DOI：10.19361/j.er.2023.04.05

人力资本扩张与中国技能偏向型技术进步

——基于高校扩招的准自然实验

白俊红　张艺璇　卞元超*

摘要：本文利用中国高校扩招这一外生性政策冲击，构造准自然实验，采用双重差分法，系统评估了人力资本扩张对中国技能偏向型技术进步的影响效应与机理。研究发现，中国高校扩招所引致的人力资本扩张，有效地推动了中国技能偏向型技术进步，且其内在机制在于，人力资本扩张显著地提升了城市高技能劳动力供给，从而使得技术进步朝着丰富要素的方向发展，推动了技能偏向型技术进步。研究还发现，人力资本扩张对中国技能偏向型技术进步的影响存在显著的区域异质性，且在受高校毕业生冲击较大、人力资本与科研投入匹配度较高以及市场化程度较高的地区，这一影响更为明显。本文结论为深刻理解人力资本扩张的技术进步效应，进而为促进中国经济发展提供政策启示。

关键词：人力资本扩张；技能偏向型技术进步；高校扩招
中图分类号：F242

一、引言

技术进步是经济长期增长的重要动力来源（Romer，1990）。在全球经济不确定性持续增强的背景下，依靠科技创新、推动技术进步成为中国应对全球经济变动、推进经济高质量发展的重要途径，而这其中的关键在于如何更加有效地释放中国丰富的人才资源优势，提升人力资本水平（张宽、黄凌云，2019）。党的二十大报告指出，“教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑”，“加快建设世界重要人才中心和创新高地，促进人才区域合理布局和协调发展，着力形成人才国际竞争的比较优势”。从世界经济发展的历史经验来看，人力资本水平较高的国家往往拥有较高的技术水平，而一些发展中国家之所以能够通过技术模仿与吸收实现经济赶超，很大程度上亦得益于其人力资本水平的提高（Das and Drine，2020）。虽然，人力资本对一国技术进步的重要作用已得到学界的充分关注与认可（岳书敬、刘朝明，2006；Akhvlediani and Cieślik，2020）。但遗憾的是，这些研究大多基于技术进步中性的假定，忽视了人力资本对技术进步偏向的影响。

* 白俊红，南京师范大学商学院，邮政编码：210023，电子信箱：nsdbjh@126.com；张艺璇（通讯作者），上海财经大学商学院，邮政编码：200433，电子信箱：nnuzyx2020@163.com；卞元超，南京师范大学商学院，邮政编码：210023，电子信箱：bycdats@163.com。

本研究得到国家社会科学基金重大项目“新型举国体制下技术突破的市场机制和政策路径研究”（批准号：21&ZD122）的资助。感谢匿名审稿人及编辑部的宝贵意见，文责自负。

事实上,由于技术进步对不同投入要素边际产出的提高程度存在差异,其通常偏向特定要素(Acemoglu,2002)。在劳动力异质的假定下,若技术总体上表现为对技能劳动的替代,则技术进步更利于提升低技能劳动者的边际产出,呈现出非技能偏向型特征。而若技术与技能劳动互补,则技术进步可以与技能劳动相互促进,更多地提升高技能劳动者的边际产出,表现为技能偏向型技术进步(Skill-Biased Technological Change)。技能偏向型技术进步增加了社会对高技能劳动力的需求,提升了其技能溢价①,可以内生地为国民带来持续提高自我技能、开展创新活动的薪资激励,从而也有助于充分激发人才潜能,助力国家经济的持续健康发展。Katz 和 Murphy(1992)表明,这种技术-技能互促发展的技能偏向型技术进步正是 20 世纪后期发达国家经济转型的一个要因。改革开放初期,中国的要素禀赋主要体现在低技能劳动力的充足供给与低成本优势上,这使得发展技能替代型技术更具竞争力,所引进的大量技能替代型技术也为中国工业的迅速发展创造了条件,成就了"制造大国"的国际地位。经济步入新常态后,中国迫切需要通过自主创新,尤其是技能偏向型技术进步向"制造强国"转变,实现结构优化与动能转换,但当前中国的技能偏向型技术进步发展依旧较为缓慢(沈春苗、郑江淮,2019)。那么,一个自然而然的问题是,在技术进步有偏的情况下,与技术进步关系紧密的人力资本究竟能否进一步推动中国技能偏向型技术进步的发展?其内在机制又是什么?回答这些,不仅有助于我们更加清晰地认识人力资本的重要作用,对于全面识别中国技能偏向型技术进步的影响因素,助推中国创新驱动发展亦具有重要的理论和现实意义。

中国自 1999 年开始的高等教育改革为增进人力资本投资提供了良好的政策支持,由此所引致的人力资本扩张浪潮,极大地促进了人力资本的积累。人力资本的形成与积累主要依靠于教育(Schultz,1961),而高等教育是教育水平的集中体现,因此一个国家的高等教育成为体现其人力资本水平的重要方面。1999 年的高校扩招政策使得中国高等教育规模急剧扩张,这也意味着中国的人力资本水平受到了一次较为剧烈的外生冲击。国家统计局数据显示,1998 年中国普通高等学校招生人数仅为 108.4 万人,而到了教育部暂停本科扩招前的 2011 年,招生人数已达 681.5 万人,短短 13 年间招生规模增长了 5 倍有余;中国普通高等学校招生规模的同比增幅也由 1998 年的 8.40%直接上升到了 1999 年的 47.32%,相应地,高校毕业生的同比增幅在 2003 年达到近 20 年最高值 40.39%。毋庸置疑,这些拥有高等教育学历的大学生毕业进入社会后,对中国各行各业的人力资本产生了较大的影响与冲击,这也为我们科学考察中国人力资本扩张与技能偏向型技术进步的关系提供了一次难得的准自然实验。为此,本文将充分利用这一准自然实验,采用双重差分法(Difference-in-Difference,DID)系统评估人力资本扩张对中国技能偏向型技术进步的影响。

与以往研究相比,本文的贡献主要体现在:一方面,尽管已有研究注意到了人力资本对中性技术进步的影响,但在技术进步有偏的情形下,人力资本扩张是否以及如何影响技能偏向型技术进步,当前研究还较为匮乏。本文则从高技能劳动力供给这一视角,深入分析人力资本扩张影响中国技能偏向型技术进步的路径,揭示人力资本影响中国技术进步的方向与效应,是对现有文献的有益补充。另一方面,充分考虑到人力资本扩张与技能偏向型技术进

①技能溢价指高技能劳动力与低技能劳动力之间的收入差距,通常表示为这两类劳动力的平均收入之比。

步之间可能存在的内生性问题,本文以 1999 年中国高校扩招这一外生政策构造准自然实验,采用双重差分法,对人力资本扩张与中国技能偏向型技术进步之间的关系进行实证检验。研究结论表明,由高校扩招所引致的人力资本扩张显著地提升了中国技能偏向型技术进步。这一结论不仅为人力资本扩张提升中国技能偏向型技术进步提供了充分的证据支持,亦从技术进步视角,对高校扩招政策的深远影响进行了新的回应,从而为新时期人力资本水平提高促进技术进步相关政策的科学制定提供启示。

