

Doi:10.11835/j.issn.1008-5831.jg.2025.09.005

欢迎按以下格式引用:何雄浪,王诗语. 区内通勤成本、区际运输成本与产业集聚效应:理论分析与经验证据[J]. 重庆大学学报(社会科学版),2026(1):60-76. Doi:10.11835/j.issn.1008-5831.jg.2025.09.005.



Citation Format: He Xionglang, Wang Shiyu. Intra-regional commuting costs, inter-regional transportation costs and industrial agglomeration effects: Theoretical analysis and empirical evidence[J]. Journal of Chongqing University (Social Science Edition), 2026(1):60-76. Doi: 10.11835/j.issn.1008-5831.jg.2025.09.005.

# 区内通勤成本、区际运输成本与产业集聚效应:理论分析与经验证据

何雄浪,王诗语

(西南民族大学 经济学院,四川 成都 610225)

**摘要:**良好的交通基础设施建设能够有效降低通勤成本和运输成本,在推动产业合理布局与促进经济高质量发展方面具有重要作用。文章在识别区内通勤成本、区际运输成本对产业集聚效应总体影响的基础上,结合城市地理区位、城市群空间结构及产业要素集约方式等特征进行城市异质性与产业异质性分析,并从创新水平、人才吸引、市场潜力与劳动力流动四个方面探讨其作用机制。研究发现,区内通勤成本的降低有助于推动产业集聚,并显著提升产业集聚效率;而区际运输成本的降低与产业集聚规模之间呈倒“U”形关系,与产业集聚效率之间呈正“U”形关系,即当运输成本降低至临界值后,虽会促使产业向外扩散但能提升集聚效率。该影响在不同城市与产业中表现出异质性。在城市层面,通勤成本下降对中西部地区及多中心城市群的产业集聚规模提升更为显著,运输成本与中西部城市的集聚效率之间呈现正“U”形关系;在产业层面,通勤成本的降低有利于信息密集型产业的集聚,但对其集聚效率影响不显著,而知识密集型产业则更易向外扩散。区际运输成本下降有助于提升知识密集型产业的集聚效率,对信息密集型产业的影响不明显;机制检验结果表明,区内通勤成本的降低通过吸引人才集聚,从而带动产业集聚规模和集聚效率的提升。区际运输成本下降对集聚规模的倒“U”形效应主要通过影响城市市场潜力实现;对集聚效率的正“U”形效应则通过增强劳动力流动实现;进一步研究发现,区际运输成本降低对周边地区产业集聚效应的影响不存在明显的“U”形特征。基于上述研究结论,文章认为需要因地制宜推进交通基础设施建设,优化产业空间布局,提升资源配置效率。东部地区及大城市可依托现有交通网络,推动产业有序转移;中西部及中小城市应加强内外交通联通,积极承接产业转移;单中心城市群需要合理引导投资,避免重复建设;多中心城市群则应完善节点交通体系,促进区域协同发展;针对不同产业特性,在推动信息密集型产业集聚方面需要注重改善通勤成本,在推动知识密集型产业集聚方面则需强化城市间交通联系。最后,通过差异化交通基础设施建设与产业布局优化,推动我国区域协调发展迈向更高水平,为我国经济高质量发展注入持续动能。

**基金项目:**国家社会科学基金项目“区域协同创新、产业共生集聚与区域发展提质增效”(24BJL044);西南民族大学“维舟团队”专项资金项目“中国式现代化进程中新基建促进四川省区域协调发展新格局的形成研究”(SMUWZ202404)

**作者简介:**何雄浪,西南民族大学经济学院教授,博士研究生导师,Email:hexionglang@sina.com;王诗语(通信作者),西南民族大学经济学院。

关键词:交通基础设施;通勤成本;运输成本;产业集聚规模;产业集聚效率

中图分类号:F061.5;F124;F512 文献标志码:A 文章编号:1008-5831(2026)01-0060-17

## 引言

当前,我国经济正处于转型升级和迈向高质量发展的关键阶段,推动区域市场要素合理配置、缓解市场供需失衡,成为该阶段推动区域协调发展和均衡要素分配的重要着力点<sup>[1]</sup>。作为产品、生产要素等流通与联系的纽带,交通基础设施改善是降低通勤成本和运输成本的重要条件,也是影响经济活动空间组织的关键因素<sup>[2]</sup>。区域间交通基础设施建设可通过降低运输成本带动相关产业发展,促使产业集聚或扩散,进而重塑产业空间格局;区域内交通改善则有助于缓解职住分离现象,提升城市对产业、要素和人才的吸附与承载能力<sup>[3]</sup>,推动区域产业合理转移与分工协作,助力区域均衡发展。因此,科学推进交通基础设施建设有助于提升通勤效率、降低运输成本,从而推动产业布局优化和区域协调发展,助力我国经济迈入高质量发展新阶段。

近年来,我国高度重视交通运输业的发展,国务院印发的《“十四五”现代综合交通运输体系发展规划》(国发〔2021〕27号)明确提出要“完善与产业布局、消费格局相适应的大宗货物、集装箱物流网络,建设大容量、低成本、高效率物流骨干通道”,“积极利用干线铁路、城际铁路提供通勤服务”<sup>①</sup>。随后,交通运输部等部门联合印发的《加快建设交通强国五年行动计划(2023—2027年)》(交规划发〔2023〕21号)明确提出“‘全国123出行交通圈’和‘全球123快货物流圈’加速构建”<sup>②</sup>。在政策的持续推动下,我国交通基础设施建设近年来取得了举世瞩目的成就。在城市内部交通基础设施建设方面,《2024年度中国主要城市通勤监测报告》显示,2023年我国5公里以内“幸福通勤”人口占比达52%,超大特大城市“极端通勤”实现“零增长”<sup>③</sup>;在城市间交通基础设施建设方面,我国铁路旅客发送量和货运量稳居世界第一,高铁营业里程突破4.6万公里,超过其他国家总和<sup>④</sup>。党的二十届四中全会和“十五五”规划建议明确提出,要加快建设交通强国。在此背景下,本文试图回答以下问题:城市内部交通基础设施建设所带来的通勤成本降低,以及城市间交通基础设施建设所带来的运输成本下降,将如何重塑产业空间格局?又将对产业集聚效率产生何种影响?同时,交通成本变化的影响是否会因城市特征与产业类型的差异而呈现出异质性?其背后的内在作用机制又是什么?探究上述问题,对合理规划交通基础设施建设,充分发挥其降低通勤成本与运输成本的积极作用,进一步优化产业布局、提升经济效益具有重要意义。

## 一、文献回顾

主要有三类文献为本文的开展奠定了研究基础:第一类是运用理论模型阐述产业空间分布形成机制的相关理论研究,例如基于新经济地理学理论、新古典贸易理论的研究;第二类是从地区内部的交通基础设施建设视角,分析通勤成本变化对所在城市或地区产业空间分布或降低拥堵的影响;第三类是从区际交通基础设施建设视角探讨运输成本和时空距离变化对经济活动的影响。

目前,主要有两种理论从不同角度阐述了产业空间分布形成的机制,分别是以比较优势理论为

① 国务院关于印发“十四五”现代综合交通运输体系发展规划的通知[EB/OL].(2021-12-09). [https://www.gov.cn/gongbao/content/2022/content\\_5672664.htm](https://www.gov.cn/gongbao/content/2022/content_5672664.htm).

② 《加快建设交通强国五年行动计划(2023—2027年)》印发实施[EB/OL].(2023-03-31). [https://www.gov.cn/lianbo/2023-03/31/content\\_5749421.htm](https://www.gov.cn/lianbo/2023-03/31/content_5749421.htm).

③ “幸福通勤”回归“极端通勤”改善 如何解决我国城市通勤问题?[EB/OL].(2024-10-17). [https://ysxw.cctv.cn/article.html?item\\_id=15575915293434567681](https://ysxw.cctv.cn/article.html?item_id=15575915293434567681).

④ 十六万公里铁路线纵横成网——流动的中国活力奔涌[EB/OL].(2024-10-07). <http://www.xinhuanet.com/20241007/f8b6618dcf6b4d6eb446f4605d2fec94/c.html>.

