

“双一流”建设对 STEM 学科 科研产出的影响研究

杨 怡, 沈敬轩, 乔锦忠

[摘要]文章选取 2016—2020 年“双一流”建设第一期 STEM 学科的科研产出为研究对象,通过双重差分法发现,“双一流”建设总体上促进了我国一流 STEM 学科科研生产力、学术影响力与科研产出质量的提升。具体到各学科层面,“双一流”建设对工程类学科、生物科学类学科与数理类学科的政策效应存在差异,工程类学科科研产出的整体质量下降,生物科学类学科学术影响力与高质量论文占比显著提升,数理类学科产出数量提升但对整体质量呈现一定的抑制效应。此外,目前我国一流 STEM 学科的科研生产力水平,特别是学术影响力水平与美国顶尖 STEM 学科相比还有较大的差距。当前,美国顶尖 STEM 学科的科研生产力水平约为我国一流 STEM 学科的 4 倍,科研成果的影响力约为我国的 2 倍。为此,需要持续加大对“双一流”建设的支持力度,重点关注改善科研工作的软环境,关注科研质量的提升。

[关键词]“双一流”建设; STEM 学科; 科研产出; 双重差分法

2015 年 11 月,国务院印发了《统筹推进世界一流大学和一流学科建设总体方案》,提出“双一流”建设要坚持以学科为基础,强化绩效考核,实施动态支持,推动一批高水平大学和学科进入世界一流行列或前列。2017 年 1 月,教育部、财政部、国家发展改革委联合印发的《统筹推进世界一流大学和一流学科建设实施办法(暂行)》进一步提出“双一流”建设要建立有进有出的动态调整机制,从 2016 年开始新一轮建设,并强调要强化学科建设。“双一流”建设的范围既可以是一所学校,可以是一个院系,也可以是某一个学科。只要具有某一方面的优势、特色和一流的影响力,都可以得到政府的支持和资助(马

[收稿日期] 2023-03-14

[基金项目]北京市教科规划优先关注课题 2017 年度省部级一般项目“高校各种人才工程项目对大学科研、教学的影响研究”(AEGA17009)。

[作者简介]杨怡,北京师范大学教育学部,电子邮箱地址:202121010105@mail.bnu.edu.cn;沈敬轩,北京大学教育学院,电子邮箱地址:st21658d@gse.pku.edu.cn;乔锦忠,北京师范大学教育学部,电子邮箱地址:qjzh@bnu.edu.cn。

廷奇, 2016)。中国建设世界一流大学的目标, 已越来越清晰地落到提升学科的学术影响力上。

STEM(科学、技术、工程、数学)教育在提升国民素质、推动经济发展方面发挥了重大作用。近年来, 美国将培养高水平 STEM 人才作为人才培养的重要目标之一, 美国国家科学委员会于 2020 年 5 月发布《2030 愿景》报告, 将“STEM 人才发展”作为四个战略领域之一进行重点部署。2021 年, 美国在颁布的《安全校园法案》(Secure Campus Act)中要求禁止向赴美从事科学、技术、工程和数学研究的中国学生发放签证。一段时间以来, 美国收紧了中美学术合作的审查, 限制与中国的科技交流及中国重要实验设备的购买。结合当前国内顶尖人才培养仍然对国外学术训练依赖较强的背景(乔锦忠和孙娜, 2021), 我国一流学科建设及科技战略发展面临新的挑战, 提升我国一流学科学术影响力成为新的重要议题。

因此, 本文将聚焦一流学科中的 STEM 学科, 以一流 STEM 学科为研究对象, 探索“双一流”建设对一流 STEM 学科科研产出的政策效应, 以检验第一轮“双一流”政策的实施成效, 为推动国内一流 STEM 学科建成世界一流学科提供实证参考。

一、文献回顾

现有关于“双一流”建设的研究主要集中在“双一流”的内涵与本质(周光礼和武建鑫, 2016)、发展目标(别敦荣, 2017)、建设路径与发展模式(宣勇, 2016)等方面, 重点关注了“双一流”建设的落实路径及建设方向, 侧重为“双一流”建设提供理论指导, 研究方法以定性研究为主。上述研究为“双一流”建设的目标和过程提供了思路和可供参考的结果, 却较少回答“双一流”建设的实施成效这一问题, 缺少对“双一流”政策的绩效评估的关注。

根据研究对象的不同, 可以将“双一流”建设绩效评估的研究分为高校与学科两个层面。

首先, 在“双一流”建设高校绩效评估层面, 有学者通过双重差分倾向得分匹配法发现“双一流”建设显著促进了各高校国际论文的发表, 但存在三年的滞后期, 且 2019 年为政策效应上升的转折点(刘盛博等, 2023)。“双一流”政策实施后, 世界一流大学建设高校的 CSSCI 期刊发文量、WOS 热点文献数、ESI 高被引文献数及所获国家社会科学基金数分别增加 10.7%、68.5%、14.1%、9.1%; 且学科建设兼顾本土视角与国际视野, 既能回答中国问题又能紧跟学术前沿, 但是建设高校仍存在重复建设的同质化倾向等问题, 在学科布局上未突出优势与特色(马浚锋和罗志敏, 2022)。在高校科研产出的质

量维度,程哲等学者从科研论文视角出发,通过聚类分析发现虽然国内一流高校的科研质量有了较大提升,但与境外一流高校相比仍存在一定差距,各高校不仅存在大量论文的影响力低于全球平均水平,甚至有相当比例的论文被引数为零的问题(程哲等,2020)。

其次,具体到学科层面评估“双一流”建设的实施成效,研究发现政策实施以来数量维度增量明显,十年间在发文量层面中国大陆仅次于美国,占据全球累积的16.8%(汪洋和刘虹,2020)。王丽华等人通过文献计量法从不同学科类角度分析了“双一流”建设高校的科研产出趋势,认为理工类科研产出与人文社科类科研产出均呈现增长的趋势,其主要原因在于科研经费的增长、研究生规模的持续增加及各高校对于研究生发表科研成果作为毕业标准之一的严格要求(王丽华和葛世伦,2022)。一流学科在质量维度也取得了一定进步,部分学科达到了世界一流水平。以ESI为观测点,2015年至2019年,进入ESI的学科数增加了531个,其中工程学增量最多,其次是化学和材料科学,且15所增量院校进入的ESI前1%学科与其对应的“一流学科”建设存在很大的关联(赵乃瑄和金洁琴,2021)。然而,进一步分析发现在质量维度仍存在两个问题:一是一流学科高被引论文占比较低,当前分子生物学与遗传学、神经科学与行为、免疫学、生物学与生物化学等6个生命医学类学科无高校达到世界一流水平,且缺乏国际高质量论文(陈卫静和张宇娥,2021)。二是优势学科集中在少数顶尖“双一流”高校中,且主要以生化环材等工科学科的快速发展为主,高校内部差异明显。

