引用格式：王亚红，凌子强. 内外技术循环的协同机制与产业升级——基于非线性门槛与中介路径的实证检验[J]. 技术经济，2026，45(6)：37-48.

Wang Yahong, Ling Ziqiang. The synergy mechanism of internal and external technology cycles and industrial upgrading: An empirical test based on nonlinear thresholds and mediating paths[J]. Journal of Technology Economics, 2026, 45(6): 37-48.

产业技术经济

内外技术循环的协同机制与产业升级

——基于非线性门槛与中介路径的实证检验

王亚红，凌子强

（郑州大学管理学院，郑州 450001）

摘 要：全球科技竞争日趋激烈，技术要素跨区域流动成为优化产业格局、驱动产业转型升级的核心动力。基于“双循环联动”与“结构性支撑”的理论视角，旨在厘清双循环新发展格局下技术要素跨域流动的协同增效机制。研究选取2007—2023年中国283个城市的多源专利转让数据，构建产业升级三维测度体系，实证检验国际技术转入与国内技术转出的交互效应。研究发现：国际技术转入与国内技术转出存在显著的协同效应，国内技术转出通过提升区域技术吸收与再创新能力，对国际技术吸纳引致的产业升级发挥显著的结构性支撑作用，为理解单纯依赖技术引进可能带来的路径依赖问题提供了经验证据。异质性分析表明，“胡焕庸线”东南侧地区依托成熟的创新生态，更易释放技术转移的红利；进一步的门槛检验验证了国内技术转出存在双重门槛特征，揭示了技术要素从碎片化输入到系统性整合的动态演化特征。据此，本文提出构建梯度化区域治理体系与推行制度型开放策略，旨在缓解价值链攀升不足与区域技术发展不平衡问题，为引导创新链与产业链在双循环联动中实现深度耦合提供理论支撑与实践路径。

关键词：双循环协同；技术转移；产业升级；非线性机制；创新赋能引进

中图分类号：F124.3 **文献标志码**：A **文章编号**：1002-980X(2026)06-0037-12

DOI：10.12404/j.issn.1002-980X.J26021701

一、引言

在全球经济格局深度调整与新一轮科技革命交织的背景下，技术要素的跨境与跨区域流动对产业发展的塑造作用日益凸显。产业升级作为这一进程的核心目标，在全球价值链理论中被界定为生产要素向高附加值环节的动态集聚[1]。数字经济的深入发展，为产业升级的概念注入了更为立体的三维内涵：纵向维度上，它意味着要跨越“微笑曲线”底端制造的束缚，向研发设计等高端环节迈进[2]；技术维度上，人工智能与工业互联网深度融合，正在改变全要素生产率函数[3]；可持续维度上，则是从资源依赖向绿色低碳的生态转型[4]。全球化竞争日益演变为对技术主导权与标准制定权的角逐，产业升级不仅是单一经济体实现增长的内在要求，更是提升国家产业竞争力与发展韧性的重要路径。在当前国际技术合作面临壁垒，同时全球产业向可持续发展范式转型的背景下，推动产业向高附加值、低碳化方向发展，有助于缓解技术路径依赖，培育新的发展动能[5]。

聚焦中国现实，产业升级进程正面临双重约束。一方面，内部转换效能不足，高校院所虽然是创新成果的重要产出地，但是专利实施率长期处于较低水平，科研成果与产业需求之间存在着供需失配[6]；另一方面，中国在全球价值链的位势较低，制造业依然难以摆脱中低端环节的升级瓶颈[7]。内外部循环不畅在一

收稿日期：2026-02-17

作者简介：王亚红(1973—)，博士，郑州大学管理学院教授，博士研究生导师，研究方向：区域经济管理；凌子强(2003—)，郑州大学管理学院硕士研究生，研究方向：技术创新与管理。

定程度上制约了产业升级,由此引出以下问题:在外部循环受阻与内部循环不畅的双重约束下,产业升级的动力究竟何在,又应该如何通过技术要素的跨域流动探讨推动产业升级的内在逻辑。

既有研究为回答上述问题提供了重要线索。

第一条线索聚焦于国内技术转移。党的二十大报告提出要加快实现高水平科技自立自强,这是对重构技术转移体系发出的战略动员。国内技术转移市场看似活跃,却呈现出区域失衡,以长三角、珠三角为代表的东部高地占据了近七成的技术交易份额,而广袤的中西部地区占比不足三成[8]。部分学者注意到,城市群地区依靠创新要素的集聚优势,已经显现出技术转化效率的规模报酬递增现象[9]。国内技术转移不仅面临空间上的梯度分化,其效应释放在不同条件下也可能呈现异质性[10-11]。对于中国这样拥有超大规模市场的经济体,其升级依赖创新链与产业链的深度融合,以及国内大循环对创新要素的强大吸纳能力[12]。

第二条线索则立足于国际技术转移。在国际技术竞争中,发达国家常通过封锁关键技术与构建专利壁垒来维持其在全球价值链中的主导权[13-14]。根据国家知识产权局有关数据,2013—2022年,中国国际技术引进规模呈现出了明显的倒U型趋势,这无疑是对传统依赖外部技术供给路径的一次重要提醒[15]。国际技术转入在短期内能提升效率,但在创新基础薄弱的地区,由于配套体系缺失,往往陷入边际效应递减的困境[4]。国际技术转出虽有助于激发源头的研发活力,但也需警惕知识流失可能带来的竞争力削弱[16]。国际循环亟须突破封锁以寻找新的协调点,探索“引进来”与“走出去”的辩证统一。尽管国际技术转入常被认为在理论上具有比较优势,但若缺乏自主创新能力的支撑,过度依赖外部技术供给可能诱发替代效应,增加本土创新陷入路径依赖的风险[17]。这意味着,仅依靠技术引进往往难以支撑产业实现整体性提升,因而需要着力构建自主创新能力与深度参与全球创新网络的良性互动机制[18]。

纵观上述两条研究脉络,既有研究为理解技术转移与产业升级的关系奠定了坚实基础。但多从单一维度展开,国际技术转移与国内技术转移在驱动产业升级中,存在互补、替代还是更为复杂的非线性协同关系?二者如何才能破解价值链攀升不足与供需结构失衡的双重困境?关于双循环框架下二者协同互动的深层机制仍有待进一步厘清[19-20]。基于此,本文试图依托现有理论,探索构建双循环相互促进的分析体系,从而为理解技术要素流动的复杂性提供新的思路。

