

分类号: F061.5

密 级: 公开

学校代码: 10363

学 号: 2210710101



安徽工程大学

Anhui Polytechnic University

硕士学位论文

题 目 多中心城市网络对经济增长的影响研究
——以长三角城市群为例

论 文 作 者 古亚星

指 导 教 师 蔡书凯 教授

学 科 (专 业) 产业经济学

研 究 方 向 产业结构升级与产业政策

论文提交日期: 2024 年 5 月 29 日

分类号: F061.5
密 级: 公开

单位代码: 10363
学 号: 2210710101

题 目 多中心城市网络对经济增长的影响研究
——以长三角城市群为例

英文并列

题 目 RESEARCH ON THE IMPACT OF POLYCENTRIC
URBAN NETWORKS ON ECONOMIC GROWTH
— TAKING THE YANGTZE RIVER DELTA URBEN
AGGLOMERATION AS AN EXAMPLE

学生姓名:	古亚星
指导教师:	蔡书凯 教授
专 业:	产业经济学
研究方向:	产业结构升级与产业政策

论文答辩日期: 2024 年 5 月 29 日

安徽工程大学学位论文原创性声明

本人郑重声明：我恪守学术道德，崇尚严谨学风。所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已明确注明和引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品及成果的内容。论文为本人亲自撰写，我对所写的内容负责，并完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：古亚星

日期：2024 年 5 月 29 日

安徽工程大学学位论文版权使用授权书

学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅或借阅。本人授权安徽工程大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

保密 ☐，在 _____ 年解密后适用本版权书。

本学位论文属于 不保密 ☒。

学位论文作者签名：

古亚星

日期：2024 年 5 月 29 日

指导教师签名：



日期：2024 年 5 月 29 日

多中心城市网络对经济增长的影响研究

——以长三角城市群为例

摘要

长三角地区面临经济高质量发展需求。现代交通技术和通信技术的发展极大促进了城市之间的联系，城市网络作为城市间相互作用关系的表现，其研究显得愈发重要。本研究聚焦于长三角地区 2010 年至 2019 年的城市网络结构，采用修正的引力模型从经济流的视角构建多中心城市网络，并运用空间杜宾模型与空间杜宾分位数模型进行空间计量分析。通过因果逐步回归中介效应检验法中的两步，本文识别了传导路径并分析了节点中心城市的溢出效应。

研究发现：（1）长三角多中心城市网络呈现持续扩张趋势，城市间的经济联系日益紧密。上海作为核心节点城市，显著推动了杭州、南京、合肥等城市的经济发展，形成了以“一核五圈”为特征的都市圈网络结构，核心-边缘结构特征明显。（2）在不同空间权重矩阵下，城市网络对城市经济增长均有显著的正向影响。特别是从地理邻近性角度出发，城市网络节点中心性的提升不仅直接促进了城市的经济增长，还通过空间溢出效应带动了周边城市的经济发展。（3）多中心城市网络对地理邻近城市的经济增长影响更为显著，并且这种影响随着城市经济增长水平的提高而增强。这表明城市网络的影响不仅与城市自身的经济水平有关，还与其邻近城市的经济状况密切相关。（4）

多中心城市网络通过加快区域要素流动、促进区域产业分工协作以及提升区域创新能力等传导路径，显著增强了对经济增长的影响效应。这些发现为理解城市网络的经济作用机制提供了新的视角，并为区域发展策略的制定提供了实证依据。

根据以上研究结果，提出三点建议：（1）构建“一核五圈四带”多中心城市网络，加强区域一体化建设。（2）发挥核心城市引领作用，加强节点城市网络嵌入，推动区域经济均衡增长。（3）加快 G60 科创走廊建设和创新飞地及其相关园区建设，发展新质生产力。

关键词：多中心城市网络，经济增长，区域要素流动，产业分工协作，区域创新能力

RESEARCH ON THE IMPACT OF POLYCENTRIC
URBAN NETWORKS ON ECONOMIC GROWTH
— TAKING THE YANGTZE RIVER DELTA URBAN
AGGLOMERATION AS AN EXAMPLE

ABSTRACT

The Yangtze River Delta region is facing the demand for high-quality economic development. The advancement of modern transportation and communication technologies has significantly facilitated the connections between cities. As a manifestation of the interrelationships among cities, the study of urban networks has become increasingly important. This research focuses on the urban network structure in the Yangtze River Delta region from 2010 to 2019, employing a modified gravity model to construct a polycentric urban network from the perspective of economic flows, and utilizes the spatial Durbin model and the spatial Durbin quantile model for spatial econometric analysis. Through the two-step approach in the causal stepwise regression mediation effect test method, this paper identifies the transmission pathways and analyzes the spillover effects .

The research findings are as follows: (1) The polycentric urban network in the Yangtze River Delta shows a continuous expansion trend,

with increasingly close economic ties between cities. As a core node city, Shanghai has significantly promoted the economic development of cities such as Hangzhou, Nanjing, and Hefei, forming a metropolitan network structure characterized by "one core and five circles" with distinct core-periphery features. (2) Under different spatial weight matrices, the urban network has a significant positive impact on urban economic growth. Particularly from the perspective of geographical proximity, the enhancement of node centrality in the urban network not only directly promotes urban economic growth but also drives the economic development of surrounding cities through spatial spillover effects. (3) The impact of the polycentric urban network on geographically proximate cities' economic growth is more pronounced, and this influence intensifies with the improvement of urban economic development levels. This indicates that the impact of the urban network is not only related to the economic level of the city itself but also closely tied to the economic conditions of its neighboring cities. (4) The polycentric urban network significantly enhances its impact on economic growth through pathways such as accelerating regional factor mobility, promoting regional industrial division of labor and collaboration, and enhancing regional innovation capabilities. These findings provide a new perspective for understanding the economic mechanisms of urban networks and offer empirical evidence for the formulation of regional development strategies.

Based on the research findings, the following three suggestions are proposed: (1) Construct a polycentric urban network of "one core, five circles, and four belts" to strengthen regional integration. (2) Leverage the leading role of core cities, enhance the integration of node city networks, and promote balanced regional economic growth. (3) Accelerate the construction of the G60 Science and Innovation Corridor, innovation flying territories, and related park development to foster the growth of new quality productive forces.

Author:: Gu Yaxing (School of Economic and Management)

Supervised by: Professor Cai Shukai

Keywords: Polycentric Urban Network, Economic Growth, Regional Factor Mobility, Industrial Division of Labor, Regional Innovation Capability

目录

摘要	I
ABSTRACT	III
引言	1
第 1 章 绪论	2
1.1 研究背景、目的及意义	2
1.1.1 研究背景	2
1.1.2 研究目的	3
1.1.3 研究意义	3
1.2 研究思路、内容及方法	4
1.2.1 研究思路	4
1.2.2 研究内容	5
1.2.3 研究方法	6
1.3 本文创新点	7
第 2 章 理论基础与文献综述	8
2.1 相关概念界定	8
2.1.1 城市网络	8
2.2.2 经济增长	8
2.2 理论基础	9
2.2.1 城市网络理论	9
2.2.2 集聚经济理论与网络外部性理论	10
2.2.3 新经济地理学理论	11
2.3.4 非均衡发展理论	12
2.3 文献综述	13
2.3.1 国内外关于城市网络的研究	13
2.3.2 国内外关于多中心城市网络与经济增长核心机理的研究	14
2.3.3 国内外关于城市网络与经济增长传导路径的研究	16
2.2.4 文献述评	20

第 3 章 多中心城市网络可视化及其特征	21
3.1 研究方法和数据说明	21
3.1.1 引力模型	21
3.1.2 社会网络分析方法	21
3.1.3 数据说明	22
3.2 多中心城市网络可视化及其特征	22
3.2.1 多中心城市网络可视化	22
3.2.2 多中心城市网络节点特征	25
3.2.3 多中心城市网络整体结构特征	27
第 4 章 经济增长数据获取与空间分布特征	30
4.1 DMSP/OLS 数据预处理	30
4.2 NPP/VIIRS 数据预处理	31
4.3 长时间序列夜间灯光数据的构建	32
4.4 经济增长水平空间分布特征	33
第 5 章 多中心城市网络影响经济增长的实证研究	35
5.1 研究设计	35
5.1.1 模型设定	35
5.1.2 变量说明	36
5.1.3 数据来源	38
5.2 实证结果与分析	38
5.2.1 普通面板回归估计	38
5.2.2 空间自相关检验	40
5.2.3 空间计量模型的检验与分析	41
5.2.4 异质性检验	45
5.2.5 稳健性检验	48
第 6 章 多中心城市网络驱动区域经济增长的传导路径研究	50
6.1 区域要素流动传导路径	50
6.1.1 模型设定与数据说明	50
6.1.2 估计结果分析	51

6.2 产业分工协作传导路径	52
6.2.1 模型设定与数据说明	52
6.2.2 估计结果分析	53
6.3 区域创新能力传导路径	54
6.3.1 模型设定与数据说明	54
6.3.2 估计结果分析	55
第 7 章 结论与建议	57
7.1 结论	57
7.2 建议	57
参考文献	60
致谢	68

图目录

图 1-1	技术路线图	5
图 3-1	长三角城市网络时序演变图	23
图 3-2	长三角城市网络等级拆分图	24
图 3-3	长三角城市网络密度变化图	25
图 3-4	长三角城市点度中心度时序演变图	26
图 3-5	长三角城市核心子群	28
图 3-6	长三角核心边缘地区时序变化图	29
图 4-1	长三角地区夜间灯光时序变化图	32
图 4-2	长三角地区标准差椭圆分析图	33
图 5-1	长三角城市度数中心度与夜间灯光时序演变图	38
图 5-2	莫兰指数图	41

表目录

表 3-1	长三角核心边缘区密度时序变化表	29
表 5-1	各变量描述性统计	37
表 5-2	普通面板回归估计结果	39
表 5-3	空间自相关检验结果	40
表 5-4	空间计量模型检验分析结果	41
表 5-5	空间杜宾模型全样本估计结果	42
表 5-6	空间杜宾模型效应分解	44
表 5-7	空间杜宾面板分位数模型估计结果	46
表 5-8	G60 科创走廊沿线城市异质性	47
表 5-9	滞后二期稳健性检验结果	48
表 5-10	替换空间权重矩阵稳健性检验结果	48
表 5-11	更改解释变量稳健性检验结果	49
表 6-1	区域要素流动中介机制检验	52
表 6-2	产业分工协作中介机制检验	54
表 6-3	区域创新能力中介机制检验	55

引言

长三角地区的经济发展对于国家整体的区域发展战略具有举足轻重的地位，它不仅是推动国家经济增长的关键动力源，也是实现社会主义现代化建设目标的重要环节。同时，长三角城市群的发展越来越呈现多中心网络化态势。随着“地方空间”向“流动空间”转变，劳动力、资本、技术、信息资源等要素在各个城市之间频繁、高效地流动，促进了城市网络的形成。

城市间相互联系、相互作用基础上的多中心、网络化发展已成为当前国内外城市空间结构演进的重要趋势，相关研究范式也由城市等级向城市网络转变。但目前仍然有两个关键问题亟待进一步研究拓展和继续深化：一是在理论上，相关文献多集中于概念解析和结构分析，亟待深入解析多中心城市网络对区域经济增长的驱动机制和传导机理。二是在实证上，深入到城市网络结构内部、立足典型区域并充分考虑空间效应的实证检验相对不足，仍然有继续补充之处。

本文基于 2010-2019 年长三角 41 个城市的面板数据，采用修正的引力模型构建城市网络，借助社会网络分析法刻画长三角城市群城市网络的动态演进规律。在实证分析中，建立空间杜宾模型进行全样本估计和效应分解，探究多中心城市网络中的节点城市存在的超越地理近邻的溢出效应，进一步探究长三角城市群中城市网络的经济增长效应，并通过因果逐步回归中介效应检验法中的两步检验其通过促进区域要素的流动性、加强区域内产业间的分工合作以及提升区域创新能力这三个方面的作用机制。从多中心城市网络视角提出驱动长三角地区经济增长水平提升的优化引导策略。

第 1 章 绪论

1.1 研究背景、目的及意义

1.1.1 研究背景

1.理论背景

国内外学术界对城市网络结构演变及其对区域经济发展的影响进行了长期而广泛的关注。传统的城市研究主要聚焦于城市内部，忽略了城市之间的外部联系。自 20 世纪 30 年代 Christaller 提出中心地理论以来，这一理论将城市间的关系定义为中心地与外围地区的层级结构，开启了对城市间联系的研究。进入 20 世纪中叶，随着城市群现象的兴起，学术界开始关注城市群体和城市体系结构的研究。新区域主义和多中心主义等理论应运而生，强调城市间的等级或位序关系，并为不同规模城市的策略制定提供了理论支持。20 世纪 80 年代，Friedmann 提出的世界城市假说是关于城市网络化的早期讨论。Sassen 在此基础上提出“全球城市”概念。直到 20 世纪 90 年代，Castells 提出“流动空间”理论，成为分析城市间相互联系的新视角。随着交通和通讯技术的飞速发展，以及网络社会的兴起，区域性的“流动空间”开始取代传统的“地方空间”。城市网络结构由单一的中心地等级体系向多中心、多层次的网络体系转变，这一转变不仅推动了城市网络研究的深入，也为城市间合作与发展提供了新的机遇。

2.现实背景

长三角城市群位于中国东部沿海地区，是中国经济发展最为活跃的区域之一。以上海为核心，包括江苏、浙江和安徽省的多个城市，如南京、杭州、苏州、无锡等。这一地区经济实力雄厚，产业结构先进，拥有广泛的制造业基础和蓬勃发展的服务业。得益于强大的基础设施和对可持续发展的重视，长三角城市群已成为国内城市一体化和经济进步的典范。

长三角地区面临经济高质量发展需求。二十大报告提出，我们要坚持以推动高质量发展为主题，增强国内大循环内生动力和可靠性，着力推进城乡融合和区域协调发展，推动经济实现质的有效提升和量的合理增长。长三角地区的经济发展对于国家整体的区域发展战略具有举足轻重的地位，它不仅是推动国家经济增长的关键动力源，也是实现社会主义现代化建设目标的重要环节。同时，长三角

城市群的发展越来越呈现多中心网络化态势。随着“地方空间”向“流动空间”转变，劳动力、资本、技术、信息资源等要素在各个城市之间频繁、高效地流动，促进了城市网络的形成。得益于城市之间日益频繁的知识交流和技术合作，长三角区域越来越呈现多中心驱动、网络化发展的空间格局。从整体上看，长三角城市群的城市网络较为成熟，城市间经济联系度高，城市群集群优势明显。逐渐形成以上海为全域中心，以杭州、南京、合肥等为局域中心，其他城市为主要经济腹地的核心城市—半边缘城市—边缘城市的扇形层级结构。在城市群内部，形成以南京、杭州等为核心的多个凝聚子群，子群内部联系密切。长三角地区内部城市联系逐年增强，并且逐渐打破行政隔阂，城市间开始建立直接的联系，实现经济地理上的空间一体化。

1.1.2 研究目的

本研究的主要目的是探究多中心城市网络对长三角地级市经济增长的影响效应。本研究基于修正的引力模型，借助 ArcGIS 软件测算长三角城市群的经济联系强度；研究多中心城市网络的空间布局及其发展变化，明确城市在这一网络体系中所扮演的角色和所处的位置。在刻画长三角城市群多中心城市网络特征基础上，基于社会网络分析方法，实证检验多中心城市网络对经济增长的影响。本研究从城市群空间结构着手，本研究旨在解答两个核心问题：首先，考察多中心城市网络的当前发展状况和空间结构的独特性质，并深入分析长三角城市群在这一网络中各城市间的互动特征及其相互影响；其次，探究多中心城市网络对经济增长的影响及其作用路径，对比不同区域及城市间的联系模式和经济增长的差异。通过实证研究这些问题，本研究将为推动长三角地区的高质量一体化进程提供策略指导和机制优化建议。

1.1.3 研究意义

（1）理论意义

有助于明确多中心城市网络的空间构造特点。合理的城市空间组织架构是实现区域资源优化配置与经济平衡增长的重要基础，也是解决区域发展不平衡问题的重要策略。本研究深入探讨了城市间多中心网络结构的多样性及其发展演变的特点，旨在提供一个全面的分析框架，以促进对多中心城市网络复杂性的深入理解，并为相关政策制定提供科学依据。

有助于深入理解在城市网络框架内，多中心城市空间结构对经济扩张的具体作用和影响。2019 年 12 月《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》印发，长三角地区是我国城镇化、区域一体化发展起步最早的地区之一。随着长三角经济一体化的不断推进，区域内各种生产要素的重新组合带来了多样化的经济增长效果。将多中心城市网络与经济增长效应相结合，探究多中心城市网络的经济增长效应，可以在一定程度上丰富对城市群空间结构促进经济增长机制的认识。

（2）现实意义

有助于优化区域空间结构。通过城市间经济联系构建长三角城市群多中心城市网络并选取合适指标进行测度，可以从整体上把握长三角城市群多中心城市网络的发展现状。通过分析探索社会经济现象和地理现象的空间分布情况，有助于研究地理空间上的分布结构对区域社会经济的作用，为优化长三角地区空间结构提供方向。

有助于推动长三角地区区域一体化发展。在相关理论和实证研究基础上，提出多中心网络化背景下区域经济增长的引导优化策略。在当前以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的背景下，本研究的研究结论有助于依托城市群的城市空间结构优化来推动区域经济增长，从而不断发挥国内大循环的主体作用。

1.2 研究思路、内容及方法

1.2.1 研究思路

本文在学者们研究的基础上，首先基于 2010-2019 年长三角 41 个城市的面板数据，采用修正的引力模型构建城市网络，借助网络分析法刻画长三角城市群城市网络的动态演进规律。其次，利用卫星遥感夜间灯光数据替代传统城市经济增长指标，分析夜间灯光空间分布的时序变化和趋势。在实证分析中，建立空间杜宾模型进行全样本估计和效应分解，探究多中心城市网络中的节点城市存在的超越地理近邻的溢出效应，进一步探究长三角城市群中城市网络的经济增长效应，并通过因果逐步回归中介效应检验中的两步，检验其通过促进区域要素的流动性、加强区域内产业间的分工合作以及提升区域创新能力这三个方面的作用机制。最后，从多中心城市网络视角提出驱动长三角地区经济增长水平提升的优化引导策略。本文的研究框架如图 1-1 所示。

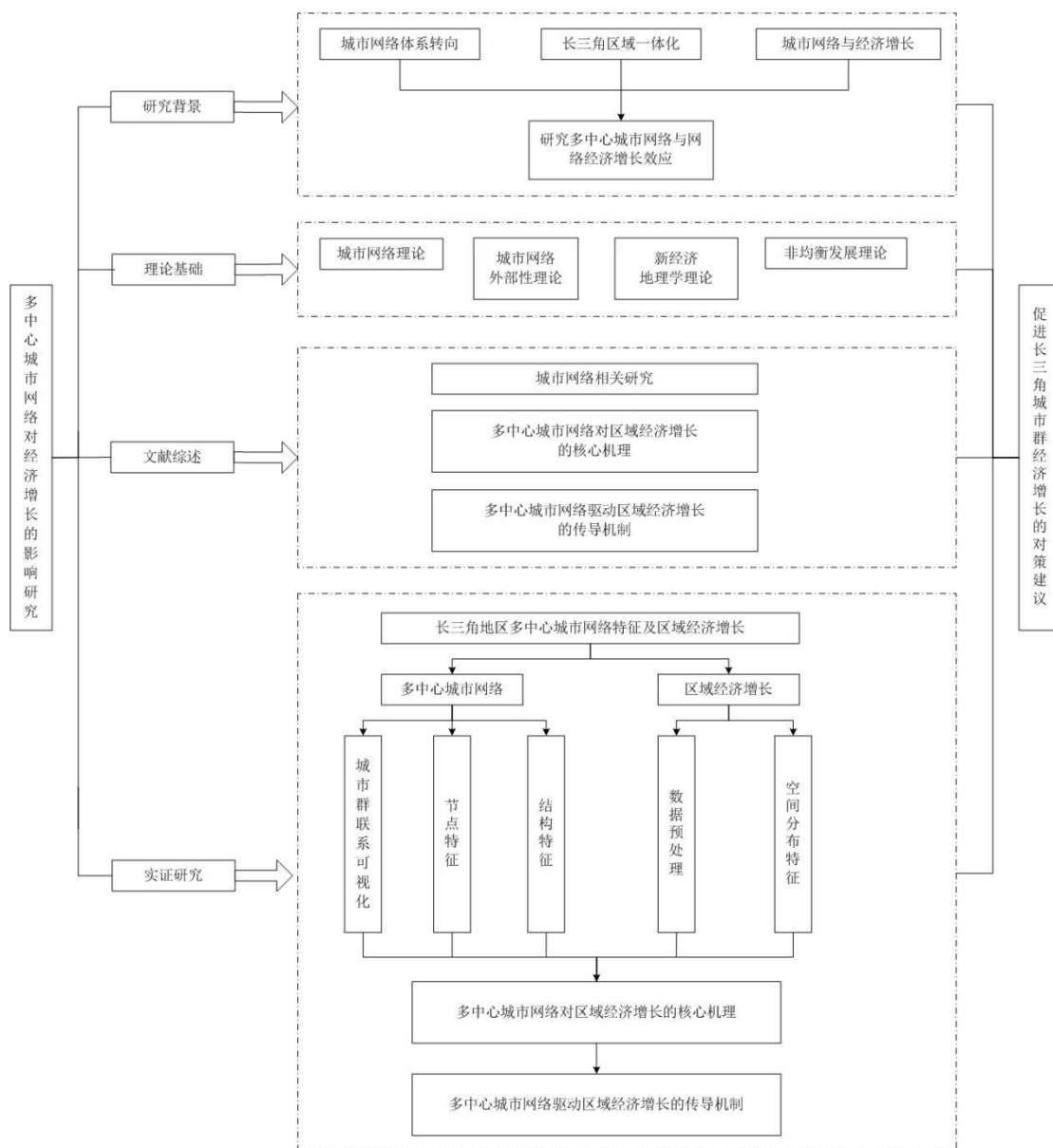


图 1-1 技术路线图

1.2.2 研究内容

本研究一共分为六个部分，包括：

第一部分，绪论。介绍本文的研究背景、目的和意义，厘清研究思路和可能创新点。结合以国内大循环为主、国内国际双循环相互促进的新发展格局背景，说明研究内容与研究方法。

第二部分，理论基础与文献综述。深入分析世界城市体系理论、中心流理论、社会网络理论等相关理论。以城市网络研究为切入点，梳理国内外城市网络相关研究和多中心城市网络驱动区域经济增长的传导路径识别的相关文献。

