

创新要素集聚与区域协同创新

——基于长三角 G60 科创走廊的网络实证¹

杨燕红¹ 徐立青²

(1 浙江工商大学经济学院, 杭州 310018; 2 江南大学商学院, 江苏 无锡 214122)

【摘要】: 科创走廊是创新要素集聚的组织形式, 建设的初衷在于促进区域协同创新。立足长三角一体化发展的大背景, 采用社会网络实证方法分析科创走廊在提升城市创新力和促进区域协同创新中的作用。研究发现: 科创走廊促进了创新要素在特定空间集聚, 构成了要素流动空间; 科创走廊通过增加城市间创新合作联系促进了区域协同创新, 能够有效破解“核心 - 边缘”结构困境; 科创走廊协同创新效应受到城市创新力、产业结构、高铁密度和地理距离等因素影响, 其中城市创新力和高铁密度对区域协同创新具有显著正向影响。从研究结果看, G60 科创走廊还存在协同度不高的问题, 核心区城市节点的创新关联仍占主导地位, 如何进一步增强核心区节点城市与边缘区节点城市创新关联, 是提高协同创新水平的关键。

【关键词】: 要素集聚; G60 科创走廊; 协同创新; 长三角

0 引言

长三角作为国内技术创新水平领先的区域, 仍存在创新要素分布不均衡、创新能力差异显著的问题^[1]。如何促进要素有序流动和结构优化以缩小地区差距, 是加强区域协同创新的关键。

2016 年上海松江区政府提出沿 G60 高速公路两侧布局“一廊九区”方案, 2018 年扩容为 9 个城市(区), 包括上海松江、嘉兴、杭州、金华、苏州、湖州、宣城、芜湖、合肥, 称为“长三角 G60 科创走廊”, 贯穿沪苏浙皖。2021 年长三角 G60 科创走廊被纳入“十四五”规划纲要, 上升为国家级科创走廊。实践层面的推进催生了 G60 科创走廊建设模式及成效的相关研究。汝刚等(2018)探讨了 G60 科创走廊协同发展模式^[2]; 潘家栋等(2019)测算了 G60 科创走廊城市网络指标^[3]; 岑晓腾等(2019)测算了 G60 科创走廊协同度^[4]; 邢景丽、张仲梁(2020)测算了 G60 科创走廊高质量发展综合指数^[5]; 陈子韬等(2021)探讨了 G60 科创走廊政府间协同机制^[6]; 张婕等(2021)实证分析了科技金融投入对上市企业绩效的影响^[7]; 赵菁奇等(2022)测算了科创走廊创新绩效和协同度^[8]。上述成果为本文提供了有益借鉴。然而, 鲜有文献从创新要素集聚视角探讨科创走廊建设与区域协同创新问题。为此, 本文着力探究 G60 科创走廊建设对区域协同创新的影响机制与效果, 以此论证科创走廊在促进区域协同创新中的作用。

¹ **基金项目**: 江苏高校哲学社会科学研究一般项目——“数字化产业全要素生产率测算与比较研究: 来自长三角数字化企业的微观证据”(项目编号: 2022SJYB1020; 项目负责人: 杨燕红) 成果之一; 无锡市软科学研究计划项目——“绿色发展背景下无锡建设全国零碳发展示范城市路径研究”(项目编号: KX22C241; 项目负责人: 杨燕红) 成果之一。

作者简介: 杨燕红, 浙江工商大学经济学院博士研究生, 无锡太湖学院讲师, 研究方向: 数字经济与组织创新; 徐立青, 经济学博士, 江南大学商学院教授、博士生导师, 研究方向: 创新经济、技术管理与政策。

1 科创走廊促进区域协同创新的理论机制与特征事实

1.1 科创走廊促进区域协同创新的理论机制

科创走廊随着交通设施和信息技术的发展而兴起，表现为创新资本和科研人员沿走廊集中分布以实现协同创新，形成特定的创新网络结构。城市创新网络理论源于“流动空间”理论^[9]。Bergman (2009)^[10]、Huggins 等 (2012)^[11]综合流动空间理论，进一步形成了城市创新网络理论。科创走廊可视为由不同城市节点所构成的“流动空间”，表现为“内外”层创新网络结构(见图 1)。

