

DOI: 10.5846/stxb201805091023

刘焱序, 傅伯杰, 赵文武, 王帅. 生态资产核算与生态系统服务评估: 概念交汇与重点方向. 生态学报, 2018, 38(23): - .

Liu Y X, Fu B J, Zhao W W, Wang S. Ecological asset accounting and ecosystem services evaluation: concept intersection and key research priorities. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(23): - .

# 生态资产核算与生态系统服务评估: 概念交汇与重点方向

刘焱序<sup>1</sup>, 傅伯杰<sup>1,2,\*</sup>, 赵文武<sup>1</sup>, 王 帅<sup>1</sup>

1 北京师范大学地理科学学部, 地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875

2 中国科学院生态环境研究中心, 城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085

**摘要:** 面向“山水林田湖草”统一管理的现实目标, 对生态资产的准确刻画加深了资源管理者和使用者对生态系统服务的认识, 是生态系统服务理论从学术研讨向决策实践过渡的重要桥梁。然而, 当前的生态资产核算结果仍存在着较大的不确定性, 使其决策支持作用受到质疑。基于对生态资产研究近今进展的总结, 生态资产实际核算一般取自然资本与生态系统服务的交集分别作为存量和流量。如若将生态资产作为干部离任审计依据, 则须把握先实物量后价值量的原则。在当前国际研究中, 生态资产已经成为区域景观管理和农户生计决策的重要绩效评估与情景优选工具。完善生态系统服务评估模型、明晰生态系统服务供需关系、规范生态资产价值核算方法、提升生态资产决策支持能力 4 项内容应引起未来生态资产研究的重点关注。

**关键词:** 生态资产, 自然资本, 生态系统服务, 存量与流量, 可持续性

## Ecological asset accounting and ecosystem services evaluation: concept intersection and key research priorities

LIU Yanxu<sup>1</sup>, FU Bojie<sup>1,2,\*</sup>, ZHAO Wenwu<sup>1</sup>, WANG Shuai<sup>1</sup>

1 State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

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

**Abstract:** Toward a realistic goal of integrative management of mountains, rivers, forests, farmlands, lakes, and grasslands, the concept of ecological assets has aroused attention during the recent years. The accurate characterization of ecological assets can deepen the understanding of ecosystem services for both resource managers and users. Thus, it is an important bridge for the transition of ecosystem services theory from academic research to decision-making practice. However, the current ecological asset accounting results have a high degree of uncertainty, making its decision support function questionable. This study summarizes the progress in ecological asset research from three aspects: conceptual analysis, decision support, and key research content. In the intersection of concepts, the practical cases of ecological asset accounting often consider the intersection of natural capital and ecosystem services, and regard them as stock and flow, respectively. When the ecological assets are used as a basis of audit, the physical quantity of ecological assets should be preferred over monetary value. The ecological assets have already been used as an important performance evaluation and scenario optimization tool for sustainable management of regional landscape and development of livelihood of farmers. Future

**基金项目:** 国家重点研发计划项目 (2017YFA0604701); 中国科学院战略性先导科技专项 (XDA20020402); 中国博士后科学基金项目 (2017M620029)

收稿日期: 2018-05-09; 网络出版日期: 2018-00-00

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: bfu@rcees.ac.cn

studies on ecological assets should focus on four aspects—developing ecosystem services evaluation model, detecting the relationships between ecosystem services supply and demand, standardizing ecological asset accounting methods, and improving the decision support capability based on ecological assets.

**Key Words:** ecological asset; natural capital; ecosystem service; stock and flow; sustainability

生态系统服务是人类从生态系统获得的各种惠益,是人类赖以生存和发展的基础<sup>[1]</sup>。提升生态系统服务提供能力,提出适应性管理对策,已成为减缓和适应全球环境变化的重要议题<sup>[2]</sup>。自 Costanza 首次实现全球生态系统服务价值制图以来<sup>[3]</sup>,通过价值化手段评估生态系统服务一直被学界高度关注,并伴随着 TEEB (补中文,The Economics of Ecosystems and Biodiversity)的成立达到新一轮研究高潮<sup>[4]</sup>。提升生态系统服务与自然资本在资源管理实践中的决策支持能力,业已成为国际生态系统服务研究的前沿方向<sup>[5]</sup>。依托生态系统服务的价值化,生态资产的概念也在我国学界逐步推广,并在近年来开始成为我国自然资源管理的一种量化途径<sup>[6-7]</sup>。可以认为,对生态资产的刻画加深了资源管理者和使用者对生态系统服务的认识,是生态系统服务理论从学术研讨向决策实践过渡的重要桥梁<sup>[8]</sup>。

我国自然资源部的成立为国家自然资源的统一管理和系统修复提供了有力的管理平台。面向“山水林田湖草”统一管理的现实目标,生态资产核算可能成为资源管理绩效考核的一项指标<sup>[9]</sup>。然而,尽管管理者对于生态资产核算有明确的决策需求,当前的生态资产核算结果仍存在着较大的不确定性,因而并未能用于实际的资源管理考核实践。对此,以下几个生态资产研究中的问题亟待进一步探讨:就概念界定而言,生态资产与国外生态经济学界所聚焦的生态系统服务和自然资本的价值化究竟存在着怎样的区别于联系?就决策支持而言,生态资产核算结果在哪些领域取得了决策支持的作用?就研究对象而言,未来生态资产研究的主要内容应聚焦哪几方面?针对上述问题,本研究从概念辨析、决策支持、重点内容三个方面,梳理并总结生态资产研究近今进展,以期促进生态系统服务、生态资产研究更有效的支持自然资源可持续管理决策。

## 1 概念辨析

### 1.1 国内外主流观点

尽管国内生态经济学界广泛使用生态资产一词,但不少研究直接沿用了国外研究关于生态系统服务价值或者自然资本的定义,未区分“资本(capital)”和“资产(assets)”。高吉喜等认为生态资产是自然资源价值和生态系统服务价值的结合统一,应包括一切能为人类提供服务和福利的自然资源和生态环境<sup>[10]</sup>。该观点代表了国内外学界对生态资产的主流认知,即生态资产包含了作为“存量(stock)”的自然资本和作为“流量(flow)”的生态系统服务两大体系<sup>[11-13]</sup>。然而,大多数研究在核算生态资产时既未严格遵循上述界定,也未明确生态资产对生态系统服务价值或自然资本的具体包含关系。通过案例梳理,本研究总结出以下六种在具体研究中对自然资本、生态资产与生态系统服务的关系刻画方式(图1)。

