

人工智能在空战领域的应用

| Peter Layton 文
| 朱虹 译

在这个颠覆性技术快速变革的时代，人工智能（AI）领域的变化堪称日新月异，其军事应用潜力也显而易见。如今，全球各国的武装部队纷纷开始试验人工智能赋能的防御系统。率先充分了解人工智能以改变现有以人为中心的兵力架构并采纳人工智能作战方式的国家，可能具有相当大的先发优势。

传感器战场和指挥控制（C2）

在“发现”阶段，首先必须能在敌军可能穿越的各个区域内的最佳“陆、海、空、天、网”位置设置大量低成本物联网（IoT）传感器。在某些方面，这一理念已应用于一体化防空系统（IADS）概念，具体包括地面雷达站链网辅以空中预警与控制飞机，以侦察高空和低空飞行的飞机。空战的人工智能化防御概念表明，通过使用大量人工智能化的小型低成本地面和机载传感器，可大规模补充目前数量有限且高成本的传感器部署方式。

扩展型物联网传感器战场上的小分队可运用人工智能边缘计算，将部分处理过的数据先通过云端发送至融合中心，然后再发送到指挥控制系统。这类更小巧的物联网传感器可以是具有源短程雷达发射器，但其功率有限，可能会限制其用途。更可能的情况是，无源物联网传感器侦测到整个电磁频谱上的发射情况，包括音频带、紫外线波段、红外波段、无线电波段和雷达波段。虽然单个传感器的性能可能相对较低，但是当将其与潜在的数百个传感器组合后，或许可在三维空间内跟踪并识别空中交通。

地面防空物联网传感器的位置比较固定并且会持续使用，而配备传感器的无人机（UAV）续航时长也从数小时到一天不等。一些新兴的物联网应用可能会显著延长这种续航时间，包括高空气球、小型通讯卫星以及伪卫星，所有这些都可能与人工智能技术相结合。

大型物联网传感器战场将使用无源探测技术。这意味着飞越这类战场的飞机不能使用雷达、数据链和通信系统等电磁设备，以避免被发现。即便如此，飞机的正常特征（例如，噪音、热量和视觉特征）仍可能暴露飞机的存在。为此，开辟物联网传感器深空战场具有重要意义。当飞机接近已知的传感器时，飞机可限制自身的发射，特别是来自飞机前向航路扇区的发射。深空战场意味着飞越战场的飞机即使在正前方未被侦测到，仍可能在其侧翼和后方扇区被发现。

利用人工智能打造的超大型物联网传感器战场将部分处理过的数据先通过云端发送至融合设施，再由人工智能对数据进一步处理。在考虑这些步骤时，“观察、判断、决策与行动”（OODA）模型很有用。在“观察”阶段，先将人工智能用于每个物联网的边缘计算，随后再应用于融合中心。在“判断”阶段，人工智能将在战斗管理系统（BMS）中发挥重要作用。人工智能不仅可生成近实时的综合空中态势图，而且可预测敌人的空中作战方案与行动。

负责处理“决策”且了解己方防空部队可用性的下一个人工智能层将待交战的空中目标优先接近列表、待部署的最佳跨域攻击类型、相关时间点以及冲突消除考虑事项发给指挥官审批。为此，人类将以人在回路中或人在回路上的控制方式保持深度参与。

获批后，下一个人工智能层将为每个目标指定首选武器，以自动传递必要的目标定位数据，确保与友军消除冲突，确认攻击目标的时间，并且可预估武器弹药再补给。作为最后

一步的“行动”主要由人工智能完成。

人工智能型战斗机

目前已有多种高性能无人机在空中飞行，开发出能运用人工智能进行战术决策的视距内空对空作战无人机似乎是一项简单的工程任务。实际上，美国空军计划于2024年再次开展人工智能操控的飞机与有人驾驶飞机进行对战的实验（2020年开展过一次），届时将使用全尺寸战术飞机。较之载人飞机，经过优化的作战型人工智能



化短程缠斗式无人机可能体积小、重量更轻且成本更低，并且在防御时可能无需搭载武器就能干扰敌方的空袭。

指挥控制系统可以轻松指定无人机与敌机交战、接近敌机并开始与敌机缠斗。载人飞机的注意力会因此而分散，其攻击方法也会受到干扰，从而更容易受到其它载人武器系统的攻击。此外，如果敌方有人飞机实施机动作战，其燃料使用率会更高，并且可能需迅速停止攻击才能返回较远的本国基地。

