

DOI: 10.20103/j.stxb.202309151989

焦雯珺, 李宇薇. 社会-生态系统框架研究综述: 发展动态、研究方法与应用领域. 生态学报, 2024, 44(20): 8968-8983.

Jiao W J, Li Y W. Reviewing the social-ecological systems framework: development dynamics, research approaches and application fields. Acta Ecologica Sinica, 2024, 44(20): 8968-8983.

# 社会-生态系统框架研究综述: 发展动态、研究方法与应用领域

焦雯珺<sup>1,2,\*</sup>, 李宇薇<sup>1,2</sup>

1 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101

2 中国科学院大学, 北京 100049

**摘要:** 社会-生态系统 (SES) 框架能够对社会-生态系统的要素及相互作用进行解析, 并通过行动情境分析为多样化和复杂化的问题寻找解决方案, 因此成为社会-生态系统研究领域应用最广泛的方法之一。然而, 目前缺乏对 SES 框架研究进展的系统总结, 这不利于更多的研究者理解并应用这一方法, 也不利于该方法本身的进一步发展。为此, 结合文献计量分析, 从发展动态、研究方法和应用领域三个方面对 SES 框架研究进展进行了梳理与总结, 并探讨了目前 SES 框架研究中存在的不足以及未来 SES 框架研究的改进方向。SES 框架自 2009 年正式提出以来, 仍在不断完善与发展中, 其相关研究大致经历了起步、持续增长、快速发展三个阶段。SES 框架的研究思路可归纳为核心问题聚焦、关键变量选取和系统结果评估。SES 框架的应用领域集中在系统属性研究、综合治理分析和公共政策评估三个方面。从现有应用研究来看, 核心问题已广泛涉及多个尺度、多种类型社会-生态系统的实际问题; 一级变量集中在资源系统、资源单位、治理系统和行动者, 二级变量则因各应用领域的侧重点不同在选取频率上存在较大差异; 系统结果评估以定性分析为主, 辅以定量方法实现部分变量的定量化表达。研究表明, SES 框架具有多学科融合、应用范围广泛、变量使用灵活的特点, 目前研究存在的不足主要为对变量概念的界定不清晰、对变量选取与表征的规范不明确、对系统跨尺度的差异特征、互动联系以及系统的动态演化规律分析匮乏。未来 SES 框架研究应当在完善变量的界定、选取和表征、深化不同时空尺度的互动研究等方面作深入研究。

**关键词:** 社会-生态系统; 社会-生态系统框架; 可持续性; 公共资源治理

## Reviewing the social-ecological systems framework: development dynamics, research approaches and application fields

JIAO Wenjun<sup>1,2,\*</sup>, LI Yuwei<sup>1,2</sup>

1 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

**Abstract:** The social-ecological systems (SES) framework is one of the most widely used methods in the field of social-ecological system research, which analyses the key elements and interactions of social-ecological systems and provides solutions for diverse and complex problems through action situation analysis. However, systematic summaries of its development dynamics, research approaches, and application fields are rare in the literature, which is not conducive to more researchers understanding and applying this method, and would also affect its further development. Therefore, this article sorted out and summarized the above issues combined with bibliometric analysis, and discussed the shortcomings of the SES framework research and its improving directions. Firstly, the SES framework has been improving since it was

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (42371301)

收稿日期: 2023-09-15; 网络出版日期: 2024-07-26

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jiaowj@igsrr.ac.cn

proposed by Ostrom in 2009. Its research has broadly gone through three phases of initial stage, sustained growth, and rapid development. Secondly, the research procedures of the framework can be summarized as focusing on core problems, selecting key variables and evaluating the results. Thirdly, the application fields are focused on three aspects: attribute study, comprehensive management analysis and public policy evaluation. From the existing research, the core problems have covered specific issues of multiple scales and types of social-ecological systems; the first-level variables focused on Resource Systems, Resource Units, Governance Systems and Actors, while the use frequency of the second-level variables varied in each application fields because of the different research focus; the evaluation of system results was mainly based on qualitative analysis, and the introduction of quantitative methods helped to quantify some of the variables. Given to the characteristics of multi-disciplinary integration, wide application range and flexible use of variables, the SES framework has strong effectiveness and applicability to social-ecological system research. However, there are still some deficiencies in the existing research. The first problem is that SES framework does not clearly present the definition of variables. And the existing studies are weak in analysing the differential characteristics and interaction links of the system across scales and its dynamical evolution patterns. Therefore, future research should focus on the definition, selection and measurement standards of variables, and strengthen spatial-temporal research on social-ecological system interaction.

**Key Words:** social-ecological systems; social-ecological systems framework; sustainability; public resource governance

自 1960 年以来,人们逐渐意识到资源枯竭、环境污染的全球危害性,并展开一系列资源环境治理行动。然而,资源环境问题背后蕴含着深厚的社会生态背景,系统内在的复杂性和不可预测性给资源环境治理带来诸多问题与挑战<sup>[1]</sup>。经过长期的探索与实践,人们认识到“世界所面临的危机并非孤立存在,环境危机、发展危机和能源危机是一体的”<sup>[2]</sup>。研究者们也逐渐从单一学科视角转到跨学科视角来研究和解决现实问题<sup>[3-5]</sup>。越来越多研究表明,人类社会与生态系统之间存在复杂的相互关系<sup>[6-8]</sup>,社会-生态系统是由一个或多个生态系统和社会系统相互影响、相互关联组成的复杂适应系统<sup>[9]</sup>。理解社会-生态系统间的相互关系对于实现人类社会可持续发展至关重要。

在此背景下,Elinor Ostrom 教授提出社会-生态系统(Social-ecological systems, SES)框架。作为诊断社会-生态系统可持续性的通用分析工具,SES 框架能够揭示社会-生态系统中的关键变量及其相互作用关系<sup>[10]</sup>,并通过行动情境分析为多样化和复杂化的问题寻找解决方案<sup>[11]</sup>。由于突破了“万能药”的思维陷阱,即用一种理想化的理论模型来分析解决所有公共资源治理问题,SES 框架在一定程度上改变了长期以来不同学科各自研究、未成体系的局面,为理解社会-生态系统之间的复杂互动提供了一个多学科融合的分析平台<sup>[12]</sup>,因此成为社会-生态系统研究领域应用最广泛的方法之一。尽管国内外学者利用 SES 框架展开了一系列理论与应用研究,但目前仍缺乏对 SES 框架研究进展的系统总结,这不利于更多的研究者理解并应用这一方法,也不利于该方法本身的进一步发展。本文结合文献计量分析,从发展动态、研究方法和应用领域三个方面对 SES 框架研究进展进行了梳理与总结,并探讨了目前 SES 框架研究中存在的不足以及未来 SES 框架研究的改进方向,以期深化与拓展 SES 框架理论与应用研究提供理论参考。

## 1 SES 框架的发展动态

### 1.1 SES 框架的形成与发展

SES 框架是 Ostrom 长期从事公共资源治理问题研究的理论成果,其形成与发展大致可以分成三个阶段:①1960—2000 年,Ostrom 先后提出了多中心治理理论和制度分析与发展(Institutional Analysis and Development, IAD)框架,为 SES 框架的提出奠定了基础。多中心治理理论主张“多元共治”,强调政府、市场、社会共同参与决策<sup>[13]</sup>。多元主体共治后成为 SES 框架设计的核心思想之一。IAD 框架的核心是“行动情境”,即影响研究对象做出特定行为选择的背景、场所与结构<sup>[14]</sup>。IAD 框架用于分析包含自然/物质条件、共

同体属性和应用规则的外部因素对行动情境的影响,以及由此产生的相互作用模式和结果<sup>[15]</sup>。SES 框架是对 IAD 框架的拓展,进一步明确了社会系统和生态系统的双重作用<sup>[16]</sup>。②2000—2010 年,Ostrom 及其团队将重点转向社会-生态系统分析框架的开发,在 2007 年《Proceedings of the National Academy of Sciences》的“A diagnostic approach for going beyond panaceas”一文中,提出一种“诊断社会-生态系统的多层级框架”,初步建立起 SES 框架的基本架构。并于 2009 年在《Science》发表“A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems”,详细阐述 SES 框架的设计理念,并对其一级变量和二级变量进行解释说明,SES 框架正式形成。Ostrom 指出,SES 框架旨在为研究者提供一个整合复杂、多层次变量和多学科知识体系的基础分析平台,一个对具体社会生态问题的诊断工具<sup>[12]</sup>。③2010 年以来,SES 框架仍在不断地发展和调整,包括概念层级(一级变量)的修正、二级变量的界定与优化、设计原则的改进等<sup>[17-19]</sup>,围绕 SES 框架的应用研究也在不断增多。

SES 框架包括四个核心子系统:资源系统(Resource Systems, RS)、资源单位(Resource Units, RU)、治理系统(Governance Systems, GS)和行动者(Actors, A)。资源系统是由多种类型的资源构成的统一整体,如森林、动物保护区等。资源单位指具有鲜明物理特征、空间范围、分布和边界的资源,如树木、野生动物等。治理系统包括所有治理主体及规则,如政府组织、非政府组织、产权制度等。行动者原为使用者(Users, U),后考虑到获取资源的直接参与者与消费劳动产品的使用者不完全相同的情形<sup>[17]</sup>,Ostrom 等将使用者更改为行动者,指以直接或间接方式参与到社会-生态系统中的个人,适用范围得以拓展。行动情境位于 SES 框架的核心位置,在焦点行动情境中,各子系统之间展开互动(Interactions, I)并产生结果(Outcomes, O),结果将反馈至系统,体现出社会-生态系统复杂适应性发展的特征。考虑到宏观背景因素对社会-生态系统的影响,SES 框架加入了社会、经济和政治背景(Social, Economic, Political Setting, S)、相关生态系统(Related Ecosystems, ECO)两个外部变量(图 1)。根据 Ostrom 对 SES 框架的表述,RS、RU、GS、A 为社会-生态系统的核心子系统,与 I、O、S、ECO 共同构成了 SES 框架的一级变量。

