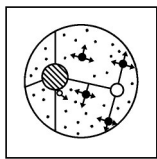


基于城际铁路的城市群空间网络重构*

——以沪宁、沪杭走廊为例

刘冰 许劼 张伊娜



提 要 高度一体化、各级城市协调发展的城市群是城市化的主体形态,城市群的建设和发展是新型城镇化时期重要的国家战略。基于“流空间”和“中心流”理论,以长三角城市群的沪宁、沪杭走廊地区为实证案例,揭示城际铁路对区域极化——均衡发展及其对城市群空间结构重塑的作用。以县级市(区)为基本分析单元,重点考察城际铁路沿线这类二级节点与区域核心节点、一级城区节点之间的空间网络关系。对比城际铁路开通初时和开通数年后各节点之间的空间网络变化,结果显示城际铁路沿线地区形成了“水平嵌套+垂直极化”的复合网络模式,表明城际铁路在总体上促进了城市群的空间网络扁平化,尤其是沪宁走廊上海—常州区段的多中心水平联系增强;而沪杭走廊的网络均衡效应较不显著。最后,提出了基于城际铁路的城市群多尺度交通整合和空间网络优化建议。

关键词 城际铁路;城市群;空间网络;沪宁走廊;沪杭走廊

The Spatial Network Reconstruction of Mega-region Based on Intercity High-Speed-Rail—The Case Study of Hu-Ning and Hu-Hang Corridor

LIU Bing, XU Jie, ZHANG Yina

Abstract: Mega-region in which cities of all levels develop coordinately and integrately has become the dominant form of urbanization. It is a national strategy in the era of new-type urbanization in China. Based on the theory of "space of flows" and "central flow" and empirical data of Hu-Ning and Hu-Hang Corridors in the Yangtze Delta Region, this research sheds light on the effect of C-HSR on the reorganization of the regional city network. Taking county as the basic unit, the relationship between second-level nodes and other ones such as first-level nodes and core nodes is analyzed. The change of spatial network based on passenger flows both in the year of C-HSR opening and thereafter is contrasted. The current spatial network of the intercity rail corridors shows a hybrid pattern of both balance and polarization. It is demonstrated that C-HSR is conducive to balanced spatial network, especially in the Shanghai-Changzhou segment of the Hu-Ning corridor, where inter-city connections of second-level nodes with other nodes in different administrative areas and nodes of different levels increase markedly; nevertheless, the balanced effect is weak in the Hu-Hang corridor. Suggestions of transport integration and spatial optimization at multi-scales are proposed based on the above findings.

Keywords: C-HSR; mega-region; spatial network; the Hu-Ning corridor; the Hu-Hang corridor

中图分类号 TU984 文献标识码 A
DOI 10.16361/j.upf.202002005
文章编号 1000-3363(2020)02-0040-09

作者简介

刘冰,博士,同济大学建筑与城市规划学院,高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室,教授,博导,

liubing1239@tongji.edu.cn

许劼,博士,上海城建职业学院,副教授,通讯作者, jie831220@126.com

张伊娜,博士,复旦大学社会发展与公共政策学院,副教授,硕导

1 研究背景

1.1 城市群空间网络的均衡和极化

城市群具有将各种生产要素流动汇聚与扩散的功能,是城市发展到高级阶段的结构组织形式。随着我国城镇化水平的不断提高,以城市群为主体,促进大中小城市和小城镇合理分工、功能互补、协同发展,“构建大中小城市协调发展的格局”是我国新型城镇化发展方向和路径^①。

改革开放40年,我国城市群总体发展水平并不高,一体化程度不深,区域内不平衡发展所带来的差异正在变大,即空间网络的极化。城市群核心城市发展水平远高于

* 上海市哲学社会科学规划课题“城铁双融——上海依托城际高速铁路带长三角一体化的空间政策研究”(项目编号2019BCK007)

周边地区和城市,由于核心城市强大的极化效应造成周边城市要素、资源、人才的大量流失,欠发达城市的发展速度不增反降。

空间极化导致的城市群内发展不平衡问题受到广泛关注(C. L. Chen, R. Vickerman, 2017)。我国高铁营业里程已达2.9万km,但是通常设站在城市群的核心城市,使高铁带来的受益地区主要是核心城市,而忽略了周边的中小城市,加剧了城市群的空间网络极化(J. Gutierrez, 2001; C. Hood, 2010; D. Albalade, G. Bel, 2012; J. Wetwito, H. Kato, 2017)。其中,“城际交通结构不合理,城际铁路相对滞后,难以适应城镇化地区人口资源环境等对交通的要求”^②是一个重要原因。

1.2 城际铁路的空间网络作用亟待加强

近年来,服务于城市群内部的城际铁路逐渐得到重视。2015年,国家发改委、交通运输部印发《城镇化地区综合交通网规划》,提出了超过3.6万km的城际铁路网建设安排。2016年修编的《中长期铁路网规划》也强调发展城际铁路,要求“规划建设支撑和引领新型城镇化发展、有效连接大中城市与中心城市、服务通勤功能的城市群际客运铁路。”长三角、珠三角、京津冀、山东半岛、长株潭、武汉“1+8”^③等城市群或大都市圈已开通了多条城际铁路,线网规模不断扩大,城市群内部快速交通短缺的问题有所缓解。

城际铁路是否能够促进城市群大中小城市均衡发展?这成为关乎城市群协调发展的重要议题。城际铁路是一种发车频率高、站点密度大,为沿线城市提供公文化服务的交通方式(许劼,刘冰,2018),正确认识城际铁路在空间网络转型中的效应,能为区域交通建设决策提供有效的理论支持和有价值的地方建议。

既有的研究中,区域铁路是有助于区域极化还是均衡化发展的结论较为模糊(M. Garmendia,等,2012),它既可能引起区域的集中发展,也可能形成分散的城镇结构体系(J. Jiao,等,2017)。一方面的原因在于这些研究采用的铁路

技术标准有差异,往往未将高速铁路和城际铁路加以区分。关于长距离高铁的实证研究多认为高铁起到了区域极化的作用(J. Bröcker,等,2010; E. López, A. Monzón, 2010; E. López,等,2008; J. Willingers, B. Van Wee, 2011),与未开通高铁地区之间的生产力差异拉大(J. Brotchie, 1991; K. Amano, D. Nakagawa, 1990; K. Sasaki,等,1997; D. Albalade, G. Bel, 2012);与之相反,西班牙短程的高铁线网连通了原来较为孤立的地区,设站城市的经济状况得到提升,对区域平衡发展起到了积极的作用(A. Monzón,等,2013)。另一方面,城市群空间网络关系的表述经常基于城市社会经济属性,如人口规模(J. Murakami, R. Cervero, 2012; 孙莉,2013)、产业功能(C. L. Chen, P. Hall, 2011; Y. Cheng,等,2015)、土地价格(孙聪,郑思齐,等,2014; 王兰,等,2014)等方面,而忽视了“流空间”网络中的城市关系,加之以地级市为分析单元的空间粒度较粗,无法反映城市群内部大中小各级城市的关联状态。近年来,利用多源流动数据分析节点网络关系的研究明显增加(B. Derudder, F. Witlox, 2005; J. Wang,等,2014; 焦敬娟,等,2016)。

