

doi: 10.7690/bgzdh.2024.10.001

人工智能对军事变革影响的多视角研究

赵擎天¹, 李立伟¹, 孙振华¹, 陈鑫¹, 赵禹博²

(1. 军事科学院系统工程研究院, 北京 100101; 2. 陆军装甲兵学院士官学校, 长春 130117)

摘要: 为全面、客观地评估人工智能技术发展对军事变革的影响, 进行多视角综合研究。通过对时代演进、技术创新和实战应用全面审视人工智能对军事变革的影响, 力图全面客观地分析人工智能在引领军事变革过程中发挥的作用。结果表明, 该研究为促进军事领域人工智能的建设发展提供理论参考。

关键词: 人工智能; 战争形态演进; 通用技术创新; 俄乌冲突

中图分类号: E919 **文献标志码:** A

A Multi-perspective Study on Impact of Artificial Intelligence on Military Reform

Zhao Qingtian¹, Li Liwei¹, Sun Zhenhua¹, Chen Xin¹, Zhao Yubo²

(1. Institute of Systems Engineering, Academy of Military Sciences, Beijing 100101, China;

2. School of Noncommissioned Officers, Army Academy of Armored Forces, Changchun 130117, China)

Abstract: In order to comprehensively and objectively evaluate the impact of the development of artificial intelligence technology on military reform, a multi-perspective comprehensive study is conducted. Through a comprehensive examination of the impact of artificial intelligence on military reform through the evolution of the times, technological innovation and practical application, this paper tries to comprehensively and objectively analyze the role of artificial intelligence in leading the process of military reform. The results show that the study provides a theoretical reference for promoting the construction and development of artificial intelligence in the military field.

Keywords: artificial intelligence; evolution of war form; innovation of general technology; Russia-Ukraine conflict

0 引言

军事技术的进步与创新在历史上每一次军事变革中都发挥了重要作用, 作为特殊的武装集团, 军队的作战规模、作战方式和指挥控制随着不同时代战争形势的变化而不断调整更新。根据相关研究, 每当军事技术出现革命性变化时, 军队结构、作战理念和战争形态也会随之相应变革, 并直接影响军事冲突的方式。军事技术创新与军事变革之间存在着密不可分的内在联系。综观人类战争史, 从火药的发明到信息技术的应用, 先进的军事技术与装备的出现都对作战方式和军队组织产生过深远影响; 因此, 要准确预测未来战争的面貌, 必须密切关注军事技术发展的前沿与趋势, 以确保军事力量现代化建设与作战理念的先进性。

当前, 随着人工智能技术的快速发展, 军事领域正在经历前所未有的变革。人工智能技术在自动化武器系统、无人机、辅助决策等军事应用方面取得长足进展, 被美国、俄罗斯等军事强国视为改变未来战争形态的关键技术之一^[1]。然而, 人工智能技术发展与应用还处在起步阶段, 其对军事领域的影响机理与作用路径尚不明确, 相关研究多停留在

理论探讨层面, 缺乏系统性的实证分析。为全面、客观地评估人工智能技术发展对军事变革的影响, 有必要从多个视角进行研究, 综合考量战争形态演进规律、通用技术发展理论以及实战案例观察, 以提出科学合理的研究建议。基于此, 笔者以人工智能技术在军事领域的应用为研究对象, 从战争形态演进、俄乌冲突应用和通用技术发展 3 个视角对其影响机理进行全面研究。

1 战争形态演进视角分析

纵观世界战争史, 战争形态的演进反映了军事科技与作战方式互相促进、互为因果的辩证统一规律。武器装备是战争的物质基础, 也是划分战争时代的重要标志。根据国内外相关研究, 可将战争形态划分为石器、冷兵器、热兵器、机械化、信息化和智能化 6 个时代^[2]。

1.1 石器时代

石器时代装备主要以石块、棍棒等为主, 完全来源于对自然界的采集和粗加工, 平时用于狩猎与生产, 战时用于作战与威慑。由于没有专门的军队, 再加上生产力低下、加工简单、功能单一、重复利