综上所述,当前对“双一流”建设进行绩效评估的相关研究多集中于“双一流”建设高校层面,通过绝对值的增量评价或结合直观图表描述其变化趋势,缺少对“双一流”建设政策效应的分析。虽已有部分研究注意到一流学科的科研产出,但如果在评价中不能排除产出的学科差异及其他因素的干扰,就无法准确评估“双一流”政策的净效应,难以判定这些增量是否来源于“双一流”建设。本文采用双重差分法来评估“双一流”政策的实施成效,特别是政策对STEM学科学术生产力的影响。基于此,本文拟提出的研究问题为:“双一流”建设是否促进一流STEM学科科研产出的提升?对STEM各学科的影响程度如何?我国一流STEM学科与国际顶尖STEM学科是否存在差距?存在多大的差距?

二、研究设计

(一)样本范围与数据收集

由于第二轮“双一流”建设周期尚未结束,本文仅选取第一轮“双一流”建

设名单为研究对象。首先,根据教育部官网收集的第一轮“双一流”建设名单,一流建设学科既分布于一流大学建设高校,也分布于非一流大学建设高校,本文主要以后一类高校中的一流建设学科为研究对象,并在美国国土安全部官方网站下载 STEM 学科列表,与教育部“一流学科”进行对照筛选,获取“一流 STEM 学科”名单,经过数据收集后保留完整信息的学科共计 84 个。样本范围包含北京交通大学、北京工业大学等在内的 63 所一流学科建设高校。其中,工程类涉及 36 所高校的 24 个一级学科(如信息与通信工程、电气工程等),共 46 个学科点(如北京邮电大学的信息与通信工程、华北电力大学的电气工程等);生物科学类涉及 16 所高校的 12 个一级学科(如生物学、作物学等),共 46 个学科点(如北京协和医学院的生物学、南京农业大学的作物学等);数学与统计学类涉及 3 所高校的 2 个一级学科(如数学、统计学等),共 4 个学科点(如首都师范大学的数学、上海财经大学的统计学等);物理科学类涉及 11 所高校的 5 个一级学科(如物理学、大气科学等),共 11 个学科点(如南京信息工程大学的大气科学、华南师范大学的物理学等)。

其次,科研产出数据来源于 Incites 数据库,以 2012—2020 年自然年度为统计区间检索并收集目标学科科研产出的数据。面板数据集共包括 9 年间 168 个学科 1512 个观测值。

最后,控制变量数据主要来源于高校官方网站、国家统计局及相关统计年鉴。

(二)操作性定义

被解释变量为一流 STEM 学科的科研产出,以 Incites 数据库作为数据来源,检索 2012—2020 年一流 STEM 学科被 SCI 收录的学术期刊论文,作为科研产出的分析源。其中,科研产出数量维度选取 SCI 论文发表数量为评估指标;科研产出质量维度选取被引频次、被引次数排名前 10% 的论文百分比分别为整体质量、高质量论文的评估指标;学术影响力维度选取 CNCI 指数为评估指标。

核心解释变量为政策效应,受到政策干预编码为 1,未受到政策干预编码为 0。为增加回归估计结果的准确性,并结合现有文献和指标数据的可得性,挑选如下变量作为控制变量:学科所在院系年高层次人才数量(梁文艳等,2014; Bland et al., 2006)、科学院系所在地区年人均生产总值(郑焯和韩雅予,2021)、学科建设历史、学科年国家自然科学基金资助金额(孙玉涛和张艺蕾,2021)。参见表 1。

表 1 指标选取与操作性定义

维度	指标	操作性定义
被解释变量	科研产出数量	SCI 论文发表数量
	科研产出质量	整体质量：被引频次 高质量论文：被引次数排名前 10% 的论文百分比
	学术影响力	学科规范化引文影响力指数 (CNCI 指数)
核心解释变量	政策效应	学科是否受到“双一流”政策干预
控制变量	学科建设历史	数据年份—学科成立时间
	科研人力投入	高层次(杰青、长江学者等)人才数量
	地区经济实力	学科院所所在地区年人均生产总值
	科研经费投入	学科年国家自然科学基金资助金额

(三) 计量模型

2015 年《统筹推进世界一流大学和一流学科建设总体方案》中提出“每五年一个建设周期，2016 年开始新一轮建设”，因此本文以 2016 年为政策实施起点，选取样本中受“双一流”建设政策影响的一流 STEM 学科为实验组，未受“双一流”建设政策影响的高校作为对照组，通过双重差分方法(DID)考察政策实施前后两个组的科研产出差异，以评估政策实施效果。

对“双一流”建设实施前后一流学科科研产出的研究，本质上是对科技政策的评估。对于各院校而言，是否入选“一流学科”具有一定的外生性，因为“双一流”建设及名单确定主要是在教育部等各部门的综合规划下完成的，这为评估“双一流”政策对一流学科科研产出的影响提供了一个“准自然实验”，通过将“一流学科”作为处理组，非“一流学科”作为对照组，并采用双重差分模型(DID)对首轮“双一流”建设周期内，一流学科的科研产出的变化与效果进行识别和估计，能有效控制时间变量，解决内生性问题。另外，虽然原 985/211 建设高校入选“双一流”的可能性高于普通本科或双非学校，但由于后文的检验中 DID 通过了平行趋势检验，因此也不会对因果效力产生影响。

