

FARA引领未来军用直升机的发展

FARA Leading the Development of Future Military Helicopters

■ 刘博维 沙绍智 / 中国航发研究院

美国陆军于2018年发起“未来攻击侦察直升机”(FARA)计划,目的是开发贝尔公司OH-58D“基奥瓦”侦察直升机的后继机型,并作为美国陆军“未来垂直起降”(FVL)计划的一部分,也是美国陆军未来多域战(multidomain battle)能力提升的一部分。

FARA计划背景——八仙过海

2017年,美国陆军退役了服役近50年的最后一架OH-58系列侦察直升机,但尚无可替代OH-58D的专用武装侦察直升机,且之前曾2次寻找后继机型的尝试均被取消。之后,美国陆军对AH-64“阿帕奇”做了改型,但其武装侦察能力并不理想,且使用成本较高。为此,在2018年,美国陆军提出FARA计划,开始了第3次寻找OH-58D后继机型的尝试。

2018年6月22日,美国陆军发布“未来攻击侦察直升机-竞争原型机”(FARA-CP)计划公告。该计划旨在设计、制造和测试适应作战环境的技术成熟的直升机。新的攻击侦察直升机将和无人机协同,成为综合防空体系(IADS)的核心部分,在多域战场中提供机动能力。美国陆军希望FARA的巡航速度至少达到180kn,直升机旋翼直径不大于12.2m。

2018年10月3日,美国陆军正式启动FARA原型机竞标工作,并将原型机制造分为4个阶段:第一阶段,计划在2019年6月授出4~6个团队研发合同,并在2020年4月提供初步设计方案;第二阶段,选



贝尔360“不屈”

择两个或更多的初步设计方案进入详细设计阶段,并在2020年11月进行最终设计和风险评估;第三阶段,竞标团队制造原型机,并进行子系统测试,在2022年11月进行首次飞行,之后原型机交付给美国陆军进行性能测试和机动性评估;第四阶段,确定一个竞标方案,开始进入工程制造与开发(EMD)阶段。

该计划发布后,共有8个欧美军工企业团队参与竞标。在初选阶段有3个因为设计方案不符合美国陆军提出的强制性技术要求被淘汰,分别是麦道直升机公司提出的MD969方案、欧洲空客公司提出的X-3方案以及意大利莱奥纳多公司提出的

AW609方案。

初步方案设计——五家争鸣

2019年4月23日,美国陆军宣布授出5个FARA-CP合同,分别给予克莱姆飞机公司、AVX飞机公司(与L3哈里斯技术公司合作)、西科斯基飞机公司、贝尔公司和波音公司。合同要求这5家公司进行为期10个月的设计工作,并在2020年3月选择2家公司进行第二阶段的研制工作,最终的获胜者将在2028年进行FARA的生产。

贝尔360“不屈”——水平固定翼加主旋翼

贝尔公司基于贝尔525直升机

的旋翼系统，开发一款新型旋翼机贝尔360“不屈”。贝尔360“不屈”直升机采用串列双座布局，以1台GE航空集团的T901涡轴发动机为主要动力装置，普惠公司的PW207D1涡轴发动机作为辅助动力装置。当直升机以180kn的速度飞行时，机身两侧的水平固定翼可以提供50%的升力，使得主旋翼可以提供更多的前飞动力，倾斜的涵道尾桨在平衡主旋翼产生的反作用扭矩的同时还能提供一定的升力。

贝尔公司通过使用成熟的低风险技术与先进制造工艺相结合来保证进度和控制成本。贝尔360“不屈”可提供先进的战场态势感知能力，关键性能/功能包括：水平固定翼可减少旋翼在前飞时的升力负担，从而实现高速机动性；辅助动力装置可在有高功率需求时提高性能；主旋翼具有高速旋转能力可实现高速飞行；电传飞控系统综合技术可减少飞行员的工作负担，并提供自主飞行能力；速度超过185kn；飞行时间可超90min；作战半径达250km；可配备20mm口径航炮、集成导弹/火箭/炸弹等弹药的综合发射器，以及为其他弹药预留的挂点；采用模块化开放式系统架构（MOSA）；其设计尽可能集成了全生命周期过程支持功能，可确保应对多域作战中高强度作战节奏时的可用性；采用设计制造一体化制造模型和数字主线工具，可提高飞机全生命周期的经济可承受性和可靠性。

