{I_1 + \gamma f_K} + \alpha(1 - \beta) \left( \frac{\dot{E}}{E} \right) - \rho \right] \quad (14)$$

式(14)中,  $\frac{\dot{C}}{C}$  与  $\frac{\dot{E}}{E}$  保持正相关关系, 即生态质量关系着消费效用水平, 随着生态质量的动态提升, 消费效用水平也随之提高。随着我国进入新发展阶段, 人们生态意识的觉醒, 对生态质量的要求不断提升, 该动态路径正好反映了这种关系。

动态路径  $\theta$  表示为:

$$\frac{\dot{\theta}}{\theta} = -\frac{1}{\theta K f_{KK}} \left[ \frac{U_E (I_1 + \gamma f_K)^2}{U_C I_1} + (I_1 + \gamma f_K) f_E + f_{KE} \dot{E} + \theta f_{KK} \dot{K} - f_{KK}^2 \right] \quad (15)$$

从式(15)中观察到,  $\dot{\theta}$  与  $\dot{E}$  存在正相关关系,  $\dot{\theta}$  与  $\dot{K}$  存在负相关关系。

## (三) 稳态分析

当该经济体达到稳态时, 人力资本、生态质量稳定, 则有  $\dot{K}(t) = \dot{E}(t) = 0$ , 结合式(8)、式(9)可

得到：

$$C=f(\theta K, E) \tag{16}$$

$$h((1-\theta)K)=\gamma f(\theta K, E) \tag{17}$$

将式(16)、式(17)代入特殊生产函数与特殊生态保护函数，则稳态下生态保护函数可以表示为：

$$E(K)=\frac{C}{T}\theta^{\frac{\chi}{1-\chi}}K^{-\frac{\chi}{1-\chi}} \tag{18}$$

$$E(K)=\left[\frac{I_1(1-\theta)}{T\gamma\theta^\chi}\right]^{\frac{1}{1-\chi}}K \tag{19}$$

因  $0 < \chi < 1$ ，式(18)中  $\frac{\partial E}{\partial K} < 0$ ， $\frac{\partial^2 E}{\partial K^2} > 0$  成立。

将式(18)、式(19)绘制到 E-K 坐标轴中，如图 1。

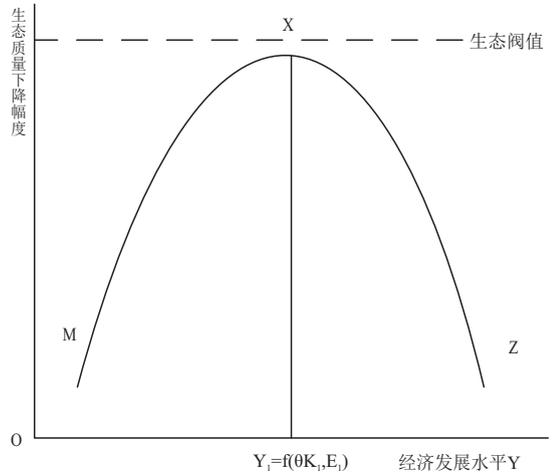
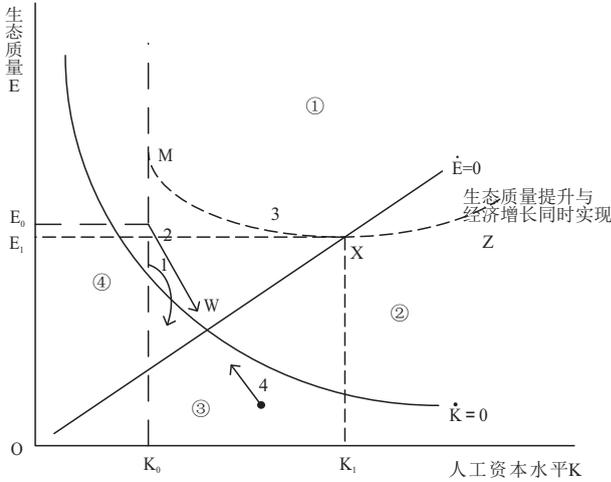


图 1 K(人力资本)与 E(生态质量)的动态演变路径

图 2 第 3 条路径代表的污染排放与经济的关系

式(18)、式(19)两个函数示意图将象限分割为四个区间：第①区间， $\dot{K} > 0$ ， $\dot{E} < 0$ ，人力资本逐步累积、生态质量持续下降，该区域代表了该经济体以牺牲生态与环境为代价，促进经济快速增长，经济发展方式较为粗放；第②区间， $\dot{K} > 0$ ， $\dot{E} > 0$ ，人力资本逐步积累、生态质量不断提升，该区域代表了该经济体经济发展与生态达到和谐状态；第③区间， $\dot{K} < 0$ ， $\dot{E} > 0$ ，人力资本逐渐减少、生态质量开始上升，该区域代表了该经济体比较重视生态质量，愿意牺牲部分经济增长速度，进行生态保护；第④区间， $\dot{K} < 0$ ， $\dot{E} < 0$ ，人力资本逐步减少、生态质量持续下降，该区域代表了该经济体经济发展与生态质量都在恶化，经济发展与生态系统面临崩溃。

