

空战型无人机：未来天空新主角

■ 王照瑞

自20世纪初萌芽以来，军用无人机历经数次技术革新与实战洗礼，逐步从最初简单的无线电遥控飞行器，发展为决策智能化、作战多能化、发展多元化的军用无人机体系。其中，空战型无人机凭借独特优势，在当今空中作战中占据重要地位，成为能够改变战局、左右胜负的关键力量。本文以各国现有空战型无人机为例，对其作战特点、发展趋势进行解读。

盘点主要空战型无人机

随着无人机技术的发展，空战型无人机在传统的侦察无人机和察打一体无人机基础上，提高了飞行速度，增强了机动性和隐身突防能力，提升了智能化决策水平，逐渐成为和有人战斗机作战能力相当的空中力量。在空战型无人机的发展中，美国走在世界前列，围绕空中缠斗、有人/无人机协同、对敌干扰打击等作战应用，逐渐发展形成空战型无人机系列。俄罗斯和土耳其等国紧随其后，分别发展出各自的空战型无人机，为应对未来的无人化空战做准备。

XQ-62A VISTA无人机是美国空军研究实验室在F-16战斗机基础上，融合机器学习和人工智能（AI）技术发展而来的一款空战型无人机。该机具备空空格斗能力，曾与有人驾驶F-16战斗机模拟正面交锋，展现出较强的自主空战能力，是有人战斗机“改装”智能化无人作战飞机的先例。

XQ-58A“女武神”无人机是美国空军研究实验室与私人科技公司合作开发的一款“忠诚僚机”，旨在为有人战斗机提供协同作战能力。在美国海军“翡翠旗2024”军事演习中，XQ-58A作为前沿部署感知平台，向F-35B及其他有人战斗机传输关键瞄准数据，展现了实战应用潜力。该机可为F-22、F-35等有人战斗机提供有力支援，或深入敌方防区侦察为有人战斗机提供精准情报，或吸引敌方防空火力创造进攻机会。

与XQ-58A无人机相似，XQ-67A无人机旨在构建有人/无人机协同作战模式。该机具备较高隐身性能，能有效躲避敌方雷达探测；拥有长航程优势，可深入敌方纵深区域执行任务，且在有人战斗机的指挥下协同行动。另外，该机可承担侦察、诱饵、攻击等任务，为己方有人战斗机提供作战支持。

俄罗斯S-70“猎人”是苏霍伊设计局开发的一款重型隐身无人作战飞机，主要执行侦察、打击和电子战等任务，并可与苏-57等有人战斗机协同作战。该机采用飞翼气动布局，拥有良好的隐身性能，能深入敌方纵深区域执行任务，机身可搭载3吨炸弹或导弹，且配备多用途主动相控阵雷达、光



俄罗斯S-70“猎人”无人机（左）与苏-57战斗机协同飞行。



土耳其“红苹果”无人机（下）。



美军XQ-67A无人机。

电/红外侦察设备和无线电侦察设备，能同时跟踪并打击多个空中、海上和地面目标。

土耳其“红苹果”无人机自2022年7月首次亮相以来，被定位为隐身攻击无人机。该机最多可携带1.5吨制导武器，包括空空导弹、空地导弹、巡航导弹和智能遥控炸弹等，以执行多样化作战任务。未来该机还有望作为“忠诚僚机”，与有人战斗机协同作战。

空战型无人机技术特点

卓越的隐身设计。上述几款空战型无人机均践行隐身设计理念，全力减少雷达反射截面，力求在敌方严密的雷达探测网中遁形。其中，XQ-58A采用梯形机身，搭配后掠式主翼与V形尾翼，机背上方有S形进气口设计，从结构层面减少了雷达波的反射路径。俄罗斯S-70“猎人”采用飞翼气动布局，机身大量运用复合材料并涂覆吸波材料，进一步降低雷达波的散射与回波强度。同时，为最大程度维持隐身性能，这些无人机普遍摒弃了外挂武器方式，有效规避外挂武器对隐身外形的破坏，提升战场生存能力。

高度智能化的自主运作。当前，空战型无人机正朝着自主化方向迈进，通过融合机器学习，能够在空空格斗场景中对模拟威胁做出实时反应，精准识别目标类型、迅速评估威胁等级，自主规划最优作战路径。在协同作战方面，空战型无人机能够与其他无人机或有人战斗机配合，构建“忠诚僚机”作战模式。

较强的高速与高机动性。空战型无人机具备高速飞行能力，可快速抵达战场核心区域，或在危急时刻迅速脱离险境。高机动性是其另一优势，使其在复

杂多变的空战环境中，能够灵活规避对方攻击，以刁钻的角度和敏捷的动作对目标实施精确打击。

兼顾低成本与可消耗性。各国在设计空战型无人机之初，就将成本控制纳入考量范畴，力求打造具备高性价比的空战武器。这使得空战型无人机能够在高风险任务中作为可消耗资产投入使用。即便面临损失，也不会像有人战斗机那样造成高昂的人员伤亡与装备损失代价，极大地降低了作战风险，进而为作战决策提供更多灵活性。

