

交通基础设施促进了地区创新吗

——基于异质性经济距离的解释

马志强¹, 张建红²

(1. 浙江工商大学 经济学院, 浙江 杭州 310018; 2. 奈耶诺德工商管理大学 创业中心, 乌特勒支 布鲁克林 999025)

摘要:在综合考虑地区创新依赖多维要素的基础上,将地区交通设施与经济距离纳入垂直创新理论,探讨交通基础设施对地区创新的影响作用。利用1993—2020年中国29个省级单位的面板数据集进行实证检验,回归结果显示:(1)等级公路密度的增加显著提升了各地区创新水平,且在靠近经济前沿的地区中具有更强的促进作用。这一结论在处理内生性问题后依然稳健。(2)竞争带来的企业进入与退出在等级公路密度影响地区创新的过程中发挥了中介效应作用,且企业进入带来的中介效应更强。(3)企业进入与退出的中介效应对距离经济前沿较近地区的作用更大。在当前经济高质量增长背景下,这一结论为距离经济前沿程度不同的经济体促进长期经济增长提供了经验参考。

关键词:经济距离;等级公路密度;地区创新;进入与退出

中图分类号:F540.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-6049(2024)02-0001-11

一、引言

交通基础设施被认为是促进地区经济增长与发展的关键^[1]。快捷、安全地与其他地区联通接轨不仅降低了企业运输成本与时间成本,也加快了地区部门之间的市场准入^[2]。改革开放以来,中国的交通基础设施建设突飞猛进。这不仅体现在数量上的增加,而且在质量方面也实现了跨越式提升。在40余年的时间里,中国等级公路占比从57%提高到96.4%以上。因此,许多学者认为交通基础设施的改善是中国经济取得快速增长的重要因素之一^[3-5]。

然而,交通基础设施的改善并未让所有地区受益。Faber^[6]发现,尽管中国高速公路有助于将大中城市连接,但是交通网络连接却导致非目标周边县的GDP增长下降。卞元超等^[7]的研究表明,高铁开通能够促进东部地区城市创新活动的开展,但对中西部城市创新影响并不显著。为何交通基础设施对欠发达地区影响不显著?一个可能的解释是集聚效应的作用,即集聚效应强化了核心地区的优势地位,同时也造成了非中心地区的要素流失。然而,这一解释忽略了经济距离与企业进入异质性关系的事实。地区创新不仅依赖溢出效应,而且与企业进入带来的竞争相关^[8]。与远离经济前沿的地区相比,竞争对于距离经济前沿较近的发达地区更重要。随着交通基础设施的完善,由地理壁垒造成的市场分割逐渐被打破,便利了企业的跨地区市场进入,加剧了地区市场竞争。距离经济前沿较近的部门可以通过创新来逃避竞争,结果是更高的进入威胁导致更密集的创新活动;而远离经济前沿的

收稿日期:2023-05-05;修回日期:2024-01-02

基金项目:国家社会科学基金项目“安全审查趋紧情形下我国海外先进制造业投资障碍与突破路径研究”(20BJL051)

作者简介:马志强(1989—),男,江西乐平人,浙江工商大学经济学院博士研究生,研究方向为创新经济学;张建红(1966—),女,云南昆明人,奈耶诺德工商管理大学创业中心教授,研究方向为国际贸易与区域经济。

部门没有希望战胜潜在进入者,结果是进入威胁导致企业减少研发投入。因此,为了解决上述疑惑,需要将经济距离纳入交通基础设施与地区创新的研究框架。

首先,本文从理论上将交通基础设施纳入内生增长模型。交通基础设施不仅承担着生产性公共品的功能,而且是影响企业进入的重要因素。结果显示,交通基础设施的创新效应随着地区接近经济前沿而增加。这是因为:在一国内部,越接近经济前沿地区,因完善的交通基础设施而产生的逃避竞争效应越强;反之,当距离经济前沿地区较远时,因完善的交通基础设施而产生的打击效应越强。因此,交通基础设施的创新效应取决于距离经济前沿地区的程度。其次,在实证上本文使用全国省级面板数据作为检验理论部分的证据,结果显示交通基础设施显著促进了地区创新水平,且距离经济前沿地区越近,创新效果越显著。进一步研究表明,交通基础设施改善带来的企业进入更有利于距离前沿较近地区的创新,而对距离前沿较远地区的作用较小。

本文的研究涉及以下几方面的文献:

第一,关于交通基础设施与创新及经济增长的最新文献。交通基础设施与经济增长之间的关系一直是学者研究的话题^[9-10],近年来这一趋势向交通基础设施与生产率及创新之间的因果关系转变。Ghani *et al.*^[2]的研究显示,印度高速公路项目的实施增加了进入者数量,进而推动了产出与配置效率的提高。Agrawal *et al.*^[11]研究发现,州际公路显著增加了企业创新概率,原因在于道路里程增加了创新者从当地但更遥远的相邻地区获取知识投入的可能性。此外,诸竹君等^[12]与卞元超等^[13]分别从微观与宏观层面验证了中国城市高速铁路的开通存在显著但有差异的创新效应。高铁开通能够促进东部地区城市创新活动的开展,但对中西部地区创新活动的影响不显著。本文在原有的文献基础上进行了拓展,认为交通基础设施对创新的影响取决于距离经济前沿地区的程度。

第二,本文与Aghion *et al.*^[14]的研究相关。Aghion *et al.*^[14]认为,随着企业接近于技术前沿,进入对于创新更加重要。模型研究表明,进入对前沿部门的激励效应更强,而对落后部门的打击效应较明显。因此,越接近前沿,促进竞争的政策带来的创新效应越大。相比之下,本文的模型进一步将地理距离、地形特征等自然壁垒作为影响企业进入的要素,将交通基础设施的约束纳入模型,即本文不仅关注企业进入对地区创新的影响,而且关注经济距离视角下交通基础设施所带来的地区创新差异。

