

陆梦秋, 陈娱. “一带一路”倡议下中欧集装箱潜在铁路运输流的空间格局模拟 [J]. 地理科学, 2019, 39(9): 1416-1424. [Lu Mengqiu, Chen Yu. Spatial Pattern of Potential Container Throughputs by Railway between China and Europe Under the Belt and Road Initiative. Scientia Geographica Sinica, 2019, 39(9): 1416-1424.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2019.09.007

“一带一路”倡议下中欧集装箱潜在 铁路运输流的空间格局模拟

陆梦秋^{1,2}, 陈娱^{3,4}

(1. 南京财经大学国际经贸学院, 江苏 南京 210023; 2. 南京财经大学江苏产业发展研究院, 江苏 南京 210023; 3. 南京师范大学地理科学学院, 江苏 南京 210023; 4. 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 江苏 南京 210023)

摘要:在“一带一路”倡议背景下,探讨中欧集装箱运输通道的空间格局对中欧班列运输组织优化及欧亚大陆一体化发展具有重要意义。基于铁路货运网络数据提取了各地市节点的对欧运输最短路径,采用集装箱货源系数算法对各地市对欧进出口总额进行加权计算,用以表征腹地对欧陆运集装箱生成量,模拟潜在的中欧集装箱铁路运输流汇集格局。研究表明:①在满洲里、二连浩特和阿拉山口三大陆运优势片区分别形成了沿大连-营口-锦州-通辽-白城-齐齐哈尔-满洲里集装箱运输东通道,沿上海-南京-济南-天津-北京-乌兰察布-二连浩特集装箱运输中通道,以及沿杭州-合肥-西安-兰州-乌鲁木齐-阿拉山口集装箱运输西通道;②长三角地区是中、西通道的始流区域,区域内城市通过两通道运输集装箱的成本相当;③集装箱流量汇集的关键节点共22个,其中,齐齐哈尔、乌兰察布、北京、济南、南京、乌鲁木齐和西安为第一等级汇集点。

关键词:一带一路;中欧班列;进出口额;集装箱货源系数;最短路径算法

中图分类号:F512.99 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0690(2019)09-1416-09

“一带一路”倡议作为引领全球化发展的国家战略,自提出以来引起了大量的关注和思考^[1-6]。其中,交通基础设施的互联互通是谋划欧亚大陆一体化的首要问题之一^[7-10]。自改革开放以来,中国沿海港口的开发与开放使得海运成为中欧集装箱运输的主要运输方式。然而,作为典型的陆海复合型国家,陆上通道的构建是拉动中欧贸易往来、实现欧亚大陆一体化的必要条件。

实际上,早在2 000多年前,丝绸之路经济带就是拉动东西方贸易交流与合作的重要运输通道。20世纪初期,沙皇俄国率先修建了第一亚欧大陆桥-西伯利亚铁路;1992年,陇海铁路(连云港-兰州)、兰新铁路(兰州-乌鲁木齐)与土西铁路(塔什干-新西伯利亚)经阿拉山口接轨,新亚欧大陆桥开通。2011年,渝新欧线开通(重庆-杜伊斯堡),

拉开了中欧班列建设的序幕。随后,在“一带一路”倡议全面实施的背景下,中国先后开通了由重庆、郑州、武汉、成都、长沙、西安及义乌等16个城市始发的中欧班列货物运营服务,分别以阿拉山口岸、满洲里口岸和二连浩特口岸为主要出境口岸形成了西通道、东通道和中通道三大运输通道,截至2017年12月,中欧班列已累计开行6 235列,班列运行线路57条,成为丝绸之路经济带重要的运输平台^[11,12]。

然而,中国与欧洲之间集装箱运输总量中仅有0.7%为铁路运输量^[13]。中欧班列尚处于起步阶段,存在成箱率不高、运输成本居高不下、运输效率低、无序竞争等问题^[14,15]。但不可否认的是,从欧亚大陆的广阔腹地和铁路运输的时间成本优势来看,中欧班列的建设对于提升中欧贸易潜力具

收稿日期:2018-08-11; **修订日期:**2018-12-20

基金项目:国家自然科学基金项目(41430635, 41701122)资助。[Foundation: National Natural Science Foundation of China (41430635, 41701122).]

作者简介:陆梦秋(1992-),女,江苏南京人,讲师,主要研究方向为经济地理与区域发展。E-mail:lumengqiu3201@163.com

通讯作者:陈娱,副教授。E-mail:chenyu@lreis.ac.cn

有不可忽视的作用。因此,基于国内铁路货运网络和中欧集装箱铁路运输吞吐量,合理规划布局中国西向运输通道和集装箱运输集散中心对改善现行中欧班列运营状况具有实际指导意义,这也是经济地理学角度可以尝试进行探析的问题。

关于铁路集装箱运输格局的相关研究均基于铁路站点间实际集装箱流量或采取集装箱生成系数进行估算,且大部分从海运港口-腹地关系的角度对内陆铁路集散中心布局进行分析^[16-19]。然而,目前中国的集装箱铁路运输成箱率不高,且中欧集装箱往来仍然主要通过海运模式达成,导致铁路站点间的实际集装箱货运量远远不能够表征腹地所能够产生的集装箱铁路运输吞吐量,不足以给中欧铁路集装箱运输网络优化与集散中心选址等问题提供准确的建议。尽管基于“一带一路”背景的陆海运输研究已经展开^[20-25],并有研究针对陆运通道口岸腹地经济范围进行了划分及货运铁路枢纽的识别^[26-28],但是,尚未有研究从陆运集装箱流量的角度宏观刻画中欧集装箱铁路运输的空间格局。

