

# 数字化如何推动制造企业绿色转型？<sup>\*</sup>

## ——资源编排理论视角下的探索性案例研究

曹 裕 李 想 胡韩莉 万光羽 汪寿阳

**摘要：**数字化如何推动企业绿色转型已引起业界与学术界的关注，而其微观层面的内在驱动机理尚未厘清。本文基于资源编排理论，采用纵向单案例研究方法对数字化驱动制造企业绿色转型的阶段特征与内在机理进行了深入研究。研究发现：第一，制造企业的数字化过程经历了工具化向在线化、在线化向智能化、智能化向生态化演进的三次跃升，并推动企业实现了从绿色结构化到绿色能力化再到绿色杠杆化的绿色转型发展；第二，三次跃迁过程中制造企业数据资源的编排方式存在明显差异，不同数字编排方式下制造企业数字化对绿色转型的驱动表现为以数字基础推动绿色结构化、数字捆绑推动绿色能力化、数字撬动推动绿色杠杆化的推动过程，并形成了“特征—能力—行动”的内在驱动逻辑。本文发现了制造企业实现数字化转型的跃升演进规律，揭示了数字化助力制造企业绿色转型的内在机理，拓展并丰富了资源编排理论的研究情境与理论内涵，为后发企业在数字经济时代的绿色转型升级与路径提供启发与参考。

**关键词：**制造企业 数字化 绿色转型 资源编排

### 一、引言

制造业是构筑未来发展战略优势的重要支撑，经过70多年的发展，我国已成为全球第一制造业大国。但制造业的高速发展也带来了严峻的环境问题，制造业以其20%的全球碳排放占比成为了碳排放的“第三元凶”。党的二十大报告指出：“要加快发展方式绿色转型，发展绿色低碳产业”，对制造业高质量发展提出了明确的绿色转型要求。但如何推进制造业绿色转型与经济发展的“和谐共生”，坚持可持续发展战略是理论界与实务界亟待探索的难题（李维安等，2019；解学梅、朱琪玮，2021）。绿色转型并非一蹴而就的：一方面，绿色转型和政府环保规制会大幅增加企业生产经营成本，部分制造企业受限于成本压力难以真正实现“绿色化”（解学梅、韩宇航，2022）；另一方面，我国多数制造企业绿色技术水平较低，需要创造新的绿色经济增长点，否则未来企业可能“连市场的门都摸不到”（黄、李，2017）。

数字技术的兴起为制造企业绿色转型带来了新契机，是实现“双碳”目标的重要抓手。其泛生性、开放性、流动性、普惠性、虚拟性的特点，能够有效解决制造企业绿色转型中面临的运营成本窘境和技术突破难题（罗等，2022）。然而，戴翔和杨双至（2022）、肖静和曾萍（2022）等研究发现，不同行业、不同地区、不同属性企业中数字化对绿色转型的推动作用存在明显的异质性。现实中，低数字化企业更多得益于人工替代与更高效无缝衔接之下的绿色价值，如有色金属企业；高数字化则带来生产方式、能源结构等多方面转型下的绿色能力，如工程机械企业。也就是说，尽管都称之为数字化，但不同企业的数字化发展存在较大的水平差异，表现出明显的阶段性发展特征（肖静华等，2021；杜勇等，2022）。这也解释了数字化与绿色转型之间为何存在“影响不大”与“影响巨大”的矛盾性结论。加之，绿色转型囿于成本与技术也存在阶段性（肖静等，2022），节约资源、提高资源利用效率、改变能源结构等不同绿色转型表现所要求的数字化能力也存在差

<sup>\*</sup>本项研究得到国家自然科学基金项目（71972182、72272153、72274055、71988101）、国家哲学社会科学基金青年项目（22CGL019）、湖南省科技创新领军人才项目（2021RC4007）、湖南省自然科学基金项目（2022JJ30176）的资助。感谢三一集团对调研访谈的大力支持与帮助，当然文责自负。汪寿阳为本文通讯作者。

异。因此,制造企业在数字化与绿色转型之间面临着能力与阶段匹配问题。那么,制造企业的数字化发展存在哪些阶段?不同发展阶段的数字化能力如何转化为绿色化能力进而推动制造企业的绿色转型?数字化驱动绿色转型的内在机理以及如何实现阶段匹配?均是需要解决的关键问题。

以往学者分别对制造企业数字化与绿色化给予了持续关注。一方面,数字技术的应用彻底颠覆了传统制造企业的生产方式。纵观现有研究,部分学者验证了数字化对企业运营、组织、战略、文化、商业模式、人力资源管理等多方面的变革影响(萨达特曼德等,2019;陈剑、刘运辉,2021;周翔等,2023),并尝试以数字平台企业案例为基础探索分析企业数字化的价值创造路径(张媛等,2022),取得了丰富的研究成果,但缺乏针对制造企业数字化转型阶段的系统性分析。另一方面,部分文献探讨了企业绿色转型的内在动力,提炼出“政府政策—企业行动—企业绩效”的推动路径(谢等,2021;解学梅、韩宇航,2022),认为政策压力是促使企业绿色转型的主要动力。但以上研究均为外部推动,缺乏有关从内部激活企业资源实现绿色转型的动态演变机制研究。更重要的是,目前有关数字化与绿色化的研究是割裂的,仅罗等(2022)等少量学者探讨了企业数字化对于绿色创新的影响这一问题,但基本只是笼统探讨了数字化与绿色化的关系,没有关注到数字化与绿色化转型的阶段特征。

本质上,数字化赋能绿色转型的过程是数据资源编排的过程,在提高资源交换、组合和集成效率的同时也释放了数据资源作为绿色价值创造源的关键作用(文等,2018)。资源编排理论是基于资源基础观、动态能力理论和资源拼凑理论优化发展而来的资源管理理论,是实现关键能力和资源拼凑的微观基础,可以有效解释管理者如何整合、捆绑和利用资源,形成关键能力以获取企业竞争优势(西蒙等,2007)。绿色能力作为“双碳”背景下企业关键竞争力之一,能够成为数据资源编排的主要作用结果(解学梅、韩宇航,2022)。现有研究虽然强调有效的资源编排与关键能力可以创造企业竞争优势并实现价值(吴瑶等,2022;周翔等,2023),但对于企业数字化助力绿色转型中资源编排的过程属性却缺乏深入探讨。而制造企业又不同于一般企业,其数字化进程具有行业特色,因此有必要以制造企业为研究对象,从资源编排过程视角破解数字化推动制造企业绿色转型的纵向演变路径与内在推动机理。

针对以上现实与理论瓶颈,同时响应国家“双碳”目标以及绿色转型的重大战略需求,本研究聚焦“数字化如何推动制造企业绿色转型”这一核心问题,选取三一集团为对象开展单案例纵向研究,探明制造企业数字化的演进历程与发展规律,并重点分析制造企业数字化推动绿色转型的内在机理。具体如下:一是发现了制造企业实现数字化转型的演进历程,表现为“工具化—在线化—智能化—生态化”四阶段的三次跃升演进规律;二是揭示了制造企业数字化推动绿色转型的内在机理,基于“资源建构—资源捆绑—资源撬动”的编排框架,依次表现为数字基础驱动绿色结构化、数字捆绑驱动绿色能力化、数字撬动驱动绿色杠杆化的阶段性推动特征,并提出了“特征—能力—行动”的内在驱动逻辑;三是拓展了资源编排理论的应用情境,将企业资源编排的范围从企业内部扩展到了产业生态层面,并运用于数字化与绿色转型之间互动的情境中。

## 二、文献回顾

### (一)绿色转型

绿色转型是指企业以绿色发展理念为指导,以资源集约利用和环境友好为导向,以绿色创新为核心,坚持生产全过程绿色化,兼顾经济绩效和环境绩效,最终实现生态环境改善和经济社会高质量发展的一种绿色发展模式(万攀兵等,2021)。目前有关绿色转型的研究主要集中于两个方面:一是研究环境规制政策对地区、产业、企业绿色转型的促进或抑制作用(中国社会科学院工业经济研究所课题组、李平,2011;欧阳等,2020;王波等,2022),这些政策包括绿色补贴(姚洪心、吴伊婷,2018)、绿色信贷政策(谢乔昕、张宇,2021)、低碳试点城市(苏涛永等,2022)等。二是研究企业绿色转型的模式与价值增值路径。绿氢/绿电替代、原料/产品结构调整、工艺流程再造、数字化和智能化被认为是高碳排放行业的主流低碳化策略(张锁江等,2022),而具体的绿色转型模式则存在“产业链绿色集成模式”“供应链绿色整合模式”“多重响应绿色蝶变模

式”“隐形冠军绿色追赶模式”4种(解学梅、韩宇航,2022)。同时,建立由供应商、终端消费者、经销商、零售商等利益相关者的绿色发展战略联盟可以保证各个主体在供应链博弈过程中更快实现绿色转型(周永圣等,2017)。

尽管已有研究从宏观与微观两个层面对绿色转型的环境规制效应、模式与价值增值路径做出了有益探讨,数字化、智能化也多次被提出是行之有效的低碳化策略(郭丕斌、张爱琴,2021;张锁江等,2022),但这类研究多为数字化对绿色转型促进作用的验证性研究,基于具体情境探讨其过程机理的针对性研究较为不足,其能否形成具有实践意义的指导还亟待微观证据予以进一步验证。与此同时,不同国家、不同行业的企业实践现状与发展阶段往往存在差异,结合中国情境展开嵌入式案例探索尤为重要(刘洋等,2020)。因此,本文基于过程视角展开数字化助力制造企业绿色转型的内在机制研究。

### (二)企业数字化与绿色转型

数字化是指通过互联网、通信技术、人工智能等相关数字技术的综合应用,塑造一个全感知、全联接、全场景、全智能的数字世界,触发企业颠覆性变革,对企业商业模式、业务模型、组织结构等进行全面重塑的过程(黄丽华等,2021)。目前,数字化已成为企业创造可持续竞争优势、突破发展瓶颈与技术难题的重要机会(戚聿东等,2021),越来越多企业开始探索数字化转型实践,将数字技术嵌入到商业模式(南比桑等,2019)、运营管理(戚聿东、肖旭,2020)、产品研发(刘意等,2020)、管理变革(刘淑春等,2021)、人力资源管理(谢小云等,2021)、金融创新(龚强等,2021)、知识编排与动态能力演化(周翔等,2023)等多方面,验证了企业数字化转型的价值及其价值创造的阶段性特征。

现阶段已有学者研究了数字化对于绿色转型单维度或单阶段能力的影响。如肖静和曾萍(2022)、王锋正等(2022)、罗等(2022)、冯等(2022)均就数字化对绿色技术创新或绿色创新能力的影响进行了实证检验,并进一步分析了区域、政治关联、企业属性等异质性影响。然而,绿色创新只是企业绿色转型的一个关键能力或中间环节(解学梅、朱琪玮,2021),最终能否帮助企业实现“和谐共生”的绿色发展仍有待探索。仅戴翔和杨双至(2022)提出探明数字化对绿色转型的全面影响及其内在机制的重要性,其在2000~2012年间制造企业微观数据基础上发现了规模效应与技术效应两种重要中介机制。但已有研究对纳入时间维度的演化机制刻画仍有不足(解学梅、韩宇航,2022),亟需从理论视角动态剖析制造企业数字化推动绿色转型的阶段划分、具体特征与内在机理,为我国制造企业的高效绿色转型提供理论指导。

