中国科技资源导刊 ISSN 1674-1544
2022 年 5 月 第 54 卷第 3 期 84-92

CHINA SCIENCE & TECHNOLOGY RESOURCES REVIEW
ISSN 1674-1544 Vol.54 No.3 84-92, May 2022

哈长城市群知识创新网络演化及影响机制研究

王泽蘅
（长春理工大学经济管理学院，吉林长春 130022）

摘要：明确内陆城市群的知识创新情况，对描绘我国城市群创新发展的全貌非常重要。以哈长城市群为例，结合社会网络分析、城市联系强度分析等研究方法，明确哈长城市群知识创新网络的时空演化及其影响机制。研究结果表明：哈长城市群知识创新网络整体结构趋于稳定但发展仍较慢，长春的中介作用始终最强，其次为大庆与哈尔滨；哈长城市群知识创新网络已逐步形成明显的“2+1+N”的空间格局，仅大庆为重要支点城市，知识创新网络支撑作用偏弱；哈长城市群知识创新网络演化受地理、政策差异等多种因素影响。在此基础上，提出提升哈长城市群知识创新能力、推动国家级内陆城市群高效发展等具体建议。

关键词：哈长城市群；知识创新；创新网络；时空演化；影响机制

DOI：10.3772/j.issn.1674-1544.2022.03.010　　**CSTR：**15994.14.issn.1674-1544.2022.03.010

中图分类号：F129.9　　**文献标识码：**A

Research on the Evolution and Influence Mechanism of Knowledge Innovation Network in Harbin-Changchun Urban Agglomeration

WANG Zeheng
(School of Economics and Management, Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022)

Abstract: The knowledge innovation characteristics of inland urban agglomerations are very important to depict the whole picture of innovation development of China’s urban agglomerations. It takes Harbin-Changchun city group as an example, combined with social network analysis, urban connection strength analysis, etc., the spatial-temporal network evolution and influence mechanism of Harbin-Changchun urban agglomeration in the process of knowledge innovation are clarified. The main results show that: The overall structure of the knowledge innovation network tends to be stable, but the development is still slow, the intermediary role of Changchun has always been the strongest, and then followed by Daqing and Harbin; The spatial pattern of the knowledge innovation network has gradually formed an obvious “2+1+N” one, but only Daqing is an important fulcrum city, which means the supporting role of knowledge innovation network is weak; The evolution of innovation network is affected by kinds of factors, such as geographical differences, policy differences so on. On this basis, some suggestions are given to improve the knowledge innovation ability of Harbin-Changchun urban agglomeration and promote the efficient development of national inland urban agglomeration.

Keywords: Harbin-Changchun urban agglomeration, knowledge innovation, innovation network, temporal and spatial evolution, influence mechanism

---

作者简介：王泽蘅（1988—），女，长春理工大学讲师，研究方向为科学计量学、知识管理。

基金项目：吉林省教育厅“十三五”社会科学项目“社会化媒体环境下用户参与吉林省政务信息传播的行为模式研究”（JJKH20200813SK)；长春理工大学校青年基金项目“社会网络环境下用户参与舆情信息传播的行为模式研究”（KYCXQN201903)。

收稿时间：2021 年 9 月 18 日。

0 引言

知识经济时代，我国区域经济发展逐步表现为以知识为核心创新资源的特点，经济增长的驱动力也转变为创新驱动。城市群作为区域城市发展到成熟阶段的最高空间组织形式[1-3]，其中集聚了大量优质创新资源，是区域创新发展重要的空间载体，在一定程度上可以反映地区各城市的科技创新程度，进而引领经济协调发展。

借鉴世界城市群的创新发展经验，提高城市群竞争力的关键在于优化城市群知识创新结构、改进知识创新网络空间演化路径、增强城市间知识创新合作效率等[3-6]。针对这些方面，我国学者已开展了相关研究：姜珂等[4]通过研究长三角城市间知识合作网络的空间与内容特征，明确长三角城市间合作的空间结构、内容上的学科分布特点等；李建成等[5]分别从整体网与自我网的空间分布、结构复杂性等特征，着重分析长三角城市群知识网络的动态演变规律与演化方向；许培源等[6]以粤港澳大湾区城市群为研究对象，研究大湾区知识创新网络结构规律及形成机制；谢伟伟等[7]选取长江中游城市群作为研究区域，构建知识创新合作网络，分析网络特征并探讨网络邻近性作用机制；陈艳萍[8]选取珠三角城市群构建知识创新合作网络，分析珠三角区域合作网络的分布特点、结构特征等。由此可以看出，当前学者对城市群的知识创新网络研究已形成了较为固定的方法与范式，是很好的参考范例，但研究多集中在粤港澳大湾区、长三角等东南沿海城市群的分析上，鲜有分析国家级内陆城市群的情况，这既不利于弄清内陆城市群与沿海城市群知识创新发展的区别，也不利于明确我国城市群知识创新发展的全貌。

