

# 数字化如何驱动制造业企业 技术研发范式演进\*

——基于海尔的纵向案例研究

李世杰<sup>1,2</sup> 刘倩<sup>1</sup> 张延平<sup>3</sup>

(1. 海南大学国际商学院, 海南 海口 570228;

2. 南开大学经济学院, 天津 300071;

3. 广州大学管理学院, 广东 广州 510006)



**内容提要:**数字化如何推动企业技术研发已引起业界与学术界的关注,而其微观层面的内在驱动机理尚未厘清。本文针对海尔 1995—2022 年在全球范围内的技术研发实践,基于资源编排理论,采用纵向单案例研究方法,对数字化驱动制造企业技术研发的动态过程与内在机理进行了深入研究。研究发现:制造企业的数字化过程经历了信息化、平台化、互联网生态三个阶段,在数字化的不同阶段,由不同的数字化水平驱动资源编排,实现知识快速吸收,进而推动企业从封闭式自有研发到开放式协作研发再到场景式生态研发的范式演变。在信息化阶段,企业在数字基础建构的驱动下,通过资源结构化行动实现快速响应并吸收新知识,快速地在自有技术研发流程中实现突破。在平台化阶段,企业在数字要素捆绑的驱动下,通过资源能力化行动快速将新知识转化为研发能力,在开放式协作研发流程中实现快速突破。在互联网生态阶段,企业在数字边界撬动下,通过资源杠杆化行动实现与多个合作企业的快速协同创新,在场景生态研发流程中实现快速突破。本文由此提出数字化驱动制造业企业技术研发范式演进的动态过程模型,解析了技术研发过程中资源编排对吸收速度的独特作用机制。本研究拓展并丰富了资源编排和吸收速度的研究情境与理论内涵,并为中国企业在数字化时代的技术研发与创新路径提供管理启示。

**关键词:**数字化 技术研发 资源编排 吸收速度

**中图分类号:**F273.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—5766(2025)01—0145—21

## 一、引言

当前全球科技竞争日趋激烈,各主要经济体都高度重视以企业为主导的创新体系建设,并不断探索如何提升企业技术研发能力。技术研发被广泛认为是最重要的战略资源之一,已成为各国企业绩效的驱动力(Johnson 和 Pazderka, 1993)<sup>[1]</sup>,对于在知识密集型产业竞争的企业尤为重要

收稿日期:2024-07-23

\* 基金项目:国家自然科学基金项目“互联网平台企业策略性行为及反垄断规制研究”(71963012);海南省研究生创新科研项目“海南自由贸易港数字基础设施政策对企业技术创新的影响及机制研究”(Qhyb2023-01)。

作者简介:李世杰,男,教授,博士生导师,研究领域为产业组织理论与企业管理,电子邮箱:lshijie@foxmail.com;刘倩,女,博士研究生,研究领域为数字经济与企业创新,电子邮箱:1824153001@qq.com;张延平,男,教授,博士生导师,研究领域为创新生态系统、数字化转型和制造业集群高质量发展,电子邮箱:zhangyanping213@163.com。通讯作者:刘倩。

(McKelvie等,2017)<sup>[2]</sup>。我国正加快推进自主创新能力建设,奋力实现高水平科技自立自强,党的二十届三中全会提出,“强化企业科技创新主体地位,建立培育壮大科技领军企业机制,加强企业主导的产学研深度融合,建立企业研发准备金制度,支持企业主动牵头或参与国家科技攻关任务。”2011—2022年,中国企业技术研发支出占GDP比重的全球排名由第35位上升至第13位,中国的全球创新指数排名持续上升<sup>①</sup>。

新技术的研发往往要经历在全社会范围试错的过程,企业技术研发失败的概率较大,研发投入的回报具有不确定性。由此,在颠覆式创新与替代式竞争的数字规则下,企业技术研发正朝开源化、定制化及快速迭代的方向转变(戚聿东和肖旭,2020)<sup>[3]</sup>,如何推进企业技术研发聚焦产业发展瓶颈和需求,摆脱过度依赖外部技术引进和模仿,提升自主研发创新的意识和能力,并尽量降低研发试错成本与简化研发流程,已成为中国迈向创新强国、实现高质量发展的重要命题。数字化为制造企业技术研发带来了新的契机,极大地降低了知识渗透和信息访问的成本,提高了各经济主体的信息可得水平,能缓解企业技术研发中面临的知识困境(Goldfarb和Tucker,2019)<sup>[4]</sup>和技术突破难题(Luo等,2023)<sup>[5]</sup>。例如,数字化通过最大化地利用数字网络中的资源,尤其是产业链中的知识资源,分担技术研发的成本;通过协同研发平台促进信息与知识的传播,集聚研发资源(Coibion等,2018)<sup>[6]</sup>;数字化催生的新业态、新模式会重塑企业技术研发特征;数字化能够更新甚至重新定义传统企业技术研发的行为与流程,进而重塑企业与市场边界,不断缩短新技术研发周期(Bienhaus和Haddud,2018)<sup>[7]</sup>。现实中,不同的企业展现出了数字化进程中的明显阶段性特点与差异。这解释了数字化水平与企业技术研发之间为何会出现“轻微影响”与“重大影响”的差异。加之,封闭式研发与开放式研发等不同技术研发所要求的数字化水平也存在差异(Wu等,2022)<sup>[8]</sup>。那么,在推进数字化进程中,企业会经历哪些发展阶段?不同阶段的数字化如何助力其技术研发?数字化如何内在地驱动技术研发进程?这些都是亟待解答的核心问题。

学者们持续关注了制造企业的数字化和技术创新活动(张国胜和杜鹏飞,2022)<sup>[9]</sup>。一方面,对数字化的研究主要集中在其对组织战略、运营模式和价值创造等方面的变革影响(Annarelli等,2021)<sup>[10]</sup>,并取得了丰硕的成果。然而,对于制造企业数字化的各个阶段,尚缺乏系统性的深入分析。另一方面,企业在实现技术研发的突破时,往往需要将外部的新知识 with 内部的知识存量进行动态的整合与互补(郑刚等,2024)<sup>[11]</sup>。现有文献更多关注外部推动因素,而对于如何从企业内部激活知识资源,进而助推技术研发的范式演进,尚缺乏深入的动态演化机制研究。而单纯依靠内部知识资源进行研发的企业显然无法适应不断变化的市场需求(Sirmon等,2010)<sup>[12]</sup>。因此,企业迫切需要采取研发“提质”或技术演进的新范式,积极从外部获取互补的关键知识资源(Chesbrough,2003)<sup>[13]</sup>,通过数字化发展和知识共享来推动研发合作(张国胜等,2021)<sup>[14]</sup>。更重要的是,Obradović等(2021)<sup>[15]</sup>提出,探讨数字化对制造业企业技术研发的影响是未来一个重要的研究方向,但目前有关数字化水平与技术研发的研究只是停留在对数字化与研发之间关系的宽泛论证,未能关注到数字化与技术研发的阶段性特征。

吸收速度指的是企业能够从用户或合作伙伴那里识别、吸收和利用外部知识所需的时间快慢,进而驱动企业技术研发(Leone和Reichstein,2012)<sup>[16]</sup>。资源编排的理论框架为解析企业如何高效吸收知识的内在复杂机制提供了洞见,特别是强调了资源能动性管理在知识吸收与创造中的核心作用,这涉及管理者如何通过其行动来影响资源的利用与管理过程(韩炜等,2021)<sup>[17]</sup>。Sirmon等(2010)<sup>[12]</sup>指出,资源编排通过结构化、能力化及杠杆化行为,有效地连接并整合了企业内外的知识资源。从资源编排角度分析数字化对技术研发的作用机制尚待探讨(Obradović等,2021)<sup>[15]</sup>。因

<sup>①</sup> 资料来源:《2023年全球创新指数报告》。

此,将资源编排理论纳入考量,不仅能深理解知识吸收的过程机制,还为探索数字化如何赋能企业技术研发提供了新的理论框架。然而,数字化的不同阶段,企业如何动态协同其多样化的内外资源编排行为,以促进吸收速度的提升?既有发现和研究缺口为运用资源编排理论全面解析企业技术研发范式演进的过程提供了理论基础与探索空间。

针对以上现实与理论背景,本文关注“企业技术研发过程中数字化的作用机制是什么”这一核心研究问题。企业可能因技术研发需求而特意打造数字化管理体系,但本研究聚焦于数字化对企业技术研发范式演进的推动作用,并尝试通过资源编排理论及案例研究来区分和探讨这一关系。以海尔集团公司(简称海尔)的研发实践为案例,采用纵向单案例研究方法,构建了一个关于数字化驱动技术研发范式演进的理论框架。具体而言,本研究探讨了数字化的“信息化—平台化—互联网生态”三阶段过程,并据此揭示了数字化驱动技术研发范式演进的内在机制。在这一过程中,基于“资源结构化—资源能力化—资源杠杆化”的编排逻辑,经历了“响应型—转化型—协同型”的阶段性演进,从而打开了资源编排如何作用于吸收速度的理论黑箱。同时拓宽了资源编排和吸收速度理论的应用情境,将资源编排的视野从企业内部延伸至产业生态层面,并应用于数字化推动技术研发的复杂情境中。

## 二、文献回顾

### 1. 数字化与企业技术研发范式演进

数字化是指将实体世界的物理元素转化为数字世界的虚拟信息的过程(Negroponte, 1995)<sup>[18]</sup>。当前,学界普遍认为数字化是一个深度且多维度的转变过程,它融合了互联网、通信、人工智能等前沿技术,旨在构建一个全感知、全链接、全场景并高度智能化的数字生态系统。这一过程促使企业经历从商业模式、业务流程到组织架构的彻底革新(黄丽华等, 2021)<sup>[19]</sup>,成为企业寻求竞争优势、跨越技术壁垒的关键途径,并将数字化深度融入研发创新策略、组织管理模式(戚聿东和肖旭, 2020)<sup>[3]</sup>以及知识编排与动态能力提升(周翔等, 2023)<sup>[20]</sup>等多个层面。借助数字化的推动,企业在技术研发过程中能够采纳创新手段,以更有效地收集、解析并应用来自客户反馈、内部运营流程及供应链管理的相关数据(Tan和Zhan, 2017)<sup>[21]</sup>。实践同样证明了数字化对于加速技术研发范式演进的重要作用。

以往学者持续关注数字化通过改变研发的信息获取方式、实现方式以及转型方式,对技术研发管理产生影响(Blackburn等, 2017)<sup>[22]</sup>。部分学者研究发现数字化对企业技术研发特定维度或某个阶段的积极作用。例如,Ding等(2023)<sup>[23]</sup>、Wu等(2022)<sup>[8]</sup>均分析了数字化对企业研发管理或开放式研发的影响。但开放式研发只是企业技术研发的一个重要模式或阶段性环节(Sovacool等, 2017)<sup>[24]</sup>,能否帮助企业实现高效的技术研发仍有待探索。Obradović等(2021)<sup>[15]</sup>、Zheng等(2024)<sup>[25]</sup>解释了数字化影响制造业开放式创新的知识搜索机制的黑箱。然而,当前研究对纳入时间维度的演化机制描绘尚存不足,迫切需要从理论层面对企业数字化推动技术研发的不同阶段、具体特征及内在机理进行动态剖析,以期为我国企业实现高效的技术研发提供理论支撑。

