

王姣娥, 景悦, 杨浩然. 中国高铁-民航竞争网络的空间演化模式及影响因素[J]. 地理科学, 2020, 40(5): 675-684. [Wang Jiao'e, Jing Yue, Yang Haoran. The evolution mode of china's HSR-air competitive network and its driving factors. Scientia Geographica Sinica, 2020, 40(5): 675-684.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2020.05.001

中国高铁-民航竞争网络的空间演化模式 及影响因素

王姣娥^{1,2}, 景悦³, 杨浩然^{4,5}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所/中国科学院区域可持续发展分析与模拟重点实验室, 北京 100101; 2. 中国科学院大学资源与环境学院, 北京 100049; 3. 成都市规划设计研究院, 四川 成都 610041; 4. 华东师范大学中国现代城市研究中心, 上海 200062; 5. 华东师范大学城市与区域科学学院, 上海 200241)

摘要: 随着中国高速铁路与民用航空的快速发展, 两者运营网络的空间竞争范围越来越大。从个人出行视角出发, 同时拥有高铁与民航直达列车/航班的城市对为出行提供了选择机会, 定义为高铁-民航竞争网络。以2007-2015年高铁-民航竞争网络的所有城市对为切入点, 尝试刻画其演化过程与模式、网络结构与距离分布规律, 并最终总结网络演化的影响因素。研究结论为: ① 中国高铁-民航竞争网络在空间上呈现出由东向西、由北向南的扩张趋势, 规模不断扩大。② 高铁-民航竞争网络具有向北京、上海等少数城市集聚的特征。③ 高铁-民航竞争网络城市对的距离范围主要分布在800~1 500 km, 但运营的列车/航班频率竞争关系的临界值为1 000~1 100 km。④ 高铁-民航竞争网络在空间上遵循核心-核心、核心-边缘自上至下的拓展规律, 并主要受城市规模、行政职能等级以及地理空间约束等因素的影响。

关键词: 高速铁路; 民用航空; 地理; 竞争; 城际出行

中图分类号: K902 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2020)05-0675-10

2008年京津城际的开通标志着中国高速铁路进入快速发展阶段。截至到2018年底, 中国高速铁路总里程达2.9万 km, 占全国铁路总里程约22%, 在中国综合交通运输体系中占据重要地位^[1]。与此同时, 近10 a来中国航空运输业也处于快速增长态势, 每年通航城市、航线数量持续增加, 平均客流增速维持在10%以上^[1]。2016年, 中国高铁与民航旅客运量分别占全国客运总量的6%和2%, 旅客周转量分别占13%和23%^[1]。由于高铁与民航运输服务均主要面向中等收入以上旅客群体, 因此其空间服务范围不可避免地存在竞争性, 已有研究也表明高铁进入城际客运市场后将对航空运输业产生影响^[2]。

关于高铁对民航运输的影响研究已经引起了管理学、经济学及地理学等多个学科领域的广泛关注。国际上的研究主要集中在以下几个方面:

1) 针对典型线路从旅客运输方式选择视角考察高铁与民航的客流分担体系^[3-7]。2) 考察高铁开通对航空客流规模、航班计划、航线网络设计和票价制定的影响^[8-13], 并从长时间序列视角研究高速铁路开通对不同航段航空客流量增长的影响^[14,15]。3) 测度高速铁路与民航竞争引发的社会、环境效应等^[16,17]。国内的相关研究则主要围绕在客运量分担体系模拟、竞争距离临界值识别、运输方式优势比较、企业竞争策略制定等方面^[18-22], 研究对象集中在京沪、京广、郑西等典型线路, 基于大线路样本的规律总结与模式抽象相对缺乏。此外, 从空间视角的研究多数局限于对“运输距离”临界值的界定, 而忽略了2种运输网络服务的真实社会经济空间演化及其拓展规律。4) 研究高铁对城市网络结构的影响。王姣娥、焦敬娟、杨浩然等学者从整体网络视角出发, 研究了高铁对城市网络结

收稿日期: 2019-09-12; **修订日期:** 2019-11-25

基金项目: 国家自然科学基金项目(41722103)、上海市浦江人才计划(2019PJC034)资助。[Foundation: National Natural Science Foundation of China (41722103), Shanghai Pujiang Program (2019PJC034).]

作者简介: 王姣娥(1981-), 女, 湖南涟源人, 博士, 研究员, 主要从事交通地理与城市交通研究。E-mail: wangje@igsnrr.ac.cn

构、城市空间相互作用的影响,及基于高铁与航空网络的城市结构进行比较研究^[23-26]。5)从拥有高铁站点和机场的城市出发,测度高铁与航空运输的潜在竞争市场。王姣娥等从站点腹地视角出发,从全国尺度识别了同时具备高铁与民航服务的城市^[27],弥补了宏观地理格局研究的空白。但是,国内在这方面的研究主要侧重于高铁与航空两种运输方式在“点状”城市的竞合关系,而未从个人出行视角讨论高铁与航空运营网络在城市对之间布局的重叠关系及其演化。事实上,从个人城际出行选择视角出发,同时存在可供选择的高铁列车与民航航班直达运输服务的城市对是研究两种运输方式交互关系的基础。鉴于此,从交通运输供给视角出发,本文着重关注高铁与民航运营相重叠的潜在竞争网络,也即从个人出行行为选择分析可能发生竞争的城市对集合,并以其构建的高铁-民航竞争网络为研究对象,从网络组织视角识别其空间格局及演化规律,并总结发展模式,以期对高铁和民航运营网络的合理构建提供参考。

1 概念界定与数据来源

1.1 概念界定

高铁-民航竞争网络指从供给视角,高铁与民航运营网络在空间上形成的重叠城市及其直达城市对的集合。即假设城市 i 和城市 j 既拥有高铁站点又拥有机场,且两者之间同时存在直达的航班运营和高铁列车,则以 i 和 j 为节点, i 和 j 间的联系为边构成的网络,称之为高铁-民航竞争网络。竞争网络由城市节点和线段(城市对)组成,也是构成高铁-民航竞争的集合网络。本文的研究时段为2007-2015年,包含C、D和G字头列车。

