

DOI: 10.16538/j.cnki.fem.20241031.301

工业互联网平台赋能制造企业数字价值链运行 ——基于海尔卡奥斯的案例研究

张明超¹, 孙新波², 刘剑桥²

(1. 上海交通大学 安泰经济与管理学院, 上海 200030; 2. 东北大学 工商管理学院, 辽宁 沈阳 110169)

摘要: 工业互联网平台赋能制造企业数字价值链运行, 引发实践界与理论界广泛关注。然而现有研究尚未打开工业互联网平台如何赋能制造企业数字价值链运行的“黑箱”。本研究选择海尔卡奥斯及其赋能的制造企业作为研究对象, 采用案例研究法探究了工业互联网平台赋能制造企业数字价值链运行的实现机制。研究发现, 工业互联网平台赋能制造企业实现数字孪生价值链要素、数字驱动价值链结构和数字增强价值链关系, 从而支持数字价值链运行。本研究通过比较制造企业数字价值链结构状态与关系范围, 归纳出工业互联网平台赋能制造企业价值链重构的四种作用方式: 价值链强化、价值链拓展、价值链升级和价值链新生。制造企业数字价值链相较于传统价值链在主导逻辑、核心资源、活动主体、网络关系和目标效能方面发生了数字创新变化。本研究为加快工业互联网平台建设, 助推制造企业构建数字价值链, 从而实现高质量发展提供了实践启示。

关键词: 工业互联网平台; 制造企业数字价值链; 复杂适应系统; 价值链重构

中图分类号: F270 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4950(2025)05-0118-19

一、引言

数字技术在原料采购、研发设计、生产制造等价值链模块融合应用, 促使制造企业价值链重构为数字价值链(López等, 2022), 新模式与新业态频繁涌现。数字价值链是传统价值链通过融合应用数字技术实现渐进式攀升和突破式攀升的结果(Li等, 2023)。尽管少数标杆制造企业在数字浪潮中成功构建数字价值链, 但是多数制造企业面临技术、人才和路径方向等方面的缺失问题。工业互联网平台是领先企业集成数字技术工具、先进制造运营理念和工业机理模型, 建立的支撑价值链数据互联共享、效能优化提升和资源跨界配置的新一代工业基础设施

收稿日期: 2024-04-10

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(24&ZD080); 国家自然科学基金重点项目(72432007, 72332001); 国家自然科学基金面上项目(72172031); 中国博士后科学基金资助项目(2024M761996)

作者简介: 张明超(1993—), 男, 上海交通大学安泰经济与管理学院博士后, 助理研究员;
孙新波(1971—), 男, 东北大学工商管理学院教授, 博士生导师(通信作者, xbsun@mail.neu.edu.cn);
刘剑桥(1999—), 男, 东北大学工商管理学院博士研究生。

(Alexopoulos等,2018)。凭借通用性、兼容性和扩展性架构设计,工业互联网平台成为制造企业摆脱资源能力局限、构建数字价值链的赋能者(乌力吉图等,2024)。例如,海尔卡奥斯COSMOPlat工业互联网平台为多个制造行业上下游企业提供工业软件系统、硬件设备与远程运维服务,加速激活制造企业内部价值链的数字动态管理能力(陈衍泰等,2022),依托平台场域环境提升制造企业外部价值链协同响应水平(乌力吉图等,2024)。相较于一般企业数字价值链的自建性、局部性与割裂性而言,工业互联网平台赋能制造企业构建数字价值链,呈现外界力量支持的包容增长性、全域性与生态性(工业互联网推动中小企业包容性增长政策研究与机制创新项目组,2021)。尽管有学者描述性地指出,工业互联网平台赋能制造企业价值链重构为数字价值链(Oliveira等,2021),然而对于数字价值链概念目前尚未形成统一界定。此外,制造企业基于工业互联网平台赋能构建数字价值链之后,往往需要继续嵌入平台场域环境,持续依赖工业互联网平台赋能以维持数字价值链运行(王水莲等,2022;Li等,2023),然而现有研究尚未打开工业互联网平台如何赋能制造企业数字价值链运行的“黑箱”。

数字价值链参与主体依托数字连接、交互和分析技术实现自组织与共进化,联合创造个体力量无法实现的涌现价值(王新新和张佳佳,2021);基于数字价值链的价值创造涉及物质流、人才流、信息流、资金流和数据流等不同元素的交互、流通与组合,依赖数字价值链参与主体根据环境要求构建数字动态管理能力,适应性调整与优化自身价值创造理念与方式(杨亚倩等,2024)。因此,数字价值链参与主体的涌现性、进化性和适应性等特征(陈剑和刘运辉,2021),决定了数字价值链可视为由相互关联的若干主动性个体构成的复杂适应系统(张永安和李晨光,2010)。由于复杂适应系统理论适合分析具有适应能力的主动性个体所组成的有机系统,对于探索系统中复杂要素、结构和关系的作用规律十分有效(Phillips和Ritala,2019),因此,本研究基于复杂适应系统理论分析支持制造企业数字价值链运行的要素、结构与关系作用,厘清制造企业基于数字价值链的价值创造逻辑,构建工业互联网平台赋能制造企业数字价值链运行的实现机制。

针对上述理论与实践背景,本研究选择海尔卡奥斯COSMOPlat工业互联网平台(简称海尔卡奥斯)及其赋能的青岛环球服装股份有限公司(简称环球服装)作为研究对象,采用案例研究法探究工业互联网平台赋能制造企业数字价值链运行的实现机制。本研究有助于启发工业互联网平台更好地发挥赋能作用以支持制造企业数字价值链运行,也为嵌入工业互联网平台的制造企业优化提升价值链要素、结构与关系,构建数字价值链优势提供了指引。

二、文献回顾

(一)数字价值链

1.数字价值链概念

Miller和Mork(2013)最早提出数字价值链概念,认为数字价值链是由数据获取到做出决策的数据管理活动以及相关辅助技术构成的框架,并将其划分成数据发现、数据集成和数据探索三大过程。学者们围绕数字价值链概念展开探讨,具体内容如表1所示。

综合现有数字价值链概念来看,国内外学者大多从数据生命周期角度定义数字价值链(Miller和Mork,2013),将其概括为从数据生成到产生决策价值的一系列环节,这类研究偏向于从信息管理视角探讨数据治理的程序步骤。然而数据价值的实现离不开企业具体的价值链活动(Cheng等,2020),数据伴随着企业价值链模块不断流动而产生价值。因此,部分学者将数字价值链视为数据驱动的企业价值链新形态,这类研究偏向于从价值视角探讨数据驱动的企业价值创造理念、模式和方法(Reinartz等,2019)。本研究结合以上两类研究,将数字价值链定

表1 数字价值链概念

| 作者(年份) | 概念 |
|-------------------|---|
| López等(2022) | 数字价值链是企业价值链呈现出的创新形态,反映了传统企业价值链通过融合应用数字技术实现渐进式攀升和突破式攀升的结果 |
| 吕延方等(2020) | 在数字经济时代,数据作为一种新的生产要素参与国际生产分工并创造贸易价值,推动价值链衍生成为数字价值链 |
| Faroukhi等(2020) | 数字价值链指从原始数据到产生真正见解的整个数据生命周期中,一步步地提取数据价值的可重复过程,包含生成、采集、分析、交换四个阶段 |
| 李晓华和王怡帆(2020) | 数字价值链是数据流动与价值创造相伴而生的过程;从研发到制造、从销售到服务环环递进,数据不断流动,经济价值也被创造出来;价值创造每一个环节都涉及数据的生产、传输、收集、储存、分析和利用 |
| Sorescu(2017) | 数字价值链代表大数据系统中的信息流,包括从数据中产生价值和有用见解所需的一系列步骤 |
| Miller和Mork(2013) | 数字价值链是由数据获取到做出决策的数据管理活动以及相关辅助技术构成的框架,分成数据发现、数据集成和数据探索三大过程 |

义为:依赖数据驱动价值链运行,引发价值创造工具、模式和逻辑创新变化,所形成的支持价值优创的新价值链形态。数字价值链运行往往伴随基于数据生命周期的数据治理活动。

2.数字价值链要素、结构及关系

在要素方面,数字价值链中设备、物理环境、知识经验、人力资源等传统生产要素被数据化呈现,并且还会不断产生过程数据(Faroukhi等,2020),驱动价值链场景虚拟化和协同化运行(Lu等,2020)。数字价值链要素兼具基础性战略资源和关键性生产要素属性(李正辉等,2024),能够创造基于数据治理的基础价值,以及基于数据驱动价值链场景决策制定或优化的增值价值(Menon等,2019)。数字价值链要素的可重新编程性(李佳钰等,2023),能够促进资源配置和组合方式创新,综合提升资源利用效能。在结构方面,数据驱动的研发设计、生产制造、材料供应等价值链模块,反映数字价值链结构组件(Ensign,2001)。在结构形态上,数字价值链存在规范式、分布式和嵌套式结构。规范式结构由面向常规成熟型业务的价值链模块构成,坚持效率至上原则,通常遵照既定的程序惯例执行价值创造行为(Williams等,2019);分布式结构由面向非常规个性化业务的价值链模块构成,坚持柔性至上原则,既要求价值链模块根据业务需要快速做出适应性调整(Cozzolino等,2021),又要求价值链模块间相互协调。嵌套式结构面向场景价值创造情境(曹仰锋,2020),由来自多个行业领域的价值链模块非线性叠加而成,旨在创造和满足用户集成式需求。在关系方面,现有研究关注到数字价值链中的两种关系:一是价值链模块内部的遵从关系,体现为员工遵守相对稳定的科学流程规范完成价值创造行为(Lu等,2020)。当融合利用数字理念、技术和方法时,价值链模块需要重新设计遵从关系,进一步提升价值创造规范和效能。二是数字价值链参与主体的互补关系(Sorescu,2017),体现为数字价值链参与主体相互依存与促进。尽管现有研究零散地围绕数字价值链的要素、结构和关系展开了初步探讨,但对于数字价值链运行中不同结构和关系的匹配及关联尚不清楚。

