

人工智能技术对战争形态的影响及其战略意义

贾子方 王 栋

内容提要 当前的人工智能技术进步主要体现在人工神经网络不同的具体应用,其本质是按照明确规则处理数据的工具。从信息化作战体系的单元、结构和过程三个方面定性分析,可以得出人工智能技术对战争形态的影响。在单元层面上,人工智能技术提升了信息化作战体系中作战单元的能力,并降低了无人作战单元的成本,为结构演进提供了基础。在结构层面上,人工智能技术推动战役和战术层面上去中心化动态网络结构的出现。这种结构的作战体系不仅作战效能更高,而且灵活性和生存能力明显提升。在过程层面上,人工智能加速了作战中的“博伊德循环”,有助于作战体系获得信息化对抗中的优势。因此,人工智能技术提升信息化作战体系的效能,推动战争形态向基于智能单元的信息化战争转变。这种转变增强大国的常规威慑能力,并且不影响基于核威慑的战略稳定性,在战略层面有利于维持大国间脆弱的战略平衡。

关键词 非传统安全 人工智能 战争形态 战略平衡 国际安全 作战体系

* 贾子方:外交学院国际关系研究所讲师。(邮编:100037);王栋:北京大学国际关系学院副教授。(邮编:100871)

** 感谢《国际政治研究》匿名评审专家的意见和建议,文责自负。

人工智能(Artificial Intelligence, A. I.)是计算机系统等人造物表现出来的像人类一样思考和行动的智能,是研究基础理论并开发相关应用系统的科学。^①在信息科学中,可将其定义为从环境中感知信息并执行行动的自主行为体(Agent)的研究。每个自主行为体实现一个把感知序列映射到行动的函数。^②人工智能作为一个学科诞生于1956年的美国达特茅斯学院(Dartmouth College)的夏季研讨会,学科领域中的基本理论和基本算法(Algorithm)也大多于20世纪成型。^③近年以来,人工智能研究本身取得进步,^④学术成果的应用范围扩展,^⑤转化为实际应用的速度加快,部分基于深度学习(Deep Learning)的人工智能系统颠覆了传统认知并直接引起了公众的关注和讨论。^⑥上述因素决定了共识的形成:主要基于深度学习的人工神经网络在不同领域的具体应用证明了人工智能系统的能力和效率,人工智能技术可以成为对人类社会起关键作用的颠覆性技术(Disruptive/Game-changing Technology)。

人工智能技术当前广泛应用于军事和民用领域,必然对国际安全产生影响。对此,本文将在跨学科研究中利用归纳、演绎、案例研究等定性研究方法,利用军事学、信息科学与技术 and 政治学等学科的研究资料和研究成果,分析人工智能技术对战争形态产生的影响,以及这些影响如何在技术进步与作战体系演化的实际过程中产生。在此基础上,本文还将进一步分析人工智能技术对当前大国战略平衡的影响。

① Executive Office of the President National Science and Technology Council Committee on Technology, *Preparing for the Future of Artificial Intelligence*, Washington, D. C.: National Science and Technology Council, 2016, pp. 6-7.

② [美]罗素、诺维格:《人工智能:一种现代的方法》,殷建平等译,北京:清华大学出版社2013年版,第4页。

③ 例如,BP神经网络算法(Back Propagation Algorithm)于1986年提出。

④ 最令人瞩目的显然是深度学习(Deep Learning)这一子领域。深度学习是机器学习(Machine Learning)的一种方法,而机器学习是实现人工智能的方法之一。人工智能系统通过有/无监督学习,可以在特定任务中体现更加接近人类的“智能”,并在实际运用效能上超过人类。但人工智能领域不止于此。在人工智能系统基本能力进步的基础上,计算机视觉和自然语言处理,以及自动控制等领域的研究进步也很快。

⑤ 譬如,2015年以来,《自然》(Nature)杂志及其子刊发表了一系列基于深度学习的人工智能医学影像分析系统的研究,简言之,这些人工智能系统对特定疾病的诊断,准确率大于等于医学专家,且速度远胜。Andre Esteva, et al., “Dermatologist-Level Classification of Skin Cancer with Deep Neural Networks,” *Nature*, Vol.542, 2017, pp. 115-118;如果说这仍然是图像识别领域的应用的的话,那么在化学领域,人工智能系统可以更高效率的发现特定的无机-有机杂化材料,这是应用范围扩展的案例,人工智能系统在化学研究中的应用现在看来比较广泛。参见 Paul Raccuglia, et al., “Machine-Learning-Assisted Materials Discovery Using Failed Experiments,” *Nature*, Vol.533, 2016, pp. 73-76。

⑥ 2016年以来,谷歌旗下“深思”(Deep Mind)公司研发的“阿尔法围棋”(Alpha GO)围棋程序战胜李世石后又战胜柯洁,等级分攀升至世界第一,这是人工智能从专业研究转化为公众热点的关键事件。

一、研究现状与科学技术事实

在社会科学领域研究人工智能技术的影响,前提是充分认识和理解科学技术事实,认识到技术应用的实际界限,避免简单化、夸大或高估颠覆性技术的影响。在此基础上,研究者使用社会科学的理论、方法和经验,回答具体研究问题。人工智能技术对战争形态的影响及其机理正是前沿研究问题之一,也是在安全与战略研究中探寻技术的影响和意义必要的基础研究问题。战争形态的内在本质是战斗力生成模式,是指人、武器和编制体制等基本要素的性质及其相互关系,获取和发挥军队作战能力的标准样式、运行机制和一般方式,以社会经济和科学技术为基础。一般将战争形态划分为冷兵器战争、热兵器战争、机械化战争和信息化战争四种,这也是按照时间顺序的代际划分。^①战争形态及其演化过程和规律,是讨论和分析技术要素在具体的战争场景下如何发挥其实际作用的基础和环境,是进一步分析技术如何通过实际应用影响国际安全和战略平衡的必要知识。

既有研究普遍认为,人工智能技术将对战争形态产生显著影响。新美国安全中心(Center for a New American Security)高级研究员保罗·沙瑞尔(Paul Scharre)认为,基于深度神经网络的人工智能技术将使作战单元实现自主化和智能化,在未来信息化战争中,将出现更多的能够自主作战的智能单元,战争形态将逐渐向自主武器主导的智能化“无人战争”演进。^②清华大学国际战略与安全研究中心主任傅莹指出,战争可能进入智能化时代,战斗人员、作战概念、制胜机理等战争要素都将发生改变,无人自动致命性武器的集群式作战可能成为未来战争的主角和主要作战方式。当然,人工智能对军事的影响尚存很大不确定性。^③加拿大卡尔顿大学(Carleton University)教授埃莉诺·斯隆(Elinor Sloan)认为,人工智能将明显增强信息化作战体系中子系统的自动化程度,并加快其行动进程。^④新美国研究中心客座研究员格雷格·阿伦(Greg Allen)等人在研究报告《人工智能与国际安全》中指出,长期而言,人工智能技术对国家安全有着根本性的影响,与核技术、飞行器技术和计算机技

① 陆军等:《战争形态演进及战斗力生成模式思考》,《中国电子科学研究院学报》2014年第6期,第586—588页。

② 〔美〕保罗·沙瑞尔:《无人军队:自主武器与未来战争》,朱启超等译,北京:世界知识出版社2019年版,第1—147页。

③ 傅莹:《人工智能对国际关系的影响初析》,《国际政治科学》2019年第1期,第6—7页。

④ Elinor Sloan, "Robotics at War," *Survival*, Vol.57, No.5, 2015, pp. 107-111.

术的影响处于同一水平。具体而言,人工智能技术会增强无人系统及其中作战单元的能力,并降低其使用成本,从而提升战争的自动化和无人化程度。^①国内其他相关研究指出,人工智能技术将从不同层面和领域改变战争形态,推动自主作战系统的出现,从而使战争形态向智能化演进。^②此外,对外经贸大学教授董青岭在研究中成功训练了人工智能系统,预测2010—2016年印度遭受的恐怖袭击,预测结果与现实基本相符,证明了在没有特定社会科学理论支撑的情况下,使用已有的神经网络数据包,基于神经网络进行机器学习,训练人工智能系统,可以具备一定冲突预测能力。这一研究本身没有涉及战争形态议题,但对相关研究提供了直观的论据。^③

对于人工智能对战争形态的影响,既有研究的总体判断方向准确:人工智能技术主要是基于深度学习的人工神经网络系统,推动信息化时代中战争形态向无人化、自主化、智能化的方向演进。然而,既有研究的不足在于:对人工智能技术本身掌握尚不够准确,对技术及其进步造成影响的定性研究中,研究方法尚不够完善。

准确掌握技术相关事实,是对国际关系领域技术相关议题跨学科研究的基础。然而,由于学科的藩篱、训练的不足和公开资料中的“噪音”,总会存在不完全准确的描述和认识。^④在对人工智能及其影响的社会科学研究中,可能不足与潜在风险在于,研究者不了解当前人工智能技术的能力界限及其具体应用的范围,而在研究中模糊了现实、基于已有知识的合理推断及科学幻想的界限,高估了现有人工智能系统的能力。例如,有研究认为:“智能化武器系统不仅能够使人与武器实现实质性分离,更将战争活动完全变成武器系统的任务,使实际伤亡率无限趋近于0,而且能够最大限度地提升武器的使用效率和不同武器之间的协作。”^⑤这一论断长期看来未必不会成为现实,但当前还缺乏

① Greg Allen and Taniel Chan, *A. I. and International Security*, Belfer Center for Science and International Affairs, 2017.