本文以“流空间”和“中心流”为理论框架,把城市地位的静态描述转化为“流”的空间关系表达,依托各级城市间的“流”,从动态的视角客观反映城市群网络关系。研究以位于长三角城市群的沪宁、沪杭走廊地区为实证案例(图1),分析沪宁、沪杭城际铁路开通当年及数年后的客流情况,考察城际铁路对空间网络均衡化发展的促进作用。一方面,明确个体城市在空间网络上与其他城市间的关系,以此判别城市群的极化或均衡趋势;另一方面,对比两个案例的共性和差异,进一步解析城际铁路作用下的城市群网络关系转变与重构机制。

2 研究方法

2.1 案例概况

长三角^④城市群在公路网络全面完成的基础上,先后建设了沪宁、沪杭、

宁杭3条城际铁路。沪宁、沪杭城际铁路于2010年开通,停靠的中小城市较多且线路客流稳定,适合作为城际铁路空间效应的实证案例。由于两条铁路的选线、设站、长度、站点所在城市发展条件、走廊地区交通条件等方面有明显差异,通过两条城际走廊的对比,可对长三角城市群的认识更为全面和整体。

沪宁城际沿用老沪宁铁路走线,总长度301km,经过南京、镇江、常州、无锡、苏州、上海6市,共有22个站点,实际运营停靠站点在4—11个,最小平均停靠站距27km(图2)。与之平行的京沪高铁沪宁段平均站距为90km,线位和站点距城市建成区相对较远。它与沪宁城际有3个共用站、5个同城站,分担了城市群内这些大站之间的部分客流,但沿线中小城市的联系主要由城际铁路承担。沪杭城际铁路全长159km,途径上海、嘉兴和杭州3市,共设有9个站点,实际停靠站点为2—5个,最小平均停靠站距32km。沪宁和沪杭城际的路线、站点及其所对应的行政区^⑤如图3所示。

2.2 网络节点及“流空间”类型的界定

2.2.1 节点分级

为便于分析城际铁路沿线中小城市的客流变化,本研究采用三级节点进行走廊地区的空间单元划分。将直辖市和

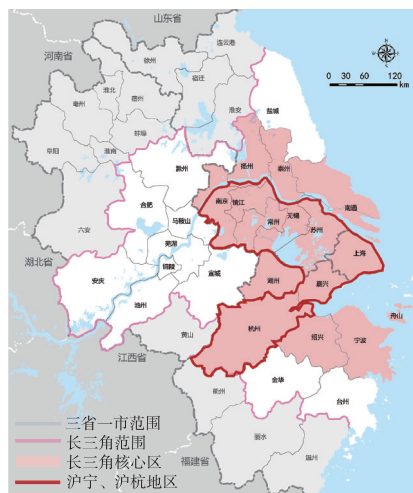


图1 长三角、长三角核心区和沪宁、沪杭走廊地区范围示意图

Fig.1 Boundaries of the Yangtze Delta region, the core of the Yangtze Delta region, the Hu-Ning and the Hu-Hang corridors
资料来源:作者自绘。

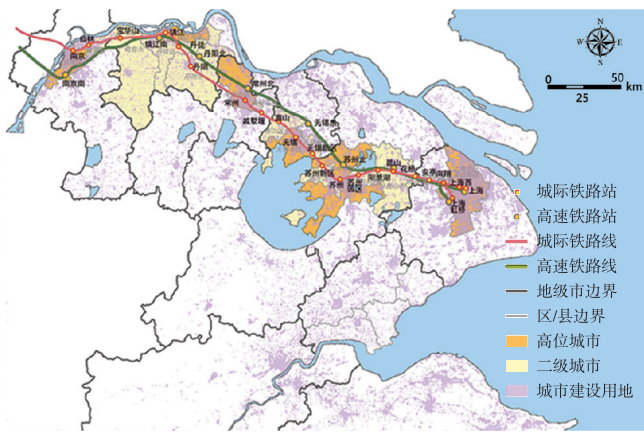


图2 沪宁城际铁路及京沪高铁沪宁段线路和站点

Fig.2 Lines and stations of the Hu-Ning C-HSR and the Jing-Hu HSR
资料来源：作者自绘。

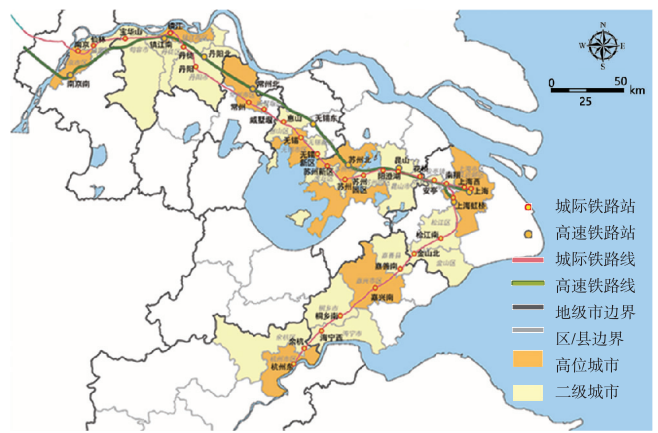


图3 沪宁、沪杭城际线路的走向、站点及沿线城市

Fig.3 Lines and stations of the Hu-Ning and the Hu-Hang C-HSR
资料来源：作者自绘。

省会城市所在的中心城区作为核心节点、地级市中心城区作为一级节点，将这些市辖县（市、区）的城区定义为二级节点（图4）。城市群内核心、一级节点既是各自市域的中心，也是城市群内人口密度、经济密度较高的大城市或特大城市；它们与行政辖区内的多数二级节点相距10—50km，与部分近郊的二级节点连片布局。

我国的行政体制中，核心或一级节点与其市域内的二级节点是控制与被控制、服务与被服务的垂直型关系，是“中心流”理论（P. Taylor, 2009）中所述的邻近型城市网络（town-ness）。在垂直联系格局下，空间网络具有极化特征，即资源集中在核心或一级节点，而二级节点对外联系的范围较小、活跃度较低。核心或一级节点之间存在竞争性关系，通常各自控制自己的二级节点；但是在城镇密集地带的二级节点，会产生较多跨越行政边界的水平嵌套联系（city-ness）。