(二)工业互联网平台赋能与制造企业数字价值链运行

工业互联网平台赋能指领先企业凭借数字技术优势和网络规模优势,通过架构面向制造企业个性化、网络化和智能化发展需求的工业互联网平台,支撑多元异布的生产要素整合、分析和交互(陈武等,2022),推动制造企业生产运营水平提升与合作关系建立,同时创造工业经济价值和社会价值的商业化行为。

工业互联网平台存在组织赋能、结构赋能与场域赋能三种赋能作用(孙新波等,2022),分别侧重向制造企业输出先进技术、模式和运营理念,增强或更新制造企业数字动态管理能力

(Menon等,2019);设计开放共享的治理机制,支持制造行业价值链上下游企业交互,促成随机而变的合作关系;以及为不同制造行业的企业提供机会识别与合作创新的场域环境(李爱国等,2024)。陈武等(2022)认为工业互联网平台赋能作用体现为促进制造企业价值链要素数据化和模型化;编排异质型知识、数据和合作关系等资源;以及提供数据治理服务。

在制造企业数字价值链运行情境下,现有研究主要从数据治理和交易撮合两个方面,关注工业互联网平台的赋能作用(魏津瑜和马骏,2020)。围绕制造企业数字价值链中人、机、物互联后产生的海量过程数据(李佳钰等,2023),工业互联网平台以业务知识为指导,结合大数据算法和运营机理模型,可以为制造企业提供远程运维、预测性维护等数字服务(Li等,2023)。此外,工业互联网平台链接了多个行业领域的价值链上下游企业,营造了激励跨界合作的场域环境(孙新波等,2022);通过实时收集、分析与匹配上下游供需数据,驱动数字价值链参与主体高效精准配置所需资源(马永开等,2020;张振刚等,2021)。现有研究针对工业互联网平台赋能制造企业数字价值链运行展开了初步探讨,但多基于工业互联网平台的典型实践进行规范性描述总结,工业互联网平台场域环境中支持制造企业数字价值链运行的要素、结构与关系作用有待探究。

(三)复杂适应系统理论

复杂适应系统理论强调系统中主体持续与环境及其他主体互动交流,不断“积累经验”“提炼信息”并加以“学习”,主动调整和优化行为模式、关系或内在结构,塑造更加适应环境的优良状态(Ellis和Herbert,2010)。现有研究广泛使用复杂适应系统理论的“刺激—反应”框架分析供应链或价值链治理领域的管理问题。其中,“刺激—反应”框架包括探测器、规则集和效应器三个模块,三个模块之间相互作用。探测器反映主体识别和抽取环境信息的能力,用于接收刺激与输出信息(张永安和李晨光,2010)。规则集代表行为系统,强调处理刺激、筛选信息并且匹配相应行为方式。效应器反映适应性主体对于信息的运行结果,它代表对环境反应的效果。曾珍香等(2019)将供应链社会责任协同治理系统视为复杂适应系统,从探测器、规则集、效应器三个方面解释了主体间从接收刺激、分析信息到决策生成、做出反应的供应链社会责任协同治理过程,并且介绍了该过程中的信用机制和发现新规则的手段;孙新波等(2023)将智能制造企业价值链视为复杂适应系统,基于“刺激—反应”框架建立了数据赋能智能制造企业价值链攀升的理论模型。

由于数字价值链可视为由相互关联的若干主动性个体构成的复杂适应系统,本研究将基于复杂适应系统理论,识别工业互联网平台场域环境中支持制造企业数字价值链运行的要素、结构和关系作用,基于“刺激—反应”框架分析不同结构和关系的匹配及关联,构建工业互联网平台赋能制造企业数字价值链运行的实现机制,从而深化工业互联网平台赋能制造企业数字价值链运行的微观基础研究,拓展复杂适应系统理论的应用情境。

三、研究设计

(一)研究方法

本研究采用归纳型案例研究法,原因如下:第一,基于工业互联网平台赋能制造企业数字价值链运行现象的深度分析,案例研究法能够从原始数据中提取构念并分析构念间的联系(Eisenhardt和Graebner,2007),回答“how”层面问题。第二,对于支持制造企业数字价值链运行的要素、结构与关系作用,有待加强碎片化相关研究的联系从而形成体系化认识。归纳型案例研究的探索性属性,允许研究者基于丰富的实践资料进行理论建构。第三,本研究采取嵌入式案例设计,分析对象包括工业互联网平台,也包括被工业互联网平台赋能的制造企业,多角度

验证分析工业互联网平台赋能制造企业数字价值链运行的实现机制。

(二)案例选择

本研究选择海尔卡奥斯及其赋能的环球服装作为研究对象,理由如下:第一,遵循典型性与代表性原则(Yin,2014)。海尔卡奥斯稳居《互联网周刊》发布的“工业互联网解决方案提供商TOP100”榜单首位。环球服装依托海尔卡奥斯打造成数字价值链,运行过程稳定,规模不断扩大,具备可持续发展潜力。海尔卡奥斯赋能环球服装数字价值链运行的典型实践,能够为分析工业互联网平台赋能制造企业数字价值链运行提供可靠证据。第二,遵循理论目标与最佳实践一致性原则(Eisenhardt和Graebner,2007)。环球服装在海尔卡奥斯赋能下,实现研发设计、生产制造、材料采购等价值链模块重构,塑造了承接小批量、定制化、高溢价订单的能力,并进一步依托海尔卡奥斯跨界联合利益攸关方共同为终端用户创造场景价值体验,符合本研究探究工业互联网平台赋能制造企业数字价值链运行实现机制的理论目标需要。第三,遵循数据可获得原则(Pan和Tan,2011)。研究团队与海尔卡奥斯建立了产学研合作关系,对方提供了大量关于工业互联网平台赋能业务的实施手册、阶段规划与总结等内部资料。海尔卡奥斯内部业务人员作为中间线人,帮助研究团队与环球服装取得联系,获取奔赴现场的调研机会。此外,本研究旨在探究工业互联网平台赋能制造企业价值链运行的一般规律,重点在于提炼尽可能完备且具备共性的理论知识发现,并不侧重揭示不同制造企业数字价值链运行的差异,从海尔卡奥斯和环球服装获取的相关数据资料能够达到理论饱和度要求。

(三)数据收集

本研究采用半结构化访谈、实地现场观察和档案数据三种方式收集数据,有助于缓解对案例的回顾性解读和印象管理等问题(刘意等,2020)。

第一,半结构化访谈是主要数据来源,访谈对象尽可能包括多个层级和职能部门人员。针对工业互联网平台赋能制造企业数字价值链运行研究主题,在分析前期调研资料和二手数据的基础上,初步设计访谈提纲,并提前发送给被访谈人员。针对环球服装的访谈,前期主要根据二手资料设计访谈提纲,然后在海尔卡奥斯相关人员的介绍下获得访谈许可。每次访谈的人数控制在3到5人,访谈过程全程录音,并在24小时内转录为文字内容。分别于2019年3月至2024年6月对海尔卡奥斯进行6次访谈,于2022年8月至2024年6月对环球服装开展线上、线下访谈交流4次。每场访谈的时间均控制在1.5至3小时之间,整理录音文本22.9万字,数据收集概况如表2所示。第二,实地现场观察。参观海尔卡奥斯赋能的环球服装定制化车间,重点观察和记录数字价值链模块细节。第三,档案数据。获取环球服装数字化转型实施手册、企业数字创新发展年度报告、海尔卡奥斯业务手册等内部文档,还从网页报道、公司官网、学术文献等途径获得大量海尔卡奥斯赋能以及环球服装数字价值链的相关介绍。

(四)数据分析

本研究基于Gioia等(2013)及单宇等(2021)的编码建议与实施策略,采用一阶/二阶的结构化数据分析方法进行概念化编码,具体过程如下:步骤一,研究团队首先阅读全部原始数据,对与海尔卡奥斯赋能环球服装数字价值链运行相关的内容进行编码与归类,尽量忠实于受访者的原始话语形成一阶概念。例如,访谈中的描述“以前都是在图纸上进行设计作业,现在通过仿真设计软件,可以随时查看参数调整后的3D展示,大幅提高研发设计效率”,被编码为“虚拟仿真设计”。依此方法,提炼出24个一阶概念。步骤二,由研究者依据研究主题归类处理一阶概念,对具有相似特征或表示相近作用的一阶概念进行归纳,形成抽象化、理论化的二阶主题。例如,“物理设备在线”“环境指标透明”“人力分布可视”和“程序规范清晰”,都表示制造企业数字价

