

DOI: 10.20103/j.stxb.202502110274

汪劲松, 郑华, 石薇. 统计视角下生态产品总值核算框架的设计与论证. 生态学报, 2026, 46(1): 410-425.

Wang J S, Zheng H, Shi W. Design and demonstration of gross ecosystem product accounting framework from a statistical perspective. Acta Ecologica Sinica, 2026, 46(1): 410-425.

## 统计视角下生态产品总值核算框架的设计与论证

汪劲松<sup>1</sup>, 郑 华<sup>2,3</sup>, 石 薇<sup>4,\*</sup>

1 嘉兴大学数据科学学院, 嘉兴 314001

2 中国科学院生态环境研究中心区域与城市生态安全全国重点实验室, 北京 100085

3 中国科学院城市环境研究所, 厦门 361021

4 浙江财经大学数据科学学院, 杭州 310018

**摘要:**生态产品总值(简称 GEP)核算既是推动生态产品价值实现的关键环节,也是践行“绿水青山就是金山银山”理念的重要举措。基于统计视角,系统构建了 GEP 核算的基本框架,并通过案例论证了此框架,指出了其政策应用价值。结果表明:(1)供给表和使用表能够为 GEP 核算提供系统化的技术工具,并清晰呈现生态产品的供给与使用全过程;(2)考虑中间服务的核算框架不仅揭示了区域间生态系统的相互依存关系,更精准测定了各区域的生态“净贡献”,为跨区域生态补偿提供了科学依据;(3)考虑供给潜力的核算框架有效区分了生态产品的实际供给与可持续供给能力,为识别生态超载风险提供了预警工具;(4)三种核算框架的组合应用可满足不同政策场景需求。

**关键词:**生态产品;GEP;供给表;使用表

## Design and demonstration of gross ecosystem product accounting framework from a statistical perspective

WANG Jingsong<sup>1</sup>, ZHENG Hua<sup>2,3</sup>, SHI Wei<sup>4,\*</sup>

1 College of Data Science, Jiaxing University, Jiaxing 314001, China

2 State Key Laboratory of Regional and Urban Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

3 Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361021, China

4 School of Data Sciences, Zhejiang University of Finance & Economics, Hangzhou 310018, China

**Abstract:** The Gross Ecosystem Product (GEP) accounting served as both a crucial step in promoting the realization of ecological products and an important measure for implementing the “lucid waters and lush mountains are invaluable assets” concept. Based on a statistical perspective, this study systematically constructed a theoretical framework for GEP accounting, validated the framework through case studies, and highlighted its policy application value. The study yielded the following key conclusions: (1) The supply and use tables provided systematic technical tools for GEP accounting, enabling clear visualization of the entire production-to-consumption processes of ecological products. (2) The accounting framework incorporating intermediate services not only revealed interregional ecological interdependencies, but also quantified net ecological contributions of individual regions, thereby establishing a scientific basis for transregional ecological compensation. (3) The potential-adjusted accounting framework effectively distinguished between actual ecological supply and sustainable supply capacity, serving as an early warning tool for identifying ecological overload risks.

**基金项目:**国家社科基金一般项目(23BTJ031);国家自然科学基金项目(72349001);全国统计科学研究项目(2024LY056;2024LY052)

**收稿日期:**2025-02-11; **网络出版日期:**2025-09-19

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: shiwei@zufe.edu.cn

(4) The combined application of these three accounting frameworks could address diverse policy scenario requirements.

**Key Words:** eco-products; GEP; supply table; use table

生态产品总值(Gross Ecosystem Product,简称 GEP,又被称为生态系统生产总值)概念的提出,深刻根植于对可持续发展评估需求的迫切认识之中。自 20 世纪 80 年代以来,随着人类社会经济活动的不断扩展,生态环境问题日益凸显,传统的经济核算体系,如国内生产总值(Gross Domestic Product,简称 GDP),在衡量一个国家或地区经济发展成就的同时,却难以全面反映自然生态系统对人类福祉及经济社会可持续发展的支撑作用<sup>[1-2]</sup>。在这一背景下,寻找一种能够更加科学、全面地评估生态系统价值的核算方法显得尤为重要。

2013 年,欧阳志云和朱春全等前瞻性地提出了 GEP 的概念,旨在建立一个与 GDP 相对应且能够衡量生态状况的评估与核算指标<sup>[3-4]</sup>。这一创举不仅弥补了传统经济核算体系的不足,更在实践中获得国家层面的制度响应。党的十八大以来,随着“绿水青山就是金山银山”理念的深化落实,以及国家对生态文明建设的高度重视,GEP 研究从理论探索快速向实践应用转化:在学术层面,学者们围绕 GEP 核算方法<sup>[5-10]</sup>、指标体系构建<sup>[11]</sup>、价值评估理论<sup>[12]</sup>等展开研究,并逐步推动形成多尺度(全国、省域、区域及市域)<sup>[13-17]</sup>的标准化核算框架,以促进核算理论的不完善;在政策层面,《生态文明体制改革总体方案》等文件将 GEP 纳入决策体系,各地开展的省域、区域等试点为理论创新提供了实证基础。2022 年《生态产品总值核算规范(试行)》(以下简称《规范》)<sup>[18]</sup>的颁布,标志着理论研究与国家实践的深度融合,通过统一核算标准既解决了学术争议,又实现了从学术概念到政策工具的“理论—实践”闭环。在此背景下,GEP 核算理论不仅成为了评估生态保护成效的重要工具,还为政府绩效考核、生态补偿标准的确立提供了坚实的理论基础与数据支持。

然而,该规范在具体实施过程中仍面临若干挑战:一方面,现有核算框架对生态系统之间的中间服务流动缺乏系统考量,难以准确反映区域间生态关联性,特别是在跨区域生态补偿实践中,传统 GEP 核算往往忽视生态系统作为“中间生产者”的角色,导致区域生态贡献度被低估或高估;另一方面,当前核算方法未能有效区分生态产品的实际供给与潜在供给能力,在资源超载地区可能产生 GEP 被虚高的风险。为此,本文试图从统计视角阐释生态产品总值的核算理论,并重点解决三个关键问题:(1)如何通过供给表和使用表系统刻画生态产品的生产与使用全过程;(2)如何量化生态系统作为中间生产者对其他区域的支撑作用;(3)如何准确反映受需求影响的 GEP,以显示其与可持续供给能力之间的关系。本文的余下部分安排如下:第二部分明确生态产品总值核算的相关概念,并从统计视角设置生态产品总值的核算指标;第三部分通过对 GEP 核算思路的阐释,分别构建最终服务视角下、考虑中间服务以及考虑供给潜力的 GEP 核算基本框架,并对其核算逻辑进行论证;第四部分通过一个假设的核算案例,编制三种核算框架下的生态产品供给表和生态产品使用表,并以此为基础论证 GEP 的核算框架,指出 GEP 核算结果在政策制定中的应用;第五部分为研究结论及研究展望。

## 1 生态产品总值核算相关概念与核算基础

### 1.1 生态产品及生态产品总值

生态产品是个颇具中国特色的词语,国际上与之含义最接近的概念为生态系统服务<sup>[18]</sup>。根据《环境经济核算体系-生态系统核算》(System of Environmental-Economic Accounting: Ecosystem Accounting,简称 SEEA-EA)<sup>[19]</sup>的定义,生态系统服务是指“生态系统对经济活动和其他人类活动所使用的效益的贡献”,包括供给服务、调节和维持服务、文化服务<sup>[19]</sup>。这一概念明确了生态系统服务的三个核心特征:(1)生态系统服务必须由生态系统产生;(2)生态系统服务是对效益的贡献,而效益则是人类和社会最终使用和享受的商品和服务<sup>[19]</sup>; (3)在大多情况下,生态系统服务将与劳动力和生产资本等其他投入结合共同产生效益。相比之下,生态产品则更为强调对人类的直接作用,被定义为:生态系统为经济活动和其他人类活动提供且被使用的最终

