

# 2024年军用无人机动力进展

## Progress of Military UAV Engine in 2024

■ 谭米 刘英杰 / 中国航空发动机研究院

2024年，局部冲突陷入僵持阶段，无人机仍旧是战场的主角之一。各无人机强国正在基于自身实际需求，发展适用的军用无人机和动力。

无人机在军事领域的重要性于2024年进一步提升，在作战、侦察、运输等多个方向蓬勃发展，同时，基于自身实际需求，不同的国家和地区的无人机发展路线呈现出较大的差异性。在无人机动力方面，传统的燃气涡轮发动机与活塞式发动机仍旧占据重要地位，电推进、混合电推进等新能源应用场景不断扩展，值得重点关注。

### 作战类无人机及动力

作战类无人机在2024年呈现多元化发展的趋势。美国空军大力推进协同作战飞机（CCA）项目，旨在发展能与F-35、下一代空中优势（NGAD）战斗机协同作战的低成本无人作战飞机，发动机推力不超过40kN，具体选择尚未明确；欧洲空客、达索等公司先后推出了“台风”“阵风”战斗机的无人忠诚僚机概念，但尚未获得军方立项，动力倾向于选用成熟的小涵道比军用涡扇发动机，推力较CCA动力更大；印度、土耳其正雄心勃勃地发展本土无人作战飞机（UCAV）与配套动力，摆脱对国外动力的依赖。

#### 美国协同作战飞机及其动力进展

2024年4月，美国空军授予通



XQ-67无人机（上）和Fury无人机（下）

用原子航空系统公司和安杜里尔两家公司CCA项目增量1合同，以进行样机的详细设计、制造和测试。CCA增量1合同可能将侧重于增加空战前沿可用的武器数量，任务可能包括诱敌、干扰以及压制敌方防空（SEAD）。通用原子航空系统公司的CCA设计主要基于其XQ-67无

人机，该无人机是在美国空军机外传感站（OBSS）项目下开发的，在短短2年多的时间内完成了设计、制造、地面测试和飞行，于2024年2月首飞。XQ-67采用了架构底盘设计思想，即使用高度通用的物理架构进行高度模块化设计，可实现敏捷制造。安杜里尔公司的CCA设

计源于其“狂怒”(Fury)无人机。Fufy无人机主要由碳纤维制成,注重短距起降能力,最大起飞质量为2268kg,最大飞行高度为15240m,最大飞行速度达马赫数( $Ma$ )0.95,由FJ44-4M涡扇发动机提供动力,由于在全球范围内拥有广泛的供应链和维护基础设施,大大降低了制造和维护成本。

2024年9月,相关专家表示,CCA当前的采购基线价格为2600美元每千克,未来可能会低于2000美元每千克。美国空军早期设定的CCA的采购单价是F-35战斗机的1/4~1/3,即2050万~2750万美元之间。2024年11月,两家公司都通过了关键设计评审。美国空军计划2025年开展CCA飞行测试,2026财年做出生产决策,2028年将首批CCA投入使用,2035年实现1000架CCA部署。美国空军在2025财年预算申请中为CCA申请了5.771亿美元,到2029年计划在CCA上共投入89亿美元。

在动力选取方面,2023年9月,美国俄亥俄州赖特·帕特森空军基地的空军生命周期管理中心(AFLCMC)发布了一份与CCA相关的非机密信息征询(RFI),提出其感兴趣的发动机特性包括13.3~35.6kN推力级发动机,其对任何可能满足其需求的“现成的、改进的、衍生的和新的发动机设计”均感兴趣。2024年7月,GE航空航天公司宣布与克雷托斯(Kratos)公司合作开发低成本涡扇发动机GEK800,推力3.6~13.3kN,较传统的载人飞机动力具有更低的寿命与维护需求,可扩展推力用于CCA。

### 欧洲忠诚僚机及其动力进展

2024年6月,空客公司推出一



罗罗公司无人忠诚僚机动力模型

种新型隐身无人僚机概念Wingman。该机采用小展弦比飞翼气动布局以及腹部无边界层隔板超声速进气道(DSI),起飞质量为10t,翼展为12m。空客公司表示,该机是空战型无人僚机,可由欧洲“台风”战斗机等有人机进行空中指挥。该无人僚机动力可能采用1台EJ200涡扇发动机,中间推力60kN,加力推力90kN。EJ200由欧洲四国(英国、德国、意大利和西班牙)联合研制,用于欧洲“台风”战斗机。

