

技术交易投入提升产业间技术融合绩效机制研究

夏宇¹ 张富春²¹

(1. 山西财经大学 国际贸易学院;

2. 山西财经大学 经济学院, 山西 太原 030006)

【摘要】: 基于企业吸收能力理论, 提出“技术交易投入—产业间技术融合程度—产业间技术融合绩效”理论框架, 构建产业间技术融合数理模型, 论证技术交易投入通过提高产业间技术融合程度进而提升产业间技术融合绩效的传导机制。利用 2012–2019 年中国新能源汽车产业、生物农业产业和航空装备产业 96 家上市公司专利数据和财务数据, 运用固定效应模型实证检验技术交易投入、产业间技术融合程度和产业间技术融合绩效三者间关系, 发现增加技术交易投入能够提高产业间技术融合程度, 进而提升产业间技术融合绩效。该结论有助于丰富产业间技术融合理论研究, 为产业间技术融合实践提供借鉴。

【关键词】: 技术交易投入 产业间技术融合 技术融合绩效

【中图分类号】: F403.6 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1001-7348(2021)09-0052-09

0 引言

当前, 产业融合已成为产业发展的重要趋势^[1-2]。现有研究对产业融合概念进行了狭义和广义的区分, 认为广义的产业融合是指由某些关联性因素引起的产业边界模糊, 狭义的产业融合是指产业间技术融合^[3-4]。产业间技术融合是指在日益复杂的技术环境中, 将不同产业领域之间的技术转化为一种新的、功能更强的技术, 进而形成的融合技术以多种技术知识结构为基础, 具有单一技术无法实现的新技术功能^[5-7]。20 世纪 90 年代以来, 现代产业发展出现不同产业之间技术相互融合的特征^[8]。产业间技术融合已成为实现产业技术创新的重要途径^[9-10]。目前, 学术界对产业间技术融合形成与发展的研究集中在产业间技术融合趋势^[11-12]、产业间技术融合程度^[14-16]、产业间技术融合扩散模式^[17]及产业间技术融合驱动因素^[18-20]上, 侧重于揭示不同产业技术间的紧密联系, 但是关于产业间技术融合对经济绩效影响机制的探讨较少。提升产业间技术融合绩效不仅有利于促进产业间技术融合发展, 而且还有利于丰富产业融合理论研究。因此, 本文构建产业间技术融合数理模型, 探讨通过增加产业间技术交易投入提高产业间技术融合程度, 进而提升产业间技术融合绩效的传导机制。

1 文献综述

现有关于产业间技术融合绩效的研究主要从产业绩效视角和新产品绩效视角两个视角展开。

(1) 基于产业绩效视角的研究认为, 提高产业间技术融合程度能够提升产业绩效。Gambardella & Torrisi^[21]利用美国和欧

¹作者简介: 夏宇(1990-), 男, 山西吕梁人, 山西财经大学国际贸易学院博士研究生, 研究方向为产业融合;
张富春(1964-), 男, 山西晋城人, 博士, 山西财经大学经济学院教授、博士生导师, 研究方向为产业结构与经济发展。
基金项目: 山西省教育厅山西省研究生教育创新项目(2018BY080); 山西省教育厅山西省重点学科建设项目(2016419)

洲 32 家电子产业上市公司数据，以上市企业销售额、税后利润为绩效指标进行实证研究，发现电子产业内计算机、电信设备、电子元件、其它电子和非电子技术 5 个子行业间技术融合对电子产业绩效提升具有促进作用；赵玉林和李丫丫^[8]通过计算专利数据的 N 指数、辛普森多样性指数和香农—维纳指数，构建生物芯片产业技术融合程度指标体系，同时以企业净收益为绩效指标，运用面板数据 GLS 回归法，发现生物产业与信息产业技术融合对生物芯片产业绩效有明显提升作用，产业间技术融合已成为提升新兴产业绩效的重要因素。

(2) 基于新产品绩效视角的研究认为，产业间技术融合类型影响新产品开发绩效。陈培祯等(2018)研究发现，企业细分技术领域越多，越容易通过技术融合提升新产品开发绩效；王媛等(2020)将产业间技术融合分为替代性技术融合和互补性技术融合两种，发现加快替代性技术融合有利于增加企业新产品数量和提升新产品进入市场速度，而互补性技术融合程度则与企业新产品数量及新产品进入市场速度呈倒 U 型关系；王媛等(2020)在另一篇文献中将技术融合、技术动荡性和新产品开发绩效纳入同一框架，以技术动荡性为调节变量进行实证研究发现，技术动荡性负向调节互补性技术融合与新产品开发绩效间的正向关系，但技术动荡性对替代性技术融合与新产品开发绩效间关系的调节效应不显著。

上述学者虽然从产业和产品视角探讨产业间技术融合绩效，但仍存在如下不足：①现有研究虽然探讨提升产业间技术融合绩效需要考虑产业间技术融合程度、产业间技术融合类型等因素，但忽略了技术在不同产业之间流动、扩散对于产业间技术融合绩效的影响。一般而言，通过获取、吸收、利用不同产业领域的技术知识，进而开发融合技术才能实现产业间技术融合。产业间技术融合绩效的提升离不开技术在不同产业间高效流动与扩散，而当前研究对于技术交易视角下如何提升产业间技术融合绩效的探讨较少；②现有研究使用的绩效指标难以衡量产业间技术融合所产生的经济价值。产业间技术融合最直接的影响是促进产业之间形成融合技术，提升产业技术的无形资产价值。融合技术所产生的无形资产价值越高，产业间技术融合绩效越高。然而，当前研究从技术无形资产价值角度衡量产业间技术融合绩效的探讨较少。

