

刘心怡. 粤港澳大湾区城市创新网络结构与分工研究 [J]. 地理科学, 2020, 40(6): 874-881. [Liu Xinyi. Structure and division of urban innovation network in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. Scientia Geographica Sinica, 2020, 40(6): 874-881.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2020.06.002

粤港澳大湾区城市创新网络结构与分工研究

刘心怡

(广东金融学院华南创新金融研究院, 广东 广州 510320)

摘要: 在城市群创新网络视角下, 采用粤港澳大湾区城市群创新相关数据, 基于主成分分析法、地理引力模型与社会网络分析方法, 研究了粤港澳大湾区创新水平及城市创新分工。研究结果表明, 从创新分工来看, 创新研发集中于珠三角 9 市, 创新转化集中于香港和澳门。进一步分析创新研发合作情况, 深圳以企业应用型创新为主, 广州以基础创新为主, 二者处于湾区创新网络的中心位置, 带动了交互创新的 4 个城市子群, 并在空间上形成创新分工三大片区。粤港澳大湾区已初步形成创新集群式发展格局, 为湾区经济增长提供了有力支撑, 成为中国经济高质量发展的重要空间载体。

关键词: 粤港澳大湾区; 创新网络; 创新分工; 引力模型; 社会网络分析

中图分类号: K928.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2020)06-0874-08

创新成为经济增长的持续动力, 随着全球经济网络化的演变趋势, 区域创新体系的研究范式也出现网络化倾向, 越来越多的城市地理学家认为城市间的网络交互作用是城市体系的本质特征, 城市群的发展模式使得城市成为重要的网络节点, 相较于传统的城市等级划分, 拥有更为丰富的意义^[1-3]。为了准确测度和分解城市网络关系, 经济地理学者做了多方面尝试, 采用传统地理学分析方法(引力模型、断裂点), 基于地理、时间距离来计算创新规模, 圈定辐射范围, 划分城市层级^[4-6]。创新模糊了行政区域边界, 社会网络分析逐步纳入创新网络研究范式^[7-9], 大量研究从微观数据出发, 构建区域创新网络, 发现网络结构与创新分工呈正反馈效应^[10-12]。随后, 部分学者尝试从地理学和社会学的融合视角出发, 构建城市创新引力指标^[13,14], 考察网络结构与创新之间的关系^[15-17], 认为城市间分工促进了创新发展^[18,19]。

改革开放 40 a 以来, 广东省充分发挥沿海优势, 经济增长取得巨大成就, 与港、澳合作也愈发紧密。2017 年 10 月党的十九大报告和 2018 年 3

月政府工作报告中均明确提出, 以粤港澳大湾区建设、粤港澳合作、泛珠三角区域合作等为重点, 全面推进内地同香港、澳门互利合作, 湾区合作重点在于创新。对标国际一流湾区和世界级城市群, 建设全球创新发展高地成为粤港澳大湾区的重点目标之一。截止到 2019 年 5 月, 已有 8 个城市(广州、深圳、东莞、佛山、中山、惠州、汕头、珠海)获批为国家知识产权试点示范城市^[20]。2017 年, 深圳、广州在发明专利申请受理量城市排名中分列第三和第六^[21], 显示出粤港澳大湾区较强的创新能力。

在粤港澳大湾区的创新动力不断发展的背景下, 其创新质量如何? 创新成果应当转化为实际生产力, 带动经济增长, 那么其创新效益如何? 广深两市创新水平遥遥领先, 在湾区中如何实现竞争与合作, 带动粤港澳大湾区其他城市创新能力的提升? 为解决以上问题, 本文基于 2012-2016 年创新相关数据, 采用主成分分析法、地理引力模型与社会网络分析等方法, 分析了粤港澳大湾区城市创新网络结构及城市分工, 以期为粤港澳大湾区打造全球科技创新高地提供理论支持。

收稿日期: 2018-12-26; **修订日期:** 2019-03-17

基金项目: 广东省 2017 年度普通高校青年创新人才类项目(2017KQNCX138)资助。[Foundation: 2017 Youth Innovative Talents Project in Colleges and Universities in Guangdong Province (2017KQNCX138).]

作者简介: 刘心怡(1990-), 女, 安徽淮南人, 讲师, 研究方向为城市创新分工和城乡收入。E-mail: scutxyliu@163.com

1 指标选取、数据说明与研究方法

1.1 样本选择与数据来源

本文根据 2019 年中共中央、国务院印发的《粤港澳大湾区发展规划纲要》所划定属于粤港澳大湾区的广东省广州、深圳、珠海、佛山、惠州、东莞、中山、江门、肇庆 9 个珠三角城市和香港、澳门 2 个特别行政区共 11 个城市作为研究对象。本文依据专利申请地归属检索了 2012–2016 年粤港澳大湾区各市专利申请受理情况, 专利数据来源于 Incopat 专利数据库(<https://www.incopat.com/>), 地理距离数据来源于百度地图测算, 其他数据来源于 2012–2016 年《广东统计年鉴》^[22]、《广东科技年鉴》^[23] 和广东省科技厅统计数据。

