

引用格式:甄美荣,刘蕊.数字赋能制造企业技术创新的实现机制——基于数据生命周期理论的研究[J].技术经济,2024,43(3):64-76.

ZHEN Meirong, LIU Rui. A study on the digital empowerment mechanism to technological innovation of manufacturing enterprises: Based on the data life cycle theory[J]. Journal of Technology Economics, 2024, 43(3): 64-76.

数字赋能制造企业技术创新的实现机制

——基于数据生命周期理论的研究

甄美荣,刘蕊

(江苏大学管理学院,镇江 212013)

摘要:数字技术与数据要素成为我国制造企业实现技术创新的重要手段,需从数据要素视角深入分析数字赋能制造企业技术创新的全过程机制。基于数据生命周期理论,采用探索性案例研究方法,构建了数字赋能制造企业技术创新实现机制的理论模型。研究发现,制造企业价值链上主要模块基于不同功能和目标采用不同的数字技术,形成生产流程、研发模块和营销体系全联通,在联通过程中以数据生命周期管理实现赋能,主要体现为:生产流程中,基于物联网和智能制造系统形成全流程动态反馈赋能机制,以数据的采集、传输和监控促进工艺创新;营销体系中,基于大数据技术形成全面需求双维度反向赋能机制,以数据的采集、分析和可视化促进产品创新;研发模块中,基于自身数字化升级和数字平台形成全联通赋能机制,以数据的搜寻、分享和整合促进联动创新。

关键词:数字赋能;制造企业;技术创新;数据生命周期理论;机制

中图分类号: F273.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-980X(2024)03-0064-13

DOI: 10.12404/j.issn.1002-980X.J23102103

一、引言

党的二十大强调要坚持把发展经济的着力点放在实体经济上,加快建设制造强国。制造企业是我国实体经济发展和制造强国建设的重要载体,但整体上依旧存在“大而不强”,技术受制于人的局面^[1]。《“十四五”数字经济发展规划》指出要坚持把创新作为引领发展的第一动力,以数据为关键要素,以数字技术与实体经济深度融合为主线,促进研发、生产、流通、服务、消费全价值链协同,赋能企业数字化转型升级。可见,数字赋能已然成为制造企业实现技术创新的重要手段。在实践中,“三一重工”在数字化双创平台的驱动下成为全球重工行业首家“灯塔工厂”,“科达制造”基于数字化的研发检测平台成为陶瓷装备制造业的领跑企业。但整体而言,数字化转型成效显著的领军企业仅达17%^①,大部分制造企业“零敲碎打”或“片段式”的数字化建设与技术研发是“两条线、两层皮”,没有发挥出对技术创新的赋能作用。因此,如何以数字赋能实现制造企业技术创新是我国建成世界科技强国亟待解决的重要问题。

在学术界,数字赋能制造企业获取竞争优势也成为广泛关注的热点。目前数字赋能与制造企业的研究主要集中在生产制造升级、营销与服务创新、价值创造等方面,制造企业可以通过数字技术的智能化、网络化等方式推动智能制造生产模式形成^[2],通过数字技术改进服务供给方式、服务流程等实现服务创新^[3],也可通过工业互联网平台整合内外部资源实现价值共创^[4]。部分学者研究了数字赋能与制造企业技术创新的关系,如通过实证检验数字赋能对技术创新的影响^[5-6],探讨数字技术对创新主体、流程和成果的赋能路径^[7],但却没有明确数字赋能技术创新过程中不同数字技术的应用与作用机制,也缺少关注数

收稿日期:2023-10-21

基金项目:教育部人文社科规划项目基金“来华留学生在华社会关系模式构建:基于社会生态系统理论视角”(20YJA840021)

作者简介:甄美荣,博士,江苏大学管理学院副教授,硕士研究生导师,研究方向:创新管理;刘蕊,江苏大学管理学院硕士研究生,研究方向:创新管理。

①埃森哲(中国)有限公司:《2022埃森哲中国企业数字转型指数》研究报告。

字技术应用中数据要素的作用。数据是数字经济发展的关键要素^[8],在数字赋能制造企业技术创新中起到不可或缺的作用,数字技术的应用必然依赖于大量数据,且通过处理加工而产生新的数据,新数据会再参与数字技术应用中。同时数据也可以帮助管理者构建数字化思维,降低管理者因信息处理能力不足和决策经验固化造成的偏差^[9],从而更精确的作用于技术创新。例如生产模块的数据来源于制造流程中的各个环节和设备,通过工业互联网平台可以集成设备与系统数据,再作用于生产流程进行分析和全过程监控,进而推动生产工艺创新^[10]。因此,在数字技术赋能制造企业技术创新过程中对数据进行有效管理已成为必然。

数据生命周期理论研究数据在整个生命周期内的活动流程以及应用逻辑顺序,一个典型的制造数据生命周期是数据采集、传输、存储、处理、可视化和应用的循环过程^[11]。数字赋能制造企业技术创新的过程涉及生产、营销和研发等价值链上主要模块的数据交互,对数据进行全生命周期管理能够厘清模块间复杂交互的数据关系,精细化数据在每个模块中的作用,呈现数据流向,为打通生产、营销和研发的链接,实现数字赋能制造企业技术创新提供有效的支持。故本研究基于数据生命周期理论,采用探索性案例研究方法,以江苏鱼跃医疗设备股份有限公司为研究样本分析其数字赋能技术创新实践,深入探究数字赋能制造企业技术创新实现机制,回答制造企业在技术创新过程中,生产、营销和研发模块采用的数字技术是什么?这些数字技术是如何赋能的?在赋能过程中数据又是如何进行管理的?本研究的主要学术价值在于:第一,明确了价值链上数字赋能制造企业技术创新机制,清晰地表明数字技术在生产流程、营销体系和研发模块以全流程动态反馈赋能机制、全面需求双维度反向赋能机制和全联通赋能机制实现技术创新的过程;第二,以数据全生命周期管理打开数字赋能制造企业技术创新的“黑箱”,明确地阐述数字赋能制造企业技术创新过程中生产、营销和研发模块数据全生命周期管理的重点,在拓展数据生命周期理论的应用范围的同时明晰了数据流向以及数据要素对技术创新的作用。

二、文献回顾与研究框架

(一) 数字赋能

随着云计算、大数据、物联网和人工智能等新兴数字技术的快速发展,“数字赋能”这一概念引起了学术界的广泛关注。对于企业来说,数字赋能是指大数据、物联网等数字技术赋予企业一种新的生产函数,促进企业与组织、生产及管理的全面融合,帮助企业获得重新组合数据要素与资源的能力,提升企业生产效率和加速增长效应^[5]。