增加技术交易投入能否提升产业间技术融合绩效？技术交易投入对产业间技术融合绩效的影响机制如何？如何从技术无形资产价值角度衡量产业间技术融合绩效？围绕这些问题，本文进行如下研究：一是运用制度经济学交易成本理论和企业吸收能力理论构建“技术交易投入—产业间技术融合程度—产业间技术融合绩效”理论框架，探讨技术交易投入对产业间技术融合绩效的影响机制；二是构建产业间技术融合机制数理模型，论证技术交易投入通过提高产业间技术融合程度进而提升产业间技术融合绩效的传导机制；三是以技术无形资产价值构建产业间技术融合绩效指标，运用计量经济学模型实证检验技术交易投入、产业间技术融合程度和产业间技术融合绩效三者间的关系。

2 理论分析与研究假设

提升产业间技术融合绩效是促进产业间技术融合的重要内容。本文中的产业间技术融合绩效不同于产业绩效和新产品绩效，主要是基于技术创新视角，考察融合技术的经济价值，实践中可用融合技术的无形资产价值表示。一般认为，融合技术的无形资产价值越高，产业间技术融合绩效越高。那么，应该如何提升产业间技术融合绩效？首先，产业间技术融合绩效受融合技术产出的影响。融合技术数量越多、技术价值越大，产业间技术融合绩效就越高；其次，融合技术产出受产业间技术融合程度的影响。既有研究认为，不同类别技术在同一个技术专利中共同出现，这种相关性反映了不同产业间的技术融合，可通过测算其相关性衡量产业间技术融合程度(李丫丫等，2016)。提高产业间技术融合程度，加强不同产业间的联系，有利于促进产业间技术创新，提高融合技术产出；再次，提高产业内企业技术吸收能力，有利于促进产业间技术融合。借鉴 Cohen & Levinthal(1989)提出的吸收能力的概念，本文认为技术吸收能力是指企业吸收、利用具有潜在利用价值的外部技术知识，并与内部知识整合，进而产生新技术知识的能力。提高产业内企业技术吸收能力，利用不同产业领域的技术知识，有利于提高产业间技术融合程度；最后，产业内企业技术吸收能力受技术交易投入的制约。依据制度经济学研究，本文认为技术交易是指专利技术或非专利技术产权在技术供需双方之间进行转移的过程。技术交易投入是指在技术产权转移过程中需要投入的资本和劳动力。增加技术交易投入有利于识别、获取不同产业领域的技术知识，从而提高产业内企业技术吸收能力。

综上所述，本文构建技术交易投入对于产业间技术融合绩效影响机制的理论框架，对技术交易投入、产业间技术融合程度和产业间技术融合绩效三者关系进行理论分析，如图 1 所示。

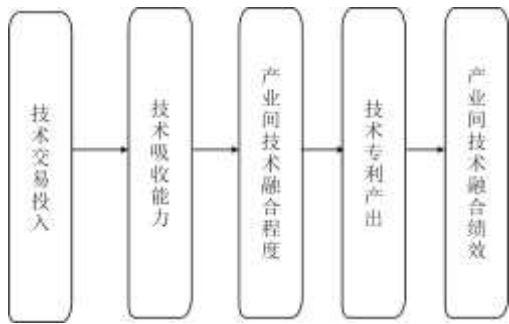


图 1 理论分析框架

(1) 增加技术交易投入有利于提高产业间技术融合程度。

增加技术交易投入通过增强产业内企业技术吸收能力，进而提高产业间技术融合程度。在技术融合过程中，为获取不同产业领域的技术知识，经济组织需要投入大量人力和物力，通过技术交易识别、获取外部技术知识，有效吸纳、掌握新技术，进而实现融合创新(刘凤朝等，2015)。如增加谈判、会议和签约等费用支出有利于加深交易双方间的熟悉程度，使双方能够更好地获取有关专利技术的法律、价格等信息成本及不同产业间的技术知识，进而增强产业内企业技术吸收能力。进一步，企业在吸收或整合其它产业领域的技术知识时，吸收能力较强的企业更容易发生产业间技术融合^[22]。并且，技术吸收能力越强，技术融合也更加协调^[23]。由此可见，提高技术吸收能力有利于产业内企业吸收、利用不同产业间的技术知识，加强不同产业间的技术联系，进而提高产业间技术融合程度。据此，本文提出如下假设：

H₁: 技术交易投入与产业间技术融合程度正相关，增加技术交易投入有利于提高产业间技术融合程度。

(2) 提高产业间技术融合程度能够提升产业间技术融合绩效。

提高产业间技术融合程度可从融合技术数量和融合技术质量两个方面增加融合技术产出，进而提升产业间技术融合绩效。
①提高产业间技术融合程度意味着可吸收、可借鉴的产业技术种类更加丰富，通过引进、学习新技术，对已有技术进行改造，可促使其与原有技术融合^[24]。利用不同产业技术知识可以形成互补优势，在技术交叉领域实现技术创新，并形成新的融合技术，获取更多新型技术专利，增加融合技术数量，进而提升产业间技术融合绩效。娄岩等^[25]认为，无人机融合技术组合在 2008—2014 年发展越来越成熟，使得 2015 以年后融合专利数量获得大幅提升；
②提高产业间技术融合程度意味着凝结在融合技术中的技术更加复杂、技术水平更高，能够形成更强的技术竞争优势，从而提高融合技术市场价值，提升产业间技术融合绩效。因此，本文提出如下假设：

H₂: 产业间技术融合程度与产业间技术融合绩效正相关，即提高产业间技术融合程度有利于提升产业间技术融合绩效。

H₃: 技术交易投入是产业间技术融合绩效的重要影响因素，增加技术交易投入有利于提升产业间技术融合绩效。

3 数理模型

本文借鉴柯布-道格拉斯生产函数构建产业间技术融合模型，分析技术交易投入对产业间技术融合绩效的影响。根据经典定

义，产业是指使用相同原材料、相同工艺技术或生产产品用途相同企业的集合。产业内企业是实施产业技术融合的主体，本文将企业分为产业内企业和产业外企业两种。在建模过程中，假设产业内企业形成融合技术包括两个过程：一是为获取相关技术知识进行技术交易。此过程主要是产业内企业在现有技术水平的基础上，通过增加技术交易资本投入和劳动力投入，获取、吸收不同产业技术知识；二是利用所获取的技术知识研发生产融合技术。在此过程中，产业内企业通过增加技术研发所需资本投入和劳动力投入，利用所吸收的不同产业技术知识与自身技术相结合研发生产融合技术。