首先，内层网络包含“1+4”要素。“1”指政府部门，发挥着规划者、引导者和促进者作用。“4”指四个中心：创新需求中心由高新技术企业构成，高新技术企业沿线集聚是科创走廊发展的主要特征；创新资本中心包括金融、银行和风险投资机构，科技金融投入可以缓解企业融资压力，提升企业绩效，提高地区创新水平^[12]；知识生产中心由科研院所、高等院校和重点实验室构成；科技服务中心包括孵化器、科技信息中心和技术服务平台，起着服务中介、信息中介和联结中介的作用。

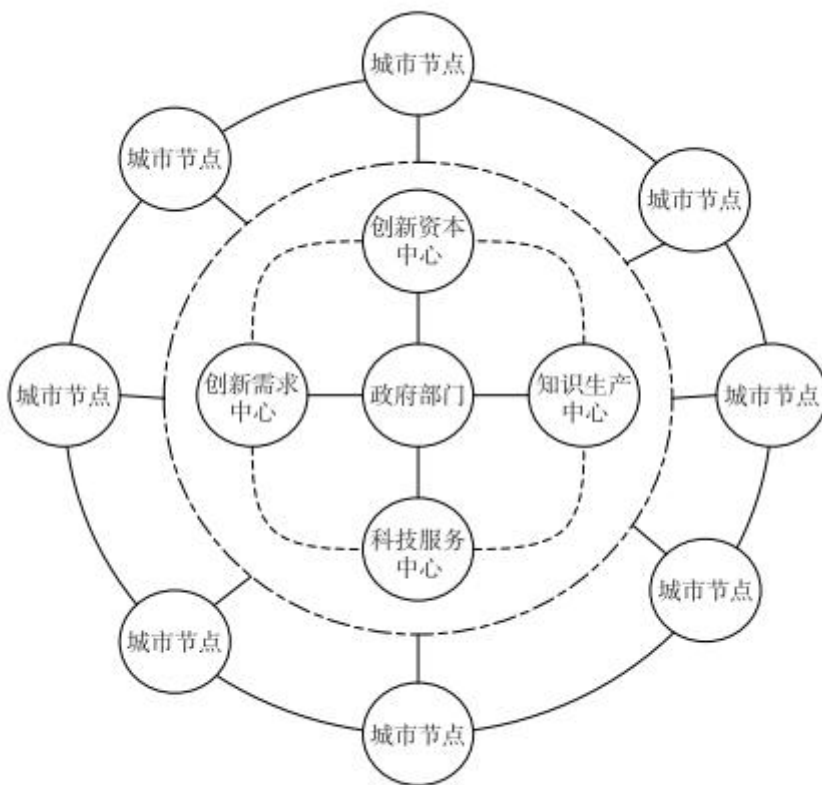


图 1 科创走廊创新要素集聚网络结构

其次，外层网络表现为城市节点串联结构，组成区域协同创新系统。已有研究表明，国内城市创新网络结构呈现典型的“核心-边缘”结构，核心区创新联系紧密，而边缘区创新联系相对松散^[13,14]。叶雷等 (2019) 依据创新联系强度将城市创新网络模式分为网络创新、外部创新、地方创新和孤立创新四种模式，认为创新模式不同造成创新效率差异^[15]。创新网络空间极化现象明显，以发达城市为核心的半轮轴型集聚格局基本形成^[16]。因此，区域协同创新的主要手段在于加强核心区节点城市与边缘区节点城市的创新关联^[17]。

最终，内外层网络共同构成科创走廊创新系统，为加强核心区与边缘区节点协同提供了通道。

1.2 长三角 G60 科创走廊要素集聚的特征事实

基于上文内层网络“1+4”结构理论，创新要素集聚部门主要包括高新技术企业、科研院所、实验室和科创平台。根据 G60 科创走廊建设小组公布的数据显示，G60 在科创板上市企业、孵化器众创空间、重点实验室和工程技术研究中心数量上集中度明显，创新要素拥有量差异较大。R&D 人员全时当量排在前四位的分别是上海、杭州、苏州和合肥，比较靠后的是湖州和宣城。根据“核心-边缘”结构理论，处于核心区的城市是上海、杭州、苏州和合肥，处于边缘区城市则为湖州和宣城。其中，上海处于绝对核心地位。这表明 G60 科创走廊设计的初衷在于发挥上海创新辐射作用，由核心城市带动边缘城市协同创新。

