

基于货车导航数据的武汉都市圈物流网络空间格局、关联结构及规划策略*

Spatial Patterns, Connectivity Structure and Planning Strategies of the Logistics Network in the Wuhan Metropolitan Area: A Truck Navigation Data-Based Study

单卓然 朱俊青 袁 满 黄亚平 付凌峰

SHAN Zhuoran, ZHU Junqing, YUAN Man, HUANG Yaping, FU Lingfeng

提 要 基于高德货车导航大数据,探讨武汉都市圈物流空间特征与规划方法。研究发现:物流活动整体空间格局为“枢纽主导、资源开发驱动集聚”,其中,重型货车活动呈现“核心集中作业、园区港区疏散”模式,中小微型货车活动形成“强核牵引、都市区集聚、外围团块分散”多层次分布。聚类出122个功能分异的物流空间单元,指出部分单元与现行规划的适配偏差。基于网络分析技术揭示物流联系“马太效应”,识别多方向区域运输通道潜力,测度次级关联社区在内部联系强度、跨域流通水平上的显著差别。针对都市圈货运物流网络的要素配置失衡、连通扩散滞后及社群协同欠缺问题,提出“育枢纽、构通道、组社区”规划策略框架,不仅构建了“五类设施—七条廊道—五个社区”空间结构方案,还阐释了三方面优化路径及举措,为中国都市圈现代物流发展和空间布局规划提供理论依据。

Abstract: Based on big data from Gaode truck navigation, this study investigates the spatial characteristics and planning methodologies of the logistics network in the Wuhan metropolitan area. The findings reveal that the overall spatial pattern of logistics activities is hub-dominated, with geographical agglomeration driven by resource distribution. Specifically, heavy truck activities exhibit a pattern of concentration in core areas and dispersion toward peripheral industrial parks and port zones. In contrast, medium, small, and micro-truck activities demonstrate a hierarchical distribution—anchored in core urban areas, showing clustered agglomeration in built-up zones of central cities, and showing fragmented dispersion in peripheral regions. Through clustering analysis, 122 functionally differentiated logistics spatial units were identified, some of which exhibit misalignment with current planning policies. Network analysis further uncovers a "Matthew effect" in logistics connectivity, identifies potential regional transport corridors in multiple directions, and measures significant disparities in internal linkage strength and cross-regional flow among secondary associated communities. To address spatial imbalances in resource allocation, lagging connectivity, and insufficient inter-cluster coordination within the freight logistics network, this paper proposes a strategic planning framework centered on hub enhancement, corridor development, and community reorganization. The framework outlines a spatial logistics structure comprising five facility types, seven corridors, and five communities, and offers three optimization pathways and actionable measures. The study provides a theoretical foundation for modern logistics development and spatial layout planning in China's metropolitan areas.

关键词 货车导航数据; 物流网络; 物流空间布局; 规划策略; 都市圈

Keywords: truck navigation data; logistics network; logistics spatial layout; planning strategy; metropolitan area

中图分类号 TU984 文献标志码 A

DOI 10.16361/j.upf.202505007

文章编号 1000-3363(2025)05-0055-08

作者简介

单卓然, 华中科技大学建筑与城市规划学院副院长、教授、博士生导师, 湖北省国土空间低碳生态智能规划研究中心主任, shanzhuoran@hust.edu.cn

朱俊青, 华中科技大学建筑与城市规划学院博士研究生

袁 满, 华中科技大学建筑与城市规划学院副教授, 通信作者, yuanman_aup@hust.edu.cn

黄亚平, 华中科技大学建筑与城市规划学院教授、博士生导师

付凌峰, 中国城市规划设计研究院城市交通研究分院数据应用与创新中心主任、正高级工程师

* 国家自然科学基金面上项目资助“都市圈临界合作区的功能地域识别、发展潜力评估及空间协同模式研究——以武汉都市圈为例”(项目编号: 52278062); 教育部人文社科基金资助“要素配置—空间供给视角下都市圈产业链创新链协同组织机制与模式研究”(项目编号: 23YJCZH296); 国家重点研发计划资助“城市群都市圈空间优化关键技术”(项目编号: 2022YFC3800103)

现代物流空间的协同布局与一体化规划建设,对提升都市圈区域经济发展率、优化运输结构、推动城市间产业联动及稳定供应链具有重大意义^[1-3]。2024年11月,中共中央办公厅、国务院办公厅印发《有效降低全社会物流成本行动方案》,提出进一步完善“轴辐式”物流服务体系、培育发展枢纽经济通道经济、构建“通道+枢纽+网络”现代物流运行体系。武汉都市圈是长江中游的核心经济区和全国重要的综合交通枢纽,近年来物流规模不断扩大、物流企业数量增多、物流活动对区域经济增长的引擎作用加强,政策性空间涌现。其中,2022年《武汉市现代物流业发展“十四五”规划》(以下简称《规划》)提出要在武鄂黄黄、汉孝、武咸、武仙等城镇发展方向上,形成物流协同发展轴,并深化轴线上物流节点间的区域联动、梯次发展。然而,规划实施及工程建设的推进暴露出物流枢纽节点衔接不畅、跨城运输网络尚不健全、物流基础设施不够完善、物流资源规划不甚均衡等短板,反映出对都市圈尺度物流空间发展规律的认识尚未成熟。

基于物流活动特点优化区域资源配置和要素布局日益成为规划学界高度关注的议题。数据上,早期多借助OD调查、问卷收集(revealed preference, RP)等表征货运总量的时空分布^[4-6],或利用人口普查和旅行调查来确定关键货运区^[7]。之后伴随货车GPS数据^[8]、收费站交通流量数据^[9]、淘宝店实地调查数据^[10]出现,大样本刻画区域物流网络的拓扑结构及流量分布成为可能^[11-12]。方法上,以省、市或区县为统计单元的研究居多,实证范围多聚焦全国^[13-14]、省域^[8]及城市群^[15]。社会网络分析方法得到普遍运用,重点考察网络的密度、联系强度、变异系数等关键指标^[16-17]。内容上,描绘区域物流网络空间结构是核心工作,也有研究^[18]围绕城际跨界区域探究物流网络演化的“距离衰减-边界效应”,还有学者^[19]探讨轴辐理论(hub-and-spoke)在降低整体成本、加快区域物流节点协同等方面的应用。总体来看,既有研究在量化分析技术方面积累了宝贵经验,但基于行政区尺度的统计分析尚不能准确回答大量发生在工业园区、物流园区等

