

中国三大城市群高速铁路网络结构与特征

赵映慧¹, 初楠臣^{1,2}, 郭晶鹏¹, 姜博¹, 朱亮¹

(1. 东北农业大学 资源与环境学院, 中国黑龙江 哈尔滨 150030;
2. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所, 中国吉林 长春 130102)

摘要:构建长三角、珠三角、京津冀城际O-D高铁运营频次矩阵,运用社会网络分析法研究三大城市群高铁网络结构与特征,结果表明:高铁整体关联性京津冀紧密,长三角次之,珠三角松散;然而长三角内部高铁城市联系与高铁网络不均衡性最强;长三角东部比其西部高铁联系密切,珠三角北部强于群内其他区域,京津冀高铁流动频繁区集中在京津;省域内部高铁紧密性:江苏>浙江>广东>河北>安徽;城际视角,深圳—广州、上海—南京、上海—苏州、南京—苏州、上海—无锡属于点对点间高密度联系。三大城市群高铁网络均具有显著的“小世界”效应特征,京津冀与长三角的“小世界”效应更明显,其中合肥—苏州—镇江—南京—无锡—六安为长三角重要辐射集群,广州—惠州、深圳—东莞、天津—沧州为重要辐射力的高铁城市对,上海、南京为长三角高铁网络核心,广州与深圳为珠三角核心,北京与天津为京津冀核心。

关键词:高速铁路;社会网络分析;运营频次;城市群

中图分类号:F291 文献标志码:A 文章编号:1000-8462(2017)10-0068-06

DOI: 10.15957/j.cnki.jjdl.2017.10.009

High-Speed Railway Network Structure and Characteristics in Three Urban Agglomerations in China

ZHAO Yinghui¹, CHU Nanchen^{1,2}, GUO Jingpeng¹, JIANG Bo¹, ZHU Liang¹

(1. College of Resource and Environment, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, Heilongjiang, China;
2. Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130102, Jilin, China)

Abstract: The paper constructs the origin-destination matrix of intercity high-speed railway (HSR) operating frequency in the Yangtze River Delta, the Pearl River Delta and the Beijing-Tianjin-Hebei. HSR network structure and characteristics in three urban agglomerations in China are studied based on social network analysis. Results show that: the overall relevance of HSR network of Beijing-Tianjin-Hebei is the closest followed by the Yangtze River Delta. The Pearl River Delta is the loosest. The intercity connection ability and network imbalance of HSR are the strongest in the Yangtze River Delta. HSR connection of the eastern part is closer than the western part in the Yangtze River Delta. HSR connection of the north part is closer than the other parts in the Pearl River Delta. HSR flow frequent areas concentrate in Beijing and Tianjin in Beijing-Tianjin-Hebei. The order of provincial internal HSR closeness is: Jiangsu> Zhejiang> Guangdong> Hebei> Anhui. Shenzhen-Guangzhou, Shanghai-Nanjing, Shanghai-Suzhou, Nanjing-Suzhou, Shanghai-Wuxi belong to intercity high density HSR connection. Three urban agglomerations HSR network all have significant characteristics of "small world" effect. And "small world" effect of Beijing-Tianjin-Hebei and the Yangtze River Delta is stronger than the Pearl River Delta. Hefei-Suzhou-Zhenjiang-Nanjing-Wuxi-Lu'an is the HSR radiation clusters in the Yangtze River Delta. Guangzhou-Huizhou, Shenzhen-Dongguan, Tianjin-Cangzhou are the important HSR radiation pairs. Shanghai, Nanjing are the cores in the Yangtze River Delta HSR network. Guangzhou and Shenzhen are the centers in the Pearl River Delta HSR network. Beijing and Tianjin are the cores in the Beijing-Tianjin-Hebei HSR network.