1.2 数据来源

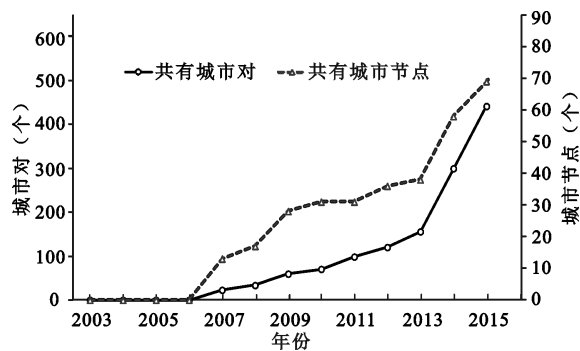
研究采用的数据包括2个部分:1)交通数据。包括基于时刻表的航空与高铁运营网络。其中,航空数据采用了来源于OAG的航班计划数据(<https://www.oag.com/airline-schedules-data>),数据包括航班起降机场、频率、起降时间、飞行时间等信息。高速数据采用的是来源于极品时刻表的铁路列车时刻表数据(<http://www.jpskb.com/>)。时刻表中记录了各趟C、D、G车次的出发/到达站点、出发/到达时间、票价等信息。为保证高铁与航空网络的可比性,研究尺度统一至地级市单元,将隶属

于同一地级市的多个机场和高铁站分别合并,由此获得2007-2015年城市对间的航空、高铁运营数据。2)社会经济统计数据。研究中采用的地级市尺度GDP与常住人口指标均来源于2008-2015年《中国城市统计年鉴》^[1]以及各城市的国民经济和社会发展统计公报。由于数据获取原因,本研究数据未包括港澳台数据。

2 高铁-民航竞争网络演化过程与拓展模式

2.1 网络规模

自秦沈客运专线运营以来,中国高铁-民航网络的发展经历了3个阶段:①无竞争阶段(2003-2006年)。由于该阶段仅秦沈客运专线运营,但秦皇岛-沈阳之间并未开通航线,因此高铁-民航两者之间不存在竞争;②局部竞争阶段(2007-2013年)。在中国铁路第六次提速的背景下,开始出现竞争线段,并缓慢扩展。2007年,中国高铁-民航竞争网络共有13个城市节点、21个线段。随着武广、石太、杭深等高铁的陆续开通,2013年高铁与民航竞争网络包含的城市节点数目增至38个,线段增至144对,年平均增速分别约为19.6%与37.8%。③全面竞争阶段(2013年以来)。随着杭长、贵广、南广、兰新等高铁干线相继开通运营,高铁-民航竞争网络迅速扩大。其中,竞争市数量年均增速达34.7%,竞争线段数量平均增速达68.3%。截至2015年,高铁-民航竞争网络共覆盖69个城市节点,408个线段(图1)。其中,城市节点数量占民航通航城市总量的33.8%,占存在高铁站点城市总量的43.4%。



未包括港澳台数据

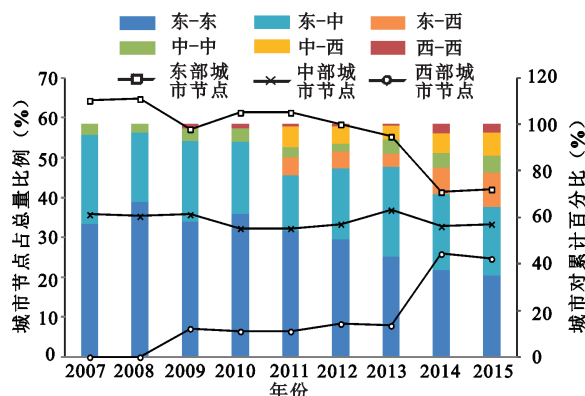
图1 中国高铁-民航竞争网络规模增长趋势

Fig.1 Growth of the China's HSR-air competitive network

2.2 演化过程与格局

高铁-民航竞争网络的空间拓展过程经历了从东至西、由北向南的过程,网络的空间演化过程受两种运输方式建设时序的共同影响,且航空网络在扩张的同时由于部分航线停运也存在收缩现象;最终形成的竞争网络仍主要集中在东中部地区,也是两种运输方式主要的竞争市场,这主要受到自然环境本底环境、社会经济以及外在的政策导向等多种因素的影响。

从三大地带分析(图2),早期高铁与民航网络相竞争的城市分布在东中部地区,而竞争线段则主要分布在东部地区内部以及东-中部之间的联系通道;之后竞争城市在三大地带间分布的不均衡程度有所下降,且东-西、中-西地区间的跨区域竞争城市对数量占比显著提升。具体而言,2007-2008年,高铁与民航竞争网络的城市对主要分布在东部地区内部、以及东部-中部地区,其中东部地区城市占到了总量的64%。2009-2013年,竞争网络出现向西扩张趋势。2011年,东部-西部、中部-西部城市对数量增至15对,占竞争网络总量的16.3%。2014-2015年,随着高铁与民航支线机场相继向西部地区扩张,高铁与民航运输市场的竞争范围迅速扩大,东中西分布差异开始缩小。其中,竞争网络中西部地区城市占比上升至25%。东部-西部、中部-西部间的城市对占比分别提高到15%和10%。但整体上,高铁-民航竞争网络在空间上仍呈现东中西递减的分布格局,与中国的人口、经济的空间分布相吻合。



未包括港澳台数据

图2 2007-2015年中国高铁-民航竞争网络的城市与城市对的地带性分布特征及变化

Fig.2 Spatial distribution of cities and city pairs with HSR and air service across 3 regions in 2007-2015