实际空间上货车出行规律,因此有必要引入更高精度的网格单元,以提高分析结果信度和结论可靠性^[20-21]。

鉴于此,论文采用2 km×2 km格网测度武汉都市圈不同类型货车物流活动的空间分布格局,融合空间聚类技术识别区域物流空间单元,并借助社会网络分析法解析物流网络的关联结构特征及社群关系,进而指导武汉都市圈区域物流空间结构的优化布局。

1 研究数据与方法

1.1 研究范围

《武汉都市圈发展规划》于2022年获得国家发改委正式批复。鉴于其范围未正式公布,选取《武汉都市圈发展三年行动方案(2023—2025年)》涉及的九市作为研究范围,即武汉、鄂州、黄石、黄冈、孝感、咸宁、仙桃、天门和潜江。武汉都市圈“强极核一弱腹地”的非均衡发展格局以及成员城市间较明显的经济密度与设施水平极差,为测度和理解区域物流网络的“虹吸一溢出”效应提供了理想实验室。

1.2 数据优势

采用的货车导航数据由高德软件有限公司提供,该套数据具有三大优势:①更加真实、准确地反映实际出行起终点位置。以往研究多依赖货车GPS数据,通过设定速度阈值和时间阈值模拟货车停留区域、提取OD对,易忽视短时装卸或低速行驶情景,导致货车出行起终点误判^[6]。货车GPS数据存在的固有漂移误差问题还容易诱发伪停留点,并在高架桥下、偏远山区等信号遮蔽域及数据覆盖盲区产生定位失真,造成OD链中断。相较之下,货车导航数据是用户主动导航行为生成的真实数据,不受中途技术停车及局地信号中断的干扰,且使用高德导航的货车用户约占全部货车用户的40%,保障了数据的可靠性。②提供的常态稳定起终点货车出行比例更高。武汉都市圈单日内货运起止点相对稳定的OD对占比高达75%,有利于完整且连续地捕捉货车高频出行、短周期复现的规律。③更为翔实的货车车辆尺寸分类信息。常规研究多采用12 t以上货车出行

数据(如交通部门重型货车监管数据),难以代表中小微型货车的物流活动^[21]。本研究采集的货车导航数据具备货车类型、车长、车宽、车重等关键参数,能更全面、均衡地揭示不同种类货运车辆的运行情况。

受成本限制,本次采集了2023年4月10日至17日的货车导航数据。首先,将出发地限定在武汉都市圈内,获得144万余条初始出行OD信息量。其次,借鉴焦洪赞等^[20]的做法,提取起终点经纬度坐标均在都市圈内的货车出行OD来科学反映区域物流网络结构。再次,清洗异常坐标点位(删除坐标偏移、速度失真、字段信息不完整的数据)、清洗异常行驶距离(删除OD路径距离<500 m的出行记录)。最后,提取出78.022 9万条有效货车出行OD,其中,近56%为重型货车出行记录,近44%来自中小微型货车。每条出行信息包括8个字段,分别是车辆编号、出行日期、起点经纬度坐标、终点经纬度坐标、货车类型、OD路径距离等。

1.3 研究方法

(1) K-means聚类法

通过计算网格间物流综合活动量的相似度,将全部网格划分为K个聚类,再依据物流综合活动量的类间差异识别出武汉都市圈物流空间单元。用伪F统计量作为度量不同聚类内部相似性和类间差异性的效度指标。伪F统计量越高,代表聚类内部差距较小而类间差距越大。计算公式为:

$$F = [SSW / (N - K)] / [(SSB / (K - 1))]$$

式中,SSW为类内平方和,表征同一聚类内的数据相似度;SSB为类间平方和,反映不同聚类间的数据差异度;N为样本总数,K为聚类数。

(2) SNA社会网络分析法

选取网络密度、变异系数、平均聚类系数、联系强度等指标,刻画武汉都市圈区域物流网络的关联结构。将社会网络中的“节点”转译为本研究的“物流空间单元”。前述关键指标及其测度方法如下。

①联系强度(F)反映物流空间单元之间的互动水平。计算公式为:

$$F = F_{ij} + F_{ji} \quad (1)$$

式中： F_{ij} 表示从物流空间单元*i*出发连接到物流空间单元*j*的物流综合活动量； F_{ji} 表示从物流空间单元*j*出发连接到物流空间单元*i*的物流综合活动量。

②网络密度（ M ）反映物流空间单元之间紧密联系程度。密度越大，表征联系越紧密。计算公式为：

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n F_{ij}}{n(n-1)} \quad (2)$$

式中， n 为网络中物流空间单元数量。

③变异系数（ C_v ）衡量物流空间单元之间某数学统计值的相对离散程度。变异系数越高，单元间货车出行量、物流联系量、物流联系强度的差异越大。计算公式为：

$$C_v = \frac{\sigma}{\mu} \times 100\% \quad (3)$$

式中， σ 、 μ 分别为物流空间单元间货车出行量、物流联系量、物流联系强度的标准差和均值。

④平均聚类系数（ C ）衡量网络的局部聚集性，即物流空间单元间形成“小团体”的倾向性。计算公式为：

$$C = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{2E_i}{k_i(k_i-1)} \quad (4)$$

式中， E_i 为与物流空间单元*i*有连接的物流空间单元之间实际存在的连线数量， k_i 为物流空间单元*i*的度数（即与其直接相连的物流空间单元数量）。

（3）Leiden社区发现算法

引入更精细的终止条件，改进传统Louvain算法在某些情况下的过度分割问题，能更高质量地揭示区域中的社群结构。将该方法中的“社区”转译为本研究的“物流关联社区”，基于“社群检测”技术（本质是对网络中节点进行分组）识别都市圈区域物流网络中的物流关联社区。衡量指标为网络的模块度（ Q ），模块度越大，物流关联社区内的连接越紧密^[22]，计算公式为：

$$Q = \frac{1}{2p} \sum_c e_c - \gamma \frac{T_c^2}{2p} \quad (5)$$

式中， p 为整个网络物流空间单元间的连线数量， e_c 为物流关联社区*c*内的物流空间单元间的物流联系强度之和， T_c 为物流关联社区*c*的物流联系总量， γ 为模型的分辨率参数。

