

中国城际专线物流网络空间格局

任梦瑶^{1,2}, 肖作鹏^{1,3}, 王缉宪⁴

(1. 哈尔滨工业大学(深圳), 深圳 518055; 2. 香港理工大学, 香港 999077;
3. 深圳市城市规划与决策仿真重点实验室, 深圳 518055; 4. 香港城市大学, 香港 999077)

摘要: 物流是地域间社会经济联系的重要要素, 城市间的物流联系是理解区域生产消费联系和城市空间体系的重要视角。但是由于数据与方法等层面的不足, 较少有研究能够有效地揭示全国城市间的物流网络格局。近年来随着互联网与数据科学的发展应用, 第四方物流平台的出现及其对各类物流资源和数据的整合为物流研究提供了新的数据源和基础平台。本文采集了中国规模最大的电子商务平台旗下第四方物流平台上的物流专线交易数据, 采用社会网络分析方法, 以地级市为空间单元汇总计算到发各城市的物流订单, 测算各城市的专线物流联系强度以及网络中心性, 旨在揭示中国城际专线物流的联系格局, 透视各城市在全国专线物流网络中的职能差异。研究发现: ① 中国城际专线物流联系强度的空间分布与区域间社会经济发展格局基本一致, 以“京津冀—长三角—珠三角”为核心, 呈现出由沿海向内陆地区梯度递减的趋势; ② 中国城际专线物流具有明显的跨区流动特征, 1200 km 距离范围内的专线物流活动最为活跃; ③ 依照全国专线物流网络中的职能特征, 可将各城市划分为全国物流首位城市、全国物流中心城市、全国物流节点城市、区域物流节点城市和地区物流节点城市5类。上述研究结论期望从专线物流联系的视角为国家与各区域及城市制定空间规划及专项规划提供支撑。

关键词: 城际物流联系; 专线物流; 社会网络分析; 空间格局; 职能分类

DOI: 10.11821/dlxb202004011

1 引言

物流是货物的时空移动, 相较于人流、资金流等要素流, 物流与城市间生产分工及价值链体系的关联更为紧密; 相较于信息流, 物流更有形, 更注重货物在供应链上的全过程流动。随着物流从传统的运输环节逐渐走向供应链管理, 城市在物流网络中与其他城市节点的交互强度和频密程度体现了城市在供应链中的节点价值, 是理解区域生产消费格局、刻画城市体系与网络特征、组织区域贸易联系和产业链布局的重要依据^[1-3]。现阶段已有国内外学者以城市(区域)间海运集装箱运输、铁路货运以及公路货运等物流联系为研究对象, 对全球城市间的贸易格局^[4-6]、物流企业空间组织模式及其影响因素^[7-9]、物流产业空间布局特征演变及其驱动机制等展开研究^[10-16]。然而, 受制于数据的可获得性, 相对于其他视角下的研究, 从公路货运角度揭示区域空间结构特征的研究还相对较

收稿日期: 2018-08-27; 修订日期: 2019-12-02

基金项目: 国家自然科学基金重大项目(71390335); 国家自然科学基金项目(41801151); 广东省自然科学基金项目(2018A030310691) [Foundation: Major Program of National Natural Science Foundation of China, No.71390335; National Natural Science Foundation of China, No.41801151; Natural Science Foundation of Guangdong Province, China, No. 2018A030310691]

作者简介: 任梦瑶(1991-), 女, 河北张家口人, 博士生, 主要从事城市交通与土地利用方面的研究。

E-mail: mengyao_ren@hotmail.com

通讯作者: 肖作鹏(1988-), 男, 湖南衡阳人, 博士, 助理教授, 中国地理学会会员(S110008310M), 主要从事交通运输地理方面的研究。E-mail: tacxzp@foxmail.com

少,理论和研究方法发展也相对不足。

随着信息技术的快速发展和普遍应用,物流及其相关服务行业的数字化使获取实时的、高精度的物流活动数据成为可能。国内已有学者借助网络大数据对企业货运空间格局^[17-18]、设施服务网点的布局特征^[19]以及全国或区域层面的物流空间分布特征^[20-22]展开研究,刘正兵等运用“第一物流网”的数据,对全国286个城市间的公路货运网络特征进行了研究^[23],从全国地级市尺度揭示了散户公路专线货运空间格局。但是,总体而言这类研究还相对较少,特别是综合散户车主以及全国或区域性网络型专线物流企业的物流联系研究还比较欠缺。

专线物流是流通领域市场化后中国运输市场的重要组成部分。专线物流(又称专线运输、货运专线)是指物流运输企业在两个特定的城市或区域之间,通过公路、铁路或航空等方式运输货物的第三方物流服务模式^[24]。根据货物重量以及形态的差异,专线又分为整车运输和零担运输。整车运输(Truckload, TL)是指一次货物托运订单托运的货物可装满整车载运;零担运输(Less-than-Truckload, LTL)是指一批货物的重量或者容积不能装满一整车时,与其他货主或其他批次的货物共同通过一辆货车完成载运的运输组织方式^[25]。随着中国市场转型和中小企业的蓬勃发展,小批量、多频次、跨区域的物流需求旺盛,零担专线物流成为中国物流运输市场最为活跃的细分市场。与西方国家的零担货运市场经过市场整合后以大型货运企业集团为主不同,中国零担货物运输还没有经过整合阶段,仍以中小微型企业为主。近年来互联网的普及催生了车货匹配行业(为散户车主和货主提供发布信息和实时撮合交易的服务),在第三方物流(外包承运商)的基础上,涌现了“菜鸟网络”“货车帮”“卡行天下”等第四方物流平台。依托其掌握的信息技术和供应链资源,第四方物流平台对各类规模不一、服务水平参差不齐的物流资源进行整合,实现信息共享和优化资源利用率的同时,也为相关研究提供了有效的数据支撑。

针对上述研究现状之不足,本文拟以中国某规模最大的第四方物流平台的专线物流订单数据为基础,采用社会网络分析方法,以地级市为空间单元汇总计算到发各城市的物流订单,测算各城市的专线物流联系强度以及网络中心性,以此揭示线上物流市场中的城际专线物流联系格局,分析城市物流功能特征差异,以期为国家 and 区域层面的相关空间规划及专项规划提供支撑。

