

从人机冲突走向人机融合:知识编排视角下 制造型企业的人机关系重塑

许晖，王泽鹏，杨金东

[摘要] 随着“人+智能机器”的新组织形态逐渐成为制造型企业塑造未来发展新动能的关键,知识编排对人机关系重塑的作用愈发明显。如何有效构建和谐、高效的人机关系,实现机器从简单辅助工具到深度协同伙伴的角色转变,不仅关乎生产效率和企业竞争力的提升,更深层次影响社会经济结构、劳动力市场乃至伦理法律体系的演变。本文聚焦人机关系这一核心议题,选取新天钢钢铁集团有限公司开展探索性单案例分析,探讨人机冲突事件触发下制造型企业如何通过知识编排实现人机融合。研究发现:人机冲突的类型识别可以解构为组织维和行业维两个维度,共同触发企业参与人机关系重塑互动过程。知识编排在制造型企业人机关系重塑过程中发挥重要作用,不同阶段呈现出不同的知识编排机制:磨合阶段的知识编排机制表现为知识捕获和知识解码;互补阶段的知识编排机制表现为知识整合和知识嵌入;协同阶段的知识编排机制表现为知识重组和知识更新。智能经济时代,企业新型人机关系形态表现为人机融合,其“人机并重”双主体逻辑与现有人机关系研究“以人为主、机器为辅”单主体逻辑相比,在作用主体、知识结构、关键特征与路径模式等方面呈现出不同的特征。本文为重塑制造型企业人机关系提供了理论支持与实践指导。

[关键词] 人机融合；人机关系；知识编排；人机冲突；数字化转型

[中图分类号] F272 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-480X(2024)04-0170-19

一、引言

党的二十大报告强调,推动中国战略性新兴产业融合集群发展,构建新一代信息技术、人工智能等一批新的增长引擎。促进数智技术和实体经济深度融合,构建数据驱动、人机协同与跨界融合的智能经济形态,对于推动高质量发展、全面建设社会主义现代化强国具有重大意义。本文聚焦

[收稿日期] 2023-11-23

[基金项目] 国家自然科学基金面上项目“数智驱动下高科技企业场景式解决方案研究:理论模型、构建机制及市场响应性”(批准号 72272082);国家自然科学基金面上项目“中国跨国企业复合式营销能力的理论模型与构建机制:基于从资源端到客户端的动态演化逻辑”(批准号 71972110)。

[作者简介] 许晖,南开大学商学院教授,博士生导师,管理学博士;王泽鹏,南开大学商学院博士研究生;杨金东,南开大学商学院博士研究生。通讯作者:王泽鹏,电子邮箱:wangzepeng077@163.com。感谢匿名评审专家和编辑部的宝贵意见,文责自负。

“制造型企业人机关系重塑”这一话题,将“人”界定为包括但不限于企业内部操作人员、管理人员、技术研发人员以及决策制定者等多元主体,“机”界定为具备存储、嵌入计算和执行功能的软硬件一体化的计算机系统设备。传统商业环境下,制造型企业践行“以人为主、机器为辅”单主体发展模式,将机器看作辅助生产工具,对人机交互缺乏足够重视,甚至引发一系列人机冲突事件,如操作不当引起的工伤事故、机器设计不合理导致的员工疲劳及误操作,以及生产设备与工人技能不匹配造成的生产效率低下等问题(Bartezzaghi, 1999)。在智能经济时代,机器向智能化、柔性化和安全化方向发展,人与智能机器通过系统频繁交互,在工作上达成协同合作,实现人与机器在感知和决策上的深度融合(Semeraro et al., 2023),组织生态呈现人机共生的颠覆性变化,已成为制造型企业塑造未来发展新动能的关键。

现有文献从不同视角对人机关系研究做了探讨。安全性视角着重强调控制和防范人机交互过程中可能产生的冲突与机器潜在风险的重要性,因此,必须确保人机互动安全可控,避免因技术失误或操作不当带来的安全隐患(Maurice et al., 2001);替代性视角探讨的是,机器信息处理能力增强,特别是接近无限的信息处理潜能,可能导致部分员工角色发生转变甚至被取代的现象(Ahuja et al., 2005; Balasubramanian et al., 2022);互补性视角则对人与机器如何通过协作实现各自优势最大化更为关注,认为人与机器并不是互相竞争关系,而是通过结合各自独特资源创造新的价值组合,形成互补关系(Murray et al., 2021)。虽然已有文献从不同视角对人机关系研究做了分析,但主要聚焦于商业伦理、概念论述等方面(Santosuoso, 2021),大多停留在理论层面,对于制造型企业如何实现从人机冲突向人机融合转变的动态演进过程与内在机制这一问题缺乏足够的关注。

针对制造型企业人机关系重塑这一研究议题,知识编排提供了合适的理论视角。知识编排是指组织基于特定目标,有针对性地对知识资源进行组织和管理从而创造价值的过程,能够用于解释知识资源开发与利用以及实现持续竞争优势的作用机制(周翔等,2023)。现有研究从能力视角、转化视角与过程视角等不同方面对知识编排做了探讨,认为针对知识这一特殊资源,知识编排跳出了传统知识基础观所强调的“知识占有”逻辑,开始关注“知识开发与利用”的价值(Grigoriou and Rothaermel, 2017)。知识编排在企业人机关系重塑过程中发挥着重要作用:一方面,知识编排能够将人类专家的知识、经验以及机器学习产生的数据等异质性知识模块进行有效整合,形成结构化知识库;另一方面,知识编排能够基于实时数据采集对知识单元进行有效更新与迭代,持续进行动态调整与优化,促进人机知识共享与深度耦合(任宗强和陈淑娴,2021;周翔等,2023)。然而,尽管现有研究对知识编排做了有益探讨,但主要聚焦于对知识资源进行搜集、筛选、整理及部署(Grant, 1996; Grigoriou and Rothaermel, 2017),对知识编排的过程缺乏全面且细致的梳理。此外,鲜有文献探讨企业人机关系重塑过程中的知识编排,也未能体现智能经济时代企业人机关系的情境差异性。鉴于此,本文从知识编排视角出发,探讨制造型企业人机关系重塑问题,为后续研究提供新的理论解释。

本文选取天津市新天钢钢铁集团有限公司(简称“新天钢”)作为案例分析对象,基于新天钢数字化转型实践,将研究问题聚焦于“人机冲突事件触发下制造型企业如何通过知识编排实现人机融合”,重点回答:①制造型企业人机冲突触发事件的类型与维度识别;②知识编排视角下制造型企业从人机冲突向人机融合转变的动态演进过程与内在机制;③双主体逻辑下制造型企业人机融合理论分析。本文创新性地将知识编排理论纳入人机关系重塑的研究范畴,解构制造型企业从人机冲突向人机融合的转变过程以及知识编排对人机关系重塑的作用机制,提炼出有别于传统人机关系研究中替代逻辑与互补逻辑的双主体逻辑,以期为企业人机关系重塑提供有效借鉴。

二、文献综述

1. 人机关系

随着人工智能等数字技术蓬勃兴起,制造型企业正在经历天翻地覆的数智化变革,“人+智能机器”组合的新组织形态已成为企业加速价值链升级和重构的重要抓手,也是塑造未来发展新动能的关键(Semeraro et al., 2023)。伴随着技术的迭代升级,人机关系仍处于不断演化之中(Wang et al., 2021)。传统商业环境下,制造型企业采取“以人为中心”发展模式,机器被定位为辅助和补充人类劳动力的角色,主要用于减轻人力劳动强度,提高生产效率。然而,这种传统模式对人机交互设计和机器性能改进的关注程度较为有限,导致频繁出现人机冲突事件(Bartezzaghi, 1999)。在智能经济时代,人与智能机器通过系统频繁交互,在工作中达成协同合作,兼具人类智能的认知优势和机器智能的计算优势,通过互补性计算推理凝聚智慧共识,形成人机融合的新型人机关系(Simmler and Frischknecht, 2021)。智能机器在搜索、计算、存储等方面具有人类无法比拟的优势,然而在感知、推理等方面不如人类高效。这种新型人机关系将人的认知属性和机器计算属性进行深度融合(Trujillo et al., 2019),机器对海量数据的分析检验能力可以有效弥补人类经验决策的不足,而人类批判性思维之类的独有见解是保障机器学习系统可解释度的重要因素(Xiong et al., 2022),二者通过信息无缝交互、融合智慧形成混合智能,以更高层次的知识整合进行价值共创活动(Rymarczyk et al., 2021)。