综上所述,本文在中欧班列建设与开通运营的背景下,试图解析中国各城市节点至三大陆路口岸的铁路运输最短路径通道,并分析通道上的集装箱运输潜在流量,识别运输通道及流量汇集关键枢纽节点,从而完整地刻画全国尺度上中欧

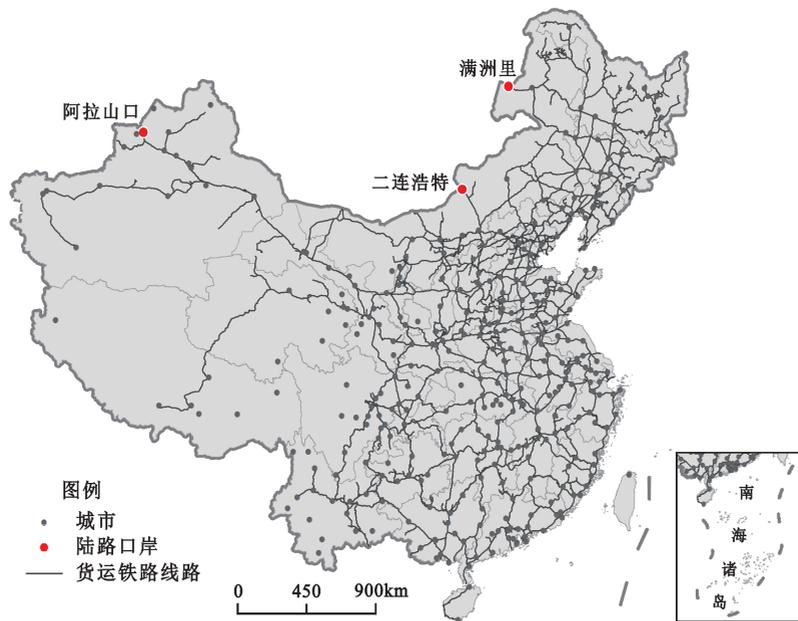
集装箱铁路潜在运输流的空间格局,在流量核算的基础上为中欧班列运输组织优化、集装箱集散中心布局及陆海联运的模式建议提供科学依据。

1 模型方法与数据来源

为了呈现中国中欧国际集装箱铁路运输的基本空间格局,需要解决2个问题:一是识别集装箱运输通道,即腹地运输集装箱至陆运口岸的主要路线;二是运输通道上的流量等级。本文基于现有的铁路货运网络 (<http://www.zgtlhy.org.cn/>)采用最短路径算法来识别腹地城市至陆运口岸的最短线路;同时,基于各地市对欧洲进出口额(无货运铁路通过的地市不参与计算),采用集装箱货源系数算法进行潜在流量的估算,最后,沿最短路径自下而上将各地市的集装箱货源量进行汇集,从而解读出运输通道的走向与等级。基础数据来源于中国铁路货运服务网(www.zgtlhy.org.cn),如图1所示,方法流程如图2所示。

1.1 最短路径算法

本文依托 ArcGIS 平台 Network Analyst 模块的最短路径求解工具,该工具采用经典的 Dijkstra 最短路径求解算法^[29]。其算法思想为:把路网中顶点集合 V 分成两组,第一组为已求出最短路径的顶点集合 S ,第二组为其余未确定最短路径的顶点集



未含港澳台数据

图1 中国主要货运铁路线路与陆运口岸

Fig.1 Main freight railway network and land ports in China

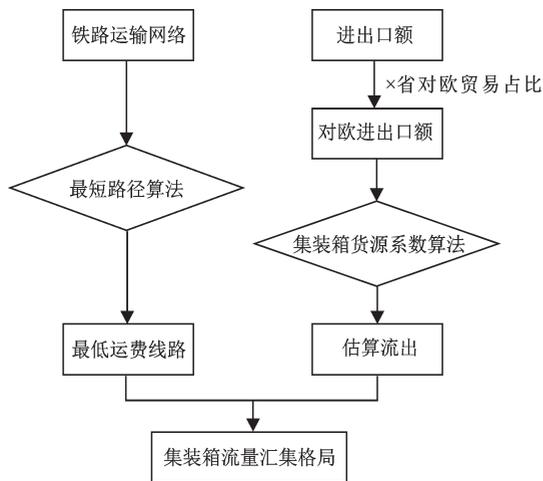


图2 计算流程

Fig.2 Calculation flow chart

合 U , 初始时 S 中只有一个源点, 以后每求得一条最短路径。就将其加入到集合 S 中, 直到全部顶点都加入到 S 中, 算法结束。在加入的过程中, 总保持从源点 v 到 S 中各顶点的最短路径长度不大于从源点 v 到 U 中任何顶点的最短路径长度。

为了简单讨论基本格局, 本文仅从单位距离运输成本的角度来核算集装箱运输的最优线路, 因此, 最短路径算法只计算铁路里程, 暂不考虑其他复杂因素。

1.2 集装箱货源系数算法

目前, 各地市集装箱运输至陆路口岸出境的吞吐量难以获取, 且由于海运市场占比较大, 真实的铁路集装箱吞吐量与本文想要呈现的潜在流量格局存在很大差距。本文通过两次加权修正来估算潜在的集装箱铁路运输流。根据沿海港口腹地集装箱生成量相关研究, 本文以进出口额来表征集装箱吞吐量。首先, 将各地市 2015 年进出口总额 (数据来源于中国、各省及各地市统计年鉴, 出于可获得性原因, 未含港澳台数据) 乘以所属省级单元的对欧进出口额占比进行第一次修正。然后, 考虑到不同地区由于其区位不同, 对欧贸易往来采用陆海运输方式的成本具有差异 (空运由于其成本较高, 量级不高, 因此本文仅从陆海运输角度考虑), 那么集装箱运输通过陆运和海运的可能性也不相同。基于前期研究成果, 根据各地市集装箱平衡点计算结果^[30], 本文提出集装箱货源系数 α 来进一步修正集装箱流等级估算值 (公式 1)。某一地市 i 的集装箱流估算值为地市 i 的进出口额 \times

