

# 敏捷至上项目推动eVTOL技术发展

## Agility Prime Project Promotes the Development of eVTOL

■ 谭米 / 中国航发研究院

电动垂直起降 (eVTOL) 飞行器在城市空中交通 (UAM) 等短距离商用运输场景下具有巨大的发展潜力, 同时又可较好地适用于特种作战、救援搜索和短距运输等军事任务。在商用技术与军事任务需求的双重推动下, 美国空军于2020年2月启动了敏捷至上 (Agility Prime) 项目, 探索eVTOL飞行器在军事领域的应用前景。

美国空军敏捷至上项目于2023年4月25日向eVTOL制造商乔比 (Joby) 公司授予了总额5500万美元的9架S4飞机采购合同, 首批2架S4飞机将于2024年3月前交付。这是敏捷至上项目首次签署采购合同, 意味着eVTOL在军用领域获得重大进展。项目涉及的S4飞机预计将于2024年完成飞行器适航审定, 2025年年初具备规模化应用的水平。



乔比公司的S4电动垂直起降飞行器

### 项目特点

敏捷至上项目旨在开展军民合作, 在美国联邦航空局 (FAA) 适航审定程序之前, 通过军方先行测试, 推动eVTOL相关技术与应用, 项目的核心是竞争性的演示验证活动。美国空军为参与方提供资金和包括电磁干扰实验室、风洞、试飞空域和声学实验室等在内的基础设施资源, 支持其开展多种环境条件、任务场景下的飞行演示验证; 基于参与方飞行测试表现, 进而评估后续是否授予采办合同。除了空军之外, 还有美国海军陆战队、海岸警卫队、海军试飞员学校和其他政府机构也对该项目进行支持。

项目由美国空军下属的创新部门AFWerx负责运营和监管。AFWerx

成立于2017年, 旨在以开放式、非传统途径聚合创意和创新, 促进民用市场了解和参与军方项目, 推动新兴技术的成熟和在军事领域的应用。从项目启动到签订第一份采购合同, 敏捷至上项目只用了3年时间, 这离不开管理方AFWerx在管理模式上的创新。项目进展中, AFWerx只主导测试工作, 将飞行器研发流程释放至工业界, 通过“简政放权”最大程度激发参与者的主观能动性。项目给予企业的扶持资金是无偿投资, 既不稀释股权, 也不干涉企业经营, 有利于企业进一步融资。此外, AFWerx还积极促进人才、基础设施等要素的流通, 简化采办流程, 有效地提高企业创新效率, 加快了成果的转化。

### 应用场景及技术需求

敏捷至上项目将军用eVTOL飞行器命名为“适应性保障飞行器”(ORB), 应满足的技术要求主要包括5个方面: 一是机械结构较传统垂直起降飞行器简化, 从而降低维护成本和研制周期; 二是应用自主飞行技术, 提高安全性、降低人员操作需求; 三是经济性, 可批量生产应用; 四是低排放、低噪声; 五是灵活、敏捷, 减少对基础设施的依赖。

项目应用场景(AIO)可分为3类, 场景与相应技术指标需求具体见表1。

### 项目进展

截止目前, 敏捷至上项目的参研机构将近300家, 涵盖企业、科研机构、院校和其他的一些非政府组织(NGO)

表1 场景与相应技术指标需求

应用场景	有效商业载荷	航程/km	飞行速度/(km/h)	航时/min
AIO1 (大型载人)	3 ~ 8人	> 161	> 161	> 60
AIO2 (小型载人)	1 ~ 2人或同质量货物	> 16	> 72	> 15
AIO3 (载货)	> 230kg 最大起飞重量 > 600kg	> 322	> 161	> 100

