

京津冀区域协同创新水平评估

倪 君

(科学技术部 高技术研究发展中心, 北京 100044)

摘要:协同创新是创新生态系统的显著特征,也是区域高质量发展的必然要求。运用复合系统协同度模型,对京津冀区域创新系统及子系统协同创新水平的演变趋势进行评估分析。结果显示,2012—2020年,京津冀区域协同创新水平呈现不断提升趋势;京津、津冀、京冀创新子系统向均衡发展演变支撑区域整体协同创新水平提升;河北创新系统有序度的快速增长为京津冀区域协同度的提升做出了显著贡献。研究结果可为京津冀协同发展战略的实施成效提供一定研究支撑,同时为“十四五”期间京津冀完善区域创新生态系统、加快建设世界级城市群等方面提供了启示。

关键词:京津冀;协同创新;区域创新生态系统;复合系统协同度

中图分类号:F124.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2023)16-0026-05

党的二十大报告提出,坚持推动高质量发展,深入实施区域协调发展战略。区域高质量协调发展以创新为核心驱动力,以均衡为长期发展目标。自2014年京津冀协同发展上升为国家重大战略以来,科技合作与协同创新一直是京津冀协同发展的核心领域之一。以北京非首都功能疏解和国际科技创新中心建设为抓手,三地政府不断深化产业链、产业链、创新链融合,加快建设京津冀协同创新共同体。

近年来,通过强化顶层设计与统筹规划、完善政策法规支持体系、共建共享创新平台、推动科技成果跨区域转移转化等方式,京津冀区域协同创新水平不断提升。2021年北京流向津冀技术合同5434项,成交额达350.4亿元;中关村企业在津冀设立分支机构达9032家;三地在京津冀基础研究合作专项累计投入约5000万元,资助项目100余项。因此,从协同创新视角出发,对京津冀区域协同创新水平进行测度和评估,可为下一步完善京津冀区域创新系统建设、深入实施京津冀协同发展战略提供一定研究支撑。

1 区域协同创新研究

1.1 创新生态系统视角下的协同创新

随着以数字技术为核心驱动的科技革命和产业变革快速发展,区域创新呈现新的技术、组织和空间特征。在创新3.0阶段,区域创新范式由线性

创新向创新生态系统演变。与区域创新系统相比,区域创新生态系统更加强调创新主体的共生依赖,更加突出创新系统的自组织运行,更加注重创新系统与创新环境的相互影响和动态演化^[1]。区域创新生态系统为区域高质量发展提供了新的动力机制,即基于价值共创理念-强化协同创新模式-实现系统创新目标^[2]。价值共创指创新生态系统参与者围绕核心价值主张,整合创新资源并协调创新行为,进而推动价值的创造与共享。价值共创理念进一步揭示了在日益激烈的市场竞争中区域创新生态系统的协同优势和生态优势。

协同创新是创新生态系统的显著特征,人才流动、知识溢出和技术扩散为区域协同创新提供内生动力。从狭义视角来看,区域协同创新指区域内不同地区在科技创新领域的联动发展,不同创新主体基于分工协作与优势互补推进产学研一体化。创新主体的有机互动与创新环节的紧密联系构建创新链,创新链与产业链的延伸、链接与交织形成创新集群,不同地区创新集群间的互动、分工与协作推进区域创新生态系统的运行和发展。从广义视角来看,协同创新是区域协调发展阶段的一种创新范式,也是区域高质量发展的必然要求。区域协同创新不只局限于科技创新领域,而是融入区域发展的各个方面。因此,区域协同创新既是创新主体之间的协同、科技创新与经济社会发展的协同,也是