本文后续部分安排如下:第二部分在对以往文献进行简要回顾的基础上,从高技能劳动力供给增加视角,分析人力资本扩张对技能偏向型技术进步的影响机理;第三部分介绍本文准自然实验的估计策略、变量设定及数据来源;第四部分对相关结果进行分析和讨论;第五部分进一步进行异质性检验;最后是本文的结论和启示。

二、文献综述与理论机制

自人力资本理论诞生以来(Schultz,1961),阐释人力资本对经济增长的影响机制或基于各国经验寻找人力资本经济增长效应的证据,一直是学界关注的重要方面(杨建芳等,2006;Angrist et al.,2021)。由于人力资本具有使其自身以及其他生产要素收益递增的属性,因而人力资本可以通过影响最终产品的生产直接作用于经济增长。但遗憾的是,这种直接效应可能取决于各期人力资本当下作用的发挥,较难产生效应的代际传递。与此不同,人力资本的间接影响机制则可以较好地弥补这一不足。作为创新活动的重要投入品,人力资本可以产生技术创新、技术模仿效应(杜伟等,2014;Akhvlediani and Cieślik,2020),通过影响技术进步这个中介变量来推动经济增长,而技术进步正是经济长期增长的重要动力来源之一(Romer,1990)。

理论上,人力资本主要通过两类渠道作用于一国的技术进步,分别是来自国内创新活动的直接影响以及源于人力资本溢出的间接影响(Fleisher et al.,2009)。人力资本所蕴含的认知能力对技术创新及其传播起着重要作用(Asif and Lahiri,2021)。从经验研究来看,多位学者基于不同国家数据发现人力资本对技术进步产生了显著的促进作用(Akhvlediani and Cieślik,2020),并且该作用突出存在于经济发达地区(Männasoo et al.,2018)。立足于人力资本异质性,彭国华(2007)的研究表明,只有受过高等教育的人力资本才会对技术进步产生正向影响,仅受过基础和中等教育的人力资本则产生负向效应,并且他认为这可能与具有高等教育水平的人更容易进行新产品的开发与模仿有关。Ang 等(2011)基于 87 个国家样本数据的研究亦证实了这一点,即高等教育相对于初等及中等教育更能促进技术创新。因此,在人力资本的诸多度量标准中,以高等教育相关指标(如大学入学率)作为其代理变量可能更能反映人力资本对技术进步的重要价值,也更受学者们的青睐。当然,这些研究主要分析了人力资本与中性技术进步的关系,还未将中性技术进步假设放松到有偏的情形。

针对 20 世纪发达国家出现的技能溢价上升现象,西方学者将技术进步偏向的范畴深入到劳动力要素内部,认为技能偏向型技术进步是高低技能劳动工资差距加大的主要原因(Katz and Murphy,1992)。为探寻技能偏向型技术进步的诱致因素,Acemoglu(2002)利用内生增长理论将技能偏向型技术进步内生化,通过建立不变替代弹性(CES)生产函数模型,推导论证了技术进步方向与技能劳动相对供给的函数关系,认为技能劳动相对供给增加会扩大与技能互补的技术市场规模,进而鼓励技术创新偏向丰富要素方向开展。不同于从要素

供给角度切入的方式,Acemoglu 等(2015)、Li 等(2021)立足于国际贸易中的宏观经济条件,分别分析了离岸外包、全球价值链等因素对技能偏向型技术进步的影响。其中,Acemoglu 等(2015)认为发达国家主导的离岸外包,扩大了东方国家与非技能工人互补技术的市场规模,从而鼓励东方国家技术变化偏向于非技能劳动,同时,由于离岸外包提高了技术密集型产品的价格,因而诱致发达国家发生偏向于技能劳动的技术变革。在 Acemoglu(2002)的框架基础上,Li 等(2021)论证了一国参与全球价值链可以通过影响技能偏向型技术进步作用于其技能溢价。在中国技能偏向型技术进步的影响因素方面,宋冬林等(2010)基于要素需求的视角,认为国外进口设备投资的增加,提高了中国对高技能劳动的需求,进而诱致中国技能偏向型技术进步的发生。沈春苗和郑江淮(2019)则是将户籍制度、政府研发补贴强度和国有企业制度等指标综合为一个制度环境变量,并将其加入到能够体现全球价值链分工特征的生产函数中,发现制度环境的改善有利于促进中国制造业的技能偏向型技术进步,但中国当前经济发展阶段对技能偏向型技术进步产生了抑制效应。时至今日,尽管已有学者在相关文献中零星地关注到了人力资本在中国技能偏向型技术进步中可能扮演的角色(王林辉等,2014;Li et al.,2021),但由于研究主题和重点的不同,这些研究对人力资本影响技能偏向型技术进步的机制与效应等问题尚缺乏专门且严格的实证检验。

那么,人力资本如何影响技能偏向型技术进步呢? Schultz(1961)认为,人力资本是个体具备健康、知识、技能、经验等方面素质的综合体现,是相对于物质资本的另一种资本形态。个体可以借由高等教育规模扩张所提供的人力资本投资机会进一步提升自身的人力资本水平。相对于一般劳动力,具有较高素质和技能的人力资本本身具有较强的学习能力,可以较快地熟悉并掌握企业的生产工艺及流程,并且其更有能力及时关注到企业生产过程中的薄弱项,进而开展相关的创新活动。换言之,受过良好大学教育的人力资本经过就业培训、干中学等锻炼后,可以有效转化为高技能劳动者,从而扩大社会中高技能劳动力供给。因此,人力资本扩张可以充实高技能岗位的人才储备并进一步提升高技能劳动力的相对供给。就技术类型的选择而言,高技能劳动力相对供给的增加,拓宽了与高技能劳动互补的技术市场规模与适用范围,从而在短期内使得劳动力技能溢价出现下滑,并诱发企业增加对高技能劳动力的雇佣。从长期来看,由于开发技能偏向的技术变得更有利可图,此时企业亦将倾向于开发技能偏向的新技术(Acemoglu,2002),从而进一步扩大技术-技能互补的市场规模,最终推动技能偏向型技术进步的发展。就技术开发的主体而言,高技能人才供给增加扩充了中国自主创新的中坚力量。在人力资本存量不足时,技术追赶多以引进和模仿国外技术为主要路径,自主开发目标类型技术的能力有限。随着人力资本的扩张,涌现出的高技能人才能够及时结合当地技能劳动供给相对增多这一禀赋条件的变化,自主研发出多样化的、与技能劳动互补的技术,进而正向作用于当地的技能偏向型技术进步。

综上所述,尽管已有不少研究关注了人力资本以及人力资本对中性技术进步的影响,但人力资本对有偏技术进步影响的研究还较为匮乏。本文即对此问题进行充分关注,并基于高校扩招的准自然实验,对其影响效应及机制进行实证检验。

