

泛亚铁路对中南半岛交通优势格局 与区域开发结构的影响评价

张之幸^{1,2,3}, 金凤君^{1,2,3}, 周雍康^{1,2,3}, 陈卓^{1,2*}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 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;
3. 中国科学院大学资源与环境学院, 北京 100049)

摘要:泛亚铁路是未来中国与东盟国家合作新通道,深刻影响着沿线国家基础设施互联互通和区域开发水平,对推进“一带一路”倡议深入实施具有重要意义。论文以1 km×1 km栅格为基本空间单元,刻画了泛亚铁路开通前后中南半岛的交通优势格局,解析了泛亚铁路对区域开发的支撑能力及其对区域开发结构的潜在影响。结果显示:①泛亚铁路能够显著提高沿线国家和地区的交通优势,形成“中”字型空间格局,但也增强了交通优势空间分布的不均衡;②泛亚铁路开通后,中等及以上等级的交通优势区域面积占比从10.04%提高到37.34%,人口占比从46.05%提高到73.67%,对区域开发形成了良好的支撑能力;③泛亚铁路有利于提高中心城市的集聚能力和沿海城市对内陆地区的辐射吸引能力,形成跨国的沿海和沿海—内陆发展轴带,支撑环泰国湾区域开发结构的网络化。未来,中国与东盟的区域合作应以泰国湾地区为重点区域,打通国际陆海贸易新通道,支撑中国西部地区与中南半岛国家实现区域联动和国际合作。

关键词:泛亚铁路;交通优势;区域分异;区域开发结构;中南半岛

东盟与中国“山同脉、水同源、人同种”,是“一带一路”倡议的关键区域之一,对中国和平崛起和发挥国际影响力具有重要影响^[1]。2022年,《区域全面经济伙伴关系协定》(Regional Comprehensive Economic Partnership, RCEP)正式生效,加快了中国与东盟国家之间新一轮全方位合作的脚步,对区域基础设施互联互通也提出了新的需求和挑战。

泛亚铁路作为深化中国—东盟区域合作的新通道,是各方关注的重点工程;如何科学评估泛亚铁路建设的地理效应,也得到学者们的广泛关注。已有研究重点从地缘战略价值^[2-6]、空间可达性和联系格局^[7-10]、中国—东盟贸易^[11]、地缘经济合作^[12-15]等

角度展开,认为泛亚铁路建设将大幅提高沿线国家的地缘战略价值,改善沿线国家之间的互联互通水平,削弱边界效应的制约,促进沿线国家、尤其是中国和东盟各国之间的贸易往来和地缘经济合作,但对泛亚铁路营造的地域优势格局关注较少。部分研究采用空间可达性模型评估了泛亚铁路建设对区域空间可达性和城市联系格局的影响,强调区域内通达能力和联系强度的刻画,却忽视了区域内交通设施网络支撑能力和交通干线间相互联系、集聚所造成的影响^[7-8]。

从区域发展的视角来看,交通基础设施是国土开发的基础要素,其所营造的地域优势格局是社会

收稿日期:2023-04-06;修订日期:2023-06-27。

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金项目(42001129);国家自然科学基金项目(4227011294)。[Foundation: Youth Program of the National Natural Science Foundation of China, No. 42001129; National Natural Science Foundation of China, No. 4227011294.]

第一作者简介:张之幸(2000—),男,北京人,博士生,主要研究方向为交通地理与区域发展。

E-mail: zhangzhixing22@mails.ucas.ac.cn

*通信作者简介:陈卓(1991—),男,河南安阳人,博士,助理研究员,主要从事交通地理与区域发展研究。

E-mail: chenz.16b@igsnrr.ac.cn

引用格式:张之幸,金凤君,周雍康,等. 泛亚铁路对中南半岛交通优势格局与区域开发结构的影响评价[J]. 地理科学进展, 2023, 42(12): 2324-2336. [Zhang Zhixing, Jin Fengjun, Zhou Yongkang, et al. Impact of the Pan-Asian Railway on the transport superiority pattern and regional development structure of the Indo-China Peninsula. Progress in Geography, 2023, 42(12): 2324-2336.]
DOI: 10.18306/dlkxjz.2023.12.004

经济活动的重要支撑^[16]。金凤君等^[17]从量(规模,反映支撑能力)、质(技术等级,反映联系与集聚能力)、势(通达性状态,反映区位优势)3个维度开创性地提出交通优势的概念和评价方法体系,并在《全国主体功能区规划》得到应用后,引发了国内地理学者的广泛关注。众多学者尝试在国家、区域、城市群、省域等多种空间尺度刻画区域交通优势的空间格局,同时结合不同区域的实际环境和研究需要,从多个方面补充和发展了交通优势的评价体系^[18-22]。然而,已有研究主要集中在国家及以下的空间尺度,对跨国尺度的研究关注不足^[23-26]。究其原因,经典的交通优势评价以地级或县级行政区为基本单元,但不同国家的行政区划设置具有较大差异,在评价交通优势时难以进行统一;同时,跨国研究增加了数据搜集的难度,限制了交通优势评价在相关研究中的应用。

作为区域综合交通运输网络的干线通道,泛亚铁路不仅会改善区域铁路网络的效率,并且会通过货物多式联运和旅客联程运输改善区域综合交通运输系统的整体效率,扩大沿线地区机场、港口和中心城市的辐射范围,进而改变区域交通优势格局,营造出新的优势区位和发展机会,对国土开发、产业布局等产生重要影响。本文以1 km×1 km栅格为基本空间单元,避免不同国家行政区划设置的差异对交通优势评价的影响,刻画泛亚铁路开通前后中南半岛的交通优势格局,并归纳其区域分异特征;在此基础上,从国土空间和人口等方面解析泛亚铁路对区域开发的支撑和保障能力,探讨泛亚铁路对区域开发结构的潜在影响,以期为沿线国家在基础设施互联互通的基础上实现更多维度和更深层次的互联互通提供参考。

1 研究区域与方法

1.1 研究区域

中南半岛位于中国和南亚次大陆之间,包括新加坡、泰国、越南、老挝、柬埔寨和缅甸6个国家以及西马来西亚,面积约207万 km²,人口超过3亿。1995年,马来西亚前总理马哈蒂尔提出建设泛亚铁路,促进亚欧共同推动湄公河区域的开发合作^[27]。随后,作为促进东盟互联互通的关键基础设施,泛亚铁路先后被纳入《东盟互联互通总体规划2010》(Master Plan on ASEAN Connectivity 2010, MPAC

2010)和《东盟互联互通总体规划2025》(Master Plan on ASEAN Connectivity 2025, MPAC 2025)。目前,泛亚铁路共包括3条线路:东线(昆明—玉溪—蒙自—河口—河内—荣市—岷港—胡志明—金边—曼谷—吉隆坡—新加坡)、中线(昆明—玉溪—磨憨—琅勃拉邦—万象—呵叻—曼谷—吉隆坡—新加坡)和西线(昆明—大理—瑞丽—腊戍—曼德勒—仰光—莫塔马—曼谷—吉隆坡—新加坡)。

1.2 交通优势度评价模型

1.2.1 路网密度

以陆路综合交通网络作为路网密度(D)的评价对象,包括铁路、高速公路和一、二、三级公路等。采用ArcGIS 10.2中的线密度方法,搜索半径设置为10 km,栅格数值反映其周边10 km范围内的平均路网密度。

1.2.2 交通干线影响度

交通干线是区域对外联系和社会经济活动布局的重要依托。根据交通干线的技术经济特征与空间分布特征,按照分类赋值的方法计算交通干线影响度(表1)。具体的权重设置参考金凤君等^[17]及后续众多交通优势研究采用的权重赋值方案^[18-20,23-26]。考虑到已有的赋值方案多以欧氏距离为依据,如将距离干线铁路30 km以内的区域赋值为1。基于在线地图检索结果,中南半岛各区域欧氏距离30 km所需旅行时间主要分布在25~37 min之间,60 km欧氏距离所需旅行时间主要分布在52~75 min之间。据此,将原赋值方案中的欧氏距离转化为对应的时间距离,以在综合交通运输网络中考察交通干线对周边区域的辐射吸引能力。