收稿日期:2023-05-08

作者简介:倪君(1993—),女,山西长治人,科学技术部高技术研究发展中心,助理研究员,博士,研究方向为区域经济、科技与创新政策。

区域创新中心与其他城市的协同。强化区域协同创新是实现区域一体化发展的关键,也是提升区域整体竞争力的重要着力点。

1.2 区域协同创新的评估方法

协同创新水平是衡量区域创新生态系统发展阶段的重要标准。学者们通过具体统计指标、构建综合指标体系、运用特定模型方法等不同研究视角和定量方法对区域协同创新水平进行了评估研究。柯蕴颖等^[3]以论文合作和专利合作数据作为替代指标对中国三大城市群科技合作的空间特征进行了描述分析,认为京津冀、长三角和粤港澳大湾区分别呈现为单核心、多核心、核心-边缘的发展格局,三大城市群均未形成科技合作的高效集聚状态。梁婉君和何平^[4]从“发展”和“均衡”两个目标出发,从创新环境、创新资源、创新经济三个维度对京津冀协同创新水平展开测度,结果表明创新发展好于创新均衡,京津冀地区在创新经济和创新资源协同方面取得一定进展。鲁继通^[5]、崔志新和陈耀^[6]运用复合系统协同度模型测度了京津冀区域创新系统整体的协同度。席强敏等^[7]从城市层面采用社会网络分析法对京津冀地区城市之间科技合作网络的演变特征进行了分析。贺灿飞等^[8]采用空间引力模型等方法对京津冀在“双循环”格局中的价值链定位展开研究,认为“京津冀小循环”尚未打通,并且是导致其在“外循环”中处于价值链较低附加值环节的重要原因之一。

综合现有研究方法,本文选择复合系统协同度模型对京津冀地区协同创新水平进行评估。复合系统协同度模型的评估思路与区域创新生态系统的运行逻辑相契合。区域创新生态系统是一个基于不同子系统之间相互作用、有机融合形成的复合系统,通过不同主体、不同环节、不同地域之间的协同机制可实现“一加一大于二”的系统效应。复合系统协同度模型通过测度不同子系统的有序度水平与演变趋势评估区域创新系统整体的协同程度。复合系统协同度模型兼顾系统-生态、结构-功能双重视角,既可以评估区域创新复合系统整体的协同水平,也可以分析不同子系统对系统协同度的贡献差异,可以更好地体现创新生态系统的系统性、多样性、共生性、自组织性、动态性等特征。

2 模型构建和指标选取

2.1 基本模型构建

定义 1:京津冀区域创新系统 S 由 n 个子系统

构成, S_k 为复合系统 S 中的第 k 个子系统, $k = 1, 2, \dots, n$, 复合系统函数表达为

$$S = f(S_1, S_2, \dots, S_n) \quad (1)$$

定义 2:创新子系统 S_k 由多个序参量构成, $\epsilon = (\epsilon_{k1}, \epsilon_{k2}, \dots, \epsilon_{kj})$ 为创新子系统 S_k 发展中的序参量, $k \geq 1, \alpha_{ki}$ 和 β_{ki} 分别为序参量的下限和上限,即 $\alpha_{ki} \leq \epsilon_{ki} \leq \beta_{ki}$ 。

定义 3:序参量分量 ϵ_{ki} 的有序度 $\mu_k(\epsilon_{ki})$ 为

$$\mu_k(\epsilon_{ki}) = \begin{cases} \frac{\epsilon_{ki} - \beta_{ki}}{\alpha_{ki} - \beta_{ki}}, & i = [1, l] \\ \frac{\alpha_{ki} - \epsilon_{ki}}{\alpha_{ki} - \beta_{ki}}, & i = [l + 1, j] \end{cases} \quad (2)$$

由式(2)可知, $\mu_k(\epsilon_{ki}) \in [0, 1]$, 其值越大, ϵ_{ki} 对子系统以及复合系统有序度的贡献越大。

定义 4:子系统 S_k 序参量 ϵ_k 的有序度 $\mu_k(\epsilon_k)$ 为

$$\mu_k(\epsilon_k) = \sqrt[j]{\prod_{i=1}^j \mu_k(\epsilon_{ki})} \quad (3)$$

子系统 S_k 序参量 ϵ_k 的有序度通过 $\mu_k(\epsilon_{ki})$ 的集成作用实现, $\mu_k(\epsilon_{ki})$ 的集成作用有多种评估方式,参照其他学者研究采用较为简单实用的几何平均法进行。

$\mu_k(\epsilon_k) \in [0, 1]$, 若 $\mu_k(\epsilon_k)$ 越大, 则说明 ϵ_k 对创新子系统 S_k 有序的贡献程度越大, 反之则越小。

定义 5:复合创新系统从初始时间 t_0 变化到 t_1 , 各子系统序参量的有序度为 $\mu_k^0(\epsilon_k), \mu_k^1(\epsilon_k)$, 其中 $k = 1, 2, \dots, m$, 则 $t_0 \sim t_1$ 时期的复合创新系统协同度为

$$DGS = \theta \sum_{k=1}^m \eta_i [|\mu_k^1(\epsilon_k) - \mu_k^0(\epsilon_k)|] \quad (4)$$

$$\theta = \frac{\min_k [\mu_k^1(\epsilon_k) - \mu_k^0(\epsilon_k) \neq 0]}{|\min_k [\mu_k^1(\epsilon_k) - \mu_k^0(\epsilon_k) \neq 0]|} \quad (5)$$