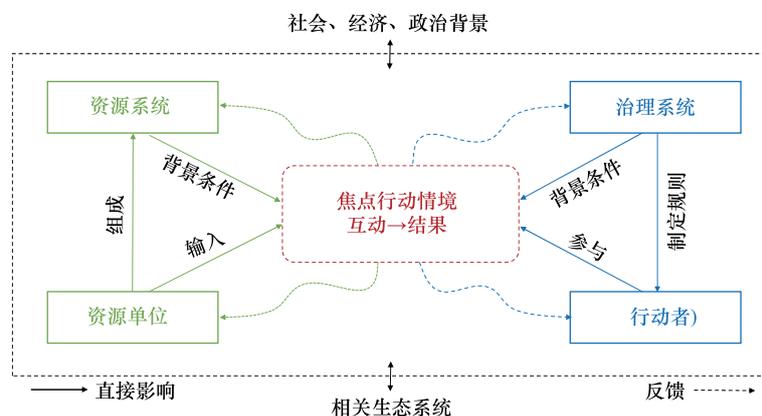


图 1 SES 框架组成(根据文献<sup>[17]</sup>绘制)

Fig.1 The composition of SES framework (adapted from literature<sup>[17]</sup>)

SES: 社会-生态系统 Social-ecological systems

每个一级变量都由多个二级变量组成,必要时可以继续深化至三级变量、四级变量等。在具体的应用研究中,二级或更深层级变量的选取取决于研究的特定对象、社会-生态系统的类型以及分析的时空尺度<sup>[10]</sup>。在最新版 SES 框架中,Ostrom 提出 56 个二级变量供研究者参考(表 1)。

### 1.2 SES 框架的研究动态

为了全面了解 SES 框架研究动态,本文以“Social-ecological systems framework”或“Ostrom social-ecological systems framework”为主题,在 Web of Science (WOS) 核心合集中筛选出 2009 年 1 月—2023 年 8 月发表的 204

篇文献。以“社会-生态系统框架”和“Ostrom 社会-生态系统框架”为主题,在中国知网获取 2010 年 1 月—2023 年 8 月发表的有效文献 104 篇。

表 1 SES 框架的二级变量

Table 1 Second-level variables of SES framework

一级变量 First-level variables	二级变量 Second-level variables
资源系统 Resource systems(RS)	RS1 资源类型;RS2 清晰的资源边界;RS3 资源系统的规模;RS4 人造设施;RS5 系统生产力;RS6 平衡性;RS7 资源动态可预测性;RS8 存储特征;RS9 区位
资源单位 Resource units(RU)	RU1 资源单位流动性;RU2 增长与更新效率;RU3 资源单位的互动;RU4 经济价值;RU5 单位数量;RU6 显著标志;RU7 时空分布
治理系统 Governance systems(GS)	GS1 政府组织;GS2 非政府组织;GS3 网络结构;GS4 产权结构;GS5 操作规则;GS6 集体选择规则;GS7 宪政规则;GS8 监督和制裁过程
行动者 Actors(A)	A1 相关行动者数量;A2 社会经济属性;A3 历史或以往经验;A4 位置;A5 领导力;A6 社会资本;A7 社会生态系统观念/心智模式;A8 对资源的依赖程度;A9 技术可用程度
互动 Interactions(I)	I1 收获量;I2 信息分享;I3 协商过程;I4 冲突;I5 投资活动;I6 游说活动;I7 自组织行动;I8 社交活动;I9 监测活动;I10 评估活动
结果 Outcomes(O)	O1 社会绩效评估;O2 生态绩效评估;O3 对其他社会-生态系统的外部性
社会、经济和政治背景 Social, economic, political setting(S)	S1 经济发展;S2 人口趋势;S3 政治稳定性;S4 其他治理系统;S5 市场;S6 媒体组织;S7 技术
相关生态系统 Related ecosystems(ECO)	ECO1 气候特征;ECO2 污染类型;ECO3 资源的流动

SES: 社会-生态系统 Social-ecological systems;根据文献<sup>[17]</sup>整理

自 2009 年 Ostrom 正式提出 SES 框架以来,有关 SES 框架的中英文文献发表量都在不断增加,且呈现出进一步上升的趋势(图 2),从发展阶段来看,大致经历了起步阶段(2009—2012 年)、持续增长阶段(2013—2017 年)和快速发展阶段(2018 年至今)。

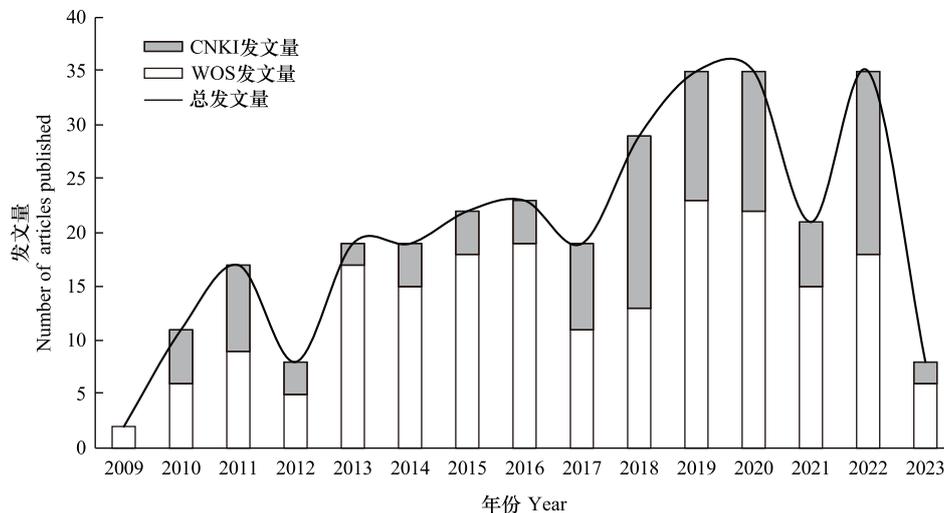


图 2 SES 框架相关研究发文章量变化趋势

Fig.2 Trends in the number of publications related to SES framework

WOS 文献计量结果表明,以 SES 框架为研究主题的英文文献发表数量前 5 位的期刊为 Ecology and Society、International Journal of the Commons、Sustainability、Global Environmental Change Human and Policy Dimensions、Sustainability Science。研究来源前五的地区为美国、德国、加拿大、澳大利亚、瑞典。CNKI 文献计量分析结果表明,中文文献主要发表于《生态学报》《地理学报》《中国行政管理》《经济学动态》《中国农业大

学学报》等期刊上,研究者集中分布在清华大学、厦门大学、北京林业大学、中国农业大学等高校和科研机构。

就研究内容来看,SES 框架相关研究大致可以分为三类,即以概念、方法发展为中心的 SES 框架理论研究、以案例分析为中心的应用研究及以文献结果统计为中心的荟萃研究。基于 Citespace 进行关键词共现分析,剔除“社会-生态系统框架”和“social-ecological systems framework”,得到中英文文献中出现频次前 10 位的关键词(表 2)。根据前 10 位的高频关键词,可以看出 SES 框架的研究方向大致归为以下 3 个方面。①社会-生态系统属性研究:关键词包括 resilience/韧性/弹性/恢复力、sustainability/可持续性、脆弱性、复杂性等。SES 框架因其对社会和生态系统的综合考虑,常被用于分析社会-生态系统属性,为系统韧性、脆弱性等研究提供了新思路。此类研究的根本目的在于探究社会-生态系统发展的可持续性。②综合治理研究:关键词包括 common、collective action、co-management、公共资源、自主治理、森林治理等。SES 框架最初用于公共池塘资源治理研究,涉及林业、渔业等领域。后研究范围不断拓展,在公共事务治理研究领域得到广泛应用,研究侧重于探讨区域集体行动能力与自主治理机制。③公共政策管理研究:关键词包括 management、governance、institution、管理绩效等。社会-生态系统发展离不开政府的政策支持,基于 SES 框架分析政府或治理系统在社会-生态系统中的作用以及政策实施的成效也是 SES 框架研究的热点话题。

表 2 SES 框架研究中英文文献的前 10 位高频关键词

Table 2 Top 10 high-frequency keywords in Chinese and English literature on SES framework

关键词 Keyword	频率 Frequency	中心性 Centrality	年份 Year	关键词 Keyword	频率 Frequency	中心性 Centrality	年份 Year
management	76	0.29	2009	韧性/弹性/恢复力	8	0.12	2010
governance	61	0.16	2010	脆弱性	7	0.23	2014
sustainability	53	0.28	2009	公共资源	6	0.13	2012
institution	42	0.21	2010	可持续性	6	0.1	2011
collective action	34	0.18	2009	自主治理	5	0.05	2010
common	33	0.22	2009	影响因素	3	0.07	2018
conservation	27	0.19	2010	研究进展	3	0.13	2014
resilience	26	0.11	2011	管理绩效	3	0.02	2019
co-management	18	0.15	2011	复杂性	3	0.2	2018
resource	18	0.02	2013	森林治理	3	0.1	2018

