doi:10.3969/j.issn.1672－0504.2019.03.018

高速铁路通达度与城市驱动力的时空耦合关系研究

金江磊,闫浩文*,刘 涛,王文宁,禄小敏
(兰州交通大学测绘与地理信息学院,甘肃 兰州 730070;地理国情监测技术应用国家地方联合工程研究中心,甘肃 兰州 730070;甘肃省地理国情监测工程实验室,甘肃 兰州 730070)

摘要:为了研究高速铁路与区域城市间的作用关系,根据高速铁路通达度与城市驱动力系统耦合作用的原理,以2008－2017年中国7个区域28个城市的高速铁路与经济数据为基础,通过耦合度计算模型分析了7个区域高铁通达度系统与城市驱动力系统的耦合协调关系,运用ArcGIS、GeoDa软件分析了二者的时空演变特征。研究结果显示:1)从时间尺度看,中国7个区域高铁通达度系统与城市驱动力系统的综合指数值逐年增长,但发展不均衡,城市驱动力系统在多因子作用下,综合指数值高于高铁通达度系统的综合指数值;2)从空间上看,中国7个区域的高铁通达度系统与城市驱动力系统的耦合协调等级空间极化现象明显,呈现东高西低的空间分异特征;3)华东地区为城市驱动力系统和高铁通达度系统协调发展的增长极,是高铁发展超前型地区,西北地区为两个系统的耦合协调低值区,华北地区两系统发展不均衡,华中地区为两系统发展同步型地区,西南地区为城市发展先导型地区,东北地区为两系统增长缓慢型地区,华南地区为高铁发展与城市发展协调互补型地区。基于此,提出了促进7个区域高铁通达度系统与城市驱动力系统协调发展的建议。

关键词:高铁通达度;城市驱动力;耦合关系;时空演变
中图分类号:F129.9 **文献标识码**:A **文章编号**:1672－0504(2019)03－0120－07

0 引言

高速铁路("高铁")是设计行驶时速250 km以上(含预留)、初期运营时速200 km以上的客运列车专线铁路,时速200 km及以上标准的新线或既有铁路线也纳入中国高铁网范畴。国外学者研究了高铁对区域凝聚力的影响[1]、高铁产生的区域和城市效应[2]、高铁对城市区域系统的影响[3]以及高铁网络与城市发展的关系[4]。国内学者金凤君等[5]认为高铁路网优化提高了通达性并推动了社会空间结构演化和经济联系;钟少颖等[6]研究了高铁格局对各城市通达性产生的影响;刘传明等[7]探讨了城市综合交通可达性演变及其与经济发展的协调度;张学良等[8]提出高铁的快速发展加快了城市群内部的同城化,促进了各大城市群之间的联系。高铁对城市间交流、区际合作、产业升级转移等方面产生了带动作用[9],扩大了区际联系的空间范围[10],加快了人、物、信息、资本在城市间的流动[11],优化了区域内城市的综合协调发展[12]。城市的驱动力因素包含交通、生态、旅游、土地、产业、政策等,驱动力水平由各行业、多部门综合决定,其提升对高铁的建设有需求牵引作用[13]。高铁作为现代综合交通体系的重要组成部分,具有促进基础设施建设和提升人民生活水平的作用,对城市发展的影响明显[14]。

综上,国内外已有文献多以高铁路网优化、高铁沿线区域的单个城市群为研究对象,研究方法上多从地学角度运用模型和指标定量研究高铁网络对特殊区域和城市经济的影响,而对于高铁通达度与驱动城市发展各项指标作用关系宏观层面的研究较少。鉴于此,本文拟从宏观层面、区域协同发展和时空耦合关系的角度,对高铁通达度系统与城市驱动力系统分别建立综合的评价指标体系,运用耦合协调度模型分析两个系统的时空演变并进行对比,探求中国各区域高铁通达度与区域间各城市驱动力的相互作用关系和空间相关性,以期为我国高铁与区域城市协调发展提供参考。

1 研究思路与研究方法

1.1 研究思路

本研究从国家统计局网站获取2008－2017年各省、市统计年鉴中城市驱动力指标的数据,高铁通达度指标的数据采用中国高铁网、铁路客运中心网

收稿日期:2018－06－19; 修回日期:2018－10－17
基金项目:国家重点研发计划资助项目(2017YFB0504203);国家自然科学基金面上项目(41671447);国家自然科学基金地区基金项目(71563025、41761088);兰州交通大学优秀平台支持项目(201806)
作者简介:金江磊(1980－),男,博士研究生,主要从事空间分析及经济地理研究工作。*通迅作者 E－mail:haowen2010@gmail.com