本文可能的边际贡献主要体现在以下方面:第一,在理论框架上尝试将国际技术转入与国内技术转出置于双循环联动的统一逻辑下进行考察,并通过中介效应分析探讨国内技术积累对外部技术吸纳的“结构性支撑”作用,有助于深化对新发展格局下内外技术循环转换逻辑的理解。第二,在作用机理上通过实证检验内外技术转移的交互效应与规模门槛,揭示了技术要素从“碎片化输入”向“系统化整合”演进的非线性路径,为技术转移赋能产业升级的复杂过程补充了微观证据。第三,在现实维度上考量了技术赋能过程中的“时序滞后性”,揭示了技术红利释放的时滞特征。

二、机制分析与研究假设

(一)“双循环联动”下国际技术转入与国内技术转出的协同增强机制

在“双循环”战略框架下,观察技术要素跨域流动的演化特征,其重心在于厘清国际技术转移与国内技术转移在配置逻辑上的差异及其联动效应[21]。夏杰长和袁航[3]指出,高层次人才与技术的跨境流动正成为中国产业竞争力的核心要素,国际技术转入通过“干中学”效应提供前沿技术边界的牵引力。从吸收能力理论视角看,国际技术转入为后发地区提供了接触全球前沿技术边界的机会,但这种“外源性”技术往往具有极强的异质性,并伴随着知识产权壁垒实施的“排他性”[22]。如果缺乏本土知识的匹配,单纯的技术引进可能会导致产业陷入价值链路径依赖与技术能力陷阱。

国内技术转出在这一过程中发挥着重要的赋能作用。余丽丽和彭水军[20]强调,新发展格局下国内贸易与知识扩散的活跃,实际上是本土产业技术吸收与整合能力的系统性提升。当国内知识流动的密度增强时,区域创新生态系统能够为国际异质性技术提供必要的配套工艺与本土化应用场景。这种内生性的技术积淀充当了国际技术的“转换接口”,使得外部前沿专利能够更顺畅地融入本土生产。这种内外联动、双向耦合的交互过程,在理论上能够缓解单纯技术引进行为可能产生的技术依赖风险,以及为单一内循环运行

模式下可能出现的同质化竞争现象提供机制性缓冲，并为正向空间溢出效应的形成与传导奠定基础[23]。

基于上述探讨，本文提出假设：

国际转入与国内转出的交互项显著促进产业升级，即在“双循环联动”中存在显著的强化协同效应（H1）。

（二）技术要素流动的非线性演进与规模门槛特征

考察技术要素流动对产业升级的驱动机理，重点在于剖析二者之间是否存在非线性的作用边界。技术要素的跨域配置并非简单的投入产出线性增量过程，其演化路径受区域创新生态系统成熟度与配置效能的调节。闫中晓和陈爱贞[12]研究发现，技术要素流动的深度与广度制约着资源配置的效率，而这种驱动效能的释放高度依赖于技术流动的流量积累与知识沉淀。这一论断与宋伟和吴泽平[24]基于国际政治经济学视角的实证研究发现相呼应，他们的研究揭示出国际技术扩散表现为不显著的边际递增趋势。在技术转移规模较小的初始阶段，产业链上下游的配套技术不完善，搜索、匹配及制度适应性成本较高，碎片化的技术输入难以形成系统性的产业驱动力，甚至可能因吸纳成本过高而对产业升级产生短期抑制。

技术要素流动对产业升级的驱动，往往不局限于简单的线性关系，而可能呈现出更为复杂的非线性特征。根据新质生产力的理论内涵，系统性的整合有望促进不同生产要素之间的耦合协调，从而可能产生类似于“集聚经济”的效应，降低企业在技术搜索、匹配与适配过程中的各类成本。正如郑浩天和靳卫东[25]所指出的，大规模的技术流动能有效激活规模溢出效应，促使专利转让从孤立的“点状行为”演化为网状的技术转出。这种由规模效应引致的效率递增机制，驱动资源向高附加值环节集聚配置，驱动产业升级路径从边际累积到非线性提升，构成了技术驱动效能阶梯式增长的内在逻辑。

基于上述探讨，本文提出假设：

技术转移规模跨越门槛值后促进作用显著增强，即技术驱动过程存在非线性的门槛效应（H2）。

（三）知识内化过程中的动态演化与时序滞后效应

从生产函数的演变视角来看，产业升级过程并不表现为简单的投入与产出之间的线性增长，其要素配置效率往往受到历史积累与时空布局的约束。郑涛和杨如雪[16]指出，高技术制造业的创新产出与产业韧性之间存在明显的时间差。技术专利的转移是创新的起点，而要将其转化为现实生产力，通常需要经历一个复杂的“知识内化”过程。这一过程包含技术消化、原型开发、中间试验及最终的大规模商业化应用。

在这一动态演化过程中，企业需要投入大量的时间成本进行人力资本的技能重构与管理范式的路径转换。闫中晓和陈爱贞[12]强调，产业链的协同升级需要时间来化解技术更迭带来的摩擦成本。当期的大规模技术转入往往伴随着高额的固定资产投资与研发支出的摊销，在短期内可能反映为生产成本的上升而非产出的即刻增长。这产生的学习成本与调试压力，使得技术转移的红利释放表现出明显的阶段性分化。康其东[26]在理论模型中强调“要素追逐技术”现象，技术、资本与劳动力等要素实现高效协同匹配本身需要一个调整与融合周期。从技术要素配置的动态演进来看，技术引进与转出行为在时间序列上往往伴随着不同步的效应释放。当期技术配置决策带来相应的投入调整与成本波动，而其对全要素生产率的影响可能存在滞后效应。因此，本文重点考察技术转移在不同时间跨度下对产业升级的传导轨迹，以识别该过程中存在的动态调整机制[27]。

基于上述探讨，本文提出假设：

技术转移对产业升级的促进作用存在显著的时序滞后效应（H3）。

三、研究设计

（一）模型设定

为检验技术转移对产业升级的影响，从国内技术转移、国际技术转移两个维度建立如式（1）和式（2）所示的基准回归模型 。式（1）表示国内技术转移对产业升级的影响，式（2）表示国际技术转移对产业升级的影响。

$$indup_{it} = \alpha_1 dti_{it} + \alpha_2 dto_{it} + \alpha_3 X_{it} + t_t + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$indup_{it} = \alpha_1 iti_{it} + \alpha_2 ito_{it} + \alpha_3 X_{it} + t_t + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