产品,包括物质供给、调节服务和文化服务三类<sup>[18]</sup>。由此可见,生态产品同生态系统服务的最大差别在于,前者仅指直接作用于经济活动和其他人类活动的最终产品和服务,而后者也包含间接作用于经济活动和其他人类活动的中间产品和服务。而“中间”和“最终”的差别则体现在:生态系统内部和不同生态系统之间的流量为中间产品,而生态系统对经济生产和其他人类活动提供的则被视为最终产品<sup>[19]</sup>。

生态产品总值是指一定行政区域内各类生态系统在核算期内提供的所有生态产品的货币价值之和,并将生态产品限定为生态系统最终服务,包括物质供给、调节服务和文化服务三类<sup>[18]</sup>。自生态产品总值核算的概念提出之后,学者们纷纷对其理论内涵进行探讨,并大致形成了两种基本观点:一是认为由于生态产品大致等同于生态系统最终服务,因此可沿用生态系统服务价值评估的方法与思路计算生态产品价值,将其汇总便可得到生态产品总值<sup>[15,20]</sup>;二是可以借鉴 GDP 的核算思路来计算 GEP,并采用国民经济核算中最终产品这一概念来限定生态产品的核算范围,包括具有最终生态产品性质的供应服务、调节服务和文化服务<sup>[4,10,17]</sup>。但需要注意的是,由于生态产品同生态系统服务一样,指的是对“最终被使用的货物和服务”的贡献,因此对生态产品的价值测度应着重于测度其贡献的价值,而非“货物和服务”本身。同时,生态产品也并非只是字面意义上的具有物质形态的实物产品,而应是具有物质和非物质两种形态。为了防止“产品”二字给读者造成物质形态的假象,高敏雪也建议将生态产品称为生态系统供应品和服务<sup>[9]</sup>。

### 1.2 统计视角下的生态产品总值核算指标设置

生态产品总值核算指标设置的本质是对不同类型的生态产品进行统计测度。国际上普遍采用的生态系统服务分类框架,如国际生态系统服务通用分类(Common International Classification of Ecosystem Services,简称 CICES)、国家生态系统服务分类系统(National Ecosystem Service Classification System,简称 NESCS)及 SEEA-EA 的分类体系等,为生态产品指标的设置提供了理论基础<sup>[19,21-24]</sup>。这些分类体系大致将生态产品划分为供给服务、调节服务和文化服务三大类,并进一步细分为具体的服务类型,如食物供给、水源涵养、气候调节等。我国在生态产品总值核算实践中,充分吸收了国际经验,并结合国情特点,形成了具有中国特色的“生态系统类型—服务类型”二维指标架构。这一架构在横向维度上按照生态产品的功能类型划分指标,在纵向维度上则根据不同生态系统(如森林、湿地、农田等)的特征设置差异化核算指标,从而实现对各类生态系统提供的生态产品的全面统计和核算。

在统计视角下,可以进一步追踪生态产品从自然生态系统到经济系统的完整转移路径,建立从“供应”到“使用”的统计关系,以反映人类活动对生态产品的实际使用情况。因此,本文构建了由“供应者(生态系统)-生态产品(服务流)-使用者(经济系统)”组成的三层递进式生态产品统计核算体系(分类及编码方式如图 1 所示)<sup>[25]</sup>,根据生态产品的来源和流向对生态产品进行分类。其优势在于可以区分供给者和使用者,以便厘清生态产品的供应路径,为生态补偿或生态产品价值实现提供依据。

三层递进式生态产品统计核算体系的第一层为生态产品的供应者(生态系统),第二层为生态产品类型(生态产品服务流),第三层为生态产品的使用者(经济系统中的受益者)。从供应者到使用者的每一个链条,都代表了一类特定的生态产品。也就是说,具体的生态产品的类别是由生态产品供应者、生态产品、使用者三个部分构成的,如此,便要先分别探讨供应者类别、生态产品类别和使用者类别。

#### 1.2.1 生态产品供应者类别

生态产品的供应者就是生态产品的提供者,即生态系统。根据《规范》、《土地利用现状分类》(GB/T 21010—2017)及全国国土调查中的地类认定方法,我国生态系统类型数据主要依托以下两类基础数据融合构

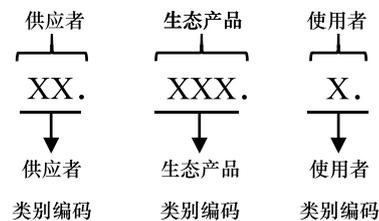


图 1 生态产品类别及编码

Fig.1 Category and code of ecological products

建:一是根据全国国土调查数据;二是根据土地利用/覆被遥感数据。本文基于功能主导、分级管控原则,将一级生态系统划分为以下7类:森林生态系统、草地生态系统、农田生态系统、湿地生态系统、荒漠生态系统、城市生态系统和海洋生态系统。具体二级类的划分需结合区域特征进一步细化。

### 1.2.2 生态产品核算指标

本文在遵循《规范》基本分类框架的前提下,借鉴了 CICES、NESCO 等国际主流分类体系的核心要素,对一些常见的生态产品进行了系统划分,最终确立了包含3个一级类别和17个二级类别的层级化分类体系(如表1所示)。

值得注意的是,某些生态产品,既可以是最终生态产品,也可以是中间生态产品,例如表1中的水源涵养服务和授粉。该生态产品具体应属于最终生态产品还是中间生态产品,主要是取决于受益者。若受益者为经济单位,则为最终生态产品;若受益者为生态系统,则为中间生态产品。此外,表1中罗列的生态产品二级分类并不完善,例如还有降低噪声、疾病控制服务等,此处优先列出了较为重要的部分,使用时可以根据当地实际情况进行增补。

### 1.2.3 生态产品使用者类别

生态产品的使用者为经济单位,结合其经济属性和使用特征,本文将生态产品使用者划分为三大核心部门,分别是企业部门(编码1)、政府部门(编码2)和住户部门(编码3)。其中,企业部门作为市场化使用者,涵盖从事生产经营活动的各类法人单位,包括农业企业(如林场、渔场)、工业企业(如水资源利用企业)、服务业企业(如生态旅游公司)等,其对生态产品的使用可看作是一种投入,具有明确的商业目的,能够通过市场机制实现价值转化。有的生态产品具有非排他性和非竞争性特征,其受益者可能是整个社会(例如固碳服务),这时可由政府作为公共部门使用者,代表社会(个人、家庭和全球企业)共同使用。生态产品供应者、生态产品指标、生态产品使用者的对应关系如表1所示。

表1 各类生态系统主要核算指标及使用者情况

Table 1 Classification system of ecological products

一级分类 First class classification		二级分类 Secondary classification		供应者 Provider							使用者 User			
编码 Code	名称 Name	编码 Code	名称 Name	For	Gra	Cro	Wet	Des	Urb	Oce	Ent	Gov	Hou	
1	物质供给 BP	101	作物供应			√			√		√		√	
		102	牧草供应		√							√		√
		103	牲畜供应		√	√						√		√
		104	水产品供应				√				√	√		√
		105	木材供应	√								√		√
		106	遗传物质供应	√	√	√	√	√			√	√		√
2	调节服务 RS	201	空气净化	√	√	√	√		√		√		√	
		202	水质净化				√		√	√	√			√
		203	土壤保持	√	√	√	√	√	√			√		√
		204	固碳服务	√	√	√	√	√	√	√			√	
		205	洪水调蓄	√	√	√	√		√			√	√	√
		206	水源涵养	√	√	√	√	√	√	√		√		√
		207	局部气候调节	√	√	√	√	√	√	√	√	√		√
		208	授粉服务	√	√	√	√		√			√		√
3	文化服务 CS	301	旅游康养服务	√	√	√	√	√	√	√			√	
		302	休闲游憩服务						√					√
		303	景观增值服务						√		√			√