本文在检索粤港澳大湾区 11 市专利数据时发现, 香港和澳门专利申请数目较少且增速较缓, 其中香港专利增长主要集中于 2016 年, 且申请主体多为阿里巴巴公司, 澳门专利申请在部分年份甚至出现下滑, 说明港、澳在创新分工上更集中于科研转化地位, 创新研发主体集中于珠三角 9 市。此外, 考虑港、澳作为特别行政区, 在统计口径上与珠三角城市存在差异, 为保证研究样本之间的可比性, 本文的创新辐射及社会网络分析主要针对珠三角 9 市进行。

1.2 研究方法

本文采用主成分分析法对城市创新水平进行综合评价; 基于断裂点理论与引力模型测度城市创新辐射范围与强度; 基于创新强度构建粤港澳大湾区的创新网络; 采用社会网络中心性特征指标分析城市群创新结构、社会网络凝聚子群方法分析城市群聚集与分工。

1) 城市创新规模的主成分分析。从研发投入和研发产出 2 个维度出发测度城市创新规模, 研发投入维度包括物质资本投入和人力资本投入, 并综合考虑了企业和政府的创新支出, 研发产出维度包括科技成果产出和经济效益产出。据此, 本文选取了 9 个指标构建城市创新规模综合评价体系(表 1)。基于上述综合评价体系选取指标数据, 采用 Z-score 法进行数据预处理, 以避免指标量纲差异造成的统计偏误, 利用 SPSS 软件提取特征值大于 1 的主成分, 其旋转因子方差贡献率作为权重指标, 加权求和经归一化处理后得出各城市创新规模水平^[24]。

表 1 粤港澳大湾区城市创新规模测度指标体系

Table 1 Index system of urban innovation scale measurement of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area

一级指标	二级指标	三级指标
研发投入	物质资本	工业企业 R&D 经费(万元)
		地方一般公共预算科学技术支出(亿元)
	人力资本	工业企业 R&D 活动人员数(人) 单位在职科技活动人员数(人)
研发产出	科研成果	专利授权量(件)
		省级工程技术开发中心数
	经济效益	先进制造业增加值(亿元) 高技术制造业增加值(亿元) 高新技术产品产值(亿元)

数据来源: 广东统计年鉴^[22]、广东省科技厅统计数据、Incopat 数据库(<https://www.incopat.com/>)。

2) 城市创新辐射范围测度。断裂点理论常用于衡量城市与区域间的相互作用关系^[25]。该理论认为城市间会产生相互作用的引力, 引力随着距离的增加而不断减小, 2 个城市的相互作用会在城市间的某一点达到平衡状态, 即在此点 2 个城市的引力相等, 该点即为 2 城市的断裂点。公式如下:

$$D_A = \frac{D_{AB}}{1 + \sqrt{P_B/P_A}} \quad (1)$$

式中, D_A 为断裂点离 A 城市的时间距离, D_{AB} 为两城市之间的距离, P_A 和 P_B 分别为城市 A 和 B 的创新规模大小。基于上文计算得出的湾区各城市创新规模变量, 以百度地图各城市市政府所在地为中心衡量的城市间最短车行距离作为时间距离, 计算各城市创新辐射范围^[25]。

在断裂点计算基础上, 采用引力模型场强公式计算各城市对断裂点的辐射强度大小, 并以此为基础构建城市群内部各主体之间的关系矩阵^[15]。公式如下:

$$F_A = \frac{P_A}{D_A^2} \quad (2)$$

式中, F_A 表示城市辐射引力强度大小, P_A 表示城市创新规模大小, D_A 为断裂点离 A 城市的时间距离。

3) 粤港澳大湾区城市创新网络空间结构分析。本文基于上文引力模型分析结果构建粤港澳大湾区城市创新网络, 利用 Ucinet 软件进行社会网络相关分析。

中心性特征指标。本文采用社会网络分析中的密度与中心度指标对创新网络特征进行进一步

分析^[26,27]。其中,密度指标反映的是网络中各成员联结的紧密程度,为实际连线数与最大可能连线数之比,介于0和1之间,越接近于1表明网络联结越紧密;中心度指标分为点度中心度、中间中心度和接近中心度3种,计算公式如表2所示。

凝聚子群分析。凝聚子群分析通常用来区分整体网中具有密切联系的行动者子集合,借助此方法可以识别粤港澳大湾区城市群内存在的创新集聚现象,从而探讨其内在创新空间结构^[28,29]。为了充分揭示创新网络的多维度空间特征,本文分别采用派系分析法和迭代相关收敛法(CONCOR)进行凝聚子群分析。派系分析法主要基于社会网络节点间可达性,通过设定节点间距离阈值得到子群^[28],CONCOR法主要基于子群内外关系进行块模分析,通过多次迭代寻找位置结构对等点得到子群^[29]。此外,采用E-I指数衡量子群联系紧密程度,以反映城市群内创新分工模式,E-I指数取值范围为[-1, 1],取值越趋近于1,表明关系越趋向于发生在群体之外,取值越趋近于-1,表明关系越趋向于发生在群体内部,取值越趋近于0,说明成员分布越随机^[30]。

