

珠三角城际陆地公共客运交通 联系格局和子结构特征分析*

盛艳玲¹, 郭小岚¹, 胡国华²

1. 广东财经大学文化旅游与地理学院, 广东 广州 510320

2. 华东师范大学地理科学学院, 上海 200241

摘要: 探讨珠三角城际陆地公共客运交通联系总体特征和内部结构, 对于提升珠三角交通网络韧性, 合理规划都市圈, 实现可持续协调发展具有重要意义。利用城际陆地公共客运交通数据, 结合联系指标和社会网络分析方法, 对珠三角内各城市之间联系的空间格局和结构特征进行分析。结果表明: 1) 客流走向发生改变, 但是首位联系和高联系强度的城市基本不变。不同年份的客流走向稍有变化, 但是以广州、深圳为中心的人射首位联系格局基本不变。对外联系强度最高的城市集中在广州、深圳、东莞, 与城市的综合经济实力基本相符。2) 珠三角城市联系均呈现出核心-边缘的内外圈层联系结构。广州、深圳、东莞的核心地位始终保持不变, 边缘区域内部的城市交通联系得到加强。3) 东部深圳东莞惠州结构稳固, 符合都市圈规划, 其他子群结构发生改变。中部的广州佛山肇庆都市圈规划与凝聚子群运行结果相差较大, 需加强这三个城市间的客运联系, 使之能真正形成一个强联系的子群。除广州外的3个子群间相对独立, 客运联系较少。

关键词: 交通联系; 陆地公共客运; 社会网络分析; 空间格局; 子结构特征

中图分类号: K90 文献标志码: A 文章编号: 2097-0137(2024)04-0061-10

The connection pattern and substructure characteristics of intercity land public passenger transport in Pearl River Delta

SHENG Yanling¹, GUO Xiaolan¹, HU Guohua²

1. School of Culture Tourism and Geography, Guangdong University of Finance & Economics,

Guangzhou 510320, China

2. School of Geographic Sciences, East China Normal University, Shanghai 200241, China

Abstract: Exploring the overall characteristics and internal sub-structure of intercity land public passenger transport connection patterns in the Pearl River Delta is of great practical and contemporary significance for improving the resilience of the transport network, rationally planning the metropolitan area, and realizing sustainable and coordinative development. Based on the intercity land public passenger transport data, this paper analyzed the spatial pattern and structural characteristics of the connections between cities in the Pearl River Delta by using the contact index and social network

* 收稿日期: 2023-12-08

录用日期: 2024-03-07

网络首发日期: 2024-05-27

基金项目: 广东省基础与应用基础研究基金(2020A1515011235);

广东省教育厅特色创新社科项目(2019WTSCX032)

作者简介: 盛艳玲(1983年生), 女; 研究方向: 资源环境遥感、城市可持续发展;

E-mail: syl518250@126.com

全文阅读



ZR20230038

analysis method. The results show that: 1) The trend of passenger flow varies, but the cities with the first degree of contact and the high intensity of contact are stable. The direction of passenger flow in different years changed slightly, while the pattern of the priority centered on Guangzhou and Shenzhen is unchanged. The cities with the highest contact intensity are concentrated in Guangzhou, Shenzhen, and Dongguan, which is consistent with the comprehensive economic strength of the city. 2) The cities in the Pearl River Delta show the inner and outer circle connection structure of the core-edge. The inner core positions of Guangzhou, Shenzhen, and Dongguan have remained unchanged. The urban traffic links within the marginal areas have been strengthened. 3) The structure of Shenzhen-Dongguan-Huizhou of the eastern Pearl River Delta is stable, in line with the metropolitan planning, whereas the structure of other subgroups varies. In the middle of the Pearl River Delta, there is a big difference between the planning of the central Guangzhou-Foshan-Zhaoqing area and the subgroup. It is necessary to strengthen the passenger connection between the three cities so that it can truly form a subgroup with a strong connection. Except for Guangzhou, the three subgroups are relatively independent with fewer passenger transport connections.

Key words: traffic connection; land public passenger transport; social network analysis; spatial pattern; substructure characteristics

全球化、信息化以及城镇化的高速发展使得城市之间的人流、物流和信息流的作用和联系已成为区域研究热点。国内学者分别针对成渝城市群(宗会明等,2018)、长江中游城市群(黄洁等,2016)、中原城市群(安俞静等,2019)、哈长城市群(程利莎等,2017)、辽中南城市群(韩增林,2019)、京津冀城市群(傅毅明等,2016)、珠三角城市群(陈伟劲等,2013),从单要素交通流(王海江等,2019)、双要素交通和信息组合流(程利莎等,2017)、多维要素流的角度(王海军等,2018),刻画省域(孟德友等,2012)、市域(陈伟劲等,2013)、县域(郑文升等,2016)不同尺度下的城市联系格局特征。其中,交通流作为人、物的重要载体,可以在一定程度上反应城市之间的实体联系。因此,基于铁路(焦敬娟等,2016;王海江等,2019)、公路(傅毅明等,2016;柯文前等,2016)、航空(张凡,2016)单一类型交通流或者多元交通流视角(陈伟等,2015;王姣娥等,2019),已有文献对城市联系格局与组织特征进行研究。对于长距离城市之间的联系,往往采用航空数据,主要关注全国范围内以及多个国家组成的经济共同体之间的往来研究。而对于中小尺度距离范围内的城市之间交流,多采用陆地交通流,研究内容亦更加丰富。

