引用格式：赵连阁，高畅，王学渊．国际交通运输通道能否促进制造业升级？——来自“义新欧”中欧班列开通的证据[J]．技术经济，2026，45(1)：43-53.

Zhao Liange, Gao Chang, Wang Xueyuan. Can international transport corridors drive manufacturing upgrading? Evidence from the launch of the “Yixin'ou” China-Europe railway express[J]. Journal of Technology Economics, 2026, 45(1): 43-53.

产业技术经济

国际交通运输通道能否促进制造业升级？

——来自“义新欧”中欧班列开通的证据

赵连阁，高 畅，王学渊

（浙江工商大学经济学院，杭州 310018）

摘 要：制造业升级既符合国内国际“双循环”发展格局的时代涵义，亦是现代化发展进程中的关键驱动力量。使用2005—2021年的城市面板数据，将“义新欧”中欧班列开通作为准自然实验，构建双重机器学习模型，研究国际交通运输通道对制造业升级的影响效应及内在机制。研究发现：“义新欧”中欧班列开通可以显著促进制造业升级。技术创新和贸易增长是“义新欧”中欧班列开通影响制造业升级的重要路径。“义新欧”中欧班列开通对制造业升级的影响呈现显著异质性特征。具体表现为：位于“清大线”东北侧的城市、制造业行业集聚程度较高的城市及地方财政自主性较强的城市，其制造业升级效应更为显著。研究拓宽了中欧班列品牌的经济效应发展维度，为“义新欧”中欧班列的高质量发展提供政策启示。

关键词：国际交通运输通道；“义新欧”中欧班列；制造业升级；双重机器学习；准自然实验

中图分类号：F532.4；F424 **文献标志码**：A **文章编号**：1002-980X(2026)01-0043-11

DOI：10.12404/j.issn.1002-980X.J24102414

一、引言

改革开放以来，中国工业体系经历了系统性重构与跨越式发展，制造业份额在全球范围内持续扩大，成为世界上唯一拥有联合国产业分类中全部工业门类的国家，稳居“制造业大国”之列。2023年中国制造业增加值为39.9万亿元，占全球比重约30.2%，连续14年位居世界第一。然而，在规模扩张的表象下，中国工业体系依然面临“大而不强、全而不精、宽而不深”等短板问题。党的二十大报告指出，坚持把发展经济的着力点放在实体经济上，推动制造业高端化、智能化、绿色化发展。因此，推动制造业升级成为把握新一轮产业革命战略机遇、突破产业低端锁定的必然选择。

“一带一路”倡议通过构建新型国际分工网络，为跨境铁路布局提供制度支撑，也为破解制造业升级瓶颈开辟新路径。中欧班列作为“一带一路”倡议最具代表性战略成果，2011年发出首趟列车，2013年实现回程国际列车“零”的突破，2016年完成中欧班列品牌统一化整合，逐步构建起横跨亚欧大陆的“钢铁驼队”。其中，“义新欧”中欧班列（义乌—马德里）作为唯一全民营机制运营主体①，其运营不仅旨在破解传统海运时效性不足与航空运输成本高昂的双重困境，而且深层次地服务于中国制造业从“规模扩张”向“质量跃升”

收稿日期：2024-10-24

基金项目：中宣部宣传思想文化青年英才资助项目“区域协作对山区乡村可持续生计的影响及政策优化研究”(2021QNYC052)；浙江省教育厅人文社科重大攻关青年重点项目“农户视角下的我国蓄滞洪区生态化发展与补偿策略优化研究”(2023QN079)；浙江工商大学研究生科研创新基金年度一般项目“山海协作工程与城乡收入差距”(YBXM2024042)

作者简介：赵连阁(1966—)，博士，浙江工商大学经济学院教授，博士研究生导师，研究方向：区域经济与产业经济；高畅(1996—)，浙江工商大学经济学院博士研究生，研究方向：产业经济、经济可持续发展；(通信作者)王学渊(1981—)，博士，浙江工商大学经济学院教授，博士研究生导师，研究方向：区域经济可持续发展。

① 详见浙江一带一路网，https://zjydyl.zj.gov.cn/art/2023/3/10/art_1229691750_38952.html。

的战略转型需求。尤为重要的是,该班列线路设计深度嵌入长三角制造业集群,出口商品结构从初期的小商品主导逐步转向机电设备、电子元件等中高附加值产品。运输货源结构的动态升级,不仅折射出区域制造业产业链的提质进程,更凸显国际交通运输通道对制造业升级的深层赋能效应。

交通基础设施建设通过缩短地区间的时空距离,促进资源要素的重新配置与高效流动,进而为区域制造业升级奠定了重要基础[1]。那么跨境交通基建如何促进制造业升级?这是现有文献尚未充分解答的问题。鉴于此,识别国际交通运输通道与制造业升级的关联关系,对构建高效的国际贸易网络和推动制造业高质量发展具有重要的现实意义。可能的边际贡献如下:一是,从国际交通运输通道这一相对外生的政策工具视角切入,以"义新欧"中欧班列开通作为准自然实验,系统评估其对制造业升级的影响效应。本文不仅横向拓展了制造业升级的研究主题,也为现有研究视角提供了有益补充。二是,在制造业升级的测度方法上,引入制造业绿色化指标,结合制造业规模、制造业价值链位置及制造业企业劳动生产率,通过熵权法综合构建制造业升级指数,进一步丰富了制造业升级的测度维度与评价体系。三是,从区域维度、行业集聚度及财政自主度的角度,深入分析"义新欧"中欧班列开通对制造业升级影响的异质性特征,为跨境交通基础设施投资评估提供了新的分析视角,使研究成果更具实际应用价值。

二、文献回顾与理论分析

(一)文献回顾

1. 关于制造业升级的相关研究

制造业升级作为科技创新与产业融合的核心载体,成为构建现代化产业体系的重要支撑。当前,关于制造业升级的相关文献主要包括测度方式和外部驱动因素两个方面。现有文献对制造业升级的测度方式一般集中于产业间升级和产业内升级两种视角。从产业间视角来看,制造业升级是指通过制造高品质产品和开展复杂技术活动[2],提升高新技术产业在制造业中的比重,从而实现从低技术、低附加值向高技术、高附加值转变的过程[3-4]。从产业内视角来看,部分学者认为制造业升级包括工艺流程升级、产品升级、功能升级及跨价值链升级四个层次,即产业由低端向高端演进过程[5]。随着研究的逐步深入,学术界更多地关注制造业内的产业素质与产业效率,基于劳动生产率[6-7]及制造业产业处于价值链的位置[8-9]刻画制造业升级,并进一步提出制造业绿色发展也是制造业升级的重要内涵[10]。