基础的新古典贸易理论和以收益递增与不完全竞争为理论基础的新经济地理学理论<sup>[4-5]</sup>,两种理论均将交通发展所引起的区际运输成本降低作为研究的切入点,探讨其对产业空间分布的影响。其中,新经济地理学将区际运输成本视为影响经济活动集聚或扩散的关键变量。Krugman<sup>[4]</sup>认为当运输成本较低时,工业在某一地区集聚;当运输成本较高时,工业布局分散于两个地区。此后,相关研究进一步拓展了Krugman的模型,如Puga发现贸易成本下降扩大了技术溢出的空间范围,促使产业集聚<sup>[6]</sup>;Tabuchi和Thisse则引入偏好异质性揭示了运输成本与产业空间集中度之间呈钟形分布关系<sup>[7]</sup>。同时,还有学者注意到经济活动的集聚通常以城市为载体,其地理上的集中同样会产生各种成本,进一步引入城市住房成本、通勤成本等城市内部空间成本对产业空间分布的影响。改进后的“中心—外围”模型分析表明,当分散的力量来自城市空间成本时,运输成本下降可能反而引发产业向外迁移,降低区内通勤成本则能提高本地工业的集聚程度<sup>[8-9]</sup>。

良好的区内交通基础设施如地铁等是降低通勤成本的有效手段,不仅有助于增强城市对产业、人才的吸引力<sup>[10]</sup>,也能促进企业与高校、政府间的协作,提升创新能力<sup>[11]</sup>。但也有研究指出,其经济效应主要体现在环境生产率方面,对传统生产率提升不明显,甚至可能诱发“大城市病”<sup>[12]</sup>。进一步聚焦到通勤成本的研究,多数学者从城市层面或个人层面展开了探讨,认为通勤成本越低的城市,其劳动力市场受到冲击的概率越小<sup>[13]</sup>,并可能推动都市圈内的产业空间结构经历“部分集聚—完全集聚—分散”的演化过程<sup>[14]</sup>。个体层面的研究发现,区内通勤成本对企业员工的工作绩效<sup>[15-16]</sup>、居民的储蓄意愿<sup>[17]</sup>有显著的正向影响。

区际交通基础设施改善是降低运输成本的重要政策手段<sup>[18]</sup>。相关研究尚未得到基本一致的结论。一方面,部分学者认为区际交通基础设施建设有助于欠发达地区吸引产业并推动人口向周边扩散<sup>[19-20]</sup>;另一方面,也有研究指出,这类基础设施可能加剧区域发展不平衡,强化中心城市的集聚优势,甚至抑制沿线非中心城市经济增长<sup>[21]</sup>。有学者进一步指出区际交通基础设施建设的影响具有阶段性,即建设初期产业倾向集聚,成熟期则因中心城市成本上升推动产业向外扩散<sup>[22]</sup>。另外,还有学者从要素流动<sup>[23]</sup>、市场潜力<sup>[24]</sup>等角度,就区际交通基础设施改善的经济效应展开了探索。

总体看,学术界围绕交通基础设施建设的经济效应已取得诸多成果,涉及生产效率、企业区位、创新水平、市场潜力、居民行为等多个维度,为本文的研究提供了有益借鉴,但仍存在进一步探讨的空间。其一,多数研究仍从单一视角出发,分别考察区际运输成本或区内通勤成本对产业空间分布的影响,仅有少数研究将两者纳入统一的分析框架下系统地探讨它们对城市体系、市场潜力、产业协同集聚的影响。其二,聚焦产业集聚效率即产业集聚“质”层面的研究相对较为匮乏,仅有学者讨论了长三角城市群内小城镇的产业集聚效率时空演变特征。然而,产业集聚不仅可以通过规模经济效应促进地区发展,还会在集聚程度超过一定限度时导致经济效率下降,因此合理配置生产要素,提高经济效益,成为推动产业集聚“量质齐升”的关键<sup>[25]</sup>。其三,现有研究多从产业整体视角出发进行讨论,忽视了不同类型产业对交通基础设施建设的敏感性差异。例如,信息密集型产业更依赖城市内部高频交流和配套设施建设,因此对通勤成本可能更敏感;而知识密集型产业重视跨区域人才流动与研发协同,对区际交通改善依赖更强<sup>[26]</sup>。其四,交通网络既连接了重要的城市群,也连接了城市群内部的不同城市,其所带来的通勤成本、运输成本降低对产业集聚效应的影响也可能因城市群空间结构不同而产生差异,但现有文献在开展城市异质性分析时较少考虑城市群空间结构差异。由此,与现有文献相比,本文从如下方面进行拓展:一是,本文将交通基础设施分为城市内和城市间两种类型,分层级从区内通勤成本和区际运输成本两个方面分别讨论它们对产业集聚效应的影响及其内在机理;二是,本文在对产业集聚效应的考量中,不仅从“量”上衡量产业在地区的集聚规模(文中用“产业集聚规模”或“产业集聚”表示),还从产业集聚“质”的视角衡量单位产业投入

所带来的经济效益(文中用“产业集聚效率”表示),以此研究区内和区际交通基础设施建设分别对产业集聚效应的影响效果;三是,在异质性分析时,本文不仅从城市层面出发,考察交通基础设施建设对不同城市群空间结构的差异性影响,还从产业层面出发,重点关注知识密集型产业和信息密集型产业,分析通勤成本和运输成本变化对不同类型产业的影响差异,从而揭示交通成本变化在不同维度下所呈现出的异质性影响特征。

## 二、理论分析与研究假说

### (一)区内通勤成本对产业集聚效应的影响

城市空间结构中“职”与“住”的关系是城市内部通勤成本产生的根源。随着我国城镇化的快速推进,受高房价等因素影响,各大城市均不同程度上出现了职住分离的现象。在此背景下,完善区内交通基础设施,尤其是地铁等公共交通系统,成为降低通勤成本、提升城市吸引力的重要手段。已有理论研究表明,无论地区发展水平如何,提升交通基础设施水平可增强地区“凝聚力”,缓解“拥挤效应”,并促进产业集聚<sup>[8-9]</sup>。实证研究也证实,交通基础设施的改善不仅有利于本地产业集聚<sup>[27]</sup>,还通过降低通勤成本,提高劳动力配置效率,增强员工稳定性和积极性,从而减少人力成本并吸引人口集聚<sup>[16]</sup>。此外,通勤成本的降低还可以缓解交通拥堵,降低能源消耗与排放,从而推动产业向绿色、低碳化方向转型,提高产业集聚效率<sup>[25]</sup>。

在影响路径方面,创新水平和人才吸引是通勤成本降低影响产业集聚规模和集聚效率的重要驱动因素。在提升创新水平方面,交通便利拉近了制造与研发环节之间的地理距离,有助于知识交流与技术扩散,营造创新氛围,吸引高附加值企业入驻<sup>[28]</sup>,扩大产业集群规模。同时,交通改善提升了企业、高校与科研机构间的联系,促进知识共享与协同创新,增强区域创新能力和产业集聚效率。然而,也有部分学者指出,交通投资需与科研机构、高校等创新资源形成空间协同,才能真正激发知识溢出效应<sup>[29]</sup>。在人才吸引方面,便捷的通勤提升了职住平衡与生活质量,扩大了劳动力的招聘半径,增强区域对高素质人才的吸引力。通勤时间的缩短也提高了劳动投入效率与企业产出水平,为提升产业集聚效率提供了人力支持<sup>[16]</sup>。由此,本文提出如下研究假设。

H1:降低区内通勤成本会促进城市内产业向本地集聚从而扩大产业集聚规模,并且这种产业集聚将优化产业空间分布,缓解资源要素配置不合理,进而提升产业集聚效率。

H2:区内通勤成本降低可能通过提升区内研发创新能力和人才吸引力,从而对产业集聚规模和产业集聚效率产生影响。

### (二)区际运输成本对产业集聚效应的影响

交通基础设施改善是降低区际运输成本的重要政策手段<sup>[18]</sup>。新经济地理学兴起后,交通基础设施与经济活动空间分布的关系引发广泛关注。理论研究普遍认为,区际运输成本对产业集聚具有倒“U”形的影响趋势,即初期运输成本下降促使产业向核心区域集中,但当成本进一步下降,中心城市资源承载压力加剧,地价、房价等“显性成本”上涨促使产业向周边城市扩散<sup>[8-9,22]</sup>。与此同时,产业集聚效率又在很大程度上受产业集聚规模的影响,也呈现出阶段性变化的特征。初期交通改善吸引产业集中于核心城市,但资源瓶颈、要素拥挤与结构同质化限制了技术扩散和协同效应,反而降低了产业集聚效率并加重环境压力<sup>[30]</sup>。随着交通网络进一步完善,交通效率提升促进企业协同与生产方式绿色化,降低单位产出对应的碳排放与治理成本,推动产业集聚效率的持续提升<sup>[31]</sup>。

在影响路径方面,新经济地理学强调了市场潜力的作用。区际交通基础设施建设通过“市场潜力提升—企业迁入—供给增加—人口迁移”的机制,重塑区域产业空间布局。初期交通改善,市场潜力快速提升,促使边缘地区产业向区域中心转移推动产业集聚,但随着核心枢纽优势减弱和资源