假设融合技术的形成服从哈罗德中性柯布一道格拉斯函数形式。融合技术产出受三方面投入的影响：一是技术生产过程所需资本投入(K_p)，如试验费用投入和原材料投入等；二是技术生产过程所需劳动力投入(L_p)，即技术研发人员数量；三是产业内企业技术水平，即产业间技术融合程度。此时，融合技术产出可表示为：

$$Y(t) = [K_p(t)]^\alpha \cdot [A_{con}(t) \cdot L_p(t)]^\beta \quad (1)$$

其中， $Y(t)$ 表示 t 时期的融合技术产出。 $A_{con}(t)$ 表示 t 时期融合技术生产过程中的技术投入，即产业间技术融合程度； $K_p(t)$ 表示 t 时期融合技术生产过程中的资本投入； $L_p(t)$ 表示 t 期融合技术生产过程中的劳动力投入； α 、 β 分别为资本和劳动产出的弹性系数。当期产业间技术融合程度受前期产业间技术融合程度、技术交易资本投入与劳动力投入的共同影响。①前期产业间技术融合程度主要是指以前各期累积所形成的技术融合程度。因为组织获取、开发和利用外部技术知识在很大程度上取决于已有技术知识存量(邢源源等，2020)。因此，本文认为当期产业间技术融合程度受前期产业间技术融合程度的影响；②技术交易过程中的资本投入(K_T)主要包括交通费、专家咨询费、合作开发费、论证评审费、知识产权事务费、会议费、设计费、差旅费和办公费等。这些费用支出均是技术交易过程中的必要投入，有利于产业内企业识别、获取不同产业技术知识；③技术交易过程中的劳动投入(L_T)主要是指技术交易人员数量，技术融合过程需要兼具专业知识的技术人才及掌握业务领域的先进技术人才。这些人才通过技术培训、签订咨询服务、参加学术会议等方式捕捉行业技术前沿，学习不同类别技术知识，进而获取不同产业间技术知识。

根据以上分析，假设当期产业间技术融合程度的形成也服从柯布-道格拉斯函数形式，此时有：

$$A_{con}(t) = A_{con}(t-1) \cdot [K_T(t)]^{\alpha_T} \cdot [L_T(t)]^{\beta_T} \quad (2)$$

其中， $A_{con}(t-1)$ 表示 $t-1$ 时期的产业间技术融合程度， $K_T(t)$ 表示技术交易过程中的资本投入， $L_T(t)$ 表示技术交易过程中的劳动投入， α_T 、 β_T 分别为资本和劳动产出的弹性系数。对式(2)取对数后求导得到：

$$\frac{\partial \ln A_{con}(t)}{\partial \ln K_T(t)} = \alpha_T > 0, \frac{\partial \ln A_{con}(t)}{\partial \ln L_T(t)} = \beta_T > 0 \quad (3)$$

可见，技术交易资本投入和劳动力投入均与产业间技术融合程度正相关。这表明，在其它要素不变的情况下，随着技术交易资本投入的增加，产业间技术融合程度得以提升。同理，在其它要素不变的情况下，随着技术交易中劳动力投入的增加，产业间技术融合程度得以提升，理论假设 H_1 得到证明。

将式(2)带入式(1)中，则融合技术生产函数可表示为：

$$Y(t) = [K_p(t)]^\alpha \cdot [A_{con}(t-1) \cdot [K_T(t)]^{\alpha_T} \cdot [L_T(t)]^{\beta_T} \cdot L_p(t)]^\beta \quad (4)$$

为构造产业间技术融合绩效指标，本文假设融合技术成本函数是关于融合技术产出的复合函数 $C[Y(t)]$ ，进一步将融合技术的利润函数表示为：

$$\pi(t) = p(t) \cdot Y(t) - C[Y(t)] \quad (5)$$

其中， $p(t) \cdot Y(t)$ 表示融合技术产出乘以其价格，能够客观反映产业间技术融合所形成融合技术的经济价值，即产业间技术融合绩效。进一步，为分析技术交易资本投入、技术交易劳动力投入和产业间技术融合程度对产业间技术融合绩效的影响，本文利用利润最大化条件，对式(5)求偏导，可得：

$$\frac{\partial \pi(t)}{\partial K_T(t)} = p(t) \cdot \frac{\partial Y(t)}{\partial K_T(t)} - \frac{\partial C[Y(t)]}{\partial Y(t)} \cdot \frac{\partial Y(t)}{\partial K_T(t)} = 0 \quad (6)$$

$$p(t) \cdot \frac{\partial Y(t)}{\partial K_T(t)} = \frac{\partial C[Y(t)]}{\partial Y(t)} \cdot \frac{\partial Y(t)}{\partial K_T(t)} \quad (7)$$

式(7)两边同乘以 $K_T(t)$ ，则有：

$$K_T(t) \cdot p(t) \cdot \frac{\partial Y(t)}{\partial K_T(t)} = K_T(t) \cdot \frac{\partial C[Y(t)]}{\partial Y(t)} \cdot \frac{\partial Y(t)}{\partial K_T(t)} \quad (8)$$

根据式(4)计算可得：

$$\frac{\partial Y(t)}{\partial K_T(t)} = [K_P(t)]^\alpha \cdot [A_{\text{int}}(t-1) \cdot [L_T(t)]^{\beta_T} \cdot L_P(t)]^\beta \cdot \alpha_T \cdot \beta \cdot [K_T(t)]^{\alpha_T \cdot \beta - 1} \quad (9)$$

将等式(9)左右同时乘以 $K_T(t)$ ，可得：

$$K_T(t) \cdot \frac{\partial Y(t)}{\partial K_T(t)} = \alpha_T \cdot \beta \cdot Y(t) \quad (10)$$

将式(10)带入式(8)可得：

$$p(t) \cdot \alpha_T \cdot \beta \cdot Y(t) = \frac{\partial C[Y(t)]}{\partial Y(t)} \cdot \alpha_T \cdot \beta \cdot Y(t) \quad (11)$$