第三,本文的研究还涉及前沿距离与经济增长关系的论文。经济距离被广泛认为是采取不同经济增长策略的重要因素^[15-19]。Acemoglu *et al.*^[19]认为,距离经济前沿越远,地区的部门生产率水平越低,通过模仿已有技术能够较快地实现经济增长,此时将前沿技术实现转移的投资型策略更优。当地区已经接近前沿时,技术追赶的空间较小,继续模仿已有技术无法推动前沿部门进步,此时鼓励前沿创新的策略更加适宜。本文认为,在考虑公共基础设施建设的影响时需要将经济距离纳入。

综上所述,本文的边际贡献主要表现在以下几个方面:第一,将交通基础设施、经济距离纳入统一的创新理论框架,为现有的实证分析提供了理论依据。第二,现有文献集中于考察高速公路、高速铁路等交通基础设施开通带来的影响,本文在此基础上进一步拓展,探讨了公路密度扩张的创新效应与路径。第三,本文区分了地区经济异质性,从交通基础设施与地区经济异质性双重维度为实现地区长期经济增长提供理论指导。

二、理论模型

(一) 模型框架

经济体由三个部门组成:最终产品部门、中间产品部门与研发部门。最终产品部门与研发部门为完全竞争部门,中间产品部门为垄断竞争部门。生产由两部分构成:生产要素与生产率。生产要素的投入不仅包括基本的劳动力与中间品投入,也包括公共品投入,在这里本文主要考虑交通基础设施的作用。技术进步是影响生产率的主要因素,在这里本文假设技术进步存在“哈罗德中性”,即它是劳动增强型技术进步。

交通基础设施的作用需要着重说明。交通基础设施通过两种渠道起作用:首先,交通基础设施是政府提供公共品的一种重要形式,具有非竞争性与非排他性特点。其次,交通基础设施直接影响企业

贸易成本,与外部企业的市场进入密切相关。企业的生产函数拓展为:

$$Y_t = G_t^{1-\alpha} \int_0^1 A_i^{1-\alpha} x_i^\alpha di \quad (1)$$

其中, t 表示时间, G_t 表示交通基础设施数量, A_i 表示劳动增强型技术参数, x_i 表示私人提供的中间品数量。为了简便考虑, 本文将劳动力数量标准化为 1。遵循 Barro^[20] 的做法, 本文将交通基础设施的指数确定为 $1 - \alpha$, 在生产利润与中间品垄断者利润最大化的共同作用下求得垄断利润:

$$\pi_i = \pi A_i G_t = \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right) \alpha^{1-\alpha} A_i G_t \quad (2)$$

(二) 不同部门类型企业的技术进步

现有企业分为两种不同部门类型的企业:“并驾齐驱”型与“非平衡发展”型。“并驾齐驱”型部门中的每个企业都与其他企业具有相同的技术标准, 而“非平衡发展”型中的在位领先企业的生产率领先同一行业中其他竞争者一步。前沿技术的生产率按照 $\bar{A}_t = \gamma \bar{A}_{t-1}$, 以不变的速度变化。其中 $\gamma = 1 + g > 1$, 表示前沿技术的变化幅度。 t 期技术落后的中间产品生产者的生产率 $A_t = \bar{A}_{t-1}$, t 期技术领先者的生产率水平 $A_t = \bar{A}_t$ 。每一次技术创新的成功都会使生产率质量提升 γ 个单位。企业研发成本 $R_i = A_i \mu_i^2 / 2$ 。

(三) 外部企业进入分析

中间产品生产者面临外部企业进入的竞争威胁。外部企业进入率主要受到两方面的影响: 地理距离、地势条件及交通运输状况带来的自然壁垒与地区内部政策、制度等带来的制度性壁垒。假设外部企业进入的概率为 p 。一方面, 交通基础设施的改善能够缓解自然壁垒带来的进入障碍, 增加外部企业进入的概率, 二者存在正相关关系; 另一方面, 在其他条件不变的情况下, 制度性壁垒 (I) 与企业进入存在负相关关系。即:

$$\frac{\partial p}{\partial G} > 0; \quad \frac{\partial p}{\partial I} < 0 \quad (3)$$

需要注意的是, 企业进入率是自然壁垒与制度壁垒综合作用的结果。尽管畅通的交通提高了企业进入率, 但倘若地方保护增强, 那么企业进入率会被削弱。因此, 企业进入率的函数形式可以表示为 $p = p\left(\frac{G}{I}\right)$ 。

不同类型的在位企业在面对新企业进入时呈现出不同的创新选择。新企业如果成功进入并与本地区生产率较低的在位企业竞争, 那么新进入企业将最终替代在位企业并垄断整个市场, 成为新的在位企业。倘若外部企业成功进入并与相同生产率的在位企业竞争, 结果会因“伯川德竞争”使二者利润为零。在进入一个市场之前, 外部企业可以通过信息收集等方式充分掌握准备进入地区的企业生产率水平。显然, 只有当在位企业的生产率水平低于技术前沿时, 那么进入才会有利可图。如果在位企业的生产率已经处于技术前沿, 那么进入就不会发生。

