

基于全产业链视角实施生态资产管理

梁 赛^{1*}, 李雨萌¹, 齐剑川¹, 冯翠洋²

(1.北京师范大学环境学院, 北京 100875; 2.中国石油大学(北京)经济管理学院, 北京 102249)

【摘 要】 生态资产是人类赖以生存的基本条件, 当前研究尚未充分关注人类活动对生态资产的影响。本文从社会经济系统的全产业链视角出发, 探讨产业链不同环节的生产消费活动对生态资产的影响以及所对应的不同政策内涵。分析结果表明, 产业链的不同环节对应不同政策内涵, 识别不同环节上的关键区域/行业能够为不同类型的政策决策指出着力点。初始投入环节的核算服务于人力资本投入行为的调控; 初始生产环节的核算服务于末端控制手段, 包括资源节约与污染物减排; 中间生产环节和末端生产环节的核算服务于提升生产效率的政策手段; 最终消费环节的核算服务于消费行为优化。最终得出应该从全产业链视角实施多环节生态资产管理的结论, 并提出, 为了从全产业链视角实施生态资产管理, 应考虑建立一套标准化、全产业链视角的生态资产需求核算框架, 建设支持全产业链视角核算生态资产需求的基础数据库, 将全产业链视角管理生态资产的思维融入政策决策等建议。

【关键词】 生态资产; 产业链; 投入产出分析; 产业生态

【中图分类号】 F062.1; F124.5

【文献标识码】 A

【文章编号】 1674-6252 (2019) 03-0036-04

【DOI】 10.16868/j.cnki.1674-6252.2019.03.036

1 生态资产及其重要性

人类的社会经济系统是生态系统的一个子系统^[1], 生态系统为人类的社会经济活动提供生态系统服务, 能够给人们带来效益的生态系统中的各种要素(如森林、湿地、草地等)通常称为生态资产(ecological assets)^[2]。生态资产包括自然资源供给(如水资源、矿物质、生物质等), 也包括生态系统服务(如空气净化、水土保持、固碳等)^[3]。

生态资产是人类赖以生存的基本条件^[4]。开展生态资产核算, 并分析人类社会经济活动对生态资产的影响, 能够为生态资产管理提供科学依据。现有研究多关注生态资产的概念、系统边界界定、生态资产价值量化, 但是尚未充分关注人类社会经济活动对生态资产的影响。本文从社会经济系统的全产业链视角出发, 探讨产业链不同环节的生产/消费活动对生态资产的影响以及所对应的不同政策内涵。

值得一提的是, 本文所讨论的社会经济系统对生态资产的影响, 是指社会经济系统生产消费活动所产生的生态资产需求, 即进入社会经济系统的生态资产流量, 未考虑生态环境中的生态资产存量。

2 产业链路径及其各环节的政策内涵

经济系统由各种产品的产业链组成, 每种产品的产业链可以进一步分解为若干产业链路径。产业链路径由经济部门和部门间的产品交易组成, 其刻画起始环节与最终环

节是如何在产业链上通过部门和产品交易一步一步关联起来的^[5]。依据产业链路径的分解原理, 只有产业链路径的初始生产环节会产生生态资产需求, 其他环节不会产生生态资产需求^[5,6]。图1给出了一个概念化的产业链路径的例子。该产业链路径包括五个环节: 初始投入、初始生产、中间生产、末端生产、最终消费。

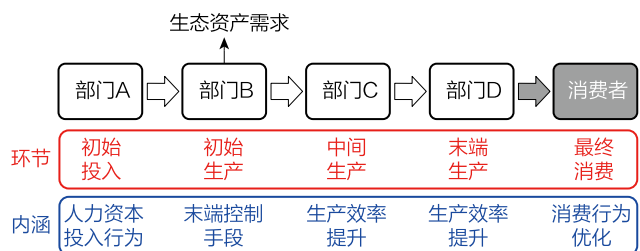


图1 社会经济系统中典型产业链路径的示意图及其政策内涵

初始投入环节是人力和资本投入的环节。人力和资本是生产所需的两个基本要素, 这两个要素的投入推动产业链路径下游的生产消费活动。初始投入环节通过人力和资本的投入, 间接推动下游的生产消费活动及其生态资产需求^[7,8]。通过调整初始投入环节的人力 and 资本投入行为, 可以影响整个产业链路径下游的生产消费活动及其生态资产需求。潜在的政策手段包括调整企业的贷款利率或者补贴率, 从而影响人力和资本的投入结构^[9,10]。

