·经济学研究·

DOI:10.20004/j.cnki.ujn.2025.03.011

生成式人工智能(AIGC)赋能工业企业高质量发展的机制与建设策略

蔡永明,马夏夏

(济南大学 管理科学与工程学院,山东 济南 250022)

[摘　要]生成式人工智能技术凭借其卓越的多模态理解能力与多类型内容生成能力在各领域广泛应用,但在工业企业中大规模应用仍面临一些挑战。针对AIGC在工业企业中的实施问题,提出AIGC赋能工业企业主要通过"预训练+微调+检索增强"模式在通用大模型基础上,做行业知识的领域化适配和模型微调,构建专属垂域AIGC大模型,以更低的成本赋能工业企业高质量发展;通过"基础模型+行业应用"的新范式,借助模型即服务(MaaS)、平台即服务(PaaS)的产业生态,快速部署工业企业应用;通过"本地化部署+个性化定制+数据隐私"的构建策略,增强大模型的安全性,保障内部数据的敏感性。工业企业可以通过开发应用AIGC技术,实现智能化制造。

[关键词]生成式人工智能;智能制造;融合创新;垂直应用;ChatGPT;DeepSeek

[中图分类号]TP3;F42　　[文献标识码]A　　[文章编号]1671-3842(2025)03-0123-14

一、引言

第四次工业革命已经开始,工业人工智能、数字孪生、机器人、清洁能源等新兴技术给工业生产带来了颠覆式影响,制造业转向高度灵活的个性化、数字化的生产与服务模式①。生成式人工智能(Artificial Intelligence-Generated Content,AIGC)是通过指令(提示词)引导人工智能模型产生各种内容的方式。在海量无标注数据上进行大规模预训练后的AIGC大模型,学习了大量知识并进行指令微调,具备多模态理解能力与多类型内容生成能力,是通用人工智能的雏形②。AIGC大模型在现代工业智能应用中作为核心基础设施,具有很强的跨领域泛化能力,适用于各种复杂的工业环境和生产流程,能够打通制造业的信息孤岛和数据断流节点,帮助企业提升效率,降低成本,推动工业企业高质量发展③。

作为突破现有生产力增长瓶颈的重要机遇,我国政府高度重视人工智能技术的顶层设计和具

[基金项目]国家社会科学基金一般项目"国家战略性新兴产业政策对关键核心技术创新影响机制与路径研究"(项目编号:19BGL038)。

[作者简介]蔡永明,济南大学管理科学与工程学院教授、硕士生导师;马夏夏(通讯作者),济南大学管理科学与工程学院讲师,邮箱:smse_maxx@ujn.edu.cn。

①刘湘丽:《第四次工业革命的机遇与挑战》,《新疆师范大学学报》(哲学社会科学版),2019年第40期。

②WU J.,GAN W.,CHEN Z.,et al.,AI-Generated Content (AIGC):A Survey,https://arxiv.org/abs/2304.06632,2024.05.23.

③姚加权,张锟澎,郭李鹏等:《人工智能如何提升企业生产效率?——基于劳动力技能结构调整的视角》,《管理世界》,2024年第2期。

体实施,通过制定和执行一系列的政策来促进AIGC大模型技术的快速发展,并将其转化为实际生产力,助力国家数字化战略转型。2023年7月,国家网信办等七部门颁布《生成式人工智能服务管理暂行办法》,明确生成式人工智能的内容生产、数据保护、隐私安全等方面的法定责任及管理办法;2024年3月的国民经济和社会发展计划草案,强调要以科技创新引领现代化产业体系建设,加快形成新质生产力,开展"AIGC+"行动,部署实施一批国家重大科技项目,积极培育发展新兴产业和未来产业;2025年政府工作报告提出持续推进"人工智能+"行动,将数字技术与制造优势、市场优势更好结合起来,支持大模型广泛应用。

尽管也有学者对AIGC的未来表示担忧①,AIGC技术快速发展繁荣,带来新一轮席卷各行业的"AIGC+"技术革命,使人工智能产品或将成为像水、电、网络一样的基础设施,渗透并改变千行万业。目前,AIGC技术主要应用于辅助完成内容创作和知识问答等场景,工业企业的应用特别是智能制造核心环节的应用尚不成熟。本文深入探讨AIGC技术在工业企业的应用趋势、规律和对策,为推进工业企业的高质量发展乃至智能制造转型升级提供相关理论基础和实践启示。

二、文献综述

自然语言处理(NLP)技术经历了从早期的机器学习方法,到基于深度学习的神经网络模型,再到基于Transformer结构预训练模型的发展历程。随着算法、算力和数据的不断进步和创新,目前的AIGC技术已经逐步应用到了各行各业。

(一)AIGC技术的发展及产业链

AIGC技术起源于早期的机器学习自然语言处理模型,依赖语言学家制定的语法规则和启发式方法建立专家系统,如CYC项目②;其后,随着机器学习技术的发展,开始利用统计语言模型(Statistical Language Model,SLM)③来实现文本分类、情感分析等任务,受限于算力,仅能进行小范围实验;21世纪中期,图形处理器(GPU)等硬件性能持续提升,互联网的普及提供了大量训练数据,基于深度学习的自然语言处理技术取得重大突破,发展出了大量的语言模型,主要有基于循环神经网络(RNN)的语言模型CoVe④、基于卷积神经网络(CNN)的模型VDCNN⑤和引进Gate机制的GCNN⑥等模型,以及结合RNN和CNN神经网络的模型CVT⑦。同期,基于生成对抗网络(Generative Adversarial Network,GAN)模型⑧实现了图片、文字、语音等生成,NLP任务从实验性向实用性逐渐转变。

---

① STOKEL-WALKER C., VAN NOORDEN R., What ChatGPT and Generative AI Mean for Science, *Nature*, Vol. 614, No. 7947, 2023, pp. 214-216.

② LENAT B., CYC: A Large-scale Investment in Knowledge Infrastructure, *Communications of the ACM*, Vol. 38, No. 11, 1995, pp. 33-38.

③ FREDERICK J., Statistical Methods for Speech Recognition, Cambridge: The MIT Press, 2022, p. 43.

④ MCCANN B., BRADBURY J., XIONG C., et al., Learned in Translation: Contextualized Word Vectors, https://arxiv.org/abs/1708.00107, 2024.05.23.

⑤ KALCHBRENNER N., GREFENSTETTE E., BLUNSOM P., A Convolutional Neural Network for Modelling Sentences, https://arxiv.org/abs/1404.2188, 2024.05.23.

