

An Empirical Study on the Mechanism and Key Influencing Factors of Collaborative R&D Driven by Industrial Internet Platforms

Zhizhou Jia Meiyi Liu Yijun Xia

China Industrial Control Systems Cyber Emergency Response Team, Beijing, 100040, China

Abstract

Through the analysis of 210 industrial internet platform innovation application cases, it was found that industrial internet platforms drive the in-depth development of collaborative R&D through platform-based development tools such as modeling and computational analysis, knowledge-based feedback of production data into R&D processes, and model-based systems engineering that transmits R&D requirements upstream. Further analysis of the issues constraining industrial R&D upgrades revealed constraints including inadequate data infrastructure, low-level model applications, and insufficient technological and modal innovation in collaboration. The study proposes policy recommendations such as accelerating digital transformation across industrial chains and cultivating integrated R&D-production optimization models, providing insights for enhancing industrial innovation capabilities.

Keywords

industrial Internet platform; R&D upgrade; digital transformation

工业互联网平台驱动协同研发的机制及关键影响因素实证研究

贾智州 刘玫燊 夏宜君

国家工业信息安全发展研究中心, 中国·北京 100040

摘要

通过调研分析210个工业互联网平台创新应用案例发现,工业互联网平台通过建模和计算分析等工具平台化发展、产制造数据知识化反馈研发环节、基于模型的系统工程带动研发需求向上游传导等方式推动协同研发纵深发展。进一步分析制约工业研发升级的问题发现,存在数据底座不牢固、模型应用水平低、协同的技术和模式创新不足等制约因素。提出加快产业链数字化转型步伐、培育研发-生产集成优化典型模式等政策建议,为加速提升产业创新能力提供启示。

关键词

工业互联网平台; 研发升级; 数字化转型

1 引言

工业互联网平台是支撑企业数字化转型的重要设施,在加速数据汇聚应用形成智能新质生产力的过程中发挥着重要作用。张学文^[1]等以河钢集团为例探讨了工业互联网平台赋能新质生产力的理论逻辑和实现路径,揭示了构建数字生态和以政策推动产业的协同创新的重要性。张明超^[2]等以海尔卡奥斯及其赋能的制造企业为案例,总结工业互联

网平台沿着“现实情境、高管团队注意力配置、组织主导逻辑、资源行动”的驱动因素赋能制造企业数字化转型。王节祥^[3]等提炼出平台企业可以采取“耦合需求开发产品、解耦沉淀能力模块、构建松散耦合生态”的行为策略来应对工业互联网平台构建中面临的用户“个性”需求与平台“共性”需求的矛盾。

上述研究中,探讨了工业互联网平台在加速构建新质生产、推动制造业数字化转型、实现高质量发展的路径、问题、对策等,但缺少从推动研发创新角度的审视。熊礼慧等^[4]虽然探讨了工业互联网平台赋能企业高质量创新的作用和价值,但未针对产业创新的需求提出工业互联网平台在赋能产业创新中面临的问题和应对措施。本文在总结工业互联网平台助力协同研发深层次发展机制的基础上,进一步从工业研发升级有待解决的问题出发,分析工业互联网平台在

【作者简介】贾智州(1990-),男,中国山西定襄人,博士,从事数字化转型、工业互联网、数字经济研究。

【通讯作者】刘玫燊(1993-),女,中国河北邢台人,硕士,工程师,从事工业互联网和数字化转型研究。

赋能工业研发方面面临的问题，提出政策建议。

2 工业互联网平台助力协同研发深层次发展

工业互联网平台可汇聚各方主体和技术资源，串联梳理从研发设计到用户应用的全过程，有利于汇聚资源要素，带动研发环节内部集成、生产研发联动和产业链上下游联动，赋能工业研发深层次发展。

一是建模和计算分析等工具平台化发展，赋能研发效率平均提升 36.1%。近年来，得益于信息基础设施、算法、材料科学、硬件科学技术等多项技术的整体化提高，企业基于平台集成强关联的软件产品，提供了一体化全流程解决方案，带动提升企业协同研发效率。如，美国通用电气公司基于数字仿真的数字孪生系统，结合结构、热学、电磁、流体以及控制等多物理场耦合分析技术，构建了更加精确快速的综合仿真模型来分析和预测航空发动机的性能。同时，基于平台数据采集能力，构建产品设计、打样、实验、分析的过程数据流通闭环，持续优化产品设计流程。在需求开发、功能分解、系统设计、物理设计的过程中，企业借助数字仿真实了解产品特性，开展架构性和颠覆式创新，基于数字孪生的研发体系正在形成。如，美的电器构建贯穿产品全生命周期的数字孪生仿真工具，通过数字化仿真进行产品性能验证、产品可制造性、物流及自动化方案验证，实现产品开发周期缩短 30%。