BP: 物质供给 Biomass provisioning; RS: 调节服务 Regulating services; CS: 文化服务 Cultural services; Ent: 企业 Enterprise; Gov: 政府 Government; Hou: 住户 Household; For: 森林 Forest; Gra: 草地 Grassland; Cro: 农田 Cropland; Wet: 湿地 Wetland; Des: 荒漠 Desert; Urb: 城市 Urban; Oce: 海洋 Ocean

## 2 统计视角下生态产品总值核算的基本框架

### 2.1 生态产品总值核算的基本思路

根据已有核算规范,GEP 取决于特定时期某区域生态系统为经济生产和人类其他活动提供的各类最终生态产品数量及其单位价格,二者乘积的汇总便构成了生态产品总值<sup>[9,14]</sup>。每一类生态产品都代表了生态系统资产和经济单位之间的流动,其衡量的重点是生态系统与经济单位之间的直接联系。然而,生态产品作为连接自然生态系统与人类经济系统的关键纽带,其价值核算结果还需同时反映生态系统的供给能力和人类活动的需求特征。因此,可以借鉴 GDP 的核算思路,构建生态产品供给表和生态产品使用表,以形成一套“供给-使用”双向平衡的生态产品总值核算框架:一是能够显示 GEP 背后的核算逻辑,并在总量基础上赋予 GEP 以不同的结构特征;二是可以提供丰富的信息,为生态产品价值实现、绩效考核等提供数据基础<sup>[9]</sup>。沿着供给方向,其核算重点在于根据总产出和中间投入计算生态产品的增加值;沿着使用方向,其核算重点在于根据最终产品的使用去向,计算用于经济生产和其他人类活动的生态产品价值。

根据 SEEA-EA 中的生态系统服务供给表和使用表,生态产品供给表和使用表的基本形式如表 2 所示。

表 2 生态产品供给表和使用表的基本形式

Table 2 The basic form of the supply and use tables of ecological products

生态产品类别 Ecological product categories	计量单位 Unit	经济单位(使用者) Economic unit (User)					生态系统(供给者) Ecosystem (Provider)				
		Ent	Gov	Hou	For	Gra	Cro	Wet	Des	Urb	Oce
供给 Supply											
物质供给 BP			—							区域 I	
调节服务 RS											
文化服务 CS											
使用 Use											
物质供给 BP				区域 II							—
调节服务 RS											
文化服务 CS											

“—”符号代表该单元格/区域数据不适用,无需填写;资料来源:根据 UN(2021)<sup>[19]</sup>修改得到

供给表记录了由不同生态系统提供的不同生态产品流量(表中区域 I),使用表则记录了经济单位对生态产品的使用情况(表中区域 II)。对于每项生态产品,无论是实物量核算表还是价值量核算表,总供给量必须等于总使用量(有些生态产品可能有多个供给方,有些生态产品可能有多个使用方,但都要遵循总供给量等于总使用量的基本原则)。每项生态产品的流量均应使用合适的计量单位进行记录,且用于记录供给量的单位需要和记录使用量的单位相同。常见的计量单位包括吨、立方米、访问次数、元等。

上文构建的三层递进式生态产品统计核算体系正好能够与生态产品供给使用表相对应。对于每一项生态产品而言(编码为 XX.XXX.X),第一层级(XX)和第三层级(X)分别对应供给表和使用表的纵栏标题——供应者和使用者,第二层级(XXX)对应供给表和使用表的横行标题——生态产品。基于供给表和使用表的基本形式,可以构建更为详细的生态产品供给表和生态产品使用表。

### 2.2 最终服务视角下 GEP 核算基本框架

#### 2.2.1 供给表和使用表设计

基于 GEP 核算概念,可以构建最终服务视角下的生态产品供给表和使用表。其中,供给表(表 3)能够显示生态产品的来源。一种生态产品可供使用的数量,要么来自于区域内生态系统生产,要么来自于区域外生态系统生产(进口)。供给表既可以是实物量形式,也可以是价值量形式,其中实物量形式的只能横向相加。

表 3 最终服务视角下的生态产品供给表基本表式

Table 3 Ecological product supply table basic table

生态产品类别 Ecological product categories	区域内产生量 Regional generation							区域外流入 External inflow	总供给 Total supply
	For	Gra	Cro	Wet	Des	Urb	Oce		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
物质供给 BP									
调节服务 RS									
文化服务 CS									

表中序号(1)(2)……依次对应表的第 1 列、第 2 列……,文中将直接以该序号指代表中对应列,便于梳理

供给表的横行标题为生态产品类别,纵栏标题为生态产品的来源。生态产品的来源分别为区域内的生态系统(区域内产生量,表中第 2—8 栏),或者是区域外的生态系统(区域外流入,表中第 9 栏)。上文所构建的三层递进式生态产品统计核算体系可以同生态产品供给表相对应。对于每一项生态产品而言(编码为 XX.XXX.X),第一层级(XX)对应供给表的纵栏标题——生态产品供应者,第二层级(XXX)对应供给表的横行标题——生态产品类别。生态产品的总供给由两部分组成:一是区域内产生的生态产品,二是从区域外流入的生态产品。

表 4 能够显示生态产品使用的结构特征,记录各类经济单位对不同生态产品的利用情况。就每项生态产品而言,在核算期内,对计入供给表核算范围的生态产品,其使用必定用于区域内最终使用,以及对其他区域流出(出口)。表 4 所记录的总供给量必须等于表 3 所记录的总使用量。

表 4 最终服务视角下的生态产品使用表基本表式

Table 4 Ecological product use table basic table considering the final service

生态产品类别 Ecological product categories	区域内最终使用 Final regional use						对其他区域流出 Extra-regional outflow			总使用 Total use
	本地生产 LP			流入本地 ILS						
	Ent	Gov	Hou	Ent	Gov	Hou	Ent	Gov	Hou	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
物质供给 BP										
调节服务 RS										
文化服务 CS										

LP:本地生产 Local production;ILS:流入本地 Inflow to local systems

使用表的横行标题为生态产品类别,纵栏标题显示了生态产品的使用去向。生态产品的使用去向主要有两类:第一类为区域内最终使用,主要指流向区域内经济单位的生态产品,反映了区域内经济单位对本区域和区域外生态产品的使用情况,包括区域内生态系统产生并流向本区域经济单位的生态产品(表中第 2—4 栏),以及区域外生态系统产生流入本地经济单位的生态产品(表中第 5—7 栏);第二类为流向其他区域的生态产品(表中第 8—10 栏),反映了区域外经济单位对本区域生态产品的使用情况。使用表的建立表明了生态产品和使用者的关系,并能同生态产品统计核算体系中后两个层级——“生态产品”“使用者”相匹配,有助于将生态产品的核算数据直接匹配到生态产品的使用表中。

### 2.2.2 基于供给使用表的 GEP 核算逻辑

将供给表和使用表联系起来,就能够厘清生态产品总值的核算逻辑。供给表和使用表联系的关键之处在于供给表和使用表的横向合计相等。也就是说,对于每一类生态产品而言,其供给量恒等于使用量。由此可以得到如下恒等式:

$$\text{生态产品总供给} = \text{生态产品总使用} \quad (1)$$

根据表 3 和表 4 展开可得:

$$\text{区域内产生量} + \text{区域外流入} = \text{区域内最终使用(本地生产)} + \text{区域内最终使用(流入本地)} + \text{对其他区域流出} \quad (2)$$

