

# 工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建\*

——基于海尔卡奥斯的案例研究

孙新波<sup>1</sup> 张明超<sup>2</sup>



(1. 东北大学工商管理学院, 辽宁 沈阳 110169;

2. 上海交通大学安泰经济与管理学院, 上海 200030)

**内容提要:**工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建,成为理论界与实践界共同关注的热点话题。本文采用案例研究方法,选择海尔卡奥斯为案例研究对象,探究了工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建过程及其价值创造行为。研究发现,工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建依赖平台嵌入、平台聚合和平台撬动三个过程环节,分别实施“望闻问切”“兼容并蓄”和“有无相生”策略,最终构建包含数字价值生成、数字价值共创和数字价值涌现三种价值创造行为体现的智能制造生态系统价值创造组织形态。当参与价值创造的基础操作性资源的来源范围由制造企业内部延伸到制造行业内部,再拓展到跨行业交互时,基础操作性资源多样性同步增加,进而催生出数字价值生成、数字价值共创和数字价值涌现三种差异化的价值创造行为。本文为工业互联网平台赋能与智能制造生态系统相关研究贡献新的理论知识,为数字经济浪潮中的领先制造企业依托工业互联网平台构建智能制造生态系统贡献中国方案。

**关键词:**工业互联网平台 智能制造生态系统 数字价值生成 数字价值共创 数字价值涌现

中图分类号:F270;C930 文献标志码:A 文章编号:1002—5766(2023)11—0005—22

## 一、引言

数字工业时代,西门子、海尔、三一重工等领先制造企业正在架构工业互联网平台,加速千行百业数字化转型(马永开等,2020)<sup>[1]</sup>。例如,海尔卡奥斯工业互联网平台(以下简称海尔卡奥斯)为景德镇陶瓷有限公司量身打造智能制造执行系统,通过对生产、质检、物流等环节智能监测与管控,提升精细化管理水平,助力企业提质增效与降本减存。基于工业互联网平台赋能,制造企业可以摆脱资源或能力局限,低成本、高效率地完成数字化转型(吴晓波等,2020)<sup>[2]</sup>;工业互联网平台有机会利用数字技术开发和协调平台内外部多元化资源(吕文晶等,2019<sup>[3]</sup>;王水莲等,2022<sup>[4]</sup>),促进几乎无摩擦的双边或多边市场交易,引发大量跨边界连接与合作,构建起智能制造生态系统(孟凡生和宋鹏,2022)<sup>[5]</sup>。现实

收稿日期:2022-11-12

\* 基金项目:国家自然科学基金项目“数智生态系统下的企业价值共创理论与方法研究”(72332001);国家社会科学基金重大项目“智能制造关键核心技术国产替代战略与政策研究”(21&ZD132);国家自然科学基金项目“复杂适应系统视角下的众包平台激励机制研究”(72172031)。

作者简介:孙新波,男,教授,管理学博士,研究领域是数字化转型、组织与战略、管理哲学、平台生态,电子邮箱:xbsun@mail.neu.edu.cn;张明超,男,博士后,管理学博士,研究领域是数字平台与生态战略、数字赋能组织创新,电子邮箱:mingchaozhang@sjtu.edu.cn。通讯作者:张明超。

中,工业互联网平台往往过分追求“短、平、快”的数字化转型服务利润,能够携手被赋能的企业共同构建智能制造生态系统以提升价值创造可持续效能的少之又少(Senyo等,2019<sup>[6]</sup>;Kretschmer等,2022<sup>[7]</sup>)。

智能制造生态系统是由多元智造资源供应主体、用户、政府机构和其他必要服务商共同构成,以实现产品智能制造或服务为目标的动态协同关系网络(程婉等,2021)<sup>[8]</sup>。依托工业互联网平台构建智能制造生态系统,有利于嵌入到其中的多元智造主体互利共生,共同创造与享受价值规模红利。第一,现有研究探讨了工业互联网平台赋能与智能制造生态系统之间的因果关系(杜勇等,2022)<sup>[9]</sup>,并且从组织赋能、结构赋能和场域赋能三个层面论证工业互联网平台在智能制造生态系统价值结构形成中的赋能作用(孙新波等,2022)<sup>[10]</sup>。但现有研究更多地针对工业互联网平台赋能作用本身进行类型区分或作用机理辨析。由于智能制造生态系统兼具多数商业生态系统的自组织性、生产性、共同进化性与复杂适应性等共性特征(Calabrese等,2021)<sup>[11]</sup>,这从侧面表明智能制造生态系统构建具备过程性,现有研究对于工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建过程缺乏深入剖析。第二,中国传统文化中蕴含丰富的管理启示,越来越多的学者融合中国传统文化分析组织与战略领域中的管理问题,阐释良性管理中的实施策略(文理等,2010)<sup>[12]</sup>。例如,现有研究立足《道德经》中的“玄鉴”法提出“反管理”概念(孙新波等,2022)<sup>[10]</sup>,并据此从源头意义上论证工业互联网平台与智能制造生态系统之间的价值关联,明确工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建的本质原因,但是现有研究尚未从传统文化角度厘清工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建策略。第三,价值创造是智能制造生态系统运行的焦点(程婉等,2021)<sup>[8]</sup>。现有研究延续传统的价值共创角度分析依托工业互联网平台的智能制造生态系统价值创造行为(马永开等,2020)<sup>[1]</sup>。事实上,工业互联网平台天然的连接与交互属性扩大智能制造生态系统价值创造的创新可能性与边界(De Reuver等,2018)<sup>[13]</sup>,现有研究尚没有揭示工业互联网平台赋能的智能制造生态系统价值创造行为体现。

针对上述理论与实践局限,本文扎根于海尔卡奥斯在跨界助力制造企业数字化转型中,联合制造企业共同探索智能制造生态系统构建的典型实践,深入剖析工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建策略与过程,厘清智能制造生态系统价值创造行为体现。本文的潜在理论贡献在于,从过程观角度打开工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建的“黑箱”,融合中国传统文化厘清工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建策略,并且讨论智能制造生态系统价值创造行为成因与作用路径,为工业互联网平台赋能与智能制造生态系统相关领域贡献新的理论知识。本文还有助于为数字经济浪潮中的领先制造企业依托工业互联网平台构建智能制造生态系统贡献中国方案。

## 二、文献回顾

### 1. 智能制造生态系统

智能制造生态系统本质是互联,这种互联除了智能技术集成应用外,还包括制造商与外部环境中的供应商、服务商、客户、政府等相关组织机构及其活动的联系(孟凡生和宋鹏,2022)<sup>[5]</sup>。更有学者将智能制造生态系统视为以产品智能化为主线,智造资源供应主体、用户、政府机构和其他必要参与主体共同形成的动态协同网络系统(程婉等,2021)<sup>[8]</sup>。

现有研究主要围绕智能制造生态系统架构设计、关系结构、结构属性及价值创造行为等展开探讨。在架构设计方面,智能制造生态系统由智能技术生态体系与智能商业生态体系融合而成(韩洪灵和陈帅弟,2021)<sup>[14]</sup>。智能技术生态体系覆盖物理层、网络层、会话层、应用层等,侧重通过数字技术创新与应用打造数字生产力,为智能制造生态系统价值创造提供底层支撑;智能商业生态体系由嵌入的群体、组织或个人构成,侧重依托数字平台促进利益相关者数据共享、协同适应与交互合作(Senyo等,2019)<sup>[6]</sup>,提升智能制造生态系统价值创造效能。在关系结构方面,智能价值节点、智能价值链条和智能价值网络共同反映智能制造生态系统的结构组成(孟凡生和宋鹏,2022<sup>[5]</sup>;孙新波等,

2022<sup>[10]</sup>)。智能价值节点通过建立与替代互补厂商以及政策环境之间的强关系与弱连接(Tawaststjerna 和 Olander, 2021)<sup>[15]</sup>, 形成支持智能制造生态系统价值共创的智能价值网络(韩洪灵和陈帅弟, 2021)<sup>[14]</sup>。在结构属性方面, 复杂性、自组织性、生产性、共同进化性与适应性是维持智能制造生态系统价值创造可持续性的内在属性(Briscoe 等, 2011)<sup>[16]</sup>。分布式去中心化的外在属性允许生态位点与任何其他独立于网络位置的一个或多个生态位点直接交换或共享数据、知识与信息(Subramaniam 等, 2019)<sup>[17]</sup>, 极大降低价值交互成本。在上述架构设计、关系结构与结构属性支撑下, 智能制造生态系统价值创造行为既表现为价值互补企业在互动中创造系统价值(汤临佳等, 2019)<sup>[18]</sup>, 又表现为价值关联企业跨界延长价值链, 共同开发增量价值或利基价值(陈剑和刘运辉, 2021)<sup>[19]</sup>。

## 2. 工业互联网平台赋能

基于技术架构视角, 工业互联网平台是集成区块链、云计算、物联网等数字技术工具与先进运营理念、模式及机理模型是现代工业产物(Menon 等, 2020<sup>[20]</sup>; Zhang 等, 2019<sup>[21]</sup>); 基于商业模式视角, 工业互联网平台是由领先制造企业基于先进工业运营经验建立的, 支撑企业价值链、行业价值链与产业价值链数据互联共享、资源跨界配置与效能优化提升的新一代工业生产和服务体系(吴晓波等, 2020)<sup>[2]</sup>。工业互联网平台凭借通用性、兼容性和扩展性的架构设计成为制造企业数字化转型的赋能者(金姝彤等, 2021)<sup>[22]</sup>。

赋能强调赋予某边缘或弱势群体必要权限、信息或协助(Leong 等, 2015)<sup>[23]</sup>。平台赋能可概括为平台企业凭借规模地位、技术优势或者领先商业模式, 对其影响范围内的组织或个人提供必要支持(周文辉等, 2018)<sup>[24]</sup>。在动因方面, 工业互联网平台赋能受到制度环境、市场、技术等多重因素的综合影响。例如, 各地政府纷纷出台关于加快工业互联网平台建设的行动计划与补贴政策(尚洪涛和宋岸玲, 2023)<sup>[25]</sup>, 激励与引导领先制造企业通过架构工业互联网平台, 助力制造企业数字化转型。由于工业互联网平台是由各种底层基础技术、平台建设技术以及工业软硬件系统等构成的多功能综合体, 通过发挥赋能作用, 可以产生技术溢出效应, 提升技术资源的综合利用水平。此外, 工业互联网平台赋能也是领先制造企业通过数字服务创新以实现价值增值的尝试性探索, 可以兼顾创造经济价值与社会价值(Li 等, 2023)<sup>[26]</sup>。在赋能类型方面, 工业互联网平台在推动制造企业提升数字生产力中发挥组织赋能作用(孙新波等, 2022)<sup>[10]</sup>; 在推动行业上下游打破信息不对称, 构建协同联动的智能价值链条中发挥结构赋能作用(陈剑和刘运辉, 2021)<sup>[19]</sup>; 在推动资源要素跨界流动配置(Wang 等, 2022)<sup>[27]</sup>, 连接分布式生态位节点力量形成智能价值网络中发挥场域赋能作用(孙新波等, 2022<sup>[10]</sup>; 韩洪灵和陈帅弟, 2021<sup>[14]</sup>); 在行为过程方面, 工业互联网平台首先支持制造企业运营中“人、机、料、法、环”等数字化与模型化, 然后将分布式的工业数据资源在平台端整合与重构(Calabrese 等, 2021)<sup>[11]</sup>。工业互联网平台的开源及自组织特性, 进一步刺激更多工业数据资源向平台汇聚(马永开等, 2020)<sup>[1]</sup>, 推动制造企业与价值关联方形成松散耦合关系(曹仰锋, 2018<sup>[28]</sup>; 陈武等, 2022<sup>[29]</sup>)。从实施策略来看, 工业互联网平台需要制订针对性的数字化转型服务方案, 提升制造企业数字运营水平(朱国军等, 2020)<sup>[30]</sup>。此外, 通过联合领军制造企业共建行业平台, 有利于提升工业互联网平台对于行业知识与经验的专业化认识, 从而吸引更多的行业中企业主动链接到平台(权锡鉴等, 2020)<sup>[31]</sup>。随着平台上企业数量越来越多, 工业互联网平台有机会构建智能制造生态系统, 联动其他制造企业在更广阔领域进行价值创造探索(陈剑和刘运辉, 2021)<sup>[19]</sup>。