如图1a所示,生态系统服务在一部分概念阐释里被包含在自然资本的范畴之内,是自然资本作用于人类福祉的途径<sup>[3]</sup>。那么,如果不明确区分生态资产和自然资本的关系时,可以认为生态资产是像自然资本一样广泛的概念,即生态资产应大于生态系统服务而等于这种广义的自然资本。Costanza 在 2014 年重新评估全球生态系统服务价值的同时,提供了自然资本与生态系统服务的逻辑关系,可以代表国际生态经济学界的一种观点认知<sup>[4]</sup>。

如图1b所示,当认为“资产”对“资本”具有包含关系时,生态资产的范畴即包含了作为“存量”的自然资本和作为“流量”的生态系统服务。值得注意的是,这种关系范式往往不涉及自然资本和生态系统服务之间的相互作用,而是将二者作为并列形式表征。根据当前国内学界对生态资产的界定,这一关系在国内生态经济学界较为常见<sup>[10-12]</sup>,并在一部分国外文献中得以体现<sup>[12]</sup>。

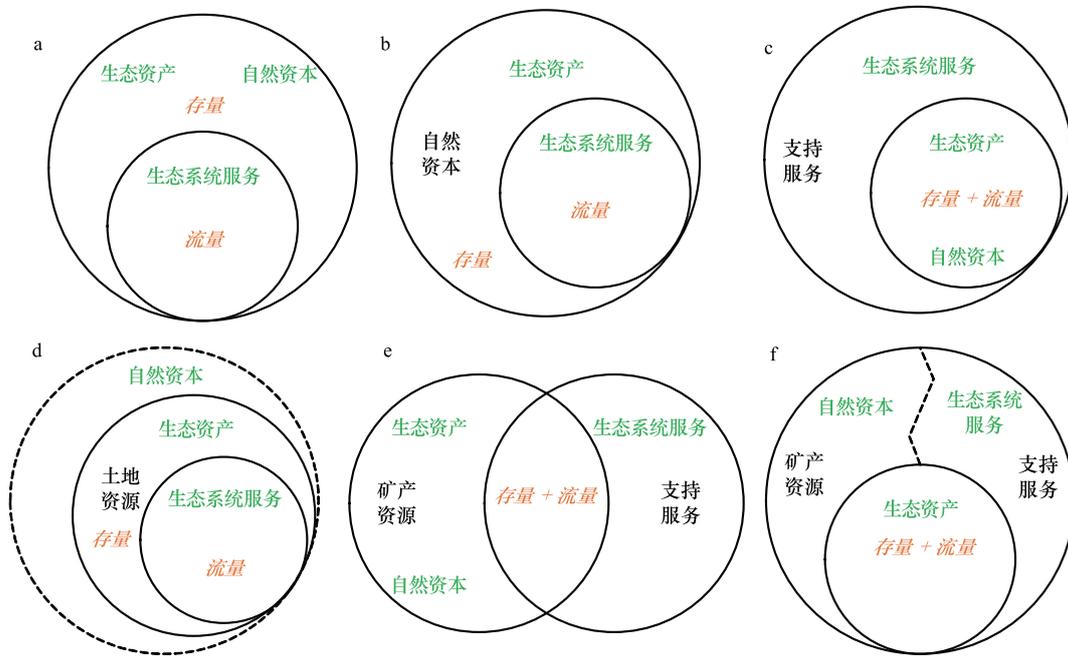


图 1 自然资本、生态资产与生态系统服务的关系

Fig.1 The relationships between natural capital, ecological assets and ecosystem services

如图 1c 所示,千年生态系统评估将生态系统服务界定为“人类从生态系统中获得的惠益”。这一概念并不区分流量或存量,可以认为是对生态系统服务最为广义的一种界定方式。支持服务往往间接作用于其他 3 种服务从而提供人类福祉,计算支持服务的价值容易造成生态系统服务价值的重复计算,因而较少在生态资产核算中被使用<sup>[14]</sup>。因此,当采用广义上的生态系统服务概念时,实际评估的生态资产往往仅是一部分生态系统服务<sup>[15,16]</sup>。

如图 1d 所示,如果不考虑自然资本,仅强调生态资产,可以有生态资产等于土地资源与生态系统服务的组织形式<sup>[17]</sup>。将该关系范式进一步细分,土地资源又可包括森林、草地、农田、湿地等形式,而与土地资源相并列的生态系统服务则不应再强调供给服务,从而避免重复计算<sup>[18]</sup>。此外在逻辑绘图中,由于自然资本往往涉及地下不可再生资源,假设其范畴大于生态资产。

如图 1e 所示,如果不加以区分生态资产和自然资本(资产),但剥离地下不可再生资源和支持服务,则可衍生出一种新的关系范式。在我国对自然资源资产负债表编制的尝试中,即采用了类似的方法<sup>[19]</sup>。其中生态系统服务主要以调节服务为主,不涉及支持服务;而自然资源资产(生态资产)核算包括了矿产资源,与图 1a 中广义的自然资本范畴相似。该关系范式体现了生态资产核算的一种现实操作途径。

如图 1f 所示,针对如图 1b 的关系范式,考虑图 1e 将地下不可再生资源和支持服务剥离出生态资产的研究范畴,则得出近年来生态资产核算中往往潜在具备的逻辑结构<sup>[9,20]</sup>。也就是说,尽管生态资产的概念界定上包含了自然资本和生态系统服务两大概念,但在实际核算中往往是上述两大概念的交集而非并集。

## 2.2 概念的交汇

基于图 1 可知,学界对自然资本、生态资产与生态系统服务的关系并未达成统一认识。而事实上,无论是以生态资产还是以自然资本为评估主体,目前研究在具体核算时都难以做到要素的穷举,所选取的核算内容总体上是相似的。因此可以认为,从最终研究目标、具体操作途径而言,我国学者所关注的生态资产核算与国际研究常见的自然资本和生态系统服务价值评估实际上具有概念的包容性;但在操作实现层面,鉴于自然资源存量的不确定性和生态系统服务评估的多样性,生态资产核算很难完成自然资本与生态系统服务价值评估的加和。实际生态资产研究中所涉及的自然资本与生态系统服务价值往往是二者的交集而非并集。