2 武汉都市圈区域物流活动的空间格局特征

2.1 物流活动的空间格局特征

经验观察可知，重型货车出行因限行政策常发生于物流园区和高速公路沿线，中小微型货车则更有概率深入城区内部。根据近80万条有效货车导航数据的测算发现：武汉都市圈内的重型货车平均单程出行距离约79 km，而中小微型货车平均单程出行距离约50 km，暗示了不同类型货车日常物流活动的地域范围与空间格局分异。

2.1.1 重型货车活动空间格局

计算数据采集时限内任意网格的重型货车出行总量（单位为辆）。结果显示，非空值的网格数量为11 809个（占全部网格数量的58.4%），这些网格的重型货车出行量的均值为84、变异系数达3.3，说明重型货车活动存在广泛的地理分布和较强的能级差别。

空间分析表明，都市圈重型货车活动呈现“核心集中作业、外围园区港区疏解”的格局特点。少有的78个高值网格（指货车出行量大于1304辆的网格，占比0.7%）位于10处重要区域，虹吸效应突出。其中，慈惠—走马岭现代流通产业集群是重型货车的区域物流组织核心，承担了高强度的货物集散与中转功能（见图1中①）。紧贴武汉三环线及向外放射的高快速路，形成了若干连片扩展的重型货车活动集聚区（见图1中的②③④⑥⑧）。中部麻城石材循环经济产业园、阳逻港、大冶湖高新区、葛店开发区也成为重型货车活动的主要据点（见图1中的⑤⑦⑨⑩）。

2.1.2 中小微型货车活动空间格局

采用类似方法计算任意网格的中小微型货车出行总量。结果显示，非空值的网格数量为12 412个（占全部网格数量的61.3%），其出行量的均值为72、变异系数达4.0。说明中小微型货车在都市

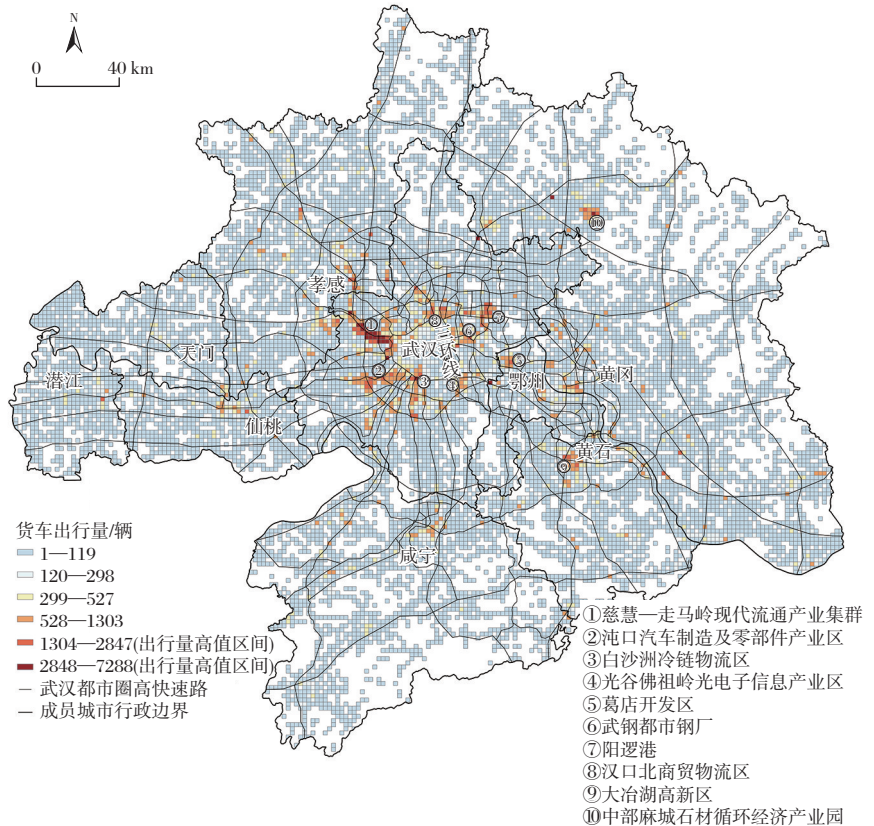


图1 武汉都市圈重型货车活动的空间格局

Fig.1 Spatial pattern of heavy truck activities in the Wuhan metropolitan area

圈内的活动范围更广、地域差别更大，但平均出行量小于重型货车。

空间分析表明，都市圈中小微型货车活动呈现“强核牵引、都市区板块集聚、外围团块分散”的格局特点，高出行量的网格有68个（指货车出行量大于1304辆的网格，占比0.5%，少于重型货车），突出集聚于慈慧一走马岭现代流通产业集群、汉口北商贸物流区和白沙洲冷链物流区。承担重型货车物流组织核心的慈慧一走马岭区域，被证明也是中小微型货车活动的量级中心且极核效应更加显著。汉口北的小商品贸易批发、白沙洲的冷链冻品流通企业密集，它们的高频“采购—分销”业务催生了中小微型货车多次、小批量的运输需求。此外，人口居住集中、消费市场旺盛、城市道路密布的武汉主城区，几乎被中小微型货车活动全覆盖（图2）。

2.1.3 都市圈物流活动的整体空间格局

都市圈日常物流活动由不同运力及作业性质的货车共同承载。为了更准确地反映真实的活动规模和出行强度，本研究参考刘芯萱等对货车类型与货运量

关系的测算，整合重型货车、中小微型货车两组数据，将车辆自重作为加权系数^[17-18]，求和任意网格的物流综合活动量。结果显示，非空值的网格数量共13 990个（占比69.1%），物流综合活动量的均值1152、极大值119 295且存在极端高值（峰度为346）。映射在地域结构上，发现都市圈尺度的物流活动呈现“枢纽主导、资源开发驱动货运集聚”的整体空间格局。枢纽的形成和壮大受到交通、产业、消费等多因素的驱动，麻城（石材）与黄石（铜矿）的较高物流活动量则反映出资源开采、加工、仓储、交易活动对区域物流运输的空间牵引。

