

高端装备制造企业向智能制造转型过程研究

——基于数字化赋能视角

孟凡生 徐 野 赵 刚

摘 要：智能制造是全球制造业的发展趋势，也是“中国制造 2025”的主攻方向。本文基于数字化赋能视角，通过对“金风科技”和“陕鼓动力”的纵向双案例研究，探究高端装备制造企业智能化转型的动态演进过程。研究发现：高端装备制造企业向智能制造转型过程中，经历了数据存储、数据分析、数据融合三个阶段的演进过程。高端装备制造企业的差异化产品研发流程经历了产品生产销售、产品和服务整体解决方案，再到智能化整体解决方案的转变。数据采集分析能力、生产过程数字化能力、运营方式平台化能力是影响高端装备制造企业转型升级的数字化层面主要因素，且三种因素的演化推动了高端装备制造企业智能化转型从数据存储阶段到数据融合阶段的演进过程。研究成果丰富了高端装备制造企业智能化转型的基础理论，为推动高端装备制造企业智能化转型提供理论依据。

关键词：高端装备制造企业；智能制造；数字化赋能；金风科技；陕鼓动力

DOI: 10.3773/j.issn.1006-4885.2019.11.001

中图分类号: F403.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-9753 (2019) 11-0001-24

1 引 言

高端装备制造业凭借附加值大、成长性好、技术含量高等特点，具有较强的竞争优势和发展潜力，对我国制造业整体竞争力的提升具有引领带动作用。但由于缺

基金项目：国家社会科学基金项目（项目编号：16BJY078）；黑龙江省软科学项目（项目编号：GC16D102）；中央高校基本科研业务费项目（项目编号：3072019CFW0905）。

作者简介：孟凡生（1963-），黑龙江哈尔滨人，哈尔滨工程大学经济管理学院教授、博士生导师，研究方向：智能制造。

徐 野（1976-），黑龙江哈尔滨人，哈尔滨工程大学经济管理学院博士研究生，研究方向：智能制造。

赵 刚（1985-），黑龙江哈尔滨人，哈尔滨工程大学经济管理学院博士研究生，研究方向：智能制造。

乏核心竞争优势、创新能力不足、产业利润率低等原因，高端装备制造企业整体竞争力仍不强，与世界先进水平相比，仍存在较大差距。高端装备制造企业增强发展动力、转变发展方式的意愿愈加迫切。十九大报告指出，加快建设制造强国，加快发展先进制造业，推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合。智能制造为中国高端装备制造企业抢占制高点和实现“弯道超车”提供了契机，是高端装备制造企业竞争力提升与高质量发展的关键所在，成为高端装备制造企业转型升级的重要方向，对实现制造强国具有重要的战略意义。

现有关于制造企业智能化转型的研究，学者们主要从技术创新（Lasi 等，2014^[1]；彭茂祥和李浩，2017^[2]；孟凡生和李晓涵，2017^[3]；杨栩和谭琦，2018^[4]）、生产方式（Ruiz 等，2014^[5]；杜传忠和杨志坤，2015^[6]；Kutin 等，2016^[7]；苏贝和杨水利，2018^[8]；林琳和吕文栋，2019^[9]）、未来发展趋势（路甬祥，2010^[10]；吴先华等，2014^[11]；Kusiak，2017^[12]；张明超等，2018^[13]）等方面展开，取得了较为丰富的研究成果。学者们普遍将智能制造分为三个阶段，分别为数字化制造（第一代智能制造）、数字化网络化制造（第二代智能制造）、数字化网络化智能化制造（新一代智能制造）（周济等，2018^[14]）。最新的中国企业数字化转型指数显示，中国仅有少数（7%）企业实现了数字化制造，成为“转型领军者”，绝大多数企业仍处于向数字化制造转型的初级阶段，且数字化制造是实现向智能化转型的基础和必要条件。目前对制造企业智能化转型的研究主要集中在技术创新、生产和企业发展方面，对于高端装备制造企业向智能制造转型升级过程研究较少。然而，高端装备制造企业处于价值链的高端与产业链的核心环节，是推动我国制造业转型升级的重要引擎，现有研究尚未对高端装备制造企业向智能制造转型的动态演进过程进行探讨，仍需要进一步的深入研究。

由于高端装备制造企业智能化转型是一个系统性的动态演进过程，因此，本文基于案例研究的探索性，以数字化赋能理论为分析视角，结合高端装备制造企业和智能制造的相关研究，通过新疆金风科技股份有限公司（以下简称“金风科技”）和西安陕鼓动力股份有限公司（以下简称“陕鼓动力”）向智能制造转型的纵向案例，研究归纳出高端装备制造企业实现智能化转型的演进路径和过程模型，为高端装备制造企业向智能制造转型提供理论借鉴与参考。

2 文献回顾

2.1 制造企业智能化转型相关研究

关于制造企业智能化转型研究主要包含三方面内容：第一，技术方面。工业机器人、工业物联网和工业软件是新能源装备制造企业实现智能化转型的三项重要技

术,这三项技术组成的技术路线图推动新能源装备制造企业向智能化转型(孟凡生和李晓涵,2017^[3])。实时感知技术、知识库构建技术、自主决策技术和智能控制技术是数控机床行业智能化转型的四类关键技术,四种技术相互作用形成的技术路线图促进数控机床行业智能化转型(谭建荣等,2017^[15])。第二,发展方面。制造企业需凭借信息物理系统平台,将互联网技术和物联网融入到制造的各个领域与环节,实现机器与机器、人与人、人与机器和服务与服务之间的协同与互动(黄顺魁,2015^[16])。知识库智能化升级、本势智能化升级和主体智能化升级三者驱动制造企业智能化转型,网云型、市场型和纵链型是三种制造企业可选择的智能化转型发展路径(吉艳平等,2018^[17])。互联网可以通过渐进式转型或跨越式转型两种路径驱动制造业智能化转型(李永红和王晟,2017^[18])。中国高端装备对外依存度高,核心技术仍需进口,智能化转型需由低附加值向高附加值、由分散独立化向规模合理化、由低技术化向高技术化、由高能耗向低碳可持续等方面转变(李坤等,2014^[19])。第三,生产方面。依次进行设计、加工、装配和服务的智能化,进而实现传统制造过程各环节的智能化转型,为传统制造智能化转型的第一种生产方式;利用机器人进行流水线的智能化,从而实现制造过程在物质流、资金流、信息流和能量流的智能化,是传统制造智能化转型的第二种生产方式;提高机器人的智能化水平,使机器人替代人的劳动,进而实现智能化,为传统制造智能化转型的第三种生产方式(谭建荣等,2017^[15])。

综上所述,已有研究虽然从技术、发展、生产等视角对制造企业智能化转型进行了较为丰富的探索,但关注高端装备制造企业智能化转型路径问题的研究较少。最新研究尝试对高端装备制造企业智能化转型路径进行研究(杨栩和谭琦,2018^[4]),但高端装备制造企业智能化转型是一个动态的演化过程,仍需对高端装备制造企业智能化转型的动态演化过程进行深入研究。

2.2 数字化赋能相关研究

赋能主要是指组织或个体对条件和客观环境拥有更为完善的操控能力以替代无力感的过程(Rerkins和Zimmerman,1995^[20]),可以利用非正式或者正式的组织活动与实践来提高自我效能(Conger和Kanungo,1988^[21])。数字化赋能是指数字驱动社会创新与商业创新中所带来的变革化效应和消费化效应(潘善琳和崔丽丽,2016)^[22],可以通过数字化技术赋能企业,使企业受益,从而促进企业向有利于自身利益的态势发展(Ying等,2018^[23])。学者们将赋能划分为3个维度(Leong,2015^[24]),分别为心里赋能、结构赋能、资源赋能。心里赋能主要是指改善个人主观原因、社会心理或内在动机,工作中员工感受到的竞争力、自身价值、影响力

等都属于心理赋能范畴 (Christens, 2012^[25])。结构赋能主要是指提高外部的社会、文化、经济或组织条件来给予大众行动的力量,表现为对政策、渠道等变革过程 (Lincoln 等, 2010^[26])。资源赋能重点是对资源的控制、管控或获取能力,目的是使资源的控制权和所有权被赋予到位 (Mushin 和 Joon, 2001^[27])。对数字化赋能的研究相对较少,有学者将数字化赋能分为分析能力、智能能力和连接能力 (Lenka 等, 2017^[28])。分析能力是指将企业生成的众多数据进行分析,形成有价值的信息。智能能力是指生产过程中,生产设备通过感知与获取信息,能够及时自主解决相关问题的能力。连接能力是指对企业所有的流程和参与方起到连接和中控的能力。数字化是智能化的基础和前提,在高端装备制造企业智能化转型的过程中,随着数字化技术的提升,数字化赋能在制造企业向智能制造转型过程中起到何种作用,仍需要进一步研究。