式中: $\eta_i \geq 0; \sum_{i=1}^j \eta_i = 1; i = 1, 2, \dots, j; DGS \in [-1, 1]$, 其取值越大则表明复合系统整体的协同度越高, 取值越小, 表明复合系统整体的协同度越低; 参数 θ 作用在于, 当且仅当 $\mu_k^1(\epsilon_k) - \mu_k^0(\epsilon_k) > 0, \forall k \in [1, m]$, 复合系统存在正向协同度。若 $DGS \in [0, -1]$, 则表明复合系统处于不协同状态。

2.2 评估指标体系构建

基于区域创新生态系统及协同创新理论,从科技创新产生并作用于经济社会发展的基本过程出发,构建资源集聚与创新环境、科学研究与知识溢出、技术研发与产业应用、创新成果与经济绩效 4 个创新子系统。然后,基于评价指标体

系构建的系统性、典型性、动态性、可比性、可行性等基本原则,从现有区域统计指标中选取了 46 个指标构建了区域协同创新水平评估指标体系(表 1)。

表 1 京津冀区域协同创新评估指标体系

子系统	序参量	单位
资源集聚与创新环境	R&D经费投入强度	%
	R&D人员全时当量	人
	地方财政科学技术支出	亿元
	普通高等学校毕(结)业生数	万人
	互联网宽带接入用户	万户
科学研究与知识溢出	基础研究支出	万元
	高等学校 R&D 人员	人
	高等学校 R&D 课题数	项
	每十万人人口高等学校平均在校生数	人
	公共图书馆总流通人次	万人次
技术研发与产业应用	高技术企业数量	个
	高技术企业新产品开发项目数	项
	规上工业企业 R&D 人员全时当量	人
	规上工业企业 R&D 经费支出	万元
	规上工业企业新产品经费	万元
	规上工业企业新产品项目数	项
创新成果与经济绩效	发表科技论文	篇
	国内专利申请授权量	项
	技术市场成交额	亿元
	规模以上工业企业新产品销售收入	万元
	人均地区生产总值	(元/人)
	人均居民消费支出	元

2.3 数据来源及处理

数据主要来自《中国科技统计年鉴》(2012—2021)、各省份年度统计年鉴、国家统计局网站。为便于比较分析,所有数据均进行了 Z-score 标准化处理。此外,模型计算过程中序参量下限值和上限值参照现有研究分别取数据中极小值和极大值的 110%。

3 评估过程与结果分析

3.1 京津冀创新子系统有序度

基于京津冀区域协同创新评估指标体系,以 2011 年为基期,首先运用复合系统协同度模型式(1)~式(3)计算各地 4 个创新子系统序参量的有序度。然后运用式(4)和式(5)计算北京、天津与河北创新系统的有序度(表 2)。结果显示:①从整体趋势来看,2012—2020 年三地创新系统的有序度均呈现为上升趋势,表明北京、天津与河北创新系统处于健康发展状态。②从演变过程来看,2016 年起河北、北京创新系统有序度快速提升,天津创新有序度变化相对较为平缓。河北创新系统

对京津冀创新系统协同度的贡献在 2016 年超过北京,2017 年超过天津,为近年来加快提升京津冀区域协同创新水平发挥了有利作用。③从发展速度来看,2012—2020 年北京、天津与河北创新系统有序度年均增长率分别为 32.06%、15.28%、30.98%,其中天津创新系统有序度年均增长率相对较慢。

3.2 京津冀区域创新系统协同度

基于 2011—2019 年北京、天津与河北各自地区创新系统的有序度,以 2011 年为基期,测算京津冀区域创新系统整体的协同度。其中,权重借鉴其他学者方法基于 GDP 指标计算。

$$\lambda_i = \text{GDP}_i / \sum_{i=1}^3 \text{GDP}_i \quad (6)$$

式中: λ_i 为 i 地区权重。

以 2011 年为基期,2012—2020 年京津冀区域创新系统处于相对协同状态,并且区域整体的协同度不断提升(表 3)。2012 年京津冀创新系统的协同度为 0.090 1,京津冀三地创新系统建设情况和科技发展水平内部差距较大,地区之间的创新合作有待深化,协同创新处于较低发展水平。2020 年京津冀创新系统协同度提升至 0.645 1,与 2012 年相比区域创新系统协同度大幅提升,年均增长率为 27.90%。此外,近 10 年来,北京、天津、河北创新系统有序度的变化趋势也从一定程度表明,京津冀协同发展战略极大地推动了河北地区的科技发展,有效提升了河北创新系统的运行效率和创新水平。同时,河北创新系统有序度的快速提升为京津冀区域创新系统协同度提升做出了重要贡献。模型估计结果与现实发展趋势一致,河北“十三五”期间国家级高新技术企业新增超过 7 000 家,高新技术产业增加值占规模以上工业的比例由 2015 年的 16% 提高到 2020 年的 19.4%^[9]。

