

动态能力视角下制造企业数字化转型路径

——基于步科公司的案例研究*

□ 张 培 张苗苗

特刊编辑推荐语:

“这篇文章揭示了数字工厂建设过程中动态能力变化与重构的内在机理,对我们理解制造业企业的数字化转型过程大有裨益。”

——梁建

摘 要: 加快制造业数字化转型是当前我国的重大发展战略,本文采用扎根理论编码方法对一家制造企业展开纵向案例研究,试图打开制造企业数字化转型过程的数字能力“黑箱”。研究发现:①制造企业的数字化转型需要构建的动态能力包括数字感知能力、数字获取能力和数字转化能力,并进一步细化为七个子能力;②数字获取能力是数字化转型过程中的关键能力,只有实现数据可采集,连通不同业务场景的数字化,实现数据的协同,数据才具有穿透力,从而发现生产过程中的“瓶颈”;③制造端触发的数字化转型影响,显性且短期可实现的是供应链效率的提升,其中改善生产过程的触发机制发生显著变化,由此引发管理模式革新和商业模式创新。研究揭示了数字工厂建设过程中动态能力变化与重构的内在机理,拓展和丰富了数字时代企业动态能力的理论情境和内涵。

关键词: 制造业;数字化转型;数字工厂;动态能力

一、引言

以“云大物移智”为代表的新一代数字技术迅猛发展,引发了新一轮技术产业

* 本文受国家自然科学基金优秀青年项目“战略领导”(71922022)、国家自然科学基金面上项目“家族企业公司创业研究:基于团队断裂带的视角”(71572198)、国家自然科学基金国际(地区)合作与交流项目“家族企业国际化与创新:基于制度-文化的比较研究”(71810107002)的资助。笔者感谢《管理学季刊》两位匿名评审专家、领域编辑以及主编的建设性评审意见,当然文责自负。

变革,新技术规模化应用日益拓展,商业新模式新业态不断涌现。数字技术与行业深度融合正在改变许多产品与服务形态,从需求端到供应端的全面数字化转型成为共识(何伟等,2020;余江等,2017)。数字基础设施、数字平台和数字组件形成的数字技术体系对制造业数字化转型的牵引力不断增强,数字化转型推动制造企业构建泛在感知、智能决策、敏捷响应、动态优化的生产新范式,这将从根本上改变制造企业核心业务模式,例如产品开发、制造、营销、售后服务等,进而引发生产方式、商业模式和组织形态的深刻变革(Porter & Heppelmann, 2015)。

在制造业数字化转型的影响下,我国制造业的规模、成本和产业配套等传统优势有被大幅削弱的可能,作为全球制造基地的地位可能加速弱化;更加严峻的是,部分发达国家试图通过实施贸易摩擦和技术封锁来削弱中国在全球价值链中的主导地位。在这种情况下,中国制造业必须抓住数字革命带来的新机遇,通过发展智能制造突破发达国家对我们的技术封锁(马名杰等,2019;陈琛,2020)。为此,中央政府从2015年开始陆续出台了“互联网+”行动、国家信息化发展纲要、促进大数据发展行动纲要、新一代人工智能发展规划等系列重大战略和政策措施,加速制造业数字化转型的进程。当下,随着新基建的持续推动,网络协同化平台、柔性化智能工厂、弹性供应链打造将为制造业的数字化转型提供机会。

目前学术研究大多集中于分析我国当前制造业转型现状,从促进制造业转型升级的影响因素(孟凡生和赵刚,2018;陈畴镛和许敬涵,

2020)、对企业管理变革的影响(林琳和吕文栋,2019)、数据驱动视角下制造业的转型升级过程(孟凡生等,2019;刘祎等,2020;刘意等,2020;池毛毛等,2020)这三方面对我国制造业数字化转型展开研究。近期有国外学者指出数字化转型现象与动态能力的构建过程十分契合,并提出以动态能力理论为基础,探讨数字化转型过程的研究路径(Vial, 2019)。此外,动态能力作为高阶能力可以解释企业如何应对快速的技术和市场变化(Eisenhardt & Martin, 2000)。国内外关于数字化转型情境下动态能力的研究已有一些成果,研究对象主要聚焦于平台型企业(朱晓红等,2019;钱雨等,2021),例如对韩都衣舍的案例研究(周文辉和孙杰,2020),研究问题关注动态能力与商业模式创新的互动关系(崔森和周晓雪,2021;Matarazzo et al., 2021)。归纳来看,当前关于制造企业数字化转型存在以下研究缺口。第一,现有研究较少关注制造企业数字化转型过程中能力的变化与重塑机理,这是亟须解答的。数字化能力是企业数字化转型的关键要素,也是数字时代企业持续获得竞争优势的重要前提(Annarelli et al., 2021)。本文认为制造企业数字化转型的本质是组织能力的重塑过程。相比较而言,制造企业的数字化转型过程,具有更高的复杂性、过程性和渐进性等特征。一是按照产品制造企业可划分为装备制造、工业品制造和消费品制造等,按照生产模式可划分为流程型和离散型,由此组合形成不同的制造业务场景,使制造企业数字化转型中要实现的人、机、物等生产要素的连接,具有相对较高的复杂性;二是制造企业自身信息化水平不同,或

者自身的数字化成熟度不同,选择哪些数字平台或数字组件,是制造企业数字化转型中关键的数字技术应用选型问题,而选型确定后的数字平台或数字组件的导入应用过程,影响数字化转型的进程乃至成败。这就使制造企业数字化转型中面临着“既要做好当前的业务活动”“又要快速学习应用新技术”这种较高的双元能力要求。第二,缺乏数字时代下动态能力概念界定和维度划分等基本理论问题的研究。尽管动态能力框架十分契合数字时代企业变革,然而面对“数字工厂”这一具体业务场景,制造企业需要塑造哪些子能力?这需要根据案例企业的具体实践进行甄别和归纳。

针对以上研究缺口,本文试图聚焦我国制造行业,重点探讨数字时代制造企业应该构建的动态能力以及如何构建,进一步揭示数字化转型中动态能力的变化和重构机理。由于这是一种过程机制探索性研究,因此采用案例研究方法,选取制造业数字化转型的标杆企业步科自动化股份有限公司作为研究对象,采用扎根理论编码方法分析和归纳其数字化转型过程中动态能力的构建,为我国制造企业的转型升级提供借鉴。

二、文献回顾

(一) 数字化转型

通过梳理文献发现,尽管数字化转型(digital transformation, DT)成为当前的热点研究问题,但是关于其定义并未形成统一且明确的见解。结合众多学者的观点发现,尽管定义存在差异,但是存在相似之处,可以分为三个

层面(Reis et al., 2018):

(1) 技术层面。DT是基于对社交媒体和移动终端等分析或嵌入式设备等新兴数字技术的使用。Nambisan(2017)按照数字技术的集成程度和创造性将其分为:数字组件(digital artifacts)、数字平台(digital platforms)和数字基础设施(digital infrastructure)。数字组件(例如设备上的软件)具有可编程性、可追溯性和可通信性等特点(Yoo, 2010)。数字平台的定义分为两类(McIntyre & Srinivasan, 2017):产业组织学派认为平台用于促进两方或更多方之间的交易,如eBay、阿里巴巴等平台;技术管理学者则强调平台的模块化结构,为其他主体建立相关产品或服务的基础,如通用电气的Predix平台。社交媒体、数据分析、云计算和3D打印等属于数字基础设施,促进新兴的数字公司进行快速扩展。

(2) 组织层面。DT涉及关键业务运营的转型,并影响产品和流程以及组织结构和管理理念,引起商业模式的变革(Matt et al., 2015)。Gartner公司指出利用数字技术可以提供新的收入和价值创造机会,转向数字业务;通过重塑客户价值主张,并使用数字技术转变其运营模式,可以更好地与客户进行互动和协作(Berman, 2012),最终将导致组织文化的深层次变革(Warner & Wäger, 2019)。

(3) 社会层面。DT是一种社会现象,在这一过程中,更广泛的个体、组织和社会环境采用数字技术,数字技术作为新的基础设施(Legner et al., 2017),影响人类生活的方方面面,比如数字医疗保健的兴起,政府的日益数字化、文化产品的数字化(Park et al., 2010)等。

综上所述,企业数字化转型可归纳为企业利用各类新兴数字技术,对其经营活动、业务运营进行改善优化以创造价值和提升绩效的组织变革过程,这一过程将对其商业模式、组织结构和企业文化产生一定的影响。

