

doi: 10.7690/bgzdh.2025.10.019

基于人工智能技术看未来无人作战发展

王瑶¹, 张原¹, 马海强², 姜义²

(1. 海军航空大学岸防兵学院, 山东 烟台 264001; 2. 中国人民解放军 32108 部队, 内蒙古 满洲里 021400)

摘要: 针对智能无人作战问题, 研究人工智能 (artificial intelligence, AI) 技术、智能化武器及作战形式发展特点和规律。阐述各国在发展人工智能技术及智能作战领域的政策举措, 重点对比深度学习技术及深度强化学习技术的特性、适用范围, 分析当前智能装备和智能无人作战特点及优势, 剖析未来无人智能作战平台可能发展趋势。对比分析结果表明: 当前战争形态加速向智能、无人、信息化方向转变, 引发了作战理念、作战形式、武器装备的广泛深刻变革, 对未来作战新形势具有发展先机。

关键词: AI 技术; 无人作战; 战争发展; 智能装备; 深度强化学习

中图分类号: TJ0; TP18 **文献标志码:** A

Future Unmanned Combat Development Based on Artificial Intelligence Technology

Wang Yao¹, Zhang Yuan¹, Ma Haiqiang², Jiang Yi²

(1. School of Coast Defense, Naval Aviation University, Yantai 264001, China;

2. No. 32108 Unit of PLA, Manzhouli 021400, China)

Abstract: Aiming at the problem of intelligent unmanned combat, the development characteristics and laws of artificial intelligence (AI) technology, intelligent weapons and combat forms are studied. This paper expounds the policies and measures of various countries in the field of developing artificial intelligence technology and intelligent combat, focuses on comparing the characteristics and application scope of deep learning technology and deep reinforcement learning technology, analyses the characteristics and advantages of current intelligent equipment and intelligent unmanned combat, and analyses the possible development trend of future unmanned intelligent combat platform. The comparative analysis results show that the analysis and research have accelerated the transformation of the current war form to the direction of intelligence, unmanned and informationization, which has led to extensive and profound changes in operational concepts, operational forms and weapons and equipment, having development opportunities for the new situation of future warfare.

Keywords: AI technology; unmanned combat; war development; intelligent equipment; deep reinforcement learning

0 引言

随着人工智能 (AI) 技术的快速发展和在军事领域的成熟运用, 无人作战装备以其效费比高、适用性强、成本低等显著优势, 在现代战争中发挥着越来越重要的作用。

随着人 AI、大数据、物联网等高精技术的迅猛发展, 使现代战争向智能化、无人化、信息化方向加速转型。要掌握未来智能化战争主动权, 赢得战场先机, 必须抓住无人作战发展契机, 研究高精技术及新型装备, 建立成套的无人作战体系, 实现真正智能化、信息化无人作战。

1 战争发展

1.1 战争分类及发展规律

在战争发展的进程中演变出多种战争类型, 可

按照战争形态、性质、规模进行多种方式划分, 其中以战争形态进行划分, 可以分为冷兵器战争、热兵器战争、机械化战争、信息化战争及正在形成的智能化战争。

战争形态的演变, 受自然环境、政治、军事、科技、经济、人文等多种因素影响, 科技发展是战争形态变化的推进剂, 其不断应用于军事领域中能够创新发展作战理念、武器装备、作战样式, 同时作战的范围、强度、规模等也随之增强。

随着大数据、信息网络、AI、物联网等技术的迅猛发展, 现代战争形态正在发生多方面转变, 主要表现在: 1) 网络中心战转向算法中心战; 2) 单一杀伤链转向敏捷杀伤网; 3) 集中火力打击转向分布式火力打击; 4) 信息化赋能转向智能化、信息化双重赋能; 5) 基于网络体系的联合作战转向无人作

收稿日期: 2024-10-11; 修回日期: 2024-11-05

基金项目: 装备预研领域基金 (6140247030216JB14004)

第一作者: 王瑶 (1992—), 女, 山东人, 博士。

无人作战。战场态势空前复杂多变，战场海量信息使处理难度大幅提升，对作战实时性提出更高要求。

1.2 现代战争特点

现代战争主要有以下特点：

1) 作战方式多样，包括舆论战、网络战、信息战、心理战、非接触作战、非对称作战等，多种作战方式可以灵活配合运用，战场态势更加复杂多变。

2) 作战范围广阔。由于科技发展和武器装备的进步，特别是空间技术及信息技术在战争中的广泛应用，战场空间不断扩大，立体化特性凸显，从海面到深海，自低空、高空乃至外太空，不同领域空间同时或交错进行，又发展到信息、网络、意识形态领域，新的作战空间不断形成，战场前后方界限不再明显。