⑥ DAUPHIN Y. N., FAN A., AULI M., et al., Language Modeling with Gated Convolutional Networks, https://arxiv.org/abs/1612.08083, 2024.05.23.

⑦ WU H., XIAO B., CODELLA N., et al., CvT: Introducing Convolutions to Vision Transformers, in *IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)*, Montreal, QC, Canada: IEEE, 2021, pp. 22-31.

⑧ GOODFELLOW I. J., POUGET-ABADIE J., MIRZA M., et al., Generative Adversarial Networks, https://arxiv.org/abs/1406.2661, 2024.05.23.

AIGC模型的突破起始于BERT(Bidirectional Encoder Representations from Transformers)[①]预训练模型以及Google Transformer架构[②],发展出了ChatGPT、Claude、Gemini(Bard)、Llama、Grok等产品,AIGC开始进入大模型时代。2022年,OpenAI的GPT-3能真正像人类一样来聊天交流,能完成文案、代码撰写。2023年GPT-4具备了多模态理解能力与生成能力,在美国生物奥林匹克竞赛、美国BAR律师执照统考等任务上的表现已经非常接近人类的智力水平,2025年1月,国内的DeepSeek-R1 671B大模型颠覆了传统"大模型需要大算力"的普遍认知,在多项基准测试中表现优于包括GPT-4在内的主流闭源模型,在政务、医疗、营销等领域广泛应用。

目前,AIGC产业链主要包括:(1)底层基础设施:训练部署模型用的专用智能芯片,以及云计算平台;(2)中游模型层:文本、图像、音频、视频、代码内容的生成模型;(3)下游垂直应用:在预训练的大模型基础上微调后的垂直化、场景化、个性化的模型和应用工具。



图1　AIGC产业链

①DEVLIN J.,CHANG M. W.,LEE K.,et al.,BERT:Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding,in *Proceedings of the 2019 Conference of the North American*,Minneapolis,Minnesota:Association for Computational Linguistics,2019,pp. 4171-4186.

②VASWANI A.,SHAZEER N.,PARMAR N.,et al.,Attention is All You Need,https://arxiv.org/abs/1706.03762,2024.05.23.

(二)AIGC工业企业应用实践

1. AIGC促进工业企业智能化转型及高质量发展

伴随着工业4.0、工业5.0生产制造理念的发展,AIGC为代表的人工智能技术为工业领域提供了新的发展创新机会,欧盟委员会发布的工业5.0报告中指出,人工智能推动了工业创新,给欧洲带来了经济繁荣①。麦肯锡的研究报告也指出,到2030年,美国30%的工作将被人工智能取代,AIGC加速了这一过程②。我国学者也认为AIGC赋能新质生产力③,数智化促进了制造业转型升级④,提升了企业高质量发展水平⑤。综上,大部分学者认为:尽管初期投入成本较高,但长期来看,AIGC技术的引入为企业带来了更高的投资回报率和更强的市场竞争力,是驱动新一轮科技革命和产业变革的关键力量。

2. AIGC技术对工业企业生产运营的影响

以ChatGPT为代表的AIGC技术的发展,改变了现有工作流程,赋能员工和企业,对工业企业生产实践产生了重大影响。Chen等研究发现企业通过AIGC人工智能在服务业的应用,降低了员工数量且提高了员工生产效率,最终提升了企业竞争力⑥;Leng等研究发现AIGC产品在工业领域中提升了设计、生产、营销、运营维护和回收再制造等方面的智能化水平,从而提高整体的竞争力和市场响应速度⑦;Ren等提出了基于AIGC的智能产品服务系统(Smart Product-Service Systems),提升企业服务效率和质量⑧;Zhang等从知识管理角度研究了AIGC如何影响组织内的知识创造过程,同时也揭示了AIGC技术在组织和个人层面的深远影响⑨。总之,AIGC技术通过提高服务响应速度、加快研发、洞察行业数据以辅助决策等,实现降本增效,提升工业企业的竞争力。

3. AIGC技术工业企业应用中的数据安全与技术风险

尽管大多数学者认为ChatGPT、DeepSeek等AIGC产品是出色的工具⑩,能够极大提升工业企业的生产效率,但需要高度关注两方面的威胁:其一,数据安全问题。AIGC算法训练需要大量数据支持,工业企业的工艺参数、供应链信息等敏感数据都是高级别商业机密,如果被用来训练AIGC大模型,将会存在数据泄露、数据滥用等风险⑪。解决这一问题可以依靠联邦学习、安全多方计算等技

---

①BREQUE M., DEN L., PETRIDIS A., Industry 5.0 Towards a Sustainable, Human-centric and Resilient European Industry, https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/468a892a-5097-11eb-b59f-01aa75ed71a1, 2024.05.23.

②ELLINGRUD K., SANGHVI S., Generative AI and the Future of Work in America, https://www.mckinsey.com/mgi/our-research/generative-ai-and-the-future-of-work-in-america, 2024.05.23.

③张夏恒,马妍:《生成式人工智能技术赋能新质生产力涌现:价值意蕴、运行机理与实践路径》,《电子政务》,2024年第4期。

④冯志波:《数字经济赋能制造业转型升级》,《宏观经济管理》,2024年第3期。

⑤张月,王凤:《数智赋能与国有企业高质量发展——来自"上云用数赋智"的经验证据》,《软科学》,2024年第4期。

⑥CHEN K., CHEN X., WANG Z., et al., Does Artificial Intelligence Promote Common Prosperity within Enterprises?-Evidence from Chinese-Listed Companies in the Service Industry, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 200, 2024, pp. 123-180.

⑦LENG J., ZHU X., HUANG Z., et al., Unlocking the Power of Industrial Artificial Intelligence towards Industry 5.0: Insights, Pathways, and Challenges, *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 73, 2024, pp. 349-363.

⑧REN M., ZHENG P., Towards Smart Product-Service Systems 2.0: A Retrospect and Prospect, *Advanced Engineering Informatics*, Vol. 61, 2024, p. 102466.

⑨ZHANG X., LIU Z., CHENG Y., et al., The Impact of AIGC on Organizational Knowledge Creation: From the Perspective of Adaptive Structuration Theory, in *2023 IEEE International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW)*, Shanghai: IEEE, 2023, pp. 1469-1476.

⑩AZARIA A., AZOULAY R., RECHES S., ChatGPT is a Remarkable Tool-For Experts, *Data Intelligence*, Vol. 6, No. 1, 2024, pp. 240-296.

⑪ROZADO D., The Political Biases of ChatGPT, *Social Sciences*, Vol. 12, No. 3, 2023, pp. 148-152.