当  $\dot{K}(t) = \dot{E}(t) = 0$  同时成立时，表示达到稳态点 W，根据式(18)、式(19)得到稳态情况下最优人力资本、生态质量以及用于生态保护人力资本比例系数：

$$K^* = \frac{I_1}{C^* \gamma (1-\theta)} \tag{20}$$

$$E^* = \left[\frac{I_1(1-\theta)}{T\gamma\theta^\chi}\right]^{\frac{1}{1-\chi}} \frac{I_1}{C^* \gamma (1-\theta)} \tag{21}$$

$$\theta^* = 1 - \frac{\gamma}{I_1} \left[ T^{\frac{1}{1-\chi}} \left( \frac{\chi}{\rho} - (1+\chi) \frac{\gamma}{I_1} \right)^{\frac{\chi}{1-\chi}} \right] \tag{22}$$

则在稳态情景下用于生态保护资本  $K_E^* = \frac{\gamma}{I_1} \left[ T^{\frac{1}{1-\chi}} \left( \frac{\chi}{\rho} - (1+\chi) \frac{\gamma}{I_1} \right)^{\frac{\chi}{1-\chi}} \right] K^*$ , 用于经济发展的资本为  $K_Z^* = \left\{ 1 - \frac{\gamma}{I_1} \left[ T^{\frac{1}{1-\chi}} \left( \frac{\chi}{\rho} - (1+\chi) \frac{\gamma}{I_1} \right)^{\frac{\chi}{1-\chi}} \right] \right\} K^*$ 。

#### (四) 经济增长与生态质量的动态路径分析

如图 1, 在第①区间, 必定存在三种典型的动态路径(如图 1 中路径 1、路径 2、路径 3, 为方便对比分析, 假设三条路径初始人力资本禀赋相同为  $K_0$ ), 这三种动态路径分别代表三种经济体, 最终会分别收敛于坐标轴的不同区域。其中, 路径 1 代表某经济体初始生态禀赋较低, 生态屏障较为脆弱, 对经济发展的承载力十分有限, 当经济发展开始积累人力资本时, 生态质量会急剧快速恶化, 即使进行人为调控也难以恢复。如图 1 所示, 路径 1 与  $\dot{K}(t)=0$  相交时, 人力资本不再变化, 但生态质量  $\dot{E} < 0$  继续恶化, 路径 1 必定进入第④区域, 经济发展受到生态质量恶化影响, 基本停滞不前, 最终该经济体整体崩溃, 与当前一些环境较为恶劣的非洲国家情况类似。

路径 2 代表某经济体初始生态禀赋中等, 对经济发展有一定承载能力, 当经济发展开始积累人力资本时, 生态质量水平开始下降, 如图 1 所示, 经济体最终自动收敛到 W 点, 达到  $\dot{K}(t) = \dot{E}(t) = 0$  状态, 即稳态状态。此时, 人力资本、生态质量稳定后不再变化, 同时, 在第③区间也必定存在路径 4, 人力资本被大比例用于生态环境保护, 积累逐步减少, 生态质量稳步提升, 路径 4 最终收敛于 W 点, 达到稳态, 此时人力资本、生态质量达到稳定状态。路径 2 与路径 4 处于鞍点路径, 即经济发展能够达到稳态的路径, 只要经济体初始禀赋处在该鞍点路径上, 最终都能达到稳态点 W, 经济发展水平与生态质量保持稳定。

路径 3 代表该经济体初始生态禀赋较高, 对于经济发展的承载力较强, 不同于路径 2, 路径 3 在经济发展过程中进行宏观调控, 将一部分人力资本用于生态与环境修复, 有效减缓生态质量恶化速度, 路径 3 比路径 2 平缓, 促使路径 3 与  $\dot{E}(t)=0$  相交, 意味着生态质量稳定, 此时, 人力资本  $\dot{K} > 0$  还在不断积累, 最终路径 3 达到第 2 区域, 生态质量继续提升, 经济仍然在增长, 达到经济发展与生态和谐共生状态。X 点是第 3 条路径的转折点, 该路径 MX 段表示生态质量下降幅度越来越大, 生态恶化; XZ 段表示生态质量下降幅度越来越小, 生态质量逐渐改善。对应图 2 中就是倒“U”型曲线, X 点对应的人力资本是  $K_1$ , 生态质量是  $E_1$ , 决定了该经济体的生产总量  $Y_1$ 。