哈长城市群是现阶段东北地区唯一跨省域的国家级内陆城市群，处于全国“两横三纵”城市化战略格局京哈京广通道纵轴北端[2]，在推进东北地区新型城镇化建设、拓展区域发展新空间中地位重要[2]。在新一轮振兴东北老工业基地的战略背景下，提升哈长城市群的创新能力有利于加速区域创新资源流通，转变区域经济增长方式，为东北地区的创新发展赋能。鉴于此，本文选取哈长城市群作为研究对象，分析2010—2019年哈长城市群知识创新网络结构时空演化趋势，明确影响其网络结构演化的因素及作用机制，为寻求提升哈长城市群整体知识创新能力的途径提供参考依据，为制定推动内陆城市群科技创新发展的对策与政策提供参考。

1 研究设计

1.1 数据来源

科技论文作为知识创新最重要的载体和呈现形式之一，可以用来计算衡量城市间知识创新合作情况。参考相关学者的做法[9-11]，本文数据来源于Web of Science中的论文核心合集，选择研究时间段为2010—2019年，分别对哈长城市群11个城市进行两两检索，数据检索时间为2020年3月28—30日，最终得到哈长城市群10个11×11无向论文合作矩阵。

需要说明的是，因对各城市检索采取拼音检索方式，哈长城市群中吉林市与吉林省的拼音存在省市同名的情形。为确保结果准确，对吉林市采取“城市名+邮政编码”的组配式检索，检索完毕后逐个检查校对，并得到相应结果。

1.2 研究方法

1.2.1 社会网络分析法

社会网络分析是一种常见的跨学科研究方法，旨在分析社会网络结构及其关系特征，在探究网络地理特征和空间效应中发挥了重要作用[11-13]。社会网络分析中有很多可以测算网络各节点之间关系紧密程度、节点在网络中的中心地位、节点的影响力情况等的指标[6]。以下是本文所涉及的测算指标。

（1）整体网络结构分析

①网络规模，即网络节点数，用来衡量城市群中参与知识创新的城市数，以此来判断城市群知识创新网络规模[6]；②关系数，即网络边数，用来衡量城市群内城市两两合作的总次数，以此来判断各城市知识创新联系的活跃度[7]；③网络

密度，用来衡量城市群各城市知识联络的紧密程度[8]；④平均路径长度，是两个城市间最短距离的平均值，用来衡量各城市知识交流的通畅程度[10]；⑤加权聚类系数，由网络中城市节点的局部聚类系数平均得到，用来衡量知识创新网络的凝聚性[8]。

（2）中心性分析

①点度中心度，是节点在网络中其他节点与之相连的个数，反映了节点的相对重要程度[5]，在城市群知识创新网络中，反映了城市间的知识创新合作是否广泛[5]；②中间中心度，衡量城市处于网络路径上的状态，数值越高表明该城市与其他城市间的联系经过该节点的路径数越多[13-15]，该城市对其他城市的控制能力越强。需要说明的是，为了不同时点的网络中心性具有可比性，本文涉及的中心度数值均为相对中心度。

（3）凝聚子群分析

凝聚子群的存在说明城市群内部存在创新联系更加紧密、创新合作更加频繁的组团[6]。如果创新网络具有较多的凝聚子群，则说明城市群内部存在创新联系频繁、密切的小团体，反映了区域内创新团体的多样性，也体现了该区域的创新潜力[14-15]。

1.2.2　城市联系强度分析法

本文采用城市联系强度分析法明确各城市知识关联强度，以可视化的视角呈现知识创新网络空间演化趋势。主要步骤为：首先，计算城市间的合作论文数并将其作为城市联系强度的测度值；其次，根据前文构建的哈长城市群知识创新网络矩阵，利用Ucinet和ArcGIS软件将知识创新网络关系与各城市地理位置信息相结合；最后，经可视化处理后得到哈长城市群在2010—2019年知识创新网络的空间演化结果。

1.2.3　QAP回归方法

QAP回归方法是一种非参数方法，即二次指派程序，能解决矩阵间的关系问题。该方法的优势是不需要假设自变量间相互独立，不受变量间多重共线性影响[18-20]，适合本文对哈长城市群知识创新网络演化的影响机制研究。