### 2. 资源编排与吸收速度

吸收速度的研究指出,通过从外部捕获、整合和应用知识是企业加速技术研发的重要路径(Leone和Reichstein, 2012)<sup>[16]</sup>。目前少量中文文献开始聚焦于吸收速度,主要用于分析企业技术创新的动态过程(郑刚等, 2023)<sup>[26]</sup>,探讨企业如何通过加快吸收速度来提升其市场优势和可持续发展能力(孙嘉悦等, 2021<sup>[27]</sup>;郑刚等, 2024<sup>[11]</sup>)。吸收速度已成为国外学者研究企业技术创新、知识管理等领域不可或缺的重要概念(Moreira等, 2018)<sup>[28]</sup>。企业可被视为一个知识池,持续不断地吸收新知识以保证对外部市场的有效响应(Kogut和Zander, 1996)<sup>[29]</sup>。例如,当几乎相同的技术被引入市场的时间只有3~6个月时,最先进入市场的技术往往会获得最大的市场份额,并长期地保持这

种优势。吸收速度与内部知识库的多元化程度以及团队间的协作学习紧密相关。企业在加速实现技术研发范式演进的过程中,实质上是执行一种高效的外部新知识与内部既有知识资源相互融合、互为补充的动态整合策略(Yu等,2022)<sup>[30]</sup>。新近研究更多关注吸收能力对研发的作用,从而影响现有商业模式的重新设计,即从环境中获取、吸收、转化和利用知识,驱使企业能够从事探索性和开发性研发创新(Müller等,2020)<sup>[31]</sup>。

资源编排理论能够解析吸收速度的复杂机制,强调资源能动性管理,核心在于通过结构化、能力化及杠杆化行为整合知识资源(Sirmon等,2010)<sup>[12]</sup>。多数研究已将资源编排理论应用于数字化赋能(马鸿佳等,2024)<sup>[32]</sup>及企业创新(韩炜等,2021)<sup>[17]</sup>领域,为本文研究主题奠定了分析基础。数字化赋能技术研发,实质为数据资源的编排,提升资源交互整合效率(Du等,2018)<sup>[33]</sup>。资源编排还是连接企业数字化与开放式技术研发的桥梁。通过数字化水平的提升实现开放式技术研发,是制造企业在数字经济中获得竞争优势的重要途径(Wu等,2022)<sup>[8]</sup>。尽管已有文献凸显了有效资源编排能够增强企业创新优势,但对于企业数字化情境下的资源编排的行为特性与动态过程尚待深入剖析。随着数据资源的爆炸式增长与数字技术的日新月异,资源编排的边界不断拓宽,覆盖更多元化的对象与领域(Nason等,2019)<sup>[34]</sup>。因此,探究数字时代的资源编排行为,对于理解企业数字化转型过程中不同阶段资源编排的特征差异,以及企业如何从资源编排角度通过数字化来推动和加速技术研发范式演进,显得尤为重要(Carnes等,2017)<sup>[35]</sup>。

已有研究基于资源编排理论探讨了技术创新中资源管理与吸收速度之间的相互作用(Leone和Reichstein,2012)<sup>[16]</sup>。然而,大多将吸收速度视为一个静态结果变量(孙嘉悦等,2021)<sup>[27]</sup>,侧重于从静态视角分析资源编排行为影响企业吸收速度的机制。相比之下,对于资源编排如何动态影响吸收速度的过程研究则显得相对匮乏。而资源编排理论在其演进初期,尚未充分预见数字化的崛起,因而对数字化环境下的应用探索有所欠缺(张青和华志兵,2020)<sup>[36]</sup>。随着数字资产和能力日益成为企业竞争优势的核心要素,企业面临将数字资源融入传统资源编排框架的新挑战。与此同时,学界与业界均意识到,需针对数字化情境下的资源编排需求展开探讨(马鸿佳等,2024)<sup>[32]</sup>。当前资源编排理论的局限在于,未能充分解答数字化时代的诸多问题,如数字化如何推动企业技术研发范式演进?如何有效编排数字资源来提升吸收速度以应对研发挑战?这成为现有研究的空白点,为资源编排理论的丰富与发展指明了方向。

### 3. 研究框架

综上,本文将企业技术研发视为数字化通过优化企业的资源编排作用于吸收速度的结果,以“数字化—资源编排—加快吸收速度—技术研发”的逻辑链路展开分析。首先,企业在技术研发的不同阶段往往由不同的数字化驱动。其次,在不同数字化水平驱动下,企业通过资源编排行动实现加快吸收速度。最后,在吸收速度的支撑下,实现技术研发的范式演进。具体研究框架如图1所示。

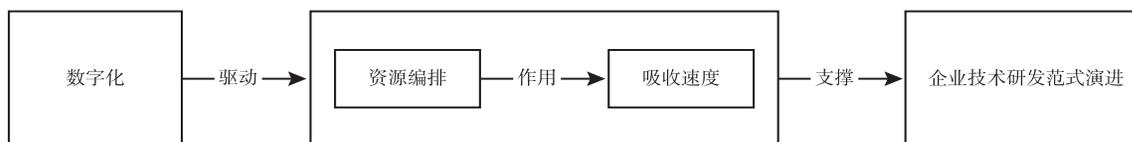


图1 研究框架

## 三、研究设计

### 1. 方法选择

本文聚焦于探讨数字化如何内在地驱动企业技术研发范式演进的深层次机制。鉴于技术研

发范式的动态演进特性与内在机制探索的复杂性,采取纵向单案例研究设计,主要基于以下考虑:首先,单案例研究方法在解答机制性或过程性问题,例如“如何”和“为什么”方面,展现出了其特有的优势(Yin,2014)<sup>[37]</sup>。其次,单案例纵向研究适用于细致描述并解析资源编排优化、技术变革等多种因素在不同时间节点上的相互影响,这对于深入理解复杂问题、揭示其背后的理论逻辑及提炼理论具有显著帮助。最后,此研究设计更加聚焦于“故事性”的呈现,依据特定的理论视角对案例进行叙事性分析,构建关键证据链,以深刻洞察复杂现象。制造业龙头企业海尔在数字化转型的各个阶段所展现出的技术研发策略演进,为回答本文的研究问题提供了新视角与重要启示。

## 2. 案例选择

本研究选择海尔作为案例分析对象主要遵循:(1)典型性原则。在时间上,海尔的数字化水平与冰箱技术研发领先于行业,展现了数字化进程的内在逻辑和全貌,呈现了详尽且宝贵的实践数据。在方式上,面对制造业“寒冬期”,海尔采用了普适性的全流程数字化、技术研发手段,前瞻性地转向“智慧家庭”领域,创立零售生态平台,稳居全球家电市场首位。海尔在全球数字化转型中表现突出,持续引领制造业创新,其数字化赋能的技术研发路径具有典型性和新颖性。在成就上,海尔在技术研发方面取得了显著成果,海尔冰箱推出了全空间健康保鲜科技,实现了食材在冰箱内的长时间保鲜;积极向智能化趋势转型,推出了智能冰箱产品,通过物联网技术实现远程控制、智能提醒等功能,在满足用户现有需求基础上,创造了新的应用场景和新消费需求。(2)理论抽样原则。不同于统计抽样,本案例聚焦于数字化驱动技术研发问题的重要议题,以海尔为例,超越传统“数字赋能—技术研发”关系的实证分析,深入探讨从数字化特征激活到资源编排优化,经由吸收速度加快,直至各阶段技术研发实现范式演进的“全过程”及其阶段性特征。这一探索不仅有助于丰富和深化关于数字化、技术研发及吸收速度的理论体系,还确保了理论目标与企业最佳实践保持高度一致性原则。

## 3. 案例阶段划分

海尔创立于1984年,是中国具有自主知识产权、行业领先水平的顶级“生产线”。始终以用户为中心,坚持原创科技,2023年海尔冰箱发明专利公开量达2755件,连续六年居行业全球第一。同时,在全球设立了10个研发中心、71个研究院、35个工业园、143个制造中心和23万个销售网络,拥有20余个国家级科创平台,包括大规模个性化定制系统与技术全国重点实验室、国家高端智能化家用电器创新中心、数字家庭网络国家工程研究中心等。基于工业互联网平台卡奥斯COSMOPlat大规模定制模式的创新和数字化的支持,到2023年海尔入选六家智能制造“灯塔工厂”和一家可持续灯塔工厂,在一定程度上代表当今全球制造业领域智能制造和数字化的最高水平。

对于海尔数字化发展历程的划分,罗建强和蒋倩雯(2022)<sup>[38]</sup>依据海尔创新动态演化过程中出现的两个关键时点,划分为初步探索、全面推广和加速发展三个阶段;武常岐等(2022)<sup>[39]</sup>则提出了局部端数字化也即信息化(试点期)、平台数字化(拓展期)及生态系统数字化(整合期)三个阶段。柏淑嫒等(2024)<sup>[40]</sup>提出数字化是一个经过信息化改革和网络化转型后,实现传统企业工业化管理体系向数字化智能体系转变的过程。本文参照上述理论框架,基于海尔技术研发演化过程中出现了2009年与2017年两个数字化转型的关键时点,将其数字化进程分为信息化(探索期)、平台化(发展期)和互联网生态(扩展期)三个阶段。此外,研究团队根据企业高层管理人员提供的资料和领导讲话资料,征询了海尔管理者的建议,呈现出海尔在数字化过程中的技术研发里程碑事件,最终划分为三个标志性阶段(如图2所示):第一阶段,信息化阶段(1995—2008年)。海尔数字化进程最早可追溯到1995年起推进服务运营的线上化,正式提供跨国服务,创建售后服务信息化系统。引进了基础网络、电算化和智能化办公技术,随后在1998年加速了供应链等系统升级,为企业后期

信息化建设到全面数字化转型奠定了基础。2007年后致力于通过全面信息化转型服务业;2008年HGVS(海尔全球信息化增值系统)上线,完成了核心业务流程的优化与主要信息系统的重构,标志着中国SAP(思爱普)实施领域内,一个涵盖最多上线法人、最广业务流程、最高业务复杂度的家电ERP系统顺利上线运行。第二阶段,平台化阶段(2009—2016年),海尔开放创新平台(HOPE平台, Haier Open Partnership Ecosystem)搭建于2009年,利用数字化手段打破了传统研发模式的界限,实现了从封闭式研发向开放式研发的转变。2012年通过八大并联平台搭建互联工厂,全面实施网络化战略,由制造型向平台型企业转型。2015年便打造了U+智联平台,实现了服务全流程透明化管理。第三阶段,互联网生态阶段(2017年至今),2017年推出了卡奥斯平台,以智能家庭转型实践为核心,全过程进行数字化转型,标志着海尔从平台化阶段进入建设开放开源的工业互联网生态的新阶段。此后几年,将人工智能、5G、物联网等先进技术融入其中,推动制造业向智能化、服务化方向发展,尤其在智能化、健康保鲜等方面技术创新突出。