科研实力基础较好的学科入选“一流学科”的可能性更大，且在获得政策资助后会有更好的科研产出。如果不能控制各学科的科研实力基础，会产生遗漏变量，影响对政策评估的客观评价。各学科科研实力基础在模型中容易成为不随时间改变但随个体特征而变的遗漏变量，产生个体效应。由于样本数据为面板数据，除个体异质性外，还需要考虑其他政策和外部因素随着时间变化所导致的年份积累效应。通过豪斯曼检验，结果显示“ $\text{prob} > \chi^2$ ”，即表明拒绝原假设，应选择固定效应模型。此外，选取 Wald 检验观察时间

效应是否显著,结果通过1%的显著性水平,即选择个体固定效应模型。基于此,本文的双重差分模型设定如下:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 Treat_{it} \times Post_{it} + \beta_2 X_{it} + \mu_i + \epsilon_{it} \quad (1)$$

其中,下标*i*是指第*i*个学科,*t*是指第*t*年。 Y_{it} 为被解释变量,表示特定学科在特定年份的科研产出,为降低数据的异方差的概率,对除CNCI指数外的科研产出指标均取对数值。 $Treat_{it}$ 是反映样本是否受到政策冲击的虚拟变量,在本研究中,政策冲击即为2016年启动的“双一流”建设。对于2016年前后均未入选双一流建设的学科(即本研究的对照组), $Treat$ 始终取值为0;对于2016年入选双一流建设的学科(即本研究的实验组),2015年前 $Treat$ 为0,2016年及之后 $Treat$ 取值为1。 $Post_{it}$ 是反映不同学科政策实施前后的时间虚拟变量,政策干预前取值为0,政策干预后取值为1。 $Treat_{it} \times Post_{it}$:若 $Treat=1$ 且 $Post=1$,则 $Treat_{it} \times Post_{it}=1$,表示学科入选“双一流”建设后的科研产出情况;若 $Treat=0$ 或 $Post=0$,则 $Treat_{it} \times Post_{it}=0$ 。模型中的交互项系数 β_1 是本文需要重点关注的,代表处理后整体的平均处理效应,衡量“双一流”政策作用与STEM学科科研产出的净效应。若“双一流”政策促进了STEM学科科研产出,则 β_1 的符号为正且显著。 X_{it} 指一系列控制变量, ϵ_{it} 为随机扰动项。 μ_i 表示个体固定效应,用于控制学科点不可观测、不随时间变化的特征,以防止遗漏变量带来的内生性问题。

三、实证结果与分析

(一)基准回归结果

要考察“双一流”政策对一流学科科研产出的影响,就是看核心解释变量,即交互项 $Treat_{it} \times Post_{it}$ 的系数,若结果显著为正,则“双一流”政策的实施对一流学科的科研产出产生了较为明显的促进效应;反之,则为抑制效应。表2为基准回归结果,总体而言,“双一流”政策的实施显著提高了“一流学科”的科研产出水平,首轮建设周期内“一流学科”的科研产出数量、质量与影响力显著增强,说明“双一流”政策在“一流学科”层面的建设成效较为显著,产生了明显的积极效应。

具体而言,在论文产出数量方面,“双一流”政策对一流学科的科研产出数量有显著提升,系数为0.042,表明首轮“双一流”政策为一流STEM学科SCI论文发表数量带来的增量为4.2%。在学术影响力方面,在“双一流”政策影响下一流学科科研产出的质量得到显著提升,CNCI的增长幅度为7.7%,

表明相较于未入选“一流学科”的 STEM 学科相比, 一流 STEM 学科의 CNCI 指数增长了 7.7%。在科研产出质量方面, 被引次数所占百分比排名前 10% 的系数为 0.062, 即在首轮建设周期内, 相对于未入选“一流学科”的 STEM 学科而言, 入选后的一流 STEM 学科高质量论文所占百分比增加了 6.2%; 被引频次的系数为正但未达到统计上的显著性水平, 说明首轮“双一流”政策对一流 STEM 学科的整体质量影响不显著。

从控制变量看, 人均地区生产总值与高层次人才数量对“一流学科”论文产出的数量具有显著的正向影响, 在首轮“双一流”建设周期内显著促进了一流 STEM 学科年均 SCI 发文数量增加。在学术影响力方面, 人均地区生产总值与高层次人才数量具有显著的正向促进作用。在科研产出质量方面, 国家自然科学基金资助金额越多、人均地区生产总值越高及高层次人才数量越多, 越有助于提升一流 STEM 学科的论文被引频次, 其中人均地区生产总值的影响幅度更大; 另外, 一流 STEM 学科所在地区的人均地区生产总值越高, 其被引次数排名前 10% 的论文百分比数值越高。

表 2 基准回归结果

变量	SCI 论文发表数量	CNCI	被引频次	被引次数排名前 10% 的论文百分比
$Treat_{it} \times Post_{it}$	0.042* (2.043)	0.077* (1.964)	-0.045 (-1.744)	0.062** (2.734)
截距	0.922** (2.833)	0.093 (0.477)	2.517** (10.721)	0.394 (1.309)
资助金额	0.027 (1.635)	0.050 (1.123)	0.067** (3.026)	0.005 (0.186)
人均地区生产总值	0.698** (7.033)	0.650** (3.943)	0.368** (3.326)	0.356** (4.848)
高层次人才数量	0.242** (4.645)	0.437** (4.811)	0.163** (3.564)	0.002 (1.110)
学科成立时间	0.254 (1.297)	0.185 (0.709)	0.138 (1.166)	0.181 (1.017)
个体效应	是	是	是	是
观测值	1512	1512	1512	1512
R ²	0.246	0.109	0.059	0.057

注: *、**分别代表 10%、5% 的显著性水平, 括号内为稳健标准误; 下同。

(二) 稳健性检验

使用 DID 模型必须满足一些基本假设, 主要包括以下两类假设: 一是同质性假设; 二是随机性假设。同质性假设要求如果不实施“双一流”政策, 处理组与对照组在政策冲击外, 个体在其他方面应为相同或相似, 处理组与对照组应有相同的趋势, 即检验“双一流”政策未实施时各 STEM 学科的科研产出发展水平是否有相同的变化趋势。随机性假设需要证明政策冲击是外生的, 保证政策冲击发生时间的随机性。

