

经济地理  
*Economic Geography*  
ISSN 1000-8462, CN 43-1126/K

## 《经济地理》网络首发论文

题目：长江中游城市群县域公路交通网络中心性及其影响因素  
作者：郭卫东，钟业喜，冯兴华，李建新  
网络首发日期：2019-03-18  
引用格式：郭卫东，钟业喜，冯兴华，李建新. 长江中游城市群县域公路交通网络中心性及其影响因素[J/OL]. 经济地理.  
<http://kns.cnki.net/kcms/detail/43.1126.k.20190314.1119.002.html>



**网络首发：**在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

**出版确认：**纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

# 长江中游城市群县域公路交通网络中心性及其影响因素

郭卫东<sup>1</sup>，钟业喜<sup>1</sup>，冯兴华<sup>2</sup>，李建新<sup>1</sup>

(1. 江西师范大学 地理与环境学院/江西经济发展研究院，中国江西 南昌 330022； 2. 东北师范大学 地理科学学院，中国吉林 长春 130024)

**摘要：**基于长江中游城市群县域公路班次数据构建交通流网络，利用社会网络分析方法和地理探测器从县域城镇整体网络、城镇中心性和影响因素等方面对长江中游城市群县域交通网络中心性及影响因素进行分析，结果表明：(1)长江中游城市群县域公路班次网络密度较高，公路网络初步发育成型，长株潭城市群作为子城市群是整体网络的中介，武汉都市圈和环鄱阳湖城市群整体联系相对松散；(2)核心城市对周边城镇具有一定的“遮蔽效应”和“虹吸效应”，地级城市网络中心性普遍较强，小城镇在网络中发育较迟缓，凝聚子群显示长江中游城市群在整体上形成了“四片区，七子群”的特征；(3)地理探测器显示经济、人口规模、城市行政等级、产业结构、资金投入、市场活力以及支付水平对交通流网络下的城镇中心性影响显著，但居民支付水平与产业结构的影响力相对较弱。因此，提升核心城市集聚辐射能力、优化城市群区域分工、培育副中心和枢纽城市、促进区域组团发展有利于城市群区域联动发展。

**关键词：**中心性；城市网络；地理探测器；长江中游城市群

## County-level Highway Network Centrality of Urban Agglomerations and Its Influencing Factors in the Middle Reaches of the Yangtze River

GUO Weidong<sup>1</sup>, ZHONG Yexi<sup>1</sup>, FENG Xinghua<sup>2</sup>, LI Jianxin<sup>1</sup>

(1. School of Geography and Environment/ Jiangxi Institute of Economic Development, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, Jiangxi, China;

2.School of Geographical Sciences, Northeast Normal University, Changchun 130024, Jilin, China)

**Abstract:** Based on the data of county roads of urban agglomerations in the middle reaches of the Yangtze River and utilizing the social network analysis method and geographical detector, this paper analyzes the urban centrality and influencing factors of the urban agglomerations in the middle reaches of the Yangtze River from the overall highway network in the county level, urban centrality and influencing factors. The results show that: (1) The county-level network density of urban agglomerations in the middle reaches of the Yangtze River is high, and the road network is initially developed. The Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration as a sub-city group is

国家自然科学基金项目(41561025, 41701141)

作者简介：郭卫东（1992-），男，江西井冈山人，硕士研究生，主要从事经济地理与城市规划研究。E-mail: gwd28@126.com

通讯作者：钟业喜（1973-），江西南康人，男，教授，博导，主要从事经济地理与空间规划研究。E-mail: zhongyexi@126.com

the intermediary of the whole network, the overall situation is relatively loose in Wuhan metropolitan area and the Poyang Lake urban agglomeration. (2) The core cities have certain “shadowing effect” and “siphon effect” on the surrounding towns, network centrality is generally strong in the prefecture-level cities, it grows slow in the network of small towns, and the cohesive subgroups show the characteristics of “four zones and seven subgroups” as a whole in the middle reaches of the Yangtze River. (3) geographical detector shows that economy, population size, urban administrative level, industrial structure, capital investment, market vitality and payment level have a significant influence on the town centrality under the traffic flow network, but the level of residents' payments and industrial structure play a relatively weak role. It puts forward that government should enhance the core urban concentration and radiation capacity, optimize regional division of the urban agglomeration, nurture sub-centers and pivot cities and promote regional cluster development, which are in favor of joint development of urban agglomeration.

**Key words:** centrality; urban network; geographical detector; urban agglomeration in the middle reaches of the Yangtze River

## 1 引言

中心性是城市地理学中研究的重要内容,由德国经济地理学家克里斯特勒在其《德国南部的中心地》一书中最早提出了中心地和中心性的概念<sup>[1]</sup>,中心地能够为自身及周边区域提供各种商品和服务的地方,而中心性则代表着中心地的等级高低,表征中心地发挥中心性职能的程度。克里斯特勒的中心性理论提出引起了学术界对中心地和中心性的兴趣和重视, Preston 等<sup>[2-3]</sup>提出了与中心性对应的“结节性”概念, Irwin<sup>[4]</sup>提出了中心性测度指标并用图论总结了中心性的概念。六十年代“中心地理论”理论引入我国以来得到了广泛的研究和应用,建立了系列理论方法与实践,对区域空间结构和城镇体系规划起到了重要的指导作用<sup>[5-8]</sup>。