所属省份对欧贸易占比 \times 集装箱货源系数 α 。

$$\alpha_i = \begin{cases} 1 & , A_i \leq A^* \\ (A_{\max} - A_i) / (A_{\max} - A^*) & , A_i > A^* \end{cases} \quad (1)$$

式中, A_i 指某一地市 i 的集装箱价值平衡点 (即 i 所处区位运输至欧洲的集装箱价值为 A_i 时, 陆海运输的成本相等), A_{\max} 指中国区域集装箱价值平衡点的最大值, A^* 为实际情况集装箱普遍价值, 本文中选取目前 40 英尺集装箱的普遍价值约 200 万元, 最大值根据前期研究成果^[30] 设定为约 1 200 万元。如果某一地市 i 的集装箱价值平衡点小于 A^* , 则认为地市 i 所处的区位具有绝对的陆运优势, 其集装箱货源系数为 1.0。

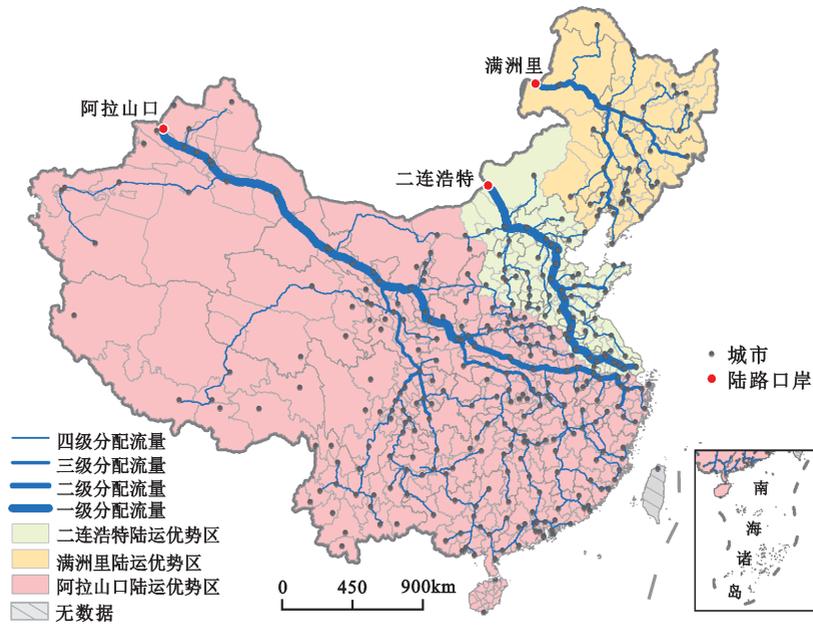
2 结果分析

2.1 中国中欧集装箱潜在铁路运输流的基本格局

设德国柏林为中国中欧集装箱运输的欧洲目的地, 阿拉山口、二连浩特和满洲里口岸至欧洲大陆的铁路运输距离分别为约 6 372 km、8 860 km 和 8 530 km。仅以运输费用来核算, 可以将全国地市单元分别归为经由阿拉山口、二连浩特和满洲里出境的 3 个口岸陆运优势片区。在最短路径计算和流量分配估算的基础上, 3 个片区内各地市单元集装箱运输至陆运口岸的汇流格局如图 3 所示, 本文采用自然断裂法将其划分为 4 个等级。分别从三大陆运优势片区来看:

1) 满洲里陆运优势区的范围占到全国面积的 9.9%, 东北三省及东蒙大部分地区集装箱经由满洲里口岸出境运输成本相对较低。该区域 2015 年的进出口总额大约为 1 512.2 亿美元, 尽管黑龙江和吉林的对欧进出口额占进出口总额的比重达到 58.1% 和 60.1%, 但其进出口额总量并不高, 且辽宁沿环渤海区域的集装箱有很大比例以海运方式抵达欧洲较为划算。因此, 该片区中欧集装箱陆上运输的潜在总量不大, 汇集到满洲里口岸的集装箱流可表征为约 346.6 亿美元。

2) 二连浩特陆运优势区覆盖了华北平原、山东半岛、江苏、上海及内蒙中部大部分地区, 占到全国面积的 15.6%。该区域内所有地市的进出口总额大约达到 17 507.3 亿美元, 其中, 进出口额总量较大的京津冀、山东半岛、江苏省及上海对欧进出口额占比达到 15%~25% 不等, 由于沿海优势, 在陆海运输竞争上海运占据了较大优势。但是, 由于其腹地对欧进出口额体量很大, 集装箱陆上运输



集装箱数据未含港澳台

图3 中国中欧集装箱潜在铁路运输流的空间格局

Fig.3 Spatial pattern of potential container throughputs by railway between China and Europe in China

的潜在流量不可小觑。根据集装箱货源系数算法进行加权计算后,二连浩特陆运优势区内,自苏州开始集装箱流量就非常大,再经过不断汇集,到二连浩特口岸的集装箱流是满洲里口岸的5.2倍。