Key words: high-speed railway(HSR); social network analysis; operating frequency; urban agglomerations

社会网络分析(SNA)主要通过对行动者之间联系进行“关系数据”的量化,而非传统“属性数据”量化,建立对象间的关系模型^[1],是一种结构主义视角下的量化分析方法^[2],能将区域联系网络化过

收稿时间:2017-01-08;修回时间:2017-04-27

基金项目:教育部人文社会科学基金项目(16YJCZH034);国家自然科学基金项目(41101153)

作者简介:赵映慧(1976—),男,四川广元人,博士,副教授,硕士生导师。主要研究方向为城市地理与区域发展。E-mail:zhaoyhneau@163.com。

程与量化效果变得更直观与清晰^[3]。基于交通流运用SNA的研究包括Stefan Krätke和Taylor的全球城市体系网络^[4-5],Ho Shin K和Matsumoto H的城市等级体系^[6-7],Klemann的不同交通方式竞争关系^[8]。2000年以来SNA在中国交通地理学研究领域中崭露头角,蔡莉丽的珠三角城市区域多中心性^[9],朱桃杏的京津冀铁路网络结构^[10],赵映慧与刘正兵的东北地区、中原经济区城市网络^[11-12]等都基于客运班次运用SNA研究。高鑫则基于公路货流研究重庆区县网络关联^[13]。叶磊、刘辉等综合多种交通流运用SNA分别研究江苏省空间结构特征^[14]与不同交通模式下可达性差异^[15]。中国在2004年《中长期铁路网规划》中提出全面建设“四横四纵”铁路客运专线,2008年对《中长期铁路网规划》进行调整,高铁建设进入黄金时期,2016年勾勒出中国“八纵八横”的宏伟蓝图。近年来地理学关于高铁研究逐步升温,集中在高铁可达性^[16-20];高铁运营带来沿线城市与区域的要素集聚效应、核心—边缘效应、同城化效应等^[21-23];多数学者将目光集中于高铁对城市与区域空间格局重塑及演变趋势^[19-20,24-26]等。

综上,目前以城际间O-D高铁运营频次探讨高铁网络结构与特征的研究较少,且以往研究对象多集中于单个省份、单个城市群或单条高铁沿线城市,基于SNA对比不同城市群高铁网络的研究也相对较少。长三角、珠三角与京津冀是中国发展最好的三大城市群,目前长三角内部被沪宁、宁杭、京沪、沪昆等高铁覆盖,珠三角内京广、广深港、广珠城际等高铁交织,京广与京沪两大高铁纵贯京津冀,以三大城市群目前开通高铁的地级市为研究对象,构建长三角29×29、珠三角8×8、京津冀10×10的O-D高铁运营频次矩阵,运用SNA探讨研究城市群城际高铁联系及整体高铁网络结构与特征,以期在高铁时代背景下为城市间协调发展提供借鉴与参考。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 研究方法

1.1.1 网络密度与网络中心度

网络密度指的是三大城市群内部城际高铁联系紧密程度,其值越大表征该高铁网络内部各城市间的联系越紧密,整体网络对各个高铁城市间联系强弱的影响能力越大,该密度为“实际存在的高铁联系数”/“理论上存在的最大高铁联系数”。

网络中心度包括点度中心度、中间中心度和接

近中心度,本文主要研究前两种。点度中心度包括点出度与点入度,点出度指的是从点A城市出发与其它城市发生高铁联系的数量,点入度指的是通过高铁从其它城市到达点A的城市数量,点度中心度越高,越位于整个高铁网络的中心位置。中间中心度,指的是高铁城市A有多大能力位处多个高铁城市的“中间”或“中介”,测度的是城市A对高铁要素的控制程度。

1.1.2 核心—边缘结构与凝聚子群

核心—边缘结构用于区分三大城市群内部的高铁核心与边缘城市,核心城市与其它城市的高铁联系紧密,边缘城市与其它城市高铁联络较少,表征一个高铁网络中各个城市的地位等。能构成一个凝聚子群的高铁城市间联系紧密、积极、同质性较强,而异质性较强的城市则往往较难构成一个凝聚子群,一个凝聚子群的城市间高铁到发频次均较高,高铁凝聚力较高。

1.1.3 小世界效应

主要通过聚类系数与平均路径距离两项指标来衡量,能够展现高铁网络内部架构与关联程度。小世界效应的验证能表征高铁网络中运输畅通与便捷程度,也即各城市的高铁要素集聚能力与通达程度,如果不具备小世界效应,说明该网络的高铁运输流的速度迟缓,甚至处于闭塞状态。