综合来看, 路径 3 表示经济发展与生态环境的和谐之路, 与路径 2(处于鞍点路径)相比, 相对于达到稳态最优路径, 经济发展与生态质量和谐共生之路(路径 3)是传统动态最优化下的一条次优路径, 表示在经济发展初级阶段进行适当人为调控, 减缓生态质量恶化速度, 但随着生产扩大环境污染程度(生态质量下降幅度)也在加重, 在人力资本的不断投入下生态得以修复, 经济发展到中后期时, 该经济体大力开展生态保护活动, 路径到达转折点后, 环境污染水平(生态质量下降幅度)下降, 经济仍然持续增长, 环境污染水平(生态质量下降幅度)与经济发展全过程呈现倒“U”型关系, 如图 2 所示。实际上, 路径 3 虽然代表了经济发展与生态系统的和谐共生之路, 但是该经济体初始生态禀赋较高、人力资本禀赋较低, 按照边际递减规律, 人力资本较具稀缺性, 若不进行适当调控, 经济体不会自发将人力资本用于生态保护活动, 反而会牺牲生态质量大力发展积累人力资本, 需要通过人为调控统筹人力资本(部分用于扩大再生产, 部分用于生态保护活动), 暂时牺牲经济发展速度保障生态质量, 以促进两者最终走向和谐。

#### (五) 数据验证

上述第 3 条路径代表了经济发展与生态质量的全过程关系, 两者要实现和谐共生需要适当进行人为调控, 将部分人力资本统筹到生态保护活动过程中。基于此, 本文利用中国数据研究生态质量与经济增长之间的关系, 因此被解释变量是生态质量, 因生态质量难以量化或精确替代。本文采用污染

排放规模代替生态质量,即污染排放规模越大,生态质量越差,反之生态质量变好。解释变量是经济增长和人力资本调控,控制变量包括人口、森林面积、日照时长、温度。

本文使用 2004~2017 年省际数据进行数据检验。被解释变量污染排放程度(poll)采用指数代表,该指数通过对工业污染的核心指标废水排放总量、氮氧化物排放量进行无量纲化后加总得到,指数越大代表排放量越多<sup>[21]</sup>。解释变量经济增长(GDPgrowth)用 GDP 增长率表示;人力资本调控用工业污染治理投资完成额(lnpoin)来衡量。控制变量人口(lnpopu)用年末常住人口表示;森林面积(lncoverage)用森林覆盖面积表示;日照时长、年平均温度表示为 lnsun、lntemp。数据来源于 2005~2018 中国统计年鉴,计量软件 Stata 14.0。主要回归结果如下:

表 1 主要回归结果

变量	空间杜宾模型:SDM			空间自回归模型:SAR		
	回归系数	标准差	P 值	回归系数	标准差	P 值
GDPgrowth	8.1541 **	3.3832	0.0159	7.8771 **	3.4683	0.0231
GDPgrowth2	-3.4021 **	1.5223	0.0254	-3.2633 **	1.5601	0.0364
lnpoin	0.0063	0.0039	0.1040	0.0048	0.0039	0.2245
lncoverage	0.2591	0.1150	0.0243	-0.0506	0.0669	0.4501
lnpopu	0.0861 *	0.0506	0.0887	0.0446	0.0504	0.3760
lnsun	0.0113	0.0244	0.6450	0.0295	0.0232	0.2040
lntemp	0.0922 *	0.0477	0.0536	0.0043	0.0397	0.9140
W-Llncoverage	-0.5011 ***	0.1390	0.0003			
W-Llnsun	0.0762 **	0.0364	0.0363			
W-Llntemp	-0.2340 ***	0.0659	0.0004			
$\rho/\lambda$	0.5360 ***	0.0421	0.0000	0.5460 ***	0.0423	0.0000
R <sup>2</sup>		0.4516			0.4314	
LogL		732.3006			720.0708	

注:\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%的水平上显著。W-Llncoverage、W-Llnsun和W-Llntemp分别表示森林覆盖面积、日照时长和温度的空间滞后项。

从表 1 的回归结果可以看到,在 SDM 与 SAR 这两个回归模型中,污染排放与经济增长都有着显著的相关性,经济增长的二次项回归系数均小于 0,均在 5%水平上显著,一次项回归系数均大于 0,均在 5%的水平上显著。从拟合优度及滞后项回归结果上看,SDM 模型较好验证了经济增长对生态质量的影响路径,随着经济增长,污染排放达到一定规模后开始下降,生态质量也随之提升。但从模型回归结果中也可以看到,人力资本调控即工业污染治理投资完成额与污染排放呈现较弱的正相关关系,p 值均大于 10%。因为我国环保政策收紧明显变严格多是在 2015 年前后,污染防治攻坚战近几年才进入实质阶段,从模型回归结果来看,宏观调控未能对污染排放起到显著的抑制作用,即我国对于人力资本的宏观调控,用于生态保护活动有待加强。正如上述理论框架中所阐述的,经济发展与生态和谐的状态并不是自发的,而需主动调控,由于资本的逐利性,必须由政府作为主导,通过对资本投入进行合理调控,比如将资本投向生态补偿、公益植树造林、生态搬迁、流域生态补偿等领域,才能够改善生态质量,最终实现在经济发展的同时生态质量也逐步改善的和谐状态。为达到和谐状态,政府主动作为必不可少,如何通过资本投入的适当调控达到最优生态补偿效果,需对中国当前生态保护机制优化设计。