从省市分析(图3),2007-2008年,高铁-民航竞争网络主要以北京、上海为核心向外分布。其中,以北京或上海为起讫点的城市对占比达到30%以上,在空间上主要沿京哈、京沪、沪昆等线路分布。2009-2013年,随着武广、京九、沪昆、东南沿海客专等干线的开通运营,高铁-民航竞争网络进一步向南延伸,并主要围绕成都、重庆两大西部枢纽城市与北京、上海、合肥、南京、武汉、郑州、石家庄等东中部省会城市间的跨区联系通道展开竞争。2014年以来,高铁-民航竞争网络覆盖了兰新干线沿线的乌鲁木齐-兰州、乌鲁木齐-哈密、兰州-嘉峪关等城市对,在西部地区形成了相对独立、自成体系的地域性竞争网络。另一方面,跨区域的远距离城市对数量也明显增加。截至2015年(图4),高铁-民航竞争网络覆盖了除内蒙古、西藏、云南以外的26个省市,其中,东部的浙江、福建、山东、江苏、河北、辽宁等省份的城市数量达到了总量的50%左右。竞争城市对主要分布在江苏-福建(10对)、浙江-福建(9对)、江苏-辽宁(8对)、福建-山东(8对)、广东-浙江(7对)等东部沿海省份之间。跨区域联系的城市对则主要分布于重庆、成都、西安、贵阳、南宁等西部区域中心城市与东部地区发达城市之间。

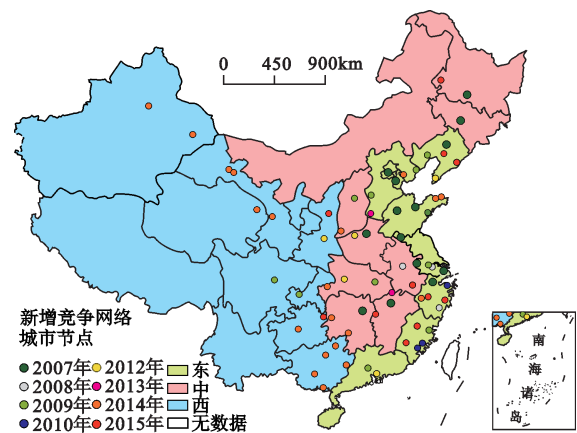


图3 2007-2015年高铁-民航竞争网络的城市空间分布格局及演化

Fig.3 The spatial evolution of city nodes with possible HSR-air competition in 2007-2015

2.3 空间拓展模式

高铁-民航竞争网络发展过程遵循从“核心-核心”到“核心-边缘”的空间拓展模式(图5),并在行政等级结构上具有“从上至下”的特征。随着高

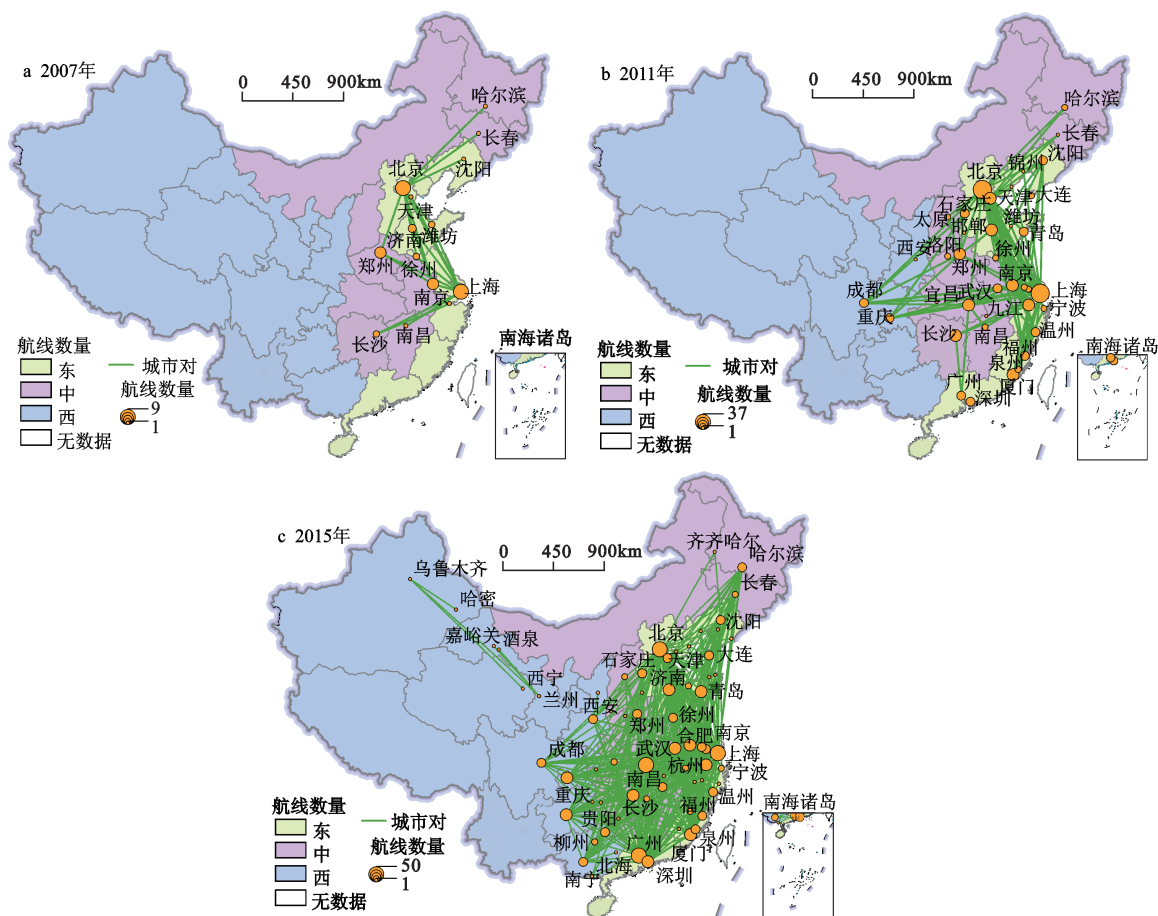


图4 2007–2015年高铁-民航竞争网络空间格局演化

Fig.4 The evolution of spatial pattern of HSR-air competitive network in 2007-2015

