

基于 DID 和 SDID 的科技专项资助与企业科技成果关系研究

——以珠三角为例

何露雪, 林力佳, 郭 利

(国家超级计算深圳中心, 广东 深圳 518055)

摘要:科技专项资助作为企业创新发展的重要资源之一,对企业的科研成果产出因果效应还不明晰。基于因果推断理论,以珠三角地区受到应用研究项目资助和基础研究项目资助的企业为样本,运用双重差分法(DID)和合成双重差分法(SDID)探究科技专项资助与企业科技成果产出的关系。研究发现,应用研究项目和基础研究项目资助均提升了企业的科研成果产出数量,经过平行趋势检验、安慰剂检验、更换被解释变量检验、异质性检验等一系列检验后结论依然稳健;相较于受到基础研究项目资助的企业,受到应用研究项目资助的企业产出了更多的科研成果;相较于近年来被广泛应用的政策评价 DID,SDID 表现出了更好的稳健性。

关键词:科技专项资助;科技成果;因果推断;双重差分法;合成双重差分法

中图分类号:F812.2;F276 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2023)11-0089-09

党的十九大提出“创新是引领发展的第一动力,是建设现代化经济体系的重要战略支撑”。在此创新驱动发展的战略背景下,各级政府部门极其重视科技创新活动,致力于构建以企业为主体、市场为导向、产学研深度融合的技术创新体系,进一步激发企业科技创新活力,深化科技供给侧结构性改革,以提升社会经济发展质量^[1]。

科技专项资助作为激励企业科技创新的重要政策之一,由政府主导,通过直接干预科技创新活动,弥补时长机制对科技研发的刺激失灵^[2],并结合地区城市经济社会发展目标 and 需求,是一种能够增强区域综合竞争力的科技政策^[3],用来解决区域科技活动协同发展问题。目前,学者们对政府资助与企业创新活动的研究更多地集中在资助作用机制方面。王军和张一飞^[4]研究了政府研发补贴对企业创新及经济增长的影响,结果表明政府补贴可以激励企业自身科技创新,进而推动经济发展。岳中刚和陈伟民^[5]从政府、产业协会和企业三个层次分析了政府研发资助对企业的激励机理,分析发现政府

向企业提供的研发资助在一定程度上弥补了企业研发活动的“市场失灵”。王君华^[6]通过构建多元回归模型,实证研究了政府资助对企业研发活动与新产品开发的影响效果,研究表明政府的研发资助对于企业的应用研究和新产品出口销售额之间的关系有重大积极影响。

科技专项资助政策通过以高技术研发与产业化和高级人才培养与引进为目的,为企业创新提供了启动资金,从而降低了企业研发成本,提升了企业经济效益^[7]。然而,政府资源对企业科研成果发挥了多大效用,在不同项目中的效果又有何区别,是政策制定者和利益相关者共同关心的问题。在进一步明确政府科技专项资助对于企业科技创新的效果时,不仅要深入研究政府的扶持政策,而且还要建立健全政策效果的科学评价体系,提高政策之间的协调性。特别是,关于政策有效性的评价不能局限于统计相关性研究,而应该采取更加科学客观的研究方法对政策效果进行实证分析,如通过基于反事实的因果分析方法推断政策效应^[8]。目前,主

收稿日期:2023-01-28

基金项目:中国博士后科学基金(2022M710921)。

作者简介:何露雪(1995—),女,贵州贵阳人,硕士,国家超级计算深圳中心工程师,研究方向为大数据分析;林力佳(1998—),女,广东韶关人,硕士,国家超级计算深圳中心工程师,研究方向为运筹规划、大数据分析及可视化。郭利(1995—),女,山西祁县人,博士,国家超级计算深圳中心博士后,研究方向为因果推断、博弈算法、高性能大数据分析。

流的因果推断方法包括 DID(difference in difference)、合成控制法、倾向得分匹配法、断点回归设计法、弯折回归等,主要用于依据截面数据和面板数据的政策评价。孙玉涛和张艺蕾^[9]运用 DID 评估了“青年项目”是否提升大学科研产出,结果表明“青年项目”有利于提升大学科研产出数量和质量,且对科研产出质量的提升幅度更大。张俊艳等^[10]利用合成控制法研究“三权”下放改革试点政策对科研院所专利技术转移的影响,研究表明试点政策的实施对绩效具有促进作用。诺贝尔经济学奖获得者 Imbens 团队^[11]于 2021 年提出了 SDID(synthetic difference in difference),该方法有机地结合了合成控制法和 DID 的优点,可以更好地解决平行趋势问题。

综上所述,主要通过双重差分法和合成双重差分法,验证政府科技专项资助是否能够促进企业科技创新成果产出,即分析科技专项资助对于企业科技创新成果产出的因果效应,这对于提升企业科技创新能力及客观评价科技专项资助政策的实施效果具有重要的理论和实践价值。

1 政策背景与研究假设

1.1 政策背景

近年来,随着国家科技创新研究的跨越式发展,科技政策对国家的科技发展发挥了重要的支撑作用。在推进创新型国家建设和“科教兴国”“科技强国”战略的实施过程中,国家出台了一系列科技政策以促进科学技术的发展,如《关于实施科技创新的若干意见》和《关于贯彻落实国家创新驱动发展战略纲要的实施方案》等。