(二) 动态能力理论

在战略管理领域,企业要取得长期成功,不仅需要具备在现有市场竞争的运营能力,还必须具备重新配置资产和重组结构以适应新兴市场和技术的的市场能力。从这个意义上说,动态能力能够通过技能、流程、程序、组织结构、决策规则和纪律的创新,使公司的高级领导者能够识别威胁和机遇,重新配置资产以应对这些机遇和挑战(O'Reilly & Tushman, 2008)。此外,动态能力(dynamic capability)是对资源基础理论(Resource-Based View, RBV)过于静态的回答(Barney, 2001),可以帮助企业克服路径依赖和能力惯性,适应不断变化的市场环境。尤其是随着数字技术与产品的嵌入程度越来越深,变革速度越来越快,导致环境的波动性、复杂性和不确定性。因此,制造企业需要在数字化转型过程中重塑组织能力,并且赋予动态能力在数字时代新的内涵。

动态能力这个概念是在管理学界的研究中逐步浮现和发展起来的,主要从两个视角出发(宝贡敏和龙思颖, 2015):能力视角和过程视角。其一,基于能力视角。能力视角是从抽象的企业组织和管理过程来界定动态能力,揭示了动态能力不同于运营能力的高阶组织能力的本质属性。Pisano和Teece(1994)首次明确提出动态能力的概念,为现代企业的价值创造与获取研究提供了一种全新的视角。随后,Teece

等(1997)进一步详细指出动态能力是企业整合、构建、重构内部和外部资源的能力,以应对快速变化的环境的能力,该文被认为对动态能力研究具有里程碑意义,对后续动态能力研究产生了深刻的影响。Winter(2003)进一步将动态能力定义为用来拓展、修改、创造常规能力(低阶能力)的高阶能力。它可以创造、更新、保护独特的资源。在此基础上,Teece(2007)进一步拓展了动态能力的定义,将动态能力分解为三个维度:①感知并辨认机会和威胁的能力;②抓住机会的能力;③增强、整合、保护,必要时重构企业有形和无形资产来保持竞争优势的能力,第一次明确提出感知是动态能力的一部分。国内学者也对动态能力进行了解构:焦豪等(2008)开发出动态能力的四个构面,包括环境洞察能力、变革更新能力、技术柔性能力与组织柔性能力;吴航(2016)根据内外部整合的理论视角,将动态能力进一步分解为机会识别能力和机会利用能力。

其二,基于过程视角。过程视角是从具体的企业实施战略和组织过程或惯例的角度来界定动态能力,将动态能力视为一种惯例、过程、模式。Eisenhardt和Martin(2000)从组织和实证的角度对动态能力进行了深入的辨析,认为动态能力嵌入在组织适应、学习和重组的过程中,由企业完成具体的战略与组织过程的能力构成,如产品开发、战略联盟和战略决策能力。Eisenhardt和Martin的这项研究导致以往对动态能力的抽象认识重新回归到具体的企业行为层次,从而有助于明晰动态能力概念,因而得到了学者们的广泛认同。罗仲伟等(2014)从组织学习、知识管理、运营能力和执行能力展开

对动态能力解读,即通过响应环境变化的组织学习实现对信息的捕捉是动态能力的前提,通过知识管理实现企业产品或服务的更新是动态能力的基础,通过整合、协调与重构能力实现运营能力改变是动态能力的实施手段,在具体操作层面的独特实干能力是动态能力的实现路径。其他学者在其基础上发展动态能力,认为动态能力包括研发能力、营销能力或新市场开发能力(Danneels, 2008)、新技术开发和应用能力(Macher & Mowery, 2009)。

这两种视角并不矛盾,动态能力本身不是过程和惯例,但它嵌在企业的过程或惯例中(宝贡敏和龙思颖, 2015);它通过改变企业内部的基础资源和常规能力配置,实现企业更新、整合和重构资源,是改变低阶能力的高阶能力(Winter, 2003)。因此,笔者坚持动态能力概念的传统界定方法,即能力视角,从抽象的企业组织和管理过程来界定动态能力,体现不同企业的动态能力共性。

(三) 动态能力与数字化转型

在数字化转型的趋势下,企业必须采取相应行动避免被淘汰,而动态能力的构建可以帮助企业找到转型路径。Warner和Wäger(2019)通过研究德国汽车企业、能源企业、银行、媒体公司等传统企业数字化转型过程,构建了数字化转型过程模型,指出企业应该建立的动态能力,包括数字感知能力(digital sensing capability)、数字获取能力(digital seizing capability)和数字转化能力(digital transforming capability)。其中数字感知能力是通过数字侦察(digital scouting)、数字场景规划(digital scenario planning)、形成数字心态(digital mindset)建立;数字获取

能力通过快速原型设计(rapid prototyping)、平衡数字组合(balancing digital portfolios)、战略敏捷(strategic agility)获得;数字转化能力通过加入创新生态系统(navigating innovation ecosystems)、再设计内部结构(redesigning internal structures)、提高数字成熟度(improving digital maturity)获得。

数字化转型势必对企业的动态能力产生影响。首先,动态能力的形成主体增加。由于消费者的高度授权,数字化环境中的动态能力研究需要引入消费者这一主体,强调消费者与企业资源互动过程,提出捕捉、适应和引导消费者变化的能力形成了企业与消费者的协同动态能力(肖静华等, 2014)。其次,动态能力的形成路径多样化。朱晓红等(2019)研究解析了平台型企业构建过程中的迭代创新模式演化过程,并识别出迭代创新模式其实是动态能力形成过程所需的关键共演路径。姜忠辉等(2020)提出企业动态能力的演化与企业外部结构洞网络的演化呈现双螺旋前进的状态,在结构洞劣势阶段,企业主要依靠内部异质性的资源以形成动态能力,但随着企业网络演化到结构洞均势和优势阶段,企业更多地依赖外部资源支撑企业动态能力的演化。最后,动态能力的形成过程具有阶段性。黄俊等(2018)分析了我国汽车制造企业智能化转型升级阶段,研究发现不同阶段下企业的核心能力是在变化的,并指出动态能力是企业面对内外部复杂环境、实现自身核心能力提升、摆脱核心能力刚性、形成可持续竞争力的关键要素。

制造业是立国之本、兴国之器、强国之基,是国民经济的主体,也是今后我国经济“创新

驱动、转型升级”的主战场（周济，2015）。“数字工厂”是目前企业在制造端进行数字化转型的最终目标，它是一种生产环境，在该环境中，生产系统和物流系统在很大程度上无须人为干预即可实现自组织，确保信息传递和资源使用效率更高（Lichtblau，2015）。这需要生产系统、信息系统和人员之间的实时协作，实现全链路数字化协同。然而，中国情境下制造企业“数字工厂”建立过程中，制造企业需要塑造的动态能力尚不清晰。因此，本文借助扎根理论编码思想，对制造企业的数字化转型路径进行探索，揭示国内制造企业数字化转型过程的动态能力变化与重塑机理。

三、研究设计

（一）研究方法

本文重点回答“制造企业如何进行数字化转型”和“建立数字工厂需要塑造的动态能力是什么”，这是关于“如何”和“是什么”的问题，适合进行案例研究。单案例可以对单个情境进行深入的剖析与详尽的说明，并且，故事性强能够引人入胜，带来不同寻常的新见解和启发性，因此选取单一案例作为研究对象。

扎根理论是一种针对现象进行归纳的研究，旨在帮助研究者在原始资料的基础上进一步发展成为理论，其精髓在于通过科学的逻辑，归纳、对比、分析，螺旋式循环逐渐提升概念及其关系的抽象层次，最终形成新的概念或理论（Glaser & Strauss，1967）。编码是扎根理论中重要的一环，包括三个级别：开放式编码（open coding）、主轴编码（axial coding）和选择

性编码（selective coding）。本文借鉴了扎根理论方法中对于数据编码的思路，遵循从原始材料和数据中进行开放性编码与提炼的扎根思想，对案例资料进行逐步编码分析。

