文章编号：1003-1421(2026)03-0204-14
引用格式：何寿奎，郑金松．西部陆海新通道交通基础设施对沿线经济发展的空间溢出效应研究[J]. 铁道运输与经济，2026，48(3)：204-217.
HE Shoukui，ZHENG Jinsong. Spatial Spillover Effects of Transportation Infrastructure on Economic Development along New Western Land-Sea Corridor[J]. Railway Transport and Economy，2026，48(3)：204-217.

西部陆海新通道交通基础设施对沿线经济发展的空间溢出效应研究

何寿奎，郑金松

(重庆交通大学 经济与管理学院，重庆 400074)

摘 要：交通基础设施是驱动区域经济繁荣的重要载体。基于2005—2023年西部陆海新通道沿线55个地级及以上城市的面板数据，运用空间杜宾模型、中介效应模型、门槛效应模型及调节效应模型，深入分析了交通基础设施对沿线经济发展的空间效应与作用机制。结果表明：交通基础设施对沿线经济发展具有显著驱动作用，并存在科技创新中介，其在提升本地经济水平的同时亦表现出负向空间溢出效应，且该驱动作用因城市职能类型、交通方式差异及城市群属性不同而呈现异质性；交通基础设施的经济影响受到环境规制的正向调节，该调节效应因城市职能差异而呈现不同强度，且存在双重门槛效应，这一影响的边际效应随交通基础设施水平提升呈倒“U”型变化，随科技创新水平提高呈递减趋势。

关键词：交通基础设施；科技创新；环境规制；区域经济；西部陆海新通道
中图分类号：U-9；F512 **文献标识码**：A **DOI**：10.16668/j.cnki.issn.1003-1421.20250415003

Spatial Spillover Effects of Transportation Infrastructure on Economic Development along New Western Land-Sea Corridor

HE Shoukui，ZHENG Jinsong

(School of Economics and Management, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: Transportation infrastructure serves as a critical driver for fostering regional economic prosperity. Using panel data from 55 prefecture-level and above cities along the New Western Land-Sea Corridor from 2005 to 2023, this study applied spatial Durbin models, mediation effect models, threshold effect models, and moderation effect models to analyze the spatial effects of transportation infrastructure on economic growth along the line and its underlying mechanisms. The results indicate that transportation infrastructure significantly drives economic development along the line, with scientific and technological innovation constituting a key intermediary pathway. While it enhances local economic performance, it also generates negative spatial spillover effects. The promotive effect exhibits heterogeneity across urban functional types, transportation modes, and urban agglomeration characteristics. Environmental regulation positively moderates the economic impact of transportation infrastructure, with the strength of the moderation effect varying by urban

收稿日期：2025-04-15 **修订日期**：2025-06-10
基金项目：重庆市社会规划重大项目(2021DZSC06)

function. Additionally, a double threshold effect is observed. The marginal effect of transportation infrastructure exhibits an inverted U-shaped pattern as its own level rises, while it diminishes with advancements in technological innovation.

Keywords: Transportation Infrastructure; Technological Innovation; Environmental Regulation; Regional Economy; New Western Land-Sea Corridor

0　引言

自2017年正式开通运营以来，西部陆海新通道(以下简称“通道”)逐步形成了“13+2”的省际合作机制，并通过东、中、西3条主干线路构建起连接我国西部与出海口的骨干交通网络，并已形成涵盖铁海联运、跨境公路班车与国际铁路联运的运输体系[1]。其中，铁海联运班列承担了干线物流主力，跨境公路班车形成“3向12线25口岸”的网络布局，国际铁路联运进一步拓展了通道的辐射纵深。我国西部地区拥有丰富的矿物、农产品及生态资源，但长期以来受到交通网络碎片化、开放合作体系不健全以及区域发展差距大等因素的影响，导致经济发展相对滞后，通道的建设有效缓解了西部地区的区位限制。然而，基础设施上的“硬联通”尚未完全转化为区域协调发展的“软均衡”，沿线产业协同不足、城乡收入差距等结构性矛盾仍待解决。

近年来随着学者对新经济地理理论的研究逐步深化，从早期的时间序列模型到引入空间计量模型，深化了交通基础设施的经济效应分析。其中，交通基础设施对区域经济的赋能效应已得到不同学者的验证，但其效应具有阶段性特征[2]，甚至可能抑制经济发展[3]，对非区域中心城市的经济增长率产生负向冲击[4]。同时，交通基础设施为区域科技创新提供了稳定的扩散条件[5]，而科技创新作为提升经济效率的关键路径，能促进产业结构升级并驱动经济高质量发展，但其效果受交通基础设施的制约[6]，并在沿海城市群中表现出更强的创新辐射能力[7]。此外，环境规制的作用亦不容忽视。西部地区的经济发展需要依靠商贸物流行业的带动[8]，而物流行业发展又与交通基础设施紧密相连。交通发展带动经济的同时，往往间接对环境产生负面影响[9]。随着高质量发展的推进，环境规制在推动经济发展中的潜力日益凸显，但由于基础设施的差异，其在不同城市群中的作用亦有区别[10]。

综上所述，现有文献对通道沿线区域的关注相对较少，多从空间溢出的角度探讨交通基础设施与区域经济发展的关系，对二者之间的传导路径研究不足，环境规制在其中的作用亦未得到充分探讨。基于通道沿线城市数据，深入考察交通基础设施与经济发展的空间效应及非线性特征，将作用机制与异质性纳入研究框架，且检验了环境规制的调节作用，为推进沿线区域经济发展提供理论支撑，对促进西部地区与其他地区的经济联动、增强区域经济韧性与抗风险能力具有重要的现实意义。

1　理论分析与假设

1.1　西部陆海新通道交通基础设施对沿线地区经济发展的影响

交通基础设施在推动区域经济发展中展现出重要价值。从经济地理视角看，交通基础设施是区域经济活动中要素扩散的重要载体[11]，减少了空间距离带来的限制，保障了经济的顺畅循环[12]，加速了生产要素由低效率地区向高效率地区转移[13]，促进资源的空间优化配置与区域产业协同。在企业运营层面，交通网络的完善在显著降低物流成本与产品运输时间的同时，增强了供应链响应能力，拓展了市场辐射范围。企业得以通过提升运营效率、降低库存成本将交通优势转化为产品竞争力与市场渗透力，为区域经济构筑起可持续的竞争优势。

而作为兼具准公共物品属性和网络化特征的一类基础性投资，交通基础设施在空间维度上促使不同地区之间塑造了相互依赖关系[14]。“点轴式”交通干线强化了物流枢纽与通道在经济联系中的纽带功能。然而，地理距离衰减对基础设施的经济传导效率产生了显著制约[15]，交通基础设施的经济带动效应在空间上并不均衡。随着路网密度提升，其空间效应呈现异质性：一方面，核心城市因交通优势形成虹吸效应，吸纳边缘地区的优质要素；另一方

面，依据新经济地理学中的核心–边缘模型，交通改善强化了核心城市的规模报酬优势，引发边缘地区资源逆向集聚，形成“通道繁荣”与“腹地塌陷”并存的非对称格局。

基于上述分析，提出以下假设。

假设一：西部陆海新通道交通基础设施对沿线地区的经济发展起到了显著的促进作用。

假设二：西部陆海新通道交通基础设施对区域经济发展存在负向空间溢出效应。

1.2　西部陆海新通道交通基础设施通过促进科技创新间接推动区域经济发展

在通道沿线区域的发展中，传统依赖资源消耗的模式已难以满足可持续发展要求，必须推动传统要素驱动向创新驱动转型[16]。创新要素在区域间的自由流通与频繁交互是经济高质量发展的关键[17]，交通网络覆盖范围的延伸则降低了物流与创新要素的流动成本。从创新扩散理论来看，交通基础设施的优化加速了技术的传播与知识的外溢，催生了竞争效应与学习效应[18]，从而提升了创新主体间的互动频率。且交通可达性的提高拓展了企业的市场边界，为了在更为激烈的竞争环境获益，只能加大研发投入以维持优势；同时，企业通过更频繁地接触先进技术与管理经验，形成“干中学”模式，提高企业创新效率，进一步释放区域的经济潜力。基于此，提出以下假设。