二是生产制造数据知识化驱动研发优化，实现平均降低产品质量风险 10%。平台通过对制造环节复杂工业知识的模块化封装来增强知识流动性，促进知识和信息在企业业务流程中迅速传播扩散，以知识赋能驱动流程及工艺优化，并反馈研发设计环节，从而实现全面质量预防和过程风险管控与控制。一方面，企业基于生产过程的产品质量追溯，实现研发设计的反馈与优化。如，海螺水泥建立质量预测与配方寻优模型，依据熟料预测强度、石膏及混合材品种、质量（活性指数）情况，寻找满足出磨水泥质量控制目标的配料方案，实现产品质量波动减少 20%，关键质量指标提升 2%。另一方面，企业基于市场销售情况，配合全网舆情洞察，能准确把握消费者的偏好、需求，为合作企业提供适合的新品策略，提升了调研、研发、设计、生产等环节的效率并减少资源损耗。例如，青岛澳柯玛结合商用冷链行业客户定制化需求，并通过 PLM 系统集成，把信息反馈给研发部门，持续改善、优化产品设计，实现产品不良率降低 66.7%，产品研发周期缩短 51.7%；京东 C2M 智造平台结合其主站合规数据、站内商品搜索、销售等情况，为合作企业节省了 75% 的产品需求调研时间，新品上市周期比以往缩短 67%。

三是基于模型的系统工程协同研发平台带动行业研发需求向上游传导，研发周期平均缩短 35 天。以云平台为底座，构建覆盖复杂系统全生命周期活动要素的系统工程协同云平台，实现了研制数据的横向贯通，促进各层级产品间设

计与验证的纵向打通，从而完善产品研制数字化协同机制。一方面，在基于模型的系统工程推进过程中，通过打通系统建模工具和需求管理工具、联合仿真框架之间的业务链条，逐步实现基于模型的跨单位快速协同设计、协同制造、协同验证。如，欧洲的空客公司以 AIMS 综合管理系统为基础，通过对全公司业务部门内部、跨部门、跨专业、跨国家、跨项目的流程重新定义和设计，形成了 262 个职能部门项目和 8 个跨部门合作项目，覆盖了空客公司的全部流程，实现了公司的整体协同。另一方面，MBSE 构建了“需求-架构-仿真”迭代闭环验证，能够为产品设计提供可追溯的证据链条，有助于提升需求指标的追踪与变更影响性分析效率，有效开展技术与产品风险的辨识与控制。如，上飞院通过构建数字化协同建模与仿真的工业互联网平台，打通研发过程中的数据链，使过程受控，数据可追溯，满足飞机适航取证需求，实现设计需求验证率提高 10%。

3 工业研发升级有待解决的问题分析

工业互联网平台加速要素连接，助力协同研发纵深发展。随着应用的深入，一些深层次问题逐步显现。

一是数据底座不牢靠。其一，研发数据分散、可复用性差，难以形成大数据指引研发方向。由于缺乏对研发过程全面、可靠的描述和存储，研发数据往往难以形成跨时间、跨主体的复用，大量点状研发难以聚点成面，制约研发体系升级。如，调研发现，历史研发数据因记录不全面等原因，在研发路线微调后使用价值显著降低。其二，生产数据采集维度、管理精度不足，制约对研发的赋能应用。赋能研发的数据需求维度更宽、精度要求更高，需要对产线上多位数据进行对齐和计算，对数据管理能力提出了更高要求。如，调研某轧钢平台企业发现，虽然平台上积累了大量生产数据，可实现质量追溯、异常监控等；但数据采集范围小、采样精度相对较低，对于研发的应用贡献较少，难以应用生产数据形成与研发理论模型的对应关系。其三，企业在进行数据整合时面临巨大的清洗、转换和治理成本。由于不同用户的数据结构、采集方式和存储规范存在较大差异，企业进行数据治理的成本较高。如，在人工智能模型训练等高端应用场景中，每次数据标注往往需要 20~30 位专家联合推进 2~3 周，成本高且效率低。

二是模型应用水平有待提升。一方面，数据模型的智能化程度低，通过“数据+AI”形成智能模型的工业应用能力不足，制约了数据价值的挖掘。根据《全国数据资源调查报告（2023 年）》，我国数据产存转化率仅为 2.9%，未使用数据占比高达 38.9%。如，在调研整车企业时发现，由于欠缺智能算法、模型训练等人才，数据模型的智能化程度低已成为制约数据价值开发利用的一个瓶颈。另一方面，工业研发黑箱模型较多，缺乏机理模型的迭代应用。工业研发注重以试验的方式达成技术指标，但相对缺乏从试验数据到机

理模型的总结迭代应用。究其原因，不仅是缺乏具备一定理论基础复合型人才，同时还有待构建多维度发力的系统性工程。如，宁德时代在破解电池研发黑箱问题时，不仅构建了大数据平台、科学计算平台等充分挖掘电池研发、生产、使用过程中的全生命周期数据，还在产线的频繁升级中不断迭代数据采集、管理要求，以满足揭示机理模型的对数据质量的动态要求。