因此本文采用单案例研究方法，通过扎根理论编码方法，对收集到的案例资料进行自下而上的编码分析，从而进行理论模型构建。

（二）案例选择

遵循案例研究理论抽样的原则，案例研究要求的样本企业必须具备极端性和启发性（Eisenhardt，1989），本文选取步科自动化股份有限公司（以下简称“步科”）作为研究案例。原因如下：①极端性。步科自2014年开始数字化转型的探索，历经费尽周折的选型和上线失败，之后偶遇金蝶形成合作，一蹴而就完成工厂的数字化改造，期间有波折，也有偶然和必然，步科在这一过程中积累了丰富的实践经验，2015年推出数字化工厂解决方案，荣获“中国制造业年度创新企业奖”。从“数字工厂”的探索到“数字化工厂解决方案”的输出，从探索者到指导者这一身份的转变，其成功经验亟须总结。②启发性。步科数字工厂经历了精益改善、MES尝试，再到与金蝶Cloud的战略合作，逐步实现从业务流程规范化到数据透明化再到智能化深入。目前为止，已经实现工厂内部信息的自动传输。步科的数字化转型过程经历了挫折，这可以给中小型制造企业更多启示，降低试错成本。③资料可得性。考虑到实际可操作性，研究选取行业内关注度高，信息资料较为公开且翔实的案例，这样有利于获取数据，以保证研究有效进行。

案例企业介绍：①起步发展阶段。步科自



动化股份有限公司 1996 年以贸易起家，成立深圳市步进科技有限公司，代理销售国外的制造软件；2002 年开始自有硬件的研发与生产，进入人机界面（human machine interface, HMI）市场；2008 年上海步科自动化有限公司成立，并成为集团新总部；2012 年上海步科自动化股份有限公司成立，上海步科自动化和深圳步科电气被认定为国家级高新技术企业。②数字化转型阶段。2014 年 3 月 18 日，由生产运营总监曹总负责，开始通过上新制造执行系统（manufacturing execution system, MES），尝试做生产车间的数字化改造。在走访国内 200 多家 MES 方案提供商后，最终选择广州的一家企业，花费近 150 万元，经过半年时间的安装，在 2015 年 6 月完成系统上新，但是员工认为不好用，管理者也认为这不是希望的数字制造；2015 年 10 月与金蝶国际软件集团有限公司（以下简称金蝶）达成合作，开始联合实现工厂

的数字化、智能化。2015 年 10 月 1 日到 7 日，在七天内完成所有系统的上新；一个月内恢复正常生产，没有出现交不了货、找不到货、系统崩溃等问题，成功完成数字化改造。③数字化扩展阶段。步科的终极目标是与金蝶联手打造小而美的云工厂，就是要将所有的数据都存放到云端，让工厂可以和设计者、客户、供应商在云端共享数据，并通过应用软件进行协同。

（三）数据收集

案例研究的数据应当有不同的来源，以保证研究的信度和效度。本文采用半结构化访谈、非正式访谈、现场观察和二手资料收集等多种不同的数据收集方法，通过多样化的信息和资料收集渠道，形成对研究数据的三角测量（毛基业和张霞，2008），交叉验证研究数据和信息，尽可能获得翔实的信息，提高研究的信度和效度。具体收集过程如表 1 所示。

表 1 案例的资料来源与收集过程

资料来源	资料相关内容
正式访谈	2019 年 9 月 26 日 9:00 至 10:30 在深圳步科对步科行业营销部经理进行面对面访谈，14:00 至 15:30 对步科生产运营总监进行访谈。访谈内容主要是近半年来步科在数字化转型过程中采取的具体措施和最新进展，整理录音资料 31118 字
现场参观	2019 年 9 月 26 日 10:30 至 11:30 参观步科数字工厂，由步科行业营销部经理带领参观步科“数字工厂”的具体流程，对工程师、多工种工人密切沟通交流，整理录音资料 11896 字；对步科的合作伙伴金蝶的市场部经理和金蝶云星空智能制造专家进行访谈，参观金蝶体验厅，最终整理录音资料 25186 字
二手资料 (网络、PPT、 公司文档等)	整理调研时获得的现场图片与 PPT 文字资料；通过官方媒体及其他渠道发布的行业动态等相关内容进行整理，收集相关内容共计 11 篇共 15000 余字

（1）以半结构化、非正式访谈、现场观察收集一手资料。对企业进行访谈之前，我们首

先对需要访谈的企业进行相关资料的收集整理，对被访谈企业有一个整体的了解和认识，然后

根据研究主题，设计相应的访谈提纲并对访谈提纲进行斟酌修改；在调研过程中，当我们发现企业实际情况与访谈提纲问题不符时，研究团队会随时进行问题调整与问项增补。同时，如果后续论文写作中出现访谈未涉及的问题，我们会增加补充调研环节，通过多轮迭代保证数据完整与真实。对负责步科数字化转型的生产运营总监、行业营销部经理进行面对面正式访谈时间总计 3 个多小时，整理录音资料 31118 字。

访谈结束后进行步科数字工厂的现场参观，从而可以有更加直观的体验。在参观步科数字工厂的仓库和车间时，对现场工程师、多工种工人进行交流沟通并录音，整理录音资料 11896 字。生产运营总监负责步科数字化转型，参与了全过程，行业营销部经理掌握更加全面的信息，工程师与员工是数字化转型过程的执行者，对步科数字化转型的了解更加完整和客观，具有极高的参考价值。

同时，对步科的合作伙伴金蝶的市场部经理和金蝶云星空智能制造专家进行访谈，收集第三方资料，具体包括金蝶云星空云智能制造地图和转型路线介绍，金蝶产品生命周期管理（product lifecycle management, PLM）云介绍，参观金蝶体验厅，最终整理录音资料 25186 字，与访谈调研的数据资料进行三角验证。

（2）收集二手资料进行验证。现场调研结束后，研究团队继续追踪步科最新动态，查阅学术文献搜索行业信息，通过搜索引擎等新媒体密切关注管理者动态信息，从而补充了步科董事长在《中小微企业智慧成长机会》主题活动现场演讲的资料。

（四）数据分析

参照 Gioia 和 Corley（2013）的研究方法，借助 NVIVO 11 对所获得的数据和信息进行三级编码（Nag & Gioia, 2012）。

第一步，与收集到的经验资料进行持续不断的“对话”，来理解制造企业的数字化转型过程，从资料中获取和发展一级概念，并且必须与资料相适应，即开放式编码。当“没有新的资料出现”时，一级概念达到饱和，并进入下一步。通过初步归纳、整理现象摘要并加以分类，共得到 28 个概念并为其命名（编码前缀为“aa”）。

第二步，分析一级概念之间的关系，并将概念根据共同的属性组织在一起，形成二级主题，类似于 Strauss 和 Corbin（1997）提出的主轴式编码。二级主题同样遵循原始资料，但是更加具体化，可以代表相关的现象。将与同一现象有关的概念聚拢成一类，在对同类概念进行整理、分析、归类后，本文使用概括性更强的词语来表达相似概念的实质，从而实现资料的继续归纳，便于后续分析，本文提炼出 10 个主题（编码前缀为“A”）。

第三步，进行选择式编码，形成四个聚类维度来反映制造企业数字化转型过程中动态能力的发展以及转型后的影响（见表 2）：数字感知能力、数字获取能力、数字转化能力和数字化转型影响。基于此，可以得到以下故事线：在发展数字经济的大背景下，制造企业管理层洞察到技术的变化和潜在的影响，通过评估自身业务场景及管理能力，确定数字化转型方案。为了推进此方案的实施，积极寻找战略合作伙伴，提高数据采集能力、数据连通能力，从而

实现数据穿透能力。在这一过程中,通过员工赋能和技术赋能,最终促使传统工厂向数字工厂的转变,由此提升了内部供应链效率、变革管理模式,并实现商业模式的创新。

为了保证数据编码的可靠性,三名研究人员共同对编码后的数据进行整体校对,检验理

论饱和度。理论饱和是指当收集新鲜数据不再产生新的理论和概念时,理论就达到饱和并停止收集材料。通过继续选取步科(Kinco)“数字工厂”报道资料进行理论饱和度检验,没有得到新的概念和关系,因此,本文的编码在理论上是饱和的。

表2 案例编码数据结构

一级概念	二级主题	聚类维度
aa1 顾客需求变化、aa2 国家政策支持、aa3 技术环境变化、aa4 竞争对手变化	A1 环境洞察能力	AA1 数字感知能力
aa5 衡量管理水平、aa6 业务场景优势	A2 管理评估能力	
aa7 采集数据、aa8 改造逻辑、aa9 战略合作	A3 数据采集能力	AA2 数字获取能力
aa10 数据可追溯、aa11 数据监测与衡量、aa12 数据连通	A4 数据连通能力	
aa13 生产进度透明化、aa14 数据可分析、aa15 数据真实客观	A5 数据穿透能力	
aa16 工作行为变化、aa17 工作职权变化、aa18 工作价值变化	A6 员工赋能	AA3 数字转化能力
aa19 按需排产、aa20 柔性制造、aa21 精益制造	A7 技术赋能	
aa22 高效利用资源、aa23 制造效率提升	A8 供应链效率提升	AA4 数字化转型影响
aa24 人力资源管理、aa25 质量管理理念	A9 管理模式变革	
aa26 新业务——提供数字解决方案、aa27 数字价值主张、aa28 构建数字化制造生态	A10 商业模式创新	