2 结果与分析

2.1 粤港澳大湾区城市创新规模水平演化特征

1)城市创新规模演化趋势。图1显示了2007–2016年粤港澳大湾区各市专利申请受理情况,可以看出粤港澳大湾区各城市专利数量整体呈现上升趋势,其中,珠三角9市专利数量规模突出,增速明显,港、澳专利数量处于低位且增长缓慢。此外,据世界银行统计数据(<http://databank.shihang.org/data/home.aspx>),2018年港、澳货物和服务出口占GDP的百分比分别为188.3%和82.8%,工业增加值占GDP比重均低于7%,而专利研发大多集中于制造业部门,说明粤港澳大湾区的创

新驱动能力主要集中于珠三角9市,且呈现不断扩张趋势,港、澳创新能力稍显弱势,可发挥互联互通优势加强创新应用转化机制建设。

2)城市创新规模水平评价。表3显示了2012–2016年粤港澳大湾区珠三角9市的创新规模综合评价结果。从主成分矩阵来看,第一主成分在工业企业R&D经费、地方一般公共预算科学技术支出、工业企业R&D活动人员数、专利授权量、先进制造业增加值、高技术制造业增加值和高新技术产品产值等指标上提取较多,主要集中于企业创新方面,本文将其归为企业主导型创新动力,第二主成分在省级工程技术开发中心数和单位在职科技活动人员数指标上提取较多,主要集中于政府创新方面,本文将其归为政府主导型创新动力。

由表3可知,粤港澳大湾区珠三角9市创新规模呈现以下3个特征:①从城市整体创新规模得分来看,深圳遥遥领先,处于第一的位置,城市创新规模突出;广州排名第二,与深圳存在较大差距,但和其他城市相比,仍具有显著优势;佛山和东莞得分近似,在其他城市中较为突出,处于第三梯队,剩余5市得分近似,均归为第四梯队。②从企业主导创新因子来看,深圳得分7.925,远超其他城市,广州在企业创新方面表现较弱,与佛山和东莞共同属于第二梯队,其余城市中,中山和惠州表现良好,稍领先于其他城市,位于第三梯队,珠海、江门和肇庆位于第四梯队。③从政府主导创新因子来看,广州表现突出,显著领先其他城市位于第一,其余城市得分相近,同处于第二梯队。

总体来看,深圳创新水平遥遥领先,且以企业创新为主要驱动力,在依托政府和科研院所的基础研究方面稍显薄弱;广州在创新体量上位居第二,以政府和科研院所创新为主要支撑,但其比较优势有所减小,在企业创新、高新技术发展基础研究成果转化方面仍需进一步加强;佛山和东莞受

表2 中心度指标计算方式

Table 2 Calculation method of centrality index

指标	计算公式	变量含义
点度中心度(C_{Di})	$C_{Di} = \sum_{j \in N} x_{ij}$	测度与其他成员的相联系的程度; x_{ij} 表示节点 <i>i</i> 与节点 <i>j</i> 的连接数; N 为节点总数(网络规模)
中间中心度(C_{Bi})	$C_{Bi} = \sum_{j \in N} \sum_{k \in N} \frac{g_{jk}(i)}{g_{jk}}$	测度对资源控制的程度; g_{jk} 表示节点 <i>j</i> 和节点 <i>k</i> 之间存在的最短路径数, $g_{jk}(i)$ 表示节点 <i>j</i> 和节点 <i>k</i> 之间的最短路径经过节点 <i>i</i> 的数量
接近中心度(C_{Ci})	$C_{Ci} = 1 / \sum_{j \in N} d_{ij}$	测度通过较短路径与其他成员联系的程度; d_{ij} 表示节点 <i>i</i> 与节点 <i>j</i> 之间的距离

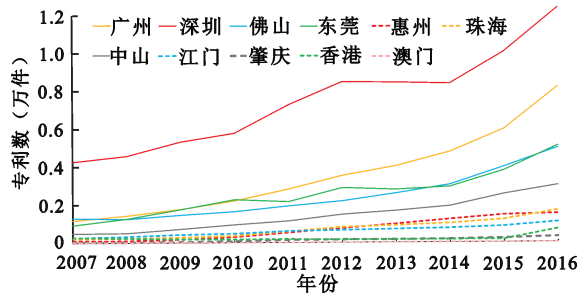


图1 2007-2016年粤港澳大湾区各城市专利申请受理情况

Fig.1 Number of patent application of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area in 2007-2016

表3 2012-2016年粤港澳大湾区珠三角9市创新规模得分及排名

Table 3 Score and ranking of urban innovation scale of the 9 cities of the Pearl River Delta in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area in 2012-2016