由于供给表中的区域外流入等同于使用表中的区域内最终使用(流入本地),因此可得 GEP 的核算逻辑

辑为:

$$\text{GEP} = \text{区域内产生量} = \text{区域内最终使用(本地生产)} + \text{对其他区域流出} \quad (3)$$

### 2.3 考虑中间服务的 GEP 核算基本框架

从统计视角来看,最终生态产品价值呈现显著的流量依赖特征——其价值量不仅由最终生态产品的数量和价格的乘积决定,更受到中间服务流量的级联调控。例如在“草地-农田”生态梯度中,草地生态系统通过维持传粉者生物多样性(如野生昆虫、蜂类、蝶类)及其迁移能力,形成授粉服务流。毗邻农田生态系统接收该服务流后,作物授粉成功率提升,直接驱动物质供给服务(如粮食产量)的价值增值。此时,授粉作为重要的中间服务,能够支撑农田生态系统的物质供应。这种生态功能耦合体现了生态系统服务在异质景观中的跨系统流动特征,突显出中间服务作为“生态基础设施”对生态系统最终服务的支撑作用。因此,若中间服务能够显著影响最终生态产品的产生,那么也可以将该中间服务流量纳入价值传递链条进行量化。如此,既可避免因忽略中间服务而导致的生态产品价值低估或高估,全面体现各个生态系统的贡献,又能预警中间服务衰减引发的最终服务塌缩风险(如传粉者减少诱发农业减产),从而为生态补偿标准制定提供更精准的计量基础。

因此,考虑到中间服务可能对生态系统供应生态产品的能力至关重要,本文尝试从统计视角,采用 GDP 核算中增加值的计算思路,测度生态系统对生态产品的“净贡献”。在 GDP 核算中,增加值被定义为总产出扣除外部中间投入后的新增价值,其核心在于剥离外部中间产品对生产过程的贡献(如企业外购原材料),聚焦内生价值创造。类推到 GEP 核算中,中间投入则特指跨区域流入的中间服务流(如上游森林的水源涵养服务对下游农田的灌溉支持)。本文参考高敏雪<sup>[9]</sup>,借助供给表和使用表这一核算工具,系统解构生态产品从“自然供给—服务传递—经济单位使用”的全链条路径,从统计视角来展示 GEP 的核算结果:一方面可以量化多层次的生态产品的来源,解析生态系统生产能力及其对最终生态产品的潜在贡献,揭示生态系统的重要性,为生态保护决策提供科学依据;另一方面能够反映多层次的生态产品的去向,追踪生态产品在自然生态系统到社会经济系统中的利用路径和受益对象,为生态补偿、生态产品交易提供价格依据。

#### 2.3.1 考虑中间服务的供给表设计

表 5 为考虑了中间服务的生态产品供给表。为了不对表 3 和表 4 中已有生态产品类别产生影响,本文在生态产品类别下单列了中间服务一栏。此外,对区域外流入的生态产品进行了划分,将其分为最终使用和中间使用,其划分依据为:流向经济单位的为最终使用的生态产品,流向生态系统的为中间使用的生态产品,而不论生态系统是在区域外还是区域内。根据该表,总供给量既包括最终生态产品也包括中间服务。

表 5 考虑中间服务的生态产品供给表基本表式

Table 5 Ecological product supply table basic table considering the final service

生态产品类别 Ecological product categories	区域内产生量 Regional generation							区域外流入 External inflow		总供给 Total supply
	For	Gra	Cro	Wet	Des	Urb	Oce	最终使用 FU	中间使用 IU	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
物质供给 BP									-	
调节服务 RS									-	
文化服务 CS									-	
中间服务 IS								-		

IS:中间服务 Intermediate service;FU:最终使用 Final use;IU:中间使用 Intermediate use

生态产品的来源由两部分组成:一是区域内的生态系统(区域内产生量,表中第 2—8 栏);二是区域外的生态系统(区域外流入,表中第 9—10 栏)。其核算范围既包括身为最终产品的物质供给、调节服务和文化服务,也包括中间服务。

#### 2.3.2 考虑中间服务的使用表设计

表 6 为考虑了中间服务的生态产品使用表。根据该表,生态产品的使用去向主要有三类:第一类主要是

来自于区域外并作为本地生态系统的中间使用(第 2—8 栏,本表并未刻画区域内生态系统之间的生态产品流);第二类为区域内最终使用,主要指流向区域内经济单位的生态产品,包括区域内生态系统产生并流向本区域经济单位的生态产品(第 9 栏),以及区域外生态系统产生的流入本地经济单位的生态产品(第 10 栏);第三类为对其他区域流出,既包括流向其他区域生态系统的中间生态产品(第 11 栏),也包括流向其他区域经济单位的最终生态产品(第 12 栏)。其中,前两类的使用去向为区域内,反映了区域内经济单位和生态系统对本区域和区域外生态产品的使用情况;第三类的使用去向为区域外,反映了区域外经济单位和生态系统对本区域生态产品的使用情况。

表 6 考虑中间服务的生态产品使用表基本表式

Table 6 Ecological product use table basic table considering the intermediate service

生态产品类 Ecological product categories	中间使用(区域外流入) Intermediate use (External inflow)							区域内最终使用 Final regional use		对其他区域流出 Extra-regional outflow		总使用 Total use
	For	Gra	Cro	Wet	Des	Urb	Oce	本地生产	流入本地	中间使用	最终使用	
								LP	IIS	IU	FU	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
物质供给 BP	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
调节服务 RS	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
文化服务 CS	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
中间服务 IS	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

在考虑中间服务的使用表中,最重要的核算内容应为区域内经济单位对生态产品的总使用情况,反映在表 6 的第 9 栏和第 10 栏中,其使用去向可进一步划分为企业、政府和住户,以了解不同类型经济单位对生态产品的使用情况。

### 2.3.3 考虑中间服务的 GEP 核算逻辑

根据供给和使用的恒等关系,将式 1 按照表 5 和表 6 中的内容展开可得:

$$\text{区域内产生量} + \text{区域外流入} = \text{中间使用} + \text{区域内最终使用} + \text{对其他区域流出} \quad (4)$$

将式 4 进行移项处理得到式 5:

$$\text{区域内产生量} - \text{中间使用} = \text{区域内最终使用} + \text{对其他区域流出} - \text{区域外流入} \quad (5)$$

式 5 即显示出了考虑中间服务的 GEP 核算基本框架。等式左边体现出了 GDP 核算中生产法的核算思路,等式右边体现出了 GDP 核算中使用法的核算思路<sup>[9]</sup>。从理论上讲,两种方法都能用于 GEP 核算,为此,本文将式 5 右边进行扩展,得到式 6:

$$\text{区域内产生量} - \text{中间使用} =$$

$$\text{区域内最终使用(本地生产)} + \text{区域内最终使用(流入本地)} + \text{对其他区域流出(中间使用)} + \text{对其他区域流出(最终使用)} - \text{区域外流入(中间使用)} - \text{区域外流入(最终使用)} \quad (6)$$

其中,区域内最终使用(流入本地)和区域外流入(最终使用)相等,区域内最终使用(本地生产)加上对其他区域流出(最终使用)为区域内生产的最终生态产品,对其他区域流出(中间使用)减去区域外流入(中间使用)的差值为区域间中间服务出口减去进口差额(中间服务净出口),因而,式 6 可变形为:

$$\text{区域内产生量} - \text{中间使用} = \text{区域内生产的最终生态产品} + \text{中间服务净出口} \quad (7)$$

式 7 显示了 GEP 的核算逻辑。从供给端来看,GEP 等于区域内产生量减去区域内的中间使用;从使用端来看,GEP 等于区域内生产的最终生态产品加上中间服务净出口。但是需要注意的是,纳入核算范围的中间服务必须是对最终生态产品的产生有帮助的服务。例如授粉服务能够提高作物供给服务的能力,就可将授粉服务纳入中间服务的核算范围。

