

“一带一路”倡议的提出是否促进区域创新效率的提升

谢婉蓉

西南大学经济管理学院, 重庆

收稿日期: 2024年9月24日; 录用日期: 2024年10月9日; 发布日期: 2024年11月20日

摘要

以2010~2021年中国大陆30个省、自治区、直辖市(其中, 由于数据搜索困难, 西藏自治区不包括在上述研究样本内)为研究对象, 并建立面板数据。首先运用随机前沿分析法测算各省、自治区、直辖市2010~2021年各年的区域创新效率, 并列出表格进行分析, 观测各地不同年份创新效率的差异, 猜想“一带一路”倡议与区域创新效率之间的内在联系。随后运用双重差分法验证猜想。实证结果表明, 中国大陆内, 位于“一带一路”沿线的省市、自治区在该倡议提出前后的区域创新效率差异性明显, 体现为区域创新效率得到显著提升, 原因是“一带一路”倡议的提出带来了区域间创新要素的自由流动, 创新资源使用的便利程度提升, 创新资源在区域间的流动与整合速度加快, 创新投入产出增多, 区域创新效率得到提升。此外, 区域内劳动者受教育程度、基础设施建设水平以及科技产业的发展水平与区域创新效率存在显著正相关关系, 重视并落实创新型人才的培养、加大基础设施建设的投资力度及推进技术市场的发展等措施对区域创新效率有显著的提升作用。

关键词

“一带一路”倡议, 区域创新效率, 随机前沿分析模型, 双重差分模型

Whether Belt and Road Initiative Promotes Regional Innovation Efficiency

Wanrong Xie

School of Economics and Management, Southwest University, Chongqing

Received: Sep. 24th, 2024; accepted: Oct. 9th, 2024; published: Nov. 20th, 2024

Abstract

Taking 30 provinces, autonomous regions and municipalities in mainland China from 2010 to 2021

文章引用: 谢婉蓉. “一带一路”倡议的提出是否促进区域创新效率的提升[J]. 金融, 2024, 14(6): 2014-2025.

DOI: 10.12677/fin.2024.146206

(among which, the data of Tibet Autonomous Region is incomplete and not included in the research sample) as the research objects, after which panel data is established. Firstly, stochastic frontier analysis (SFA) is used to estimate the regional innovation efficiency of 30 provinces, autonomous regions, and municipalities in China from 2010 to 2021. A table is presented for analysis to observe the differences in innovation efficiency in different regions in different years and guess the internal relationship between the “Belt and Road” Initiative and regional innovation efficiency. The conjecture is then verified by the method of difference and difference. The empirical results show that in mainland China, the provinces and municipalities along the Belt and Road have significant differences in regional innovation efficiency before and after the initiative is put forward, which is reflected in the significant improvement of regional innovation efficiency. The reason is that the initiative brings about the free flow of inter-regional innovation factors and the improved convenience of using innovation resources. The flow and integration of innovation resources between regions are accelerated, the input and output of innovation are increased, and the efficiency of regional innovation is improved. In addition, the research results also show that there is a significant positive correlation between the education level of workers, the level of infrastructure construction, the development level of the science and technology industry in the region, and the regional innovation efficiency. Measures such as attaching importance to and implementing the training of innovative talents, increasing the investment in infrastructure construction, and promoting the development of the technology market have a significant effect on regional innovation efficiency.

Keywords

Belt and Road Initiative, Regional Innovation Efficiency, Stochastic Frontier Analysis model, Difference-in-Difference Model

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

2021 年是中国开启全面建设社会主义现代化国家新征程的开局之年。站在新的历史起点上，科技创新被视作推动经济社会高质量发展的重要引擎和引领发展的第一动力，成为中国经济发展的最主要推动因素。党的二十大报告中，总书记再次强调“必须坚持科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力”，将创新驱动发展战略的重要性提升到新的高度。在中国，创新驱动发展战略的持续推进依赖于区域创新效率的提升与发展。对于我国而言，发展不平衡不充分仍是我国最主要的社会矛盾，各地区资源要素禀赋导致了各地区创新效率的差异及差距，分析影响区域创新效率提升的因素，除了科技要素与资源的投入，政策的出台也是重要因素之一，体现在政策的利好可能为一地带来发展机遇，使得创新产出的增加。

“一带一路”倡议是习近平总书记在 2013 年首次提出的，其中包含两个重要内涵，“一带”代表着“丝绸之路经济带”，“一路”代表着“21 世纪海上丝绸之路”。自“一带一路”倡议提出以来，中国始终保持着开放包容的姿态，使得共建“一带一路”的朋友圈不断发展扩大，中国与“一带一路”沿线各国往来日趋密切，合作项目在数量与质量上形成不同程度的飞跃。2022 年是党的二十大召开之年，“一带一路”建设再次出现在二十大报告中，报告原文为“共建‘一带一路’成为深受欢迎的国际公共产品和国际合作平台”；“推动共建‘一带一路’高质量发展”等，至此，“一带一路”建设的内涵在我国未来发展中得到进一步升华。2023 年是“一带一路”倡议提出的十周年，十年间“一带一路”建设不断落地实处，取得了闻名于世界、举世瞩目的成就。