## 3. 基于传统文化的管理策略

优秀的传统文化中蕴含丰富的管理启示, 可以为企业实施管理策略提供指引。现有研究融合传统文化, 针对管理策略展开尝试性探索。例如, 传统中医采用“望闻问切”四诊法, 全方位了解病人症状与发病原因, 从而对症下药, 有效缓解病人疼痛。“望闻问切”四诊法是建立在整体观念和恒动观念基础上的一套方法论。现有学者把人体系统与 enterprise 系统进行功能类比, 按照“望、闻、问、

切”的诊断过程,进行企业能力评价和健康程度诊断(文理等,2010)<sup>[12]</sup>。传统文化中“兼容并蓄”的思想体现在向外来文化和其他民族敞开宽广胸怀,不断接纳来自不同地域、不同文化的各种要素与资源。现有学者进一步提炼“兼容并蓄”的思想,提出兼容性创新的管理策略,强调通过接纳不同新事物与新技术,并对其进行长期的自然筛选、逐步扬弃和改良适应,最终实现多领域、多角度与多主体优势或力量汇聚融合(陈红花和陈劲,2019)<sup>[32]</sup>。传统文化中“有无相生”论述了“有”与“无”之间的辩证关系。现有学者借用“有无相生”理念探究战略联盟创新管理的策略宗旨,即联盟中的企业通过整合现有资源可以创造出当前所不具有且超越当下价值范畴的新产品、新方法、新市场等(赵昌平等,2003)<sup>[33]</sup>。在工业互联网平台研究领域,现有学者立足于《道德经》中的“玄鉴”法提出“反管理”概念,并据此从源头意义上论证工业互联网平台与智能制造生态系统之间的价值关联(孙新波等,2022)<sup>[10]</sup>。现有研究中关于融合传统文化针对不同情境下管理策略的探索,为本文分析厘清工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建策略提供理论启示。

#### 4. 文献述评与分析逻辑

通过上述文献综述可知,现有研究针对工业互联网平台赋能与智能制造生态系统分别展开广泛探讨(孟凡生和宋鹏,2022<sup>[5]</sup>;权锡鉴等,2020<sup>[31]</sup>),并有学者立足于传统文化角度,围绕工业互联网赋能与智能制造生态系统构建的因果统一关系展开初步分析(孙新波等,2022)<sup>[10]</sup>。但现有研究对于工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建过程的研究多处于构想或假设阶段,缺乏实质性的经验归纳总结与作用关系分析,尚未从传统文化角度厘清工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建策略,对于工业互联网平台赋能的智能制造生态系统价值创造行为体现缺乏深入探究。

立足于现有工业互联网平台赋能与智能制造生态系统相关研究,凝练出本文的基础分析逻辑:在推动制造企业数字化转型实践中,工业互联网平台通过循序渐进的行为过程,并且在不同过程环节实施相应管理策略,逐步依托工业互联网平台形成分布式存在的智能价值节点、智能价值链条与智能价值网络,最终构建成智能制造生态系统,展现出差异化价值创造行为。

### 三、研究设计

#### 1. 研究方法

本文采用归纳性案例研究方法呈现关键构念及其关系,并不聚焦严格的时间顺序,侧重揭示现象背后行为规律(吴瑶等,2022)<sup>[34]</sup>。考虑到智能制造生态系统价值创造行为复杂性,以及现有研究对于工业互联网平台赋能与智能制造生态系统构建的不完全探索,归纳性研究基于丰富的实践数据对发展理论洞见尤其有用(Ozcan和Eisenhardt,2009)<sup>[35]</sup>。再者,本文采取嵌入式的分析设计(邢小强等,2021)<sup>[36]</sup>,分析层次重点聚焦但不限于工业互联网平台,也包括嵌入在平台上的企业和用户等,有利于归纳出更稳健的理论模型。

#### 2. 案例选择

案例选择要能够匹配研究问题本质属性与关键特征(李高勇和毛基业,2015)<sup>[37]</sup>。综合考虑案例样本的典型性与代表性、可追踪性与数据可获得性等因素,本文选择海尔卡奥斯作为研究对象。首先,海尔卡奥斯连续三年蝉联工信部评选的跨行业跨领域工业互联网平台名单榜首,在为制造企业提供数字化转型解决方案同时,通过共创共赢、增值分享的商业模式创新,吸引生态系统各方共建共享。目前已经链接覆盖化工、能源、装备等15个行业领域的90多万家企业,共同打造生生不息的智能制造生态系统。其次,海尔卡奥斯从2017年4月启动制造企业数字化转型服务战略,到2022年1月智能制造生态系统已具备较大规模与影响力,过程非常清晰,有利于追踪其赋能过程并考察具体策略细节。最后,研究团队与海尔卡奥斯建立密切的产学研合作关系,对方提供大量关于智能制造生态建设的会议手册、发展报告、阶段规划等内部资料,保证研究数据可获得性。

### 3. 数据收集

研究团队对海尔卡奥斯的追踪调研持续近四年时间,期间组织多次正式与非正式访谈,并且前往海尔卡奥斯及相关企业现场进行实地观察。调研时,研究团队会拟定访谈提纲并提前发给访谈对象。访谈录音会在当天被转化为文字,整理出访谈记录达38万余字。研究团队与海尔卡奥斯成员通过微信、电话等方式保持交流,随时进行相关资料确认或补充,数据收集信息如表1所示。研究团队还从以下来源获取大量二手数据资料:(1)海尔卡奥斯内部档案资料,包括《海尔卡奥斯工业智能解决方案》、《物联网生态品牌白皮书》、部分赋能企业数字化转型前期调研报告与复盘总结报告;(2)海尔官方网站、公司领导的公开演讲、媒体报道和公开发表论文中关于海尔卡奥斯智能制造生态系统的相关介绍。

研究团队采取系列措施提高研究的信度和效度。第一,在持续调研的四年时间内,每次访谈间隔尽量不超过6个月,这个时间段内被访者记忆比较稳定,针对同一对象,研究团队会在不同时期追踪访谈,保证数据连续性。第二,研究团队持续获取海尔卡奥斯最新资料,并且与企业人员共同回顾和总结赋能策略及过程,比较实时数据与回顾数据,确定二者没有明显差异,避免回溯性释义以及印象管理问题。第三,本文使用多个数据来源进行数据的“三角验证”(Yin,2013)<sup>[38]</sup>,通过不同访谈者回答之间的相互比较,以及被访谈者回答与其他档案数据之间的比较来避免主观偏差。

表1 数据收集信息

数据来源	数据信息统计			
	访谈对象	量化信息	主题内容	编码
深度访谈	总裁办战略总监	7.1小时	智能商业生态、生态战略、共生理念	Z1
	平台商务总监	3.9小时	平台赋能、平台使命、可持续发展	Z2
	行业解决方案总经理	2.5小时	平台赋能、生态价值、数字化服务	Z3
	平台生态品牌战略总监	2.7小时	制造商业生态、生态品牌、平台生态	Z4
	平台研发中心总经理	1.5小时	平台赋能、数字化集成解决方案	Z5
	食联场景生态CEO	4.5小时	平台力量、场景生态、生态价值创造	Z6
	文化产业生态研究员	3.2小时	生态价值创造行为、可持续发展、跨界连接	Z7
	海尔研究院副院长	2.6小时	平台作用、数字价值创造、平台愿景与展望	Z8
	企业A副总经理	1.4小时	数字化困境、平台赋能、价值参与	Z9
	企业B商务总监	1.6小时	数字化转型、业务变化、价值参与	Z10
二手资料	学术文献	27份	关于海尔卡奥斯赋能或数字商业生态构建等与研究主题相关的文献	M1
	内部文档	6份	海尔卡奥斯业务宣传手册、企业数字化转型规划与实施方案、平台生态战略指南等	M2
	媒体文档	49份	主流媒体视频、新闻、微信公众号中关于海尔卡奥斯赋能数字化转型与数字商业生态的介绍等	M3
现场观察	参观海尔卡奥斯赋能的灯塔工厂、平台赋能展览、企业数字生产车间			C1

### 4. 数据分析

本文采用结构化数据分析方法对数据资料进行分析(Gioia等,2013)<sup>[39]</sup>,具体按照以下步骤:

步骤一:研究团队阅读原始资料,对涉及工业互联网平台赋能、智能制造生态系统价值创造行为等主题的内容进行编码,尽量使用受访者原始话语形成一阶构念。例如,访谈数据中的“由于我们并不熟悉具体的行业知识,这需要与行业领军企业合作,建立具备行业特色的子平台”,被编码为“携手领军企业共建行业平台”。依此方法,提炼出39个一阶构念。

步骤二:将具有相同特征的一阶构念进行抽象,归纳形成二阶主题。例如,“运营状态智能监测”“设备精益化管理”“预测性维护”都表示工业互联网平台远程为企业提供的运维服务,因此被归纳为“远程运维服务”。在整个编码过程中,研究团队的两位成员分别独立进行编码,针对不一

致之处集体讨论,最终达成一致意见,共提炼出 14 个二阶主题。

步骤三:基于二阶主题性质与内涵,将具有同一类属的二阶主题提炼为聚合维度,并且建立维度之间逻辑关系。例如,在编码与文献对比中,研究团队发现平台嵌入、平台聚合与平台撬动均属于工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建过程层面的理论范畴,智能制造生态系统价值创造行为属于结果层面的理论范畴。工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建的情境因素属于动因层面的理论范畴。研究团队在数据、构念与文献间进行反复对照与迭代,并且引入第三方专家参与讨论,对提出的构念与构念间关系进行精炼与完善,最终形成包含情境因素(动因)、平台嵌入、平台聚合和平台撬动(过程)、智能制造生态系统价值创造行为(结果)的数据结构,如图 1 所示。在初步形成理论模型后,研究团队邀请受访谈者对构念与逻辑关系进行评估,与两位从事企业战略管理研究的教授,共同对理论模型及构念进行修改与完善。