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

站数据。依据区域发展理论[13]，结合地理和经济区位条件[15]，将中国 34 个省、市划分为 7 个区域：东北包括哈尔滨、长春、沈阳，华北包括北京、天津、太原、石家庄、呼和浩特，华中包括郑州、武汉、长沙，华东包括上海、南京、杭州、合肥、南昌、济南，西南包括成都、贵阳、昆明、重庆，华南包括广州、南宁、福州，西北包括西安、兰州、西宁、乌鲁木齐。考虑高铁在单个城市无法形成网络，影响高铁通达度指标的计算，本文选取中国 7 个区域内已开通高铁的 28 个城市（海口、银川、拉萨、港、澳、台除外）为研究对象，以 2008－2017 年的高铁指标数据及其连接城市的数据为基础，分析 7 个区域内高铁通达度系统与城市驱动力系统的耦合协调关系及空间相关性。

1.2　研究方法

对高铁通达度系统和城市驱动力系统建立评价指标体系，构建物理学上的耦合协调度模型，运用空间分析方法探讨其在空间视角的区域集聚性、时空演变和空间相关性。

1.2.1　**指标选取与权重计算**　高铁交通网络结构中评价区域发展的通达度指标由网络发育程度和距离矩阵两项一级指标构成。高铁网络发育程度是指交通网络的连接水平以及由此决定的节点间联系的便捷程度，由路网密度、结合度、成环率、连接率、环路指数、节点线路数构成[5]；选取的距离矩阵指标用以衡量城市高铁路网整体联通程度、城市间节点的距离总和[16]。城市驱动力指标分析评价参照文献[17,18]的观点，选取时把区域内的城市作为一个系统，其驱动力包含城市管理和治理能力，即城市发展驱动、人民生活驱动、基础设施驱动 3 项一级指标和 10 项二级指标。综上，构建各区域内城市驱动力和高铁通达度 17 项二级评价指标（表 1）。

采用熵值赋权法[19]分析各指标之间的关联程度，并由指标所提供的信息量决定各指标的权重，针对构建的评价指标体系，确定 17 项指标的权重 λ_j，具体计算如下：设 x_{ij} 表示样本 i 的第 j 个指标的数值（$i=1,2,\cdots,n;j=1,2,\cdots,m$），其中 n 和 m 分别为样本个数与指标个数。1）对指标数据进行标准化（非负化）处理并进行比重变换，见式（1）；2）计算第 j 项指标的熵值 h_j，见式（2）；3）计算第 j 项指标的标准化值 a_j，见式（3）；4）计算各项指标的权重 λ_j，见式（4）。最终得到的城市驱动力和高铁通达度 17 项指标的权重如表 1 所示。

$$S_{ij}=x_{ij}/\sum_{i=1}^{m}x_{ij} \tag{1}$$

$$h_j=\frac{1}{\ln n}\sum_{i=1}^{n}S_{ij}\ln S_{ij} \tag{2}$$

$$a_j=1-h_j\ (a_j\geqslant 1) \tag{3}$$

$$\lambda_j=a_j/\sum_{j=1}^{n}a_j \tag{4}$$

表 1　高铁通达度与城市驱动力指标及权重

Table 1　Indices of accessibility of high-speed railway and urban driving forces and their weights

系统	一级指标	二级指标	变量	权重
高铁通达度	网络发育程度指标	路网密度	$A1$	0.169
		结合度	$A2$	0.108
		成环率	$A3$	0.139
		连接率	$A4$	0.157
		环路指数	$A5$	0.139
		节点线路数	$A6$	0.092
	距离矩阵	最短运输距离	$A7$	0.196
城市驱动力	基础设施	固定资产投资额	$B1$	0.108
		房地产业投资额	$B2$	0.095
		人均道路铺装面积	$B3$	0.091
	人民生活	人均 GDP	$B4$	0.108
		每万人拥有医生数	$B5$	0.089
		每万人拥有高等学校在校生数	$B6$	0.108
	城市发展	第二产业占 GDP 比重	$B7$	0.106
		第三产业占 GDP 比重	$B8$	0.105
		建成区面积	$B9$	0.099
		单位从业人员占总人口比重	$B10$	0.092

1.2.2　**耦合协调度模型的确定与计算**

（1）构建客观反映高铁通达度系统和城市驱动力系统的协调度模型 D[20]：

$$D(u_r,u_c)=\sqrt{C(u_r,u_c)I(u_r,u_c)} \tag{5}$$

$$C=\sqrt{u_r\times u_c}/(u_r+u_c) \tag{6}$$

$$I(u_r,u_c)=\alpha u_r+\beta u_c \tag{7}$$

式中：u_r 和 u_c 分别表示高铁通达度系统和城市驱动力系统各自的综合评价指数值；C 为耦合度值，$0\leqslant C\leqslant 1$，$C=0$ 时耦合度最小；I 为综合协调指数值，反映两系统的发展水平对于协调度的贡献；α、β 为权重系数，根据折中决策法取 $\alpha=0.5$、$\beta=0.5$。