2.2.2 “流”的分类

按照节点的分级和区位关系，将城际走廊地区不同节点之间的流可分为五种类型（图4）：①类型1：城市群一级及以上节点之间的流；②类型2：一级及以上节点与其市域范围内二级节点之间的流；③类型3：一级以上节点与市域范围外二级节点之间的流；④类型4：相同市域二级节点之间的流；⑤类型5：跨市域二级节点之间的流。各个节点之间不同的“流”，构成了城市群的空间

网络关系。其中，类型1是各大中心节点之间的联系，类型2—4是二级节点之间以及它们与中心节点之间的联系。通过这些节点的网络关联变化，可以判别城际走廊地区的客流关联是呈中心集聚还是扁平扩散的特征。

2.3 空间网络关联的测度

空间网络关联分析采用的定量描述性指标，往往由“流”的关系型数据库转换而来，如基于商务网络中的分支办公室的连锁模型（P. Taylor, 2009；唐子来，李涛，2014），或者在重力模型中用于模拟城市之间联系强度如客流、经济流和通信流等指标（F. Bruinsma, P. Rietveld, 1993；G. Krings, 等，2009；王启轩，等，2018）。在区域客运交通网络的分析中，节点的客流规模和节点间的客流联系强度是常用指标，有时也可采用班次频率数据来替代客流指标（B. Derudder, F. Witlox, 2005；J. Wang, 等，2014；罗震东，等，2015；焦敬娟，等，2016）。

本研究获取了城际铁路开通年和开通后不同年份（沪宁2015和沪杭2012）11月各站点的到发总客流量和站间OD的客流量数据^⑥。具体采用节点联系强度、节点聚集度、节点联系紧密度作为三个测度指标，对比分析两条走廊地区网络关联特征的整体变化和各自特点。

（1）节点关联强度 P_{ij} ：由两站 i 、 j 之间双向客流量表示（ $P_{ij}=P_{i-j}+P_{j-i}$ ），

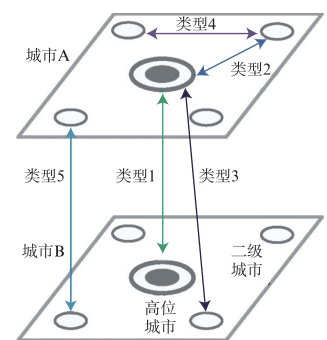


图4 基于城际铁路的网络节点及“流”的类型

Fig.4 Network nodes and five types of inter-city flows in the C-HSR corridor
资料来源：作者自绘。

反映节点间联系规模的大小及其在整体网络中的重要程度。

（2）节点聚集度 Q_i ：为站 i 总客流量，即该站与其他各站到发客流量之和（ $Q_i = \sum P_{ij}$ ）。数值越大，节点规模越大，在空间网络中的地位越高。

（3）节点关联紧密度 H_{ij} ：两站 i 、 j 之间客流量与各站总客流量之比的和（ $H_{ij} = P_{ij}/Q_i + P_{ij}/Q_j$ ），反映各节点不同联系方向的相对重要性。

3 基于城际铁路的沪宁、沪杭走廊空间网络分析

3.1 不同交通方式主导的空间网络演化

我国区域交通建设先后经历了公路、高速铁路、城际铁路为重点的三个

阶段,不同交通方式主导下的空间网络格局也会发生变化(表1)。公路客运速度低,节点可达性受距离约束显著,以市域范围内的垂直分级网络为主(刘正兵,等,2015);高速铁路速度快、站点少,设站的核心或一级节点可达性改善明显、虹吸范围扩大而使其网络地位提升,未设站或班次少的二级节点依托以上节点进行客流集散,形成中心增强的区域极化网络。城际铁路的速度介于二者之间,所服务的二级节点增多,促进了它们跨行政区的水平联系。根据本研究假设,城际铁路的开通可能会减缓或者改变高速铁路产生的极化效应。

3.2 基础空间数据处理

将上海市区的三个火车站——上海、上海西、上海虹桥合并为一个车站,得到沪宁城际铁路20个站点、两个年份的20*20客流OD矩阵,共有190对节点联系(图5)。同上,基于沪杭城际铁路9个站点的站间OD客流量,得到两个年份9*9的客流OD矩阵。

根据站点之间的客流联系,把节点

关联强度大、紧密度高的联系线作为干线,把关联强度大、紧密度相对低的联系线作为强度支线,把关联紧密度大、关联强度较小的联系线作为紧密度支线。

3.3 沪宁、沪杭走廊地区空间网络计算结果

3.3.1 沪宁走廊空间网络

(1) 各年份分析

2010年沪宁走廊地区的空间网络呈

现典型的“两端强”的特征(表2)。上海、南京在空间网络中的位序最高,它们节点聚集规模最大,高强度联系线的数量最多;无锡、苏州、常州为第二位序节点,是长三角城市群中的“苏锡常城市交流圈”;镇江、昆山为第三位序节点。以上节点均为网络中的重要的高位序节点。

2010年沪宁走廊地区的空间网络干线,主要为上海和南京两大核心节点之间、上海与苏州和无锡、南京与镇江的

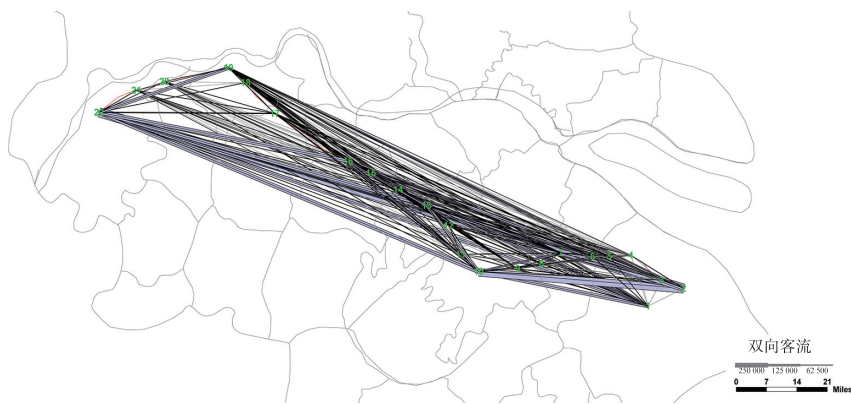


图5 沪宁城际铁路20站的客流OD对分布

Fig.5 Distribution of passenger origin-destination of the 20 stops alongside the Hu-Ning C-HSR
资料来源:上海市铁路局,2010.