② 封帅:《人工智能时代的国际关系:走向变革且不平等的世界》,《外交评论》2018年第1期,第139页;封帅、周亦奇:《人工智能时代国家战略行为的模式变迁:走向数据与算法的竞争》,《国际展望》2018年第4期,第49—50页;槐泽鹏等:《未来战争形态发展研究》,《战术导弹技术》2018年第1期,第8页;蔡明坤等:《智能化战争形态及其支撑技术体系》,《国防科技》2017年第1期,第94—98页;罗曦:《人工智能技术进步引发新的军事变革》,《世界知识》2018年第18期,第14页;阙天舒、张纪腾:《人工智能时代背景下的国家安全治理:应用范式、风险识别与路径选择》,《国际安全研究》2020年第1期,第11—13页。

③ 董青岭:《机器学习与冲突预测:国际关系研究的一个跨学科视角》,《世界经济与政治》,2017年第7期,第100—117页。

④ 贾子方:《国际关系新疆域研究:技术因素与新研究问题》,王逸舟等编:《外交与国际关系新疆域、新趋势:理论与实践的探索》,上海人民出版社2017年版,第5—10页。

⑤ 封帅:《人工智能时代的国际关系:走向变革且不平等的世界》,第139页。

事实依据和军事领域基础知识的支持,对复杂系统及战争过程的认识亦显得简单化。

在人工智能相关的社会科学研究中准确掌握技术现实,首先有必要明晰社会科学研究中的人工智能的技术本质和应用的有限性。当前人工智能技术的进步,主要是使用不同算法构建的神经网络(特别是多层的深度神经网络)在利用大量数据或不利用历史数据的情况下,通过学习处理以往人类智能占优而人工智能难于处理的任务,并发挥远高于人类的效能。然而,这类人工智能,其训练过程本质上是一种利用数学意义上的空间变换对数据分类,给出相关性从而获得处理特定任务的“智能”的过程。算法的进步、数据的增加和硬件的性能提升,并不能改变其处理问题的本质属性。这类人工智能,擅长处理边界明确、规则清晰、价值易于量化的任务,例如下棋、图像识别、自然语言识别和翻译等。但并不意味着现有系统能够胜任在其他类型的任务。纽约大学教授托马斯·萨金特(Thomas J. Sargent)的观点有助于理解这一现实:“人工智能其实就是统计学,只不过用了一个很华丽的辞藻,使用已有的公式和性能更强的硬件解决问题。”^①总之,现有的人工智能技术应用范围有限,与公众想象中的“智能”相去甚远,并且无法直接进化为通用人工智能。^②认识到这一重要事实,方可在研究中准确地分析评估人工智能对战争形态的影响并开展后续研究。

既有研究的另一项不足之处是研究方法尚不够完善。除专门实验研究外,^③国际关系领域的人工智能研究均为定性研究,研究小样本案例。这使得研究者可能陷入简单的归纳陷阱之中,通过少数引人注目的案例,试图证明具体的观点。^④具体而言,提出人工智能技术的进步将促进未来战争向“智能化”发展,这类对大方向的判断总体正确,但将大方向混同可以证伪的确切结论,并以少数仅描述表面现象的案例予以证明,就很有可能出现技术和细节上的错误。例如,有报刊文章提出:围棋程序通过模拟人脑神经网络工作机制,在自主学习、理解和推理能力等认知智能方面有了质的进步。人工智能的这次

① 托马斯·萨金特:《在世界科技创新论坛上的发言》,2018年8月11日,<http://economy.caijing.com.cn/20180811/4499331.shtml>,2018-10-30。

② 已经有学者指出,所谓“人工智能”,其实是一个被包装过的概念,本质仍然是数据科学的几个关键领域,特别是机器学习。参见 Michael I. Jordan, “Artificial Intelligence: The Revolution hasn’t Happened Yet,” *Medium*, <https://medium.com/@mijordan3/artificial-intelligence-the-revolution-hasnt-happened-yet-5e1d5812e1e7>, 2018-05-14。

③ 即董青岭在《机器学习与冲突预测:国际关系研究的一个跨学科视角》一文中的实证研究。

④ 在国际关系的研究中,归纳陷阱或者说谬误并不鲜见,简单将中国和美国的战略竞争与一战前英国和德国的斗争类比就可归属此列。

重大突破表明,电脑完全可以模仿经验思维、形象思维、直觉思维、灵感思维等人类才具备的思维方式。^① 该文据此提出,人工智能技术有可能通过指挥决策等领域的革命性进步推动信息化战争形态向智能化演变。这一推论基于“阿尔法围棋”这样的带有轰动效应的单个案例,没有试图分析人工智能技术的数据处理本质,也没有试图了解脑科学和信息科学相关事实与技术发展前沿,^② 就先入为主地认定,人工智能技术将快速发展并应用于军事领域,最终使科幻般的“智能战争”出现,这并不严谨。总之,对于人工智能相关的跨学科研究,简单归纳少数案例远远不足。在国际关系领域分析人工智能技术的影响,需采用类似过程追踪法的小样本定性研究方法,在实际过程和场景中重构技术因素的影响,从而得出符合实际的可信结论。以下将从当前军事力量的内核——信息化作战体系本身的性质出发,分析人工智能技术对战争形态的影响。

二、人工智能通过缔造效能更高的作战体系改变战争形态

信息化作战体系由互动的单元和结构构成。人工智能技术可以增强现有作战单元或参与创造新的作战单元,改变单元在信息化环境下的作战能力和作战成本。以单元为基础,作战体系的结构特征也逐渐演变。在单元和结构赋予的能力基础上,信息化作战体系的实际作战过程亦发生演变。战争形态因而改变。以下将从信息化作战体系的单元与结构,以及信息化战争的实际过程三方面推导,分析人工智能技术对战争形态的影响及演变的基本机理。

(一) 人工智能对作战单元的影响

作战单元是作战体系中的基础子系统,是直接担负作战任务的个体,在不同时代的作战体系中,士兵及其操纵的装备是最基本的作战单元。人工智能缔造更高效的信息化作战体系,作战单元是基础。人工智能技术将增强现有作战单元能力并推动新的作战单元出现,促进作战单元效能提升。

^① 袁艺:《人工智能:信息化战争形态演变的助推器》,《光明日报》2016年5月11日,第11版。尽管该文章不是刊载在有同行学术评议的学术期刊上的学术论文,但观点和方法有代表性,《光明日报》亦是重要报刊,故引用。

^② 对于社会科学研究者而言,当前类脑芯片和类脑计算是一个值得关注的领域。例如,2019年7月,清华大学团队发表了全球首个异构融合类脑计算芯片,这一芯片可以同时支持机器学习算法和类脑计算算法,团队还展示了装有该芯片的自动驾驶自行车,参见 Jing Pei, et al., “Towards Artificial General Intelligence with Hybrid Tianjic Chip Architecture,” *Nature*, Vol.572, Issue 7767, 2019, pp. 106-111。

一方面,无论对于既有的有人或无人作战单元,还是正在研发的无人作战单元,当前水平人工智能技术的应用可以显著增强其在信息化环境下的作战能力。首先是对战场态势的感知能力和信息处理的能力。在信息化时代中,战场态势主要包括图像、音频、电磁信号等,随着信息化作战对抗能力的提升,作战环境日趋复杂,对于携带传统传感器的作战单元而言,获取并处理这些信号成为难题。而基于深度学习的人工智能技术恰恰适用于这类难题,当前先进的传感器技术使得战场上的信息通常表达为清晰的数字信息,并且作战对于战术级别的信息有着明确的处理规则,作战任务也为信息处理任务赋予了明确的价值,简言之,感知和处理信息对于人工智能系统而言是近乎标准化的任务,和民用领域的图像识别或者弈棋一样,是现有人工智能系统最为擅长的领域。人工智能系统可以通过战斗、演习、日常任务^①和模拟过程中得到的数据,在有监督或无监督条件下自主学习,从而实现了对复杂和高不确定性的战场态势的快速识别、快速处理。^②例如,美国海军在2017年10月的一次演习中,首次展示了MQ-9无人机执行反潜巡逻任务与长时间监视水下目标的能力。任务海区的声呐浮标将信号传输至巡逻的无人机,再将信号传输至地面控制站,地面控制站再将基于信号由人工智能算法自主生成的搜索方案传输给无人机。^③相对于有人平台,这种系统可以实现范围更广、速度更快的无间断反潜巡逻或目标监视。

