

2024 年国外军用无人机装备技术发展综述

金 钰, 谷全祥*

(中国航空工业发展研究中心, 北京 100029)

摘要: 聚焦 2024 年国外军用无人机领域发展动向, 系统研究了在研无人机系统, 包括协同空战、长时察/打、战术作战、特种任务等多类型无人机。梳理了在役无人机系统的生产交付、部署运用、试验测试及升级改造情况, 深入分析了无人机领域智能协同、能源动力、任务载荷等关键技术发展态势, 总结了平台多元化与高性能化、自主性与协同化作战、任务多样化与广泛应用、技术创新与集成化等显著发展趋势。国外军用无人机在技术与应用方面持续突破, 对现代军事作战产生深远影响, 可为未来无人机发展提供重要参考与借鉴。

关键词: 无人机; 人工智能; 有人/无人协同; 协同空战飞机; 太阳能无人机; 战术无人机

中图分类号: V279 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-1300(2025)02-0016-16

DOI: 10.16358/j.issn.1009-1300.20250025

Overview of foreign military UAV systems and technology development in 2024

Jin Yu, Gu Quanxiang*

(Aviation Industry Development Research Center of China, Beijing 100029, China)

Abstract: Focusing on the development trends in the field of foreign military UAVs in 2024, the ongoing UAV systems are systematically examined, encompassing various types such as those for cooperative air combat, long-duration intelligence, surveillance, reconnaissance or strike, tactical operations and special missions. It is reviewed the production & delivery, deployment & operational use, testing and upgrading modifications of in-service UAV systems. Furthermore, it is provided an in-depth analysis of key technological development trends in the UAV sector, including intelligent coordination, energy propulsion and mission payloads. It is summarized notable development trends such as platform diversification and high performance, autonomous and cooperative warfare capabilities, diversified missions and extensive applications, as well as technological innovation and integration. Foreign military UAVs continue to make breakthroughs in technology and application, exerting a profound impact on modern military operations. The important references are offered for future UAV development.

收稿日期: 2025-02-08; 修回日期: 2025-03-26

作者简介: 金钰, 工程师。

通讯作者: 谷全祥, 高级工程师。

引用格式: 金钰, 谷全祥. 2024 年国外军用无人机装备技术发展综述[J]. 战术导弹技术, 2025 (2): 16-31. (Jin Yu, Gu Quanxiang. Overview of of foreign military UAV systems and technology development in 2024[J]. Tactical Missile Technology, 2025 (2): 16-31.)

Key words: UAV; artificial intelligence; manned/unmanned collaboration; collaborative air combat UAVs; solar UAVs; tactical UAVs

1 引言

在现代军事变革的浪潮中,无人机技术的崛起无疑成为了一股重塑军事作战样式的关键力量。随着信息技术、材料科学、航空航天技术等多领域的迅猛发展,无人机凭借其独特的优势,在军事行动中的地位日益凸显。相较于传统有人作战平台,无人机能够在高风险、复杂环境下执行任务,有效减少人员伤亡风险,同时其灵活部署、长时续航、隐蔽性强等特点,使其成为现代军事战略中不可或缺的一环^[1]。

2024年,国外军用无人机在多个维度呈现蓬勃发展的态势。在系统研发层面,各国不断推陈出新,在研系统涵盖了从协同作战无人机到特种任务无人机等多种类型,旨在满足多样化的军事任务需求。在应用实践方面,无人机广泛渗透到军事行动的各个环节。技术创新更是2024年国外军用无人机发展的核心驱动力。深入探究2024年国外军用无人机的发展全景,对于全面理解现代军事技术的演进趋势、精准把握未来战争形态的变革方向具有不可估量的价值^[2]。

2 在研系统

2024年,各类在研的新型无人机不断涌现,平台构型多样、性能特点不一、任务类型丰富。其中按照作战任务的不同,大体可分为用于与有人机协同的空中作战型无人机、用于持久侦察或察打一体的大中型无人机、用于战术察打或运输的中小型无人机以及用于特殊任务的太阳能、高超声速无人机等^[3]。

2.1 协同空战无人机

协同空战无人机是指能够与有人驾驶飞机协同作战的先进无人机,仅需飞行员发出有限指令,即可自主执行侦察监视、火力打击、电磁对抗、通信中继等任务^[4]。2024年,各国多数协同空战无人机仍在预研阶段,美军“合作式作战飞机”(CCA)

在项目进展、技术水平等方面均处于世界领先水平。

2.1.1 美军频繁开展XQ-58A无人机试验

2月,美海军陆战队的XQ-58A无人机在埃格林空军基地成功完成了第二次试飞(共计划完成六次)。该机具备一定的自主能力,成本较低,约500万美元,为海军陆战队提供了一个试验平台,可用于开发技术和新概念,以支持海军陆战队空中地面特遣部队。9月,美海军陆战队在埃格林空军基地对一架XQ-58A无人机进行第三次试飞,其中利用Link-16数据链组网是此次测试的核心,验证了XQ-58A无人机与F-35B战斗机的机间数据传输能力。此外,4月美空军还成功演示验证了XQ-58A无人机与两架F-35A战斗机协同飞行的能力,以及XQ-58A无人机提供综合电子攻击的能力。该机先进的电子攻击载荷可自主探测、识别和定位多个战术相关目标,可将辐射源目标信息传输给F-35A战斗机等协同装备,并成功对多个辐射源实施非动能电子攻击^[5]。

2.1.2 美国XQ-67A无人机首飞

2月,通用原子公司为美空军“机外感知站”(OBSS)项目开发的XQ-67A无人机于2024年2月28日首次试飞成功,如图1所示。XQ-67A无人机是首型第二代自主协作平台(ACP),采用背负式进气道、V型尾翼设计,配有情报监视系统、武器舱、红外和光电传感器,单发动机动力,底盘基于通用原子公司的无人机系统“开局”系列。4月,美空军选定通用原子(竞选机型为XQ-67A)和安杜里尔[竞选机型为“狂怒”(Fury)]两家公司在CCA项目下,以竞选机型为研制基础,进行生产代表性测试样机的详细设计、制造和测试。7月,美空军公布首个XQ-67A无人机原型机飞行视频^[6]。

2.1.3 美军MQ-25A无人加油机研制试验工作持续推进

3月,美海军已经从制造商波音公司接收了首架MQ-25A无人加油机,如图2所示。最新的



图1 XQ-67A无人机首飞

Fig. 1 First flight of XQ-67A UAV

2025 财年预算申请文件显示，美海军计划采购 76 架 MQ-25A 无人加油机，包括 5 架试验机^[7]。8 月，美海军在“布什”号 (CVN 77) 航母上设立了全球首个无人机空战控制中心，无人机操控员可通过该中心控制 MQ-25A 无人机开展作战行动。该无人机控制中心包括软件和硬件，由首个全面运行的集成式无人舰载航空任务控制系统 MD-5E 地面控制站组成。9 月，MQ-25A 无人加油机制造商波音公司表示，已证明 P-8 机组人员能够在飞行过程中控制 MQ-25A 无人加油机。美海军中央司令部透露，MQ-25A 无人加油机有望在中东与已经部署的 MQ-4C 无人机一起飞行。11 月，美海军和波音公司利用为 F-35 隐身战斗机开发的自动着陆系统，完成了一架 MQ-25A 无人加油机在航空母舰上的模拟着陆。该自动着陆系统名为“联合精确进近着陆系统” (JPALS)，最初由雷神公司开发，首次部署在美海军陆战队，用于洛马公司的 F-35B 战斗机在海军舰艇上的自动着陆。