1. 同质性假设检验

判断是否满足同质性假设需要进行平行趋势检验, 即检验“双一流”政策未实施时各 STEM 学科的科研产出发展水平是否有相同的变化趋势。在现实中, 政策干预一旦发生则会形成既定事实, 政策冲击后实验组—对照组在假设无政策冲击下是否满足平行趋势, 如果满足, 则假定如果没有政策的冲击, 两组的变化也满足平行趋势(程立浩和刘志民, 2022)。同时, 受到“双一流”政策实施强度、原有办学条件等因素影响, “双一流”建设可能存在缓冲期, 因此政策效应可能具有一定的滞后性。本文借鉴 Beck 等(2010)的处理方法, 利用事件研究法进行平行趋势检验, 并采用图示方式报告了检验结果, 具体模型如下:

$$Y_{it} = \alpha_0 + \sum_{k=-4}^4 \beta_k D_{i, t_0+k} + \alpha_1 X_{it} + \mu_i + \epsilon_{it} \quad (2)$$

其中, D_{i, t_0+k} 为一系列虚拟变量, 指的是“双一流”政策实施前后的年份。 t_0 为政策实施当年, β_k 表示一流 STEM 学科入选一流学科第 k 年一流 STEM 学科与未入选的 STEM 学科的科研产出是否存在显著性差异。图 1—图 4 分别呈现了被解释变量为 SCI 论文发表数量、学科规范化指数(CNCI)、被引频次、被引次数排名前 10% 的论文百分比时, “双一流”政策对 STEM 学科科研产出影响的回归系数。“双一流”政策实施前, “双一流”政策对 STEM 学科科研产出的影响通过显著性水平检验, 入选学科与未入选学科有相同的变化趋势, 满足平行趋势检验的要求。“双一流”政策实施后, 政策效应估计值的置信区间不包括 0, 表明入选学科与未入选学科产生了显著差异, 即“双一流”政策对入选的 STEM 学科产生了明显的效应。此外, 结合图 3 与图 4 的置信区间变化可知, “双一流”政策对 STEM 学科科研产出质量的影响具有一定的滞后性, 对整体质量(被引频次)的影响滞后二期, 对高质量论文产出的影响(被引次数排名前 10% 的论文百分比)滞后一期。

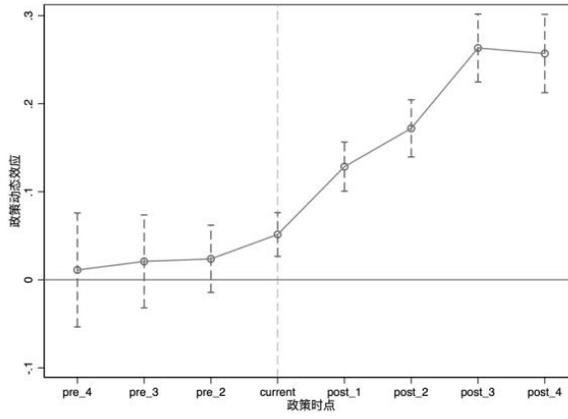


图 1 SCI 论文发表数量

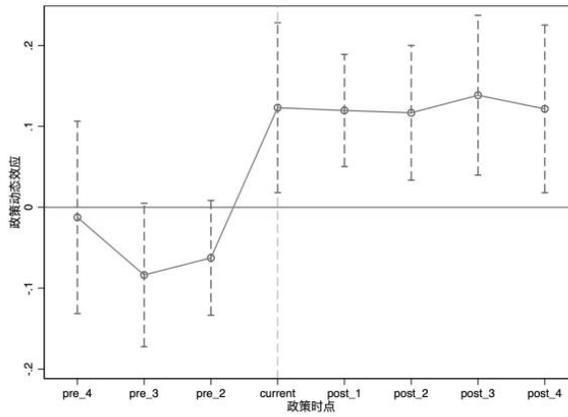


图 2 CNCI 指数

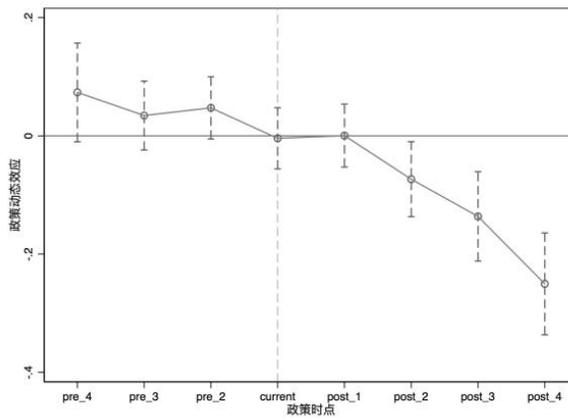


图 3 被引频次

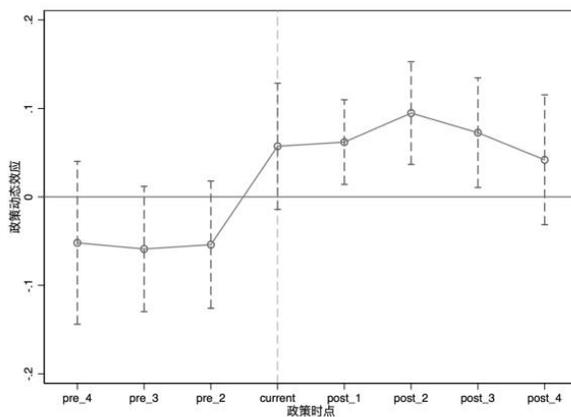


图4 被引次数排名前10%的论文百分比

2. 随机事件假设检验

除“双一流”建设政策以外，一些其他政策或者随机因素也可能会影响STEM学科的科研产出，为了进一步检验结果的稳健性，排除其他因素的干扰，通过改变“双一流”政策实施时间的方法进行随机性假设检验。具体来讲，假设把“双一流”政策实施的年份统一提前一年和两年，仍然对各控制变量进行控制，依据回归模型进行分析，如果此时核心解释变量交互项显著为正，就说明实验组和对照组科研产出的差异很可能来自其他政策变革或随机性因素，而不是因为“双一流”建设政策的实施。表3中的Pre_1与Pre_2分别代表“双一流”政策实施时间提前一年与两年的情况。可以看出核心解释变量交互项均不显著，表明双重差分分析结果的稳健性得以验证。