城市	城市创新规模得分	排名	企业主导创新因子	排名	政府主导创新因子	排名
广州	1.964	2	1.081	2	1.817	1
深圳	6.362	1	7.295	1	0.872	9
佛山	1.107	3	1.064	3	1.040	2
东莞	0.937	4	0.999	4	0.938	3
惠州	0.680	6	0.749	5	0.908	7
珠海	0.597	7	0.647	7	0.922	5
中山	0.684	5	0.730	6	0.937	4
江门	0.546	8	0.594	8	0.919	6
肇庆	0.509	9	0.567	9	0.898	8

益于广、深2市辐射影响,近年来创新能力发展迅速,略优于其他城市,在先进制造业的支撑下,实现政府主导与企业创新有机结合,呈现逐步赶超广州态势;惠州、珠海、中山、江门和肇庆创新规模体量近似,整体表现较为平均,上升空间充分。

2.2 粤港澳大湾区城市创新辐射范围及强度分析

1) 粤港澳大湾区城市创新辐射范围。表4为基于断裂点理论计算的粤港澳大湾区珠三角9市创新辐射范围。与创新规模相对应,深圳、广州2市辐射范围相对较广,二者相互作用下深圳影响力更为明显,佛山、东莞对周边地区的创新辐射力度次之,惠州、珠海、中山、江门和肇庆辐射范围相对较弱,仍有进一步提升空间。

2) 粤港澳大湾区城市创新辐射强度。表5为基于引力模型计算的粤港澳大湾区珠三角9市创新辐射强度。整体来看,湾区珠三角9市呈现以广州和深圳为核心、片区式层级创新网络结构。从创

表4 2012-2016年粤港澳大湾区珠三角9市创新断裂点距离(km)

Table 4 Distance to the breaking point of urban innovation of the 9 cities of the Pearl River Delta in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area in 2012-2016 (km)

城市	广州	深圳	佛山	东莞	惠州	珠海	中山	江门	肇庆
广州	0	85.11	10.93	26.92	51.75	46.46	29.68	33.93	33.03
深圳	47.29	0	42.94	20.58	22.13	38.12	26.83	37.05	48.76
佛山	14.57	102.96	0	43.13	71.54	54.14	32.02	25.53	34.52
东莞	38.98	53.62	46.87	0	43.06	56.63	38.53	54.56	66.37
惠州	87.95	67.67	91.26	50.54	0	98.40	77.74	92.70	108.28
珠海	80.83	118.42	71.03	68.45	101.60	0	21.35	44.98	88.15
中山	52.51	86.15	42.32	46.80	80.22	21.32	0	20.50	66.56
江门	59.85	116.02	34.08	67.16	97.64	45.89	20.96	0	51.30
肇庆	64.87	172.34	50.88	90.03	125.12	98.42	74.71	56.05	0

表5 2012-2016年粤港澳大湾区珠三角9市创新辐射强度

Table 5 Radiation level of urban innovation of the 9 cities of the Pearl River Delta in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area in 2012-2016

	广州	深圳	佛山	东莞	惠州	珠海	中山	江门	肇庆
广州	0	8.78	92.56	12.93	2.54	2.77	7.77	4.74	4.67
深圳	8.78	0	6.00	22.13	13.89	4.11	9.51	3.98	2.14
佛山	92.56	6.00	0	5.04	1.33	2.04	6.68	8.37	4.27
东莞	12.93	22.13	5.04	0	3.67	1.86	4.61	1.83	1.16
惠州	2.54	13.89	1.33	3.67	0	0.62	1.13	0.63	0.43
珠海	3.01	4.54	2.19	2.00	0.66	0	15.01	2.70	0.66
中山	7.12	8.57	6.18	4.28	1.06	13.14	0	12.98	1.15
江门	5.48	4.73	9.53	2.08	0.71	2.84	15.57	0	1.94
肇庆	4.67	2.14	4.27	1.16	0.43	0.62	1.23	1.74	0

新作用的空间格局来看,广州与佛山联系最为紧密,二者创新辐射强度分别占到了广州创新辐射总量的67.52%和佛山创新辐射总量的72.82%,此外,东莞、中山也与广州联系较为紧密;深圳与东莞联系较为紧密,分别占到了两市创新辐射总量的31.26%和41.54%,此外,惠州、中山也与深圳联系较为紧密;在次一级的城市中,中山、珠海和江门三市联系密切,中山与珠海的创新辐射强度分别占中山和珠海创新辐射总量的24.41%和46.96%,中山与江门的创新辐射强度分别占中山和江门创新辐射总量的25.32%和35.12%,中山成为次一级城市的创新中心。结合区域空间分布来看,深圳与东莞和惠州相邻,广州与佛山和肇庆相邻,中山与珠海、江门和珠海相邻,创新网络分布与地理临近性具有密切关系,除深圳作为一级节