在中国大陆“丝绸之路经济带”包含以黑龙江、吉林、辽宁等在内的13个省市、自治区，“21世纪海上丝绸之路”包括以上海、福建、广东、浙江、海南在内的5个省市。将“一带一路”所经过的18个沿线省份在中国大陆版图中标注出来，可以发现大部分省份位于中国中、西部，再根据近十余年间中国内陆地区经济的发展，可以猜想，“一带一路”建设打通了进出口贸易通道和资源要素流通渠道，资源配置效率得到有效提升，激发了内陆地区市场的活跃性，实现区域经济高速发展。同时，“引进来”和“走出去”并举也为中、西部带来先进的科学技术知识与科技资源，提升区域科技水平的发展，促进创新效率的提升，从而极大程度改善了中国发展不平衡的局面，促进区域经济协调发展。

因此，准确研判“一带一路”倡议与区域创新效率的内在联系具有现实意义，通过研究有利于深化对“一带一路”倡议内涵的理解，推动高质量共建“一带一路”的进程；同时为提升中国区域创新效率，缩小区域间发展差距提供政策建议与指导。

2. 相关文献述评

2.1. “一带一路”倡议

“一带一路”倡议提出以来，世界各国学者们从未停止对这一领域的研究与讨论，在大多数国家对该倡议持支持与赞同态度的同时，也不乏有西方资本主义国家的人们不怀好意地诋毁“一带一路”倡议。但“一带一路”建设已走过十年，十年间所取得的成果是世界各国所有目共睹的，历史证明“一带一路”倡议是伟大而正确的，它造福了世界上许多国家的人民百姓，是中国方案走向世界的一次成功的实践。

中国学者对“一带一路”倡议已有诸多研究。周方银(2014)认为“一带一路”倡议提升了中国的外交水平，使得中国外交在国际上焕发崭新面貌，提高了中国在国际上的战略地位，使得中国更加主动地把握国际话语权，改善和平发展的国际环境[1]。陈玉荣和蒋宇晨(2015)认为“一带一路”倡议的提出是国际政治经济发展模式的一种全新实践，作为倡议的提出国，中国的“大国外交”理念走向了世界[2]。孙楚仁、张楠和刘雅莹(2017)利用微观数据实证分析得出，“一带一路”倡议的实施提振了中国的出口贸易的发展速度[3]。邢广程(2022)认为，“一带一路”建设的重要载体作用体现在构建人类命运共同体的实际中，倡议也体现了中国式现代化视域下的外交思想和大国外交[4]。冯霞和胡荣涛(2021)提出了构建“一带一路”话语体系的重要性，指出该探索在促进中国把握全球治理中的国际话语权和推进“一带一路”建设中具有重要现实意义[5]。

2.2. 区域创新效率

区域创新效率是衡量区域经济发展水平的重要指标，直至目前学术界仍没有测算区域创新效率的统一标准，学者们通过设计不同的创新投入与产出指标，结合不同计量模型，设计了多样化的区域创新效率测算方法。白俊红、江可申和李婧(2009)以各区域研发创新活动为研究对象，应用随机前沿模型测算创新效率，并通过分析得出，创新环境和创新系统网络与创新效率存在正相关性[6]。魏守华，吴贵生和吕新雷(2010)通过实证研究影响区域创新能力的因素，得出以下结论：首先区域创新能力的大小与地区内研发活动开展的规模紧密相关。其次，区域创新能力的提升首先依赖于区域的创新效率的提升。因此进一步研究区域创新效率的提升机制，发现提升产业集群的质量、产学研之间的有效联系以及吸收区外技术溢出的能力等措施是有效促进区域创新效率的重要手段[7]。

2.3. “一带一路”倡议与区域创新效率

“一带一路”倡议与区域创新效率之间的内在联系研究中，陈升和扶雪琴(2020)研究了“一带一路”

沿线省份是否存在区域创新效率的差异,研究方法为 DEA 模型和 Tobit 回归模型,得出结论为:区域创新效率的空间差异性在“一带一路”沿线省份体现为东高西低形式;此外,加大政府的支持力度、提高培养高素质劳动者的力度以及营造公平公正的金融环境有助于创新效率的有效提升;同时研究仍发现,科研经费投入量、当地的创业水平与科技创新效率呈负相关关系,“一带一路”倡议的提出也对区域创新效率有负向影响[8]。韩兆洲和马佳羽(2016)通过测算并分析“一带一路”沿线省份区域创新效率的差异,认为经济增长具有空间溢出效应,空间溢出活动中创新效率的溢出效应最大[9]。韦东明和顾乃华(2021)以中欧班列的开通为切入点,运用多期双重差分法,实证检验中欧班列开通前后区域创新效率存在的差异,分析后发现中欧班列开通后,所途经的地区的创新效率都得到了发展[10]。