图2 MQ-25A 无人加油机

Fig. 2 MQ-25A autonomous refueller

2.1.4 美国“狂怒”无人机入选 CCA 下一阶段

4 月，安杜里尔公司“狂怒”无人机入选 CCA 下一阶段研制工作，即开展样机的详细设计、制造与测试相关工作，如图 3 所示。该无人机采用三轮

式起落架，从跑道起降；机头、机翼和尾部设计较为传统，机身下方设置腹侧发动机进气口，机长约 6 m，翼展约 5 m，最大起飞重量约 2270 kg，机体主要由碳纤维制成，FJ44-4M 涡扇发动机提供动力。该机设计高度模块化，可搭载约 180 kg 有效载荷，具备主动电子扫描、红外搜索和跟踪以及电子战等能力，并根据作战任务和对手性能匹配合适载荷，其高度自主的底层软件将利用每次出动时收集的数据来强化任务执行能力^[4]。



图3 “狂怒”无人机

Fig. 3 Fury UAV

2.1.5 美国推出舰载型“开局”无人机

7 月，美国通用原子公司在 2024 年英国范堡罗航展期间公布了一张“开局” (Gambit) 无人机从皇家英国海军“威尔士亲王”战列舰起飞的效果图，如图 4 所示。该公司于 2022 年首次推出“开局”系列无人机，包含 4 种基本型，此次提出的舰载型无人机为该系列的第 5 型平台，目前处于早期研发阶段。舰载型“开局”无人机加强了机身和起落架，支持航母辅助发射和滞留回收，可提升航母舰载机联队的能力和总体容量^[8]。



图4 新型舰载型“开局”无人机

Fig. 4 New carrier-based version of Gambit UAV

2.1.6 英国公布新型“可消耗自主协作平台”

2 月，英国 BAE 系统公司公布了“自主协作平台” (ACP) 的最新构型，该平台将可与未来和现

役战斗机协同作战,如图5所示。最新设计为一种新的菱形-三角形机翼,具有更多的低可探测性特征,采用机翼装配和生产的新方法,并使用电力而非液压作动系统。该设计方案于2月4日在利雅得举行的世界防务展开幕式上公布,由BAE公司最初的“概念2”系统的原始主翼和宽V形尾翼构型演变而来,首次于2022年英国皇家国际航空展上展出^[9]。

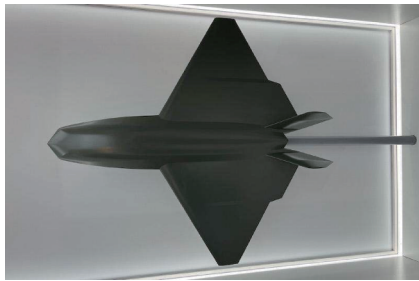


图5 BAE公司公布自主协作平台最新设计

Fig. 5 BAE systems advanced uncrewed collaborative platform design

2.1.7 欧洲空客公司展示“无人隐身战斗机”模型

6月,空客公司在柏林国际航空航天展览会展出其全新的“无人隐身战斗机”(Wingman)概念和全尺寸模型,如图6所示。根据效果图可见,该僚机采用上反鸭翼、大后掠角主翼和可收放的外倾双垂尾设计,进气口位于机头下方。该模型展示了该型僚机的预期能力,如低可探测性、各类武器的集成、先进传感器、连接性和协同解决方案。根据空客公司目前提出的概念,“无人隐身战斗机”由驾驶战斗机的飞行员指挥,可执行目标侦察、电子干扰以及使用精确制导弹药或导弹打击地面或空中目标等任务,以增强有人驾驶战斗机的能力^[10]。



图6 空客公司采用人工智能技术开发新型无人僚机

Fig. 6 New Wingman developed by Airbus adopting AI

2.1.8 法国启动新型无人战斗机研制工作

10月,基于“神经元”(nEUROn)无人机计划^[11],法国宣布启动一项新的无人战斗机开发计划,以作为未来“阵风”F5标准战斗机(预计在2030年后投入使用)的补充。这种新型无人战斗机将作为阵风战斗机的补充,并适用于协作战任务。该机将集成隐形技术、自主控制等功能,具有强大的多功能性,并能够根据未来的威胁进行扩展。

2.1.9 日本展示两种协同作战无人机概念模型

10月,在东京有明国际展览中心举行的2024年国际航空航天展览会上,日本三菱重工(MHI)展出了两种为日本防卫省采购、技术与后勤局(ATLA)开发的协同作战无人机概念模型,如图7所示。

第一个概念模型以1:10的缩比模型展示,实际长度约为11~12 m。该机采用隐身设计,具备空战能力,可以拦截并压制敌方飞机或导弹,执行通常会危及人类飞行员安全的高风险行动。

第二个概念模型是约6 m长的情监侦作战支援无人机,命名为“ARMDC-20X”,其头部安装一个类似于用于探测和跟踪的光电瞄准系统(EOTS)的前置摄像头,专注于情监侦(ISR)任务,可提供实时战场数据,支持任务规划,确保飞行员在采取敌对行动之前掌握全面的信息^[12]。



图7 日本三菱重工展示无人机概念模型

Fig. 7 Concept model of UAV unveiled by MHI

2.2 长时察/打无人机

长时察/打无人机是指通常采用大展弦比等长航时设计、主要用于中高空侦察或察打一体的大中型无人机。2024年,各国中大型长时察/打无人

机发展较为缓慢，技术水平并没有较大突破，推出的新型平台较少。

2.2.1 美空军新型无人侦察机在中东执行任务

7月，美空军的“低成本无人侦察机”已经开始在中东执行飞行任务，如图8所示。这型超长航时战术侦察机（ULTRA）一直处于保密状态，直到2024年5月，美国中央司令部披露，这架无人机已部署在中东，并公布了其在阿联酋扎夫拉空军基地的照片。该机由DZYNE技术公司与美空军研究实验室（AFRL）联合开发。根据预算文件，美空军在2025年预算申请中正式开始采购4架ULTRA，总值3500万美元。这种类似滑翔机的无人机可以在不加油情况下在空中停留80 h，并且可以携带重达181 kg的有效载荷^[13]。



图8 美空军新型远程无人侦察机

Fig. 8 US Air Force's new long-range UAVs

2.2.2 以色列推出“赫尔墨斯-650”无人机

2月，以色列埃尔比特系统公司推出“赫尔墨斯-650”“火花”（Spark）无人机，旨在应对航空航天和国防工业不断变化的挑战，如图9所示。该中空长航时无人机提供了更优秀的有效载重、航程、巡航速度、续航时间，具有更高的作战效率。“赫尔墨斯-650”无人机在短跑道具备自动起降和自动滑行能力，有效载重260 kg，续航时间24 h，机翼下共有6个挂点；具备卫星通信能力，可携带光电传感器、雷达、信号情报等多种有效载荷^[14]。