现有文献对人机关系的探讨主要基于以下三个方面:①安全性视角,关注的焦点是人机冲突与机器威胁需要得到控制,以保持个人健康与组织稳定(Maurice et al., 2001)。早期人机安全措施是在人与机器之间制造物理分离屏障(Bocewicz et al., 2022)。随着人工智能的发展,不仅人类可以限制机器的速度和运动范围,而且机器凭借AI模仿生物进行感知、推理和学习等智能活动,不断学习人类使用习惯,进而提高人机适配度。②替代性视角,关注的焦点是机器的准无限信息处理能力可能会降低人类预测能力的传统价值(Ahuja et al., 2005),发生机器取代人类进行工作的现象(Balasubramanian et al., 2022; Simões et al., 2022),一旦标准化流程和工作逻辑被智能化,就意味着提供相同职能的员工将被机器替代(Jiang et al., 2017)。但同时一些研究也强调人类认知优势是机器无法模仿的,如创造性思维、大规模情境化和社会互动的独特能力(Semeraro et al., 2023)。③互补性视角,关注的焦点是人与机器可以创造以前不相关的独特资源组合,是对人类认知能力的补充,而非替代(Murray et al., 2021)。机器可以将人从琐碎任务中解救出来,使其专注重要工作,从而提高员工创造力。同时,一些研究也揭示了机器的负面作用(Stieglitz et al., 2022),指出机器使得人做出的决策逐渐聚合并更为准确,但是人减少了机器所不具备的独特认知知识,使得人机交互形态虽有好的绩效表现却失去了人类的独特性。此外,部分专家学者针对“人与AI协同”相关主题展开前沿探索式研究(Pizoń and Gola, 2023),认为人与AI协作深度强化学习不仅有助于实现产品开发创意与开发效率的平衡(吴小龙等, 2023),而且有助于确定场景利用式学习的经验拓展机制和不确定场景探索式学习的认知突破机制的新型组织学习模式开发(吴小龙等, 2022)。

尽管现有文献对人机关系研究做出了有益探索,但主要聚焦于商业伦理、概念论述等主题(Santosuoso, 2021),大多停留在理论层面的分析,缺乏深入探讨,对于制造型企业人机关系重塑机制仍不清晰。虽然有部分学者针对“人与AI协同”前沿话题开展初步探索,但现有研究大多将其作为情境因素或创新基础,并没有将研究重点聚焦在“人机关系重塑”这一话题上,对制造型企业人机

关系重塑的纵向演化过程与内在机制缺乏足够关注。因此,人机关系重塑机制研究亟待拓展,以更准确地解构制造型企业从人机冲突向人机融合转变的动态演化过程。

2. 知识编排

知识编排是指组织基于特定目标,有针对性地对知识资源进行组织和管理从而创造价值的过程,能够用于解释知识资源开发与利用以及实现持续竞争优势方面的作用(周翔等,2023)。知识编排理论源自知识基础观,其认为企业是一个知识处理系统,企业核心能力的来源是企业隐性知识,通过知识分享、整合和创造,产生能够带来经济价值的新知识(Grant, 1996)。但有学者认为,传统的知识基础观研究刻意强调“知识占有”逻辑(Grant, 1996; Grigoriou and Rothaermel, 2017),并没有关注“知识资源开发与利用”的价值。针对知识这一特殊资源,知识编排理论跳出传统知识基础观的“知识占有”逻辑,将研究重点聚焦于知识资源的开发、整合与利用,根据内外部环境动态调整知识资源组合,构建可持续竞争优势。

现有文献对知识编排的探讨主要基于以下三个方面:①能力视角,关注的焦点是知识资源与企业能力形成与演化的关系(周翔等,2023)。组织是具有特定价值的知识集合体,为拥有互补性知识的个体提供一个通过知识整合来塑造能力的平台(Martin and Javalgi, 2019)。组织对内外部知识进行分解、组合与重构,对知识资源要素进行开发和探索,是形成企业动态能力的关键所在(Kim et al., 2021)。②转化视角,关注的焦点是如何有效地提升隐性知识识别、转化、应用与创新的效率(Rothaermel and Hess, 2007)。企业进行知识编排面临较高的识别难度与较大的转化难度,导致知识创新的效率低下(Grigoriou and Rothaermel, 2017)。在智能经济时代,部分学者认为管理人员可以通过数智技术来识别和筛选有价值的隐性知识,并将这些知识转化为特定程序,大幅提升隐性知识识别、转化和应用效率(Mikalef et al., 2021; 单宇等, 2021)。③过程视角,关注的焦点是如何提炼和总结知识资源编排的过程与规律(Lovallo et al., 2020)。Rezaie and Rahmani(2014)从知识的有效性视角将知识管理分为知识获取、知识转移、知识应用和知识创造四个流程,分析并验证了知识管理有效性过程与企业家精神之间的关系。

在制造型企业人机关系重塑情境中,知识编排可被看作是影响企业人机融合的关键驱动力,一方面,人通过异质性知识模块的捕获、整合与重组,迅速建立系统性数字知识体系;另一方面,机器通过多元化知识单元的解码、嵌入与更新,不断提升智能化能力,最终人与机器通过系统频繁交互,实现人机知识共享与深度耦合,推动以更高层次的知识整合进行创新活动(任宗强和陈淑娴,2021)。尽管现有研究对知识编排的相关主题做出有益探讨,但目前主要聚焦于对知识资源进行搜集、筛选、整理及部署(Grant, 1996; Grigoriou and Rothaermel, 2017),对知识编排的过程缺乏全面且细致的梳理;同时,现有人机关系研究大多集中于理论分析与概念界定(Lovallo et al., 2020),较少有研究探讨人机关系的知识编排问题,对制造型企业人机关系重塑过程中的知识编排机制的认识仍不清晰。因此,本文对制造型企业人机关系重塑过程中知识编排机制展开探索,为揭示企业人机关系重塑提供了有益思路。

三、研究方法

1. 方法选择

本文采用探索性单案例研究方法,主要原因在于:①本文属于“How”和“Why”的研究范畴。随着数智技术广泛应用,人机交互日益密切,制造型企业人机关系重塑过程包含多主体、多要素的相

互作用,适宜采用案例研究方法(Eisenhardt and Graebner, 2007)。②本文旨在剖析知识编排视角下制造型企业由人机冲突向人机融合转变的动态过程及其作用机制,力求揭示知识资源在人机关系重塑过程中的动态变化规律,为解决当前实践问题提供理论支持,并为企业和社会应对未来智能化转型提供实践指导。然而,现有文献对该话题并没有深入解答,因此需要采用探索性案例研究方法(毛基业和苏芳,2019)。③本文对案例企业进行探索,需要深入细致地描述和剖析案例材料和数据,因而选择纵向单案例研究方法,旨在了解该对象在不同时间点的变化过程以及因果关系,这有助于理解特定现象背后动态、复杂的过程与机制,提炼出解释复杂现象的理论或规律(Eisenhardt and Graebner, 2007; 许晖等,2023)。

2. 案例企业选择及其概况

本文选择新天钢作为研究对象,主要原因如下:①遵循案例典型性原则。作为中国钢铁企业的典型代表,新天钢基于大数据、云计算等数字技术,充分释放数据价值,不断强化人与机器适配度,从单纯依赖机器的生产力提升转向追求人机和谐共生的新型生产模式,驱动企业转型升级与高质量发展。②遵循案例启发性原则。混合所有制改革(简称混改)后,新天钢深入践行“数字化投入不设上限”理念,基于数字化技术充分发挥数据要素价值,全方位实施业务流程数字化改造,不断加强人与机器的信息共享、知识流动与深度融合,在较短时间内实现了从人机冲突事件频发到成为人机融合行业标杆的巨大飞跃,为中国制造型企业从人机冲突走向人机融合提供了经验参考。

新天钢是2019年由德龙集团控股混改原渤海钢铁集团旗下的天钢集团、天铁集团、冶金集团钢铁板块重组而成的大型联合钢铁企业。该公司旗下涵盖9家生产实体企业,集冶炼、轧钢、焦化、金属制品、科技研发、经营贸易为一体。新天钢在工业互联网建设和数字化转型方面投入超过1.6亿元,设计了以工业互联网架构为指导的顶层战略,通过物联网、新一代信息技术的实施及关键设备设施的升级改造,建成集环保、生产、能源、安防、物流“五位一体”的工业互联网中心,形成以新天钢总部为运营中心、旗下各实体为智能制造基地,覆盖钢铁产业链的协同制造发展模式。新天钢旗下德材科技冷轧薄板公司入选“福布斯中国2021年度中国十大工业数字化转型企业”,其依托树根互联根云平台的“5G+智能工厂”建设,推动传统钢铁企业焕新升级。

为充分识别和挖掘新天钢数字化转型中人机关系重塑的动态演进过程,本文依据访谈资料和二手资料,纵向梳理了新天钢人机关系重塑关键事件及特征。新天钢在人机冲突事件触发下经历磨合、互补、协同三个阶段,实现人机关系重塑,由人机冲突成功转变为人机融合。具体而言,磨合阶段重点聚焦于解决人机冲突带来的安全问题并建立初步的人机工作默契,员工获取数字知识并迅速建立行为反馈,机器将业务知识进行数据化解构与标准化处理并快速匹配业务需求,最终实现人机适应;互补阶段重点聚焦于主从关系下人与机器的优势互补互促,员工通过整合异质性知识单元形成系统性数字知识体系,机器基于智能算法,将数字知识应用到业务流程中并充分发挥价值,最终实现人机协作;协同阶段重点聚焦于双主体逻辑下人机知识共享与深度协同模式及其带来的效率提升与创新能力增强,员工进行从局部到整体的持续性知识要素重组活动,机器用AI知识代替已有知识和陈旧知识,并通过图像识别及深度学习向人类思维靠拢,实现人与机器在感知和决策上的同步,最终实现人机融合。

3. 数据收集与整理

本文相关数据收集自2020年8月至2023年7月。研究团队分别于2022年2月和2022年8月前往新天钢天津总部进行正式访谈调研,部分成员被指派到新天钢进行为期两个月的实习调研。期间,还分别于2021年12月、2022年5月、2022年7月和2023年4月在新天钢各子公司对相关人员进