四、案例发现

通过对案例资料整理发现,制造企业的数字化转型过程就是能力的动态发展过程,这不仅契合了 Teece 等(1997)的动态能力理论,更为重要的是拓展了数字化转型中企业动态能力的理论内涵,在其对动态能力维度划分的基础上,结合制造企业数字化转型实践,将感知能力、获取能力和转化能力赋予数字时代的新内涵,发展为数字感知能力、数字获取能力和数字转化能力;此外,与 Warner 和 Wäger(2019)提出的数字感知能力、数字获取能力和数字转化

能力不同的是,本文结合的是中国制造企业建立“数字工厂”的实践,聚焦流程型企业,通过建立数字时代的能力实现数字化转型,将数字感知能力、数字获取能力和数字转化能力细化为七个子能力。此外,本文将数字转化能力看作一种赋能机制,而不是资源重新配置的过程。具体来说数字感知能力是制造企业数字化转型的动因,包括两个子能力:环境洞察能力与管理评估能力。数字获取能力和数字转化能力是数字化转型的过程,其中数字获取能力包括数据采集能力、数据连通能力与数据穿透能力三个子能力。数字转化能力体现在员工赋能与技术赋能方面。数字化转型首先会带来供应

链效率的提升，接着影响管理模式的革新，最终实现商业模式创新。因此抽象出的理论更具本土特色，包括前期盲目上新 MES 到后期与金蝶合作实现成功，数字化对于制造企业究竟是什么？这也是目前困扰国内制造企业的实际问题，总结步科数字化转型的成功经验，对国内企业更具参考价值。

（一）数字感知能力

数字感知能力对外表现为环境洞察能力。

环境洞察能力是企业对技术环境、顾客需求、竞争对手和国家政策这些外部因素的敏感度，能否灵敏感知这些外部环境因素的变化，取决于企业的环境洞察能力；对内则体现在管理评估能力，包括对自身管理水平和业务场景优势的了解。案例资料示例如表 3 所示。

表 3 数字感知能力案例资料示例

案例证据资料	贴标签	一级概念	二级主题
订单批量变小，但是品种变多了，具体的交货周期越来越短	批量小、品种多、交期紧	aa1 顾客需求变化	A1 环境洞察能力
客户是最变化无常的，这一刻跟你说可以。等会打个电话告诉你就是不行	变化快		
2013 年 4 月 24 日，在德国的汉诺威工博会上，由西门子代表德国政府向全球宣布了德国政府的国家级战略——“工业 4.0”战略	工业 4.0	aa2 国家政策支持	
BAT 三大传统互联网公司全部向产业互联网转型，因为未来的战场已经换了，不是在消费互联网，而是在实体经济	产业互联网	aa3 技术环境变化	
基于大数据工业互联网大数据下的自学习、自适应、自改变	工业大数据		
马云提出了“五新”里面有一个叫“新制造”	新制造	aa4 竞争对手变化	
为什么阿里巴巴想做最后的收割，收割什么？那就是数据变现	数据变现		
工厂管理能力匹配可以全面上新，所以说你上得不好，不要怪金蝶的伙伴，怪你的工厂管理能力不匹配	管理能力匹配	aa5 衡量管理水平	A2 管理评估能力
我们只用了不到一个月时间，生产就全部正常，没有出现所谓的交不了货、找不到货，也没有出现哪里崩溃了、垮掉了	管理能力强	aa6 业务场景优势	
它在做这块的便利程度要高于其他的业务场景、行业场景	行业特点		
步科本身是做自动化的，我们有大量控制器的协议	PLC 协议		
……	……		
步科主要有两项业务，一是做机械自动化的零部件，二是电机、变频器	产品特点		

环境洞察能力包括四个方面：

首先是对技术环境的变化察觉。2013 年德国汉诺威工博会上，由西门子代表德国政府向全球宣布了德国的国家级战略，“工业 4.0”战

略——步科管理层感知到技术变革可能对步科带来的影响。在访谈中，生产运营总监提道：“步科从 2013 年就被感染，因为 2013 年步科就在汉诺威现场。当时步科的管理层认为数字化能给我

们带来什么，因此对所谓的数字制造是从2013年就有认识。”

其次是来自国家层面关于制造业的政策支持。

再次是来自竞争对手的威胁。马云多次在公开场合宣布“新制造”，战场由“消费者互联网”转至“工业互联网”，步科管理层认为鼓励企业上云是为了“最后的收割”，即数据变现。

最后是来自顾客需求的变化。客户的订单呈现多品种、小批量、交期紧的特点，为了及时响应顾客需求，工厂需要及时变化。正如步科董事长所说：“因为当时步科也同样面临着小批量、多品种的局面——有时候我们一天要生产几十个不同的工单，一个工单可能只有5台控制器、10台控制器，但它也是一个工单，一个工单可能8分钟就生产完了，所以面临的一个挑战就是让数据和物料都及时送达，缺一不可。”综合以上原因，步科开始数字化转型的探索。

在数字工厂改造过程中，内部的管理评估能力极其重要。根据自身管理能力的强弱，匹配改造方案，步科经过评估认为自身管理能力强大，因此决定所有模块上新系统。生产运营总监指出：“不一定要着急上新星空云的所有模块，除非你有这个实力，这个实力不是说你有钱，而是指工厂的管理能力能够匹配。”

步科本身从事自动化产品制造，并且工序简单，以组装为主，具有独特的业务场景优势，

因此创造了金蝶的奇迹。

生产运营总监提道：“只用了七天上新所有系统，花费不到一个月的时间正常生产，没有出现交不了货、找不到货、系统崩溃等问题，开启了良好的开端。”

根据数据分析发现，环境洞察能力的重要性要远高于自身管理评估能力。由于外部的结构性变化大于企业自身的变化，因此在数字感知能力中，环境洞察能力是数字化转型的必要条件；这验证了数字技术是一切破坏的根源(Cohen et al., 2017)，数字技术可能在一夜之间改变整个行业，这种破坏性需要所有企业保持警惕，敏感察觉外部环境的变化，防止被颠覆，同时积极探索数字化转型路径。因此环境洞察能力是数字化转型的必要条件。步科作为自动化产品的制造商，具有业务场景优势，并且管理能力强，因此管理评估能力加速了其数字化转型的成功，这是数字化转型的充分条件。

命题1：数字感知能力是制造企业数字化转型的基础能力，由环境洞察能力和管理评估能力构成。其中环境洞察能力是企业数字化转型的前提条件，而管理评估能力是促进企业数字化转型的保障条件。