2.2.3 伊朗展示“见证者-149”无人机

3月，2024年卡塔尔多哈国际海事防务展上，伊朗展示了“见证者-149”“加沙”无人机。该机由“见证者-129”无人机发展而来，是一种高空长航时无人机。该机翼展21 m，长10 m，高4 m，起飞重量3740 kg，最大载油量1500 kg，有效载荷500 kg。该机配装一台涡轮螺旋桨发动机，最



图9 “赫尔墨斯-650”无人机

Fig. 9 Hermes 650 UAV

大飞行速度350 km/h，巡航速度215 km/h，最大续航时间25 h，飞行高度可达10600 m。武器方面，该机可通过内置弹舱和外挂方式装备13枚不同弹药。该机可搭载红外/光电传感器、具有变焦能力的可见光摄像机、热成像摄像机、激光测距仪，并配装卫星通讯天线，作战半径可达500 km^[15]。

2.2.4 土耳其“旗手”TB3无人机完成滑跃甲板起飞试验

6月，土耳其拜卡技术公司宣布其研制的“旗手”TB3（Bayraktar TB3）无人机成功完成了首轮陆上甲板滑跃起飞试验，如图10所示。此次试验在拜卡飞行训练与试验中心进行，该中心设置了1条模拟的滑跃起飞甲板，其规格与土耳其海军“安纳托利亚”号多用途两栖攻击舰的滑跃起飞甲板相同，滑跃角均为12°。“旗手”TB3在首轮起飞试验中共进行4次滑跃起飞，全部取得成功。11月，“旗手”TB3在“阿纳多卢号”航母上完成首次起降飞行试验^[16]。

2.2.5 印度FWD 200B无人机首飞

9月，印度飞楔防务航宇公司宣布首架FWD 200B中空长航时无人机成功首飞，并展示了首飞视频。



图10 “旗手”TB3无人机圆满完成首轮滑跃起飞试验

Fig. 10 Bayraktar TB3 first ski jump test with flying colors

该机配备了光学侦察监视系统和对面攻击导弹,其首飞标志着印度实现自主研制武装无人机。该机由印度自行设计生产,机身、推进系统、控制系统和电子设备均在国内生产。该机翼展 5 m,机长 3.5 m,最大起飞重量 102 kg,有效载荷为 30 kg,续航时间为 7 h,航程 800 km,实用升限约为 4570 kg,巡航速度 152 km/h,最大速度 250 km/h,起降跑道长度仅 300 m^[17]。

2.3 战术作战无人机

战术作战无人机是指在战术级作战中执行对面侦察、火力打击或运输投送任务的中小型无人机。2024年,受小型无人机技术发展和俄乌冲突的实战推动,各国竞相发展战术作战无人机,相继推出不同构型、功能的无人机。

2.3.1 美国推出智能型 X10D 无人侦察机

1月,美国无人机制造商 Skydio 公司发布了 X10D 人工智能增强型无人机,配装先进的传感器,采用开放式架构协议,以便将来与第三方和国有飞行应用软件兼容,如图 11 所示。该机具备人工智能飞行辅助和避障能力,可以在复杂的环境中飞行,而且操作员的培训时间也有所减少。该机可实时构建 2D 地图和 3D 模型,其悬停和飞行时间分别为 35 min 和 45 min^[18]。



图 11 X10D 小型无人侦察机

Fig. 11 X10D small reconnaissance UAV

2.3.2 美国推出 Cento 电动货运无人机

2月,美国 MightyFly 公司推出新型自主混合动力电动垂直起降(eVTOL)货运无人机,可运载约 45 kg 货物飞行 960 km,如图 12 所示。该无人机采用串列机翼设计,可大幅度调整飞机升力中心;机体结构使用复合材料,以减小空重并增加有效载荷;并采用模块化设计,优化维护;可

通过“自主负载控制系统”(ALMS)组件提高运营效率,减少运行和操作这种自主式飞机所需的地面操作资源。目前 MightyFly 公司正在与美空军“敏捷至上”(Agility Prime)项目和空中机动司令部合作开发“自主负载控制系统”功能,以解决美空军最紧迫的自主空中后勤需求。



图 12 Cento 电动货运无人机

Fig. 12 Cento electric cargo UAV

2.3.3 美国研制新型混动垂直起降无人机

1月,美国先进飞机公司(AAC)为美空军创新中心开发混合动力垂直起降多旋翼无人机(HAMR),如图 13 所示。该机是一型轻型多功能无人机,可以执行情监侦、搜救、医疗物资运送等任务。美空军和海军陆战队表示,该机非常适合敏捷作战任务,以及海军陆战队远征先遣部队作战。动力系统方面,该机采用混合推进系统,活塞发动机驱动一个集成发电机,产生高达 4000 W 的功率,为六个独立的无刷直流电机和备用电池提供动力。



图 13 美国先进飞机公司混动垂直起降无人机

Fig. 13 Hybrid VTOL UAV of AAC

2.3.4 美国展示未来垂直起降无人机概念

5月,美国防高级研究计划局(DARPA)的“先进飞机无基础设施发射与回收”(ANCILLARY,也称“辅助”无人机)项目展示了 6 种轻型垂直

起降无人机的设计概念。该项目的目标是使现有小型垂直起降无人机系统的载荷、航程与续航能力提高3倍。该小型无人机系统可从甲板或偏远地区垂直起降,执行任务时可像固定翼飞机一样高效飞行,并在需要时携带大量有效载荷。该小型无人机系统网络可超视距发现、定位、跟踪、瞄准水面舰艇,支持海军和海军陆战队任务,也可用于陆军、空军、特种作战司令部和海岸警卫队的后勤、打击任务。

2.3.5 美国开展模块化无人机原型机设计

6月,美国国防部已经选择了安杜里尔公司等四家公司,为“系统测试载具”(Enterprise Test Vehicle, ETV)项目开发模块化无人机的原型机,这种无人机可用于测试有效载荷、传感器和其他技术,并以可接受的成本高速生产,如图14所示。9月,美国国防部将“系统测试载具”纳入“复制者”计划的第二阶段能力(即“复制者1.2”)。

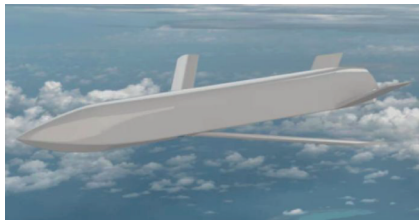


图14 ETV无人机概念图
Fig. 14 Concept of ETV

2.3.6 英国推出T-650重载无人机

2月,英国BAE系统公司在2024年沙特世界防务展(WDS)推出了T-650全电动重载无人机,为战场上救援和运送伤亡人员提供了具有成本效益的快速反应能力,如图15所示。T-650最大有效载荷300 kg,空载航程80 km,最大载荷航程30 km,最高速度140 km/h。该机将具有开放式系统架构,能够集成第三方系统以及新任务适用的有效载荷,允许从一种任务类型快速重新配置到另一种任务类型。

