

引用格式:戴靓,曹湛,朱青,等.中国城市群知识多中心发展评价[J].资源科学,2021,43(5):886-897.[Dai L, Cao Z, Zhu Q, et al. Analyzing polycentric urban development in China: Evidence from intercity knowledge collaboration[J]. Resources Science, 2021, 43(5): 886-897.] DOI: 10.18402/resci.2021.05.03

中国城市群知识多中心发展评价

戴 靓¹, 曹 湛², 朱 青³, 殷亚若¹

(1. 南京财经大学公共管理学院, 南京 210023; 2. 同济大学建筑与城市规划学院, 上海 200092;

3. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

摘 要:在新型城镇化和高质量发展背景下,城市群的空间结构及其多中心发展成为城市研究的热点议题。本文基于Web of Science(WOS)数据库中国学者2012—2016年的论文发表数据,采用Taylor的多中心性测度,从知识规模和知识网络层面,对中国19个城市群知识形态多中心与功能多中心进行量化,进而分析不同城市群知识多中心的发展状况、原因及对策,主要结论如下:①中国城市群的知识规模分布和知识合作格局均具有较强的空间异质性,东部城市群知识多中心发育优于中西部城市群,城市群形态与功能多中心发展整体匹配度高。②以中国19个城市群知识形态和功能多中心度的平均值为界,可将城市群分为4类:Ⅰ知识形态与功能均相对多中心发展的城市群,以长三角城市群最为典型;Ⅱ知识形态相对单中心但功能相对多中心发展的城市群,如珠三角城市群;Ⅲ知识形态与功能均相对单中心发展的城市群,以宁夏沿黄城市群最为典型;Ⅳ知识形态相对多中心但功能相对单中心发展的城市群,如成渝城市群。③中国城市群知识多中心发展是市场驱动和政策引导共同作用的结果,对于知识形态相对单中心发展的城市群,需重点加强知识创新资源的合理规划与布局;对于知识功能相对单中心发展的城市群,需积极打破知识流通壁垒,形成多元合作共享机制。

关键词:城市群;城市网络;知识合作;形态多中心;功能多中心;多中心度

DOI :10.18402/resci.2021.05.03

1 引言

多中心城市区域是经济全球化与区域一体化趋势下新兴的空间组织形式,是国家参与全球竞争和国际分工的重要地域单元^[1]。作为区域发展导向,城市群的多中心应兼具形态和功能两个方面:形态多中心以城市规模衡量,是空间表象;功能多中心以城际联系衡量,是内在本质^[2]。相对于传统的单中心,多中心发展强调区域内不同城市节点集聚形成多个服务中心并构成分工有序、紧密联系的网络体系^[3,4]。该模式有利于促进空间协调均衡、社会公平和环境的可持续发展,因而成为各国各层次空间规划的理论工具与政策目标,也是城市与区域

研究的重要议题。

随着场地空间向流动空间的演化,城市网络成为探索区域多中心的有效手段^[5,6]。城市网络是城市间各种要素(如人口、资金、商品、信息、旅游等)流动所形成的体系^[7-9],具有水平的非等级性特征,城市间通过协同和互补的联系实现规模经济、劳动分工和协同创新,与多中心的内在逻辑一致。基于此,国内外学者从多中心城市区域的形态、功能和治理等维度展开丰富的实证研究,其中,以企业网络和基础设施网络数据为主流。例如,通过企业网络数据,Lang等^[10]、Hall等^[11]分别对美国10个巨型城市区域、欧洲西北部8个巨型城市区域展开研究;

收稿日期:2020-04-06;修订日期:2020-08-22

基金项目:国家自然科学基金项目(41901189;52008298);江苏省自然科学基金项目(BK20190797);中国科学院区域可持续发展分析与模拟重点实验室开放基金项目(KF2018-07)。

作者简介:戴靓,女,江苏镇江人,副教授、硕士生导师,研究方向为城市网络与区域发展。E-mail: 9120181027@nufe.edu.cn

通讯作者:曹湛,男,湖北潜江人,博士后,研究方向为城乡规划、城市与区域发展规划和城市网络。E-mail: 1989caozhan@tongji.edu.cn

2021年5月

Taylor等^[12]对城市区域、国家、欧洲和全球尺度下的多中心性进行探讨;李涛等^[13]则对中国21个城市群在全球、全国和区域尺度下的多中心度进行比较;赵渺希等^[14]对2001—2017年长三角城市群的功能多中心进行纵向对比。通过基础设施网络数据,孙阳等^[15]、冯长春等^[16]分别对长三角、珠三角城市群多中心网络进行分析;Liu等^[6]则基于城际综合交通网络对中国22个城市群的形态和功能多中心发育程度进行测度。

随着工业经济向知识经济的转型,城市间的知识流象征着更高能级的创新联系,成为解读新时期区域协同发展程度的重要视角,以论文为代表的科学知识网络和以专利为代表的技术知识网络出现在不同尺度城市空间组织结构的研究中。例如,基于科学知识网络,Gu等^[17]分析了一带一路沿线国家间知识联系的层级性与区域性;Ma等^[18]研究了1990—2016年粤港澳大湾区城市间知识多中心结构的演化。基于技术知识网络,Berge等^[19]、Hoekman等^[20]分别研究了欧盟内城市间技术网络的空间特征,并提出优化发展的方向和对策;段德忠等^[21]系统量化了2001—2015年中国城市创新网络的拓扑结构、空间结构及其动态演化。李丹丹等^[22]则将这两种知识网络进行对比,揭示了其结构特征的异同。学者们对知识网络的关注不断增强,对其空间格局、拓扑性质和演化机制等问题的研究较多,但深入探讨城市群知识多中心发育程度的研究较少,且相关研究集中于个别城市群,如长三角、珠三角、京津冀、长江中游、成渝等城市群^[2,23],尚未对全国的城市群知识多中心进行测度与评价。