初始生产环节是产品生产链的第一个环节, 也是产业链路径中产生生态资产需求的唯一环节。通过调整初始生

资助项目: 国家自然科学基金面上项目“磷循环网络稳健性的演化规律及管理策略研究”(71874014), 国家自然科学基金创新研究群体项目“流域水环境、水生态与综合管理”(51721093), 中央高校基本科研业务费专项资金资助(2018EYT09)。

作者简介: 梁赛(1984—), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事环境系统分析与政策优化方面的研究, E-mail: liang sai@bnu.edu.cn; liang sai09@gmail.com。

产环节的生态资产使用效率,可以减少整个产业链路径的生态资产需求。潜在的政策手段包括实施清洁生产来促进企业提高其生态资产利用效率、在设立行业准入门槛时考虑其生态资产使用效率、逐步淘汰生态资产使用效率差的生产工艺^[11,12]。

中间生产环节和末端生产环节是产品生产链的后续环节。中间生产环节是指除初始生产环节和末端生产环节之外的产品生产链的各个生产环节,其可以进一步分解为一次中间生产、二次中间生产、三次中间生产等。某一中间生产环节利用上游环节提供的生产材料开展生产活动,将生产的产品提供给下游生产环节进行进一步加工生产^[6]。末端生产环节是产品生产链的最后一个环节,其生产的产品都是成品,其产品直接被最终消费者购买使用(本文的最终消费者包括居民家庭、政府、固定资本形成、库存变化和出口)^[12,13]。中间生产环节和末端生产环节通过使用上游的物质材料,间接驱动上游的生产活动及其生态资产需求。通过提高中间生产环节和末端生产环节的生产效率,即使使用更少的上游物质材料来生产单位产品,可以间接减少上游的生态资产需求^[6,12-14]。潜在的政策手段包括通过政府补贴、税收优惠等手段,鼓励企业采用高效的生产技术和管理模式。

最终消费环节(包括居民家庭消费、政府消费、固定资本形成、库存变化和出口)是产业链路径的最后一个环节,是资源和产品经过一系列加工转换、循环利用之后在社会经济系统中的最终归宿。最终消费环节的消费者通过购买末端生产环节的产品,间接驱动上游的生产活动及其生态资产需求^[15,16]。通过调节最终消费环节的消费行为(如倡导绿色消费),可以间接减少上游的生态资产需求。潜在的政策手段包括建立消费品的生态资产足迹认证机制,核算消费品的生态资产足迹并进行分级认证,既可以使消费者知晓各种消费品的生态资产足迹,也可以为政府的消费税率调节和补贴政策提供参考^[12,17,18]。同时,加强绿色消费理念的宣传教育,鼓励消费者购买生态资产足迹较小的产品。

从上述分析可以看出,产业链路径的不同环节对应不同的政策内涵,识别不同环节上的重要主体(如区域、部门、产品和技术)能够为不同类型的政策决策指出着力点。初始投入环节的核算服务于人力资本投入行为的调控;初始生产环节的核算服务于末端控制手段,包括资源节约与污染物减排;中间生产环节和末端生产环节的核算服务于提升生产效率的政策手段;最终消费环节的核算服务于消费行为优化。

3 基于产业链路径的多种核算视角

产业链路径各环节的生态资产需求核算通常基于环境投入产出模型^[19],如图2所示。环境投入产出模型由两部分构成:价值型投入产出表和生态资产需求账户。

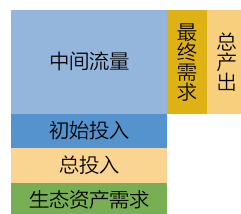


图2 环境投入产出模型的概念框架

价值型投入产出表刻画经济系统的初始投入(主要是人力和资本)、中间投入、中间需求和最终需求,其中间投入—中间需求矩阵(又称为中间流量矩阵)刻画产品在经济部门间的交易情况^[20]。价值型投入产出表存在行平衡和列平衡。对于某一经济部门,其中间需求与最终需求之和,等于该部门的总产出;其中间投入与初始投入之和,等于该部门的总投入。

