

高速铁路对中国省际可达性的影响

冯长春, 丰学兵, 刘思君

(北京大学城市与环境学院, 北京 100871)

摘 要:中国高速铁路网“四纵四横”客运专线规划至2015年建成,将覆盖所有省会及90%的50万以上人口城市,高速铁路可达性因此成为近年可达性研究的热点。本文在总结前人研究方法的基础上,运用加权平均旅行时间研究高铁时代中国省际可达性及空间格局。研究结果表明:①采用传统客运最短旅行时间(含中转及停留)数据得到的省际可达性呈中心—外围模式,以郑州—武汉为中心,其他省份按“距离衰减规律”成为圈层式阶梯状空间格局;②高速铁路建设带来省际联系时间缩短、可达性最优区域大幅增加等“高铁效应”,空间结构仍以武汉—郑州为中心呈现中心—外围模式;③高铁运营使省际可达性均衡化,可达性变化幅度在空间上呈中间凹四周高的“碗形”特点,位于客运铁路网络中心附近的省份变化幅度较小,外围地区如云南、福建等省可达性变化幅度较大。

关 键 词:可达性;高速铁路;最短旅行时间;空间格局;中国

doi: 10.11820/dlkxjz.2013.08.002

1 引言

可达性是指借助某种交通方式从某地到达指定活动地点的便捷程度,被认为与城市体系相互融合,对理解与认识经济现象的空间布局规律意义重大(李小建等, 2006)。高速铁路(以下简称“高铁”)可达性是近年交通地理、区域经济等学科的研究热点。评价高铁可达性的指标有最短路径、平均最短旅行时间、加权平均旅行时间、经济潜能、交通花费、日常通达性、网络密度等,其中加权平均时间、日常可达性与潜力值是最常用的3个指标。

在国外研究中, Gutierrez 等(Gutierrez et al, 1996; Gutierrez, 2001)和 Coto-Millán 等(2007)分析了欧盟范围内高铁发展后欧洲中部城市的网络可达性变化。Sasaki 等(1997)开展了日本兴建新干线所引起的可达性变化对区域经济和人口扩散作用的研究。Kim(2000)研究了韩国首尔—釜山高铁建设带来首都地区的可达性变化和空间重构。

国内较早对铁路可达性的研究如:金凤君等(2004)对中国铁路网络发展及其可达性空间格局演化进行了详细分析,并主要以时间指标讨论了铁路提速引发的客运网络系统演进,进而评价了时间节省带来的经济效益;罗鹏飞等(2004)采用不同指标

分析了沪宁高铁建设将导致的沿线地区可达性变化;吴威等(2006)、张莉等(2006)分别采用网络和成本栅格方法研究长三角地区陆路交通可达性格局及其演变规律;魏立华等(2004)分析了城际快速列车对大都市区可达性空间格局的影响机制。

针对目前可达性研究技术的局限,吴威等(2009)基于铁路客运的基本特点,首次采用空间距离、时间距离、连接性、可选择性等多项指标对中国铁路客运网络可达性空间格局进行了分析;蒋海兵等(2010)创造性运用网络分析与成本栅格加权集成法生成高铁通车后的城市等时圈图,利用日常可达性、潜力值与加权平均时间等指标,对比有无京沪高铁情景下京沪地区中心城市可达性空间格局的变化。

综上所述,目前可达性研究的指标有多样化趋势,但将空间距离转化为时间距离时,通常根据道路属性进行速度设定(白永平等, 2012; 陈洁等, 2007; 蒋晓威等, 2012; 吴威等, 2010),由此确定的两座城市旅游时间往往忽略城市之间联系的中转停留,脱离城市铁路联系的实际状况。为此,本文采取中国城市实际联系最短旅行时间(含中转、停留时间)及与之对应的总里程进行中国省际可达性研究,然后比较分析“四纵四横”快速铁路网络建

收稿日期:2013-03;修订日期:2013-06.

基金项目:国家“十二五”科技支撑计划重大项目资助(2012BAJ22B04)。

作者简介:冯长春(1957-),男,教授,主要从事区域发展与城市规划研究。E-mail: fcc@urban.pku.edu.cn

成后有无高铁情形下省际可达性格局。

2 方法与数据

2.1 方法选择

2.1.1 最短旅行时间

若城市间有直达列车,则采取直达列车运行时间;若无,则取用两节点间通过一次中转运行的最短时间(含中转、停留时间)。单位为小时,其值越高,可达性越差。

2.1.2 加权平均旅行时间

城市之间的联系不仅与基础设施水平有关,还与节点的社会经济发展水平和城市规模有关。加权平均旅行时间指标是评价某个节点到各经济中心的时间测度,融合了城市规模和发展水平对可达性的影响。指标得分越低,表示该节点可达性越高,与经济中心的联系愈紧密,反之亦然。具体公式为:

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^n (T_{ij} \times M_j)}{\sum_{j=1}^n M_j} \quad (1)$$

式中: A_i 为节点 i 的可达性值; T_{ij} 为节点 i 至节点 j 的最短旅行时间; M_j 为节点 j 的社会发展水平或城市规模,这里用 GDP 度量。

2.1.3 可达性系数

可达性系数为某一节点可达性指标与网络内所有节点该项指标平均值的比值,反映节点在整个网络中可达性水平的高低,在可达性研究中广泛采用。其值小于 1,表示该节点可达性优于网络平均水平;反之亦然。计算公式为:

$$A'_i = \frac{A_i}{(\sum_{j=1}^n A_j)/n} \quad (2)$$

式中: A'_i 为节点 i 的可达性系数; n 为交通网络中选定的节点个数。

2.2 数据处理

文中所采用的节点最短旅行时间数据来源于商业网站“去哪儿网”(www.qunar.com),查询时间为 2013 年 2 月 27 日。在数据获取过程中遵循以下原则:如果两省会城市间有可以直达的旅客列车班次,则选择所有旅客列车班次中旅行时间最短的非高速列车(Z、T、K 或者 4 位数字,以下简称“传统客运”)为两省会城市间的旅行时间距离;如果两省会城市间没有开通可以直通的旅客列车,网站会自动提供

用时最短的换乘方式,所给出的旅行时间包含中转车站滞留和待车时间;列车在上、下行过程最短旅行时间存在差异,则一律选取较小时间代替。考虑到省会城市往往是省区的经济核心和对外经济联系的门户,以省会城市为省区经济的质心节点,由于受基础数据所限,未纳入香港、澳门和台湾。由此,可获得全国省会城市间基于铁路网络的 31 行×31 列的最短旅行时间距离矩阵及与之对应的旅行里程矩阵。

省会城市之间高铁(本文设定开行高速动车组 G、动车组 D 及城际列车 C 的铁路为高铁;在中国,一般定义设计时速达到 200 km 以上、使用 CRH 和谐号列车者为高铁)距离来自于《国家快速铁路规划图》和《十二五铁路网规划》的“四纵四横”铁路快速客运通道(图 1)。

先将《国家快速铁路规划图》和《十二五铁路网规划图》配准到国家地理信息中心矢量底图(地理坐标 Krasovsky_1940,投影坐标 Lambert Conformal Conic),数字化后建立网络数据集(Network dataset),经 ArcGIS 分析得到任意两个省会间的最短路径。其中,2015 年尚未建成高铁的省会城市与其他城市的连接采取分段法,如乌鲁木齐到北京的高铁距离为乌鲁木齐至兰州的传统铁路距离和兰州至北京的高铁距离之和。

为了与传统客运的最短旅行时间(含中转、停留时间)进行比较,本文对高铁速度取平均:选择京沪、京广、京哈等主要线路上高速动车组(G)、动车组(D)共 70 车次,用总里程(44213 km)和总用时(336 h)计算 G、D 字头车次平均速度为 161.2 km/h。故采用 160 km/h 为高铁速度,将省会间的空间距离转换为与实际运营(含中转、停留时间)更接近的最短时间距离。

3 省际可达性及空间格局分析

3.1 传统客运可达性

以最短旅行时间进行普通克里格空间插值分析发现,总体上中国省际可达性在空间格局上呈中心—外围模式,该模式在空间上沿京广铁路南北向拉伸明显(图 2a),这与所有学者以最短时间距离(不含中转、停留时间)为可达性指标的研究结果一致(王姣娥, 2005; 吴威等, 2009)。整个网络通行时间达到 24107.2 h, 平均最短旅行时间为 777.7 h。可

达性最好的郑州、石家庄、武汉、北京4个城市形成串珠状分布。郑州为网络中可达性最优的节点,与其他所有节点的最短通行时间仅为467.3 h,与任意一个省会的平均通行时间为15.1 h;与其邻近的石家庄(475.9 h)位居其次;武汉以“九省通衢”的区位优势排在第三,与其他所有节点最短通行时间为490.3 h;北京以其首都地位拥有京沪、京广、京九、哈大等辐射状重要线路,与其他30个节点多以T或Z字头列车相连,地理位置虽略偏北,但在客运组织中占据明显优势。拉萨、乌鲁木齐、昆明、海口地处中国边陲,成为可达性最差的边缘区,与其他节点的通达时间都超过1000 h,其中拉萨的最短旅行时间是郑州的3.23倍,乌鲁木齐也达到2.89倍。