三、估计策略、变量设定和数据来源

(一)准自然实验的估计策略

为有效地评估人力资本扩张对中国技能偏向型技术进步的影响效应,科学识别其因果

关系,本文将中国高校扩招作为准自然实验的构造基础,并在这一框架下采用双重差分法对人力资本扩张的影响效应进行实证检验。相较于最小二乘回归法(OLS),双重差分法(DID)能够较好地克服评估过程中需考虑的遗漏变量、反向因果等内生性问题,有效减少潜在的干扰因素。进一步地,如果样本是面板数据,双重差分法还有助于降低不可观测的个体异质性对评估结果的影响,进而提高量化评估的准确性。具体而言,中国人力资本的供给数量在高校扩招政策推行一定时间后明显增加,在此情形下,对人力资本需求及吸纳度越高的行业将受到更大程度的影响(Che and Zhang,2018),这意味着人力资本扩张对各行业的冲击存在显著差异,进而对行业结构不同的地区亦产生异质性影响。基于上述机理,本文的实证模型设定如下:

$$SkillBTC_{i,t}=\alpha+\beta HumC_i\times Edu03_t+\gamma X_{i,t}+CityFE+YearFE+\varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

(1)式中:$SkillBTC_{i,t}$为城市 i 的技能偏向型技术进步;$HumC_i$为城市 i 的人力资本密度;$Edu03_t$为政策虚拟变量,将 1999 年高校扩招政策实施之后首批大学生毕业的时间 2003 年之前设为 0,2003 年及以后设为 1。$X_{i,t}$为控制变量集合,后文中将详细阐述。$CityFE$ 为城市固定效应、$YearFE$ 为年份固定效应、$\varepsilon_{i,t}$为随机扰动项。交乘项 $HumC_i\times Edu03_t$的估计系数 β 刻画了不同人力资本密度城市的技能偏向型技术进步水平在政策实际冲击前后的平均差异,显著大于 0 表示高校扩招显著促进了技能偏向型技术进步,显著小于 0 则表示显著抑制了技能偏向型技术进步。

(二)变量设定

1.技能偏向型技术进步的测算

技能偏向型技术进步实质上是一种更利于提升高技能劳动力边际产出的技术进步。换言之,如果说中性与偏向型技术进步均会提升所有劳动者的工资水平,那么,技能偏向型技术进步对高技能劳动力的工资水平提升程度更高。根据 Acemoglu(2002)基于生产函数研究范式提出的技能偏向型技术进步测度方法,技能偏向型技术进步($SkillBTC_{i,t}$)可以表示为:

$$SkillBTC_{i,t}=\frac{(\omega_{i,t})^{\frac{\delta}{\delta-1}}}{(h_{i,t})^{\frac{1}{1-\delta}}} \quad (2)$$

(2)式中:$\omega_{i,t}=SLWages_{i,h,t}/SLWages_{i,l,t}$表示城市 i 高、低技能劳动力的相对工资水平,即技能溢价,其中,$SLWages_{i,h,t}$为高技能劳动力的绝对工资水平,$SLWages_{i,l,t}$为低技能劳动力的绝对工资水平;$h_{i,t}=SLInput_{i,h,t}/SLInput_{i,l,t}$表示高、低技能劳动力的相对供给,其中,$SLInput_{i,h,t}$为使用的高技能劳动力数量,$SLInput_{i,l,t}$为使用的低技能劳动力数量;$\delta$ 表示两类投入要素之间的替代弹性,参照 Acemoglu(2002),取 $\delta=2.0$。进一步地,考虑到中国各类统计年鉴中没有提供细分行业按照受教育程度划分的劳动力数量,本文采用下述方法对中国各城市所拥有的技能劳动力数量及所支付的工资水平进行了估算。

首先,借鉴潘文卿等(2017),采用世界投入产出数据库(WIOD)提供的中国细分行业高、低技能劳动力数量及工资比例的相关数据,构建如下公式对历年各城市工业行业数据进行估算:

$$SLInput_{i,t}=\sum_j^n SLIIndustries_{i,j,t}=\sum_j^n SLIIRatio_j\times SLIITotal_{i,j,t} \quad (3)$$

$$SLReturn_{i,t}=\sum_j^n SLWIndustries_{i,j,t}=\sum_j^n LIIndustries_{i,j,t}\times SLWIRatio_j\times WIAverage_{i,j,t} \quad (4)$$

$$SLWages_{i,t}=SLReturn_{i,t}/SLInput_{i,t} \quad (5)$$

(3)式中:$SLInput_{i,t}$同(2)式含义一致,这里具体代表各城市的高(低)技能劳动投入数量,由分行业高(低)技能劳动投入 $SLIIndustries_{i,j,t}$加总而来;$SLIIRatio_j$代表高(低)技能劳动投入比例,$SLIITotal_{i,j,t}$表示分行业劳动总投入。相应地,(4)式中,$SLReturn_{i,t}$代表各城市的高(低)技能劳动总报酬,$SLWIndustries_{i,j,t}$表示分行业高(低)技能劳动报酬,而 $LIIndustries_{i,j,t}$、$SLWIRatio_j$、$WIAverage_{i,j,t}$分别代表分行业劳动投入、高(低)技能报酬比例以及平均劳动报酬。在此基础上,根据(5)式,即可得到高(低)技能劳动的绝对工资水平 $SLWages_{i,t}$。

然后,根据估算的高、低技能劳动力数量和绝对劳动力工资水平,求得历年各城市高、低技能劳动力的相对工资水平 $\omega_{i,t}$和相对供给 $h_{i,t}$。最后,根据(2)式即可得到各城市的技能偏向型技术进步水平。

2.城市人力资本密度

城市人力资本密度主要反映了各城市本科及以上学历的劳动力占所有劳动力的比重。由于缺乏城市层面直接的本科及以上学历劳动力人数,本文将行业人力资本密度 HCD_j作为城市劳动力结构 $StruL_{i,j,02}$的权重,并在城市层面对劳动力结构进行加权求和,从而得到各城市的人力资本密度水平 $HumC_i$。其中,城市劳动力结构用城市 i 内各行业的劳动力占所有行业劳动力的比重来表示,并且为保证这一指标不受高校扩招政策冲击的影响并满足较好的代表性,这里采用实际政策冲击发生前最相邻的一年,即 2002 年的值。对于行业 j 的人力资本密度 HCD_j,与 Che 和 Zhang(2018)、毛其淋(2019)等一致,以 1980 年美国各行业中拥有本科及以上学历劳动人数的占比来表征,这主要是因为,若以中国数据测度行业人力资本密度,则可能因劳动力市场配置扭曲或其他政策因素的干扰而导致实证结果的估计偏差。1970 年以来,以美国为主的少数几个国家创造出了世界上大量的新型技术,故美国行业的人力资本密度可以较为客观地刻画各国行业的技术前沿,体现行业一般特征(Che and Zhang,2018)。不仅如此,Che 和 Zhang(2018)利用中国 1995 年和 2004 年数据测得的各行业人力资本密度值与美国对应值的相关性分别高达 0.67 和 0.73。为此,在中美行业之间具有较为紧密联系的时代背景下,采用美国行业人力资本密度作为中国劳动力结构的权重有利于最大化降低因反向因果关系或统计误差而导致的内生性问题。当然,为避免由中美之间行业差异过大所可能导致的实质性偏误,本文还进一步利用 Che 和 Zhang(2018)提供的基于 1995 年和 2004 年中国企业普查数据测得的分行业人力资本密度值重新度量城市人力资本密度,得到 $HumC95_j$和 $HumC04_j$,并将三种方式下取得的回归结果统一报告在表 2 中。

