

高铁开通的技术进步效应影响研究

赵昕 刘静¹

【摘要】 技术进步是提高经济增长质量的基本途径和根本动力，考察高铁对地区技术进步的影响，能够进一步反映出高铁建设是否能从根本上拉动经济高质量增长。以技术进步为研究目标，首先基于 SBM-Malmquist 指数法测算了中国 282 个城市 2008-2017 年的技术进步并将其分解为中性技术进步和偏向性技术进步，之后运用 PSM-DID 模型检验了高铁开通对技术进步的影响及作用机制。结果表明：在全国层面，高铁开通对技术进步有显著的促进作用，其作用路径主要是中性技术进步而不是偏向性技术进步，这暗示着高铁开通同等地促进了资本和劳动要素边际产出的提高。分地区估计结果显示，高铁开通能够促进东部地区中性技术进步，因此对技术进步产生了正向影响。而对中西部地区而言，高铁对中性技术进步影响并不显著，甚至抑制了西部地区资本偏向性技术进步，因此并没有给中西部技术进步带来促进作用。

【关键词】 高铁开通 技术进步 PSM-DID

【中图分类号】:F532 **【文献标识码】**:A **【文章编号】**:1009-2382(2021)05-0092-09

一、引言

近年来中国高铁飞速发展，2021 年底全国高铁运营里程预计达到 3.96 万公里。高铁建设重塑了时空格局，加速了资本、人力和信息等要素流通，对经济发展产生了深刻的影响。技术进步作为促进经济持续增长的根本动力，是提高经济增长质量的基本途径。考察高铁对地区技术进步的影响，能够进一步反映出高铁建设是否能从根本上拉动经济高质量增长，促进我国经济发展。那么在当前大力推行高铁建设的背景下，高铁开通对技术进步会产生何种影响？其影响机制是什么？对不同区域是否会产生不同甚至相反的影响？显然，对于这些问题的深入探讨从新的角度为高铁的经济效应提供了宏观证据，对高铁下一步发展规划的科学制定有着深刻的现实意义。

事实上，伴随着高铁的快速发展，有关高铁经济效应的研究层出不穷，但高铁是否促进了经济增长，学术界尚未取得完全一致的观点。当前文献主要从两个方面考察了高铁对经济增长的影响，分别为直接经济效应和间接经济效应。在高铁对经济增长的直接效应方面，相对于传统交通工具来说，高铁本身就具有更高的经济价值(Vickerman, 2006)。另外，高铁建设投资将直接转化为对资本和劳动的大量需求，短期内对国内投资和就业拉动效应十分明显。仅 2012 年我国每亿元高铁投资就拉动总产出增加 3.72 亿元，创造岗位 1084 个(蒋茂荣等, 2017)。在高铁对经济增长的间接效应方面，高铁建设带来的空间压缩、时间节约、交通网络改善，使得区域经济发生了多种复杂变化(覃成林和黄龙杰, 2018)。如高铁建设一方面提高了高技能劳动力流动效率，促进了开通城市及周边地区的就业(董艳梅和朱英明, 2016)，另一方面也缩小了城乡收入差距，缓解了城乡发展不平衡问题(余泳泽和潘妍, 2019)，这些都间接促进了区域经济增长。

与上述学者持高铁对经济增长存在正向效应的观点相反，部分学者认为从短期来看高速铁路并没有促进当地经济增长(王垚和年猛, 2014)。主要原因为高铁建设需要巨额投资，成本回收期较长，对于经济基础相对较弱的地区来说，短期内高铁债务会拖累地方财政，挤占其他有效投资，不利于经济增长(唐荣和顾乃华, 2018)。此外，高铁开通虽然增强了中心城市经济集聚

¹**作者简介**：赵昕，中国海洋大学经济学院教授、博士生导师；

刘静，中国海洋大学经济学院博士生(青岛 266100)。

基金项目：国家自然科学基金项目“技术偏向视角下海洋经济绿色增长效率评估及提升路径研究”(编号：71973132)；泰山学者工程专项经费资助(编号：TSQN20161014；编号：ts201712014)

能力，但对沿线落后地区而言，由于本身的经济发展环境较差，优质生产要素更容易面临被“虹吸”走的风险，从而对当地经济发展产生一定的负面影响(张克中和陶东杰，2016)。纵观以往文献，对高铁经济效应的研究已经较为丰富，但从经济增长的角度来看，现有文献多是对经济现象的直接考察，虽然可能得到高铁促进或抑制经济增长的结论，但无法证明这种作用是否能够从核心持续作用于经济增长，不能很好地评估高铁对经济增长质量的影响。

然而，技术进步作为经济持续增长的根本动力和衡量经济增长质量的重要指标，在高铁相关研究中却很少涉及。目前与之紧密相关的文献是高铁开通对创新的影响。首先，在区域创新方面，卞元超等(2019)发现高铁开通能够直接促进高素质人才等创新要素在区域之间的流动，这有利于知识溢出的产生，从而促进区域创新水平的提升。其次，在企业创新方面，谭建华等(2019)发现高铁开通使沿线企业的创新能力显著增强，具体表现为各类专利申请数量的显著增长。以往研究为本文提供了非常重要的启示和借鉴，但这些文献将主要精力放在了阐释和验证高铁对创新的影响机制上，并没有进一步讨论高铁对技术进步的影响。事实上，创新只是技术进步的一个方面，其本身并不等同于技术进步。技术进步主要包含三个层面，即技术创新、技术扩散和技术引进(Van Elkan, 1996; 林毅夫和张鹏飞，2005)。高铁建设过程中不仅伴随着技术创新，也存在技术扩散和引进。且由于高铁开通引起了各种要素的流动，高铁对技术引进和技术扩散的影响可能更为明显和迅速。总之，高铁对创新的影响机制难以全面反映出高铁对技术进步的影响，这势必将不利于评估高铁对经济增长质量的影响，也不利于政府制定科学合理的高铁建设规划。

