

我国健康产业创新生态系统协同发展研究*

关雪凌^①, 张钰婉^①, 卢亚娟^①

摘要 目的: 评价健康系统系统式创新程度, 促进健康产业形成长期、独特竞争优势。方法: 结合生态学理念, 构建健康产业创新生态系统协同模型, 采用2009—2020年数据进行实证分析。结果: 发现我国健康产业创新系统的协同程度较低。就子系统有序度而言, 创新生产子系统、创新应用子系统和创新环境子系统有序程度总体呈上升趋势, 创新整合子系统有序度波动明显。结论: 通过建强生物成分、优化非生物成分和促进系统协同发展的方式提升我国健康产业创新生态系统协同度。

关键词 健康产业; 产业创新生态系统; 协同度; 协同发展

中图分类号 R1-9; F224.5 文献标志码 A 文章编号 1003-0743(2022)12-0076-05

Analysis on the Synergy Development of Industrial Innovation Ecosystem in Chinese Health Industry/GUAN Xue-ling, ZHANG Yu-wan, LU Ya-juan//Chinese Health Economics, 2022,41(12):76-79,88

Abstract Objective: To evaluate the degree of systematic innovation in the health system, and promote the formation of long-term and unique competitive advantages in the health industry. **Methods:** A synergetic model of health industry innovation ecosystem is built combining with ecological concepts. Empirical analysis is conducted on the data from 2009 to 2020 is used for. **Results:** The result shows that the degree of synergy in the health industry innovation system is low. In terms of the order degree of subsystems, the order degree of innovation production subsystem, innovation application subsystem and innovation environment subsystem generally show an upward trend, while the order degree of innovation integration subsystem fluctuates obviously. **Conclusion:** It is suggested to improve the synergy of China's health industry innovation ecosystem by strengthening biological components, optimizing non-biological components and promoting the coordinated development of the system.

Keywords health industry; industrial innovation ecosystem; synergy; synergetic development

First-author's address School of Management, Xuzhou Medical University, Xuzhou, Jiangsu, 221004, China

Corresponding author LU Ya-juan, E-mail: luyajuan66@126.com

发展健康产业既是“健康中国”建设的重要发展任务, 又是建设“健康中国”的支撑和保障。健康产业的高质量发展离不开创新。国家发展改革委、教育部、科技部等多部委于2019年联合发布的《促进健康产业高质量发展行动纲要(2019—2022年)》(发改社会〔2019〕1427号)中, 17次提到“创新”词汇, 强调创新驱动在健康产业发展中的战略作用。近年来, 我国健康产业的创新发展初现成效。一方面, 健康产业创新主体蓬勃发展, 各类组织、要素、资源纷纷涌入健康产业的市场“蓝海”, 创新成果涌现, 在一些优势领域形成了追赶世界水平的能力。另一方面, 创新环境不断优化, 《“健康中国2030”规划纲要》中明确提出, 到2030年要将健康产业建成为国民经济支柱性产业, 各层面的重视为健康产业后续发展质量地提升创造空间^[1]。

创新的理念和模式决定了产业系统发展的前景。在现代社会经济技术条件下, 创新已经不是单个企业、科研院所或其他机构单独能够完成的任务。以产

业内某些个体为主的点式创新, 或产业链条中某个部分的局部创新, 难以使产业形成长期、独特的竞争优势, 维持产业可持续创新能力要依靠产业创新生态系统的构建^[2]。从现有的研究来看, 学者们对产业创新生态系统的研究日益深入^[3-5]。而在健康产业领域, 对创新的研究仍以单一性的创新效率为主, 在产业创新生态系统的研究中缺乏对整个产业系统群落式、系统式创新的定量分析。由此可知, 本研究聚焦健康产业创新生态系统, 对其子系统的有序度和系统整体的协同度进行实证分析, 找出目前健康产业协同发展中存在的关键问题, 并在此基础上提出有针对性的对策建议, 以构建自主、完善的健康产业创新生态系统。

1 健康产业创新生态系统结构解析

在自然界中, 不同物种形成种群再构成生产、整合、应用等生物群落, 这些生物成分与其所处的环境即非生物成分之间通过物质、能量和信息的交换与循环形成生态系统^[6]。健康产业创新生态系统的结构及功能与之类似, 系统结构如图1所示。

1.1 健康产业创新生态系统生物成分

健康产业创新生态系统的生物成分包括生产、整合及应用3个子系统。健康产业创新生产子系统即健康产业创新生产群落。创新生产子系统由进行科研活动、发明新技术、新知识的种群构成, 包括高校、科