以最短旅行时间相对应的旅行里程分析,省际可达性在空间格局上也呈中心—外围模式(图2b),但较之最短旅行时间模式,此空间格局沿京广线南北拉伸不明显。以最短旅行时间分析,郑州依然是可达性最好的省会城市,与其他节点联系的里程为41092 km;武汉居次,为43414 km,显示出郑州在旅行里程方面的明显优势。旅行里程小于4.5万 km的省会城市还有石家庄和合肥。以上4个城市形成了与最短旅行时间相对应的旅行里程可达性优势中心区。西安、太原、北京、南京、济南、南昌、长沙、天津为第二圈层,与其他省会联系里程小于5万 km。旅行里程最大的4个外围节点是拉萨、乌鲁木齐、海口、哈尔滨,旅行里程超过8万 km,其

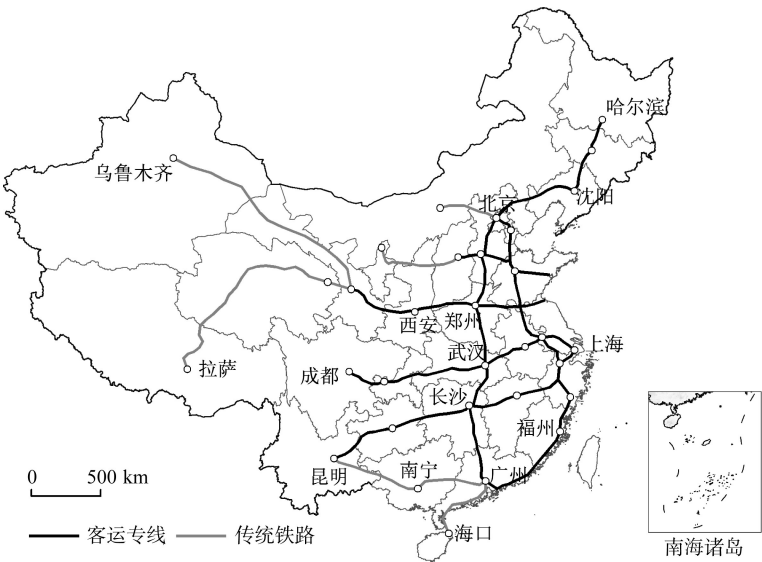


图1 中国“四纵四横”客运专线规划与省会城市间铁路联系

Fig.1 4+4 Passenger Dedicated Lines (PDL) network and inter-provincial capital linkage by railway in China

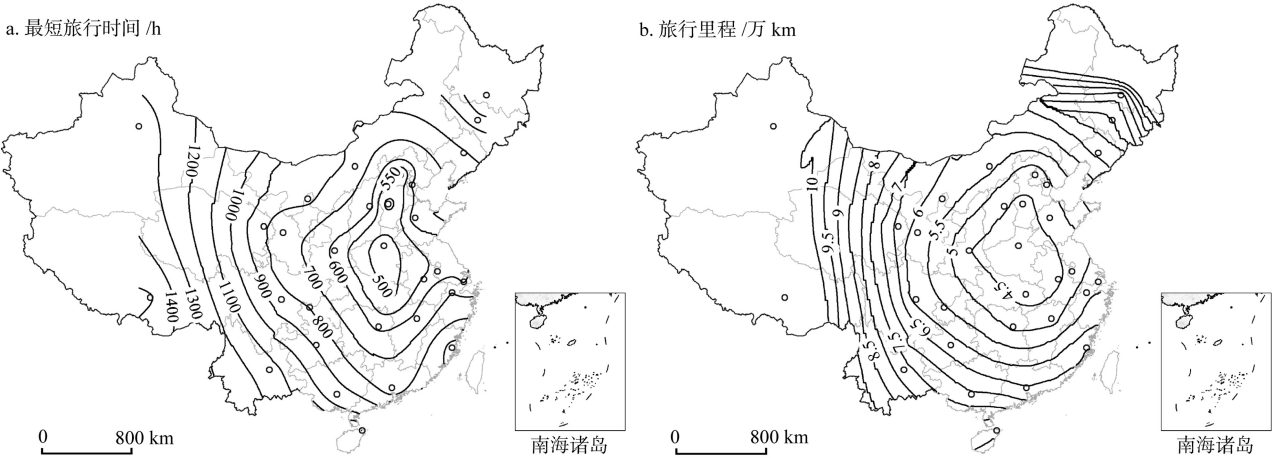


图2 2012年中国传统铁路省际可达性

Fig. 2 Temporal distance (a) and spatial distance (b) of conventional railway network in China in 2012

中拉萨和乌鲁木齐超过 11 万 km, 分别是郑州的 2.93、2.70 倍。这与吴威等(2009)采取最短空间距离得到的研究结果差异不大, 反映出节点区位是最短空间距离指标的主导影响因素。