第三部分，长三角城市群多中心城市网络测度以及时空演变特征描述。采用

修正的引力模型测度长三角地区两两城市间的经济联系强度，以此构建多中心城市网络，并利用 ArcGIS 自然断点法对长三角城市群联系进行网络可视化处理。借助社会网络分析方法，对长三角城市群多中心城市网络进行描述，包括网络的密集程度、各个节点的特性、形成的紧密集群，以及核心与边缘的结构特征。

第四部分，长三角城市经济增长数据获取及其空间分布特征分析。选取来自美国国家海洋大气管理局下属的美国国家地球物理数据中心网站免费提供的卫星遥感夜间灯光数据。首先，对 DMSP/OLS 数据进行预处理和饱和度校正；然后对 NPP/VIIRS 数据进行预处理和连续性校正；最后，构建长时间序列夜间灯光数据。通过观察对比不同年份的标准差椭圆，分析夜间灯光空间分布的时序变化和趋势。

第五部分，长三角城市群多中心城市网络对经济增长影响效应的实证检验。建立空间杜宾模型进行全样本估计和效应分解，探究多中心城市网络中的节点城市存在的超越地理近邻的溢出效应，尤其是节点城市在其中的联结枢纽作用和组织集散功能。空间杜宾面板分位数模型考察变量在不同区域空间的溢出效应。基于邻接权重矩阵、二阶反距离权重矩阵和经济权重矩阵下空间杜宾面板分位数在第 10、25、50、75、90 分位点处回归估计结果进行经济水平异质分析。对 G60 科创走廊沿线城市与非沿线城市进行异质性讨论。

第六部分，多中心城市网络驱动区域经济增长的传导路径研究。运用因果逐步回归中介效应检验的两步，对长三角城市群多中心城市网络影响经济增长的传导机制进行检验，重点关注区域要素流动性、产业分工合作以及创新能力提升这三个关键路径。构建城市流动模型，以劳动力流动作为研究的切入点，从城市层面和产业层面出发，对各城市的城市功能效率、对外功能输出量以及城市间的流动强度进行定量分析。引入各城市区位商作为该机制检验的中介变量。引入专利授权量作为识别该机制的中介变量，用各城市的滞后一期专利授权数来衡量。

第七部分，研究结论与政策建议。在前面研究的基础上，得出本文的研究结论，按照市场主导与政府引导相结合、目标导向与问题导向相结合等原则要求，提出驱动长三角地区经济增长提升的优化引导策略。

1.2.3 研究方法

为使本文的分析与论述更为科学严谨，本文以经济学、地理学、社会学等学

科相关理论为基础，采取多种研究方法，具体研究方法如下：

文献研究法。梳理国内外对城市网络和城市网络对经济增长的影响机制的相关文献，理清城市网络构建和经济增长水平的测度方法，梳理现有研究中城市网络对经济增长的影响。

引力模型。基于牛顿的万有引力定律，经济学家 Tinbergen（1962 年）和 Poyhonen（1963 年）对其进行了经济学领域的改进和扩展，构建了一个既全面又易于操作的经济引力模型。该模型认为贸易量与两个经济体的经济规模成正比，与它们之间的距离成反比。随着经济地理学研究者的重视，修正后的引力模型已被广泛地应用于众多学术文献之中。

社会网络分析。最初由布朗在 1930 年提出，它是一种通过定量手段来刻画和量化个体（或行动者）之间的互动模式及其随时间的变化，从而反映整个网络的结构特性，并阐释个体在网络中的位置和作用的研究方法。作为一种社会学研究工具，社会网络分析通过研究个体间的关系网，揭示网络的结构和特性，让区域联系的网络化更加清晰可见，并且提供了更为精确的量化分析。

空间计量模型。空间杜宾模型是一种概念模型，它是由 Martin Dodgefl Rob Kitchiin 开发的，主要用于空间分析和数据挖掘领域，它提供了一种基于空间的方法来解读社会现象和规律。空间杜宾模型是对空间滞后模型和空间误差模型的结合与扩展，是一个通过加入空间滞后变量而增强的 SAR 模型。

1.3 本文创新点

第一，本文基于经济流视角，对多中心城市网络演化进行刻画。综合国内学者对城市网络的研究发现，虽然采取不同方法对引力模型进行修正，建立城市联系，但对于多中心城市网络的概念和刻画有所欠缺。本文采用修正引力模型系数，以此区分城市间由于经济发展水平的高低带来的潜在经济联系强度的不同，构建基于经济联系的不对称矩阵，强调大城市对中小城市的辐射作用。

第二，本文将多中心网络化城市空间与以此为空间基础的区域经济增长相结合，从城市网络视角探讨区域经济增长问题。把多中心城市网络具有的组织动力、协同效应与区域经济增长所需驱动力衔接对应起来，基于多中心城市网络引发的多向度集聚与扩散叠加以及节点中心城市的辐射带动，从城市空间结构优化视角探究更加有效的区域经济增长新机制。

第 2 章 理论基础与文献综述

2.1 相关概念界定

2.1.1 城市网络

城市网络是由多个城市通过各种形式的相互作用和联系构成的复杂系统。这一概念的界定涉及到城市的经济、社会、文化和技术等多个层面，反映了城市间相互依赖和协同发展的现实情况。传统的城市研究主要聚焦于城市内部，忽略了城市之间的外部联系。然而，自 20 世纪 30 年代 Christaller 提出中心地理论以来，这一理论将城市间的关系定义为中心地与外围地区的层级结构，开启了对城市间联系的研究。进入 20 世纪中叶，随着城市群现象的兴起，学术界开始关注城市群体和城市体系结构的研究。新区域主义和多中心主义等理论应运而生，强调城市间的等级或位序关系，并为不同规模城市的策略制定提供了理论支持。随着交通和通讯技术的飞速发展以及网络社会的兴起，区域性的“流动空间”开始取代传统的“地方空间”。城市网络结构由单一的中心地等级体系向多中心、多层次的网络体系转变，这一转变不仅推动了城市网络研究的深入，也为城市间合作与发展提供了新的机遇。

2.2.2 经济增长

经济增长是指在一定时间跨度内，一个国家或地区生产的商品和服务总量或人均产出的稳定增长。这一概念通常通过国内生产总值（GDP）的增长率来衡量，GDP 是衡量一个国家经济活动总量的标准指标，包括消费、投资、政府支出和净出口（出口减去进口）。经济增长的核心在于生产能力的提高，这通常伴随着技术进步、劳动力增长、资本积累和效率提升。技术进步是推动经济增长的关键因素，它能够提高生产效率，创造新的产品和服务，以及开辟新的市场。经济增长不仅仅是量的增加，还包括质的提升，即经济结构的优化和升级。这涉及到产业从低附加值向高附加值的转变，以及从资源密集型向技术或知识密集型的转变。经济增长还应该伴随着环境的可持续性，确保资源的有效利用和环境的长期保护。

2.2 理论基础

2.2.1 城市网络理论

城市网络的定义包括两个层面，一是经济主体、经济活动和城市之间的空间联系与相互作用，二是连接不同城市的基础设施网络，如铁路网络和航空网络^[1]，本文研究的城市网络采用第一层面的定义。

（1）空间相互作用理论

空间相互作用是城市间生产要素在生产活动中相互流动的过程，揭示了城市不是孤立存在的个体，而是通过不断进行要素互换，形成了紧密相连的城镇体系。这种互换过程不仅打破了地理界限，而且构建了具有特定结构和功能的城市系统，为城市网络的形成奠定了基础。1929 年，赖利通过引力模型对城市间的空间相互作用关系进行了量化分析，康费斯在此基础上进一步明确了空间相互作用的影响范围。在 20 世纪 50 年代，Ullman 提出了影响地区间相互作用的三个主要因素：互补性、可达性和中介机会。互补性指的是不同区域间劳动力、资本等资源供需的匹配关系，这种匹配有助于区域间建立联系。可达性关注资源在区域间传输的便利性，包括运输时间、障碍和物品的运输条件。中介机会描述的是两个互补区域的相互作用可能因第三方区域的介入而改变，这些第三方区域被称为中介城市，它们对原有区域间的互动产生影响。

（2）全球城市理论

Sassen 的“全球城市”概念阐释了顶尖城市向全球经济控制中心的演进。Sassen 指出，信息技术和通讯技术的进步催生了全球化的两个互补趋势：生产活动的分散化与管理中心的集中化。这两种趋势的结合推动了全球城市的兴起。在这一新模式下，专业服务企业通过全球服务提供和跨区域分支机构的网络构建，形成了跨国城市体系的雏形。

（3）“流空间”理论

卡斯特在 1989 年引入“流空间”这一概念，它与传统的静态空间不同，主要关注在动态的“流动空间”中的时空变化。到了 2000 年，他在著作《网络社会的崛起》中进一步发展了这一理论，将“流空间”与“无限时间”相结合，明确区分了“流空间”和传统的地理空间。在卡斯特的理论中，“流空间”由网络和流动两大要素构成。网络是由中心和节点通过各种流动（如人口流动、技术交

流、信息传递等)相互连接而成的结构^[2]。2003年,卡斯特将“流空间”理论应用在城市问题探讨中,重点关注要素资源围绕节点城市形成的集聚和扩散,“流空间”理论也成为区域空间研究的“网络范式”。

(4) 世界城市理论

在2004年,Taylor基于Castells的“流空间”理论,提出了“世界城市网络”这一概念,深入探讨了全球城市体系的形成背景、发展机制和城市间的互动模式。Taylor的分析强调了“链锁网络”的重要性,其中城市通过本地服务业企业的经济活动相互连接。这个链锁网络由三个层次构成:一是以世界城市间联系为基础的网络层,二是作为网络节点的世界城市层,三是围绕全球服务企业的次级节点层。这三个层级相互关联,形成了以全球服务企业为中心的世界城市网络。

空间相互作用发生在互补性强、可达性高的城市之间,通过引力模型而组成城市经济联系的人员流动、资金去向和空间距离参与到城市间要素传输中,为下文研究城市网络对经济增长影响机理提供理论支撑。在不同的“流空间”概念中,经济流因其可靠、持续且易获取的特性,成为研究城市网络结构的重要空间特征。本文基于“流空间”理论,特别是以经济流为研究对象,探讨长三角地区城市网络的空间联系和结构特征。

2.2.2 集聚经济理论与网络外部性理论

(1) 集聚经济理论

Marshall最早提出“产业集聚”这一概念,从“外部经济”视角提出产业集聚的本质是企业特定地理区域集聚,实现专业化分工与合作^[3]。以克鲁格曼为代表的新经济地理学进一步完善和发展了产业集聚理论,克鲁格曼认为在企业规模报酬递增、生产成本和生产要素在市场的的作用下,自发形成产业集聚^[4]。产业集聚现象一直是经济学研究的热点话题,众多学者致力于揭示其产生的原因和作用机理。内生增长理论进一步强调了集聚外部性在城市发展中的作用,认为通过共享、匹配和学习这三种机制,构成了城市产生和发展的微观基础^[5]。集聚的负外部性发生在经济资源在某一区域过度集中,导致资源开始撤离该区域。例如,城市快速扩张可能使居民收入因增加的通勤时间和成本而减少^[6]、土地资源的过度竞争推高要素成本以及对生产效率产生牵制^[7]。

（2）网络外部性理论

Rohlf s 最早提出网络外部性的概念, 将其定义为产品价值随消费者数量增加而提升的现象, 反映了规模经济效应。Katz (1985) 等认为, 网络外部性表现为用户从消费商品中获得的效用取决于同一网络中其它用户的数量^[8]。Capello

(2000) 将网络外部性引入城市网络研究领域, 根据欧洲城市参与“健康城市网络”的次数和合作城市数量构成城市网络, 只有网络参与者才能获得网络优势, 证明网络优势即网络外部性的存在^[9]。网络外部性并非与集聚外部性对立, 而是弥补了集聚外部性的不足, 通过协同效应和规模借用促进集聚效应溢出并通过网络向外扩散。其中, 协同效应指城市间联合的效应大于单个城市的效益之和^[10], 包括合作和互补两种形式, 同质城市通过合作实现横向共享经济, 异质城市通过互补实现纵向分工协作。规模借用是典型的网络正外部性, 与之相对应的集聚阴影, 即网络负外部性, 在正负效应的共同作用下, 区域发展最终有可能只是一场“零和游戏”^[11]。McCann 和 Acs (2011) 指出, 在新的发展背景下, 城市融入国家和国际网络比单纯扩大规模更为关键^[12]。Burger and Meijers (2016) 将城市网络外部性定义为“一种可以让集聚体内经济行为人获益的外部性, 这种外部性来源于集聚体之间通过城市网络联结而成的良好关系”^[11]。城市间的虹吸效应导致中小城市未能从邻近大城市获得溢出效益, 反而受到周边及远处同规模城市的竞争影响, 发展动力减弱, 城市发展受限。

本文依托集聚经济理论和网络外部性理论, 将区域生产函数中的城市网络联系和多中心度细化为空间权重矩阵和城市节点中心度, 以捕捉城市间的空间关系及其在城市网络中所处的地位, 探究城市网络对区域经济增长的影响。

2.2.3 新经济地理学理论

1991 年, 克鲁格曼提出新经济地理理论, 将空间问题纳入一般均衡的分析之中, 以“规模报酬递增如何影响空间集聚”这一命题展开讨论^[13], “新经济地理学”的出现使得经济学的空间维度重新受到重视。新经济地理学通过引入规模报酬递增和不完全竞争来解释空间集聚的形成与发展, 研究内容主要包括四个方面: 一是“冰山”运输成本, 描述了贸易中因运输导致的损失, 这一概念有助于理解运输成本对价格的影响, 但忽略了空间因素。二是规模报酬递增, 表明生产成本随地理邻近度的增加而降低, 是产业空间非均衡分布的一个原因。三是空间

集聚，反映了生产要素趋向于在特定地区集中，由规模经济和运输成本共同作用形成。四是累积效应，描述了优势产业和地区随时间的循环积累，导致长期集聚，克鲁格曼通过模型模拟了这一效应下城市体系和经济全球化的发展。

2.3.4 非均衡发展理论

（1）增长极理论

佩鲁在 1995 年提出的增长极理论强调了增长的非同质性，主张通过政府干预，利用区域中心的资源禀赋优势来推动经济发展^[14]，进而通过乘数效应和扩散效应带动周边后发地区，实现区域经济的整体增长^[15]。佩鲁的理论主要关注增长极的结构属性，而较少涉及空间层面的内容。布代维尔后来提出的“区域增长极”概念弥补了这一缺陷，突出了增长极的空间维度，指出经济活动不仅局限于一个地理区域，而是跨越多个区域。因此，他主张在分析时应该全面考虑经济与地理结构的相互影响。增长极理论在中国的应用，如改革开放时期的经济特区设立，体现了其促进区域发展的潜力。然而，该理论过于强调中心区域的正向影响，忽视了区域间发展不平衡可能带来的负面后果。这种不平衡可能导致资源过度集中和区域发展不均衡，从而引发一系列社会经济问题。

（2）“二元经济结构”理论

缪尔达尔在 1957 年对增长极理论进行补充并提出二元经济结构理论。他认为，增长极地区的优先发展和资源的积极集聚会导致区域发展不平衡，产生两种相反的空间效应：一方面，增长极能够带动周边地区的经济增长；另一方面，它也可能抑制落后地区的经济发展^[16]。这种差异性的根源在于“回波效应”和“扩散效应”。“回波效应”描述了生产要素倾向于流向回报率更高的地区，导致资源从落后地区向发达地区回流和集中，从而使得经济差距不断扩大，这对区域整体经济的发展是不利的^[17]；相反，“扩散效应”则是指发达地区的要素资源向落后地区转移，为落后地区带来增长的潜力，促进其经济发展。缪尔达尔的理论揭示了发达地区与落后地区并存的“二元经济结构”，并强调了在追求区域经济增长的同时，需要关注和缓解区域间的不平衡问题。

（3）中心-外围理论

普雷维什从全球视角出发，根据经济发展水平将国家分为中心地区和外围地区，其中中心地区指的是经济发达国家，而外围地区则指经济欠发达国家。在他

的理论中，外围地区的发展依赖于与中心地区的联系^[18]。弗里格曼在此基础上将视角缩小到国家内部的区域尺度，特别强调了创新在区域发展中的关键作用。他认为，中心地区的创新能够对外围地区产生溢出效应，从而促进后者的经济发展。随着时间的推移，这种创新的动态作用有助于模糊原有的中心-外围界限，推动整个区域经济的发展。

基于新经济地理理论和非均衡发展理论，本文将区域要素流动、产业分工协作和创新能力提升视为城市网络驱动经济增长的三个传导机制，采用空间杜宾模型和因果逐步回归中介效应检验法中的两步，进行内在影响机制检验，识别多中心城市网络驱动区域经济增长的传导路径。

2.3 文献综述

2.3.1 国内外关于城市网络的研究

城市网络研究的发展历程见证了城市规划和区域发展理论的演变。早在 20 世纪 30 年代，西方学者就已经开始探索城市网络的早期理论。其中，Christaller 的中心地理论是里程碑式的成果，它将区域和国家的空间体系阐释为不同等级的中心地与其外围腹地之间的相互关系，为后来的城市网络研究奠定了基础。随着时间的推移，特别是进入 1950 年代，城市群体化现象的兴起引发了对城市群和城市体系结构研究的热潮。这一时期的研究开始关注城市间的相互作用和网络联系，为理解城市网络的复杂性提供了新的视角。到了 1973 年，Richardson 将区域内部空间结构的变化及其对区域增长的影响纳入新古典增长理论的讨论中，进一步丰富了城市网络研究的理论深度。他强调城市空间结构变化对经济增长的重要作用，为后续研究提供了重要的理论支撑。1996 年，Castells 在其著作中提出了“流动空间”的概念，认为区域间的空间联系模式正在从传统的“场地空间”转变为基于流动的空间结构。他强调城市间的联系是通过信息流、资金流、技术流等各种流动形成的，而这些流动又通过网络的形式将城市连接起来。Castells 的理论揭示了跨区域流动的互动如何通过网络效应促进城市间的经济增长，从而推动区域空间组织的变革^[19]。总体而言，城市网络研究的发展反映了从单一中心地模式向网络化模式转变的趋势。

城市网络的研究已成为我国空间科学领域近年关注的焦点之一。国内学者参考了西方学者的研究方法，针对企业间的联系^[20-22]、交通基础设施^[23,24]、社会活

动^[25,26]、创新发展^[27,28]等多个维度开展了深入的实证研究，在网络的识别和时空演变^[29,30]、结构特征和影响要素^[31,32]、外部效应及空间差异^[33,34]等三个方面取得了关键性进展。这些研究不仅为城市网络研究提供了坚实的实证支持，也为构建城市网络理论贡献了具有中国特色的视角与实证经验^[32]。基于我国区域发展不平衡问题突出这一实际情况，城市网络在区域经济增长中的作用因而成为国内学术界密切关注的焦点。

曹文超和韩磊（2022）通过在全国范围内对 285 个城市及十大城市群进行多地域尺度的深入分析，发现在全国范围内，网络外部性的“集聚阴影”效应更为显著，在城市群和非城市群，网络外部性对城市生产效率均存在显著的正向影响，交通条件的改善和城市功能互补性的提高，都能对网络外部性与生产效率之间的关系产生正向调节作用^[33]。刘梅和赵曦（2019）对长江经济带三大城市群的网络空间特征进行识别，发现网络化水平与空间溢出效应和城市群协调发展水平呈现正相关关系^[34]。张亚丽和项本武（2022）定量测度了我国十大城市群交通网络，提出城市群交通网络一体化水平通过促进城市群商品市场一体化和劳动力市场一体化来推动城市经济增长^[35]。

2.3.2 国内外关于多中心城市网络与经济增长核心机理的研究

（1）集聚外部性与区域经济增长

从宏观过程来看，集聚经济通过增加劳动力单位成本、改善城市消费环境和城市中的“学习效应”三种途径促进城市经济的增长^[36,37]。集聚外部性通过改变劳动力技能结构影响区域经济，劳动力迁移主要是为了获得更高的回报，技能水平直接影响其经济贡献。改革开放以来，中国流动劳动力趋向高教育水平并主要集中在东部地区，这一趋势正在改变各地的劳动力技能组成^[38]。此外，各地的落户政策和福利对劳动力流动有筛选效果，导致更多高技能劳动力倾向于选择在大城市生活和工作，形成人才集聚^[39]。

从微观过程来看，集聚经济通过共享、匹配和学习三大途径影响城市经济增长^[40]。在全球经济中，绝大部分城市都在一定程度上相互作用^[41]，城市及其内部的企业既得益于本地交流，又受城市外区域影响，企业间、城市间的跨区域联系使得集聚经济能够在更大的地理尺度上发生作用^[42]，并对区域经济发展产生重要影响。在多中心城市网络的融合过程中，非中心城市通过提升自身的节点中心性，

有效减少与中心城市在人均收入方面的差异，并带来了积极的地域性影响。这一现象整体上得益于中小城市通过节点聚集实现增长、中等城市产生正面的溢出效应，以及中心大城市超越地理邻近性，实现长远辐射效应的相互增强和锁定^[43]。另一方面由于竞争效应的存在和要素单向度集聚的出现，使得大城市附近城市尤其是小城市的生长受限，即形成“集聚阴影”。核心城市抑制了周边小城市经济增长，存在集聚阴影，小城市之间也存在经济增长负面溢出效应^[44]。

（2）网络外部性与区域经济增长

与集聚经济相比，城市网络的外部性并不取决于城市的地理邻近性，而是取决于网络中的连接，并产生跨空间溢出效应。这种互补关系有助于防止过度集中的负面效应，使个体发展与区域利益相协调，达到包容性增长。城市在不同层级网络的嵌入对其自身绩效愈发重要，城市可以通过在城市网络的有利地位从更大城市获得发展要素，也存在因城际联系而导致要素加速流失的可能^[45]。