## 2 SES 框架的研究方法

本文筛选出 91 篇 SES 框架应用研究文献,结合 Ostrom 团队提出的相关理论与方法,对 SES 框架的研究思路进行了梳理与总结,归纳为以下三步,即核心问题聚焦、关键变量筛选和系统结果评估。Ostrom 指出,SES 框架的建立意在提供一套适用于整个社会-生态系统领域的基础分析框架,构建一个跨学科社会-生态系统研究的交流平台<sup>[10]</sup>。这意味着 SES 框架支持多学科知识体系在框架内进行融合、比较,不同学科的研究方法也因此在此框架中得以整合。为此,本文总结了 SES 框架应用研究中使用的方法,同时对文献中变量、指标的使用情况进行统计分析。

### 2.1 核心问题聚焦

应用 SES 框架进行分析,确定核心问题是第一步。核心问题由特定的社会-生态系统和针对此系统的具体问题组成。SES 框架的研究最初多聚焦小尺度公地<sup>[20-22]</sup>,后越来越多研究表明,SES 框架同样适用于大尺度社会-生态系统分析,如国家公园<sup>[23-24]</sup>、河流三角洲<sup>[25-26]</sup>、城市<sup>[27-28]</sup>、国家<sup>[29]</sup>等。从文献统计结果来看(图 3),现有 SES 框架研究涉及社会-生态系统的类型范围较广,除围绕自然资源为中心的社会-生态系统外,如森林、湿地、农田社会-生态系统等,城市、乡村也常被作为完整的社会-生态系统进行分析。研究的具体问题主要涉及社会-生态系统属性、综合治理和公共政策三个方面。系统属性研究的具体问题涉及系统韧性、适

应性、可转换性和可持续性;综合治理研究的具体问题包括现状问题、影响因素和治理方案三个部分;公共政策研究主要包含现状问题和影响因素两个方面。系统属性研究往往着眼于区域尺度,在该尺度上的研究能够较好地反映社会-生态系统的完整性和复杂性,同时能够有针对性地反馈系统中存在的问题;综合治理与公共政策研究在区域和局地尺度上均有广泛开展,有助于探讨不同尺度上的自主治理机制和政策实施成效。

个案研究法和对比分析法是确定核心问题常用的两类研究方法。目前国内外研究多采用个案研究法<sup>[30-31]</sup>,但单一案例研究结论的解释力和普适性较差<sup>[32]</sup>。对比分析法通过对两个或多个研究对象进行比较分析,有利于从案例的共性和差异性中寻找机制,提高研究说服力。从已有文献来看,主要存在以下三种比较方式:一是对不同社会生态背景下的同一类型社会-生态系统进行比较,诊断影响自组织成效或系统可持续性的各项因素<sup>[21,33]</sup>;二是对同一社会生态背景下的不同资源系统比较,通过区分不同系统的状态确定影响区域可持续发展的关键变量<sup>[34]</sup>;三是对同一社会-生态系统在不同时段的发展情况进行比较,反映出系统的动态特征<sup>[25]</sup>。

## 2.2 关键变量选取

关键变量筛选过程一般包括两步,首先是确定社会-生态系统的一级变量,由此构建分析框架,然后是依据研究需要将一级变量进一步细化至二级变量,必要时可到三级甚至四级变量。

### 2.2.1 一级变量选取

SES 框架将社会-生态系统间的复杂系统关系进行解构,能够帮助研究者快速厘清影响系统发展的关键变量,分析实践过程中存在的问题,推动社会-生态系统分析由理论研究向实践管理过渡。因此,已有文献多选择直接采用 Ostrom 提出的 SES 框架,根据框架中提出的一级变量展开分析<sup>[35-36]</sup>。在一级变量的选取上,所有文献都对治理系统(GS)和行动者(A)进行了分析,96%的文献将资源系统(RS)纳入分析框架中,而82%的文献选取了资源单位(RU)(图4)。究其原因在于,部分文献将资源单位合并至资源系统中,或是着眼于资源单位而缺乏对资源系统的考虑。例如,在一例针对马来西亚廉租房社会管理问题的研究中,研究者认为资源系统与资源单位的区分并不明显,两者共同指向为居民提供公共设施与服务的空间<sup>[37]</sup>;而在对福建商品林赎买政策参与意愿的研究中,研究者重点考虑了资源单位中家庭人均林地面积对林农参与赎买政策意愿的影响,对于当地森林生态系统与林农意愿的关系尚未深入探究<sup>[38]</sup>。此外,近一半的文献对互动(I)、结果(O)、社会、经济和政治背景(S)和相关生态系统(ECO)进行

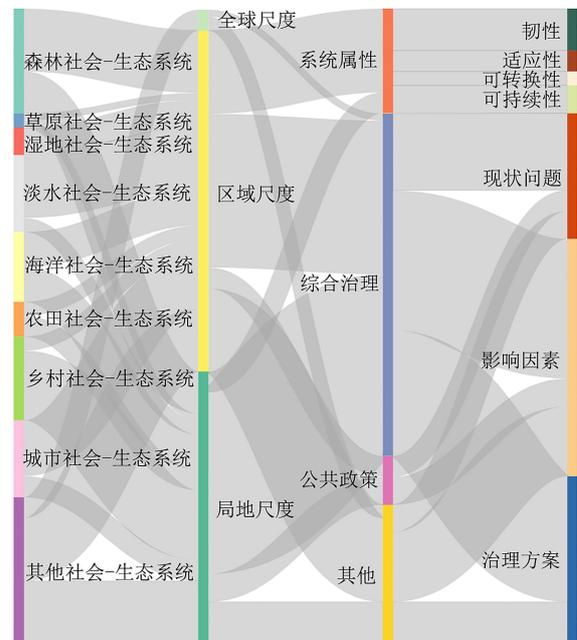


图3 SES 框架研究的系统类型与核心问题

Fig.3 System types and core issues of SES framework study

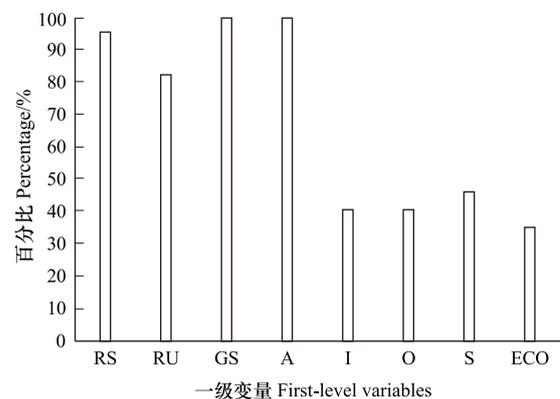


图4 SES 框架应用研究中一级变量使用频率

Fig.4 Use frequency of first-level variables in SES framework applied research

RS: 资源系统;RU: 资源单位;GS: 治理系统;A: 行动者;I: 互动;O: 结果;S: 社会、经济和政治背景;ECO: 相关生态系统

了分析,其中对社会、经济和政治背景(S)的分析多于相关生态系统(ECO)。总体来看,绝大部分文献都对RS、RU、GS和A展开了分析,而针对体现互动耦合关系的一级变量I和O则讨论较少,超半数文献缺乏对体现外部社会生态特征的一级变量S和ECO的考量。

基于实际问题的复杂性以及理论之间的关联性,部分文献对SES框架进行了一定程度的改进与拓展(表3)。一方面,SES框架应用至非传统公共池塘资源问题研究时,系统的组成部分与发展目标都发生了不同程度的改变,为了更准确地表现特定系统的发展机制,一些研究者对SES框架中的一级变量进行了调整。如在研究城市水资源社会-生态系统时,研究者发现很难在城市中定义一个单一的、具有明确界限的资源系统,且市域给排水基础设施对该系统十分重要,因此将资源系统与资源单位合并为水资源与基础设施系统<sup>[27]</sup>。而对文化遗产地社会-生态系统进行分析时,研究者发现特定的文化环境对遗产地的发展具有重要影响,因此将其以第三类环境变量加入到SES框架中<sup>[39]</sup>。另一方面,出于不同的研究目的与侧重点,一些研究者将生态学、经济学、地理学等学科的研究方法与SES框架进行结合,以弥补SES框架在社会-生态系统动态描述、行动情境分析、属性刻画等方面的不足。例如,在一项对淡水社会-生态系统中的人与自然关系的研究中,研究者采用SES框架与IAD框架相结合的社会-生态行动情境框架,详细分析了淡水社会-生态系统相互作用、动态反馈的行动情境,明晰了淡水社会-生态系统变化与发展的因果关系<sup>[40]</sup>。

表3 改进SES框架的代表性研究

Table 3 Representative studies of improvement SES framework

案例 Case	研究目的 Purpose	改进方法 Improvement methods	改进原因 Reasons of improvement	代表性研究 Representative studies
1	评估系统资源环境承载力	结合压力-状态-响应模型	SES框架对系统动态的适应机制反映不足	黄安等 <sup>[41]</sup>
2	描述社会-生态系统中的行动情境及其相互作用;分析集体行动运行模式	结合IAD框架	IAD框架对行动情境的解释力比SES框架更强	Herzog等 <sup>[40]</sup> ;曹玉栋等 <sup>[42]</sup>
3	测度社会-生态系统脆弱性	结合暴露性社会-敏感性社会-适应性脆弱性分析框架	揭示社会-生态系统的脆弱性水平	赵娜等 <sup>[43]</sup>
4	研究系统韧性问题	结合社会网络分析法	分析系统韧性的形成机理	Delgado-Serrano等 <sup>[44]</sup> ;黄玉娟 <sup>[45]</sup>
5	建立生态环境治理框架	结合千年生态系统评估方法	突出生态环境与人类福祉和发展需求之间的关系	Adams等 <sup>[46]</sup>

