

★

军工T型台

韩国迈出航空动力自主关键一步

■李彦霖 姜子吟

直指未来无人作战平台需求——

采用起动机和发电机一体化设计

与以往依赖外部技术方案不同,韩国此次项目首次采用起动机和发电机一体化设计,将发电机直接集成在发动机转轴上,而非沿袭传统的外挂附件传动模式。这一设计并非单纯的结构改良,而是直指未来无人作战平台对机载电力急剧增长的现实需求。

在传统航空发动机架构中,发电机通过附件机匣从转子提取功率,需要独立的传动齿轮和安装结构,不仅占用宝贵空间、增加系统重量,还会产生机械损耗。而转轴集成方案将发电功能嵌入发动机本体,省去中间传动环节,结构更为紧凑,能量转换效率更高。按照韩华航空航天公司披露的设计指标,这套系统集成式发电系统可提供最高100千瓦的电力输出,能够为有源相控阵雷达、电子战系统、多光谱传感器以及人工智能自主决策系统等大功率载荷提供充足电能。

这一技术路线并非无先例可循。美国在F-35战机上专门设计了综合动力管理系统,将发电、液压、冷却等功能整

前段时间,韩国宇宙航空厅在下一代军民两用航空发动机与推进系统研发项目联合启动说明会上,正式披露其首款国产涡扇发动机的研发路线图。据国外专家透露,该项目核心内容包括研制4500磅级高涵道比涡扇发动机,以及预研电动—涡轮混合推进系统,由韩华航空航天公司牵头,联合韩国航空宇宙研究院及多家高校、中小企业共同推进。这是韩国首次尝试研制军民两用涡扇发动机,被外界视为其航空动力自主化的关键一步。

发展国产航空发动机,标志着韩国航空动力发展战略从技术引进向自主研制转变。那么,韩国这款中小推力发动机技术上有何亮点?它如何将突破技术层层束缚?又将指向何方市场?请看本文解读。

合优化,目的是满足隐身战机日益庞大的电子设备供电需求。

韩华航空航天公司披露,未来协同作战飞机不仅需要飞行能力,更看重任务供电能力。相比传统发电方式,转轴一体化发电机能够减少传动部件数量、降低系统重量和复杂度,同时使发电能力随着发动机功率同步增长。对于强调长航时、多载荷、高自主性的新一代无人作战平台而言,这种紧凑高效的设计方案具有良好的战术价值。

与此同时,韩国还同步开展混合动力推进系统研发,计划开发500千瓦级涡轮发电机和300千瓦级电动发动机。这组动力搭配指向的是未来电动化、分布式推进航空器。在混电架构下,燃气轮机负责发电,推力由电动机驱动风扇或者螺旋桨提供,二者各司其职,可在短距起降、静默巡航和能量优化管理等方面提供新可能——例如在特定作战阶段关闭燃气轮机、仅靠电池供电静默飞行,能显著降低红外和声学特征,提升战场生存能力。

尽管这一在研项目距离工程化仍有相当差距,但其技术方向与美欧当前加速推进的混动飞行器验证高度契合,显示出韩国意图在新一轮航空动力变革中抢占一席之地。

意在摆脱对外部供应链的深度依赖——

瞄准中小推力发动机市场换道突围

对于韩国航空工业而言,发动机一直是难度最高、突破最晚的技术难题。过去数十年间,韩国在飞机总体设计、航电系统和复合材料等领域取得一定进步,相继推出T-50“金鹰”高级教练机、FA-50轻型战机和KF-21“猎鹰”战机。然而在航空动力领域,韩国始终未能摆脱对外部供应链的深度依赖。

以现役主力型号为例,KF-21战机采用2台美国通用电气F414涡扇发动机,T-50和FA-50则采用F404发动机。这意味着即便韩国本土企业已具备一定的发动机部件制造和维修能力,本质上仍处于许可证生产与技术合作框架之内,核心热端部件设计、材料体系和系统集成技术并不掌握在自己手中。

发动机之所以难以实现自主研发,根源在于极高的技术门槛与巨大的投入成本。航空发动机需要在高温、高压、高转速的极端环境下稳定工作数万个小时,技术复杂度远超机体制造。一款新型发动机的研发往往需要数十亿美元投入和10年以上周期,且必须依靠大规模市场回报才能实现经济循环。对于韩国而言,国内市场有限、产业起步较晚,长期以来采用美国通用电气F414等成熟发动机的许可生产模式即可满足装备需求,一直缺乏足够的需求牵引来支撑其构建独立的研发体系。核心技术受制于人,却难以在短期内看到自主研发的商业回报,这正是韩国航空动力长期难以突破的难题。

面对困局,近年来韩国采取有针对性的突围策略,即“从军民两用无人机动力量切入”。相比大推力涡扇发动机的极高设计难度,中小推力发动机在结构复杂度、研制风险和投资规模上明显可控,更适合作为建立自主航空动力体系的起步平台。