3) 阿拉山口陆运优势区具有最广的服务范围,达到了全国面积的3/4,是竞争力最强的陆路口岸。目前开通的中欧班列线路中,大部分均从阿拉山口出境。优势片区覆盖范围内地市的进出口额总量高达22 187.5亿美元。考虑到宁波-舟山港、厦门港、深圳港、广州港等沿海港口的海运优势明显,采用集装箱货源系数算法对进出口额进行加权调整后,得到了由宁波、武汉2个支流方向汇集至西安,再与重庆和成都方向支流经兰州在武威汇集,形成武威-酒泉-乌鲁木齐-阿拉山口的一级流量通道,该通道的集装箱流可表征为大约910.2亿美元,为满洲里的2.6倍。

2.2 东、中、西运输通道和潜在流量分配讨论

2.2.1 大通道的流量分配与特征

满洲里-大连东通道:沿大连-营口-锦州-通辽-白城-齐齐哈尔-满洲里形成货运大通道。自辽宁大连形成三级流量通道,在内蒙通辽与吉林省衔接处汇集了丹东方向的集装箱流,在齐齐哈尔汇集由大庆方向集聚而来的集装箱流,形成二

级流量通道,沿呼伦贝尔方向从满洲里出境。其中,大庆方向的2条主要支流——大庆-哈尔滨-延吉和大庆-长春,是片区内的次要运输通道。而哈尔滨-沈阳-大连通道并未被识别,从运输距离来看,此线路长度与白城-通辽-大连相当,实际上,该片区南部沿海区域陆上运输流量较低,真正形成的高等级通道仅为满洲里-齐齐哈尔段。

二连浩特-上海中通道:沿上海-济南-北京-乌兰察布-二连浩特形成运输大通道,该通道尽管覆盖的腹地范围不是最广,但是其流量大小为全国格局中最大的,也就是说,其所经过的腹地范围对欧陆运贸易的潜在总量是最大的。该通道由上海经沪宁线向北在济南汇集山东半岛东部的集装箱流,再沿京沪线进一步集聚,在北京汇集由东部秦皇岛、唐山等地和中部菏泽、保定等地区的流量,在乌兰察布并入中部河南、山西等腹地的集装箱流,通过二连浩特口岸运输出境。

阿拉山口-宁波西通道:沿阿拉山口-乌鲁木齐-西安-宁波通道形成全国集装箱运输格局中最广、距离最远的大通道。该通道从东部沿海的宁波-杭州-合肥-南阳-西安,同南部沿海广州-长沙方向、厦门-武汉方向以及郑州方向汇集,再由自西南云贵地区经成都、重庆汇集而来的集装箱流

经兰州与主通道在武威合并,沿乌鲁木齐方向至阿拉山口出境。由于本文从最短路径角度进行计算,因此通道自西安起沿固原经中卫至武威,而没有从宝鸡抵达天水经由兰州至武威,但这2条线路在长度上差别不大,因此,可以成为可替换的线路,对宏观格局运输走向没有大影响。

2.2.2 长三角:中通道与西通道的激烈竞合区域

长三角地区恰好处于二连浩特优势区和阿拉山口优势区的分界线上,而沪宁线和杭甬线恰好是2个片区主通道的始流区域。而目前,阿拉山口是中欧班列的最大出境口岸,上海-二连浩特大通道上并没有形成计算结果所呈现的全国最大流量通道格局。实际上,长三角地区中欧集装箱铁路运输从二连浩特出境和阿拉山口出境相比较起来成本差距不大,如表1所示。上海、苏州、无锡、常州、镇江和南京通过阿拉山口出境达到欧洲的距离略大于从二连浩特口岸出境,二者的比值在1.02左右,其中,上海和苏州的进出口总额量级较大,采用集装箱货源系数算法后得到的集装箱生成量达到百亿美元量级。而浙江杭州、嘉兴和宁波的集装箱生成量均在十亿美元量级,湖州的体量则更小,它们通过阿拉山口出境的达到欧洲的距离要略小于从二连浩特口岸出境,比值在0.99左右。因此,长三角地区集装箱运输沿京沪线通过中通道至二连浩特或沿西通道至阿拉山口都是可

选的运输方案。长三角地区潜在的集装箱生成量较大,流量在二条线路上的合理分配可以成为提升中欧班列运输效率的有效途径。

2.3 中欧集装箱铁路运输的流量汇集点布局与集散中心探讨

通过对中国中欧潜在集装箱铁路运输流主要运输通道的分析,可以直观地提取汇流节点,将流量汇集的过程抽象为树状图结构。由于城市节点过多,对汇流节点进行筛选,选择集装箱流量较大的节点为运输格局中的关键节点,核算汇集前后的差值,如果自前一个关键节点后再次汇集10亿美元以上的流量,则保留该关键汇集点,否则剔除,继续沿汇集方向寻找下一个汇流节点,从而得到简化的树状图结构(图4)。

根据树状图结构可以将22个汇流节点划分为不同等级。具体判定条件为:汇流节点处的流量差大于300亿美元为一级,流量在300亿~100亿美元左右为二级,流量在100亿~10亿美元左右为三级汇集点。其中,东部通道以齐齐哈尔为一级汇流节点,中部通道以乌兰察布、北京、济南和南京为一级汇流节点,西部通道以西北地区的乌鲁木齐和西安构成一级汇流节点,一级汇流节点处于一级流量通道上,承接由东部沿海及中部腹地运输而来的集装箱流至陆路口岸出境。二级汇流节点均为流量增级的承接点,东部通道为哈尔滨,西部通道为兰州、重庆和杭州,二级汇流节点大都布局在片区主干运输通道上,但满洲里陆运优势片区例外,其主干通道流量等级不够,主干通道上的汇流节点都未能划分为第二等级。三级汇流节点以各省会城市为主,除了周边少数支流积累的流量以外,其自身腹地也具有较高的集装箱生成量。东部通道的三级汇流节点主要有锦州、沈阳和长春;中部通道主要布局太原和石家庄2个三级汇流节点,均为汇集至乌兰察布的分支;西通道布局了成都、贵阳等西南地区三级汇流节点,以及中部地区的郑州和东南区域的长沙、武汉和南昌。

