

关于AI大模型技术赋能船舶领域的认识

王兆杰^{1,2}, 于雷², 熊进辉^{1,2}, 李怀瑜², 韩云君³, 沈震³, 郭瑞⁴, 张勇⁵

(1. 中国船舶集团未来发展研究中心, 北京 100192;

2. 中国舰船研究院, 北京 100192;

3. 中国科学院自动化研究所, 北京 100190;

4. 武汉数字工程研究所, 湖北 武汉 430205;

5. 北方自动控制技术研究所, 山西 太原 030006)

摘要: 概述了人工智能 (artificial intelligence, AI) 大模型研究的焦点、发展趋势及其技术本质, 分析了国家层面的人工智能发展战略、国防领域的紧迫需求以及船舶领域应用的基础。从智能绿色船舶的发展、防务装备体系的革新、管控体系的建设以及知识密集产业的转型等方面, 探讨了将人工智能大模型技术应用于船舶领域的广阔前景。人工智能大模型技术与“平行系统”“知识工厂”和“数字员工”等理念相结合, 能够催生“AI设计”+“数字工厂”+“平行验证”等新型设计、研发和验证手段。此外, 人工智能大模型技术可以从船体设计、船舶建造、航运管理、节能减排等方面为船舶行业注入智能和绿色元素, 优化船舶各项功能, 提高企业运营的效率, 提升经济性和环保性。与新能源、新材料、先进制造和电子信息等战略新兴产业结合后, 人工智能大模型技术能够基于新理念和新形态塑造未来海洋防务装备体系。同时, 人工智能大模型技术能够赋能船舶管控体系的建设, 优化规划计划、助力科技创新、提高管理效率和改善用装质效等。特别是随着船舶领域知识工厂的建立、数字员工的培训、工业机器人的推广以及对深远海领域的拓展, 人工智能大模型技术将能够推动船舶领域“自然人”“机器人”和“数字人”的有机结合和密切协同, 加速船舶行业向知识密集型和智能密集型升级, 使产业生态和价值创造模式向高端化、智能化和绿色化转变, 实现更注重质量和效率的发展方式。

关键词: 人工智能大模型; 防务装备体系; 高质量发展

中图分类号: TP301

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.2096-6652.202408

Understanding of AI large model technology empowering the field of ships

WANG Zhaojie^{1,2}, YU Lei², XIONG Jinhui^{1,2}, LI Huaiyu², HAN Yunjun³, SHEN Zhen³,
GUO Rui⁴, ZHANG Yong⁵

1. Research Center for Future Development, China State Shipbuilding Corporation Limited, Beijing 100192, China

2. China Ship Research and Development Academy, Beijing 100192, China

3. Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

4. Wuhan Institute of Digital Engineering, Wuhan 430205, China

5. North Automatic Control Technology Institute, Taiyuan 030006, China

Abstract: This paper summarized the focus, the development trend and the technical nature of AI large model research, analyzed the development strategy of AI at the national level, the urgent needs in the field of national defense, and the basis of applications in the field of ships. Then, from the aspects of the development of intelligent green ships, the innova-

收稿日期: 2024-01-15; 修回日期: 2024-03-01

通信作者: 沈震, zhen.shen@ia.ac.cn

基金项目: 国家重点研发计划 (No.2021YFB3301504)

Foundation Item: National Key Research and Development Program of China (No.2021YFB3301504)

tion of defense equipment systems, the construction of management and control system and the transformation of knowledge-intensive industries, the broad prospect of applying AI large model technologies to the field of ships was discussed. The paper pointed out that the combination of AI large model technologies and concepts such as parallel systems, knowledge factories and digital employees can catalyze new designs, research and development and verification methods such as “AI design” + “digital factory” + “parallel verification”. In addition, AI large model technology can inject intelligent and green elements into the shipping industry from aspects such as the hull design, ship construction, shipping management, energy conservation and emission reduction, can optimize ship functions, and improve efficiency, economy and environmental protection. Combined with new materials, new energy power and new information electronics and other technologies, AI large model technologies can shape the future marine defense equipment system based on new concepts and new patterns. At the same time, AI large model technologies can enable the construction of ship management and control systems, optimize planning, help scientific and technological innovation, improve management efficiency and improve the quality and efficiency of the corporations. In particular, with the establishment of knowledge factories in the field of ships, the training of digital employees, the promotion of industrial robots and the expansion of far-reaching sea fields, artificial intelligence large model technologies will be able to promote the organic combination and close collaboration of “natural persons”, “robots” and “digital people” in the field of ships, and accelerate the upgrading of the ship industry to be knowledge intensive and intelligent intensive. This can transform the industrial ecology and value creation mode to be high-end, intelligent, and green, and realize a development mode that pays more attention to quality and efficiency for shipbuilding corporations.