G60 科创走廊创新合作联系增加明显。根据联合专利指标数据计算得出，2015 年联合专利授权数为 703 项，2020 年则为 1 726 项，联合专利数量年均增长率为 16%。2017 年以后科创走廊城市间联合专利数增长明显加快，表明区域间城市创新关联水平得以提升(见图 2)。

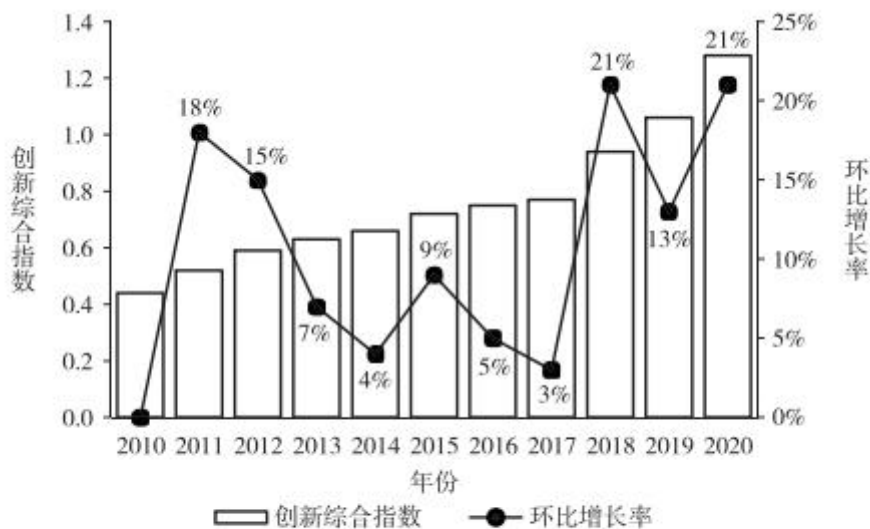


图 2 长三角 G60 科创走廊联合专利年度数量及增长率(以 2010 年为基期)

2 关键指标测算与结果分析

2.1 指标设定

基于上述“1+4”内层网络结构，借鉴相关研究^[18]，设计城市创新指数和协同指数测算指标(见表 1)。R&D 人员和经费主要衡量地区创新要素投入，专利授权数衡量创新产出，高新技术企业数反映地区创新基础，金融机构贷款余额衡量地区金融资源丰富度。协同创新指数设计参考《长三角协同创新指数(2021)》报告中相关指标设计方法。

2.2 测算方法

由于涉及多指标合成指数计算，参考相关研究^[19]，采用熵权 Topsis 方法进行计算。基本思路是先由熵权法得到各指标的客观权重，计算出加权指标值，再利用 Topsis 法进行各分析对象的评价。样本数据选取的是长三角 G60 科创走廊 9 个城市(考虑到数据完整性，松江区数据由上海市数据代替)，时间选取范围是 2010—2020 年。

表 1 指数测算指标设定

指数名称	指标设计	单位及计算说明	数据来源
城市创新指数	R& D 经费内部支出 R& D 人员全时当量 专利授权数 高新技术企业数 年末金融机构各项 贷款余额 高等院校数	亿元 万人年 件 家 万元 所	城市统计年鉴、各市统计年鉴 及统计公报
	创新平台	个	中国双创大数据平台
协同创新指数	联合专利数	根据国家知识产权局专利检索平台，设置“and”语句进行检索	国家知识产权局
	共享大型仪器	台	长三角科技资源共享服务平台
	上市企业数量	家	各城市统计年鉴
	城际高铁密度	查找城市之间高铁直达班次后加总，作为城际高铁密度代理变量	根据 12306 购票网站整理
	产业结构差异	根据第三产业增加值比重数据，计算 9 个城市第三产业比重平均值后相减，再取绝对值	城市统计年鉴