目前,中国正处于创新驱动发展的转型时期,且多中心城市区域已成为推进新型城镇化的重要手段。“十三五”规划纲要提出加快城市群建设发展:优化提升东部地区城市群,建设京津冀、长三角、珠三角世界级城市群,提升山东半岛、海峡西岸城市群开放竞争水平;培育中西部地区城市群,发展壮大东北地区、中原地区、长江中游、成渝地区、关平平原城市群;规划引导北部湾、晋中、呼包鄂榆、黔中、滇中、兰州—西宁、宁夏沿黄、天山北坡城市群发展,形成更多支撑区域发展的增长极。在此背景下,本文基于Web of Science(WOS)数据库中城

市论文发表量和城际论文合作发表量,从知识规模和知识网络视角测度知识形态多中心度和知识功能多中心度,开展中国城市群知识多中心评价,探讨知识流作用于城市间关系的内在逻辑和空间表现,并比较其与交通流^[7]、企业流^[11]作用的差异,以期城市群协同创新发展提供理论依据与决策支持。

2 研究方法与数据来源

2.1 城市群范围

有关中国城市群的数量和范围,学术界存在诸多划分方法^[1,24]。本文以《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年(2016—2020年)规划纲要》中的城市群为依据,其中东北地区城市群可分为哈长城市群和辽中南城市群,确定出19个城市群。对于城市群空间的范围和包含的城市,以国务院最新批复的城市群发展规划文件为准;对于没有相关批复的城市群,参考各级政府部门相关的规划文件(表1),从而划定了图1的城市群范围。

2.2 城市群知识多中心测算

城市群多中心发展程度的常用量化方法有两大类:位序—规模回归法和多中心指数。位序—规模法是通过将城市规模与其位序进行回归,获得最优拟合下的回归线坡度值^[25,26]。但拟合精度的差异会导致坡度值在不同城市群研究中缺乏可比性。多中心指数的测算方式有多种,例如,Li等^[23]、周灿等^[2]用基尼系数来测度城市群功能或形态多中心性。然而,此类方法无法反映出多中心在空间维度的信息。Green^[27]基于社会网络分析提出一般功能多中心和专门功能多中心指数,该方法首先计算网络中所有城市的节点度,再对实际网络和二节点网络中城市节点度的差异进行统计分析,同时考虑网络密度因素,最终计算出功能多中心性。赵渺希等^[14]考虑到区域网络中存在几个孤立子网络的拓扑结构会对结果产生影响,于是引入网络效率对Green的算法进行改进。这类测度计算功能多中心和形态多中心的公式不同,不利于对同一城市群功能和形态多中心的准确比较。同时,上述测度均存在一个共性问题,没有考虑城市样本数量对多中心性的影响。中国19大城市群包含的城市数量不一、差距较大,为控制样本数量提高横向比较精度,本文采用Taylor等^[12]、李涛等^[13]研究中的多中心测度方法。

Table 1 References for the scope of urban agglomerations

城市群	依据	涉及省级行政区
京津冀	京津冀协同发展规划纲要(2015)	北京市、天津市、河北省
长三角	长江三角洲城市群发展规划(2016)	江苏省、浙江省、安徽省、上海市
珠三角	珠江三角洲地区改革发展规划纲要(2008—2020)	广东省
山东半岛	山东半岛城市群发展规划(2017)	山东省
海峡西岸	海峡西岸城市群协调发展规划(2009)	福建省、浙江省、广东省
哈长	哈长城市群发展规划(2016)	黑龙江省、吉林省
辽中南	辽中南城市群发展规划(2017—2030)	辽宁省
中原	中原城市群发展规划(2016)	河南省
长江中游	长江中游城市群发展规划(2015)	湖北省、湖南省、江西省
成渝	成渝城市群发展规划(2016)	四川省、重庆市
关中	关中平原城市群发展规划(2018)	陕西省、甘肃省
北部湾	北部湾城市群发展规划(2017)	广西壮族自治区、海南省
晋中	晋中市城市总体规划(2014—2030)	山西省
呼包鄂榆	呼包鄂榆城市群发展规划(2018)	内蒙古自治区、陕西省
黔中	黔中城市群发展规划(2017)	贵州省
滇中	滇中城市群规划(2016)	云南省
兰西	兰州-西宁城市群发展规划(2018)	甘肃省、青海省
宁夏沿黄	宁夏沿黄城市带发展规划(2009)	宁夏自治区
天山北坡	天山北坡城市群发展规划(2017—2030)	新疆自治区



Figure 1 Location of the 19 urban agglomerations under investigation

2021年5月

借鉴 Burger 等^[3]和 Liu 等^[6]对形态和功能多中心的界定以及周灿等^[2]和姚常成等^[28]对知识多中心的研究,可以发现城市群知识多中心是城市群多中心在知识创新维度的体现,亦包含知识形态多中心与知识功能多中心。知识形态多中心是指区域内不同城市知识创新资源禀赋或知识创作规模的等级分布状况,强调各中心城市在区域内的绝对重要性,即知识资源禀赋的优越性,与城市人口、经济、研发投入、高校科研院所数量成正比。知识功能多中心则指区域内不同城市间的知识合作联系映射在地理上而形成网络的空间结构,强调各中心城市在区域内的相对重要性,即在多大程度上利用与其他城市的知识协作来实现或强化其中心地位,与区域内城市的知识溢出效应、借用规模能力有关。因此,知识形态上的多中心并不意味着功能上的多中心^[28]。知识形态多中心度是存量指标,可通过城市知识规模来表征;知识功能多中心度是流量指标,可通过城市知识网络来表征。两个指标的具体计算如公式(1)和(2)所示:

$$P_M = \text{Average}(TP_{2-6})/TP_1 \quad (1)$$

$$P_F = \text{Average}(IC_{2-6})/IC_1 \quad (2)$$

式中: P_M 、 P_F 分别代表城市群知识形态多中心度和功能多中心度,下标 M 和 F 分别是 Morphology 和 Function 的缩写; TP (Total Publication)表示研究时段内某城市的论文总发表量,包括独作和合作、城市内合作和跨市合作的所有论文。对城市群内的城市按 TP 排序, TP_1 为位序第 1 的城市论文总发表量, $\text{Average}(TP_{2-6})$ 为位序第 2 到第 6 的城市论文总发表量的平均值; IC (Internal Centrality)表示研究时段内某城市在所属城市群知识网络中的内部中心性,即该城市与城市群内其他城市论文合作量的总和。对城市群内的城市按照 IC 进行排序, IC_1 为位序第 1 的城市内部中心性, $\text{Average}(IC_{2-6})$ 为位序第 2 到第 6 的城市内部中心性的平均值。 P_M 、 P_F 取值为 0~1,值越大,表示越多中心发展。对于测度指标的多中心与单中心临界值,学术界尚未统一。周灿等^[2]通过基尼系数评价城市群多中心性,界定基尼系数大于 0.6 为单中心。其研究中基尼系数越大,越呈现单中心发展,与本文的指标定义相反,所以

