

生态经济学发展的逻辑及其趋势特征

齐红倩^{1,2} 王志涛²

(1. 吉林大学数量经济研究中心, 吉林 长春 130012; 2. 吉林大学商学院, 吉林 长春 130012)

摘要 在对生态经济学近30年发展历史回顾的基础上,以经济学中均衡和效率为出发点,对生态经济学发展的核心逻辑及其发展趋势进行梳理总结,并对未来我国生态经济学的理论与实践进行深入思考。从整体上看,生态经济学发展的逻辑起点和现实回归都围绕着自然供给与维护人类需求的动态均衡、生态与经济资源有效配置两条主线进行,最终达成社会可持续性发展的目标。具体而言,当前三大热点研究领域中的生态承载力与生态成本效益分析,分别隶属于可持续发展框架下的生态经济均衡以及经济效益评估范畴;而近年不断发展的生态能值分析,依据其特有的能值指标和能值转换优势,分别体现了生态承载均衡和产出效率优化的两种可持续发展思想,更具现实性和综合性。因此,新时期的生态经济研究将淡化学科间在意识形态和研究方法上的差异,更加注重学科间的多元化融合发展,生态学与经济学的结合将更加紧密。就目前我国生态经济发展现状来看,我国未来生态经济研究在遵循上述可持续发展逻辑的同时,还应积极关注当前生态经济发展的如下几个方面:①从宏观层面转向微观层面。对于生态承载力的测评要基于微观视角,综合考虑中长期等多维结构性因素的影响;②从模糊评价转向精准度量。通过合理分配权重系数、优化贴现参数等方式,提升生态成本效益评估的精度水平;③从学科交叉发展转向多元融合发展。生态经济研究要逐步打破现有模式下的简单学科交叉,通过加强生态学与经济学在基础研究领域的互动和融合,为应对当前复杂的生态经济问题提供系统性解决方案。

关键词 生态经济;生态逻辑;生态承载力;成本效益;生态能值

中图分类号 F062.2 **文献标识码** A **文章编号** 1002-2104(2016)07-0101-09 **doi**:10.3969/j.issn.1002-2104.2016.07.013

生态经济学是一门新兴的交叉学科。在当前全球生态环境问题日益严重的背景下,人类所面临的生存与发展的挑战也日趋严峻和复杂,生态经济学的兴起则为解决该类问题提供了新的途径,特别是随着众多跨学科、跨专业学者的加入,使得当前该领域研究取得了较快发展。如何科学合理地运用经济学基本理论和方法有效解决生态环境问题,是完善生态经济学理论、提升服务现实社会价值的核心问题。本文在对过去30年生态经济学发展历程总结的基础上,结合当前生态经济学研究的热点问题和主流方法,对推动生态经济学发展的三个核心领域的动态,即生态承载力、生态效益评估以及生态能值分析的研究进展进行系统梳理和评述,并以经济学中均衡和效率为出发点,对新时期生态经济学发展的逻辑内涵及发展趋势进行总结,以期为新时期加强我国生态文明建设提供参考。

生态经济学的兴起与发展历程

1.1 生态经济学的兴起

生态经济学的兴起最早源于经济学家关于地球承载极限的思考。20世纪60年代美国经济学家 Boulding^[1]首次提出,生活在宇宙中的人类所赖以生存的地球仅仅相当于一艘微不足道的太空船,在这个有限且封闭的系统内,随着人类的经济发展、人口增长以及环境污染的加剧,未来整个生态系统崩溃将是必然趋势。因此只有运用经济学手段量入为出、构建一个开放循环的生态系统,并使得系统内废物的产出与原料的摄取能够有机地结合起来,进而实现人类需求与自然供给的动态均衡,人类才有可能走出未来资源枯竭、环境恶化的危机。与 Boulding 的观点相似, Daly^[2]认为,经济学通过分析商品以及商品间的内在

收稿日期:2016-03-06

作者简介:齐红倩,博士,教授,博导,主要研究方向为微观经济计量、生态经济。E-mail:qihongqin@126.com。

通讯作者:王志涛,博士生,主要研究方向为生态经济、计算统计。E-mail:wz2088@hotmail.com。

基金项目:国家社会科学基金一般项目“基于生产要素集聚与农民福利动态均衡的新型城镇化发展质量研究”(批准号:14BJL063);国家社科基金重大项目“十三五时期环境治理与经济发展方式转变相互协调机制研究”(批准号:15ZDA015);教育部人文社会科学重点研究基地重大项目“调整型经济增长对我国居民可持续性消费影响的实证研究”(批准号:13JJD790011)。

关系,虽然能够清晰地描绘出社会领域的内在问题,但由于商品与社会间的联系并不能脱离生态系统而独自存在,因此在研究社会经济问题时应将两者有效地结合起来。

虽然 Boulding 与 Daly 的早期探索为生态经济发展奠定了思想雏形,但由于上世纪 60 年代发达国家正处于经济扩张期,广大发展中国家也多处于减贫发展阶段,因此在以经济快速增长为导向的时代背景下,生态环境问题在全球范围内并未引起足够重视,两人的观点未能引起广泛共鸣。此后学术界对于生态经济问题的探讨相对分散,直到 20 世纪 80 年代初期,随着以“国际生态经济整合”为主题的 48 人会议的召开,以 Costanza 和 Daly^[3] 以及 Goodland^[4] 等为代表的一批经济学者开始倡导建立国际生态经济合作研究体系。此后围绕生态经济领域的相关问题,来自世界各国的生态、地理以及环境经济领域的专家也开始陆续参与到相关研究之中,并掀起了生态经济学研究的热潮。

1.2 生态经济学发展的历程及其阶段特征

生态经济学逐步引起关注后,众多学者开始围绕生态经济学的发展方向、研究视角以及研究方法和应用领域等问题展开了大量且卓有成效的探讨。在生态经济学初期及中期发展阶段,学者们主要围绕生态学与经济学的学科融合或分化进行理论和实证探讨。具体而言,从不同时期学科发展的推进动力看,生态经济学的研究分为如下三个阶段:

1.2.1 学科交叉推动下的聚合发展阶段

20 世纪 80 年代至 90 年代初期是生态经济学发展的聚合发展阶段,生态经济学家对生态经济学的学科发展进行了探索和展望,认为人类活动对生态环境的影响日益严重,而传统的单一学科研究又分别受限于各自领域,较难实现突破,因此亟需发展具有学科融合背景交叉学科。此后 Martinez-Alier 和 Schandl^[5] 以及 Common 和 Perrings^[6] 等学者围绕生态环境、社会经济以及能源消耗等问题的研究也印证了上述结论,即有必要组建一个以研究生态环境和社会经济关系为统一主题的新兴交叉学科,只有将生态系统的均衡稳定纳入社会经济分析范畴中,才可能解决传统发展路径下环境污染、经济失衡等复杂问题。而随着大国际生态经济协会(ISEE)的组建以及国际生态经济(Ecological Economics)杂志的创刊,这一聚合理念也被逐渐提升至新高度。这一时期我国生态经济研究也开始迅速发展,国内学者刘国光^[7] 等从学科协调发展的角度,提出了经济学、生态学以及社会学应当协同发展的理念。

1.2.2 学科分歧扩大下的分化发展阶段

进入 90 年代中期以后,随着大量跨学科、跨地区专家

学者的加入,虽然在一定程度上有力地促进了生态经济学的繁荣和发展,但由于相关参与者的个人专业背景不同、研究对象以及方法等均存在一定程度差异,因此围绕生态经济发展方向以及应用领域等问题,学术界产生了较大分歧,生态经济学发展也开始步入到分化时期,其中“狭义”生态经济学派认为生态经济学应以人和生态的安全为研究核心,主张通过构建数理模型来研究生态系统和经济系统的内在联系^[8]。而“广义”生态经济学派则提倡运用多元化社会经济分析法,在强调跨领域合作以及多边合作的同时,提倡将生态经济研究范围扩展到整个社会生态系统^[9]。此后,两派的争论也逐步导致了生态经济学的内部分化。

1.2.3 问题导向下的包容与辩证发展阶段

2000 年以后生态经济学进入到辩证发展时期,在经历大生态经济学的组合和分化后,生态经济发展步入到瓶颈期,分散化的研究导致了生态经济学进展缓慢。Gowdy 和 Erickson^[10] 等学者指出生态经济学发展已经到达了一个新的十字路口,如果仅把研究视角界定于经济学或生态学某一具体领域,而不注重各领域研究的互补性,生态经济很难成为一门主流经济学科。此后 Daly、Costanza 以及 Goodland 等一批学者也开始强调生态经济学的辩证融合发展,但不同于聚合阶段的学科简单组合与拼接,学者们主张新融合背景下要淡化各自专业领域方法和意识形态差异,并将研究和重心转移到运用生态经济学思维解决实际问题上来^[11-12]。至此生态经济学进入到包容和辩证的发展轨道,围绕生态承载力、生态效益评估以及生态能值等核心问题的探讨,也一直推动着偏重应用且日益专业化的生态经济学发展。

2 生态承载力的测度及足迹分析的新特征

生态承载力一直以来都是生态经济学的核心。无论是基于早期宏观环境的研究还是近年兴起的生态足迹分析等,围绕生态承载水平、可持续发展状况问题的研究始终是推动生态经济学发展的直接动力。生态承载力研究源于早期环境承载力研究,环境承载力指的是在环境不被损害的前提下,一定区域的最大人口负荷量。而生态承载力则是对其的进一步拓展,不但包含环境承载力,还包含资源承载力以及生态系统的自我维持能力。这种承载力主要表现为生态系统的内部调节能力即自我维持能力,以及外部约束能力即系统承压能力两个方面。在全球生态失衡问题日益严重的背景下,度量生态系统的承载极限和负荷水平、保护生态系统的可持续发展的生态承载力研究已成为生态经济学的研究热点。

关于生态承载力测度研究,David 和 Carvalho^[13] 以及



孙慧、刘媛媛^[14]均对其进行了方法总结,主要包括供需平衡法、状态空间法、自然植被净第一性生产力测算法、生态足迹分析法等。四种方法中供需平衡法和自然植被净第一性生产力测算法,虽然能够反映出生态系统的内部特征,但却不能反映社会经济发展状况对生态承载力的影响,而空间状态法虽然理论上能够综合反映出生态的承载力状况,但由于缺乏精确的度量标准,在实际操作中也存在一定局限。因此在上述四种方法中,生态足迹分析近年来在国外研究中应用较多。

生态足迹分析(Ecological Footprint, EF)最早由加拿大著名学者 Rees 提出,Rees^[15]在其一篇分析城市经济发展对生态影响的论文中指出,人类的社会经济活动所形成的城市 and 工厂等空间遗留物,就如同人类在地球上所留的一个个脚印,既影响生态环境又依赖于生态环境。Rees 和 Wackernagel^[16]从资源账户的角度对生态足迹的概念进行完善,认为生态足迹是指在特定生态系统内部,人类生产和消费活动所需自然环境的支撑与吸纳能力,具体包含资源需求以及废物吸纳两个方面。在实际测算中,生态足迹分析法对区域承载能力状况的主要判定方式表现为,将各种支撑和吸纳所需的资源消耗间接折算为生产这些资源间接所需的土地面积,并通过比较理论生态面积(理论上可承载面积)与生态足迹面积(实际承载面积)而实现。如果理论承载面积大于实际承载水平时,生态处于可持续的盈余状态,反之则处于不可持续的赤字状态。基于 Rees 的生态足迹理论,近年来在利用生态足迹分析生态承载力的相关研究中,主要呈现出以下几种发展的新特征。

其一,关注动态承载特征和中长期承载趋势。虽然通过比较理论生态承载水平与实际生态足迹能够直接对区域承载盈余水平进行判定,但由于该指标为绝对数指标,并不能客观地反映出生态承载力的相对变化状况,因此近年来学者们较为倾向于使用承载力可持续发展指标进行辅助判别,即通过利用报告期生态承载力相对变动幅度与报告期生态足迹相对变动幅度之比来测算生态承载盈余水平的动态变动状况^[17]。而就研究时域而言,早期学者们的研究多为基于短时域的静态水平研究,近年来,在考虑承载水平的动态特征后,有关承载力的中长期趋势分析已经在生态足迹研究中逐步被广泛采用^[18]。