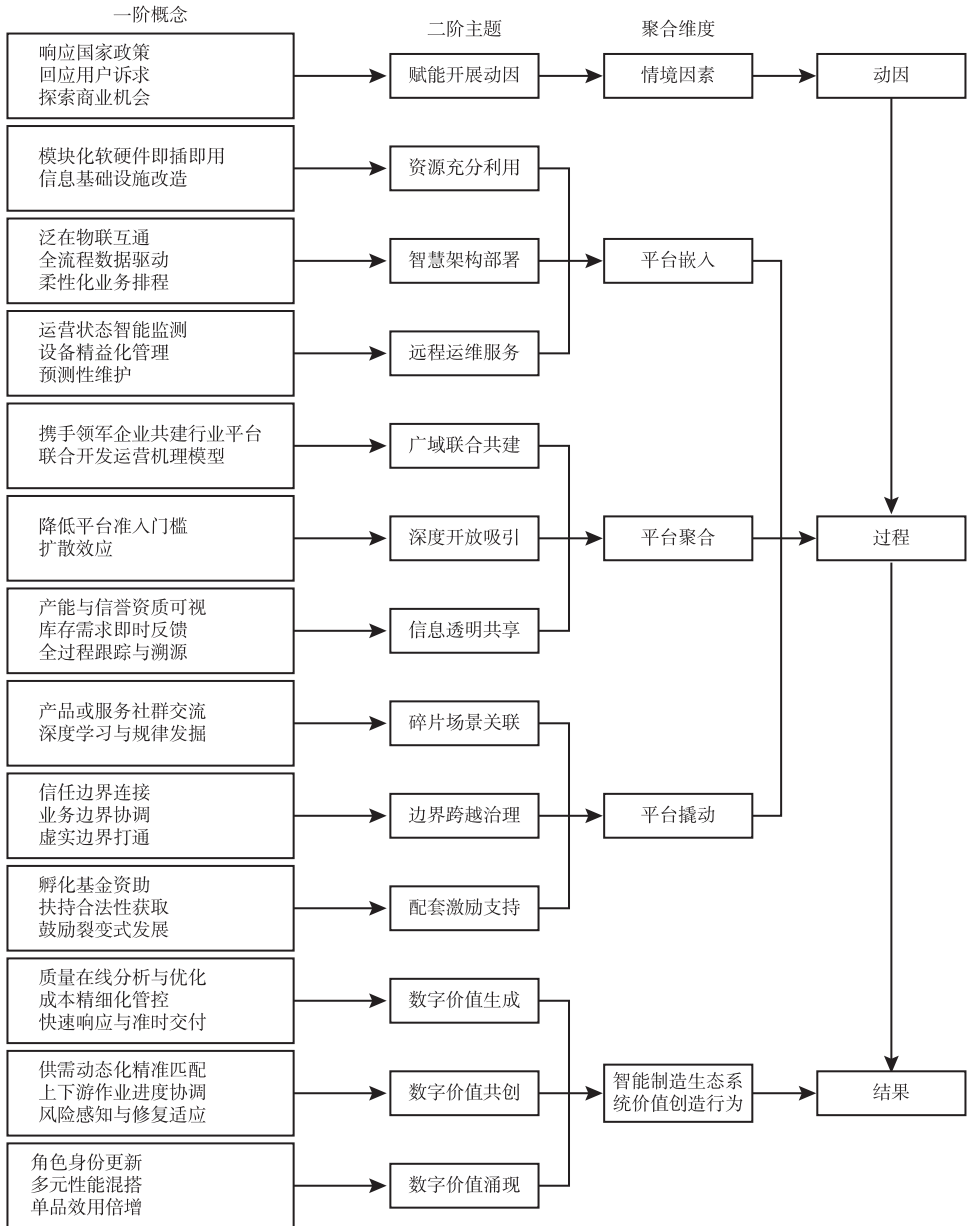


图 1 本文数据结构

## 四、研究发现

### 1. 情境因素

工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建的情境因素包括响应国家政策、回应用户诉求以及探索商业机会,来自这三个方面的驱动力共同促使工业互联网平台开展赋能行动,通过支持制造企业数字化转型,逐步构建智能制造生态系统。具体编码与证据示例如表 2 所示。

表 2 情境因素编码与证据展示

二阶主题	一阶构念	相关引文与证据
赋能开展动因	响应国家政策	“从‘两会’到各级政府文件中,多次提出要发挥工业互联网平台在推动企业数字化中的作用,我们必须承担起这个责任来。”
	回应用户诉求	“很多中小企业不清楚如何实施数字化转型。他们也迫切希望打造数字竞争力,期待服务商能为他们提供个性化服务方案。”
	探索商业机会	“帮助企业数字化转型,这完全是新业务探索,具备极大的市场需求空间。对于我们也是一次商业探索的机会。”

首先,工信部制订《工业互联网发展行动计划》,强调加强工业互联网基础设施建设,让中小制造企业借力工业互联网平台以低成本、灵活的方式补齐数字化能力短板,形成大中小企业融通发展的智能制造生态。海尔卡奥斯积极开展赋能行动,化身为制造企业数字化转型的动力引擎,响应国家政策号召。其次,制造企业普遍受制于资源能力限制,在数字化转型中面临时间紧迫、成本高昂、路径模糊等考验,亟需具备行业领先经验的工业互联网平台提供针对性的数字化转型服务方案。如企业 B 商务总监所述:“我们投入大量成本引入数字化设备,效益还是上不去。海尔卡奥斯帮助我们重新制定数字化规划与实施指南,这些单凭我们是无法做到的。”最后,海尔卡奥斯在数字化转型进程中沉淀了大量通用型技术与市场经验,这恰恰是无数制造企业的现实需要,具备巨大的商业开发潜力。通过支持制造企业数字化转型,海尔卡奥斯不仅可以增加服务业务收入,更有机会与制造企业共同开拓新的业务领域,同时创造经济价值与社会价值,联合打造智能制造生态系统优势。

### 2. 工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建过程

在确立赋能行动战略意义后,领先制造企业主要依托工业互联网平台赋能企业数字化转型,并且吸引泛在的制造企业链接到平台,不断丰富平台参与主体多样性(Ceccagnoli 等,2012)<sup>[40]</sup>,最终构建智能制造生态系统组织形态。由数据分析可知,海尔卡奥斯赋能智能制造生态系统构建过程分为平台嵌入、平台聚合与平台撬动三个环节,并且每个过程环节需要相适配的策略进行引导或支持。

(1)平台嵌入。平台嵌入指工业互联网平台通过聚焦实践现场,洞察制造企业在数字化转型中面临的困境与成因,提供个性化的服务方案(Li 等,2023)<sup>[26]</sup>,帮助制造企业塑造数字生产力的过程。当前许多工业互联网平台并没有针对制造企业差异化问题“因材施教”,大多是技术设备或成熟经验模式的简单复制。基于类比思维,平台嵌入环节工业互联网平台可以实施“望闻问切”策略,如表 3 所示。在科学认识制造企业数字化转型问题基础上,制订针对性解决方案,进而采取资源充分利用、智慧架构部署与远程运维服务的方式助力制造企业数字化转型。该范畴下二阶主题的具体编码与证据示例如表 4 所示。

表 3 平台嵌入的“望闻问切”的赋能策略

策略	原义	情境喻义	相关举措
望	观气色	观察实践现场	组织团队融入现场作业 勘察信息化基础与条件
闻	听声息与嗅气味	感受环境氛围	明确管理者数字意识与态度 体验公司整体数字创新活力
问	询问症状	交流问题表现	倾听多层次反映数字发展问题 了解公众普遍的数字变革诉求
切	摸脉象与给处方	辨识成因逻辑	做出数字水平综合评估 制订转型服务系统规划
望闻问切	采用上述一种或多种策略 分析病症并给出处方	采用上述一种或多种策略提供关 于数字化转型的定制服务	识别数字化困境 科学分析现象成因 制订个性化服务方案

1) 资源充分利用。资源充分利用指尽可能地迭代优化与充分利用现有资源要素(邢小强等, 2021)<sup>[36]</sup>, 推动制造企业低成本、高效率地完成数字化改造。一方面, 海尔卡奥斯总结提炼数字化发展经验, 打造出包括交互定制、开放创新、精准营销、动态采购、智能生产、智慧物流、智慧服务在内的七大模块系列软硬件产品矩阵, 以供制造企业按需选择与“即插即用”。海尔卡奥斯组织专业团队融入制造企业现场环境, 在讨论交流中明确管理者数字意识与态度, 了解多层次员工数字变革诉求。在与制造企业家关于数字转型规划达成一致意见后, 海尔卡奥斯的团队为管理者和员工提供数字软硬件使用技能培训与数字思维训练课程, 使其意识到数字化转型对于制造企业和个人都是充满挑战且长期有益的事情。制造企业发布相应激励制度要求, 鼓励部门或个人争创数字变革先锋, 在组织内部营造数字文化氛围, 如此双管齐下克服管理者和员工的传统价值观念抵触, 激活组织全员接受与参与数字变革的积极性。通过充分利用通用型软硬件模块, 制造企业不需再投入时间重复研发, 按照使用记录向工业互联网平台付费, 大幅提升数字化改造效率。例如, 企业 A 通过引进智能生产系统解决方案, 仅用五天时间推动生产制造环节数字化重构, 实现对服装定制全生命周期的个性化管理。另一方面, 很多制造企业先前已经具备 ERP、MES 等信息基础设施。来自海尔卡奥斯的数字专家联合制造企业内部技术人员共同制订信息基础设施数字升级改造方案, 增强连接性与智慧性, 从而适配数字化运营环境。通过充分利用现有信息基础设施, 使制造企业以更低的成本完成数字化“补课”。正如企业 B 商务总监所述:“依托海尔卡奥斯, 我们仅投入 6.5 万元升级现有的房车研发系统, 个性化设计水平便有了明显提升, 节省了接近 15 万元的系统设备引进费用。”对于数字化转型周期较长的制造企业, 海尔卡奥斯采取“局部试点、复制推广”策略, 结合制造企业实际要求与运营特点, 选择价值链某一环节数字化改造, 取得经验后再逐步向其他环节推广, 有效克服数字转型周期长引致沉没成本高的问题, 使制造企业在不影响正常运行前提下稳健实施数字变革计划。

2) 智慧架构部署。局部设备或运营环节升级并不能带来整体运营绩效提升。海尔卡奥斯通过布置边缘网关, 推动制造企业运营流程要素标签化与数据化, 并且基于事前统一的接口标准, 打通“数据孤岛”, 建立全流程数据驱动的智慧运营架构(陈剑等, 2020)<sup>[41]</sup>。运营流程按照即时数据要求快速精准地配置资源, 生产效率得到保证。通过实时分析工作载荷数据, 支持柔性化业务自动排程(Wang 等, 2022)<sup>[27]</sup>, 推动任务量科学配给, 避免运营中断风险。通过部署智慧运营架构, 制造企业塑造兼顾效率与柔性的数字运营优势。例如, 海尔卡奥斯为企业 A 制订制造、设计、采购等价



值链全流程的物联网解决方案,采用软件、硬件相结合的方式系统推动价值链数字重构,整体生产效率提升 25%。企业 A 目前已经实现仅需 2 分 40 秒,一件定制西服就被裁剪成型,定制服装交货时间从 45 天缩短至 7 天。

3) 远程运维服务。制造企业的设备开机率、作业率、流程进度、库存水平等指标数据被集中采集并接入工业互联网平台,海尔卡奥斯应用数字孪生技术,图形化呈现运营场景,实现对制造企业运营状态智能监测。基于对采集数据的深度分析,海尔卡奥斯进一步为制造企业提供设备精益化管理服务。例如,基于设备整体利用率分析,可以最大限度挖掘既有设备运营潜力,促进制造企业在不额外增加投入的情况下提高生产效能。全生命周期数据的综合管理与集成分析,使海尔卡奥斯能够及时发现制造企业运营环境中潜在的故障因素,并通过提供预测性维护服务,助力制造企业主动应对危机。例如,海尔卡奥斯实时采集与分析反馈价值链运行数据,使企业 A 及时发现服装定制过程中的质量隐患,通过智能调整与优化生产线工艺参数,将定制服装成品率由原来 85% ~ 89% 提高稳定在 97% ~ 99%。正如行业解决方案总经理所述:“很多制造企业没有能力做到事前预判。平台掌握海量运营数据,可以提前洞察风险,及时向他们反馈。”