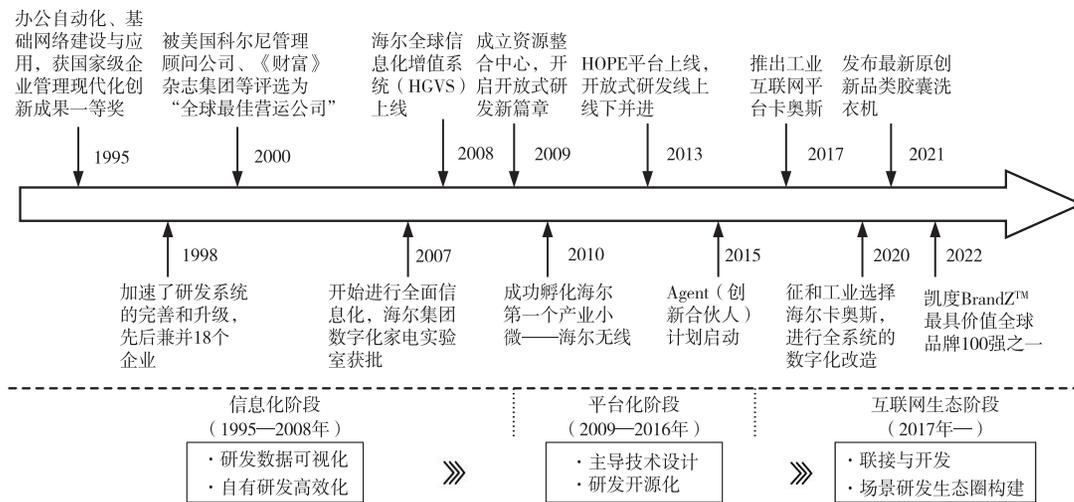


图2 海尔数字化历程的关键事件

#### 4. 数据收集

本研究在数据收集环节,综合运用了二手档案和一手访谈。通过不同的信息来源获取案例企业相关信息,包括人员访谈、实地观察、档案文献及权威媒体报道等方式,以支持三角验证,经过多方检验,相对客观公正(Yin,2014)<sup>[37]</sup>。一方面,关于二手档案数据的收集,主要包括企业内部资料(如研究报告、年报等)和外部档案资源(如政策文件、新闻报道、书籍等),以全面了解企业数字化进程与技术研发的内外环境。另一方面,通过实地考察和半结构化访谈,研究团队不仅获得了对企业数字化转型与研发实践的直观认知,还深入挖掘了相关人员的见解与经验。研究团队持续跟踪海尔成长历程,并于2023年到企业参与调研2次,共访谈14人次,搜集并整理一手访谈资料5.76万余字,形成较为直观的经验证据。海尔在构建数字化管理体系时,确实考虑到了技术研发的需求,但更多的是将数字化作为推动技术研发的重要手段和工具。这些数据收集手段相互补充,共同为后续构建企业数字化与技术研发的内在逻辑框架提供坚实支撑。本研究访谈信息和数据来源如表1所示。

#### 5. 数据编码与分析

访谈记录忠实于受访者和现场观察,本文的归纳过程基于这些文本。逐行分析采访记录可以提取受访者的意思,从而突出与参与者如何理解数字化过程相关的最重要的句子、想法和表达。编码由两位研究者独立进行;对结果进行了反复讨论,最终形成一致同意的代码,并确保分析的严

谨性。首先,每个编码员都编制了一套一阶编码,例如“强化管控规则”“制造资源数据化”以及“信息系统开放”等,这产生一阶编码。

表 1 案例企业数据来源

	访谈对象	访谈人次	访谈时长 (约)	录音字数 (约)	访谈主题	对象 代码
一手 数据	总经理	1	30 分钟	0.57 万	海尔数字化的发展历程、科技创新能力、模式以及研发体系等	F1
	研发经理	1	30 分钟	0.56 万	海尔现在的战略及业务结构。科技项目实施、技术—产品创新、研发生态形成过程与关键障碍、客户应用产品情况等	F2
	天津海尔洗衣机互联工厂技术负责人	2	40 分钟	0.74 万	海尔数字化转型、创新产品的技术研发范式演进以及上市情况等	F3
	技术研发中心	2	45 分钟	0.85 万	海尔洗衣机的创新过程、技术突破点、专利、销售、研发难点等	F4
	科技部门团队	1	35 分钟	0.64 万	数字化工具运用情况及发挥的作用,海尔数字化水平情况等	F5
	研发设计部	2	30 分钟	0.55 万	技术—产品研发设计、技术研发战略、研发投入、专利、开放式研发创新等	F6
	数字化板块负责人、数字化系统工程师	3	60 分钟	1.14 万	海尔的数字化运营流程、组织结构与组织学习方式等	F7
	企业员工	2	40 分钟	0.75 万	海尔数字资源整合的前后过程,技术研发的变化等	F8
参与式 观察	车间和园区参访,包括天津海尔洗衣机互联工厂“灯塔工厂”、多个事业部等,了解数字工厂、个性化定制、数字技术、互联网生态、技术研发情况等,共收集 105 张图片					K
二手 数据	主题		数量	字数(约)	素材获取	—
	管理人员提供的内部资料、海尔社会责任报告/ESG 报告		10	10 万	海尔的发展历程、技术研发的演进、竞争优势来源、坚持自主研发的原因、克服研发创新障碍等	S1
	书籍:《再造家电》《海尔转型——人人都是 CEO》《海尔再造》		3	16 万	海尔的发展历程、组织结构的演进、数字化发展、商业模式和技术研发演进等	S2
网络评论与报道		32	7.8 万	数字平台的运作机理、智能家居的技术开发、技术开发的流程、技术研发模式等	S3	

参照 Bruns 和 Long(2024)<sup>[41]</sup>,本文采用了一个稳健的分析过程:①通过对数据的开放式编码归纳生成一阶概念;②比较不同环境中的代码,并与现有文献进行比较,创建二阶主题;③进一步分析二阶主题如何相互关联以发展总体维度和整体模型。在数据、构念与文献间迭代对照,深化理论构念的抽象与分解,构建清晰的构念关系。并引入专家参与,精炼完善构念及其关系,最终形成数据结构及编码过程示例如图 3 所示。

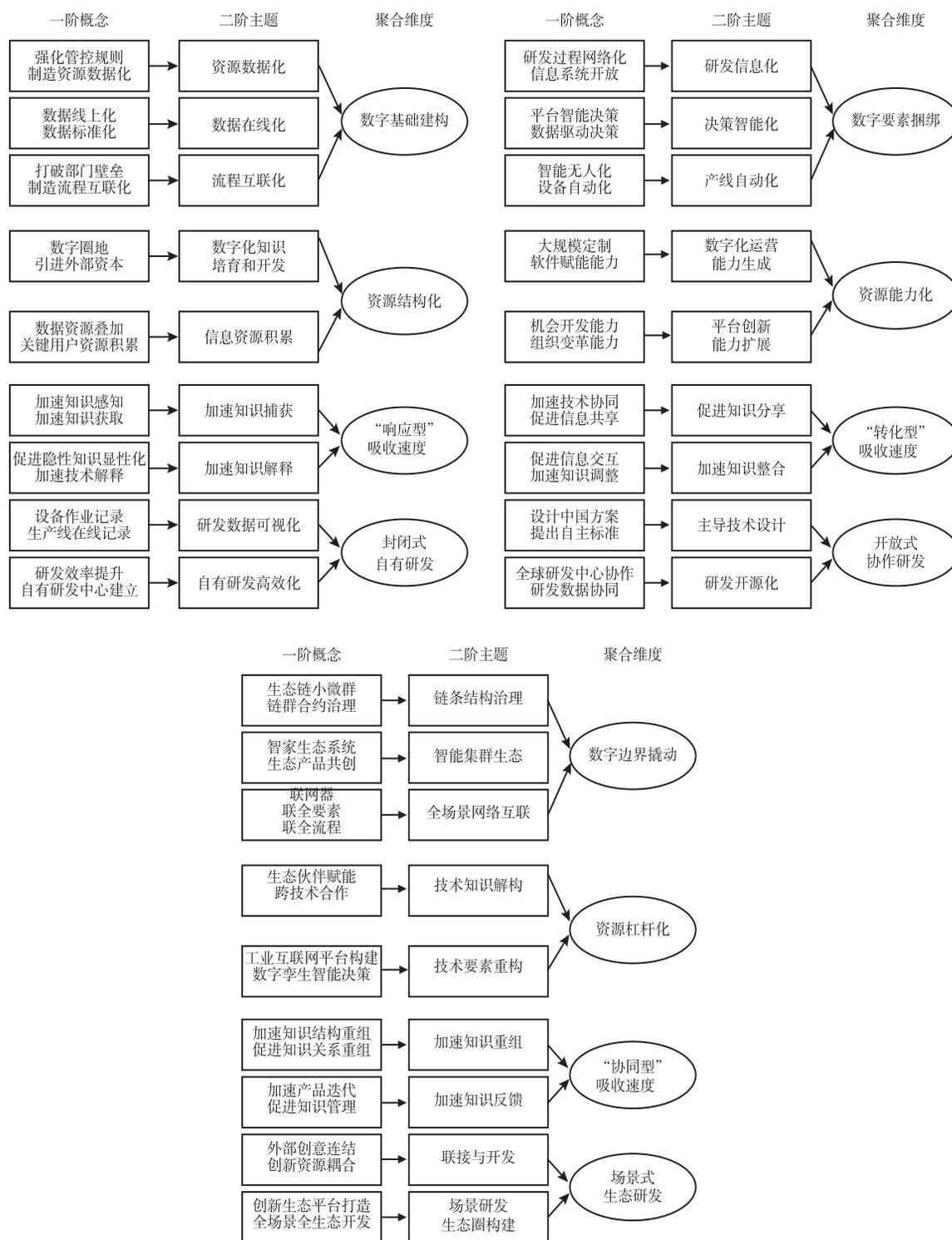


图3 数据结构图

#### 四、案例分析

本部分将基于资源编排理论,重点阐述数字化驱动企业技术研发范式演进的过程与机理,以回答“数字化如何推动企业技术研发”这一核心问题。

### 1. 信息化阶段(1995—2008年)

在这一阶段,数字化尚未普及,海尔受限于在内部进行信息采集,面临着较高的技术门槛带来的“冷启动”挑战,以及业务流程复杂和部门间的信息孤岛问题。为此,海尔推行了企业的信息化发展,以“靠信息占领并控制市场”为理念,逐步开始进行网络化和信息化的建设,提供标准化流程满足共性需求,传统的闭源式、封闭式研发模式在市场需求趋同、信息有限时仍然有效。

(1)数字基础建构。海尔通过线上化运营和基础网络建设,实现了资源数据化和数据在线化,并对流程进行了互联,完成了数字基础的构建工作。

资源数据化指将企业中的生产制造资源转化为数据,依靠数据的科学管理提高制造资源管理效率。海尔作为制造企业,开始意识到数字技术在信息存储和传输方面的优势,为此进行了数据生产,将原本的纸质信息转化为可以无损地复制和传输的数字信息,改变了工作方式,以提高行为效率。研发型用户专注于识别与解决终端用户问题,同时探索新需求,以数字化推动这一进程,鼓励创业者跨领域合作寻找创新解法。用户数据成为关键驱动力,助力研发者通过深度分析挖掘痛点与创新点。同时,研发过程还需资金、技术等资源支持。资源数据化提升了分析精准度与决策效率,强化了整体研发能力。