3) 武器装备高新。在高精尖科技的推动下，武器装备加速升级换代，武器作战性能不断跃升。随着计算机技术、微电子技术等在武器装备上的创新运用及新材料、新原理的坚实支撑，武器装备结构产生巨大变化，其作战效能、打击精度、强度及灵活性等都达到了全新的高度，日益凸显其智能化、电子化、精确化、隐身化的特点。

4) 战争综合性强。现代化战争不仅是军事领域的较量，同时也是敌对双方政治、经济、科技等综合实力的较量。由于信息化技术发展促进作战效能的大幅提升，战场损耗也相应增大，作战更加依赖于雄厚的经济基础和强大的综合保障。

5) 信息化程度高。战场信息技术特性明显增强，夺取战场信息控制权成为作战双方关注的焦点问题，战场围绕信息获取、处理、共享、防护展开，信息化战争成为作战基本形态。

6) 体系融合作战。未来战争不再是单一兵种、军种之间的搏斗，而是多种作战力量的结合应用、武器系统相互配合、军兵种协同作战，是体系之间的较量，通过不同作战单元的优势互补、相互协同，构建灵活变化的高效作战体系，获取“1+1>2”的效益。

1.3 作战体系建设

战争形态的转变对作战体系建设提出更多新的要求和挑战，当前作战体系在未来无人化、智能化战争形态下面临几个突出问题：

1) 现代作战体系较依赖于航母、新一代战机等明星装备平台。这些装备平台作战性能优越、先进技术密集，在整个体系内占有极大权重，但其稀缺

昂贵，一旦丧失功能将会对整个体系造成致命影响。特别是当前一些发达国家大力推动军事转型，加快蜂群战术、智能决策、分布式打击等作战概念落实，着力发展精确打击武器等，使问题更为突出。

2) 集中指挥控制面对智能无人战争结构脆弱。指挥控制集中化有利于作战力量的统一指挥，能够保证各单元行动的令行禁止；但在未来智能化战场中，战场态势瞬息万变，传统的完全依赖上级指示命令层层传达请示的指挥控制结构，无法有效应对未来以机器速度进行的智能化战争，且多种装备平台通用性较强，若仍采用传统的集中指挥控制结构，一旦通信链路或指挥系统被干扰或摧毁，整个系统就会面临瘫痪。

3) 缺少有效手段管控愈发复杂的作战体系。随着大数据和通信技术发展，多种作战单元实现了跨区域、跨层次的组合和交叉关联，并且运用人工智能技术使各作战要素组合或重组，作战体系内拥有无数种可能的组合方式，作战体系的复杂度呈现爆发式增长，远超人脑的理解处理速度。高复杂度的作战体系同时也意味着不稳定性和脆弱性。要维持作战体系的稳固，不仅要有效运用智能化、信息化技术优势，同时要提升作战体系的抗毁性一体系中任一作战节点损坏，不会影响作战体系总体性能发挥^[1]。

1.4 战争发展新要求

伴随现代高精尖科技的迅猛发展，当前作战思想、武器装备不断创新更迭，战争形态变化迅速，为适应当前及未来战争发展趋势，掌握未来战场优势，夺取作战先机，必须紧跟当前战争发展趋势，把握作战新特点、新方向，要优先发展新兴技术及武器装备，创新作战理念及战法，必须紧跟科技发展趋势，尤其在当前计算机技术及人工智能技术的高速发展时期，要强化人员及装备的智能化、信息化及自主化作战能力，大力推进无人化、智能化、信息化作战体系建设，加速发展无人作战平台并形成系统作战能力，做到信息处理网络化、侦察打击一体化、武器装备系统化、军兵种作战联合化，适应未来智能化无人化战争的时代需求。

2 军事领域的 AI 技术

自 21 世纪以来，智能化技术井喷式发展，已成为当前科学技术发展的焦点核心，各国积极将该技术的发展应用上升到国家战略高度，作战理念、方

式及武器装备都加速智能化发展,极大推动了战争形态的变革,智能化战争特点已逐渐显现。

以美国为代表的各军事强国率先将 AI 技术应用于国防军事领域,以发挥其在未来战争中的重要作用。美国国防部高级研究计划局(DARPA)先后启动数十个项目分析大脑动态机制、支持深度学习平台研发;美国国防部曾在“第三次抵消战略”中提出:AI、自主学习、人机协作、机器辅助作战、有人-无人作战编队 5 大关键技术;美国正在通过深度机器学习技术打造自主学习系统,以获取无人作战领域对抗的巨大竞争优势,并已获取了在装备无人化、自主化方面的部分进展。