随着全球化、信息化的推进和发展,区域之间人流、物流、信息流基于不同的流动载体在区域空间流动日益频繁,区域地理空间临近效应被弱化,区域间城市关系被流空间所重构,区域由传统地理空间的中心地体系向空间网络中的中心地转换。网络科学逐渐兴起促进了学术界基于不同视角、运用不同的数据、不同的方法对不同的区域进行网络空间下城市中心性的研究,研究视角涉及交通流<sup>[9-12]</sup>、信息流<sup>[13-14]</sup>、综合流<sup>[15-16]</sup>等诸多方面;并在全球<sup>[17-18]</sup>、国家<sup>[8-19]</sup>、城市群<sup>[20-22]</sup>和省域<sup>[23]</sup>等不同的空间尺度的城镇网络研究中得到了广泛的应用。在学科日益融合背景下基于跨学科方法和视角中社会网络理论<sup>[24]</sup>、图论理论<sup>[25]</sup>、递归理论<sup>[26]</sup>等理论及方法的引入对节点中心性的理论研究也进行有益思辨和补充。

公路客运交通作为立体交通不可或缺的重要组成部分是省域及城市群内相互联系的重要载体,在区域经济发展中占据重要的地位。同时,尺度效应表明研究单元的尺度差异往往直接导致区域特征和信息量的提取与呈现结果。以往城市中心性的研究主要以地级市为研究单元的区域研究为主,鲜有以县级尺度为研究单元探讨区域空间网络及中心性的研究而导致了更多的细节特征的缺失。因此,本文以县域城镇为基本研究单元,以长江中游城市群为研究对象,采用社会网络分析方法和地理探测器探讨长江中游城市群县域城镇网络中心性发育状况及其影响因素,以期能够更加精细的刻画长江中游城市群城镇中心性的发展差异,更精确的识别城镇地位及其发育状况,为流空间背景下的地理网络空间系统特征及中小城镇培育、区域联动发展提供有益借鉴。

## 2 研究方法与数据来源

### 2.1 研究方法

2.1.1 社会网络分析 网络中心性在图论领域的探讨由来已久，但直到 20 世纪中期，其研究才在社会科学领域得到较好的应用性分析<sup>[27]</sup>。社会网络分析中的中心性分析模块适用于分析网络视角下网络个体的中心性和集聚能力。

(1) 网络密度。该指标反映网络中节点之间的联系程度。网络密度越大，表明网络节点之间的关系越密切。其公式为：

$$D = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k d(i, j) / k(k-1) \quad (1)$$

式中：D 为网络密度，k 为城市节点数  $d(i, j)$  为城市 i 与城市 j 间的空间联系量。

(2) 程度中心性。程度中心性则用节点度的大小进行衡量，直观反映了该节点与网络中其他节点发生直接联系的可能性大小。

$$C_i = \sum_{j=1, j \neq i}^n X_{ij} \quad (2)$$

式中： $C_i$  为点度中心性，n 为城镇个数， $X_{ij}$  是城镇 i 到城镇 j 的班次数量。

(3) 中介中心性。用所有节点对间的最短路径经过给定节点的次数和衡量，反映该节点在网络中的中转和衔接功能。

$$C_{ABi} = \sum_j^n \sum_k^n (g_{ik(i)} / g_{ik}), j \neq k \neq 1 \quad (3)$$

$C_{ABi}$  为中介中心性； $g_{ik(i)}$  为城市 j 和城市 k 之间存在的最短路径数量； $g_{ik(i)} / g_{ik}$  为城市 i 处于城市 j 和城市 k 间最短路径上的概率。

2.1.2 地理探测器 空间分异性是自然和社会经济发展过程中的重要特征，识别空间分异规律及其驱动要素是推动自然和社会经济不断发展的重要条件<sup>[28]</sup>。地理探测器具有探测多因子在不同空间单元下的不同影响程度及其相互关系的能力，是一种有效分析空间分异、揭示驱动因子的统计学方法，在分析地理要素格局演变和空间分异等方面应用十分广泛<sup>[29、30]</sup>。运用地理探测器中的因子探测器对长江中游城市群县域城镇网络中心性的不同影响因素进行探讨。影响因素的地理探测力值可表示为：

$$P_{D,c} = 1 - \frac{1}{n\sigma_c^2} \sum_{k=1}^L n_k \sigma_k^2 \quad (4)$$

式中： $P_{D,c}$  为影响因子 D 对城镇中心性 C 的探测力值；n、 $\sigma_c^2$  分别为整个区域的样本量和方差； $n_k$ 、 $\sigma_k^2$  为  $h$  ( $h = 1, 2, \dots, L$ ) 层样本量和方差。 $P_{D,c}$  的值域区间为[0,1]； $P_{D,c}$  越大，表明 D 因素对城镇中心性的影响越大。

### 2.2 数据来源

基于汽车站网 (<https://www.qichezhan.cn/>) 网页检索 (2015 年版)，通过 Python 软件平台编写程序，利用循环查询从中提取城镇间汽车班次数据，并以此为基础构建长江中游城市群县级尺度两两城镇之间的公路班次网络数据，最终得到  $167 \times 167$  的联系矩阵。为保障

数据的科学性和完整性，通过随机抽取、交叉检验等方式对数据进行验证。影响因子所需县市社会经济数据主要来源于《中国县域统计年鉴》、《湖北统计年鉴》、《江西统计年鉴》、《湖南统计年鉴》，部分缺失数据通过各县市国民经济和社会发展统计公报及政府工作报告进行补充。