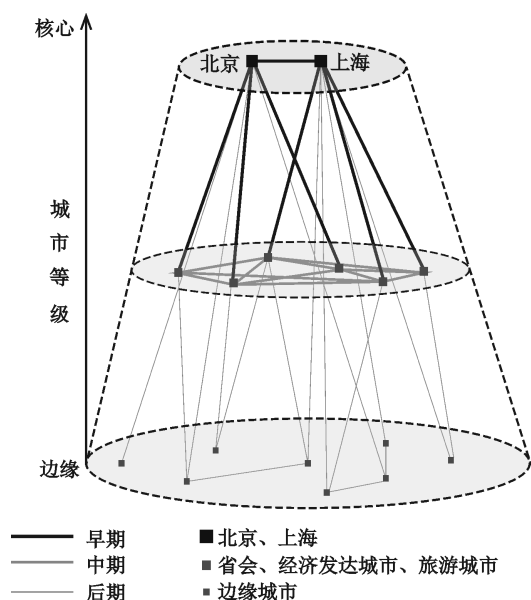


图5 高铁-民航竞争网络空间拓展模式

Fig.5 The expansion mode of HSR-air competitive network

铁、民航网络的发展,两者潜在的竞争范围逐步从经济发达、人口密集、旅游职能突出的“核心”城市拓展至人口规模较小、经济发展水平相对落后的“边缘”城镇,但总体上人口、经济、旅游资源丰裕的“核心”城市对仍是2种运输方式的重点潜在竞争市场。早期,高铁-民航竞争网络依托于北京、上海两大全国中心城市向东、中部省会城市拓展,2种运输方式优先争夺经济发达、人口稠密地区的客源市场。其中,2007–2008年,以北京、上海为起讫点的城市对占到了新增总量的近80%,表现出以京沪双核为主导的集聚型扩张模式。而后,随着竞争网络的不断拓展,高铁-民航的竞争市场延伸至各省省会城市,培育出区域尺度的次级竞争中心,并进一步覆盖经济相对发达的区域副中心及旅游职能突出的城市。中后期,高铁、民航竞争态势激烈程度加剧,随着全国中心与区域次级中心城市之间的竞争通道逐渐构筑完成,竞争网络

以既有中心城市为起讫点向“边缘”城镇进一步扩张,并拓展至发展水平相对落后的城市,表现出以北京、上海为全国性中心,以省会城市为区域中心的“多中心”竞争模式。事实上,高铁-民航竞争网络的空间拓展模式与两种交通网络的空间拓展过程具有相似性,但也存在着一定的区别。铁路网络受地理距离与行政管理因素影响明显,扩张过程表现出一定的邻近性与区域性^[28]。高铁网络虽然延伸了传统运输铁路的适宜运距范围,并向社会经济联系较强的大中城市扩张,但仍不能完全突破距离与行政管理体制的制约^[29]。相比之下,航空运输优先服务社会经济联系强的城市,且受地理空间制约小,因此映射的是较高层次城市之间的直接联系,并跨越空间形成了“全国性”的扩张网络^[29,30]。

3 高铁-民航竞争网络结构特征与距离分布规律

3.1 等级结构

采用 Zif 位序-规模法则($\ln P_r=a-q\ln r$)^①^[30]对 2007-2015 年竞争网络的集聚水平进行分析,发现 q 值先减小后增大,这表明高铁-民航竞争网络的集聚程度呈现先下降后上升的趋势(表 1)。2007-2008 年, q 值大于 1,位序规模曲线符合帕累托分布模式,集聚水平较强,并主要集中在北京、上海两大城市;2009-2013 年, $0.8<q<1$,表明随着高铁-民航竞争网络空间覆盖范围扩大,高铁与民航两种运输方式在北京、上海以外城市的潜在竞争态

势也逐渐加强,使得北京、上海城市的集聚水平相对弱化,不同层级城市的潜在竞争态势差异缩小。2014-2015 年, q 值再次回升到 1 以上,表明新增竞争城市对主要集中在高位序城市与新增竞争城市节点之间,使得高位序城市集聚能力再次提高。

为刻画城市在竞争网络中的等级地位,统计以各城市为起讫点的竞争城市对总量,并将其作为反映潜在竞争强度的指标。研究发现,第一层级城市一直由北京、上海占据。截止至 2015 年,以北京为起讫点的 50 对城市对同时存在高铁与民航直达服务,上海次之(45),并与其他城市拉开了较大差距。第二层级的城市构成因发展阶段而异。2007-2012 年,南京成为次仅次于北京、上海的第三大高铁民航潜在竞争市场。而后伴随京广高铁全线开通,武汉取代南京成为第三大潜在竞争城市。广州与深圳于 2014 年开始成为高铁与民航在南方地区的竞争热点。此外,厦门、桂林等旅游型城市也成为了两种运输方式博弈的热点。2015 年,以北京、上海、广州、武汉、深圳这五大中心城市为起讫点的城市联系共计 183 对,占城市对总量的 44.9%。五大城市拥有差异化的市场腹地范围。其中,北京、上海为全国性的中心城市,市场腹地基本覆盖整个竞争网络。广州、深圳为华南地区的中心节点,武汉为中部地区的中心节点,3 座城市在部分运输通道依赖于航空或高铁中的单一运输方式。总体而言,广州、深圳与东北地区的运输通道仍以航空主导,武汉与安徽、湖南、江西等中部省份则以高铁联系为主。