立足人地耦合系统的视角,为了使生态资产核算更有效的服务于区域可持续发展实践与人类福祉的提升,有必要增强生态资产核算内容的针对性,降低核算结果的不确定性。因此,图 2 所示的生态资产与自然资本和生态系统服务的概念交汇可能更加符合生态资产核算的决策支持需求。该关系范式的逻辑依据主要表现在以下三点。

第一,生态资产核算建议不包括自然资本中的地下不可再生资源。一方面,地下不可再生资源位于岩石圈,并非由当前的生态系统所提供,很难认为地下不可再生资源与大气、水文、土壤、生物资源处于并列地位,也不易将其对应于常见的生态系统服务;另一方面,如果将所有类型的自然资源储量均囊括进生态资产中,则生态资产核算将与目前国家所推进的自然资源资产核算内容有较大的重复<sup>[21]</sup>,同一目标出现两个概念名词不利于资源管理的现实需要。因此,建议生态资产核算从当前生态系统自身状况入手,不必涉及地质时代的历史生态系统状况,从而强化概念的独立性与可操作性。

第二,生态资产核算建议不涵盖生态系统支持服务。生态系统服务之间并不是相互独立的,一些服务很可能是另一些服务的中间过程,最终服务体现了作为中间服务的累计效应<sup>[22]</sup>。例如土壤形成、生物多样性维持等服务并未直接作用于人类福祉,而是通过生产力的提升、基因库的保护、科教美学感知的增强等形式体现生态系统对人类的惠益<sup>[14]</sup>。因此,在生态资产核算中应以计算供给、调节、文化服务为主,并重视自然资源储量与生态系统服务物质质量的因果关系,进一步避免重复计算。

第三,可持续生计的资本分类与生态系统服务之间具有一定的对应性。人地耦合系统关注生态过程、生态系统服务与可持续发展的级联关系,可持续生计成为人地耦合视角下生态资产核算的重要决策支持对象。可持续生计的指标一般分为自然资本、人力资本、金融资本、物质资本、社会资本 5 种类型,而生态系统服务往往被认为是自然资本的一项内容<sup>[23]</sup>。在本研究所认识的生态资产核算范畴下,可以认为物质资本和社会资本的核算有必要借鉴生态系统供给与文化服务的部分估算结果,使生态资产核算结果与可持续生计形成更紧密的定量联系,也更全面的服务于区域人类福祉的提升。

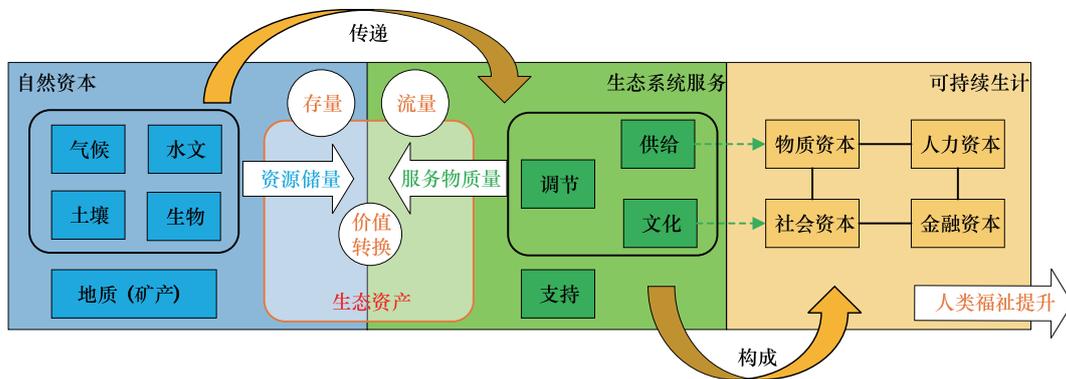


图 2 生态资产与自然资本和生态系统服务的概念交汇

Fig.2 The conceptual intersection of ecological assets on natural capital and ecosystem services

### 3 生态资产的决策支持指向

#### 3.1 生态资产核算的不确定性

Constanza 等在首次完成全球生态系统服务价值时即提到,考虑到涉及的巨大的不确定性,可能永远也无法对生态系统服务作出精确估价<sup>[3,24]</sup>。近 20 年来的国内外生态资产相关评估也表明,无论是生态系统服务物质量还是价值量,估算方法的差异往往造成结果取值数量级的改变<sup>[25-30]</sup>。此外,生态资产的非使用价值(存在价值)几乎无法用货币准确表征<sup>[11,17]</sup>。因此,无论是生态资产实物量、生态系统服务物质量,还是生态资产或生态系统服务价值量,尚未能与人类日常生产、生活中的物质使用和价格水平直接对接,从而影响了生

态资产核算的决策应用能力。

然而,尽管学界普遍认识到生态资产核算的不确定性,将生态系统服务、自然资本的评估结果应用于管理决策仍然是国际学界关注的热点议题<sup>[5,8]</sup>。在当前国内外研究中,生态资产核算已对一部分生态政策起到了良好的评估作用,达成了决策支持的初衷。其中,一种有效降低不确定性的方式是采用生态系统服务的变化量制图进行国家生态工程的绩效评估<sup>[31]</sup>,从而一定程度上弱化了绝对取值的误差,并对生态工程的宏观空间布局提供政策启示。此外,虽然一些研究并未明确采用生态资产这一名词,而使用生态系统服务、自然资本等界定方式,但对象仍处于本研究所界定的生态资产范畴内。