数据在线化构成了数字化转型的基石,即将生产信息数字化,便于计算机存储、处理与传输(Vial, 2019)<sup>[42]</sup>。它不仅改变了信息的处理与流通方式,还深刻影响了企业内部的角色定位与治理模式,促进了高管、员工与用户之间界限的模糊,使得传统的层级式治理受到挑战。海尔的“人单合一”理念正是这一背景下的创新实践,通过数据在线化的支持,实现了员工角色的转变,使企业能更灵活地响应市场需求。同时,数据在线化为用户参与产品全生命周期提供了可能,进一步强化了用户与企业之间的连接,拓宽了市场网络。

流程互联化指整个生产制造过程在供应链各环节、各部门间的互联程度。互联程度越高,意味着各环节或部门的协同成本越低,信息更能实时流通。流程互联化强化企业内外无缝连接,促进“零距离”“去中心化”互动。员工甚至能借助信息化平台与顾客进行高效互动,迅速捕捉并理解顾客需求,并采用最佳方案即时反馈;同时,企业也通过信息化系统实时追踪各自经营体的业绩与面临的挑战,以便精准调配资源和提供专业支持,协助它们达成既定目标。

(2)资源结构化。具体表现为数字化知识培育和开发、信息资源积累。快速建立技术研发基础的关键在于“结构化”资源组合,以满足客户日益增长的“定制化”需求。互联网的普及让用户驱动成为现实,具体表现在:互联网使企业与客户均实现在线化,促进了实时互动;用户行为数据化,使企业能更及时、精准地获取用户反馈;基于上述优势,企业能够迅速完成产品和服务的持续迭代与优化。

数字化知识培育和开发主要表现在数字圈地与外部资本的获取。海尔通过引进基础网络、电气化和智能化办公技术,为企业的快速发展奠定了坚实基础。1998年,公司加速完善供应链、现金管理、物流及客户服务系统,显著提升运营和管理效率。随着互联网和物联网的崛起,海尔利用网络协同实现了高效互动,用新方法解决难题。

信息资源积累体现在数据资源叠加与关键用户资源的积累。海尔自1995年起便积极探索线上化运营,开创行业先河。从1998—2003年实施市场链机制,目的是实现信息流的零距离、物流的零库存和资金流的零运营成本。2008年上线HGVS系统,实施ERP系统改革,精简关键业务流程和信息系统,实现了信息资源高效整合。这一变革使海尔能更快速地响应市场需求和客户需求,优化服务体验,初步在线积累用户数据。

(3)“响应型”吸收速度。指的是系统或个体在接收到外部刺激或信息后,能够迅速做出反应并吸收(处理、整合或利用)这些刺激或信息的速度。海尔利用预算管理机制,预先建立明确的目

标与奖励。员工被充分授权、充满自信地去快速响应,以降低响应时间,甚至是实现“即时响应”。

加速知识捕获。信息系统能够高效助力组织成员迅速查找和筛选各种信息与数据,并即时获取系统内集成的外部知识库。通过整合的方式获得技术资源,远比其他自主研发的企业在用户体验上更有优势。海尔成功的ERP系统只有建立在“人单合一”模式的基础之上,才能用解决方案深度满足用户的差异化需求,避开同质产品的价格战。

加速知识解释。信息系统是信息的存储与检索工具,也是知识创新的催化剂,使组织成员能够更便捷地将自身积累的隐性知识转化为可共享、可复用的显性知识。海尔巧妙地运用了“资源结构化”策略,对外部获取的知识进行高效整合与快速消化,从而极大地丰富了组织的知识库,并构建起一套敏捷的响应机制,有效缩短了知识转化的周期,实现了研发创新的快速突破。

(4)封闭式自有研发。该阶段海尔主要通过研发数据可视化和研发利用高效化进行封闭式自有研发。

研发数据可视化。可视化体现了数字化赋予信息的直观呈现能力(龚强等,2021)<sup>[43]</sup>。海尔向数字化转型的过程中重视用户需求,利用数据可视化来提升用户体验和建立用户信任。通过数据可视化技术在洗衣过程中的应用,正是其数字化转型战略中“人单合一”模式的具体体现,即紧盯用户,整合企业内外部资源,建立联合开发组和海外研发中心;跟踪记录衣物的洗涤次数和参数,管理每件服饰的洗涤过程,让全过程都可追溯、可视化,建立起与用户之间的信任链接。

研发利用高效化。基础数据分析在优化研发流程和利用效率中具有关键作用。2002年,海尔经过对市场需求和技术瓶颈数据的分析,自主研发出“双动力”洗衣机,并获得第九届中国专利金奖。这一创新实现了内桶和盆型波轮双向旋转、立体洗涤,不仅解决了传统波轮洗衣机存在的问题,如衣物缠绕、磨损和变形,还提高了洗涤效率和资源利用率,如节电节水。更重要的是,打破了国际巨头的技术垄断和壁垒,扭转中国品牌在全球洗衣机行业发展过程中缺席长达近百年的局面,开创了“世界第四种洗涤动力模式”,展现出数据分析驱动下的技术创新对企业发展 and 行业进步的巨大推动力。

## 2. 平台化阶段(2009—2016年)

随着数字经济的不断发展,封闭式自有研发难以响应或适应市场多样化需求和不确定性,企业和用户之间存在着一道天然的“鸿沟”。若企业根据市场调研结果,进行产品企划、研发直到上市,其间无法与用户交流,那么这种需求可能会严重滞后,上市就是库存。海尔不断更新和升级其数字化系统,依托“人单合一”管理模式及“世界就是我的研发部”的开放创新理念,为用户提供个性化服务。于2009年成立了HOPE平台,开启开放式协作研发篇章,完成了业务过程和运营模式的全面数字化,打破了封闭式研发模式。HOPE以市场为导向,吸引了多种创新要素(如用户、技术专家、设计师、研究机构、公司)到平台上,以多种形式为研发人员提供了有力支持。

(1)数字要素捆绑。在平台化阶段,海尔从研发信息化、决策智能化和产线自动化3个方面全面提高了数据资源的运用程度,实现了对数字资源的有效捆绑。

研发信息化,指的是将信息技术深度融入研发流程,通过线上线下融合的方式,不断优化业务管理和控制模式,推动典型应用场景的创新发展。海尔“虚拟小微”模式及其工作表是研发信息化在具体应用场景中的一种表现形式,它们共同促进了研发过程的优化和创新。海尔在研发过程中充分利用了信息技术手段,如数字化工具、云平台等,实现了线上数据收集、分析与线下实际研发活动的无缝对接。同时能够在短时间内开发出原创科技制冷系统和双轴变轨铰链原创技术,得益于其高效的研发信息化体系。

决策智能化。数据的实时分析和流通使消费者通过用户数据化参与到企业的研发活动中,有助于减少企业研发决策的主观性(肖静华等,2020)<sup>[44]</sup>。作为行业首创柔性生产,海尔一个流模块

化布局设计,快速满足生产 8 大系列、16 个平台产品,打造出了“小前台、大中台、强后台”的平台型组织结构。构建了多个数字化平台来赋能小微企业,使之通过海量的数据积累与连接为用户持续创造价值,从电器转变为“网器”,进而实现互联工厂、柔性制造、精准定制等数字化、智能化升级。在解决散热问题和开门问题的过程中,海尔组建了专业团队,进行了大量的技术课题研究和方案迭代,这离不开市场需求数据、技术性能指标数据、测试反馈数据等的支持。海尔利用大数据分析和数据挖掘技术,从海量数据中提取有价值的信息,为研发决策提供了科学依据。

产线自动化。引入机器人流水线智能化技术,海尔生产实现机械化、自动化转型,依赖先进设备优化传统制造。此变革提升了物质流效率,实现了信息、能量、资金流的智能化管理,优化资源配置,降低运营成本,推动企业产线自动化和可持续发展。海尔 2012 年就提出了智能无人化概念,采用数字化工厂可以实现 500 种洗衣机的“接单生产”。例如“直驱精华洗”就源自数字灯塔工厂,其技术研发成功以及年销百万台的背后,是海尔天津洗衣机互联工厂的数字化精工制造在提供质量保障。

(2)资源能力化。该阶段海尔主要通过数字化运营能力生成和平台创新能力扩展两种行动对内外资源进行编排。

数字化运营能力生成。海尔实践了能力导向的创新孵化机制,其科研环境高度开放,支持并促进个体创新能力的发挥与持续探索。充分识别质量风险,针对设计方案进行重点模拟和测试,一款“微蒸汽空气洗”洗衣机上市首日销量就突破 15 万台,相当于过去同类产品 3 个月的销量。这与“三个零”密不可分,即和用户零距离、和资源方零距离、产销协同零距离。正是凭借这种“瞬间”感知、响应和共创,海尔实现了数字化流程再造。按需下单,工厂大规模定制,生产过程全流程可视,产品不入库率达到 92%。HOPE 是海尔研发创新主流程的前端,通过专业的匹配,其成果最终转化为显著的市场效果,即 70% 以上的新品与 HOPE 有关,每年解决 400 个以上的需求。

平台创新能力扩展。数字赋能有利于提高企业技术创新投入和研发,是企业利用资源解决环境问题综合能力的体现(Luo 等,2023)<sup>[5]</sup>。开放式协同研发平台有助于通过创意转化进行迭代式研发,HOPE 平台目前正在向生态创新做探索,把技术、知识、创意的供方和需方聚集到一起,提供交互的场景和工具,促成创新产品的诞生。该平台不仅服务于海尔旗下的各个产业领域,自 2015 年起,还拓展了创新服务范围至其他企业及机构,现已汇聚超过 30,000 名注册专家。

(3)“转化型”吸收速度是在“响应型”吸收的基础上,进一步将接收到的信息、能量或物质转化为系统内部可用形式的速度和效率。这不仅要求快速吸收,还强调了对吸收内容的转化和利用能力。

促进知识分享。信息系统赋能组织成员高效知识共享,增强互动意愿,催生新知识。在海尔平台化模式中,采纳开放创新平台与开源软件策略,激发全球社群主动参与问题解决,通过数据共享打破壁垒,促进研发与创新的开放生态。数字化创新网络有效缩减了隐性知识应用的成本,促进了其创造、传播及共享,加速了技术的迭代更新及创新成果的扩散。为实现知识的有效“流通”,海尔深化与创新网络中各主体的联系,积极吸纳新知识,整合生态中的碎片化资源价值。

加速知识整合。知识整合是在个人之间发展共识,并通过相互调整采取协调行动的过程,需要企业内外部利益相关者信息知识资源投入和合作努力(Luk 等,2005)<sup>[45]</sup>,也是内外部隐性知识和显性知识不断整合、升华的动态过程。海尔通过整合产学研资源、利用 HOPE 平台与用户持续交互,以及多方协同创新的方式,加速了知识整合与信息交互,进而实现了冰箱技术的快速调整与优化。在控氧保鲜冰箱项目中,海尔联合了中国制浆造纸研究院、苏州一家企业及用户等多方力量,共同研发出将湿度精准控制在 40% 以下的新型膜技术,并成功应用于冰箱产品中。这一技术创新不仅满足了用户对干货保鲜的需求,还极大地提升了产品竞争力,得到市场的积极反响,累计销量

突破1000万台。

(4)开放式协作研发。与封闭化研发相比,开放化、开源化的研发模式汇聚多元主体,强化了企业市场机遇敏感度。内外向开放化研发协同促进知识跨界交流,加速数字化空间中的创新网络形成(Sikimic等,2016)<sup>[46]</sup>。海尔就是利用开放式研发资源整合和HOPE创新平台,以及其布局在全球的五大研发中心,无缝对接于全球的研发与技术资源。