从驱动制造业升级的外部因素来看,现有研究主要从生产性服务业、数字经济发展及区域发展政策等多维视角探究其影响机制。首先,生产性服务业集聚通过规模经济效应和知识溢出效应与制造业升级形成动态协同[11]。其中,专业化集聚主要依托技术外溢机制长期驱动本地及周边地区的制造业升级,而多样化集聚则更多依赖规模经济推动本地制造业升级[12]。其次,数字经济将数据作为新的投入要素,不仅赋能制造业发展[13],还通过技术体系、经济结构与社会制度的协同演化,为制造业升级提供新动能[14]。生产要素的优化配置推动制造业服务化转型,从而强化了制造业升级的外部支撑[15]。最后,在区域发展层面,开发区建设、资源型城市转型及撤县设区等举措,分别通过资源重置、技术创新与产业更替等路径推动制造业升级[16-18]。

2. 中欧班列开通的政策效应分析

目前,对中欧班列开通政策效应的研究已非常丰富,大多文献将中欧班列开通定义为一项准自然实验考察其政策效应。周学仁和张越[19]、张祥建等[20]都认为中欧班列作为一条高效的陆路贸易通道,通过优化国际运输网络结构,推动了进出口贸易规模的快速扩张,并指出中欧班列不仅重塑了贸易地理格局,还为内陆地区融入全球价值链提供了重要支撑。李佳等[21]提出中欧班列可以显著推动产业结构升级,并强调良好的央地协作关系有助于进一步放大地区产业结构升级的成效。

在创业方面,中欧班列开通可以通过拓展创业机遇、缓解融资约束及就业投资驱动,增强城市双创活力[22],提升城市创业活跃度[23]。在创新方面,韦东明和顾乃华[24]基于城市面板数据分析,论证了中欧班列开通可以提升区域创新效率。同时,王雄元和卜落凡[25]提出,中欧班列开通为资源受限的企业开辟了通过出口贸易实现创新驱动发展的路径。与企业层面创新相似,方慧和赵胜立[26]提出中欧班列开通可以推动要

素与商品流动，从而促进出口企业全要素生产率提升。此外，中欧班列开通同样对中国环境可持续发展亦产生深远影响。部分学者认为，中欧班列开通可以降低城市环境污染水平[27]，显著提高节点城市的绿色全要素生产率水平[28]，有效促进城市绿色低碳转型[29]。

综上所述，已有研究深入讨论了制造业升级的测度方式及外部驱动因素，并对中欧班列开通的政策效应展开了多角度实证研究。然而，在深化供给侧结构性改革、制造业高质量发展的背景下，尚未有研究就跨境交通基础设施对制造业升级进行细致研究。因此，仍需进一步探讨国际交通运输通道对制造业升级的影响机制。

（二）理论分析及假设

1. 国际交通运输通道对制造业升级的直接影响

根据新经济地理学观点，交通基础设施发展可以显著提升区域间可达性，通过压缩时空距离和优化要素配置[30]，为高度联通地区提供更多与全球市场接轨的机会，从而激活本地制造业发展的内在潜能。“义新欧”中欧班列作为国际运输通道的重要载体，提升了贸易活动中劳动力等基本生产要素及资本等高端生产要素在交流、获取和配置上的便捷性，为制造业升级提供系统性支持。

一方面，“义新欧”中欧班列开通促进高端要素流动，驱动制造业升级。“义新欧”中欧班列相较于海运到港时间平均节省两周左右，显著压缩了义乌与欧洲市场的经济地理距离，使得浙江本土制造业企业更高效地接入国际产业链。技术、资本等高端要素沿铁路轴线实现跨区域再配置，推动地区生产工艺革新，提高总体出口技术复杂度[31]，为制造业升级提供必要动力。另一方面，“义新欧”中欧班列开通促进本地制造业产业融入国际市场，促进制造业升级。“义新欧”中欧班列开通强化了义乌与沿线国家的经贸纽带，跨境铁路运输所产生的空间溢出效应辐射至义乌周边区域，使得浙江本土制造业更深入地参与国际分工。通过融入欧洲高端市场供应链，制造业行业进一步提升质量管理标准与生产流程效率，实现从代工生产向自主设计、品牌化经营的跃迁，为制造业升级提供一定保障。

基于此，本文提出如下假设：

国际交通运输通道对制造业升级具有正向的促进作用（H1）。

2. 国际交通运输通道对制造业升级的作用机制

国际交通运输通道促进制造业升级的作用机制体现在以下两个方面：

第一，国际交通运输通道作为连接全球产业网络的关键枢纽，在促进资源要素跨区域流动上发挥着重要作用。其通过突破地理空间限制、降低跨境运输成本，为区域技术创新提供高效载体。一方面，“义新欧”中欧班列运行显著降低本土企业进入欧洲等高标准市场的制度壁垒，欧盟等沿线国家的技术标准以及绿色规制对本土制造业形成持续“技术倒逼”，促使企业强化研发投入并加快创新成果的产品化应用。运输时效的大幅改善强化研发环节与生产环节之间的快速反馈机制，显著缩短关键零部件的测试周期，使核心工艺迭代更为及时，从而有效降低研发过程中的成本与不确定性。在正向循环的驱动下，技术更新的频率与质量得以同步提升，进而增强制造业的创新动能。另一方面，班列运行提升企业参与跨境供应链协作的深度与密度，为国际创新资源获取构建了重要通道。企业在与欧洲客户、供应商及科研机构的互动中，更易获取先进技术信息、产品设计理念和质量管理经验，并通过技术授权不断提升自身技术吸收能力与再创新能力，从而推动制造业整体创新水平的提高。同时，班列节点辐射效应带动检测认证、技术服务等创新要素在沿线集聚[32]，形成专业化创新服务体系，从而进一步强化科技创新对制造业升级的支撑作用。