2 研究数据与方法

2.1 数据及预处理

研究数据来源于中国最大电子商务平台旗下的第四方物流平台以网页形式公开的公路零担专线物流交易数据。虽然该物流平台的母公司以电子商务为主,但是其物流平台则面向所有物流交易方式,旨在提供专线物流交易电子化平台。由于母公司在订单和需求匹配技术上的突出优势,目前该平台整合了全国多家公路专线物流企业,包含中国众多市场份额较高的网络型专线物流企业,如德邦物流、佳吉快运、安能物流、天地华宇、中铁物流。同时,平台上还有快递、重货、干线物流、仓配网络、跨境运输等百余家企业,是众多第四方物流市场份额最高的交易平台。高集成度的第四方物流平台,不仅支撑其电子商务平台中海量中小型批发型卖家货物贸易往来以及零售卖家前置备货等运输需求,也满足了众多中小型线下厂商商户散收散派的一般零担物流需求,以及港口等整车运输后地转接驳运输需求。

研究获取了该物流平台从2017年11月—2018年1月共3个月的在线成交物流订单交

易数据。原始数据包含始发地（区县级）、到达地（区县级）、线路数、物流公司数量、物流公司名称、重货价格（元/kg）、轻货价格（元/m³）和最近成交笔数，共2658709条有效数据。数据预处理过程中，将原始数据中的区县级行政单元合并到地级市层级，合并相同起讫（OD）城市间、不同企业运营的货运信息，剔除重复个案，得到全国334个地级行政单元（不含港澳台）之间40591条OD货运联系数据。

数据的地理覆盖范围较全面，订单始发和到达地覆盖全国2900多个区县；时间维度上，数据覆盖了中国3个月的货运繁忙时段，数据量大质优，对于系统研究全国生产—消费网络下的物流地理格局具有重要的价值。然而，本文的数据仍然存在一定的局限性：① 散户车主的承运数据较少；② 数据时段为冬季，部分产品在北方寒冷地区的运输受到一定的影响。但整体来看，该数据对研究全国消费品流通运输的格局仍然具有较强的解释力。

2.2 技术路线

本文以“物流流动格局—网络节点特征—城市物流职能层级划分及特征分析—城际物流网络节点间差异格局的形成机制”为主线展开（图1）。首先，运用地理空间可视化和统计分析等方法，刻画分析中国城际物流流动格局；其次，采用社会网络分析方法对物流网络节点的中心性以及点入点出度特征进行分析；在此基础上，对各城市节点的网络中心性指标进行K均值聚类分析，并结合物流流动格局以及城市社会经济特征对城市物流职能的特征进行讨论；最后，对物流网络节点间差异格局的形成机制进行探讨，并构建概念模型。研究技术路线与方法如图1所示。

2.3 研究方法

2.3.1 社会网络分析

社会网络分析常用的网络结构分析方法，其分析模型和参数估计可以有效识别网络特征和结构。其中，网络中心度是衡量网络结构中节点在网络中“权力”与地位的重要指标，具体包括节点中心度（Centrality Degree）、中间中心度（Betweenness Centrality）和接近中心度（Closeness Centrality）。结合本文的研究内容、数据结构并参考相关研究^[26-27]，本文主要使用节点中心度对各城市节点在城际物流网络中的地位和影响力进行研究。

常用的社会网络分析软件包括Ucinet、Gephi等软件。其中，Ucinet系统的网络分析算法和综合的数据处理能力在同类软件中具有明显的优势，广泛应用于社交网络分析、城市经济空间联系、货运网络等研究中。本文主要借助Ucinet软件进行相关社会网络分析。考虑到Ucinet软件对数据格式和数据矩阵行列数的限制，在预处理数据基础上需要对数据进行进一步处理。首先，将40591条OD货运联系数据转换为以货运订单量为边权值的有向物流联系矩阵。其中，当OD城市之间货运订单量大于0时，则认为两城市之间存在货运联系，并以订单量为边权值表示OD城市之间的货运联系强度。为了适应Ucinet

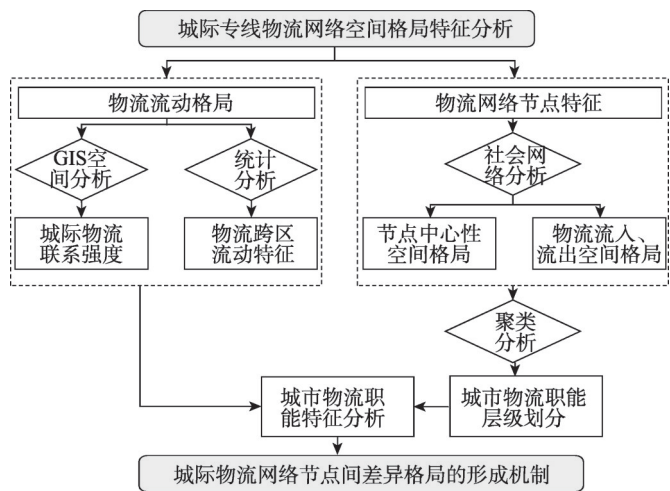


图1 技术路线与研究方法
Fig. 1 Research flow and methods

的数据限制，剔除OD城市对间订单量小于1000的城市节点，最终得到245×245的专线物流运输联系矩阵用于开展分析。

2.3.2 中心度指标 节点中心度是指网络节点与其他节点的联系程度，反映节点在网络中相对其他节点是否居于更核心地位。在有向网络中，节点中心度又包含点入度和点出度。节点中心度、点入度和点出度的计算公式分别为：

$$C(n_i) = \sum_{j=1}^k (C_{in}(n_i), C_{out}(n_i)) \quad (1)$$

$$C_{in}(n_i) = \sum_{j=1}^k r_{ij,in} \quad (2)$$

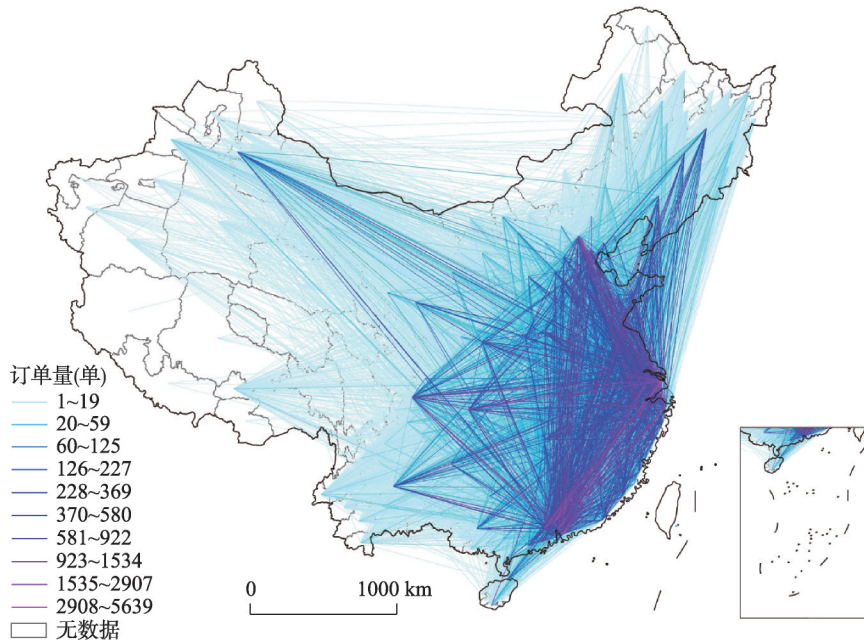
$$C_{out}(n_i) = \sum_{j=1}^k r_{ij,out} \quad (3)$$