1.2 数据来源

2016年12月通过12306官网获得O-D城际高铁频次数据,车次类型中勾选GC-高铁/城际、D-动车,选择到发站城市,建立城市群O-D高铁运营频次矩阵。

2 结果分析

2.1 网络密度分析

三大城市群高铁网络密度排序为:京津冀(0.8778) > 长三角(0.7296) > 珠三角(0.4821),京津冀高铁整体关联性更紧密,长三角次之,而珠三角网络密度较低。省域内部高铁联系强度与紧密性存在差异,江苏高铁日均频次(892)居于首位,浙江(482)和广东(347)次之,而河北(173)、安徽(156)较低。城际高铁联系密度差别较大,深圳—广州(日392次),上海—南京(日378次)、上海—苏州(日328次)、南京—苏州(日312次)、上海—无锡(日304次)属于高密度联系(日频次超过300)。南京—无锡(日296次)、北京—天津(日290次)、上海—常州(日274次)、南京—常州(日268次)、无锡—

苏州(日267次)、常州—苏州(日257次)、上海—杭州(日244次)、无锡—常州(日236次)属于中密度联系(日频次200~300)。以上城市位处高铁网络结构中心位置,城市对高铁联系密切,其余城市对属于低密度联系(图1)。

2.2 中心性分析

2.2.1 点度中心度分析

长三角、珠三角、京津冀点度中心度的点出度与点入度基本持平,高铁网络中各城市高铁连接性差异小,点出度与点入度空间格局也相似。长三角、珠三角、京津冀高铁网络内部城市点度中心度均值分别为431.931、173.625、189.500,长三角内部高铁城市联系交往能力较强、竞争性与影响辐射能力较大,京津冀与珠三角较弱。但从高铁网络内部城市点度中心度的标准差和方差看,长三角高铁网络结构不平衡性较强,珠三角、京津冀较为均衡(表1)。

长三角上海与南京点度中心度均超过1300,为长三角内外部重要高铁枢纽节点,苏州、杭州、无锡、常州介于800~1000,高铁辐射与集聚力均较强,镇江、合肥介于500~700,宁波、徐州、绍兴、嘉兴与温州介于400~500,其余均低于400,以上海与南京为核心的高铁辐射区已然扩散到整个江苏省,浙江比安徽高铁辐射力强,长三角东部比西部高铁联系密切。珠三角的广州与深圳点度中心度居于前列,是城市间相互连接的重要枢纽,东莞与中山介于100~200,其余城市中心性较弱;高值区大致集中在以广州、深圳为核心的圈层地域,珠三角北部比群内其它地区的关联作用强。北京点度中心度在京津冀最高,超过400,天津、石家庄、保定介于200~400,充分体现其门户与目的地的城市功能,其余不足200。高铁流动频繁区集中在以北京、天津、石家庄为核心的区域并囊括保定,而秦皇岛与唐

山、邢台与邯郸、廊坊、沧州成为相对孤立分散的低值区。部分城市点度中心度较低,主要受边缘区位影响,仅为一条线路沿线节点,而非多条线路汇聚点。

2.2.2 中间中心度分析

长三角的上海、南京、苏州、常州、镇江、无锡、徐州、合肥、蚌埠、宿州、淮南,珠三角广州,京津冀北京、天津、沧州的中间中心度均高于各自高铁网络的中间中心度均值(表1),在很大程度上起到中介其它城市高铁流的作用,具有较高的高铁流支配权,其余城市中间中心度较低,处于被边缘化与“孤立”的态势,对其它城市的中介能力弱;值得注意的是长三角的杭州、宁波、绍兴,珠三角的东莞,京津冀的石家庄、保定,其点度与接近中心度均位于前列,但中间中心度相对滞后,说明点度与接近中心度高的城市,其中间中心度并不一定高,也即高铁核心地位高的城市并不意味着其高铁中介能力强。

2.3 核心—边缘结构分析

长三角、珠三角、京津冀高铁网络内部核心城市数分别为9、2、2,边缘城市数分别为20、6、8。北京与广州高铁核心度介于0.7~0.8,深圳介于0.5~0.6,上海、南京、天津介于0.4~0.5,苏州、无锡、常州介于0.3~0.4,其余均低于0.3(表2)。核心度较高的城市为多条高铁线路交汇点(北京为京沪、京广、京九、京哈交汇点,广州为广深港、武广、南广、贵广交汇点,深圳为京广、杭福深、南广、贵广、成贵交汇点,上海为京沪、沪宁、沪杭、沪昆交汇点,南京为沪汉蓉、宁杭、京沪、宁安交汇点,天津为京沪、津秦交汇点等^[16])。三大城市群核心城市集团内部密度系数均高于核心对边缘城市集团、边缘对核心城市集团的密度关联系数,边缘城市集团内部的高铁密度关联系数最低,核心城市集团内部节点间均保持着较为密切的高铁联系,核心对边缘城市的辐射效应