式(11)简化可得：

$$\begin{aligned} \ln[p(t) \cdot Y(t)] &= \ln \frac{\partial C[Y(t)]}{\partial Y(t)} + \ln Y(t) \quad (12) \\ \ln[p(t) \cdot Y(t)] &= \ln \frac{\partial C[Y(t)]}{\partial Y(t)} + \alpha \cdot \ln K_P(t) + \\ &\beta \cdot \ln A_{cm}(t-1) + \beta \cdot \alpha_T \cdot \ln K_T(t) + \beta \cdot \beta_T \cdot \ln L_T(t) \\ &+ \beta \cdot \ln L_P(t) \quad (13) \end{aligned}$$

对式(13)求导, 可得:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln[p(t) \cdot Y(t)]}{\partial \ln A_{cm}(t-1)} &= \beta > 0, \frac{\partial \ln[p(t) \cdot Y(t)]}{\partial \ln K_T(t)} = \\ \beta \cdot \alpha_T > 0, \frac{\partial \ln[p(t) \cdot Y(t)]}{\partial \ln L_T(t)} &= \beta \cdot \beta_T > 0 \quad (14) \end{aligned}$$

由上述求导结果可知: ①前期产业间技术融合程度与产业间技术融合绩效正相关, 说明产业间技术融合程度会滞后一期影响产业间技术融合绩效, 这比较符合实际情况, 同时也验证了本文理论假设 H₂; ②技术交易资本投入和劳动力投入均与产业间技术融合绩效正相关。这表明, 投入(技术交易资本投入和技术交易劳动力投入)是产业间技术融合绩效的重要影响因素。增加技术交易资本投入和劳动力投入均会提升产业间技术融合绩效, 本文理论假设 H₃ 得到验证。

为验证数理模型结论, 本文借助计量经济学模型, 对技术交易投入、产业间技术融合程度和产业间技术融合绩效三者间关系进行量化研究。

4 实证检验

4.1 模型设定

为探究“技术交易投入—产业间技术融合程度—产业间技术融合绩效”这一传导机制的作用效果, 验证技术交易投入通过影响产业间技术融合程度进而提升产业间技术融合绩效的传导机制, 本文构建如下回归模型:

$$\begin{aligned} \ln A_{cm}(t) &= \gamma_0 + \gamma_1 \cdot \ln A_{cm}(t-1) + \gamma_2 \cdot \ln K_T(t) \\ &+ \gamma_3 \cdot \ln L_T(t) + \phi_1 \cdot \text{contr}_1 + u_i \quad (15) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln TCP(t) &= \varphi_0 + \varphi_1 \cdot \ln K_T(t) + \varphi_2 \cdot \ln L_T(t) + \varphi_3 \\ &\cdot \ln K_P(t) + \varphi_4 \cdot \ln L_P(t) + \varphi_5 \cdot \ln A_{cm}(t-1) + \phi_2 \cdot \\ &\text{contr}_2 + u_i \quad (16) \end{aligned}$$

其中, γ_0 、 ϕ_0 分别代表各模型的常数项, γ_i 、 ϕ_i 分别对应各模型中的解释变量系数, φ_1 、 φ_2 分别为各对应模型中控制变量的系数向量, u_i 为随机扰动项。被解释变量包括 t 时期产业间技术融合程度 $A_{cm}(t)$ 和产业间技术融合绩效 (TCP); 解释变量包括技术交易中的资本投入 (K_T) 和劳动力投入 (L_T)、技术生产中的资本投入 (K_P) 和劳动力投入 (L_P)。

4.2 数据来源

本文选取近年来中国技术融合发展迅速的新能源汽车产业、生物农业产业和航空装备产业进行实证研究。其中，新能源汽车产业包括新能源汽车整车制造、装配和配件制造等；生物农业产业包括生物育种、生物农药制造、生物肥料制造、生物饲料制造、生物兽药、兽用生物制品和疫苗制造等；航空装备产业包括航空器、其它航空装备制造及相关服务。

自 2012 年起，新兴产业上市公司财务数据和专利数据不断完善。本文在巨潮资讯网筛选上市企业目录，依据国泰安 CSMAR 数据库、国家知识产权局专利数据库与智慧芽全球专利数据库匹配上市企业财务数据和专利数据，剔除专利数据和财务数据缺失严重的上市企业样本及上市期少于 3 年的企业(个别企业上市年限晚于 2012 年，故采用移动平均法补齐相应数据)。最终，本文筛选出 23 家新能源汽车上市企业、50 家生物农业产业上市企业和 23 家航空装备产业上市企业作为研究样本。

4.3 指标解释

4.3.1 被解释变量

产业间技术融合绩效(TCP)。依据上文分析可知，产业间技术融合最直接的影响是促使产业之间形成融合技术，提升产业技术的无形资产价值。因此，本文用技术无形资产价值衡量产业间技术融合绩效。在上市企业相关财务指标中，技术属于无形资产收益的一部分。按照无形资产收益，技术无形资产可分为专利与非专利技术、软件、特许权、土地使用权、客户关系等多项细分收益。剔除土地使用权、客户关系等与技术无直接相关的类别后，本文以剩余当年与技术密切相关的无形资产期末数表示产业间技术融合绩效。

4.3.2 解释变量

(1) 技术交易中的资本投入(K_T)。

由于技术交易比较复杂，因此对技术交易资本投入的测算较为困难。本文基于上市企业年报中的研发费用数据，近似估计技术融合过程中的资本投入。具体来看，自 2018 年起，上市企业开始在年报中披露研发费用，具体包括办公费、差旅费、会议费和专家咨询费等，通过对这些具体项目逐项加总，得到上述技术交易费用。然而，由于研发费用数据披露较晚，目前只有 2017-2019 年的数据，缺少 2012-2016 年的数据，无法满足研究需要。并且，研发费用只是研发投入费用化的一部分，难以完全包括技术交易成本。因此，本文以 2017-2019 年技术交易各项费用的加总为基础，测算 2012-2019 年技术交易中的资本投入。具体方法为：首先，计算 2017-2019 年研发费用中办公费、差旅费、会议费和专家咨询费等诸项加总占当年研发费用的比例；其次，采用移动平均法，测算 2012-2016 年办公费、差旅费、会议费和专家咨询费等诸项加总占当年研发费用的比例；再次，将此比例乘以当年研发投入进行估计；最终，得到企业 2012-2019 年的技术交易资本投入。