最后,赋值方案中港口类型的划分参考搜航网(<https://www.sofreight.com/ports.html>),机场类型划分以年旅客吞吐量500万人次为阈值区分干线机场和支线机场。由于2020—2022年全球民航市场受到新冠疫情的严重影响,因此采用2019年的机场旅客吞吐量数据。

$$C_i = \sum_{m=1}^M c_{im} \quad (1)$$

式中: C_i 为 i 栅格的交通干线影响度, c_{im} 指 i 栅格第 m 种交通干线的影响度, M 为交通干线种数。

1.2.3 区位优势度

区位优势度反映了中心城市对周围地区的辐射带动能力和对区域空间结构的塑造能力,通常以某地区与区域中心城市联系的便捷程度衡量。选

表1 交通干线技术水平权重赋值

Tab.1 Weighted value of transport infrastructure importance

类型	子类型	赋分标准	赋值	类型	子类型	赋分标准	赋值
铁路	干线铁路车站	0.5 h时距	2.0	水运	枢纽港口	0.5 h时距	1.5
		1 h时距	1.5			1 h时距	1.0
		2 h时距	1.0			2 h时距	0.5
		其他	0			其他	0
	支线铁路车站	0.5 h时距	1.0	一般港口		0.5 h时距	0.5
		1 h时距	0.5			其他	0
		其他	0				
公路	高速公路	10 km距离	1.5	机场	干线机场	0.5 h时距	1.0
		30 km距离	1.0			1 h时距	0.5
		60 km距离	0.5			其他	0.0
		其他	0		支线机场	0.5 h时距	0.5
						其他	0
	干线公路	10 km距离	0.5				
		其他	0				

取河内、胡志明、曼谷、新加坡、仰光、内比都、吉隆坡、万象、金边9座(前)首都城市为区域中心城市,以栅格*i*至上述城市加权最短旅行时间的倒数为区位优势度指标(S_i)。

$$M_j = \frac{\sqrt{\text{GDP}_j \times \text{POP}_j}}{\sum_{j=1}^n \sqrt{\text{GDP}_j \times \text{POP}_j}}; S_i = \frac{1}{T_i} = \frac{\sum_{j=1}^n M_j}{\sum_{j=1}^n T_{ij} \times M_j} \quad (2)$$

式中: M_j 为城市*j*的权重, GDP_j 和 POP_j 分别为城市*j*的地区生产总值和人口; T_i 为栅格*i*至各中心城市的加权最短旅行时间, T_{ij} 表示栅格*i*和城市*j*之间的最短旅行时间。

1.2.4 交通优势度

集成路网密度、交通干线影响度和区位优势度计算交通优势度。

$$f(x_i) = \sum_{i=1}^e (D_i' \times w_1 + C_i' \times w_2 + S_i' \times w_3) \quad (3)$$

式中: $f(x_i)$ 为城市*i*交通优势度, D_i' 、 C_i' 和 S_i' 分别为交通网络密度、交通干线影响度和区位优势度的归一化值, w_i 为3种指标的权重阈值,参照已有研究^[17-20,23-25],均取1。

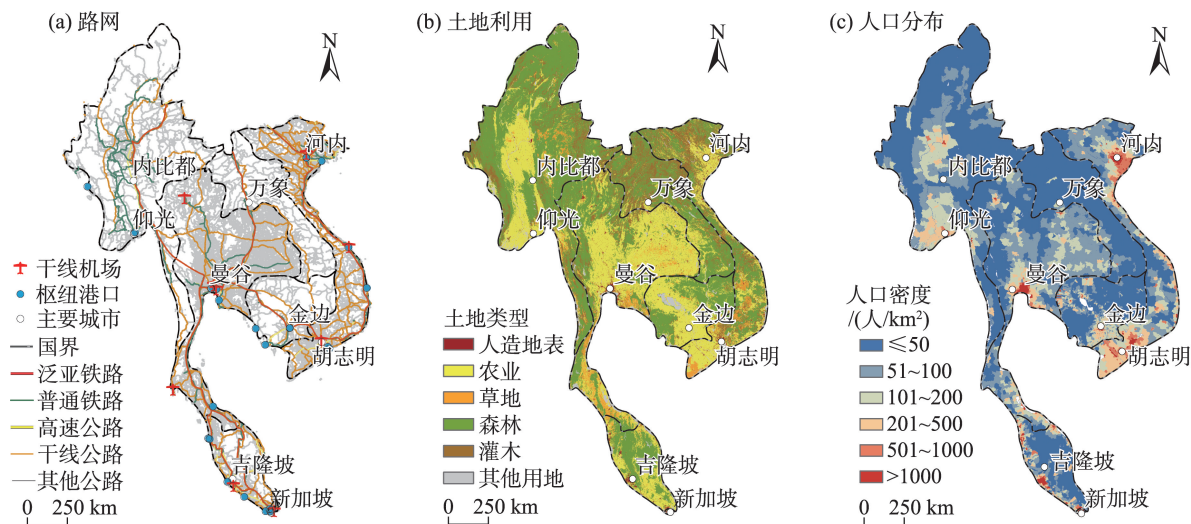
1.3 数据来源

重大交通工程的空间效应评估一直是交通地理学关注的重点问题^[28]。在研究设计上,一般以现状综合交通运输网络为参考系,通过将重大交通工程纳入综合交通运输网络,从可达性、联系强度等视角考察工程对区域综合交通地理格局的影响^[29-31]。本文沿用上述思路,首先基于现状综合交通运输网

络刻画中南半岛交通优势格局,作为泛亚铁路开通前的情景;其次,纳入泛亚铁路,刻画区域交通优势格局,作为泛亚铁路开通后的情景;最后,进行情景对比,考察泛亚铁路对区域交通优势格局与区域开发结构的潜在影响。

本文采用1 km×1 km的栅格数据,路网数据来源于OpenStreetMap(OSM)数据库(https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Downloading_data),包括铁路及其车站、高速公路、干线公路和一、二、三级公路等;机场列表及其旅客吞吐量数据来源于国际航空运输协会(International Air Transport Association, IATA)(<https://www.iata.org/>),港口列表源于搜航网(<https://www.sofreight.com/>),机场和港口的经纬度坐标通过谷歌地图(<https://ditu.google.com/>)定位获取;泛亚铁路根据《泛亚铁路网政府间协定》(<http://treaty.mfa.gov.cn/tykfiles/20180718/1531876088690.pdf>)整理和矢量化得到(图1a)。9座区域中心城市的人口和GDP数据源于各国统计部门的官方网站。土地利用数据采用2020年全球30 m地表覆盖精细分类产品V1.0,来源于中国科学院地球大数据科学工程数据共享服务系统(<https://data.casearth.cn/sdo/detail/5fbc7904819aec1ea2dd7061>)(图1b)。人口数据采用哥伦比亚大学社会经济数据和应用中心(<https://sedac.ciesin.columbia.edu>)发布的公里网格人口分布数据(Gridded Population of the World, GPW, v4)(图1c)。

铁路和各级公路的行车速度结合当地基础设



注：本图基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为GS(2016)2938号的标准地图制作，底图无修改。下同。

图1 研究区域概况

Fig.1 Overview of the Indo-China Peninsula

施建设情况确定(表2)。高速铁路的时速设定参照已开工建设的中泰铁路(<http://world.people.com.cn/n1/2022/1009/c1002-32541738.html>), 设定为200 km/h; 中南半岛各国普通铁路运行条件相似, 平均时速约为60~80 km/h^[7], 时速设定为80 km/h; 高速公路的时速设定参照中老高速公路(http://www.gov.cn/xinwen/2020-12/20/content_5571400.htm), 设定为100 km/h; 其他等级公路的时速以高速公路为参考进行梯度设置。

