

技术进步偏向性跨国传递和不同传递路径异质性效应检验^①

王林辉 杨博 董直庆

(华东师范大学经济学院)

研究目标: 中美技术进步偏向性跨国传递和不同传递路径异质性效应检验。**研究方法:** 利用标准化系统法和似不相关模型测算技术进步偏向性, 结合面板分位数回归模型, 检验不同路径异质性传递效应。**研究发现:** 中国制造业技术进步呈逆要素禀赋的资本偏向特征, 可归结于技术进步偏向性跨国传递的结果, 主要通过商品进口、FDI 和设备引进实现, 传递效应依赖于技术进步偏向强度。中美技术进步偏向性传递存在非对称性, 中国受美国影响较大, 易引发要素结构变化和就业损失, 而中国反向传递效应有限。**研究创新:** 从跨国传递视角解释中国技术进步资本偏向成因, 检验不同传递路径的异质性效应。**研究价值:** 为中国制造业技术升级路径选择提供理论依据。

关键词 技术进步偏向性 跨国传递路径 异质性效应

中图分类号 F415.2 **文献标识码** A

引言

技术进步是推动制造业升级切实可行的路径, 在经济转型和结构调整过程中扮演着重要角色。然而, 技术进步并非总是呈中性特征, 通常会对资本与劳动要素形成非对称性影响。Hicks (1932) 提出有偏技术进步的概念, 若技术进步更有利于提升某一要素的边际产出, 引致等产量曲线的切线发生偏转, 则称技术进步朝该要素方向发展或偏向于这一要素。Acemoglu (2002) 认为价格效应和市场规模效应决定技术创新利润, 进而决定技术进步方向。在价格效应的作用下, 生产者将更有意愿去研发偏向于稀缺要素的技术; 而在规模效应的作用下, 会研发偏向于丰裕要素的技术。若生产要素呈替代关系, 则市场规模效应占优, 反之则价格效应占优。一国技术进步方向往往与本国要素禀赋结构相匹配, 资本要素丰裕的发达国家其技术进步一般偏向于资本 (David 和 Klundert, 1965; Sato 和 Morita, 2009)。Klump 等 (2008) 构建系统方程, 用技术的资本偏向性解释了美国 20 世纪 70 年代信息革命后, 经济增长率与失业率违背“奥肯定律”的现象, 通过测算美国和欧洲 20 世纪后半叶要素替代弹性, 发现美国和欧洲资本与劳动要素呈现互补关系, 劳动效率比资本效率增长快。Sato 和 Morita (2009) 研究战后日本与美国劳动节约型技术创新对经济增长的作用, 发现

^① 本文获得国家自然科学基金面上项目“要素与技术耦合视角下技术进步偏向性的形成机理、路径转换和跨国传递机制研究”(71573088)、国家社会科学基金重点项目“新常态下我国经济增长动力转换和新增长点培育研究”(15AZD002) 和国家社会科学基金重点项目“供给侧结构性改革下东北老工业基地创新要素流动集聚与空间结构优化研究”(17AZD009) 的资助。

两国 1960~2004 年均为资本偏向型技术进步，与美国情况不同，日本经济增长对劳动力的依赖性不强，劳动节约型技术进步对经济增长的贡献率更高，资本偏向型技术进步弥补了日本劳动力数量锐减对经济增长的负作用。王林辉等（2017）测算出美国制造业技术进步偏向性，在 20 世纪 90 年代到 2008 年金融危机发生之前，资本偏向特征明显。中国劳动要素丰裕，发展劳动偏向型技术符合要素禀赋条件，但改革开放后技术进步表现出从劳动向资本偏向的转变，且资本偏向趋势增强。戴天仕和徐现祥（2010）使用 CES 生产函数设定技术进步方向指数来定量测度技术进步偏向性，发现改革开放初期技术进步偏向于劳动，1983 年开始偏向资本且偏向程度越来越大。宋冬林等（2010）的研究发现中国技术进步呈资本和技能偏向的双重特征，这源于蕴含前沿技术的设备大量投资，促进与之互补的技能劳动需求增加。其他学者也发现中国技术进步方向偏向于资本，并指出这是近年来要素层面收入分配总体上偏向于资本的原因（王林辉和袁礼，2018；赵俊康，2006；董直庆等，2016b；黄先海和徐圣，2009）。雷钦礼（2013）发现中国 1991~2011 年技术进步除 2008 年外均偏向于资本。孔宪丽等（2015）测算中国 33 个工业行业技术进步偏向性，发现除个别年份外，中国工业行业技术进步均偏向于资本。

当前世界技术创新国和技术出口国主要为发达国家，其技术往往耦合创新国要素禀赋，表现出资本和技能密集型特征，发达国家技术进步偏向性的传递可能是中国技术进步偏向于资本的原因。已有研究涉足技术进步方向的空间扩散领域，但大多局限于一国范围内，关于跨国传递方面的研究尤显匮乏。由于技术创新具有正外部性，其技术进步偏向属性也可能伴随商品和技术贸易实现空间传递（潘文卿等，2017）。Acemoglu 和 Zilibotti（2001）以及 Gancia 和 Zilibotti（2009）考察了技术扩散对技术进步方向的影响，王林辉等（2017）测算出了中美制造业的技术进步偏向性指数，证实美国制造业技术进步偏向性对中国制造业具有传递效应，这种效应存在大约两年的时滞，但研究仅检验了技术进步偏向性跨国传递的存在性。董直庆等（2016a）构建包含自主创新和技术引进的两部门模型，演绎技术进步偏向性在南北国家间的传递机制，发现技术进步偏向性在研发部门和引进部门的传递方向依赖于引进技术与本国要素禀赋结构的适配性。舒元和才国伟（2007）考察我国省际技术空间扩散问题，发现北京、上海、广东三个发达地区存在向其他省份的扩散效应，技术扩散地区的人力资本投资、产业结构和专业化程度有助于技术扩散效应的发挥。类似地，潘文卿等（2017）利用中国省际层面数据实证分析发达地区对不发达地区技术进步方向的影响，发现技术进步方向存在空间扩散效应，其中北京、上海的资本增强型和劳动增强型技术对其他地区的技术进步方向存在正向的作用效应。沈春苗（2016）利用制造业细分行业数据进行实证检验，发现发达国家主导的垂直专业化分工是引起中国技能偏向型技术进步的原因。

现代技术往往物化于软件与机器设备等商品中，具有资本深化和技术进步双重效应，因而技术能够以商品贸易为载体，实现从发达国家向发展中国家扩散。2016 年中国从美国进口商品 1344.45 亿美元，比 1998 年的 168.83 亿美元提高 7 倍，且主要集中于半导体、飞机零件设备、工业机械等技术含量较高的类别。Coe 等（1997）认为国际贸易能通过“干中学”效应提高技术落后国家技术水平，也会通过要素市场结构影响技术进步。Keller（2000）研究发现中间品贸易引起的技术溢出效应更大，国际贸易不仅能促进发展中国家的技术进步，发达国家之间的国际贸易也会提高其技术水平。杨飞（2014）研究价格效应、竞争效应和规模效应对技术进步技能偏向性的作用，发现进口和出口过程分别通过竞争效应和价格效应影响技术进步技能偏向性，而规模效应发挥的作用相对较小。Gorg 和 Greenaway（2004）认为，FDI 可以通过示范模仿效应、竞争效应、人员流动和产业关联效应促进技术

溢出。黄先海和刘毅群(2008)发现,在1978~2003年设备资本使用的边际效用一直增长,设备资本深化效应对经济增长的贡献为14.01%,技术进步效应对经济增长的贡献约为6.56%。可见,中国在引进发达国家先进设备的过程中,这种基于发达国家资源禀赋的有偏性技术进步也会随之传递,进而影响中国技术进步方向。

就我们研究所及,现有文献已开始关注中国技术进步偏向性的发展态势、要素禀赋因素的影响以及技术进步偏向性在城市间的空间扩散效应(潘文卿等,2017),却并未回答我国技术进步偏向性为何会出现逆要素禀赋特征,也鲜有文献从跨国传递角度考察我国技术进步偏向性的变化成因。同时,技术进步偏向性如何实现跨国传递?不同传递路径作用效应是否存在异质性?对这些问题的研究,将为我国技术升级路径选择提供理论指导。

一、中美制造业技术进步偏向特征

本文对中美制造业子行业进行了划分和匹配,中国行业划分遵循国民经济行业分类(GB/T 4754-2011)两位数代码行业,美国行业划分遵循1997年北美产业分类体系(NAICS)三位数代码行业,对中美制造业个别行业进行了合并或舍弃,最终将行业归并为7个制造业子行业作为研究对象。