较强的多任务能力。现代战场环境复杂多变，对无人机的任务执行能力提出更高要求。空战型无人机不仅能够同时执行侦察与打击任务，在发现目标的瞬间即可发动攻击，还能灵活切换任务模式，执行空战、对地攻击、电子战等任务。

空战型无人机发展趋势

在现有空战型无人机的特性基础上，未来空战型无人机呈现以下发展趋势。

智能化水平飞跃。未来空战型无人机将探索人工智能在飞行控制和模拟对抗中的应用，通过深度融合人工智能技术，其目标识别与威胁评估速度和精度将进一步提升，同时借助更庞大、更精准的目标特征数据库及先进的深度学习算法，空战型无人机能在更短时间内识别各种复杂环境下的目标。其任务规划将更加自主、灵活且智能，并可根据战场态势变化，实时调整任务计划。

隐身性能升级。在外形设计上，未来空战型无人机追求更优的空气动力设计与隐身性能，可能出现更简洁流畅的一体化外形，减少可能产生雷达反射截面的结构，使无人机在全频段隐身方面达到更高水平，进一步提升战场生存能力。

面达到更高水平，进一步提升战场生存能力。

高速高机动性能强化。未来空战型无人机的动力系统将迎来革新，变循环发动机、超燃冲压发动机等新型发动机将大量使用。其飞行速度有望突破现有技术限制，达到高超音速水平，从而大幅缩短无人机抵达战场的时间，实现快速突防。同时，借助先进的飞控系统和新型材料带来的结构优化，未来空战型无人机有望完成更复杂、敏捷的机动动作，能更灵活地规避敌方攻击并找到最佳攻击时机，从而占据空战主动权。

集群协同作战常态化。未来空战不再是单机对抗，而是体系化的集群作战。空战型无人机通过先进的通信技术和协同算法，使无人机集群实现信息的实时共享与作战任务的精准分工。例如，在执行侦察任务时，多架无人机可分别负责不同区域的搜索，实现全方位、无死角的侦察覆盖；在攻击作战中，部分无人机可充当诱饵，吸引敌方防空火力，为其他携带攻击载荷的无人机创造有利的攻击时机。

任务载荷多样化。面对复杂多变的现代战场需求，未来空战型无人机的任务载荷将持续丰富和细化，除了现有的侦察、打击、电子战等载荷外，还将出现针对特定作战场景和任务目标的新型载荷。同时，任务载荷的定制化程度也将进一步提高。空战型无人机可根据不同作战任务需求，快速、灵活地组合和配置不同任务载荷。

从最初简单的雏形发展，到呈现百花齐放的发展态势，空战型无人机凭借先进的隐身、高速和智能化等技术特点，在现代战争中崭露头角。未来，在各国持续研发投入下，空战型无人机有望改写未来战争面貌，为军事领域带来更多变革与可能。

巨型轮胎

■ 西 南

见过比人还高的飞机轮胎吗？请看左图，一名成年男子在一架大型飞机下方，扶着飞机一侧的主起落架轮胎，仿佛在和这个巨型轮胎比个头——这不是科幻场景，而是历史上真实存在的一幕。

这是二战后美国B-36轰炸机的首架原型机XB-36的主起落架轮胎。这个巨型轮胎直径2.79米、胎宽0.91米、重600千克，单个轮胎的橡胶用量可以制造约60个普通汽车轮胎。为什么使用这个巨型轮胎？答案很简单，这架飞机实在太重了。B-36轰炸机是当时世界上尺寸最大的作战飞机，在B-52轰炸机服役前，该机的最大起飞重量、载弹量和航程均保持世界纪录。B-36轰炸机重量过大，对起落架要求很高。因此，工程师们为原型机XB-36设计了这种超大的单轮起落架。显然，工程师们考虑不周。他们原以为这种超大的单轮起落架能够顺利投入使用。测试结果发现，由

于机身太重，当时整个美国只有3条跑道的混凝土强度能够满足XB-36起飞和降落的要求。

无奈之下，工程师们另辟蹊径，采用化整为零的办法，把单轮主起落架设计改为4轮小车起落架，用4个较小的轮胎替换单个巨型轮胎。这样一来，新起落架的单个轮胎直径缩小至1.42米，分散了巨型轮胎对地面的压力，大大降低了对机场跑道混凝土强度的要求，使得XB-36可以在大多数机场起降。这一起落架的改进设计，不仅一举解决了XB-36的起降难题，甚至还影响了以后大型飞机的起落架设计思路。