### (三)资源编排

企业可持续竞争优势领域学者认为探明内在机理是在市场均衡力量下保持竞争优势的根本问题(凯,1993),逐渐演化出资源观、能力观、知识观、复杂观等重要理论。资源编排理论事实上是资源观与能力观的结合,强调静态资源与动态能力之间的依存关系(张青、华志兵,2020),具有比知识观更为全面的资源内涵,比复杂观更为简单的逻辑系统。该理论指出企业对资源的动态管理是其创造价值和构建竞争优势的基础,通过形成与外部环境需求相匹配的能力和资源组合实现新的价值目标,即将能力(安德、赫尔法特,2003)嵌入在资源演化、能力形成及能力利用过程之中,认为持续竞争优势源自企业的资源、能力和管理者能力的组合(查德威克等,2015;奥里亚等,2021),具体包括三大基本子过程:一是资源建构(即资源结构化),指企业通过获取、积累有价值资源及剥离无用资源,从而构建企业发展所需的资源池;二是资源捆绑(即资源能力化),指企业前期通过学习和整合资源将它们作用于企业的能力提升中;三是资源撬动(即资源杠杆化),指通过资源组合和能力相连接释放价值资源从而实现价值传递的过程(西蒙等,2007,2011)。在每一个资源编排过程中,资源是持续竞争优势的必要条件,在零散资源基础上形成的与发展阶段相匹配的能力是中间产品,其作用在于推进资源行动与演化、提升资源利用效率(马卡多克,2001)。

许多学者将资源编排理论运用于数字赋能研究(胡海波等,2022;陈寒松、田震,2022;张媛等,2022;马鸿佳等,2022;周翔等,2023),以及本土企业绿色创新与转型问题(李婧婧等,2021;解学梅、韩宇航,2022),为本文运用资源编排理论探索数字化推动企业绿色转型的机理提供了分析框架。一方面,资源编排理论为

过程视角下企业数字化推动绿色转型中的能力跃升提供了新的视角和理论基础,企业在不同数字化阶段呈现的特点以及内外环境均不同(西蒙等,2011),因此企业要充分利用其权变理念,通过“资源建构—资源捆绑—资源撬动”的编排过程来盘活企业的传统资源与数字资源,实现企业效能从内至外的升级(卡恩斯等,2017;苏敬勤等,2022)。另一方面,本文提出资源编排框架能够有效揭示每个阶段内数字化推动企业绿色转型的内在机制,即“特征—能力—行动”的内在驱动逻辑,以每个阶段下的数字化特征为基础,匹配管理能力、创新能力、协调能力三维度的关键能力(孙新波等,2019),推演出关键能力驱动下的资源行动以及相应的绿色化结果表现。现阶段关于如何调动数字资源提升企业绿色发展能力的研究较为空白,如何编排数字资源以推动企业数字化转型还是需要学者深入的探索(德里吉安尼等,2019;张青、华志兵,2020)。基于此,从资源编排理论分析数字化推动制造企业绿色转型的内在过程和作用机理,可深入解析数字化与绿色化的内在关系,进而对企业如何通过数字化推动企业的绿色转型提供实践方向。

### 三、研究方法

#### (一)方法选择

本文的核心内容是研究数字化驱动制造企业绿色转型的内在机制。考虑到制造企业转型升级是一个动态的演进过程,而对内在机制的探究又是一个复杂的问题,因此选用单案例纵向研究法对其进行深入研究,主要原因如下:首先是单案例适合回答“how”和“why”这类解释机制或者过程的研究问题(殷,2014),具有归纳性和探索性的特征;其次是大型制造企业数字化驱动绿色转型是一个影响因素复杂且动态变化的过程,涉及到资源管理、资源编排优化、技术变革等因素在不同时间阶段中不断变化且交错的影响,通过对案例情境的深入描写与分析,能更好地解剖复杂问题,挖掘其背后隐藏的理论逻辑并凝练理论(黄江明等,2011)。同时,制造企业数字化驱动绿色转型作为近年的新兴现象,其实践背后的驱动机理尚未得到深入解读,而单案例纵向研究更加适合某一特定现象背后的规律提炼与理论归纳(焦亚等,2013),符合殷(2014)在单案例研究选择上提出的代表性原则;最后,本文期望通过以制造业龙头企业三一集团的研究揭示制造业数字化推动绿色转型过程中存在的痛点或参考范式,通过启示性单案例的挖掘对数字化推动绿色转型的过程机制进行抽象凝练,所得出的研究结论同样能够对其他企业有所启发(西格尔科夫,2007)。

其次,本研究结合了时序区间方法和关键事件法,按照时间和逻辑顺序切分时序区间,随时间推移而展开的数字化发展与绿色转型的过程研究(兰利,1999),界定该过程中里程碑性的数字化事件与绿色转型事件,以关键事件点为基准向前后追溯,识别影响该关键事件的具体行动,从多个属性维度系统判断事件影响(达顿、杜克里奇,1991)。

#### (二)案例选择

党的二十大报告明确提出“把发展经济的着力点放在实体经济上”为制造业坚定了发展信心,同时强调“推进能源革命,分步实施双碳战略”为制造业转型升级指明了方向。而工程机械行业作为中国制造业的支柱产业,2021年行业产销数额双双跃居世界第一,是全球市场的挑战者、变革者,甚至引领者。一方面,工程机械行业数字化时间早于其他制造行业,数字化理念与手段均具有超前性,并已经起到了生态化辐射作用(如工业互联网);另一方面,工程机械行业绿色转型理念突出,绿色智能被视为工程机械下一个“风口”。因此,在转型升级中具有前瞻性、领先性的特征,对其他制造行业的转型升级有启示作用。

在明确案例选择行业的基础上,研究团队先后调研工程机械行业全球50强“三一集团”“中联重科”“山河智能”“铁建重工”4家企业(见表1),及其生态链合作企业。最终遵循案例选择的代表性与独特性、理论抽样的典型性与适配

表1 四大制造企业数字化推动绿色转型情况对比

		三一集团	中联重科	铁建重工	山河智能
		2008年至今	2014年至今	2014年至今	2016年至今
时间上	数字化	2008年至今	2014年至今	2014年至今	2016年至今
	绿色化	2010年至今	2014年至今	2016年至今	2014年至今
方式上	自身手段	全流程数字化、绿色化	全流程数字化、绿色化	全流程数字化、绿色化	全流程数字化、绿色化
	辐射方式	“体外孵化”树根互联	“体内孵化”中科云谷	“体内孵化”中誉鼎力	“体内孵化”山河祥云
成就上	代表成果	世界级“灯塔工厂”	智慧产业城	智能化工厂	工程机械智能工厂
	排名	全球第四名	全球第六名	全球第三十名	全球第三十四名

性、案例调查的可行性等原则选择了中国工程机械制造业龙头企业(2022年全球第四)——三一集团作为案例研究对象。

(1)案例选择兼顾了代表性与独特性的原则。在时间上,三一集团的数字化、绿色化转型均领先于行业,其经历能够比较完整地体现数字化变革的机制和细节,提供了丰富的变革过程数据。早在2008年,在行业尚未意识到信息化与数字化的重要性时,三一集团智能化焊接机器人便已应用到实际生产中;2013年,集团正式确立“互联网+”战略规划;2018年,集团在营销服务、研发、供应链、财务等方面实现了数字化与智能化,早于行业整体完成了经营的全流程数字化。在方式上,面对制造业“寒冬期”,三一集团一方面采用了普适性的全流程数字化、绿色化转型手段,另一方面又极具创新性的“体外孵化”了树根互联股份有限公司,在完成自身数字化转型的基础上,为装备制造、钢铁冶金、汽车整车及零配件、电气等数十个工业细分行业近千家企业提供互联网服务,打造了环保、铸造、纺织等多个产业链工业互联网应用,带动一大批上下游企业实现数字化转型。树根互联因此成为第一批国家级跨行业跨领域工业互联网平台企业。在成就上,作为中国工程机械制造业龙头企业(全球第四),三一集团一直将产业数字化与绿色化放在集团战略核心地位,打造的“绿色再制造”“绿色工厂”品牌具有国家级示范效应,多家子公司荣登工信部“绿色制造”名单。尤其是“18号厂房”作为全球重工行业首座“灯塔级”绿色工厂,被誉为“世界上最先进的工厂”,是具有榜样意义的“数字化制造”和“全球化4.0”示范者,代表当今全球制造业领域智能制造和数字化最高水平。

(2)案例选取遵循理论抽样原则(格拉泽等,1968),具有典型性与适配性。所选案例出于理论的需要而非统计抽样原因。数字化推动绿色转型问题属于当下理论和实践研究的重点方向,但以往研究主要侧重于用实证检验数字赋能与绿色技术创新或绿色能力之间的关系,相比以往对“关系”层面的实证分析,本文选取三一集团作为研究对象,由数字化特征激活到关键能力塑造,再到资源编排行动转化,最后落脚在各阶段绿色化的实现,深入探索实现的“过程”和阶段性特点,有利于丰富和发展数字化、绿色化和资源编排相关理论。兼顾了理论目标与企业最佳实践的一致性原则。

(3)案例调研具有极高的可行性。研究团队与三一集团长期开展项目合作,对其数字化、绿色化发展提出建议,对其基本情况与关键事件把握充足。且研究团队对三一集团及其生态系统企业进行了调研访谈,访谈对象跨越基层、中层、高层,为深入探讨二者互动过程,辨识转型中的关键问题,提炼理论创新,奠定了坚实的数据基础。

### (三)数据收集

与传统案例研究数据收集方法不同,本研究以实地调查研究为主,同时引入大数据爬虫技术作为辅助技术,实现更高效率和更综合全面的数据收集工作,从3个方面采集数据以提高案例的信度和效度(殷,2014),从多方面进行数据实时和回溯性收集,覆盖三一集团2008年以来数字化转型的全过程,用多渠道数据收集来交叉验证,以符合数据收集的三角验证原则(艾森哈特,1989)。主要有以下三类数据:(1)半结构化访谈,调研重点为三一集团数字化与绿色转型过程。对企业高层管理者、相关部门负责人、IT团队、高管团队以及各个部门中的基层工作人员进行了不同的问题设计,并在调研过程中通过受访者反馈的信息,进行团队内部讨论,将各成员获得的材料与不同受访者提供的材料相互印证,探讨研究中存在的不足并不断更新调研问题,避免调研内容脱离企业实际和数据的内容过于结构化。(2)企业内部资料,主要包括公司网站资料、档案资料(企业的宣传视频、PPT以及内部刊物)、公告年报、社会责任报告、内部刊物和现场观察所获得的资料。(3)互联网渠道收集数据,三一集团属于国内制造业龙头企业,网上有大量相关的报告、新闻和学术论文以及行业年鉴,我们使用“八爪鱼”爬虫软件,以“三一”“数字”“绿色”等系列词汇为关键词进行了二手数据收集与整理。数据来源如表2所示。

### (四)数据分析

本文采用多级编码的方式(许晖、张海军,2016),并且由团队不同成员共同参与编码以减少单一主观认知带来的同源偏差,由团队内成员各自提出数据编码方案,并由其他成员共同商讨修改、整合,直到所有成

员对方案达成一致,最后确立方案。在编码过程中,出现明显差异或者逻辑相悖的数据,就会统一回归最初数据进行确认或对相关部门负责人进行二次回访(毛基业,2020)。

首先,通过开放式编码形成一级概念。研究团队遍历全部原始资料,筛选出与数字化、绿色化主题基本相关的内容,再使用Nvivo质性分析软件进行编码和识别构念,生成高频关键词,将高频词进行汇总分类与总结,并以此为基础开展手动编码,以自动编码检验编码有效性,进一步根据时间跨度识别出其中存在的关键时间点并匹配编码内容,将收集的数据分为三一集团数字化的三次跃迁。其次,解读、聚合一级概念形成二级主题。将三次跃迁过程中具有数字化和绿色化特征的一级概念聚合,形成抽象化、理论化的二级主题。为保证编码的客观性,团队以可证伪性原则为基础,在一级概念和二级主题编制过程中反复迭代,最终形成二级主题。最后,聚合二级主题形成聚合构念。该步骤在二级主题的基础上,结合资源编码理论,寻找并解析编码背后的逻辑关联。因此,本研究将编码整合到“数字化”“绿色化”“内在驱动逻辑”三大聚合构念。选择性编码释义如表3所示,数据结构如图1所示。