2.2 物流空间单元识别

借助K-means聚类法计算都市圈网格间物流综合活动量数值的相似性，自动识别流量特征一致的区域。结果显示，当聚类数为6时，伪F统计量最大，物流综合活动量的类间差异最大（均值依次为248、1619、3542、17 212、35 583、87 565）。由此，基于ArcGIS对6类网格开展空间斑块的重新划分和融合，参考武

汉都市圈发展规划的交通运输体系及综合物流枢纽相关内容、都市圈空间规划的主体功能区体系内容、各成员城市国土空间总体规划、湖北省城市和产业集群高质量发展系列研究，最终识别出122个都市圈物流空间单元（图3），经计算单元的平均面积约为20.3 km²。观察物流空间单元的地理区位，总结其4种典型功能，分别是物流枢纽服务功能（6个）、产业园区服务功能（86个）、物流园区服务功能（17个）、转运配送服务功能（11个）。此外，个别高速公路服务区有形成物流空间单元的潜力。

根据团队拼合的武汉都市圈现状及规划用地图库，将122个物流空间单元与工业用地、物流仓储用地、港口用地、高快速路网等叠置分析，考察两者的空间匹配性，发现5处物流空间单元与规划意图高度适配。依托仙桃高新区、沌口汽车及零部件产业区形成的物流空间单元契合了都市圈发展汽车智能制造产业的规划导向。慈慧一走马岭现代流通产业集群为实现陆港型国家物流枢纽的建设目标奠定了基础。汉口北商贸物流区支撑了“打造现代化商贸物流中心”的区域定位。服务阳逻重工业制造区、大冶湖高新区的物流空间单元发挥了依托亿吨级大港、高运量干线铁路的货运集聚与辐射功能。但也发现，4处物流空间单元与现行规划不完全适配：比如，堤角都市工业园、白沙洲冷链物流区等处的规划用地性质，仍以工业、居住和商业服务业用地为主，缺乏对高频物流配送及转运功能的空间供给；又如，规划对庙山装备制造区、黄州火车站经开区等单元内部的货运道路预留和组织不足，特别是缺乏大型运输所需的重载道路与专用通道。

3 武汉都市圈区域物流网络的关键结构特征

3.1 网络节点结构特征

武汉都市圈区域物流网络产生明显的“马太效应”，高量级的物流联系受到少数节点（即物流空间单元）强力支配，跨市多向辐射和网络交织结构亦十分鲜明（图4）。

网络密度、平均聚类系数的测算结

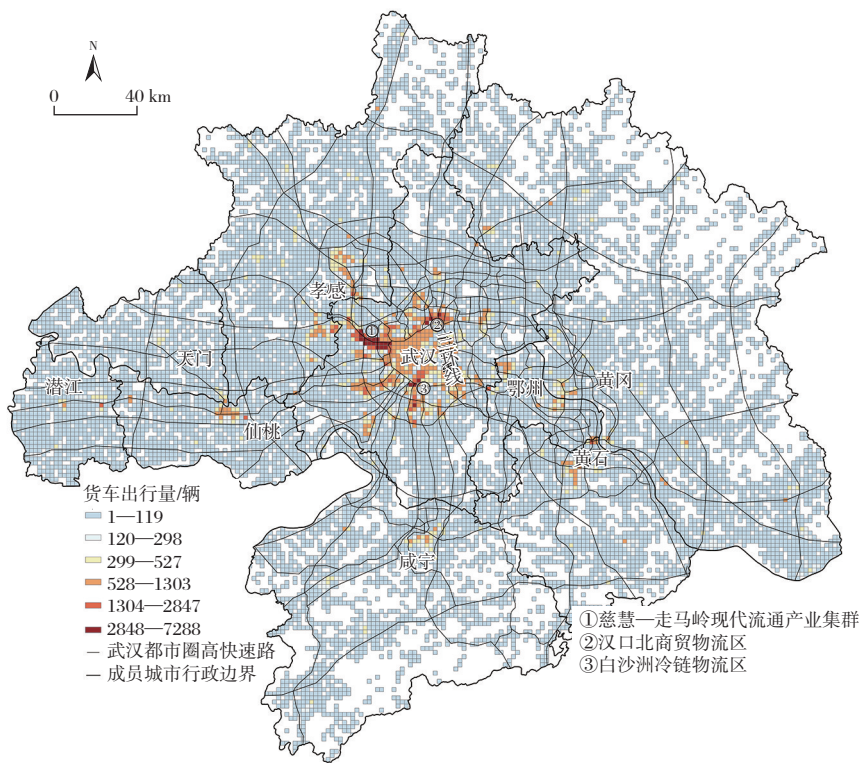


图2 武汉都市圈中小微型货车活动的空间格局

Fig.2 Spatial pattern of medium, small and micro truck activities in the Wuhan metropolitan area

果显示,都市圈物流网络结构的紧实度达到中等偏上水平(密度值为0.691、聚类系数值为0.801),表明数百个物流空间单元趋向于组建更亲密的相互关系。

然而,看似较紧密的网络关系在空间上并不均衡。统计任意物流空间单元的物流联系量,结果显示:122个单元的物流联系量均值为39 536、变异系数为2.37,物流联系量位于前5%的物流空间单元共7个,物流联系量位于5%—10%的物流空间单元有6个。其中,慈惠—走马岭现代流通产业集群、白沙洲冷链物流区、阳逻重工业制造区等少数物流空间单元构成网络枢纽并起主导作用。慈惠—走马岭现代流通产业集群是支配全网的超级物流枢纽,边缘单元对网络结构的影响力薄弱。

计算节点间联系强度,结果表明:122个单元间产生联系线4971条,物流联系强度均值295、变异系数却高达5.1,折射出强失衡、弱联系的结构特点。物流联系强度值2000以上的115条物流联系线中,26条跨越了市域行政边界,汇聚成4个方向的都市圈物流关联通道形态(武汉—孝感方向、武汉—麻城方向、武汉—咸宁方向、武汉—仙桃方向)。