外溢,使核心地区丧失原有的市场潜力与竞争优势,企业向外围城市转移,形成“先升后降”的产业集聚规模动态演化过程<sup>[32]</sup>。相应地,集聚效率可能经历“先降后升”的正“U”形变化。早期产业集聚导致边缘地区资源流失与要素错配,生产效率下降;随着市场潜力再平衡和企业布局优化,资源在更大空间内高效配置,产业集聚效益逐步提升。此外,交通基础设施改善促进劳动力跨区流动<sup>[33]</sup>。在运输成本较高阶段,劳动力主要呈“钟摆式”流动使其供给不稳,影响企业运行效率;而当运输成本降至临界值后,大量劳动力实现跨地区迁移<sup>[34]</sup>,提升了人力资源配置的稳定性与灵活性,进而增强企业运营效率,推动产业集聚效率提升。由此,本文提出如下研究假设。

H3:降低区际运输成本可能对产业集聚产生倒“U”形影响趋势而对产业集聚效率产生正“U”形影响趋势。

H4:降低区际运输成本可能通过提升市场潜力和促进劳动力流动对产业集聚效应产生非线性影响关系。

### (三)区际运输成本变化的空间溢出效应

由于区内交通基础设施建设主要侧重于加强区域内各功能区之间的联系,例如商业区、住宅区、学校和医院等,故其在促进与区域外部经济活动的连接方面作用较为有限。因此,本文聚焦区际交通基础设施改善对邻近地区产业空间活动的影响。初期运输成本降低会提升中心城市可达性与资源集聚力,造成周边地区产业“虹吸”,集聚规模受到抑制。随着交通网络完善,中心城市因房价、地租等成本上升,促使企业外迁,带动邻近地区产业再集聚,呈现产业集聚规模“先降后升”的正“U”形演化过程<sup>[22]</sup>。但是,对邻近地区产业空间活动的影响也依赖于邻近地区与中心城市产业结构的匹配程度,若两地产业类型缺乏互补性,交通改善难以有效推动产业转移。在集聚效率方面,完善的区际交通网络可实现节点间高效连接,推动要素自由流动与资源优化配置,增强企业间分工与协同,提升运行效率。反之,如果交通设施布局呈现碎片化,节点之间缺乏有效连接,无法形成系统性的网络格局,将导致资源流动和信息传导受阻,则难以提升产业集聚效率。同时,如果邻近地区产业基础薄弱、人才匮乏或制度环境滞后,即便交通改善也难以形成有效的产业承接力<sup>[35]</sup>。由此,本文提出如下研究假设。

H5a:交通基础设施建设通过初期的极化效应和建设后期的扩散效应,可能使邻近地区的产业集聚规模和集聚效率呈现非线性变化趋势。

H5b:受邻近地区人力资本、市场机制以及交通建设情况等因素限制,可能使交通基础设施建设对邻近地区产业集聚影响的空间溢出效应不明显。

## 三、实证策略

### (一)计量模型设定

根据前文的理论分析以及 Hausman 检验结果,本文最终选择双向固定效应模型检验区内通勤成本变化的产业集聚效应,具体模型设定如下:

$$\text{agg}_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln \text{Trani}_{i,t} + \sum_{j=1}^n \beta_j \text{Control}_{i,t} + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

$$\text{eff}_{i,t} = \alpha'_0 + \alpha'_1 \ln \text{Trani}_{i,t} + \sum_{j=1}^n \beta'_j \text{Control}_{i,t} + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

其中: $i$ 表示考察的城市, $t$ 表示年份,agg表示产业集聚规模,eff表示产业集聚效率。 $\alpha_0$ 、 $\alpha'_0$ 是常数项, $\ln \text{Trani}$ 是核心解释变量; $\alpha_1$ 、 $\alpha'_1$ 是核心解释变量对应系数,分别表示区内通勤成本变化对城市产业集聚规模和产业集聚效率的影响。Control为一系列控制变量。 $\beta_j$ 、 $\beta'_j$ 是控制变量对应的系数, $\mu_i$ 、 $\nu_t$ 分别为城市固定效应和年份固定效应, $\varepsilon$ 为随机误差项。

为了进一步验证研究假设 H3,本文在检验区际运输成本对产业集聚效应的影响时,将区际运输成本的一次项和平方项同时纳入模型中,具体设定如下:

$$\text{agg}_{i,t} = \gamma_0 + \gamma_1 \ln \text{Trand}_{i,t} + \gamma_2 (\ln \text{Trand}_{i,t})^2 + \sum_{j=1}^n \beta_j \text{Control}_{i,t} + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

$$\text{eff}_{i,t} = \gamma'_0 + \gamma'_1 \ln \text{Trand}_{i,t} + \gamma'_2 (\ln \text{Trand}_{i,t})^2 + \sum_{j=1}^n \beta'_j \text{Control}_{i,t} + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

其中,  $\ln \text{Trand}$ 、 $(\ln \text{Trand})^2$  分别表示区际运输成本的一次项和二次项。若式(3)和式(4)中,  $\gamma_1$ 、 $\gamma'_1$  分别与  $\gamma_2$  和  $\gamma'_2$  显著且符号相反,则说明降低区际运输成本对产业集聚规模和产业集聚效率存在正“U”形或倒“U”形的影响趋势,其余部分与式(1)和式(2)的设定一致。

在影响路径方面,本文通过识别解释变量与机制变量的因果关系对所关注的影响机制进行考察,并参考林伯强和谭睿鹏<sup>[36]</sup>关于模型含有二次项的机制检验方法,计量模型设定如下:

$$M_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln \text{Trani}_{i,t} + \sum \alpha_2 \text{Control}_{i,t} + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

$$M'_{i,t} = \alpha'_0 + \alpha'_1 \ln \text{Trand}_{i,t} + \alpha'_2 \ln (\text{Trand}_{i,t})^2 + \sum \beta'_j \text{Control}_{i,t} + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{i,t} \quad (6)$$

其中: $M$ 和 $M'$ 表示本文中可能的机制变量; $M$ 中包括城市创新水平(innov)和在校大学生人数(stu), $M'$ 中包括市场潜力(lnMP)和劳动力流动(labor);其余部分与式(1)和式(2)一致。此外,为验证区际运输成本产业集聚效应的空间溢出效应,本文分别构建式(7)和式(8)的空间杜宾模型(SDM)进行检验,具体如下:

$$\begin{aligned} \text{agg}_{i,t} = & \rho' \sum_{j=1}^n w_{ij} \times \text{eff}_{j,t} + \varphi_1 \ln \text{Trand}_{i,t} + \varphi_2 (\ln \text{Trand}_{i,t})^2 + \varphi_3 \sum_{j=1}^n w_{ij} \times \ln \text{Trand}_{i,t} + \varphi_4 \sum_{j=1}^n w_{ij} \times (\ln \text{Trand}_{j,t})^2 + \\ & \sum \beta'_m \text{Control}_{i,t} + \sum \beta'_{m'} \left( \sum_{j=1}^n w_{ij} \times \text{Control}_{j,t} \right) + \nu_t + \mu_i + \varepsilon_{i,t} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \text{eff}_{i,t} = & \rho' \sum_{j=1}^n w_{ij} \times \text{eff}_{j,t} + \varphi'_1 \ln \text{Trand}_{i,t} + \varphi'_2 (\ln \text{Trand}_{i,t})^2 + \varphi'_3 \sum_{j=1}^n w_{ij} \times \ln \text{Trand}_{j,t} + \varphi'_4 \sum_{j=1}^n w_{ij} \times (\ln \text{Trand}_{j,t})^2 + \\ & \sum \beta'_m \text{Control}_{i,t} + \sum \beta'_{m'} \left( \sum_{j=1}^n w_{ij} \times \text{Control}_{j,t} \right) + \nu_t + \mu_i + \varepsilon_{i,t} \end{aligned} \quad (8)$$

式(7)—(8)中,  $w_{ij}$  是  $W = (w_{ij})_{n \times n}$  空间权重矩阵中的元素,  $w_{ij}$  表示区域  $i$  与区域  $j$  空间的紧密程度,反映了研究单元之间的空间关联性。在前文理论分析中讨论了区内通勤成本、区际运输成本变化对邻近地区产业集聚效应的影响,故本文构建地理距离权重矩阵进行分析。其中,  $\varphi_3$ 、 $\varphi_4$ 、 $\varphi'_3$ 、 $\varphi'_4$  是本文重点关注的系数。