2　城市群知识创新网络结构分析

2.1　网络结构整体分析

利用Ucinet分别对2010—2019年哈长城市群知识创新网络结构进行整体分析，结果如表1所示。因篇幅所限，表1仅列出了以2010年、2013年、2016年、2019年为时点的每隔3年的数据（下文同）。

从网络规模看，哈长城市群自2016年以来实现了覆盖全部11个城市的知识合作，城市群内的知识创新网络规模已趋于稳定；从关系数看，哈长城市群自2010年到2019年增长1.32倍，整体呈上升趋势，并于2013年后各城市知识关联趋于稳定；从网络密度看，增长31.75%，整体呈上升趋势；从平均路径长度看，降幅为2.5%，下降趋势微弱；从加权聚类系数看，哈长城市群的变化趋势并不稳定，在2010—2013年呈上升趋势，2013—2016年呈下降趋势，2016—2019年又呈上升趋势。综上可知，哈长城市群知识创新网络整体已趋于稳定但仍较为松散，各城市知识创新交流畅通性有所提高但仍不够活跃。

2.2　中心性分析

2.2.1　点度中心度

明确城市群整体网络情况后，需要分析知识创新网络的内部结构，尤其是各城市在网络中的位置，即中心性分析。首先分析点度中心度，该

表1　哈长城市群知识创新网络结构整体特征

年份	网络规模	关系数	网络密度	平均路径长度	加权聚类系数
2010	10	44	0.400	1.511	0.514
2013	10	54	0.491	1.489	0.739
2016	11	56	0.509	1.491	0.596
2019	11	58	0.527	1.473	0.642

指标可以明确知识创新合作网络中城市的参与情况，以此判断该城市知识创新的合作范围[16-18]。分析结果如表 2 所示。

从表 2 可以看出，2010—2019 年哈长城市群知识创新网络中各城市的位置变化较为稳定。其中，哈尔滨市和长春市一直排在前两位，点度中心度数值始终超过 10，说明两个城市处于城市群知识创新的核心位置，与城市群内的各城市知识创新联结较为紧密；大庆市、齐齐哈尔市、四平市、吉林市等在城市群知识创新过程中的参与度越来越高、位置越来越稳定，形成城市群知识创新的第二梯队；绥化市、辽源市、松原市等一直游离于城市群的边缘，与其他城市的合作近乎处于无联系状态，参与度不高。

2.2.2　中间中心度

中间中心度用来衡量城市在城市群知识创新过程中的中介作用，这种“桥梁纽带”作用体现了核心城市对其他城市的沟通与控制能力[13-15]。计算结果如表 3 所示。

从表 3 可以看到：2010 年，长春市、哈尔滨市和大庆市的中间中心度较之其他城市占有绝对优势，说明这 3 个城市在哈长城市群的知识创新合作网络中发挥中介作用更多，城市群的知识联系主要通过它们来实现，其中处于第一位的是长春市，意味着各城市与长春市的联系较多、创新合作优势明显；2013 年，延边朝鲜族自治州（简称“延边州”）也开始发挥其中介作用，在哈长城市群中与其他城市的知识联系增多；2016

表 2　哈长城市群知识创新网络点度中心度

排名	2010 年		2013 年		2016 年		2019 年	
1	长春	19.42	哈尔滨↑ 1	20.21	哈尔滨－	21.34	哈尔滨－	20.73
2	哈尔滨	17.53	长春↓ 1	19.57	长春－	18.72	长春－	18.04
3	大庆	6.04	大庆－	7.28	大庆－	8.45	大庆－	6.38
4	四平	3.70	四平－	4.13	齐齐哈尔↑ 1	4.79	齐齐哈尔－	3.75
5	延边	2.34	齐齐哈尔↑ 3	3.70	吉林↑ 1	3.14	四平↑ 1	3.56
6	吉林	2.27	吉林－	3.28	四平↓ 2	2.50	吉林↓ 1	2.75
7	牡丹江	1.82	牡丹江－	2.04	牡丹江－	2.29	延边↑ 1	2.50
8	齐齐哈尔	1.62	延边↓ 3	1.87	延边－	1.74	牡丹江↓ 1	1.88
9	绥化	0.26	松原↑ 1	0.38	绥化↑ 1	0.37	绥化－	0.64
10	松原	0.20	绥化↓ 1	0.09	松原↓ 1	0.24	松原－	0.09
11	辽源	0	辽源－	0	辽源－	0.03	辽源－	0.09

