

# “数据要素×”赋能制造业:理论逻辑与实现路径

李勇坚<sup>1,2</sup>

(1. 中国社会科学院 财经战略研究院,北京 100006;

2. 中国社会科学院大学 应用经济学院,北京 102488)

**摘要:**数据要素在工业制造领域具有很大的应用空间,《“数据要素×”三年行动计划(2024—2026年)》将工业制造作为发挥数据要素乘数效应的重点领域。从理论上讲,数据要素在制造业领域的乘数效应发挥,其理论基础是数据化理论、工业互联网理论、数据生态理论、数据驱动决策理论、商业模式创新理论。数据要素赋能制造业,可以从制造业的研发、生产制造与服务能力等流程全面应用数据要素实现,也可以从数据要素为制造业提供模拟、仿真、优化、控制、预测等维度来实现。在政策上,要强化数据文化,推动数据互通、共享、复用;在制造业数据相关的底层技术方面加大研发投入,开发出适用制造业数据开发的通用工具;推动算力、算法、存储等相关配套设施与数据要素协同,支持数据要素相关的数据经纪人、数商、交易服务机构等协同发展,建立健全良好的数据生态;推动建设国家制造业数据中心,完善国家、地方、行业、团体的分级体系,对公共数据、企业数据、个人数据形成区别化的分级分类制度;强化制造业数据的安全保护标准,引导、推动行业协会等社会组织加强数据安全自律,完善数据安全体系建设。

**关键词:**“数据要素×”;数据要素乘数效应;制造业;数据化;数据生态;工业互联网;数据文化;数据安全

中图分类号:F49;F424

文献标志码:A

文章编号:1671-6248(2024)02-0054-17

收稿日期:2024-01-10

基金项目:中国社会科学院创新工程项目(2024CJY0103)

作者简介:李勇坚(1975-),男,研究员,教授,博士研究生导师,经济学博士。

## “Data element ×” empowers manufacturing industry: theoretical logic and implementation path

LI Yongjian<sup>1,2</sup>

- (1. Institute of Financial Strategy, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100006, China;  
2. School of Applied Economics, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 102488, China)

**Abstract:** The application potential of data elements in industrial manufacturing is vast. The “Data Element ×” Three-Year Action Plan (2024—2026) identifies industrial manufacturing as a key area to leverage the multiplier effect of data elements. Drawing from the digitization theory, industrial Internet theory, data ecology theory, data-driven decision-making theory, and business model innovation theory, it elucidates how the multiplier effect of data elements can be played out in manufacturing. Empowering the manufacturing industry entails a comprehensive integration of data elements across various stages, including R&D, manufacturing, and service capabilities, as well as leveraging simulation, optimization, control, prediction, and other dimensions. Policy-wise, fostering a robust data culture and facilitating interoperability, sharing, and reuse is imperative. Additionally, there is a need to augment R&D investments in foundational technologies pertinent to manufacturing data and to develop versatile tools conducive to data development in manufacturing. Enhancing computing power, algorithms, storage, and allied infrastructure to synergize with data elements is essential, as is nurturing a sound ecosystem involving data brokers, merchants, and transaction service entities. Establishing a robust national manufacturing data center and refining classification systems for public, enterprise, and personal data at national, local, industrial, and organizational levels are vital steps. Strengthening security standards for manufacturing data, guiding, and encouraging self-discipline among social organizations such as industry associations to enhance data security are also crucial for fortifying data security systems.

**Key words:** “data element ×”; the multiplier effect of data elements; manufacturing; digitization; data ecology; industrial Internet; data culture; data security

党和国家对数据作为一种生产要素高度重视。2017 年 12 月 8 日,习近平总书记在主持中共中央政治局就实施国家大数据战略

第二次集体学习时强调,推动实施国家大数据战略,继续做好信息化和工业化深度融合这篇大文章,推动制造业加速向数字化、网络

化、智能化发展。之后,习近平总书记多次指出,要积极探索推进数据要素市场化,加快构建以数据为关键要素的数字经济。《中共中央国务院关于构建更加完善的要素市场化配置体制机制的意见》正式明确了数据作为一种生产要素。2022年12月,中共中央、国务院发布《中共中央国务院关于构建数据基础制度更好发挥数据要素作用的意见》,构建了数据作为生产要素的顶层设计。数据作为生产要素,并不是直接作用于生产过程之中,而是在一定的场景下,通过广泛渗透到千行百业,从而发挥出对生产效率提升作用。基于此,2023年12月,国家数据局等发布了《“数据要素×”三年行动计划(2024—2026年)》(以下简称《行动计划》),强调数据的多场景应用,推动数据要素在工业制造等12个领域发挥乘数效应。

中国已拥有丰富的数据资源。据统计,2022年底,中国数据产量达8.1ZB,同比增长22.7%,占全球数据总量的10.5%<sup>①</sup>。将这些数据资源的放大、叠加、倍增作用发挥出来,将极大地推动社会经济生活效率的提升。从制造业来看,2011年开始,中国制造业增加值已超过美国,成为全球第一制造业大国,并一直保持至今。然而,中国制造业仍存在着大而不强的情况,部分工业制造企业仍处于相对较低的发展水平,数据要素应用水平不高,数字化程度较低,将数据要素广泛应用到制造业领域,对降低企业的×-非效率、提高企业的竞争力,具有重要作用。因此,《行动计划》将工业制造作为一个重点领域。

从已有的研究来看,对数据要素如何在

工业制造领域发挥出生产率作用已有部分实证研究,但对其理论逻辑与内在机制的分析仍不够。本文拟对“数据要素×”赋能制造业的理论基础进行深入分析,并从流程视角与技术应用视角对“数据要素×”赋能制造业的实现路径进行研究,并提出了相应的政策建议。

## 一、文献综述

关于数据要素对工业制造领域的作用方面,主要是研究其作用机制。工业大数据专家李杰认为,大数据将对工业效率提升产生重大影响,其主要机制是改变制造业的运行逻辑与模式<sup>[1-2]</sup>。大数据并不是目的,而是看待问题的一种途径和解决问题的一种手段,通过分析数据可以预测需求、预测制造、解决和避免不可预见问题的风险,利用数据融合产业链和价值链。大数据推动智能制造的3个方向:第一个方向是利用数据来了解和解决可见的问题;第二个方向是利用数据来分析和预测不可预见的问题,从仅仅明白解决问题的“know how”,进一步理解问题产生的原因,从而避免可见的问题;第三个方向则是从数据中挖掘出新的知识,再利用这些知识去重新定义问题,使得可见或不可预见的问题都可以在制造系统中避免。重点是从以往依靠人的经验,转向依靠挖掘数据中的隐性线索,使得制造知识能够被更加高效和