其二,开始注重微观层次的承载力测评。这种微观特征主要表现在研究对象的选择和评价指标体系的设计两个方面。在研究对象上,与早期的大区域 EF 研究不同,近年来中微观层次的承载力研究受到普遍重视,小区域生态环境承载力的分析以及特定领域的生态承载力个案研究均呈逐年上升趋势^[19]。在指标设定上,现阶段生态足迹指标的设定更加微观具体,由于早期小区域数据微观数据

难以获得,因此 EF 研究多为宏观分析,但随着数据可获得性的增强以及计算机数据挖掘和模拟技术的提升,EF 指标近年来出现了逐渐向微观层次细化的趋势,不仅评估指标的选择日益细化,而且在分析局域承载负荷水平时,对于复合指标的构建也均倾向于选择微观要素,甚至肯肯缩短分析年限也坚持选择部分微观变量进行分析^[20]。

其三,空间维度的结构化分析发展迅速。相对于传统视角下的地域承载力分析,近年来以足迹分析为核心的承载力研究更多地考虑了空间因素的影响,即从空间异质性、空间要素差异等方面综合考察区域承载状态水平。Niccolucci, Galli 和 Reed^[21]认为在考察区域生态承载力时,仅仅以传统二维状态水平进行度量缺乏全面和准确性,因此主张在运用足迹分析法分析区域承载能力时,不应将研究视角简单局限于生态系统表面,而应在附加考虑人类资源消耗和废物产出的立体深度后再进行判定。以此为基础,Niccolucci 创造性地提出了 3D 版的 EF,并将承载区域的空间因素变动纳入分析范畴。此外 Legg, Moore 和 Kissinger 等^[22]进一步丰富了这种空间维度的结构因素,在对温哥华部分地区的生态承载力进行研究时,不仅考虑了土地承载力水平,而且将空间领域的温室气体排放也一并纳入评价分析范畴。

当然,利用生态足迹对区域承载力进行分析也并非十全十美,部分学者也对生态足迹分析的优缺点进行了总结^[23],总体看生态足迹分析主要基于对资源供给与消耗的综合考察,能够客观地反映出区域生态环境现状,但也存在一定不足,如对于资源的承载类型分类过于单一,且对同类型资源的标准折算系数均设定相同,这一处理方式过于粗略。在变量选取和影响因素控制方面,不仅高质量区域数据较难获取,而且该类分析也未能综合考虑自然资本加速消耗和技术进步等问题;此外,对于单位产量的核算,多数研究较少考虑环境污染所导致的土地退化对生态足迹计算的影响,这些问题是未来需要进一步探索的重要领域。

3 生态成本效益评估及其估计权重的新探讨

生态效益评估主要指通过计算生态资源的总量与价值,来间接反映局域生态系统的经济价值,而生态成本效益分析则是在生态效益评估的基础上,附加考虑成本因素对生态预期净收益水平的影响。从生态可持续发展的角度看,生态系统的长期稳定建立在两个维度的可持续性基础上,一方面是已有生态系统的可持续承载,如上文所述;另一方面则是新建项目或预建项目的生态可持续水平论证,即新建项目的生态效益评估问题。近年来随着统计和会计核算方法的改进,以生态成本效益评估为主的效益分析也成为推动生态经济学发展的核心领域。

成本效益分析的核心思想是把项目成本和项目预期收益均折算为相应的货币价值,进而通过计算货币净收益来判断项目的预期利润水平。该方法初期主要用来为政府决策者提供项目前期的收益评估,此后也被广泛用于生态经济领域新项目启动前的投资决策论证过程。就实施过程而言,该方法最大的难点在于对生态收益净值的求解,也即对生态项目预期成本和收益的精确估值,通常对于一般折旧类项目多选用净现值收益法对生态项目净收益进行估计,如(1)式所示:

$$NPV_i = \sum_{t=0}^n \frac{b_i(t) - c_i(t)}{(1+r)^t} - k_i \approx \sum_{t=0}^n V_i W_t \quad (1)$$

上式中 NPV_i 表示第 i 个项目的生态预期净收益, $b_i(t)$ 与 $c_i(t)$ 分别表示 t 时期、第 i 个项目的预期生态收益水平和生态成本价值, r 与 k_i 分别表示利率水平与第 i 个项目的初期投资额。由(1)式可知,生态预期净收益 NPV_i 也可以近似地表示为每期生态净收益 V_i 与相应系数权重 W_t 的加总。由此可见,总的生态预期净收益等价于不同时期预期生态净收益的动态贴现加总,在各期生态净收益和投资额既定的前提下,权重系数 W_t 既是体现各期贴现水平的综合指标,同时也是影响预期生态净收益评估的重要因素。为提升估计精度水平,近年来学者们围绕权重系数 W_t 的设定和选取做了大量研究,主要包括以下方面:

3.1 基于代际关系的权重分析

从代际的角度看,受不同时期外在因素的差异化影响,贴现不同代际间将存在一定差别。因此在对生态成本效益评估改进过程中,需要综合考虑当期和远期的代际折扣特征。参考 Sumaila 和 Walters^[24] 以及 Nyborg^[25] 的研究,以 r 与 r_{fg} 分别表示既定标准利率和预期贴现率,从代际传递和贴现折旧的视角看 r 与 r_{fg} 均属于 $(0, 1)$ 区间。令: $d = 1/(1+r)$, $d_{fg} = 1/(1+r_{fg})$, 则当期收益折现 λ 可以表示: $\lambda = d_{fg}/d = (1+r)/(1+r_{fg})$ 。依据等比序列性质, t 时期均衡化处理后的权重系数 W_t 可以整理为下式:

$$W_t = \frac{d^t + \frac{d(\lambda + \lambda^2 + \lambda^3 + \dots + \lambda^t)}{G}}{d^t + \frac{d_{fg} d^{t-1}}{G} \left[\frac{1 - \lambda^t}{1 - \lambda} \right]} \quad (2)$$

