

# 美国陆军未来远程攻击机项目及其动力选型进展

## The Progress of FLRAA and the Powerplant Selection

肖蔓 / 中国航发动研所

未来远程攻击机 (FLRAA) 将为美国陆军及海军陆战队提供一种具有更大的速度、航程、生存能力和机动性的军用飞机，能在不断变化的作战环境中保持对敌优势。

未来远程攻击机 (FLRAA) 是美国未来垂直起降飞行器 (FVL) 计划的一部分。FVL 计划于 2009 年启动，目标是为美国武装部队开发具有侦察、突击和运输等功能的一系列先进军用旋翼机，以满足各军种的不同作战需求。FLRAA 是 FVL 框架下的中型直升机平台项目，预计于 2030 年部署，以取代 20 世纪六七十年代研发的“黑鹰”直升机，在未来几十年内为美国陆军提供作战能力，同时也将用于特种作战部队和海军。目前，贝尔公司的 V-280 “勇士” (Valor) 倾转旋翼机和西科斯基-波音团队研制的“无畏” X (Defiant

X) 复合直升机正为 FLRAA 项目原型机研制合同展开激烈竞争，2022 年第三季度将公布 FLRAA 项目原型机竞争结果，所选定的动力装置将随 FLRAA 原型机进入工程与制造阶段。

### FLRAA 项目进展

2019 年 4 月，美国陆军发布信息征询书以识别对 FLRAA 项目感兴趣的制造商，并特别要求工业界提供定制、替代或创新方法的详细描述，以简化采购过程，尽可能加快项目进度，同时希望 FLRAA 至少有 95% 最大功率提升，以保证 50 年的使用寿命。

2020 年 3 月，FLRAA 项目进入竞争性演示和风险降低 (CD&RR) 阶段，美国陆军航空项目执行办公室将 CD&RR 协议授予贝尔公司和西科斯基-波音团队，目的是将该项目从联合多任务技术演示 (JMR-TD) 过渡到未来远程攻击机武器系统设计，并降低任务系统集成工作的风险，将政府研究与行业合作伙伴的投入相结合，为 FLRAA 武器系统的未来研发和采购提供信息。从技术验证机到竞争原型机，CD&RR 阶段将历时两年，计划在 2022 年宣布竞争结果。

2021 年 7 月，美国陆军对入围的 FLRAA 竞争者 (贝尔公司和



V-280 “勇士” 倾转旋翼机和 “无畏” X 复合直升机

里程碑	年份						
	2017	2019	2021	2023	2025	2027	2029
装备研发决定 可用方案分析	[Progress bar from 2017 to 2019]						
系统技术要求开发 项目文件和合同要求	[Progress bar from 2019 to 2021]						
架构定义和风险降低	[Progress bar from 2019 to 2025]						
竞争验证和风险降低	[Progress bar from 2021 to 2023]						
邀标书发布 标书准备	[Progress bar from 2021 to 2022]						
来源选购评估 合同授予	[Progress bar from 2021 to 2022]						
虚拟原型机 初步设计和详细设计	[Progress bar from 2023 to 2025]						
原型机制造	[Progress bar from 2023 to 2025]						
原型机交付	[Progress bar from 2025 to 2027]						
飞行试验	[Progress bar from 2023 to 2029]						

FLRAA项目进度计划

西科斯基-波音团队)发布招标书(RFP),提出了交付FLRAA的3个阶段要求:虚拟原型机工作和初步设计评审;关键设计评审和制造6架原型机;制造两架有限用户评估原型机,交付8架小批量生产型飞机。招标书还为承包商制订了详细的激励计划,以更快地交付原型机并通过测试和评估。如果能够超额完成功率增长要求和外部加载有效载荷要求也可予以奖励。同时,美国陆军表示,项目招标书也支持FLRAA的收购战略,并最大限度地促进竞争以提高经济效益和创新。

美国陆军计划在2022财年第三季度评估两个竞争团队的项目建议书,届时将向一家投标公司授予制造FLRAA原型机工程与制造合同。从合同授予之时开始到2024财年第一季度进入虚拟原型机阶段,该阶段将与初步设计和详细设计同步推进。选定的承包商将在2023财年第三季度开始制造原型机。