* 基金项目: 江苏省社会科学基金项目(20GLB006); 江苏高校哲学社会科学基金项目(2020SJA1072)。

① 徐州医科大学管理学院 江苏 徐州 221004

作者简介: 关雪凌(1983—), 女, 博士学位, 副教授; 研究方向: 卫生经济管理; E-mail: guanxueling926@163.com。

通信作者: 卢亚娟, E-mail: luyajuan66@126.com。

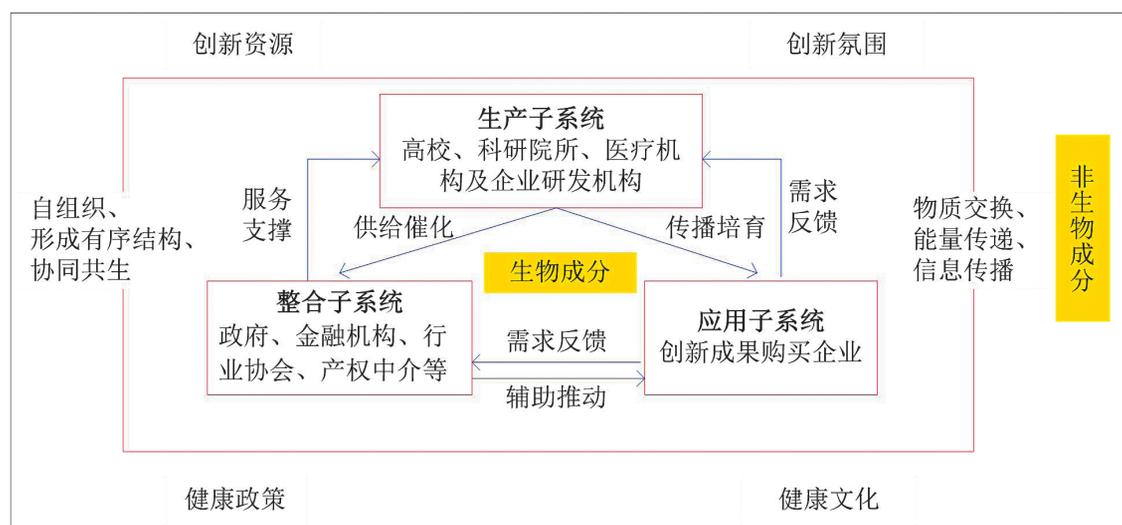


图1 健康产业创新生态系统结构及功能

研究所、医疗机构和企业中的研发机构，是健康产业创新实践及成果价值增值的动力引擎。生产子系统为整合及应用子系统提供健康技术和知识，同时获得整合及应用子系统的反馈与支撑。我国健康产业能否在全球价值链中占据主动地位，在很大程度上取决于健康创新生产主体能否实现颠覆性技术超越。

健康产业创新整合子系统即健康产业创新整合种群。创新整合子系统负责产业生态系统中技术和知识转换和转移的任务，主要由向产业生产活动提供辅助和补充的政府及中介创新服务种群组成，种群形式多样，既包括政府、金融机构、行业协会，也包括产权中介、人才服务机构和技术市场等。这些种群对健康产业内的创新政策、信息和资源进行整理和传播，将系统中各类资源分解为便于创新生产群落可以吸收利用的有效成分，促进健康产业创新生态系统中的创新技术和知识的高效整合与转化。整合子系统收到生产子系统供给催化后辅助并推动应用子系统发展，同时从应用子系统接收反馈。

健康产业创新应用子系统即健康产业创新应用种群或消费种群。将产业创新生态系统中的新知识和新技术应用于生产。健康产业创新生态系统中的应用群落主要由购买健康创新成果并实现创新成果产品化的企业构成。这些企业对健康产业领域的创新成果不仅可以进行被动的消化吸收，而且可以主动利用自身拥有的信息和资源进行再创新和再增值。结合创新系统中的其他物种，如供应商、客户企业、生产服务商或代理商共同实现新知识、新技术和新观念的应用推广，同时针对市场需求，进行健康产品或服务的二次开发，实现增值过程。