点外,广州和中山均处于区域中心位置,形成多核心片区状创新结构。

2.3 粤港澳大湾区城市创新网络结构与分工

1)粤港澳大湾区城市创新网络结构特征。本文选取 2 作为临界阈值^[1],将多值矩阵进行二值化、对称化处理,构建粤港澳大湾区珠三角 9 市基础创新网络(图 2)。由创新网络各节点连接边数及紧密程度可以看出,创新网络整体联系较为紧密,基本形成以深圳和广州为一级创新节点,佛山和东莞为二级创新节点的创新网络布局。

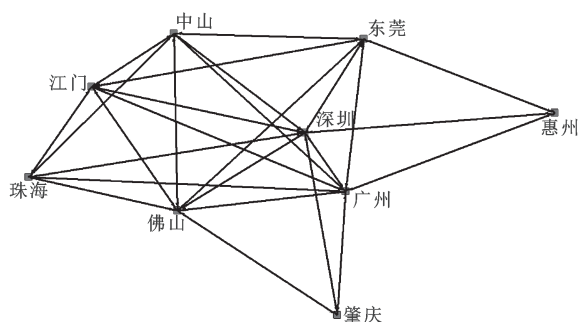


图 2 2012-2016 年粤港澳大湾区珠三角 9 市创新网络示意图
Fig.2 Innovation network of the 9 cities of the Pearl River Delta in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area in 2012-2016

表 6 显示了粤港澳大湾区创新网络中心性特征的分析结果。整体网络密度为 0.722,接近于 1,说明网络密度较高,创新网络城市间合作较为密切。综合 3 种中心度指标,广州和深圳的点度中心度和中间中心度均为 100.000,接近中心度为 12.619,说明二者在创新网络中处于联结的重要位置,与其他城市均有密切联系;佛山的点度中心度、中间中心度和接近中心度分别为 87.500、88.889 和 5.476,东莞在点度中心度和中间中心度上虽不具有绝对优势,但接近中心度为 3.571,明显领先其他城市,说明佛山和东莞在创新网络中的地位相对较为重要,也支持了上文将深圳和广州作为创新网络的一级节点,佛山和东莞作为创新网络的二级节点的结论。

2)粤港澳大湾区城市创新网络分工。表 7 为基于凝聚子群派系分析的城市创新网络分工。依据派系分析结果,创新网络存在 4 个子群,子群内城市地理位置邻近,且均由核心城市(广州和深圳)与边缘城市组成,子群间按照区位可大致划分为北部、西南、西部和东部片区。观察各子群成员,可发现不同子群间存在城市重叠现象,表明该网

表 6 2012-2016 年粤港澳大湾区珠三角 9 市创新网络中心度

Table 6 Centrality of innovation network of the 9 cities of the Pearl River Delta in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area in 2012-2016

城市	点度中心度	中间中心度	接近中心度
广州	100.000	100.000	12.619
深圳	100.000	100.000	12.619
佛山	87.500	88.889	5.476
东莞	75.000	80.000	3.571
惠州	37.500	61.538	0.000
珠海	62.500	72.727	0.000
中山	75.000	80.000	0.714
江门	75.000	80.000	0.714
肇庆	37.500	61.538	0.000

表 7 2012-2016 年粤港澳大湾区珠三角 9 市凝聚子群派系

Table 7 Cohesive subgroups of the 9 cities of the Pearl River Delta in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area in 2012-2016

派系	城市
1	广州、深圳、佛山、东莞、中山、江门
2	广州、深圳、佛山、珠海、中山、江门
3	广州、深圳、佛山、肇庆
4	广州、深圳、东莞、惠州

络存在跨子群的核心成员,说明湾区创新依赖于广州和深圳的带动作用,并存在二级创新节点,以发挥创新网络的组织效应和溢出效应。

图 3 显示了基于 CONCOR 法得出的局部创新网络聚类分析的树形图。依据二级分类结果,湾区珠三角 9 市分为 3 个子群,一是广州和深圳共同形成的核心子群,二是佛山、江门、中山和珠海共同形成的子群,三是东莞、惠州和肇庆共同形成的子群。这一分类结果避免了不同子群内城市重叠情况,城市间创新分工与上文以广深为核心、佛莞为二级节点的空间结构基本一致。

综合城市创新网络凝聚子群分析结果,可以发现以下 3 点。首先,深圳和广州作为粤港澳大湾区创新中心城市地位稳固,依托深圳良好的企业创新能力和广州雄厚的基础科研资源,对其他城市产生较强的辐射带动作用,并通过产业转移等途径向周边城市产生知识溢出效应;其次,佛山作为粤港澳大湾区珠三角南部片区的二级创新中心,借助广、佛同城化的便利,与广州合力带动周

