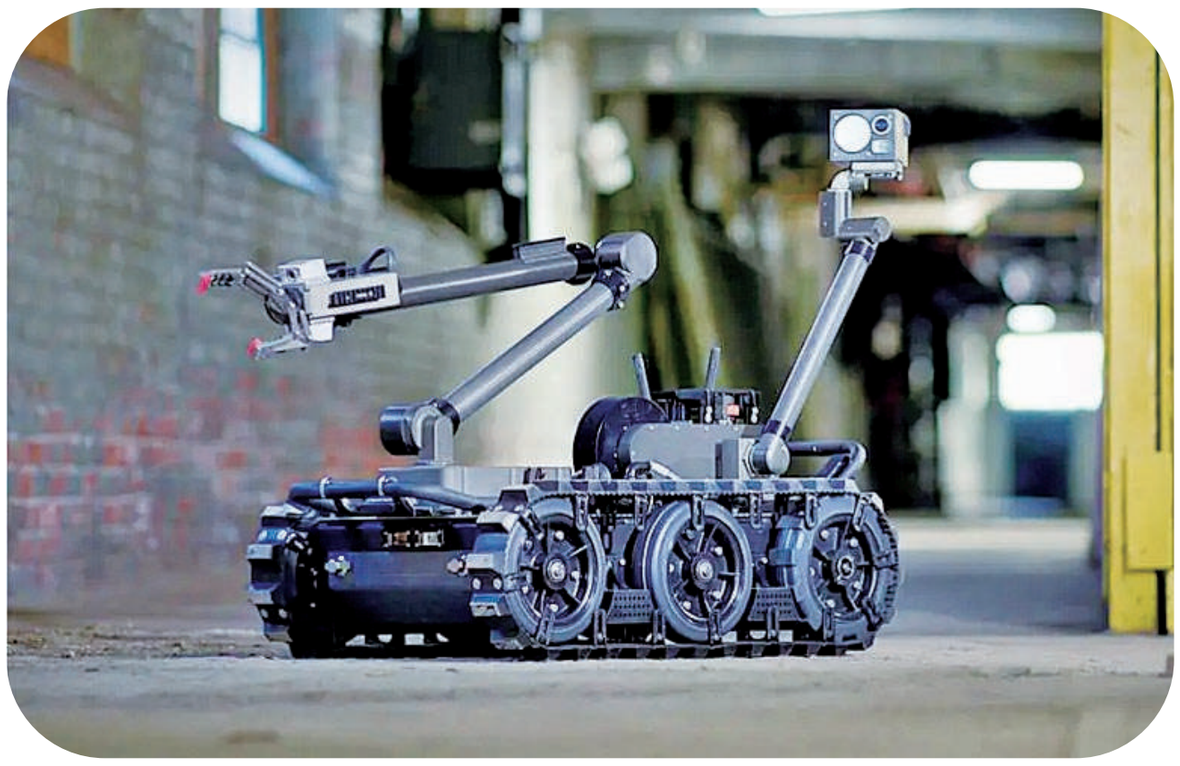
智能时代，AI与人如何协同作战

■孙英杰

去年以来，为加快整合人工智能（AI）技术，提升作战能力，获取战略优势，美陆军推出“新半人马”模型，旨在通过分层设计人机协同关系，确保人在战场上的指挥决策权。这一模型迅速引发关注。



美陆军装备的无人排爆车辆。

人机关系面临新挑战

在AI领域，“半人马”模型出现较早，它是将人类的直觉与专业知识，同AI的计算能力与数据处理能力相结合的人机协同系统，反映了人类认知技能与AI技术之间的协同关系。“半人马”模型在国际象棋、医疗诊断和金融分析等领域的使用较为普遍，证明了人类直觉与AI协作，能够超越任何一方独立工作的表现。本世纪以来，当人机团队首次在国际象棋比赛中战胜人类选手后，“半人马”这一概念被特别用来描述象棋大师与象棋软件组队参赛的方式，凸显了人机协同优势。然而，当这一组合被引入军事领域，其带来的风险和挑战，远超棋盘上的输赢。