由于城市交通是城市经济活动的动脉和发展基础,国外学者更多关注交通网络形态对道路系

统连通性和韧性影响(Akbarzadeh et al.,2019),在全球城市等级体系和网络构建方面做了许多有益探索(Alderson et al.,2010;DeRudder et al.,2008)。部分国内学者利用交通客运数据进行城市等级结构(焦敬娟等,2016;钟业喜等,2011)、区域功能中心的识别(冯长春等,2014;罗震东等,2011)、城市网络结构与空间组织模式(陈伟等,2017;马学广等,2017;孟德友等,2017)、城市群空间结构演变影响因素(孙斌栋等,2019)等方面研究。尤其在城市空间联系格局方面,做了很多深入的分析研究工作。交通联系中重要的是客运联系,大区间城市客运联系利用铁路班次数据(黄洁等,2016),大区间内部城市客运联系以公路客运班次数据(陈伟劲等,2013)、公路与铁路客运班次相结合数据(安俞静等,2019;赵映慧等,2016)为主。受限于数据时效性,大多学者只利用一期数据对特定年份城市群客运空间联系格局特征进行研究(安俞静等,2019;陈伟劲等,2013;赵映慧等,2016)。利用两期乃至多期数据进行客运联系格局时空演变的研究较少。这些研究结果为城市联系和区域发展提供思路和理论基础。稳健的交通联系格局能够经受非常规突发事件冲击,虽对航空交通网络连通性造成直接影响,但是空间格局并未发生根本性改变(杜方叶等,2020)。尚未涉及挖掘城际陆地公共客运交通联系稳健格局和结构解析方面的研究,挖掘珠三角子结构可以发现城市之间内在固有关

联,对于合理城市规划和推动区域协同发展具有重要意义。

珠三角各城市之间距离相对较近,内部的交通联系主要以陆地和水运的中短途为主,水运易受水环境影响,而且所占比例较低。铁路虽有快速、便捷、安全等特点,但这种交通方式覆盖度不算高,单纯使用该数据进行研究存在一定局限性。公路运输基本属于“门对门”的交通方式,城市间的汽车班次灵活性更大,能够体现城市之间的直接联系。因此,综合公路、铁路客流数据能够较为全面地反映城市群空间交通联系格局变化特征,研究结果对于实现各城市之间合理分工,推动区域协同发展至关重要。

1 研究区与数据来源

1.1 研究区

以《珠江三角洲地区改革发展规划纲要(2008—2020年)》中具体划定的“珠江三角洲地区”范围为准界定研究区域,即包括广州、深圳、珠海、佛山、江门、东莞、中山、惠州、肇庆9座城市,总面积约为5.48万km²。珠三角城市群为我国一带一路发展战略的前沿阵地,是我国城市化水平最高城市群之一。数据显示,珠三角凭借不足全国1%的土地,承载着我国4%以上的人口,2018年产出全国接近10%的国内生产总值,成为全国国土空间范围内生产要素流动最频繁区域。

其中,交通流是城市群之间物与人群流动的最直观体现。近年来,随着珠三角城市群之间的城际铁路日益完善,交通基础设施网络日益成熟,城市群内部的交通流强度逐渐加大。目前,珠三角地域内各地级市的道路均呈网状分布,基本实现路网全覆盖。随着高铁的普及,该区域内的铁路网也日趋完善。陆地交通方式已成为城市群内部进行资源、要素流动的主要载体,陆地交通流能够直观刻画城市群内部相互作用关系。本文利用珠三角城市群的九个地级城市之间的陆地客运交通数据,探讨珠三角城市群内部各城市的联系程度,推动珠三角城市子群协调发展。

1.2 数据

本研究假定某城市群内部交通量越大,空间联系就越紧密。由于珠三角城市群内部交通联系以铁路与公路为主,结合实际数据可获得性和可靠性,分别选取2019年12月与2020年8月平日

与周末珠三角城市群城际火车、汽车客运班次的均值作为研究数据。若两城市之间存在陆地客运班次,两地之间经停火车班次以及汽车客运班次即为两地的联系强度;若两地之间无直接的铁路公路联系,用0表示两城市间的联系强度。城际客车、铁路运营公司会根据客运量来调整班次和运行图,因此在流数据获取受限的情况下以班次能较好地替代客运流。其中,公路客运班次数据来源于广东省公路客运便民网以及广东省道路运输局,包括两地之间汽车客运具体车牌号以及时刻表;铁路客运班次数据主要源自12306官网(<http://www.12306.cn>),数据包含具体的班次以及时刻表。从官方与便民商业软件获取的数据可以相互补充,互相验证,为论文提供可靠的数据来源。

鉴于每班次的汽车、火车客运的乘客运载量不同,为更客观地反映组合陆地交通流对城市之间联系的影响,本研究对城市群内部日往返汽车和火车客运班次进行加权处理。权重的确定方法为:根据2017、2018年各市《统计年鉴》、《国民经济和社会发展统计公报》等资料,结合火车、汽车的载客量,分别计算各市公路、铁路年客运量分别占全年总客运量的比重,将上述占比作为权重,对综合交通进行测算,得出城市之间的联系强度。

2 研究方法

2.1 联系指标体系

依托ArcGIS软件平台,根据张文尝和金凤君(1992),本文采用单向联系强度、联系强度和综合联系强度指标,对珠三角各地级市的空间联系进行测度。

2.1.1 单向联系强度(T_{ij}) 单向联系强度可以表征从*A*地到*B*地的交通联系程度,具有方向性。计算方法为出发城市到目的城市的汽车班次和火车班次的加权求和,具体公式如下:

$$T_{ij} = aB_{ij} + bR_{ij},$$

式中 T_{ij} 为每日*i*地到*j*地单向联系强度; B_{ij} 为*i*地到*j*地的汽车客运班次; R_{ij} 为*i*地到*j*地的铁路客运班次; a 、 b 分别为公路客运以及铁路客运对应的权重。