3 研究设计

3.1 研究方法选择

本文选择两个案例样本从纵向角度展开研究,主要出于以下几方面原因:第一,高端装备制造企业智能化转型是一个动态过程,案例分析有利于全面细致的描述这一动态过程。第二,案例研究适用于回答“how”与“why”等问题,本文试图探索高端装备制造企业转型的动态演化过程及路径,这类研究属于“why”与“how”类问题。第三,采用双案例研究方法可以更好的具有代表性和典型性。“金风科技”和“陕鼓动力”作为我国高端装备制造业中的杰出企业,其智能化转型升级的成功经验对行业内其它企业智能化转型升级具有广泛的影响,具有较好的代表性与典型性。第四,纵向角度案例研究有利于对关键事件和事件的因果关系进行全面观测,能够更加准确的呈现高端装备制造企业智能化转型的动态过程。因此,为了更加详实的梳理出高端装备制造企业智能化转型的动态演化过程,本研究选取具有典型代表性的纵向双案例开展探索研究。

3.2 案例选择

本文依据 Eisenhardt (1989)^[29]、李高勇和毛基业 (2015)^[30]提出的案例选取原则,选取了“金风科技”和“陕鼓动力”作为案例研究对象,主要出于以下几方面的考虑:一是案例研究的代表性与典型性。“金风科技”和“陕鼓动力”凭借技术含量密集和附加值高等优势,在高端装备制造企业中具有较强的代表性。其智能化转型经历了从无到有的过程,企业的生命周期相对完整,且两个企业的项目均被列为国家智能制造示范项目,成为国内高端装备制造领域入选的智能制造示范项目,标志着其智能化转型已处于国内领先水平。二是纵向案例研究的可行性。“金

风科技”和“陕鼓动力”成立时间较长，是我国成立时间较早、研发能力较强、生产规模较大的高端装备制造企业，且已分别在深圳证券交易所和上海证券交易所上市。经过多年的不断发展，在一定程度上可以反映出我国高端装备制造企业的发展历程，对其进行纵向研究具有可行性。三是案例研究的便利性。随着“金风科技”和“陕鼓动力”在智能化转型发展上的不断成功，越来越多的专家学者对“金风科技”和“陕鼓动力”的智能化转型产生兴趣，对其进行了较多的宣传报道，这些内容能够为本文提供较为丰富的参考资料。同时，本研究团队与“金风科技”和“陕鼓动力”有较长时间的合作经历，与相关管理人员和技术人员较为熟悉，进行访谈交流相对方便，因此，选择“金风科技”和“陕鼓动力”进行研究符合案例研究的便利性要求。

“金风科技”成立于2001年，其前身是1998年成立的新疆新风科工贸有限责任公司，是我国成立时间较早、研发能力较强的国内顶尖高端装备制造企业之一，2007年12月在深圳证券交易所上市。其主要业务是为全球客户提供优质的风电整体解决方案。“金风科技”主营风电服务、风电场投资及开发、风机制造等业务，凭借其研发、风电场建设及风机制造所获得的丰富经验，不但为客户提供高质量的风机，而且能够提供风电服务及风电场开发运营等整体解决方案，进而满足客户在风电价值链方面多环节的需求。公司自主研发的永磁直驱系列化机组，拥有着全球风力发电领域的前沿技术，在行业内持续处于领先地位。金风科技在全球设立研发中心7个，研发人员超过3000人，专利授权及申请总数均位于行业领先。2016年，金风科技的远程运维服务被列入国家智能制造示范项目，成为国内风电领域首个入选的智能制造示范项目。因其在高端装备制造领域的业绩和贡献多次受到党中央高级领导人的赞赏。

“陕鼓动力”成立于1999年，是以1968年建立的陕西鼓风机（集团）有限公司生产经营主体和精良资产为依托发起设立的股份公司，主要经济指标居国内同行业前列，是中国工业行业排头兵企业，2010年4月在上海证券交易所A股上市。公司形成了“能量转换设备制造、工业服务、基础能源设施运营”三大业务板块。能量转换设备制造主要包含轴流压缩机、离心压缩机等高效节能环保产品，其中轴流压缩机、能量回收透平装置、百万吨级精对苯二甲酸装置成套技术多次获得国家科学技术进步二等奖，工业服务主要包括能量转换设备全生命周期健康管理等。2014年公司获得“中国工业企业示范企业”荣誉，2015年公司的动力装备智能服务云平台试点示范项目被列为国家智能制造示范项目。

3.3 数据收集与分析策略

为保证案例研究的信度与效度，本研究依据 Miles 和 Huberman (1994)^[31]、

Yin (2013)^[32] 所提出的三角测量法, 运用多种数据来源与数据收集技术进行数据的采集, 利用数据来源的多样化进行交叉检验及相互补充。通过半结构化深度访谈方式和现场观察方式收集一手资料, 通过档案记录和文献资料查阅等方式收集二手资料。一方面, 一手数据采集方法包括半结构化一对一深度访谈法和现场观察法两种。赴“金风科技”和“陕鼓动力”展开实地调研, 与“金风科技”和“陕鼓动力”的多位管理人员和专业技术人员展开深度访谈, 访谈采取半结构化方式, 访谈时间每位人员不低于 1 小时, 并对内容进行全程录音, 访谈结束后对所获信息及时整理汇总, 通过访谈对企业的发展历程有了较为全面的认识。同时, 本研究团队到“金风科技”和“陕鼓动力”生产经营现场观察企业的各项生产流程和管理方式, 及时做好观测记录。本文写作过程中, 对于部分存在疑问的数据和模糊事件, 主要通过电话或电子邮件等形式进一步交流, 确保已获数据的效度与信度。另一方面, 二手数据来源主要来自“金风科技”和“陕鼓动力”官方网站及所辖子公司网站发布的信息, 深圳证券交易所和上海证券交易所官网上查询到的“金风科技”和“陕鼓动力”各季度、年度报告, 中国知网上查询到的有关“金风科技”和“陕鼓动力”的学术论文及新闻报道, 公开出版的与该公司有关的书籍与杂志。一手数据作为案例研究的主要分析对象, 二手数据主要起到辅助验证的作用, 通过多渠道的数据相互交叉检验, 以保证观点的一致性与材料的准确性, 进而提高理论构建效度。

对收集到的数据进行分析时, 本文参考了 Pettigrew (1990)^[33] 的分析策略, 一是通过反复阅读一手资料和二手资料, 按照时间顺序, 梳理“金风科技”和“陕鼓动力”在智能化转型过程中的关键事件和事件所蕴含的因果关系。二是参考苏芳等 (2016)^[34] 的做法, 利用关键事件轨迹法对“金风科技”和“陕鼓动力”智能化转型的发展阶段进行划分。三是使用“前提条件、行动过程、行动结果”逻辑对每个阶段关键事件所蕴含的详细因果关系进行分析梳理。此外, 在数据分析的过程中, 本研究团队不断在案例材料和参考文献之间对比分析, 凝练“金风科技”和“陕鼓动力”智能化转型的最新研究发现。

在对数据处理的过程中, 本研究团队使用 Nvivo8.0 软件对案例相关材料进行编码, 并由两名研究人员分别进行。首先, 根据“金风科技”和“陕鼓动力”不同的发展阶段将所有的案例材料进行归类并编进一级条码库。其次, 对不同的发展阶段案例材料进行编码, 主要以从驱动因素、差异化产品的研发、数字化赋能、智能化转型及有关的关键词对相关案例材料进行编码。再次, 依据“前提条件、行动过程、行动结果”对各阶段驱动因素、差异化产品的研发、智能化转型等变量相互的逻辑关系再次进行编码。最后, 对“金风科技”和“陕鼓动力”每个阶段的智能化转型

特征和内容进行编码。在两位研究人员分别对全部材料编码完成后，研究团队全体成员对编码进行核对与讨论，对两份编码出现较大不同的材料进行深入研讨，并电话征求“金风科技”和“陕鼓动力”相关管理人员的意见和建议，以保证编码内容的一致性。如某一编码内容无法达成一致，则放弃最终未达成一致的编码内容。