此外,为了进一步提高分析结果的信度与效度,本研究采取信息回访法与专家挑战法进行验证。首先,在理论模型构建初期,研究团队数次往返三一集团交流,请企业实践者再次评估模型和构念的契合度;其次,研究团队邀请多位从事数字化、绿色化领域研究的学者对模型及构念合理性进行探讨。在案例分析部分,本文以三次跃升阶段为划分,分别呈现了由一阶构念组成的具体数据结构与来源(详见表4~表9),分别揭示数字化推动制造企业绿色转型的基础、过程机制和结果。

## 四、案例概况

三一集团创建于1989年,主营业务是以“工程”为主题的装备制造业。作为工程机械行业转型升级的先

表2 数据来源表

数据来源	数据内容				
一手访谈资料	访谈对象	访谈主题	访谈时长	资料字数	编码方案
	三一集团副总裁	企业战略与历程	约6小时	3万字	A1
	树根互联企业负责人	树根互联发展史	约8小时	5.1万字	A2
	三一集团数字化板块负责人	数字化与绿色化	约7小时	4.5万字	A3
	三一集团北京桩机工厂技术负责人	灯塔工厂愿景	约2小时	1.4万字	A4
	三一集团北京桩机工厂管理人员(2人)	灯塔工厂实操	约2小时	1.8万字	A5
	三一重工起重机械事业部负责人	电动化举措	约1小时	1万字	A6
	三一重工研发人员(5人)	绿色技术	约5小时	4.8万字	A7
参与式观察	多次实地调研三一集团,包括多个事业部、智能制造试点示范“灯塔工厂”等,了解企业数字化转型运营情况、数字技术、电动化、绿色发展情况				B
	管理人员提供的内部资料				C1
二手数据资料	从三一集团及树根互联官方网站、中国知网等公开渠道获取的与研究主题相关的资料				C2
	三一集团子公司年报、社会责任报告/ESG报告				C3
	从人民日报等权威媒体或组织网站中获取的报道、文件				C4

表3 选择式编码示例

聚合构念	释义	二级主题	释义
数字化	通过互联网、通信技术、人工智能等相关数字技术的综合应用,塑造一个全感知、全联接、全场景、全智能的数字世界,触发企业颠覆性变革,对企业商业模式、业务模型、组织结构等进行全面重塑的过程。	数字基础	在识别转型所需资源缺口基础上,引入先进的数字信息系统,通过内部培育和开发所需的数字资源基础。
		数字捆绑	利用数字工具实现传统资源与数字资源的有机耦合,从而激活资源效用,创新现有能力。
		数字撬动	以企业内部数字资源与创新结果为基础,向生态链外部撬动辐射,形成更广域范围的数字升级。
绿色化	企业以绿色发展理念为指导,以资源集约利用和环境友好为导向,以绿色创新为核心,坚持生产全过程绿色化,兼顾经济绩效和环境绩效,最终实现生态环境改善和经济社会高质量发展的绿色发展模式。	绿色结构化	企业获取外部资源,积累和剥离内部资源,形成基础性的绿色资源编排、提升资源利用效率的过程。
		绿色能力化	企业前期通过学习和整合资源,将它们作用于绿色工艺与技术创新,从而提升企业绿色能力的过程。
		绿色杠杆化	企业通过绿色资源组合和绿色能力相连接释放价值资源,从而实现绿色价值向企业外部传递的过程。
内在驱动逻辑	以资源编排理论为基础,揭示数字化推动绿色转型各演变过程中“特征—能力—行动”的内在驱动逻辑。	数字特征激活	不同数字化阶段下所激活的具有阶段性特色的数字特征。
		关键能力形成	依赖阶段性数字特征的激活,不同阶段下企业的关键能力在数字化加持后有了具有突破性的新体现。
		资源行动转化	企业以不同发展阶段下企业数字特征与关键能力为基础,为实现既定目标主动采取的资源编排行为。

行者,三一集团于2008年就开始了数字化道路,并始终通过数字化战略驱动企业绿色化转型升级,全方位提升了产品、渠道、服务等方面的核心竞争力,逐步成长为工程机械行业龙头、世界500强企业之一,探索出了一条“数字化推动绿色转型”的高质量发展路径。纵观三一集团发展历程,其完整经历了传统制造企业“工具化—在线化—智能化—生态化”四阶段及三次数字能力跃升,并同步实现了绿色结构化、能力化与杠杆化的阶段性升级,打造了以三一集团为核心的平台生态系统体系,将数字化推动绿色转型的经验辐射于整个生态,一举摘得“低碳创新社会责任企业”“2021 碳达峰碳中和绿色供应商”“绿色供应链管理示范企业”等多项荣誉。这三次跃升中数字化驱动绿色转型的轨迹十分明显,为构建理论提供了鲜活的证据(见图2)。

### (一)工具化向在线化跃升推动绿色结构化转型

2008年以来,在行业尚未意识到信息化与数字化的重要性时,三一集团抓住数字经济红利,率先布局数字化起重机生产线、启动了智能化焊接机器人的实践应用,对原有落后的、冗余的业务流程进行彻底改造,通过生产线数据在线,实现了工具化向在线化的跃升,由此进入资源编排过程的第一子阶段,呈现出“建构资源基础以推动绿色结构化”的特点。

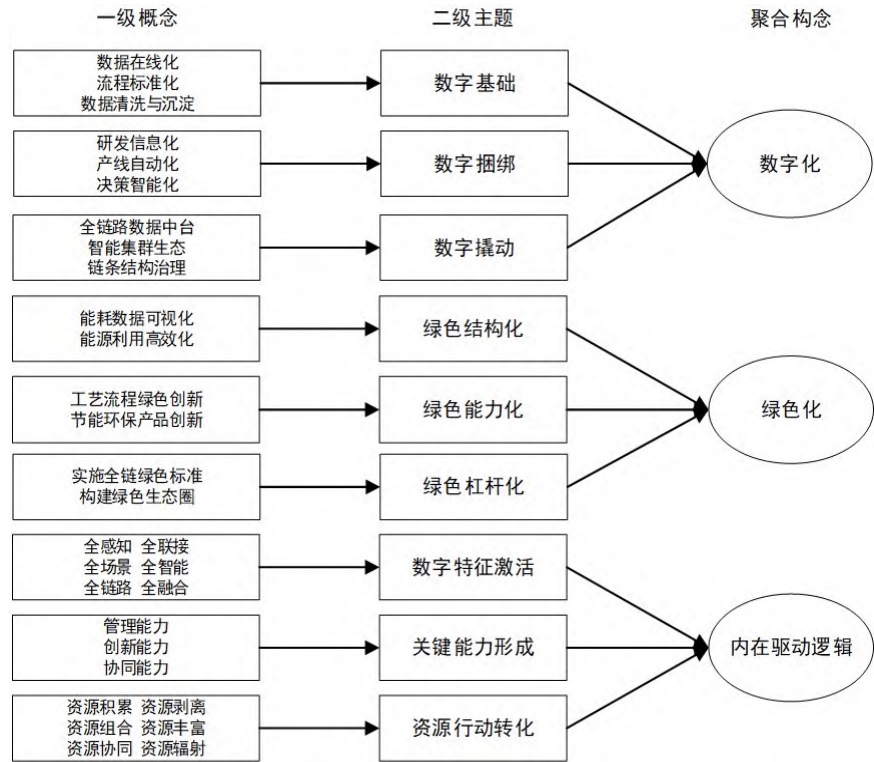


图1 数据结构图

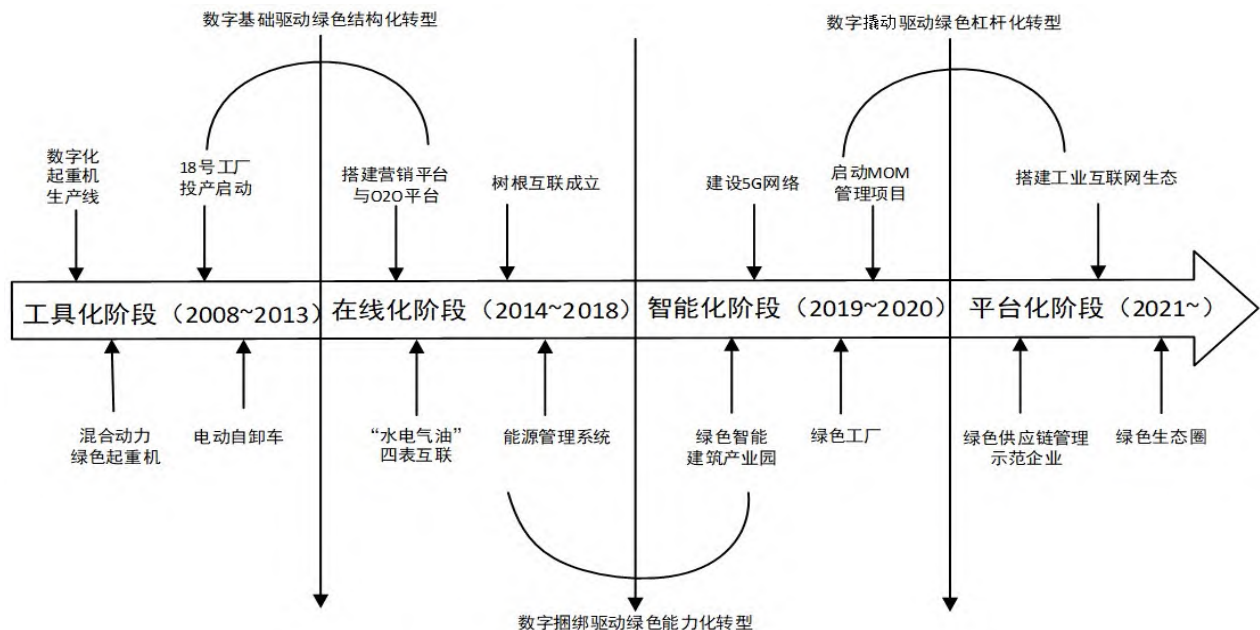


图2 三一集团数字化与绿色化转型关键事件对比图

此阶段,三一集团依托树根互联平台打通数据在线难点,探索构建“终端+云端”的工业大数据平台、营销平台与O2O平台,18号工厂投产启动,在此数据导向基础上一方面实现了混合动力绿色起重机、电动自行车等电动化产品突破,极大程度提高了产品绿色属性;另一方面通过在生产线上全面绑定水电气表,实现了生产线、产品线的数据在线与资源利用可视化,将数据资源结构化优势拓展至绿色资源的结构化发展。

### (二)在线化向智能化跃升推动绿色能力化转型

2019年,三一集团以数字化和绿色化转型助力“三高四新”战略实施作为发展的大前提和大逻辑,紧跟数字化革命潮流,紧抓绿色制造大势,全面启动灯塔工厂建设。随着灯塔工厂建设的推进,三一集团处于全球工程机械行业领先水平,同时也正式由在线化向智能化转型,进入资源编排过程的第二子阶段,呈现出“捆绑资源要素以推动绿色能力化”的特点。