城市网络外部性的空间溢出效应有两种，一种是“借用规模”，指小城市可以通过借用大城市的规模效应获得发展机会，城市间通过跨区域资源配置可以形成专业分工协同效益^[46]。借用规模现象是指位于特大都市圈内的中小城市要比孤立的中小城市增长速度更快。中小城市可以通过嵌入城市网络获得集聚优势，并受惠于大城市的空间溢出^[41]。城市网络外部性表现出的借用规模可以突破地理距离和规模等级限制，通过网络效应实现经济增长^[47]。城市群内城市之间通过要素流动，可以产生正向的网络外部性，实现协同增长^[48]。另一种是“集聚阴影”，指邻近大城市的小城市发展受到限制^[49]，低于其相应规模的增长预期。由于空间竞争和虹吸效应的存在，小城市的部分生产资源被“集聚”到大城市，使得小城市的生产效率随着与大城市地理距离的缩小而降低，对小城市的经济发展产生抑制作用。在京津冀地区，核心城市抑制了周边小城市的经济增长，存在“集聚阴影”和“环京津贫困带”^[50]。城市网络中的“借用规模”和“集聚阴影”效应可能同时存在^[51]，当“集聚阴影”效应强于“借用规模”效应时，城市网络外部性与生产效率呈现显著的负相关性^[52]。城市网络外部性通过借用规模和集聚阴影影响城市经济增长。根据城市在网络中的位置和发展阶段，城市网络外部性会表现出异质性。

2.3.3 国内外关于城市网络与经济增长传导路径的研究

城市网络的发展标志着区域发展模式的重大转变。它突破了传统地理空间的限制,通过高效的交通设施和要素流动构建新型的经济连接,形成更为广泛的经济互动和合作平台。城市网络的构建使得城市间依赖关系得以量化,为评估城市系统的整合程度和连通性提供视角^[53]。“网”指城市之间的连接,“络”指城市作为连接点的节点存在。在现代社会,城市网络是理解城市经济效率和功能专业化的基础^[54],城市网络结构演进对区域经济协调发展的驱动影响离不开要素、产业、创新等核心传导环节。区域经济增长质量的提升通常与该地区要素资源配置、创新技术发展、产业结构升级等密切相关^[55],而多中心城市网络的存在可以改善要素流动关系、优化产业分工协作和提升技术创新能力,因此,节点城市网络中心性的提高必然对经济增长产生重要影响。本文认为多中心城市网络驱动城市经济增长可以从以下三个视角进行解读:

(1) 区域要素流动视角

城市网络中城市的地位取决于其竞争力,为劳动力、资本、商品和服务的流动提供了战略环境。已有研究大量关注了要素流动等指标对经济增长的影响^[56]。微观层面的生产要素流动连通了城市空间形态和经济增长之间的关系^[57],即城市网络是在消费市场、基础设施等方面构成了一个突破地理边界的要素池^[58]。城市网络中的分散企业可以通过合作和交易与彼此建立跨空间的联系,这意味着城市网络外部性在一定程度上可以代替集聚经济^[11],进一步扩大要素、商品流动和知识溢出的空间范围。交易成本降低、企业全球化和要素流动,共同促进了网络外部性超越地理限制,在更广空间尺度上增强其影响力。在市场机制的推动下,区域内不同城市由于在经济发展水平和社会进步方面的差异,会导致发展较落后地区的生产要素自动向经济发展更先进的地区转移,这种现象被称为城市间的极化效应。在这种效应的影响下,那些经济实力较强、社会发展水平较高的省会城市和直辖市很容易发展成为区域经济增长的核心^[59]。

经济联系主要表现在劳动、资本、技术和信息等要素的跨区域流动^[60]。劳动力流动对流入地和流出地的经济影响不同,有利于流入地经济增长而不利于流出地经济增长^[61],但科技人才的流动对流入地的经济高质量发展产生抑制作用^[62]。郭庆宾和骆康(2020)将长江中游城市群作为分析对象,指出人口规模对于长江

中游城市群整体以及该地区内三个主要省份的资源聚集能力及其协调发展起到了积极的推动作用^[63]。何凌云和陶东杰（2020）基于知识生产“面对面交流”理论，运用基准回归法研究发现，高铁开通会增强区域中心城市对高铁沿线其他非节点城市的知识溢出效应，进而提升非节点城市的创新水平^[64]。正向的城市网络外部性来源于生产要素的借用和共享，而负向的城市网络外部性来源于生产要素的竞争与集聚。叶文辉和陈凯（2020）基于成渝城市群建立空间面板回归模型，研究发现创新对城市经济增长有显著的促进作用，经济增长有显著的外部性作用，其外部性主要来自误差项^[65]。在全国范围，省级单中心地区较能吸引研发人员，尤其是当地区收入、创新环境、教育水平和交通基础设施较好时，面板门槛模型进一步显示，只有在经济发展和研发人员存量较低的地区，单中心结构才更有效地吸引研发人才。

市域维度上城市空间结构越集聚，地区收入差距越小，而省域及省际维度上二者关系相反，城市空间结构越集聚、地区收入差距越大^[66]，且非中心城市的二产比重、人力资本水平、外商投资比重越高，对应维度上的地区收入差距越小，而政府财政支出和固定资产投资在不同维度上的作用不尽一致。我国城市经济效率受到多中心结构的影响，呈现出明显的倒“U”型趋势。这种影响在大城市以及东中部地区尤为显著。同时，城市距离和交通基础设施在多中心结构影响经济效率过程中发挥了显著的非线性调节作用^[67]。王华星等（2019）的实证研究发现高铁开通存在较大的扩散效应，在规模较大的城市和非中心城市更加明显；同时，高铁开通可能通过促进开通城市的资本、技术等生产要素向周边城市扩散和加工制造产业向周边城市转移进而产生较大的扩散效应，缩小区域经济发展差距^[68]。城市群中各城市经济联系加强，形成统一的区域市场，这允许生产要素在更广泛的城市网络中自由流动，通过资源的集中和扩散，提高了资源配置的效率^[69]。

（2）区域产业分工协作视角

城市边界的模糊性和城市联系的网络化促进了空间格局的优化^[70]。一方面，生产要素向城市集聚这一过程的本质就是城镇化的过程^[71]，也是第一产业向第二、三产业转移的过程，可以促进第二三产业在城市的集聚^[72]。另一方面，要素自由流动和区域集聚增加了面对面交流的机会，提高了知识溢出和传播的可能性，可以促进产业结构优化升级^[73]。因而，城市集聚外部性可以通过改变地区劳动力技

能结构发挥对区域经济增长的作用。城市群内部能够形成功能互补的专业化分工协作关系^[74]。在探讨城市群内部产业分工对经济增长的影响时,普遍的学术观点认为,城市群中的产业分工主要通过中心城市的知识传播和产业迁移等方式产生扩散效应,这不仅推动了邻近地区的经济发展,还有助于减少与这些地区在发展水平上的差异,最终促进了整个城市群的经济繁荣^[75]。小城市通过加入多中心网络,从依赖地位转变为与大城市平等的双向合作,促进了不同规模城市在产业分工中的共赢和包容性增长^[46]。

杨小林等(2019)基于竞争——合作视角以中原城市群为例,提出应整合区域资源,强化共享和产业协作,构建高效的互补型城市群结构,以提升整体竞争力^[76]。丁如曦等(2020)从聚集外部性和网络外部性相结合的视角,指出在长江经济带等区域范围内应统筹推进中心城市与城市网络建设,培育多中心化网络发展格局,以更加有效促进区域经济协调发展^[43]。城市群规模与经济发展水平超过一定门槛后,无关多样化与经济增长负相关性将减弱,而相关多样化集聚对城市群经济增长有显著促进作用^[77]。石磊等(2020)研究发现,高收入城市对附近的中等收入城市有正向经济带动作用,而对陷入增长困境的城市则有抑制作用;中等收入城市对高收入城市的经济增长、陷阱城市对中等收入城市的经济增长均具有正向同群效应;同等收入水平城市间的经济增长通过正向同群效应相互促进^[78]。王青等(2020)的实证分析表明城市群功能分工可以促进经济高质量发展,劳动力供给对经济高质量发展存在正向影响,而资本存量则具有负面影响^[79]。城市群规模与经济发展水平超过一定门槛后,相关多样化集聚则仅在城市群经济发展水平处于特定区间时,对城市群经济增长有显著促进作用^[80]。尚永珍和陈耀(2020)的实证分析表明周边城市以生产制造业为主的分工协作的模式能显著促进城市的经济增长^[81]。王志勇等(2020)通过分析我国三大城市群数据发现,区域内其他城市与中心城市较易形成功能互补格局,加强各城市的功能定位和城市间的联系有利于形成城市间的互补格局^[82]。中心城市的集聚能力偏低导致的带动能力不足和集聚能力过度导致的虹吸效应都会对城市群经济增长产生负向影响^[83]。李佳洺等(2020)经研究指出随着产业的演进,区域空间景观格局正在由分散化向集群化转变,未来城镇体系将是集群化和集中化相互交织的局面^[84]。张荣和郝大江(2019)指出产业联动作为实现区域协调发展的重要模式,对提升区域经济竞争

力十分重要,因此其经济效应的作用路径将成为产业联动研究的重要内容^[85]。张震(2019)经实证研究指出产业结构合理化与高级化水平变动会对经济协调发展产生抑制作用,但从经济发展水平与增长速度的关系来看,在长期发展中二者将会缓慢加速高水平经济协调发展进程^[86]。城市可以通过产业关联与协作嵌入到由多个中心城市引领的生产网络中,并在城市互动中激发自身和区域发展活力,形成跨越地理边界的地域功能整合提升^[51]。

(3) 区域创新能力提升视角

Batten(1995)提出了发展“创意城市群”的概念,认为城市群通过提供丰富的文化、先进的研发教育设施和创新劳动力,促进互动增长和协同效应,使合作伙伴受益^[87]。Glückler(2007)则从“声誉溢出”的角度研究了城市网络对知识服务企业的影响^[88]。他的研究方法打破了传统分析,聚焦于市场关系、关系知识以及寻求机会,而非仅仅是生产关系、技术知识或成本。他强调城市网络能提升声誉和商业机会,城市间的联系有助于本地企业在外地获得更多商机。对于知识信息的传递方式,Boix等(2007)认为,在城市网络范式中,知识扩散不仅可以产生垂直传递,而且可以在同等级别的城市之间甚至从低级别的城市向高级别的城市发生传递^[89]。Lüthi等(2010)认为,知识密集型企业是区域与全球经济间建立知识集中的“门户”,他们指出,城市间的联系主要通过这些企业间的互动体现,因此城市网络的外部效应主要在于促进知识传播和激发创新^[90]。Peran.X(2022)提出,企业与外部实体建立的网络关系强度对企业的技术学习和技术创新成果具有显著影响。他从技术学习成本的角度出发,详细研究了企业网络关系的紧密程度如何影响企业的技术创新表现。研究结果显示,网络关系的紧密性能够降低技术学习的成本,并进而提升企业的技术创新成效^[91]。

城市网络通过建立供需关系和要素流动规则,降低了知识和技术交易的成本,比单个城市更具创新优势,并且改变过去创新结果由核心城市向次级城市的单向、阶梯式传递^[24]。Bathelt提出了一个结合地理空间的属性逻辑和网络空间的网络逻辑的模型,称为“本地蜂鸣与全球管道”。在这个模型中,“全球管道”指的是地区生产网络不能孤立于全球网络之外,同时本地市场也不足以满足本地生产网络的需求,这使得地区内的企业与区域外的企业形成了紧密的联系,共同构成了全国性乃至全球性的生产网络^[92]。因此,在“全球管道”的作用下,城市创新

的推动力来自于更广泛生产网络中不同城市间的合作。城市间通过合作形成的关系网络，得益于网络的三元闭合和结构洞等特性，能够带来新知识和技术，打破创新的局限，实现进一步的创新突破。通过研发合作协议、建立研发链条等新型网络关系形式，可以实现知识的网络化流动，从而减少地理空间上的障碍，加强知识在不同区域间的交流与共享。最重要的是，城市功能互补协同网络有利于创新主体学习和吸收能力的提高，提高各类异质性知识资产的非证实交易过程完成度^[30]。城市可以借助网络外部性突破空间距离的局限，受益于知识溢出，实现创新发展^[93]。城市网络有助于创新主体间的信息交流，在促进经验分享、要素匹配、知识学习等方面，城市网络将补充传统意义上集聚经济的作用^[94]。

2.2.4 文献述评

已有文献和研究表明，城市间相互联系、相互作用基础上的多中心、网络化发展已成为当前国内外城市空间结构演进的重要趋势，相关研究范式逐渐从单一的城市等级体系转向更加复杂的城市网络结构，这一转变为城市发展和区域规划提供了新的视角和方法。然而，尽管多中心城市网络的发展模式已经得到了广泛的认可和研究，但在理论和实证两个层面上仍有待进一步深化：一是在理论层面，需要更深入地理解多中心城市网络如何通过其内在的机制和作用路径来推动区域经济增长。这包括城市网络中的信息流通、资本流动、人才迁移和技术扩散等方面的具体作用，以及这些因素如何共同作用于区域经济的动态发展。二是在实证层面，尽管已有一些研究尝试从城市网络的角度来分析区域发展，但大多数研究仍然停留在宏观层面，缺乏对城市网络内部结构和空间效应的深入探讨。特别是在典型的区域背景下，如何通过实证分析来验证理论假设，如何量化城市网络的结构特征和空间效应，以及如何评估城市网络对区域经济增长的实际影响，这些问题都需要更为细致和系统的研究。此外，城市网络的动态演变、城市间的合作与竞争关系、以及网络结构对城市竞争力的影响等问题，也是未来研究需要重点关注方向。因此，本文将在已有研究的基础上，尝试从理论和实证两个维度对多中心城市网络与区域经济增长的关系进行深入探讨。通过构建理论框架和计量经济模型，旨在揭示城市网络对区域经济发展的复杂影响机制。同时，本文也将探讨如何通过优化城市网络结构来促进区域经济的均衡和可持续发展，为实现区域经济的长期稳定增长提供策略建议。

第3章 多中心城市网络可视化及其特征

3.1 研究方法和数据说明

3.1.1 引力模型

城市间的经济联系构成了城市网络的基础,研究城市群内城市网络对经济增长的影响首先要刻画城市间的经济联系^[95]。城市网络对经济增长的影响缺乏统一的经济理论模型,城市网络指标的构建没有统一的标准。相关文献利用 VAR 模型^[96]、“连锁网络模型”^[97]、借助引力模型^[98]构建网络指标等方法。本文选择引力模型构建城市网络出于以下几方面考虑:一是 VAR 模型无法捕获网络结构特征演变,且受滞后阶数的影响使得模型精确度难以保证^[99];二是基于企业联系的方法只能反映城市经济关联的某一侧面,相关数据的可获得性受限;三是基于“地理学第一定律”的假说,任何两个地区间即使不相邻也会存在或大或小的引力,引力模型不仅适用于总量数据,将地理距离因素纳入考虑范畴,还可以利用截面数据刻画城市网络的演变趋势,更好地揭露城市间经济联系规律^[100]。基于空间相互作用理论,根据引力模型构建城市网络的测度指标,将城市网络和经济增长结合起来,探究城市网络对经济增长的作用,更具有说服力。其表达式如下:

$$con_{ij} = k_{ij} \frac{\sqrt{P_i G_i} \sqrt{P_j G_j}}{d_{ij}^\alpha}, k_{ij} = \frac{G_i}{G_i + G_j} \quad (3.1)$$

上式中, con_{ij} 表示城市 i 与城市 j 之间的经济联系强度, P_i 和 P_j 表示城市 i 、城市 j 的常住人口, G_i 和 G_j 表示城市 i 、城市 j 的地区生产总值, d_{ij} 表示城市 i 与城市 j 之间的欧氏距离,用 ArcGIS 计算得出, k_{ij} 为修正系数,表示城市 i 对城市 i 和城市 j 的经济贡献度, α 表示两地之间的摩擦系数,一般设定为 2^[101]。

3.1.2 社会网络分析方法

根据引力模型构建的城市网络矩阵使用社会网络分析软件 UCINET,借鉴胡青青(2022)的方法以城市间联系均值作为临界值,高于均值取值 1,低于均值取值为 0^[102]。借助空间分析法和社会网络分析方法,从长三角城市群网络密度、个体节点、凝聚子群以及核心-边缘结构这四个层面对长三角城市群多中心城市网络进行刻画^[103]。网络密度反映了社会网络中实际边数与可能边数的比例,用

以描述节点间连接的密集性。节点通常通过度数中心度来衡量，它表示节点与其他节点交往的广泛程度，反映城市网络中各城市的地位和影响力。凝聚子群用于分析城市网络的集聚特性，展示节点间实际或潜在的联系。核心-边缘结构通过节点的连接紧密度区分网络的核心和边缘区域，核心区域的节点在网络中扮演更为关键的角色。

3.1.3 数据说明

作为六大城市群之一，长三角城市群在中国区域经济发展和一体化进程中占据着领先地位，具备了形成高效、多中心城市网络的潜力和条件。因而，选择长三角城市群进行实证分析具有合理性和代表性。原始数据主要来自《中国城市统计年鉴》、《中国城市建设统计年鉴》、各省市统计年鉴和国家地理信息公共服务平台等。

3.2 多中心城市网络可视化及其特征

3.2.1 多中心城市网络可视化

通过修正引力模型计算出长三角城市群城市间的经济联系强度，根据经济贡献度，保留城市对经济联系最大值，以各年均值为切分点，将均值以下视为不存在经济意义的引力关系。运用 ArcGIS 10.7 软件绘制 2010 年、2013 年、2016 年和 2019 年的长三角城市群经济联系强度图，并以 2010 年为基期，利用自然断点法将城市群经济联系强度值的大小进行可视化处理，一到五级表示由弱到强。

长三角城市群网络呈现典型的“一核”辐射结构特征。上海作为长三角地区的最核心城市，由苏州、无锡等城市向其它城市周边区域辐散，中间区域城市总体上呈现中心辐射结构，周边地区呈现扇形联系结构特征。长三角城市群经过十年的发展，各城市间经济联系强度总体水平逐渐增强，经济联系方向多样化发展，城市网络多中心化趋势明显，多中心城市网络发展逐步成熟。从整体联系情况来看，西南部的安庆、池州等城市与中心城市联系强度较低，未达第四层级，地理衰减规律的显著性揭示了核心城市对周边区域的辐射效应存在递减趋势。说明需要开发边缘城市的经济潜力，以实现区域发展的均衡与全面。

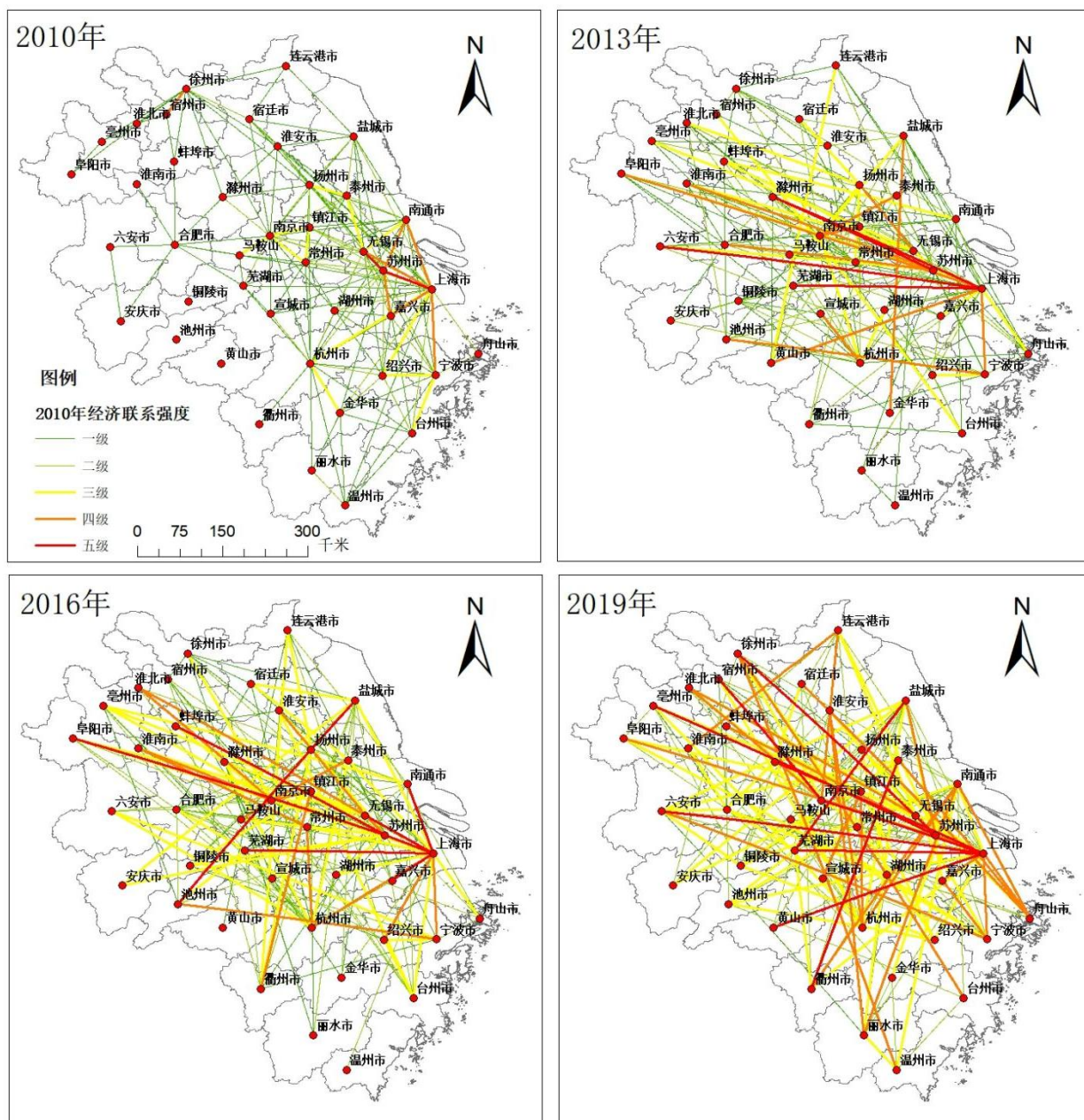


图 3-1 长三角城市网络时序演变图

进一步，将 2019 年城市网络按经济联系强度等级拆分为五个等级网络。如图 3-2 所示第五级网络特征表现为核心城市上海对邻近城市的集聚对外的辐射作用，苏州受上海地区影响，与无锡、南京等城市建立联系，东南部分城市未能参与五级联系。第四级网络中的城市对联系明显增强，城市对联系沿东西和南北方向跨度增加。以上海为核心，由南京、苏州、嘉兴、南通等城市延伸到阜阳、连云港、宁波、舟山等边界城市，初步形成上海、苏锡常都市圈和南京都市圈。第三级网络的城市网络密度提高，围绕各省会城市向外辐射，形成以上海、杭州、