综上,通过采取资源充分利用、智慧架构部署与远程运维服务的方式,工业互联网平台赋能制造企业提升数字运营水平,制造企业也在与平台持续地数据交互与连接中,成为依托平台进行价值创造的智能价值节点。

表 4 平台嵌入环节的编码与证据展示

二阶主题	一阶构念	相关引文与证据
资源充分利用	模块化软硬件即插即用	“我们把通用型的工业软硬件做成“即插即用”的模块,让更多中小企业“用得快、用得好、用得起。”
	信息基础设施改造	“很多企业的信息化基础是不错的。我们进行优化升级,比如安装传感器,设计设备控制中枢等,能减少企业负担。”
智慧架构部署	泛在物联互通	“我们事前统一接口标准,就是要让一切要素联通起来,打破数据孤岛。数据只有无障碍地流动起来,才能驱动效率提升。”
	全流程数据驱动	“数据就是指令,现在省略了签字、汇报这些环节。所有流程的运行信息实时呈现,各岗位按照数据要求有条不紊地开展作业。”
	柔性化业务排程	“大规模定制的关键,就是合理布置各个流程工作量。基于工作载荷数据分析,现在已实现业务自动排程,流程具备了柔性。”
远程运维服务	运营状态智能监测	“企业运营数据在平台汇总。通过平台可以随时查看流程节点甚至某一座设备的运行情况,而且是三维可视化呈现。”
	设备精益化管理	“通过工业 APP 实现移动端设备管理,为企业提供设备台账、设备点检、设备保养等服务,提升设备综合利用率。”
	预测性维护	“针对收集到的数据进行综合分析,我们的故障预警准确率达 91% 以上,大幅减少企业设备的停机时长。”

(2) 平台聚合。平台嵌入使制造企业能够充分利用工业互联网平台的通用型软硬件以及现有信息化基础打造数字运营优势(陈剑和刘运辉,2021)<sup>[19]</sup>,但同时也受限于工业互联网平台对制造企业所属行业领域的非专业性,尤其是通用型软硬件并不是为制造企业针对性设计。这导致工业互联网平台并不能专业地为制造企业提供定向服务,只是跨行业零散地链接有限数量制造企业,远没有形成规模优势。平台聚合指工业互联网平台广泛联合平台内外部组织或个体共建制造业平

台,在专业化服务制造企业的同时,汇聚更多合作与数据资源的过程(De Reuver等,2018)<sup>[13]</sup>。基于类比思维,平台聚合环节工业互联网平台可以实施“兼容并蓄”的策略,如表5所示。采取广域联合共建、深度开放吸引与信息透明共享的方式,跨行业汇聚更多利益相关者。该范畴下二阶主题的具体编码与证据示例如表6所示。

表5 平台聚合的“兼容并蓄”赋能策略

策略	原义	情境喻义	相关举措
兼	兼顾/兼有	跨行业跨领域布局	联合共建行业平台 共同深耕应用领域知识
容	包容/允许	动态适应与扩展	响应用户专业化需求 功能组件模块化设计
并	一同/包罗	广泛吸引与连接	降低平台准入门槛 数据共享与隐私维护
蓄	积聚/储藏	构建资源蓄水池	跨界联结利益相关者 高效汇聚供需信息
兼容并蓄	吸引与包容差异化内容以形成集聚规模	汇聚信息与合作资源	提升行业知识专业性 吸引更多参与者 打破信息不对称

1)广域联合共建。广域联合共建指工业互联网平台广泛联合领域外的代表型组织、群体或个人共建专业型制造行业平台。海尔卡奥斯走出一条“与大企业共建、与小企业共享”道路。通过携手制造行业内的链主企业建立数据中枢,统一数据标准规范并且对外开放接口,以数据架构支撑业务应用,形成问题解决方案并面向全行业推广。为了免除知识产权和隐私泄露担忧,制造行业平台架构中引入区块链非对称加密技术,由制造企业自主选择对外共享的数据种类,在数据所有方和使用方之间搭建一个可信、透明、可追溯的数据权属证据链,保障工业互联网数据流通可靠性和安全性。海尔卡奥斯联合行业内“老师傅”以及技术、管理方面的“懂行人”,共同将隐性知识与显性知识机理软件化与模型化,做深做透工业互联网业务应用,克服“隔行如隔山”困境,提升为制造企业专业化服务能力。截至目前,海尔卡奥斯面向不同制造行业的多元化场景共开发2400多种工业APP,专业化服务制造企业8万余家。以建筑陶瓷行业为例,海尔卡奥斯和山东淄博统一陶瓷公司深度合作,共建“海享陶”建陶行业平台,开发集约采购、智能制造、协同研发等解决方案并面向行业推广。

2)深度开放吸引。深度开放吸引指工业互联网平台推广制造行业解决方案同时,化身为制造行业价值链交互的开放场域(孙新波等,2022)<sup>[10]</sup>,吸引更多利益相关者加入以提升平台的规模性与专业性。海尔卡奥斯充分降低制造行业平台准入门槛,任何规模和资质的制造企业都可以链接到平台与上下游企业交互合作,目前已经链接制造企业超90万家。显著的专业化水平进一步增强平台吸引力,即越来越多制造企业主动链接到制造行业平台,随着服务的制造企业数量增多,海尔卡奥斯对制造行业领域的业务知识与应用有了更深刻的理解与沉淀,专业化水平进一步提升,形成良性价值循环。海尔卡奥斯的工业APP月更新率达到79%,季度更新率达到93%,客户企业的满意度接近95%。正如行业解决方案总经理所述:“制造企业主动链接到平台,是因为平台能够提供专业化服务。在服务制造企业过程中,平台功能与结构也获得拓展完善。”

3)信息透明共享。海尔卡奥斯为链接到制造行业平台的企业标签身份,可视化展示产能、信

誉、资质等信息,方便价值链上下游打破信息不对称,快速识别与选择潜在合作伙伴。制造企业的仓储数据、进度数据以及复杂需求数据都可以即时反馈到制造行业平台。上下游企业依托制造行业平台建立动态合作关系,通过实时数据交互与连接协调进度安排,提升分布式价值创造力量协同性。海尔卡奥斯基于物联网技术全过程跟踪制造企业价值活动,支持行业价值链中物流、信息流、资金流等精准溯源,倒逼制造企业不断提升供给能力与质量,在打造用户青睐的高品质产品或服务前提下,按照贡献权重合理分配价值,确保多方价值参与主体共赢性。正如企业A副总经理所述:“目前原材料或服务质量的投诉率降低到1%以下。平台让交易活动透明了。哪个环节出现问题,总能快速被发现。企图以次充好根本不可能,只有不断提升供给质量,才有可能有更多合作机会。”

综上,通过采取广域联合共建、深度开放吸引与信息透明共享的方式,工业互联网平台提升跨行业专业性,以更好地服务于制造企业的同时,吸引多个制造行业中的上下游企业主动链接到平台,持续地进行数据分享与交互,构建依托平台的智能价值链条。

表6 平台聚合环节的编码与证据展示

二阶主题	一阶构念	相关引文与证据
广域联合共建	携手领军企业共建行业平台	“隔行如隔山,我们无法做到精通所有行业知识。携手多个行业的领先企业共建行业平台,就是要为企业提供专业化服务。”
	联合开发运营机理模型	“我们联合行业中的老师傅、技术专家将隐性工业知识显性化与模型化,开发工业机理模型嵌入到行业平台。”
深度开放吸引	降低平台准入门槛	“数字时代企业需要一个空间进行交流与协作。只要你能创造价值,无论规模大小,都可以参与到平台上。”
	扩散效应	“我们已经建构多个行业平台,行业中的上下游企业开始主动链接到平台。既能享受专业化服务,又能依托平台交互合作。”
信息透明共享	产能与信誉资质可视	“以前对供应商不了解,现在通过平台就可以查询到合作伙伴的产能、资质、报价等,一切都变得透明起来。”
	库存需求即时反馈	“我们鼓励企业依托平台进行交互,在平台上发布库存需求与特殊的供给需要,相应的供应商或服务商能快速地做出响应。”
	全过程跟踪与溯源	“物料从哪里来,到哪里去,产品从生产到客户手中所有的经转环节都可以通过平台查到,有效减少投机交易行为。”

(3)平台撬动。在平台聚合环节,工业互联网平台汇聚多个制造行业的合作与供需信息资源,促进行业上下游企业资源优化配置。但消费者越来越期待能够一站式满足不同类型需求(陈剑和刘运辉,2021)<sup>[19]</sup>,这种集成式的场景价值实现往往依赖多个制造行业的企业联合起来(曹仰锋和孔欣欣,2020)<sup>[42]</sup>,谋求系列功能作用搭配组合。此外,随着制造行业平台链接的上下游企业越来越多,平台及制造企业也希望开辟新的价值空间以保持生长动力(Tsujimoto等,2018)<sup>[43]</sup>。平台撬动指工业互联网平台对合作和供需信息资源充分开发与利用,集结跨行业的利益相关力量共同开辟新的价值空间,持续创造价值倍增的过程(江积海和阮文强,2020)<sup>[44]</sup>。基于类比思维,平台撬动环节工业互联网平台可以通过实施“有无相生”的赋能策略,如表7所示。采取碎片场景关联、边界跨越治理与配套激励支持的方式促进多个制造行业的企业实现功能作用耦合,在满足消费者场景价值诉求同时,也为链接到平台的各个制造行业上下游企业营造持续充满价值突破与更新的场域空间。该范畴下二阶主题的具体编码与证据示例如表8所示。

表 7 平台撬动的“有无相生”赋能策略

策略	原义	情境喻义	相关举措
有	已有/存在	既有资源能力利用	营造产品或服务社群 激励供给方参与用户交流
无	空白/没有	利基价值机会探索	大数据分析 with 需求捕捉 深度学习与价值规律发掘
相	相互/交互	协同适应与交互融合	尝试跨域匹配与组合 功能作用调整或拓展
生	化生/生成	创生商业新物种	创意转化配套支持 持续迭代更新或丰富
有无相生	有与无之间的相互转化或生成	通过现有资源禀赋的开发利用进行价值突破	创造与满足集成式需求 开发场景解决方案

1) 碎片场景关联。碎片场景关联指在捕捉消费者碎片化需求基础上,洞察看似不相关产品或服务需求间的关联(陈剑和刘运辉,2021)<sup>[19]</sup>。海尔卡奥斯打造多个产品或服务社群,允许消费者、设计师、潜在供应商等自由交流。通过采用大数据分析、深度学习等技术,发掘社群交互数据中潜藏的价值关联规律,提炼集成式场景解决方案。例如,在智慧家居社群中,数据治理人员发现,除了经典洗护需求外,消费者希望能够收纳、健身与晒物,而这些看似不相关的需求共同指向阳台这一场景。海尔卡奥斯根据消费者需求的不断丰富与变化,已经打造 13 种阳台场景解决方案,2021 年销量达 45 万套。