3.控制变量

参考沈春苗和郑江淮(2019)以及杨飞(2017)等,本文控制了以下城市层面因素:户籍制度(*Household*),用城镇单位人员从业数占年底总人口数的比重表征;研发补贴强度(*R&D*),用地方科学事业经费支出占预算内支出的比重衡量;外资利用(*FDI*),用外商直接投资额加 1 的对数衡量;经济开放度(*Openness*),用贸易进出口总额与 GDP 比值衡量;基础设施(*Infrastructure*),用邮电业务总量对数衡量;经济发展水平(*Economic*),用 2000 年为基期的实际人均国内生产总值对数衡量。

表 1 为主要变量的描述性统计结果。

表 1　　变量的描述性统计

变量名	变量含义	观测值	平均值	标准差	最小值	最大值
SkillBTC	技能偏向型技术进步	3 640	1.5040	0.2648	1.1273	4.6477
h	高、低技能劳动相对供给水平	3 640	0.8973	0.0981	0.7642	2.5233
ω	高、低技能劳动相对工资水平	3 640	1.2904	0.0495	1.2033	1.7431
HumC	人力资本密度	3 640	0.1053	0.0219	0.0297	0.1475
*HumC*95	人力资本密度(1995 年)	3 640	0.0488	0.0112	0.0221	0.0806
*HumC*04	人力资本密度(2004 年)	3 640	0.0951	0.0222	0.0272	0.1483
Household	户籍制度	3 640	0.1139	0.1032	0.0235	1.4731
R&D	研发补贴强度	3 640	0.0096	0.0107	0.0000	0.1627
FDI	外资利用	3 640	9.1392	2.1485	0.0000	14.336
Openness	经济开放度	3 640	0.2262	0.4382	0.0002	5.4369
Infrastructure	基础设施	3 640	5.0712	0.7388	2.3026	9.1520
Economic	经济发展水平	3 640	9.0863	0.7105	7.4243	12.0477

(三)数据来源

本文研究所选样本涵盖了中国大陆除西藏外 30 个省份的 260 个城市。考虑到西藏以及其他省份的个别城市存在大量数据缺失,故本文暂时将其数据剔除。中国高校自 1999 年开始扩招,2003 年首届大学生毕业。本文基于以下两方面的考虑,采用实际冲击发生(2003 年)前 3 年和后 10 年的中国城市数据。首先,2000 年以前城市层面的数据缺失较为严重且城市数量相对当前而言较少,例如山西省 1999 年仅包括 6 个地级市,到 2000 年已增加为 10 个,更接近当前该省共 11 个地级市的现实情况,因此以 2000 年作为考察的起始点有助于我们最大限度构造平衡面板数据。其次,如图 1 所示,高校扩招政策实施以来,毕业生同比增幅的最高值 40.39%与最低值 2.24%分别出现在 2003 年和 2013 年,2013 年后虽有小幅波动但已趋于平缓。因此,本文以 2013 年作为结束点不仅有利于保留较长时间段的准实验数据,还有助于避免政策冲击趋缓期其他外生因素可能对实验造成的潜在干扰。城市技能偏向型技术进步数据来自《中国劳动统计年鉴》《中国城市统计年鉴》和 WIOD 数据库,由于缺乏城市层面分行业的平均工资,我们以省级分行业平均工资代替。人力资本密度数据来自美国综合公共利用微数据系列 Integrated Public Use Microdata Series 以及中国工业企业数据库。控制变量数据主要来源于《中国城市统计年鉴》和 EPS 数据平台,个别缺失数据结合当地统计年鉴和线性插值法补齐。

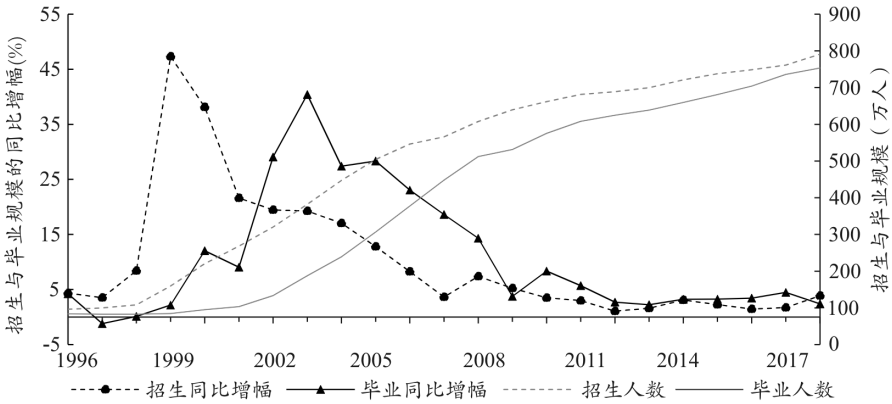


图 1　1996—2018 年中国普通高等教育学校招生与毕业情况

四、结果分析

(一)基准回归结果分析

本文准自然实验的基准回归结果如表 2 所示。其中,第(1)—(3)列是仅包含核心解释变量的估计结果,第(4)—(6)列是控制了户籍制度、研发补贴强度、外资利用、经济开放度、基础设施以及经济发展水平变量的估计结果。

表 2　　基准回归结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
HumC×*Edu*03	0.5631***			0.6150***		
	(2.8448)			(3.1412)		
*HumC*95×*Edu*03		0.6014			0.9472***	
		(1.5436)			(2.5824)	
*HumC*04×*Edu*03			0.3484*			0.4402**
			(1.6949)			(2.2102)
Household				−0.5843***	−0.5820***	−0.5822***
				(−7.6754)	(−7.6857)	(−7.7045)
R&D				0.6929**	0.7194**	0.7280**
				(2.2868)	(2.3708)	(2.4065)
FDI				0.0095***	0.0093***	0.0094***
				(3.5402)	(3.4855)	(3.4909)
Openness				−0.0796***	−0.0813***	−0.0818***
				(−6.0972)	(−6.2218)	(−6.2835)
Infrastructure				0.0168***	0.0166***	0.0168***
				(2.8763)	(2.8442)	(2.8666)
Economic				−0.0500**	−0.0541***	−0.0577***
				(−2.4866)	(−2.7294)	(−2.9103)
City FE	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Year FE	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Observations	3 640	3 640	3 640	3 640	3 640	3 640
R^2	0.7707	0.7701	0.7710	0.7831	0.7829	0.7831

