

引用格式:赵春苗,王黎莹,蔡纵,等.企业工业互联网标准化与数字创新绩效——基于资源编排的视角[J].技术经济,2024,43(8):101-113.

ZHAO Chunmiao, WANG Liying, CAI Zong, et al. Enterprise industrial internet standardization and digital innovation performance: Based on the perspective of resource orchestration[J]. Journal of Technology Economics, 2024, 43(8): 101-113.

企业工业互联网标准化与数字创新绩效

——基于资源编排的视角

赵春苗^{1,2}, 王黎莹³, 蔡纵⁴, 余佩玲², 谢雯欣²

(1. 嘉兴大学商学院, 嘉兴 314001; 2. 浙江工业大学管理学院, 杭州 310023;

3. 浙江工业大学中国中小企业研究院, 杭州 310023; 4. 杭州科林爱尔气源设备有限公司, 杭州 311113)

摘要:企业工业互联网标准化能力对于提高研发强度和优化资源配置具有重要意义。从标准资源编排的视角出发,基于工业互联网标准文本数据,以工业互联网领域310家A股上市企业为研究对象,分别考察了标准化能力对于企业数字创新绩效的影响。研究发现,标准文本的不同特征反映了企业标准化资源结构化、能力化和杠杆化阶段的不同特征,进而从资源编排的视角发现了企业标准化能力对于数字创新水平的正向影响作用。在作用机制上,企业工业互联网标准化提高了企业研发强度与资源配置效率,从而促进了数字创新绩效的提升。研究结果揭示了企业工业互联网标准化能力建设助推企业提质增效、创新发展的机制,为提升企业生产效率和推动我国产业转型升级提供了启发与参考。

关键词:工业互联网标准化; 数字创新; 资源编排; 标准联盟

中图分类号: F273.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-980X(2024)08-0101-13

DOI: 10.12404/j.issn.1002-980X.J24011112

一、引言

中共中央、国务院印发《国家标准化发展纲要》(以下简称《纲要》)明确了标准化在支撑产业发展、促进科技进步、引领高质量发展等方面的重要作用,进一步由市场监管总局等部门联合印发的“贯彻实施《纲要》行动计划”中又强调要着力加强工业互联网等新型基础设施规划等方面的标准研制工作,标准成了推动工业互联网平台创新与高质量发展重要的技术基石。为了保障《纲要》内容得到充分落实与有效践行,我国正积极深化要素市场数字化资源配置机制改革,扩大5G、工业互联网等设施规模化应用,优化工业互联网标准化体系建设,以全面推动我国工业互联网标准化建设。随着工业企业不断向数字化、网络化、智能化转型,技术的复杂性和工业互联网平台互操作性的要求不断提高,标准化工作面临了更多的及时性和高质量标准的挑战^[1]。

而由于网络组织架构的跨领域综合性,工业互联网平台正在形成全新而复杂的生态系统,标准化推动数字创新的网络嵌入效应不断显现,许多学者从不同视角探讨了企业标准化能力对数字创新产生的影响,一方面,企业工业互联网标准化能力可以推动和指引企业数字创新的方向^[2],并通过嵌入行业领先技术网络的社会网络效应^[3],提升企业研发能力^[4],为企业带来数字创新能力的提升;另一方面,加强与产业内技术研发和标准联合的能力,为企业提供了接触行业内其他企业知识的机会,从而提高知识学习效率,增强企业的数字化资源配置能力,从而对于提高企业创新效率^[5],以及推动企业数字化转型与高质量发展具有

收稿日期: 2024-01-11

基金项目: 国家社会科学基金重大招标项目“技术标准与知识产权协同推进数字产业创新的机理与路径研究”(19ZDA078)

作者简介: 赵春苗,嘉兴大学讲师,浙江工业大学博士研究生,研究方向:数字创新,财务管理与公司治理;(通信作者)王黎莹,博士,浙江工业大学教授,博士研究生导师,研究方向:创新管理,知识产权与标准化战略;蔡纵,学士,杭州科林爱尔气源设备有限公司总经理,研究方向:中小企业创新创业;余佩玲,浙江工业大学博士研究生,研究方向:数字创新,绿色转型,标准化行为;谢雯欣,浙江工业大学博士研究生,研究方向:标准化与创新管理。

十分重要的战略意义^[6]。作为企业间实现数字资源配置的重要途径之一,企业通过制定、实施、推广标准而进行的标准化能力建设,是促成企业数字创新资源集聚与增效的重要手段,也是产业关键核心技术演进的过程中不同组织间互动的典型模式。各方要素的协同性与互补性是标准联盟网络形成的基础,通过标准化活动的参与与主导^[7],促使资源跨过各自企业边界^[8],并进一步形成更高价值的资源组合^[9],实现优势互补与成效叠加。资源编排理论认为资源编排行动是改变知识结构,并实现知识重组的过程^[10],体现出了从构建资源组合到塑造动态能力,进一步通过主体之间联结以传导资源效用的过程性特征^[11-13]。可见,已有文献从资源与能力的视角,探讨企业标准化能力、资源配置与数字创新的关系,深化了企业参与标准化建设的动因与形式的相关研究,并在理论层面上分析了基于网络嵌入与资源配置的企业标准化能力建设的实质。

本文基于 Sirmon^[10]提出的资源编排理论,试图从以下两个方面弥补现有研究的不足:第一,大多数文献对企业通过参与标准化建设,以实现网络联结和资源要素互补的动机展开了研究,但对于其经济后果与作用机理关注较少,尤其是对于工业互联网等标准联通和互操作性要求性较高的行业研究相对较少。第二,已有文献较多探讨了企业标准化能力对于推动企业数字创新的积极作用,但对于标准化能力的测量,主要研究方法仍局限于结果视角和问卷调查的方式,较少研究关注全流程的视角,针对某一行业进行大样本实证检验的方法来提供证据,存在一定局限性。

为此,本文延续成琼文等^[14]将资源基础观与资源编排理论应用于企业标准化能力研究的思路,将企业参与技术标准建设、实施与推广视为企业创新资源有效配置和嵌入先进技术网络的标志,探究企业工业互联网标准化对企业数字创新绩效的直接影响及其作用机制。

二、文献综述与研究假设

(一) 文献回顾

随着工业企业不断向数字化、网络化、智能化转型,技术的复杂性和工业互联网平台互操作性的要求不断提高,标准化工作面临了更多的及时性和高质量标准的挑战^[1],企业工业互联网标准化是指工业互联网企业结合自身发展需求在各自领域内制定、实施并推广与工业互联网相关的标准的动态过程,通过标准的制定、实施、监督以及评价等一系列活动,企业工业互联网标准化在提升企业自身核心竞争力和技术前沿性等方面的关键作用渐渐凸显,尤其是在新时期服务于国民经济发展、推动科技进步、助力技术产业资源的全球配置等方面更是发挥着不可替代的作用^[15]。

随着越来越多的企业参与工业互联网标准化建设,学术界对企业工业互联网标准化相关的主要内容和存在问题等,都进行了较为充分的研究与探索。近年来学术界对于企业工业互联网标准化影响后果的关注逐渐加深,国外学者们相继分析了工业互联网所引致的工业 4.0^[16-17]、智能制造系统体系结构与标准框架^[18]、工业物联网与 5G 标准演进^[19-20]等技术与产业的标准化体系结构和方法,指出调整现有标准或创建新标准的必要性;发现了现有工业互联网标准化连通性和互操作性方面的缺口^[16],监管、标准和治理模式安全性下降等问题^[21],从而引入由物联网转型的未来愿景驱动的新规范和标准^[22],从不同角度为企业工业互联网标准化建设的重要性和预期的价值效应提供了丰富的经验证据。