## (二) 变量选取

### 1. 被解释变量

本文对产业集聚的测算从“量”和“质”两方面构建指标。在产业集聚规模(agg)方面,本文借鉴李金滢等<sup>[37]</sup>的研究方法,采用《中国城市统计年鉴》中“按行业分组的单位从业人员”的19个行业从业人数,根据式(9)的计算方式衡量产业在地区集聚情况,具体公式如下:

$$\text{agg}_{i,t} = \sum_{j=1}^J \left| \frac{L_{i,j,t}}{L_{i,t}} - \frac{L_{j,t}}{L_t} \right| \quad (9)$$

式(9)中,  $j$  表示行业,  $i$  表示城市,  $t$  表示年份,  $L$  表示就业人数,  $\text{agg}$  的取值范围为  $[0, 2]$ ,  $\text{agg}$  数值越大表明该城市产业集聚程度越高、集聚规模越大。

在产业集聚效率方面,产业集聚是指大量相关企业及关联机构在特定区域内的空间集中现象,而产业集聚效率则进一步衡量产业在空间上集聚所带来的效益水平<sup>[30]</sup>。本文借鉴邹德玲等<sup>[30]</sup>的研究方法,从投入与产出两个维度构建产业集聚效率的指标评价体系,具体指标体系见表1。在效率

测度方法上,本文采用超效率SBM模型,通过引入松弛变量并纳入非期望产出测算单位产业投入所带来的综合经济效益与环境影响以表征产业集聚效率。

表1 产业集聚效率测度指标体系

类型	一级指标	二级指标	计算方式
投入	集聚程度	人口集聚	常住人口数(万人)/城镇建成区面积(平方公里)
	集聚规模	产业规模	规模以上工业企业数量(个)
产出	期望产出	经济发展	实际GDP(亿元)
		产业辐射	采用耦合协调度模型计算工业增加值和实际GDP的协调度
	非期望产出	非期望产出	CO <sub>2</sub> 排放量(万吨)

## 2. 解释变量

### (1) 区内通勤成本(lnTrani)。

近几十年来,我国城市内交通基础设施的发展主要体现在两个方面:一是大城市的地铁及轻轨建设。本文采用轨道交通网密度(den-sub),即轨道交通运营里程与市辖区面积之比表征城市地铁及轻轨建设情况。二是城市公共交通和私人汽车的发展,它们在尚未建设地铁的中小城市中,对于降低居民通勤成本尤为重要。由于缺乏城市年度私人汽车和公共交通数据,本文使用城市路网密度(den-road),即道路面积与市辖区面积之比进行表征。最后,借鉴魏守华等<sup>[38]</sup>的研究方法,将城市路网密度(den-road)和轨道交通网络密度(den-sub)之和取对数作为衡量区内通勤成本(lnTrani)的代理指标,lnTrani越大代表该城市区内通勤成本越低。

### (2) 区际运输成本(lnTrand)。

我国综合交通运输系统主要由公路、铁路、航空、水运和城市轨道交通五个部分组成,其中,公路、铁路、航空、水运共同组成了我国区际的交通基础设施网络。本文为了确保研究结论不是由铁路、公路这两类交通基础设施的某些特殊性而引起,将公路、铁路、航空、水运货运量均纳入考虑。并且参考咎欣和欧国立<sup>[24]</sup>的衡量方法,运用最小—最大值规范法对各类交通设施指标进行无量纲化处理,赋予客运量和货运量相等的权重,合成城市层面客货运水平数据(Trand),Trand数值越大表明城市的区际运输成本越低。具体计算方式如下。

当 $\max_t(\text{traf}_{i,m,t}) \neq \min_t(\text{traf}_{i,m,t})$ 时,采用式(10):

$$n\text{traf}_{i,m,t} = \frac{\text{traf}_{i,m,t} - \min_t(\text{traf}_{i,m,t})}{\max_t(\text{traf}_{i,m,t}) - \min_t(\text{traf}_{i,m,t})} \times [n \max - n \min] + n \min \quad (10)$$

当 $\max_t(\text{traf}_{i,m,t}) = \min_t(\text{traf}_{i,m,t})$ 时,采用式(11):

$$n\text{traf}_{i,m,t} = \frac{\text{traf}_{i,m,t} - \min_{i,t}(\text{traf}_{i,m,t})}{\max_{i,t}(\text{traf}_{i,m,t}) - \min_{i,t}(\text{traf}_{i,m,t})} \times [n \max - n \min] + n \min \quad (11)$$

$$\text{Trand}_{i,t} = M \times \text{mean}_m(n\text{traf}_{i,m,t})$$

其中: $i=1, 2, \dots, I$ 表示城市, $m=1, 2, \dots, M$ 表示交通设施类型; $t=2006, 2007, \dots, 2019$ 表示样本期内的考察年份。 $\text{traf}_{i,m,t}$ 表示 $t$ 年 $i$ 城市 $m$ 交通基础设施的客(货)运量, $n\text{traf}_{i,m,t}$ 表示 $t$ 年 $i$ 城市 $m$ 交通基础设施无量纲化指标, $\max_t(\text{traf}_{i,m,t})$ 和 $\min_t(\text{traf}_{i,m,t})$ 分别表示考察期内 $i$ 城市 $t$ 年交通基础设施指标的最大值和最小值, $[n \min, n \max]$ 是规定的交通基础设施指标的取值范围。本文最终采用城市层面客货运水平的对数值作为衡量区际运输成本(lnTrand)的代理变量。

## 3. 机制变量

根据前文的理论分析,本文从创新水平、人力资本水平以及市场潜力和劳动力流动四个方面选

取具体指标分别就区内通勤成本和区际运输成本变化影响产业集聚效应的路径进行检验。在创新水平衡量方面,本文选用“城市专利申请数(件)取对数”进行衡量;在人力资本水平衡量方面,选用“普通本专科在校学生数(万人)”作为代理变量;在劳动力流动方面,本文采用“人口流动=当年常住人口-上年常住人口-当年常住人口×当年人口自然增长率”的公式计算;在市场潜力计算方面,采用Harris<sup>[39]</sup>提出的市场潜力函数来测度: $MP_{it} = \sum_{i \neq j} \frac{GDP_{it}}{d_{ij}} + \frac{GDP_{it}}{d_{ii}}$ ,其中, $d_{ij}$ 为各城市之间的直线距离, $d_{ii}$ 为*i*城市的内部距离,计算公式如下: $d_{ii} = \frac{2}{3} \sqrt{\text{area}_i / \pi}$ ,其中, $\text{area}_i$ 为*i*城市建成区面积,最后对其进行取自然对数处理。

#### 4. 控制变量

参考已有研究<sup>[24]</sup>,本文还控制了一组可能影响产业集聚的解释变量:(1)市场规模(lnGDP),本文选取折算至以2006年为基期的实际GDP取对数进行衡量;(2)政府规模(lngov),本文选取政府支出取对数进行衡量;(3)城市平均工资(lnwage),本文选取城市平均工资取对数进行衡量;(4)外商直接投资(lnFDI),本文选取外商直接投资取对数作为代理指标。

#### (三)数据来源

基于数据的可获得性,本文选取2006—2019年272个主要城市的面板数据作为研究样本<sup>⑤</sup>。本文原始数据主要来源于各年的《中国城市统计年鉴》以及相关城市相应年份的统计年鉴和统计公报经整理而得,包括各行业就业人数、人均生产总值、政府一般公共财政支出、城市平均职工工资、外商直接投资等。地铁里程的数据来自搜狐网和智慧轨道交通产业观察。碳排放量数据来自中国碳排放核算数据库(CEADs)。知识密集型产业和信息密集型产业的企业数量来自中国工商企业注册数据,并由企业个体数据加总到对应城市层面。少量数据缺失值采用线性插值法进行填补,对于缺失值较多的城市不纳入回归分析<sup>⑥</sup>。

## 四、实证检验

### (一)基准回归

为探索区内通勤成本和区际运输成本变化的产业集聚效应,本文采用式(1)至式(4)进行检验,回归结果如表2所示。表2列(1)和列(3)考察了区内通勤成本对产业集聚规模和产业集聚效率的影响,结果显示,区内通勤成本的系数均显著为正,表明其降低有利于扩大产业集聚规模,并提升单位产业投入的产出效益,这一结论验证了假设H1。在区际运输成本的影响方面,列(2)结果显示,其一次项系数显著为正,二次项显著为负,初步表明其对产业集聚规模存在倒“U”形影响;列(4)结果则表明其对产业集聚效率存在正“U”形影响关系。进一步借鉴Lind和Mehlum<sup>[40]</sup>方法,使用Utest进行非线性检验。检验结果显示,列(2)中区际运输成本系数的下界斜率为0.0377,上界斜率为-0.0830, $P=0.0013$ ,极值点出现在8.3091,落在区际运输成本[5.5872,14.2930]区间内,验证了倒“U”形效应存在;列(4)中区际运输成本系数的下界斜率为-0.0316,上界斜率为0.0401, $P=0.0006$ ,极值点出现在9.4279,也处于变量取值区间内,验证了正“U”形效应,故本文的研究假设H3得到支持。在此基础上,本文通过对2019年区际运输成本变量进行描述性统计分析发现其均值为8.3643,即区际运输成本对产业集聚规模影响的拐点值小于均值,而其对产业集聚效率影响的拐点值大于均值,说明当前我国大部分城市处在区际运输成本降低会推动产业向外转移,但对提升