IAD: 制度分析与发展 Institutional analysis and development

### 2.2.2 二级变量选取

在确定一级变量、构建分析框架后,可将框架中的一级变量进一步细化为可以用于评估的二级变量。变量是否细化取决于研究的核心问题、社会-生态系统的类型以及分析的空间和时间尺度<sup>[10]</sup>。在所统计的文献中,有67%的文献将变量细化至二级或更深层级变量。需要说明的是,并非SES框架中提出的所有变量都要纳入研究分析,研究者可以结合具体研究对象与研究目的进行修改,修改方式包括删减、添补、替换和增加变量层级等。

从变量整体使用频数来看(图5),相关行动者数量(A1)、社会经济属性(A2)、操作规则(GS5)和资源系统的规模(RS3)是使用最多的二级变量,主要原因在于此类变量往往有较明确的指标进行表征(如人口数量、收入水平、受教育程度、资源系统面积等),易于进行量化统计;技术(S7)、媒体组织(S6)、评估活动(I10)、资源的流动(ECO3)、监测活动(I9)的使用频次最低,一方面是因为此类变量均存在一定的量化难度,另一方面S6、S7、I9、I10为Ostrom团队后续增补的二级变量,也在一定程度上造成了其使用频次较低。

从不同研究尺度变量选取频数来看,区域尺度相关研究对系统性要素(如RS3资源系统规模、GS1政府组织、GS5操作规则等)以及个体性要素(如A1相关行动者数量、A2社会经济属性、A5领导力等)较为关注。在区域尺度研究选取的前十项高频二级变量中,有1项资源系统的二级变量、4项治理系统的二级变量、5项

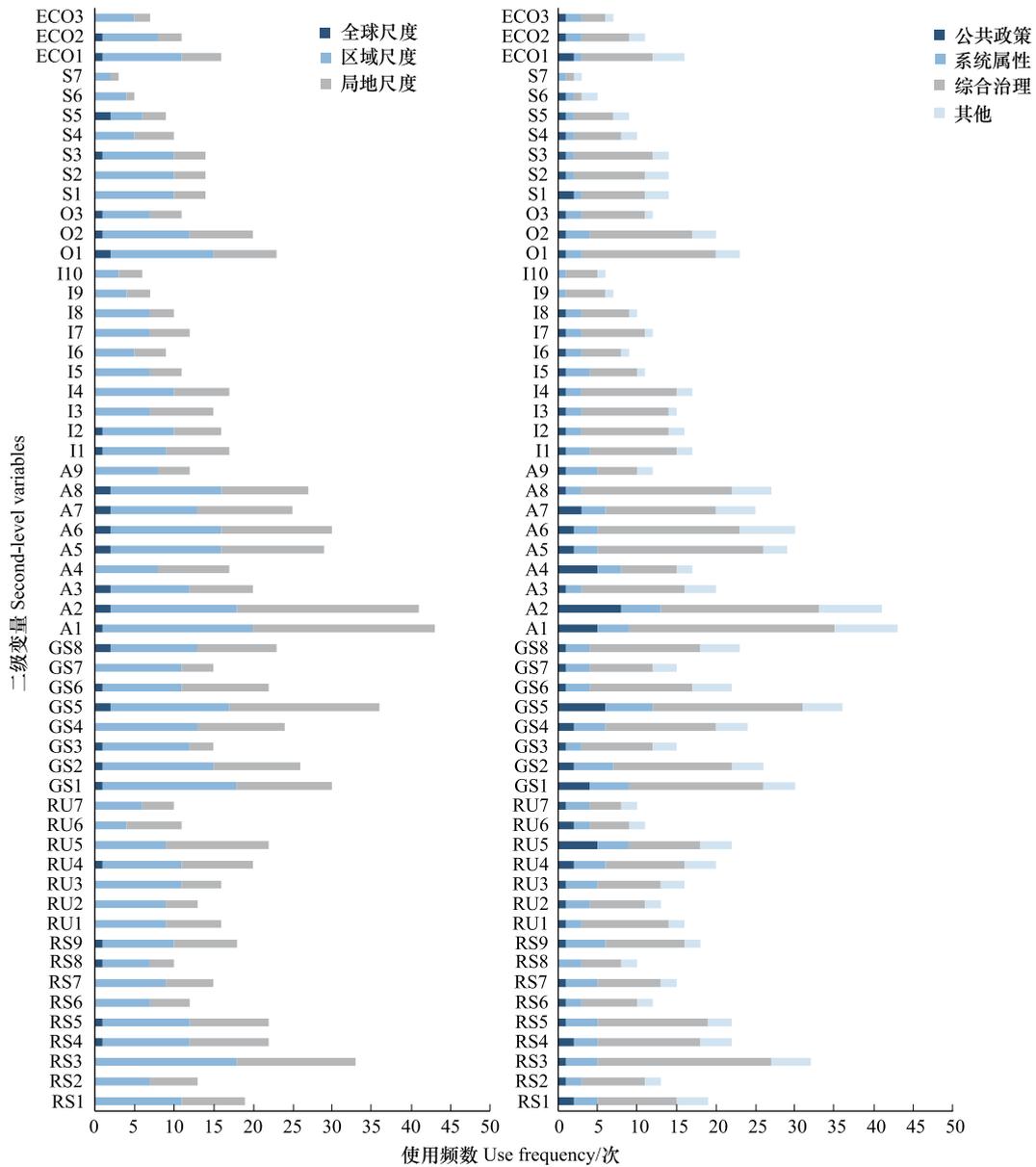


图 5 SES 框架应用研究中二级变量使用频数

Fig.5 Use frequency of second-level variables in SES framework applied research

RS1 资源类型;RS2 清晰的资源边界;RS3 资源系统的规模;RS4 人造设施;RS5 系统生产力;RS6 平衡性;RS7 资源动态可预测性;RS8 存储特征;RS9 区位 RU1 资源单位流动性;RU2 增长与更新效率;RU3 资源单位的互动;RU4 经济价值;RU5 单位数量;RU6 显著标志;RU7 时空分布 GS1 政府组织;GS2 非政府组织;GS3 网络结构;GS4 产权结构;GS5 操作规则;GS6 集体选择规则;GS7 宪政规则;GS8 监督和制裁过程 A1 相关行动者数量;A2 社会经济属性;A3 历史或以往经验;A4 位置;A5 领导力;A6 社会资本;A7 社会生态系统观念/心智模式;A8 对资源的依赖程度;A9 技术可用程度 I1 收获量;I2 信息分享;I3 协商过程;I4 冲突;I5 投资活动;I6 游说活动;I7 自组织行动;I8 社交活动;I9 监测活动;I10 评估活动 O1 社会绩效评估;O2 生态绩效评估;O3 对其他社会-生态系统的外部性 S1 经济发展;S2 人口趋势;S3 政治稳定性;S4 其他治理系统;S5 市场;S6 媒体组织;S7 技术 ECO1 气候特征;ECO2 污染类型;ECO3 资源的流动

行动者的二级变量(表 4)。局地尺度相关研究更加关注微观层面社会-生态系统的运行机制(如 GS5 操作规则、GS6 集体选择规则等)和个体特征(如 A1 相关行动者数量、A2 社会经济属性等)、行为与感知(如 A5 领导力、A7 社会生态系统观念/心智模式等)。在局地尺度研究选取的前十项高频二级变量中,有 6 项行动者的二级变量、2 项治理系统的二级变量、1 项资源单位的二级变量、1 项资源系统的二级变量。由于全球尺度的研

究较少,其二级变量选取频数的统计意义不大。

表 4 研究尺度视角下 SES 框架应用研究选取二级变量前 10 位

Table 4 Top 10 high-frequency second-level variables used in SES framework applied research from the perspective of research scales

全球尺度 Global scale		区域尺度 Regional scale		局地尺度 Local scale	
二级变量 Second-level variables	频数 Frequency	二级变量 Second-level variables	频数 Frequency	二级变量 Second-level variables	频数 Frequency
GS5	2	A1	19	A1	22
GS8	2	RS3	18	A2	17
A2	2	GS1	17	GS5	16
A3	2	A2	16	RS3	15
A5	2	GS5	15	A6	13
A6	2	GS2	14	A5	12
A7	2	A5	14	RU5	11
A8	2	A6	14	GS6	11
O1	2	A8	14	A7	11
S5	2	GS4	13	A8	11