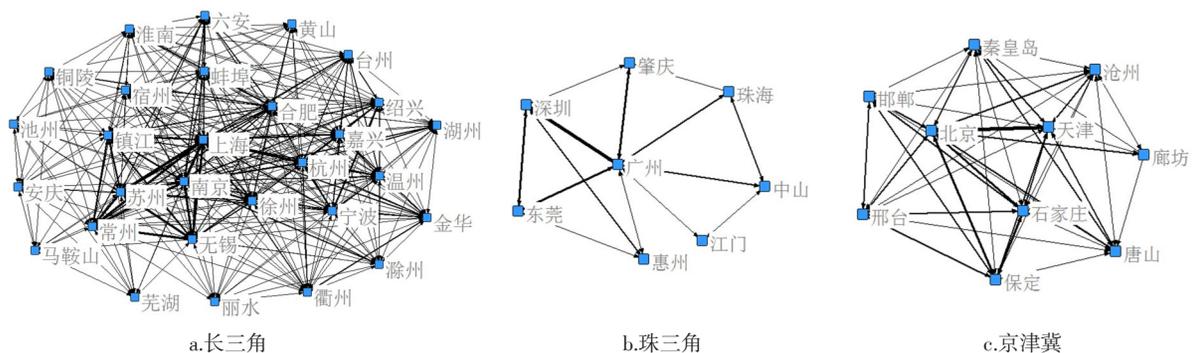


图1 三大城市群高铁城际联系网络可视化结构图

Fig.1 Intercity HSR connection visual network in three urban agglomerations

表 1 三大城市群各高铁城市点度、接近与中间中心度
Tab.1 Urban degree, closeness and betweenness centrality in three urban agglomerations

城市	点度中心度/次		中间中心度%		点度中心度/次		中间中心度%		
	点出度	点入度	城市	中心度	城市	点出度	点入度	城市	中心度
长三角									
上海	1 388	1 388	上海	28.651	蚌埠	274	266	衢州	3.386
南京	1 361	1 333	南京	23.485	金华	267	253	金华	3.286
苏州	927	954	苏州	20.153	湖州	253	251	安庆	2.506
杭州	898	906	常州	19.797	衢州	190	173	池州	2.506
无锡	890	892	镇江	16.337	铜陵	183	179	湖州	2.340
常州	814	822	无锡	16.337	宿州	170	197	绍兴	1.700
镇江	637	593	徐州	13.441	滁州	151	159	宁波	1.700
合肥	608	603	合肥	12.270	淮南	110	120	黄山	1.071
宁波	499	497	蚌埠	11.256	安庆	106	113	滁州	1.070
徐州	476	495	宿州	8.552	池州	94	99	台州	0.964
绍兴	455	439	淮南	8.206	黄山	92	93	丽水	0.544
温州	447	433	铜陵	6.530	丽水	91	86	六安	0.539
嘉兴	412	437	嘉兴	5.378	芜湖	78	78	芜湖	0.250
台州	302	314	杭州	4.885	马鞍山	69	74	马鞍山	0.000
六安	284	279	温州	3.979	均值	432	432	均值	7.621
京津冀					珠三角				
北京	462	428	北京	3.110	广州	477	484	广州	25.000
天津	311	294	天津	3.110	深圳	344	337	深圳	2.000
石家庄	294	289	沧州	2.467	东莞	195	196	中山	1.000
保定	233	217	唐山	0.943	中山	105	105	珠海	0.500
唐山	136	124	秦皇岛	0.943	肇庆	83	82	肇庆	0.500
邯郸	118	156	石家庄	0.143	惠州	76	79	惠州	0.000
秦皇岛	114	122	保定	0.143	珠海	69	68	东莞	0.000
邢台	103	122	邯郸	0.143	江门	40	38	江门	0.000
沧州	78	98	邢台	0.000	均值	174	174	均值	3.625
廊坊	46	45	廊坊	0.000					
均值	190	190	均值	1.100					

表 2 三大城市群高铁网络核心与边缘城市
Tab.2 Core/periphery memberships in HSR network of three urban agglomerations