表1 基于公路、高速铁路和城际铁路的空间网络演化趋势

Tab.1 Spatial networks of highway, HSR and C-HSR

	交通设施布局和站点设置特征	“流空间”特征
公路	<p>核心节点 一级节点 二级节点 上级节点公路站 二级节点公路站</p>	<p>— 二级节点联系 — 一级节点联系 — 核心节点联系</p>
高速铁路	<p>核心节点 一级节点 二级节点 上级节点高铁站 二级节点高铁站 高速铁路</p>	<p>— 二级节点联系 — 一级节点联系 — 核心节点联系</p>
城际铁路	<p>核心节点 一级节点 二级节点 上级节点城铁站 二级节点城铁站 城际铁路</p>	<p>— 二级节点联系 — 一级节点联系 — 核心节点联系</p>
	空间网络关联特征:多层次嵌套的均衡空间网络。二级节点的联系分布从垂直转为分散,网络地位有所提升	

资料来源:作者自绘。

表2 2010年沪宁走廊地区城市节点位序分类表

Tab.2 Rank of cities alongside the Hu-Ning corridor

位序	节点	高强度联系线	中高强度联系线	聚集规模(人次/月)
第一	上海	5	3	2 778, 000
	南京	5	2	1 709, 000
第二	苏州	2	1	1 308, 000
	无锡	2	2	1 123, 000
	常州	2	2	855, 000
第三	镇江	1	4	485, 000
	昆山	1	4	634, 000

资料来源:上海市铁路局.

表3 2010年和2015年沪宁城际走廊地区网络节点分类对照表

Tab.3 Change of spatial network of the Hu-Ning corridor from 2010 to 2015

位序	节点(等级变化)	高强度联系线(与2010年的差异)	中高强度联系线(与2010年的差异)	聚集规模(人次/月)(与2010年的差异)
第一	上海	5(---)	4(+1)	3 130, 000(+352, 000)
	苏州(等级上升)	4(+2)	4(+3)	2 020, 000(+712, 000)
第二	无锡	2(---)	5(+3)	1 330, 000(+207, 000)
	南京(等级下降)	2(-3)	6(+4)	1 330, 000(-397, 000)
	常州	1(-1)	6(+4)	1 000, 000(+145, 000)
第三	昆山(等级上升)	2(+1)	3(-1)	891, 000(+257, 000)
	镇江	0(-1)	6(+2)	592, 000(+107, 000)
	丹阳	0(---)	7(+3)	337, 000(+156, 000)
	苏州园区(新增)	0(---)	1(+1)	226, 000(+145, 000)

资料来源:上海市铁路局.

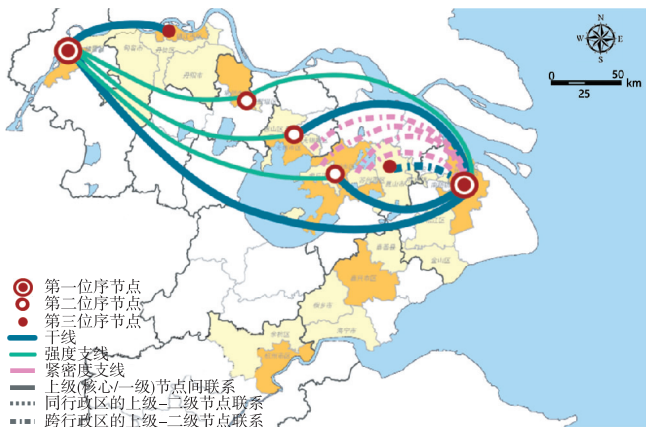


图6 2010年沪宁走廊地区空间网络结构图
Fig.6 Spatial network of the Hu-Ning corridor in 2010
资料来源:作者自绘.

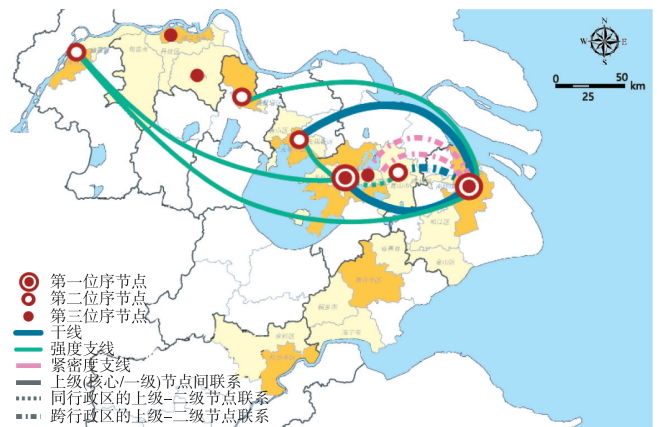


图7 2015年沪宁走廊地区空间网络结构图
Fig.7 Spatial network of the Hu-Ning corridor in 2015
资料来源:作者自绘.

联系;强度支线也是两大核心与苏、锡、常等主要一级节点的联系。紧密度支线反映了上海与苏州市域二级节点的联系,体现出上海都市圈的影响(图6)。

至2015年,沪宁走廊地区呈现出“苏锡沪”强三角的网络关联特征,上海—苏州—无锡,上海—昆山—苏州的网络干线构成了局部的两个三角联系地带(图7)。与之对应,走廊地区东部的苏州上升为第一位序节点,昆山上升为第二位序,苏州园区上升为第三位序。而随着南京降为第二位序节点,南京—上海的联系也由干线转为强度支线,与上海—常州、南京与苏州同级;在该层级中,南京—无锡、南京—常州也被苏州—昆山、苏州—无锡的联系取代。紧密度支线主要为上海和苏州市域二级节点之间的联系,这些节点形成了既强又密、多级嵌套的网络关联特征。

(2) 跨年份比较

从2010年到2015年五年间,沪宁城际走廊地区三个层级位序的节点均有变动(表3),其中二级节点的聚集规模和层级有明显上升。2010年的第一、二位序全部为核心或一级节点,第三位序中仅有1个二级节点。2015年,不仅第三位序的二级节点数量多于一级节点,还有1个二级节点跃升第二位序。在节点关联上,干线由沪—宁长距离联系转为上海周边节点的中近距离联系;强度支线也明显变动,除保留的南京—苏州、上海—常州外,既有降级的南京—上海,也有新增的苏州—昆山、苏州—无锡联系。总的来看,沪宁城际走廊东、西部的空间网络变化有所不同,上海、苏州、无锡、昆山等东部节点的关联强度上升,南京、镇江等西部节点的关联强度下降,这种变化既与高速铁路

的分流作用有关,也与上海、南京都市圈的不同发育程度有关。

从以上变化也可以看出,沪宁城际铁路带来了节点可达性条件的改变,使行政边界对城市群客流活动的限制作用越来越弱,行政地位在城际铁路“流空间”中已经越来越不重要。比如,苏州的节点等级甚至超越了行政地位更高的南京,改变了过去行政等级主导下二级节点以市域垂直联系为主的格局。