表2 案例企业数据收集概况

| 数据来源 | 数据信息统计 | | |
|--------|---------------|------------------------|--|
| 半结构化访谈 | 访谈对象(编号) | 量化信息 | 主要内容 |
| | 总裁办战略总监(A1) | 7.1小时 | 国家工业战略、制造强国、平台发展 |
| | 平台董事长(A2) | 3.2小时 | 平台使命、制度环境、未来市场空间 |
| | 平台商务总监(A3) | 3.9小时 | 平台赋能、平台定位、技术创新 |
| | 平台副总经理(A4) | 4.1小时 | 数字服务、平台赋能、平台价值 |
| | 行业解决方案总经理(A5) | 2.5小时 | 平台赋能动力、制度环境、数字服务 |
| | 平台生态战略总监(A6) | 2.7小时 | 平台赋能、价值链数字化、赋能使命 |
| | 平台研发中心总经理(A7) | 1.5小时 | 平台赋能、数字解决方案、技术优势 |
| | 平台区域市场总监(A8) | 1.2小时 | 数字价值链、价值链数字创新、平台角色 |
| | 海尔研究院副院长(A9) | 2.6小时 | 平台使命、数字价值创造、数字价值链 |
| | 平台品牌总经理(A10) | 2.1小时 | 平台赋能、平台功能体系、双向赋能关系 |
| | 环球服装信息主任(A10) | 2.1小时 | 数字创新、数字战略、价值链重构 |
| 档案数据 | 环球服装副总经理(A11) | 2.4小时 | 平台作用、数字价值链、价值链结构 |
| | 环球服装生产主任(A12) | 2.2小时 | 资源配置、数字规划、重构绩效 |
| | 学术文献(B1) | 31份 | 海尔卡奥斯赋能(20份)、数字价值链(11份) |
| 现场观察 | 企业内部文档(B2) | 5份 | 海尔卡奥斯赋能业务宣传手册(2份)、平台生态战略指南(1份)、环球服装价值链重构规划与实施方案(2份) |
| | 媒体文档(B3) | 52份 | 关于海尔卡奥斯赋能制造企业相关报道(27份)、海尔卡奥斯官网中赋能制造企业案例报道(11份)、微信公众号推送(8份)、工业互联网平台行业研报(6份) |
| 现场观察 | | 参观海尔卡奥斯赋能的环球服装定制工厂(C1) | |

价值链的设备、环境、人力等传统生产要素被数据化呈现,被归纳为“物理对象数据化”。依此方法,提炼出8个二阶主题。步骤三,将具有同一类属的二阶主题归纳总结并提炼成聚合构念,建立编码之间的逻辑关系。本研究在现有数字价值链相关研究的基础上,考虑二阶主题的情境特色、性质与内涵,兼顾复杂适应系统的要素、结构和关系维度,归纳出数字孪生价值链要素、数字驱动价值链结构和数字增强价值链关系3个聚合构念,数据结构如图1所示。

本研究主要采用以下方法保证信度和效度:第一,采用不同来源数据资料进行“三角验证”。以访谈数据和企业内部文档资料为主,提炼出支持制造企业数字价值链运行的要素、结构与关系作用方面的构念。通过媒体文档、学术文献等资料验证和补充,建立严谨的证据链条,并以邮件或微信形式回访海尔卡奥斯和环球服装相关人员,核对证据真实性及理论逻辑可靠性。第二,建立案例研究数据库。将访谈录音、媒体文档、企业内部文档等分门别类标记。采取背对背、集中讨论相结合的方式开展数据编码工作,在加强编码成员对数据资料理解的同时,防止因个人主观原因遗漏或添加相关证据链和编码结果,直至形成一致性意见。第三,数据、文献与

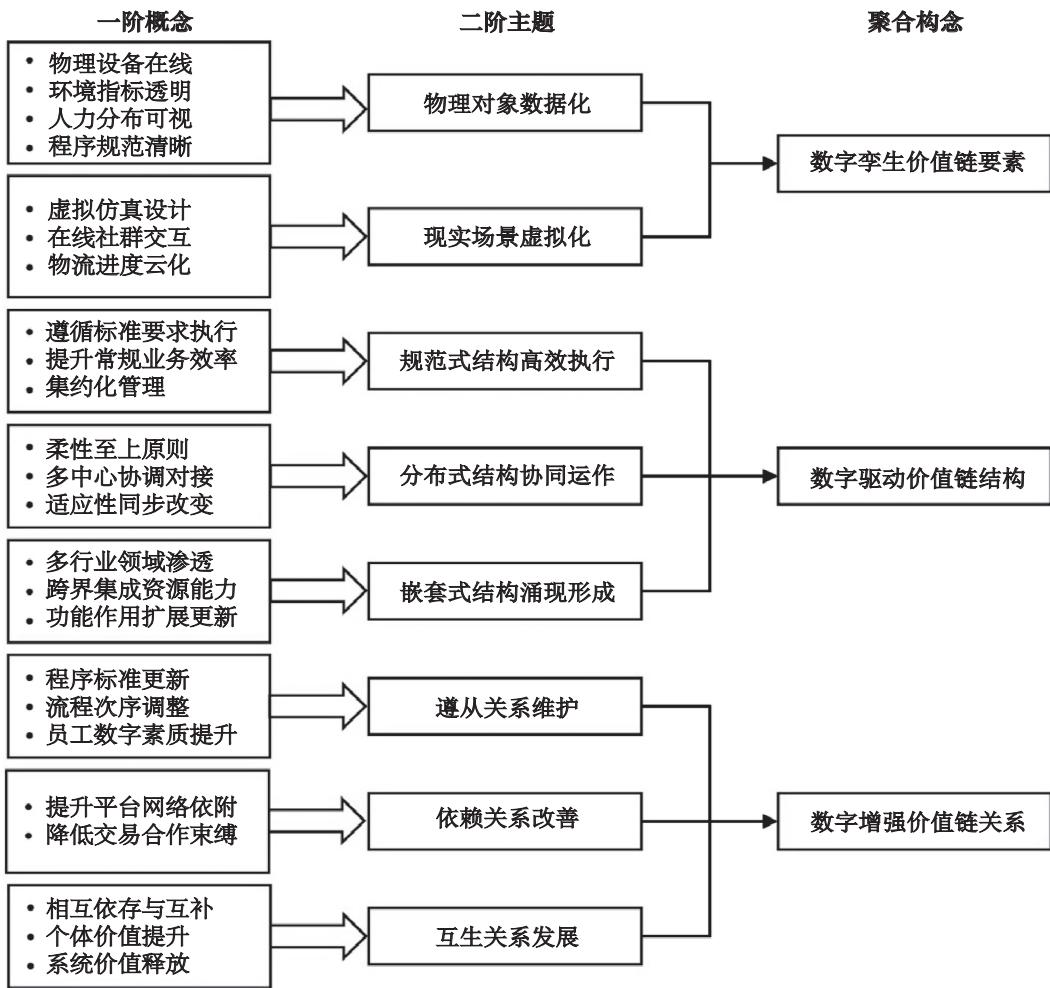


图1 本研究数据结构

理论模型之间反复迭代。基于工业互联网平台赋能、制造企业数字价值链以及价值链重构等相关理论知识,提升数据资料理论抽象程度,引导建立编码之间的理论联系;以涌现出的编码结果不断与现有理论知识对话,直至达到理论饱和,即数据资料中不再有本研究建构的理论模型之外的作用因子。

四、案例分析

数据分析表明,工业互联网平台赋能制造企业实现数字孪生价值链要素、数字驱动价值链结构和数字增强价值链关系,从而支持数字价值链运行,以下将分别展开探讨,并基于复杂适应系统理论的“刺激—反应”框架,构建工业互联网平台赋能制造企业数字价值链运行的实现机制。

(一)工业互联网平台赋能制造企业实现数字孪生价值链要素

数字孪生价值链要素强调制造企业数字价值链要素以数据化、虚拟化形式映射再现(Cheng等,2020),主要体现为物理对象数据化和现实场景虚拟化。编码和证据展示如表3所示。

表3 工业互联网平台赋能制造企业实现数字孪生价值链要素的编码与证据展示

| 二阶主题 | 一阶概念 | 相关证据 |
|---------|--------|---|
| 物理对象数据化 | 物理设备在线 | 车间里所有生产设备都已经联网,各自有其独特的数字编号。通过平台可以随时查看每一台设备的运行状态,了解工作载荷与当前作业内容 |
| | 环境指标透明 | 仓库内的原材料储量、温度、气压、湿度等环境指标都可以透明呈现,这些环境指标可以随着物料消耗、季节变化以及客户的特殊需求做出调整 |
| | 人力分布可视 | 价值链环节中的人员配置,以及每个员工的工作量、绩效等都实时可视。这有利于根据订单量合理配置人力资源,降低人力成本 |
| | 程序规范清晰 | 每个价值链模块的执行要求和规范标准,以软件程序的形式固定在智能系统里面。即使是新进的员工,也可以很快地熟悉操作流程 |
| 现实场景虚拟化 | 虚拟仿真设计 | 以前在图纸上进行设计作业,现在通过仿真软件,可以随时查看参数调整后的3D展示,大幅提高研发设计效率 |
| | 在线社群交互 | 我们与供应商、服务商、客户等利益攸关方建立社群交流中心,大家随时在社群中反馈交流,打破信息不对称,提升供需对接和匹配效率 |
| | 物流进度云化 | 原材料以及定制服装配送信息,已经实现线上线下一体化呈现。这不仅有利于快速定位原材料来源,而且方便企业和客户跟踪物流配送进度 |

物理对象数据化指制造企业数字价值链的设备、环境、人力、知识经验和惯例等要素均以数据化形式呈现。海尔卡奥斯为环球服装提供的先进物理设备本身就是数据源点,能够实时数据化呈现运行状态。针对环球服装原先的机器设备安装传感器和智慧监控系统,使其具备在线运行的数字功能。由于物理设备广泛遍布于制造企业数字价值链模块并承载价值创造活动,物理设备在线成为即时获取制造企业数字价值链模块指标的前提。例如,环球服装仓库中的原材料储量、湿度、温度等环境指标数据被智能仓储管理系统实时采集后,上传到依托海尔卡奥斯建设的海织云纺织服装子平台。此外,海尔卡奥斯为环球服装优化设计薪资管理系统,按照工序、工时、工价、工人、工资五位一体逻辑可视化管理,既方便管理决策者通过系统界面及时了解人力分布情况,根据定制服装业务量合理调配人力资源(谢小云等,2021),又有利于员工随时明确自身作业量与薪酬明细。为了提升员工作业规范水平,海尔卡奥斯与环球服装联合打造服装价值链智能管理系统,并将面辅料开发管理、款式管理、订单管理、生产计划管理、采购管理、财务管理等模块的标准化程序规范纳入系统,方便工作人员快速学习掌握。正如环球服装生产主任所言:“我们联合海尔卡奥斯专业人员,共同总结服装量体、打版、缝制等操作规范,形成经验并且以软件形式固定下来。这件事有助于提升工作人员的作业规范水平,新进员工经过简单的岗前培训就可以直接上手。”