① 郭倩《三方面重点发力 释放数据要素乘数效应——专家解读“数据要素×”三年行动计划》,2024-01-09,新华社客户端,参见 <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1787593855236627222&wfr=spider&for=pc>。

自发的产生、利用和传承。世界经济论坛与波士顿咨询报告认为,数据要素在制造业的整个环节都可以发挥作用,制造商可以通过数据共享获得更大的利益<sup>[3]</sup>。通过数据共享,制造商可以在沿价值链跟踪产品、跟踪工艺条件、价值链优化、交换数字产品特性、验证出处等5个方面获得至少1 000亿美元的利益。例如,供应商和原始设备制造商之间共享的数字孪生产品可以帮助消除自动加工零件所需的传入质量检查或数据测量成本。DONOVAN et al. 通过对制造业中数据要素运用文献的系统综述后认为,物联网(IoT)和信息物理系统(CPS)等新兴技术嵌入到物理流程中后,产生了大量的数据,有望将传统制造设施转变为高度优化的智能制造设施<sup>[4]</sup>。GUAN et al. 则认为,数据要素在渗透到社会生产过程中时,有双重属性:物理(技术)属性和社会属性<sup>[5]</sup>。技术属性是指数据要素直接优化生产过程所带来的效率提升,而社会属性则是指基于数据要素技术属性产生的一系列新的生产要素,对其他生产要素的配置效率具有倍增效应。这与前述世界经济论坛与波士顿咨询报告认为的制造业数据共享将带来新的利益有着相同之处。吴海军等认为,从实践来看,数据要素通过跨界融合方式,推动制造业向价值链高端攀升;数据要素也可通过生产模式创新来推动制造业效率提升<sup>[6]</sup>。从总体上看,现有的研究对数据要素如何赋能制造业的机理虽有一定的研究,但主要是在数据要素如何进入到制造业领域方面进行研究,并没有就其最根本的理论逻辑进行更深入的分析。

还有一些研究基于企业或区域层面,对数据要素与制造业效率进行实证研究。周铃媛等使用长江经济带11个省级数据从区域的视角对数据要素与区域制造业高质量发展进行了实证研究<sup>[7]</sup>。他们研究认为,在区域层面,数据要素既可直接作用于制造业领域,也可通过促进技术要素和资本要素的作用来提升制造业的效率。由于数据要素具有流动性,因此,还可通过空间溢出效应发挥作用。王德祥的具体研究思路<sup>[8]</sup>与周铃媛等<sup>[7]</sup>有异曲同工之妙,同样强调数据要素赋能制造业的直接效应,以及通过对其他要素的效率提升的中介效应,从而提升区域制造业的发展水平。从区域的视角来分析数据要素赋能制造业,也受到了政策的关注,因为其政策含义较为明确,便于政府部门实施。例如,《行动计划》就强调,强化区域联动,支持产能、采购、库存、物流数据流通,加强区域间制造资源协同,促进区域产业优势互补,提升产业链供应链监测预警能力。史丹等通过上市公司的实证数据分析发现,在企业层面,数据要素对全要素生产率增长具有显著的正向作用<sup>[9]</sup>。具体而言,数据要素通过企业创新、要素配置与数据赋能等中介效应提升了制造业企业的效率。田时中等认为,数据要素可以通过全面作用于制造业生产、营销、设计等各个流程,从而推动制造业高质量发展<sup>[10]</sup>。李治国等认为,数据要素赋能制造业,其核心通道是通过改善生产要素的扭曲配置来提升制造业生产率,主要是数据要素能够解决制造业全流程中的信息不对称问题<sup>[11]</sup>。从整体上看,无论是基于区域还是基于企业层面

的研究,都关注了数据要素对制造业效率提升的直接效应与间接效应,这些研究都印证了数据要素赋能制造业的作用通路,但在理论机制的分析方面仍需要进一步提升。

## 二、理论逻辑

### (一) 数据化理论

数据要素发挥乘数作用,需要先将企业的内外流程实现数据化,从而实现数据的收集。数据化(Digitization)不同于数字化(Digitalization),数据化是数字化的基础,ECM 咨询公司认为,数据化是将信息从物理格式转换为数字版本的过程;数字化是利用技术来增强企业流程的实践<sup>[12]</sup>。然而,数据化不单纯是制造业全流程中的信息或者信号版本模式的转换,而将改变制造业的生产模式、商业模式并提供新的收入和价值创造机会。

数据要素赋能制造业,首先是将全流程数据化,数据化使物理世界能够更精准的被感知,并能够将这种感知的结果在不同的主体之间无缝、无成本、无时差传输,使制造企业各个流程的状态能够被不同的主体同步感知,从而减少了因为信息不对称或者信息差所带来的额外成本。

数据要素赋能制造业,其次是数据化复现物理过程。通过数据的方式对物理世界进行数字化重新搭建,并利用算力、算法等对物理世界进行模拟、控制、优化等各种操作,存在着降低成本可能性。由于对数据进行传输、转换、改造、运用、模拟、共享等方面的成本要远低于对物理世界进行同样操作的成

本,因此,数字化就能够在制造业降本增效方面有着极大的空间。数据化能够超越物理世界的局限。利用数字技术,通过对物理过程的模拟,能够对制造过程进行更多维度的探索,从而使工厂、车间和生产线找到最优的智能转型升级路线和方案,而不会对物理世界的资源造成浪费。由于元宇宙中可以同步实施多种方案的模拟,这也能够加快对物理世界的迭代过程。

数据要素赋能制造业,最终在于数据化能够打通企业内外部的各个环节。数据化使数字技术能够融入到从产品设计、生产制造、营销、售后服务的整个过程,给整个实体经济体系带来了革命性影响。例如,中小企业可以通过数字化平台,与知名设计机构、设计师协同,采用“大设计、小试验”的研发模式替代传统的“试错研发”,促进产业快速升级,丰富产品品类。通过新“模式”的平台化、共享化,使用户实现个性化定制,生产者实现柔性化生产、按需生产,提高了企业的灵活性和快速响应能力,从而获得高水平的产品设计。数据化也能够推动企业将内部的行政、会计、财务等职能部门外包,对企业的组织方式发生巨大的影响。