基于此，本文以高铁开通作为准自然实验，探讨了高铁开通对地区技术进步的影响以及造成这种影响的内在机制。具体地，利用 2008–2017 年中国 282 个地级市的面板数据，首先采用 SBM-Malmquist 指数法测度分解得到各地级市的技术进步及偏向性技术进步，之后运用倾向得分匹配双重差分模型(PSM-DID)对高铁开通的技术进步效应进行检验。本文的边际贡献有：一、在研究视角上，采用 SBM-Malmquist 模型测算的技术进步作为经济增长质量的重要指标，以此为切入点，深入探讨了高铁开通对地区技术进步的影响，为高铁拉动经济高质量增长提供了宏观上的证据。同时从中性技术进步、资本偏向性技术进步、劳动力偏向性技术进步的视角进一步剖析了高铁对技术进步的作用途径，识别了高铁交通资源投入与资本、劳动力投入是否具有协同效应。二、在技术手段上，本文尝试结合 SBM 模型、Malmquist 指数、双重差分法及得分倾向匹配法等多种方法，构建了从测算技术进步及其偏向性等关键性变量，到估计高铁开通对技术进步的净效益，再到辨识高铁的技术进步区域异质效应的方法框架，扩充了研究高铁经济效应的方法工具箱。三、在研究内容上，本文突出了从区域异质性方面探究高铁对技术进步的影响特征。这是因为不同地区在经济水平、基础设施、地理位置等方面的差异不仅会造成技术进步的区域非一致性，也会影响高铁对技术进步的作用方向和程度。分区域探讨有助于针对每个地区具体的技术偏向特征及不同的高铁技术进步效应进行详细分析并提出政策建议，从而避免高铁的盲目建设，合理有效促进当地经济发展。

二、影响机理分析

1. 高铁开通与技术进步

新经济地理学认为，运输成本、跨区域要素流动和市场范围是塑造经济活动空间分布的决定性因素(Krugman, 1980)。但由于区域可达性的限制，要素流动一般是高度本地化的(Rosenthal 和 Strange, 2004)。高铁能够在很大程度上降低运输成本，提高区域间要素流动的速率和规模，由此促进了跨区域资本集聚、人才流动、区域间合作与贸易以及企业之间的“学习交流”等众多经济活动，从而进一步提升了开通地区创新水平和技术水平。

具体地，高铁的开通主要引发了劳动力要素和资本要素两方面的跨区域流动，继而对技术进步产生了深刻影响。一方面，高铁便利了劳动力要素的畅通流动，让劳动力市场的配置作用得到进一步发挥和优化。由于高铁具备“速率高”“准点率高”“运营成本高”的特点，因此更倾向于引发“对时间敏感、对价格不敏感”的高素质劳动力要素群体流动。这些群体本身就携带大量知识信息，拥有顶尖的知识体系和技能，在不同经济区域和经济主体的流动过程中，促进了技术传播和知识溢出。具体来看，其影响效应主要表现为三方面：一是“学习效应”。高铁开通带来的人才流动为区域间知识交流提供了重要载体和

渠道，促进了各经济主体间的信息共享与学习合作，有利于各主体技术水平的共同提升(卞元超等，2019)。二是“竞争效应”。人才流动和技术扩散加剧了各经济主体间的竞争，企业只有不断改进工艺技术与管理水平，才能降低现有成本，推出创新产品，避免陷入竞争劣势，因此高铁开通进一步激励了企业主体的创新行为。三是“模仿效应”。高素质人才的流动使得企业间联系更为密切，激发了其他企业对技术领先企业的“技术模仿”行为，甚至对领先者的技术进行二次开发和改造，推动技术进步。

另一方面，高铁开通促进了资本要素流动，增加了沿线地区的投资。这些包含了先进技术的新增投资对地区的资本积累产生了积极影响，同时也为企业创新提供了强大的融资支持，从而促进了区域技术进步。首先，高铁进一步降低了资本进入壁垒，在加速内部资本要素流动的同时，也使得大量外部优质资本向高铁沿线城市集聚。其次，高铁开通能够极大程度降低跨区域公司之间的信息传递和沟通成本，改善信息不对称的现象。创新活动的开展需要大量资金支持，然而由于信息不对称，企业往往难以得到创新所需的必要资金。高铁的开通打破了信息流通障碍，有助于沿线城市企业吸引到更多资金，进一步提升技术水平。最后，高铁建设直接为区域交通基础设施领域带来了许多新工艺新技术，促进了技术和工艺的升级换代(路风，2019)。因此，总体来说，高铁的开通提高了区域间要素流动的速率和规模，从而促进了开通地区创新水平和技术水平的提升，对技术进步产生了重要影响。

2. 高铁开通对不同地区技术进步的影响

高铁在提升了要素流动速率的同时也影响了要素的流动方向，导致对不同区域的技术进步影响产生差异。具体地，高铁开通主要通过“虹吸效应”和“扩散效应”两种作用机制影响区域间要素的流动方向，并进一步影响技术进步。