对应多中心度的临界值实际为 0.4。李涛等^[29]的多中心测度与本文一致,其界定多中心度在 0.5 以上的城市群为多中心发展。Liu 等^[6]通过 Green 的多中心指数评价城市群多中心性,以 22 个城市群的指标平均值为基准,作出相对多中心和相对单中心发展的评判。由此可见,城市群多中心与单中心的绝对性仍需更深入地研究,不同的临界值会导致评价结果的不稳定,而城市群多中心与单中心的相对性可通过评价单元的平均值确定。

2.3 城市知识规模和知识网络数据

城市的知识规模用城市的论文总发表量表征。首先通过 Python 爬虫技术,从 Web of Science 上获取 2012—2016 年中国城市所有学科领域的论文数据,2016 年是“十三五”提出城市群规划的起点年份,论文合作与论文发表存在时间滞后效应,一般采用 5 年窗口以消除单一年份数据的偶然性与波动性。因此,采用 2012—2016 年的时间段既使结果更具稳健性,也可对规划前的城市群多中心发育状况提供基准参考。其次,以 19 个城市群涉及到的所有城市为统计口径,得到每个城市的论文总发表量。城市群知识合作网络通过城市间论文合作联系来构建,该联系是指某城市群内部不同城市科研单位的学者间合作发表的论文数量。其中,将独立作者和同城学者合作的论文数量予以剔除。例如,某论文由复旦大学和华东师范大学的学者合作完成,表征上海—上海的联系,则不在研究范围内。本文考虑的是涉及城市群内部跨地域合作的论文产出,如某论文由南京大学和华东师范大学的学者合作发表,包含南京—上海的知识联系一次。城市群内部知识网络构建的具体步骤为:根据获取的 WOS 论文信息数据,剔除独作和同城合作的论文,配以人工识别,得到每篇合作论文主体所属科研机构的城市归属信息,构建“城市—论文”的二模网络矩阵 \mathbf{K} (图 2)。矩阵 \mathbf{K} 中的数值 V_{ij} 表示城市 i 拥有论文 j 的合作者的数量。最后通过矩阵转置自乘法,将二模网络转为“城市—城市”的一模网络,并忽视对角线的数值,即将城市自身的联系视为 0^[25],从而构建出城市知识网络矩阵 \mathbf{C} 。最后,从中国城市知识网络中,提取出 19 个城市群内部的知识合作网络。