（2）计算高铁通达度系统和城市驱动力系统的综合评价指数值（u_r、u_c）。设 u_i 为两系统第 i 年的综合评价值，通过线性加权法[21]测算两系统各自的综合发展水平，公式为：

$$u_i=\sum_{i=1}^{m}\lambda_{ij}u_{ij},\ \sum_{i=1}^{m}\lambda_{ij}=1 \tag{8}$$

式中：λ_{ij} 为上文熵值赋权法确定的第 i 年评价指标权重；u_{ij} 为第 i 年指标对系统有序度的贡献大小。

（3）计算城市驱动力系统和高铁通达度系统的协调度值（D），并在［0，1］区间内将其划分为 10 个耦合等级（L）[22]（表 2）。

（4）计算得出 2008－2017 年中国 7 个区域高铁通达度系统和城市驱动力系统的综合评价指数值（u_r、u_c）以及两系统的协调度值（D）和耦合等级（L）（表 3）。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2　耦合等级与协调度
Table 2　Grades of coupling degree and the coordination degree value

协调程度	极度失调	严重失调	中度失调	轻度失调	濒临失调	勉强协调	初级协调	中级协调	良好协调	优质协调
协调度值(D)	0～0.09	0.10～0.19	0.20～0.29	0.30～0.39	0.40～0.49	0.50～0.59	0.60～0.69	0.70～0.79	0.80～0.89	0.90～1.00
耦合等级(L)	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	6 级	7 级	8 级	9 级	10 级

表 3　2008－2017 年中国 7 个区域高铁通达度与城市驱动力耦合协调度
Table 3　Coupling coordination degree of high-speed railway accessibility and urban driving forces in 7 regions of China during 2008－2017

地区	指标	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
东北	u_r	0.105	0.105	0.225	0.225	0.225	0.364	0.388	0.388	0.388	0.446
	u_c	0.183	0.243	0.286	0.337	0.365	0.391	0.431	0.391	0.449	0.429
	D	0.197	0.253	0.312	0.381	0.387	0.435	0.454	0.441	0.460	0.467
	L	2 级	3 级	4 级	4 级	4 级	5 级	5 级	5 级	5 级	5 级
华北	u_r	0.182	0.224	0.232	0.238	0.372	0.392	0.447	0.477	0.507	0.516
	u_c	0.206	0.229	0.286	0.358	0.379	0.407	0.430	0.450	0.505	0.513
	D	0.225	0.250	0.312	0.390	0.433	0.448	0.468	0.481	0.503	0.507
	L	3 级	3 级	4 级	4 级	5 级	5 级	5 级	5 级	6 级	6 级
华东	u_r	0.160	0.212	0.212	0.398	0.635	0.635	0.758	0.869	0.937	0.937
	u_c	0.305	0.386	0.476	0.592	0.603	0.643	0.619	0.628	0.646	0.653
	D	0.297	0.330	0.404	0.503	0.556	0.566	0.580	0.599	0.613	0.701
	L	3 级	4 级	5 级	6 级	6 级	6 级	6 级	6 级	7 级	8 级
华南	u_r	0.108	0.219	0.258	0.277	0.277	0.312	0.508	0.508	0.589	0.589
	u_c	0.247	0.274	0.305	0.381	0.401	0.492	0.506	0.518	0.584	0.590
	D	0.265	0.294	0.327	0.409	0.415	0.452	0.503	0.507	0.541	0.579
	L	3 级	3 级	4 级	5 级	5 级	5 级	6 级	6 级	6 级	6 级
华中	u_r	0.106	0.220	0.259	0.259	0.263	0.303	0.312	0.419	0.456	0.456
	u_c	0.163	0.181	0.226	0.286	0.311	0.369	0.417	0.438	0.504	0.539
	D	0.211	0.234	0.293	0.371	0.381	0.413	0.431	0.464	0.501	0.512
	L	3 级	3 级	3 级	4 级	4 级	5 级	5 级	5 级	6 级	6 级
西南	u_r	0.010	0.010	0.010	0.104	0.104	0.104	0.104	0.285	0.429	0.429
	u_c	0.161	0.202	0.252	0.315	0.368	0.443	0.481	0.531	0.621	0.658
	D	0.183	0.204	0.254	0.318	0.330	0.348	0.356	0.454	0.517	0.521
	L	2 级	3 级	3 级	4 级	4 级	4 级	4 级	5 级	6 级	6 级
西北	u_r	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.243	0.246
	u_c	0.014	0.015	0.016	0.020	0.045	0.079	0.101	0.099	0.194	0.201
	D	0.059	0.064	0.070	0.087	0.110	0.128	0.137	0.136	0.327	0.329
	L	1 级	1 级	1 级	1 级	2 级	2 级	2 级	2 级	4 级	4 级