2.1.2 联系强度(S_{ij}) 联系强度体现城市之间产生的交通联系紧密程度,具有非方向性、综合性,为两地之间的日公路与铁路客运班次之和,即

$$S_{ij} = T_{ij} + T_{ji},$$

式中 S_{ij} 为每日城市 i 与城市 j 之间的联系强度; T_{ij} 为城市 i 到城市 j 的日单向联系强度; T_{ji} 为城市 j 到城市 i 的日单向联系强度。

2.1.3 综合联系强度(P_i) 综合联系强度指某一城市对外交通联络的综合能力, 为某城市到其余城市的联系强度之和, 即

$$P_i = \sum_{j=1}^n S_{ij} (j \neq i),$$

式中 P_i 表征为城市 i 的综合对外交通联系水平; $1 \sim n$ 为对应的区域内城市编码; S_{ij} 为城市 i 与城市 j 之间的联系强度。

2.2 城市网络分析

陆地交通作为中短途距离的城市之间联系的重要方式, 能够反映城市群各个城市间的相对交通地位甚至分工状况。考虑到交通流具有一定方向性, 本研究利用社会网络分析法从结构主义视角, 对城市群内部城市的交通关系以及结构进行定量化分析。另外, 综合珠三角城市群的交通实际联系情况, 在 UCINET 软件的支持下, 依据刘军(2004)、林聚任(2009)网络分析指标, 利用网络密度、网络中心势、核心-边缘结构以及凝聚子群, 对珠三角交通联系网络进行测度。

2.2.1 网络密度(D) 在城市群网络的研究中, 网络密度体现城市群内部各城市的联系疏密程度, D 越大表明城市群的联系越紧密。计算公式为(孟德友等, 2017)

$$D = \frac{\sum_{i=2}^n \sum_{j=2}^n S_{ij}}{n(n-1)},$$

式中 n 为城市群内城市数目; S_{ij} 为城市 i 与 j 之间的联系强度。

2.2.2 网络中心势(C) 网络中心势反映网络中是否存在个别节点中心化的趋势。在城市群交通网络研究中, C 表征该区域城市群交通网络的不均衡性, 其越接近 100%, 即表明交通网络节点间集中性越强。计算公式为(林聚任, 2009)

$$C = \frac{\sum_i (P_{\max} - P_i)}{(P_{\max} - P_{\min})(n-1)},$$

式中 C 为网络中心势, 代表珠三角城市群陆地交通网络总体集中程度; P_{\max} 、 P_{\min} 分别为城市群网络中最大与最小的综合联系强度值; P_i 为城市 i 的综合联系强度。

2.2.3 核心-边缘结构 核心-边缘结构能够表现各城市节点在城市交通网络中所处的位置和所扮演的角色。本文采用核心-边缘模型, 基于计算所得的核心度, 对城市网络中的城市群核心区以及边缘区进行确定。可以表达为(刘军, 2004):

$$\rho = \sum_{i,j} a_{ij} \delta_{ij},$$

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, & C_i \text{ 或 } C_j \text{ 核心;} \\ 0, & \text{其他情况,} \end{cases}$$

式中 a_{ij} 表示在观察数据中两者是否存在关系, 若两者存在关系, 则 $a_{ij}=1$, 反之为 0。 C_i 指的是在理想情况下 i 城市所隶属类型(核心或边缘)。 δ_{ij} 指一种关系在理想情况下的存在与否。理想情况即: 在这种结构中, 各核心点之间都存在关系, 每个核心与边缘之间也存在关系, 但是, 各边缘点之间不存在关系。当且仅当 a_{ij} 组成的矩阵和 δ_{ij} 组成理想矩阵相等时, ρ 才会达到最大值。第一个等式相当于一个应用在矩阵的非标准化皮尔逊相关系数。

2.2.4 凝聚子群 在遵循相似性和差异性原则下, 凝聚子群对区域交通联系网络内部微观结构进行聚类分组, 反映城市群内部子城市结构的基本状态, 揭示哪些节点联系强且紧密, 并以此判断分析凝聚子群间的相互作用关系。采用迭代相关收敛法, 迭代计算地区间联系矩阵的相关系数, 利用树形图表达聚类分组之间的结构对等性程度, 输出城市群凝聚子群数目、涉及到的城市。根据钟业喜和陆玉麒(2011)的研究, 凝聚子群可认为是网络中某些节点间联系紧密并形成的次级团体。本研究基于公路、铁路客运联系强度, 探讨珠三角地区城市的小团体集聚现象, 以挖掘珠三角城市群内城市之间联系的亲疏、相互作用关系。

3 结果分析

3.1 珠三角客运联系总体概况

3.1.1 集中且不均衡的交通网络 珠三角城市群 2019 年的综合陆地交通流的网络密度为 120.42, 2020 年降为 95.27, 说明珠三角各城市的交通联系紧密程度正在降低。很多经济、文化、贸易往来由线下转到线上, 减少城市之间的客流联系。