注：“↑”表示排名上升，“↓”表示排名下降，“－”表示排名无变化，其后的数字表示排名上升或下降的位数。

表 3　哈长城市群知识创新网络中心性

排名	2010 年		2013 年		2016 年		2019 年	
1	长春	25.19	长春－	25.56	长春－	35.37	长春－	35.44
2	哈尔滨	15.19	哈尔滨－	13.33	哈尔滨－	9.44	大庆↑ 1	11.3
3	大庆	10	延边↑ 1	6.67	大庆↑ 1	8.33	哈尔滨↓ 1	6.56
4	延边	0.74	大庆↓ 1	3.33	四平↑ 5	2.59	吉林↑ 2	1.74
5	齐齐哈尔	0	齐齐哈尔－	0	齐齐哈尔－	1.3	齐齐哈尔－	1.19
6	绥化	0	绥化－	0	吉林↑ 2	1.3	四平↓ 2	1.11
7	牡丹江	0	牡丹江－	0	延边↓ 4	1.11	延边－	0.44
8	吉林	0	吉林－	0	松原↑ 3	0.56	绥化↑ 1	0
9	四平	0	四平－	0	绥化↓ 3	0	牡丹江↑ 1	0
10	辽源	0	辽源－	0	牡丹江↓ 3	0	辽源↑ 1	0
11	松原	0	松原－	0	辽源↓ 1	0	松原↓ 1	0

注：“↑”表示排名上升，“↓”表示排名下降，“－”表示排名无变化，其后的数字表示排名上升或下降的位数。

年，长春市在知识创新合作网络中的中心性更加显著，处于绝对领先地位，哈尔滨市、延边州的中间中心度开始下滑，中介作用减弱，但其他城市如四平市、齐齐哈尔市、吉林市等也开始陆续发挥其“中间人”的作用；2019年，哈尔滨市的中间中心度进一步下滑，已经处在哈长城市群的第三位，中介作用减弱，经其实现的知识联系减少，但经大庆市实现的知识联系有所增加，其他城市的中介作用相对不明显。

2.3　凝聚子群分析

知识创新网络中的派系、小团体等关系可以通过探究凝聚子群的构成、分布来实现。本文采用Ucinet软件中基于点集位置结构关系的CONCOR算法，对2010—2019年两个城市群的凝聚子群进行分析。分析结果如表4所示。

从结果来看，2010—2019年哈长城市群可划分为4个凝聚子群，“多层级、小世界”[7]的特征明显，并形成了分别围绕哈尔滨市、长春市、大庆市等重要城市组成子群的格局，第一、第二子群的跨省知识创新合作特征开始显现。

3　城市群知识创新网络结构的时空演化分析

从对城市群知识创新合作网络结构特征的分析可以看出，不同时期城市间的知识要素流动、子群分布、资源核心等存在差异。为进一步明确网络内在特征、各节点联系以及组织关系的内在逻辑等[18-19]，可再结合空间视角分析城市群知识创新合作网络的演化趋势。本文结合城市联系强度分析法，利用ArcGIS软件分别绘制2010—2019年哈长城市群的知识创新网络时空演化图，如图1所示。在图1中，城市间连线的粗细表示城市联系强度，用两个城市间的合作论文数来表征；城市中心点的大小表示在知识创新合作中的重要程度，用各城市的点度中心度来表征。

从图1可以看出：2010年，知识创新网络的中心城市是哈尔滨市与长春市，主要的知识联系集中在这两个城市，其他的城市为边缘城市，整体来看哈长城市群的知识创新网络联系偏弱，空间形态上呈典型的“核心—边缘”结构；2013年，在核心城市哈尔滨市与长春市的基础上，增加了重要支点城市大庆市，哈长城市群的知识创新联系开始增强，但网络整体联系仍处于较低层次，城市群中绝大多数间的联系还是要通过哈尔滨市与长春市来完成；2016年，整体格局形成了两个中心城市哈尔滨市与长春市，一个重要支点城市大庆市，齐齐哈尔市、吉林市等其他城市在创新网络中的知识联系明显增强的空间状态；2019年，整体格局与2016年相类似，但网络中也出现了一些次级重要支点城市，如齐齐哈尔市、四平市等，这些城市与网络中的知识创新联系越来越紧密，进而相对减轻了对核心城市知识创新联结的过度依赖，但也仍存在非常典型的边缘城市，如辽源市。