#### 四、中国生态保护机制设计

我国生态发展已进入大补偿阶段,逐步实现本文理论框架阐述中的第 3 条路径。生态系统、环境污染都有明显的正外部性与负外部性,单独对某个区域进行生态补偿,将难以系统性改善中国生态质量状况。局部生态保护与环境修复会导致发展不公平,生态保护区付出大量显性与隐性成本,非生态保护区既可以免费享受生态保护区提供的生态服务,同时又可大力发展经济。局部生态保护带来发展上的不公平,因此需要建立系统多元化的生态补偿机制。

本文基于现行生态保护趋势,设计适应中国国情的纵向与横向生态补偿制度。纵向补偿主要依托一般性转移支付制度,赋予其生态属性,旨在提升生态保护区的一般转移支付系数,补偿这些地区因生态保护造成机会成本,目标是确保公平,保证这些地区的居民享有与其他地区相同水平的基本公共服务;横向生态补偿依托于横向转移支付理论,设置标准将全国分为生态服务提供区和生态服务受益区,并提供标准让受益区转移一部分财政资金来“购买”生态服务,生态服务提供区是资金接受对象,横向生态补偿旨在弥补生态保护中的直接投入成本,目标是促进效率,即保证那些长期大量投入生态保护资金的区域能够收回部分或全部成本,提升横向生态补偿的持续性。

## (一)纵向生态补偿制度设计

### 1.定位

纵向生态补偿本质上是赋予一般性转移支付生态属性,称之为纵向生态补偿。其目标在于保证生态保护区的公平发展机会,对这些地区进行财力补偿,提升其公共服务水平;同时给予当地居民收入补偿,补偿因为生态保护丧失经济发展机会而造成的收入损失,确保当地居民在保护生态活动中有获得感。纵向生态补偿目的在于提供补偿资金,减轻生态保护带给这些地区的负面影响。

### 2.具体内容

纵向生态补偿制度核心思想是调整一般性转移支付系数,主要包括两个要素的调整和一般性转移支付公式的优化设计。具体来说:首先是关于基本公共服务影响的要素调整。生态保护的区域大多处于中西部地区,因生态保护需要限制产业发展产生机会成本,导致当地收入下降,基本公共服务水平相对偏低,因此需要根据基本公共服务水平投入差距调整一般性转移支付系数,增加当地财力;其次是关于主体生态功能区影响的要素调整。主体生态功能区对当地经济发展的短期影响更加明显,故可通过当地主体生态功能区覆盖面积占比高低适度调高一般性转移支付系数,增加当地政府财力,进而减轻主体生态功能区对民生的影响;最后将前两项要素的调整嵌入一般性转移支付系数当中,优化了一般性转移支付公式,赋予了一般性转移支付生态属性,构成纵向生态补偿制度。

#### (1)关于第一项基本公共服务影响的要素调整

该要素调整的核心思想在于,将生态保护区的基本公共服务水平与全国基本公共服务水平相对比,低于全国基本公共服务水平的,需要在系数上做加法;超出全国水平的,需要调整的幅度为0,调整幅度与低于全国基本公共服务水平的程度相互联动,采取累进比例调整。

第一,基本公共服务的范围以及权重。基本公共服务范围各学者定义不同,其中,引用最多的是2006年中国共产党第十六届中央委员会第六次全体会议通过的《中共中央关于构建社会主义和谐社会若干重大问题的决定》中的规定,其中阐明基本公共服务为教育、卫生、文化、再就业服务、社会保障、生态、公共基础设施、社会治安等方面。一般来讲,这是广义的基本公共服务。狭义上的基本公共服务概念一般包括教育、卫生、文化、安全、社会保障5个方面。本文为了分析方便,采取狭义的基本公共服务概念。但是,即使是基本公共服务,重要性也有所差异。基本公共服务中如教育、卫生是公民最为关心的基本公共服务,因此权重较其他基本公共服务有不同。

本文分别设定 $EE_{ni}$ 、 $ME_{ni}$ 、 $CE_{ni}$ 、 $GE_{ni}$ 、 $SE_{ni}$ 代表*i*地区第*n*年生均教育支出、人均卫生支出、人均文化支出、人均安全支出与人均社会保障支出。需要注意的是,因为测度的是财政财力,因此采用人均支出方法测度,这几个支出表示财政口径的支出,不包括社会资金,以期充分体现生态保护的机会成本负面影响。同理, $EE_n$ 、 $ME_n$ 、 $CE_n$ 、 $GE_n$ 、 $SE_n$ 分别代表第*n*年全国的生均教育支出、人均卫生支出、人均文化支出、人均安全支出与人均社会保障支出。