### FLRAA项目备选原型机

美国陆军主要在5个方面对FLRAA项目提出了指标要求,包括飞行速度、作战半径和航程、载荷能力、作战环境以及寿命和成本,其中特别强调了飞行速度的大幅度提升。美国军方要求FLRAA成本不超过3000万美元,运输型FLRAA可安装内置枪炮,攻击型FLRAA可安装更多武器,最终胜出的设计还能执行空中攻击、海上拦截、医疗运送、人道主义援助和战术补给等多重任务。

目前正展开激烈竞争的备选原型机是贝尔公司V-280“勇士”和西科斯基-波音团队的“无畏”X,两种机型采用了完全不同的技术途径。

### 贝尔V-280“勇士”倾转旋翼机

贝尔V-280“勇士”是贝尔公司研制的第三代倾转旋翼机,主要用于执行空中突袭、特别行动、攻击、医疗后送和通用运输等任务。倾转旋翼机是一种介于直升机和普通飞机之间的新机型,既有直升机的垂直升降能力,又拥有固定翼飞机的飞行速度较高、航程较远及油耗较低的优点。V-280最先是为FVL计划研发,是联合多任务技术验证机项目的竞标方案之一。2017年,V-280首飞,并实现低空悬停;2021年,贝尔公司重新设计了V-280原型机,显著增加了功率输出。目前,V-280原型机已累计运行90h,完成了地面系留试验、悬停系留试验和悬停机动试飞。

V-280倾转旋翼机的速度是传统垂直起降直升机的两倍,在V-22“鱼鹰”倾转旋翼机技术优势的基础上,增加了美国陆军所需要的实战应用性。与V-22的不同之处

表1 FLRAA要求和设计目标

参数	需求来源	陆军		美国海军陆战队	
		门槛值	理想值	门槛值	理想值
飞行速度/(km/h)		460	520	509 ~ 565	546 ~ 611
无空中加油作战半径/km		370	560	676	830
空中加油作战半径/km		3195	4520	—	—
航程/km		3200	4520	—	—
运载能力		12人或有效载荷1800kg(内部)4500kg(外挂)	12人或有效载荷1800kg(内部)6000kg(外挂)	8人或有效载荷2000kg(内部)	8人或有效载荷2400kg(内部)

是，V-280配备了倾斜变速箱，其螺旋桨传动轴可以变换角度，当旋翼和传动轴倾斜时，主翼不旋转，发动机可保持在原位；一个驱动轴穿过直翼，在发动机出现故障时，允许两个螺旋桨旋翼由一台发动机驱动，这样可以减少结构的复杂性。V-280可运载模块化有效载荷，并能在运输与攻击模式间切换；采用了低噪声和低雷达可探测性，噪声比V-22要低，适应未来战场的生存性要求；采用三余度电传飞控系统；旋翼使用单片碳纤维增强聚合物复合材料，在减轻了质量的同时节约了生产成本；机体采用了大量的复合材料。

### “无畏”X复合推进式直升机

“无畏”X是一种共轴刚性双旋翼复合推进式直升机，具有良好的敏捷性和机动性，其飞行距离和速度是“黑鹰”直升机的两倍，可显著提升陆军的空中突击能力。2019年“无畏”X首飞；2021年开展数字作战环境的测试和评估，9月提交竞争FLRAA项目的应标书，10月在飞行测试中达到了457km/h的速度；2021年美国陆军授予西科斯基-波音团队约2.9亿美元合同，用于加速开发用于FLRAA的主要子系统和武器；2022年1月完成原型机飞行演示，3月完成了80%的测试工作。

“无畏”X的前身为SB-1“无畏”技术验证机，SB-1验证机的研发目的是在美国陆军联合多任务项目下验证飞机的操纵品质和转换能力，为美国陆军未来垂直起降项目提供经验。根据验证结果和美国陆军在对样机进行测试后提出的要求，“无畏”X在SB-1验证机的基础上进行了重大升级，包括减少了飞机热

特征，改进了空气动力学，改善了在严峻环境中的稳定性，使用自主飞行控制提高了机动性，在高速飞行的前提下，“无畏”X在最后接近着陆区时更具有机动性，可在低空保持一定时间的悬停。