根据社会网络指标公式, 获得珠三角城市群 2019、2020 年网络中心势分别为 77%、74%, 远大于 50%, 表明交通网络的分布明显不均衡, 网络

呈现高度集中性, 核心组团对整个区域的陆地交通网络有绝对支配作用, 这便导致网络节点间的联系不均衡。

3.1.2 客流走向和首位联系 基于各地级市之间的单向联系强度, 以各地级市为单位进行分类汇总, 获得各地级市的城际交通出入联系强度结果(图1)。总体来看, 2019年广州、中山的入度明显大于出度, 肇庆、深圳、东莞、珠海的出入度基本持平, 惠州、佛山、江门的入度明显小于出度。2020年部分城市的出入度发生较为显著的转化,

深圳、珠海、东莞由基本持平转为入度远远大于出度, 广州则由入度大于出度转为出入度持平。说明流出广州的客流增加, 进入东莞、珠海、深圳的客流量增多。2019年珠三角单向交通联系入度大于出度的城市只有2个, 2020年变为4个, 而且都集中在珠江口, 东莞、深圳、珠海对客流的吸引力加强。肇庆、江门、中山、惠州的出入度数基本保持不变, 说明珠三角边缘城市的进出的客运联系较稳定。

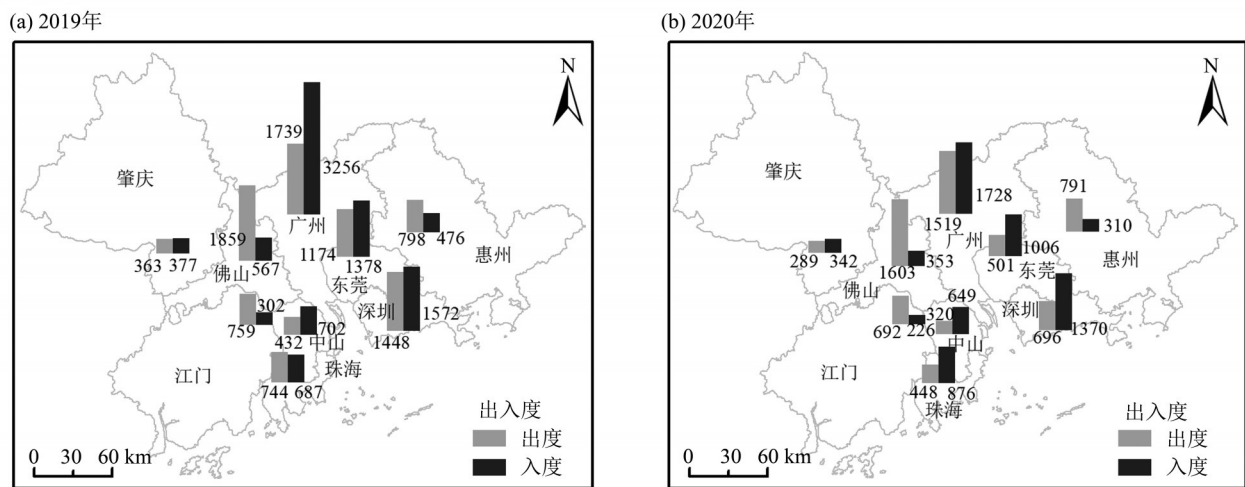


图1 珠三角各城市单向联系强度

Fig. 1 One-direction contact intensity between cities in Pearl River Delta

根据单向联系强度结果, 提取各地级市的首位联系, 形成首位联系引力连接线分布图(图2), 图中线的粗细代表联系强弱。从首位联系网络可以看出, 2019年形成以广州为中心的入射格局特征, 以广州为首位联系的城市有7个, 广州作为广东的政治、经济、文化中心, 具有显著的极化与溢出效应, 在珠三角城市群之间的交通联系中发挥重要作用。广州带动生产要素从珠三角其余城市流入该市, 促进广州进一步发展并同时加强极化作用, 使珠三角地区城市发展呈现“强者恒强”的马太效应。同时, 广州自南越国时期就一直担任区域政治中心, 历史底蕴浓厚, 其对周围地区的影响深远。为协调广东省整体发展, 广州市在极化作用的同时亦表现出较为明显的溢出效应。

2020年形成以广州为主中心, 深圳为副中心的首位联系格局特征, 以广州为首位联系的城市有6个, 以深圳为首位联系的城市有2个, 说明广州、深圳一线城市在区域的交通联系中依然具有

较强吸引力。数据显示, 东莞市的首位联系强度一直都大于400, 处于最高等级。这是由于东莞市处于广州与深圳两市之间, 两市的发展对东莞市产生一定程度的溢出效应。

3.1.3 客流联系强度 基于珠三角各地级市之间的联系强度, 将其划分为5个等级, 得到各地级市的联系强度空间分布图(图3)。从图3可以看出, 2019年广州-佛山、广州-珠海、广州-深圳、广州-东莞之间存在大于600的高联系强度, 2020年只有广州-深圳、广州-东莞之间存在大于600的高联系强度, 高联系强度的城市明显减少, 对外联系强度最高的城市集中在广州、深圳、东莞, 与城市的综合经济实力基本相符。

在所得到的联系强度的基础上, 根据综合联系强度的公式, 计算得到珠三角各地级市的综合联系强度(图3)。广州的联系强度一直处于最高等级, 深圳、东莞、佛山的综合联系强度处于