纵观国内外相关研究,大部分相关文献未能将工业互联网标准化能力精准刻画,大多是基于理论分析、问卷调查以及案例分析,而针对企业工业互联网标准化能力经济后果,以及针对特定行业 and 标准团体的大样本实证研究相对较少。有学者已经将企业技术标准化能力刻画为技术优势、标准制定能力和标准推广能力等定性与定量相结合的指标体系,部分学者关注标准的制定流程,从标准准备、开发、产品开发、执行、使用和反馈的过程入手,提出标准化生命周期模型^[23-24]。但由于许多指标获取难度的问题,现有实证研究绝大多数是从企业标准化能力建设成果的视角展开,仅以企业起草、主编或是参与技术标准数量来衡量其技术标准化能力^[23,25-29],一定程度上对企业标准化能力测量的完整性、准确性和真实性产生了影响,不能很好地反映企业标准化的全貌。在为数不多的通过全流程的思路测量企业标准化能力的文献中,大多是通过问卷调查方式将企业技术标准化的测度指标分为企业技术标准化工作过程和技术标准化产出两个方面,分别设置题项进行测量,曾德明等^[25]、孙耀吾和贺石中^[30]、王珊珊等^[31]、张利飞^[32]、李心^[33]等相关研究,具有

一定的科学性,但问卷调查数据本身样本量有限、代表性不高。另有部分学者着眼于定性的视角展开研究,姜红等^[34]从知识管理的视角,以知识创新的不同阶段界定企业技术标准化的开发期、实施期和推广期的特点,并运用华为公司案例揭示企业技术标准化与知识管理的协同关系作用机理。姚沐冰^[35]从开放式创新的角度探究海尔集团不同发展阶段标准化活动与能力等,但这些案例研究一般选择行业内具有典型性、极端性与启发性的大型龙头企业进行分析,因其在标准的制定、实施和推广上与广大的中小企业存在较大的差距,很难反映大样本下企业普遍的标准化能力水平。不同以往研究文献,本文在参考曾德明等^[25]、孙耀吾和贺石中^[30]、文金艳等^[28]的研究,基于资源编排的理论,将企业的标准化能力分解为标准资源结构化、标准资源能力化和标准资源杠杆化几个指标,以期构建一个较为全面地反映工业互联网企业全流程标准化能力并具有较高操作性的指标体系。

同时,数字创新绩效是指企业在数字化转型过程中所取得的成果和效益,它包括企业利用新技术开发新产品和服务的能力、提高生产效率和降低成本的效果、改善客户体验和提升品牌形象的作用等多个方面^[36]。与竞争对手相比,更高的数字创新绩效表现为企业推出或内部实施的数字解决方案在数量、质量、差异化、新颖性等方面具备的优势^[37-38],现有学者的研究发现效果逻辑^[39]、数字并购的实施^[40]、数字化能力和应用数字技术进行数字化转型有助于提高企业数字创新绩效^[41]。因此从技术标准与主导设计的视角,探讨企业数字创新绩效的文章有待进一步研究与深化。

(二) 理论分析

Wernerfelt 的资源基础理论^[42]被认为是工业互联网企业利用标准化能力获得更高水平数字创新的理论基础^[43],在此基础上 Sirmon 等的资源编排理论^[11]进一步通过资源结构化、资源能力化和资源杠杆化行动将组织内外部技术领域中的知识资源通过渗透、联结、组合与重构等相互作用方式进行知识关系的耦合^[11,44],根据现有研究成果的一般观点,技术标准竞争很大程度上是基于知识产权的竞争与合作过程。专利是自主知识产权的核心部分,而新专利的产生与创新被视为现有专利中涉及的旧知识和新知识的耦合重组^[45],从而通过资源编排的视角研究企业的知识资源引起了国内外学者的广泛关注,标准是企业等参与主体共同遵守的一系列技术规范,反映了企业生产产品、提供服务时所依据的技术规范与要求^[46]。一旦某项技术成为共同遵循的标准,拥有该项技术的企业便可以借助标准的扩散效应,广泛渗透到产业和市场中,据此获取持续不断的利润流入^[29,47]。因此,基于资源编排理论视角,成琼文等^[14]解构了标准竞争过程中所涉及的关键资源编排行动和知识结构的动态演化过程,证实了通过资源编排视角研究企业标准化能力的微观机理和逻辑内涵。

资源编排是指为了给客户创造价值并为企业创造竞争优势,而构建、整合与利用企业资源的综合性过程,包含资源结构化、资源能力化和资源杠杆化三大过程,这些过程之间互为关联又彼此协同发展^[11,48]。进一步通过获取和整合内外部异质性资源对知识结构进行优化与设计,在企业内部感知并创造知识的重新组合,并形成知识间的高价值组合,从而对企业的知识结构进行重构^[49]。因此资源编排理论搭建了资源和知识的桥梁,为组织如何通过资源编排行动改变企业内部知识结构的问题提供了答案。资源编排理论强调组织不仅需要围绕内部开展核心资源行动,还需要建立不同的外围资源配置体系^[50],而动态情境下,企业标准资源的编排能力对企业创新绩效的影响过程和机制还有待进一步探索。

(三) 研究假设

在数字经济蓬勃发展的今天,许多企业不断提高标准化建设并加入相关标准联盟,以提高企业的互联互通能力、平台服务化能力、研发能力等要素,从而促进企业在数字创新能力的持续提高。例如,2019年“浙江省数字经济标准创新联盟”授牌筹建,联盟致力于研究、制修订、应用和服务数字经济领域的团体标准、地方标准、行业标准、国家标准乃至国际标准。通过加速数字经济领域相关基础共性标准、关键技术标准的制定与推广,以标准化建设支撑企业数字化转型^[51]。企业互联网企业标准化能力可以推动和指引企业数字创新的方向,并通过嵌入行业领先技术网络的社会网络效应,提升企业研发能力,从而使企业的数字创新能力不断提速与跃迁。相关研究认为数字经济“新基建”必须在供给侧达到国际标准,从数字经济标准化并跑阶段,过渡到标准化引领阶段,抢占标准化供给的“制高点”,才能在供给侧充分赋能数字经济创新的发展驱动

力^[4]。企业通过参与工业互联网领域相关标准化建设,可以加强与产业内技术研发和标准联合的能力,创造更多接触同行业企业知识的机会,有效地提高自身的学习能力与效率^[5]。

李臣学^[52]研究提出工业互联网标准化建设过程中所面临的标准体系更新滞后、关键技术标准存在缺口、标准体系不完善以及标准工作缺乏加强国际合作等壁垒与堵点,尤其是标准体系不完善已成为数字产业创新发展的最重要“短板”。数据采集标准不兼容、工业互联网平台标准亟须统一、缺乏工业APP标准研制等问题也严重制约着数字创新发展进程。数字创新绩效表现为企业推出或内部实施的数字解决方案在数量、质量、差异化、新颖性等方面具备的优势^[21],2021年埃森哲中国企业数字化转型指数报告显示,我国85%的企业在数字创新绩效上的表现都不理想。当企业通过在标准的制定过程中发挥参与和主导作用,从而与战略伙伴建立标准联盟并能够参与到正式标准的制定时,有助于扩大企业外部资源获取的范围并提高资源获取的效率,也能够降低因标准竞争锁定带来的风险^[6,53],从而提高数字专利与数字化转型等数字创新产出水平,因此,本文结合资源编排视角对工业互联网企业标准化进行解析,分别提出标准资源结构化、标准资源能力化、标准资源杠杆化对于企业数字创新绩效提升的研究假设。