收稿日期: 2024-06-27; 修回日期: 2024-07-27

第一作者: 赵擎天(1986—), 男, 山东人, 博士。

用,“军事装备”的内涵更多的是一种纯粹的工具。总体来说,石器时代的装备具有简单、粗放、自然的特点,制胜主要依靠人的智慧和力量,而非技术本身。这也决定了这一时期作战样式原始、直接、简单。

1.2 冷兵器时代

冷兵器时代,随着冶炼技术的诞生和生产力的发展以及专职军队的出现,军事装备逐渐独立于生产装备登上历史舞台。冷兵器时代的装备开始使用金属材料,取代了简单的石头、木棍等天然材料,这大大提升了武器的硬度与抗破坏能力;在工艺方面,开始使用锻造、铸造等技术手段,使武器的形状更规整,质量更可控,开始具有标准化生产的雏形;在装备种类方面,不仅有各种不同长度、形状的刀、剑、枪、戟等武器,还出现了可以远程射击的弓箭等远程武器;在规模化正规化方面,出现了专门的军械制造业,可以批量生产武器装备军队,并且装备使用更加配套化,不同类型的武器可以相互配合,军队也通过训练学会配合运用,初步形成系统的作战能力。冷兵器时代的制胜机理主要包括武器技巧和个体能力、组织和战术、防御和心理战术,这些因素综合运用就可以决定战争胜负。

1.3 热兵器战争时代

火药技术的兴起,标志着热兵器时代开始,武器装备杀伤力随之大幅增加。该时代武器装备主要特点:1) 杀伤力大幅提升,火药的应用使各种火炮、枪械等热兵器大量出现,单兵杀伤力和射程达到了前所未有的高度。2) 装备地位上升,装备数量和质量成为决定战争胜负的最关键因素。3) 专业化加剧,操作和维护热兵器需要专业人员和组织进行支持。4) 生产规模化,大规模标准化生产和储备成为必需,以保障军事需求。热兵器时代的制胜因素主要包括装备数量优势、生产能力优势、技术创新优势、作战运用能力、后勤保障体系、人力经济资源和战略决策战术运筹等。

1.4 机械化战争时代

机器的诞生,标志着生产力的根本性飞跃,机械化的军事装备地位进一步得到提升。在机械化时代,装备机械化成为主流,各种机械化兵器大量出现,如坦克、飞机、战舰、火炮等,极大提升了作战火力、机动性和作战效率。该时代装备特点主要包括:装备生产规模化,完全依赖大规模的标准化

工业生产;装备专业化加剧,操作需要大量专业人员和复杂的组织协作;装备研发和采购投入激增,需要占用大量财力与物力资源;装备更新频繁,淘汰速度加快;装备运用对电力、煤油等能源的依赖性增强。机械化时代同热兵器时代相比,装备数量和质量仍然是制胜关键,工业产能强大的国家更具优势,科技创新与装备更新换代速度对战略形势产生重大影响,经济、工业承受能力,军民协调发展程度是战场制胜的支撑。机械化时代军事装备地位显著提升,其规模和技术水平常常决定战争的胜负,但同时也给国家社会发展带来沉重负担。

1.5 信息化战争时代

信息化战争时代由于信息采集与融合技术、数据库技术、计算机仿真技术、自动化指挥技术等相关技术的迅猛发展,装备信息化、网络化和系统化程度显著提高,各类装备通过信息技术实现有机统一和协同,形成网络中心战系统;装备模块化和通用化水平提高,可以通过不同组合形成新型装备,实现多功能和快速替换;装备维修保障效率提高,可以进行军民通用和快速转换,降低成本;装备智能化提高,依靠计算机技术实现智能指挥和精确打击;研发和采购依赖高新技术,科技创新速度决定装备更新快慢;能源和信息的依赖性提高,相关基础设施成为战时重点打击目标。信息化时代战争制胜机理主要为破网、断电、摧毁指挥中枢,信息致胜、无网不战,拥有信息优势一方将掌控战争主导权,其技术创新水平和经济实力成为制胜的关键因素。