企业作为市场主体,走创新驱动发展道路是必然趋势。其中,科技含量高、创新能力强的中小企业是具有巨大活力和潜力的创新主体,是巩固企业创新主体地位的重要力量。据统计,2021 年中国企业研发投入占比为 76%,同时,创新成果转化方面,占比 90%的技术合同营业额均由企业贡献^[12]。科技专项资助作为政府对市场干预的重要政策工具,对其干预影响进行研究不仅对政策效果有事后评价作用,而且对后续资助模式的优化具有一定指导意义。

1.2 研究假设

政府对企业的科技资助是企业创新资金的重要来源之一^[13]。第一,缺乏创新资金引进渠道已成为阻碍企业创新成功的主要因素,政府资助能增加企业的现金流,减轻经济负担,吸引更多高层次人才,产出高质量的科技成果,实现促进科技创新的

目标。第二,科技专项资助传递了科技主体“有潜力”和“认证效应”等积极信号^[14],有利于相关企业嫁接市场资源与政府资源,提高企业风险承担水平,降低企业创新失败风险^[15],从而增强企业投入科研的意愿。第三,科技资助政策提升了企业的社会影响力,有利于企业与科研机构通过合作攻克创新难题,降低创新失败的风险^[16]。

党的二十大报告指出“必须坚持科技是第一生产力,深入实施创新驱动发展战略”。2035 年远景目标纲要提出^[17],要坚持创新在国家现代化建设全局中的核心地位,把科技自立自强作为国家发展的战略支撑。然而,在国家战略背景下,政策需要因地制宜和因时制宜,任何政策都不具备普适性^[18],例如,研究显示 R&D 经费对技术创新的影响在国别、行业、组织结构、企业规模等方面具有异质性^[19]。另外,为了保证全生态产业链的安全可靠,基础研究项目作为全链之源,政府对基础研究项目的专项资助旨在提升原始创新能力,努力夯实科技创新基础,以培养科研骨干、建设高水平后备人才为目标。“十四五”规划强调聚焦科技自立自强,着力突破“卡脖子”技术瓶颈,政府对应用研究项目的资助旨在突破科技领域瓶颈性关键技术,增强高新技术产业核心竞争力,提升产业自主创新能力。

基于以上分析,提出以下假设。

假设 1:科技专项资助政策对企业科研成果产出数量具有促进作用。

假设 2:不同科技专项资助对企业科研成果产出数量的影响不同。与基础研究项目相比,应用研究项目对企业科研成果产出数量的资助效果更好。

2 研究设计

为研究科技专项资助对珠三角地区科技创新企业的科技成果产出数量的实际推动作用,将受到应用研究项目资助和受到基础研究项目资助的企业视为处理组,未受到任何资助的企业作为对照组,主要包括未受资助的创新创业项目、国际项目、软科学项目、工程项目、人才项目、创新合作项目。采用 DID 和 SDID 两种因果推断方法进行研究。处理组与对照组如表 1 所示。

表 1 处理组与对照组

分组	项目资助情况
处理组	受到应用研究项目资助的企业
	受到基础研究项目资助的企业
对照组	未受到任何项目资助的企业

2.1 双重差分法(DID)

DID 最初在经济学领域由 Ashenfelter^[19] 提出,之后周黎安和陈烨^[20] 引入 DID 研究中国农村税费改革的政策效果。目前,该方法被广泛应用于政治学、社会学、经济学和医药卫生学等学科领域,评估特定事件或政策干预发生前后处理组与对照组之间的效应差异^[21-23]。DID 的基本思想是基于反事实框架来评估政策干预和不干预两种情况下被观测因素的变化,前提条件之一是要求处理组和对照组在政策干预前后具有可比性。若一个外生政策的干预将样本分为受政策干预的处理组和未受政策干预的对照组,且在政策干预前,处理组和对照组的被观测因素没有显著差异,则可以将对照组在政策干预前后被观测因素的变化看作处理组未受政策干预时的状况,并以此计算政策的实际效果,即获得政策净效应。

假定有 N 个样本个体, T 期数据,无时间和个体固定效应的双重差分模型设计如下:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{Treat}_i + \beta_2 \text{Time}_t + \beta_3 \text{Effect} + \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \beta_i \text{Controls}_{it} + U_{it} \quad (1)$$

式中: Y_{it} 为企业的科研成果数量(包括专利与论文); i 和 t 分别为分组和时间; Treat_i 为分组哑变量; Time_t 为时间哑变量; $\text{Effect} = \text{Treat}_i \times \text{Time}_t$ 为核心解释变量; Controls_{it} 为控制变量; U_{it} 为随机扰动项; 系数 β_0 为常数; β_1 为处理组的组别效应,即处理组与对照组的固有差别; β_2 为政策干预期的时间效应; β_3 为双重差分回归系数,是衡量科技专项资助作用于企业科技成果的政策效应,若系数 β_3 显著大于 0,则表明科技专项资助对企业科研成果产出数量有促进作用。

加入时间和个体固定效应的双重差分模型为

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_3 \text{Effect} + \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \beta_i \text{Controls}_{it} + \text{In } d_i + \text{Year}_t + U_{it} \quad (2)$$

式中: $\text{In } d_i$ 为个体固定效应, Year_t 为时间固定效应。

2.2 合成双重差分法(SDID)

SDID 作为前沿计量经济学政策效益评估方法,通过个体权重找到与处理组相近的对照组个体并赋予其较大的个体权重,同时,通过时间权重找到与政策干预后相似的政策干预前的时间并赋予其相对较大的时间权重。

