

长江经济带区域物流的空间联系格局及其驱动机制研究

刘程军 周建平 蒋建华¹

(浙江工业大学 之江学院, 浙江 绍兴 312030)

【摘要】: 文章利用引力模型、泰尔指数、模糊聚类以及轴辐式理论分析方法探究了长江经济带 109 个城市的物流空间联系特征、物流中心城市识别及轴辐式网络构建, 并利用杜宾模型分析了物流空间联系格局形成的驱动力。研究发现: 长江经济带区域物流综合能力逐年上升, 区域间联系强度也在不断增长, 在空间上表现为“东强西弱”的分异趋势特征; 多核心的网络联结格局明显, 空间联系网络结构逐渐复杂化, 在长三角城市群形成了多层次复杂网络结构, 在成渝及长江中游城市群形成初具雏形的网络结构; 在内源力(经济规模、工业基础、创新驱动、专业化程度)以及外向力(区位优势)等多种因素驱动下物流空间联系格局形成, 并基于中心城市物流优势构建了层级化的轴辐式网络结构, 以沪苏杭、汉长和成渝的一级轴心城市, 和以南京、无锡、合肥, 南昌, 昆明、贵阳等二级轴心城市形成了三大城市群物流圈。

【关键词】: 区域物流 空间联系 引力模型 轴辐理论 驱动机制

【中图分类号】: F127; F250 **【文献标志码】:** A **【文章编号】:** 1007-5097 (2019) 09-0087-10

一、引言及文献综述

在经济全球化与区域一体化的双重转型发展的背景下, 生产要素在城市间的流动性持续增强。20 世纪 90 年代, 自 Castells 提出了以流通要素作为区域研究范式的流空间概念^[1], 此相关的研究体系不断完善^[2,3,4], 其中, 区域流空间研究成了学术研究的热点问题之一, 流空间研究主要涉及实体物品流通与虚拟性资源输送^[5], 其拓展了区域空间联系网络的研究视角, 在区域经济的探索中, 交通流动能构筑区域间的地理联系, 推动区域一体化发展^[6,7], 信息流动和资金流动可突破空间限制, 促进区域间经济的协调发展^[8], 物流作为输送生产生活要素的支柱产业, 在城镇化快速提升的进程中, 物流产业结构及产业发展水平发生了巨大的转变^[9,10], 物流极大地促进要素有效流转, 优化区域资源配置, 是城市经济发展的重要源泉之一^[11,12], 这也引起了相关政府部门对区域物流发展的足够重视, 其中, 国务院颁布的《物流业发展中长期规划(2014-2020 年)》强调了要促进物流产业结构调整、转变原有发展方式, 加强物流网络建设以及协调区域物流发展, 以此提高区域竞争力和促进生态文明建设。因此, 物流作为新经济增长中的基础性和战略性产业, 其空间联系状况关系到现代服务产业功能属性的落实, 还能协同优化关联产业的要素流转, 为实现区域经济的高质量发展提供产业支撑。

基金项目: 浙江省自然科学基金项目“科技新城创新生态系统的形成机理、共生绩效以及空间效应研究”(LQ19G030011); 杭州市社会科学常规性规划课题“‘众创空间’生态系统健康绩效、毒理机制及其优化策略研究”(Z19JC053); 浙江省软科学研究计划项目“基于空间视角的产城融合运作机制与优化路径研究: 以浙江省为例”(2017C35004)

作者简介: 刘程军(1987-), 男, 湖南邵阳人, 博士, 研究方向: 产业经济与区域发展;
周建平(1995-), 男, 浙江丽水人, 硕士, 研究方向: 区域创新与区域金融;
蒋建华(1962-), 男, 浙江海宁人, 教授, 研究方向: 金融与区域发展。

城市区域作为高度发达的复杂系统，其网络联系涵盖了经济、社会、文化、政治等多个层面内容^[13]，随着新经济的崛起，区域之间交流日益密切，区域发展逐渐从个体发展走向相互联系的整体，彼此相互关联产生的空间联系^[14]，各区域间相互依存度也在不断提高。关于区域空间结构方面的研究受到了众多学者的关注^[15]，部分学者通过空间联系数值测度及网络结构的剖析揭示了经济演化规律^[16]，也有从产业要素联系角度对区域网络空间结构进行分析^[17, 18, 19]，而对于区域物流空间结构方面的探究，有根据公路货运联系数据深入探讨中国城际公路货运空间网络特征^[20]，也有运用多源数据探究物流集群空间格局演化情况，识别出物流集群的发育水平、类型和发展模式^[21]，但更多的利用引力模型构建区域物流网络^[22, 23]，以往对于区域物流网络空间特征的研究，较多关注区域物流网络构建，对物流空间联系特征及网络结构研究较少，尤其是针对长江经济带的区域物流空间联系以及区域物流空间联系格局形成的驱动机制研究尚未完全展开。

长江经济带是中国最重要的流域经济带之一，沿着长江中轴横贯东中西三大区域，发展长江经济带对中国区域经济格局优化具有十分重要的战略意义，近年来针对该区域的研究成果不断涌现，主要集中在区域空间结构、区域联系与合作等方面^[24]，涉及领域从产业层面的结构分析^[25]、产业的承接和转移探讨^[26]到城市层面的影响力评价^[27]，城市群研究^[28]再延伸至经济空间格局演变^[29]，联系网络构建^[30]，对长江流域中区域物流方面的探讨主要在长三角范围^[10, 31]，但是关于长江经济带区域物流空间联系探讨还较少，尤其是区域物流空间联系演变背后的影响机制鲜有人关注。本研究基于引力模型探究长江经济带区域物流空间联系网络特征，在城市群视角下构建轴-辐式网络结构，构建空间联系的实证研究框架，最后通过空间计量模型测度物流空间联系格局形成的驱动机制，以期为长江经济带区域物流的高质量发展提供理论支撑。

二、数据来源、研究区域及研究模型

（一）数据来源及研究区域

本研究的分析区域为长江经济带，其覆盖长江流域周边九省二市，包括长三角城市群（上海、江苏、浙江、安徽）、长江中游城市群（江西、湖北、湖南）、泛成渝城市群（重庆、四川、云南、贵州）中的 109 个城市，根据统计年鉴资料显示，作为我国经济发展格局中重要的区域经济带，在 2016 年，长江经济带以仅占全国约 21.4%的土地面积支撑起全国经济总量的 43.1%，形成了全国规模最大的产业经济带。

本研究所需的长江经济带区域物流综合能力评价体系数据来源于 2007-2017 年《中国城市统计年鉴》，对于少数缺失的数据，利用区域相邻地区进行数据类比并结合插值法估算得到，引力模型中使用的各城市间时间成本距离通过百度 API 功能批量获取。

（二）研究模型

1. 区域物流综合能力的评价模型

区域物流综合能力是衡量区域物流产业发展水平的指标，代表了区域物流竞争力的强弱。区域物流综合能力越高，物流产业发展水平则越强，该地区对其他城市的物流空间联系也更为密切，根据相关学者方法^[32]，本研究采用熵权-TOPSIS 法评价长江经济带的区域物流综合能力。