表1 高铁-民航竞争城市节点位序-规模分布统计特征

Table 1 Rank-size distribution regression analysis of HSR-air competitive cities

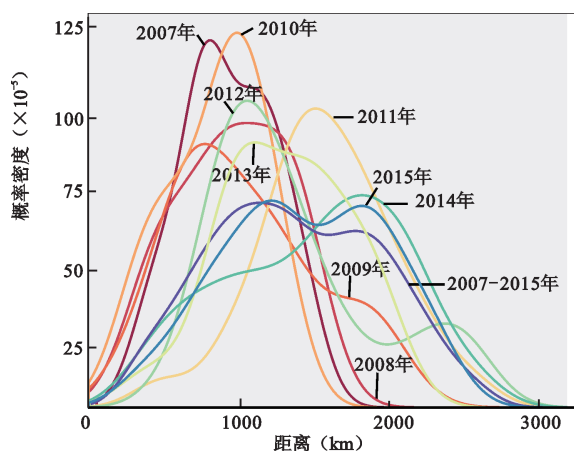
	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年
q	1.014	1.145	0.955	0.918	0.847	0.868	0.915	1.117	1.084
a	2.36	3.004	3.205	3.307	3.529	3.736	4.117	5.149	5.452
R^2	0.953	0.938	0.957	0.929	0.867	0.866	0.783	0.723	0.745
前五位城市	北京(9)、上海(9)、南京(4)、郑州(4)、济南(3)	北京(12)、上海(11)、南京(6)、青岛(5)、天津(3)	上海(17)、北京(15)、南京(7)、沈阳(7)、济南(6)、天津(6)、郑州(6)	上海(19)、北京(15)、南京(8)、沈阳(7)、武汉(6)、济南(6)、天津(6)、郑州(6)	上海(21)、北京(20)、南京(11)、济南(7)、天津(7)、重庆(7)	上海(24)、北京(22)、上海(24)、南京(13)、武汉(17)、(26)、广州(7)、天津(10)、南京(14)、(24)、南京(13)	北京(27)、北京(37)、上海(36)、武汉(36)、广州(31)、深圳(23)	北京(37)、上海(45)、武汉(45)、广州(30)	北京(50)、上海(45)、武汉(30)

注: a 为常数; q 为 Zif 指数;括号内数字为以该城市为起讫点的竞争城市对总量;未包括港澳台数据。

① 式中: r 表示城市位序; P_r 表示考虑城市节点总流量的联系强度; a 为常数; q 为 Zif 指数,反映节点流量和规模的结果变化。当 $q=1$ 时为位序-规模分布;当 $q>1$ 时节点的规模等级差异较大,为首位分布;当 $q<1$ 时节点大规模等级呈现出对数正态分布。

3.2 距离分布规律

城市对间距离分布规律。初期高铁-民航竞争城市对主要集中在中短距离,中后期逐渐扩展到中长距离。以 100 km 为分析单元,2015 年 61.8% 的竞争城市对间的距离分布于 800~1 800 km 中长距离范围内。进一步分析历年新增竞争城市对间的距离可知(图 6),2007~2015 年距离曲线峰值向右移动且曲线走势趋于平缓,表明高铁-民航竞争网络城市对间的距离由中等向中长拓展。具体而言,2011 年以前新增城市对间距离集中在 800~1 000 km;之后,随着北京-重庆、北京-成都高铁的开通,高铁-民航竞争网络西拓,新增城市对间平均距离增至 1 200~1 500 km。

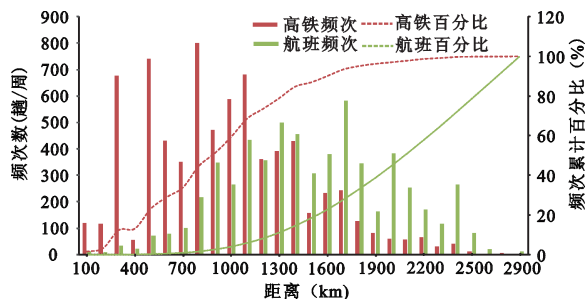


未包括港澳台数据

图 6 2007~2015 年高铁-民航竞争城市对间距离概率密度分布规律

Fig. 6 The probability density curves of distance between city pairs with HSR and air service in 2007-2015

基于运营频率的运输距离分布规律。高铁-民航城市对间距离分布规律是一种客观的物理距离区间,而基于反映运力配置的运营频次分析,能更有效地从服务水平角度刻画高铁与民航在不同距离上的运力配置与竞争关系。图 7 表示 2015 年高铁与民航在不同距离上的运营频次配置情况。分析发现,700 km 以内,高铁列车频次是航班频次的 3~10 倍,高铁占据绝对主导地位;800~1 000 km,高铁列车频次仍显著高于航班频次,高铁运输优势突出;1 000~1 300 km 高铁-民航频次关系接近或航班频次略高于高铁列车,但考虑到平均载客量的差异,高铁与航空的总运力仍处于较为接近的区间



未包括港澳台数据

图 7 竞争网络中高铁列车与航班频次的距离分布规律

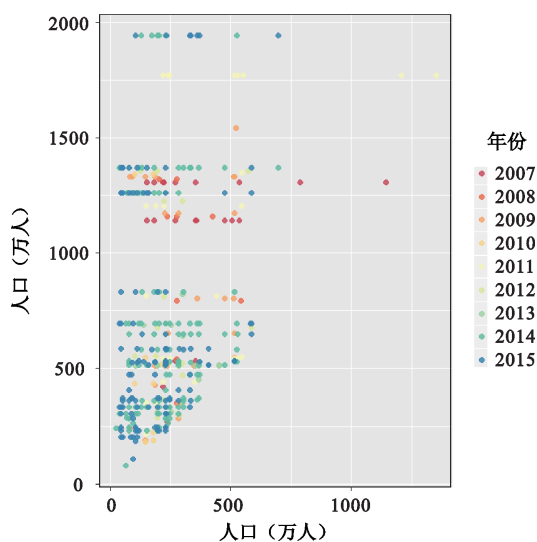
Fig. 7 The frequency of high-speed trains and flights by distance between city pairs with HSR and air service

段。1 400 km 以上,城市对间的航班频次平均是高铁列车频次的 3 倍多,航空运输占据主导地位。

4 高铁-民航竞争网络空间演化的影响因素

4.1 城市规模

客源市场是影响高铁与机场布局的重要因素。客运需求是地区间社会经济联系强度的一种表征,由于人口密集、经济发达的地区间“吸引力”较强,人员往来互动频繁,因此成为高铁与民航优先争夺的运输市场。分别以 2007~2015 年每年新增竞争城市对两端节点的市辖区常住人口为横坐标、纵坐标绘制散点图(图 8)。研究发现,在人口



未包括港澳台数据

图 8 2007~2015 年新增竞争城市对市辖区人口规模
Fig. 8 The population size of annual newly added city pairs with HSR and air service, 2007-2015