2　高铁通达度系统与城市驱动力系统分析

(1)高铁通达度系统分析。各地区 u_r 呈逐年上升趋势，华东、华南地区的 u_r 值位于前列，主要原因是沿海地区具有符合高铁建设要求的自然条件，区域系统发展的配套设施、产业链、功能融合、基础条件齐全，促使地区内形成了高铁的网络效应、通道效应和枢纽效应，高铁网络连接程度和扩展程度较高，京沪、杭福深两条高铁线贯穿南北，使得地区高铁网络密度值高，且长三角、珠三角地区的经济建设促进了地区的高铁硬件设施建设和服务完善。其中，华东地区 2017 年高铁网络发育程度各项指标值均高于其他地区，尤其是网络连接率、路网连接度和实际成环率 3 个指标值较显著，原因是 2010 年沪宁、沪杭、京沪等高铁开通后，华东地区的高铁网络发育、通达程度、运输时间距离逐年提升，地区城际高铁贯穿各城市，高铁网络密度大，有完善的硬件设施和优质的服务，2013 年之后，华东地区的 u_r 值高于 u_c 值，尤其是 2016 年的 u_r 值高达 0.937。2010 年华中地区的武广、郑西高铁建设后，该区的 u_r 值稳步增长并超过 u_c 值。华北地区在 2008 年开通京津城际高铁后，仅京津冀 3 省市的高铁网结合度高，该区 2008－2017 年 u_r 的增长值为 0.334，低于除西北外的其他地区。西南、西北地区地形复杂，区内高铁网实际结合度低，高铁通达度较差，高速公路、民航等交通方式替代性强，各城市经济发展水平滞后也制约了区内高铁的发展。东北地区在 2003 年、2011 年、2012 年分别开通秦沈、长吉、哈大高铁后，u_r 值仅高于西南和西北地区。

(2)城市驱动力系统分析。2008－2017 年，华东地区的 u_c 值高于其他区域，各城市的人均 GDP、建成区面积、二三产业的指标值较高，说明该地区的住宅、商业、工业、旅游和交通等设施设备齐全，城市驱动力综合水平高。华北地区自 2008 年开通京津高铁后 10 年时间，除京津外的其他城市发展缓慢，二三产业、固定资产投资等城市驱动力指标值较低。华南、华中地区因其房地产业、固定资产投资、建成区面积等指标值较高，各城市驱动力系统 u_c 值均衡

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

增长，2017 年 u_c 值高于华北地区。西南地区各城市发展迅速，u_c 值明显高于 u_r 值。东北地区各城市的基础设施、房地产、二三产业等进展缓慢，2014 年人均 GDP 指标值呈负增长，u_c 值仅高于西北地区。西北地区各城市发展受地理区位、经济水平和投资等因素制约，u_c 值最低。

总之，中国 7 个区域的高铁通达度系统和城市驱动力系统的综合指数值呈上升趋势，且城市驱动力的综合指数值整体上高于高铁通达度的综合指数值，反映出城市驱动力系统对两系统增长的贡献作用大于高铁系统的支撑作用。首先，城市驱动力系统功能齐全，具有较为完善的要素投入、市场和基础设施，而高铁仅为交通系统的一部分，公路、民航、水运等其他交通方式对其有替代作用，抑制了高铁系统的发展；其次，各城市工业化进程起步早，城市驱动力系统经过加速发展阶段后进入成熟发展阶段，而高铁自 2010 年后才进入快速发展阶段，高铁通达度水平受到高铁站建设、轨道铺设、电气化、配套设施以及服务水平地区差异的影响，其网络发育程度和距离矩阵的指标值与成熟阶段存在差距。

3　高铁通达度系统与城市驱动力系统时空耦合特征分析

高铁通达度系统与城市驱动力系统构成中国 7 个区域的发展系统，子系统间相互作用，形成协作、先导、互补、同步等多种关联[23]，使得区域发展系统呈现时空耦合协调结构和有序状态，反映出区域发展整体的“功效”并实现系统协同演进目标[24]。为了科学反映中国 7 个区域高铁通达度系统与城市驱动力系统之间的耦合特征，从时空尺度分析评判两系统之间交互耦合的协调程度和相互作用发展特征。