首先,资源结构化是指获取、积累有价值资源,舍弃无价值资源,从而建构资源组合的过程^[10],相关研究认为该阶段主要通过内化和嫁接两种二级子行动对内外资源进行编排,企业利用主流技术引进,核心技术改进的外部技术知识内化形成内部技术要素的嫁接^[14],从而反映在技术标准中技术协同能力的强弱水平,标准文本中注明研发设计或基本要求的深度和广度范围。同时随着越来越多技术资源的内化吸收,标准文本的内容详细程度也不断提高,从而加深了标准的可操作性,提高研发的速度与效率,并缩短标准制定与实施的周期,实现资源高效的获取与内化,帮助企业更好发现市场的机会窗口并掌握市场竞争的主动权,从而提高数字创新绩效。

基于此,本文提出假设1a:

企业工业互联网标准资源结构化有利于提升企业数字创新绩效(H1a)。

其次,标准资源能力化水平的测量方面,资源能力化指拓展当前资源,以扩大现有能力范畴或将新资源与既有资源进行整合以创造新能力的过程^[13-14],随着企业所处的某一领域主导设计的实现,产品和服务的市场竞争也日趋激烈,标准需要一种民主的合法性,以帮助其他企业接受和扩散标准的应用,因为标准不仅基于技术考虑,而且总是涉及“商业利益、政治偏好、道德评价”等问题^[2]。相关研究认为该阶段主要通过协同和互联两种子行动对内外资源进行编排整合,企业利用上下游合作研发,产学研孵化等外部技术知识协同,以及跨流程平台的构建等内部技术要素互联。从而一项技术标准所涉及的参与制定主体的多元性类型和各自的覆盖宽度,直接影响了标准的合法性及标准制定主体商业利益的实现,从而使得工业互联网标准化增加企业数字化转型过程中所取得的成果和效益,从而提升数字创新绩效。

基于此,本文提出假设1b:

企业工业互联网标准资源能力化有利于提升企业数字创新绩效(H1b)。

最后,标准资源杠杆化水平的测量方面,资源杠杆化指调用和重组不同资源,联结并协调不同的主体从而撬动更大的资源价值的过程^[11],工业互联网企业由于其复杂性、动态性和技术进步速度,对传统标准化提出了多重挑战,由于其需要及时提供标准,那么敏捷性对于标准的顺利实施至关重要^[2]。相关研究认为该阶段主要通过解吸和重构两种子行动对内外资源进行编排整合^[14],具体表现为通过生态伙伴赋能和跨技术领域合作形成的外部技术知识解吸收,以及利用数字孪生智能决策与跨平台生态系统构建形成的内部技术知识重构组成。一项标准中引用其他先行标准的数量越多、标准的制定层次越高,则新制定标准与现行标准的相关性越高,其与企业原有互补性资产投资会更加适配。同时也在一定程度上节约了技术、设备和人力的改进时间与成本,同时,企业参与起草的正式标准的数量,是企业影响其他企业行为,并推广自身技术成为产业标准的能力,可有效反映其技术标准化能力^[54-55],并进一步提升工业互联网企业生产效率并降低成本,推动创新绩效的提升^[56]。

基于此,本文提出以下假设1c:

企业工业互联网标准资源杠杆化有利于提升企业数字创新绩效(H1c)。

关于企业工业互联网标准化能力推动企业数字创新的作用,现有研究一般从能力和资源两个视角进行分析,一方面,基于能力的视角,工业互联网企业通过标准化建设,可以加强与产业内技术研发和标准联合的能力,得以嵌入行业领先技术与关系网络^[45],为企业获取外部知识提供了机会,合作的过程也有效地提高了学习效率和对于环境的适应型,从而提升企业研发能力。企业通过参与技术标准的制定,参与到标准联盟组织中,通过与不同联盟伙伴的学习与交流增进产业与技术合作,攻坚团队积极开展联合研发活动,从而分担企业独自研发的成本与风险,进一步提升企业的研发效率与成功率^[57],在此情况下,企业研发投入的边际收益可能有所提高,从而增加了企业增大研发支出的动机,同时随着研发强度的不断增强,为企业数字创新绩效的创造提供了更加充实的知识资源基础。

基于此,本文提出假设 H2:

企业工业互联网标准化建设有利于提高企业研发强度,进而提升企业数字创新绩效(H2)。

另一方面,基于资源的视角,企业工业互联网标准化能力可以推动和指引企业数字创新的方向,帮助企业在前沿技术标准的引领和带动下,合理构建资产组合,优化数字资源配置,并进一步通过标准的制定捆绑内部与外部资源获得能力,从而利用能力提升企业数字创新能力并创造价值^[26]。在资源配置效率的评价上,企业凭借参与标准建设与同行业企业建立稳定的合作关系,企业间的信任水平得以强化,进而降低市场活动的不确定性引致的额外成本^[2]。同时,数字创新绩效也是反映工业企业数字化转型背景下,企业资源利用效率和价值创造的重要尺度,强调了工业互联网企业在数字领域的创新产出水平。因此,企业的成本费用率是影响数字创新绩效的关键因素。

基于此,本文提出假设 H3:

企业工业互联网标准化假设有利于提升企业资源配置效率,进而提升企业数字创新绩效(H3)。

三、研究设计

(一)数据来源

本文以我国工业互联网领域 387 家 A 股上市公司为研究对象。实证数据来自国泰安数据库、上市公司年报、全国标准信息公共服务平台、全国团体标准信息平台、标准全球搜以及中国标准服务网等。本文采取了“企业名称-标准指定单位-数字化转型数据”三重匹配的方式,进行数据的搜集和整理,从而确保数据的真实、完整与合规,数据整理逻辑如下:第一,以“工业互联网”作为关键词分别在企查查和天眼查中进行检索,经过汇总得到 318 家 A 股上市公司。第二,以上述公司为关键词在全国标准信息公共服务平台、全国团体标准信息平台、标准全球搜以及中国标准服务网中查找每家公司参与制定的标准,共得到标准 6892 条,其中完整的文本 1028 条,经 Stata16 软件清洗去重后得出标准起草企业单位共计 4085 家。第三,从国泰安数据库下载所有上市公司数字化转型程度和上市公司数字化转型指标两项数据,缺失值通过企业年报手动进行补充,共得数据 43461 条,将上文 4085 家企业和 318 家 A 股上市企业与 43461 条数据进行去重,经过六次手动校对,最终收集 486 家 A 股上市公司。第四,剔除特别处理的股票(ST)和退市预警(*ST)企业样本、指标披露信息不完整、缺失或异常的企业样本后对删减后的样本进行 1%的缩尾处理以及 Z-Score 标准化,最终,本文共涉及 310 家工业互联网上市公司的标准化能力测量,样本期间为 2017—2021 年,研究样本包含 1510 个观测值。