其中：$indup_{it}$ 为被解释变量产业升级；下标 i 和 t 分别为个体和时间维度；dti_{it} 为国内技术转入；dto_{it} 为国内技术转出；iti_{it} 为国际技术转入；ito_{it} 为国际技术转出；X_{it} 为控制变量集合；t_t 为时间固定效应；μ_i 为个体固定效应；ε_{it} 为随机干扰项；α_1、α_2、α_3 为相应系数。

为检验国内技术转出、国际技术转入与国内转出-国际转入交互作用对产业升级的非线性协同机制，本文建立“双循环”技术转移协同效应模型如式(3)所示。

$$indup_{it} = \theta_1 dto_{it} + \theta_2 iti_{it} + \theta_3 (dto \times iti)_{it} + \theta_4 X_{it} + t_t + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

其中：$(dto \times iti)_{it}$ 为国内转出-国际转入交互项。通过构建交互项，在理论层面揭示双循环格局下技术转移的协同机制，即国内技术转出与国际技术转入之间存在显著的协同关系，共同构筑了双循环背景下的赋能机制。该模型旨在检验，在双循环格局下，国内技术转出是否通过提升本地知识吸收与再创新能力，与国际技术转入产生交互作用，从而共同影响产业升级，即探究是否存在“引进—转化—再创新”的协同路径。

(二)变量选择与数据说明

1. 被解释变量：产业升级

产业升级(*indup*)作为驱动经济高质量发展的核心进程，其内涵从单一的产业结构高度化拓展为一个多维协同演进的系统性工程。传统理论主要关注生产要素从低附加值部门向高附加值部门的转移，而在数字经济与可持续发展双重范式转型的背景下，产业升级不仅体现为产业间的结构变迁，而且体现在产业内部动力机制与价值创造模式的改变。在高质量发展与培育“新质生产力”的时代要求下，产业升级更为注重结构高级化、数字化智能化、绿色低碳化的协同演进。结构维度关注产业系统的宏观形态变迁，旨在衡量生产要素向高附加值、高技术复杂度环节的配置效率，体现产业体系在全球分工中位势的整体提升。而数字化水平与绿色低碳发展则分别刻画了推动这一结构变迁的两大内在驱动力与约束条件：数字化通过重构生产函数、催生新业态，为产业升级提供技术赋能；绿色低碳则通过内化环境约束、重塑竞争优势来源，为产业升级设定质量标尺。三者并非孤立存在，而是共同构成解释产业升级的逻辑框架，数字化与绿色化是驱动结构优化的核心过程，而高级化的产业结构则为技术与绿色创新的规模化应用提供载体。

鉴于上述理论逻辑，本文从产业结构变迁、产业数字化水平、产业绿色低碳发展三个维度系统构建产业升级综合指数见表1。在具体指标选取上：产业结构变迁维度，参考韩永辉等[28]的研究范式，采用产业产值比重与生产效率进行复合表征，以捕捉结构变迁的质效特征；产业数字化水平维度，聚焦于数字化从业人员，通过行业层面的工业机器人数量构建出城市层面的工业机器人密度，以此有效度量技术赋能深度；产业绿色低碳发展维度，兼顾环境产出与效率约束，选取碳排放量与绿色全要素生产率作为核心观测点。为超越主观赋权产生的误差，本文采用主成分分析方法科学确定各指标权重，再经由信息整合形成一个较为全面地反映产业升级多维特征的综合评价体系。

表1　产业升级综合指数

一级指标	二级指标	三级指标	指标属性
产业结构变迁	产业产值比重	第三产业产值占第二产业产值的比值	+
	生产效率	劳动生产率	+
产业数字化水平	数字化从业人员	计算机服务和软件业从业人员占当地从业人员总数的比重	+
	人工智能应用	工业机器人密度	+
产业绿色低碳发展	碳排放量	单位工业产值碳排放量	−
	绿色生产	绿色全要素生产率	+

注：“+”表示正向指标；“−”表示负向指标。

产业升级综合指数的构建遵循以下步骤：首先，对六个基础指标进行 *Z*-score 标准化以消除量纲。*KMO* 检验值为0.7246，表明数据适合进行主成分分析。其次，依据特征值大于1的准则，提取前两个主成分，其累计方差贡献率为71.67%，能够较好地涵盖原始指标信息。最后，以主成分的方差贡献率为权重，对主成分得分进行加权求和，合成产业升级综合指数。

2. 核心解释变量

专利转让是技术转移的主要形式和载体，数据易于获取且较为完整。基于主体和对象的差异，技术转

移可划分为国际技术转移和国内技术转移。本文采用专利转让数量衡量技术转移水平，从技术转入与技术转出两个方面分析国内技术转移与国外技术转移，核心自变量设置如下：①国内技术转移。国内技术转入（*dti*）表示一个城市从国内其他城市转入的专利数量，数量越多代表这个城市对国内其他城市技术集聚能力越强；国内技术转出（*dto*）表示一个城市向国内其他城市转出的专利数量，数量越多代表这个城市对国内其他城市的技术扩散能力越强。②国际技术转移。国际技术转入（*iti*）表示一个城市从国外转入的专利数量，数量越多代表这个城市对国外城市的技术集聚能力越强；国际技术转出（*ito*）表示一个城市向国外转出的专利数量，数量越多代表这个城市对国外城市的技术扩散能力越强。

3. 控制变量

为了最大限度地降低遗漏变量导致的估计偏差，并有效捕捉除核心解释变量外可能干扰产业升级进程的多元因素，本文在参考既有研究成果的基础上，选取了涵盖经济基础、制度环境、智力支持及基础设施等维度的控制变量。

从创新驱动和宏观层面来看：①政府研发支出（*pubrd*）被视为区域研发能力的重要体现。由于创新活动普遍具备回报周期长、风险敞口高的典型特征，政府层面的科技经费投入在研发经费中起到了重要的指引作用，本文采用政府科技经费支出占 GDP 的比重来衡量。②经济发展水平（ln*GDP*）直接影响到区域内生产要素的丰裕度与配置效率。通过采用经过价格平减处理的实际人均 GDP 对数，可以较好地表现城市产业运行所需要的宏观物质支撑。