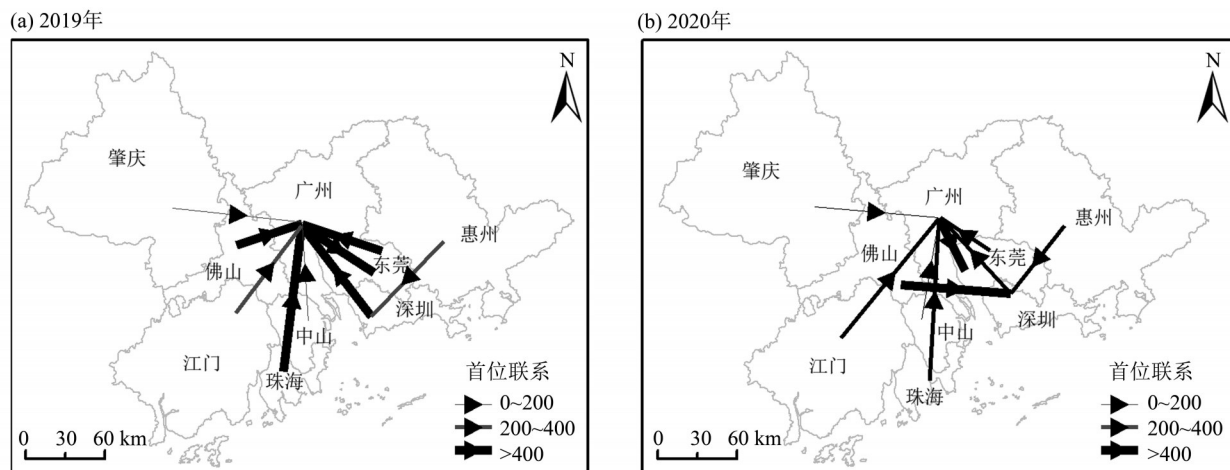


图2 珠三角各城市首位联系格局

Fig. 2 The primary traffic connection between cities in the Pearl River Delta

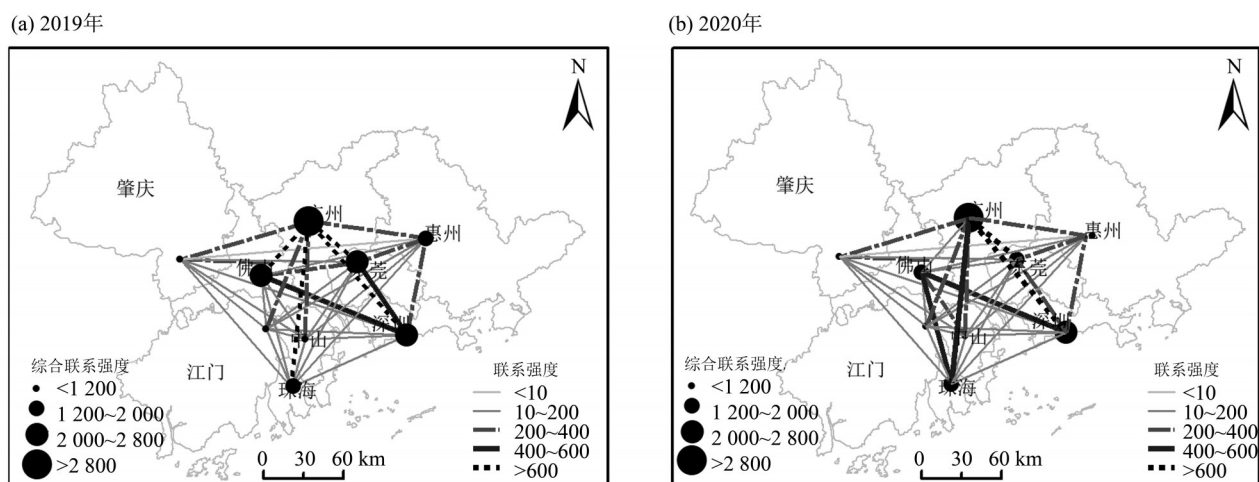


图3 珠三角城市群空间联系强度分布图

Fig. 3 Distribution of connection intensity between cities in the Pearl River Delta

2 000~2 800之间,属于第二等级。

3.2 珠三角内部客运联系子结构特征

3.2.1 核心-边缘的内外圈层客运联系结构 在UNCINET软件支持下,利用分类的核心-边缘模型对珠三角城市群联系网络进行分析,识别出核心和边缘区域。不同年份珠三角的核心和边缘区域虽有改变,但是核心区域都包括:广州、深圳、东莞,东莞由于毗邻广州市以及深圳市,享受着优越的溢出效应。核心区域担当珠三角交通联系的核心力量,对整个珠三角的客运交通产生广泛且持续的影响力,对推动区域合作与交流具有十分重要的作用。边缘区域中的城市担任联系网络中边缘角色,对外交通有一部分需要依赖核心城市的周转。其联系强度还有待于加强,尤其需要提升珠三角西部城市的核心度,促进区域协同

发展。

根据表1联系强度结果可得,2019年核心区域与核心区域的联系强度占据44.6%,2020年则降至24.2%。广州、深圳、东莞的确诊病例数目在整个广东省排在前位,造成核心区域内部间的交通联系占比下降。边缘与边缘区域间的客运联系占比由6.8%增至24.8%,边缘区域病例数较少相对较轻,客流在边缘区域内部流动的占比上升,表明边缘区域内部的城市交通联系得到加强。

核心区域联系强度远大于边缘区域,说明核心区域城市的联系强度远高于边缘区域。珠三角城市群的内、外圈层分异特征不仅体现珠三角城市群之间的联系差异,更反映内、外圈层在经济发展水平、要素流通供给等方面的分异。陆地交通的建设和完善作为城市外围扩展的动力,一方

面既能给当地经济带来发展机会,另一方面完善的交通网络推进了城镇化发展进程(张永岳和王元华,2014)。相应地,高城市化亦要求与之相匹配的交通网络。因此,高城市化与强城市综合联系强度互为充分必要条件。