近5年来,我国一直在探索编制自然资源资产负债表,以期对领导干部实行自然资源资产离任审计。其中,资源过耗、环境损害和生态破坏既是负债核算的核心内容<sup>[19,21]</sup>,又是核算不确定性产生的关键来源,也是离任审计未能实施的重要原因之一。对于该不确定性,SEEA2012 (System of Environmental-Economic Accounting Central Framework 2012)的处理方式是对于不具经济价值的自然资源仅进行实物量核算,而不列出其价值量<sup>[32]</sup>。在生态资产核算体系下,由于对生态系统服务具有更完整的刻画,因此在自然资源对人类福祉的实际作用表征上相对优于当前的自然资源资产负债表,但也因此面临着更明显的不确定性。对此,建议贯彻“先实物量、后价值量”的核算思路<sup>[21]</sup>,先测度生态系统服务的物质量变化。一旦应用于重要生态功能区的干部离任审计,所评估重要生态系统服务物质量的优先级也应高于价值量,从而有效降低生态系统服务间接使用价值和非使用价值核算的误差。

### 3.2 面向可持续的区域景观管理

Turner 和 Daily 将自然资本与生态系统服务评估未能实现决策支持的原因归结为“信息失效”、“制度失效”和“市场失效”三点<sup>[33]</sup>,即生态系统服务不易全面表征、决策未能充分考虑服务供需的不匹配、很多服务没有市场价格。同时,生态系统服务之间存在权衡关系,以减少支持和调节服务为代价提升供给服务时,往往会损害自然资本在未来提供生态系统服务的能力,造成系统整体可持续性的降低<sup>[34]</sup>。面向可持续的区域景观管理,使自然资本与生态系统服务更有效的服务于决策,四项生态资产管理议题成为生态经济学的关注重点,包括:第一,整合生态系统服务的量化、模型化、价值化;第二,核算景观尺度的生态系统服务;第三,对生态系统服务的适应性管理;第四,环境、社会和经济的权衡<sup>[35]</sup>。

面对第一和第二项议题,景观尺度的生态系统服务物质量核算已逐渐从早期的生态系统类型赋值转向模型化评估,通过生态系统服务演化制图与情景制图为区域管理者提供空间决策依据<sup>[36,37]</sup>。生态系统服务的价值化虽然未能建立起统一的核算体系<sup>[38]</sup>,但少量生态系统服务已被纳入市级自然资源资产负债表的扩展表中<sup>[19]</sup>,提升了生态系统服务的政策影响力。Schaefer 等在探讨美国的生态系统服务相关政策与项目时强调,决策支持的实现关键在于社会与生态数据的融合,从而更有效的模拟和评估这些项目<sup>[39]</sup>。

面对第三和第四项议题,在城市规划中的生态系统服务价值制图解决了生态资产实物量计量单位无法统一的问题,可以为城市空间用途的划定提供定量依据<sup>[40]</sup>。针对土地管理中的自然资本和入源资本(生产资本、人力资本、社会资本、文化资本、金融资本),Jones 等认为自然资本供给生态系统服务,入源资本则体现了人类福祉的需求,通过价值核算可以确定生态系统服务的供需关系,从而有效服务于土地利用决策<sup>[41]</sup>。通过问卷调查,实现生态系统服务社会价值的空间制图,则可以进一步在尺度上观察生态系统服务供需的对应关系,从而提供生态、社会和经济相协调的景观规划依据<sup>[42]</sup>。

整体看待上述四项议题,荷兰自然资本项目通过联合政府、企业和自然资本相关机构,在可持续的产业链条、企业化的自然资本管理、国土空间开发3个方面取得了良好的实践效果<sup>[43]</sup>。在更大尺度上,Schultz 等通过欧洲和北美的3个案例分析表明,面向耦合系统的适应性管理可以有效强化生态系统服务和自然资本,从而达成区域生态和社会的共赢<sup>[44]</sup>。放大至全球可持续性的范畴,Ehrlich 着重强调了生态系统服务评估模型对可持续决策的重要支持,并将保障重要自然资本的安全作为重新调整(rescale)人类文明、实现可持续性的

关键环节<sup>[45]</sup>。

### 3.3 面向可持续的农户生计保障

在区域景观管理中,农户往往是最基本的利益相关者。一些大型生态工程的实施往往可以实现提升区域自然资本的初衷,但在土地权属变更的前提下,生态工程不一定可以保障当地农户可持续生计的各项资本<sup>[46,47]</sup>。虽然生态系统服务付费作为生态补偿的主要形式,被认为是提升农户各项生计资本的重要途径<sup>[48]</sup>。但有学者认为,全球生态系统服务市场是存在逻辑矛盾的:乡村中的富户掌握了更多的自然资本,因而可以在生态系统服务市场中得到更多的服务付费;贫困户因为掌握自然资本较少,并不能获得充足的付费额度,从而不利于生计的保障<sup>[49]</sup>。换言之,如果将生态系统服务付费理解为政府或企业购买农户所掌握的生态资产,一旦付费力度不足,则更易对贫困户的生计方式造成冲击,从而不能达到消除贫困的可持续发展目标。

自然资本和农户其他生计资本存在联系的观点也在国外一些区域研究中得到定量验证。Barnes-Mauthe 认为,自然资本和社会资本之间存在互馈,社会资本的指标直接影响了生态系统服务流,甚至认为社会资本可以看作是一种生态系统服务<sup>[50]</sup>。Bremer 发现,生态系统服务付费项目的顺利推进,需要依赖于农户原有的社会、人力、金融资本,土地使用权的无保障性是阻碍贫困农户参与生态系统服务付费的重要原因<sup>[51]</sup>。除现实案例外,情景分析也是国外通过生态资产核算以支持决策的常用途径。Górriz-Mifsud 基于加泰罗尼亚四种森林生态资产的管理情景表明,加强生物多样性在更大尺度上的社会收益可以弥补林木拥有者的机会成本损失<sup>[52]</sup>。Ward 等通过海洋生态资产评估表明,将大型渔业排除在海洋保护区之外,是对南非的可持续发展目标的最积极情景,其可以增加大约 50% 的收入,生产最高的可用蛋白质,以及对小规模渔业的最高经济分配<sup>[53]</sup>。