现代战场态势已高度“数据化”：前线各类传感器网络可实时回传情报，各类算法模型能够预判敌情异常变动，网络信息的流动速度远超传统人力处理极限。生成式AI能在极短时间内整合海量信息，生成多套作战方案，甚至开展对抗推演。在这一背景下，将AI嵌入指挥体系似乎顺理成章。问题在于：随着AI逐渐走上战争“指挥席”，人类究竟是获得了更强的辅助决策能力，还是在“悄然间”让渡军事决策权？一旦算法参与到军事决策当中，造成的失误将由谁来承担？

分层设计确保决策权在人

美陆军推出“新半人马”模型，尝试重新定义人机关系。这一模型提出一种分层级的人机协同体系，主张从“战术—战役—战略”三个战争层级设计人机关系，而不是盲目地将AI嵌入所有决策环节。美陆军称，不同战争层级面临的责任风险不同，需要不同的人机协同模式。在战略层面，AI可以承担数据整合与趋势预测，但政策判断与战略决策必须由指挥官完成。在战役层面，需要保留明确的人工决策节点，确保关键假设与决断由指挥官确认。在战术层面，允许有限的“人在决策环外”的快速决策，同时优先强化战场信息支援，如态势融合与风险预警。

这一设计背后，隐含着对人机协同失控风险的担忧。在紧迫的时间压力下，人类在潜移默化中将判断权逐步“外包”给机器，从“人主导、机辅助”的“半人马”模式，滑向“机主导、人执行”的盲从状态。这种风险不会在短时间内集中爆发，往往始于看似无害的便利。例如模型能快速生成方案初稿，人类只需修改润色即可；算法能迅速筛选作战方案，人类只需判断风险与可行性。久而久之，人类将习惯于在机器生成的框架内思考，不再擅长从零开始独立推演。这种对机器的依赖，在心理学上被称为“自动化偏置”倾向，即当机器表现稳定、专业时，即便生成的内容缺乏充分验证，人们也更倾向于信任它。在军事筹划这类高风险环境中，这种倾向极具危险性。

AI时代人机关系值得深思

值得警惕的是，当前部分兵棋推演实验显示，生成式AI模型的输出存在迎合倾向。面对不同提问方式时，AI模型会调整立场甚至迎合提问者。这表明AI模型并非真正具备独立判断能力，其输出高度依赖输入信息与人机交互方式。若将其直接置于决策核心，风险不言而喻。

因此有研究者提出，不应让AI承担完整的方案制定任务，而应将其定位为“漏洞扫描器”：与其让AI代写作战计划，不如让它专门负责拆解计划、检验假设和查找风险。AI可以快速排除不可行方案，揭示潜在认知盲点，但不参与最终决策，这一角色定位似乎更符合当前技术发展现状。

美陆军已经开始这样做了。“新半人马”模型的核心目标，不是更快生成作战方案，而是更快识别“坏方案”，并在复杂决策环境中保持清晰的责任链条。如果体系的设计能够确保AI模型只提供速度与算力优势，不触碰最终决策权，AI将极大提升指挥决策质量；反之，若人机责任边界模糊，效率越高，隐藏风险反而越大。在军事智能化浪潮席卷而来的今天，如何守住决策责任底线，值得深入思考。

内置登机梯

■西 南

上图中，F-35战斗机座舱左侧下方的开口处，伸出一根像天线一样的支架指向地面，这其实是战斗机的内置折叠式登机梯。飞行员正是借助这一小巧装置，得以顺利进出座舱。

早期的战斗机机身普遍低矮，飞行员踩着轮胎、机翼前缘就能进入座舱。现代战机体型越来越大，机身离地面越来越高，飞行员很难再“三步并作两步”，轻松跨入座舱了。加上机体表面采用隐身涂层，对机身和机翼的维护要求提升，许多战机都采用外置登机梯。飞行员上下飞机时，由地勤人员搬来梯子，用完后再搬走，但在航母甲板等空间紧凑或是后勤保障不足的野战机场上，这种外置登机梯就不方便使用了。同时，对于不同型号的战斗机，可能还需要使用不同的外置登机梯。于是，设计人员尝试将梯子塞进机身内部，设计出内置的折叠式登机梯。