3.2.2 联系子群与都市圈规划 借助Ucinet6.5软件中网络结构分析中的迭代相关收敛法进行凝聚子群分析,得到珠三角凝聚子群的组成及密度矩阵(表2和3)。在2级层面上,2019年珠三角形成4个子群,分别为:广州、深圳-东莞-惠州、佛山、珠海-中山-江门-肇庆,拟合优度达到0.72。从表3可以看出,深圳-东莞-惠州、佛山、珠海-中山-江门-肇庆这3个子群与广州的关系较为密切,客流从3个子群流入广州。同时深圳-东莞-惠州内部

成员城市间客运联系密切,达到0.833,说明客流主要集中在经济较为发达和活跃的地区。2020年4个凝聚子群分别为:广州、江门-佛山-肇庆、深圳-东莞-惠州、珠海-中山。地理位置上邻近的城市之间形成联系小群体。珠海-中山、深圳-东莞-惠州这两个子群的内部之间客运联系紧密,具有很强的凝聚性。从广州流出至其他3个子群的客流较多,广州作为政治、经济、文化中心,地理位置优越,经济发展速度快,基础设施完善。因此它不仅是珠江三角洲城市群资源交换与扩散最密集区域,同时还是控制其他组团间交往与联系的优势关口。2020年江门-佛山-肇庆、深圳-东莞-惠州、珠海-中山3个子群间的密度值较低,说明各子群相对独立,客运联系较少。

表1 2019和2020年珠三角内部各城市核心-边缘结构联系强度¹⁾

Table 1 Connection intensity of the core/periphery class memberships in the Pearl River Delta in 2019 and 2020

参数	2019年				2020年			
	核心区	占比/%	边缘区	占比/%	核心区	占比/%	边缘区	占比/%
核心区	3 823	44.6	1 706	19.9	1 659	24.2	1 058	15.4
边缘区	2 463	28.7	583	6.8	2 445	35.6	1 698	24.8
总联系强度	8 575				6 860			
相关系数	0.79				0.631			

1)2019年核心区(广州、深圳、东莞、佛山),边缘区(珠海、惠州、江门、中山、肇庆);2020年核心区(广州、深圳、东莞),边缘区(珠海、佛山、惠州、江门、中山、肇庆)。

表2 2019年珠三角城市交通联系凝聚子群密度

Table 2 Cohesive subgroups density of traffic connection in Pearl River Delta in 2019

子群	广州	深圳-东莞-惠州	佛山	珠海-中山-江门-肇庆
广州		0.667	0.000	0.500 0
深圳-东莞-惠州	1.000		0.000	0.00 0
佛山	1.000	0.667		0.500 0
珠海-中山-江门-肇庆	1.000	0.000	0.000	

表3 2020年珠三角城市交通联系凝聚子群密度

Table 3 Cohesive subgroups density of traffic connection during coronavirus outbreak in Pearl River Delta in 2020

子群	广州	江门-佛山-肇庆	深圳-东莞-惠州	珠海-中山
广州		1.000	1.000	1.000
江门-佛山-肇庆	1.000		0.556	0.500
深圳-东莞-惠州	1.000	0.000		0.167
珠海-中山	1.000	0.000	0.000	

《珠三角城市群协调发展规划(2004—2020)》中提出“珠江三角洲可划分为地域分异明显的中

部、东岸、西岸3个都市区,通过都市区内部与都市区之间基础设施的共建共享的伙伴城镇关系,

逐步形成各具特色、协调共进的多元化发展格局”。其中，中部都市区由广州、佛山、肇庆组成，东岸都市区由深圳、东莞、惠州三市组成，而珠海、江门与中山组成西岸都市区。自3个组团城市群概念提出至今，由于原本经济发展基础不同，发展战略各异，三个都市区的发展呈现不均衡性。东部深圳东莞惠州都市圈规划符合凝聚子群结果，但是中部的广州佛山肇庆都市圈规划与凝聚子群运行结果相差较大，说明在现实中还需加强这三个城市间的客运联系，使之能真正形成一个强联系的子群。

按照都市圈规划结果，分别计算3个都市圈的综合联系强度获得图4，三大都市圈的对外综合联系强度都表现为中间高、东部次高、西部低，广州佛山肇庆都市圈的综合联系强度最强，深圳东莞惠州的综合联系强度次之，而珠江中山江门都市圈的综合联系强度最弱，呈现中-东高西低的分布特征。这是由于广州佛山肇庆三城位于珠江入海口东西两岸交汇处，地理位置优越。同时，深圳东莞惠州三市位于靠近经济实力较强的自由港——香港，凭借着“前店后厂”的模式，该都市圈生产要素无论在内部还是对外流动频繁，综合联系强度较强。

珠江口东西岸的差异间接地反映这两个地区的经济基础、开放水平、阻隔效应、区位影响差异。与香港地理位置较为接近的珠江口东岸城市，形成广州-东莞-深圳的经济发展走廊，区域发展日益一体化。相反，对于靠近澳门的珠海市，在