(二)变量定义

1. 企业数字创新

本文利用企业数字化转型和企业创新绩效两者的熵值作为企业数字创新的衡量指标。首先,数字化转型程度的测量借鉴吴非等^[53]、袁淳等^[58]的做法,结合上市公司的年报,利用文本分析的方法对人工智能技术、云计算技术、区块链技术、数字技术应用和大数据技术五方面相对应的细分指标,计算其在企业年报中出现的频次总和再汇总后得出数字化转型程度评分。其次,考虑到专利授权会存在时滞的情况,目前多数学者对于数字创新绩效的测量主要使用专利申请数量,本文亦采用专利申请数而非专利时间授权数量。最后,利用熵值法将数字化转型程度和专利申请数量两项指标进行非负标准化处理,求出两项指标的权重。

企业数字创新(*Edi*)为数字化转型程度与专利申请数量等两项指标的非负标准化值 T_{ij} 与其对应权重的加权和,最终值再取对数处理。

2. 企业工业互联网标准化

本文参考曾德明等^[25]、孙耀吾和贺石中^[30]、文金艳等^[28]的研究,基于资源编排的理论,将企业的标准化能力分解为标准资源结构化、标准资源能力化和标准资源杠杆化指标,并通过对工业互联网领域相关标准文本的深入分析,从企业所参与制定的标准本身的特性出发,以期构建一个较为全面地反映工业互联网企业全流程标准化能力并具有较高操作性的指标体系。因此,基于前文文献综述的研究,本文使用“企业作为主要单位、参与单位起草的标准数量和参与标准技术协同三个方面作为企业工业互联网标准化能力的测量指标;使用参与标准企业数量、参与行业协会数量、多元主体丰富度三个方面作为工业互联网企业标准资源能力化水平的测量指标;使用企业参与制定的标准中采纳或引用其他标准数量、企业主要起草和参与起草的标准数量三个方面作为企业工业互联网标准资源杠杆化水平的测量指标。最后,由上述步骤求出工业互联网标准资源结构化、标准资源能力化和标准资源杠杆化数据之后,再利用熵值法求出这三个指标的非负标准化值 T_{ij} 与各指标对应权重的加权和,最终值再取对数处理(表1)。

表 1 企业工业互联网标准化细分指标

衡量项	细分指标	测量方法
标准资源结构化 (<i>Eiis_stru</i>)	标准文本目录详细度	标准文本目录列表页码平均值
	标准文本详细度	标准文本页码平均值
	技术协同	标准文本中注明研发设计或基本要求
标准资源能力化 (<i>Eiis_capa</i>)	参与标准企业数量	参与标准企业数量平均值
	参与行业协会数量	参与行业协会数量平均值
	多元主体丰富度	参与主体类型(企业、科研院所、行业协会等)数目+1
标准资源杠杆化 (<i>Eiis_leve</i>)	采标/引用的数量	企业参与的所有标准的采标/引用的数量的平均值
	主要起草	企业作为主要单位起草标准数量
	参与起草	企业作为参与单位起草标准数量

3. 控制变量

借鉴黄勃等^[57]、文金艳等^[28]的相关研究,本文在模型中添加了以下控制变量,包括盈利能力(*ROA*)、增长速度(*Growth*)、企业规模(*Size*)、上市年限(*Age*)、财务杠杆(*Lev*)、现金流量(*Cashflow*)、董事会规模(*Board*)、无形资产(*Intangible*)、政府支持(*govs*)、所有权性质(*SOE*),具体变量定义见表2。

表 2 变量汇总定义

类别	变量名称	符号	测量方法
被解释变量	企业数字创新	<i>Edi</i>	数字化转型程度与专利申请数量两项指标的非负标准化值 T_{ij} 与其对应权重的加权和后取对数处理
解释变量	标准资源结构化	<i>Eiis_stru</i>	ln(企业工业互联网标准资源结构化评分+1)
	标准资源能力化	<i>Eiis_capa</i>	ln(企业工业互联网标准资源能力化评分+1)
	标准资源杠杆化	<i>Eiis_leve</i>	ln(企业工业互联网标准资源杠杆化评分+1)
中介变量	研发投入强度	<i>rdincome</i>	研发支出/固定资产净额
	资源配置效应	<i>bcost</i>	营业成本/营业收入
控制变量	企业年龄	<i>age</i>	ln(2021-成立时间+1)
	员工人数	<i>Employs</i>	ln(企业总人数)
	企业规模	<i>Size</i>	ln(年末总资产+1)
	企业属性	<i>Soe</i>	国有企业 1,否则 0
	无形资产	<i>Intangible</i>	无形资产/总资产
	盈利能力	<i>Roa</i>	净利润/总资产
	政府支持	<i>Govs</i>	ln(相关指标与其权重相乘并求和)

(三) 实证模型

为了考察企业工业互联网标准化与数字创新绩效之间的关系,本文构建了基准回归模型为

$$Edi_{i,t}=\beta_0+\beta_1Eiis_{i,t}+Controls_{i,t}+Industry_i+Year_t+\varepsilon_{i,t}\tag{1}$$

$$Machanism_{i,t}=\beta_0+\beta_1Eiis_{i,t}+Controls_{i,t}+Firm_i+Year_t+\varepsilon_{i,t}\tag{2}$$

$$Edi_{i,t}=\beta_0+\beta_1Eiis_{i,t}+\beta_2Machanism_{i,t}+Controls_{i,t}+Industry_i+Year_t+\varepsilon_{i,t}\tag{3}$$

其中： i 为公司个体； t 为年度； $Edi_{i,t}$ 为企业 i 在第 t 年的数字创新绩效； $Eiis_{i,t}$ 为工业互联网企业 i 在 t 年标准化能力测量指标值，分别对标准资源结构化（ $Eiis_stru$ ）、标准资源能力化（ $Eiis_capa$ ）、标准资源杠杆化（ $Eiis_leve$ ）三个方面进行检验； $Machanism_{i,t}$ 为企业 i 在第 t 年的中介变量指标，分别研发投入强度（ $rdincome$ ）和资源配置效率（ $bcost$ ）两个方面进行检验，同时，为了控制与行业特征和时间效应相关的不可观测因素对实证结果的影响，本文引入行业固定效应（ $Industry_i$ ）和年度固定效应（ $Year_t$ ）^{〔57-59〕}； $\varepsilon_{i,t}$ 为随机干扰项； β 为各个变量的拟合系数。本文对连续型变量进行 1% 缩尾处理，在回归分析中采用企业个体层面的聚类方法（cluster）对稳健标准误进行了修正。

四、实证结果与分析

（一）描述性统计

表 3 汇报了本文主要变量的描述性统计结果，采用数字化转型与创新绩效的熵值计算的数字化转型均值分别为 4.361，标准差为 1.452。企业工业互联网标准资产结构化均值为 14.11，标准差为 36.63；企业工业互联网标准资产能力化均值为 5.825，标准差为 9.893；企业工业互联网标准资产杠杆化均值为 3.330，标准差为 6.712，可见不同企业之间的数字化差异相对较大，且随着标准资源的逐步内化与积累，不同企业间标准化能力的差距在逐步缩小，其余变量的分布特征也类似于以往研究结论，在此不再赘述。