不同研究领域对二级变量的选取也各有侧重。系统属性研究兼顾社会系统和生态系统相关变量,在分析生态系统状态与特征(如 RS9 资源系统的区位、RS3 规模、RS5 系统生产力、RS 资源动态预测以及 RU3 资源单位的互动、RU4 经济价值等)的同时,重点关注在生态系统背景下社会系统要素(如 GS5 操作规则、GS1 政府组织、GS1 非政府组织、A2 行动者的社会经济属性)对系统属性的影响(表 5)。综合治理研究对社会系统相关变量的考虑更加充分,重在分析治理系统的运行机制(如 GS5 操作规则、GS1 政府组织、GS2 非政府组织等)和行动者的特征(如 A1 相关行动者数量、A2 社会经济属性、A5 领导力等)。在综合治理研究的前十项高频使用二级变量中,只有一项资源系统的二级变量(RS3),这说明当前 SES 框架综合治理研究对生态系统相关变量的考虑不足。公共政策研究侧重于分析政策实施背景下行动者特征(如 A2 经济属性、A1 数量、A4 位置、A7 观念、A5 领导力、A6 社会资本等)及其对系统产生的影响,同时重视对公共政策的实施主体(GS1 政府、GS2 非政府组织)和操作规则(GS5)的分析,这说明当前研究十分关注政策在实际操作层面的具体行动规范,但也存在对生态系统相关变量考虑不足的问题。

表 5 研究领域视角下 SES 框架应用研究选取二级变量前 10 位

Table 5 Top 10 high-frequency second-level variables used in SES framework applied research from the perspective of research fields

系统属性 System attribute		综合治理 Governance mechanism		公共政策 Public policy		其他 Other issues	
二级变量 Second-level variables	频数 Frequency						
GS5	6	A1	26	A2	8	A1	8
RS9	5	RS3	22	GS5	6	A2	8
GS1	5	A5	21	A1	5	A6	7
GS2	5	A2	20	A4	5	RS3	5
A2	5	GS5	19	RU5	5	GS5	5
RS3	4	A8	19	GS1	4	GS6	5
RS5	4	A6	18	A7	3	GS8	5
RS7	4	GS1	17	A5	2	A7	5
RU3	4	O1	17	A6	2	A8	5
RU4	4	GS2	15	GS2	2	RS1	4

作为社会-生态系统耦合分析框架,SES 框架中有多项二级变量可用于表征社会系统与生态系统的耦合关系。首先,社会-生态系统是一个复杂适应系统,各要素以非线性、跨尺度的方式进行相互作用并产生相应的结果<sup>[12]</sup>。对应至 SES 框架中,一级变量互动(I)与结果(O)的二级变量是对社会-生态系统耦合关系的直接体现,如人类社会从生态系统中获取资源的收获量(I1)、行动者对资源展开的监测活动(I9)、社会-生态系统互动产生的社会绩效(O1)和生态绩效等(O2)。其次,SES 框架中四个核心一级变量资源系统(RS)、资源单位(RU)、治理系统(GS)和行动者(A)中的部分二级变量也对社会-生态系统的耦合关系有所体现,表现出社会、生态双重属性。例如经济价值(RU4)表明人类从生态系统中获取资源所能得到的财富<sup>[33]</sup>;产权结构(GS4)体现行动者对资源的管理机制<sup>[47]</sup>;社会生态系统观念/心智模式(A7)反映人对人地关系的理解等<sup>[48]</sup>。

由于 SES 框架并未对所有二级变量的概念做出明确界定,不同文献在二级变量表征指标的选取上存在较大差异。其中显著标志(RU6)、操作规则(GS5)、集体选择规则(GS6)、宪政规则(GS7)、监督和制裁过程(GS8)、社会经济属性(A2)、历史或以往经验(A3)、社会绩效评估(O1)、生态绩效评估(O2)、政治稳定性(S3)、其他治理系统(S4)等二级变量的概念较为宽泛,存在多种指标表征方式。例如,社会经济属性(A2)包括性别、年龄、政治面貌、经济水平、受教育程度等,生态绩效评估(O2)包括生物多样性、环境质量、韧性、可持续性等。鉴于此,在研究中可以考虑将此类变量进一步细化为三级、四级变量。

SES 框架并没有一套规范的变量、指标选取原则与方法,但基于已有应用文献可总结出几个主要的选取原则与方法。第一,绝大部分文献在 RS、RU、GS、A 中至少选取一个二级变量。第二,变量的选取需考虑变量与研究主题的相关性,通常需要研究者基于实地考察与自身经验做出判断。例如,在一项对水体自主治理的研究中,研究者基于实地调研得出资源系统的规模(RS3)、相关行动者数量(A1)、领导力(A5)、社会资本(A6)、对资源的依赖程度(A8)五个变量与自组织密切相关,而资源动态可预测性(RS7)、资源单位流动性(RU1)、社会生态系统观念/心智模式(A7)、集体选择规则(GS6)在七个比较研究对象中差别不大,由此综合得出最终的变量选取方案<sup>[49]</sup>。第三,已发表文献可以成为变量、指标选取的重要参考依据。例如,在一项对小型渔业社会-生态系统的研究中,研究者对渔业相关文献进行系统分析,将已有文献研究观点与 SES 框架中的二级变量一一对应,从而对系统进行描述<sup>[50]</sup>。第四,数据可获得性是变量、指标选取的限制条件,研究者需要在科学完整性与数据可得性之间做出综合考虑。

### 2.3 系统结果评估

系统结果评估即识别行动情境,对已选取的变量进行描述并分析其相互作用和产生的结果。对系统结果进行评估的方法主要有两种:一是定性方法,重点分析各变量之间的互动关系及其对系统产生的影响。鉴于 SES 框架中部分变量难以量化表达,在数据收集、数据格式化等方面存在诸多挑战<sup>[51-52]</sup>,目前大量研究仍采用定性分析的方法。二是定量方法,重点在于分析社会-生态系统各变量对具体集体行动发展、公共资源治理等问题的影响,主要采用 Logistics 回归、Probit 回归、岭回归、结构方程模型等研究方法(表 6)。在定量分析过程中,研究者往往采取一定转化方式对系统中一些难以量化的变量进行处理。例如,将对变量程度的判断转化为定序变量,用数字 1、2、3、4 等表示,或将变量状态的“是”与“否”用虚拟变量表示(是 = 1,否 = 0)等<sup>[31,53]</sup>。通过这些方法的引入,研究者较好地处理了 SES 框架中部分变量难以量化表达的问题。

## 3 SES 框架的应用研究

### 3.1 系统属性研究

社会-生态系统的三个相关属性,即韧性、适应性和可转化性,决定了其发展轨迹<sup>[60]</sup>。这三个属性构成了对社会-生态系统可持续性的分析视角,因此可持续性也被视为社会-生态系统的综合属性,是这三个属性的综合体现。社会-生态系统的属性反映的是系统各要素相互作用的过程与结果,而 SES 框架系统化呈现了社会-生态系统各要素及其互动,因此成为社会-生态系统属性研究的重要分析方法之一。

研究者依据 SES 框架确定社会-生态系统的构成要素,对要素特征与其动态变化进行详细描述,对要素之

间以及要素与外部环境之间的相互作用进行阐释,在此基础上对系统属性展开分析评估。通过 SES 框架对研究对象进行系统化梳理,能够帮助研究者对某一社会-生态系统产生全面深入的认识,进而对系统属性进行较为准确地判断。例如,尚志敏借助 SES 框架概括出矿区社会-生态系统网络节点,主要包括资源单元(生产者)、行动者(消费者)和管理部门(分解者),通过对比分析矿山关闭前后的社会生态网络结构特征,反映系统的适应性与可转化性<sup>[61]</sup>;Roquetti 等依据 SES 框架明确水坝建成后当地社会-生态系统的各组成部分,分析水坝建设引发的移民对系统韧性的影响<sup>[62]</sup>。在此分析过程中,研究者通常会对系统属性进行量化评估,SES 框架所提供的二级变量成为评估指标选取的重要参考依据。然而,已有文献对 SES 框架中提出的互动(I)与结果(O)的二级变量选取较少,这在一定程度上削弱了系统属性量化评估的有效性。

表 6 定量研究方法总结

Table 6 Quantitative methods summary

方法 Method	方法特点 Method characteristics	案例 Case
Logistics 回归 Logistics regression	用于研究影响关系时,自变量是定类数据,因变量是定量数据或定类数据	分析社会-生态因素对渔民福祉感知的影响 <sup>[20]</sup> ;检验社会-生态要素与县域非物质文化遗产之间的作用关系 <sup>[39]</sup> ;探究影响农户参与商品林购买政策意愿的社会-生态因 <sup>[54]</sup>
Probit 回归 Probit regression	概率单元回归,用于因变量为二分类资料的统计分析	研究土地流转对农村集体行动能力的影响 <sup>[55]</sup>
岭回归 Ridge regression	用于共线性数据分析的有偏估计回归方法	分析制度-社会-生态因素对居民集体行动的影响 <sup>[56]</sup>
结构方程模型 Structural equation model	能够对无法直接测量的潜变量进行分析	探究土地破碎化背景下灌溉集体行动中发挥作用的的社会-生态因素 <sup>[57]</sup> ;分析城市绿色公共空间建设与社会、生态效益之间的相关性 <sup>[58]</sup>
简单线性回归 Simple linear regression	一元线性回归模型,结构简单,应用范围广	分析莫桑比克北部的 6 个渔业社区核心子系统之间的关系 <sup>[59]</sup>

SES 框架对使用者的资源利用行为与管理者的系统调控行为进行描述,推动了社会-生态系统属性研究从理论分析走向实践治理。研究者基于属性评估结果对系统的可持续治理与调控提出相关建议,这有利于系统的可持续发展。例如,Leslie 等利用 SES 框架对墨西哥下加利福尼亚半岛小规模渔业的可持续性进行评估,发现马格达莱纳湾资源单位的可持续性评分较高,而行动者的可持续性评价较低,因此建议未来的行动措施应在保持对资源系统管理能力的同时,加强改善利益相关方之间关系<sup>[63]</sup>。