1.2 健康产业创新生态系统非生物成分

健康产业创新生态系统中的非生物成分即健康产

业环境子系统，可以分为硬环境和软环境，二者共同为创新活动提供支持。硬环境主要由健康产业各类创新主体所需的物质基础构成，包括创新资源，如资金、土地等生产要素和创新基础设施，如设备设施、交通网络、信息网络等，这些硬环境承载健康产业创新活动的开展，好的硬环境能够产生创新的集聚效应。软环境是受人为因素影响的无形环境因素集合，包括受到教育、管理、文化等影响的健康政策、健康文化、创新氛围等。这些软环境可以为健康产业发展提供支持，也会影响健康产业的发展决策，对健康产业创新生态系统产生稳定而持久的影响。非生物成分与生物成分相互作用，形成物质交换、能量传递和信息传播的功能，在此过程中推动健康产业创新的共生和演化。

2 健康产业创新生态系统协同模型构建

从上述分析中可见，健康产业创新生态系统的运行和演化由各子系统相互作用和相互影响而成。各子系统之间是否协同影响到健康产业创新生态系统这一复杂系统的生存和发展。根据协同学理论，复杂系统的协同程度即子系统间形成有序结构和过程，而子系统序参量之间的协同程度又决定了子系统的有序程度。以下，依次选择系统序参量、建立健康产业创新生态有序度模型并构建健康产业创新生态系统的协同模型。

2.1 系统序参量的确定

序参量用于描述复杂系统整体行为。由协同学原理可知，健康产业创新生态系统这一复杂自组织系统从无序到有序、从低效到高效的机理关键就在于各系统内部序参量之间的协同作用。序参量一方面来源于子系统之间的协同，另一方面又会起到支配子系统行为的作用，是一系列重要的宏观参量^[7]。综合已有研究^[8-9]，结合健康产业创新生态系统的特点，依据代表

性、可操作和可获取3个原则，分别对健康产业创新生产子系统、健康产业创新整合子系统、健康产业创新应用子系统、健康产业创新环境子系统选取如表1所示序参量：

表1 健康产业创新生态各子系统的系统序参量

子系统	序参量	单位
创新生产子系统	企业办科技机构数	个
	R&D活动人员折合全时当量	人
	R&D经费内部支出	万元
	拥有/有效发明专利数	项
创新整合子系统	引进技术经费支出	万元
	消化吸收经费支出	万元
	购买国内技术经费支出	万元
创新应用子系统	新产品开发项目数	个
	新产品销售收入	万元
创新环境子系统	全社会专利申请受理总量	件
	财政科学技术支出	亿元
	全社会科技机构数	个
	全社会R&D经费内部支出	万元

对健康产业创新生产子系统，序参量应反映生产子系统的规模（机构数、人员数）、资金投入情况和产出情况，因此选择的序参量包括健康产业企业办科技机构数、R&D活动人员折合全时当量、R&D经费内部支出和拥有/有效发明专利数。

对健康产业创新整合子系统，序参量应反映整合子系统对技术引进、吸收的情况，因此选择的序参量包括健康引进技术经费支出、消化吸收经费支出和购买国内技术经费支出。

对健康产业创新应用子系统，序参量应反映创新成果应用后转化为新产品的情况，因此选择的序参量包括健康新产品开发项目数和新产品销售收入。

对健康产业创新环境子系统，序参量应反映全社会整体的创新规模与能力、政府对创新尤其是健康产业创新的支持力度，因此选择的序参量包括全社会专利申请受理、财政科学技术支出、全社会科技机构数和全社会R&D经费内部支出。

2.2 健康产业创新生态系统各子系统有序度模型

将健康产业创新生态系统I的序参量用变量集 $u_i = \{u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{in}\}$ 来表示，其中 u_{ij} ($1 < j < n$) 是第 i 个序参量的第 j 个指标，用 φ_{ij} 表示该序参量的有序度。有序度用于描述健康产业创新生态系统协调与同步的程度，其值越大说明健康产业创新生态系统的协同程度越高。对不同类型指标，序参量的有序度表达形式不同、对应的结果也不同，效益型指标 ($j \in [1, k]$) 的序参量取值越大有序度越高；而成本型指标 ($j \in [k+1, n]$) 的序参量取值越小有序度越高。由此，序参量 u_{ij} 的有序

度 φ_{ij} 可以表示为式1的形式：

$$\varphi_{ij} = \begin{cases} \frac{u_{ij} - u_{i\min}}{u_{i\max} - u_{i\min}}, j \in [1, k] \\ \frac{u_{i\max} - u_{ij}}{u_{i\max} - u_{i\min}}, j \in [k+1, n] \end{cases} \quad \text{式1}$$