4 案例分析与讨论

4.1 案例分析

截至目前，鲜有对于高端装备制造企业智能化转型过程的研究，鉴于此，本文参考谭凌波等（2013）^[35]、罗顺均等（2018）^[36]、张延平和冉佳森（2019）^[37]等学者做法，运用关键事件轨迹法对高端装备制造企业智能化转型的发展阶段进行划分。通过分析“金风科技”、“陕鼓动力”的发展历程，发现差异化产品研发具有明显的变化，所以本研究以“金风科技”、“陕鼓动力”的差异化产品研发作为关键事件，聚焦其发展轨迹。

本研究将“金风科技”的智能化转型大致分为三个阶段（如图1所示），第一阶段是创业阶段，“金风科技”将风机的中间零配件的生产加工交由合作伙伴完成，最后整机由“金风科技”组装完成并销售；第二阶段为跨越阶段，“金风科技”致力于为客户提供优质的风电整体解决方案；第三阶段为转型发展阶段，“金风科技”致力于为客户提供智能化的风电整体解决方案。

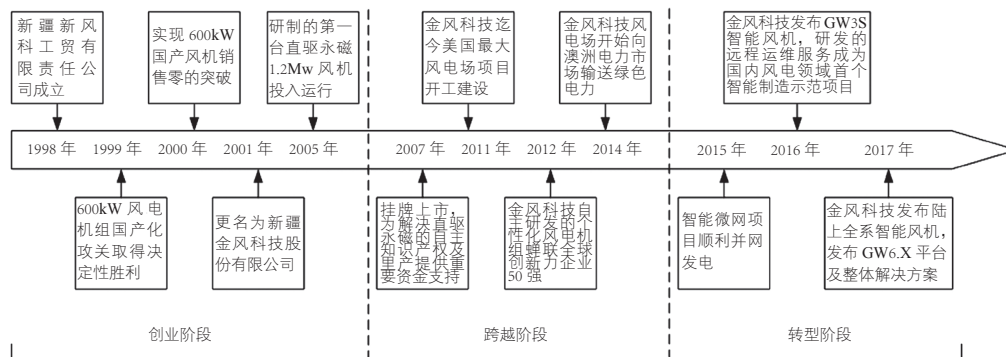


图1 “金风科技”发展历程及关键事件

“陕鼓动力”的智能化转型也大致分为三个阶段（如图2所示），第一阶段是创业阶段，“陕鼓动力”专注关键透平机械产品和零部件的制造和研发，对附加值较低的零部件等进行专业外包；第二阶段为跨越阶段，“陕鼓动力”致力于为客户提供优质产品和服务的整体解决方案；第三阶段为转型发展阶段，“陕鼓动力”致力于为客户提供基于产品和服务的智能化整体解决方案。

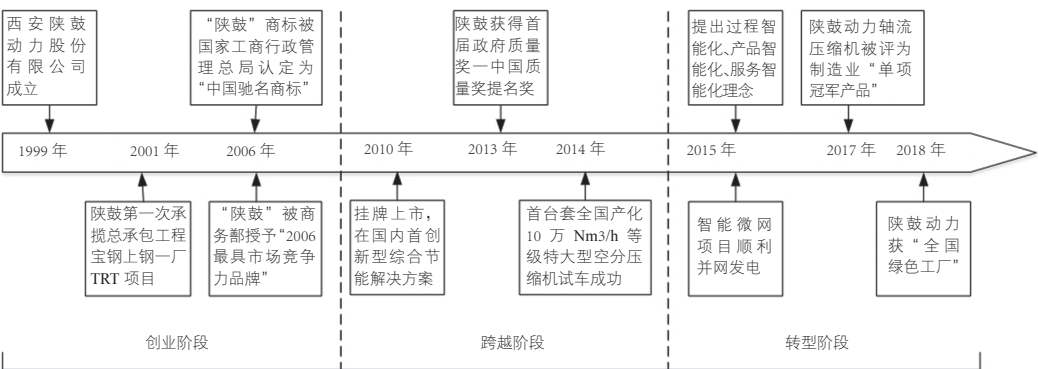


图 2 “陕鼓动力” 发展历程及关键事件

在研究“金风科技”和“陕鼓动力”的智能化转型“驱动因素”时，基于分析案例素材的基础上，借鉴已有文献研究，用“组织危机感”来测量智能化转型升级的动因^[36]。通过对案例素材的梳理分析发现，企业的不同发展阶段具有不同的组织危机感。在创业阶段，企业的危机感来自于如何使公司能够存活下去；在跨越阶段，企业的危机感来自公司如何做大做强；在转型阶段，企业的危机感来自如何推动公司业务模式的创新发展。因此，“金风科技”和“陕鼓动力”的三个发展阶段的“驱动因素”可以分别概括为：生存压力、发展压力和创新压力。

在分析“金风科技”和“陕鼓动力”的差异化产品研发时，结合案例的实际情况，本研究采用“业务类型”测量企业实现智能化转型所体现出的研发产品差异化。通过分析发现，企业不同阶段的业务类型存在动态变化的过程，在创业阶段，为节约成本，企业关注重要设备的生产与研发，而将其它零部件等附加值较低的部分交由其它企业协作完成；在跨越阶段，进一步发掘客户潜在需求，业务范围增加了产品的运维服务内容；在转型阶段，为保持行业内领先地位，主营业务变为包含智能化产品和服务的整体解决方案。因此，“金风科技”和“陕鼓动力”在不同阶段的业务类型分别为：产品的生产与销售、产品与服务整体解决方案、智能化的产品与服务整体解决方案。

在分析“金风科技”和“陕鼓动力”的“数字化赋能”时，对于“数字化赋能”的测量，主要借鉴 Lenka 等^[28]将数字化赋能划分为分析、智能和连接等 3 个层面的能力，结合案例实际，用“数据采集分析能力”、“生产过程数字化能力”和“运营方式平台化能力”来测量，具体来说，数据采集分析能力是指企业通过数字化技术的运用，具备在终端对研发数据、生产运行数据、客户反馈数据及外部环境数据等进行采集、存储和分析的能力。生产过程数字化能力是指对生产流程、设计工艺、资源信息和生产设备等进行数字化描述的能力。运营方式平台化能力是指企业对各

参与方和流程等进行连接和控制的能力。在企业发展的不同阶段，企业的数据采集分析能力、生产过程数字化能力和运营方式平台化能力都呈现出不同的演进形式。因此，本研究将详细分析这三种数字化能力对企业智能化转型的影响。

在分析“金风科技”和“陕鼓动力”的“智能化转型”时，结合案例实际与现有研究，采用“智能化程度”来测量企业不同发展阶段的智能化转型效果。研究按照时间先后顺序将企业智能化程度分为数据管理、数据分析和数据融合三个阶段。具体来说，数据存储是指通过数字化技术的应用，企业实现对基础数据的存储管理。数据分析是指通过数字化技术的研发，企业实现对大数据的采集分析。数据融合是指通过人工智能技术与云计算技术的应用，企业实现了服务和产品的智能化。本研究将基于“金风科技”与“陕鼓动力”三个阶段的发展情况，详细分析数字化赋能和智能化转型的过程。

(1) 创业阶段

“金风科技”和“陕鼓动力”在创业阶段的差异化产品研发、数字化赋能和智能化转型情况如表 1 所示。

差异化产品研发方面，在研发国产风机的挑战下，企业创立之初就面临着巨大的技术压力，不断摸索关键产品的制造方式。“金风科技”创新推出“哑铃型”运营模式，外包产品零部件给其他企业，聚焦核心技术的研发，持续投入资金进行技术创新，通过核心技术研发提升企业的整体竞争力。“陕鼓动力”选择关注重点透平机械产品和零部件的制造，对附加值较低的零部件等进行专业外包，并持续增加核心业务研发投入。

数字化赋能方面，企业注重不断利用各种数字化方式提升自身的综合能力。“金风科技”成立之初便具备基础数据的采集与管理能力，建立财务、业务等基础数据库，实现了基础数据的广泛采集与集中管理。采用了资源计划系统，对订单、生产、原材料等各个环节的业务流程进行了数据化管理。主动设计开发办公自动化系统，基本实现了无纸化办公，提升了企业内部办公效率。“陕鼓动力”对办公自动化方面进行了大量投入，并购置了先进的数控设备，建立了数控加工中心，实现了计算机设计和网络化的生产管理，提升了企业的工作效率，降低了企业成本。

