文章编号：1003-1421(2026)07-0130-11
引用格式：李杰梅，许文娟，后烁斌. 中欧班列节点城市交通优势度对绿色开放型经济的影响研究[J]. 铁道运输与经济，2026，48(7)：130-140.
LI Jiemei，XU Wenjuan，KOU Shuobin. Impact of Transportation Superiority Degree of China Railway Express Node Cities on Green Open Economy[J]. Railway Transport and Economy，2026，48(7)：130-140.

中欧班列节点城市交通优势度对绿色开放型经济的影响研究

李杰梅，许文娟，后烁斌

(昆明理工大学 交通工程学院，云南 昆明 650500)

摘 要：完善的交通基础设施能通过降低运输成本和交易成本，加速要素流动与技术创新，为中欧班列节点城市开放型经济增长提供内生动力。在评价中欧班列节点城市交通优势度和绿色开放型经济发展水平的基础上，对交通优势度的绿色开放型经济效应进行了空间计量分析。结果表明，中欧班列节点城市的交通优势度和绿色开放型经济均呈逐年增长的趋势，随时间演化非枢纽节点提升幅度较大；节点城市交通优势度对绿色开放型经济具有显著的正向促进作用和空间溢出效应，其时空异质性特征明显，2016年后的促进效应显著增加，对中西部城市和绿色开放型经济发展水平较低城市的促进效应更加明显。技术进步、人力资本、产业结构及环境规制等均对绿色开放型经济发展产生不同程度的正向影响。

关键词：交通优势度；绿色开放型经济；影响机理；空间计量；中欧班列节点城市
中图分类号：U29-3 **文献标识码**：A **DOI**：10.16668/j.cnki.issn.1003-1421.20250908001

Impact of Transportation Superiority Degree of China Railway Express Node Cities on Green Open Economy

LI Jiemei，XU Wenjuan，KOU Shuobin

(School of Transportation Engineering, Kunming University of Technology, Kunming 650500, Yunnan, China)

Abstract: Sound transportation infrastructure can accelerate factor flow and technological innovation by reducing transportation and transaction costs, thereby providing endogenous impetus for the open economy growth of China Railway Express node cities. Based on the evaluation of the transportation superiority degree and green open economy development level of China Railway Express node cities, a spatial econometric analysis was conducted on the green open economy effect of transportation superiority degree. The results show that the transportation superiority degree and green open economy of the China Railway Express node cities show an increasing trend year by year, and with the evolution of time, the improvement amplitude of non-hub nodes is larger. Transportation superiority degree exerts a significant positive promotion effect and spatial spillover effect on the green open economy, with obvious spatiotemporal heterogeneity characteristics. The promotion effect has increased significantly since 2016, and the promotion effect on central and western cities and cities with lower green open economy development levels is more obvious.

收稿日期：2025-09-08 **修订日期**：2026-02-04
基金项目：国家自然科学基金项目(72263022)

Technological progress, human capital, industrial structure, and environmental regulation all exert varying degrees of positive impacts on the development of green open economy.

Keywords: Transportation Superiority Degree; Green Open Economy; Impact Mechanism; Spatial Econometrics; China Railway Express Node City

0　引言

党的十八大报告提出“全面提高开放型经济水平”，党的十九大报告指出以“一带一路”建设为重点，推动形成陆海联动、东西互济的全面开放新格局，“十四五”规划提出发展方式向绿色化转型，构建更高水平开放型经济新体制的决策。开放型经济已成为我国经济发展的主要推动力。中欧班列打通了我国与“一带一路”沿线国家的贸易通道，弥补了内陆地区地理区位的相对劣势，以“设施联通”带动“贸易畅通”，加速开通城市开放型经济发展的步伐。已有研究证实，中欧班列已成为开通城市发挥比较优势，参与国际贸易，打造高水平开放型经济的有力支撑[1]，其对交通优势度的提升效应与绿色开放型经济的关联值得深入研究。中欧班列节点城市交通基础设施建设从2个层面助推绿色开放型经济发展。一是促进地区经济贸易交流和扩大对外开放规模。交通基础设施改善带来的时空压缩效应，能够有效降低运输成本、贸易成本和信息获取成本，提高交易效率，促进对外贸易发展。二是促进城市绿色发展。中欧班列是最为绿色的运输方式之一，平均碳排放量是海运的1/5、公路运输的1/7、航空运输的1/15[2]，中欧班列还通过优化运输线路和提高运输效率，减少能源消耗和环境污染。同时便捷的交通会促进地区间经济和技术等交流，通过引进高新技术和优质投资，促使产业转型升级，降低能源消耗，减少污染，从而推动城市绿色发展。良好的市场与生态环境还能反向作用于开放经济，形成有益的双向互济。因此，研究中欧班列开通城市交通优势度对绿色开放型经济的影响效应、作用机理和区域异质性，对中欧班列节点城市借助交通网络的“纽带”和“抓手”功能，发展更高层次开放型经济具有重要意义。

中欧班列作为“一带一路”倡议中基础设施互联互通建设的重要一环，在促进开通地区交通便利化与贸易自由化水平上发挥着重要支撑作用[3-5]。Allen等[6]认为中欧班列能够提高中西部地区的运输通达性，弥补了其区位上的劣势。刘斌等[7]提出中欧班列“国际物流通道+国际陆港”的新模式能够有效促进内陆腹地城市“口岸化”，使地区交通条件与运输通达性良好改善，深化了地区之间的经济贸易往来。中欧班列节点城市交通基础设施建设可以促进地区经济贸易交流和扩大对外开放规模。交通基础设施改善带来的时空压缩效应，能够有效降低运输成本、贸易成本和信息获取成本，提高交易效率，促进对外贸易发展[8-10]。裴长洪等[11]提出中欧班列重构了中国对外贸易的经济地理，对开行城市扩大对外开放和进出口贸易产生了催化作用；舒芹等[12]和张梦婷等[13]研究证实了中欧班列对开通城市进出口贸易和国内贸易流通能够产生积极的影响作用；Shepherd[14]和赵明亮等[15]研究发现交通基础设施越完善对地区对外贸易发展的带动作用越强。