事实上,此次4500磅级发动机并非韩国进军航空动力领域的唯一项目。韩华航空航天公司同步推进的还有多个无人机动力量项目,包括用于韩国低可探测无人僚机系统(LOWUS)的5500磅级低

涵道比涡扇发动机、1400马力级涡桨发动机,以及10000磅级隐身无人机涡扇发动机关键技术研发。

其中,今年7月,LOWUS配套的5500磅级发动机进入地面测试阶段,目标是替代原型机目前使用的发动机。这一研发路径表明,韩国正试图以中小推力发动机为“敲门砖”,通过无人机市场逐步积累研发和制造经验,最终构建覆盖多个发动机推力级别的完整航空动力产业链。

设想以军民两用市场支撑产业闭环——

精准定位背后的市场考量

从技术指标看,4500磅级涡扇发动机并不追求极致推力,大致相当于能够垂直托举2至2.5吨重量。若采用双发配置,可支撑最大起飞重量约10至13吨的航空器。这一性能区间恰好精准覆盖了当前迅速增长的两大市场——协同作战无人机和小型公务机。

近年来,协同作战无人机正成为全球航空强国重点布局的方向。美国空军正加速推进协同作战飞机项目,计划与F-35和下一代空中优势平台协同作战。澳大利亚也在快速推进MQ-28“幽灵蝙蝠”无人僚机项目,英国、日本、印度等国也纷纷推出各自无人僚机发展计划。这类无人机并不强调超声速巡航和高机动格斗能力,而是追求远航程、长续航、低运营成本和多任务载荷能力。在实战设想中,它们将作为有人战机的“忠诚僚机”,前出执行侦察、电子战、对地打击等高风险任务,因此对续航时间和任务载荷有着刚性需求。

油耗更低、经济性更好的高涵道比涡扇发动机,恰恰契合了这一需求。对韩国而言,若能率先在这一层级形成自主动力体系,未来不仅能满足本国无人作战平台装备需求,也有机会加入国际无人机动力量供应链。

此外,高涵道比构型也赋予了该发动机显著的军民两用潜力。相比低涵道比发动机,高涵道比构型在亚声速飞行条件下燃油效率更高、噪声更低,这正是公务机和支线飞机最为看重的性能指标。韩华航空航天公司披露,新发动机未来可用于10座级公务机以及其他轻型民用航空器。全球公务航空市场和支线运输市场对可靠、经济、易维护的中小推力涡扇发动机存在持续需求,而目前这一市场主要由少数欧美企业主导。通过军民两用模式,该项目有望在军民两用市场同步扩大装机规模,以更大的市场基数分摊研发与制造成本,降低单台发动机采购价格,提高产品竞争力。

不难看出,韩国此次启动的4500磅级涡扇发动机项目,既是一次具体的装备研发计划,更是其推进航空动力自主化、减少对外技术依赖的关键一步。

从采用转轴一体化发电机适应无人机高供电需求,到选择中小推力发动机降低技术风险,再到以军民两用市场支撑产业闭环,这条路径折射出韩国航空工业的务实之举。在美欧主导的全球航空发动机格局中,这一步走得并不轻松。后续技术攻关能否如期突破,市场需求能否顺利兑现,是决定项目研发成败的关键。从项目启动到定型量产,这一期间还有很长的路要走,最终成效仍需实践检验。

(作者单位:海军航空大学)
下图:韩国5500磅级涡扇发动机原型机。 资料图片

红砖房里的“航修人”

■周 乐



空军某航修厂红砖房。

周 乐供图

空军某航修厂厂区东南角,有一座红砖砌成的老厂房,这里承载着老一辈航修人的共同记忆。走进红砖房,指尖抚过斑驳的砖壁,粗糙肌理间留存着油漆印记,一幕幕航修历史画卷徐徐展开。

1955年,空军建立第一座航空修理工厂。时隔一年,一座红砖房在该修理工厂建成,扛起了维修空军战机的神圣使命。那一天,全厂职工在红砖房前整齐列队,伴着人群的欢呼声与锣鼓声,落成仪式顺利举行。

红砖房虽然建成并投入使用,但条件远比想象中艰苦。漆料的配制过程会散发出大量刺鼻气味,红砖房没有完善的通风设备,气味久久无法消散,呛得人喉咙发紧、双眼发酸。

可即便如此,老一辈航修人没有退缩。“大伙儿加把劲,喷完这批战机,我们再歇口气!”灰白色的漆雾在带班班长的四周弥漫,他抹了把额头上的汗,声音沙哑却浑厚有力,手上的喷漆枪始终没停。他知道每个部件喷涂都事关战机飞行安全,哪怕累到手酸,也不能松劲。

考验不只是恶劣的工作环境。一天下午,工厂接到一个通知,为即将执行飞行任务的战机进行蒙皮喷漆,然而当时的油漆配方并不稳定,喷涂在战机蒙皮上不长时间,就会出现起皱、开裂甚至整片脱落的问题。