注:括号内数值为稳健标准误下对应的 t 值;***、** 和 * 分别表示 1%、5%和 10%的显著性水平。下表同。

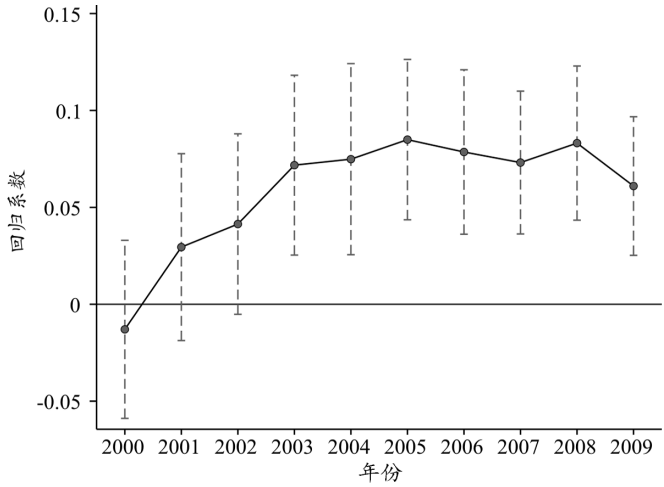
从表 2 的估计结果来看,无论在何种情形下,*HumC*×*Edu*03 系数均显著为正,且在控制其他影响因素后,基于中国数据测得的城市人力资本密度 *HumC*95×*Edu*03 及 *HumC*04×*Edu*03 系数也显著为正,这表明人力资本密度更高的城市,在高校扩招后技能偏向型技术进步有了更快的增长,即人力资本扩张显著提升了中国技能偏向型技术进步水平。由教育引致的人力资本质量提高正在逐步取代中国劳动力数量的简单增加(王小鲁等,2009),更多地依赖人力资本要素成为中国经济增长方式转换的重要动力之一。本文的研究表明,通过扩张人力资本的方式,可以显著地推动中国技能偏向型技术进步,进而为经济的持续增长提供良好条件。

(二)DID 有效性检验

1.平行趋势检验

双重差分法估计的前提条件是满足平行趋势假设,即要求在没有外在政策的影响下,处理组与控制组的技能偏向型技术进步水平按照相同的趋势发展。具体地,为检验本文准自然实验中两组样本城市的平行趋势假定是否成立,这里借助动态影响效应的检验方式,用年

份虚拟变量替换(1)式中*Edu*03项重新评估。图2呈现了部分估计结果,其中实线部分反映了高校扩招产生的边际效应。从图中可以看出,在2000—2002年的时间段内,人力资本扩张对技能偏向型技术进步的影响并未达到统计意义上的显著,但从政策实际冲击年份2003年开始,各年份人力资本扩张的影响系数均具有显著性,且政策冲击的边际效应大于2003年之前。此外,图2亦反映出高校扩招政策实施后,人力资本扩张对技能偏向型技术进步的提升效果在一定时间内大致呈现先增强后趋于平稳的动态演化趋势。上述检验说明在政策冲击发生之前,处理组与对照组城市技能偏向型技术进步的变化是满足平行趋势假设的。



注:实心点的上下虚线表示95%的置信区间。

图2 人力资本扩张的动态影响效应

2.两期倍差法

本文进一步采用两期倍差法(two-period)对模型重新进行估计。与前文的多期倍差法相比,两期倍差法通过将样本数据处理为两个时期的方式,最大化地减少了时间序列个数,从而一定程度上有助于克服多期倍差法中序列相关问题的潜在影响。具体步骤为:以人力资本扩张的实际政策冲击年份2003年作为两期节点,将样本划分为2000—2002年及2003—2013年两个阶段,分别对两阶段的样本数据求算术平均值得到新样本数据,再基于构造的两阶段样本数据进行稳健性检验。从表3第(1)列可以发现,在采用两期倍差法评估策略的条件下,估计系数的符号与显著性水平相较于基准回归而言并没有产生实质性改变,这再一次表明人力资本扩张显著提高了城市的技能偏向型技术进步水平,推动了中国技能偏向型技术进步。

3.预期效应检验

为进一步确保评估策略中所借助的高校扩招政策具有外生性,本文对可能存在的预期效应进行检验。具体地,在基准回归的估计中引入实际政策冲击发生前一年,即2002年的时间虚拟变量与人力资本密度的交乘项*HumC*×*Before*1。预期效应检验的结果报告在表3中第(2)列。从回归结果可以看出,*HumC*×*Before*1并不满足统计意义上的显著性水平,由此说明高校扩招政策并未形成有效的预期效应,对本文的评估策略而言具有外生性。与此同时,在加入*HumC*×*Before*1的情形下,本文重点考察的核心解释变量*HumC*×*Edu*03系数依然为正且满足5%的显著性水平,这也验证了本文回归结果的稳健性。

表 3　　DID 有效性检验及其他稳健性检验

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	两期倍差法	预期效应检验	剔除一线城市	排除城市非观测特征因素影响	采用 2000—2006 年数据	控制变量滞后一期
HumC×*Edu*03	0.3635**	0.5211**	0.6199***	0.0002	0.6963***	0.7175***
	(2.6845)	(2.0978)	(3.1553)	(0.0323)	(4.0250)	(3.2429)
HumC×*Before*1		−0.2816				
		(−0.9036)				
X	YES	YES	YES	YES	YES	YES
City FE	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Year FE	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Observations	520	3 640	3 612	3 640	1 820	3 380
R^2	0.9255	0.7831	0.7821	0.7827	0.8942	0.7861

(三)稳健性检验

1. 调整城市样本

北京、上海、广州和深圳作为中国的一线城市,其综合实力长期处于领先地位,在经济发展程度、产业纵深化水平以及基础设施条件等方面对人才产生了较强吸引力,并且这些城市还拥有较为优质的高等教育资源。因此,为避免样本特殊性引致的干扰,本文对剔除这四个一线城市后的剩余样本城市重新进行回归。估计结果如表 3 第(3)列所示。*HumC*×*Edu*03 的回归系数为 0.6199 且在 1%的水平上显著,表明是否剔除四个一线城市对检验人力资本扩张与技能偏向型技术进步的关系并无显著影响。

2.排除城市非观测特征因素影响的安慰剂检验

尽管本文已在准自然实验中对大量的城市特征变量进行了控制,但仍有可能存在一些非观测的城市特征因素使得高校扩招政策的评估结果受到影响。因此,为了进一步保证估计结果的稳健性,参考 Liu 和 Lu(2015),使用如下安慰剂检验方法:(1)为确保政策无法对相应的技能偏向型技术进步水平产生实际影响,利用 stata 软件构造高校扩招对 260 个样本城市的 200 次随机冲击。(2)将 200 个 β^{random} 的分布呈现在图 3 中。由图 3 可知,随机处理过程中生成的 β^{random} 主要集中分布于−0.05 到 0.05 之间,且远低于实际政策作用下人力资本扩张的影响系数估计值 0.6150。(3)估计经过 200 次随机处理后的 β^{random} 均值,结果如表 3 第(4)列所示。估计系数 β^{random} 均值为 0.0002,且不显著。由此推断本文的量化评估结果未受到这一潜在因素的实质性影响,这也在一定程度上反映了本文结果的稳健性。