本文借鉴Acemoglu(2007)的研究思路,构建技术进步偏向性指数,将生产函数设定为不变替代弹性的CES形式:

$$Y_{it} = [(A_{it}K_{it})^{\frac{\delta_i-1}{\delta_i}} + (B_{it}L_{it})^{\frac{\delta_i-1}{\delta_i}}]^{\frac{1}{\delta_i-1}} \quad 0 < \delta < +\infty \quad (1)$$

其中, Y_{it} 、 K_{it} 和 L_{it} 分别表示*i*行业*t*年的总产出、资本和劳动投入, A_{it} 和 B_{it} 分别表示*i*行业*t*年资本和劳动增进型的技术效率, δ_i 表示*i*行业中劳动与资本的要素替代弹性。可得*i*行业离散形式的技术进步偏向性指数:

$$Tb_{it} = \left(\frac{K_{i,t-1}}{L_{i,t-1}} \right)^{\frac{-1}{\delta_i}} \left[\left(\frac{A_{it}}{B_{it}} \right)^{\frac{\delta_i-1}{\delta_i}} - \left(\frac{A_{i,t-1}}{B_{i,t-1}} \right)^{\frac{\delta_i-1}{\delta_i}} \right] \quad (2)$$

将行业劳动和资本技术效率的增长方式设定为BOX-COX型,基期的要素收入份额满足 $1-SK_{i,0}=\frac{w_{i,0}L_{i,0}}{w_{i,0}L_{i,0}+r_{i,0}K_{i,0}}=(1+\mu_i)w_{i,0}L_{i,0}/Y_{i,0}$, μ_i 表示价格加成。行业标准化三方程可整理为:

$$\log\left(\frac{Y_{it}}{\bar{Y}_{it}}\right) = \log\xi + \frac{\delta_i}{\delta_i-1} \log\left[\overline{SK}_i \left(\frac{A_{it}K_{it}}{\bar{A}_{it}\bar{K}_{it}}\right)^{\frac{\delta_i-1}{\delta_i}} + (1-\overline{SK}_i) \left(\frac{B_{it}L_{it}}{\bar{B}_{it}\bar{L}_{it}}\right)^{\frac{\delta_i-1}{\delta_i}}\right] \quad (3)$$

$$\log\left(\frac{Y_{it}}{\bar{Y}_{it}}\right) = \log\left(\frac{\overline{SK}_i}{1+\mu_i}\right) + \frac{\delta_i-1}{\delta_i} \log\xi + \frac{\delta_i-1}{\delta_i} \log\left(\frac{\bar{A}_{it}}{A_{it}}\right) + \frac{1-\delta_i}{\delta_i} \log\left(\frac{\bar{K}_{it}}{K_{it}}\right) \quad (4)$$

$$\log\left(\frac{Y_{it}}{\bar{Y}_{it}}\right) = \log\left(\frac{1-\overline{SK}_i}{1+\mu_i}\right) + \frac{\delta_i-1}{\delta_i} \log\xi + \frac{\delta_i-1}{\delta_i} \log\left(\frac{\bar{B}_{it}}{B_{it}}\right) + \frac{1-\delta_i}{\delta_i} \log\left(\frac{\bar{L}_{it}}{L_{it}}\right) \quad (5)$$

通过建立似不相关(SUR)模型并使用FGLS方法,估计参数进而测算技术进步偏向

性指数。参数估计需要制造业产出 Y_{it} 、劳动投入 L_{it} 、资本投入 K_{it} 、劳动要素报酬 SL_{it} 和资本要素报酬 SK_{it} 数据。数据来源如下：制造业产出 Y_{it} ，使用工业增加值减税金总额表征制造业经济产出。对于 1985~1992 年中国制造业缺失数据，本文根据 1992 年工业总产值和工业增加值的比例计算得出。2007~2014 年工业增加值数据，使用 1985~2007 年工业增加值与工业总产值数据拟合得到。将获取的工业增加值减去税金总额后，使用工业生产者出厂价格指数剔除价格波动的影响得到制造业产值数据。劳动投入 L_{it} ，使用从业人员年平均数来表征。对于中国数据，本文将当年劳动人数年末数与上一年度劳动人数年末数取平均值得到。资本投入 K_{it} ，选择固定资产投资这一指标加以衡量，借鉴陈勇和李小平（2006）的做法，使用永续盘存法计算资本存量。劳动要素报酬 SL_{it} 为职工工资总额和社会保险基金的加总。资本要素报酬 SK_{it} ，根据固定资产折旧和营业利润加总计算。其中，中国制造业数据来源于历年《中国统计年鉴》《中国工业经济统计年鉴》《中国工业能源交通 50 年统计资料汇编：1949~1999》，美国制造业数据来自 NBER-CES 制造业数据库、美国制造业统计年鉴（ASM）、美国经济分析局（BEA）数据库和美国劳工统计局（BLS）。

依据上述方法测算出中国制造业技术进步偏向性指数，并与相关文献测算的结果进行对比^①，可以看出，本文技术进步偏向性的测算结果与以往文献相差不大，数值大小和波动幅度均处于合理范围内，说明本文的计算方法和数据处理均较为合理。

本文测算了中美制造业 7 个行业加总技术进步偏向性指数当年值，还进一步考察了中美两国技术进步偏向性特征，也测算出技术进步偏向性指数的累计值^②。由中美制造业 7 个行业加总技术进步偏向性指数当年值可以看出，中美两国技术进步偏向性均呈波动状态，且绝大多数年份大于 0，说明无论中美两国在全国范围还是制造业行业内，技术进步方向均表现出资本偏向性特征。由中美制造业技术进步偏向性指数的累计值可以看出，中美制造业的技术进步方向走势相似，均呈现“J”形增长路径，即中美制造业技术进步偏向性具有高度相关性。中国技术进步偏向性的变化趋势，大致可以分为三个阶段：第一阶段，由于中国丰裕的劳动要素，1986~1999 年技术进步总体偏向于劳动要素。原因可能是，这一时期中国制造业正处于起步阶段，加之劳动成本优势使制造业存在巨大的发展潜力。同时，发达国家把劳动密集型产业向中国转移，中国劳动生产率逐年增长，技术进步也逐年偏向于劳动。第二阶段，2000~2010 年技术进步偏向性指数呈指数型上升趋势，技术进步偏向于劳动的程度越来越弱，且在 2005 年经历了由劳动偏向性到资本偏向性的转变。2001 年中国加入世贸组织后，中国从发达国家引进先进技术和设备逐年增加，技术进步方向受美国等发达国家影响加深，逐渐向资本转变。第三阶段，2010 年后技术进步偏向于资本但偏向强度减弱。由于发达国家的制造业回流政策吸引外资流回本国，以及资本收益率降低，外资面临的不确定性风险增加，且来自越南等东南亚国家的竞争增大，外资“南逃”状况渐显，资本要素投入减少导致技术进步转而偏向于劳动。美国技术进步偏向性变化趋势可大致分为两个阶段：第一阶段，1986~1991 年技术进步方向偏向于劳动，可能由于 20 世纪 80 年代后半叶，美国已基本完成基础设施和交通设施等建设，支撑美国制造业的资本需求不足，存在大量闲置资本，而大量新岗位为劳动偏向型技术提供条件。第二阶段，1992~2014 年除个别年份外，制造业技术进步偏向于资本的程度越来越强。这可能源于 20 世纪 90 年代技术进步变化新趋

① 因篇幅所限，对比结果此处未列示，若有需要请向作者索取。

② 因篇幅所限，具体测量值此处未列示，若有需要请向作者索取。

势,这一时期资本和技术耦合度更高,技术进步更多地通过软件与机器设备投资品方式作用于经济增长,技术进步物化特征明显,表现出强资本偏向性。由以上分析可知,美国与中国技术进步偏向性指数除个别年份外,呈现类似的变化特征,表明从技术创新国引进技术的过程中,同期伴随技术进步偏向性的跨国传递效应。

二、技术进步偏向性的跨国传递及不同路径异质性传递效应检验:美国对中国

1. 技术进步偏向性的跨国传递效应检验

技术输出国往往主导技术引进国的技术进步属性,为检验中美技术进步偏向性传递效应,以及考察技术进步偏向性的影响因素,设定面板数据回归模型:

$$ctb_{it} = \beta_0 + \beta_1 atb_{it} + \beta_2 cktl_{it} + \beta_3 cdev_{it} + \beta_4 crd_{it} + \epsilon_{it}$$

$$i = 1, 2, \dots, n \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (6)$$

其中, i 为制造业第 i 个子行业; t 表示年份; 被解释变量 ctb 表示中国制造业子行业的技术进步偏向性水平; atb 为美国制造业技术进步偏向性; 依据技术进步偏向性理论,要素禀赋 $cktl$ 、行业发展水平 $cdev$ 、自主创新能力 crd 等都会影响技术进步偏向性。其中,自主创新能力包含行业科学家与工程师人数 sci 、研发用仪器与设备支出 $equip$ 和发明专利授权数 pa 三个指标; β 为各解释变量系数; ϵ 为随机扰动项。