现实场景虚拟化指制造企业价值链场景被仿真与渲染成能够反映真实情况的数字模拟体。海尔卡奥斯赋能环球服装打造出3D云镜智能设备,可以自动识别用户人脸、体型、身高、三围等数据,并将服装布料、颜色与款式等设计模块嵌入系统中供客户自由选择。打版师仅需结合实际需要对模型进行拖、拉、拽及参数调整,配合独有的模型渲染技术,可视化大屏会实时更新调整设计后的虚拟效果,有效降低采用实体试验的物料成本与时间成本。为了方便终端用户、供应商、服务商等数字价值链参与主体协调与对接,各自价值链模块作业进度和物流进度被实时云化到平台。此外,海织云纺织服装子平台专门开设了在线社群。终端用户可以在社群中直接表达需求,环球服装也通过社群与供应商或服务商交流对接,供需双方实现信息对称(Oliveira等,2021)。

工业互联网平台赋能制造企业实现数字孪生价值链要素,将数字价值链的物理对象数据化以及现实场景虚拟化,在此过程中采集与汇聚驱动制造企业数字价值链运行的数据资源依赖(李佳钰等,2023),如图2所示。物理对象数据化不仅体现为设备、环境和人力等物理实体以

数据形式呈现,而且体现为物理实体拥有随时产生与记录状态数据的能力。由于现实场景虚拟化建立在实时反馈各类物理实体状态数据的基础上,物理对象数据化成为促进制造企业数字价值链现实场景虚拟化的必要条件。此外,针对价值链模块而言,现实场景虚拟化已然意味着实现价值链强化,即价值链模块采用数字方式实现(王雪冬等,2019),利用数据表达和管理价值创造活动。

(二)工业互联网平台赋能制造企业实现数字驱动价值链结构

数字驱动价值链结构强调通过数据分析、反馈和交互(陈武等,2022),驱动制造企业数字价值链规范式结构高效执行、分布式结构协同运作与嵌套式结构涌现形成。编码和证据展示如表4所示。

表4 工业互联网平台赋能制造企业实现数字驱动价值链结构的编码与证据展示

| 二阶主题 | 一阶概念 | 相关证据 |
|---------------|--------------|--|
| 规范式结构 高效执行 | 遵循标准 要求执行 | 海尔卡奥斯结合我们的实际情况,量身开发模块采购解决方案,以软件程序的形式固定下来。我们要求采购部门遵循既定规则选择供应商 |
| | 提升常规 业务效率 | 针对机械的价值链环节,例如物流环节中的打包、分拣等,现在可以做到自动化作业。这种常规型业务需要尽最大可能提升效率 |
| | 集约化管理 | 对于常规型业务流程,要大幅提高效率、降低成本。要对打包、分拣、配送、质检等常规型业务流程进行集约化管理,提升资源利用水平 |
| 分布式结构 协同运作 | 柔性至上 原则 | 每一份定制服装订单,都有相应的原材料采购要求和加工要求。定制业务说到底就是塑造柔性,尤其要提升合作柔性和生产柔性 |
| | 多中心协调 对接 | 多个定制工序流程需要协调配合,在进度方面环环相扣。在企业外部,供应商与服务商也要与企业内部形成对接,按照动态变化的要求提供资源服务 |
| | 适应性同步 改变 | 供应商之间以及工序之间在作业进度、物流进度、供应内容等方面相互协调,对于定制业务的顺利完成至关重要 |
| 嵌套式结构 涌现形成 | 多行业领域 渗透 | 客户的需求是多元化的,仅依靠我们有限的资源根本无法满足。场景类产品或服务是渗透进多个行业领域的,需要有机整合多种功能作用 |
| | 跨界集成 资源能力 | 我们联合洗衣机厂家、洗涤剂厂家、衣柜厂家、家纺企业等合作伙伴,共同打造海尔衣联网场景,满足用户“洗、护、存、搭、购、收”的一体化需求 |
| | 功能作用 扩展更新 | 我们需要根据阳台装修公司设计的空间尺寸设计衣柜,把这么多东西融合到一个场景中不容易,需要各自不断地优化调整功能作用,相互适配 |

规范式结构高效执行指制造企业内部常规型、标准化的数字价值链模块保持高效运行(Williams等,2019)。环球服装数字价值链的仓储管理模块和质量管理模块的工作人员,按照智能管理系统里面的程序规范与标准要求完成出入库与质检行为,既提高执行效率,也避免因个人主观因素导致行为误差。例如,工作人员在智能管理系统的质量管理界面,遵循“成衣扫描—标准调取—质检巡检—问题追溯—次品统计”的标准化操作流程,完成对每一件成衣的质量检测。由于数字价值链中类似于由订单管理、薪资管理、仓储管理、质量管理等价值链模块组成的规范式结构,普遍存在标准化的程序惯例可被遵循,针对这类价值链模块统筹管理以最大限度地降本增效成为制造企业的普遍追求。环球服装依托海尔卡奥斯进行集约化管理(Kumar

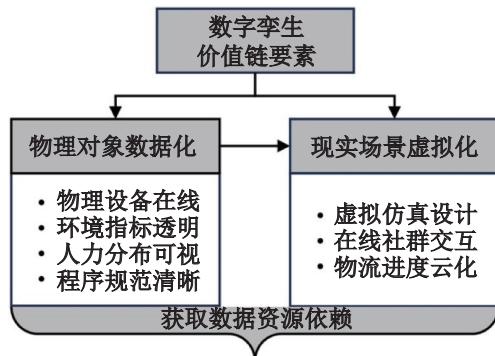


图2 工业互联网平台赋能制造企业实现数字孪生价值链要素

等,2022),统一协调配置内部数字价值链模块所需的人力、技术、资金等要素,以节俭、约束、高效为价值取向,最大限度地提升资源利用率。

分布式结构协同运作指制造企业与所在行业上下游合作商参与执行的、非常规型且灵活性高的数字价值链模块,根据业务需要快速做出适应性调整,模块间动态协调与配合(张强等,2023)。一方面,环球服装依托海尔卡奥斯架构的智能制造执行系统,实时监测每一件定制服装的发料、剪裁、前加工、缝制、后整等模块,各模块奉行柔性至上原则,按照即时收到的数据指令完成个性化生产操作。不同数字价值链模块根据智能制造执行系统的进度安排相互协调与对接,同步适应性调整各自作业进程。智能制造执行系统自动判定各模块任务载荷,不断做出编程优化的调整方案,保证多批次定制服装混合有序生产。另一方面,环球服装依托海尔卡奥斯建设的智能配给管理系统,部署原材料需求发布、合作商遴选、接单派单和验收等,为多批次定制服装整合外部资源和服务。针对每一批次定制服装的原材料需求和服务需求,参与抢单的多个供应商或服务商根据实时数据化要求相互协调与对接,适应性调整供给内容、数量和时间等事项,最终形成统一的供给解决方案。此外,参与供给的供应商或服务商实时反馈供给信息,彼此相互制约与激励,共同保质、保量、保时地为环球服装提供资源和服务配给。

嵌套式结构涌现形成指制造企业与所在行业外合作商参与执行的多个异质型数字价值链模块跨界非线性叠加匹配,涌现形成承载集成式功能作用的模块集合(陈剑和刘运辉,2021)。在海尔卡奥斯搭建的服装社群中,大数据营销专家通过关联分析多元需求数据,挖掘出客户集“洗、护、存、搭、购、收”于一体的智慧衣联场景需求。海尔卡奥斯通过提供品牌背书、孵化资金、专业技术等支持,助力环球服装联合洗衣机厂家、洗涤剂厂家、衣柜厂家、家纺企业、阳台装修公司、商场等利益攸关方,共同构建服装行业数字价值链生态。来自多个行业领域的数字价值链参与主体聚焦终端用户场景需求,持续的跨界交互、磨合与匹配过程,伴随着价值链模块功能作用的相互适应与扩展更新(Cozzolino等,2021)。正如海尔卡奥斯平台品牌总经理所言:“生态品牌是渗透到多个行业领域的,各价值链模块参与者需要不断地磨合与匹配,才能创造满足用户集成需求的产品。例如,环球服装需要为用户定制个性化服装,洗涤剂厂家根据个性化服装的布料重新配置与提供与之相配的洗涤剂,衣柜厂家需要根据阳台装修公司设计的空间大小重新设计尺寸。这都不是一蹴而就的,需要反复协商解决。”

规范式结构高效执行保证制造企业具备参与行业内外竞争与合作的实力,塑造了数字价值链效率性。凭借规范式结构高效执行塑造的专精特新能力,制造企业可以提升话语权与议价权,有利于引导、监督与制约上下游合作商按需提供资源能力,促进分布式结构协同运作,塑造数字价值链协同性。另外,拥有良好的合作资源的制造企业,更容易打造规模优势和品牌优势,有利于与行业外合作商快速建立信任关系,推动嵌套式结构涌现形成,塑造数字价值链涌现性(王新新和张佳佳,2021),如图3所示。