三是协同的技术和模式创新不足。典型现象是研发需求通过有限的技术指标静态表达，缺少需求的动态信息和虚拟验证的场景。一方面，缺乏支持多方实时交互的验证技术体系。由于参与各方对核心模型参数、专有数据资产的高度保护需求，现有技术方案无法在确保知识产权安全的前提下，构建动态可交互的虚拟验证环境。同时，跨机构的技术验证存在严重的“数据孤岛”现象，关键参数的加密传输、分布式计算资源的协同调度、验证结果的可靠性认证等关键技术环节尚未形成标准化解决方案。另外，在模式创新层面，传统的需求发布机制已难以适应创新生态发展的需要。在激烈的竞争环境下，任何敏感信息的外向传导，都有难以估量的信息外溢泄露风险，有必要开展模式创新，实现在隐蔽身份的前提下以合适的场景实现需求传导和初步方案的验证，为深入研发合作奠定基础，实现对社会研发资源的充分利用。

4 政策建议

推动工业研发升级需把握数字化浪潮带来的变革机遇，重点从加快产业链转型步伐、挖掘典型案例应用、搭建基于平台的协同研发架构、构建标准引领体系、优化产业转型生态等维度突破，实现研发模式向网络化、智能化、协同化转型。

一是加快产业链数字化转型步伐。按照产业链关键环节，引导龙头企业通过场景开放、业务协同、数据交互，带动产业链上下游协同数字化转型。鼓励中小企业找准切入点，按需、按场景分布开展数字化转型，降低定制化投入成本，充分利用工业互联网平台的云化研发设计、生产管理和运营优化软件，实现业务系统向云端迁移，降低数字化、智能化改造成本。持续推进工业互联网平台进园区、进基地、进集群，培育“平台+园区”“平台+基地”优质解决方案，营造良好发展生态。

二是培育研发-生产集成优化典型模式。在机械装备、石化、新材料等技术密集型领域开展智能数据模型创新应用、生产数据赋能机理模型创新应用等工业互联网平台赋能

典型模式遴选，构建典型行业、典型场景下生产数据与研发机理模型的双向反馈机制，带动工业研发创新发展。通过编制实施指南等方式，推动跨企业知识沉淀和模式复制，加速工业研发从经验驱动向数据智能驱动范式变革，提升产业整体创新效率。

三是加速构建基于平台的协同研发架构。围绕关键短板攻关、知识模型库建设，培育一批成本低、可复用的研发设计类产品和工具。支持龙头企业依托工业互联网平台，整合产业链上下游的研发数据、工艺参数、供应链信息等核心要素资源，构建覆盖产品设计、工艺仿真、生产优化、供应链协同的一体化研发制造体系。鼓励平台型企业联合高校、科研院所共建数字孪生实验室，开发面向特定场景的协同仿真工具，实现跨企业、跨地域的分布式联合研发。

四是构建标准引领体系。制定面向研发设计环节的工业互联网平台标准规范，统一产业界在平台赋能设计研发的话语体系，推动研发设计数据资源共享整合与流通交互。加快扩大标准应用工作的覆盖领域和范围，沉淀工业互联网平台赋能研发设计的发展共识与规律，配套研制标准应用方法工具，逐步形成可推广、可复制的标准化解决方案，以标准引领加快数字化转型。

五是优化产业转型生态。以工业设备改造更新、制造业新型技术改造试点城市建设、中小企业数字化转型试点城市建设等工作为契机，开展重点行业区域试点，向外输出地方成熟经验，实现平台赋能研发设计场景的关键要素的积累、推广和复用。鼓励数字化转型促进中心、行业协会、产业联盟等机构，通过开展经验交流会、供需对接深度行等活动，加强企业与供应商之间的合作与交流，广泛推动相关成果的规模化应用，促进企业研发设计环节数字化水平提升。

参考文献

- [1] 张学文, 杜天翔, 尹西明. 工业互联网平台赋能新质生产力的理论逻辑与实现路径: 以河钢集团为例[J]. 技术经济, 2024, 43(11): 14-31.
- [2] 张明超, 孙新波, 刘剑桥. 工业互联网平台赋能制造企业数字化转型的驱动因素及作用路径研究[J/OL]. 科学学与科学技术管理. <https://doi.org/10.20201/j.cnki.ssstm.20250327.001>
- [3] 王节祥, 陈威如, 龚奕潼, 陈衍泰. 工业互联网平台构建中如何应对“个性与共性”矛盾? ——基于树根互联的案例研究[J]. 管理世界, 2024, 40 (01): 155-180.
- [4] 熊礼慧, 彭琪, 张珑于. 工业互联网平台赋能企业高质量创新: 价值、挑战与应对措施[J]. 金融理论与实践, 2024, (06): 16-23.