第一种是“虹吸效应”，表现为高铁开通促使优质要素从落后地区流向发达地区，从而使发达地区技术水平得到较大进步，而落后地区进步较小甚至受到抑制。根据“生产力因素趋优分布规律”，生产要素在区域间的流动本质上是一种帕累托改进过程，将根据价格、竞争、外部环境等信息从边际收益较低的地区向边际收益更高的地区流动。发达地区更优的资源禀赋和更大的本地市场规模使生产要素有更高的边际收益，比起落后地区来说对要素有更大的吸引力。高铁的开通大大缩小了落后地区与发达地区的时空距离，因此引发了生产要素向发达地区的流动和集聚。要素的集聚将使经济环境进一步优化，使得规模报酬递增效应更加显著，技术溢出水平不断提升，进一步吸引更多要素流入发达地区，进入“要素集聚—技术水平提升—要素再集聚”的良性循环。反之，高铁的开通带走了落后地区的优质生产要素，使落后地区陷入了“要素流失—技术恶化—再流失”的困境，技术水平停滞不前甚至退步。

另一种是“扩散效应”，与“虹吸效应”相反，该效应表现为高铁开通促使优质要素从发达地区扩散到落后地区，从而使落后地区的技术水平得到较大进步，而发达地区进步较小。新古典区域均衡发展理论认为，由于发达地区资本密集度高于落后地区，按照资本报酬边际递减规律，发达地区的资本回报率将低于落后地区，且落后地区的工资水平较低，因此在落后地区投资能获得更高的利润率。因此，在市场完全竞争和要素自由流动的假设下，生产要素将倾向于从发达地区流入落后地区，最终达到区域经济发展长期内的均衡。高铁开通后，要素的跨区域流动障碍被进一步打破，加快了生产要素向落后地区的流动进程。这些从发达地区流出的要素携带更先进的知识技术，能够快速提升落后地区的科技水平与创新能力，使落后地区实现较大的技术进步。而发达地区由于要素流出，其技术水平进步较小甚至受到阻碍。

如上文所述，这两种作用机制对要素流动方向影响恰好相反，因此它们的混合效应使得高铁对不同地区的技术进步的影响存在差异性。目前，有关这两个效应孰占主导的问题，学界尚未得出统一结论。但在相关研究中，部分学者验证了高铁开通对发达地区经济的促进作用大于落后地区。比如，研究发现，在全要素生产率(孙广召和黄凯南，2019)、区域创新(王春杨等，2020)、企业异地投资(马光荣等，2020)等方面，高铁在较为发达的东部地区表现为正向影响，在相对落后的中部和西部地区表现为无影响甚至抑制。这些结论反映了高铁开通的虹吸效应占主导地位。因此，在虹吸效应占主导地位的情况下，高铁会促进发达地区的技术进步而抑制落后地区的技术进步。如果这种情况并不严格符合现实，那么至少也可以推论出高铁对不同地区的技术进步影响存在异质性。

三、研究设计与数据说明

1. 技术进步及其偏向性测度

本文采用 SBM-Malmquist 方法求解技术进步项。设有 n 个城市，每个城市被视作一个决策单元 (DMU)，假定 DMU 的投入和产出向量分别为 $x=(x_1, x_2, \dots, x_m)$ 和 $y=(y_1, y_2, \dots, y_s)$ ，则全要素生产率可通过式 (1) 所示的 SBM 模型求解得出。其中， λ 表示强度向量用于链接所有的 DMU 来形成生产前沿面， s 表示非负松弛变量， $D^t(x^t, y^t)$ 代表了被评估的 DMU 在 t 时刻的生产前沿面下获得的全要素生产率。

$$\begin{aligned} \min D^t(x^t, y^t) &= \left(1 - \frac{1}{m} \frac{s_z^-}{x^t}\right) / \left(1 + \frac{1}{r} \frac{s_y^+}{y^t}\right) \\ \text{subject to:} \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i^t x_i^t + s_z^- &= x^t \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i^t y_i^t - s_y^+ &= y^t \\ \lambda_i^t \geq 0; s_z^- \geq 0; s_y^+ &\geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

全要素生产率指数 (TFPCH) 通过 Malmquist 指数法进行计算，Malmquist 指数衡量了全要素生产率从 t 期到 $t+1$ 期的变动。为了避免参考单一生产前沿面所造成的效率偏误，一般采用在前一期和后一期生产前沿面下获得的效率比值的几何平均，如式 (2) 所示：

$$M = \left(\frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \times \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right)^{1/2} \quad (2)$$

Malmquist 指数进一步分解将得到技术进步 (TC)，详见式 (3)。其中 TC 代表技术进步项，EC 表示效率改变。当技术发生进步时 TC 值大于 1，退步时小于 1，无变化时等于 1。

$$\begin{aligned} M &= TC \times EC = \\ &= \left[\left(\frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \left(\frac{D^t(x^t, y^t)}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{1/2} \times \\ &\quad \left(\frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \right) \end{aligned} \quad (3)$$

根据 Färe 等 (1997) 的研究，技术进步项中包含了中性技术进步项 (MTC) 和偏向性技术进步项 (BTC)，BTC 又分为产出偏向性 (OBTC) 和投入偏向性 (IBTC) 技术进步项。这些指数项之间的关系详见式 (4)。其中，MTC 度量了生产前沿面平行移动的距离，IBTC 度量的是在产出不变的情况下，要素结构变动引发的生产前沿面移动距离，OBTC 度量的是在投入不变的情况下，产出结构变动引发的生产前沿面移动距离。当产出只有一个时，OBTC 等于 1。

$$\begin{aligned}
TC &= MTC \times BTC = MTC \times OBTC \times \\
IBTC &= \left[\frac{D^t(x^t, y^t)}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right] \times \\
&\left[\left(\frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \left(\frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^t)}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{1/2} \times \\
&\left[\left(\frac{D^{t+1}(x^t, y^t)}{D^t(x^t, y^t)} \right) \left(\frac{D^t(x^{t+1}, y^t)}{D^{t+1}(x^{t+1}, y^t)} \right) \right]^{1/2} \quad (4)
\end{aligned}$$