2 评价结果分析

交通优势反映交通设施网络对区域经济社会活动的支撑水平和引导能力。评价交通优势, 不仅要关注不同区域的相对优势状态及其空间分异格局, 也要重视交通设施网络服务区域经济社会发展的能力及其对区域开发结构的潜在影响。

2.1 交通优势格局

2.1.1 路网密度

由于泛亚铁路一条线路不会对区域的路网密度造成较大的影响, 本部分重点关注现状路网密度

分布的空间格局。

(1) 除新加坡外, 各国的路网密度普遍较低(图2a)。其中, 柬埔寨、老挝和缅甸的路网密度均未超过0.1 km/km²; 泰国、西马来西亚和越南的路网密度接近, 在0.3 km/km²左右。路网密度的上述差异与各国的经济发展水平密切相关。2021年, 新加坡的人均GDP高达7.28万美元, 远高于区域内其他国家; 西马来西亚和泰国人均GDP分别为1.14万美元和7233美元, 分别排名第2和第3。值得注意的是, 越南的路网密度0.33 km/km², 仅次于新加坡。根据亚洲开发银行的数据(<https://www.adb.org/what-we-do/data>), 近年来越南每年基础设施建设投资占GDP的比重超过5.5%, 在东南亚地区名列前茅。

(2) 路网密度分布不均衡, 46.01%的地区路网密度低于区域平均值0.19 km/km², 高密度地区主要集中在“两带三洲”(图2b)。其中, “两带”指马来半岛西海岸带(新加坡—吉隆坡—檳城)和越南海岸带(河内—岘港—胡志明市), 集中了区域内主要的大型海港城市, 并通过交通干线串联, 形成庞大的物流体系和绵延的经济带。2021年, 新加坡港和巴生港的货物吞吐量均跻身全球港口前30名, 合计完成

表2 交通方式的时速设定

Tab.2 Speed assignments for roads and railways (km/h)

道路类型	铁路		公路				
	普通铁路	高速铁路	高速公路	干线公路	一级道路	二级道路	三级道路
时速	80	200	100	80	60	40	20

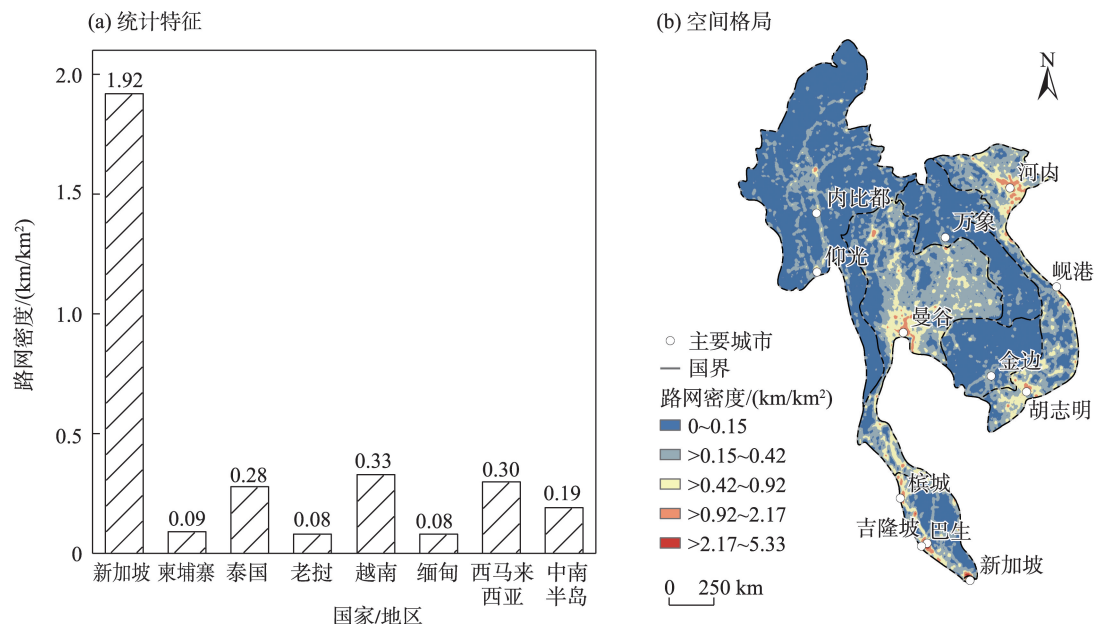


图2 中南半岛路网密度的空间分布格局及统计特征

Fig.2 Spatial configuration and statistical characteristics of road density in the Indo-China Peninsula

集装箱吞吐量超过 5000 万 TEU;越南沿海港口共完成集装箱吞吐量超过 1200 万 TEU。“三洲”指曼谷所在的湄南河三角洲、河内所在的红河三角洲和胡志明市所在的湄公河三角洲,是中南半岛自然地理条件最优越的区域,经济发展水平较高,人口相对集聚,为交通发展提供了良好基础。缅甸、老挝和柬埔寨的路网密度普遍较低,其原因除经济发展水平较低外,缅甸和柬埔寨国内山脉纵横,提高了交通建设成本,制约了交通网络的完善。

2.1.2 交通干线影响度

(1) 交通干线影响度普遍提高,国家间的绝对差距扩大。泛亚铁路开通前,受益于吞吐量排名全球前列的枢纽机场和港口,新加坡的交通干线影响度(6.61)远高于其他国家;西马来西亚(2.54)次之,越南(1.75)、泰国(1.47)分列第3、第4名(图3)。上述国家的交通干线影响度高于区域平均水平(1.21),缅甸、柬埔寨和老挝低于区域平均水平。泛亚铁路开通后,区域平均交通干线影响度提高到 1.35,国家间的标准差从 2.15 提高到 2.32,表明交通干线影响度空间分布的不均衡性得到了强化。虽然在相对变化上,柬埔寨、老挝等交通干线影响度较低的国家受益较大;但在绝对变化上,新加坡、西马来西亚和越南的交通干线影响度分别提高了 0.56、0.35 和 0.28,受益程度高于其他国家,扩大了与其他国家之间的差距。

(2) “一带两轴”空间格局得到强化。泛亚铁路开通前,中南半岛交通干线影响度格局表现出显著的由沿海城市向内陆延伸的特征,形成“一带两轴”。其中,“一带”指中南半岛海岸带(河内—胡志明市—金边—曼谷—吉隆坡—新加坡);两轴指曼谷—万象轴线和仰光—内比都—曼德勒轴线。泛亚铁路将强化上述格局,并提高曼谷—仰光的干线影响度,使各国的政治、经济中心城市以曼谷为枢纽,连接成一个整体,形成“中”字型格局。从区域交通运输网络扩展与经济空间结构演变的关系来看,泛亚铁路串联了沿海地区的经济中心城市,提高了沿海城市对内陆地区的辐射吸引能力,有利于形成跨国的区域发展轴线,促进经济活动的网络化,符合区域经济发展的规律^[16]。

2.1.3 区位优势度

(1) 区位优势度大幅提高,国家间的绝对差距扩大。泛亚铁路开通前,中南半岛的平均区位优势度为 0.19,新加坡、西马来西亚、泰国和柬埔寨分列前4位,区位优势度高于区域平均值;泛亚铁路开通后,中南半岛的平均区位优势度提高到 0.46(图4)。其中,新加坡、缅甸、越南和西马来西亚的区位优势度提高幅度均超过 150%;柬埔寨和泰国受益程度较低,区位优势度提高幅度均低于 130%。泛亚铁路营造了不均衡的区域优势格局,扩大了国家间的绝对差距,使国家间区位优势度的标准差从 0.06 提