2.3 指数结果

采用熵权 Topsis 方法分别对城市创新指数和协同创新指数进行测算，根据相对接近度值进行排序。长三角 G60 科创走廊所包含的城市相关指数值测算结果见表 2。根据相对接近度值的大小，协同指数排序与创新指数排序不尽相同。排在前三名的依次是上海、杭州和苏州，三个城市除自身综合创新能力强之外，还具有影响力，属于“双核心”城市。金华、嘉兴作为地级市，创新能力提升明显。合肥作为省会城市和科教之城的优势在区域协同创新过程中尚不明显，仅排序第六。宣城、湖州和芜湖相对靠后，除提升自身创新能力外，还需要更好地融入区域协同创新进程。协同指数总体不高，根据数据可得性，测得 2020 年指数值为 0.483，但三年来存在持续上升的趋势。

表 2 九城市指数测算结果

城市	正理想解 距离	负理想解 距离	相对 接近度	协同指数 排序	创新指数 排序
上海	0.086	1.539	0.947	1	1
杭州	1.261	0.606	0.325	2	3

苏州	1.262	0.440	0.259	3	2
金华	1.455	0.296	0.169	4	6
嘉兴	1.452	0.215	0.129	5	5
合肥	1.410	0.201	0.125	6	4
宣城	1.527	0.206	0.119	7	9
湖州	1.490	0.149	0.091	8	8
芜湖	1.494	0.113	0.070	9	7
	2018年	2019年	2020年		
G60 协同指数	0.281	0.404	0.483		

注：数据处理采用 SPSSAU 进行。

3 G60 科创走廊要素集聚与区域协同创新网络实证

3.1 G60 科创走廊网络结构特征分析

网络结构特征分析主要指标包括：相对中心度、中介中心度和接近中心度。相对中心度是指该城市与其他城市节点的关联数，相对中心度越大，表明该城市与其他节点城市关联越密切，在创新网络中的地位越高；中介中心度是指该城市与其他城市节点最短路径的比例，用于衡量该城市桥梁功能强弱，中介中心度越大，表明该城市桥梁作用越大；接近中心度是指节点城市与其他节点的平均接近程度，接近中心度越大，表明城市通达性越好，创新要素流动越便捷。运用 Ucinet6.0 软件计算得到各城市网络特征指标值(见表 3)。

表 3 长三角 G60 城市创新网络节点指标计算结果对比

	2010 年			2020 年		
	相对中心度	中介中心度	接近中心度	相对中心度	中介中心度	接近中心度
上海	87.500	35.714	50.000	87.500	0.595	88.889
苏州	50.000	3.571	42.105	100.000	11.310	100.000
杭州	25.000	0.000	38.095	87.500	0.595	88.889

嘉兴	37.500	0.000	48.473	87.500	0.595	88.889
湖州	25.000	0.000	34.407	75.000	0.000	80.000
金华	62.500	8.929	44.444	100.000	11.310	100.000
宣城	0.000	0.000	0.000	25.000	0.000	57.143
合肥	37.500	1.786	40.000	75.000	0.000	80.000
芜湖	25.000	0.000	38.095	87.500	0.595	88.889

表 3 结果显示，2010 年和 2020 年城市创新网络结构特征发生了明显变化。2010 年，相对中心度差异明显。上海“一枝独秀”，相对中心度、中介中心度和接近中心度均高于其他城市，处于绝对核心地位。金华和苏州表现相对突出，形成网络中的次级中心。在三个网络指标中，中介中心度值最低，明显低于其余两个指标。这表明各个城市发挥的桥梁作用偏弱，区域协同程度低。2020 年以来，杭州、嘉兴、芜湖地位提升明显，逐步形成多点联动的区域协同格局，表明协同创新的局面逐步形成，区域关联度提升明显。然而，中介中心度值仍然没有明显改善，原因在于 G60 科创走廊建设时间并不长，要素流通效率改善效果尚不明显。而 2020 年接近中心度指标值相比 2010 年有明显提升，表明区域连通水平有所提高，其中城际高铁发展起到积极的推进作用。