智能化转型方面，“金风科技”注重数字化技术的研发与应用，在企业创立之初便开始运用 ERP 企业资源计划系统、OA 办公自动化系统等数字化工具提升企业的综合实力，“陕鼓动力”基于办公自动化系统的功能，在生产管理过程中实现了用户档案、现场服务记录、设备生产管理等业务数据的存储。由此可知，在创业阶段注重数字化技术的应用，通过数字化技术与企业自身实际状况有机结合，将企业

的基本资源、生产流程、运营方式进行初级的数据化存储管理，一定程度地提高了企业的管理水平，提升了工作效率；降低了生产成本。此阶段的智能化程度可概括为“数据存储”。

表 1 “金风科技”和“陕鼓动力”创业阶段典型引用语举例及编码结果

序号	构念	测量变量	典型引用语举例	“陕鼓动力”典型引用语举例	编码结果
1	驱动因素	组织危机感	我们很早就意识到了风力发电是一个高风险的行业，我们想用中国人自己的双手，制造出中国人自己的风机，但由于制造技术等原因，能否成功制造出风力发电机组对我们来说是一个挑战。	我们如何提升企业的技术能力，适应变化的市场环境，实现企业的可持续发展，是企业面临的重大问题。	技术压力
2	差异化产品研发	业务类型	在创业之初的相当长一段时间内，我们都采用“哑铃式”业务模式，我们只负责风电机组的系统集成和技术研发工作，而将零部件制作等中间流程交由上下游其他企业协作完成。	我们专注关键透平机械产品和零部件的制造，对附加值较低的环节等进行专业外包。	产品的生产和销售
3	数字化赋能	数据采集分析能力	我们自创建以来就非常重视基础数据的收集和整理工作，公司成立就建立了业务数据库、财务数据库等基础数据库，掌握了较为丰富的基础数据。	我们建立了行业内先进的产品试车站和与之配套的基础数据采集系统。	基础数据采集
		生产过程数字化能力	我们利用 ERP 资源计划系统实现从产品订单，到生产计划、材料与供应、制造、交付与分销、及最后的客户支持的整个业务流程的管理，关注如何用资源计划系统优化这些环节，为企业创造价值。	我们投入大量资金购置了一批先进的数控设备，建立了数控加工中心。	业务流程数据化
		运营方式平台化能力	为便于文件传递与内部管理，我们在 LOTUSNOTES 平台基础上研发了办公自动化系统，将业务流程嵌入办公自动化系统之中，取消纸质流程，成功实现了无纸化办公。	我们持续进行办公自动化投入，形成计算机设计制造和管理网络，形成了服务管理与客户管理系统。	办公自动化平台
4	智能化转型	智能化程度	我们公司通过 ERP、OA 等办公软件系统的应用，基础数据管理与存储水平大幅提升，规范了我们公司的实际业务操作，加强了部门之间协同合作能力，初步实现了基础信息数据的共享，有效降低了业务成本。	我们基于办公自动化系统的功能，在生产管理过程中实现了用户档案、现场服务记录、设备生产管理等业务数据的存储。	数据存储

资料来源：本研究整理。

(2) 跨越阶段

“金风科技”和“陕鼓动力”在跨越阶段的差异化产品研发、数字化赋能和智能化转型情况如表 2 所示。

差异化产品研发方面，在经历了研发风机的挑战后，“金风科技”将客户满意度作为衡量产品质量的首要标准，追求产品的高质量和高可靠性。确立了风电整体解决方案提供者的战略定位，将业务扩展为包括产品和服务的风电整体解决方案。

“陕鼓动力”挖掘客户潜在需求，为提升客户满意度，努力实现从单一产品制造商向能量转换领域系统解决方案商和系统服务商转变，从产品经营向品牌经营和资本运营转变。

数字化赋能方面，“金风科技”在对原有基础数据采集的基础上，通过技术研发，实现了对风电场运营数据的全面采集，并将采集回的数据实时传至公司。同时，“金风科技”对资源计划系统进行大幅改进，将数字化技术植入到发电机、机舱、大型叶片等风电机组装备制造环节，加强了生产过程中的精细化管理。“金风科技”在构建大数据平台的基础上，研发了工业物联网平台、运营业务分析等配套系统平台，不仅实现了信息资源的实时共享，而且提升了企业的核心竞争力。“陕鼓动力”通过数字化赋能成功解决了面向动力装备的多地多通道并行信号接入、现场海量数据的采集与压缩存储、远程传输。建立了加工工艺、制造质量、核心部件试车、设计图纸、等生产管理过程中的数据库，建立了网络化诊断与服务平台，实现了智能故障诊断算法与基础应用、数字化检修维修、备件预测协同信息化管理等技术的研发与应用。

智能化转型方面，“金风科技”通过对数字化技术的研发与应用，实现了对风电场运营和风力发电数据的全面采集，实施了精细化的协同生产与数据化管理，借助大数据分析平台达到信息资源的整合与共享，可以实现多品种、小批量柔性制造，成为了风电整体解决方案提供商，客户的满意度不断提升；“陕鼓动力”通过大数据挖掘分析及专业软件的应用，为客户提供系统问题解决方案及系统服务。由此可知，企业在跨越阶段，为了实现提高客户满意度这一目标，通过研发并应用数字化技术，大幅提升企业的数据分析水平，应用于企业的数据采集分析、生产过程和运营方式，成功转型成为整体解决方案的提供者。此阶段的智能化程度可概括为“数据分析”。

表2 “金风科技”和“陕鼓动力”跨越阶段典型引用语举例及编码结果

序号	构念	测量变量	“金风科技”典型引用语举例	“陕鼓动力”典型引用语举例	编码结果
1	驱动因素	组织危机感	我们不追求大，而追求高质量、高可靠性、高发电效率，相对于企业的市场排名，我们更在意客户对我们企业的满意度。将客户满意度作为企业的最重要目标，力求通过提升产品和服务质量，为客户创造更多的价值。	随着市场竞争的愈发激烈，我们企业产品质量的优劣直接关系到企业的生存和员工的根本利益。	高质量发展压力
2	差异化产品研发	业务类型	我们确立了风电整体解决方案提供商的战略定位，为提升企业竞争实力，公司业务实现了纵向发展，主营业务涵盖了风机制造、风机服务和风电场投资。	我们努力实现从单一产品制造商向能量转换领域系统解决方案商和系统服务商转变，从产品经营向品牌经营和资本运营转变。	产品和服务的风电整体解决方案

续表

3	数字化赋能	数据采集分析能力	我们研发了风电服务系统，为风电设备购买者提供运营管理服务，同时集成了数据采集一体机和数据采集盒子等实现数据收集，通过系统管理，将风电机组乃至整个风电场的相关数据反馈回控制中心，以便及时了解风电设备的运行情况，随时发现和解决问题。	我们成功解决了面向动力装备的多地多通道并行信号接入、现场海量数据的采集与压缩存储、远程传输。	大数据采集
		数据采集分析能力	我们改进了资源计划系统，并及时推广应用，力求将数字化参与到风电机组制造的各个环节，新数字化系统提升了生产作业精细化管理水平，且能够满足企业管理所需的数据分析能力。通过数字化实现了与其它企业协同生产、质量和实效控制等。	我们拥有了加工工艺、制造质量、核心部件试车、设计图纸、等生产管理过程中的数据库，该部分数据以 IETM 系统管理为主，以 PLM、CAPP、ERP 数据为补充。	生产管理数据化
		生产过程数字化能力	我们改进了资源计划系统，并及时推广应用，力求将数字化参与到风电机组制造的各个环节，新数字化系统提升了生产作业精细化管理水平，且能够满足企业管理所需的数据分析能力。通过数字化实现了与其它企业协同生产、质量和实效控制等。	我们拥有了加工工艺、制造质量、核心部件试车、设计图纸、等生产管理过程中的数据库，该部分数据以 IETM 系统管理为主，以 PLM、CAPP、ERP 数据为补充。	生产管理数据化
		运营方式平台化能力	我们建立了风电大数据运营分析平台，通过对大量的风电运营数据进行分析，实现了产品设计与运营服务方面的不断创新，新增了资源评估等应用服务。实现数据资产集中化管理，在此基础上建设了工业物联网平台、大数据分析-运营业务分析系统、工业大数据-故障及健康预警、资产可视化系统等软件套件，公司进行的平台化建设，有效提升了公司的核心竞争力。	我们建立了网络化诊断与服务平台，实现了智能故障诊断算法与基础应用、数字化检修维修、备件预测协同信息化管理等技术的研发与应用。	高技术平台
4	智能化转型	智能化程度	通过数字化建设，大幅提升了数据分析水平，缩短了交付周期、提高了资源效率和保障的可持续性，实现多品种、小批量柔性制造，快速响应市场需求的变化。在不断提升客户满意度的同时，为企业创造新的利润来源。	我们通过数字化建设，为客户提供系统问题解决方案及系统服务，通过大数据挖掘分析及专业软件的应用，提升在役设备的服务广度和深度。	数据分析