在此基础上,可以借助经由日常训练得到的人工智能系统,进行下一步的作战行动。一个具有代表性的案例是美国国防部高级研究计划局(DARPA)正在着力推进的认知电子战(Cognitive Electronic Warfare),其不仅借助人工智能技术在电子战进程中识别态势和信息,而且运用同样的机理生成对策,开展后续的电磁空间作战行动。特别是在复杂电磁环境中,传统的电子战手段针对已知的对手,软件层面的算法固定,很难适应未知的电磁威胁,而认知电子战中的不同研发项目重点利用人工智能技术,训练电子战系统,使其针对新的、未知的雷达和无线通信系统,不仅能够识别具体威胁,而且能够动态生成

① 例如,从冷战至今,美国的电子战飞机经常在苏联/俄罗斯和中国周边执行电子侦察任务,这类任务收集的数据理论上适用于人工智能系统的训练。

② 例如,有中国学者指出,在对空指挥决策中,可以利用现有水平的人工智能技术实现智能识别、作战意图推理、智能威胁判断、智能分配(目标),并可以实现分布式人工智能架构,提升防空指挥的效率。参见刘钦等:《人工智能在对空指挥决策中的应用》,《火控雷达技术》2019年第2期,第1—8页。

③ Tamir Eshel, "MQ-9 Demonstrates Anti-Submarine Mission Capabilities in U. S. Naval Exercise," November 14, 2017, http://defense-update.com/20171114_mq9_asw.html, 2017-12-01.

新的对抗对策。^① 总之,在作战单元层面,现有的人工智能技术可以显著增强不同单元的作战能力,除了对战场态势感知和在电磁空间作战的突出影响之外,人工智能技术同样可以应用于精确制导、导航等领域,通过训练提供更低成本的解决方案,实现信息化作战中的精确打击。

另一方面,人工智能技术推动了无人作战单元的应用,从而大幅降低了先进的信息化作战单元的成本。^② 当前主要的无人作战单元包括无人机(UAV/Drones)、无人潜航器(UUV)和各类机器人,以无人机为代表。传统的无人作战单元,如美国在反恐作战中广泛使用的执行对地攻击和情报、监视、侦察(ISR)任务的MQ-1/MQ-9系列无人机和主要用于战略侦察任务的MQ-4系列无人机,其依然是由操作员远程操纵的无人作战单元,尽管本身信息化和自动化程度较高,但并不能自主作战。并且这类无人作战单元的任务相对单一,执行情报、监视、侦察任务或猎杀缺乏防空能力的地面目标。^③ 而新的无人作战系统将在海洋、陆地、天空和太空四大作战空间中执行传统的作战任务,^④ 例如,利用无人机空战,夺取制空权。在人工智能技术进步的前提下,无人系统理论上可以不断自我训练,实现演化,最终形成更加完善的作战能力,在自主作战中发挥大于等于传统有人平台的作战效能。一个重要案例是,美国空军近年启动了从数据到决策的实验项目,2016年,美国辛辛那提大学(The University of Cincinnati)开发了阿尔法超视距空战系统(ALPHA),该系统采用了模糊遗传算法(Fuzzy Genetic Algorithm),使得系统能够在与人类飞行员的无数次对抗中学习人类指挥决策经验,提取并生成决策机制。^⑤ 人工智能系统指挥仿真战斗机编队与经验丰富的人类飞行员模拟空战,在飞行性能和支援均

① Eric Tegler, "Why DARPA Needs AI to Defeat Enemy Radar," September 13, 2016, <https://www.popularmechanics.com/military/research/news/a22834/darpa-ai-defeat-enemy-radar/>, 2018-05-14; 美国国防高级研究计划局的项目介绍参见"Behavioral Learning for Adaptive Electronic Warfare (BLADE)," <https://www.darpa.mil/program/behavioral-learning-for-adaptive-electronic-warfare>, 2018-05-14; "Adaptive Radar Countermeasures (ARC)," <https://www.darpa.mil/program/adaptive-radar-countermeasures>, 2018-05-14。

② 严格地讲,可以将导弹归为无人作战单元,但在本研究中,强调作战单元的生存和重复使用,故不做此界定。当然,人工智能技术同样增强导弹,特别是智能化巡航导弹的能力。

③ 关于传统无人机与防空能力关系问题,有研究做出了详尽解释,参见 Michael C. Horowitz, et al., "Separating Fact from Fiction in the Debate over Drone Proliferation," *International Security*, Vol.41, No. 2, 2016, pp. 7-42。

④ 在电磁空间和网络空间中,一般不强调单独的"无人"作战单元。

⑤ M. B. Reilly, "Beyond Video Games: New Artificial Intelligence Beats Tactical Experts in Combat Simulation," June 27, 2016, http://magazine.uc.edu/editors_picks/recent_features/alpha.html, 2017-12-01。

受到限制的情况下,都取得了对人类飞行员的明显优势。^①此后,美国意识到人工智能技术对空战的重大意义,并增加了研发投入。^②2020年,美国国防部高级研究计划局进行空中格斗模拟实验,人工智能系统以5比0的比分击败了美国空军的优秀飞行员,再次证明了无人作战系统执行传统作战任务的巨大潜力。^③

在作战效能大体相同或更高的情况下,无人作战单元的优势在于更低的成本。一般而言,作战体系和作战单元的成本可界定为从研发到实战的整个过程中耗费的经济成本和时间成本,人力成本包括在其中。

从经济成本上来看,基于人工智能技术的无人作战系统具有一定优势。在研发阶段,人工智能系统的训练更多依赖算法和数据,在训练阶段对研发人员的创造性工作依赖相对较少,可以节约部分研发费用。并且人工智能的算法相对成熟,用于训练的系统至少不用另起炉灶,专门重新设计,这也利于节约费用。在训练完成后,实际用于作战的人工智能系统硬件要求不高。例如,前述的阿尔法超视距空战系统对计算能力要求很低,在售价35美元的微型电脑上即可运行。^④当然,考虑到在多数情况下,作战单元不仅包括作为数据和信息处理与决策核心的人工智能系统,^⑤还包括传统的动力、控制与火力子系统,人工智能技术能够降低的经济成本依然是有限度的。

人工智能系统降低作战单元的成本,主要表现在降低时间成本上。在信息化作战体系中,先进的作战单元形成战斗力需要花费高昂的时间成本。以美国的第五代战斗机F-22A为例,从第一架YF-22原型机首飞(1990年),到F-22A正式服役并形成初始作战能力(IOC,2005年),耗费约15年,到生产完成共计约22年。^⑥除研发外,训练和实验花费了大量的时间。特别是训练花

① Angus Batey, "AFRL-Funded AI Beats Fighter Pilots in Simulated Dogfights," November 18, 2016, <https://www.airforcemag.com/afrl-funded-ai-beats-fighter-pilots-in-simulated-dogfights/>, 2020-02-06.

② 例如,国防高级研究计划局启动了“空战演化”(ACE)项目,持续在这一领域的投入。参见 DAPAR News and Events, "Training AI to Win a Dogfight," May 8, 2019, <https://www.darpa.mil/news-events/2019-05-08>, 2020-02-06.

③ Theresa Hiechens, "AI Slays Top F-16 Pilot In DARPA Dogfight Simulation," August 20, 2020, <https://breakingdefense.com/2020/08/ai-slays-top-f-16-pilot-in-darpa-dogfight-simulation/>, 2020-12-10.

④ Angus Batey, "AFRL-Funded AI Beats Fighter Pilots in Simulated Dogfights."

⑤ 在网络战中可能包括例外情况。

⑥ U. S. Air Force, "F-22 Raptor," September 23, 2015, <https://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/104506/f-22-raptor/>, 2017-12-01; Lockheed Martin Co., "F-22 Raptor Fast Facts," March, 2020, [https://www.lockheedmartin.com/content/dam/lockheed-martin/aero/documents/F-22/F-22%20Fast%20Facts_Lockheed%20Martin_\(March%202020\)1.pdf](https://www.lockheedmartin.com/content/dam/lockheed-martin/aero/documents/F-22/F-22%20Fast%20Facts_Lockheed%20Martin_(March%202020)1.pdf), 2020-03-23.