(二) 数字获取能力

数字获取能力是企业数字化转型的关键能力，具体包括数据采集能力、数据连通能力和数据穿透能力（见表4）。

表 4 数字获取能力案例资料示例

案例证据资料	贴标签	一级概念	二级主题
我们通过自己的硬件——采集器，实现数据采集	采集器采集	aa7 采集数据	A3 数据采集能力
一些老设备可能没有常规的控制器的，可以通过传感器信号等读出来，通过采集器实现数据采集	传感器读取		
小车到现场去做入库操作时，扫条码进行入库，然后再下库位码，进行库位绑定	库位管理		
金蝶制定整个顶层设计的方案，这叫大处着眼	顶层设计	aa8 改造逻辑	
从单台设备、一条线一个车间，到整个工厂，从大处着眼、小处着手……	改造方案		
基于数据的工厂数字化，步科一直在路上，从未停止	持续改善	aa9 战略合作	
我觉得最重要的是金蝶的实施能力特别强，我们的人员和金蝶的伙伴合作了整整四个通宵……	合作伙伴		
我们上新 PLU，做 ERP 升级改造，从 MES 升级到 Cloud，上 WMS，所有系统同时上新，我们只用了七天……	历时短		
金蝶主要做的是这一层面，比如 ERP、PLM、CRM 的软件，就不需要重复录入这个系统	软件层面		
步科主要做的是执行层，比如设备现场、生产现场，程序汇报、设备的数据如何接到软件上	设备层面	aa10 数据可追溯	
有数据的，绿色代表合格，显示 4~8 小时	数据记录		
自检合格以后就会打印一个条码，这个条码是随产业流动的，就是说后面的流程	生成条码		
我们监测 PMC 创建工单的效率，规定 PMC 要以最快的速度把工单创建出来	监测拓展		
金蝶做的这些模块都是尺子，计划环节、备料环节、现场看板、数据访问都是尺子	数据尺子	aa11 数据测量	
我们的数据就通过采集器，实时传输到数据中心的软件上面	数据采集		
每一个工序上配备一个终端，终端就是一个配件，和 ERP、MES、现场工人交汇的一个配件	终端配件	aa12 数据传输	
是为了让所有工厂的运行数据都在云上……	数据上云		
看板主要是集合了工厂所有数据，也就是说我们可以通过看板看到每个工厂、每个车间具体的加工情况	加工透明化	aa13 生产进度透明化	A5 数据穿透能力
数据中心通过透明电视看板，即时呈现的某某地方；如果你的工厂是上云的，就在云上面	数据可视化		
可以看到具体的人工单流程，每一步的完成进度，以及它的生产质量情况	掌握人单进度		
我们会把工单的所有环节切开，用数字化的手段分析，通过数据了解每一段为什么会不衔接	分析原因	aa14 数据可分析	
为智能化制造的一切工作提供相应的决策依据，数字化是为了精准地找到约束点	找准瓶颈点		
我们根据这样的图，马上成立项目组	成立项目组		
以前的直通率都掺水分，因为是质量部自己做出来，现在直通率的数据是自动出来的	直通率真实	aa15 数据真实客观	
现在步科每一个工单只要关闭，围绕着这张工单的价值流图就可以显示出来	价值流图		
人工去手写汇报可能掺杂了一些个人的主观意见……但这种方式很简单，点一下就行，而且是标准格式	数据客观		

数据采集能力中，步科积极寻找合作伙伴，最终找到最佳搭档金蝶。遵从“大处着眼，小处着手”数字改造逻辑，双方有明确的分工，金蝶提供顶层设计，对步科实现模块化改造；步科实现机器的数据采集，将采集到的数据上传至金蝶的软件平台。关于寻找合作伙伴的过

程，生产运营总监提道：

“几乎在 2014 年走遍了中国大部分的 MES 提供商，在半年至少拜访 200 多家，最后选了广州某家 MES 提供商，花费接近 150 万元，在 2015 年 6 月完成上新。但是总觉得不好用，不是想象中的数字制造，员工都说不好用，这个

时候金蝶出现,也就是2015年10月15日。由金蝶的徐总,带着金蝶所有的高管团队,包括当时的孙总、林总、韩姐、沈总一起来到步科,和步科的老板一起做了交流,当场就拍下来。徐总说我们应该帮助步科,步科说我们需要金蝶,就这样两家公司走到一起。”

具体的数据采集实施过程如唐董所说:“步科在采购、检验、仓库、生产、销售、售后等环节启用条码管理,我们把过去用的金蝶K/3换成了金蝶云·星空,步科可能是最早使用金蝶云·星空的用户之一。但是光有金蝶云·星空不行,因为制造工厂有很多的设备、产线,它们都需要物联网。所以依托步科的自动化技术,我们开发了物联网设备:比如智能终端,在每一个工位都安装智能终端,工人通过智能终端,可以将整个生产过程、质量过程及时地录入系统;比如物联网数据采集器、智能电子大看板等,用可触控的电子大看板实时地显示生产状况。”

数据连通能力是指实现不同业务场景的数据连通。步科已经实现业务系统的信息化,打造数字车间的目的是实现机器的互联互通,即制造层面的数字化,然后通过与金蝶的合作,实现所有制造数据上传至统一业务平台,实现数据的统一存储,打通业务层和制造层两种业务场景,最终实现数据协同。唐董说道:“Cloud通过过程数据采集,能够清晰地确认到生产物流数据:仓库什么时间开始备料,工单什么时间完成,成品检验什么时候开始等;在终端上用户能方便地进行条码扫描、上料、报工、报警、切换工单、首检、完工送检、打印、查看作业指导书等操作,让车间用户通过智能

终端就能实现所有业务。”

数据穿透能力是指在数据可得、数据连通之后的效果,可以实现生产进度的透明化、数据可分析和数据真实客观。正如生产运营总监所说:“所有的工厂有一个共同的‘死穴’,并且这个‘死穴’是所有人都认同的,那就是少一把能及时地、客观地、透明地反映工厂各个环节的数字尺子。”步科通过数字化改造,找到了这一把“数字尺子”,唐董总结道:“通过生产工序节拍数据的分析,步科能很清楚地知悉制造过程中存在的问题和未达成产能的原因等”,从而获得数据穿透能力。数据穿透能力的实现与否取决于如何用好这把“数字尺子”,关键在于对“数字尺子”进行分析,找到问题并解决问题,这是数字化转型过程中的关键节点。下面通过步科两个精益改善项目来详细说明如何通过数据分析,实现数字穿透能力。

根据步科提供的关于人机界面(human machine interface, HMI)线体精益改善项目资料可知,通过采集数据并分析工单,从生产及物料控制(production material control, PMC)下达至成品入库需要4.21天以上,制造周期太长。因此,首先对工单执行工序完成时间进行整理,分析等待因素,发现等待要素占比较高的依次是烧录等待、组装等待、老化等待和抽检等待,之后点对点解决问题:首先,在现有区域不变下进行线体扩充,由4线扩充至7线;其次,老化车改造,由装满1车(120台)需要4小时更改至组装1车(40台)需要1.2小时;出货品质检查(outgoing quality control, OQC)抽检改善为小而轻易推动测试工具齐全的OQC工作车,可以随意推动抽检各条线体,

最终将制造周期缩短至两天以内；根据 BZ1 蜂鸣器声音异常改善项目资料，首先对 HMI 蜂鸣器不良占比数据进行分析，发现包括无声音、声音异常和蜂鸣器上贴纸漏撕。第一次客户加工 1500pcs ET070 蜂鸣器，抬高试验产品，蜂鸣器不良（无声）主板有 4pcs，不良率 0.27%，抬高验证没有发现蜂鸣器有声音异常不良，初步表明抬高对蜂鸣器声音异常可能有一定效果，然后通知客户此型号一直做蜂鸣器抬高，下单 2400pcs 生产 1030pcs 发现 1pcs 不良，不良率为 0.10%；第二次实验测试 2000pcs 原材料没问题后，发给供应商抬高 1.5 毫米做实验，型号 MT4434 5.3158，现客户加工时焊烙铁温度 345℃，焊接停留 3 秒，做 1308pcs，2pcs 不良，不良率为 0.15%。综合以上实验：结论实验有效，与工程

沟通 HMI 产品全面开展此方案。这两个精益改善项目说明数字获取能力实现的关键在于对数据的分析，根据数据分析结果采取实际措施解决问题，才能真正凸显数字化转型带来的精益。

因此，得到命题 2。

命题 2：数字获取能力是数字化转型过程中的关键能力，由数据采集能力、数据连通能力和数据穿透能力构成。数据采集能力是数字获取能力的前提，数据连通能力是数字获取能力的关键，两者交互实现数据协同，由此形成数据穿透能力。

（三）数字转化能力

数字转化能力表现为数字获取能力实现后的赋能机制，体现在两个方面：员工赋能和技术赋能，案例资料如表 5 所示。

表 5 数字转化能力案例资料示例

案例证据资料	贴标签	一级概念	二级主题
每个人都抢着去学技能的时候，每个人都有很多技能的时候，就能实现前面所说的按需生产、柔性制造	员工技能提高	aa16 工作行为变化	A6 员工赋能
我发现数字化以后，工程师都听我的	员工和工程师权力对调	aa17 工作职权变化	
步科的员工是高，高在哪里？你公司的员工会搞 PMC 吗，会下达工单吗？	员工价值感提升	aa18 工作价值变化	
他也下了 1000 套衣服给我，所以说你要多问一句，你这个礼拜具体要用多少衣服？如果他这个礼拜要 1000 套，他给了我一个礼拜时间，如果按步科现在的境界，我可以把它分成七次	分批完成	aa19 按需排产	A7 技术赋能
我们一条线最多的时候一天可以换 38 次	频繁切换产线	aa20 柔性制造	
我们所有的所谓好的系统、好的方案，一定都是从减少浪费去策划和推进的	减少浪费	aa21 精益制造	

员工赋能是指在数字化转型过程中，通过组织变革，员工的工作内容发生变化，职权逐渐变大，进而引起工作价值的提升。由于一线员工了解产线进度，因此在 PMC 创建工单后，员工负责在收到预警信号下达工单，下令仓库