数据化能够使新一代信息技术作为通用目的技术(General Purpose Technologies, GPTs)的作用更好的发挥出来。通用目的技术的特征是指能够为经济社会发展底层变革提供创新条件和赋能手段,BRESNAHAN et al. 认为,GPT 具有 3 个重要特征:普遍使用、创新互补以及技术动力性<sup>[13]</sup>。普遍性意味着一种 GPT 能够在许多下游领域使用,因为其提供

了一种基础性的功能。技术动力性是指 GPT 支持持续的创新活动与学习,而后者又导致 GPT 的生产效率随时间而大大增加。创新互补是指下游领域的许多研究与开发活动的生产率随 GPT 的创新递增。新一代信息技术具有 GPT 的特征,其应用和改进的结果是减少了下游应用领域的成本、开发了下游领域的许多产品、GPT 的本身应用领域得到拓展。由于 GPT 的这—种垂直互补性,引起了研究与开发函数的非凸性,产生了 GPT 部门与应用部门的协调问题。非凸性同时可以解释创新过程中的许多现实现象:信息不对称、序列创新、技术非决定性与协调问题等。要将其作用发挥出来,意味着这些技术应在不同行业、不同企业之间全面快速渗透,数据化加快了这种过程,从而推动了先进技术制造业全产业链的快速应用。

## (二) 工业互联网理论

从数据要素赋能工业制造的实践来看,数据化主要是解决模拟、可视化、分析等虚拟空间问题。而工业互联网则解决感知、连接、控制等物理世界与虚拟世界联系的问题。

工业互联网是将数据要素引入到制造业领域的重要方式,通过工业互联网,数据要素可以全面渗透到制造业的各个环节,强化制造业领域各个环节的数据要素应用,促进不同环节与不同主体之间的耦合,提升数据要素与其他要素的协同能力,从而将数据要素在制造业中的作用更好地发挥出来。

自 2012 年 GE 提出工业互联网的概念以来<sup>①</sup>,工业互联网与中小企业数字化转型方面的研究在持续增加。在理论上,工业互

联网对数据要素全面赋能制造业具有重要作用。

第一,感知。数据要素赋能制造业,首先必须使系统能够感知到物理世界的状态。而工业互联网借助大量的传感设备、物联网等,实现对物理世界的实时感知。正是基于感知,才能实现对物理世界的模拟、优化和控制等。在国外,工业互联网(Industrial Internet)更多地被称为工业物联网(Industrial Internet of Things)。例如,在唐国锋等统计的 858 篇与工业互联网相关的论文中,其中 555 篇关键词中涉及到工业物联网,168 篇涉及到物联网(Internet of Thing),而关键词涉及到工业互联网的仅有 51 篇<sup>[14]</sup>。

第二,连接。工业互联网不单纯是将数据进行链接,还对人、机、物、系统进行深度融合,将虚拟空间与物理空间连接起来,从而形成信息物理空间(Cyber Physical System, CPS)。将数据与物理空间联系起来,不但能够实现对物理世界的实时感知,更能够实现实时控制和优化。这不但能够替代劳动力,降低人员成本,更能够对各种流程、参数及工序等进行综合优化,从而减少浪费、降低库存,减少原材料、能源等投入,并节约土地,降低排放,从而更大幅度地降低成本。

第三,开放。在生产端,工业互联网能够实现与产业链、供应链中的主体进行实时动态连接,所有相关主体能够跨越时空聚集在虚拟空间中,各种相关的数据在确保安全的

① GE 公司于 2012 年 11 月发布了白皮书 *Industrial internet: pushing the boundaries of minds and machines* (《工业互联网:打破智慧与机器的边界》)。原文参见 <https://www.ge.com/news/sites/default/files/5901.pdf>。

前提下共享,从而构建起覆盖全产业链、全价值链的全新制造和服务体系,实现更高效的协同。工业互联网能够与消费互联网之间进行耦合,能够将消费偏好、研发、生产、仓储、营销、市场竞争、供应链等诸多方面的信息进行整合,形成工业大数据,使供给侧与需求侧智能匹配,对消费者的需求进行更为精确的响应,从而协助解决生产过剩、供给效率低下等传统生产模式无法解决的问题。

第四,平台。工业互联网的发展必然会带来平台化的趋势。通过平台化,能够在更大范围内汇聚资源,从而降低企业数字化转型的门槛和成本。在中国,已经具备一定行业、区域影响力的工业互联网平台数量超过150个,连接设备数量超过7 900万台套,工业机理模型数量达58.8万个,服务工业企业超160万家。83%的企业表示应用工业互联网后生产经营效率明显提升<sup>①</sup>。

在平台化演进过程中,工业互联网是从1.0的资讯及信息撮合到2.0的电商交易及运营,再到3.0的打通闭环供应链(金融、物流、仓储),提升行业效率及黏性服务,终将迎来4.0以数据要素为中心、为基础的(产业数字化、供应链数字化)行业整合及高效应匹配阶段。数据要素在工业互联网中的作用越来越重要,成为提升制造业发展水平的重要资源。

### (三)数据生态理论

数据要素赋能于制造业,离不开场景、基础设施、互补性技术等相关方面,这些构成了数据生态。在现有的研究中,对数据生态并没有达成一致的认知。麦肯锡咨询公司认

为,数据生态是一个平台,该平台汇聚了来自众多提供商的数据,并通过使用处理后的数据来创造价值<sup>[15]</sup>。这个概念强调数据生态的多参与者特性,并强调参与者之间的协作网络,以更好地发挥数据要素的价值。哈佛商业评论则强调数据生态与数据生命周期(感知、收集、整理、分析和存储)相关的基础设施的重要性,在其刊载的一篇论文中,STOBIERSKI认为,数据生态是指组织用于收集、存储、分析和利用数据的编程语言、软件包、算法、云计算服务和通用基础设施<sup>[16]</sup>。这些设施也与组织利用数据要素的方式有关,没有两个组织以相同的方式利用相同的数据。因此,每个组织都有一个独特的数据生态系统。维基百科对数据生态的定义综合了前面两种观点,将数据生态定义为“由相互依存的网络和参与者组成的复杂环境,这些网络和参与者有助于数据收集、传输和使用”<sup>②</sup>。分析这些定义,我们认为,数据生态是一个数据生命周期的多参与者、多来源数据、数据多用途使用者组成的协作网络,包括多来源的数据提供者、数据生命周期不同环节的参与者、数据价值挖掘的协作网络、数据产品的使用者等。