费的时间具有累积性,平均需要 5 年的时间,千百个飞行小时的积累才能训练出一位合格的战斗机飞行员,当然,还需要 300 万—1100 万美元的训练费用。^①如此高成本仅能训练出合格的飞行员,优秀飞行员还要需要更多的经验。总之,信息化作战体系中的先进作战单元的一个突出特点就是耗费高昂的时间成本,这不仅意味着其在战斗中的损失可能成为体系层面难于承受的成本损失的一部分,而且意味着在耗时较短的信息化战争中无法通过再生产弥补作战单元的损失。^②然而,基于人工智能系统核心的无人作战单元在最大程度上改变了高时间成本的现状。在完成训练之后,人工智能系统最大的优势是可以复制,初始训练花费一定时间后,不再需要重复训练每一个单独的无人作战单元,从单元层面上看,训练耗费的时间成本显然可以大幅度降低。^③无人作战单元在战斗中一旦损失,时间成本的损失将低于传统的先进作战单元。总之,人工智能技术的进步,使得无人作战单元实际运用的时间成本远低于传统的先进作战单元,再考虑到经济成本的一定优势,可以确定其明显降低了信息化作战体系中作战单元的成本。

当前的人工智能技术促使信息化作战体系之中作战单元效能提升,同时成本下降,只有在此前提下,信息化作战体系的结构演进才成为可能。而只有在体系结构演进,形成更加先进的网状结构的情况下,整个作战体系的效能方能明显提升。

(二) 人工智能对作战体系结构的影响

在单元层面的分析基础上,可以进一步分析信息化作战体系结构层面的特性。信息化作战体系的结构是指单元排列的方式,表现为空间拓扑关系。人工智能技术和其他先进技术共同作用,提升作战单元的作战效能并降低其成本,从而使单元构成的信息化作战体系结构进一步向去中心化的动态网络发展演进,不仅可以增强系统的态势感知、信息处理能力及火力打击能力,而且可以增强系统的任务灵活性和战场生存能力。

在冷兵器时代和机械化时代中,作战体系围绕指挥中心逐层构建,形成树状结构。而在信息时代中,通信技术、自动控制技术和装备制造的总体进步使

^① United States Government Accountability Office, "Military Personnel: DOD Needs to Reevaluate Fighter Pilot Workforce Requirements," April 11, 2018, <https://www.gao.gov/products/GAO-18-113>, 2018-05-14.

^② 贾子方:《当代常规威慑的技术起源》,北京:世界知识出版社 2019 年版,第 187 页。

^③ 从系统层面上看,以人工智能系统为核心的无人作战单元构成的信息化作战体系理论上可以通过训练提升自身能力,这可能小幅度增加了训练的时间成本。

作战体系演化为网络状结构,在这一扁平化的结构中,不同的作战单元通过信息相互连接,成为信息化作战体系中的节点,实现信息共享和战场态势高效感知,从而灵活机动并实施精确打击。

信息化作战体系的网络结构是一种相对理想的结构,相对机械化时代的树状结构是革命性的飞跃,但在信息化时代体系的对抗中,其不足也非常明显。关键在于,体系中的每个节点并不是等价的,在战略、战役和战术层面都存在所谓的关键节点,其主要分为三类:关键的指挥、控制、通信、计算机、情报、监视与侦察(C4ISR)设备、指挥控制中心和火力平台。一个关键节点可以同时具备两类或者三类作用,如军事基地或者航空母舰就可以发挥全部三类作用,因而其往往是价值最高的关键节点。^①而当关键节点减少到一定程度,就无法组成网络状的信息化作战体系,作战体系将失去作战能力。因此,在信息化时代的体系对抗之中,首要作战目标是摧毁对方体系的关键节点。当前,对于美国和中国这样的大国,至少在西太平洋地区军事冲突的假想场景中,都具备了在信息化作战体系整体支持下利用先进的技术装备,精确打击并摧毁对方关键节点的能力。

人工智能技术的进步,理论上可以改变信息化作战体系的网络结构,在战役和战术层面上减弱作战体系依赖关键节点的脆弱性。如前所述,人工智能技术和自动控制技术等其他先进技术共同作用,使先进的智能无人单元成为现实。而无人机等先进无人单元作为高效能、低成本的作战单元,逐步改变信息化作战体系网络结构的性质,可以构建去中心化的作战网络。例如,无人机“蜂群”(Drone Swarm)^②这样的智能无人集群,不仅作战效能更高,而且任务灵活性和生存能力提升明显,在一定程度上可以降低传统网络结构的脆弱性。

首先,更高的作战效能体现在两个方面:自主处理更加复杂的战场态势,并利用数量优势达成更好的打击效果。

当前,信息化作战体系之间的对抗,本质上是利用信息实现更加精确的能量投送,而随着信息技术特别是电子战技术的发展,战场中明显呈现“信息超载”的态势,传统的信息化作战体系和其中的单元面临的信息超载主要包括战场传感能力负荷超载、信息传输能力负荷超载、战场态势重构能力负荷超载和

① 贾子方:《当代常规威慑的技术起源》,第151页。

② 关于无人机“蜂群”的技术原理和发展前沿,参见 Timothy Chung, “Offensive Swarm-Enabled Tactics (OFFSET),” <https://www.darpa.mil/program/offensive-swarm-enabled-tactics>, 2018-05-14。

战场指挥能力负荷超载。^① 经过训练的人工智能系统可以使无人机、无人潜航器等先进无人作战单元成为部署在战场前沿的传感器,更高的战场态势感知能力和较低的成本可以确保这类通用传感器的数量能够应对传统视角下“超载”的海量信息。而通过先进的通信手段,无人作战单元可以组成传感器网络,在数量的基础上进一步发挥系统性优势,获取复杂战场态势。而基于深度学习的人工智能技术可以确保前沿的无人单元搭载低能耗、低价值的信息处理单元,在传感器网络的基础之上组成战场信息处理的“云服务器”,重构战场态势,选择目标与攻击方式,并直接由同一批无人作战单元发起精确打击。最终,由智能化先进无人作战单元为主构成的,具有去中心化网络结构的信息化作战体系,在战役和战术层面可以实现协同感应、协同干扰、协同攻击,在复杂环境下的作战效能明显提升。^②

无人作战单元形成的“作战云”^③提供更强的火力打击能力。传统的火力平台如有人作战飞机等庞大而昂贵,生产总数本身受到经济成本和训练的时间成本限制,同时在战役层面,受到指挥能力和信息传输通道的限制,能够部署的总体数量有限。而效能高、成本低的自主协同无人集群可以突破传统的数量限制,并利用数量优势提升打击能力,实现低成本的饱和攻击。^④ 理论上,不考虑信息化作战体系和网络结构的加成,根据兰开斯特平方律(Lanchester's Square Law)可以大体上认为部队的战斗力与数量的平方成正比。^⑤ 因此,无人作战单元数量的增加,将带来火力打击能力的指数级增长。总之,相对于传统的火力平台,先进智能化无人平台在信息化作战体系中可以发挥其能力和成本优势,提供更高数量级的打击火力。

其次,去中心化的动态网络结构使得信息化作战体系的任务灵活性和生存能力显著提升。其中任务灵活性相对次要,指的是以先进无人单元为主构成的作战网络借助模块化设计、模块化生产的先进任务模块可以更好地执行

① 徐青:《未来海战与智能化装备发展》,海洋防务创新论坛“未来海上作战”研讨会,2018年1月7日,北京, http://www.sohu.com/a/230330477_381202, 2018-05-14。

② 黄长强等编著:《多无人机协同作战技术》,北京:国防工业出版社2012年版,第6页。

③ “作战云”是指像云服务器一样各单元分散部署但协同融合作用的作战体系。

④ “饱和攻击”是一个传统的作战概念,但在机械化时代和信息化时代初期,实现饱和攻击的成本甚高,例如20世纪70年代到80年代末,苏联海军为了实现对美国海军前沿部署的航母战斗群(CVBG,现使用航母打击群CSG概念)的饱和攻击,确保己方弹道导弹核潜艇的安全,建造了大量功能相对单一的大型海空平台,如驱护舰和轰炸机等,成本高昂。

⑤ Paul K. Davis, *Aggregation, Disaggregation, and the 3:1 Rules in Ground Combat*, Santa Monica, CA: RAND, 1995, pp. 29-30.