表 3 主要变量描述性统计结果

变量名称	观测值	平均数	标准差	最小值	最大值
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>Edi</i>	1550	4.361	1.452	0.000	9.748
<i>Eiis_stru</i>	1550	14.110	36.630	0.000	958.000
<i>Eiis_capa</i>	1550	5.825	9.893	0.000	49.000
<i>Eiis_leve</i>	1550	3.330	6.712	0.000	69.000
<i>rdincome</i>	1550	0.072	0.077	0.000	0.736
<i>Bcost</i>	1550	0.694	0.157	0.066	1.046
<i>Size</i>	1550	22.530	1.264	19.620	26.920
<i>Roa</i>	1550	0.036	0.078	-0.793	0.382
<i>Lew</i>	1550	0.425	0.198	0.010	3.648
<i>Intangible</i>	1550	18.980	1.606	12.430	23.570
<i>Bp</i>	1550	21.920	1.471	16.760	26.820
<i>Cashflow</i>	1550	0.095	0.141	-1.158	0.992
<i>Growth</i>	1546	0.380	0.686	-5.889	7.384
<i>Age</i>	1550	19.170	5.118	6.000	36.000
<i>Soe</i>	1550	0.286	0.452	0.000	1.000
<i>Employ</i>	1550	8.111	1.237	2.890	12.020
<i>Govs</i>	1478	17.350	1.504	9.478	21.780

（二）基准回归结果

表 4 列示了企业工业互联网标准化对数字创新绩效的基准回归结果。其中，（1）列企业标准资源结构化的影响结果，发现数字创新绩效（ $Eiis_stru$ ）的系数为 0.114，在 1% 水平上显著为正，表明企业工业互联网标准资源结构化能够显著提升数字创新绩效。（2）列企业标准资源能力化的影响结果，发现数字创新绩效（ $Eiis_capa$ ）的系数为 0.144，在 1% 水平上显著为正，表明企业工业互联网标准资源能力化能够显著提升数字创新绩效。（3）列企业标准资源杠杆化的影响结果，发现数字创新绩效（ $Eiis_leve$ ）的系数为 0.172，在 1%

水平上显著为正,表明企业工业互联网标准资源杠杆化能够显著提升数字创新绩效。以(3)列为例,假设企业工业互联网标准资源结构化指标增加1个百分点,将带来数字创新绩效约17个百分点的增加,相对于本文整个样本区间而言,数字创新绩效份额的均值提升了约5.17%(即 $0.172/3.330\times100\%$)。总而言之,通过上述结果可以得出以下结论,企业工业互联网标准化能够显著提升企业数字创新水平,支持了前文研究的假设H1。

(三) 稳健性检验

本文重新构造了企业工业互联网标准化指标作为稳健性检验。参考肖土盛等^[59-60]研究的处理方法。一是,对企业工业互联网资源编排不同阶段的标准化指标进行了离差标准化的处理,即采用“某年某公司工业互联网标准化能力分数与本年度所有样本企业工业互联网标准化能力最小值之差”除以“本年度所有样本企业工业互联网标准化最大值与最小值之差”衡量,分别记为*Eiis_stru_1*、*Eiis_capa_1*、*Eiis_leve_1*。从而该指标取值在0~1,以反映企业工业互联网标准化指标在所选样本内的相对水平。

二是,为了消除企业在进行标准制定、实施与推广的过程中可能存在行业差异的影响,本文在各阶段标准化指标测量的基础上进行分年度分行业的均值调整,以刻画每一个企业工业互联网标准化在行业内的相对水平,分别记为*Eiis_stru_2*、*Eiis_capa_2*、*Eiis_leve_2*。表5的(1)列~(6)列报告了检验结果,发现*Eiis_stru_1*、*Eiis_capa_1*、*Eiis_leve_1*、*Eiis_stru_2*、*Eiis_capa_2*、*Eiis_leve_2*的系数均在1%水平上显著为正,这表明改变企业工业互联网标准化指标衡量的主要研究结论依然成立,研究假设具有一定的稳健性。

表 4 基准回归结果

变量	<i>Edi</i>	<i>Edi</i>	<i>Edi</i>
	(1)	(2)	(3)
<i>Eiis_stru</i>	0.114 *** (6.68)		
<i>Eiis_capa</i>		0.144 *** (6.58)	
<i>Eiis_leve</i>			0.172 *** (6.28)
<i>Size</i>	0.259 ** (2.62)	0.264 ** (2.68)	0.264 ** (2.68)
<i>Roa</i>	1.175 * (2.32)	1.179 * (2.33)	1.166 * (2.31)
<i>Lew</i>	-0.150 (-0.72)	-0.154 (-0.73)	-0.146 (-0.70)
<i>Intangible</i>	-0.056 (-1.48)	-0.057 (-1.51)	-0.056 (-1.48)
<i>Bp</i>	0.047 (0.56)	0.043 (0.50)	0.045 (0.53)
<i>Cashflow</i>	-0.856 ** (-2.99)	-0.864 ** (-3.01)	-0.851 ** (-2.97)
<i>Growth</i>	0.122 * (2.24)	0.120 * (2.20)	0.129 * (2.39)
<i>Age</i>	0.012 (1.66)	0.012 (1.67)	0.012 (1.60)
<i>Soe</i>	-0.423 *** (-5.35)	-0.413 *** (-5.22)	-0.423 *** (-5.34)
<i>Employ</i>	0.157 * (2.52)	0.151 * (2.42)	0.158 * (2.53)
<i>Govs</i>	0.166 *** (4.68)	0.171 *** (4.84)	0.162 *** (4.51)
<i>Ind</i>	控制	控制	控制
<i>Year</i>	控制	控制	控制
<i>_cons</i>	-6.157 *** (-6.19)	-6.185 *** (-6.22)	-6.175 *** (-6.21)
<i>N</i>	1476	1476	1476
adj. <i>R</i> ²	0.3356	0.3356	0.3344

注:括号内为*t*统计量;***、**、*分别表示1%、5%、10%的显著性水平。

表 5 稳健性检验结果

变量	<i>Edi</i>	<i>Edi</i>	<i>Edi</i>	<i>Edi</i>	<i>Edi</i>	<i>Edi</i>
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>Eiis_stru_1</i>	0.553 *** (6.69)					
<i>Eiis_capa_1</i>		0.522 *** (6.57)				
<i>Eiis_leve_1</i>			0.582 *** (6.29)			
<i>Eiis_stru_2</i>				0.131 *** (6.47)		
<i>Eiis_capa_2</i>					0.131 *** (6.38)	
<i>Eiis_leve_2</i>						0.117 *** (5.92)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
<i>_cons</i>	-6.158 *** (-6.19)	-6.185 *** (-6.22)	-6.177 *** (-6.21)	-6.292 *** (-6.35)	-6.346 *** (-6.40)	-6.288 *** (-6.34)
<i>N</i>	1476	1476	1476	1476	1476	1476
<i>Year/Ind</i>	控制	控制	控制	控制	控制	控制
Adj. <i>R</i> ²	0.3356	0.3355	0.3344	0.3372	0.3373	0.3348

注:括号内为*t*统计量;***、**、*分别表示1%、5%、10%的显著性水平。

同时,若要保证回归式(1)~式(3)的估计结果具有可靠性,需要假设企业的工业互联网标准化能力是外生的,然而在现实中,企业工业互联网标准化能力可能存在内生性问题。一方面,企业标准化能力可能受到数字创新水平的影响,该反向因果关系会影响估计结果的一致性;另一方面,企业工业互联网标准化能力与数字创新绩效可能同时受到其他不可观测因素的影响,这些遗漏变量可能对估计结果产生一定偏差。通过变量采用行业调整的均值,一定程度上克服了研究数据的内生性,从而增加研究结论的解释效力。