第 i 个序参量的最大值和最小值分别由式 X 中 $u_{i\max}$ 和 $u_{i\min}$ 代表，有序度的取值范围为 $\varphi_{ij} \in [0, 1]$ 。各个子系统整体的有序度 φ_i 由子系统中各个序参量的有序度进行集成得到，表达式如式2：

$$\varphi_i = m \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m \varphi_{ij}} \quad \text{式2}$$

2.3 健康产业创新生态系统协同度模型

假设 t_0 为初始时刻，健康产业创新生态系统各子系统的有序度表示为 φ_i^0 ；当健康产业创新生态系统发展演化到 t_1 时刻时， φ_i^1 为各子系统的有序度，则经过演化发展后健康产业创新生态系统协同度 C 可以表示为式3的形式：

$$C = \theta_4 \sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 |\varphi_i^1 - \varphi_i^0|} \quad \text{式3}$$

在式3中的 θ 满足条件： $\theta = \min(\varphi_i^1 - \varphi_i^0) / |\min(\varphi_i^1 - \varphi_i^0)|$ ，可知 $C \in [-1, 1]$ ，且 C 取值越大，健康产业创新生态系统协同程度越高。

3 我国健康产业创新生态系统度实证分析

3.1 数据来源与处理

健康产业包括多个分子产业，目前仍没有健康产业整体的数据，医药制造业、医疗仪器设备及仪器仪表制造业是健康产业的重要组成部分，本研究将以上两个产业的数据进行加总来代表健康产业，研究健康产业创新生态系统的协同发展情况。研究时间为2009—2020年，健康产业创新生产子系统、整合子系统和应用子系统中各序参量数据来源于《中国高技术产业统计年鉴》中医药制造业和医疗仪器设备及仪器仪表制造业的加总。其中2017年数据缺失，为满足实证分析的数据连续性要求，用插补法进行替代。健康环境子系统各个序参量数据来源于历年“中国统计年鉴”。

3.2 健康产业创新生态系统有序度计算

对各子系统序参量的数据进行标准化处理，通过Z-score标准化方法进行计算，得到我国健康产业创新生态各子系统的系统序参量标准化后的值，然后将数据带入式1，可得出我国健康产业创新生态各子系统的系统序参量的有序度，再将结果带入式2，可以得出我国健康产业创新生态系统中创新生产子系统、创新整合子系统、创新应用子系统和创新环境子系统在2009年至2020年的有序度，结果如表2所示。

3.3 健康产业创新生态系统协同度计算

得到我国健康产业创新生态系统4个子系统各年份有序度的数值后，根据式3，可以计算出我国健康产业

表2 2009—2020年我国健康产业创新生态各子系统的系统序参量有序度

年份	创新生产子系统	创新整合子系统	创新应用子系统	创新环境子系统
2009	0.077 023	0.201 360	0.028 140	0.000 000
2010	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000
2011	0.196 044	0.401 565	0.187 048	0.183 377
2012	0.319 471	0.607 005	0.302 213	0.385 165
2013	0.398 579	0.824 795	0.395 105	0.465 187
2014	0.477 995	0.796 560	0.488 091	0.497 924
2015	0.543 325	0.381 213	0.469 125	0.556 745
2016	0.617 823	0.339 706	0.544 505	0.653 673
2017	0.677 349	0.368 813	0.622 963	0.697 856
2018	0.734 456	0.374 933	0.700 991	0.817 783
2019	0.793 594	0.000 000	0.789 687	0.893 758
2020	1.000 000	0.299 931	1.000 000	0.917 334