(2)式中, G 表示代际时间, t 表示时期。显然当 $d_{fg} = d$ 时,有 $W_t = d^t$, 即权重系数为既定标准利率的 t 期贴现值;而 $d_{fg} < d$ 当时,考虑到 $(1 - \lambda^t)/(1 - \lambda) > 1$ 可知:

$$W_t = d^t + \frac{d_{fg} d^{t-1}}{G} \left[\frac{1 - \lambda^t}{1 - \lambda} \right] > d^t \left[1 + \frac{1+r}{(1+r_{fg})G} \right] > d^t \quad (3)$$

结合(2)(3)式可以得出,生态成本效益代际评估中最显著的特点是,在新增下一代人口进入生态循环系统前,既定标准利率和预期贴现率已经确定,即标准利率 r

和折现率 r_{fg} 已经由前一代所决定了。但通过比较不同情形下权重值的大小可以发现,当且仅当预期贴现率恰好等于既定标准利率时各期的权重系数值最小。

3.2 独立分离式代际权重的改进

由于权重系数 W_t 为一段时期内的动态贴现过程,而在基于代际关系的权重分析框架下,既定标准利率和预期贴现率均相对固定,且并未考虑期内环境因素的影响。因此,Almansa 和 Martinez-Paz^[26] 以及 Helle, Ahtiainen 和 Luoma 等^[27] 认为在使用成本效益分析法评估时,应当单独考虑环境成本和效益的贴现,并把代际间的环境盈利水平作为评判项目价值的重要参考。以此为依据,假定项目总的净收益(NPV)由社会经济净收益和环境收益两部分组成,则将其表示为:

$$NPV = \sum_{t=0}^{t=n} \frac{F_t}{(1+STPR)^t} + \sum_{t=0}^{t=n} \frac{N_0}{(1+EDR)^t} \quad (4)$$

(4)式中 F_t 表示 t 时期的社会经济收益, N_0 表示期初的环境收益(由于环境边际收益存在逐期递减的客观特征,因此这里我们选择初期进行折旧贴现), $STPR$ 与 EDR 分别表示社会经济标准贴现率和环境贴现率。此外,假定代际间的环境盈余 ITA ($STPR$) 为理论上总的预期收益 NPV_{dual} ($STPR, EDR$) 与标准利率贴现情形下收益 NPV_{stan} ($STPR$) 之差,则代际间环境盈余状况可以表示为:

$$ITA(STPR) = NPV_{dual}(STPR, EDR) - NPV_{stan}(STPR) \quad (5)$$

将(4)式代入(5)式有:

$$ITA(STPR) = \left[\sum_{t=0}^{t=n} \left[\frac{F_t}{(1+STPR)^t} \right] + \sum_{t=0}^{t=n} \left[\frac{N_0}{(1+EDR)^t} \right] \right] - \left[\sum_{t=0}^{t=n} \left[\frac{F_t}{(1+STPR)^t} \right] + \sum_{t=0}^{t=n} \left[\frac{N_0}{(1+STPR)^t} \right] \right]$$

整理后可得:

$$ITA(STPR) = \sum_{t=0}^{t=n} \left[\frac{N_0}{(1+EDR)^t} \right] - \sum_{t=0}^{t=n} \left[\frac{N_0}{(1+STPR)^t} \right] \quad (6)$$

依据(6)式即可测算出一定区域范围内的代际间环境盈余水平,从长期变动趋势看,这种代际变动不仅间接反映出项目实施后当前一代对后来一代的影响状况,而且也可近似反映出区域发展的可持续性水平,因此对于生态项目效益评估具有重要参考价值。

此后,在 Almansa 和 Martínez-Paz 的研究基础上,Davidson^[28] 进一步对权重系数中的贴现率进行分类和完善,提出了标准贴现率和零折扣贴现率的概念,并将生态资源分为普通资源(其当期消费选择不会危害下一期)和非普通资源(当期消费行为的选择能够直接影响下一期消费状况)两大类,指出对普通资源应当选择标准贴现率进行贴

现,而对于非普通资源应使用零折扣贴现率,这样才能有利于代际间的消费公平和可持续发展。显然 Davidson 考虑不同资源存量贴现差异的划分更为符合实际。

由于生态成本效益分析建立在对项目成本和项目收益综合考虑的基础上,因此能够从定量角度较为直观地为项目执行与否提供依据。在生态经济分析中,使用该方法不仅能够对外部生态系统进行经济效益研究,而且也能对系统内部的生态效益进行分析,尤其在解决内部关联程度较高的多维度生态经济问题时,生态成本效益分析优势明显。但该方法也具有一定局限,例如在实际操作中部分成本和收益往往难以严格识别和计量,如果强行分离后进行粗略估计将会增大估计误差,进而影响判定效果。此外 Temper 和 Martinez-Alier^[29] 的研究表明,使用生态成本效益分析法,较难排除政策因素对评估的影响,同时各地不同的文化差异也给该方法的使用带来一定困难。因此整体看,在复杂条件约束下如何通过技术优化手段,准确贴现各期收益与成本,进而提升成本效益分析的预测水平,将是未来该领域研究的重要方向。

4 生态能值及其与可持续性分析进展的新态势

能值理念产生于 20 世纪 70 年,与生态承载力分析以及生态成本效益评估不同,生态经济学中的能值主要以分析工具的形式体现,借助于对生态系统内能量投入、能量流动、能量转换以及能量效率的考察,能值分析的研究领域依然集中于区域承载负荷水平、可持续发展状况等指标评价,以及生态投入产出效益分析两个方面。由于传统经济分析多局限于社会经济层面,故较难涉及生态系统中固有自然资本对经济的影响。而在实际生产生活过程中,无

论是生态系统所固有的自然资本作用,还是外界作用所带来的各种物质投入、损耗以及产出行为,均能够以能量变动的形式体现,且这种体现形式对于处于存量和流量状态的物质形态均有效。因此使用能值分析能够将生态因素和经济因素有效地结合起来,这也是该方法成为当前热点的主要原因。从现有研究看,当前生态能值问题研究主要包括以下几个应用领域:

4.1 基于生态能值指标的生态承载与负荷评价分析

在一个不考虑进出口的密闭生态区域中,假定 Y 与 S 分别表示产出能值与区域总面积, P 与 M 分别表示区域人口数和区域可利用能值, R_0 和 N 分别表示区域自然环境投入中可更新和不可更新资源的能值, R_1 和 F 分别表示社会反馈投入(社会购买投入)中可更新和不可更新资源的能值,则主要能值指标的计算过程、含义和性质可以表示如下(见表 1)。

利用上述指标,学者们分别从能值效率及承载与负荷等角度对区域生态水平进行探讨,现有分析整体上呈现出如下特征:从研究范畴上看,学者们对于传统大区域整体性生态能值的研究正逐步转向于中小区域,这也与上文承载力研究动态相一致。例如 Listyawati, Meidiana 以及 Anggraeni^[30] 在对印尼农村能源自给自足能力进行评价时,并未大量选取农村区域进行研究,而是以印尼农民的生产生活特征为依据,有针对性的选取了一个印尼畜牧业较为发达的村庄进行系统的能值分析;从指标选择上看,对于能够反映区域可持续发展水平特征的生态能值指标选择日趋广泛。例如 Winfrey 和 Tilley^[31] 基于能值在生态经济系统内部各个子系统间转换时必然存在一定程度能量损失的客观事实,考察在不同控制条件下,经济和生态的差异化损失对于区域生态可持续发展水平的影响,并迭代了不同驱动因素对区域可持续发展的影响特征。

表 1 主要生态能值指标的计算方法、含义和性质
Tab. 1 Main calculation methods, meaning and characteristics of energy indices

指标	计算方法	指标含义	指标性质
(净)能值产出率(EYR)	$Y/(F+R_1)$	区域经济发展对资源的使用效益	正
能值投入率(EIR)	$(F+R_1)/(N+R_0)$	生态对人类经济行为的承载力	负
能值货币比率(EMR)	$(F+R_1+N+R)/GNP$	区域能值的开放利用程度	负
能值密度(ED)	$(F+R_1+N+R_0)/S$	能值集约使用能力	正
人均能值使用量(EPC)	$(F+R_1+N+R_0)/P$	生活水平状况	正
人均能值产出	Y/P	生产力水平	正
能值总承受人口数	M/EPC	生态对于区域人口承载的上限	正
可更新资源的承载人口数	$P*(R_0+R_1)/(F+R_0+R_1+N)$	生态对于区域人口承载的下限	正
生态环境负载率(ELR)	$(F+R_1+N)/R$	资源的环境压力	负
可持续发展指数(ESI)	EYR/ELR	生态的可持续发展能力	正

注:表中显示的能值分析指标均由作者整理所得。考虑到在一定范围内单位能值产出越大或者所占用地较少即可被视为土地高度集约、经济发达的标志,而当单位能值产出超过一定限度后,区域生态环境将逐步走向衰退,因此较高的能值投入和使用也可能阻碍区域经济发展,因此不同指标的正负性质并不完全绝对。

4.2 基于生态能值转换的投入产出分析及转换矩阵系数求解

传统经济领域的投入产出分析一般多用于研究系统内部各要素间投入与产出的数量依存关系,进而对经济实施效果进行评价。与其相似,生态经济学中的投入产出分析多用于对生态活动动态实施效果的考察,在附加考虑能量流动和能值转换后,借助于统一的能量分析框架,传统投入产出分析的适用口径和估计精度均得以提升。因此,近年国外学者利用生态能值转换的投入产出分析技术,对区域生态投入效益和效率问题进行了大量探讨。而国内该领域的研究相对较少,仅有刘轶芳、佟仁城^[32]等少数学者对其进行了理论上的探讨。

对于能值投入产出分析,能值转换系数矩阵的求解尤为关键,参考 Cho^[33] 等学者的研究,在拥有 n 个部门且生产和消耗 m 种资源的区域内,资源需求总量 X 可以表示为如下形式:

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m X_{i,j} + d_i - IMP_i = \sum_{i=1}^m X_i \quad (7)$$

(7)式中 X_i 表示对第 i 种资源的需求, $X_{i,j}$ 表示第 j 个部门在生产过程中对第 i 种资源的中间投入需求, d_i 表示终端消费对第 i 种资源的直接需求, IMP_i 表示第 i 种资源的进口量。如果依据使用用途把第 i 种资源的国外进口分别分摊到国内的间接消耗和终端消费中,则在可逆情形下(7)式可以用矩阵形式表示如下:

$$BX = AX + Y \Rightarrow X = (B - A)^{-1} Y \quad (8)$$

(8)式中矩阵 A 、 B 均为同阶能源矩阵,分别表示初始投入和产出,需要说明的是(8)式的转换必须在矩阵满足可逆等相关条件时方能进行,而实际上受矩阵转置条件限制,该类转换在投入产出分析中经常无法直接求出。

为此,学者们从模型转换的角度进行深入探讨,传统解决方案主要是基于最小二乘法思想对矩阵形式进行变换,假定同阶矩阵 W 与 V 满足 $W - V = X$,考虑到矩阵 W 与 V 能够相互转换,因此有 $WV = VB + e$ (e 为 $m \times 1$ 阶矩阵),整理知 $X\beta + e = 0$ 。令 λ_{\min} 为 $X^T X$ 的最小特征根,则上述关系可表示为 $(X^T X)\beta = \lambda_{\min} \beta$,求解可得可转化的转换系数矩阵 β ^[34]。

另一种方案则是在拉格朗日乘子法的基础上对模型进行改进^[35]。基于上文整理结论即 $X\beta + e = 0$ 知, $e = X\beta$

且 $e_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} b_j$,整理可得:

$$E = \sum_{j=1}^m e_j^2 = \sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^n x_{ij} b_j \right)^2 \quad (9)$$

对(9)式施加限制变量 $\sum_{j=1}^n b_j^2 = c^2 \neq 0$ 的约束,并构建拉格朗日函数:

$$E(b, \lambda) = \sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^n x_{ij} b_j \right)^2 - \lambda \left(\sum_{j=1}^n b_j^2 - c^2 \right) \quad (10)$$