在金融资源与智力资本的供给维度：③金融发展规模（*fd*）即年末金融机构各项贷款余额。完善的金融体系不仅能为企业提供必要的资金支持，更能通过风险分担机制显著缓解创新过程中的融资约束。④受教育水平（*ed*）被视为驱动产业向高端演进的智力源泉。以大专及以上学生数占城市总人口的比重来度量人力资本质量，这不仅是高层级生产活动的必要投入，也是知识消化与吸收能力的重要保障。

从制度环境与硬性基础设施角度看：⑤市场化程度（*gep*）对于增强产业竞争力至关重要。本文通过政府财政支出占 GDP 的比重来刻画政府与市场的关系，意在探究竞争与优胜劣汰机制下，企业研发活力的激发程度。⑥交通基础设施（*fra*）被视为降低区域交易成本的重要硬件支撑。完善的道路网络建设能够大幅度降低空间层面的交易成本，从而提升全要素生产率与要素流动的速率。⑦对外开放水平（*op*）可能产生外部溢出效应，同样被列入考量范围。通过外商直接投资占 GDP 的比重来界定开放程度，旨在捕捉跨国企业在重组合并过程中带来的先进生产工艺、管理经验及随之而来的技术溢出红利。通过对上述变量的严格控制，本文力求在复杂的宏观变量网络中，识别出国际技术转入与国内技术转出对产业升级的影响。

4. 数据来源

本文被解释变量产业升级指数、控制变量数据源自《中国城市统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国能源统计年鉴》、各地级市第五次人口普查数据等。解释变量技术转移数据来源于中国国家知识产权局专利检索平台，采用 2007—2023 年中国 283 个城市内部发明专利和实用新型专利转让的详情数据，以及 2007—2019 年中国 283 个城市与国外之间发明专利和实用新型专利转让的详情数据，并采用地理信息编码技术，将专利数据匹配至城市层面，创建 2007—2023 年中国城市技术转移数据库。

四、实证分析

为系统验证前文提出的理论机制，本文构建了一个由三个核心假设组成的实证检验体系，并设计了与之对应的计量模型与检验方法。假设 H1 通过构建包含交互项的线性面板模型进行检验；假设 H2 采用面板门槛回归模型予以识别；假设 H3 则通过建立包含解释变量滞后项的动态面板模型进行验证。三者共同构成了从线性互动、非线性跃迁到时序动态的实证检验体系。

（一）基准回归结果

按照时间地区双固定效应模型对式（1）和式（2）进行基准回归，回归结果见表 2。（1）列是国内技术转移对产业升级的基准回归结果；（2）列是国际技术转移对产业升级的基准回归结果。为比较不同技术转移对产业升级的影响，将 *dti*、*dto*、*iti*、*ito* 同时放入模型，其结果见表 2 的（3）列。

由表 2 可知,国内技术转入、国内技术转出的回归系数显著为正,表明国内技术转入、国内技术转出能够有效驱动产业升级。(2)列中国际技术转入、国际技术转出与产业升级之间存在正向相关关系。(3)列中国内技术转移和国际技术转移均对产业升级表现为正向相关关系。技术转移是经标准化处理后的变量,通过回归系数对比可以发现,国际技术转移相对于国内技术转移来说,其对产业升级具有更显著的正向作用。

表 2　基准回归结果

变量	国内技术转移	国际技术转移	技术转移
	(1)	(2)	(3)
dti	0.046**		0.009*
	(0.017)		(0.005)
dto	0.034*		0.011**
	(0.018)		(0.005)
iti		0.023***	0.023***
		(0.006)	(0.006)
ito		0.013***	0.012**
		(0.005)	(0.005)
控制变量	是	是	是
固定效应	是	是	是
调整 R^2 值	0.816	0.914	0.914
样本量	3557	3358	3358

注:***、**、*分别表示在 1%、5%、10%的水平上显著;括号内为稳健标准误。

(二)协同效应分析

为检验国内技术转出与国际技术转入是否存在交互增强效应,本文构建交互项模型进行实证分析,旨在揭示双循环格局下技术转移的协同机制,即内外循环路径是相互替代还是彼此赋能。

由表 3 可知,回归模型中交互项系数显著为正,初步表明了国内技术转出与国际技术转入之间存在正向协同效应。引入交互项后国际技术转入系数为负,并非指技术转入本身无效。在交互项模型中,该系数仅代表调节变量为零时的局部效应。

表 3　协同效应分析

变量	(1)	(2)
	基础效应模型	交互效应模型
	indup	*indup*
dto	0.018***	0.010**
	(0.004)	(0.004)
iti	0.023***	−0.060***
	(0.006)	(0.011)
dto×*iti*		0.016***
		(0.002)
样本量	3358	3358
调整 R^2 值	0.914	0.918
年份固定	是	是
个体固定	是	是

注:***、**、*分别表示在 1%、5%、10%的水平上显著;括号内为稳健标准误。

为进一步揭示这种协同关系的深层机理,本文计算了国际技术转入在不同国内技术转出水平下的边际效应见表 4。分析显示,该效应呈现出明显的非线性特征:当国内技术转出水平较低时,国际技术转入的边际效应显著为负,反映出在区域自主技术积累不足的条件下,国际技术转入存在较高的消化吸收成本,或受制于技术壁垒,导致产业升级效应受到短期约束;而随着国内技术转出水平的提升,边际效应逐渐由负转正,并在较高水平时产生显著的正向促进作用。这一结论体现出国内技术循环对国际技术转入表现为一种渐进的、协同的联动增益机制。这种效应揭示了在双循环格局下,国内知识基础的夯实对于提升技术吸纳效能、推动要素从碎片化整合向系统性融合转变具有重要调节作用。

表 4　国际技术转入的边际效应分析

变量水平	边际效应	标准误	*Z*	95%置信区间
低水平	−0.038	0.010	−3.94	[−0.056 −0.019]
中水平	−0.003	0.007	−0.41	[−0.017 0.011]
高水平	0.032	0.007	4.34	[0.017 0.046]