2.3.7 英国“变翼”无人机首飞

7月,英国守望先锋集团公司和翼动公司合作开展“变翼”(Transwing)无人机的首飞验证,如



图15 T-650重载无人机
Fig. 15 T-650 heavy lift UAV

图16所示。该型无人机采用独特的斜面折叠式机翼,可进行固定翼和旋翼飞行模式切换,提升有效载荷与航程,增强作战能力。该型无人机巡航时采用固定翼模式,并可采用旋翼模式在狭小场地中垂直起降。上述两种模式可在飞行中平滑切换,并全程可控。参加此次飞行验证的是较小的电动型P4变翼无人机,其最大起飞重量41 kg,有效载荷为6.8 kg,巡航速度为120 km/h,航程为111 km,可巡航1 h;正在研制的P5和P7无人机可具备情报侦察和目标瞄准能力,并可搭载特定任务载荷,最大起飞重量分别达145 kg和1590 kg^[19]。



图16 “变翼”无人机
Fig. 16 Transwing UAV

2.3.8 乌克兰推出Palianytsia新型远程无人机

8月,乌克兰总统在独立日演讲中宣布首次成功使用Palianytsia新型远程无人机,如图17所示。该机结合了无人机和导弹的特点,搭载约420 N推力的微型涡轮喷气发动机和20 kg爆破战斗部,可从地面平台发射,比同类型的其他武器操作方便、成本更低。此外,该机采用特殊的空气动力学设计,外形类似传统的火箭,由中心主体、前置机翼和可拆卸的尾翼等部分组成。

2.3.9 德国推出HX-2自杀式无人机

12月,德国Helsing公司推出了一种新型自杀

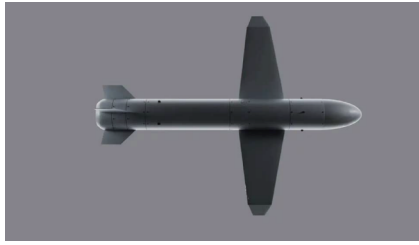


图 17 乌克兰 Palianytsia 新型远程无人机

Fig. 17 Palianytsia new long-range UAV unveiled by Ukraine

式攻击无人机 HX-2, 其设计完全基于软件, 可大规模生产, 并且具有集群能力, 如图 18 所示。HX-2 是一种电力驱动的 X 翼精确制导弹药, 射程可达 100 km, 其先进的机载人工智能可实现全面的电子战和抗干扰能力, 这些能力是基于公司在乌克兰的丰富经验开发和测试的。此外, 在配装侦察/打击软件后, 多架 HX-2 可以集结成群, 由单个人类操作员控制^[20]。



图 18 HX-2 自杀式无人机

Fig. 18 HX-2 kamikaze UAVs

2.4 特种任务无人机

特种任务无人机是指采用特殊能源动力系统、特殊构型, 执行高空长时侦察、高速作战等任务或用于试验验证的无人机。2024 年, 特种任务无人机除高速、太阳能等无人机外, 还在无舵面布局、电推进等领域有新的进展。

2.4.1 美国开始生产 X-65 无人机全尺寸样机

1 月, DARPA 批准极光飞行科学公司建造 X-65 的全尺寸样机, 如图 19 所示。X-65 是一型试验性无人机, 可以在没有襟翼、方向舵或其他外部移动部件的情况下飞行。该机为 DARPA “具有新型效应器的革命性飞机控制”(CRANE) 项目的一部分, 该项目的目标是验证“主动流量控制”(AFC) 技术。美国防部和极光飞行科学公司希望

在 2025 年夏天开展 X-65 无人机首飞。X-65 无人机的“主动流量控制”效应器分布在平台表面, 可控制无人机的滚转、俯仰和偏航, 允许操作人员通过空气喷射来操纵系统, 而无需移动外部部件。全尺寸 X-65 无人机质量约 3175 kg, 翼展 9 m, 飞行马赫数约 0.7, 采用模块化设计, 配装可更换的舷外机翼和“主动流量控制”效应器^[21]。



图 19 X-65 无人机

Fig. 19 X-65 UAV

2.4.2 美国“夸特马”高超声速无人机完成首次地面测试

1 月, 美国高超声速开发商赫尔墨斯公司已完成“夸特马”(Quarterhorse) 高超声速无人机 Mk0 型试验机第一次迭代地面测试, 如图 20 所示。这是一型非飞行试验机, 是“夸特马”项目 4 架试验机的第一架。Mk0 试验机的技术目标包括在远程命令和控制下滑行、评估集成系统的射频延迟和地面处理质量、演示人为因素评价与“人在环路”的转向和控制能力。



图 20 “夸特马”Mk0 型试验机

Fig. 20 Quarterhorse Mk0 testing aircraft

2.4.3 美国金星航宇公司高速无人机首飞

2 月, 美国初创公司金星航宇公司的高速无人机成功实现首飞, 如图 21 所示。该机长 2.4 m, 质量为 136 kg, 飞行高度约 3600 m, 首飞最高速度达马赫数 0.9, 飞行距离 16.1 km。该机首飞由过氧化氢单组元推进剂发动机提供动力, 仅使用 80% 推力。该测试成功地验证了该机的飞行控制、稳定性、旋转爆震火箭发动机 (RDRE) 推进系

统、遥测、地面操作和空中发射等性能。



图21 美国金星航宇公司高速无人机首飞

Fig. 21 Successful inaugural supersonic drone flight achieved by Venus Aerospace

2.4.4 美国Talon-A高超声速无人机首飞

3月,美国平流层发射公司(Stratolaunch)成功完成了Talon-A高超声速试验无人机的首次动力飞行。这架无人机从加利福尼亚州沙漠上空的一架六发双机身运载飞机上投放。Talon-A首次飞行包括飞行器加速、在高空持续爬升,以及最后的受控水上降落。

2.4.5 美国EX-3M“三叉戟”高速无人验证机首飞

4月,美国埃克索尼克(Exosonic)公司宣布其EX-3M“三叉戟”(Trident)高速无人机试验机成功完成首飞。此次试验无人机相对地面的飞行高度约182.9 m,最大速度超过240.8 km/h(130 n mile/h)。该机是一架缩比型验证机,将作为超声速无人机试验台。目前公司已与其他公司就传感器和软件集成到该机进行了商谈,并计划扩大其联合开发和试验工作的范围。该机最大特点是对新软件、有效载荷甚至制造技术的开放程度。

2.4.6 美国“天空居住者”太阳能无人机首飞

4月,美国Skydweller航空公司研发的“天空居住者”(Skydweller)大型太阳能无人机完成首飞,该机起飞、飞行和降落均自主完成。10月,“天空居住者”无人机还进行了一系列飞行测试。“天空居住者”太阳能无人机使用了碳纤维材料,翼展超过波音747飞机,在13700 m的高空可停留90天或更长时间。该公司表示,由于“天空居住者”太阳能无人机不存在有人机或常规动力飞行器面临的飞行员耐力、可携带燃油量和后勤维护需求等限制,使用单架飞机即可完成长期任务,执行长期任务时其运营成本仅为传统飞机十分之一甚至百分之一^[22]。

2.4.7 美国公布XRQ-73混合电推进演示验证机

6月,美DARPA公布了最新X系列演示验证机——XRQ-73“混合电推进演示验证”无人机,如图22所示,该机属于“X至上”(X-prime)计划,利用了混合电推进架构和来自AFRL和美国情报高级研究计划局(IARPA)此前开展的“大雕鸮”(Great Horned Owl)项目的一些组件技术。该机属于美国国防部无人机系统分类中的第3类无人机系统,起飞重量约为570 kg^[23]。