### 3 结果分析

#### 3.1 区域网络密度特征

长江中游城市群县域公路交通流网络强度为 10.67，标准差达到 24.89，通过临界值=0 进行二值化处理，将存在联系城镇之间记为 1，而不存在联系则记为 0，得到长江中游城市群县域交通流网络密度为 0.53，表明在长江中游城市群县域城镇间所有可能出现的关系联结中，有 1/2 左右的城镇在公路交通流网络中建立相互关系，交通网络发育良好且具有相当的密度效应。在网络蔓延到连绵的发展过程中，存在一个临界值。当密度超过该临界值时，整个区域网络会达到一种完全连绵状态，形成大的空间集团，对其研究涉及逾渗理论。不同的点阵逾渗阈值存在差别，三角形、正方形、蜂房及连续区的密度临界值分别是 0.5、0.593、0.698 和 0.5<sup>[31]</sup>。长江中游城市群县域公路交通网络密度为 0.53，已经逾越连续区的阈值 0.5，表明长江中游城市群公路交通网络发展较好，城镇之间的公路交通联系较为密切，公路交通网络已经初步发展成型。

表 1 长江中游城市群公路客运联系网络密度表

Tab.1 Network Density of urban agglomerations in the middle reaches of the Yangtze River

密度	环鄱阳湖城市群	长株潭城市群	武汉都市圈
环鄱阳湖城市群	0.67	0.25	0.08
长株潭城市群	0.19	0.76	0.41
武汉都市圈	0.06	0.39	0.73

为探讨长江中游城市群县域交通网络发展差异，以子城市群为单元计算得到长江中游城市群子城市群之间的公路客运网络联系密度（表 1）。从子城市群的联系来看，大量的交通联系出现在子城市群内部，子城市群间联系密度远远小于子城市群内部，子城市群内部交通联系紧密、而子城市群间联系不足，反映了长江中游城市群公路客运网络发展不均、交通联动发展进程相对滞缓。具体来看，子城市群中环鄱阳湖城市群联系密度最低，且相对而言较为孤立，与长株潭城市群联系密度为 0.19，而与武汉都市圈的密度仅为 0.06；长株潭城市群公路客运网络联系密度最大，与环鄱阳湖城市群及武汉都市圈的联系密度分别为 0.25 和 0.39；武汉都市圈与长株潭城市群和环鄱阳湖城市群的联系密度分别为 0.41 和 0.08。总体上，长株潭城市群与环鄱阳湖城市群和武汉都市圈联系密切，在长江中游城市群中承担了中介作用，而武汉都市圈与环鄱阳湖城市群间的联系密度则相对松散。

#### 3.2 网络节点程度中心性特征

利用 ucient 软件对公路客运交通网络中城镇节点进行程度中心性分析，城镇程度中心性的值域区间为[28, 2815]、其变异系数达到 1.28。受地理区位特征、城镇发展规模、行政等级等众多因子影响，长江中游城市群交通网络节点间交往水平存在明显差异，突出表现为省会城市牢牢占据前三榜单，形成鼎状交通集聚扩散中心，处于区域城市群交通核心枢纽地位。地级城市程度中心性普遍较高，而城市群边缘及省域边缘城镇的交往能力总体处于较弱水平。值得一提的是，南昌县、长沙县等部分经济实力雄厚的强县表现出与其经济实力差距极大的交通网络程度中心性特征，由于靠近省域核心交通枢纽，网络中心性程度反而降低，这也说明大城市在公路客运交通方面具有一定的“遮蔽效应”。

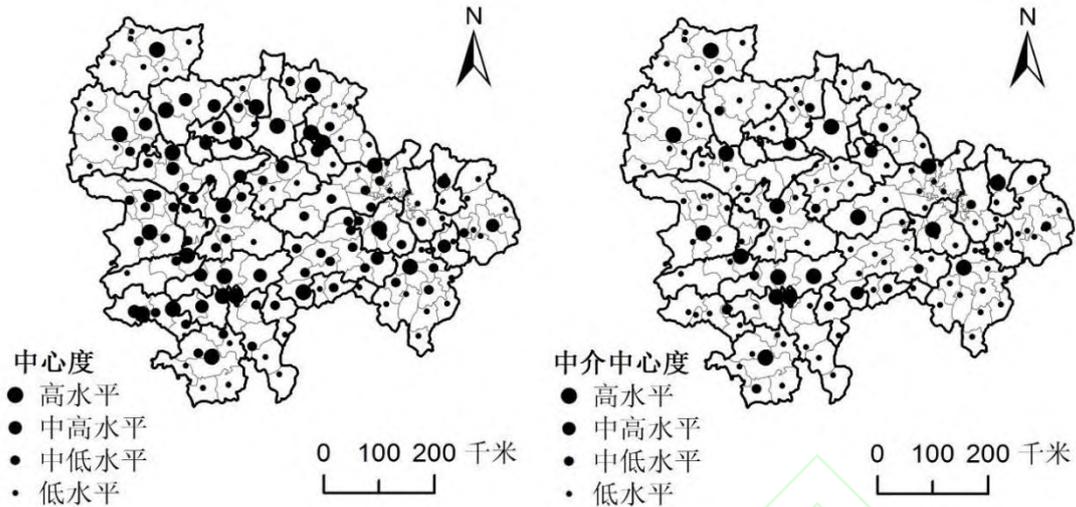


图1 长江中游城市群县域城镇程度中心性与中介中心性格局

Fig.1 Spatial pattern of degree centrality and betweenness centrality of urban agglomerations in the middle reaches of the Yangtze River