术，在一定程度上实现了在保护数据隐私的前提下进行数据共享和协作[①]。其二，可靠性问题。AIGC生成的内容并不完全可信，如果完全由AIGC控制生产，就有可能发送错误指令，造成生产设备的损坏或严重的生产事故。相关研究如：Marcus从认知科学角度分析认为神经网络并不可靠[②]；OpenAI在ChatGPT-4的报告中也指出AIGC算法会产生“幻觉”（Hallucinations）[③]。AIGC算法的应用风险和挑战并存，因此，需要加强数据安全保护、控制算法结果的可靠性。

尽管大多数的文献对AIGC工业企业应用的前景充满期望，认为其会给工业企业带来生产效率的增加和企业竞争力的提升，但实质上，如何将AIGC技术有效融入其日常运营和战略规划中、如何利用AIGC技术解决工业企业的各自特有问题以及解决在融合创新过程中可能遇到的组织管理冲突问题等方面，尚有待进一步的探索和研究。本研究将从AIGC技术应用角度，总结分析其在促进工业企业高质量发展的机理，提出AIGC技术赋能工业企业融合创新的适配建议。

三、AIGC大模型驱动下的工业企业生产力变革

经过海量数据大规模预训练后的AIGC大模型与工业企业生产的深度融合，正在引领一场深刻的生产力变革，影响了企业生产效率、成本控制、劳动力结构、产品质量以及企业创新等多个方面，带来了更高水平的智能化和数字化工具，将推动工业企业高质量发展。

（一）改变现有工业企业运营模式

AIGC大模型具有极强的普适性，借助模型即服务（MaaS）、平台即服务（PaaS）的产业生态，可以快速开发海量下游应用，提升应用落地的准确性和稳定性。一方面，AIGC大模型通过深度融入企业业务中，促进业务流程的智能化升级，激发巨大的创新潜力，提高生产效率和质量；另一方面，AIGC大模型借助应用价值链的延伸，并开辟构建出大量新实践应用场景，改变了行业运行业态，对商业模式和利益格局产生深远影响，从而引领整个行业的转型与发展。

AIGC大模型作为底层企业智能化基础设施，深度嵌入研发设计、生产工艺、质量管理、运营控制、营销服务、组织协同和经营管理等业务，提升了企业生产效率和决策能力[④]，如通过自然语言交互，帮助研发人员快速开发产品原型；根据客户需求自动调整生产线参数，灵活地适应个性化定制需求；通过视觉检测和数据分析监测产品质量；利用深度学习技术分析运输、库存和需求数据，优化物流路线和仓储配置等等。AIGC大模型的应用能够大幅度提高个人的信息处理效率以及知识沉淀质量，改善客户体验/服务、提高开发人员生产力、实现差异化竞争优势以及创新商业模式等。而这些技术又可能反作用于生产关系的演变，改变了企业员工能力需求结构、改变了市场竞争格局，进而改变了企业内部以至于企业间的利益分配。

（二）推动工业生产数据要素商业化

正如计算机和互联网给整个人类社会带来巨大的变革一样，AIGC大模型是智能操作系统的迭代，其技术核心是海量数据反馈迭代训练的结果，数据资产正在重组要素资源、重塑经济结构，是大数据时代的新型生产力，其蕴含的价值将进一步涌现。一方面，工业企业数据基本都是企业内部

---

①CHEN J.，XUE J.，Wang Y.，et al.，Privacy-Preserving and Traceable Federated Learning for Data Sharing in Industrial IoT Applications，*Expert Systems with Application*，Vol. 213，2023，p. 119036.

②MARCUS G.，How Does the Mind Work? Insights from Biology，*Topics in Cognitive Science*，Vol. 1，No. 1，2009，pp. 145-172.

③OPENAI.，ACHIAM J.，ADLER S.，et al.，GPT-4 Technical Report，https://arxiv. org/abs/ 2303. 08774，2024. 05. 23.

④KALAGNANAM J.，PHAN D. T.，MURALI P.，et al.，AI-Based Real-Time Site-Wide Optimization for Process Manufacturing，*INFORMS Journal on Applied Analytics*，Vol. 52，No. 4，2022，pp. 363-378.

商业机密,专属领域的高质量训练数据严重匮乏;另一方面,海量的数据在企业内部得不到有效利用,无法实现其价值。通过数据要素商业化构建灵活的合作方式,如数据购买、数据租赁、数据服务等,将数据作为一种资产或资源实现其经济价值的最大化。当前,工业企业信息化发展方向由网络驱动转向数据驱动,AIGC大模型以实际业务应用为目标,以数据要素为动力,以智能算法为手段,推动数据资产"积累—治理—应用"的业务闭环良性运行,通过交易、流通和应用,实现数据的价值最大化,从而加速数据要素的商业化。

(三)解放工业企业生产力改变劳动力结构

人工智能技术的发展,特别是AIGC大模型,以交互式自然语言实现人机对话,降低了人工智能产品的使用门槛,在很多领域的工作效率及精准度超越了人类,作为新一轮产业变革的核心驱动力,正在深刻地解放生产力并改变劳动力结构。AIGC大模型通过自动化和优化生产流程,替代许多重复、繁琐或危险的工作,大幅提高生产效率,以使人类劳动力得以解放。AIGC大模型的广泛应用,缩减了工业企业事务性工作员工以及部分高技能型员工的需求。但另一方面,随着人工智能技术的广泛应用,企业中需要更多的人才来研发、部署和维护这些人工智能系统,也增加了人工智能技术相关的新岗位新职业需求。

(四)驱动工业企业多层次智能化创新

AIGC大模型应用的意义,不仅仅是局部工作效率的提升,更重要的是工业企业生产方式的转变,以及产品和服务的革命性创新。以"AIGC+"的技术演进模式,实现了从生产过程的智能化到产品服务的智能化,从单一技术的应用到多技术融合的创新,从企业内部的优化到整个供应链的协同创新,驱动企业实现智能工业多层次创新,以智能化转型赋能企业高质量发展。

智能化的工业产品:AIGC大模型嵌入工业企业产品实现产品智能化升级,通过集成先进的传感器、算法和通信设备,智能工业产品能够实现自我感知、自我决策和自我执行,并进行价值重塑,充分释放其商业潜力。这不仅仅是产品功能的提升,更重要的是推动着产品和服务的革命性创新,引领整个工业领域的变革和进步。