另一方面，搭载武器的人工智能型战斗机可视具体情况以人在回路中或人在回路上的模式遂行作战。但这类模式也有缺点，飞机搭载武器可能导致工程设计问题，增加连通性问题，对武装冲突法则有重大影响，并且可能产生战术问题。出于多种原因，更可取策略可能是让无人机攻击、“锁定”敌机并伴飞，从而持续广播敌机的所有航迹和详细情况。

人工智能型飞机可用于空中战斗巡逻（CAP）或者用作地面待战截击机（GAI）。空中战斗巡逻需要体积更大的无人机，使其在空中待命时具有有效的续航能力。但是，类似有人机尺寸的机体可能远远超出了有人飞机可达到的性能水平。对于有人机而言，体积越大，其设计和操作就越复杂。

当用作地面待战截击机（GAI）时，无人机的体积可能更小，或许更像是一枚导弹而非一架飞机。例如，美国空军的QX-58A“瓦尔基里”远程高亚声速隐身无人机通过固定的发射器升空并利用降落伞降落。现今有提议将这种无人机部署在移动式货运



集装箱中。

如果可用作地面待战截击机的人工智能型无人战斗机不需要机场，纵深防御方法将变得更容易，分布式防空等新概念也将成为可能，这一点至

关重要。可用作地面待战截击机的人工智能型无人战斗机可分散在物联网传感器战场上，由指挥控制系统远程派遣以执行快速反应的短程截击任务，用来配合执行空中战斗巡逻的有人飞机。另外，此类无人机不一定需要搭载复杂的武器系统才能发挥其效用。

在这类人工智能一体化防空系统中，人类和无人机各自负责单独的任务，这一点很重要。人类将负责承担更高级别的认知功能，例如制定总



体交战策略、选择目标并确定其优先级以及批准交战。人工智能将承担较低级别的认知功能，例如操纵飞机和缠斗战术。

人工智能的欺骗功能

需用“欺骗”功能补充人工智能的“发现”功能。进攻一方必须掌握有关目标及其防御的大量信息，才能可靠地成功发动攻击。人工智能化“欺骗”系统可分散在整个实体和网络空间战场上，从而通过构建误导性的或混乱的态势使敌人丧失“发现”能力。



人工智能化“欺骗”系统也可配合复杂的欺骗性战役。

此外，分布范围很广的小型移动式边缘计算系统可通过发送不同保真度的一系列信号来制造复杂的电子诱饵。这类系统可能会安装在无人机上以实现最大的机动性，然而，使用道路网的无人地面车（UGV）或许也具有特殊功能（例如，伪装成移动地空导弹系统）。其目的只是为了在非常有限的攻击时间内制造“战场迷雾”。



无人机可以电子方式“复制”防御战斗机，以制造一种在各个空中巡逻区域都有大量战斗机在防守目标区域的假象。这种方法的成本可能更高，但这可能会逼退敌方攻击机，以避免

高损耗。

“欺骗”功能可进一步扩展并与被动防御措施和作战方法相整合。为此，通常在作战行动之前建立空军基地，以便在受到攻击时能迅速恢复战力。然而，现代精确制导武器已通过强化效果不佳但目前备受推崇的分散法获得了这种弹性。这种方法已经使用了几十年，人工智能可增强其实用性。

永久空军基地周围可能有多个卫星机场。这些机场的设计使用期限可能只有数周或数月，而不像永久空军基地那样能使用数十年。当发生冲突时，来自永久空军基地的飞机可在该基地与临时机场之间持续来回飞行。这种运动方式将与人工智能化的“欺骗”行动紧密结合，以欺骗、困扰和迷惑对手，使其不知道确切的攻击位置并最终决定攻击友机未曾出现的地点。这种战术增加了“战争迷雾”，有可能操纵对手的感知，并且能有目的地削弱对手的部队战斗力。

在防空战役中对对手只能使用有限数量的飞机、远射武器和弹道导弹。攻击没有友机的机场会使有人飞机产生不必要的消耗，而使用远射武器和弹道导弹纯属浪费稀缺资源。在短期冲突中，这些都是不可替代的装备库存。“欺骗式”人工智能与物理分散法相结合可支持两个防空目标：在削弱对手空袭效果的同时，使对手产生消耗。