资料来源：本研究整理。

(3) 转型阶段

“金风科技”和“陕鼓动力”在转型阶段的差异化产品研发、数字化赋能和智能化转型情况如表 3 所示。

差异化产品研发方面，在转型阶段，“金风科技”为适应国内外市场的快速发展和满足客户多元化的需求，树立了加速企业智能化发展进程的目标。通过新一代信息技术与企业实际的创新结合，初步实现了产品和服务的智能化。“陕鼓

动力”走出单一的透平机械领域思维局限，持续进行流程再造、整合资源、优化保障制度等措施，从运营、设备、服务等多维度着手，寻求智能化产品和服务的整体解决方案。

数字化赋能方面，“金风科技”通过风机传感器与风能气象地理信息数据中心持续不断将风电的运营数据上传至大数据平台，并对数据进行智能化的自动分析，基于智能化的设计与控制，实现了远程运维服务，“金风科技”通过打造国内风电领域领先的风电数据平台，为客户提供全面的数字化产品和解决方案。“陕鼓动力”采用数据存储，处理，对设备实时进行分析预警，确保用户设备稳定运行，同时，将数据实时传输至陕鼓远程智能运维中心，研发的动力装备智能服务云平台，能够提供全生命周期管理，实现关键、核心零部件生产数控化，建立远程开放共享的在线自动监控系统，并为客户提供产品预测性维修方案。

智能化转型方面，在转型阶段，公司的发展理念是追求规模化、高效协同和智慧经营。“金风科技”借助新一代信息技术，将大数据融入风电产业各环节之中，通过技术合作与创新，促进以智能化和数字化为基础的企业转型，降低了企业的生产成本，提升了智能化水平与产品质量，提升企业综合竞争力；“陕鼓动力”利用物联网、人工智能等方式，将数字化赋能于企业的生产管理之中，达到生产管理与大数据相融合的效果，并通过数据融合实现了智能化的生产管理。由此可知，在转型阶段，为了实现加快智能化发展的目标，借助新一代信息技术、人工智能等技术手段，将大数据融入风电产业链各环节，提升了企业的智能化水平，实现了远程运维服务，并力求推动可再生能源产业更多新技术、新模式和新业态的兴起。此阶段的智能化程度可概括为“数据融合”。

表3 “金风科技”和“陕鼓动力”转型阶段典型引用语举例及编码结果

序号	构念	测量变量	“金风科技”典型引用语举例	“陕鼓动力”典型引用语举例	编码结果
1	驱动因素	组织危机感	为适应海内外市场的快速发展及满足客户多元化需求，我们再次对企业的未来做出布局，出于对客户需求痛点的精准把控，我们将加速企业的数字化、智能化发展进程，目前正沿着这条路径实现在行业内的再度“抢跑”。	我们践行智能制造发展理念，着力进行分布式能源产业进行能源供给侧结构创新，积极为客户提供节能、环保、高效的智能化解决方案。	创新压力
2	差异化产品研发	业务类型	我们不断优化整体解决方案，力争在风电开发和运营的每一个环节都具有给客户创造更多价值空间。在创新过程中引入了新一代信息技术，已经初步实现了产品与服务的智能化和优化处理。	我们走出透平机械单一领域的思维局限，持续进行流程再造、整合资源、优化保障制度等措施，从运营、设备、服务等维度着手，寻求智能化产品和服务的整体解决方案。	智能化的整体解决方案

续表

3	数字化赋能	数据采集分析能力	<p>我们的风机加装了各类传感器，持续对风速、温度等数据实时监测并以固定频率不断上传至大数据平台，传感器传回的所有数据会形成一个巨大的数据库，通过数据分析对风机运行的状态进行评估和调整，来达到机组最大吸收风能效益。并对有故障预警的风机自动筛选。</p>	<p>我们采用原始数据本地存储，处理，预警；关键数据实时同步压缩上传的接入模式，避免由于网络不稳定造成关键实时预警的漏报误报，即使由于网络问题造成通讯中断，仍然可保证实时进行分析预警，对突发的故障数据进行记录与处理，确保用户设备稳定运行。</p>	智能分析
		生产过程数字化能力	<p>我们在生产过程中，增加了很多自动化软件，有效减少了人工成本，提升了生产效率。同时，增强了风机的感知系统，并与互联网连接起来，就可以根据气候条件，自动进行最优设计和最优控制，且通过大数据系统及技术团队的支撑，能够实现数字化的远程运维服务，可以大幅缩短故障处理时间，提高故障处理效率。</p>	<p>我们将数据接入到 IPMC 系统，数据实时处理后，送入现场监控一体化 HMI 系统，可直接向用户呈现设备运行状态分析结果。同时，利用互联网或 3G/4G 无线网络，将数据实时远传至陕鼓远程智能运维中心，中心专家结合 IETM、备件协同系统、PLM 等其他数据，向用户提供中长周期的设备运行指导意见。</p>	远程运维服务
		运营方式平台化能力	<p>为了提供高水平的解决方案和数字化产品，我们打造了协同服务、协同制造等开放共享平台。智慧风电场运营管理平台（SOAM）和金风科技资产管理服务平台实现商用，具备为新能源投资者提供全生命周期的资产管理和远程运维服务能力。以前 17 座风电场需要 17 个运行团队进行运营及远程协助分析，现在通过金风科技集控运行平台的大数据系统，只需要一个运行团队就可以完成相关工作。</p>	<p>我们研发了动力装备智能服务云平台，提供全生命周期的管理，实现了关键、核心零部件制造的数控化，可实施基于数字化编程的产品制造工艺，建立远程开放共享的在线自动监控系统，做到自动检录机组运行情况，并据此为客户提供产品预测性维修方案。</p>	开放共享平台
4	智能化转型	智能化程度	<p>我们借助新一代信息技术、人工智能等技术手段，将大数据融合进风电产业链的各个环节之中，积极开展智能化转型，已建立起了智能化服务、制造和产品开发等体系，实现了风电设备全生命周期的智能化管理。目前明显感觉到企业的管理效率提高了，而且风机也变得更加智能了。</p>	<p>我们利用物联网、人工智能和新一代信息技术等方式，将数字化赋能于企业的生产管理之中，达到生产管理与大数据相融合，通过数据融合实现了智能化的生产管理。</p>	数据融合

资料来源：本研究整理。

4.2 案例讨论

通过研究发现，在高端装备制造企业智能化转型的过程中，差异化产品研发、数字化赋能、智能化转型的内容都经历了动态演化的过程。该动态演化过程如表 4 所示。

表 4 高端装备制造企业智能化转型的演化过程

序号	测量变量		创业阶段	跨越阶段	转型阶段
1	驱动因素	组织危机感	技术压力	高质量发展压力	创新压力
2	差异化产品研发	业务类型	产品的生产和销售	产品和服务的整体解决方案	智能化的整体解决方案
3	数字化赋能	数据采集分析能力	基础数据采集	大数据采集	智能分析
		生产过程数字化能力	业务流程数据化	生产管理数据化	远程运维服务
		运营方式平台化能力	办公自动化平台	高技术平台	开放共享平台
4	智能化转型	智能化程度	数据存储	数据分析	数据融合

资料来源：本研究整理。

差异化产品的演化。在不同的发展阶段，“金风科技”和“陕鼓动力”为克服不同的组织危机感而采取不同的业务类型，不同的主营业务又产生了不同的智能化转型效果。具体来说，在创业阶段，由于企业在研发技术挑战下，采用重点关注主要产品的研发和生产，收集与存储了大量生产及销售和上下游企业相关基础数据。在跨越阶段，企业为满足客户的潜在需求，在高质量发展的压力下，因此在主营业务上推出了基于产品和服务的整体解决方案。在转型阶段，处于对市场的前瞻性分析，企业提出了加速企业智能化进程的战略，为客户提供智能化的产品与服务成为了转型阶段的业务类型。综上，“金风科技”和“陕鼓动力”在不同阶段为客户提供差异化的业务时，驱动因素先后经历了技术压力、高质量发展压力和创新压力等三种驱动因素，在不同阶段的驱动因素影响下，差异化的业务分别为产品的生产和销售、包含产品和服务的风电整体解决方案、智能产品与服务的风电整体解决方案。