(四) 均衡创新概率

根据前面的假设, 不同类型的企业在面临外部竞争时采取不同的创新策略, 接下来进行具体分析。

首先, 考虑非平衡发展部门中技术追赶型企业。假设 t 期追赶型企业的创新概率为 $\mu_{1,t}$, 此时, 只要有外部企业进入, 那么在位的追赶型企业的利润为零。在外部企业不进入的情况下, 根据式(2)可知, 在位企业的创新利润为 $\pi A_t G_t$; 倘若外部企业不进入, 且在位的追赶型企业也不进行创新, 那么此时它的利润为 $\pi A_{t-1} G_t$ 。由于创新的成本为 $A_{t-1} \mu_{1,t}^2 / 2$, 最终 t 期追赶型企业的利润 $\prod_{1,t}$ 可以表示为:

$$\prod_{1,t} = (1-p)\mu_{1,t}\pi A_t G_t + (1-p)(1-u_{1,t})\pi A_{t-1} G_t - A_{t-1}\mu_{1,t}^2 / 2 \quad (4)$$

在利润最大化条件下可以求出 t 期追赶型企业创新概率 $\mu_{1,t}$ 为:

$$u_{1,t} = \frac{(\gamma - 1)(1 - p)\pi G_t}{c} \quad (5)$$

与落后企业不同,只要“并驾齐驱”型企业进行创新,那么外部企业的进入概率为零,此时创新带来的利润为 $\pi A_t G_t$;如果“并驾齐驱”型企业不创新,同时出现企业进入,那么此时的利润为零;如果前沿企业不创新,而外部企业也不进入,那么“并驾齐驱”型企业依旧存在原有的市场利润,其值为 $\pi A_t G_t$ 。此外,前沿企业创新的成本为 $A_t \mu_1^2/2$ 。根据上述分析, t 期前沿企业的利润 $\Pi_{2,t}$ 为:

$$\Pi_{2,t} = \mu_{2,t} \pi A_{t+1} G_t + (1 - p)(1 - u_{2,t}) \pi A_t G_t - A_t \mu_{2,t}^2/2 \quad (6)$$

利润最大化条件下, t 期前沿企业的创新概率 $\mu_{2,t}$ 为:

$$u_{2,t} = \frac{(p + \gamma - 1)\pi G_t}{c} \quad (7)$$

交通基础设施与地区创新关系如何?假设在某一地区生产率较低的企业比率为 h ,生产率较高企业的占比为 $1 - h$,结合式(5)与式(7),本文将地区合成的创新概率表示为:

$$u_t = \frac{\pi G_t}{c}(p + \gamma - 1 - h\gamma p) \quad (8)$$

根据式(8),本文提出假说1。

假说1:交通基础设施引致的创新效果取决于合成效应的大小。若打击效应较小,那么地区创新与交通基础设施存在正相关关系。

再次利用式(8),对 G 与 h 求二阶混合偏导,得:

$$\frac{\partial^2 \mu_t}{\partial G_t \partial h} < 0 \quad (9)$$

由式(9)可知,交通基础设施对地区创新的影响依赖经济距离。经济距离越远, h 比重越大,那么交通基础设施的创新效应越低;反之,如果越靠近经济前沿,那么交通基础设施的创新效应越强。

为了更好地理解交通基础设施与经济距离双重作用对地区创新的影响,以及不同经济距离下的作用机理,接下来本文将从接近经济前沿与远离经济前沿两个不同的角度进行详细阐述。

首先,在式(5)基础上,求出交通基础设施的导数:

$$\frac{\partial u_{1,t}}{\partial G_t} = \frac{(\gamma - 1)\pi}{c} \left[\underbrace{(1 - p)}_{\text{规模效应}} + \underbrace{(-dp/dG_t) \times G_t}_{\text{熊彼特效应}} \right] \quad (10)$$

由式(10)可知,交通基础设施对追赶型企业创新的影响取决于市场规模效应与熊彼特效应两种相反力量的作用。一方面,交通基础设施刺激了地区市场需求并带动生产的增长,完善的交通基础设施降低了企业生产成本,扩大了企业市场规模与利润空间;另一方面,外部企业进入本地市场依赖交通枢纽的畅通,良好的交通基础设施提高了外部企业进入的概率,加剧了与本地区在位企业的竞争。如果本地区在位企业落后于进入企业,那么进入威胁会打击在位企业的创新,这是熊彼特效应的体现。

接下来分析经济前沿地区的创新,利用式(7)求出创新率对交通基础设施的导数:

$$\frac{\partial u_{2,t}}{\partial G_t} = \frac{\pi}{c} \left[\underbrace{(p + \gamma - 1)}_{\text{规模效应}} + \underbrace{(dp/dG_t) \times G_t}_{\text{逃避竞争效应}} \right] \quad (11)$$

式(11)等号右边方括号内第一项 $(p + \gamma - 1)$ 是一个大于零的常数,表示交通基础设施带动的经济增长效应,并为企业的创新提供市场规模与创新租金。结合式(3),可以判断出等号右边方括号内第二项也大于零,这是前沿部门逃避竞争效应的体现。因此,交通基础设施的不断完善激励了前沿部门的创新。

结合上述分析结果可知,交通基础设施对创新的影响取决于经济距离,差异出现的原因在于外部企业进入的不同反应。基于此,本文提出假说2与假说3。

假说2:距离经济前沿越近,交通基础设施的改善越能够提高地区创新率。

假说3:交通基础设施的改善加快了外部企业的进入与退出,距离经济前沿越近,企业进入与退出

带来的创新效应越强。

三、模型设定、变量测度与数据说明

(一) 模型设定

根据上文的理论分析,本文的计量模型设计如下:

$$Patent_{it} = \beta_0 + \beta_1 Rdensity_{it} + \beta_2 Distance_{it} + \gamma_i X_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (12)$$

其中, i 表示地区, t 表示时间, $Patent_{it}$ 表示 i 地区 t 年的创新情况, $Rdensity_{it}$ 代表 i 地区 t 年的等级公路密度, $Distance_{it}$ 表示经济距离, X_{it} 表示影响创新的控制变量, μ_i 为地区固定效应, η_t 表示时间固定效应, ε_{it} 表示随机扰动项。