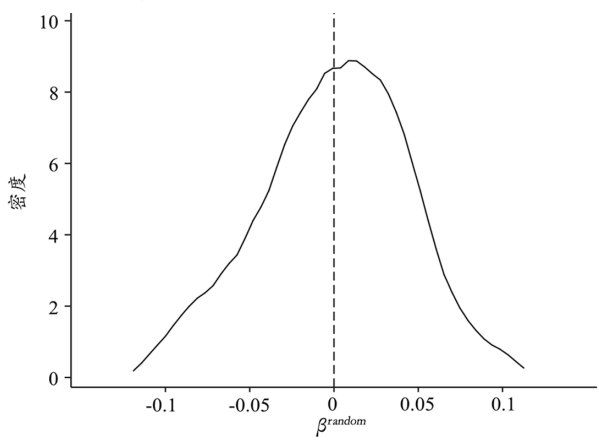


图 3　随机处理后的系数估计值 β^{random} 的分布

3.调整样本时间

前文主要基于2000—2013年的数据进行实证检验。考虑到2007—2009年发生的全球金融危机可能会对结果产生潜在干扰,本文只保留实际冲击发生前三年和后三年,即2000—2006年的数据重新进行回归,结果如表3第(5)列所示。从表中来看,交互项系数依然显著为正,这在一定程度上说明剔除可能存在扰动的年份后,并没有根本改变人力资本扩张对中国技能偏向型技术进步的影响,结果具有稳健性。

4.控制变量的潜在内生性问题处理

考虑到所选控制变量与高校扩招之间可能会产生反向影响,从而导致潜在的内生性问题。为进一步降低可能存在的干扰因素,本文将所有控制变量作滞后一期处理并再次回归。从表3第(6)列可以看出,人力资本扩张的系数符号并未发生实质性改变,再次印证了本文评估结果的稳健性。

5.分位数估计

最小二乘回归方法只能提供研究对象之间的平均效应信息,其回归结果有可能被极端值影响导致估计偏误,而条件分位数回归采用残差绝对值的加权平均作为最小化目标函数,一定程度上有助于克服极端值的影响,并且其还能够反映部分边际效应的影响方向与大小。因此,本文拟采用分位数回归方法以0.1、0.3、0.5、0.7、0.9为条件分位数,再次进行稳健性检验。估计结果如表4所示。

表4　　人力资本扩张对技能偏向型技术进步影响的分位数回归结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	*q*10	*q*30	*q*50	*q*70	*q*90
HumC×*Edu*03	0.1429***	0.3463**	0.6433***	0.6898***	0.7134***
	(12.6365)	(2.3855)	(5.5633)	(4.9181)	(51.7941)
X	YES	YES	YES	YES	YES
City FE	YES	YES	YES	YES	YES
Year FE	YES	YES	YES	YES	YES
Observations	3 640	3 640	3 640	3 640	3 640
Pseudo R^2	0.6253	0.6408	0.6647	0.6851	0.7503

从表4估计结果来看,人力资本扩张在各个分位点均对技能偏向型技术进步有显著的正向影响。进一步观察可以发现,分位数回归的影响系数随着技能偏向型技术进步水平的提升而增大。一般而言,在技术进步发展的初期,可能由于各类软硬性条件的限制,人力资本推动技能偏向型技术进步的难度较大,因而推动作用相对较小;而随着技能偏向型技术进步水平的不断提高,相应的技术设备、环境条件等亦在不断优化,这有助于人力资本作用的充分发挥,从而促进技能偏向型技术进步的较快发展。上述结果总体说明,采用分位数回归方法以后,人力资本扩张依然对技能偏向型技术进步有显著的正向影响。结果具有稳健性。

(四)影响渠道检验

恰如前文所述,开始于1999年高校扩招的人力资本扩张,其实质是增加了高技能劳动力的供给,进而推动了技能偏向型技术进步。接下来,本文即采用中介效应模型对这一过程

进行实证考察。参考宋冬林等(2010),本文采用各地区劳动者中专业技术人员年末人数①占总就业人数比重作为高技能劳动力的表征指标(*High-skilled*)。但遗憾的是,宋冬林等(2010)采用的是中国整体的时间序列数据,而城市层面缺乏该项指标的直接数据。基于此,本文充分考虑各城市行业劳动力结构的异质性以及数据的可得性,首先测算出各个省份的分行业专业技术人员人数占比,然后根据各城市劳动力结构,即各城市分行业劳动力占城市总体劳动力的比重,将该省份的专业技术人员占比匹配到省内的各个城市,②最终得到各城市高技能劳动力的相对供给度。从表 5 第(1)和(2)列来看,无论是否纳入控制变量,*HumC*×*Edu*03 对 *High-skilled* 的回归系数均显著为正,这也在一定程度上说明中国人力资本的扩张,显著地提升了中国高技能劳动力的相对供给。进一步地,表 5 第(3)列结果显示,高技能劳动力相对供给对技能偏向型技术进步的估计系数为 1.4753,且在 1%的水平上显著,表明随着高技能劳动力相对供给的增加,一定程度上诱发了技术-技能互补的市场规模效应,从而推动了中国技能偏向型技术进步的发展。

表 5　　**影响渠道检验**

	(1)	(2)	(3)
	High-skilled	*High-skilled*	*SkillBTC*
HumC×*Edu*03	0.2655***	0.2595***	0.3131*
	(10.0698)	(9.7283)	(1.7750)
High-skilled			1.4753***
			(5.0151)
X	NO	YES	YES
City FE	YES	YES	YES
Year FE	YES	YES	YES
Observations	2 080	2 080	2 080
R^2	0.7935	0.7971	0.8903

五、进一步分析:异质性影响

人力资本的物质载体是可能受到各种社会条件制约的人本身,这使得人力资本扩张对技能偏向型技术进步的影响,可能会随着主体所处社会环境的不同而产生差异。异质性分析有助于识别高校扩招对具有何种条件特征的城市影响更大,进而从更全面的角度识别人力资本扩张对技能偏向型技术进步的影响效应。

(一)地区异质性

中国幅员辽阔,东、中、西部三大地区之间在经济发展水平、教育资源、产业结构等方面有着较大差异,从而可能影响到人力资本扩张效应的发挥程度。为此,本文将中国城市按照

①由于专业技术人员年末人数在 2009 年的《中国劳动统计年鉴》中已不再报告,因此样本区间缩短为 2000—2007 年。

②即首先测算每个省份分行业的专业技术人员占比,然后以隶属该省的城市各行业劳动力占城市总体劳动力的比重作为权重,对分行业的专业技术人员占比进行加总求和,最终得到该城市的高技能劳动力相对供给度。虽然从测算过程来看,我们主要以省份的高技能劳动力供给来近似表征城市的高技能劳动力供给,但也充分考虑到了各个城市劳动力供给结构的差异,因而在直接数据难以获得的情况下,其在一定程度上近似反映了不同城市的高技能劳动力供给特征,具有一定的合理性与可行性。