行了半结构化访谈。研究团队在2020年8月至2022年12月还采用腾讯会议访谈、微信访谈、电子邮件沟通、电话访谈等方式进行数据收集。访谈对象包括集团及分公司的中高层管理者、参与企业数字化转型的员工代表等,每次访谈时间控制在1—3小时内,并进行录音整理,形成本文所需要的基础数据。整理后的访谈信息如表1所示。

表1 案例企业半结构化访谈信息及编码

访谈对象	访谈内容	时长/分钟	编码
集团高级副总裁	新天钢数字化转型历程、战略布局、面临的问题及解决对策等	122	S1
数字信息化部副部长	对数字技术赋能、数据价值释放过程的描述等	193	S2
能源环保部副部长	数字赋能环保中遇到的困难和挑战,以及经验的梳理和总结	146	S3
生产运营部部长	新天钢生产业务数字化战略规划、策略执行等	110	S4
生产运营部副部长	新天钢生产工艺与运营管理环节的具体数字化转型措施等	95	S5
风控合规部副部长	新天钢面临的数字化风险,以及风险识别、评估与监督管理等	113	S6
冷轧薄板副总经理	“5G+智慧工厂”发展历程、智能制造对业务流程的影响等	135	S7
数字信息化部员工	在数字技术应用时遇到的问题,以及对企业数字化转型的看法等	120	S8-S9

为保证研究的信度与效度:①研究团队在4位商学院教授指导下,经过初步的资料收集和讨论形成调研计划和研究设计;②遵循“三角检验”原则,通过多次调研和半结构化访谈收集原始数据,并从多种来源补充资料,丰富本文的证据链;③采用“一阶/二阶结构化数据分析方法”深入分析制造型企业人机关系重塑纵向演化过程(Gioia et al., 2013;毛基业和苏芳,2019),分小组进行数据分析和独立编码,并补充基础数据以保证其完整性。不断分析原始数据、各阶构念和参照理论,与现有文献反复比较直至理论饱和状态,形成稳健的、适应性的理论分析框架^①。

四、案例分析与发现

本文剖析人机冲突触发事件的类型与维度识别,从磨合、互补、协同三个阶段对案例企业人机关系重塑的动态演进过程与知识编排机制进行解析,尝试打开案例企业由人机冲突转变为人机融合过程中的知识编排“黑箱”。

1.人机冲突触发事件类型与维度识别

人机冲突是指人与机器在各方面产生的障碍、事故、不匹配等不和谐关系的事件集合。基于内外部环境分析与案例企业管理实践,新天钢的人机冲突触发事件主要表现在两个方面:组织层面人机冲突和行业层面人机冲突。

(1)组织层面人机冲突,是指企业内部发生的一系列人与机器不和谐关系的事件集合。新天钢组织层面人机冲突主要表现在数字基础薄弱、运行程序繁琐、数字机器闲置和技术与业务不匹配等方面。混改前,企业对数字技能重视程度不够,导致大多数员工的机器操作技能匮乏,学习成本较高;新天钢引进的机器设备对运动定位精度和运行稳定性要求高,机器运行程序较为繁琐,耗费时间,容易出错,检查维修时间也较长;同时,新天钢数字喷号机械臂等机器设备大量闲置,没有得到充分利用,员工更多依靠传统经验性决策来工作;由于混改前数据采集点位有限,新天钢很多业务

^① 具体数据分析方法内容参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajeass.com)附件。

数据并没有被有效利用,机器无法对模型算法进行迭代优化,导致机器无法与业务进行适配。正如其风控合规部副部长所言:“技术不是最大的挑战和难点,难点是技术对业务场景的匹配度”(S6)。

(2)行业层面人机冲突,是指行业内部发生的一系列人与机器不和谐关系的事件集合。通过对整个钢铁行业中普遍存在的人机冲突现象研究,新天钢深入了解钢铁行业在人机协同发展过程中的痛点和挑战。新天钢行业层面人机冲突主要表现在安全事故频发、数据信息造假和数据信息泄漏等方面。2019年,多家钢铁企业出现机器紧急制动等异常情况,导致多起机器安全事故发生。2019年2月,云南玉溪汇溪钢铁有限公司发生机器安全生产事故,引发社会广泛关注;国内部分钢铁企业发生多起数据信息造假事件,2018年8月,江苏镇江龙江钢铁公司指使工人篡改并谎报烟气在线监测系统数据,导致二氧化硫实时排放监测数据严重失实;同时,钢铁行业数据泄漏事件屡见不鲜,2019年2月,国内一家钢铁企业遭到黑客攻击,发生大规模数据泄漏,超过2万人数据被泄漏。这些问题引起新天钢高层的高度紧张与重视。正如其副总裁所言:“出于自身发展需求,新天钢必须解决行业内普遍存在的数据泄漏风险,增强数据安全”(S1)。

在组织层面与行业层面人机冲突事件的共同触发下,新天钢积极参与到人机关系重塑互动之中,经历磨合、互补、协同三个阶段,通过人类主体与机器主体的知识编排机制,最终由人机冲突成功转变为人机融合。

2. 磨合阶段:从人机冲突到人机适应

基于案例企业管理实践,在磨合阶段,新天钢初始状态表现为“人机冲突”,即员工与机器对彼此性能特点和互动行为不熟悉,可能存在误解、误操作或低效率;同时,部分员工对数字化系统设备持怀疑或抗拒态度,导致人机冲突事件频发。因此,在磨合阶段,新天钢的知识编排机制主要表现在两个方面:知识捕获(以人为主体)和知识解码(以机器为主体)。

(1)知识捕获,是指人类主体在人机冲突事件触发下通过急速调整认知,积极从失败中获取、学习数字知识并迅速建立行为反馈,以实现应对人机冲突威胁与快速适应机器的目的。新天钢的知识捕获机制主要表现为认知知识捕获与行为知识捕获。

认知知识捕获是指员工通过获取与输入数字知识,转变传统思维,以数字化思维推动企业高质量发展。新天钢的认知知识捕获机制主要表现在数字文化塑造、数字战略制定与企业家精神推动等方面。新天钢数字化团队深入业务一线,白天前往业务部室实地调研,晚上与业务人员进行交流,营造企业数字文化氛围;同时,新天钢制定数字战略发展理念,围绕“665智能炼钢”数字化顶层战略规划开展数字化工作;新天钢董事长丁立国对数字化全力推动不设上限,投入大量资金以及数百人团队参与到数字化工作之中。正如新天钢副总裁所提到的:“数字化转型是个一把手工程,新天钢数字化取得今天的成就,离不开董事长丁立国企业家精神的持续引领”(S1)。

行为知识捕获是指员工通过获取数字知识技能与经验,迅速建立行为反馈,提高人机匹配度。新天钢的行为知识捕获机制主要表现在数字技能培训、数字对标学习与数字激励强化等方面。新天钢棒材厂组织员工开展多次数字设备技能培训,提高轧钢员工对数字化系统与设备操作熟悉程度;新天钢还在行业内外寻找数字标杆企业调研访谈,学习数字化先进管理方法,查找自身差距;同时,新天钢制定了数字激励措施,强化员工数字技能学习,对表现突出的员工给予表彰鼓励。正如生产运营部部长所言:“钢铁行业员工普遍存在以通用技能为主、数字化技能不足的问题,而新天钢在这方面已经走在了行业前列”(S4)。

(2)知识解码,是指机器主体在人机冲突事件触发下通过将业务知识进行数据化解构与标准化处理,在海量数据基础上不断优化模型算法,实现应对人机冲突威胁和快速匹配业务需求的目的。

新天钢的知识解码机制主要表现为业务知识数据化和业务数据结构化。

业务知识数据化是指机器通过数智技术对业务流程、规则和经验知识进行分析、分解和结构化处理,将提取出来的业务知识元素转化为便于机器处理的形式,如知识图谱、规则库、算法模型等,并以数据形态沉淀下来的过程。新天钢的业务知识数据化机制主要表现在业务流程电子化、传感器数据采集与数据安全访问等方面。2019年,新天钢引进金蝶云苍穹系统,对财务业务进行电子化处理,将报销全流程涉及的数据保存到苍穹系统中;同时,新天钢针对PLC系统网络分布与IP地址分配情况,对原有网络进行系统改造,生产单元实时数据均能采集上传;新天钢还在系统中架设网关与网闸双重保险,严格限制数据访问权限,一旦发现数据异常,会第一时间自动预警,保证数据安全性。正如新天钢数字信息化部副部长所言:“在保证数据安全的前提下,新天钢各生产业务流程项目均通过数据采集平台实现了数据的整理与自动上传”(S2)。

业务数据结构化是指机器通过遵循数据格式与长度规范,将业务数据进行标准化处理,并进行存储和管理的过程。新天钢的业务数据结构化机制主要表现在数据标准化、数据分类解析与数据清洗入库等方面。为了打破多套编码体系并存的现状,新天钢完成了主数据标准的引进、修订及平台开发工作,涉及近百个主数据标准大类的确认与修订;同时,新天钢通过对炼钢业务数据进行分类和系统分析,实现信息模块化重组,不断优化影响钢坯质量工艺参数;针对业务系统错误数据进行清洗,合规数据通过无线射频识别技术实现高效数据存储与检索。正如新天钢副总裁所言:“主数据标准化工作在信息化业务中是出了名的硬骨头,通过主数据标准化才能为部门和系统间的数据集成和共享奠定数据基础”(S1)。