“无畏”X的主要研发创新包括：采用了已在其他项目中验证的数字孪生和数字设计技术完善虚拟样机，降低了采购成本，能够快速且经济地进行升级；进一步验证模块化开放系统方法，使美国陆军能对“无畏”X不断改进和升级，以满足新需求并把握新机遇；完善驾乘人员的操作与使用细节，维修人员能够在虚拟现实实验室中完成维修保障程序，并与各专业设计师反馈体验，包括易用性、人机工程学以及拆卸零件进行维修等；提高了可靠性、维修性和可用性，相比“黑鹰”直升机，作战效能大幅提升。

## FLRAA项目动力选型 V-280验证机和原型机动力

在联合多任务技术演示阶段，GE公司提供两台T64-GE-419涡轴

发动机为V-280验证机提供动力，并提供后勤、工程、集成和现场飞行测试支持。该发动机功率为3542kW，1995年投入使用。T64发动机开创了一系列影响了几代通用航空发动机的技术创新，为美国海军陆战队、海军重型直升机、短距起降运输机和水陆两栖飞机提供动力。

2021年10月，在美国陆军协会年度防务展上，贝尔公司表示，如果赢得美国陆军FLRAA项目竞标，V-280倾转旋翼机将采用功率更强大的罗罗公司AE1107F发动机以降低长期维护成本。AE1107F发动机功率为5149kW，是V-22“鱼鹰”倾转旋翼机所装配的AE1107C涡轴发动机改进型，在AE系列成熟的核心机基础上发展而来。早在验证机阶段，贝尔公司和罗罗公司合作为V-280开发端到端的发动机集成解决方案，为未来政府采购提供选项。同时，贝尔和罗罗公司团队致力于集成进口粒子分离装置和排气口红外抑制装置的解决方案，以减少环境对推进系统耐久性的影响，并最大限度地提高推进系统的性能和寿命。





### “无畏”X验证机和原型机动力

SB-1验证机配装的是霍尼韦尔公司的两台T55改进型发动机，该发动机采用新技术对压气机进行了改进，提高了可靠性和可用性，降低了油耗，增加了有效载荷和飞行范围，同时提高了飞机的成熟度，减少了维护成本。2019年，改进型发动机配装在SB-1验证机上顺利完成首飞，但试验效果不太理想，西科斯基公司曾透露“无畏”X若采用T55发动机则无法发挥飞机的全部优势。

在此背景下，霍尼韦尔公司与西科斯基-波音团队密切合作，专为“无畏”X推出了HTS7500发动机。霍尼韦尔公司专注于“无畏”X的特定需求，同时还应用了与美国陆军改进涡轮发动机动力（ITEP）合作积累的经验，优化了发动机循环，从而实现了发动机功率和燃烧效率的改进，并降低涡轮温度以提高可靠性；利用多年来与军队维护人员

和波音公司合作的经验积累，将维修性纳入设计中；同时还沿用了成功的民用航空发动机生产线（如HTF7000）。上述措施最大限度地提高了飞机性能，使其100%符合美国陆军规范，与美国陆军已部署的硬件具有通用性，具有最低的采购和全生命周期成本、最低的维护和支撑成本，可满足FLRAA项目的所有要求。

HTS7500借鉴了升级型T55-GA-714C的改进技术，功率达到5600kW，与T55-GA-714A发动机相比提高了42%，同时油耗降低了18%，与其他功率级别相同的发动机相比具有最轻的质量。新发动机配备了现代化的控制系统，提高了操作能力，降低了全生命周期成本，并确保了发动机的健康状态。HTS7500发动机设计精简和高效，减少了零件数，有较低的涡轮温度和采用经过验证的低成本的材料。该发动机便于维护和保障，现场只

需一名维护人员使用美国陆军发动机工具箱104个工具中的19个即可完成维护任务。

### 结束语

在FLRAA项目竞争中，贝尔公司V-280“勇士”倾转旋翼机和西科斯基-波音团队“无畏”X复合推进式直升机始终围绕着FLRAA项目计划、竞争程序和需求指标开展研发，最大限度地利用了预先研究的成果，同时在动力的选择上不断精益求精，以适应未来战争对飞机的需求。FLRAA项目竞争的最终结果将于2022年第三季度揭晓，原型机工程与制造阶段的合同究竟花落谁家，不仅决定了两种原型机的成败，对各自动力型号的发展也将产生深远影响。

航空动力

（肖蔓，中国航发动力研究所，高级工程师，从事航空发动机科技情报工作）