式中： $C(n_i)$ 为节点*i*的节点中心度； $C_{in}(n_i)$ 为节点*i*的点入度； k 为网络节点数； $r_{ij,in}$ 为从*j*到*i*的关系数； $C_{out}(n_i)$ 为节点*i*的点出度； $r_{ij,out}$ 为从*i*到*j*的关系数。

3 城际专线物流网络空间格局特征

3.1 城际物流联系空间格局

以城市间物流成交订单量度量城际物流联系强度，如图2所示，物流联系强度的空间分布与中国城市社会经济发展格局高度吻合。东部城市间物流联系强度整体较高，东部沿海地区以及中部地区形成密集的物流联系网络，以“京津冀—长三角—珠三角”为核心形成国家货物贸易三角走廊，反映出了3大城市群之间极强的货物流动性；同时，以3大城市群为核心向其他地区辐射，向东北部辐射哈尔滨、长春、沈阳、大连等区域中心城市，向西北辐射西安、兰州、乌鲁木齐等省会城市，向西南辐射成都、重庆、昆



注：基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载的审图号为GS(2016)1569号的标准地图制作，底图无修改。

图2 2017年11月—2018年1月中国城际专线物流联系强度空间分布

Fig. 2 Connectivity intensity profile in national LTL logistics network from November 2017 to January 2018

明、贵阳、南宁等城市,其中成都和重庆与3大城市群的联系更紧密,并在全国层面形成了第4极物流聚集区,但相比3大城市群,西南城市群之间的物流联系较弱,区域内仍未形成成熟的物流网络。

3.2 城际物流跨区流动特征

“京津冀—长三角—珠三角”之间形成的国家货物贸易三角走廊,集中反映出了中国物流跨区流动的基本特征。

从数据上看,不同运距的订单量分布存在明显的阈值区间(图3),城际物流联系大部分都集中在1200 km以内,订单量约占全国总量的75%。1200 km以内的各区间段都相对活跃,其中0~400 km、400~800 km、800~1200 km区段范围内的订单分别占总订单的23.16%、22.14%和28.19%;而超过1200 km之后,城际物流联系强度显著减少,呈现明显的距离衰减特征。反观3大城市群形成的货运走廊,物流订单总量约占全国的40%,并且长三角地区距离京津冀、珠三角均为1200 km左右,这种以3大城市群为主体的跨区物流联系格局非常鲜明地揭示了城市群视野下中国货物交换与物资流动的地理空间尺度。这一尺度一方面根植于中国人口与城市聚落体系的空间分布格局,另一方面也深刻地映射出城市群框架下的货物与物流运输格局。在这个三角走廊之下的物资交换是在国家人口、产业分布、对外进出口等因素综合作用的结果。

3.3 基于社会网络分析的城际物流网络节点空间格局

3.3.1 中心度格局 各城市的中心性与社会经济和城镇规模的宏观格局保持一致,中心度较高的城市主要分布在东部沿海和各大城市群之中(图4)。长三角、珠三角、京津冀和成渝城市群的中心性明显高于其他城市,形成了4个明显的空间聚集区域,每个聚集区内都有多个城市节点在物流网络中处于较高的中心地位。同时,东南沿海地区的城市中心度整体较高,呈现带状连绵聚集特征,与中西部城市有明显的空间梯度差异。中部的郑州、西安、武汉等省会城市的中心度也明显高于其周边城市,在其周边区域内具有较高的核心地位。

3.3.2 流入流出格局 点出度的空间分布梯度比较明显(图5)。东部沿海城市点出度远高于中西部腹地,是主要的物流输出城市集中带。其中,排名前10的城市均位于长三角、珠三角和京津冀城市群,且大部分都是重要的港口城市。点入度较高的城市在空间上比较分散,主要集中在一线城市、区域中心城市和省会城市等人口规模较大、社会经济发展程度较高的城市,包括上海、北京、广州、深圳、成都、重庆等。

4 专线物流网络下城市的物流职能分异及其形成机制

4.1 城市物流职能层级结构及特征分析

根据城市节点在物流网络中的中心度、点入度和点出度等指标,对全国245个城市进行K均值聚类分析,并结合城市的经济总量、人口规模、生产消费结构、交通基础设施等因素,将聚类后的城市按照其在物流网络中的节点价值及物流职能定义为5类(图6),

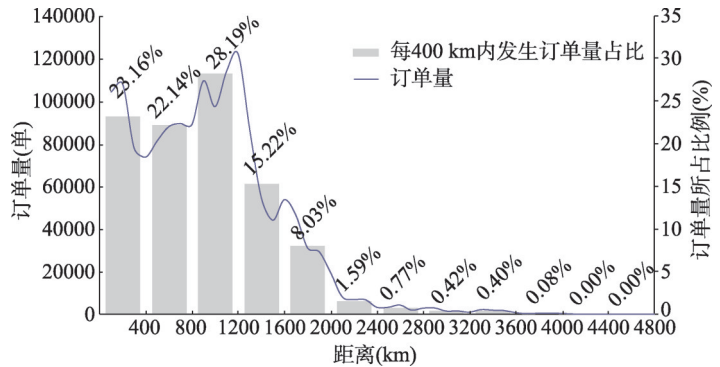


图3 不同距离范围内订单量分布

Fig. 3 Number of LTL shipment orders across different distance ranges

分别为全国物流首位城市、全国物流中心城市、全国物流节点城市、区域物流节点城市以及地区物流节点城市。对比《全国流通节点城市布局规划（2015—2020年）》^[28]等规划文件，表1中大部分城市的物流职能与上述国家专项规划确定的城市流通职能相近，但是国家专项规划综合了公、铁、水、空等多种货运方式，同时还具有促进城市发展、平衡区域差异等政策导向，而本文数据以公路专线物流为主，因此与规划存在一些差异。