(2) 上市企业技术融合程度(A_{con})。

借鉴赵玉林和李丫丫^[8]的方法，引入生物多样性指数。利用国家知识产权局专利数据库与智慧芽专利数据库对 96 家上市公司逐一检索，得到每家公司 2012—2018 年的专利申请数量。所申请的专利数量包括实用新型专利、发明专利和外观设计专利 3 类。将每一项专利的 IPC 码逐个对应到 WIPO 官方发布的“IPC—Technology Concordance Table”35 个技术领域，运用公式 $sim = 1 - \sum_{i=1}^n |p_i - q_i|$ 计算辛普森指数。其中， p_i 表示某技术种类专利数占总专利数的比例。辛普森指数越大，说明申请专利所涉及的技术领域越均匀，反映该上市企业不依赖某一类技术，能够较好地吸收不同领域技术，产业间技术融合程度较高。因个别企业个别年份缺失的专利数据无法计算融合程度指标，故采用移动平均法进行补值。

(3) 技术交易劳动力投入(L_T)和技术生产劳动力投入(L_P)。

无论是技术交易过程还是技术生产过程，均需要上市企业技术人员参与，故本文中 L_T 和 L_P 指标均使用上市企业技术人员数表示。

(4)控制变量。

为避免遗漏重要解释变量所产生的内生性问题，本文分别将上市企业规模和盈利能力作为控制变量，用人均固定资产额 (FAPC) 反映上市企业规模，用总资产净利润率 (ROA) 反映上市企业盈利能力。为降低异方差的影响，对主要变量进行取对数处理，对于部分指标缺失数据，主要采用均值插补法和趋势外推法加以填补，且以 2012 年为基期对各名义指标进行平减处理。产业间技术融合绩效和技术交易资本投入用 GDP 平减指数进行平减，技术生产资本投入用固定资产投资价格指数进行平减，主要变量描述性统计结果如表 1 所示。

4.4 实证结果

为保证数据结果的准确性，采用方差膨胀因子检验和单位根检验进行实证分析。首先，基于方差膨胀因子的检验结果表明，各解释变量方差膨胀因子的值在 1.04~4.17 之间，平均值为 2.18, 均小于 10, 说明解释变量间不存在明显的多重共线性问题，因此建模可以忽略多重共线性的影响；其次，为避免可能存在的伪回归现象，对各变量进行面板单位根检验。为增强结果可信度，采用同质 LLC 法、异质 IPS 法和 Fisher-ADF 法，结果显示各变量均为平稳序列。进一步，对模型进行 Hausman 检验，发现 P 值均小于 0.05, 因此拒绝原假设。最终选用 fe 模型进行估计，且估计过程采用聚类稳健标准误形式，面板固定效应模型估计结果如表 2 所示。

表 1 主要变量描述性统计结果

变量	含义	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
lnTCP	产业间技术融合绩效对数	768	16.657	2.346	9.805	22.866
lnKT	技术交易资本投入对数	768	16.324	1.885	11.825	21.539
lnKP	技术生产资本投入对数	768	18.326	1.578	12.965	23.157
lnLT/(lnTP)	技术交易(生产)劳动力投入对数	768	6.550	1.358	2.079	10.485
lnCON	产业间技术融合程度对数	672	-0.404	0.260	-1.618	-0.121
FAPC	人均固定资产额	768	0.456	0.502	0.015	5.286
ROA	总资产净利润率	768	0.039	0.064	-0.517	0.547

表 2 模型回归结果

变量	模型 (1)	模型 (2)	模型 (3)
	lnCON	lnTCP	lnTCP
L. lnCON	0.616***	0.935**	0.813**

	(9.436)	(2.532)	(2.255)
lnKT	0.0103*	0.368***	0.434***
	(1.672)	(2.632)	(3.395)
lnLP	0.00149	0.475**	0.478**
	(0.146)	(2.399)	(2.715)
lnKP	-0.0235**	0.370**	0.238*
	(-2.269)	(2.325)	(1.688)
FAPC	0.0163*		0.278
	(1.704)		(1.637)
ROA	-0.0509		0.0410
	(-0.665)		(0.0477)
Constant	0.0728	1.149	2.126
	(0.577)	(0.388)	(0.755)
时间固定效应	Y	N	Y
Observations	576	672	672
R ²	0.508	0.276	0.296
N	96	96	96

由表 2 模型 (1) 结果可知：①当期产业间技术融合程度与前期产业间技术融合程度正相关，说明企业获取、开发和利用外部技术知识的能力与已有相关技术知识息息相关，前期产业间技术融合程度越大，越有利于增进当期产业间技术融合程度；②产业间技术融合程度与技术交易资本投入正相关。技术交易资本投入对产业间技术融合程度的影响系数为正 (0.0103)，表明在其它条件不变的情况下，增加技术交易资本投入有利于提高产业间技术融合程度。但是，技术交易劳动投入对产业间技术融合绩效的影响系数不显著。这说明，在技术交易过程中，相比于技术交易劳动力投入，技术交易资本投入对产业间技术融合程度的作用显著。由于技术交易劳动投入与产业间技术融合程度的正相关关系未得到实证证明，所以表 2 模型 (1) 实证结果仅能部分证明假设 H₁；③从控制变量看，技术生产资本投入对产业间技术融合程度的影响系数为负 (-0.0235)，主要是因为技术投入是有限的，如果技术生产资本投入过多，则容易挤占技术交易资本投入，导致技术生产资本投入与产业间技术融合程度负相关；④在其它控制变量方面，人均固定资产额对产业间技术融合程度的影响显著，总资产净利润率对产业间技术融合程度的影响不显著。这说明，经济组织规模对产业间技术融合程度的影响显著，即经济组织规模越大，越有利于促进产业间技术融合。然而，总资产利用率对产业间技术融合程度的作用不显著，可能是因为在短期内，产业间技术融合程度与经济组织财务收益关系不大。总之，表 2 模型 (1) 结果表明，在其它要素不变的情况下，随着技术交易资本投入的增加，产业间技术融合程度提升，故假设 H₁ 得到部分验证。