本文对中美制造业 7 个细分行业进行回归,考察美国制造业技术进步方向对中国技术进步的影响,鉴于数据的可得性,时间跨度为 1990~2014 年。为得到稳健的回归结果,本文使用普通最小二乘估计(OLS)、可行广义最小二乘估计(FGLS)、极大似然估计(MLE)和面板校正标准误(PCSE)这四种估计方法分别进行回归,以对比检验中美制造业之间是否存在技术进步偏向性的跨国传递效应,回归结果见表 1。

表 1 技术进步偏向性跨国传递效应检验: 美国向中国

序号	(1)	(2)	(3)	(4)
回归方法	OLS	FGLS	MLE	PCSE
atb	9.9520*** (3.0307)	10.2517*** (3.0634)	7.9735*** (2.9048)	7.4804** (3.3744)
$cktl$	0.8806** (0.3474)	0.3485 (0.3140)	1.0997*** (0.4002)	0.2355 (0.3837)
$cdev$	0.1271 (0.3503)	0.1891 (0.3388)	1.4991*** (0.3794)	0.2545 (0.3741)
sci	0.4940** (0.2195)	0.3837*** (0.1158)	0.3751* (0.1928)	0.3681** (0.1650)
$equip$	-0.1956*** (0.0425)	0.0082 (0.0162)	0.0300 (0.0439)	0.0088 (0.0195)
pa	-0.0757 (0.1084)	-0.1410** (0.0580)	-0.3111*** (0.0921)	-0.1253 (0.0838)
常数项	-0.3646 (0.2992)	-1.0422*** (0.2683)	-1.5819*** (0.5793)	-0.8252** (0.3643)
R^2	0.2312			0.0889
调整 R^2	0.2038			

(续)

序号	(1)	(2)	(3)	(4)
回归方法	OLS	FGLS	MLE	PCSE
F值	8.42			
Wald chi2		29.04		13.25
Log Likelihood			-297.7169	
LRchi2			70.95	
Chibar2			51.81	
样本量	175	175	175	175
行业数	7	7	7	7

注: *、**、***分别表示在10%、5%、1%的水平下显著。

表1结果显示,在方程(1)~方程(4)中美国制造业技术进步偏向性 atb 估计系数均在1%的水平上显著为正,仅在系数大小上有细微差别,说明技术进步偏向性存在跨国传递效应,美国技术进步偏向性是引致中国制造业技术进步偏向于资本的重要原因,与王林辉等(2017)的分析结果一致。与自主创新相比,中国制造业通过从发达国家引进先进技术节省了研发经费和建设资金,无疑是一种成本较低的技术跃迁方式,可以避免从技术研发到应用的漫长过程,缩短技术进步的时长和规避研发风险。然而,在将美国技术通过直接和间接方式引入中国后,美国技术进步的资本偏向特征也会随之传递。

要素禀赋结构变量 $cktl$ 在方程(1)~方程(4)中估计系数均为正,表明制造业人均资本投入越多则技术进步方向越偏向于资本。三个自主创新变量的估计系数不同,表明自主创新对中国制造业技术进步偏向性的作用较为复杂。表征自主创新过程中人力资本投入的科学家与工程师 sci 系数在方程(1)~方程(4)中全部显著为正,表明技术进步方向和偏向强度变化过程中人力资本发挥重要作用,中国制造业人力资本积累越多,越倾向于研发资本偏向型技术。Fu(2008)发现,技术吸收能力与技术扩散能力取决于人力资本,人力资本水平决定技术吸收和应用的广度和深度,通常高人力资本的地区更有助于新技术的吸收与应用。而表征自主创新物质投入的研发用仪器与设备支出 $equip$ 系数仅在方程(1)中显著为负,表征自主创新产出的发明专利授权数 pa 系数也为负,表明其倾向于使用劳动偏向技术但作用在方程(1)和方程(4)中不显著。

2. 不同路径异质性传递效应检验

现有文献并未直接考察技术进步的跨国传递机制。开放经济条件下,发展中国家技术进步方向不仅依赖自身要素禀赋结构,也受发达国家技术进步方向的影响,技术进步偏向性存在从发达国家向发展中国家的传递效应。首先,除了与发达国家直接进行技术贸易外,技术还物化于机械设备等商品中,通过国际贸易方式将技术进步偏向性从发达国家向发展中国家传递。商品进口是美国技术进步偏向性传递到中国的渠道之一,特别是设备类商品是技术传递的重要载体和路径。进口生产设备不仅是简单的资本品数量的增加,更是资本品质量的提升,具有资本深化和技术进步双重效应。蕴含在进口设备中的先进技术,会被使用者学习、复制与模仿,再通过劳动力的流动和市场竞争效应外溢到其他企业,其技术进步偏向性也随之传递到设备进口国的其他行业与企业。因此,商品贸易中设备引进可能是发达国家技术进步偏向性传递到发展中国家的渠道之一,中国技术进步很大程度上依靠引进国外先进技术设

备来实现。其次，除商品贸易外，美国等发达国家的技术进步方向也可能通过外商直接投资传递到中国，影响中国技术进步方向。FDI 蕴含了大量“嵌入式技术”，在技术外溢的过程中，技术进步偏向性也会随之传递过来。跨国公司往往掌握世界前沿与核心技术，在发展中国家直接投资会形成显著的技术溢出效应。若跨国公司采用一项新技术生产的产品上市，东道国同类企业的研发部门通过钻研该项技术生产的产品特征、材料特征、性能指标和技术参数等，开发出与该跨国公司技术水平相近的产品，该项技术会进一步被同行业的其他企业大范围复制、学习与模仿，形成溢出效应。由于发展中国家同类企业通过模仿跨国公司的技术来实现技术升级，所以新技术与发达国家具有相似的特征，通过 FDI 使技术进步偏向性从发达国家传递到发展中国家。

为检验技术进步偏向性跨国传递路径异质性效应，设定面板数据回归模型：

$$ctb_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 cktl_{it} + \alpha_2 cdev_{it} + \alpha_3 crd_{it} + \alpha_4 ccarrier_{it} + \mu_{it}$$

$$i = 1, 2, \dots, n \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (7)$$

其中， $ccarrier$ 表示技术进步偏向性从美国传导到中国的渠道或路径，重点关注外商直接投资 $cfdi$ 、对美商品进口 $cimport$ 和对美设备进口 $cimequip$ 三种传递路径； α 为各解释变量系数； μ 为随机扰动项；其余变量与前文相同。为了便于分别观察 FDI、对美商品进口和对美设备引进这三种跨国传递路径作用效果的差异，本文先依次引入各个变量，再同时添加三种跨国传递路径进行对比分析，回归结果见表 2。

表 2 技术进步偏向性跨国传递路径检验结果：美国向中国

方程	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
回归方法	OLS	FGLS	MLE	PCSE	OLS	FGLS	MLE	PCSE
$cktl$	0.2728 (0.3847)	0.3477 (0.2770)	0.7134 (0.4640)	0.1016 (0.4545)	0.7455** (0.3560)	0.5232 (0.3406)	1.2217*** (0.3996)	0.7203* (0.4062)
$cdev$	0.2303 (0.3486)	-0.0388 (0.2856)	1.4656*** (0.3881)	0.2265 (0.4032)	0.2752 (0.4761)	-0.0917 (0.3877)	0.7692 (0.4954)	-0.4149 (0.4646)
sci	0.0549 (0.2290)	0.4264** (0.1710)	0.1219 (0.2053)	0.3032* (0.1618)	0.3002 (0.2181)	0.3715*** (0.1198)	0.1733 (0.1927)	0.2995* (0.1579)
$equip$	-0.1733*** (0.0436)	-0.1241*** (0.0361)	0.0363 (0.0442)	0.0164 (0.0191)	-0.1960*** (0.0439)	0.0116 (0.0166)	0.0601 (0.0443)	0.0176 (0.0193)
pa	0.0202 (0.1031)	-0.0558 (0.0722)	-0.2260** (0.0891)	-0.1423* (0.0751)	0.0476 (0.1055)	-0.1382** (0.0629)	-0.1922** (0.0892)	-0.1397* (0.0823)
$cfdi$	0.7866*** (0.2736)	0.5004*** (0.1854)	0.5833** (0.2851)	0.3547** (0.1779)				
$cimport$					0.0348 (0.1479)	0.2273** (0.0919)	0.4274*** (0.1599)	0.3596*** (0.1300)
$cimequip$								
常数项	-0.0628 (0.2899)	-0.4254* (0.2531)	-1.378** (0.5788)	-0.7185* (0.3752)	-0.104 (0.3000)	-1.1438*** (0.2898)	-1.691*** (0.0675)	-1.0759*** (0.3582)