3.2 G60 科创走廊协同创新影响因素 QAP 实证

上述结果分析了 G60 科创走廊创新网络结构特征及演变过程，揭示了科创走廊在促进区域协同创新中的作用。那么，科创走廊协同创新效应的发挥受哪些因素影响呢？本文从创新网络关联的视角出发，进一步运用 QAP 法进行实证分析。QAP (Quadratic Assignment Procedure) 是社会网络分析中的假设检验方法之一，适用于关系类型数据。

3.2.1 矩阵模型设定

因变量矩阵为城市联合专利差异矩阵 P，通过城市联合专利数据，两两作差得到差异矩阵，衡量的是城市间协同创新差异。自变量矩阵包括核心矩阵创新能力差异矩阵 I，根据城市创新能力指数两两作差得到，衡量的是城市创新能力差异；其他矩阵变量包括产业结构差异矩阵 S、地理距离矩阵 D 和高铁密度矩阵 T。其中，产业结构差异矩阵通过第三产业增加值比重两两作差得到，地理距离矩阵通过两个城市中心点直线距离两两作差得到，高铁密度矩阵根据 12306 网站城际高铁路线数两两作差得到。由以上矩阵构建 QAP 回归模型，记为：

$$P = F(I, S, D, T) \quad (1)$$

式(1)中均为9×9 方阵，满足 QAP 运算要求。

3.2.2 实证结果分析

首先，对矩阵进行相关性检验，避免矩阵共线问题。Pearson 相关系数显示自变量矩阵行列之间不存在多重共线性，进行 QAP 回归是合适的。QAP 回归结果见表 4。

表 4 QAP 回归结果

变量矩阵	矩阵含义	QAP 回归 (1)	QAP 回归 (2)	QAP 回归 (3)
I	创新能力差异	0.235** (0.048)	0.235* (0.053)	0.168** (0.044)
S	产业结构差异	-0.120 (0.193)	-0.125 (0.189)	—
T	高铁密度差异	0.773*** (0.001)	0.742*** (0.001)	0.747*** (0.001)
D	城市距离矩阵	0.100 (0.262)	—	0.104 (0.259)
Adj-R2		0.548*** (0.001)	0.545*** (0.000)	0.545*** (0.001)

注：括号内为回归系数 P 值，***、**、*分别表示系数值在 1%、5%、10%水平上显著。

表 4 中，可调整的 R2 在 0.54 左右，在三次不同的 QAP 回归中均显著，表明模型拟合效果较好。但从矩阵的回归系数看，影响效应存在差异。其中，创新能力和高铁密度差异矩阵的回归系数在三个回归模型中均显著，系数均为正。这说明城市自身创新能力和交通基础设施差异是促进创新合作的主要原因，G60 走廊城市之间协同创新属于强弱互补和交通基础设施互补性型合作。这从实证角度验证了科创走廊建设的必要性。由三个回归模型结果对比发现，产业结构差异矩阵回归系数为负数，但没通过显著性检验。这表明产业结构差距的缩小能够促进区域协同创新，也就意味着区域的协同发展离不开产业的集群发展。系数显著性未通过检验，可能原因在于科创走廊建设启动时间不长，远未达到产业整合协同层次，因此效应有限。城市距离矩阵系数不显著，表明地理距离远近不是促进区域合作的主要因素。与距离相比，便捷的交通设施显得更加重要。这也从另一个层面验证了高铁发展对地区协同创新的积极意义。

在表 4 回归基础上，采用研发人员全时当量差异矩阵替换创新能力差异矩阵，相邻地理矩阵替换城市距离矩阵进行稳健性检验，回归结果具有稳健性，依然显示城市自身创新能力和高铁密度是影响区域协同创新的主要因素。稳健性检验结果限于篇幅，此处未列出。

4 结论与启示

4.1 研究结论

科创走廊联通了创新能力存在等级差异的城市，呈现“内外”交织网络结构。科创走廊通过增加城市间创新合作联系促进了区域协同发展，能够有效破解“核心-边缘”结构困境。科创走廊协同效应的发挥受城市创新能力、产业结构、高铁密度和地理距离影响。创新能力存在差异的城市通过更加便捷的交通设施进行资源整合，产生了创新扩散效应，由此验证了科创走廊建设的积极作用。