Key words: AI large model, defense equipment system, high-quality development

0 引言

人工智能 (artificial intelligence, AI) 是一项引领未来的战略技术, 是新一轮科技革命和产业变革的重要驱动, 有望成为推动人类社会进入智能时代的决定性力量^[1]。全球已有 30 多个国家和地区围绕 AI 出台规划和政策, 对 AI 核心技术、顶尖人才、标准规范等进行部署, 加快促进 AI 技术和产业发展, 努力在国际竞争中占据有利位势。只有研究了 AI 的发展历程, 以及 ChatGPT、Sora、AlphaGeometry 等的来龙去脉, 从科技革命和产业变革层面把握通用人工智能 (artificial general intelligence, AGI) 的价值, 才能看清 AI 大模型技术现阶段所能发挥的作用, 以及在船舶领域的应用前景。

2022 年 11 月, 美国 OpenAI 公司的大型自然语言处理模型 ChatGPT 横空出世, 引发了国内外 AI 大模型技术研究热潮^[2]。AI 大模型的全称是 “artificial intelligence large model”, 即具有巨大规模参数和训练数据的机器学习模型^[3]。ChatGPT 的核心是 GPT 模型, 通过特定算法预测下一个单词的概率分布, 在大型文本语料库中训练模型学习语言模式, 进而生成自然语言文本。ChatGPT 基于强大的预训练模型, 利用高质量的海量数据和强大的算力支撑实现上述功能。AI 大模型设计的目的是提高

模型的表示能力和预测性能, 能够处理更加复杂的任务和数据, 并具有 “大规模参数、大数据训练、复杂网络结构、预训练和微调、迁移学习、多模态处理、多领域应用” 等特点; 可以通过训练海量数据来学习复杂的模式和特征, 并使其具有更强大的泛化能力; 可以对未见过的数据做出准确的预测。AI 大模型是人工智能的一种技术实现路线, 在网络结构复杂程度突破某个临界点之后, 引发了一种类似人类的智能 “涌现”, 让计算机能够获得 “思考能力”, 使之能理解文本、图片、语音、视频等内容, 能够进行文本生成、图像生成、视频生成、推理问答、科学预测等工作^[4-5]。但在结果可信度、逻辑推理能力、数理逻辑表现等方面 AI 大模型仍有一定的技术局限性。

1 AI大模型技术研究分析

1.1 AI大模型已成为国内外AI研究的焦点

继 ChatGPT 之后, 美国微软公司已宣布将旗下 Azure 云服务、Microsoft 365 办公软件、Bing 搜索引擎、Power Platform 低代码开发平台等产品与 GPT-4 深度融合, 以提高办公效率。据不完全统计, 国内已有百度 (文心)、阿里 (通义)、华为 (盘古)、腾讯 (混元) 等至少 15 家企业启动了 AI 大模型项目。2023 年 12 月, 美国 Google 公司发布

Gemini1.0, 可接受多种媒体类型(组合文本、图像、音频、视频和编程代码)的输入, 包括Ultra、Pro和Nano 3个不同版本。2024年1月, 美国DeepMind的AlphaGeometry, 结合了神经语言和符号演绎的优势, 被成功用于国际数学奥林匹克(IMO)几何定理证明。2024年2月, DeepMind公布了Sora, 进一步推动了AI视频生成和多模态大模型发展。

1.2 AI大模型与无人系统结合成为研究热点

以英国AutoGPT等为代表的“自主AI代理”探索了基于AI大模型自主解决复杂问题的方法, AutoGPT以GPT-4为驱动基础, 将自然语言处理、信息检索、程序设计等融合在一起, 具备了自主执行任务能力; 微软公布了《机器人ChatGPT: 设计原则和模型能力》, 展示通过ChatGPT生成计算机代码以控制机器人的研究进展; 英国Engineered Arts公司将GPT-4接入人形机器人“Amecca”, 获得通过面部表情、肢体语言表达情绪以及符合逻辑的对话能力; OpenAI公司投资了挪威机器人公司IX Technologies, 面向工业场景等打造自主智能机器人, 与Figure合作, 开发人形机器人AI模型, 赋予了机器人与人类、环境互动的能力。随着AI大模型技术发展并与行业应用深度融合, 将实现“多模态自然人机交互”“机器自主分析解决问题”“跨业务流程、平台、系统的端到端超级自动化”等变革人机关系的新技术能力, 人和机器将能够以更加自然流畅的方式合作, 机器也将能够根据人的意图自主设计、编程并完成复杂任务。简言之, 机器将更理解人、更像人, 成为人类助手^[6-8]。

1.3 AI大模型是通用人工智能技术路线的产物

对人工智能的追求有“专用人工智能”“通用人工智能”两条道路。专用人工智能是现阶段主流的AI技术路线, 又称为“狭义AI”“弱人工智能”, 针对特定应用场景需求搭建机器学习模型进行训练。如围棋AI“AlphaGo”, 虽然是围棋领域顶尖水平, 但没有完成其他领域任务的能力。通用人工智能是指具有一般人类智慧, 可以执行人类能够执行的任何智力任务的机器智能, 又称为“强人工智能”。在不特别编码知识与应用领域的情况下, 能够应对多种甚至泛化问题, 但在ChatGPT之前都未真正受到AI领域从业者的重视。以ChatGPT出现为标志, 千亿级的神经网络模型已快速逼近人脑复杂程度, 在解决复杂问题、未预先训练问题等方