(续)

方 程	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
回归方法	OLS	FGLS	MLE	PCSE	OLS	FGLS	MLE	PCSE
R ²	0.2202			0.0635	0.1821			0.0942
F 值	7.91				6.24			
Wald chi2		51.87		14.86		25.28		18.51
Log Likelihood			-299.3395				-297.9177	
LRchi2			67.70				70.55	
Chibar2			51.04				62.23	
样本量	175	175	175	175	175	175	175	175
行业数	7	7	7	7	7	7	7	7
方程	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
回归方法	OLS	FGLS	MLE	PCSE	OLS	FGLS	MLE	PCSE
<i>cktl</i>	0.6920** (0.3466)	0.3969 (0.3000)	0.9973** (0.4161)	0.2640 (0.3562)	0.2651 (0.3777)	0.3434 (0.2635)	0.7120 (0.4601)	0.2651 (0.2783)
<i>cdev</i>	0.3924 (0.3451)	0.307 (0.3185)	1.6039*** (0.3805)	0.3215 (0.3501)	0.4152 (0.4597)	0.18 (0.3405)	0.7186 (0.4978)	0.4152 (0.4781)
<i>sci</i>	0.3919* (0.2141)	0.3438*** (0.1220)	0.3403* (0.1950)	0.2987* (0.1627)	0.1594 (0.2284)	0.5083*** (0.1755)	0.0948 (0.2111)	0.1594 (0.2416)
<i>equip</i>	-0.1996*** (0.0426)	0.0106 (0.0169)	0.0235 (0.0450)	0.0124 (0.0199)	-0.1792*** (0.0428)	-0.1277*** (0.0347)	0.0498 (0.0449)	-0.1792*** (0.0466)
<i>pa</i>	-0.0444 (0.1063)	-0.1216** (0.0618)	-0.2778*** (0.0920)	-0.117 (0.0815)	-0.0652 (0.1057)	-0.0839 (0.0735)	-0.2122** (0.0925)	-0.0652 (0.0773)
<i>cfdi</i>					0.7201*** (0.2713)	0.3411* (0.1942)	0.4923* (0.2831)	0.7201*** (0.2133)
<i>cimport</i>					-0.0629 (0.1437)	-0.0861 (0.1078)	0.3745** (0.1624)	-0.0629 (0.1064)
<i>cimequip</i>	0.2909*** (0.0939)	0.1934* (0.1000)	0.1959* (0.1061)	0.2104* (0.1091)	0.2711*** (0.0937)	0.3224*** (0.0832)	0.1081 (0.1080)	0.2711*** (0.0778)
常数项	-0.3027 (0.2964)	-1.2165*** (0.2802)	-1.5285*** (0.5752)	-1.0388*** (0.3739)	-0.2416 (0.2947)	-0.6179** (0.2654)	-1.5415*** (0.5925)	-0.2416 (0.4268)
R ²	0.2261			0.0745	0.2577			0.2577
F 值	8.18				7.20			
Wald chi2		22.99		12.22		71.02		74.09
Log Likelihood			-299.7208				-295.5697	
LRchi2			66.94				75.24	
Chibar2			48.97				49.97	
样本量	175	175	175	175	175	175	175	175
行业数	7	7	7	7	7	7	7	7

注：同表1。

方程(1)~方程(4)加入了外商直接投资*cfdi*这一技术进步偏向性跨国传递途径，回归系数均在1%和5%显著水平下为正，验证了FDI是技术进步偏向性跨国传递途径。当前中

国吸引和利用 FDI 的规模日益扩大, 已成为目前世界上吸引外资最多的国家之一。FDI 技术溢出会通过三种机制实现, 一是本地员工在外资企业受培训或通过“干中学”效应掌握先进技术, 再通过人员流动效应和示范模仿效应实现技术外溢; 二是跨国公司通过与东道国上下游企业的关联实现行业范畴的技术传递, 东道国自身技术水平越高, 越有助于技术吸收; 三是跨国公司在东道国内设研发机构实现研发本土化, 有助于技术转移与技术扩散。方程(5)~方程(8)单独考察对美商品进口 $cimport$ 如何影响中国制造业技术进步偏向性。从回归结果来看, 在方程(6)~方程(8)中对美商品进口的估计系数显著为正, 即有助于中国技术进步偏向于资本。方程(9)~方程(12)单独考察对美设备进口在技术进步偏向性跨国传递中发挥的效应。从回归结果来看, 三个方程中 $cimequip$ 系数均为正且在 1% 或 10% 水平下显著, 说明从美国引进设备对技术进步具有明显的资本偏向效应。设备不仅具有资本深化作用, 还具有技术进步作用, 内嵌于设备资本中的体现式技术进步是生产率增长的直接动力。由于美国丰裕的资本要素禀赋, 生产中所使用的机器设备都是相对节约劳动而使用资本的, 进口发达国家的机械设备能够提高发展中国家资本的边际生产率, 增加资本对产出增长的贡献, 这也是中国制造业技术进步偏向资本方向的直接原因。方程(13)~方程(16)将 FDI、对美贸易进口和对美设备引进三种跨国传递渠道都加入回归模型中, 考察三种渠道对中国制造业技术进步方向的综合影响。结果显示各控制变量系数大小和方向与方程(1)~方程(12)中并无较大差别。与单独考察每种渠道相比, 三种跨国传递渠道同时作用下, FDI 和对美设备引进仅在作用强度上有所变化, 而对美商品进口系数符号和显著性均发生明显变化, 表明该路径传递技术进步偏向性的效果不稳健。近些年来中国从美国进口商品中既包含消费品又包含资本品, 往往资本品才能成为技术进步偏向性跨国传递的载体, 而进口资本品技术溢出效应的发挥也依赖一定的条件。后文拟采用分位数回归方法, 进一步探究三种传递路径在不同偏向性水平下的作用强度差异。

3. 跨国传递路径在不同分位点上的异质性效应

上述研究表明, 三种跨国传递路径对技术进步偏向性均产生显著影响。那么, 三种跨国传递路径对技术进步偏向性的影响是否存在差异呢? 为进一步考察不同传递路径的效应差异, 探究不同分位点上中美制造业技术进步偏向性跨国传递效应的动态变化, 引入分位数回归。分位数回归(QR)是条件分布函数与回归方法的结合, 可以排除极端干扰值, 更全面地反映条件分布的全貌。王林辉等(2017)发现, 改革开放后我国制造业技术进步方向经历从劳动向资本偏向的转变, 且资本偏向性逐年增强, 与技术进步偏向性指数由低至高、由负转正且逐年增大的分位正好相符。本文选取中国技术进步偏向性 10~90 这九个分位点进行分位数回归, 回归结果见表 3。

表 3 技术进步偏向性跨国传递路径分位数回归结果: 美国向中国

方 程	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
分位点	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$cktl$	0.5512 [*] (0.3315)	0.7727 ^{**} (0.3533)	0.6002 [*] (0.3262)	0.6572 ^{**} (0.2971)	0.4798 (0.3894)	0.2517 (0.3944)	0.1956 (0.5062)	0.1646 (0.7339)	0.4633 (1.2892)
$cdev$	-1.7575 ^{***} (0.4034)	-1.1574 ^{***} (0.4299)	-0.8035 ^{**} (0.3969)	0.0912 (0.3615)	0.5211 (0.4739)	0.8021 [*] (0.4799)	0.8494 (0.6159)	1.1754 (0.8930)	3.7734 ^{**} (1.5687)
sci	1.0161 ^{***} (0.2005)	0.9045 ^{***} (0.2136)	0.7456 ^{***} (0.1972)	0.5324 ^{***} (0.1796)	0.2775 (0.2354)	0.1397 (0.2385)	0.2615 (0.3060)	0.0859 (0.4437)	-0.2099 (0.7794)

(续)