假设三：西部陆海新通道交通基础设施与区域经济发展间存在科技创新的中介作用。

1.3　环境规制赋能交通基础设施对经济发展的促进效应

在通道建设过程中，交通基础设施的快速扩张与生态环境承载力之间形成了显著的动态张力，既推动了物流体系完善，也因运输活动增加导致污染排放上升，加剧了区域环境压力[19]。而环境规制作为重要的政策工具，通过约束与激励并重的机制，引导企业低碳化转型，并加速淘汰高能耗运输产能[20]。依据波特假说，环境规制可激发企业开展技术创新并形成“创新补偿效应”[21]。然而，环境规制的实际效果存在明显的职能异质性。在省会等核心城市，政策执行力度较强[22]，交通基础设施的经济贡献更多依赖于技术进步，环境规制逐渐内化为基础性制度，其调节作用可能受限甚至产生抑制[23]；而非省会城市的产业基础相对薄弱，环境规制能更能显化交通设施的“降本增效”功能并形成协同效应，共同促进经济发展。基于上述分析，提出如下假设。

假设四：环境规制在交通基础设施与沿线地区经济发展之间发挥调节作用，但其效果会受到城市职能的影响。

1.4　西部陆海新通道交通基础设施和科技创新对区域经济发展具有门槛效应

交通基础设施与经济发展的互动呈现显著非线性特征[24]。在通道沿线，核心与边缘地区因交通基础与创新能力方面差异，其经济发展会受到交通发展水平与科技创新能力的双重约束。从交通基础设施视角看，其投资效益存在明显滞后性[25]，建设初期因交通网络联通不足可能抑制欠发达地区增长；但随着路网覆盖提升，物流成本降低也促进了跨区域产业链整合与规模经济形成，刺激经济增长。从科技创新维度考虑，其效能发挥依赖人力资本积累[18]与企业的技术吸收能力。在创新水平较低阶段，因本地企业承载能力有限，先进技术难以有效转化；而当区域创新能力达到一定水平后，企业技术消化与再创新能力趋于成熟，推动知识跨区扩散与产业升级更为顺畅，进而提升交通基础设施对经济发展的边际贡献。基于上述分析，提出如下假设。

假设五：西部陆海新通道交通基础设施和科技创新对区域经济发展具有门槛效应。

基于上述分析，逻辑框架图如图1所示。

2　实证研究设计

2.1　变量选取与数据说明

2.1.1　变量选取与统计

被解释变量：区域经济发展(G_{pGDP})。以人均GDP的对数值[26]作为衡量各地区经济发展水平的指标。

解释变量：交通基础设施(T_{tran})。聚焦于通道沿线公路与铁路，采用其里程数之和取对数[27]的方式衡量交通基建水平。其中，铁路里程参考相关研究[28–29]的思路及做法利用地理信息系统软件处理得到。

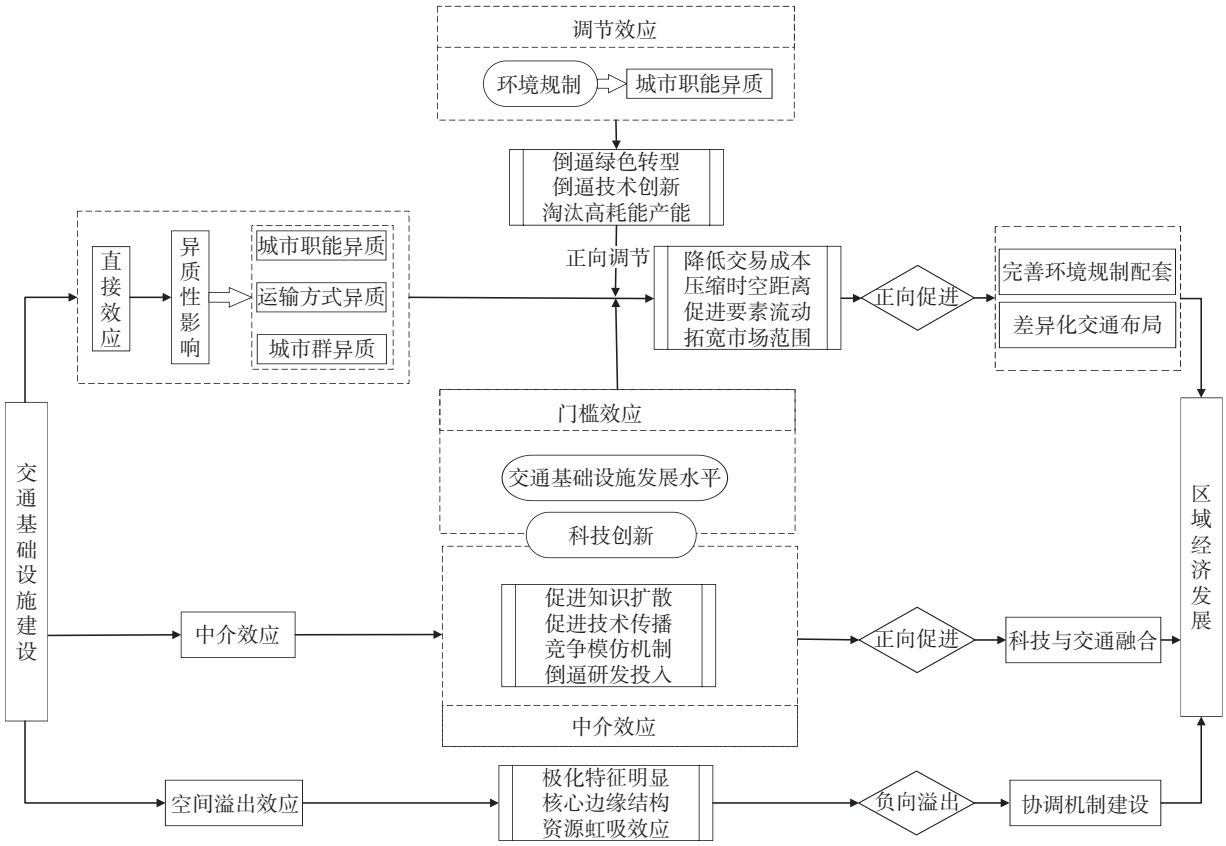

图1　逻辑框架图

Fig. 1　Logical framework

中介变量：科技创新(T_{tech})。参考已有研究[30-31]的做法，从创新投入、创新产出及创新环境3个层面构建了科技创新指标体系，最后利用熵值法进行测算得到科技创新水平指数。具体的指标体系构成如下：创新投入主要涵盖R&D经费投入强度、每万人科研相关从业人员数量以及地方政府财政科学支出水平；创新产出指创新活动所获得的成果，主要包含专利申请数、专利授权数；创新环境主要包含人均邮电业务收入以及每万人国际互联网用户数2类指标。

调节变量：环境规制强度(E_{envir})。借鉴熊云飚等[32]的做法，选取沿线地级市发布的政府工作报告中如环保、绿色、生态等与环境相关的词汇占总字数的比值作为衡量环境规制强度的指标。

控制变量：人口密度(P_{popu})以户籍人口与行政区域面积的比值取对数表示；对外开放水平(F_{FDI})以外商实际投资总额取对数表示；社会消费水平(C_{cons})以社会消费品零售总额占GDP比重表示；金融发展水平(F_{fina})以年末金融机构存贷款总额占GDP比重衡量；教育发展水平(E_{educ})用教育支出占政府财政支出比重量化；人力资本水平(H_{huma})以普通高等学校在校学生数取对数表示；政府干预程度(G_{gove})用政府财政支出占GDP比重表示。