人工智能化物流

飞机分散化使得运营成本激增，来自多个临时机场的战斗机需在多个地点以高昂的成本大量重复提供后勤支援与相关人力。人工智能化系统可以解决此类问题。

在后勤支援方面，永久空军基地



可能拥有成熟的空中走廊，能够连接其大型仓库和消耗性补给品仓储设施与临时机场。对于支援和补给空中走廊的仓储站，可以使用大量现有的人工智能技术。

目前，最先进的仓库可实时监控库存，利用人工智能、机器学习、云计算、大数据和物联网实现实时订购，利用先进机器人分拣订单，并通过自动驾驶车辆移动库存。一些仓库正在开展3D按需打印业务，一次性满足备件需求，并尽量避免老旧设备的零件库存过多。此外，还引入了物流控制塔（LCT）概念。物流控制塔可整合各种来源的数字信息，并通过大数据分析提供整个供应链的实时“全景”，包括运输活动。可使用相同的技术来控制和管理消耗性补给品仓储设施。

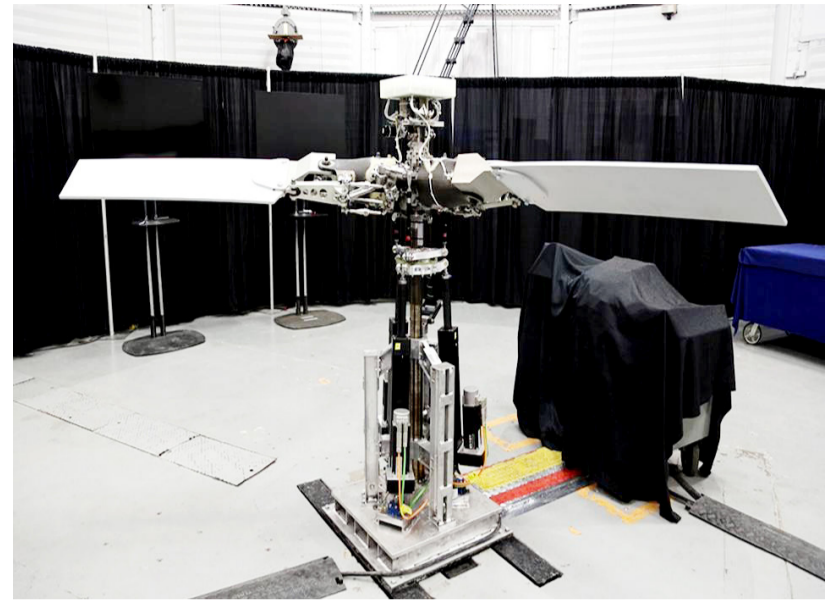
就空中补给和支援走廊而言，人工智能化物流可使用具有“跟随领头”自主性的机器人货车。这种能力亦称为“自动化列队行驶”（platooning），领头的货车为有人驾驶并带领紧随其后的多辆无人驾驶车辆。从技术上看，设计无人驾驶的空军基地物流配送货车要比设计地面部队再补给车辆容易得多。前者主要在经过预先勘测、铺筑或级配路面上行驶，并且可使用全球定位系统。

在后勤空中走廊的临时机场末端，人工智能化系统可能无处不在。与当前的状况相比，这类基地通过运用人工智能、机器学习、大数据、云计算、物联网、自主作战和机器人等技术，可加快飞机出动速度，并显著减少所需人员。机场可能无人驻守，而是由中央控制中心的工程人员和后勤人员在永久空军基地或其它场所进行远程管理。这类机场甚至能利用可再生能源和电池自行发电，从而以半自给自足模式运行。

这类临时机场运行所需的设备可能已安装完毕，一旦发生冲突，可立即启动。另一方面，临时机场可配备必要的网络，以便在交付时将“即插即用”系统和车辆快速整合至临时机场自身的系统之系统（SOS），这类系统可能在最初的“跟随领头”货车车队中。

人工智能可能会产生一种不同的空战方式。鉴于通常需要数十年时间才能使空军适应新的发展方向，因此现在正是启动调整计划的最佳时机。

贝尔公司推出军用高速垂直起降旋翼机全尺寸旋翼样机



据贝尔公司网站2月23日刊文，继2021年8月推出军用高速垂直起降（HSVOL）旋翼机概念之后，贝尔公司现已完成这种飞行器旋翼以及配套数字飞控系统开发，并制造出全尺寸样机。该机的技术成熟度（TRL）已由2021年的4级上升为目前的5级。