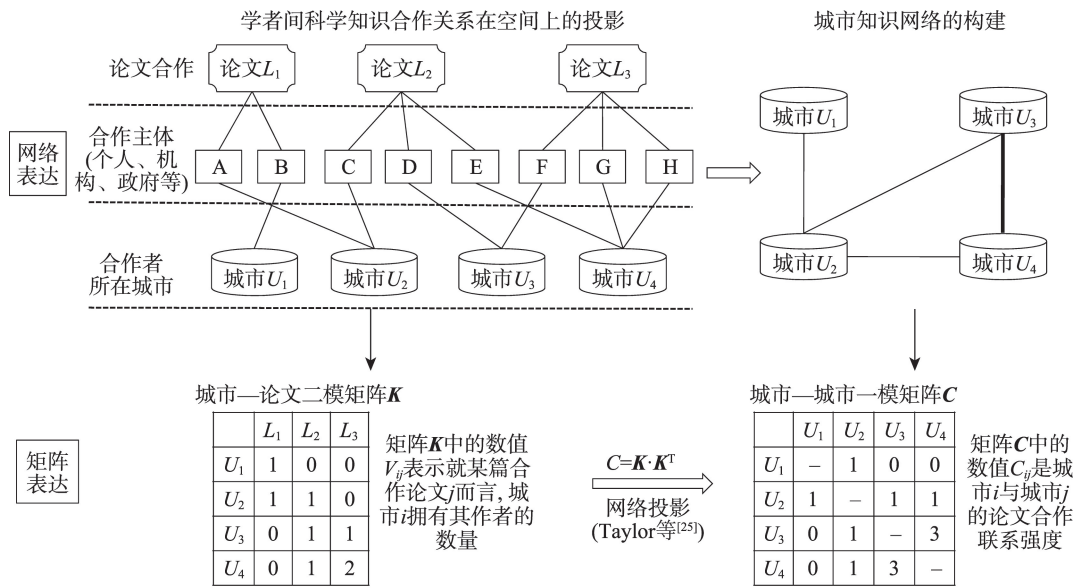


图2 城市知识网络构建流程

Figure 2 Construction process of intercity knowledge collaboration network

3 结果与分析

3.1 中国城市群知识规模与知识网络分析

根据2012—2016年WOS上中国城市的论文发

表信息,绘制出中国城市知识规模空间分布图(图3)和19个城市群内部知识合作网络图(图4)。

由图可知,中国城市群在城市知识规模分布和

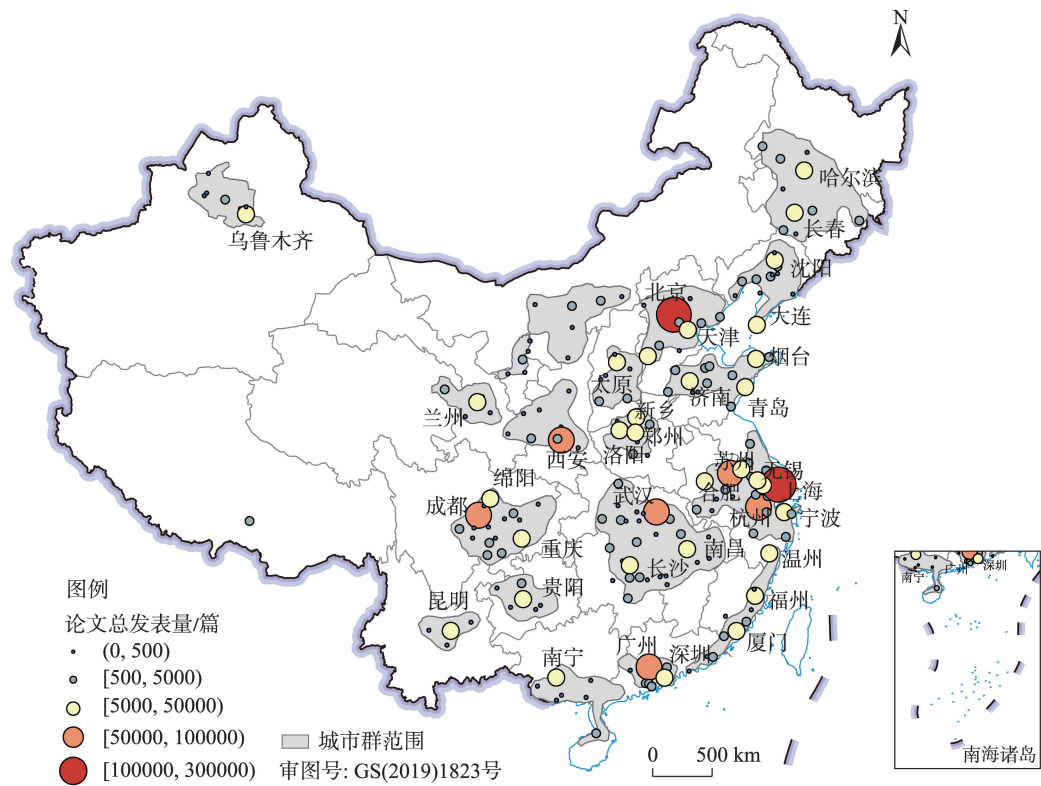


图3 2012—2016年中国城市知识规模空间分布图

Figure 3 Spatial distribution of cities' scientific knowledge output in China, 2012-2016

2021年5月



图4 2012—2016年中国城市群内部知识合作网络图

Figure 4 Knowledge collaboration network of urban agglomerations in China, 2012-2016

知识网络结构方面均具有明显的空间异质性。就城市知识规模而言,论文产出总量高的城市主要位于京津冀、长三角、珠三角、长江中游、成渝城市群内。北京是中国知识的绝对中心,2012—2016年WOS论文产出量高达290760篇,是第2名上海产出量(144461篇)的两倍多。其后依次为南京、广州、武汉、西安、杭州、成都,论文总产量介于50000~100000篇之间。除五大国家级城市群内的核心城市外,西安的知识总产量表现突出。作为西部地区重要的中心城市,西安在科研和教育方面的资源优势明显。就城际知识合作而言,东密西疏的空间格局和由沿海向内陆的梯度特征显著。长三角城市群的区域合作论文总量最高,为104024篇,其后依次为京津冀、长江中游、成渝、珠三角、山东半岛城市群,总合作量均大于10000篇,城均合作量超500篇。西南和西北部的城市群知识合作网络发育程度低,如黔中、滇中、北部湾、天山北坡、呼包鄂榆、宁夏炎黄和兰西城市群,其区域内知识合作总产出量低于600篇,城均论文合作量多为100篇以内。

总体而言,中西部城市群知识多中心低于东部城市群。由于知识资源禀赋和经济发展水平的差异,中西部城市群基础相对薄弱,知识网络处于初步发育阶段,缺乏发挥枢纽作用的核心城市,网络密度和联系强度低于东部城市群,城市群知识多中心程度与区域协同发展水平密切相关^[2]。

3.2 中国城市群形态多中心与功能多中心分析

本文的侧重点不在于对城市知识规模和合作网络的空间格局的探讨,而在于对不同类型城市群知识多中心发展程度进行评价。基于城市群多中心测度,计算出19个城市群的知识形态多中心度和功能多中心度,并统计每个城市群的基本指标,如城市群首位城市及其知识规模、首位度;城市群内部知识合作总量和城均合作量(表2)。其中,首位度是城市群内知识规模位序第1与第2的比值,首位度越高,则首位城市在区域内的核心地位越高。表中城市群按知识功能多中心度从高到低排序。

如前文所述,多中心与单中心的临界值尚无定论。本文借鉴Liu等^[6]的研究,以19个城市群功能多

表2 城市群知识形态与功能多中心度及相关指标

Table 2 Morphological and functional polycentricity and related indicators of urban agglomerations

城市群	P_M	P_F	首位城市(发表量/篇)	首位度	区域合作量/篇	城均合作量/篇
长三角	0.302	0.501	上海(144461)	1.495	104024	4001
中原	0.208	0.470	郑州(17614)	2.658	4826	536
长江中游	0.174	0.402	武汉(71437)	1.812	17926	578
哈长	0.225	0.374	哈尔滨(35692)	1.057	7810	781
海峡西岸	0.303	0.321	厦门(15902)	1.269	3320	332
珠三角	0.076	0.313	广州(73353)	3.516	13614	1513
山东半岛	0.231	0.305	济南(32298)	1.313	12698	977
辽中南	0.231	0.300	沈阳(26393)	1.041	5514	460
京津冀	0.044	0.249	北京(290760)	6.515	31122	3112
成渝	0.162	0.230	成都(50875)	1.590	14278	892
黔中	0.045	0.219	贵阳(6400)	6.667	222	37
北部湾	0.094	0.218	南宁(9566)	2.426	408	58
天山北坡	0.050	0.209	乌鲁木齐(7606)	5.278	464	58
晋中	0.029	0.209	太原(12303)	13.130	480	60
呼包鄂榆	0.087	0.207	呼和浩特(3891)	2.779	240	34
关中	0.008	0.204	西安(59916)	79.888	2222	222
滇中	0.010	0.203	昆明(15469)	42.150	554	139
兰西	0.027	0.200	兰州(22467)	7.580	512	102
宁夏沿黄	0.006	0.200	银川(2264)	70.750	18	5