规模维度上,高铁-民航竞争网络早期优先覆盖常住人口1 000 万以上的超大城市为起讫点的城市对,然后再逐步扩张到其他城市,最终形成的格局仍以100 万人口以上的城市为主要的竞争市场。截至2015 年,从竞争城市对数量分析,超大城市-大城市以及大城市-大城市对占总量比例超过50%;同时,近85%以上的竞争城市对连接的城市起讫点两端人口规模均在100 万以上(表2)。

4.2 行政职能等级

除人口规模外,高铁-民航竞争网络的扩张路

径与城市职能等级也高度相关,遵循从“直辖市-省会城市、计划单列市-地级市”的拓展规律(图9)。其中,北京、上海是全国最大的经济中心与综合交通枢纽,是高铁与民航运力投入最大的城市,也是两者客源竞争最为激烈的城市之一。在区域层面,省会城市作为省级行政中心由于各种资源要素的集聚,也成为全省经济、人口的主要承载区,如广州、武汉、南京等。一方面,由于经济往来密切,这些中心城市之间为高铁与民航运输提供了充足的客源市场。另一方面,由于行政功能、经

表2 2015年高铁-民航竞争网络城市对两端城市属性类型统计结果

Table 2 Number of different groups of city pairs classified by attributes of city nodes in 2015

城市规模				城市职能			
类型	数量	比例(%)		类型	数量	比例(%)	
超大城市-超大城市	3	0.74		(京、沪-省会城市)	36	8.82	
超大城市-特大城市	23	5.64		(京、沪-计划单列市)	9	2.21	
超大城市-大城市	73	17.89		(京、沪-地级市)	45	11.03	
超大城市-中等城市	11	2.70		直辖市-直辖市	4	0.98	
超大城市-中小城市	4	0.98		直辖市-省会城市	57	13.97	
特大城市-特大城市	24	5.88		直辖市-地级市	56	13.73	
特大城市-中等城市	8	1.96		直辖市-计划单列市	17	4.17	
特大城市-中小城市	4	0.98		省会城市-省会城市	99	24.26	
大城市-特大城市	119	29.17		省会城市-地级市	91	22.30	
大城市-大城市	102	25.00		地级市-地级市	6	1.47	
大城市-中等城市	25	6.13		计划单列市-省会城市	43	10.54	
大城市-中小城市	10	2.45		计划单列市-计划单列市	4	0.98	
中等城市-中等城市	1	0.25		计划单列市-地级市	31	7.60	

注:市辖区常住人口1000 万以上称为超大城市;500 万~1000 万为特大城市;100 万~500 万人为大城市;50 万~100 万为中等城市;50 万人以下为中小城市^[31];未包括港澳台数据。

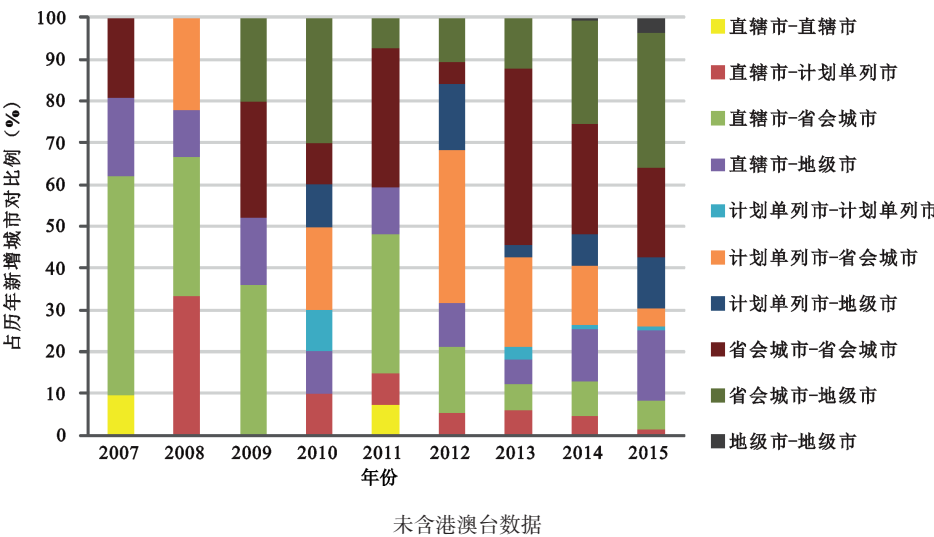


图9 2007-2015年新增竞争城市对的行政等级结构分布

Fig.9 Administrative function of newly added city pairs in the HSR and air competitive network, 2007-2015

济功能及科研能力的集聚,这些城市之间的旅客公务出行和商务出行需求较大。这类旅客对时效性和舒适性具有较高的要求,也是航空与高铁运输竞争的主要目标群体。截至2015年,以北京、上海为起讫点的城市对共计94对,约占总量的22.8%(表2);省会城市-省会城市、省会城市-其他城市类型的城市对数量合计254对,约占总量的62.3%。从历年新加入竞争网络的城市分析,其最先建立运输联系的城市主要集中于北京、上海、所在或邻近省份的省会城市(图10),由此导致高铁-民航竞争网络呈现出以京、沪作为全国中心为主导的“集聚扩张”模式,同时也表现出围绕区域中心的“邻近性”扩张特征。