综上所述，从时空视角来看，哈长城市群在2010—2019年这10年间已经形成较为稳定的“2+1+N”结构，即以哈尔滨市与长春市为知识创新网络的核心，以大庆市为重要支点，齐齐哈尔市、吉林市等城市逐步增强与城市群知识创新网络的联系，城市间的跨省联系开始显现。但哈

表4　哈长城市群知识创新网络的凝聚子群

年份	序号	凝聚子群	年份	序号	凝聚子群
2010	1	哈尔滨、大庆	2013	1	哈尔滨、长春、延边
	2	长春、辽源		2	辽源、松原
	3	松原、齐齐哈尔、四平、牡丹江		3	大庆、吉林、牡丹江
	4	吉林、延边、绥化		4	绥化、齐齐哈尔、四平
2016	1	哈尔滨、延边、松原	2019	1	哈尔滨、吉林、齐齐哈尔、绥化、延边
	2	大庆、齐齐哈尔、绥化、牡丹江		2	大庆、牡丹江、四平
	3	辽源、长春		3	辽源、长春
	4	吉林、四平		4	松原

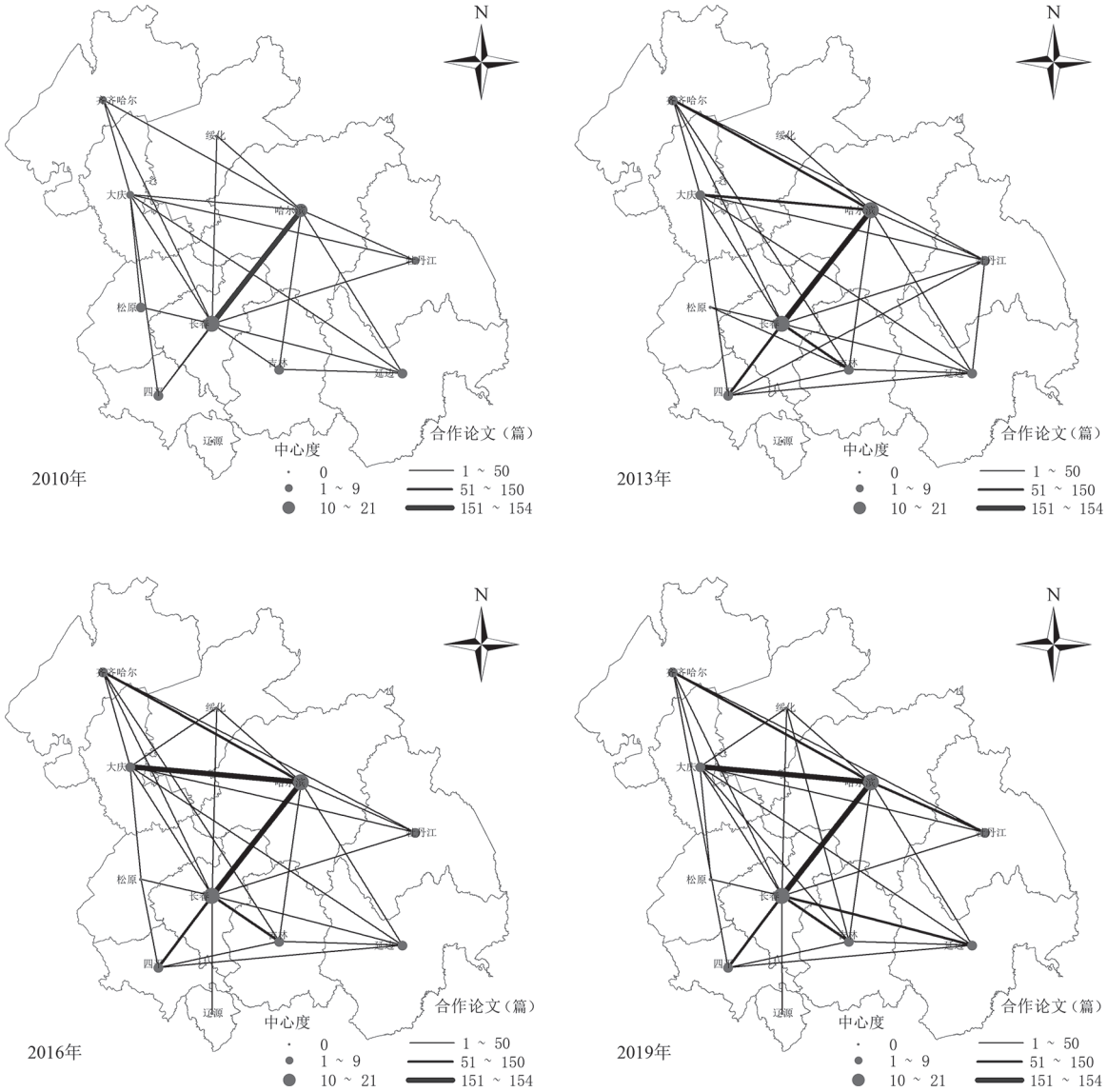

图 1　2010—2019 年哈长城市群知识创新合作网络空间演化

长城市群知识创新网络特点仍较单一，结构较为松散，各城市过度依赖核心城市的特点也非常明显，这也从一个侧面反映了内陆城市群创新发展过程中资源过度集中、城市间没有形成多元协同创新效应等特点。

4　城市群知识创新网络演化的影响机制分析

4.1　QAP 模型构建

4.1.1　影响因素的选择

参照过往研究[5-10]，从地理、经济、技术、政策、人力以及信息等 6 个方面选择并设定影响哈长城市群知识创新网络的因素差异矩阵，各因素对应的变量符号、测度规则、指标来源等信息如表 5 所示。

4.1.2　回归模型建立

借鉴过往研究，并结合本文对自变量、因变量的设定，建立QAP模型如下：

$$C=f(pla, eco, tech, pol, edu, info) \quad (1)$$

模型中的变量含义见表 5。

4.2　回归结果分析

基于QAP回归模型，将前述确定的自变量、因变量矩阵按年份导入至Ucinet，进行 5 000 次矩阵置换后得到相应计算结果，如表 6 所示。从表 6 可以看到，调整后的R^2分别为 0.520、

表5　选取的影响因素

变量类型	影响因素	变量符号	测度规则	指标来源	数据来源
自变量	地理差异	*pla*	相邻取1，不相邻取0	文献[19]—文献[20]	
	经济差异	*eco*	人均*GDP*差异值	文献[5]—文献[7]	《中国城市统计年鉴》
	技术差异	*tech*	近5年论文数	文献[7]—文献[9]	Web of Science核心合集
	政策差异	*pol*	2=两个城市均为省会；1=一个为省会城市，另一个为地级市；0=两个均为地级市	文献[7]—文献[9]	