⑤ 2021年及以后的《中国城市统计年鉴》不再公布分行业的单位从业人员数,即从2020年开始没有分行业的数据,因此本文最终选取2006—2019作为研究的样本期间。

⑥ 限于篇幅原因,未展示描述性统计结果,留存备索。

产业集聚效率有阻碍作用的阶段。具体到各城市,经济较发达的中心城市如北京、上海、广州、武汉、重庆等,区际运输成本对产业集聚规模与集聚效率的影响均已处于拐点右侧,说明产业虽在向外出迁移,但有助于缓解拥挤成本、优化产业空间布局、提高资源配置效率。而经济欠发达城市如眉山、玉林、延安等,对产业集聚规模和集聚效率的影响均处于拐点左侧,表明交通成本降低有助于促进产业集聚,但对效率的提升作用有限。此外,无锡、株洲、青岛等中东部非省会城市,则处于区际运输成本降低虽促进产业外迁但对集聚效率提升不利的区间。

表2 基准回归结果

变量	产业集聚(agg)		产业集聚效率(eff)	
	(1)	(2)	(3)	(4)
lnTrani	0.011 0*** (3.716 8)		0.032 5*** (16.239 4)	
lnTrand		0.115 2*** (3.766 2)		-0.077 6*** (-3.548 7)
(lnTrand) <sup>2</sup>		-0.006 9*** (-4.202 5)		0.004 1*** (3.495 8)
lnGDP	-0.032 8* (-1.931 2)	-0.022 5 (-1.330 6)	0.138 4*** (11.637 0)	0.154 3*** (12.5415)
lngov	-0.256 6 (-1.375 8)	-0.355 5* (-1.913 1)	-1.114 9*** (-8.692 8)	-1.306 3*** (-9.855 3)
lnwage	0.031 8* (1.648 0)	0.024 0 (1.252 8)	-0.016 6 (-1.257 2)	-0.036 7*** (-2.695 7)
lnFDI	-0.006 0*** (-3.247 3)	-0.006 0*** (-3.252 0)	-0.007 3*** (-5.712 7)	-0.006 8*** (-5.122 8)
常数项	1.367 0*** (3.012 1)	1.090 7** (2.354 2)	2.156 0*** (6.945 2)	2.927 7*** (8.908 9)
观测值	3 808	3 808	3 752	3 752
城市固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
Utest		P=0.001 3		P=0.000 6
拐点值		8.309 1		9.427 9
R <sup>2</sup>	0.025 1	0.028 6	0.564 7	0.533 3

注:1.\*、\*\*、\*\*\*分别表示在10%、5%、1%水平下显著;2.括号内的数值为t值。以下各表同

## (二)内生性处理和稳健性检验<sup>⑦</sup>

为确保本文回归结果的可靠性,在内生性处理方面,鉴于区内通勤成本和区际运输成本衡量指标的内生性可能来源于使用同期变量所引起,本文将滞后一期的区内通勤成本、区际运输成本一次项及区际运输成本二次项作为核心解释变量进行回归避免由此带来的内生性问题。同时,考虑到交通基础设施建设与产业集聚之间存在双向因果的关系,借鉴马永腾等<sup>[41]</sup>的做法,将交通基础设施的滞后一期作为工具变量,采用二阶段工具变量法进行再一次回归。在稳健性检验方面,本文采用替换被解释变量、排除极端值影响以及剔除中心城市的方法,就区内通勤成本和区际运输成本变化对产业集聚效应的影响进行稳健性检验,上述检验的回归结果均与基准回归结果一致,说明本文基准回归结果具有一定的稳健性。

⑦ 限于篇幅原因,未展示内生性处理和稳健性检验的回归结果,留存备索。其中,本文在替换被解释中,采用规上企业数量取对数作为衡量产业集聚规模的代理变量。在缩尾处理中,采用对所有变量双边1%缩尾。剔除的中心城市包括研究样本中的直辖市、省会城市和计划单列市。

### (三)异质性分析

#### 1. 城市异质性

##### (1)地理区位异质性。

我国东部地区与中西部地区在自然资源、人力资本和政策等方面存在较大差异,因此交通基础设施建设对区内通勤成本和区际运输成本的影响在不同地区表现出差异性。本文将研究样本分为东部城市和中西部城市,进行地理区位异质性分析,回归结果如表3所示。结果显示,首先,降低区内通勤成本对中西部城市的产业集聚有显著的推动作用,但对东部城市的影响不明显。这可能的原因是东部地区的交通基础设施已初具规模,进一步改善虽有吸引作用但存在“边际效应递减”现象<sup>[42]</sup>。然而,区内通勤成本对产业集聚效率的提升在东部和中西部城市间无显著差异,均表现为显著的正向影响。其次,区际运输成本的降低对东部城市的产业集聚规模和集聚效率的影响均不存在二次效应,因此进行线性回归检验,结果表明降低区际运输成本能够显著提升东部城市的产业集聚效率,并有推动产业向外转移的趋势但影响不明显<sup>⑧</sup>。相反,区际运输成本降低对中西部城市的产业集聚规模呈倒“U”形影响,对产业集聚效率呈正“U”形影响。Utest检验结果显示,二次效应在中西部城市的区际运输成本取值范围内显著,P值均小于0.05,说明降低区际运输成本对中西部城市的产业集聚规模和产业集聚效率存在二次影响效应。在此基础上,以2019年的研究样本数据进行描述性统计分析发现,中西部市区际运输成本中位数为8.1649,低于产业集聚规模的倒“U”形和集聚效率的正“U”形拐点值,表明大部分中西部城市仍处于降低区际运输成本推动产业集聚但不利于提升集聚效率的阶段。

表3 地理区位异质性分析的回归结果

变量	东部城市				中西部城市			
	产业集聚		产业集聚效率		产业集聚		产业集聚效率	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
lnTrani	0.001 8 (0.639 8)		0.030 8*** (16.826 3)		0.027 6*** (2.728 1)		0.036 5*** (5.260 3)	
lnTrand		0.080 2 (1.537 7)		0.059 9 (1.607 1)		0.099 9*** (2.631 2)		-0.162 4*** (-6.075 6)
(lnTrand) <sup>2</sup>		-0.0048* (-1.6770)		-0.0023 (-1.1373)		-0.0058*** (-2.8452)		0.0080*** (5.6166)
常数项	-0.487 1 (-0.708 0)	-0.610 6 (-0.854 4)	4.728 4*** (10.572 8)	4.887 9*** (9.573 6)	1.274 6** (2.031 6)	0.858 6 (1.334 2)	0.696 1 (1.587 8)	1.145 9** (2.559 7)
观测值	1 400	1 400	1 400	1 400	2 408	2 408	2 352	2 352
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是
Utest						P=0.013 1		P=0.000 0
拐点值						8.602 1		10.091 3
R <sup>2</sup>	0.090 8	0.093 3	0.701 4	0.640 3	0.037 8	0.038 8	0.503 9	0.507 7

##### (2)城市群异质性。

城市群是由核心城市及其周围辐射城市构成的多城市集合体,在城市群发展过程中会形成单中心和多中心两种空间结构。交通网络既连接了重要的城市群,也连接了城市群内部的不同城市,

<sup>⑧</sup> 区际运输成本对东部城市产业集聚的回归结果为-0.006 4(P=0.299),区际运输成本对东部城市产业集聚效率的回归结果为0.017 8\*\*\*(P=0.0000)。