本身经济实力有限，澳门的经济实力不强等原因作用下，珠江口西岸城市群内部区域联系较为松散，无法有效发挥区域发展优势。而珠江出海口西岸的城市群内部亦呈现不均衡特征，佛山为对外陆地交通联系强度最强城市，肇庆市的综合联系强度仅为佛山的32%。同时，珠三角城市群内部亦表现出溢出效应，即某一城市受邻近城市的影响，其综合联系强度与邻近城市有一定趋同性，具体表现为：高高集聚、低低集聚。如：邻近广州市的佛山市表现出较强的综合联系强度，凭借着广州市的溢出效应其综合联系强度居于区域前四位。而且广佛同城发展战略带动佛山公共交通的发展，使得佛山的对外联系强度不断得到加强。但由于溢出效应的影响有一定限度，随着距离的增加逐渐衰减，珠江口西岸的其余城市并没有过多得益于该效应。

由表4可知，2019年广州佛山肇庆内部联系强度最高居于首位，2020年，广州佛山肇庆内部联系强度下降50%。深圳东莞惠州的内部联系强度一直占据第二位，广州佛山肇庆至深圳东莞惠州的联系强度基本保持不变，都处于高值区。深圳东莞惠州与珠海中山江门之间的联系强度一直都是最弱的。2020年客流从广州佛山肇庆内部流向珠海中山江门都市圈。中山、江门两市与广州、佛山地理位置较为相近，且广佛的溢出效应对中山、江门两市影响力强，造成部分广州佛山肇庆内部客流流入珠海中山江门。

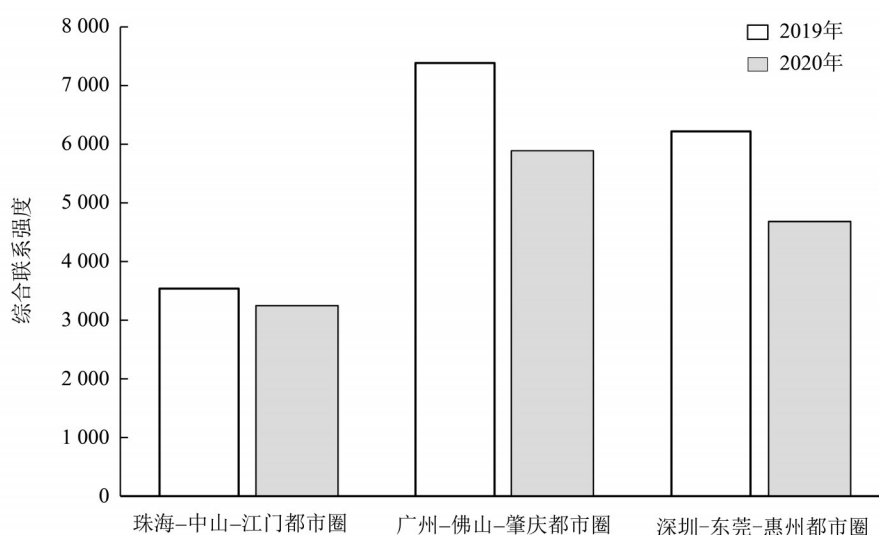


图4 三都市圈综合联系强度图

Fig. 4 Comprehensive connection intensity of three metropolitans

表4 2019和2020年珠三角城市群中不同组团之间的联系强度
Table 4 Connection ability among different metropolitans in Pearl River Delta in 2019 and 2020

项目	2019年			2020年		
	广州-佛山-肇庆	深圳-东莞-惠州	珠海-中山-江门	广州-佛山-肇庆	深圳-东莞-惠州	珠海-中山-江门
广州-佛山-肇庆	211	175	88	102	174	138
深圳-东莞-惠州	163	201	40	100	147	23
珠海-中山-江门	135	35	64	102	27	50

深圳东莞惠州都市圈与广州佛山肇庆都市圈的联系密切,从深圳东莞惠州流向广州佛山肇庆的交通流与从广州佛山肇庆流入深圳东莞惠州的陆地交通流的总和,占深圳东莞惠州都市区综合联系强度的55%以上。这是由于珠三角经济较为发达的城市中,GDP总量排在第二、第三的广州市、佛山市位于广州佛山肇庆圈,排在第一、第四的深圳市、东莞市位于深圳东莞惠州圈。经济较为发达的城市往往是大公司决策部门的所在地,为获取更多情报,这些公司之间信息交换频繁,因此,两个都市圈之间客流联系强度高。

4 结 论

论文基于珠三角城市群之间的公路及铁路客运数据,采用联系指标和社会网络分析方法,定量测度珠三角城市群内部城际陆地公共客运交通联系格局和子结构特征,得出如下主要结论:

1) 客流走向发生改变但是首位联系和高联系强度的城市基本不变。不同年份的客流走向稍有变化,但是以广州、深圳为中心的入射首位联系格局基本不变。东莞市的首位联系强度一直都处于最高等级,由于东莞市处于广州与深圳之间,

两市的发展对东莞市产生一定程度的溢出效应。对外联系强度最高的城市集中在广州、深圳、东莞,与城市的综合经济实力基本相符。

2) 呈现核心-边缘的内外圈层客运联系结构。广州、深圳、东莞的核心地位始终保持不变。2019年核心区域联系强度远大于边缘区域。2020年边缘区域间的客运联系快速上升,边缘区域内部的城市交通联系得到加强。

3) 东部深圳东莞惠州结构稳固,其他子群结构发生改变。深圳东莞惠州内部成员城市间客运联系密切,其都市圈规划符合凝聚子群运行结果。中部的广州佛山肇庆都市圈规划与凝聚子群运行结果相差较大,在现实中还需加强这三个城市间的客运联系,使之能真正形成一个强联系的子群。除广州外的三个子群间的密度值较低,各子群相对独立,客运联系较少。

以上结论说明珠三角客运联系网络具备一定程度的韧性,可以承受非常规突发事件的冲击,以广州、深圳、东莞为核心的网络结构可以在一定程度带动东、西两岸发展,然而依然存在集中且不平衡的空间发展态势,尤其对于西岸来讲,需要形成新的核心增长极城市,达到协同发展。

参考文献:

安俞静,刘静玉,乔墩墩,2019. 中原城市群城市空间联系网络格局分析——基于综合交通信息流[J]. 地理科学,39(12): 1929-1937.