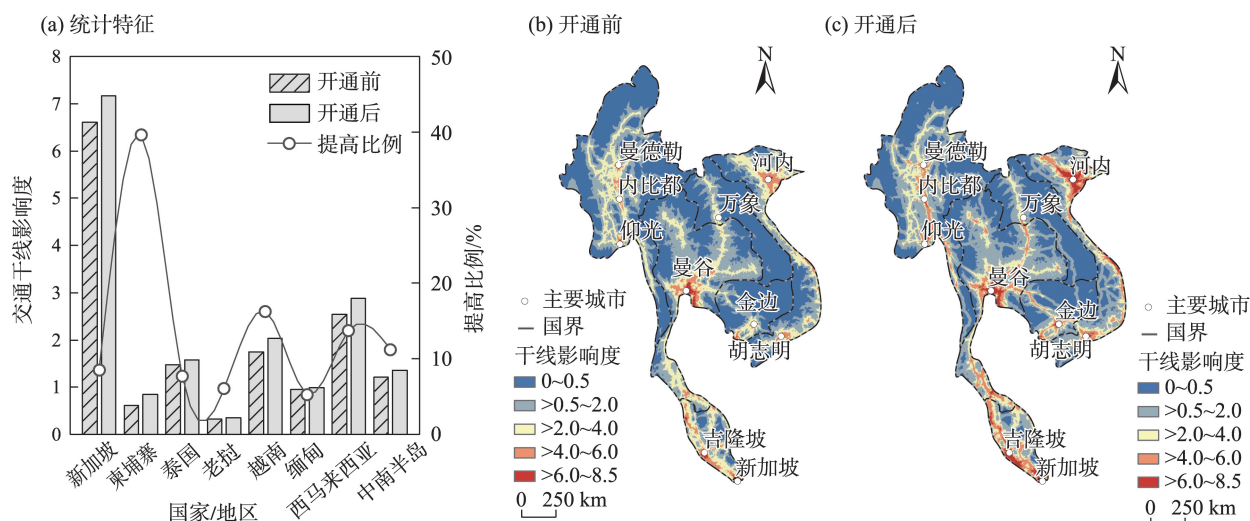


图3 中南半岛交通干线影响度空间分布格局及其统计特征

Fig.3 Spatial configuration and statistical characteristics of transport infrastructure impact in the Indo-China Peninsula

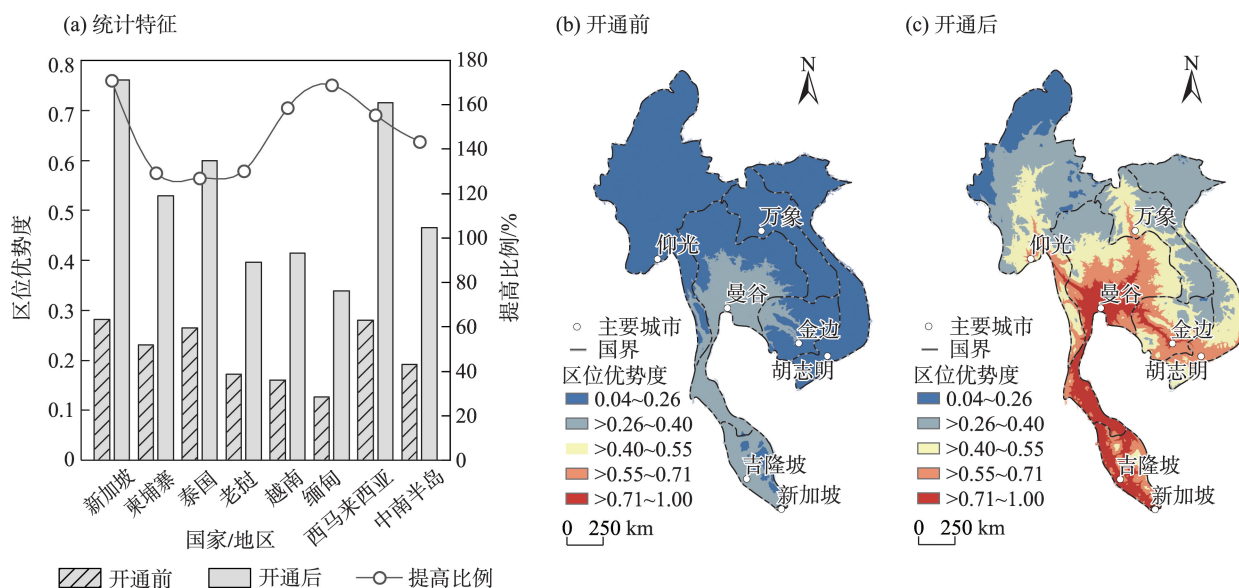


图4 中南半岛区位优势度空间分布格局及其统计特征

Fig.4 Spatial configuration and statistical characteristics of location superiority in the Indo-China Peninsula

高到0.16。

(2) “核心—边缘”空间格局得到强化。泛亚铁路开通前,中南半岛区位优势度大于0.26的地区占区域总面积的19.71%,主要集中在湄南河三角洲和马来半岛,以此为核心向外围递减,形成“核心—边缘”格局。泛亚铁路开通后,中南半岛区位优势度分布的核心—边缘格局得到强化,超过54.05%的地区区位优势度将提高至0.4以上,以湄南河三角洲和马来半岛为核心,沿泛亚铁路向外围递减,形成了显著的廊道效应和与泛亚铁路线路走向类似的“中”字型格局。尤其是在胡志明市—金边—曼谷

—仰光和万象—曼谷—吉隆坡—新加坡沿线地区,形成了连片的高区位优势度地区。上述区域在中心城市的辐射引领下,依托泛亚铁路重新塑造自身发展潜力,有望成为中南半岛的核心发展轴线,带动区域社会经济发展和空间结构演化。

2.1.4 交通优势度

(1) 区域交通优势度大幅提高。泛亚铁路开通前,中南半岛的交通优势度主要集中在0.1~0.5之间,占区域总面积的68.54%(图5);其中,交通优势度在0.1~0.3之间的区域占比为42.96%。泛亚铁路开通后,中南半岛的交通优势度提高了约80%,均

值由0.37提高到0.66。交通优势度的数值分布主要集中在0.3~0.9之间,占区域总面积的67.50%;其中,在0.3~0.6之间的区域占比为42.95%。

(2) 国家间交通优势的绝对差距扩大。泛亚铁路开通前,新加坡的交通优势度达1.41,远高于其他国家;西马来西亚、泰国和越南分列2~4位,交通优势度分别为0.63、0.49和0.43,高于中南半岛的均值(图6)。泛亚铁路开通后,国家间交通优势度的标准差从0.39提高到0.49,表明国家间的绝对差距扩大。虽然在相对变化上,柬埔寨、老挝等交通优势度较低的国家受益较大;但在绝对变化上,新加坡、

西马来西亚和泰国的交通优势度分别提高了0.55、0.48和0.35,是受益程度最高的3个国家,扩大了与其他国家的差距。

(3) 泛亚铁路沿线地区和中心城市周边地区交通优势显著提高,形成“中”字型格局。泛亚铁路开通前,中南半岛具有显著交通优势的地区主要围绕曼谷、河内、胡志明市等中心城市呈零星分布,并在马来半岛西海岸沿新加坡、吉隆坡和槟城形成带状分布。受国界的制约,多数具有较高交通优势的地区未能连接成带(片),如金边和胡志明市之间,曼谷与仰光之间,均存在交通优势的洼地。泛亚铁路开

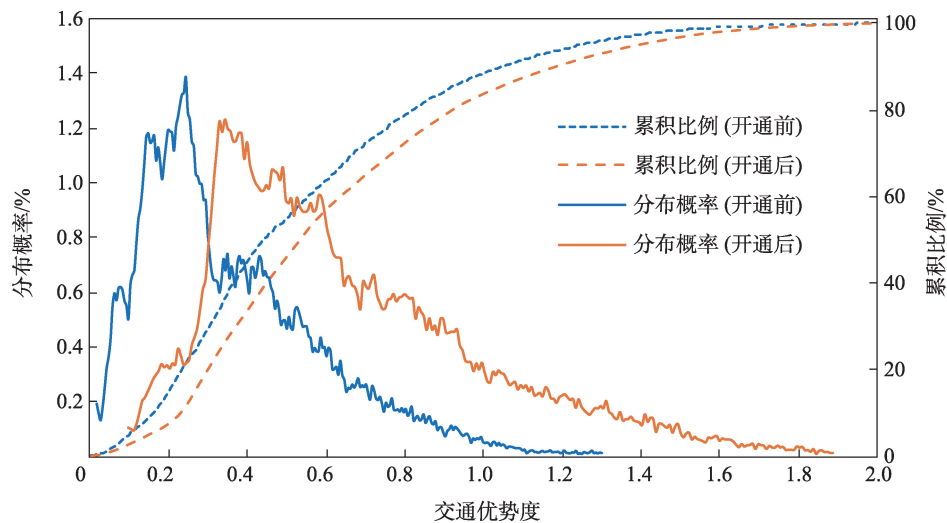


图5 泛亚铁路开通前后中南半岛交通优势度的分布概率和累积比例曲线对比

Fig.5 Distribution probability and cumulative ratio curve of transport superiority before and after the opening of the Pan-Asian Railway