### 2.4 考虑供给潜力的 GEP 核算基本框架

生态系统提供生态产品的能力(与需求无关)被称为生态产品潜力或生态产品潜在供给<sup>[26—27]</sup>。当生态

产品潜力与生态产品需求相互作用并导致生态产品的实际使用时,就会产生生态产品的实际流量。上述内容中的 GEP 核算框架正是基于生态产品的实际流量,来反映生态系统对生态产品的供给情况,以及经济活动对生态产品的使用情况。然而,基于实际流量的生态产品供给使用表虽能反映生态产品的短期供需动态,却难以客观评估生态系统的供给能力及其可持续性。其原因主要有两点:一是需求依赖型服务(如水质净化、空气净化)的实际流量易受需求波动影响,如果对生态产品的需求较低,则生态产品的实际流量也较低,那么根据供给使用表计算的 GEP 就会较低。例如在工业衰退地区,由于污染排放减少,湿地净化服务的实际流量会减少,但其生态系统的潜在净化能力并未下降。二是对物质供给及吸收类调节服务(如水质净化、空气净化和固碳服务),实际流量可能因超额需求而突破生态阈值<sup>[26]</sup>,虚增 GEP 的同时掩盖生态系统退化风险。例如草原过度放牧虽能提高当期牧草供给价值,却会导致草场退化与未来生产力衰竭。

为解决上述问题,可以生态产品潜力为核心,构建基于生态产品潜力的供给使用表。生态产品潜力是指生态系统在自然状态下的最大可持续供给能力,其大小由土地利用/覆被类型及其初始状况决定。通过量化潜力与实际流量的差额,便可诊断生态产品利用的可持续性。

对于物质供给及吸收类的生态产品,潜力为生态系统在再生周期内的最大可持续供给量,可以通过考查生态系统的再生速率和净化速度来确定这个可持续性的阈值。当实际流量高于供给潜力时,就会出现对生态产品的过度使用,并可能导致生态系统退化。而对于其他生态产品而言,生态产品的实际流量不会高于生态产品潜力。此时可根据生态系统的初始状况判断各类生态产品潜力的大小。对生态产品的需求有时可能会高于生态产品潜力,在这种情况下,就会产生未被满足的需求。但是无论如何,生态产品的实际流量不会影响生态系统的初始状况,也不会改变生态产品潜力的大小。

在此背景下,为了更好地评估生态系统产生生态产品的能力,让 GEP 真正作为 GDP 的辅助指标以评价区域发展业绩,那么可以采用生态产品潜力这个指标替代生态产品供给表中的实际流量,进而将生态产品潜力同实际流量的差额作为未利用流量记录在使用表中,如表 7 和表 8 所示。

表 7 考虑供给潜力的生态产品供给表基本表式

Table 7 Ecological product supply table basic table considering the supply potential

生态产品类别 Ecological product categories	区域内生态产品潜力 Regional eco-product potential							区域外流入 External inflow		总供给 Total supply
	For	Gra	Cro	Wet	Des	Urb	Oce	最终使用 FU	中间使用 IU	
	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
物质供给 BP									—	
调节服务 RS									—	
文化服务 CS									—	
中间服务 IS								—		

表 8 考虑供给潜力的生态产品使用表基本表式

Table 8 Ecological product use table basic table considering the supply potential

生态产品类别 Ecological product categories	中间使用(区域外流入) Intermediate use (External inflow)							区域内最终使用 Final regional use		对其他区域流出 Extra-regional Outflow		未利用量 Unutilized	总使用 Total use
	For	Gra	Cro	Wet	Des	Urb	Oce	本地生产 LP	流入本地 ILS	中间使用 IU	最终使用 FU		
	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(5)	(6)	(7)	(8)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
物质供给 BP	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
调节服务 RS	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
文化服务 CS	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
中间服务 IS	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 7 的供给表中,区域内产生量被替换为区域内生态产品潜力,以展示区域生态系统产生生态产品的实际能力,反映生态系统状况。表 8 中的未利用量即为区域生态产品潜力与生态产品实际流量之间的差额。若此差额为正数,则表明生态产品未被超额利用;若此差额为负数,则表明人类活动的需求量已经超出了生态产品潜力,可能会造成生态系统的破坏。因此,未利用量的大小和符号均可作为 GEP 核算的辅助说明,并提供生态系统可能退化的依据。由此,可以得到考虑供给潜力的 GEP 核算方法,即:

$$\text{区域内生态产品潜力} - \text{中间使用} = \text{区域内生产的最终生态产品} + \text{中间服务净出口} + \text{未利用量} \quad (8)$$

### 3 GEP 核算框架的论证与应用

#### 3.1 统计视角下的 GEP 核算框架论证

为了更为清晰的展示上述内容所论述的 GEP 核算框架及核算逻辑,本部分给出了一个假设的核算案例。假设有两个区域,两个区域内部和两个区域之间的生态产品流向及大小如图 2 所示。

为了简便起见,我们假设每个区域仅有一个森林生态系统,区域 1 为森林生态系统 A,区域 2 为森林生态系统 B。森林生态系统 A 产生空气净化服务共 300 单位,其中流向本区域住户部门 250 单位,流向区域 2 住户部门 50 单位;作物供给服务 380 单位,全部流向本区域企业部门。森林生态系统 B 产生空气净化服务 80 单位,全部流向本区域住户部门;作物供给服务 130 单位,其中流向本区域企业部门 100 单位,流向区域 1 企业部门 30 单位。除此以外,两个区域的生态系统之间还有中间服务(授粉服务)的流动,其中森林生态系统 A 向森林生态系统 B 提供授粉服务 70 单位。为了分别计算两个区域的 GEP,本部分首先编制了两个区域的生态产品供给表和使用表。

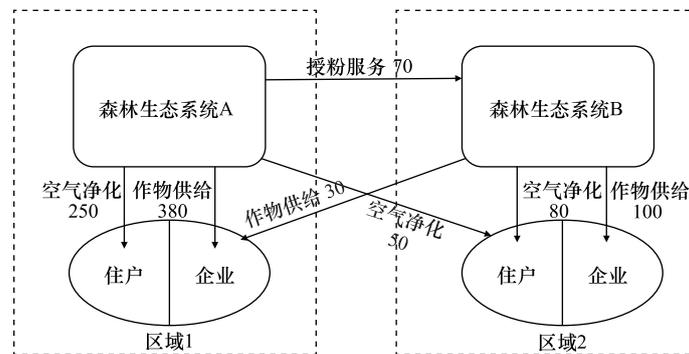


图 2 假设的核算区域及生态产品流向

Fig.2 Assumed accounting region and ecological product flow direction

##### 3.1.1 最终服务视角下的 GEP 核算框架论证

采用最终服务视角下的 GEP 核算基本框架,可以得到区域 1 和区域 2 的供给表和使用表(表 9、表 10、表 11、表 12)。区域 1 产生了作物供给服务 380 单位,其使用去向为本地企业部门。空气净化服务共计 300 单位,使用去向分别为本区域住户部门 250 单位,区域 2 住户部门 50 单位。由于此 50 单位对区域 1 而言是使用去向(对其他区域流出),因而记入区域 1 的使用表;而对区域 2 而言则是供给来源(区域外流入),因而记入区域 2 的供给表。同样,区域 2 产生了作物供给服务 130 单位,其使用去向分别为本地企业部门 100 单位,区域 2 企业部门 30 单位(此 30 单位对区域 2 而言是使用去向,记入区域 2 的使用表;而对区域 1 而言是供给来源,记入区域 1 的供给表)。空气净化服务 80 单位,使用去向全部为本区域住户部门。