(三)工业互联网平台赋能制造企业实现数字增强价值链关系

数字增强价值链关系强调通过数据分析、反馈或交互,促进数字价值链参与主体实现遵从关系维护、依赖关系改善与互生关系发展。编码和证据展示如表5所示。

遵从关系体现为制造企业内部数字价值链参与主体遵守既定的程序标准规范(Williams等,2019)。遵从关系维护指制造企业内部数字价值链模块的程序标准规范更新以及参与主体数字素养提升(Lu等,2020;谢小云等,2021)。海尔卡奥斯实时采集环球服装规范式结构过程数据(尤指效率、成本、质量、能耗、时间等内容数据),基于大数据分析与深度学习,不断优化工业机理模型,更新升级智能管理系统的各类程序标准规范。例如,通过分析每一块定制服装布片在吊挂架上的空档加工时间数据,海尔卡奥斯帮助环球服装优化升级流水线排单模型,推动

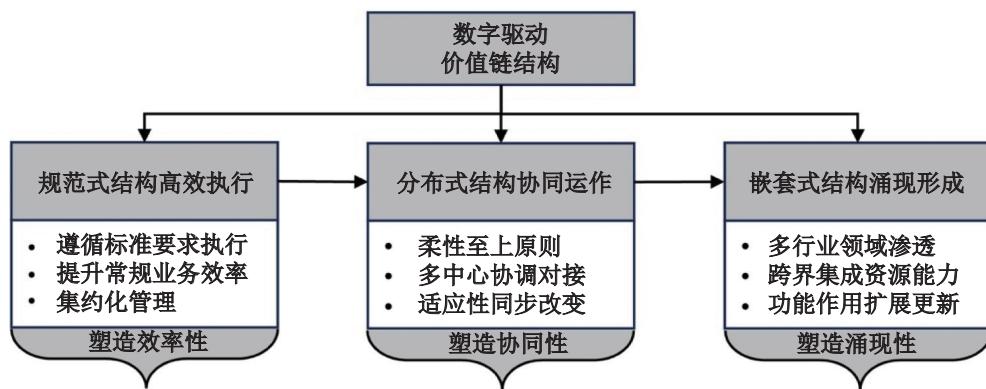


图3 工业互联网平台赋能制造企业实现数字驱动价值链结构

表5 工业互联网平台赋能制造企业实现数字增强价值链关系的编码与证据展示

| 二阶主题 | 一阶概念 | 相关证据 |
|--------|----------|--|
| 遵从关系维护 | 程序标准更新 | 平台收集客户企业价值链运行产生的数据,通过数据分析不断修正工业机理模型,不断校对程序标准 |
| | 流程次序调整 | 面对复杂的定制服装业务,我们进行了三次流程次序调整。通过优化调整价值链模块衔接顺序,使订单量增多,反而刺激了资源利用率提升 |
| | 员工数字素质提升 | 我们刚升级完生产线时,很多员工自主学习系统软件的应用,提升自身数字知识和操作水平,这在一定程度上保证了转型的顺利实施 |
| 依赖关系改善 | 提升平台网络依附 | 通过提升平台专业性,吸引更多行业的价值链上下游合作商参与平台,依托平台进行价值交互和合作,平台也有机会构建数字商业生态系统 |
| | 降低交易合作束缚 | 工业互联网平台拓宽了选择合作伙伴的空间,降低了长期合作中对供应商或服务商的依赖。现在跟着订单走,供应商和服务商都是随时变化的 |
| 互生关系发展 | 相互依存与互补 | 之前我们可能不太相关,但聚焦到“衣联网”场景下,大家相互依存与互补,各自奉献自身价值,共同创造场景价值 |
| | 个体价值提升 | 参与到“衣联网”场景中,不但扩展了业务范围,更激发了团队创新活力。我们需要根据合作商与用户的最新意见诉求调整产品,提升了自身价值 |
| | 系统价值释放 | “衣联网”场景的特性就是涌现性。不是说哪一个产品或服务突出,就能得到客户青睐。要众多功能和服务有机组合在一起,释放系统价值 |

生产制造模块效率再提升12%。另外,海尔卡奥斯不断优化智能管理系统的人机交互界面,方便工作人员按照系统引导掌握更新后的程序标准规范,快速提升自身数字素养(谢小云等,2021)。正如环球服装副总经理所言:“很多老员工按照系统的人性化提示完成操作,很快掌握更新后的服装裁剪、缝合、仓储配置等方面的操作规范。他们熟练应用智能管理系统后,更加愿意接受且拥护新的流程操作要求,因为这有助于他们提升工作效率,安全性得到保证。”

依赖关系体现为制造企业数字价值链参与主体对工业互联网平台的生态网络嵌入,以及参与主体间的固定式交易合作(陈威如和王节祥,2021)。依赖关系改善指制造企业与所在行业上下游合作商提升对于平台生态网络的依附性,降低由于固定式交易合作而产生的束缚性(Li等,2022)。海尔卡奥斯为环球服装以及行业上下游合作商,提供基于分布式结构过程数据(尤指供需信息、交易历史、信用与资质等内容数据)分析的交易撮合服务,在帮助提升合作效率与成功率的同时,增强了行业上下游合作商对于平台生态网络的依附性。随着活跃在海尔卡奥斯服装行业中的上下游合作商越来越齐全,在不断的供需数据共享与交互中,海尔卡奥斯形成了充满价值机会的场域环境,进一步吸引更多的上下游合作商主动嵌入平台生态网络。正如海尔卡奥斯生态战略总监所言:“目前海织云纺织服装子平台上活跃着上下游合作商超13 000

家,而且数量还在不断递增,这里充满了各种需求、订单和合作机会。”由于海尔卡奥斯链接的数字价值链参与主体的多样性增强,环球服装拓宽了合作伙伴选择范围,可以根据定制服装订单需要动态选择合作商,有效提升合作灵活性。

互生关系隐喻来自多个行业的数字价值链参与主体相互依存互补与有利共生。互生关系发展指制造企业与所在行业外的合作商,跨越行业边界开展合作,在相互依存与互补中提升个体价值(Kretschmer等,2022),释放基于个体价值复杂交互与叠加所涌现的系统价值(王新颖和张佳佳,2021)。环球服装与来自多个行业的合作伙伴,共同聚焦多元需求数据的关联价值规律及创意转化,基于海尔卡奥斯提供的嵌套式结构过程数据(尤指模块间不适配情况、用户意见与诉求等内容数据)的分析与反馈,自发推动个体价值提升与拓展,联合创造出具备价值倍增效应的“衣联网”消费场景。正如海尔研究院副院长所述:“洗衣机、衣柜、服装,这些商品如果单卖,不具有溢价能力。如果采用物联手段把它们打包到‘衣联网’场景中,每件商品要高出单卖价格3到5倍。消费者愿意接受溢价,因为‘衣联网’场景为用户带来一体化生活体验。”

遵从关系维护建立在规范式结构过程数据分析基础上,通过更新程序标准规范以及提升参与主体数字素养,形成促进规范式结构高效运行的正向反馈,提升数字价值链效率性,如图4所示。遵从关系维护多伴随价值链拓展,即制造企业根据更新的程序标准规范重新设计或者依托高数字素养参与主体引入以数字方式实现的部分价值链模块,制造企业价值链发生结构变化。遵从关系维护依赖工业互联网平台得以实现,增强了制造企业对于工业互联网平台的依附性。制造企业在进一步巩固提升自身专精特新能力的同时,可以采取更加灵活的合作方式降低合作约束性(Li等,2022),进而促进依赖关系改善。依赖关系改善建立在分布式结构过程数据分析基础上。制造企业通过拓宽合作伙伴选择范围,优化供需匹配水平,形成促进分布式结构协同运作的正向反馈,提升数字价值链协同性。依赖关系改善多发生在制造企业价值链升级情境下,即制造企业全部价值链模块深度嵌入工业互联网平台维持运行,在以数字方式实现的同时保持价值链结构相对稳定。依赖关系改善使制造企业在与行业上下游合作商增强数字价值共创能力的同时,进一步提升规模优势和品牌优势,有助于制造企业吸引与联合行业外合作商开展跨界交流与合作,进而促进互生关系发展。互生关系发展建立在嵌套式结构过程数据分析基础上。制造企业与来自多个行业的合作商共同创造具备价值倍增属性的系统价值,进一步增强参与主体的信心和持续投入意愿(Kretschmer等,2022),形成促进嵌套式结构复合形成的正向反馈,提升数字价值链涌现性。互生关系发展多发生在制造企业价值链新生情境下,即制造企业形成全新的价值链模块组合,价值链结构发生显著变化。

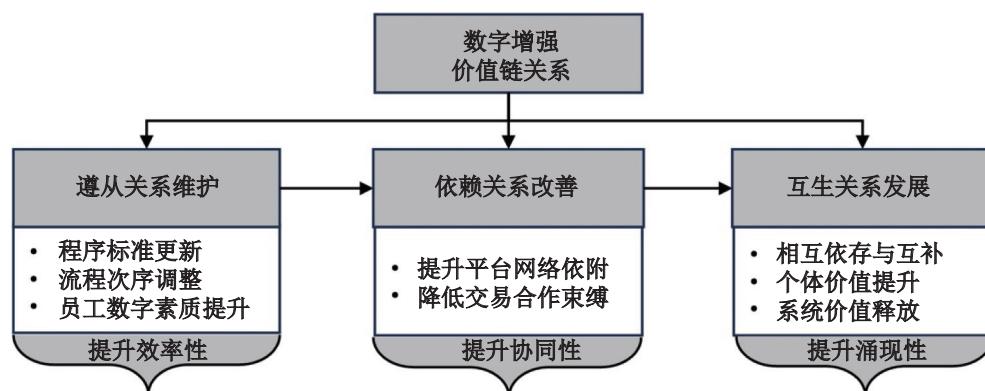


图4 工业互联网平台赋能制造企业实现数字增强价值链关系

(四)工业互联网平台赋能制造企业数字价值链运行的实现机制理论模型

嵌入工业互联网平台场域环境的制造企业,依托工业互联网平台赋能维持数字价值链运行。在制造企业数字价值链中,数据沿着研发设计、材料供应、生产制造、市场营销、售后服务、回收处理等价值链模块循环流动,通过与其他生产要素相结合创造价值。数据流动方向包含沿着数字价值链的正向数据流动、逆向数据流动,以及模块内数据流动、外部数据输入与内部数据输出等(李晓华和王怡帆,2020)。制造企业数字价值链以数字设备系统为工具,在大数据分析、云计算、虚拟现实、区块链等技术的支持下,由活跃在工业互联网平台上的供应商种群、生产商种群、服务商种群、零售商种群和客户种群,参与执行价值链模块的功能作用,共同创造具有异构性、交互性和定制化特点的数字产品—服务一体化价值(马永开等,2020)。