注:边际效应基于协同效应模型计算。

(三)中介效应分析

调节效应分析揭示出国内技术转出对产业升级具有显著的协同促进作用。本文将进一步探究其内在的作用机制,即国内技术转出如何通过优化本地化的技术吸收与应用能力,从而增强国际技术转入的产业升级效应。为此,本文构建了中介效应模型,从微观层面探讨技术要素流动与区域基础结构的动态关联。本文遵循经典的中介效应两步法分析框架,并采用偏差校正的 Bootstrap 法(重复抽样 1000 次)进行统计推断。在指标选择上,选取研发人员密集度和城市创业活力两个维度作为中介变量。

1. 研发人员密集度

研发人员密集度(*rd_intensity*)是衡量地区高技能劳动力规模的重要指标。国内技术转出的增加,通常伴随着对专业研发人员需求的上升,有助于扩大本地的科技人才储备。这支专业队伍是理解和应用各类技术的重要人力基础。因此,采用研发人员密集度这一指标,旨在揭示国内技术活动通过扩大专业人才规模以增强区域技术应用能力的中介路径。

2. 城市创业活力

城市创业活力（*ent_vitality*）反映了地区市场主体的活跃程度，通常体现为新创企业数量。一个创业活跃的环境，意味着更多的市场参与者和更频繁的商业活动，为新技术提供了多样化的应用场景和迭代机会。国内技术转出所促进的商业合作与信息交流，能够进一步激发这类市场活力。将此作为中介变量，旨在检验国内技术活动是否通过营造一个更具竞争性和包容性的商业环境与商业机会，为引进技术的产业化与市场扩散创造条件。

表 5　中介效应分析

变量	基准回归	研发人员密集度	城市创业活力
	（1）	（2）	（3）
	indup	*rd_intensity*	*ent_vitality*
dto	0.075***	0.017**	0.272***
	（0.011）	（0.009）	（0.005）
_cons	−1.540***	1.222***	9.384***
	（0.079）	（0.102）	（0.213）
控制变量	是	是	是
双向固定效应	是	是	是
样本量	3358	3358	3358
调整 R^2 值	0.539	0.567	0.526

注：***、**、*分别表示在1%、5%、10%的水平上显著；括号内为稳健标准误。

从表5和表6可以看出，国内技术转出对产业升级的影响存在两条显著的中介路径：一是，通过提升研发人员密集度发挥间接作用，效应系数为0.024，Bootstrap检验在1%水平上显著，表明国内技术活动能够通过扩大高技能人才规模，增强区域对国际技术的吸收与应用能力；二是，通过激发城市创业活力产生的间接效应更强，系数为0.080，国内技术转出有助于营造活跃、竞争性的市场环境，为引进技术的迭代与产业化提供了重要的生态支撑。

表 6　Bootstrap 检验结果

中介变量	系数	标准差	*Z*	*P*	95%置信区间
rd_intensity	0.024	0.002	9.69	0.000	[0.019 0.029]
ent_vitality	0.080	0.007	11.25	0.000	[0.066 0.094]

注：Bootstrap 重复抽样 1000 次。

研究发现，国内技术转出并非单纯地与国际技术转入发生外部叠加，而是通过动态构建并强化本地化的“人才结构”和“市场结构”，构筑本地化支撑系统。以上发现揭示了国际技术转入对产业升级的贡献，显著依赖于本地化要素结构的适配水平。国内技术活动通过优化本地的人才与市场结构，为外部技术要素的落地、转化与价值实现提供了重要的承载基础。回归结果中交互项的显著性与中介变量的传导路径共同为“结构性支撑”提供了一致的探索性经验证据。

（四）稳健性检验

为确保前述结论并非特定指标选取或模型设定的偶然结果，采取三重稳健性检验策略，试图从测度方法、时序演进及因果识别三个维度构建严密的证据链。

1. 被解释变量测度方法替换

针对主成分分析法赋权可能存在的敏感性，采用信息熵赋权法重构产业升级指数。主成分分析法侧重点在于统计特征，而熵权法更能捕捉指标信息的离散程度与稀缺性，从而提供了一个独立的验证视角。由表7可知，替换被解释变量后，核心解释变量的系数符号及显著性水平和基准回归保持了高度的一致性。上述跨方法论的稳健性结果，在一定程度上减轻了单一指标测算误差对模型估计偏差的担忧，并为技术要素流动与产业升级之间的关联性提供了统计证据支持，显示出研究结论在不同统计口径下具有较好的一致性特征。

表 7　被解释变量替换法

变量	（1）	（2）
	回归1	回归2
dti	0.003**	
	（0.002）	
dto	0.003*	
	（0.001）	
iti		0.003***
		（0.001）
ito		0.002***
		（0.001）
控制变量	是	是
固定效应	是	是
样本量	3722	3358
调整 R^2 值	0.878	0.914

注：***、**、*分别表示在1%、5%、10%的水平上显著；括号内为稳健标准误。

2. 滞后效应分析

为捕捉技术转移的时滞效应，通过引入滞后项控制序列相关性。经济反馈具有时效性，数字经济与产业升级的互动效应存在较强的即时性与连续性，采用一期滞后能有效捕捉前序政策或技术投入对当期产出的驱动作用。对比测试表明，二期滞后项的系数方向与核心结论一致，但显著性减弱。因此，选取滞后一期

能在较大程度上保留样本信息,提升实证分析的完整性与稳健性。由表 8 可知,滞后效应检验结果表明国内技术转入系数滞后一期为 0.0713,大于当期系数 0.0459,且国际技术转入的滞后项同样表现出显著的促进作用,企业采用新技术时,常常经历设备校准、工艺衔接等一系列适应性调整。国际技术转入的滞后效应更为明显,可能是因为跨国技术转移需额外克服适配成本并且转化周期更长,其成效提升是一个逐步汇聚的过程。

表 8　滞后效应分析

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	indup	*indup*	*indup*	*indup*
L. dti	0.071***			
	(0.019)			
dti		0.046***		
		(0.017)		
L. dto	−0.016			
	(0.019)			
dto		0.034*		
		(0.018)		
L. iti			0.021***	
			(0.006)	
iti				0.023***
				(0.006)
L. ito			0.007	
			(0.005)	
ito				0.013***
				(0.005)
_cons	0.812	0.889	1.882***	2.430***
	(1.231)	(1.189)	(0.419)	(0.407)
控制变量	是	是	是	是
样本量	3355	3557	2889	3358
调整 R^2	0.808	0.801	0.917	0.905