依据价值型投入产出表的行平衡,可以构建 Leontief 投入产出模型(公式1),反映最终需求与总产出之间的关系,认为最终需求驱动上游生产^[20]。依据价值型投入产出表的列平衡,可以构建 Ghosh 投入产出模型(公式2),反映初始投入与总投入之间的关系,认为初始投入推动下游生产^[20]。

$$x = (I - A)^{-1}y \quad (1)$$

$$x' = v(I - B)^{-1} \quad (2)$$

式中,列向量 x 和 y 分别代表各个行业的总产出/总投入和最终需求;行向量 v 代表各个行业的初始投入; I 代表单位矩阵(即对角线元素为1,其余元素为0); A 代表直接投入系数矩阵; B 代表直接产出系数矩阵;符号“ $'$ ”表示将向量或者矩阵进行转置运算。矩阵 $(I - A)^{-1}$ 通常被称为 Leontief 逆矩阵,反映某部门单位最终需求所直接和间接导致的经济系统各个部门的产出;矩阵 $(I - B)^{-1}$ 通常被称为 Ghosh 逆矩阵,反映某部门单位初始投入所直接和间接导致的经济系统各个部门的产出。

生态资产需求账户属于价值型投入产出表的外部扩展账户,其刻画各个经济部门生产活动所对应的生态资产需求。通常假定生态资产需求账户与价值型投入产出表的总产出之间存在线性关系,并定义生态资产需求强度系数向量 f ,表征各个部门单位总产出/总投入所对应的生态资产需求。

依据公式(1)和公式(2),可以得到 Leontief 环境投入产出模型(公式3)和 Ghosh 环境投入产出模型(公式4)。Leontief 环境投入产出模型,反映最终需求与上游生产及其生态资产需求之间的关系;Ghosh 环境投入产出模型,反映初始投入与下游生产及其生态资产需求之间的关系。

$$c = fx = f(I - A)^{-1}y \quad (3)$$

$$c = x'f' = v(I - B)^{-1}f' \quad (4)$$

如图3所示,初始投入视角核算将整个产业链路径上的生态资产需求分配给初始投入环节的部门;初始生产视角

核算将整个产业链路径上的生态资产需求分配给初始生产环节的部门；中间生产视角核算将整个产业链路径上的生态资产需求分配给中间生产环节的部门；末端生产视角核算将整个产业链路径上的生态资产需求分配给末端生产环节的部门；最终消费视角核算将整个产业链路径上的生态资产需求分配给最终消费环节的部门。

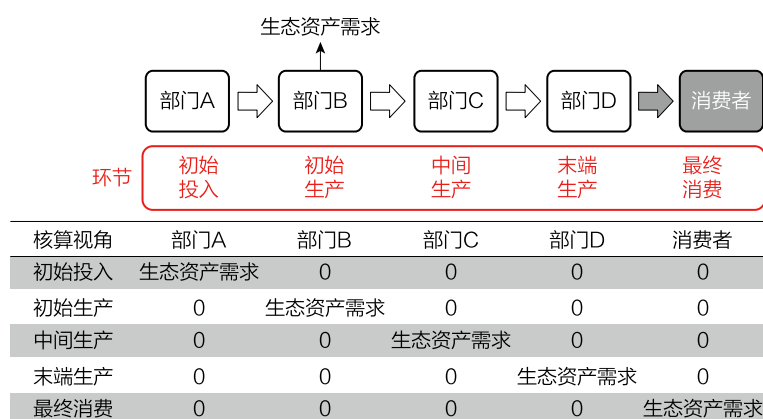


图3 多种核算视角的结果举例

初始投入视角核算的理论基础是初始投入推动下游生产及其生态资产需求，因此，初始投入视角核算基于 Ghosh 环境投入产出模型。初始生产视角核算考察的是各个经济部门的直接生态资产需求，是生态资产流量进入社会经济系统的第一个环节，生态资产需求账户即初始生产视角的核算结果。中间生产、末端生产和最终消费视角核算的理论基础是最终需求驱动上游生产及其生态资产需求，因此，中间生产、末端生产和最终消费视角核算基于 Leontief 环境投入产出模型。