3.3.2 沪杭走廊空间网络

(1) 各年份分析

沪杭走廊长度较短、沿线节点较少。2010年,网络结构呈两端核心强大的“通道”型特征(图8)。上海、杭州的聚集规模最大、高强度联系线最多,为第一位序节点;中间节点的网络关联很弱,未能形成第二位序节点;嘉兴仅位于第三位序(表4)。

表4 2010年沪杭走廊地区城市位序分类表
Tab.4 Rank of cities alongside the Hu-Hang corridor in 2010

位序	节点	高强度联系线	中高强度联系线	聚集规模(人次/月)
第一	上海	1	4	1 028, 000
	杭州	1	3	1 014, 000
第三	嘉兴	0	2	150, 000

资料来源：上海市铁路局。

表5 2010年和2012年网络节点分类对照表

Tab.5 Change of spatial network of the Hu-Ning corridor from 2010 to 2012

位序	节点(等级变化)	高强度节点联系(与2010年的差异)	中高强度节点联系(与2010年的差异)	聚集规模(人次/月)(与2010年的差异)
第一	上海	1(---)	4(---)	1 218, 000(+190, 000)
	杭州	1(---)	4(+1)	1 148, 000(+134, 000)
第三	嘉兴	0(---)	2(---)	226, 000(+76, 000)
	桐乡(新增)	0(---)	2(---)	129, 000(+156, 000)

资料来源：上海市铁路局。

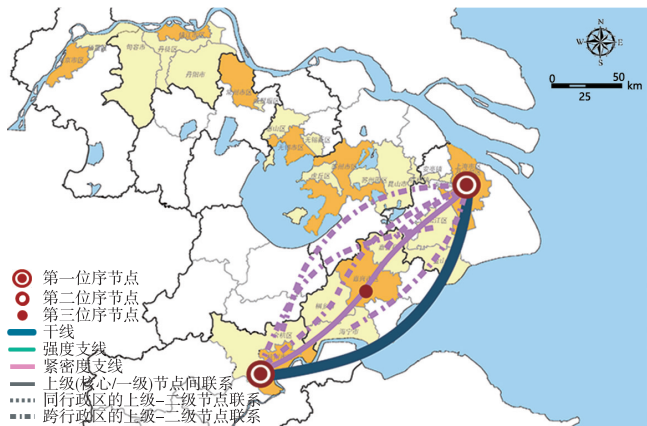


图8 2010年沪杭走廊空间网络结构图

Fig.8 Spatial network of the Hu-Hang corridor in 2010

资料来源：作者自绘。

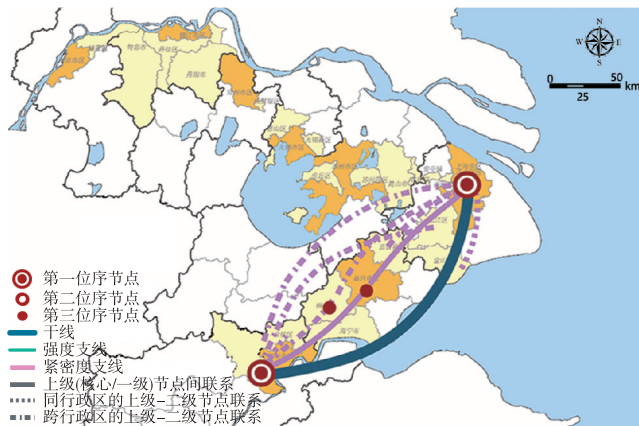


图9 2012年沪杭走廊空间网络结构图

Fig.9 Spatial network of the Hu-Hang corridor in 2012

资料来源：作者自绘。

沪杭走廊地区仅有上海—杭州1条网络干线；其他节点的关联强度都很低，没有强度支线；紧密度支线，除了上海—嘉兴、嘉兴—杭州的联系，还有上海与桐乡、余杭、嘉善、海宁的联系，以及杭州与桐乡、松江的联系。

至2012年，沪杭走廊地区的空间网络结构发生了局部性改变。二级节点桐乡的聚集规模增长较快，节点位序上升；上海—金山上升为紧密度支线，表明促进了市域核心节点与二级节点的联系（图9）。

(2) 跨年份比较

沪杭城际走廊地区保持了上海、杭州作为第一位序节点的强“通道”形态。尽管桐乡升入第三位序，空间极化的特征未有实质改变（表5）。

4 城际铁路引导的城市群空间发展模式探讨

4.1 空间网络的均衡化作用

4.1.1 城际铁路的网络均衡效应

在300km尺度的城际走廊上，城际

铁路对城市群空间网络具有一定的均衡效应，主要表现为二级节点对外关联的强化和一、二级非核心节点聚集规模的增长。

沪宁线和沪杭线上二级节点与一级以上节点间的联系都得到了强化。其中，二级节点与市域外中心节点的关联增强，如桐乡与上海、杭州的关联强度，已达到嘉兴与这两大核心客流水平的56%和62%；昆山与上海的关联强度也相当于苏州—上海该值的50%。

两条线路开通数年后，核心节点聚集规模的增幅均低于其他节点，其规模在走廊总聚集量中的比例也同步降低。2010—2015年，沪宁线核心节点的总量占比从49%降至40%，沪杭线的该指标也在3年间从84%下降到80%。相反，二级节点的聚集规模增长率很高，沪宁走廊二级节点的客流规模平均增长率达191%，为上位节点增幅的11倍多；沪杭走廊二级节点客流规模平均增长率为59%，是上位节点增幅的2倍多。

4.1.2 走廊地区网络模式差异

两大走廊地区的均衡化程度不同，空间网络模式也存在显著差异（图10）。沪宁走廊总体上为偏于均衡的模式A，沿线节点空间网络呈多级嵌套特征；尤其是上海—无锡段，城际铁路对其空间网络水平化起到了积极的重塑作用。沪杭走廊则为偏于极化的模式B，仍以核心节点之间的强联系为主，网络层级相对单一。

根据城际铁路站间OD客流量，生成城际走廊节点联系的距离分布曲线，

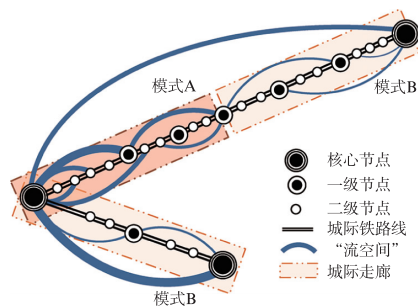


图10 沪宁、沪杭走廊空间网络模式图

Fig.10 Spatial network patterns of the Hu-Ning and the Hu-Hang corridors

资料来源：作者自绘。

可以映射上述两种模式不同的城际交流圈特点(图11):模式A,中间多级节点的网络关联增强,强联系客流的峰值出现在曲线中前端,完全不同于垂直邻近型和两端通道型的形态;而模式B的峰值更集中且出现在曲线后端,反映了“两端节点强、中部节点弱”的网络极化特征。