第二，作为发达的交通基础设施，国际交通运输通道凭借其时空优势，显著降低了浙江义乌至马德里的贸易难度，提高了贸易可达性，进而克服了内陆地区参与国际贸易的劣势，从而大幅缩短中欧间的贸易周期[33]。一方面，“义新欧”中欧班列开通有效地突破地理禀赋限制，促进了中心-外围区域之间的信息、物质交流，系统性推动贸易规模的持续扩张。其依托成本低、效率高及通达性强等特点缩短了出发-到达两地间的时空距离，有效避免运输途中产生的中间运输成本以及“冰山”运输成本[21]，促使“义新欧”沿线城市的制造业产业深度嵌入全球价值链分工。另一方面，“义新欧”中欧班列稳定化的运输网络，使得内陆制造业摆脱对沿海港口的路径依赖，从而显著降低参与全球贸易的时空门槛。贸易可达性的提升促使本地制造业企

业加快融入国际生产网络,本土制造商得以优化全球供应链布局,通过主动调整全球资源配置策略推动制造业升级从被动适应转向主动转型,实现制造业从劳动密集型向技术密集型转变。

基于上述分析,本文提出如下假设:

国际交通运输通道可以通过技术创新促进制造业升级(H2);

国际交通运输通道可以通过贸易增长促进制造业升级(H3)。

三、研究设计

(一)模型构建

当前,大部分实证类文献采用双重差分、合成控制及倾向得分匹配等方法进行政策效果评估。然而,这类方法在前提假设及数据特征等方面存在一定局限性。为此诸多学者将研究方法转向机器学习在因果推断领域的应用[34-36]。其中,双重机器学习模型可以有效刻画变量间的非线性关系,避免模型误设问题,采用诸多机器学习及其正则化算法避免了控制变量冗余带来的"维度诅咒",并能够在小样本情况下保证处置系数估计量的无偏性[37]。目前,该方法于因果推断研究领域得到了广泛运用[38-40]。本文部分线性双重机器学习模型构建如式(1)所示。

$$Y_{it}=\theta_0 Policy_{it}+g(X_{it})+U_{it},\ E(U_{it}\mid Policy_{it},X_{it})=0 \tag{1}$$

其中:i 为城市;t 为年份;Y_{it} 为制造业升级;$Policy_{it}$ 为"义新欧"中欧班列开通的政策变量,班列开通点后为1,否则为0;X_{it} 为高维控制变量集合,具体形式 $g(X_{it})$ 需采用机器学习算法估计;U_{it} 为误差项,条件均值为0。基于式(1)得到系数估计量:

$$\hat{\theta}_0=\left(\frac{1}{n}\sum_{i\in I,t\in T}Policy_{it}^2\right)^{-1}\frac{1}{n}\sum_{i\in I,\ t\in T}Policy_{it}[\,Y_{it}-\hat{g}(X_{it})\,] \tag{2}$$

在小样本数据环境下,为确保模型的稳健性并满足无偏估计的要求,构建恰当的辅助回归模型:

$$Policy_{it}=m(X_{it})+V_{it},\ E(V_{it}\mid X_{it})=0 \tag{3}$$

其中:$m(X_{it})$ 为处置变量对高维变量的回归函数,亦通过机器学习得到估计量$\hat{m}(X_{it})$;V_{it} 为误差项,条件均值为0。将式(3)进行回归,得到残差$V_{it}=Policy_{it}-\hat{m}(X_{it})$,$\hat{V}_{it}$ 作为$Policy_{it}$ 的工具变量进行回归,可得无偏的估计系数:

$$\hat{\theta}_0=\left(\frac{1}{n}\sum_{i\in I,t\in T}\hat{V}_{it}Policy_{it}\right)^{-1}\frac{1}{n}\sum_{i\in I,\ t\in T}\hat{V}_{it}[\,Y_{it}-\hat{g}(X_{it})\,] \tag{4}$$

(二)变量设置与选取

1. 被解释变量:制造业升级

现有研究基本从制造业结构、制造业规模、制造业价值链地位及制造业企业生产效率等综合指标体系等多种角度构建综合指标体系刻画制造业升级。制造业升级的核心是从低附加值环节向高附加值环节跃迁,并实现质量与效率的系统性提升[15]。基于前文论述,本文从制造业规模、绿色化、价值链位置及制造业企业劳动生产率四个方面来刻画制造业升级。其中,制造业规模是升级的基础条件,其规模扩张为技术投资与结构优化提供资源支撑;绿色化水平与劳动生产率是升级的质量表征,前者体现环境效率,后者反映技术进步;价值链位置则反映制造业升级的核心结果。

基于相关文献,制造业规模指标(*size*)采用"工业总产值占GDP的比重"的自然对数进行衡量[41],制造业价值链位置(*chain*)采用"规模以上工业企业利税总额"的自然对数进行衡量[11],制造业绿色化指标(*green*)采用"全市绿色专利申请总量"的自然对数进行衡量,制造业企业劳动生产率(*eff*)采用"工业企业增加值除以从业人员年平均人数的比值"进行衡量[6]。考虑到传统单一指标或主观赋权方法的局限,本文基于制造业规模、绿色化、价值链位置及制造业企业劳动生产率四项指标,通过熵权法综合构建制造业升级指数。

2. 解释变量:"义新欧"中欧班列开通

目前,"义新欧"中欧班列已实现常态化运行。从图1可以看出,历年运行列数稳步增长。而且,经济辐

射影响不断加深，货源 70%来自浙江省内。因此，将浙江省内市域共计 11 个城市作为处理组城市；浙江省毗邻省份为福建省、江西省、安徽省及江苏省，参考《中欧班列建设发展规划（2016—2020 年）》，安徽省和江苏省所运营的“苏满欧”中欧班列、中欧班列（合肥）属于常态化运营班列，并且浙江省、福建省和江西省所运营的中欧班列均位于东、中通道②，因此将福建省及江西省所下辖的城市纳入控制组，共计 20 个城市。同时，结合“义新欢”中欧班列开通运营时间构建政策虚拟变量（*CER*）。