此阶段,三一集团系统提升了全面推进研发、采购、制造、营销服务、管理的数字化,实施“三现”数据、设备互联、营销信息化、产销存一体化、研发信息化等一批数字化项目并取得积极进展,尤其是三一集团制造管理系统的启动,上层连接着研发信息化、仓库管理系统等多套系统,下层连接物联网平台,智能工厂生产制造的“指挥大脑”就此形成,推动公司的生产制造“由局部智能迈入全面智能”。正是由于三一集团智能化转型,其整个企业资源的调配能力得到飞速提升,实现了以智能设备为基础的资源最优化配置与利用,并基于此建成了绿色智能建筑园区与绿色工厂等,绿色资源的供给和利用得到了能力化跃升。

### (三)智能化向平台化跃升推动绿色杠杆化转型

2021年,三一集团完成了一系列数字化改造的“灯塔工厂”,涵盖了包括混凝土机械、挖掘机械、道路施工机械等广泛业务。与此同时,三一集团“体外孵化”的工业互联网平台企业树根互联已进入成熟期,搭建了以三一集团为核心的工业互联网生态圈,三一集团正式由智能化发展向生态化发展转型,进入“资源杠杆化”的资源编排过程,呈现出“撬动资源边界以推动绿色杠杆化”的特点。

与前两个阶段不同的是,三一集团着力推动数据资源高质量、技术创新高水平、基础设施高效能,实现数字赋能全产业链,打造数据驱动的产业集群,构筑产业“生态圈”。同时,“绿色杠杆化”的作用逐渐凸显,绿色转型效果也从提高绿色能源供给、利用能力转变为建立全产业链绿色标准、实现全链条零库存管理体系和全链条的资源整合。在生态化转型阶段,无论是数字化还是绿色化,三一集团都将从平台化产业链生态和区域集群转型等方面布局。

## 五、三一集团案例分析

根据上述案例概况,本部分将基于资源编排理论,重点阐述数字化驱动绿色转型的过程与机理,以回答“数字化如何推动制造企业绿色转型”这一核心问题。

### (一)数字基础驱动绿色结构化转型的过程与机理

#### 1. 数字基础

在第一次跃升中,三一集团通过设备改造升级,实现了数据在线化、流程标准化,并对数据进行了清洗与沉淀,完成了数字基础的构建工作。

(1)数据在线化。数据在线是一切数字化转型的基础,指将生产信息编码成数字格式,使计算机能够存储处理过程并传输这些信息(维亚尔,2019)。2008年,三一集团布局“终端+云端”工业大数据平台,提出建设设备远程管控数字化工厂,即实现工厂内的每台机器设备与物联网大数据后台互联,为生产和销售环节提供关键数据参考。2016年,三一集团成功孵化出树根互联企业,提出“透明工厂”的解决方案,对制造车间实现了设备、能耗的数据在线化和全部透明化,充分释放数据价值,使得数据由最初的工具化逐渐向在线化转变。

(2)流程标准化。流程标准化被认为是企业数字化转型的早期特征,指将固定的过程和信息从模拟形式转换为数字的标准形式(索鲁克、卡默兰德尔,2020)。2014年,三一集团与思爱普公司、国际商业机器公

工商管理

司正式达成合作,共同推进流程优化与系统实施,基于流程设计成果及客户管理软件平台,设计并开发了客户管理系统,实现了业务流程由工具化向在线化转型的跨越。2018年,三一集团持续推进业务流程的数字化升级,聚焦概念到产品、线索到回款、订单到交付、问题到解决四大主线,推动流程的标准化、在线化、自动化、智能化四化建设,实现了集团全部流程活动和节点的在线化管控。

(3)数据清洗与沉淀。数据同质化是数字化最底层的特性,强调数据的简洁性、便利可视(尤,2010)。只有通过大数据反复地清洗与沉淀,才能为每一道工序、每一种机型,甚至每一个道具来匹配最优参数,进而优化生产能力。截至2014年,三一集团已成功建立起企业控制中心和独立的流程信息化部门,通过数据挖掘和分析等技术,实时监测产品性能、检测设备故障,保障产品售后服务的及时性。

2. 绿色结构化

在第一次跃升阶段,绿色转型并不存在绿色创新,只是从资源利用广度与深度两方面提高了绿色结构化程度,其中广度上表现为能耗数据可视化,深度上表现为能源利用高效化。

(1)能耗数据可视化。可视化是数字赋能带来的基本特点(龚强等,2021),与绿色能源监控需求相匹配。经过前期数据的收集与处理、业务流程的标准化,工厂内设备实现有效互联互通,尤其是树根互联介入下建设的“四表”能源监控数字化平台、废弃排放实时监测平台等,使工作人员在系统后台能够实现远程实时监控、能源管控、控制开关电路和设置运转功率,实现了基础的能耗数据积累与应用,达到了节能环保的目的。

(2)能源利用高效化。基础的数据分析能够带来资源利用效率的提升(戚聿东等,2021)。三一集团以工业互联网为依托,推出了能源管理系统,基于设备互联、能源数据和负荷信息,预测能源使用情况,评估节能空间,通过空压机、涂装线、调质线、切割机等高能耗设备错峰用电、实施调试循环用水等方式,实现了智能制造节能节水生产,减少了空转设备能源浪费现象,助力企业打造智能制造“绿色工厂”。这一模式持续助力三一集团高效利用能源资源,实现了7000余台设备能源费用精确测量和精准分析。

3. 数字基础驱动绿色结构化转型的实现机理

在工具化向在线化跃升的阶段,三一集团实现了数据在线化、流程标准化以及数据的清洗与沉淀,建构了强有力的数字基础。该阶段的数字基础具有“全感知”与“全联接”的数字特征,其中“全感知”是指能够感知企业内外部资源以查询自身独特的资源优势与资源缺陷(朱秀梅、林晓玥,2022);“全联接”是指通过硬软件数据在线以打通资源壁垒和优化资源调配(黄丽华等,2021)。三一集团具有领先的数字化发展意识,早在2008年就将智能化焊接机器人应用到实际生产中;2013年,集团正式确立“互联网+”战略规划;2016年,部署树根互联工业互联网平台企业孵化项目,将集团内部传统数字化操纵平台相互连接,以及“研产生销服”全流程信息在线化,实现了三一集团数字化从工具化向在线化的转型。

“全感知”与“全联接”的数字基础能够有效提高企业管理能力(孙新波等,2019)。一方面表现为单项资源利用率提高,在线化阶段的全感知特征帮助企业开展同类生产线对比,有利于找准生产线管理做法的优缺点,逐步优化生产管理方法,增强单线资源利用;另一方面表现为整体资源把握度提高,三一集团生产线装配“水—电—油—气”,实现了组织部门与生产部门数据的全面在线与联结,在精准把握生产线运行情况的同时,也有利于多部门互相监督,实现资源整体管控。

表4 工具化向在线化转型阶段的编码与证据展示

二阶主题	一阶概念	相关引文与证据
数字基础建构	数据在线化	布局“终端+云端”工业大数据平台,探索大数据在提升工业效率上的应用,提出建设设备远程管控数字化工厂。(C1)
	流程标准化	以临港产业园中挖装配线和昆山产业园小挖等工厂为试点,着手布局数字化工厂建设,对生产车间进行科学化、标准化的流程改造,开展工艺规划、装配仿真、物流仿真、工厂仿真、机加仿真。(C2)
	数据清洗与沉淀	“我们利用大数据算力对工厂各个运作环节接入的数据进行反复计算和分析,旨在为每一道工序、每一种机型,甚至每一个道具来匹配最优参数,以达到优化生产能力的目的。”(A3)
绿色结构化	能耗数据可视化	“我们对工厂的每个设备和生产线都安装了MES、APS、GSP和传感器等系统,清晰记录每一台设备的用电量、用水量、用气量等,并且通过这些系统工作人员能够及时准确地发现设备及工位异常信息。”(A2)
	能源利用高效化	应用树根互联能源管理系统以后,如今三一集团“18号工厂”实现便捷高效的能源管理并实现智慧运维。通过单耗对比分析,可以反映生产过程中,主机与辅机的能源消耗具体数值,可以对比班组之间的单耗,从而进一步优化减少能耗。(C3)

管理能力被视为资源建构的重要条件,有效推动了三一集团的资源积累与剥离行动,使其从运营管理层面实现了最基础的绿色结构化转型(霍伊尼克、鲁泽尔,2016)。“资源积累”是指企业从外部学习并获取资源,识别对企业有价值的资源并逐渐积累,以形成自身的竞争优势(西蒙等,2007)。三一集团早期通过搭建传统的工业大数据平台,以及建设数字化的“18号工厂”等系列举措,逐步积累起企业生产、销售等环节的有形数据资源,并通过水电气表绑定生产加工设备实现了产品全生产周期的可视化,以提高整体资源利用效率的方式实现了绿色广度转型。“资源剥离”是指用有效资源代替无效资源的过程,以达到资源利用最大化的目的(西蒙等,2007)。树根互联等数字化团队介入之后,帮助三一集团搭建了基于可视化数据的能源管理系统、废弃排放实时监测平台、碳监测平台等,将原有冗余的业务流程剥离、淘汰,避免设备空转,有效提高了资源循环协同使用效率,帮助三一集团实现了绿色深度转型。正是由于以上资源编排行行动,帮助三一集团在深度与广度上均实现了绿色结构化发展,由此完成了数字基础对绿色结构化转型的驱动过程(见图3)。

## (二)数字捆绑驱动绿色能力化转型的过程与机理

### 1. 数字捆绑

在第二次跃升阶段,三一集团从研发信息化、产线自动化、决策智能化3个方面全面提高了数据资源的应用程度,实现了对数字资源的有效捆绑。

(1)研发信息化。知识编码自动化、隐性知识显性化是智能化阶段的重要表现,有利于撬动合作组织的知识边界,促进组织对外部环境的感知与合作创新活动(肖静华等,2018)。三一集团搭建的技术中台有3个组成部分:一是云原生容器,通过云原生环境,软件能够在任何领域中实现私有化和公有化部署;二是微服务治理平台,让业务逐步积淀成更多的微服务,形成更多标准的结构件;三是开源平台,在此基础上敏捷开发自动化流水线,将组件进行快速组装,形成新的软件,提高软件开发的质量和速度。

(2)产线自动化。依托机器人流水线作业智能化,利用机器手、自动化控制设备或自动流水线推动企业技术改造向机械化、自动化发展,有利于实现制造过程物质流、信息流、能量流和资金流的智能化(谭建荣等,2017)。三一集团建设的“灯塔工厂”,通过重构软件和数据,深度挖掘数据价值,利用数据和算法驱动实现从数据到自动化生产的过程,共有8个柔性工作中心,16条智能化产线,375台全联网生产设备。设备作业率从2018年的35%提升到了2020年的75%,在没有新购设备的情况下实现了产能翻番,人均产值也提升了68%,夺得了全球销量冠军。

(3)决策智能化。智能制造过程以知识和推理为核心,可显著提高整个制造系统的自动化和柔性化程度(谭建荣等,2017)。三一集团对研发设计、生产制造、经营管理、营销服务进行数字化改造,打造出了全新的企业组织结构。诸多数字化平台的建立和使用,使得各事业部能依托平台进行数据的收集、整理、归类、分析、运用,从而实现了智能决策。