图22 XRQ-73混合电推演示验证机

Fig. 22 XRQ-73 hybrid electric propulsion aircraft

2.4.8 英国完成Phasa 35无人机平流层试飞

12月,英国BAE系统公司已完成了Phasa 35平流层无人机新一轮飞行测试,展示了其快速发射、飞行、着陆和再发射能力,如图23所示。该机是一种高空伪卫星无人机,旨在作为高空、长航时监视和侦察平台运行,由BAE系统公司旗下的Prismatic公司设计。除了侦察之外,该机还可能为救灾和边境保护等一系列应用提供通信网络,作为传统机载和卫星系统的经济高效替代方案^[24]。



图23 Phasa 35无人机

Fig. 23 Phasa 35 UAV

3 在役系统

在2024年国外军用无人机的发展运用进程中,从生产交付的有序推进,到部署运用的战略布局,再到试验测试的深度探索与升级改装的持续优化,各个环节紧密交织,共同塑造了无人机在军事领

域的全新应用生态。

3.1 生产交付

3.1.1 印度海军接收首架国产 Drishti 10 无人机

1月,印度海军在阿达尼航空航天公园接收了首架国产 Drishti 10 中空长航时无人侦察机。该机续航时间 36 h,有效载荷 450 kg。除了 Drishti 10 无人机之外,印度最近还从其他国家购买了无人机,例如2023年11月从以色列采购了6架“赫尔墨斯-9000”无人机。2月,美国批准向印度出售 15架 MQ-9B“海上卫士”和 16架 MQ-9B“天空卫士”无人机。

3.1.2 美军采购 K1000ULE 太阳能无人机

4月,美海军小型战术无人机系统项目办公室选择克劳斯·哈姆达尼航空航天公司供应首架 K1000ULE 电动太阳能垂直起降无人机系统,该型机将部署至海军陆战队远程侦察小分队。5月,美陆军在菲律宾试验 K1000ULE 长航时无人机,并计划将无人机传感器和摄像头的的数据传递给菲律宾军队,推进两军互操作性。10月,美陆军采购了价值 2000 万美元的 K1000ULE 无人机,或用于填补未来 RQ-7“影子”无人机退役导致的能力缺失^[25]。

3.1.3 俄罗斯 S-71 空射无人机投产

8月,俄罗斯苏霍伊公司表示,其研制的 S-71 空射无人机获得俄国防部的投产批准,如图 24 所示。S-71 目前有两种型别,一型是 S-71K“地毯”,战斗部是集束弹药,操作方式类似空地导弹,由载机外挂使用;另一型是 S-71M“单色”,是一型更先进的自主无人机,配装光电/红外传感器,可昼夜使用,可使用机上存储的目标处理数据搜索、探测目标并与之交战,战斗部有包括高爆聚能装药在内的多种选择,既可外挂使用,也可由苏-57 战斗机或 S-70“猎人”无人机内埋使用。

3.1.4 土耳其将接收首架安卡-3 隐身无人机

12月,土耳其空军将接收首架由土耳其航空工业公司研发的安卡-3 隐身无人作战飞机,如图 25 所示。安卡-3 采用隐形设计并配备喷气发动机,最高速度可达马赫数 0.7,飞行高度达约 12 km,续航时间达 10 h。其作战能力覆盖侦察、监视和精确打击任务,支持超视距通信,可在复杂动态环境下灵活部署^[26]。



图 24 S-71 空射无人机

Fig. 24 S-71 attack UAV



图 25 安卡-3 隐身无人机

Fig. 25 Anka-3 stealth UAV

3.2 部署运用

3.2.1 美国国防部“复制者”计划持续推进

2月,美国防创新部门(DIU)表示,已选定第一批即将通过“复制者”(Replicator)计划进行部署的系统。除了一开始选定的系统之外,国防部还向国会提交了一份“重新编制”申请,即提请国会允许国防部将已授权的项目资金转移到“复制者”计划的相关项目中。同月,美国国防部再申请 3 亿美元用于“复制者”计划。3月,美国国防部副部长希克斯透露,计划 2024—2025 财年在“复制者”项目上投入约 10 亿美元。5月,美国国防部证实“弹簧刀-600”无人机入选“复制者 1.1”计划,并完成首批交付;11月,“复制者 1.2”公开入选的“幽灵-X”、C-100 和“系统测试载具”(ETV)项目原型机等三型无人机系统^[27]。

3.2.2 美海军 MQ-4C 无人机在欧洲及太平洋地区部署运用

3月,美海军第 19 无人机巡逻中队(VUP-19)的 MQ-4C“人鱼海神”(Triton)无人机飞抵意大利西西里岛锡戈内拉基地,支持美海军第 6 舰队作战,这是该型机首次部署至欧洲地区。5~6月,美海军在日本嘉手纳空军基地部署 2 架 MQ-4C 无

人机^[28]。

3.2.3 美MQ-9B无人机的为演习提供技术支持

7月，在夏威夷群岛及其周边地区为期四周的2024“环太平洋”演习中，MQ-9B系统提供了近100个飞行小时的技术支持。MQ-9B利用信号情报信息和全动态视频向美太平洋舰队指挥中心提供实时情报数据传送，并向演习值班室和情报中心提供实时动态数据。此外，MQ-9B还提供了一些新功能和技术，包括“远程反舰导弹”瞄准和新的声纳浮标分配系统，以支持其反潜战能力。

3.2.4 俄罗斯在实战中使用光纤操控和智能型无人机

8月，俄罗斯展示了新的光纤无人机，以应对电子战系统干扰。据悉，这种新型无人机被称为“诺夫哥罗德的汪达尔王子”（简称王子），由乌什库伊尼克科学和生产中心开发。该型机通过光纤线缆来控制，确保了高精度和对抗电子战战术的韧性，能够在不受电子对抗影响的情况下精确打击目标。

8月，俄罗斯在军事行动中部署了配备人工智能（AI）的Veter穿越机（第一人视角无人机，FPV），如图26所示。该型穿越机由Veter公司开发，能够在无需人工干预的情况下自动锁定并攻击目标。该公司透露，其Veter-8、Veter-10和Veter-13型无人机已在作战行动中被广泛使用，并且可以在电子战环境中精确操作，此外，其生产能力可达每月3000架无人机，目前已有6000多架在实战中使用。



图26 俄罗斯Veter穿越机

Fig. 26 Veter FPV of Russia

3.3 试验测试

3.3.1 美军通过卫星中继远程控制MQ-9无人机降落

2月，美空军第50攻击中队和空军国民警卫

队第163攻击联队共同使用卫星控制一架MQ-9A“死神”无人机成功降落在肖（Shaw AFB）空军基地，这是MQ-9A首次在该基地降落。卫星控制着陆正在取代需要额外地面控制站、机组人员和维护保障的传统流程，成为操作MQ-9A的标准做法。6月，美海军陆战队“幽灵”3无人机中队在位于夏威夷的海军陆战队航空站完全依靠卫星通信指控一架MQ-9A无人机完成发射和回收任务。

3.3.2 美DARPA“空战演进”项目首次利用人工智能算法开展空战测试

4月，美DARPA宣布“空战演进”（ACE）项目完成了人工智能“代理”操控的作战飞机（X-62A，也叫“可变飞行模拟试验机”）和有人驾驶F-16战斗机之间的空战测试。该测试首次让自主式战斗机在视距内作战场景中与人类驾驶的战斗机进行自主空战^[29]。