苏州、无锡、常州、宁波、合肥为核心向外辐射的格局，城市之间的联系突破地域邻近关系，“一核五圈”的都市圈网络已见雏形，上海作为核心节点城市，带动杭州、南京、合肥等城市向四周辐射。三级网络几乎覆盖所有城市，台州未能参与三级网络，但在二级网络中台州与南通、池州、温州产生联系，城市网络覆盖所有城市间联系。一级网络更多地指向跨省份城市对，联系强度较弱。

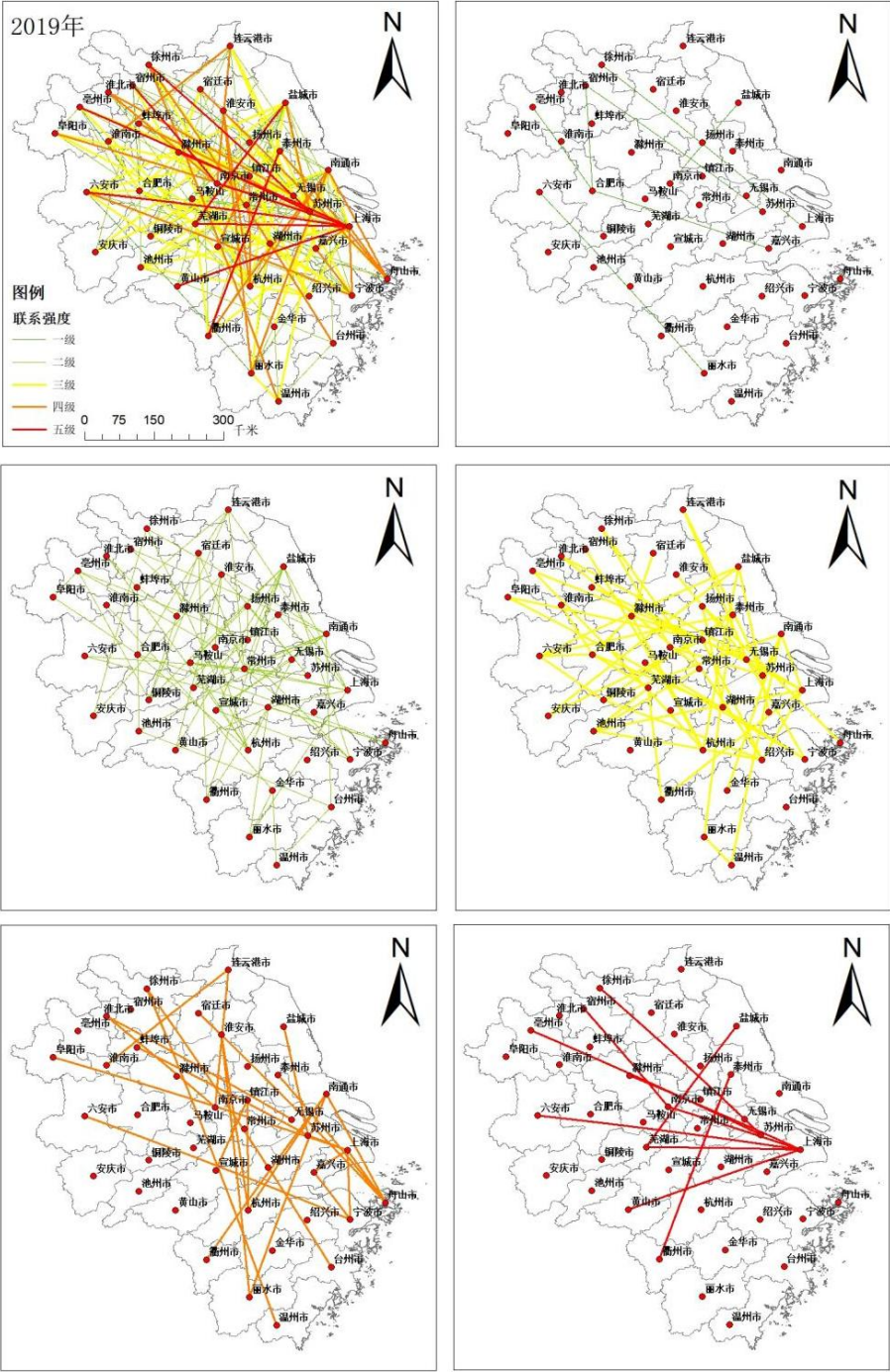


图 3-2 长三角城市网络等级拆分图

网络密度可以测量城市网络的关联强度，网络密度越大，城市间关联越强。如图 3-3 所示，长三角城市群 2010 年至 2019 年的网络密度整体呈上升趋势，2018 年略有回落，并在 2019 年明显增加。说明城市间的经济联系不断强化，城市间的空间相互作用不断加强。

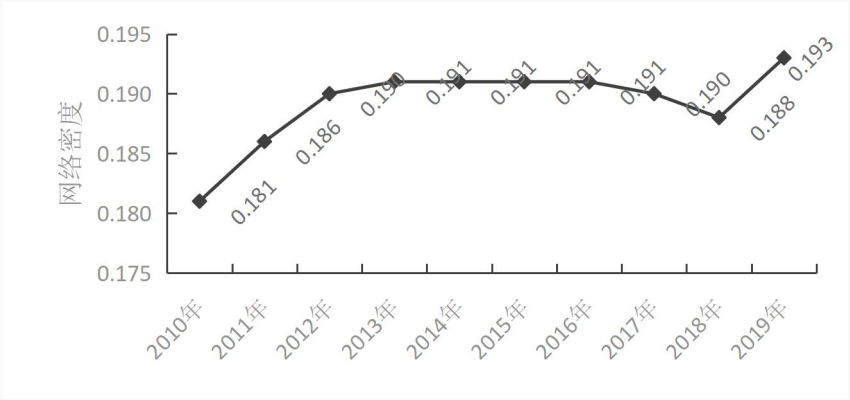


图 3-3 长三角城市网络密度变化图

3.2.2 多中心城市网络节点特征

各城市 2010 年、2015 年和 2019 年的度数中心度如图 3-4 所示。结果显示，上海、南京都市圈、杭州都市圈、合肥都市圈、苏锡常都市圈和宁波都市圈区域的城市度数中心度较高，长三角地区“一核五圈”网络化格局明显；长三角城市群城市度数中心度水平差异巨大，上海作为度数中心度最高的城市，其度数中心度值是最低度数中心度城市的 12 倍以上，其中，池州市、黄山市、衢州市、铜陵市和舟山市的度数中心度较低，说明长三角城市群内两极分化现象较为严重，整体呈现中部地区度数中心度普遍高于周边地区度数中心度的现象；不同城市的度数中心度变化呈现不同规律，整体而言，长三角城市群区域上半部分城市的度数中心度多为增长趋势，仅靠南方个别城市的度数中心度有所下降，说明长三角多中心城市网络中各城市节点的网络地位普遍得到提升，区域多中心节点的网络地位不断提高。

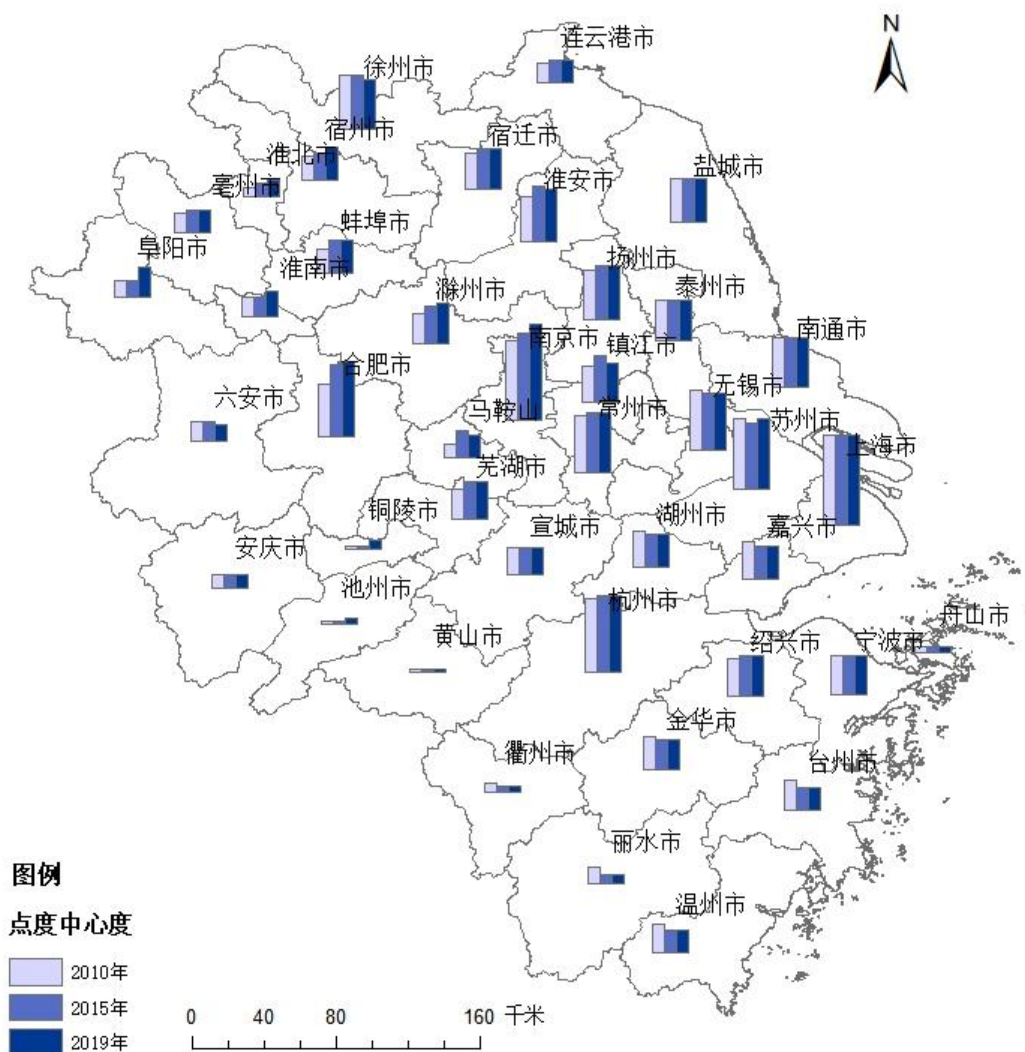


图 3-4 长三角城市点度中心度时序演变图

参考盛科荣和周宏浩^[104,105]的做法，本文采用以下五个指标，对城市网络度数中心度的集中程度进行综合测度，以此呈现长三角城市网络的中心势走向。

一是首位度指数，原指市域中规模最大的城市人口占市域总人口的比重，该指数介于 0 到 1 之间，用于刻画首位城市的相对规模，本文将其定义为度数中心度最大城市的度数中心度值占整个城市网络度数中心度的比重；二是 10 城市指数，用来描述前 10 个度数中心度最大城市度值之和占整个网络度数中心度之和的比重；三是捷夫指数，其公式为 $\text{Indeg}_i = C - q \ln \text{rank}_i$ ，其中， deg_i 表示城市 i 的度数中心度， C 表示常数项， rank_i 表示城市 i 的度数中心度值在城市群内的排序位次，对该公式进行回归，可以得到系数 q ，即单中心指数，当 $q > 1$ 时，说明城市群内的中心城市占主导，呈现单中心的空间结构；当 $q < 1$ 时，城市群内的度数中心度分布较为分散，呈现典型的多中心空间结构；四是帕累托指数，

使用最小二乘法拟合城市位序和城市规模，其公式为 $\ln(\text{rank} - 1/2) = A - \alpha \ln \text{size}$ ，size 是城市的人口规模，rank 是按规模排序的城市位序，文献常以此检验独立功能区内的人口规模分布是否符合齐普夫法则，本文借鉴这一指数衡量度数中心度在城市群内的分布情况；五是赫芬达尔指数，本文将其定义为上海、合肥、南京、杭州的度数中心度占城市群度数中心度总和的比重，以此度量直辖市和省会城市度数中心度的集中程度。

2010 年和 2019 年城市度数中心度的捷夫指数为 0.76 和 0.72，均小于 1，说明长三角城市群内的度数中心度比较分散，长三角城市网络呈现多中心空间结构。2010 年到 2019 年城市网络度数中心度的五项集中度指标分别降低 0.74%、0.67%、5.25%、10.99% 和 5.65%，城市网络节点城市的地位和调节功能正向多中心化发展，其中具有高网络度数中心性的城市不再局限于直辖市和省会城市，而是逐渐向其他级别的城市扩展。

3.2.3 多中心城市网络整体结构特征

长三角城市群在 2010 年和 2019 年凝聚子群城市构成数量和结构变化不大，主要由 8 个三级子群、4 个二级子群和 1 个一级子群组成。2010 年，滁州无法与其它城市组成三级子群，凝聚子群内部松散聚集，且差异较大，2019 年，合肥与滁州共同组成三级子群，除了上海和苏锡常都市圈等城市组成的三级凝聚子群，其它子群分布较为均匀；2010 年，三线凝聚子群出现湖州、芜湖和宣城子群与丽水、衢州和黄山子群，这两个子群中的城市来自不同省份，到 2019 年，仅剩丽水、衢州和黄山子群这一个跨行政区划的子群，说明在这十年间，网络邻近、地理邻近和行政区划对长三角城市群内部城市联系存在影响。

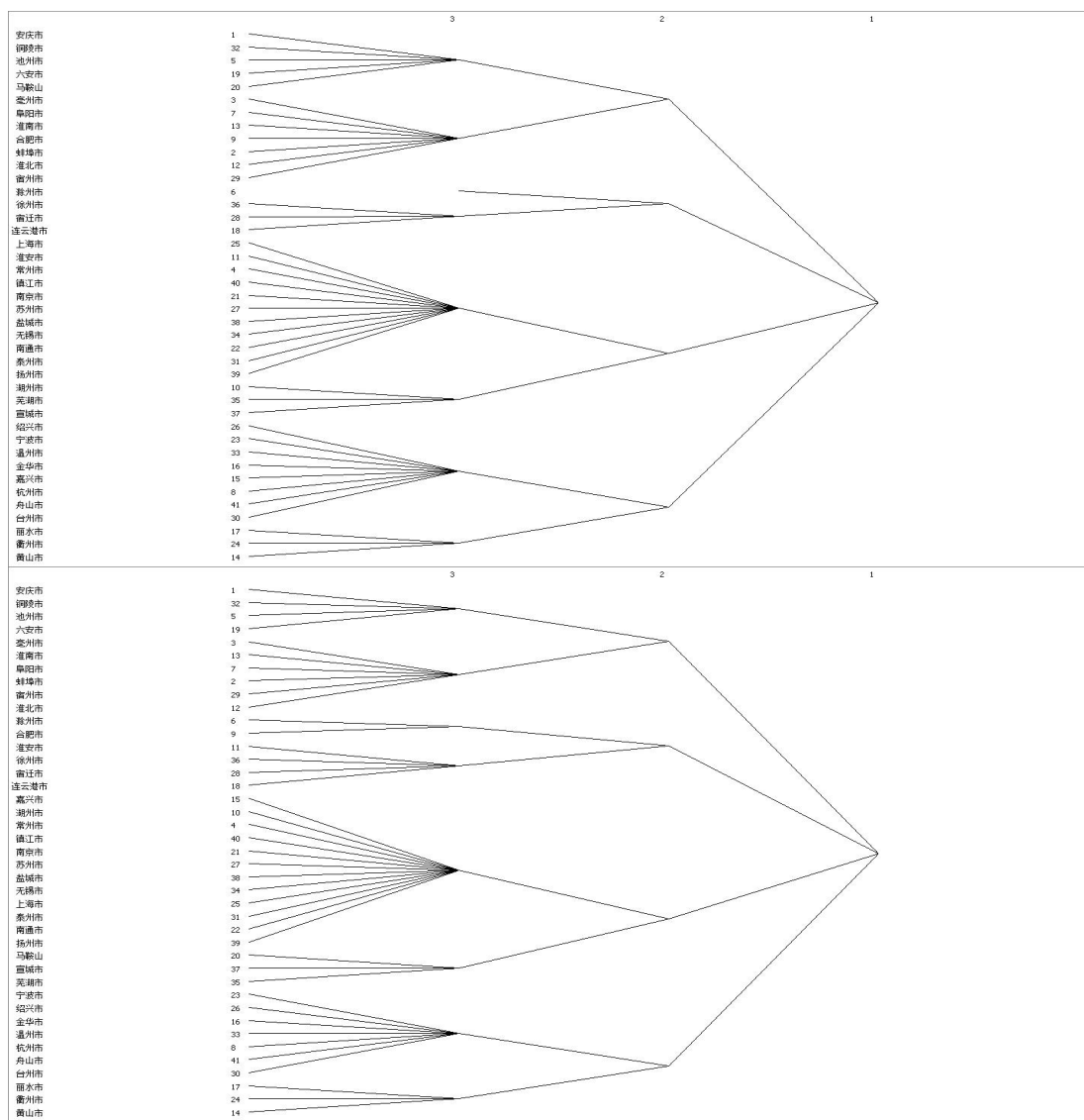


图 3-5 长三角城市核心子群

核心-边缘结构分析可以体现节点城市的集聚程度和核心程度，并且根据核心程度将其分为核心区 and 边缘区。结果显示，由 2010 年的 15 个核心区扩至 2019 年的 17 个核心区，长三角城市群总体核心度较低且不均衡，核心区和边缘区的核心度差异较大。核心区与核心区密度呈现逐步下降趋势，长三角地区城市平均核心度在 2010 年、2013 年、2016 年和 2019 年分别为 0.014、0.100、0.106 和 0.107，平均核心度较低，总体呈现曲折升高的走势，说明长三角区域内城市集聚程度有所增强。2010 年至 2019 年，核心城市和边缘城市的核心度变化趋同，均有所上升，个别城市核心度始终为 0，包括池州市、黄山市、衢州市、铜陵市和舟山市，与度数中心度测度结果一致。

表 3-1 长三角核心边缘区密度时序变化表

	2010 年		2013 年		2016 年		2019 年	
密度	核心区	边缘区	核心区	边缘区	核心区	边缘区	核心区	边缘区
核心区	0.714	0.192	0.657	0.236	0.658	0.218	0.625	0.211
边缘区	0.082	0.111	0.082	0.080	0.085	0.105	0.081	0.111

如图 3-6 所示，将核心度以 0.1、0.25 作为分界线，核心度低于 0.1、介于 0.1 到 0.25 之间和高于 0.25 分别视为边缘地区、次核心地区和核心地区，可以发现距离核心区较远的合肥市跻身次核心区，长三角地区格局体现出“五圈”趋势，即南京都市圈、杭州都市圈、合肥都市圈、苏锡常都市圈和宁波都市圈。

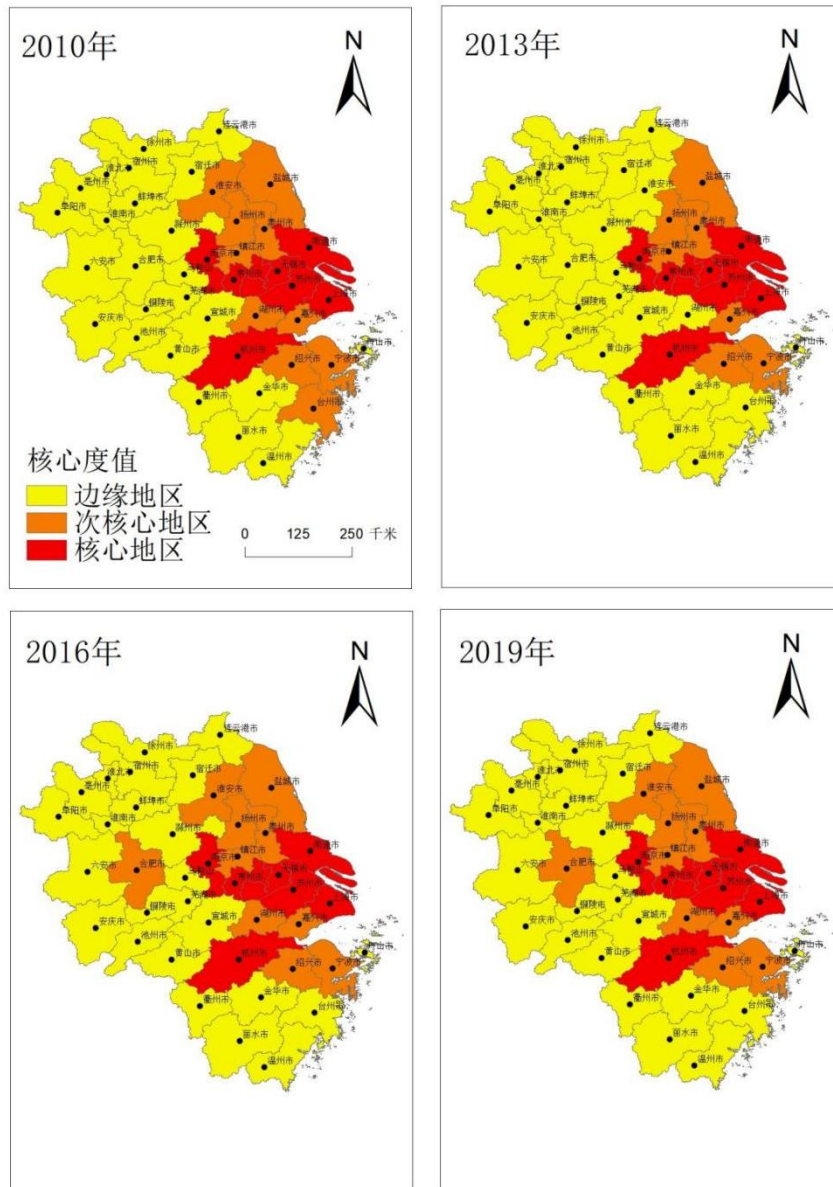


图 3-6 长三角核心边缘地区时序变化图

第 4 章 经济增长数据获取与空间分布特征

现有文献大多采用 GDP 或人均 GDP 作为经济增长的替代指标,然而,自上个世纪八十年代开始,就有国外学者对中国官方 GDP 统计数据的真实性提出质疑,甚至有一些学者认为中国 GDP 增速被严重高估^[106]。为了给 GDP 指标寻找一个合适的替代指标,国内外很多学者开始使用基于卫星遥感技术的夜间灯光数据表征人类社会经济活动。目前,已有大量文献证实夜间灯光数据与经济增长、人口、能源消耗和城市蔓延之间存在密切的相关性^[107,108]。全球卫星夜间灯光数据作为经济学领域广泛应用的地理空间遥感数据,具有独特优势。它不受地区价格因素影响,能更真实反映地区发展水平。徐康宁等(2015)的研究显示,夜间灯光数据与 GDP 在不同估计方法下均呈显著正相关,表明其在一定程度上可替代 GDP 指标^[106]。晁静等(2019)采用拟合灯光序列研究城市群经济差异演变,克服了传统统计数据的局限性^[109]。秦永等(2023)通过对 DMSP/OLS 和 SNPP/VIIRS 夜间灯光数据的对比和县级农村层面的数据,验证了夜间灯光数据作为 GDP 替代指标的可行性,凸显其客观性、灵活性和全面性的优势^[110]。