表3 随机事件假设检验结果

变量	SCI 论文 发表数量		CNCI 指数		被引频次		被引次数 排名前10%的 论文百分比	
	Pre_1	Pre_2	Pre_1	Pre_2	Pre_1	Pre_2	Pre_1	Pre_2
$Treat_{it} \times$	0.024	0.017	0.059	0.022	-0.015	0.013	0.046	0.024
$Post_{it}$	(0.876)	(0.559)	(1.406)	(0.493)	(-0.554)	(0.496)	(1.726)	(0.927)
截距	0.586	0.545	-0.272	-0.382	2.618**	2.669**	0.558*	0.482
	(1.418)	(1.312)	(-0.599)	(-0.781)	(12.222)	(13.175)	(2.439)	(1.922)
资助金额	0.029	0.028	0.050	0.047	0.068**	0.069**	0.003	0.001
	(1.690)	(1.662)	(1.113)	(1.062)	(3.046)	(3.105)	(0.110)	(0.048)

续表

变量	SCI 论文 发表数量		CNCI 指数		被引频次		被引次数 排名前 10%的 论文百分比	
	人均地区 生产总值	0.872** (8.448)	0.889** (8.358)	0.670** (4.144)	0.709** (4.415)	0.327** (2.946)	0.314** (2.766)	0.278** (3.738)
高层次 人才数量	0.008** (3.795)	0.008** (3.769)	0.441** (4.839)	0.466** (5.116)	0.145** (3.121)	0.127** (2.609)	0.165** (4.102)	0.180** (4.359)
学科成立 时间	0.383 (1.442)	0.397 (1.457)	0.203 (0.752)	0.247 (0.833)	0.103 (1.009)	0.077 (0.855)	0.103 (0.786)	0.131 (0.882)
个体效应	是	是	是	是	是	是	是	是
观测值	1512	1512	1512	1512	1512	1512	1512	1512
R ²	0.220	0.219	0.108	0.106	0.055	0.055	0.070	0.067

(三) 异质性分析

STEM 学科包括工程类(Engineering)、生物科学类(Biology and Biological Sciences)、数学与统计学类(Mathematics and Statistics)和物理科学类(Physical Sciences)四大类。为进一步了解“双一流”建设对各学科的影响情况,本文依据 STEM 学科名单对一流学科进行筛选与分类并进行异质性分析。考虑到不同学科科研产出的特征与差异,下面将对一流 STEM 学科的科研产出情况进行分类讨论。

1. 工程类学科

表 4 呈现了“双一流”建设对一流工程类学科科研产出影响的估计结果。在科研产出数量方面,“双一流”政策对工程类学科的论文产出数量作用不显著,人均地区生产总值与学科成立时间对工程类学科的产出数量具有显著的促进作用。在学术影响力方面,回归估计结果表明“双一流”政策的效应不显著,人均地区生产总值越高、高层次人才数量越多及学科成立时间越长,对工程类学科的学科规范化引文影响力越具有显著的提升作用。在科研产出的质量方面,被引次数排名前 10%的论文百分比的系数均未达到统计上的显著性水平,而被引频次的系数为负且显著,说明相对于未入选“一流学科”的工程类学科而言,入选后的工程类学科在首轮“双一流”建设周期内总被引频次下降了 7%。

表4 “双一流”政策对工程类学科科研产出影响的回归估计

变量	SCI 论文发表数量	CNCI	被引频次	被引次数排名前 10% 的论文百分比
$Treat_{it} \times Post_{it}$	-0.010 (-0.336)	-0.025 (-0.425)	-0.070* (-2.068)	-0.012 (-0.420)
截距	-0.091 (-0.161)	-3.083* (-2.365)	1.196 (1.599)	-0.509 (-0.841)
资助金额	0.034 (1.562)	0.034 (0.964)	0.054* (2.076)	0.012 (0.421)
人均地区生产总值	0.721** (4.514)	0.637** (2.897)	0.482** (3.231)	0.246* (2.208)
高层次人才数量	0.090 (1.178)	0.419** (3.495)	0.189** (3.013)	0.180** (2.949)
学科成立时间	0.892** (2.661)	1.900* (2.381)	0.865 (1.958)	0.748* (1.999)
个体效应	是	是	是	是
观测值	828	828	828	828
R ²	0.175	0.196	0.126	0.098

2. 生物科学类学科

由表5可知,在科研产出数量方面,SCI论文发表数量的系数为正但不显著。在学术影响力方面,“双一流”政策对一流生物科学类学科的学术影响力干预效应较为显著,首轮周期内其CNCI指数显著提升了24.5%。政策实施前夕,2015年时一流生物科学类学科的CNCI指数的中位数为1.02,首轮“双一流”建设结束时,即2020年一流生物科学类学科的CNCI指数的中位数增加至1.28。在科研产出质量方面,“双一流”政策显著促进了生物科学类学科的高质量论文占比,相对于未入选“一流学科”的生物科学类学科而言,入选后的生物科学类学科被引次数排名前10%的论文百分比提升了12.2%。此外,“双一流”政策对生物科学类学科的科研产出总质量干预效应不显著,被引频次系数为正但未通过显著性检验。

表 5 “双一流”政策对生物科学类学科科研产出影响的回归估计

变量	SCI 论文发表数量	CNCI	被引频次	被引次数排名前 10% 的论文百分比
$Treat_{it} \times Post_{it}$	0.047 (1.261)	0.244* (2.559)	0.026 (0.450)	0.122* (2.110)
截距	-1.342 (-1.300)	2.768 (1.270)	3.549** (3.393)	0.659 (1.010)
资助金额	0.014 (0.505)	0.087 (0.511)	0.066 (1.151)	-0.001 (-0.013)
人均地区生产总值	0.613** (5.372)	0.662* (2.132)	0.334* (1.966)	0.252* (2.138)
高层次人才数量	0.339** (3.820)	0.072** (3.344)	-0.475 (-0.724)	0.057 (0.122)
学科成立时间	1.568* (2.503)	-1.587 (-1.100)	0.177 (1.749)	0.172** (2.724)
个体效应	是	是	是	是
观测值	477	477	477	477
R ²	0.513	0.132	0.043	0.097