(I) 全国物流首位城市 上海在全国城市中节点中心度最高，点出度和点入度也都位于全国首位且远超其他城市，显示出其物流职能的核心地位。这是其经济规模、人口总量、产业结构、港口经济以及长三角地区发达的制造业等因素共同作用的结果。上海作为中国的经济中心拥有庞大的经济和人口规模，是孕育消费市场和驱动物流活动的根本动力。同时拥有制造业发达的长三角地区和长江经济带作为其直接经济腹地，也与京

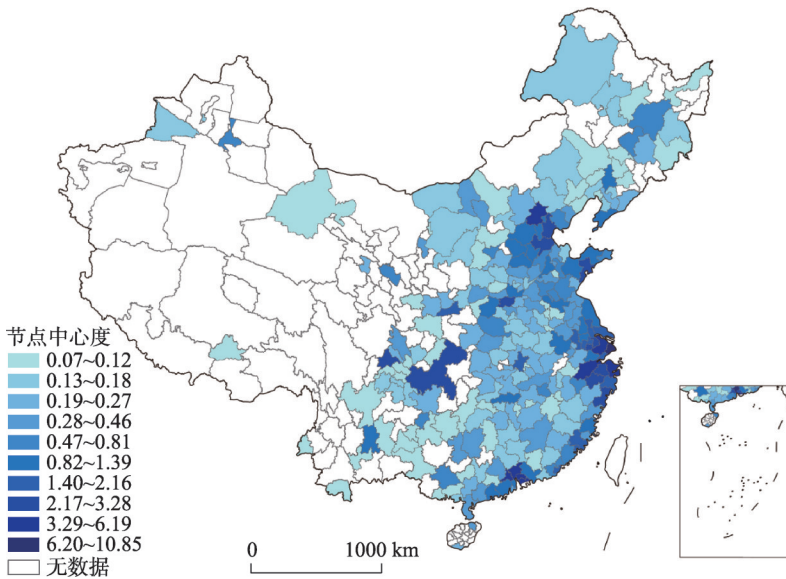


图4 2017年11月—2018年1月中国城际货运专线物流网络中心度空间分布
Fig. 4 Centrality profiles in national LTL network from November 2017 to January 2018

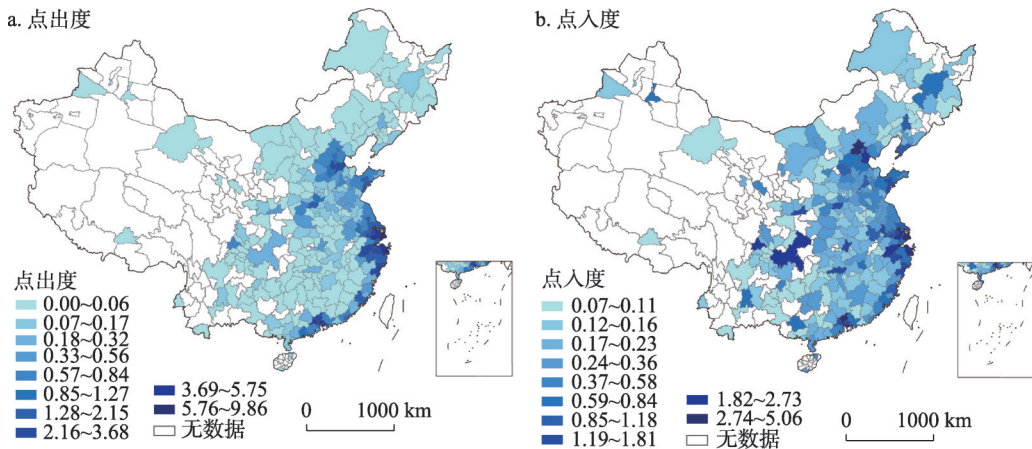


图5 2017年11月—2018年1月中国城际货运专线物流网络点出度与点入度空间分布
Fig. 5 Out-degree and In-degree profiles in national LTL network from November 2017 to January 2018

津冀、珠三角、成渝等城市群有非常频繁的货物联系，在全国货物集散和贸易进出口方面发挥了核心枢纽作用。

(II) 全国物流中心城市。首位城市以下的城市根据点入和点出度特征，表现为输入型与输出型两类。输出型物流中心城市主要包括深圳、宁波、苏州、东莞、佛山和广州、杭州等7座城市，其节点中心度指标均位于全国前8，在全国物流网络中具有较强的中心性，并且点出度普遍高于点入度，物流输出能力较强，但各城市物流输出动力存在较大差异。

港口型：深圳和宁波都拥有高度发达的外贸港口，是中国商品进出口的主要口岸。宁波—舟山港是中国货物吞吐量最大港口，深圳港是中国集装箱吞吐量最高的港口，并且由于临近香港而成为中国最大的陆路出口口岸，二者与内陆腹地城市的货物联系都十分活跃，同时深圳作为中国主要的发达城市之一其自身生产消费所需的物流服务规模也较高。在服务城市内部以及服务区域甚至全国的水陆货物转运需求的双重职能驱动下，促使深圳和宁波成为全国性的物流中心城市。

制造业：苏州、东莞以及佛山是制造业驱动、对外服务的物流中心城市。苏州依托发达的外资制造业基础成为长三角区域仅次于上海的物流枢纽，在一些研究中苏州的物流中心职能甚至与上海持平^[29]。东莞位于深圳和广州两大一线城市之间，具有先天的物流产业发展优势，国内外大型物流地产商布局在珠三角地区的仓储和分拨中心在东莞最为集中；近年来伴随着深圳制造业转移，顺利承接了一批优质企业，进一步扩大了本地

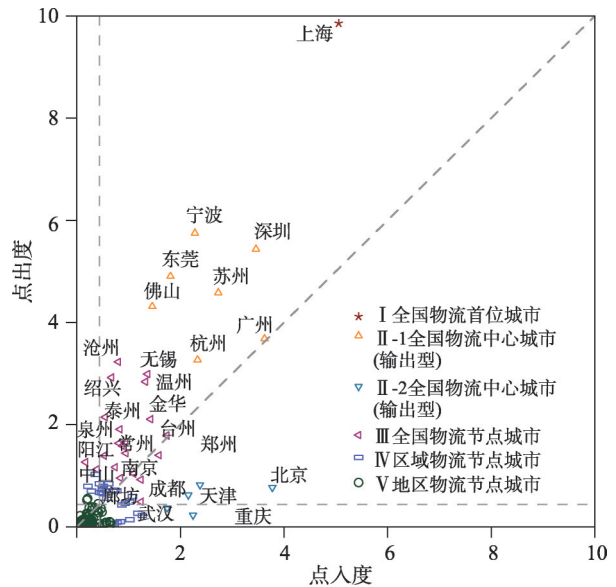


图6 基于物流网络中心性的城市物流层级结构
Fig. 6 Urban hierarch and classification based on the centrality of national LTL network