2.1.2　数据来源

在保证数据可获得性的前提下，选取沿线55个主要城市作为研究对象，以期深入探究。所使用的数据来源于《中国城市统计年鉴》以及各省、自治区、直辖市的统计年鉴、EPS数据库、国家统计局数据库、各城市的国民经济和社会发展统计公报以及政府工作报告等。样本观察期为2005—2023年，为了确保数据的完整性和连续性，对数据中的部分缺失采用了线性插值法进行处理。

2.2　模型设计

2.2.1　基准回归模型

研究显示交通基础设施与经济发展之间存在密切联系。为了明确交通基础设施对经济发展的正向影响，构建如下基础回归模型。

$$G_{pGDP}^{it} = \alpha_0 + \alpha_1 T_{tran}^{it} + \sum \alpha_2 C_{cont}^{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式中：G^{it}_{pGDP}表示城市i在年份t的经济发展水平；T^{it}_{tran}表示城市i在年份t的交通基础设施水平，由公路和铁路2类运输方式组成，其中T_{road}为公路，T_{rail}为铁路；C^{it}_{cont}为一组控制变量；α_0为模型中的常数项；α_i (i=1，2，3，4)为对应变量的回归系数；μ_i，δ_t，ε_{it}分别为个体固定效应、时间固定效应以及随机扰动项。

2.2.2　空间杜宾模型

空间杜宾模型作为空间计量经济学领域一种广泛应用的分析模型，其重要价值在于通过引入自变量与因变量的空间交互项来捕捉本地区域的特征以及对邻近地区所产生的空间溢出效应，从而量化地理单元之间的相互影响。以经济地理嵌套矩阵作为主要权重矩阵，同时结合地理距离矩阵与邻接矩阵进行稳健性检验，以用于增强结果的可靠性。具体模型如下。

$$G^{it}_{\text{pGDP}} = \alpha_0 + \alpha_1 T^{it}_{\text{tran}} + \sum \alpha_2 C^{it}_{\text{cont}} + \rho \boldsymbol{W} G^{it}_{\text{pGDP}} + \varphi \boldsymbol{W} T^{it}_{\text{tran}} + \sigma \boldsymbol{W} \sum C^{it}_{\text{cont}} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \tag{2}$$

式中：$\boldsymbol{W}$为使用的空间权重矩阵；ρ为空间自回归系数；φ，σ为核心解释变量与控制变量的空间交互项回归系数。

2.2.3　中介效应模型

中介效应是通过检验核心解释变量对被解释变量的影响是否经由中介变量传递，量化直接效应与间接效应，以揭示变量间作用机制。为了探究通道沿线交通基础设施对区域经济发展的作用机制，依据温忠麟等[33]提出的方法验证中介效应，具体步骤如公式(3)—(5)所示。

$$G^{it}_{\text{pGDP}} = \alpha_0 + \alpha_1 T^{it}_{\text{tran}} + \sum \alpha_2 C^{it}_{\text{cont}} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \tag{3}$$

$$M_{it} = \beta_0 + \beta_1 T^{it}_{\text{tran}} + \sum \beta_2 C^{it}_{\text{cont}} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \tag{4}$$

$$G^{it}_{\text{pGDP}} = \theta_0 + \theta_1 T^{it}_{\text{tran}} + \theta_2 M_{it} + \sum \theta_3 C^{it}_{\text{cont}} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \tag{5}$$

式中：M_{it}为所使用的中介变量，即科技创新；β_0，θ_0为模型中的常数项；β_i (i=1，2)，θ_i (i=1，2)为对应变量的回归系数。

2.2.4　门槛效应模型

在计量分析中，门槛效应主要是通过分段回归的方式来识别变量间非线性关系的突变机制或趋势，用于检验核心解释变量对被解释变量的影响是否会在特定临界值处发生结构性变化。为了验证交通基础设施对区域经济发展影响的非线性关系，设置了如下门槛效应模型。

$$\begin{aligned} G^{it}_{\text{pGPD}} = {} & \alpha_0 + \alpha_1 T^{it}_{\text{tran}} I\left(T^{it}_{\text{thre}} \leqslant \lambda_1\right) + \\ & \alpha_2 T^{it}_{\text{tran}} I\left(\lambda_1 < T^{it}_{\text{thre}} \leqslant \lambda_2\right) + \alpha_3 T^{it}_{\text{tran}} \\ & I\left(\lambda_2 < T^{it}_{\text{thre}} \leqslant \lambda_3\right) + \alpha_4 T^{it}_{\text{tran}} I\left(T^{it}_{\text{thre}} > \lambda_3\right) + \\ & \sum \alpha_5 C^{it}_{\text{cont}} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \end{aligned} \tag{6}$$

式中：T^{it}_{thre}为所使用的门槛变量，分别是交通基础设施及科技创新；λ_i (i=1，2，3)为相应的门槛值；$I(\cdot)$为取值1或0的指示函数。

2.2.5　调节效应模型

调节效应模型是通过引入调节变量与被解释变量的交互项以检验调节变量如何改变核心解释变量与被解释变量间关系的强度或方向，从而验证二者间的条件性影响机制。为探究通道沿线环境规制的调节效应，在基准回归模型中引入环境规制与交通基础设施的交互项，进而设计了如下调节效应模型。

$$G^{it}_{\text{pGDP}} = \alpha_0 + \alpha_1 T^{it}_{\text{tran}} + \alpha_2 T^{it}_{\text{tran}} E^{it}_{\text{envi}} + \alpha_3 E^{it}_{\text{envi}} + \sum \alpha_4 C^{it}_{\text{cont}} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \tag{7}$$

式中：E^{it}_{envi}表示城市i在年份t所代表的环境规制强度；$T^{it}_{\text{tran}} \cdot E^{it}_{\text{envi}}$表示环境规制强度与交通基础设施水平的交互项。

3　实证分析

3.1　基准回归分析

基准回归如表1所示。表1中列(1)至列(6)的解释变量系数为正且仅列(3)、列(4)未通过显著性检验，有力证明了西部陆海新通道沿线交通基础设施发展对区域经济产生了正向促进作用。具体而言，列(1)与列(3)分别展示了引入控制变量前后采用随机效应模型的回归结果，而列(4)和列(5)为经Hausman检验确认固定效应模型的适用性后，分别控制个体与时间效应的估计结果；列(2)和列(6)则展示了双向固定效应模型下，加入控制变量前后的回归结果。该结果表明，无论是否纳入控制变量，交通基础设施建设均显著推动区域经济发展，为假设一提供了支持。

3.2　异质性分析

3.2.1　城市职能异质性

在考察交通基础设施对区域经济发展的异质性影响时，省会城市及直辖市作为政治、文化与交通

表1　基准回归

Tab.1　Baseline regression

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
T_{tran}	0.215 0**	0.182 7***	0.159 8	0.001 5	1.092 4***	0.109 1***
	(0.086)	(0.054)	(0.108)	(0.038)	(0.123)	(0.039)
Constant	8.301 0***	8.537 3***	8.643 2***	10.739 0***	−12.941 9***	11.612 4***
	(0.825)	(0.431)	(0.838)	(0.347)	(2.742)	(1.480)
Year FE	×	√	×	√	×	√
Id FE	×	√	×	×	√	√
C_{cont}	×	×	√	√	√	√
N	1 045	1 045	1 045	1 045	1 045	1 045
R-squared	0.038	0.933	0.379	0.905	0.832	0.953