表 2 北京、天津与河北创新系统有序度

年份	北京	天津	河北
2012	0.063 4	0.147 8	0.089 5
2013	0.158 7	0.277 0	0.149 8
2014	0.198 1	0.361 9	0.166 8
2015	0.232 8	0.345 0	0.226 5
2016	0.182 4	0.383 7	0.347 1
2017	0.285 5	0.353 0	0.464 3
2018	0.365 9	0.327 9	0.546 8
2019	0.503 2	0.326 5	0.711 5
2020	0.586 1	0.461 0	0.775 7

表3 2012—2020年京津冀创新系统协同度

年份	北京	天津	河北	京津冀
2012	0.063 4	0.147 8	0.089 5	0.090 1
2013	0.158 7	0.277 0	0.149 8	0.176 1
2014	0.198 1	0.361 9	0.166 8	0.214 3
2015	0.232 8	0.345 0	0.226 5	0.249 8
2016	0.182 4	0.383 7	0.347 1	0.286 9
2017	0.285 5	0.353 0	0.464 3	0.372 1
2018	0.365 9	0.327 9	0.546 8	0.433 9
2019	0.503 2	0.326 5	0.711 5	0.560 0
2020	0.586 1	0.461 0	0.775 7	0.645 1

为分析京津冀区域创新系统内部协同水平的演变情况,进一步测算了京津、京冀、津冀创新系统协同度(表4)。结果显示:①2012—2020年,京津创新系统协同度年均增长率为25.32%,京冀创新系统协同度年均增长率为31.17%,津冀创新系统协同度年均增长率为26.34%。从年均增长率来看,2012—2020年京冀创新系统协同度提升速度最快。②2012—2015年京津创新系统协同度高于京冀、津冀创新系统,2016—2020年京冀、津冀创新系统协同度不断提升逐步超过京津创新系统;2012—2015年京津、津冀创新系统协同度超过京津冀区域创新系统整体水平;2017—2020年京冀、津冀创新系统协同度超过京津冀区域创新系统整体水平。可见,2016年之前,京津冀三地的创新合作以京津、津冀为主;2016年之后,京冀、津冀合作不断强化,成为提升京津冀区域创新系统协同创新水平的重要支撑。

4 结论与启示

河北创新系统有序度的快速增长为京津冀区域创新系统协同度的提升做出了显著贡献。区域内部创新水平差距过大以及地区之间创新联结较弱是制约区域协同创新水平提升的重要因素。在京津冀城市群内河北是区域创新系统发展的“短板”,2012—2020年河北创新系统有序度年均增长率最快,随着河北“短板”的不断补足,京津冀区域

协同创新水平不断提升。因此,“十四五”期间,深入实施京津冀协同发展战略应坚持把提升河北创新发展水平作为重要目标,缩小京津冀区域内部发展落差,释放京津与河北之间的梯度势能,加快形成“京津研发、河北转化”的创新格局^[10],不断推进京津冀协同创新共同体建设。

京津、津冀、京冀创新子系统向均衡发展演变支撑区域整体协同创新水平提升。2016年之前,京津创新系统引领京津冀区域协同创新,京冀创新子系统协同度相对较低。随着京津冀协同发展战略深入实施,京冀、津冀在创新领域合作不断深化。2016年之后,京冀、津冀创新系统成为提升京津冀区域创新系统协同创新水平的重要支撑。可见,区域创新生态系统的有效运行基于创新子系统的共生依赖、有机互动与均衡发展。因此,推进京津冀协同创新应进一步深化协同创新的体制机制改革,优化创新资源配置和有序流动,促进创新成果溢出与转移转化,推进京津冀创新生态系统健康、高效、可持续运行。