本研究使用了美国国家地球物理数据中心提供的卫星遥感夜间灯光数据,这些数据自 1992 年起定期更新至 2013 年,涵盖了 22 年的 DMSP/OLS 数据集,由多颗不同年份的卫星捕获。该中心提供了三种类型的夜间灯光图像:无云观测、平均灯光和稳定灯光。稳定灯光图像综合了城市和乡镇的灯光信息,并排除了由突发事件或短暂活动引起的噪声,其亮度值(DN 值)范围为 0 至 63,但高于此范围的亮度将被视为 63,无法区分过饱和区域的灯光差异。为解决 DMSP/OLS 数据精度限制,自 2011 年起,NPP 卫星搭载的 VIIRS 开始运作,其对城市、海洋和道路灯光的捕捉更为灵敏,提供了更高质量的影像数据,有效补充了 DMSP/OLS 数据在单元饱和和分辨率低的问题。

4.1 DMSP/OLS 数据预处理

由于 DMSP/OLS 夜间灯光数据存在精度限制和饱和值问题,直接应用这些数据前需要进行一系列的校正和处理。首先,需要对 1992 至 2013 年间的 DMSP/OLS 数据影像进行投影转换,以便与中国的地市行政边界数据相匹配,可以裁剪出对应中国各地市行政区划的原始夜间灯光数据。然后采用阈值提取方

法,筛选出所有非零像元,从而得到中国地市级别的夜间灯光数据影像。在初步数据处理后,进行稳定亮点像元的提取和连续性校是关键步骤。考虑到 DMSP/OLS 数据的精度较低,同一观测区域内的 DN 值可能会出现波动。因此,需要对连续年份的数据进行比较,以确保亮点像元的一致性。如果一个区域在前一年出现了亮点光斑,那么在后续的年份中,这个亮点光斑应当持续存在。如果出现光斑消失的情况,该像元将被标记为“不稳定亮元”,并在分析中予以剔除。饱和度校正是另一个重要的处理步骤。由于 DMSP/OLS 卫星传感器的局限性,数据可能会出现饱和现象,即亮度值达到最大值后不再增加,导致无法区分实际亮度的差异。为了解决这一问题,本文借鉴了曹子阳等(2015)的方法^[111],选取黑龙江省鹤岗市作为稳定参照区域,利用 F16 卫星 2006 年的夜间灯光影像,通过幂函数回归方程对其他年份的数据进行校正。这一过程涉及重新计算各城市不同年份、不同卫星的夜间灯光数据,以确保数据的准确性和可比性。为了解决同一年份不同卫星数据的问题,采取取平均值的方法,提高数据的一致性。此外,进行年际连续性校正以确保了后续年份的灯光数据不会低于前一年的数据,从而避免了因数据饱和而导致的亮度差异无法捕捉的问题。经过这些处理步骤,可以克服 DMSP/OLS 数据的精度不足和饱和值问题,得到更加准确和可靠的夜间灯光数据。

4.2 NPP/VIIRS 数据预处理

尽管 NPP/VIIRS 数据没有像 DMSP/OLS 那样的上限值问题,但其高灵敏度的传感器在捕捉地表灯光时可能会捕获到一些散射光,从而产生异常值。因此,处理 NPP/VIIRS 数据的关键在于识别并剔除这些异常值。在处理过程中,首先需要消除背景噪声。NPP/VIIRS 数据将无数据值的像元标记为负数,若直接删除这些像元,可能会导致有用灯光信息的丢失。为了解决这一问题,参照先前研究的方法,将所有无数据和负值的像元值设为零,以保留灯光信息^[112]。然后对异常像元进行处理,由于夜间灯光是城市经济发展的直接反映,我们可以合理推断,作为核心城市的上海,其夜间灯光值应该是最高的。因此,本文选择上海市像元的最大值作为区域阈值上限,以此来剔除那些超出正常范围的异常像元值。最后,进行连续性校正,确保后续年份的灯光数据不会低于前一年的数据,这样可以保证数据的时间序列一致性,更准确地反映城市灯光随时间的变化趋势。通

过这些处理步骤，NPP/VIIRS 数据能够更准确地用于分析城市和区域的经济发
展水平。

4.3 长时间序列夜间灯光数据的构建

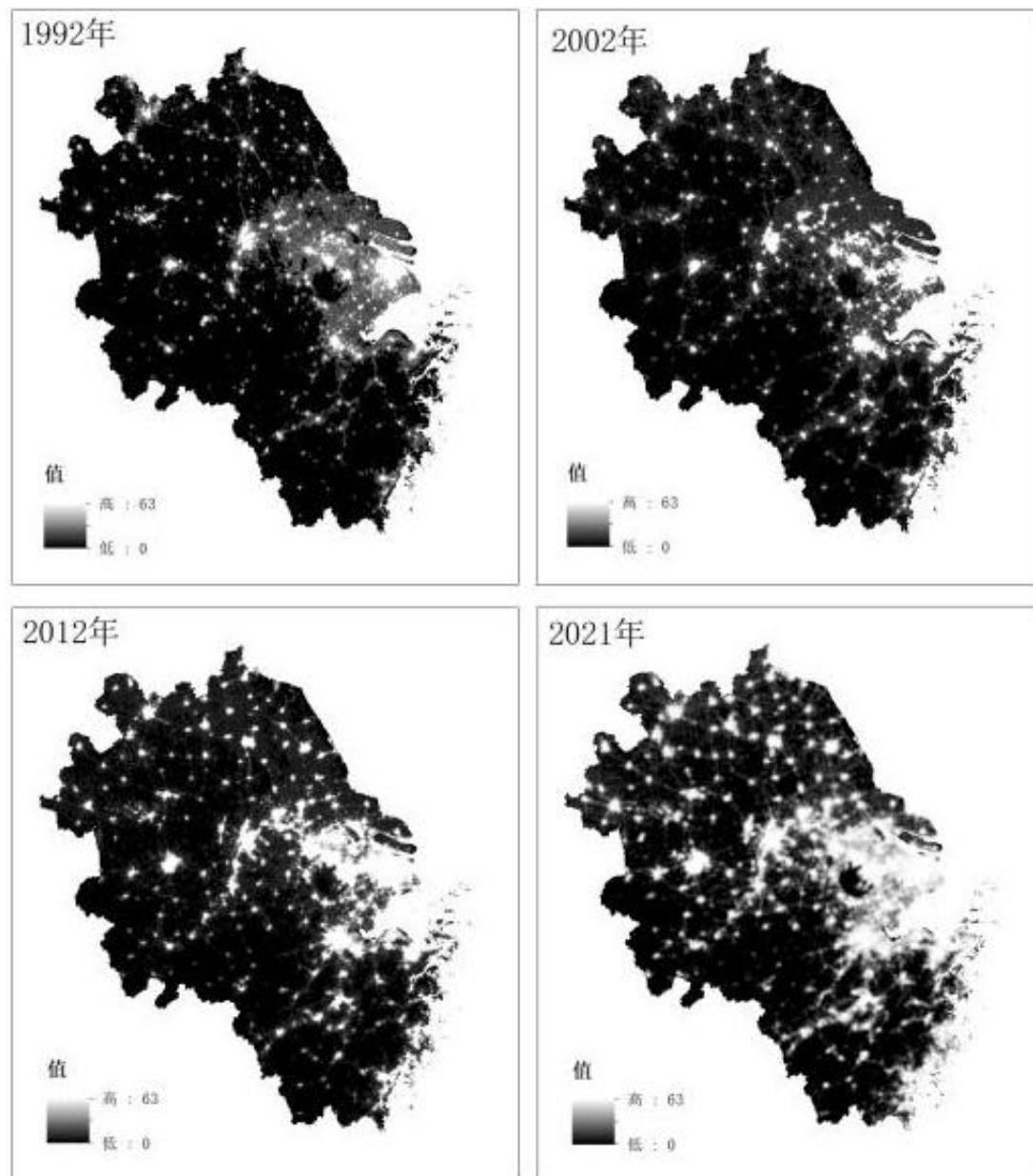


图 4-1 长三角地区夜间灯光时序变化图

由于 DMSP/OLS 和 NPP/VIIRS 数据分别来源于不同的卫星传感器，它们之间的直接比较存在困难。为了解决这一问题，本研究采用了 2013 年的 DMSP/OLS 和 NPP/VIIRS 数据进行回归分析，并构建了一个幂函数模型。通过这个模型，我们对 NPP/VIIRS 数据进行了适当的调整，以确保调整后的数据与 DMSP/OLS 数据在时间序列上具有较好的一致性和可比性。这样处理后的夜间灯光影像，不仅增

强了两种数据间的连续性，而且提高了它们在分析城市和区域发展时的参考价值。图 4-1 展示了经过调整的夜间灯光影像。鉴于新型冠状病毒肺炎对夜间灯光数据造成的波动，本研究选取了 2010 至 2019 年的夜间灯光数据以适应研究需求。为保证夜间灯光数据代替经济增长的可靠性，将两者进行相关性分析，相关系数为 0.7578。

4.4 经济增长水平空间分布特征

标准差椭圆是一种用于揭示空间分布特征的分析工具，它能够量化长三角地区夜间灯光分布的中心趋势、方向性和形态特征。在这个分析框架中，椭圆的中心点代表了数据的空间重心，长轴指示了数据的主要分布方向，而短轴则反映了数据的分布宽度。椭圆的扁率，即长短轴之间的差异越大，表明数据的空间方向性越显著。通过对比不同年份的标准差椭圆，能够追踪夜间灯光分布的时间序列变化及其发展趋势。此外，椭圆的中心坐标和面积的变化为理解城市规模在地理空间上的扩张方向和集聚程度提供了直观的解释^[113]。

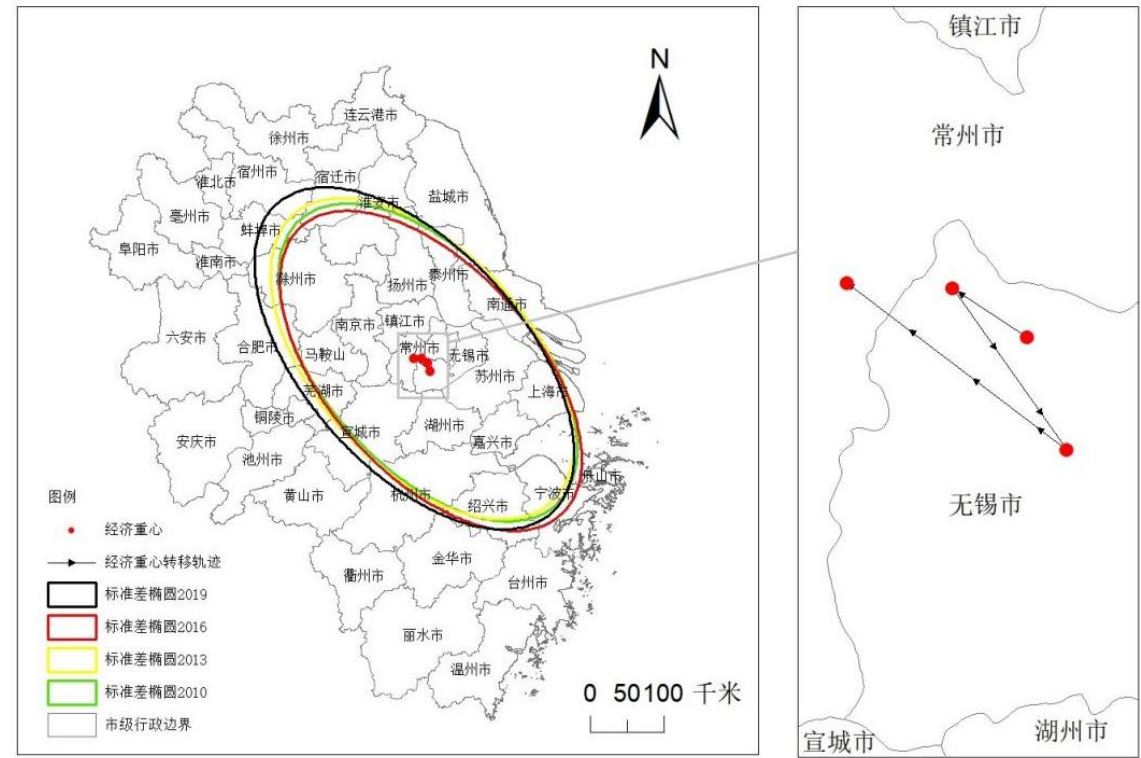


图 4-2 长三角地区标准差椭圆分析图

图 4-2 中，通过 2010 年、2013 年、2016 年和 2019 年城市经济增长水平标准差椭圆分析，可以发现，标准差椭圆整体呈现“西北-东南”方向分布，说明

长三角地区城市群的发展方向稳定。2010 年至 2019 年，标准差椭圆的空间范围有所扩大，长短轴均有所增长。2010 年到 2013 年，椭圆重心坐标从 $119.72^{\circ}\text{ E}\sim 31.52^{\circ}\text{ N}$ 转移到西南方向的 $119.64^{\circ}\text{ E}\sim 31.56^{\circ}\text{ N}$ ，长三角城市群朝西北部城市发展。2013 年到 2016 年，椭圆重心坐标从 $119.64^{\circ}\text{ E}\sim 31.56^{\circ}\text{ N}$ 转移到东南方向的 $119.76^{\circ}\text{ E}\sim 31.41^{\circ}\text{ N}$ ，总体空间范围变化不大。2016 年到 2019 年，椭圆重心坐标从 $119.76^{\circ}\text{ E}\sim 31.41^{\circ}\text{ N}$ 转移到西北方向的 $119.53^{\circ}\text{ E}\sim 31.57^{\circ}\text{ N}$ ，标准差椭圆空间范围明显变大，长短轴均有所增大，说明这一时期长三角城市群向西南部的安徽地区发展。

第 5 章 多中心城市网络影响经济增长的实证研究

5.1 研究设计

5.1.1 模型设定

生产函数用于描述投入要素如何转化为产出要素的过程,其适用范围包括从单个公司到整个产业乃至整个经济体的不同层面。本文采用了广义的柯布-道格拉斯型区域生产函数,这一模型不仅考虑了传统的生产要素,还融入了多中心城市网络的空间结构因素,以更全面地解释区域内的产出变化^[43]。形式如下:

$$Y = A(Net, Poly)K^{\alpha}L^{\beta}G^{\lambda}I^{\gamma} \quad (5.1)$$

其中, Y 代表产出; A(Net, Poly)为模型的效率项,表示多中心城市网络空间结构因素的影响,包括网络联系的强弱(Net)和空间结构特征(Poly)。K 表示物质资本, L 表示人力资本, G 表示政府支出, I 表示影响产出的其它因素。

将公式两边取对数并转为线性形式:

$$\ln Y = \alpha_0 + \theta \ln Net + \mu \ln Poly + \alpha \ln K + \beta \ln L + \lambda \ln G + \gamma \ln I \quad (5.2)$$

为了深入分析城市网络对区域生产的影响,本研究将城市网络的联系和多中心度概念具体化为空间权重矩阵和城市度数中心度,量化各个城市在网络中的集聚程度及其地位。采用具有一般性特征且充分考虑空间效应的空间杜宾模型:

$$\begin{aligned} pli_{it} = & \alpha_0 + \rho \sum_{j=1}^N w_{ij} pli_{jt} + \beta_1 deg_{it} + \beta_2 X_{it} + \\ & \theta_1 \sum_{j=1}^N w_{ij} deg_{jt} + \theta_2 \sum_{j=1}^N w_{ij} X_{jt} + v_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (5.3)$$

其中,下标 ij 表示城市, t 表示年份,被解释变量 pli 表示长三角地区城市经济增长水平, w_{ij} 表示 $N \times N$ 非负空间权重矩阵 w 的第 i 行第 j 列元素,核心解释变量 deg 表示各城市在多中心网络中的度数中心度, X 表示其它解释变量,包括人力资本、物质资本、政府支出等。 ρ 、 β 和 θ 是待估参数, ρ 表示其它地区被解释变量对本城市被解释变量的空间溢出效应, θ_1 表示其它城市的度数中心度对本城市被解释变量的空间溢出效应, v_i 、 μ_t 、 ε_{it} 表示个体效应、时间效应和随机扰动项。

在原始数据中,为了消除异方差和变量数量级上的差异,本文在实证研究中

对大部分解释变量做了取自然对数的处理。为消除潜在的内生性影响，模型中的所有解释变量均采用滞后一期的值。

空间权重矩阵用于空间对象的相互关系，可以解决地理空间结构的数字表达问题。构造满足外生性要求的空间权重矩阵，用以捕捉区域城市网络空间结构特征。考虑到长三角城市群各城市的经济发展水平和地理空间分布情况，分别从地理特征和经济特征构建邻接空间权重矩阵 w_1 、二阶反距离空间权重矩阵 w_2 和经济空间权重矩阵 w_3 。具体构建公式如下：

$$w_1 = \begin{cases} 1, i \text{ 与 } j \text{ 相邻} \\ 0, i \text{ 与 } j \text{ 不相邻} \end{cases} \quad (5.4)$$

$$w_2 = \frac{1}{(d_{ij})^2} \quad (5.5)$$

$$w_3 = \begin{cases} \frac{1}{|G_i - G_j|}, i \neq j \\ 0, i = j \end{cases} \quad (5.6)$$

5.1.2 变量说明

被解释变量为经济增长水平（ pli ），以夜间灯光平均亮度值表征。核心解释变量为网络节点中心性（ deg ），以度数中心度表征，利用城市常住人口、地区生产总值和地理距离等指标，构建城市间经济联系矩阵，运用社会网络分析方法测度各城市节点的度数中心度。变量值大小代表城市在网络中所处的中心权力大小，度数中心度越大，表示城市在网络中越处于核心位置^[97]。

借鉴以往研究，本文选取了 8 个控制变量。（1）人力资本（ stu ），新增长理论认为知识和专业化的人力资本积累是经济持续增长的动力源泉，劳动者的受教育程度是衡量人力资本较为准确的指标，限于数据的可得性，以在校大学生人数占总人口的比重表示。（2）物质资本（ fai ），固定资本是经济增长的重要推动力，借鉴已有研究，用固定资产投资与地区生产总值比重衡量^[114]。（3）政府支出（ fin ），考虑到地方政府和官员“为增长而竞争”的经济参与对地方经济发展的影响不容忽视，以政府财政支出与地区生产总值的比重表示。（4）对外开放（ ftd ），一个城市的对外开放水平的高低代表着该城市与国外经济联系的紧密程度，可以通过引进国外先进技术提高经济增长，这里使用外贸依存度来衡量对外开放水平。（5）基础设施（ inf ），反映城市的交通基础水平，以市辖区

人均道路面积来表示。（6）城市化率（urb），城市水平的不同反映了经济发展阶段的差异，同时影响经济增长水平，以城镇人口占地区总人口的比重表示，主要用于控制城市发展阶段的差异。（7）创新创业（inn），反映各个城市的创业活力和绩效，用区域创新创业指数表示，数据来源于北京大学开放研究数据平台；（8）产业结构（ind），考虑到现实生产活动中，地区产业结构会对地区经济增长产生重要的影响，引入二三产业产值占总产值的比重。

表 5-1 各变量描述性统计

变量	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
pli	410	14.60	11.35	0.79	49.56
deg	410	26.11	16.68	1.00	72.50
stu	410	0.59	0.80	0.02	6.24
lnfai	410	11.94	0.82	10.11	13.54
fin	410	11.65	10.64	0.68	61.41
lnftd	410	2.93	1.12	0.06	6.70
inf	410	21.34	7.104	4.04	46.40
lnurb	410	4.05	0.23	3.33	4.50
lninn	410	4.31	0.28	3.19	4.60
ind	410	0.94	0.05	0.75	0.99

运用 ArcGIS 10.7 软件绘制 2010 年、2013 年、2016 年和 2019 年的长三角城市群网络节点中心性与经济增长水平图，并以 2010 年为基期，利用自然断点法将城市群两者的强弱进行可视化处理，一级到五级表示数值由小到大，城市点的大小代表度数中心度，行政区域的不同色彩代表夜间灯光的强弱。如图 5-1 所示，不难发现，度数中心度高的城市往往其夜间灯光值也高，夜间灯光高值区以上海为中心不断向四周蔓延。