### 3.2 综合治理分析

SES 框架广泛应用于自然资源与公共事务的治理机制研究,前者与自然资源的开采利用直接相关,后者的行动开展以一定的自然资源为基础,间接涉及自然资源的开采利用<sup>[64]</sup>。通过对社会-生态系统各子系统的特征与互动规律进行描述,SES 框架可以为自然资源与公共事务的综合治理分析提供全面而细致的设计思路<sup>[65]</sup>。国内外研究者基于 SES 框架提出了一系列综合治理分析框架,识别影响治理可持续的关键因素,分析治理过程中的复杂结构与互动机制,总结治理成功的经验以及目前存在的挑战,提出治理方案或发展建议。研究领域涉及生态环境治理<sup>[66-67]</sup>、自然资源治理<sup>[68-69]</sup>、产业园区治理<sup>[70-71]</sup>等。例如,Aswani 等利用 SES 框架探究资源使用者的个体特征和治理系统的各要素对渔民共同治理行为的影响<sup>[72]</sup>;Brossette 等依据 SES 框架分析德国黑森林生物圈保护区治理效率低下的原因,由此总结出公地治理体系设计的三项原则<sup>[73]</sup>;叶艳妹等建立起基于问题导向的 SES 框架,识别山水林田湖草生态修复工程中存在的可持续治理问题,分析其影响因素并提出生态保护修复方案<sup>[74]</sup>。

研究发现,成功的治理模式往往是多元主体共同参与治理的结果。自上而下的控制性管理可能会引发管理者与当地居民的冲突,缺乏对个体利益的考虑导致个体对资源保护、公共事务持消极态度<sup>[75]</sup>。居民自主治理是实现可持续治理的重要因素<sup>[76]</sup>。自治组织依据当地条件对管理制度做出更详细的安排,让居民参与到

集体活动管理与规则设计中来,能够降低政府的管理成本,建立更公平、科学、可持续的治理模式。因此,揭示地方成功自组织和可持续治理的条件对实现自然资源和公共事务的有效治理尤为重要。Ostrom 基于大量的案例分析总结出八条自主治理的原则<sup>[77]</sup>,每一条原则都能够在 SES 框架中找到对应变量,反映出自主治理能力受到社会-生态系统的影响。例如,原则一是“明确界定的资源和使用边界”,与 SES 框架中的二级变量清晰的资源边界(RS2)相对应,清晰的边界能将当地资源使用者与外来者区分开来,是发展良性合作共治的第一步<sup>[78]</sup>;原则二指出“资源占用和供应的规则应当与当地实际条件相匹配”,对应 SES 框中操作规则(GS5)等多个二级变量。此外,Shi 等基于 SES 框架对中国封闭式小区的自组织系统研究发现,小区的类型(以商品住房还是保障性住房为主)、居民的年龄、是否具有门禁系统、管理规则是否明确以及小区的环境质量是影响小区自组织能力的关键因素<sup>[53]</sup>。对于更大规模的公地治理,Nagendra 等的研究表明,自治组织制定的非正式、动态化、操作性强的行动规则以及与政府机构的网络联系是实现生态环境治理至关重要的制度变量,同时资源系统的规模也会影响到自主治理的效果<sup>[49]</sup>。

### 3.3 公共政策评估

在 SES 框架中,公共政策通常被视为一种行动情境,在社会-生态系统中引起一系列互动和结果<sup>[79]</sup>。应用 SES 框架进行公共政策评估,能够较好地厘清公共政策实施的因果效应,即在公共政策实施的背景下,社会-生态系统的核心子系统之间进行互动,从而产生相应的结果。通过结果分析,能够对政策实施的效果进行评价;通过子系统互动分析,可以追溯影响政策实施的因素,从而为公共政策后续的调整优化提供依据。

评估指标是公共政策评估的核心环节和关键要素<sup>[80]</sup>。依据 SES 框架中列出的二级变量,研究者可以从公共政策实施引起社会系统、生态系统多个要素变量的变化进行分析,从而对公共政策的实施效果进行评估。例如,Jiao 等利用 SES 框架评估了在不同公共政策的驱动下稻鱼共生系统如何形成不同的发展模式,以及不同模式下社会生态系统韧性有何差异<sup>[81]</sup>。针对公共政策评估中发现的问题,研究者通过 SES 框架对影响政策实施的关键信息进行诊断,分析行动者特征以及与他们所利用资源的互动模式,指明制度设计体系中存在的不足之处并提出改进方案。例如,Ling 等运用 SES 框架和新制度经济学理论考察了地方多元产权制度对公共空间困境产生的影响,指出不当的制度设计会影响公共空间治理效率,进而影响空间可持续性<sup>[82]</sup>;Santos 等对比两地橡树林社会-生态系统,对保护工作做出评价,并基于 SES 框架核心子系统提出改进橡树林保护政策的建议<sup>[83]</sup>。此外,SES 框架还可以应用于概述公共政策实施前的社会-生态系统背景,作为政策制定的基础。例如,Rodríguez-Robayo 等通过 SES 框架对实施生态补偿的社会-生态系统背景进行分析<sup>[84]</sup>。

## 4 结论

### 4.1 SES 框架的有效性 with 适用性

理解社会-生态系统之间的复杂系统关系是实现可持续发展的基础。SES 框架因其对社会-生态系统各要素及其相互作用的明确解析,能够较好地揭示社会生态系统的复杂性,成为社会-生态系统研究邻域应用最广泛的方法之一。本文系统总结了 SES 框架的发展动态、研究方法和应用领域,以期帮助研究者更好地理解并应用此理论框架,从而推动 SES 框架的理论与应用研究发展。SES 框架具有多学科融合、应用范围广泛、变量使用灵活的特点,在未来仍有巨大的发展潜力与应用空间。其有效性和适用性主要体现在以下几个方面:

#### (1) SES 框架能够解释复杂社会-生态系统问题

根据 SES 框架,社会-生态系统包括资源系统、资源单位、治理系统、行动者、社会、经济和政治背景和相关生态系统六个构成要素,要素间进行互动并产生相应的结果,结果反馈至系统,由此体现出社会-生态系统的复杂适应性特征。SES 框架摆脱了以往单一学科的研究视角,将社会-生态系统中多个主体要素、多种影响因素、多项互动与结果纳入到系统分析当中,对于解释复杂社会-生态系统问题具有有效性。

#### (2) SES 框架能够有效开展社会-生态系统分析

对于研究者而言,SES 框架提供了较为明晰的分析框架,并提供了系统、详尽的二级变量,有利于研究者

对社会-生态系统进行全面评估,展开有效的科学分析。Ostrom 为 SES 框架设定了较为灵活的应用空间,研究者可以直接采用 SES 框架的分析思路,也可以对框架进行拓展;可以对提供的所有二级变量展开分析,也可以根据研究需要进行选取或增补。再者,行动者与管理系统的二级变量分别刻画了使用者的资源利用行为与管理者的系统调控行为,能够帮助研究者基于研究结果提出行之有效的行动意见和政策建议。

### (3) SES 框架能够促进跨学科社会-生态系统研究

SES 框架综合了社会科学和自然科学的多个研究对象与理念,将其纳入框架的二级变量当中,多学科的知识体系在框架内得以集成,现已广泛应用于社会-生态系统属性研究、综合治理分析、公共政策评估等领域。尽管不同应用领域变量选取的侧重点不尽相同,但 SES 框架在顶层设计上体现了对社会系统和生态系统的同等重视,引导不同学科的研究者从社会和生态双视角来分析社会-生态系统问题。

## 4.2 SES 框架的不足与改进方向

尽管 SES 框架在理论与应用方面均得到较为广泛的研究,但也存在一些不足之处,在以下几个方面有待进一步加强:

### (1) 完善 SES 框架变量的界定、选取和表征

虽然许多研究者利用 SES 框架中提出的二级变量进行社会-生态系统研究,并根据研究需要将变量进一步细化,但在变量界定、选取和表征方面存在诸多问题,具体表现在对于对变量概念理解的不一致、变量的取舍缺乏规范依据以及变量的指标表征不一。首先,SES 框架是一个通用性社会-生态系统研究工具,缺乏变量选取的标准与规范在一定程度上降低了案例研究的解释力、增加了不同案例之间综合与比较的难度。其次,由于变量选取规范的缺失,研究者对各变量的重视程度不同,对于社会系统和生态系统的解释深度存在差异,对系统间的相互作用考虑不足,这在一定程度上影响了研究结论的系统性与科学性。具体来看,当前 SES 框架应用研究缺少对变量互动(I)和结果(O)的测度,综合治理与公共政策研究对生态系统的关注度不足,生态系统对于社会治理、政策制定及成效的作用机制尚未明晰。再者,由于 SES 框架未对各项二级变量的概念进行界定,不同研究者对变量的内涵存在不同的理解,从而影响了变量指标表征的选择。一方面,未来研究应当加强对 SES 框架变量的概念内涵与外延的界定,对相关研究的变量使用、指标表征情况进行统计分析,进而提出变量选取与表征的标准与规范;另一方面,相关 SES 框架应用研究应当对变量的选取与表征更加慎重,在考虑变量与研究主题相关性与可获得性的前提下,充分参考已有文献变量的选取与表征,重视对体现系统耦合关系变量的选取,建立逻辑完整、表征科学的社会-生态系统变量分析框架。