大数据生态系统是海量功能组件与各种使能工具的结合。大数据生态系统的能力不仅在于计算和存储大数据,还在于其系统平

① 郭倩《融入45个国民经济大类 工业互联网迎来规模发展关键期》,2022-09-09,新华社客户端,参见<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1743496002858134625&wfr=spider&for=pc>。

② 官方网站 Data ecosystem-Wikipedia,参见[https://en.wikipedia.org/wiki/Data\\_ecosystem](https://en.wikipedia.org/wiki/Data_ecosystem)。

台的优势和大数据分析的潜力。

数据要素赋能制造业,不但是将数据要素应用到制造业的整个流程以及整个供应链产业链的过程,更是一个数据生态协同的过程。在数据化的背景下,制造企业获得了前所未有的数据集,数据要素赋能制造业,本质上是如何构建一个数据生态。通过数据生态,供应链产业链的不同主体可以实现快速耦合,减小信息不对称,从而提高制造业的效率。

数据要素赋能制造业,需要大量的互补性技术相配合,这些技术必须在同一数据生态中,才能更好地赋能制造业。这些实用性技术有些是在整个制造领域通用的,有些是单一行业甚至单一企业的专用技术,制造企业本身缺乏这些技术,无法将数据要素的作用完全发挥出来;另外,专业从事数字技术的部门,因为缺乏行业知识与专业背景,对制造业的特殊性认识不足,无法开发出更适合将数据要素价值挖掘出来的技术、模型。当构建了一个多参与者的数据生态,不同的主体通过数据生态的协作网络,共同为数据要素更好地赋能制造业,发挥更大的作用。

数据生态赋能制造业,还能推动数据要素通过复用增值发挥乘数效应。《行动计划》提出,开发使能技术,推动制造业数据多场景复用,支持制造业企业联合软件企业,基于设计、仿真、实验、生产、运行等数据积极探索多维度的创新应用,开发创成式设计、虚实融合试验、智能无人装备等方面的新型工业软件和装备。数据多场景复用、多维度创新应用等方面,都需要形成一个良好的数据生

态。通过集成多维度数据、多主体协作网络,将有利于使数据要素进一步复用增值,从而将乘数效应更好的发挥出来。

#### (四) 数据驱动决策理论

数据要素全面渗透到制造业领域之后,制造业的决策方式发生了改变,大量的决策是基于数据而作出,这就是数据驱动决策过程(Data-driven Decision Making, DDD)。

在 DDD 过程中,决策者直接将数据作为初始输入,然后依托大数据技术和数据科学对数据进行深度分析。基于数据分析结果,形成可操作的经济决策、业务评估或生产知识。对企业而言,DDD 意味着企业的决策不再依赖于决策者的经验或直觉,而是基于真实世界产生的大数据。企业会根据大数据分析的结果,决定企业的重要生产经营活动。从实证研究结果来看,使用 DDD 决策的企业相比于不使用 DDD 的企业,具有更高的经济效益,他们利用美国上市制造企业的的生产数据,说明了 DDD 模型的应用对企业生产率增长具有明显的因果关系<sup>[17]</sup>。

XU 认为,DDD 模型还存在一种修正的形式,也就是数据不仅仅是作为决策的中间产品,还是企业投入资源所获得的一种最终产品<sup>[18]</sup>。企业通过投入大量的资源,获得相应的数据,然后将数据进行清洗、整理、加工,并将分析结论作为最终产品出售给第三方。对其他企业而言,其进行 DDD 时,不但依赖于其自身业务所产生的数据,也依赖于第三方生产的数据,从而实现决策的数据化与智能化。这种依赖更多来源于对数据所作出的决策,可能更符合企业的需求。当然,在这种

修正的模式下,数据作为生产要素的作用进一步体现。

从本质上看,DDD 利用数据进行决策,这种决策比企业管理者的主观决策更有依据,相对于依赖直觉的决策,数据驱动决策更为透明化、更加有据可循,从而改变企业的管理模式。从未来发展看,随着企业的数据要素从数量到质量的大幅度提升,使大规模的自动化决策成为可能,企业的组织架构也将发生极大的改变,数据要素不但能够直接提高生产效率以及作用于其他要素而产生效益,更能够通过改变企业的决策方式,提升数据要素对制造业的赋能作用。DDD 的优势使其在制造企业中越来越普及。BRYNJOLFSSON et al. 通过对美国制造企业的实证研究发现,从 2005 年到 2010 年,美国制造企业中使用的 DDD 模型比例几乎增加了两倍(从 11% 增加到 30%),他们据此预计,到 2020 年,这一比例将超过 50%<sup>[19]</sup>。

当然,数据驱动决策并非完美无缺,首先,企业的数据维度、数据的数量与质量等虽然有着大幅度的增长,但在实际决策过程中,不同来源的数据、不同主体的数据、不同程序的数据,在质量和维度上都存在着差异,数据传输过程中也容易产生丢失或歧变等情况。数据质量问题将对 DDD 的最终决策结果产生极大的影响。其次,不同组织的特性对基于数据的决策模型有着不同的要求,要开发出符合组织特性的个性化决策模型,需要有着良好的数据技术基础和大量的试错过程。目前还不存在着适应所有组织的 DDD 统一模型,这使得 DDD 在实践中也会出现不少不

如人意甚至错误之处。再次,企业实现从“人治”到“数据治”的转变过程并非一蹴而就。这需要企业的管理高层对 DDD 有着更深的认知,也需要企业的各级管理人员与工作人员在日常工作中建立数据意识,善于将数据转化为对企业的业务逻辑优化。最后,企业要转向 DDD,还需要对组织机构、决策流程与管理模式等进行深度变革,这个变革过程本身会很漫长,从而会影响到 DDD 在企业的运用。