东、中、西部进行划分①,并对其异质性进行检验。估计结果如表6所示。

从分地区的回归结果来看,东部与中部地区*HumC*×*Edu*03的回归系数显著为正,而西部地区的交互项系数并不显著,并且东部地区交互项系数明显高于中部地区。这说明高校扩招所引致的人力资本扩张,一定程度上促进了东部和中部地区的技能偏向型技术进步,但对西部地区的影响并不明显。长期以来,东部地区作为中国经济发展的先行者,产业结构高级化及纵深化程度均要明显高于中西部地区,这吸引了大量高校毕业生等优秀人才向其流入与集聚,成为高考扩招的主要受益者。而西部地区,由于其经济发展水平以及各方面环境条件等均较为落后,一定程度上造成了大量高校毕业生等人才的流失,从而难以为技能偏向型技术进步提供充足的人才保障,无法有效促进技能偏向型技术进步的发展。至于中部地区,各方面环境和条件位于东部地区和西部地区之间,虽然促进作用不及东部地区,但明显高于西部地区,人力资本扩张仍然在一定程度上促进了该地区技能偏向型技术进步的发展。

(二)高校毕业生供给冲击程度异质性

在中国高校办学规模有着较大地区差异的情形下,由高校扩招政策所导致的高校毕业生迅猛增长可能在不同地区形成差异化的政策冲击。如前文所述,中国高校的本科教育通常为四年制,因而本文将大学毕业生大规模进入劳动力市场的2003年设定为政策冲击的实际年份。进一步地,由于首批扩招的大专学历学生于2002年毕业,故以2001年作为基准年份可能更益于度量不同地区受到的异质性冲击。基于上述考虑,本文结合毛其淋(2019)的指标构建方式,采用2003年与2001年高校毕业人数差值占2001年高校毕业人数的比例作为各城市高校毕业生供给冲击差异的替代指标,并依次以中位数和平均值作为衡量标准对城市分组,回归结果如表6第(4)—(7)列所示。从表中可以看出,无论按照何种标准来划分,人力资本扩张对高校毕业生供给冲击大的城市,有着更为明显的影响,也即在高校毕业生供给冲击程度越高的地区,人力资本扩张对技能偏向型技术进步的促进效应越强。

表6　　异质性回归结果Ⅰ

	东、中、西部城市的异质性影响			高校毕业生供给冲击的异质性影响			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	东部	中部	西部	高	低	高	低
HumC×*Edu*03	1.3724*** (2.5744)	0.4294** (2.2298)	−0.7733 (−1.3269)	1.0541*** (4.1208)	−0.1735 (−0.5195)	1.0310*** (4.2327)	0.2011 (0.5542)
X	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
City FE	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Year FE	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Observations	1 400	1 456	784	1 932	1 708	1 456	2 184
R^2	0.8281	0.8350	0.6761	0.7661	0.8070	0.7406	0.8079

注:(4)、(5)列以中位数作为划分标准,(6)、(7)列以平均值作为划分标准。

(三)人力资本与研发投入匹配度异质性

在人力资本扩张过程中,各地区研发投入与人力资本的匹配程度同样会对技能偏向型

①这里将隶属于北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南的城市归为东部地区,将隶属于山西、内蒙古、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北和湖南的城市归为中部地区,将隶属于广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆的城市归为西部地区。

技术进步产生影响(李静、楠玉,2018)。具体而言,当研发部门存在人力资本与研发投入的错配时,其创新效率可能随之下降,进而间接导致人力资本要素的报酬减少。事实上,薪酬激励在人力资本的就业选择中扮演着重要的角色。薪酬激励不足时,具有创新潜力的人力资本就很可能偏向于选择到非生产型、非科技创新型的企业就业。因此,即使人力资本扩张,如果优质而众多的科技人力资本未向研发部门聚集,则可能无法有效推动技能偏向型技术进步的发展。基于此,本文按照李静和楠玉(2018)的方法,采用"高人力资本占比/研发强度"表征二者间的匹配程度①,并根据这一指标的中位数对样本城市进行分组。从表 7 的估计结果来看,匹配度高的城市,其 *HumC×Edu*03 的系数亦相对较大,这在一定程度上表明人力资本与研发投入匹配度高的城市,人力资本扩张对技能偏向型技术进步的提升效果更佳。

(四)地区市场化程度的异质性

地区市场化程度差异亦可能影响人力资本扩张对技能偏向型技术进步的作用效果。一般情况下,地区市场化程度越高,限制劳动力自由流动与有效配置的障碍就越低,产权保护等制度质量较高,并且市场化有利于加速技能偏向型科技成果的市场化推广与应用,进而增强企业进行新技术研发的激励,推动技能偏向型技术进步(杨飞,2017)。基于此,本文将大于等于市场化指数(樊纲等,2011)平均值的地区归为高市场化程度地区,反之则为低市场化程度地区,且各地级市与其所属省市类别相一致。为加强结果的稳健性,本文依据实际冲击发生前 2002 年和 2000 年市场化指数的平均值对其分组并分别回归,实证结果如表 7 第(3)—(6)列所示。在不同的分类方法下,市场化水平较高城市的交互项系数明显较大,这意味着,人力资本扩张对技能偏向型技术进步的推动效应随着地区市场化程度的提高而明显增强。

表 7　　异质性回归结果 Ⅱ

	匹配度的异质性影响		市场化程度的异质性影响			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	高	低	高	低	高	低
*HumC×Edu*03	0.7815** (2.0495)	0.5861*** (2.8048)	0.8960** (1.9970)	0.4569** (2.0690)	1.0606*** (2.7594)	0.3399 (1.4799)
X	YES	YES	YES	YES	YES	YES
City FE	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Year FE	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Observations	1 820	1 820	1 638	2 002	1 638	2 002
R^2	0.7953	0.7690	0.8400	0.7331	0.8170	0.7531

注:(3)、(4)列以 2002 年市场化指数平均值作为划分标准,(5)、(6)列以 2000 年市场化指数平均值作为划分标准。

六、结论和启示

在中国创新型国家建设的进程中,充分发挥人力资本效能,从而促进中国技术进步是一项非常值得关注的议题。本文以中国高校扩招政策构造准自然实验,采用双重差分方法,实证考察了由于高校扩招所引致的人力资本扩张对中国技能偏向型技术进步的影响效应与方向。本文研究不仅为人力资本扩张促进中国技能偏向型技术进步提供了直接证据,亦从技术进步这一经济增长质量的视角,对中国高校扩招的潜在经济效应进行了新的检验。主要

①高人力资本占比=本科及以上学历劳动人数/总劳动人数,研发强度=研发投入/GDP。

的研究发现有：

人力资本扩张对中国技能偏向型技术进步具有显著的正向影响，并且一系列稳健性检验均支持了这一结论。进一步地，影响机制检验表明，人力资本扩张总体上增加了中国的高技能劳动供给，扩大了技术-技能互补的技术市场规模，进而推动了中国技能偏向型技术进步。这意味着，当前阶段，面对全球经济形势不确定性持续加强以及人口数量红利逐渐减弱给中国经济发展带来的双重挑战，不断壮大人力资本规模、提升人力资本水平，藉此推动中国技能偏向型技术进步，将是中国实现经济持续发展的重要途径之一。因此，从政策层面来讲，继续加大财政对教育的支持力度，通过高校适度扩招等方式增加人力资本供给规模和质量，完善人才培养的体制机制，突出创新型人才的培养导向，不仅有助于中国劳动者素质的整体提升，对技术进步和未来中国经济发展均具有重要意义。