注：*，**，***分别表示在10%，5%，1%上显著，()内为聚类稳健标准误，√表示使用固定效应，×表示未使用固定效应，下表同。

枢纽，其在经济基础与创新能力等方面具有显著差异。为此，将样本划分为省会城市及直辖市和其他城市2类进行回归分析。城市职能及交通方式异质性如表2所示。

表2　城市职能及交通方式异质性

Tab.2　Heterogeneity of urban functions and transportation modes

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	省会城市及直辖市	其他城市	公路	铁路
T_{tran}	−0.104 0	0.111 5**		
	(0.865)	(0.048)		
T_{road}			0.114 2***	
			(0.038)	
T_{rail}				0.011 0*
				(0.006)
Constant	14.929 2***	9.585 8***	11.556 2***	12.658 9***
	(1.431)	(1.786)	(1.480)	(1.423)
Observations	209	836	1 045	1 045
R-squared	0.978	0.947	0.953	0.953
C_{cont}	√	√	√	√
Year FE	√	√	√	√
Id FE	√	√	√	√

表2中结果显示，相较于沿线其他城市，省会城市及直辖市的交通基础设施对经济发展的推动作用不显著。原因可能在于：对于原有交通网络已较为完善、枢纽功能较强的省会城市与直辖市而言，通道建设更多体现为对现有交通体系的补充与延伸，其新建交通设施所带来的经济提升相对有限。相反，沿线其他城市原有交通基础较为薄弱，通道的建设显著改善了其对外联通条件，更直接地推动产业集聚、扩大市场范围，从而对本地经济形成更为明显的拉动效应。此外，省会城市和直辖市政府在推进交通基础设施建设时，需要将环境污染问题置于更高的优先级进行考量，交通基建与地方产业发展的协同空间相对有限，在一定程度上限制了其交通基建的经济效应。

3.2.2　交通运输方式异质性

基于表2中列(3)与列(4)的回归结果，公路与铁路运输的系数分别为0.114 2与0.011 0，且均通过显著性检验，表明二者对通道沿线经济发展均具有显著促进作用，但公路运输的效应优于铁路。这一差异可能由于公路网络覆盖广泛、组织灵活，更适应西部地区产业分散、货种多样与批次频繁的物流需求，能够有效衔接县域经济、特色农业及中小型企业，从而实现更深层次的市场渗透。相比之下，铁路在长距离与大宗货物运输中虽具备规模经济与低碳优势，但在实际运行中，“最后一公里”衔接不畅、货物中转效率低与时效不足制约了其成本优势的发挥；同时，铁路对区域经济的带动存在滞后性，因其建设投资周期长、站点周边产业配套体系形成缓慢，加之西部地区产业集聚度不足，导致铁路运输的经济效益难以在短期内充分释放。因而在通道当前建设阶段，公路凭借其更强的机动性与市场响应能力，展现出显著的经济促进效能。

3.2.3　城市群异质性

区域经济发展的非均衡特征会影响交通基础设施在不同地区的作用[34]，将研究城市按照我国“十四五”规划中提到的城市群格局进行了划分，选取了通道沿线的成渝双城经济圈、关中平原城市群、北部湾城市群为研究对象，三者分别承担内陆核心、陆向枢纽与开放门户等重要功能，具备较大的

研究价值，同时以交通网络高度发达、经济成熟的长三角城市群作为对照。

城市群异质性如表3所示。表3结果显示，不同城市群中交通基础设施对经济发展的影响呈现出结构性差异。具体而言，关中平原城市群交通基础设施的扩张反而抑制了经济增长，原因在于其以西安为核心的单中心空间结构在交通网络扩张过程中强化了西安的要素吸附以及集聚能力[35]，加速了各类资源要素向中心转移，进而抑制区域整体的经济上浮。在成渝双城经济圈与北部湾城市群中，交通基础设施的经济推动效应在当前阶段尚不显著。其中，成渝双城经济圈虽具备“双核”带动潜力，但由于发展资源过度集中于成渝两极，导致遂宁、内江等中间地带呈现“中部塌陷”[4]，削弱了交通设施的外部性；而北部湾城市群作为关键出海门户，其临港产业与内陆腹地之间的产业联动仍显不足，限制了交通设施经济效益的释放。相比之下，长三角城市群的交通基础设施发展会刺激经济增长，这得益于其高度网络化的交通体系与先进制造、现代服务业的深度融合，依托高效的多式联运系统不断拓展市场边界、降低物流成本，推动区域内实现专业化分工与规模经济，从而让交通基建在经济发展中持续发挥重要作用。

表3　城市群异质性

Tab.3　Heterogeneity among urban agglomerations

变量	(1) 成渝双城经济圈	(2) 关中平原城市群	(3) 北部湾城市群	(4) 长三角城市群
T_{tran}	0.088 8	−0.280 4**	0.076 2	0.125 4**
	(0.060)	(0.101)	(0.055)	(0.046)
Constant	15.609 6***	12.633 6***	6.148 2**	8.230 6*
	(2.766)	(1.557)	(2.112)	(4.156)
Observations	304	133	266	513
R-squared	0.993	0.983	0.992	0.965
C_{cont}	√	√	√	√
Year FE	√	√	√	√
Id FE	√	√	√	√

3.3　稳健性检验

为确保研究结论的稳健性，基于固定效应模型开展系列检验，稳健性检验结果如表4所示。首先，将交通基础设施变量滞后一期回归后，发现其对区域经济发展存在一年时滞效应，意味着交通基建可能在后续时期对经济增长产生持续影响。其后，针对潜在内生性问题，采用滞后一期的交通基础设施作为工具变量，运用两阶段最小二乘法进行估计，发现工具变量的KP-LM统计量与CD-Wald F值均通过检验，证实其促进效应不受内生性干扰。进一步，将核心变量替换为路网密度[15]重新回归，参数估计仍显著为正。最后，为控制新冠疫情的结构性影响，剔除2020—2022年样本再次回归，参数估计系数显著且波动幅度不大，进一步印证了

表4　稳健性检验结果

Tab.4　Robustness test results

变量	(1)	(2)		(3)	(4)
	滞后一期解释变量	工具变量法		更换解释变量	更改样本周期
		第一阶段	第二阶段		
$L.T_{tran}$	1.061 3***	0.943 1***			
	(0.122)	(0.023)			
T_{tran}			0.226 3**	0.103 8*	0.093 3**
			(0.103)	(0.058)	(0.041)
Kleibergen-Paaprk LM		18.753***			
Cragg-Donald Wald F		954 4.401 {16.38}			
Constant	−11.200 1***	0.610 0***	9.127 6***	12.237 8***	11.412 4***
	(2.554)	(0.162)	(0.871)	(1.436)	(1.341)
Observations	990	990	990	1 045	880
R-squared	0.844	0.386		0.954	0.955
C_{cont}	√	√		√	√

注：{} 内为Cragg-Donald Wald F检验10%水平上的临界值。

实证结果的可靠性。

3.4　空间自相关性分析

在构建空间模型以探究通道交通基础设施建设对沿线区域经济发展的影响之前，需检验核心变量的空间自相关性。采用全局莫兰指数(Moran's I)，基于地理距离矩阵，对交通基础设施水平与区域经济发展之间的空间相关性进行量化分析。2005—2023年交通基础设施与区域经济发展的Moran's I指数如表5所示。表5显示，2005—2023年间通道沿线区域经济发展均呈现出显著的空间集聚特征。与此同时，交通基础设施水平的空间自相关性除2005年外均显著，表明其在空间分布上具有明显的正向依赖关系。通道于2017年开始正式运营后，沿线区域发展的协调性增强，其交通基础设施的全局Moran's I指数也随之跃升，反映出通道建设进一步强化了设施在空间上的集聚格局。进一步观察发现，交通基础设施水平与区域经济发展水平在空间分布上呈现出正向关联趋势，二者均呈现出"N"型波动变化趋势，这种类似的波动特征揭示了交通基础设施与区域经济发展之间存在着密切的互动关系。