工业互联网平台赋能制造企业实现数字孪生价值链要素,为数字价值链运行打造“探测器”。通过支持物理对象数据化和现实场景虚拟化,捕捉到制造企业数字价值链中来自设备、人力、流程、交易和客户等方面的数据。工业互联网平台赋能制造企业实现数字驱动价值链结构,形成数字价值链运行“规则集”。通过开展全生命周期数据治理(李佳钰等,2023),驱动规范式结构高效执行、分布式结构协同运作与嵌套式结构涌现形成。工业互联网平台赋能制造企业实现数字增强价值链关系,形成数字价值链运行的“效应器”。通过支持制造企业数字价值链规范式结构、分布式结构和嵌套式结构过程数据的进一步分析、反馈与交互,分别推动数字价值链参与主体实现遵从关系维护、依赖关系改善与互生关系发展。遵从关系维护涉及制造企业内部数字价值链模块的程序标准规范更新以及参与主体数字素养提升(谢小云等,2021),体现制造企业数字价值链适应性特征。依赖关系改善涉及制造企业与所在行业上下游合作商降低以往固定式交易合作产生的束缚性,通过依附工业互联网平台动态灵活选择合作伙伴。依赖关系改善伴随数字价值链参与主体丰富、更新、替换与提升,体现制造企业数字价值链进化性特征。互生关系发展涉及制造企业与所在行业外的合作商跨界建立依存互补与有利共生关系。互生关系发展伴随来自多个行业的数字价值链参与主体重新建立起前所未有的合作联系,体现制造企业数字价值链的进化性和涌现性特征(王新新和张佳佳,2021)。制造企业数字价值链参与主体的依赖关系与互生关系既有区别又有联系,二者的区别在于分别面向制造企业与所在行业上下游合作商的关系、制造企业与行业外合作商的关系。然而,嵌入特定互生关系、来自多个行业的数字价值链参与个体,又通过与所在行业上下游合作商的依赖关系创造相应价值。因此,特定互生关系的发展往往建立在多个参与主体各自牵连的依赖关系的基础上。

遵从关系维护的效果会反馈作用到制造企业数字价值链的规范式结构,优化后的程序标准规范为规范式结构高效执行提供进阶保障(Williams等,2019)。依赖关系改善的效果会反馈作用到制造企业数字价值链的分布式结构。随着数字价值链参与主体对平台生态网络依附性的提升,以及参与主体相互束缚性的降低,制造企业可以在更大范围动态选择合作伙伴,进一步促进分布式结构协同运作,从而保证资源配置效率和质量。互生关系发展的效果会反馈作用到制造企业数字价值链的嵌套式结构,有利于调动更多行业的数字价值链参与主体跨越行业边界开展合作,从而促进嵌套式结构涌现形成。制造企业数字价值链规范式结构、分布式结构与嵌套式结构运行的优化提升,最终会反馈作用到设备、环境、人力、知识经验和惯例等数字价值链要素,引致与之相适的调整改变。基于“刺激—反应”框架的工业互联网平台赋能制造企业数字价值链运行的实现机制理论模型如图5所示。

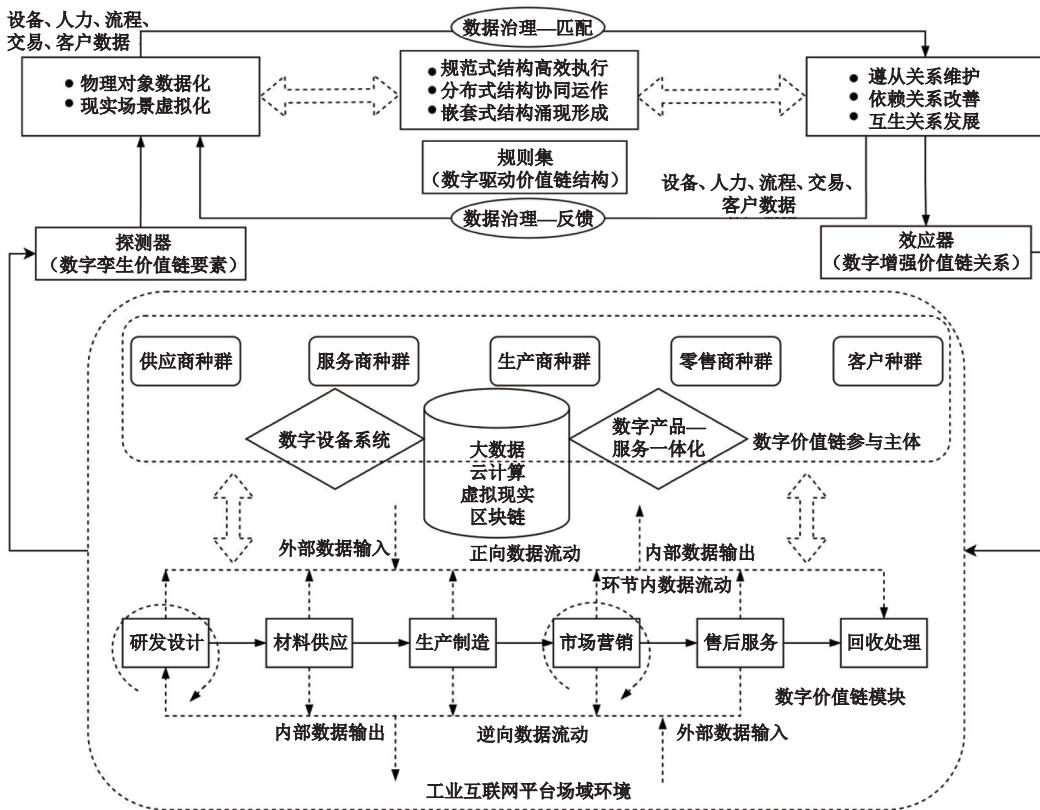


图5 工业互联网平台赋能制造企业数字价值链运行的实现机制理论模型

五、讨 论

(一) 工业互联网平台赋能制造企业价值链重构作用方式

结合案例企业实践分析与现有相关研究(张振刚等,2021)可知,依托工业互联网平台赋能维持运行的制造企业数字价值链,既存在相较于原来价值链仍然保持结构相对稳定的情形,也存在重新建立了新价值链结构的情形,即所涉及的价值链结构状态存在稳定和变化两种情形;既包含部分价值链模块创新增值的情形,也包含全部价值链模块优化升级的情形,即所涉及的价值链关系范围包含部分和全部两种情形。现有研究表明,价值链结构状态和关系范围的差异,意味着价值链变革存在多种结果(王毅,2020;朱秀梅和林晓玥,2023),这从侧面反映出工业互联网平台赋能制造企业价值链重构可能具备多种作用方式。其中,价值链结构状态(稳定与变化)反映制造企业价值链重构作用是否存在模块删减或增加。价值链关系范围(部分与全部)反映制造企业价值链重构作用面向部分模块还是全部模块。价值链模块反映承载特定功能作用的价值链环节,在不同的价值链重构作用方式中,可以指代研发设计、材料采购、生产制造、市场营销等单个或多个价值链环节。本研究通过比较数字价值链结构状态与关系范围,归纳出工业互联网平台赋能制造企业价值链重构的四种作用方式:价值链强化、价值链拓展、价值链升级和价值链新生(如图6所示)。

价值链强化指部分价值链模块依赖数字方式实现(王雪冬等,2019),利用数据表达和管理价值创造活动,制造企业价值链结构保持稳定。例如,在研发设计模块,依托海尔卡奥斯架构的智慧轮胎管理系统,青岛星联汽车科技有限公司的设计师根据特种车辆使用情境,调整轮胎模型参数,系统实时更新调整设计后的虚拟效果,有效缩短了轮胎的设计周期并降低了成本。

价值链拓展指制造企业引入依赖数字方式实现的部分价值链模块,价值链发生结构变化(Reinartz等,2019)。例如,依托海尔卡奥斯搭建的材料行业社群,临沂华特装饰材料有限公司将产品在线呈现以提升曝光率,并新增在线销售模块。公司通过捕捉和分析客户需求数据,进行高端装饰材料市场趋势分析,自主研发木纹纸、石纹纸、幻彩纸、各种素色纸以及特种装饰纸等新产品,扭转了代工生产时的利润微薄局面。

价值链升级指制造企业全部价值链模块依赖数字方式实现,仍然保持结构相对稳定(Oliveira等,2021)。例如,海尔卡奥斯赋能环球服装的研发设计、材料供应、生产制造、市场营销、售后服务等全部价值链模块,融合利用数字设备系统进行模式创新,并且实现了模块间的相互协调运作(陈衍泰等,2022)。

价值链新生指制造企业形成全新的依赖数字方式实现的价值链模块组合,价值链结构发生显著变化。例如,海尔卡奥斯赋能康派斯房车公司打破传统行业价值约束与边界,跨界联合车用家具、交通、旅游、餐饮等,为客户带来“车、行、游、住”一体化出行体验;环球服装依托海尔卡奥斯跨界联合洗衣机厂家、洗涤剂厂家、衣柜厂家、家纺企业、阳台装修公司等,为客户提供包括衣物洗涤、护理、搭配、购买和回收的全生命周期服务。