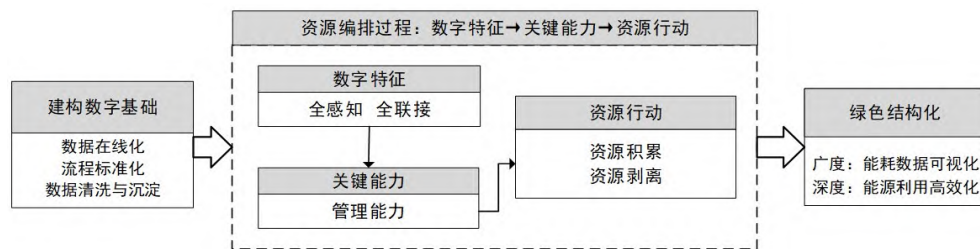


图3 数字基础驱动绿色结构化转型的实现机理

表5 数字基础驱动绿色结构化转型的编码与证据展示

二阶主题	一阶概念	相关引文与证据
数字特征激活	全感知	“通过与业内企业对比发现,我们在技术研发、人才储备等资源上的优势还是很明显的,这也是三一能够最早实现全产线可视化、可感知数字化的原因之一。”(A1)
	全联接	数字化监管产品——“铁甲卫士”,结合智慧工程监管平台和掌上监管APP,实现对单车工作状态、轨迹、油耗及围栏触发等状态的实时监控,为每辆车建立车辆画像,横向纵向分析车辆行为,有效防止磨洋工及偷漏油等现象发生。(C4)
关键能力形成	管理能力	将企业目前分散的各信息资源,如原有系统数据、Excel表格数据、文件资源、图片资源等,集成到企业级的应用平台之上,方便保存、检索、统计,提高信息资源的使用效率。(B)
资源行动转化	资源积累	“公司经常安排我们向外部原生态数字化企业不断学习,汲取各公司先进的发展理念,可靠成熟的技术应用等,对我们很有启发。通过学习能让我们重新识别自身企业拥有的优势资源,并持之以恒的开发利用,形成核心竞争力。”(A5)
	资源剥离	“我们会通过实时监测平台定期处理那些存在浪费资源、废旧老化等问题的设备,提高资源的利用率。”(A5)

## 2. 绿色能力化

在第二次跃升阶段,绿色转型升级是通过绿色工艺创新和绿色产品创新所引领的两条主要路径实现的(郭丕斌、张爱琴,2021)。三一集团通过数字赋能,有效提高了现有生产工艺和产品创新水平。

(1)工艺流程绿色创新。数字赋能使得环境数据透明化,有效提升工艺流程改进的创新软环境(罗等,2022)。第二次跃升下三一集团成功建成控制中心和流程信息化部门,加速推进全流程工艺智能化绿色改造。如涂装工艺已基本改造为水性漆静电喷涂,能源消耗大大降低且减少了对环境的影响,并逐步进行机器人自动喷涂改造;焊接工艺亦使用数字化焊机,能效水平较传统模拟焊机提高20%。

(2)节能环保产品创新。数字赋能有利于提高企业绿色创新投入、研发、产出能力,是企业利用资源解决环境问题综合能力的体现(罗等,2022)。三一集团在研发信息化基础上主推创新无人化、自动化、智能化产品,自主研发出无人轮胎压路机、无人双钢轮压路机与无人摊铺机联机操控系统,配套可移动无人驾驶控制中心。同时,从油耗、碳排等多方面针对性升级已有的挖掘机械、路面机械、混凝土机械产品,有效解决了城市施工的环保和人居友好问题。

## 3. 数字捆绑驱动绿色能力化转型的内在机理

在线化向智能化跃升阶段,三一集团实现了研发信息化、产线自动化以及决策智能化,捆绑了最全面的数字要素。该阶段的数字化特征表现为“全场景”与“全智能”,其中“全场景”指打破数字技术运用场景边界;“全智能”指管理、生产、研发等多套系统的全面智能化(南比桑等,2019)。2019年,三一集团在行业内率先启动灯塔工厂建设。随着灯塔工厂建设的智能化推进,三一集团的员工数量从2011年的5.18万人减少到2019年的1.85万人,与此对应的公司人均产值从2011年的97.97万元提升到2019年的410.11万元。2020年的制造管理系统项目建立了统一生产数据模型,将排产进一步细化到人和设备,真正实现生产过程的全数字驱动,推动公司的生产制造迈入全面智能化阶段。

“全场景”与“全智能”的数字特征能够有效提高企业创新能力(陈剑、刘云辉,2021)。一方面表现为创新边界的突破,“全场景”下的数字转型导向拓宽了企业商业创新边界,三一集团打通了服务与技术边界,在完善产品能耗监测系统的同时也通过精准把握产品折旧水平提高售后服务质量。另一方面表现为创新基础的积累,三一集团的“全智能”数字系统,具有智能化的数据信息集成式分析与决策能力,有利企业分析创新需求与突破口,针对性开展创新研发工作。

创新能力被视为资源捆绑并转化为实际能力的关键(韩炜等,2021),有效推动了三一集团的资源丰富与组合行动,使其从绿色创新层面实现了较高层次的绿色能力化转型。“资源丰富”是指企业通过提高智能制造和精益制造能力来丰富现有能力范畴(西蒙等,2007)。三一集团研发信息化基础上,不断探索先进的低碳工艺流程,于2020年实现智能制造8项技术突破,包括无人下料、自动分拣、中小件自动开坡口、大件自动折弯、自动组队焊接、全自动机加、机器人喷涂、自动化物流,实现了制造工艺的低能耗,形成了巩固型绿色能力。“资源组合”是指企业使用现有资源组合并持续加大研发能力(西蒙等,2007)。三一集团一直致力于在节能环保领域对技术的潜心研究,系统构建工程机械技术创新平台,不断加大节能环保技术的研发投入,通过创新平台将已有内部资源捆绑,实现固定资产与无形资产的利用最大化,突破了SAP45C-10电动推

表6 在线化向智能化转型阶段的编码与证据展示

二阶主题	一阶概念	相关引文与证据
数字要素捆绑	研发信息化	三一集团构建技术中台(包含容器云、微服务治理、DevOps三大平台)、研发云、仿真云,打造三一集团敏捷开发体系,支持未来云化解耦,实现核心技术资产的沉淀,提高软件交付能力和水平。(B)
	产线自动化	“我们工厂一共有8个柔性工作中心,16条智能化产线,375台全联网生产设备。设备作业率从2018年的35%提升到了2020年的75%,在没有新购设备的情况下实现了产能翻番。”(A4)
	决策智能化	三一集团建立和使用诸多数字化平台进行数据的收集、整理、归类、分析、运用、智能决策,促进信息内部透明、数据资源共享,减少了数据的重复无效及供需的不对称、不匹配。(A6)
绿色能力化	工艺流程绿色创新	2020年,三一国际仅仅通过使用数字化焊机一项举措,就实现了单位焊接用电量由1.6度降低至1.2度,减少了生产过程中电力的损耗。(C3)
	节能环保产品创新	SY1250H挖掘机,采用三一自主研发的“DMOS”发动机一泵一阀集成动态寻优智能控制系统,设定输出扭矩值,达到实时最佳匹配状态,实现综合节油10%以上。(C3)

铺机、三桥43米泵车等多种节能环保产品,形成了增强型绿色能力。因此,借助于第一阶段的资源建构过程中企业积累的数据资源,在智能化转型阶段的案例企业以创新能力为基础,捆绑数字资源要素,突破了智能化、自动化领域关键核心技术,在数字化能力加强的同时也带动了绿色能力化(见图4)。

### (三)数字撬动驱动绿色杠杆化转型的过程与机理

#### 1. 数字撬动

在第三次跃升阶段,三一集团主要从搭建全链路数据中台、建立智能集群生态、治理优化产业链结构3个方面发挥数字化撬动作用。

(1)全链路数据中台。边界跨越理论指出,数字生态化阶段的平台建设能够动态化、柔性化组织边界,进而推进组织间信息流通和知识互换(周文辉、程宇,2021)。三一集团搭建的涵盖营销、研发、计划排产等各个业务环节的数据中台,就是跨越组织边界的关键抓手,为三一集团及其链上企业提供清洁、透明的数据资产和高效、易用的数据服务。截至2021年10月,数据中台融合了1.7万亿条数据,拥有245TB原始数据量,每日保持1.2T的数据增量。对内连接8000多台生产设备、28000多个“三现”摄像头、16000多支“四表”;对外连接60万台设备,每日保持100亿条设备数据增量。

(2)智能集群生态。生态化阶段广泛连接的生态系统能够实现价值创造多样化,协同共生领先于系统外企业(周文辉、程宇,2021)。三一集团与树根互联合作打造根云平台,推动产业链智能集群生态,以三一集团数字化模式为模板,打造了工程机械、混凝土、环保、铸造、塑料模具、纺织、定制家居等20余个产业链云平台,带动一大批上下游企业实现数字化转型。同时,树根互联为81个工业细分行业提供基于“连接、计算、应用、创新”的解决方案,覆盖95%的主流工业控制器,支持400多种工业协议解析,已经接入各类工业设备超70余万台。

(3)链条结构治理。全产业链的数据收集和治理有利于实现数字化能力的泛在部署(维亚尔,2019),使三一集团生态圈生产潜能得到极大发挥。同时,为解决产业链链条长、数据多的问题,三一集团还在积极构建一套适合集团实际发展情况的数据治理体系,支持全局智能化运维,依托千万个数据采集点收集的工业大数据,为每一道工序、每一个机型、甚至每一把刀具等匹配最优参数,优化生产节拍,打造企业数据中台的关键工程。

#### 2. 绿色杠杆化

在第三次跃升阶段,三一集团致力于构建产业链绿色标准、全链条资源整合,从而推动集中采购、供应、生产、零售标准一体化,实现提质增效、节能减排。

(1)实施全链绿色标准。合规性是企业绿色转型被动型注意力配置的主要方向,绿色标准是驱动上下游共同绿色化的典型举措(解学梅、韩宇航,2022)。节

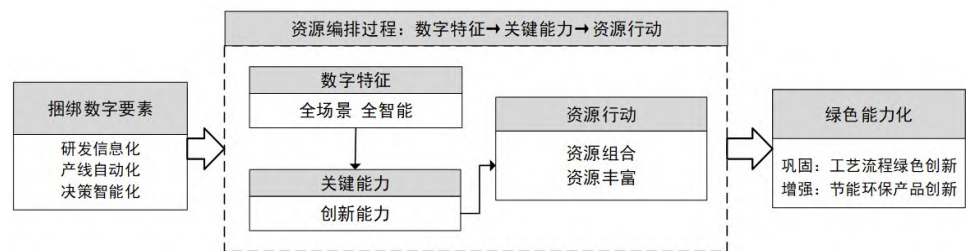


图4 数字要素驱动绿色能力化转型的实现机理

表7 数字要素驱动绿色结构化转型的编码与证据展示

二阶主题	一阶概念	相关引文与证据
数字特征激活	全场景	“基于树根互联工业互联网平台,目前我们18号工厂的全部9大工艺、32个典型场景都已实现‘聪明作业’,凡是计算机能做的事,决不允许人来做”。(A1)
	全智能	运用MOM制造管理系统,通过打通生产、质量、物流、库存等生产环节,与产线自动化设备深度集成。MOM上层连接PLM、WMS等多套系统,下层连接IoT平台,是智能工厂生产制造的“指挥大脑”。(C2)
关键能力形成	创新能力	2021年三一集团PCT国际专利申请新增179件,海外国家专利申请新增20件,累计推出国际化产品128款,同比提升83%,其中欧美高端市场型谱覆盖率提升到64%。(C4)
资源行动转化	资源组合	“我们将现有的资源进行梳理整合,并继续加大研发投入,包括研发人员倍增计划、研发基础设施建设投入等。其中关于试验检测,今年规划投入逾20亿元。”(A4)
	资源丰富	三一集团将精益制造、智能制造生产过程中的经验、流程、方法,发挥到PC部品部件的生产过程中,让成本越来越低,速度越来越快。(C1)

能环保是三一集团评估供应商、构建供应链生态最重要的要素之一。三一集团采用GSP数字化平台,对全球3000多家供应商进行管理,使得原材料和零件采购能够保持统一的绿色标准并维持相对稳定的价格。同时,提高对供应商绿色设计、清洁生产和绿色包装要求,建立企业绿色原料及产品可追溯系统。如推动水性油漆全面应用、持续引入新技术促使油耗不断降低,实现资源节约、环境友好。