通过企业知识编排行为,新天钢员工逐渐了解并掌握机器的操作方式和功能特点,机器通过算法优化等方式适应员工操作方式和认知特点,人与机器二者能够根据对方行为、需求、能力和状态进行适配对接与调整优化,完成人与机器的磨合与匹配,人机关系由“人机冲突”转变为“人机适应”。

3. 互补阶段:从人机适应到人机协作

基于案例企业管理实践,在互补阶段,新天钢初始状态表现为“人机适应”,即员工与机器在基本操作层面达到一定默契,开始在业务中发挥各自优势,但配合程度有限,在某些复杂任务场景下人机合作分工还不明确。因此,在互补阶段,新天钢的知识编排机制主要表现在两个方面:知识整合(以人为主体)和知识嵌入(以机器为主体)。

(1) 知识整合,是指人类主体对不同知识单元进行梳理与整合,形成系统性数字知识体系的过程。新天钢的知识整合机制主要表现为技术知识整合与业务知识整合。

技术知识整合是指员工将不同技术知识模块整合成系统数字知识体系并有效指导业务优化的过程。新天钢的技术知识整合机制主要表现在外部技术引入、内部技术开发和技术人才引进等方面。新天钢与阿里云、树根互联等企业签署数字化合作协议,借助其技术实力,在钢铁智能制造等方面开展合作;同时,由于原先MES系统无法适应业务需要,新天钢数字化团队自主研发MES产供销一体化系统,已完成各模块功能、系统接口开发及测试工作,极大地提高了适用性和开放性;作为混改后新成立的部门,新天钢数字信息化部在招聘员工时,人数不限量,工资上不封顶,大量引进高水平的数字技术人才。正如数字信息化部副部长所言:“通过员工技术方面的知识沉淀,新天钢数字化转型的步子会迈得更稳”(S2)。

业务知识整合是指员工针对不同业务知识模块开展识别、汇总、转化与共享的过程,实现知识的应用与创新。新天钢的业务知识整合机制主要表现在业务知识汇总、业务知识转化与业务知识共享等方面。针对技术工人长期积累的高炉温度评估、转炉火苗颜色判断等经验知识,新天钢进行

系统性采集、组织、管理与汇总;同时,新天钢通过与员工深度谈话等方式将炼铁、炼钢等业务环节的经验知识转化为容易理解的知识形式,并通过一定规则将这些知识进行结构化梳理;之后,新天钢将操作性强的业务知识在全厂内进行知识分享与传播,提升员工对数字知识的感知、理解和内化水平。正如生产运营部副部长所言:“员工生产实践中产生的新思路新点子,如果被证明确实有效果,那么我们一定要将它转变为企业发展共享的知识”(S5)。

(2)知识嵌入,是指机器主体借助计算优势与强拟合能力,主动响应人的操作指令,从大量原始数据中学习、抽象出规律,将数字知识应用到业务流程中并充分发挥价值的过程。新天钢的知识嵌入机制主要表现为模块知识嵌入与集成知识嵌入。

模块知识嵌入是指机器在不同价值链模块中应用数字知识并赋能业务的过程,充分释放数据价值。新天钢的模块知识嵌入机制主要表现在生产数据挖掘、物流科学调度与环保数字管控等方面。生产端新天钢通过系统核心知识库进行产能分配计算和当前产线现状分析,形成最佳的铁钢匹配、炉机匹配的生产模式;物流端新天钢打造绿色物流调度平台,不仅可以根据运输需求直接网上下单,快速匹配运力,还能通过数据联动实现运输实时精准定位;环保端新天钢配备40个数字化空气质量检测微站、近百个悬浮颗粒物浓度检测点位,实时智能监控厂区污染排放情况,实现厂区排污监测无死角全覆盖。正如能源环保部副部长所言:“我们试图通过数字技术赋能企业绿色发展,提高效率的同时还能减少能源消耗和环境污染”(S3)。

集成知识嵌入是指机器将数字知识纳入工业互联网平台进行二次开发与重复调用,实现生产要素数据的在线连接和实时交互。新天钢的集成知识嵌入机制主要表现在业务自动执行、平台资源“巧”配与数据互联互通等方面。新天钢在工序衔接环节上线多套数字设备,通过与平台联网自动执行部分业务,减少人工参与;同时,新天钢大数据平台通过智能排程算法模型对各部门资源需求紧急程度进行排序,之后通过采购程序对资源进行优化配置;新天钢还通过工业互联网平台搭载300平方米LED屏幕,有效整合炼铁、炼钢与轧钢等业务域数据,24小时滚动显示各生产工序进程,打造全流程、全产业链、全价值链数据共享。正如生产运营部部长所言:“工业互联网平台可以为不同部门管理人员提供可视化关键信息展示,实现跨部门数据互联互通”(S4)。

通过企业知识编排行为,新天钢实现了人与机器基于主从关系的互补与协作,人与机器二者共享同一空间,并在执行任务时相互协调、交互,共同完成任务目标,形成互补优势,实现人机关系由“人机适应”向“人机协作”的转变。

4. 协同阶段:从人机协作到人机融合

虽然新天钢在上一阶段有效实现了“人机协作”,即人与机器之间的互动趋于顺畅,协作效率较之前有所提高,但系统自适应学习能力与柔性化水平不足,尚不能完全理解员工的操作习惯及技能水平差异。因此,在协同阶段,新天钢的知识编排机制主要表现在两个方面:知识重组(以人为主体)和知识更新(以机器为主体)。

(1)知识重组,是指人类主体进行从局部到整体的持续性知识要素重置活动,对自身知识结构与知识模块化关系重新组合,形成AI时代的智能知识体系,实现人与机器协同。新天钢的知识重组机制主要表现为知识结构重组与知识关系重组。

知识结构重组是指员工在AI技术基础上,对自身数字知识体系中的知识因子进行结构上的重新组合,形成智能知识体系的过程。新天钢的知识结构重组机制主要表现在智能模块内化、知识跨界合作与异质性知识组合等方面。新天钢携手树根互联合作打造“5G+智慧工厂”项目,基于工业互联网平台进行顶层规划与分步实施,不断提高员工与智能制造设备的交互协同能力,有效推进员

工智能知识的吸收与内化；同时，新天钢积极与外界主体进行跨界知识合作与共享，通过与华为等企业对接，对人工智能等领域的技术趋势和产品方案进行详细对标，针对智能技术与应用场景深度融合展开合作；为了快速适应外部环境变化，新天钢通过整合不同领域专家的独特知识与智能制造设备操作技能，将异质性知识内化到员工智能知识体系之中，激发员工创造力。正如新天钢副总裁所言：“在人工智能与5G等新一代智能技术背景下，员工的知识体系也在发生变化，需要不断提高与这些智能设备的交互能力”(S1)。

知识关系重组是指员工在数字知识领域中提取大量知识因子，对其进行分析与综合，形成新的知识关联，从而提炼出智能知识模式的过程。新天钢的知识关系重组机制主要表现在角色重新定位、人机共同学习与双主体模式构建等方面。人工智能时代，新天钢在全集团统一认识，将智能制造作为当前“一号工程”，加快实现智慧制造在全集团的落地；通过建设生产设备智能控制系统，提高智能制造装备与人员的交互协作能力，实现人机自主协同与共同学习；同时，还通过智能制造设备进行自主分析和决策，不只是把机器看作辅助工具，而是通过高层次整合功能对兼容有效的元知识进行标识以便复用。正如数字信息化部副部长所言：“人机融合与协同创新，是钢铁行业智能制造未来发展的主要方向”(S2)。

(2)知识更新，是指机器主体在AI技术赋能下进行知识要素更新迭代，用AI知识代替已有知识和陈旧知识的过程，提升自感应、自适应、自决策的智能化能力。新天钢的知识更新机制主要表现为知识迭代更新与知识重构更新。

知识迭代更新是指机器在已有数字知识体系基础上进行知识渐进式迭代升级，提升机器设备智能化能力，模仿生物进行感知、推理和学习等智能活动。新天钢的知识迭代更新机制主要表现在柔性化生产、AI预测性维护与生产智能感知等方面。新天钢通过开发智能平台实现智慧优化自决策，根据市场及消费者个性化需求的变化来灵活调节生产，提升效率；同时，新天钢建成设备的AI预测性维护系统，传感器温度、压力、流量等数据实时传送云端，实现设备即时监测、诊断与处置的全生命周期管理；新天钢还将多项智能技术植入智慧炼铁，打造高炉风口智能诊断系统，对异常情况进行智能识别、感知与分析，促进节能降耗。正如其生产运营部副部长所言：“智能平台的应用能对炼铁、炼钢等工艺数据有全盘了解，使新天钢能清晰分析自身缺陷，并通过产能分配计算和当前产线现状分析，形成效率最佳的铁钢匹配、炉流匹配、炉机匹配的生产组织模式，实现高级排程，有效优化生产方式”(S5)。