内向开放化研发,即外部知识在组织内部的利用,将外部的技术和知识整合到组织的创新过程。数字赋能使得环境数据透明化,有效提升研发流程改进的创新软环境(Luo等,2023)<sup>[5]</sup>。“以我为主、多方合作”就是自主开放式创新的一种。用户参与研发设计、用户主导研发过程以及用户开源社区等成为创造更大经济与社会价值的重要标尺(陈劲等,2022)<sup>[47]</sup>。早已成功完成互联网转型的海尔,第一时间就颠覆了传统的瀑布式模型,把创新全流程向用户开放,让用户亲自参与到研发设计生产的全价值链环节,并围绕用户需求通过并联的组织协同关系,实现了产品的快速迭代。这有效获取了用户个性化需求,缩短了研发周期,创造出了大量的原创产品,实现由过去的“千人一面”向“千人千面”的范式转化。

外向开放化研发,即内部知识向组织外部的转移,将组织内的技术和知识向外部扩散,主要形式有技术授权、技术合作等。海尔主要通过三大策略实现外向开放化研发,一是众创定制模式让用户深度融入产品设计,不仅提出需求还参与讨论与投票,这一创新方式促进了海尔设计理念和技术的广泛传播,成为外向开放化研发的直接体现。二是积极推行品牌跨界合作,与知名设计师紧密协作,不仅拓宽了设计思路,更将自身的设计、制造能力开放给合作伙伴,促进了跨领域的技术交流与合作。三是在合作中隐含着技术授权行为,也表示着海尔愿意在一定条件下分享技术成果,进一步推动了外向开放化研发的积极实践。

### 3. 互联网生态阶段(2017年至今)

在技术研发过程中,海尔仍面临技术引领和创新能力不足的问题,特别是在一些前瞻性和前沿技术领域,如人工智能、物联网等,海尔尤其需要在物联网技术上进行研发与应用,不断提升其研发能力和创新能力。互联网生态是数字化与企业管理深度融合的阶段,主要构建数字业务化能力,即通过数据分析、AI等技术,深度挖掘运营数据,实现智能化应用。挖掘数据价值,精准决策支持,推动企业研发模式升级。例如,为解决用户购买后与预期不符的难题,海尔通过在直播工厂中现场搭建智慧阳台场景,为用户带来最直观的产品体验和场景体验。

(1)数字边界撬动。在互联网生态阶段,海尔主要从链条结构治理、智能集群生态和全场景网络互联3个方面发挥数字边界撬动作用。

链条结构治理。海尔于2019年初创新提出“生态链小微群”(简称“链群”)的概念,即小微企业围绕社群需求自主联结,形成生态链,促进体验升级与价值共享。2017年海尔社群交互产生的交易额首次突破1万亿,同比增长273%。链群生态以触点网络交互用户需求,以增值分享机制驱动各方共创共享并不断创造用户体验升级,是不断自驱动、自增强、自优化的生生不息的生态系统。链群成员如何实现围绕同一目标自驱,这是链群创造的难点。海尔提出了链群合约(自适应的非线性的生态),以数字化的可操作技术工具保障链群真正自驱起来,将生态各方与用户需求紧密结合起来,颠覆线性管理,在数字化可视的平台上链群主动抢单,创造更多爆款产品、场景和生态。

智能集群生态。这里指的是海尔围绕智能家电领域,深度运用物联网、大数据、人工智能等技术,构建的一个以用户需求为核心的智能家电生态系统。这个生态系统不仅涵盖了海尔自身的智能家电产品,还连接了众多生态合作伙伴和品牌,共同编织了一张覆盖用户生活方方面面的智慧网络。而数字化连接打破了组织内部和外部的边界。通过构建高效的数据流通机制,海尔实现了

与生态伙伴之间的无缝对接,促进了信息的即时共享与资源的优化配置。产业互联网平台作为数字化的重要载体,深度融入了工业生产的每一个环节,从研发设计到生产制造,再到销售服务,全面提升了产业链的整体效率。

全场景网络互联。即通过先进的网络技术和通信协议,实现各种设备、系统、场景之间的无缝连接与高效交互,形成全方位、全天候、全过程的网络覆盖和服务能力。海尔借助机器学习、数据挖掘及大数据分析等技术手段,深入挖掘并提炼出海量用户数据中所蕴含的有价值信息,经智能化处理后使得数据变得有价值。数字化制造海尔天津洗衣机互联工厂通过“全场景网络互联”和“全流程数据联通”等数字化管理模块,实现了对产品智能制造的全流程精准掌控。基于海尔上海洗衣机互联工厂全厂5G基站的覆盖,工厂内接入了百台互联设备,构建了10万多个数据采集点,实现了设备的数据采集和数据上云,使得海尔干衣机的每一项制作工艺都可通过大数据进行管控和监测。海尔天津洗衣机互联工厂在5G、大数据和工业物联网等新一代信息技术的赋能下,可以快速实现从一块钢板原料到制造出一台“直驱精华洗”洗衣机生产全流程。

(2)资源杠杆化。该阶段海尔主要通过技术知识解构和技术要素重构两种行动对内外资源进行编排。具体而言,海尔的研发体系改变了传统研发的思路,利用“资源杠杆”策略,将研发人员变成一个一个接口人员,通过他们来接口全球的资源。卡奥斯采用增值分享(即自扩展的共赢进化的生态)的创新机制,各类创客、一流资源无障碍进入。卡奥斯平台开放开源,公司可以选择入驻成为合作伙伴,在平台上提供工业互联网软硬件产品、B端零部件模块、C端个性化产品等,共同打造工业互联网新生态,沿着企业产业生态的路线实现赋能共同成长。卡奥斯基于开放生态,提出“与大企业共建,与小企业共享”的理念,将大规模定制模式和机理模型、知识图谱等软化、云化、数字化为IaaS、PaaS、BaaS等平台和服务。

技术知识解构。其他家电企业聚焦在某一个或某几个智能单品的时候,海尔已经推出了全球首个全场景定制化智慧成套方案;其他洗衣机企业只是聚焦产品的软硬件升级,海尔却推出了全球首个智慧洗护成套解决方案。海尔的“灯塔工厂”融合了自动化、工业物联网、虚拟仿真、大数据分析以及5G等尖端技术。借助这些先进的数字技术和智能化装备,结合高度自动化的生产流程和柔性制造体系,工厂能够精确匹配产能与客户需求,显著提高了生产效率与产线的自动化水平,同时提升了研发效率和质量。在N种智慧场景体验拓展的基础上,进一步实现制造技术研发、工艺创新和业务流程再造。

技术要素重构。高端面料无法在家洗护的难题迟迟难以破解。为此,在2018 AWE上,卡萨帝推出了“空气洗”高端洗衣机。继水洗、干洗之后,“空气洗”开创了第三种洗涤方式,洗护过程衣物不与水接触,高端衣物在护理过程中不受损伤,具有划时代的意义。海尔大力搭建智能化制造体系,智能工厂运行的生产信息化管理系统,同时包含了工业化控制、物流、CAD和CAPP等系统,搭配大量智能传感器,实行生产线柔化,构建了智慧生产模式,使得人、设备、产品和订单高效交互联结。

(3)“协同型”吸收速度指的是在多个子系统、组件或过程之间协同工作,以实现更高效、更快速的整体吸收速度。在创新生态系统中,多种吸收机制可能协同工作,海尔需要快速行动以“跟上用户点击鼠标的速度”。

加速知识重组。数字经济时代下,通过构建创新生态圈汇聚跨领域知识,促进跨界创新,增强系统稳定性与抗风险能力(Reeves等,2020)<sup>[48]</sup>。企业凭借生态圈内多元化伙伴(如海尔研究机构、大型公司、创业公司、检测机构、孵化器、专家个人)的专业知识的跨界合作,优化创新成本、质量和速度,灵活应对市场需求变化。利用云计算、区块链、AI等技术与开源系统,为企业重组知识,为技术迭代注入持续动力。2020年,征和工业公司选择了海尔卡奥斯,从设计、生产、物流、仓储、销售、

服务、人员、资源等全维度补足短板,进行了整个生产系统的数字化改造。接入海尔卡奥斯生态,征和工业公司也得到了生态科技力量的加持:在研发效率方面,原本25天才能研发出来的产品,现在缩短至七天时间。

加速知识反馈。随着大数据时代的来临,利用在线技术完成客户画像分析,使企业能够精准预判未来消费需求导向,降低研发风险,即数字化所赋予的信息化手段实现了知识和信息的低成本渗透,加速了要素流动和搜寻效率。海尔在大数据、云计算、柔性制造等物联网技术的加持下加强了系统间的联通,有助于实现“门店顾客提出的需求能直接反映到研发系统的数据库中”等场景,即终端需求真正指导研发、生产、物流等各环节。除了大数据外,这一体系还能直接应用于用户的定制化需求满足上,例如用户在定义完自己所需的产品后,COSMOPlat就可以通过所连接的互联工厂实现洗衣机等硬件的研发,从而产出符合用户需求的个性化产品。海尔的衣联生态就是通过分析用户体验大数据,形成用户的使用偏好画像,快速精准开发洗衣机爆款产品和提升用户体验的生态产品。

(4)场景式生态研发。关于联接与开发,目前海尔已构建起10+N研发体系,打造全球开放创新生态,这一研发体系以用户需求为牵引,以十大研发中心为基础,协同遍布全球的N个研发资源,创造出超越用户期待和突破行业极限的新产品、新技术。将元宇宙、数字孪生等技术与洗衣机各种场景结合创新,同时开展了一些共性基础技术的研究,在压缩机、新材料、芯片、算法等方向已经实现突破。面对用户消费需求的不断升级,海尔干衣机也凭借数字化制造和原创科技的双重引领,不断实现产品和科技的迭代升级,为用户定制高端的生活场景。2021年油烟机、燃气灶、嵌入式产品及集成灶等产品均取得了技术研发突破,获得了相关机构的星级产品认证;成功研发环保水晶胆、变频太空能热水器、应用于反渗透净水机的水质矿化技术等亮点产品与技术,连续五年获得中国冷暖智造大奖“金智奖”;在消防方面研发了大鱼—消防物联网系统,实现了消防数据采集、报警、分析、智慧化管控。

场景研发生态圈构建。数字仿真和数字孪生等技术不仅打破了物理空间对研发环境的限制,通过镜像建构和模拟极端场景扩大研发试错的潜在范围,帮助企业发现更优的研发设计方案,有效降低创新过程中的试错择优成本,提高企业研发效率(李海舰和李燕,2020)<sup>[49]</sup>。场景生态已成为家电行业逐渐走向成熟的标志,这背后是用户需求洞察引领的持续科技创新。海尔的场景式生态研发很明显,依赖于平台内多边市场的紧密合作和资源共享,通过连接的多边行业提供各自较为松散的模块,打包组合成一个智慧家庭解决方案。从卖家电到卖场景再到建生态,从产品品牌到场景品牌再到生态品牌的实践性演绎,海尔不断探索出多元化用户思维的新模式,借助虚拟仿真和数字孪生技术提高了模型预测的精准程度,缩短企业的研发周期,提升企业自动清洗技术研发、自动家居技术研发效率。