程度中心性可进一步分解为内向及外向程度中心性,综合对比城镇内向程度中心度及外向程度中心度发现,其变异系数分别为 1.36 和 1.37,表明城镇间内向联系与外向联系相对均衡。从长江中游城市群县域城镇的内向程度中心性及外向程度中心性的规模看,武汉市、南昌市和长沙市仍位于长江中游城市群的前三位,是城市群相对稳固的公路交通集聚和扩散中心,处于城市群交通网络核心枢纽地位;鄂州市、公安县、大冶市等城镇出现内向程度中心度和外向程度中心度明显的“错位”现象,内向与外向联系呈不均衡化态势;荆州市、岳阳市、荆门市及衡阳市等部分城镇由于地处城市群边缘地带,经济综合实力较强且远离交通核心枢纽,从而成为城市群内西北和南部的集聚中心和扩散中心和区域次级核心交通枢纽;湘潭市、株洲市及抚州市等居中性较好且临近城市群核心枢纽的城市也表现出较强的整体联系能力。

### 3.3 网络节点中介中心性特征

长江中游城市群县域城镇中介中心性值域区间为 $[0, 5677]$ ,其变异系数达到 3.98。相对于程度中心性体现了交通网络节点交往能力而言,中介中心性有效衡量了城镇的连通能力和中介作用,反映了该城镇对网络流动的影响能力和城镇在整个网络之中的控制力。借鉴世界银行的区域经济分类方法和标准,以城镇中介中心性平均值的 50%、100%及 150%三个截点,依次将城镇划分为低水平、中低水平、中高水平和高水平城镇四个层级。中介中心性高水平城镇和中高水平城镇在长江中游城市群空间上分布相对均衡,除浏阳市和修水县之外,均为地级以上城市。地级以上城市规模等级总体较高、通常为区域内核心节点及交通枢纽,其对市域范围内城镇网络联系控制力居于主导地位、是城镇节点进行跨市域联系的中介枢纽;而浏阳市与修水县对外交通方式相对单一,区域对外联系以公路客运为主,尤其是修水县,其周边靖安县及武宁县等地区主要的对外交往方式均以公路交通为主,因此成为区域联系中介枢纽。低水平城镇占长江中游城市群县级城镇总量的 78.2%,深入分析发现低水平城镇主要可分为两类,第一类为城市群及省域边界城镇,如玉山县、彭泽县、衡南县等城镇,由于地处城市群和省域边缘地带的区位特征,通常在交通网络中扮演着起始点或终点的角色而几乎不具备中转和衔接的功能;另一类城镇为交通枢纽核心城市周边城镇,受核心城市“虹吸效应”明显,如南昌县、长沙县、株洲县、鄂州等城镇,该类城镇往往经济综合实力在城市群中处于高水平地位,与核心城市联系紧密,一体化程度较高,交通运输与核心城市之间

相互融合，以借助核心城市交通的方式发展对外交通，因此，中介中心性也往往呈现出与其经济实力不相匹配的低水平状态。

### 3.4 综合中心性视角下城镇层级及组团格局

程度中心度反映城镇自身的交流能力，体现了自我的区域中心性；中介中心度体现了城镇在网络中的控制能力和连接作用，体现了组织的效率；两者均是基于单一的角度对城镇的角色和地位进行分析，而不能全面的反映城镇的中心性。因此，参考相关学者的研究<sup>[19]</sup>，根据网络中心性理论方法及其表征意义，利用熵值法及专家打分法对城镇程度中心性及中介中心性进行综合权重确定，得到二者权重分别为 0.4、0.6，最终构建城镇综合中心性指数，并以此计算得到长江中游城市群各个城镇的综合中心性值。从子城市群上看，平均值显示长株潭城市群>武汉都市圈>环鄱阳湖城市群，表明长株潭城市群城镇综合中心性水平最高，方差显示武汉都市圈>环鄱阳湖城市群>长株潭城市群，表明长株潭城市群综合中心性整体差异和波动较小。

基于城镇综合中心性指数，借鉴相关文献<sup>[32]</sup>利用系统聚类 and 图表判别的综合方法对长江中游城市群县域城镇交通流视角下的总体分布特征及其等级状况。从长江中游城市群的城镇等级状况上看，南昌市、武汉市和长沙市作为城市群的三个极核，且分别是其子城市群所在的政治、经济、文化和交通中心，在城市群交通网络中处于核心枢纽地位，自身交流能力及其作为中介的连接能力均大幅领先于其它城镇；宜昌市、荆州市和株洲市分别为城市群西部和南部地区的副中心枢纽城市，在整体网络中处于次级核心地位，在其所处的区域承担着较强的集聚扩散及连接作用，为城市群培育副核心增长极承担重要作用；第三级城市为子城市群枢纽城市，包括岳阳市、衡阳市、湘潭市、常德市、九江市等城市，其对于子城市群区域一体化联系发展，提升子城市群城镇交通连接水平，培育省域副中心交通枢纽城市具有促进作用；第四等级城镇为一般城镇，其综合中心性较小，联系水平与终结能力较弱，在长江中游城市群交通联系网络中通常处于从属地位。