汇流节点有助于集装箱运输集散中心的确定。中国铁路集团有限公司在《中长期铁路网规划》中提出在北京、上海、广州等18个城市兴建铁路集装箱中心站^[31],基本布局在各省会城市和大型港口城市,如图5中深红色节点所示。中欧班列规划中也提到了18个货源地节点与铁路枢纽节点^[14],包括主要的省会城市、北部区域的乌兰察布和南部

表1 不同运输通道下长三角地区各城市中欧集装箱铁路运费对比

Table 1 Comparison of transport costs from cities in the Yangtze River Delta to Europe between different railway corridors

城市	进出口总额 (亿美元)	集装箱生成量 (亿美元)	由阿拉山口出境至柏林 运费(元)	由二连浩特出境至柏林 运费(元)	两条通道运费 比值
上海	4492.41	228.55	43892.37	43048.04	1.0196
苏州	3053.50	103.63	43534.67	42690.34	1.0198
无锡	684.67	23.24	43349.77	42517.54	1.0196
常州	280.41	9.52	43189.37	42344.94	1.0199
镇江	100.64	3.42	42881.07	42048.74	1.0198
南京	532.40	18.07	42617.67	41773.34	1.0202
嘉兴	310.85	14.40	44237.97	43405.74	1.0192
杭州	665.67	30.83	43557.07	43615.24	0.9987
湖州	102.07	4.73	43140.97	43199.14	0.9987
宁波	1003.73	46.49	44239.67	44297.84	0.9987

注:运输费用为40英尺集装箱国内运输费用和境外运输费用叠加,境内部分取自12306网站,境外部分以0.6美元/(FEU·km)核算^[28]。

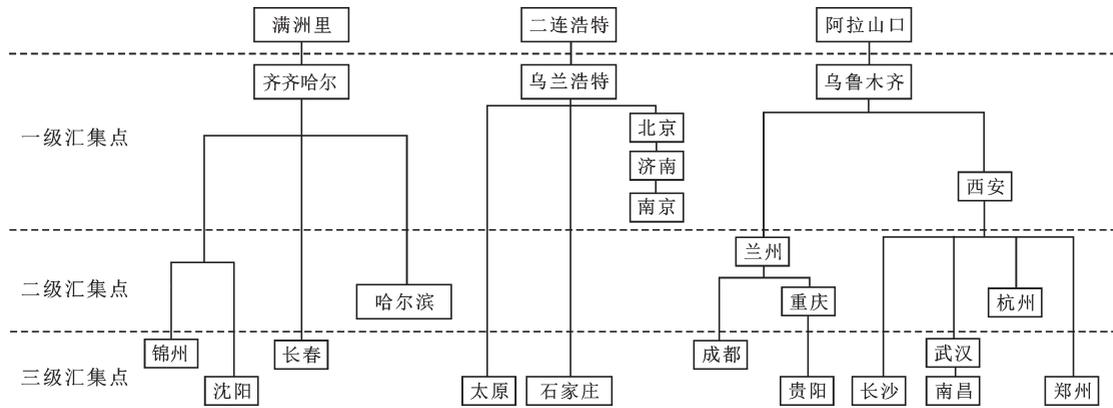


图4 铁路集装箱流量汇流节点树状图结构
Fig.4 Tree structure of confluence nodes of railway container flow



未含港澳台数据

图5 分等级汇集点和相关规划中集装箱集散中心布局比较

Fig.5 Comparison between confluence nodes and container distribution centers in related plans

沿海的东莞,如图5中绿色节点所示。综合比较发现,本研究的集装箱流量汇集点与铁路集装箱中心站规划和中欧班列集散中心节点的空间布局高度吻合。除了已有规划中的集散中心以外,可以考虑在齐齐哈尔构建一级集散中心,在长春、锦州、太原、石家庄、南昌和贵阳设置三级集散中心,而由于东南沿海的集装箱陆上通道运输的流量较少,因此无需配备过多的集散中心。当然,集散中心的确定还需要考虑到城市节点的铁路货运站规模、等级等因素,从货运流量汇集的角度来看,本文汇流节点的提取与等级划分可以成为中国中欧

集装箱铁路运输集散中心布局的重要指标之一。

3 结论与讨论

3.1 结论

实现欧亚大陆一体化发展不能够忽视陆上通道的建设。自“一带一路”倡议提出以来,中欧班列开通线路与班列次数迅速增加,可以预计中国与欧洲之间的集装箱陆运体量会有可观的提升。因此,现阶段有必要去探讨中国至欧洲的集装箱陆运格局,以达到对运输线路与集装箱集散中心布局优化提供建议,从而促进陆运方式的进一步

发展。本文主要基于最短路径算法和集装箱货源系数算法呈现出中国中欧潜在的集装箱铁路运输基本空间格局,主要结论如下:

1) 满洲里口岸汇集形成的集装箱流可表征为约346.6亿美元,二连浩特口岸汇集而成的集装箱流最大,可表征为大约1795.3亿美元,为满洲里口岸的5.2倍,汇集到阿拉山口集装箱流可表征为大约910.2亿美元,为满洲里口岸的2.6倍。