比较最短旅行时间和对应的旅行里程结果, 可发现客运组织能够对区域可达性的均衡产生影响。典型的例子就是北京, 北京与其他所有节点的通行里程是郑州的 1.13 倍, 但最短通行时间只是郑州的 1.06 倍, 它通过客运组织抵消了一部分空间位置劣势而获得较好的可达性。因此, 高铁运营对省际可达性的可能影响值得进一步研究。

3.2 高铁客运可达性

就旅行里程而言, 高铁客运和传统客运的空间格局并未发生较大改变(图 2b 和图 3b)。而就高铁最短旅行时间而言, 设定“十二五”末期中国快速铁路客运网建设完成后各省会城市间以 160 km/h 的平均速度进行空间联系, 中国省际可达性空间结构依旧为中心—外围结构(图 3a), 但整个网络通行时间达到 11539.3 h, 平均最短旅行时间为 372.23 h, 比传统客运的省际可达性提高了 1 倍以上。

武汉(与其他所有节点的最短旅行时间 241.05 h)超越郑州(241.91 h), 成为旅行时间最短的城市, 这意味着武汉将成为高铁时代的铁路枢纽(Chen, 2012)。这一点在现实中已有所验证, 由于武汉到北京、上海、广州方向都以高铁车次占绝对优势, 2013 年春运后期被媒体称作“武汉时期”。最外围节点为拉萨、乌鲁木齐、哈尔滨、海口, 其中拉萨(695.98 h)、乌鲁木齐(688.14 h)分别为旅行时间最短节点(武汉)的 2.89 倍和 2.85 倍, 相比传统客运, 两

者之间差距缩小。

3.3 高铁可达性效应统计分析

以上根据最短旅行时间分别描述了有无高铁情况下的中国省际可达性, 一定程度上能体现高铁带来的可达性改变, 但需要从数理统计角度进一步详细分析高铁可达性效应。从计算结果看, 中国省际可达性的变化整体表现出如下特点:

(1) 高铁时代省际联系时间收缩效应明显

比较传统客运和高速客运两种情况下省会城市间的通行总里程和平均旅行里程发现, 高铁网络建设并未明显缩短省际联系的空间距离。两种运输网络下所有省会城市的通行总里程分别为 188.4 万 km 和 184.6 万 km, 每个节点的平均旅行里程约为 6 万 km, 基本无改变(表 1)。但从时间效应上分析, 高铁大幅压缩了省际时间距离, 通行总时间和平均最短旅行时间比传统客运提高了 1.1 倍。

(2) 可达性最优区域大幅增加

可达性面积的统计均在 ArcGIS10.1 中完成, 方法为栅格的像素面积×个数。比较传统客运和高铁客运可达性最好的前 6% 区域发现, 以传统铁路可达性最优节点郑州、武汉为中心, 可达性最优区域向外延拓展(表 2); 前 2% 的可达性最优区域面积大幅增加, 总面积达到约 10.8 万 km², 相当于浙江或者江苏省面积, 为传统客运的 2 倍; 可达性最优的前 1% 区域增幅更为突出, 传统客运时为 1.3 万 km², 高铁客运下达 5.7 万 km², 增长 3.26 倍。