由表 2 模型 (2) 结果可知：①前期产业间技术融合程度与当期产业间技术融合绩效正相关，提高前期产业间技术融合程度有

利于提升产业间技术融合绩效。结合数理模型结论与表 2 模型(1)结果可知,前期产业间技术融合程度与当期产业间技术融合程度正相关,且已得到计量证明。因此,无论当期还是前期产业间技术融合程度均对产业间技术融合绩效具有正向促进作用。所以,产业间技术融合程度是产业间技术融合绩效的重要影响因素,本文假设 H_2 得到验证;②技术交易资本投入与产业间技术融合绩效正相关,技术交易资本投入对产业间技术融合程度的影响系数为正(0.368),表明在其它条件不变的情况下,增加技术交易资本投入有利于提升产业间技术融合绩效;③由于技术交易劳动力投入与技术生产劳动力投入使用同一数据,故本文认为在技术融合发展过程中,技术交易和技术生产两个阶段的劳动力投入与产业间技术融合绩效显著正相关。由于技术交易资本投入与产业间技术融合绩效的正相关关系得到证明,而技术交易劳动力投入与产业间技术融合绩效的正相关关系未得到证明,所以模型(2)实证结果仅能部分证明假设 H_3 。

进一步,在加入其它控制变量后,由表 2 模型(3)结果可知:①在其它条件不变的情况下,前期产业间技术融合程度对于当期产业间技术融合绩效具有显著正向促进作用;②在其它条件不变的情况下,技术交易资本投入与产业间技术融合绩效仍然显著正相关;③技术交易和技术生产两个阶段的劳动力投入均与产业间技术融合绩效显著正相关。但是,从控制变量看,经济组织中的人均固定资产额对于产业间技术融合绩效的影响不显著,说明经济组织规模不同对于产业间技术融合绩效的差异化影响不大。总资产净利润率对产业间技术融合绩效的作用不显著,可能是因为在短期内,产业间技术融合绩效与经济组织财务收益关系不大,而产业间技术融合绩效作为无形资产的一部分,对经济组织长期财务收益的影响更加显著。

4.5 异质性条件分析

为进一步了解技术交易投入对产业间技术融合绩效的正向影响是否存在普适性,按照分地区和分所有制两个角度进行异质性检验。对模型进行 Hausman 检验,结果显示 P 值均小于 0.05,拒绝原假设。因此,本文最终选用固定效应模型(fe)对变量进行异质性检验,且在估计过程中采用聚类稳健标准误形式。

(1)分地区异质性检验。

由于中国国土面积大,经济发展情况存在较大的区域差异,因此按照上市企业所属地域,将样本划分为东部、中部和西部地区 3 类,进而分析技术交易投入对产业间技术融合绩效的差异化影响,结果如表 3 所示。

表 3 分地区异质性检验结果

变量	东部地区	西部地区	中部地区
	lnCON	lnTCP	lnTCP
lnKT	0.444***	0.547**	-0.166
	(3.059)	(2.325)	(-0.658)
lnLP	0.266	1.485***	0.999**
	(1.326)	(5.199)	(2.720)
L. lnCON	0.693	1.171	0.907
	(1.445)	(1.345)	(0.705)
lnKP	0.113	-0.242	0.665

	(0.661)	(-0.948)	(1.316)
FAPC	0.062	0.816	1.445***
	(1.011)	(1.411)	(2.889)
ROA	0.404	-1.414	-0.415
	(0.354)	(-0.684)	(-0.300)
Constant	5.611*	2.325	0.351
	(1.962)	(0.410)	(0.052)
时间固定效应	Y	Y	Y
Observations	371	133	168
R ²	0.191	0.494	0.536
N	53	19	24
Ajusted R ²	0.500	0.500	0.500

从表 3 结果看，技术交易资本投入对产业间技术融合绩效的影响在东部、中部和西部地区存在较大差异。其中，东部、西部地区表现为正向促进效应，且西部地区影响程度远大于东部地区。中部地区技术交易资本投入对产业间技术融合绩效的影响系数为负，且不显著。这可能是由于中部地区样本企业受地域空间的限制，技术交易市场发展落后，经济组织之间的技术交流和技
术学习薄弱，导致技术交易资本投入与产业间技术融合绩效的关系不显著。总之，分区域模型异质性检验结果表明，不同地域技术交易资本投入对产业间技术融合绩效的影响不同，东部和西部地区样本表明技术交易资本投入与产业间技术融合绩效正相关，而中部地区这种影响关系不显著。

(2) 所有制异质性检验。

国有企业与非国有企业由于所有制不同，可能导致产业间技术融合发展存在差异。因此，将样本按照国有企业和非国有企业进行划分，进一步研究不同所有制经济组织中技术交易投入对产业间技术融合绩效的影响，结果如表 4 所示。

表 4 分所有制异质性检验结果

变量	国有企业	非国有企业
	lnTCP	lnTCP
lnKT	0.594***	0.456**
	(2.858)	(2.661)
lnLP	0.401*	0.470*
	(1.851)	(1.749)

lnKP	0.0379	0.350**
	(0.151)	(2.588)
L. lnCON	1.605	0.431
	(1.199)	(1.122)
FAPC	0.245	0.599
	(1.432)	(1.397)
ROA	-0.661	0.533
	(-0.295)	(0.550)
Constant	4.436	-0.928
	(0.996)	(-0.263)
时间固定效应	Y	Y
Observations	329	343
R ²	0.266	0.357
N	47	49