2.4. 相关研究述评

通过阅读相关研究文献,国内外学者对于“一带一路”倡议的研究多聚焦于宏观层面,具体研究其历史意义以及中国外交思想的传递;在微观层面内容广泛,如以相关产业为研究对象,研究“一带一路”倡议给产业带来发展的契机。而相关文献中,研究主体是定位中国大陆的 31 个省市、自治区的研究成果相对较少,同时与区域创新效率相关联的研究成果也较为稀缺,本文以此为创新点,以中国大陆 31 个省市、自治区为研究对象,测算 2010~2021 年以来各省市、自治区的区域创新效率;以“一带一路”倡议提出当年为节点,研究“一带一路”倡议提出的年份前后,我国大陆各省市区域创新效率的差异,并分析是否存在沿线各省市与其余各省市之间倡议对区域创新效率提升效应的差异。

3. 研究方法

3.1. 随机前沿分析模型

经济学研究过程中,经常会涉及生产函数和成本函数的效率问题。例如技术创新的效率,可以使用索洛余值进行估算,也可以依托国民经济投入—产出生产函数,使用前沿分析的方法进行测算。生产前沿的定义为,既定的技术水平下,各比例的要素投入所能达到的最大产出,多用生产函数来表示[11]。已有的研究中显示,随机前沿分析(SFA)和数据包络分析(DEA)是前沿分析法的两个主要形式,二者具有明显区别,最大的区别在于生产函数是否确定且可以具体表现。本文选取的是生产函数中存在随机干扰项的随机前沿分析模型(Stochastic Frontier Analysis),在生产函数中引入随机误差,将其对技术效率所产生的影响表示在函数模型中,该模型的一般形式如下:

$$y_i = f(x_i, \beta) \cdot \xi_i$$

其中, y_i 代表 i 地区产出, x_i 代表 i 地区要素投入, β 代表生产要素对产出影响的边际效应,是待估参数。 $0 < \xi_i \leq 1$ 代表效率水平,如果 $\xi_i = 1$,则说明 i 地区正好处于效率前沿, ξ_i 取值越高,代表 i 地区效率水平越高。此外,该模型认为生产活动还会受到外生因素的随机冲击的影响,因此应引入新的变量:

$$y_i = f(x_i, \beta) \cdot \xi_i \cdot e^{v_i}$$

其中, e^{v_i} 代表外部随机冲击。因而, i 地区的产出能否达到生产前沿(边界),不仅受到效率水平 ξ_i 影响,还会受到外生随机冲击因素 e^{v_i} 影响。

生产函数的形式以微观经济学中的柯布-道格拉斯生产函数为模板:

$$f(x_i, \beta) = e^{\beta_0} x_{i1}^{\beta_1} \cdots x_{ik}^{\beta_k}$$

其中 k 代表投入 k 个要素,对方程两边取对数得到:

$$\ln y_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^k \beta_k \ln x_{ki} + \ln \xi_i + v_i$$

定义 $u_i = -\ln \xi_i \geq 0$ ，生产效率 $TE = \xi_i = e^{-u_i}$ ，可以得到：

$$\ln y_i = \beta_0 + \sum_{k=1}^k \beta_k \ln x_{ki} + v_i - u_i$$

其中 $u_i \geq 0$ 为无效率项(技术无效性，因为 u_i 越大，效率越低)，表示 i 地区离效率前沿的距离， $\xi_i = 1$ 时， $u_i = 0$ ，说明效率损失为 0， ξ_i 越大， u_i 越小。判断是否可以使用随机前沿分析模型的依据是方差变量 $\gamma = \sigma_u^2 / (\sigma_u^2 + \sigma_v^2)$ ，当 $0 < \gamma < 1$ 时可以用随机前沿分析模型。

同时，Battese 和 Coelli(1977)引入了如下技术无效率项 u_i 的函数：

$$u_i = \delta_0 + \delta Z_{it} + \varepsilon_{it}$$

其中 Z_{it} 为影响技术效率的外生变量，也是模型设计中的控制变量，系数 δ 的正负通常用于判断外生变量对技术效率的影响与作用， ε_{it} 为随机误差项。

3.2. 双重差分模型

双重差分模型(Difference-in-Difference, DID)，是用于评估随机试验或自然实验(例如法律法规的调整、政策的实施)的效果，其最基础的函数形式如下：

$$y_{it} = \alpha + \gamma time_t + \beta treat_i + \delta time_t \times treat_i + \mu_i + \varepsilon_{it}$$

其中 $time_t$ 为实验期的虚拟变量，当取值为 0 时表示在实验期之前，取值为 1 表示在实验期之后， γ 为其变量系数； $treat_i$ 是政策的实施虚拟变量，根据双重差分模型的预设，模型中有实验组和对照组，当虚拟变量取值为 0 时表示该变量为未经过政策调整的对照组，取值为 1 则表示为经过政策调整的对照组。 $time_t \times treat_i$ 则为政策和时间所形成的交互项， δ 为其变量系数，双重差分模型的目的便是测度 δ 的有效性及相关值。

相对于研究中常用的静态分析法，双重差分法可以合理研究政策效果，避免对政策实施效应的夸大，同时能够避免内生性问题的存在，通过固定效应模型的操作和运用，避免个体异质对被解释变量的影响而造成的结果偏差。再者，双重差分法通过实现对不可观测总体因素的控制对政策效果进行无偏估计(陈林等，2015)[12]。