克莱姆AR40——三桨叶主旋翼加旋转尾桨

克莱姆飞机公司与诺斯罗普-格鲁门(诺格)公司和雷神公司合作，

推出带有主动控制主旋翼的高速复合直升机AR40。克莱姆公司主导该机型的设计和原型制造过程并提供“最优转速倾转旋翼”(OSTR)技术，诺格公司提供有人和无人军用飞机研发、系统集成、生产和保障方面的专业技术，雷神公司则提供系统架构、任务设备和武器能力方面的技术支持。

AR40采用三桨叶主旋翼和旋转尾桨设计。旋转尾桨可以在低速时提供反扭矩控制，同时可以向后旋转以提供更高的前飞速度。AR40的主旋翼直径为12.2m，比一般直升机的11m主旋翼直径更大。水平固定翼可提供飞机所需的大部分升力，并在直升机下降或上升期间向上倾斜，以使其在垂直飞行时具有更好的气动性能。AR40的倾转尾桨在向前飞行时向后旋转用作推进螺旋桨。AR40的垂直稳定器可抵消来自主旋翼叶片的扭矩。AR40以单台T901发动机为动力，飞行速度可达到215kn。

西科斯基“袭击者”X——复合共轴直升机

西科斯基公司在S-97“袭击者”和X2复合技术验证直升机基础上发展了“袭击者”X直升机。该机设计理念为研制一种敏捷、致命性和生存力强的复合共轴直升机，以1台GE航空集团的T901涡轴发动机为动力，可快速开发和交付可改变作战策略的技术和作战功能，可提供未来作战胜利所需的可达性、保护能力和杀伤力。该机融合了X2的技术开发、测试和改进中的经验，提供了一种作战人员占主导地位的、生存力强的智能系统。

“袭击者”X的主要特点包括：借鉴了X2的旋翼设计，包括高响应性的机动性、增强的低速悬停、离轴悬停以及水平加速和制动性能；借鉴洛马公司在CH-53K、CH-148等使用的先进数字设计和制造技术，可在降低采购成本的同时实现快速和经济可承受的升级改进，以应对不断发展的威胁；基于MOSA的航



AR40高速直升机

电设备和任务系统，可为计算机、传感器和武器提供“即插即用”选项，使杀伤力和生存力、作战任务制定和竞争性提高；通过利用新技术从定期维修和检查转变为自我监控和基于状态的维修来降低飞机的运营成本，提升飞机的可用性；面对未来和不断发展的威胁，借鉴X2复合共轴技术以提高飞行速度、作战半径和有效载荷，提高作战的灵活性。

波音FARA——复合推力单主旋翼直升机

波音FARA为推力复合式单主旋翼直升机，采用六桨叶无铰链高强度主旋翼，提供敏捷性和可操纵性；带角度的传统四桨叶平衡尾桨，可提供低速机动性；四桨叶尾部螺旋桨推进器提供高速能力。垂直尾翼在尾梁下方，可为推进器提供方向稳定性和防碰撞保护。其他配置还包括两侧挂载武器的水平短翼、前视红外传感器和机头安装机枪等。

波音FARA的航空电子系统方案按照美国陆军MOSA要求进行设计，具有通用的电气、信号和机械接口，能适用于所有飞行平台进行系统集成。波音FARA以1台GE航空集团的T901涡轴发动机为动力，串联式双座椅和模块化的数字式驾驶舱，具有可重新配置的大屏显示器和自主功能，集成了电传控制系统。波音FARA直升机采用内部携带武器，折叠舱门也可用作发射器。