面呈现出了近似人类的通用智能, 直接改变了对通用人工智能技术路线的看法。通用人工智能还有一条“新”路线, 通过制造先进的大脑探测工具从结构上解析大脑, 再利用工程技术手段构造出模仿大脑神经网络基元及结构的仿脑装置, 最后通过环境刺激和交互训练人工大脑实现类人智能。简言之, “先结构, 后功能”。2021年, 谷歌联合哈佛大学从1立方毫米人类大脑皮层编译出连接组数据, 并绘制出第一张人脑神经3D连接图, 这是里程碑事件之一^[9-17]。

1.4 AI大模型的技术思想主要来自于连接主义

连接主义主张用神经网络的连接机制实现AI, 基于大数据训练学习知识。AI大模型与各行业领域结合需要符号主义、行为主义等流派的技术。符号主义又称逻辑学派, 主张用公理和逻辑体系搭建一套AI系统, 通过模仿人类逻辑方式获取知识, 符号主义的最新进展为知识+数据双轮驱动以及AI的可解释性奠定了基础。行为主义强调智能体与周围环境的交互与反馈, 促进了仿生机器人、自主行走机器人等应用, 也将助力AI大模型与无人系统结合。AI大模型技术本质上是在计算机中通过模型模拟人类的思维过程。构建在离散数学基础上的现代计算机在表达真实世界时不可避免存在信息损失, 而真实世界的变量太多, 也很难穷尽所有的变量用于模型计算, 这决定了按照数据、算法、算力所体现的AI大模型与人类智能不在一个层次。但在计算机空间中, AI大模型原则上可以拥有远超人脑的神经元数量和连接复杂度, 可以存储超越人脑容量的知识和数据, 可以拥有远超人脑的计算速度, 可以实现人类寿命内难以完成的迭代训练, 这决定了AI大模型能够认知和处理人脑难以及时应对的复杂任务。

2 AI大模型发展前景分析

2.1 国家层面发展规划

AI将为我国发展创造竞争优势, 注入新的增长动力。AI被列入重要战略性技术和核心关键产业领域, 国家和地方层面也发布了AI相关政策, 并为核心技术攻关、产品落地应用以及探索发展新模式新路径提供支持。以大模型为代表的AI技术应用在制造业将催生“工业物联网”, 能够引发产业结构的重大变革, 实现社会生产力的整体跃升。可以通过“+AI”“AI+”等模式对传统行业进行产

业赋能。“+AI”可以帮助行业领域快速高效地处理数据，直接提高行业生产效率，降本增效，“AI+”可以创造出新的需求、打造新商业模式，构建新的经济增长点。未来，在数字经济和实体经济深度融合发展进程中，在平行系统、信息物理融合系统、无人系统等持续加持下，AI的应用场景范围将持续扩大。制造业将成为AI大模型应用的主战场。AI大模型将成为重塑全球制造业竞争格局的新起点^[18-22]。

2.2 国防领域需求迫切

AI大模型技术将引发战争制胜机理变革，这个过程中复杂性和制智权成为关键。美军认为AI将改变战争，发布了《国防部人工智能战略》等文件，提出“下一代人工智能”等研究，探索通用人工智能在军事领域的应用。美军已经将大模型技术应用于情报分析、任务规划、武器控制等，美军通过在 Palantir AIP 人工智能平台中集成 GPT-4、BERT 等多种大模型实现作战数据协同、行动方案建议，并可使用 ChatGPT 风格的聊天机器人命令无人机执行任务；美陆军已部署 Scale Donovan 大模型用于空降师决策制定；美军还在积极开发大模型在自主武器系统领域的潜力，2023年，美国国防部更新了《自主武器系统指令》为AI武器打开了大门，公布了“复制者（Replicator）”计划，以在短期内大量装备无人作战系统。AI大模型技术应用于军事领域，能够迅速处理海上方向海量的数据，并将其转化为信息，并得到应用；可以通过语言模型分析，快速识别和提取有用的情报信息，加快情报收集和分析的速度，提升效率；可以作为一种新型的交互方式，为指战员提供更加人性化、自然化的交互体验，为军事指挥提供更加高效、便捷的交互方式；可以赋能未来装备有机协同，最大限度地发挥在网装备潜在效能，生成装备链接、交互、组合方案；可以提供共用基础模型算法服务产品，实现装备智能算法的模板化、迭代化和自演化，面向典型应用场景通过推演等方式，辅助指挥员生成更加科学、系统的方案，还可根据战场实时情况，结合历史战例和经验，为指挥员提供快速而准确的决策建议^[23-26]；可通过制作虚假社交媒体账号，以生成特定的政治、经济和文化话题的文章或言论等方式影响特定国家目标的公众舆论和政治环境等。特别是一旦其与自主武器系统相结合，使无人系统具备无人干预的情况下自主决策和行动的能力，