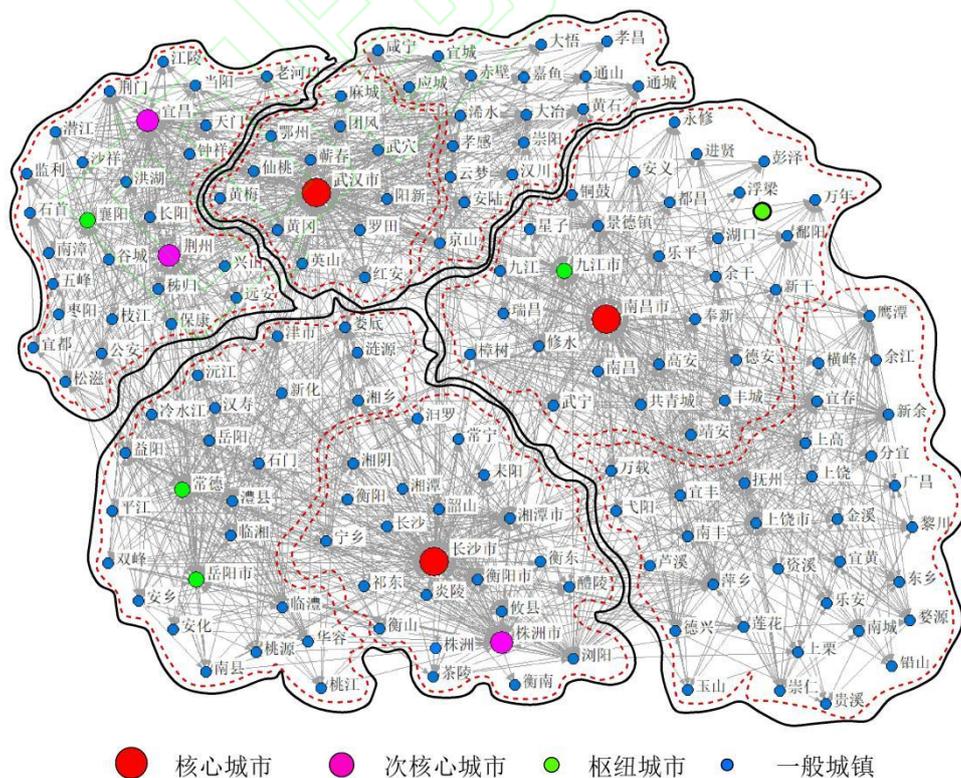


图 2 综合城镇中心性视角下的城镇层级及组团状况

Fig.2 Urban level and group status from the perspective of integrated urban centrality

基于优势流和社会网络分析中 Concor 算法的凝聚子群功能, 分析长江中游城市群县域城镇尺度下存在的组团现象。长江中游城市群县域城镇在二级层面上形成了分别以武汉市、南昌市、长沙市和荆-宜-襄为核心的四大片区, 三级层面上则出现七个子群, 空间上整体呈集聚特征。具体来看, 四大片区内部密度值较高, 区内联系紧密, 四大片区中城市群核心城市分属于三个片区, 而荆-宜-襄片区中荆州市和宜昌市的综合中心性处于城市群副中心城市的等级, 整体上宏观片区格局发展较为合理; 从七个子群来看, 南昌片区分为南部新-宜-萍子群和南昌子群, 南昌子群在空间的集聚作用较强, 且区内有南昌和九江市两大核心, 吸引了包括丰城市、高安市等原宜春市辖区城镇, 子群内部密度显著高于新-宜-萍子群; 新-宜-萍子群内部虽有较多地级市, 但整体上部分地级市集聚和辐射能力较强, 区域缺乏核心枢纽城市的引领带动作用, 因此, 注重培育省域副中心交通核心枢纽, 推动新余、宜春和萍乡交通一体化发展是提升区域城镇中心性的有效途径。武汉片区可分为核心子群和外环子群两类, 核心子群主要为以武汉为核心、囊括周边鄂州市、黄冈市及其周边县域的子群, 该子群内部与武汉联系紧密, 区域内空间距离较小且高等级城镇较多, 交通一体化趋势较为明显; 外环子群主要是围绕在武汉子群周边以黄石市及咸宁市为中心的城镇集群, 该子群空间上距武汉远于鄂州等城市, 是武汉的辐射区域; 长沙片区主要为长株潭子群和岳阳市群, 长株潭子群区域内部高等级城镇多、城镇联系密切, 涵盖了长株潭城市群南部大部分城镇; 岳阳市群以岳阳为核心城镇, 包括了益阳及常德等地区市县, 该子群在长江中游城市群中的居中性较好, 核心城镇岳阳也是连接长株潭子群和武汉片区的重要枢纽, 因此, 建设岳阳为区域副中心核心交通枢纽对于提升长江中游城市群的整体空间联系具有重要的促进作用; 而荆-宜-襄子群由于位于区域边缘地带、城镇经济综合实力较强、加上区域核心城镇中心性等级较高, 成为单一的联系紧密子群; 而加快宜昌-荆州-荆门的交通一体化也有助于推动城市群组团发展。

## 4 网络中心性的影响因素分析

基于交通流构建的长江中游城市群县域交通网络, 城镇的网络中心性反映了城市节点所处的地位和角色; 流空间视角下城镇节点与整体网络结合日益紧密, 城镇在整体网络中所处的角色地位与区域空间相互作用强度呈现出明显的关系。城镇经济发展水平和人口规模是测度城市质量和城镇区域空间相互作用最普遍的因子, 城市质量的大小对城市网络中节点角色和地位的影响往往较为显著; 城市的行政级别差异反映了城镇在区域网络中对资源配置能力的不同<sup>[33]</sup>, 高级别城市在整体网络中往往具有较强的集聚和辐射能力, 从而提升网络节点的中心性; 城市产业结构、资金投入等因子会对城镇之间的区域竞合产生影响, 进而影响城镇节点的服务水平和控制能力<sup>[34]</sup>; 市场活力和支付水平是城镇间产生介入性的重要因素, 而介入性在城镇产生联系的过程中被认为是一个不可忽视的基本条件<sup>[35]</sup>。基于此, 本文尝试从区域经济发展水平、人口规模、城市行政等级、产业结构、资金投入水平、市场活力以及居民支付水平等角度, 选取了地区生产总值、年末人口总数、行政级别、社会消费品零售总额、第三产业产值、年末金融机构各项贷款率余额、财政支出和城镇居民人均可支配收入作为影响因子对交通流网络视角下的城镇中心性影响因素进行分析, 通过探讨不同因子对城镇中心性空间分异影响来提出实现城镇差异化发展与区域网络拓展策略。