2) 沿大连-营口-锦州-通辽-白城-齐齐哈尔-满洲里形成中欧集装箱运输东通道,沿上海-济南-北京-乌兰察布-二连浩特形成全国流量最大的集装箱运输中通道,沿宁波-杭州-西安-乌鲁木齐-阿拉山口通道形成全国覆盖范围最广、距离最远的集装箱运输西通道。

3) 22个节点城市为三等级流量汇集点,其中,东通道的齐齐哈尔、中通道的乌兰察布、北京、济南和南京以及西通道的乌鲁木齐和西安为第一等级汇集点,流量汇集点可以作为集装箱运输集散中心布局优化的参考指标之一。

3.2 讨论

1) 从运输大通道来看,长三角地区恰好是中通道和西通道的始流区域,其中,上海和江苏部分为中通道的一部分,而浙江区域是西通道的初始端点。长三角地区的海运优势不言而喻,而作为两大通道的端点,其陆运优势潜力也不可小觑。因此,长三角地区对“一带一路”建设具有重要意义,是探索陆海联运模式的最佳区域。陆桥通道陇海线并未在本文结果中凸显出来,目前尚不属于中欧集装箱的主干运输通道。这主要是由于自连云港起,包括徐州在内的区域均属于二连浩特优势区。如果将连云港和徐州算在西向线路上,则从郑州开始可以汇集成西向二级流量通道。

2) 与目前实际铁路流的对比:本文的潜在流量估算是在“中国不同地区有多少货物可以走铁路通道抵达柏林”这个前提假设下进行的,而目前,全国大部分地区的中欧贸易往来大比例依赖于海上运输通道(2015年占到97.5%^[13]),潜在铁路流量估算与实际陆货运量及外贸额有着较大差距。本文估算流量为3052.1亿美元,而实际上2015年中国对欧进出口额中以铁路运输达成的仅为62.634亿美元^[13],仅仅为本文估算的2%。正因为这样的差距,才给“一带一路”背景下的陆海运输竞争提供了发展方向。经过计算,铁路运输方

式的占比达到57.5%时,会形成本文呈现的铁路集装箱流基本格局。因此,通过运输速度提升、手续减免和优惠政策制定等方式,可以进一步地优化铁路运输占比,从而促成陆海运输良性竞合关系。

3) 算法的合理性:核算最短路径时仅考虑了铁路运输线路长度,而没有考虑铁路货运班次、铁路电气化程度、铁轨运输能力等,造成部分路径的走向产生偏差,但并未对宏观格局产生较大影响;另一方面,本文的估算流量方法具有偏差,不能提供准确的集装箱吞吐量,但能够呈现出整体的基本格局;其次,考虑到中欧双边贸易联系强度与欧洲港口群-陆地腹心区位,本文选取德国柏林为欧洲端点进行计算。而实际上,目标端点不同结果会有差异。另外,如果不仅仅以中欧为研究对象,而覆盖到欧亚大陆其他国家与地区,则结果会大不相同。例如,满洲里口岸的铁路进出口额及货运量是3个口岸中最高的,其贸易往来主要为俄罗斯地区,而仅以欧洲为目的其腹地范围会萎缩较大。因此,未来可以进一步地进行多目的地情景模拟,以欧亚大陆主要城市与中国主要城市之间的集装箱运输流联系构建城市网络,以期在“一带一路”背景下中国出境铁路通道规划提出更加准确合理的判断。

4) 复杂因素的影响:中欧集装箱铁路运输会受到铁路运输的费用、各国通关的难易、地缘政治等复杂因素的影响,很多因素也难以量化,因此,在本文的分析过程中没有着重考虑。本文仅是在此领域展开了初步探索性定量研究,中欧集装箱铁路运输格局还有待更为精确地解读。

需要认识到的是,丝绸之路是一个陆海互补的运输系统,未来欧亚大陆不仅仅是“海权经济”或“陆权经济”时代,位于欧亚大陆两端的中国与欧盟作为陆海复合型区域,有必要去探索陆海联运、陆海互补的运输方式,重构优化陆海运输的空间竞合格局。因此,在本文的分析基础上,可以进一步去探讨陆海运输的联动模式,从而实现“一带一路”贸易的多模式运输空间组织体系。

参考文献(References):

- [1] 刘卫东. “一带一路”:引领包容性全球化[J]. 中国科学院院刊, 2017,32(4): 331-339. [Liu Weidong. Inclusive globalization: New philosophy of China's Belt and Road Initiative. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2017, 32(4): 331-339.]
- [2] 刘卫东. “一带一路”战略的科学内涵与科学问题[J]. 地理科