表1 各层级城市及其物流职能特征

Tab. 1 Cities and their functional characteristics at different logistics levels

类别	城市
I 全国物流首位城市	上海*(1个)
II 全国物流中心城市	II -1 输出型 深圳*、宁波*(港口型物流中心城市2个) 苏州*、东莞*、佛山*(制造业物流中心城市3个) 广州*、杭州*(枢纽型物流中心城市2个)
	II -2 输入型 北京*、天津*、成都*、重庆*、武汉*(5个)
III 全国物流节点城市	沧州、无锡、绍兴、温州、泰州、金华、台州、青岛*、常州、泉州、南通*、嘉兴、郑州*、汕头、阳江、中山、新乡、厦门*、廊坊、南京*、西安*(21个)
IV 区域物流节点城市	衡水、惠州、洛阳、潮州、邢台、湖州、潍坊*、江门、烟台*、揭阳、保定*、镇江、盐城、扬州、济南*、徐州*、石家庄*、福州*、合肥*、沈阳*、长沙*、大连*、昆明*、哈尔滨*、长春*(25个)
V 地区物流节点城市	南宁*、贵阳*、唐山*、南昌*、邯郸*、太原*、海口*、兰州*、乌鲁木齐*、呼和浩特*、西宁*、银川*、拉萨*.....(186个)

注：根据《全国流通节点城市布局规划(2015—2020年)》；*表示该城市被列为国家级流通节点城市；*表示该城市被列为区域级流通节点城市。

市场的贸易流通需求,自身产业加之区域市场的需求,促使东莞逐渐成为珠三角地区的物流枢纽。佛山一直以来都具有发达的制造业和商贸流通业基础,也是整个珠三角西岸制造业货物输出和转运的重要节点。服务城市内部产业发展以及区域物流集散共同驱动上述城市物流业发展。

枢纽型:广州和杭州的点入度和点出度相对平衡,显示出二者作为中国两个经济大省的省会城市在省内制造业以及商贸流通业的中心地位。在GDP、人口规模等指标上二者也一直位于全国前列,城市自身对物流活动的需求较高。除此之外,广州作为传统商贸城市以及出口城市具有极强的物流产业基础,而杭州作为中国最大电子商务平台阿里巴巴所在城市,在物流网络中的控制作用已经显著增强。

输入型物流中心城市包括北京、武汉、天津、成都、重庆5个城市,其在聚类分析中被列为一类,从物流中心性来看以上城市的点入度远高于点出度。作为全国或区域的中心城市,上述城市普遍具有经济总量大、人口集中、消费能力强的特点,因此货物流入量较大。同时,由于自身产业结构或者区位特征,货物输出能力较低(如成都、重庆等),或其周边物流运输网络化较强并不依赖首位或中心城市作为物流枢纽(如北京、天津等),使其在物流网络中呈现出明显的输入型特点。

(Ⅲ)全国物流节点城市。沧州、南京、西安、无锡、金华、青岛、郑州、泰州等21个城市在聚类分析中被划归为第Ⅲ类城市,整体表现为点入度和点出度相对均衡,节点中心度较高,对网络的控制力较强。这类城市普遍拥有重大交通基础设施和较大规模的经济腹地,例如郑州、泰州、西安、南京等城市是中国公路和铁路网中的重要枢纽,位于国家级的货运廊道上,同时,南京、西安、郑州等城市是经济大省的省会城市,作为局部交通物流网络中的枢纽,具有较强的货运集散能力。沧州、青岛等城市因为拥有黄骅港、青岛港等港口,是区域内水陆货物集散的重要枢纽,具有广阔的货物腹地和较大的货物集散规模,并且港口后方货物加工、集散、仓储业的共同发展,进一步促进了其在公路货运网络中的枢纽地位。金华、无锡、温州、中山等城市是中国著名的制造城市,同时均位于经济发达的城市群之内,对物流运输的产业性需求较高。除此之外,部分城市超越其在全国流通规划中的定位,表现为全国性物流节点城市,如沧州、汕头、台州等,是由于该城市所在区域的整体经济水平较高,在不考虑区域城市格局的情况下,这些城市在全国城市中的物流中心性较高,从这一角度也反映出了中国区域经济发展的不平衡性。

(Ⅳ)区域物流节点城市。衡水、惠州、洛阳、邢台、江门、保定、济南、徐州、石家庄、福州、合肥、沈阳、长沙、大连、昆明、哈尔滨、长春等25个城市被划为第Ⅳ类。这类城市的物流中心性指标略高于全国平均水平,但并不突出,属区域性物流节点城市。其中包含部分省会城市,如石家庄、福州、合肥、沈阳、哈尔滨、长沙、昆明等地,以及省域经济发达城市,如洛阳、保定、大连等地。

(Ⅴ)地区物流节点城市。其余186个城市被划归为第Ⅴ类地区物流节点城市。这类城市在物流网络中的各中心度指标普遍低于平均水平,部分城市的点入度或点出度指标略高于平均水平,但在全国城际物流网络中的中心性不强。这类城市中包括了中国大部分地区的非中心、非省会地级市,在物流网络中主要为物流末端网点,其社会经济规模总量较低,人口规模总量不高,并且不具有明显的交通运输优势。然而,这类城市中也并不乏一些省会城市(如兰州、呼和浩特等)和港口城市(唐山等),虽然拥有有利的物流活动驱动要素,在国家流通规划中列为全国流通城市,但受制于其自身经济结构、经济规模和交通区位因素等影响,致使这一类城市的物流中心性与其社会经济职能产生差异,并未成为区域物流中心节点。

4.2 城际物流网络节点间差异格局的形成机制

城市间的生产消费差异是产生贸易需求和货物时空移动的根本原因，不同地域之间的互联互通与物质交换是物质资源再平衡的重要过程。城市的物流职能也是在这种社会经济本底的基础上，以及与其他城市交互的过程中逐渐形成。城际物流网络节点间的差异受生产、消费、交通区位、基础设施等多重要素共同驱动（图7），其中，物流节点的职能主要取决于驱动要素类型，节点等级则主要取决于驱动要素规模。在以消费品流通为主的供应链中，资源产地输出原材料或半成品到消费品加工制造地，经由物流系统直接或间接地流入国内消费市场，或通过贸易港口出口流入境外消费市场，故而形成了以资源和消费品生产要素驱动的物流输出职能，以消费市场驱动的物流输入职能，和以交通区位和基础设施驱动的物流枢纽职能。