部分学者从城市规模差异、区域异质性和空间溢出效应等维度对中欧班列的贸易效应进行研究。方行明等[16]认为中欧班列对大城市的经济发展和贸易开放度具有显著促进作用；张建清等[17-19]研究发现中欧班列对我国经济发展水平较低的中西部地区贸易增长效应更大。此外，中欧班列运营服从“轴-辐”模式，开通地区会发生运输联动的廊道效应，不仅会影响当地的贸易发展，也会对周边城市产生空间影响效应[20]。

已有文献对中欧班列的贸易促进效应进行了广泛的研究，但大多集中于中欧班列开通对节点及沿线城市开放型经济的影响研究，缺乏对中欧班列节点城市交通优势度及绿色开放型经济的评价，鲜有对中欧班列节点城市交通优势度对绿色开放型经济空间溢出效应的研究；其次，既有研究大多利用双重差分法，针对中欧班列开通前后作对比，研究中欧班列开通这一事件对沿线地区经济、贸易等的影响，缺乏中欧班列节点城市交通发展对绿色开放型经济的作用机制和影响机理的研究。鉴于此，在对中欧班列节点城市交通优势度和绿色开放型经济发展水平及其时空演化格局进行评价和分析的基础上，运用空间计量模型实证检验中欧班列节点城市

交通优势度对绿色开放型经济增长的影响机理及作用机制，可为中欧班列交通网络规划和我国内陆地区依托中欧班列发展绿色开放型经济提供理论依据和决策支持。

1　研究设计

1.1　样本选择与数据来源

（1）研究区域。研究样本为2021年前开通中欧班列的73个节点城市，这些城市是中欧班列运营网络的关键支撑载体，其空间布局、功能定位与发展水平直接影响中欧班列物流通道的效率与辐射能力，对探究中欧班列与区域经济协同发展机制具有重要研究价值。根据《中欧班列建设发展规划(2016—2020年)》将节点城市划分为内陆主要货源地节点、主要铁路枢纽节点、沿海重要港口节点及非枢纽节点城市，研究区域如表1所示。

（2）数据来源。我国首列中欧班列“渝新欧”班列(成渝)在2011年3月发出，因此选取的样本区间为2011—2021年。城市社会经济数据主要来源于《中国城市统计年鉴》以及各州市统计年鉴、国民经济与社会发展统计公报；地图矢量化数据来源于《全国交通地图册》，存在缺失问题的部分变量数据利用移动平均插值法进行补全。

1.2　模型设定

1.2.1　交通优势度测算模型

在借鉴已有的交通优势度评价指标体系的基础上[21-23]，从交通路网密度、交通干线影响度及区位优势度3个维度来综合测算交通优势度，计算公式如式(1)所示。

$$Trans_i = \sum\left(w_1 D_i + w_2 I_i + w_3 A_i\right) \tag{1}$$

式中：$Trans_i$为节点城市i的交通优势度值；D_i，I_i，A_i分别为节点城市i的交通路网密度、交通干线影响度和区位优势度的无量纲值；w_1，w_2，w_3分别为相应指标权重，取等比加权，即$w_1=w_2=w_3=1$；D_i为交通路网密度，表征公路设施网络对地区发展的支撑能力，用各级公路通车里程与城市土地面积的比值衡量；A_i为区位优势度，表示中欧班列节点城市到中心城市的远近程度，采用网络分析法对节点城市到省会城市的交通可达性进行测算，反映研究单元地理位置的优劣；I_i为交通干线影响度，表示交通干线建设对地区发展的保障及支撑能力，反映城市对外交流能力的强弱，通过对各类交通设施进行赋值的方法进行评价。

交通干线权重赋值如表2所示。

1.2.2　绿色开放型经济发展水平评价

绿色开放型经济是经济对外开放与环境绿色发展的有机统一，是以经济与环境和谐共生为目的而发展起来的新的开放经济形式。在对外贸易中，绿色开放代表扩大绿色产品的进出口；在技术创新中，绿色开放代表以技术手段降低污染排放对环境的影响；在产业建设中，绿色开放代表进行产业转型升级，并构建对环境负面影响的约束机制[24]。一方面，技术是绿色创新发展的主要内部驱动因素。在开放经济背景下，以技术引进和自主创新相结合，利用贸易政策降低发达国家技术壁垒，从而寻求技术溢出和产业结构升级是当前我国绿色发展的主导思路。开放经济可以通过影响技术发展来促进绿色创新投入和产出[25]，扩大对外开放有利于提升我国绿色经济效率[26]。另一方面，环境管制是绿色创新的主要外部驱动因素。我国制定环境管制政策的核心目标在于从整个产业链角度出发，减少有害废弃物排放，引导企业通过改造升级工艺流程，实现全面绿色发展。合理的环境管制能够转变技术进步方向，有助于我国工业实现绿色转型发展[27]，进而促

表1　研究区域

Tab.1　Research areas

中欧班列节点城市类型	城市
内陆主要货源地节点	重庆、成都、郑州、武汉、苏州、金华、长沙、合肥、沈阳、东莞、西安、兰州
主要铁路枢纽节点	北京、天津、沈阳、哈尔滨、济南、南京、杭州、郑州、合肥、武汉、长沙、重庆、成都、西安、兰州、乌鲁木齐、乌兰察布
沿海重要港口节点	大连、营口、天津、青岛、连云港、宁波、厦门、广州、深圳、钦州
非枢纽节点	武威、西宁、银川、中卫、白银、乌海、石嘴山、巴彦淖尔、包头、呼和浩特、临汾、太原、邯郸、保定、石家庄、宜昌、怀化、贵阳、南宁、昆明、南昌、吉安、景德镇、抚州、鹰潭、上饶、济宁、聊城、秦皇岛、赤峰、锦州、唐山、盘锦、通辽、大庆、长春、牡丹江、抚州、上海、日照、威海、烟台、淄博、赣州、临沂