首先需要进行区域物流综合能力评价指标选择，再确定各指标权重，考虑到许多指标赋权方法具有较强主观性，为了避免对权重的主观影响，本研究采用熵权法来确定各评价指标权重，熵概念源自热力学，是热能的变化量除以温度所得的值，而后广泛运用于信息论中，指标信息熵越小，则提供的信息量越大，权重也越高^[32]。TOPSIS 法根据评价对象与理想化目标的相对接近程度进行排序的方法，对有限个对象进行相对优劣的评价，通过熵权法计算出权重后，将权重与规范化矩阵相乘得到评价矩阵，最后确定项目的接近度，得到评价价值。熵权-TOPSIS 法主要计算步骤如下：

(1) 对于 m 个评价指标, n 个评价样本, 对于第 j 个评价指标, 第 i 个评价样本, 构建评价矩阵 $[x_{ij}]_{n \times m}$ 表示, 并进行无量纲化处理;

(2) 计算出各指标的信息熵值:

$$e_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n x_{ij} \ln x_{ij} \quad (1)$$

(3) 接着确定各指标的权重:

$$w_j = (1 - e_j) / \sum_{j=1}^m (1 - e_j) \quad (2)$$

(4) 将权重与规范化矩阵相乘得到评价矩阵:

$$M = [m_{ij}]_{n \times m}, m_{ij} = w_j x_{ij} \quad (3)$$

(5) 确定最优解 S_j^+ 和最劣解 S_j^- :

$$\begin{aligned} S_j^+ &= \max(m_{1j}, m_{2j}, \dots, m_{nj}), \\ S_j^- &= \min(m_{1j}, m_{2j}, \dots, m_{nj}) \end{aligned} \quad (4)$$

(6) 计算各待评价项目到正理想解的欧式距离 (D_i^+) 和到负理想解的距离 (D_i^-), 得到最后综合评价值:

$$C_i = D_i^- / D_i^+ = D_i^- C_i = D_i^- / D_i^+ + D_i^- \quad (5)$$

上述公式中, 其中, C_i 是项目 i 与最优解的相对贴适度; 值越大表示评价样本越优。

2. 区域物流空间联系网络模型

(1) 修正的引力模型。本研究为细致探讨长江经济带各城市间的物流联系网络, 通过构建引力模型进行区域间作用关系分析, 抽象化表现长江经济带物流网络, 以长江经济带城市作为网络节点, 把反映网络节点间的物流联系引力抽象为网络连接线, 并采用物流引力联系强度反映网络节点之间的联系值, 引力模型中区域物流“质量”值为城市物流综合能力的评价值, 城市之间距离计算考虑长江经济带交通复杂性, 根据相关学者的做法^[33], 利用长江经济带城市间的时间成本距离进行计算, 修正引力模型, 计算公式如下:

$$R_{ij} = KM_i M_j / T_{ij}^\theta \quad (6)$$

上述公式中, R_{ij} 是代表物流节点研究单元 i 与 j 之间的物流引力强度; K 为物流节点研究单元之间物流引力的引力常量, 一般取值为 1; M_i 以及 M_j 表示研究单元 i 与研究单元 j 的物流“质量”; T_{ij} 为城市 i 和城市 j 之间的时间成本距离, θ 则常取 2。

(2) 最大引力线和势能模型。最大引力线可以表现出长江经济带局部的区域物流影响力, 而势能模型可以展现全局的影响力, 找出中心地位相对较高城市。对于任意县域 i 与其他城市构成空间联系时, 存在与某一城市构成的最大引力值 G_i^{\max} , 该最大引力值所在的网络线称为最大引力线, 势能模型则表现某城市与其他城市空间联系值总和^[18]。最大引力值 G_i^{\max} 和势能 P_i 公式分别如下:

$$G_i^{\max} = \max [G_{i1}, G_{i2}, G_{i3}, \dots, G_{ik}] \quad (7)$$

$$P_i = \sum_{j=1}^k G_{ij} \quad (8)$$

3. 城市群视角下轴-辐物流网络模型构建

(1) 城市群区域物流发展水平差异测度模型。泰尔指数可以测度区域发展差异, 并具有可加性和分解性, 本研究利用泰尔指数对长江经济带三大城市群进行区域物流测度, 测量城市群组内和组间差异, 相关计算公式如下^[34]:

$$I_{\text{theil}} = \sum (y_i/Y) \lg [(y_i/Y) / (x_i/X)] \quad (9)$$

可以通过泰尔指数的分解, 发现城市群内部及城市群之间差异情况, 相关计算公式如下:

$$I_{\text{theil}} = I_{(\text{inter})} + \sum (Y_i/Y) I_{i(\text{intra})} \quad (10)$$

$$I_{(\text{inter})} = \sum (Y_i/Y) \lg [(Y_i/Y) / (X_i/X)] \quad (11)$$

$$I_{i(\text{intra})} = \sum (y_j/Y_i) \lg [(y_j/Y_i) / (x_j/X_i)] \quad (12)$$

$$Y_i = \sum Y_j, X_i = \sum X_j (j \in i, i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (13)$$

其中, I_{theil} 表示泰尔指数, 代表长江经济带物流产业发展差异情况, $I_{(\text{inter})}$ 表示组间差距, 即城市群间的差异, y_j 和 x_j 分别表示第 j 个城市的物流量与经济总量, X_i 和 Y_i 分别表示第 i 个城市群物流总量和经济总量, X 和 Y 分别表示长江经济带整体物流总量和经济总量, 本研究选取各城市的货运总量和 GDP 总量等数据。

(2) 物流中心城市等级识别模型。模糊 C 均值聚类 (FCM) 是基于传统硬划分的 C 均值聚类改进的聚类算法, 是无监督模式识别的广泛运用的一种方法, 由隶属度函数值确定数据点属于某个聚类的程度。因模糊划分矩阵 U 具有一定的模糊性, 提高了等级识别的准确性。目标函数公式如下^[35]:

$$J_m = \sum_{i=1}^D \sum_{j=1}^N u_{ij}^m \|x_i - c_j\|^2 \quad (14)$$

其中, D 是数据点的个数, N 是簇的个数, m 是模糊划分矩阵指数, 用于控制模糊重叠度, x_i 是第 i 个数据点, c_j 表示第 j 个簇的中心, u_{ij} 表示隶属度。

本研究通过构建物流中心城市等级识别模型, 来进一步验证最大引力线联结和空间联系势能的中心地位影响, 并在此基础上加入城市物流综合能力评价价值进行分析, 以物流综合能力评价价值 m , 最大引力联结数 s 和势能值 p 构建数据集 I , 如下所示:

$$I = \{ (m, \xi s + (1 - \xi) p) \} \quad (15)$$

其中, ξ 表示系数, 因考虑最大引力线联结和空间联系势能都为中心地位影响, 以此使算法简单化, 将两个数值归一化后合并分析。

(3) 城市群内轴心城市辐射范围分析。利用模糊聚类模型进行城市物流中心识别后, 结合长江经济带各城市间物流引力值计算物流隶属度, 以此重构物流网络, 物流隶属度可以分析轴心城市物流的影响范围, 相关公式如下^[36]:

$$P_{ij} = R_{ij} / \sum_{k=1}^n R_{ik} \quad (16)$$

其中, P_{ij} 表示节点城市 j 与轴心城市 i 的物流隶属度, R_{ij} 表示物流引力值。

三、长江经济带区域物流的空间联系格局

(一) 长江经济带的区域物流综合能力分析

1. 区域物流综合能力评价指标选择

随着区域物流一体化趋势的不断加强, 区域物流综合能力评价更具多样性和复杂性, 单一指标已经难以准确地刻画区域物流的实际情况, 系统梳理相关文献后发现, 构成区域物流综合能力发展水平的要素相对较多, 刘荷^[37]在社会经济发展水平、物流市场供求状况和基础设施建设状况 3 个维度选取了 18 个指标, 对在海西区枢纽节点城市的区域物流等级进行了评价; 李明芳针对京津冀地区的区域物流评价体系中则从综合发展状况、物流供求状况、物流基础设施建设以及物流行业发展水平四个方面进行选择^[36]; 戴德宝则从区域经济基础、物流供求状况、物流支持状况、信息化水平四个角度对西部地区物流发展水平进行了测度^[38]。为了较为全面地剖析长江经济带各城市的区域物流水平, 并考虑数据可获得性以及科学性, 本研究从物流需求规模, 物流基础水平, 物流信息化程度, 物流规模水平等方面选择评价指标。本研究构建以下区域物流综合能力评价指标体系, 如表 1 所列, 在经济发展水平一级指标中选取: 地区生产总值、规模以上工业总产值、全社会消费者零售总额指标; 在物流基础水平一级指标中选取: 城市道路面积、物流从业人数; 在物流信息化程度一级指标中选取: 移动电话用户数、互联网接入用户; 在物流规模水平一级指标中选取: 货运总量、邮政业务总量。

建立评价指标体系之后, 运用熵权法确定指标权重, 为了避免个别年份的影响, 分别计算 2006 年、2011 年、2016 年三年数据以及均值, 均值数据为, $X_1(0.0947)$ 、 $X_2(0.1222)$ 、 $X_3(0.0992)$ 、 $X_4(0.1027)$ 、 $X_5(0.1627)$ 、 $X_6(0.0686)$ 、 $X_7(0.1405)$ 、 $X_8(0.0675)$ 、 $X_9(0.1421)$, 从权重中可以看出, 物流从业人数 (X_5) 的权重最高, 均值为 0.1627, 这表明地区物流从业人数是区域物流综合能力主要的构成要素, 均值大于 0.1 的指标有工业总产值 (X_2)、城市道路面积 (X_4)、物流从业人数 (X_5)、互联网接入用户 (X_7)、邮政业务 (X_9), 这些指标权重较高, 在评价长江经济带区域物流发展水平中起到较大的作用。

表 1 城市物流综合能力评价指标

| 一级指标 | 二级指标 | 变量 表征 | 2006 年熵权 | 2011 年熵权 | 2016 年熵权 | 均值 |
|------------|----------------|----------|----------|----------|----------|--------|
| 物流需求规模 | 地区生产总值 | X1 | 0.0914 | 0.0948 | 0.0977 | 0.0947 |
| | 工业总产值 | X2 | 0.151 | 0.1149 | 0.1006 | 0.1222 |
| | 全社会消费品 零售总额 | X3 | 0.0919 | 0.1029 | 0.1027 | 0.0992 |
| 物流基础 水平 | 城市道路 面积 | X4 | 0.1141 | 0.0932 | 0.1007 | 0.1027 |
| | 物流从业 人数 | X5 | 0.1264 | 0.1685 | 0.1931 | 0.1627 |
| 物流 信息化度 | 移动电话 用户数 | X6 | 0.0772 | 0.0638 | 0.0648 | 0.0686 |
| | 互联网 接入用户 | X7 | 0.1856 | 0.1559 | 0.0798 | 0.1405 |
| 物流规模 水平 | 货运总量 | X8 | 0.066 | 0.0639 | 0.0726 | 0.0675 |
| | 邮政业务 总量 | X9 | 0.0963 | 0.142 | 0.1879 | 0.1421 |

2. 长江经济带区域物流综合能力水平的时空分异

区域物流综合能力可以反映城市物流产业发展水平，为了更好地阐述时空分异特征，本研究选取了 2006 年、2011 年、2016 年三个时间节点数据，将计算得出的物流综合能力评价按 ArcGIS10.1 的五类自然断点法划分为高值、较高值、中值、较低值、低值等五个类型，绘制得到图 1。

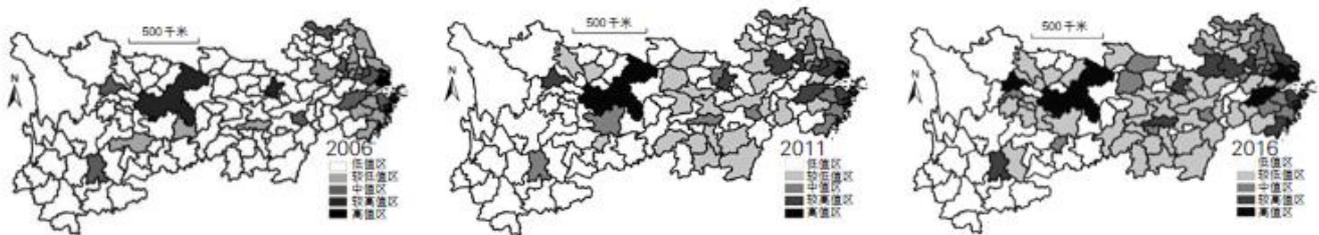


图 1 2006 年、2011 年和 2016 年长江经济带区域物流综合能力的空间分异

据图 1 可知，整体而言，长江经济带各城市的区域物流水平均有一定程度提升，沿着长江经济带呈现出自东向西减弱的趋势，逐渐形成了长三角城市群、长江中游城市群、成渝城市群为主的物流综合能力较强区域，即表现出以城市群为依托的群落化空间分布特征。在 2006 年，空间上呈现“一核多点”空间特征，整个长江经济带仅有上海市达到了高值水平，较高值水平区域也只有重庆市和武汉市，处于中值水平的区域有南京市、无锡市、徐州市、苏州市、杭州市、宁波市、南昌市共 7 个，中值水平以下区域数量为 99 个，占比为 90.83%；到 2011 年，由于区域经济发展与交通条件改善，区域物流取得了较大的发展，区域物流的空间格局也发生了明显的变化，重庆市跃迁为高值区域，呈现出以上海市与重庆市的“双核心”的空间格局，南京市、无锡市、苏州市、杭州市、宁波市、合肥市、武汉市、成都市位于较高值区域，达到中值水平的有徐州市、常州市、南通市、

扬州市、温州市、绍兴市、台州市、南昌市、孝感市、长沙市、遵义市、昆明市共 12 个，中等水平以下研究区域数量为 87 个，占比为 79.82%；2016 年末，高值水平区域也产生了较大变化，“多核心”发展态势显现，块状分布较为明显，上海市、苏州市、杭州市、重庆市、成都市等区域均位于高值区域，较高值水平区域类型的数量较为稳定，具体区域略有调整，为南京市、无锡市、徐州市、常州市、南通市、宁波市、温州市、合肥市、六安市、武汉市、长沙市、昆明市等共计 12 个区域，中值水平的研究区域则达到了 20 个，为连云港市、淮安市、盐城市、扬州市、镇江市、泰州市、嘉兴市、绍兴市、金华市、台州市、芜湖市、阜阳市、南昌市、赣州市、宜昌市、襄阳市、湘潭市、眉山市、贵阳市、遵义市等城市，中值水平以下区域数量为 72 个，占比为 66.06%，而低水平区域比 2006 年空间压缩较明显，由此可见，长江经济带区域物流水平在研究期内得到了一定程度的提升，进一步实现了区域要素输送功能的优化。