假定有 N 个样本个体, T 期数据,第 $1 \sim N_{\text{control}}$ 个样本个体(即对照组)从未受到政策干预,第 $N_{\text{control}} + 1 \sim N$ 个样本个体(即处理组)在第 $T_{\text{pre}} +$

$1 \sim T$ 期受到政策干预, $N_{\text{control}} + N_{\text{treated}} = N$, $T_{\text{pre}} + T_{\text{post}} = T$ 。哑变量 W_{it} 为是否遭受政策干预, τ 为因果效应, μ 为时间固定效应, α 为个体固定效应, β 为截距, ω 为个体权重, λ 为时间权重,数学建模为

$$(\hat{\tau}^{\text{SDID}}, \hat{\mu}, \hat{\alpha}, \hat{\beta}) = \arg \min_{\tau, \mu, \alpha, \beta} \left[\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (Y_{it} - \mu - \alpha_i - \beta_t - W_{it} \tau)^2 \hat{\omega}_i^{\text{SDID}} \hat{\lambda}_t^{\text{SDID}} \right] \quad (3)$$

其中,对于与处理组更相似的对照组个体,通过以下最优化问题 1 赋予更高的个体权重有

$$(\hat{\omega}_0, \hat{\omega}^{\text{SDID}}) = \arg \min_{\omega_0 \in \mathbb{R}, \omega \in \Omega} l_{\text{unit}}(\omega_0, \omega)$$

$$l_{\text{unit}}(\omega_0, \omega) =$$

$$\sum_{i=1}^{T_{\text{pre}}} \left(\omega_0 + \sum_{i=1}^{N_{\text{co}}} \omega_i Y_{it} - \frac{1}{N_{\text{tr}}} \sum_{i=N_{\text{co}}+1}^N Y_{it} \right)^2 + \xi^2 T_{\text{pre}} \|\omega\|_2^2$$

$$\Omega = \{ \omega \in \mathbb{R}_+^N : \sum_{i=1}^{N_{\text{co}}} \omega_i = 1, \omega_i = N_{\text{tr}}^{-1}, i = N_{\text{co}} + 1, \dots, N \}.$$

相较于 Abadie 等^[24] 提出的合成控制法,最优化问题 1 在估计个体权重时不仅加了截距项,还加了惩罚项 $\xi^2 T_{\text{pre}} \|\omega\|_2^2$ 以解决过拟合问题,提高了所选择处理组的分散性, ξ 为正正则化参数,该参数的计算方法为

$$\xi = (N_{\text{tr}} T_{\text{post}})^{\frac{1}{4}} \hat{\sigma}.$$

式中:

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{N_{\text{co}} (T_{\text{pre}} - 1)} \sum_{i=1}^{N_{\text{co}}} \sum_{t=1}^{T_{\text{pre}}-1} (\Delta_{it} - \bar{\Delta})^2,$$

$$\Delta_{it} = Y_{i(t+1)} - Y_{it},$$

$$\bar{\Delta} = \frac{1}{N_{\text{co}} (T_{\text{pre}} - 1)} \sum_{i=1}^{N_{\text{co}}} \sum_{t=1}^{T_{\text{pre}}-1} \Delta_{it}.$$

对于与政策干预后相似的政策干预前的时间,通过以下最优化问题 2 赋予更高的时间权重,即

$$(\hat{\lambda}_0, \hat{\lambda}^{\text{SDID}}) = \arg \min_{\lambda_0 \in \mathbb{R}, \lambda \in \Lambda} l_{\text{time}}(\lambda_0, \lambda).$$

式中:

$$l_{\text{time}}(\lambda_0, \lambda) = \sum_{i=1}^{N_{\text{co}}} \left(\lambda_0 + \sum_{t=1}^{T_{\text{pre}}} \lambda_t Y_{it} - \frac{1}{T_{\text{post}} - T_{\text{pre}} + 1} \sum_{t=T_{\text{pre}}+1}^T Y_{it} \right)^2,$$

$$\Lambda = \{ \lambda \in \mathbb{R}_+^T : \sum_{t=1}^{T_{\text{pre}}} \lambda_t = 1, \lambda_t = T_{\text{post}}^{-1}, t = T_{\text{pre}} + 1, \dots, T \}.$$

与个体权重不同的是,计算时间权重的最优化问题 2 中没有加入惩罚项,这反映了该估计方法允许相同个体在不同时间的观测值具有很强的相关性。

综上,SDID 的估计过程可以简述为以下步骤:计算正则化参数 ξ ; 计算个体权重,即最优化问题 1; 计算时间权重,即最优化问题 2; 由式(3)计算

SDID 估计参数。

由式(3)可知,SDID 通过时间固定效应和个体固定效应的加权回归来估计因果效应,相应地,DID 可以通过包含个体固定效应和时间固定效应的未加权回归进行表示,即

$$(\hat{\tau}^{DID}, \hat{\mu}, \hat{\alpha}, \hat{\beta}) = \arg \min_{\alpha, \mu, \beta, \tau} \left[\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (Y_{it} - \mu - \alpha_i - \beta_t - W_{it} \tau)^2 \right] \quad (4)$$