2012—2020年京津冀区域创新系统的协同创新水平呈现不断提升趋势。总体来看,京津冀协同发展战略取得了良好的实施效果,为推进中国区域协调发展积累了大量经验。从长期趋势来看,预期京津冀协同创新水平将持续提升,为建设京津冀世界级城市群奠定坚实的基础。在加快建设世界科技强国、实现高水平科技自立自强的背景下,京津冀协同创新共同体建设。一方面要从京津冀地区自身发展出发,畅通京津冀创新系统的内部循环,提升区域创新生态系统的运行效能;另一方面也要从城市群的国际化路径出发,加快推进北京国际科技创新中心建设,形成具有首都特色的开放合作机制,不断提升京津冀协同创新共同体在全球创新网络中的竞争力和影响力。

参考文献

- [1] 曾国屏,苟允钊,刘磊.从“创新系统”到“创新生态系统”[J].科学学研究,2013,31(1):4-12.
- [2] 柳卸林,杨培培,王倩.创新生态系统——推动创新发展的第四种力量[J].科学学研究,2022,40(6):1096-1104.
- [3] 柯蕴颖,刘开迪,王光辉.中国三大城市群科技合作空间格局及其异质性研究——基于论文和专利合作数据的分析[J].开发研究,2022(2):19-28.
- [4] 梁婉君,何平.京津冀区域协同创新监测系统研究——兼与长三角区域协同创新比较[J].统计研究,2022,39(3):132-141.
- [5] 鲁继通.京津冀区域协同创新能力测度与评价:基于复合

表4 2012—2020年京津冀创新系统协同度

年份	京津	京冀	津冀	京津冀
2012	0.090 6	0.077 7	0.106 0	0.090 1
2013	0.196 6	0.154 0	0.186 8	0.176 1
2014	0.250 0	0.181 7	0.224 7	0.214 3
2015	0.267 0	0.229 5	0.261 0	0.249 8
2016	0.242 4	0.266 9	0.357 6	0.286 9
2017	0.305 4	0.376 0	0.432 1	0.372 1
2018	0.355 0	0.455 5	0.483 0	0.433 9
2019	0.453 1	0.606 7	0.601 1	0.560 0
2020	0.551 0	0.681 0	0.687 6	0.645 1

- 系统协同度模型[J]. 科技管理研究, 2015, 35(24): 165-170.
- [6] 崔志新, 陈耀. 基于复杂系统的区域科技创新系统协同度测评研究——以京津冀区域为例[J]. 城市, 2019(2): 3-13.
- [7] 席强敏, 李国平, 孙瑜康, 等. 京津冀科技合作网络的演变特征及影响因素[J]. 地理学报, 2022, 77(6): 1359-1373.
- [8] 贺灿飞, 任卓然, 王文宇. “双循环”新格局与京津冀高质量协同发展——基于价值链分工和要素流动视角[J]. 地理学报, 2022(6): 1339-1358.
- [9] 武义青, 冷宣荣. 京津冀协同发展八年回顾与展望[J]. 经济与管理, 2022, 36(2): 1-7.
- [10] 安树伟. 京津冀协同发展战略的调整与政策完善[J]. 河北学刊, 2022, 42(2): 159-169.

Evaluation of the Level of Collaborative Innovation in the Beijing-Tianjin-Hebei Region: Based on the composite system synergy model

NI Jun

(High Tech Research and Development Center, Ministry of Science and Technology, Beijing 100044, China)

Abstract: Collaborative innovation is a remarkable feature of innovation ecosystem, and it is also an inevitable requirement for high-quality regional development. Using the composite system model of collaborative innovation, the evolution trend of the collaborative innovation level of the Beijing-Tianjin-Hebei regional innovation system and internal subsystems were evaluated and analyzed. The research results are as follows. From 2012 to 2020, the level of collaborative innovation in the Beijing-Tianjin-Hebei region had been continuously improved; the balanced evolution trend of Beijing-Tianjin, Tianjin-Hebei, and Beijing-Hebei innovation subsystems supports the improvement of the overall level of collaborative innovation in the Beijing-Tianjin-Hebei region; the rapid growth of the order degree of the Hebei innovation system significantly contributes to the improvement of the synergy degree of the Beijing-Tianjin-Hebei region. The research results can provide some support for the implementation results of the Beijing-Tianjin-Hebei coordinated development strategy. Such suggestion as how to improve the regional innovation ecosystem and accelerate the construction of world-class city clusters during the 14th Five-Year Plan period is put forward.

Keywords: Beijing-Tianjin-Hebei region; collaborative innovation; regional innovation ecosystem; composite system coordination degree