中心度和形态多中心度的平均值为界,探讨城市群的相对多中心与相对单中心发展。即某城市群的多中心度大于所有城市群的平均值,则代表相对多中心发展,反之,则表示相对单中心发展。因此,本文以平均值为界,根据知识形态和功能多中心度可将19个城市群分为4类(图5):Ⅰ知识形态与功能均相对多中心发展的城市群、Ⅱ知识形态相对单中心

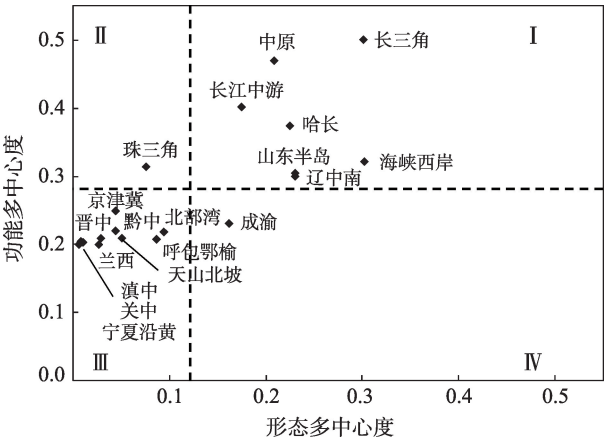


图5 中国城市群知识形态与功能多中心象限图

Figure 5 Morphological versus functional polycentricity of urban agglomerations in China

但功能相对多中心发展的城市群、Ⅲ知识形态与功能均相对单中心发展的城市群、Ⅳ知识形态相对多中心但功能相对单中心发展的城市群。

3.2.1 知识形态与功能均相对多中心发展的城市群

第一象限包含长三角、长江中游、中原、哈长、海峡西岸、山东半岛和辽中南城市群,此类城市群知识形态多中心度和功能多中心度均高于平均,说明区域内知识资源禀赋较为均质,且城市之间知识合作较为密切与均衡,城市群总体协同发展程度较高,以长三角城市群最为典型。

如图3和表2所示,长三角城市群知识规模大市除了上海、南京、杭州外,还有合肥、苏州、无锡、宁波,该区域城市知识首位度也较低,为1.495。同时,如图4所示,长三角城市群区域知识合作联系最为显著,区域合作论文104024篇,是占第2位次的京津冀城市群区内合作量(31122/篇)的3倍多。该区域26个城市城均区内合作论文量亦高达4001篇。长三角作为中国经济实力最强、一体化程度最高的城市群之一,知识和人才资源丰富,优质科研院所和高校林立,创新体制层面也走在全国前列。

2021年5月

因此,该区域知识多中心在形态和功能方面具有较好的一致性。

其余六大城市群内部知识合作亦较为显著(图4)。其中,中原城市群和长江中游城市群首位度在第一类城市群中较高,为2.658和1.812,故功能多中心发展程度高于形态多中心。哈长、山东半岛、辽中南、海峡西岸四大城市群在知识规模上首位度较低,均低于1.5,分别形成了以哈尔滨—长春、沈阳—大连、济南—青岛—烟台、厦门—福州—温州为主导的知识空间格局。而海峡西岸城市群内部知识合作总量和城均指标,在第一类城市群中最低,其功能多中心发展程度低于形态多中心。这主要归结于海峡西岸城市群涉及福建、浙江、广东三省,相关城市被长三角和珠三角这两个引力更强的城市群分解了部分知识流。

3.2.2 知识形态相对单中心但功能相对多中心发展的城市群

第二象限包含珠三角城市群,此类城市群知识形态多中心度低于平均,而功能多中心度高于平均,说明区域内各城市虽然知识资源分布极化,但城市间知识合作相对密切与均衡,知识资源的规划布局滞后于市场驱动的知识流动。

如图3和表2可知,珠三角的知识规模大有广州和深圳,但广州的首位度为3.516,比第一象限内功能多中心度低于其的山东半岛和辽中南城市群首位度高3倍,说明该区域的科教资源集中于广州,深圳尚未崛起为另一科研知识核心。这与周灿等^[2]发现珠三角城市群技术知识多中心发育程度高于长江中游城市群的结果相左,主要是由技术知识与科研知识主体的差异性导致。前者的主体是企业,后者是院校和科研机构。深圳与广州在传统科研资源上存在一定差距,但深圳新兴产业集聚、创新创业氛围浓厚。

从图4和表2可以看出,珠三角城市群内知识合作联系密切,功能多中心度为0.313,高于成渝和京津冀城市群。区域合作论文总量为13614篇,城均合作量为1513篇,仅次于长三角(4001篇)和京津冀(3112篇)。相较于长三角和京津冀这两个跨行政区组成的城市群,珠三角知识流动的行政壁垒、体制障碍较少,但功能多中心的发展受制于知识资

源禀赋空间分布的极化。因此,需加大知识资源空间规划引导,可加大珠三角其他城市的研发投入或设立更多科研院校的分支机构,促使珠三角知识形态单中心发展趋势得到扭转,以支撑功能多中心与区域一体化发展。

3.2.3 知识形态与功能相对单中心发展的城市群

第三象限包含京津冀、黔中、滇中、北部湾、晋中、呼包鄂榆、关中、天山北坡、兰西和宁夏沿黄城市群,此类城市群知识形态多中心度和功能多中心度均低于平均,说明区域内知识资源禀赋相对极化,且城市之间知识合作较为集中,城市群总体呈现单中心化发展,以宁夏沿黄城市群最为典型。