通过比较式(3)和式(4)可知,SDID 使得双向固定效应回归更加本地化,强调平均意义上更接近处理组的个体及更接近干预年份的时间。

2.3 数据来源与变量说明

2.3.1 数据来源

以珠三角地区申请应用研究项目和基础研究项目的企业为研究对象,以 2014—2021 年作为观测时间段(将前五年定义为资助干预前,后三年定义为资助干预后)。相关数据资料来自三个渠道:①政府官方渠道,即查阅地区的财政、科技等部门的相关资料和政策文件等;②调研访谈,即实地走访受资助机构、相关受益人员,发放调查问卷并现场访谈;③次级数据,即从政府公示网站和媒体新闻中公开的工作报告、公示栏及工作报告等查阅科技专项资助情况。

2.3.2 变量说明

被解释变量:科技成果产出数量(Outputs),即专利申请和论文发表数量的年均值表示企业科研产出成果,单位为千个。其中,专利数量包括发明专利申请数、实用新型专利申请数和外观设计专利申请数,论文数量为发表论文总数。此外,还采用专利申请和论文发表的年总值替换被解释变量来进行稳健性检验。

核心解释变量:Treat 和 Time 的交互项(Effect),Treat 为分组哑变量,处理组的 Treat 取值为 1,对照组 Treat 取值为 0;Time 为时间哑变量,若时间为 2018 年后,则 Time 取值为 1,否则为 0。

控制变量:企业的科研投入总额(Investment)和从业人员总数(Employees)。科研投入总额反映企业的经济情况和综合科研水平,有助于研究科技专项资助对企业科研能力的影响;从业人员总数可表征企业规模大小,有助于了解企业规模差异下的科技专项资助效应。

3 实证分析

3.1 平行趋势假设检验

如前所述,采用 DID 的前提是在政策实施之

前,处理组和对照组呈现一致的变化趋势。为了进行平行趋势假设检验,借鉴 Beck 和 Levkov^[25]的做法,采用资助实施之前第 4 年为基准期,对资助前 4 年和后 2 年加以分析,图 1 给出了回归系数的 90% 置信区间。由图 1 可知,资助实施(2019 年)之前的回归系数置信区间均包含 0,表明资助实施之前变量间线性关系并不显著;但 2019 年后的回归系数在 90% 的置信区间出现拉升,表明资助可以显著地促进企业科技成果的产出数量,说明满足平行趋势假设。

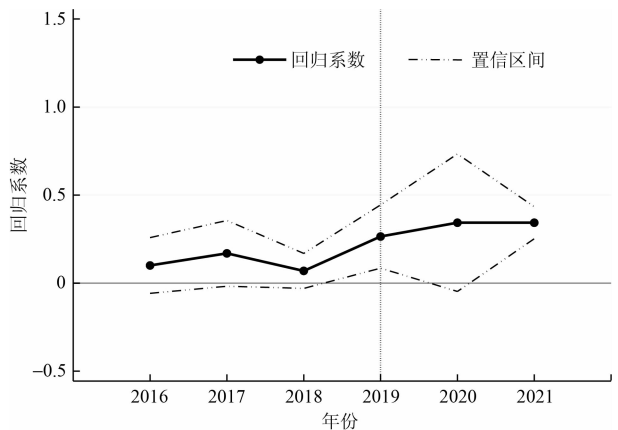


图 1 平行趋势假设检验回归结果

3.2 变量描述性统计分析

表 2 给出了各变量的均值、标准差、最小值、最大值和相关性系数。根据各变量之间的相关系数可以看出,核心解释变量 Effect 与其他变量均呈现显著正相关,初步验证了假设 1。被解释变量 Outputs 的最大值与最小值的差值较大,说明各企业的科技成果产出水平不同。根据控制变量 Investment 和 Employees 之间的差值,可以得出企业的科研投入力度不一、企业规模范围跨度较大的结论。同时通过引入控制变量,可以从多个角度探究科技专项资助对企业科技成果产出数量的影响。

3.3 DiD 模型实证

以 2019 年为资助干预年份,图 2 给出了双重差分模型中,处理组和对照组随年份变化的科技成果产出数量变化趋势,以及资助干预效果。其中,实线为受到资助的处理组,虚线为未受到资助的对照组。由图 2 可知,资助干预之前,2014—2016 年的平行趋势效果一般,2016—2019 年基本满足平行趋势假设;资助干预之后,处理组的科技成果产出数量明显高于对照组,这表明科技资助对企业科技成果产出的积极效应。

表 2 主要变量描述性分析与相关性矩阵

变量	均值	标准差	最小值	最大值	Outputs	Effect	Treat	Time	Investment	Employees
Outputs	0.099	0.128 42	0	0.604 246	1.00					
Effect	0.107 1	0.312 09	0	1	0.749***	1.00				
Treat	0.285 7	0.455 84	0	1	0.563***	0.548***	1.00			
Time	0.375	0.488 5	0	1	0.308**	0.447***	0.00	1.00		
Investment	9 993.5	37 577	12.53	251 665	0.508***	0.555***	0.300**	0.281**	1.00	
Employees	671.57	2 096.12	8.5	16 001.83	0.16	0.526***	0.294**	0.260 *	0.276**	1.00

注:***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的显著性水平上显著。

根据 DID,图 3 给出了 6 类对照组的科研成果产出年差值。其中,纵轴为处理组个体和对照组个体的科技成果产出数量年差值;虚线值为 0.367 6,为加权年均差值,差值最大的是国际项目,最小的是创新合作项目;圆圈面积为每个对照组个体的所含权重大小,面积越大,所占权重更大,且权重总和为 1,DID 中对照组个体的权重相同。