2024年10月,法国达索公司公布了新型无人作战飞机的计划,作为即将推出的“阵风”战斗机的无人僚机,未来有望辅助“阵风”执行核打击任务。达索公司目前尚未公布该机型具体的外观形态和尺寸等信息,但透露将利用其开发“神经元”无人机项目时积累的技术经验。“神经元”项目在2003年由达索公司牵头启动研发,于2012年进行了首飞,已完成部分与有人战斗机协同的测试。“神经元”无人机配装1台阿杜尔MK951小涵道比涡扇发动机,该发动机是由罗罗公司为“鹰”(Hawk)

式教练机研制,最大推力40kN。

2024年6月,罗罗公司在柏林国际航空航天展会上宣布其德国子公司和西班牙ITP Aero公司将联合研发一型新发动机,旨在配装未来10t级以上的无人忠诚僚机。这是首款专门面向无人忠诚僚机研制的发动机,预计在21世纪30年代初期投入使用。发动机将基于罗罗公司Advance2先进核心机,可以重复使用90%的现有技术,只需对低压部件等进行修改,极大提高研发效率,可在6年内完成取证。

### 印度、土耳其无人作战飞机及其动力进展

2024年11月,印度Ghatak隐身UCAV完成全尺寸模型建造,预计将于2028年进行早期试飞,21世纪30年代后期交付印度空军。Ghatak飞机由印度国防研究与发展组织(DRDO)以及印度航空发展机构(ADE)合作牵头研制,质量约为13t,可执行精确打击、压制敌方防空和长航时侦察任务。Ghatak飞机采用推力48kN的干式“卡佛里”(Dry Kaveri)发动机作为动力,发动机目前正由DRDO



印度 Ghatak 无人作战飞机及其动力干式“卡佛里”涡扇发动机

下属的燃气涡轮研究院 (GTRE) 研制。干式“卡佛里”发动机与其原型机具有75%的相似性,其关键创新之一是采用新型高抗畸变风扇,能够在复杂飞行条件下保持稳定性能。干式“卡佛里”发动机将于2025年在格罗莫夫飞行试验研究院 (GFRI) 的伊尔-76飞机上进行飞行试验。

2024年12月,印度斯坦航空有限公司 (HAL) 进行了其空中作战编队系统 (CATS) Warrior UCAV 全尺寸验证机的发动机地面试验。

该无人机起飞质量为5t,作战半径为300km,飞行高度为10973 ~ 12192m,续航时长2h。无人机动力为2台PTAE-7W 涡喷发动机,是DRDO为Lakshya无人靶机开发的3.7kN PTAE-7 涡喷发动机的升级版。CATS-Warrior 目标单价低于500万美元,可满足印度空军低成本需求。

2024年5月,土耳其航空航天工业公司表示,土耳其的ANKA-3 UCAV未来将配备2台土耳其航空发动机工业公司 (TEI) 的TF10000 涡扇发动机实现超声速飞行。ANKA-3

UCAV可以执行情报、监视和侦察 (ISR)、精确打击、电子战等任务。第一架原型机于2023年12月首飞,当前配备1台AI-322 涡扇发动机,最大起飞质量为6.5t,最大飞行速度为Ma0.7。TF10000 涡扇发动机还处于研制阶段,中间推力为26.7kN,加力推力为44.5kN。

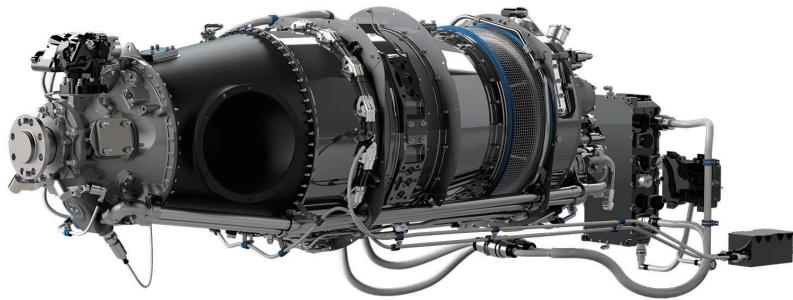
2024年9月25日,土耳其拜卡 (Baykar) 公司宣布,其“红苹果” (Kizilelma) UCAV的生产样机在科鲁进行了首次飞行。Kizilelma 无人机设计有3个版本:亚声速Kizilelma-A、单发超声速Kizilelma-B和双发超声速Kizilelma-C。其中,Kizilelma-A 动力为1台AI-25 TLT 涡扇发动机,推力16.9kN;Kizilelma-B与Kizilelma-C1均采用AI-322F 涡扇发动机作为动力,中间推力为24.5kN,加力推力为44kN。Kizilelma-A最大起飞质量为6t,最大飞行速度为Ma0.9,作战半径为950km。