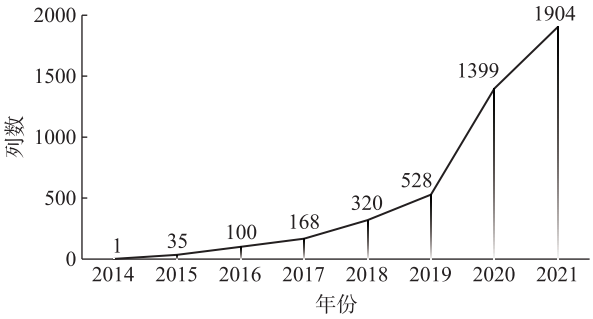


图 1 “义新欧”中欧班列历年运行列数

3. 控制变量

双重机器学习应对控制变量时，借助正则化算法减少过拟合和多重共线性问题，进而更加准确地估计处理效应。在参考相关文献的基础上[13,19]，兼顾城市层面数据可获得性，控制了其他可能影响制造业升级的因素。控制变量设置如下：①教育支出（*education*），教育支出增加可以提高劳动力的技能水平与整体素质，影响制造业行业生产效率，指标采取“教育支出占财政支出的比值”进行衡量；②人力资本（*human*），具备专业知识和技术能力的高素质劳动人口，能为制造业发展提供更多的技术创新和工艺改进，指标采取“每万人普通高等学校在校生数”进行衡量；③产业结构（*ind*），产业结构变动涉及要素配置效率影响制造业产业体系发展，指标采取“第三产业增加值占地区生产总值的比重”进行衡量；④城镇设施（*facility*），完善的城镇设施降低运输以及物流成本，减少生产要素的损耗率，指标采取“城市绿化覆盖率”进行衡量；⑤科研投入（*tech*），科研投入通过支持新技术、新工艺及新产品的研发影响供应链发展，指标采取“科学技术支出占财政支出比值”进行衡量。

（三）数据来源与描述性统计

使用 2005—2021 年城市面板数据开展实证研究；被解释变量数据来源于《中国城市统计年鉴》、国家知识产权局及环境、资源与绿色发展研究数据库（ERGD）；解释变量数据来源于《中欧班列建设发展规划（2016—2020 年）》和《中国城市统计年鉴》；控制变量数据来源于《中国城市统计年鉴》。另外，少量缺失数据采用插值法进行插补。变量的描述性统计结果见表 1。

表 1 变量的描述性统计结果

变量名称		计算方法及符号表示	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量		制造业升级指数（*score*）	527	0.544	0.139	0.093	0.848
		制造业规模指标（*size*）	527	2.849	0.405	1.483	4.135
		制造业绿色化指标（*green*）	527	4.924	0.856	2.334	7.442
		制造业价值链位置（*chain*）	527	5.130	1.071	1.487	7.472
		制造业效率指标（*eff*）	527	4.913	0.836	2.334	7.027
解释变量		“义新欧”中欧班列开通虚拟变量（*CER*）	527	0.146	0.354	0	1.000
控制变量	教育支出	教育支出占财政支出的比值（*education*）	527	0.172	0.046	0.057	0.359
	人力资本	每万人普通高等学校在校生数（*human*）	527	8.587	12.850	0.274	79.380
	产业结构	第三产业增加值占地区生产总值的比值（*ind*）	527	0.408	0.078	0.237	0.680
	城镇设施	城市绿化覆盖率（*facility*）	527	0.422	0.063	0.170	0.709
	科研投入	科学技术支出占财政支出比值（*tech*）	527	0.021	0.015	0.001	0.076

四、实证分析

（一）基准结果分析

本文采用双重机器学习模型估计了“义新欧”中欧班列开通对制造业升级的政策效应。其中，按照 1∶4 的比例分割数据集，采用随机森林算法分别对主回归模型与辅助回归模型实施预测与求解，回归结果见表 2。

② 参考《中欧班列建设发展规划（2016—2020 年）》，中欧班列共铺划东、中、西三条通道。

表2中，(1)列在全样本区间内控制了城市固定效应、时间固定效应及控制变量的一次项，可以发现“义新欧”中欧班列开通对制造业升级的回归系数为正，并且均在1%的水平上显著，说明“义新欧”中欧班列开通显著促进制造业升级。(2)列进一步加入控制变量的二次项。回归结果表明，系数仍在1%的水平上显著为正。因此，国际交通运输通道可以为制造业升级提供动力保障、推动制造业升级，假设H1得到验证。

表2　基准回归

变量	(1)	(2)
	score	
CER	0.063*** (0.014)	0.060*** (0.014)
控制变量一次项	是	是
控制变量二次项	否	是
时间固定效应	是	是
城市固定效应	是	是
样本量	527	527

注：*、**、***分别表示在10%、5%、1%的水平上显著；括号内为稳健标准误。

(二)稳健性检验

1.分项指标被解释变量

进一步对制造业升级的分项指标展开回归，结果见表3的(1)列~(4)列。可以发现，制造业规模指标(*size*)、制造业价值链位置(*chain*)、制造业绿色化指标(*green*)及制造业企业劳动生产率(*eff*)四项制造业升级相应指标的回归系数均为正且在1%或5%的水平上显著，证明基准回归结果依然成立。

2.调整样本区间

为排除与“义新欧”中欧班列运营时点相差较远的时点样本影响，将研究区间限制在2009—2021年，保证“义新欧”中欧班列运营前后的时区对称性，回归结果见表3的(5)列。“义新欧”中欧班列开通的回归系数均显著为正，且仍然在1%的水平上显著，表明在调整样本研究区间后结果依旧稳健。

3.剔除异常值影响

为应对回归分析中异常观测值可能引致的估计偏差问题，将基准回归中除处置变量外的所有变量进行1%、99%分位点的缩尾处理，将高于最高分位点和低于最低分位点的数值进行替换，以此方式削减极端值的影响力，并进行回归分析，结果见表3的(6)列。“义新欧”中欧班列开通的回归系数仍然在1%的水平上显著为正。可以发现剔除异常值后的回归结果仍然稳健。

4.纳入省份-时间交互固定效应

同省份下的城市受到相似的政治和行政管理体系及文化传统和社会习俗的影响，在政策制定、资源配置及城市发展等方面存在一定的相似性。因此，本文在基准回归的基础上加入省份-时间交互固定效应，用以控制不同省份随时间变动的影响，以此提高模型的解释力和预测能力，回归结果见表3的(7)列。“义新欧”中欧班列开通的回归系数仍然在1%的水平上显著为正，证明基准回归结果依然成立。