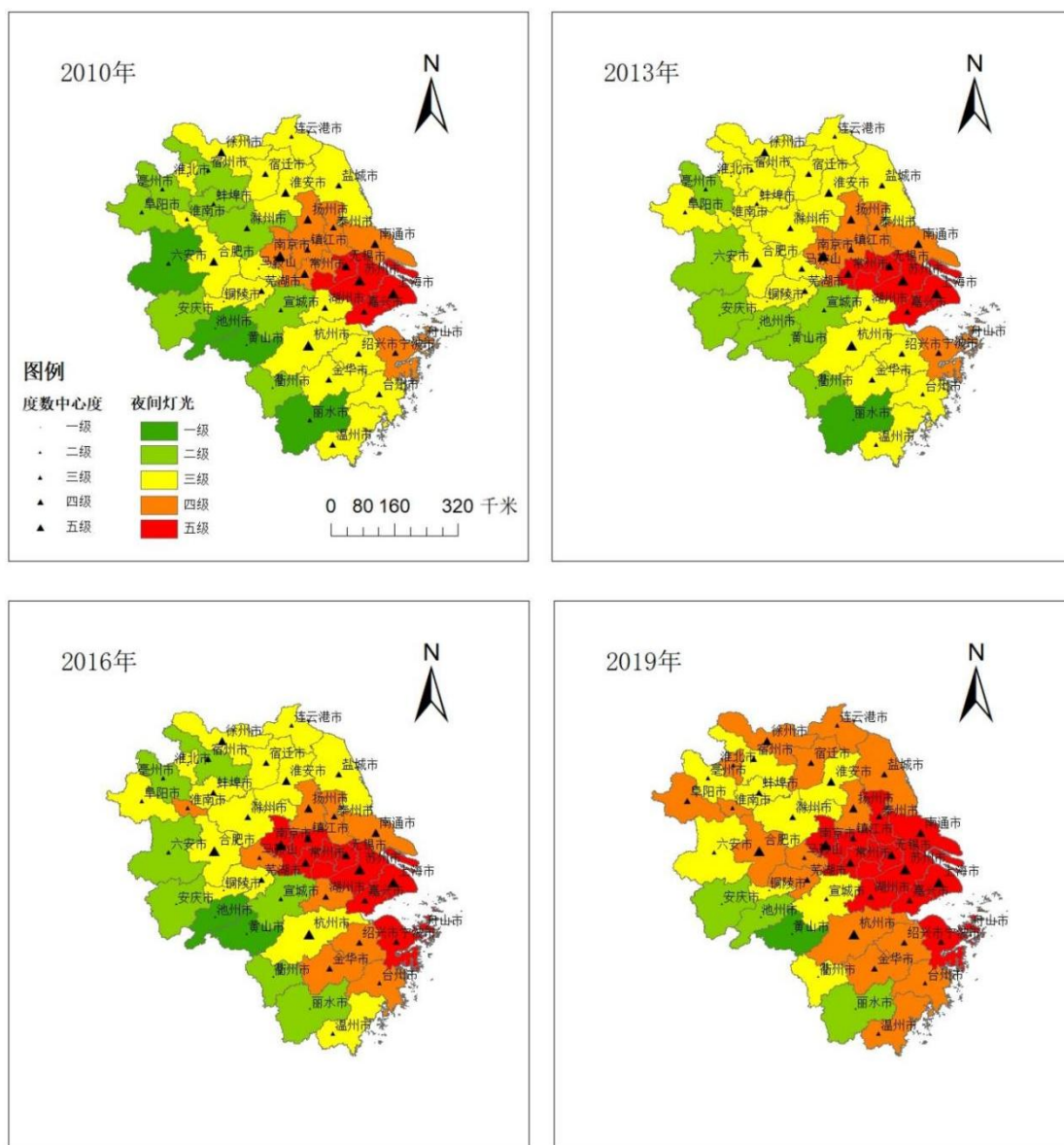


图 5-1 长三角城市度数中心度与夜间灯光时序演变图

5.1.3 数据来源

本文利用 2010-2019 年长三角地区 41 个城市的面板数据进行研究，原始数据主要来自《中国城市统计年鉴》和《中国城市建设统计年鉴》。

5.2 实证结果与分析

5.2.1 普通面板回归估计

分别对数据进行混合 OLS、个体固定效应、时间固定效应和个体时间双固定效应的普通面板回归，结果如表 5-2 所示， R^2 表示模型的总体拟合值，分别为 0.616、0.958、0.632 和 0.975，不同效应的拟合结果均理想，个体时间双固定效应的拟合效果最佳。普通面板回归只能简要分析各变量之间的关系，为探索城

市间是否存在空间效应，需进一步分析。

表 5-2 普通面板回归估计结果

变量	混合 OLS	个体固定效应	时间固定效应	个体时间 双固定效应
deg	0.146*** (3.67)	-0.074 (-1.25)	0.205*** (3.62)	0.056*** (2.18)
stu	-1.294** (-2.13)	-0.298 (-0.57)	-1.109* (-1.83)	1.922*** (4.36)
lnfai	4.284*** (4.16)	4.219*** (6.57)	2.870* (1.92)	-0.364 (-0.50)
fin	-0.001 (-0.28)	0.001*** (5.38)	-0.001 (-0.96)	-0.001 (-0.36)
lnftd	3.697*** (7.12)	-3.101*** (-5.96)	3.984*** (7.36)	-1.463*** (-3.43)
inf	0.089 (1.55)	0.043 (0.73)	0.048 (0.74)	-0.013 (-0.27)
lnurb	18.990*** (4.84)	11.280*** (3.20)	16.620*** (3.95)	-11.820*** (-3.56)
lninn	-12.010*** (-5.01)	-0.831 (-0.68)	-10.750*** (-4.29)	2.815*** (2.84)
ind	-0.211* (-1.77)	-0.373*** (-2.87)	-0.191 (-1.56)	-0.353*** (-3.39)
_cons	-57.420*** (-4.42)	-7.120 (-0.52)	-38.980** (-2.29)	122.700*** (7.92)
N	410	410	410	410
F	71.33	167.40	37.23	240.80
r2	0.616	0.958	0.632	0.975

说明：***、**、*分别对应 1%、5%和 10%的显著性水平；括号内为对应统计量。

5.2.2 空间自相关检验

基于不同空间矩阵,通过计算 2010 年至 2019 年的经济增长水平和网络节点中心性的全局莫兰指数,以检验长三角地区经济增长的空间自相关性。如表 5-3 所示,经济增长水平和网络节点中心性在邻接权重矩阵、二阶反距离权重矩阵和经济矩阵中的全局莫兰值均存在显著的空间正相关性,支持采用空间计量模型。

表 5-3 空间自相关检验结果

	邻接矩阵		二阶反距离矩阵		经济矩阵	
	pli	deg	pli	deg	pli	deg
2010 年	0.542*** (6.06)	0.313*** (3.58)	0.405*** (8.27)	0.220*** (4.16)	0.172*** (9.15)	0.092*** (5.35)
2011 年	0.538*** (6.01)	0.265*** (3.02)	0.405*** (8.25)	0.193*** (4.09)	0.171*** (0.11)	0.079*** (4.69)
2012 年	0.558*** (6.18)	0.260*** (2.96)	0.415*** (8.40)	0.187*** (3.96)	0.178*** (9.38)	0.073*** (4.42)
2013 年	0.560*** (6.23)	0.256*** (2.92)	0.411*** (8.35)	0.185*** (3.92)	0.173*** (9.17)	0.072*** (4.37)
2014 年	0.530*** (5.83)	0.256*** (2.92)	0.405*** (8.16)	0.203*** (4.25)	0.174*** (9.08)	0.079*** (4.70)
2015 年	0.540*** (5.94)	0.225*** (2.59)	0.413*** (8.28)	0.167*** (3.59)	0.178*** (9.29)	0.064*** (4.02)
2016 年	0.550*** (6.04)	0.222*** (2.57)	0.422*** (8.44)	0.167*** (3.59)	0.183*** (9.52)	0.064*** (4.01)
2017 年	0.568*** (6.17)	0.232*** (2.662)	0.420*** (8.31)	0.171*** (3.67)	0.184*** (9.45)	0.066*** (4.13)
2018 年	0.563*** (6.11)	0.210** (2.45)	0.414*** (8.21)	0.154*** (3.34)	0.180*** (9.26)	0.059*** (3.79)
2019 年	0.557*** (6.03)	0.210** (2.44)	0.406*** (8.03)	0.154*** (3.34)	0.176*** (9.05)	0.059*** (3.86)

说明: ***, **、* 分别对应 1%、5% 和 10% 的显著性水平; 括号内为对应统计量。

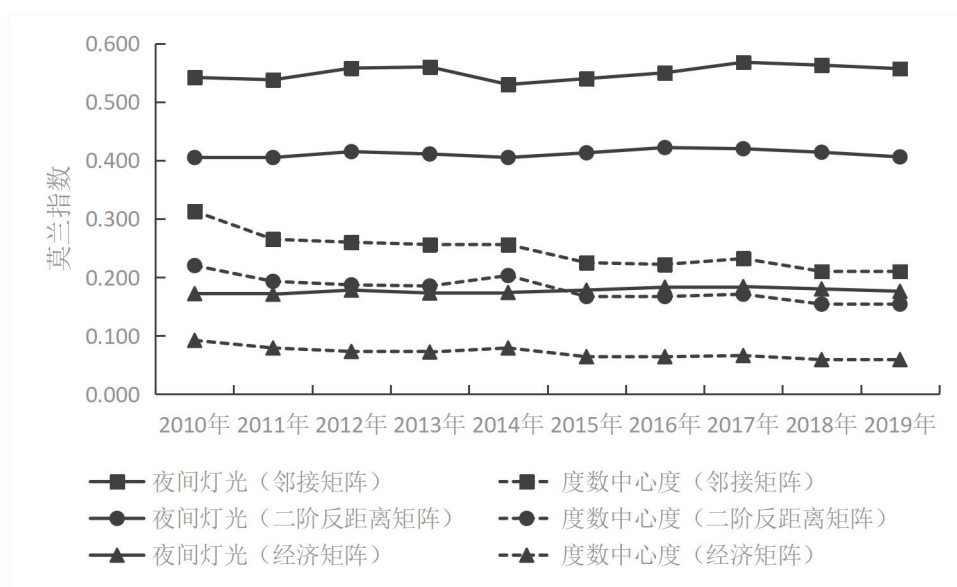


图 5-2 莫兰指数图

5.2.3 空间计量模型的检验与分析

在具体空间计量模型的选取上，检验思路是：首先，对 OLS 模型的残差进行 LM 检验，检验其是否存在空间效应；其次，利用 Hausman 检验判断随机效应或固定效应；然后利用 LR 检验判断个体固定、时间固定或双固定效应；最后，检验空间杜宾模型是否会退化为空间滞后模型或空间误差模型。

表 5-4 空间计量模型检验分析结果

	邻接矩阵	二阶反距离矩阵	经济矩阵
LM-lag	58.851***	37.253***	14.116***
LM-error	0.892	95.9***	41.928***
Hausman	37.950***	64.090***	66.540***
Irtest both time	160.970***	25.470***	40.120***
Irtest both ind	1036.560***	966.540***	970.530***
Irtest sdm sar	85.050***	49.630***	76.590***
Irtest sdm sem	96.350***	65.730***	89.610***

说明：***、**、*分别对应 1%、5%和 10%的显著性水平。

如表 5-4 所示，根据 LM 检验的结果，只有在基于邻接的空间权重矩阵视角下，LM-error 的 P 值为 0.345，LM 检验拒绝了空间误差模型，其余 P 值均显著，即在不同空间权重矩阵视角下均存在空间效应，选择建立空间杜宾模型。经 Hausman 检验和 LR 检验，对时间固定、个体固定和双固定模型进行对比分析，

择优选择时间个体双固定的空间杜宾模型。为进一步确定空间杜宾模型的适用性，发现检验结果 P 值显著，即拒绝退化为空间滞后模型和空间误差模型。

表 5-5 空间杜宾模型全样本估计结果

变量	邻接矩阵	二阶距离矩阵	经济矩阵
deg	0.114 ^{***} (2.89)	0.091 ^{**} (2.25)	0.108 ^{**} (2.57)
stu	0.972 ^{***} (2.89)	0.981 ^{***} (2.85)	1.556 ^{***} (4.16)
lnfai	1.043 [*] (1.79)	1.167 [*] (1.95)	0.513 (0.83)
fin	-0.001 (-0.63)	-0.001 (-0.80)	-0.001 (-1.32)
lnftd	-0.492 (-1.49)	-0.638 [*] (-1.87)	-0.765 ^{**} (-2.07)
inf	-0.057 (-1.54)	-0.007 (-0.19)	0.013 (0.32)
lnurb	-3.411 (-1.33)	-4.573 [*] (-1.76)	-8.306 ^{***} (-2.91)
lninn	2.007 ^{**} (2.55)	1.653 ^{**} (2.06)	2.578 ^{***} (3.00)
ind	-0.361 ^{***} (-4.54)	-0.305 ^{***} (-3.44)	-0.285 ^{***} (-2.76)
rho	0.476 ^{***} (8.33)	0.708 ^{***} (10.20)	0.617 ^{***} (5.54)
N	410	410	410
R ²	0.112	0.184	0.142

说明：***、**、*分别对应 1%、5%和 10%的显著性水平；括号内为对应统计量。

表 5-5 的全样本估计结果显示，在不同空间权重矩阵视角下，网络节点中心性等重要解释变量的估计系数均通过显著性检验。实证表明，在不同空间权重矩

阵视角下,城市经济增长普遍呈现正向空间溢出效应。在超越直接地理邻近的二阶距离空间权重矩阵和经济空间权重矩阵的视角下,城市的程度中心度估计系数分别为 0.091 和 0.108,均显著为正。这一结果表明,城市经济水平提升所带动的空间溢出效应不仅限于直接相邻的城市,还扩展至非邻接的、跨区域的、经济水平相近的城市之间。换言之,多中心城市网络通过集聚和扩散效应的互动,有效推动了城市经济增长。

由于空间滞后项的存在,进行实证结果分析时应结合模型中的解释变量,采用偏微分矩阵法^[115]将总边际效应分解成直接效应和间接效应,进行综合考察,进而更深入地分析各因素之间的关系,如表 5-6 所示。

从直接效应来看,城市在网络中的节点中心性在三种矩阵下均通过了 1%的显著性水平,影响系数分别为 0.133、0.121 和 0.142,证明度数中心度对本地区城市经济增长水平的提高存在显著的正效应。观察可知,经济矩阵下的影响系数为 0.142,是三个矩阵中的最大值,说明城市间的邻接关系和地理距离限制了度数中心度对经济增长的促进作用。正如 Fujita M 和 Krugman (1995) 所言,城市之间存在虹吸效应,中小城市没有因为邻近大城市而获得溢出效应,反而面临周边大城市和距离较远的同等城市的竞争,使得自身发展受到限制,低于其相应规模的增长预期,产生“集聚阴影”。

从间接效应来看,在邻接矩阵和二阶反距离矩阵下,网络节点中心性的空间溢出效应显著为正,在经济矩阵下为正但不显著。考虑了地理位置对于周边城市的经济增长水平具有一定的促进作用,靠近大城市的小城市可以“借用”大城市的聚集经济益处,产生的“扩散”效应大于“回波”效应,表明长三角地区多中心城市网络中城市度数多中心度的增强不仅可以形成“借用规模”和直接的集聚增长效应,提升该城市的经济增长水平,而且正向溢出效应有助于提高周边城市的经济水平,逐步实现长三角地区经济利益的共享增长。而只考虑经济差异对于周边城市的经济增长没有显著影响,表明城市在网络中的节点中心性的增强对其自身经济水平产生正向的增长效应,对其它经济邻近城市的经济增长效应不显著。

表 5-6 空间杜宾模型效应分解

变量	邻接矩阵			二阶反距离平方矩阵			经济矩阵		
	直接 效应	间接 效应	总效应	直接 效应	间接 效应	总效应	直接 效应	间接 效应	总效应
deg	0.133*** (3.31)	0.234* (1.85)	0.366*** (2.71)	0.121*** (2.89)	0.836* (1.69)	0.956* (1.90)	0.142*** (3.04)	1.677 (1.48)	1.819 (1.57)
stu	1.203*** (3.33)	3.332** (2.13)	4.535** (2.57)	1.425*** (3.54)	13.62** (2.31)	15.04** (2.45)	2.396*** (3.60)	45.20** (2.06)	47.60** (2.12)
lnfai	0.428 (0.72)	-9.184*** (-4.31)	-8.755*** (-3.59)	0.0765 (0.11)	-34.24*** (-2.85)	-34.16*** (-2.75)	-0.950 (-0.85)	-80.38** (-2.13)	-81.33** (-2.10)
fin	-0.001 (-0.63)	-0.001 (-0.19)	-0.001 (-0.32)	-0.001 (-0.65)	-0.001 (-0.02)	-0.001 (-0.07)	-0.001 (-1.54)	-0.001 (-1.28)	-0.001 (-1.30)
lnftd	-0.573 (-1.61)	-1.158 (-0.94)	-1.731 (-1.21)	-0.928** (-2.28)	-8.728 (-1.62)	-9.656* (-1.71)	-1.054** (-2.18)	-15.40 (-1.29)	-16.45 (-1.34)
inf	-0.0677 (-1.58)	-0.175 (-1.10)	-0.242 (-1.29)	-0.001 (-0.03)	0.113 (0.17)	0.112 (0.16)	0.030 (0.48)	0.715 (0.46)	0.745 (0.46)
lnurb	-5.198* (-1.89)	-25.44** (-2.26)	-30.64** (-2.40)	-6.880** (-2.23)	-71.35 (-1.54)	-78.23 (-1.62)	-12.98*** (-2.74)	-251.4* (-1.66)	-264.4* (-1.70)
lninn	2.716*** (3.40)	10.25*** (3.18)	12.97*** (3.57)	3.102*** (3.26)	44.56** (2.55)	47.67*** (2.64)	4.186*** (3.01)	87.02* (1.90)	91.21* (1.94)
ind	-0.389*** (-4.17)	-0.434 (-1.19)	-0.823* (-1.92)	-0.250** (-2.04)	1.480 (0.99)	1.230 (0.77)	-0.234 (-1.53)	2.385 (0.68)	2.151 (0.59)
rho		0.476*** (8.33)			0.708*** (10.20)			0.617*** (5.54)	
N		410			410			410	
R ²		0.112			0.184			0.142	

说明：***、**、*分别对应 1%、5%和 10%的显著性水平；括号内为对应统计量。

5.2.4 异质性检验

(1) 空间杜宾面板分位数模型

本文参考了 Chernozhukov & Hansen 提出的一般分位数回归的工具变量法估计步骤，以及 Su & Yang 的工具变量分位数估计方法，选择解释变量的空间滞后项作为工具变量，以检验空间滞后变量回归系数的显著性。显著的系数表明模型中存在空间交互效应，且经济增长的影响因素是合理的，这也确保了通过分位数回归得到的估计值的准确性。通过这种方法，我们能够更准确地捕捉和解释经济增长的空间动态。

表 5-7 报告了在邻接权重矩阵、二阶反距离权重矩阵和经济权重矩阵下空间杜宾面板分位数回归估计结果，分别列出第 10、25、50、75、90 分位点处的回归系数。

在基于地理位置的邻接权重矩阵和二阶反距离权重矩阵下，城市网络中节点中心性与城市经济增长之间呈现出正相关关系，这一关系在城市经济水平处于中等及以上时均显著。具体来说，节点中心性对经济增长的影响在经济水平较高的城市（75 和 90 分位点）比中等水平的城市（50 分位点）更为显著，表明中心性对于提升大型城市的经济水平更为有效。当考虑基于经济联系的空间权重矩阵时，节点中心性在各个经济水平分位点（25、50、75 和 90 分位点）对经济增长的影响都是正向且显著的。然而，在所有类型的空间权重矩阵中，节点中心性在最低经济增长水平的城市（10 分位点）的影响都不显著，这意味着多中心城市网络对于经济较弱的城市的增长没有显著的正面影响。

基于地理的空间权重矩阵与基于经济的空间权重矩阵的空间杜宾面板分位数回归估计结果相似，比较第 50 分位点的回归系数和第 90 分位点的回归系数，各分位点处的回归系数明显均高于低分位点处的回归系数，且基于地理的权重矩阵下各分位点的回归系数均高于基于经济的权重矩阵下各分位点的回归系数。说明节点中心性对地理邻近城市的经济增长水平的影响更为显著，并随着城市经济增长水平的提高而提高，多中心城市网络对经济增长的影响不仅与城市自身经济增长水平相关，同时与其地理邻近城市的经济水平相关。

表 5-7 空间杜宾面板分位数模型估计结果

	10%	25%	50%	75%	90%
邻接矩阵	0.019 (0.05)	0.045 (0.06)	0.261*** (0.07)	0.397*** (0.09)	0.307* (0.16)
二阶反距离矩阵	0.058 (0.05)	0.053 (0.05)	0.220*** (0.08)	0.214** (0.10)	0.301** (0.12)
经济矩阵	0.046 (0.04)	0.090** (0.04)	0.228*** (0.09)	0.207** (0.10)	0.299** (0.12)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
观测值个数	410	410	410	410	410
时间 固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
个体 固定效应	控制	控制	控制	控制	控制

说明：***、**、*分别对应 1%、5%和 10%的显著性水平；括号内为对应统计量。

（2）G60 科创走廊沿线城市异质性

G60 科创走廊沿线是中国经济最具活力、城镇化水平最高的区域之一，科创走廊的建设有利于引领区域经济发展新动能。在这条走廊上，包括上海、嘉兴、杭州、金华、苏州、湖州、宣城、芜湖和合肥在内的九个城市，虽然各自在经济上都有着不俗的表现，但研究结果显示，这些城市的多中心城市网络并没有显著地推动整体的经济增长。

如表 5-8 所示，对于 G60 沿线城市，尽管这些城市通常拥有较强的经济基础和较高的发展水平，但实证结果表明，它们之间的多中心城市网络并未对经济增长产生预期中的显著影响。以上海为例，作为国际大都市，其经济实力和科技创新能力在全国乃至全球都具有重要地位。然而，尽管上海与沿线其他城市如苏州、杭州等在经济和科技方面有着紧密的联系，但这些联系并未转化为对经济增长的显著正面影响。这可能是因为沿线城市的经济活动已经高度发达，城市间的互补性和协同效应相对较弱。此外，沿线城市可能面临着激烈的内部竞争，这可能导致资源配置的效率不高，从而影响了城市网络整体的经济推动力。