	人力差异	*edu*	每万人在校大学生数差异值	文献[7]、文献[20]	《中国城市统计年鉴》
	信息差异	*info*	互联网普及率差异值	文献[18]—文献[20]	《中国城市统计年鉴》
因变量	城市联系强度	*C*	城市论文合作数	文献[9]—文献[11]	Web of Science核心合集

表6　QAP回归结果

变量名称	2010年	2013年	2016年	2019年
地理差异*pla*	0.029 7**	0.045 1***	0.066 7***	0.072 7***
经济差异*eco*	−0.200 5	−0.197 1	−0.138 6*	−0.042 4*
技术差异*tech*	0.056 2***	0.052 9***	−0.123 8***	−0.195 9***
政策差异*pol*	0.038 6**	0.118 5**	0.157 9*	0.210 1*
人力差异*edu*	−0.014 9**	−0.014 9***	−0.018 5***	−0.129 1**
信息差异*info*	0.504 9	0.604 9	0.653 7	0.699 2
R^2	0.547	0.533	0.531	0.551
Adj R^2	0.520	0.504	0.503	0.524

注：*、**、***分别表示在0.1、0.05、0.01水平下通过显著性检验。

0.504、0.503、0.524，模型拟合效果较好。综合来看，若回归系数大于0，则可说明城市间的自变量差异较小，城市间知识创新要素流动性越强[19]，城市间知识创新空间联系程度越高[19]，可以促进城市群知识创新网络的外扩；若回归系数小于0，则说明城市间自变量差异较大，城市间知识创新要素流动性较弱[18−19]，城市间知识创新空间联系程度不高，抑制了城市群知识创新网络的形成与扩展[18−19]。

（1）从影响显著与否的角度看，2010—2019年只有信息差异指标均未通过检验，说明信息差异对哈长城市群知识创新网络结构的影响并不明显，可不作分析；经济差异指标在2010—2013年未通过检验，说明经济差异在知识创新网络形成初期的影响并不明显。

（2）从影响方向的角度看，2010—2019年地理差异、政策差异的回归系数始终为正值，说明哈长城市群内与核心城市地理位置相邻、政策相近的城市更易参与到知识创新网络的形成与扩展中；经济差异、人力差异的回归系数始终为负，说明城市群内与核心城市人均GDP、每万人大学生数量相差越大，知识创新资源流动越强，与知识创新网络的空间联系越紧密；技术差异的回归系数先正后负，这与知识创新网络形成初期各城市技术差异较小有关，随着网络的不断扩展，技术差异越大的城市间的知识创新空间联系更加紧密。