定制化的服务型生产模式:AIGC大模型在工业企业中的大量应用,依靠AIGC+工业互联网平台,控制生产设备的智能连接和协同作业,实现了生产过程高度自主决策和智能控制,推动企业生产模式由生产型向服务型转变。帮助企业实现个性化定制,更加灵活和高效地组织生产,满足不同客户的独特需求,从而提升客户满意度和忠诚度。

高度协同的生产技术:AIGC大模型赋能工业企业,推动了工业生产技术的创新和升级。通过分析大量的生产数据,优化生产计划和排程,减少闲置时间和交货延迟;帮助工业企业改进生产流程,以提高生产效率;构建更加智能化的供应链管理系统,实现供需匹配、库存优化;通过图像识别和数据分析技术,实时监测生产过程中的异常情况,及时发现问题并进行调整,提高产品质量;通过优化设备的生产流程和能源消耗,减少资源浪费,降低生产对环境的影响。

四、AIGC大模型赋能工业企业高质量发展的机理与模式分析

AIGC大模型凭借其强大的语言理解和生成能力,结合识别、模拟、预测等多方面的人工智能技术,将为AIGC大模型工业领域应用提供强大的支持,催生出更多的工业领域应用和创新,促进工业企业高质量发展。

(一)AIGC大模型赋能工业企业领域的核心能力

1. 感知与理解能力

工业企业生产制造感知渠道已经从传统视觉传感器、声音传感器等单一模式转变有线无线泛在的信号,如RFID信号、Wi-Fi、红外线等,与工业电脑、手机Apps的信息交互。基于语义分析、工业

场景视觉识别、目标行为识别等将技术，将物理世界和概念世界结合起来，借助认知计算，将数据转化为智能。如在生产设备预测性维护中，工业智能系统通过采集工业场景中的图像、温度、压力、振动、声音等信息，结合设备运行关键参数，调用机器学习和深度学习模型，分析大量正常样本与故障样本，掌握两者之间特征分布的差异，接入AIGC预训练模型，对应疲劳、裂纹、变形、异响、松弛等故障描述词，实现数据信号向工作状态的转换，增强了工业数据处理能力。

在感知与获取用户数据后，AIGC大模型能够快速提取和高效融合数据的特征，通过扩展编/解码器、交叉注意力（Cross-Attention）、迁移学习（Transfer Learning）等方式，进行多模态信息的模型训练优化，赋予了人工智能理解真实世界的能力，通过不断收集和分析用户反馈，进行感知和认知协同进化。如在生产设备预测性维护中，在接收到设备的健康状态信息后，依靠AIGC大模型预训练积累的行业知识和实践经验，使其能够快速准确地识别设备故障、分析故障原因，并提供相应的应对措施，减少对人工检查的依赖，显著提高了生产的可靠性。依靠AIGC大模型实现多传感器信息融合、协同感知、协同规划及协同控制，为工业企业智能化转型提供了强大的信息支持。

2. 多模态数据处理与交互能力

尽管人工智能在智能制造、工业4.0、工业互联网等方面有所应用，但由于不同行业甚至同一行业内的不同企业，其应用场景、业务流程、数据特征等方面都存在显著差异，多模态数据的信息量暴增，跨模态信息关联困难，给人工智能的工业化应用带来巨大的挑战。在行业实践中，多模态AIGC大模型具备处理文字、图片、视频、语音的多模态能力，能通过对多维度信息的强力感知，持续强化推理能力，拓展服务边界，逐渐展现出类似人的理解和分析能力。

AIGC大模型以自然语言或多模态输入输出的方式，结合触屏、眼动追踪、手势追踪等人机交互形式，实现工业设备、工业系统、管理软件的控制与交互；将人工智能、工业互联网、数字孪生等技术的有机结合，这些能力与工业场景的融合，不断提升感知、认知和决策能力；通过学习特定领域的术语和语境，进行场景化适配和调优，实现复杂的工业制造控制。

3. 大数据分析与预测能力

工业企业AIGC大模型的核心优势在于其卓越的海量信息搜集与处理能力。这一模型不仅能够有效整合产品全生命周期中产生的各类内部数据，还广泛吸纳了外部市场环境、竞争对手动态以及上下游配套服务商的实时信息。通过将这些多元化的数据融合，为企业提供决策，如监测设备运行数据，进行建模诊断、预测可能出现的故障情况，提前预警；基于全局信息建模，优化管理供应链，降低库存成本和运营风险，提高响应速度和客户满意度。AIGC大模型能够对工业数据进行深度分析，从大量的数据中提取工业运营规则、行业知识图谱、专家经验知识等有价值的信息，提高决策的效率和准确性。

AIGC大模型还具有强大的模拟和预测等能力，可以基于大量的真实世界数据，构建高度逼真的虚拟场景，模拟复杂的社会经济行为，通过大规模强化学习训练，从智能体的自我博弈出发，深入地理解社会经济系统的运行机制和规律，预测未来市场趋势和经济走势，模拟不同场景下的策略发展，为投资者、企业管理人员和政策制定者提供重要的参考信息。AIGC+智能制造在工业企业的深度应用，拓展了人类信息收集与处理能力，提高了企业的决策水平。

4. 自我学习与进化能力

传统的人工智能技术通常只是根据预设的规则和算法做出决策，而AIGC大模型中的深度学习和强化学习技术为人工智能领域带来了革命性的变革。其深度学习模型可以通过大量数据的训练来学习并识别模式，从而无需明确的规则和算法即可进行预测和决策；强化学习模型通过智能体（Agent）与环境互动的过程中学习，据其行为得到奖励或惩罚，不断试错和调整逐渐找到最优的决策策略。

大规模制造和自动化生产线上,采用具身智能(Embodied intelligence)[①]进行实践性学习,主动感知或者执行任务的方法来感知世界,通过收集和分析生产过程数据,使其能够在不断的尝试和反馈中优化自身的策略和行动,增强对世界的认知和行动能力。AIGC大模型加持的智能制造系统能够更好地理解生产环境、适应生产需求、优化生产流程,具有自动感知、自动学习、自主管理、自动执行等多种功能,为工业企业的可持续发展提供有力的支持。

(二)AIGC大模型赋能工业领域的方式

1. AIGC大模型直接赋能工业企业

工业发展经历了机械化、电气化、自动化、信息化的阶段后,当前正处于从数字化向智能化迈进的阶段。AIGC大模型以其强大的多模态信息处理能力,为工业企业生产制造领域带来了前所未有的创新机遇。这一能力使得工业企业能够充分利用海量且多样化的内外部数据,从产品设计、制造到服务等全生命周期环节进行深度分析和精准优化,提高生产效率,推动了企业向智能化、高效化、定制化方向发展。