表 5-8 G60 科创走廊沿线城市异质性

	沿线城市		非沿线城市	
	直接效应	间接效应	直接效应	间接效应
deg	0.043 (0.54)	-0.103 (-0.34)	0.089* (1.84)	0.534 (1.19)
stu	-3.433** (-2.57)	-8.162* (-1.75)	2.231*** (5.37)	10.62** (2.31)
lnfai	-6.292*** (-3.51)	-23.17*** (-3.43)	0.627 (0.85)	-14.76* (-1.68)
fin	-0.001* (-1.83)	-0.000 (-0.36)	0.000 (0.13)	-0.001 (-0.97)
lnftd	-1.312** (-2.35)	-6.733** (-2.23)	-1.332*** (-2.58)	-9.154* (-1.78)
inf	-0.346*** (-2.60)	-0.390 (-0.81)	0.048 (0.97)	0.048 (0.09)
lnurb	24.671 (1.63)	-54.495 (-0.96)	-13.710*** (-4.42)	-29.033 (-0.88)
lninn	11.03 (1.63)	15.67 (0.68)	3.055*** (3.43)	24.61** (2.12)
ind	-0.299 (-0.67)	1.146 (0.79)	-0.277** (-2.21)	-0.150 (-0.13)
rho	0.255* (1.66)		0.697*** (9.80)	
N	90		320	
R ²	0.208		0.263	

说明：***、**、*分别对应 1%、5%和 10%的显著性水平；括号内为对应统计量。

与此相对照的是，非沿线城市的城市网络却显示出了显著的正向经济影响。例如，江苏省的南通市，虽不在 G60 科创走廊上，但通过与周边城市的紧密合作，如与上海的产业对接和资源共享，有效地促进了本地经济的发展。同样，浙

江省的丽水市通过发展特色产业和加强与周边城市的经济联系,也实现了经济增长的积极效果。这些城市可能通过更加紧密的合作和资源共享,实现了区域内的经济协同发展。非沿线城市网络的正面效应可能源于它们在发展过程中更加注重内部的资源整合和产业升级,以及通过城市间的合作来吸引外部投资和技术,从而有效地推动了经济增长。

5.2.5 稳健性检验

以各变量的滞后二期代入模型重新估计,篇幅有限,不考虑效应分解,估计结果显示,城市度数中心度等的估计值只发生大小变化,正负符号和显著性不变,表明本文结果的可靠性。

表 5-9 滞后二期稳健性检验结果

	邻接矩阵	二阶反距离矩阵	经济矩阵
滞后二期	0.107*** (2.67)	0.0773* (1.88)	0.087** (1.99)
控制变量	控制	控制	控制
rho	0.502*** (8.79)	0.744*** (11.55)	0.632*** (5.83)

说明:***、**、*分别对应 1%、5%和 10%的显著性水平;括号内为对应统计量。

构建不同空间权重矩阵,基于修正的引力模型,利用样本期内城市平均常住人口、平均地区生产总值、地理距离来经济距离空间权重矩阵。结果显示,度数中心度对经济增长的影响效应依然显著,证实了本文估计结果的稳健性。

表 5-10 替换空间权重矩阵稳健性检验结果

	一阶反距离矩阵
度数中心度	0.010*** (7.44)
控制变量	控制
rho	0.325** (2.18)

说明:***、**、*分别对应 1%、5%和 10%的显著性水平;括号内为对应统计量。

以城市中间中心度,对度数中心度指标进行替换并重新估计。结果显示,城

市中间中心度等的估计值只发生大小变化，正负符号和显著性不变，进一步证明了本文估计结果的稳健性。

表 5-11 更改解释变量稳健性检验结果

	邻接矩阵	二阶反距离矩阵	经济距离矩阵
中间中心度	0.108*** (2.67)	0.078* (1.89)	0.104** (2.42)
控制变量	控制	控制	控制
rho	0.464*** (7.94)	0.714*** (10.44)	0.637*** (6.00)

说明：***、**、*分别对应 1%、5%和 10%的显著性水平；括号内为对应统计量。

第6章 多中心城市网络驱动区域经济增长的传导路径研究

城市群内部和城市间的产品和要素流动复杂且不对称,通常表现为城市对农村、中心城市对小城市、发达地区对欠发达地区的资源和产品的净流入。市场机制下,这些流动促使资源向城市集中,使城市成为经济增长中心,同时带动周边地区发展,产生极化和扩散效应。区域经济的高水平协调发展离不开各层级城市之间要素优化配置基础上的产业分工协作,当城市群中的各城市形成有效的分工,整个区域的合作效应会增强。不同区域的创新能力提升推动城市功能的发展和定位变化,地方化的技术扩散因地理邻近而更易实现,有助于组织间知识的传递,发挥学习效应,降低创新的交易成本,尤其是隐性知识的传递,为城市群网络的发展提供信任基础。多中心城市网络的存在可以改善要素流动关系、优化产业分工协作和提升技术创新能力。因此,本章在检验了多中心城市网络对经济增长的影响基础之上,验证其通过加快区域要素流动、促进产业分工协作以及提升城市创新能力促进经济增长的作用机制。

6.1 区域要素流动传导路径

6.1.1 模型设定与数据说明

参考江艇的对中介效应的研究建议^[116],本文只运用因果逐步回归中介效应检验法中的两步,根据第二章节国内外关于城市网络与经济增长传导路径的研究的梳理,在理论层面提出中介变量,然后仅看解释变量对中介变量的影响,以避免区分出是否存在无法解释的直接效应。

从区域要素流动路径展开作用机制的检验。用于机制检验的模型如下:

$$pli_{it} = \alpha_0 + \rho \sum_{j=1}^N w_{ij} pli_{jt} + \beta_1 deg_{it} + \beta_2 X_{it} + \theta_1 \sum_{j=1}^N w_{ij} deg_{jt} + \theta_2 \sum_{j=1}^N w_{ij} X_{jt} + v_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (6.1)$$

$$M_{it} = \alpha_1 + \rho_1 \sum_{j=1}^N w_{ij} M_{jt} + \beta_3 deg_{it} + \beta_4 X_{it} + \theta_3 \sum_{j=1}^N w_{ij} deg_{jt} + \theta_4 \sum_{j=1}^N w_{ij} X_{jt} + v_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (6.2)$$

其中, M 主要引入城市层面反映要素流动的城市流强度 ($m1$), 为了避免可能的内生性干扰, 采用严格外生的二阶反距离空间权重矩阵进行空间杜宾回归

检验。当 β_1 显著时，表明城市网络对经济增长产生影响，当 β_3 显著时，表明城市网络将影响中介变量。

在区域要素流动传导路径重点识别多中心城市网络是否通过或多大程度上通过加快区域要素流动来驱动区域经济增长。构建城市流模型，将劳动力流动作为关键点，从城市和产业两个维度出发，对不同城市的城市功能效率、外向功能量和城市间流强度进行定量分析。相关研究通常采用基于区位商的角度来构建城市流强度模型，基本步骤和公式如下。首先，测度城市 i 各产业的区位商 $Lq_{ij} = \frac{G_{ij}/G_j}{G_i/G}$ ，其中， G_{ij} 为城市 i 产业 j 的就业人员数量， G_i 为城市 i 的就业人员总人数， G_j 为全国产业 j 的就业人员数量， G 为全国就业人数，这里的各产业参照叶珊珊等的研究，选取第二、三产业下的 18 个产业门类，即城市流强度基于此 18 个产业门类计算而得。其次，基于区位商计算外向功能量 E_{ij} ，当区位商小于 1 时， $E_{ij} = 0$ ；当区位商大于 1 时，城市 i 产业 j 的外向功能量 $E_{ij} = G_{ij} - G_i(G_j/G)$ 。最后，建立城市流模型，其公式为 $F_i = N_i \times E_i = GDP_i \times \frac{E_i}{P_i}$ ，其中，城市 i 的功能效率 $N_i = \frac{GDP_i}{P_i}$ 。

6.1.2 估计结果分析

如表 6-1 所示，以城市流强度 $m1$ 为被解释变量时，网络节点中心性的效应显著为正，表明城市网络节点中心性的提高有助于区域要素向本地集聚，并产生正向的溢出效应，使得要素流向多向度化，实现资源优化配置。与传统的层级式城市体系相比，长三角地区的多中心城市网络有效整合了垂直与水平合作，强化了城市间的联系和节点功能。这使得中小城市得以利用其专业优势或作为信息枢纽，融入更广泛的区域网络。在这种网络效应下，城市节点的重要性不再仅仅依赖于规模。资源、信息和技术在这一多维网络中的流动更为频繁和高效，促进了知识的积累和附加值的提升。同时，空间和网络关系作为知识传播的核心渠道，不仅具有本地特性，还受到区域间贸易和合作网络的影响。

表 6-1 区域要素流动中介机制检验

	m1	pli
	(1)	(2)
deg	0.006** (2.21)	0.091** (2.25)
stu	-0.033 (0.84)	0.981*** (2.85)
lnfai	0.043 (0.62)	1.167* (1.95)
fin	0.001 (0.17)	-0.001 (-0.80)
lnftd	-0.187*** (-4.75)	-0.638* (-1.87)
inf	0.011*** (2.62)	-0.007 (0.19)
lnurb	0.225 (0.73)	-4.573* (-1.76)
lninn	0.161* (1.74)	1.653** (2.06)
ind	-0.038*** (-3.66)	-0.305*** (-3.44)
rho	0.277** (2.35)	0.708*** (10.20)
N	410	410
R ²	0.053	0.184

说明：***、**、*分别对应 1%、5%和 10%的显著性水平；括号内为对应统计量。

6.2 产业分工协作传导路径

6.2.1 模型设定与数据说明

检验模型设定与上文一致，在区域产业分工协作传导路径重点识别多中心城

市网络是否通过或多大程度上通过促进区域产业分工协作来驱动区域经济增长。引入各城市区位商作为该机制检验的中介变量。区位商是区域经济学和产业经济学中的概念，可以用于测度区域集聚经济水平和专业化生产水平^[117]。经过不断发展，区位商逐渐应用于对产业集聚^[118-120]、金融集聚^[121-123]、劳动力集聚^[124,125]等的测度之中。

6.2.2 估计结果分析

如表 6-2 所示，以区位商 m_2 为被解释变量时，网络节点中心性的效应显著为正，表明城市节点中心性的提升有助于促进产业分工协作。城市通过产业关联与协作嵌入到由多个中心或次中心城市引领的生产网络和区际分工体系之中，有助于形成超越空间邻近、跨越地理边界的地域功能整合提升。梅特卡夫法则指出，网络中节点的价值随节点数量增加而增长。随着网络的扩展，区域功能和协作关系得到整合，城市通过合作实现规模经济和协同效应，从而提高分工效率和生产灵活性。

在现代信息技术普及的环境下，产业竞争已从单纯的产品与服务扩展到更广泛的领域。网络外部经济强调网络中心和节点的作用，推动资源根据市场需求而非行政指令在区域间流动，增强了节点的市场资源配置能力。城市可以利用其在网络中的地位、协同作用和外部联系，实现产业内部、产业链和产品的灵活分工，建立异地网络化制造和服务、网络联盟、平台经济等新型合作模式。这有助于区域内产业链条的有序连接，推动价值链的提升和产业向高端发展。这一过程使得规模较小、发展中的城市能够通过加入多中心区域网络，从单向依赖转变为平等合作的关系，实现大、中、小城市在产业分工中的共赢和包容性增长。

表 6-2 产业分工协作中介机制检验

	m2	pli
	(1)	(2)
deg	0.041 [*] (1.91)	0.091 ^{**} (2.25)
stu	-0.136 (-0.76)	0.981 ^{***} (2.85)
lnfai	1.204 ^{***} (3.87)	1.167 [*] (1.95)
fin	-0.0001 (-0.34)	-0.001 (-0.80)
lnftd	-0.224 (-1.26)	-0.638 [*] (-1.87)
inf	0.041 ^{**} (2.12)	-0.007 (0.19)
lnurb	11.031 ^{***} (8.12)	-4.573 [*] (-1.76)
lninn	1.249 ^{***} (2.98)	1.653 ^{**} (2.06)
ind	0.590 ^{***} (12.75)	-0.305 ^{***} (-3.44)
rho	0.635 [*] (1.75)	0.708 ^{***} (10.20)
N	410	410
R ²	0.743	0.184

说明：***、**、*分别对应 1%、5%和 10%的显著性水平；括号内为对应统计量。

6.3 区域创新能力传导路径

6.3.1 模型设定与数据说明

检验模型设定与上文一致，在区域创新能力提升传导路径重点识别多中心城

市网络是否通过或多大程度上通过创新溢出来驱动区域经济增长。引入专利授权量作为识别该机制的中介变量，用各城市的滞后一期专利授权数来衡量。

6.3.2 估计结果分析

表 6-3 区域创新能力中介机制检验

	m3	pli
	(1)	(2)
deg	0.475*** (4.06)	0.091** (2.25)
stu	0.353*** (3.48)	0.981*** (2.85)
lnfai	0.159 (0.36)	1.167* (1.95)
fin	0.003*** (6.11)	-0.001 (-0.80)
lnftd	-0.182** (-2.22)	-0.638* (-1.87)
inf	-0.370*** (-3.16)	-0.007 (0.19)
lnurb	-0.134** (-2.18)	-4.573* (-1.76)
lninn	0.159 (1.45)	1.653** (2.06)
ind	-0.511 (-0.20)	-0.305*** (-3.44)
rho	0.302*** (2.81)	0.708*** (10.20)
N	410	410
R ²	0.163	0.184

说明：***、**、*分别对应 1%、5%和 10%的显著性水平；括号内为对应统计量。

如表 6-3 所示，以专利授权量 m_3 为被解释变量时，网络节点中心性的效应显著为正，说明城市网络中节点的中心性提升，不仅能够促进创新主体间的信息交流，还能有效降低交易成本，加速知识的流动与互动，从而为区域经济增长注入新动力。网络优势的存在极大地促进了创新思维、先进技术和新知识的传播。通过建立研发合作、打造研发链条等多种网络关系形式，可以实现知识和技术的快速空间扩散，形成区域内的知识储备。这一动态不仅减少了地理空间的隔离，还有助于消除隐性障碍，推动不同区域之间的经济整合。在城市功能互补和协同作用的城市网络中，中心性提升尤为重要。它不仅增强了城市间的互联互通，还有助于提升创新主体的学习能力和吸收能力。这种能力的提升，使得城市能够更有效地完成异质性知识资产的非正式交易过程，这对于创新资源的优化配置和创新效率的提升具有重要意义。城市网络的这种协同效应，不仅能够促进本地经济的发展，还能够通过知识溢出效应，带动周边地区的经济增长，实现区域经济的整体提升。

此外，城市网络节点中心性的提升还能够吸引更多的投资和人才，形成强大的经济磁场。这不仅为城市带来了更多的发展机遇，也为区域内的企业提供了一个更加广阔的市场和更加丰富的资源。在这样一个充满活力的经济环境中，企业能够更容易地找到合作伙伴，实现资源共享和风险共担，从而提高整体的竞争力和创新能力。

第7章 结论与建议

7.1 结论

本文利用引力模型以经济流视角构建 2010-2019 年长三角城市网络,建立空间杜宾模型和空间杜宾分位数模型进行空间计量分析,探究多中心城市网络中的节点城市存在的超越地理近邻的溢出效应,尤其是节点城市在其中的联结枢纽作用和组织集散功能,通过因果逐步回归中介效应检验法中的两步,进行传导路径识别检验。研究发现:(1)长三角多中心城市网络持续扩张,城市间网络联系不断加强。“一核五圈”的都市圈网络已见雏形,上海作为核心节点城市,带动杭州、南京、合肥等城市向四周辐射,核心-边缘结构明显。(2)不同空间权重矩阵下,长三角多中心城市网络均能够对城市经济增长产生显著的正向影响,具体而言,在基于地理邻近的空间权重矩阵视角下,城市网络节点中心性的增强不仅可以形成直接的集聚增长效应,提升该城市的经济增长水平,而且能够形成正向空间溢出效应,带动周边城市经济水平的提升。(3)多中心城市网络对地理邻近城市的经济增长水平的影响更为显著,并随着城市经济增长水平的提高而提高,其影响不仅与城市自身经济增长水平相关,同时与其地理邻近城市的经济水平相关。(4)在加快区域要素流动、促进区域产业分工协作和提升区域创新能力这三条传导路径的加持下,多中心城市网络对经济增长的影响效应发挥更大的作用。

7.2 建议

在对多中心城市网络区域经济增长内在影响机理、驱动机制及传导路径等关键科学问题进行深入研究基础上,提出驱动区域经济增长的城市空间结构优化方向、引导战略和政策统筹重点,可以最大限度地发挥城市网络协同动力及节点中心城市辐射带动力。特别是针对中心城市可能带来的“集聚阴影”,提出规避城市收缩和“下行螺旋”、提升城市网络地位的管理对策。

(1) 构建“一核五圈四带”多中心城市网络,加强区域一体化建设。

按照长江三角洲城市群发展规划培育形成多级多类发展轴线,构建“一核五圈四带”的网络化空间格局,统筹共建高效率的长三角多中心城市网络体系,加

强长三角地区城市间的合作联动，畅通长三角市场网络，面向世界、面向未来，提升上海城市能级和核心竞争力，继续发挥苏浙皖比较优势，规避城市收缩和“下行螺旋”。顺应长三角经济区在沪苏浙皖的纵深发展趋势，坚持“北进南优、西联东拓、中扩提”的布局原则，优化区域空间布局，构建以上海为中心的扇形空间结构。北进策略旨在通过建设新型城市三角，实现跨江发展，平衡南北差异。南优则聚焦提升杭州、宁波、温州等城市的质量和功能。西联着重于加强南京、合肥等城市的联动，完善西部城市体系。东拓致力于拓展海洋战略空间，推动陆海统筹发展。中扩提策略意在强化区域中心城市，扩大其影响范围并提升功能定位。促进长三角地区区域一体化发展，构建长三角生态绿色一体化发展示范区，依托城市群多中心城市网络空间结构优化来推动区域经济增长，从而不断发挥国内大循环的主体作用。

（2）发挥核心城市引领作用，加强节点城市网络嵌入，推动区域经济均衡增长。

多中心城市网络对城市经济增长的影响具有明显的空间溢出效应，在制定地方政策时，各地方政府应全面评估自身在区域城市网络中的嵌入程度，并在此基础上，积极强化与周边城市之间的经济互动与合作，尤其是加强与上海、杭州、南京、合肥、无锡和苏州等核心城市之间的联系，提高多中心城市网络节点嵌入程度。核心城市需进一步发挥其引领作用，通过产业转移、技术扩散和人才流动等方式，带动周边城市的经济发展。

发挥上海金融服务、贸易、航运等行业为周边城市提供广阔的市场和高效的服务的优势，以科技创新和产业升级对周边城市产生辐射效应，推动区域内产业协同发展和技术创新。通过南京都市圈的发展，加强与周边城市如马鞍山、芜湖等城市的经济联系和资源共享，建设创新名城，吸引高新技术企业，促进产业升级和经济增长，以服务业和消费市场带动周边城市，特别是在教育、医疗、文化旅游等领域。合肥作为安徽省省会和综合性国家科学中心，可以通过科技创新和产业升级，推动战略性新兴产业发展，在量子信息、人工智能等前沿科技领域的发展，吸引国内外高端人才和企业，提升整个区域的科技实力和创新能力，打造合肥都市圈，加强与周边城市的经济联系，促进了区域经济的均衡发展。随着长三角多中心城市网络的不断发展，对处于不同经济联系水平的城市来说，其发挥的经济增长效应各有不同。因此，在政策制定中，应考虑城市间的差异，采取针

对性发展策略，以实现区域的均衡增长。

（3）加快 G60 科创走廊建设和创新飞地及其相关园区建设，发展新质生产力。

加快 G60 科创走廊建设，通过政策支持和资金投入，鼓励企业加大研发力度，掌握重点领域关键核心技术。注重高层次人才的引进和培养，通过建立院士（专家）工作站、与高校和研究机构合作等方式，吸引和培养创新人才，为科技创新提供智力支持。加强区域内的基础设施建设，提高物流效率，降低交易成本，促进区域内部的经济互动与合作。松江区作为数字经济领域的国家创新型产业集群试点，推动数字经济和先进制造业的融合发展，打造未来高质量发展的新引擎。全面贯彻长三角一体化发展国家战略，促进长三角创新飞地及其相关园区的协同发展和紧密合作，建议瞄准世界最高水平，利用长三角开发区协同发展联盟的组织优势，该联盟在中央和地方政府的支持下，应承担起长三角创新飞地的统一规划、管理、监督和指导职责。率先制定营商环境建设标准，构建一个全面、协调、可持续的产业创新和空间治理体系，推动长三角创新飞地的协同发展。

建立集空港、海港、铁路、公路和通信于一体的无缝对接基础设施网络，形成“网络化、枢纽型、多节点”体系，以促进区域间的分工合作和功能互补。全面提升长三角地区三省一市的共建共享和互联互通能力，为长三角超级经济区的全面覆盖和一体化发展提供支撑。打破行政壁垒，提升基础设施互联互通水平，加强协同创新产业体系建设，构建现代化产业集群和现代化产业体系。通过建立跨城市的交通基础设施项目，如高速铁路、城际轨道交通和高速公路网络，来提高区域内的互联互通水平。推动长三角科技创新共同体建设，强调加强区域创新一体化，以“科创+产业”为引领，充分发挥上海科技创新中心的龙头带动作用，强化苏浙皖创新优势，优化区域创新布局和协同创新生态。充分发挥政府和市场作用，推动全国原始创新策源地科技成果跨区域转化，强化产业链和创新链的相互作用，促进产业链和创新链精准对接。建立区域创新中心和高新技术产业开发区，吸引国内外高端人才和创新资源，形成创新集聚效应，发展新质生产力，推动区域经济的高质量发展。