第二,基本公共服务差距的确定。差距基本是由*i*地区与全国平均数进行比较来确定,目标在于保证*i*地区公共服务达到全国平均水平,不同差距区间产生不同的修正系数,即不同等级差距,应有不同的系数相对应。核心思想是若差距在一定的范围之内,则可能是生态保护造成的差距;但若超过这个范围,生态保护可能并不是造成这个地区基本公共服务水平过低的主要原因,而可能是因为该区域本身经济发展水平较低。因此,当差距超过一定范围时,赋予的系数递减。*i*地区基本公共服务与

全国基本公共服务差距分多个区间,不同区间对应不同的联动系数,进而调整一般性转移支付系数。

第三,调整系数公式。通过对基本公共服务差距的衡量,确定基本公共服务水平差距的区间,进而确定基本公共服务调整系数,设为  $r_{nli}$ 。根据上文论述,则  $r_{nli}$  为:

$$r_{nli} = \sum_{j=1}^5 w_{ji} v_{jni} \tag{23}$$

式(23)中, $j=1,2,3,4,5$ ,表示是  $i$  地区 5 项基本公共服务。 $r_{nli}$  表示  $i$  地区第  $n$  年第一种要素对一般性转移支付系数的调整, $w_{ji}$  表示不同公共服务的重要性, $v_{jni}$  表示第  $n$  年  $i$  地区第  $j$  项公共服务差距系数,根据各项公共服务差距所在的区间确定。因此, $r_{nli}$  随着每年基本公共服务支出变化而变化。

### (2)关于第二项主体生态功能区影响的要素调整

第二个要素是根据  $i$  地区中禁止开发区、限制开发区的占有面积比例来调整的。根据《主体功能区规划》<sup>⑧</sup>中规定,被划为限制开发区的区域,主要分为两类:第一类要求大力发展农业,限制工业化城镇化发展,目前共有 23 个产业带;第二类要求保障高质量生态产品生产能力,限制工业化城镇化,目前已经有 25 个重点生态功能区。目前,被划为禁止开发区的部分已经有 1443 处。限制开发区与禁止开发区是主体功能区划中比较特殊区域,这些区域对生态进行保护必然会产生大量机会成本,减少了地方可支配的财力,削弱政府提供公共服务的财力保障。

第一,范围以及权重。 $i$  地区表示的是某省级地区,该省级地区中包含三种级别(国家级、省级、市级)的限制开发区、禁止开发区,分别设定限制性开发区总面积占  $i$  地区总面积比例为  $A_{1i}$ ,禁止开发区总面积占  $i$  地区比例为  $A_{2i}$ ,因禁止开发区对该区的影响较大,因此对实际面积放大,假定禁止开发区系数为 200%,限制开发区系数为 100%,具体如表 2。

表 2  $i$  地区禁止开发区与限制开发区系数权重

项目	项目比例
限制开发区面积比例	$A_{1i}$
禁止开发区面积比例	$A_{2i}$
总的受影响比例	$A_i = A_{1i} \times 100\% + A_{2i} \times 200\% = A_{1i} + 2A_{2i}$

第二,转移支付调整系数的确定。将  $A_i$  分为不同区间(按照 0%~100%等分),假设根据  $A_i$  所在不同区间对应确定不同的调整系数  $r_{2i}$ 。与第一要素调整系数设置不同,限制开发区与禁止开发区对  $i$  地

区的影响是直接的,对其产业结构、发展规划影响剧烈而深远,可能会造成当地财政收入萎缩,故系数  $r_{2i}$  应随着比例提升而逐渐累进。随着  $A_i$  上升,限制开发区与禁止开发区对  $i$  地区的影响从量变到质变,直接影响  $i$  地区公共服务水平。

当比例  $A_i$  超过 50%时,限制开发区、禁止开发区对该地区的影响显然不能够仅仅按照一般性转移支付的标准来看待,需大幅提升系数  $r_{2i}$ ,才能确保该地区居民享受正常水平的基本公共服务,同时应利用生态补偿获得的财政收入对居民进行补贴,补贴标准应不低于当地因保护生态环境产生的机会成本,否则这种生态补偿是无效率的,限制开发区、禁止开发区的生态保护目标亦难以实现。

### (3)调整后的转移支付公式设计

首先,根据基本公共服务支出相对差距,确定第 1 项转移支付调整系数  $r_{nli}$ ,假设该项调整系数权重为 50%。在系数调整过程中,单项基本公共服务占比非常低,这是因为基本公共服务水平低于全国基本公共服务水平,可能会有多方面的原因,所以权重系数不能设置太高,否则一方面会产生财政补贴“懒人”现象;另一方面可能会造成补偿规模过大导致中央财政财力紧张,使得生态补偿不可持续。