从表 4 结果看，无论是国有企业还是非国有企业，技术交易资本投入与产业间技术融合绩效都显著正相关。由此可见，样本所有制不同并不会影响技术交易资本投入对产业间技术融合绩效的正向促进作用，二者间的正相关关系较为稳健。相比较而言，技术交易资本投入对产业间技术融合绩效的正向促进作用在国有企业表现得更加明显，这可能由于国有企业对技术交易更加重视，技术创新实力更加雄厚，进而使得二者的正相关关系比较显著。

4.6 稳健性检验

为确保上述实证结果的可靠性，本文分别利用广义最小二乘法(GLS)和逐步剔除变量法进行稳健性检验，结果如表 5 所示。①使用广义最小二乘法(GLS)法重新估计模型的实证结果见表 5 模型(1)，从中可见技术交易资本投入与产业间技术融合绩效呈正相关关系，说明结果依然稳健；②模型(2)~模型(4)结果显示，各模型中技术交易资本投入对产业间技术融合绩效的影响系数均为正且都通过显著性检验，所得结果依然稳健。总之，稳健性检验结果表明，技术交易资本投入与产业间技术融合绩效正相关，说明技术交易资本投入是产业间技术融合绩效的重要影响因素。

表 5 模型稳健性检验结果

变量	模型(1)	模型(2)	模型(3)	模型(4)
	lnTCP	lnTCP	lnTCP	lnTCP
L. lnCON	1.286***	0.811**	0.798**	0.935**

	(5.194)	(2.222)	(2.161)	(2.532)
lnKT	0.376***	0.432***	0.446***	0.368***
	(6.651)	(3.552)	(3.301)	(2.632)
lnLP	0.442***	0.478***	0.422**	0.475**
	(5.954)	(2.748)	(2.154)	(2.399)
lnKP	0.287***	0.239*	0.259*	0.370**
	(3.606)	(1.756)	(1.733)	(2.325)
FAPC	0.358***	0.278		
	(2.795)	(1.634)		
ROA	-4.985***			
	(-5.292)			
Constant	2.814***	2.124	2.005	1.149
	(3.358)	(0.756)	(0.660)	(0.388)
时间固定效应	Y	Y	Y	N
Observations	672	672	672	672
R ²		0.296	0.287	0.276
N	96	96	96	96
Ajusted R ²	0.530	0.284	0.284	0.284

5 结语

5.1 研究结论

产业间技术融合已成为现代产业发展的显著特征^[26]，提升产业间技术融合绩效是促进产业间技术融合发展的重要内容。本文通过构建“技术交易投入—产业间技术融合程度—产业间技术融合绩效”理论模型，借用柯布-道格拉斯生产函数设计数理模型，论证技术交易投入通过提高产业间技术融合程度进而提升产业间技术融合绩效的传导机制。进一步，在合理量化技术交易投入、产业间技术融合程度和产业间技术融合绩效指标的基础上，运用计量经济学模型实证检验技术交易投入、产业间技术融合程度和产业间技术融合绩效三者间的关系，得出以下结论：①许多研究认为，提高产业间技术融合程度有利于提升产业绩效或者新产品绩效。本文则以产业间技术融合所形成融合技术的无形资产价值构建产业间技术融合绩效指标，实证检验发现，提高产业间技术融合程度有利于提升产业间技术融合绩效。本文从技术价值视角构建产业间技术融合绩效指标，不仅为产业间技术融合绩效指标测算提供了新思路，也从不同角度佐证了提高产业间技术融合程度有利于提升产业间技术融合绩效的结论；②在充分研究产业间技术融合程度与产业间技术融合绩效关系的基础上，讨论技术交易投入对产业间技术融合程度的影响，发现增加技术交易投入有利于提高产业间技术融合程度，该结论从技术交易视角拓展了产业间技术融合程度影响因素研究；③本文

构建技术交易投入、产业间技术融合程度与产业间技术融合绩效理论模型，发现产业间技术融合程度是“链接”技术交易投入与产业间技术绩效的“桥梁”，增加技术交易投入有利于提高产业间技术融合程度，进而提升产业间技术融合绩效。该结论较为系统地阐述了产业间技术融合绩效提升的内在机制，丰富了产业间技术融合理论研究；④不同于已有文献侧重于对技术研发与技术融合关系的讨论，本文聚焦于技术交易对产业间技术融合的影响，发现技术交易投入是影响产业间技术融合绩效的重要因素。尤其是，技术交易资本投入对产业间技术融合绩效具有显著正向影响，增加技术交易资本投入有利于提升产业间技术融合绩效。该结论解释了技术交易在产业间技术融合过程中所发挥的重要作用，为产业间技术融合理论研究提供了新视角。

5.2 对策建议

依据上述结论，本文为提高产业间技术融合绩效提出如下对策建议：

(1) 在产业间技术融合过程中重视技术交易环节，增加技术交易资本投入与劳动力投入。一方面，提升现有技术交易资本利用效率，拓展技术交易资本投入来源渠道，加强技术交易资本投入；另一方面，深入开展产业间技术交流与学习，全面提高技术人员吸收与获取不同产业技术知识的能力，并以奖励和补助的方式激发技术人员交流学习的积极性，培养高素质技术交易人才。

(2) 加强跨产业技术专利联盟建设，降低技术交易成本(周青等，2012)。创新跨产业技术交易合作方式，促进技术在不同产业之间流动，提高产业间技术融合程度，增加融合技术专利产出，提高融合技术价值，进而提升产业间技术融合绩效。在产业间技术融合过程中，建立和完善跨产业技术专利联盟利益分配机制，协调联盟成员之间的利益关系，设计合理的奖惩机制，抑制联盟成员的搭便车行为，减少技术交易过程中的机会主义行为，提高跨产业技术专利联盟的稳定性。