知识重构更新是指机器对现有知识模块进行颠覆式重构，对部分业务进行开拓式创新的过程，以不断增强人机交互协同能力。新天钢的知识重构更新机制主要表现在供应链协同、生态系统构建与服务化延伸等方面。新天钢通过跨部门、跨企业的数据互通和业务互联，推动供应链企业共享客户、订单、生产等资源，实现网络化协同，进而促进资源共享与业务优化配置；新天钢还通过汇聚企业、科研等各类主体，拓宽供应链合作渠道，构建安全高效钢铁产业生态圈，形成跨界融合、协同创新的钢铁产业生态；同时，新天钢从单纯出售钢铁制品向出售数字化解决方案转变，自主研发了智慧生产、智慧物流等多套数字管控系统解决方案，多家钢铁企业均已成功运行并实现智能生产。正如其数字信息化部副部长所言：“新天钢依托多年的冶金制造业经验和技术积累原型场景，打造以‘工业互联网平台、慧视平台和智慧物流管控平台’为核心的三大产品体系，形成多项智能化整体解决方案”(S2)。

通过案例企业知识编排行为，新天钢形成了基于双主体关系的人机深度耦合、交互协同和持续优化的新型人机关系，即人机融合，人与机器二者不再仅仅是简单的协作配合，而是通过知识编排、决策共享以及行为协调等方式逐渐形成真正意义上的人机共生伙伴关系，人机关系由人机协作转变为人机融合。

五、双主体逻辑下制造型企业人机融合理论分析

本文通过对案例企业的探索性单案例分析,深入研究人机冲突触发事件的类型与维度识别、从人机冲突向人机融合转变的过程与机制,以及知识编排在人机关系重塑过程中的作用机制,提炼了知识编排视角下制造型企业人机关系重塑内在机制理论模型,见图1。

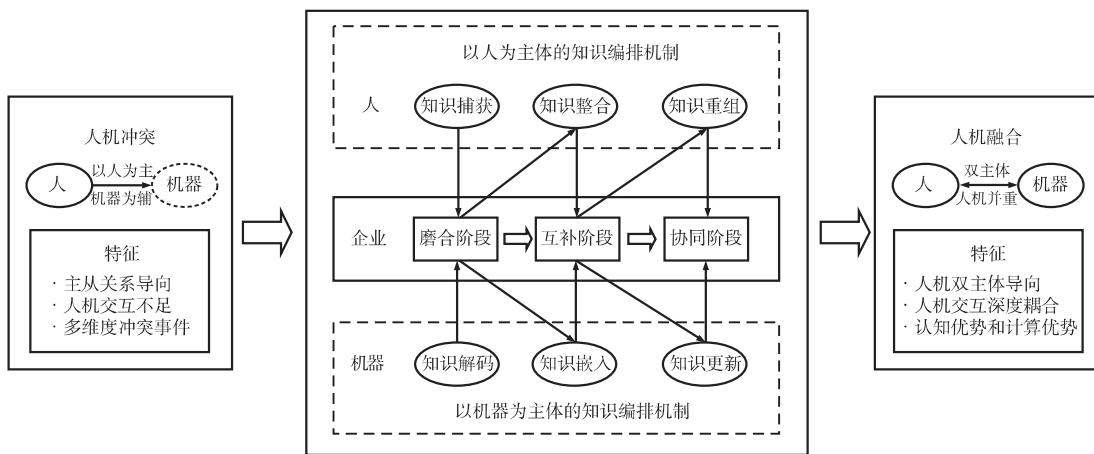


图1 知识编排视角下制造型企业人机关系重塑内在机制理论模型

1. 人机融合及其动态演进过程

传统经济情境下,制造型企业将机器看作辅助生产工具,缺乏对人机交互与机器的持续关注,导致人机冲突事件频发(Bartezzaghi, 1999)。现有人机关系研究主要聚焦于传统经济情境下以人类主导逻辑为主的人机协作,智能经济情境下新型人机关系研究是一个全新的议题。智能经济时代,“人+智能机器”组合的新组织形态已成为企业加速价值链升级和重构的重要抓手(Semeraro et al., 2023),机器学习算法能力呈指数级增长,具备感知、认知和执行功能等数字化推进形式(Rymarczyk et al., 2021),机器不再只是辅助生产工具,而是与人类密切协作,共同推动生产方式从效率型向创新型转变的能动要素(Bocewicz et al., 2022),人机关系正经历“以人为主、机器为辅”主从关系到“人机并重”双主体关系的演化进程,形成人机价值共创的新型组织形态(Pizoń and Gola, 2023; 吴小龙等, 2023)。

本文认为,智能经济时代,人工智能等数字技术的发展催生了一种新型人机关系形态,即人机融合:人与机器共同作为主体,通过信息无缝交互、融合智慧形成混合智能,兼具人类智能的认知优势和机器智能的计算优势(Simmler and Frischknecht, 2021),实现人在感知和决策上的同步,以更高层次的知识整合进行创新活动(Rymarczyk et al., 2021)。

通过案例分析,本文发现,从知识编排视角出发,制造型企业人机融合的动态演进过程由磨合、互补与协同三个阶段构成。企业在磨合阶段解决人机冲突问题,进行知识输入与行为反馈,促进人机适应;在互补阶段解决业务瓶颈问题,将数字知识应用于业务流程,促进人机协作;在协同阶段解决体系僵化问题,进行从局部到整体的持续性知识要素重组,促进人机融合。具体的动态演进过程见图2。

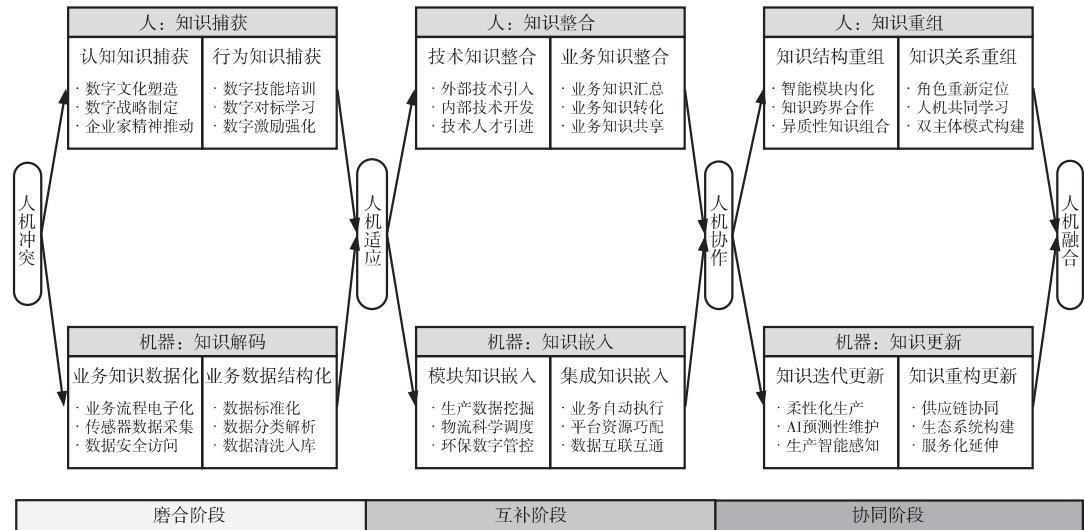


图2 制造型企业人机融合的动态演进过程

(1) 磨合阶段。随着智能化技术的广泛应用,制造型企业人机关系正在经历深刻变革,这个过程可能会出现岗位角色转变、管理流程冲突与员工安全威胁等多维度人机冲突事件。在组织维与行业维人机冲突事件共同触发下,制造型企业人在人机关系重塑过程中的磨合阶段通过人类主体的知识捕获与机器主体的知识解码等知识编排机制,快速化解人机冲突,提升人机适应与匹配度。其中,知识捕获旨在快速调整认知,即员工在人机冲突事件触发下获取数字知识并迅速建立行为反馈,主动培养数字化思维。知识解码旨在进行业务知识的数据化解构,即机器通过业务知识的数据化解构与标准化处理,在海量数据基础上不断优化模型算法,快速匹配业务需求。同时,在磨合阶段,制造型企业完成了人机关系特征方面的转变。初期,由于技术和管理等方面不足,企业员工与机器之间存在操作习惯、工作效率、安全风险等方面的冲突。然而,随着实践经验的积累,企业开始注重优化人机交互设计和调整人机管理策略,使得人机交互更加和谐,减少了冲突事件的发生。企业从人机冲突事件频发转变为人机匹配度不断提升(Maurice et al., 2001),开始从忽略人机关系管理转变为关注人与机器二者的交互关系,推动人机适应性成长,如表2所示。

表2 制造型企业人机关系磨合、互补与协同阶段的对比

	磨合	互补	协同
人机关系特征	从人机冲突向人机适应转变	人机适应	人机适应
变革重塑模式	业务数据化	从业务数据化向数据业务化转变	数据业务化
组织主导逻辑	人类主导逻辑	人类主导逻辑	从人类主导逻辑向人机双主体逻辑转变

(2) 互补阶段。制造型企业人在人机关系重塑过程中的互补阶段通过人类主体的知识整合与机器主体的知识嵌入等知识编排机制,形成系统性数字知识体系,以人机协作赋能业务优化。其中,知识整合旨在促进不同模块知识融合创新,即员工对不同知识单元进行梳理与整合,形成系统性数字知识体系的过程。知识嵌入旨在发挥数据驱动作用,即机器借助计算优势与强拟合能力,将数字