根据生态产品供给表和使用表,可以计算出两个区域的 GEP。若采用生产法的核算思路,GEP 等于区域内产生量。因此,可以计算得到区域 1 的 GEP 为 680 单位(380+300),区域 2 的 GEP 为 210 单位(130+80);若采用使用法的核算思路,则 GEP 等于区域内最终使用(本地生产)+对其他区域流出,可得区域 1 的 GEP 为 680 单位(380+250+50),区域 2 的 GEP 为 210 单位(100+80+30)。两种方法的计算结果一致。

表 9 区域 1 生态产品供给表

Table 9 Ecological product supply table in Zone 1

生态产品类别 Ecological product categories	区域内产生量 Regional generation	区域外流入 External inflow	总供给 Total supply
作物供给 CP	380	30	410
空气净化 AP	300	0	300

CP:作物供给 Crop provisioning; AP:空气净化 Air purification; 由于是假设案例,表中数据无确切计量单位

表 10 区域 2 生态产品供给表

Table 10 Ecological product supply table in Zone 2

生态产品类别 Ecological product categories	区域内产生量 Regional generation	区域外流入 External inflow	总供给 Total supply
作物供给 CP	130	0	130
空气净化 AP	80	50	130

表 11 区域 1 生态产品使用表

Table 11 Ecological product use table in Zone 1

生态产品类别 Ecological product categories	区域内最终使用 Final regional use				对其他区域流出 Extra-regional outflow		总使用 Total use
	本地生产 LP		流入本地 ILS		Ent	Hou	
	Ent	Hou	Ent	Hou			
作物供给 CP	380	0	30	0	0	0	410
空气净化 AP	0	250	0	0	0	50	300

表 12 区域 2 生态产品使用表

Table 12 Ecological product use table in Zone 2

生态产品类别 Ecological product categories	区域内最终使用 Final regional use				对其他区域流出 Extra-regional outflow		总使用 Total use
	本地生产 LP		流入本地 ILS		Ent	Hou	
	Ent	Hou	Ent	Hou			
作物供给 CP	100	0	0	0	30	0	130
空气净化 AP	0	80	0	50	0	0	130

### 3.1.2 考虑中间服务的 GEP 核算框架论证

在考虑了中间生态系统服务之后,就能得到区域 1 和区域 2 的供给表和使用表(表 13、表 14、表 15、表 16)。其同上一部分的供给表和使用表区别在于,其在供给表和使用表中列示了区域之间相互提供的中间服务。在此案例中,只有森林生态系统 A 为森林生态系统 B 提供了 70 单位的授粉服务,因此,该 70 单位对区域 1 而言,应在供给表的区域内产生量中体现,并在使用表中将其记录为对其他区域流出(中间使用);而对区域 2 而言,从来源来看是区域外流入(中间使用),从去向来看是用于本区域的中间使用。

表 13 考虑中间服务的区域 1 生态产品供给表

Table 13 Ecological product supply table in Zone 1 considering the intermediate service

生态产品类 Ecological product categories	区域内产生量 Regional generation	区域外流入 External inflow			总供给 Total supply
		最终使用 FU		中间使用 IU For	
		Ent	Hou		
作物供给 CP	380	30	0	—	410
空气净化 AP	300	0	0	—	300
授粉服务 PS	70	—	—	0	70

PS:授粉服务 Pollination service

根据上述核算逻辑,若采用生产法的核算思路,GEP 等于区域内产生量减去中间使用。因此,可以计算得到区域 1 的 GEP 为 750 单位(380+300+70),区域 2 的 GEP 为 140 单位(130+80-70);若采用使用法的核

算思路,则 GEP 等于区域内生产的最终生态产品加上中间服务净出口,可得区域 1 的 GEP 为 750 单位(380+250+50+70),而区域 2 的 GEP 为 140 单位(100+80+30-70)。两种方法的计算结果一致。

表 14 考虑中间服务的区域 2 生态产品供给表

Table 14 Ecological product supply table in Zone 2 considering the intermediate service

生态产品类 Ecological product categories	区域内产生量 Regional generation	区域外流入 External inflow			总供给 Total supply
		最终使用 FU		中间使用 IU	
		Ent	Hou	For	
作物供给 CP	130	0	0	—	130
空气净化 AP	80	0	50	—	130
授粉服务 PS	0	—	—	70	70

表 15 考虑中间服务的区域 1 生态产品使用表

Table 15 Ecological product use table in Zone 1 considering the intermediate service

生态产品类 Ecological product categories	中间使用 (区域外流入) Intermediate use (External inflow)	区域内最终使用 Final regional use				对其他区域流出 Extra-regional outflow			总使用 Total use
		本地生产 LP		流入本地 ILS		中间使用 IU	最终使用 FU		
		Ent	Hou	Ent	Hou	For	Ent	Hou	
		作物供给 CP	—	380	0	30	0	—	
空气净化 AP	—	0	250	0	0	—	0	50	300
授粉服务 PS	0	—	—	—	—	70	0	0	70

表 16 考虑中间服务的区域 2 生态产品使用表

Table 16 Ecological product use table in Zone 2 considering the intermediate service

生态产品类 Ecological product categories	中间使用 (区域外流入) Intermediate use (External inflow)	区域内最终使用 Final regional use				对其他区域流出 Extra-regional outflow			总使用 Total use
		本地生产 LP		流入本地 ILS		中间使用 IU	最终使用 FU		
		Ent	Hou	Ent	Hou	For	Ent	Hou	
		作物供给 CP	—	100	0	0	0	—	
空气净化 AP	—	0	80	0	50	—	0	0	130
授粉服务 PS	70	—	—	—	—	0	0	0	70

### 3.1.3 考虑供给潜力的 GEP 核算框架论证

现假设区域 1 森林生态系统的物质供给潜力为 350 单位,空气净化潜力为 260 单位;区域 B 森林生态系统的物质供给潜力为 150 单位,空气净化潜力为 100 单位。如此可知,森林生态系统 A 提供的生态产品超过了其阈值。在考虑了生态产品的供给潜力后,可以编制区域 1 和区域 2 的生态产品供给使用表。其中,生态产品潜力与实际流量之差反映在供给表的未利用量中。

表 17 考虑供给潜力的区域 1 生态产品供给表

Table 17 Ecological product supply table in Zone 1 considering the supply potential

生态产品类别 Ecological product categories	区域内生态产品潜力 Regional eco-product potential	区域外流入 External inflow			总供给 Total supply
		最终使用 FU		中间使用 IU	
		Ent	Hou	For	
作物供给 CP	350	30	0	—	380
空气净化 AP	250	0	0	—	250
授粉服务 PS	70	—	—	0	70

表 18 考虑供给潜力的区域 2 生态产品供给表

Table 18 Ecological product supply table in Zone 2 considering the supply potential

生态产品类别 Ecological product categories	区域内生态产品潜力 Regional eco-product potential	区域外流入 External inflow			总供给 Total supply
		最终使用 FU		中间使用 IU	
		Ent	Hou	For	
作物供给 CP	150	0	0	—	150
空气净化 AP	100	0	50	—	150
授粉服务 PS	0	—	—	70	70

表 19 考虑供给潜力的区域 1 生态产品使用表

Table 19 Ecological product use table in Zone 1 considering the supply potential

生态产品类别 Ecological product categories	中间使用 (区域外流入) Intermediate use (External inflow)	区域内最终使用 Final regional use				对其他区域流出 Extra-regional outflow			未利用量 Unutilized	总使用 Total use
		本地生产 LP		流入本地 ILS		中间使用 IU	最终使用 FU			
		Ent	Hou	Ent	Hou	For	Ent	Hou		
		作物供给 CP	—	380	0	30	0	—		
空气净化 AP	—	0	250	0	0	0	0	50	-50	250
授粉服务 PS	0	—	—	—	—	70	0	0	0	70