土耳其 TF10000 涡扇发动机

### 察打一体无人机及动力

近年实战证明,缺乏隐身能力的中小型察打一体无人机在高烈度作战环境下生存能力较差,更适用于日常侦察、反恐、低烈度环境下的精确打击以及战场清扫等任务场景。



MQ-9B “天空卫士” 无人机与PT6E 涡桨发动机

2024年，美国更注重对现有察打一体无人机如MQ-9、MQ-1C等进行现代化升级，通过换装性能更优的发动机提高续航能力并减少维护成本；欧洲对于发展可携带远程导弹的大型察打无人机更感兴趣，动力选用1000kW级的涡桨发动机；土耳其发展舰载察打一体无人机并装备无人机航母，动力选用国产活塞式发动机。

### 美国察打一体无人机及动力进展

2024年5月，通用原子航空系统公司完成了其新型149kW重油发动机HFE2.0的耐久性试验。该发动机采用了新设计的齿轮箱和双无刷发电机，使得发动机和所有辅助部件的计划大修间隔期达到2500h，大幅增加了免维护运行时间。试验包括模拟1250次全功率起飞和爬升到高巡航高度的条件，以及在发电机的最大负载条件下超过200h的巡航。美国陆军正在考虑用HFE2.0发动机替换“灰鹰”增程（GE ER）无人机的现有动力。HFE2.0还将用于经过现代化升级的“灰鹰”25M（GE 25M）无人机系统，旨在支持未来的多域作战（MDO）任务。

2024年7月，通用原子航空系统公司的MQ-9B“天空卫士”（SkyGuardian）无人机换装新发动机成功首飞，采

用普惠加拿大公司的PT6E涡桨发动机替换原有的TPE331-10涡桨发动机。PT6E发动机最大连续功率为895kW，比TPE331-10发动机高20%，且配备高度成熟的双通道全权限数字式电子控制（FADEC）系统，其大修间隔达到5000h，可减少40%的维护需求。

### 欧洲察打一体无人机及动力进展

2024年4月，法国Turgis&Gaillard公司宣布其中空长航时察打一体无人机验证机Aarok成功进行发动机测试。Aarok由1台895kW的PT6E涡桨发动机和1个五叶螺旋桨驱动，最大起飞质量为5.5t，翼展为22m，尺寸比MQ-9无人机大。与MQ-9相比，Aarok的竞争优势在于可以发射射程35km的导弹，以避免某些防空系统，提高生存能力。Aarok续航时间在满载情况下可达24h，对于纯情报（ISTAR）任务可延长至30h。

2024年5月，欧洲军用无人机项目Eurodrone取得重要里程碑，完成了原定在2023年年底进行的初步设计审查（PDR）工作。后续，该项目将继续进行关键设计审查（CDR）。配装GE航空航天公司“催化剂”（Catalyst）涡桨发动机的原型机预计将于2027年首飞，2030年开

始交付。2024年7月，GE航空航天公司表示“催化剂”发动机已经完成19项关键的发动机级测试，只剩耐久性、振动、叶片脱落和压气机可操作性这4项测试未完成，发动机将于2025年获得FAA认证。

### 土耳其察打一体无人机及动力进展

2024年11月，土耳其无人机制造商拜卡公司宣布，TB3无人机成功完成在海军旗舰“阿纳多卢”号上的起降测试，成为全球首款能够在短甲板舰船上实现自主起降的武装无人机。在本次测试中，TB3无人机从“阿纳多卢”号12°倾斜的甲板起飞，完成46min的飞行后，在未借助任何辅助设备的情况下成功着舰，充分验证了TB3的舰载作战能力。TB3配备土耳其国产TEI PD-170活塞式发动机，功率为128kW，具有两级串联涡轮增压系统，可以使用JP-8或Jet-A1燃料运行。

### ISR无人机及动力

2024年ISR无人机的发展呈现出需求更细化、动力更多元的趋势。战术级别的ISR无人机需要具备垂直起降能力，以适应多域作战需求；战略级别的ISR无人机需要具备更长