表3　稳健性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	制造业升级分项指标				调整研究样本区间	1%缩尾处理	考虑省份-时间交互固定效应
	size	*chain*	*green*	*eff*	*score*	*score*	*score*
CER	0.084*** (0.031)	0.267*** (0.070)	0.210** (0.086)	0.260*** (0.083)	0.065*** (0.012)	0.059*** (0.014)	0.072*** (0.018)
控制变量一次项	是	是	是	是	是	是	是
控制变量二次项	是	是	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是	是	是	是
省份-时间固定效应	否	否	否	否	否	否	是
样本量	527	527	527	527	403	527	527

注：*、**、***分别表示在10%、5%、1%的水平上显著；括号内为稳健标准误。

5.重设双重机器学习模型

为避免双重机器学习模型设定偏误对结论产生影响，本文从以下几个方面入手验证结论的稳健性。首先，表4的(1)列和(2)列表示将双重机器学习模型的样本分割比例改为1∶2和1∶7，探究样本分割比例对本文结论的可能影响；其次，表4的(3)列和(4)列中更换机器学习算法，将先前用作预测的随机森林算法更换为梯度提

表 4　双重机器学习稳健性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	改变样本分割比例		更换机器学习模型		交互式模型	内生性检验	
	Kfolds = 3	*Kfolds* = 8	*gradboost*	*svm*		地形起伏度	城市距港口的最近距离
CER	0.080*** (0.014)	0.067*** (0.012)	0.056*** (0.011)	0.151*** (0.010)	0.132*** (0.006)	0.054*** (0.017)	1.517*** (0.517)
控制变量一次项	是	是	是	是	是	是	是
控制变量二次项	是	是	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是	是	是	是
Kleibergen-Paap rk LM statistic						95.06	42.28
Kleibergen-Paap Wald rk *F* statistic						127.39	68.91
样本量	527	527	527	527	527	527	527

注：*、**、*** 分别表示在 10%、5%、1%的水平上显著；括号内为稳健标准误。

升树及支持向量机，探究验证算法对本文结论的可能干扰；最后，基准回归中基于双重机器学习构建了部分线性模型进行分析，模型形式设定存在一定的主观性。接下来，表 4 的(5)列中采用双重机器学习构建更为一般性的交互式模型，探究模型设定对本文结论的影响，用于分析的主回归和辅助回归变更如下：

$$Y_{it} = g(Policy_t, X_{it}) + U_{it},\ E(U_{it} \mid X_{it}, Policy_{it}) = 0 \tag{5}$$

$$Policy_{it} = m(X_{it}) + V_{it},\ E(V_{it} \mid X_{it}) = 0 \tag{6}$$

可以发现，无论是改变样本分割比例，还是更换机器学习算法，或是更为一般性的交互式模型，“义新欧”中欧班列开通对制造业升级的影响作用均显著为正，基准研究结论得到进一步验证。仅在一定程度上改变政策的影响效果，从而进一步保证基准回归结果的稳健性。

6. 内生性问题处理

由于各地区社会经济发展水平的不尽相同及数据选用的限制，可能存在遗漏未知变量及反向因果关系等内生性问题。为保证结果的稳健性，本文使用工具变量法处理潜在的内生性问题。

构建双重机器学习的部分线性工具变量模型，具体模型设置为

$$Y_{it} = \theta_0 Policy_{it} + g(X_{it}) + U_{it},\ IV_{it} = m(X_{it}) + V_{it} \tag{7}$$

其中：IV_{it} 为 $Policy_{it}$ 的工具变量，将“义新欧”中欧班列开通的工具变量设置为城市地形起伏度与各城市距港口的最近距离。

地形起伏度与交通设施建设存在密切关系，地形起伏度会影响交通运输的效率及成本，地形起伏度是“义新欧”中欧班列需充分考虑的因素。地形起伏度满足工具变量选取的外生性条件，即地形起伏度作为自然地理变量，具有完全的外生性，与制造业升级不相关。而且地形起伏度相对稳定且不随时间变化，通过构造地形起伏度与时间虚拟变量的交互项作为面板工具变量，进而控制地形起伏度在时间维度的变化[42]。

“义新欧”中欧班列作为中欧贸易的主要载体，其成本低、效率高及通达性强等优势在中欧贸易中占据较大优势。因此，各城市距离港口的最近距离很可能影响“义新欧”中欧班列的发展运行情况。同时，天然地理变量并不会对相关制造业升级产生影响，满足了工具变量的相关性与外生性要求[39]，通过构造各城市距港口的最近距离与时间趋势项的交互项作为工具变量。

根据表 4 的(6)列和(7)列可以发现，在处理内生性问题的情况下，对于两种工具变量，“义新欧”中欧班列开通的回归系数均在 1%的水平上显著为正。同时，LM 统计量与 Wald *F* 统计量分别拒绝了“工具变量不可识别”和“工具变量为弱识别”的假设，即结果表明不影响“义新欧”中欧班列开通促进制造业升级的结论，由此说明基准回归结果的稳健。

(三)影响机制检验

根据前文理论分析发现，“义新欧”中欧班列开通可能通过技术创新及贸易增长影响制造业升级。因此，本节借鉴江艇[43]的思路方法验证因果中介效应，机制检验结果见表 5。

从技术创新来看，发明专利授权数量通常被视为衡量地区创新活力和科技发展水平的重要指标。专利制度通过保障创新者的知识产权，提高创新积极性与成果转化率，从而促使企业加大对高端制造业的研发投入[25]。本文以对数化后的“发明专利授权数+1”来衡量科技创新（*inn*），回归结果见表 5 的（1）列。可以看出，“义新欧”中欧班列开通的回归系数显著为正，说明“义新欧”中欧班列开通通过技术创新显著促进制造业升级，假设 H2 得到验证。“义新欧”中欧班列的开通显著降低了制造业协同创新成本，为高附加值产品提供稳定高效的市场化通道，加速“技术-产品”的迭代循环。科技创新通过推动生产流程、产品形态与创新模式的系统性变革，进一步促进制造业向高端化、智能化方向升级。

表 5　机制检验

变量	（1）	（2）
	技术创新	贸易增长
CER	1.538***	0.268***
	（0.333）	（0.078）
控制变量一次项	是	是
控制变量二次项	是	是
时间固定效应	是	是
城市固定效应	是	是
样本量	527	527