3. 数学与统计学类、物理科学类

由于数学与统计学类、物理科学类样本量较小，且两个学科类别同属于基础研究领域，其生产方式较为相似(乔锦忠和孙娜，2021)，因此将数学与统计学类、物理科学类统一分析(以下简称数理类学科)。就科研产出数量而言，在考虑了个体固定效应且排除了各控制变量的影响后，在 5% 的显著性水平上，交互项的系数为 0.088，说明首轮“双一流”建设政策对数理类学科的论文产出数量具有显著的促进作用，作用效应为 8.8%。在学术影响力方面，“双一流”政策对数理学科的影响效应不显著，即首轮“双一流”建设周期内数理学科的学术影响力没有显著变化。在科研产出质量方面，首轮建设周期内数理类学科的总被引频次显著下降了 10.1%，表明“双一流”政策对 2016—2020 年间数理类学科科研产出的整体质量具有负向的抑制效应；论文被引次数排名前 10% 百分比的交互项系数为 0.010，但未达到统计上的显著性水平，即“双一流”政策对 2016—2020 年间数理学科高质量论文占比的干预效应不显著。

表6 “双一流”政策对数学与统计学类、物理科学类学科科研产出影响的回归估计

变量	SCI 论文发表数量	CNCI	被引频次	论文被引次数排名前 10% 百分比
$Treat_{it} \times Post_{it}$	0.088** (2.620)	0.028 (0.386)	-0.101* (-2.364)	0.010 (0.204)
截距	1.485** (7.720)	1.186** (3.025)	3.543** (13.650)	1.304** (5.630)
资助金额	0.021 (0.747)	-0.005 (-0.185)	0.074 (1.751)	-0.083* (-2.151)
人均地区生产总值	0.625** (3.689)	-0.165 (-0.463)	-0.327 (-1.409)	0.050 (0.271)
高层次人才数量	0.005** (5.551)	0.158 (1.500)	-0.021 (-0.254)	0.033 (0.482)
学科成立时间	0.059* (2.582)	-0.165 (-0.463)	0.084** (3.716)	-0.005 (-0.205)
个体效应	是	是	是	是
观测值	207	207	207	207
R ²	0.339	0.020	0.111	0.024

(四)STEM 学科科研产出的国际比较

为进一步了解我国一流 STEM 学科与国际顶尖 STEM 学科的差异，基于 2020 年 U. S. NEWS 世界大学学科排名选取美国顶尖 STEM 学科为参照组，并通过 Incites 数据库收集顶尖 STEM 学科 2012—2020 年间的科研产出数据与我国一流 STEM 学科科研产出水平进行对比。



图5 2012—2020 年中美 STEM 学科科研生产力对比

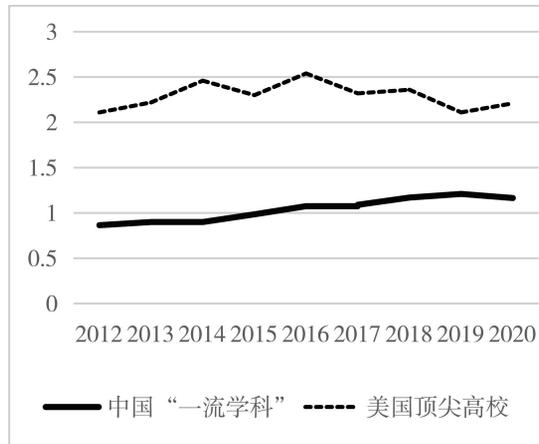


图 6 2012—2020 年中美 STEM 学科学术影响力对比

科研生产力维度选取 SCI 论文发表数量为代表，美国顶尖 STEM 学科 2015 年 SCI 论文发表数量的中位数为 1018 篇，2020 年为 923 篇；我国一流 STEM 学科 2015 年 SCI 论文发表数量的中位数为 146 篇，2020 年为 234 篇(见图 5)。由此可知，从中位数层面进行衡量，2015 年美国顶尖 STEM 学科科研产出数量约为我国一流 STEM 学科的 7 倍，2020 年约为 4 倍。

CNCI 排除了出版年、学科领域与文献类型对引用次数的影响，能较为客观地评价学科的学术影响力，因此学术影响力维度选取 CNCI 指数为代表进行比较。美国顶尖 STEM 学科 2015 年 CNCI 指数的中位数为 2.30，2020 年为 2.21。2012 年以来我国一流 STEM 学科 CNCI 指数总体呈现逐年增加的趋势，2015 年的中位数为 0.99，2020 年为 1.17(见图 6)。相比较而言，2015 年美国顶尖 STEM 学科的学术影响力约为我国的 2.34 倍，2020 年美国顶尖 STEM 学科 CNCI 指数约为我国的 1.90 倍。据此，第一轮“双一流”建设周期结束后，我国一流 STEM 学科与美国顶尖 STEM 学科的科研生产力及学术影响力维度的差距在缩小，但当前美国顶尖 STEM 学科的科研实力仍远高于我国，我国建成世界一流学科的道路仍然任重道远。

四、主要结论与讨论

通过评估“双一流”政策的实施成效可以看出，“双一流”政策在提升 STEM 学科科研产出方面取得了良好的效果，且“双一流”政策对 STEM 学科中不同学科类别的影响存在差异。

第一，“双一流”政策实施成效显著，促进了 STEM 学科科研产出显著提

升。通过分析可知,“双一流”政策对 STEM 学科科研产出的数量与质量提升作用较为显著,SCI 论文发表数量、CNCI 指数、被引次数排名前 10% 的论文百分比与国际合作论文百分比等指标得到显著提升。2015 年 SCI 论文发表数量的中位数为 146 篇,而截止到 2020 年,即第一轮“双一流”建设周期的最后一年,SCI 论文发表数量的中位数提升到 234 篇,五年间增长了 60.27%;CNCI(学科规范化指数)的中位数由 2015 年的 0.99 上升到 2020 年的 1.17,提升了 18.18%;2015 年被引次数排名前 10% 的论文百分比为 12.18%,2020 年为 12.53%,提升了 2.87%。另外,结合回归结果并对比各系数值变化与增长幅度可知,“双一流”政策对一流 STEM 学科被引次数排名前 10% 的论文百分比的干预效应最大。整体而言,“双一流”政策动态评估的背景下,各高校 STEM 学科的科研产出水平得到显著提升,建设成效较为明显。