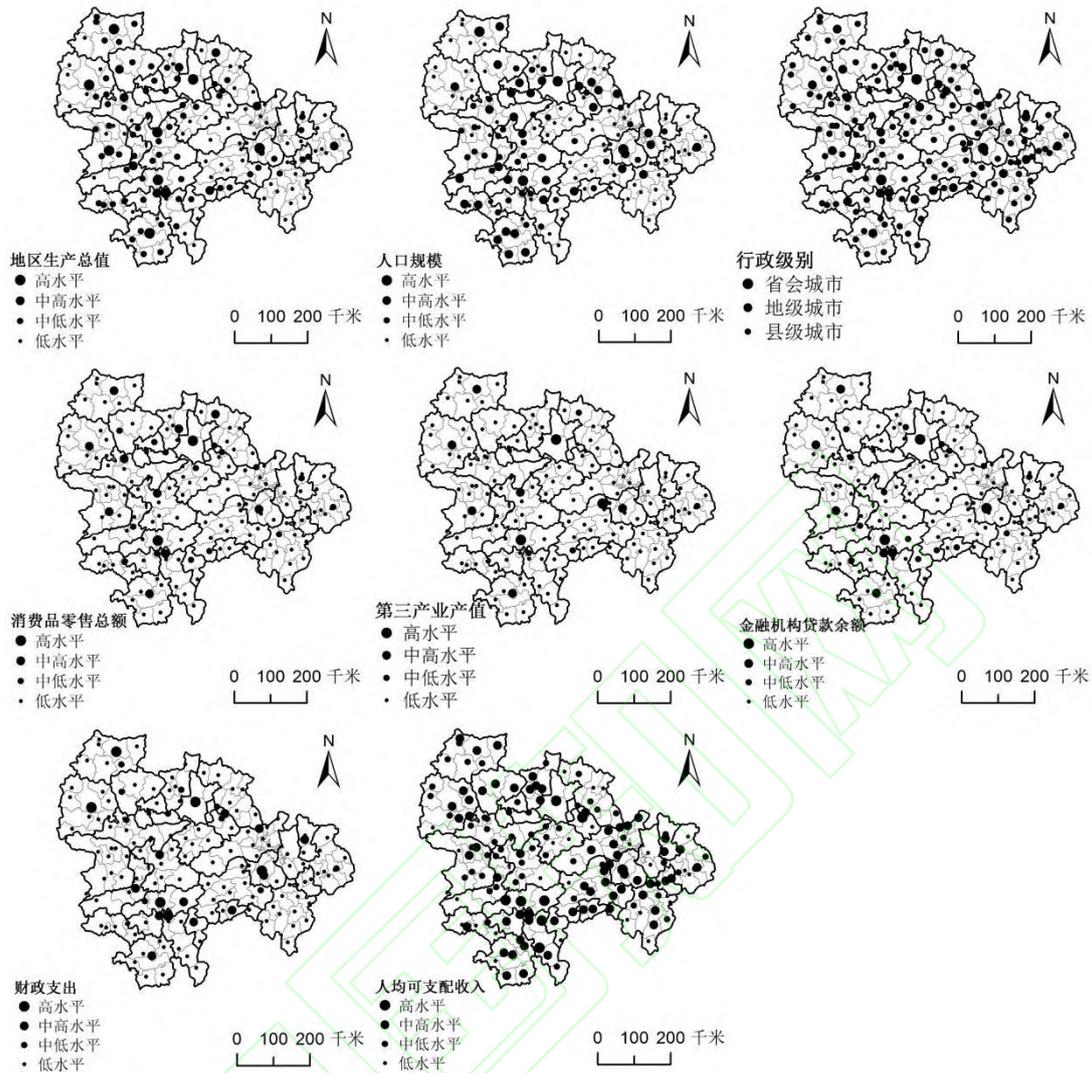


图3 长江中游城市群中心性影响因子空间分布图

Fig.3 Influencing factors of urban centrality of urban agglomerations in the middle reaches of the Yangtze River

利用地理探测器对网络中心性影响因子进行检验分析,将网络中心性及其影响因子导入地理探测器模型中,得出了各影响因子的影响力值及因子解释力值(表2)。地区生产总值、年末人口总数、行政级别、社会消费品零售总额、第三产业产值、年末金融机构各项贷款余额、财政支出、城镇居民人均可支配收入均对长江中游城市群县域交通网络具有显著的影响,但影响力存在一定差异。行政级别的 $q$ 统计量均在0.8以上,高行政级别的城市在资源配置中处于优势地位,并具有县级城市无法比拟的集聚和辐射优势,使得地级城市在网络中的地位突出,而县级市在区域网络中往往处于从属地位;社会消费品零售总额和年末金融机构各项贷款率余额表征城市市场活力状况,财政支出则体现了城市的资金投入水平,市场活力和资金投入是影响区域城镇间发生交往的基础和动力,对区域交通网络的连接和城市经济交流产生了重要作用;经济发展水平和人口规模是城市质量及区域空间相互作用的主要内容,城市通过交通等基础设施影响空间集聚和扩散网络内节点规模及其地位;区域产业结构差异对城市介入性具有较大的影响,城市间产业互补通过区域产业合作有效促进了城市的联系,提升了区域整体网络的联系能力和竞争力,长江中游城市群由三个省级子城市群组成,省内产业互补性较好但省际产业合作较少,对于整体网络的中心性解释力比其他因子相对较弱;