如图3所示,除京津冀城市群外,第三类城市群集中于西南和西北,大部分为单一省份城市,省会城市是这些城市群的首位城市(如贵阳、昆明、南宁、太原、西安、西宁、乌鲁木齐),且首位度均较高,形成单核空间格局。这类城市群缺乏良好的知识资源基础,知识流动活力较低,大多面临城市收缩和人才流失的困境。尽管京津冀城市群包括两座直辖市和河北省,但北京作为国家首都,与区域内次位城市天津的知识规模差距较大,首位度高达6.515,远大于广州在珠三角城市群的首位度;同时,北京科教资源众多、人才集聚、政策执行力度大,区域内的知识合作联系也集中在其他城市与北京之间的知识流,从而使得该区域呈现出形态和功能单中心发展状态。因此,需鼓励北京部分高校和科研院所所在周边城市设立分校或分院,引导知识资源的均衡布局,促进知识流动的分散多元,加快京津冀城市群的知识协同发展。

对于此类城市群,需要合理规划布局科研资源,加强促进人流、信息流、知识流互联互通的基础设施建设,积极引导中心城市知识外溢。同时,也需优化知识合作模式,充分发挥各城市人力资本的比较优势,促进知识分工与协作的多元化,形成功能互补的城市群知识合作体系。

3.2.4 知识形态相对多中心但功能相对单中心发展的城市群

第四象限包含成渝城市群,此类城市群知识形态多中心度高于平均,而功能多中心度低于平均,说明区域内知识资源本底和规模发展均衡,但城市

之间知识合作集中于少数城市,知识资源的规划布局超前于市场驱动的知识流动。

成渝城市群的首位城市为成都,其知识规模为50875篇,该区域另外两个知识产出大市为重庆和绵阳(如图3),该城市群首位度为1.590,形态上较为多中心发展。从功能联系上看,虽然区域内知识合作总量和城均指标均不低,但知识流动方式集中在其他城市与首位城市的“轴辐式”合作上,知识合作方式单一,导致功能多中心度较低,呈现出相对单中心发展的状态。这本质上是政府指定的和经济一体化的城市区域之间的不匹配,该类城市群是邻近都市圈的“任意组合”,通常包含多个大型城市以确保了形态上的多中心性,但要达到预期的功能或行政影响力可能会遭受挫折^[6]。这种现象的深层次原因可能在于中央和地方政府政治诉求不一致,规划过程中需各方主体共同促进功能整合和区域一体化发展^[30]。因此,地方政府需充分重视流量引导,营造良好的科研政策和配套环境,鼓励城市群内部进行多样化的知识合作创新,提高知识合作效率和知识溢出效应,以实现城市群的协同创新发展。

4 结论与讨论

4.1 结论

本文基于科研论文发表数据,从知识规模和知识网络层面,测度中国19个城市群的形态和功能多中心度,并评价分析城市群知识多中心的发展状况,主要结论如下:

(1)中国城市群的知识规模分布和知识网络结构具有空间异质性。总体而言,东部城市群知识多中心发育优于中西部城市群,形态多中心与功能多中心发育程度较为匹配。具体而言,城市群可以分为4类:Ⅰ知识形态与功能均相对多中心发展的城市群、Ⅱ知识形态相对单中心但功能相对多中心发展的城市群、Ⅲ知识形态与功能均相对单中心发展的城市群、Ⅳ知识形态相对多中心但功能相对单中心发展的城市群。

(2)第Ⅰ类城市群包含长三角、长江中游、中原、哈长、海峡西岸、山东半岛和辽中南城市群,区域内知识资源布局均质且知识合作紧密,城市群总体协同发展程度高,以长三角城市群最为典型;

第Ⅱ类城市群包括珠三角城市群,区域内知识资源禀赋极化,但城市间知识合作均衡,知识资源的规划布局滞后于市场驱动的知识流动;第Ⅲ类城市群包括京津冀、黔中、滇中、北部湾、晋中、呼包鄂榆、关中、天山北坡、兰西和宁夏沿黄城市群,区域内知识规模和知识合作均集中于首位城市,呈现单中心化发展,以宁夏沿黄城市群最为典型;第Ⅳ类城市群包括成渝城市群,区域内知识资源本底均质,但城际知识合作极化,知识资源的规划布局超前于市场驱动的知识流动。

(3)知识多中心发展是市场驱动和政策引导共同作用的结果,对城市群协同创新与可持续发展意义重大。对于知识形态相对单中心发展的城市群,需要合理规划布局知识创新资源,加大对区域内其他城市的研发投入或设立更多科研院校的分支机构,加强促进人流、信息流、知识流互联互通的基础设施建设,积极引导中心城市知识外溢。对于知识功能相对单中心发展的城市群,需积极促进城际知识合作,鼓励知识合作创新多样化,充分发挥各城市人力资本的比较优势,形成功能互补的城市群知识合作体系,提高知识合作效率。

4.2 讨论

城市群的多中心格局受到研究视角的影响,本文的城市群多中心是其在知识流方面的具体体现,与之前学者们基于交通流^[6]和企业流^[13]视角的研究对比,可以发现不同要素流作用于城市群空间表现和内在逻辑的异同。第一,知识流与交通流、企业流作用下城市群形态多中心的结果相似性(0.742和0.489)高于功能多中心的相似性(0.583和0.418)。因为形态多中心分析时用的是城市的知识规模、交通规模和企业规模,而这些与城市的人口和经济规模分布总体一致。但功能多中心评价结果因城市群间流动要素的不同而差别较大,对于知识合作关系、基础设施联系、高端生产性服务联系,城市社会经济属性只是基本影响因素,还涉及空间、政策、文化、拓扑等其他方面的机制^[21,22,31]。第二,城市群知识多中心与交通多中心发展状况的相似性(0.742和0.583)高于企业多中心(0.489和0.418)。这是因为知识资源和交通资源可以受中央和地方政府统筹配置和规划引导,且受国内市场影响;但是企业资

2021年5月

源,尤其是高端生产性服务业,受市场力量控制较大,且主要受到外资的影响。第三,本文中两种多中心的相关性为0.787,高于Liu等^[6]的0.430,可见知识流视角下城市群多中心发展在功能和形态上总体匹配度高于交通流的状况,亦可从Ⅱ、Ⅳ象限皆只有一个城市群中初见端倪。除研究视角外,评价结果的差异也跟多中心测算方法和城市群范围界定的不同有关。