注：*、**、*** 分别表示在 10%、5%、1%的水平上显著；括号内为稳健标准误。

从贸易增长来看，“义新欧”中欧班列的开通迎来了国际市场的拓展，刺激了制造业的进口替代和出口导向，而贸易增长为制造业升级带来更多的需求和机会[24]。本文以对数化后的“进出口贸易总额”来衡量贸易增长（*tra*），回归结果见表 5 的（2）列。可以看出，“义新欧”中欧班列开通可以显著促进贸易增长，对制造业升级起到一定积极作用，假设 H3 得到验证。稳定、高效及相对低成本的国际交通运输通道，大幅降低制造业企业参与国际贸易的时间成本和物流成本，显著提升贸易便利化水平，直接刺激进出口贸易量的扩张。出口市场扩容为制造业行业提供了更大的规模经济空间及更稳定的市场需求预期，从而增强制造业行业投资力度，为制造业升级注入持续动力。

以上分析表明，“义新欧”中欧班列开通能够促进制造业升级，并验证了“义新欧”中欧班列开通对可能的中介路径具有显著正向影响。为进一步更严格地验证中介机制，采用中介效应（间接效应）的结构方程模型。基于中介效应的非线性分布特征，本文使用非 Bootstrap 参数方法调整估计偏差[44]。表 6 显示了 Bootstrap 检验结果。其中，（1）行结果显示，技术创新机制路径的间接效应在 5%的水平上显著为正，直接效应在 1%的水平上显著为正，说明存在部分中介效应，效应占比为 12.96%。“义新欧”中欧班列开通通过提升技术创新水平促进制造业升级的结论得到进一步验证。（2）行结果显示，贸易增长的机制路径的间接效应在 1%的水平上显著为正，直接效应在 5%的水平上显著为正，说明存在部分中介效应，效应占比为 33.33%。“义新欧”中欧班列开通通过提升贸易增长水平促进制造业升级的结论得到进一步验证。

表 6　中介路径 Bootstrap 检验

中介效应路径		效应估计值	Bootstrap 标准误	*Z*	*P*	Normal-based 95%CI
（1）*CER→inn→score*	间接	0.007**	0.003	2.16	0.031	[0.001,0.014]
	直接	0.047***	0.015	3.10	0.002	[0.017,0.076]
（2）*CER→tra→score*	间接	0.018***	0.005	3.72	0.000	[0.008,0.027]
	直接	0.036**	0.016	2.20	0.028	[0.004,0.068]

注：*、**、*** 分别表示在 10%、5%、1%的水平上显著。

（四）异质性分析

1. 区域维度

基于地理位置、交通基础、资源禀赋等区位差异，中国地区发展的不平衡不充分特征尤为明显。浙江省地形由西南向东北倾斜，展现出多样化的地貌结构。山脉自西南向东北以三条主要山脉为骨架，有“七山一水两分田”之说。经济活动的空间密集程度可通过“清大线”这一概念来直观理解，该线以杭州市临安区的清凉峰镇为起始点，直至温州市苍南县的大渔镇结束，构成了一条反映区域经济密度差异的虚拟界线。线的西南侧区域，通常被视为经济发展相对滞后或开发不足的地带，而东北侧则集聚了更高的经济活力与现代化城市特征。

基于此，本文将样本按“清大线”东北侧与西南侧进行划分，以检验“义新欧”中欧班列开通对制造业升级影响的区位差异。其中，“义新欧”中欧班列起点义乌市位于“清大线”东北侧，且拥有底蕴浓厚完整的制

造业产业链，因此推测“清大线”东北侧制造业升级效应更为明显。从表 7 的(1)列和(2)列的回归结果，可以直观发现“清大线”东北侧城市的回归系数在 1%的水平上显著，而“清大线”西南侧城市的回归系数在 5%的水平上显著。同时为了更好地比较组间系数差异，参考吴安兵等[45]的方法，采用似无相关检验，由 *P* 值可知，两组样本中的回归系数大小存在明显差异。具体来看，“清大线”东北侧城市制造业升级系数高于“清大线”西南侧，说明“清大线”东北侧制造业升级效应更为明显。“义新欧”中欧班列始发地义乌市拥有更为成熟的制造业集群基础，“清大线”东北侧与其形成地理协同优势，邻近交通枢纽的区位特性使该区域更易承接物流网络辐射效应，进而促进制造业升级。

2. 行业集聚度

随着经济全球化和科技进步，制造业升级已成为各国经济转型和发展的重要课题，不同行业对制造业的影响可能呈现出差异化特征。第二产业核心聚焦于加工制造业，本质上是对源自初级产业的自然资源进行深化处理与转化的产业集合，包括了采矿业，制造业，电力、热力、燃气及水生产和供应业，建筑业。其所包含的行业不仅推动了经济的工业化进程和制造业发展，还提供广泛就业机会、创造了丰富的商品与服务，为夯实工业基础、实现经济多元化发展奠定重要基石作用。

当前，可持续发展已成为国际社会的共识，消费者对绿色产品和绿色服务的需求逐渐增加，加之各地区相继出台扶持绿色企业发展的政策措施，使得绿色企业获得积极发展。基于此，本文采用环境、资源与绿色发展研究数据库(ERGD)中绿色产业专题下的绿色产业企业数量，将样本划分为制造业和其他行业门类。其中，其他行业包括采矿业，电力、热力、燃气及水生产和供应业。以检验“义新欧”中欧班列开通对制造业升级影响的行业集聚度差异。表 7 的(3)列和(4)列的回归结果显示，制造业行业的回归结果在 1%的水平上显著且系数为正，其他行业回归结果不显著。这表明，制造业行业集聚度较高的城市中的制造业升级促进效应表现得更为显著。“义新欧”中欧班列对制造业行业的促进作用主要源于其与产业链特性的深度契合。制造业行业依赖高效物流体系保障原材料采购、零部件运输及成品分销，跨境铁路运输的稳定性和时效性可以有效降低供应链风险，推动制造业向技术密集型、高附加值方向的转型升级。

3. 财政自主度

财政自主度(也称为财政压力)是影响地方政府发展战略决策的重要因素，本文将财政自主度定义为地方财政一般预算收入与地方财政一般预算支出的比值，分为 0~50%(较低)、50%~100%(较高)两个档次，档数越高意味着财政自主度较高。