德事隆 MK4.8HQ “航空探测仪” 无人机和格里芬 Valiant 无人机

的续航能力以及隐身能力，在进行侦察的同时可以充当通信中继节点。在动力的选取方面，除了传统的活塞式发动机与燃气涡轮发动机，混合电推进也越来越受到重视。

2024年4月，美国格里芬公司和德事隆公司获准进入美国陆军未来战术无人驾驶航空系统（FTUAS）项目飞行演示阶段，旨在为美国陆军地面部队提供新一代监视、侦察和目标信息获取的无人机，以替代现役的RQ-7B无人机。RQ-7B无人机需要弹射器才能发射，而FTUAS项目则要求无人机具备垂直起降能力。2024年12月，德事隆公司的MK4.8HQ“航空探测仪”无人机被美国陆军接收。该无人机采用混合四旋翼设计，由莱康明公司3kW的EL-005重油活塞式发动机提供动力，通过4个垂直方向的螺旋桨产生垂直升力，还有1个后置水平方向螺旋桨用于推动飞行。格里芬公司的Valiant无人机仍处于演示阶段，采用混合电推进系统提供动力，包括4个电动机驱动的倾转螺旋桨、重油活塞式发动机以及电池等。2个前螺旋桨承担70%的悬停升力，后螺旋桨承担30%。前飞时，前螺旋桨收

回并向后折叠，由后螺旋桨提供推力。

2024年5月，美国空军称其长航时无人侦察机（ULTRA）已经在阿联酋的美军基地投入使用。该无人机是一种低成本、超长续航的ISR平台，由美国空军研究实验室（AFRL）下辖的快速创新中心（CRI）与美国DZYNE公司合作研发，能够在携带180kg有效载荷的前提下连续飞行80h，相比之下，MQ-9无人机续航时间为27h。AFRL称该无人机特别适合在太平洋战区执行ISR，同时还能够作为数据链的中继节点，拓展其他武器装备的通信范围。ULTRA无人机源于Stemme S12动力滑翔机，并经过涡轮增压器改装以适应高空飞行，该无人机具有一对超长的平直机翼，且带有翼梢小翼，还有可收放式起落架。

2024年6月，美国国防预先研究计划局（DARPA）对外发布消息，将基于系列混合电推进AiRcraft演示验证（SHEPARD）项目研制的混合电推进无人机正式命名为XRQ-73。根据其代号“RQ”推测，该无人机极有可能用于执行长航时ISR任务。XRQ-73定位为第三级无人

机系统，质量约为567kg。根据美国军方的定义，第三级无人机的质量为25~600kg，飞行高度为1066~5486m，最高速度为185~463km/h。XRQ-73借鉴了之前在超静音、高效XRQ-72A无人机上的工作成果。XRQ-72A的机身前部有2个多段式进气口，部分进气口将空气输送至2台发电机，然后这些发电机为安装在中央机身后顶部的4个涵道风扇推进器提供电力，混合电推进设计有助于降低红外特征和噪声，实现隐身侦察。

## 运输类无人机及动力

与传统有人运输机以及直升机相比，无人运输机成本低、使用灵活，可有效解决“最后一公里”运输等现实难题。2024年美国和俄罗斯的军用运输类无人机发展势头强劲：美国各军种以及DARPA等官方机构纷纷提出了定制化的无人货运发展需求，俄罗斯基于实战需求加快推进1t级短距/垂直起降无人运输机。在动力的选择方面，美国更注重低成本，倾向于使用具有性价比的现有产品，并对混合电推进、氢动力等新能源持开放态度，俄罗斯热衷于

发展混合电推进动力，加快推进技术应用。

### 美国运输类无人机及动力

2024年4月，美国海军与内华达山脉（Sierra Nevada）公司讨论将该公司纳入蓝水海上后勤无人系统项目。该项目旨在解决美国海军面临的经济灵活地运送轻型货物的问题，即质量23kg的零件和物资，运送距离370~740km。这是因为90%的舰船间运输部件质量不到23kg，但美国海军通常使用大型飞机来运送此类部件，每飞行小时成本高达数千美元，且还受到机组人员和天气的限制。内华达山脉公司可能会提供Voly 50无人机。Voly 50当前使用汽油活塞式发动机，未来的版本将允许客户选择重油（JP5/JP8/煤油）燃料。