### (五) 商业模式创新理论

数据要素赋能制造业,也会带来商业模式的创新。数据要素在赋能制造业的过程中,可以通过对资源配置方面更为灵活的变化,从而推动商业模式创新。例如基于工业互联网平台或云计算平台来促进创新的商业模式,由于中小企业战略更灵活,决策时间相对更短,其商业模式创新的效率甚至可能会高于大型企业<sup>[20]</sup>。利用数据要素,中小企业可以在制造系统中结合物理和网络组件,并建立基于传感器和执行器的灵活供应链,从而重新设计这些公司的商业模式。很多中小企业可以利用网络协同制造平台的优势,突出发展其在设计、品牌、营销等方面的能力,从而实现快速扩张。

数据要素的广泛应用,使得为制造企业服务的数字化服务商的商业模式也持续转型。IaaS(基础设施即服务)、PaaS(平台即服务)和 SaaS(软件即服务)等商业模式极大地降低了制造企业广泛应用数据要素的成本。随着人工智能等技术的广泛应用,机器学习即服务(MLaaS)在灵活性和订阅计划的可

扩展性方面提供与 SaaS 类似的优势,使企业有可能低成本自己训练人工智能模型、购买算法或租用使用人工智能系统所需的基础设施,从而将数据要素在制造业领域的作用进一步发挥出来。

数据要素的广泛应用,也能够推动制造企业的服务化趋势越来越明显<sup>[21]</sup>。在制造业领域,数据要素渗透到各个方面,使数字化与服务化正在深度融合,企业的产业形态将发生变化,不但最终产出的服务内容更多,而且在企业资源投入中,服务也变得越来越重要。制造业大规模运用数据要素之后,利用大数据、人工智能等技术,从消费者的各类行为数据中挖掘出消费者的真实需求,从而制造出更符合消费者需求的产品,并利用数据要素驱动研发、生产、流通等各个环节重构,推动制造企业能够对消费者的需求做出更精准的响应。从企业的生产要素投入来看,数据、算法、数字技术服务等成为企业生产的重要投入。这类无形的投入具有可重复利用的特点,而且这些投入还具有更新速度快、价值评估难等特点,因此,企业一般倾向于租用这些要素。在产出服务化方面,C2B/C2M 等新型生产经营模式正在全面兴起。C2B/C2M 是一种通过大规模定制满足消费者个性化需求的新商业模式,即由消费者提出具体需求,企业通过汇聚消费者需求,为消费者提供适合其需求的产品或服务系统。C2B/C2M 模式并不是简单的定制化生产方式,而是一种以数据要素为基础,利用电子商务形式,将现代柔性生产技术、信息化管理手段、高效供应链、敏捷设计、3D 打印等多种经营模式进行

深度整合的新型商业模式,这种模式将从社会整体生产方面推动从工业化时代的大规模标准化生产,向信息化时代的个性化、柔性化、多样化生产转型。以消费者为中心、消费者参与设计与生产、消费者主导等属于 C2B/C2M 的特征,但这些特征不是 C2B/C2M 区别于其他模式的关键因素。真正的 C2B/C2M 的核心是数据要素在生产过程中起到了更为关键的作用。

### 三、实现路径

如前所述,从理论上,数据要素具有全面渗透到制造业,从而推动制造业转型升级的能力与潜力。在数据要素赋能制造业的具体实现路径方面,可以从两个视角来分析:一是从制造业流程来分析数据要素全面赋能制造业;二是从技术应用视角来分析数据要素的作用。

#### (一) 流程视角

从流程视角来分析数据要素赋能制造业,在实践中应用较多。例如,《行动计划》中关于“数据要素×工业制造”的前半段,从研发模式、协同制造、服务能力等3个方面,对推动数据要素赋能制造业进行了规定,可以帮助企业提高生产、服务的灵活性和效率,提高生产力和产品质量。

从研发模式来看,数据要素对制造企业产品研发设计产生了巨大的影响。数据要素在制造业的应用,正在从生产部门向全链路渗透转变。业务部门的数据,正在成为研发设计的基础。通过对消费者的行为数据、需

求数据等进行深入分析,可以更全面地了解消费者的需求,从而决定了产品研发的方向。在研发过程中,数据要素能够直接作用于研发过程,通过融合设计、仿真、实验验证数据,能够快速高效地设计出更具创新性的产品。例如,通过消费者在网上的搜索行为数据,可以发现消费者对产品的偏好,从而设计出更加符合消费者需求的数据。

以数据驱动的产品研发设计模式,也推动了研发模式的创新,因为数据要素在使用等方面能够突破时空的限制,企业能够在更大范围内聚合研发设计人才,从而以平台化的方式推动产品研发创新。数据驱动研发设计,也能够使工艺、生产等部门在研发设计时提前加入进来,从而减少后期的工艺、生产流程等方面的调整优化时间,并节省成本。数据驱动的研发设计,还能够使企业在产品研发之初就与供应链内的相关机构进行合作,推动客户、制造商和供应商之间的互动,能够使原材料、产品零部件等更快地适应新产品,从而提高供应链的敏捷性,降低供应链的适应成本与调整成本。

从制造过程来看,数据要素能够帮助企业实现内部各个部门的协同,实现实时性、动态性、自适应性、精准化生产。从现有的制造过程来看,由于需求的多元化,制造过程所处的环境不确定性与不稳定性越来越高。大量满足传统生产管理的过程和实践不再适用,企业内部不同的部门与环节耦合较为困难,导致企业可能存在内部管理成本高、制造过程中浪费严重、制造周期长等问题。通过将企业生产过程数据化,实现数据和制造知

识的融合,实时获得可操作的知识,强化对生产过程的预测、优化、监控、控制、模拟和可视化,从而提升生产过程的精准性。利用工业互联网将各个环节实现高效连接,使企业各个部门之间的协同程度提升,进一步降低企业的运营成本以及其他成本。通过打造良好的数据生态,企业能够与其他技术企业进行合作,利用数据要素将信息技术和运营技术深度融合,进一步优化企业的生产流程、设备管理、人员配置等,进一步提高企业的生产效率。数据要素也能够进一步优化供应链,链主企业打通供应链上下游设计、计划、质量、物流等数据,在供应链网络内共享虚拟和物理资源,实现敏捷柔性协同制造。通过数据要素全面渗透到生产过程中,使企业能够实现在正确的时间以正确的数量生产正确的产品。

正因为数据要素在制造过程中应用的巨大潜力,根据波士顿咨询集团(BCG)对1700多名制造业高管的调查,在调查参与者中,81%的人表示他们至少实施了一个数据和分析用例,72%的人表示在过去3年中重要性有所增加;37%的公司设法将应用程序扩展到工厂的特定区域之外<sup>①</sup>。