1.6 智能化战争时代

智能化战争时代,以人工智能为技术支撑、以算法为制胜因素、以无人装备为主战力量、以集群作战为主战样式的新一代战争形态,推动战争形态从重在比拼力度、速度、广度、精度向智度转变,其本质是利用人工智能技术为作战体系建立多样化决策模型与优化算法^[3]。装备特点主要表现为无人、自主、智能和集群等。战争形态以“能量机动和信息互联”为基础、以“网络通信和分布云”为支撑、以“数据计算和模型算法”为核心、以“认知对抗”为中心,多域融合、跨域攻防,无人为主、集群对抗,虚拟与物理空间一体化交互的全新作战形态^[4]。智能化战争时代制胜机理主要表现为:1) 在装备运用上,智能化武器装备大量涌现,自主作战系统规模化部署;2) 在作战时空上,数字化战场已经形成

全球一张网、一张图，实现多维立体即时呈现；

3) 在作战关键要素中，信息流仍然是实现智能化战争行动的核心^[5]。信息流动和智能化技术应用在未来战争中起到至关重要的作用，兵力编成、战争模式以及军队建设都将因此发生深刻变革，军队将不断朝着知识型、智慧型方向发展。

综上所述，从石器时代到智能化时代，在多轮科技革命驱动下，军事技术不断创新，军事装备呈现出破坏性增强、精度提高、杀伤距离增加、系统复杂性提升的发展趋势。冶金技术带来冷兵器战争，火药和火器带来热兵器战争，蒸汽机、内燃机带来机械化战争，计算机、卫星和互联网开创信息

化战争，人工智能相关技术催生智能化战争。与此同时，军事装备更新迭代，驱动战争形态出现变革，战争制胜机理从个体肉搏到阵型协同，从机械化机动到信息化快速精准打击，从网络化攻防到智能化决策博弈，每个时代都形成了独特的战争运行规律。如图 1 所示，从制陆权到制海权、制空权，再到制天权、制信息权，智能化时代，军事斗争焦点延伸至认知域，“制智权”成为未来战争的“新高地”。由此可见，随着以人工智能技术为代表的第四次工业革命的到来，军事领域必将掀起新一轮重大变革，军事装备、战争制胜机理和作战概念也将继续不断演进和发展。

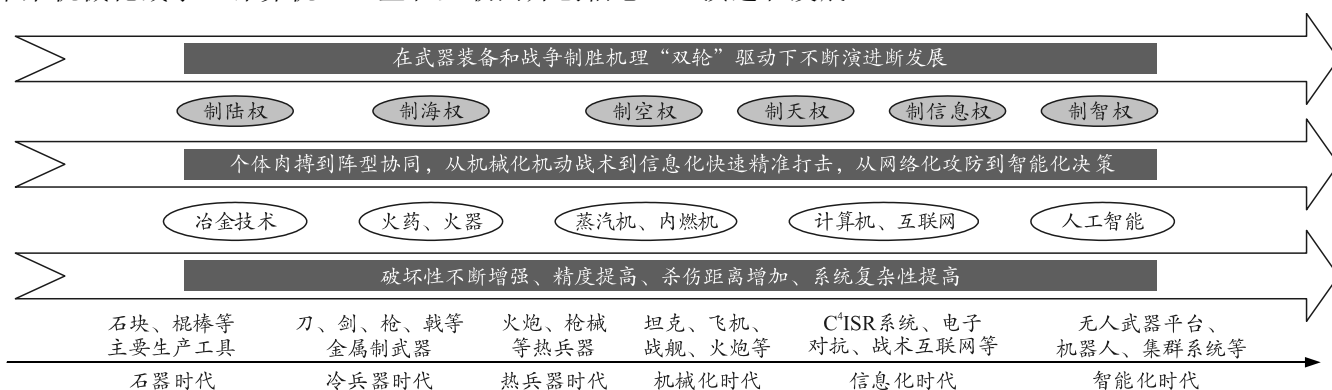


图 1 战争形态演进路线

2 通用技术视角分析

当前，关于人工智能对军事变革的影响大多集中于自动化武器和无人系统平台等狭窄领域，忽视了人工智能作为一种通用技术对军事影响的重要性。乔治华盛顿大学助理教授 Jeffrey Ding 和 Deep Mind 高级研究员兼人工智能治理中心主席 Allan Dafoe 从通用技术视角对人工智能在军事领域的影响进行了研究，指出人工智能对军事变革的影响是一个综合而缓慢的过程，需要关注广泛应用领域和长期影响^[6]。