(2)构建绿色生态圈。中小企业会关注和跟随行业龙头和群体的方向,即绿色技术创新存在同群效应(王旭、褚旭,2022)。三一集团致力于打造绿色生态圈。制定“安全、体验、高效”的智慧园区建设规划,推动产业园从管理型向服务型升级,通过云计算与物联网结合的方式集成利用各类资源,让整个园区真正实现节能降耗。同时,以三一集团“18号厂房”作为试点,建立企业碳排放标准体系、采集碳排放源、核算碳排放数据,协助工程机械装备行业制定合理科学的“双碳”路径,带动生态圈企业绿色低碳转型。

### 3. 数字撬动驱动绿色杠杆化转型的内在机理

智能化向生态化跃升阶段,三一集团实现了全链路数据中台、产业链智能集群生态并以数据治理优化链条结构,撬动了数字能力应用边界。该阶段的数字化特征表现为“全链路”与“全融合”,其中“全链路”指数字技术运用到所有相关产业链供应链(陈剑、刘运辉,2021);“全融合”指将生态系统内部优势融合管理与应用(杜勇等,2022)。三一集团作为树根互联的首家及最大服务主体,以自身转型数据为基础,形成了“三一集团数字化转型解决方案”,这为81个工业细分行业提供基于“连接、计算、应用、创新”的解决方案,覆盖95%的主流工业控制器,支持400多种工业协议解析,已经接入各类工业设备超70余万台。而树根互联通过积累更多行业的数据,不断学习与优化自身的智能决策系统,并反哺于三一集团的数字化转型。

“全链路”与“全融合”的数字特征能够有效提高企业协同能力(杜勇等,2022)。一方面表现为资源协同,生态化阶段形成了以三一集团为核心的“全链路”平台生态系统,三一集团通过开放自身工业互联网平台,引导全链企业共享数据与资源信息,以实现生态系统内部的资源优化配置;另一方面表现为技术协同,平台生态系统内部企业具有不同的技术优势,工业互联网下的“全融合”特点鼓励企业进行知识共享与技术交流,通过技术协同实现生态利益最大化(奥尔雷德等,2011)。

在智能化向生态化转型的阶段,三一集团以智慧数据为支点,开展资源整合与撬动行动,以达到企业绿色杠杆化转型的最优效果,实现生态价值的传递。“资源协同”是指通过协调其他相关利益者参与到转型过程中以实现生态价值的创造和传递(解学梅、韩宇航,2022)。三一集团联手阿里云搭建数据中台,服务于园区智能监控、远程自动驾驶、仓储供应链、物流自动化、后市场服务平台等领域,以数据为基础构建全生产周

表8 智能化向生态化转型阶段的编码与证据展示

二阶主题	一阶概念	相关引文与证据
数字边界撬动	全链路数据中台	三一集团拥有目前制造业最全场景的数据中台,涵盖营销、研发、计划排产等各个业务环节。截至2021年10月,数据中台融合了1.7万亿条数据,拥有245TB原始数据量,每日保持1.2T的数据增量。(C2)
	智能集群生态	三一集团通过投资树根互联,打造根云平台,推动产业链智能集群生态。(A1)
	链条结构治理	三一集团为解决链条长、数据多的问题,构建一套适合集团实际发展情况的数据治理体系,打造企业数据中台的关键工程。(C2)
绿色杠杆化	实施全链绿色标准	三一集团聚焦概念到产品、线索到回款、订单到交付、问题到解决四大主线,通过工业软件将标准流程固化,构建产业链绿色标准,实现流程活动和节点的在线化管控,大幅提升公司的核心业务流程标准化率和在线化率。(B)
	构建绿色生态圈	“树根格致基于工业区块链的智慧碳排放管理平台帮助我们制定碳减排计划,同时支持绿电、绿证、碳汇服务,一站式实现了碳中和闭环管理。”(A8)

表9 数字撬动驱动绿色结构化转型的编码与证据展示

二阶主题	一阶概念	相关引文与证据
数字特征激活	全链路	2021年三一集团依托根云平台,实现200多家供应商1000多台设备互联;推行系统EDI互联,实现287家供应商系统互联、744家供应商库存共享、51家供应商排产共享,增强了供应链协同效率和响应能力。(C1)
	全融合	三一集团以桌面云为切入点,通过超融合方案完美构建现代办公运营体系,具有成本节约、管理简单、扩展方便等优势。(B)
关键能力形成	协同能力	三一集团通过组织工程机械行业技术展会、联合供应商研发打造样板机型、重点帮扶100家供应商实现体系能力升级等行动,加强了与供应商在技术创新、资源协调、数字化协同等方面的引导与合作,提升了湖南省产业链发展水平。(C4)
资源行动转化	资源协同	三一集团发挥主机厂的资源优势,帮助“专精特新”中小企业融入产业链。2021年向供应商生态圈推出“卓越同行”改善项目,选取有改善意愿和潜力的供应商,帮助其进行体系、现场、设备、生产过程的全面改善,助力提高全产业链的业务能力和管理水平。(A8)
	资源辐射	三一云都产业园作为三一集团的全球科创中心,投资150亿围绕智能制造、智能建造、工业互联网、大数据、人工智能、新能源及新材料等打造一个数字经济生态圈。(C1)

期、全产业链条统一绿色标准,推动数据中台的环境效能与经济效能并行,实现了绿色标准杠杆化。“资源辐射”是指将企业数据资源与技术拓展到其他产业和领域的应用,打造制造产业绿色生态圈(卡梅洛,2018)。三一集团积极对外输出低碳管理体系,同时以物联网、大数据、云计算等技术帮助绿色供应链与生态圈进行能源、碳排放管理,实现了绿色应用杠杆化。经过前两个阶段资源编排过程的持续积累,生态化转型阶段的案例企业通过采用整合、撬动方式连接多方资源实现了平台生态系统的绿色价值创造,助推企业绿色杠杆化转型(见图5)。

## 六、讨论

基于案例分析,本文进一步探讨数字化推动制造企业绿色转型的演化模型,揭示数字化不同跃进阶段下推动绿色转型的内在机理,如图6所示。

从过程演化视角来看,制造企业数字化经历了工具化向在线化、在线化向智能化、智能化向生态化演进的三次跃升,表现为建构数字基础、捆绑数字要素、撬动数字边界的数字化演进过程,前一阶段数字发展水平决定企业能否转型到下一阶段,形成了层层递进的关系,实现了从企业内部向外部的数字蔓延。而在不同数字化跃进阶段,数字化有效推动了企业的绿色转型,依次表现为绿色结构化、绿色能力化与绿色杠杆化的演变过程,前一阶段的绿色发展程度也为下一阶段深化绿色转型奠定了基础。从内在机理视角来看,企业数字化行为会激活数字特征,由此提升企业的不同关键能力,成为释放数字化价值的重要途径,而能力带动下的资源编排行动是将数字化优势转化为绿色化表现的关键流程,最终推动企业绿色转型。

### (一)理论贡献

第一,现有研究多以绿色创新为标准衡量企业绿色转型结果(肖静、曾萍,2022;王锋正等,2022;罗等,2022;冯等,2022),研究影响绿色创新的渠道与手段(周永圣等,2017;姚洪心、吴伊婷,2018;张锁江等,2022),缺少过程视角下绿色转型的动态定义剖析;同时,数字化作为绿色转型的有效手段(郭丕斌、张爱琴,2021;张锁江等,2022),其讨论范围多局限于企业内部(戚聿东、肖旭,2020;江小涓、黄颖轩,2021),对于供应链乃至生态系统的辐射作用尚未明确(陈剑、刘运辉,2021;杜勇等,2022)。基于此,本文提出了具有阶段性特征的数字化推动制造企业绿色转型的理论模型,从时间与空间视角有效拓展了数字化

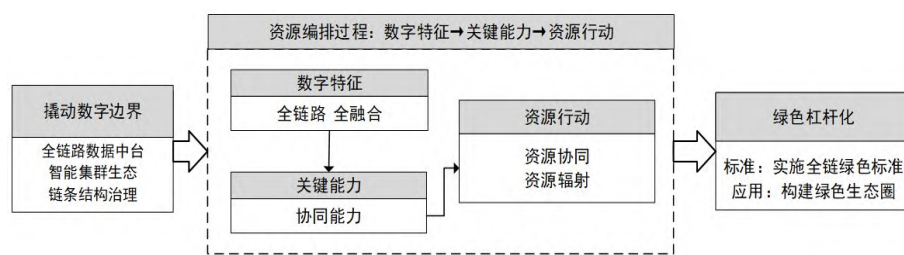


图5 数字撬动驱动绿色杠杆化转型的内在机理

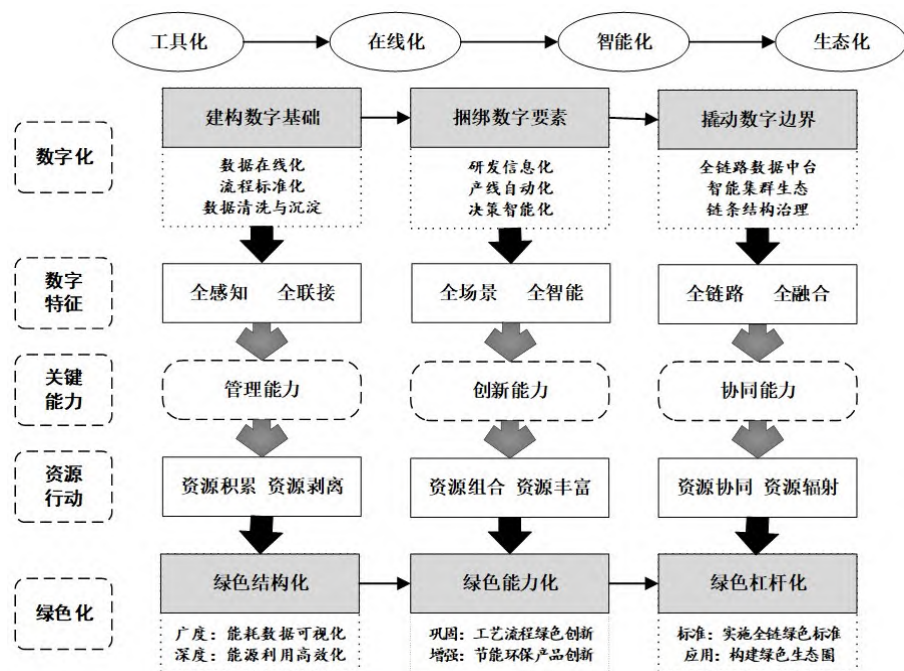


图6 数字化助力制造企业绿色转型过程机理的理论框架

与绿色转型的理论内涵与适用情境。通过对三一集团的探索性案例研究,发现制造企业的数字化过程经历了工具化向在线化、在线化向智能化、智能化向生态化演进的三次跃升,并推动企业实现了从绿色结构化到绿色能力化再到绿色杠杆化的绿色转型发展。由此,本研究响应了学者对于内部数字化与绿色转型到外部生态协同现象的关注(陈威如、王节祥,2021;南比桑等,2019),为数字化与绿色转型研究提供了新的理论内涵视角。

第二,已有资源编排理论的运用多从时间视角讨论基于“资源建构—资源捆绑—资源撬动”框架的价值创造(西蒙等,2011;解学梅、韩宇航,2022),较少关注单一时间阶段下价值形成与利用的内在过程(赖晓烜等,2022)。因此本文不仅基于资源编排理论框架解构了不同跃升阶段数字化驱动绿色转型的过程机理,还提出了各阶段“特征—能力—行动”的内在驱动逻辑,将当前“割裂式”的数字化与绿色化研究进行了理论整合,弥补了现有数字化与绿色化之间微观演变机理讨论不足的问题,揭示了数字化推动绿色转型的底层逻辑,形成了基于中国情境的理论深化,是对学者关于数字情境下价值创造范式变革研究(南比桑等,2019;格鲁、席尔瓦,2020;孙新波等,2021;张明超等,2021)的响应。