2) 边界跨越治理。首先,信任是一切合作关系的开始(周文辉和程宇,2021)<sup>[45]</sup>。集成式场景解决方案的新颖性与突破性,让相关制造行业中的企业不太相信能够落地转化,更对未来市场空间抱有质疑。为此,海尔卡奥斯主动跟投场景解决方案的转化项目,为初期参与的企业以补贴形式提供绩效保护,吸引活跃在平台的相关合作资源跨越信任边界建立初步联系。其次,海尔卡奥斯主导制定 80 余项场景解决方案的功能标准,并且协助企业按照标准要求进行业务功能调整与拓展,推动多方跨越业务边界实现相互兼容与协调(王新新和张佳佳,2021)<sup>[46]</sup>。最后,海尔卡奥斯在上海、北京、青岛等地布局“三翼鸟场景体验店”,通过打通虚实边界,向企业与消费者直观展示场景设计理念。既加深潜在合作伙伴对场景解决方案的理解以强化参与信心,又有利于增强消费者的现实体验从而提升购买意愿。

3) 配套激励支持。海尔卡奥斯前期投入孵化基金,组织内部会配置市场专员参与到落地转化工作中。海尔卡奥斯利用平台的品牌进行“背书”,提升场景解决方案被公众熟知并且接受的程度,在获取认知合法性的同时(Bitektine 等,2020)<sup>[47]</sup>,吸引更多风投机构、相关制造行业的企业等组建成“创业小微”,支撑场景解决方案落地转化。“创业小微”遵循动态进出原则,由第三方机构联合行业内专家学者、创业先锋人物等评估价值参与主体的资源能力水平,降低海尔卡奥斯单方面倾向性对竞争性力量产生的不公平待遇,公平客观地选择出优质的“创业小微”成员。随着“创业小微”规模扩大,海尔卡奥斯将用人权、决策权、分配权全部下放,鼓励裂变式发展以降低对于平台的依赖,提升快速响应场景价值诉求变化的能力。海尔卡奥斯与“创业小微”保持灵活的合作关系,根据即时需要提供技术或管理服务。正如食联场景生态 CEO 所述:“依靠海尔平台,有利于让更多人注意到我们。目前我们是以独立公司形式运行,但与海尔保持合作关系,这让我们少走很多弯路。”

综上,通过碎片场景关联、边界跨越治理与配套激励支持的方式,工业互联网平台推动多个制

造行业的企业跨越边界,实现功能作用耦合,以支持场景价值实现;企业也在跨行业的数字化交互与连接中,建立依托平台的智能价值网络。

表 8 平台撬动环节的编码与证据展示

二阶主题	一阶构念	相关引文与证据
碎片场景关联	产品或服务社群交流	“我们打造了家电、房车、家居、陶瓷等产品与服务社群,客户可以向设计师或者售后服务人员表达生活痛点。”
	深度学习与规律发掘	“分析交互数据,可以建立多元化需求的联系。比如,收纳、健身与洗护这些看似不相关的需求居然都期待依托阳台场景实现。”
边界跨越治理	信任边界连接	“场景解决方案是个新生事物。平台的绩效保护措施有利于消除参与者担忧,增加信任感,参与到转化项目中。”
	业务边界协调	“要打破行业中固定的功能模式,按照场景解决方案中的新标准进行调整,提升业务功能之间的兼容性与协调性。”
	虚实边界打通	“要让虚拟场景变成现实。说概念,难以让消费者和合作伙伴信服。打造体验店,让客户线上了解的同时线下感受。”
配套激励支持	孵化基金资助	“对于场景类项目,集团都是大力支持的。我们设立了专门的孵化基金,跟投场景解决方案的落地转化。”
	扶持合法性获取	“依托平台的品牌背书,场景解决方案容易得到消费者与投资者青睐,这有利于场景类产品或服务快速落地转化。”
	鼓励裂变式发展	“我们仍然与海尔保持密切合作关系。平台的用户资源、合作资源与数据资源都是我们持续创新所需要的。”

### 3. 智能制造生态系统价值创造行为

工业互联网平台通过平台嵌入、平台聚合与平台撬动的过程环节,联合多个制造行业的企业构建成依托平台的智能价值节点、智能价值链条与智能价值网络,构建成智能制造生态系统价值创造组织形态。数据分析表明,工业互联网平台赋能的智能制造生态系统存在数字价值生成、数字价值共创与数字价值涌现三种价值创造行为,该范畴下二阶主题具体编码与证据示例如表 9 所示。

(1)数字价值生成。数字价值生成指智能制造生态系统的价值主体采用数字化流程创造产品或服务价值(Sarkar 等,2009)<sup>[48]</sup>,侧重通过价值生产过程的数字优化以达到提质、降本与增效目的。平台嵌入使智能制造生态系统中的企业打造数字运营优势,激活数字价值生成能力。这体现为覆盖采购、仓储、生产等全流程的数字运营系统,即时监测与控制价值生产过程;现场运营数据的实时采集与分析,助力生产线工艺参数智能调整与优化,实现成本精细化管控;各流程环节的数字互联提升彼此之间快速响应与协作水平,保证价值生产任务适时适量地完成与交付。企业 A 激活数字价值生成能力,实现定制服装生产效率提高 25%,交货周期从 45 天缩短至 7 天,单件生产成本降低 24%,毛利率提升 30%,销量提升 18%,库存降低 35%。也正如企业 B 商务总监所述:“通过建立数字运营体系,生产效率与成本都取得显著突破。尽管依托平台可以揽接到更多的订单,但如果数字化水平不够,根本比不过其他竞争对手。”

(2)数字价值共创。数字价值共创指智能制造生态系统中制造行业价值链上下游企业通过数字化交互实现资源要素高效调度与配置(Sjodin 等,2020)<sup>[49]</sup>,共同创造整体性的产品或服务价值。平台聚合使海尔卡奥斯汇聚多个制造行业中的生产商、供应商、采购商、客户等上下游合作资源,激活数字价值共创能力。具体而言,海尔卡奥斯为采购商智能推荐供应商,为供应商智能推荐商机,

大大提升供需匹配成功率。制造企业与行业价值链上下游贯通连接,改变业务线性推进方式,各参与方实现生产计划、进度与配额协调。例如,作为智慧房车主要材料之一的镀锌板,企业 B 通过海尔卡奥斯发布采购需求,平台就将其与其他有相同供应需求的厂家的小订单,一起捆绑成一个大订单,然后对接同一个生产厂家,由厂家给各企业单独发货,由此,制造企业 B 的镀锌板采购成本下降 12%,整体原材料采购成本下降了 7.3%。产生交易合作的企业依托工业互联网平台在生产计划管理、质量溯源管理、资产全生命周期管理等方面在线化协同,集约快速地做出修复、适应与调整,最终使企业 B 的智慧房车的平均生产周期从原来的 35 天缩短到 20 天,品控率达到 97.2%。正如平台商务总监所述:“平台给行业中企业带来的最大影响就是打破信息不对称。大家可以感知合作伙伴状态,相互监督与协调,资源配置效率明显提升。”

(3)数字价值涌现。数字价值涌现指数字商业生态系统中多个行业的价值主体在相互适应中实现功能作用耦合(王新新和张佳佳,2021)<sup>[46]</sup>,创造前所未有的高阶产品或服务价值。平台撬动使海尔卡奥斯联动多个行业的企业跨界连接、适应与匹配,激活数字价值涌现能力。具体而言,多个行业的企业聚焦场景解决方案的标准要求,调整与更新自身功能作用与角色身份,在相互适应中打造出混搭多元性能的场景类商业新物种。例如,依托海尔卡奥斯打造的智慧冰箱,具备购买、存储、烹饪和娱乐等多种性能体验。通过与中粮合作,向用户提供新鲜食材;与爱奇艺合作,提供影音娱乐服务;与苏宁易购合作,提供购物服务等。场景解决方案的落地带动嵌入在其中的单品效用倍增,创造出超越各部分价值简单加和的复杂价值系统(陈剑和刘运辉,2021)<sup>[19]</sup>。正如海尔研究院副院长所述:“跑步机、洗衣机与收纳柜,把它们打包到智慧阳台场景中,每件商品要高出单卖价格 2~4 倍。消费者乐意接受这样的溢价,因为智慧阳台场景带来的是一体化的生活体验。”

表 9 智能制造生态系统价值创造的编码与证据展示

二阶主题	一阶构念	相关引文与证据
数字价值生成	质量在线分析与优化	“数字运营系统智能监测生产质量,基于运营数据的深度学习,还会智能优化工艺参数,提升成品率。”
	成本精细化管控	“产投比是多少,资源利用水平怎么样,一目了然。平台的数据分析与反馈,可以精确到每个环节,从源头遏制成本浪费。”
	快速响应与准时交付	各个工序协调性有了改善。现在一件定制服装在 7 个工作日内就可送到客户手中。”
数字价值共创	供需动态化精准匹配	“通过平台发布需求,供应商可以快速察觉到。既保证常规型资源需要及时到位,又有利于针对非常规型资源要素展开广泛搜索。”
	上下游作业进度协调	“利用平台推动上下游各方生产计划、进度与配额协同,将对产业链效率提升、资源利用率提升起到积极作用。”
	快速感知与修复适应	“在线化的好处就是对彼此状态可以快速感知,有利于及时发现潜在危机,快速处理冲突,防止意外中断。”
数字价值涌现	角色身份更新	“以前主要生产家用陶瓷。没有想到有一天会涉足医用陶瓷领域,与医用器材专家探讨解决方案,角色身份发生了丰富与更新。”
	多元性能混搭	“智慧冰箱拥有冷藏、购物、音乐等多种功能,增强消费者的场景体验,这是未来高端市场的趋势。”
	单品效用倍增	“场景落地推动每件单品的价值实现增值。这是一体化关联推动的溢价体现,可以为消费者带来超越期待的体验。”

## 五、进一步讨论

本文围绕海尔卡奥斯在跨界助力制造业数字化转型过程中,联合制造企业共同探索智能制造生态系统优势的实践展开分析,归纳出工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建策略与过程,厘清智能制造生态系统的价值创造行为,构建了如图 2 所示的理论模型。接下来本文将重点围绕工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建策略、构建过程以及智能制造生态系统价值创造行为展开理论探讨。

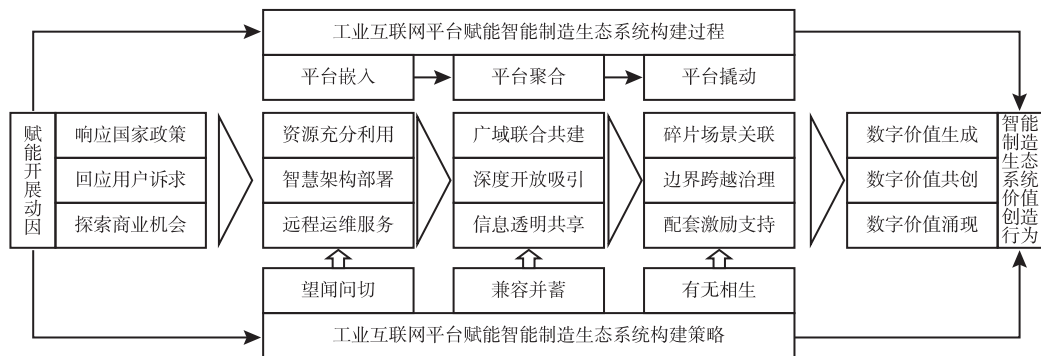


图 2 工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建及其价值创造行为理论模型

### 1. 工业互联网平台智能制造生态系统构建策略

现有研究虽然探究了工业互联网平台在智能制造生态系统构建过程中的赋能作用,但对于与平台赋能作用相匹配的策略缺少系统认识与凝练。本文借鉴中国传统文化中“望闻问切”“兼容并蓄”与“有无相生”的核心要义,总结工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建策略。