五、作用机制检验

基于前述的理论分析和基准回归结果,本文进而探讨企业工业互联网标准化推动数字创新水平提升的作用机制。为了检验企业工业互联网标准化能力对数字创新绩效的影响,本文参考王桂军和卢潇潇^[61]、程成等^[62]、刘诚和夏杰长^[63]的研究,设置以下两个中介变量指标,一是企业研发投入强度(*RDincome*),利用企业研发支出与营业收入净额之比确定,作为前文企业研发投入强度的代理变量;二是营业成本率(*Bcost*),利用营业成本与营业收入之比确定,作为前文资源配置效率的代理变量。并循例采用温忠麟等^[64]中介效应检验方法,检验研发上述两个中介变量的机制作用,用以验证研发强度与资源配置效应在企业标准化能力提升企业数字创新水平过程中的介导作用。

第一,关于企业研发投入强度的中介作用方面,表6验证了列(1)~列(3)分别为模型(1)的检验结果,列(2)、列(5)、列(8)显示 *Eiis_stru*、*Eiis_capa*、*Eiis_leve* 与企业研发投入强度的关系,其中列(2)和列(8)较为显著,表明企业工业互联网标准化建设的资源化与杠杆化作用与企业的研发投入强度正相关,体现了数字化发展背景下企业工业互联网标准化建设带来的企业创新资源的获取与重组,从而提升了企业的研发强度。列(3)、列(6)、列(9)显示在引入变量 *rdincome* 后,三种不同的标准资产编排阶段,Edi 的系数符号仍显著为正,但系数值与 *t* 的绝对数都有一定程度的降低,表明互联网企业标准化能力建设提升企业数字创新绩效的过程中,企业研发投入强度发挥了部分中介作用,假设 H2 成立。

第二,关于企业资源配置效率的中介作用方面,表7验证了列(1)~列(3)分别为模型(1)的检验结果,列(2)*Eiis_stru* 的系数显著为正,表明了企业参与工业互联网标准化建设,企业利用主流技术引进,核心技术改进的外部技术知识内化形成内部技术要素的嫁接,从而提升了企业整体的资源利用效率。表7的列(3)、列(6)、列(9)显示在引入变量 *Bcost* 后,三种不同的标准资产编排阶段,Edi 的系数符号仍显著为正,但系数值与 *t* 的绝对数都有一定程度的降低,表明企业资源配置效率发挥了部分中介效应,尤其是对于企业标准资源结构化阶段的能力构建,表明资源配置效率印证了此类关系对企业数字创新绩效的影响,假设 H3 成立。

表6 企业研发投入强度视角的中介效应检验

变量	<i>Edi</i> (1)	<i>rdincome</i> (2)	<i>Edi</i> (3)	<i>Edi</i> (4)	<i>rdincome</i> (5)	<i>Edi</i> (6)	<i>Edi</i> (7)	<i>rdincome</i> (8)	<i>Edi</i> (9)
<i>Eiis_stru</i>	0.1141*** (-6.68)	0.0016* (1.83)	0.1089*** (6.00)						
<i>Eiis_capa</i>				0.1436*** (6.58)	0.0165 (1.49)	0.1384*** (6.39)			
<i>Eiis_leve</i>							0.1436*** (6.58)	0.0226* (1.68)	0.1644*** (6.10)
<i>rdincome</i>			3.129*** (6.22)			3.1621*** (6.27)			3.1534*** (6.30)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
<i>_cons</i>	-6.1572*** (-6.19)	0.1974*** (5.26)	-6.775*** (-6.03)	-6.1850*** (-6.22)	0.1963*** (5.22)	-6.047*** (-6.06)	-6.1850*** (-6.22)	0.1968*** (5.24)	-6.044*** (-6.05)
<i>N</i>	1476	1476	1476	1476	1476	1476	1476	1476	1476
Year/Ind	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
Adj. <i>R</i> ²	0.3356	0.4332	0.3495	0.3356	0.4326	0.3498	0.3356	0.4328	0.3486

注:括号内为 *t* 统计量;***、**、* 分别表示 1%、5%、10% 的显著性水平。

表 7 企业资源配置效率视角的中介效应检验

变量	<i>Edi</i> (1)	<i>Bcost</i> (2)	<i>Edi</i> (3)	<i>Edi</i> (4)	<i>Bcost</i> (5)	<i>Edi</i> (6)	<i>Edi</i> (7)	<i>Bcost</i> (8)	<i>Edi</i> (9)
<i>Eiis_stru</i>	0.114 *** (-6.68)	-0.003 * (-2.04)	0.110 *** (6.51)						
<i>Eiis_capa</i>				0.144 *** (6.58)	-0.0036 (-1.86)	0.139 *** (6.44)			
<i>Eiis_leve</i>							0.144 *** (6.58)	-0.004 (-1.85)	0.167 *** (6.12)
<i>Bcost</i>			-1.163 *** (-3.61)			-1.171 *** (-3.65)			-1.178 *** (-3.65)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
<i>_cons</i>	-6.157 *** (-6.19)	0.143 * (-2.05)	-5.991 *** (-6.08)	-6.185 *** (-6.22)	0.145 * (2.07)	-6.016 *** (-6.10)	-6.185 *** (-6.22)	0.144 * (2.07)	-6.005 *** (-6.09)
<i>N</i>	1476	1476	1476	1476	1476	1476	1476	1476	1476
Year/Ind	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
Adj. <i>R</i> ²	0.3356	0.5843	0.3419	0.3356	0.5841	0.342	0.3356	0.584	0.3409

注:括号内为 *t* 统计量;***、**、* 分别表示 1%、5%、10% 的显著性水平。

六、结论及启示

在数字经济高速发展的背景下,如何优化工业互联网标准化体系建设、深化要素市场数字化资源配置机制变革,从而提高企业数字创新能力,进而推动企业高质量发展是当前中国发展面临的重大课题。本文从企业工业互联网标准化建设的资源编排视角切入,通过对于企业所参与工业互联网标准文本的分析,检验了知识重组过程中企业标准资源的结构化、能力化和杠杆化建设对于数字创新绩效,并探究其中的作用机制与效果。研究结论与贡献如下:

第一,研究从资源基础观的视角,探讨了企业工业互联网标准化建设带来的内外部知识的耦合、协同与重组,丰富了标准化能力的测量手段与评价方法。关注了标准制定全周期特征,拓宽了标准研究的主体范围。研究发现标准文本的不同特点反映出了企业标准化资源结构化、能力化和杠杆化的不同特征,回应了成琼文等^[14]关于企业技术标准竞争过程的复杂性的论述,深化了标准竞争的影响范围与内涵。

第二,研究关注于数字经济的核心领域,从工业互联网行业相关的关键团体标准出发,探索企业的标准化建设情况与标准竞争能力,回应了侯俊军等^[27]关于企业参与国家标准与全要素生产率的研究中,不同类型标准对于企业创新发展推动效应的检验,同时聚焦数字创新绩效,关注工业互联网企业产业数字化发展和数字化转型的特征和需要,探索标准化建设对企业数字资源和知识资源的编排作用,发现了企业工业互联网标准化对于数字创新绩效的正向推进作用。

第三,研究从企业内外部资源的视角,探究了企业工业互联网标准化推动数字创新绩效的微观作用机制,打开了标准对于数字创新影响的逻辑黑箱。发现工业互联网企业通过参与或主导技术标准的制定,可以获得更加丰富的外部资源,也能够降低因标准竞争锁定带来的风险,从而发现了研发能力与资源配置效率在企业标准化建设对数字创新绩效中发挥的中介作用,其中企业标准资源结构化能力方面表现尤为显著,这也体现了企业在标准化建设的初期阶段的企业较多,因此其标准化对于内部资源的编排更加明显,从而标准资源结构化对于资源配置效率的中介作用更加有效。