（二）长江经济带的区域物流空间联系特征分析

1. 区域物流空间联系势能分析

物流空间联系势能衡量节点城市与长江经济带中其他城市空间联系强度总量大小，利用趋势面分析可以较好分析空间联系势能的空间演化趋势，本研究利用 ArcGIS10.1 进行趋势面分析，得到图 2。整体上而言，在长江经济带由东至西方向上，整个研究期内物流空间联系势能总体呈现出 U 型变化趋势，由北至南的方向上，呈现出倒 U 型变化趋势，这表明长江上下游区域以及沿江城市物流联系势能发展规模相对较大。基于时间演化视角分析，在 2006 年，江浙沪区域势能总值占长江经济带总量比值为 73.21%，核心地位明显，显然，长三角区域物流的发展水平较高，对其他城市吸引力较强；在 2011 年，江浙沪区域势能总值占长江经济带总量比值为 68.74%，这表明江浙沪仍为核心区域，但随着周边城市的发展，区域物流的总体影响力的增幅不及长江中上游区域的增幅；在 2016 年，江浙沪区域势能总值占长江经济带总量比值为 70.20%，占比略有提升，而成渝城市群占比从 2006 年的 5.67% 增长至 2016 年的 9.16%，可以发现成渝城市群作为西部大开发的重要平台，区域物流在近年来发展较为明显，成了长江经济带的重要战略支撑点之一。

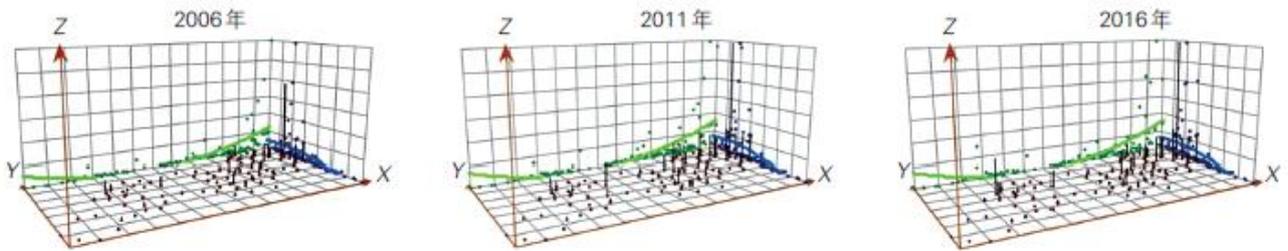


图 2 区域物流空间联系势能趋势面变化

2. 区域物流空间联系的最大引力线分析

为了探究物流优势城市的区域影响力，本研究通过构建长江经济带城市之间引力矩阵，提取出每个城市与其对应的最大引力城市引力值，得到城市最大引力线联结图，最后利用 ArcGIS10.1 实现可视化，得出结果如图 3 所示，城市最大引力线联结数量越多，表明该城市物流影响力越强。

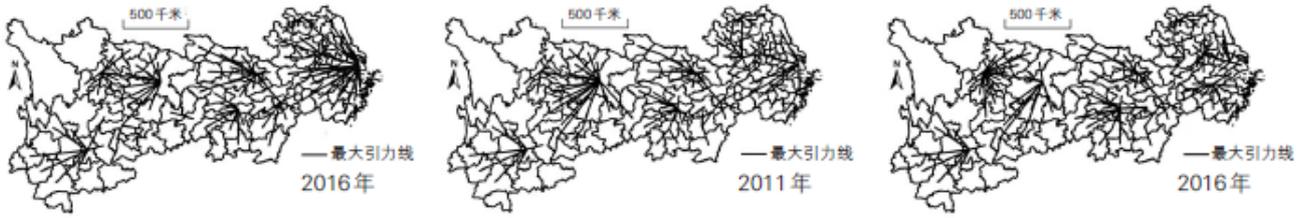


图3 区域物流空间联系最大引力线联结格局

由图3可知,在2006年,整个长江经济带中大部分城市被少数几个核心城市联结,主要有上海(24)、南京(9)、南昌(8)、武汉(14)、长沙(8)、重庆(11)、成都(9)、昆明(8),占总联结数的83.49%,这些城市具有良好的区域经济基础和区位优势,第二、三产业占据主导地位,迅速腾飞的电子商务推动着区域物流的快速发展,形成明显的“多核心”结构,对周边城市物流影响力较强;在2011年,最大引力线联结格局变化不大,主要以下城市为核心:上海(9)、南京(6)、合肥(9)、武汉(11)、南昌(6)、长沙(10)、重庆(17)、成都(7)、昆明(7),占比为75.23%,在2016年,主要以下城市为核心:苏州市(8)、南京市(9)、杭州(10)、徐州(5)、合肥(4)、武汉(10)、南昌(4)、长沙市(11)、重庆(9)、成都(15)、昆明(7),占比84.40%。总体而言,研究期内长江经济带最大引力线格局整体上较为稳定,长江中游和上游地区大多数城市物流发展水平相对较低,经济发达城市物流影响力较大,使得区域物流空间联系结构相对简单,最大引力线联结格局变化不大,而长三角城市群中的大部分城市发展较为突出,核心城市影响能力减弱,尤其是以苏州、南京、合肥、杭州等城市的区域物流建设和城市经济发展推进,不仅拉动周边城市的经济与物流的发展,同时也使得原有核心城市上海市对地理上距离较远的城市物流辐射作用有所减弱,最终长三角的联结格局由初期的以上海大核心为主的“极点型”的空间形态发展成后期的多核心格局。

3. 区域物流空间联系的网络结构分析

为了更为深入地揭示区域物流的空间联系特征,物流空间联系势能分布与最大引力线空间格局可以反映城市的中心地位与辐射强度,网络结构分析可以进一步探讨空间联系特征,本研究运用ArcGIS10.1软件的网络分析功能,借鉴相关研究处理方式^[33],将长江经济带城市之间的空间联系量划分为小于1(弱联系)、1~10(较弱联系)、10~50(一般联系)、50~100(较强联系)和大于100(强联系)5个等级,可视化表达出长江经济带物流空间联系网络图,为了更加凸显空间网络的主要特征,将小于1(弱联系)、1~10(较弱联系)的网络线段设置为透明,结果如图4所示。

由图4可知,在2006年,长江经济带各城市之间物流空间联系网络结构较为简单,一般强度以上的空间联系有32组,仅在长三角城市群形成了初具规模的网络特征,强联系在上海市、无锡市和苏州市三个区域组成简单网络,这表明这些城市间物流联系较为突出,而在成渝城市群和长江中游城市两个区域只存在简单线性网络结构,其他地方物流空间联系也都普遍不强,区域物流发展还较为滞后;在2011年,长江经济带各城市之间物流空间联系提升较为明显,强联系增加至6组(上海—无锡,上海—苏州,上海—杭州,杭州—绍兴,苏州—无锡,武汉—孝感),一般强度以上的空间联系存在102组,长三角城市群也由此前的单一层次的网络结构逐步扩展成包含周围城市绝大部分区域的多层级复杂网络结构,物流空间联系网络一般强度以上的网络联结线密集分布,同时在长江上游区域也出现了以成都市和重庆市为核心的散状网络;至2016年,长江经济带城市之间物流空间联系更为紧密,强联系有34组,一般强度以上的空间联系增加至237组,网络结构变化十分明显,而且随着城市物流水平不断发展,长三角区域内物流空间联系网络更加复杂化,几乎覆盖了所有城市,长江中游区域形成了以长沙市、武汉市为双核心的散射状网络结构,上游区域城市之间物流空间联系不断加强,网络环状结构也逐渐形成。整体而言,长江经济带物流空间联系网络在空间上分布较不均衡,层级性特征显著,呈现下游、上游、中游城市空间联系网络结构复杂程度逐渐减弱的趋势,长三角城市群区域网络结构已经较为复杂,并且在整体区域物流不断延伸拓展的趋势下,与中游城市群和成渝城市群之间的联系不断加强,逐渐形成内蕴外拓的强势发展网络。