4.2 两种走廊模式差异的原因剖析

4.2.1 走廊尺度及多级节点体系

核心节点的客流聚集规模大,但它

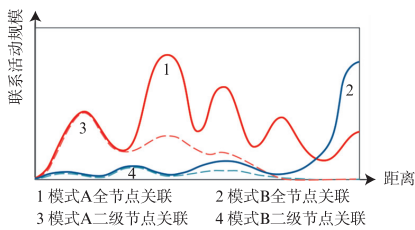


图11 城际铁路走廊两种空间网络模式的客流距离分布示意图

Fig.11 Distance distribution of two spatial network patterns of C-HSR corridors
资料来源:作者自绘。

们在两个走廊上的相对地位却不同(图12)。沪杭走廊核心节点的聚集比例高达80%;而沪宁走廊非核心节点的聚集比例占到50%,且有增加趋势。这种特点与走廊尺度和节点布局十分相关:沪宁“长”走廊中,一、二级节点的数量是沪杭“短”走廊的2倍,其非核心节点承担了12倍于后者的客流聚集量,形成了均衡化的模式A。而沪杭走廊中间节点均处于两大核心的辐射范围内,形成了空间极化的模式B。

4.2.2 多种城际交通服务方式竞合

与沪杭走廊仅有1条城际铁路不同,沪宁走廊上的高速铁路与城际铁路具有服务范围的互补性,分流了部分较长距离的城际出行。沪宁城际“填补”了对大站之间二级节点的服务,满足了中短距离的城际联系,丰富了“流”的关联类型和多级嵌套特征。城际铁路虽适用于150km尺度的沪杭走廊,但沿线节点大多远离站点,削弱了其“到门”的竞争优势,难以充分发挥网络均衡作用。

此外,城际铁路还能兼起市域铁路的功能。市域内关联强度较大的有34km的苏州—昆山、27km的镇江—丹阳、25km的杭州—余杭等的联系,这些二级节点利用城际铁路,更多参与到市域乃至城市群的空间活动中。

4.2.3 沿线城市社会经济发展条件

上海作为核心节点,在沪宁、沪杭城际走廊的网络地位出现了降和升的不同变化。与2010年相比,2015年沪宁走廊上大多数二级节点与上海的关联紧密度仍是最高,但它们之间的OD客流量已有所降低;一级节点中除了苏州,其他节点与上海的关联强度均有下降,体现了上海都市区多中心的均衡作用。相反,沪杭线开通3年后,二级节点与上海的关联紧密度均有上升,特别是嘉兴市域的节点;而嘉兴—上海的关联强度增幅也大于嘉兴—杭州。

这种情况与两条走廊沿线城市自身经济发展条件有关。沪宁、沪杭走廊上一级节点全市域的第三产业平均比重分别为49%和39%,它们与各自走廊核心节点的三产比重相差13%和20%。说明沪杭走廊的一级节点明显弱于沪宁走廊,难以吸引二级节点客流来分担核心节点的聚集规模。

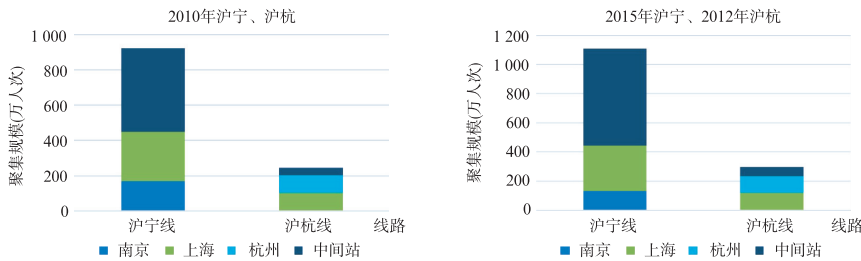


图12 沪宁(2010年与2015年)、沪杭(2010年与2012年)节点聚集规模对比图

Fig.12 Agglomeration scale of nodes alongside the Hu-Ning(2010/2015) and the Hu-Hang(2010/2012) corridors
资料来源:作者自绘。

5 结论和建议

城市群的可持续发展离不开大中小城市良好的分工协作。实证研究得出,城际铁路能适应“人口高度聚集、经济关联紧密、资源环境约束”的城市群发展要求。利用城际铁路,改善非核心节点尤其是二级节点的对外交通条件,可以促进其网络地位的提升,有助于重塑和优化城市群空间网络结构。

5.1 城际铁路对城市群均衡发展的推动

我国城际铁路进入网络化建设的时期。不同于高铁的极化效应,城际铁路使更多的一、二级节点建立跨行政区的多中心、多层次紧密关联,引导城市群空间网络从极化向均衡化发展(图13)。城际铁路规划应结合节点布局,采取与高铁线路错开的原则,优先选择实力较强

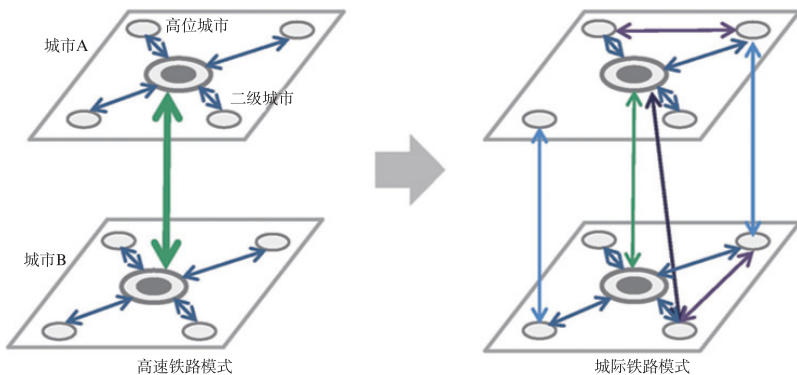


图13 城际铁路影响下的二级城市对外联系变化

Fig.13 Impact of C-HSR on the change of inter-city link of the second-tier cities
资料来源:作者自绘。