3.3.3 美英公司在MQ-20无人机上演示通过Link 16远程控制的电子战能力

10月，通用原子公司（GA-ASI）与BAE系统公司宣布，双方合作在MQ-20“复仇者”无人机上演示了通过安全、抗干扰的Link 16网络远程控制的独特电子战能力。这是一系列内部资助研发试验的一部分，旨在支持美空军未来将自主电子战任务系统应用到CCA平台上的需求。

3.3.4 加拿大测试无人机和无人车组合运用

1月，加拿大莱茵金属公司和埃利斯泰尔（Elistair）公司宣布在魁北克测试跑道上成功演示了“科罗诺斯”（Chronos）无人机和“任务大师-SP”（Mission Master）地面无人车配对运用，如图27所示。



图27 无人机与无人车协同运用

Fig. 27 Collaborative utilization of UAVs and UGVs

3.3.5 英国首次开展有人/无人编组飞行演示试验

4月,英国奎奈蒂克公司(QinetiQ)成功完成了有人机和喷气式无人机的有人/无人编组演示试验,如图28所示。试验中,一架奎奈蒂克公司的喷气式有人机从博斯库姆基地起飞,而一架经过改装的“女妖”(Banshee) Jet-80无人机则从赫布里底靶场起飞。有人机在飞行过程中很快获得了“女妖”无人机的控制权。无人机以约650 km/h的速度飞行,在接收到飞机的指令后开始自主执行任务。



图28 奎奈蒂克公司开展有人/无人编组飞行演示试验
Fig. 28 A manned/unmanned formation flight demonstration test conducted by QinetiQ

3.3.6 欧洲空客公司演示验证直升机与无人机协同

10月,空客直升机公司与合作伙伴对其有人/无人协同(MUM-T)系统进行了全尺寸演示验证,如图29所示。该系统是欧盟资助的“载人无人直升机系统”(MUSHER)项目的一部分。MUSHER项目旨在开发一种通用的欧洲MUM-T系统。该系统可在多种环境(民用、军用或混合)中稳健运行,减少机组人员的工作负荷,并在运行中最大程度地提升能力。本次试验地点选在法国和意大利,从9月30日持续至10月9日,涉及多架有人直升机和无人机同时接入到单个有人/无人协同网络。

3.4 升级改装

3.4.1 美国MQ-1C“灰鹰”-25M型无人机进展情况

1月,通用原子公司在加利福尼亚州完成了“灰鹰”-25M(GE-25M)无人机的首次飞行,该机是MQ-1C“灰鹰”无人机的最新型别,融合了先进的数据链、升级的发动机、开放式架构设计和地面系统,可应对电子威胁并在复杂环境中远程飞行,如图30所示。“灰鹰”-25M在首飞中展示了计算机处理和数据存储能力,以验证其增强



图29 欧洲空客公司演示验证直升机与无人机协同
Fig. 29 Collaboration between helicopters and UAVs demonstrated by Airbus

的自主性能,其发动机还测试了电源系统^[30]。

4月,美国通用原子公司计划在“灰鹰”-25M型无人机的多模雷达上增加一个有源电子扫描阵列(AESA)雷达天线,以扩大系统的探测范围,并提供更多增强功能。

10月,美国通用原子航空系统公司公布了最新版本MQ-1C“灰鹰”无人机的详细信息,特别是“灰鹰”超短距起降型(STOL)。该型号采用了“莫哈维”无人机的一些技术,具备短距起降能力,可实现野外和航母上的作战;同时配备了最新的25M升级套件,携带Link-16数据链终端。该公司还表示目前正在吸取“莫哈维”和“灰鹰STOL”的经验教训,开发MQ-9B短距起降型别。



图30 MQ-1C“灰鹰”-25M无人机
Fig. 30 MQ-1C Gray Eagle 25M UAV

3.4.2 美计划改装RQ-4“全球鹰”无人机以收集高超声速试验数据

2月,美国诺格公司称目前正在计划将两架RQ-4“全球鹰”无人机改装成可以监测高超声速系统试验的飞机。这2架无人机是美空军最近几年退役的24架RQ-4“全球鹰”无人机的首批改装机型,并作为灵活的机载测试数据采集器交付给了测试资源管理中心。

3.4.3 美空军将 F-16 战斗机改装为自主飞行试验台

美空军计划将 3 架 F-16 “战隼” 战斗机用于自主飞行试验计划，以提高有人机和无人机之间的自主软件功能。这 3 架飞机将被改装成试验平台，以协助整个军种的自主研究，同时将支持埃格林空军基地试验场的相关人工智能和自主试验，为国防部更广泛的 CCA 项目和合作伙伴自主开发商提供参考。

4 关键技术

关键技术的突破与创新成为推动无人机不断发展的核心动力。智能协同技术、能源动力技术、任务载荷技术以及其他相关技术等多个领域，在这一年中均取得了诸多进展，成为决定无人机在现代军事舞台上竞争力与影响力的关键因素。

4.1 智能协同技术

智能协同技术在无人机领域的发展至关重要，其核心在于实现无人机与有人机之间以及无人机群内部的高效协作。通过先进的软件算法、通信链路和人工智能技术，提升无人机在复杂任务中的自主决策能力、编队飞行稳定性和信息交互实时性，从而显著增强整体作战效能与任务适应性，满足现代军事和民用领域日益多样化的需求。例如，空客公司与欧洲多家公司合作开展直升机与无人机协同项目，成功演示在法国和意大利多地的有人直升机与无人机协同任务；美海军陆战队多次测试 XQ-58A 无人机与 F-35B 战斗机协同，在“翠旗-2024” 演习中实现机间数据传输，展示其作为传感平台为战斗机提供目标数据能力，推动无人协同作战发展；洛马公司投资研发使 F-35 战斗机控制 8 架 CCA 的技术，开发相关吊舱与控制站，利用平板电脑配置控制多架 CCA，促进有人/无人协同空战战术创新。

4.2 能源动力技术

能源动力技术是无人机发展的核心驱动力之一，其发展趋势涵盖传统能源的优化升级与新能源的创新应用。在传统能源领域，通过改进发动机设计、提高燃油效率和可靠性，使无人机在续

航、动力输出等方面性能显著提升；新能源方面，太阳能、混合动力等技术的蓬勃发展，为无人机带来更长续航、更低污染和更高适应性的优势，同时发动机技术不断朝着小型化、低成本、高推力和易于维护的方向迈进，以满足不同类型无人机的多样化任务需求。例如，美国航空环境公司的“跳跃 20” 无人机配装重油发动机，该发动机具有长寿命、高性能、低油耗等优势；Phasa 35 无人机采用太阳能与储能技术，进一步验证太阳能在高空长航时无人机的可行性。