3.4 高铁运营后省际可达性空间格局

根据《十二五铁路规划》, 到 2015 年中国快速铁路客运网将覆盖所有省会城市及 90% 的人口 50

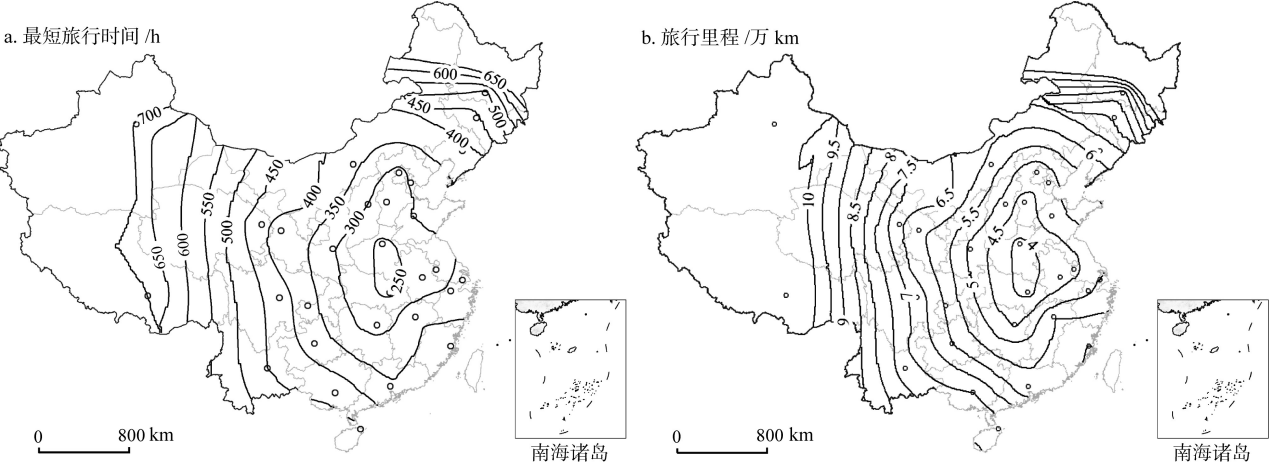


图 3 2015 年中国省际高速铁路可达性

Fig.3 Temporal distance (a) and spatial distance (b) of high-speed railway network in China in 2015

万以上城市。由于可达性与基础设施水平、节点社会经济发展和城市规模水平有关,所以采用加权平均旅行时间来研究高铁运营后省际可达性的空间格局。其中节点社会经济发展水平用全省的GDP来表达,省会城市被认为是所在省份的经济质心。2015年各省份的GDP通过2005-2011年平均增长率外推而得。

(1) 可达性格局与变率

运用公式(1)计算出传统客运和高铁客专两种运输条件下31个省会城市的加权平均最短旅行时间。为了便于两者比较,在ArcGIS中采用四分位法进行分类制图(图4)。在传统客运情况下,京广沿线5省市(北京、河北、河南、湖北、湖南)和安

徽、江苏、上海进入第一梯队,具有较好的可达性。在高铁运营情况下,沿京沪线(山东、江苏、上海)、京广线(河南、湖北、湖南)及安徽等7省市为第一梯队。其余省份依据“距离衰减规律”成为可达性外围区域。两者相较,北京、河北在高铁客运下的优势地位下降,而山东则获得了较好的可达性而地位得到提升。

可达性变化幅度在空间上呈中间凹四周高的“碗形”特点。省际可达性变化幅度因区位而不一。按加权平均旅行时间变化幅度分析省际可达性(表3),有11省(市、区)变化幅度低于全国平均水平,其中江西变化幅度最小,其余按变幅大小依次排列(下同);10省(市、区)变化幅度高于全国平均水平,云南省变幅最大;其余10省(市、区)可达性基本与全国持平。

综上所述,位于客运铁路网络中心附近的节点变化幅度都较小,因为传统客运和高铁客运情形下这些地区与其他省份同样能便捷连接;而昆明、福州、海口等边陲城市与东部和中部省市联系费时费力,高铁的建成大大缩短了旅行时间,可达性变幅最大。如成都与上海之间,现在最快的Z124/Z121

表 1 传统客运与高铁客运可达性参数比较
Tab. 1 Parameters of accessibility by conventional railway and high speed railway network

	传统客运	高铁客运	提升倍数
通行总里程/万 km	188.4	184.6	-
平均旅行里程/万 km	6.1	6.0	-
通行总时间/h	24107.2	11539.3	1.1
平均最短旅行时间/h	777.7	372.2	1.1
最短旅行时间极值比	3.23	2.88	0.1

表 2 传统客运与高铁客运最优可达面积比较
Tab. 2 Areas of best accessibility by conventional railway and high speed railway network

	传统客运/10 ⁴ km ²	高铁客运/10 ⁴ km ²	提升倍数
前 1%	1.3	5.7	3.26
前 2%	5.3	10.8	1.03
前 3%	11.9	15.8	0.33
前 4%	18.5	21.1	0.14
前 5%	26.5	26.9	0.02
前 6%	34.9	33.2	-0.05

表 3 中国省际可达性变化幅度

Tab. 3 Changes of inter-provincial capital accessibility in China

	省会(直辖市)	最短旅行时间比(传统/高铁)
高于平均	昆明、厦门、海口、贵阳、呼和浩特、重庆、南宁、杭州、拉萨	2.2~2.6
全国平均	银川、广州、太原、南京、长春、济南、合肥、乌鲁木齐、哈尔滨、西宁	2.0~2.1
低于平均	沈阳、长沙、天津、兰州、武汉、上海、西安、郑州、北京、石家庄、南昌	1.5~1.9