不同任务。^①而去中心化的动态网络结构带来的生存能力,在战役和战术层面具有重要意义。具体而言,首先,对于智能无人集群,现有的防御体系并没有成本足够低的解决方案;其次,关键在于,在人工智能系统的支持下,先进无人单元组成去中心化的网络,相比单中心或多中心的作战网络,其具备自组织的性质,当集群的部分单元被防御系统摧毁时,具有相同或者相似功能的多个单元仍然可以组成完整的作战体系,作战效能没有根本性削弱。这是去中心化的网络结构在生存性和抗毁伤弹性上的关键进步。相对而言,现有的信息化作战体系中,如果预警机或者先进战斗机这样的关键节点被摧毁,系统的作战效能将显著下降,以至失去作战能力。总之,只有在人工智能技术支持下,无人作战单元才具备智能化、低成本、多功能、高效能的性质,才能组成去中心化的网络结构,从而提升整个作战体系的生存能力,在战役和战术层面获得明显优势。^②

总之,结构由单元组成,人工智能技术促使先进智能单元产生,从而构建了更加高效、健壮(Robust)^③的去中心化动态网络结构,增强信息化作战体系的效能。当然,有人/无人单元混合网络和无人单元网络都可以发挥类似的作用。^④当前,对于无人机“蜂群”的研究和实验,已经初步证明了智能无人集群技术的可行性。^⑤从单元层面到结构层面的分析,已经可以证明当前的人工智能技术可以增强信息化作战系统的能力,这是改变战争形态的基础。但以上所分析的仍然是静态的能力,进一步分析评估人工智能技术的影响,还应将其放在动态的战争过程之中。

(三) 人工智能对作战过程的影响

在分析单元和结构层面的能力变化后,可以进一步在动态的过程中分析

① Tate Nurkin, et al., *Chinas Advanced Weapons Systems*, Report for the U. S. -China Economic and Security Review Commission, Jane's by IHS Markit, 2018, p. 153.

② 牛铁峰等:《无人机集群作战概念及关键技术分析》,《国防科技》2013年第5期,第37—43页;宋瑞等:《智能集群关键技术及军事应用研究》,第五届中国指挥控制大会,北京,2017年;王虎、邓大松:《集群式人机能力分析及其防御对策研究》,《无人机》2017年第4期,第15—20页;刘立辉等:《一种无人集群系统仿真平台设计》,《中国电子科学研究院学报》2017年第5期,第506—512页。

③ 健壮(Robust)是工程学中常用概念,常音译为“鲁棒性”,指的是系统在异常情况下自我维持的能力。

④ 当前,实现无人单元组成集群自主作战,仍然需要有人单元中人的决策。参见李文等:《有人机/无人机混合编队协同作战研究综述与展望》,《航天控制》2017年第3期,第91页。

⑤ 参见 Timothy Chung, “Offensive Swarm-Enabled Tactics (OFFSET),” <https://www.darpa.mil/program/offensive-swarm-enabled-tactics>, 2018-05-14; Scott Wierzbanski, “Collaborative Operations in Denied Environment (CODE),” <https://www.darpa.mil/program/collaborative-operations-in-denied-environment>, 2018-05-14。民用无人机集群的相关中文报道亦可参考,但公开媒体报道多有夸大其辞之嫌,并未触及智能无人集群的技术本质及影响。

人工智能技术造成的变化,以评估其对战争形态的影响。^①所谓动态的过程分析或评估,是指不仅分析技术因素带来的静态能力变化及影响,而基于军事科学的一般知识,利用公开信息,将确定的能力放在战役和战斗的假想场景下分析评估。总体而言,当前水平的人工智能技术,可以显著增强作战体系及其单元在“博伊德循环”(OODA Loop)中的行动速度和质量,从而在分秒必争的信息化战场对抗中提升作战体系的优势。

“博伊德循环”是指作战过程中观察(Observe)、调整(Orient)、决策(Decide)和行动(Act)的循环往复的过程。^②观察是指人员和传感器获取战场信息;调整则是利用信息修正旧的战场态势,形成新的战场态势;决策是指根据战场态势选择行动路线;行动则是最终执行决策,并评估和检验上一循环的效果。毫无疑问,从冷兵器时代以至信息时代,技术的进步使得“博伊德循环”的速度加快。在战争中,无论战略、战役还是战术层面,作战双方的“博伊德循环”在对抗过程中相互影响,信息化对抗中,能够更快完成一个“博伊德循环”的一方,能够获取明显的战场优势。^③

人工智能技术加速“博伊德循环”,同时提升其部分环节的质量。无论对于先进智能化无人作战单元构成的作战体系,还是相对传统的作战单元构成的体系,人工智能技术都可以在以下方面提升“博伊德循环”的速度和质量:在观察环节,如前所述,人工智能技术将明显提升获取信息的速度和质量。^④基于相似的原理,在调整阶段,人工智能技术有助于更加高效地重构更高质量的战场态势。^⑤而决策环节则是人工智能系统的强项。除无人作战平台外,当前的先进有人作战平台,例如,第五代战斗机可以利用已有的先进的有源相控阵雷达和数据链等技术实现很高水平的战场态势感知,但作战中的决策环节仍然主要依靠飞行员等作战人员,从训练的密度和战场的反应速度来看,明显落后于信息化系统获取战场态势的速度,同时必然在高强度的对抗中受到人类

① 在实际过程中的评估和分析可以参考 Eric Heginbotham, et al., *The U. S. -China Military Scorecard: Forces, Geography, and the Evolving Balance of Power, 1996-2017*, Santa Monica, CA: RAND, 2015。

② 这一概念源自空战理论,由美国空军知名理论家,曾提出能量机动理论的约翰·博伊德(John Boyd)上校提出。参见 Frans Osinga, *Science, Strategy and War: The Strategic Theory of John Boyd*, The Netherlands: Eburon Academic Publishers, 2005, pp. 268-279。

③ [美]保罗·沙瑞尔:《无人军队:自主武器与未来战争》,第26—27页。

④ 陶九阳等:《AlphaGo 技术原理分析及人工智能军事应用展望》,《指挥与控制学报》2016年第2期,第119页。

⑤ 戴浩:《人工智能技术及其在指挥与控制领域的应用》,2018国际人工智能与机器人科技峰会,上海,2018年7月25日, http://www.sohu.com/a/131912845_358040, 2018-05-14。

生理特性的限制,反而是“博伊德循环”中的短板。理论上,基于深度学习的人工智能系统可以参与甚至主导决策环节,在更短时间内更加科学合理的决策,并直接接入行动环节。2016年以来,人工智能空战系统在训练和演习中的优秀表现证明了人工智能系统在决策环节中可以发挥巨大作用。美国国防部高级研究计划局早在2008年之前就开始的“深绿”(Deep Green)计划,也初步证明了人工智能技术在指挥控制领域的重大意义。^①最后,在行动环节上,以前三个环节的优势为基础,无人系统、有人系统和有人/无人系统有机融合的系统能够使行动环节效能更高。^②

总之,人工智能系统可以明显提升“博伊德循环”过程的速度和质量,而在实际对抗中,一旦一方“博伊德循环”的速度大大快于对手,就会使对方无法跟上战争节奏,从而导致系统性崩溃。^③因此,在过程层面的定性分析表明,人工智能技术显著增强既有信息化作战体系和未来先进无人系统的实际作战效能。

(四) 人工智能技术如何改变战争形态

现有水平的人工智能技术可以提升信息化作战体系中作战单元的效能,帮助构建更高效更先进的网络结构,在作战过程中提升“博伊德循环”的速度。因此,可以得出结论:现有水平的人工智能技术是信息化作战体系的“赋能器”(Enabler),其可以显著改善和提升现有作战系统的生存能力、信息处理能力和打击能力,提升信息化作战系统的效能,从而推动战争形态向基于智能单元的信息化战争转变。“赋能器”概念既提供人工智能技术改变战争形态的基本原理,也从能力出发,划定了改变战争形态的界限。

恩格斯指出:“一旦技术上的进步可以用于军事目的并且已经用于军事目的,它们便立刻几乎强制地,而且往往是违反指挥官的意志而引起作战方式上的改变甚至变革”。^④20世纪末以来,信息化时代的作战体系逐渐发展,既有体系面临作战单元生存能力不足、体系结构脆弱性增加、战场态势重建和处理能力落后等一系列挑战,特别是在设想中的大国信息化作战体系相互对抗中,

① “DARPA's Commander's Aid: From OODA to Deep Green,” June 03, 2008, <https://www.defenseindustrydaily.com/darpa-from-ooda-to-deep-green-03497/>, 2018-05-14.