3.2 网络社群结构特征

3.2.1 五个物流关联社区空间分布

借助Leiden社区发现算法揭示都市圈物流网络的群落结构。算法共迭代10次,平均模块度为0.426,最终识别出汉孝、鄂黄黄、武麻、仙天潜、武咸5个物流关联社区(图5),地域范围面积均值为11 659 km²。其中,汉孝、武麻、武咸社区实现了对武汉市行政边界的跨越,并在武汉市内分化出物流势力范围相对均衡的3个区域,间接印证了《规划》中打造汉孝、武咸区域物流协同发展轴的科学性。

3.2.2 社区内的物流空间单元联系

虽然5个社区间的物流空间单元数量相对均等,但物流联系量差距很大(表1)。数据统计及空间分析表明,汉孝社区呈现物流网络结构的单极放射形态(物流联系量的变异系数达1.595),慈惠—走马岭现代流通产业集群对该社区的控制力极强,并通过辐射汉川经开区、汉南通用航空及卫星产业园、孝感国家

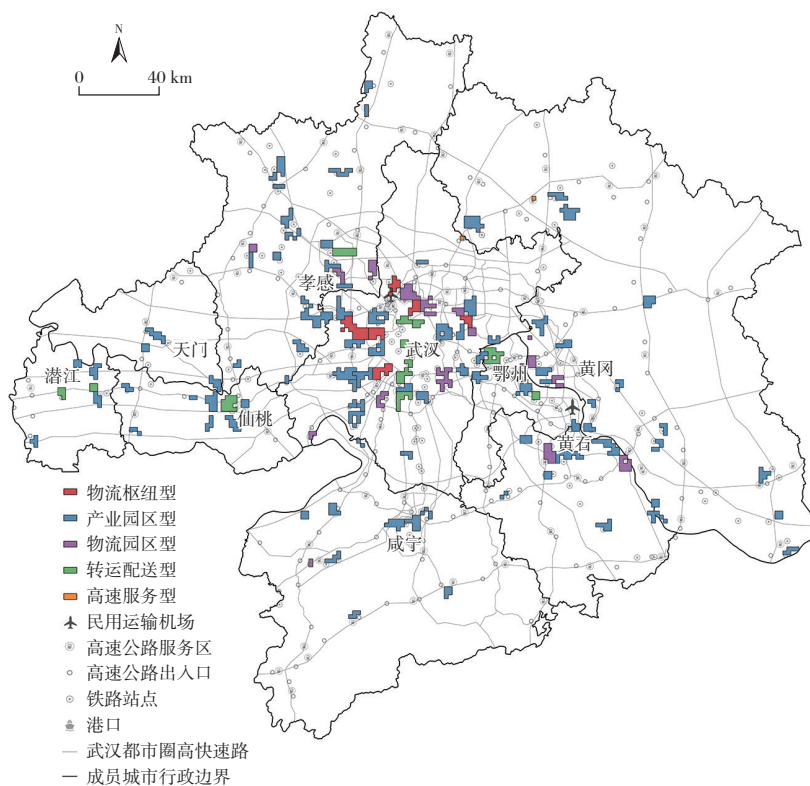


图3 武汉都市圈122个物流空间单元分布

Fig.3 Spatial distribution of 122 logistics units in the Wuhan metropolitan area

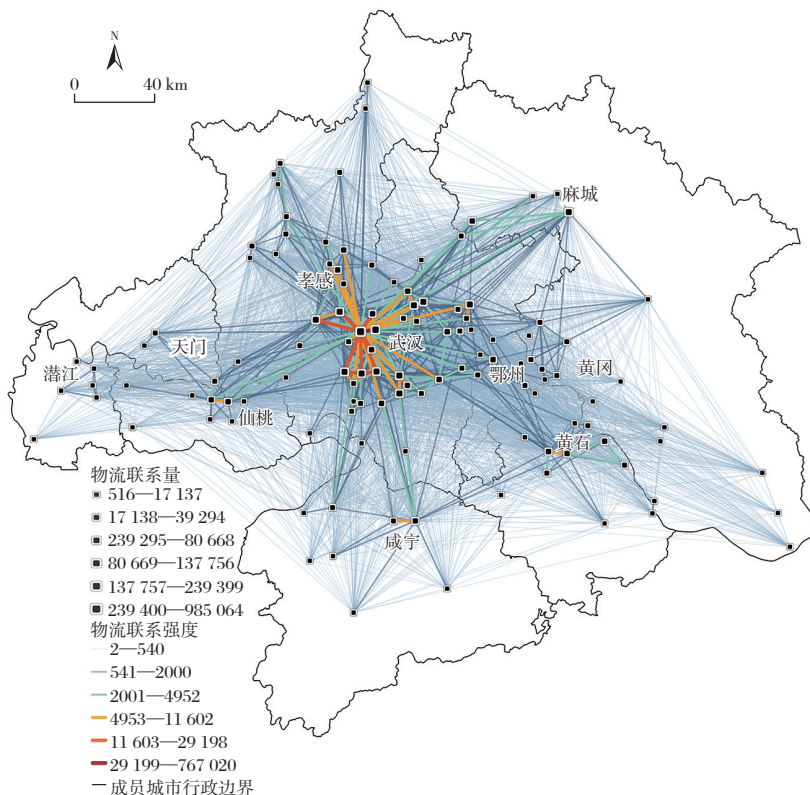


图4 基于物流空间单元的武汉都市圈物流网络关联结构

Fig.4 Structure of logistics network association in the Wuhan metropolitan area based on logistics spatial units