4 我国生态资产管理建议

为了从全产业链视角实施生态资产管理，亟需开展以下三个方面的工作：

(1) 建立一套标准化的、全产业链视角的生态资产需求核算框架

一套标准化的、全产业链视角的生态资产需求核算框架，是实施生态资产管理的基本工具。建立这套框架主要涉及三个方面的内容：统一的系统边界、精确的核算方法、可靠的数据源。①建立统一的系统边界有利于厘清社会经济系统与生态环境系统之间的划分边界与相互关系，对社会经济系统内部的子系统进行准确划分，避免重复核算、漏算，保证多渠道数据口径的统一。②精确的核算方法是获得准确结果的基础，相关的内容包括生态资产需求与生产活动的对应关系、对统计误差的处理、对数据间关系的假设、变量间关系的处理、经济部门分类数量的合理性等。③可靠的数据源是保证核算结果精确的另一个主要因素。某一类统计数据通常可以从多个政府部门、多种统计资料获得，在一些情况下，不同渠道的同一类统计数据之间会

存在差异，主要源于统计口径的差异和统计误差。科学地识别统计口径的差异和统计误差，有利于获得或者处理得到可靠的数据，从而提供与核算方法的系统边界一致的输入数据。对于部分生态资产需求数据，现有统计体系尚无法完全涵盖，这就需要依据文献方法进行估算。估算方法的选择会直接影响估算结果的准确性，建立统一的、标准化的估算方法，有利于增强计算结果的一致性和可比性。

(2) 建设支持全产业链视角核算生态资产需求的基础数据库

生态资产需求数据和经济投入产出数据的收集与处理工作往往需要投入大量的人力、时间和财力，解决这一难题的主要办法是建设一套基础数据库。基于现有的统计体系和统计资料，对核算框架所需要的数据资料进行汇总整理。对于尚缺少的数据，结合常规的国民经济调查和统计工作进行补充收集。依据核算框架的系统边界和数据格式要求，将收集整理的数据资料做成标准化的数据文件并编制成数据库，对研究者和管理者开放，提供统一的、标准化的、便捷的数据获取渠道。

(3) 将全产业链视角管理生态资产的思维融入政策决策

生态资产管理在近些年逐渐受到政策决策者的关注，但是现有的生态资产管理体系仍需进一步完善。当前的政策手段主要关注初始生产视角的生态资产需求和相应的生态资产存量，对产业链路径其他环节的关注尚不充分。通过上文对图1的分析可知，产业链路径上不同环节对应不同的政策内涵，给政策决策者指出不同内涵的决策着力点。因此，针对生态资产保护的政策决策应该关注产业链路径上的各个环节，从全产业链视角识别着力点，针对不同的着力点制定实施不同的政策手段。

产业链路径上的各个环节通过产品交易关联在一起，对某一环节施加的政策干预会通过产品交易的关联关系传递到产业链路径的其他环节^[21]。在对产业链路径上的多个环节同时施加政策干预时，不同政策手段将通过产业链路径产生相互影响，即某一环节的政策手段可能会增强其他某一环节的政策效果（增强效应）或者抵消其他某一环节的政策效果（拮抗效应）^[22, 23]。因此，在进行生态资产保护的政策决策时，政策决策部门要相互协调，识别某一部门政策可能对其他部门政策产生的增强效应或者拮抗效应，增强政策实施效果。

参考文献

- [1] Eurostat. Economy-Wide Material Flow Accounts and Derived Indicators: A Methodological Guide[R]. Luxembourg: European Communities, 2001.
- [2] 欧阳志云, 郑华, 谢高地, 等. 生态资产、生态补偿及生态文明科技贡献核算理论与技术[J]. 生态学报, 2016, 36(22): 7136-7139.