2024年9月，美国皮亚塞基（Piasecki）飞机公司研发的倾转涵道风扇垂直起降无人机完成首飞，其部分研发资金由美空军敏捷创新机构（AFWERX）提供。首飞分两部分进行：首先是倾转涵道风扇无人机单独飞行，实现1min的空中悬

停，然后是在该无人机下方安装了美国陆军的机动多任务舱（M4），再次实现1min的空中悬停。该无人机的动力系统是由2台涡轮发动机驱动1个组合齿轮箱，进而驱动涵道风扇，未来还可能演示由氢燃料电池驱动的版本。

2024年9月，DARPA战术技术办公室（TTO）发布信息征询书，希望能够利用当前的现有商用发动机和传动系统，满足美军对于未来高性价比短程重载无人机的需求。发布的通告描述了无人机的典型任务场景：从基地起飞后，飞行至载荷位置，在负载31.7t有效载荷后，以152m高度飞行40km，分离有效载荷，再飞行40km返回基地。通告中要求使用高性价比的现有动力组件，但对具体的动力形式持开放态度，传统燃油发动机、电动机、混合动力都是可能的选项。

### 俄罗斯运输类无人机及动力

2024年2月，俄罗斯超短距起降重型运输无人机“游击队员”进行了首次载人飞行试验。“游击队员”配备了功率820kW的霍尼韦尔

公司TPE331-12UAN涡桨发动机，载重1t，航程可达1000km，可以在有人和无人两种模式下在尺寸为50m×50m的非预设场地起降。俄罗斯正在加快推进动力国产化，西伯利亚航空研究院表示将开发多种基于活塞式和涡喷发动机的混合电推进系统，于2025年推出性能极佳的自产混合电推进系统配装该无人机。此外，克里莫夫公司的VK-650涡桨发动机也有可能被用于该机。

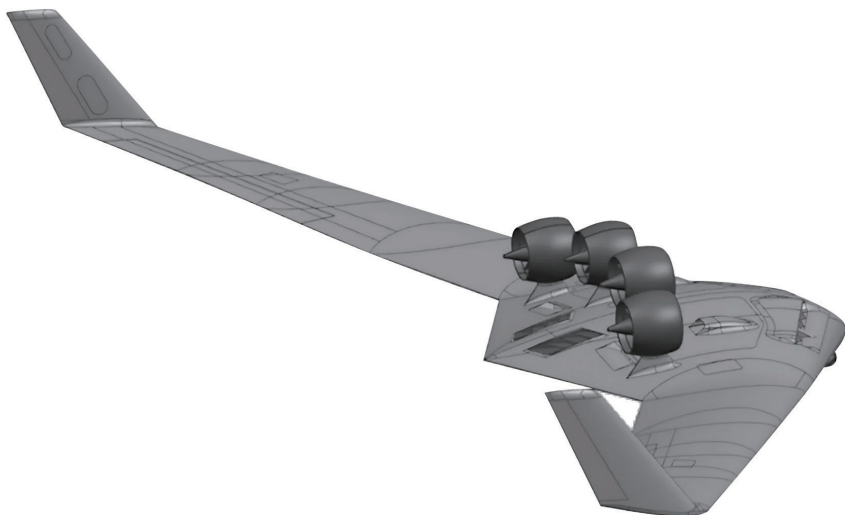
2024年7月，俄罗斯苏霍伊设计局在用于在机场外部部署的无人运输系统项目框架内，发布了S-76垂直起降无人运输机概念，同时公布了其原型机测试画面。S-76无人运输机采用固定翼机身结构，配备混合动力系统，搭载电动升力推进装置和活塞式发动机。起飞质量为1.5t，巡航速度可达180km/h，最高升限为4000m，最大航程超过1000km。

## 结束语

2024年，虽然局部冲突的战场上出现的无人飞行器主要以第一人称视角（FPV）无人机、民用旋翼无人机、无人巡飞弹等廉价小型装备为主，但是各无人机强国并没有减少对于大型高端无人机的研发投入。受国际局势和地缘政治等因素影响，土耳其、印度、俄罗斯等国都在加快推进无人机动力自主保障。而对美国而言，无人机动力关注的重点是低成本以及供应链的韧性。未来，随着无人机作战方式不断进化，装备所占比重不断提升，无人机动力有望迎来井喷式发展。

**航空动力**

（谭米，中国航空发动机研究院，工程师，主要从事航空发动机科技情报研究）



XRQ-72A混合电推进无人机概念图