- 学进展, 2015, 34(5): 538-544. [Liu Weidong. Scientific understanding of the Belt and Road Initiative of China and related research themes. *Progress in Geography*, 2015, 34(5): 538-544.]
- [3] 陆大道. 当代中国的全球观念与全球战略[J]. *地理科学*, 2016, 36(4): 483-490. [Lu Dadao. The global concept and strategy of contemporary China: Analysis on the geopolitical and geoeconomic environment of the 'Belt and Road Initiative'. *Scientia Geographica Sinica*, 2016, 36(4): 483-490.]
- [4] 杜德斌, 马亚华. “一带一路”中华民族复兴的地缘大战略[J]. *地理研究*, 2015, 34(6): 1005-1014. [Du Debin, Ma Yahua. One Belt and One Road: The grand geo-strategy of China's rise. *Geographical Research*, 2015, 34(6): 1005-1014.]
- [5] 胡志丁, 陆大道, 杜德斌, 等. 未来十年中国地缘政治学重点研究方向[J]. *地理研究*, 2017, 36(2): 205-214. [Hu Zhiding, Lu Dadao, Du Debin et al. Key research direction of China's geopolitics in the next decade. *Geographical Research*, 2017, 36(2): 205-214.]
- [6] 王丰龙, 张衍春, 杨林川, 等. 尺度理论视角下的“一带一路”战略解读[J]. *地理科学*, 2016, 36(4): 502-511. [Wang Fenglong, Zhang Xianchun, Yang Linchuan et al. Rescaling and scalar politics in the 'One Belt, One Road' Strategy. *Scientia Geographica Sinica*, 2016, 36(4): 502-511.]
- [7] 刘卫东, 田锦尘, 欧晓理, 等. “一带一路”战略研究[M]. 北京: 商务印书馆, 2017. [Liu Weidong, TianJinchen, Ou Xiaoli et al. *Research of the Belt and Road Initiative*. Beijing: The Commercial Press, 2017.]
- [8] 刘卫东, 刘志高. “一带一路”建设对策研究[M]. 北京: 科学出版社, 2016. [Liu Weidong, Liu Zhigao. *Research of construction countermeasures for the Belt and Road Initiative*. Beijing: Science Press, 2016.]
- [9] 储殷, 高远. 中国“一带一路”战略定位的三个问题[J]. *国际经济评论*, 2015, 2(6): 90-99. [Chu Yin, Gao Yuan. China's Belt and Road Initiatives: Three questions to be answered. *International Economic Review*, 2015, 2(6): 90-99.]
- [10] 杨保军, 陈怡星, 吕晓蓓, 等. “一带一路”战略的空间响应[J]. *城市规划学刊*, 2015(2): 6-23. [Yang Baojun, Chen Yixing, Lv Xiaobei et al. Spatial response to the 'One Belt and One Road' strategy. *Urban Planning Forum*, 2015(2): 6-23.]
- [11] 国家发改委. 中欧班列建设发展规划(2016-2020年) [N/OL]. 2016-10-08. <http://www.ndrc.gov.cn/gzdt/201610/P020161017544178660107.pdf>. [National Development and Reform Commission. *Planning of China Railway Express construction (2016-2020)*. 2016-10-08. <http://www.ndrc.gov.cn/gzdt/201610/P0201610175441786-60107.pdf>.]
- [12] 韩佳慧. 中欧班列累计开行 6235 列连接欧洲 12 国 34 个城市 [N/OL]. 新华网 [2017-12-26]. http://www.xinhuanet.com/politics/2017-12/26/c_129775909.html. [Han Jiahui. China Express Railway have run 6235 trains and connected to 12 countries and 34 cities in Europe. *Xinhuanet* [2017-12-26]. http://www.xinhuanet.com/politics/2017-12/26/c_129775909.html.]
- [13] Economic commission for Europe. Report on phase III of the Euro-Asian transport links project[J/OL]. UNECE [2018-02-05]. https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2018/itc/Informal_document_No_8_EATL_3rd-phase_report.pdf
- [14] 古龙高. 基于陆桥通道视角的“中欧班列”优化与建设的思考[J]. *大陆桥视野*, 2015(5): 46-49. [Gu Longgao. Thinking of the optimization and construction of China Railway Express on the light of new silk road. *New Silk Road Horizon*, 2015(5): 46-49.]
- [15] 刘劲松. 中欧班列补贴背后的博弈[J]. *大陆桥视野*, 2015(11): 38-41. [Liu Jinsong. The game behind the subsidy of China and Europe. *New Silk Road Horizon*, 2015(11): 38-41.]
- [16] 王成金. 城际集装箱交通枢纽的识别及其物流特征——以中国铁路运输为例[J]. *地理学报*, 2010, 65(10): 1275-1286. [Wang Chengjin. Identification of inter-urban container transport hubs and their spatial characteristics: A case study of railway transportation in China. *Acta Geographica Sinica*, 2010, 65(10): 1275-1286.]
- [17] 金杉, 戴特奇. 1990 年代中国城际铁路集装箱运输网络空间演变[J]. *经济地理*, 2008, 28(4): 583-587. [Jin Shan, Dai Teqi. Spatial interaction and network structure evolvement of cities in term of China's railway container flow in 1990s. *Economic Geography*, 2008, 28(4): 583-587.]
- [18] 韩增林, 安筱鹏, 王利, 等. 中国国际集装箱运输网络的布局与优化. *地理学报*, 2002, 57(4): 479-488. [Han Zenglin, An Xiaopeng, Wang Li et al. Distribution and optimization of container transportation network in China. *Acta Geographica Sinica*, 2002, 57(4): 479-488.]
- [19] 安筱鹏, 韩增林. 东北集装箱运输内陆中转站的发展设想[J]. *经济地理*, 2001, 21(4): 442-446. [An Xiaopeng, Han Zenglin. The development thought on the CFS in northeast China. *Economic Geography*, 2001, 21(4): 442-446.]
- [20] 董锁成, 程昊, 郭鹏, 等. “一带一路”交通运输业格局及对策[J]. *中国科学院院刊*, 2016, 31(6): 663-670. [Dong Suocheng, Cheng Hao, Guo Peng et al. Transportation Industry Patterns and Strategy of the Belt and Road. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2016, 31(6): 663-670.]
- [21] 曹小曙, 李涛, 杨文越, 等. 基于陆路交通的丝绸之路经济带可达性与城市空间联系[J]. *地理科学进展*, 2015, 34(6): 657-664. [Cao Xiaoshu, Li Tao, Yang Wenyue et al. Accessibility and urban spatial connections of cities in the Silk Road Economic Belt based on land transportation. *Progress in Geography*, 2015, 34(6): 657-664.]
- [22] Wang Zhe, Dong Suocheng, Li Zehong et al. Traffic patterns in the silk road economic belt and construction modes for a traffic economic belt across continental plates[J]. *Journal of Resources and Ecology*, 2015, 6(2): 79-86.
- [23] 王成金, 陈云浩. 全球航运战略支点识别[J]. *中国科学院院刊*, 2017, 32(4): 348-354. [Wang Chengjin, Chen Yunhao. Identification of Global Strategic Shipping Pivot. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2017, 32(4): 348-354.]
- [24] 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. [Wang Pei-