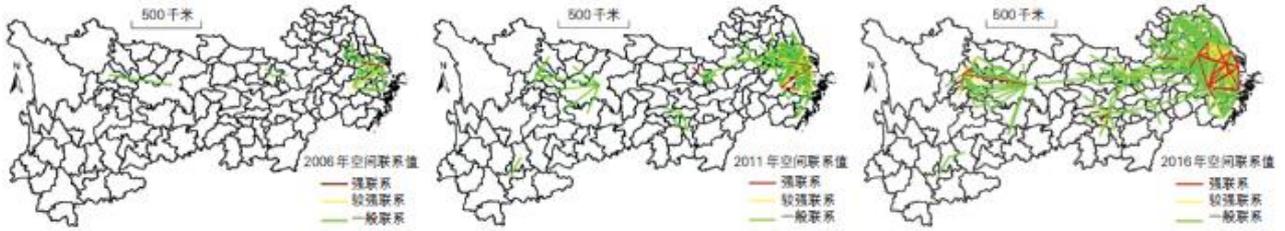


图 4 长江经济带物流空间联系网络结构

（三）城市群视角下轴-辐式物流网络的构建

1. 城市群区域物流差异测度

为了进一步揭示长江经济带区域物流发展的差异性，由于空间联系网络结构的抱团式发展，根据泰尔指数对长江经济带三大城市群物流发展的总体差异、组间和组内差异进行测度，得到表 2。由表 2 可知，总体上，长江经济带物流发展差异逐渐增加，从 2006 年的 0.1221 增加至 2016 年的 0.2870，而总体物流发展差异主要是由城市群内部差异引起的，组内差异贡献率从 86.27% 增加至 97.88%，从三大城市群对区域内差异角度来分析，长三角城市群的差异贡献率最大，2006 年、2011 年、2016 年三年的贡献率分别为 56.69%、54.71%、70.06%，呈现先略微下降后上升的趋势，中游城市群三年的贡献率分别为 16.00%、33.78%、11.85%，呈现倒“V”形状，泛成渝城市群则分别为 13.57%、6.42%、15.97%，长三角区域的发展不平衡。从三大城市群对区域内差异角度来分析，组间差距逐渐下降，这说明随着中游城市群发展壮大以及泛成渝城市群现代服务业的不断拓展，城市群之间物流发展差距减小，对总体差异的贡献率也在减小，由此来看，在城市群视角下研究城市群内部的轴-辐式物流网络更具研究意义。

表 2 长江经济带三大城市群泰尔指数及贡献率

| 项目 | 年份 | 总体 | 组间 | 组内 | 长三角城市群 | 中游城市群 | 泛成渝城市群 |
|---------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 绝对数 | 2006 | 0.1221 | 0.0168 | 0.1053 | 0.0692 | 0.0195 | 0.0166 |
| | 2011 | 0.2343 | 0.0119 | 0.2224 | 0.1282 | 0.0792 | 0.0151 |
| | 2016 | 0.2870 | 0.0061 | 0.2810 | 0.2011 | 0.0340 | 0.0458 |
| 贡献率 (%) | 2006 | 100.00 | 13.73 | 86.27 | 56.69 | 16.00 | 13.57 |
| | 2011 | 100.00 | 5.08 | 94.92 | 54.71 | 33.78 | 6.42 |
| | 2016 | 100.00 | 2.12 | 97.88 | 70.06 | 11.85 | 15.97 |

2. 模糊聚类区域物流中心城市等级识别

物流中心城市作为网络的重要枢纽，在区域内经济竞争力方面影响较大，正确的枢纽节点城市的识别有利于建立合理、高效的物流网络，同时也是构建轴辐式物流网络的关键。针对长江经济带的物流发展现状及区域特征，本研究根据城市物流综合能力评价价值以及城市引空间联系势能值，运用模糊聚类算法，对长江流域内城市进行聚类评价，识别区域物流空间网络的中心城市。

本研究基于 Matlab R2016a 软件平台并利用 FCM 工具包进行长江经济带物流中心城市等级识别，结果见表 3 所列，括号内为物流空间联系值总量占比。从表中可以看出，在第一级别层次上，在 2006 年仅上海市一个城市，2011 年为上海市和苏州市，

到 2016 年则为四个城市，增加了苏州市、杭州市、成都市，上海市在 2006 年、2011 年、2016 年均均为物流城市一级中心，中心地位较为稳定，物流产业发展水平以及物流影响力、吸引力均为长江经济带首位，而随着时间推移，一级中心城市增加，这说明随着其他城市经济水平不断提升，物流网络更加发达，也在逐渐提高区域物流的产业渗透力；在第二级别层次上，2006 年、2011 年、2016 年数量分别为 7 个、8 个、5 个，数量略有下降，且在这个层次中主要为长江经济带中的省会城市；在第三级别层次上，2006 年、2011 年、2016 年数量分别为 11 个、19 个、14 个，呈现倒“V”字型趋势。整体而言，长江经济带物流城市中心等级在空间分布格局较为稳定，在空间上等级呈现东部地区高于西部地区的空间形态，主要以长三角长三角城市群的整体级别最高，成渝城市群次之，中游地区整体相对较低。由 2016 年聚类结果可知，下游地区级别较高城市为：第一级别（上海市、苏州市、杭州市）、第二级别（南京市、无锡市、合肥市），中游地区则为：第二级别（长沙市、武汉市）、第三级别（南昌市），上游区域级别较高城市为：第一级别（成都市）、第二级别（重庆市）、第三级别（昆明市、贵阳市），并在城市群视角下以这些城市作为轴-辐网络的轴心节点，得到表 4。

表 3 模糊 C 均值聚类结果

| 年份 | 级别 | 城市 |
|------|----|--|
| 2006 | 一级 | 上海 (17.07%) |
| | 二级 | 南京 (7.99%)、无锡 (7.99%)、苏州 (1.10%)、杭州 (5.80%)、武汉 (2.94%)、重庆 (1.32%)、成都 (1.54%) |
| | 三级 | 昆明 (0.39%)、徐州 (1.20%)、常州 (3.23%)、南通 (2.35%)、宁波 (2.62%)、温州 (0.78%)、嘉兴 (2.66%)、绍兴 (2.57%)、合肥 (1.58%)、南昌 (1.21%)、长沙 (1.08%) |
| | 四级 | 其余城市 |
| 2011 | 一级 | 上海 (11.31%)、苏州 (11.85%) |
| | 二级 | 南京 (4.70%)、无锡 (7.88%)、杭州 (5.17%)、合肥 (2.83%)、武汉 (2.72%)、长沙 (1.17%)、成都 (1.33%)、重庆 (1.93%) |
| | 三级 | 昆明 (0.28%)、徐州 (1.00%)、常州 (3.67%)、南通 (2.75%)、盐城 (0.95%)、扬州 (2.18%)、镇江 (2.10%)、泰州 (1.71%)、宁波 (2.65%)、温州 (0.64%)、嘉兴 (2.64%)、绍兴 (2.67%)、金华 (0.86%)、台州 (0.61%)、芜湖 (1.19%)、南昌 (0.77%)、吉安 (0.41%)、孝感 (1.43%)、贵阳 (0.21%) |
| | 四级 | 其余城市 |
| 2016 | 一级 | 上海 (7.99%)、苏州 (12.24%)、杭州 (8.43%)、成都 (3.03%) |
| | 二级 | 南京 (5.07%)、无锡 (7.79%)、武汉 (1.90%)、长沙 (1.22%)、重庆 (1.46%) |
| | 三级 | 合肥 (1.83%)、南昌 (0.61%)、昆明 (0.25%)、徐州 (1.01%)、常州 (3.94%)、南通 (2.90%)、扬州 (2.13%)、镇江 (2.05%)、泰州 (2.00%)、宁波 (2.92%)、温州 (0.83%)、嘉兴 (2.25%)、绍兴 |