进一步地，根据 Chen 和 Yu(2014)的研究，考虑两种投入要素 $x=(x_p, x_q)$ 情形，对投入偏向性技术进步要素偏向类型的判断可参照下表 1。

表 1 投入偏向性技术进步要素偏向类型

投入组合	IBTC>1	IBTC=1	IBTC<1
$\frac{x_q^{t+1}}{x_p^{t+1}} < \frac{x_q^t}{x_p^t}$	偏向 x_p 使用	希克斯中性	偏向 x_q 使用
$\frac{x_q^{t+1}}{x_p^{t+1}} > \frac{x_q^t}{x_p^t}$	偏向 x_q 使用	希克斯中性	偏向 x_p 使用

2. 政策效果评估模型构建

本文将高铁开通视为一项“准自然实验”，选用双重差分法(DID)评估高铁开通对技术进步的影响。由于在高铁开通时点之前，处理组城市与控制组城市部分特征存在差异，不满足 DID 的平行趋势假设，因此为了解决这个问题，需要在实施双重差分之前对样本进行匹配，使得处理组与控制组除“是否开通高铁”这一差别外，其他特征极为相似。倾向得分匹配法能够很好地对处理组和控制组进行匹配，因此本文结合 PSM 与 DID 方法，以便更精确地估计高铁对技术进步的影响，具体模型见式(5)：

$$TC_{it} = \beta_0 + \beta_1 city_{it} + \beta_2 year_{it} + \beta_3 city_{it} \times year_{it} + \gamma_j X_{jit} + \delta_i + u_t + \varepsilon_i \quad (5)$$

其中， TC_{it} 为技术进步率，下标 i 和 t 分别表示第 i 个城市和第 t 年； $city_{it}$ 为个体虚拟变量，第 t 年开通的城市值为 1，未开通值为 0； $year_{it}$ 为时间虚拟变量，开通前的年份值为 0，开通后的年份值为 1； $year_{it} \times city_{it}$ 交互项表示高铁开通后的城市虚拟变量，其系数 β_3 反映了高铁开通对技术进步的净效应； X_{jit} 表示本文选取第 j 个控制变量， γ_j 为相应的系数； δ_i 和 u_t 分别控制个体和时期固定效应； ε_{it} 为残差项。

为了进一步探究高铁开通对技术进步的分解项的影响，本文设立模型式(6)、式(7)：

$$MTC_{it} = \beta_0 + \beta_1 city_{it} + \beta_2 year_{it} + \beta_3 city_{it} \times year_{it} + \gamma_j X_{jit} + \delta_i + u_i + \varepsilon_i \quad (6)$$

$$IBTC_{it} = \beta_0 + \beta_1 city_{it} + \beta_2 year_{it} + \beta_3 city_{it} \times year_{it} + \gamma_j X_{jit} + \delta_i + u_i + \varepsilon_i \quad (7)$$

其中, MTC_{it} 为中性技术进步率, $IBTC_{it}$ 为投入偏向性技术进步率, 都由技术进步率分解得到; 其他变量定义与前文相同。

3. 变量选取

被解释变量: 本文的被解释变量为技术进步及分解项。其投入和产出指标选取如下: ①资本投入为资本存量。采用“永续盘存法”进行估计, 相应公式为: $K_t = K_{t-1}(1 - \delta) + I_t/P_t$ 。其中, K_t 为 t 期资本存量, δ 为折旧率, I_t 和 P_t 分别为固定资产投资额及其价格指数。②劳动投入为各地级市从业人数。③产出指标使用平减后的实际生产总值(GDP)。

核心解释变量: 本文的核心解释变量为高铁开通。具体操作为若某地在 2008-2017 年间的某年份首次开通高铁, 则将该地该年份及之后年份的解释变量取值为 1, 否则取值为 0。

控制变量/协变量: 本文借鉴余永泽和潘妍(2019)、卞元超等(2018)学者研究高铁经济效应时的控制指标, 考虑到经济产出水平、科技支出水平、产业结构优化、对外开放水平、人口规模、铁路客运量等会对某地技术进步及是否建设高铁产生较大影响, 选取以上六个方面的指标作为控制变量。经济产出变动($gdpch$): 选取各地级市实际 GDP 的跨期变动值(后一年与前一年的比值)。科技支出变动($resch$): 选取各地级市科技支出的跨期变动值。工业占比变动($indch$): 选取第二产业增加值的跨期变动。对外开放深入($fdich$): 选取实际使用的外商直接投资的跨期变动值。人口规模变动($popch$): 选取人口密度的跨期变动值。铁路客运量变动($hwfch$): 选取铁路客运量的跨期变动值。

4. 数据说明

Shaw 等(2014)研究发现 2011 年为我国高铁降速转折阶段。因此, 大部分研究高铁经济效应的文献都将 2011 年作为高铁开通的时间节点。类似地, 本文将样本区间设定为 2008-2017 年, 选取 2011 年作为政策实施的节点, 将 2011 年前建成高铁的城市作为处理组。鉴于 2011 年后每年还有城市逐渐开通高铁, 若将剩余的 2011 年之前还未建高铁的城市全部作为控制组, 与客观情况不相符合, 所以本文从控制组中删除掉 2011-2017 年间开通高铁的城市。

本文数据来源于 CEIC 中国宏观经济数据库、《中国城市统计年鉴》、《中国统计年鉴》及相关网站整理所得数据。本文剔除了考察期发生过行政区划调整的以及数据缺失严重的地级市样本, 最终确定了 282 个地级市作为基准样本。