目前企业范围内数字赋能的研究主要有以下几个方面。一是数字赋能营销服务创新。数字技术打破了组织边界,重塑企业与客户的关系,增强客户的消费体验感,实现无边界融合^[12],具体表现为精简购买流程、跟踪和分析消费行为、个性化推荐等^[13]。二是数字赋能生产模式创新,主要有智能制造、精益生产和敏捷制造。智能制造的本质是企业数字技术和数据要素的基础上进行精准高效的供需匹配^[14],以“产销结合”的方式实现个性化定制^[15];精益生产聚焦资源浪费的减少,以大数据技术的连接和分析能力转化为生产的流动和拉动能力^[16],实现精益生产升级;敏捷制造则关注市场的响应速度,由一系列模块、规则和数据应用组成的数字平台为快速响应提供了条件^[17]。三是数字赋能企业管理变革,数字技术使企业打破传统的组织结构^[18],从多层级垂直管理架构朝着扁平化的方向发展,同时也增强员工雇佣的灵活性^[19]。少数学者也关注到了数字技术对技术创新的作用,数字技术通过降低创新成本^[5],获取社会资本和隐性知识^[20],积累知识存量^[21],正向影响技术创新,或通过数字连通和协同机制驱动创新产生^[22],也可形成以合作为核心的技术创新^[7]。

纵观已往研究,数字技术对营销服务模式的改变和在生产制造流程上的创新,都脱离不开大量数据的管理。同样地,技术创新是生产要素和生产条件的“新组合”^[23],数字赋能技术创新必然会改变传统的生产要素和生产条件的组合模式,也必然会涉及作为组合要素之一数据的管理^[24]。数字技术与数据要素在技术创新过程中的紧密交互使得企业能够进行跨边界,跨流程的资源整合^[25],为技术研发提供资源要素支撑,形成新的要素组合,进而促成技术创新。然而,现有研究忽略了数字赋能技术创新过程中数据的作用,并未充

分建立起数据管理与数字赋能技术创新的联系,数据在此过程中发挥作用的机制尚不清晰,是需要打开的“黑箱”。

(二) 数据生命周期理论

基于数据生命周期的管理有助于理清整个数据活动流程以及应用逻辑顺序。目前学术界对数据生命周期尚无明确定义,学者们提出不同视角的概念,例如 Levitin 和 Redman^[26]提出的数据质量生命周期,包括数据生产、存储、检索和使用4个阶段;Ruegg 等^[27]提出的数据管理生命周期,包括计划、收集、质量确保和控制、分析、描述、保存、整合、再次分析8个阶段;Goben 和 Raszewski^[28]基于 DataONE 的数据生命周期,提出数据识别、数字化、清洗、描述、存储、分享和分析7个阶段;Tao 等^[11]认为制造企业数据生命周期包括采集、传输、保存、处理、可视化和应用6个阶段;郝志远等^[29]将工业大数据的生命周期划分为数据整合、分析、应用三大阶段。基于前人对于数据生命周期的阶段划分,本文认为数据生命周期主要包含数据采集、传输、监控、分析、可视化、分享、整合和应用8个阶段。

已往有关数据生命周期的研究多集中于科研^[30]、政府数据管理^[31]以及高校数据管理应用^[32]等方面,然而鲜有研究将该理论应用于制造企业数字赋能与技术创新管理领域。数据全生命周期管理与数字赋能技术创新之间有着密不可分的联系,一方面,随着大数据、物联网等数字技术的不断发展,数字技术的应用必然涉及数据全生命周期管理,制造企业收集、存储海量数据,并通过算法实现深度的数据分析,从而产生有益于技术创新的高价值信息^[33];另一方面,技术创新主要涉及研发、生产和营销三个模块的数据交互,不同模块又涉及了不同的数据管理内容,对数据进行全生命周期管理能够清晰呈现模块内部数据管理的重点以及模块间数据的流向,展现数据在数字赋能技术创新过程中发挥的作用。因此,基于数据生命周期理论探究数字赋能制造企业技术创新的实现机制,在实践上具有可行性与必要性,在理论上能够适配研究主题的同时也拓展了理论的应用范围。

(三) 研究框架

基于上述文献回顾,本文将分析制造企业价值链上核心的生产制造、营销服务和研发设计三个模块,探索三个模块上分别采用的数字技术以及赋能技术创新的机制,并分析数据在三个赋能机制中的全生命周期管理,回答数字技术如何赋能制造企业技术创新,阐明如何进行数据全生命周期管理,并提出如下研究框架(图1)。

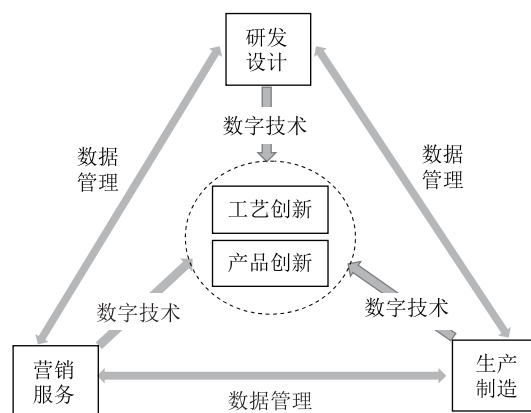


图1 数字赋能制造企业技术创新的研究框架

三、研究设计

(一) 研究方法

本文采用探索性案例研究方法,原因在于:一方面,本文旨在探索数字技术如何赋能制造企业实现技术创新,属于“how”的问题范畴,适合用案例研究方法进行分析^[34];另一方面,制造企业技术创新是一个复杂、动态的过程,涉及生产、研发、营销等多模块运营及交互影响作用,案例研究能够揭示这一复杂现象背后隐藏的理论或规律。

(二) 案例选择

本文选取江苏鱼跃医疗设备股份有限公司(以下简称为鱼跃)作为单案例研究对象,主要理由如下:①案例的典型性。鱼跃是国内医疗器械龙头制造企业,2021年被国家工信部认定为“国家技术创新示范企业”。近年来,鱼跃积极探索智能制造新路径,使用大数据、物联网、智能制造系统、数字平台等数字技术将各模块数据融合贯通,并建立数据全生命周期管理,致力于基于用户需求的产品创新以及医电产品自动生产设备和组装生产线的工艺创新。②案例的启示性。自主研发对技术创新至关重要,从2019年起,鱼跃基于大数据、智能制造系统形成“以用户需求为核心、以数据为基础”的自主研发新模式,这对于其他传统制造

企业推进数字化转型和技术创新具有极强的启示作用。③资料的可得性。关于鱼跃数字化转型和研发创新的新闻报道为数甚多,二手资料充分翔实,且研究小组通过访谈和现场观察,了解企业生产、研发和营销流程,获取了真实可信的一手访谈数据。

(三) 数据收集

本文借助多样化的渠道来源进行资料收集,收集过程遵循“三角验证”的要求,保证资料的真实性,具体如下:①一手访谈资料,研究小组在 2021 年和 2022 年先后 3 次到鱼跃丹阳全球生产基地进行深度访谈,访谈人员包含高层管理者、各模块负责人和员工;在调研期间研究小组还参观了鱼跃研发中心和智能工厂,现场观察生产流程和技术应用细节。②二手资料。主要包括企业官方网站讯息、微信公众号推文、文献和媒体资料。③整个研究过程中,为保证资料的完整性、准确性和有效性,研究团队与部分受访者通过电子邮件、微信等方式进行非正式沟通以验证、修正和补充所需的信息资料。数据来源表见表 1。