4. 模型设计与变量数据

4.1. 随机前沿分析模型

(1) 创新产出变量

颜莉(2012)认为仅凭专利、论文及其余科技成果存量不能全面展现某区域创新水平，因此构建了一套从科技、经济、社会、环境以及区域竞争力五个方面反映创新产出的指标体系[13]。孙凯(2008)分地区对创新产出进行描述，同时在衡量指标上选取技术市场交易价值、三种专利授权量以及新产品的销售收入为标准，以各个数据值占地区总销售收入比率为衡量产出的指标加入回归模型检验[14]。龚雪媚(2011)认为仅用专利授权量不能作为衡量创新产出的标准，原因是专利授权量仅是技术创新的阶段性产出，新产品才是最终产出，因此在创新产出变量的设计中应同时加入新产品销售收入额[15]。

综上所述，专利的产出是研发活动所带来的直接性成果，因此在研究中常被视作衡量技术创新产出的重要指标。本文在参考相关文献基础上，选择中国各省、省、自治区、直辖市专利授权量作为衡量区域创新产出的指标。国家统计局的统计年鉴中对于专利授权量的计算，是将发明专利授权量、实用新型专利授权量和外观设计专利授权量合计而得，因此本文计算方法同上。

(2) 创新投入变量

在区域创新效率测算的相关文献中，对创新投入指标的选用经历了从单一要素到多要素，同时在数

据处理中考虑时间滞后因素的存在, 测算投入变量存量的发展变化过程。目前, 创新投入一般用于研发人员(下文简称为 R&D 人员)投入量和研发经费(下文简称为 R&D 经费)投入量来表征。本文参考李婧(2008)的指标选取方法, 选用 R&D 人员全时当量来衡量 R&D 人员投入, 并采取永续盘存法测算报告年内 R&D 资本存量对 R&D 经费投入进行[16]。

具体计算公式如下:

$$K_{it} = (1 - \delta) \cdot K_{it-1} + E_{it}$$

公式的解释如下: 第 t 年的资本存量 K_{it} 由第 $(t-1)$ 年的资本存量 K_{it-1} 进行折旧(以 δ 为折旧率)的量与当年实际的资本投入 E_{it} 加总而得, 根据吴延兵(2008) [17], 本文将折旧率定为 15%; 测算每年各地区实际 R&D 投入则参考朱平芳和徐伟民(2003) [18]的研究方法, 以 2010 年为基期, 对 2010-2021 年考察期内各年名义 R&D 经费投入进行平减, 得到各年实际 R&D 经费投入。其中, 价格指数由消费物价指数 (PI_c , 权重 55%)和固定资产投资价格指数(PI_i , 权重 45%)加权而得, 即: $PI = 0.55PI_c + 0.45PI_i$ 。对于基期资本存量的估算, 具体估算公式如下:

$$K_{i0} = \frac{E_{i0}}{g + \delta}$$

基年资本存量 K_{i0} 由基年实际 R&D 经费投入 E_{i0} 与考察期内实际 R&D 经费支出的平均增长率(g)和折旧率(δ)之和的比值计算而得。

经过对上文所述的创新投入、创新产出的变量的设定后, 建立随机前沿分析生产函数:

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln RDP_{it} + \beta_2 \ln RD_{it} + v_i - u_i$$

其中, y_{it} 为 i 地区第 t 年专利授权量, RDP_{it} 为 i 地区第 t 年 R&D 研发人员全时当量, RD_{it} 为 i 地区第 t 年 R&D 研发资本存量。

(3) 控制变量

除常见的创新投入与创新产出变量外, 区域创新效率的影响因素是多样的, 如外部环境冲击、各地区资源要素禀赋等的影响。根据相关文献, 参考李婧(2009)的研究, 设置三个控制变量, 建立如下无效率函数模型:

$$u_{it} = \delta_0 + \delta_1 \ln college_{it} + \delta_2 \ln infra_{it} + \delta_3 \ln tech_{it} + \varepsilon_{it}$$

其中, 各控制变量具体内涵如下。

Table 1. Explanation of control variables

表 1. 控制变量指标解释

控制变量	名称	衡量标准
劳动者受高等教育程度	$college_{it}$	每百万人中在校大学生的人数
基础设施完善程度	$infra_{it}$	交通运输、仓储和邮电业务增加值占地区生产总值的比重
技术市场发展程度	$tech_{it}$	技术市场成交额占地区生产总值比例

(4) 模型构建

表 1 即为随机前沿分析模型中无效率函数的控制变量, 将各控制变量带入无效率函数, 并将最终的无效率函数方程引入随机前沿分析生产函数, 得到最终测算区域创新效率的随机前沿分析模型:

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln RDP_{it} + \beta_2 \ln RD_{it} + v_i - (\delta_0 + \delta_1 \ln college_{it} + \delta_2 \ln infra_{it} + \delta_3 \ln tech_{it} + \varepsilon_{it})$$