根据是否加入个体固定效应和时间固定效应,表 3 和表 4 分别给出了回归结果,其中列 1 为没有加入控制变量的回归结果,列 2 和列 3 为在列 1 基础上逐步加入控制变量的回归结果。

由表 3 可知,列 1 的核心解释变量 Effect 回归系数在 1%水平上显著为正,表明相较于未受到资

助的企业,受到资助的企业科技成果产出数量显著升高。加入科研投入总额控制变量后,与列 1 相比,列 2 的核心解释变量 Effect 回归系数虽有所下降,但是依然在 1%水平上显著为正,这表明资助效应有所减弱,但对企业的科技成果产出依然有积极作用。加入科研投入总额和从业人员总数两个控制变量后,列 3 的核心解释变量 Effect 回归系数在 1%水平上显著为正,这表明科技资助对企业的科技成果产出有促进作用。

在个体和时间双向固定效应模型中,不再加入分组和时间哑变量进行分析以降低变量间多重共线性^[26]。由表 4 可知,列 1、列 2 和列 3 的 Effect 回归系数与表 3 相差不大,且均通过显著性检验,但显著水平不同。列 1 的 Effect 在 5%水平上显著为正,列 2 和列 3 的 Effect 在 10%水平上显著为正,这表明在控制变量的影响下,有固定效应的核心解释变量回归结果依然显著,科技资助对企业科技成果产出数量起了推动作用,验证了假设 1。

通过比较表 3 和表 4,可以看出加入固定效应后,调整的 R^2 从 0.48 增大到 0.76,说明加入固定效应后,模型自变量所能解释的方差在总方差中占比更大,回归拟合效果更好。

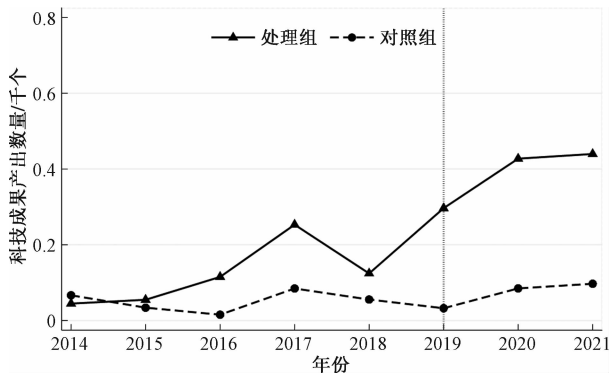


图 2 企业科技成果产出数量 DID 效应

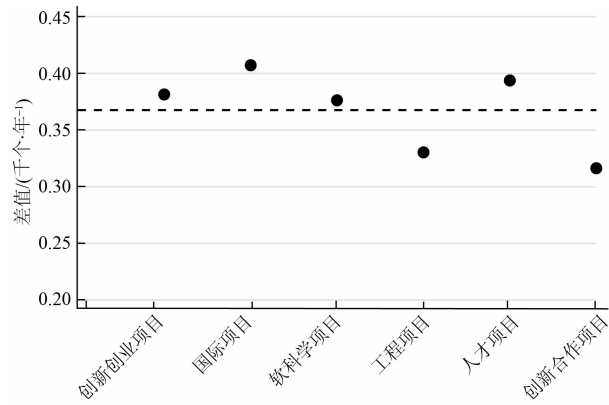


图 3 DID 对照组个体差值

表 3 基准回归结果(无固定效应)

变量	1 Outputs	2 Outputs	3 Outputs
Effect	0.249*** (0.046 8)	0.216*** (0.050 9)	0.217*** (0.051 5)
Treat	—	—	—
Time	0.020 2 (0.023 4)	0.018 5 (0.023 1)	0.017 7 (0.023 5)
Investment		4.87×10^{-7} (3.15×10^{-7})	5.09×10^{-7} (3.29×10^{-7})
Employees			-1.41×10^{-6} (5.21×10^{-6})
截距	0.068 1*** (0.012 4)	0.066 9*** (0.012 3)	0.067 8*** (0.012 8)
调整的 R^2	0.454	0.478	0.479

注:***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的显著性水平上显著。

表 4 基准回归结果(有固定效应)

变量	1	2	3
	Outputs	Outputs	Outputs
Effect	0.249** (0.082 0)	0.226* (0.107)	0.229* (0.108)
Investment		3.38×10^{-7} (3.65×10^{-7})	3.88×10^{-7} (3.72×10^{-7})
Employees			-3.36×10^{-6} (1.95×10^{-6})
截距	0.075 6*** (0.007 69)	0.074 4*** (0.007 06)	0.075 9*** (0.007 56)
调整的 R ²	0.751	0.756	0.758

注:***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的显著性水平上显著。

3.4 SDID 模型实证

同样以 2019 年为资助干预年份,图 4 给出了运用 SDID 后,处理组和对照组随年份变化的科技成果产出数量变化趋势,以及资助干预效果。其中,实线为受到资助的处理组,虚线为未受到资助的对照组,灰色三角部分为时间权重。由图 4 可知,资助干预之前,2014—2015 年的平行趋势效果仍不明显,但相较于同时期的 DID 模型,该平行趋势有明显改善,2015—2019 年基本满足平行趋势假设;资助干预之后,处理组的科技成果产出数量明显高于对照组,这表明科技资助对企业科技成果产出的积极效应,再次验证了假设 1。