创新生态系统2010年至2020年的协同度，结果如图2所示。

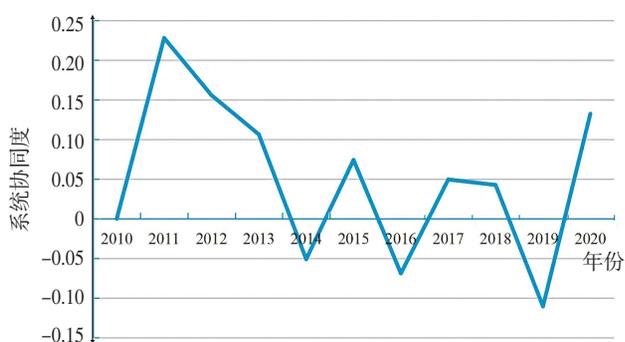


图2 2010—2020年我国健康产业创新生态系统协同度

3.4 我国健康产业创新生态系统协同发展情况分析

对我国健康产业创新生态系统各子系统有序度进行分析，发现对健康产业创新生产子系统、健康产业创新应用子系统和健康产业创新环境子系统，除创新应用子系统在2015年有小幅波下降，各系统在2010—2020年间有序度整体均保持平稳上升的趋势。说明我国健康产业创新生产中研发主体数量和产出发展态势良好，创新应用中健康创新的转化情况逐渐优化，创新环境整体上不断改善。而对健康产业创新整合子系统有序度波动明显，2010—2013年大幅上升，2014—2015年显著下降后2016—2018年基本保持平稳，在2019年明显下降后2020年有所上升。说明我国健康产业创新整合子系统仍不稳定，对健康创新的分解和开发能力有待进一步提高。

对我国健康产业创新生态系统整体协同度进行分析，根据已有研究^[10-11]，按照协同度数值的大小将，将

我国健康产业创新生态系统发展状态依次划分为非协同 ($-1 \leq C < 0$)、低度协同 ($0 \leq C < 0.4$)、中度协同 ($0.4 \leq C < 0.7$) 和高度协同 ($0.7 \leq C \leq 1$) 4个等级。由图2可见，2010—2020年我国健康产业创新生态系统的整体协同度波动较大，其中2010年、2014年、2016年和2019年期间，健康产业创新生态系统处于非协同状态，其余年份处于低度协同状态。说明我国健康产业创新生态系统各子系统之间相互促进的合力弱，还没有形成较好的协作发展关系。

综上所述，我国健康产业创新生态系统初步形成，健康创新生产子系统、健康创新应用子系统和健康创新环境子系统有序度在小幅波动中上升，有序程度有所加强，但健康创新整合分解能力较弱。从系统整体角度看，我国健康产业创新生态系统各子系统发展水平不一致，整体协同程度较低。

4 提升我国健康产业创新生态系统协同度的对策建议

4.1 建强健康产业创新生态系统生物成分

激发生产子系统创新活力，推动健康产业形式多样的创新，强化生产子系统的源头供给和领头作用。进一步提高对健康产业相关高校、各类研究机构的支持，着力加强健康产业相关领域高层次原创性研究和基础性研究，解决“卡脖子”技术难题。完善健康创新整合子系统各类主体和总体体系，加强企业、政府、高校、中介机构、金融机构、人才服务机构等组织的分工协作，形成适合我国发展要求的健康产业生态系统整合子系统，发挥健康产业创新生态系统整合群落催化剂、黏合剂的作用，在技术开放和扩散、信息咨询、成果共享等环节为健康相关创新成果的转化和应用提供全面支持。充分发掘健康需求，进一步规范市场秩序，吸引和带动更多主体进入健康产业以壮大应用子系统规模。针对健康制造业，推动传统医药制造企业转型升级，运用互联网技术进行智能制造改造。针对健康服务业，降低市场准入门槛，鼓励社会力量提供包括医疗服务在内的多层次、多样化健康服务。

4.2 优化健康产业创新生态非生物成分

从软环境和硬环境方面同时发力，营造创新环境，优化我国健康产业创新生态系统的发展环境。针对健康软环境，在全健康产业营造创新氛围，发挥政府的战略导向作用，建成引导健康产业创新发展的政策体系。综合运用金融、税收等手段对健康产业在技术开发、知识产权保护等创新相关方提供政策扶持。推进创新文化在健康产业创新生态系统中的渗透，为各创新子系统创设良好的知识交流、共享的氛围，助力健康产业高质量可持续发展。针对健康产业硬环境，继续加强配套平台建设，集聚创新要素，强化健康信息共享。聚力做强健康产业园区，在继续优化已有健康产业园区的同时， (▶▶下转第88页▶▶)

通过差异化、精品化形成产业竞争力。

发挥生态与气候优势，打造边境和滨海“候鸟式”旅居康养名片。中越边境、中缅边境、北部湾滨海带生态良好，气候宜人，自进入新世纪以来吸引了大批北方原生居民前来置业、旅居。但该领域产业发展尚处于“放养”模式，缺乏引导、规划，总体呈现“层次低、分布散、规模小、业态乱”的状态，未形成产业竞争力。要通过政策引导、合理布局，打造若干精品项目，并进行有效宣传、推广，形成品牌效应。

参 考 文 献

[1] 陶良虎, 张道金. 论产业竞争力理论体系[J]. 湖北行政学院学报, 2006(4):53-55.
 [2] PRAHALAD C K, HAMEL G. The core competence of the corporation[J]. Jarvard business review, 1990(5-6):a223.
 [3] 白津夫. 核心竞争力: 理论与战略问题[J]. 学习与探索, 2003(1):85-89.
 [4] 赵修卫. 关于发展区域核心竞争力的探讨[J]. 中国软科学,

2001(10): 96-100.