3.1　耦合协调度时间尺度分析

从 2008－2017 年中国 7 个区域的城市驱动力系统与高铁通达度系统耦合协调度等级的时间变化看，2008 年华北、华东、华南、华中 4 个地区两系统的协调程度等级为中度失调，东北、西南地区为严重失调，西北地区为极度失调，表明各地区两系统处于耦合发展的初级阶段。2008 年后，各区域发展的子系统间相互作用关系存在明显差异。华东地区两系统的协调度等级位居前列，即由 2008 年的中度失调、2011 年的勉强协调快速上升为 2017 年的中级协调，且该区 2012－2017 年 u_r 高于 u_c，说明该区高铁通达度系统带动区域系统发展效果明显，为高铁发展超前型地区，系统耦合发展进入功能性成长阶段。华南地区两系统的耦合协调度与华东地区虽存在差距但逐年缩小，该区 u_r 和 u_c 协调互补发展，2014－2017 年耦合协调等级为勉强协调。华北地区 2012－2015 年两系统的耦合协调度值介于 0.433～0.481 之间，协调程度为濒临失调，2016 年才达到勉强协调，说明该区 u_r 和 u_c 值增长不均衡影响协调等级提升。华中地区两系统的耦合协调程度由 2011 年的轻度失调、2013 年的濒临失调发展为 2016 年的勉强协调，u_r 和 u_c 值同步增长。东北地区两系统的耦合协调等级缓慢增长，即由 2012 年的轻度失调发展为 2013－2017 年的濒临失调状态。西南地区两系统的耦合协调等级与中东部地区的差距逐年减小，原因是该区在城市驱动力系统高值带动下，2016 年耦合协调值达到 0.517，为城市发展先导型地区。西北地区两系统的耦合协调等级处于末位，2008－2011 年为极度失调，2012－2015 年为严重失调，之后为轻度失调。

3.2　耦合协调度空间尺度分析

运用 ArcGIS10.3 软件，制作中国 7 个区域 2008 年、2011 年、2014 年和 2017 年 4 个截面的高铁通达度系统与城市驱动力系统耦合协调等级空间分布图（图 1）。分析两系统 4 个截面的耦合协调度空间变化，沿海地区两系统的耦合协调度高于内陆地区，在空间上呈现东高西低的分异特征。华东地区两系统的耦合协调度发展符合缪尔达尔－赫希曼模型[25]的极化效应，劳动力、土地、资本、企业、技术、信息等要素投入程度高，其协调度等级上升较其他地区明显，两系统中度协调等级的高值区域自东向西逐步扩散。华北、华中、华南地区两系统的耦合协调度在空间上呈现中度失调－轻度失调－濒临失调－勉强协调的梯度特征。东北地区两系统的耦合协调等级提升缓慢，呈现严重失调－轻度失调－濒临失调的梯度变化。随着全国高铁的建设，近 90％的高铁线在西部延伸，促使西南、西北地区形成高铁网络，西南地区两系统的耦合协调等级由严重失调发展为勉强协调，西北地区由极度失调发展为轻度失调。

3.3　耦合协调度矩阵分析

通过 Local Moran′s I 空间统计分析，运用 GeoDa 软件计算中国 7 个区域 2008 年、2011 年、2014 年、2017 年的高铁通达度系统和城市驱动力系统 4 个时间截面的耦合协调值的权重矩阵（图 2）。分析图 2，7 个区域高铁通达度系统与城市驱动力系统的耦合协调度值逐年升高，与两系统耦合协调度等级不断上升的结论吻合。华东地区两系统的协调度值