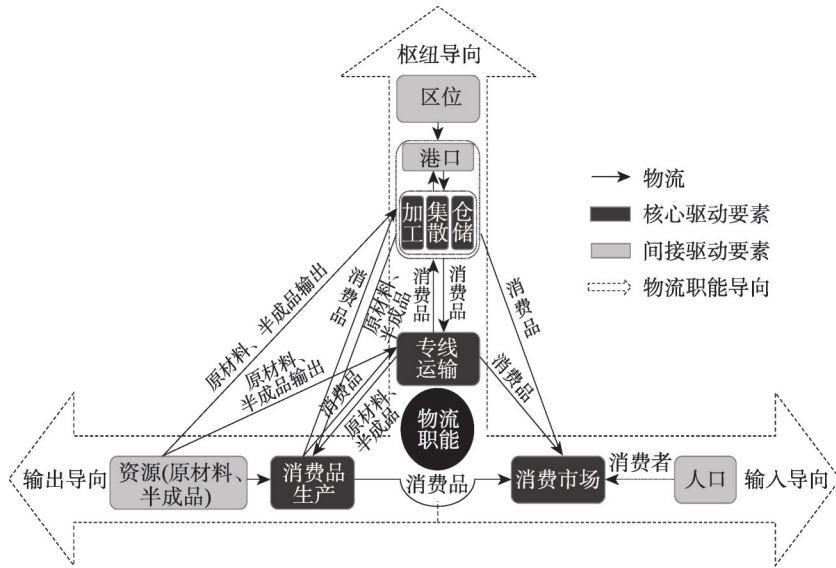


图7 城际物流网络节点差异格局的驱动要素

Fig. 7 Driving forces of urban hierarchy structure on LTL market for consumer goods in China

(1) 城市社会经济规模是影响城市物流职能的基础因素。城际物流网络的中心性指标与各城市的生产总值（GDP）和人口规模显著相关，其中节点中心度与GDP的相关系数高达0.846，点入度、点出度与之的相关系数都分别达到0.960与0.688。可见经济和人口规模反映出城市社会经济活动对物流及贸易的需求，需求越旺盛，在全国物流网络中的职能越强。

(2) 城市社会经济的结构特征是城市物流职能的决定因素。城市经济和人口规模激发物流输入职能，资源和生产力的空间分布则强化物流输出职能。城市的社会经济规模与点入度的关联系数更强，说明城市社会经济规模对物流流入的影响远高于流出能力。这一差别一方面反映出中国城市GDP和产业类型与资源输出型产业、制造加工业等对货物输出需求较大的产业相关度不高，消费市场是影响物流流入能力的主要因素；另一方面也折射出影响物流输出能力的产业附加值较低，对GDP的贡献较弱。制造业发达的地区具有更强的物流输出能力，如珠三角地区和长三角地区，而人口规模大、制造业较弱的地区则表现为物流输入特征，如北京、成都等地。

(3) 城市交通区位与基础设施是城市物流职能的关键因素。交通区位因素是城市货运的先天条件，重大交通基础设施及其后方的合理产业发展是促进物流业高速增长的重

要驱动力。公路货运作为最灵活易组织的货运方式,在配合港口、空港和铁路运输中都是至关重要的环节,并且现代枢纽的发展通常伴随着后方加工制造、货物集散以及仓储业的共同发展,从供应链的角度来看,则是产品制造环节与运输环节的组合发展,双重功能的驱动下提升城市在供应链中的中心地位。例如珠三角区域的东莞,其经济和人口规模在全国层面上并不突出,但是由于其位于广州和深圳之间,是整个珠三角地区主要的物流仓储集中地和主要货物中转地,并且拥有发达的制造业基础,因此在物流网络中与广州、深圳等一线城市一并位于第2梯队,成为辐射全国的网络节点。与之相似的还有长三角地区的宁波和京津冀地区的沧州,即便二者在经济总量和人口上都并不突出,但是受港口经济以及其所在的城市群庞大的经济、人口规模以及区域强大的制造业基础,顺利承接了中心城市转移出的物流职能,成为全国或区域的物流中心节点。

实际上,城市节点在物流网络中通常具有多重驱动要素,要素类型和规模对物流职能和等级产生交叉影响和叠加效应,使城际物流网络呈现出复杂的职能差异与层级结构。例如上海,大规模的人口意味巨大的消费市场以及强有力的输入导向要素,高等级的贸易港口则意味着大量的货物吞吐量和流入流出需求,长三角发达的制造业则成为支撑其输出能力的重要因素,在多级要素叠加驱动下使上海成为物流首位城市。北京作为中国的政治文化中心拥有大规模的人口,具有强大的物流输入驱动要素,然而由于其产业结构以三产为主,以加工制造业为支撑的物流输出能力较弱,同时为疏解城市交通运输压力,区域物流枢纽职能转移到周边城市,北京的物流输入流量远高于输出流量,在物流网络中的呈现出明显的输入型节点特征。结合城市之间的物流联系来看,由上海发往北京的订单量几乎是反向订单量的10倍,这一现象清晰地反映出了上海和北京在物流货运网络中不同的角色地位。

除此之外,区域城市社会经济结构和空间格局也是影响城市物流职能等级的因素。广州和深圳具有规模消费市场、规模港口、规模生产力以及区域中心城市等多级驱动要素,并且广东省的消费品生产规模与长三角地区相当,但是在物流职能等级上,二者与上海仍然存在一定差距。受到城市群内部的社会经济结构影响,长三角地区以上海为单中心结构,在物流网络中也具有绝对的核心地位;而珠三角地区以广州和深圳为双中心结构^[30],在物流网络中也并未形成单一的超级物流节点。城际物流联系是区域—城市社会经济结构最为直接的表现之一。

5 结论

本文采集了中国规模最大的电子商务平台旗下第四方物流平台上的物流专线交易数据,采用社会网络分析等方法,以地级市为空间单元揭示中国城际专线物流的联系格局,透视各城市在全国专线物流网络中的职能差异,并从消费品供应链的角度对其形成机制进行了讨论,得到以下几点认识和结论:

(1) 城际物流联系在发现以及刻画区域—城市社会经济联系上具有重要价值。本文利用专线物流数据比较清晰地展现中国城际物流联系强度整体上呈现由东部地区向中西部地区梯度递减的格局;物流联系也探测到一些城市节点(如佛山、东莞等)的物流规模等级已经超越了国家流通专项规划对城市物流职能等级的定位。再次,按照方向的物流流量有助于深度观察城市间物流联系,对于我们客观认识中国的生产与消费格局具有重要意义。