备料。员工的工作是操作不同的按钮，工作变得有趣化，工作内容也逐渐复杂；此外，员工与工程师的权力对调，从机器故障到机器修复完好，员工决定了工程师的服务绩效，从而员工的价值感也在逐步提高。

唐董提道：“在2014年步科就做了组织变革，叫生物化组织。我们把部门都视为细胞，叫作细胞化的组织，让它实现自我管理、自我协作和自我进化，实际上它的特点就是生物化、扁平化。我们还在销售部门搞了游戏化，最后就是数字化。因为没有数字平台就无法支撑这样一个自我管理、自我协作、自我进化的细胞组织。”

当然改变员工工作习惯并非那么顺畅，员工A说道：“由于采用精益柔性细胞线的作业方式，以实现精益化管理生产。让我们从一直坐着工作的状态改成站立式作业，一开始肯定有不理解不适应的地方，甚至有些人会有些抵触，但是曹工（生产运营总监）从改善我们体验的角度出发，他想办法从其他地方借来厚厚的脚垫子，让我们站在上面更舒服，还根据每个人实际作业时间进行灵活调整，让我们每工作一小时就休息10分钟，并且还耐心地和我们讲为什么要推行精益柔性细胞线的作业方式。”

关于数字化为员工带来工作价值的变化，员工B解释道：“精益柔性细胞线的作业方式的改变，实际上给了我们更大的自由，变得更自主、更容易获得工作的成就感。慢慢地，我们已经开始享受这种改变，因为逐渐体验到精益柔性细胞线的作业带来的自由的乐趣，发现工作操作更有意思了，主观能动性更强了，通过工作获得的成就感更多了。”

技术赋能体现在生产实现了按需排产、柔性制造和精益制造。由于顾客需求的变化，工厂需要调整排产计划，按照顾客需求将生产计划细分至以天为单位，频繁切换不同产线，完成不同工单的生产。具体如营销部经理在访谈

中所说：“我们可以看到一个生产线一天要做十几、二十几个工单的切换，我们要用数字化的工具去提升工单切换效率。工单对应的物料清单（bill of material, BOM）、作业参考书都要实现无纸化的传递，而不是用传统的手动打印后发到产线上；同时实时了解每个工单加工到哪一步，及时地做一些生产排程方面的调整；具体的物料实现了强化管理，关键物料上都有对应的条码，那么生产过程对应的一些质量、BOM都会用到这个条码。那么这个可以做后续的条码的追溯。”步科通过购买“U”形线，在生产设备加滑轮，实现产线布局的随意调整；通过数据的可视化和多次分析，消除一切浪费，实现精益生产。唐董总结：“2017年，步科的平均制造周期，从年初的7.6天做到了年末的1.7天。”基于以上分析，提出命题3。

命题3：数字转化能力是能力内化的动态特征，包括员工赋能和技术赋能。其中员工赋能影响员工工作行为、工作职权和工作价值的变化，技术赋能则体现为按需排产、柔性制造和精益生产等效率提升。

（四）数字化转型影响

数字化转型直接影响到步科供应链效率，从而引起内部管理模式的变化，导致商业模式创新。首先，由于工厂实现了数字化转型，达到了柔性制造和精益制造水平，产线的产能实现最大化，一天产品可出库，缩短了工单制造周期，不仅提高了生产效率，还可以在发现错误时及时止损，库存用于原材料存放，而不是传统工厂中的半成品，实现资源利用的最大化，进而提升了供应链效率。根据公司内部提供的数据：从工单制造周期来看，2017年1月

至12月步科整体产品线制造周期由7.67天降低至1.71天。其中，HMI产线由9.35天降至1.54天；运动控制器（motion control，MC）产线由6.68天降至1.89天；可编程控制器件（programmable logic controller，PLC）产线由6.65天降至1.09天；变频器产线由11.4天降至1.94天；2018年1月至12月步科整体产品线制造周期由1.54天降低至0.80天。其中，HMI产线由1.50天降至0.99天；MC产线由1.59天降至0.71天；PLC产线由1.19天降至0.35天；变频器产线由1.51天降至1.33天。因此，工单制造周期不断下降，验证了供应链效率的提升。

其次，人力资源管理和质量管理模式发生了变化。数字时代要求员工掌握更多技能，步科重新规划员工薪酬体系，一项技能等于一份津贴，员工争抢学习新技能，凭借自己的努力提高工资。步科试图打破传统理念，一线工人的工资可以超过工程师。每个员工拥有自己的档案，详细记录所学技能，方便后期的生产任务匹配，这为工厂实现柔性制造储备了大量技能人才。正如生产运营总监所说：“员工现在每天都在学习新的岗位技能，每学会一个就加份津贴，从50元到100元不等。我们步科员工如果做到高级资深技师，他就可以拿到57个岗位津贴，也就是6700元，再加上你的底薪，差不多就是1万元。所以说步科想打造一个不一样的薪酬，就是一线员工的工资可以秒杀工程师，甚至管理人员。”在质量管理理念方面，步科认为不应设立精确目标，而是应该追求质量曲线的持续下降，这是因为质量目标让员工有犯错的机会，应该追求百分之百的零缺陷，这需要

根据数据结果做持续优化改善。根据公司内部资料，从一次通过率来看，2019年1月至8月，产线1的一次通过率保持在98.2%；产线2的一次通过率由97.2%提升至98.4%；产线3的一次通过率由92.9%提升至95.9%；产线4的一次通过率由97.1%提升至97.8%。不同产线的一次通过率均有不同幅度的上升，证明产品质量不断优化。

最后，带来商业模式的创新，主要体现在成立新业务、数字制造价值主张以及构建数字化制造生态。步科从2018年开始以数字化服务提供商的身份与金蝶一起为中国工厂提供数字化解决方案，致力于改造中国工厂，助力完成数字化转型。步科凭借独特资源，拥有大量PLC协议，通过硬件抓取机器的数据，统一存储在数据中心，金蝶负责将信息统一存储至系统平台，上传至云端，实现数据的安全存储和数据的充分利用；步科在数字化转型中强调追求高利润空间，“物以稀为贵”，通过柔性制造满足客户多品种需求，建立新的价值主张；工厂作为营销的一部分，实时响应客户需求，更好地服务客户，未来实现制造服务化，让顾客来定义工厂。步科的新业务可以根据KK（Kingdee Cloud+Kinco IoT）智慧工厂解决方案，划分为直达设备、设备管家和工厂物流解决方案服务，通过CJ10专用采集盒、KW无线可编程采集器、HMI人机界面、智能终端这些硬件设备实现数据的采集和标准化交付，应用案例即迪卡依气动式流水成衣产线数据采集，帮助迪卡依实现个人效率透明化、质量分析数据化和生产信息透明化；设备管家主要包括工厂建模、设备监控、设备点检、设备报警、设备维

修和设备保养。应用案例即定型机设备综合效率（overall equipment effectiveness, OEE）分析，实现精益分析数据化和设备效率透明化；智能立体仓储系统把仓库管理系统（warehouse management system, WMS）软件的数据分析，搬运机器人手的创新设计，以及智能的亮灯拣货系统完美地结合起来，形成一套人、机与数据完美结合的高效的存储与拣货解决方案，实现小批量多品种工厂的高效配送。

通过上述分析可以发现，数字化转型引发生产改善的触发机制变革。之前由于制造端（M端）不易改变，通常是通过需求端（C端）牵引，例如，客户关于交货期长、质量原因等反馈，工厂需要被动地进行生产的调整，反应具有滞后性，并且制约点不易找出。实现数字化转型后，生产的改善是由制造端（M端）触发，原因在于数字化转型之后，生产流程数据可以实时、显性呈现，由于有大量数据支撑，企业能够精准发现制约点，实时进行改善，从

而使工厂积极主动地寻找改善方案，从而避免客户反馈引起的“倒逼式改善”。因此，提出命题4。

命题4：从制造端触发的制造企业数字化转型遵循由内到外的路线，内部实现数据连通和数据协同并由此提升内部供应链效率，之后向外实现改善客户订单交付效率和创新客户价值，由此引发从客户需求、订单处理到生产计划、排产作业，再到仓储服务、订单交付等端到端的业务流程变革和商业模式创新。

五、结论与展望

（一）研究结论

本文通过对步科数字工厂的纵向案例研究，梳理了步科企业的数字化转型过程。为了更清晰地理解转型路径，本文提出一个整合性的研究框架，如图1所示。这一框架涵盖了本文的全部结论和见解。