四、实证分析

1. 技术进步及分解项测度结果分析

为了探究高铁开通对技术进步的影响及造成这种影响的内在机制, 本文首先对技术进步(TC)的评估值进行了考察。如图 1 所示, 总体来看, TC 和 EC 共同作用于 TFPCH, 且 TC 始终占据主导地位, 使得整个样本期内 TFPCH 呈先下降后上升的趋势。特别是在样本后期, 技术进步的增加拉动了全要素生产率的回升。从时序特征来看, 技术进步在样本期内均显著大于 1, 这说明技术水平在样本期内是逐渐进步的, 并且没有发生技术后退的现象。但技术效率值在样本期内除 2009-2010 年期间为 1.042 以外, 其余期间均小于 1, 这在一定程度上导致了 TFP 的损失。

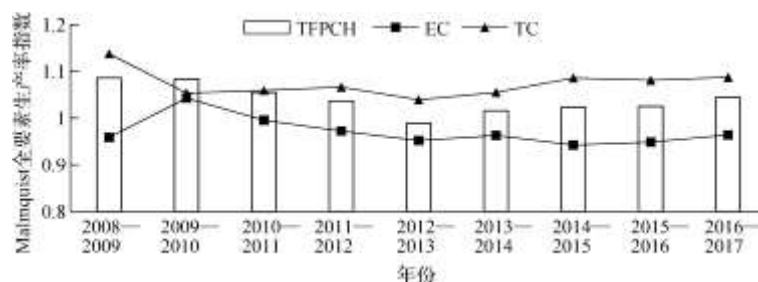


图1 中国 Malmquist 全要素生产率指数及其分解 (2008-2017 年)

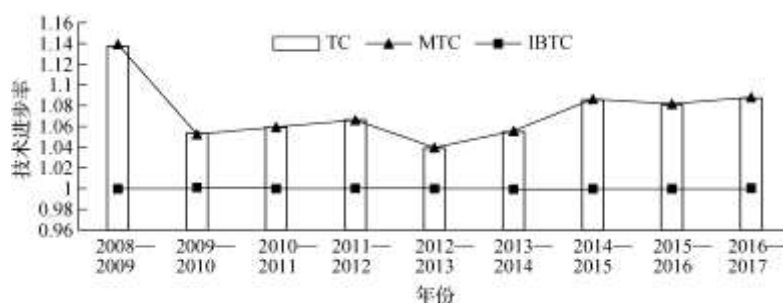


图2 中国技术进步率及其分解 (2008-2017 年)

进一步对技术进步的分解项进行分析。由于研究仅包括单向期望产出， $OBTC=1$ 。因此，技术进步只存在MTC与IBTC两种分解路径。从图2可以看出，在整个样本期内MTC的变动趋势与TC高度一致，其数值在2008-2009年陡然下降，随后保持波动缓慢上升趋势。而IBTC在样本期内有很强的稳定性，始终围绕在1附近，这说明技术进步偏向效应较为微弱。由此可见，技术进步的增长主要依靠中性技术进步的贡献，偏向性技术进步较为稳定且作用相对较小。该发现与杨冕和杨福霞(2017)的研究结论一致，进一步证明了结果的可靠性。

为了探究技术进步及其分解项在不同区域的异质性，本文对东中西三个地区进行了比较。如图3所示，首先，尽管三大区域的TC和MTC较为接近，但总体上仍然满足东部<中部<西部的规律。这是因为东部地区的经济相对来说最发达，中部次之，西部最差，而技术进步满足与此相反的关系。该结果说明落后地区的技术进步存在追赶效应，但这种追赶效应较为微弱。其次，从图中可以看到IBTC非常接近于1但小于1，这意味着投入要素结构的变动引起了技术前沿的下陷，因此投入技术进步偏向整体上并不能促进全要素生产率的改善。参照表1给出的投入偏向性技术进步要素偏向方向判别准则，本文进一步计算了2008-2017年之间东中西三大区域的技术进步偏向方向及程度。结果显示，在样本期内，东、中、西部地区分别有50.25%、51.68%以及54.81%的城市是偏向于资本使用的。这意味着东部和中部地区的技术进步偏向程度极其微弱，主要呈现中性技术进步特征。而相较于东部和中部地区，西部地区技术进步偏向呈现出微弱的资本使用倾向，可认为其技术进步主要偏向于资本使用的。

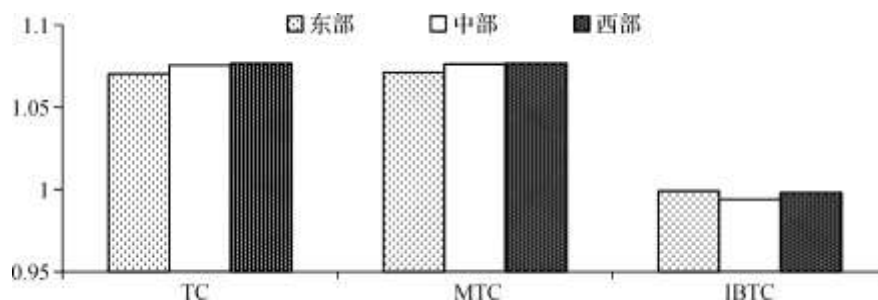


图 3 东中西三大区域年平均技术进步及其分解项

2. 高铁开通对技术进步的影响效应分析

在该部分本文以技术进步为被解释变量，采用 PSM-DID 方法考察高铁开通对技术进步的影响效应。表 2 首先汇报了平衡性检验结果。由各控制变量的 t 检验结果及对应的 p 值可以看出，匹配后处理组与控制组的各协变量均值无显著差异，证明该数据匹配有效。