2.1 AI 技术

1956 年,明斯基、麦卡锡等在美国达特茅斯学院探讨“用机器模拟人的智能”,第一次提出“AI”的概念;AI 是研发用于拓展、模仿、延伸人脑智能的技术、方法、理论和应用的全新学科,使机器具备人类的看、听、说、学习、思考、行动能力^[2]。AI 技术自诞生以来,受到各领域的广泛关注和认可,其理论和技术迅速成熟并逐步应用到日常生活、军队建设、商业、医疗、智能控制、自动规划等各领域^[3]。

机器学习是研究通过计算机模拟或复现人的学习活动行为,学习新技能、知识并提升程序性能。机器学习的一个新研究方向——深度学习技术是指通过多个处理器组成计算模型,学习具有多个抽象层次数据表示的技术,以使机器获得分析和学习图像、声音、文字等数据的能力。

深度学习是大数据时代的算法利器,被广泛应用于图像分类识别、数据挖掘、自然语言处理、硬件加速、机器人等多个领域^[4]。尤其是在图像分类方面,基于深度学习的卷积神经网络性能已超过人眼水平,在语音识别方面准确度达 95%。

为夺取 AI 领域竞争优势,世界各国竞相提出相应的支持政策与举措,加快 AI 技术及相关产业的发展。美国在 AI 领域持续发力,是将 AI 技术最早应用于军事领域的国家。2015 年美成立“AI 和机器学习委员会”以统筹 AI 在国内各界的发展并制定相应法律规章;2016 年颁布的《国家 AI 研究和发展战略规则》及《为 AI 的未来做好准备》将该领域的研究提升至国家战略层面。日本积极推进 AI 技术的进步,其智能机器人研发技术跻身世界前列,2016 年制定了“社会 5.0”战略将 AI 作为实现

超智能社会的核心,并通过“AI 战略会议”对 AI 领域的发展组织国家层级的全方位管理。欧洲同样将 AI 作为优先发展项目,2016 年欧盟提出 AI 立法动议,2018 年发布《AI 协调计划》^[5]。

我国高度重视 AI 领域地创新发展,2017 年国务院发布的《新一代人工智能发展规划》中提出至 2030 年 AI 领域发展相关规划措施、主旨思想、核心要务、战略目标,为 AI 的加速发展提供了国家层面的支持与引导。2019 年国家新一代人工智能治理专业委员会在《新一代人工智能治理原则——发展负责任的人工智能》中提出 AI 治理框架和行动指南。

AI 技术具有较强的通用性,在实现本领域创新发展应用的同时也对其他相关领域技术发展产生颠覆性影响。AI 这个国际新竞争赛场的帷幕已经拉开,将深刻影响国际格局。

2.2 深度学习

20 世纪 80 年代深度学习的理念已开始萌芽并逐步发展成目前被广泛运用的各类深度学习算法,相关算法与网络被灵活应用于语音分析、图像处理、机器人、医疗生物等各个方面。自深度学习算法提出以来,AI 相关技术得到井喷式发展。相比原有的机器学习算法,深度学习算法及网络对硬件和数据提出更高的要求,但深度学习算法训练速度更快,模型泛化能力更强,能广泛应用于多个场景。

深度学习技术的关键深度神经网络——DNN,在近十年演化后生成多种深度学习网络模型,较有代表性的有卷积神经网络(convolutional neural network, CNN)、长短期记忆网络(long short-term memory, LSTM)和深度强化学习网络(deep reinforcement learning, DRL)等。卷积神经网络包括输入层、卷积层、池化层、全连接层和输出层等组成,由底层至高层进行特征前馈运算,逐步抽象底层输入的图像特征,得到高层图像特征,代表性的卷积神经网络有 ResNet、AlexNet、VGG-Net 和 DenseNet 等,卷积神经网络能够快速提取图像复杂特征信息,检测精度高、速度快。

2.3 卷积神经网络

卷积神经网络是深度学习的典型模型,仿造了生物的视知觉机制,对视频图像的处理表现出突出性能。2012 年, Krizhevsky 等提出包含 8 个学习层的深层神经网络—AlexNet,目标识别错误率低至

15.3%，引发了利用神经网络解决图像识别问题的潮流。2013 年 Zeiler 等^[6]提出 ZF Net 网络将错误率降至 11.2%。2014 年提出的 22 层卷积神经网络——Google Net 错误率降至 10% 以下^[7]。2015 年由何凯明等提出的 ResNet 网络错误率降低至 3.6%，远超之前的网络，甚至优于人眼 5.1% 的错误率。