为了检验上文假说,本文在模型(12)的基础上加入了等级公路密度与经济距离的交互项 $Rdensity_{it} \times Distance_{it}$,模型拓展为:

$$Patent_{it} = \beta_0 + \beta_1 Rdensity_{it} + \beta_2 Distance_{it} + \beta_3 Rdensity_{it} \times Distance_{it} + \gamma_i X_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (13)$$

如果系数 β_3 显著为正,则说明距离经济前沿水平的提高强化了交通基础设施带来的创新效应。

(二) 变量设定

第一,被解释变量。本文采用人均专利申请授权量 ($Patent$) 作为创新的代理变量,采用该变量的原因在于:其一,专利是创新过程中第一阶段即发明的成果体现;其二,专利数据容易获得^[21]。

第二,解释变量。现有文献大多数采用公路、铁路密度或里程作为交通基础设施水平的代理变量,这些文献的缺点在于仅仅考虑交通基础设施的数量,而忽略了道路质量,这会导致遗漏变量带来有偏估计的风险。为了解决该问题,本文采用等级公路密度作为主要解释变量 ($Rdensity$),等级公路密度可以用如下公式来计算:

$$\text{等级公路密度} = \frac{\text{等级公路里程}}{\text{公路里程}} \times \frac{\text{公路里程}}{\text{地区面积}} \quad (14)$$

该等式右边第一部分反映了地区交通的质量状况,等式右边第二部分反映了交通基础设施的数量。这说明等级公路密度能有效地将道路数量与质量结合起来。

本文另外一个解释变量为经济距离。参照已有文献^[18],采用地区实际人均 GDP 与当年前沿地区人均 GDP 的比值 ($Distance$) 来衡量经济距离。

第三,控制变量。本文的控制变量主要包括市场一体化程度 ($Integration$)、人力资本 (Edu)、研发投入 (Prd)、政府支出 ($Finance$) 及产业结构 ($Nagri$)。首先,市场一体化程度。参照已有文献^[22-24],本文采用价格法测度各省级单位的市场一体化程度。为了便于计算,结合吕冰洋和贺颖^[25]的方法,对所有的市场分割指标统一乘以 100。其次,人力资本。地区受教育年限 (Edu) 更能全面体现出人力资本的质量。参照陆铭和陈钊^[26]的算法,本文计算出每个地区平均受教育程度,并最终作为人力资本的代理变量。再次,研发投入。考虑数据的可得性,本文选取每万人中高等学校全日制研发人员数量 (Prd) 作为研发投入的代理变量。最后,本文还选择了财政支出占比 ($Finance$) 和非农产业与 GDP 之比 ($Nagri$) 来分别控制政府支出和产业结构对地区技术创新的影响。

(三) 数据来源与描述性统计

考虑到数据可得性,本文涵盖了 1993—2020 年除西藏与重庆以外中国内地 29 个省份的面板数据。《中国统计年鉴》提供了本文中绝大多数变量的数据。其中,地方市场分割程度利用该数据库中的 9 类商品价格指数计算得出。此外,进入与退出的相关数据主要通过爱企查数据库查找得出。表 1 对本文的变量进行了基本的描述性统计。

表 1 描述性统计

Variable	N	Mean	SD	Min	Max
<i>Patent</i>	899	4.590	9.420	0.037	74.400
<i>Rdensity</i>	899	0.515	0.451	0.012	2.100
<i>Distance</i>	899	0.360	0.220	0.076	1.000
<i>Rdensity × Distance</i>	899	0.253	0.362	0.003	2.070
<i>Integration</i>	899	0.056	0.108	0.001	1.850
<i>Edu</i>	899	8.090	1.320	0.787	12.700
<i>Prd</i>	899	2.500	3.280	0.015	31.200
<i>Finance</i>	899	0.178	0.094	0.049	0.643
<i>Nagri</i>	899	0.846	0.090	0.554	0.997

四、实证分析

(一) 基准分析

表2展示了对式(12)的估计结果。列(1)结果显示,等级公路密度的系数在1%的水平下显著为正,经济距离与创新存在正相关关系,但不显著。这表明等级公路密度的提升增加了创新的概率。列(2)在列(1)的基础上增加了地区固定效应,结果显示等级公路密度依然与创新显著正相关,说明不随时间变化的遗漏变量并未对核心解释变量产生冲击。在回归项加入时间固定效应后,结果变化不大,但核心解释变量的系数有所下降。列(1)至列(3)的结果表明,控制地区固定效应与时间固定效应并不影响等级公路密度与创新的正向关系,假说1得到检验。

表2列(4)还将其他影响地区创新的因素考虑进来。结果显示,加入其他控制变量后,等级公路密度的影响系数从10.354下降到7.058。这意味着人均专利申请数量下降了31%。然而,将控制变量考虑进来后,可决系数从0.572上升至0.692,拟合优度得到优化。

表3列出了对模型(13)的估计结果,除了引入等级公路密度与经济距离的交互项之外,列(1)至列(4)的模型回归分析结构与表2类似。列(1)结果显示,等级公路密度与经济距离交互项系数在1%的水平下显著为正,这表明距离经济前沿越近,等级公路密度对地区创新影响越强。尽管这一结论与假说2一致,但结果显得过于乐观,因为经济距离只要高于最前沿地区的3%,等级公路密度就存在显著的创新效应,而样本中所有地区距离经济前沿都高于7%。