方 程	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
分位点	10	20	30	40	50	60	70	80	90
<i>pa</i>	0.0465 (0.0928)	0.0090 (0.0989)	-0.0130 (0.0913)	-0.0784 (0.0832)	-0.0650 (0.1090)	-0.0725 (0.1104)	-0.1588 (0.1417)	-0.1542 (0.2054)	-0.2524 (0.3608)
<i>equip</i>	-0.1646*** (0.0376)	-0.1502*** (0.0401)	-0.1099*** (0.0370)	-0.1197*** (0.0337)	-0.1019** (0.0442)	-0.1096** (0.0447)	-0.1469** (0.0574)	-0.1727** (0.0832)	-0.1804 (0.1462)
<i>cfdi</i>	-0.1789 (0.2381)	-0.1070 (0.2537)	0.0597 (0.2342)	0.4785** (0.2134)	0.7460*** (0.2797)	0.7753*** (0.2833)	0.8321** (0.3635)	0.7491 (0.5271)	0.9088 (0.9259)
<i>cimport</i>	0.6493*** (0.1261)	0.3540*** (0.1344)	0.2206 * (0.1241)	-0.1001 (0.1130)	-0.2314 (0.1482)	-0.2087 (0.1500)	-0.3143 (0.1926)	-0.4297 (0.2792)	-0.5986 (0.4905)
<i>cimequip</i>	0.3080*** (0.0823)	0.2794*** (0.0877)	0.4116*** (0.0809)	0.4708*** (0.0737)	0.5205*** (0.0966)	0.4817*** (0.0979)	0.4740*** (0.1256)	0.5907*** (0.1821)	0.8141** (0.3199)
常数项	-2.2499*** (0.2587)	-1.8720*** (0.2756)	-1.6851*** (0.2545)	-1.4404*** (0.2318)	-1.1746*** (0.3038)	-0.6836** (0.3077)	-0.0794 (0.3949)	0.4952 (0.5726)	0.8698 (1.0059)
伪 R ²	0.2684	0.2146	0.2154	0.2212	0.2289	0.2121	0.1927	0.1607	0.2029
样本量	175	175	175	175	175	175	175	175	175

注：同表 1。

发达国家通过国际贸易和外商直接投资等方式，向发展中国家传递技术进步偏向性，不同载体或路径在传递过程中发挥的效应大小，与技术进步偏向强度有关。商品进口主要在低分位点上发挥效用，FDI 主要在中分位点上发挥效用，而设备进口则在所有分位点上都发挥作用。与中国技术进步偏向性发展历程相对应，在技术进步跨国传递过程中，美国技术进步偏向性往往先通过商品贸易渠道对中国技术进步偏向性产生影响，随着美国对中国 FDI 投资规模增加，商品贸易在技术传递中发挥的作用渐弱，FDI 在 40 分位点上开始成为主要传导途径。而设备进口始终是中美制造业技术进步偏向性传递的主要渠道，且传递作用逐渐增强。

具体而言，对美商品贸易在 10 和 20 分位点上，在 1% 水平上显著为正，在 30 分位点上显著性水平降为 10%，40 分位点之后不再显著。表明随着技术进步偏向性指数增大，商品贸易对制造业技术进步方向的正向作用减弱。究其原因，在技术进步偏向性的低分位点上，主要集中在改革开放初期，资本要素相对稀缺，而劳动要素相对丰裕，技术进步方向受本国要素禀赋结构的影响而呈现劳动偏向性，即技术进步偏向指数较小，此时国际贸易成为技术的重要传递渠道。随着技术进步偏向性指数的增大，即逐渐偏向资本时，发展中国家与发达国家的技术相似程度提高，跨国企业对外直接投资过程中使用的技术易于与发展中国家要素相适配，也易于被东道国同类竞争企业吸收与模仿，因而 FDI 传递技术进步偏向性的作用渐强。回归结果显示，从 40 分位点开始 FDI 的作用效果逐渐增强，在 70 分位点上作用达到最大。这与我国引进外资的发展阶段相一致，跨国公司通过对外直接投资内部化实现技术转移，特别是 20 世纪 90 年代后，跨国公司在华设立研发部门，研发本土化必然引导中国制造业技术进步随之朝资本方向发展。对美设备引进在所有分位点上作用系数都显著为正，随着分位点由低到高的变化，对美设备引进系数基本呈现增强的态势，由 10 分位点上的 0.31 一直增大到 90 分位点上的 0.81。由于物化形态技术传递的直接性和完整性，使其在不同偏向性强度上发挥的跨国传递效应均很强。特别在技术进步偏向程度较高阶段，发达国家技术进步偏向性跨国传递效应更主要依靠机械设备引进来实现，这种设备积累具有资本深化效应和技术进步效应，引致技术进步向资本方向倾斜。

从中国制造业低分位点上技术进步表现出劳动偏向性，可知在低分位点上技术进步偏向性受要素禀赋结构、行业发展水平、自主创新能力等自身禀赋条件影响更大。在前40分位点上，要素禀赋结构 $ctkl$ 显著为正，说明中国技术进步偏向强度较小时，受国内要素禀赋影响较大。而当技术发展到一定水平，要素禀赋发挥的作用不再显著。行业发展水平在中国技术进步偏向强度较小时，对技术进步影响较大，但随着技术进步偏向强度的提升，行业发展水平的作用显著下降。自主创新指标中的科学家与工程师人数 sci 、研发用仪器与设备支出 $equip$ 和发明专利授权数 pa 作用系数与表2结果相差不大。因此，在技术进步偏向强度较小时，要素禀赋结构、行业发展水平、自主创新能力等自身禀赋条件，均是中国制造业技术进步偏向性的主要决定因素。

综上所述，中国制造业低分位点上技术进步表现为劳动偏向性，受要素禀赋结构、行业发展水平、自主创新能力等自身禀赋条件影响更大，发达国家的技术进步偏向性主要通过商品贸易特别是设备进口方式传递进来。随着中国技术进步偏向性强度增大，发展中国家与发达国家的技术进步偏向性逐渐相似，FDI和设备引进等渠道传递技术进步偏向性的效应提高，引致中国技术进步愈加向资本偏向。

三、反向效应与内生性检验

在技术市场、商品贸易市场和对外投资市场中发生的交易并不是单向的，中国技术进步偏向性也可能通过不同载体或路径影响美国技术进步方向。自加入世界贸易组织后，中国制造业在国际市场中的份额逐渐扩大，已成为美国第一大进口来源国和贸易逆差国。因此，本文进一步讨论技术进步偏向性从中国向美国的跨国传递效应。

1. 技术进步偏向性跨国传递效应检验：中国向美国

设定如下面板数据回归模型，考察中国技术进步偏向性的跨国传递效应和路径：

$$atb_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 ctb_{it} + \gamma_2 akl_{it} + \gamma_3 adev_{it} + \gamma_4 ard_{it} + \eta_{it}$$

$$atb_{it} = \delta_0 + \delta_1 akl_{it} + \delta_2 adev_{it} + \delta_3 ard_{it} + \delta_4 acarrier_{it} + \omega_{it}$$

其中， akl 代表美国要素禀赋结构，使用人均资本表示； $adev$ 代表行业增加值表征的美国行业发展水平； ard 代表美国行业研发资金额表征的自主研发水平； $acarrier$ 表示美国向中国进口商品 $aimport$ 、中国对美国直接投资 $afdi$ 和美国向中国进口机器设备 $aimequip$ 三种跨国传递路径； η 和 ω 表示残差项。表4中方程(1)~方程(3)分别使用OLS、FGLS、MLE方法检验中国技术进步偏向性向美国传递的存在性，方程(4)~方程(6)研究跨国传递路径，由于中国加入WTO之后才开始统计对外直接投资的数据，鉴于数据的可得性，中国对美国跨国传递路径研究使用2002~2014年数据。

表4 技术进步偏向性跨国传递效应及路径检验：中国向美国

方 程	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
回归方法	OLS	FGLS	MLE	OLS	FGLS	MLE
ctb	0.0058*** (0.0019)	0.0027** (0.0011)	0.0051*** (0.0017)			
akl	0.1382 (0.6460)	-0.1139 (0.2307)	3.3593*** (0.9950)	-6.3849** (3.0068)	-0.3238 (0.6658)	-3.5349* (2.1207)
$adev$	-0.0052 (0.0033)	0.0044*** (0.0016)	-0.0060 (0.0052)	0.0094 (0.0066)	-0.0076 (0.0059)	0.0031 (0.0063)

(续)

方 程	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
回归方法	OLS	FGLS	MLE	OLS	FGLS	MLE
<i>ard</i>	-0.0562** (0.0026)	0.0012 (0.0012)	-0.0108*** (0.0034)	-0.0051 (0.0042)	0.0595 (0.0310)	-0.0038 (0.0038)
<i>aimequip</i>				0.0041 (0.0097)	0.0010 (0.0062)	0.0118 (0.0084)
<i>aimport</i>				0.0126*** (0.0044)	0.0036 * (0.0019)	0.0074 ** (0.0038)
<i>afdi</i>				0.0003 (0.0005)	0.0007 (0.0005)	0.0003 (0.0005)
常数项	0.0326*** (0.0073)	0.0015 (0.0041)	0.0077 (0.0144)	0.0635 (0.0396)	0.0227*** (0.0104)	0.0450 (0.0320)
R ²	0.1130			0.1605		
F 值	5.44			5.36		
Wald chi2		12.24			14.65	
Log Likelihood			336.9043			192.9598
LRchi2			28.25			27.18
Chibar2			48.57			61.07
样本量	175	175	175	91	91	91
行业数	7	7	7	7	7	7