价值链强化、价值链拓展、价值链升级和价值链新生,反映了不同水平的制造企业价值链重构方式,四者之间的区别在于价值链重构涉及的结构状态和关系范围有所不同。制造企业基于运营中断的风险担忧或者资源能力限制考虑(工业互联网推动中小企业包容性增长政策研究与机制创新项目组,2021),在保持价值链结构状态稳定的前提下,选择部分价值链模块尝试进行重构,便有机会实现价值链增强。价值链强化虽然反映相对低阶水平的价值链重构方式,却是制造企业开始具备数字价值创造能力的意义象征(乌力吉图等,2024)。当制造企业基于业务扩展需要,或者基于对数字理念、数字模式和数字技术的深化理解,引入依赖数字方式实现的部分价值链模块时,价值链重构方式由价值链强化进阶为价值链拓展。价值链拓展虽然反映中阶水平的价值链重构方式,却反映出制造企业具备了“追求成长”的主导逻辑(Sorescu, 2017)。经历价值链拓展的制造企业塑造了专精特新能力,积极嵌入数字平台生态网络,与行业内外利益攸关方交流合作,参与形成了全新的价值链模块组合,此时价值链重构方式由价值链拓展进阶为价值链新生。从制造企业特征来看,资源能力相对有限、承担执行的价值链模块数量较少、具备专精特新基因的中小规模制造企业,更倾向于沿着价值链强化、价值链拓展再到价值链新生的路径进行价值链重构(图6中路径①)。当制造企业将部分价值链模块重构经验向其他模块复制推广,逐渐推动全部价值链模块重构时,价值链重构方式由价值链强化进阶为价值链升级。虽然价值链升级同样反映中阶水平的价值链重构方式,但经历价值链升级的制造企业形成了强大的规模优势和品牌优势。面对终端用户的集成式需求趋势,制造企业有实力搭建数字平台生态网络,主导构建前所未有的价值链模块组合,此时价值链重构方式由价值链升级进阶为价值链新生。从制造企业特征来看,资源能力相对充沛、承担执行的价值链模块较多、具备一定行业地位的较大规模制造企业,更倾向于沿着价值链强化、价值链升级再到价值链新生

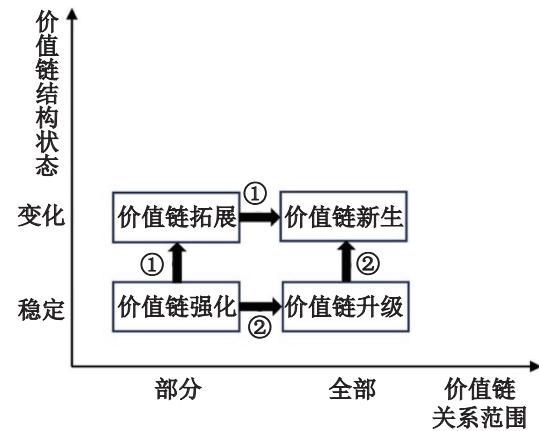


图6 工业互联网平台赋能制造企业价值链重构作用方式

的路径进行价值链重构(图6中路径②)。

(二)制造企业传统价值链与数字价值链比较

工业互联网平台赋能制造企业价值链重构为数字价值链,相较于传统价值链在主导逻辑、核心资源、活动主体、网络关系和目标效能方面均发生了创新变化,如表6所示。

表6 制造企业传统价值链与数字价值链比较

| 核心维度 | 制造企业传统价值链 | 制造企业数字价值链 |
|------|---------------|----------------------|
| 主导逻辑 | 企业控制的产品主导逻辑 | 大众参与的场景主导逻辑 |
| 核心资源 | 传统生产要素 | 数据生产要素 |
| 活动主体 | 员工、企业及其上下游合作商 | 员工、人工智能、企业及行业内外利益攸关方 |
| 网络关系 | 单向、线性、稳定交互 | 多向、非线性、动态互动 |
| 目标效能 | 质量、效率、成本 | 质量、效率、成本、体验、共赢 |

在主导逻辑方面,制造企业传统价值链强调核心企业控制的产品主导逻辑,追求以独特产品优势赢得客户青睐(Ensign, 2001);制造企业数字价值链强调大众参与的场景主导逻辑,核心企业联合分布式大众力量践行集成式价值主张,为客户提供数字产品—服务一体化解决方案。在核心资源方面,制造企业传统价值链依赖劳动力、土地、资本、技术等传统生产要素创造价值;制造企业数字价值链要素多以数据形式存在,数据生产要素与传统生产要素相结合创造价值。在活动主体方面,制造企业传统价值链以员工、企业及其上下游合作商为主要参与主体;在制造企业数字价值链中,融合数字技术和工业知识经验而生成的人工智能系统的作用日渐凸显,人机融合智能成为价值链模块执行主力,同时面对多元个性化的客户需求,制造企业不再将合作对象局限在行业内部,而是跨界联合多个行业的合作商谋求价值链模块非线性叠加组合(Li等, 2022)。在网络关系方面,制造企业传统价值链的产品或服务价值沿价值链流程线性逐级递增,有限信息在价值链参与主体间单向稳定传递;制造企业数字价值链中的数据呈现多向流动特点,既有类似于传统价值链中沿价值链流程的正向数据流动,又有价值链下游传输到上游的逆向数据流动,更包括价值链模块内部数据流动,即前一时段形成的数据可以成为下一时间段价值活动的投入要素(Faroukhi等, 2020),价值链参与主体跨越时空和行业边界动态互动与自发组织。在目标效能方面,制造企业传统价值链注重产品质量、流程效率和成本;制造企业数字价值链注重融合数字理念、技术、模式和方法,改善产品和服务质量,提升生产效率,以及推动价值创造过程减排降耗,并且更重视为客户持续创造体验价值,与合作伙伴协同共赢发展。

六、贡献、启示与展望

(一)理论贡献

第一,打开工业互联网平台如何赋能制造企业数字价值链运行的“黑箱”。现有研究围绕数字价值链的概念内涵展开零散的探讨(李晓华和王怡帆, 2020; Reinartz等, 2019),然而嵌入工业互联网平台场域环境的制造企业数字价值链,持续依赖工业互联网平台赋能维持运行(王水莲等, 2022),但现有研究尚未厘清支持制造企业数字价值链运行的微观基础。本研究发现,工业互联网平台赋能制造企业实现数字孪生价值链要素、数字驱动价值链结构和数字增强价值链关系,从而支持数字价值链运行。本研究在统一数字价值链内涵的基础上,深化了制造企业数字价值链运行的微观基础解读。

第二,立足于制造企业数字价值链情境,丰富了复杂适应系统理论中要素、结构和关系维度的作用体现。现有研究多基于复杂适应系统的适应性、涌现性和进化性等特性,描述性分析组织和战略管理(李秋迪等, 2013)、科技管理等领域由具备适应能力的主动性个体所构成的复

杂现象或系统(张永安和李晨光,2010),然而对于这些复杂现象或系统背后的要素、结构和关系作用体现,通常采取模糊化的解读方式(Ellis和Herbert,2010),这在一定程度上影响了复杂适应系统理论本身的发展。本研究将制造企业数字价值链视为复杂适应系统,挖掘出制造企业数字价值链运行中,在要素维度方面存在物理对象数据化和现实场景虚拟化的作用体现;在结构维度方面存在规范式结构高效执行、分布式结构协同运作和嵌套式结构涌现形成的作用体现;在关系维度方面存在遵从关系维护、依赖关系改善和互生关系发展的作用体现。

第三,基于制造企业数字价值链结构状态与关系范围比较,辨析出制造企业价值链重构的差异化作用方式与路径。现有研究多关注制造企业价值链重构的结果体现(Oliveira等,2021;朱秀梅和林晓玥,2023),对于制造企业价值链重构的作用方式与路径缺乏比较分析。本研究发现,制造企业价值链重构具有价值链强化、价值链拓展、价值链升级和价值链新生四种作用方式,并且讨论分析了中小规模和较大规模制造企业可能具备的差异化价值链重构路径。本研究为后续研究基于价值链重构作用方式,比较分析制造企业价值链重构水平提供了理论基础。

(二)实践启示

借力工业互联网平台的技术优势与网络规模优势,有助于制造企业摆脱资源能力局限建立数字价值链。然而经此途径建立的制造企业数字价值链往往需要继续嵌入工业互联网平台场域环境以维持要素、结构与关系作用。第一,工业互联网平台赋能制造企业实现数字孪生价值链要素,成为数字价值链运行的首要前提。为此,制造企业需要依托工业互联网平台将技术设备、环境、人力和程序惯例等物理要素数据化,推动价值链运行“上平台”。工业互联网平台需要为制造企业打造数字价值链运行的虚拟空间,提供全生命周期数据治理服务。第二,工业互联网平台凭借自身的技术与运营经验,可以帮助制造企业架构智能运营管理,支持制造企业内部由常规型、标准化模块组成的规范式结构高效运行。制造企业统一协调配置内部数字价值链模块所需的人力、技术、资金等要素,以节俭、约束、高效为价值取向,能够最大限度地提升资源利用率。此外,工业互联网平台针对制造企业数字价值链中规范式结构过程数据展开分析,可以帮助制造企业更新数字价值链模块的程序标准规范,使价值创造效率性得以优化。第三,工业互联网平台化身兼具数据信息分享与交易撮合作用的场域空间,有利于支持制造企业数字价值链中的分布式结构协同运作,有助于制造企业与所在行业上下游合作商根据业务需要快速做出适应性调整。随着工业互联网平台链接的行业上下游合作商越来越齐全,制造企业与所在行业上下游合作商有机会改善依赖关系,在提升对平台生态网络嵌入性的同时,降低由于固定式交易合作而产生的束缚性。第四,工业互联网平台通过提供大数据分析技术、创意孵化服务与资源支持,有利于制造企业数字价值链中的嵌套式结构涌现形成。通过支持制造企业与所在行业外的合作商持续发展互生关系,谋求异质型数字价值链模块的跨界叠加匹配,有机会创造出满足用户集成式需求的、具备价值倍增属性的新产品和服务。