WOS数据是目前较常用的表征知识合作创新的数据源之一,但其本身也存在一定缺陷。由于WOS数据只反映学者间英文论文合作,有大量中文论文合作数据未能记录,其也未能涵盖无需通过论文显化的应用导向知识合作,这使得本文的研究结果不可避免地存在一定的误差,在结果解读中需充分注意这一点,未来的研究可增加CNKI论文数据源和专利合作数据源。此外,城市群的多中心性具有尺度敏感性,即使从城市群尺度研究,城市群范围的划定导致城市数量的不同也会影响多中心结构的判断,本文是根据“十三五”规划及各城市群发展规划文件来界定城市群范围和区域内城市样本,这与此前的城市群多中心评价研究均不同,未来还可深入对比不同尺度下19个城市群多中心的差异性与稳健性。同时,有关多中心与单中心的量化界限尚无统一标准,文中尝试基于19个城市群多中心度的平均值来划定4个象限,并界定平均值以上的城市群呈现相对多中心发展,反之呈现相对单中心发展。事实上,不同的阈值会导致不同的结果,若将阈值设置为0.5,则本文中所有城市群形态上都是绝对单中心,唯有长三角城市群在功能上呈现绝对多中心,所以本文的主要意义在于对全国城市群知识多中心发展程度的横向比较,是相对态势,而非绝对状况,即为城市群多中心评价研究提供知识流视角的实证。

参考文献(References):

- [1] Fang C L. The basic law of the formation and expansion in urban agglomerations[J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2019, 29(10): 1699-1712.
- [2] 周灿,曾刚,宓泽锋. 中国城市群技术知识单中心与多中心探究[J]. *地理研究*, 2019, 38(2): 235-246. [Zhou C, Zeng G, Mi Z F.

Monocentric or polycentric? A study of technological knowledge in five major urban agglomerations of China[J]. *Geographical Research*, 2019, 38(2): 235-246.]

- [3] Burger M, Meijers E. Form follows function? Linking morphological and functional polycentricity[J]. *Urban Studies*, 2012, 49(5): 1127-1149.
- [4] 卓云霞,刘涛. 城市和区域多中心研究进展[J]. *地理科学进展*, 2020, 39(8): 1385-1396. [Zhuo Y X, Liu T. Polycentric city and region: A review and appraisal[J]. *Progress in Geography*, 2020, 39(8): 1385-1396.]
- [5] Capello R. The city network paradigm: Measuring urban network externalities[J]. *Urban Studies*, 2000, 37(11): 1925-1945.
- [6] Liu X J, Derudder B, Wu K. Measuring polycentric urban development in China: An intercity transportation network perspective[J]. *Regional Studies*, 2016, 50(8): 1302-1315.
- [7] 钮心毅,李凯克. 跨城功能联系视角下的都市圈国土空间规划实施监测[J]. *资源科学*, 2021, 43(2): 380-389. [Niu X Y, Li K K. Implementation monitoring of territorial and spatial planning in metropolitan areas from the perspective of intercity functional linkages[J]. *Resources Science*, 2021, 43(2): 380-389.]
- [8] 朱新华,钟苏娟. “流空间”视角下高铁对城市土地利用的影响: 基于DPSIR-PLS模型分析[J]. *资源科学*, 2019, 41(12): 2262-2273. [Zhu X H, Zhong S J. Effects of high-speed rail on urban land use from the perspective of “space of flows”: An analysis based on DPSIR-PLS model[J]. *Resources Science*, 2019, 41(12): 2262-2273.]
- [9] 黄泰. 长三角城市群旅游流潜力格局演变及其影响因素[J]. *资源科学*, 2016, 38(2): 364-376. [Huang T. Evolution characteristics and factors affecting tourist flow potential in the Yangtze River Delta Urban Agglomerations[J]. *Resources Science*, 2016, 38(2): 364-376.]
- [10] Lang R E, Dhavale D. America's megapolitan areas[J]. *Land Lines*, 2005, 17(3): 1-4.
- [11] Hall P G, Pain K. The Polycentric Metropolis: Learning from Mega-City Regions in Europe[M]. London: Earthscan, 2006.
- [12] Taylor P J, Evans D M, Pain K. Application of the interlocking network model to mega-city-regions: Measuring polycentricity within and beyond city-regions[J]. *Regional Studies*, 2008, 42(8): 1079-1093.
- [13] 李涛,张伊娜. 企业关联网视角下中国城市群的多中心网络比较研究[J]. *城市发展研究*, 2017, 24(3): 116-124. [Li T, Zhang Y N. The comparison of polycentricity of urban agglomerations in China from the perspective of firm interlocking network[J]. *Urban Development Studies*, 2017, 24(3): 116-124.]
- [14] 赵渺希,李海燕. 基于企业网络的长三角多中心巨型城市区域演化研究[J]. *城乡规划*, 2019, (4): 65-75. [Zhao M X, Li H Y. Ex-