表 20 考虑供给潜力的区域 2 生态产品使用表

Table 20 Ecological product use table in Zone 2 considering the supply potential

生态产品类别 Ecological product categories	中间使用 (区域外流入) Intermediate use (External inflow)	区域内最终使用 Final regional use				对其他区域流出 Extra-regional outflow			未利用量 Unutilized	总使用 Total use
		本地生产 LP		流入本地 ILS		中间使用 IU	最终使用 FU			
		Ent	Hou	Ent	Hou	For	Ent	Hou		
		作物供给 CP	—	100	0	0	0	—		
空气净化 AP	—	0	80	0	50	0	0	0	20	150
授粉服务 PS	70	—	—	—	—	0	0	0	0	70

根据上述核算逻辑,若采用生产法的核算思路,GEP 等于区域内生态产品潜力减去区域内中间使用。因此,可以计算得到区域 1 的 GEP 为 670 单位(350+250+70),区域 2 的 GEP 为 180 单位(150+100-70);若采用使用法的核算思路,则 GEP 等于区域内生产的最终生态产品加上中间服务净出口加上未利用量,可得区域 1 的 GEP 为 670 单位(380+250+50+70-80),区域 2 的 GEP 为 180 单位(100+80+30-70+40)。两种方法的计算结果一致。

### 3.1.4 三种核算框架的对比

将上述三种方法计算得到的 GEP 核算结果进行汇总,可得表 21。由此可见,在三种核算方法下,GEP 核算结果并不一致。其中,在采用考虑中间服务的 GEP 核算方法时,区域 1 的 GEP 价值最高,区域 2 的 GEP 价值最低,其原因在于区域 1 不仅产生了作物供给、空气净化等最终生态产品,还为区域 2 提供了 70 单位的授粉服务,体现了区域 1 生态系统对区域 2 生态系统提供的支撑作用。而在考虑供给潜力之后,区域 1 的 GEP 下降了 80 单位,而区域 2 的 GEP 却上升了 40 单位,其原因在于,区域 1 的 GEP 在一定程度上是以对生态产品的过度消耗为代价,并有可能引起生态系统的退化,因此应将超额使用部分从 GEP 核算结果中扣除;而区域 2 对生态产品的消耗未超出其阈值,不会对生态系统产生不良影响,GEP 较低仅仅是因为需求偏少而已,应在 GEP 核算结果中予以补足。

综上,若考虑到生态系统可能会为其他生态系统提供支持,则可以采用考虑中间服务的 GEP 核算基本框架,以确定重要的生态功能区;若考虑到 GEP 下降可能是由需求不足引起的,并且 GEP 的上升也可能意味着对生态产品的超额使用,就可以采用考虑供给潜力的 GEP 核算基本框架,以为考核政府的生态绩效提供参

考。进一步,还能根据未利用量的补充信息,判断生态系统状况的可能变化趋势。由此可见,三种核算框架的侧重点不尽相同,其组合应用可满足不同的政策场景需求。其中,最终服务视角下的 GEP 核算基本框架适用于常态化监测,考虑中间服务的 GEP 核算基本框架适用于生态补偿及区域协同治理,考虑供给潜力的 GEP 核算基本框架则对政府绩效评估具有独特价值。

表 21 三种核算框架下 GEP 核算结果对比

Table 21 Comparison of GEP accounting results under three accounting frameworks

序号 Number	核算框架 Accounting framework	区域 1GEP GEP in Zone 1	区域 2GEP GEP in Zone 2
1	最终服务视角下的 GEP 核算基本框架	680	210
2	考虑中间服务的 GEP 核算基本框架	750	140
3	考虑供给潜力的 GEP 核算基本框架	670	180

### 3.2 GEP 核算结果在政策制定中的应用

目前,基于 GEP 核算结果的政策应用研究已形成较为成熟的体系,主要可归纳为以下四类应用场景<sup>[28-30]</sup>:一是建立以 GEP 核算结果为基础的政府绩效评估机制;二是构建以 GEP 核算结果为导向的生态补偿机制;三是探索基于 GEP 的市场交易机制;四是完善基于 GEP 的生态环境损害惩罚机制。

在政府绩效评估方面,我国多个试点地区(如丽水市、深圳市、普洱市和鄂州市)已率先将 GEP 纳入政绩考核体系<sup>[30]</sup>。具体来说包括:明确下级政府(县/区级)及其职能部门的 GEP 增长责任,将 GEP 与 GDP 共同作为约束性考核指标,并将 GEP 变化情况作为领导干部离任审计的重要依据。在此类应用中,建议采用考虑供给潜力的 GEP 核算框架,因其能够有效区分 GEP 变动的内在机理——既可能反映生态需求不足(GEP 下降),也可能揭示资源过度消耗(GEP 上升),从而为绩效评估提供更科学的评判基准。

在跨区域生态补偿及市场交易方面,能够反映生态产品流动特征的供给表和使用表展现出了独特的优势。当核算涉及区域间生态产品流动时(如本地供给外地使用或外地供给本地使用),采用考虑中间服务的 GEP 核算框架尤为必要。如表 5 所示,第 9—10 栏量化了区域外流入的中间产品价值(反映外部生态系统对本区域的支撑作用)和最终产品价值(具有明确使用主体)。其中,中间产品价值可直接作为政府间横向生态补偿的核算依据;而最终产品价值则可根据使用者类型差异采取差异化实现路径:对于需要企业加工转化的生态产品(产生 SNA 核算范围内的经济效益),可依托国民经济核算数据识别使用者,建立市场化交易机制;对于直接产生非 SNA 效益的生态产品(如休闲游憩、空气净化等服务),则可根据其公共产品属性(非排他性、非竞争性)确定补偿主体——当服务惠及特定群体(如住户)时可建立使用者付费机制,当服务产生全域性效益时则可将政府作为补偿主体。表 6 第 7—8 栏提供的对其他区域流出数据,通过进一步区分经济单位类型(企业/政府/住户),不仅能揭示生态产品流动的空间格局,更能为生态产品价值实现机制选择提供关键依据:对于流向企业的生态产品,可探索产权交易、绿色金融等市场手段;对于惠及居民的生态服务,可建立生态标签、绿色消费等引导机制;对于具有公共物品属性的服务,则应健全政府主导的生态补偿制度。这种基于使用者特征的差异化政策设计,既体现了“受益者付费”的原则,也保障了生态产品价值实现的可持续性。

在生态环境损害追责方面,GEP 核算结果能够显示生态产品的过度消耗,为生态损害赔偿提供量化工具。根据考虑供给潜力的 GEP 核算框架,未利用量即为生态产品潜力与实际流量之间的差额。若此差额为正数,则表明生态产品未被超额利用,生态系统状况不会受到人类活动的影响;若此差额为负数,则表明人类活动的需求量已经超出了生态产品潜力,可能会造成生态系统的破坏。那么,可以根据污染者付费原则,将生态修复的费用由超额获取/产生这些污染物的经济主体承担。

## 4 研究结论与展望

本文在梳理了 GEP 核算相关概念的基础上,基于统计视角,构建了最终服务视角下的 GEP 核算基本框

架,进一步的,考虑到中间服务和供给潜力可能会对 GEP 核算结果产生一些潜在影响,设计了考虑中间服务的 GEP 核算框架和考虑供给潜力的 GEP 核算框架,并通过构建一个假设的核算案例论证了 GEP 的核算思路,指出了 GEP 核算结果在政策制定中的应用。然而,本研究构建的核算框架在以下方面仍需进一步深化和完善。