② 陶九阳等:《AlphaGo技术原理分析及人工智能军事应用展望》,第119页。

③ 同上。正因如此,美国布鲁金斯学会提出了“极速战”(Hyperwar)的概念。这一概念源自Darrell West and John Allen, “How Artificial Intelligence Is Transforming the World,” April 24, 2018, <https://www.brookings.edu/research/how-artificial-intelligence-is-transforming-the-world/>, 2020-02-28。“极速战”的翻译参照阚天舒、张纪腾:《人工智能时代背景下的国家安全治理:应用范式、风险识别与路径选择》,第12页。

④ [德]弗·恩格斯:《反杜林论》,《马克思恩格斯全集》第20卷,中共中央编译局译,北京:人民出版社1971年版,第187页。

以上弱点都可能成为作战体系致命脆弱性的来源。现有水平的人工智能技术通过改变现有作战单元的作战效能,促进先进无人作战单元的实用化,并大幅度降低其成本。其还使作战体系的结构开始向去中心化的网络演进,增强其打击能力,任务灵活性和生存能力,从而明显增强作战效能。人工智能系统在实际作战过程中加速“博伊德循环”,使信息化作战体系面对同等级的对手获得对抗中的优势。从战斗力生成的角度看,人工智能技术通过指挥、控制和行动的“智能优势”提供了新的战斗力增长点。因此,人工智能技术部分改变信息化战争的形态,推动其向基于智能单元的信息化战争形态演变。

人工智能作为“赋能器”的界限则在于,人工智能技术推进战争形态的演化进程,而没有推动战争形态的代际变革。^① 人工智能技术提升信息化作战体系中单元和子系统处理信息、做出决策的能力。这一能力依靠信息化作战体系现有的大量软硬件发挥作用,通过打击单元在海、陆、空、天、电作战空间中的作战行动予以体现,并不直接作用于宏观系统层面。人工智能技术是信息技术的子集,是当前诸多颠覆性技术之一,其并非整个门类的革命性技术——火药、机器、集成电路和计算机,不能直接推动作战体系层面的“智能化”转型。因此,人工智能技术推动的战争形态演变,以现有的信息化战争为基础,将其界定为“信息化+专门智能”更为精确,断言战争形态发生从信息化到智能化的根本改变,并将其与机械化到信息化的革命性进步相提并论,不准确且不严谨。

人工智能作为“赋能器”的另一个界限在于,这类颠覆性技术不直接作用于战略层面。在战略层面,人工智能系统理论上可以发挥处理数据的优势,为人的战略决策提供有效的辅助。董青岭的研究表明,基于神经网络的人工智能系统更擅长在没有理论支撑的情况下处理更多的情报和数据,^②超越人工和传统算法对文本的抓取形成的报告,并克服其中噪音的负面影响,得出可信度更高的结果。^③ 技术进步将有助于决策者超越所谓的“印象主义方式”^④做出判

① 在技术哲学中,有一个概念是重新域定(redomained),指以不同的内容来表达既定的目的,其不仅提供了一套新的、更加有效实现目的的方法,还提供了新的可能性。显然,从工业化到信息化,从机械化战争到信息化战争,这属于重新域定,而信息时代中的人工智能技术进步则不是。参见〔美〕布莱恩·阿瑟:《技术的本质:技术是什么,它是如何进化的》,曹东溟、王健译,杭州:浙江人民出版社2014年版,第79页。

② 董青岭:《机器学习与冲突预测:国际关系研究的一个跨学科视角》。

③ 例如,美国国防部情报局(DIA)正在着力推进针对国家安全的人工智能情报分析系统的开发。DIA Public Affairs, “DIA Announces Industry Days for Artificial Intelligence, Big Data Experts,” July 6, 2017, <http://www.dia.mil/News/Articles/Article-View/Article/1238359/dia-announces-industry-days-for-artificial-intelligence-big-data-experts/>, 2017-12-01。

④ 时殷弘:《印象主义方式与当前中国安全战略例解》,《国际安全研究》2015年第1期,第154—156页。

断和决断,有助于避免错误知觉的影响,也有助于超越组织行为模式和政府政治模式的限制。然而,大国间复杂的战略问题并不一定都能够转化为规则明确的博弈,影响战略决策的因素也并不意味着都能够数据化,探寻相关性而非因果关系的算法并不适用于这类问题。因此,不能将处理数据的辅助功用等同于战略领域的决策,更不能以之为基础判断战争形态整体向所谓的“智能化”“无人化”演进。人工智能技术的战略影响,只能通过其塑造的能力体现在大国的战略竞争当中。

总之,分析技术对战争形态的影响,一条明确的主线是技术如何改变作战单元、体系结构和作战过程,从而改变战斗力生成模式。人工智能提升信息化作战系统的效能,使战争形态向基于智能单元的信息化战争演进。这是一项明确而有限度的结论。在这个结论和相关科学事实的基础上,可破除对于人工智能和智能战争的迷思,进一步分析该技术的战略意义。

三、人工智能技术的战略意义

分析技术的战略意义,首先要确定技术如何改变大国的国家能力和军事力量的效能,并且将能力放在客观的战争过程和战略博弈过程中评估,而非简单粗略地对比静态的能力,以线性思维推测结论,或依照表面的想象得出未来的图景,这是冷战、军备竞赛、核技术与核战略的演变以及净评估方法给学术共同体的启示。^①因而,从人工智能技术作为“赋能器”,推动战争形态向基于智能单元的信息化战争演进这一论点出发,可以更科学地进一步分析这一颠覆性技术的战略意义。人工智能技术的影响遍及社会发展和人类活动的几乎所有领域,涉及大多数政治行为体,但从战争形态的演进出发,可以发现其主要战略意义仍然在于对大国间战略平衡的影响。

(一) 人工智能技术利于维持常规领域脆弱的战略平衡

中美之间的相互常规威慑,其原理在于:双方的信息化作战体系,都具备超越地理空间限制,在不同作战维度打击敌方作战体系关键节点的优势打击能力。从技术角度而言,对作战体系关键节点的打击难于防御。在信息化常规局部战争的场景中,双方相互摧毁作战体系中的关键节点,这将使双方作战体系失去作战效能。体系失能这一两败俱伤的必然结局将迅速显现并导致巨

^① 关于净评估(Net Assessment)方法参见[美]安德鲁·克雷佩尼维奇、巴里·沃茨:《最后的武士:安德鲁·马歇尔与美国现代国防战略的形成》,张露、王迎晖译,北京:世界知识出版社2018年版,第89—179页。

大的成本损失和战略后果,造成当前条件下不可承受的损失(unacceptable damage)。因此,双方具备了充分威慑能力,即实现相互常规威慑的必要条件。以威慑能力为基础,双方都展示出使用这种能力的决心,并通过有效的信息传递证明威慑可信性,威慑成功具备了必备要素。^① 尽管这种相互威慑稳定程度低于 20 世纪 60 年代之后基于相互确保摧毁(MAD)的相互核威慑,但和相互确保摧毁成为被广泛接受的概念之前的核威慑一样,能够维持大国间和平。

技术进步创造了大国的信息化作战体系并促进战争形态演变为信息化战争,当代大国的常规威慑能力源自这一革命性进步。信息时代的常规威慑能力可界定为国家通过打击对方信息化作战体系关键节点给其造成不可承受损失的能力。^② 当人工智能技术进一步提升双方作战体系效能,推动战争形态向基于智能单元的信息化战争演进,大国的常规威慑能力进一步增强。具体而言:

一方面,军事力量和战争形态的演变是持续的过程,其中任何技术都不可能短时间内改变整个作战体系或完全改变战斗力生成方式,人工智能技术亦不例外。人工智能技术是信息化作战体系的“赋能器”,但当研究者深入观察该技术对作战单元、体系结构和作战过程的影响,可以发现其影响主要存在于战役和战术层级。人工智能技术的应用首先改变前线作战的单元和子系统,其火力打击能力、信息处理能力和生存能力增强,源自体系结构特征的脆弱性降低,作战效能提升。然而,人工智能技术和其他先进技术在这一时期之内不可能将大国整个信息化作战体系整体改变为去中心化的网络结构,整个作战体系依然依赖指挥中心、军事基地、机场、雷达站等关键节点,这些节点的生存力和脆弱性没有根本性改善。而利用人工智能技术研发的先进智能化作战单元及其构成的子系统,例如最常见的无人机蜂群,或有人机/无人机混合编队,可以利用自身更好的生存力和打击能力,打击这些关键节点。^③ 这意味着,在基于智能单元的信息化战争中,对抗双方实际上具备了新的、效能更高的非对称打击手段,可以更加高效地摧毁对方的关键节点,国家的常规威慑能力增强。^④

另一方面,正如以色列国家安全研究所执行董事阿摩斯·亚德林(Amos

① 贾子方:《当代常规威慑的技术起源》,第 191—195 页。

② 同上书,第 212 页。

③ 需要强调的是,正如 F-22A 和歼-20 主要不在作战中对抗彼此,甚至不猎杀四代战斗机,而是用于直接攻击对方作战体系的关键节点如预警机等,先进的智能化单位和子系统也没有必要用来相互对抗,这是一种线性思维,其应该用来直接打击敌方的关键节点/高价值目标。

④ 本研究在讨论非对称打击手段时没有引入攻防平衡的概念,攻防平衡理论对冷兵器时代和机械化时代的战争与和平有一定解释力(尽管在理论构建上仍有许多问题),但在信息时代是一个过时的理论,与战略平衡无关。