4.2. 双重差分模型

表 2 为中国大陆“一带一路”沿线省份，资料来源于中国“一带一路”网。

Table 2. “Belt and Road” in provinces along the mainland of China

表 2. “一带一路”在中国大陆沿线省份

一带一路	沿线途经省份
丝绸之路经济带	黑龙江、吉林、辽宁、新疆、陕西、甘肃、宁夏、青海、内蒙古、重庆、广西、云南和西藏
21 世纪海上丝绸之路	上海、福建、广东、浙江、海南

资料来源：笔者根据一带一路网官方文件整理。

根据双重差分模型的定义，本文将中国 30 省、自治区、直辖市(西藏自治区由于数据不全而除外)随机分为两组，位于“一带一路”沿线的 17 省市为实验组，即表格内省份除西藏之外，均为实验组，赋予虚拟变量值为 1，其余 13 省市为对照组，赋予虚拟变量值为 0。假定区域创新效率和“一带一路”倡议影响虚拟变量间呈线性关系，构建双重差分函数模型如下：

$$y_{it} = \beta_0 + \beta \text{treat}_{it} \times \text{time}_{it} + \beta_i + \beta' \text{control}_{it} + \varepsilon_{it}$$

各变量的解释与选取标准如下。

(1) 被解释变量

本文研究“一带一路”倡议对区域创新效率的影响，即模型的被解释变量 y_{it} 为区域创新效率，被解释变量的具体值以前文中随机前沿分析模型所测得的区域创新效率值为准。

(2) 解释变量

$\text{treat}_{it} \times \text{time}_{it}$ 为关键解释变量，即“一带一路”倡议，这一变量可以用实验时间和组别虚拟变量相乘的交互项来表示。实验组 $\text{treat}_{it} = 1$ ，对照组 $\text{treat}_{it} = 0$ ；时间以“一带一路”倡议首次提出的 2013 年为时间节点，2010~2013 年 $\text{time}_{it} = 0$ ，2014~2021 年 $\text{time}_{it} = 1$ 。 β 为交互项的系数，用于测度“一带一路”倡议的政策效应。

(3) 控制变量

control_{it} 为控制变量， β_i 表示个体固定效应。参考孙吉乐(2018)相关研究文献[19]，区域创新效率受地区劳动者素质、地区基础设施建设水平和地区科技产业发展水平的影响，因此本文以 college_{it} 、 infra_{it} 和 tech_{it} 为控制变量，变量具体解释同上文中随机前沿分析模型中的控制变量设计保持一致。

4.3. 数据来源

本文选用的创新投入及产出的变量数据均来源于国家科技部发布的 2010~2021 年各年的《中国科技统计年鉴》，其中 2021 年的数据来源于《2021 年全国科技经费投入统计公报》。此外，2021 年部分区域 R&D 人员全时当量数据来源于各省市、自治区发布的 2022 年统计年鉴，其余缺失数据的获取首先计算 2010~2020 年该指标的年均增长率，将其在 2020 年的数据基础上乘以年均增长而得。其余的控制变量的数据均来源于 2010~2022 年间的《中国统计年鉴》。

5. 实证结果分析

5.1. 区域创新效率的测算结果

本文使用计量分析软件 Frontier4.1，对前文所述的随机前沿分析模型中的生产函数进行系数估计。估

计结果如下表所示。

Table 3. Regression results of stochastic frontier analysis model
表 3. 随机前沿分析模型回归结果

	系数	标准差	t 检验值
前沿生产函数			
β_0	-5.0798***	0.6673	-7.6119
β_1	0.8068***	0.0922	8.7432
β_2	0.2676***	0.0960	2.7867
技术无效率函数			
δ_0	2.0015	0.4943	0.4048
δ_1	0.3339	0.7096	0.4705
δ_2	0.9195***	0.2760	3.3315
δ_3	0.3780**	1.6860	2.2421
σ^2	0.2631***	0.0365	7.1909
γ	0.5814**	0.2669	2.1778
Log 函数值		-215.8831	
单边 LR 检验		23.9823	
样本数		360	
年数		12	
横截面数量		30	
平均效率		0.5088	

注：***、**、*分别表示系数在 1%、5%和 10%的水平下显著。

从表 3 回归结果中可看出，方差参数 $\gamma = 0.5814 < 1$ ，且在 5%的水平上显著，说明生产函数存在随机扰动的影响，随机前沿分析模型是有效的。从表 3 的回归结果可以看出，R&D 经费的投入量以及 R&D 人员的投入量和一地区创新的产出呈正向相关影响，即增加两个要素的投入将增加创新产出，其中 R&D 经费系数为 0.8026，R&D 人员投入系数 0.2676 较 R&D 经费的系数小，说明地区的创新产出中，R&D 经费的投入量为主要影响因素。

技术无效率的检验结果中显示，基础设施完善程度和技术市场发展程度对创新效率提升有显著正向效应，劳动者受教育程度指标的回归系数为正，但不显著，说明目前创新型人才在增加创新产出中的作用有待释放，这也与前沿生产函数中创新产出更多依赖于研发经费投入的结果相吻合。