本文基于财政自主度差异层面，探究“义新欧”中欧班列开通对制造业升级影响。通过表 7 的(5)列和(6)列的回归结果，可以发现财政自主度的比值范围处于较高档次的回归结果在 1%的水平上显著且系数为正，而较低档次财政自主度的回归结果不显著。这说明在财政自主度较高的城市中，“义新欧”中欧班列开通可以更有效地促进制造业升级。一方面，地方政府可以自主调配财税资源，引导制造业行业向智能制造转型；另一方面，充沛的财政能力可以支持地方政府优化产业园区规划、建设智能物流网络平台等新型基础设施，为制造业发展提供高效支撑。

表 7　异质性分析

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	区域维度		行业门类		财政自主度	
	“清大线”东北侧	“清大线”西南侧	制造业行业	其他行业	比值范围较低	比值范围较高
CER	0.068***	0.026**	0.382***	0.305	0.008	0.044***
	(0.015)	(0.011)	(0.092)	(0.210)	(0.039)	(0.012)
控制变量一次项	是	是	是	是	是	是
控制变量二次项	是	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是	是	是
似无相关检验(*P* 值)	0.0038***		0.0147**		0.0020***	
样本量	459	425	527	527	110	417

注：*、**、*** 分别表示在 10%、5%、1%的水平上显著；括号内为稳健标准误。

五、结论与政策建议

在“一带一路”倡议及“双循环”新发展格局双重背景影响下,“义新欧”中欧班列作为标志性工程,是连接陆海、贯穿东西、辐射周边的战略枢纽,持续为稳定国际制造业产业链供应链发力,为服务“双循环”新发展格局提供了有力支撑。本文基于2005—2021年的城市面板数据,构建双重机器学习模型,通过理论分析、实证检验等方式得出以下研究结论:“义新欧”中欧班列开通对制造业升级具有显著正向影响,且经过调整样本区间、更换机器学习模型及内生性处理等一系列稳健性检验后,结论仍然稳健;基于影响机制而言,“义新欧”中欧班列通过技术创新及贸易增长两条作用渠道促进城市制造业升级。此外,异质性分析表明,“义新欧”中欧班列开通对“清大线”东北侧的城市、制造业行业集聚程度较高的城市及地方财政自主性较强的城市中的制造业升级效应更为显著。根据上述研究结论,提出政策建议如下:

一方面,应加强硬件设施建设与软件系统升级的协同发展,全面巩固和提升“义新欧”中欧班列的运输保障能力。地方政府需积极推动沿线道路运输系统的优化发展,进一步完善中欧班列陆路运输网络,保障多种运输方式的高效衔接与便捷转换。另一方面,应聚焦于经济辐射效应的提升与要素配置效率的优化。政府应以义乌市为枢纽城市,规划建设跨境产业协作区,吸引高端制造企业集聚,激励其扩大生产规模并加大技术改造投入。同时,通过专项资金定向培养精通国际供应链管理和智能物流技术的复合型人才,以经济导向的升级策略增强制造业升级的可持续性。此外,为畅通国内国际“双循环”并释放贸易增长红利,地方政府应积极搭建贸易促进合作平台,为企业提供贸易信息发布、对接洽谈及物流配送等综合服务,推动与沿线国家和地区的通关一体化合作,构建区域制造业升级与沿线国家经济发展的“双赢”格局。

参考文献

[1] 卞元超, 吴利华, 白俊红. 高铁开通、要素流动与区域经济差距[J]. 财贸经济, 2018, 39(6): 147-161.

[2] GEREFFI G. International trade and industrial upgrading in the apparel commodity chain[J]. Journal of International Economics, 1999, 48(1): 37-70.

[3] AZADEGAN A, WAGNER S M. Industrial upgrading, exploitative innovations and explorative innovations[J]. International Journal of Production Economics, 2011, 130(1): 54-65.

[4] 夏明, 张红霞. 跨国生产、贸易增加值与增加值率的变化——基于投入产出框架对增加值率的理论解析[J]. 管理世界, 2015, 31(2): 32-44.

[5] HUMPHREY J, SCHMITZ H. How does insertion in global value chains affect upgrading in industrial clusters?[J]. Regional Studies, 2002, 36(9): 1017-1027.

[6] 李永友, 严岑. 服务业“营改增”能带动制造业升级吗?[J]. 经济研究, 2018, 53(4): 18-31.

[7] 靳光涛, 唐荣, 黄抒田. 高质量生产性服务业集聚与制造业升级: 基于知识溢出的视角[J]. 宏观经济研究, 2023(7): 82-96.

[8] 唐荣, 黄抒田. 产业政策、资源配置与制造业升级: 基于价值链的视角[J]. 经济学家, 2021(1): 63-72.

[9] 任碧云, 贾贺敬. 基于内涵重构的中国制造业产业升级测度及因子分析[J]. 经济问题探索, 2019(4): 141-148.

[10] 高康, 原毅军. 生产性服务业空间集聚如何推动制造业升级?[J]. 经济评论, 2020(4): 20-36.

[11] 刘奕, 夏杰长, 李垚. 生产性服务业集聚与制造业升级[J]. 中国工业经济, 2017(7): 24-42.

[12] 韩峰, 阳立高. 生产性服务业集聚如何影响制造业结构升级? ——一个集聚经济与熊彼特内生增长理论的综合框架[J]. 管理世界, 2020, 36(2): 72-94, 219.

[13] 黄赜琳, 秦淑悦, 张雨朦. 数字经济如何驱动制造业升级[J]. 经济管理, 2022, 44(4): 80-97.

[14] 张燕, 黄俊杰, 陈臻. 数字经济赋能制造业转型升级: 逻辑、案例与路径——基于“技术-经济范式”演化的视角[J]. 技术经济, 2024, 43(11): 49-59.

[15] 苏杭, 郑磊, 牟逸飞. 要素禀赋与中国制造业产业升级——基于WIOD和中国工业企业数据库的分析[J]. 管理世界, 2017, 33(4): 70-79.

[16] 周茂, 陆毅, 杜艳, 等. 开发区设立与地区制造业升级[J]. 中国工业经济, 2018(3): 62-79.

[17] 余林徽, 马博文. 资源枯竭型城市扶持政策、制造业升级与区域协调发展[J]. 中国工业经济, 2022(8): 137-155.