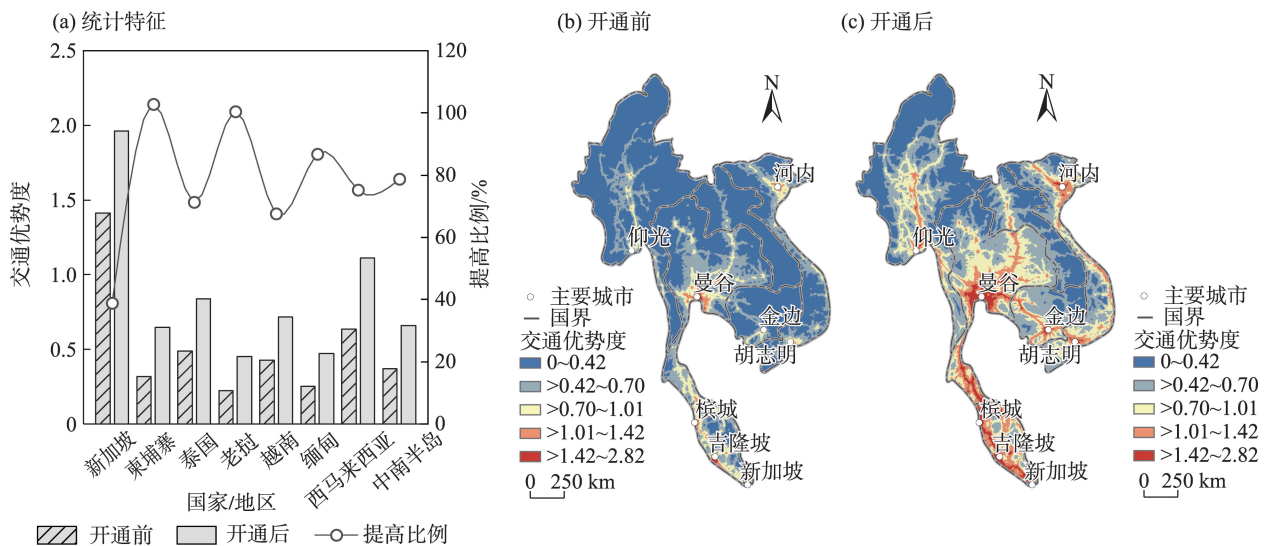


图6 中南半岛交通优势度空间分布格局及其统计特征

Fig.6 Spatial configuration and statistical characteristics of transport superiority in the Indo-China Peninsula

通后,一方面,中心城市及周边区域的配套交通运输网络较为完善,有利于充分释放泛亚铁路的地域优势营造效应,使原本具有交通优势的区域得到进一步强化;另一方面,泛亚铁路衔接了不同国家之间被国界割裂的综合交通运输网络,弱化了国界对要素流动的限制,使具有显著交通优势的区域沿泛亚铁路连接为一个整体,形成“中”字型格局。

2.2 交通服务能力

合并泛亚铁路开通前后的交通优势度数据集,利用自然断裂点法,将中南半岛的交通优势划分为高(1.43~2.82)、较高(1.02~1.42)、中等(0.71~1.01)、较低(0.43~0.70)和低(0~0.42)5个等级,统计不同等级的区域所服务的国土面积和人口总数。

(1) 国土面积。泛亚铁路开通前,中南半岛的交通优势以低等级为主,国土面积占比达65.78%;高等级和较高等级的区域占比仅1.78%(表3)。各国家中,老挝、柬埔寨和缅甸超过80%的国土面积交通优势处于低等级;越南和泰国超过80%、西马

来西亚超过60%的国土面积交通优势处于低和较低两个等级。泛亚铁路开通后,中南半岛低等级交通优势区域的占比从65.78%降低到29.68%,高、较高和中等3个等级的交通优势区域占比分别提高3.79、10.49和13.02个百分点。各国家中等及以上等级交通优势区域占比均显著提高。其中,新加坡高等级交通优势区域的占比提高33.78个百分点;西马来西亚、泰国、越南、柬埔寨、缅甸和老挝中等及以上等级交通优势区域占比分别提高47.29、40.35、32.93、28.62、16.59和7.93个百分点。

(2) 土地覆盖类型。从不同土地覆盖类型的交通优势度及其增长幅度来看,泛亚铁路主要服务于城市和农业发展。泛亚铁路开通前后,中南半岛各国交通优势最显著和绝对增长幅度最高的土地覆盖类型均为人造地表;农业用地的交通优势仅次于人造地表,草地的交通优势排名第3位,上述3种土地利用类型的交通优势高于区域平均水平(表4)。具体到各个国家,柬埔寨、越南和缅甸交通优势增

表3 泛亚铁路开通前后各国不同等级交通优势区域的面积占比

Tab.3 Proportion of different levels of transport superiority areas before and after the opening of the Pan-Asian Railway (%)

交通优势度		新加坡	柬埔寨	泰国	老挝	越南	缅甸	西马来西亚	中南半岛
开通前	高	54.28	0	0.45	0	0.16	0.01	1.60	0.28
	较高	31.67	0.41	2.86	0	1.51	0.16	6.55	1.50
	中等	11.10	3.37	15.13	0.38	9.21	2.40	28.50	8.26
	较低	2.95	15.95	36.96	6.27	33.13	15.23	38.94	24.18
	低	0	80.27	44.60	93.35	55.99	82.21	24.42	65.78
开通后	高	88.06	1.73	8.97	0	1.88	0.28	18.48	4.07
	较高	10.88	10.74	18.56	1.29	14.72	3.90	39.88	11.99
	中等	1.05	19.93	31.26	7.02	27.21	14.98	25.58	21.28
	较低	0	45.24	29.58	33.95	41.11	31.44	16.01	32.98
	低	0	22.36	11.62	57.75	15.08	49.40	0.06	29.68

表4 泛亚铁路开通前后不同类型土地覆盖的交通优势变化

Tab.4 Changes in transport superiority for different types of land cover before and after the opening of the Pan-Asian Railway

土地覆盖类型		新加坡	柬埔寨	泰国	老挝	越南	缅甸	西马来西亚	中南半岛
开通前	人造地表	1.60	0.79	0.95	0.37	0.83	0.70	1.23	0.94
	农业	1.49	0.39	0.56	0.28	0.53	0.42	0.73	0.50
	草地	1.45	0.30	0.63	0.25	0.36	0.34	0.72	0.48
	灌木	0	0.31	0.33	0.23	0.39	0.20	0.72	0.29
	森林	1.59	0.24	0.35	0.21	0.33	0.19	0.52	0.27
开通后	人造地表	2.16	1.40	1.41	0.65	1.23	1.04	1.84	1.40
	农业	2.06	0.81	0.93	0.51	0.87	0.71	1.25	0.86
	草地	2.02	0.65	1.09	0.45	0.66	0.61	1.26	0.85
	灌木	0	0.62	0.60	0.47	0.66	0.41	1.27	0.53
	森林	2.17	0.47	0.64	0.43	0.59	0.38	0.95	0.51