以"基础模型+行业应用"的新范式,AIGC大模型能够直接应用于各种复杂的工业环境和生产流程,打通制造业的信息孤岛和数据断流节点,推动数据在研发、生产、配送、服务等环节高效流动,帮助企业构建工业大模型操作系统,从而优化整个工业体系,推动工业发展走向"自适应、自决策、自执行"的智能化阶段。AIGC可与其现有业务进行有机结合,以软件即服务(Software as a Service,SaaS)的方式提供个性化相关服务,处理工业企业管理业务,提高工作效率。例如,在财务管理方面,通过简单语言指令,即可实现制造数据、库存数据、销售数据的整合分析;在营销方面,能依据企业生产和库存状态,实时回答客户提问、动态生成个性化客户推广邮件。

2. AIGC大模型与工业生产过程的融合创新

随着5G、物联网(IoT)和边缘计算的发展,"AIGC+可计算数字孪生+混合现实+物联网"(AIGC+CDT+XR+IoT)连接控制工业设备、传感器和软件系统,把真实工业场景映射到虚拟空间,进而实现智能感知、决策、执行,自然语言交互控制实体装备,实现工业软硬件的深度融合,打通数字化设计与制造产业链上下游,形成设计、生产和销售的完整产业生态闭环,这将为工业生产带来前所未有的效率提升和质量改善。

在研发设计与规划阶段,AIGC大模型可以通过分析大量的设计数据和图像,提供设计灵感和优化建议,拓展CAD等设计软件的功能,赋能创成式设计、仿真优化、电子设计优化等,通过自然语言描述设计需求和意图,自动生成符合要求的设计方案或调整现有设计;在生产制造阶段,AIGC大模型赋能PLC、MES、CAE等工业控制软件,利用仿真优化及工业数字孪生,基于结果闭环优化模型,达到柔性定制、精益生产、快速交付,提升产品智能化生产水平和整体运营效率;交付与运维阶段,AIGC大模型可以持续监测用户使用行为习惯,基于人工智能提供早期缺陷检测与预测性维护,快速处理使用过程中遇到的问题,提高客户满意度。这种"云边一体"的架构助力实现产品创新和服务创新。

3. AIGC大模型与管理决策的融合创新

凭借AIGC大模型大数据分析与处理能力,可以对市场环境进行建模分析,可自动生成行业发展报告、战略情景分析等,帮助企业高管拓宽战略视野;通过分析行业趋势、竞争态势、技术演进等海量信息,辅助企业梳理战略问题,探索战略选择空间;通过分析经营数据和外部市场数据,可以实时预警行业变化和竞争风险,让管理层能够快速应对市场变局。

AIGC大模型与ERP、MES、SCM、CRM软件的集成企业管理信息系统的集合可以自动化完成很多复杂、重复的管理任务,深度洞察工业领域的复杂问题,生成新的知识和见解。如报表生成、简

①刘华平,郭迪,孙富春等:《基于形态的具身智能研究:历史回顾与前沿进展》,《自动化学报》,2023年第6期。

报、订单、流程审批、客户服务等为用户提供更便捷和高效的信息服务，大幅提升管理效率和质量；实时获取处理企业的销售、采购、库存、生产等各环节的数据，预测未来的市场趋势、销售情况、客户需求等，实现更精细的管理和控制；挖掘客户行为数据，提供更迅速、精准和个性化的服务。AIGC大模型助力管理者高效处理企业运营数据，让战略控制更加全面和实时，提升竞争力和风险应对能力。

4. AIGC大模型赋能员工提质增效

AIGC大模型具有强大的感知与理解能力，能够帮助员工快速获取和处理海量多源数据，改变了知识获取与管理方式，对问题进行语义分析和深度分析推理，提供更为准确和全面的业务见解，促进知识与员工自身技能的融合，实现人机协同，激发员工的创新能力，推动员工能力的全面提升。

AIGC大模型实现了对复杂多模态信息的高效处理与理解，通过自动化和智能化的方式直接承担起许多原本需要人工操作的技能性和重复性工作。如在文档编写、客户服务、数据分析乃至创意设计等多个领域，AIGC能够自动生成高质量的内容、提供精准的个性化服务、挖掘数据背后的深层关系，以及构思新颖的设计方案，极大地减轻了专业人员的负担，将员工精力从繁琐的事务中解放出来，专注于创造新的价值。

（三）AIGC大模型赋能工业领域的产品形态

1. 成熟工业产品叠加AIGC大模型的基础能力

通过将AIGC大模型集成到工业装备和软件中，以具身智能的方式赋予机器或软件类似于人类的感知、学习和行动能力，使其能够自主地从环境中获取信息，并根据这些信息调整自身的行为。这不仅能够使得工业设备具备自主学习、决策和适应不同工况的能力，还能推动制造业向更加智能化、个性化的方向发展，进而加速新型工业化的进程。例如，Salesforce推出CRM人工智能客服Einstein GPT，回答自然语言提问，协助销售工作，通过分析CRM数据和外部数据发现潜在客户，甚至可以动态生成个性化内容，通过电子邮件、Web广告等形式吸引/获取客户；斯坦福大学的“VoxPoser”项目，通过将大模型接入机器人，可将复杂指令转化成具体行动规划，用自然语言给机器人下达指令，机器人也无需增加额外的数据和训练；DeepSeek对汽车制造企业生产过程中的数据，如设备运行参数、生产流程数据等进行实时监测和分析，建立故障预测模型，保障生产顺利运行，设备故障率降低20%，生产效率提高15%。

2. 基于MaaS的AIGC大模型API调用

模型即服务（Model as a Service，MaaS）将AIGC大模型变成可服务化的产品，只需通过API接口调用即可使用大模型服务，用户无需自建底层基础设施，也无需从头开始构建和训练复杂的机器学习模型，根据特定需求进行创新，轻松实现个性化和创新性应用的开发，大大降低了大语言模型的技术研发成本和使用成本。AIGC大模型API在工业企业可以作为智能制造的核心，帮助机器逐渐实现真正像人类一样交流、执行大量任务。例如，SprutCAM调用ChatGPT API开发了虚拟助手Ency能够理解与SprutCAM软件操作相关的问题，帮助工程师操作机床完成加工任务；Sight Machine基于微软Azure和OpenAI API推出Factory Copilot，能够自动整理Sight Machine平台上的数据，生成易于理解的系统运行报告，引导用户进行根因分析（Root Cause Analysis，RCA），挖掘问题的根本原因并加以解决。