基于随机前沿分析模型所得出的区域创新效率值如表 4 所示。

由表 4 可知，平均创新效率较高的省份有浙江、贵州、海南、广东、重庆、江苏、新疆、安徽、福建，其中除江苏省和安徽省以外，其余皆为“一带一路”建设的沿线地区，因此，初步猜测“一带一路”倡议的提出使得“一带一路”沿线地区的创新效率得到提升，区域经济得到发展。从 2010~2021 年，各省市、自治区的区域创新效率均实现了不同程度的增长，其中以山西、内蒙古、江西、广西、海南、贵州、山西、甘肃、青海、宁夏的创新效率增长幅度为较大的地区，分析这些区域的特征，可以发现大部分位于中国中、西部地区，而东部地区的省市较少，因为东部地区的创新水平已经处于较高水平，同时中

国近年来加大“西部大开发”战略的实施力度，提出并不断落实“一带一路”建设，都有力地促进中国中、西部地区的经济发展。

Table 4. Regional innovation efficiency of 30 provinces, municipalities and autonomous regions in China from 2010 to 2021
表 4. 2010~2021 年中国 30 省市、自治区的区域创新效率

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	均值
北京	0.23	0.24	0.26	0.27	0.29	0.32	0.32	0.32	0.33	0.33	0.36	0.39	0.31
天津	0.29	0.31	0.35	0.37	0.36	0.41	0.42	0.43	0.49	0.46	0.52	0.58	0.42
河北	0.35	0.33	0.36	0.36	0.36	0.42	0.41	0.41	0.50	0.48	0.59	0.63	0.43
山西	0.28	0.28	0.33	0.34	0.33	0.27	0.31	0.34	0.40	0.41	0.54	0.63	0.37
内蒙古	0.23	0.23	0.24	0.25	0.25	0.30	0.29	0.30	0.39	0.41	0.53	0.61	0.34
辽宁	0.32	0.33	0.33	0.32	0.29	0.33	0.33	0.34	0.39	0.40	0.49	0.56	0.37
吉林	0.32	0.33	0.35	0.35	0.34	0.39	0.40	0.42	0.49	0.46	0.58	0.54	0.41
黑龙江	0.28	0.39	0.51	0.50	0.42	0.47	0.46	0.50	0.54	0.52	0.62	0.70	0.49
上海	0.47	0.44	0.43	0.39	0.37	0.39	0.38	0.39	0.41	0.42	0.48	0.51	0.42
江苏	0.61	0.68	0.72	0.64	0.55	0.58	0.53	0.51	0.57	0.54	0.65	0.70	0.61
浙江	0.73	0.73	0.78	0.77	0.71	0.74	0.69	0.66	0.70	0.67	0.72	0.74	0.72
安徽	0.53	0.69	0.70	0.67	0.62	0.64	0.62	0.52	0.57	0.55	0.63	0.61	0.61
福建	0.51	0.51	0.55	0.56	0.52	0.63	0.62	0.62	0.70	0.65	0.73	0.68	0.61
江西	0.36	0.39	0.44	0.46	0.52	0.65	0.69	0.65	0.72	0.70	0.75	0.76	0.59
山东	0.39	0.39	0.41	0.39	0.37	0.41	0.39	0.37	0.42	0.43	0.54	0.60	0.43
河南	0.44	0.44	0.48	0.46	0.45	0.52	0.49	0.49	0.56	0.54	0.62	0.65	0.51
湖北	0.39	0.38	0.40	0.40	0.37	0.42	0.42	0.40	0.45	0.45	0.54	0.61	0.44
湖南	0.43	0.43	0.50	0.46	0.45	0.48	0.45	0.44	0.47	0.47	0.53	0.56	0.47
广东	0.60	0.56	0.56	0.54	0.53	0.58	0.57	0.62	0.68	0.67	0.72	0.75	0.62
广西	0.34	0.35	0.39	0.43	0.46	0.55	0.56	0.56	0.62	0.62	0.73	0.75	0.53
海南	0.56	0.52	0.55	0.56	0.55	0.60	0.55	0.55	0.65	0.70	0.83	0.85	0.62
重庆	0.60	0.62	0.65	0.65	0.59	0.69	0.67	0.57	0.59	0.55	0.59	0.65	0.62
四川	0.60	0.54	0.61	0.60	0.54	0.60	0.55	0.54	0.59	0.54	0.59	0.64	0.58
贵州	0.46	0.44	0.56	0.59	0.64	0.71	0.59	0.67	0.73	0.75	0.80	0.79	0.64
云南	0.54	0.52	0.56	0.56	0.57	0.62	0.58	0.52	0.58	0.58	0.63	0.69	0.58
陕西	0.30	0.31	0.34	0.38	0.38	0.45	0.53	0.41	0.44	0.42	0.47	0.55	0.42
甘肃	0.29	0.31	0.37	0.41	0.42	0.48	0.50	0.52	0.62	0.61	0.70	0.74	0.50
青海	0.23	0.33	0.32	0.31	0.34	0.50	0.51	0.50	0.67	0.70	0.81	0.85	0.51
宁夏	0.48	0.31	0.33	0.38	0.39	0.44	0.51	0.63	0.68	0.63	0.69	0.77	0.52
新疆	0.48	0.46	0.49	0.57	0.55	0.67	0.58	0.63	0.64	0.61	0.74	0.83	0.60