长幅度排名第2的土地覆盖类型是农业用地,老挝和西马来西亚交通优势增长幅度排名第2的土地覆盖类型是灌木,泰国交通优势增长幅度排名第2的土地覆盖类型是草地。造成上述差异的原因主要在于不同国家交通优势提升幅度较高的区域,各土地覆盖类型的面积占全国的比重不同。柬埔寨、越南和缅甸交通优势提升幅度较高的区域覆盖了各国主要的农业用地,老挝和西马来西亚交通优势提升幅度较高的区域则覆盖了全国主要的灌木用地;泰国沿海地区是草地分布较为集中的区域,也是交通优势提升幅度较高的区域。

(3) 人口。泛亚铁路开通后,中南半岛居住在中等及以上等级交通优势地区的人口占比从46.05%提高到73.67%(表5)。其中,居住在高等级和较高等级交通优势地区的人口占比分别从14.39%和13.70%提高到31.93%和20.84%。具体到各个国家,新加坡居住在高等级交通优势地区的人口占比达到99.99%;西马来西亚居住在高等级交通优势地区的人口占比达72.04%,提高超过40个百分点;泰国居住在较高和高等级交通优势地区的人口占比超过60%、越南超过50%,分别提高27.72、29.99个百分点。相较而言,柬埔寨、缅甸和老挝仍有大量人口生活在较低和低等级交通优势地区,占比分别达29.91%、49.99%和86.60%。

2.3 区域开发结构

由于社会经济发展水平和人文—自然地理条件的差异,中南半岛不同国家形成了差异化的区域开发结构。其中,老挝和柬埔寨以围绕中心城市的点状集聚为主;缅甸初步形成了曼德勒—内比都—仰光的发展轴线,越南形成了较为成熟的河内—岷港—胡志明市发展轴线;泰国的人口和产业主要集

聚在湄南河三角洲,围绕曼谷形成了连绵的城市化区域;新加坡和西马来西亚社会经济发展水平较高,但受地形限制,在马来半岛形成了成熟的轴带结构。泛亚铁路将原本零星分布在中心城市周边地区的交通优势地区连接成带,有利于促进中南半岛的区域开发结构的一体化和高级化(图7)。

(1) 提高中心城市的集聚能力,有利于都市圈和城市群等功能区域的发育。泛亚铁路开通后,一方面,新加坡、吉隆坡、曼谷、河内、胡志明市等中心城市及其周边地区形成连片的高交通优势地区,有利于增强上述地区对社会经济活动的承载能力;另一方面,泛亚铁路强化了区域交通优势分布的不均衡,中心城市及其周边地区交通优势的提高幅度高于其他地区,有利于增强中心城市及其周边地区对社会经济要素的吸引力。在上述两方面的影响下,中心城市的集聚能力将得到增强,有利于支撑中心城市的规模扩张和功能演进,促进都市圈、城市群等功能区域的发育。

(2) 弱化国界对要素流动的限制。泛亚铁路衔接了不同国家之间被国界割裂的综合交通运输网络,在沿线地区营造了连续分布的带状和团状优势地区,如在曼谷—万象、胡志明市—金边—曼谷—仰光等沿线地区,不仅为社会经济要素的跨国流动提供了物理设施支撑,并且为跨越国界的发展轴发育提供了良好的交通基础,对促进区际、国际社会经济联系具有积极作用,有利于区域社会经济的一体化发展。

(3) 促进沿海和沿海—内陆轴带的发育。泛亚铁路串联了中南半岛的大型沿海城市和内陆的主要中心城市。从交通基础设施与经济社会空间结构演化的阶段性规律^[6]来看,泛亚铁路一方面有利

表5 泛亚铁路开通前后各国不同等级交通优势区域的人口占比
Tab.5 Proportion of populations in different levels of transport superiority areas before and after the opening of the Pan-Asian Railway (%)

交通优势度		新加坡	柬埔寨	泰国	老挝	越南	缅甸	西马来西亚	中南半岛
开通前	高	96.18	0	19.82	0	11.09	2.04	30.88	14.39
	较高	3.80	13.03	14.53	0	12.83	10.78	29.04	13.70
	中等	0.01	11.34	20.89	1.49	23.01	8.38	26.47	17.96
	较低	0.01	26.36	26.72	10.08	29.03	26.83	11.94	25.14
	低	0	49.27	18.03	88.43	24.04	51.97	1.67	28.80
开通后	高	99.99	19.97	43.28	0	24.26	12.42	72.04	31.93
	较高	≈0.01	20.43	18.79	3.59	29.65	12.49	22.57	20.84
	中等	<0.01	29.69	21.16	9.81	23.16	25.10	4.62	20.90
	较低	0	27.01	13.50	45.10	19.82	31.00	0.78	19.37
	低	0	2.90	3.27	41.50	3.10	18.99	<0.01	6.96

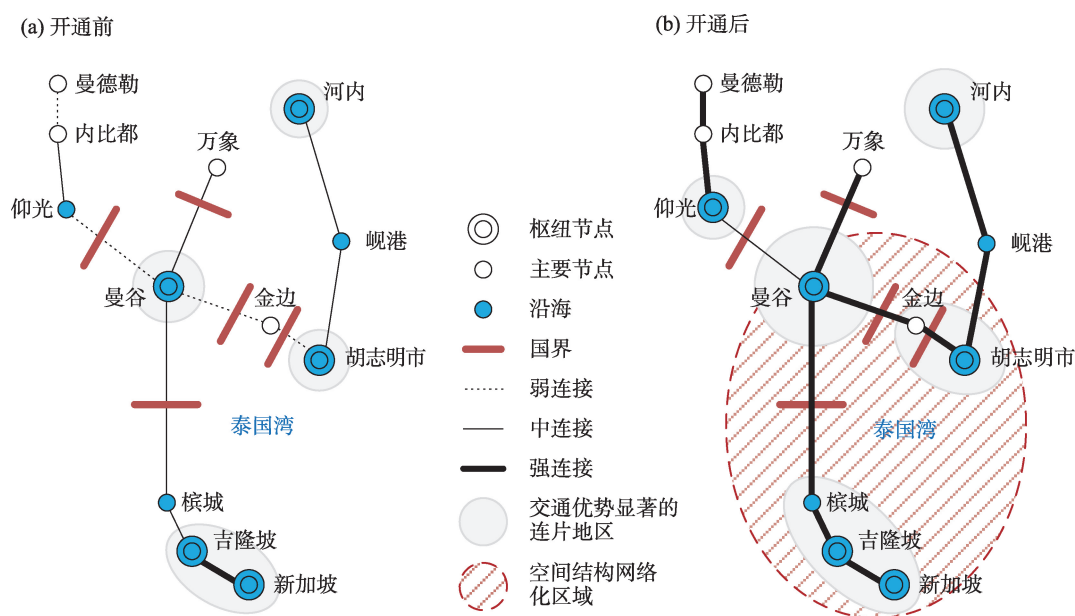


图7 泛亚铁路对中南半岛区域开发结构的影响

Fig.7 Impact of the Pan-Asian Railway on the regional development structure of the Indo-China Peninsula

于中南半岛各沿海城市 and 大型海港之间的竞争与合作,促进交通和经济社会要素的优化配置与协同组织,为沿海经济带的发育提供动力;另一方面,泛亚铁路为沿海城市的内陆腹地拓展提供了便捷通道,有利于沿海与内陆城市之间的互动联系,促进沿海—内陆双核结构和发展轴带的发育,如曼谷—万象、仰光—内比都—曼德勒等。

(4) 支撑环泰国湾区域开发结构的网络化。从经济基础和交通区位来看,以新加坡为中心的新加坡—吉隆坡地区、以曼谷为中心的湄南河三角洲以及以胡志明市为中心的湄公河三角洲经济发展水平较高、人口较为集聚,有潜力发育成为中南半岛经济社会发展的枢纽区域^[1]。泛亚铁路为上述地区之间的联系提供了直达的快速陆路通道,缩短了不同地区之间的运输时间,并在沿线地区营造了在空间上连续的带状优势区域,有利于促进3个地区之间的社会经济联系,环泰国湾形成跨国界的网络化区域开发结构。