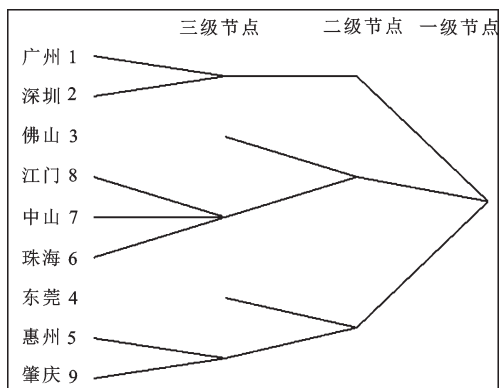


图3 2012-2016年粤港澳大湾区珠三角9市局部创新网络树形图

Fig.3 Local innovation network tree diagram of the 9 cities of the Pearl River Delta in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area in 2012-2016

边江门、中山和珠海3个城市的创新能力;最后,东莞作为粤港澳大湾区珠三角东部片区的二级创新中心,与深圳合力带动惠州、肇庆创新发展。

表8为创新网络凝聚子群密度分析结果。创新网络凝聚子群的E-I指数为-0.556,说明子群内城市在创新方面联系较为紧密。究其原因各个子群在地理区位和产业分布方面具有显著的区域聚集特性(如深圳、东莞的信息技术产业集聚等),处于相同子群的城市间借助其地理邻近性往往在创新方面合作较多,产业结构也较为类似,容易产生溢出扩散效应,这也从侧面说明了区域创新分工已初步形成了产业聚集的规模递增效应。

表8 2012-2016年粤港澳大湾区珠三角9市凝聚子群密度

Table 8 External-Internal Index of the 9 cities of the Pearl River Delta in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area in 2012-2016

	频率	密度
子群内部 (Internal)	56.000	0.643
子群外部 (External)	16.000	1.000
凝聚子群之间 (E-I)	-40.000	-0.556

3 结论与建议

本文以粤港澳大湾区为研究对象,利用专利、先进制造业、R&D经费等创新相关数据,分别采用了主成分分析、引力模型和社会网络等分析方法,探究基于创新网络的粤港澳大湾区城市群分工合作情况,主要结论如下:①湾区整体创新动力

充足,创新水平不断提升。深圳和广州为区域创新中心城市,广州与深圳尚存在一定差距;受益于广佛同城化与深莞一体化,佛莞创新发展态势良好,体量次之;珠海、中山、江门、惠州和肇庆仍存在上升空间。港澳研发体量较小,但依托发达的服务业,在创新转化方面独具优势。②湾区城市创新网络呈核心-边缘空间分布,整体形成以广深为核心,佛莞为副中心的层级递减型空间结构。广、深位于创新核心,广州以政府主导基础创新为主,深圳以企业主导应用创新为主;佛、莞邻近广、深,位于第二层级;其余城市受创新中心辐射,处于第三梯队。③湾区城市创新网络联系紧密,区域聚集特征明显。城市创新网络主要形成三大片区,一是以广、深为核心的创新中心片区,二是以佛山为二级节点的佛山、江门、中山和珠海片区,三是以东莞为二级节点的东莞、惠州和肇庆片区,各子群依托产业集聚与协同创新,共同构成粤港澳大湾区创新支撑。

综上所述,粤港澳大湾区在创新方面应注重创新质量,加强产学研合作,充分利用城市创新网络的聚集效应与溢出效应,以创新协同合作驱动粤港澳大湾区经济发展。据此,本文提出优化粤港澳大湾区城市群空间网络结构的政策建议。首先,提升创新核心地位,强化中心互补功能,特别是加强广、深在基础研究和应用研究上的优势互补,培育创新型产业集群,提升企业创新质量;其次,调动创新主体积极性,推进产学研合作,为高校和科研机构提供便捷成果转化渠道,设立完善成果转化平台;最后,统筹创新空间布局,发挥创新网络溢出效应。继续推进广佛同城化、深莞惠一体化等区域发展战略,充分利用港、澳金融服务优势,创造良好创新环境,最终实现城市间产业发展与创新环境的良性互动。

参考文献(References):

- [1] 邵璇璇,姚永玲.长江中游城市群的空间网络特征及其影响机制[J].城市问题,2019(10):15-26. [Shao Xuanxuan, Yao Yongling. Spatial network characteristics and influence mechanism of urban agglomeration in the middle reaches of the Yangtze River. Urban Problems, 2019(10): 15-26.]
- [2] 古恒宇,覃小玲,沈体雁.中国城市流动人口回流意愿的空间分异及影响因素[J].地理研究,2019,38(8):1877-1890. [Gu Hengyu, Qin Xiaoling, Shen Tiyan. Spatial variation of migrant population's return intention and its determinants in