注:***、**、*分别表示在 1%、5%、10%的水平上显著;括号内为稳健标准误。

3. 内生性处理

为确保前述结论免受反向因果等内生性问题的干扰,从而提供更为稳健的因果证据,本文进一步构建两阶段最小二乘框架进行深入探讨。工具变量选取遵循创新地理学范式,以“‘双一流’高校异地研究机构”(*dfcocri*)作为外生变量。其布局本质上是国家高等教育空间重构与部省共建战略下的“自上而下”行政配置结果。此类机构的选址决策遵循高校学科战略、地缘政治协同及国家重大专项计划而非地方当期的产业表现或市场需求信号,它的核心功能是科研成果转化与技术转移,其对地方产业升级的影响,是通过促进专利转让实现,其宏观决策逻辑与地方微观层面的即时产业需求之间存在明确的生成异源性。这种“异源性”意味着该研究机构作为一种增量性的制度赋能,其技术溢出路径在识别策略上与地区原有的产业升级动力具备相对独立的作用机制。该工具变量通过行政赋能的方式向地方输入外生技术冲击,从而在统计意义上弱化了其与模型扰动项的相关性,为因果识别的有效性提供了理论依据。此外,本文遵循常见做法,将工具变量“‘双一流’高校异地研究机构”作为普通控制变量纳入基准普通最小二乘(OLS)模型,在控制国内外技术转移及其他变量后统计上不显著,此结论可作为辅助性的支持证据。

由表 9 可知,不可识别检验均在 1%水平上显著,且弱识别检验统计量均大于临界值,表明工具变量具备较强的识别力与相关性,排除了弱工具变量风险。第一阶段回归系数在 1%水平上显著为正,进一步说明了所选工具变量在相关性与识别性上的稳健性,提高了二阶段估计结果的有效性。从理论逻辑看,高校的分支机构是技术转移的重要物理载体与中介枢纽,符合相关性假设;而它的选址布局常常受国家战略规划、历史积淀等长期因素的影响,并不是直接取决于当期的产业升级指数,也符合外生性约束。回归结果显示,剔除内生性干扰之后,技术转移的系数依然显著为正,部分系数比 OLS 回归有所增大,这表明潜在的内生性偏差实际上低估了基准回归的估计值,进一步支撑了技术转移对产业升级存在正向因果效应的核心结论。

表 9　工具变量法

变量	第一阶段				第二阶段			
	dti	*dto*	*iti*	*ito*	*indup*	*indup*	*indup*	*indup*
dfcocri	1.079***	0.947***	1.782***	0.785***				
	(0.133)	(0.119)	(0.184)	(0.167)				
dti					0.193***			
					(0.033)			
dto						0.223***		
						(0.039)		
iti							0.104***	
							(0.334)	

续表

变量	第一阶段				第二阶段			
	dti	*dto*	*iti*	*ito*	*indup*	*indup*	*indup*	*indup*
ito								0.179** (0.089)
_cons	14.411*** (0.537)	15.309*** (0.528)	10.746*** (0.583)	6.622*** (0.380)	−2.395*** (0.508)	−1.774*** (0.618)	−4.072*** (0.402)	−4.028*** (0.614)
Kleibergen-Paap rk LM 统计量	44.479	43.339	57.777	19.339				
Kleibergen-Paap rk Wald *F* 统计量	65.691	63.668	93.997	22.042				
样本量	3358	3358	3358	3358	3358	3358	3358	3358
调整 R^2	0.539	0.567	0.441	0.385	0.500	0.484	0.516	0.526
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是

注：***、**、*分别表示在1%、5%、10%的水平上显著；括号内为稳健标准误。

（五）异质性分析

鉴于技术要素配置具有显著的空间依赖性，基准回归结果虽然表明了国内外技术转移对产业升级的整体正向驱动效应，仍需进一步厘清：这种协同驱动效能是否受制于区域经济地理条件、在不同区位属性下是否存在显著的差异化特征。为检验技术转移与产业升级的关系是否存在空间异质性，本文引入“胡焕庸线”这一深刻刻画中国发展梯度与要素禀赋格局的地理界线，将全样本划分为东南侧与西北侧两大区域进行对比分析。在样本划分上，对于个别地理上跨越该线的城市，遵循其行政中心所在地归属原则，确保组别互斥。这一划分的依据在于，东南侧地区通常具备更完善的创新生态与市场网络，其实现技术协同所需的本地化支撑基础更为充分。而西北侧地区的发展则可能更依赖要素投入与外部驱动。通过比较两类区域中技术转移对产业升级的影响系数差异，旨在从空间维度揭示上述作用效果对区域结构性基础的依赖程度，并为制定差异化的区域技术政策提供实证依据。

由表10可知，“胡焕庸线”这一中国人口与经济密度的分界线，揭示了技术转移在空间上的非对称性，折射出中国区域发展模式的差异。“胡焕庸线”西北侧区域国内技术转出系数显著为正，而转入效应微弱。西北地区属于传统的能源与老工业基地，尽管拥有一定的高校及军工科研院所形成的创新资源，但是由于市场化程度低、产业链配套短缺，当地产业承接外部技术的能力不足，外部技术吸纳与转化效率相对有限。得益于长三角、珠三角等城市群完备的产业集群与深厚的市场化特征，“胡焕庸线”东南侧区域能够高效利用国内技术转入，充分释放国际技术转入与转出的协同红利。这种显著的区位异质性在一定程度上映射出中国产业升级进程中的区域性结构特征：东南沿海部分城市在创新资源配置上表现出更高的集成化水平，而西北内陆地区则处于从单一要素依赖向知识驱动转型的重要过渡阶段。

表10　异质性分析

变量	国内技术转移		国际技术转移	
	“胡焕庸线”西北侧	“胡焕庸线”上及东南侧	“胡焕庸线”西北侧	“胡焕庸线”上及东南侧
dti	−0.015 (0.016)	0.014*** (0.005)		
dto	0.068*** (0.020)	0.002 (0.005)		
iti			0.002 (0.021)	0.025*** (0.006)
ito			0.066*** (0.021)	0.008* (0.004)
控制变量	是	是	是	是
固定效应	是	是	是	是
调整 R^2	0.916	0.903	0.916	0.904
样本量	385	2973	385	2973