数字化赋能的演化。在不同的发展阶段，“金风科技”和“陕鼓动力”的差异化产品研发和其相应的智能化转型效果不断演进，产生了数字化赋能发展的需求和情境，从而促进金风科技运用数字化技术赋能企业来进行应对。在创业阶段，由于受到技术方面的压力，面临着研发制造核心产品的挑战和困难。同时，为了达到自主研发制造产品的水平，企业需要用数字化技术对企业的整体经营情况进行数字化管理。因此，企业建立了业务数据库、财务数据库，提升企业的基础数据采集、存储能力，利用资源计划系统实现计划、材料供应、制造、分销等业务流程数据化管理，开发了办公自动化平台，将纸质流程全部替换为电子化流程，提升企业的效率，形成了未来智能化转型的基础实力。在跨越阶段，企业面临着企业高质量发展的困难。由于以追求客户满意度为第一目标，企业更加注重产品质量和相关服务。同时，基于客户潜在需求的发掘，将主营业务扩大到运维服务的提供。随着企业的经营范围的扩大，以及更好满足客户需求的理念，企业采用数字化技术赋能数据采集分析、生产过程、运营方式，实现了大数据的采集，生产管理的数据化，建立了大数据分

析平台等高技术平台，借助数字化赋能，企业达到了数据分析的智能化水平。在转型阶段，企业面临着加速智能化进程的压力。出于海内外市场的快速发展和客户的多元化需求，企业更加注重通过研发实现产品和服务的智能化。此外，新一代信息技术与人工智能技术飞速发展，也为企业实现智能化转型带来了外部技术支持。企业通过对核心产品加装各类传感器，并运用大数据平台收集存储海量数据，实现了数据的实时收集和智能分析，通过共享开放平台能够实现智能化的远程运维服务，大幅节省运营和维护成本，运用新一代信息技术和人工智能技术等手段，将大数据与产业链的各环节进行融合，初步实现了企业的智能化转型。

智能化转型的演化。随着“金风科技”和“陕鼓动力”提供业务类型的变化，企业所实现的智能化程度也呈现出不同，不同阶段的智能化程度具体体现在数据存储、数据分析和数据融合。具体来说，在创业阶段，由于技术的压力，需要对企业的基本资源、生产流程、运营方式进行初级的数据化管理，以便降低生产成本和提高工作效率。在跨越阶段，为实现企业的高质量发展，提高客户满意度，主要业务内容增加了运维服务，力求为客户提供整体解决方案，这迫使企业提升数据分析水平，以成功转型成为风电整体解决方案的提供者。在转型阶段，为提供智能化产品与远程运维服务，借助新一代信息技术、人工智能等技术手段，将大数据融入产业链各环节，以便提升企业的智能化水平。综上，“金风科技”和“陕鼓动力”为提供差异化业务类型所带动的智能化转型经历了数据存储、数据分析、数据融合三个层面的演化过程。

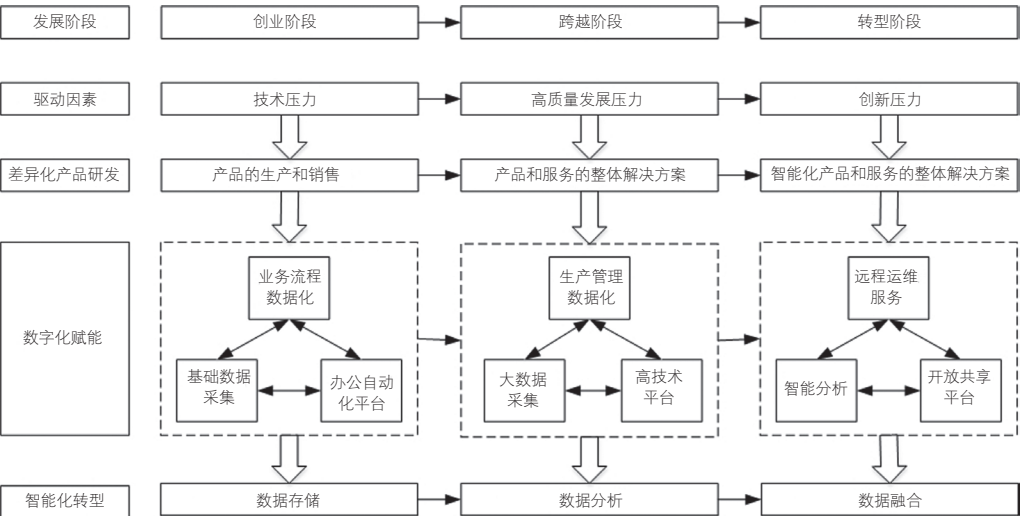


图 3 高端装备制造企业智能化转型过程模型

高端装备制造企业智能化转型过程模型。本文根据“金风科技”和“陕鼓动力”

的差异化产品研发历程，分析出高端装备制造企业通过数字化赋能实现智能化转型的过程模型，如图3所示。即在不同的发展阶段，高端装备制造企业基于组织危机感所带来的企业压力，通过数字化技术赋能企业的数据采集分析、生产过程、运营方式，最终达到了智能化转型的效果，实现了数据存储、数据分析、数据融合三个阶段渐进式的智能化转型。在创业阶段，企业面临技术创新方面的压力，将企业的差异化产品定位为提供关键产品的制造商，注重产品的技术研发，其它零部件交由合作伙伴进行生产，为实现关键产品的研发制造，企业运用基础数据库、资源计划系统、办公自动化平台等数字化手段，提升企业的数据分类存储管理水平，使企业得以快速的研发成功关键产品以满足客户的需求。这一阶段实现了数据存储方面的智能化转型。在跨越阶段，企业面临高质量发展的压力，将企业的差异化产品定位为包含产品和服务的整体解决方案，为实现高质量为客户提供产品与服务的定位，企业运用数字化技术进一步对数据采集分析、生产过程和运营方式进行了数字化赋能，通过技术的研发，实现了大数据的采集、生产过程数据化管理、并建立了大数据运行平台等高技术平台，使得企业大幅提升了数据分析管理水平，提高了生产效率和质量，客户的满意度不断提升。这一阶段实现了数据分析方面的智能化转型。在转型阶段，企业面临加速智能化发展进程的压力，将企业的差异化产品定位为智能化产品和服务，为加速企业智能化发展进程，企业借助新一代信息技术和人工智能技术等手段，将大数据融入到企业各环节的数据采集分析、生产过程和运营方式之中，研发了数据的智能化分析和智能化的远程运维服务，建立了开放共享平台，使得企业最终实现了提供智能化产品和服务的目标。这一阶段实现了数据融合方面的智能化转型。

5 结论与启示

5.1 主要结论

第一，高端装备制造企业转型经历了“数据存储——数据分析——数据融合”的动态演化过程。基于本文的研究，随着高端装备制造企业的发展壮大，企业所面临的任务重心也在不断变化，进而引发高端装备制造企业从数据存储到数据融合的演化。具体而言，随着企业的发展，从数字化赋能视角看，企业转型的重心从产品导向到整体解决方案导向，再到远程运维服务导向进行转移，伴随着任务重心的转移，高端装备制造企业的转型会表现出三种特征，从为客户提供产品，到为客户提供风电整体解决方案，再到为客户提供智能化的风电整体解决方案，满足客户个性化需求，从数字化层面最终表现为数据存储、数据分析、数据融合的演化路径。数据融合是智能化转型的高级阶段，高端装备制造企业的智能化转型是通过初级的数