- China's prefecture and provincial level cities. *Geographical Research*, 2019, 38(8): 1877-1890.]
- [3] 杨力, 刘敦虎, 魏奇峰. 城市群技术创新与经济增长效率的时空分异研究——以成都城市群为例[J]. 经济体制改革, 2020(1): 43-52. [Yang Li, Liu Dunhu, Wei Qifeng. Research on the spatial-temporal differentiation of technological innovation and economic growth efficiency of urban agglomeration—Taking Chengdu urban agglomeration as an example. *Reform of Economic System*, 2020(1): 43-52.]
- [4] 冯德显, 贾晶, 乔旭宁. 区域性中心城市辐射力及其评价——以郑州市为例[J]. 地理科学, 2006, 26(3): 266-272. [Feng Dexian, Jia Jing, Qiao Xuning. Assessment on radiant ability of regional central city—A case study of Zhengzhou city. *Scientia Geographica Sinica*, 2006, 26(3): 266-272.]
- [5] 何龙斌. 省际边缘区接受中心城市经济辐射研究[J]. 经济纵横, 2013(6): 12-16. [He Longbin. Research on the economic radiation from the central city to the provincial fringe. *Economic Review*, 2013(6): 12-16.]
- [6] Hoekman J, Frenken K, Tijssen R J W. Research collaboration at a distance: Changing spatial patterns of scientific collaboration within Europe[J]. *Research Policy*, 2010, 39(5): 662-673.
- [7] 温芳芳. 基于专利文献计量的我国校企合作科研合作现状分析[J]. 情报杂志, 2014, 33(12): 71-76. [Wen Fangfang. On the university-industry scientific research collaboration in China based on the patent bibliometrics. *Journal of Intelligence*, 2014, 33(12): 71-76.]
- [8] 周灿, 曾刚, 宓泽锋, 等. 区域创新网络模式研究——以长三角城市群为例[J]. 地理科学进展, 2017, 36(7): 795-805. [Zhou Can, Zeng Gang, Mi Zefeng et al. The study of regional innovation network patterns: Evidence from the Yangtze River Delta Urban Agglomeration. *Progress in Geography*, 2017, 36(7): 795-805.]
- [9] 马双, 曾刚, 吕国庆. 基于不同空间尺度的上海市装备制造业创新网络演化分析[J]. 地理科学, 2016, 36(8): 1155-1164. [Ma Shuang, Zeng Gang, Lyu Guoqing. The space-time evolution of innovation network of Shanghai equipment manufacturing industry at different spatial scales. *Scientia Geographica Sinica*, 2016, 36(8): 1155-1164.]
- [10] Ebadi A, Schiffauerova A. On the relation between the small world structure and scientific activities[J]. *PlosOne*, 2015, 10(3): e0121129.
- [11] Cantner U, Graf H. The network of innovators in Jena: An application of social network analysis[J]. *Research Policy*, 2006, 35(4): 463-480.
- [12] Melissa A, Corey S C. Phelps. Interfirm collaboration networks: The impact of large-scale network structure on firm innovation[J]. *Management Science*, 2007, 53(7): 1113-1126.
- [13] 王越, 王承云. 长三角城市创新联系网络及辐射能力[J]. 经济地理, 2018, 38(9): 130-137. [Wang Yue, Wang Chengyun. Urban innovation linkage network and radiation ability in Yangtze River Delta. *Economic Geography*, 2018, 38(9): 130-137.]
- [14] 张文宇, 于琦, 杨风霞, 等. 创新驱动战略下区域制造业绿色创新能力评价——基于 30 个地区数据的复杂网络建模分析[J]. 工业技术经济, 2018, 37(8): 86-94. [Zhang Wenyu, Yu Qi, Yang Fengxia et al. Evaluation of green innovation ability of regional manufacturing industry under innovation driven strategy—Modeling and analysis of complex network based on 30 regional data. *Journal of Industrial Technological Economics*, 2018, 37(8): 86-94.]
- [15] 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. [Zhou Can, Zeng Gang, Cao Xianzhong. Chinese inter-city innovation networks structure and city innovation capability. *Geographical Research*, 2017, 36(7): 1297-1308.]
- [16] Wal A L J T, Boschma R A. Applying social network analysis in economic geography: Framing some key analytic issues[J]. *Annals of Regional Science*, 2009, 43(3): 739-756.
- [17] Bergman E M. Embedding network analysis in spatial studies of innovation[J]. *Annals of Regional Science*, 2009, 43(3): 559-565.
- [18] 陈国生, 赵立平, 黄飞, 等. 基于 SEM 模型下长三角区域创新研究[J]. 经济地理, 2016, 36(9): 135-140. [Chen Guosheng, Zhao Liping, Huang Fei et al. Innovation of the Yangtze River Delta region based on the SEM model. *Economic Geography*, 2016, 36(9): 135-140.]
- [19] 张建伟, 石江江, 王艳华, 等. 长江经济带创新产出的空间特征和时空演化[J]. 地理科学进展, 2016, 35(9): 1119-1128. [Zhang Jianwei, Shi Jiangjiang, Wang Yanhua et al. Spatial characteristics and dynamic change of innovation outputs in the Yangtze River Economic Belt. *Progress in Geography*, 2016, 35(9): 1119-1128.]
- [20] 国家知识产权局. 国家知识产权试点示范城市工作[EB/OL]. <http://www.sipo.gov.cn/ztzl/gjzscqsdscfsgz/index.htm>, 2018-12-20. [National Intellectual Property Administration. National intellectual property pilot demonstration city work. <http://www.sipo.gov.cn/ztzl/gjzscqsdscfsgz/index.htm>, 2018-12-20.]
- [21] 深圳知识产权局. 深圳 2017 年知识产权统计分析报告[EB/OL]. <http://amr.sz.gov.cn/zscq/xttj/zscqtjfx/201805/P02018051-5605699376316.doc>, 2018-12-20. [Intellectual Property of Shenzhen. 2017 Shenzhen intellectual property statistical analysis report. <http://amr.sz.gov.cn/zscq/xttj/zscqtjfx/201805/P02018051-5605699376316.doc>, 2018-12-20.]
- [22] 广东省统计局, 国家统计局广东调查总队. 广东统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2012-2016. [Statistics Bureau of Guangdong Province, the Survey Office in Guangdong of National Bureau of Statistics. *Guangdong statistical yearbook*. Beijing: China Statistics Press, 2012-2016.]
- [23] 广东省科学技术厅. 广东科技年鉴[M]. 广州: 南方出版传媒广东人民出版社, 2012-2016. [Department of Science and Technology of Guangdong Province. *Guangdong statistical yearbook on science and technology*. Guangzhou: Southern Publishing and Media Guangdong People's Publishing House, 2012-2016.]
- [24] 赵正, 王佳昊, 冯骥. 京津冀城市群核心城市的空间联系及影