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

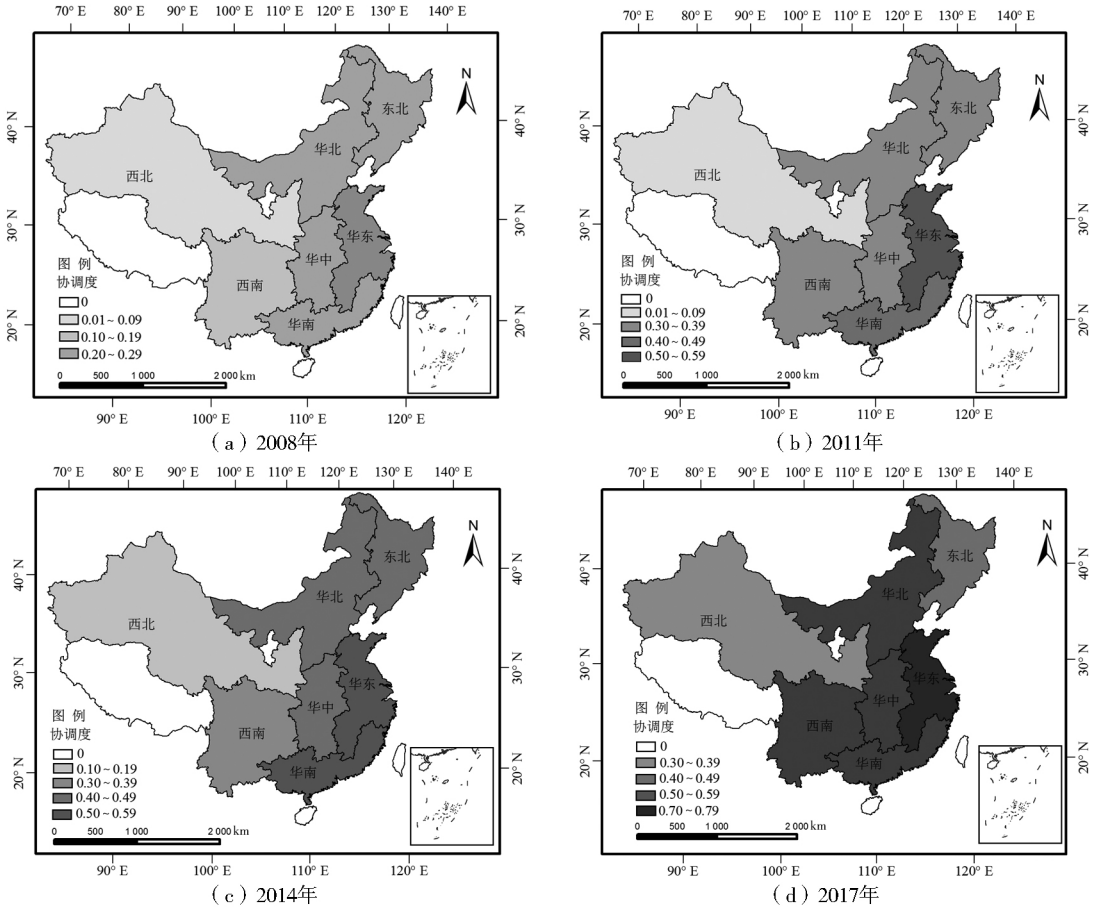

图 1　2008－2017 年中国高铁通达度与城市驱动力耦合协调度时空分布

Fig. 1　Spatio-temporal distribution maps of the coupling coordination degree of high-speed railway accessibility and urban driving forces in 7 regions of China during 2008－2017

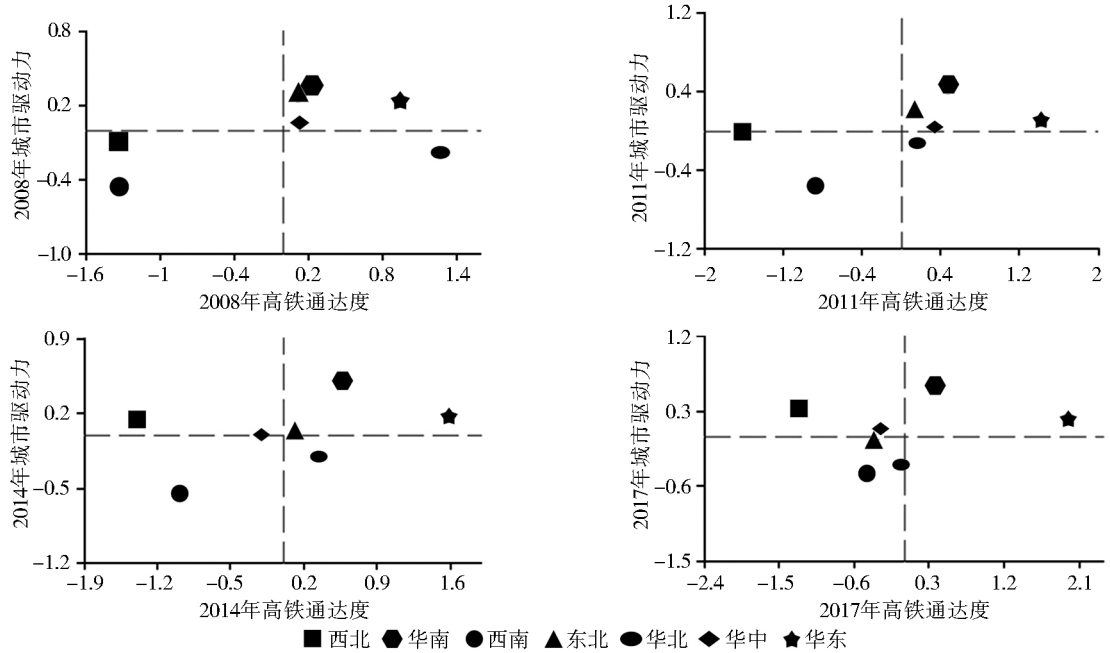

图 2　2008－2017 年中国高铁通达度和城市驱动力的均值权重矩阵

Fig. 2　Weight matrixes of high-speed railway accessibility and urban driving forces in 7 regions of China during 2008－2017

处于“H－H”第一象限的高值区，具有明显增长趋势，该区两系统的耦合协调度高，存在溢出效应，是推动周边区域的核心增长极。西北地区的耦合协调度值始终处于“L－L”第四象限，路网连接率和高铁通达度系统综合指数值均低；西南地区处于耦合协调度值的“H－L”过渡区域，该区高铁成环率、结合