3.5　空间计量模型回归

3.5.1　模型选择与回归结果

为确保研究结果的严谨性，依据Elhorst提出的空间计量模型筛选流程，利用地理距离、经济距离与经济地理嵌套3类空间权重矩阵，以全面捕捉区域间的空间联系。空间模型检验结果如表6所示，表6显示除邻接矩阵因Robust LM-lag检验未通过而适用空间误差模型外，地理距离矩阵及经济地理嵌套矩阵的LM检验均于1%水平上显著，说明应选择空间杜宾模型。Hausman检验进一步确认所有矩阵均适用于固定效应模型。此外，Wald检验与LR检验结果均说明空间杜宾模型具有稳健性，表明其不会退化。最终确定在邻接矩阵下选择空间误差模型，在地理距离矩阵及经济地理嵌套矩阵下选用空间杜宾模型。

空间杜宾模型回归结果如表7所示。交通基础设施对沿线经济发展均具显著正向影响；*rho*与*lambda*值显著，证实了空间效应存在，交互项的系数显示在地理距离矩阵与经济地理嵌套矩阵下存在负向的空间溢出效应。再进一步结合通道发展的现实背景以及对比模型参数，发现经济地理嵌套距离矩阵的结果更能反映实际情况，且该矩阵能够更好地刻画沿线地级市之间空间上的经济联系与交通联通度，与交通基础设施的关联性更强。因此，选择考虑了空间距离以及地理距离的经济地理嵌套距离矩阵进行深入分析。在该矩阵下，核心变量系数显著则进一步验证了交通基础设施与经济发展间的空

表5　2005—2023年交通基础设施与区域经济发展的Moran's I指数

Tab.5　Moran's I Index of transport infrastructure and regional economic development from 2005 to 2023

指标值年份		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
交通基础设施	*I*	−0.007	0.027	0.036	0.036	0.057	0.061	0.059	0.057	0.060	0.056	0.056	0.055	0.054	0.052	0.053	0.077	0.026	0.052	0.054
	p	0.290	0.016	0.005	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.000	0.000
区域经济发展	*I*	0.053	0.058	0.062	0.066	0.025	0.067	0.069	0.068	0.071	0.058	0.042	0.035	0.022	0.027	0.031	0.035	0.047	0.059	0.067
	p	0.001	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.007	0.031	0.018	0.012	0.007	0.001	0.000	0.000

表6　空间模型检验结果

Tab.6　Spatial model test results

检验类型	地理距离矩阵	邻接矩阵	经济地理嵌套矩阵
LM-error	6 436.422***	598.866***	1 471.108***
Robust LM-error	927.900***	551.015***	3.585***
LM-lag	6 192.596***	50.151***	1 977.545***
Robust LM-lag	684.074***	2.299	510.022***
Hausman	57.88***	1 095.10***	381.24***
LR (SDM−SAR)	50.28***	35.18***	53.03***
LR (SDM−SEM)	50.80***	37.51***	55.05***
Wald (SDM−SAR)	51.03***	35.49***	54.07***
Wald (SDM−SEM)	50.36***	38.59***	55.81***

表7　空间杜宾模型回归结果

Tab.7　Spatial Durbin model regression results

变量	地理距离矩阵	邻接矩阵	经济地理嵌套矩阵
T_{tran}	0.091 9***	0.106 5***	0.070 6**
	(0.032)	(0.037)	(0.031)
rho/lambda	0.157 2	0.144 8***	0.135 9*
	(0.153)	(0.047)	(0.078)
sigma2_e	0.025 1***	0.026 1*	0.024 8*
	(0.014)	(0.015)	(0.014)
WT_{tran}	−0.035 9	—	−0.217 3**
	(0.077)		(0.072)
Direct	0.091 5***	—	0.075 3**
	(0.032)		(0.031)
Indirect	−0.031 5	—	−0.257 6***
	(0.096)		(0.082)
Total	0.059 9	—	−0.182 3***
	(0.095)		(0.068)
C_{cont}	√	√	√
Observations	1 045	1 045	1 045
R-squared	0.175	0.029	0.303
Number of id	55	55	55

表8　空间效应分解结果

Tab.8　Results of spatial effect decomposition

变量	经济地理嵌套矩阵		
	Direct	*Indirect*	*Total*
T_{tran}	0.075 3**	−0.257 6***	−0.182 3***
	(0.031)	(0.082)	(0.068)
P_{popu}	−0.495 6***	−0.790 2*	−1.251 0***
	(0.168)	(0.458)	(0.453)
F_{FDI}	0.030 2***	0.024 7	0.054 8***
	(0.008)	(0.025)	(0.018)
C_{cons}	−0.373 3***	1.059 1**	0.685 7
	(0.144)	(0.461)	(0.767)
F_{fina}	−0.139 8***	0.071 1*	−0.068 7**
	(0.042)	(0.039)	(0.032)
E_{educ}	−1.682 3***	−1.910 6*	−3.592 9***
	(0.375)	(0.727)	(1.166)
H_{hume}	0.043 2***	0.163 5***	0.202 0***
	(0.015)	(0.055)	(0.065)
G_{gove}	−1.984 9***	−0.579 8	−2.564 7***
	(0.961)	(0.733)	(0.661)
Observations	1 045	1 045	1 045
R-squared	0.303	0.303	0.303
Number of id	55	55	55

间交互效应，而负向溢出效应表明其效应可能受其他因素影响，因此需要进一步研究二者间内在关系。

3.5.2　空间效应分解

鉴于空间交互项的回归系数在捕捉变量间影响时存在局限，且 Lesage 等[36]指出若被解释变量的空间滞后项系数显著非零，直接使用空间杜宾模型系数估计溢出效应易导致系统性偏误。为此，引入了偏微分分解方法，将总效应分解为直接效应和间接效应，以便进行更为细致的分析。空间效应分解结果如表8所示。

根据表8的实证结果，交通基础设施对沿线区域经济发展具有显著的空间溢出效应。直接效应在5%水平上显著为正，表明本地交通建设对区域经济增长具有直接促进作用；然而间接效应与总效应均在1%水平上显著为负，揭示出明显的负向空间溢出特征，证实了假设二。具体表现为交通设施在促进本地区经济发展的同时未有效辐射周边城市，反而对邻近区域发展产生抑制作用。产生这一现象的原因在于交通网络的完善促使通道沿线形成以核心城市为经济峰值，向周边下滑的倒V型经济梯度。边缘城市受制于产业基础薄弱与创新能力不足，承接溢出效应的能力有限，反而因要素单向流动陷入发展困境。而在控制变量方面，人口密度与教育水平的负向溢出反映出人力资源的单向流动，而金融发展的正向辐射体现了资本网络的空间整合能力，社会消费的提升则通过激活周边市场活力与刺激产业链延伸进而在一定程度上缓解了负向外溢。

3.6　科技创新的中介效应分析

为了验证西部陆海新通道的交通基础设施是否能够通过科技创新的扩散效应带动区域经济发展，进行了中介效应检验。科技创新中介效应如表9所示，表9中列(2)的数据显示交通基础设施对科技创新的回归系数为0.009 3，且通过了1%的显著性检验，这表明交通基础设施建设对沿线区域科技创新发展具有积极影响。列(3)则进一步揭示了交通基础设施和科技创新对经济发展所产生的影响，二者的系数分别为0.100 0和0.978 6并且均通过了1%的显著性检验。将3列结果结合观察则证实了在交通基础设施对经济发展的影响中存在着科技创新的中介效应。而且进一步通过相关系数关系，可以确定科技创新在交通基础设施与经济发展之间存在部分中介效应，因此假设三得到了验证。