- pei, Wang Zhe, Huang Fojun et al. The construction of Xinjiang Channel Hub and Spoke Network in the Silk Road Economic Zone. *Economic Geography*, 2016, 36(2):125-130.]
- [25] 孙昕, 殷文伟, 艾万政. 基于竞争分析模型的中欧海铁联运与铁路运输的经济性比较[J]. *水运管理*, 2016, 38(12):4-6. [Sun Xin, Yin Wenwei, Ai Wanzheng. Economical comparison between China-Europe shipping and railway transport based on a competition model. *Shipping Management*, 2016, 38(12): 4-6.]
- [26] 莫辉辉, 王姣娥, 宋周莺. 丝绸之路经济带国际集装箱陆路运输的经济适应范围[J]. *地理科学进展*, 2015, 34(5):581-588. [Mo Huihui, Wang Jiaoe, Song Zhouying. Economically suitable areas of China's transnational container transport by land in the Silk Road Economic Belt. *Progress in Geography*, 2015, 34(5): 581-588.]
- [27] 王姣娥, 景悦, 王成金. “中欧班列”运输组织策略研究[J]. *中国科学院院刊*, 2017, 32(4): 370-376. [Wang Jiao'e, Jing Yue, Wang Chengjin. Study on Better Organization of China-Europe Express Train. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2017, 32(4): 370-376.]
- [28] 王姣娥, 焦敬娟, 景悦, 等. “中欧班列”陆路运输腹地范围测算与枢纽识别[J]. *地理科学进展*, 2017, 36(11):1332-1339. [Wang Jiao'e, Jiao Jingjuan, Jing Yue et al, 2017. Transport hinterlands of border ports by China-Europe express trains and hub identification. *Progress in Geography*, 36(11): 1332-1339.]
- [29] Dijkstra E W. A note on two problems in connexion with graphs [J]. *Numerische Mathematik*, 1959, 1(1): 269-271.
- [30] 陆梦秋, 陈娱, 陆玉麒. “一带一路”战略下中国陆海运输的空间竞合格局[J]. *地理研究*, 2018, 37(2): 404-418. [Lu Mengqiu, Chen Yu, Lu Yuqi. The competition spatial pattern between railway transport and shipping in China under the Belt and Road Initiative. *Geographical Research*, 2018, 37(2): 404-418.]
- [31] 基础产业司. 国家《中长期铁路网规划》内容简介[N/OL]. 国家发改委 [2004-01-21]. http://www.ndrc.gov.cn/fzgggz/nyjt/fzgh/200507/t20050720_854965.html. [Basic Industry Division. Brief introduction of National Medium and Long-term Railway Network Plan. National Development and Reform Commission [2004-01-21]. http://www.ndrc.gov.cn/fzgggz/nyjt/fzgh/200507/t20050720_854965.html.]

Spatial Pattern of Potential Container Throughputs by Railway between China and Europe Under the Belt and Road Initiative

Lu Mengqiu^{1,2}, Chen Yu^{3,4}

- (1. *International Economic and Trade Institute, Nanjing University of Finance and Economics, Nanjing 210023, Jiangsu, China;*
 2. *Industry Development Research Institute, Nanjing University of Finance and Economics, Nanjing 210023, Jiangsu, China;*
 3. *School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, Jiangsu, China;* 4. *Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing 210023, Jiangsu, China)*

Abstract: Discussing the spatial distribution of container railway transportation corridors from China to Europe is of great significant to optimize China Railway Express organization and the Eurasian integration development. In order to present this pattern, we extracted the shortest paths from cities to Europe based on the freight railway network, and adopt container source coefficient to get cities' weighted imports and exports to Europe, which can be taken as potential container throughputs of cities. The study shows that: 1) Three corridors form along Dalian-Yingkou-Jinzhou-Tongliao-Baicheng-Qiqihar-Manzhouli, along Shanghai-Nanjing-Jinan-Tianjin-Beijing-Wulanchabu-Erenhot, and along Hangzhou-Hefei-Xi'an-Lanzhou-Urumqi-Alashankou in Manzhouli, Erenhot and Alashankou railway transport-dominated areas respectively. 2) The Yangtze River Delta region is the source area of the middle and west corridors, the costs of container transportation along two corridors are equivalent in this region. 3) There are 22 key container confluence nodes, of which Qiqihar, Wulanchabu, Beijing, Jinan, Nanjing, Urumqi and Xi'an are the first level confluence nodes. This research can provide suggestions to China-EU container transport corridors construction and distribution centers distribution optimization in China, and provide a quantitative basis for exploring the mode of container intermodal transport by land and sea.

Key words: The Belt and Road Initiative; China Railway Express; import and export volume; container throughputs coefficient; shortest path algorithm