知识嵌入业务流程并发挥价值的过程,实现人机协作赋能业务优化。同时,在互补阶段,制造型企业完成了变革重塑模式方面的转变。企业从业务数据化转变为数据业务化,开始关注数据要素价值,机器通过深度学习从海量数据中提炼出规律(周翔等,2023),由简单的业务知识解码与标准化过程转向人机协作赋能业务优化。

(3)协同阶段。制造型企业人在机关系重塑过程中的协同阶段通过人类主体的知识重组与机器主体的知识更新等知识编排机制,将机器的计算优势与人类的认知优势相融合,实现人与机器在感知和决策上的同步,最终实现人机融合。其中,知识重组旨在针对知识结构与知识关系进行持续性知识要素重置,即员工对自身知识结构与知识模块化关系进行重新组合,形成AI时代的智能知识体系。知识更新旨在提升机器智能化能力,即机器用AI知识代替已有知识和陈旧知识,并通过图像识别及深度学习向人类思维靠拢,在自我反馈循环中通过迭代运算获得能力进化。同时,在协同阶段,制造型企业完成了组织主导逻辑方面的转变。企业从人类主导逻辑向人机双主体逻辑转变,智能机器不再只是辅助生产工具,而是与人类密切协作与深度融合,共同推动生产方式从效率型向创新型转变的关键能动要素(Rymarczyk et al.,2021;Pizoń and Gola,2023)。因此,组织中的决策不再仅仅由人来完成,机器也成为决策的主体,由简单的以人为中心转向以人与机器为中心,机器由辅助工具变成了工作伙伴,建立人机双主体的良性互动机制,形成人机价值共创的新组织形态(任宗强和陈淑娴,2021)。

2. 人机融合的双主体逻辑

现有人机关系研究提出了替代逻辑与互补逻辑两种人机关系逻辑,本文解析了知识编排视角下制造型企业人机关系重塑的动态演进过程与内在机制,将现有以替代逻辑与互补逻辑为主的人机关系研究拓展为人机融合的双主体逻辑研究,在作用主体、知识结构、关键特征与路径模式等方面呈现出与现有研究不同的逻辑特征,丰富了智能经济时代企业人机关系重塑的理论研究。企业人机关系逻辑比较见表3。

(1)作用主体。现有人机关系研究中,替代逻辑强调的是人与机器的冲突与不和谐特征,在某些领域机器依靠强大计算能力取代了人类认知能力(Balasubramanian et al.,2022),重点聚焦于员工受到机器的威胁与冲击。互补逻辑则强调人类可以依靠创造性思维与社会互动等独特能力对机器下指令,与机器的准无限计算能力互为补充(Murray et al.,2021),重点聚焦于员工对机器的指挥与领导角色。总体而言,现有研究主要将人作为人机关系的主体,机器作为辅助工具。本文的案例研究表明,在智能经济时代,人与机器的学习轨迹不再分割,二者在同一空间和平台上通过紧密的流程衔接和协调共同完成工作任务,机器能模仿生物进行感知、推理和学习等智能活动,不再只是辅助生产工具,而是与人共同作为主体参与企业数智化变革,实现价值共创。因此,在智能经济时代,企业人机关系逻辑不是替代逻辑和互补逻辑,而是双主体逻辑。

表3 智能经济时代企业人机关系逻辑比较

比较维度	现有研究中的人机关系逻辑		本文提出的人机关系逻辑 双主体逻辑
	替代逻辑	互补逻辑	
作用主体	以人为中心	以人为中心	以人与机器为中心
知识结构	知识迁移	知识补偿	知识编排
关键特征	机器取代人进行业务变革	机器辅助人进行业务优化	人与机器共同进行价值创造
路径模式	在高度标准化的流程作业下,企业引入机器替代人工,实现大规模生产,降本增效	在业务数据化基础上,发挥机器在搜索、计算、存储等方面优势,赋能业务优化,实现数据业务化	人与机器在同一平台协作并进行无障碍信息传递,兼具人类智能的感知优势和机器智能的计算优势,实现人与机器在感知和决策上的同步

(2)知识结构。制造型企业人机关系重塑的本质是知识结构的更迭与置换。现有的人机关系研究中,替代逻辑强调知识迁移过程,重点关注在某些标准化流程较高的领域,机器知识代替过去的人工知识,实现知识由人脑迁移到数据云端并赋能业务优化(Simões et al., 2022)。互补逻辑则强调知识补偿过程,重点关注在通用知识基础上,机器知识是对人类认知知识的补充,可以通过可视化人机交互界面充分发挥机器知识优势来补偿员工知识短板,最终通过人的指挥和机器的执行,共同达成目标(Semeraro et al., 2023)。与上述两种人机关系逻辑的知识结构不同,本文通过案例分析归纳出人机融合的双主体逻辑,强调人类知识与机器知识呈现出一种知识编排过程,即根据内外部环境动态调整人机知识资源开发、整合与利用过程,人机通过知识交互、融合智慧形成混合知识,以更高层次的知识整合进行创新活动(Rymarczyk et al., 2021),构建可持续竞争优势。

(3)关键特征。现有的人机关系研究中,替代逻辑强调机器取代提供相同功能的员工进行业务变革(Levinthal and Wu, 2010),与人类不同,机器具有准无限的信息处理能力,通常能比人类提供更精准的预测,进而发生替代效应(Jiang et al., 2017; Raisch and Krakowski, 2021)。互补逻辑则强调机器可按照特定方式主动响应人的操作指令,通过人机交互成为独特资源组合(Murray et al., 2021),发挥数据驱动效应,辅助人类赋能业务优化。与上述两种人机关系逻辑的关键特征有所不同,本文通过案例分析归纳出人机融合的双主体逻辑,强调随着AI技术的成熟,机器可以通过图像识别及深度学习等向人类认知思维靠拢,人的决策与智能算法将高度融合,形成创新合力,组织中的决策不再仅仅由人来完成,机器也成为决策的主体,决策将是人与机器通过无障碍信息传递协同产生的结果,建立人机双主体的良性互动机制,呈现人机共生的新生态。

(4)路径模式。现有的人机关系研究中,替代逻辑强调人在特定领域的预测能力具有高可替代性,而机器的计算优势可能会降低人类预测能力的传统价值(Ahuja et al., 2005),因此,在高度标准化的流程作业下,企业引入机器实现了对人力资源的部分替代,助力大规模生产与降本增效(Verganti et al., 2020)。互补逻辑则强调将人与机器整合成为独特资源组合,为可持续竞争优势提供基础(Metcalf et al., 2019),因此,在机器计算优势的辅助下,人类可以依靠创造性思维和社会互动等独特认知能力(Murray et al., 2021),通过人机协作共同赋能业务优化,实现数据业务化向业务数据化转变。与上述两种人机关系逻辑的路径模式不同,本文案例研究表明,智能经济时代,机器可以通过自主分析和智能决策来响应环境变化,人与机器基于双主体逻辑,在同一平台上协作并进行无障碍信息传递,将人的感知优势与机器的计算优势有机融合,形成创新合力,实现人与机器在感知和决策上的同步,以更高层次的知识整合进行创新活动。

六、结论与启示

1.研究结论

本文从知识编排视角解构智能经济时代制造型企业人机关系重塑的动态过程与内在机制。研究表明:①作为转型前置情境要素,制造型企业人机冲突的类型和维度识别可以解构为组织维和行业维两个维度,共同触发企业参与人机关系重塑互动过程。②制造型企业人在人机关系重塑的纵向三阶段中,分别以磨合、互补和协同作为不同阶段的企业人机关系重塑重心和转型方向。同时,知识编排在制造型企业人机关系重塑过程中发挥重要作用,不同阶段呈现出不同的知识编排机制:磨合阶段的知识编排机制要素表现在知识捕获和知识解码,聚焦于人机冲突事件触发下员工获取数

字知识并迅速建立行为反馈,机器将业务知识进行数据化解构与标准化处理并快速匹配业务需求,最终实现人机适应;互补阶段的知识编排机制要素表现在知识整合和知识嵌入,聚焦于员工通过整合异质性知识单元并形成系统性数字知识体系,机器基于智能算法,将数字知识应用到业务流程中并充分发挥价值,最终实现人机协作;协同阶段的知识编排机制要素表现在知识重组和知识更新,聚焦于员工进行从局部到整体的持续性知识要素重组活动,机器用AI知识代替已有知识和陈旧知识并通过图像识别及深度学习向人类思维靠拢,实现人与机器在感知和决策上的同步,最终实现人机融合。③智能经济时代,企业新型人机关系形态表现为人机融合,其“人机并重”双主体逻辑与现有人机关系研究局限于人机替代与互补的“以人为主、机器为辅”传统单主体逻辑相比,在作用主体、知识结构、关键特征与路径模式等方面呈现出不同的表现特征。在智能经济时代,人与机器的智能学习轨迹不再分割,二者在同一空间和平台上通过紧密的流程衔接和协调共同完成工作任务,机器能模仿生物进行感知、推理和学习等智能活动,不再只是辅助生产工具,而是与人共同作为主体参与企业数智化变革,实现价值共创。