将引发深远影响。AI大模型技术在军事领域的应用，将在传统制海权、制空权、制天权、制信息权等基础上，引入“制智权”，成为制造和利用战争复杂性谋求非对称优势、降维打击对手的关键。

2.3 船舶领域应用基础

国内船舶领域拥有先进的自动化、信息化、无人化技术基础，能够为AI大模型应用提供典型场景和技术支撑。国内相关企业和院所建立了能够汇集日常办公、生产经营、科研管理、财务审计等数据的内网和算力设施等，为AI大模型应用提供了数据、网络、计算等信息化基础支撑能力。并已积极采用专用智能、机器人技术等，推动船舶生产自动化、驾驶自动化、维修自动化，为AI大模型与船舶领域深度结合提供了良好的自动化技术基础。国内也正在大力发展各类 UAV、USV、UUV 等无人系统，并积极推动异构无人集群、有/无人协同相关技术和装备发展，为AI大模型与无人系统深度结合提供了良好的无人化技术基础。海洋防务和船海装备领域积累了大量的场景、数据、模型、算法等资源，可以支撑开发出具有良好实际应用前景的AI大模型算法模型^[27-28]。

3 船舶行业应用前景研判

3.1 助力智能绿色船舶发展

发展智能船舶已成为国内外航运界的共识。智能船舶融合了现代信息技术和AI等，具有安全可靠、节能环保、经济高效等显著特点。AI大模型可以结合船舶制造业常用的生产经营软件等工具，辅助设计制造、优化生产计划、监控生产过程、控制生产成本等，提升管理效能；可以有效利用船舶航行过程中产生的海量数据，将AI大模型用于专业知识查询、船舶自动驾驶及人员培训等，为船舶的航行路径规划、运动控制、能耗决策等提供依据，提高运营安全、降本增效、节能减排、减少船员劳动强度等；可以面向船体结构和子系统辅助设计等，开发模型库、数据库，优化船舶各项功能，提高效率、提升经济性能；可以应用在船舶集团能源环保领域，结合可再生能源发电、海水制氢、新型燃料电池等技术，为船舶能源体系注入智能，提升能源综合利用效率，助力打造绿色船舶。可以构建船舶领域平行系统并将之与AI大模型结合，支持以数字化形式承载船舶领域实际组织及系统的历

史、经验、技能、期望、使命、目标等，在平行世界描述物理世界中的组织、系统和案例，AI大模型可以充分利用平行系统生成的数据、经验和决策进行自演化式训练迭代，支持预测或设计未来发展目标，并辅助引导资源实现蓝图等。船舶制造业亟须从劳动密集型向智能密集型转型，提高全员劳动生产率，需要大量AI模型对现有工作模式提质增效。AI大模型赋能智能船舶可以沿袭从单点应用向全系统、全流程、全生命周期渗透融合的发展路径，在研发设计、生产制造、运营服务等环节率先突破^[29-33]。

3.2 助力防务装备体系革新

目前的海洋防务装备体系中，各类大中型海战平台仍带有机械化、信息化战争时代深深的烙印，核心技术仍脱胎于第二次科技革命期间诞生的内燃机、电动机，第三次科技革命期间诞生的电子计算机等。随后诞生的信息化、智能化技术尚未对海洋防务装备体系形成革新性影响，如图1所示。俄乌冲突中暴露出的大中型机械化平台在空天透明化战场、集群无人系统面前的生存能力堪忧等问题，已逐渐开始对防务装备体系的设计理念产生剧烈冲击。AI大模型技术的发展将进一步加剧新一轮科技革命对传统防务装备体系的颠覆性重构影响。AI大模型技术与新型能源动力、新型材料、物联网、低轨星座、无人系统等领域紧密结合后，能够催生新的装备设计理念、物理形态、运用方式等，助力重塑未来海洋防务装备体系。

3.3 助力船舶管控体系建设

船舶管控体系建设如图2所示。可以运用大模型技术对工程管理中各项目的技术状态、进度计划等案例数据进行训练，生成项目管理案例库、知识库等，提升重大项目管理的效率和质量；可以运用大模型技术辅助检索和训练优秀智力成果、学位论文、技术方案等，结合创新创业查重库、技术方案检索库、创新资源管理库等，使科技创新体系能够站在全行业、全世界的“巨人肩膀”上开展高质量创新，减少重复性创新；可以运用大模型技术辅助整理、分析各项运营指标、行业发展现状、国家政策法规等，辅助生成更加符合国家需求和行业实际的规划；可以基于AI大模型技术分析海量装备保障数据，开发舰船装备保障交互手册，进一步结合海洋物联网、3D打印备品备件等，通过“远程诊断+现场制造”等方式提高船舶远程维修保障效益。