进一步,基于前述分析和总结,对于我国企业工业互联网标准化建设和数字创新发展提出以下对策建议:

第一,工业互联网标准化建设是一个动态发展的过程,其标准化工作需要跟随数字经济时代的变化,逐步完善标准体系,将标准的制定与企业知识资源充足相结合,分析标准化需求,从标准资源结构化、能力化、资源化的全流程管理中实现企业的标准化建设能级的跃升,从而不断提高数字创新水平,推动企业高质量发展。

第二,企业标准化建设过程中,应同步加强企业研发强度和知识产权管理水平的提升,提高标准必要专利的研发和知识资源协同发展,更好的释放企业标准化所带来的资源编排效能,将技术标准的创新扩散效应与知识产权的技术创新能力相结合,从而不断提升数字创新绩效,提高工业互联网企业的创新获利能力。

第三,工业互联网企业应有选择地加入关键技术领先、参与企业研发能力强、市场占有率高的联盟,通过企业间、联盟间协作促进标准化、技术研发等创新活动的开展,加强学习把握更多的标准与专利合作机会,维持标准网络强关系以提升知识分享和技术协作效率,从而获得标准化跟随优势,逐渐配置标准主导能力,切实发挥企业工业互联网标准化的数字创新扩散效应。

参考文献

- [1] HO Y, SULLIVAN E. Strategic standardisation of smart systems: A roadmapping process in support of innovation[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2017, 115: 301-312.
- [2] KOCH C, BLIND K. Towards agile standardization: Testbeds in support of standardization for the IIoT[J]. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2021, 68(1): 59-74.
- [3] 文金艳, 曾德明. 标准联盟组合配置与企业技术标准化能力[J]. *科学学研究*, 2019, 37(7): 1277-1285.
- [4] 尤或聪. 数字经济标准化创新驱动提升服务贸易企业核心竞争力路径研究——外贸企业应对疫情对策[J]. *中国市场*, 2021(26): 8-9.
- [5] SCHILDT H, KEIL T, MAULA M. The temporal effects of relative and firm-level absorptive capacity on interorganizational learning[J]. *Strategic Management Journal*, 2012, 33(10): 1154-1173.
- [6] 姜红, 孙舒榆, 吴玉浩. 技术标准联盟知识生态系统演化机理分析——闪联产业联盟案例[J]. *科技进步与对策*, 2019, 36(21): 1-9.
- [7] ROBINSON D T. Strategic alliances and the boundaries of the firm[J]. *The Review of Financial Studies*, 2008, 21(2): 649-681.
- [8] 周青, 陈日盛, 杨伟. 面向“一带一路”的企业技术标准联盟合作意愿研究——基于领导—追随者网络一致性模型[J]. *科技进步与对策*, 2023, 40(1): 21-29.
- [9] PARK S H, CHEN R R, GALLAGHER S. Firm resources as moderators of the relationship between market growth and strategic alliances in semiconductor start-ups[J]. *Academy of Management Journal*, 2002, 45(3): 527-545.
- [10] SIRMON D G, HITT M A, IRELAND R D. Managing firm resources in dynamic environments to create value: Looking inside the black box[J]. *Academy of Management Review*, 2007(32): 273-292.
- [11] SIRMON D G, HITT M A, IRELAND R D, et al. Resource orchestration to create competitive advantage: Breadth, depth, and life cycle effects[J]. *Journal of Management*, 2011(37): 1390-1412.
- [12] BARNES J A. Class and committees in a norwegian island parish[J]. *Social Network*, 1954(1): 233-252.
- [13] 韩炜, 杨俊, 胡新华, 等. 商业模式创新如何塑造商业生态系统属性差异? ——基于两家新创企业的跨案例纵向研究与理论模型构建[J]. *管理世界*, 2021, 37(1): 88-107, 7.
- [14] 成琼文, 郭波武, 张延平, 等. 后发企业智能制造技术标准竞争的动态过程机制——基于三一重工的纵向案例研究[J]. *管理世界*, 2023, 39(4): 119-139, 191, 140.
- [15] 张帆, 单育柔. 标准化、技术创新与产业高质量发展[C]//第十八届中国标准化论坛, 北京(北京): 中国标准化协会(中国标准化协会), 2021.
- [16] LEE C K, YU L M. A multi-level perspective on 5G transition: The China case[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2022, 182, 121812.
- [17] JACOBY M, USLÄNDER T. Digital twin and internet of things——Current standards landscape[J]. *Applied Sciences*, 2020, 10(18): 6519.
- [18] LI Q, TANG Q, CHAN I, et al. Smart manufacturing standardization: Architectures, reference models and standards framework[J]. *Computers in Industry*, 2018(101): 91-106.
- [19] PANIAGUA C, ELIASSEN J, DELSING J. Efficient device-to-device service invocation using arrowhead orchestration[J]. *IEEE Internet of Things Journal*, 2020, 7(1): 429-439.
- [20] BAEK S, KIM D, TESANOVIC M, et al. 3GPP new radio release 16: Evolution of 5G for industrial internet of things[J]. *IEEE Communications Magazine*, 2021, 59(1): 41-47.
- [21] KEMPITIYA T, SIERLA S, DE SILVA D, et al. An artificial intelligence framework for bidding optimization with uncertainty in multiple frequency reserve markets[J]. *Applied Energy*, 2020(280): 115918.
- [22] LOPWZ-BERZOSA D, GAWER A. Innovation policy within private collectives: Evidence on 3GPPs regulation mechanisms to facilitate collective innovation[J]. *Technovation*, 2014, 34(12): 734-745.
- [23] KEIL T. De-factor standardization through alliances-lessons from bluetooth[J]. *Telecommunication Policy*, 2022(26): 205-213.
- [24] 姜红, 孙舒榆, 吴玉浩. 知识创新驱动的标准竞争行为研究: 生命周期视角[J]. *情报杂志*, 2018, 37(11): 62-68.
- [25] 曾德明, 邹思明, 张运生. 网络位置、技术多元化与企业技术标准制定中的影响力研究[J]. *管理学报*, 2015, 12(2): 198-206.
- [26] 邹思明, 曾德明, 张利飞, 等. 网络关系、技术多元化与企业技术标准化能力[J]. *科研管理*, 2017, 38(9): 12-20.