对上式求偏导,即令 $\partial E / \partial b_k = 0$ 且 $\partial E / \partial \lambda = 0$ 可得:

$$\sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m x_{ij} x_{ik} \right) b_j - \lambda b_k = 0 \quad \text{且} \quad \sum_{j=1}^n b_j^2 = c^2。$$

令 $Y = X^T X$,则将 $Y_{jk} = \sum_{i=1}^m x_{ij} x_{ik}$ 代入上式中可得 $Y\beta = \lambda\beta$ 。此时由最小二乘法性质可知 λ 为 Y 在向量 β 下的最小特征根,因而能够推出最优化能源转换系数矩阵 β 。

由于生态能值分析在能量转换方面具有独特优势,通过统一量纲能够将相对复杂的生态系统因素统一在一个标准范畴下进行分析,因此有效弥补了非市场性输入难以用货币衡量的缺陷,间接提升了预测与评估水平。但在综合考虑社会经济因素影响后,生态能值分析也存在一定局限,最突出的表现是难以克服生态系统的客观性与社会经济系统波动性间的内在矛盾。由于在社会经济系统内部的社会构成形式一般均以人为中心,整个经济运行过程不仅受生态环境影响,也同时受到市场波动、个人偏好等多种交叉因素的影响,因此如何消减这种波动性冲击的影响,一直是制约社会经济领域生态能值分析的难点。

5 总结与进一步思考

本文对近年来推动生态经济学迅速发展的三个热点领域的前沿动态进行了述评和逻辑分析。通过系统梳理我们发现,针对当前全球所面临的一系列生态环境问题,将生态经济学理论和方法引入传统的经济分析思维中,不仅拓展了经济学的分析视角,为传统经济计量理论和方法的完善提供了新思路,而且也为新时期区域可持续发展水平的评估与度量提供了参考,为更加深入地解决现存生态环境问题提供了可能。总体上,三大领域的研究特征及其发展趋势可以归结如表2所示。

从表2可以看出,整体上,现阶段生态经济学研究并未将复杂的生态学概念引入经济学,而是将生态学作为一种必要补充,通过在经济学中融合其部分理念和方法,进而达到进一步丰富和拓展生态经济学的过程。这里既借鉴了传统社会经济领域中的指标构建、投入产出以及成本会计等分析方法,同时也综合了生态领域的生态足迹、能值转换分析等多种方法,这些方法的综合应用有效弥补了单一学科的不足,为解决现实社会中的复杂生态经济问题提供了新途径。此外,从发展逻辑上看,虽然三大领域间在研究方法、分析对象以及发展趋势上均存在一定差异化特征,但进一步比较不难发现,无论是测度区域生态承载力,还是通过改进估计技术、优化估计参数进而提升区域生态效益和效率水平,其实质均是为了最大程度地实现可持续发展这一长期目标。

与此同时,结合上文生态经济学发展历程总结可以看出,当前生态经济学的融合发展依旧处于起步阶段,传统

表2 三大领域的研究特征及其发展趋势
Tab. 2 Research characteristics and development tendency of the three areas

指标	生态承载力分析	生态成本效益评估	生态能值分析
研究热点	区域承载盈余状况及可持续发展状况分析	项目论证期生态系统的综合效益及预期成本评估	生态承载负荷水平及可持续发展状况评价;投入产出效益分析
基本方法	生态足迹分析法	生态成本效益分析法	能值指标分析及投入产出分析法
优点	基于资源供给与消耗的综合考察,分析结果具有客观性和可操作性	将生态系统内的经济效益和生态效益相结合,能够有效评估内部关联程度较高的多维度问题	统一了量纲,弥补了非市场性输入难以用货币衡量的缺陷,提高了评价精度水平
局限	指标分类单一、未考虑技术进步和资本加速消耗以及生态衰退风险的影响	要素选择过于依赖经验且受政策等不确定因素影响,部分要素成本和收益评估的误差较大	难以克服生态系统的客观性与社会经济系统的波动性间的内在矛盾问题
发展趋势	长期动态视角的生态承载分析;微观层面及空间结构维度下的承载力分析	代际生态评估及中长期代际贴现权重系数的精确和改进	基于能值指标的生态承载分析;基于能值转换的投入产出及转换矩阵系数求解分析

模式下经济学与生态学间的“割裂”状况虽有改善但却依然存在。一方面,由于生态学研究主要从生态系统的动态循环、均衡平稳发展等角度进行分析,因此对于具有浓厚生态学知识背景的生态经济学者而言,经济理论的缺失使其对社会经济体系的理解,以及相关概念的把握容易产生一定偏差。另一方面,由于经济学更加关注的是稀缺资源供给与需求的均衡,使得经济学者往往脱离生态学领域核心规律研究生态问题,即使多数学者关注了经济向生态排放而产生的环境污染类问题,或者经济向生态索取而产生的自然资源供求类问题,也缺乏对于复杂生态问题的系统性认知。可见,未来从基础研究领域逐层加强生态学和经济学间的互动和融合,对于生态经济学发展而言具有重要价值。基于对生态经济学发展逻辑内涵以及最新动态的系统梳理,本文结合当前国内生态经济学理论与实践研究中存在的问题,对新常态背景下我国未来生态经济学的发展趋势进行了深入思考。

首先,从生态经济研究领域上看,当前国内学者对于生态承载力的研究较为丰富,而对于生态成本效益以及生

态能值的分析相对较少。其中关于承载力的研究,学者们的研究多基于宏观层面,即或者对区域整体承载力进行分析,或者结合流域、草原的区域特征对局域生态承载力进行测评,少有学者对我国中微观层面的承载力问题进行多维考察和长期动态评估。这也造成学者们的研究对象多集中于省域区间或者相关城市群,缺乏对于微观中小城镇生态承载力的长期系统性分析;在生态成本效益分析以及生态能值分析两个领域中,受微观数据缺乏等限制性因素影响,国内学者对于生态成本效益评估的研究起步较晚,且仅在小局域评估中有所使用。而在生态能值领域,长期以来具有生态学背景的相关学者对其研究较为丰富,但国内具有经济学背景的学者们却很少涉足,除杨灿、朱玉林和李明杰^[36]等少数学者外,多数经济类研究仅停留于能值指标层面的综合评价分析,对于经济层面能值投入产出以及生态效益、效率水平的考察均相对较少。