表 1 鱼跃调研实况与资料编码方案

数据来源	访谈对象	访谈主题	访谈时间 (分钟)	资料字数 (字)	编码方案
一手访谈资料	副总经理	数字经济、数据价值、企业使命	90	13000	A1
	研发负责人	业务联通、合作效益、创新产出	120	20000	A2
	智能制造总监	智能制造、生产流程、生产工艺	120	22000	A3
	销售负责人	精准营销、营销渠道、客户服务	120	26000	A4
	生产、研发和营销类员工	工作细节、业务交流	90	15000	A5
二手资料	企业官方网站、微信公众号				B1
	新闻报道、媒体采访				B2
	内部材料,如生产运营指导说明等				B3

(四) 数据分析

本研究采用一阶/二阶(1st-order/2nd-order)的结构化数据分析方法,对案例数据进行分析,逐渐抽离与提炼和主题相关的构念以及构念之间的关系^[35-36]。具体分析过程如下:首先,围绕“制造企业在技术创新过程中运用哪些数字技术?”“数字技术如何赋能?”“在数字赋能过程中数据如何管理?”等研究问题,深入挖掘一手、二手资料提炼一阶概念。其次,仔细比较一阶概念之间的联系,将具有相似主题的一阶概念归为一类,形成二阶主题。最后,对二阶主题进一步聚合,凝练成理论维度,并将所有构念串联起来。在案例编码过程中,研究小组进行了多次非正式沟通来补充、修正和完善资料,调整相关构念的表达,直至理论饱和点。最后以案例编码结果为支撑,进行详尽的案例分析和模型构建。

四、案例分析

本文基于鱼跃的案例分析,探讨制造企业利用数字技术将生产、营销和研发模块联通,并赋能于技术创新的机制,同时解析数据要素在数字赋能中的全生命周期管理过程。制造企业在生产、营销和研发模块所采用的数字技术不同,进行数据全生命周期管理的重点不同,故此部分内容具体分析生产、营销和研发模块的数字赋能的技术手段、数据管理重点,以及数据全生命周期管理下数字赋能技术创新的机制。

(一) 生产全流程动态反馈赋能机制

鱼跃在生产流程中以物联网技术和智能制造系统赋能工艺创新,主要表现在降低成本、提高产品质量和生产效率。为解决生产数据反映的成本问题,鱼跃自主研发全自动导管模尖机,使用机器人装配,节省 4 人,节约人工成本 24 万元/年;为提升产品质量,鱼跃自主研发制氧机分子筛灌装自动化产线、灌装设备和全自动智能气阀检测工具,既保证制氧机医用级别的产氧浓度,又降低故障发生率,延长使用寿命;为提高生产效率,鱼跃自主研发全自动管端成型设备,实现全自动上下料、自动成型,又研发智能柔性生产线,将雾化器生产线调整成红外体温计、呼吸机等防疫物资的产线,使产能在短时间内提升 4 倍。生产模块编码见表 2。

表 2 生产流程赋能编码

聚合概念	二阶主题	一阶概念	举例
数字赋能手段	物联网技术与智能制造系统	产品信息记录与追溯	“每台鱼跃产品的包装上都有一个二维码,用于追溯材料、设备、人员等数据,依据数据找出问题的根源,层层把关产品质量。”(A5) 可追溯管理精准到质量、物料和人等方面,对生产过程管理和改善有意义。(B2)
		智能制造管理	“智能系统和机器人、生产线等制造技术的融合实现了鱼跃的智能制造。”(A1) “在生产信息数据化之后,生产设备的效率、用工情况都很清晰,意味着整个生产流程都是可控的,产品具体的生产成本通过这些数据分析就能得到。”(A3)
数据全生命周期管理	生产数据全生命周期管理	静态动态生产数据采集	“通过物联网采集现场静态数据,静态数据比如一些物料、零部件的编码,动态数据比如产线速度、运作时间等。”(A3) 生产过程中及时采集产量、能耗、加工精度和设备状态等数据,并与订单、工序、人员进行关联。(B2)
		生产数据实时敏捷传输	采集的数据通过传感器感知和数据传输网络传输到制造执行系统(MES)。(B2) “系统集成能够实现数据互联互通。”(A3)
		生产全过程全方位监控	每台设备的生产数据都能自动接收、反馈,不但能获取更多生产数据,也能加强过程监控,为后期的生产管理、优化提供分析依据。(B2) 鱼跃医疗在关键制造装备运行监控率上达到 100%,实现全方位监控,保证每个环节的产品质量。(B1)
赋能技术创新	生产全流程动态反馈赋能	生产-研发数据交互	“MES 与产品生命周期管理系统(PLM)数据是交互的,MES 将温度、压力等影响生产效率和产品质量的相关生产工艺数据反馈给研发部门进行工艺设计优化。”(A3) 根据生产组反馈的数据,鱼跃自主研发全自动导管膜尖机,这是国内唯一适用于多种材质导管快速成型的自动化设备。(B2) 制氧机分子筛灌装自动化产线是一条自主研发的国际领先的智能化生产线,解决了生产数据反馈的质量问题。(B2)

1. 生产数据全生命周期管理

鱼跃深度运用物联网技术和智能制造系统对整个生产流程进行管理,并将生产全流程数据传输至研发模块,研发模块根据生产数据识别问题,进行生产工艺的改进创新。首先,应用物联网的二维码技术,记录和追溯产品从起始端到终端的所有数据,形成清晰透明的数据链路,实现“一机一码”的产品全流程管理;然后,智能制造执行系统(manufacturing execution system, MES)对接、处理物联网采集的生产数据,呈现产品、设备效率、用工情况等数据。在应用物联网和智能制造系统赋能工艺创新过程中,需要对生产数据进行以采集、传输和监控为重点的全生命周期管理。

静态动态生产数据采集。数据采集是数据全生命周期管理的初始与基础,在生产过程中通过传感器、智能硬件等采集静态和动态两大类数据。静态数据是一般不会发生变化的数据,如鱼跃呼吸机中的风机、呼吸面罩等零部件的编码;动态数据是随着生产过程运行会发生变化的数据,如机械手运作时间、速度等数据。这些数据助力管理人员实时了解产品生产进度和状态,为质量控制、任务调动提供基础,当后期产品出现问题时,也可以根据员工编码和运行数据,追究到具体员工和问题点。

生产数据实时敏捷传输。数据传输是利用数据打通模块内的关键流程,实现互联互通。在生产模块,一方面是基于“感知层-传输层-应用层”的生产设备与系统之间的数据传输,感知层先对二维码、传感器等设备的数据进行采集,经网络层中有线网络(以太网)和无线网络(WiFi、NB-IoT、433MHz)传输,最终传达给应用层的管理系统(MES等),并实现数据可视化,以便于对生产全流程的把控。另一方面是系统与系统之间的数据传输。鱼跃的产品生命周期管理系统(product lifecycle management, PLM)主要是围绕产品研发和设计展开管理,而 MES 系统主要是围绕生产管理,两个系统的数据流通可以使生产和研发之间的交互更敏捷,提高研发设计与生产条件适配度。

生产全过程全方位数据监控。运用智能制造系统可实现关键制造设备运行 100% 监控,数据监控包括对生产全过程的监视和控制;监视体现在对实时数据的查询和分析,如通过传感器、全球定位系统(GPS)、摄像头等采集物料、设备、工序时间、人员等信息,经过 MES 系统分析后呈现出现场生产进度、目标完成度、品