4.3 任务载荷技术

任务载荷技术作为无人机发挥功能的关键支撑，在侦察、打击、电子战等多个领域不断推陈出新。高精度传感器的持续发展显著提升无人机的侦察能力，使其能够获取更清晰、准确和全面的目标信息；打击武器方面，各种先进武器系统的集成让无人机具备更强的攻击能力，且朝着智能化、精确化方向发展；电子战载荷则通过干扰、欺骗等手段增强无人机在复杂电磁环境中的作战效能，同时多载荷的集成与模块化设计使得无人机能够根据任务需求快速切换和组合功能，极大地提高任务适应性和作战灵活性。此外，空射无人机成为无人机载荷技术发展热点。例如，美国通用原子公司成功使用 MQ-20 投放“空射效应” 无人机，进一步拓展 MQ-20 等无人机作战范围；美国安杜里尔工业公司推出“脉冲星” 系列多任务模块化智能电子战系统；美国航空环境公司与伙伴合作测试无人机投放多枚精确制导弹药，提升打击效率与火力强度；韩国韩华系统公司为与 KF-21 战斗机编组作战的无人机研制有源相控阵雷达，提高有人/无人作战编组的生存力和杀伤力。

4.4 其他相关技术

在无人机的发展进程中，其他相关技术同样发挥着不可或缺的作用，涵盖设计制造、材料、通信、适航等多个关键领域。3D 打印和复合材料等先进制造技术的应用推动无人机制造工艺的革新，实现复杂结构的快速制造和材料性能的优化；通信技术的发展保障无人机与控制中心之间稳定、高速的数据传输，确保任务执行的准确性和及时

性;适航研究与标准制定则为无人机的安全运行提供规范和指导,促进无人机在不同空域的合法、有序飞行,这些技术的协同发展共同推动无人机产业的全面进步。例如,“埃德蒙”(ADDMAN)集团与连续复合材料公司合作推进无人机复合材料增材制造,利用复合材料3D打印技术制造复杂部件,提升无人机材料性能与制造效率;美空军测试利用人工智能设计技术和3D打印技术快速制造廉价无人机;美国BeeHive工业公司利用增材制造开发小型可消耗型涡轮发动机,适用于多种无人机,展示增材制造在发动机领域的潜力;英国开展无人机空域整合模拟测试,NATS公司牵头研究无人机与机场空中交通融合,推进无人机空域管理规范化。

5 发展趋势

5.1 平台多元化与高性能化趋势愈发显著

5.1.1 新型平台不断涌现

各国积极投入新型无人机的研发,致力于丰富无人机的谱系,以满足多样化的作战需求。例如,英国的变翼无人机采用独特的斜面折叠式机翼,创新性地实现了固定翼与旋翼飞行模式的灵活切换,在实际作战中,这种设计能够充分发挥两种构型的优势;美国的“空中可重构嵌入式系统”(ARES-DV)演示验证飞行器则专注于模块化和垂直起降能力的提升,其采用模块化设计,极大地提高了任务执行的效率和灵活性;美X-65无人机通过主动流量控制系统,取代传统舵面控制,减少活动部件,有效提升了飞行可靠性。

5.1.2 性能持续优化升级

现役无人机通过不断改进升级,性能得到显著增强。美国通用原子公司对MQ-20“复仇者”无人机进行改装,为其配备新型传感器、数据链和先进任务系统,使其能够在训练任务中逼真扮演空对空威胁角色的“蓝军”;俄罗斯苏霍伊公司根据俄乌冲突中的实战经验,对S-71空射无人机进行了针对性的设计改进,降低了雷达截面积,增加了射程,从而有效提高了载机和无人机自身的生存能力。同时,简化设计以实现大规模生产,

确保在战场上能够投入足够数量的无人机,发挥规模作战的优势,这对于现代战争中对无人机数量和质量的双重需求具有重要意义。

5.2 自主性与协同化作战成关键发展方向

5.2.1 自主作战能力持续提升

人工智能技术在无人机领域的深度应用,使得无人机的自主能力不断增强,逐渐具备了更为复杂和高级的自主决策与执行任务的能力。无人机凭借这些先进技术,能够在飞行过程中通过相互之间的通信,自主地确定完成任务的最佳方案。例如,在侦察任务中,当面对突发情况或临时出现的目标时,无人机可以自行调整飞行路径和侦察策略,优先对重要目标进行侦察和数据收集。在打击任务中,无人机能够根据目标的特征和战场环境,自主选择最佳的攻击时机和方式,实现对目标的精确打击,真正实现了自主执行任务,极大地减少了对人工干预的依赖,提高了作战效率和反应速度。

5.2.2 协同作战样式深度发展

有人机与无人机协同作战模式日益成熟,成为未来空中作战的重要发展趋势。美空军大力推进的CCA计划便是典型代表,该计划旨在实现无人机与F-35等有人驾驶战斗机的紧密协同。在作战过程中,有人机和无人机相互配合,充分发挥各自的优势。有人机凭借飞行员的经验和判断,负责指挥和控制整个作战行动,对战场态势进行宏观把握和决策;无人机则利用其小巧灵活、隐身性能好、可承担高风险任务等特点,前出执行侦察、目标指示、电子战等任务,为有人机提供实时的战场信息,引导有人机进行攻击,同时还可以在必要时充当诱饵,吸引敌方火力,保护有人机的安全。这种协同作战样式能够实现作战效能的最大化,使整个作战体系更加高效、灵活和强韧。

5.3 任务多样化与广泛应用拓展作战空间

5.3.1 传统任务领域不断拓展

无人机在情监侦、打击、运输等传统任务领域的的能力持续拓展,不断挖掘潜力。美MQ-4C和MQ-9B等无人机在海上领域表现出色,其凭借长时间的续航能力和先进的传感器系统,能够对广阔海域进行持续的监视,实时收集海上目标的情

报信息,如敌方舰艇的动向、海洋环境信息等,为海上作战提供了重要的情报支持。同时,在打击任务方面,无人机可以携带精确制导弹药,对海上目标进行精准打击,有效提升了海上作战的能力。

5.3.2 新兴任务领域不断涌现

随着技术的不断进步和作战需求的演变,无人机在新兴任务领域的应用逐渐崭露头角。美陆军的K1000ULE无人机主要用于为地面部队提供空中网络扩展。在现代复杂的战场环境中,通信和电子战的重要性日益凸显,K1000ULE无人机可以作为空中通信节点,保障部队之间的通信畅通,同时利用其搭载的电子战设备,对敌方的通信和雷达系统进行干扰和侦察,获取敌方电子设备的信息,为作战行动提供有力支持。

6 结束语

2024年国外军用无人机装备技术的蓬勃发展,为其广泛军事运用带来了全新的机遇与挑战。当前,无人机在现代战争中的地位愈发凸显,其作战效能与战略价值不断攀升。然而,这也引发了一系列军事战略、作战规则及战争伦理等层面的深刻思考。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。”展望未来,无人机装备技术在智能化、协同化、多功能化道路上的不断迈进,必将助推其进一步广泛、深入的军事运用,对人类战争产生重要影响。

[参 考 文 献]