3 结论与讨论

泛亚铁路是“一带一路”设施联通的重点项目,对沿线国家基础设施互联互通水平具有深刻影响。本文以1 km×1 km的栅格为基本空间单元,综合多源数据刻画了泛亚铁路开通前后中南半岛的交通优

势格局,解析了泛亚铁路对区域开发的支撑能力及其对区域开发结构的潜在影响,主要结论如下:

(1) 泛亚铁路整合了沿线国家被国界割裂的综合交通运输网络,显著提高了沿线国家和地区的交通优势,但也增强了交通优势空间分布的不均衡,拉大了国家和地区之间的绝对差距。其中,新加坡、西马来西亚、泰国和越南是受益程度较高的4个国家,马来半岛、湄南河三角洲、湄公河三角洲和红河三角洲是受益程度较高的4个地区。

(2) 在交通优势的空间分布上,泛亚铁路串联了中南半岛主要的中心城市,使原本围绕中心城市零星分布、具有显著交通优势的地区连接成带,形成了与泛亚铁路走向一致的“中”字型格局。其中,曼谷作为泛亚铁路东、中、西三条线路的衔接点,周边区域交通优势大幅提高,有潜力发育成为中南半岛陆路交通运输网络的核心枢纽。

(3) 泛亚铁路对区域开发具有良好的支撑和保障能力。泛亚铁路开通后,中南半岛低等级交通优势的区域面积占比从65.78%降低到29.68%,中等及以上等级的交通优势区域占比提高27.30个百分点;人造地表和农业用地的交通优势分别从0.94和0.50提高到1.40和0.86;居住在中等及以上等级交通优势地区的人口占比从46.05%提高到73.67%。

(4) 从交通基础设施与经济社会空间结构演化的阶段性规律来看,泛亚铁路符合区域经济发展的

规律,能够弱化国界对要素流动的限制,有利于提高中心城市的集聚能力和沿海城市对内陆地区的辐射吸引能力,促进都市圈和城市群等功能区域的发育,形成跨国的沿海和沿海—内陆发展轴带,支撑环泰国湾区域开发结构的网络化。

根据泛亚铁路营造的地域优势格局和中南半岛经济社会发展的空间格局,未来中国与东盟的区域合作应以泰国湾地区为重点区域,积极对接泰国东部经济走廊规划(http://www.gov.cn/xinwen/2019-11/05/content_5448938.htm),加强基础设施与产业合作;创造条件加快建设中泰铁路,打通国际陆海贸易新通道,支撑中国西部地区与中南半岛国家实现区域联动和国际合作。

需要指出的是,本文未将中国云南省和广西壮族自治区纳入研究区域,其原因有二:一是东盟作为较为成熟的国际组织,内部成员国之间联系更加密切,要素流动的制度障碍较小,适合作为一个整体进行分析;二是中国的交通设施网络已经达到世界领先水平,中南半岛各国的交通发展水平与中国差距较大,在交通优势评估框架下进行横向比较,难以反映不同国家之间交通发展水平的等级差异。但中国作为世界第二大经济体,对中南半岛各国家的区位优势具有重要影响,如何量化这种影响,仍需进一步深入研究。此外,重大交通工程一般具有长时间框架的特征^[28],泛亚铁路对区域交通优势格局和开发结构的影响会随综合交通运输网络的完善和社会经济活动的空间布局变化表现出动态变化特征。因此,有必要采用动态追踪评估的模式,为工程决策及其运维管理、风险控制提供科学参考。

参考文献(References)

- [1] 尚晶. 云南与中南半岛合作探析 [J]. 西南林业大学学报 (社会科学), 2019, 3(4): 63-66. [Shang Jing. An analysis of the cooperation between Yunnan and the Central South Peninsula. *Journal of Southwest Forestry University (Social Sciences)*, 2019, 3(4): 63-66.]
- [2] 宋涛, 李玢, 胡志丁. 地缘合作的理论框架探讨: 以东南亚为例 [J]. 世界地理研究, 2016, 25(1): 1-11. [Song Tao, Li Le, Hu Zhiding. Research on the theory of geopolitical cooperation: A case study of Southeastern Asia. *World Regional Studies*, 2016, 25(1): 1-11.]
- [3] 王成金, 李绪茂, 陈沛然, 等. 基于轨距的亚欧大陆铁路地缘系统格局及形成机理 [J]. 地理学报, 2020, 75(8): 1725-1741. [Wang Chengjin, Li Xumao, Chen Peiran, et al. Spatial pattern of railway geo-system and development mechanism from the view of gauge: A case study of Eurasia. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 75(8): 1725-1741.]
- [4] Zhao H. China-Japan compete for infrastructure investment in Southeast Asia: Geopolitical rivalry or healthy competition? [J]. *Journal of Contemporary China*, 2019, 28(118): 558-574.
- [5] 刘慧, 叶尔肯·吾扎提, 王成龙. “一带一路”战略对中国国土开发空间格局的影响 [J]. 地理科学进展, 2015, 34(5): 545-553. [Liu Hui, Yerken Wuzhati, Wang Chenglong. Impacts of the Belt and Road Initiative on the spatial pattern of territory development in China. *Progress in Geography*, 2015, 34(5): 545-553.]
- [6] Jin S W. East Asian railway networks: Origin and history [J]. *Korean Journal of International Relations*, 2004, 44(3): 125-149.
- [7] 马颖忆, 陆玉麒, 柯文前, 等. 泛亚高铁建设对中国西南边疆地区与中南半岛空间联系的影响 [J]. 地理研究, 2015, 34(5): 825-837. [Ma Yingyi, Lu Yuqi, Ke Wenqian, et al. The influence of Pan-Asia High-speed Railway construction on spatial relation between Southwest China's frontier area and Indo-China Peninsula. *Geographical Research*, 2015, 34(5): 825-837.]
- [8] 赵敏, 张俊, 李鹏. 泛亚高铁建设背景下中国西南—东南亚城市联系的多情景预测 [J]. 世界地理研究, 2023, 32(3): 1-16. [Zhao Min, Zhang Jun, Li Peng. Multi-scenario forecast of city linkage between Southwest China and Southeast Asia under the background of Pan-Asia high-speed railways construction. *World Regional Studies*, 2023, 32(3): 1-16.]
- [9] 王成金, 陈沛然, 王姣娥, 等. 中国—丝路国家基础设施连通性评估方法与格局 [J]. 地理研究, 2020, 39(12): 2685-2704. [Wang Chengjin, Chen Peiran, Wang Jiao'e, et al. Evaluation method of infrastructure interconnection between China and other countries along the Belt and Road and its spatial pattern. *Geographical Research*, 2020, 39(12): 2685-2704.]
- [10] Huang Q S, Zhu X G, Liu C H, et al. Spatial-temporal evolution and determinants of the Belt and Road Initiative: A maximum entropy gravity model approach [J]. *Chinese Geographical Science*, 2020, 30(5): 839-854.
- [11] 金凤君, 刘会远, 陈卓, 等. 中国与东盟基础设施建设合作的前景与对策 [J]. 世界地理研究, 2018, 27(4): 1-10. [Jin Fengjun, Liu Huiyuan, Chen Zhuo, et al. Cooperation between China and ASEAN in infrastructure construction: Prospects and countermeasures. *World Regional Studies*, 2018, 27(4): 1-10.]