如今，XB-36早已退出历史舞台，而这张照片也成为航空技术发展的见证。

图文兵戈

前沿技术

据外媒报道，近日，芬兰一家雷达卫星运营公司与波兰一家数据分析服务公司宣布签署合作协议，共同开发新一代人工智能（AI）驱动的合成孔径雷达（SAR）影像分析系统。这一系统将为太空侦察技术带来重要改变。

当前，传统的军事侦察手段存在诸多局限性。在复杂的气象条件下如暴雨、沙尘，以及夜间等低光照环境下，光学侦察设备的侦察效能会大打折扣，难以获取清晰准确的情报信息，这两家公司希望通过技术合作突破这些限制。

芬兰雷达卫星运营公司的合成孔径雷达（SAR）卫星技术，在行业内处于领先地位。该公司拥有数量庞大的商业卫星，卫星分辨率达25厘米，能清晰呈现地面目标的细节特征。其星载雷达的单幅影像覆盖面积可至8.4万平方千米，同时能够以每小时一次的频率对全球任意地点进行观测，实现全天候、全天时持续监测。目前，该公司已发射44颗卫星，后续计划每年发射20多颗卫星，不断提升其监测覆盖范围。

波兰数据分析服务公司专注于开发基于合成孔径雷达（SAR）影像的自动目标识别（ATR）系统，该系统的核心技术是一款先进的人工智能（AI）软件，具备良好的目标识别功能，对舰船、飞机和陆地车辆等各类目标的识别准确率超过90%。该系统能够高效处理来自多种渠道的数据，并在近乎实时的状态下为用户提供目标信息，在军事和商业等领域都具有广泛的应用价值。

两家公司联合打造的新一代AI驱动的合成孔径雷达影像分析系统，在军事应用方面具有明显优势。在全天候作战支持上，该系统不受恶劣天气和昼夜变化影响，可实时为作战部队提供敌方目标的准确位置、运动状态等关键情报，使部队能够及时掌握战场态势，有效提升作战行动的灵活性与适应性。

对于隐蔽目标的探测，该系统借助AI技术，能够对影像进行深入分析，识别伪装目标，还能探测地下工事的热源，并根据威胁程度进行自动标记，增强对隐蔽目标的侦察能力。

在实时指挥决策方面，这些卫星采集的影像与AI分析结果能够迅速传输至指挥部，缩短从发现目标到实施打击的时间，提升作战效率和打击精度。

开发超高精度目标识别系统

芬兰与波兰合作谋求以人工智能赋能太空侦察

度，帮助作战部队把握战机，实现更高效的作战行动。在现代战争高度依赖情报的背景下，以上技术优势可能改变传统的作战节奏和模式，给对手的作战行动带来较大压力。

根据目前计划，两家公司将于2025年内完成测试工作，并面向北约部署首款军用级系统，其发展前景值得进一步关注。



美军超远程空空导弹曝光

■ 卫天穹

近期，美国海军航空系统司令部公开AIM-260“联合先进战术导弹”（JATM）的渲染图，引发外界关注。

从技术设计看，AIM-260导弹具有不少鲜明特征。该导弹外形与AIM-120导弹近似，但火箭发动机段相比AIM-120导弹明显加粗。这种变化通常意味着更大的推力和更远的射程潜力，而在超视距空战中，射程优势至关重要。美军现役的AIM-120D导弹射程约160千米，AIM-260导弹发动机段加粗，极有可能是为了进一步延长射程，使得搭载该型导弹的战机能在更远距离上发动攻击，进而再在超视距空战中获取更多主动权。

AIM-260导弹的另一特征是取消了中段控制翼面，这一设计变化在空空导弹中较为罕见。在空空导弹的飞行控制设计中，中段控制翼面承担着飞行姿态调整和机动控制等关键功能。通过改变翼面角度，可实现对导弹飞行轨迹的精确控制和大过载机动。AIM-260导弹取消这一设计，可能是为了降低雷达反射截面，减少被敌方防空系统探测到的概率，增强自身突防能力。不过，这也引发外界对该型导弹在超音速飞行时机动性能不足的怀疑。对此，设计人员可能采用矢量喷口技术或先进飞控系统弥补这一缺陷，但这些技术的实际应用效果有待进一步验证。

美媒指出，AIM-260导弹的真正威胁不仅在于其自身性能，还在于其背后依托的作战体系，即美军的“分布式杀伤链”。“分布式杀伤链”通过将各种作战平台和武器系统进行分布式部署，实现对信息的快速共享和协同作战，提高了作战体系的灵活性和生存能力。AIM-260导弹作为该作战体系的一部分，如果能与其他作战要素紧密配合，借助数据链实现信息的实时交互，将对对手构成较大威胁。而在实际作战中，“分布式杀伤链”可以使AIM-260导弹在更广泛的区域内获取目标信息，实现多平台协同攻击，进一步增加对手防御难度。

上图：AIM-260“联合先进战术导弹”（JATM）渲染图。