表9　科技创新中介效应

Tab.9　Intermediary effect of scientific and technological innovation

变量	(1)	(2)	(3)
	G_{pGDP}	T_{tech}	G_{pGDP}
T_{tran}	0.109 1***	0.009 3***	0.100 0***
	(0.039)	(0.003)	(0.036)
T_{tech}			0.978 6***
			(0.348)
Constant	11.6124***	−0.084 2	11.694 8***
	(1.480)	(0.071)	(0.774)
Observations	1 045	1 045	1 045
R-squared	0.953	0.668	0.957
C_{cont}	√	√	√
Year FE	√	√	√
Id FE	√	√	√

3.7　环境规制的调节效应分析

环境规制强度变化如图2所示，在2005—2023年的研究期间内，通道沿线地区的环境规制年均强度呈波动上升态势。这表明沿线城市对环境问题的重视程度持续提高，因此有必要探讨环境规制是否在交通设施建设与区域经济发展间发挥作用。

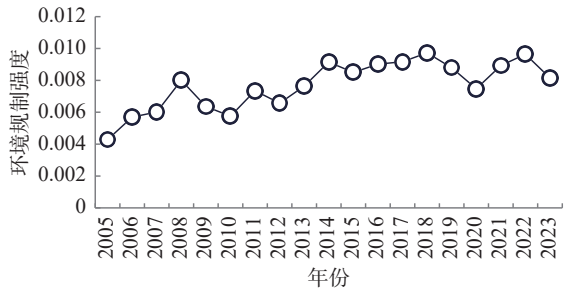

图2　环境规制强度变化

Fig. 2　Environmental regulation intensity change

调节效应回归结果如表10所示。环境规制对交通基础设施与经济发展关系存在调节效应。在3类样本中，交通基础设施与环境规制的交互项系数均显著为正，表明环境规制提升会增强交通基础设施对沿线经济发展的促进效应。其中省会城市及直辖市的交互项系数小于其他城市的交互项系数，说明环境规制的调节效应在不同职能城市间存在明显差异，非省会城市表现更强，因此符合假设四的理论预期。这一现象与通道沿线不同职能城市的发展定位和环境政策重视程度密切相关。省会城市及直辖市作为区域行政与服务中心，其交通基础设施已相对完善，经济拉动作用趋于平稳，环境规制的重心更偏向于城市生态品质提升与低碳治理，交通基建对经济促进效应的放大作用有限；而对非省会城市而言，更注重交通网络拓展与枢纽功能培育，交通基础设施完善对于吸引产业落地、优化区位条件具有重要作用。其中，环境规制不仅未制约发展，反而在提升地方政府对绿色交通和生态建设的重视程度的同时，增强了交通基础设施在带动沿线区域产业绿色转型、物流体系优化中的作用，从而使环境规制的调节效应更为显著。

表10　调节效应回归结果

Tab.10　Results of moderation effect regression

变量	(1)	(2)	(3)
	总样本	省会城市及直辖市	其他城市
T_{tran}	0.119 2***	−0.087 0	0.116 4**
	(0.042)	(0.088)	(0.052)
E_{envi}	6.299 0	−10.616 7**	9.413 8*
	(4.534)	(3.777)	(5.219)
$T_{tran} \cdot E_{envi}$	12.221 3**	7.342 5*	16.556 1**
	(4.988)	(4.012)	(6.424)
Constant	11.126 9***	15.054 2***	8.988 8***
	(1.513)	(1.652)	(1.969)
Observations	1 045	209	836
Number of id	55	11	44
R-squared	0.935	0.980	0.933
C_{cont}	√	√	√
Year FE	√	√	√
Id FE	√	√	√

3.8　门槛效应分析

通过Bootstrap自举法对交通基础设施以及科技创新进行门槛效应检验，反复抽样500次后发现交通基础设施与科技创新均未通过三重门槛检验，但二者均通过了双重门槛的检验，说明随着交通基础设施与科技创新水平的变化，对通道沿线经济发展具有门槛效应，门槛效应检验如表11所示。

进一步利用面板门槛效应模型进行回归分析后，得到门槛效应回归结果如表12所示。

表12中结果证明存在交通基础设施以及科技创新的双重门槛，证实了假设五。当考虑交通基础设施为门槛变量时，其回归系数在各区间均通过1%显著性检验且均为正值，但随着门槛水平提高，系数呈现先升后降的倒“U”型特征，表明其边际效应随建设水平提升呈非线性演进。在建设初期，交通基础设施有效打破了西部地区以往由于交通闭

表 11　门槛效应检验

Tab.11　Threshold effect test

变量		*RSS*	*MSE*	*Fstat*	*Prob*	*Crit*10	*Crit*5	*Crit*1
T_{tran}	单一门槛	97.640 1	0.095 2	37.43	0.034 0	27.425 5	33.985 8	46.193 2
	双重门槛	95.103 7	0.092 7	27.36	0.044 0	21.887 6	25.731 1	37.752 3
	三重门槛	94.207 2	0.091 8	9.76	0.568 0	26.224 1	35.071 5	72.562 7
T_{tech}	单一门槛	90.471 2	0.088 2	121.69	0.000 0	39.302 6	49.793 7	63.338 4
	双重门槛	86.853 2	0.084 7	42.74	0.020 0	31.527 8	37.347 8	48.797 7
	三重门槛	85.447 0	0.083 3	16.88	0.768 0	54.449 1	64.964 6	82.651 5

表 12　门槛效应回归结果

Tab.12　Threshold effect regression results

变量	(1)	(2)
T_{tran}	1.054 8***	
($0 \leqslant T_{tran} \leqslant 9.931\ 2$)	(0.088)	
T_{tran}	1.083 2***	
($9.931\ 2 < T_{tran} \leqslant 10.598\ 9$)	(0.087)	
T_{tran}	0.975 0***	
($T_{tran} > 10.598\ 9$)	(0.106)	
T_{tran}		0.996 9***
($0 \leqslant T_{tech} \leqslant 0.011\ 7$)		(0.104)
T_{tran}		0.964 5***
($0.011\ 7 < T_{tech} \leqslant 0.036\ 7$)		(0.106)
		0.933 2***
($T_{tech} > 0.036\ 7$)		(0.110)
Constant	−14.436 5***	−4.640 5***
	(5.137)	(3.653)
Observations	1 045	1 045
Number of id	55	55
R-squared	0.774	0.793
C_{cont}	√	√

塞而阻碍经济发展的瓶颈，初步激发经济潜力；随着路网不断完善，发展重点转向了多式联运效率提升、枢纽衔接能力增强以及智慧物流等新技术应用，进一步增强了交通网络的正外部性，推动边际效益达到峰值；然而，随着交通基建的进一步发展，部分地区可能面临设施冗余、运营成本上升等问题，加之环境规制对传统的粗放发展模式的进一步制约，共同削弱了交通设施的经济拉动作用，导致边际效益回落。

而将科技创新纳入门槛模型后，交通基础设施对经济发展的促进作用随科技创新水平提升呈现边际递减趋势。这可能是因为在沿线地区发展初期，交通网络尚处于扩张阶段，此时即便是较低水平的科技创新成果已能有效支撑路网建设与物流体系构建。然而，随着通道骨干网络逐步建成与科技创新能力不断提升，尤其是大数据、物联网、人工智能等新技术在物流组织、交通管理、产业协同中的深度应用，促使经济活动的空间组织方式发生深刻变化。因此，传统交通设施作为“硬投入”在经济运行中的基础性作用虽未改变，但其单位投入所带来的经济拉动效应有所减弱。