| | |
|----|------------------------------|
| | (2.67%)、六安(1.21%)、贵阳市(0.23%) |
| 四级 | 其余城市 |

表 4 长江经济带三大城市群轴心城市分类

| 等级 | 长三角城市群 | 中游城市群 | 泛成渝城市群 |
|--------|----------|-------|--------|
| 一级轴心城市 | 上海、苏州、杭州 | 武汉、长沙 | 成都、重庆 |
| 二级轴心城市 | 南京、无锡、合肥 | 南昌 | 昆明、贵阳 |
| 福点城市 | 其余城市 | 其余城市 | 其余城市 |

3. 轴—辐结构的物流网络通道构建

本研究根据长江经济带各城市物流中心城市等级，各中心城市隶属度测度范围以及物流线路的相关性分析，构建了以长三角城市群、长江中游城市群及成渝城市群为核心的长江经济带轴—辐式物流网络。在轴—辐式物流网络中，轴心城市为网络重要枢纽，占据主导地位，主干线路为轴心城市之间线路，通过优化主干及支干线路可以降低物流成本，提升区域物流的空间效率。根据表 4 所列，并结合相关研究的做法^[37]，在长三角区域中选取一级轴心城市有上海、苏州、杭州，二级轴心城市有南京、无锡、合肥，而在长江中游区域中选取一级轴心城市有武汉、长沙，二级轴心城市有南昌市，在长江上游地区选取一级轴心城市有成都、重庆，二级轴心城市有昆明市、贵阳市，以此轴—辐网络构建形成三大城市群物流圈如图 5 所示。

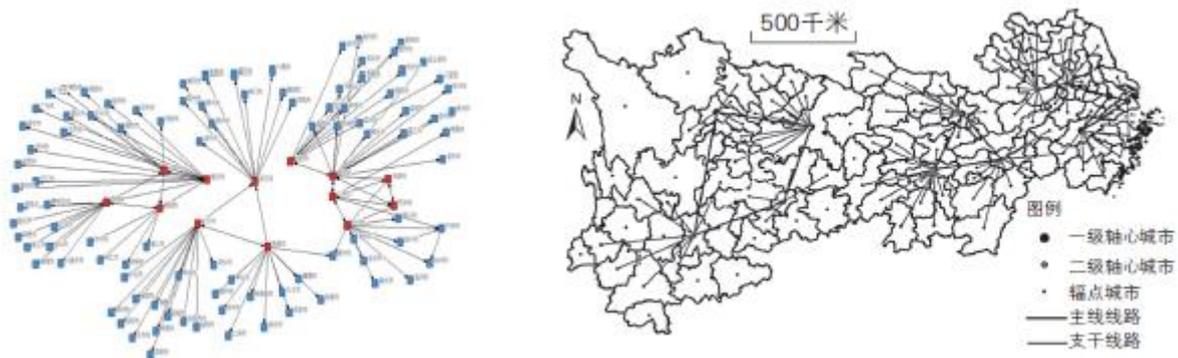


图 5 长江经济带区域物流的轴—辐式网络

在长三角城市群中，发挥上海市的龙头作用，在区域物流的发展基础上，促进长江三角洲区域物流协同发展，利用发达的交通网络，加强与苏州市、杭州市、无锡市这些轴心城市的物流联系，将物流吸引力通过轴点城市辐射至更大范围，从而带动区域物流的发展，二级轴心城市合肥市与南京市作为省会城市，应当凭借自身的经济基础和行政资源优势，加大与周围福点城市物流对接力度，建设物流节点，以此提升物流运输效率带动相关产业发展。在长江中游城市群中，应发挥中游地区交通枢纽功能，促进三大轴心城市组团发展，增强中游城市物流功能，推进与上下游物流联系，武汉市、长沙市区域中心地位明显，南昌市地位有待加强，逐步增强南昌市对周围城市的物流辐射有利于中游城市群区域物流发展。在泛成渝城市群中，在原有基础上应当完善综合交通体系，优化成渝城市群一体化发展格局，发挥双核带动作用，加强与云贵地区统筹协调，提高滇中、黔中

城市群的区域物流发展水平。

四、长江经济带区域物流空间联系格局的驱动机制分析

（一）空间计量模型

为了探讨长江经济带物流空间联系格局的空间异质性，首先对空间联系总量进行空间自相关分析，测度出 2006 年、2011 年和 2016 年的 Moran' I 系数分别为 0.24、0.25、0.23，且表现加强显著性，这表明物流空间联系集聚性明显，空间依赖性较强。探究长江经济带物流空间联系格局形成的驱动力需进行回归分析，因传统的计量模型忽略了空间异质性这一因素，则需建立空间计量模型。而空间计量模型主要可以分为空间滞后模型（SLM）以及空间误差模型（SEM），LeSage 在前两个模型的基础上，构造了空间杜宾模型（SDM），它同时包含空间滞后和空间误差影响，构建杜宾模型如下^[39]：

$$\ln P_{it} = \rho \sum_{j=1}^n W_{ij} \ln P_{jt} + \alpha_0 + \beta_1 \ln(X_{it}) + \sum_{j=1}^n W_{ij} \ln(X_{jt}) \gamma_j + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it}$$

其中， P_{it} 为城市 i 的物流空间联系总量值， X 为影响因素， ρ 为空间滞后回归系数，是度量空间相邻地区物流空间联系相互影响程度， γ 表示自变量空间滞后回归系数，当 $\gamma=0$ 时，SDM 模型可以退化为 SLM 模型，当 $\gamma + \rho \beta = 0$ 时，SDM 模型则可以退化为 SEM 模型。 W 为空间权重矩阵，本研究考量物流在空间流转的实际情况，选取地理权重为权重矩阵。

（二）驱动力选取

为分析长江经济带区域物流空间联系格局形成的驱动因素，根据既有文献研究基础^[40,41,42]，以物流空间联系总量作为被解释变量，基于数据的可获取性、物流网络的形成过程以及长江经济带的实际情况，主要考量内源力（经济规模、工业化基础、创新驱动、专业化程度），市场力（消费水平），行政力（政府行为）、外向力（开放水平、区位优势）等因素对物流空间联系格局形成的驱动机制。具体指标变量见表 5 所列。