3. 行业应用的AIGC大模型插件工具

AIGC大模型也可以作为插件工具，与其他软件和系统无缝集成，使不同的软件之间能够进行数据的交换和处理，从而实现协同工作，提升整个工作流程的智能化水平，增强用户体验，提高工作效率。AIGC大模型作为工业企业大数据分析助手，通过自然语言交互查询和分析表格数据，为决策者提供数据驱动的洞察和建议。例如，百度千帆大模型将搜索与知识提炼工具相结合，实现精准

搜索与主动推荐,从而大幅提高企业内部信息检索效率;TranslateFX为企业定制专业法律和财务智能翻译工具,作为语言语音助手,实时翻译多国语言,处理跨国业务。

4. 私有化部署的专业领域大模型

私有化部署的专业领域大模型是为了满足一些特殊场景的需求,保证数据的安全性和隐私性,在内部环境中运行大型机器学习模型,从而避免了将数据上传到公共云服务可能带来的风险。主要形式为"本地化部署+个性化定制+数据隐私",增强大模型的安全性,保护内部敏感数据。私有化部署的专业领域大模型专注于解决特定的问题,模型的训练数据量也不用达到千亿级别,这就大大降低了训练成本;同时,针对特定领域任务的AIGC大模型可以更容易地进行持续改进和优化,在行业知识的问答和理解上,优于通用大模型。例如,科大讯飞的星火一体机,可以在本地环境中运行AIGC大模型,配备了高性能的处理器、内存和大容量存储设备,能够满足大型机器学习模型对计算能力和存储空间的需求;采用多层次的安全防护机制,包括防火墙、入侵检测、数据加密等技术手段,确保数据传输和存储过程中不被非法访问和篡改,以及优化的软件栈,用以提高模型的推理速度和准确性。

五、工业企业AIGC大模型应用发展及适配建议

工业企业AIGC大模型应用从通用到垂直、从工具到能力、从云侧到端侧的不断演进,实现了从2C(Consumer)到2B(Business)、2D(Developer)的全面覆盖。但整体来看,其应用的普及率仍然处于相对较低的水平,欧美发达国家的覆盖率也仅仅达到30%,我国制造企业AI普及率尚不足11%[①]。掌握AIGC大模型发展趋势,深入研究如何适配工业企业应用场景,提升AIGC大模型应用价值具有重大意义。

(一)AIGC大模型赋能工业领域的适用边界

1. 工业企业需要具备大规模行业语料和明确的知识体系

AIGC大模型的智能涌现发生在深层模型和海量数据的基础之上。物联网技术使得生产设备能够实时收集和传输数据,云计算提供了强大的数据处理能力,大数据分析能够从海量信息中进行初步分析,AIGC赋能工业企业的基础已经具备。但AIGC大模型工业企业应用对于数据和技术的依赖程度也在不断加深,要想使AIGC大模型真正适配不同的工业场景,需要大规模高质量的工业企业标记语料数据,并在通用大模型上进行行业参数微调。

无论从模型微调,还是高质量行业数据集,小微企业、初创企业都不具备AIGC大模型训练和应用条件。中大型工业企业信息化程度高,基础数据完整、语料丰富、规则约束明确,有可能成功应用AIGC大模型。如在工业制造领域,大量的设计图纸、生产数据和质量检测数据;在管理环节中的财务报表分析、企业战略决策、行业标准和法律法规等方面,都可以作为AIGC大模型的训练语料,在企业内部标注数据,微调训练AIGC大模型。随着模型的规模和数据多样性的增加,AIGC大模型才能深度融合工业场景,形成推理能力,不断提升感知能力与决策能力,为企业提供更智能、更合规的服务。

2. AIGC大模型应用解决问题边界要清晰

AIGC大模型通过其广泛的知识基础、超强的理解力和自我迭代的能力,能够有效地解决那些边界清晰的问题。在工业领域,如供应链管理、生产调度、质量检测、能源管理等场景,其问题的边界都是清晰的,结果存在于封闭的信息环境中,可以通过对内部数据的分析和挖掘即可解决问题,而不需要借助外部知识。

①中国通信工业协会:《工业大模型应用报告》,https://www.tisi.org/27724,2024.05.23。

AIGC大模型在工业领域的应用，是通过与行业知识结合，从企业标注数据上训练模型，获得业务决策能力。如质量检测和控制方面，AIGC大模型调用计算机视觉模型，分析大量正常样本与缺陷样本图像，掌握两者之间特征分布的差异，接入AIGC预训练模型，结合材质、颜色、形态、类型等产品描述关键参数，智能化判断产品缺陷，输出对应崩边、裂纹、缺角、划痕等缺陷描述词，根据设备的历史数据和当前状态，快速发现并处理缺陷产品。AIGC大模型能够学习并建立企业内部决策规则，实现问题的全程监控和追溯，降低了人工操作的成本和误差率，提高决策质量。

（二）工业企业AIGC大模型应用发展趋势

1. 工业企业信息化建设转向智能化

工业企业的信息化阶段主要侧重应用联网，利用网络技术和信息系统改善企业的信息获取和传递方式；智能化是将人工智能嵌入工业企业生产流程，关注效率和决策等方面，借助先进的算法和模型，重塑企业信息获取与使用方式，优化内部管理，提高产品质量，降低运营成本。

企业传统的信息化建设已经成熟，基于历史数据的智能化改造成为了新一代信息基础设施建设的方向。如智能交互硬件设施的更新；虚拟现实、数字孪生等交互方式搭建；云计算平台、边缘计算以及专用的AI处理器等基础算力、算法设施建设，以及内容与场景数据标注等，以AIGC大模型应用推动企业的数字化转型和智能化升级，促进企业高质量发展。

2. 多模态AIGC大模型促进多应用场景的融合创新

传统人工智能模型往往受限于特定任务，无法充分理解领域内的特有数据特征和规律，难以实现跨工作领域、多应用场景的融合创新，工业企业生产过程中会遇到大量差异大、频次低的长尾应用场景，没有一个统一的方法来解决，阻碍了企业的智能化转型。随着多模态AIGC大模型混合处理文本、图像、音频、视频等能力的显著提升，能更充分地利用海量、异构的数据资源，解决这一问题。以“AIGC大模型+行业应用”的新范式，将生产设备、信息系统、物联网技术、大数据分析等高度集成在一起，加速应用迭代升级，形成了一个高度互联互通的智能制造系统，能够快速处理复杂场景下的技术与管理难题。