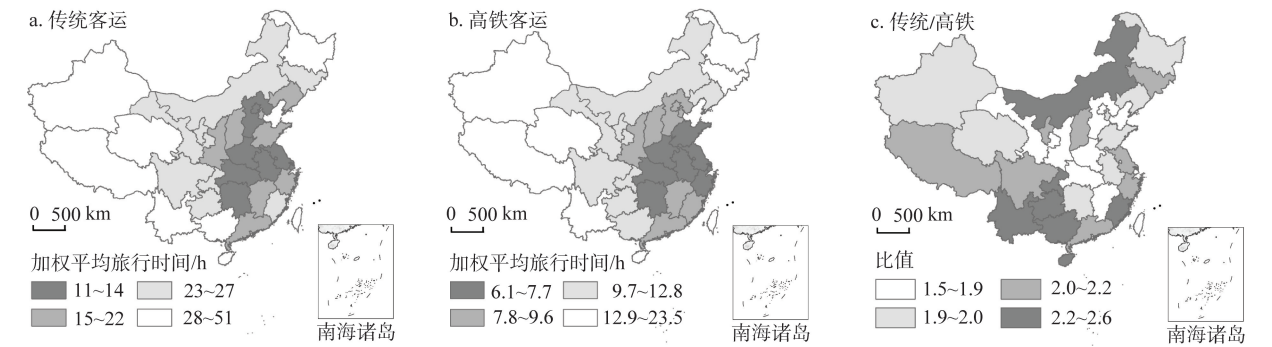


图 4 中国传统客运与高铁客运加权平均旅行时间格局比较

Fig. 4 Comparison of distributions of weighted average time by conventional railway and high speed railway network in China

需要 19 小时 59 分,待沪汉蓉客运专线建成后,成都市民只需 10 个小时即可抵达上海。

(2) 可达性系数

根据公式(2),利用加权平均旅行时间将可达性指标换算成 31 个节点的可达性系数(表 4)。传统客运有 15 个节点可达性系数小于 1,一个省份(辽宁)等于 1,整个网络约一半的节点具有较好的可达性;而在高铁客运下,节点可达性系数小于 1 的省市增加了 1 个,处于全国平均水平的省份为 4 个,两者合计占整个网络的 64.5%,只剩 11 个省份低于全国平均。这说明高铁时代省际旅行时间大幅度压缩,使各地区的铁路交通可达性获得较大的改善。

以标准方差衡量可达性的均衡程度。传统客运条件下 31 个省份的可达性系数标准方差为 0.43,高铁客运时标准方差为 0.39,相较于前者下降了 10.5%,也说明省际铁路客运网络在高铁时代变得更加均衡,多数省份与外界联系变得更为便捷。若去除位居最后的拉萨、乌鲁木齐两座城市,标准方差分别变为 0.31 和 0.24,各省之间的省际交通均衡性提升幅度更为明显;如果基于“城市首位度”思想分析,这说明两座城市与倒数第三位城市之间的可达性系数比值在变大,即两座城市与邻近省份之间的可达性差距将进一步拉大。

4 结论

本文采用商业网站“去哪儿网”提供的省际铁路联系最短旅行时间(含中转、停留)和高铁建成后省际最短旅行时间数据,研究中国 2012 年传统客运(以 Z、T、K 字头列车为代表)和 2015 年高铁时代(以 G、C、D 字头列车为主)的省际可达性及其空间格局。研究发现:

(1) 采用传统客运最短旅行时间(含中转及停留)数据得到的中国省际可达性空间分布呈中心—外围模式,中心地区为郑州、武汉等地;其他省份按“距离衰减规律”排列。除节点区位外,客运组织也是省际可达性的重要决定因素,北京在传统客运时代凭借辐射状的铁路网络获得较高的可达性。

(2) 高铁时代省际可达性空间分布也呈现中心—外围模式,但与传统客运略有不同,中心略往南移,武汉取代郑州成为高铁时代最便捷的城市,其他省份成为可达性外围区域。

(3) 高铁运营带来省际联系时间缩短、可达性最优区域大幅增加等效应。传统客运和高铁客运的铁路网络中每个节点的平均旅行里程约 6 万 km,基本无改变,但后者比前者通行总时间和平均最短

表 4 中国铁路客运网络节点可达性系数
Tab.4 Accessibility coefficient of provincial capitals by passenger railway network in China

传统客运		高铁客运		传统客运		高铁客运	
武汉	0.5	0.6	太原	0.8	0.8	兰州	1.1
合肥	0.6	0.6	西安	0.8	0.9	银川	1.2
南京	0.6	0.6	南昌	0.7	0.9	长春	1.2
郑州	0.5	0.6	福州	1.1	0.9	海口	1.5
长沙	0.6	0.7	广州	0.9	0.9	昆明	1.6
杭州	0.7	0.7	呼和浩特	1.1	1.0	西宁	1.2
济南	0.7	0.7	重庆	1.1	1.0	哈尔滨	1.3
上海	0.6	0.7	贵阳	1.2	1.0	乌鲁木齐	2.0
石家庄	0.6	0.7	沈阳	1.0	1.0	拉萨	2.3
北京	0.6	0.7	成都	1.2	1.1	均值	1.0
天津	0.7	0.8	南宁	1.3	1.2	标准方差	0.43
						0.39	