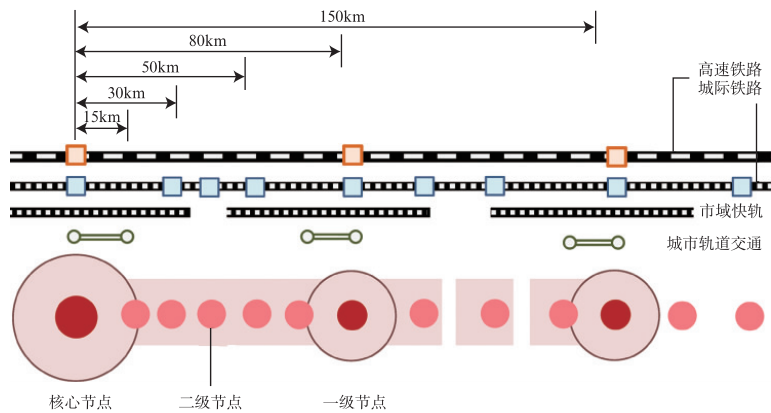


图14 城市群各类轨道设施的服务特征和适应尺度

Fig.14 Service scope of different types of rail transit

资料来源：作者自绘。

的二级节点布线、设站。这样，城际铁路既能服务于相邻地市间的通勤活动，又能兼顾较远的一日商务活动，促进城际走廊地区的空间融合。在都市圈中，城际铁路能将更多二级节点纳入核心城市的一体化通勤范围，从而形成高强而细密的网络格局；它还能兼顾市域内部联系，应对当前“市域铁路基本空白”情况下市域二级节点联系偏弱的问题。

5.2 加强城市群的多轨整合

当城市群特别是都市圈内同时存在多种客运轨道时，应基于不同系统的服务特征和乘客需求，对高速铁路、城际铁路、市域快轨、城市轨道交通等进行多轨整合规划（图14）。

在线路布局和站点设置上，高铁主要满足城市群之间长距离的快速联系，兼为城市群内部客运联系服务。而城际铁路是城市群内部客运联系的骨架，应靠近服务的一、二级节点。对于既有城际线远离城区的情况，近期应加快建设车站与城区之间的快速公交，缩短站——城时间；远期可考虑将经过城区的普通铁路升级为城际铁路。在规划建设城际和市域轨道时，应重视二者的设施共享，在客流需求不强的情况下，可由城际铁路承担市域联系，减少重复建设；在大客流走廊上则同时设置城际铁路和市域轨道线路。

核心或一级节点的城市轨道线网经常延伸到市域交界处，出现城际铁路与城市轨道交通平行设置的情况。为缩短城际

联系的时间，在可能的条件下，应将城际铁路站点设在中心区，并增加高峰期发车频率，以发挥城际铁路的便利可达优势。当城际铁路车站只能设于城区边缘时，必须做好城际和城市轨道的一体化衔接。

城际铁路的运营服务也应随着站间客流的时辰变化而调整。可以采取组织大小交路、在高客流区间增加发车班次、调整周五末班和周一早班运营时间等措施，满足通勤和生活休闲活动的多种需求。

5.3 基于城际铁路的长三角空间网络优化

5.3.1 长三角一体化的空间——交通协同

加强城际铁路的成网化。利用已建的沪宁、沪杭、宁杭和规划的沪通、通苏嘉、沪苏湖等多条城际铁路，促进多级节点关联，重塑和优化城市群空间网络结构。

在长三角范围内，大虹桥的门户节点功能将进一步提升，苏州、湖州也有望成为空间网络的枢纽节点，而长三角一体化示范区可通过沪苏湖线融入整个城市群。为了发挥城际铁路的带动作用，应加强站城一体的TOD开发，大力提高城际站点的可达性。

为解决沪杭城际远离城区的问题，可将老沪杭铁路升级，作为服务嘉善、海宁、桐乡等二级节点的城际铁路。而在客流集中的上海—无锡、常州—南京区段，可考虑开设区间列车。

5.3.2 上海大都市圈的多尺度交通整合

在上海大都市圈和邻沪地区，沪苏湖、沿江城际铁路和沪通铁路等新的线路已在规划或建设中。位于近圈层的二级节点盛泽、太仓与上海的关联可能趋于加强，形成更紧密的城际网络关系。同时，各地也在谋划市域铁路网的建设，需要在当前的规划阶段做好各级轨道系统的统筹与整合。对于上海“1 000km市域铁路”，应重点考虑城际铁路服务不到的市域客流走廊，并利用部分城际铁路形成市域整体的快轨网络；还应加强上海与苏州、嘉兴市域快轨的对接，如利用苏州S1线进一步强化沪宁城际走廊地区的网络关联。

感谢马东波对本研究提供的帮助。

注释

- ① 2005年“十一五”提出：“城市群的发展将作为我国推进城市化的主体形态”，“加强城市群内各城市的分工协作和优势互补”。2010年“十二五”提出：“完善城市化布局和形态”，“促进大中城市和小城镇协调发展”。2016年“十三五纲要”提出：“增强一级城市辐射带动功能，加快发展中小城市和特色小镇。”
- ② 发改基础[2015]2706号。
- ③ 武汉、黄石、鄂州、黄冈、孝感、咸宁、仙桃、潜江、天门。
- ④ 2015年编制的《长江三角洲城市群发展规划（2015—2030年）》将规划范围拓展为26个市。公认度最高的、国家认可的长三角核心范围为2003年的协调会第四次会议上确定的16个市。
- ⑤ 核心/一级城市的市区将数个行政区合并，如南京市区包括鼓楼区等6个区。上海市区除了黄浦区等9个区以外，还将闵行区、宝山区两个近郊区以及浦东新区的所有街道纳入（2010年的行政区划）。
- ⑥ 11月的客流数据最为稳定，不受节假日、寒暑假等因素的影响。

参考文献 (References)

- [1] ALBALATE D, BEL G. High-speed rail: lessons for policy makers from experiences abroad[J]. Public Administration Review, 2012, 72(3): 336-349.
- [2] AMANO K, NAKAGAWA D. Study on urbanization impacts by new stations of high speed railways[C]. Dejeon City: Conference of Korean Transportation Association, 1990.