居民支付水平在城市群整体空间上的差别并不明显，程度中心性中的  $q$  统计量仅为 0.37，表明了居民支付水平对城镇居民移动的限制不强，对网络中心性的解释力相对弱。总体上看，区域经济发展水平、人口规模、城市行政等级、产业结构、资金投入水平、市场活力以及居民支付水平等因素对城镇网络中心性均具有显著的影响。行政级别、社会消费品零售总额、年末金融机构各项贷款率余额和财政支出等影响因子对网络程度中心度、中介中心度和综合中心度的  $q$  统计量均在 0.6 以上，突出表明城市行政级别、市场活力和资金投入等条件对城镇交通承载力和区域交流和连接作用影响显著；从  $q$  统计量的大小来看，行政级别、市场活力、财政投入和经济规模等方面对城市交通网络的连接效应和节点规模的影响显著，城镇居民人均可支配收入程度中心性的  $q$  统计量最小，对网络中心性的影响力较弱。此外，由于城市群内分工并不明确，城市间产业差异并不明显，导致了产业结构对城镇网络中心性的影响力不强。区域经济发展水平、人口规模、城市行政等级、资金投入水平以及市场活力依然为影响网络中心性的最主要因子。

表 2 长江中游城市群城镇中心性影响因素地理探测结果表

Tab.2 Results of influencing factors of urban centrality in urban agglomerations in the middle reaches of the Yangtze River based on the geographical detector model

影响因子	程度中心性		中介中心性		综合中心性	
	q statistic	p value	q statistic	p value	q statistic	p value
地区生产总值	0.6953	0.0000	0.4835	0.0000	0.5450	0.0000
年末人口总数	0.5200	0.0000	0.6859	0.0000	0.6776	0.0000
行政级别	0.8286	0.0000	0.9141	0.0000	0.9171	0.0000
社会消费品零售总额	0.7220	0.0000	0.6037	0.0000	0.6439	0.0000
第三产业产值	0.4730	0.0000	0.4422	0.0000	0.4715	0.0000
年末金融机构各项贷款余额	0.8442	0.0000	0.9277	0.0000	0.9332	0.0000
财政支出	0.7145	0.0000	0.9168	0.0000	0.9039	0.0000
城镇居民人均可支配收入	0.3718	0.0000	0.4725	0.0000	0.4681	0.0000

根据影响因素结果认为，从经济、人口、市场、投资和交通等多方面发力提升城镇地位和规模。首先，突出核心城市地位，增强核心城市集聚能力；加强武汉、长沙和南昌分别在各子城市群间的城市规模，积极促进核心城市与周边城市的一体化、同城化发展，增强城市群区域组团综合承载和汇集能力；其次，合理规划区域产业结构，推进城市分工合作，促进区域组团发展；优化城市群边缘带产业结构、增强市场活力、立足区域资源禀赋，合理定位城市职能分工，从区域上看，荆州-宜昌-襄阳、新余-宜春-萍乡和岳阳-益阳-常德之间联系紧密，具备发展城市群副中心和区域组团的潜力，要积极发挥城镇组团建设城镇产业的优势支撑，着力提升城镇间的产业配套协作水平、形成产业集聚发展优势，进一步释放城镇市场活力；最后，积极培育城市群副中心城市和枢纽城市，合理配置城镇交通资源，完善弱势城镇基础设施；城市群总体上高等级城市数量少，要提升荆州、岳阳等次核心城市建设，围绕核心及次核心城镇，通过重点项目布局和高速公路网络的完善等方式提升城市群组团及城镇间的通达性，推动实现交通基础设施均等化发展。

## 5 结果与讨论

现代化的交通体系往往具有较强的时空压缩效应，交通流视角下的网络城镇节点的角色地位及等级体系会发生巨大的变化。本文以长江中游城市群为研究对象，以县级尺度为基本研究单元，通过构建县域城镇公路班次网络，结合社会网络分析和地理探测器方法，对长江

中游城市群县域城镇发育状况及其节点地位,并对交通流网络下的城镇中心性影响因素进行了探讨,得出以下主要研究结论:

第一,长江中游城市群交通网络密度为 0.53,网络联系密度较强,根据逾渗理论,长江中游城市群已经逾越连续区的阈值,初步形成了三角形连续区;从各子城市群来看,长株潭城市群在整体中承担着中介作用,在整体及子城市群中联系较为密切,而环鄱阳湖城市群及武汉都市圈则相对较为松散。

第二,地级以上城市程度中心性普遍较高,武汉市、南昌市和长沙市三个核心城市是区域内稳固的集聚和扩散中心,同时,大城市在区域交通网络中也存在着“遮蔽效应”;城镇节点的中介中心性表明,地级市在整体网络中的中介作用及其控制能力更为显著,地级城市成为城市群整体中的中转枢纽,其地位普遍较高,城市群边缘地带城镇受区位影响,中介能力普遍较弱、部分大城市周边城镇受“虹吸效应”影响,网络控制力不高;综合中心性显示武汉市、南昌市和长沙市为整体网络中最重要的核心城市,高等级城市数量总体较少,城市群内小城镇在网络中发育较为迟缓;凝聚子群显示长江中游城市群在二三级层面上呈现出“四片区,七子群”的组团状况。

第三,基于地理探测器的城镇中心性影响因素显示,区域经济发展水平、人口规模、城市行政等级、产业结构、资金投入水平、市场活力以及居民支付水平对交通流网络下的城镇中心性影响较为显著,其中,城市行政等级、资金投入水平和市场活力解释力最强,而居民支付水平与产业结构的影响力相对较弱。