引入地区固定效应后,列(2)结果显示交互项系数显著性并未发生改变,只是阈值提升到11.2%。除了2008年之前的贵州省与甘肃省以外,其他省份

表2 基准回归结果

变量	(1) <i>Patent</i>	(2) <i>Patent</i>	(3) <i>Patent</i>	(4) <i>Patent</i>
<i>Rdensity</i>	12.298*** (2.783)	12.994*** (2.822)	10.354** (3.840)	7.058** (2.680)
<i>Distance</i>	12.063 (7.430)	13.727 (9.345)	19.077 (14.140)	17.905 (12.206)
<i>Integration</i>				-3.078* (1.767)
<i>Edu</i>				1.377 (0.908)
<i>Prd</i>				2.444*** (0.383)
<i>Finance</i>				-23.352 (14.784)
<i>Nagri</i>				-39.844* (19.575)
常数项	-6.087*** (1.864)	-7.045** (2.960)	-7.446* (4.336)	12.394 (13.550)
时间固定效应	否	否	是	是
地区固定效应	否	是	是	是
N	899	899	899	899
R ²	0.448	0.448	0.572	0.692

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的水平下显著,括号内数值均为地区与年份维度的聚类异方差稳健标准误。

表3 加入交互项的回归分析

变量	(1) <i>Patent</i>	(2) <i>Patent</i>	(3) <i>Patent</i>	(4) <i>Patent</i>
<i>Rdensity</i>	-0.787 (4.466)	-3.365 (5.209)	-14.876*** (5.366)	-14.066*** (4.776)
<i>Distance</i>	-2.252 (3.821)	3.592 (8.413)	-1.674 (11.678)	-7.256 (13.239)
<i>Rdensity</i> × <i>Distance</i>	26.136*** (8.942)	29.983*** (8.889)	37.487*** (8.382)	32.454*** (8.562)
<i>Integration</i>				-0.788 (1.125)
<i>Edu</i>				0.673 (0.574)
<i>Prd</i>				1.566*** (0.428)
<i>Finance</i>				-26.152* (13.443)
<i>Nagri</i>				10.070 (11.209)
常数项	-0.808 (1.154)	-2.560 (2.152)	0.671 (3.434)	-7.936 (8.301)
Distance threshold	0.03	0.112	0.397	0.433
时间固定效应	否	否	是	是
地区固定效应	否	是	是	是
N	899	899	899	899
R ²	0.565	0.565	0.730	0.766

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的水平下显著,括号内数值均为地区与年份维度的聚类异方差稳健标准误。

距离经济前沿的比重都超过这一值。列(3)显示,在控制时间效应之后,交通基础设施对创新产生积极影响的阈值达到 39.7%。最后,在加入其他控制变量之后,拟合优度得到提高的同时,交互项系数依然显著为正,且经济距离的阈值达到 43.3%。

上述的分析结果表明:(1)等级公路密度的提升促进了地区创新。这与 Agrawal *et al.*^[11]的结论相一致。(2)由于经济距离不同,等级公路密度的创新效应存在显著差异,这一点可以从图 1 中看出。图 1 中实线展示距离经济前沿比值低于均值的等级公路密度与创新之间的关系,虚线描绘的是距离经济前沿程度高于均值的地区中等级公路密度与创新之间的关系。显然,实线的斜率小于虚线的斜率,这反映了越接近于经济前沿,逃避竞争效应越明显,等级公路密度的创新效果越强。而距离经济前沿较远的地区,熊彼特效应弱化了最终的创新效果。(3)虽然地方保护主义在一定时期内起到了扶持并促进经济增长的作用,但在一国内部各地区“诸侯割据”的经济行为对创新具有阻碍作用。

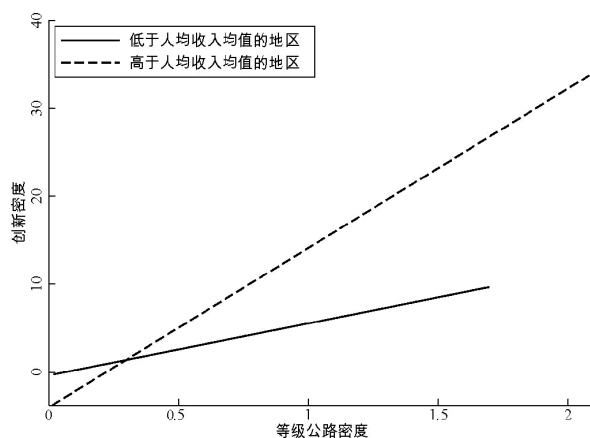


图 1 创新密度与距离经济前沿程度

(二) 内生性处理

固定效应模型虽然能够解决不随时间变化的因素带来的系统性偏差,但随时间变化的遗漏变量及互为因果带来的内生性问题依旧没有处理。参照已有研究,本文采用工具变量法重新识别等级公路密度与创新之间的关系。

Redding^[27]对交通基础设施的工具变量进行综述,并将其归纳为以下三种方法:利用计划路线作为工具变量、利用历史路线的工具变量以及无关紧要地点的工具变量。参照已有文献^[1],本文选取地理信息中的地形起伏度 (*Slope*) 与历史中各省驿站数量的均值 (*Station*) 作为地区公路密度的工具变量。地形起伏度与各省驿站数量的均值都满足工具变量相关性与外生性两方面的要求。

由于本文的核心解释变量是等级公路密度与经济距离的交互项,除需要考虑公路密度的内生性问题之外,也需要给经济距离找一个合适的工具变量,然后将两个变量相乘最终形成交互项的工具变量。参照 Vandenbussche *et al.*^[18]的做法,以经济距离的二阶滞后项作为经济距离的工具变量。最终交互项的工具变量构造形式为:

$$IV_1 = Slope_i \times Distance_{i-2} \tag{15}$$

$$IV_2 = Station_i \times Distance_{i-2} \tag{16}$$

表 4 展示了工具变量的回归结果。从中发现:在第一阶段两个工具变量均有效,且 F 统计值显示拒绝弱工具变量的假设;在控制内生性变量后,交互项系数依然显著为正。上述结果表明,在有效控制时间固定效应与地区固定效应之后,等级公路密度对于经济前沿地区存在显著的