一场新配方研制的攻坚战,在红砖房里打响。工厂管理人员、技术骨干和喷漆工人围坐在一起,热烈的讨论声不绝于耳。大家没有成熟的技术参数可循,只能凭着经验摸索。

那段时间,红砖房里的灯光常常彻夜通明,闷热的空气里,油漆味与汗咸味交织在一起。工人们顶着高温,一次次调整油漆配方,一遍遍测试不同环境下的附着效果,记录数据的纸张堆了厚厚一摞,手上、衣服上沾满了各色漆渍。

“又脱落了,这已经是第三十七次了……”一名年轻工人看着刚喷完不久就起皱的蒙皮试样,语气里满是沮丧。“别急,再找找问题!”喷漆班王师傅拿起试样仔细端详,“是不是干燥速度没有把控好?咱们试试分时段通风,调整喷涂厚度!”

没有通风设备,大家就轮流守在门口,每隔一小时手动开关门窗调节空气流通;油漆气味刺鼻,就用湿毛巾捂住口鼻坚持作业。那段时间,红砖房里回荡着喷漆的轰鸣声,一次次失败,又一次次重来。

陆军工程大学训练基地军士教员张昌旺——

士兵小创新 战场显身手

■王 畅 李晓峰

★ 军营创客

夏日,陆军工程大学训练基地的综合训练场里爆炸声阵阵,联合火力在“敌”前沿阵地强行开辟数条通路,但仍有残余障碍横亘在滚滚硝烟中。

“机动分队前出扫除残余障碍!”指挥员一声令下,不见人员前出,只有数辆搭载着特制箱体的小型无人车,迅速向着前沿阵地挺进。片刻,几条“银龙”自无人车上呼啸而出,拖着爆炸带精准落向障碍区,数秒后爆响,进攻通道被彻底打通。

目睹这一幕,该基地军用爆破教研室军士教员张昌旺欣喜地为操作无人车的学员鼓掌喝彩。这项利用现有爆破器材进行无人化改造的成果,正是由张昌旺领衔完成的。

过去,扫除残余障碍需要战士们背负单兵火箭爆破器前出发射,直面炮火威胁。从事地雷爆破专业10多年,张昌旺参与多项无人排爆器材的研制工作,他的脑海中闪过一个念头:“能不能研制小型无人装备扫除残余障碍?”

“创新不论身份,敢想更要敢干。”在专家教授鼓励下,张昌旺与战友迅速行动起来,准备研制一辆能发射单兵火箭爆破器的无人车。最初的方案简单直接:在平台车上加装一块立式固定板,将火箭爆破器像背包一样绑在上面。试验场上,操作人员遥控搭载着爆破器的无人车在平坦路面上行驶顺畅。然而,当测试场景切换到模拟实战环境的土路和坡路时,问题接踵而至:坑洼不平的路面带来的剧烈颠簸,车辆转向失灵、速度难以控制,稍有过坡,整个平台车便重心失衡,连带着爆破器一同倾倒。

“必须让它自己能跑稳!”张昌旺把第一个攻坚目标锁定在底盘。他白



张昌旺正在焊接电路板。

李晓峰摄

天蹲在训练场观察车辆行驶姿态,测量不同地形的坡度数据;晚上则泡在学习室里查阅资料,向专家教授虚心求教。经过反复试验,最终改变了底盘车的车轮结构,换装了更适合越野的宽胎,调整了悬挂系统,使其具备爬坡和通过小沟壑的能力。再次试验,无人车在复杂地形上行驶不稳的问题得到有效解决。

解决了“跑”的问题,下一个难题就是“打”。第一次实弹发射试验出了状况——原有的立式固定方案在车辆运动和发射瞬间晃动剧烈,火箭爆破器的指向性无法保证,必须对上装部分进行彻底改造。几日苦思冥想没有进展时,张昌旺偶然看到吊装弹仓的视频画面,突然想到可以采用箱筒式结构,将火箭爆破器牢牢嵌入其中,这样既安装牢固又方便装填操作。

随着研究不断向实战贴近,新的问题一个接一个地冒了出来。在不同坡度的地形上,箱体的发射角度需要随之调整,但手动调节既费力又不精确。盯着手中的量角器,操控火箭爆破器的一动:何不为箱体加一个“标尺”?很快,一个带有清晰刻度的、可上下自由调节的基准杆被加装上去。通过它,操作者可以快速精准地将火箭爆破器调整到所需射角。

经过反复试射,“无人火箭爆破器发射平台”终于迎来教学应用。当学员们使用遥控装置,操控火箭爆破器成功发射、击中目标起爆的那一刻,张昌旺露出满意的笑容。回到营区,他和战友又投入到某部件的技术革新工作中,张昌旺说:“这只是技术革新的一小步,无人作战之路,还需要创新不停、冲锋不止。”