以MaaS化服务将AIGC大模型融入产品设计、生产制造、运营管理等多个应用场景，实现资源的统一调配和优化利用，其感知和融合过程能够最大化提升企业整体的效率和能力上限。如工业产品设计：用自然语言描述产品性能、规格、工艺等参数，辅助设计零部件草图；自主生产调度：通过数字孪生技术实现虚拟现实交互，远程完成指令下达，结合生产需求进行智能生产调度，实现生产流程的有机联动，从而减少了生产延误。

3. AI Agent是AIGC大模型业务场景应用的主流形式

人工智能代理（AI Agent）是一种能够感知环境、进行决策和执行动作的智能实体，其技术基础主要是AIGC大模型，特别是Transformer架构的预训练语言模型。基于AIGC大模型的AI Agent是用户专属的智能助理，增强了人类处理信息的能力，改变人机协同的模式。用户不再需要登录不同的App去完成各种任务，只需通过日常语言与AI Agent交互，由AI Agent自主调用不同的API或工具完成特定任务。

AI Agent提供了一个类似人类思考方式的“人机协同”动态决策框架，通过思维链（Chain of Thought，CoT）和问题分解等技术，将工业企业生产制造过程中的复杂问题拆解成可实现的子任务，进行统一智能调度管理，协同完成具体场景中的实际问题；与其他模型、软件等外部工具协同，对接入AI Agent的数字化工具（比如工业机器人、工业软件、管理决策软件等），通过模拟人类的交互方式，自主地进行环境感知、推理记忆、行动纠偏等以任务目标为导向的自主学习提高活动，促进了人与机器的更深层次融合。作为AIGC大模型业务场景应用的主流形式，AI Agent加速了智能制造的实现。

4. 具身智能赋予AIGC大模型自主实践学习的能力

早期工业机器人主要用于重复性、单一性的任务,因AIGC大模型具有自我学习和进化能力,其支持下的工业设备或软件采用具身智能(Embodied intelligence)主动感知或者执行任务,可以使用人类习惯的模式与人类进行信息交互,通过自然语言、图片、视频、动作示教等实现知识传递,打破人与机器间的语义隔离;通过"示教—学习—反馈"的多轮交互模式,对智能体进行训练,获取物理世界的真实反馈,并通过实时数据分析和反馈来学习并自我调整和优化,在使用过程中不断提升机器人的智力水平。

工业企业生产场景闭合有界,任务具有高度重复性。AIGC大模型通过具身智能可以用较低的时间、成本学会具体的生产任务,适用不同的生产场景,使大规模应用成为可能。如在工业外观缺陷检测任务中,AIGC大模型以高精度的图像传感器来追踪形态不定、位置不定的缺陷,基于动力学原理进行建模,识别和分析对象姿态和特征,自主生成检测序列,通过信息反馈"认知"自身能力,并实时更新。

5. 智能涌现带来工业AIGC大模型的性能飞跃

AIGC是通过构建庞大的参数体系来深入理解现实世界的复杂关系,随着扩大模型的规模和增加数据的多样性,突然在某一刻顿悟(Grokking),拥有了以前没有的能力,这称之为智能涌现。AIGC大模型的感知与理解能力在很大程度上依赖于对领域内知识的学习,主要是通过在大量的已标注多模态数据(如文本、图像、音频、视频等)上进行训练来实现的,随着高质量数据的增加,模型能够逐渐理解各种概念、实体、关系等,并建立它们之间的联系。

智能制造属于知识密集型任务,AIGC大模型工业企业应用落地要比消费端困难和复杂得多,对模型知识蕴涵的数量要求较高,其智能涌现临界值比简单任务的高许多。AIGC大模型工业应用的训练更加复杂,需要借助大数据、大模型和强大的计算能力,反复和强化学习解锁基模型的能力,解决开放式任务,不断创新迭代直至发生智能涌现,发生根本性的改变,掌握自然语言理解、意图识别、推理、内容生成等能力和通用问题求解能力。

(三)AIGC大模型赋能工业企业高质量发展建议

为了利用AIGC大模型实现工业企业的高质量发展,应根据自身需求和发展战略,需明确其在研发设计、生产制造、运营管理等方面的应用方向和目标,开发合适的AIGC大模型应用,其技术路线如图2所示:

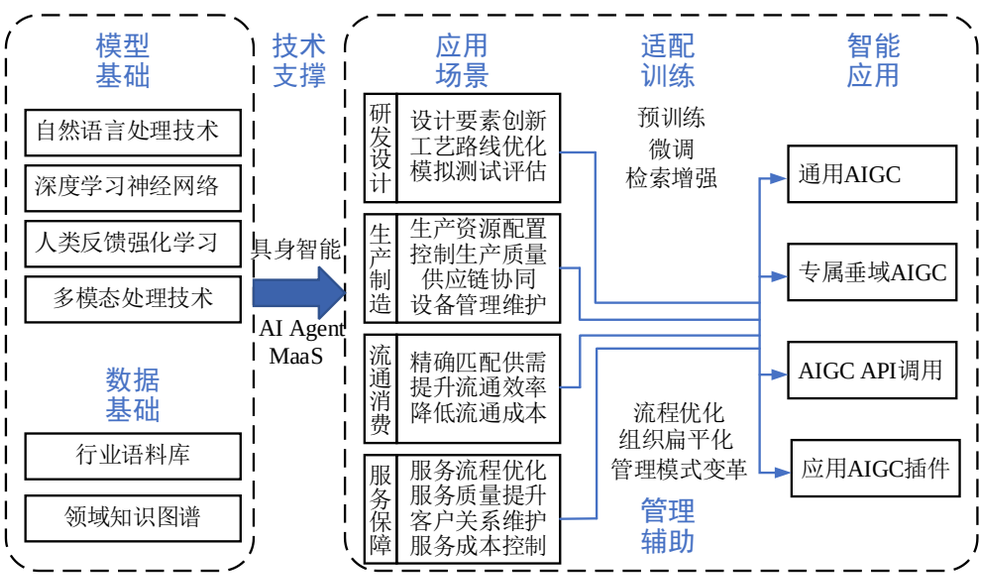


图2 AIGC大模型工业企业应用技术路线

根据AIGC大模型特点，结合工业企业独特的运营环境和业务需求，对模型的架构进行调整和优化，消除企业内部的数据孤岛和信息系统的碎片化，使AIGC大模型平滑地嵌入到现有的各类系统，重点关注以下几点：

1. 构建特定行业领域的语料库和知识体系

依靠其强大的泛化能力，AIGC大模型可以在不同的领域和任务上进行迁移学习，而无需重新训练。但面对特定工业企业的任务，缺乏对企业特定业务流程、数据结构和运营模式的深入理解，导致生成的解决方案与企业实际需求不匹配；对行业知识、术语、规则等的不理解，在应对工艺流程优化、设备故障预测等专业问题时有所缺陷，导致生成的解决方案与实际需求存在偏差。