卷积神经网络包含输入层、卷积层、池化层、全连接层、输出层等。卷积层进行图像特征提取，由很多卷积核构成，对输入特征进行元素乘法求和及叠加偏差量^[8]。

$$Z^{l+1}(i, j) = [Z^l \otimes \omega^{l+1}](i, j) + b = \sum_{k=1}^{K_l} \sum_{x=1}^f \sum_{y=1}^f [Z_k^l(s_0 i + x, s_0 j + y) \omega_k^{l+1}(x, y)] + b; (i, j) \in \{0, 1, \dots, L_{l+1}\}; L_{l+1} = \frac{L_l + 2p - f}{s_0} + 1. \quad (1)$$

输入图像提取特征后，输出特征图进入池化层进行特征选择和信息过滤。全连接层主要是对前面提取的特征做非线性组合，得到特征向量并通过激励函数以得到输出。输出层通过逻辑函数或归一化指数函数输出图像的分类、中心坐标、大小等结果^[10]。

卷积神经网络结构如图 1 所示。

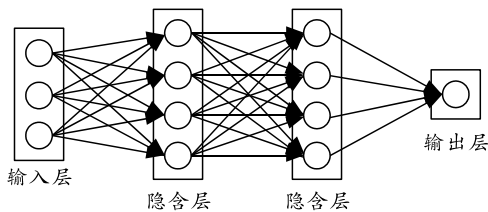


图 1 卷积神经网络结构

2.4 深度强化学习

2.4.1 强化学习

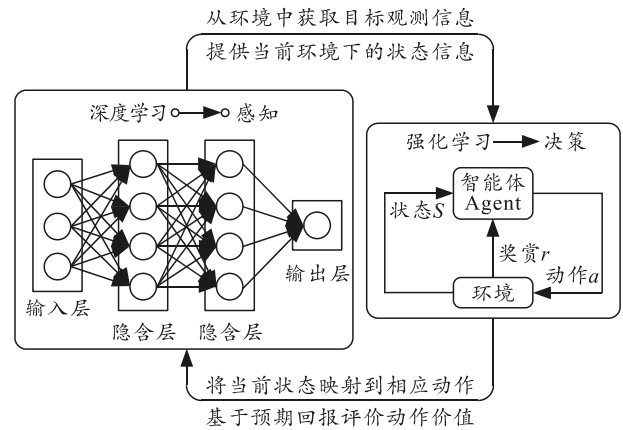
强化学习融合了数学、工程学、计算机科学等多门学科，是机器学习的一个重要分支。强化学习的核心是通过试错学会在指定环境中选取最合适的行为，其基本思想是，在智能体与环境的交互过程中，依据环境反馈回的奖励值优化策略从而实现最佳决策。不同于深度学习，强化学习不需要预先给出样本数据，通过环境对动作的反馈进行学习并更新参数模型^[11]。

强化学习采用马尔科夫决策过程 (Markov decision process, MDP) 对序贯决策问题进行数学定义。马尔可夫决策过程包含 5 个元素 (S, A, R, T, γ) ： S 为有限状态集合组成的环境； A 为可采取的一组有限动作的集合； R 为奖励函数，状态转移获得的

立即奖赏； T 为状态转移函数，确定采取动作 a 后，环境状态由 $s \rightarrow s'$ 的概率； γ 为折扣因子，表示长期奖励与立即奖励间的权衡。

2.4.2 深度强化学习

结合深度学习的感知能力与强化学习的决策能力提出的深度强化学习，具备了解决复杂问题的通用智能，并在很多领域取得较好成效。深度学习与强化学习如图 2 所示。



自深度强化学习提出以来，已发展出多种算法，可分为基于模型和无模型，基于值函数和基于策略梯度等，如图 3 所示。

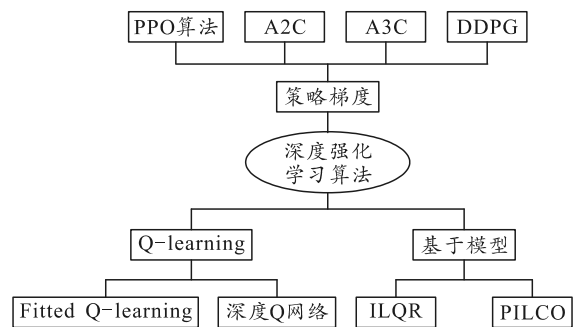


图 3 深度强化学习算法

深度强化学习在运动控制、自动驾驶、游戏、博弈等领域表现优异。2016 年，Google-Deep Mind 开发的 Alpha Go 战胜围棋高手李世石，2018 年 Open AI 在 DOTA 5v5 比赛中战胜职业选手。深度强化学习在决策认知方面表现出独特优势和巨大应用价值，使智能作战单元在高复杂性、高动态性的战场环境中进行自主决策成为可能。近年来，深度强化学习技术被广泛应用于军事领域，在无人作战决策方面发挥了重大作用。