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

度值高于西北地区，但各城市基础设施建设、高铁的可进入性等限制了两系统耦合协调度值的上升。其他地区则在原点周围波动增长，变化不明显，产生溢出效应少，带动区域内各城市形成网络的情况少。

4　结论与讨论

(1)中国 7 个区域的城市驱动力和高铁通达度综合指数值明显上升，且前者数值明显高于后者，各区域两系统间的耦合协调度保持增长态势。华东地区高铁通达度系统对系统耦合等级增长的贡献度高于其他地区，为高铁发展超前型地区，华北地区区域内城市与高铁发展不均衡，西南地区城市驱动力综合指数值高于高铁通达度综合指数值，为城市发展先导型地区，华中地区为两系统耦合发展同步增长型地区，东北地区是两系统耦合协调等级增长缓慢地区，华南地区为高铁发展与城市发展协调互补型地区，西北地区为两系统耦合等级低值地区。

(2)中国 7 个区域的高铁通达度系统和城市驱动力系统时空耦合的空间极化现象显著，板块化特征明显[26]，各区域的耦合协调等级梯度变化，呈现东高西低的空间分异特征。华东地区是两系统协调发展的增长极，西北地区两系统的耦合协调度呈现低值集聚，为两系统耦合发展的边缘区域。

(3)高铁通达度系统和城市驱动力系统的综合协调指数值是影响两系统耦合协调发展的因素，这要求运用“极化－涓滴”区域均衡增长的方法[27]，增加两系统各项指标要素的投入，促进各区域两系统的空间衔接程度[28]，使之向优质协调结构演进。首先，各地区加速区域内和区域间高铁网络的建设，加强高铁产业的投入，增加各区域城市高铁通达性，发挥高铁新城的优势，提升耦合协调度增长极地区的辐射作用，实现由耦合协调关系的增长极模式向空间网络化模式发展。其次，高铁通达度系统和城市驱动力系统的耦合协调等级低值地区应促进区域内城市的产业升级，加大城市的基础设施建设力度，依托高铁助推城市间人才、知识、技术、资金、信息等要素在系统间输入输出，加速完成能量互递，在系统内部作用下驱动城市发展。第三，高铁通达度系统和城市驱动力系统的不均衡区域利用地区区位条件和高铁网络发育程度的优势，通过高铁网建设，加强与增长极地区和边缘地区各城市要素的交流，使各区域高铁通达度系统和城市驱动力系统向高级有序结构演进。

(4)研究理论与指标模型还有待提升。高铁通达度系统与城市驱动力系统运行演进过程存在时空复杂性，且两系统间相互耦合作用具有明显的时滞性特征，本文仅从中国 7 个区域耦合协调时空特征进行了研究，受资料、数据等限制，还应完善在微观尺度、不同时空尺度以及系统演进机理的研究，以期更全面、系统地揭示高铁通达度系统与城市驱动力系统间的相互作用规律。

参考文献：

[1] EMILIO O，ELENA L，ANDRES M. Territorial cohesion impacts of high-speed rail at different planning levels[J]. Journal of Transport Geography，2012，24(4)：130－141.

[2] COTO M P，INGLADA V，REY B. Effects of network economies in high-speed rail：The Spanish case[J]. The Annals of Regional Science，2007，41(4)：911－925.

[3] BLUM U，HAYNES K E，KARLSSON C. Introduction to the special issue the regional and urban effects of high-speed trains[J]. The Annals of Regional Science，1997，31(1)：1－20.

[4] LEO VAN DEN B，POL P. The European high-speed train and urban development：Experiences in fourteen European urban regions (EURICUR series)[J]. Journal of Contemporary Religion，1999，10(10)：55－70.

[5] 金凤君，王娇娥. 20 世纪中国铁路网扩展及其空间通达性[J]. 地理学报，2004，59(2)：293－302.

[6] 钟少颖，郭叶波. 中国高速铁路建设对城市通达性影响分析[J]. 地域研究与开发，2013，32(2)：46－51.

[7] 刘传明，张义贵，刘杰，等. 城市综合交通可达性演变及其与经济发展协调度分析——基于“八五”以来淮安市的实证研究[J]. 经济地理，2011，31(12)：2028－2033.

[8] 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.

[9] 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)：1833－1846.

[10] ZHONG Y X，HUANG J，WEN Y Z. Impact of high-speed railway on spatial pattern of Chinese cities′ accessibility[J]. Scientia Geographica Sinica，2015，35(4)：387－395.

[11] 覃成林，杨晴晴. 高速铁路对生产性服务业空间格局变迁的影响[J]. 经济地理，2017，37(2)：90－97.

[12] 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.

[13] 陆大道. 中国区域发展的新因素与新格局[J]. 地理研究，2003，22(3)：261－271.