4.2 研究启示

如何进一步增强核心区节点城市与边缘区节点城市创新关联，是提高协同创新水平的关键。在科技资源共享基础上，需加强产业层面合作。注重培育次级核心节点，缩小走廊内城市等级差距，综合发挥地理邻近、文化相近和社会相亲等多维邻近机制作用，增强核心区与边缘区、边缘区与边缘区城市节点的创新关联，多层面建构城市关联渠道，加快形成协同创新格局。

参考文献

- [1] 黄向荣, 谢如鹤. 长江经济带科技资源集聚与区域协同创新研究[J]. 科学管理研究, 2016, 34(4): 53-56.
- [2] 汝刚, 梅晓颖, 刘慧. 以科创走廊探索科技创新协同发展新模式——基于 G60 科创走廊协同创新的理论分析[J]. 上海经济, 2018(2): 72-85.
- [3] 潘家栋, 包海波, 周学武. 基于 SNA 的 G60 科创走廊沿线城市群经济联系研究[J]. 浙江学刊, 2019(5): 73-83.
- [4] 岑晓腾, 苏竣, 黄萃. 基于耦合协调模型的区域科技协同创新评价研究——以沪嘉杭 G60 科技创新走廊为例[J]. 浙江社会科学, 2019(8): 26-33.
- [5] 邢景丽, 张仲梁. 长三角 G60 科创走廊高质量发展研究[J]. 技术经济, 2020, 39(2): 171-178.
- [6] 陈子韬, 王亚星, 吴建南. 地方政府间协同机制设计何以成功: G60 科创走廊的实践经验[J]. 城市发展研究, 2021, 28(9): 79-86.
- [7] 张婕, 金宁, 张云. 科技金融投入、区域间经济联系与企业财务绩效——来自长三角 G60 科创走廊的实证分析[J]. 上海财经大学学报, 2021, 23(3): 48-63.
- [8] 赵菁奇, 金露露, 王泽强. 基于科技创新绩效分析的区域协同发展探讨——以 G60 科技走廊为例[J]. 中国高校科技, 2022(5): 34-39.
- [9] CASTELLS M. The rise of the network society[M]. Oxford: Blackwell Publishers, 1996: 368.
- [10] BERGMAN E M. Embedding network analysis in spatial studies of innovation[J]. The Annals of Regional Science, 2009, 43(3): 559-565.
- [11] HUGGINS R, THOMPSON P, JOHNSTON A. Network capital, social capital, and knowledge flow: How the nature of

interorganizational networks impacts on innovation[J]. Industry and Innovation, 2012, 19(3):203-232.

[12] 吴和成, 胡双钰. 跨区域协同创新研究综述与展望[J]. 管理现代化, 2020, 40(1):121-125.

[13] 周晓艳, 侯美玲, 李霄雯. 独角兽企业内部联系视角下中国城市创新网络空间结构研究[J]. 地理科学进展, 2020, 39(10):1667-1676.

[14] 潘春苗, 母爱英, 翟文. 中国三大城市群协同创新网络结构与空间特征——基于京津冀、长三角城市群和粤港澳大湾区的对比分析[J]. 经济体制改革, 2022(2):50-58.

[15] 叶雷, 曾刚, 曹贤忠, 周灿. 中国城市创新网络模式划分及效率比较[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(7):1511-1519.

[16] 范雅辰, 曹卫东, 陈积宇, 项希龙, 范大龙. 基于千强高新技术企业的中国城市创新网络研究[J]. 世界地理研究, 2021, 30(5):1036-1047.

[17] 吕丹, 王等. “成渝城市群”创新网络结构特征演化及其协同创新发展[J]. 中国软科学, 2020(11):154-161.

[18] 周灿, 曾刚, 曹贤忠. 中国城市创新网络结构与创新能力研究[J]. 地理研究, 2017, 36(7):1297-1308.

[19] 张蕴萍, 董超, 栾菁. 数字经济推动经济高质量发展的作用机制研究——基于省级面板数据的证据[J]. 济南大学学报(社会科学版), 2021, 31(5):99-115, 175.