表 5 驱动力选取

| 一级指标 | 二级指标 | 解释变量 | 变量说明 |
|------|-------|------|------------|
| 内源力 | 经济规模 | GDP | 人均 GDP |
| | 工业基础 | IND | 工业总产值 |
| | 创新驱动 | FUN | 专利授权数 |
| | 专业化程度 | HUM | 物流区位熵 |
| 市场力 | 消费水平 | CON | 社会消费品零售总额 |
| 行政力 | 政府行为 | GOV | 地方财政支出 |
| 外向力 | 开放水平 | OPE | 当年实际使用外资金额 |
| | 区位优势 | COR | 物流中心城市影响 |

（三）计量结果分析

由回归结果可知，空间误差和空间滞后的 LR 检验和 Wald 检验均通过 1% 的显著性，将原假设全面拒绝，这说明空间误差项、空间滞后项同时存在，所以采用空间杜宾模型（SDM），而且 Hausman 检验回归结果显著，原假设在 5% 显著性水平下被拒绝，则选择固定效应模型更佳^[43]。此外，在本研究中，传统的 OLS 方法估计的参数结果不适用，因此，本文采用拟极大似然法（QMLE）进行估计，模型回归结果见表 6 所列。（1）在内源力中，经济规模在 1% 水平上显著，这表明长江经济带各区域的经济发展水平越高，区域物流空间联系量越高，部分原因可归结为，一方面是区域经济的发展提升了居民生活水平，物质资源需求更加旺盛，物流的流转也因此增强，另一方面产业逐渐细化，第三方物流服务逐渐规模化，更多的制造企业进行物流外包，从而推动区域物流的发展；而且其地理加权项显著性也较强，这表明周围地区的经济发展水平对本地区物流联系增长的驱动作用较为明显；工业基础具有显著性，工业制造业是物流服务的重要需求方，工业发展水平高的地区物流职能分离明显，这有助于物流空间联系的增强；创新驱动因素通过了 1% 的显著性检验，区域创新水平的提升有助于物流技术及基础设施水平的改善，对区域物流的优化作用较为明显，而且其地理加权项也表现出显著性，这是由于知识的溢出效应，周边地区的技术发展能带动本地区的技术水平提升；物流专业化程度也表现出较强的显著性，这表明物流从业人员的物流知识、物流操作水平、相关技能的差异，对区域物流水平提升的驱动作用明显，从而提升了区域物流的空间联系强度。（2）在市场力中，居民消费水平对区域物流空间联系的驱动没有通过显著性检验，其中原因可能为区域物流中居民物流服务占据的比重相对于工业物流而言较小，对区域物流空间联系的提升作用不够明显，消费水平提升的市场动力有待进一步培育。（3）在行政力中，政府行为的系数为正，但是未能通过显著性检验，这可能是地区间的政府竞争，导致区域物流空间联系的演进过程整体上未能达到政府的主导效应。（4）在外向力中，对外开放水平虽然对区域物流空间联系提升具有正向效应，但不具备显著性，这表明物流开放性仍需提高，开放程度的进一步扩大可以让更多外资物流企业进入国内，推广更多国外的先进物流技术以及物流管理理念，并丰富物流运作经验，提升物流国际竞争力；区位优势则表现出较强的显著性，核心城市对周边城市物流的驱动力较强，区域物流在空间上具有显著的集聚性，核心城市对其他城市的物流吸引力较强，而且物流对地理位置的要求较高，实证结果也说明了区位优势对区域物流空间联系格局的驱动性较强。

表 6 空间杜宾模型回归结果

| 固定效应 | 系数 | T 值 | 固定效应 | 系数 | T 值 | 随机效应 | 系数 | T 值 | 随机效应 | 系数 | T 值 |
|----------------|---------|--------|------------|---------|----------------|------------|---------|-------|-----------|---------|-------|
| In(GDP) | 0.14*** | 3.19 | Wxln(GDP) | 1.20*** | 3.43 | In(GDP) | 0.03 | 0.44 | Wxln(GDP) | 1.65*** | 3.73 |
| In(IND) | 0.34*** | 8.59 | Wxln(IND) | 0.24 | 0.66 | In(IND) | 0.01 | 0.09 | Wxln(IND) | 0.83*** | -3.16 |
| In(INN) | 0.09*** | 3.29 | Wxln(INN) | 0.79*** | 3.72 | In(INN) | 0.01 | 0.55 | Wxln(INN) | 0.07 | 0.76 |
| In(HUM) | 0.13*** | 3.40 | WxLN(HUM) | 0.75 | 1.47 | In(HUM) | 0.06 | 1.86 | WxLN(HUM) | -0.09 | -0.23 |
| In(CON) | 0.13 | 1.17 | Wxln(SER) | 1.52 | 1.5 | In(CON) | -0.04 | -0.36 | Wxln(SER) | 0.94 | 1.30 |
| In(GOV) | 0.03 | 1.02 | Wxln(GOV) | 0.25 | 0.79 | In(GOV) | -0.03 | -1.27 | Wxln(GOV) | 0.18* | -1.71 |
| In(OPE) | 0.01 | 0.25 | UVxln(OPE) | 0.18* | 1.72 | In(OPE) | 0.01 | 0.79 | Wxln(OPE) | 0.02 | 0.27 |
| In(COR) | 0.45*** | 27.23 | Wxln(COR) | 1.65*** | 6.09 | In(COR) | 0.72*** | 23.61 | Wxln(COR) | -0.53 | -2.34 |
| Wxdep. var | 0.53*** | 3.22 | | | | Wxdep. var | 0.53 | 3.23 | | | |
| R ² | | 0.91 | | | R ² | | 0.99 | | | | |
| log-L | | 258.81 | | | log-L | | 567.04 | | | | |

注：***、**、*分别表示在 1%、5%、10% 的统计水平上显著。

五、研究结论

研究以长江经济带 109 个城市 2006、2011、2016 年的数据为例，基于引力模型探究了城市之间物流空间联系特征及其网络结构，并在城市群视角下利用模糊聚类算法确定了长江经济带的轴心城市和辐点城市，通过物流隶属度分析了各轴心城市的辐

射范围，以此构建轴辐式物流网络，并最终实证阐述了区域物流空间联系格局的形成机制。研究表明：

(1) 长江经济带城市物流综合能力时空分异特征较为明显，呈现出由东向西减弱的空间趋势，而物流空间联系势能由东向西方向上总体呈现出U型变化趋势，由北向南的方向上呈现出倒U型变化趋势。

(2) 最大引力线格局整体上较为稳定，长江中游区域变化不大，而下游地区变化较为明显，由以上海大核心为主的“极点型”的空间形态发展成多核心格局。各城市之间物流空间联系网络结构由简单网络发展成初具雏形的组团网络，再到较为复杂化的网络结构，其中长三角城市群区域结构多层次性明显，网络结构几乎覆盖长三角的所有城市，长江中游城市群与成渝城市群的物流空间联系网络结构，则由弱势的空间网络联系发展成散射状简单网络，最后成长为覆盖面更广的空间联系网络，区域物流空间联系持续加强。

(3) 具有明显的城市群内部差异特征，形成了层级化的轴辐式网络结构，以沪苏杭、汉长和成渝的一级轴心城市，和以南京、无锡、合肥，南昌，昆明、贵阳等二级轴心城市形成三大城市群物流圈。