3.4 助力知识密集产业重塑

AI大模型在船舶领域运用的关键在于打造船舶领域“知识工厂”，利用AI大模型的生成式智能分析解决业务问题^[34-35]。知识工厂的基础底座是船舶领域业务大模型，数据来源是船舶领域实际应用场景数据和船舶领域平行系统数据，任务来源则是人类引导的任务系统^[36-38]。引入平行系统的主要原因包括：1) 单纯依靠物理世界真实数据采集处理验证难度大、成本高，难以满足AI大模型训练和应用需求；2) 传统设备、工艺、技能等历史传承要素，以及概念原型、设计蓝图等规划建设中的要

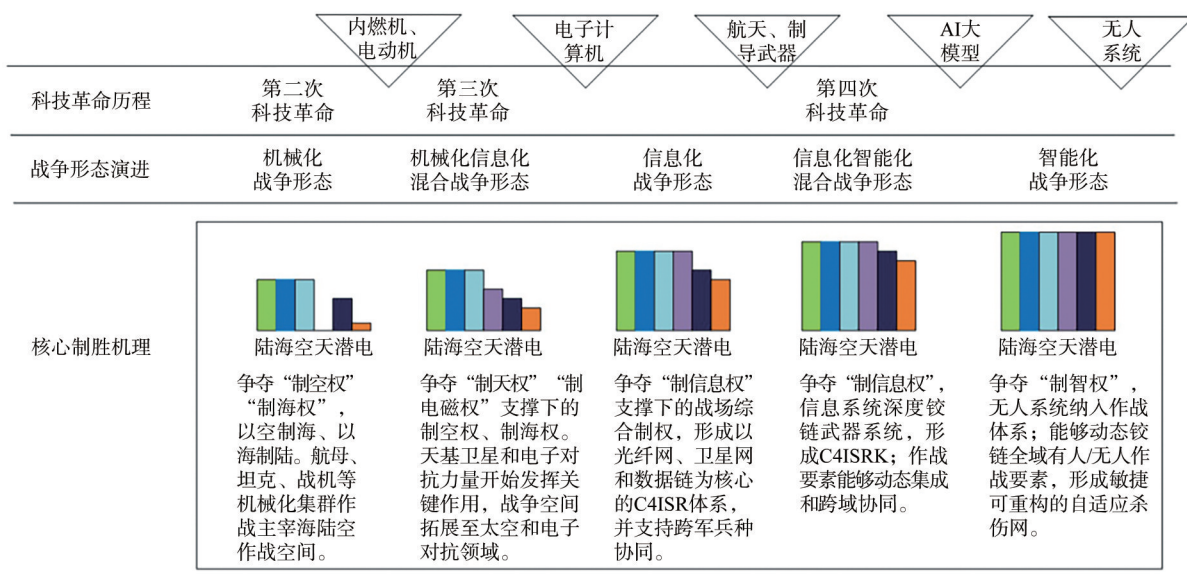


图1 科技变革战争形态

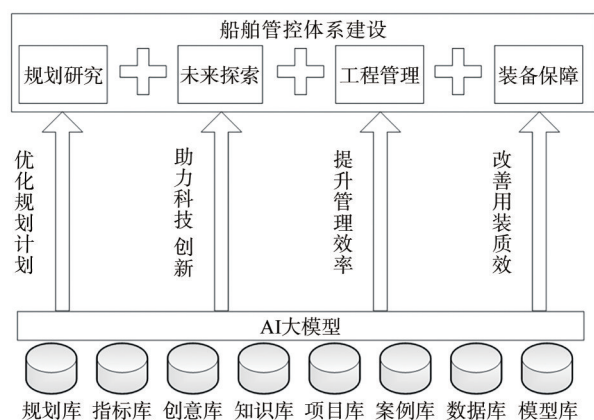


图2 船舶管控体系建设

素，需要数字化建模并纳入平行系统，以实现“知识工厂”有机衔接过去、现在和未来；3）数据、模型、知识、经验、规则等智慧劳动结晶需要以数字化形式纳入平行系统，以成为“知识工厂”的生产要素。知识工厂的目标是实现人员、物理世界与平行世界的协调运用与有序共融，如图3所示。为实现该目标，知识工厂将采用3种工作模式：自主模式（autonomous mode, AM）、平行模式（parallel mode, PM）和专家模式（expert mode, EM）。自主模式为知识工厂运行的主要模式，自主性来源于AI大模型，以生成式、问答式手段形成决策能力、执行能力和验证能力；平行模式提供人类远程介入接口和能力；专家模式用于应对紧急事件，专家队伍被派遣到现场并利用领域知识解决问题。平行模式是基于人机协同的大模型运用，专家模式利用专家知识暂时取代大模型的支配地位。当平行模式和专家模式围绕特定场景的应用结束后，知识工厂又会回到自主模式。知识工厂的运行是动态的、实时的，AI大模型的数据来源是不断更新的，AI大模型的训练过程也是迭代演进的。随着新数据的引入，AI大模型会进行迭代再训练，并进行验证，以确保修订后的模型达到标准，而随着工作模式的切换，知识也在不断被获取和提炼。伴随着“知识工厂”的打造，未来船舶领域的劳动力来源将不仅仅是“自然人”和工业“机器人”，“数字人”也将扮演重要角色。“数字人”的智力来源是AI大模型，在承担劳动力的同时链接了人、机、物，形成有机运行的体系。“数字人”能够大幅提升“自然人”的科技创新能力、工作效率，能够大幅增强“机器人”的自主智能、集群协同和人机协同能力等，打造数字化、无人化生产力。简言之，AI大