其次,根据限制开发区与禁止开发区综合占比  $A_i$ ,确定第 2 项转移支付调整系数  $r_{2i}$ ,假设该项调整系数总权重 50%。因限制开发区、禁止开发区对地区经济发展会产生较为深远的影响,产业发展受到严重限制,这些地区税源增长受限。因此,需要给予当地一部分财力予以补助,进而促进当地保护生态。在有效保护生态的同时,当地基本公共服务水平也能相应提高,因此产生内在的生态保护积极性。

再次,必须根据环境与生态的监测结果,对地区进行奖励和惩罚,而这种奖励与惩罚要与生态保护区的财力相互联系,才能够发挥约束效果。因生态具有复杂性,因此某一个区域的环境指标不能与

全国环境指标相对比,只能与地方环境指标环比,如果补偿当年生态与环境指标比上一年有所提高,那么就增加本年度的转移支付财力;如果本年度的环境指标与上年的环境指标相比下降,就在上年的基础上扣减本年补偿规模,具体为: $\frac{EI_{ni}-EI_{n-1,i}}{EI_{n-1,i}}u \times 100\% \times TR_{n-1,i}$ ,其中  $EI_{ni}$  表示  $i$  地区第  $n$  年的生态监测指标,  $u$  表示奖惩系数( $0 < u < 1$ ),  $TR_{n-1,i}$  为  $i$  地区第  $n-1$  年补偿总额。综上所述,  $i$  地区纵向生态补偿公式应该为:

$$TR_{ni} = (E_{ni} - R_{ni}) \times (T_{ni} + 50\% \sum_{j=1}^5 w_{ji} v_{jni} + 50\% r_{2i}) + \frac{EI_{ni} - EI_{n-1,i}}{EI_{n-1,i}} u \times 100\% \times TR_{n-1,i} \quad (24)$$

式(24)中,  $TR_{ni}$ 、 $E_{ni}$ 、 $R_{ni}$ 、 $T_{ni}$  分别表示  $i$  地区第  $n$  年获得的纵向补偿规模、总的财政支出、一般预算财政收入、补偿系数。第 1 项调整系数  $r_{1ni} = \sum_{j=1}^5 w_{ji} v_{jni}$ ,  $j=1,2,3,4,5$ , 表示 5 项基本公共服务,  $n=1,2,3 \dots$ , 表示年份。第 2 项调整系数  $r_{2i}$  因功能划分后基本不随年度变化而变化。

与原来的一般性转移支付相比,新补偿机制因为系数调整而具备生态属性,重点考虑了因为生态保护造成的机会成本,更具公平性,给予那些实施生态保护地区以财力性补偿,提升当地政府财政供给公共服务能力,确保当地居民在保护生态环境过程中有获得感,促进人与自然和谐共处。

## (二) 横向生态补偿制度设计

### 1. 定位

初步设想通过建立横向生态补偿委员会,根据狭义生态相对支出标准,将全国划分为生态服务提供区和生态服务受益区。在横向生态补偿委员会协调下,生态服务受益区需要向生态服务提供区拨付一部分资金,这些资金用于弥补生态服务提供区生态质量提升的投入成本。横向生态补偿目标在于效率,并利用奖惩机制促使这些资金完全用于生态修复,提升全国生态质量。

### 2. 具体内容

在借鉴德国横向转移支付经验的基础上,吸收当前我国流域生态补偿实践相关经验,设计了横向生态补偿制度,该设计主要包括生态服务受益区与提供区的划分、收益或支付标准的制定和横向生态补偿公式设计三方面内容。

#### (1) 划分生态服务受益区与提供区

横向生态补偿核心是设定标准,将全国划分为生态服务提供区和生态服务受益区,两者分别是资金受益区与支付区。限于生态系统的复杂性以及生态服务的多样性,本文采用相对生态支出的概念,若该地区相对生态支出大于全国平均水平,原则上认为该地区是生态服务提供区,应该获得补偿;若该地区相对生态支出小于全国平均水平,原则上认为该地区是生态服务受益区,应该付出费用。相对生态支出为该地区关于生态方面的总支出占该地区总财政收入的比例,可以表示如下:

$$C_{ni} = \frac{GE_{ni}}{GR_{ni}} = \frac{E_{1ni} + E_{2ni} + E_{3ni}}{GR_{ni}} \quad (25)$$

式(25)中,  $C_{ni}$ 、 $GE_{ni}$ 、 $GR_{ni}$  分别表示  $i$  地区第  $n$  年相对生态支出、生态支出总规模、财政收入总规模,  $E_{1ni}$ 、 $E_{2ni}$ 、 $E_{3ni}$  分别代表  $i$  地区第  $n$  年环保部门支出、其他部门有关生态环保类型的支出、特殊生态功能性支出。将  $i$  地区第  $n$  年相对生态支出  $C_{ni}$  与全国第  $n$  年的相对生态支出  $C_n$  进行比较,当  $C_{ni} - C_n > 0$  时,可认为该地区在生态保护中付出相对较多,结合实际情况认为该地区是生态服务提供区;当  $C_{ni} - C_n < 0$  时,可认为该地区在生态保护中付出相对较少,结合实际情况认为该地区是生态服务受益区(消费区);而当  $C_{ni} - C_n = 0$  时,应该由横向生态补偿委员会根据该地区主体生态功能区覆盖率、森林覆盖率、整体生态质量、生态环保投入等情况,确定该地区是生态服务受益区还是提供区。