表2　交通干线权重赋值

Tab.2　Weighting assignment of transportation trunk lines

一级维度	二级维度	评价标准	权重值
铁路	高速铁路	拥有高速铁路	2.0
		距高速铁路30 km以内	1.5
		距高速铁路60 km以内	1.0
		其他	0
	普通铁路	拥有普通铁路	0.5
		其他	0
公路	高速公路	拥有高速公路	2.0
		距高速公路30 km以内	1.5
		距高速公路60 km以内	1.0
		其他	0
	国道	拥有国道	0.5
		其他	0
机场	干线机场	拥有枢纽机场	1.5
		距枢纽机场50 km以内	1
		其他	0
	支线机场	拥有支线机场	0.5
		其他	0
港口	枢纽港口	拥有枢纽港口	1.5
		距枢纽港口30 km以内	1.0
		其他	0
	一般港口	拥有一般港口	1.0
		距一般港口30 km以内	0.5
		其他	0

进开放经济的发展。因此，绿色开放型经济是经济开放、技术创新和环境绿色发展的有机协同。为准确、客观地评价绿色开放型经济的发展水平，以张应武等[28]、黄伟新等[29]构建的开放型经济评价指标为基础，参考姜玲等[24]提出的绿色开放经济评价指标，以及齐红倩等[26]和景维民等[27]对外开放、环境管制和绿色发展互动关系的研究，立足中欧班列节点城市的实际情况，将技术创新融入开放基础和开放潜力指标中，从开放经济与绿色发展2个维度，构建绿色开放型经济发展指标体系，绿色开放型经济评价指标体系如表3所示。同时，为科学量化指标权重，选用熵权–突变级数法，通过熵权法客观测定指标数据离散程度(反映信息量大小)，结合突变理论处理多准则非线性关系(适配开放经济与绿色发展的复杂协同机制)，最终经归一化运算得出综合评价值，其既能减少主观赋权偏差，又能精准捕捉技术创新、环境管制等驱动因素对绿色开放的差异化影响(如技术指标的小幅提升可能引发绿色产出的非线性增长)，与前述驱动机制分析形成呼应。

1.2.3　空间计量模型

（1）空间杜宾模型构建。为研究中欧班列节点城市交通优势度对绿色开放型经济发展的支持作

表3　绿色开放型经济评价指标体系

Tab.3　Evaluation index system for green open economy

一级指标	二级指标	三级指标	指标含义	属性
开放经济	开放基础	人均GDP	GDP/地区人数	+
		第三产业占比	第三产业增加值/GDP	+
		科技创新强度	地区R&D经费/GDP	+
		人均固定资产	固定资产总额/地区人数	+
	对内开放	内贸依存度	社会消费品零售总额/GDP	+
		信息交流活跃度	邮电业务总量/GDP	+
		国内旅游收入比	国内旅游收入/GDP	+
	对外开放	外贸依存度	对外贸易额/GDP	+
		外资依存度	实际利用外资额/GDP	+
		国际旅游收入比	国际旅游收入/GDP	+
	开放潜力	土地开放度[28]	城市建设用地/国土面积	+
		信息开放度[28]	互联网普及率	+
		受教育程度	教育支出/财政支出总额	+
		专利授权数	3类专利实际授权数(发明专利、实用新型专利和外观设计专利)	+
绿色发展	环境治理	垃圾处理能力	生活垃圾无害化处理率	+
		污水处理能力	城市污水处理率	+
		绿化建设水平	建成区绿化覆盖率	+
		工业固体废物综合利用率	工业固体废物综合利用率	+
	污染排放	污染排放强度	“三废”排放量/地区人数	−
		碳排放强度	二氧化碳排放量/地区人数	−

用，采用空间计量模型进行检验。对模型进行适用性检验结果显示，无论采用何种空间权重矩阵，*Hausman*检验均在1%显著性水平下拒绝了随机效应模型适用的假设，因此选用固定效应模型。进一步实施*Wald*检验和*LR*检验后，结果显著拒绝空间杜宾模型(Spatial Durbin Model，SDM)会退化为空间滞后模型(Spatial Autoregressive Model，SAR)和空间误差模型(Spatial Error Model，SEM)的原假设，即空间杜宾模型最优。综上检验结果，在综合考虑绿色开放型经济影响因素的基础上，构建时空双固定空间杜宾模型，如式(2)所示。

$$\ln OPEN_{it} = \rho \boldsymbol{W} \times \ln OPEN_{it} + \beta_0 + \beta_1 \ln Trans_{it} + \sum_j \beta_j \ln Contral_{jit} + \theta_1 W \times \ln Trans_{it} + \boldsymbol{W} \times \sum_j \theta_j \ln Contral_{jit} + \eta_t + \lambda_i + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

式中：$OPEN_{it}$为被解释变量，表示绿色开放型经济水平；$Trans_{it}$为核心解释变量，代表交通优势度；$Control_{it}$为控制变量，选取技术进步(*Lev*)、产业结构(*Ind*)、人力资本(*Lc*)、环境规制(*Env*)4个变量[30-31]作为控制变量；$\boldsymbol{W}$为描述区域空间关系的权重矩阵；ρ为空间自回归系数；ε_i为残差；η_i和λ_i分别为空间和时间效应。

为避免共线性和异方差问题，选取指标均作对数处理。

（2）空间矩阵设定。

$$\boldsymbol{W}_{dis} = \begin{cases} 1/d_{ij} & i \neq j \\ 0 & i = j \end{cases} \quad (3)$$

$$\boldsymbol{W}_{eco} = \frac{1}{\left|\bar{g}_i - \bar{g}_i\right|} \qquad i \neq j \quad (4)$$

式中：$\boldsymbol{W}_{dis}$为基于地理距离的空间矩阵；$\boldsymbol{W}_{eco}$为基于经济距离的空间矩阵；d_{ij}为基于经纬度计算的城市i与城市j距离，km；$\bar{g}_i$和$\bar{g}_j$分别为城市i与城市j的人均GDP的平均值，元/人。