- [1] 杨佳会,程浚峰,廖南杰,等.美空军“合作式作战飞机”发展分析[J].战术导弹技术,2023(6):47-59.
- [2] 朱超磊,金钰,王靖娴,等.2022年国外军用无人机装备技术发展综述[J].战术导弹技术,2023(3):11-25+31.
- [3] 金钰,谷全祥.2023年国外军用无人机装备技术发展综述[J].战术导弹技术,2024(1):33-47.
- [4] 杨佳会,张洋.美空军“合作式作战飞机”装备发展与运用分析[J].无人系统技术,2024,7(5):91-98.
- [5] Military Leak. Marine Corps XQ-58A Valkyrie unmanned air vehicle completes second successful flight [EB/OL]. 2024-02-23. <https://militaryleak.com/2024/02/29/marine-corps-xq-58a-valkyrie-unman-ned-air-vehicle-completes-second-successful-flight/>.
- [6] Military Leak. GA-ASI makes first flight of XQ-67A off-board sensing station (OBSS) [EB/OL]. 2024-02-29. <https://militaryleak.com/2024/02/29/ga-asi-makes-first-flight-of-xq-67a-off-board-sensing-station-obss/>.
- [7] Flight Global. US Navy takes delivery of first MQ-25A autonomous refueller [EB/OL]. 2024-03-16. <https://www.flightglobal.com/military-uavs/us-navy-takes-delivery-of-first-MQ-25A-autonomous-refueller/157393.article>.
- [8] Joseph T. New carrier-based version of the Gambit family of combat UAVs is in the works [EB/OL]. 2024-06-23. <https://www.twz.com/air/new-carrier-based-version-of-the-gambit-family-of-combat-UAVs-is-in-the-works>.
- [9] Tony O. BAE systems advances uncrewed collaborative platform design [EB/OL]. 2024-02-05. <https://m.aviationweek.com/defense-space/aircraft-propulsion/bae-systems-advances-uncrewed-collaborative-platform-design>.
- [10] Airbus. Unmanned escort for manned fighter jets: Airbus presents new Wingman concept at ILA Berlin [EB/OL]. 2024-06-03. <https://www.airbus.com/en/newsroom/press-releases/2024-06-unmanned-escort-for-manned-fighter-jets-airbus-presents-new-wingman>.
- [11] Dassault Aviation. Lancement d'un programme de UAV de combat dans le cadre du standard F5 du Rafale [EB/OL]. 2024-08-10. <https://www.dassault-aviation.com/fr/groupe/presse/press-kits/lancement-dun-programme-de-UAV-de-combat-dans-le-cadre-du-standard-f5-du-rafale/>.
- [12] Christine C. Mitsubishi unveils AI-Enabled Combat UAV Concepts [EB/OL]. 2024-10-24. <https://thedefensepost.com/2024/10/24/mitsubishi-ai-cca-concepts/>.
- [13] Audrey D. Meet the Air Force's secretive long-range UAV that flies for days [EB/OL]. 2024-07-02. <https://www.defenseone.com/technology/2024/07/meet-air-forces-secretive-long-range-UAV-flies-days/397816/>.
- [14] UAS Vision. Elbit systems launches Hermes 650 spark [EB/OL]. 2024-02-22. <https://www.uasvision.com/2024/02/22/elbit-systems-launches-hermes-650-spark/>.
- [15] UAS Vision. Iran unveils shahed-149 gaza combat UAV

- at DIMDEX 2024 [EB/OL]. 2024-03-06. <https://www.uasvision.com/2024/03/06/iran-unveils-shahed-149-gaza-combat-UAV-at-dimdex-2024/>.
- [16] Army Recognition. UMEX 2024: Turkiye's Baykar unveils Bayraktar TB3 UAV signaling stronger ties with UAE [EB/OL]. 2024-01-23. https://www.armyrecognition.com/defense_news_january_2024_global_security_army_industry/umex_2024_turkiye_s_baykar_unveils_bayraktar_tb3_uav_signaling_stronger_ties_with_uae.html#google_vignette.
- [17] UAS Vision. Successful maiden flight for India's first UCAV [EB/OL]. 2024-09-11. <https://www.uasvision.com/2024/09/11/successful-maiden-flight-for-indias-first-ucav/>.
- [18] Shephard. Skydio launches AI-powered X10D small reconnaissance UAV [EB/OL]. 2024-01-17. <https://www.shephardmedia.com/news/air-warfare/skydio-launches-ai-powered-x10d-small-reconnaissance-uav/>.
- [19] Army Recognition. Overwatch Group and Pterodynamics exhibit first UK transwing vertical take-off and landing aircraft system [EB/OL]. 2024-07-24. <https://armyrecognition.com/news/aerospace-news/2024/overwatch-group-and-pterodynamics-exhibit-first-uk-transwing-vertical-take-off-and-landing-aircraft-system>.
- [20] UAS Vision. Helsing's AI-enabled HX-2 Kamikaze UAVs headed for Ukraine [EB/OL]. 2024-12-04. <https://www.uasvision.com/2024/12/04/helsings-ai-enabled-hx-2-kamikaze-UAVs-headed-for-ukraine/#more-104295>.
- [21] Defense Scoop. Aurora Flight Sciences begins manufacturing X-65 UAV for DARPA [EB/OL]. 2024-01-03. <https://defensescoop.com/2024/01/03/darpa-crane-x65-aurora-flight-sciences-phase-3/>.
- [22] Skydweller. Skydweller Aero completes world's first successful unmanned/uncrewed flight of large scale solar-powered aircraft in the United States [EB/OL]. 2024-04-04. <https://www.skydweller.aero/news/skydweller-aero-completes-worlds-first-successful-unmanned-uncrewed-flight-of-large-scale-solar-powered-aircraft-in-the-united-states/>.
- [23] Northrop Grumman. Northrop Grumman builds next-generation hybrid electric uncrewed X-plane for DARPA [EB/OL]. 2024-07-10. <https://news.northropgrumman.com/news/releases/northrop-grumman-builds-next-generation-hybrid-electric-uncrewed-x-plane-for-darpa>.
- [24] Aerospace Testing international. BAE systems' phasa 35 UAV completes stratospheric test flights [EB/OL]. 2024-12-19. <https://www.aerospacetestinginternational.com/news/UAVs-air-taxis/bae-systems-phasas-35-UAV-completes-stratospheric-test-flights.html>.
- [25] Interesting Engineering. US Navy to get its first solar-electric 'pseudo-satellite' VTOL UAV [EB/OL]. 2024-04-08. <https://interestingengineering.com/military/us-navy-solar-electric-UAV>.
- [26] Army Recognition. Breaking News: Turkish Air Force to receive first operational Anka-3 stealth unmanned combat aerial vehicle [EB/OL]. 2024-12-27. <https://www.armyrecognition.com/news/aerospace-news/2024/breaking-news-turkish-air-force-to-receive-first-operational-anka-3-stealth-unmanned-combat-aerial-vehicle>.
- [27] Defense News. Pentagon's Replicator effort will focus on software next [EB/OL]. 2024-02-16. <https://www.defensenews.com/unmanned/2024/02/15/pentagons-replicator-effort-will-focus-on-software-next/>.
- [28] Military Leak. The first Royal Australian Air Force MQ-4C triton arrives at RAAF base Tindal [EB/OL]. 2024-06-18. <https://militaryleak.com/2024/06/18/the-first-royal-australian-air-force-mq-4c-triton-arrives-at-raaf-base-tindal/>.
- [29] DARPA. ACE program achieves world first for AI in aerospace [EB/OL]. 2024-04-17. <https://www.darpa.mil/news-events/2024-04-17>.
- [30] The Defense Post. General Atomics Gray Eagle 25M completes maiden flight [EB/OL]. 2024-01-29. <https://www.thedefensepost.com/2024/01/29/us-gray-eagle-25m-maiden-flight/>.