模型将助力船舶领域打造“原创技术策源地”，促进向知识密集型、智能密集型快速升级，向高端化、智能化、绿色化转型，夯实高质量发展基础。船舶产业生态、价值创造模式等也将被革命性重塑。

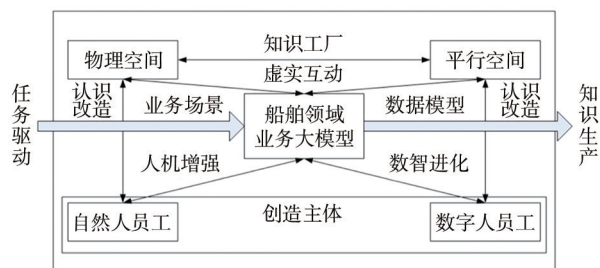


图3 大模型助力“知识工厂”促进产业升级

4 结束语

AI大模型技术和相关应用正在蓬勃发展，亟须立足船舶行业特点，抢抓智能化时代变革机遇。建议整合船舶行业优势力量，深入分析将AI大模型技术运用到防务装备建设和高质量发展方面的典型场景、发展路线、关键技术等，构建船舶行业大模型技术架构、标准体系。将分散建设的数据、算力、模型等资源互通和共享，构建信息基础设施（算力、网络等）、基础数据模型（标注数据、通用模型、专用模型）、算法应用支撑（数据工具、训练平台、测试环境）等“AI大模型支撑底座”，进而构建船舶领域平行系统，打造大模型训练、学习的数字化基座，建设“知识工厂”。同步加强AI大模型船舶领域应用基础研究，将生成式人工智能与工业软件、机器人等结合。运用数字化、智能化技术改造升级研发、制造、管理体系，以科技创新驱动产业创新。

国内船舶行业规模已是全球最大，亟须进一步加快加强人工智能、生成式人工智能领域的布局，提升产业“时代感”。值得注意的是，AI大模型在船舶领域应用需要考虑“海洋防务装备建设和高质量发展军民并重”“陆地、海洋、空中、水下等多种复杂应用环境”“不同类型的通信网络覆盖水平和不同等级的安全保密要求”等特点，在模型训练方面可采用“通用大模型底座+行业特色大数据”方式；在模型服务方面可采用“平行系统+知识工厂”方式；在模型应用方面可采用“自然人+数字人+机器人”有机协同方式；在模型部署方面根据环境、网络和安全保密要求等灵活采用“在线部

署+离线部署”等方式。船舶领域能够为AI大模型技术发展和应用提供广泛多样的需求牵引。鉴于船舶工业是实体经济中典型的制造业,也亟须与航天、航空、钢铁等实体行业交叉学习、互相借鉴人工智能特别是大模型技术布局,共同促进数字经济和实体经济融合,为科技强国、制造强国、海洋强国等战略落地贡献力量。

参考文献:

- [1] 李亚玲,覃缘琪,魏阙. 人工智能生成内容的潜在风险及治理对策[J]. 智能科学与技术学报, 2023, 5(3): 415-423.
LI Y L, QING Y Q, WEI Q, et al. Potential risks and governance strategies of artificial intelligence generated content technology[J]. Chinese Journal of Intelligent Science and Technology, 2023, 5(3): 415-423.
- [2] 尹西明,李一凡,李纪珍,等. 人工智能国际领先机构OpenAI创新管理模式及对中国的启示[J]. 创新科技, 2023, 23(9): 78-90.
YIN X M, LI Y F, LI J Z, et al. The innovation management model and implications of OpenAI[J]. Innovation Science and Technology, 2023, 23(9): 78-90.
- [3] DING R X, PALOMARES I, WANG X, et al. Large-scale decision-making: characterization, taxonomy, challenges and future directions from an artificial intelligence and applications perspective[J]. Information Fusion, 2020, 59: 84-102.
- [4] KASNECI E, SEBLER K, KUCHEMANN S, et al. ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education[J]. Learning and Individual Differences, 2023, 103: 102274.
- [5] THIRUNAVUKARASU A J, TING D S J, ELANGO VAN K, et al. Large language models in medicine[J]. Nature Medicine, 2023, 29(8): 1930-1940.
- [6] WANG Y, WANG X, WANG X, et al. The chatgpt after: building knowledge factories for knowledge workers with knowledge automation[J]. IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, 2023, 10(11): 2041-2044.
- [7] WANG F Y, MIAO Q, LI X, et al. What does ChatGPT say: the DAO from algorithmic intelligence to linguistic intelligence[J]. IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, 2023, 10(3): 575-579.
- [8] WANG F Y. New control paradigm for industry 5.0: from big models to foundation control and management[J]. IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, 2023, 10(8): 1643-1646.
- [9] HULSE B K, HABERKERN H, FRANCONVILLE R, et al. A connectome of the drosophila central complex reveals network motifs suitable for flexible navigation and context-dependent action selection[J]. eLife, 2021, 10: e66039.
- [10] DAS S, DEY A, PAL A, et al. Applications of artificial intelligence in machine learning: review and prospect[J]. International Journal of Computer Applications, 2015, 115(9): 31-41.
- [11] KUMAR K, THAKUR G S M. Advanced applications of neural networks and artificial intelligence: a review[J]. International Journal of Information Technology and Computer Science, 2012, 4(6): 57-68.
- [12] OPENAI, ACHIAM J, ADLER S, et al. GPT-4 technical report[EB]. arXiv preprint, 2023, arXiv: 2303.08774.
- [13] ZHAO W X, ZHOU K, LI J, et al. A survey of large language models[EB]. arXiv preprint, 2023, arXiv: 2303.18223.
- [14] ZHANG X, WANG L, HELWIG J, et al. Artificial intelligence for science in quantum, atomistic, and continuum systems[EB]. arXiv preprint, 2023, arXiv: 2307.08423.
- [15] TOGELIUS J, YANNAKAKIS G N. Choose your weapon: survival strategies for depressed AI academics[EB]. arXiv preprint, 2023, arXiv: 2304.06035.
- [16] PAN S R, LUO L H, WANG Y F, et al. Unifying large language models and knowledge graphs: a roadmap[J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2024(99): 1-20.
- [17] 车万翔, 窦志成, 冯岩松, 等. 大模型时代的自然语言处理: 挑战、机遇与发展[J]. 中国科学: 信息科学, 2023, 53(9): 1645-1687.
CHE W X, DOU Z C, FENG Y S, et al. Towards a comprehensive understanding of the impact of large language models on natural language processing: challenges, opportunities and future directions[J]. Scientia Sinica Informationis, 2023, 53(9): 1645-1687.
- [18] 武强, 季雪庭, 吕琳媛. 元宇宙中的人工智能技术与应用[J]. 智能科学与技术学报, 2022, 4(3): 324-334.
WU Q, JI X T, LYU L Y. Artificial intelligence technologies and applications in the metaverse[J]. Chinese Journal of Intelligent Science and Technology, 2022, 4(3): 324-334.
- [19] 王飞跃. 平行控制与数字孪生: 经典控制理论的回顾与重铸[J]. 智能科学与技术学报, 2020, 2(3): 293-300.
WANG F Y. Parallel control and digital twins: control theory revisited and reshaped[J]. Chinese Journal of Intelligent Science and Technology, 2020, 2(3): 293-300.
- [20] 秦蕊, 梁小龙, 李娟娟, 等. 平行科研院所: 从数字化转型到智能化变革[J]. 智能科学与技术学报, 2023, 5(2): 212-221.
QIN R, LIANG X L, LI J J, et al. Parallel scientific research institutes: from digital transformation to intelligent revolution[J]. Chinese Journal of Intelligent Science and Technology, 2023, 5(2): 212-221.
- [21] 罗治兵, 安筱鹏, 张瑜, 等. 制造业是产业智能化的主战场[J]. 发展研究, 2023, 40(7): 37-42.
LUO Z B, AN X P, ZHANG Y, et al. Manufacturing is the main battlefield of industrial intelligence[J]. Development Research, 2023, 40(7): 37-42.
- [22] 中共工业和信息化部党组. 坚决扛牢实现新型工业化这个关键任务[J]. 求是, 2024(1): 54-60.
Party Group of the Ministry of Industry and Information Technology of the Communist Party of China. We must resolutely carry out the key task of realizing a new type of industrialization[J]. QIUSHI, 2024(1): 54-60.
- [23] 李亚玲, 杨林瑶, 葛俊, 等. 博弈5.0: 基于平行系统和机器博弈的社会认知平行博弈[J]. 智能科学与技术学报, 2021, 3(4): 507-520.
LI Y L, YANG L Y, GE J, et al. Game 5.0: social cognition parallel game based on the parallel systems and machine game[J]. Chinese Journal of Intelligent Science and Technology, 2021, 3(4): 507-520.
- [24] 沈宇, 韩金朋, 李灵犀, 等. 游戏智能中的AI——从多角色博弈到平行博弈[J]. 智能科学与技术学报, 2020, 2(3): 205-213.
SHEN Y, HAN J P, LI L X, et al. AI in game intelligence—from multi-role game to parallel game[J]. Chinese Journal of Intelligent Science and Technology, 2020, 2(3): 205-213.
- [25] 孙宇祥, 彭益辉, 李斌, 等. 智能博弈综述: 游戏AI对作战推演的启示[J]. 智能科学与技术学报, 2022, 4(2): 157-173.
SHEN Y X, PENG Y H, LI B, et al. Overview of intelligent game: enlightenment of game AI to combat deduction[J]. Chinese Journal of Intelligent Science and Technology, 2022, 4(2): 157-173.
- [26] 阳东升, 姜军, 王飞跃. 从平台到体系: 指挥对抗活动机理的演变及其PREA环对策[J]. 指挥与控制学报, 2018, 4(4): 263-271.
YANG D S, JIANG J, WANG F Y. From platforms to systems of sys-