质状况以及人、机、料的利用率等;控制体现在预警和全流程的追溯管理,在生产全过程监视的基础上,将采集到的运行设备的工艺参数等和预先设定值进行比较,检测是否出现异常,并通过二维码对生产过程进行跟踪管理,寻找问题的控制点。

2. 生产全流程动态反馈赋能

研发模块的 PLM 系统与生产模块的 MES 系统集成,使物联网技术和智能制造系统在赋能生产流程的同时赋能于研发模块,构建起了生产全流程动态反馈赋能机制。其中 MES 系统负责记录、存储及共享生产车间的实时产品加工过程数据,并将生产数据传输至 PLM 系统,研发部门则对数据进行读取和分析,通过对比实时生产数据与规划数据,识别异常数据,推进工艺设计和产品质量高效优化,提高企业生产和研发的资源配置效率。

综上所述,生产流程中物联网技术与智能制造系统的“感知层-传输层-应用层”运行过程也是生产数据“采集-传输-监控”的全生命周期管理过程,这两个交互的过程在 PLM 系统上将生产全流程动态数据传输反馈给研发模块,促进工艺创新,是生产流程中“物联网技术和智能制造系统-全流程静态动态数据传输反馈-识别问题-工艺创新”的赋能机制(图 2)。

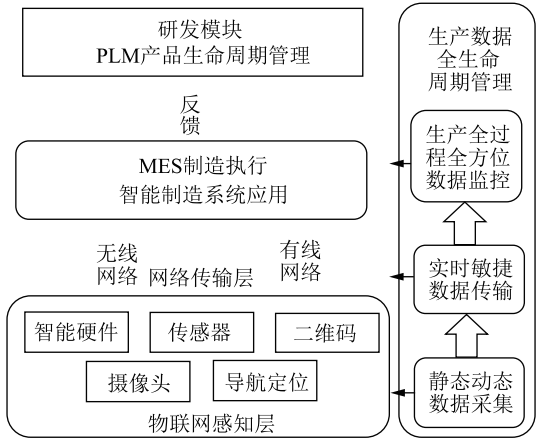


图 2 生产全流程动态反馈赋能机制

(二) 营销体系全面需求双维度反向赋能机制

鱼跃在营销服务体系中以大数据技术赋能产品创新,主要围绕产品功能和质量展开。在功能上,通过大数据技术分析挖掘出客户对产品智能化的需求,鱼跃自主开发具有智能化功能的产品,如血压计、呼吸机、血糖仪等产品均可通过互联网、云计算等技术将健康信息上传至云端,并实时推送至用户手机 APP,实现远程管理的同时采集临床医学数据;在质量上,通过大数据分析感知到客户对制氧机稳定性的需求,鱼跃提升分子筛制氧机稳定性,然后与上游材料供应商联合创新,持续优化产品设计方案,自主研发压缩机、电磁阀等关键核心零部件,使制氧效率的稳定性达到国际领先水平。营销模块编码见表 3。

1. 客户数据全生命周期管理

鱼跃致力于运用大数据技术对客户数据进行分析处理,联通营销和研发模块,以客户需求反向赋能产品创新。鱼跃在营销体系中基于大数据技术形成“线上精准服务”和“线下优质体验”的一体化营销模式,一方面,“云医疗”将大数据技术与 B2C(business to customer)和 B2B(business to business)平台融合,并构建有在线机器人、用户画像等智能工具的客服中心,线上精准服务的同时掌握客户需求偏好数据;另一方面,鱼跃联手苏宁易购开设全国首家 O2O(online to online)医疗器械体验馆,布局“线上服务+线下体验”的新零售经营模式,提供线下优质体验的同时掌握消费者差异化需求的数据。在大数据技术赋能产品创新过程中,需要对客户进行以数据采集、分析和可视化为重点的全生命周期管理,目的是从繁杂数据中挖掘出客户需求,为研发设计提供创意来源。

线上线下客户信息采集。数据采集是挖掘客户需求的基础,鱼跃主要通过市场调查、电商平台和智能产品从线上线下采集客户信息。市场调研以安排专业人员通过电话访问、调查问卷、入户访问等一系列线下方法为主采集数据,该数据为研发设计提供灵感和启发;电商平台上的客户数据是指由阿里巴巴、京东旗下的“生意参谋”“京东商智”等运营数据开放平台提供的客户基本信息、购买记录、商品评价等,该数据为后期挖掘客户需求、优化关键词和广告投放提供数据支撑;智能产品上的客户数据是客户使用智能产品时的实时健康数据,鱼跃电子血压计、睡眠呼吸机、血糖仪等多种智能产品均有数据接口,在客户授权的情况下,有专门业务部门进行数据采集,建立对应的数据库,用于制定个性化的客户健康指导方案。

表 3 营销体系赋能编码

聚合构念	二阶主题	一阶概念	举例
数字赋能手段	大数据技术	线上精准服务	鱼跃开放了 B2B(business to business) 云平台,该平台基于大数据分析技术,面向全球企业客户,满足差异化的临床需求。(B1) 机器人、用户画像等帮助客服团队实现高质量的客户沟通及需求分析。(B2)
		线下优质体验	“O2O(online to offline) 这种零售方式就是以数据为主导,了解及预测消费者需求,为消费者提供超值的购物体验,消费者线上线下购买皆可”(A4)
数据全生命周期管理	客户数据全生命周期管理	线上线下客户信息采集	“电商平台提供大量客户信息,如性别、身份、爱好、购买历史等。”(A4) 旗下电子血压计、睡眠呼吸机、血糖仪等多种产品均有数据接口,在客户允许的情况下,公司有专门业务部门采集、分析相关数据、建立对应的数据库。(B1)
		纵横关联客户需求深度分析	鱼跃医疗发布了 3L 和 1L 两种型号的家用制氧机,向细分人群加速纵深。(B2) 用户的日常血糖数值实时同步到云端,数据分析引擎会为医生及用户提供血糖分析图表、分级预警和管理功能。通过血糖和健康档案的数据,用户可以在 APP 上获得线上线下咨询、用药管理等服务。(B1) 通过大数据分析,鱼跃精准迎合了年轻一代对趣味营销的原创性和趣味性的高需求。(B2)
		客户行为与需求可视化	“数据可视化帮助我们加强对客户行为的理解,而且是以尽可能简单的图表形式来表现,让我们更加容易从数据中获取见解。”(A4) “采集的结果根据大数据处理可以输出用户画像,了解用户是什么样的人,有什么喜好,会在什么场景使用我们的产品和服务。”(A4) 利用大数据,掌握用户的一定信息后,可以构建出清晰的用户画像,根据用户的偏好、兴趣、收入等标签,给他们推荐他们感兴趣的服务和产品。(B2)
赋能技术创新	全面需求双维度反向赋能	营销-研发数据交互	客户关系管理系统(CRM)管理客户数据,这些数据成为产品设计部门研发下一代产品的源泉。(B2) “大数据分析出的客户需求主要围绕产品的功能和质量两个方面,我们研发部门便针对这两方面升级产品。”(A2) “PLM 从 CRM 中读取客户投诉、评价、建议等,形成概念设计,像智能的血压计、呼吸机等就是根据客户需求设计出来的。”(A4)