[18] 乔艺波, 贺灿飞. 撤县设区对县域制造业产业升级的影响——基于三重差分法的政策评估[J]. 地理学报, 2024, 79(4): 909-930.

[19] 周学仁, 张越. 国际运输通道与中国进出口增长——来自中欧班列的证据[J]. 管理世界, 2021, 37(4): 52-63, 102, 64-67.

[20] 张祥建, 李永盛, 赵晓雷. 中欧班列对内陆地区贸易增长的影响效应研究[J]. 财经研究, 2019, 45(11): 97-111.

[21] 李佳, 闵悦, 王晓. 中欧班列开通能否推动产业结构升级? ——来自中国285个地级市的准自然实验研究[J]. 产业经济研究, 2021(3): 69-83.

[22] 郑万腾, 赵红岩. 中欧班列开通对沿线城市双创活力的影响研究[J]. 管理学报, 2023, 20(7): 1056-1064.

[23] 顾欣，杨亚丽. 中欧班列开通是否提升了城市创业活跃度——来自中国地级市的经验证据[J]. 国际贸易问题，2024(3)：157-174.
[24] 韦东明，顾乃华. 中欧班列开通能否推动区域创新效率的提升[J]. 科学学研究，2021，39(12)：2253-2266.
[25] 王雄元，卜落凡. 国际出口贸易与企业创新——基于“中欧班列”开通的准自然实验研究[J]. 中国工业经济，2019(10)：80-98.
[26] 方慧，赵胜立. 中欧班列提高了出口企业生产率吗——基于“双循环”相互促进的机制研究[J]. 国际贸易问题，2022(3)：68-86.
[27] 郑万腾，赵红岩，张悦. 中欧班列开通的环境红利：理论机制与实证检验[J]. 管理评论，2024，36(10)：22-34.
[28] 肖挺，陈周永. 中欧班列对中国城市绿色全要素生产率的影响研究[J]. 广东财经大学学报，2024，39(3)：95-113.
[29] 汪克亮，赵斌，许如玉. 国际交通运输通道与城市绿色低碳转型——基于中欧班列开通的准自然实验[J]. 经济问题探索，2023(11)：108-124.
[30] 孙伟增，牛冬晓，万广华. 交通基础设施建设与产业结构升级——以高铁建设为例的实证分析[J]. 管理世界，2022，38(3)：19-34，58，35-41.
[31] 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.
[32] 盛斌，王岚. 多样性偏好、规模经济和运输成本：保罗·克鲁格曼的世界——新贸易理论与新经济地理学评述[J]. 经济科学，2009(3)：74-83.
[33] 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.
[34] ATHEY S，TIBSHIRANI J，WAGER S. Generalized random forests[J]. The Annals of Statistics，2019，47(2)：1148-1178.
[35] CHERNOZHUKOV V，CHETVERIKOV D，DEMIRER M，et al. Double/debiased machine learning for treatment and structural parameters[J]. The Econometrics Journal，2018，21(1)：C1-C68.
[36] KNITTEL C R，STOLPER S. Machine learning about treatment effect heterogeneity：The case of household energy use[J]. AEA Papers and Proceedings，2021，111：440-444.
[37] 王茹婷，彭方平，李维，等. 打破刚性兑付能降低企业融资成本吗？[J]. 管理世界，2022，38(4)：42-64.
[38] 张涛，李均超. 网络基础设施、包容性绿色增长与地区差距——基于双重机器学习的因果推断[J]. 数量经济技术经济研究，2023，40(4)：113-135.
[39] 蒋金荷，黄珊. 贸易新业态对绿色技术创新的影响研究——来自跨境电商综合试验区政策的证据[J]. 数量经济技术经济研究，2024，41(12)：133-154.
[40] 韩先锋，勾亚楠，肖远飞，等. 数字生态文明建设中制度创新的力量：政策协同赋能的视角[J]. 中国工业经济，2024(11)：62-80.
[41] 许钊，张营营，高煜. 数字金融发展与制造业升级——效应识别和中国经验[J]. 山西财经大学学报，2022，44(10)：73-84.
[42] NUNN N，QIAN N. US food aid and civil conflict[J]. American Economic Review，2014，104(6)：1630-1666.
[43] 江艇. 因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J]. 中国工业经济，2022(5)：100-120.
[44] MACKINNON D P，LOCKWOOD C M，WILLIAMS J. Confidence limits for the indirect effect：Distribution of the product and resampling methods[J]. Multivariate Behavioral Research，2004，39(1)：99-128.
[45] 吴安兵，龚星宇，陈创练，等. 非金融企业影子银行化的风险承担效应：内在机制与经验证据[J]. 中国工业经济，2023(4)：174-192.

Can International Transport Corridors Drive Manufacturing Upgrading? Evidence from the Launch of the “Yixin'ou” China-Europe Railway Express

Zhao Liange，Gao Chang，Wang Xueyuan
(School of Economics，Zhejiang Gongshang University，Hangzhou 310018，China)

Abstract：Manufacturing upgrading not only aligns with the contemporary implications of the domestic-international “dual circulation” development paradigm，but also serves as a critical driving force in the process of modernization. Using urban panel data from 2005 to 2021，the opening of the “Yixin'ou” China-Europe Railway Express was treated as a quasi-natural experiment. A double machine learning model was constructed to examine the impact of international transportation corridors on manufacturing industry upgrading and its underlying mechanisms. Research has found that the opening of the “Yixin'ou” China-Europe Railway Express can significantly promote the upgrading of the manufacturing industry. Technological innovation and trade growth are important paths for the upgrading of the manufacturing industry affected by the opening of the “Yixin'ou” China-Europe Railway Express. The opening of the “Yixin'ou” China-Europe Railway Express has shown significant heterogeneity in its impact on the upgrading of the manufacturing industry. Specifically，cities located on the northeast side of the “Qing-Da Line”，cities with a high degree of manufacturing industry agglomeration，and cities with strong local fiscal autonomy have a more significant upgrading effect on their manufacturing industry. It expands the economic effect dimensions of the China-Europe Railway Express，providing policy implications for the high-quality development of the “Yixin'ou” China-Europe Railway Express.

Keywords：international transport corridors；“Yixin'ou” China-Europe Railway Express；manufacturing upgrading；double machine learning；quasi-natural experiment