其所带来的通勤成本、运输成本降低对产业集聚规模和产业集聚效率的影响也可能因城市群结构不同而产生差异。本文以18个城市群作为研究对象<sup>⑨</sup>,借鉴参考戴宏伟和杨宏昌<sup>[43]</sup>的研究方法,通过计算2006—2019年中国各城市夜间灯光亮度的位序规模分布特征,来反映城市群的单中心或多中心的程度,具体测算公式如下:

$$\ln(\text{light})_{i,j} = C - q_i \ln(\text{Rank})_{i,j} \quad (12)$$

式(12)中, $i$ 表示城市, $j$ 表示城市群, $\text{light}$ 表示城市的卫星灯光数据, $\text{Rank}$ 表示城市 $i$ 的灯光亮度在城市群内的排序,再分别对各个城市群内的灯光亮度进行由大到小的排序后,进行公式(12)的回归,得到每个城市群的 $q$ 值。 $q$ 值越大,表明该城市群的核心城市越突出。在本文中,将 $q < 1$ 的城市群视为多中心结构, $q \geq 1$ 的城市群则为单中心结构,以此对城市群空间结构进行单中心和多中心分类<sup>⑩</sup>,回归结果如表4所示。从区内通勤成本的影响看,降低通勤成本会显著促进多中心城市群产业集聚,而在单中心城市群中影响不明显。区内通勤成本对产业集聚效率的影响在两种空间结构的城市群中均表现为正向提升作用,没有显著差异。在区际运输成本的影响方面,回归结果表明,区际运输成本对产业集聚规模的影响在多中心城市群呈倒“U”形趋势,且 $U_{\text{test}}$ 检验结果显示拐点值在区际运输成本 $[6.272, 12.0516]$ 的区间内。而在单中心城市群中,区际运输成本对产业集聚规模的影响不存在倒“U”形效应。关于对产业集聚效率的影响,回归结果及 $U_{\text{test}}$ 检验显示,单中心城市群的区际运输成本存在倒“U”形效应,而多中心城市群则没有二次效应。进一步对2019年数据进行描述性统计分析发现,无论是多中心城市群还是单中心城市群的绝大部分城市均位于拐点值左侧,表明单中心城市群中多数城市处在降低运输成本不利于提升产业集聚效率阶段,多中心城市群中大部分城市处在降低运输成本有利于产业集聚阶段。

表4 城市群异质性分析的回归结果

变量	多中心城市群				单中心城市群			
	产业集聚		产业集聚效率		产业集聚		产业集聚效率	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
$\ln \text{Trani}$	0.012 2** (2.134 6)		0.046 3*** (11.924 4)		0.003 0 (0.902 0)		0.026 9*** (16.700 7)	
$\ln \text{Trand}$		0.193 1*** (3.536 6)		-0.042 3 (-1.097 7)		0.012 7 (0.178 2)		0.088 6** (2.018 3)
$(\ln \text{Trand})^2$		-0.010 6*** (-3.517 9)		0.002 3 (1.096 4)		-0.003 1 (-0.830 7)		-0.004 4* (-1.885 9)
常数项	1.139 5* (1.706 2)	0.645 8 (0.937 1)	2.270 8*** (5.005 5)	3.364 9*** (6.929 8)	5.559 2*** (4.327 6)	6.230 1*** (5.019 3)	1.847 3*** (2.948 5)	3.425 8*** (4.483 2)
观测值	2 142	2 142	2 114	2 114	588	588	588	588
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是
$U_{\text{test}}$		$P=0.000 4$		$P=0.144 0$		$P=0.990 0$		$P=0.059 7$
拐点值		9.071 2						10.128 0
$R^2$	0.028 8	0.032 7	0.599 2	0.570 1	0.147 9	0.190 3	0.758 3	0.634 1

## 2. 产业异质性分析

不同产业对通勤成本和运输成本变化的敏感性存在差异。一般而言,信息密集型产业依赖高

<sup>⑨</sup> 参考《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》中所提到的19个城市群对研究样本按照城市群进行划分,同时考虑天山北坡城市群城市数据缺失严重,最终选择其余18个城市群。

<sup>⑩</sup> 该分类方法参考戴宏伟和杨宏昌<sup>[43]</sup>的设定。

频次人际交流和数据传输,对城市内部配套设施更敏感;而知识密集型产业则更关注人才集聚与研发协同,对跨区域流动与合作更为依赖<sup>[26]</sup>。本文结合产业要素集约特征探讨通勤成本与运输成本变化对两类产业集聚效应的影响差异。参考于英杰和吕拉昌<sup>[44]</sup>的分类方法,选取9类二级行业代表知识密集型产业,11类二级行业代表信息密集型产业,分别以两类产业的企业数量取对数表征产业集聚规模,并基于表1的测度方法,将产业规模替换为信息密集型产业和知识密集型产业企业数量重新测算产业集聚效率,回归结果如表5所示。结果显示,在产业集聚规模方面,区内通勤成本降低显著推动信息密集型产业集聚,但对知识密集型产业则表现为抑制作用,促使其向城市外缘迁移。区际运输成本下降对两类产业的集聚规模不存在倒“U”形影响趋势,且进一步的线性检验结果表明,区际运输成本的降低会导致两类产业向外扩散。在产业集聚效率方面,区内通勤成本的降低阻碍了信息密集型产业集聚效率的提升,但对知识密集型产业的集聚效率影响不显著。关于区际运输成本对集聚效率的影响,回归结果显示区际运输成本对两类产业集聚效率的影响不存在明显的正“U”形或倒“U”形影响趋势,进一步进行线性检验后发现,区际运输成本降低能够显著提升知识密集型产业的集聚效率,而对信息密集型产业集聚效率的影响不明显。这表明知识密集型产业在高度依赖跨区域知识交流与合作的背景下,区际交通改善有助于加强区域要素整合与研发协同,进而提升集聚效率;相比之下,信息密集型产业的效率提升更多依赖于本地信息网络结构与交流密度,受区际交通改善的影响较小。

表5 产业异质性分析的回归结果

	变量	知识密集型产业 (knowledge-agg)			信息密集型产业 (information-agg)		
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
产业集聚规模	lnTrani	-0.024 3** (-2.357 1)			0.053 1*** (6.365 8)		
	lnTrand		0.079 2 (0.746 1)	-0.077 6*** (-5.481 1)		-0.037 2 (-0.428 8)	-0.025 3** (-2.191 7)
	(lnTrand) <sup>2</sup>		-0.0085 (-1.4913)			0.000 6 (0.137 5)	
	常数项	-1.380 7 (-0.875 6)	-2.289 0 (-1.424 8)	-1.734 8 (-1.109 7)	0.217 2 (0.170 2)	1.088 5 (0.829 6)	1.046 8 (0.820 2)
	观测值	3 808	3 808	3 808	3 808	3 808	3 808
	R <sup>2</sup>	0.105 4	0.112 2	0.111 6	0.896 6	0.895 5	0.895 5
	变量	知识密集型产业 (knowledge-eff)			信息密集型产业 (information-agg)		
		(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
产业集聚效率	lnTrani	0.005 4 (1.042 1)			-0.0107** (-2.5733)		
	lnTrand		-0.058 3 (-1.073 4)	0.016 6** (2.297 6)		0.020 1 (0.457 1)	-0.000 9 (-0.145 2)
	(lnTrand) <sup>2</sup>		0.004 1 (1.391 4)			-0.001 1 (-0.480 7)	
	常数项	-0.952 4 (-1.193 2)	-0.624 6 (-0.766 2)	-0.884 6 (-1.114 6)	-0.471 3 (-0.728 8)	-0.710 6 (-1.073 9)	-0.637 7 (-0.990 2)
	观测值	3 752	3 752	3 752	3 752	3 752	3 752
	R <sup>2</sup>	0.065 4	0.067 1	0.066 5	0.188 1	0.186 6	0.186 5
	控制变量	是	是	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是	是	是	
年份固定效应	是	是	是	是	是	是	

## 五、进一步讨论

### (一) 机制检验

基于前文的理论分析,本文在区内通勤成本方面,围绕“区内通勤成本—创新水平—产业集聚”和“区内通勤成本—人力资本—产业集聚”两条理论路径进行机制检验;在区际运输成本方面,围绕“区际运输成本—市场潜力—产业集聚”和“区际运输成本—劳动力流动—产业集聚”两条理论路径进行机制检验,检验结果如表6所示。从降低区内通勤成本的影响看,区内通勤成本的降低有利于吸引人才集聚,而对创新水平提升作用不明显。这可能的原因是,区内交通基础设施建设虽然提高了交通便利性,降低了区内通勤成本,但可能周边地区的配套基础设施如科研机构、高校等不足以及财政支持力度不够,难以形成良好的创新生态系统<sup>[29]</sup>。从降低区际运输成本的影响看,区际运输成本的降低对城市市场潜力水平的影响呈倒“U”形,而对劳动力流动的影响呈正“U”形,根据林伯强和谭睿鹏<sup>[36]</sup>关于模型含有二次项的机制检验原理,上述结论说明区际运输成本降低对产业集聚规模的倒“U”形影响可以通过影响市场潜力水平传导发生,而区际运输成本降低对产业集聚效率的正“U”形影响可通过影响劳动力流动传导发生。