贝尔公司研发团队表示，可靠的折叠式旋翼和强大的数字飞行控制的关键要素。研发团队在预定时间内完成了数字设计和样机制造，并对该系统从涡桨模式切换到喷气模式进行了严格测试，“期待这项成果与飞行器其他部件组装起来进行整体演示”。

贝尔公司研发团队指出，2021年推出的HSVOL旋翼机新概念标

志着公司一直在为美国陆军开发“巡航飞行-垂直起降”模式互换的飞行装备。HSVOL旋翼机既具有低速悬停能力，又具有喷气机的巡航速度、航程和生存能力。此外，HSVOL旋翼机悬停产生的下洗气流小、巡航速度超过400节（约750千米/时）、无需跑道就可起降，能够执行人员搜救、自主察打、战术机动等一系列任务。

日前，贝尔公司还宣布，继续参与美国空军创新部门AFWERX组织的HSVTOL概念挑战赛，这一赛事得到了军用飞行器行业的广泛关注。随着高速垂直起降技术的发展，贝尔公司将为美国作战部队提供一种革命性的垂直起降飞行器。（曹耀国）



美国空军实施F-16战斗机最大规模改进项目

据美国空军寿命周期管理中心网站2月28日公告，在美国空军历史上最大的现代化改造工作中，608架F-16（由第40批次和第50批次构成）战斗机将接受多达22项的改装，从而提高杀伤力，确保第四代战斗机在应对当前和未来威胁方面仍然有效。

该项目名为“后批次集成团队”（PoBIT），由美国空军寿命周期管理中心战斗机和先进飞机局牵头实施，并制定了在飞机上组织和实施改装的计划。（黄涛）

对飞机的改进包括安装有源相控阵雷达和Link 16数据链，座舱和主任务计算机的现代化，并融入高速数据网络。

此外，该战斗机将获得下一代电子战能力以及通信套件升级、中央显示单元、可编程数据发生器和其他几个关键硬件组件，以使飞机现代化。

许多改进已经启动并将持续数年。总体而言，PoBIT涉及6个主要司令部、超过18个基地、多家公司，合同总额约为63亿美元。（黄涛）

“复仇者”无人机搭配虚拟无人机演示自主搜索与跟踪能力

据通用原子公司网站2月25日刊文，该公司使用一架“复仇者”无人机和5架硬件在环的虚拟“复仇者”无人机进行了自主搜索与跟踪演示。

通用原子公司使用了美国政府提供的“拒止环境协同作战”（CODE）人工智能软件进行实时虚拟无人机蜂群，并利用虚拟的红外搜索与跟踪（IRST）传感器网络来完成跟踪任务。

在今年1月28日，“复仇者”无人机飞越了南加州的沙漠，与5架虚拟“复仇者”无人机一起执行搜索任务。一旦虚拟目标进入了指定的搜索区域，“复仇者”蜂群将利用人工智能/机器学习（AI/ML）算法，决定哪架无人机将自主脱离搜索巡逻，以执行复杂的行为，从而演示闭环的空对空战术。

通用原子公司先进项目高级主管迈克尔·阿特伍德表示，此次演示飞行展示了通用原子公司使用虚拟威胁、真实传感器和真实飞机混合自主作战的能力。通用原子公司的自主技术提供了无缝数字环境、无

人机数字孪生和机器学习，以验证无人机的复杂闭环杀伤链。这种框架有利于美国国防部迅速将下一代空对空战术从实验室过渡到实战中。

“复仇者”无人机系统集成了uAvionix公司提供的ZPX-R广播式自动相关监视系统（ADS-B）和Mode 5 Level 2接收器。这些小尺寸、低重量和低功率（SWAP）的传感器让“复仇者”无人机能够跟踪空域内的飞机。除了下行链路的ADS-B/Mode 5 L2传感器实时轨迹外，先进模拟、集成和建模框架（AFSIM）软件模拟了两种不同类型的IRST传感器（态势传感器和远程传感器）。这使得多物理传感器网络能够通过下行链路将数据传输至政府标准人机界面上运行的通用作战图（COP）。为了完善实时飞行的传感器套件，“复仇者”无人机还使用了政府拥有的多物理融合引擎——全源跟踪和识别融合器（ATIF）。（羽禾）