表 4 工具变量检验结果

变量	第一阶段	第二阶段	第一阶段	第二阶段
	<i>Rdensity</i> × <i>Distance</i>	<i>Patent</i>	<i>Rdensity</i> × <i>Distance</i>	<i>Patent</i>
<i>IV</i> ₁	-1.607*** (0.033)			
<i>IV</i> ₂			0.048*** (0.014)	
<i>Rdensity</i> × <i>Distance</i>		36.143*** (12.297)		166.9*** (44.092)
控制变量	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是
地区固定效应	是	是	是	是
N	841	841	841	841
F 统计量	24.142		11.272	

注:***、**和*分别表示在 1%、5%和 10%的水平下显著,括号内数值均为地区与年份维度的聚类异方差稳健标准误。

正向创新效应。

(三) 稳健性检验

第一, 替换被解释变量。用人均发明专利申请受理量(*Patent2*)替换被解释变量再次回归, 结果如表5列(1)所示。可以看出, 在控制时间固定效应与地区固定效应之后, 交互项系数依然显著为正。

第二, 替换解释变量。用等级公路里程替换等级公路密度, 并与经济距离相乘建立交互项作为核心解释变量。表5列(2)结果显示, 等级公路里程与经济距离的交互项系数依旧显著为正, 表明基准回归结果具有一定的稳健性。

第三, 加入控制变量铁路密度。表5列(3)结果显示, 在控制铁路密度后, 交互项系数在1%水平下依旧显著。

第四, 剔除直辖市样本。中国的地区经济增长与政治体制有着千丝万缕的关系^[28]。为了排除扰动项中政治因素与核心解释变量相关导致回归结果出现偏差, 参照Faber^[6]的做法, 剔除直辖市样本。表5列(4)显示基准回归结果依然稳健。

第五, 五年时段的回归结果。Barro^[29]认为, 年度频率数据上的关系很可能受控于错误时间模式设定, 导致测量误差的出现。本文将原有的年度时间段调整为五年的时间段, 表5列(5)的结果再次论证了交互项与地区创新之间的显著正相关关系。

五、作用机制分析: 进入与退出视角

根据假说2, 交通基础设施的改善不仅有利于打破自然壁垒, 降低企业进入成本, 同时还增加了在位企业的竞争, 促使企业退出的速度加快。企业进入与退出所展现的创造性破坏可能是交通基础设施影响创新的重要路径。为了探究这一机制, 本文首先利用历年各地区新建企业的数量与当年退出营业的企业数量作为创造性破坏的代理变量, 并运用Sobel检验法分两个阶段考察公路密度、企业进入与退出及地区创新三者之间的关系。表6汇报了利用该方法的中介效应回归结果。

表6第(1)列考察了等级公路密度对企业进入的影响, 第(2)列展示了以专利数量作为被解释变量、以企业进入作为中介变量的回归结果。本文发现道路密度显著增加了地区内企业进入的数量, 而企业数量的增多带动了地区创新水平的提高, 这与Ghani *et al.*^[2]的实证结果一

表5 稳健性检验结果

变量	(1) 人均发明专利受理量	(2) 等级公路里程与经济距离	(3) 控制地区铁路密度	(4) 剔除直辖市样本	(5) 五年时间段回归
<i>Rdensity</i> × <i>Distance</i>	56.006 *** (14.089)		32.121 *** (9.090)	57.647 *** (12.492)	35.6 *** (11.678)
<i>Road</i> × <i>Distance</i>		0.0001 ** (0.000)			
控制变量	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是
地区固定效应	是	是	是	是	是
N	899	899	899	806	203
R ²	0.811	0.724	0.770	0.783	0.799

注: ***、**和*分别表示在1%、5%和10%的水平下显著, 括号内数值均为地区与年份维度的聚类异方差稳健标准误。

表6 机制检验: 进入与退出

变量	(1) <i>Newep</i>	(2) <i>Patent</i>	(3) <i>Exit</i>	(4) <i>Patent</i>
<i>Rdensity</i>	25.433 *** (3.907)	5.202 *** (0.974)	4.512 *** (1.152)	6.306 *** (0.982)
<i>Newep</i>		0.073 *** (0.008)		
<i>Exit</i>				0.167 *** (0.029)
控制变量	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是
地区固定效应	是	是	是	是
N	899	899	899	899
R ²	0.779	0.794	0.808	0.783

注: ***、**和*分别表示在1%、5%和10%的水平下显著, 括号内数值均为地区与年份维度的聚类异方差稳健标准误。

致。表6第(3)列和第(4)列考察了以企业退出作为中介变量的回归结果。与第(1)列和第(2)列结果类似,等级公路的密度提升促使企业退出的数量增加,而退出的加快也显著带动地区创新。然而,与新企业进入活动相比,公路密度的提升通过企业退出活动所带来的创新效应相对较小,后者间接效应占比10.645%。这说明公路密度主要通过增加企业进入的渠道引致创新,假说3得到检验。