本研究的论证案例采用简化假设,仅涉及两个区域间的三类典型生态产品流动。然而,现实情境中生态系统的空间交互具有高度复杂性,多区域、多类型生态产品的网络化流动特征可能对现有框架的适用性提出挑战。未来研究需要通过更多实证案例,特别是在不同空间尺度和生态系统类型下的应用验证,来全面评估本核算框架的稳健性。

作为基于统计视角的方法论研究,本文着重于核算框架的构建,尚未深入探讨具体核算指标的量化方法。特别是在考虑供给潜力的 GEP 核算框架中,生态产品流量的测算需要同时考虑供给潜力(生物物理生产能力)和实际流量(需求约束下的实现程度)。前者可通过 InVEST 模型、SWAT 模型等生态系统服务评估工具进行量化,后者则需建立需求侧的分析方法体系。这一领域的方法完善将是后续研究的重要方向。

在生态产品供给表和使用表的编制实践中,需要精确刻画生态产品与经济单位之间的空间交互机制。参考 Serna-Chavez 等<sup>[31]</sup>提出的生态系统服务流动空间特征分类体系(“原位”“全向”“定向”等),未来研究可采用空间显性的生态产品流量模型,以更准确地表征生态产品供给与使用的空间匹配关系,提升核算结果的时空精度。

#### 参考文献(References):

- [1] 施发启. 联合国的生态系统核算国际统计标准简介. 中国统计, 2022(2): 31-32.
- [2] 邱琼, 施涵. 基于 SEEA EA 的中国生态系统核算改进. 中国国土资源经济, 2023, 36(11): 4-15.
- [3] 邱琼, 王宏伟, 景谦平. GEP 核算能代表生态产品价值核算吗? ——基于 SEEA EA 对我国生态系统核算若干问题的探讨. 中国国土资源经济, 2024, 37(4): 4-10.
- [4] 欧阳志云, 朱春全, 杨广斌, 徐卫华, 郑华, 张琰, 肖隼. 生态系统生产总值核算: 概念、核算方法与案例研究. 生态学报, 2013, 33(21): 6747-6761.
- [5] 欧阳志云, 林亦晴, 宋昌素. 生态系统生产总值(GEP)核算研究——以浙江省丽水市为例. 环境与可持续发展, 2020, 45(6): 80-85.
- [6] 石敏俊, 陈岭楠. GEP 核算: 理论内涵与现实挑战. 中国环境管理, 2022, 14(2): 5-10.
- [7] 张林波, 陈鑫, 梁田, 王昊, 郝超志, 任耀发, 李宇昂, 吴舒尧. 我国生态产品价值核算的研究进展、问题与展望. 环境科学研究, 2023, 36(4): 743-756.
- [8] 惠欣欣, 许宪春, 朱莉. 生态产品价值核算研究综述及问题与对策建议. 统计研究, 2024, 41(7): 13-28.
- [9] 高敏雪. 生态系统生产总值的内涵、核算框架与实施条件——统计视角下的设计与论证. 生态学报, 2020, 40(2): 402-415.
- [10] 高敏雪, 刘茜, 黎煜坤. 在 SNA-SEEA-SEEA/EEA 链条上认识生态系统核算——《实验性生态系统核算》文本解析与延伸讨论. 统计研究, 2018, 35(7): 3-15.
- [11] 隋玉正, 陈小璇, 李淑娟, 孙大鹏, 马歆宁, 周涛. 海岸带蓝碳时空演变及其服务价值评估——以胶州湾为例. 资源科学, 2019, 41(11): 2119-2130.
- [12] 石薇, 程开明, 汪劲松. 基于核算目的的生态系统服务估价方法研究进展. 应用生态学报, 2021, 32(4): 1518-1530.
- [13] 吴之见, 杜思敏, 黄云, 郑博福, 谢泽阳, 罗诚康, 万飞, 朱锦奇. 基于生态系统生产总值核算的生态保护成效评估——以赣南地区为例. 生态学报, 2022, 42(16): 6670-6683.
- [14] 吴联杯, 许丁, 刘秉瑞, 张卫民. 森林生态产品及其价值核算-以北京市 J 林场为例. 干旱区资源与环境, 2024, 38(4): 181-190.
- [15] 彭文英, 尉迟晓娟, 孙岳, 单子溢. 基于生态产品供给的山水林田湖草沙一体化保护与系统治理——以京津冀为例. 干旱区资源与环境, 2024, 38(7): 1-12.
- [16] 马国霞, 於方, 王金南, 周夏飞, 袁婧, 牟雪洁, 周颖, 杨威杉, 彭菲. 中国 2015 年陆地生态系统生产总值核算研究. 中国环境科学, 2017, 37(4): 1474-1482.
- [17] 平卫英, 曾康. 国民核算视角下生态产品价值核算研究: 以江西省为例. 统计与决策, 2023, 39(23): 17-22.
- [18] 国家发展和改革委员会. 生态产品总值核算规范. 北京: 人民出版社, 2022.

- [19] United Nations. System of Environmental-Economic Accounting; Ecosystem Accounting (white cover version). (2021-09-29) [2024-08-25]. [https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/documents/EA/seea\\_ea\\_white\\_cover\\_final.pdf](https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/documents/EA/seea_ea_white_cover_final.pdf)
- [20] 张倩霓, 王晓欣, 李武, 钱贵霞. 生态产品价值实现的适宜性评价与路径配置. 干旱区资源与环境, 2024, 38(6): 11-20.
- [21] Haines-Young R, Potschin M. Common international classification of ecosystem services (CICES, V5.1) Guidance on the application of the revised structure. (2018-01-08) [2024-08-21]. <https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2018/01/Guidance-V51-01012018.pdf>.
- [22] United States Environmental Protection Agency. National ecosystem services classification system (NESCS): Framework design and policy application. (2015-09) [2024-08-05]. [https://19january2017snapshot.epa.gov/sites/production/files/201512/documents/110915\\_nescs\\_final\\_report\\_-\\_compliant\\_1.pdf](https://19january2017snapshot.epa.gov/sites/production/files/201512/documents/110915_nescs_final_report_-_compliant_1.pdf)
- [23] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: A framework for assessment. Washington: Island Press, 2003.
- [24] TEEB. The economics of ecosystems and biodiversity ecological and economic foundations. Earthscan: London and Washington, 2010.
- [25] 汪劲松. 中国陆地生态系统核算方法与应用研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2022.
- [26] La Notte A, Vallecillo S, Marques A, Maes J. Beyond the economic boundaries to account for ecosystem services. Ecosystem Services, 2019, 35: 116-129.
- [27] 沈钰仟, 肖蕊, 欧阳志云. 生态系统服务的潜在供给与实际使用——以密云水库为例. 环境保护科学, 2024, 50(5): 18-22.
- [28] 于法稳, 林珊, 孙韩小雪. 共同富裕背景下生态产品价值实现的理论逻辑与推进策略. 中国农村经济, 2024(3): 126-141.
- [29] 王宾. 共同富裕视角下乡村生态产品价值实现: 基本逻辑与路径选择. 中国农村经济, 2022(6): 129-143.
- [30] Zheng H, Wu T, Ouyang Z Y, Polasky S, Ruckelshaus M, Wang L J, Xiao Y, Gao X L, Li C, Daily G C. Gross ecosystem product (GEP): quantifying nature for environmental and economic policy innovation. *Ambio*, 2023, 52(12): 1952-1967.
- [31] Serna-Chavez H M, Schulp C J E, van Bodegom P M, Bouten W, Verburg P H, Davidson M D. A quantitative framework for assessing spatial flows of ecosystem services. *Ecological Indicators*, 2014, 39: 24-33.