近 20 年来,我国推行了一系列生态系统服务付费项目,达成了区域生态资产提升和农户生计保障的共赢。Cao 等测度了福建长汀县 2000 年以来的水土保持工程项目的经济收益,发现通过栽植经济林可以在增强生态系统服务的同时实现农户的增收,实现可持续的生计模式<sup>[54]</sup>。同时,长汀县对以沼气代替薪柴、以养猪和渔业代替放牧等生计方式的改变均予以相应的资金补贴,从而在保护生态资产的同时提升了农户的金融资本,实现了社会和生态的双赢<sup>[55]</sup>。Zheng 等在河北对北京的稻改旱项目中发现,该生态系统服务付费项目具有 1.5 倍的收益成本比,化肥施用量的下降有助于提升水质,项目最终使上下游利益相关者共同获益<sup>[56]</sup>。Li 等对陕西山区移民搬迁项目的生态资产核算则表明,尽管长期生态系统服务的提升将形成项目的净收益,但短期内巨大的搬迁成本阻碍了贫困户的参与,对农户人力资本的投资有待强化<sup>[57]</sup>。上述研究表明,生态资产核算尤其是实物量的核算是区域景观管理的重要空间依据,而生态资产的价值量表征也已逐步成为衡量乡村社区可持续发展的重要评价工具。

## 4 生态资产研究的重点内容与方向

虽然生态资产核算已开始应用于区域可持续发展决策之中,国内外学界关于生态资产核算的争议从未停止。尤其是价格的界定本身就是一种人类行为,并非是完全客观的,不同人群对一项事物的价值认知可能存在很大差异<sup>[58]</sup>。在已知生态资产核算结果具有不确定性的前提下,本研究赞成不应盲目将核算结果总量与经济总量直接对比,而应当进一步设定具体的可持续发展决策状态或情景,通过细化评估指标、明确决策对象来寻找相对可靠的核算方法,将核算结果作为现状评判或情景比较的量化依据。立足人地系统耦合框架,生态系统服务模型研发、供需耦合、可持续发展决策等研究内容成为生态系统服务桥接自然环境与人类福祉的重要途径<sup>[59,60]</sup>。据此,本研究认为在生态系统服务物质量评估、生态系统服务供需与流动、生态资产价值评估方法、可持续发展决策支持等方面,有以下重点内容值得高度关注(图 3)。

### 4.1 完善生态系统服务评估模型

在自然资本传递生态系统服务的概念共识上,实际上对该传递路径的刻画方式是并不清晰的<sup>[61]</sup>。也就

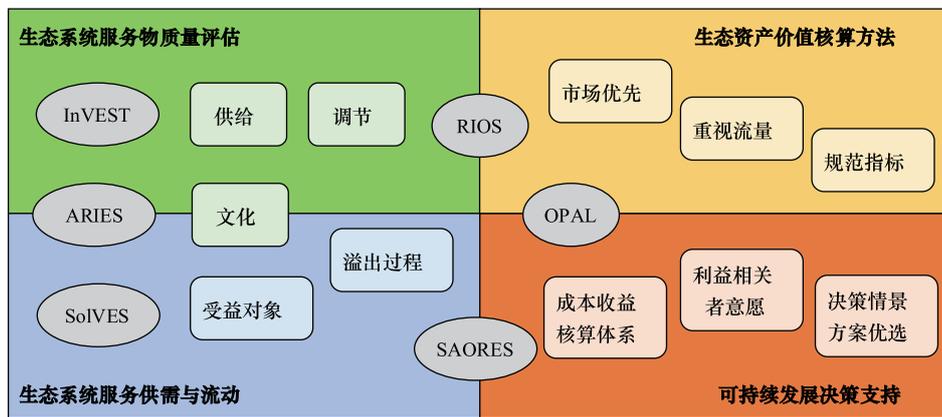


图3 生态资产核算重点研究内容

Fig.3 The key research contents in ecological assets accounting

是说,生态系统服务物质质量的形成路径仍然未能被完全定量刻画,从而导致了生态系统服务评估模型在参数设置上的巨大障碍。因此,在不同区域实现生态系统服务评估方法、参数的本地化成为有效评估生态系统服务物质质量的先决条件。除此以外,不同生态系统服务模型的研究对象是不完全一致的。例如,自然资本计划(The Natural Capital Project)所研发的 InVEST 模型目前在生态系统服务物质质量评估中应用广泛,集成社会经济数据的 RIOS 模型可以估算流域生态系统服务管理的成本收益,同样集成社会经济数据的 OPAL 模型则关注区域开发决策对生物多样性和生态系统服务的影响。三个模型共同实现了生态资产核算从物质质量、价值量到区域决策的研究流程。

由于生态系统支持服务与其他服务之间存在因果关系,对供给、调节、文化服务的建模应是生态资产核算的关注重点。但同时文化服务的核算又有所特殊,采用利益相关者打分赋值的方式实际上反映的是受益方对文化服务的需求。因此,度量文化服务的 SoIVES 模型刻画着利益相关者的空间感知,尚未能被其他模型所替代。ARIES 模型具有强大的功能,可以实现生态系统服务供需关系的刻画,在生态资产核算中具有良好的前景。但由于其全球版本尚未发布,暂不易评判该模型的应用能力。值得一提的是,我国学者自主研发的 SAORES 模型可以通过优化土地利用格局实现区域关键生态系统服务的最大化,进而实现自适应的生态系统管理<sup>[62]</sup>。随着生态系统服务需求指标的纳入,在该模型的 2.0 版本开发成功后,将实现生态系统服务从评估到决策的更为完整的刻画流程。

#### 4.2 明晰生态系统服务供需关系

生态系统服务需求的度量一直是生态系统服务研究的难点。针对非市场价值难以量化的问题,有学者构建了价格与偏好相组合的生态系统服务供需指标体系,初步实现了评价指标的整合<sup>[63]</sup>。然而,即便确定了生态系统服务的供给与需求量,并不一定能够在空间上刻画生态系统服务间的供需关系。这是由于生态系统服务的供给方和需求方在空间位置上是不匹配的,由此形成了生态系统服务原位流、定向流和全向流<sup>[64]</sup>。对生态系统服务供需关系的深度刻画,即需要完成对生态系统服务流的表征。但在目前国内外研究中,对生态系统服务流的量化仍多集中供给服务,生态系统服务流的制图案例很少,全面刻画生态系统服务供需的空间关系仍比较困难。