- aming the transition processes in the Yangtze River Delta polycentric mega-city region based on corporate networks[J]. *Urban and Rural Planning*, 2019, (4): 65–75.]
- [15] 孙阳, 姚士谋, 张落成. 长三角城市群“空间流”层级功能结构: 基于高铁客运数据的分析[J]. *地理科学进展*, 2016, 35(11): 1381–1387. [Sun Y, Yao S M, Zhang L C. Functional structure of spatial flow in the Yangtze River Delta: Analysis of passenger based data for the high speed railway[J]. *Progress in Geography*, 2016, 35(11): 1381–1387.]
- [16] 冯长春, 谢旦杏, 马学广, 等. 基于城际轨道交通流的珠三角城市区域功能多中心研究[J]. *地理科学*, 2014, 34(6): 648–655. [Feng C C, Xie D X, Ma X G, et al. Functional polycentricity of the urban region in the Zhujiang River Delta based on intercity rail traffic flow[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2014, 34(6): 648–655.]
- [17] Gu W, Liu H. Spatial structure, hierarchy and formation mechanisms of scientific collaboration networks: Evidence of the Belt and Road regions[J]. *Chinese Geographical Science*, 2020, 30(6): 959–975.
- [18] Ma H, Li Y C, Huang X D. Proximity and the evolving knowledge polycentricity of megalopolitan science: Evidence from China's Guangdong–Hong Kong–Macao Greater Bay Area, 1990–2016[J]. *Urban Studies*, 2020, DOI:10.1177/0042098020942665.
- [19] Berge L R, Wanzenböck I, Scherngell T. Centrality of regions in R&D networks: A new measurement approach using the concept of bridging paths[J]. *Regional Studies*, 2017, 51(8): 1165–1178.
- [20] 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.
- [21] 段德忠, 杜德斌, 湛颖, 等. 中国城市创新网络的时空复杂性及生长机制研究[J]. *地理科学*, 2018, 38(11): 1759–1768. [Duan D Z, Du D B, Chen Y, et al. Spatial-temporal complexity and growth mechanism of city innovation network in China[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(11): 1759–1768.]
- [22] 李丹丹, 汪涛, 魏也华, 等. 中国城市尺度科学知识网络与技术知识网络结构的时空复杂性[J]. *地理研究*, 2015, 34(3): 525–540. [Li D D, Wang T, Wei Y H, et al. Spatial and temporal complexity of scientific knowledge network and technological knowledge network on China's urban scale[J]. *Geographical Research*, 2015, 34(3): 525–540.]
- [23] Li Y C, Phelps N A. Knowledge polycentricity and the evolving Yangtze River Delta megalopolis[J]. *Regional Studies*, 2017, 51(7): 1035–1047.
- [24] 黄洁, 杜德林, 王姣娥, 等. 基于城市群尺度的高铁列车与长途汽车网络结构比较[J]. *地理科学*, 2020, 40(12): 1958–1966. [Huang J, Du D L, Wang J E, et al. A comparative study on network structures of high-speed train and inter-city coach based on the urban agglomerations[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2020, 40(12): 1958–1966.]
- [25] Taylor P J, Derudder B. *World City Network: A Global Urban Analysis* (2nd ed.)[M]. New York: Routledge, 2016.
- [26] Meijers E. Measuring polycentricity and its promises[J]. *European Planning Studies*, 2008, 16(9): 1313–1323.
- [27] Green N. Functional polycentricity: A formal definition in terms of social network analysis[J]. *Urban Studies*, 2007, 44(11): 2077–2103.
- [28] 姚常成, 吴康. 多中心空间结构促进了城市群协调发展吗? 基于形态与知识多中心视角的再审视[J]. *经济地理*, 2020, 40(3): 63–74. [Yao C C, Wu K. Does polycentric spatial structure realize the coordinated development within urban agglomerations? The new evidence from the perspective of morphological and knowledge polycentricity[J]. *Economic Geography*, 2020, 40(3): 63–74.]
- [29] 李涛, 王姣娥, 黄洁. 基于腾讯迁徙数据的中国城市群国庆长假城际出行模式与网络特征[J]. *地球信息科学学报*, 2020, 22(6): 1240–1253. [Li T, Wang J E, Huang J. Research on travel pattern and network characteristics of inter-city travel in China's urban agglomeration during National Day week based on Tencent Migration data[J]. *Journal of Geo-information Science*, 2020, 22(6): 1240–1253.]
- [30] 姚常成, 李迎成. 中国城市群多中心空间结构的演进: 市场驱动与政策引导[J]. *社会科学战线*, 2021, (2): 78–88. [Yao C C, Li Y C. On the evolution of urban agglomerations' polycentric spatial structure: Market-drive and policy-drive[J]. *Social Science Front*, 2021, (2): 78–88.]
- [31] Cao Z, Derudder B, Dai L, et al. 'Buzz-and-pipeline' dynamics in Chinese science: The impact of interurban collaboration linkages on cities' innovation capacity[J]. *Regional Studies*, 2021, DOI: 10.1080/00343404.2021.1906410.

Analyzing polycentric urban development in China: Evidence from intercity knowledge collaboration

DAI Liang¹, CAO Zhan², ZHU Qing³, YIN Yaru¹

(1. School of Public Administration, Nanjing University of Finance & Economics, Nanjing 210023, China;

2. College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai 200092, China;

3. Nanjing Institute of Geography & Limnology, CAS, Nanjing 210008, China)

Abstract: Against the backdrop of new urbanization and high-quality development, the spatial structure of urban agglomerations and their polycentric development have become a hot issue in urban studies. Based on the publication data of Chinese scholars from 2012 to 2016 derived from the Web of Science (WOS), this research assessed the knowledge morphological polycentricity and functional polycentricity of 19 urban agglomerations in China by employing Taylor's polycentricity measurement through the lens of scientific knowledge output and knowledge collaboration network. After quantifying and analyzing the development status, this research explored the determinants of polycentric urban development in China and made some policy recommendations for future development. The results show that: (1) There exists an obvious spatial heterogeneity in both knowledge resources distribution and the knowledge collaboration patterns among different urban agglomerations. The polycentric development of urban agglomerations in the east is better than their central and western counterparts. The overall development of morphological and functional polycentricities is consistent. (2) Urban agglomerations can be divided into four categories: I. urban agglomerations with both morphologically and functionally polycentric development, which is typical for the Yangtze River Delta urban agglomeration; II. urban agglomerations with morphologically monocentric but functionally polycentric development consisting of the Pearl River Delta urban agglomeration; III. urban agglomerations with both morphologically and functionally monocentric development, which is typical for the northern Ningxia urban agglomeration along the Yellow River; IV. urban agglomerations with morphologically polycentric but functionally monocentric development consisting of the Chengdu-Chongqing urban agglomeration. (3) The knowledge polycentric development of China's urban agglomerations is driven by both market and policies. For urban agglomerations with the development of knowledge morphological monocentricity, emphasis should be put on the scientific planning and layout of knowledge innovation resources; for those with relatively functionally monocentric development, local governments need to break the barriers of knowledge flows and form a diversified collaboration and sharing mechanism.

Key words: urban agglomeration; urban network; knowledge collaboration; morphological polycentricity; functional polycentricity; degree of polycentricity