2. 理论贡献

本文的理论贡献主要是:①对智能经济时代制造型企业人机关系重塑机制的探讨,解构了人机冲突转变为人机融合过程中所涉及的关键要素,响应了Wang et al.(2021)对人机关系研究的呼吁,能够弥补现有文献对企业人机关系重塑考量不足所造成的研究缺口(Santosuoso, 2021)。现有人机关系研究大多聚焦于商业伦理与概念论述,主要从安全性视角(Maurice et al., 2001)、替代性视角(Ahuja et al., 2005)以及互补性视角(Murray et al., 2021)做了有益探讨,但大多停留在理论层面,对制造型企业人机关系重塑的纵向演化过程与内在机制缺乏足够关注(Santosuoso, 2021)。本文将知识编排理论引入制造型企业人机关系重塑过程,揭示了制造型企业由人机冲突转变为人机融合的动态演化过程,识别出人机融合形成的三个关键阶段,补充了以往基于静态视角的人机关系研究,拓展了现有文献关于人机关系研究的理论边界。②对知识编排视角下制造型企业人机关系重塑机制的探讨,创新性地将知识编排理论纳入人机关系重塑的考量范畴,解释了智能经济时代知识编排对企业人机关系重塑的作用机制,拓展了现有文献对于知识编排的理论研究边界(Grigoriou and Rothaermel, 2017)。现有知识编排研究大多聚焦于对知识资源进行搜集、筛选及部署(Grant, 1996),主要从能力视角(Kim et al., 2021)、转化视角(Rothaermel and Hess, 2007)及过程视角(Lovallo et al., 2020)对知识编排做了有益探索,但对知识编排的过程缺乏全面且细致的梳理,鲜有研究探讨企业人机关系的知识编排问题,以至于对制造型企业人机关系重塑过程中的知识编排机制仍不清楚(任宗强和陈淑娴, 2021)。本文构建了智能经济时代制造型企业人机关系重塑过程中的知识编排机制模型,为企业数字化转型中人机关系重塑的研究提供了全新视角,拓展了知识编排理论的使用情境。③基于知识编排视角下制造型企业人机关系重塑机制所提炼出的双主体逻辑,既是对传统人机关系研究中替代逻辑与互补逻辑的一种补充(Ahuja et al., 2005; Murray et al., 2021; Balasubramanian et al., 2022),也是对企业人机关系重塑理论规律挖掘的新尝试与新探索。传统的人机关系研究是以人类主导逻辑为主,聚焦于机器取代提供相同功能的员工从而进行业务变革的替代逻辑(Levinthal and Wu, 2010)与机器辅助提供异质性功能的员工从而进行业务优化的互补逻辑,而本文基于制造型企业人机关系重塑机制,提炼出人机融合的双主体逻辑,强调机器可以通过图像识别及深度学习向人类认知思维靠拢,组织决策将是人与机器通过无障碍信息传递协同产生的结果,具有明显的价值共创特征。本文对人机融合的“人机并重”双主体逻辑的探讨,弥补了现有人机关系研究局限于人机替代与互补的“以人

为主,机器为辅”单主体逻辑的不足,重新思考智能经济时代新型人机关系内在逻辑,为后续研究提供一定的理论参考。

3.实践启示

(1)企业管理层面。①本文对于企业重新认识知识资源在人机关系重塑过程中的关键作用具有启示。由于产品的复杂性和市场的快速变化,制造型企业需要将专家的知识和经验转化为可被机器理解和执行的操作指令,这就涉及对员工专业知识、操作技巧等隐性知识的显性化,并通过知识编排的方式融入机器编程逻辑和决策算法中,同时企业的知识管理系统需不断更新和完善,使机器能够根据数据学习优化生产流程、预测维护需求甚至自主调整参数,从而实现更高级别的人机交互和持续优化。本文的研究结果显示,在人机关系重塑过程中,企业应针对人与机器不同主体开展知识捕获与知识解码、知识整合与知识嵌入、知识重组与知识更新等一系列知识编排活动,对于不同发展阶段的企业,需要选择不同的知识编排策略助力人与机器在感知和决策上的同步与深度融合。例如,对于目前人机冲突事件频发的企业,应选择通过数字化培训等方式将结构化知识与经验传递给员工,确保其能够准确理解和有效操作机器设备,同时根据实时数据反馈调整知识库,让机器能够更好地理解人的意图,也能够及时向人传达机器的状态和决策依据。②本文对于企业重新认识人与机器在生产、运营和决策过程中的角色地位具有启示。在智能经济时代,企业在人机关系重塑过程中,应从以前的单主体(以人为主、机器为辅)模式向双主体(人机并重)模式转变。企业需要重新审视和定义人在智能系统中的角色,人不再是简单操作设备的员工,而是系统的管理者、监督者和创新推动者。同时,机器不再仅作为辅助工具,而是承担起自学习、自适应、处理海量数据与复杂智能分析等任务,实现与人高度协同与融合的主体。本文结果显示,企业应重构人与机器的角色与关系,不断加强机器感知、推理和学习等智能能力,明确机器不再只是辅助生产工具,而是与人共同作为主体参与企业数智化变革,实现价值共创。例如,在设计和执行任务过程中,企业应明确界定人与机器的职责范围,让员工专注于需要创新思维、判断决策以及复杂人际互动的任务,而将重复性高、计算量大、规律性强的工作交给机器处理,人与机器共同作为主体执行任务、制定决策。同时,根据实际工作需求和技术发展情况,企业应构建高效、直观的人机交互界面,灵活调整人与机器的分工比例,保持两者之间动态平衡,以应对不断变化的业务场景。

(2)政策制定层面。政府要加强数字创新体系建设,积极开拓智能机器在制造业、服务业、医疗健康等领域的应用场景,不断加强人机协同能力,助力社会经济高质量发展。随着AI技术不断发展,政府应出台一系列鼓励智能机器研发、生产及应用的政策法规,提供税收优惠、补贴或专项基金等激励措施,以促进相关产业在全社会的广泛应用;针对人机协同过程中可能出现的数据隐私保护、责任归属等问题,政府应建立健全相应的法律法规框架,为智能机器的广泛应用提供法律保障。本文通过案例研究归纳双主体逻辑下制造型企业人机关系重塑过程中的知识编排机制,为探索企业由人机冲突走向人机融合的纵向演进过程提供了场景化解释,未来有望拓展到智慧医疗、智慧教育等其他应用领域。因此,政府应在制造业、服务业、医疗健康等行业选取典型场景进行人机协同试点示范项目,通过成功案例带动更多企业借鉴学习,并逐步推广至全行业,助力中国智能制造实现跨越式发展。

4.研究局限与展望

尽管本文对知识编排视角下制造型企业人机关系重塑机制做了有益探索,但仍然存在一些不足之处有待完善。①以制造型企业为研究对象,尽管能将企业通过知识编排实现人机融合过程的

细节以详尽的方式展示,并得到启发性研究结论,但这并不能保证结论可推广到不同行业的企业研究中,未来研究需要进一步探讨其他类型企业的实现机制,以提升结论的普适性。②由于在当前研究阶段,访谈对象主要集中在某一特定区域,因此,数据收集和分析尚不全面,所得到的观察结果与结论可能具有一定的地域局限性,关于企业人机关系重塑机制的详细数据在未来研究中仍需进一步补充。

[参考文献]

- [1]毛基业,苏芳.质性研究的科学哲学基础与若干常见缺陷——中国企业管理案例与质性研究论坛(2018)综述[J].管理世界,2019,(2):115-120.
- [2]任宗强,陈淑娴.人机协同创新:面向智能制造的创新新范式[J].清华管理评论,2021,(11):24-31.
- [3]单宇,许晖,周连喜,周琪.数智赋能:危机情境下组织韧性如何形成?——基于林清轩转危为机的探索性案例研究[J].管理世界,2021,(3):84-104.
- [4]吴小龙,肖静华,吴记.人与AI协同的新型组织学习:基于场景视角的多案例研究[J].中国工业经济,2022,(2):175-192.
- [5]吴小龙,肖静华,吴记.当创意遇到智能:人与AI协同的产品创新案例研究[J].管理世界,2023,(5):112-126.
- [6]许晖,王泽鹏,刘田田,杨金东.数据驱动下高污染制造企业的绿色转型机制研究——基于新天钢的探索性案例分析[J].管理学报,2023,(12):1750-1761.
- [7]周翔,叶文平,李新春.数智化知识编排与组织动态能力演化——基于小米科技的案例研究[J].管理世界,2023,(1):138-157.
- [8]Ahuja, G., R. W. Coff, and P. M. Lee. Managerial Foresight and Attempted Rent Appropriation: Insider Trading on Knowledge of Imminent Breakthroughs[J]. Strategic Management Journal, 2005, 26(9): 791-808.
- [9]Balasubramanian, N., Y. Ye, and M. Xu. Substituting Human Decision-making with Machine Learning: Implications for Organizational Learning[J]. Academy of Management Review, 2022, 47(3): 448-465.
- [10]Bartezzaghi, E. The Evolution of Production Models: Is a New Paradigm Emerging [J]. International Journal of Operations & Production Management, 1999, 19(2): 229-250.
- [11]Bocewicz, G., R. Wójcik, and P. Sitek. Towards Digital Twin-driven Performance Evaluation Methodology of FMS[J]. Applied Computer Science, 2022, 18(3): 5-18.
- [12]Eisenhardt, K. M., and M. E. Graebner. Theory Building from Cases: Opportunities and Challenges[J]. Academy of Management Journal, 2007, 50(1): 25-32.
- [13]Gioia, D. A., K. G. Corley, and A. L. Hamilton. Seeking Qualitative Rigor in Inductive Research: Notes on the Gioia Methodology[J]. Organizational Research Methods, 2013, 16(1): 15-31.
- [14]Grant, R. M. Toward a Knowledge-based Theory of the Firm[J]. Strategic Management Journal, 1996, 17(S2): 109-122.
- [15]Grigoriou, K., and F. T. Rothaermel. Organizing for Knowledge Generation: Internal Knowledge Networks and the Contingent Effect of External Knowledge Sourcing[J]. Strategic Management Journal, 2017, 38(2): 395-414.
- [16]Jiang, F., Y. Jiang, and H. Zhi. Artificial Intelligence in Healthcare: Past, Present and Future [J]. Stroke and Vascular Neurology, 2017, 2(4): 230-243.
- [17]Kim, T. H., B. Choi, and J. N. Lee. Portfolio Effects of Knowledge Management Strategies on Firm Performance: Complementarity or Substitutability[J]. Information & Management, 2021, 58(4): 103468.
- [18]Levinthal, D. A., and B. Wu. Opportunity Costs and Non-scale Free Capabilities: Profit Maximization, Corporate Scope, and Profit Margins[J]. Strategic Management Journal, 2010, 31(7): 780-801.
- [19]Lovallo, D., A. L. Brown, and D. J. Teece. Resource Re-allocation Capabilities in Internal Capital Markets: The