4　结论及建议

4.1　结论

选取西部陆海新通道沿线 55 个地级及以上城市的面板数据，实证检验交通基础设施对沿线区域经济发展的影响及作用机制，并验证了环境规制的调节作用。形成如下结论。

（1）交通基础设施对沿线区域经济发展具有显著促进作用，且呈现异质性特征。其中公路运输的经济带动作用强于铁路，且该效应在非省会城市中更为突出。

（2）交通改善亦存在负向空间溢出效应，对地理距离相近地区的经济发展产生抑制作用，加剧沿线城市间经济发展的差距。

（3）科技创新在交通设施与区域经济之间发挥部分中介作用，是实现交通优势转化为经济动能的重要路径。

（4）门槛效应检验发现，交通基础设施的边际效应随其水平提升呈倒“U”型变化，而随着科技创新水平提高，其拉动作用则呈现边际递减的非线性特征。

（5）环境规制能在交通基础设施推动经济发展的过程中发挥正向调节作用，但其效应强度因城市职能类型存在明显差异，非省会城市调节效应更为明显。

此外，本研究受数据所限未纳入内河航运指标，后续随着基础设施的完善可进一步拓展内河航运对沿线经济发展的影响。

4.2　建议

基于研究分析以及得到的结论，提出以下政策建议。为促进西部陆海新通道沿线区域经济高质量发展，应推动交通基础设施差异化布局与协调发展，强化城市间联动机制，落实“硬联通”与“智联通”融合发展。在交通基础设施方面，需推进沿线干线扩能与支线延伸，强化公路在区域内部的连通效能，加快完善沿线铁路骨干网络，推动多式联运高效衔接，尤其注重非枢纽城市和边缘地区的交通“毛细血管”建设，在推进既有交通枢纽的智能化改造与运营效率升级的同时，合理控制传统交通设施的规模。在科技创新支撑方面，应依托交通网络充分发挥其对创新资源的集聚与扩散作用，加大对中小城市科技承接能力的培育，推动科技创新与通道运营、交通枢纽与数字基础设施的深度融合，支撑人工智能、数字贸易等高附加值业态发展。在生态政策方面，需围绕绿色发展战略制定合理的环境规则政策，因地制宜制定环保标准，引导低碳技术应用与绿色产业布局，强化政策协同与制度供给，避免“一刀切”带来的抑制效应。在资金保障方面，应有效利用地方政府专项债、政策性资金补贴及政策性信贷为面临转型压力的城市提供过渡性支持，助力其完成基建升级与产业孵化，形成“核心带动、边缘协同”的发展格局，实现经济效益、社会公平与生态可持续的多元平衡。

参考文献：

[1] 蒋　军，黄昊然，李火梅，等. 西部陆海新通道集装箱货流多因素均衡分配模型及应用[J]. 交通运输系统工程与信息，2025，25(5)：114-123.
JIANG Jun，HUANG Haoran，LI Huomei，et al. Multi-Factor Equilibrium Allocation Model and Application of Container Freight Flow in Western Land-Sea New Corridor[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology，2025，25(5)：114-123.

[2] 朱　琳，罗宏翔. 交通基础设施建设影响区域经济差距的特征、机理及其实证研究[J]. 云南财经大学学报，2022，38(3)：31-45.
ZHU Lin，LUO Hongxiang. The Features and the Mechanism of the Impact of Transportation Infrastructure Construction on Regional Economic Gap and the Empirical Study[J]. Journal of Yunnan University of Finance and Economics，2022，38(3)：31-45.

[3] 赵春娟. 中国“一带一路”沿线省份交通基础设施建设与经济增长的关系研究[J]. 河北地质大学学报，2019，42(3)：104-110.
ZHAO Chunjuan. Research on the Impact of Traffic Infrastructure Construction on the Economic Growth of Provinces along “the Belt and Road Initiative” in China[J]. Journal of Hebei GEO University，2019，42(3)：104-110.

[4] 张克中，陶东杰. 交通基础设施的经济分布效应：来自高铁开通的证据[J]. 经济学动态，2016(6)：62-73.

[5] 夏惟怡，曹梅英，王立新，等. 西部陆海新通道对区域产业创新的影响研究[J]. 科学决策，2023(4)：103-117.
XIA Weiyi，CAO Meiying，WANG Lixin，et al. Study on the Impact of the New Western Land-Sea Corridor on Industrial Innovation[J]. Scientific Decision Making，2023(4)：103-117.

[6] 汪发元，何智励. 民族地区科技创新、交通基础设施与产业结构升级：基于西部地区2005—2019年数据的实证分析[J]. 新余学院学报，2022，27(3)：10-21.
WANG Fayuan，HE Zhili. Scientific and Technological Innovation，Transportation Infrastructure and Industrial Structure Upgrading in the Ethnic Areas：Empirical Analysis Based on Data from 2005 to 2019 in the Western Region[J]. Journal of Xinyu University，2022，27(3)：10-21.

[7] 吴爱芝，吕　爽，李国平. 沿海三大城市群发挥高质量发展动力源作用的创新驱动机制[J]. 经济地理，2024，44(8)：17-24，180.
WU Aizhi，LYU Shuang，LI Guoping. Innovation-Driven Development Mechanism for Three Major Coastal Urban Agglomerations to Play the Role of Engine of High-Quality Economic Growth[J]. Economic Geography，2024，44(8)：17-24，180.

[8] 贾县民，李绍南. 西部陆海新通道沿线商贸物流竞争力及其障碍因子研究[J]. 铁道运输与经济，2024，46(6)：48-56.
JIA Xianmin，LI Shaonan. Research on the Competitiveness and Obstacle Factors of Commercial Logistics along the Western Land-Sea New Corridor[J]. Railway Transport and Economy，2024，46(6)：48-56.

[9] 肖　红，胡宇航，王孝坤，等. 西部陆海新通道区域经

济-交通运输-生态环境耦合协调发展及障碍度研究[J]. 铁道运输与经济，2022，44(7)：1-7.
XIAO Hong，HU Yuhang，WANG Xiaokun，et al. Coupling and Coordinated Development and Obstacle Degree of Regional Economy，Transportation，and Ecological Environment of New Western Land-Sea Corridor[J]. Railway Transport and Economy，2022，44(7)：1-7.

[10] 周清香，何爱平. 环境规制对长江经济带高质量发展的影响研究[J]. 经济问题探索，2021(1)：13-24.
ZHOU Qingxiang，HE Aiping. Impact of Environmental Regulation on High Quality Development of Yangtze River Economic Belt[J]. Inquiry into Economic Issues，2021(1)：13-24.

[11] 刘　露，许旺土，张　薇. 区域一体化视角下城市群区域综合立体交通网高质量发展水平测度[J]. 铁道运输与经济，2025，47(1)：215-224.
LIU Lu，XU Wangtu，ZHANG Wei. Measurement of High-Quality Development Level of Regional Integrated Stereoscopic Transportation Network in Urban Agglomerations from the Perspective of Regional Integration[J]. Railway Transport and Economy，2025，47(1)：215-224.

[12] 陈晓佳，徐　玮. 数据要素、交通基础设施与产业结构升级：基于量化空间一般均衡模型分析[J]. 管理世界，2024，40(4)：78-98.
CHEN Xiaojia，XU Wei. Data Factor，Transportation Infrastructure and Industrial Structure Upgrade：An Analysis Based on Quantitative Spatial General Equilibrium Model[J]. Journal of Management World，2024，40(4)：78-98.

[13] 玉国华，王定祥，邓　翔，等. 交通基础设施、地区贸易流量与经济增长效率[J]. 经济学动态，2024(2)：107-127.
YU Guohua，WANG Dingxiang，DENG Xiang，et al. Transport Infrastructure，Regional Trade Flow and Economic Growth Efficiency[J]. Economic Perspectives，2024(2)：107-127.

[14] 潘林伟，林子雄. 交通基础设施对区域经济发展的空间溢出效应研究：基于成渝双城经济圈的时空数据分析[J]. 资源开发与市场，2022，38(1)：53-60.
PAN Linwei，LIN Zixiong. Study on Spatial Spillover Effects of Transportation Infrastructure on Regional Economic Development：Empirical Analysis Based on Spatial-Temporal Data of Chengdu-Chongqing Economic Circle[J]. Resource Development & Market，2022，38(1)：53-60.