（3）从影响程度的角度看，2010—2019年地理差异、技术差异、政策差异及人力差异的回归系数绝对值呈增长态势，说明这些指标对知识创新网络结构影响越来越强；经济差异的回归系数绝对值呈下降态势，说明其对知识创新网络结构的影响逐渐下降。

5　结论与建议

5.1　结论

本文利用社会网络分析、城市联系强度分析以及QAP回归方法，结合Ucinet与ArcGIS软件，

分析了2010—2019年哈长城市群知识创新网络结构特征、空间演化趋势以及影响机制，为寻求促进哈长城市群的高效发展、推动国家级内陆城市群的深化创新等方面的途径提供参考依据，得到以下研究结果。

第一，就城市群知识创新网络结构特征来看，哈长城市群实现了覆盖全部城市的知识创新，但整体上发展较慢，各城市知识联系多是依靠长春市、哈尔滨市与大庆市的中介作用来实现，齐齐哈尔市、吉林市等在城市群知识创新过程中参与度逐渐加强、在创新网络中位置重要，但绥化市、辽源市、松原市等一直游离在城市群的边缘；2010—2019年这10年间凝聚子群数目趋于稳定，但子群组成随着时间推移而有变化，哈长城市群凝聚子群的构成从最初围绕中心城市组成第一子群、其他城市根据知识联系情况组成其他子群，逐步转变为分别围绕哈尔滨市、长春市、大庆市等中心性较强的城市为核心而形成的子群，这种转变更有利于带动其他城市的知识联系，尤其是跨省际城市的知识联系有利于进一步加强城市间的知识资源和要素的畅通流动。

第二，就城市群知识创新网络的空间演化趋势来看，2010—2019年哈长城市群在朝着更多层次、更为稳定的结构发展，哈长城市群知识创新网络已逐步发展为“2+1+N”的空间结构，即两个中心城市哈尔滨市与长春市，一个重要支点城市大庆市，以及多个其他城市围绕的知识创新网络分布模式。预测这种结构会稳定维持，直到有城市在知识创新网络中实现位置跃迁而发生改变。

第三，就城市群知识创新网络演化的影响机制来看，哈长城市群受地理、人力、政策、经济及技术差异等因素影响明显，这些是知识创新网络演化的主要影响因素。其中，地理差异及政策差异的影响为正向，影响程度呈增长趋势，说明哈长城市群中地理位置与核心城市越近、政策相近的城市更易影响知识创新网络，并且影响逐渐增强；人力差异的影响为负向，但影响程度呈增长趋势，说明城市间人力资源水平差异越大越易影响知识创新网络，并且影响逐渐增强；技术差异的影响先正后负，且影响程度呈增长趋势，这与知识创新网络形成初期各城市技术差异较小有关，随着网络的不断扩展，技术差异越大的城市间知识创新空间联系更加紧密；经济差异的影响从2016年开始出现，影响方向为负，影响程度呈下降趋势，说明城市间经济差异越大越易影响知识创新网络，并且影响逐渐减弱。

5.2 建议

基于上述研究结果，结合哈长城市群的自身现状，并借鉴长三角、粤港澳大湾区等发达城市群的做法，为更好地促进国家级内陆城市群的知识创新发展，提出以下建议。

第一，继续发挥中心城市的核心作用，但寻求逐步摆脱知识创新过程中对中心城市的过度依赖。哈尔滨市与长春市是哈长城市群的两个省会城市，也是天然的核心城市，两者集聚了城市群最优质的创新资源。因此，仍需继续加强两个城市的中心地位，推动其频繁而紧密地知识交流，进一步巩固城市群知识创新的关键内核。在此基础上，为摆脱过度依赖，可以有序提升各级城市的知识创新地位，形成多核心化的知识创新网络。

第二，巩固支点城市的支撑作用，寻求逐级实现城市知识创新的地位跃迁，鼓励中小城市的合作创新与知识交流。哈长城市群中比较典型的重要支点城市只有大庆市，而对比粤港澳城市群中有珠海市、佛山市等多个支点城市群来看，哈长城市群知识创新网络的支点不足，支撑作用不够，不利于知识创新的长远发展。因此，要强化支点城市的地位，扶持更多支点城市，鼓励中小城市的合作创新交流，加固城市群知识创新的承接支撑作用，提高各城市在知识创新的活跃度与参与度，推动实现“支点城市→中心城市”“边缘城市→支点城市”的地位跃迁。