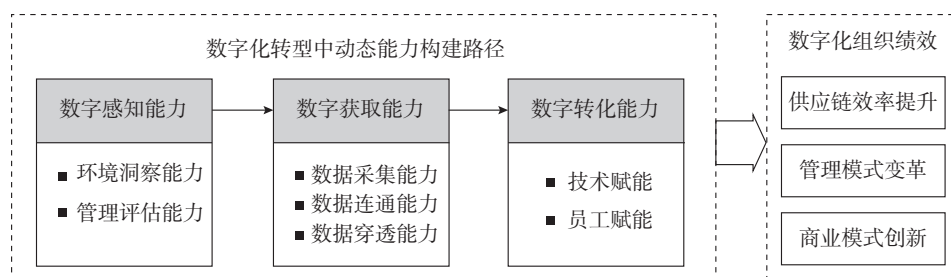


图1 制造企业数字化转型中动态能力的构建路径及其影响

第一，步科的数字化转型过程是动态能力构建的过程，始于数字感知能力，具体分为对外的环境洞察能力和对内的管理评估能力。其中，环境洞察能力是数字化转型的前提条件，管理评估能力加速了数字化转型过程；数字获取能力是数字化转型过程中要建立的关键能力，

只有实现数据可采集，连通不同业务场景的数字化，实现数据的协同，数据才可以有穿透力，生产进度才能透明化，从而发现生产过程中的“瓶颈”；由于“数字工厂”的改造场景，数字转化能力主要体现在员工赋能和技术赋能，员工实现工作行为、职权和价值的改变，制造环

节在数字技术的支撑下,实现按需排产、柔性制造和精益生产。这三种能力的构建过程为数字化转型搭建了路径框架:数字感知能力→数字获取能力→数字转化能力。

第二,制造企业数字化转型的影响体现在三个方面:首先,显性且短期可实现的是供应链效率的提升,表现在生产效率的提高和资源利用的最大化,并且生产改善过程的触发机制发生重大变革;其次,管理范式发生变革,体现在人力资源管理和质量管理的理念发生改变;最后,制造企业的商业模式开始革新,这是一种长远的且潜在的影响,表现在开辟新业务,建立新的价值主张,构建数字化制造生态。

第三,数字工厂的建设是由制造端触发的制造企业数字化转型,生产过程改善的触发机制发生了显著变化,即数据协同带来的由客户端(C端)需求牵引转为制造端(M端)触发,从之前盲目、滞后、被动地改善,转变为有数据支撑、实时、主动地改善,引发企业从客户需求、订单处理到生产计划、排产作业,再到仓储服务、订单交付等端到端的业务流程变革,使其经营和运营的内在逻辑发生变化,促进企业管理变革和商业模式创新。

(二) 理论贡献

通过前文的分析和讨论,本文的理论贡献主要有两点。

第一,本文不仅关注数字时代下动态能力构念本身,还关注其构成维度层面的构念甚至子构念。首先,延续了 Teece 等(1997)关于动态能力的维度划分,也进一步界定和明晰了感知能力、获取能力、转化能力的内涵,将研究嵌入制造企业“数字工厂”的构建情境中,

进一步细化为七个子能力:环境感知能力、管理评估能力、数据采集能力、数据连通能力、数据穿透能力、技术赋能和员工赋能。其次,与 Warner 和 Wäger(2019)的研究不同的是,前者根据德国不同传统行业提取的数字动态能力,从广度上涵盖不同行业数字化转型的共同点。而本文聚焦中国制造企业,从深度上挖掘制造端数字化转型场景,剖析制造企业资源重组、流程再造、能力重构机制,针对“数字工厂”的实现过程,业务场景更加具体,因此提出的七个子能力具有其独特价值和地位,可操作性更强。此外,步科代表了一批经历信息化改造后面临众多“数据烟囱”状况的企业,这反映了我国制造企业数字化转型现状,贴合我国制造企业数字化转型进程。最后,与以往学者研究进行对话,本文不仅回应冯军政和魏江(2011)提出的把动态能力作为合并型多维构念来研究的观点,即不但关注动态能力的构念本身,还要关注其构成维度层面的构念甚至子构念;而且本文案例验证动态能力理论同样适用于像中国这样的转型经济体,丰富了动态能力理论研究情景,从而发展了数字时代下的动态能力理论,进而完善动态能力理论、提高该理论的普适性。

第二,本文利用单案例的研究方法,通过步科数字工厂改善的案例,刻画了制造企业数字化转型的路径,搭建了数字化转型路径模型,构建具有可操作性动态能力框架。与 Warner 和 Wäger(2019)不同之处在于前者强调数字化转型是持续性战略更新过程,强调战略敏捷性,并且认为通过建立动态能力可以帮助企业实现数字化转型;本文则认为数字化转型过程本身

就是组织动态能力的构建过程,强调“数字化能力”的塑造。构建数字感知能力、数字获取能力和数字转化能力单向流动路径框架,并且随着能力流的不断流动,能力实现高阶化转变,成为其他企业难以模仿的能力:从基础性的数字感知能力到关键性的数字获取能力,最后的数字转化能力体现了数字化转型过程中的赋能机制,是企业的内化能力,这样的高阶能力是企业数字时代持续获取竞争优势的来源,也进一步重申“数字化转型过程的本质是企业能力提升的过程”这一观点,丰富了“数字化能力”的研究(Annarelli et al., 2021)。

本文坚持极端性和启发性原则选取数字化转型实践领域的制造企业做理论分析,但由于案例研究本身的局限性,本文结论的普适性成为不可忽略的局限之一。本文所选案例企业位于自动化行业,而制造企业的数字化转型的表现之一是自动化与信息化的融合,因此该类行业具备业务场景优势,更容易触发数字化转型。此外,制造企业所处的产业链地位不同,产品用途不同,面对用户群体不同。本文模型匹配的是M端数字化触发场景;当制造企业面对的终端客户为C端时,则要考虑C端数字化触发情境,数字获取能力和数字转化能力会有不同的内容,相应的数字化转型场景不同,之后应结合具体案例,展开多案例对比研究;并且,本文所展示的动态能力路径仅仅是众多演化路径之一,而不是唯一的路径,也有学者从企业智能制造、行业平台赋能和园区生态构建的路径推进传统产业的数字化转型(吕铁, 2019)。未来研究可以通过动态仿真等方式对研究结论的有效性进行检验和扩展。

(三) 实践意义

数字化转型是当前制造业关注的热点问题,本文具有两点启示意义。第一,制造企业数字化转型过程是企业动态能力重构与提升过程。数字化转型不仅是应用数字技术提升业务活动效率,更重要的是数字技术与业务流程、业务场景的深度融合后产生的数据赋能。从短期来看,数字动态能力的塑造需要企业大量的资金和时间投入,需要不断试错和匹配;从长远来看,企业在这一过程中的快速迭代更新,积淀的知识与经验,构成了企业长久发展的组织能力“基石”。

第二,数字化转型中动态能力建设要把握从数字感知能力到数字获取能力再到数字转化能力的关键路径。数字感知能力要求企业加强对内、外环境变化的敏感度,包括外部技术环境、国家政策,内部管理能力、生产状况,加速企业对数字化转型的必要性和潜力性的认识;数字获取能力启示企业根据自身价值主张与利益诉求,借助包括IT提供商在内的数字化解决方案提供商的力量,决定打通哪个环节以及如何打通该环节的“数据流”,依次实现数据采集—数据连通—数据穿透;数字转化能力强调制造企业的数字化转型不仅是对数字技术的应用,更重要的是培养员工的“数字思维”和“数字技能”,实现组织模式与业务流程的数字转化。

接受编辑:梁建

收稿日期:2020年6月1日

接受日期:2021年5月6日

作者简介:

张培(通讯作者, E-mail: zhangpei@hebut.

edu.cn), 河北工业大学经济管理学院教授; 获得河北工业大学管理学博士学位。曾在《科研管理》《管理评论》《科学学与科学技术管理》《管理学报》等国内知名期刊发表有关服务创新、价值共创、服务外包关系治理等主题的学术文章。目前研究兴趣为数字化转型、服务创新等。