2　中欧班列节点城市交通优势度和绿色开放性经济格局演化

2.1　中欧班列节点城市交通优势度时空格局演化

在对中欧班列节点城市的路网密度、区位优势度和交通干线影响度进行测算的基础上，运用式(1)测算出73个中欧班列节点城市交通优势度空间格局演化，中欧班列节点城市交通优势度格局演化如表4所示。

由表4可见，中欧班列节点城市交通优势度呈枢纽节点高、非枢纽节点低的空间分布格局。枢纽节点中内陆主要货源地节点和主要铁路枢纽节点城市的交通优势度较高，北京、天津、南京、武汉、郑州、济南、重庆、成都等较早开行中欧班列的节点城市交通优势度始终处于高值区，这些城市具有良好的地理区位，经济基础较好，交通基础设施较为完善；沿海重要港口节点城市的交通优势度整体较低，除广州和天津外，其他沿海重要港口节点城市的交通优势度处于中值区。非枢纽节点城市除了上海和南昌外，交通优势度较低，始终处于中、低值水平。

中欧班列节点城市的交通优势度随时间演化逐年提升。对不同类型中欧班列节点城市交通优势度水平进行可视化，不同类型中欧班列节点城市交通优势度水平如图1所示。

2011—2021年，中欧班列节点城市的交通优势度平均水平从1.509提升至1.724，提升幅度约14.207%。具体来看，内陆主要货源地节点城市平

表4　中欧班列节点城市交通优势度格局演化

Tab.4　Evolution pattern of transportation superiority degree of China Railway Express node cities

区域类型	2011年	2021年
高值区	上海、东莞、北京、南京、南昌、天津、广州、成都、武汉、济南、郑州、重庆	上海、东莞、北京、南京、南昌、合肥、天津、广州、成都、武汉、沈阳、济南、深圳、苏州、西安、郑州、重庆、长沙、杭州
中值区	临沂、保定、兰州、南宁、厦门、合肥、哈尔滨、唐山、大连、太原、宁波、福州、昆明、沈阳、济宁、淄博、深圳、盘锦、石家庄、苏州、营口、西安、贵阳、连云港、邯郸、金华、长春、长沙、青岛、鹰潭、宜昌、景德镇、聊城、日照、杭州	上饶、临沂、保定、兰州、南宁、厦门、唐山、呼和浩特、哈尔滨、大连、太原、宁波、福州、昆明、济宁、盘锦、石家庄、秦皇岛、营口、西宁、连云港、邯郸、金华、银川、锦州、长春、青岛、鹰潭、宜昌、吉安、抚州、淄博、景德镇、聊城、日照、烟台、贵阳
低值区	上饶、中卫、临汾、乌海、乌鲁木齐、包头、呼和浩特、大庆、威海、巴彦淖尔、牡丹江、白银、秦皇岛、西宁、赣州、赤峰、银川、锦州、乌兰察布、钦州、武威、怀化、石嘴山、烟台、通辽	中卫、临汾、乌海、乌鲁木齐、包头、大庆、威海、巴彦淖尔、牡丹江、白银、赣州、赤峰、乌兰察布、钦州、武威、怀化、石嘴山、通辽

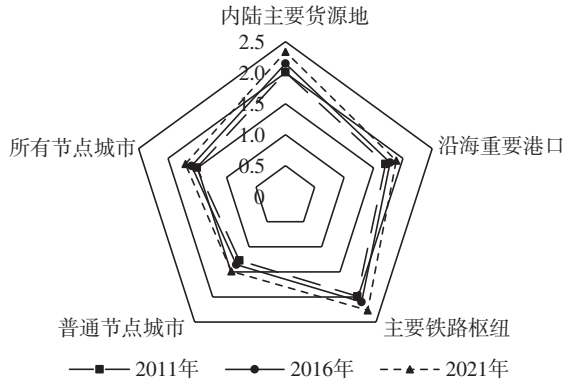

图1　不同类型中欧班列节点城市交通优势度水平

Fig.1　Level of transportation superiority degree of different types of China Railway Express node cities

均水平从2.006提升至2.337，提升幅度约16.48%，高于平均水平，发展势头迅猛；主要铁路枢纽和沿海重要港口节点城市交通优势度平均水平分别从1.987，1.707提升至2.265，1.887，提升幅度均低于平均水平，处于平稳有序发展阶段；非枢纽节点城市交通优势度平均水平从1.270提升至1.489，提升幅度达到17.224%，发展速度最快。随时间演化，高值区和中值区的城市数量逐年增加，分别从12个增加至19个，34个增加至36个，低值区的城市数量从27个减少至18个。交通优势度区域差异逐渐减小。

2.2　中欧班列节点城市绿色开放型经济时空格局演化

基于表3的评价指标体系，运用熵权–突变级数法测算绿色开放型经济发展水平，得出中欧班列节点城市绿色开放型经济发展水平的空间格局演化，绿色开放型经济发展水平各级别城市数量如图2所示，各类型节点城市高值区占比如图3所示。