(2) 中国城际物流联系呈现以城市群为主体的跨区物流联系占主导的格局。城际物

流和货物交换活跃范围以 1200 km 为空间尺度阈值与中国社会经济要素聚集的空间分布格局密不可分, 中国的货物贸易三角走廊是“京津冀—长三角—珠三角”城市群在物流网络空间上的投射, 也是国家人口、产业分布、对外进出口等因素综合作用下的结果。

(3) 城市物流职能是城市经济活动与城市职能理论的补充。从网络中心度、点入及点出等指标可以测度城市在物流网络中与其他城市的物资交换强度、方向、在网络和周边区域的地位与作用。物流活动是实现城市基本活动的支撑, 是对城市职能理论的补充。按照物流职能可以将中国主要城市划分为 5 类, 具体包括全国物流首位城市、全国物流中心城市、全国物流节点城市、区域物流节点城市以及地区物流节点城市。城市物流职能及其层级结构是在城市及其所在区域的生产消费结构、交通区位、港口布局等多级要素共同驱动下形成。

最后需要说明的是, 与其他研究对单个企业开展研究相比, 本文中采集的数据覆盖专线物流市场上的企业, 包括德邦物流、佳吉快运、安能物流、天地华宇等全国网络型物流企业, 受物流平台上游电子商务平台公司货主和卖家群体分布影响, 货运起讫点在全国覆盖面较全, 并且与地区的社会经济规模相关性更高。但即便如此, 线上物流市场的数据在整个物流市场中占比仍然相对较少, 数据时间跨度较短, 且货运量只包含订单数而无法反应运输货物特征甚至具体的货运量, 因此只能一定程度上反应城际物流的空间格局。这些不足并不妨碍研究的效度, 仍然构成后续数据获取以及研究非常值得继续努力的方向。

参考文献(References)

- [1] Gu Chaolin, Pang Haifeng. Study on spatial relations of Chinese urban system: Gravity model approach. *Geographical Research*, 2008, 27(1): 1-12. [顾朝林, 庞海峰. 基于重力模型的中国城市体系空间联系与层域划分. *地理研究*, 2008, 27(1): 1-12.]
- [2] Shen Lizhen, Gu Chaolin. Integration of regional space of flows and construction of global urban network. *Scientia Geographica Sinica*, 2009, 29(6): 787-793. [沈丽珍, 顾朝林. 区域流动空间整合与全球城市网络构建. *地理科学*, 2009, 29(6): 787-793.]
- [3] Xiao Zuopeng, Wang Jixian, Sun Yonghai. The geographical impact of e-retailing and supply chain reconfiguration. *Economic Geography*, 2015, 35(12): 98-104. [肖作鹏, 王缉宪, 孙永海. 网络零售对物流供应链的重组效应及其空间影响. *经济地理*, 2015, 35(12): 98-104.]
- [4] O'Connor K. Global city regions and the location of logistics activity. *Journal of Transport Geography*, 2010, 18(3): 354-362.
- [5] Hesse M, Rodrigue J P. The transport geography of logistics and freight distribution. *Journal of Transport Geography*, 2004, 12(3): 171-184.
- [6] Rodrigue J P. Freight, gateways and mega-urban regions: The logistical integration of the Bostwash corridor. *Tijdschrift Voor Economische en Sociale Geografie*, 2004, 95(2): 147-161.
- [7] Heuvel F P, Langen P W, Donselaar K H, et al. Spatial concentration and location dynamics in logistics: The case of a Dutch province. *Journal of Transport Geography*, 2013, 28(2): 39-48.
- [8] Verhetsel A, Kessels R, Goos P, et al. Location of logistics companies: A stated preference study to disentangle the impact of accessibility. *Journal of Transport Geography*, 2015, 42: 110-121.
- [9] Hesse M. Land for logistics: Locational dynamics, real estate markets and political regulation of regional distribution complexes. *Tijdschrift Voor Economische En Sociale Geografie*, 2004, 95(2): 162-173.
- [10] Han Zenglin, Wang Chengjin, You Fei. The characters of the development and distribution about Chinese logistics and the discussion of the developing measures. *Progress in Geography*, 2002, 21(1): 81-89, 96. [韩增林, 王成金, 尤飞. 我国物流业发展与布局的特点及对策探讨. *地理科学进展*, 2002, 21(1): 81-89, 96.]
- [11] Wang Chengjin, Zhang Mengtian. Spatial pattern and its mechanism of modern logistics companies in China. *Progress in Geography*, 2014, 33(1): 134-144. [王成金, 张梦天. 中国物流企业的布局特征与形成机制. *地理科学进展*, 2014, 33(1): 134-144.]