## 五、进一步讨论

### 1. 技术研发范式演进的过程

本研究基于资源编排和吸收速度视角深入分析数字化驱动企业技术研发范式演进的全过程,如图4所示,进而揭示了数字化驱动企业技术研发范式演进路径与实现机制。

现有研究持续聚焦于不同技术范式间的转换,诸如从封闭式创新向开放式创新、从渐进式创新向激进式创新、从延续性创新向破坏性创新的演变等(Chesbrough,2003)<sup>[13]</sup>,但大多侧重于验证数字化对技术研发的促进作用,对于探讨具体情境下的转变过程机理则显得不足。尤其缺乏关于企业技术研发范式历经多次演进的研究,例如从封闭式研发到开放式、开源式研发的转变(戚聿东和肖旭,2020)<sup>[3]</sup>,以及从技术驱动研发创新、市场拉动式研发创新到网络合作研发创新的变迁等

(Von Hippel, 1986)<sup>[50]</sup>。因此,本文从过程视角探究数字化如何推动企业技术研发范式的演进及其内在机制。

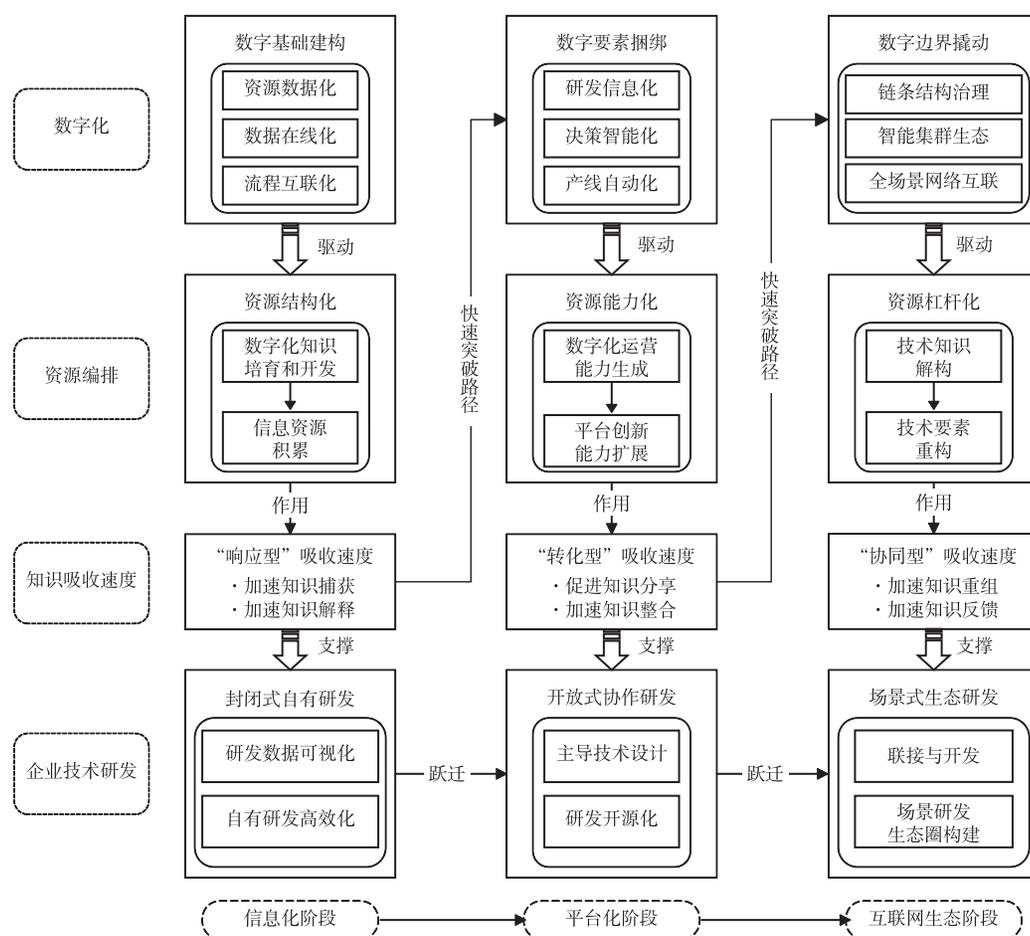


图4 数字化驱动企业技术研发范式演进路径与实现机制框架

数字化驱动技术方向更精准、技术研发更高效,大大降低了高端颠覆性创新的风险和成本(Blackburn等,2017)<sup>[22]</sup>。当企业经历从信息化、到平台化,再到互联网生态阶段后,将逐步提高对产业发展前沿预判的准确度,快速响应用户需求的变化,加快创新成果的市场化应用和缩短上市时间,尤其在开发周期的早期确定产品的弱点,更能提高客户的技术采用率并降低研发成本(Tan和Zhan,2017)<sup>[21]</sup>。一方面,通过采用虚拟实验和仿真技术,可以让企业有效地探索新技术的多种选择和不确定性,从而加快技术开发进程;另一方面,数字的广泛应用提高了企业对前沿创新的敏感度,加快了知识吸收速度和学习效应的形成,增强了企业的技术研发(Ricci等,2021)<sup>[51]</sup>。已有研究论证了企业的外部知识获取与内部知识存量的动态整合决定吸收速度,为技术研发范式演进的过程提供有效支撑的这一关键问题。通过案例分析发现,企业基于不同阶段的数字化采取不同的资源编排行动,作用于知识结构并加快吸收速度,进而在吸收速度的支撑效应下企业完成在技术研发过程中的范式演进。尽管数字化与技术研发存在反向因果关系的可能性,但本研究通过深入的资源编排理论及单案例研究,认为数字化是推动企业技术研发范式演进的主要动力。

## 2. 资源编排策略对吸收速度的作用机制

资源编排与吸收速度在数字化驱动企业技术研发过程中起着关键作用。通过合理的资源编

排,企业可以提升吸收速度,加速技术研发范式演进。具体而言,数字化水平推动企业技术研发的过程中,显著削减了信息在搜寻、传输、追踪及验证等环节的成本(Goldfarb和Tucker,2019)<sup>[4]</sup>,有效缓解了技术研发中各主体间的信息不对称问题,不仅体现出资源编排和吸收速度更新,也释放了数据资源的核心驱动力(Du等,2018)<sup>[33]</sup>。在数字经济环境下,企业更加注重资源的平台化和互联网生态,通过数字化手段实现资源的快速流通和高效利用,以及知识的快速重组和吸收,进而实现由封闭式自有研发演变至开放式协作研发,最终演进至场景化生态研发模式,这一范式演进过程也是企业由瀑布式研发转换为迭代式研发或突破式研发的过程。

企业技术研发在传统经济环境中,取决于自身研发能力和投入(徐翔等,2023)<sup>[52]</sup>。信息化作为起始阶段,满足现有需求成为企业主要的技术研发原因。为此,企业通过资源数据化、数据在线化和流程互联化的数字基础建构,进行结构化的资源编排行为,实现基于知识捕获和知识解释加速的“响应型”吸收速度,从而支撑企业的封闭式自有研发能够提升其产品和服务对用户的吸引力,保持独特的技术优势。此阶段企业聚焦于纸质文档与人工操作的数字化转型,核心在于构建并整合各类业务系统,促进数据共享与业务全面信息化协同。在“响应型”吸收速度支撑下,该阶段企业在技术研发范式演进中解决了各部门之间的信息孤岛问题。

企业技术研发在数字经济环境中,不仅需要技术研发投入与能力,还需要得到来自用户数据的协助与支持(徐翔等,2023)<sup>[52]</sup>。在平台化阶段,适应市场多样化需求和不确定性成为企业主要的技术研发原因。为此,企业通过研发信息化、决策智能化和产线自动化的数字要素捆绑,进行能力化的资源编排行为,实现基于知识分享和知识整合加速的“转化型”吸收速度,从而支撑企业的开放式协作研发能够迅速推出新产品和技术解决方案,建立持续的技术优势。此阶段企业聚焦于业务流程与运营模式的全面转型,利用云计算、物联网等新技术高效处理数据,推动企业云端化,线上线下融合提升效率与服务,优化数据管理,激发技术研发创新,响应用户多元化需求。在“响应型”吸收速度支撑下,该阶段企业在技术研发范式演进中解决了技术更新迅速和数字化转型的复杂性。这里协作研发将扮演关键的角色,企业间不断巩固协作关系,能有效整合现有资源,创新性地转化为新技术,并共享研发过程中因不确定性带来的成本和风险(陈立勇等,2019)<sup>[53]</sup>。

随着物联网与人工智能等数字技术的集成应用与发展,通过物物互联的智能协作替代了低效的人工重复,有效减少了试错成本(李海舰和李燕,2020)<sup>[49]</sup>,促使研发团队聚焦于高层次研发任务,进一步提升了研发效率与成果质量。在涵盖内外部的全面协作互联网生态阶段,前瞻性的战略引领成为企业主要的技术研发原因。为此,企业通过链条结构治理、智能集群生态和全场景网络互联的数字边界撬动作用,进行杠杆化的资源编排行为,实现基于知识重组和知识反馈加速的“协同型”吸收速度,从而支撑企业的场景式生态研发能够引领前沿技术,建立领先的智能制造技术标准。此阶段企业聚焦于深度融合技术与研发管理,构建数字业务化能力,挖掘数据价值,驱动企业精准研发决策与创新,实现可持续发展。在“协同型”吸收速度支撑下,该阶段企业在技术研发范式演进中解决了技术壁垒和知识困境,提升了供求匹配的精准程度。以上研究结论回答了“如何通过数字化实现技术研发,形成适应环境变化的技术研发新模式”这一众多学者和企业家关注的战略问题(Obradović等,2021)<sup>[15]</sup>。

## 六、研究结论与启示

### 1. 研究结论

本文聚焦于数字化驱动的制造业企业技术研发范式演进,从时间的角度切入,从而响应战略管理领域对于时间因素深入研究的迫切需求,并致力于寻找突破技术研发范式的有效途径。基于海尔1995—2022年技术研发的实践,考察数字化通过资源编排加速企业技术研发的动态过程与内

在机理,从资源编排视角揭示了企业技术研发范式演进的本质。首先,数字化驱动企业进行相应的资源编排,并形成每个阶段所需的吸收速度。信息化阶段,在数字基础建构驱动下,企业通过资源结构化试图解决企业与用户“鸿沟”难题,以资源结构化加快知识捕获与解释,提升“响应型”吸收速度,推动封闭式自有研发的突破。平台化阶段,企业在数字要素捆绑的驱动下,通过资源能力化打造迭代式创新模式,以资源能力化加快知识分享到知识整合的过程,构建起“转化型”吸收速度,支撑开放式协作研发范式。在互联网生态阶段,随着数字边界的撬动,企业通过资源杠杆化加速知识重组和反馈,构建起“协同型”吸收速度,促进实现场景式生态研发。其次,总结出数字化如何通过优化资源编排来加快吸收速度,从而支撑企业技术研发范式演进。在数字化环境下,资源的有效获取与核心能力的构建成为提升吸收速度的基础。同时,知识的深度解释与高效整合的速度,是企业实现技术研发范式演进的核心策略。研究结论不仅在理论上阐释了制造业企业如何在“时间”维度内,利用资源编排策略与吸收速度促进技术研发范式的演进,还拓展了企业数字化与研发创新的研究情境,同时也有利于指导企业新技术研发模式实践,促进制造业的高质量发展。