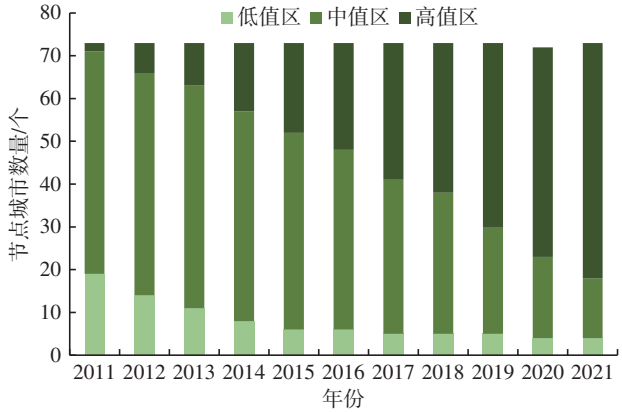

图2　绿色开放型经济发展水平各级别城市数量

Fig.2　Number of cities at different green open economy development levels

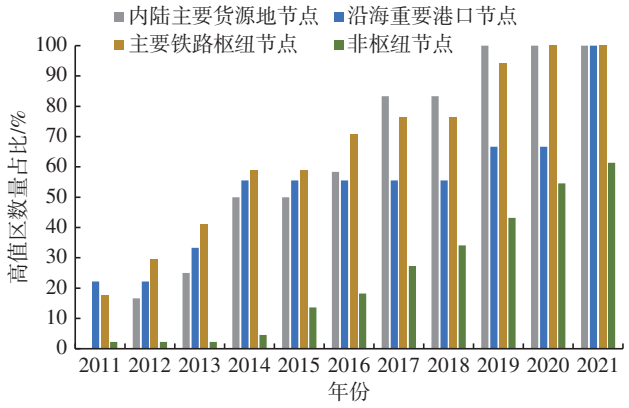

图3　各类型节点城市高值区占比

Fig.3　Proportion of high-value areas in various types of node cities

中欧班列节点城市绿色开放型经济整体呈中部和东部高、东北和西北低的空间分布格局。2011年中欧班列节点城市绿色开放型经济发展水平较低，仅有北京、天津、广州和上海4个城市为高值区，这些城市经济发展水平高，交通基础设施较好，对外开放时间长。到2016年，我国铁路正式启用中欧班列统一品牌及标识，这一举措不仅是推进“一带一路”建设的重要标志性成果，也让中欧班列成为旗舰项目；同年，中欧班列开行数量首次突破1 000列，标志着其进入统一规范、合作共赢、健康发展的新阶段，运输服务能力与国际辐射力得到质的提升。正是依托这一发展契机，中欧班列的发展完善极大地推动了节点城市的开放型经济发展，2016年除东北的沈阳、大连、营口，西北的乌鲁木齐、乌兰察布、兰州等地以外，所有枢纽节点城市的绿色开放型经济发展水平均进入高值区；秦皇岛、昆明、邯郸、石家庄、长春等非枢纽节点城市也进入高值区。此后，绿色开放型经济持续发展，2021年除乌海、武威、牡丹江和巴彦淖尔4个城市尚处于低值区外，其他节点城市均进入中、高值区。2021年中欧班列节点城市绿色开放型经济发展水平较高，以高值区为主，高、中、低值区城市数量分别为55个、14个和4个，占比为75.3%，19.2%，5.5%。

3　中欧班列节点城市交通优势度对绿色开放型经济影响的实证分析

3.1　空间杜宾模型回归结果

基于式(2)—(4)，分别运用地理距离矩阵和经济距离矩阵，对SDM模型的个体固定效应、时间固

定效应、双固定效应分别进行空间计量分析，空间计量回归结果如表5所示。

由表5可见，双固定效应模型的空间参数ρ值均在1%显著性水平下为正，说明中欧班列节点城市绿色开放型经济存在正向溢出效应；控制变量估计值均显著为正，说明这4个要素对本地区绿色开放型经济具有显著的正向促进作用。

双固定效应模型在2种空间矩阵下的数值符号与显著性基本相似，但在经济矩阵下，交通优势度的空间溢出效应值(0.628)明显高于地理距离矩阵(0.207)。这反映了相较于简单的地理关系，城市间紧密的经济联系能够提高交通优势度的空间溢出效应。

3.2　空间效应分解

将影响绿色开放型经济增长水平的总效应分解成直接和间接效应，空间效应分解如表6所示。

由表6可见，在地理距离矩阵和经济距离矩阵2个不同矩阵下，核心解释变量的系数、方向及显著性基本一致，表明回归结果具有稳健性。

基于经济距离矩阵对回归结果进行分析。可见，交通优势度的提升对中欧班列节点城市绿色开放型经济具有显著的促进作用和正向空间溢出效应，其直接效应和溢出效应系数分别为0.599和0.848，分别通过了0.01和0.05的显著性检验。表明交通优势度每增强1%，会促进本地绿色开放型经济增加0.599%，促进邻近地区增加0.848%，溢出效应约为直接效应的1.4倍。表明交通基础设施在促进中欧班列节点城市的区域一体化，加快要素的跨区域流动，降低对外贸易成本等方面具有显著的溢出效应。一方面，随着中欧班列运输网络日趋完善，开放经济基础较好的地区能够有效地带动落后地区发展，形成良好的示范效应和扩散效应；另一方面，随

表5　空间计量回归结果

Tab.5　Spatial econometric regression results

变量	地理距离矩阵			经济距离矩阵		
	个体固定效应	时间固定效应	双固定效应	个体固定效应	时间固定效应	双固定效应
ln*Trans*	−0.072	0.140***	0.661***	0.250	0.167***	0.567***
ln*Lev*	0.263***	0.105***	0.243***	0.232***	0.056***	0.228***
ln*Lc*	0.075***	0.085***	0.124***	0.086***	0.309***	0.101***
ln*Env*	0.094***	0.100***	0.131***	0.091***	0.066***	0.117***
ln*Ind*	0.061***	0.167***	0.065***	0.085***	0.150***	0.090***
W×ln*Trans*	−0.406*	0.096*	0.207*	−0.939***	−0.271***	0.628*
W×ln*Lev*	−0.036	0.094***	−0.094**	0.205***	−0.072**	0.207***
W×ln*Lc*	−0.200***	0.118***	−0.082**	−0.129***	−0.004	0.010
W×ln*Env*	0.026	−0.093***	0.047	−0.042	0.229***	0.120**
W×ln*Ind*	−0.044*	0.063***	−0.067***	−0.099***	0.105***	−0.075**
ρ	0.178***	−0.128	0.092**	0.324***	0.160***	0.162***
log *L*	0.469	0.630	0.597	0.324	0.781	0.704
R^2	964.804	89.461	1 010.961	1 015.470	160.968	1 042.445
观察值	803	803	803	803	803	803