[15] 王逸初，周新苗，吴晓峰. 交通基础设施对区域经济增长空间溢出效应研究[J]. 价格理论与实践，2022(6)：12-17.
WANG Yichu，ZHOU Xinmiao，WU Xiaofeng. Spatial Spillover Effect of Transportation Infrastructure on Regional Economic Growth[J]. Price：Theory & Practice，2022(6)：12-17.

[16] 谭志雄，邱云淑，李后建，等. 高铁开通、人才流动对区域创新的影响及作用机制[J]. 中国人口·资源与环境，2022，32(8)：128-139.
TAN Zhixiong，QIU Yunshu，LI Houjian，et al. Impact of High Speed Rail Service and Talent Flow on Regional Innovation and Its Mechanism[J]. China Population，Resources and Environment，2022，32(8)：128-139.

[17] 苏　屹，林周周. 区域创新活动的空间效应及影响因素研究[J]. 数量经济技术经济研究，2017，34(11)：63-80.
SU Yi，LIN Zhouzhou. Research on the Spatial Effect and Influencing Factors of Regional Innovation Activities[J]. The Journal of Quantitative & Technical Economics，2017，34(11)：63-80.

[18] 雷淑珍，王　艳，高　煜. 交通基础设施建设是否影响了区域创新[J]. 科技进步与对策，2021，38(21)：24-33.
LEI Shuzhen，WANG Yan，GAO Yu. Does the Construction of Traffic Infrastructure Affect Regional Innovation[J]. Science & Technology Progress and Policy，2021，38(21)：24-33.

[19] 陈　杰. 交通基础设施建设、环境污染与地区经济增长[J]. 华东经济管理，2020，34(9)：72-79.
CHEN Jie. Transportation Infrastructure Construction，Environmental Pollution and Regional Economic Growth[J]. East China Economic Management，2020，34(9)：72-79.

[20] 王少飞，张　勇，王禹禛. 环境规制与企业并购决策：来自重污染行业的经验证据[J]. 外国经济与管理，2024，46(12)：88-100.
WANG Shaofei，ZHANG Yong，WANG Yuzhen. Environmental Regulations and M & A Decisions of Enterprises：Empirical Evidence from Heavy-Polluting Industries[J]. Foreign Economics & Management，2024，46(12)：88-100.

[21] PORTER M E，VAN DER LINDE C. Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship[J]. The Journal of Economic Perspectives，1995，9(4)：97-118.

[22] 戴魁早，骆君函. 环境规制、政府科技支持与工业绿色全要素生产率[J]. 统计研究，2022，39(4)：49-63.
DAI Kuizao，LUO Junhan. Environmental Regulation，Government's Technology Support and Industrial Green Total

Factor Productivity[J]. Statistical Research, 2022, 39(4): 49-63.

[23] 李阳阳，刘伟江. 双重环境规制、绿色技术创新与经济高质量发展[J]. 统计与决策，2025，41(6)：75-80.

[24] 黄寿峰，王艺明. 我国交通基础设施发展与经济增长的关系研究：基于非线性Granger因果检验[J]. 经济学家，2012(6)：28-34.

[25] 王　伟，王聪琳，巩　亮，等. 黄河“几”字弯都市圈交通基础设施投资效率的空间溢出效应研究[J]. 铁道运输与经济，2024，46(10)：166-177.
WANG Wei, WANG Conglin, GONG Liang, et al. Spatial Spillover Effect of Investment Efficiency of Transportation Infrastructure in Backward U-Shaped Bend Metropolitan Area of Yellow River Basin[J]. Railway Transport and Economy, 2024, 46(10): 166-177.

[26] 王群勇，杜梅慧，蔡露露. 区域经济分化的生产网络根源[J]. 南开经济研究，2025(3)：55-73.
WANG Qunyong, DU Meihui, CAI Lulu. The Production Network Root of Regional Economic Growth and Differentiation[J]. Nankai Economic Studies, 2025(3): 55-73.

[27] 曲　创，李曦萌. 经济发展还是要素流失：交通基础设施经济作用的区域差异研究[J]. 当代经济科学，2015，37(1)：32-38，125.
QU Chuang, LI Ximeng. Economic Development or Factor Loss: The Study on the Regional Differences of the Economic Roles of Transportation Infrastructure[J]. Modern Economic Science, 2015, 37(1): 32-38, 125.

[28] 李天籽，王　伟. 网络基础设施的空间溢出效应比较研究[J]. 华东经济管理，2018，32(12)：5-12.
LI Tianzi, WANG Wei. A Comparative Study on the Spatial Spillover Effects of Network Infrastructure[J]. East China Economic Management, 2018, 32(12): 5-12.

[29] 谢呈阳，王明辉. 交通基础设施对工业活动空间分布的影响研究[J]. 管理世界，2020，36(12)：52-64，161，65-66.
XIE Chengyang, WANG Minghui. A Study on the Impact of Transportation Infrastructure on the Spatial Distribution of Industrial Activities[J]. Management World, 2020, 36(12): 52-64, 161, 65-66.

[30] 李业锦，刘潇忆，王嘉宁，等. 科技创新对产业转型升级的影响：以我国首批产业转型升级示范区为例[J]. 城市发展研究，2022，29(9)：108-117.
LI Yejin, LIU Xiaoyi, WANG Jianing, et al. Research on the Impact of Technological Innovation on Industrial Transformation and Upgrading: Take China's First Batch of Industrial Transformation and Upgrading Demonstration Zones as an Example[J]. Urban Development Studies, 2022, 29(9): 108-117.

[31] 李素峰，冯鸿雁. 科技创新与数字经济高质量发展动态耦合及时空分异：基于中国四大战略区域视角[J]. 当代经济管理，2023，45(6)：41-50.
LI Sufeng, FENG Hongyan. Spatio-Temporal Differences and Their Causes of Dynamic Coupling between Technological Innovation and High-Quality Development of Digital Economy: Based on Four Major Strategic Regions in China[J]. Contemporary Economic Management, 2023, 45(6): 41-50.

[32] 熊云飚，代宇杰，熊健超. 低碳城市建设是否促进了城市绿色技术创新的“量增质升”：来自低碳城市试点政策的证据[J]. 生态经济，2025，41(4)：106-116.
XIONG Yunbiao, DAI Yujie, XIONG Jianchao. Does Low-Carbon City Construction Promote the “Quantity Increase and Quality Improvement” of Urban Green Technology Innovation: Evidence from the Low-Carbon City Pilot Policy[J]. Ecological Economy, 2025, 41(4): 106-116.

[33] 温忠麟，叶宝娟. 中介效应分析：方法和模型发展[J]. 心理科学进展，2014，22(5)：731-745.
WEN Zhonglin, YE Baojuan. Analyses of Mediating Effects: The Development of Methods and Models[J]. Advances in Psychological Science, 2014, 22(5): 731-745.

[34] 姚惠泽，石　磊. 要素价格扭曲抑制了江苏经济增长吗：基于技术创新的中介效应分析[J]. 2019(6)：85-91.

[35] 樊建强，李　璐. 陕西省交通基础设施对经济增长的空间溢出效应[J]. 长安大学学报(社会科学版)，2020，22(1)：40-49.
FAN Jianqiang, LI Lu. Spatial Spillover Effect of the Transportation Infrastructure on Economic Growth in Shaanxi Province[J]. Journal of Chang'an University (Social Science Edition), 2020, 22(1): 40-49.

[36] LESAGE J, PACE R K. Introduction to Spatial Econometrics[M]. Boca Raton: CRC Press, 2009.

(责任编辑　金　晶)