张苗苗, 河北工业大学经济管理学院硕士研究生, 研究领域为数字化转型。

参考文献

[1] 宝贡敏、龙思颖:《企业动态能力研究:最新述评与展望》,《外国经济与管理》,2015年第7期。

[2] 陈琛:《智能制造助力人类命运共同体构建》,《中国科技论坛》,2020年第4期。

[3] 陈畴镛、许敬涵:《制造企业数字化转型能力评价体系及应用》,《科技管理研究》,2020年第11期。

[4] 池毛毛、叶丁菱、王俊晶、翟姗姗:《我国中小制造企业如何提升新产品开发绩效——基于数字化赋能的视角》,《南开管理评论》,2020年第3期。

[5] 崔淼、周晓雪:《在位企业的能力构建与数字化战略更新:一项质性元分析》,《研究与发展管理》,2021年第1期。

[6] 冯军政、魏江:《国外动态能力维度划分及测量研究综述与展望》,《外国经济与管理》,2011年第7期。

[7] 何伟、张伟东、王超贤:《面向数字化转型的“互联网+”战略升级研究》,《中国工程科学》,2020年第4期。

[8] 黄俊、郭耿轩、刘敏、秦颖:《动态能力视阈下我国汽车制造企业智能化转型升级路径研究——对3家本土自主品牌车企的跨案例探讨》,《科技进步与对策》,2018年第23期。

[9] 姜忠辉、罗均梅、孟朝月:《动态能力、结构

洞位势与持续竞争优势——青岛红领1995—2018年纵向案例研究》,《研究与发展管理》,2020年第3期。

[10] 焦豪、魏江、崔瑜:《企业动态能力构建路径分析:基于创业导向和组织学习的视角》,《管理世界》,2008年第4期。

[11] 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》,《科学决策》,2019年第1期。

[12] 刘祎、王玮、苏芳:《工业大数据背景下企业实现数字化转型的案例研究》,《管理学报》,2020年第1期。

[13] 刘意、谢康、邓弘林:《数据驱动的产品研发转型:组织惯例适应性变革视角的案例研究》,《管理世界》,2020年第3期。

[14] 罗仲伟、任国良、焦豪、蔡宏波、许扬帆:《动态能力、技术范式转变与创新战略——基于腾讯微信“整合”与“迭代”微创新的纵向案例分析》,《管理世界》,2014年第8期。

[15] 吕铁:《传统产业数字化转型的趋向与路径》,《人民论坛·学术前沿》,2019年第18期。

[16] 马名杰、戴建军、熊鸿儒:《数字化转型对生产方式和国际经济格局的影响与应对》,《中国科技论坛》,2019年第1期。

[17] 毛基业、张霞:《案例研究方法的规范性及现状评估——中国企业管理案例论坛(2007)综述》,《管理世界》,2008年第4期。

[18] 孟凡生、赵刚:《传统制造向智能制造发展影响因素研究》,《科技进步与对策》,2018年第1期。

[19] 孟凡生、徐野、赵刚:《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》,《科学决策》,2019年第11期。

[20] 钱雨、孙新波、苏钟海、董凌云:《传统企业动态能力与数字平台商业模式创新机制的案例研究》,《研究与发展管理》,2021年第1期。

[21] 吴航:《动态能力的维度划分及对创新绩效的影响——对 Teece 经典定义的思考》,《管理评论》,2016 年第 3 期。

[22] 肖静华、谢康、吴瑶、冉佳森:《企业与消费者协同演化动态能力构建: B2C 电商梦芭莎案例研究》,《管理世界》,2014 年第 8 期。

[23] 余江、孟庆时、张越、张兮、陈凤:《数字创新: 创新研究新视角的探索及启示》,《科学学研究》,2017 年第 7 期。

[24] 周济:《智能制造——“中国制造 2025”的主攻方向》,《中国机械工程》,2015 年第 17 期。

[25] 周文辉、孙杰:《创业孵化平台数字化动态能力构建》,《科学学研究》,2020 年第 11 期。

[26] 朱晓红、陈寒松、张腾:《知识经济背景下平台型企业构建过程中的迭代创新模式——基于动态能力视角的双案例研究》,《管理世界》,2019 年第 3 期。

[27] Annarelli, A., Battistella, C., Nonino, F., Parida, V., & Pessot, E. 2021. Literature review on digitalization capabilities: Co-citation analysis of antecedents, conceptualization and consequences. *Technological Forecasting and Social Change*, 166: 120635.

[28] Barney, J. B. 2001. Resource-based theories of competitive advantage: A ten-year retrospective on the resource-based view. *Journal of Management*, 27: 643-650.

[29] Berman, S. J. 2012. Digital transformation: Opportunities to create new business models. *Strategy & Leadership*, 40: 16-24.

[30] Cohen, B., Amorós, J. E., & Lundy, L. 2017. The generative potential of emerging technology to support startups and new ecosystems. *Business Horizons*, 60: 741-745.

[31] Danneels, E. 2008. Organizational antecedents of second-order competences. *Strategic Management Journal*, 29: 519-543.

[32] Eisenhardt, K. M. 1989. Building theories from

case study research. *Academy of Management Review*, 14: 532-550.

[33] Eisenhardt, K. M., & Martin, J. A. 2000. Dynamic capabilities: What are they? *Strategic Management Journal*, 21: 1105-1121.

[34] Eisenhardt, K. M., & Graebner, M. E. 2007. Theory building from cases: Opportunities and challenges. *Academy of Management Journal*, 50: 25-32.

[35] Gartner Inc. 2017. Gartner IT Glossary - Digitalization. <https://www.gartner.com/it-glossary/digitalization/>.

[36] Gioia, D. A., Corley, K. G., & Hamilton, A. L. 2013. Seeking qualitative rigor in inductive research: Notes on the Gioia methodology. *Organizational Research Methods*, 16: 15-31.

[37] Glaser, B. G., & Strauss, A. L. 1967. *Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. New York: Aldine.

[38] Legner, C., Eymann, T., Hess, T., Matt, C., Böhm, T., Drews, P., & Ahlemann, F. 2017. Digitalization: Opportunity and Challenge for the Business and Information Systems Engineering Community. *Business & Information Systems Engineering*, 59: 301-308.

[39] Lichtblau, K. 2015. *Industrie 4.0 - Readiness*. Impuls-Stiftung.

[40] Macher, J. T., & Mowery, D. C. 2009. Measuring dynamic capabilities: Practices and performance in semiconductor manufacturing. *British Journal of Management*, 20: S41-S62.

[41] Matarazzo, M., Penco, L., Profumo, G., & Quaglia, R. 2021. Digital transformation and customer value creation in Made in Italy SMEs: A dynamic capabilities perspective. *Journal of Business Research*, 123: 642-656.

[42] Matt, C., Hess, T., & Benlian, A. 2015.

Digital transformation strategies. *Business & Information Systems Engineering*, 57: 339–343.

[43] McIntyre, D. P., & Srinivasan, A. 2017. Networks, platforms, and strategy: Emerging views and next steps. *Strategic Management Journal*, 38: 141–160.

[44] Nag, R., & Gioia, D. A. 2012. From common to uncommon knowledge: Foundations of firm – specific use of knowledge as a resource. *Academy of Management Journal*, 55: 421–457.

[45] Nambisan, S. 2017. Digital entrepreneurship: Toward a digital technology perspective of entrepreneurship. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 41: 1029 – 1055.

[46] O'Reilly III, C. A., & Tushman, M. L. 2008. Ambidexterity as a dynamic capability: Resolving the innovator's dilemma. *Research in Organizational Behavior*, 28: 185–206.

[47] Park, A., Lee, K. J., & Casalegno, F. 2010. The three dimensions of book evolution in ubiquitous computing age: Digitalization, augmentation, and hypermediation. In 2010 IEEE International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing. *IEEE*, 374–378.

[48] Pisano, G., & Teece, D. J. 1994. The dynamic capabilities of firms: An introduction. *Industrial and Corporate Change*, 3: 537–556.

[49] Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. 2015.

How smart, connected products are transforming companies. *Harvard Business Review*, 93: 96–114.

[50] Reis, J., Amorim, M., Melão, N., & Matos, P. 2018. Digital transformation: A literature review and guidelines for future research. In World conference on information systems and technologies. Springer, Cham: 411–421.

[51] Strauss, A., & Corbin, J. M. 1997. *Grounded Theory in Practice*. London: Sage Publications.

[52] Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. 1997. Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18: 509–533.

[53] Teece, D. J. 2007. Explicating dynamic capabilities: The nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic Management Journal*, 28: 1319–1350.

[54] Vial, G. 2019. Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28: 118–144.

[55] Warner, K. S., & Wäger, M. 2019. Building dynamic capabilities for digital transformation: An ongoing process of strategic renewal. *Long Range Planning*, 52: 326–349.

[56] Winter, S. G. 2003. Understanding dynamic capabilities. *Strategic Management Journal*, 24: 991–995.

[57] Yoo, Y. 2010. Computing in everyday life: A call for research on experiential computing. *MIS Quarterly*, 34: 213–231.