其次,从生态经济学研究的阶段性特征上看,上世纪90年代末期以后,国外生态经济研究已经围绕生态可持续发展和生态效率、效益水平提升等问题,逐渐形成相对较为成熟的研究发展体系;而国内研究则相对滞后且具有显著的阶段性特征。早期相关研究主要从理论分析的角度阐述经济、环境与社会协调发展的内涵机理和途径,而后学者们围绕经济发展和环境保护等相关问题展开了持久讨论,但总体上研究视角仍局限于农业生产或自然生态领域。直到近年随着国内雾霾、气候变暖等环境问题的日益严重,部分学者开始大量研究我国工业化、城镇化进程中的环境污染、生态失衡等热点问题,并开始探讨多元生态治理路径^[37-38]。但相比国际生态经济学整体发展趋势,国内研究依然相对零散、缺乏宏观与微观的统一性,尚未形成完善的多学科融合以及跨区域合作机制。

因此,对于我国生态经济学发展而言,在以可持续发展研究为导向的前提下,未来应重点加强以下方面的研究和探索:一是在研究方向上。为提升区域承载力评估的实践指导价值,在附加考虑空间结构等多种影响因素后,国内中长期、微观视角下的综合生态承载力分析应得到有效关注。同时为有效弥补国内生态成本效益分析以及生态能值分析较少的不足,未来应围绕精准评估,通过改进估计技术以及优化结构参数,提升对区域生态效益和生态效率的度量精度水平。二是在学科融合发展上。考虑到生态环境治理以及可持续发展水平的评估涉及到社会经济、生态环境等多个方面,也因此对生态经济学的融合发展提出了新挑战。而目前在国内生态经济研究中,经济学与生态学间的“割裂”仍较为严重,这种过于注重形式上的学科交叉,忽视更深层次多元融合发展的现状亟需扭转。从生态治理实践看,加强以市场调控和激励为导向的多区域协调和多元化

融合治理研究,也是未来生态经济发展的重要方向。

(编辑:李琪)

参考文献(References)

- [1] BOULDING K E. The economics of the coming spaceship earth [R]. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1966.
- [2] DALY H E. On economics as a life science [J]. Journal of political economy, 1968, 76(3): 392-406.
- [3] COSTANZA R, DALY H E. Toward an ecological economics [J]. Ecological modelling, 1987, 38(1): 1-7.
- [4] GOODLAND R. Integration of economy and ecology: an outlook for the eighties [J]. Ecological economics, 1990, 2(4): 343-345.
- [5] MARTINEZ-ALIER J, SCHANDL H. Special section: European environmental history and ecological economics [J]. Ecological economics, 2002, 41(2): 175-176.
- [6] COMMOM M, PERRINGS C. Towards an ecological economics of sustainability [J]. Ecological economics, 1992, 6(1): 7-34.
- [7] 刘国光. 加强生态经济学研究经济、社会、生态协调发展 [J]. 经济研究, 1991(4): 3-7. [LIU Guoguang. Enhance the study on ecological economics, economic, social and ecological development [J]. Economic research journal, 1991(4): 3-7.]
- [8] BOCKSTAEL N, COSTANZA R. Ecological economic modeling and valuation of ecosystems [J]. Ecological economics, 1995, 14: 143-159.
- [9] AZAR C, HOLMBERG J, LINDGREN K. Socio-ecological indicators for sustainability [J]. Ecological economics, 1996, 18: 89-112.
- [10] GOWDY J, ERICKSON J D. The approach of ecological economics [J]. Cambridge journal of economics, 2005, 29(2): 207-222.
- [11] ÖZKAYNAK B. The identity of ecological economics: retrospects and prospects [J]. Cambridge journal of economics, 2012, 36(5): 1123-1142.
- [12] 齐红倩, 王志涛. 我国污染排放差异变化及其收入分区治理对策 [J]. 数量经济技术经济研究, 2015(12): 57-72. [QI Hongqian, WANG Zhitao. Research on the change of emission differences and its income partition countermeasures in China [J]. The journal of quantitative & technical economics, 2015(12): 57-72.]
- [13] DAVID G S, CARVALHO E D. Ecological carrying capacity for intensive tilapia (*Oreochromis niloticus*) cage aquaculture in a large hydroelectrical reservoir in Southeastern Brazil [J]. Aquacultural engineering, 2015, 66(3): 30-40.
- [14] 孙慧, 刘媛媛. 相对资源承载力模型的扩展与实证 [J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(11): 126-135. [SUN Hui, LIU Yuanyuan. Model extensions and empirical analysis of the relative carrying capacity of resources [J]. China population, resources and environment, 2014, 24(11): 126-135.]
- [15] REES W E. Ecological footprint and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out [J]. Environment and urbanisation, 1992, 4(2): 121-130.
- [16] REES W E, WACKERNAGEL M. FORUM: monetary analysis: turning a blind eye on sustainability [J]. Ecological economics, 1999, 29: 47-52.
- [17] GENG Y, ZHANG L M, CHEN X D. Urban ecological footprint analysis: a comparative study between Shenyang in China and Kawasaki in Japan [J]. Journal of cleaner production, 2014, 75(14): 130-142.
- [18] TEIXID6-FIGUERAS J, DURO J A. The building blocks of international ecological footprint inequality: a regression-based decomposition [J]. Ecological economics, 2015, 118: 30-39.
- [19] CHEW C M, AROUA M K, HUSSAIN M A. Evaluation of ultrafiltration and conventional water treatment systems for sustainable development: an industrial scale case study [J]. Journal of cleaner production, 2016, 112: 3152-3163.
- [20] LUZZATI T, GUCCIARDI G. A non-simplistic approach to composite indicators and rankings: an illustration by comparing the sustainability of the EU Countries [J]. Ecological economics, 2015, 113: 25-38.
- [21] MICCOLUCCI V, GALLI A, REED A. Towards a 3D national ecological footprint geography [J]. Ecological modelling, 2011, 222(16): 2939-2944.
- [22] LEGG R, MOORE J, KISSINGER M, et al. A greenhouse gas emissions inventory and ecological footprint analysis of metro vancouver residents' air travel [J]. Environment and pollution, 2013, 2(4): 123-134.
- [23] LOISEAU E, JUNQUA G, ROUX P. Environmental assessment of a territory: an overview of existing tools and methods [J]. Journal of environmental management, 2012, 112: 213-225.
- [24] SUMAILA U R, WALTERS C. Intergenerational discounting: a new intuitive approach [J]. Ecological economics, 2006, 52(2): 135-142.
- [25] NYBORG K. Project evaluation with democratic decision-making: What does cost-benefit analysis really measure? [J]. Ecological economics, 2014, 106: 124-131.
- [26] ALMANSA C, MARTINES-Paz J M. What weight should be assigned to future environmental impacts? a probabilistic cost benefit analysis using recent advances on discounting [J]. Science of the total environment, 2011, 409(7): 1305-1314.
- [27] HELLE I, AHTIAINEN H, LUOMA E, et al. A probabilistic approach for a cost-benefit analysis of oil spill management under uncertainty: a bayesian network model for the gulf of finland [J]. Journal of environmental management, 2015, 158: 122-132.
- [28] DAVIDSON M D. Zero discounting can compensate future generations for climate damage [J]. Ecological economics, 2014, 105: 40-47.
- [29] TEMPER L, MARTINEZ-ALIER J. The god of the mountain and godavarman: Net present value, indigenous territorial rights and sacredness in a bauxite mining conflict in india [J]. Ecological economics, 2013, 96(8): 79-87.
- [30] LISTYAWATI R N, MEIDIANA C, ANGGRAENI M. Evaluation of