(3) 制定产业间技术融合政策，营造良好的融合发展环境。①扶持跨产业专利联盟建设，鼓励并引导设立具有开放性、跨区域和国际化的跨产业技术专利联盟。大力推进产学研联合，帮助企业与高校、科研院所建立长期合作关系，为产业间技术信息共享与交易创造便利条件；②通过财政与税收优惠政策引导企业增加产业间技术交易投入。加大中央及地方政府对跨产业技术交易的补贴和税收减免力度，降低技术交易过程中应缴纳的税费，促进产业间技术交易；③规范技术交易中介服务，提升技术交易市场效率。技术交易中介是影响技术交易效率的动力因素之一。技术交易中介在技术专利交易中发挥着重要作用，能够提高技术市场交易效率^[27-28]。规范技术交易中介服务能够降低技术交易成本，推动不同产业间进行技术交易。

5.3 不足与展望

本文仍存在以下不足：①技术交易微观数据收集难度大，对技术交易资本投入的测度精确性不足；②产业间技术融合程度仅使用专利数据衡量，依赖专利信息存在一定的局限性。研究机构有时为保护技术知识产权，并不一定会申请技术专利，这意味着没有申请专利的技术不能被分析，使得产业间技术融合程度存在一定测量偏误。未来可进行如下探索：一是深入探讨技术交易政策和技术交易中介服务等因素对产业间技术融合的影响；二是考虑技术市场风险因素如融合技术被模仿对产业间技术融合的影响。

参考文献：

[1] 周振华. 产业融合：产业发展及经济增长的新动力[J]. 中国工业经济, 2003, 20(4): 46-52.

[2] 姚星, 蒲岳, 吴钢, 等. 中国在“一带一路”沿线的产业融合程度及地位：行业比较、地区差异及关联因素[J]. 经济研究, 2019, 54(9): 172-186.

-
- [3]马健.产业融合理论研究评述[J].经济学动态, 2002, 43(5):78-80.
- [4]陈家海.产业融合:狭义概念的内涵及其广义化[J].上海经济研究, 2009, 26(11):35-41, 96.
- [5]HACKLIN F. Management of convergence in innovation: strategies and capabilities for value creation beyond blurring industry boundaries[M]. Heidelberg: Physica-Verlag, 2008.
- [6]CURRAN C S. The anticipation of converging industries[M]. London: Springer, 2013.
- [7]黄鲁成, 吴菲菲, 李欣. 新兴技术未来分析理论方法与产业创新研究[M]. 北京: 科学出版社, 2018: 35-50.
- [8]赵玉林, 李丫丫. 技术融合、竞争协同与新兴产业绩效提升——基于全球生物芯片产业的实证研究[J]. 科研管理, 2017, 38(8):11-18.
- [9]王宏起, 夏凡, 王珊珊. 新兴产业技术融合方向预测: 方法及实证[J]. 科学学研究, 2020, 38(6):1009-1017, 1075.
- [10]张龙鹏, 张双志. 技术赋能: 人工智能与产业融合发展的技术创新效应[J]. 财经科学, 2020, 64(6):74-88.
- [11]苗红, 宋昱晓, 黄鲁成. 基于知识流动网络评价的技术融合趋势研究[J]. 科技进步与对策, 2018, 35(6):131-139.
- [12]李树刚, 刘颖, 郑玲玲. 基于专利挖掘的感知人工智能技术融合趋势分析[J]. 科技进步与对策, 2019, 36(23):28-35.
- [13]吕一博, 韦明, 林歌歌. 基于专利计量的技术融合研究: 判定、现状与趋势——以物联网与人工智能领域为例[J]. 科学与科学技术管理, 2019, 40(4):16-31.
- [14]CURRAN C S, LEKER J. Patent indicators for monitoring convergence—examples from NFF and ICT[J]. Technological Forecasting & Social Change, 2011, 78(2):256-273.
- [15]PRESCHITSCHKE, NIEMANN H, LEKER J. Anticipating industry convergence: semantic analyses vs IPC co-classification analyses of patents[J]. Foresight, 2013, 15(6):446-464.
- [16]娄岩, 杨培培, 黄鲁成, 等. 基于专利的技术融合测度方法——以信息技术与电动汽车技术的融合为例[J]. 现代情报, 2017, 37(8):142-153.
- [17]CHOI J Y, JEONG S, KIM K. A study on diffusion pattern of technology convergence: patent analysis for Korea[J]. Sustainability, 2015, 7(9):11546-11569.
- [18]CAVIGGIOLI F. Technology fusion: identification and analysis of the drivers of technology convergence using patent data[J]. Technovation, 2016, 55-56:22-32.
- [19]冯科, 曾德明. 技术融合距离的聚类特征与影响因素——基于大规模专利数据的实证研究[J]. 管理评论, 2019, 31(8):97-109.

-
- [20]苗红, 赵润博, 黄鲁成, 等. 基于 LMDI 分解模型的技术融合驱动因素研究[J]. 科技进步与对策, 2019, 36(3):11-18.
- [21]GAMBARDELLA A, TORRISI S. Does technological convergence imply convergence in markets? evidence from the electronics industry[J]. Research policy, 1998, 27(5):445-463.
- [22]NAMIL KIM, HYEOKSEONG LEE, WONJOON KIM, et al. Dynamic patterns of industry convergence: evidence from a large amount of unstructured data[J]. Research Policy, 2015, 44(9):1734-1748.
- [23]张晓黎, 陆新华. 技术相似关系对技术创新绩效的影响[J]. 科技进步与对策, 2016, 33(18):28-34.
- [24]于刃刚, 李玉红. 论技术创新与产业融合[J]. 生产力研究, 2003, 8(6):175-177.
- [25]娄岩, 赵培培, 黄鲁成. 基于专利共类的无人机技术融合趋势研究[J]. 情报杂志, 2020, 39(11):68-75, 81.
- [26]陈亮, 张志强, 尚玮姣. 技术融合研究进展分析[J]. 情报杂志, 2013, 32(10):99-105.
- [27]董正英, 司春林. 技术中介对技术成交效率影响研究[J]. 研究与发展管理, 2005, 17(4):8-14, 28.
- [28]武玉英, 才久然, 何喜军. 基于多层关系网络的专利技术主体间交易机会预测——以电子信息技术领域为例[J]. 情报杂志, 2020, 39(7):49-53, 100.