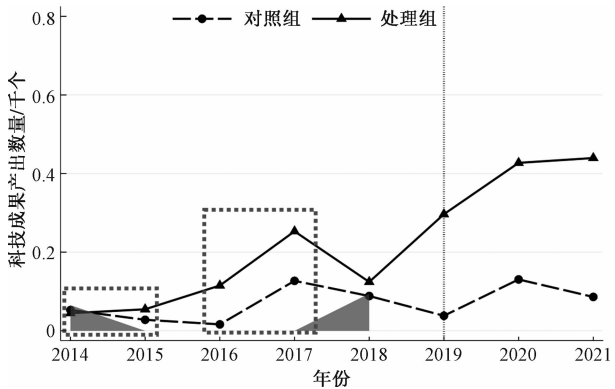


图 4 企业科技成果产出数量 SDID 效应

SDID 模型的实证结果如表 5 所示,其中,列 1、列 2 和列 3 分别为未加入控制变量、依次加入控制变量科研投入总额和从业人员总数的结果,平均处理效应为处理组和对照组效果的期望差值。三种变量处理情况的平均处理效应均为 1%水平上显著为正,这表明科技专项资助对企业的科技成果产出数量起到明显提升作用。根据加入控制变量后的平均处理效应,可以得出加入科研投入总额控制变量后,资助带来的积极效应最大。

表 5 SDID 结果

变量	1	2	3
平均处理效应	0.285***	0.315***	0.275***
标准误差	0.083 27	0.084 85	0.064 53
t	2.3	3.71	4.26

注:***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的显著性水平上显著。

根据 Rubin 反事实框架模型^[27]和 SDID,图 5 给出了 6 类对照组个体的合成权重大小,图 5 中元素含义与图 3 保持一致。其中,权重最大的是工程项目,权重最小的是创新合作项目。同时比较图 3 和图 5,可以发现图 5 的年均差值(虚线)小于图 3 的年均差值,表明 SDID 有更好的估计效应。同时,相较于图 3,图 5 中圆圈分布相对更加紧密,这是由于式(4)中的正则化参数和截距参数,使得 SDID 在处理对照组的权重时具有更好的松弛性,进而得到更平衡的对照组个体权重。另外,图 3 存在年差值较大的对照组个体,而图 5 则相对均衡,这表明 SDID 通过使用相对集中的对照组权值,实现了更好的平行趋势。

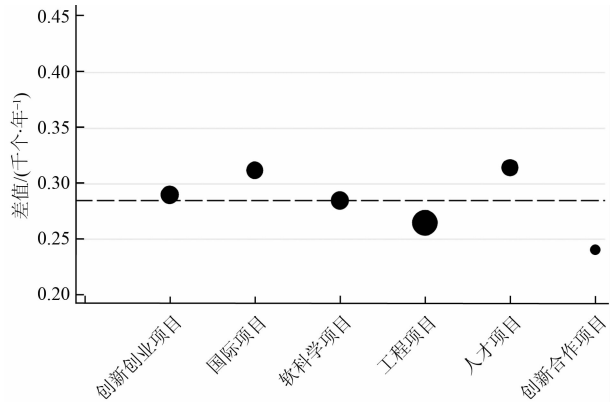


图 5 SDID 对照组个体差值

由图 2 和图 4 可知,基于 DID 和 SDID 两种因果推断方法,针对科技专项资助对企业的科技成果产出效应得出了一致的结果。通过图 4 中的虚线方框可以看出,SDID 模型下的处理组和对照组之间呈现出了更好的平行趋势,这表明对照组在资助干预前能更好地满足平行趋势假设,进而保证相关处理效应的准确识别。

3.5 稳健性检验

为了验证上述结果的稳健性,使用三种方法进行检验。

3.5.1 安慰剂检验

为避免不可观测因素导致基准回归结果存在偏误,进行安慰剂检验,其具体做法是随机抽取两组样本作为处理组进行回归,抽取 50 次,得到图 6 所示的回归系数拟合图,横坐标为合成政策的虚拟

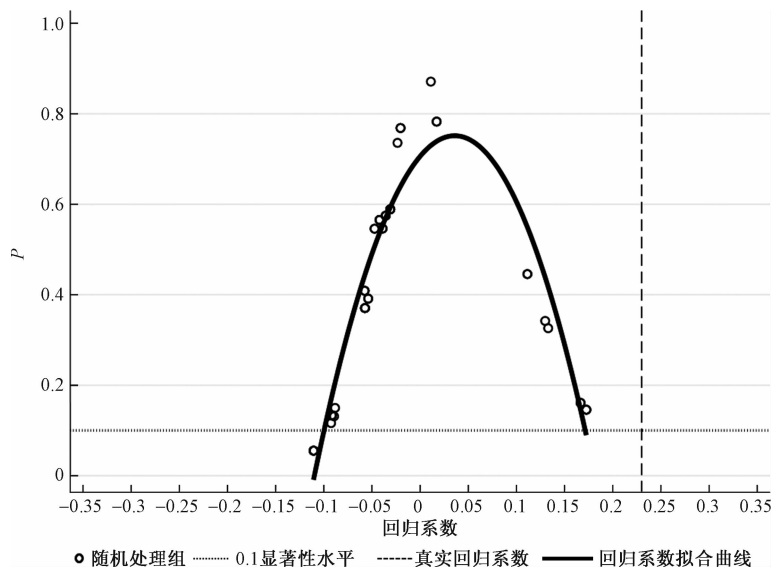


图 6 随机抽取处理组回归结果

变量回归系数大小,纵坐标轴为 P 。真实处理组的回归系数为 0.23, P 在 10% 水平上显著,其他随机处理组的回归系数大部分集中在 $(-0.15, 0.15)$,大致分布在 0 的两侧,通过安慰剂检验。