立足生态资产核算的需要,生态系统服务供需关系研究需要至少明确两部分内容。第一,某项生态系统服务有多少受益对象,这些受益对象在哪里,能够受益多长时间?在生态资产研究的成本收益核算中,生态工程的成本往往是相对易于核算的,而收益尤其是生态资产的收益存在较大不确定性。例如,生态系统的产水量提升并不表明这部分水资源一定产生了社会价值。识别不同受益对象的受益强度,可以更有效的判断人类社会真实得到的生态系统惠益,从而降低收益核算的误差。第二,针对定向流和全向流,生态系统服务在向受

益对象空间传递时,空间溢出范围有多大,或者空间溢出强度有多少?针对以某一区域人群福祉提升为目标的生态工程,在生态系统服务供给量估算后,需要扣除该服务向需求区域传递过程中产生的损耗,即明晰其对非受益对象的溢出过程。这是由于在溢出区域,服务的传递没有被服务需求方直接使用,并未产生使用价值。在生态资产计算中如果将这部分溢出的服务也统计在内,会对成本收益核算的精度造成影响。

#### 4.3 规范生态资产价值核算方法

生态资产价值量的评估方法可分为市场价值法、费用支出法、旅行费用法、恢复和防护费用法、影子工程法、机会成本法、条件价值法等多种形式<sup>[17]</sup>。但问题在于,由于换算标准不一,各种方法所评估得到的生态资产价值量是否具有可比性值得商榷。一般而言,生态资产价值量评估应贯彻市场价值优先的原则,先计算生态资产直接使用价值。对于间接使用价值采用其他方式表征,对于非使用价值多使用条件价值法。那么在最终的生态资产价值量统计中,建议按照不同的估算方法分开展示结果,谨慎处理市场价值与机会成本、条件价值的叠加,避免总价值量加和时的争议性。显然,这种结果展示是建立在已经细分生态资产类型、明确价值量评估优选方法的基础上的。因此,规范生态资产指标体系成为生态资产价值量评估方法规范的前提条件。

正如国内外前沿进展的主要研究内容所示,在指标体系的规范过程中,应着重强调生态资产流量即生态系统服务评估体系的规范。这一方面是由于人类福祉的计量很难有明确的边界,而主要体现在单位时间内的增减关系上,即流量的概念;另一方面是由于自然资本的变化本身就会造成生态系统服务的变化,二者叠加容易形成重复计算。生态系统服务的物质量评估往往以年为单位,可以与其他生计资本的流量取得良好的时间对应关系。但值得注意的是,生态系统服务的变化受到气候变化和人类活动的共同影响,生态资产流量在年际间可能是很不稳定的。考虑到降水量等气候条件对生态资产核算结果的影响,有必要采用多年的生态系统服务评估结果相互对比,或采用情景模拟的方式剔除气候的波动。

#### 4.4 提升生态资产决策支持能力

建立与生态系统服务估算基础上的生态资产核算研究良好的提供了自然要素和社会要素的综合路径<sup>[65]</sup>,为区域可持续发展决策提供了定量化的评估工具。生态资产核算对区域发展的决策作用既体现在对已有生态工程的绩效评估上,也表现在对未来决策情景的模拟优选上。无论是上述哪一种方式,成本收益核算体系的建立和利益相关者的意愿调查应是决策支持中最为常见的指标,而二者又是相互联系的。一般而言,生态工程的实施可以普遍导致生态系统服务的提升,即生态资产有所增加。但随着土地利用方式和权属的改变,利益相关者的生计条件受到冲击,可能产生较大的成本。系统的成本收益核算体系可以全面评估不同尺度上服务供给方的成本和服务需求方的收益,从而得出较为可靠的决策评价结论。其中,局地尺度利益相关者往往是主要的服务供给方,对其进行意愿调查是深入理解成本收益的重要途径。

面向众多可持续发展目标,有必要通过情景模拟的方式探索不同目标的达成路径。该路径同样可以拆解为宏观尺度的成本收益核算和局地尺度的利益相关者意愿。对于价值化误差较小的生态资产指标,可以直接通过比较生态资产与其他资产的价值增减关系,从而判断在该情景设置下区域人地耦合系统是否是可持续的。对于不易价值化的生态资产指标,可以对比居民的感知偏好不同情景下的赋值差异,排序得出局地人地耦合系统可持续性最高情景,并进一步判断该局地最优情景下区域系统能否达成可持续发展目标。也就是说,考虑到生态资产核算方法自身的不确定性,最终的决策情景不一定是总价值最大,也可以是总偏好最优,但区域具体选择的可持续发展路径一定将是生态资产供给方和受益方在主观意愿上共同接受的方案。

#### 参考文献 (References):

- [ 1 ] 傅伯杰. 我国生态系统研究的发展趋势与优先领域. 地理研究, 2010, 29(3): 383-396.
- [ 2 ] 傅伯杰, 田汉勤, 陶福祿, 赵文武, 王帅. 全球变化对生态系统服务的影响. 中国基础科学, 2017, 19(6): 14-18.
- [ 3 ] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 1997, 387(6630): 253-260.
- [ 4 ] TEEB Synthesis. Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB. London: The Economics of Ecosystems and Biodiversity, 2010.