2.1 影响效果分析

19 世纪末 20 世纪初，电力技术作为一种通用技术对军事变革产生了深远影响。首先，电力技术推动了一系列军事创新，广泛应用于军事通信、交通和防御等多个领域。相比之下，许多专用技术的军事应用较为局限。其次，电力技术显著提升了工业自动化和产能，对军工生产力起到了革命性推动作用。再次，从电机等电力技术出现到被广泛应用于军事，经历了长达几十年的过程，这与其他专用技术的快速应用不同。相比电力技术，同时期诞生

的潜艇相关技术是军事科技创新的成果，该技术主要应用于潜艇这一专门作战平台，对其他军事系统影响的溢出效应较小。潜艇技术没能像电力技术那样，对军队通信、运输等多个领域产生广泛影响，潜艇技术的发展也没有像电力技术那样大幅提升整体工业产能。再者，潜艇技术的军事影响相对集中和直接，从其作为军事能力出现到被作战验证，时间跨度非常短，这与电力技术几十年的酝酿期形成鲜明对比。综上所述，电力作为一种通用技术对军事力量的影响是多领域的、深层次的且经久性的，而潜艇技术作为一种专用技术对军事影响较为狭窄且直接。这一区别对评估人工智能对军事变革的影响具有重要启发意义。

2.2 影响路径分析

从图 2 可以看出，在技术影响路径方面，通用技术可应用于多个军事领域，产生全面和深远的影响，而专用技术的军事应用相对局限，影响较为狭窄。在产业效应方面，通用技术可以显著提升工业整体生产效率，对军工产能有积极推动作用，专用技术影响效果较为有限。在效果酝酿期上，通用技术对军事的重大影响往往经过几十年的酝酿过程，

而专用技术相对直接，且集中在短时间内出现。在可预见性方面，由于影响面广，通用技术对军事的影响难以预见，而专用技术的影响路径较清晰，可预测性更强。在技术依赖性上，通用技术需要依赖强大的相关产业基础，专用技术的民用基础并不关

键。在对抗困难性方面，专用技术对抗相对直接，通用技术的对抗更为复杂困难。综上，通用技术和专用技术最根本的区别在于前者对军事力量造成广泛、深层次且持续的影响，这是专用技术难以达到的。

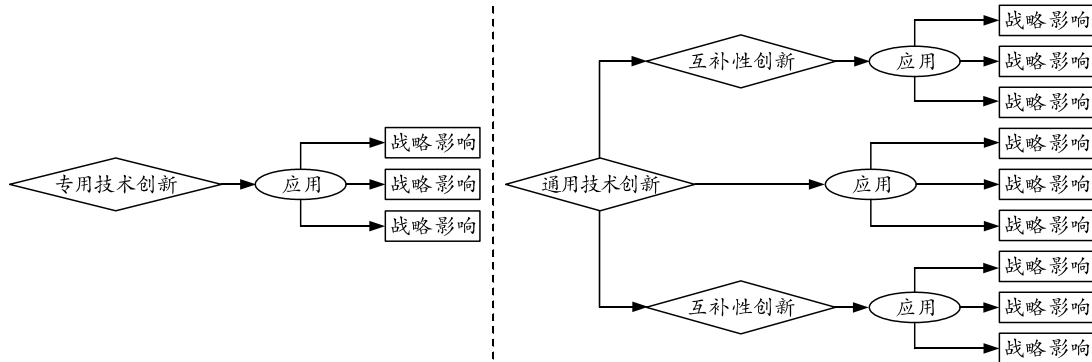


图 2 2 种技术路线的影响路径^[6]