第一,当前许多工业互联网平台并没有针对制造企业数字化困境“因症施策”。“望闻问切”原指用来精准判断病人的病情,并且给出针对性处方。本文借鉴之并隐喻为工业互联网平台分析制造企业的困境并给出系统性解决方案。本文中“望闻问切”策略的归纳,是针对工业互联网平台在智能制造生态系统构建中组织赋能作用如何实施的有效回应(孙新波等,2022)<sup>[10]</sup>。第二,当前工业互联网平台普遍面临难以满足不同制造行业的企业专业化服务诉求的困境,这导致平台只是零散地链接有限数量的制造企业,远没有形成规模效应。“兼容并蓄”原指吸引、包容、适应各种差异化的内容以形成汇聚优势(陈红花和陈劲,2019)<sup>[32]</sup>。本文借鉴之并且隐喻为工业互联网平台通过有效适应与满足不同制造行业的企业专业化服务诉求,广泛链接与吸引更多企业以丰富平台参与主体的多样性。本文中关于“兼容并蓄”策略的归纳,是针对工业互联网平台在智能制造生态系统构建中结构赋能作用如何实施的有效回应(马永开等,2020<sup>[1]</sup>;孙新波等,2022<sup>[10]</sup>)。第三,工业互联网平台及链接的制造企业都希望开辟新的价值空间以迎合消费者集成式需求,保持可持续发展。“有无相生”原指存在与不存在的交互转化关系(赵昌平等,2003)<sup>[33]</sup>,本文借鉴之并且隐喻为工业互联网平台通过对平台上现有资源禀赋开发与利用、创造前所未有的价值突破的过程。本文中关于“有无相生”策略的归纳,是针对工业互联网平台在智能制造生态系统构建中场域赋能作用如何实施的有效回应(孙新波等,2022<sup>[10]</sup>;曹仰锋,2018<sup>[28]</sup>)。

从面向的智能制造生态系统价值创造主体来看,工业互联网平台实施的“望闻问切”策略,旨在帮助制造企业打造数字运营优势,夯实智能制造生态系统的价值创造执行基础;“兼容并蓄”策略旨在进一步专业化服务制造企业塑造数字生产力同时,吸引其所在的行业价值链上下游企业链接到平台,提升智能制造生态系统价值创造主体多样性;“有无相生”策略旨在推动多个制造行业

的企业聚焦用户集成式需求,开展功能作用调整与耦合,以激发智能制造生态系统中跨行业、跨领域价值创造主体的联合创新性。由此可见,“望闻问切”“兼容并蓄”“有无相生”策略面向的价值创造主体范围呈现出由单个制造企业到制造行业价值链,再到跨行业群体的演变趋势,从作用效果来看,前者实施为后者开展打造前提基础,彼此存在非线性递进关系。

## 2. 工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建过程比较分析

与现有商业生态系统研究不同,本文并不将智能制造生态系统的理解局限于某一领先制造企业周边的互补关系集合(李志刚等,2020)<sup>[50]</sup>,而将其看作以工业互联网平台为载体,由链接到平台的多个制造行业的企业、制造行业上下游与跨行业利益相关者共同构成的价值创造组织形态。依托工业互联网平台的智能制造生态系统并不主张为工业互联网平台自身的价值创造带来直接互补作用(王节祥等,2021)<sup>[51]</sup>,而是侧重通过直接支持多个制造行业的企业开展数字价值创造,间接实现工业互联网平台价值的跨界延伸与拓展。其中,智能价值节点、智能价值链条与智能价值网络反映智能制造生态系统的关系结构。工业互联网平台通过平台嵌入、平台聚合和平台撬动的过程,积极发挥赋能作用,以平台为载体逐渐打造与链接智能价值节点、智能价值链条与智能价值网络,最终构建成智能制造生态系统。

在平台嵌入环节,工业互联网平台通过为制造企业提供个性化的智能产品或服务,支持制造企业打造数字生产力并且链接到平台,工业互联网平台同时创造经济价值与社会价值。平台嵌入环节与现有研究提及的工业互联网平台基于联结的架构模式顺应制造企业提升运营效率诉求的发展阶段相呼应(马永开等,2020<sup>[1]</sup>;陈武等,2022<sup>[29]</sup>)。平台嵌入环节为智能制造生态系统构建初步孕育价值创造执行力量,建立分布式多元化的制造企业与工业互联网平台之间的价值联系,依托工业互联网平台形成智能价值节点。相比较而言,淘宝、美团之类的消费互联网平台赋能商业生态系统构建的初始阶段,往往以各种“补贴”形式吸引消费者与商家入驻,在积极吸引与培育首批用户以引入流量过程中,自身反而没有收获额外的经济价值(邵鹏和胡平,2016)<sup>[52]</sup>。此外,大多数工业互联网平台为制造企业仅提供通用型的软硬件设备,侧重一次性的智能产品或服务收益的获取,并不追求与制造企业建立持续的链接关系。平台嵌入环节尤其强调工业互联网平台通过持续提供符合制造企业特定需求的个性化解决方案,培育与激发客户企业黏性。既要跨越消费互联网平台在初始阶段的经济价值“陷阱”,又要与制造企业建立持续的链接关系,从而塑造智能制造生态系统中的生产力根基。

在平台聚合环节,工业互联网平台通过提升制造行业专业化知识与应用水平,更好地服务于制造企业数字化转型过程,吸引多个制造行业的上下游企业汇聚到行业子平台,在持续地资源交互与配置中形成依托平台而存在的智能价值链条。平台聚合环节与现有研究提及的工业互联网平台基于联动的架构模式深耕专业领域、桥接交易伙伴的发展阶段相呼应(马永开等,2020<sup>[1]</sup>;陈武等,2022<sup>[29]</sup>)。相比较而言,消费互联网平台并不需要兼顾行业知识差异,仅通过为多个行业的消费者与商家提供不断推陈出新的、同质化的服务支持与交易场域环境,吸引越来越多的价值主体加入平台以形成规模效应(蔡宁等,2023)<sup>[53]</sup>。此外,大多数工业互联网平台尚缺乏交易撮合的功能属性(王水莲等,2022)<sup>[4]</sup>。平台聚合环节尤其强调工业互联网平台通过专业化服务制造企业,形成对制造行业上下游企业的汇聚力,在此基础上支持资源交互与配置。由此可见,平台聚合环节整合了基于消费互联网平台的交易支持作用和多数工业互联网平台的信息透明共享与专业化服务支持作用,吸引多个制造行业的上下游企业自发链接到工业互联网平台,从而为智能制造生态系统构建孕育源源不断的多元化价值创造力量。

在平台撬动环节,工业互联网平台充分开发与利用汇聚的合作资源以及供需信息资源,联动多个制造行业的企业共同开辟新的价值空间,在不断地推动数字产品功能与服务集成式创新



过程中,形成依托平台而存在的智能价值网络。平台撬动环节与现有研究提及的工业互联网平台基于联体的架构模式打造智能拉式经济以实现生态繁荣的发展阶段相呼应(马永开等,2020<sup>[1]</sup>;陈武等,2022<sup>[29]</sup>)。相比较而言,消费互联网平台在汇聚大量消费者与商家之后,便开始采取“收租”方式从商家获取经济利润,并不注重与商家、客户共同谋求价值创新与突破,容易面临商家或客户群体的流失风险。此外,大多数工业互联网平台在为制造企业持续提供数字服务创新的过程中,并没有给予终端消费者参与制造全流程的渠道,平台所链接的商业群体规模久而久之便达到瓶颈(Pauli等,2021)<sup>[54]</sup>。平台撬动环节强调引入客户参与体验价值链全流程,工业互联网平台通过联动多个制造行业的企业,针对客户的场景价值诉求共同开发集成式的数字产品与服务,不断拓宽与创新价值创造空间,在此过程中又吸引更多利益相关者加入,多方价值主体实现可持续共赢发展。由此可见,在平台撬动环节,工业互联网平台采取与制造企业用户以及终端消费者共创场景价值的方式,不仅打破消费互联网平台时常面临的流量流失风险,还形成支撑平台聚集体规模持续增长的内生动力,提升智能制造生态系统价值创造的可持续水平。

### 3. 智能制造生态系统价值创造行为成因与作用显现路径

从智能制造生态系统价值创造行为及成因来看,工业互联网平台通过平台嵌入推动制造企业打造数字生产力,为智能制造生态系统持续输入多样化的价值创造所依赖的基础操作性资源打开机会窗口(Madhavaram和Hunt,2008)<sup>[55]</sup>,制造企业依托工业互联网平台实现数字价值生成。通过平台聚合吸引多个制造行业的上下游企业链接到平台,支持智能制造生态系统行业内的基础操作性资源相互作用以形成组合型操作资源,在持续交互中实现数字价值共创。通过平台撬动引导与撮合智能制造生态系统中多个制造行业的基础操作性资源相互作用以形成复杂互连型操作资源(王新新和张佳佳,2021)<sup>[46]</sup>,联动分布在多个制造行业的企业跨越行业边界实现数字价值涌现。由此可见,智能制造生态系统呈现数字价值生成、数字价值共创与数字价值涌现三种价值创造行为,正是由于参与价值创造的基础操作性资源的多样性有所不同。当参与价值创造的基础操作性资源的来源范围由制造企业内部延伸到制造行业内部,再拓展到跨行业交互时,基础操作性资源的多样性同步增加,进而催生出数字价值生成、数字价值共创和数字价值涌现三种差异化的价值创造行为。

其中,数字价值生成强调智能制造生态系统中的制造企业各流程环节数字化重构、优化或提升,与现有研究提及的智能技术生态体系使能的价值创造行为体现相呼应(韩洪灵和陈帅弟,2021)<sup>[14]</sup>;数字价值共创强调智能制造生态系统中的制造行业上下游企业依赖数字化交互实现协同(孙新波等,2022)<sup>[10]</sup>,与现有研究关注的具备价值互补的企业在互动中创造系统价值的价值创造行为体现相呼应(Zhang等,2022)<sup>[56]</sup>;数字价值涌现强调智能制造生态系统中分布在多个制造行业的企业在相互匹配与适应中谋求超越各自价值范畴的整合性创新(Sun和Zhang,2021)<sup>[57]</sup>,与现有研究指出的将过去不相关的产品或服务关联起来的价值创造行为表现相呼应(陈剑和刘运辉,2021)<sup>[19]</sup>。

从智能制造生态系统价值创造行为的作用显现路径来看:第一,基于数字价值生成—数字价值共创—数字价值涌现的正向作用显现路径,构建智能制造生态系统价值创造组织形态。工业互联网平台通过平台嵌入推动制造企业实现数字价值生成,进一步以平台聚合的方式吸引制造行业上下游企业链接到平台实现数字价值共创,并且依托平台撬动引导分布在多个制造行业的企业实现数字价值涌现。伴随着数字价值生成、数字价值共创与数字价值涌现行为实现同时,工业互联网平台逐渐构建基于智能价值节点、智能价值链条和智能价值网络关系结构的智能制造生态系统。由此可见,智能制造生态系统关系结构的形成与相应价值创造行为的实现是一脉相承的。第二,基