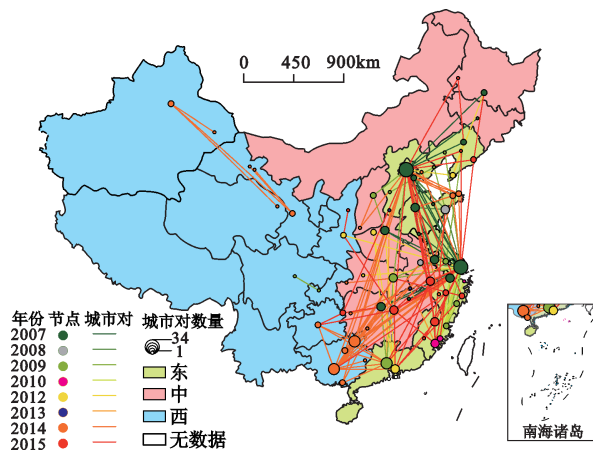


图10 各城市节点首次进入竞争网络的时间及其竞争城市对分布

Fig.10 Connection preference of annual newly added city nodes

4.3 地理空间约束

高铁-民航竞争网络表征为适应2种运输网络的技术经济与空间布局特征,反映了2种运输网络在空间上的潜在竞争范围。其中,航空网络由于具有超平面、跨空间的特点,因此其航线和客运分布不符合距离衰减规律,而是表现为偏正态分布。即200~1 100 km范围以内客流量随距离递增,之后客流才呈现波动式的距离衰减规律^[29,30]。由于高铁运输必须依托于地面设施,因此对距离的敏感性较高,200 km以外就表现为明显的距离衰减规律^[29]。因此,在中短距离内,高铁的技术经济优势起着主导性的作用,民航的技术经济范围表现为适应性特征,但两者的竞争最终表现为随着距离的增加呈加强的趋势;而在1 000 km以上

的远距离,高铁的技术经济优势逐渐减弱,民航的技术经济优势开始凸显,民航运输逐渐表现为主导趋势。

5 结论与讨论

2007年以来,高铁与民航的快速发展对中国城际客运市场的分配产生了重要影响。本文基于2007-2015年的高铁与民航运营时刻表数据,对历年同时存在高铁与航空运输服务的城市对样本数据进行研究,构建高铁-民航竞争网络并分析其时空格局、距离分布规律,旨在从网络组织视角揭示高铁与民航空间潜在竞争关系的拓展模式与影响因素。并发现以下结论:1) 2007年以来,中国高铁、民航在空间上的竞争态势趋于激烈。两种运输网络竞争部分覆盖的市场范围不断增大,并经历了由东向西、由北至南的空间拓展过程。目前,两者主要的竞争区域仍集中在东部沿海地区,呈现由东向西递减格局,与中国社会经济发展水平相耦合。2) 由于高铁与民航的技术经济特征存在差异,其竞争强度与博弈结果在不同距离范围内表现各异,高铁在1 000 km的距离区间内占据主导地位,而航空运输则在1 500 km以上的距离区间处于优势地位。3) 高铁与民航竞争网络遵循从“核心-核心”“核心-边缘”的从上至下的等级扩张规律,并由京沪双核主导的集聚型扩张模式转变为以全国、区域不同层级中心为主导的“多中心”扩张模式。高铁与民航在空间上的竞争本质上是对客源的竞争,因而人口、经济、旅游资源丰裕或行政职能较高的城市成为了2种运输方式优先“抢占”的市场,竞争网络的空间扩张秩序最终体现为城市规模、城市职能及地理空间制约叠加效应的结果。

随着高铁网络的不断扩张,可以预见未来高铁与民航的潜在竞争市场将继续向“边缘”城镇拓展,但核心城市及城市群地区仍是高铁与民航市场竞争最为激烈的区域。因此,高铁与民航在主要的竞争市场如何优化配置各自的运力,形成合理的空间分布格局,达到有序的竞合状态仍值得探讨。

参考文献(References):

- [1] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社, 2009-2019. [National Bureau of Statistics of the People's Republic

- of China. China statistical yearbook. Beijing: China Statistics Press, 2009-2019.]
- [2] 陈军. 民航应对高铁竞争之国际经验[J]. 中国民用航空, 2010(9):20-21. [Chen Jun. International practice of civil aviation competing against high-speed train. China Civil Aviation, 2010(9):20-21.]
- [3] González-Savignat M. Competition in air transport: The case of the high-speed train[J]. Journal of Transport Economics & Policy, 2004, 38(1):77-108.
- [4] Park Y, Ha H K. Analysis of the impact of high-speed railroad service on air transport demand[J]. Transportation Research Part E Logistics & Transportation Review, 2006, 42(2):95-104.
- [5] Behrens C, Pels E. Intermodal competition in the London-Paris passenger market: High-speed rail and air transport[J]. Journal of Urban Economics, 2009, 71(3):278-288.
- [6] Mancuso P. An analysis of the competition that impinges on the Milan-Rome intercity passenger transport link[J]. Transport Policy, 2014, 32(1):42-52.
- [7] Terpstra I, Lijesen M G. The impact of high-speed rail on airport competition[J]. Tijdschrift Voor Economische En Sociale Geografie, 2014, 106(3):263-275.
- [8] Givoni M. The development and impact of the modern high-speed train[J]. Transport Reviews, 2006, 26(5):593-612.
- [9] Adler N, Pels E, Nash C. High-speed rail and air transport competition: Game engineering as tool for cost-benefit analysis[J]. Transportation Research Part B Methodological, 2008, 44(7):812-833.
- [10] Dobruszkes F, Dehon C, Givoni M. Does European high-speed rail affect the current level of air services? An EU-wide analysis [J]. Transportation Research Part A Policy & Practice, 2013, 69(69):461-475.
- [11] Dobruszkes F. High-speed rail and air transport competition in Western Europe: A supply-oriented perspective[J]. Transport Policy, 2011, 18(6):870-879.
- [12] Givoni M, Dobruszkes F. A review of ex-post evidence for mode substitution and induced demand following the introduction of high-speed rail[J]. Transport Reviews, 2013, 33(6):720-742.
- [13] Jiang C, Zhang A. Airline network choice and market coverage under high-speed rail competition[J]. Transportation Research Part A Policy & Practice, 2016, 92:248-260.
- [14] Yang H, Burghouwt G, Wang J et al. The implications of high-speed railways on air passenger flows in China[J]. Applied Geography, 2018, 97:1-9.
- [15] 王姣娥, 景悦, 杨浩然. 高速铁路对国内民航旅客运输的替代效应测度[J]. 自然资源学报, 2019, 34(9): 1933-1944. [Wang Jiaoe, Jing Yue, Yang Haoran. Impacts of high-speed rail on China's domestic air transportation. Journal of Natural Resources, 2019, 34(9): 1933-1944.]
- [16] Yang H, Zhang A. Effects of high-speed rail and air transport competition on prices, profits and welfare[J]. Transportation Research Part B Methodological, 2012, 46(10):1322-1333.
- [17] D'Alfonso T, Jiang C, Bracaglia V. Would competition between air transport and high-speed rail benefit environment and social welfare?[J]. Transportation Research Part B Methodological, 2015, 74:118-137.
- [18] 丁金学, 金凤君, 王姣娥, 等. 高铁与民航的竞争博弈及其空间效应——以京沪高铁为例[J]. 经济地理, 2013, 33(5):104-110. [Ding Jinxue, Jin Fengjun, Wang Jiao'e et al. Competition game of high-speed rail and civil aviation and its spatial effect—A case study of Beijing-Shanghai high-speed rail. Economic Geography, 2013, 33(5):104-110.]
- [19] 彭峥, 胡华清. 高速铁路对航空运输市场的影响分析[J]. 综合运输, 2009, 31(7):70-75. [Peng Zheng, Hu Huaqing. Effects of high-speed train on air transportation. Comprehensive Transportation, 2009, 31(7):70-75.]
- [20] 张莉, 胡华清. 高速铁路对民航客运的影响分析[J]. 综合运输, 2010(3):65-70. [Zhang Li, Hu Huaqing. Effects of high-speed train on civil air passengers. Comprehensive Transportation, 2010(3):65-70.]
- [21] 张旭, 栾维新, 赵冰茹. 基于非集计模型的武广线高铁与民航竞争研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2012, 12(6):17-21. [Zhang Xu, Luan Weixin, Zhao Bingru. Competition between Wuhan-Guangzhou high-speed railway and civil aviation based on disaggregate model. Journal of Transportation Systems Engineering & Information Technology, 2012, 12(6):17-21.]
- [22] 孙枫, 汪德根, 牛玉. 高速铁路与汽车和航空的竞争格局分析[J]. 地理研究, 2017, 36(1):171-187. [Sun Feng, Wang Degen, Niu Yu. Research on the competition game of high-speed rail and highways and aviation. Geographical Research, 2017, 36(1): 171-187.]
- [23] Yang H, Dobruszkes F, Wang J et al. Comparing China's urban systems in high-speed railway and airline networks[J]. Journal of Transport Geography, 2018, 68:233-244.
- [24] Jiao J, Wang J. Impacts of high-speed rail lines on the city network in China[J]. Journal of Transport Geography, 2017, 60: 257-266.
- [25] 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研究[J]. 地理学报, 2014, 69(12):1833-1846. [Wang Jiaoe, Jiao Jingjuan, Jin Fengjun. Spatial effects of high-speed rail on urban spatial interaction in China. Acta Geographica Sinica, 2014, 69(12):1833-1846.]
- [26] 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. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(2):265-280.]
- [27] 王姣娥, 胡浩. 中国高铁与民航的空间服务市场竞合分析与模拟[J]. 地理学报, 2013, 68(2):175-185. [Wang Jiao'e, Hu Hao. Competition and cooperation of high-speed rail and air transport in China: A perspective from spatial service market