Yadlin)所指出的:“集群可以具备便宜、轻巧、快速、智能、射程远和威力大等综合优势的理念忽略了一个基本事实,即物理定律决定了武器存在基本的取舍关系,所有武器的开发人员对这一点都感触颇深。”^①其中重要的物理定律在于:无论作战概念如何创新,先进智能无人集群的作战效能都不能超越地理空间和能量的限制。例如,地理空间的限制意味着大国依然需要航母打击群和机场。能量的限制意味着大国仍然需要功率高、天线单元多、天线面积大的陆基雷达。基于人工智能技术的智能无人集群在可预见的未来还无法取代这些关键节点。这同样意味着智能作战单元及其组成的智能无人集群增强了战役和战术层面的打击效能,但无法根本降低大国的信息化作战体系在战略层面上的脆弱性,体系中的关键节点在新的打击能力面前更加脆弱,即作战体系摧毁对方体系关键节点能力增强,国家的常规威慑能力增强。

进一步而言,从长期看来,基于人工智能技术的智能无人集群理论上有可能在常规威慑框架内提供有限的二次打击能力。传统作战单元在高烈度常规战争中生存能力相对有限,短期内可能出现的智能集群生存能力提升,但同样难于在作战体系整体失能的情况下继续作战。然而未来的智能无人集群理论上具备超越这一困境的潜力。去中心化的网络结构使智能无人集群可以在高烈度的常规战争中存活,在多数作战体系关键节点被摧毁导致作战体系失能后依然保存自身。更为重要的是,未来的智能无人集群有望在高生存性的基础上,利用信息获取和信息处理优势,在作战体系整体失能后无支援自主作战,发挥部分作战效能。因此,这种智能无人集群就将具备在特定作战场景下有限的二次打击能力。这种低成本的二次打击能力将在原有的信息化作战体系失去作战效能后打击敌方剩余目标,包括民用关键基础设施。这在原理上和核威慑中的第二次打击类似,旨在通过打击社会财富(counter-value)实施报复,从而实现威慑。当然必须指出的是,这种可能性更多基于对技术发展的长期展望,除技术之外还受到作战概念、军事学说、军事战略、战争伦理^②和战略稳定^③等一系列要素的限制,并不能够断言人工智能技术必将以这种方式增强国家的常规威慑能力。

此外,在智能无人集群大规模投入实战之前,人工智能技术同样可以基于

① [以]阿摩斯·亚德林:《技术革命不会立即引发战场风云突变》,载世界经济论坛专题报告:《塑造多元概念世界2020》,2020年1月20日,第48—49页, http://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_a_Multiconceptual_World_2020_CN.pdf, 2020-03-06。

② 伦理问题的核心是致命性自主武器系统(LAWS)是否有权以人类作为目标,这也引发了对致命性自主武器系统军备控制问题的广泛讨论。

③ 战略稳定问题的核心是如果使用智能无人集群打击民用目标是否会导致战争升级。

已有的装备,提升当前信息化作战体系的效能。人工智能系统可以增强现有作战体系的战场态势的感知能力和信息处理能力。人工智能技术有助于为联合部队提供更加及时、准确和相关性更强的情报,使联合部队建立更好的通用作战图(Common Operation Picture),并使指挥员更好地了解战局发展。人工智能也可以辅助人类,搜集、处理和加工来自大量传感器的情报,并减弱人类的认知分析偏见对情报工作的影响。^①在此基础上,体系中作为非对称打击手段的先进作战单元,例如先进的第五代战斗机、反舰弹道导弹和高超音速武器,将在作战体系中发挥更强的打击对方体系关键节点的能力。国家的常规威慑能力因而增强。

总之,人工智能技术增强大国的常规威慑能力。大国的常规威慑能力还将随着人工智能技术进步,及其与其他领域的先进技术的深度融合持续增强。在进一步确保信息传递的可靠性,并制定符合威慑能力的威慑战略的情况下,相互常规威慑实际上更趋于稳定。因此,可以认为,人工智能技术的进步一定程度上有助于维持大国间在常规领域脆弱的战略平衡。从相互常规威慑的研究视角出发,可以认为,人工智能技术的应用有利于全球和地区的战略平衡。这正是人工智能作为一项备受瞩目的颠覆性技术,其战略意义所在。在当前大国间战略竞争充满不确定因素的时期,从这一结论出发,无疑可以推导出更多的战略与政策结论。

(二) 作为信息化作战体系的“赋能器”,人工智能技术对核领域影响很小

有研究认为,人工智能技术的进步可能对核威慑和核战争风险造成较大影响,特别是削弱战略稳定和增加战争意外升级的风险。^②其原因包括,人工智能技术可以提升国家的决策能力和反导能力,^③可能直接影响核武器使用的可靠性。^④国家可以通过使用自主武器系统增强首轮攻击优势,增强情报、监视、侦察能力以削弱对方的核报复能力,并通过辅助决策能力缩短战争流程造成战争升级风险上升。^⑤事实上,当前以及可预见的未来,人工智能技术的战略影响依然主要存在于常规战争领域,对核威慑有效性和战略稳定性影响较

① Brian David Ray, et al., “Harnessing Artificial Intelligence and Autonomous Systems Across the Seven Joint Functions,” *Joint Force Quarterly*, February 10, 2020, pp. 118-121.

② James S. Johnson, “Artificial Intelligence: A Threat to Strategic Stability,” *Strategic Studies Quarterly*, Spring 2020, pp. 16-30.

③ 阙天舒、张纪腾:《人工智能时代背景下的国家安全治理:应用范式、风险识别与路径选择》,第20—21页。

④ 封帅:《人工智能时代的国际关系:走向变革且不平等的世界》,第141页。

⑤ 罗曦:《人工智能可能加剧核战争风险》,《世界知识》2019年第16期,第68—69页。

小。人工智能技术作为“赋能器”，推动战争形态向基于智能单元的信息化战争转变，但其无法根本改变美国、俄罗斯和中国等大国核武器的生存能力和突防能力，因而对核领域的战略稳定没有根本性影响。

首先，理论上人工智能技术当然可以提升大国针对其他大国核武器的情报、监视和侦察能力，但在现实中并非如此简单。一方面，人工智能技术在跟踪和锁定核报复力量时面临数据限制和刻意的欺骗等诸多难题。^① 另一方面，无论是现有的情报、监视、侦察系统^②还是更多依赖智能无人单元的情报、监视、侦察系统，在获取信息时都要面对不可超越的物理限制。例如，如果高超音速技术使中国的高超音速武器雷达反射面积更小、弹道更低平、红外特征也更小，那么美国现有的雷达和天基红外传感器就无法探测到这些目标。^③ 人工智能系统只能处理不同传感器获得的信号，当传感器无法获得信号，再强的信息处理能力也毫无用武之地。

其次，即使人工智能系统增强了大国的情报、监视、侦察能力，也不会从根本上改变大国核武器的生存能力。理论上智能无人集群适合打击敌方的核武器发射装置，但现实中存在无法解决的物理障碍：第一，携带常规武器的无人机无法摧毁加固的发射井，即使其能够携带核弹头，考虑到航程等因素，效能一定低于传统的弹道导弹；第二，智能无人集群猎杀弹道导弹运输起竖发射车（TEL）和弹道导弹核潜艇（SSBN）的困难在于地理空间的限制：无人机很难定位并击毁藏匿于大国腹地山岭洞库中的所有发射车，总数有限的无人潜航器也很难在大洋中定位和击沉所有弹道导弹核潜艇。大国的核武库无论规模大小，核武器的生存能力，不会因情报、监视、侦察能力的提升产生显著变化。^④

① Edward Geist and Andrew J. Lohn, *How Might Artificial Intelligence Affect the Risk of Nuclear War?*, Santa Monica, CA: RAND, 2018, p. 5.

② 例如，美国空军2020年在U-2侦察机上实验了用人工智能系统控制雷达传感器以更好地执行（模拟）战略侦察任务。参见Aaron Gregg, “In a first, Air Force Uses AI on Military Jet,” December 16, 2020, <https://www.washingtonpost.com/business/2020/12/16/air-force-artificial-intelligence/>, 2020-12-19.

③ John A. Tirpak, “Griffin: America Needs to Adjust to Reality of Great Power Competition,” March 5, 2020, <https://www.airforcemag.com/griffin-america-needs-to-adjust-to-reality-of-great-power-competition/>, 2020-03-12.