#### (2) 制定收益或支付标准

对全国各个区域进行划分之后,可设置支付或收益标准,设定标准系数  $s_{ni}$ 。该系数与  $C_{ni} - C_n$  相互挂钩,将  $C_{ni} - C_n$  划分为不同等分区间(假设  $-100\% \sim 100\%$ ),处于不同区间对应不同的系数  $s_{ni}$ 。当  $C_{ni} - C_n$  处于  $(-100\% \sim 0\%)$  区间,认定区域  $i$  为生态服务受益区(消费区),系数  $s_{ni}$  即为支付系数,

该区域应支付相应财政资金到横向生态补偿委员会;当  $C_{ni} - C_n$  处于  $(0\% \sim 100\%)$  区间,认定区域  $i$  为生态服务提供区,系数  $s_{ni}$  即为收益系数,该区域可从横向生态补偿委员获得相应财政资金补偿。

### (3) 横向生态补偿公式设计

假设  $i$  地区第  $n$  年获得的财力或者支付的财力规模  $TE_{ni}$  为:

$$TE_{ni} = s_{ni}GE_{ni} = s_{ni}(E_{1ni} + E_{2ni} + E_{3ni}) \quad (26)$$

式(26)中,当  $C_{ni} - C_n > 0$  时,  $TE_{ni}$  为接受额;当  $C_{ni} - C_n < 0$  时,  $TE_{ni}$  为支付额。支付或收益标准系数  $s_{ni}$  起到较大作用,随着中国生态质量变化,可相机调整系数  $w_{ni}$ ,进而扩大或减少横向生态补偿规模。

若考虑激励约束机制,横向生态补偿公式可表示如下:

$$TE_{ni} = s_{ni}GE_{ni} = s_{ni}(E_{1ni} + E_{2ni} + E_{3ni}) + \frac{EI_{ni} - EI_{n-1,i}}{EI_{n-1,i}}u \times 100\% \times TE_{n-1,i} \quad (27)$$

若当年生态与环境指标较上年有所提高,那么就增加本年度的横向生态补偿规模;如果本年度的环境指标与去年的环境指标相比下降,就在去年的基础上扣减当年横向生态补偿规模。

整体来看,纵向生态补偿旨在弥补经济发展的机会成本,通过合理提高一般性转移支付系数,赋予系数生态属性,提高当地生态保护与环境修复可支配财力,提升该地区基本公共服务水平,缩小因经济发展滞后导致的基本公共服务差距,注重的是公平目标;横向生态补偿旨在弥补生态保护与环境修复的直接投入成本,根据相对生态支出指标将中国各地区划分为生态服务受益区与生态服务提供区,通过横向生态补偿委员会协调,生态服务受益区支付一定资金拨付给生态服务提供区,弥补生态服务提供区的直接投入成本,减轻该地区的成本负担。纵向生态补偿与横向生态补偿,配合激励约束机制、动态调整机制等,在全国形成系统全覆盖的生态补偿体系,调动生态服务提供区与受益区的积极性,实现经济增长与生态环境协同发展。

## 五、结论与建议

本文在新古典经济增长模型基础上,在消费函数、生产函数中考虑生态质量要素,并构建了生态质量函数,证明了在政府对资本项的宏观调控下,经济增长与生态环境能够达到和谐,该路径相对于传统稳态路径(没有环境要素)是次优路径,并运用我国污染排放、政府污染治理投资以及 GDP 增长等数据对理论假说进行了验证,初步证明了经济发展与生态环境呈倒“U”型关系,政府调控(污染治理投资)对环境污染抑制性作用还存在优化提升的空间。同时,针对我国当前经济发展东强西弱、生态资源分布西多东少的不平衡特征,重新探索设计我国生态补偿制度,纵向生态补偿主要弥补生态保护过程中的机会成本,横向生态补偿主要弥补生态保护过程中的投入成本。鉴于此,主要建议包括以下几个方面:

第一,优化生态环境保护资金投入结构,适度向成本费用类方向倾斜。当前,我国生态环境保护资金主要投向是基建项目、设备类,而对当地因生态环境保护产生的税收减少、居民收入下降等大量机会成本没有进行弥补。资金较少用于成本费用类补偿,不利于充分调动当地生态保护的积极性。因此建议生态保护资金适度向成本费用类倾斜,用于补偿当地因生态保护导致的税收减少、居民减收、农业发展受限等损失,提高对机会成本补偿的重视程度。