注：***、**、*分别表示在1%、5%、10%的水平上显著；括号内为稳健标准误。

五、机制拓展

在前文验证国际技术转入与国内技术转出存在显著协同效应的基础上，进一步需要识别该协同效应是否存在规模依赖特征，以及协同机制的释放是否以国内技术转出达到一定规模为前提。门槛特征旨在识别协同效应释放可能存在的“临界规模”。理论分析认为，当国内技术转出规模较低时，协同效应可能受限；而当其规模跨越特定阈值时，技术要素有望实现更有效地整合，区域技术吸收能力可能迎来阶段性提升，从而使协同机

制对产业升级的驱动作用更为显著。因此,本文引入门槛效应模型,旨在识别协同效应从量变到质变的动态边界,从而为差异化的区域政策提供精准的靶向依据。

由表11可知,国内技术转入和国内技术转出均存在显著的双重门槛效应,进一步佐证了前文关于协同效应随技术流转规模而发生非线性动态调整的理论分析,证明了技术耦合效能的充分释放要以必要规模的积累为前提。国内技术转移对产业升级的推动作用并非呈线性关系,要想充分体现出这种效果需要跨越特定的规模门槛。样本分布显示,“胡焕庸线”东南侧省份的技术流转规模多数已跨越门槛临界值,进入数字经济红利加速释放的高效区间;而西北侧多数省份仍处于低位门槛区间,这从非线性演化视角解释了技术流转水平的门槛跨越是空间非均衡增长的突变机制。当国内技术转移规模低于第一门槛值时,受限于区域的知识吸收能力,其对产业升级的驱动作用较弱。随着转移规模突破第一门槛,技术要素的积累达到临界点,开始产生规模效应,知识整合能力显著增强。当规模进一步跨越第二门槛后,技术市场趋于成熟,国内技术转移的效能得以更充分释放,驱动产业升级实现更显著的提升。

表11　门槛效应分析

门槛变量	*dto*	*dti*
单一门槛检验		
F	81.54	94.39
P	0.000	0.000
10%临界值	18.23	19.30
5%临界值	21.35	22.42
1%临界值	27.76	26.65
双重门槛检验		
F	38.22	31.19
P	0.000	0.000
10%临界值	12.93	12.07
5%临界值	15.46	13.59
1%临界值	20.23	18.99
最终门槛数	双重门槛	双重门槛
第一门槛估计值	4.394[4.187,4.419]	3.136[3.091,3.219]
第二门槛估计值	6.129[5.859,6.211]	5.252[5.176,5.357]
调整 R^2	0.757	0.757

注:门槛估计值括号内为95%置信区间。

国际技术转移的门槛效应并不显著,其过程本身具有高筛选性和高成本特征。企业或区域在进行国际技术转入时,通常已经过严格的评估与选择,引进的多是自身亟须且而非零散的技术要素。此外,国际技术转移的效应更可能受到技术本身的性质、来源国的限制政策及接收方的制度环境等质性因素的影响,而非单纯依赖规模的线性积累,这进一步削减了规模门槛的突出程度。

六、结论与启示

(一)研究结论

1.“双循环协同”构成了产业升级的非线性增益机制

国际技术转移与国内技术转移均能显著推动产业升级,回归系数比较显示,国际技术转移的估计系数在数值上更大,其对产业升级的促进作用在统计上更为显著。同时,国际技术转入与国内技术转出之间存在显著的非线性协同效应,国内技术转出对国际技术转入价值的实现具有重要支撑作用。若过度依赖外部技术引进,可能面临一定的技术依赖风险。而通过国内技术转出所积累的技术基础与知识产权经验,则有助于提升对引进技术的筛选、消化与再创新能力,推动技术合作从单向引进转向双向互动。

2.技术要素驱动效能遵循由量变到质变的动态演化特征

技术转移对产业升级的赋能效应呈现鲜明的区域异质性,且国内技术转移存在显著的规模门槛特征。胡焕庸线西北侧地区因产业承接生态薄弱,技术引进效能受限;东南侧地区则凭借成熟的产业集群更易释放国内技术转入与国内技术转出的红利。国内技术转入与转出均存在显著的双重门槛特征,揭示了知识整合能力的阶段性演进逻辑。

3.技术赋能路径表现出显著的时空非对称性与动态异步性

技术转移对产业升级的影响存在时序滞后效应,技术从“交付”到“价值产出”需经历深刻的磨合与调试期,国内技术转出的滞后效应高于当期效应,国际技术转入的滞后效应同样更为明显,国际技术转入还需额外克服跨国标准适配、文化认知融合等壁垒。

(二)研究启示

1.构建梯度化区域技术转移治理体系,适配不同区域发展禀赋

在政策制定上,应采取差异化、精准化的区域技术治理策略。对于“胡焕庸线”西北侧地区,政策重点宜

放在夯实技术转移的基础能力上，如支持在创新资源相对集中的城市布局中试与转化平台，培育专业技术服务队伍，并完善对技术输出的激励与支持体系。对于东南侧地区，则应着力健全技术要素市场化配置机制，包括发展多层次的技术交易市场，丰富技术资本化实现形式，并提升技术供需匹配的效率。

2. 强化要素协同与中介赋能机制，激活协同红利释放

为有效激活协同红利，应依托产业集聚的溢出优势，通过组建“产业创新联合体”及适配性中介平台，推动技术转入从碎片化向系统性整合跨越。同时，通过完善专业技术服务体系、培养高技能人才，并利用工业互联网加速技术迭代落地。这一系列举措旨在系统性提升本地知识吸收与再创新效能，为内外技术循环的协同提供有力支撑。

3. 基于国内技术转移的阶段性特征，政策设计应遵循其非线性发展规律

对于技术要素积累初期的区域，重要的是畅通技术交易渠道与提升基础服务能力，促进知识要素的有效流动与初步整合。对于技术市场趋于成熟的区域，重点则转向激励高价值专利的创造与转化，推动技术从分散应用向系统性解决方案升级，形成国内技术市场自我强化、效能持续提升的良性循环。

参考文献

[1] 师应来，赵一帆. 新时代产业升级评价指标体系的构建及测度[J]. 统计与决策，2022，38(19)：36-39.

[2] TIAN K，EDIETZENBACHER E，JONG-A-PIN R. Global value chain participation and its impact on industrial upgrading[J]. The World Economy，2022，45(5)：1362-1385.