(4) 内源力（经济规模、工业基础、创新驱动、专业化程度）以及外向力（区位优势）对长江经济带区域物流空间联系格局形成的驱动性较强。

参考文献：

- [1]CASTELLS M. The Rise of Network Society[M]. Oxford:Blackwell,1996.
- [2]TAYLOR P J,HOYLER M,VERBRUGGEN R. External urban relational process:Introducing central flow theory to complement central place theory[J].Urban Studies,2010,47(13):2803-2818.
- [3]MEIJERS E. From central place to network model:Theory and evidence of a paradigm change[J]. Tijdschrift Voor Economische En Sociale Geografie,2007,98(2):245 - 259.
- [4]LIMTANAKOOL N,DIJSt M,SCHWANEN T. A Theoretical framework and methodology for characterising national urban systems on the basis of flows of people:Empirical evidence for France and Germany[J]. Urban Studies,2007,44(11):2123-2145.
- [5]CASTELLS M. Grass rooting the space of flows[J]. Urban Geography,1999(4):294-302.
- [6]张凡，杨传开，宁越敏，等.基于航空客流的中国城市对外联系网络结构与演化[J].世界地理研究，2016,25(3):1-11.
- [7]MASSON S,PETIOT R. Can the high speed rail reinforce tourism attractiveness? The case of the high speed rail between Perpignan(France)and Barcelona(Spain)[J]. Technovation,2009,29(9):611-617.
- [8]金彪，颜丽玲，沙晋明，等.中国省域信息流、资金流强度的空间差异——以2015年京东手机交易为例[J].地理科学，2018,38(2):223-232.
- [9]程艳，周燕萍，徐长乐.长江沿岸地区物流产业空间结构分析[J].长江流域资源与环境，2013,22(11):1412-1418.

-
- [10]张定,曹卫东,范娇娇,等.长三角城市物流发展效率的时空格局演化特征与机制[J].经济地理,2014,34(8):103-110.
- [11]叶士琳,曹有挥,王佳韡,等.长江沿岸港口物流发展格局演化及其机制[J].地理研究,2018,37(5):925-936.
- [12]ROS-MCDONNELL L,DE-LA-FUENTE-ARAGÓN M V,ROS-MCDONNELL D,et al.Analysis of freight distribution flows in an urban functional area[J]. Cities,2018,79:159-168.
- [13]李仙德.基于上市公司网络的长三角城市网络空间结构研究[J].地理科学进展,2014,33(12):1587-1600.
- [14]赵纯凤,杨晴青,朱媛媛,等.湖南区域经济的空间联系和空间组织[J].经济地理,2015,35(8):53-60,67.
- [15]RAISI H,BAGGIO R,BARRATT-PUGH L,et al. Hyper link network analysis of a tourism destination[J]. Journal of Travel Research,2017,57(5):671-686.
- [16]吴常艳,黄贤金,陈博文,等.长江经济带经济联系空间格局及其经济一体化趋势[J].经济地理,2017,37(7):71-78.
- [17]朱磊,胡静,周葆华,等.区域旅游景点空间分布格局及可达性评价——以皖南国际文化旅游示范区为例[J].经济地理,2018,38(7):190-198,216.
- [18]化祥雨,杨志民,叶娅芬.金融空间联系与经济增长关系——基于江苏省县域的实证研究[J].经济地理,2016,36(3):32-40.
- [19]于斌斌.产业结构调整与生产率提升的经济增长效应——基于中国城市动态空间面板模型的分析[J].中国工业经济,2015(12):83-98.
- [20]刘正兵,戴特奇,廖聪,等.中国城际公路货运空间网络特征——基于“第一物流”网站数据[J].经济地理,2017,37(6):28-35.
- [21]刘思婧,李国旗,金凤君.中国物流集群的量化甄别与发育程度评价[J].地理学报,2014,73(8):1540-1555.
- [22]王佩佩,王哲,黄佛君,等.丝绸之路经济带下新疆通道轴辐式物流网络构建[J].经济地理,2016,36(2):125-130.
- [23]朱慧,周根贵.基于引力模型的内陆型区域物流空间联系研究——以浙江金衢丽地区为例[J].地域研究与开发,2015,34(1):43-49.
- [24]严翔,成长春,徐长乐,等.长江经济带研究热点及展望——基于知识图谱计量分析[J].经济地理,2018,38(7):16-25.
- [25]黄庆华,周志波,刘晗.长江经济带产业结构演变及政策取向[J].经济理论与经济管理,2014(6):92-101.
- [26]滕堂伟,胡森林,侯路瑶.长江经济带产业转移态势与承接的空间格局[J].经济地理,2016,36(5):92-99.
- [27]方大春,孙明月.长江经济带核心城市影响力研究[J].经济地理,2015,35(1):76-81.

-
- [28]王圣云, 翟晨阳. 长江经济带城市集群网络结构与空间合作路径[J]. 经济地理, 2015, 35(11):61-70.
- [29]冯兴华, 钟业喜, 陈琳, 等. 长江经济带县域经济空间格局演变分析[J]. 经济地理, 2016, 36(6):18-25.
- [30]邹琳, 曾刚, 曹贤忠, 等. 长江经济带的经济联系网络空间特征分析[J]. 经济地理, 2015, 35(6):1-7.
- [31]曹炳汝, 尹娣. 基于轴-辐式理论的长三角区域物流网络的构建研究[J]. 地理与地理信息科学, 2016, 32(2):105-110.
- [32]曹贤忠, 曾刚. 基于熵权 TOPSIS 法的经济技术开发区产业转型升级模式选择研究——以芜湖市为例[J]. 经济地理, 2014, 34(4):13-18.
- [33]徐维祥, 张凌燕, 刘程军, 等. 城市功能与区域创新耦合协调的空间联系研究[J]. 地理科学, 2017, 37(11):1659-1667.
- [34]王圣云, 翟晨阳. 全球人类发展指数 (HDI) 的空间差异演化与要素分析[J]. 经济地理, 2018, 38(7):34-42.
- [35]BEZDEK J C, EHRLICH R, FULL W. FCM:The fuzzy cmeans clustering algorithm[J]. Computers & Geosciences, 1984, 10(2):191-203.
- [36]李明芳, 薛景梅. 京津冀轴辐式区域物流网络的构建与对策[J]. 中国流通经济, 2015, 29(1):106-111.
- [37]刘荷, 王健. 基于轴辐理论的区域物流网络构建及实证研究[J]. 经济地理, 2014, 34(2):108-113.
- [38]戴德宝, 范体军, 安琪. 西部地区物流综合评价与协调发展研究[J]. 中国软科学, 2018(1):90-99.
- [39]汪浩瀚, 徐建军. 市场潜力、空间溢出与制造业集聚[J]. 地理研究, 2018, 37(9):1736-1750.
- [40]钟昌宝, 钱康. 长江经济带物流产业集聚及其影响因素研究——基于空间杜宾模型的实证分析[J]. 华东经济管理, 2017, 31(5):78-86.
- [41]李国旗, 金凤君, 陈娱, 等. 基于 POI 的北京物流业区位特征与分异机制[J]. 地理学报, 2017, 72(6):1091-1103.
- [42]俞佳立, 钱芝网. 长江经济带物流产业效率的时空演化及其影响因素[J]. 经济地理, 2018, 38(8):108-115.
- [43]徐维祥, 张凌燕, 杨蕾, 等. 多维邻近下新型城镇化的时空分异特征和驱动机制——以长江经济带为实证[J]. 经济地理, 2017, 37(9):70-79.
- [44]梁双波, 曹有挥, 吴威. 长江三角洲地区物流供应链时空演化及其影响因素——基于国际货代企业数据的分析[J]. 地理研究, 2017, 36(11):2156-2170.