### (2) 深化 SES 框架不同时空尺度的互动研究

社会-生态系统具有显著的空间尺度特征。在不同的尺度层级内,社会系统和生态系统皆存在不同的表现形式和运行机制,并产生不同的互动与结果。局地尺度、区域尺度与全球尺度对系统要素的关注点存在差异,而研究者通常着眼于某一特定尺度,而忽略了不同尺度上社会-生态系统的差异特征以及尺度间的互动联系。同时应该注意到,虽然 SES 框架指出了社会-生态系统的动态演化特征,表明系统要素的互动结果将反馈至系统,但并未详细说明系统反馈的动态过程及其衡量方法。从现有的应用研究来看,研究者往往选取某一时间节点下社会-生态系统的发展状态进行分析,而缺乏对系统时空演化规律的深入讨论。基于此,未来应当在 SES 框架不同时空尺度的互动研究方面做进一步深化,分析同一项变量在不同空间尺度上的表征差异、不同空间尺度上社会-生态系统的关键要素和运行机制的差异及其动态演化、关联性较强的系列变量(如宪政规则、集体选择规则与操作规则)在不同时空尺度间的传导与运行等。

## 参考文献(References):

- [1] Espinoza-Cisneros E. Optimizing social-ecological analysis of coupled human-river systems through the integration of conceptual frameworks: the case of the Savegre watershed, Costa Rica. *Revista Geográfica De América Central*, 2018, 3(61E): 57-76.
- [2] Brundtland G H, World Commission on Environment and Development. *Our common future..* Oxford; New York: Oxford University Press, 1987
- [3] Folke C, Biggs R, Norström A V, Reyers B, Rockström J. Social-ecological resilience and biosphere-based sustainability science. *Ecology and*

- Society, 2016, 21(3): art41.
- [ 4 ] Herrero-Jáuregui C, Arnaiz-Schmitz C, Reyes M, Telesnicki M, Agramonte I, Easdale M, Schmitz M, Aguiar M, Gómez-Sal A, Montes C. What do we talk about when we talk about social-ecological systems? A literature review. *Sustainability*, 2018, 10(8): 2950.
- [ 5 ] Ostrom E, Nagendra H. Insights on linking forests, trees, and people from the air, on the ground, and in the laboratory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2006, 103(51): 19224-19231.
- [ 6 ] Walker B, Holling C S, Carpenter S R, Kinzig A P. Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and Society*, 2004, 9(2): art5.
- [ 7 ] Turner B L 2nd, Kasperson R E, Matson P A, McCarthy J J, Corell R W, Christensen L, Eckley N, Kasperson J X, Luers A, Martello M L, Polsky C, Pulsipher A, Schiller A. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2003, 100(14): 8074-8079.
- [ 8 ] Liu J G, Dietz T, Carpenter S R, Alberti M, Folke C, Moran E, Pell A N, Deadman P, Kratz T, Lubchenco J, Ostrom E, Ouyang Z Y, Provencher W, Redman C L, Schneider S H, Taylor W W. Complexity of coupled human and natural systems. *Science*, 2007, 317(5844): 1513-1516.
- [ 9 ] Anderies J M, Janssen M A, Ostrom E. A framework to analyze the robustness of social-ecological systems from an institutional perspective. *Ecology and Society*, 2004, 9: art18.
- [ 10 ] Ostrom E. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 2009, 325(5939): 419-422.
- [ 11 ] Ostrom E, Janssen M A, Anderies J M. Going beyond panaceas. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2007, 104(39): 15176-15178.
- [ 12 ] Ostrom E. A diagnostic approach for going beyond panaceas. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2007, 104(39): 15181-15187.
- [ 13 ] Ostrom V, Tiebout C M, Warren R. The organization of government in metropolitan areas: a theoretical inquiry. *American Political Science Review*, 1961, 55(4): 831-842.
- [ 14 ] McGinnis M D. An introduction to IAD and the language of the Ostrom workshop: a simple guide to a complex framework. *Policy Studies Journal*, 2011, 39(1): 169-183.
- [ 15 ] Ostrom E. Background on the institutional analysis and development framework. *Policy Studies Journal*, 2011, 39(1): 7-27.
- [ 16 ] Cole D H, Epstein G, McGinnis M D. The utility of combining the IAD and SES frameworks. *International Journal of the Commons*, 2019, 13(1): 244.
- [ 17 ] McGinnis M D, Ostrom E. Social-ecological system framework: initial changes and continuing challenges. *Ecology and Society*, 2014, 19(2): art30.
- [ 18 ] Cox M, Arnold G, Villamayor Tomás S. A review of design principles for community-based natural resource management. *Ecology and Society*, 2010, 15(4): art38.
- [ 19 ] Hinkel J, Bots P W G, Schlüter M. Enhancing the Ostrom social-ecological system framework through formalization. *Ecology and Society*, 2014, 19(3): art51.
- [ 20 ] Kpanou S B V K, Dedehouanou H, Chogou S K, Aoudji A K N, Dogot T. Factors influencing small-scale Fishers' individual perceived wellbeing satisfaction in southern Benin. *Sustainability*, 2021, 13(11): 6279.
- [ 21 ] Werthmann C. What makes institutional crafting successful? Applying the SES to case studies from India and the greater Mekong Region. *Environmental Science & Policy*, 2015, 53: 165-174.
- [ 22 ] Partelow S, Boda C. A modified diagnostic social-ecological system framework for lobster fisheries: case implementation and sustainability assessment in Southern California. *Ocean & Coastal Management*, 2015, 114: 204-217.
- [ 23 ] Petursson J G, Kristofersson D M. Co-management of protected areas: a governance system analysis of vatnajökull National Park, Iceland. *Land*, 2021, 10(7): 681.
- [ 24 ] 成诗怡, 侯方淼, 玛尼. 基于社会—生态系统(SES)框架的卢旺达国家公园管理绩效评价及启示. *林草政策研究*, 2022, 2(3): 89-96.
- [ 25 ] Gain A K, Ashik-Ur-Rahman M, Vafeidis A. Exploring human-nature interaction on the coastal floodplain in the Ganges-Brahmaputra delta through the lens of Ostrom's social-ecological systems framework. *Environmental Research Communications*, 2019, 1(5): 051003.
- [ 26 ] Brondizio E S, Vogt N D, Mansur A V, Anthony E J, Costa S, Hetrick S. A conceptual framework for analyzing deltas as coupled social-ecological systems: an example from the Amazon River Delta. *Sustainability Science*, 2016, 11(4): 591-609.
- [ 27 ] Aggarwal R M, Haglund L. Advancing water sustainability in megacities: comparative study of São Paulo and Delhi using a social-ecological system framework. *Sustainability*, 2019, 11(19): 5314.
- [ 28 ] 张晓玲. 基于社会—生态系统框架下的小城镇转型治理机制研究. *环境经济研究*, 2018, 3(1): 150-160.
- [ 29 ] Bae J S, Kim Y S. History lessons from the late Joseon dynasty period of Korea: human technology (ondol), its impacts on forests and people, and the role of the government. *Forests*, 2020, 11(12): 1314.
- [ 30 ] Feng J, Zhao Z, Wen Y L, Hou Y L. Organically linking green development and ecological environment protection in Poyang Lake, China using a