		城市(核心度)	
长三角	核心	上海(0.487)、南京(0.461)、苏州(0.359)、无锡(0.342)、常州(0.314)、镇江(0.233)、杭州(0.203)、合肥(0.152)、徐州(0.127)、宁波(0.108)、嘉兴(0.108)、绍兴(0.101)、温州(0.093)、六安(0.091)、台州(0.063)、金华(0.061)、蚌埠(0.056)、湖州(0.056)、衢州(0.043)、滁州(0.041)、宿州(0.037)、铜陵(0.024)、淮南(0.020)、丽水(0.019)、安庆(0.018)、芜湖(0.016)、池州(0.015)、马鞍山(0.013)、黄山(0.009)	
	边缘		
珠三角	核心	广州(0.776)、深圳(0.535)	
	边缘	东莞(0.270)、肇庆(0.134)、中山(0.093)、惠州(0.081)、珠海(0.064)、江门(0.036)	
京津冀	核心	北京(0.791)、天津(0.434)	
	边缘	石家庄(0.296)、保定(0.212)、邯郸(0.115)、唐山(0.107)、邢台(0.094)、秦皇岛(0.093)、沧州(0.092)、廊坊(0.061)	

相对较弱,边缘与边缘集团节点间的高铁互动更有待加强。

2.4 凝聚子群分析

各凝聚子群形成各自独特的高铁关联网,且与城市地理位置较好拟合,整体呈现高铁多中心—枢纽化—网络化的多维嵌套空间模式。长三角高铁网络 3 级层面 6 个凝聚子群与 2 个关系对,其中上海—湖州关系对和丽水—金华—衢州市群关联作用强,杭州—嘉兴关系对和台州—绍兴—温州—宁波子群高铁联系紧密,合肥—苏州—镇江—常州

—南京—无锡—六安子群与徐州—蚌埠—宿州—滁州子群高铁聚合性强,马鞍山—池州—芜湖—安庆子群与铜陵—黄山—淮南子群高铁凝聚力大。珠三角内部 3 级层面广州—惠州、深圳—东莞、珠海—江门关系对凸显。京津冀 3 级层面 4 个关系对,唐山—秦皇岛关系对与北京高铁联系积极,天津—沧州关系对与廊坊高铁互动紧密,保定—石家庄、邢台—邯郸为单独关系对(图 2)。

长三角内部杭州—嘉兴关系对关联系数(85.500)最大,二城市毗邻且均已融入 0.5h 高铁经

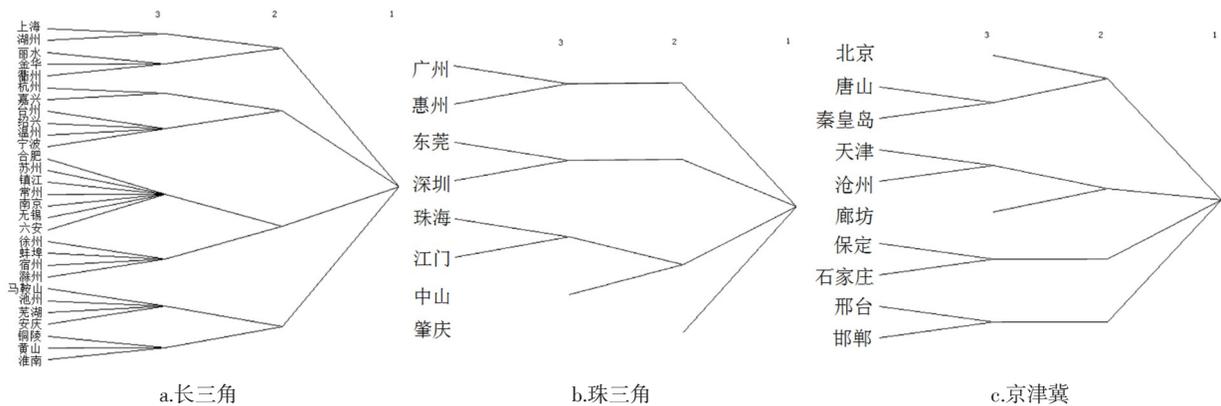


图2 三大城市群高铁网络凝聚子群分区图

Fig.2 Cohesive subgroups partition table in HSR network of three urban agglomerations

济圈,其与上海—湖州关系对的关联密度为65.750。合肥—苏州—镇江—常州—南京—无锡—六安子群内部密度关联系数为76.214,除六安外其余六市均为高铁核心城市,2h高铁经济圈蔓延,经济实力强,加之高铁网络中心区位成为长三角内部高铁辐射第一集群,其与上海—湖州关系对的关联密度为63.858,其余关联密度均低于60。