### (二)实践启示

第一,把握数字化驱动绿色转型的阶段性特征,科学、适度发挥数字化各阶段的关键能力,推动资源编排行动形成绿色化结果,以实现制造企业绿色化转型升级。因此,制造企业管理者应在精准把握自身数字化阶段的同时,以数字特征激活下的关键能力为基础,合理调配资源编排方式,通过“建构资源基础以推动绿色结构化转型”、“捆绑资源要素以推动绿色能力化转型”、“撬动资源边界以推动绿色杠杆化转型”的方式,实现企业绿色转型从“浅绿色”过渡到“深绿色”。

第二,制造龙头企业不仅要实现个体数字化,更关键的作用在于搭建平台生态系统,辐射整个产业链供应链的数字化发展与绿色化协同。因此,龙头企业应充分调动自身资源与能力,以自身数字化能力撬动整个生态的绿色转型,实现自身资源的绿色杠杆化,最终引领整个平台生态系统实现绿色价值提升。

### (三)研究局限与未来展望

第一,本文为单案例纵向研究,研究结果的普适性有待于通过大样本检验。虽然三一集团案例选择具有典型性与代表性,但制造企业种类、特点繁杂,故可以通过大样本研究进一步丰富研究结论。现阶段本研究中所涉及的构念如数字化、资源编排和绿色转型等都面临着测量困境,后续研究可进一步深化相关构念的测量,并使用二手数据检验这一关系。第二,我国绝大多数制造企业转型还处于“在线化向智能化转型”阶段,生态化发展下的未来方向存在不确定性,可能随时代发展涌现更多资源撬动方式。未来研究可结合时代发展背景,进一步拓展与深化数字生态化发展格局下制造企业绿色转型范式<sup>①</sup>。

(作者单位:曹裕、李想,中南大学商学院;胡韩莉,长沙理工大学经济与管理学院;万光羽,湖南大学经济与贸易学院;汪寿阳,中国科学院大学经济与管理学院、上海科技大学创业与管理学院)

#### 注释

①中外文人名(机构名)对照:黄(Huang);李(Li);罗(Luo);萨达特曼德(Saadatmand);谢(Xie);文(Von);西蒙(Sirmon);欧阳(Ouyang);南比桑(Nambisan);冯(Feng);凯(Kay);安德(Ander);赫尔法特(Helfat);查德威克(Chadwick);奥里亚(Oria);马卡多克(Makadok);卡恩斯(Carnes);德里吉安尼(Deligianni);殷(Yin);焦亚(Gioia);西格尔科夫(Siggelkow);兰利(Langley);达顿(Dutton);杜克里奇(Dukerich);格拉泽(Glaser);艾森哈特(Eisenhardt);维亚尔(Vial);索鲁克(Soluk);卡默兰德(Kammerlander);尤(Yoo);霍伊尼克(Hojnik);鲁泽尔(Ruzzier);奥尔雷德(Allred);卡梅洛(Carmelo);格鲁(Gerwe);席尔瓦(Silva)。

#### 参考文献

- (1)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》,《管理世界》,2021年第11期。
- (2)陈寒松、田震:《公司创业情境下孵化企业服务生态系统构建——基于资源编排理论》,《科研管理》,2022年第5期。
- (3)陈威如、王节祥:《依附式升级:平台生态系统中参与者的数字化转型战略》,《管理世界》,2021年第11期。
- (4)戴翔、杨双至:《数字赋能、数字投入来源与制造业绿色化转型》,《中国工业经济》,2022年第9期。
- (5)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》,《管理世界》,2022年第6期。
- (6)龚强、班铭媛、张一林:《区块链、企业数字化与供应链金融创新》,《管理世界》,2021年第2期。

- (7)郭丕斌、张爱琴:《负责任创新、动态能力与企业绿色转型升级》,《科研管理》,2021年第7期。
- (8)韩炜、杨俊、胡新华、张玉利、陈逢文:《商业模式创新如何塑造商业生态系统属性差异?——基于两家新创企业的跨案例纵向研究与理论模型构建》,《管理世界》,2021年第1期。
- (9)胡海波、王怡琴、卢海涛、刘晨:《企业数据赋能实现路径研究——一个资源编排案例》,《科技进步与对策》,2022年第10期。
- (10)黄丽华、朱海林、刘伟华、窦一凡、王今朝、蔡莉、陈煜波、廖貅武、吴晓波、谢康、叶强、张兮、陈文波:《企业数字化转型和管理:研究框架与展望》,《管理科学学报》,2021年第8期。
- (11)黄江明、李亮、王伟:《从好的故事到好的理论——中国企业管理案例与理论构建研究论坛》,《管理世界》,2011年第2期。
- (12)江小涓、黄颖轩:《数字时代的市场秩序、市场监管与平台治理》,《经济研究》,2021年第12期。
- (13)解学梅、韩宇航:《本土制造业企业如何在绿色创新中实现“华丽转型”?——基于注意力基础观的多案例研究》,《管理世界》,2022年第3期。
- (14)解学梅、朱琪玮:《企业绿色创新实践如何破解“和谐共生”难题?》,《管理世界》,2021年第1期。
- (15)赖晓恒、陈衍泰、范彦成:《制造企业数据驱动动态能力的形成与演化》,《科学学研究》,2022年,网络首发。
- (16)李婧婧、李勇建、宋华、姚炳倩:《资源和能力视角下可持续供应链治理路径研究——基于联想全球供应链的案例研究》,《管理评论》,2021年第9期。
- (17)李维安、张耀伟、郑敏娜、李晓琳、崔光耀、李惠:《中国上市公司绿色治理及其评价研究》,《管理世界》,2019年第5期。
- (18)刘淑春、闫津臣、张思雪、林汉川:《企业管理数字化变革能提升投入产出效率吗》,《管理世界》,2021年第5期。
- (19)刘洋、董久钰、魏江:《数字创新管理:理论框架与未来研究》,《管理世界》,2020年第7期。
- (20)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。
- (21)马鸿佳、王亚娟、苏中锋:《数字化转型背景下中小制造企业如何编排资源利用数字机会?——基于资源编排理论的fsQCA研究》,《南开管理评论》,2022年,网络首发。
- (22)毛基业:《运用结构化的数据分析方法做严谨的质性研究——中国企业管理案例与质性研究论坛(2019)综述》,《管理世界》,2020年第3期。
- (23)戚聿东、杜博、温馨:《国有企业数字化战略变革:使命嵌入与模式选择——基于3家中央企业数字化典型实践的案例研究》,《管理世界》,2021年第11期。
- (24)戚聿东、肖旭:《数字经济时代的企业管理变革》,《管理世界》,2020年第6期。
- (25)苏敬勤、孙悦、高昕:《连续数字化转型背景下的数字化能力演化机理——基于资源编排视角》,《科学学研究》,2022年第10期。
- (26)苏涛永、郁雨竹、潘俊汐:《低碳城市和创新型城市双试点的碳减排效应——基于绿色创新与产业升级的协同视角》,《科学与科学技术管理》,2022年第1期。
- (27)孙新波、钱雨、张明超、李金柱:《大数据驱动企业供应链敏捷性的实现机理研究》,《管理世界》,2019年第9期。
- (28)孙新波、张媛、王永霞、孙浩博:《数字价值创造:研究框架与展望》,《外国经济与管理》,2021年第10期。
- (29)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》,《中国工程科学》,2017年第19期。
- (30)万攀兵、杨冕、陈林:《环境技术标准何以影响中国制造业绿色转型——基于技术改造的视角》,《中国工业经济》,2021年第9期。
- (31)王波、吴彦茹、张伟、张敬钦:《“双碳”目标背景下绿色技术创新路径与政策范式转型》,《科学管理研究》,2022年第2期。
- (32)王锋正、刘向龙、张蕾、程文超:《数字化促进了资源型企业绿色技术创新吗?》,《科学学研究》,2022年第2期。
- (33)王旭、褚旭:《制造业企业绿色技术创新的同群效应研究——基于多层次情境的参照作用》,《南开管理评论》,2022年第25期。
- (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年索非亚与经销商的纵向案例研究》,《管理世界》,2022年第1期。
- (35)肖静华、吴瑶、刘意、谢康:《消费者数据化参与的研发创新——企业与消费者协同演化视角的双案例研究》,《管理世界》,2018年第8期。
- (36)肖静、曾萍:《数字化能否实现企业绿色创新的“提质增量”?——基于资源视角》,《科学学研究》,2022年,网络首发。
- (37)肖静、曾萍、任鸽:《如何提升制造业绿色转型绩效?——基于TOE框架的组态研究》,《科学学研究》,2022年第12期。
- (38)谢乔昕、张宇:《绿色信贷政策、扶持之手与企业创新转型》,《科研管理》,2021年第1期。
- (39)谢小云、左玉涵、胡琼晶:《数字化时代的人力资源管理:基于人与技术交互的视角》,《管理世界》,2021年第1期。
- (40)许晖、张海军:《制造业企业服务创新能力构建机制与演化路径研究》,《科学学研究》,2016年第2期。
- (41)姚洪心、吴伊婷:《绿色补贴、技术溢出与生态倾销》,《管理科学学报》,2018年第10期。
- (42)张明超、孙新波、王永霞:《数据赋能驱动精益生产创新内在机理的案例研究》,《南开管理评论》,2021年第3期。
- (43)张青、华志兵:《资源编排理论及其研究进展述评》,《经济管理》,2020年第9期。
- (44)张锁江、张香平、葛蔚、石春艳:《工业过程绿色低碳技术》,《中国科学院院刊》,2022年第4期。
- (45)张媛、孙新波、钱雨:《传统制造企业数字化转型中的价值创造与演化——资源编排视角的纵向单案例研究》,《经济管理》,2022年第4期。
- (46)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?》,《研究与发展管理》,2021年第6期。
- (47)周永圣、梁淑慧、刘淑萍、王珏:《绿色信贷视角下建立绿色供应链的博弈研究》,《管理科学学报》,2017年第12期。
- (48)中国社会科学院工业经济研究所课题组、李平:《中国工业绿色转型研究》,《中国工业经济》,2011年第4期。