从数据要素提升服务能力来看,制造企业通过将设计、生产、运行等多个维度的数据进行整合,在企业内部能够提升其预测能力。对其他企业以及下游企业而言,利用这些数据,能够提供更多的增值服务。预测性维护

<sup>①</sup> 数据来源于 How to master manufacturing's data and analytics revolution, 2021-04-30, The World Economic Forum, 参见 <https://www.weforum.org/agenda/2021/04/how-to-master-manufacturing-s-data-and-analytics-revolution/>。

是制造企业利用大数据的一种常见方式。对制造企业而言,何时对设备与系统进行维护是一个非常重要的决策。相关指导手册上要求的维护间隔周期一般都太短,实际上造成了资源的浪费。但是,如果维护间隔周期太长,往往会造成非计划停机,带来巨大的成本。2014年,每小时的平均停机成本为164 000美元。到2016年,该数据激增了59%,达到每小时260 000美元<sup>①</sup>。很多制造企业都利用数据要素来对设备进行预测性维护。通过在各种设备上安装精密传感器,获取机器运行的海量数据,再通过建模,以检测异常、诊断故障模式、预测故障时间和预测最佳维护时间等,从而避免意外停机带来的损失,使企业的运营成本进一步下降。制造企业通过将数据要素运用到质量预测过程中,能够提升产品质量,并降低因不良产品而带来的损失。因为产品质量受到诸多因素的影响,在广泛应用数据要素之前,对产品质量的预测主要是基于数理统计方法。而利用大数据,可以对与产品质量相关的因素进行量化分析,从而对产品质量进行预测。在售后服务方面,利用数据要素,可以对消费者关心的问题进行分析,并精准安排售后服务人员,从而提升消费者体验。例如,在机械制造业,数据要素的赋能能够更大幅度地提升产品质量稳定性、良品率、产量。在大量收集数据的基础上,还能够对整个生产线的状况进行预测,准确地感知到生产线具体部分的状况,并对其维护、保养等提出更为具体的、可预测的建议。

## (二) 技术应用视角

从技术应用视角来看数据要素赋能制造

业,主要是从数据如何直接作用于制造业过程来分析。数据要素可以建立一个制造业的模型,对整个制造流程进行预测、优化、模拟、控制。

数据要素赋能制造业,是建模、仿真和数字孪生。根据李杰<sup>[1]</sup>的观点,传统制造系统的核心要素可以用5个M来表述,即材料(material)、装备(machine)、工艺(methods)、测量(measurement)和维护(maintenance)。人是驾驭这5个要素的核心。数据要素在制造业的渗透,使制造业增加第六个M,即建模(modeling),利用数据要素,通过第六个M来驱动其他5个要素,从而解决和避免制造系统的问题。通过模型化,企业的产品迭代能力将快速提升。建模是从机器设备和传感器等制造业输入和输出设备收集实时数据,并使用收集的数据建立实时仿真模型。仿真模型可能是静态的,难以动态反映制造系统的实时状态,在制造业的实践中,单纯的仿真模型并不多<sup>[22]</sup>,仿真模型主要用于研发设计、产品测试等领域。而数字孪生则实现了物理对象与数字对象之间的实时互动,通过融合不同领域(例如产品、流程和物流)的参数,并使用虚拟/增强现实等技术,数字孪生具有实时性和可预测性,从而在制造业中有着重要的应用。

通过实时大数据分析优化制造业的流程,是数据要素赋能制造业的一个重要方面。通过实时的大数据分析,实现对制造业流程

① 数据来源于 How to master manufacturing's data and analytics revolution, 2021-04-30, The World Economic Forum, 参见 <https://www.weforum.org/agenda/2021/04/how-to-master-manufacturing-s-data-and-analytics-revolution/>。

的实时监控、动态调度和规划优化,从而提升制造业的效率与效能。实时大数据分析还能够解决制造业生产管理中的信息流优化问题。在传统的制造业生产管理中,往往存在着大量的场景需要不同层级的领导进行干预,但是数据流往往掌握在一线生产工人手中,这导致在异常处理过程中,大量的时间浪费在数据的收集与传输过程中。实时大数据分析可以实时将异常处理的数据以及数据处理的结果传输到所需要的人手中,从而实现“人找数据”,极大地提高了生产现场管理的效率。

数据要素在制造过程中的渗透,强化了对生产过程的控制。在现有的自动化生产线中,对生产过程的控制是基于特定的规则,在出现与规则偏离时,生产过程的控制系統就需要人工干预。而人工干预往往依赖于人类的经验,并没有完全做到精准化。基于生产实时大数据的生产控制过程,往往更为精准。大数据结合人工智能,使生产控制更为主动和精准,从而提高了生产管理的效率。

数据要素增强了生产的可预测性,从而能够最大限度地避免生产过程中的各种事故。根据海恩法则,每一起严重事故的背后,必然有 29 次轻微事故和 300 起未遂先兆以及 1 000 起事故隐患。在缺乏大数据时,这些轻微事故、先兆和隐患,都掌握在不同的人手中,难以通过聚合这些数据找到真正的风险点。将数据要素融合到生产过程后,生产中的每次事故隐患等数据都会集中在一起,利用人工智能等相关数据分析技术,能够找到生产过程中的风险点并加以防范,从而减

少生产事故的发生。利用生产大数据的预测功能,还能够及时对生产能力进行调整,避免生产中的牛鞭效应,从而节约社会资源。

## 四、政策性建议

数据要素能够全方位提升制造业的效率、效益和效能,有利于推动制造业产业全面转型升级,因此,政府、企业、社会各界要共同努力,将数据要素对制造业的乘数效应更好地发挥出来。

### (一) 强化数据文化,推动数据互通、共享、复用

推动数据要素赋能制造业,需要推动数据互通、共享、复用。高质量的数据是数据要素发挥乘数效应的基础。据统计,在经合组织中,有 41% 的数字化政策与改善数据使用、质量和价值有关。而数据科学家在进行数据分析时,90% 的时间花费在数据准备方面<sup>[23]</sup>。在制造业领域,数据来源非常多样,数据产生的场景复杂,各种数控加工设备、仪表和传感器制造商、控制器和软件公司都使用了自己标准格式的数据,硬件接口、通信协议、机器可读语言和语义定义之间存在着显著差异。这样造成了不同企业之间的数据难以实现互通、共享、复用。