第三，继续打通城市群内各城市特别是跨省城市、边缘城市的互通互联，夯实知识创新网络基础。与发达城市群的组成特点相比，当前哈长城市群知识创新网络的边缘城市多为与核心城

市地理位置较远、经济实力不突出、人才资源不完善的城市。因此，要提高此类城市基础设施建设，完善知识创新要素配置，建设创新人才队伍，提高边缘城市、跨省城市的知识交流，继而增强知识创新网络整体扩张力。

本文以哈长城市群为例，分析其2010—2019年的知识创新网络结构、演化趋势及影响机制，并取得了相应的研究结果。但是仍存在一定的局限性：仅分析了城市群内部城市的知识创新联系情况，并没有分析城市群与外部城市的知识创新合作现状等；仅从宏观城市角度分析了内陆城市群知识创新情况，并没有考虑城市知识构成主体如高校、科研院所等更微观层面的知识创新研究等。这些都是未来需要进一步研究的内容。

参考文献

[1] 潘伟, 韩伯棠.信息化背景下城市群知识溢出: 基于长三角、珠三角和京津冀城市群实证研究[J].中国科技资源导刊, 2018, 50(3): 42−52.

[2] 张倪.哈长城市群将成加速东北振兴强新推动力[J].中国发展观察, 2016(6): 24−27.

[3] 李燕.粤港澳大湾区城市群R&D知识溢出与区域创新能力: 基于多维邻近性的实证研究[J].软科学, 2019, 33(11): 138−144.

[4] 姜珂, 于涛.长三角区域城市间知识网络特征研究: 基于论文合作的视角[J].地域研究与开发, 2017, 36(1): 49−54.

[5] 李建成, 王庆喜, 唐根年.长三角城市群科学知识网络动态演化分析[J].科学学研究, 2017, 35(2): 189−197.

[6] 许培源, 吴贵华.粤港澳大湾区知识创新网络的空间演化: 兼论深圳科技创新中心地位[J].中国软科学, 2019(5): 68−79.

[7] 谢伟伟, 邓宏兵, 苏攀达.长江中游城市群知识创新合作网络研究: 高水平科研合著论文实证分析[J].科技进步与对策, 2019, 36(16): 44−50.

[8] 陈艳萍.珠三角城市群知识创新合作网络特征研究: 基于论文合作的实证分析[J].科技与创新, 2019(18): 56−59.

[9] 国胜铁, 姚常成.我国城市群知识创新的空间结构演变趋势: 来自Web of Science核心数据库的经验证据[J].求是学刊, 2019, 46(4): 54−63.

[10] LI Y, PHELPS N. Megalopolis unbound: knowledge collaboration and functional polycentricity within and beyond the Yangtze River Delta Region in China[J].Urban studies, 2016, 6: 1−17.

[11] 苏屹, 韩敏睿, 雷家骕.基于社会网络分析的区域创新关联网络研究[J].科研管理, 2018, 39(12): 78−85.

[12] 孙炜, 岳金桂.长三角城市群知识密集型服务业空间关联研究: 基于社会网络分析视角[J].资源与产业, 2019, 21(2): 34−44.

[13] GUAN J, LIU N. Exploitative and exploratory innovations in knowledge network and collaboration network: a patent analysis in the technological field of nanaenergy[J]. Research policy, 2016, 45(1): 97−112.

[14] 张荣天.长三角城市群网络结构时空演变分析[J].经济地理, 2017, 37(2): 46−52.

[15] 马海涛, 黄晓东, 李迎成.粤港澳大湾区城市群知识多中心的演化过程与机理[J].地理学报, 2018, 73(12): 2297−2314.

[16] 牛勖. 多维流数据视角下长三角城市群网络结构研究[D].武汉: 武汉大学, 2019.

[17] 张峰, 宋晓娜, 董会忠.粤港澳大湾区制造业绿色竞争力指数测度与时空格局演化特征分析[J].中国软科学, 2019(10): 70−89.

[18] PFLIEGER G, ROZENBLAT C. Urban networks and network−theory: the city as the connector of multiple networks[J]. Urban studies, 2010, 47(13) : 2723−2731.

[19] HANSSENS H, DERUDDER B, VAN AELST S, et al. Assessing the functional polycentricity of the megacity−region of central Belgium based on advanced producer service transaction links[J]. Regional studies, 2014, 48(12): 1939−1953.

[20] 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.