2.3 影响研判

从通用技术视角评估人工智能对军事领域的影响，首先，人工智能作为一种通用技术，其军事效应体现在影响军事系统的广泛性，而不仅仅是狭窄的武器装备应用上。从电力技术对军事变革影响的案例中可以得出结论，人工智能将在指控、通信、情报和后勤等多个领域发挥作用，不会仅仅局限于自动化武器和无人系统平台上^[7]。其次，人工智能对军事力量的影响需要一个较长的时间跨度，正如电力技术从发明到被各国军队广泛应用需近半个世纪，人工智能军事效应的显现也必定是一个渐进的过程，至少需数十年。军队需逐步调整技能、装备和组织结构以适应新技术。最后，拥有强大人工智能产业基础的国家，在军事领域人工智能的竞争中将获得优势。英国比俄国更早实现军队电气化，正是由于其更发达的电力工业。同样，人工智能也需要强大的民用产业基础以支撑军事应用和发展。综上所述，人工智能对军事领域的影响是一个系统性变革，需要从长远视角进行谋划。具体来说：1) 要注意人工智能在指控、通信、情报、后勤和运输等多领域的应用影响；2) 要做好长期积累，不要指望短期内实现重大突破；3) 除了研发投入，还需重视产业基础建设。

3 俄乌冲突视角分析

2022 年 2 月 24 日，俄军对乌克兰发动“特别军事行动”，俄乌冲突正式爆发。迄今为止，从实战和应用规模角度分析，俄乌冲突可以称为第一次“智

能化战争”。纵观冲突过程，此次俄乌冲突智能化作战主要体现在战略欺骗与认知对抗、分布式精确打击与智能弹药、无人机侦察攻击与 OODA 快速闭环、精准斩首行动、北约后台“云+AI”支持、“派单式”作战与数字战争、“线上侦察与线下打击”7 方面^[3]，如图 3 所示。例如美国 Palantir Technology 公司为乌克兰提供的软件 Meta Constellation 系统将战场变成了透明，炮兵反应速度达到了分钟级别^[8]。人工智能技术在战场的广泛应用，大大削弱了冲突双方的实力差距，促使作战样式也转向了扁平化、分散式和去中心化的小分队作战模式。尽管人工智能在俄乌冲突中发挥了重要作用，但其对军事变革的影响必须进行客观研判。

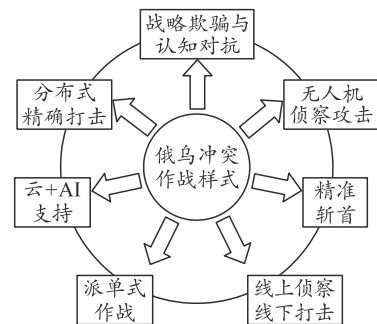


图 3 俄乌冲突主要作战样式

3.1 人工智能在俄乌冲突中的作用应客观评价

从认知科学角度看，人工智能难以对复杂动态环境做出判断，存在认知偏差；从心理学角度看，美国和西方国家极力宣传夸大人工智能作用部分出于政治目的，如增加舆论压力；从技术发展史观点看，每项新兴技术在早期都面临高估成熟度和影响

力的问题。人工智能在虚拟战场的应用目前只局限于破坏力不大的战术级和时间敏感性任务上，战略/战役级的应用较少，主要原因是战场环境具有复杂性、不可知性。在博弈环境中，物理环境到心理环境微妙的变化会引起战争局势和性质的巨大变化，有些隐藏信息难以被人工智能发现、理解和预测，如双方均使用人工智能系统，则生成的可能性战场情况将会超过 AI 辅助决策的解析能力，加剧整体系统的脆弱性，增加事故和误判的可能。

3.2 人工智能对战略战役层面影响有限

从军事理论看，战争规律的本质不会被某项单一技术改变，人工智能仍面临克劳塞维茨等学者提出的“战争不确定性”问题；从复杂科学视角，人工智能难以应对超大规模的复杂系统；从信息论来看，战争是一个信息高度不完整的环境。俄乌冲突初期，西方国家对乌克兰提供了人工智能方面的支持，使其具备了强大战场态势感知能力，俄罗斯处于极其弱势一方，但由于技术代差较小，冲突后期俄军改进了指控系统，利用技术优势在乌东地区实现了战事扭转。据美军《军事时报》报道，美国陆军少将马修·范瓦格宁表示，部分国家认为网络战、电子战和无人作战平台可以代替由装甲车和火炮等武器组成的“硬实力”是错误判断，网络战、信息战在俄乌冲突中发挥了重要作用，但实体战场的“硬实力”仍然是衡量敌对双方实力的重要指标，完整的军事力量体系才是制胜关键，当前人工智能在虚拟战场的应用并不会对战争胜负起决定性作用^[9]。