AVX的CCH——复合共轴直升机

CCH直升机由AVX飞机公司和L3哈里斯技术联合研发，是一款带有共轴双旋翼和两个推进涵道风扇的复合直升机。采用这种布局可充分利用发动机功率，提高直升机的速度。



“袭击者”X



波音FARA



CCH

表1 FARA第二阶段两型直升机与OH-58D直升机部分参数对比

直升机机型	旋翼系统特点	动力系统	发动机功率/kW	最大飞行速度/(km/h)	作战半径/km	最大有效载荷/kg	航程/km
贝尔360“不屈”	单主旋翼+涵道尾桨	1台T901涡轴发动机+1台PW207D1涡轴发动机(辅助动力)	2240+427	343	250	640	570
“袭击者”X	共轴反转双主旋翼+推进尾桨	1台T901涡轴发动机	2240	463	—	—	570
OH-58D“基奥瓦”	单主旋翼+尾桨	1台250-C30R涡轴发动机	485	232	—	998	496

度；减小了机体长度和体积；气动特性对称，提高机动性；无尾桨结构，增强直升机生存概率。复合共轴直升机可提升飞行速度和安全系数，比传统单旋翼直升机的安全性提高；可在低空发动机熄火的情况下，使共轴直升机平稳着陆，提高了发动机熄火后迫降的生存概率。

该方案的主要特点包括：并排双座驾驶舱，针对飞行效率优化了电传操纵系统；两个推进涵道风扇，可为高速运行和机动性提供前向和转向推力；基于MOSA的航空电子设备系统；通过折叠螺旋桨叶片和机翼，满足C-17运输机和海军驱逐舰级别船舶的尺寸限制；模块化设计，提高部件和系统的通用性。

FARA-CP第一阶段——花开两枝

按照美国陆军要求，FARA在研制和使用方面应具备成熟的技术、可靠的设计、经济可承受性、研制周期短和维修性好等特征；在作战应用方面应具备协同作战和无人系统的指挥与控制、高机动性、低噪声等特点与功能。根据各公司公布的设计方案，经济可承受性、高可靠性、高机动性和高生存率等成为FARA的选择标准。

2020年3月，美国陆军选中贝尔公司和西科斯基公司的竞标方案进入FARA第二阶段，将分别完成原型机的设计、制造和测试。预计两家公司的原型机将在2023年之前开始对比飞行测试，最终获胜的机型将在2028年前投入使用。美国陆军计划购买300~400架FARA直升机，补充其侦察直升机机队，总价值在150亿~200亿美元。

入选的西科斯基公司和贝尔公司采取了截然不同技术途径（具体参数见表1）。西科斯基公司推出了其标志性的复合推力构型，该构型基于西科斯基公司此前打破直升机飞行速度世界纪录的X2技术验证机发展而来。该方案采用了刚性共轴双旋翼和推进式螺旋桨的组合，克服了传统直升机构型对飞行速度固有限制。西科斯基公司已经制造并试飞了两架S-97原型机，并且与波音公司合作研制、采用相同技术但吨位更大的SB-1“无畏”直升机也实现了首飞。这次竞标FARA的方案“袭击者”X的尺寸则介于S-97和SB-1之间。

贝尔公司构建并测试了一个多功能、攻击性强和可持久作战的武装侦察机原型，旨在为陆军航空作战提供更强杀伤力、生存能力和

更大的延伸范围。贝尔360“不屈”通过优化设计满足了士兵在多域作战中对性能、连接性、可持续性和可靠性的要求。该型飞机通过使用贝尔公司成熟的技术，如电传飞行控制、铰接式旋翼设计和创新的桨叶设计等，达到或超过陆军的要求。此外，贝尔公司与柯林斯宇航公司合作，通过集成新一代航空电子硬件和软件，来满足FARA竞标的目标及其有关合规性的要求。

西科斯基公司认为其复合推力构型效率更高，并指出贝尔公司的设计需要更大功率的发动机才能满足陆军提出的速度指标。但贝尔公司则认为采用的传统构型经过了长时间的考验，技术风险和单机价格更低，维修性也更好。

结束语

FARA计划对于美国陆军的重要性不亚于美国空军正在研发的先进战术战斗机(ATF)项目。FARA计划使攻击侦察直升机在速度、航程和续航能力等方面相对于传统直升机有了重大改进，这无疑也将会引领军用直升机未来的发展。

航空动力

(刘博维，中国航空发动机研究院，工程师，从事航空发动机科技情报工作)