从实践来看,与生产相关的数据主要来源于研发、设计、仿真、采购、生产、销售、供应链、金融、物流等各个过程,不涉及个人隐私,可作为数据共享的试点。因此,要从企业、供应链和生态系统层面入手,推动数据格式的统一化标准化,以实现不同层面的数据共享。

2019年开始,世界经济论坛推出了“通过数据共享释放制造业价值”计划,力图在产业生态层面推动数据共享。近年来,国家工业和信息化部、工业互联网产业联盟等制定了《国家智能制造标准体系建设指南(2018年版)》《工业互联网标准体系框架(版本1.0)》等文件,但具体标准的研制和推广工作刚刚启动,市场接受度还不够高。从未来发展看,引导行业组织、企业研究制定工业数据的行业标准、团体标准、企业标准。梳理现有国家标准,适时将成熟的行业标准、团体标准上升为国家标准。加强标准体系与认证认可、检验检测体系的衔接,促进标准应用。通过制订更多的数据标准,进一步推动不同制造企业之间的数据共享,实现制造业数据互通、共享、复用,是发挥数据要素在制造业乘数效应的重要基础。

从立法层面来看,还要防止数据要素使用中的“反公地悲剧”<sup>[24]</sup>,因为制造业领域数据涉及的权利主体非常多,既包括制造企业,也包括硬件制造商,还包括软件公司,这种权利主体的重叠容易造成权利人无法区分的情况,导致数据要素无法在不同的主体之间流通、共享、使用。例如,在工业企业生产过程中,设备的运行将产生大量的数据,这些数据对预测设备的维护使用、提高产品质量、增加生产的稳定性等具有极其重要的作用与意义。但是这些数据到底应属于哪个主体,是生产企业还是设备制造商,或者是工业互联网系统的运营商、数据收集方,并不是一个重点问题。因此,要鼓励和引导企业共同探索行业、企业的数据挖掘、存储、交易使用、动

态维护等规范,打通技术研发、生产制造和市场销售之间的数据壁垒、信息孤岛,推动数据共享。

## (二) 开发更好发挥制造业数据要素乘数效应的通用工具

大数据分析工具在近几年发展非常迅速。然而,大部分大数据处理工具都是基于互联网行业的数据,互联网中的大多数数据都基于自然语言,格式具有通用性,处理工具也相对统一。在制造业领域,数据来源多样化,数据格式不一致,数据处理程序与其应用场景密切相关。因此,在整体上看,制造业领域的数据开发工具相对比较复杂。很多企业都是在通用工具基础上进行个性化开发。这使制造业中数据要素的应用无法快速普及。因此,在政策方面,需要根据制造业的特点,归纳总结一批通用共性的应用场景,针对这些场景及其数据特点,开发出一批通用数据工具,从而推动数据要素在制造业领域广泛应用。

从底层技术来看,关键工业软件、底层操作系统、嵌入式芯片、开发工具等技术领域基本被国外垄断;国内能够生产的工业传感器与控制产品大多集中在中低端市场;控制系统、平台数据采集开发工具等领域的专利多为外围应用类,缺少核心专利。这使国内制造业数据格式由国外的专利或装备等决定,这使国内的数据应用企业难以针对制造业的场景开发出相应的数据工具。因此,要发挥数据要素的乘数效应,还需要在制造业数据相关的底层技术方面加大研发投入,从而在根本上解决制造业数据要素应用工具难以开

发的问题。

### （三）支持建立健全良好的数据生态

如前所述,数据要素要发挥乘数效用,需要建立一个良好的数据生态。研究表明,如果缺乏数据生态,在企业应用数据要素过程中,很容易出现“数字化悖论”<sup>[25]</sup>,也就是说数据要素的应用并不会带来企业效益的提升。在政策层面,要多方面支持数据生态的建设,要支持发展一批数据要素服务商,这些服务商通过汇聚制造业相关的数据,并开发出相应的数据工具,推动生产过程的优化,并实现制造企业多种场景的高效耦合。要支持制造业数据要素相关的配套设施建设协调发展,推动算力、算法、存储等相关配套设施与数据要素协同。要支持数据要素相关的数据经纪人、数商、交易服务机构等协同发展,从而更好地发挥数据要素在制造业领域的乘数效应。

### （四）支持建设国家制造业数据中心

在国家层面进一步强化数据共享的制度体系与软硬件设施。建立国家工业大数据中心,打通各种数据来源,统一规范数据格式与接口,集中收集相关数据,面向应用特点形成可用的数据集以及相应的数据资源目录,供生产企业、设备制造商、产业互联网运营商、研究机构等共享使用。在2017年时,韩国政府就在国家信息社会局下建立了国家大数据中心(National Big Data Centre, NBDC)。该中心的目标是为企业、初创企业、IT风险公司和学术界提供大数据的共享服务,以促进

大数据分析在经济中的使用。其基本原理是将公共数据(来自公共机构和机构,中央和地方政府)和私人数据(来自企业、大学、研究机构)收集在该中心。该中心配备了必要的软件和硬件基础设施,使企业能够以很低的成本进行大数据分析。在中国,2020年四部委共同发布了《关于加快构建全国一体化大数据中心协同创新体系的指导意见》,提出要加强全国一体化大数据中心顶层设计。从整体上看,全国一体化大数据中心建设在硬件设施建设方面进展较快,但在数据标准(如脱敏标准、分级分类标准、安全标准等)、数据要素流通共享、数据开放、数据管理等方面仍有较多的短板。因此,加快数字“标准基建”的投入覆盖,建设国家、地方、行业、团体的分级体系,依据标准坚持对数据进行“分而治之”,根据不同场景的数据结构、组织、涵盖特征,对公共数据、企业数据、个人数据形成区别化的分级分类制度。

### （五）完善数据安全体系

制造业数据的安全要求远高于消费数据。制造业数据涵盖设备、产品、运营、用户等多个方面,在采集、存储和应用过程中一旦泄露,会给企业和用户带来严重的安全隐患。如果数据被篡改可能导致生产过程发生混乱,甚至会威胁城市安全、人身安全、关键基础设施安全乃至国家安全。传统的制造业数据系统是一个封闭的系统,在网络安全方面并没有特别的设计,容易受到网络攻击。尤其是对中小企业而言,随着数据要素全面运用到企业的各个方面,数据安全问题变得越来越严重。在OECD国家,大型和小型企业