表6 机制检验的回归结果

变量	区内通勤成本		区际运输成本	
	创新水平(innov)	人力资本(stu)	市场潜力(lnMP)	劳动力流动(labor)
	(1)	(2)	(3)	(4)
lnTrani	-0.016 0 (-0.671 1)	0.662 7*** (5.825 9)		
lnTrand			0.090 7*** (4.035 8)	-0.151 6** (-2.207 2)
(lnTrand) <sup>2</sup>			-0.004 6*** (-3.861 1)	0.010 1*** (2.715 6)
常数项	16.329 6*** (4.406 7)	-19.911 4 (-0.396 6)	-10.459 0*** (-16.895 2)	-0.996 5 (-0.991 5)
观测值	3 737	3 484	3 094	3 808
控制变量	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
R <sup>2</sup>	0.419 2	0.353 8	0.943 1	0.080 2

### (二) 空间溢出效应

根据基准回归结果,考虑到区际运输成本降低对本地区产业集聚规模存在倒“U”形的影响趋势而对产业集聚效率存在正“U”形影响趋势,因此,本文在空间溢出效应检验部分重点讨论降低区际运输成本对邻近地区的产业集聚规模和产业集聚效率是否存在“U”形的影响关系。回归结果如表7所示,结果显示,不论是对产业集聚规模的影响还是对产业集聚效率的影响,加入二次项后,二次项的空间滞后项系数和间接效应的系数均不显著,而区际运输成本不论是一次项和二次项的系数还是直接效应的系数均显著,说明区际运输成本降低仅对本地区产业集聚存在倒“U”形的影响趋势,对产业集聚效率存在正“U”形影响趋势,而对邻近地区产业集聚规模和产业集聚效率的影响不存在“U”形的二次影响效应,这一结论验证了假设H5b。这可能的原因是,目前我国铁路、水运、航运等未充分形成互联互通的交通网络,同时,某些交通基础设施建设的邻近地区产业基础薄弱、人

力资本匮乏或制度环境不完善,区域吸引力和承载能力不足,使资源流动受阻<sup>[35]</sup>,难以产生跨区域的溢出效应。

## 六、结论与政策启示

从公路到高铁再到地铁,交通改善对促进经济发展的重要性不言而喻。然而,不同层级交通基础设施建设在降低区内通勤成本与区际运输成本方面所产生的对产业空间分布的影响及其内在机制仍不够明晰。本文分层级从理论和实证层面分析了降低区内通勤成本、区际运输成本对产业集聚效应的直接影响和间接影响。研究表明:第一,降低区内通勤成本有利于促进产业集聚并提升集聚效率,而降低区际运输成本与产业集聚规模之间呈倒“U”形关系、与集聚效率之间呈正“U”形关系,该结论在多种稳健性检验下依然成立。第二,两类成本降低对产业集聚存在异质性影响。在城市异质性方面,通勤成本下降在中西部及多中心城市群中对集聚规模作用更显著;降低运输成本在中西部城市中对集聚效率呈正“U”形影响关系。在产业异质性方面,通勤成本下降有利于信息密集型产业集聚但对其集聚效率影响不显著,而知识密集型产业则易向外扩散。区际运输成本下降有助于知识密集型产业集聚效率提升,对信息密集型产业影响不明显。第三,区内通勤成本通过吸引人才影响产业集聚效应。区际运输成本下降对集聚规模的倒“U”形效应,主要通过影响城市市场潜力实现;对集聚效率的正“U”形效应,则通过增强劳动力流动实现。第四,区际运输成本降低对周边地区产业集聚效应的影响不存在明显的“U”形特征。

基于上述研究结论,为充分发挥交通基础设施建设的经济效应,推动产业在空间上合理布局,提升产业集聚带来的经济效益,本文得到如下政策启示:第一,需要分层级和分阶段进行交通基础设施建设。在考虑交通基础设施与产业空间分布关系的时候需要考虑城市异质性的特征,对于东部地区 and 市场规模较大的城市要充分利用已有的城市间交通基础设施禀赋,推动部分产业向外转移,从而提升产业集聚效率,促使整体经济结构优化。对于中西部地区或市场规模较小的城市要加大城市内部和城市间交通基础设施建设力度,进一步降低区内通勤成本和区际运输成本,并在了解本地区产业优势的基础上,发挥中西部的要素成本优势,加速东部城市的部分产业转移到中西部。此外,还要结合不同产业类型的集聚特征实施差异化的交通建设策略。对于信息密集型产业,需要优化城市内部通勤网络以促进其规模扩张。对于知识密集型产业,应加强城市间交通联通以促进其外移并提升集聚效率,从而实现交通基础设施建设与产业空间布局的协同优化。第二,根据实际

表7 空间溢出效应的回归结果

	产业集聚(agg)	产业集聚效率(eff)
	(1)	(2)
lnTrand	0.119 3*** (4.034 0)	-0.064 6*** (-3.158 0)
(lnTrand) <sup>2</sup>	-0.007 0*** (-4.384 3)	0.003 7*** (3.330 8)
W×lnTrand	0.388 8 (0.978 8)	-0.061 1 (-0.219 0)
W×(lnTrand) <sup>2</sup>	-0.027 7 (-1.296 7)	-0.006 2 (-0.412 6)
$\rho$	0.250 6* (1.930 5)	0.812 5*** (17.351 7)
直接效应		
lnTrand	0.121 4*** (3.996 3)	-0.066 3*** (-3.002 7)
(lnTrand) <sup>2</sup>	-0.007 1*** (-4.344 3)	0.003 6*** (2.993 2)
间接效应		
lnTrand	0.574 0 (1.001 9)	-0.645 5 (-0.370 6)
(lnTrand) <sup>2</sup>	-0.040 4 (-1.312 1)	-0.017 9 (-0.198 8)
总效应		
lnTrand	0.695 3 (1.211 3)	-0.711 8 (-0.407 1)
(lnTrand) <sup>2</sup>	-0.047 5 (-1.539 8)	-0.014 4 (-0.158 7)
观测值	3 808	3 752
控制变量	是	是
城市固定效应	是	是
年份固定效应	是	是
R <sup>2</sup>	0.033 6	0.056 4

需求适度加大单中心城市群交通基础设施建设力度,但需要避免过度扩张或重复建设所带来的不利影响,确保投资的合理性和有效性;多中心城市群则需要强化城市内和城市间交通基础设施建设,提升自身的多中心发展水平。第三,我国目前部分城市还处于兴建新城、新区阶段,可以加大城市内部交通基础设施建设以及适度的城市间交通基础设施建设,充分发挥其优势,使中心地区冗余的产业迁移至新城,缓解中心地区和新城间市场供求的非均衡性。这既可以避免产业过度集中对中心地区市场产生压力,又可以促进市场潜在需求的均衡配比,缩小不同区域的市场潜力水平,使得产业发展能够拥有合适的市场空间结构。第四,通过各种政策手段营造生产要素自由流动的政策环境,强化交通基础设施建设对劳动力要素的吸引作用,提升区域产业组合效率,特别是推动相对封闭、流动性较差的城市,利用交通运输网络挖掘潜在发展能力,营造产品市场的大循环,为提升城市市场潜力水平提供不竭动力,共享市场资源合理配置的福利。

#### 参考文献:

- [1] 何天祥,黄琳雅. 高铁网络对湖南区域经济协同发展影响[J]. 地理科学,2020(9):1439-1449.
- [2] Redding S J, Turner M A. Transportation costs and the spatial organization of economic activity[J]. Handbook of Regional and Urban Economics, 2015, 5: 1339-1398.
- [3] Clark B, Chatterjee K, Martin A, et al. How commuting affects subjective wellbeing[J]. Transportation, 2020, 47(6): 2777-2805.
- [4] Krugman P R. Increasing return and economic geography[J]. Journal of Political Economy, 1991, 99(3): 483-499.
- [5] Fujita M, Thisse J F. Economics of agglomeration: Cities, industrial location, and globalization[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.
- [6] Puga D. The rise and fall of regional inequalities[J]. European Economic Review, 1999, 43(2): 303-334.
- [7] Tabuchi T, Thisse J F. Taste heterogeneity, labor mobility and economic geography[J]. Journal of Development Economics, 2002, 69(1): 155-177.
- [8] Helpman E. The size of regions in topics in public economics: Theoretical and applied analysis[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- [9] Murata Y, THISSE J F. A simple model of economic geography à la Helpman - Tabuchi[J]. Journal of Urban Economics, 2005, 58(1): 137-155.
- [10] Duranton G, TURNER M A. Urban growth and transportation[J]. The Review of Economic Studies, 2012, 79(4): 1407-1440.
- [11] 王岳龙,袁旺平. 地铁开通、协同合作与企业创新[J]. 经济评论, 2023(6): 140-158.
- [12] 范红忠. 交通住房政策效应与生产和人口的过度集中[J]. 经济研究, 2008(6): 73-84.
- [13] Monte F, Redding S J, Rossi-Hansberg E. Commuting, migration, and local employment elasticities[J]. American Economic Review, 2018, 108(12): 3855-3890.
- [14] 张超,王君慧,姚永玲. 通勤成本、地方品质竞争与都市圈空间结构演化[J]. 首都经济贸易大学学报, 2022(5): 58-72.
- [15] Xiao H Y, Wu A, Kim J. Commuting and innovation: Are closer inventors more productive? [J]. Journal of Urban Economics, 2021, 121: 103300.
- [16] 代昀昊,安铮,王砾. 通勤成本与制造业企业生产率[J]. 经济学动态, 2023(8): 63-81.
- [17] 章元,王驹飞. 城市规模、通勤成本与居民储蓄率:来自中国的证据[J]. 世界经济, 2019(8): 25-49.
- [18] Donaldson D, Hornbeck R. Railroads and American economic growth: A "market access" approach[J]. The Quarterly Journal of Economics, 2016, 131(2): 799-858.
- [19] Zheng X P. Economies of network, urban agglomeration, and regional development: A theoretical model and empirical evidence[J]. Regional Studies, 2007, 41(5): 559-569.
- [20] Baum-Snow N, Brandt L, Henderson J V, et al. Roads, railroads, and decentralization of Chinese cities[J]. The Review of