表 2 平衡性检验结果

变量	控制组 均值	处理组 均值	处理组与控 制组的差分	$ t $	$P> t $
gdpch	1.163	1.154	-0.009	1.04	0.2984
fdich	1.109	1.165	0.055	1.07	0.2872
resch	1.269	1.287	0.019	0.50	0.6166
popch	1.565	1.583	0.018	0.05	0.9566
hwfch	1.048	1.082	0.034	1.42	0.1559
indch	1.186	1.180	-0.006	0.56	0.5733

采用 stata15 软件对公式 (5) 进行 PSM-DID 回归，在匹配过程中，使用 Logit 模型从 6 个控制变量出发对处理组和控制组城市进行核匹配，并施加了“共同支持”条件。由表 3 结果可见，高铁开通后与高铁开通前的双重差分系数为正，且在 5% 的统计水平上显著。这表明高铁的开通能够显著促进技术进步。主要原因在于，相对于其他交通运输工具，高铁最大程度地减少了区域间的通行时间。这一方面使得高技能劳动力向高铁开通地区集聚，增加了该地区劳动力市场上高素质人才的供给，最终使管理水平提高。另一方面高铁的开通能够促进知识和技术的流动，从而促进了知识溢出，有利于区域创新活动的开展，使科技水平提高。同时地区可达性的增加也会吸引企业来此地区投资，引致产业集聚，这也促使了科技水平提升。而技术水平和能力的提升是技术进步的两大关键方面。

3. 高铁开通影响技术进步的机制分析

本部分通过考察高铁开通对中性技术进步和偏向性技术进步的影响来探究高铁的技术进步作用机制。对方程 (6)、(7) 进行了 PSM-DID 回归，结果见表 4。对于中性技术进步而言，双重差分系数为正且在 5% 的显著性水平下通过检验，这表明高铁开通对中性技术进步有显著正向作用。对于投入偏向性技术进步而言，尽管双重差分系数为正，但非常接近 0，且未通过参数显著性检验，说明高铁开通没有对投入偏向性技术进步造成显著影响。因此可以得出结论，高铁开通对技术进步的促进作用主要是通过对中性技术进步的促进作用来实现的。这意味着在样本期内，高铁开通使得技术前沿面平行向外移动，且没有伴随技术前沿面的偏转。这暗示着高铁开通同等地促进了所有要素边际产出的提高，在不改变投入要素结构的前提下使得技术前沿面同比例向外扩张，因此没有诱发投入要素结构的改变，也就没有使得技术进步对某种要素只产生了中性技术进步，而技术前沿面也不发生偏转。

表 3 高铁开通对技术进步的影响结果

时间段	组别	技术 进步率	S. Err.	t	P> t
高铁开通前	控制组 (C)	1.095			
	处理组 (T)	1.079			
	T-C	-0.016	0.005	3.10	0.002***
高铁开通后	控制组 (C)	1.069			
	处理组 (T)	1.068			
	T-C	-0.001	0.004	0.36	0.720
双重差分系数		0.014	0.006	2.33	0.020**

4. 高铁开通的技术进步效应区域异质性分析

为了进一步考察高铁开通对不同发展水平地区技术进步的影响, 本文将 282 个城市按地理区位划分为东中西三部分进行区域异质性分析, 结果见表 5。首先考察高铁开通对不同区域技术进步的影响, 可以看到, 高铁开通显著促进了东部地区的技术进步, 而对于中西部城市无显著影响。可能的原因是: ①由于东部地区经济条件更加优越, 拥有更好的创新环境, 本身就对发展要素有更大的吸引力。高铁的开通大大缩小了落后地区与发达地区的时空距离, 引发了“虹吸效应”, 加快了生产要素向发达地区的流动和集聚, 使得创新环境不断得到优化, 技术水平步步提升。同时高铁的开通也促进了东部地区内部的要素流动, 进一步促进了东部地区的技术进步。②而对中西部地区而言, 尽管这些地区也由于高铁建设的“扩散效应”有助于促进对优质要素的吸引和内部要素的流动, 优化其创新环境。但是由于中西部城市基础设施建设相对东部而言比较落后, 高铁的开通同时也增加了要素流失的可能性, 使得优质企业与人才更容易被“拐跑”、被“吸走”。因此, 正反两方面的效应使得高铁开通对中西部城市的技术进步没有产生显著影响。

表 4 高铁开通对技术进步的影响机制检验

时间段	组别	MTC	t	P> t	IBTC	t	P> t
高铁开通前	控制组 (C)	1.095			1.000		
	处理组 (T)	1.079			1.000		
	T-C	0.016	3.21	0.001***	0.000	0.02	0.982
高铁开通后	控制组 (C)	1.071			0.997		
	处理组 (T)	1.068			1.000		
	T-C	0.002	0.68	0.498	0.003	1.46	0.145
双重差分系数		0.014	2.22	0.027**	0.003	0.82	0.411

表 5 高铁开通对技术进步影响的区域异质性分析

变量	东部	中部	西部
TC	0.032** (0.014)	-0.000 (0.006)	0.001 (0.006)
MTC	0.033** (0.014)	-0.002 (0.006)	0.001 (0.006)
IBTC	0.016 (0.014)	0.007 (0.009)	-0.001* (0.000)