- 响测度[J]. 经济地理, 2017, 37(6): 60-66+75. [Zhao Zheng, Wang Jiahao, Feng Ji. Research on the spatial correlation of central cities in Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration. *Economic Geography*, 2017, 37(6): 60-66+75.]
- [25] 丁焕峰, 刘心怡. 区域经济关系的四种类型——基于广州与周边城市的研究[J]. *经济与管理研究*, 2015, 36(3): 73-79. [Ding Huanfeng, Liu Xinyi. Regional economic relations among Guangzhou and surrounding cities. *Research on Economics and Management*, 2015, 36(3): 73-79.]
- [26] 潘峰华, 赖志勇, 葛岳静. 社会网络分析方法在地缘政治领域的应用[J]. 经济地理, 2013, 33(7): 15-21. [Pan Fenghua, Lai Zhiyong, Ge Yuejing. Social network analysis in geo-politics studies. *Economic Geography*, 2013, 33(7): 15-21.]
- [27] 赵炎, 孟庆时. 创新网络中基于结派行为的企业创新能力评价[J]. 科研管理, 2014, 35(7): 35-43. [Zhao Yan, Meng Qing-shi. Evaluation of enterprise innovative capability based on cohesive behaviors in inter-firm innovation network. *Science Research Management*, 2014, 35(7): 35-43.]
- [28] 盛科荣, 杨雨, 张红霞. 中国城市网络的凝聚子群及影响因素研究[J]. *地理研究*, 2019, 38(11): 2639-2652. [Sheng Kerong, Yang Yu, Zhang Hongxia. Cohesive subgroups and underlying factors in the urban network in China. *Geographical Research*, 2019, 38(11): 2639-2652.]
- [29] 王磊, 高苗苗. 长江中游城市群旅游经济空间特征分析——基于社会网络分析视角[J]. *学术研究*, 2019(4): 43-48+84. [Wang Lei, Gao Miaomiao. Research on the spatial characteristics of tourism economy of the urban agglomerations in the middle reaches of the Yangtze River: From the perspective of social network analysis. *Academic Research*, 2019(4): 43-48+84.]
- [30] 杜巍, 蔡萌. 小集团指标及其在中小企业员工社会网络中的应用[J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2015, 35(2): 36-41. [Du Wei, Cai Meng. Cliques indexes and their applications in employees' social networks in small and medium-sized enterprises. *Journal of Xi'an Jiaotong University (Social Sciences)*, 2015, 35(2): 36-41.]

Structure and Division of Urban Innovation Network in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area

Liu Xinyi

(South China Institute of Innovative Finance, Guangdong University of Finance, Guangzhou 510320, Guangdong, China)

Abstract: From the perspective of innovation network of urban agglomerations, using the relevant data of innovation of urban agglomerations in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area, and based on the principal component analysis, geographical gravity model and social network analysis, this paper studies the innovation level and division of urban innovation in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. The results show that from the perspective of innovation division of labor, innovation research and development are concentrated in nine cities in the Pearl River Delta, and innovation transformation is concentrated in Hong Kong and Macao. Further analysis of innovation and R & D cooperation shows that Shenzhen focuses on enterprise application-oriented innovation, while Guangzhou focuses on basic innovation, and they are in the center of innovation network in the bay area, driving four urban subgroups of interactive innovation, and forming three areas of innovation division in space. The Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area has initially formed an innovative cluster development pattern, which provides a strong support for the economic growth of the bay area and becomes an important space carrier for the high-quality development of China's economy.

Key words: the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area; innovation network; innovation division; gravity model; social network analysis