5.2. 双重差分模型回归结果

本文采用计量分析软件 Stata14.0，按照双重差分模型的要求，对 30 个省市、自治区所有数据按实验组和对照组进行分组对比分析，观察两组数据存在的差异。其中主要变量的描述性统计结果如表 5 所示。

Table 5. Descriptive statistics of major variables

表 5. 主要变量的描述性统计

变量	名称	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
区域创新效率	y	360	0.509	0.140	0.226	0.853
劳动者受高等教育程度	college	360	26759	8512	10820	61960
基础设施完善程度	infra	360	0.0478	0.0139	0.0222	0.104
技术市场发展程度	tech	360	0.0158	0.0284	0.0002	0.176

进行固定效应回归分析，回归结果如表 6 所示：

Table 6. The impact of Belt and Road Initiative innovation on regional innovation efficiency

表 6. “一带一路”创新对区域创新效率的影响

解释变量	模型 1	模型 2
treat*time	0.113*** (0.0147)	0.0459*** (0.0121)
College	-	0.0000138*** (0.0000)
infra	-	-2.362*** (0.465)
tech	-	1.308*** (0.447)
Constant	0.461*** (0.0079)	0.211*** (0.0410)
观测值个数	360	360
样本量	30	30
R-squared	0.152	0.511

注：***、**、*分别表示系数在 1%、5%和 10%的水平下显著。

如表 6 的检验结果中所示，模型 1 是不加任何控制变量，测度“一带一路”倡议对区域创新效率提升的静效果。由回归结果显示，“一带一路”倡议对区域创新效率的净影响为 0.113，且在 1%的水平下显著，说明“一带一路”倡议与区域创新效率的提升存在显著的正向关系，即“一带一路”倡议的提出可以显著提升区域创新效率。模型 2 加入了劳动者接受高等教育程度、基础设施完善程度、技术市场发展程度三个控制变量，回归结果显示 treat*time 变量的系数是 0.0459，代表该变量的净影响为 0.0459，且在 1%的水平下显著，可见加入控制变量后，交互项系数较模型 1 有所下降。劳动者受高等教育程度与区域创新效率呈显著正向关系，劳动者受高等教育程度使用每百万人中在校大学生人数表征，因而扩展高校

招生数量,鼓励高校大力培养创新型人才对创新效率的提升有促进作用。基础设施完善情况与区域创新效率呈显著的反向关系,这与本文所预期的结果相背离,可以猜想,目前中国基础设施建设在各地区间发展水平与速度各异,导致区域差异的出现,根据孙吉乐(2018)的分析,该结果可能跟现阶段中国区域创新系统内部产学研的协作水平不够高,区域创新活动还呈现一种诸侯经济状态,知识和信息尚未完全打破地域界限,在不同区域展开充分交流有关[19]。技术市场发展程度与区域创新效率的提升有显著的正向影响,因此大力发展中国科技事业将对创新效率的提升有极大的作用。

双重差分模型有着重要的假设前提,具体为:“一带一路”倡议若未提出,假设的实验组和对照组之间将不会出现区域创新效率得显著差异,双重差分模型的平行趋势检验以横坐标表示考察期年份,以2010年为第1年,赋值为1,2011年赋值为2,以此类推;纵坐标表示区域创新效率的值。从检验结果可得,实验组和对照组在第5年(2014年)后,区域创新效率开始有显著的差异,且差异持续发展,说明“一带一路”倡议对区域创新的提升有促进效应,且存在长期效应。检验结果显示2014年后“一带一路”省市和其余省市的创新效率开始有显著的差异,而“一带一路”倡议首次提出的时间是2013年,区域创新效率没有从当年开始就产生显著差异的原因是政策的实施与其效应的产生存在一定的时间滞后。

6. 结论与建议

6.1. 主要结论

从双重差分模型分析结果来看,模型1与模型2的 $treat*time$ 变量(代表“一带一路”倡议的政策实施交互项)的系数都显著为正,即说明“一带一路”的倡议对中国区域创新效率之间有显著正向影响。因此,未来深化“一带一路”倡议,共建高质量“一带一路”将促进对中国区域创新效率的提升作用。

劳动者受高等教育程度对区域创新效率提升有显著正向关系,说明促进劳动者素质的提升,培养创新型人才可以提升区域创新效率,这与随机前沿生产函数模型中,R&D人员投入与创新产出呈显著正相关关系的结论保持一致,因此如何进行创新型人才的培养将是中国未来发展中需重视的课题。

技术市场发展程度与区域创新效率呈显著正相关,说明一区域技术市场发展越完善,则对该区域创新效率的提升效应越强,因为发达活跃的技术市场有利于科技成果较快地产出转化,对创新活动起到激励作用,从而促进创新效率的提升。