注：***，**，*分别表示在1%，5%，10%的显著性水平下显著，下同。

表6　空间效应分解

Tab.6　Spatial effect decomposition

变量	直接效应		间接效应		总效应	
	地理距离矩阵	经济距离矩阵	地理距离矩阵	经济距离矩阵	地理距离矩阵	经济距离矩阵
ln*Trans*	0.678***	0.599***	0.255*	0.848**	0.928***	1.447***
ln*Lev*	0.240***	0.235***	−0.065*	0.280***	0.175***	0.516***
ln*Lc*	0.122***	0.103***	−0.061*	0.028	0.061	0.139**
ln*Env*	0.136***	0.125***	0.051	0.160**	0.187***	0.285***
ln*Ind*	0.063***	0.088***	−0.055**	−0.070*	0.008	0.002

着交通基础设施建设的推进，开放基础较差的地区与发达地区的交流不断加深，通过学习效应进一步扩大了溢出效应，促使资本、劳动力和技术等生产要素在地区间加速流动，最终形成有益的双向循环。

在控制变量中，技术进步和环境规制的直接效应和间接效应均显著为正，表明技术水平的提高以及环境规制力度的加大对本地及其经济邻接地区的绿色开放型经济的发展均具有显著的促进作用，技术水平的提升对绿色开放型经济的促进作用更大，约是环境规制的2倍；人力资本的直接效应显著为正，间接效应不显著，表明人力资本水平的提升能有效促进本地绿色开放型经济的发展，但对经济邻接地区的空间溢出效应无显著影响；产业结构的直接效应显著为正，间接效应系数显著为负，表明产业结构的改善能有效促进本地绿色开放型经济的发展，但对经济邻接地区具有抑制作用，其原因可能是中欧班列节点城市的开放型经济发展阶段相近，产业结构趋同，各地区对生产要素的需求较为相似，彼此之间存在较强的竞争关系，从而导致产业结构较好的地区对落后地区的“虹吸效应”，限制了落后地区发展。

3.3　异质性检验

在经济距离矩阵下，从时间周期、绿色开放型经济发展水平和地理区位3个角度进行异质性检验，异质性检验结果如表7所示。

将样本期划分为2011—2015年与2016—2021年2个时段，以反映中欧班列发展的阶段性特征：其中，2011—2015年为中欧班列的起步与探索期，整体开行规模较小、发展相对缓慢；而2016年以后，随着国家政策强力推动与“一带一路”倡议的深入实施，中欧班列进入规模化、网络化与高质量发展阶段，其对地方交通与开放型经济的带动作用显著增强。基于这一发展阶段划分，表7列(1)、列(2)进一步考察了2个时段内交通优势度对绿色开放型经济影响的时间异质性。结果显示，中欧班列节点城市交通优势度对绿色开放型经济拉动效应显著为正，且随时间变化呈逐渐增强的趋势。2016—2021年时段的促进作用约为2011—2015年时段的2倍。表明伴随着节点城市交通优势度的提升，中欧班列发展势头强劲，对绿色开放型经济的影响呈现出规模效益快速增加的良好态势。

表7列(3)、列(4)以2011年绿色开放型经济发展水平的平均值为分界点，将样本划分为高值(H)、低值(L)两组进行回归。回归结果显示，交通优势度对绿色开放型经济发展水平较低的地区影响效果更为显著，影响系数是高值区的4.7倍。其原因可能是发展水平较高的节点城市交通基础设施较为完善，交通建设对绿色开放型经济的边际影响较小；对于发展水平较为落后，交通基础设施不够完善的节点城市，交通优势度的提高则有效促进了绿色开放型经济的增长。

表7列(5)、列(6)通过对不同地理区位节点城市的分析发现，相比发展较好的东部节点城市，交通优势度对中西部节点城市绿色开放型经济的促进效应更加明显。

表7　异质性检验结果

Tab.7　Heterogeneity test results

变量	时间周期		绿色开放型经济发展水平		地理区位	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	2011—2015年	2016—2021年	高(H)	低(L)	东部	中西部
ln*Trans*	0.447*	0.859***	0.351**	1.650***	−0.217	0.614***
	(1.89)	(4.23)	(2.36)	(4.56)	(−0.82)	(3.16)
$\boldsymbol{W}\times\ln X$	是	是	是	是	是	是
控制变量	是	是	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是
log *L*	616.407	807.889	805.943	337.519	523.052	642.509
R^2	0.586	0.363	0.509	0.255	0.378	0.632
观察值	365	438	473	319	286	517

注：括号内为稳健标准误调整的t值。

4　结论及建议

在对中欧班列节点城市绿色开放型经济和交通优势度进行测算的基础上，利用2011—2021年面板数据进行空间计量分析，实证研究了中欧班列节点城市交通优势度对绿色开放型经济发展水平的影响机理。研究形成如下结论。

（1）中欧班列节点城市交通优势度和绿色开放型经济的时空分异特征明显。研究期内，中欧班列节点城市交通优势度总体呈“枢纽节点高、非枢纽节点低”的空间分布格局。枢纽节点中内陆主要货源地节点和主要铁路枢纽节点城市的交通优势度较高，沿海重要港口节点城市的交通优势度较低。中欧班列节点城市的交通优势度随时间演化逐年提升，其中，非枢纽节点交通优势度提升幅度最大，内陆主要货源地次之，主要铁路枢纽和沿海重要港口节点提升幅度最小。说明交通基础设施的“追赶效应”在非核心城市中更为显著。中欧班列节点城市绿色开放型经济呈“中部和东部高、东北和西北低”的空间分布格局。2016年后随着中欧班列的发展完善，节点城市绿色开放型经济发展迅猛，2021年节点城市绿色开放型经济以高值区为主，占比达75.3%。

（2）中欧班列节点城市交通优势度对绿色开放型经济具有显著的促进作用。交通优势度对绿色开放型经济的直接效应和间接效应系数值均显著为正，表明交通优势度在促进本地区绿色开放型经济发展的同时还具有明显的正向溢出效应。交通建设已成为中欧班列节点城市推动高质量对外开放的重要保障。通过一系列稳健性检验，该结论仍然成立。因此，加强交通基础设施建设，提高中欧班列节点城市交通优势度，推动中欧班列有序发展，有利于提高资源配置水平和贸易效率，促进跨区域合作和资源流动，为绿色开放型经济增长注入新动能。