[14] 金凤君，王姣娥，孙炜，等. 铁路客运提速的空间经济效果评价[J]. 铁道学报，2003，25(6)：1－7.

[15] 鲁奇，张超阳，杨春悦，等. 1965 年来中国对外贸易的地域差异及其格局演变[J]. 地理学报，2007，62(8)：799－808.

[16] 程连生. 中国新城在城市网络中的地位分析[J]. 地理学报，1998，53(6)：481－491.

[17] 陈明星，陆大道，张华. 中国城市化水平的综合测度及其动力因子分析[J]. 地理学报，2009，64(4)：387－398.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

[18] 吴跃明,郎东峰,张子珩,等.环境—经济系统协调度模型及其指标体系[J].中国人口·资源与环境,1996,6(2):47-50.
[19] 刘耀彬,李仁东,宋学锋.中国区域城市化与生态环境耦合的关联分析[J].地理学报,2005,60(2):237-247.
[20] 吴玉鸣,张燕.中国区域经济增长与环境的耦合协调发展研究[J].资源科学,2008,30(1):25-30.
[21] 王永明,马耀峰.城市旅游经济与交通发展耦合协调度分析——以西安市为例[J].陕西师范大学学报(自然科学版),2011,39(1):86-90.
[22] 王新越,赵文丽.我国高铁通达性与区域旅游经济耦合关系及空间特征分析[J].中国海洋大学学报(社会科学版),2017,19(1):77-83.
[23] 王伟,孙雷.区域创新系统与产业转型耦合协调度分析——以铜陵市为例[J].地理科学,2016,36(2):204-212.
[24] 刘旭华,王劲峰,孟斌.中国区域经济时空动态不平衡发展分析[J].地理研究,2004,23(4):530-540.
[25] URENA J M,PHILIPPE M,MADDI G,et al. The high-speed rail challenge for big intermediate cities: A national regional and local perspective[J]. Urban Planning International,2011,6(6):30-41.
[26] 陆军,宋吉涛,梁宇生,等.基于二维时空地图的中国高铁经济区格局模拟[J].地理学报,2013,68(2):147-158.
[27] 王洋,修春亮.1990-2008年中国区域经济格局时空演变[J].地理科学进展,2011,30(8):1037-1046.
[28] LEVINSON D M. Accessibility impacts of high-speed rail[J]. Journal of Transport Geography,2012,22(1):287-291.

Spatio-temporal Coupling Relations between the Accessibility of High-Speed Railway and the Urban Driving Forces in China

JIN Jiang-lei,YAN Hao-wen,LIU Tao,WANG Wen-ning,LU Xiao-min

(*Faculty of Geomatics,Lanzhou Jiaotong University,Lanzhou 730070;National-Local Joint Engineering Research Center of Technologies and Application for National conditions,Lanzhou 730070;3. Gansu Provincial Engineering Laboratory for National Geographic Conditions Monitoring,Lanzhou 730070,China*)

Abstract: This paper focuses on the relationship between high-speed railway and urban driving forces of regional cities in China. According to the principle of coupling between accessibility of high-speed railway and urban driving forces,the coupling and coordination relationship between accessibility of high-speed railway system and urban driving force system in 7 regions of China is analyzed by the coupling degree calculation model based on the high-speed railway data and economic data selected from 28 cities in 7 regions of China from 2008 to 2017. By using ArcGIS and GeoDa software,the spatial and temporal evolution characteristics of the coupling coordination degree between the accessibility of high-speed railway system and the urban driving force system are analyzed. The results showed that:1) In terms of time scale,the comprehensive index values of accessibility of high-speed railway system and urban driving force system in 7 regions of China increased by years from 2008 to 2017,and the development of 7 regions in China was not balanced. Because of the multi-factor effect of the urban driving force system,the comprehensive index value of the urban driving force system is obviously higher than that of the accessibility of high-speed railway system. 2) On the spatial scale,the coupling coordination levels of accessibility of high-speed railway system and urban driving force system showed evident spatial polarization of high value areas in the eastern China and low value areas in the western China. 3) There are evident features in these 7 regions:East China with the advanced type areas of high-speed railway development is the growth pole of coordinated development of urban driving force system and accessibility of high-speed railway system;Northwest China is a low value area of coupling and coordination of the two systems;the development of the two systems in North China is unbalance;the comprehensive index value gap between the two systems in Central China is the smallest,and it is a synchronous area for the two systems;Southwest China is a leading region in the development of urban driving force system;Northeast China is a region with slow growth of the two systems;South China is a region with coordination and complementarity between accessibility of high-speed railway system and urban driving force system. Finally,this paper proposes an application of "polarization-trickle" theory,which can promote the balanced growth of accessibility of high-speed railway system and urban driving force system in 7 regions of China.

Key words: accessibility of high-speed railway;urban driving forces;coupling relations;spatial-temporal evolution

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net