3 智能无人作战发展

随着 AI 技术在军事领域的深入应用，战争形

态正加速向智能化、自主化、无人化方向转变。

进入 21 世纪, 由于计算能力增长和数据量骤增, AI 技术得到广泛重视并发展迅猛。美国在智能化、无人化作战发展方面极为重视, 且将无人技术运用到军事作战领域的时间已有数十年之久。美军高度重视提升无人作战系统的实际作战水平, 加速形成武器装备智能化。据统计, 美军无人作战飞机已数量占其装备飞机总数量的 50% 以上。美国《航空和航天技术周刊》在 2014 年 11 月报道称, 据美军方研究公告称, 未来利用了 AI 技术的无人机将成为有人机不可或缺的伙伴。2018 年《国防战略报告》中, 美国防部指出将在 AI、机器学习等方面加大投入来获取军事优势; 2020 年, 美军将马赛克战定义为以决策为中心的作战样式, 突出强调 AI 技术及无人系统的重要作用, 以此获取决策优势。

随着 AI 技术、计算机技术、大数据等多种新兴技术在军事领域的不断应用, 发展出多种无人作战装备, 并以其独特优势受到越来越多的关注。无人作战装备应用广泛, 在战场中能够担负侦察监视、电磁干扰、火力打击、支援保障等作战任务。

3.1 无人装备特点及未来发展

3.1.1 无人装备特点

无人装备在发展过程中主要有以下特点:

1) 作战能力强, 功能样式多。

无人作战平台通用性强, 能广泛应用于侦察、监视、搜寻、打击、跟踪等多种作战任务。俄军的涅列赫塔作战机器人具备火力支援能力, 同时能够为其他作战力量运载弹药; 在此次俄乌冲突中使用的海鹰无人机, 若搭载支索电子战系统能够压制移动通信基站, 并且可以伪装成虚拟基站, 向敌方区域的手机用户发送短信。

2) 作战效能高, 人员伤亡少。

无人作战装备的自主化、精确化、远程化特点极大避免了人员伤亡。无人装备的运用能够将作战人员从血腥的战场中解放出来, 对实现“零伤亡”战争具有重要意义。同时, 无人作战装备不受人的意识和认知约束的影响, 在接收指令后不受心理影响和伦理约束, 能够适应多变自然环境, 更为高效地完成交付作战任务。

在纳卡冲突中, 阿军方使用多种无人机、巡飞弹获得了战场优势, 尤其是 TB-2 无人机表现瞩目, 摧毁了亚军大量军车、指挥所和单兵, 扭转了战争局势; 其运用的哈比-2 巡飞弹能够自主机动至目标

区域, 且能够在行动过程中更改指令。阿方通过无人装备的有效应用极大降低了官兵的伤亡, 同时以其高效精准的打击给亚方造成极大的政治和心理压力。

俄军在“西部-2021”联合战略演习中首次使用涅列赫塔战斗机器人和天王星-9 与士兵编队合作执行任务。

3) 行动集群化, 作战重协同。

无人机协同作战具有适应能力及扩展能力强、成本低等优点, 且能够实现跨军种融合, 能够进一步提升无人机搜寻范围、环境敏感度及行动时间, 同时保证链路在某一点失效时仍能正常运行。高等级神经元无人机具备自主识别目标和自动捕获的能力, 解决了无人机之间的通信和火力协同等难题, 能够进行自主编队机动, 智能化水平较高。

4) 隐身性能佳, 经济消耗低。

设计无人作战装备不需要考虑生命防护和生命维持, 不受人的因素影响, 可以极大减少装备的雷达反射面积以提升隐身性。无人平台通过使用电力驱动可以极大降低平台地噪声和红外辐射, 降低相关设备对平台地探测率, 降低了被发现的风险。

无人平台结构较为简单, 极大释放了作战功能载荷, 能够在提升作战效能的同时降低成本。据统计, F-35 战机单价为 1.5~2.5 亿美元, F-15 战机的单价为 3 000~5 000 万美元。而“捕食者”无人机只有 1 000 万美元, 但作战效能不低, 最长续航时间为 60 h, 可携带 1 020 kg 炸药, 最大活动半径 3 700 km, 能空中停留 24 h。且无人作战平台的日常训练消耗较低, 仅需要一个仿真模拟训练平台, 显著降低了训练费用^[12]。

无人作战装备平台相比有人装备, 具有战场损耗小、效费比高等先天优势。但目前无人作战平台仍要高度依赖“人”在回路中的作用, 本质上只是装载了火力系统及功能模块的遥控装备, 自主性不高, 无法对突发情况做出及时响应。要更大程度地发挥无人作战平台在未来战争的重要作用, 实现真正自主化、无人化作战, 就要将 AI 技术广泛深入地应用到无人装备平台中, 切实提升自主计算和决策水平。