- (49)朱秀梅、林晓玥:《企业数字化转型:研究脉络梳理与整合框架构建》,《研究与发展管理》,2022年第4期。
- (50)Adner, R. and Helfat, C. E., 2003, "Corporate Effects and Dynamic Managerial Capabilities", *Strategic Management Journal*, vol.24, pp.1011~1025.
- (51)Allred, C. R., Fawcett S. E., Wallin C. and Magnan, G. M., 2011, "A Dynamic Collaboration Capability as a Source of Competitive Advantage", *Decision Sciences*, vol.42, pp.129~161.
- (52)Carnes, C. M., Chirico, F., Hitt, M. A., Huh, D. W. and Pisano, V., 2017, "Resource Orchestration for Innovation: Structuring and Bundling Resources in Growth-and Maturity-Stage Firms", *Long Range Planning*, vol.50, pp.472~486.
- (53)Carmelo, C., 2018, "Building the Value of Next-Generation Platforms: The Paradox of Diminishing Returns", *Journal of Management*, vol.44, pp.3038~3069.
- (54)Chadwick, C., Super, J. F. and Kwon, K., 2015, "Resource Orchestration in Practice: CEO Emphasis on Shrm, Commitment-Based Hr Systems, and Firm Performance", *Strategic Management Journal*, vol.36, pp.360~376.
- (55)Deligianni, I., Voudouris, I., Spanos, Y. and Lioukas, S., 2019, "Non-Linear Effects of Technological Competence on Product Innovation in New Technology-Based Firms: Resource Orchestration and the Role of the Entrepreneur's Political Competence and Prior Start-Up Experience", *Technovation*, vol.88, pp.102076.
- (56)Dutton, J. E. and Dukerich, J. M., 1991, "Keeping an Eye on the Mirror: Image and Identity in Organizational Adaptation", *Academy of Management Journal*, vol.34, pp.517~554.
- (57)Eisenhardt, K. M., 1989, "Building Theories from Case Study Research", *Academy of Management Review*, vol.14, pp.532~550.
- (58)Feng, H., Wang, F., Song, G. and Liu, L., 2022, "Digital Transformation on Enterprise Green Innovation: Effect and Transmission Mechanism", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol.19, pp.10614.
- (59)Gerwe, O. and Silva, R., 2020, "Clarifying the Sharing Economy: Conceptualization, Typology, Antecedents, and Effects", *Academy of Management Perspectives*, vol.34, pp.65~96.
- (60)Glaser, B. G., Strauss, A. L. and Strutzel, E., 1968, "The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research", *Nursing Research*, vol.17, pp.364.
- (61)Gioia, D. A., Corley, K. G. and Hamilton, A. L., 2013, "Seeking Qualitative Rigor in Inductive Research: Notes on the Gioia Methodology", *Organizational Research Methods*, vol.16, pp.15~31.
- (62)Hojnik, J. and Ruzzier, M., 2016, "What Drives Eco-innovation? A Review of an Emerging Literature", *Environmental Innovation and Societal Transitions*, vol.19, pp.31~41.
- (63)Huang, J. W. and Li, Y. H., 2017, "Green Innovation and Performance: The View of Organizational Capability and Social Reciprocity", *Journal of Business Ethics*, vol.145, pp.309~324.
- (64)Kay, J. A., 1993, "The Structure of Strategy", *Business Strategy Review*, vol.4, pp.17~37.
- (65)Langley, 1999, "From for Theorizing Strategies", *Academy of Management Review*, vol.24, pp.691~710.
- (66)Luo, S., Yimamu, N., Li, Y., Wu, H., Irfan, M. and Hao, Y., 2022, "Digitalization and Sustainable Development: How Could Digital Economy Development Improve Green Innovation in China?", *Business Strategy and the Environment*, forthcoming, DOI: 10.1002/bse.3223.
- (67)Makadok, R., 2001, "Toward a Synthesis of the Resource-based and Dynamic-capability Views of Rent Creation", *Strategic Management Journal*, vol.22, pp.387~401.
- (68)Nambisan, S., Wright, M. and Feldman, M., 2019, "The Digital Transformation of Innovation and Entrepreneurship: Progress, Challenges and Key Themes", *Research Policy*, vol.48, pp.103773.
- (69)Oria, L.D., Crook, T. R., Ketchen Jr, D. J., Sirmon, D. G. and Wright, M., 2021, "The Evolution of Resource-Based Inquiry: A Review and Meta-Analytic Integration of the Strategic Resources-Actions-Performance Pathway", *Journal of Management*, vol.47, pp.1383~1429.
- (70)Ouyang, X., Li, Q. and Du, K., 2020, "How Does Environmental Regulation Promote Technological Innovations in the Industrial Sector? Evidence from Chinese Provincial Panel Data", *Energy Policy*, vol.139, pp.111310.
- (71)Saadatmand, F., Lindgren, R. and Schultze, U., 2019, "Configurations of Platform Organizations: Implications for Complementor Engagement", *Research Policy*, vol.48, pp.103770.
- (72)Sirmon, D. G., Hitt, M. A. and Ireland, R. D., 2007, "Managing Firm Resources in Dynamic Environments to Create Value: Looking inside the Black Box", *Academy of Management Review*, vol.32, pp.273~292.
- (73)Sirmon, D. G., Hitt, M. A., Ireland, R. D. and Gilbert, B. A., 2011, "Resource Orchestration to Create Competitive Advantage: Breadth, Depth, and Life Cycle Effects", *Journal of Management*, vol.37, pp.1390~1412.
- (74)Siggelkow, N., 2007, "Persuasion with Case Studies", *Academy of Management Journal*, vol.50, pp.20~24.
- (75)Soluk, J. and Kammerlander, N., 2020, "Digital Transformation in Family-Owned Mittelstand Firms: A Dynamic Capabilities Perspective", *European Journal of Information Systems*, vol.30, pp.676~711.
- (76)Vial, G., 2019, "Under Standing Digital Transformation: A Review and a Research Agenda", *The Journal of Strategic Information Systems*, vol.28, pp.118~144.
- (77)Von, B. F., Per, D. and Jan, R., 2018, "Digital Technologies as External Enablers of New Venture Creation in the IT Hardware Sector", *Entrepreneurship Theory and Practice*, vol.42, pp.47~69.
- (78)Xie, X., Shen, W. and Zajac, E. J., 2021, "When is a Governmental Mandate not a Mandate? Predicting Organizational Compliance under Semicoercive Conditions", *Journal of Management*, vol.47, pp.2169~2197.

(下转第126页)

好”,占57.3%(见表17)。相信中国企业家队伍将秉持着积极向上的精神风貌和美好信念,为全面建设社会主义现代化国家,为国家繁荣富强、社会进步和民族复兴做出更大的贡献。

表 17 对未来世界的预判(%)				
		越来越好	越来越糟	不太确定
总体	2022 年	57.3	4.3	38.4
	2018 年	44.5	5.9	49.6
	2017 年	65.4	1.7	32.9

(作者单位:李兰,国务院发展研究中心公共管理与人力资源研究所;王锐、彭泗清,北京大学光华管理学院)

### 注释

①本调查在首次随机抽样的基础上,此后每年均采用固定样本追踪调查方式开展调查,同时每年根据固定样本中企业自然消亡的情况对样本进行随机轮换。

## The Thirty-Years Growth of Entrepreneur: Entrepreneurship Leads Enterprises towards High-quality Development: A Comprehensive Report on the 30-year Survey of the Growth and Development of Chinese Entrepreneurs

Li Lan<sup>a</sup>, Wang Rui<sup>b</sup> and Peng Siqing<sup>b</sup>

(a. Research Institute of Public Management and Human Resources, Development Research Center of the State Council;

b. Guanghai School of Management, Peking University)

**Abstract:** Based on the survey and main findings of the research group of China Entrepreneur Survey System (CESS), this paper summarizes the growth trajectory and historical stages of Chinese entrepreneurs with the background of China's economic and social changes and enterprise development in 30 years. This paper focuses three aspects of entrepreneur growth: the growth process, the challenges, and the high-quality development. This paper investigates its influencing factors and changing patterns, achievements and existing problems. The study provides policy suggestions such that only constantly enriching entrepreneurship can lead enterprises into high-quality development.

**Keywords:** entrepreneur growth; external environment; high-quality development; policy suggestion

=====

(上接第112页)

(79)Yin, R. K., 2014, *Case Study Research: Design and Methods* (5th ed), CA: Sage Publications Inc.

(80)Yoo, Y., Boland, R. J., Lyytinen, K. and Majchrzak, A., 2012, "Organizing for Innovation in the Digitized World", *Organization Science*, vol.23, pp.1398~1408.

## How Does Digitalization Drive the Green Transformation in Manufacturing Companies? An Exploratory Case Study from the Perspective of Resource Orchestration Theory

Cao Yu<sup>a</sup>, Li Xiang<sup>a</sup>, Hu Hanli<sup>b</sup>, Wan Guangyu<sup>c</sup> and Wang Shouyang<sup>d,e</sup>

(a. School of Business, Central South University; b. School of Economics and Management, Changsha University of Science and Technology;

c. School of Economics & Trade, Hunan University; d. School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences;

e. School of Entrepreneurship and Management, Shanghai Tech University)

**Abstract:** How digitalization drives enterprises' green transformation has attracted industry and academia's attention. However, its underlying driving mechanism at the micro level still needs to be clarified. Based on resource orchestration theory, this paper adopts a longitudinal single-case study approach to conduct an in-depth study on the stage characteristics and internal mechanisms of digitalization-driven green transformation of manufacturing enterprises. This study finds that: First, the digitalization process of manufacturing enterprises has experienced three leaps from instrumental to online, online to intelligent, and intelligent to ecological evolution, and has driven enterprises to realize green transformation development from green structuring to green capability to green leveraging. Second, there are apparent differences in the orchestration of data resources of manufacturing enterprises during the three leaps, and its driving mechanism of green transformation is to promote green structuring by digital foundation, green capability by digital bundling, and green leveraging by digital leveraging, and the inner driving logic of "feature-capability-action" has been formed. This paper discovers the evolutionary pattern of digital transformation of manufacturing enterprises, reveals the underlying mechanism of digitalization to facilitate green transformation, expands the application of resource orchestration theory, and provides practical insights and guidance for these firms on how to achieve green transformation through digitalization.

**Keywords:** manufacturing companies; digitalization; green transformation; resource orchestration

# How Does Digitalization Drive the Green Transformation in Manufacturing Companies? An Exploratory Case Study from the Perspective of Resource Orchestration Theory

Cao Yu<sup>a</sup>, Li Xiang<sup>a</sup>, Hu Hanli<sup>b</sup>, Wan Guangyu<sup>c</sup> and Wang Shouyang<sup>d,e</sup>

(a. School of Business, Central South University; b. School of Economics and Management, Changsha University of Science and Technology; c. School of Economics & Trade, Hunan University; d. School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences; e. School of Entrepreneurship and Management, Shanghai Tech University)

**Summary:** The manufacturing sector is essential for economic development, but severe environmental problems accompany its rapid development. Balancing green manufacturing transformation and economic development and adhering to the sustainable development strategy is a complex problem for academic and practical societies. The emergence of digital technology can effectively solve the operational cost dilemma and technical problems faced by manufacturing enterprises aiming for green transformation and is a vital tool to achieve the goal of carbon peaking and carbon neutrality. There are stage characteristics in different enterprises' digitalization development process. Thus, it is important to discuss how different stages of digitalization match with the green transformation of manufacturing enterprises and reveal the underlying mechanism of how digitalization drives green transformation under different stages.

This paper aims to answer how digitalization drives the green transformation of manufacturing enterprises and selects SANY Group to conduct a longitudinal case study to explore the evolution and development pattern of digitalization and focus on the underlying mechanism of digitalization-driven green transformation of manufacturing enterprises. Specifically, firstly, the evolutionary process of digital transformation of manufacturing enterprises is manifested in three evolutionary stages of "instrumentalization-online-intelligence-ecology". Secondly, based on the resource orchestration framework of "resource construction-resource bundling-resource leveraging", the three leapfrog evolution stages are characterized by digital foundation-driven green structuring, digital bundling-driven green capability, and digital leveraging-driven green leveraging. Thirdly, the underlying driving logic of "feature-capability-action" is proposed to discuss the internal resource arrangement process of digitalization-driven green transformation under each stage, characterized as "digital feature activation-key capability formation-resource action transformation".

In summary, the contributions to this paper include the following two points: Firstly, this study proposes a theoretical model of digitalization-driven green transformation of manufacturing enterprises with stage characteristics, which effectively expands the theoretical understanding of digitalization and green transformation. Secondly, this study not only reveals the underlying process of digitalization-driven green transformation at different stages based on the resource orchestration theory, but also proposes the underlying driving logic of "feature-capability-action" at each stage. Our study connects the current research on digitalization and green transformation from a micro-firm perspective through a case study in the Chinese context.

**Keywords:** manufacturing companies; digitalization; green transformation; resource orchestration

**JEL Classification:** M11, M21