等；项目授出的合同金额累计超过2亿美元，撬动了110亿美元的市场投资金额，发挥出巨大的杠杆效应。

从2021年开始，敏捷至上项目通过小企业创新研究（SBIR）基金和小企业技术转让（STTR）基金向超过250家小企业与高等院校广泛授予小型合同，开启了一种通过小企业合同探索创新的新模式。这些合同旨在发展eVTOL的关键设计技术，包括：高敏感的态势感知与空中避障技术、高精度的智能驾驶技术、高韧性的航路规划设计技术、低噪声紧凑型混合推进技术和低成本材料制造技术等。

此外，项目还向15家整机制造商授予23份研发合同。目前，3个应用场景均已有的产品项目，推进方式包括全电推进、混合动力与氢能源。在所有产品项目中，美国乔比公司的S4飞机进展最快。S4是一型5座推力矢量电动飞机，最大飞行速度320km/h，航程240km。2023年2月，乔比公司宣布进入原型机总装阶段，预计2023年上半年开始飞行测试，2024年取得FAA适航证。

## 项目关键挑战分析

### 推进技术有待完善

eVTOL普遍采用分布式电推进（DEP）技术。小型分布式电推进飞机所需的电池、电机、电力电子与系统控制技术相对成熟，需加强对高能量密度电池、高效高功率密度

电机和功率变换器等技术的研究；中大型分布式电推进飞机需要兆瓦级电机和功率变换器，适合采用混合电推进系统。为此，敏捷至上项目与Elroy Air和Verdego等公司合作开发了微型涡轮发电机。同时，项目还在关注用于混电推进的储能系统、能量管理系统、热管理系统和一体化控制技术等。

### 综合性能亟需提升

传统机型的很大一部分费用是运营和维护成本，美国政府希望eVTOL的运维成本有所下降，为此于2022年10月专门发布针对于eVTOL飞机运营成本效益的信息征询书（RFI）。与此同时，美空军表示敏捷至上项目的采购型号与商用版本完全一致，而军事任务的环境条件与城市存在显著差异，需要考虑结冰防护等多种问题，这就对飞机的环境适应性提出了更高要求。因此，项目参与者需要在保证产品安全性的同时，着力提升可靠性和经济性，以满足军民两用需求。

### 适航认定尚未成熟

敏捷至上项目规定军方作为启动用户，可以在未取证的情况下先行试用飞行器，但企业必须说明其适航审定计划。目前，FAA所受理的eVTOL飞机取证工作中，不同制造商（如阿彻（Archer）和乔比公司）产品的设计特征差别较大，且诸如自主飞行、分布式电推进和高

压能源存储等新技术特征更是超越了现有规章规定的范畴。鉴于此，FAA选择了一事一议的方式，以签发会议纪要的形式同申请人确定各项审定基础和符合性方法。FAA对于eVTOL的认证分为5个阶段，目前进度最快的乔比公司已完成第三阶段的大部分工作，向FAA提交了11份局部特定认证计划（ASCP）（总数13份）。但总的来看，后续认证过程仍存在许多不确定性，可能对项目的进度造成影响。

## 结束语

eVTOL是典型的技术密集型产品，是电动航空技术、无人驾驶、人工智能、信息通信等相关领域的跨界技术融合，具有较高的基础科研和工程应用价值。敏捷至上项目之所以立项，一方面是因为eVTOL已具有一定的技术基础与较为明朗的军民两用应用前景；另一方面在于eVTOL的参与者多为初创企业，这些企业更需要政府和军方提供技术、政策与资金方面的支持，以降低生存风险。事实上，民营企业尤其是初创企业创新意向强烈，市场嗅觉灵敏，但容易陷入无序发展，恶性竞争的困境。军方挑选具有前瞻性、可行性的项目开展军民合作，进行适当的引导和支持，既能够推动技术在军用领域的应用，又能够促进行业良性发展，可谓一举两得。在此基础上，创新组织管理模式，构建以创新型企业为内核的更加开放的创新生态系统，能够有力推动军民融合深度发展。

**航空动力**

（谭米，中国航发研究院，工程师，主要从事航空发动机科技情报研究工作）