（3）交通优势度对绿色开放型经济的促进作用具有时空异质性。时间异质性检验结果表明，2016—2021年间的促进作用约为2011—2015年间的2倍，呈现出规模收益和规模效益快速增加的良好态势；区域异质性特征则表明交通优势度对绿色开放型经济发展水平较为落后的地区促进作用显著高于发展水平较高地区，同时，交通优势度对中西部地区节点城市绿色开放型经济的促进效应大于东部地区。因地制宜地制定差异化发展策略，加强对基础设施较差、绿色开放型经济发展水平较低地区的交通建设投资，完善交通网络布局，加强区域间互联互通，能够有效促进落后地区的绿色开放型经济发展。

（4）技术进步、环境规制和固定资产投资的直接效应和间接效应均显著为正。其中，技术进步的作用系数最大，表明技术水平的提高是绿色开放型经济发展最重要的影响因素；人力资本和产业结构均对中欧班列节点城市的绿色开放型经济增长产生不同程度的有利影响。因此，大力推进科技创新、加强固定资产投资、促进产业结构升级等是推动中欧班列节点城市高水平对外开放的应有之策。

参考文献：

[1] 赵红军，张　军，高恒宇，等. 中欧班列、运输通达性与国内国际双循环：来自中欧班列开行的准自然实验证据[J]. 南开经济研究，2022(9)：3-20.
ZHAO Hongjun，ZHANG Jun，GAO Hengyu，et al. The Line-Opening of CRE，Transportation Accessibility and Dual Circulation：Quasi-Natural Experiment Evidence from CRE[J]. Nankai Economic Studies，2022(9)：3-20.

[2] 推进“一带一路”建设工作领导小组办公室，中国国家铁路集团有限公司. 中欧班列发展报告(2021)[R]. 北京：中国铁道出版社有限公司，2022.

[3] DONG W Y，ZHANG Z B. Is China’s International Trade Exacerbating Urban Environmental Pollution? A Quasi-Natural Experiment Based on the Opening of the China Railway Express[J]. Journal of Cleaner Production，2023，406：137159.

[4] 张　旭，王春苗. 考虑班次差异影响下的东南亚中欧班列路径优化[J]. 铁道运输与经济，2025，47(9)：15-24.
ZHANG Xu，WANG Chunmiao. Route Optimization of China Railway Express in Southeast Asia Considering Effect of Schedule Differences[J]. Railway Transport and Economy，2025，47(9)：15-24.

[5] 胡广红，汤银英，李鳞睿，等. 考虑集装箱共享的中欧班列空箱调运研究[J]. 铁道运输与经济，2025，47(2)：15-24.
HU Guanghong，TANG Yinying，LI Linrui，et al. Empty Container Repositioning of China Railway Express Considering Container Sharing Mode[J]. Railway Transport and Economy，

2025，47(2)：15-24.

[6] ALLEN T，ARKOLAKIS C. Trade and the Topography of the Spatial Economy[J]. The Quarterly Journal of Economics，2014，129(3)：1085-1140.

[7] 刘　斌，李秋静，李川川. 跨境铁路运输是否加快了中国向西开放？基于城市-产品层面的经验证据[J]. 管理世界，2022，38(8)：101-118.
LIU Bin，LI Qiujing，LI Chuanchuan. Does Cross-Border Railway Accelerate Westward Opening Up of China：Empirical Evidence from the City-Product Data[J]. Journal of Management World，2022，38(8)：101-118.

[8] 龚　静，尹忠明. 铁路建设对我国“一带一路”战略的贸易效应研究：基于运输时间和运输距离视角的异质性随机前沿模型分析[J]. 国际贸易问题，2016(2)：14-25.
GONG Jing，YIN Zhongming. The Effect of Railroads on Trade along the Belt and Road Initiative：A Heterogeneity Stochastic Frontier Model Analysis Based on Transportation Time and Distance[J]. Journal of International Trade，2016(2)：14-25.

[9] DONALDSON D. Railroads of the Raj：Estimating the Impact of Transportation Infrastructure[J]. American Economic Review，2018，108(4-5)：899-934.

[10] 白重恩，冀东星. 交通基础设施与出口：来自中国国道主干线的证据[J]. 世界经济，2018，41(1)：101-122.
BAI Chong'en，JI Dongxing. Road to Export：Evidence from China's National Trunk Highway System[J]. The Journal of World Economy，2018，41(1)：101-122.

[11] 裴长洪，刘　斌. 中国对外贸易的动能转换与国际竞争新优势的形成[J]. 经济研究，2019，54(5)：4-15.
PEI Changhong，LIU Bin. The Dynamic Energy Conversion of China's Foreign Trade and the Formation of New International Competitive Advantages[J]. Economic Research Journal，2019，54(5)：4-15.

[12] 舒　芹，苏　洋，朱光辉，等. 交通便利化对“丝绸之路经济带”沿线国家农产品贸易的影响：基于“中欧班列”开通的准自然实验[J]. 商业经济研究，2022(5)：147-150.
SHU Qin，SU Yang，ZHU Guanghui，et al. Impact of Transportation Facilitation on Agricultural Trade of Countries along the “Silk Road Economic Belt”：Quasi-Natural Experiment Based on the Opening of “China Railway Express”[J]. Journal of Commercial Economics，2022(5)：147-150.

[13] 张梦婷，钟昌标. 跨境运输的出口效应研究：基于中欧班列开通的准自然实验[J]. 经济地理，2021，41(12)：122-131.
ZHANG Mengting，ZHONG Changbiao. Influence of Cross-Border Railway Transportation on Export：Evidence from a Quasi-Natural Experiment of the Opening of China-Europe Railway Express[J]. Economic Geography，2021，41(12)：122-131.

[14] SHEPHERD B. Infrastructure，Trade Facilitation，and Network Connectivity in Sub-Saharan Africa[J]. Journal of African Trade，2016，3(1)：1-22.