- view. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(2):175-185.]
- [28] 王姣娥, 景悦. 中国城市网络等级结构特征及组织模式——基于铁路和航空流的比较[J]. *地理学报*, 2017, 72(8): 1508-1519.[Wang Jiaoe, Jing Yue. Comparison of spatial structure and organization mode of inter-city networks from the perspective of railway and air passenger flow. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(8):1508-1519.]
- [29] 王姣娥, 杜德林, 金凤君. 多元交通流视角下的空间级联系统比较与地理空间约束[J]. *地理学报*, 2019, 74(12):2470-2482. [Wang Jiaoe, Du Delin, Jin Fengjun. Comparison of spatial structure and linkage systems and geographic constraints: A perspective of multiple traffic flows. *Acta Geographic Sinica*, 2019, 74(12):2470-2482.]
- [30] 王姣娥, 金凤君, 孙炜, 等. 中国机场体系的空间格局及其服务水平[J]. *地理学报*, 2006, 61(8): 829-838. [Wang Jiaoe, Jin Fengjun, Sun Wei et al. Research on spatial distribution and service level of Chinese airport system. *Acta Geographica Sinica*, 2006, 61(8): 829-838.]
- [31] Zhou S, Dai J, Bu J. City size distributions in China 1949 to 2010 and the impacts of government policies[J]. *Cities*, 2013, 32(3):S51-S57.

The Evolution Mode of China's HSR-air Competitive Network and Its Driving Factors

Wang Jiao'e^{1,2}, Jing Yue³, Yang Haoran^{4,5}

(1. Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling/Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Chengdu Institute of Planning & Design, Chengdu 610041, Sichuan, China; 4. The Center for Modern Chinese City Studies, East China Normal University, Shanghai 200062, China; 5. School of Urban and Regional Science, East China Normal University, Shanghai 200241, China)

Abstract: With the rapid parallel development of high-speed rail and air transportation, the HSR-air competitive network has undergone great changes. Using the data of city pairs with both air and HSR service in the period of 2007-2015, this article explores the evolution of spatio-temporal pattern of HSR-Air competitive network at the national scale, and then reveals its expansion mode as well as the main driving factors. The results are as following: 1) The HSR-air competitive network grows rapidly in size. Spatially, while a tendency of expanding westward and southward is manifested, the overlapping market of 2 transportation modes still focuses on the eastern coastal region. 2) The city-pairs with potential HSR-Air competition are inclined to link the top city nodes, and the HSR-air competitive network presents a hierarchical structure with Beijing and Shanghai as centers. 3) The overlapping market of HSR and air transportation expands from city-pairs with medium distance to long distance. HSR dominates city-pairs with distance below 700 km and has relative advantage in the range of 700 to 1 000 km compared to air transportation. While air transportation dominates city-pairs with distance over 1 500 km. The competition between HSR and air transportation intensifies in the range of 1 000-1 500 km. 4) The HSR-air competitive network has shown a “core-core” pattern in the early period and then grows to a “core-periphery” pattern later. City size, urban function as well as geographical proximity are main factors for shaping the HSR-air overlapping network.

Key words: high-speed rail; air aviation; geography; competition; inter-city transport