- [ 5 ] Guerry A D, Polasky S, Lubchenco J, Chaplin-Kramer R, Daily G C, Griffin R, Ruckelshaus M, Bateman I J, Duraiappah A, Elmqvist T, Feldman M W, Folke C, Hoekstra J, Kareiva P M, Keeler B L, Li S Z, McKenzie E, Ouyang Z Y, Reyers B, Ricketts T H, Rockström J, Tallis H, Vira B. Natural capital and ecosystem services informing decisions: from promise to practice. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2015, 112(24): 7348-7355.
- [ 6 ] 高吉喜. 生态资产评估在环评中的应用前景及建议. *环境影响评价*, 2014, (1): 26-29.
- [ 7 ] 欧阳志云, 郑华, 谢高地, 杨武, 刘桂环, 石英华, 杨多贵. 生态资产、生态补偿及生态文明科技贡献核算理论与技术. *生态学报*, 2016, 36(22): 7136-7139.
- [ 8 ] Daily G C, Matson P A. Ecosystem services: from theory to implementation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2008, 105(28): 9455-9456.
- [ 9 ] 白杨, 李晖, 王晓媛, Alatalo J M, 江波, 王敏, 刘文俊. 云南省生态资产与生态系统生产总值核算体系研究. *自然资源学报*, 2017, 32(7): 1100-1112.
- [ 10 ] 高吉喜, 范小杉. 生态资产概念、特点与研究趋向. *环境科学研究*, 2007, 20(5): 137-143.
- [ 11 ] 戴波, 周鸿. 生态资产评估理论与方法评介. *经济问题探索*, 2004, (9): 18-21.
- [ 12 ] 王健民, 王如松. 中国生态资产概论. 南京: 江苏科学技术出版社, 2001.
- [ 13 ] Hein L, Bagstad K, Edens B, Obst C, de Jong R, Lesschen J P. Defining ecosystem assets for natural capital accounting. *PLoS One*, 2016, 11(11): e0164460.
- [ 14 ] 李伟, 崔丽娟, 庞丙亮, 马牧源, 康晓明. 湿地生态系统服务价值评价去重复性研究的思考. *生态环境学报*, 2014, 23(10): 1716-1724.
- [ 15 ] 朱文泉, 高清竹, 段敏捷, 郭亚齐, 李玉娥, 万运帆, 边多, 韦兰亭. 藏西北高寒草原生态资产价值评估. *自然资源学报*, 2011, 26(3): 419-428.
- [ 16 ] 王红岩, 高志海, 李增元, 王琤瑜, 白黎娜, 王志波, 吴俊君. 县级生态资产价值评估——以河北丰宁县为例. *生态学报*, 2012, 32(22): 7156-7168.
- [ 17 ] 王娟娟, 王大娟, 彭晓春, 洪鸿加, 杨霞, 刘培亮. 关于生态资产核算方法探讨. *环境与可持续发展*, 2014, 39(6): 14-18.
- [ 18 ] 谢高地. 生态资产评价: 存量、质量与价值. *环境保护*, 2017, 45(11): 18-22.
- [ 19 ] 杨艳昭, 封志明, 闫慧敏, 潘韬, 江东, 宋晓谕, 马国霞, 刘文新. 自然资源资产负债表编制的“承德模式”. *资源科学*, 2017, 39(9): 1646-1657.
- [ 20 ] 孙晓, 李锋. 城市生态资产评估方法与应用——以广州市增城区为例. *生态学报*, 2017, 37(18): 6216-6228.
- [ 21 ] 封志明, 杨艳昭, 闫慧敏, 潘韬, 江东, 肖池伟. 自然资源资产负债表编制的若干基本问题. *资源科学*, 2017, 39(9): 1615-1627.
- [ 22 ] Koch E W, Barbier E B, Silliman B R, Reed D J, Perillo G M, Hacker S D, Granek E F, Primavera J H, Muthiga N, Polasky S, Halpern B S, Kennedy C J, Kappel C V, Wolanski E. Non-linearity in ecosystem services: temporal and spatial variability in coastal protection. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2009, 7(1): 29-37.
- [ 23 ] DFID. Sustainable Livelihoods Guidance Sheets. London: Department for International Development, 1999-2005.
- [ 24 ] 张志强, 徐中民, 程国栋. 生态系统服务与自然资本价值评估. *生态学报*, 2001, 21(11): 1918-1926.
- [ 25 ] Liu S, Costanza R, Troy A, D'Aagostino J, Mates W. Valuing new jersey's ecosystem services and natural capital: a spatially explicit benefit transfer approach. *Environmental Management*, 2010, 45(6): 1271-1285.
- [ 26 ] Sumarga E, Hein L, Edens B, Suwarno A. Mapping monetary values of ecosystem services in support of developing ecosystem accounts. *Ecosystem Services*, 2015, 12: 71-83.
- [ 27 ] Kibria A S M G, Behie A, Costanza R, Groves C, Farrell T. The value of ecosystem services obtained from the protected forest of Cambodia: The case of Veun Sai-Siem Pang National Park. *Ecosystem Services*, 2017, 26: 27-36.
- [ 28 ] Borucke M, Moore D, Cranston G, Gracey K, Iha K, Larson J, Lazarus E, Morales J C, Wackernagel M, Galli A. Accounting for demand and supply of the biosphere's regenerative capacity: the national footprint accounts' underlying methodology and framework. *Ecological Indicators*, 2013, 24: 518-533.
- [ 29 ] Lloyd-Smith P. A Note on the robustness of aggregate ecosystem service values. *Ecological Economics*, 2018, 146: 778-780.
- [ 30 ] D'Amato D, Rekola M, Li N, Toppinen A. Monetary valuation of forest ecosystem services in China: A literature review and identification of future research needs. *Ecological Economics*, 2016, 121: 75-84.
- [ 31 ] Ouyang Z Y, Zheng H, Xiao Y, Polasky S, Liu J G, Xu W H, Wang Q, Zhang L, Xiao Y, Rao E M, Jiang L, Lu F, Wang X K, Yang G B, Gong S H, Wu B F, Zeng Y, Yang W, Daily G C. Improvements in ecosystem services from investments in natural capital. *Science*, 2016, 352(6269): 1455-1459.
- [ 32 ] 耿建新, 胡天雨, 刘祝君. 我国国家资产负债表与自然资源资产负债表的编制与运用初探——以 SNA 2008 和 SEEA 2012 为线索的分析. *会计研究*, 2015, (1): 15-24.
- [ 33 ] Turner R K, Daily G C. The ecosystem services framework and natural capital conservation. *Environmental and Resource Economics*, 2008, 39(1): 25-35.
- [ 34 ] Cavender-Bares J, Polasky S, King E, Balvanera P. A sustainability framework for assessing trade-offs in ecosystem services. *Ecology and Society*, 2015, 20(1): 17.
- [ 35 ] Burkhard B, de Groot R, Costanza R, Seppelt R, Jørgensen S E, Potschin M. Solutions for sustaining natural capital and ecosystem services.