以这架F-35战斗机的折叠式登机梯为例，它采用单柱伸缩式结构，一根细长的金属中空主杆，由3至4节小杆连接而成，上面焊接若干小踏板，不用时收起，展开时一节一节向外伸出，一直延伸到地面。为了减轻重量，其材质一般采用轻质高强度金属，将重量控制在几公斤甚至更低，因此可以安然容身于机身一侧。

折叠式登机梯小巧灵活，有人以为它采用自动化设计，一按按钮就能自动伸出或收回，实则不然。大部分折叠式登机梯都采用手动操作，使用时由地勤人员拿钥匙打开舱门盖，手动拉梯，一节一节展开后借助内部卡扣锁死，形成稳定支撑。用完后，地勤人员再反向操作一遍，将其收回并置于舱内关门锁死。这套简单的机械结构设计与纯手工操作，追求的是绝对的可靠与安全性。

目前使用折叠式登机梯的战斗机，主要有“阵风”、F-35等四代半和五代机。对于隐身战机而言，机身任何一处突起或接缝处，都是一个雷达反射源，会增大机身被雷达探测到的风险。为此，内置登机梯的舱门在设计上下足了功夫，关上后其表面与机身严丝合缝，从而避免破坏机身整体的隐身轮廓。

图文兵戈

“空中哨兵”：系留气球预警雷达

■黄宛宁

现代战争中最难防的威胁是什么，答案很可能不是战斗机，而是那些贴着地面飞行的巡航导弹、无人机群，以及各种低空突防飞行器。它们利用地形遮蔽，在雷达看不见的高度悄然逼近，等到被发现时，往往已经进入己方拦截的最后窗口。为了弥补这一致命盲区，波兰计划部署一种看起来不起眼，却具有重要战略价值的装备——系留气球预警雷达系统。

这款名为“芭芭拉”的系留气球预警雷达系统，由美国和以色列国防承包商提供。当其升到约4千米的空中时，雷达视野会发生质的变化，原本被地球曲率遮挡的低空目标，在几百千米外就会被其发现。对于巡航导弹和无人机这类贴地飞行的威胁来说，这意味着过早地暴露。

这便是系留气球预警雷达系统的价值所在——提早发现。系留气球预警雷达系统像漂浮的“空中哨兵”，能够持续监视空域和海面，发现目标后将其信息实时传回防空系统，从而为战斗机和地空导弹提供更早的拦截机会。

系留气球预警雷达系统通过带有光纤的系留缆绳与地面连接，不仅能稳定供电和通信，还能长期驻留空中。其包含一套完整的空中监视系统，核心设备是一种三维相控阵雷达。该雷达能够实现360度连续扫描，可同时跟踪包括巡航导弹、无人机、战斗机甚至海面舰船等数百个目标。与其他类型的预警系统相比，系留气球预警雷达系统可以在空中连续驻留数周，这种持续性对于预警探测来说尤为重要。

俄乌冲突中大量使用巡航导弹和无人机的情况，让波兰深刻意识到低空预警系统的重要性。在这一背景下，波兰大幅提升防务投入，通过对外合作，引进系留气球预警雷达系统。2024年，波兰与美国签署采购协议，计划引进4套系留气球预警雷达系统，预计将在2026至2027年陆续交付。未来这些气球将长期部署在波兰东部和东北部地区，形成广域持续监视网络。

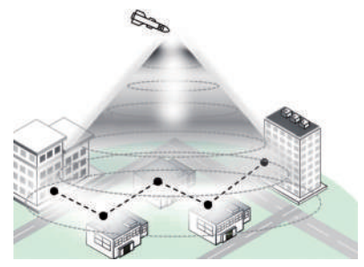
系留气球预警雷达系统是近年来全球军事技术发展的一个重要趋势。美国多年前已开始部署这类预警系统，以色列将这类系统投入战场使用。这些应用表明，在现代战场上持续监视能力正变得与火力同样重要。