之间安全政策的平均差距为 45% ;2015 年,欧洲只有 30% 的中小企业制定了正式的安全政策,而大型企业中这一比例接近 70%<sup>[26]</sup>。另一方面,制造业的供应链中存在大量的中小微企业,这使供应链容易成为针对生产领域进行攻击的重点。有研究表明,全球 40% 以上的网络安全攻击源于扩展供应链<sup>[27]</sup>。因此,要加强制造业数据安全保护体系建设。强化制造业数据的安全保护标准,明确数据在使用、流通过程中的提供者和使用者的安全保护责任与义务;加强数据安全检查、监督执法,提高惩罚力度,增强威慑力;严厉打击与数据相关的不正当竞争和违法行为,如虚假信息诈骗、倒卖个人信息等;引导、推动行业协会等社会组织加强数据安全自律。

# 参考文献:

- [ 1 ] 李杰. 工业大数据:工业 4.0 时代的工业转型与价值创造 [ M ]. 北京:机械工业出版社,2015.
- [ 2 ] 李杰. 从大数据到智能制造 [ M ]. 上海:上海交通大学出版社,2016.
- [ 3 ] World Economic Forum & Boston Consulting Group. Share to gain:unlocking data value in manufacturing [ R ]. Geneva: World Economic Forum,2020.
- [ 4 ] DONOVAN P O,LEAHY K,BRUTON K,et al. Big data in manufacturing:a systematic mapping study [ J ]. Journal of big data,2015(2) :2-22.
- [ 5 ] GUANX,QIN X. The data factor's dual attribute and its interaction effects [ J ]. China political economy,2022(1) :40-51.
- [ 6 ] 吴海军,郭璘. 数据要素赋能制造业转型升级 [ J ]. 宏观经济管理,2023(2) :35-41.
- [ 7 ] 周铃媛,余柳仪,陈远方,等. 数据要素对制造业高质量发展的影响研究 [ J ]. 湖南理工学院学报(自然科学版),2023(4) :65-72.
- [ 8 ] 王德祥. 数字经济背景下数据要素对制造业高质量发展的影响研究 [ J ]. 宏观经济研究,2022(9) :51-63.
- [ 9 ] 史丹,孙光林. 大数据发展对制造业企业全要素生产率的影响机理研究 [ J ]. 财贸经济,2022(9) :85-100.
- [ 10 ] 田时中,许玉久,范宇翔. 数据要素新动能对制造业高质量发展的影响研究 [ J ]. 统计与信息论坛,2023(8) :55-66.
- [ 11 ] 李治国,王杰. 数字经济发展、数据要素配置与制造业生产率提升 [ J ]. 经济学家,2021(10) :41-50.
- [ 12 ] MALAK H A. Digitization vs digitalization:what's the difference? [ EB/OL ]. ( 2023-06-18 ) [ 2024-01-07 ]. <https://theecmconsultant.com/digitization-vs-digitalization/>.
- [ 13 ] BRESNAHAN T F,TRAJTENBERG M. General purpose technologies:engines of growth? [ J ]. Journal of econometrics,1995(1) :83-108.
- [ 14 ] 唐国锋,冯子钰,李丹,等. 基于文献计量分析的工业互联网综述与展望 [ J ]. 计算机集成制造系统,2023(9) :3216-3228.
- [ 15 ] ABDULLA A,JANISZEWSKA-KIEWRA E,PODLESNY J. Data ecosystems made simple [ EB/OL ]. ( 2021-03-08 ) [ 2024-01-08 ]. <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/tech-forward/data-ecosystems-made-simple>.
- [ 16 ] STOBIEFSKI T. 5 key elements of a data eco-

- system [ EB/OL ]. ( 2021-03-02 ) [ 2024-01-08 ]. <https://online.hbs.edu/blog/post/data-ecosystem>.
- [ 17 ] BRYNJOLFSSON E, HITT L, KIM H. Strength in numbers: how does data-driven decisionmaking affect firm performance? [ EB/OL ]. ( 2011-04-22 ) [ 2024-01-02 ]. <https://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1150&context=icis2011>.
- [ 18 ] XU X. Research prospect: data factor of production [ J ]. Journal of internet and digital economics, 2021 ( 1 ) : 64-71.
- [ 19 ] BRYNJOLFSSON E, MCELHERAN K. The rapid adoption of data-driven decision-making [ J ]. The American economic review, 2016 ( 5 ) : 133-139.
- [ 20 ] CENAMOR J, FRISHAMMAR J. Openness in platform ecosystems: innovation strategies for complementary products [ J ]. Research policy, 2021 ( 1 ) : 104148.
- [ 21 ] 李勇坚. 数字化推动制造业与服务业融合发展 [ J ]. 新型工业化, 2023 ( 11 ) : 25-34.
- [ 22 ] REN S, ZHANG Y, LIU Y, et al. A comprehensive review of big data analytics throughout product lifecycle to support sustainable smart manufacturing: a framework, challenges and future research directions [ J ]. Journal of cleaner production, 2019 ( 210 ) : 1343-1365.
- [ 23 ] CUI Y, KARA S, CHANK C. Manufacturing big data ecosystem: a systematic literature review [ J ]. Robotics and computer-integrated manufacturing, 2020, 62 : 101861.
- [ 24 ] STEPANOV I. Introducing a property right over data in the EU: the data producer's right-an evaluation [ J ]. International review of law, computers & technology, 2020 ( 1 ) : 65-86.
- [ 25 ] GEBAUER H, FLEISCH E, LAMPRECHT C, et al. Growth paths for overcoming the digitalization paradox [ J ]. Business horizons, 2020 ( 3 ) : 313-323.
- [ 26 ] OECD POLICY RESPONSES TO CORONAVIRUS ( COVID-19 ). One year of SME and entrepreneurship policy responses to COVID-19: lessons learned to “build back better” [ EB/OL ]. [ 2021-04-08 ] [ 2024-01-02 ]. <https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/one-year-of-sme-and-entrepreneurship-policy-responses-to-covid-19-lessons-learned-to-build-back-better-9a230220/>.
- [ 27 ] HU R, NGOBI L. Securing the supply chain [ EB/OL ]. ( 2020-09-17 ) [ 2024-01-04 ]. <https://www.accenture.com/us-en/insights/consulting/securing-the-supply-chain>.

( 责任编辑:杨海挺 )