- tems: on mechanism evolution of command confrontation and its PREA loop[J]. Journal of Command and Control, 2018, 4(4): 263-271.
- [27] 阳东升, 王坤峰, 陈德旺, 等. 平行航母: 从数字航母到智能航母[J]. 指挥与控制学报, 2018, 4(2): 101-110.
- YANG D S, WANG K F, CHEN D W, et al. Parallel carrier fleets: from digital architectures to smart formations[J]. Journal of Command and Control, 2018, 4(2): 101-110.
- [28] RYAN J C, BANERJEE A G, CUMMINGS M L, et al. Comparing the performance of expert user heuristics and an integer linear program in aircraft carrier deck operations[J]. IEEE transactions on cybernetics, 2013, 44(6): 761-773.
- [29] WANG X Z, ANWER N, DAI Y, et al. ChatGPT for design, manufacturing, and education[J]. Procedia CIRP, 2023, 119: 7-14.
- [30] WANG F Y, YANG J, WANG X X, et al. Chat with ChatGPT on industry 5.0: learning and decision-making for intelligent industries[J]. IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, 2023, 10(4): 831-834.
- [31] BADINI S, REGONDI S, FRONTONI E, et al. Assessing the capabilities of ChatGPT to improve additive manufacturing troubleshooting[J]. Advanced Industrial and Engineering Polymer Research, 2023, 6(3): 278-287.
- [32] HALEEM A, JAVAID M, SINGH R P. An era of ChatGPT as a significant futuristic support tool: a study on features, abilities, and challenges[J]. BenchCouncil Transactions on Benchmarks, Standards and Evaluations, 2022, 2(4): 100089.
- [33] FREDERICO G F. ChatGPT in supply chains: initial evidence of applications and potential research agenda[J]. Logistics, 2023, 7(2): 26.
- [34] 王飞跃. 平行系统方法与复杂系统的管理和控制[J]. 控制与决策, 2004, 19(5): 485-489, 514.
- WANG F Y. Parallel system methods for management and control of complex systems[J]. Control and Decision, 2004, 19(5): 485-489, 514.
- [35] 李力, 林懿伦, 曹东璞, 等. 平行学习——机器学习的一个新型理论框架[J]. 自动化学报, 2017, 43(1): 1-8.
- LI L, LIN Y L, CAO D P, et al. Parallel learning — a new framework for machine learning[J]. Acta Automatica Sinica, 2017, 43(1): 1-8.
- [36] 王飞跃. 平行控制: 数据驱动的计算控制方法[J]. 自动化学报, 2013, 39(4): 293-302.
- WANG F Y. Parallel control: a method for data-driven and computational control[J]. Acta Automatica Sinica, 2013, 39(4): 293-302.
- [37] WANG F Y. The emergence of intelligent enterprises: from CPS to CPSS[J]. IEEE Intelligent Systems, 2010, 25(4): 85-88.
- [38] 王飞跃. 智能控制五十年回顾与展望: 傅京孙的初心与萨里迪斯的雄心[J]. 自动化学报, 2021, 47(10): 2301-2320.
- WANG F Y. Intelligent control in 50 years: from K. S. Fu's vision to G. N. Saridis' inspiration[J]. Acta Automatica Sinica, 2021, 47(10): 2301-2320.

[作者简介]

王兆杰 (1985-), 男, 博士, 中国舰船研究院集团未来发展研究中心体系创新研究部副主任、研究员, 主要研究方向为体系设计、系统工程应用。

于雷 (1974-), 男, 中国舰船研究院研究员, 主要研究方向为体系工程、信息电子。

熊进辉 (1980-), 男, 博士, 中国舰船研究院高级工程师, 主要研究方向为科技发展战略研究。

李怀瑜 (1989-), 男, 博士, 中国舰船研究院数据工程技术部副主任、高级工程师, 主要研究方向为船舶海洋数据工程应用。

韩云君 (1973-), 男, 博士, 中国科学院自动化研究所助理研究员, 主要研究方向为复杂系统虚实融合决策。

沈震 (1982-), 男, 博士, 中国科学院自动化研究所研究员, 主要研究方向为智能控制、复杂系统。

郭瑞 (1992-), 男, 武汉数字工程研究所工程师, 主要研究方向为船舶应用领域。

张勇 (1970-), 男, 北方自动控制技术研究所研究员级高级工程师, 主要研究方向为软件体系结构、智能信息处理。