纵横关联客户需求深度分析。数据分析是数据挖掘的过程,鱼跃采用聚类、关联和回归分析在横向上将客户细化,在纵向上将客户信息和健康数据关联,对客户需求进行深度分析。聚类分析是根据多样化特征,把具有相似特征的分析对象分成同一组别的统计方法,客户细分就是基于大数据聚类分析完成。鱼跃根据年龄属性进行聚类分析,将客户横向细分成学生、孕妇、老年人等群体,在家用制氧机型号上设置 1L、3L 和 5L 的不同型号,满足不同群体的需求。关联规则是挖掘两个数据项之间存在的关系,鱼跃于医疗健康 APP 中应用关联规则,客户使用产品时的健康数据会上传至 APP 中,APP 挖掘所测数据与可能出现疾病的器官功能指数间的关系,为客户精准推荐医生并提高医生的接诊速度。回归分析用于寻找某些变量的影响因素和描述其影响程度,鱼跃在“双十一”的营销策略中便采用回归分析,将目标受众锁定在年轻消费者,寻找影响其购买行为的关键因素。

客户行为与需求数据可视化。数据可视化属于大数据应用层面的内容,即在数据分析的基础上,将数据库中的大量数据根据某一属性转化成易于理解的图表的一种分析方式。鱼跃以饼图展现客户性别、访问来源,以柱状图展现客户地区,以折线图展现客户增长趋势,以雷达图展现客户等级规模,以表格和散点图展现回归结果。通过这些图表,营销人员更直观了解到数据背后的信息。客户画像也是数据可视化的表现形式之一,是将客户数据标签化,根据采集的客户社会属性、消费行为习惯、生活习惯等数据抽象出的一个虚拟客户模型。鱼跃从年龄、兴趣爱好、购买能力、行为特征等层面构建客户画像,寻找客户痛点并对症下药,挖掘未来产品设计的潜力。

2. 全面需求双维度反向赋能

鱼跃遵循“以用户为核心,以数据为驱动”的创新理念,打通营销部门与研发部门之间的数据壁垒,营销部门在深度分析用户消费和健康需求数据的基础上提取出客户全面需求信息,研发部门根据客户需求从产品功能和质量两个维度进行设计与建模,制作成样品后进行性能检测,检测合格则安排生产部门完成批量生

产,形成了“客户需求→研发设计→建模→样品制作→检测→批量生产”的基于数据的价值链。其中,营销部门采集、分析、可视化后的客户数据会保存在客户关系管理系统(customer relationship management,CRM)中,CRM与PLM两个系统集成后,PLM可以从CRM中读取数据并识别客户的共性和特殊性需求,从而为产品设计提供细节数据,研发出满足客户多元化需求和个性化需求的产品。

综上所述,通过大数据技术采集、分析客户信息,挖掘细分客户对产品的全面需求,形成可视化方案,以客户需求反向驱动产品的质量和功能创新,是在营销体系中“大数据技术-线上线下客户数据采集、分析与可视化-全面需求反馈-产品功能与质量创新”的赋能机制(图3)。

(三) 研发模块全联通赋能机制

在研发模块上,鱼跃在内部进行研发模块自身的数字化升级,构建产品设计标准库和工艺改造设计知识库,并集成于PLM系统,打通内部生产-研发-销售数据联结,基于生产数据反馈的问题和客户数据分析出的需求,应用二维、三维建模设计等数字技术进行工艺和产品的研发设计。鱼跃在外部积极开展智慧诊疗体系创新,主要有数字化全科诊断系统、睡眠物联网中心、夜间糖尿病呼吸暂停患者管理平台等,形成包含床旁监护、远程医疗、临床数据输出的全景体系。智慧诊疗体系也可应用于交通不发达地区的医院,提高其诊疗水平。研发模块编码见表4。

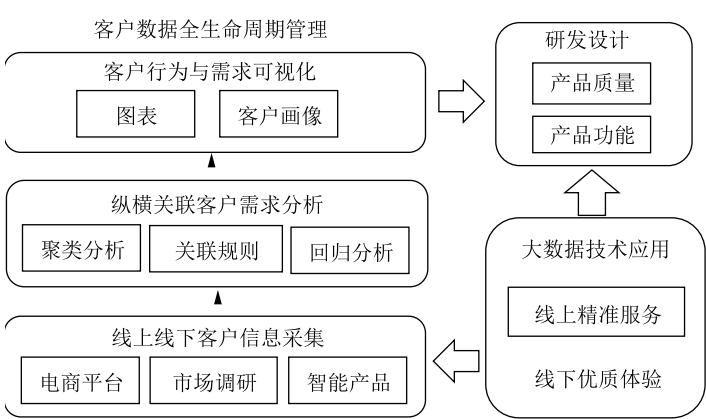


图3 全面需求双维度反向赋能机制

表4 研发模块赋能编码

聚合构念	二阶主题	一阶概念	举例
数字赋能手段	数字化升级	标准库和知识库	“我们会构建产品设计标准库和工艺改造设计知识库来存储数据。”(A2)
		二维和三维建模	“在研发设计时,运用二维三维建模提升设计效率和准确性。”(A2)
	数字平台	产学研合作	“我们在技联在线发布关于‘数字化全科诊断健康云系统关键技术研发及产业化’的技术需求。”(A2)
		院企协同	鱼跃联合国内医院,共同研发对患者呼吸及血糖协同管理的数字化平台。(B2) 鱼跃医疗连续与7家三甲医院达成睡眠物联网中心的合作。(B2)
数据全生命周期管理	资源数据全生命周期管理	多源信息搜寻	“我们会在平台上搜索相关领域的新闻资讯,了解高校的科研成果,看是否对我们技术有帮助。”(A5)
		需求与成果分享	通过线上对接会,可以分享企业的技术难题,并在短时间内完成高效对接,实现各方优质资源的碰撞。(B2) “我们会在平台上发布我们的成果,吸引更多合作伙伴。”(A2)
		创新资源跨边界整合	“我们将不断整合优质资源,提升自己的竞争实力。”(A1) 鱼跃公司管理层将利用多年积累的资源整合经验,优化配置各方资源,调动各方积极性,实现1+1>2的效益。(B2) 鱼跃医疗收购凯立特,进军连续血糖监测(CGM)领域,就是为了更好整合资源,丰富公司产品,减少研发及投资成本。(B2)
赋能技术创新	全联通赋能	双向联通	“产品先经PLM搭建新品物料清单(BOM),再经企业管理解决方案系统(SAP)制作工单,将数据转入高级计划与排程系统(APS)进行排产,进而转入MES进行制造,销售与客户数据保存至CRM。PLM可读取MES和CRM的数据进行创新设计。”(A2)
		内外联通	通过“技联在线”汇聚外部创新资源,推动协同创新。(B2) “我们提出技术需求,产研院通过链接全球创新资源培育组建研发团队,聚集优秀人才,共同破解交叉领域的卡脖子关键问题。”(A2)