## 2. 理论贡献

第一,现有研究多以开放式创新为标准衡量企业技术研发范式演进结果(Ding等,2023)<sup>[23]</sup>,研究影响开放式创新的渠道与手段(戚聿东和肖旭,2020<sup>[3]</sup>;Wu等,2022<sup>[8]</sup>),缺少过程视角下技术研发的动态定义剖析;同时,数字化水平使企业能够形成技术创新增强的优势(何帆和刘红霞,2019<sup>[54]</sup>;张国胜和杜鹏飞,2022<sup>[9]</sup>),但讨论范围多宽泛地触及了数字化对企业技术创新整体质量的提升或增量变化,却未能细致考察企业数字化进程与技术研发流程的独特关联与阶段性特征,忽视了深入分析两者间动态作用的重要性。基于此,本文提出了具有阶段性演变的数字化推动企业技术研发的理论模型,有助于更清晰地展现数字化对企业创新影响的动态过程,以及在不同阶段企业需要采取的不同策略,从时间视角有效拓展了数字化水平与技术研发的理论内涵与适用情境。通过对海尔的探索性案例研究,发现企业的数字化历程经历了信息化向平台化、平台化向互联网生态演进的两次跃升,并推动企业从封闭式自有研发到开放式协作研发,再到场景式生态研发的范式演进,实现了技术研发质的飞跃,这在一定程度上证明了数字化转型能够促进了企业技术创新的“提质”(张国胜和杜鹏飞,2022)<sup>[9]</sup>。由此,本研究也响应了学者对于企业数字化与技术研发到外部生态协同现象的关注(Nambisan等,2019)<sup>[55]</sup>,为数字化与技术研发研究提供了新的理论内涵视角。

第二,本文聚焦于将资源编排理论与吸收速度相结合,深入探究企业技术研发的过程与机制。通过解构技术研发中关键资源编排行动与响应型、转化型、协同型吸收速度的动态演变路径,本文回应了关于从吸收速度视角研究技术研发的需求(郑刚等,2024)<sup>[11]</sup>,并填补了关于企业应如何采取行动以加速知识吸收的研究缺口(陈立勇等,2019)<sup>[53]</sup>。值得注意的是,企业知识吸收并非内部自然演化的结果,而是资源编排能动性管理的产物,这对于提升知识整合至关重要(王琳等,2024)<sup>[56]</sup>。然而,现有研究对此过程的探讨尚显不足,特别是在动态环境下资源编排如何影响吸收速度的具体过程机制仍鲜有研究。因此,本文借助“结构化—能力化—杠杆化”这一资源编排框架,探讨了技术研发中知识吸收的加速过程,揭示了资源结构化、资源能力化以及资源杠杆化是驱动吸收速度提升的内在机制。这一发现有助于更全面、更深入地理解资源编排行动在促进企业吸收加速方面的微观作用机理。

第三,本文丰富了数字化环境下资源编排理论的应用场景,促进了该领域与吸收速度研究之间的学术对话,为两个领域的研究提供了新的视角与融合点。研究时间性因素已被视为洞悉企业动态战略管理核心的关键路径,它涵盖了辨识多样化的时间模式、把握长期战略规划中的关键节点,以及探索随时间不断重现的“规律”等(Burgelman等,2017)<sup>[57]</sup>。因此,本文不仅在理论上阐释

了企业如何在“时间”维度内,利用数字化转型促进技术研发的范式演进,还沿着“资源编排—吸收速度—技术研发”的逻辑链路,揭示了企业技术研发过程中数字化的时序演化机制,以及数字化情境下资源编排行对吸收速度的作用机制,同时为企业实现动态技术研发转型提供理论上的补充与参考。

### 3. 实践启示

第一,数字化可以帮助企业进行内外部数字资源的编排,推动技术研发范式的演进。本文结论表明,不同阶段的数字化能够诱导企业对原有资源进行编排并创造性地将其用于自身技术研发。企业数字化可以通过跨时空信息传播、低成本数据处理和便捷信息获取,有效缓解企业创新系统中的研发要素供需矛盾,实时根据消费者偏好和反馈调整研发设计,降低了研发难度,激励了企业增加研发投入。这不仅要在硬件上构建数字基础,实现资源的数字化,更要将数字化融入企业的技术研发战略规划中。在数字经济时代,资源有限的企业应积极把握政策红利,依托“灯塔工厂”等前沿模式,选择在其研发计划中结合内部和外部数字资源。例如,通过数字化促进数字资源的识别和获取、资源的匹配和利用,以及进行资源编排优化,企业可以将自己原有的知识产权和功能结合起来,在新的利基市场开发利用各种资源,促使创新具有内在的流动性,并将其转化为进一步研发创新的触发器。同时,也应关注数字化与技术研发之间的相互作用关系,以实现两者的协同发展。

第二,强化吸收管理在企业技术研发范式演进中的作用。吸收速度的提升是企业技术研发的重要推动力,企业需要不断快速地根据市场个性化需求进行革新、快速试错、试验学习以及吸收内外部知识和技术,才能保持自身的竞争优势。即“速度比质量更重要”,企业需要学会在技术研发及其价值创造网络中快速吸收知识。加大对关键技术研发领域的投入,建立数字研发平台,采用云计算、大数据等先进技术,提升知识资源编排与吸收速度。此外,建立产学研用深度融合机制,促进科研成果快速转化为生产力,缩短技术从研发到市场应用的周期。

第三,政府应持续深化技术研发战略部署,着力构建更为开放包容、资源共享、协同高效的技术研发交流平台与机制,以促进科技创新资源的优化配置与高效利用。同时为企业配备高效的搜索工具和丰富的开源软件资源,大幅降低协作研发的门槛与成本,激发合作意愿,从而促进企业内部与外部研发活动的深度融合与协同效率的提升。积极推动构建跨行业、跨领域的开放、共享、协同的技术创新生态体系。通过设立专项基金、举办创新大赛、建立合作联盟等方式,促进企业与高校、研究机构、上下游企业之间的深度合作。鼓励建立技术创新服务平台,提供技术咨询、测试验证、成果转化等一站式服务,加速技术创新成果的商业化进程。

### 4. 研究局限与展望

首先,本文依据研究的关键点,对案例企业实际发展历程进行了适当简化,这可能会对归纳出的技术研发范式演进路径与核心要素产生一定影响,因此有待进行更为深入的探讨。其次,本文采用单案例纵向研究,虽以海尔为典型样本,但制造企业属性多样,结论普适性需大样本验证。再者,当前研究中资源编排和吸收速度等构念测量存在挑战,未来应深化测量并验证。最后,鉴于中国制造企业多处于信息化向平台化转型期,生态化发展下的未来方向具有不确定性和动态性,未来研究应结合时代变迁,探索更多资源撬动模式,进一步深化数字生态下制造企业技术研发范式演进的研究。

### 参考文献

- [1] Johnson, L.D., and B. Pazderka. Firm Value and Investment in R&D[J]. Managerial and Decision Economics, 1993, 14, (1): 15-24.
- [2] McKelvie, A., A. Brattström, and K. Wennberg. How Young Firms Achieve Growth: Reconciling the Roles of Growth Motivation

- and Innovative Activities[J].*Small Business Economics*, 2017, 49, (2): 273–293.
- [3] 臧聿东, 肖旭. 数字经济时代的企业管理变革[J]. 北京: 管理世界, 2020, (6): 135–152, 250.
- [4] Goldfarb, A., and C.Tucker. Digital Economics[J]. *Journal of Economic Literature*, 2019, 57, (1): 3–43.
- [5] Luo, S., N. Yimamu, and Y. Li, et al. Digitalization and Sustainable Development: How Could Digital Economy Development Improve Green Innovation in China?[J]. *Business Strategy and the Environment*, 2023, 32, (4): 1847–1871.
- [6] Coibion, O., Y. Gorodnichenko, and S. Kumar. How Do Firms Form Their Expectations? New Survey Evidence[J]. *American Economic Review*, 2018, 108, (9): 2671–2713.
- [7] Bienhaus, F., and A. Haddud. Procurement 4.0: Factors Influencing the Digitisation of Procurement and Supply Chains [J]. *Business Process Management Journal*, 2018, 24, (4): 965–984.
- [8] Wu, L., L. Sun, and Q. Chang, et al. How do Digitalization Capabilities Enable Open Innovation in Manufacturing Enterprises? A Multiple Case Study based on Resource Integration Perspective[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2022, 184, 122019.
- [9] 张国胜, 杜鹏飞. 数字化转型对我国企业技术创新的影响: 增量还是提质?[J]. 北京: 经济管理, 2022, (6): 82–96.
- [10] Annarelli, A., C. Battistella, and F. Nonino, et al. Literature Review on Digitalization Capabilities: Co-citation Analysis of Antecedents, Conceptualization and consequences[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2021, 166, 120635.
- [11] 郑刚, 莫康, 朱国浩, 于亚. 复杂产品系统、资源编排与核心技术快速突破[J]. 北京: 科学学研究, 2024, (9): 1928–1937, 1956.
- [12] Sirmon, D.G., M.A. Hitt, and R.D. Ireland, et al. Resource Orchestration to Create Competitive Advantage: Breadth, Depth, And Life Cycle Effects[J]. *Journal of Management*, 2010, 37, (5): 1390–1412.
- [13] Chesbrough, H.W. The Era of Open Innovation[J]. *MIT Sloan Management Review*, 2003, 44, (3): 35–41.
- [14] 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]. 西安: 当代经济科学, 2021, (6): 65–76.
- [15] Obradović, T., B. Vlačić, and M. Dabić. Open Innovation in the Manufacturing Industry: A Review and Research Agenda[J]. *Technovation*, 2021, 102, 102221.
- [16] Leone, M.L., and T. Reichstein. Licensing-in Fosters Rapid Invention! The Effect of the Grant-back Clause and Technological Unfamiliarity[J]. *Strategic Management Journal*, 2012, 33, (8): 965–985.
- [17] 韩炜, 杨俊, 胡新华, 张玉利, 陈逢文. 商业模式创新如何塑造商业生态系统属性差异? ——基于两家新创企业的跨案例纵向研究与理论模型构建[J]. 北京: 管理世界, 2021, (1): 88–107, 7.
- [18] Negroponte, N.P. *Being Digital*[M]. London, UK: Random House Inc, 1995.
- [19] 黄丽华, 朱海林, 刘伟华, 窦一凡, 王今朝, 蔡莉, 陈煜波, 廖貅武, 吴晓波, 谢康, 叶强, 张兮, 陈文波. 企业数字化转型和管理: 研究框架与展望[J]. 天津: 管理科学学报, 2021, (8): 26–35.
- [20] 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]. 北京: 管理世界, 2023, (1): 138–157.
- [21] Tan, K.H. and Y. Zhan. Improving New Product Development Using Big Data: A Case Study of an Electronics Company[J]. *R&D Management*, 2017, 47, (4): 570–582.
- [22] Blackburn, M., J. Alexander, and J. D. Legan, et al. Big Data and the Future of R&D Management [J]. *Research-Technology Management*, 2017, 60, (5): 43–51.
- [23] Ding, J., B. Liu, and J. Wang, et al. Digitalization of the Business Environment and Innovation Efficiency of Chinese ICT Firms[J]. *Journal of Organizational and End User Computing*, 2023, 35, (3): 1–25.
- [24] Sovacool, B., J. Jeppesen, and J. Bandholm, et al. Navigating the “Paradox of Openness” in Energy and Transport Innovation: Insights from Eight Corporate Clean Technology Research and Development Case Studies[J]. *Energy Policy*, 2017, 105, (6): 236–245.
- [25] Zheng, H., A. Ye, and R. Xie. Research on the Mechanism and Effect of Digitalization on Technology Innovation: Evidence from Chinese Manufacturing Listed Enterprises[J]. *Applied Economics*, 2024, 56, (40): 1–15.
- [26] 郑刚, 莫康, 王頔, 邹腾剑, 邓宛如. 吸收速度、互补资产链接与关键核心技术突破[J]. 北京: 科学学研究, 2023, (3): 500–510.
- [27] 孙嘉悦, 郑素丽, 黄灿. 研发模式与外部技术吸收速度: 基于中国高技术产业的实证研究[J]. 北京: 科学学研究, 2021, (8): 1373–1383, 1406.
- [28] Moreira, S., M. Arjan, and L. Keld. Knowledge Diversity and Coordination: The Effect of Intrafirm Inventor Task Networks on Absorption Speed[J]. *Strategic Management Journal*, 2018, 39, (9): 2517–2546.