3.3 人工智能对俄乌冲突影响仍处于初级阶段

从技术演化角度看，人工智能仍处于向军事应用过渡的起步阶段，影响力将随时间呈 S 形增长。从科技哲学角度看，技术对社会的影响需要具备“成熟技术”和“社会准备度”。从工程学角度分析，真正的军事化改造需要经过漫长的迭代优化过程。人工智能武器系统存在自主感知战场态势弱、自主交互作战规划不完备、自主规划作战任务不科学等问题，目前无法实现在无人监督的情况下选择目标并将其杀害。俄乌双方都有可能部署具有一定主权的武器，但不存在“屠杀机器人”和无人机自主执行的重要作战任务，人工智能在实体战场中的应用仍处于初级阶段，与彻底改变战争形态的目标还有较大差距。

4 启示建议

4.1 高度重视人工智能军事应用顶层设计

积极跟踪人工智能军事应用领域的新技术、新趋势，充分总结应用经验，并从国家安全战略高度制定人工智能军事应用发展战略。坚持运用体系思维，将人工智能纳入作战体系，统筹设计、一体推进。坚持牢牢把握需求牵引与技术推动的辩证统一规律，弄通智能化战争的基本原理、制胜机理和实现路径，真正找准打通体系需求与技术驱动的契合点和关节点。要充分尊重科学技术的发展规律，遵循先易后难、循序渐进的原则，按照模型、系统、体系发展路径，加强概念演示验证，以实验实践推动人工智能技术的落地见效。具体而言：1) 坚持创新突破。对于人工智能关键技术和科技前沿，应提前规划、科学布局，统筹地方资源，制定针对性政策，找准突破口进行重点攻关^[10]。2) 坚持夯实基础研究。人工智能军事应用的基础算力、算法和数据，应明确其基础地位和实力差距，找准薄弱点，做好长期攻坚准备^[11]。3) 积极调动市场活力。人工智能军事应用研发成本高，且具有不确定性，在资源调配方面给予充分保障的同时，鼓励科研创新主体参与人工智能技术开发，充分释放通用技术对军事领域长期持久的推动力，提高军事效益。

4.2 找准人工智能军事应用建设着力点

人工智能在军事领域的影响是积极的，并在某些领域有了长足进步，但距离全面改变军事格局还有一定差距。比如，在自动驾驶、无人机和信息处理等领域，人工智能确实发挥了重要作用，但要实现完全的无人作战，克服战场环境复杂性和动态不确定性的挑战，人工智能技术还需进一步发展。在复杂军事环境下，道德判断和权衡利弊仍需依靠人类，过度依赖人工智能将带来不可控后果。所以人工智能只应作为辅助工具，最终决策权应由人类持有^[12]。在未来建设方向上应着重把握：1) 专注提升辅助决策和协同作战能力，而非追求完全的无人作战。让人工智能发挥数据分析和优化优势，辅助人类指挥员做出更好决策^[13]。2) 加强研发可解释人工智能系统，保证其决策过程可以被人类理解和监督，避免不可控后果。3) 加强人机协作训练，让人类和人工智能系统形成有效协作，发挥各自优势^[14-15]。4) 注重加强对军事人工智能的安全规范和道德规划，防止被滥用或造成不必要伤害，特别