第二,“双一流”建设的政策效应存在学科差异,生物科学类学科学术影响力与高质量产出显著增加;数理类学科的科研产出数量显著提升。异质性分析发现,首轮“双一流”建设周期内,在科研产出数量方面,受政策影响的数理类学科比未受影响的数理类学科年均 SCI 发文水平增长 8.8%;在科研产出质量方面,“双一流”政策对生物科学类学科的提升效应较大,对其高质量论文占比具有显著的提升作用,但对工程类学科与数理类学科科研产出的整体质量呈现了显著的抑制作用。在学术影响力方面,STEM 各学科仅有生物科学类的学术影响力受到显著的积极影响。从学科差异的视角进行解释,可以认为不同学科的知识生产模式及产出周期存在明显差异(比彻和特罗勒尔,2018),学术产出的滞后期等在一定程度上影响了建设周期内不同学科科研产出的政策效应。有研究发现,不同学科的引用频率存在差异,对于生物学而言,恰当引用是有必要的,引用能证明作者阅读了有关课题的研究资料及自身研究的依据来源;而以数学与物理学为代表的“硬”科学知识强调客观性,学术引用也比较草率,因为数学家更愿意用一种“全新的观点处理问题,不愿受前人观点的影响”(比彻和特罗勒尔,2018)。另外,在学科分类部分,工程类学科也被划分到应用硬科学的范畴。因此,由于学科知识生产方式的差异,导致了数理与工程类学科在学术引用方面的频率较低。数理学科科研产出质量下降还可以从学科属性的角度出发进行解释,由于数理学科本身是禀赋依赖型,而不是资源依赖型学科,所以“双一流”建设作为以资源投入为主的政策只能对资源依赖型学科产生影响。值得注意的是,政策效应在产出质量维度的滞后性也应当被考虑到动态评估的环节中。

第三,“双一流”建设对 STEM 学科高质量论文产出占比的提升作用较为显著,但对科研产出整体质量具有一定的抑制作用。由“双一流”政策对

STEM 学科科研产出影响的回归估计结果可知,首轮建设周期内,与未入选学科相比,入选后 STEM 学科的被引次数排名前 10% 的论文百分比提升了 6.2%,被引频次的系数为负但未达到显著水平。结合异质性分析部分的回归估计结果,工程类与数理类学科总被引频次的政策效应均呈现显著下降,表明首轮“双一流”建设周期内 STEM 学科整体学术质量提升幅度有限。学术质量的提升是高校学术发展的核心,发文数量虽然能在一定程度反映学术能力,但学术质量才是最终追求(刘盛博等,2023),一流学科建设过程中过分追求数量的现象并不利于世界一流学科建设与国际竞争力提升。

五、政策建议与展望

“双一流”建设是我国实施创新型国家战略和建设知识创新体系中的重要组成部分,而 STEM 学科是“双一流”建设中的重中之重。对“双一流”建设中 STEM 学科的科研产出进行评估是衡量“双一流”建设成效的核心内容,在某种意义上 STEM 学科的进步程度是测度“双一流”建设项目成败的重要标志之一。本文的研究结论表明,我国首轮“双一流”建设取得了良好的成绩,在 2016—2020 年“双一流”第一期建设过程中,STEM 学科的科研生产力水平和学科影响力水平均有了显著提升,但也存在一些问题需要引起足够的重视。

一方面,应持续关注 STEM 学科的科研水平,注重提高战略性学科科研水平。我国 STEM 学科建设虽然取得了一定的成就,但总体发展程度处于世界中等水平,与发达国家相比仍有较大差距,还需要持续投入进行建设。2020 年美国顶尖学科 SCI 论文发表数量为我国的 4 倍左右;CNCI 指数值为 2.34 倍。当前,我国已逐渐成为世界具有重要影响力的科技大国,但在部分核心学科领域,如航空航天、高端软件与芯片等技术的供应与创新方面仍存在一定的短板。2020 年我国 STEM 学科 CNCI 指数的中位数为 1.17,发育程度处于世界中等水平,追赶特征十分明显。为打破国外的技术封锁与垄断,关键在于掌握科技创新能力,实现关键核心技术的突破。这是战略性学科关键核心技术突破的必然选择,也是现实要求。STEM 学科作为教育战略规划的重要部分,对于国家安全具有重要的战略意义和价值。2010 年美国科技顾问委员会在向美国总统提交的报告中强调了 STEM 在人才培养与科学研究中的重要作用:“STEM 教育将决定美国未来能否成为世界领袖,能否解决如能源、卫生、环境保护和国家安全等诸多领域的巨大挑战;STEM 教育将造就科学家、技术专家、工程师和数学家,他们将提出新的思想,制造新的产品并创造出 21 世纪的全新产业”(赵中建,2015)。在国际竞争日益激烈

与科技革命不断升级的背景下，应持续关注 STEM 学科的发展水平。国家需要优化科技规划和资源，持续支持“双一流”建设，特别是重点支持 STEM 学科，为建成“世界一流学科”创造条件。

另一方面，应注重科研产出整体质量的提升，提高科研经费的分配使用效率，提高创新效能。尽管我国 STEM 学科的整体水平有所上升，但与美国顶尖学科科研成果质量的差距在拉大。在“双一流”建设的推动下，STEM 学科在高质量论文占比方面得到了显著提升，但在工程类学科与数理类学科领域，整体科研产出质量显著降低。从 2016 年到 2020 年，我国 STEM 学科年均 SCI 论文发文量(中位数)提升了 47.17%，但 CNCI 指数(中位数)仅仅提升了 8.37%。就学术影响力维度而言，不仅总体上排名不高，而且提升速度较慢，未来发展面临严峻的挑战。我国 STEM 学科的发展起步较晚，在近几年的科技战略支持下有迅速发展的趋势，但与美国的顶尖水平仍存在一定的距离。在竞争激烈的国际局势下，我国当前正处于转型升级的关键时期。“双一流”建设在科学研究维度的宗旨与目标清晰地落在了提升学科的学术影响力上，而科技战略也对一流学科提升学术竞争力提出了迫切需求。基于此，应更加关注 STEM 学科的科技创新能力以更好地应对科技竞争并服务于国家战略，提高科研成果质量的关键是改善科研生产的软环境，在科研经费分配中尽量避免垄断与内部人控制等现象，要不断改变过于注重科研成果数量的评价方式，完善创新的激励机制和科技评价机制，营造有利于创新的良好生态环境，多鼓励跨学科合作，鼓励开展最有成效的学术交流。此外，各高校应关注政策的内涵价值，强化对质量维度的关注与重视，充分发挥一流学科的示范与引领，为推动我国产生更多创新性科技成果、突破“卡脖子”技术提供理论储备与技术支持。