1. 资源数据全生命周期管理

为攻破技术难题,鱼跃积极利用数字平台开展产学研合作与院企协同合作。在产学研合作上,鱼跃借助数字平台就呼吸制氧、慢病管理及医疗诊断等领域存在的关键问题与多所高校和科研机构展开合作研发。例如,鱼跃在技联在线平台^②发布“数字化全科诊断健康云系统关键技术研发及产业化”的技术难题,精准寻找有意向的合作对象;在院企协同上,鱼跃与全国多家三甲医院,如首都医科大学附属北京安贞医院、山东省立医院等合作,联合建立起集科研、产品、应用为一体的智慧医疗平台,实现患者与医务人员、机构和设备之间的互动。

在数字平台赋能技术创新过程中,从技术痛点出发精准寻找符合条件的合作对象,这就需要对资源数据进行以资源信息搜寻、分享和整合为重点的全生命周期管理,形成“多源头信息搜寻-需求与成果分享-创新资源跨边界整合”的数据管理链条。

多源信息搜寻。信息搜寻是资源整合的基础,信息来源于各大信息平台、新闻报道以及高校官方网站等。鱼跃通过这些渠道搜集医疗领域专家信息、团队成果、项目内容以及产学研活动等信息,例如参加技联在线平台发布的“2022 年高校院所走进镇江产学研合作对接活动(生物医药与医疗器械专场)”,了解医疗器械领域中各大高校的最新科研成果,与专家教授充分交流沟通,搜寻所需创新资源。

研发需求与成果分享。数字平台的应用不仅体现在搜集创新资源,还体现在分享技术难题和研发成果上。例如,鱼跃在技联在线平台发布“数字化全科诊断健康云系统关键技术研发及产业化”的技术难题,在云端对接会上发布企业技术痛点,在国家科技成果信息服务平台发布“高清晰数字式 X 射线机关键技术”“医用制氧机气路控制技术开发”等成果,也利用线上直播平台召开新品发布会,发布便携式制氧机 Spirit-3、自动体外除颤器 M600 等多款新品,并阐明未来企业研发重点,增强合作伙伴、行业专家对鱼跃研发需求的了解。

创新资源跨边界整合。在数据搜寻和分享的基础之上,将所有信息进行整合,筛选出与企业需求相吻合的创新资源,实现资源利用最大化。鱼跃发布的技术难题会吸引多家高校或科研机构进行探讨,这就需要鱼跃对广泛信息资源进行识别与选择,精准高效的寻找合作伙伴,推动协同发展,实现“1+1>2”的研发效益。同时,鱼跃根据现有资源分析找出技术资源缺口,进行缺口资源溯源。例如鱼跃为展开“呼吸、即时检验(POCT)和感控”的研发,通过收购凯立特公司的方式弥补连续血糖监测(CGM)资源短板,形成完善的技术支撑体系。

2. 全联通赋能

在内部,鱼跃打通研发模块 PLM 系统、生产模块 MES 系统与营销模块 CRM 系统的联结,将生产数据实时反馈给研发团队,促进全自动导管模尖机、全自动管端成型设备、智能柔性生产线等生产工艺创新;将个体客户需求数据反向传输给研发团队,实现搭载智能技术的血压计、呼吸机,以及便携式制氧机等产品创新。在外部鱼跃通过智慧诊疗系统、技联在线等数字化平台搜寻、分享和整合创新资源数据,寻找合作伙伴,弥补技术资源缺口,以产学研合作、院企协同的方式解决关键技术对资源数据的需求,形成智慧诊疗体系上的创新。

综上所述,鱼跃在内部形成“数字技术-生产、营销与研发数据联通-问题与需求识别-工艺与产品创新”的全面联通赋能机制;在外部形成“数字平台-技术资源数据搜寻、分享与整合-产学研用合作-解决技术难题”的内外联通赋能机制,全联通赋能机制见图 4。

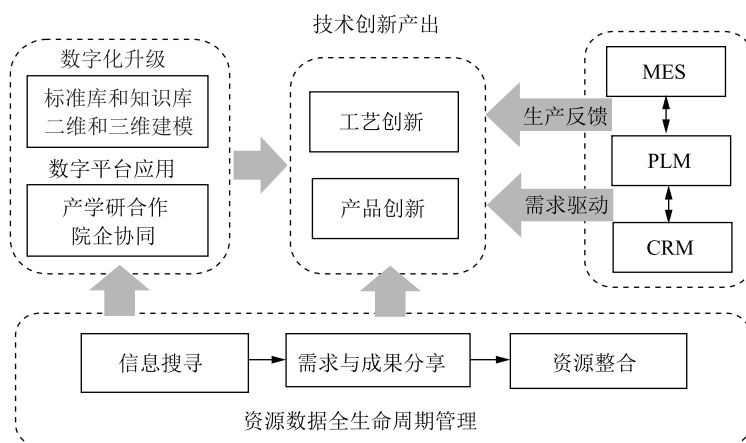


图4 研发模块中全联通赋能

^② 技联在线平台为企业技术需求发布、在线对接交流、科技成果展示以及产学研合作对接活动推送等功能。

(四) 整合模型

制造企业采用物联网技术、智能制造系统、大数据技术打通价值链上核心的生产制造、研发设计、营销服务之间的联结,并使用数字平台有效解决研发设计中的关键问题,在这个过程中通过数据全生命周期管理整合内外部数据资源要素,系统性的推动技术创新。数字赋能技术创新机制的整合模型如图 5 所示。