[3] 夏杰长，袁航. 海外科技创新人才引进与中国产业升级[J]. 广东社会科学，2024(5)：100-113.

[4] 吴艳，贺正楚. 新质生产力影响产业升级的理论逻辑与组态路径：基于省级动态面板的 QCA 分析[J]. 云南民族大学学报(哲学社会科学版)，2024，41(5)：72-83.

[5] 李秀敏，谭敏珊，陈梓烁. 国际国内创新网络嵌入对中国数字技术创新的影响及作用机制[J]. 科技管理研究，2025，45(7)：1-11.

[6] 张玉，乔敏健，张彦红. 国际产业转移、技术创新与制造业全球价值链地位[J]. 科技进步与对策，2024，41(21)：44-53.

[7] 李先军. “十五五”时期中国集成电路产业创新发展：外部形势、发展趋势与政策选择[J]. 改革，2025(3)：38-52.

[8] 周宇英. 中国技术要素市场体系构建的问题和对策[J]. 科技管理研究，2023，43(6)：45-51.

[9] 李斯林，余红心，武文博，等. 数字基础设施对产业升级的影响机制研究[J]. 科技进步与对策，2023，40(12)：99-107.

[10] 史丹，叶云岭，于海潮. 双循环视角下技术转移对产业升级的影响研究[J]. 数量经济技术经济研究，2023，40(6)：5-26.

[11] 周艳明，王立军，郭婷，等. 东中西部地区产业升级水平的区域差距及分布动态[J]. 中国科技论坛，2019(12)：100-107.

[12] 闫中晓，陈爱贞. 出口强度、产业链关联与产业升级——基于中国制造业资源依赖度异质性分析[J]. 南方经济，2024(7)：113-131.

[13] 杨力，刘敦虎. 科技服务业集聚对产业升级的影响研究[J]. 科技管理研究，2021，41(19)：169-176.

[14] LING S，GAO H，YUAN D. Catalytic role of the digital economy in fostering corporate green technology innovation：A mechanism for sustainability transformation in China[J]. Economic Analysis and Policy，2024，84：278-292.

[15] 谭用，邱斌，叶迪，等. 中国创新模式选择：自主创新抑或技术引进?[J]. 经济研究，2024，59(4)：113-132.

[16] 郑涛，杨如雪. 高技术制造业的技术创新、产业升级与产业韧性[J]. 技术经济，2022，41(2)：1-14.

[17] CHEN Y. The impact of absorptive capacity on technology integration in cross-border M&As：From the perspective of technology transfer[J]. Computational and Mathematical Organization Theory，2025，31(4)：1-25.

[18] LIN J，LI J B. The impacts of technological overlap on international collaboration in China’s green innovation endeavors[J]. Scientific Reports，2025，15(1)：8133-8133.

[19] 田帆，王哲. 强化关键核心技术领域人才支撑问题研究[J]. 宏观经济研究，2024(6)：77-91.

[20] 余丽丽，彭水军. 新发展格局下产业升级、国内贸易与绿色增长[J]. 系统工程理论与实践，2024，44(7)：2075-2094.

[21] 孙久文，虎琳. “十五五”时期推动区域产业协作和产业转移的理论逻辑与现实进路[J]. 兰州大学学报(社会科学版)，2025，53(2)：44-56.

[22] 叶云岭. 双循环视角下技术转移与制造业空间集聚研究[J]. 中国软科学，2023(9)：202-213.

[23] 王岩，李静爽. 人工智能赋能能源经济韧性——机理及空间溢出效应的审视[J]. 工业技术经济，2025，44(10)：128-137.

[24] 宋伟，吴泽平. 国际技术扩散为何难以实现？——基于国际政治经济学的视角[J]. 国际政治研究，2025，46(4)：85-112.

[25] 郑浩天，靳卫东. 数实融合赋能企业创新行为转变：从技术引进到自主创新[J]. 经济学家，2025(3)：97-107.

[26] 康其东. 技术引进、创新赶超与实体经济高质量增长——基于有调节的中介效应检验[J]. 技术经济与管理研究，2023(12)：7-12.

[27] 张贵，赵勇冠，吕晓静. 技术转移与区域经济一体化：基于国家级城市群的证据[J]. 数量经济技术经济研究，2026，43(1)：161-187.

[28] 韩永辉，黄亮雄，王贤彬. 产业政策推动地方产业结构升级了吗？——基于发展型地方政府的理论解释与实证检验[J]. 经济研究，2017，52(8)：33-48.

The Synergy Mechanism of Internal and External Technology Cycles and Industrial Upgrading: An Empirical Test Based on Nonlinear Thresholds and Mediating Paths

Wang Yahong, Ling Ziqiang
(School of Management, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: Amidst the intensifying global technological competition, the cross-regional flow of technological factors has become the core driving force for optimizing industrial structures and driving industrial transformation and upgrading. Grounded in the theoretical framework of "dual-circulation linkage" and "structural support", the synergistic enhancement mechanism governing cross-regional technological factor flows under the new dual-circulation development paradigm was elucidated. Based on multi-source patent transfer data covering 283 Chinese cities for the period from 2007 to 2023, a three-dimensional measurement system for industrial upgrading was constructed, and the interaction between international technology inflows and domestic technology outflows was empirically examined. Significant synergies are identified between these two flows. Domestic technology outflows are shown to exert a prominent structural supporting effect on industrial upgrading induced by international technology absorption, primarily by bolstering regional technological absorption and re-innovation capabilities. Empirical evidence is thereby provided regarding the path dependence risks inherent in exclusive reliance on technology introduction. Heterogeneity analysis reveals that the dividends of technology transfer are more readily harnessed in regions southeast of the "Hu Huanyong Line", where mature innovation ecosystems prevail. A double-threshold characteristic of domestic technology outflows is confirmed through further threshold tests, and the dynamic evolution process of technological factors from fragmented input to systemic integration is revealed. A gradient regional governance system and institutional opening-up strategies are proposed to mitigate insufficient value chain progression and uneven regional technological development. Theoretical support and practical pathways are thus offered for steering the deep coupling of innovation chains and industrial chains under the dual-circulation linkage framework.

Keywords: dual circulation coordination; technology transfer; industrial upgrading; nonlinear mechanisms; innovation-driven introduction