- social-ecological system (SES) framework. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, 18(5): 2572.
- [31] Vallejo-Rojas V, Rivera-Ferre M G, Ravera F. The agri-food system (re) configuration: the case study of an agroecological network in the Ecuadorian *Andes*. *Agriculture and Human Values*, 2022, 39(4): 1301-1327.
- [32] 秦海波, 汝醒君, 李颖明. 基于社会-生态系统框架的中国草原可持续治理机制研究. *甘肃行政学院学报*, 2018(3): 104-117.
- [33] Carmen V R, Rodrigo B L, Julio L, Zepeda Domínguez José A, Gabriela M M, Alfonso M O, Jorge T, Fiorenza M. Using a social-ecological systems perspective to identify context specific actions to build resilience in small scale fisheries in Mexico. *Frontiers in Marine Science*, 2022, 9: 904859.
- [34] Zagarkhorloo U, Heijman W, Dries L, Batjargal B. Managing herder-community-based tourism: an institutional framework for an integrated social-ecological system. *Sustainability*, 2021, 13(7): 4001.
- [35] Stiepani J, Jiddawi N, Mtwana Nordlund L. Social-ecological system analysis of an invertebrate gleaning fishery on the island of *Unguja*, Zanzibar. *Ambio*, 2023, 52(1): 140-154.
- [36] Blanco E. A social-ecological approach to voluntary environmental initiatives: the case of nature-based tourism. *Policy Sciences*, 2011, 44(1): 35-52.
- [37] Wang H, Ling G, Shi X R. Collective action components of low-cost housing: an empirical analysis using Ostrom's SES framework. *Property Management*, 2022, 40(3): 388-408.
- [38] 蔡晶晶, 谭江涛. 社会-生态系统视角下商品林赎买政策参与意愿的影响因素分析. *林业经济问题*, 2020, 40(3): 302-311.
- [39] 侯涛, 王亚华. 县域非遗空间分布的文化生态影响因素——基于社会生态系统(SES)框架. *华中师范大学学报: 人文社会科学版*, 2022, 61(4): 75-85.
- [40] Herzog L, Tanguay L, Beisner B E, Pahl-Wostl C, Audet R, Schlüter M. Studying human-nature relations in aquatic social-ecological systems using the social-ecological action situations framework: how to move from empirical data to conceptual models. *Ecology and Society*, 2022, 27(3): art7.
- [41] 黄安, 田莉, 于江浩, 高原, 李永浮, 李晴, 熊彬宇. 治理视角下村镇建设资源环境承载力综合评估. *农业工程学报*, 2021, 37(13): 232-241.
- [42] 曹玉栋, 李哲敏, 岳广兴, 王玉庭. 宅基地集体所有权行使主体运行模式的机制、困境与选择——基于制度改革情景下的社会生态系统框架. *农业经济问题*, 2023, (7): 13-28.
- [43] 赵娜, 王辉, 王亮, 郑小玲, 彭霞. 旅游型海岛社会-生态系统脆弱性特征及影响机制——以长海县为例. *中国生态旅游*, 2021, 11(4): 567-584.
- [44] del Mar Delgado-Serrano M, Oteros-Rozas E, Vanwildemeersch P, Ortíz-Guerrero C, London S, Escalante R. Local perceptions on social-ecological dynamics in Latin America in three community-based natural resource management systems. *Ecology and Society*, 2015, 20(4): art24.
- [45] 黄玉娟. 社会—生态系统耦合协调视角下的牧区村镇韧性研究——以鄂温克族自治旗为例[D]. 长春: 东北师范大学, 2022.
- [46] Adams J B, Raw J L, Riddin T, Wasserman J, Van Niekerk L. Salt marsh restoration for the provision of multiple ecosystem services. *Diversity*, 2021, 13(12): 680.
- [47] Yulianto Y, Soekmadi R, Hikmat A, Kusmana C. Crafting local institution using social-ecological system framework for sustainable rattan governance in lore lindu National Park. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika: Journal of Tropical Forest Management*, 2019, 25(3): 135-145.
- [48] Aaron MacNeil M, Cinner J E. Hierarchical livelihood outcomes among co-managed fisheries. *Global Environmental Change*, 2013, 23(6): 1393-1401.
- [49] Nagendra H, Ostrom E. Applying the social-ecological system framework to the diagnosis of urban lake commons in Bangalore, India. *Ecology and Society*, 2014, 19(2): art67.
- [50] Basurto X, Gelcich S, Ostrom E. The social-ecological system framework as a knowledge classificatory system for benthic small-scale fisheries. *Global Environmental Change*, 2013, 23(6): 1366-1380.
- [51] Ratajczyk E, Brady U, Baggio J A, Barnett A J, Perez-Ibarra I, Rollins N, Rubiños C, Shin H C, Yu D J, Aggarwal R, Anderies J M, Janssen M A. Challenges and opportunities in coding the commons: problems, procedures, and potential solutions in large-N comparative case studies. *International Journal of the Commons*, 2016, 10(2): 440.
- [52] Restrepo-Gómez D C, Zetina-Rejón M J, Zepeda-Domínguez J A. Trends in marine fisheries social-ecological systems studies. *Ocean & Coastal Management*, 2022, 220: 106076.
- [53] Shi X R, Ling G H T. Factors influencing high-rise gated community collective action effectiveness: conceptualization of the social-ecological system (SES) framework. *Buildings*, 2022, 12(3): 307.
- [54] 孟红阳. “社会-生态”系统视角下商品林赎买政策的有效性评估——基于福建武夷山、沙县、武平、顺昌的实证调查[D]. 厦门: 厦门大学, 2019.
- [55] 苏毅清, 秦明, 王亚华. 劳动力外流背景下土地流转对农村集体行动能力的影响——基于社会生态系统(SES)框架的研究. *管理世界*, 2020, 36(7): 185-198.
- [56] Shi X R, Ling G H T. Exploring the mediational effects of institutional-social-ecological factors on collective action performance: applying SES

- theory in gated communities. *Housing, Theory and Society*, 2023, 40(3): 282-334.
- [57] Wang Y H, Zang L Z, Araral E. The impacts of land fragmentation on irrigation collective action: empirical test of the social-ecological system framework in China. *Journal of Rural Studies*, 2020, 78: 234-244.
- [58] Tuominen L S, Helle S, Helanterä H, Karell P, Rapeli L, Richmond D, Vuorisalo T, Brommer J E. Structural equation modeling reveals decoupling of ecological and self-perceived outcomes in a garden box social-ecological system. *Scientific Reports*, 2022, 12: 6425.
- [59] Osuka K, Rosendo S, Riddell M, Huet J, Daide M, Chaque E, Samoily M. Applying a social-ecological systems approach to understanding local marine management trajectories in northern Mozambique. *Sustainability*, 2020, 12(9): 3904.
- [60] Folke C, Carpenter S R, Walker B, Scheffer M, Chapin T, Rockström J. Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecology and Society*, 2010, 15(4): art20.
- [61] 尚志敏. 关闭矿山社会生态系统转移力测度及其适应性管理[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2019.
- [62] Roquetti D R, Moretto E M, Pulice S M P. Dam-forced displacement and social-ecological resilience: the barra grande hydropower plant in southern Brazil. *Ambiente & Sociedade*, 2017, 20(3): 115-134.
- [63] Leslie H M, Basurto X, Nenadovic M, Sievanen L, Cavanaugh K C, Cota-Nieto J J, Erisman B E, Finkbeiner E, Hinojosa-Arango G, Moreno-Búez M, Nagavarapu S, Reddy S M W, Sánchez-Rodríguez A, Siegel K, Ulibarria-Valenzuela J J, Weaver A H, Aburto-Oropeza O. Operationalizing the social-ecological systems framework to assess sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2015, 112(19): 5979-5984.
- [64] 杨涛. 公共事务治理行动的影响因素——兼论埃莉诺·奥斯特罗姆社会—生态系统分析框架. *南京社会科学*, 2014(10): 77-83, 91.
- [65] Kuhn L, Schingler J K, Hubbard K M. Res lunae: characterizing diverse lunar resource systems using the social-ecological system framework. *New Space*, 2022, 10(2): 155-165.
- [66] 穆荣. 基于社会-生态系统分析框架的矿山废弃地市场化整治模式研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2022.
- [67] 王彬武, 孙丹峰. 区域土壤重金属风险综合管理框架研究. *中国农业大学学报*, 2016, 21(4): 65-76.
- [68] Mohammed A J, Inoue M. Identifying salient forest SES attributes for sustainability: a multi-country study. *Land Use Policy*, 2017, 60: 197-205.
- [69] Haider L J, Neusel B, Peterson G D, Schlüter M. Past management affects success of current joint forestry management institutions in Tajikistan. *Environment, Development and Sustainability*, 2019, 21(5): 2183-2224.
- [70] 朱一中, 涂紫琼. 社会-生态系统分析框架下改自旧厂房的众创园区研究——以红专厂为例. *华南理工大学学报: 社会科学版*, 2019, 21(3): 99-107.
- [71] 杨挺, 任旭东, 赵畅, 石磊, 任亚楠, 王国红. 中国化工产业园区化的驱动机制: 基于社会——生态系统框架下的博弈论分析. *中国环境管理*, 2019, 11(1): 38-46.
- [72] Aswani S, Gurney G G, Mulville S, Matera J, Gurven M. Insights from experimental economics on local cooperation in a small-scale fishery management system. *Global Environmental Change*, 2013, 23(6): 1402-1409.
- [73] Brossette F, Bieling C, Penker M. Adapting common resource management to under-use contexts: the case of common pasture organizations in the black forest biosphere reserve. *International Journal of the Commons*, 2022, 16(1): 29-46.
- [74] 叶艳妹, 林耀奔, 刘书畅, 罗明. 山水林田湖草生态修复工程的社会-生态系统(SES)分析框架及应用——以浙江省钱塘江源头区域为例. *生态学报*, 2019, 39(23): 8846-8856.
- [75] Xie Y, Wen Y L, Cirella G T. Application of ostrom's social-ecological systems framework in nature reserves: hybrid psycho-economic model of collective forest management. *Sustainability*, 2019, 11(24): 6929.
- [76] 王亚华. 诊断社会生态系统的复杂性: 理解中国古代的灌溉自主治理. *清华大学学报: 哲学社会科学版*, 2018, 33(2): 178-191, 196.
- [77] Ostrom E. Beyond markets and states: polycentric governance of complex economic systems. *American Economic Review*, 2010, 100(3): 641-672.
- [78] Ostrom E. *Understanding institutional diversity*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2005.
- [79] 黄冲, 罗攀柱. 社会生态系统分析框架在世界森林治理研究中的应用及启示. *世界林业研究*, 2022, 35(1): 1-7.
- [80] 应晓妮, 吴有红, 徐文舸, 何淑华. 政策评估方法选择和指标体系构建. *宏观经济管理*, 2021(4): 40-47.
- [81] Jiao W J, Yu Z N, He S Y. Analyzing the policy-driven adaptation of Important Agriculture Heritage Systems to modernization from the resilience perspective: a case study of Qingtian Rice-Fish Culture System, China. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2024(8): 1364075.
- [82] Ling G H T, Leng P C, Ho C S. Effects of diverse property rights on rural neighbourhood public open space (POS) governance: evidence from Sabah, Malaysia. *Economies*, 2019, 7(2): 61.
- [83] Santos M J, Thorne J H. Comparing culture and ecology: conservation planning of oak woodlands in Mediterranean landscapes of Portugal and California. *Environmental Conservation*, 2010, 37(2): 155-168.
- [84] Rodríguez-Robayo K J, Merino-Perez L. Contextualizing context in the analysis of payment for ecosystem services. *Ecosystem Services*, 2017, 23: 259-267.