- Economics and Statistics, 2017, 99(3):435-448.
- [21] Fabber B. Trade integration, market size, and industrialization: Evidence from China's national trunk highway system[J]. *The Review of Economic Studies*, 2014, 81(3):1046-1070.
- [22] Mingardo G. Cities and innovative urban transport policies[J]. *Innovation*, 2008, 10(2/3):269-281.
- [23] 杨茜,石大千. 交通基础设施、要素流动与城乡收入差距[J]. *南方经济*, 2019(9):35-50.
- [24] 笱欣,欧国立. 交通基础设施会缓和我国城市市场潜力水平的空间失衡吗:产业集聚和创新水平的调节作用[J]. *经济问题探索*, 2021(11):91-106.
- [25] 伍国勇,孙小钧,于福波,等. 中国种植业碳生产率空间关联格局及影响因素分析[J]. *中国人口·资源与环境*, 2020(5):46-57.
- [26] 李旭辉,严晗. 科技自立自强视域下中国科技人才效能测度、区域差异及影响因素[J]. *科学管理研究*, 2024(5):128-139.
- [27] 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(12):52-64, 161, 65-66.
- [28] Jindra B, Hassan S S, Cantner U. What does location choice reveal about knowledge-seeking strategies of emerging market multinationals in the EU?[J]. *International Business Review*, 2016, 25(1):204-220.
- [29] 黄宏斌,张玥杨,李圆圆. 创新型产业集群试点政策能否提升供应链韧性[J]. *经济与管理研究*, 2024(9):39-60.
- [30] 邹德玲,丛海彬,李钰,等. 长三角城市群内小城镇产业集聚效率时空演变与影响因素[J]. *经济地理*, 2023(4):73-82.
- [31] 郭晓丹,张军,吴利学. 城市规模、生产率优势与资源配置[J]. *管理世界*, 2019(4):77-89.
- [32] 李雪松,孙博文. 高铁开通促进了地区制造业集聚吗:基于京广高铁的准自然试验研究[J]. *中国软科学*, 2017(7):81-90.
- [33] 安虎森,刘军辉. 劳动力的钟摆式流动对区际发展差距的影响:基于新经济地理学理论的研究[J]. *财经研究*, 2014(10):84-96.
- [34] 李晨,张可云. 流入还是流出? 多重异质性地高铁开通影响劳动力空间流动的微观经验研究[J]. *西南民族大学学报(人文社会科学版)*, 2024(9):80-90.
- [35] 周海波,胡汉辉,谢呈阳,等. 地区资源错配与交通基础设施:来自中国的经验证据[J]. *产业经济研究*, 2017(1):100-113.
- [36] 林伯强,谭睿鹏. 中国经济集聚与绿色经济效率[J]. *经济研究*, 2019(2):119-132.
- [37] 李金艳,宋德勇. 专业化、多样化与城市集聚经济:基于中国地级单位面板数据的实证研究[J]. *管理世界*, 2008(2):25-34.
- [38] 魏守华,吴海峰,钱非非. 交通设施改善、市场集聚效应与城市人口增长差异[J]. *经济与管理研究*, 2024(1):55-74.
- [39] Harris C D. The market as a factor in the localization of industry in the United States[J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 1954, 44(4):315-348.
- [40] Lind J T, Mehlun H. With or without U? The appropriate test for a U-shaped relationship[J]. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 2010, 72(1):109-118.
- [41] 马永腾,蒋瑛,鲍洪杰. 交通基础设施、数字经济与贸易增长:基于西部陆海新通道沿线区域的实证分析[J]. *改革*, 2023(6):142-155.
- [42] 刘荷,王健. 交通基础设施对制造业集聚的溢出效应:基于地区和行业的实证分析[J]. *东南学术*, 2014(4):96-105.
- [43] 戴宏伟,杨宏昌. 中国城市群空间结构对科技创新的影响[J]. *经济地理*, 2023(12):36-47.
- [44] 于英杰,吕拉昌. 中国城市知识创新职能空间分异及其影响因素[J]. *地理学报*, 2023(2):315-333.

## Intra-regional commuting costs, inter-regional transportation costs and industrial agglomeration effects: Theoretical analysis and empirical evidence

He Xionglang, Wang Shiyu

(School of Economics, Southwest Minzu University, Chengdu 610225, P. R. China)

**Abstract:** Transportation infrastructure construction can effectively reduce commuting costs and

transportation costs, which plays an important role in optimizing industrial layout and advancing high-quality economic development. Based on identifying the overall effects of intra-regional commuting costs and inter-regional transportation costs on industrial agglomeration, this paper analyzes the heterogeneity of cities and industries in terms of geographic location, urban cluster spatial structure and the way of industrial factor concentration, and explores their mechanisms in terms of innovation level, talent attraction, market potential and labor mobility. It is found that the reduction of intra-regional commuting cost helps to promote industrial agglomeration and significantly improves industrial agglomeration efficiency; while the reduction of inter-regional transportation cost has an inverted U-shaped relationship with industrial agglomeration scale and a positive U-shaped relationship with industrial agglomeration efficiency. That is to say, when the transportation cost is reduced to a critical value, although it will prompt the industry to spread outward, it can improve the agglomeration efficiency. These effects exhibit heterogeneity across cities and industries. At the city level, the reduction of commuting cost is more significant for the industrial agglomeration scale of central and western regions and multi-center city clusters, and there is a positive U-shaped relationship between the transportation cost and the agglomeration efficiency of central and western cities. At the industrial level, the reduction of commuting cost favors the agglomeration of information-intensive industries, but has no significant effect on their agglomeration efficiency, while knowledge-intensive industries are more likely to spread outward. The reduction of inter-regional transportation cost helps to improve the agglomeration efficiency of knowledge-intensive industries, but the effect on information-intensive industries is not obvious. Mechanism test results show that the reduction of intra-regional commuting costs attracts talents to agglomerate, thus enhancing industrial agglomeration scale and efficiency. The inverted U-shaped effect of inter-regional transportation cost reduction on agglomeration scale is mainly realized by boosting urban market potential, and the positive U-shaped effect on agglomeration efficiency is realized by enhancing labor force mobility. It is further found that the impact of lower inter-regional transportation costs on the industrial agglomeration effect in neighboring areas does not show a clear U-shaped characteristic. The article concludes that it is necessary to promote the construction of transportation infrastructure according to local conditions, optimize industrial spatial distribution, and improve resource allocation efficiency. The eastern region and big cities can rely on the existing transportation network to promote the orderly transfer of industries; the central and western regions and small and medium-sized cities should strengthen the internal and external transportation connections and actively undertake industrial transfers; single-center city clusters need to reasonably guide the investment to avoid duplicated construction; multi-center city clusters should improve the nodal transportation system and promote regional synergistic development. In view of different industrial characteristics, it is necessary to focus on reducing commuting costs in promoting information-intensive industrial agglomeration, and strengthening inter-city transportation links in promoting knowledge-intensive industrial agglomeration. Finally, through differentiated transportation infrastructure construction and industrial layout optimization, China's coordinated regional development will be promoted to a higher level, and sustained momentum will be injected into China's high-quality economic development.

**Key words:** transportation infrastructure; commuting costs; transportation costs; industrial agglomeration scale; industrial agglomeration efficiency

(责任编辑 傅旭东)