[15] 赵明亮，刘钦香，孙　威，等. 中欧班列开通对中国沿线城市出口贸易的影响及机制检验[J]. 地理学报，2023，78(6)：1427-1442.
ZHAO Mingliang，LIU Qinxiang，SUN Wei，et al. The Impact of the Opening of China Railway Express on the Export Trade of Cities along the Rail Line in China and the Mechanism Test[J]. Acta Geographica Sinica，2023，78(6)：1427-1442.

[16] 方行明，鲁玉秀，魏　静. 中欧班列开通对中国城市贸易开放度的影响：基于“一带一路”建设的视角[J]. 国际经贸探索，2020，36(2)：39-55.
FANG Xingming，LU Yuxiu，WEI Jing. The Impact of China Railway Express on the Openness of China's Urban Trade：Based on the Perspective of the Belt and Road Construction[J]. International Economics and Trade Research，2020，36(2)：39-55.

[17] 张建清，龚恩泽. 中欧班列对中国城市全要素生产率的影响研究[J]. 世界经济研究，2021(11)：106-119，137.
ZHANG Jianqing，GONG Enze. The Impact of China Railway Express on Total Factor Productivity of Chinese Cities[J]. World Economy Studies，2021(11)：106-119，137.

[18] 韦东明，顾乃华. 国际运输通道与区域经济高质量发展：来自中欧班列开通的证据[J]. 国际贸易问题，2021(12)：34-48.
WEI Dongming，GU Naihua. International Transport Channel and High-Quality Economic Development：Evidence from the Sino-Euro Cargo Railway in Service[J]. Journal of International Trade，2021(12)：34-48.

[19] MOURA T G Z，GARCIA-ALONSO L，DEL ROSAL I. Influence of the Geographical Pattern of Foreign Trade on the Inland Distribution of Maritime Traffic[J]. Journal of Transport Geography，2018，72：191-200.

[20] 王姣娥，焦敬娟，景　悦，等. “中欧班列”陆路运输腹地范围测算与枢纽识别[J]. 地理科学进展，2017，36(11)：

1332-1339.
WANG Jiaoe, JIAO Jingjuan, JING Yue, et al. Transport Hinterlands of Border Ports by China-Europe Express Trains and Hub Identification[J]. Progress in Geography, 2017, 36(11): 1332-1339.

[21] 孙宏日，刘艳军，周国磊. 东北地区交通优势度演变格局及影响机制[J]. 地理学报，2021，76(2)：444-458.
SUN Hongri, LIU Yanjun, ZHOU Guolei. The Spatiotemporal Differentiation and Mechanisms of Traffic Dominance in Northeast China[J]. Acta Geographica Sinica, 2021, 76(2): 444-458.

[22] 郭　政，陈　爽，姚士谋，等. 肯尼亚交通优势度及其空间分异格局分析[J]. 地理科学，2020，40(6)：956-964.
GUO Zheng, CHEN Shuang, YAO Shimou, et al. Superiority Degree and Its Spatial Differentiation Pattern in Kenya[J]. Scientia Geographica Sinica, 2020, 40(6): 956-964.

[23] 闵　敏，苗长虹，胡志强，等. 基于地形修正的河南省县域交通优势度评价及与经济发展的空间耦合研究[J]. 地域研究与开发，2018，37(5)：37-42.
MIN Min, MIAO Changhong, HU Zhiqiang, et al. Research of Coupling-Coordination Degree between Transportation Superiority Degree that Considered Factor and Regional Economy of Counties in Henan Province[J]. Areal Research and Development, 2018, 37(5): 37-42.

[24] 姜　玲，王媛媛，方　忠. 中国绿色开放型经济发展的区域异质性研究[J]. 亚太经济，2021(3)：115-121.
JIANG Ling, WANG Yuanyuan, FANG Zhong. Research on Regional Heterogeneity of China's Green Open Economic Development[J]. Asia-Pacific Economic Review, 2021(3): 115-121.

[25] 杨朝均，王冬彧，毕克新. 开放经济背景下绿色创新驱动因素的空间效应研究[J]. 统计与决策，2020，36(20)：62-66.

[26] 齐红倩，陈　苗. 环境规制对我国绿色经济效率影响的非线性特征[J]. 数量经济研究，2018(2)：61-77.
QI Hongqian, CHEN Miao. Non-Linear Characteristics of Environmental Regulation's Impact on China's Green Economic Efficiency[J]. The Journal of Quantitative Economics, 2018(2): 61-77.

[27] 景维民，张　璐. 环境管制、对外开放与中国工业的绿色技术进步[J]. 经济研究，2014，49(9)：34-47.
JING Weimin, ZHANG Lu. Environmental Regulation, Economic Opening and China's Industrial Green Technology Progress[J]. Economic Research Journal, 2014, 49(9): 34-47.

[28] 张应武，李董林. 基于动态因子分析法的区域开放型经济发展水平测度研究[J]. 工业技术经济，2017，36(3)：123-130.
ZHANG Yingwu, LI Donglin. Study on the Measurement of Regional Open Economy Development Level Based on Dynamic Factor Analysis[J]. Journal of Industrial Technological Economics, 2017, 36(3): 123-130.

[29] 黄伟新，龚新蜀. 我国沿边地区开放型经济发展水平评价及影响因素的实证分析[J]. 经济问题探索，2014(1)：39-45.

[30] 车　磊，白永平，周　亮，等. 中国绿色发展效率的空间特征及溢出分析[J]. 地理科学，2018，38(11)：1788-1798.
CHE Lei, BAI Yongping, ZHOU Liang, et al. Spatial Pattern and Spillover Effects of Green Development Efficiency in China[J]. Scientia Geographica Sinica, 2018, 38(11): 1788-1798.

[31] 岳兴程，汪五一，张云佳. 中国开放型经济发展水平的空间分布与演化特征[J]. 统计与决策，2021，37(21)：98-103.
YUE Xingcheng, WANG Wuyi, ZHANG Yunjia. Spatial Distribution and Evolution Characteristics of China's Open Economy Development Level[J]. Statistics & Decision, 2021, 37(21): 98-103.

(责任编辑　金　晶)