于数字价值涌现—数字价值共创—数字价值生成的反向作用显现路径,智能制造生态系统实现持续动态优化与完善。智能制造生态系统中涌现的整体性、集成式的场景价值,引发分布在多个制造行业的智能价值链条中的企业自组织成利益相关群体以谋求数字价值共创;来自多个制造行业的智能价值节点共同聚焦场景价值,尝试进行功能作用的跨界匹配与组合,在此过程中往往引发各智能价值节点进行自适应调整,更加适应性地数字价值生成以满足场景价值实现的需要。其中,正向作用显现路径依赖工业互联网平台沉淀的数字化经验优势吸引制造行业资源链接到平台,渐成的平台规模优势进一步增强制造行业资源的主动依附性(陈武等,2022)<sup>[29]</sup>;反向作用显现路径持续增强智能制造生态系统的价值倍增性以及无限延拓性(江积海和阮文强,2020)<sup>[44]</sup>,激活工业互联网平台对潜在制造行业资源的虹吸效应,最终推动智能制造生态系统关系结构不断丰富、更新与完善,对内保持协调性、对外保持适应性。

## 六、研究结论与建议

本文采用案例研究方法,探究了工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建过程及其价值创造行为。工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建依赖平台嵌入、平台聚合和平台撬动三个过程环节,分别实施“望闻问切”“兼容并蓄”和“有无相生”策略,最终构建成包含数字价值生成、数字价值共创和数字价值涌现三种价值创造行为体现的智能制造生态系统价值创造组织形态。当智能制造生态系统中参与价值创造的基础操作性资源的来源范围由制造企业内部延伸到制造行业内部,再拓展到跨行业交互时,基础操作性资源多样性同步增加,进而催生出差异化的价值创造行为。基于数字价值生成—数字价值共创—数字价值涌现的正向作用显现路径,以及基于数字价值涌现—数字价值共创—数字价值生成的反向作用显现路径,分别保证了智能制造生态系统构建与动态适应性运行。

### 1. 理论贡献

第一,本文融合中国传统文化与本土工业互联网平台领先实践,归纳出工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建策略。现有研究虽然关注到工业互联网平台在智能制造生态系统构建中的赋能作用(权锡鉴等,2020<sup>[31]</sup>;Li等,2021<sup>[58]</sup>),但对于实施策略缺少系统性总结。本文归纳出工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建过程中,分别实施“望闻问切”策略、“兼容并蓄”策略与“有无相生”策略,引导与支持智能制造生态系统关系结构的形成。本文响应了国内管理学者关于基于中国优秀传统文化,讲好中国企业故事的呼吁(苏勇和段雅婧,2019)<sup>[59]</sup>,填补了应用中国传统文化研究工业互联网平台赋能的空白。

第二,本文挖掘了工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建过程。现有研究对于工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建的探索多处于构想或理论假设阶段(王水莲等,2022)<sup>[4]</sup>,忽视了工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建本身的渐进性与过程性属性。本文从过程观角度探讨出工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建遵循平台嵌入、平台聚合到平台撬动的过程,以平台为载体逐渐打造与链接智能价值节点、智能价值链条与智能价值网络,最终构建成智能制造生态系统。工业互联网平台赋能智能制造生态系统构建过程,既跨越消费互联网平台赋能商业生态系统构建过程的经济价值“陷阱”,又有效避免消费互联网平台时常面临的流量流失风险,并且还整合消费互联网平台的交易撮合功能属性(邢小强等,2021)<sup>[36]</sup>。

第三,本文厘清智能制造生态系统的价值创造行为体现。现有研究多关注核心企业主导的智能制造生态系统的价值共创行为(马永开等,2020)<sup>[1]</sup>,然而,依托工业互联网平台的智能制造生态系统增强了价值创造行为的丰富性。本文发现,工业互联网平台赋能的智能制造生态系统存在数字价值生成、数字价值共创与数字价值涌现三种价值创造行为体现,正是由于参与价值创造的基础

操作性资源的多样性有所不同,才会使智能制造生态系统产生差异化的价值创造行为。此外,本文明确了智能制造生态系统价值创造行为的作用显现路径,即基于数字价值生成—数字价值共创—数字价值涌现的正向作用显现路径,构建基于智能制造生态系统的价值创造组织形态;基于数字价值涌现—数字价值共创—数字价值生成的反向作用显现路径,智能制造生态系统实现持续动态优化与完善。

## 2. 对策建议

在以制造业高质量发展推动中国式现代化的时代背景下,工业互联网平台为制造业高质量发展提供底层力量支撑。因此,加快建设世界一流的工业互联网平台,并以工业互联网平台赋能制造企业数字化转型,打造智能制造生态系统竞争优势,是中国式现代化征程中推进制造业高质量发展的关键所在。为此,本文结合工业互联网赋能智能制造生态系统构建过程及其价值创造行为的研究发现,给出有关加快工业互联网平台建设,助力制造企业数字化转型,培育智能制造生态系统优势的对策建议。

第一,降低制造企业上云上平台成本,加速价值链数字重构进程。一方面,建立政府—平台—企业联动机制,推行普惠性上云上平台服务。为降低中小制造企业资金压力,各级政府需要以专项资金、金融扶持等形式激励工业互联网平台为中小制造企业优惠性地提供云计算、大数据分析、人工智能等技术,以及研发设计、生产制造、售后服务等价值链环节的数字重构服务,帮助中小制造企业建立数字运营优势。另一方面,打造“龙头带动,中小跟进”的模式,帮助中小制造企业解决上云上平台难题。各级政府应优先支持数控机床、机器人及智能装备、航空装备、汽车装备领域的龙头企业依托于自身构建的工业互联网平台和丰富的数字转型经验积累,探索一批可复制和推广的优势产业实体配套设计创新方案,满足中小制造企业提质、降本和增效的普遍诉求。

第二,建立互联互通的数据标准体系,推动工业知识软件化与模型化。各级政府、行业协会、行业领军企业应联合制定并采用统一的技术、管理与工作标准,构建数据标准体系,打破制造企业数字化转型过程中的“信息孤岛”和“业务壁垒”。加强开放交互式工业互联网平台建设,支持制造企业能力信息共享、状态信息共享、制造信息共享等,推动价值链环节设施设备和信息数据的高效对接,实施数据全生命周期管理。此外,工业互联网平台需要广泛联合行业内的“老师傅”以及技术、管理方面的“懂行人”共同将隐性知识与显性知识机理软件化与模型化,共同做深做透工业互联网业务应用,有效克服“隔行如隔山”困境,打造为制造企业提供专业化服务的能力。

第三,依托工业互联网平台构建智能制造生态系统,营造产业数字集群规模效应。一是打通“产学研供销服”全价值链条。通过构建以制造企业需求为导向的协同创新式工业互联网平台,促进资金、人才、技术等充分流通,形成多边、开放、透明的工业互联网生态治理格局。二是推动数据流动,加快工业互联网生态聚集。通过为制造企业价值链参与主体营造数据共享、交互与流动的场域环境,催生网络化协同、个性化定制、按需制造、共享制造等新模式、新业态,吸引更多上下游制造主动链接到平台,打造数字商业生态网络。三是重点扶持产业链供应链自主可控的关键价值链参与主体,打造“专精特新”中小企业群体,并充分发挥“链主”企业带头作用,提高与中小制造企业的资源共享能力,促进大中小制造企业融通集群发展。

## 参考文献

- [1] 马永开,李仕明,潘景铭.工业互联网之价值共创模式[J].北京:管理世界,2020,(8):211-222.
- [2] 吴晓波,张武杰,余璐.工业互联网推动我国中小企业实现跨越式发展[J].北京:清华管理评论,2020,(11):63-70.

- [3] 吕文晶,陈劲,刘进. 工业互联网的智能制造模式与企业平台建设——基于海尔集团的案例研究[J]. 北京:中国软科学, 2019,(7):1-13.
- [4] 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]. 北京:中国科技论坛,2022,(4):78-88.
- [5] 孟凡生,宋鹏. 智能制造生态系统对制造企业智能化转型的影响机理[J]. 北京:科研管理,2022,(4):37-45.
- [6] Senyo, P. K., K. Liu, and J. Effah. Digital Business Ecosystem: Literature Review and a Framework For Future Research [J]. International Journal of Information Management, 2019, 47, (4): 52-64.
- [7] Kretschmer, T., A. Leiponen, and M. Schilling. Platform Ecosystems as Meta-Organizations: Implications for Platform Strategies [J]. Strategic Management Journal, 2022, 43, (3): 405-424.
- [8] 程婉,李成汉,李恒. 基于“三网”融合的智能制造业生态系统构建[J]. 北京:科学学研究,2021,(6):970-972,997.
- [9] 杜勇,曹磊,谭畅. 平台化如何助力制造企业跨越转型升级的数字鸿沟?——基于宗申集团的探索性案例研究[J]. 北京:管理世界,2022,(6):117-139.
- [10] 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]. 北京:管理评论,2022,(1):322-337.
- [11] Calabrese, M., A. La. Sala, and R. P. Fuller. Digital Platform Ecosystems for Sustainable Innovation: Toward a New Meta-Organizational Model? [J]. Administrative Sciences, 2021, 11, (4): 1-14.
- [12] 文理,程先东,闫贻志,孙超平. 基于中医取象比类思维的企业模糊诊断研究[J]. 武汉:管理学报,2010,(10):1442-1447.
- [13] De Reuver, M., C. Sørensen, and R. C. Basole. The Digital Platform: A Research Agenda [J]. Journal of Information Technology, 2018, 33, (2): 124-135.
- [14] 韩洪灵,陈帅弟. 数字商业生态系统研究:本质构成、技术支持与价值创造[J]. 武汉:湖北大学学报(哲学社会科学版), 2021,(4):119-128.
- [15] Tawaststjerna, T., and H. Olander. Managing Digital Transformation in Digital Business Ecosystems [J]. International Journal of Innovation Management, 2021, 25, (10): 1-19.
- [16] Briscoe, G., S. Sadedin, and P. Wilde. Digital Ecosystems: Ecosystem-Oriented Architectures [J]. Natural Computing, 2011, 10, (3): 1143-1194.
- [17] Subramaniam, M., B. Iyer, and V. Venkatraman. Competing in Digital Ecosystems [J]. Business Horizons, 2019, 62, (1): 83-94.
- [18] 汤临佳,郑伟伟,池仁勇. 智能制造创新生态系统的功能评价体系及治理机制[J]. 北京:科研管理,2019,(7):97-105.
- [19] 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]. 北京:管理世界,2021,(11):227-240,14.
- [20] Menon, K., H. Kärkkäinen, and T. Wuest. Industrial Internet Platform Provider and End-User Perceptions of Platform Openness Impacts [J]. Industry and Innovation, 2020, 27, (4): 363-389.
- [21] Zhang, Y., P. Zhang, and F. Tao. Consensus Aware Manufacturing Service Collaboration Optimization under Blockchain based Industrial Internet Platform [J]. Computers & Industrial Engineering, 2019, (135): 1025-1035.
- [22] 金姝彤,王海军,陈劲,束超慧. 模块化数字平台对企业颠覆性创新的作用机制研究——以海尔 COSMOPlat 为例[J]. 上海:研究与发展管理,2021,(6):18-30.
- [23] Leong, C. M. L., S. L. Pan, and P. Ractham. ICT-Enabled Community Empowerment in Crisis Response: Social Media in Thailand Flooding 2011 [J]. Journal of the Association for Information Systems, 2015, 16, (3): 17-212.
- [24] 周文辉,李兵,周依芳,陈凌子. 创业平台赋能对创业绩效的影响:基于“海尔+雷神”的案例研究[J]. 北京:管理评论, 2018,(12):276-284.
- [25] 尚洪涛,宋岸玲. 工业互联网产业政策促进了企业数字化转型吗[J]. 北京:科学学研究,2023,(11):1991-2003,2072.
- [26] Li, H., Z. Yang, and C. Jin. 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.
- [27] Wang, L., Z. Ye, and R. Zhang. The Growth Model of Industrial Internet Platform in Industrial 4.0 [J]. Wireless Communications and Mobile Computing, 2022, 43, (6): 1-9.
- [28] 曹仰锋. 海尔 COSMOPlat 平台:赋能生态[J]. 北京:清华管理评论,2018,(11):28-34.
- [29] 陈武,陈建安,李燕萍. 工业互联网平台:内涵、演化与赋能[J]. 北京:经济管理,2022,(5):189-208.
- [30] 朱国军,王修齐,孙军. 工业互联网平台企业成长演化机理——交互赋能视域下双案例研究[J]. 武汉:科技进步与对策, 2020,(24):108-115.
- [31] 权锡鉴,史晓洁,宋晓滨,王苑琢,王竹泉. 资本配置结构优化的企业混合所有制:工业互联网平台的赋能机理与本质[J]. 北京:会计研究,2020,(12):99-112.