3.1.2 无人作战发展现状

无人作战装备依托深度学习技术、计算技术能够实现长远发展, 可谓潜力巨大, 在发展中能逐步实现多种功能, 且自主化、无人化水平将越来越高。

美军在发展 AI 技术上在国家战略层面提出多项政策支持，其在《为 AI 的未来做好准备》《2017 至 2042 财年无人系统综合路线图》等文件中，提出了全面详细的 AI 技术发展现状及未来规划。2018 年 4 月，美发布了《AI 与国家安全》报告，提出确保美国军方获取 AI 这一先进技术，以支持美国的安全目标和军事霸权。美军在 2021 年发布《美国国防部 AI 态势：评估和改进建议》内提出发展 AI 需思考的基本问题：AI 在当前军事应用中的状态；AI 在军事领域的发展态势；如何通过内部政策等增强美军的 AI 优势。

日本、俄罗斯也制定了相关发展战略，以 AI 技术的军事应用确立发展目标、制定发展路线、确立应用范畴。日本重点开展了智能化和自主控制技术在军事领域的研究，日本发布《AI 战略》意在引领 AI 的研发，推进相关产业建设发展。俄罗斯通过 AI 技术发展自主和半自主运载平台使其装备发展处于世界领先地位。俄总统普京在 2021 年国防部会议中指出，AI 技术将加速军事变革进程，要推进智能武器模块、机器人、智能单兵系统等的工作，加速形成技术实力和作战优势。澳大利亚国防部也于 2021 年发布《打好 AI 战争：未来智能化战争之作战构想》一文，主要针对将 AI 技术应用到陆海空作战领域内进行了探讨。英国在《机器人与 AI》中制定的战略规划突出 AI 技术在战场建设中的作用。

3.1.3 无人装备发展趋势

3.1.3.1 决策更加智能化

现有无人作战装备平台在执行任务时主要通过人对其行动进行决策部署，自主决策能力不高，与真正的无人作战要求还存在较大的差距。伴随 AI 技术的不断发展和成熟运用，无人装备平台的自主智能决策水平得到提高，人在链路中的角色将逐步减弱直至不需要人为干预，无人装备能够根据接受的作战任务，自主选择目标、规划路线、规避风险、实施打击。

3.1.3.2 功能更加集成化

无人装备平台发展功能集成化，单一类型无人装备能执行多种战斗任务，能够根据战场情况变化合理做出任务调配，实现任务场景的无缝衔接。

3.1.3.3 模块更加通用化

通用化模块设计能够保证在某一模块发生故障

或损坏时，迅速使用备用模块代替或取出未损坏部分组装新的模块，这样能够极大减轻战场对后勤保障的要求，提升装备的可维护性，增加装备全寿命周期。美海军正在研制的“通用水面无人舰艇”使用模块通用化思想，舰艇能装配多种功能模块，执行监视侦察、火力打击、反水雷、反潜、通信中继等任务。美军成立了陆海空三军联合无人化装备标准办公室，制定了无人装备研发制造标准，大力推进发展模块通用化。

为适应未来智能化、自主化、无人化、多方位化战争发展趋势，必须抓住 AI 技术发展契机，大力发展无人作战装备和智能化指挥系统，研制无人机、无人车、无人艇等多种无人作战平台，构建无人作战体系，形成智能作战优势。未来，在 AI 技术、信息技术及自主学习等技术支撑下，形成陆、海、空、天、电多领域、全方位无人作战，并利用深度学习、大数据等相关技术，丰富无人作战平台的自主作战行动手段，重点培养高素质人才，大力发展智能化装备，创新智能作战方式，形成作战效能评价机制^[13]。

3.2 智能作战特点

以人工智能技术为核心的智能化作战，加速推进了战法训法、作战理念、武器装备、指挥决策等各作战环节和战争要素的发展创新。其智能化主要体现在以下几点：

1) 指挥决策智能化。

通过人工智能算法、数据处理技术、大数据技术等相关技术的运用，能够在复杂战场环境中准确迅速掌握战场信息及环境态势，快速自主地进行信息分析处理并根据实时作战环境变化及既定作战意图制定作战方案，下达作战指令；能够辅助甚至代替指挥官进行决策指挥通过信息网络指挥控制作战单元，协同高效完成既定任务，提升作战效能，将人从作战链路中解放出来。