3.5.2 更换被解释变量

在基准回归中,被解释变量采用的是科技成果产出年均值,进一步采用科技成果产出年总值进行稳健性检验。回归结果如表 6 所示,核心解释变量 Effect 的回归系数在 5% 水平上显著为正,因此认为结论是稳健的。

表 6 替换被解释变量基准回归结果(无固定效应)				
变量	回归系数	标准误差	t	p
Effect	24.979	12.484 5	2	0.051**
Treat	—	—	—	—
Time	-0.700 2	5.779 9	-0.12	0.904
Investment	-0.000 05	0.000 08	-0.72	0.475
Empolyee	0.000 18	0.001 29	0.14	0.889
截距	11.852	3.053 75	3.88	0.000***

注:***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的显著性水平上显著。

3.5.3 异质性检验

为探究不同项目对企业科技成果产出的影响,针对应用研究项目资助和基础研究项目资助进行异质性检验。回归结果如表 7 所示,在应用研究项目资助下,核心解释变量 Effect 的回归系数在 1% 水平上显著,而基础研究项目资助下,核心解释变量 Effect 回归系数仅在 10% 水平上显著,这表明不同的项目资助存在明显异质性特征,且应用研究项目资助对企业的科研产出成果数量起到了更大的促进作用,验证了假设 2。

表 7 异质性检验基准回归结果(无固定效应)

变量	应用研究项目资助 Outputs	基础研究项目资助 Outputs
Effect	0.332*** (0.057 3)	0.097 6* (0.057 2)
Treat	—	—
Time	0.009 30 (0.020 2)	0.006 96 (0.021 1)
Investment	-5.31×10^{-7} (5.38×10^{-7})	1.49×10^{-7} (4.83×10^{-7})
Employees	4.21×10^{-5} * (2.12×10^{-5})	3.95×10^{-5} * (2.24×10^{-5})
截距	0.048 9*** (0.013 1)	0.052 3*** (0.013 0)
调整的 R^2	0.653	0.377

注:***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的显著性水平上显著。

4 主要研究结论与政策启示

4.1 研究结论

为探究科技专项资助对珠三角地区企业科技创新的实际推动和促进作用,选取以应用研究项目和基础研究项目为代表的科技项目,通过 DID 和 SDID,从企业的科技成果产出角度,对科技专项资金资助的实施效果进行评估,得出以下研究结论。

第一,科技专项资助对珠三角地区企业的科技成果产出数量有促进作用,这为后续科技成果的转化奠定了基础,同时也为相关干预政策的持续执行提供了积极反馈。

第二,针对受到资助的企业,应用研究项目对企业科技成果产出数量表现出更积极的资助效应,

这为后续科技政策的制定与调整提供了方向。

第三,针对近年来被广泛应用于政策评价的各种因果推断方法,前沿方法 SDID 将 DID 和合成控制法有机结合,表现出更好的稳健性,可以更好地解决平行趋势假设问题。

4.2 贡献与启示

4.2.1 理论贡献

第一,探索了科技专项资助对于企业科技成果产出的作用机理,将财政资助效果细化到项目产出效果,丰富了政府资助效果的研究。

第二,运用 DID 验证了科技专项资助对企业科技成果产出的积极效应,为相关干预政策的完善提供了科学参考,拓宽了因果推断方法的应用范围,一定程度上弥补了现有文献的空缺。

第三,引入前沿因果推断方法——SDID 进行科技专项资助效应研究,使所得结果更有说服力,同时相关实证结果表现出更强的稳健性,为因果推断方法的创新提供了经验支撑。

4.2.2 管理实践启示

第一,在遵循市场规律的规则下,通过科技专项财政拨款、研发项目资助、税收优惠等激励机制,发挥政府引导作用,扶持科技企业稳健发展,激发企业创新活力,培育世界一流科技创新企业。同时,对于项目资助力度可以视实际情况给予一定的宽松范围,以帮助具有潜力的初创科技企业获得发展保障。

第二,鼓励企业作为创新主体开展“卡脖子”应用研究任务,补足产业链关键环节短板,夯实产业安全基础,积极探索构建央地协同、省市联动的新型体制。同时加强企业与高校等科研机构的合作,各自发挥优势,实现基础研究、应用研究和成果转化的闭环效应。

第三,应用研究项目和基础研究项目对于企业的科研成果产出影响有明显差异,进一步明晰不同类别资助项目的适用主体,以凸显不同项目的特征与优势。

4.3 研究局限

第一,仅分析了应用研究项目和基础研究项目的资助效果,然而科技专项资助还包括其他项目类别,还需要进一步丰富所得结论;第二,仅分析了科技专项资助对企业科技成果产出数量的影响,对科技成果产出质量的影响有待进一步研究;第三,考虑到科技成果产出的滞后性,未来可拉长观测时间区间以丰富样本,深入剖析资助效果。