注：同表 1。

表 4 中方程（1）～方程（3）结果显示，中国技术进步偏向性指数 *ctb* 系数显著为正，说明中国技术进步方向会对美国制造业技术进步产生影响，即技术进步方向存在中国向美国的跨国传递效应，但与表 1 相比，作用明显弱于美国对中国的传递效应。方程（4）～方程（6）检验中国技术进步偏向性向美国传递的路径，结果显示使用不同回归方法检验三种跨国传递路径，只有商品贸易 *aimport* 系数显著，说明中国技术进步方向对美国的影响主要通过商品贸易实现，FDI 和对美国设备出口的作用均不显著。相关数据显示，2017 年美国从中国货物进口额为 5056 亿美元，向中国出口额为 1304 亿美元，中国是美国最大贸易逆差国。中美贸易受双方资源禀赋影响较大，产业结构互补性较强。其中机电设备是美国从中国进口额最大的商品，但主要集中于有线电话、电报机、数据处理设备、监视器、投影仪等产品。此外，家具玩具、纺织品及原料等附加值较低的劳动密集型产品，分别居美国自中国进口商品的第二和第三位。由于美国绝大多数机器设备产品的资本密集度和技术含量均高于中国，从中国进口机器设备产生的技术进步方向跨国传递效应不明显，本国生产更倾向于利用资本要素，使技术进步偏向于资本。中国对美外商直接投资多集中于技术含量不高的行业，在技术、资本和知识密集型产业涉足不多，且在项目管理、市场营销、技术标准等方面都与美国存在较大差距，因此对美直接投资不具有技术进步偏向性的跨国传递效应。随着中国企业将投资和贸易目标转向高附加值的行业和领域，对外直接投资和机器设备出口将可能产生显著的跨国传递效应。

2. 内生性分析

由于中国和美国技术进步偏向性可能存在双向因果关系，技术进步方向跨国传递效应和

路径检验需要解决模型的内生性问题。为此，对于美国技术进步偏向性向中国传递效应的存在性检验，本文选取美国滞后一期技术进步偏向性指数和滞后一期要素禀赋结构变量作为工具变量，重新进行检验。美国滞后一期技术进步偏向性指数与当期值高度相关，而与当期中国技术进步偏向性受到的随机冲击无关。一般地，要素禀赋与本国技术进步偏向性具有直接相关性，技术进步偏向性通常是过去要素禀赋结构的直接反映，而美国要素禀赋一般与未来中国技术进步偏向性受到的随机冲击无关，因此美国滞后一期要素禀赋结构变量外生于当期中国技术进步偏向性的随机扰动项。对于美国技术进步偏向性向中国跨国传递的路径研究，本文选取滞后一期跨国传递路径作为其自身的工具变量，重新进行传递路径的检验。滞后一期的商品贸易、机器设备引进和外商直接投资均属于前定变量，一般会遵循过去的路径或态势变化，即具有路径依赖性，因此三种传递路径的滞后项与当期值具有高度相关性，而与当期中国技术进步偏向性扰动项间的相关性较小，这类工具变量的选取能够满足要求。与此类似，中国技术进步偏向性对美国传递效应及路径检验选取类似的工具变量。使用2SLS方法和GMM方法进行估计，结果见表5。

表5 技术进步偏向性跨国传递效应再检验

被解释变量	美国向中国传递效应检验				中国向美国传递效应检验			
	ctb				atb			
方程	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
回归方法	2SLS	GMM	GMM	2SLS	2SLS	GMM	GMM	2SLS
工具变量	<i>latb</i>	<i>latb</i>	<i>laktl</i>	<i>lcimport</i> <i>lcimequip</i> <i>lcfdi</i>	<i>lctb</i>	<i>lctb</i>	<i>Lcktl</i>	<i>laimport</i> <i>laimequip</i> <i>lafdi</i>
<i>atb</i>	10.098*** (3.4026)	7.2884** (3.4837)	14.225* (7.6380)					
<i>ctb</i>					0.0076*** (0.0019)	0.0074*** (0.0019)	0.0092** (0.0041)	
<i>ktl</i>	0.8818** (0.3627)	1.1504*** (0.4332)	1.0790*** (0.3497)	0.2532 (0.4019)	2.9244*** (1.0303)	3.4753*** (1.0861)	3.1579** (1.2681)	-0.5781 (1.5833)
<i>dev</i>	0.1261 (0.3586)	1.6149*** (0.3915)	1.5030*** (0.3960)	0.4568 (0.4883)	-0.0056 (0.0056)	-0.0063 (0.0060)	-0.0063 (0.0061)	-0.0278** (0.0120)
<i>sci</i>	0.4964** (0.2298)	0.3973** (0.2022)	0.4867*** (0.1473)	0.1875 (0.2417)				
<i>equip</i>	-0.1954*** (0.0447)	0.0473 (0.0444)	0.0431* (0.0237)	-0.1806*** (0.0454)				
<i>pa</i>	-0.0778 (0.1123)	-0.3306*** (0.0950)	-0.395*** (0.0892)	-0.0886 (0.1088)				
<i>ard</i>					-0.0095*** (0.0035)	-0.0100*** (0.0036)	-0.0096*** (0.0037)	-0.0068 (0.0081)
<i>import</i>				-0.0731 (0.1600)				0.0080** (0.0038)
<i>imequip</i>				0.3486*** (0.0995)				0.0002 (0.0128)

(续)

	美国向中国传递效应检验				中国向美国传递效应检验			
被解释变量	ctb				atb			
方程	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
回归方法	2SLS	GMM	GMM	2SLS	2SLS	GMM	GMM	2SLS
<i>fdi</i>				0.6927** (0.3153)				-0.0013 (0.0035)
常数项	-0.3692 (0.3230)	-1.7213*** (0.3292)		-0.2819 (0.3157)	0.0102 (0.0165)		0.0091 (0.0129)	0.0725*** (0.0254)
R ²	0.2179			0.2422	0.0518			0.4230
F 值		14.42	23.96			10.89	11.7	
Wald Chi2	43.43			53.62	34.19			56.99
不可识别 检验		127.112	18.37			25.874	45.923	
弱工具 变量检验		581.396	17.808			44.414	155.224	
样本数	168	168	168	168	168	168	168	84
行业数	7	7	7	7	7	7	7	7

注：同表 1。

表 5 结果显示，以上工具变量均通过了不可识别检验和弱工具变量检验。方程（1）～方程（3）检验了技术进步方向由美国向中国传递的存在性。方程（1）选取滞后一期美国技术进步偏向性作为美国技术进步偏向性的工具变量，使用 2SLS 方法进行回归；方程（2）也选取相同的工具变量，使用 GMM 方法进行回归；方程（3）选取滞后一期美国要素禀赋作为美国技术进步偏向性的工具变量，使用 GMM 方法进行回归。三个方程回归结果均证实，在消除内生性影响之后，技术进步方向仍显著表现出由美国到中国的跨国传递效应。方程（5）～方程（7）检验技术进步方向由中国向美国传递效应。中美两国技术进步偏向性存在跨国传递效应，根据技术进步偏向性系数来看，美国对中国技术进步方向的引导作用较强，中国对美国技术进步的影响微弱，美国技术进步偏向性更多受到本国资本劳动禀赋结构和自主创新能力的影响。

方程（4）选取滞后一期中国向美国进口商品额、滞后一期中国向美国引进设备额和滞后一期美国对中国外商直接投资额作为三种传递路径的工具变量，使用 2SLS 方法回归。结果显示，技术进步偏向性由美国传递到中国的主要路径为机器设备引进和外商直接投资，商品贸易的传递效果不显著，与表 2 和表 3 结果相似。方程（8）结果发现，技术进步偏向性由中国传递到美国，主要通过商品贸易路径，机器设备引进和外商直接投资作用均不显著，与表 4 结果相一致。消除内生性影响的回归结果与前文回归结果相一致，即中美制造业技术进步偏向性存在双向跨国传递效应，但具有非对等性。美国向中国传递主要依赖机器设备引进和 FDI，商品贸易作用微弱，而中国向美国传递仅依赖商品贸易，机器设备出口和 FDI 作用不显著，且技术进步偏向性跨国传递的主要方向为发达国家向发展中国家传递，反向作用强度较弱。

四、技术进步偏向性跨国传递的劳动就业损失效应：反事实分析

中国是劳动力资源相对丰裕的国家，技术进步资本偏向性跨国传递将影响要素边际生产率和改变要素配比的需求结构。现阶段中国经济全面进入“新常态”，要素结构优化和合理配置是中国经济稳定增长的关键。一个相关问题是：技术进步资本偏向性的跨国传递效应，是否会引起中国劳动力需求下降进而形成就业损失？如果是，影响效应有多大？本文通过反事实方法来考察美国技术进步资本偏向性跨国传递引发的就业损失。