2) 组网作战智能化。

将各作战平台、装备、人员等力量元素按照数目、类型、功能等因素划分为多个作战力量单元，且具有通用性特点。在作战过程中，能够通过信息传输网络有机互联，命令、信息能够在作战链路中实时传播，使作战力量单元能够根据实时信息和上级任务，任意组成满足条件的作战模块。

3) 作战方式智能化。

通过发展实时准确的信息传递链路和自主智能的无人作战平台,作战模式由单一兵种向多军种协同作战发展,作战空间也拓展到电磁、互联网、太空甚至意识形态领域,作战力量单元于作战空间能够有机结合、协同行动。新型作战形式打破了传统作战的局限性,为战争发展提供了新的思路^[14]。

3.3 推进智能作战发展可行举措

3.3.1 创新作战理念

发展智能化作战,首先要推动作战思想引领发展。作战理念的创新能够加速战争形态演变和军事科技发展,作战理念不仅是对实践经验的总结归纳,而且是对未来智能化战争的前瞻、设计和规划。各军事强国不断推动军事理论创新,提出系列新型作战概念:美陆军提出“多域战”作战理念,先后发布《美国陆军多域战(2028)》、《运用机器人与自主技术支持多域战》等白皮书。2021年,美国防高级研究计划局提出“马赛克战”概念。美国防部还重点发展“联合全域作战”概念。2020年3月,美空军首次将“联合全域作战”概念纳入条令,探索空军在“联合全域作战”中的作用。

俄军提出“指控瓦解”概念,俄军拟建设12种类型的电子战部队,以使敌人的通信及指控链路、电子战及机器人系统失效为目的,扰乱敌军侦察活动,降低武器装备的使用效率,影响敌军对部队及武器系统的控制能力;俄军还提出“混合战争”概念,欲利用人工智能技术获取战场优势。此外,英国防部提出“多域融合”概念,研发新型智能化指挥控制系统。

3.3.2 研发精尖技术

人工智能技术与多种技术结合互动能够充分发挥AI技术及组合技术的效能,这种能够产生组合效应的结合方式称为“人工智能堆栈”。当前,人工智能技术与其他技术融合已经产生出多种创新应用,这些创新应用的飞速发展和在军事领域的有效渗透不仅能够研制更高精度的制导武器,有效避免战火外延和战争升级,缩短战争进程,而且能够极大拓宽战场区域,从空中延伸至太空,从有形战场向无形战场拓展。

3.3.3 构造智能模式

随着人工智能技术优势不断显现,战争形式不断向智能化、信息化、无人化方向演变。在大力研

发先进智能武器装备的同时,要加速开展相应智能作战模式的构建,真正发挥智能化武器的战斗力。当前已针对智能化战争提出的“混合编组,蜂群智能”的集群模式、“智能为主,先为攻智”的认知模式以及“人机合体,云脑主控”的协同模式等多样的新智能作战形式将加速推动战争形态加速转型,创新作战观念,提升作战实力。

3.3.4 研发创新项目

军事领域的智能化发展需要高新技术的持续支持,创新项目的研发能够进一步推动AI技术在军事领域的应用。美军高度重视AI项目的研发工作,DARPA开展了自适应雷达对抗、自制摄影电子战行为学习等项目。美海军提出了“超越计划”,旨在联合有人-无人编队,构建海上军事作战物联网,实现海军分布式智能化作战。

俄军也高度重视相关创新项目的开发工作。俄联邦科学院控制问题研究所与国防部智能技术装备科研试验中心联合开发了自主智能算法,能够指挥控制无人机群的行动;该研究所还与航空系统研究所合作研发了基于神经网络的自动识别物体的软件系统。

3.3.5 建设研发机构

高新技术的提出需要相关研发机构的支持。美国防部为加速人工智能领域相关项目的推进,建立了联合人工智能中心,集中开展几百个项目的研发,以获取其在AI领域的长期绝对优势;俄罗斯构建了机器人技术科研试验中心、国家人工智能中心、人工智能和大数据联盟等机构;法国成立创新防务实验室,英国的人工智能实验室,印度的人工智能特别工作小组等。各国均针对人工智能技术的应用探索及研发工作采取了一系列举措。

3.3.6 加速装备应用

加速智能装备在军队中的列装应用是使部队具备智能作战能力的关键,必须在大力研发技术和装备的同时,开展装备平台的成熟应用。

随着AI技术在军事领域的成熟应用,多种智能无人作战平台及武器装备不断涌现,且在现代战争中表现优异。俄军地面无人作战装备发展迅猛,其研制的Nerekhta无人作战车具有运输和侦察能力,并且能够搭载机枪和火箭发射器等武器模块;俄拟在2025年使无人作战装备在所有武器装备中占比达到30%以上。美空军已在F-35上开展人机