据存储、数据分析，逐步演化到高级的数据融合。

第二，数据采集分析能力、生产过程数字化能力、运营方式平台化能力是影响高端装备制造企业转型发展的主要数字化因素，并在智能化转型过程中动态演化。本研究主要分析了数据采集分析能力、生产过程数据化能力、运营方式平台化能力等数字化角度的因素，且数据采集分析能力、生产过程数字化能力、运营方式平台化能力随着企业转型的演进发生演化。在“金风科技”和“陕鼓动力”整个智能化转型演化的过程中，数据采集分析能力、生产过程数字化能力、运营方式平台化能力的作用以及三者在企业发展过程中的演化对企业转型的影响是最为直接的。数据采集分析能力经历了基础数据采集——大数据采集——智能分析等由简单到复杂的动态演化，生产过程数字化能力经历了业务流程数据化——生产管理数据化——远程运维服务等由初级到高级的动态演化，运营方式平台化能力经历了办公自动化平台——高技术平台——开放共享平台等由单一到多元的动态演化。数据采集分析能力、生产过程数字化能力、运营方式平台化能力在企业发展的不同阶段促进着企业的智能化转型。

第三，数据采集分析能力、生产过程数字化能力、数字化运作平台能力等数字化因素的动态演化推动高端装备制造企业智能化转型的演进。数据采集分析能力、生产过程数字化能力、运营方式平台化能力作为影响高端装备制造企业转型的数字化因素，在自身演化的同时也通过三者之间的良性互动推动了智能化转型的演化。具体来讲，在创业阶段，企业运用基础数据库、资源计划系统、办公自动化平台等数字化手段，提升企业的数据分类存储管理水平，使企业得以快速的研发成功风机设备，实现了数据存储的转型。在跨越阶段，企业运用数字化技术进一步对数据采集分析、生产过程和运营方式进行了数字化赋能，通过技术的研发，实现了大数据的采集、生产过程数据化管理、并建立了大数据运行平台等高技术平台，使得企业大幅提升了数据分析管理水平，提高了生产效率和质量，客户的满意度不断提升，实现了数据分析的转型。在转型阶段，企业借助新一代信息技术和人工智能技术等手段，将大数据融入到企业各环节的数据采集分析、生产过程和运营方式之中，研发了数据的智能化分析和智能化的远程运维服务，建立了开放共享平台，使得企业最终实现了提供智能化产品和服务的目标，实现了数据融合的转型。

5.2 理论贡献与启示

本文基于数字化赋能视角，分析了高端装备制造企业智能化转型的动态演进过程。虽然现有研究对智能化转型的内涵、影响因素以及驱动因素等相对静态的概念进行了较多的分析，但鲜有对高端装备制造企业智能化转型动态过程进行研究。本

研究基于“金风科技”和“陕鼓动力”智能化转型的纵向案例进行研究，构建了高端装备制造企业智能化转型过程模型，初步探索了高端装备制造企业智能化转型的动态演进过程，从而深化了高端装备制造企业智能化转型动态过程研究。

在智能化日益成为高端装备制造企业核心竞争力的情境下，高端装备制造企业为满足客户的多元化和个性化需求，需要充分运用数字化技术赋能企业生产制造的各个环节，以提高企业自身的智能化程度，进而满足客户的潜在需求。本文以高端装备制造企业“金风科技”和“陕鼓动力”差异化产品的研发实现智能化转型为研究情境，基于数字化赋能视角，构建高端装备制造企业在差异化产品研发中通过数据采集分析能力、生产过程数字化能力、运营方式平台化能力的动态演进实现智能化转型的过程模型，对高端装备制造企业智能化转型及数字化赋能的实践启示如下。一方面，高端装备制造企业的智能化转型行为应与不同的发展阶段的组织危机感相适应。在高端装备制造企业的智能化转型的不同阶段，企业的智能化转型行为会受到技术压力、高质量发展压力、转型压力等驱动因素的影响，在压力因素驱动下，高端装备制造企业的智能化转型行为应随之逐渐变化。因此，应依据高端装备制造企业发展的动态过程，阶段性划分确认不同阶段的组织危机感，以体现不同阶段的驱动因素对高端装备制造企业的智能化转型行为的不同影响和演化过程，进而匹配相应的智能化转型行为。另一方面，高端装备制造企业的智能化转型行为应与企业的数字化技术水平相匹配。在高端装备制造企业智能化转型的过程中，企业采取不同的数字化技术赋能于不同的发展阶段逐渐实现智能化转型，体现了数字化赋能与智能化转型的动态匹配效果。具体来说，高端装备制造企业实现智能化转型是一个动态发展的过程，需要经历数据存储、数据分析、数据融合等三个阶段的转型。每一阶段的智能化转型行为应充分考虑自身的数字化技术水平。

5.3 局限性与未来展望

本文在研究高端装备制造企业转型演化过程中未考虑数字化因素外的其它因素对于高端装备制造企业转型演化的作用机理，而这些其他因素有可能会影响高端装备制造企业转型的演化过程。后续研究会在此基础上继续分析其他因素等对高端装备制造企业转型的影响机理。同时，随着智能化技术的不断进步，高端装备制造企业智能化程度也会不断深入，智能化形式将呈现多样化，高端装备制造企业也会越来越“智能”，本文仅基于数字化背景下的高端装备制造企业智能化转型进行研究，案例企业的智能化形式也只是实现了产品和服务的智能化，其他方式的智能化转型过程也是未来进一步研究的方向。

参考文献

References:

- [1] Lasi, H., Fettke, P. P., Kemper, H. G., Feld, D., Hoffmann, D. H. Industry 4.0 [J]. Business & Information Systems Engineering, 2014,6(4):239-242.
- [2] 彭茂祥, 李浩. 基于 TRIZ 理论与大数据的智能化技术创新模式研究 [J]. 科技进步与对策, 2017,7:139-145.
- Peng M X, Li H. Discussion on the Model of Intelligent Technology Innovation Based on TRIZ Theory and Big Data [J]. Science & Technology Progress and Policy, 2017,7:139-145.
- [3] 孟凡生, 李晓涵. 中国新能源装备智能化发展技术路线图研究 [J]. 中国软科学, 2017,9:30-37.
- Meng F S, Li X H. Research on Technology Roadmap of Intelligent Development in China's New Energy Equipment Manufacturing [J]. China soft science magazine, 2017,9:30-37.
- [4] 杨栩, 谭琦. 基于区块链技术的高端装备制造企业智能化运营研究 [J]. 商业研究, 2018,11:12-17.
- Yang X, Tan Q. Research on Intelligent Operation of High-end Equipment Manufacturing Enterprises Based on Block Chain Technology [J]. Commercial Research, 2018,11:12-17.
- [5] Ruiz, N., Giret, A., Botti, V., Fera, V. An Intelligent Simulation Environment for Manufacturing Systems [J]. Computers & Industrial Engineering, 2014,76(C):148-168.
- [6] 杜传忠, 杨志坤. 德国工业 4.0 战略对中国制造业转型升级的借鉴 [J]. 经济与管理研究, 2015,7:82-87.
- Du C Z, Yang Z K. Inspiration of Transformation and Upgrading of Manufacturing Industry in China From German Industry 4.0 Strategy [J]. Research on Economics and Management, 2015,7:82-87.
- [7] Kutin, A., Dolgov, V., Sedykh, M. Information Links between Product Life Cycles and Production System Management in Designing of Digital Manufacturing [J]. Procedia Cirp, 2016,41:423-426.
- [8] 苏贝, 杨水利. 基于扎根理论的制造企业智能化转型升级影响因素研究 [J]. 科技管理研究, 2018, 8:115-123.
- Su B, Yang S L. Research on the Influence Factors of Manufacturers Intelligent Transformation and Upgrading Based on the Grounded Theory [J]. Science and Technology Management Research, 2018, 8:115-123.
- [9] 林琳, 吕文栋. 数字化转型对制造业企业管理变革的影响——基于酷特智能与海尔的案例研