- [3] 高吉喜, 范小杉. 生态资产概念、特点与研究趋向 [J]. 环境科学研究, 2007, 20(5): 137-143.
- [4] 周涛, 王如松. 生态资产管理方法初探 [J]. 生态经济, 2009(10): 263-266.
- [5] LENZEN M. Structural path analysis of ecosystem networks[J]. Ecological modelling, 2007, 200(3-4): 334-342.
- [6] LIANG S, QU S, XU M. Betweenness-based method to identify critical transmission sectors for supply chain environmental pressure mitigation [J]. Environmental science & technology, 2016, 50(3): 1330-1337.
- [7] MARQUES A, RODRIGUES J, DOMINGOS T. International trade and the geographical separation between income and enabled carbon emissions[J]. Ecological economics, 2013, 89: 162-169.
- [8] MARQUES A, RODRIGUES J, LENZEN M, et al. Income-based environmental responsibility[J]. Ecological economics, 2012, 84: 57-65.
- [9] LIANG S, QU S, ZHU Z Q, et al. Income-based greenhouse gas emissions of nations[J]. Environmental science & technology, 2017, 51(1): 346-355.
- [10] LIANG S, WANG H X, QU S, et al. Socioeconomic drivers of greenhouse gas emissions in the United States[J]. Environmental science & technology, 2016, 50(14): 7535-7545.
- [11] HUI M L, WU Q R, WANG S X, et al. Mercury flows in China and global drivers[J]. Environmental science & technology, 2017, 51(1): 222-231.
- [12] LIANG S, WANG Y F, CINNIRELLA S, et al. Atmospheric mercury footprints of nations[J]. Environmental science & technology, 2015, 49(6): 3566-3574.
- [13] LIANG S, WANG Y F, ZHANG C, et al. Final production-based emissions of regions in China[J]. Economic systems research, 2018, 30(1): 18-36.
- [14] LIANG S, FENG Y, XU M. Structure of the global virtual carbon network: revealing important sectors and communities for emission reduction[J]. Journal of industrial ecology, 2015, 19(2): 307-320.
- [15] DAVIS S J, CALDEIRA K. Consumption-based accounting of CO₂ emissions[J]. Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America, 2010, 107(12): 5687-5692.
- [16] PETERS G P. From production-based to consumption-based national emission inventories[J]. Ecological economics, 2008, 65(1): 13-23.
- [17] LIANG S, GUO S, NEWELL J P, et al. Global drivers of Russian timber harvest[J]. Journal of industrial ecology, 2016, 20(3): 515-525.
- [18] LIANG S, STYLIANOU K S, JOLLIET O, et al. Consumption-based human health impacts of primary PM_{2.5}: the hidden burden of international trade[J]. Journal of cleaner production, 2017, 167: 133-139.
- [19] 梁赛, 王亚菲, 徐明, 等. 环境投入产出分析在产业生态学中的应用 [J]. 生态学报, 2016, 36(22): 7217-7227.
- [20] MILLER R E, BLAIR P D. Input-Output Analysis: Foundations and Extensions[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.
- [21] LIANG S, XU M, SUH S, et al. Unintended environmental consequences and co-benefits of economic restructuring[J]. Environmental science & technology, 2013, 47(22): 12894-12902.
- [22] LIANG S, ZHANG T Z. Interactions of energy technology development and new energy exploitation with water technology development in China[J]. Energy, 2011, 36(12): 6960-6966.
- [23] 梁赛, 张天柱. 多种政策对经济-环境系统的综合作用分析 [J]. 中国环境科学, 2014, 34(3): 793-800.

Ecological Assets Management from the Whole Supply Chains Viewpoint

LIANG Sai^{1*}, LI Yumeng¹, QI Jianchuan¹, FENG Cuiyang²

(1. School of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. School of Economics and Management, China University of Petroleum - Beijing, Beijing 102249, China)

Abstract: Ecological assets are essential to human beings. However, impacts of anthropogenic activities on ecological assets have not been well characterized by existing studies. From the viewpoint of whole supply chains in socioeconomic systems, this study analyzes the impacts of anthropogenic activities at various stages of supply chains on ecological assets and discusses corresponding policy implications. We find that different stages of the supply chain path have different policy implications. Identifying critical regions and sectors in each stage of the supply chain path can provide hotspots for different types of policy decisions. The analysis from the primary input viewpoint can guide policy decisions on the optimization of labor and capital input behaviors; the analysis from the initial production viewpoint can help policy decisions on end-of-pipe control such as efficient resource utilization and pollutant removal; the analysis from the intermediate and final production viewpoints can provide hotspots for policy decisions on productivity improvement; and the analysis from the final consumption viewpoint can help the optimization of consumption behaviors. In order to manage ecological assets from the whole supply chains viewpoint, we need to establish a standardized supply-chain-based accounting framework for ecological asserts requirements of socioeconomic systems, construct a database supporting this accounting framework, and take supply-chain-based ecological asserts management into account during policy decision processes.

Keywords: ecological assets; supply chains; input-output analysis; industrial ecology