第二,适当引入市场化生态保护机制,满足生态保护中效率与公平目标。当前及未来一段时间,生态资源西多东少、经济发展西弱东强将是我国基本国情,生态保护区与生态受益区未能建立完善的交换机制,大部分东部地区或处于流域的下游区域常年免费或接近免费享受生态保护的正外部性或生态系统服务,建议引入市场化生态补偿思想,通过合理划分生态受益区和保护区,设置标准构建“类市场交易”的生态补偿机制,专项弥补对生态保护的投入成本。

第三,集中强化生态环境评估机构权限,提高环境评估结果的法定约束力。生态环境绩效评估、标准划分、生态估值等在生态补偿中至关重要,而我国生态环境评估存在机构权限不集中、评估结果

应用与约束力不足、划分标准不具有公约性等问题,严重影响生态补偿的公平效率等,建议统一集中生态环境评估机构权限,出台标准科学的评估指标、标准以及系数等,提高环境评估能力,增强评估结果的科学性,为生态补偿提供合理依据。

#### 注释:

①感谢北京师范大学张喻雯以及匿名审稿人的精彩评论和建设性意见,文责概由作者自负。

②限于篇幅,具体过程未列示,如有兴趣者可向作者索取。

③2010年12月21日国务院出台《关于印发全国主体功能区规划的通知》。

#### 参考文献:

- [1] Hardin, G. The Tragedy of Commons[J]. *Science*, 1968,(10):162—163.
- [2] Carson, R. *Silent Spring*[M]. Boston:Houghton Mifflin,1962.
- [3] Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J.J. *The Limits of Growth: A Report for The Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*[J]. *Demography*, 1972,(2):10—20.
- [4] Pimentel, D., Patzek,T. Green Plants, Fossil Fuels, and Now Biofuels[J]. *Bioscience*, 2006,(3):11—20.
- [5] Wen, Z., Chen, J. A Cost-Benefit Analysis for the Economic Growth in China[J]. *Ecological Economics*, 2008, 65(2):356—366.
- [6] Klitgaard, K.A., Krall, L. Ecological Economics, Degrowth, and Institutional Change[J]. *Ecological Economics*, 2012, 84(12):247—253.
- [7] Krueger, A.B. Economic Growth and the Environment[J]. *Quarterly Journal of Economics*, 1995, 110(2): 353—377.
- [8] 毛雁冰.中国经济发展的低碳化分析[J].*安徽师范大学学报:人文社会科学版*, 2011, (2):125—129.
- [9] Andreoni, J., Levinson, A. The Simple Analytics of the Environmental Kuznets Curve[J]. *Journal of Public Economics*, 2001,101(2):320—367.
- [10] Fosten, J., Morley, B., Taylor, T. Dynamic Misspecification in the Environmental Kuznets Curve: Evidence from CO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> Emissions in the United Kingdom[J]. *Ecological Economics*, 2012, 76(1):25—33.
- [11] Culas, R.J. REDD and Forest Transition: Tunneling through the Environmental Kuznets Curve[J]. *Ecological Economics*, 2012, 79(7):44—51.
- [12] Kaika, D., Zervas, E. The Environmental Kuznets Curve (EKC) Theory-Part A: Concept, Causes and the CO<sub>2</sub> Emissions Case[J]. *Energy Policy*, 2013, 62(11):1392—1402.
- [13] Gill, A.R., Hassan, S., Viswanathan, K.K. Is Democracy Enough to Get Early Turn of the Environmental Kuznets Curve in Asian Countries? [J]. *Energy & Environment*, 2019, 30(8):9—58.
- [14] Phiri, A. Economic Growth, Environmental Degradation and Business Cycles in Eswatini[Z]. Working Papers No.1901, 2019, 34(9):10—48.
- [15] Costanza, R., Arge, R.D., Groot, R.D., et al. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital[J]. *Nature*, 1997, 387(15):253—260.
- [16] Bakker, K. The Business of Water: Market Environmentalism in the Water Sector[J]. *Annual Review of Environment & Resources*, 2014,38(5):23—60.
- [17] Nicholson, S. Biotechnology and the Global Food Riots: Why Genetically Modified Foods Will Not End world Hunger[J]. *Chapters*, 2015, 3(8):19—48.
- [18] Muradian, R., Corbera, E., Pascual, U., et al. Reconciling Theory and Practice: An Alternative Conceptual Framework for Understanding Payments for Environmental Services [J]. *Ecological Economics*, 2010, 69(6): 1202—1208.
- [19] Tacconi, L. Redefining Payments for Environmental Services[J]. *Ecological Economics*, 2012, 73(1): 29—36.
- [20] Tecklin, D.R., Sepulveda, C. The Diverse Properties of Private Land Conservation in Chile: Growth and Barriers to Private Protected Areas in a Market-Friendly Context[J]. *Conservation & Society*, 2014, 7(10):20—56.
- [21] 韩国高, 张超. 财政分权和晋升激励对城市环境污染——兼论绿色考核对我国环境治理的重要性[J]. *城市问题*, 2018, (4):25—35.

(责任编辑:姜晶晶)