[5] 国家统计局. 中国统计年鉴2021[M]. 北京: 中国统计出版社, 2021.
 [6] 王昊, 张毓辉, 王秀峰, 等. 我国民族地区健康产业发展现状及战略研究[J]. 中国卫生经济, 2018,37(3):77-82.
 [7] 李佳朋, 李奇明. 我国省际健康产业发展水平测度及空间分布研究[J]. 中国卫生经济, 2020,39(2):69-72.
 [8] 广西壮族自治区政府工作报告[EB/OL].(2022-01-24)[2022-07-28]. http://district.ce.cn/newarea/roll/202201/24/t20220124_37282818.shtml.
 [9] 广西资源·物产[EB/OL]. (2020-07-13)[2022-07-28].<http://www.gxzf.gov.cn/mlgxi/gxrw/zrdl/t1003587.shtml>.
 [10] 朱春奎. 产业竞争力的理论研究[J]. 生产力研究, 2003(6): 182-183.
 [11] 樊纲. 论竞争力——关于科技进步与经济效益关系的思考[J]. 管理世界, 1998(3):10-15.

[收稿日期: 2022-09-23] (编辑: 毕然, 滕百军)

(◀◀上接第79页◀◀)

选择具有产业基础和配套优势的区域打造健康产业创新一站式基地，为健康创新提供适宜的基础配套。

4.3 促进健康产业创新生态系统协同发展

促进健康产业创新生态系统各创新群落及子系统之间的协同发展，促进各创新子系统在竞争与合作的过程中形成协同合力。形成以健康需求为导向，产学研一体化，结构完善的有机创新系统。从技术、服务、业态、模式等各角度全方位进行创新，促进健康产业实现产业中高速发展和向中高端转型。进一步整合健康产业创新生态系统内横向和纵向创新链条，促进各类创新主体间的深度融合，提高创新生态系统的活力和效率，增强生产、整合、应用等环节间的嵌入与链接，共同促进我国健康产业创新生态系统的协同演进，实现我国健康产业创新生态系统的可持续创新。

参 考 文 献

[1] 周绿林, 周云霞, 张心洁, 等. 江苏省健康产业发展升级的驱动因素、问题与对策[J]. 中国卫生经济, 2020,39(1): 74-76.
 [2] 孙源. 共生视角下产业创新生态系统研究[J]. 河南师范大学学报(哲学社会科学版), 2017,44(1):127-134.
 [3] 王俊鹏, 石秀. 我国汽车产业创新生态系统演进的影响因素研究[J]. 技术经济, 2019,38(12):97-104.

[4] 尹杰, 施琴芬, 李峰. 高新技术产业创新生态系统内部种群竞争演化机制研究[J]. 统计与决策, 2020,36(24):161-165.
 [5] 张笑楠. 战略性新兴产业创新生态系统共生演化仿真研究[J]. 系统科学学报, 2021,29(2):64-69.
 [6] ADNER R, FEILER D. Interdependence, perception, and investment choices: an experimental approach to decision making in innovation ecosystems[J]. Organization science, 2019,30(1):109-125.
 [7] 赫尔曼·哈肯. 协同学——大自然构成的奥秘[M]. 凌复华, 译. 上海: 上海译文出版社, 2013.
 [8] 冯锋, 汪良兵. 技术创新链视角下我国区域科技创新系统协调发展度研究[J]. 中国科技论坛, 2012(3):36-42.
 [9] 昕男, 杨毅, 高山. 基于复合系统协同度模型的上海市医药制造业创新系统协同度研究[J]. 中国药房, 2017,28(19): 2596-2601.
 [10] 刘志迎, 谭敏. 纵向视角下中国技术转移系统演变的协同度研究——基于复合系统协同度模型的测度[J]. 科学学研究, 2012,30(4):534-542.
 [11] 方炜, 赵健健. 创新价值链视角下我国航空航天制造业技术创新系统协同度研究[J]. 科技管理研究, 2021,41(7): 15-22.

[收稿日期: 2022-09-22] (编辑: 毕然, 滕百军)