根据 CES 型生产函数式（1），使用生产者利润最大化原则可得要素需求函数：

$$K_t^{\frac{1}{\delta_i}} = r_t^{-1} Y_t^{\frac{1}{\delta_i}} A_t^{\frac{\delta_i-1}{\delta_i}}$$

$$L_t^{\frac{1}{\delta_i}} = w_t^{-1} Y_t^{\frac{1}{\delta_i}} B_t^{\frac{\delta_i-1}{\delta_i}}$$

即要素需求结构：

$$\left(\frac{K_t}{L_t}\right)^{\frac{1}{\delta_i}} = \left(\frac{w_t}{r_t}\right) \left(\frac{A_t}{B_t}\right)^{\frac{\delta_i-1}{\delta_i}}$$

那么，依据技术进步偏向性理论，偏向型技术进步对要素结构的作用机理如图 1 所示。

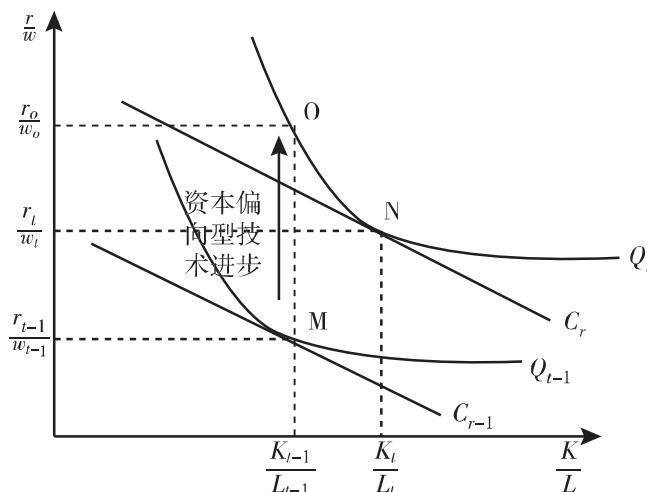


图 1 偏向型技术进步对要素结构的作用机理

点 M 和点 N 为生产厂商利润最大化均衡点，满足式（1）。在 $t-1$ 时刻发生资本偏向型技术进步，导致资本—劳动相对边际产出提升至 O 点，此时 $\frac{MP_{Kt}}{MP_{Lt}} = \frac{r_o}{w_o}$ ，根据偏向型技术进步定义，由技术进步引起的相对边际产出变化为偏向型技术进步，那么式（2）可表示为：

$$Tb_t = \frac{r_o}{w_o} - \frac{r_{t-1}}{w_{t-1}} \quad (8)$$

O 点在 Q_t 等产量线上并不满足成本最小化，即资本—劳动边际产出之比大于其边际成本之比，厂商增加资本相对投入直到 N 点，满足 $\frac{MP_{Kt}}{MP_{Lt}} = \frac{r_t}{w_t}$ 。由于生产函数为 CES 形式，则：

$$\delta_i = \frac{d \ln(K/L)}{d \ln |TRS|} = -\frac{d \ln(K/L)}{d \ln(MP_K/MP_L)} = -\frac{d \ln(K/L)}{d \ln(r/w)} \quad (9)$$

其中, TRS 为技术替代率。结合式(8)和式(9)可得要素结构变化:

$$\ln\left(\frac{K_t}{L_t}\right) - \ln\left(\frac{K_{t-1}}{L_{t-1}}\right) = -\delta_i \left(\ln\left(\frac{r_t}{w_t}\right) - \ln\left(\frac{r_o}{w_o}\right) \right) = \delta_i \ln\left(Tb_t + \frac{r_{t-1}}{w_{t-1}}\right) - \delta_i \ln\left(\frac{r_t}{w_t}\right) \quad (10)$$

由图1和式(10)可知,技术进步朝资本偏向时,最终会引致生产中多使用资本而节约劳动。要素结构变化可进一步分解为:

$$s = \left(\frac{K_t/L_t}{K_{t-1}/L_{t-1}} \right)^{\frac{1}{\delta_i}} = \underbrace{\left(\frac{r_t}{w_t} \right)^{-1} Tb_t}_{\text{跨国传递部分}} + \underbrace{\left(\frac{r_t}{w_t} \right)^{-1} Tb_t}_{\text{国内部分}} + \underbrace{\left(\frac{r_t}{w_t} \right)^{-1} \left(\frac{r_{t-1}}{w_{t-1}} \right)}_{\text{要素价格变化}} \quad (11)$$

根据式(11)以及表1方程(1)的回归结果,剔除偏向型技术进步跨国传递部分,计算出不受发达国家技术进步方向跨国传递效应影响的要素配比结构 K/L 与劳动需求人数 L ,与中国制造业实际的要素配比结构 K/L 与 L 对比,以考察技术进步偏向性跨国传递后引起的要素配比结构与劳动需求人数变化,结果如表6所示。

表 6 技术进步方向跨国传递引起的要素配比结构变化与劳动需求损失

	K/L 真实值	K/L 反事实值	L 真实值	L 反事实值	劳动需求损失(万人)
1990~1999年	2.9590	2.7815	5580.0170	5712.8794	132.8624
2000~2010年	6.6589	6.2593	5494.5709	5969.6868	475.1158
2011~2014年	9.2939	8.7362	7607.1538	8099.5466	492.3928
均值	5.6005	5.2645	5866.7626	6207.74	340.9788

资料来源:作者根据文中公式计算得出。

表6显示技术进步方向的跨国传递会改变发展中国家要素配比结构与就业结构,1990~2014年中国制造业 K/L 年均值为 5.6005,若不存在发达国家资本偏向型技术进步的跨国传递效应,则 K/L 值为 5.2645,技术进步资本偏向的跨国传递引致生产多投入资本而少投入劳动,使劳动需求减少 340.98 万人。20世纪 90 年代随着对外开放的逐渐推进,企业积极引进发达国家的先进技术设备,形成对劳动的就业替代效应,但就业损失不严重。进入 21 世纪以来,技术进步资本偏向性使 2000~2010 年劳动需求年均损失达到 475.12 万人,2011~2014 年劳动需求年均损失 492.39 万人。可见,技术进步资本偏向性跨国传递会减少劳动力需求,进而恶化就业环境。发展中国家通过引进和模仿发达国家技术实现技术升级,使用资本偏向型技术并不利于发挥其劳动要素丰裕的比较优势,反而会降低劳动参与率而提升失业率。但从另一角度来看,自 2015 年中国人口结构出现拐点,劳动力参与率下降、劳动成本上升和老年抚养比提高,资本偏向型技术的使用会提高资本与劳动的配比而形成劳动力的补偿效应,削减人口结构变化所带来的负面影响。

五、基本结论及建议

本文将中美制造业按照国民经济行业分类和北美产业分类体系重新划分为 7 个行业,使用三方案标准化系统方法测算中美制造业 7 个行业技术进步偏向性指数,通过行业层面的面板数据模型,实证检验中美制造业技术进步偏向性跨国传递效应和不同路径跨国传递效应的异质性,阐释技术进步资本偏向性跨国传递的成因及其可能引发的劳动就业损失。结果发现:第一,中美技术进步偏向性存在跨国传递效应,中国技术进步呈现逆要素禀赋的资本偏

向特征，主要源于发达国家如美国技术进步偏向性跨国传递的结果。第二，FDI、对美商品进口和对美设备引进都是美国制造业技术进步偏向性传递到中国的路径，三种路径在传递过程中发挥的效应与技术进步偏向强度有关。当技术进步偏向性强度较小时，对美商品进口发挥传递作用；随着中国与美国技术进步偏向性相似程度的提高，跨国企业使用的技术易于与本土要素相适配，也易于被同类竞争企业模仿，因而 FDI 传递偏向性的作用渐强。国际贸易中的设备引进路径，由于物化形态技术传递的直接性和完整性，使其在不同偏向性强度上发挥的跨国传递效应均很强。第三，中国技术进步方向也会对美国制造业产生跨国传递效应，但传递效果有限，并且只通过商品贸易渠道实现。同时，美国技术进步资本偏向性的跨国传递影响中国技术进步方向，改变要素配比结构进而引发劳动就业损失。