进一步考察高铁对不同区域中性技术进步和投入偏向性技术进步的影响差异，可以看到，高铁对东部地区的中性技术进步有显著的促进作用，而对投入偏向性技术进步没有显著影响。因此高铁对东部地区技术进步的促进作用主要来源于对中性技术进步的正向效应。对于中部地区而言，高铁对中性技术进步和偏向性技术进步都无显著影响。结合前文对技术进步偏向性的测度，我们已经得知中部地区技术进步偏向性十分微弱，近似中性技术进步，因此高铁对中性技术进步的不显著导致了高铁对技术进步的不显著。特别地，对西部地区而言，高铁开通对投入偏向性技术进步的影响系数为负且显著，这说明高铁开通对投入偏向性技术进步有抑制效应。结合之前得到的西部地区技术进步偏向于资本要素的结论，可以认为高铁开通抑制了西部地区技术进步的资本使用偏向性，即抑制了资本要素边际产出的提高。以上结论在一定程度上解释了东部地区高铁交通资源投入与资本、劳动力投入的协同效应，而中西部地区高铁交通资源投入没有很好地作用于资本与劳动力来促进技术进步，甚至西部地区高铁开通弱化了资本投入对技术进步的作用。

5. 稳健性检验

(1) 改变时间窗口。

具体操作为：将处理组的划分区间缩短为 2009–2010 年，采用 stata15 软件再次回归来考察高铁开通对技术进步的影响，回归结果如表 6 所示。结果显示，双重差分系数为正且在 10%的显著性水平下通过检验，表明高铁开通确实对技术进步产生了促进作用，与上文的研究发现相符合，表明结果是稳健的。

表 6 改变时间窗口的 PSM-DID 结果

时间段	组别	技术进步率	S. Err.	t	P> t
高铁开通前	控制组 (C)	1.091			
	处理组 (T)	1.080			
	T-C	-0.011	0.005	2.16	0.031**
高铁开通后	控制组 (C)	1.069			
	处理组 (T)	1.068			

	T-C	-0.000	0.004	0.04	0.965
双重差分系数		0.011	0.006	1.73	0.083*

(2) 安慰剂检验。

本文参考卞元超等(2019)的研究思路,通过构建虚拟的处理组和控制组来重新估计高铁对技术进步的影响。由于在中国当前的城市层次体系中,省会城市和副省级城市经济发展水平较高,对高铁的需求较大,因此本文设定省会城市和副省级城市为虚拟处理组,否则为虚拟控制组。同样采用 stata15 软件对其进行回归来考察高铁开通对技术进步的影响。回归结果如表 7 所示,DID 系数相比主回归而言更小,且在 10%的显著性水平下仍然不显著,即构建虚拟处理组和控制组后,高铁开通对技术进步没有影响,证明了前文结果的稳健性。

表 7 安慰剂检验的 PSM-DID 结果

时间段	组别	技术进步率	S. Err.	t	P> t
高铁开通前	控制组(C)	1.088			
	处理组(T)	1.078			
	T-C	-0.011	0.006	1.90	0.058*
高铁开通后	控制组(C)	1.069			
	处理组(T)	1.067			
	T-C	-0.001	0.004	0.34	0.735
双重差分系数		0.009	0.007	1.34	0.179

(3) 政策外溢性检验。

考虑到高铁开通除了对处理组城市产生影响之外,也可能通过人员流动、资本流动等要素流动对未开通城市(尤其是周边城市)的技术进步产生影响,存在一定政策外溢性,导致政策识别结果产生一定的偏差。为此,本文将非高铁城市(控制组)中与高铁城市(处理组)相邻的城市全部删除,并采用 stata15 软件进行与上文一致的回归考察高铁开通对技术进步的影响。若删除相邻城市后,得到的双重差分系数与原回归系数方向一致且绝对值增加,同时显著性水平提高,则说明高铁开通对技术进步的促进效应更加明显,从而表明前文结果稳健。原因在于控制组中存在一部分高铁城市的相邻城市,高铁的开通为其带来一定的经济红利,这在一定程度上削弱了高铁开通对控制组及处理组的影响差异。在删除相邻城市后,剩余的控制组城市与处理组城市之间受高铁影响的对比更加明显,因此高铁开通对技术进步的促进效用也更加显著。回归结果如表 8 显示,与未删除相邻城市的回归结果(见表 3)相比,双重差分系数一致为正且绝对值增加,同时显著性提升至 1%水平下通过检验,即删除相邻城市后高铁开通对技术进步的促进作用更加明显,证明了前文结果的稳健性。

表 8 政策外溢检验的 PSM-DID 结果

时间段	组别	技术 进步率	S. Err.	t	P> t
高铁开通前	控制组 (C)	1.100			
	处理组 (T)	1.079			
	T-C	-0.020	0.006	-3.52	0.000***
高铁开通后	控制组 (C)	1.069			
	处理组 (T)	1.068			
	T-C	-0.001	0.004	0.27	0.790
双重差分系数		0.019	0.007	2.68	0.007***

五、结论及启示

本文以高铁开通作为准自然实验，采用 SBM-Malmquist 模型测算了 2008-2017 年 282 个城市的技术进步作为经济增长质量的一个重要指标，运用 PSM-DID 方法探讨了高铁开通对地区技术进步的影响及作用机制，研究结论如下：第一，由技术进步及偏向性的测算结果可以得出，2008-2017 年期间中国技术进步的增长主要依靠中性技术进步的贡献，偏向性技术进步较为稳定且作用较小。此外，技术进步要素偏向类型表现出空间分异规律，西部地区为资本偏向性技术进步，东部和中部地区无偏向。第二，总体上，高铁开通对技术进步有显著的促进作用，进一步考察其影响机制发现，高铁开通对技术进步的促进作用是通过中性技术进步而非偏向性技术进步路径实现的，这暗示着高铁开通同等地促进了资本和劳动要素边际产出的提高。第三，分地区估计结果显示，高铁开通能够促进东部地区中性技术进步，因此对技术进步产生了正向影响。而对中西部地区而言，高铁对中性技术进步影响并不显著，甚至抑制了西部地区资本偏向性技术进步，因此并没有给中西部技术进步带来促进作用。