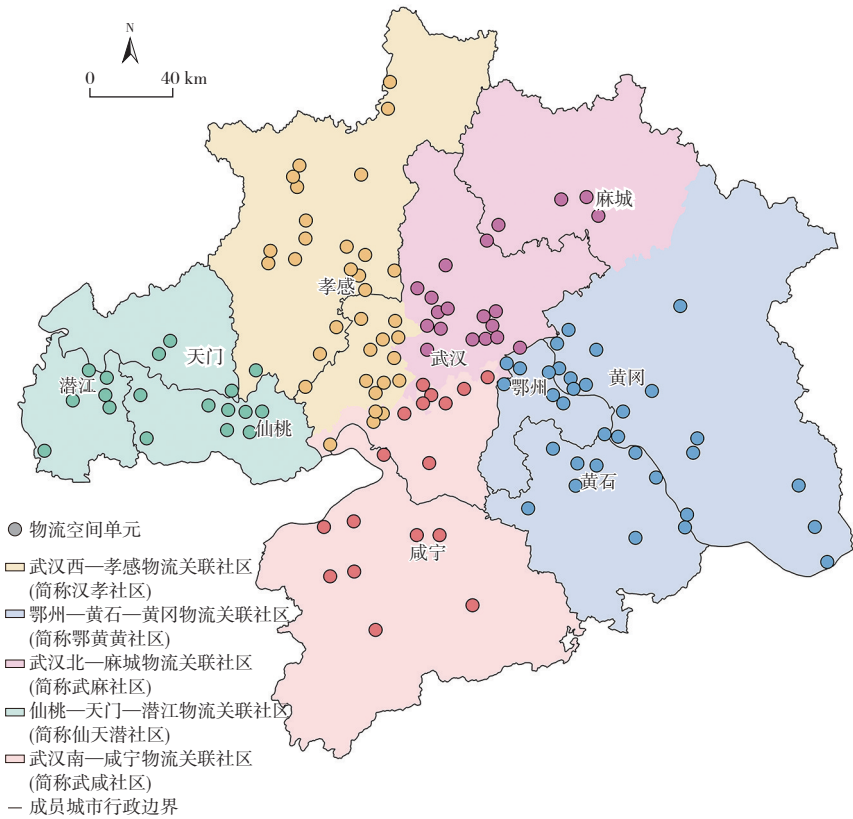


图5 武汉都市圈5个物流关联社区的空间分布

Fig.5 Spatial distribution of five logistics-related communities in the Wuhan metropolitan area

表1 五个物流关联社区的物流联系量及网络结构指标比较

Tab.1 Comparison of the total number of logistics links and network structure indicators of five logistics-related communities

衡量指标	汉孝社区	武麻社区	鄂黄黄社区	武威社区	仙天潜社区
单元间物流联系量的平均值	31 731	11 655	6844	8895	4846
单元内物流联系量的极大值	283 810	31 356	30 286	26 547	16 259
单元间物流联系量的极小值	2371	2830	191	1100	956
网络密度	0.934	0.968	0.795	0.926	0.941
网络变异系数	1.595	0.735	0.971	0.877	0.852
网络平均聚类系数	0.946	0.969	0.890	0.938	0.944

高新区形成3条社区物流通道。武麻社区网络密度最高（0.968）、变异系数最低（0.735），形成多中心、均衡化的物流活动分布。连接阳逻港和红安经开区、中部麻城石材循环经济产业园的2条社区物流通道具备较好基础。鄂黄黄社区呈现网络低密度且高变异系数的特点，且对黄石开发区等个别物流空间单元形成高度依赖，孕育了以大冶湖高新区为

起点，黄石新港、葛店开发区为终点的垂江物流通道和沿江物流通道，连接罗田经开区和团风临港产业园的物流通道初步显现。武威社区的内部物流关联结构呈现长距离、单通道、两端式（光谷南大健康产业园—咸宁高新区）特点，可能与大健康产业研发在武汉、制造在咸宁的链式分工有关。仙天潜社区呈现“仙桃高新区主导，天门高新区、潜江高

新区为辅”的三角形物流关联结构，网络的内向性特点突出。

3.2.3 跨社区的货运物流关联强弱

分别测算任意社区之间的物流货运联系量，统计跨社区货运物流占社区全部货运联系总量的比例。结果显示，武麻社区的跨社区货运占比（35.4%）显著高于其他社区，物流活动的外向联络型特点鲜明。鄂黄黄的跨社区货运占比（29.8%）略低于武麻社区，部分原因是港口、铁路分流了对公路货运的依赖。汉孝、武威社区均展现出强烈的内部物流活动黏性，对外的货车出行量占比分别低至27.4%、26.7%。仙天潜社区的跨社区货运流占比最低（不足20%），内部供应链的闭环程度最高。

4 “育枢纽、构通道、组社区”的武汉都市圈物流网络优化策略

4.1 武汉都市圈物流网络发展和规划的问题及政策目标

一是物流空间单元分散零碎，枢纽功能布局欠缺且失衡，都市圈物流节点的体系化建设尚不健全。二是物流网络的多中心性、多向连通性不足，核心城市扩散效应未充分发挥，边缘及外围区县的参与度和影响力很低。物流联系通道的网络化水平亟待提升，其中，武鄂黄黄方向的物流联系存在中间断裂，武仙天潜方向的连续区域性通道尚未形成，汉孝北部、咸宁临江、红安中北部、大别山革命老区等地均暴露出陆运物流通道盲区，东部沿江、垂江物流通道还需增补，链接各成员城市的都市圈环形通道应统筹组织。三是物流网络的局域社群化、近域协同化能力不完善，需缩小五个物流关联社区的物流联系量差距、平衡社区间基础设施配置、打破仙天潜社区等内向孤岛式的物流联系壁垒。四是部分物流空间单元的规划适配性待增强。

为解决上述问题，梳理并借鉴国内外都市圈打造现代化物流体系的优秀做法。其中，东京都市圈、南京都市圈等规划实践经验表明，科学的枢纽层级、高效的物流通道、深度的协同机制是提升区域物流效能的有效抓手。鉴于此，结合《规划》引领同城化建设的战略导

向,以及九座成员城市的交通运输及现代物流空间布局思路,提出“育枢纽、构通道、组社区”的物流网络优化策略(图6),建构并描绘了由“五类设施—七条通道—五个社区”组成的“十五五”时期武汉都市圈物流空间结构建议方案(为发挥规模带动效应,重点考量、刻画了大于16 km²的物流空间单元)。以下阐述落实方案的三大行动及多项举措。