- [32] 陈红花, 陈劲. 兼容性创新: 浓缩中国智慧的创新范式——以中国景泰蓝制作技术的发展为例[J]. 天津: 科学学与科学技术管理, 2019, (4): 3 - 15.
- [33] 赵昌平, 葛卫华, 王方华. “无中生有”的联盟创新管理[J]. 北京: 经济管理, 2003, (10): 22 - 25.
- [34] 吴瑶, 夏正豪, 胡杨颂, 谢康, 王茜. 基于数字化技术共建“和而不同”动态能力——2011—2020年索菲亚与经销商的纵向案例研究[J]. 北京: 管理世界, 2022, (1): 144 - 163.
- [35] Ozcan, P., and K. M. Eisenhardt. Origin of Alliance Portfolios: Entrepreneurs, Network Strategies, and Firm Performance[J]. *Academy of Management Journal*, 2009, 52, (2): 246 - 279.
- [36] 邢小强, 汤新慧, 王珏, 张竹. 数字平台履责与共享价值创造——基于字节跳动扶贫的案例研究[J]. 北京: 管理世界, 2021, (12): 152 - 176.
- [37] 李高勇, 毛基业. 案例选择与研究策略——中国企业管理案例与质性研究论坛(2014)综述[J]. 北京: 管理世界, 2015, (2): 133 - 136, 169.
- [38] Yin, R. K. Validity and Generalization in Future Case Study Evaluations[J]. *Evaluation*, 2013, 19, (3): 321 - 332.
- [39] Gioia, D. A., K. G. Corley, and A. L. Hamilton. Seeking Qualitative Rigor in Inductive Research: Notes on the Gioia Methodology[J]. *Organizational Research Methods*, 2013, 16, (1): 15 - 31.
- [40] Ceccagnoli, M., C. Forman, and P. Huang. Cocreation of Value in a Platform Ecosystem! The Case of Enterprise Software[J]. *MIS Quarterly*, 2012, 36, (1): 263 - 290.
- [41] 陈剑, 黄朔, 刘运辉. 从赋能到使能——数字化环境下的企业运营管理[J]. 北京: 管理世界, 2020, (2): 117 - 128.
- [42] 曹仰锋, 孔欣欣. 黑海战略: 工业互联网时代的新战略模式[J]. 北京: 清华管理评论, 2020, (11): 85 - 92.
- [43] Tsujimoto, M., Y. Kajikawa, and J. Tomita. A Review of the Ecosystem Concept—Towards Coherent Ecosystem Design[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2018, 136: 49 - 58.
- [44] 江积海, 阮文强. 新零售企业商业模式场景化创新能创造价值倍增吗? [J]. 北京: 科学学研究, 2020, (2): 346 - 356.
- [45] 周文辉, 程宇. 数字平台如何通过边界跨越构建价值共创型组织? [J]. 上海: 研究与发展管理, 2021, (6): 31 - 43.
- [46] 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]. 北京: 经济管理, 2021, (2): 188 - 208.
- [47] Bitektine, A., K. Hill, and F. Song. Organizational Legitimacy, Reputation, and Status: Insights from Micro-Level Measurement[J]. *Academy of Management Discoveries*, 2020, 6, (1): 107 - 136.
- [48] Sarkar, M. B., P. S. Aulakh, and A. Madhok. Process Capabilities and Value Generation in Alliance Portfolios[J]. *Organization Science*, 2009, 20, (3): 583 - 600.
- [49] Sjodin, D., V. Parida, and M. Kohtamäki. An Agile Co-Creation Process for Digital Servitization: A Micro-Service Innovation Approach[J]. *Journal of Business Research*, 2020, 112: 478 - 491.
- [50] 李志刚, 杜鑫, 张敬伟. 裂变创业视角下核心企业商业生态系统重塑机理——基于“蒙牛系”创业活动的嵌入式单案例研究[J]. 北京: 管理世界, 2020, (11): 80 - 96.
- [51] 王节祥, 陈威如, 江诗松, 刘双. 平台生态系统中的参与者战略: 互补与依赖关系的解耦[J]. 北京: 管理世界, 2021, (2): 126 - 147.
- [52] 邵鹏, 胡平. 电子商务平台商业模式创新与演变的案例研究[J]. 北京: 科研管理, 2016, (7): 81 - 88.
- [53] 蔡宁, 刘双, 王节祥, 瞿庆云. 平台生态系统战略更新的过程机制研究: 相互依赖关系构建的视角[J/OL]. 天津: 南开管理评论: 1 - 19[2023 - 12 - 11]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/12.1288.f.20230308.0928.002.html>.
- [54] Pauli, T., E. Fiel, and M. Matzner. Digital Industrial Platforms[J]. *Business & Information Systems Engineering*, 2021, 63, (2): 181 - 190.
- [55] Madhavaram, S., and S. D. Hunt. The Service-Dominant Logic and a Hierarchy of Operant Resources: Developing Masterful Operant Resources and Implications for Marketing Strategy[J]. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 2008, 36, (1): 67 - 82.
- [56] Zhang, Y., J. Li, and T. W. Tong. Platform Governance Matters: How Platform Gatekeeping Affects Knowledge Sharing among Complementors[J]. *Strategic Management Journal*, 2022, 43, (3): 599 - 626.
- [57] Sun, X., and Q. Zhang. Building Digital Incentives for Digital Customer Orientation in Platform Ecosystems[J]. *Journal of Business Research*, 2021, 137: 555 - 566.
- [58] Li, J., Y. Zhou, and X. Zhang. Assessment of Industrial Internet Platform Application in Manufacturing Enterprises: System Construction and Industrial Practice[J]. *IEEE Access*, 2021, (9): 103709 - 103727.
- [59] 苏勇, 段雅婧. 当西方遇见东方: 东方管理理论研究综述[J]. 上海: 外国经济与管理, 2019, (12): 3 - 18.

# Industrial Internet Platform Enables Smart Manufacturing Ecosystem Construction: A Case Study based on Haier COSMOplat

SUN Xin-bo<sup>1</sup>, ZHANG Ming-chao<sup>2</sup>

(1. School of Business Administration, Northeastern University, Liaoning, Shenyang, 110169, China;

2. Antai College of Economics and Management, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, 200030, China)

**Abstract:** Industrial internet platform enables the construction of an intelligent manufacturing ecosystem, becoming a hot topic of common attention of the theoretical and practical world. This paper uses case study methods to explore the process of internet platform enables the construction of an intelligent manufacturing ecosystem and its value creation behaviour. The paper found, the industrial internet platform follows the process links of platform embedding, platform aggregation and platform leveraging, and implements the strategies of “Wang, Wen, Wen, Qie”, “Jian, Rong, Bing, Xu” and “You, Wu, Xiang, Sheng”, finally, it constructs the value-creating organizational form of the intelligent manufacturing ecosystem, which includes three kinds of value-creating behaviors: digital value generation, digital value co-creation and digital value emergence.

In the process of platform embedding, the industrial internet platform enables manufacturing enterprises to enhance their digital operational capabilities through resource utilisation, intelligent architecture deployment, and remote operation and maintenance services. Manufacturing enterprises, through continuous data interaction and connection with the platform, have become intelligent value nodes that rely on the platform for value creation.

In the process of platform aggregation, the industrial internet platform enhances its cross-industry professionalism to better serve manufacturing enterprises by adopting wide-area joint construction, deep openness, and information transparency sharing. It attracts upstream and downstream partners from multiple manufacturing industries to actively connect to the platform, continuously share and interact with data, and build an intelligent value chain based on the platform.

In the process of platform leveraging, the industrial internet platform promotes enterprises from multiple manufacturing industries to cross boundaries and achieve functional coupling through fragmented scenario association, boundary-spanning governance, and supporting incentive support. This is done to support the realisation of scenario value. Manufacturing enterprises also construct an intelligent value network based on the platform through cross-industry digital interaction and connection.

The intelligent manufacturing ecosystem presents three types of value creation behaviours: digital value generation, digital value co-creation, and digital value emergence. This is due to the diversity of the basic operational resources involved in value creation. From the perspective of the manifestation path of value creation behaviours in the intelligent manufacturing ecosystem, there are two paths: The forward manifestation path is based on digital value generation-digital value co-creation-digital value emergence, which constructs value creation organisational forms based on the intelligent manufacturing ecosystem. The reverse manifestation path is based on digital value emergence-digital value co-creation-and digital value generation, through which the intelligent manufacturing ecosystem achieves continuous dynamic optimisation and improvement. The forward manifestation path relies on the digital experience advantage precipitated by the industrial internet platform to attract manufacturing industry resources to link to the platform, and the gradual scale advantage of the platform further strengthens the active attachment of manufacturing industry resources; The reverse manifestation path continues to enhance the value multiplication and infinite extension of the intelligent manufacturing ecosystem, activating the siphoning effect of the industrial internet platform on potential manufacturing industry resources.

This paper provides new theoretical content for the research on industrial internet platform enablement and intelligent manufacturing ecosystem, and provides Chinese solutions for leading manufacturing enterprises to build intelligent manufacturing ecosystem based on industrial internet platform. Specifically speaking, firstly, reduce the cost of boarding platforms for manufacturing companies and accelerate the process of digital reconstruction of the value chain; secondly, establish an interconnected data standard system, and promote the softwareization and modelling of industrial knowledge; thirdly, build an intelligent manufacturing ecosystem based on the industrial internet platform to create industrial digital cluster effects.

**Key Words:** industrial internet platform; intelligent manufacturing ecosystem; digital value generation; digital value co-creation; digital value emergence

**JEL Classification:** L60, L29, M10

**DOI:** 10.19616/j.cnki.bmj.2023.11.001

(责任编辑:张任之)