- 究 [J] . 科学决策 , 2019,1:85-98.
- Lin L, Lv W D. The Impact of Digital Transformation on Management Reform of Manufacturing Enterprises: A Case Study Based on Kutesmart and Haier [J] . Scientific Decision Making, 2019,1:85-98.
- [10] 路甬祥 . 走向绿色和智能制造——中国制造发展之路 [J] . 中国机械工程 , 2010, 4:379-386.
Lu DX. Toward Green Manufacturing and Intelligent Manufacturing:Development Road of China Manufacturing [J] . China Mechanical Engineering, 2010, 4:379-386.
- [11] 吴先华, 盛巧燕, 陈易天 . 从“中国制造”到“中国智造”——2014《中国工业经济》青年作者学术研讨会观点综述 [J] . 中国工业经济 , 2014,11:82-89.
Wu X H, Sheng Q Y, Chen Y T. “Made in China” Transfer to “Made With Intelligence in China” : An Overview of the 2014 Young Scholars Seminar Held by Journal of China Industrial Economics [J] . China Industrial Economics, 2014,11:82-89.
- [12] Kusiak, A. Smart Manufacturing Must Embrace Big Data [J] . Nature, 2017,544(7648):23-25.
- [13] 张明超, 孙新波, 钱雨, 李金柱 . 供应链二元性视角下数据驱动大规模智能定制实现机理的案例研究 [J] . 管理学报 , 2018, 12:1750-1760.
Zhang M C, Sun X B, Qian Y, Li J Z. Case Study on the Implementation Mechanism of Data-driven Mass Customization from the Perspective of Supply Chain Ambidexterity [J] . Chinese Journal of Management, 2018, 12:1750-1760.
- [14] Zhou J, Li P G, Zhou Y H, Wang B C, Zang J Y, Meng L. Toward New-Generation Intelligent Manufacturing [J] . Engineering, 2018, 1:28-47.
- [15] 谭建荣, 刘达新, 刘振宇, 程锦 . 从数字制造到智能制造的关键技术途径研究 [J] . 中国工程科学 , 2017,3:39-44.
Tan J R, Liu D X, Liu Z Y, Cheng J. Research on Key Technical Approaches for the Transition from Digital Manufacturing to Intelligent Manufacturing [J] . Strategic Study of Chinese Academy of Engineering, 2017,3:39-44.
- [16] 黄顺魁 . 制造业转型升级 : 德国“工业 4.0” 的启示 [J] . 学习与实践 , 2015,1:44-51.
Huang S K. Transformation and Upgrading of Manufacturing Industry: The Enlightenment of German "Industry 4.0" [J] . Learning and Practice, 2015, 1:44-51.
- [17] 吉艳平, 韩明华, 郑大亮 . 制造企业智能化升级路径选择研究——基于企业主体的视角 [J] . 经济体制改革 , 2018,6:89-95.
Ji Y P, Han M H, Zheng D L. Research on Intelligent Upgrading Path Selection of Manufacturing Enterprises: from the Perspective of Enterprise Entity [J] . Reform of Economic System, 2018,6:89-95.
- [18] 李永红, 王晟 . 互联网驱动智能制造的机理与路径研究——对中国制造 2025 的思考 [J] .

科技进步与对策, 2017, 16:56-61.

Li Y H, Wang S. A Study on the Mechanism and Approaches of Internet-driven Intelligent Manufacturing [J]. Science & Technology Progress and Policy, 2017, 16:56-61.

- [19] 李坤, 于渤, 李清均. “躯干国家”制造向“头脑国家”制造转型的路径选择——基于高端装备制造业成长路径选择的视角 [J]. 管理世界, 2014,7:1-11.

Li K, Yu B, Li Q J. The Path Choice of "Tropical Country" Manufacturing Transformation to "Mind Country" Manufacturing: Based on the Perspective of Growth Path Choice of High-end Equipment Manufacturing Industry [J]. Management World, 2014,7:1-11.

- [20] Rerkins, D. D., Zimmerman, A. M. Enablement Theory, Research, and Application [J]. American Journal of Community Psychology, 1995,23(5):569-579.

- [21] Conger, J. A., Kanungo, R. N. The Empowerment Process: Integrating Theory and Practice [J]. Academy of Management Review, 1988,13(3):471-482.

- [22] 潘善琳, 崔丽丽. SPS 案例研究方法: 流程、建模与范例 [M]. 北京大学出版社, 2016.
Pan SL, Cui LL. SPS Approach to Conducting Case Studies [M]. Peking University Press, 2016.

- [23] Ying, W., Jia, S., Du, W. Digital Enablement of Blockchain: Evidence from HNA Group [J]. International Journal of Information Management, 2018,39:1-4.

- [24] Leong, C. M. ICT-enabled Community Empowerment in Crisis Response: Social Media in Thailand Flooding 2011 [J]. Journal of the Association for Information Systems, 2015,16(3):174-212.

- [25] Christens, B. D. Toward Relational Enablement [J]. American Journal of Community Psychology, 2012,50(1):114-128.

- [26] Lincoln, N. D., Travers, C., Ackers, P., Wilkinson, A. J. The Meaning of Empowerment: the interdisciplinary etymology of a new management concept [J]. International Journal of Management Reviews, 2010,4(3):271-290.

- [27] Mushin, L., Joon, K. Is Enablement Really a New Concept? [J]. International Journal of Human Resource Management, 2001,12(4):684-695.

- [28] Lenka, S., Parida, V., Wincent, J. Digitalization Capabilities as Enablers of Value Co-Creation in Servitizing Firms: Digitalization Capabilities [J]. Psychology & Marketing, 2017,34(1):92-100.

- [29] Eisenhardt, K. M. Building Theories from Case Study Research [J]. Academy of Management Review, 1989,14(4):532-550.

- [30] 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]. 管理世界, 2015,2:133-136.

Li G Y, Mao J Y. Case Selection and Research Strategy: A Summary of China Enterprise

- Management Cases and Qualitative Research Forums (2014) [J] . Management World, 2015,2:133-136.
- [31] Miles, M. B., Huberman, A. M. Qualitative Data Analysis: An expanded Sourcebook [M] . Sage Publications, 1994.
- [32] Yin, R. K. Case Study Research: Design and Methods [M] . Blackwell Science Ltd, 2013.
- [33] Pettigrew, A. M. Longitudinal Field Research on Change: Theory and Practice [J] . Organization Science, 1990,1(3):267-292.
- [34] 苏芳, 毛基业, 谢卫红. 资源贫乏企业应对环境剧变的拼凑过程研究 [J] . 管理世界, 2016,8:137-149.
Su F, Mao J Y, Xie W H. Research on the Patchwork Process of Resource-poor Enterprises to Deal with Environmental Drastic Changes [J] . Management World, 2016,8:137-149.
- [35] 谭凌波, 谢晋宇, 陈扬. 人力资源经理的议题营销过程及策略研究 [J] . 管理世界, 2013,2:141-155.
Tan L B, Xie J Y, Chen Y. Human Resource Manager's Issue Marketing Process and Strategy Research [J] . Management World, 2013, 2: 141-155.
- [36] 罗顺均, 李炜文, 周翔, 冉佳森. 小微金融企业互联网转型过程研究——基于外部网络体系与内部价值链的动态匹配视角 [J] . 南开管理评论, 2018, 5:51-63.
Luo S J, Li W W, Zhou X, Ran J S. Research on the Mechanism of Micro-finance Internet Transformation Process: The Perspective of Co-evolution Based on External Network and Internal Value Chain [J] . Nankai Business Review, 2018, 5:51-63.
- [37] 张延平, 冉佳森. 创业企业如何通过双元能力实现颠覆性创新——基于有米科技的案例研究 [J] . 中国软科学, 2019,1:117-135.
Zhang Y P, Ran J S. How Does Entrepreneurial Enterprise Achieves Disruptive Innovation via Ambidextrous Capability: A Case Study of Youmi [J] . China Soft Science Magazine, 2019,1:117-135.

(本文责编: 宁远)

Research on the Transformation Process of High-end Equipment Manufacturing Enterprises to Intelligent Manufacturing:Based on Digital Empowerment Perspective

MENG Fan-sheng, XU Ye, ZHAO Gang

Abstract: Intelligent manufacturing is the development trend of global manufacturing industry, and it is also the main direction of "Made in China 2025". Based on the digital empowerment perspective, this paper explores the intelligent transformation mechanism of high-end equipment manufacturing enterprises. The research finds that high-end equipment manufacturing enterprises have experienced the evolution process of data storage, data analysis and data fusion in the process of transforming to intelligent manufacturing. The differentiated product development process of high-end equipment manufacturing companies has gone through the transformation of product production and sales, product and service solutions, and intelligent total solutions. The data acquisition and analysis capabilities, the digitalization capability of the production process, the platformization capability of the operation mode are the main factors affecting the transformation and upgrading of high-end equipment manufacturing enterprises. The evolution of the three factors has promoted the intelligent transformation of high-end equipment manufacturing enterprises from the data storage stage to the data. The evolution of the integration phase. The research results enrich the basic theory of intelligent transformation of high-end equipment manufacturing enterprises, and provide theoretical basis for promoting the intelligent transformation of high-end equipment manufacturing enterprises.

Keywords: high-end equipment manufacturing enterprise; intelligent manufacturing; digital empowerment; goldwind technology; shaangu power