研究还发现，人力资本扩张对中国技能偏向型技术进步的影响存在明显的区域异质性。在地理空间上，人力资本扩张的影响呈现出东-中-西梯度递减的格局，即东部地区影响最强，中部地区次之，而西部地区最弱甚至不显著。此外，在受高校毕业生冲击较大的地区、人力资本与研发投入匹配度较高的地区，以及市场化程度较高的地区，人力资本扩张的推动作用更为突出。这意味着，为了充分发挥人力资本对技能偏向型技术进步的重要作用，各地方政府在努力提高当地经济发展水平的同时，还应充分考虑自身优势打造有利于人才发展的综合环境，加快推进市场化改革，积极营造有利于人才成长与技术创新的制度环境，藉此吸引和留住高校毕业生等优秀人才。当然，这一过程中各地区还应结合自身特点和实力，加强研发投入和各项配套设施建设，使人力资本水平与研发投入相匹配，这有利于充分发挥人力资本的积极效应，从而更好地促进技能偏向型技术进步。

参考文献：

1.杜伟、杨志江、夏国平，2014：《人力资本推动经济增长的作用机制研究》，《中国软科学》第 8 期。
2.樊纲、王小鲁、朱恒鹏，2011：《中国市场化指数——地区市场化相对进程 2011 年报告》，经济科学出版社。
3.李静、楠玉，2018：《人力资本匹配与技能偏向技术进步》，《经济体制改革》第 3 期。
4.毛其淋，2019：《人力资本推动中国加工贸易升级了吗?》，《经济研究》第 1 期。
5.潘文卿、吴天颖、马瑄忆，2017：《中国高技能-低技能劳动的技术进步偏向性及其估算》，《技术经济》第 2 期。
6.彭国华，2007：《我国地区全要素生产率与人力资本构成》，《中国工业经济》第 2 期。
7.沈春苗、郑江淮，2019：《制度环境改善与技能偏向性技术进步》，《产业经济研究》第 1 期。
8.宋冬林、王林辉、董直庆，2010：《技能偏向型技术进步存在吗？ ——来自中国的经验证据》，《经济研究》第 5 期。
9.王林辉、蔡啸、高庆昆，2014：《中国技术进步技能偏向性水平：1979—2010》，《经济学动态》第 4 期。
10.王小鲁、樊纲、刘鹏，2009：《中国经济增长方式转换和增长可持续性》，《经济研究》第 1 期。
11.杨飞，2017：《市场化、技能偏向性技术进步与技能溢价》，《世界经济》第 2 期。
12.杨建芳、龚六堂、张庆华，2006：《人力资本形成及其对经济增长的影响——一个包含教育和健康投入的内生增长模型及其检验》，《管理世界》第 5 期。
13.岳书敬、刘朝明，2006：《人力资本与区域全要素生产率分析》，《经济研究》第 4 期。
14.张宽、黄凌云，2019：《贸易开放、人力资本与自主创新能力》，《财贸经济》第 12 期。
15.Acemoglu, D. 2002. "Technical Change, Inequality and Labor Market." *Journal of Economic Literature* 40(1): 7-72.
16.Acemoglu, D., G. Gancia, and F. Zilibotti. 2015. "Offshoring and Directed Technical Change." *American Economic Journal* 7(3): 84-122.
17.Akhvlediani, T., and A. Cieślik. 2020. "Human Capital, Technological Progress and Technology Diffusion across Europe: Education Matters." *Empirica* 47(3): 475-493.

18.Ang, J. B., J. B. Madsen, and M. R. Islam. 2011. "The Effects of Human Capital Composition on Technological Convergence." *Journal of Macroeconomics* 33(3): 465-476.
19.Angrist, N., S. Djankov, P. K. Goldberg, and H. A. Patrinos. 2021. "Measuring Human Capital Using Global Learning Data." *Nature* 592(7854): 403-408.
20.Asif, Z., and R. Lahiri. 2021. "Dimensions of Human Capital and Technological Diffusion." *Empirical Economics* 60(2): 941-967.
21.Che, Y., and L. Zhang. 2018. "Human Capital, Technology Adoption and Firm Performance: Impacts of China's Higher Education Expansion in the Late 1990s." *Economic Journal* 128(614): 2282-2320.
22.Das, G. G., and I. Drine. 2020. "Distance from the Technology Frontier: How Could Africa Catch-up via Socio-Institutional Factors and Human Capital?" *Technological Forecasting and Social Change* 150, 119755.
23.Fleisher, B., H. Li, and M. Q. Zhao. 2009. "Human Capital, Economic Growth, and Regional Inequality in China." *Journal of Development Economics* 92(2): 215-231.
24.Katz, L. F., and K. M. Murphy. 1992. "Changes in Relative Wages, 1963-1987: Supply and Demand Factors." *The Quarterly Journal of Economics* 107(1): 35-78.
25.Li, H., W. Cai, and W. Li. 2021. "Does Global Value Chains Participation Improve Skill Premium? Mediating Role of Skill-Biased Technological Change." *Economic Modelling* 99, 105489.
26.Liu, Q., and Y. Lu. 2015. "Firm Investment and Exporting: Evidence from China's Value-added Tax Reform." *Journal of International Economics* 97(2): 392-403.
27.Männasoo, K., H. Hein, and R. Ruubel. 2018. "The Contributions of Human Capital, R&D Spending and Convergence to Total Factor Productivity Growth." *Regional Studies* 52(12): 1598-1611.
28.Romer, P. M. 1990. "Endogenous Technical Change." *Journal of Political Economy* 98(5): 71-102.
29.Schultz, T.W. 1961. "Investment in Human Capital." *American Economic Review* 51(1): 1-17.

Human Capital Expansion and Skill-biased Technological Change in China: Quasi-natural Experiment Based on College Enlarging Enrollment

Bai Junhong[1], Zhang Yixuan[2] and Bian Yuanchao[1]
(1:School of Business, Nanjing Normal University;
2: College of Business, Shanghai University of Finance and Economics)

Abstract: This paper regards the exogenous policy of college enlarging enrollment in China in 1999 as a quasi-natural experiment, and systematically evaluates the effect and mechanism of human capital expansion on skill-biased technological progress, based on the difference-in-difference model. The research results show that the human capital expansion due to the college enlarging enrollment effectively promoted the skill-biased technological change in China and its internal mechanism is that the expansion of human capital has significantly increased the supply of highly skilled labor in cities, so as to make the technological change toward the direction of rich elements. Furthermore, the study finds that the influence of human capital expansion on skill-biased technological change in China has significant regional heterogeneity, and the influence is more obvious in regions that are heavily impacted by college graduates, have higher matching degree of human capital and research investment, and have higher degree of marketization. The conclusions of this paper provide policy inspiration for understanding the technological change effect of human capital expansion and promoting the high-quality development of China's economy.

Keywords: Human Capital Expansion, Skill-Biased Technological Change, College Enrollment Expansion
JEL Classification: E24, H52, O31

(责任编辑:陈永清)