④ 瑞典斯德哥尔摩和平研究所资料显示，截至2019年，美国处于部署状态的核弹头为1750枚，核弹头总数6185枚，美国处于部署状态的核弹头为1600枚，核弹头总数6500枚。同时，该研究所估计中国核弹头总数为290枚。中国的核武库规模远小于美国和俄罗斯，中国也从未追求和核大国确保相互摧毁，而是在坚持不首先使用核武器的基础上，追求最小核威慑与反核威压。这证明了中国对核武器生存能力的认识。资料来源：Stockholm International Peace Research Institute, *SIPRI Yearbook 2019: Armaments, Disarmament and International Security, Summary*, 2019, p. 11, https://www.sipri.org/sites/default/files/201908/yb19_summary_eng_1.pdf, 2020-03-05。这一文件是斯德哥尔摩和平研究所年鉴（SIPRI Yearbook）的免费在线摘要。中华人民共和国国务院新闻办公室：《新时代的中国国防》，2019年7月，http://www.mod.gov.cn/regulatory/2019-07/24/content_4846424_2.htm, 2020-03-05。

再次,人工智能技术对核武器的突防能力影响很小。对于传统的中远程或洲际弹道导弹而言,理论上智能无人集群适合上升段拦截,智能无人集群生存能力高,任务多样性强,可以在敌方防空系统威胁条件下作战,但上升段拦截依然和摧毁敌方的发射装置同样困难,也同样受到无人机航程和地理空间的限制。而弹道导弹在弹道中段和再入段速度很高,可预见的未来,无人机组成的智能无人集群无法实施中段和再入段拦截,反导作战依然依靠高动能、高关机速度的反导拦截弹。这意味着人工智能技术只能通过增强目标识别等能力增强现有导弹防御系统的能力。然而,系统的整体可靠性和拦截弹的成本都没有改变,无法根本提升中段和再入段拦截的成功率。因此,人工智能技术总体上无法显著增强导弹防御系统的拦截效能。进一步而言,高超音速武器在弹道中段和再入段不仅速度高,而且具备高机动性,弹道无法解算,比传统弹道导弹更难拦截。^① 这种新的“绝对武器”的突防能力,几乎不会受到人工智能技术进步的影响。

既然人工智能技术无法对核武器的生存能力和突防能力造成关键影响,那么,大国间战略稳定性就没有本质变化。战略稳定性可以界定为两个国家的核力量结构使得另一方都没有动机发动核进攻,即两个国家的核力量皆具备可靠的二次打击能力,任何一方发起先发制人的核打击都会遭受对方的核报复打击,且这一核报复打击能给先发动核打击的国家带来不可接受的损失。因而双方都没有首先发动核打击的动机。^② 人工智能技术的进步改变战争形态,增强常规军事力量的效能,但用于二次打击的核武器依然可以在第一次核打击或信息时代的常规打击中生存,并突破导弹防御系统,对敌方报复性打击,造成不可承受的损失。因此任何一个大国都没有首先发动核打击的动机。这意味着基于二次打击能力的核威慑仍将有效。大国也不会因为人工智能技术的应用改变核战略。进一步而言,当战略稳定性和国家核战略不变,人工智能对战略决策过程的影响也就无从谈起。^③

总之,核威慑和战略稳定的逻辑自成一体,并不能因为人工智能技术改变战争形态和增强常规威慑能力的前景,就认为人工智能技术的进步将对核领域造成相似的影响。在可预见的未来,人工智能技术的进步对大国间相互核

① 贾子方:《高超音速飞行器及其战略影响》,载王缉思主编:《中国国际战略评论 2018(下)》,北京:世界知识出版社 2019 年版,第 218—222 页。

② 李彬:《军备控制理论与分析》,北京:国防工业出版社 2006 年版,第 82 页,转引自:胡高辰、李彬:《稳定—不稳定悖论的批判与美国的安全研究范式分析》,《国际论坛》2018 年第 4 期,第 54 页。

③ 这主要是因为二次打击能力可靠的情况下,国家不必要追求基于预警发射(Launch On Warning, LOW)的能力,也就避免了进一步缩短决策的时间窗口。

威慑和战略稳定性的影响很小。

(三) 人工智能技术增强战略稳定,降低冲突可能

人工智能技术改变战争形态,从而增强和平的预期,降低大国间战争的可能性,这正是此项颠覆性技术的战略意义。在常规领域,人工智能技术增强大国信息化作战体系的作战效能,实质是增强了大国的常规威慑能力,假以时日,人工智能技术和其他颠覆性技术共同作用,理论上可能促进常规领域中特定的二次打击能力出现。在信息时代,大国间相互常规威慑因而更趋于稳定。当然,这一结论适用于中美两大国,并不仅仅因为当前中美两国具备了信息化作战体系,并在人工智能技术上处于领先地位,而且在很大程度上因为假想的中美军事冲突将最可能发生在西太平洋这一适合智能无人集群作战的区域。在核领域,人工智能技术无法根本改变核武器,特别是用于二次打击的核武器的生存能力和突防能力,无法根本改变二次打击有效性。因此,人工智能技术并不影响核威慑有效性和战略稳定性。与常规领域不同,人工智能对核领域的影响很小。因此,人工智能技术并不会影响大国间基于相互核威慑的和平,不会在核领域造成和常规领域相反的影响。当然,尽管人工智能技术总体上利于维持大国间和平,但在先进技术不断发展的过程中,也应意识到两方面的风险:一方面,核常交缠引发战争意外升级的风险;^①另一个方面,在大国战略竞争中,一个国家因为常规军事力量不断相对衰落而试图利用核优势弥补其常规力量不足的冒险行为。

结 语

人工智能对战争形态的影响是国际安全与战略领域的一项基础研究。在科学事实和合理理论推导基础上分析人工智能如何改变信息化作战体系的作战单元、体系结构和作战过程,可以得出结论:人工智能技术及其进步推动信息化战争向基于智能单元的信息化战争演变。在此基础上,当战争形态的逐渐演进和军事力量作战效能不断进步,国家的常规威慑能力提升,更利于相互

^① 中国学者指出:“无人潜航器(UUV)是可能因其多功能引起意外升级的新兴非核能力的又一个例子。……无人潜航器对中国弹道导弹核潜艇和攻击型潜艇构成同等威胁,这令中国在危机期间很难判断美国意图。比如,即使美国只想威胁中国的攻击型潜艇而非弹道导弹核潜艇,中国仍有可能怀疑自己的海上核威慑能力面临危险,这可能使中国做出强烈军事反制措施。而中国的这种强烈反应又可能被美国解读为军事挑衅,这就可能导致冲突循环升级。”参见赵通、李彬:《核常交缠及其军事风险》,清华—卡内基全球政策中心工作论文,2019年1月2日,<https://carnegietsinghua.org/2019/01/02/zh-pub-78049>,2020-03-06。

常规威慑的有效和稳定。同时,大国间核威慑和战略稳定性并未受到人工智能技术的显著影响。因而可以确定,人工智能技术及其进步的战略意义在于,其改变国家的特定能力,进一步降低大国间战争与冲突的可能性。

可以看出,分析人工智能对战争形态的影响及其战略意义,本质上仍然是通过“能力路径”解决技术如何影响战争与和平的问题。诚然,自20世纪50年代以来,研究者照此路径提出了重要的理论,也得出了兼具学术和政策意义的观点。然而,这类分析本质上仍然是一元线性的,其将国家行为体的能力例如常规威慑能力作为中间变量,定性分析技术如何影响和改变能力,再论述能力如何影响战争过程、权力对比、安全环境和战略稳定性,从而影响战争与和平的前景。实际上,技术的影响不止于此,以人工智能技术为例,其作为一项通用技术引发更多领域,包括而不限于信息、通信、自动化、基础科学研究等领域的技术进步,并直接影响社会科学关注的几乎所有领域。例如,提供新的经济增长点并影响就业,影响国内与国际的发展不平等,以及通过信息传递影响对国内和国际公众的宣传与动员。这些要素和议题之间相互影响并形成复杂的非线性关系。理解、描述这种非线性关系并从中寻找关于技术影响的答案,需要对研究路径的创新。

最后需要强调的是,为了破除对于先进技术的迷思,特别是对人工智能技术的非科学性夸张,研究着重分析了人工智能的技术本质及其面对具体任务的能力界限,并以此为基础提出关于战争形态演变及其战略影响的结论。但研究者理应意识到,人工智能领域并非不会出现新的颠覆性技术,对战争形态或人类社会的演进起到革命性的推动作用。^① 对此,社会科学研究共同体应该保持开放的态度,并时刻关注新的技术进步。

^① 实质上,技术并非线性发展,社会科学家不应该用线性的眼光看待技术进步,基于深度学习的人工智能技术发展至今,尽管并非理论层面的革命,但在应用层面的爆发实际上超出了一般的预期,本身体现了非线性的特点。这种非线性意味着,人工智能技术可能长期没有真正的创新发展,但也可能出现突然的跃进。