总之，在世界面临百年未遇之大变局的今天，科技在支撑国家发展与竞争中所起的作用尤其重要，客观评估“双一流”建设的成效对于我们及时调整政策，精准施策实行战略赶超具有重要的意义。限于篇幅，本文只是对学科大类进行了研究，没有细致深入地分析更多的学科，以后会进行更有针对性的研究。

[参考文献]

- 别敦荣，2017：《论“双一流”建设》，《中国高教研究》第 11 期。
- 陈卫静、张宇娥，2021：《我国世界一流大学建设的成效分析——以 ESI 数据库为视角的量化比较》，《中国高校科技》第 5 期。
- 程哲、卢兴富、李福林，2020：《世界一流大学建设成效评价分析——基于科研论文的视

- 角》，《中国高教研究》第 10 期。
- 程立浩、刘志民，2022：《“一带一路”倡议对来华留学的影响效应评估——兼论来华留学生教育高质量发展》，《高校教育管理》第 2 期。
- 梁文艳、袁玉芝、胡咏梅，2014：《研究型大学自然科学学科科研生产效率测算及影响因素分析——基于 DEA-Tobit 两阶段模型》，《国家教育行政学院学报》第 10 期。
- 刘盛博、罗小婷、刘叶，2023：《“双一流”建设是否促进了中国高校国际学术影响力——基于 PSM-DID 方法的实证研究》，《现代教育管理》第 1 期。
- 马浚锋、罗志敏，2022：《我国世界一流大学建设政策的成效研究——基于双重差分模型的经验证据》，《高校教育管理》第 2 期。
- 马廷奇，2016：《“双一流”建设与大学发展》，《国家教育行政学院学报》第 9 期。
- 乔锦忠、孙娜，2021：《“双培养”路径对我国科技学术产出的影响——以“C9 大学”国家杰出青年科学基金获得者为例》，《教育研究》第 12 期。
- 孙玉涛、张艺蕾，2021：《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》，《科研管理》第 10 期。
- 托尼·比彻、保罗·特罗勒尔，2018：《学术部落及其领地：知识探索与学科文化》，唐跃勤、蒲茂华、陈洪捷等译，北京：北京大学出版社。
- 汪洋、刘虹，2020：《“双一流”视角下高校科研论文影响力的文献计量分析》，《上海教育评估研究》第 4 期。
- 王丽华、葛世伦，2022：《我国不同学科类“双一流”高校科研产出比较研析——基于 137 所高校数据比较分析(2013—2020 年)》，《中国高校科技》第 9 期。
- 宣勇，2016：《建设世界一流学科要实现“三个转变”》，《中国高教研究》第 5 期。
- 赵乃瑄、金洁琴、周沫，2022：《中国“双一流”大学建设的成效分析——基于 ESI 观测视角》，《高教发展与评估》第 2 期。
- 赵中建，2015：《美国 STEM 教育政策进展》，上海：上海科技教育出版社。
- 郑焯、韩雅予，2021：《理工科“双一流”院校文科科研产出现状及影响因素分析——以 E9 高校为例》，《中国高校科技》第 10 期。
- 周光礼、武建鑫，2016：《什么是世界一流学科》，《中国高教研究》第 1 期。
- Beck, T., R. Levine and A. Levkov, 2002, “Big Bad Banks? The Winners and Losers from Bank Deregulation in the United States”, *The Journal of Finance*, 85(1): 1-31.
- Bland, C. J., B. A. Center and D. A. Finstad, et al., 2006, “The Impact of Appointment Type on the Productivity and Commitment of Full-Time Faculty in Research and Doctoral Institutions”, *The Journal of Higher Education*, 77(1): 89-123.
- Fiona, E. and G. Alan, 2013, “Factors Influencing University Research Performance”, *Studies in Higher Education*, 38(5): 774-792.

A Study of the Impact of “Double First-class” Construction on the Research Output of STEM Disciplines

YANG Yi¹, SHEN Jing-xuan², QIAO Jin-zhong¹

(1. Faculty of Education, Beijing Normal University;

2. Graduate School of Education, Peking University)

Abstract: The research output of STEM disciplines in the first phase of the “double first-class” construction from 2016 to 2020 was selected as the research object, and the difference-in-difference method was used to find that the “double first-class” construction has generally promoted the research productivity, academic influence and research output quality of first-class STEM disciplines in China. The research output of STEM disciplines in the first phase of the “double first-class” construction was found to have improved the research productivity, academic influence and quality of research output. Specifically, the policy effects of “double first-class” construction on engineering, bioscience and mathematics and science disciplines are different, with the overall quality of research output of engineering disciplines decreasing, the academic influence and the proportion of high-quality papers of bioscience disciplines increasing significantly, and the quantity of output of mathematics and science disciplines increasing but the overall quality showing some suppression effect. There is a certain suppression effect in the overall quality of the mathematical sciences. In addition, there is still a large gap between the research productivity level of China’s top STEM disciplines, especially the academic impact level, and the top U. S. disciplines. Currently, the scientific productivity level of top STEM disciplines in the United States is 4 times that of top STEM disciplines in China, and the impact of scientific research results is about 2 times that of China. For this reason, we need to continue to increase the support for the construction of “double first-class”, focusing on improving the soft environment for research work and the quality of research.

Key words: “double first-class” construction; STEM disciplines; research output; difference-in-difference method

(责任编辑: 孟大虎 责任校对: 孟大虎 刘泽云)