基础设施完善情况与区域创新效率呈显著的负相关关系,这与本文一般思维相悖,分析其原因,可能是区域创新系统内部产学研的协作水平较低,区域间知识、技术存在流通壁垒。未来中国可以适当转变基础设施投资建设的进程,将基础设施投资向创新人才培养、发展技术交易市场方向转移。

6.2. 政策建议

(1) 保持战略定力,坚持推进“一带一路”建设

坚持“一带一路”倡议,进一步推进“一带一路”建设,以促进区域间科技资源的自由流动,鼓励创新活动在区域间的合作开展,提升创新资源在区域间的配置效率,促进创新产出及创新效率的提升。高质量共建“一带一路”,需要坚持各国主体参与共建,充分调动各国市场主体的积极性与创造性;坚持“一带一路”多元利益机制,促进多方利益共享风险共担,实现合作共赢。具体措施可以增加中欧班列开行量,促进区域间贸易往来及交流。

(2) 培养创新人才,打造中国科技人才智库

随着中国创新驱动发展战略的持续推进,中国对于创新型人才的需求量极大,对研发人员的需求量也将显著增长。因此,为适应国家建设现代化强国的需要,应加大创新型人才培养力度,保障研发人员数量的增长。从创新投入的角度而言,既要确保研发人员数量的充足,也要注重研发资本的投入,保障

科研活动顺利开展。国家财政资金可适度加大对教育领域的倾斜程度，尤其是对高等院校、科研机构的支持力度，同时鼓励产学研合作一体化，鼓励高校培养适应市场需求的创新型人才，鼓励高校构建新型研究组织模式，充分发挥其在学术研究方面的创新能力；同时构建与高校科研人员和高水平专家学者之间的利益共享机制，鼓励学生参与学科基础研究工作或参与项目研究，培养更多科技创新人才。

(3) 发展技术市场，促进科技创新成果转化

技术市场的发展程度对创新效率的提升有显著促进作用，且推动技术市场的发展将以不同程度释放创新活力，推动科技成果转化的同时也激发了创新积极性，进而推动更多创新成果的产出。中国应在完善技术市场的交易制度与价格机制中加强顶层设计、系统推进，推动技术市场法制化与规范化发展。

参考文献

- [1] 周方银. 2014 年国际政治与中国外交形势分析[J]. 战略决策研究, 2015, 6(2): 3-15, 101.
- [2] 陈玉荣, 蒋宇晨. “一带一路”: 中国外交理念的传递[J]. 当代世界, 2015(4): 14-17.
- [3] 孙楚仁, 张楠, 刘雅莹. “一带一路”倡议与中国对沿线国家的贸易增长[J]. 国际贸易问题, 2017(2): 83-96.
- [4] 邢广程. 中国式现代化视域下的外交思想和大国外交[J]. 当代中国与世界, 2022(4): 4-14, 123.
- [5] 冯霞, 胡荣涛. 人类命运共同体视阈下“一带一路”话语体系构建[J]. 厦门大学学报(哲学社会科学版), 2021(1): 12-21.
- [6] 白俊红, 江可申, 李婧. 应用随机前沿模型评测中国区域研发创新效率[J]. 管理世界, 2009(10): 51-61.
- [7] 魏守华, 吴贵生, 吕新雷. 区域创新能力的影响因素——兼评中国创新能力的地区差距[J]. 中国软科学, 2010(9): 76-85.
- [8] 陈升, 扶雪琴. “一带一路”沿线科技创新效率区域差异及影响因素分析——基于三阶段 DEA 和 Tobit 模型[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2022, 28(1): 154-169.
- [9] 韩兆洲, 马佳羽. 中国“一带一路”省市区域创新效率及空间效应[J]. 产经评论, 2016, 7(2): 110-119.
- [10] 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.
- [11] 陈强. 高级计量经济学及 Stata 应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2013.
- [12] 陈林, 伍海军. 国内双重差分法的研究现状与潜在问题[J]. 数量经济技术经济研究, 2015, 32(7): 133-148.
- [13] 颜莉. 我国区域创新效率评价指标体系实证研究[J]. 管理世界, 2012(5): 174-175.
- [14] 孙凯, 鞠晓峰. 基于改进 DEA 模型的工业企业技术创新能力评价[J]. 系统管理学报, 2008(2): 134-137, 145.
- [15] 龚雪媚, 汪凌勇, 董克. 基于 SFA 方法的区域技术创新效率研究[J]. 科技管理研究, 2011, 31(16): 57-62.
- [16] 李婧, 白俊红, 谭清美. 中国区域创新效率的实证分析——基于省际面板数据及 DEA 方法[J]. 系统工程, 2008, 26(12): 1-7.
- [17] 吴延兵. 用 DEA 方法评测知识生产中的技术效率与技术进步[J]. 数量经济技术经济研究, 2008, 25(7): 67-79.
- [18] 朱平芳, 徐伟民. 政府的科技激励政策对大中型工业企业 R&D 投入及其专利产出的影响——上海市的实证研究[J]. 经济研究, 2003(6): 45-53, 94.
- [19] 孙吉乐. “一带一路”倡议提升沿线省市区域创新效率的作用机理及实证检验[D]: [博士学位论文]. 兰州: 兰州大学, 2018.