参考文献

- [1] 刘明广. 空间计量视角下不同政府科技资助方式对企业研发投入的影响[J]. 技术与创新管理, 2019, 40(2): 215-221.
- [2] 曾萍, 鄢绮虹. 政府支持与企业创新: 研究述评与未来展望[J]. 研究与发展管理, 2014, 26(2): 98-109.
- [3] 李晨光. 企业响应科技专项政策的资源利用机制探析[J]. 科技进步与对策, 2016, 33(10): 89-95.
- [4] 王军, 张一飞. 政府研发补贴对企业创新以及经济增长的影响——理论依据与政策选择[J]. 经济社会体制比较, 2016(5): 1-11.
- [5] 岳中刚, 陈伟民. 政府资助企业研发活动的效果评估[J]. 现代经济探讨, 2008(3): 57-61.
- [6] 王君华. 政府资助对企业研发活动与新产品开发的影响效果分析[J]. 统计与决策, 2015(12): 178-180.
- [7] LEE E, WALKER M, ZENG C. Do Chinese government subsidies affect firm value[J]. Accounting, Organizations and Society, 2014, 39(3): 149-169.
- [8] 白仲琳, 白少凡, 杨贵超. 产业指导目录政策的宏观经济动态因果效应评估研究[J]. 统计与信息论坛, 2021, 36(9): 11-22.
- [9] 孙玉涛, 张艺蕾. 海外人才引进计划提升了我国大学科研产出吗? 以“211”工程大学化学学科为例[J]. 科研管理, 2022, 42(10): 20-27.
- [10] 张俊艳, 雷玲, 高文. “三权”下放改革试点政策是否促进了科研院所专利技术转移? ——基于合成控制法的分析[J]. 科技管理研究, 2022(4): 46-52.
- [11] DMITRY A, SUSAN A, DAVID A, et al. Synthetic Difference-in-Differences [J]. American Economic Review, 2021, 111(12): 4088-4118.
- [12] 王志刚. 促进科技政策扎实落地, 激发创新主体活力, 高科技企业要成为市场经济主体的关键力量[J]. 社会治理, 2022(4): 9-10.
- [13] 秦娟, 赵一丹, 黄惠春, 等. 江苏省科技金融支持体系构建研究[J]. 中国科技资源导刊, 2022, 54(3): 93-99.
- [14] LI L, CHEN J, GAO H L, et al. The certification effect of government R&D subsidies on innovative entrepreneurial firms' access to bank finance: evidence from China[J]. Small Business Economics, 2019, 52(1): 241-259.
- [15] 李俊成, 王文蔚. 谁驱动了环境规制下的企业风险承担: “转型动力”还是“生存压力”? [J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(8): 40-49.
- [16] 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 [EB/OL]. 2022-03-13. http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm.
- [17] LEIBOWICZ B D. Welfare improvement windows for innovation policy[J]. Research Policy, 2018, 47(2): 390-398.
- [18] 邓峰, 杨国歌, 任转转. R&D 补贴与数字企业技术创新——基于数字经济产业的检验证据[J]. 产业经济研究, 2021(4): 27-41.

[19]

ASHENFELTER. Estimating the effect of training programs on earnings[J]. The Review of Economics and Statistics,1978,60(1):47-57.

[20]

周黎安,陈烨. 中国农村税费改革的政策效果:基于双重差分模型的估计[J]. 经济研究,2005(8):44-53.

[21]

石大千,丁海,卫平,等. 智慧城市建设能否降低环境污染[J]. 中国工业经济,2018(6):117-135.

[22]

CONLEY,TIMOTHY G,CHRISTOPHER R. Inference with ‘Difference in Difference’ with a small number of policy changes[J]. Review of Economics and Statistics, 2011,93(1):113-125.

[23]

段培新,王凯凯,孟激等. 经费规模与科研产出——基于 NSFC 资助政策“净效应”的分析[J]. 科研管理,2022,43(5):94-103.

[24]

ABADIE,ALBERTO,ALEXIS D,et al. Synthetic control methods for comparative case studies:estimating the effect of California’s tobacco control program[J]. Journal of the American Statistical Association, 2010, 105(490):493-505.

[25]

BECK T,LEVKOV R L. Big bad banks? The winners and losers from bank deregulation in the United States [J]. Journal of Finance,2010,65(5):1637-1667.

[26]

王子柱,刘浩思. 资本市场对外开放对股价波动性的影响研究——来自“深港通”的经验证据[J]. 价格理论与实践,2022(2):142-145.

[27]

RUBIN D B. Estimating causal effects of treatments in randomized and nonrandomized studies[J]. Journal of Educational Psychology,1974,66(5):688-701.

Research on the Relationship between Directional Funding of Technology and Science and Scientific Outputs of Enterprises Based on DID and SDID:

Taking the example of Pearl River Delta

HE Luxue, LIN Lijia, GUO Li

(National Supercomputing Center in Shenzhen,Shenzhen 518055,Guangdong,China)

Abstract: Directional funding of technology and science is one of the most important resource for the technological innovation of enterprises. However, the influence of this kind of funding on enterprises in scientific outputs is not very clear. Based on causal inference, the impact of applied research funding and basic research funding on scientific outputs of enterprises was investigated to evaluate the promotion of directional funding of technology and science in the Pearl River Delta region through difference-in-difference and synthetic difference-in-difference method. The conclusions are as follows. Applied research and basic research funding boosts the number of scientific outputs of enterprises. This conclusion is robust with parallel trend test, placebo test, replacement of explained variables and other tests. Compared with enterprises funded by basic research, the enterprises with applied research funding have more scientific outputs. Compared with the broadly used method of po-licy e-valuation difference-in-difference, the recent estimator synthetic difference-in-difference, has desirable robustness properties.

Keywords: directional funding of technology and science; scientific outputs; casual inference; difference-in-difference; synthetic difference-in-difference