珠三角内部广州—惠州、深圳—东莞两个关系对的高铁关联密度分别为89.000和87.000,四市毗邻且均囊括于1h高铁经济圈内,广州—惠州、深圳—东莞为珠三角重要关系对。京津冀内部天津—沧州关系对和极核北京的高铁关联密度高达88.750,石家庄—保定关系对内部关联密度为74.500,其与北京关联密度为72.000,北京与天津为高铁核心城市,天津与沧州邻近,且三市均被1h高铁经济圈覆盖,天津—沧州关系对和北京为京津冀高铁重要辐射地。

2.5 小世界效应分析

三大城市群高铁网络具有显著的“小世界”效应特征,京津冀与长三角的高铁网络“小世界”效应强于珠三角。京津冀高铁要素的聚类系数大于长三角,珠三角较低,京津冀与长三角内部高铁城市的紧密程度强,整体凝聚力强于珠三角。珠三角的局部密度网络链接较为稀疏且可传递性较差,网络中存在多数不能直接互相抵达的城市对,且大量的结构洞占据高铁网络优势区位,扮演着阻止高铁要素流动的角色。平均路径距离的排序为:京津冀<长三角<珠三角,三个城市群内部高铁网络节点之间的平均路径距离均介于1~2。根据小世界效应原理,平均路径距离小于10则具有小世界效应,其中京津冀、长三角和珠三角高铁网络中每两个高铁城市间分别只需通过1.122、1.270和1.518个城市就

可以连接起来,且长三角、珠三角、京津冀内部节点通过1个城市建立高铁联系的比例分别为73%、48.2%、87.8%,说明京津冀与长三角绝大多数情况下只需通过1个城市便可通达到目的地,通达程度较高(图3)。

3 结论

①从高铁网络密度看京津冀高铁整体关联性相对紧密,长三角次之,珠三角松散;城市群省内高铁联系紧密性:江苏>浙江>广东>河北>安徽;城市群内深圳—广州、上海—南京、上海—苏州、南京—苏州、上海—无锡属于高密度联系城市对。

②城市群各城市点度中心度的点出度与点入度持平,各城市高铁连接性差异并不明显。长三角内部高铁城市综合联系能力较强,京津冀与珠三角较弱,但长三角高铁网络不均衡性较强。长三角东部比西部高铁联系密切,珠三角北部比本区其它地区的关联作用强,京津冀高铁流动频繁区集中在以北京、天津、石家庄为核心的区域。

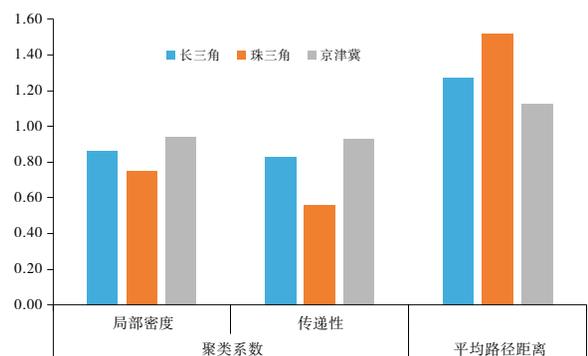


图3 三大城市群高铁网络的聚类系数与平均路径距离
Fig.3 Clustering coefficient and average path length in HSR network of three urban agglomerations

③上海与南京,广州与深圳,北京与天津分别为长三角、珠三角、京津冀高铁网络核心城市。核心度高的城市为多条高铁线路交汇点。核心城市集团内部高铁联系密切,核心对边缘集团城市辐射效应较弱,边缘与边缘集团高铁互动最弱。

④长三角高铁网络内部形成6个凝聚子群与2个关系对,珠三角3个关系对,京津冀4个关系对。合肥—苏州—镇江—南京—无锡—六安为长三角重要辐射群。广州—惠州、深圳—东莞、天津—沧州分别为珠三角、京津冀具有重要辐射力的高铁城市对,北京为京津冀重要的极核。

⑤城市群高铁网络内部均具有显著的“小世界”效应特征,京津冀与长三角更明显。京津冀与长三角绝大多数情况下只需通过1个城市便可通达到目的地,通达度高,而珠三角平均每两个高铁城市间仍需1.518个城市相串联。