因此，从政策层面来说，由于高铁对不同开通地区的技术进步存在异质性影响，不同地区的政府应该根据当地的资源禀赋、资本累积、产业聚集、经济结构等实际情况制定差异化技术研发与促进政策以及鼓励措施，充分发挥当地的优势。一方面，在有显著促进作用的东部地区，要继续大力推进高铁建设。同时要注意，对于部分“虹吸效应”过度的大城市，在促进高铁建设的同时，应降低城市过度集中的承载负荷，进一步消除限制要素流动的体制机制障碍，充分发挥高铁带来的好处。另一方面，对于发展相对落后的中西部地区来说，应结合自身条件全方面权衡利弊，适度审慎地推进本地高铁发展。首先，树立高铁机遇并非普惠制的观念并了解高铁建设可能存在的风险，尽量减少和避免高铁催生的“过道效应”“被虹吸效应”对中西部地区带来的技术滑坡和技术退步现象。其次，完善与高铁建设配套的本地的基础设施，进而创造良好的营商环境，促进技术对接落地。最后，充分利用高铁带来的人流、物流、资金流、信息流为地方经济注入技术创新要素，推动经济发展由资本拉动和资源依赖向技术推动型转变。

参考文献：

- [1]. Chen, P. C., and M. M. Yu. Total Factor Productivity Growth and Directions of Technical Change Bias: Evidence from 99 OECD and Non-OECD Countries. *Annals of Operations Research*, 2014, 214:143-165.
- [2]. Färe, R., E. Grifell-Tatje, S. Grosskopf, et al. Biased Technical Change and the Malmquist Productivity Index. *Scandinavian Journal of Economics*, 1997, 99:119-127.

-
- [3]. Krugman, P. R. Scale Economies, Product Differentiation, and the Pattern of Trade. *American Economic Review*, 1980, 70:950-959.
- [4]. Rosenthal, S. S., and W. C. Strange. Evidence on the Nature and Sources of Agglomeration Economies. *Handbook of Regional and Urban Economics*, 2004, 4:2119-2171.
- [5]. Shaw, S. L., Z. Fang, S. Lu, et al. Impacts of High Speed Rail on Railroad Network Accessibility in China. *Journal of Transport Geography*, 2014, 40:112-122.
- [6]. Van Elkan, R. Catching up and Slowing down: Learning and Growth Patterns in an Open Economy. *Journal of International Economics*, 1996, 41:95-111.
- [7]. Vickerman, R., and A. Ulied. Indirect and Wider Economic Impacts of High Speed Rail. *Economic Analysis of High Speed Rail in Europe*, 2006, 23:3-13.
- [8]. 卞元超、吴利华、白俊红：《高铁开通、要素流动与区域经济差距》，《财贸经济》2018年第6期。
- [9]. 卞元超、吴利华、白俊红：《高铁开通是否促进了区域创新》，《金融研究》2019年第6期。
- [10]. 董艳梅、朱英明：《高铁建设的就业效应研究——基于中国285个城市倾向匹配倍差法的证据》，《经济管理》2016年第11期。
- [11]. 蒋茂荣、范英等：《中国高铁建设投资对国民经济和环境的短期效应综合评估》，《中国人口·资源与环境》2017年第2期。
- [12]. 林毅夫、张鹏飞：《后发优势、技术引进和落后国家的经济增长》，《经济学(季刊)》2005年第4期。
- [13]. 路风：《冲破迷雾——揭开中国高铁技术进步之源》，《管理世界》2019年第9期。
- [14]. 马光荣、程小萌、杨恩艳：《交通基础设施如何促进资本流动——基于高铁开通和上市公司异地投资的研究》，《中国工业经济》2020年第6期。
- [15]. 孙广召、黄凯南：《高铁开通对全要素生产率增长率的异质性影响分析》，《财经研究》2019年第5期。
- [16]. 覃成林、黄龙杰：《中国高铁与区域经济发展研究进展》，《广西大学学报(哲学社会科学版)》2018年第5期。
- [17]. 谭建华、丁红燕、谭志东：《高铁开通与企业创新——基于高铁开通的准自然实验》，《山西财经大学学报》2019年第3期。
- [18]. 唐荣、顾乃华：《高铁建设与上游生产性服务业发展——基于PSM-DID的实证检验》，《经济与管理研究》2018年第7期。
- [19]. 王春杨、孟卫东、凌星元：《高铁能否提升沿线城市的创新能力?——基于地级城市专利数据的分析》，《研究与发展

管理》2020 年第 3 期。

[20]. 王垚、年猛：《高速铁路带动了区域经济发展吗？》，《上海经济研究》2014 年第 2 期。

[21]. 杨冕、杨福霞：《中国技术进步实现路径及其时空分异规律》，《中国人口·资源与环境》2017 年第 11 期。

[22]. 杨思莹、李政：《高铁开通与城市创新》，《财经科学》2019 年第 1 期。

[23]. 余泳泽、潘妍：《高铁开通缩小了城乡收入差距吗？——基于异质性劳动力转移视角的解释》，《中国农村经济》2019 年第 1 期。

[24]. 张军、吴桂英、张吉鹏：《中国省际物质资本存量估算：1952—2000》，《经济研究》2004 年第 10 期。

[25]. 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》，《经济学动态》2016 年第 6 期。