- energy self-sufficient village by means of emergy indices [J].
Procedia environmental sciences, 2014, 20: 30 - 39.
- [31] WINFREY B K, TILLEY D. An emergy-based treatment sustainability index for evaluating waste treatment systems [J].
Journal of cleaner production, 2016, 112: 4485 - 4496.
- [32] 刘轶芳, 佟仁城. 基于能值理论的循环经济投入产出模型的理论探讨 [J]. 管理评论, 2011, 23 (5): 9 - 17. [LIU Yifang, TONG Rencheng. An emergy-theory-based analysis of the input-output model of the circular economy [J]. Management review, 2011, 23 (5): 9 - 17.]
- [33] CHO C J. An exploration of reliable methods of estimating emergy requirements at the regional scale: traditional emergy analysis, regional thermodynamic input-output analysis, or the conservation rule-implicit method [J]. Ecological modelling, 2013, 251: 288 - 296.
- [34] LIU H, XI Y, GUO J, et al. Energy embodied in the international trade of China: an energy input-output analysis [J]. Energy policy, 2010, 38: 3957 - 3964.
- [35] PATTERSON M G. Are all processes equally efficient from an emergy perspective? analysis of ecological and economic networks using matrix algebra methods [J]. Ecological modelling, 2014, 226: 77 - 91.
- [36] 杨灿, 朱玉林, 李明杰. 洞庭湖平原区农业生态系统的能值分析与可持续发展 [J]. 经济地理, 2014, 32 (12): 161 - 166. [YANG Can, ZHU Yulin, LI Mingjie. Economic system emergy analysis and sustainability development of agro-ecosystem of Dongting Lake district in Hunan Province [J]. Economic geography, 2014, 32 (12): 161 - 166.]
- [37] 齐红倩, 席旭文, 高群媛. 中国城镇化发展水平测度及其经济增长效应的时变特征 [J]. 经济学家, 2015, (11): 26 - 34. [QI Hongqian, XI Xuwen, GAO Qunyu. Measurement on the development level of China's urbanization and the time-varying characteristics of the effects of economic growth [J]. Economist, 2015, (11): 26 - 34.]
- [38] 张亚斌, 金培振, 沈裕谋. 两化融合对中国工业环境治理绩效的贡献: 重化工业化阶段的经验证据 [J]. 产业经济研究, 2014, (1): 40 - 50. [ZHANG Yabin, JIN Peizhen, SHEN Yumou. How integration of industrialization and informatization contributes to the performance of environmental governance in chinese industry: empirical evidence from the stage of heavy and chemical industrialization [J]. Industrial economics research, 2014, (1): 40 - 50.]

Logic and development trend of ecological economics

QI Hong-qian^{1,2} WANG Zhi-tao²

(1. Quantitative Research Center of Economics, Jilin University, Changchun Jilin 130012, China;

2. Business College, Jilin University, Changchun Jilin 130012, China)

Abstract Based on a 30-year historical review of ecological economics development, this paper summarizes the core logic of ecological economics development and its trend, starting with the equilibrium and efficiency of economics. Deep thinking is then given on the theory and practice of China's ecological economics. Overall, the logical starting point and regression of ecological economics development all focus on maintaining the equilibrium of human demand and the supply of nature and allocating eco-economic resources. The goal of sustainable development will be achieved finally. Specifically, ecological capacity and ecological cost efficiency analysis respectively belongs to the ecological economic balance and the economic benefit evaluation category under the framework of sustainable development. In light of the unique advantages of index and transformation analysis, energy analysis reflects ecological capacity equilibrium and optimized economic efficiency, which is more realistic and comprehensive. Thus the difference in ideologies and methods among disciplines will be reduced by ecological economy study in the new time. More attention will be paid on diversified integrative development among disciplines. There will be more combination of ecology and economics. In terms of current situation of ecological economy in China, this paper argues that while following logic requirements of sustainable development, more attention should be drawn to the following aspects: ① From macro to micro levels, ecological capacity should be measured on the micro level, and the effect of multidimensional structural factors like medium-long term should be considered. ② From fuzzy evaluation to accurate measurement, the accuracy of ecological cost efficiency assessment will be improved by reasonable distribution of weight coefficient or tuning rate parameters. ③ From interdiscipline to diversified integration, ecological economic studies should gradually break the interdiscipline, and provide systematic solutions for solving the current complex problems by reinforcing the interaction and integration between ecology and economics.

Key words ecological economy; ecological logic; ecological capacity; cost-effectiveness; ecological energy