参考文献:

- [1] Scott N, Baggio R, Cooper C. Network Analysis and Tourism: From Theory to Practice [M]. Bristol: Channel View Publication, 2008: 222.
- [2] 刘军. 整体网分析讲义: UCINET 软件使用指南[M]. 上海: 格致出版社, 2009.
- [3] Tindall D B, Wellman B. Canada as social structure: Social network analysis and Canadian sociology[J]. Canadian Journal of Sociology, 2001, 26(3): 265 - 308.
- [4] Stefan Krätke. Global pharmaceutical and biotechnology firms' linkages in the world city network[J]. Urban Studies, 2014, 51(6): 1 196 - 1 213.
- [5] Taylor P J, Gatalano G, Walker D R F. Measurement of the world city network[J]. Urban Studies, 2002, 39(13): 2 367 - 2 376.
- [6] Ho Shin K, Timberlake A. World cities in Asia: Cliques, centrality and connectedness[J]. Urban Studies, 2000, 37(12): 2 257 - 2 285.
- [7] Matsumoto H. International urban systems and air passenger and cargo flows: Some calculations[J]. Journal of Air Transport Management, 2004(10): 239 - 247.
- [8] HAM Klemann, J Schenk. Competition in the Rhine delta: waterways, railways and ports, 1870- 1913 [J]. The Economic History Review, 2013, 66(3): 826 - 847.
- [9] 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.
- [10] 朱桃杏, 吴殿廷, 马继刚, 等. 京津冀区域铁路交通网络结构评价[J]. 经济地理, 2011, 31(4): 561 - 565, 572.
- [11] 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.
- [12] 刘正兵, 刘静玉, 何孝沛, 等. 中原经济区城市空间联系及其网络格局分析——基于城际客运流[J]. 经济地理, 2014, 34(7): 58 - 66.
- [13] 高鑫, 修春亮, 魏冶, 等. 基于高速公路货流数据的重庆市区县关联网络格局研究[J]. 人文地理, 2016, 31(1): 73 - 80.
- [14] 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): 1 230 - 1 237.
- [15] 刘辉, 申玉铭, 孟丹, 等. 基于交通可达性的京津冀城市网络集中性及空间结构研究[J]. 经济地理, 2013, 33(8): 37 - 45.
- [16] 姜博, 初楠臣, 修春亮, 等. 中国“四纵四横”高铁网络可达性综合评估与对比[J]. 地理学报, 2016, 71(4): 591 - 604.
- [17] 冯长春, 丰学兵, 刘思君. 高速铁路对中国省际可达性的影响[J]. 地理科学进展, 2013, 32(8): 1 187 - 1 194.
- [18] 钟业喜, 黄洁, 文玉钊. 高铁对中国城市可达性格局的影响分析[J]. 地理科学, 2015, 35(4): 387 - 395.
- [19] 蒋海兵, 徐建刚, 祁毅. 京沪高铁对区域中心城市陆路可达性影响[J]. 地理学报, 2010, 65(10): 1 287 - 1 298.
- [20] 姜博, 初楠臣, 王媛, 等. 高速铁路影响下的城市可达性测度及其空间格局模拟分析——以哈大高铁为例[J]. 经济地理, 2014, 34(11): 58 - 62, 68.
- [21] 王姣娥, 焦敬娟. 中国高速铁路网络的发展过程、格局及空间效应评价[J]. 热带地理, 2014, 34(3): 275 - 282.
- [22] 王姣娥, 丁金学. 高速铁路对中国城市空间结构的影响研究[J]. 国际城市规划, 2011, 26(6): 49 - 54.
- [23] 张学良, 聂清凯. 高速铁路建设与中国区域经济一体化发展[J]. 现代城市研究, 2010, 25(6): 7 - 10.
- [24] 王姣娥, 焦敬娟, 金凤君. 高速铁路对中国城市空间相互作用强度的影响[J]. 地理学报, 2014, 69(12): 1 833 - 1 846.
- [25] 王缉宪, 林辰辉. 高速铁路对城市空间演变的影响: 基于中国特征的分析思路[J]. 国际城市规划, 2011, 26(1): 16 - 23.
- [26] 陈建军, 郑广建, 刘月. 高速铁路对长江三角洲空间联系格局演化的影响[J]. 经济地理, 2014, 34(8): 54 - 60, 67.