为此，我们应该注意：第一，发展中国家通过机器设备方式引进发达国家技术时，应注重机器设备与生产技术环境的适配性，提高设备的使用效率。一般来说，发展中国家从发达国家引进的设备往往蕴含前沿技术，主要通过设备引进方式实现技术升级。一方面，发展中国家企业购买设备时应进行筛选，挑选与自身生产技术环境匹配度高的机器设备，将企业内部调整的成本控制在合理范围内，并根据自身生产要素投入结构对设备进行适配性改良，减少引进设备“水土不服”造成的摩擦和损失，提高企业的技术水平。另一方面，先进设备对使用者的技能和素质有特定要求，尤其是一些精密、先进、稀有设备需要与之相匹配的使用、保养和维修技能。在引进发达国家先进机器设备的同时，应及时对企业内设备使用人员进行培训，提高设备的使用效率。第二，发展中国家引进前沿技术不仅要关注技术引进效率，也要注意规避技术进步偏向性的负向影响，在引进技术时应选取与本国要素禀赋结构匹配度高的“适宜性技术”。一方面，发展中国家从国外引进先进技术投入本国生产，技术进步偏向性也会随之传递，会改变自身的生产要素投入结构。若出现技术和要素禀赋的非匹配，不仅会出现技术引进效率的下降，也会引致发展中国家国内劳动力失业和就业结构失衡，造成劳动资源的浪费。另一方面，在探究资本偏向性技术对要素配比结构影响的同时，还应关注其对要素报酬的影响。引进技术在投入生产后会影响技术引进国的要素收入分配结构，若引进资本偏向程度高的技术，会提升资本要素生产率，资本收益随之升高，将压低劳动要素在初次分配中的份额，技术和资本耦合式发展将会加剧社会的贫富分化。第三，优化 FDI 产业流向结构，提高 FDI 的利用效率。FDI 是发达国家技术和技术进步偏向性向发展中国家传递的重要渠道，有助于提升发展中国家的技术水平。中国制造业各子行业资本密集度和技术水平不同，吸引外资时应考虑自身与世界前沿技术的差距，评估各行业的比较优势和竞争优势，优化 FDI 流向的产业结构。对于基础薄弱且亟待发展的行业应鼓励跨国公司多进入，特别是吸引科技实力雄厚和管理高效的跨国企业来中国投资，通过产业集聚的资本集成效应，形成产业集群带动本土产业发展。对于具有自身优势的产业，若盲目引进外资会使本土企业处于恶性竞争中，反而不利于产业发展。此外，还应考虑本土企业与跨国公司间的技术差距，当本地企业与跨国公司技术差距处于合理范围内时，才能较好地发挥跨国公司的示范效应，将先进技术扩散至发展中国家，提高本土企业技术引进效率和促进技术升级。

参 考 文 献

- [1] Acemoglu D., 2002, *Technical Change, Inequality and the Labor Market* [J], Journal of Economic Literature, 40 (1), 7~72.

- [2] Acemoglu D., Zilibotti F., 2001, *Productivity Differences* [J], *Quarterly Journal of Economics*, 116 (2), 563~606.
- [3] Acemoglu D., 2007, *Equilibrium Bias of Technology* [J], *Econometrica*, 75 (5), 1371~1409.
- [4] Coe D. T., Helpman E., Hoffmaister A. W., 1997, *North-South R&D Spillovers* [J], *Economic Journal*, 107 (440), 134~149.
- [5] David P. A., Klundert T., 1965, *Biased Efficient Growth and Capital-Labor Substitution in the U. S., 1899~1960* [J], *American Economic Review*, 55 (3), 357~394.
- [6] Fu X., 2008, *Foreign Direct Investment, Absorptive Capacity and Regional Innovation Capabilities: Evidence from China* [J], *Oxford Development Studies*, 36 (1), 89~110.
- [7] Gancia G., Zilibotti F., 2009, *Technological Change and the Wealth of Nations* [J], *Annual Review of Economics*, 1 (1), 93~120.
- [8] Gorg H., Greenaway D., 2004, *Much Ado about Nothing? Do Domestic Firms Really Benefit from Foreign Direct Investment?* [J], *World Bank Research Observer*, 19 (2), 171~197.
- [9] Hicks J. R., 1932, *The Theory of Wages* [M], London: Macmillan.
- [10] Keller W., 2000, *Do Trade Patterns and Technology Flows Affect Productivity Growth?* [J], *World Bank Economic Review*, 14 (1), 17~47.
- [11] Klump R., McAdam P., Willman A., 2008, *Unwrapping Some Euro Area Growth Puzzles: Factor Substitution, Productivity and Unemployment* [J], *Journal of Macroeconomics*, 30 (2), 645~666.
- [12] Sato R., Morita T., 2009, *Quantity and Quality: The Impact of Labor Saving Innovation on US and Japanese Growth Rates* [J], *Japanese Economic Review*, 60 (4), 407~434.
- [13] 戴天仕、徐现祥:《中国的技术进步方向》[J],《世界经济》2010年第10期。
- [14] 陈勇、李小平:《工业行业的面板数据构造及资本深化评估:1985~2003》[J],《数量经济技术经济研究》2006年第10期。
- [15] 陈欢、王燕:《国际贸易与中国技术进步方向——基于制造业行业的经验研究》[J],《经济评论》2015年第3期。
- [16] 董直庆、安佰珊、张朝辉:《劳动收入占比下降源于技术进步偏向性吗?》[J],《吉林大学社会科学学报》2013年第4期。
- [17] 董直庆、焦翠红、王林辉:《技术进步偏向性跨国传递效应:模型演绎与经验证据》[J],《中国工业经济》2016a年第10期。
- [18] 董直庆、蔡啸、王林辉:《财产流动性与分布不均等:源于技术进步方向的解释》[J],《中国社会科学》2016b年第10期。
- [19] 董直庆、赵景、康红叶:《有偏技术进步、技术来源及其经济增长效应》[J],《东南大学学报(哲学社会科学版)》2017年第1期。
- [20] 黄先海、刘毅群:《设备投资、体现型技术进步与生产率增长:跨国经验分析》[J],《世界经济》2008年第4期。
- [21] 黄先海、徐圣:《中国劳动收入比重下降成因分析——基于劳动节约型技术进步的视角》[J],《经济研究》2009年第7期。
- [22] 孔宪丽、米美玲、高铁梅:《技术进步适宜性与创新驱动工业结构调整——基于技术进步偏向性视角的实证研究》[J],《中国工业经济》2015年第11期。
- [23] 雷钦礼:《偏向性技术进步的测算与分析》[J],《统计研究》2013年第4期。
- [24] 潘文卿、吴天颖、胡晓:《中国技术进步方向的空间扩散效应》[J],《中国工业经济》2017年第4期。
- [25] 沈春苗:《垂直专业化分工对技能偏向性技术进步的影响——基于我国制造业细分行业的实证研究》[J],《国际贸易问题》2016年第2期。
- [26] 舒元、才国伟:《我国省际技术进步及其空间扩散分析》[J],《经济研究》2007年第6期。
- [27] 宋冬林、王林辉、董直庆:《技能偏向型技术进步存在吗?——来自中国的经验证据》[J],《经济研究》2010年第5期。

- [28] 王林辉、赵景、李金城:《劳动收入份额“U形”演变规律的新解释:要素禀赋结构与技术进步方向的视角》[J],《财经研究》2015年第10期。
- [29] 王林辉、袁礼:《有偏型技术进步、产业结构变迁与中国要素收入分配格局》[J],《经济研究》2018年第11期。
- [30] 王林辉、杨博、董懿萱:《技术进步偏向性的跨国传递效应——来自中美制造业的经验证据》[J],《东南大学学报(哲学社会科学版)》2017年第4期。
- [31] 杨飞:《南北贸易与技能偏向性技术进步——兼论中国进出口对前沿技术的影响》[J],《国际经贸探索》2014年第1期。
- [32] 赵俊康:《我国劳资分配比例分析》[J],《统计研究》2006年第12期。

A Study of Transnational Transmission of Biased Technological Progress and Heterogeneous Transfer Path

Wang Linhui Yang Bo Dong Zhiqing

(School of Economics, East China Normal University)

Research Objectives: Test the effect of the transnational transmission of Sino-US biased technological progress and its heterogeneous transfer path. **Research Methods:** Applies the standardized system method and the seemingly unrelated model to estimate the technological progress bias, and uses the panel quantile regression model to test the heterogeneous transfer effect of different paths. **Research Findings:** Firstly, China's capital bias technological progress is due to the transnational transfer effect of technical progress direction. The transfer is realized through commodity import, FDI and equipment introduction, and the transfer effect depends on the biased intensity of technological progress. Secondly, the transmission of technological progress bias is not equal between China and the United States. China is greatly influenced by the United States, which is likely to cause the factor structure changes and the loss of employment, while China's reverse transmission effect is limited. **Research Innovations:** Explains the causes of capital biased technological progress in China from an innovative perspective of transnational transmission, and tests the heterogeneity effect of different transmission paths. **Research Value:** This paper can shed light on the choice of technology upgrade path in China's manufacturing industry.

Key Words: Technology Progress Bias; Transnational Transfer Path; Heterogeneity Transfer Effect

JEL Classification: F14; L60; O33

(责任编辑:焦云霞)