- [27] 侯俊军, 侯亚, 王谦. 政治纽带还是市场驱动? ——上市公司参与国家标准制定与生产率[J]. 财经理论与实践, 2020, 41(4): 114-121.
- [28] 文金艳, 曾德明, 王媛. 联盟组合多样性、关系强度与技术标准化能力[J]. 科研管理, 2021, 42(11): 164-170.
- [29] 崔维军, 孙成, 吴杰, 等. 高价值专利对企业技术标准化能力的影响研究[J]. 科学学研究, 2023, 41(2): 296-306.
- [30] 孙耀吾, 贺石中. 从技术标准到知识产权: 虚拟网络的基本要素研究[J]. 软科学, 2006(6): 1-5.
- [31] 王珊珊, 武建龙, 王宏起. 产业技术标准化能力的结构维度与评价指标研究[J]. 科学学与科学技术管理, 2013, 34(6): 112-118.
- [32] 张利飞. 技术标准联盟形成对产业经济效益的影响机制——基于闪联联盟与3C产业的实证研究[J]. 中国科技论坛, 2018(12): 87-95.
- [33] 李心. 环境不确定性、吸收能力对通信企业技术标准化的影响研究[D]. 北京: 对外经济贸易大学, 2019.
- [34] 姜红, 吴玉浩, 高思凡. 基于专利分析的技术标准化能力演化过程研究[J]. 情报杂志, 2018, 37(7): 66-73.
- [35] 姚沐冰. 开放式创新对制造业企业标准化能力的影响研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2021.
- [36] ARIAS-PÉREZ J, VÉLEZ-JARAMILLO J. Ignoring the three-way interaction of digital orientation, not-invented-heresy and employee's artificial intelligence awareness indigital innovation performance: A recipe for failure[J]. Technological Forecasting & Social Change, 2022, 174: 121305.
- [37] KHIN S, HO T C. Digital technology, digital capability and organizational performance: A mediating role of digital innovation[J]. Innovation Science, 2019, 11(2): 177-195.
- [38] LIU J, CHANG H H, YANG B H. Influence of artificial intelligence on technological innovation: Evidence from the panel data of China's manufacturing sectors[J]. Technological Forecasting & Social Change, 2020, 158: 120142.
- [39] 王建, 胡琰琰, 马涛. 联盟网络中企业创新平衡模式选择的影响研究——基于网络结构的视角[J]. 科学学研究, 2014, 32(2): 305-313.
- [40] 唐蓓, 刘林荧. 数字并购能够提高企业的数字创新绩效吗? ——基于A股上市公司的实证研究[J]. 东岳论丛, 2023, 44(10): 142-153.
- [41] 叶丹, 姚梅芳, 葛宝山, 等. 数字技术驱动传统非互联网企业数字创新绩效的作用机理——组织合法性的调节作用[J]. 科技进步与对策, 2023, 40(11): 11-18.
- [42] WERNERFELT B. A resource-based view of the firm[J]. Strategic Management Journal, 1984, 5(2): 171-180.
- [43] DAS T K, TENG B. A resource-based theory of strategic alliance[J]. Journal of Management, 2000, 26(1): 31-61.
- [44] 于飞, 刘明霞, 王凌峰, 等. 知识耦合对制造企业绿色创新的影响机理——冗余资源的调节作用[J]. 南开管理评论, 2019, 22(3): 54-65, 76.
- [45] CARNABUCI G, OPERTI E. Where do firms' recombinant capabilities come from? Intraorganizational networks, knowledge, and firms' ability to innovate through technological recombination[J]. Strategic Management Journal, 2013(34): 1591-1613.
- [46] DAVID P, GREENSTEIN S. The economics of compatibility of standards[J]. Economics of Innovation and New Technology, 1990(23): 3-41.
- [47] 李伟. 代际演进背景下后发标准赶超机制研究——对4G标准竞争的解釋[J]. 经济管理, 2022, 44(5): 24-40.
- [48] 陈岩. 高层管理者“刚健有为”思想对复合式战略创新的影响研究[D]. 济南: 山东大学, 2023.
- [49] 王琳, 陈志军, 崔子钰. 数字化转型下知识耦合如何重构组织边界——基于创业警觉的认知逻辑[J]. 南开管理评论, 2024, 27(1): 16-28.
- [50] HUGHES P, HODGKINSON I R, ELLIOTT K, et al. Strategy, operations and profitability: The role of resource orchestration[J]. International Journal of Operations and Production Management, 2018(38): 1125-1143.
- [51] 浙江成立数字经济标准创新联盟. 以标准化支撑数字化转型[EB/OL]. 中新网, <https://www.chinanews.com/cj/2019/10-14/8978769.shtml>.
- [52] 李臣学. 工业互联网标准化工作现状与策略研究[J]. 中国高新科技, 2021(10): 14-15.
- [53] 吴非, 胡慧芷, 林慧妍, 等. 企业数字化转型与资本市场表现——来自股票流动性的经验证据[J]. 管理世界, 2021, 37(7): 130-144, 10.
- [54] 王黎莹, 楼源, 赵春苗, 等. 标准与知识产权推进数字产业创新理论与展望[J]. 科学学研究, 2022, 40(4): 632-641.
- [55] 王黎莹, 赵春苗, 王举铎, 等. 知识产权与标准协同推进人工智能产业创新机制与路径优化[J]. 科学学与科学技术管理, 2024, 45(4): 52-67.
- [56] 邹思明. 网络嵌入性社会资本对企业技术标准化能力的影响研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2017.
- [57] 黄勃, 李海彤, 江萍, 等. 战略联盟、要素流动与企业全要素生产率提升[J]. 管理世界, 2022, 38(10): 195-212.
- [58] 袁淳, 肖土盛, 耿春晓, 等. 数字化转型与企业分工: 专业化还是纵向一体化[J]. 中国工业经济, 2021(9): 137-155.
- [59] 肖土盛, 孙瑞琦, 袁淳, 等. 企业数字化转型、人力资本结构调整与劳动收入份额[J]. 管理世界, 2022, 38(12): 220-237.
- [60] 肖土盛, 吴雨珊, 元文韬. 数字化的翅膀能否助力企业高质量发展——来自企业创新的经验证据[J]. 经济管理, 2022, 44(5): 41-62.
- [61] 王桂军, 卢潇潇. “一带一路”倡议与中国企业升级[J]. 中国工业经济, 2019(3): 43-61.

- [62] 成程, 李惟韬, 彭杰. 地区环境治理与中国城市经济增长质量——来自河长制实施的经验证据[J]. 经济问题, 2022(5): 99-110.
- [63] 刘诚, 夏杰长. 线上市场、数字平台与资源配置效率: 价格机制与数据机制的作用[J]. 中国工业经济, 2023(7): 84-102.
- [64] 温忠麟, 张雷, 侯杰泰, 等. 中介效应检验程序及其应用[J]. 心理学报, 2004(5): 614-620.

Enterprise Industrial Internet Standardization and Digital Innovation Performance: Based on the Perspective of Resource Orchestration

Zhao Chunmiao^{1,2}, Wang Liying³, Cai Zong⁴, Yu Peiling², Xie Wengxin²

(1. Business School, Jiaxing University, Jiaxing 314000, China;

2. School of Management, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China;

3. China Institute for SMEs, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China;

4. Hangzhou Kelin Aier Gas Source Equipment Co., Ltd., Hangzhou 311113, China)

Abstract: The standardization capability of enterprise Industrial Internet is of great significance for improving R&D intensity and optimizing resource allocation. From the perspective of standard resource arrangement, based on the standard text data of Industrial Internet, 310 A-share listed companies in the field of Industrial Internet were selected as the research subjects to investigate the impact of standardization capability on corporate digital innovation performance from the perspective of standard resource orchestration. As is found in the research, the different features in standard texts reflect the different characteristics of the structuring, enabling, and leveraging stages of enterprise standardization resources. From the perspective of resource orchestration, the positive impact of enterprise standardization ability on digital innovation level has been discovered. In terms of mechanism, the standardization of enterprise Industrial Internet has improved the R&D intensity and resource allocation efficiency of enterprises, thus promoting the improvement of digital innovation performance. The development of the standardization capability of enterprise Industrial Internet is found to promote the quality, efficiency and innovation of an enterprise. The discovery of the correlation is supposed to enhance enterprise productivity and boost industrial transformation and upgrading of China.

Keywords: industrial internet standardization; digital Innovation; resource orchestration; standard alliance