陈伟,刘卫东,柯文前,等,2017. 基于公路客流的中国城市网络结构与空间组织模式[J]. 地理学报,72(2): 224-241.

陈伟,修春亮,柯文前,等,2015. 多元交通流视角下的中国城市网络层级特征[J]. 地理研究,34(11): 2073-2083.

陈伟劲,马学广,蔡莉丽,等,2013. 珠三角城市联系的空间格局特征研究——基于城际客运交通流的分析[J]. 经济地理,33(4): 48-55.

程利莎,王士君,杨冉,2017. 基于交通与信息流的哈长城市

群空间网络结构[J]. 经济地理,37(5): 74-80.

杜方叶,王姣娥,王涵,2020. 新冠疫情对中国国际航空网络连通性的影响及空间差异[J]. 热带地理,40(3): 386-395.

冯长春,谢旦杏,马学广,等,2014. 基于城际轨道交通流的珠三角城市区域功能多中心研究[J]. 地理科学,34(6): 648-655.

傅毅明,赵彦云,2016. 基于公路交通流的城市群关联网络研究——以京津冀城市群为例[J]. 河北大学学报(哲学社会科学版),41(4): 91-100.

韩增林,2019. 基于改进引力模型的辽中南城市群网络结构

- 研究[J]. 地理与地理信息科学, 35(5): 101-108.
- 黄洁, 钟业喜, 2016. 长江中游城市群铁路客运联系及其空间格局演变[J]. 世界地理研究, 25(2): 72-81.
- 焦敬娟, 王姣娥, 金凤君, 等, 2016. 高速铁路对城市网络结构的影响研究——基于铁路客运班列分析[J]. 地理学报, 71(2): 265-280.
- 柯文前, 陆玉麒, 朱宇, 等, 2016. 基于高速公路交通流的江苏省城市空间关联特征[J]. 人文地理, 31(6): 130-136.
- 林聚任, 2009. 社会网络分析: 理论、方法与应用[M]. 北京: 北京师范大学出版社.
- 刘军, 2004. 社会网络分析导论[M]. 北京: 社会科学文献出版社.
- 罗震东, 何鹤鸣, 耿磊, 2011. 基于客运交通流的长江三角洲功能多中心结构研究[J]. 城市规划学刊, (2): 16-23.
- 马学广, 李鲁奇, 2017. 基于铁路客运流的环渤海城市空间联系及其网络结构[J]. 经济地理, 37(5): 66-73.
- 孟德友, 冯兴华, 文玉钊, 2017. 铁路客运视角下东北地区城市网络结构演变及组织模式探讨[J]. 地理研究, 36(7): 1339-1352.
- 孟德友, 陆玉麒, 2012. 基于铁路客运网络的省际可达性及经济联系格局[J]. 地理研究, 31(1): 107-122.
- 孙斌栋, 王婷, 刘鹏飞, 2019. 中国城市群空间结构演化的影响因素分析——基于铁路客运的功能联系视角[J]. 人文地理, 34(5): 78-84.
- 王海江, 苗长虹, 李欣欣, 2019. 流视角下中国铁路交通联系空间模拟与格局解析[J]. 经济地理, 39(1): 29-36.
- 王海军, 翟丽君, 刘艳芳, 等, 2018. 基于多维城市要素流的武汉城市圈城市联系与功能分析[J]. 经济地理, 38(7): 50-58.
- 王姣娥, 杜德林, 金凤君, 2019. 多元交通流视角下的空间级联系统比较与地理空间约束[J]. 地理学报, 74(12): 2482-2494.
- 张凡, 2016. 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, 25(3): 1-11.
- 张永岳, 王元华, 2014. 我国新型城镇化的推进路径研究[J]. 华东师范大学学报(哲学社会科学版), 46(1): 92-100+154.
- 张文尝, 金凤君, 1992. 空间运输联系: 理论研究、实证分析、预测方法[M]. 北京: 中国铁道出版社.
- 赵映慧, 姜博, 郭豪, 等, 2016. 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, 36(2): 67-73.
- 郑文升, 姜玉培, 卓蓉蓉, 等, 2016. 安徽省县际经济联系网络结构演变及影响因素. 地理科学, 36(2): 265-273.
- 钟业喜, 陆玉麒, 2011. 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, 30(5): 785-794.
- 宗会明, 黄言, 胡佯佯, 2018. 基于多元城际客流的成渝城市群城市网络特征研究[J]. 地域研究与开发, 37(5): 60-65+82.
- AKBARZADEH M, MEMARMONTAZERIN S, DERRIBLE S, et al, 2019. The role of travel demand and network centrality on the connectivity and resilience of an urban street system[J]. Transportation, 46(4): 1127-1141.
- ALDERSON A S, BECKFIELD J, SPRAGUE-JONES J, 2010. Intercity relations and globalization: The evolution of the global urban hierarchy, 1981-2007[J]. Urban Stud, 47(9): 1899-1923.
- DERUDDER B, WITLOX F, 2008. Mapping world city networks through airline flows: Context, relevance, and problems[J]. J Transp Geogr, 16(5): 305-312.

(责任编辑 秦社彩)