从技术层面看，系留气球预警雷达系统将雷达探测范围向外拓展数百千米。这类系统带来的最大影响，其实并不是探测距离本身，而是时间优势。更早发现威胁，意味着更早作出决策、更充裕的拦截时间，以及更高的拦截效率。正因如此，它代表了一种正在改变低空战争规则的技术路径，即通过简单可靠的方式，将传感器送到空中，改变战场可见性。在未来的防空体系中，这类长期驻留的“空中哨兵”，将成为一道看不见却无处不在的空中防线。

美国的系留气球预警雷达系统。

前沿技术

新型防护窗可抵御电磁脉冲攻击



电磁脉冲武器毁伤示意图。

韩国研究团队研发出一款新型透明防护窗，可有效抵御电磁脉冲攻击。

电磁脉冲武器通过释放强电磁脉冲，使电子设备陷入瘫痪。此类攻击可能摧毁重要军事装备，导致整个作战指挥系统陷入瘫痪。与传统非透明的电磁脉冲屏蔽方案不同，这款新型防护窗是将高透明度的多层特种玻璃与透明导电纳米薄膜、电磁波吸收层相结合，实现对宽频段电磁波的有效吸收和屏蔽。其民用版可抵御高达60分贝的电磁脉冲，军用版防护能力提升至80分贝。新型防护窗采用透明设计，且无需外部电源和复杂的布线，可安装到军事机构、数据中心、机场等需要透明视野的建筑物上。

该技术的突破，有望解决电磁脉冲防护与建筑透明视野需求的矛盾，为关键基础设施防护提供新的思路和方案。

活体“半机械昆虫”交付使用

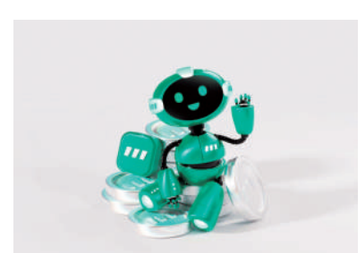
以蟑螂为载体的“半机械昆虫”。

近日，德国一家生物科技初创公司向北约部队交付一种可编程的活体“半机械昆虫”，用于城市或地下环境的近距离侦察。

这种“半机械昆虫”使用来自非洲马达加斯加的一种活体蟑螂作为载体，并搭载微型“背包”。背包内有控制芯片、传感器和加密通信模块等微型设备，能驱动蟑螂轻松进入无人机或地面机器人无法进入的狭窄环境中，进行数据采集和传输。该技术的核心在于通过植入式电极刺激蟑螂的特定神经组织，引导其转向、变速或停止行动等。

这种“半机械昆虫”依托生物自身运动，体积小、噪音低，耐高低温、抗辐射，战场生存能力强。近年来，德国等许多国家竞相研发有军事用途的生物无人技术，活体“半机械昆虫”的出现，或许是军事机器人研发领域的新赛道。

微米级自主机器人可疏通血管



微米级自主机器人（示意图）。

长期以来，科学家一直难以制造出真正意义上的微米级自主机器人。这是由于传统设计在微米级尺寸上几乎全部失效：微型电机极易损坏，微型电池存不住能量。因此，现有不多的微米级自主机器人只能依赖外部磁场和线缆控制。

不久前，美国一个大学研究团队采用全新设计思路，在一枚尺寸仅为200×300×50微米的微型芯片上，集成了传感器、处理器、推进装置和光能存储等组件，组成一个微米级自主机器人。它能在LED灯光照射下运行数月，通过自身产生的微小电场推动周围液体运动，使自己被带动前进。这些微米级机器人还搭载超低功耗处理器，能够检测温度变化并自主调整运动模式。这意味着它们不仅能动起来，还能“分析”周围环境并做出反应。

未来，研究团队计划为其搭载更多传感器，使其在血管疏通、环境检测等领域发挥作用。

（宁国强）

社址：北京市西城区阜外大街34号 邮政编码：100832 发行电话：（010）68525572 每周一、二、三、四、五出版 全年定价150元 零售每份0.57元 承印单位：解放军报社印刷厂（地址同社址）