本文对长江中游城市群的县域尺度的城镇中心性进行了研究,并探讨了影响城镇中心性的因素,得到了一些有益于城市群联动、区域组团发展的结论;但区域联系网络具有复杂性和综合性的特征,公路班次数据是城市群整体网络中的单一维度,如何科学构建城市群多维度整体联系网络,从综合网络视角对区域进行研究是今后研究需要改进的方向。

#### 参考文献:

- [1] Christaller W. Central Place in Southern Germany[M]. Translated by Baskin C W, Englewood Cliffs. NJ and London: Prentice Hall, 1966.
- [2] Preston R E. Two Centrality Models[J]. Yearbook of Association of Pacific Coast Geographers. 1970, 32: 59-78.
- [3] Marshall J U. The structure of urban systems[M]. Toronto: University of Toronto Press, 1989.
- [4] Irwin M D and Hughes H L. Centrality and the Structure of Urban Interaction: Measures, Concepts, and Applications[J]. Social Forces, 1992, 71(1): 17-51.
- [5] 陈田. 我国城市经济影响区域系统的初步分析[J]. 地理学报, 1987, 42(4): 308-318.
- [6] 顾朝林. 城市经济区理论与应用[M]. 吉林: 吉林科学技术出版社, 1991.
- [7] 王法曾. 建立城市体系等级层次的理论和方法——以河南省城市体系为例[J]. 地域研究与开发, 1993, 12(2): 13-17.
- [8] 周一星, 张莉, 武悦. 城市中心性与我国城市中心性的等级体系[J]. 地域研究与开发, 2001, 20(4): 1-5.
- [9] Wang J E, Mo H H, Wang F H, et al. Exploring the network structure and nodal centrality of China's air transport network: A complex network approach[J]. Journal of Transport Geography 2011, 19(4): 712 - 721.
- [10] Wang J E, Jin F J, Mo H H, et al. Spatiotemporal evolution of China's railway network in the 20th century: An accessibility approach[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2009, 43(8): 765 - 778.
- [11] 钟柯, 肖昱, 许璐, 等. 基于列车运行网络的中国城市中心性分析[J]. 地球信息科学, 2012, 14(1): 85-93.
- [12] 赵映慧, 姜博, 郭豪, 等. 基于公共客运的东北地区城市陆路网络联系与中心性分析[J]. 经济地理, 2016, 36(2): 67-73.

- [13]熊丽芳,甄峰,王波,席广亮.基于百度指数的长三角核心区城市网络特征研究[J].经济地理,2013,33(07):67-73.
- [14]董超,修春亮,魏冶.基于通信流的吉林省流空间网络格局[J].地理学报,2014,69(04):510-519.
- [15]叶磊,段学军,欧向军.基于交通信息流的江苏省流空间网络结构研究[J].地理科学,2015,35(10):1230-1237.
- [16]郭卫东,钟业喜,傅钰.长江中游城市群网络结构及其效率[J].企业经济,2018(01):163-170.
- [17]Smith D A, Timberlake M F. World city networks and hierarchies, 1977-1997: an empirical analysis of global air travel links[J]. American Behavioral Scientist, 2001, 44(10): 1656-1678.
- [18]Guimera R, Mossa S, Turtchi A, et al. The worldwide air transportation network: Anomalous centrality, community structure, and cities' global roles[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2005, 102(22): 7794-7799.
- [19]莫辉辉,金凤君,刘毅,等.机场体系中心性的网络分析方法与实证[J].地理科学,2010,30(02):204-212.
- [20]蔡莉丽,马学广,陈伟劲,等.基于客运交通流的珠三角城市区域功能多中心特征研究[J].经济地理,2013,33(11):52-57.
- [21]冯兴华,钟业喜.长江经济带城市网络结构演变特征[J].学习与实践,2018(10):46-55.
- [22]钟业喜,朱治州.长江经济带土地利用及其生态系统服务价值演变研究[J].江西师范大学学报(哲学社会科学版),2018,51(03):100-107.
- [23]柯文前,陆玉麒,朱宇,等.交通流网络的时空特征解析——基于张量分解方法视角[J].地理科学,2016,36(11):1679-1687.
- [24]Friedmann J. The world city hypothesis[J]. Development and change, 1986, 17(1): 69-83.
- [25]Taylor P J, Walker D R F, Catalano G, et al. Diversity and power in the world city network[J]. Cities, 2002, 19(4): 231-241.
- [26]赵梓渝,魏冶,庞瑞秋,等.基于人口省际流动的中国城市网络转变中心性与控制力研究——兼论递归理论用于城市网络研究的条件性[J].地理学报,2017,72(06):1032-1048.
- [27]Brandes U. Erlebach T. Network Analysis: Methodological Foundations [M]. Berlin, German: Springer-Verlage, 2005.
- [28]王劲峰,徐成东.地理探测器:原理与展望[J].地理学报,2017,72(01):116-134
- [29]刘彦随,李进涛.中国县域农村贫困化分异机制的地理探测与优化决策[J].地理学报,2017,72(01):161-173.
- [30]胡丹,舒晓波,尧波,等.江西省县域人均粮食占有量的时空格局演变[J].地域研究与开发,2014,33(04):157-162.
- [31]张宇星.城市和城市群形态的空间分形特性[J].新建筑,1995(3):42-46.
- [32]钟业喜,陆玉麒.基于铁路网络的中国城市等级体系与分布格局[J].地理研究,2011,30(5):785-794.
- [33]曾鹏,秦艳辉.城市行政级别、产业集聚对外商直接投资的影响[J].国际贸易问题,2017(01):104-115.
- [34]柳坤,申玉铭.国内外区域空间相互作用研究进展[J].世界地理研究,2014,23(01):73-83.
- [35]李小建.经济地理学(第二版)[M].北京:高等教育出版社,2006.