旅行时间提高 1.1 倍;前 2%可达性最优区域面积达到 10.8 万 km²,约为前者 2 倍,其中前 1%的区域面积增至 5.7 万 km²,增幅达 3.26 倍。

(4) 高铁运营使省际可达性趋于均衡化。外围

地区如云南、福建等省份可达性变化幅度最大。高铁时代可达性系数标准方差小于传统客运,省际铁路客运网络变得均衡,如去除最末位的拉萨和乌鲁木齐,其他省份间的均衡程度更高。

参考文献(References)

- Bai Y P, Chen B W, Wu C Y. 2012. Spatial accessibility of road network in Guanzhong-Tianshui Economic Region. *Progress in Geography*, 31(6): 724-732. [白永平, 陈博文, 吴常艳. 2012. 关中—天水经济区路网空间通达性分析. *地理科学进展*, 31(6): 724-732.]
- Chen C L. 2012. Reshaping Chinese space-economy through high-speed trains: Opportunities and challenges. *Journal of Transport Geography*, 22(5): 312-316.
- Chen J, Lu F, Cheng C X. 2007. Advance in accessibility evaluation approaches and applications. *Progress in Geography*, 26(5): 100-110. [陈洁, 陆锋, 程昌秀. 2007. 可达性度量方法及应用研究进展评述. *地理科学进展*, 26(5): 100-110.]
- Coto-Millán P, Inglada V, Rey B. 2007. Effects of network economies in High-speed Rail: the Spanish case. *Annals of Regional Science*, 41(4): 911-925.
- Gutierrez J. 2001. Location, economic potential and daily accessibility: An analysis of the accessibility impact of the high-speed line Madrid-Barcelona-French border. *Journal of Transport Geography*, 9(4): 229-242.
- Gutierrez J, Gonzalez R, Gomez G. 1996. The European high-speed train network: Predicted effects on accessibility patterns. *Journal of Transport Geography*, 4(4): 227-238.
- Jiang H B, Xu J G, Qi Y. 2010. The influence of Beijing-Shanghai High-speed Railways on land accessibility of regional center cities. *Acta Geographica Sinica*, 65(10): 1287-1298. [蒋海兵, 徐建刚, 祁毅. 2010. 京沪高铁对区域中心城市陆路可达性影响. *地理学报*, 65(10): 1287-1298.]
- Jiang X W, Cao W D, Luo J, et al. 2012. Spatial pattern and evolution of road network accessibility in Anhui Province. *Progress in Geography*, 31(12): 1591-1599. [蒋晓威, 曹卫东, 罗健, 等. 2012. 安徽省公路网络可达性空间格局及其演化. *地理科学进展*, 31(12): 1591-1599.]
- Jin F J, Wang J E. 2004. Railway network expansion and spatial accessibility analysis in China. *Acta Geographica Sinica*, 59(2): 293-302. [金凤君, 王姣娥. 2004. 20世纪中国铁路网扩展及其空间通达性. *地理学报*, 59(2): 293-302.]
- Kim K S. 2000. High-speed rail developments and spatial restructuring: A case study of the Capital region in South Korea. *Cities*, 17(4): 251-262.
- Luo P F, Xu Y L, Zhang N N. 2004. Study on the impacts of regional accessibility of high speed rail: A case study of Nanjing to Shanghai region. *Economic Geography*, 24(3): 407-411. [罗鹏飞, 徐逸伦, 张楠楠. 2004. 高速铁路对区域可达性的影响研究: 以沪宁地区为例. *经济地理*, 24(3): 407-411.]
- Li P H, Lu Y Q. 2005. Review and prospectation of accessibility research. *Progress in Geography*, 24(3): 69-78. [李平华, 陆玉麒. 2005. 可达性研究的回顾与展望. *地理科学进展*, 24(3): 69-78.]
- Li S M, Shum Y M. 2001. Impacts of the National Trunk Highway System on accessibility in China. *Journal of Transport Geography*, 9(1): 39-48.
- Li X J. 2006. *Economic geography*. Beijing, China: Higher Education Press. [李小建. 2006. *经济地理学*. 北京: 高等教育出版社.]
- Meng D Y, Fan K S, Lu Y Q, et al. 2010. Level and spatial pattern of interprovincial accessibility before and after train-speed upgrading. *Progress in Geography*, 29(6): 709-715. [孟德友, 范况生, 陆玉麒, 等. 2010. 铁路客运提速前后省际可达性及空间格局分析. *地理科学进展*, 29(6): 709-715]
- Sasaki K, Ohashi T, Ando A. 1997. High-speed rail transit impact on regional systems: Does the Shinkansen contribute to dispersion? *The Annals of Regional Science*, 31(1): 77-98.
- Wang J E, Jin F J. 2005. Railway network organization and spatial service system optimization in China. *Acta Geographica Sinica*, 60(3): 371-380. [王姣娥, 金凤君. 2005. 中国铁路客运网络组织与空间服务系统优化. *地理学报*, 60(3): 371-380.]
- Wang J X, Lin C H. 2011. High-speed rail and its impacts on the urban spatial dynamics in China: The background and analytical framework. *Urban Planning International*, 26(1): 16-23. [王缉宪, 林辰辉. 2011. 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. *国际城市规划*, 26(1): 16-23.]
- Wei L H, Cong Y G. 2004. The influence of inter-cities express passenger train on spatial structure of metropolitan area: A case of Jing-Jin-Tang. *Economic Geography*, 24(6): 834-837. [魏立华, 丛艳国. 2004. 城际快速列车对大都市区通达性空间格局的影响机制分析: 以京津唐大都市区为例. *经济地理*, 24(6): 834-837.]
- Wu W, Cao Y H, Cao W D. 2006. Spatial structure and evolution of highway accessibility in the Yangtze River Delta. *Acta Geographica Sinica*, 61(10): 1065-1074. [吴威, 曹有挥, 曹卫东. 2006. 长江三角洲公路网络的可达性空间格局及其演化. *地理学报*, 61(10): 1065-1074.]
- Wu W, Cao Y H, Liang S B, et al. 2009. The accessibility pattern of railway passenger transport network in China. *Geographical Research*, 28(5): 1389-1400. [吴威, 曹有