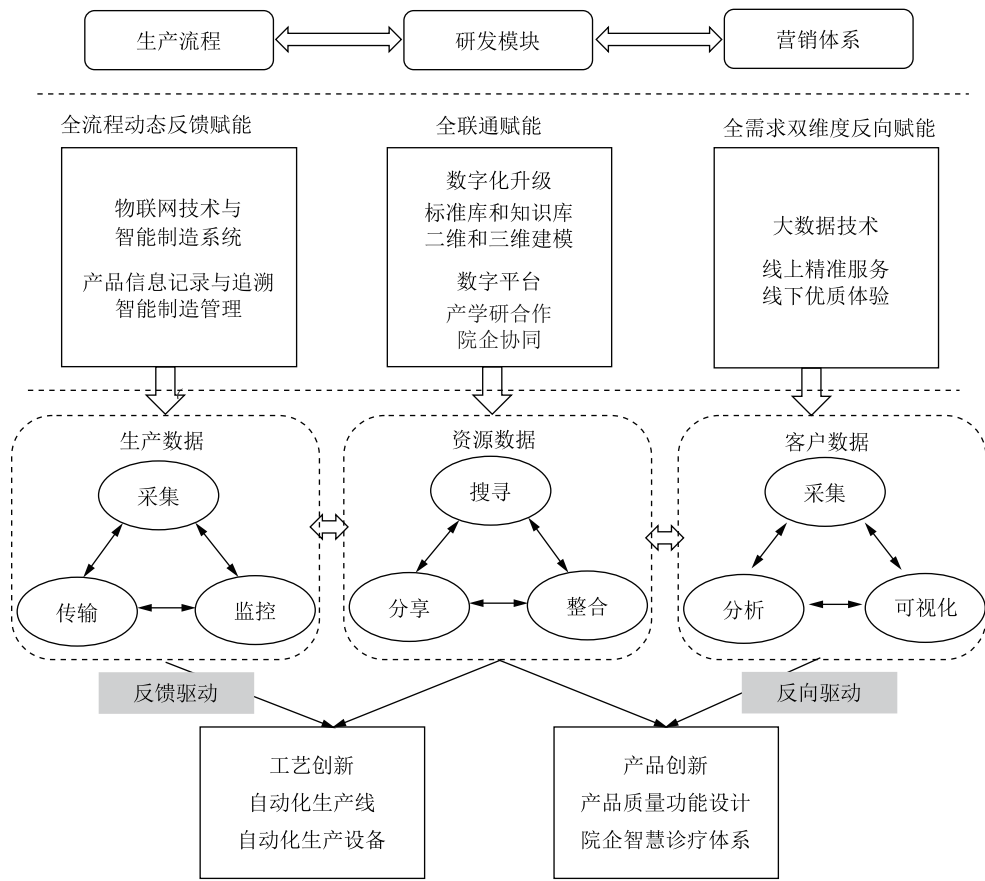


图 5 赋能机制模型

生产流程上,基于物联网技术和智能制造系统对生产数据进行采集、传输和监控的全生命周期管理,识别产品质量、生产线效率等生产全流程问题,驱动产品质量改进、柔性生产线设计、自动化设备研发以及劳动生产率改进等工艺创新,形成全流程动态反馈赋能机制。营销体系中,采用大数据技术对客户数据进行采集、分析和可视化的全生命周期管理,精准把握客户需求,实现功能和质量上的产品创新,形成全面需求双维度反向赋能机制。研发模块中,研发设计自身数字化升级能够实现生产、研发与营销的全面联通,同时基于数字平台的应用,对创新所需的资源数据进行搜寻、分享和整合的全生命周期管理,通过平台获取相关领域的最新研究动态等信息,再利用平台分享技术需求和成果,吸引合作伙伴和优秀人才的加入,形成产学研合作或上下游链条合作,实现内外资源的整合与优化,最终形成“生产-研发-营销”和内外部资源全联通的赋能机制。

五、结论与展望

(一) 结论

本文以鱼跃为例,深入探讨了数字赋能制造企业技术创新的实现机制,具体结论如下:①制造企业技术创新过程中价值链上不同流程所采用的数字技术各不相同,生产流程上主要采用物联网技术和智能制造系统,营销体系中主要采用大数据技术,研发模块上的数字技术主要体现在自身的数字化升级以及数字平台的应用;②数字技术在生产流程、营销体系和研发模块中分别以全流程动态反馈赋能机制、全面需求双维度

反向赋能机制和全联通赋能机制推动制造企业技术创新;③数据全生命周期管理是数字赋能技术创新的关键环节,在价值链主要模块上表现出不同的数据管理重点,生产流程中要对生产数据进行采集、传输和监控,反馈异常生产问题;营销体系中要对客户数据进行采集、分析和可视化,挖掘客户潜在需求;研发模块中自身数据管理通过联通生产数据和客户数据,驱动工艺创新和产品创新,同时在数字平台上进行数据搜寻、分享和整合,高效利用创新资源。

(二) 理论贡献

本文的理论贡献有:①分析了制造企业价值链不同流程中差异化的数字技术应用,相较于已往研究将数字技术应用作为整体^[5,37],更加明确数字赋能技术创新过程中各模块不同数字技术的应用及其相应的功能作用。②探索了数字赋能制造企业技术创新的实现机制,丰富了制造企业技术创新领域的研究。本文聚焦数字技术对制造企业技术创新的作用,探索数字技术在生产流程、营销体系和研发模块对技术创新的赋能作用,阐明以全流程动态反馈赋能机制、全面需求双维度反向赋能机制和全联通赋能机制连通数字赋能技术创新的过程,同时也回应了学者们基于数字技术和数据资源纵向深化技术创新过程研究的展望^[38-39]。③基于数据生命周期理论,研究其在数字赋能制造企业技术创新中的应用,是对数据生命周期理论应用的拓展。现有研究多将数据生命周期理论用于科研、政府和高校的数据管理^[30-32],尚未关注制造企业技术创新过程中的数据管理。在数字经济时代,数据作为新型生产要素,蕴含着新的竞争优势,数据全生命周期管理成为企业创新的关键。本文基于数据生命周期理论,探索制造企业不同模块中数据全生命周期管理的重点,清楚展现数据在生产、营销和研发模块中以及各模块间的流向,剖析数据要素对研发的作用。在拓展数据生命周期理论应用场景的同时也为数字赋能技术创新研究提供了新视角。

(三) 实践启示

本文的实践启示主要有:①基于技术创新目标,制造企业要做好全面数字化转型的准备。在智能制造方面,制造企业应当注重物联网技术和智能制造系统的使用,建立实时监控和可追溯的智能化管理能力;在营销服务方面,制造企业应当注重大数据和电商平台的使用,将客户需求数据化、可视化;在研发方面,制造企业应当注重研发设计自身数字化升级与数字平台的使用,整合创新资源解决技术创新难题。②技术创新是一项复杂系统工程,制造企业要将生产、营销与研发联通,发挥其协同作用。制造企业可以通过系统集成的方式打通生产、营销和研发模块之间的沟通与连接,将生产和需求数据整合到研发模块,提高研发向前和向后的响应能力,进而实现数据交互与全流程的协同创新。③制造企业在数字赋能技术创新过程中,要进行数据全生命周期管理。一方面,企业要明确数字技术与数据属于互生关系,用好数据要素,把握每个模块数据全生命周期管理的重点,运用不同的数字技术发掘数据资源,充分发挥数据要素的作用,支撑技术创新;另一方面,企业要注重各个模块和系统间的数据交互作用,通过系统集成分享各模块数据,协同推进技术创新。

(四) 局限与展望

本文存在的不足有:①选择的案例企业属于医疗器械制造业,对于其他类型的制造企业,是否存在不同的数字赋能机制,还需进一步拓展研究;②单案例研究方法可能会对结论普适性有制约,后续研究可以采取多案例研究方法;③技术创新是中国制造企业获取提升整体竞争绩效的关键,涉及技术、制度、资源等多个维度,未来可从其他视角进行多维度、多层次的研究。

参考文献

- [1] 孟庆时,余江,陈凤. 深度数字化条件下的突破性创新机遇与挑战[J]. 科学学研究, 2022, 40(7): 1294-1302.
- [2] 赵滨元. 数字技术应用、智能制造生产模式和企业生产效率[J]. 经济与管理, 2023, 37(6): 76-84.
- [3] 张昊,刘德佳. 数字化发展对先进制造企业服务创新的影响研究——基于企业动态能力视角[J]. 中国软科学, 2023(3): 150-161.
- [4] 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.
- [5] 张国胜,杜鹏飞,陈明明. 数字赋能与企业技术创新——来自中国制造业的经验证据[J]. 当代经济科学, 2021, 43(6): 65-76.
- [6] LI Z B, LI H, WANG S W. How multidimensional digital empowerment affects technology innovation performance: The moderating effect of adaptability to technology embedding[J]. Sustainability, 2022, 14(23): 1-27.
- [7] 余菲菲,王丽婷. 数字技术赋能我国制造企业技术创新路径研究[J]. 科研管理, 2022, 43(4): 11-19.