是在国际层面，应加强制定军事人工智能使用规范，促进大国之间的战略互信和管控合作。

4.3 一体化推进军用人工智能建设发展

随着以 ChatGPT 为代表的大模型技术持续火爆，作为通用技术创新的典范，人工智能已经成为社会生产力变革的重要驱动力。历史上，电力、信息技术等通用技术推动了军事变革，电力改变了作战平台的能源形式，信息技术使指挥控制实现数字化。通用技术会在一个漫长的时期内渗透到所有军事领域，并带来广泛的军事变革。首先，人工智能作为新一轮通用技术浪潮的核心，其在感知识别、决策控制和协同运筹等方面的能力，必将深刻影响未来作战形态。这需要我们准确把握人工智能技术特点，科学研判其对军事领域的影响。其次，人工智能技术含量高，需要强大科技人才队伍支撑，这需要利用军民通力来打造。既要建立健全军内人才培养机制，又要深化人才交流，吸引高校和企业人才为国防事业贡献力量。第三，人工智能开发应用的关键是大量数据积累，可在确保军事数据安全的前提下，积极开展军民数据共享机制探索，为军事智能模型训练提供多维数据支持。第四，系统化推进军事应用，遴选战略性、前瞻性军事领域开展人工智能试点应用，加快制定人工智能军事标准，推进系统工程建设，形成人工智能和现代军事的深度融合。总之，深刻理解通用技术对军事变革的影响，加强军民深度融合，持续加大投入力度，才能把握通用技术创新规律，一体化推进人工智能建设，为军队智能化发展奠定坚实基础。

5 结束语

通过对战争形态演进、通用技术发展、实战案例等多个视角的深入分析，全面探讨了人工智能技术对军事变革的影响。人工智能作为一种通用技术，在推动自动化武器系统、无人机等领域发展同时，也在军事通信、情报、指挥控制等方面展现出其重要价值。以俄乌冲突为例，人工智能技术在现代战争中作用日益凸显，特别是在战略欺骗、智能弹药和无人机作战等方面的应用，尽管其在战略战役层面的影响仍有待深化，但在战术层面的作用已显而

易见。同时，人工智能技术的发展应用也面临着技术成熟度、数据安全性和伦理道德等挑战。人工智能技术在军事领域的应用发展是一个长期且复杂的过程，我们应保持战略耐心和谨慎态度，积极探索适合现代战争需求的新型军事智能技术，以更好地应对未来战争挑战。

参考文献：

- [1] 李博骁, 张峰, 李奇峰, 等. 人工智能技术在军事领域的应用思考[J]. 中国电子科学研究院学报, 2022, 17(3): 238-246.
- [2] 柏彦奇, 王涛. “军事装备学”思考[C]. 第四届全国军事技术哲学学术研讨会. 石家庄: 中国自然辩证法研究会, 2013: 328-332.
- [3] 吴明曦. 智能化战争: AI 军事畅想[M]. 北京: 国防工业出版社, 2022.
- [4] 赵睿涛, 孙宇军, 彭灏, 等. 智能化武器装备及其关键技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2021.
- [5] 李睿深, 石晓军, 郝英好. 人工智能[M]. 北京: 国防工业出版社, 2022: 32-37.
- [6] DING J, DAFOE A. Engines of power: Electricity, AI, and general-purpose, military transformations[J]. European Journal of International Security, 2023, 8(3): 377-394.
- [7] 罗易焯, 李彬. 军用人工智能竞争中的先行者优势[J]. 国际政治科学, 2022, 7(3): 1-33.
- [8] 赵国宏. 从俄乌冲突中杀伤链运用再看作战管理系统[J]. 战术导弹技术, 2022(4): 1-16.
- [9] 陆诗清, 郭亚飞, 刘瑜. 关于人工智能在俄乌冲突中的作用研判[J]. 军民两用技术与产品, 2022(12): 8-11.
- [10] 杨辰. 论国家安全视阈下的人工智能军事应用风险与治理——以俄乌冲突为例[J]. 国际论坛, 2023, 25(2): 61-82, 157.
- [11] 高强, 游宏梁, 汤珊红, 等. 军事数据治理概念与框架研究[J]. 情报理论与实践, 2019, 42(12): 55-59.
- [12] 胡晓峰. 战争科学论: 认识和理解战争的科学基础与思维方法[M]. 北京: 科学出版社, 2018: 54-60.
- [13] 孟二龙, 高桂清, 董浩, 等. 武器装备智能化发展思考[J]. 兵工自动化, 2021, 40(6): 12-15.
- [14] 刘伟. 人机融合: 超越人工智能[M]. 北京: 清华大学出版社, 2021: 10-14.
- [15] 王凤春. 智能化指挥决策力生成研究[J]. 兵工自动化, 2021, 40(11): 27-31.