- [12] Wong Y D, Chin K F, Kuik C-C. ASEAN's role in rail connectivity in Asia: Evolution, factors and prospects [J]. *Geografia: Malaysian Journal of Society and Space*, 2018, 14(2): 136-150.
- [13] Ruane C. Towards a Southeast Asian rail network: The role of Thailand and foreign powers [J]. *Asian Affairs*, 2021, 52(3): 638-654.
- [14] Zhang M H. China-ASEAN cooperation and challenges under the 'Belt and Road' Initiative: Cases of infrastructure constructions and industrial zones [J]. *Chinese Studies*, 2019, 69: 261-278.
- [15] 金凤君, 姚作林, 陈卓. 环南海区域发展特征与一体化经济区建设前景 [J]. *地理学报*, 2021, 76(2): 428-443. [Jin Fengjun, Yao Zuolin, Chen Zhuo. Development characteristics and construction prospects for an integrated economic zone in the South China Sea Region. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(2): 428-443.]
- [16] 金凤君. 基础设施与经济社会空间组织 [M]. 北京: 科学出版社, 2012. [Jin Fengjun. *Infrastructure and spatial organization of economy and society*. Beijing, China: Science Press, 2012: 87-95.]
- [17] 金凤君, 王成金, 李秀伟. 中国区域交通优势的甄别方法及应用分析 [J]. *地理学报*, 2008, 63(8): 787-798. [Jin Fengjun, Wang Chengjin, Li Xiuwei. Discrimination method and its application analysis of regional transport superiority. *Acta Geographica Sinica*, 2008, 63(8): 787-798.]
- [18] Cui X G, Fang C L, Wang Z B, et al. Spatial relationship of high-speed transportation construction and land-use efficiency and its mechanism: Case study of Shandong Peninsula urban agglomeration [J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2019, 29(4): 549-562.
- [19] 苗毅, 卢文清, 戴特奇, 等. 青藏高原市域综合交通优势度评价及空间特征: 以林芝市为例 [J]. *地理科学进展*, 2021, 40(8): 1332-1343. [Miao Yi, Lu Wenqing, Dai Teqi, et al. Comprehensive traffic advantage degree and its spatial characteristics at the prefecture level on the Qinghai-Tibet Plateau: A case study of Linzhi City. *Progress in Geography*, 2021, 40(8): 1332-1343.]
- [20] 陈舒婷, 李裕瑞, 潘玮, 等. 中国县域陆路交通优势度格局演化及经济效应 [J]. *地理学报*, 2022, 77(8): 1937-1952. [Chen Shuting, Li Yurui, Pan Wei, et al. Evolution of China's overland transportation dominance and its economic effect: A county-level analysis. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77(8): 1937-1952.]
- [21] 孟德友, 沈惊宏, 陆玉麒. 河南省县域交通优势度综合评价及空间格局演变 [J]. *地理科学*, 2014, 34(3): 280-287. [Meng Deyou, Shen Jinghong, Lu Yuqi. Evolution of spatial pattern of county level transportation superiority in Henan, China. *Scientia Geographica Sinica*, 2014, 34(3): 280-287.]
- [22] Jin F J, Wang C J, Li X W, et al. China's regional transport dominance: Density, proximity, and accessibility [J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2010, 20(2): 295-309.
- [23] 吴威, 曹有挥, 曹卫东, 等. 长三角地区交通优势度的空间格局 [J]. *地理研究*, 2011, 30(12): 2199-2208. [Wu Wei, Cao Youhui, Cao Weidong, et al. The pattern of transportation superiority in Yangtze River Delta. *Geographical Research*, 2011, 30(12): 2199-2208.]
- [24] 戢晓峰, 姜莉, 陈方. 云南省县域城镇化与交通优势度的时空协同性演化分析 [J]. *地理科学*, 2017, 37(12): 1875-1884. [Ji Xiaofeng, Jiang Li, Chen Fang. Spatio-temporal cooperative evolution analysis of transportation superiority and county urbanization in Yunnan Province. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(12): 1875-1884.]
- [25] 陈小红, 张协奎, 陈诗森, 等. 中国—东盟综合交通优势度与区域经济耦合协调 [J]. *交通运输系统工程与信息*, 2018, 18(5): 26-31, 81. [Chen Xiaohong, Zhang Xiekui, Chen Shimiao, et al. The coupling relationship between integrated transport superiority and regional economic performance in China-ASEAN. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 2018, 18(5): 26-31, 81.]
- [26] Hu H, Wang J E, Jin F J, et al. Evolution of regional transport dominance in China 1910–2012 [J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2015, 25(6): 723-738.
- [27] 刘稚. 泛亚铁路建设的由来与发展 [J]. *当代亚太*, 2002 (11): 45-48. [Liu Zhi. The origin and development of the construction of the Pan-Asia Railway. *Journal of Contemporary Asia-Pacific Studies*, 2002(11): 45-48.]
- [28] 金凤君, 陈卓. 跨区域重大交通工程空间效应评估的地理学思路 [J]. *地理科学*, 2023, 43(4): 586-595. [Jin Fengjun, Chen Zhuo. Evaluation of spatial effects of cross-regional major transportation projects: A geographical approach. *Scientia Geographica Sinica*, 2023, 43(4): 586-595.]
- [29] 吴旗韬, 张虹鸥, 叶玉瑶, 等. 基于交通可达性的港珠澳大桥时空压缩效应 [J]. *地理学报*, 2012, 67(6): 723-732. [Wu Qitao, Zhang Hong'ou, Ye Yuyao, et al. The impact of Hong Kong-Zhuhai-Macao bridge on the traffic pattern of Pearl River Delta. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(6): 723-732.]
- [30] 王泽东, 张小林, 孙东琪, 等. 渤海海峡跨海通道建设前后区际城市群物流网络结构的时空演变 [J]. *地理研究*, 2020, 39(3): 585-600. [Wang Zedong, Zhang Xiaolin, Sun Dongqi, et al. Spatial-temporal evolution of the logistics network structure of inter-regional urban ag-

glomeration before and after the construction of the Bohai Strait cross-sea channel. *Geographical Research*, 2020, 39(3): 585-600.]

[31] Jiao J J, Wang J E, Jin F J, et al. Impacts on accessibility of China's present and future HSR network [J]. *Journal of Transport Geography*, 2014, 40: 123-132.

Impact of the Pan-Asian Railway on the transport superiority pattern and regional development structure of the Indo-China Peninsula

ZHANG Zhixing^{1,2,3}, JIN Fengjun^{1,2,3}, ZHOU Yongkang^{1,2,3}, CHEN Zhuo^{1,2*}

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling, CAS, Beijing 100101, China;

3. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The Pan-Asian Railway is a new channel for cooperation between China and ASEAN countries in the future, which will profoundly affect the infrastructure connectivity and regional development level of countries along the route, and is of great significance for promoting the further implementation of the Belt and Road initiative. In order to conduct a cross-scale research of transport superiority, this study used the 1 km×1 km grid as the basic spatial unit, and selected the present and the future year as two time points for comparison. Based on the improved transport superiority model, we characterized the transport superiority pattern of the Indo-China Peninsula before and after the opening of the Pan-Asian Railway. We also explored the potential impact of changes of transport superiority on regional development. The main findings of the study are as follows: 1) The Pan-Asian Railway can significantly improve the transport superiority of countries and regions along the route, forming a "卄" shaped spatial pattern, but also exacerbating the uneven distribution of transport superiority. The transport superiority of Singapore, western Malaysia, and Thailand shows a greater increase, and the gap with other countries has further widened. Areas with high transport superiority are scattered in central cities such as Bangkok, Hanoi, Ho Chi Minh City, and concentrated along the western coast of the Malay Peninsula. 2) After the opening of the Pan-Asian Railway, the area of medium and above-level transport superiority regions increased from 10.04% to 37.34%, and the population proportion of these areas increased from 46.05% to 73.67%, providing strong support for regional development. 3) The Pan-Asian Railway is beneficial for enhancing the agglomeration capacity of central cities and the radiation attraction of coastal cities to inland areas, weakening the restrictions on the circulation of factors across national boundaries. In addition, the opening of the Pan-Asian Railway can form a transnational coastal and coastal-inland development axis, and support the networked development structure of the Gulf of Thailand region. In the future, regional cooperation between China and ASEAN should focus on the Gulf of Thailand region, open up new international land-sea trade channels, and support regional linkages and international cooperation between western China and countries in the Indo-China Peninsula.

Keywords: Pan-Asian Railway; transport superiority; regional differentiation; regional development structure; Indo-China Peninsula