协同作战理念试验；且在 2021 年 4 月，美军已利用 XQ-58A 隐身无人机成功投放 ALTIUS-600 小型无人机，提升了有人-无人作战协同水平。日本提出到 2035 年，构建具有较强作战性能的空中无人编队^[15]。

智能化战争时代正在加速到来，必须主动作为、提前谋划，探索智能化作战特点和规律，抢占发展先机，推动计算机技术、人工智能技术、大数据、深度学习等在军事领域的高质量快速发展和深层次广泛运用。

3.4 智能化作战发展难点

随着人工智能技术及深度学习网络算法不断地创新发展，在民用和军事用途中都表现出极大的应用价值，但要进一步实现智能化、无人化的作战能力，仍存在一些亟待解决的问题：

1) 数据库的建立。

训练基于深度学习的网络系统需要足量的数据支持，越复杂的任务对数据的需求量越大。然而深度强化学习技术虽一定程度上解决了这一难题，能够在无基础数据的基础上进行自主学习训练，但对于样本间的权重设定仍需要使用有监督的学习方式进行训练。

2) 作战效能评估。

为满足复杂作战环境需要，通过深度学习技术研发的武器装备，需要经过实战演训。武器装备能否适应复杂多变的战场环境，需要在真实战场环境中验证。通过自主学习进行智能决策的武器装备能否达到预期效果需要深入研究，其稳定性和鲁棒性的提升也是需要重点攻克的问题。

4 结束语

人工智能领域的突破性成果及在军事领域的成熟应用，极大推动了作战理念、作战形式、武器装备及战争形态的改进发展。

通过分析人工智能技术及智能化战争发展特点和未来趋势，明确了智能化战争的显著优势和重要意义，提出了在实现智能化作战方面需要解决的重难点问题。

随着人工智能领域相关技术井喷式发展，以人工智能为核心的智能化作战将得到更多的关注，通过智能化、无人化、自主化作战方式，实现安全、

高效、精准、低风险的作战，对赢得未来战场优势，维护国家主权和发展权益具有至关重要的作用。智能化战争的提出符合战争发展规律，深入探索人工智能技术在战争中的应用具有十分重要的军事意义，必须持续开展人工智能技术在装备平台、作战理念、作战习惯等方面的应用创新，为打赢未来智能化战争夯实基础。

参考文献：

- [1] 武青平, 李高宇. 无人化智能化战争形态下的作战体系建设问题思考[J]. 军事文摘, 2021, 12(31): 1-4.
- [2] 吕伟, 钟臻怡, 张伟. 人工智能技术综述[J]. 上海电气技术, 2018, 11(1): 2-3.
- [3] 杨润鑫. 从自主学习技术迭代看未来无人作战[J]. 军事文摘, 2021, 12(10): 3-5.
- [4] 丁进勇, 丁鹏程, 王超. 卷积神经网络在目标检测中的应用综述[J]. 计算机科学, 2018, 45(S2): 20-24.
- [5] 李晓华. 世界主要国家人工智能战略及其产业政策的特点[N]. 经济日报, 2019-04-18(15).
- [6] ZEILER M D, FERGUS R. Visualizing and understanding convolutional networks[C]//European Conference on Computer Vision. Springer, Cham, 2014: 818-833.
- [7] SZEGEDY C, LIU W, JIA Y, et al. Going deeper with convolutions[C]//Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. IEEE, 2015: 1-9.
- [8] 李俊豪, 杨宏晖. 用于水声目标信号时频特征提取与识别的深度卷积神经网络[J]. 无人系统技术, 2019, 2(4): 26-30.
- [9] GOODFELLOW I, BENGIO Y, COURVILLEA. Deep learning (Vol.1)[M]. Cambridge: MIT press, 2016: 326-366.
- [10] NG A, KIAN K, YOUNES B. Convolutional Neural Networks, Deep learning[M]. Coursera and deeplearning, Ai, 2018.
- [11] PANIN A, SHVECHIKOV P. Practical Reinforcement Learning[J]. Coursera and National Research University Higher School of Economics, 2017, 4(2): 7-9.
- [12] 由里, 张佳涛, 王泽宇. 浅析自主深度学习如何在无人作战装备中发挥作用[J]. 军事文摘, 2021, 12(16): 3-6.
- [13] 王家凯, 应运. 无人化装备作战应用及发展趋势研究[J]. 舰船电子工程, 2021, 11(41): 5-11.
- [14] 聂玉宝, 刘婧. 海上电磁频谱空间智能作战体系框架[J]. 航天电子对抗, 2018, 34(2): 6-10.
- [15] 贾珍珍, 丁宁, 陈方舟. 智能化战争加速到来[N]. 新华社, 2022-03-17(11).