尽管表6的结果说明企业进入与退出的路径促进了地区创新,但仍然不能得出结论证明公路密度与地区创新之间在距离经济前沿较近地区中存在正向关系源于企业进入与退出的作用。为此,本文参照Aghion and Bessonova^[8]的做法,分别将企业进入与退出以及二者与经济距离的交互项加以控制。一方面,如果在控制这些变量之后,等级公路密度与距离经济前沿的交互项系数变小且显著,说明企业进入与退出间接地稀释了距离经济前沿的创新效应,也就能够解释以企业进入与退出表现的竞争机制对于前沿地区创新的重要性。另一方面,如果加入交互项的系数显著为正,也能够证明企业进入对于经济前沿具有增强作用。本文以进入为例,将企业进入及企业进入与经济距离的交互项引入式(13)可得:

$$Patent_{it} = \beta_0 + \beta_1 Redensity_{it} + \beta_2 Distance_{it} + \beta_3 Redensity_{it} \times Distance_{it} + \gamma_i X_{it} + \sigma_1 Newep_{it} + \sigma_2 Newep_{it} \times Distance_{it} + \mu_i + \eta_i + \varepsilon_{it} \quad (17)$$

表7汇报了式(13)分别加入企业进入、退出及其与经济距离交互项的回归结果。列(2)的结果显示在控制企业进入及企业进入与经济距离的交互项之后,核心解释变量公路密度与经济距离的交互项系数变小,且在5%的水平下显著为正。列(3)的结果与列(2)一致。上述分析与Aghion et al.^[30]的理论一致,Aghion et al.^[30]认为,竞争对于前沿部门更加重要。因此,以企业进入与退出为表现形式的竞争渠道至少部分解释了密集的公路网络为何在发达地区,而不是在欠发达地区可以更好地带动地区创新。当然,这一结果也可以从列(2)企业进入与经济距离的交互项($Newep \times Distance$)系数及列(3)企业退出与经济距离的交互项($Exit \times Distance$)系数中进一步得到检验。

上述结果表明,等级公路密度的提高减少了自然壁垒的阻碍作用,降低了企业进入的门槛,加快了地区创造性破坏,为地区整体创新水平及生产率的提高提供了动力。因此,企业进入与退出是等级公路密度促进地区创新的重要渠道。

六、结论

技术进步是一种双重现象^[23],在不同发展水平上可以依靠不同的策略。远离经济前沿时,通过吸收前沿技术的投资型战略更能快速推动地区经济增长。随着地区逐渐接近经济前沿,它更加依赖于前沿创新,这意味着竞争与创造性破坏能更好地刺激其向未知的领域探索。本文将交通基础设施的完善视为缓解市场分割、促进市场一体化的互补性手段,重新考察了交通基础设施与地区创新的关系。研究结果显示:第一,在我国经济快速发展的时期,交通基础设施扮演着重要角色,等级公路密度的增加显著提升了各地区创新水平;第二,交通

表7 机制检验:前沿距离的异质性

变量	(1) <i>Patent</i>	(2) <i>Patent</i>	(3) <i>Patent</i>
<i>Rdensity</i>	-14.066*** (4.776)	-8.720 (5.223)	-11.312* (5.803)
<i>Distance</i>	-7.256 (13.239)	-15.316* (8.851)	-18.348* (10.095)
<i>Rdensity</i> × <i>Distance</i>	32.454*** (8.562)	20.937** (8.340)	24.717** (9.572)
<i>Newep</i>		-0.133* (0.068)	
<i>Newep</i> × <i>Distance</i>		0.339** (0.128)	
<i>Exit</i>			-0.279* (0.158)
<i>Exit</i> × <i>Distance</i>			0.870** (0.387)
控制变量	是	是	是
时间固定效应	是	是	是
地区固定效应	是	是	是
N	899	899	899
R ²	0.766	0.825	0.806

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的水平下显著,括号内数值均为地区与年份维度的聚类异方差稳健标准误。

基础设施在靠近技术前沿的经济体中具有更强的增长促进作用;第三,企业进入与退出是公路密度影响地区创新的重要渠道。

根据上述分析,本文为促进地区经济高质量增长提出如下政策建议:(1)欠发达地区的核心区域要继续加大基础设施投资建设,形成新的创新与经济增长极,进而带动其他地区的经济增长。(2)鼓励企业进入和退出,营造良好的竞争环境。政府在积极完善当地交通基础设施等传统基础设施的同时^[31],也应该逐渐强化以5G、物联网、人工智能等为代表的新型基础设施建设以及以城市市政服务、法制环境、产权保护等为代表的“软”基础设施建设,这不仅有助于吸引前沿企业的进入,促使生产率较低的企业退出,同时也可以逐步培育出良好的创新环境,打造一批在技术前沿进行创新的企业。(3)各地区在制定经济政策时需与时俱进地结合经济发展程度综合考虑,“一刀切”的政策不可取。经济前沿地区应努力培养前沿技术创新的能力,而落后地区可以通过加强与前沿地区的互联互通,引进模仿前沿的技术,带动当地的经济增长。(4)当前我国已进入高质量增长阶段,除改善交通基础设施以外,各地区应减少制度性壁垒约束,加快地区市场准入,形成有利于前沿创新的条件。

本文的模型与研究对象有较大的改进空间,未来的研究可以从多个维度进行丰富。首先,本文重点关注了自然壁垒对于距离经济前沿不同程度地区的创新效应,行政制度壁垒带来的影响值得进一步尝试建模与研究。其次,本文以各省作为研究样本,而以城市个体样本及微观企业样本数据作为实证研究对象可能会产生新的不同见解。

参考文献:

- [1] BANERJEE A, DUFLO E, QIAN N. On the road: access to transportation infrastructure and economic growth in China [J]. *Journal of development economics*, 2020, 145: 102442.
- [2] GHANI E, GOSWAMI A G, KERR W R. Highway to success: the impact of the golden quadrilateral project for the location and performance of Indian manufacturing [J]. *Economic journal*, 2016, 126(591): 317 - 357.
- [3] 张学良. 中国交通基础设施促进了区域经济增长吗——兼论交通基础设施的空间溢出效应 [J]. *中国社会科学*, 2012(3): 60 - 77 + 206.
- [4] 张勋,王旭,万广华,等. 交通基础设施促进经济增长的一个综合框架 [J]. *经济研究*, 2018, 53(1): 50 - 64.
- [5] 王雨飞,倪鹏飞. 高速铁路影响下的经济增长溢出与区域空间优化 [J]. *中国工业经济*, 2016(2): 21 - 36.
- [6] FABER B. Trade integration, market size, and industrialization: evidence from China's national trunk highway system [J]. *Review of economic studies*, 2014, 81(3): 1046 - 1070.
- [7] 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.
- [8] AGHION P, BESSONOVA E. On entry and growth: theory and evidence [J]. *Revue de l'OFCE*, 2006, 97(5): 259 - 278.
- [9] FERNALD J G. Roads to prosperity? Assessing the link between public capital and productivity [J]. *American economic review*, 1999, 89(3): 619 - 638.
- [10] MADSEN J B. The anatomy of growth in the OECD since 1870 [J]. *Journal of monetary economics*, 2010, 57(6): 753 - 767.
- [11] AGRAWAL A, GALASSO A, OETTL A. Roads and innovation [J]. *Review of economics and statistics*, 2017, 99(3): 417 - 434.
- [12] 诸竹君,黄先海,王煌. 交通基础设施改善促进了企业创新吗? ——基于高铁开通的准自然实验 [J]. *金融研究*, 2019(11): 153 - 169.
- [13] 卞元超,吴利华,白俊红. 高铁开通是否促进了区域创新? [J]. *金融研究*, 2019(6): 132 - 149.
- [14] AGHION P, BLUNDELL R, GRIFFITH R, et al. Entry and productivity growth: evidence from microlevel panel data [J]. *Journal of the European economic association*, 2004, 2(2/3): 265 - 276.
- [15] HOWITT P. Endogenous growth and cross-country income differences [J]. *American economic review*, 2000, 90(4): 829 - 846.

- [16] AGHION P, BOUSTAN L, HOXBY C, et al. Exploiting states' mistakes to identify the causal impact of higher education on growth[R]. Mimeo, Department of Economics, Harvard University, 2005.
- [17] AGHION P, HOWITT P, MAYER-FOULKES D. The effect of financial development on convergence: theory and evidence[J]. The quarterly journal of economics, 2005, 120(1): 173–222.
- [18] VANDENBUSSCHE J, AGHION P, MEGHIR C. Growth, distance to frontier and composition of human capital[J]. Journal of economic growth, 2006, 11(2): 97–127.
- [19] ACEMOGLU D, AGHION P, ZILIBOTTI F. Distance to frontier, selection, and economic growth[J]. Journal of the European Economic Association, 2006, 4(1): 37–74.
- [20] BARRO R J. Government spending in a simple model of endogenous growth[J]. Journal of political economy, 1990, 98(S5): 103–125.
- [21] CARLINO G, KERR W R. Agglomeration and innovation[J]. Handbook of regional and urban economics, 2015, 5: 349–404.
- [22] 范欣, 宋冬林, 赵新宇. 基础设施建设打破了国内市场分割吗? [J]. 经济研究, 2017, 52(2): 20–34.
- [23] 桂琦寒, 陈敏, 陆铭, 等. 中国国内商品市场趋于分割还是整合: 基于相对价格法的分析[J]. 世界经济, 2006(2): 20–30.
- [24] 曹春方, 张婷婷, 范子英. 地区偏袒下的市场整合[J]. 经济研究, 2017, 52(12): 91–104.
- [25] 吕冰洋, 贺颖. 迈向统一市场: 基于城市数据对中国商品市场分割的测算与分析[J]. 经济理论与经济管理, 2020(4): 13–25.
- [26] 陆铭, 陈钊. 分割市场的经济增长——为什么经济开放可能加剧地方保护? [J]. 经济研究, 2009, 44(3): 42–52.
- [27] REDDING S J. Trade and geography[J]. Handbook of international economics, 2022, 5: 147–217.
- [28] 李侃如. 应对中国挑战: 企业如何在中国获得成功[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2014.
- [29] BARRO R J. Economic growth in a cross section of countries[J]. The quarterly journal of economics, 1991, 106(2): 407–443.
- [30] AGHION P, ANTONIN C, BUNEL S. The power of creative destruction: economic upheaval and the wealth of nations [M]. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2021.
- [31] 丁华, 丁宁. 交通基础设施对商贸流通效率的影响研究[J]. 商业经济与管理, 2023(7): 28–39.

(责任编辑: 孔群喜; 英文校对: 谈书墨)

Does Transport Infrastructure Promote Regional Innovation: Explanation Based on Heterogeneous Economic Distance

MA Zhiqiang¹, ZHANG Jianhong²

(1. School of Economics, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310018, China;

2. Entrepreneurship Center, Nyenrode Business University, Brucoli 999025, Netherlands)

Abstract: Based on careful consideration of the multi-dimensional factors that regional innovation relies on, this paper brings regional transportation facilities and economic distance into the vertical innovation theory, and explores the impact of transportation infrastructure on regional innovation. The study employs panel data for 29 provincial units in China from 1993 to 2020 to show the following. (1) The increase in the density of classified highways significantly improves the level of innovation in each region and plays a greater role in promoting the growth of regions close to the economic frontier; the result remains stable after addressing issues of potential endogeneity. (2) The entry and exit of enterprises as the result of competition play an intermediary role in the process of innovation in the regions affected by the density of classified highways, the effect of entry being stronger. (3) The intermediary effect of entry and exit plays a greater role in areas close to the economic frontier. In the current context of high-quality economic growth, this conclusion offers insight on how to promote long-term economic growth for economies at different distances from the economic frontier.

Key words: economic distance; density of classified highways; regional innovation; entry and exit