- 挥, 梁双波, 等. 2009. 中国铁路客运网络可达性空间格局. 地理研究, 28(5): 1389-1400.]
- Wu W, Cao Y H, Liang S B. 2010. Temporal and spatial evolution of integrated transport accessibility in the Yangtze River Delta: 1986-2005. *Progress in Geography*, 29(5): 619-626. [吴威, 曹有挥, 梁双波. 2010. 20 世纪 80 年代以来长三角地区综合交通可达性的时空演化. 地理科学进展, 29(5): 619-626.]
- Zhang L, Lu Y Q. 2006. Assessment on regional accessibility based on land transportation network: A case study of the Yangtze River Delta. *Acta Geographica Sinica*, 61(12): 1235-1246. [张莉, 陆玉麒. 2006. 基于陆路交通网的区域可达性评价: 以长江三角洲为例. 地理学报, 61(12): 1235-1246.]

Effects of high speed railway network on the inter-provincial accessibilities in China

FENG Changchun, FENG Xuebing, LIU Sijun

(College of Urban and Environment Sciences, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: National High-Speed Rail Grid (4+4) Passenger Dedicated Lines (PDL) Railway Planning, covering all provincial capital cities and more than 90% cities with populations of more than 500,000, will be up and running in 2015. Accessibility by high speed railway network has become a hot topic in the accessibility research field. In this paper, based on review of the methods used by other researchers, the shortest time distance matrix between provincial capital cities was chosen to analyze inter-provincial accessibility by conventional railway network and by high-speed railway network, and weighted average travel time was used to analyze inter-provincial accessibility and spatial pattern in the high-speed railway time. Results are shown as follows: (1) Inter-provincial accessibility by conventional railway network obtained with shortest time distance (including transfer and short-stay) has a "center-periphery" spatial pattern, with Zhengzhou-Wuhan as the center and other provinces as peripheries. The accessibility decreases from center to peripheries in circular gradients. The dominant factors affecting the accessibility are network pattern, node location and train organization, as Beijing has higher accessibility with radial rail network. (2) Inter-provincial accessibility by high-speed railway network also has a "center-periphery" pattern, while Wuhan is more convenient than Zhengzhou. Passenger Dedicated Lines have shortened inter-provincial travel time and doubled the 2% areas of best accessibility (from $5.3 \times 10^4 \text{ km}^2$ to $10.8 \times 10^4 \text{ km}^2$), showing the effects of high-speed railway network. The average travel distance of each capital city is 60,000 kilometers by both conventional network and high-speed railway network, but the latter only costs half of total travel time as the former, while the area of the best accessibility is 108,000 square kilometers. (3) High-speed railway network will equalize inter-province accessibility, as standard deviation of accessibility coefficient is less than conventional railway network. Remote regions such as Yunnan and Fujian had the biggest improvement in accessibility while the center provinces had little change.

Key words: accessibility; high speed railway; shortest time distance; spatial pattern; China