- [3] BROTCHE, et al. Cities of the 21st century: new technologies and spatial systems[M]. New York: Longman Cheshire, 1991.
- [4] BRÖCKER J, KORZHENEVYCH A, SCHÜRMANN C. Assessing spatial equity and efficiency impacts of transport infrastructure projects[J]. Transportation Research Part B, 2010, 44(7): 795–811.
- [5] BRUINSMA F, RIETVELD P. Urban agglomerations in European infrastructure networks[J]. Urban Studies, 1993(30): 919–934.
- [6] CHEN C L, HALL P. The impacts of high-speed trains on British economic geography: a study of the UK's inter city 125/225 and its effects[J]. Journal of Transport Geography, 2011, 19(4): 689–704.
- [7] CHEN C L, VICKERMAN R. Can transport infrastructure change regions' economic fortunes? some evidence from Europe and China[J]. Regional Studies, 2017, 51(1): 144–160.
- [8] CHENG Y, LOO B, VICKERMAN R. High-speed-rail networks, economic integration and regional specialization in China and Europe[J]. Travel Behavior and Society, 2015, 2(1): 1–14.
- [9] CHO T, KATO H, WETWITOO J. How much has high-speed rail contributed to economic productivity in Japan[C]? Washington D. C. : TRB 95th Annual Meeting Compendium of Papers, 2016. doi http://www.trb.org/Meeting/2015/2015wp_e6.pdf
- [10] DERUDDER B, WITLOX F. An appraisal of the use of airline data in assessing the world city network: a research note on data[J]. Urban Studies, 2005, 42(13): 2371–2388.
- [11] GARMENDIA M, RIBALAYGUA C, UREÑA J M. High speed rail: implication for cities[J]. Cities, 2012, 29(S2): 26–31.
- [12] GUTIERREZ J. Location, economic potential and daily accessibility: an analysis of the accessibility impact of the high-speed line Madrid-Barcelona-French border[J]. Journal of Transport Geography, 2001, 9(4): 229–242.
- [13] HOOD C. The Shinkansen's local impact[J]. Social Science Japan Journal, 2010, 13(2): 211–225.
- [14] JIAO J, WANG J, JIN F. Impacts of high-speed rail lines on the city network in China[J]. Journal of Transport Geography, 2017, 60(4): 257–266.
- [15] 焦敬娟, 王姣娥, 金凤君, 等. 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, 2016, 71(2): 265–280. (JIAO Jingjuan, WANG Jiaoe, JIN Fengjun, et al. Impact of high-speed rail on inter-city network based on the passenger train network in China, 2003–2013[J]. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(2): 265–280.)
- [16] KRINGS G, et al. Urban gravity: a model for inter-city telecommunication flows[J]. Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment, 2009, 7(7): 1–8.
- [17] LÓPEZ E, MONZÓN A. Integration of sustainability issues in strategic transportation planning: a multi-criteria model for the assessment of transport infrastructure plans[J]. Computer Aided and Civil Infrastructure Engineering, 2010, 25(6): 440–451.
- [18] LÓPEZ E, GUTIÉRREZ J, GÓMEZ G. Measuring regional cohesion effects of large scale transport infrastructure investments: an accessibility approach[J]. European Planning Studies, 2008, 16(2): 277–301.
- [19] 罗震东, 朱查松, 薛雯雯. 基于高铁客流的长江三角洲空间结构再审视[J]. 上海城市规划, 2015(4): 74–80. (LUO Zhendong, ZHU Chasong, XUE Wenwen. The analysis on spatial structure of Yangtze River Delta based on passenger flow of high-speed railway[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2015(4): 74–80.)
- [20] 刘正兵, 丁志伟, 卜书朋, 等. 中原城市群城镇网络结构特征分析: 基于空重力与客运联系[J]. 人文地理, 2015, 30(4): 79–86. (LIU Zhengbing, DING Zhiwei, BU Shupeng, et al. The network structure analysis of Zhongyuan urban agglomeration based on interactive and traffic flow relationship[J]. Human Geography, 2015, 30(4): 79–86.)
- [21] MURAKAMI J, CERVERO R. High-speed rail and economic development: business agglomerations and policy implications[R]. University of California Transportation Center UCTC-FR, 2012–10.
- [22] MONZÓN A, ORTEGA E, LÓPEZ E. Efficiency and spatial equity impacts of high speed rail extensions in urban areas[J]. Cities, 2013, 30(2): 18–30.
- [23] SASAKI K, OHASHI T, ANDO A. High-speed rail transit impact on regional systems: does the shinkansen contribute to dispersion[J]. The Annals of Regional Science, 1997, 31(5): 77–98.
- [24] 孙聪, 郑思齐, 张英杰. 高速铁路对中国城市经济的外部影响[J]. 广东社会科学, 2014(5): 22–28. (SUN Cong, ZHENG Siqi, ZHANG Yingjie. The impact of high speed rail on economy development in China[J]. Guangdong Social Science, 2014(5): 22–28.)
- [25] 孙莉. 高铁对首都经济圈城市规模等级和职能的影响[J]. 中国集体经济, 2013, 17(6): 49–53. (SUN Li. The impact of high-speed rail on capital economy circle[J]. China Collective Economy, 2013, 17(6): 49–53.)
- [26] TAYLOR P. Urban economics in thrall to Christaller: a misguided search for city hierarchies in external urban relations[J]. Environment and Planning A, 2009, 41(11): 2550–2555
- [27] 唐子来, 李涛. 长三角地区和长江中游地区的城市体系比较研究: 基于企业关联网络的分析方法[J]. 城市规划学刊, 2014(2): 24–31. (TANG Zilai, LI Tao. A comparative analysis of urban systems in the Yangtze Delta region and the middle Yangtze Region: an approach of firm-based interlocking network[J]. Urban Planning Forum, 2014(2): 24–31.)
- [28] WANG J, MO H, WANG F. Evolution of air transport network of China 1930–2012[J]. Journal of Transport Geography, 2014, 40(10): 145–158.
- [29] WETWITOO J, KATO H. High-speed rail and regional economic productivity through agglomeration and network externality: a case study of inter-regional transportation in Japan[J]. Case Studies on Transport Policy, 2017, 5(4): 549–559.
- [30] WILLINGERS J, VAN WEE, B. High-speed rail and office location choices. a stated choice experiment for the Netherlands[J]. Journal of Transport Geography, 2011, 19(4): 745–754.
- [31] 王兰, 王灿, 陈晨, 等. 高铁站点周边地区的发展与规划——基于京沪高铁的实证分析[J]. 城市规划学刊, 2014(4): 31–37. (WANG Lan, WANG Can, CHEN Chen, et al. Development and planning of the surrounding area of high-speed rail stations: based on empirical study of Beijing-Shanghai line[J]. Urban Planning Forum, 2014(4): 31–37.)
- [32] 王启轩, 张艺帅, 程遥. 信息流视角下长三角城市群空间组织辨析及其规划启示——基于百度指数的城市网络辨析[J]. 城市规划学刊, 2018(3): 105–112. (WANG Qixuan, ZHANG Yixuan, CHENG Yao. Spatial organization of the Yangtze River Delta urban agglomeration and its implications on planning from the perspective of information flow: analysis of city network based on Baidu index[J]. Urban Planning Forum, 2018(3): 105–112.)
- [33] 许劼, 刘冰. 城际铁路的定义和区域空间网络影响类型初探[J]. 城市交通, 2018, 16(1): 54–62. (XU Jie, LIU Bing. Definition and impact of city network classification of intercity rail[J]. Urban Transport of China, 2018, 16(1): 54–62.)

修回: 2020-02