工业企业可以使用高质量的私有数据和领域知识图谱作为知识来源和训练数据，以弥补通用AIGC大模型在真实性和一致性方面的不足。第一，构建语料库。针对行业内部知识数据的训练，收集特定行业领域的大量知识数据，包括专业术语、行业规范、案例研究、技术文档等，把复杂的非结构化数据向量化（Embedding），以确保模型的全面性和准确性。第二，数据处理与标注。采用人工标注加学习机器的方式大量标注和验证数据，为AIGC大模型私域训练提供高质量的样本数据，确保模型能够学习到行业内部的专业知识和规则。第三，数据合规与科技伦理审查。避免出现价值导向风险、话语权垄断风险、路径依赖风险、虚假信息风险、内容操纵风险等。

2. 开发专属垂域AIGC大模型

AIGC大模型的未来发展将趋向于通用化与专用化并行。通用AIGC大模型依靠持续进化的感知、记忆、理解、分析与生成能力，解决普适性和无严格精确度要求的行业问题。但由于不同行业甚至同一行业内的不同企业，其应用场景、业务流程、数据特征等方面都存在显著差异，通用的AIGC大模型不能完全满足所有企业的需求。另外，出于商业机密、客户信任、法律合规以及业务连续性等多方面的考虑，私有化部署可以保护数据资产安全，降低模型训练维护成本。专用AIGC大模型融入了领域知识与业务经验，并结合应用场景做领域化适配，为特定业务提供精确服务。

专属垂域AIGC大模型的搭建主要有三个方面的调整。模型方面：专属、自建模型可以加入特定参数、调整模型结构，使其更好地适应特定任务；数据方面：加入行业知识资产和大量的企业标记语料数据，提升决策的精准度；训练方面：根据业务实践，在企业内部做有监督精调，形成一个带有循环反馈机制的良性闭环。部署专属垂域AIGC大模型达到更精确的识别、理解、决策效果，以更低的成本赋能下游任务。

3. 利用“预训练+微调+检索增强”适配工业企业应用

AIGC大模型通常需要庞大的数据集进行训练，工业生产过程中的各个环节相互交织，数据之间的关联性和复杂性较高，数据结构多样，质量参差不齐，而这些数据的收集、清洗和标注都需要耗费大量的时间和资源，给工业大模型的训练和应用带来了挑战。同时，AIGC大模型的训练和推理需要计算资源也是巨大的，包括高性能的计算集群、大量的存储空间和高速的网络连接等，成本高昂。

通用AIGC大模型包含了大量的预训练知识，凭借其强大的泛化能力，可以在不同的领域和任务上进行迁移学习，而无需重新训练；微调模式（fine-tuning）是在一个已经预训练完成的通用或专业大模型基础上，结合工业领域特定的标注数据集和行业领域知识图谱等结构化数据进行进一步的调整和优化，可以保留通用能力的同时提高了模型的适配性和精度；检索增强生成（Retrieval Augmented Generation，RAG）结合了检索（Retrieval）和生成（Generation）两种方法，把私有数据进行向量化存储，匹配输出搜索内容，弥补通用大语言模型专业领域能力不足的问题。“预训练+微调+检索增强”的方法可以快速利用现有的基础大模型，无须进行额外的训练，只需要构建和接入行业或企业私有数据库，使用更小的数据量、更短的训练时间，使模型能够实现对工业领域的知识理解和应用，显著降低了边际落地成本，也可以部分消除大模型的幻觉，减少数据泄露，提高信任度和

访问控制。

4. 推进组织变革适应智能制造

智能制造时代的来临,为工业企业带来了前所未有的机遇和挑战。在机遇方面,智能制造推动了生产效率和产品质量的双重提升,使企业能够更快地响应市场需求变化,加强竞争优势。在挑战方面,企业需要面对高额的技术更新投入、生产流程和组织结构的系统性变革、管理模式和管理文化的转型、员工技能的重新培训以及数据安全等问题。

AIGC大模型在工业企业的成功落地,需要从管理方面进行全面的配合和调整。首先,建立扁平化的组织结构,减少中间环节,以提高决策效率和响应速度,充分利用数字化智能化工具,强化横向沟通,促进信息共享和协同工作,提升组织效率;其次,要对业务流程进行重新设计和优化,消除企业内部的数据孤岛和信息系统的碎片化,创新管理模式,以适应智能制造的生产模式,引入自动化和智能化技术,减少人工干预;最后,AIGC大模型赋能的智能制造需要有更高科技素养和管理能力的员工,掌握数字化、智能化的工具和技术,适应新的工作环境和需求。

六、结语

“AIGC+”将成为全球性产业技术升级的动力,与传统业务深度融合创新后,开辟构建出大量新的实践应用场景,引领整个行业的转型与发展。虽然目前AIGC大模型并没有在工业企业领域大规模应用,但工业企业智能化转型有着先天的优势。一方面,大部分工业企业都积极推进信息化和数字化建设,沉淀了丰富的行业知识和运营数据,是AIGC大模型训练的优质语料库;另一方面,工业企业问题边界清晰,规则约束明确,容易得出精准和有效的解决方案。所以,AIGC大模型必将在工业企业领域大放异彩,推动智能制造技术实现飞跃。

在深入分析AIGC大模型的趋势以及在工业企业可能的应用后,本研究认为:工业企业的“上算”成为了新一代信息基础设施建设的方向。AIGC大模型工业企业落地的主要形式是构建专属垂域大模型或者基于通用大模型的微调,采用“基础模型+行业应用”的新范式嵌入工业企业生产运营,实现智能化生产控制,提升管理决策水平,通过AI Agent的“人机协同”动态决策框架,可以促进人与机器的更深层次融合,提高业务能力与工作效率。同时,需要推进组织变革,优化业务流程,促进信息共享和协同工作,提升组织响应速度和执行力,促进AIGC大模型赋能工业企业。

总之,正如电气化、信息化带来的工业革命一样,智能化也同样会深刻影响着工业企业的核心能力。AIGC大模型具备了学习、理解、推理的强人工智能特征,为工业企业带来了前所未有的发展机遇。在智能化浪潮中,工业企业需要保持敏锐的洞察力和开放的心态,积极关注新技术的发展动态,及时引进和应用以AIGC为代表的新技术,赋能工业企业高质量发展,形成新的产业生态和竞争优势。

[责任编辑:袁朋伟]