参考文献

- [1]Evert Meijers, Burger Martijn, Camagni Roberto, et al. Static vs. dynamic agglomeration economies. Spatial context and structural evolution behind urban growth[J]. Papers in Regional Science, 2017, 95(1): 133-158.
- [2]邱坚坚, 刘毅华, 陈浩然, 等. 流空间视角下的粤港澳大湾区空间网络格局——基于信息流与交通流的对比分析[J]. 经济地理, 2019, 39(06): 7-15.
- [3]Marshall, Alfred. Principles Of Economics An Introductory Volume[J]. 1949.
- [4]Paul Krugman. Confronting the mystery of urban hierarchy[J]. Journal of the Japanese and International economies, 1996, 10(4): 399-418.
- [5]Gilles Duranton, Puga Diego. Microfoundations of Urban Agglomeration Economies[J]. 2003.
- [6]William Alonso. Urban zero population growth. Routledge, 2013: 191-206.
- [7]周圣强, 朱卫平. 产业集聚一定能带来经济效率吗:规模效应与拥挤效应[J]. 产业经济研究, 2013, (03): 12-22.
- [8]Michael-L Katz, Shapiro Carl. Network Externality, Competition and Compatibility[J]. American economic review, 1985, 75(3): 424-440.
- [9]Roberta Capello. The City Network Paradigm: Measuring Urban Network Externalities[J]. Urban Studies, 2000, 37:1925-1945.
- [10]Evert Meijers. FROM CENTRAL PLACE TO NETWORK MODEL: THEORY AND EVIDENCE OF A PARADIGM CHANGE[J]. Tijdschrift voor economische en sociale geografie, 2007, 98:245-259.
- [11]Evert-J Meijers, Burger Martijn-J, Hoogerbrugge Marloes-M. Borrowing size in networks of cities: City size, network connectivity and metropolitan functions in Europe[J]. Papers in Regional Science, 2016, 95(1).
- [12]Philip McCann, Acs Zoltan-J. Globalisation: Countries, Cities and Multinationals[J]. Research Papers in Economics, 2009, 371-386.
- [13]颜银根. 资本流动、知识溢出与经济活动的空间集聚[J]. 黄河文明与可持续发展, 2013, (03): 70-84.
- [14]白义霞. 区域经济非均衡发展理论的演变与创新研究——从增长极理论到产业集群[J]. 经

- 济问题探索, 2008, (04): 22-24.
- [15]徐佳宾, 孙晓谛. 工业效率与中国增长极形成的关系研究——基于中国地级市数据的实证检验和理论解释[J]. 经济理论与经济管理, 2021, 41(10): 19-38.
- [16]李萌, 张佑林. 论我国西部大开发的战略模式选择——来自缪尔达尔“地理上的二元经济结构”理论的启示[J]. 华中师范大学学报(人文社会科学版), 2005, (02): 130-134.
- [17]杨虎涛, 徐慧敏. 演化经济学的循环累积因果理论——凡勃伦、缪尔达尔和卡尔多[J]. 福建论坛(人文社会科学版), 2014, (04): 28-32.
- [18]张康之, 张桐. 论世界中心-边缘结构中的创新垄断[J]. 人文杂志, 2014, (11): 117-125.
- [19]Manuel Castells. The Rise of Network Society[J]. Contemporary Sociology, 2000, 26(6).
- [20]王圣云, 宋雅宁, 张玉, 等. 交通运输成本视角下长江中游城市群城市网络空间关联机制[J]. 经济地理, 2020, 40(06): 87-97.
- [21]王海江, 朱佳鸿, 张硕, 等. 公路客流视域下中国城市网络的空间集聚、层级体系与演化模式[J]. 地理研究, 2023, 42(01): 53-68.
- [22]陆江潇, 李全, 汤坤. 基于百度指数的长江沿岸中心城市网络联系特征[J]. 现代城市研究, 2020, (01): 45-51.
- [23]储君, 仝德, 曹志强, 等. 基于腾讯迁徙大数据的中国中心城市识别及网络腹地分析[J]. 地域研究与开发, 2022, 41(06): 44-47.
- [24]韩文丽, 杨鑫垚. 城市网络与创新能能力间的时空关系研究——以成渝城市群为例[J]. 科技管理研究, 2022, 42(03): 66-72.
- [25]申文青. 粤港澳大湾区创新活动与经济增长的城市网络演化研究[J]. 现代商贸工业, 2023, 44(09): 1-3.
- [26]李正图, 姚清铁. 经济全球化、城市网络层级与全球城市演进[J]. 华东师范大学学报(哲学社会科学版), 2019, 51(05): 67-78.
- [27]王耀中, 黄选爱. 中国城市网络结构及空间关联性——来自“网络流”数据的分析[J]. 财经理论与实践, 2021, 42(02): 112-118.
- [28]盛科荣, 李扬, 孙威. 中国城市网络腹地空间格局及影响因素[J]. 经济地理, 2021, 41(03): 66-76.
- [29]陈肖飞, 杜景新, 李元为, 等. 高质量发展视角下黄河流域城市网络的结构演变与影响因素研究[J]. 人文地理, 2023, 38(01): 87-96.
- [30]陆军, 毛文峰. 城市网络外部性的崛起:区域经济高质量一体化发展的新机制[J]. 经济学家,

- 2020, (12): 62-70.
- [31]董冠鹏, 张航, 郭雨臣. 基于空间计量模型的城市网络外部性定量测度[J]. 地理研究, 2023, 42(02): 495-513.
- [32]孙斌栋, 张杰. 我国城市网络研究的批判性思考[J]. 城市规划学刊, 2023, (02): 26-32.
- [33]曹文超, 韩磊. 产业集聚外部性、城市网络外部性与城市生产效率——基于中国 285 个城市和十大城市群的多地域尺度分析[J]. 西部论坛, 2022, 32(01): 16-33.
- [34]刘梅, 赵曦. 城市群网络空间结构及其经济协调发展——基于长江经济带三大城市群的比较分析[J]. 经济问题探索, 2019, (09): 100-111.
- [35]张亚丽, 项本武. 虹吸还是扩散: 城市群交通网络一体化对城市经济增长的影响——基于中国十大城市群的经验证据[J]. 商学研究, 2022, 29(02): 112-121.
- [36]Edward-L Glaeser, Jed Kolko, Albert Saiz. Consumer City[J]. Harvard Institute of Economic Research Working Papers, 2001, (1): 27-50.
- [37]Edward-L Glaeser, Saiz Albert. The Rise of the Skilled City[J]. NBER Working Papers, 2003.
- [38]乔榛, 桂琳. 劳动力流动、人口集聚与区域收入差距[J]. 商业研究, 2022, (05): 141-152.
- [39]屈小博, 胡植尧. 劳动力流动的“半透膜”——城市户籍门槛对流动人口工资溢价的影响[J]. 中国人口科学, 2022, (05): 77-91.
- [40]Gilles Duranton. AGGLOMERATION EFFECTS IN COLOMBIA[J]. Journal of Regional Science, 2016, 56(2).
- [41]Philip McCann, Acs Zoltan-J. Globalisation: Countries, Cities and Multinationals[J]. Research Papers in Economics, 2009, 371-386.
- [42]苏丹妮, 盛斌, 邵朝对. 产业集聚与企业出口产品质量升级[J]. 中国工业经济, 2018, (11): 117-135.
- [43]丁如曦, 刘梅, 李东坤. 多中心城市网络的区域经济协调发展驱动效应——以长江经济带为例[J]. 统计研究, 2020, 37(11): 93-105.
- [44]李京文, 池绍杰. 新时代大城市对周边中小城市经济增长的影响[J]. 科技进步与对策, 2019, 36(14): 31-37.
- [45]孙东琪, 陆大道, 孙斌栋, 等. 从网络描述走向网络绩效——“城市网络外部性”专辑序言[J]. 地理研究, 2022, 41(09): 2325-2329.
- [46]陆军, 毛文峰. 城市网络外部性的崛起: 区域经济高质量一体化发展的新机制[J]. 经济学家, 2020, (12): 62-70.

- [47]赵渺希,王彦开,胡雨珂,等.广佛都市圈网络外部性的城镇借用规模绩效检验[J].地理研究,2022,41(09):2367-2384.
- [48]张洪鸣,孙铁山.中国城市群城市经济增长的网络外部性及其作用机制[J].经济与管理研究,2022,43(02):48-64.
- [49]孙东琪,张京祥,胡毅,等.基于产业空间联系的“大都市阴影区”形成机制解析——长三角城市群与京津冀城市群的比较研究[J].地理科学,2013,33(09):1043-1050.
- [50]陈玉,孙斌栋.京津冀存在“集聚阴影”吗——大城市的区域经济影响[J].地理研究,2017,36(10):1936-1946.
- [51]林柄全,谷人旭,王俊松,等.从集聚外部性走向跨越地理边界的网络外部性——集聚经济理论的回顾与展望[J].城市发展研究,2018,25(12):82-89.
- [52]曹文超,韩磊.产业集聚外部性、城市网络外部性与城市生产效率——基于中国285个城市和十大城市群的多地域尺度分析[J].西部论坛,2022,32(01):16-33.
- [53]Shade-T Shuttters, Waters Keith. Inferring Networks of Interdependent Labor Skills to Illuminate Urban Economic Structure[J]. SSRN Electronic Journal, 2020.
- [54]Michiel-Van Meeteren, Neal Zachary-P, Derudder Ben. Disentangling agglomeration and network externalities: A conceptual typology[A]//2016.
- [55]王金哲,王军,余声启,等.城市网络视角下金融中心性与经济增长质量:影响效应与作用机制[J].统计与信息论坛,2020,35(03):69-76.
- [56]Donald-R Davis, Dingel Jonathan-I. A Spatial Knowledge Economy[J]. American Economic Review, 2012.
- [57]马学广,赵彩霞.中国城市网络格局阶层与布局:航空客运流的实证[J].城市发展研究,2020,27(09):66-71.
- [58]Akihiro Otsuka. A new approach to inter - regional network externalities in Japan[J]. Regional Science Policy & Practice, 2020.
- [59]何雄浪,叶连广.长江经济带城市群经济关联、空间溢出与经济增长[J].现代财经(天津财经大学学报),2020,40(01):16-28.
- [60]崔万田,王淑伟.京津冀区域经济联系强度与网络结构分析[J].技术经济与管理研究,2021,(04):117-121.
- [61]楚尔鸣,曹策,李逸飞.结构性货币政策:理论框架、传导机制与疏通路径[J].改革,2019,(10):66-74.

- [62]李培园, 成长春, 严翔. 科技人才流动与经济高质量发展互动关系研究——以长江经济带为例[J]. 科技进步与对策, 2019, 36(19): 131-136.
- [63]郭庆宾, 骆康. 中国城市群资源集聚能力的协调发展及其驱动机制——以长江中游城市群为例[J]. 中国软科学, 2020, (05): 94-103.
- [64]何凌云, 陶东杰. 税收征管、制度环境与企业创新投入[J]. 科研管理, 2020, 41(09): 42-50.
- [65]叶文辉, 陈凯. 成渝城市群创新协同及空间效应特征[J]. 经济体制改革, 2020, (05): 65-72.
- [66]杜群阳, 俞航东. 中国多维城市空间结构与地区收入差距[J]. 地理科学, 2020, 40(05): 720-729.
- [67]陈旭, 邱斌. 多中心结构、市场整合与经济效率[J]. 经济学动态, 2020, (08): 70-87.
- [68]王华星, 石大千, 余红伟. 高铁开通能够促进区域经济协调发展吗? [J]. 上海经济研究, 2019, (11): 59-69.
- [69]李培鑫, 张学良. 城市群集聚空间外部性与劳动力工资溢价[J]. 管理世界, 2021, 37(11): 121-136.
- [70]Chun Li, Duan Xingwu. Exploration of Urban Interaction Features Based on the Cyber Information Flow of Migrant Concern: A Case Study of China's Main Urban Agglomerations[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2020, 17(12).
- [71]李腾, 崔格格. 双向关联视域下城市网络与经济发展——基于社会网络与空间计量的实证分析[J]. 城市发展研究, 2023, 30(01): 25-28.
- [72]李晓阳, 鄢晓凤, 罗超平, 等. 长三角人口集聚与产业结构高级化的互动关系研究[J]. 华东经济管理, 2020, 34(01): 18-27.
- [73]陈大峰, 闫周府, 王文鹏. 城市人口规模、产业集聚模式与城市创新——来自 271 个地级及以上城市的经验证据[J]. 中国人口科学, 2020, (05): 27-40.
- [74]刘秉镰, 高子茗. 城市群空间结构视角下中国式城镇化的内涵、机制与路径[J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2023, 43(04): 11-22.
- [75]于光妍, 周正. 城市群产业分工、结构升级与经济增长[J]. 技术经济与管理研究, 2021, (11): 116-120.
- [76]杨小林, 张亚美, 金英淑, 等. 基于竞争——合作视角的中原城市群城市竞争力空间格局研究[J]. 改革与开放, 2018, (15): 48-51.
- [77]伍笛笛. 中国城市群多样化集聚对经济增长影响的实证研究——基于面板数据门槛回归的方法[J]. 经济问题探索, 2020, (09): 90-99.

- [78]石磊, 陈乐一, 李玉双. 区域经济增长的同群效应——来自中国城市数据的经验证据[J]. 地理研究, 2020, 39(04): 853-864.
- [79]王青, 李佳馨, 郭辰. 城市群功能分工对经济高质量发展的影响——基于长三角城市群面板数据的实证分析[J]. 企业经济, 2020, (05): 53-61.
- [80]伍笛笛. 中国城市群多样化集聚对经济增长影响的实证研究——基于面板数据门槛回归的方法[J]. 经济问题探索, 2020, (09): 90-99.
- [81]尚永珍, 陈耀. 功能空间分工与城市群经济增长——基于京津冀和长三角城市群的对比分析[J]. 经济问题探索, 2019, (04): 77-83.
- [82]王志勇, 叶祥松, 林仲豪. 城市间功能互补测度研究——以三大城市群为例[J]. 南通大学学报(社会科学版), 2020, 36(02): 125-131.
- [83]曾鹏, 李洪涛, 邢小玉, 等. 中心城市首位度对区域经济协调发展的影响研究——基于中国19个城市群的分析[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2023, 29(01): 56-69.
- [84]李佳谔, 孙铁山, 张文忠, 等. 产业的区域空间效应及其作用机理[J]. 城市规划学刊, 2020, (01): 41-47.
- [85]张荣, 郝大江. 产业联动与经济发展研究综述[J]. 商业经济, 2019, (04): 4-5.
- [86]张震. 粤港澳大湾区产业结构变迁对经济协调发展的影响[J]. 科技进步与对策, 2019, 36(07): 48-55.
- [87]Batten, David. Network Cities: Creative Urban Agglomerations for the 21st Century[J]. Urban Studies, 1995, 32(2): 313-327.
- [88]JOHANNES GLUECKLER. Geography of Reputation: The City as the Locus of Business Opportunity[J]. Regional studies, 2007, 41(7): 949-961.
- [89]Joan Trullén, Domenech Rafel-Boix. Knowledge, networks of cities and growth in regional urban systems[J]. Papers in Regional Science, 2007, 86.
- [90]Stefan Lüthi, Thierstein Alain, Goebel Viktor. Intra - Firm and Extra - Firm Linkages in the Knowledge Economy: the Case of the Emerging Mega - City Region of Munich[M]. Commodity Chains and World Cities, 2011.
- [91]Peiran Xiong. Path Optimization of Enterprise Network Innovation Performance Management Based on Deep Learning and Internet of Things[J]. Journal of Mathematics, 2022, 2022.
- [92]曹湛, 彭震伟. 全球城市与全球城市—区域“属性与网络”的关联性——以上海和长三角为例[J]. 经济地理, 2017, 37(05): 1-11.

- [93]姚常成, 吴康. 集聚外部性、网络外部性与城市创新发展[J]. 地理研究, 2022, 41(09): 2330-2349.
- [94]种照辉, 覃成林, 叶信岳. 城市群经济网络与经济增长——基于大数据与网络分析方法的研究[J]. 统计研究, 2018, 35(01): 13-21.
- [95]张洪鸣, 孙铁山. 中国城市群城市经济增长的网络外部性及其作用机制[J]. 经济与管理研究, 2022, 43(02): 48-64.
- [96]李敬, 陈澍, 万广华, 等. 中国区域经济增长的空间关联及其解释——基于网络分析方法[J]. 经济研究, 2014, 49(11): 4-16.
- [97]潘苏, 种照辉, 覃成林. 基于先进生产性服务业的粤港澳大湾区城市网络演化及其影响因素[J]. 广东财经大学学报, 2019, 34(01): 103-112.
- [98]陈昕, 彭建, 刘焱序, 等. 基于 DMSP/OLS 夜间灯光数据的京津冀地区城市空间扩展与空间关联测度[J]. 地理研究, 2018, 37(05): 898-909.
- [99]刘华军, 刘传明, 孙亚男. 中国能源消费的空间关联网络结构特征及其效应研究[J]. 中国工业经济, 2015, (05): 83-95.
- [100]叶连广, 何雄浪, 邓菊秋. 经济关联网络对民族地区县域经济增长的影响效应[J]. 民族学刊, 2023, 14(02): 40-55.
- [101]王建康. 基于引力模型的福建省城市经济联系研究[J]. 吉林师范大学学报(自然科学版), 2020, 41(04): 114-123.
- [102]胡青青, 郑千一, 陈黎明. 城市网络特征对金融效率影响的实证分析[J]. 统计与决策, 2022, 38(16): 152-156.
- [103]叶珊珊, 曹明明, 胡胜. 关中平原城市群经济联系网络结构演变及对经济增长影响研究[J]. 干旱区地理, 2022, 45(01): 277-286.
- [104]盛科荣, 张杰, 张红霞. 上市公司 500 强企业网络嵌入对中国城市经济增长的影响[J]. 地理学报, 2021, 76(04): 818-834.
- [105]周宏浩, 谷国锋. 外部性视角下中国城市网络演化及其环境效应研究[J]. 地理研究, 2022, 41(01): 268-285.
- [106]徐康宁, 陈丰龙, 刘修岩. 中国经济增长的真实性的检验: 基于全球夜间灯光数据的检验[J]. 经济研究, 2015, 50(09): 17-29.
- [107]周玉科, 高锡章, 倪希亮. 利用夜间灯光数据分析我国社会经济发展的区域不平衡特征[J]. 遥感技术与应用, 2017, 32(06): 1107-1113.

- [108]范子英,彭飞,刘冲. 政治关联与经济增长——基于卫星灯光数据的研究[J]. 经济研究, 2016, 51(01): 114-126.
- [109]晁静,赵新正,李同昇,等. 长江经济带三大城市群经济差异演变及影响因素——基于多源灯光数据的比较研究[J]. 经济地理, 2019, 39(05): 92-100.
- [110]秦永,方迎风,刘凯敏. 夜间灯光数据替代 GDP 指标时需关注的问题[J]. 统计与决策, 2023, 39(02): 5-10.
- [111]曹子阳,吴志峰,匡耀求,等. DMSP/OLS 夜间灯光影像中国区域的校正及应用[J]. 地球信息科学学报, 2015, 17(09): 1092-1102.
- [112]董磊磊,潘竟虎,冯娅娅,等. 基于夜间灯光的中国房屋空置的空间分异格局[J]. 经济地理, 2017, 37(09): 62-69.
- [113]张超,王春杨,吕永强,等. 长江经济带城市体系空间结构——基于夜间灯光数据的研究[J]. 城市发展研究, 2015, 22(03): 19-27.
- [114]李腾,崔格格. 双向关联视域下城市网络与经济发展——基于社会网络与空间计量的实证分析[J]. 城市发展研究, 2023, 30(01): 25-28.
- [115]James-Paul LeSage. Introduction to spatial econometrics[A]//2009.
- [116]江艇. 因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J]. 中国工业经济, 2022, (05): 100-120.
- [117]Ma Tao, Huang Yin, Tao Hong. Urban network externalities, agglomeration economies and urban economic growth[J]. Cities, 2020, 107(3): 102882.
- [118]田刚元,陈富良. 数字经济、产业集聚与黄河流域制造业高质量发展[J]. 统计与决策, 2022, 38(21): 10-14.
- [119]唐晓华,李静雯. 经济增长目标、策略性财政政策与产业协同集聚[J]. 当代经济科学, 2023, 45(02): 73-87.
- [120]麻学锋,赵洁. 旅游产业集聚对民生福利的影响研究——以湘西地区为例[J]. 地理科学进展, 2023, 42(08): 1486-1500.
- [121]谭蓉娟,郭宝琳. 金融集聚与产业集聚相互作用的机制与路径: 以珠三角制造业为例[J]. 广东财经大学学报, 2021, 36(05): 103-112.
- [122]宋志秀,葛翔宇. 金融集聚、政府干预、对外开放与地区经济发展[J]. 统计与决策, 2022, 38(19): 150-153.
- [123]姚璐,王书华. 黄河流域金融集聚对绿色经济效率影响的空间溢出效应研究——兼论环境规制的调节作用[J]. 地理科学, 2023, 43(10): 1783-1792.

- [124]孙文浩, 张杰. 高级劳动力要素增密对城市创新的动态影响[J]. 上海经济研究, 2021, (04): 67-83.
- [125]欧晓静, 李红. 贸易开放对异质性劳动力集聚的影响研究——来自中国 285 个地级及以上城市的经验证据[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2023, 29(04): 17-32.

致谢

在这篇论文的最后，我想表达我最深切的感谢和崇高的敬意。首先，我要感谢我的导师，他的专业知识、严谨的学术态度和无私的指导是我完成这篇论文的坚强后盾。在研究过程中，导师的耐心指导和建设性的批评帮助我克服了一个又一个难关，他的言传身教将是我今后学术道路上宝贵的财富。我还要感谢我的家人，他们无条件的爱与支持是我不断前进的动力。在我繁忙和压力重重的研究生生活中，家人始终给予我无限的关心和鼓励，他们的理解和牺牲让我能够专心致志于学术追求。此外，我要感谢我的同学和朋友们，与他们的讨论和交流极大地丰富了我的研究视野。他们的友谊和支持让我在学术探索的道路上不再孤单，我们共同度过的日日夜夜将成为我永远珍贵的记忆。再次感谢所有给予我支持和鼓励的人，是你们让这篇论文得以顺利完成。

古亚星

2024年5月29日