- Value of Overcoming Inertia[J]. *Strategic Management Journal*, 2020, 41(8): 1365–1380.
- [20] Martin, S. L., and R. R. G. Javalgi. Explaining Performance Determinants: A Knowledge Based View of International New Ventures[J]. *Journal of Business Research*, 2019, 101: 615–626.
- [21] Maurice, P., M. Lavoie, and L. Laflamme. Safety and Safety Promotion: Definitions for Operational Developments[J]. *Injury Control and Safety Promotion*, 2001, 8(4): 237–240.
- [22] Metcalf, L., D. A. Askay, and L. B. Rosenberg. Keeping Humans in the Loop: Pooling Knowledge through Artificial Swarm Intelligence to Improve Business Decision Making[J]. *California Management Review*, 2019, 61(4): 84–109.
- [23] Mikalef, P., K. Conboy, and J. Krogstie. Artificial Intelligence as an Enabler of B2B Marketing: A Dynamic Capabilities Micro-foundations Approach[J]. *Industrial Marketing Management*, 2021, 98: 80–92.
- [24] Murray, A., J. E. N. Rhymer, and D. G. Sirmon. Humans and Technology: Forms of Conjoined Agency in Organizations[J]. *Academy of Management Review*, 2021, 46(3): 552–571.
- [25] Pizón, J., and A. Gola. Human-machine Relationship—Perspective and Future Roadmap for Industry 5.0 Solutions[J]. *Machines*, 2023, 11(2): 203.
- [26] Raisch, S., and S. Krakowski. Artificial Intelligence and Management: The Automation—augmentation Paradox[J]. *Academy of Management Review*, 2021, 46(1): 192–210.
- [27] Rezaie, M., and Z. Rahmani. Survey the Relationship between Effectivness of Process of Knowledge Management with Organizational Entrepreneurship of Public Servant In Golestan Province[J]. *New Marketing Research Journal*, 2014, 4(3): 211–230.
- [28] Rothaermel, F. T., and A. M. Hess. Building Dynamic Capabilities: Innovation Driven by Individual-, Firm-, and Network-level Effects[J]. *Organization Science*, 2007, 18(6): 898–921.
- [29] Rymarczyk, T., K. Król, and A. Zawadzki. An Intelligent Sensor Platform with an Open Architecture for Monitoring and Controlling Cyber-physical[J]. *Przeglad Elektrotechniczny*, 2021, 97(3): 141–145.
- [30] Santosuoso, A. About Coevolution of Humans and Intelligent Machines: Preliminary Notes[J]. *BioLaw Journal—Rivista di BioDiritto*, 2021, (1S): 445–454.
- [31] Semeraro, F., A. Griffiths, and A. Cangelosi. Human–robot Collaboration and Machine Learning: A Systematic Review of Recent Research[J]. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2023, 79(1): 102432.
- [32] Simmler, M., and R. Frischknecht. A Taxonomy of Human–machine Collaboration: Capturing Automation and Technical Autonomy[J]. *Ai & Society*, 2021, 36(1): 239–250.
- [33] Simões, A. C., A. Pinto, and J. Santos. Designing Human–robot Collaboration (HRC) Workspaces in Industrial Settings: A Systematic Literature Review[J]. *Journal of Manufacturing Systems*, 2022, 62: 28–43.
- [34] Stieglitz, S., M. Mirbabaie, and N. R. J. Möllmann. Collaborating with Virtual Assistants in Organizations: Analyzing Social Loafing Tendencies and Responsibility Attribution[J]. *Information Systems Frontiers*, 2022, 24(3): 745–770.
- [35] Trujillo, A. C., I. M. Gregory, and K. A. Ackerman. Evolving Relationship between Humans and Machines[J]. *IFAC-PapersOnLine*, 2019, 51(34): 366–371.
- [36] Verganti, R., L. Vendraminelli, and M. Iansiti. Innovation and Design in the Age of Artificial Intelligence[J]. *Journal of Product Innovation Management*, 2020, 37(3): 212–227.
- [37] Wang, T., J. Li, and Z. Kong. Digital twin Improved via Visual Question Answering for Vision–language Interactive Mode in Human–machine Collaboration[J]. *Journal of Manufacturing Systems*, 2021, 58(1): 261–269.
- [38] Xiong, W., H. Fan, and L. Ma. Challenges of Human–machine Collaboration in Risky Decision-making[J]. *Frontiers of Engineering Management*, 2022, 9(1): 89–103.

From Human-machine Conflict to Human-machine Integration: The Remodeling of Human-machine Relationship in Manufacturing Enterprises from the Perspective of Knowledge Orchestration

XU Hui, WANG Ze-peng, YANG Jin-dong
(Business School, Nankai University)

Abstract: In the traditional business environment, manufacturing enterprises practice the single-subject development mode of “human-oriented and machine-assisted”, and lack sufficient attention to human-machine interaction, which leads to a series of human-machine conflict events. In the era of intelligent economy, humans and machines cooperate in work, so that the organizational ecology presents a subversive change of human-machine symbiosis, which has become the key for manufacturing enterprises to shape the new momentum for future development. How to effectively build a harmonious and efficient human-machine relationship and realize the role transformation from a simple auxiliary tool to a deep collaborative partner is not only related to the improvement of production efficiency and enterprise competitiveness, but also has a deeper impact on the evolution of social economic structure, labor market and even the ethical and legal system.

Knowledge orchestration provides a suitable theoretical perspective for the research topic of human-machine relationship remodeling in manufacturing enterprises. Existing research shows that knowledge orchestration can effectively integrate and update human-machine heterogeneous knowledge modules, and promote human-machine knowledge sharing and deep coupling. Therefore, this paper focuses on the research question: “How can manufacturing enterprises achieve human-machine integration through knowledge orchestration under the trigger of human-machine conflict events?” This paper tries to solve three sub-problems: ① The type and dimension identification of human-machine conflict trigger events in manufacturing enterprises; ② The dynamic process and mechanism of the transformation from human-machine conflict to human-machine integration in manufacturing enterprises from the perspective of knowledge orchestration; ③ Theoretical analysis of human-machine integration in manufacturing enterprises under the two-agent logic.

In order to answer the above questions, this paper selects New Tianjin Steel Group to conduct an exploratory single case analysis, and conducts semi-structured interviews with middle and senior managers and employee representatives of the group and its subsidiaries. The research findings are as follows. Firstly, the type recognition of human-machine conflict can be deconstructed into two dimensions of organizational and industrial dimensions, which jointly trigger enterprises to participate in the interactive process of human-machine relationship remodeling. Secondly, there are different knowledge orchestration mechanisms in different stages of human-machine relationship remodeling. Knowledge orchestration mechanisms in running-in stage are represented by knowledge capture and knowledge decoding. The mechanism of knowledge orchestration at the complementary stage includes knowledge integration and knowledge embedding. The mechanism of knowledge orchestration at the cooperative stage is represented by knowledge reorganization and knowledge renewal. Thirdly, in the era of intelligent economy, the new form of human-machine relationship in enterprises is man-machine integration. Compared with existing research on human-machine relationship, the two-agent logic of “equal importance of human and machine” shows different performance characteristics.

The management implications of this paper are as follows. First of all, enterprises should re-understand the key role of knowledge resources in the process of human-machine relationship remodeling, and choose different knowledge orchestration strategies to promote human-machine deep interaction according to their own development. Secondly, companies should reassess the role of people and machines in production, operations, and decision-making. Machines are no longer just auxiliary production tools, but participate in the intelligent transformation of enterprises together with people. Finally, this paper puts forward several policy suggestions, including strengthening the construction of digital innovation system, providing incentives such as tax incentives or subsidies, and selecting typical scenarios in different industries to pilot human-machine collaboration.

Keywords: human-machine integration; human-machine relationship; knowledge orchestration; human-machine conflict; digital transformation

JEL Classification: M00 M15 M20

[责任编辑:覃毅]