(三)研究不足与展望

为了探究工业互联网平台赋能制造企业数字价值链运行的实现机制,本研究选择规模和影响力较大的工业互联网平台,以及对于工业互联网平台嵌入度高且数字价值链成熟度高的制造企业作为分析对象,研究结论可能不完全适用于其他水平的制造企业。未来研究可采用大样本实证分析法,考虑制造企业对于工业互联网平台嵌入度、数字价值链成熟度等因素,进一步验证与明确工业互联网平台赋能制造企业数字价值链运行的微观基础与适用条件。另外,在本研究识别出的支持数字价值链运行的要素、结构与关系作用基础上,未来研究可考虑采用案例研究法探究不同结构与关系作用的共演动力,以及采用系统动力学仿真法分析制造企业数字价值链运行中关于要素、结构与关系的相互作用。

主要参考文献

[1]曹仰锋. 竞争战略: 从“产品价值”到“场景价值”——海尔生物疫苗网的竞争战略与价值创造模式[J]. 清华管理评论, 2020, (S1): 105-111.

[2]陈剑, 刘运辉. 数智化使能运营管理变革: 从供应链到供应链生态系统[J]. 管理世界, 2021, 37(11): 227-240,14.

[3]陈威如, 王节祥. 依附式升级: 平台生态系统中参与者的数字化转型战略[J]. 管理世界, 2021, 37(10): 195-213.

[4]陈武, 陈建安, 李燕萍. 工业互联网平台: 内涵、演化与赋能[J]. 经济管理, 2022, 44(5): 189-208.

[5]陈衍泰, 许燕飞, 郭彦琳. 数据驱动的动态管理能力构建机制研究——以杭州泛嘉集团为例[J]. 管理评论, 2022, 34(1): 338-352.

[6]工业互联网推动中小企业包容性增长政策研究与机制创新项目组. 工业互联网推动中小企业包容性增长的内在逻辑[M]. 北京: 电子工业出版社, 2021.

[7]李爱国, 陈银忠, 杨柏. 工业互联网、生产性服务业虚拟集聚与区域创新[J]. 科学学研究, 2024, 42(7): 1536-1546.

[8]李佳钰, 黄甄铭, 梁正. 工业数据治理: 核心议题、转型逻辑与研究框架[J]. 科学学研究, 2023, 41(12): 2216-2225.

[9]李秋迪, 左美云, 周军杰. 基于复杂适应系统理论的电子商务企业IT能力研究[J]. 管理学报, 2013, 10(9): 1352-1361.

[10]李晓华, 王怡帆. 数据价值链与价值创造机制研究[J]. 经济纵横, 2020, (11): 54-62,2.

[11]李正辉, 许燕婷, 陆思婷. 数据价值链研究进展[J]. 经济学动态, 2024, (2): 128-144.

[12]吕延方, 方若楠, 王冬. 中国服务贸易融入数字全球价值链的测度构建及特征研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2020, 37(12): 25-44.

[13]马永开, 李仕明, 潘景铭. 工业互联网之价值共创模式[J]. 管理世界, 2020, 36(8): 211-222.

[14]孙新波, 李继蔚, 张明超. 数据赋能智能制造企业价值链攀升: 综述与展望[J]. 财会通讯, 2023, (2): 26-31.

[15]孙新波, 张明超, 王永霞. 工业互联网平台赋能促进数据化商业生态系统构建机理案例研究[J]. 管理评论, 2022, 34(1): 322-337.

[16]王水莲, 于程灏, 张佳悦. 工业互联网平台价值创造过程研究[J]. 中国科技论坛, 2022, (4): 78-88.

[17]王新新, 张佳佳. 价值涌现: 平台生态系统价值创造的新逻辑[J]. 经济管理, 2021, 43(2): 188-208.

[18]王雪冬, 匡海波, 董大海, 等. CSV视阈下的价值链重构路径研究——基于招商局集团PPC商业模式的案例研究[J]. 管理评论, 2019, 31(1): 293-304.

[19]王毅. 数字创新与全球价值链变革[J]. 清华管理评论, 2020, (3): 52-58.

[20]魏津瑜, 李翔. 基于工业互联网平台的装备制造企业价值共创机理研究[J]. 科学管理研究, 2020, 38(1): 106-112.

[21]魏津瑜, 马骏. 数据治理视角下的工业互联网发展对策研究[J]. 科学管理研究, 2020, 38(6): 58-63.

[22]谢小云, 左玉涵, 胡琼晶. 数字化时代的人力资源管理: 基于人与技术交互的视角[J]. 管理世界, 2021, 37(1): 200-216,13.

[23]张永安, 李晨光. 复杂适应系统应用领域研究展望[J]. 管理评论, 2010, 22(5): 121-128.

[24]张振刚, 许亚敏, 罗泰晔. 大数据时代企业动态能力对价值链重构路径的影响——基于格力电器的案例研究[J]. 管理评论, 2021, 33(3): 339-352.

[25]朱秀梅, 林晓明. 企业数字化转型价值链重塑机制——来自华为集团与美的集团的纵向案例研究[J]. 科技进步与对策, 2023, 40(17): 13-24.

[26]Alexopoulos K, Sipsas K, Xanthakis E, et al. An industrial internet of things based platform for context-aware information services in manufacturing[J]. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 2018, 31(11): 1111-1123.

[27]Cheng J F, Zhang H, Tao F, et al. DT-II: Digital twin enhanced Industrial Internet reference framework towards smart manufacturing[J]. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2020, 62: 101881.

[28]Cozzolino A, Corbo L, Aversa P. Digital platform-based ecosystems: The evolution of collaboration and competition between incumbent producers and entrant platforms[J]. Journal of Business Research, 2021, 126: 385-400.

[29]Ellis B S, Herbert S. Complex adaptive systems (CAS): An overview of key elements, characteristics and application to management theory[J]. Journal of Innovation in Health Informatics, 2010, 19(1): 33-37.

[30]Ensign P C. Value chain analysis and competitive advantage[J]. Journal of General Management, 2001, 27(1): 18-42.

[31]Faroukhi A Z, El Alaoui I, Gahi Y, et al. Big data monetization throughout big data value chain: A comprehensive review[J]. Journal of Big Data, 2020, 7(1): 3.

[32]Kumar D, Kr Singh R, Mishra R, et al. Applications of the internet of things for optimizing warehousing and logistics operations: A systematic literature review and future research directions[J]. Computers & Industrial Engineering, 2022, 171: 108455.

[33]Li H L, Yang Z Y, Jin C H, et al. How an industrial internet platform empowers the digital transformation of SMEs: Theoretical mechanism and business model[J]. *Journal of Knowledge Management*, 2023, 27(1): 105-120.

[34]Li Y Q, Ding H, Li T. Path research on the value chain reconfiguration of manufacturing enterprises under digital transformation—A case study of B company[J]. *Frontiers in Psychology*, 2022, 13: 887391.

[35]López T, Riedler T, Köhnen H, et al. Digital value chain restructuring and labour process transformations in the fast-fashion sector: Evidence from the value chains of Zara & H&M[J]. *Global Networks*, 2022, 22(4): 684-700.

[36]Oliveira L, Fleury A, Fleury M T. Digital power: Value chain upgrading in an age of digitization[J]. *International Business Review*, 2021, 30(6): 101850.

[37]Phillips M A, Ritala P. A complex adaptive systems agenda for ecosystem research methodology[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2019, 148: 119739.

[38]Reinartz W, Wiegand N, Imschloss M. The impact of digital transformation on the retailing value chain[J]. *International Journal of Research in Marketing*, 2019, 36(3): 350-366.

The Industrial Internet Platform Enables the Operation of Digital Value Chains in Manufacturing Firms: A Case Study of Haier COSMOPlat

Zhang Mingchao¹, Sun Xinbo², Liu Jianqiao²

(1. *Antai College of Economics and Management, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China*;
2. *School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110169, China*)

Summary: The industrial Internet platform has garnered significant attention from both academia and industry due to its potential to enable the operation of digital value chains in manufacturing firms. However, the existing research has not yet fully explored the “black box” of how the platform enables the operation of digital value chains in manufacturing firms. Focusing on Haier COSMOPlat and the manufacturing firms it enables, this paper uses a case study approach to investigate the mechanisms through which the industrial Internet platform enables the operation of digital value chains. The findings reveal that the industrial Internet platform enables manufacturing firms to realize digital twin value-chain elements, digital-driven value-chain structures, and digital enhanced value-chain relationships, thus supporting the overall operation of digital value chains. Through a comparative analysis of the structure and scope of digital value chains, it is concluded that the industrial Internet platform enables the reconfiguration of value chains in four key ways: value-chain strengthening, value-chain expansion, value-chain upgrading, and value-chain renewal. Digital value chains have undergone innovative changes compared to traditional value chains in terms of dominant logic, core resources, activity stakeholders, network relationships, and target effectiveness. This paper offers practical insights for accelerating the development of the industrial Internet platform and helping manufacturing firms build digital value chains to achieve high-quality development.

Key words: industrial Internet platform; digital value chains in manufacturing firms; complex adaptive systems; reconfiguration of value chains

(责任编辑: 王舒宁)