- Ecological Indicators, 2012, 21: 1-6.
- [36] 张立伟, 傅伯杰. 生态系统服务制图研究进展. 生态学报, 2014, 34(2): 316-325.
- [37] Zhang L W, Lü Y H, Fu B J, Dong Z B, Zeng Y, Wu B F. Mapping ecosystem services for China's ecoregions with a biophysical surrogate approach. *Landscape and Urban Planning*, 2017, 161: 22-31.
- [38] 侯元兆, 吴水荣. 生态系统价值评估理论方法的最新进展及对我国流行概念的辨正. *世界林业研究*, 2008, 21(5): 7-16.
- [39] Schaefer M, Goldman E, Bartuska A M, Sutton-Grier A, Lubchenco J. Nature as capital: advancing and incorporating ecosystem services in United States federal policies and programs. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2015, 112(24): 7383-7389.
- [40] Gómez-Baggethun E, Barton D N. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*, 2013, 86: 235-245.
- [41] Jones L, Norton L, Austin Z, Browne A L, Donovan D, Emmett B A, Grabowski Z J, Howard D C, Jones J P G, Kenter J O, Manley W, Morris C, Robinson D A, Short C, Siriwardena G M, Stevens C J, Storkey J, Waters R D, Willis G F. Stocks and flows of natural and human-derived capital in ecosystem services. *Land Use Policy*, 2016, 52: 151-162.
- [42] Bryan B A, Raymond C M, Crossman N D, Macdonald D H. Targeting the management of ecosystem services based on social values: where, what, and how? *Landscape and Urban Planning*, 2010, 97(2): 111-122.
- [43] Ruijs A, van Egmond P. Natural capital in practice: how to include its value in Dutch decision-making processes. *Ecosystem Services*, 2017, 25: 106-116.
- [44] Schultz L, Folke C, Österblom H, Olsson P. Adaptive governance, ecosystem management, and natural capital. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2015, 112(24): 7369-7374.
- [45] Ehrlich P R, Kareiva P M, Daily G C. Securing natural capital and expanding equity to rescale civilization. *Nature*, 2012, 486(7401): 68-73.
- [46] 韩洪云, 喻永红. 退耕还林生态补偿研究——成本基础、接受意愿抑或生态价值标准. *农业经济问题*, 2014, 35(4): 64-72.
- [47] 刘燕, 董耀. 后退耕时代农户退耕还林意愿影响因素. *经济地理*, 2014, 34(2): 131-138.
- [48] 赵雪雁, 张丽, 江进德, 侯成成. 生态补偿对农户生计的影响——以甘南黄河水源补给区为例. *地理研究*, 2013, 32(3): 531-542.
- [49] McAfee K. The contradictory logic of global ecosystem services markets. *Development and Change*, 2012, 43(1): 105-131.
- [50] Barnes-Mauthe M, Oleson K L L, Brander L M, Zafindrasilivonona B, Oliver T A, van Beukering P. Social capital as an ecosystem service: evidence from a locally managed marine area. *Ecosystem Services*, 2015, 16: 283-293.
- [51] Bremer L L, Farley K A, Lopez-Carr D. What factors influence participation in payment for ecosystem services programs? An evaluation of Ecuador's SocioPáramo program. *Land Use Policy*, 2014, 36: 122-133.
- [52] Górriz-Mifsud E, Varela E, Piqué M, Prokofieva I. Demand and supply of ecosystem services in a Mediterranean forest: computing payment boundaries. *Ecosystem Services*, 2016, 17: 53-63.
- [53] Ward M, Possingham H, Rhodes J R, Mumby P. Food, money and lobsters: valuing ecosystem services to align environmental management with sustainable development goals. *Ecosystem Services*, 2018, 29: 56-69.
- [54] Cao S X, Zhong B L, Yue H, Zeng H S, Zeng J H. Development and testing of a sustainable environmental restoration policy on eradicating the poverty trap in China's Changting County. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2009, 106(26): 10712-10716.
- [55] Cao S X, Shang D, Yue H, Ma H. A win-win strategy for ecological restoration and biodiversity conservation in Southern China. *Environmental Research Letters*, 2017, 12(4): 044004.
- [56] Zheng H, Robinson B E, Liang Y C, Polasky S, Ma D C, Wang F C, Ruckelshaus M, Ouyang Z Y, Daily G C. Benefits, costs, and livelihood implications of a regional payment for ecosystem service program. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2013, 110(41): 16681-16686.
- [57] Li C, Zheng H, Li S Z, Chen X S, Li J, Zeng W H, Liang Y C, Polasky S, Feldman M W, Ruckelshaus M, Ouyang Z Y, Daily G C. Impacts of conservation and human development policy across stakeholders and scales. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2015, 112(24): 7396-7401.
- [58] Gunton R M, van Asperen E N, Basden A, Bookless D, Araya Y, Hanson D R, Goddard M A, Otieno G, Jones G O. Beyond ecosystem services: valuing the invaluable. *Trends in Ecology & Evolution*, 2017, 32(4): 249-257.
- [59] 傅伯杰. 新时代自然地理学发展的思考. *地理科学进展*, 2018, 37(1): 1-7.
- [60] 赵文武, 刘月, 冯强, 王亚萍, 杨思琪. 人地系统耦合框架下的生态系统服务. *地理科学进展*, 2018, 37(1): 139-151.
- [61] Smith A C, Harrison P A, Soba M P, Archaux F, Blicharska M, Egoh B N, Erös T, Domenech N F, György Á I, Haines-Young R, Li S, Lommelen E, Meiresonne L, Ayala L M, Mononen L, Simpson G, Stange E, Turkelboom F, Uiterwijk M, Veerkamp C J, de Echeverria V W. How natural capital delivers ecosystem services: a typology derived from a systematic review. *Ecosystem Services*, 2017, 26: 111-126.
- [62] Hu H T, Fu B J, Lü Y H, Zheng Z M. SAORES: a spatially explicit assessment and optimization tool for regional ecosystem services. *Landscape Ecology*, 2015, 30(3): 547-560.
- [63] Olander L P, Johnston R J, Tallis H, Kagan J, Maguire L A, Polasky S, Urban D, Boyd J, Wainger L, Palmer M. Benefit relevant indicators: ecosystem services measures that link ecological and social outcomes. *Ecological Indicators*, 2018, 85: 1262-1272.
- [64] 肖玉, 谢高地, 鲁春霞, 徐洁. 基于供需关系的生态系统服务空间流动研究进展. *生态学报*, 2016, 36(10): 3096-3102.

- 
- [65] 傅伯杰. 地理学:从知识、科学到决策. 地理学报, 2017, 72(11): 1923-1932.