4.2 建强两级区域物流枢纽,细化功能型节点建设

以本研究实证发现为前提,巩固拥有极核效应的慈惠—走马岭现代流通产业集群、汉口北商贸物流区等综合货运中心,夯实图3中的6处枢纽型物流空间单元,并响应2025年国家物流枢纽布局优化调整方案要求,树立促进地域均衡布局、顺应地方政策驱动的原则,建成都市圈“两级枢纽+三种节点”物流设施体系:壮大吴家山陆港、花湖机场等7个都市圈级物流枢纽,促进公路货运与

“铁水空”的多式联运;打造社区级物流枢纽,依托葛店经开区、麻城经开区等建成5处社区级重要资源集散基地;扩增产业园区型物流节点,在国家存储器基地、咸宁高新区等大型产业集聚区内部,补足生产服务性物流设施;增强物流园区型节点,如整合黄陂临空物流园、孝感临空新城等内部的物流企业资源,合理规划城市配送区、跨境物流作业区;嵌入转运配送型物流节点,在白沙洲冷链物流基地、孝感国家高新区等地,聚焦成品及原材料集散分拨,布局智能化、定制化分拣设施;重视高速公路服务区对区域运输车辆停靠、卸载及人员服务的支撑能力。

4.3 组网升级都市圈物流走廊,延伸社区流动通道

基于对实证结果的分析理解,彰显武汉三环线及放射性高快速路的吸附和牵引作用,顺应图3中若干物流空间单元构成的线形走势,做实物流网络结构

测试出的汉孝、武麻、武咸、武仙通道形态,完善物流关联社区内隐约呈现出的通道型结构,秉承贯通交织固网、增强辐射效应、助推外围融圈、促进社区跨界理念,建立都市圈“双环线+井字轴+多放射”的公路货运通道系统。

打造都市圈级内外物流双环线:升级武汉三环,增设智能物流专用车道,形成公路货运内环线。加速贯通都市圈环线高速,预控智慧物流服务区,组建货运外环线。链接都市圈级井字形物流轴带:集束途径的国家运输干线及都市圈骨干高快速路,交叉鼎托全部物流枢纽,串联尽可能多的物流节点,着力建成武鄂黄黄、汉孝、武麻、武咸、武仙天潜五条跨市走廊。均衡放射社区级物流通道:以枢纽、节点为源地,在各关联社区内增补垂江连港、山区农区动线,比如面向石材运输的武红及武麻通道、服务农林产品流通的大别山和汉孝北通道、以服装纺织和装备制造为主的仙天通道、汉孝西通道等。

4.4 跨界重构物流关联社区,提高组群的结构韧性

将图5揭示的五大社群结构作为认识基础,适配规划物流枢纽节点的辐射潜力范围及骨干物流通道的双侧服务可达距离,遵循成长型都市圈“核心+轴带”的产业空间布局模式^[23],建构跨地市、融武汉、均体量、强韧性的物流关联社区组织格局。

加快融通武汉西—孝感物流关联社区:协同“吴家山陆港+汉川经开区”双枢纽辐射源,塑造伞状形态的通道格局,重点增强云梦经开区等地的转运配送型物流功能。合力建设武汉北—麻城物流关联社区:联合“阳逻港+天河机场+汉口北+麻城经开区”四枢纽辐射源,拓展形成进山连港、水陆空联运的“8”字形通道结构,突出红安经开区的产业园区型、转运配送型复合物流服务功能。完善提升武汉南—咸宁物流关联社区。依托“综保区+光谷南大健康产业园”双枢纽辐射源,稳固区域内H形运输骨架,向赤壁高新区增补转运配送资源,加强咸宁高新区等地的物流园区型功能建设。扩容打造武鄂黄黄物流关联社区:壮大“花湖机场+葛店经开区”双枢纽辐射源,

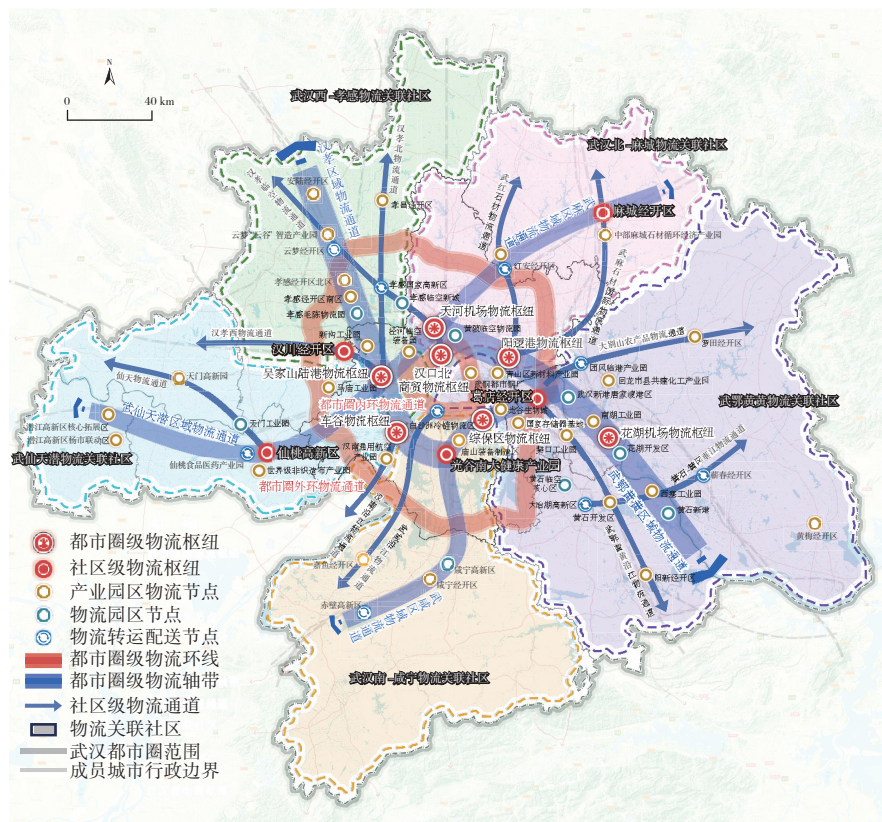


图6 武汉都市圈物流空间结构优化建议方案

Fig.6 Proposed optimization plan for the logistics spatial structure of the Wuhan Metropolitan Area