- [29] Kogut, B., and U.Zander. What Firms Do? Coordination, Identity, and Learning[J]. *Organization Science*, 1996, 7, (5): 502-518.
- [30] Yu, C., H. Yang, H. Sun, et al. Rivals or Collaborators? Relational Absorption Speed[J]. *Journal of Management*, 2022, 48, (7): 1918-1947.
- [31] Müller, J. M., O. Buliga, and K. Voigt. The Role of Absorptive Capacity and Innovation Strategy in the Design of Industry 4.0 Business Models – A Comparison between SMEs and Large Enterprises[J]. *European Management Journal*, 2020, 39, (3): 333-343.
- [32] 马鸿佳, 王亚婧, 苏中锋. 数字化转型背景下中小制造企业如何编排资源利用数字机会——基于资源编排理论的fsQCA研究[J]. *天津: 南开管理评论*, 2024, (4): 90-100, 208.
- [33] Du, Y., M. Cui, and J. Q. Su. Implementation Processes of Online and fine Channel Conflict Management Strategies in Manufacturing Enterprises: A Resource Orchestration Perspective[J]. *International Journal of Information Management*, 2018, 39, (4): 136-145.
- [34] Nason, R.S., J. Wiklund, and A. McKelvie. Orchestrating Boundaries: The Effect of R&D Boundary Permeability on New Venture Growth[J]. *Journal of Business Venturing*, 2019, 34, (1): 63-79.
- [35] Carnes, C.M., F. Chirico, and M.A. Hit. Resource Orchestration for Innovation: Structuring and Bundling Resources in Growth and Maturity Stage Firms[J]. *Long Range Planning*, 2017, 50, (4): 472-486.
- [36] 张青, 华志兵. 资源编排理论及其研究进展述评[J]. *北京: 经济管理*, 2020, (9): 193-208.
- [37] Yin, R.K. *Case Study Research: Design and Methods* (5th ed)[M]. Thousand Oaks, CA: Sage, 2014.
- [38] 罗建强, 蒋倩雯. 数字化转型下产品与服务创新优先级演化分析——基于海尔智家案例[J]. *北京: 科学学研究*, 2022, (9): 1710-1720.
- [39] 武常岐, 张昆贤, 陈晓蓉. 传统制造业企业数字化转型路径研究——基于结构与行动者视角的三阶段演进模型[J]. *济南: 山东大学学报(哲学社会科学版)*, 2022, (4): 121-135.
- [40] 柏淑媛, 潘子成, 曹伟, 耿修林. 企业大数据应用对 ESG 评价的影响[J]. *北京: 世界经济*, 2024, (8): 133-167.
- [41] Bruns, H. C., and L. E. Long. Tedious Work: Developing Novel Outcomes with Digitization in the Arts and Sciences [J]. *Administrative Science Quarterly*, 2024, 69, (1): 39-79.
- [42] Vial, G. Under Standing Digital Transformation: A Review and a Research Agenda [J]. *The Journal of Strategic Information Systems*, 2019, 28, (2): 118-144.
- [43] 龚强, 班铭媛, 张一林. 区块链、企业数字化与供应链金融创新[J]. *北京: 管理世界*, 2021, (2): 22-34, 3.
- [44] 肖静华, 胡杨颂, 吴瑶. 成长品: 数据驱动的企业与用户互动创新案例研究[J]. *北京: 管理世界*, 2020, (3): 183-205.
- [45] Luk, C-L. M., O. Yau, and A. Tse, et al. Stakeholder Orientation and Business Performance: The Case of Service Companies in China[J]. *Journal of International Marketing*, 2005, 13, (1): 89-110.
- [46] Sikimic, U., V. Chiesa, and F. Frattini, et al. Scalera. Investing the Influence of Technology Inflows on Technology Outflows in Open Innovation Process: A Longitudinal Analysis[J]. *Journal of Product Innovation Management*, 2016, 33, (6): 652-669.
- [47] 陈劲, 阳镇, 张月遥. 共同富裕视野下的中国科技创新: 逻辑转向与范式创新[J]. *重庆: 改革*, 2022, (1): 1-15.
- [48] Reeves, M., S. Levin, and T. Fink, et al. Taming Complexity[J]. *Harvard Business Review*, 2020, 98, (1): 112-123.
- [49] 李海舰, 李燕. 对经济新形态的认识: 微观经济的视角[J]. *北京: 中国工业经济*, 2020, (12): 159-177.
- [50] Von Hippel, E. Lead Users: A Source of Novel Product Concepts[J]. *Management Science*, 1986, 32, (7): 791-805.
- [51] Ricci, R., D. Battaglia, and P. Neirotti. External Knowledge Search, Opportunity Recognition and Industry 4.0 Adoption in SMEs [J]. *International Journal of Production Economics*, 2021, 240, 108234.
- [52] 徐翔, 赵墨非, 李涛, 李帅臻. 数据要素与企业创新: 基于研发竞争的视角[J]. *北京: 经济研究*, 2023, (2): 39-56.
- [53] 陈立勇, 张洁琼, 曾德明, 徐露允. 知识重组、协作研发深度对企业技术标准制定的影响研究[J]. *武汉: 管理学报*, 2019, (4): 531-540.
- [54] 何帆, 刘红霞. 数字经济视角下实体企业数字化变革的业绩提升效应评估[J]. *重庆: 改革*, 2019, (4): 137-148.
- [55] Nambisan, S., M. Wright, and M. Feldman. The Digital Transformation of Innovation and Entrepreneurship: Progress, Challenges and Key Themes[J]. *Research Policy*, 2019, 48, (8): 1-9.
- [56] 王琳, 陈志军, 崔子钰. 数字化转型下知识耦合如何重构组织边界——基于创业警觉的认知逻辑[J]. *天津: 南开管理评论*, 2024, (1): 16-28.
- [57] Burgelman, R.A., S.W. Floyd, and T. Laamanen, et al. Strategy Processes and Practices: Dialogues and Intersections[J]. *Strategic Management Journal*, 2017, 39, (3): 531-558.

# How does the Digitization Drive the Evolution of Technology Research and Development Paradigms in Manufacturing Enterprises: A Longitudinal Case Study of Haier

LI Shi-jie<sup>1,2</sup>, LIU Qian<sup>1</sup>, ZHANG Yan-ping<sup>3</sup>

(1. International Business School, Hainan University, Haikou, Hainan, 570228, China;

2. School of Economics, Nankai University, Tianjin, 300071, China;

3. School of Management, Guangzhou University, Guangzhou, Guangdong, 510006, China)

**Abstract:** How digitalization drives enterprise technological R&D has piqued the interest of industry and academics, the underlying driving mechanism at the micro level remains unknown. Although existing research broadly discusses the enhancement or incremental changes in the overall quality of enterprise technological innovation through digitization, it fails to explore the specific correlations and phased characteristics of the enterprise digitization and technological R&D processes. It ignores the significance of a thorough examination of the dynamic interactions between the two. There is particularly little research on the specific process mechanisms by which resource orchestration influences assimilative speed in dynamic situations. This research employs Haier's technological R&D practice from 1995 to 2022, as well as resource orchestration theory, to undertake a longitudinal single-case study to analyze the dynamic process and internal mechanism of digitisation-driven technological R&D in manufacturing organizations.

It was observed that the digitalization process of industrial businesses consisted of three stages: informatization, platformization, and internet ecology. Resource orchestration is pushed by varying levels of digitization to accomplish rapid knowledge absorption, encouraging firms to evolve paradigms from closed personal R&D to open collaborative R&D, and eventually to scenario-based ecological R&D. First, during the informatization stage, which is driven by the expansion of digital infrastructure, resource structuring actions enable responsive absorption speed, allowing manufacturing enterprises to make rapid breakthroughs in their own technological R&D processes. Second, the platformisation phase, which is powered by the bundling of digital elements, resource capability actions accelerate conversion absorption speed, facilitating manufacturing enterprises' breakthrough in the open, collaborative R&D process. Third, in the internet ecology stage, powered by digital boundary probing, resource leveraging actions foster collaborative absorption speed, assisting manufacturing enterprises in the scene ecological R&D process to create breakthroughs.

This paper makes the following theoretical contributions: First, this paper proposes a theoretical model of digitalization driving enterprise technical R&D with phased evolution, which aids in better demonstrating the dynamic process of digitalization's impact on enterprise innovation and the various strategies that enterprises must employ at different stages. From a temporal perspective, it successfully broadens the theoretical connotation and relevant circumstances of digitalization and technological R&D. Second, by focusing on the integration of resource orchestration theory and absorptive speed, this study delves into the processes and mechanisms behind the evolution of enterprise technical R&D paradigms, breaking down the dynamic evolution route of major resource orchestration acts and absorptive speeds in technological R&D. Third, this work expands the application scenarios of resource orchestration theory in a digital environment, encourages academic discussion between this subject and absorptive speed research, and offers new insights and fusion points for future research in both disciplines.

Furthermore, the practical value of this paper is found: First, digitalization can help enterprises coordinate both internal and external digital resources, promoting the evolution of technology R&D paradigm. Meanwhile, emphasis should be devoted to the interaction of digitalization and technology R&D to create synergistic growth. Second, the importance of absorptive capacity in the evolution of enterprise technical R&D paradigms should be emphasized. Accelerating assimilation is an important driving force for corporate technical R&D. To sustain a competitive advantage, businesses must innovate constantly and quickly in response to personalized market demands, engage in rapid trial and error, experimental learning, and assimilate internal and external information and technology. Finally, governments should continue to strengthen the strategic deployment of technology R&D, with an emphasis on creating more open and inclusive, resource-sharing, collaborative and efficient technological R&D exchange platforms and processes. This will make it easier to optimally allocate and utilize scientific and technical innovation resources.

**Key Words:** digitalization; technological R&D; resource orchestration; absorption speed

**JEL Classification:** M10, O32

**DOI:** 10.19616/j.cnki.bmj.2025.01.008

(责任编辑:刘建丽)