- [8] 乔晗,黄朝椿. 构建以数据为关键要素的数字经济[N]. 人民日报, 2022-06-23(10).
- [9] 焦豪, 杨季枫, 王培暖, 等. 数据驱动的企业动态能力作用机制研究——基于数据全生命周期管理的数字化转型过程分析[J]. 中国工业经济, 2021(11): 174-192.
- [10] 蔡呈伟, 戚聿东. 工业互联网对中国制造业的赋能路径研究[J]. 当代经济管理, 2021, 43(12): 40-48.
- [11] TAO F, QI Q L, LIU A, et al. Data-driven smart manufacturing[J]. Journal of Manufacturing Systems, 2018, 48: 157-169.
- [12] 邵云飞, 周湘蓉, 杨雪程. 从0到1:数字化如何赋能创新生态系统构建? [J]. 技术经济, 2022, 41(6): 44-58.
- [13] 包振山, 常玉苗, 万良杰. 数字经济时代零售商业模式创新:动因、方法与路径[J]. 中国流通经济, 2022, 36(7): 12-21.
- [14] DOU R L, HUANG R, NAN G F, et al. Less diversity but higher satisfaction: An intelligent product configuration method for type-decreased mass customization[J]. Computers & Industrial Engineering, 2020, 142: 1-13.
- [15] 戚聿东, 徐凯歌. 智能制造的本质[J]. 北京师范大学学报(社会科学版), 2022(3): 93-103.
- [16] 张振刚, 张君秋, 陈一华. 资源协奏视角下大数据赋能精益生产的机理研究[J]. 管理案例研究与评论, 2022, 15(1): 85-98.
- [17] CENAMOR J, RONNBERG SJODIN D, PARIDA V. Adopting a platform approach in servitization: Leveraging the value of digitalization[J]. International Journal of Production Economics, 2016, 192: 54-65.
- [18] 李雷, 杨水利, 陈娜. 数字化转型的前因组态与绩效研究——来自中国制造业上市公司的经验证据[J]. 科技进步与对策, 2023, 40(16): 32-41.
- [19] MURRAY A, RHYMER J, SIRMON D G. Humans and technology: Forms of conjoined agency in organizations[J]. The Academy of Management Review, 2020, 46(3): 552-571.
- [20] GE C W, LV W D, WANG J L. The impact of digital technology innovation network embedding on firms' innovation performance: The role of knowledge acquisition and digital transformation[J]. Sustainability, 2023, 15(8): 1-21.
- [21] WEN H W, ZHONG Q M, LEE C C. Digitalization, competition strategy and corporate innovation: Evidence from Chinese manufacturing listed companies[J]. International Review of Financial Analysis, 2022, 82: 1-13.
- [22] 刘海兵, 刘洋, 黄天蔚. 数字技术驱动高端颠覆性创新的过程机理:探索性案例研究[J]. 管理世界, 2023, 39(7): 63-81, 99, 82.
- [23] (美)约瑟夫·熊彼特. 经济发展理论[M]. 北京: 商务印书馆, 1997.
- [24] 杨大鹏, 王节祥. 平台赋能企业数字化转型的机制研究[J]. 当代财经, 2022(9): 75-86.
- [25] 王小林, 杨志红. 高质量发展视角下企业数字化转型的机理[J]. 求索, 2022(4): 126-134.
- [26] LEVITIN A V, REDMAN T C. A model of the data (life) cycles with application to quality[J]. Information & Software Technology, 1993, 35(4): 217-223.
- [27] RUEGG J, GRIES C, BOND-LAMBERTY B, et al. Completing the data life cycle: Using information management in macrosystems ecology research[J]. Frontiers in Ecology and the Environment, 2014, 12(1): 24-30.
- [28] GOBEN A, RASZEWSKI R. The data life cycle applied to our own data[J]. Journal of the Medical Library Association Jmla, 2015, 103(1): 40-44.
- [29] 郝志远, 马捷, 赵冠壹, 等. 生命周期视域下的工业大数据价值发现研究[J]. 图书情报工作, 2023, 67(15): 14-24.
- [30] 张贵香, 刘桂锋, 梁伟. 我国科研数据管理理论与服务研究进展述评[J]. 情报理论与实践, 2020, 43(6): 187-193.
- [31] SHAH S, PERISTERAS V, MAGNISALIS I. DaLiF: A data lifecycle framework for data-driven governments[J]. Journal of Big Data, 2021, 8(1): 1-44.
- [32] 刘桂锋, 阮冰颖, 包翔. 数据生命周期视角下高校科学数据安全内容框架构建[J]. 情报杂志, 2021, 40(2): 146-153.
- [33] 孙新波, 王昊翀, 张媛, 等. 大数据驱动制造企业数字商业模式创新实现机理[J]. 技术经济, 2023, 42(6): 60-72.
- [34] WALSHAM G. Doing interpretive research[J]. European Journal of Information Systems, 2006, 15(3): 320-330.
- [35] GIOIA D A, CORLEY K G, HAMILTON A L. Seeking qualitative rigor in inductive research: Notes on the Gioia methodology[J]. Organizational Research Methods, 2013, 16(1): 15-31.
- [36] 毛基业. 运用结构化的数据分析方法做严谨的质性研究——中国企业管理案例与质性研究论坛(2019)综述[J]. 管理世界, 2020, 36(3): 221-227.
- [37] LIANG L L, LI Y. The impact of digital empowerment on open innovation performance of enterprises from the perspective of SOR[J]. Frontiers in Psychology, 2023, 14: 1-15.
- [38] 孙新波, 苏钟海, 钱雨, 等. 数据赋能研究现状及未来展望[J]. 研究与发展管理, 2020, 32(2): 155-166.
- [39] 焦豪, 李倩, 杨季枫. 企业技术创新管理:研究现状与关键科学问题[J]. 管理学报, 2022, 19(7): 947-955.

A Study on the Digital Empowerment Mechanism to Technological Innovation of Manufacturing Enterprises: Based on the Data Life Cycle Theory

Zhen Meirong, Liu Rui

(School of Management, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: Digital technology and data elements have become an important means to achieve technological innovation in China's manufacturing enterprises. It is necessary to deeply analyze the whole process of digital empowering manufacturing enterprises to achieve technological innovation from the perspective of data management. Based on the data life cycle theory, the exploratory case study method was used to build a theoretical model of digital empowerment for manufacturing enterprise to achieve technology innovation. It is found that different digital technologies are adopted in the main activities of the value chain of manufacturing enterprises based on their functions and objectives. Digital technology can connect production processes, R&D processes, and marketing systems and then empower technology innovation with data life cycle management. Namely, in the production process, the full process dynamic feedback empowerment mechanism is that IoT and intelligent manufacturing systems could promote process innovation through data collection, transmission and monitoring. In the marketing system, the comprehensive demand two-dimensional reverse empowerment mechanism is that big data technology could promote product innovation through data collection, analysis and visualization. In the R&D process, the full connectivity empowerment mechanism is that its own digital upgrade and digital platform could promote interaction innovation through data collection, sharing and integration.

Keywords: digital empowerment; manufacturing enterprises; technology innovation; data life cycle theory; mechanisms