畅通“沿江+垂江”井字形主通道，超常规、圈层式扩增围绕花湖机场的全类型物流功能。联合培育武仙天潜物流关联社区；辅助“车谷+仙桃高新区”双枢纽辐射源，搭建“人”字形运输通道结构，补齐物流园区型服务。

5 结论

基于高德货车导航大数据对武汉都市圈物流网络展开剖析，重点结论如下：①物流活动的区域空间格局往往具有枢纽主导、集聚作业、层级分布、外围疏解等模式特点，但重型、中小微型货车的活动地域差异显著；②武汉都市圈已形成122个物流空间单元，其功能以园区服务型为主、转运配送与枢纽型为辅，部分单元与现行规划意图存在着适配偏差；③物流联系的“马太效应”突出，网络全局受惠一走马岭等少数高量级单元支配，浮现出武汉至孝感、麻城、咸宁、仙桃等方向的跨市流动潜力，分化出若干内外关联结构迥异的次级物流社区；④武汉都市圈物流网络发展暴露出节点零碎失衡、连通松散滞后、组团协同欠缺等问题，应按照“育枢纽、构通道、组社区”规划思路，建立“五类设施—七大廊道—五个社区”的物流空间结构，优化“两级枢纽+三种节点”物流设施体系、“双环线+井字轴+多放射”公路货运通道系统，并健全提升关联社区的服务功能及结构韧性。

本研究为中国当代都市圈现代物流空间规划提供了一套“数据挖掘—格局测度—单元识别—网络解析—规划响应”的新方法链，对破解“行政区经济”壁垒、推动区域物流一体化具有理论价值与应用示范意义。未来需延长数据周期并整合“公铁水空”多式联运以深化研究。

参考文献

[1] 吴志强, 刘晓畅. 改革开放40年来中国城乡规划知识网络演进[J]. 城市规划学刊, 2018(5): 11-18.

[2] 黄建中, 胡刚钰, 石佳宁, 等. 城市交通系统的韧性研究: 概念、特征与议题[J]. 城市规划, 2025, 49(2): 119-130.

[3] YE Z N. Construction and application of

urban mobility diagnosis model[J/OL]. Frontiers of Urban and Rural Planning, 2023, 1(14): 18. [2025-08-19]. <https://doi.org/10.1007/s44243-023-00016-9>.

[4] DABLANC L. Goods transport in large European cities: difficult to organize, difficult to modernize[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2007, 41(3): 280-285.

[5] NEUTENS T, DELAFONTAINE M, SCOTT D M, et al. A GIS-based method to identify spatiotemporal gaps in public service delivery[J]. Applied Geography, 2012, 32(2): 253-264.

[6] 甘蜜, 卿三东, 刘晓波, 等. 货车轨迹数据在公路货运系统中应用研究综述[J]. 交通运输系统工程与信息, 2021, 21(5): 91-101.

[7] YU Z, WANG H, LIU X. Mobility heterogeneity of urban freight areas: geospatial evidence from shared logistics dynamics[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2024, 188: 103657.

[8] 李秋萍, 贾靖楠, 张云菲, 等. 基于货运轨迹数据的城市间货物流动特征分析[J]. 测绘地理信息, 2022, 47(5): 84-88.

[9] CHEN Z, WANG J, LI Y. Intercity connections by expressway in metropolitan areas: passenger vs. cargo flow[J]. Journal of Transport Geography, 2022, 98: 103272.

[10] ZHU C S, WANG X, WANG D, et al. The spatial linkage of Taobao villages in Haining city based on the operation process[J/OL]. Frontiers of Urban and Rural Planning, 2023, 1(16): 19. [2025-08-19]. <https://doi.org/10.1007/s44243-023-00017-8>.

[11] 钮心毅, 林诗佳. 城市规划研究中的时空大数据: 技术演进、研究议题与前沿趋势[J]. 城市规划学刊, 2022(6): 50-57.

[12] 胡杨, 王德, 任熙元, 等. 时空行为视角下道路拥堵机制与策略研究: 以上海翔殷路隧道为例[J]. 城市规划, 2024, 48(8): 55-66.

[13] ZHAO Y, CHENG S, LIU K, et al. Intercity freight connections in China under the view of mass truck trajectories[J]. Cities, 2024, 150: 105034.

[14] 吴思雨, 钟业喜, 李建新. 1990—2019年中国省际铁路货运网络演化及空间关联特征[J]. 地理学报, 2024, 79(10): 2548-2566.

[15] 王启轩, 程遥. 公路货运视角下城市群网络特征及绩效探讨: 以我国三大城市群为例[J]. 城市规划学刊, 2020(2): 32-39.

[16] WANG Y, NIU X Y. Polycentricity measurement of China's urban agglomerations considering internal and external connections[J/OL]. Frontiers of Urban and Rural Planning, 2023, 1(19): 22. [2025-08-19]. <https://doi.org/10.1007/s44243-023-00023-w>.

[17] 肖宏伟, 赵民, 张捷, 等. 新时代“新城”的多尺度空间关联性分析及规划议题: 以北京、上海、广州为例[J]. 城市规划学刊, 2022(6): 18-27.

[18] MAOH H, DIMATULAC T, KHAN S, et al. Studying border crossing choice behavior of trucks moving between Ontario, Canada and the United States[J]. Journal of Transport Geography, 2021, 91: 102992.

[19] 张尚武, 潘鑫. 新时期我国跨区域重大基础设施规划建设战略思考[J]. 城市规划学刊, 2021(2): 38-44.

[20] 焦洪赞, 杨发兴, 徐莎莎, 等. 现代城市货运物流空间布局优化策略研究: 以武汉市为例[J]. 上海城市规划, 2023(2): 93-100.

[21] 周欢, 黄金, 邹筱. 流空间视域下城市内部物流联系及其网络结构: 以深圳市为例[J]. 热带地理, 2023, 43(10): 1917-1928.

[22] 成骋, 陈文栋, 马洪生, 等. 基于Leiden算法的共享单车活动社区识别方法: 南京案例分析[J]. 交通信息与安全, 2023, 41(2): 103-111.

[23] 袁满, 张璇, 单卓然, 等. 产业组团视角下武汉都市圈产业空间组织特征及优化策略[J]. 城市规划学刊, 2024(1): 63-73.

修回: 2025-10