- [12] Zong Huiming, Zhou Suhong, Yan Xiaopei. Research on the spatial network of local comprehensive third-party logistics company under globalization: Taking Tengbang logistics company as a case. *Geographical Research*, 2015, 34(5): 944-952. [宗会明, 周素红, 闫小培. 全球化下地方综合服务型物流企业的空间网络组织: 以腾邦物流为案例. *地理研究*, 2015, 34(5): 944-952.]
- [13] Liu Chengliang. Empirical analysis on the spatial structure of logistics economic linkages in China mainland. *Economic Geography*, 2004, 24(6): 826-829, 868. [刘承良. 中国大陆物流经济联系空间结构实证分析. *经济地理*, 2004, 24(6): 826-829, 868.]
- [14] Xie Shouhong, Cai Haiya, Zhu Yingying. Research on logistics link and logistics network optimization among cities of Yangtze River Delta. *Geography and Geo-Information Science*, 2015, 31(4): 76-82. [谢守红, 蔡海亚, 朱迎莹. 长三角城市群物流联系与物流网络优化研究. *地理与地理信息科学*, 2015, 31(4): 76-82.]
- [15] Zhang Ding, Cao Weidong, Fan Jiaojiao, et al. The spatio-temporal evolution characteristics and mechanism of Yangtze River Delta city logistics development efficiency. *Economic Geography*, 2014, 34(8): 103-110. [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. *经济地理*, 2014, 34(8): 103-110.]
- [16] Liang Shuangbo, Cao Youhui, Wu Wei. Spatial-temporal evolution and influencing factors of logistics supply chain in the Yangtze River Delta: Based on international freight forwarding enterprises data. *Geographical Research*, 2017, 36(11): 2156-2170. [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. *地理研究*, 2017, 36(11): 2156-2170.]
- [17] Ni Linglin, Wang Jiao'e, Hu Hao. Spatial organization of express delivery enterprise in China: A case study of Shunfeng Express. *Economic Geography*, 2012, 32(2): 82-88. [倪聆霖, 王姣娥, 胡浩. 中国快递企业的空间组织研究: 以顺丰速运为例. *经济地理*, 2012, 32(2): 82-88.]
- [18] Xiao Zuopeng, Zou Haixiang, Sun Yonghai. Using GPS data to visualize the intra-city freight mobility: The case of Shenzhen. *Journal of Human Settlements in West China*, 2017(1): 29-33. [肖作鹏, 邹海翔, 孙永海. 利用货车GPS数据推演城市内部物流空间联系. *西部人居环境学刊*, 2017(1): 29-33.]
- [19] Li Guoqi, Jin Fengjun, Chen Yu, et al. Location characteristics and differentiation mechanism of logistics industry based on points of interest: A case study of Beijing. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(6): 1091-1103. [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. *地理学报*, 2017, 72(6): 1091-1103.]
- [20] Dong Qi, Zhen Feng. The study on spatial structure characteristics of China's city network based on the logistics enterprise network. *Human Geography*, 2013, 28(4): 71-76. [董琦, 甄峰. 基于物流企业网络的中国城市网络空间结构特征研究. *人文地理*, 2013, 28(4): 71-76.]
- [21] Li Guoqi, Jin Fengjun, Chen Yu, et al. Spatial patterns of logistics industry based on a geographic analysis of hotness degree. *Progress in Geography*, 2015, 34(5): 629-637. [李国旗, 金凤君, 陈娱, 等. 基于物流热度的中国物流业空间格局. *地理科学进展*, 2015, 34(5): 629-637.]
- [22] Liu Sijing, Li Guoqi, Jin Fengjun. Quantitative measurement and development evaluation of logistics clusters in China. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(8): 1540-1555. [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. *地理学报*, 2018, 73(8): 1540-1555.]
- [23] Liu Zhengbing, Dai Teqi, Liao Cong, et al. The characters of intercity freight transport networks in China: A case study on "FIRST CARGO" platform. *Economic Geography*, 2017, 37(6): 28-35. [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. *经济地理*, 2017, 37(6): 28-35.]
- [24] Xu Jinhua, Liu Xiutian. Research on the mode of special-line transportation logistics. *Transportation Enterprise Management*, 2007, 22(8): 52-53. [许金花, 刘秀田. 专线运输物流模式研究. *交通企业管理*, 2007, 22(8): 52-53.]
- [25] Liu Xiutian, An Junling, Wang Jiuhe. Study on the logistics information system of less-than-container-load dedicated line transport. *Logistics Technology*, 2010, 29(9): 124-127. [刘秀田, 安军玲, 王玖河. 零担专线运输物流管理信息系统研究. *物流技术*, 2010, 29(9): 124-127.]
- [26] Hou Yunhui, Liu Hong. Quantitative analysis to the city agglomeration structure based on social network: A case of capital exchange network of the Yangtze River Delta. *Complex Systems and Complexity Science*, 2006, 3(2): 35-42. [侯贇慧, 刘洪. 基于社会网络的城市群结构量化分析: 以长江三角洲城市群资金往来关系为例. *复杂系统与复杂性科学*, 2006, 3(2): 35-42.]
- [27] Zhen Feng, Wang Bo, Chen Yingxue. China's city network characteristics based on social network space: An empirical analysis of Sina Micro-blog. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(8): 1031-1043. [甄峰, 王波, 陈映雪. 基于网络社会空间的中国城市网络特征: 以新浪微博为例. *地理学报*, 2012, 67(8): 1031-1043.]
- [28] Ministry of Commerce of the People's Republic of China. *The National Logistics Cities Layout Planning (2015-2020)*,

2015. [中华人民共和国商务部. 全国流通节点城市布局规划(2015—2020). 2015.]
- [29] Meng Deyou, Li Xiaojian, Lu Yuqi, et al. Evolution of spatial pattern of urban economic development in Yangtze River Delta. *Economic Geography*, 2014, 34(2): 50-57. [孟德友, 李小建, 陆玉麒, 等. 长江三角洲地区城市经济发展水平空间格局演变. *经济地理*, 2014, 34(2): 50-57.]
- [30] Tong De, Liu Tao, Li Guicai, et al. Empirical analysis of city contact in Zhujiang (Pearl) River Delta, China. *Chinese Geographical Science*, 2014, 24(3): 384-392.

Spatial pattern of intercity less-than-truckload logistics networks in China

REN Mengyao^{1,2}, XIAO Zuopeng^{1,3}, James J. WANG⁴

(1. Harbin Institute of Technology, Shenzhen 518055, Guangdong, China; 2. The Hong Kong Polytechnic University, HKSAR 999077, China; 3. Shenzhen Key Laboratory of Urban Planning and Decision Making, Shenzhen 518055, Guangdong, China; 4. City University of Hong Kong, HKSAR 999077, China))

Abstract: Freight logistics is one of the most important socioeconomic connection elements between regions. The intercity logistics connection is an important perspective to understand regional production-consumption relationship and urban spatial structure. However, due to the lack of data and methods, few studies can effectively reveal the intercity logistics network pattern at the nation level. With the development and application of Internet and data science, the logistics resources and data integrated by the fourth party logistics platform provide new data source and research foundation for logistics studies. Drawing online less-than-truckload logistics transaction data for 3 months from November 2017 to January 2018, from the largest 4th party logistics (4PL) platform in China, this research aims to explore the intercity logistics connection pattern and urban logistics function differences. The outbound and inbound transaction numbers were calculated first for each prefecture-level city. With the approach of social network analysis (SNA), the logistics connection intensity and corresponding centrality were then computed and visualized for each city in the network. The research results show that: (1) the intercity logistics landscape roughly coincides with interregional socio-economic development. Taking three metropolises (i.e., Beijing-Tianjin-Hebei, Yangtze River Delta, and Pearl River Delta) as core triangle corridors, the national logistics connection pattern decreases from coastal area to inland areas. (2) Logistics activities are characterized by significant cross-regional flow. Active are intercity logistics shipment activities within the threshold of 1200 km distance. (3) According to the less-than-truckload logistics (LTL) network pattern, cities in China could be further divided into five categories, namely the national primary logistics city, national logistics center cities, national logistics node cities, regional logistics center cities and local logistics cities. These conclusions are expected to, from the perspective of intercity logistics connections, support national, provincial and city governments to make spatial planning and logistics planning.

Keywords: intercity logistics connection; less-than-truckload logistics; social network analysis; spatial pattern; functional classification