

军工T型台

印度自研五代战机路在何方

■王振羽



印度国产第五代战斗机AMCA的全尺寸模型。

资料图片

立项二十余载步履蹒跚

实际上,印度自研第五代战机的战略构想并不是仓促上马的。早在2001年,印度航空发展局(ADA)就启动了对标F-22“猛禽”战斗机的五代机初步构想。从早期酝酿到正式推进,至今已走过二十余载春秋,漫长周期内始终难获实质性突破。

新世纪之初,印度曾寄望与俄罗斯联合研发五代机项目,试图借力俄国技术快速填补隐身战机装备空白。2007年,俄印两国就联合研发五代机达成框架性共识,印度提出以俄制T-50原型机(苏-57前身)为基础,定制开发双座型、适配印度航电与武器的专用版本,代号FGFA。

2010年10月,俄印正式签署协议,印度承诺承担半数研发费用并大量采购。同年12月,T-50原型机完成首飞,并正式进入工程验证阶段。然而随着合作加深,俄印双方却陷入了权责分歧、技术封锁和成本失控等多重矛盾之中。

2018年,印度政府宣布退出联合研发项目并撤资,持续11年的俄印五代机合作最终分道扬镳,自主研发被迫重新提上日程。值得注意的是,合作破裂仅一年之后,俄罗斯将T-50正式命名为苏-57并列装部队。

不仅对外合作失利,印度自研五代战机项目AMCA的推进更是缓慢。



2025年印度航展上,美俄两型五代机苏-57和F-35首次同台亮相。资料图片

2010年正式启动立项的十余年间,该项目始终停留在方案修改、设计微调的初级阶段,直到去年2月的印度航展,全尺寸模型才首次公开亮相。这距离原型机的首飞还有一个漫长的过程,预计第一架原型机首飞在2029年前后,相比较2019年AMCA项目“十年路线图”中确定的2025年推迟了43个月。计划节点一延再延,项目管理的混乱无序暴露无遗,项目落地遥遥无期。

军工技术体系支撑困难

其实,印度五代机项目AMCA的步履维艰从它的“前辈”——印度国产“光辉”战机项目中便可窥见一斑。从1983年立项到2016年正式服役,历经了33年,堪称“史上最难产战机”。这款被印度视为“国产骄傲”的三代轻型战斗机,即便列装后仍深陷性能不达标、故障频发、产能低下的多重困境,服役近10年,仅列装不足40架,近两年内却连续坠毁3架,坠机率逼近10%,远超国际主流战机平均水平。尤其在去年11月迪拜国际航展公开表演中的失控坠毁,更是让印度军工蒙羞。

AMCA项目作为兼具隐身性、超音速巡航、超机动性和超信息优势“4S”技术标准的五代隐身战机项目,其落地难度远超“光辉”战机。目前来看,印度军工技术体系支撑方面仍有诸多难题需要攻克。

一是高性能发动机仍是主要短

板。大推力涡扇发动机是五代机实现超音速巡航和超机动性等指标的核心部件,印度国产“卡弗里”发动机经过长达40年的研制,推力仅55千牛,其单晶叶片制造失败、高温合金不达标、油耗超标等综合因素几乎对印度国产航空发动机宣判“死刑”。AMCA项目初期计划搭载的美制F414发动机推力有限,难以支撑五代战机实现超音速巡航。为解决发动机困局,印度日前与法国签署了70亿美元联合研发协议,试图获得推力120千牛以上的大推力发动机技术,但2035年量产的时间表,比原型机计划首飞时间晚6至7年,或将导致“有机无发”的窘境。

二是隐身技术难跨先进门槛。隐身设计最基础的吸波涂层多次测试失败,只能依赖俄罗斯进口。满足五代战机隐身设计的基础设施不具备技术条件,测试先进隐身技术的微波暗室等实验环境无法满足,超算能力无法支撑全机隐身仿真优化,所谓隐身效果只能是纸上谈兵。

另一方面,印度工业较低的工艺水平也远远无法满足高端战机的精密制造要求,五代机标准的S型进气道、内置弹舱、锯齿状喷口等关键隐身结构制造误差超标,这些因素都将使五代机的隐身性能成为空中楼阁。

三是先进航电技术依赖多国进口。印度当前不具备先进信息感知系统的单独研制能力,这也使得印度自研五代战机的超信息感知能力存在缺陷。国产雷达的研发滞后造成了印度战机的态势感知能力无法满足五代战机的技术要求,只能搭载从法国、以色列进口的减配版雷达,技术方面的受制于人,必将大大限制自研五代机的实际作战能力。

此外在核心的通信模块、传感器方面,印度也多依赖进口。所谓自研项目,最终却沦为“万国牌”制造的秀场,在技术空心化的背景之下,印度五代机项目的发展之路难言乐观。

多措并举企图提速研发

为扭转进度滞后的现状,印度采取了多项举措,意图改变五代机研发的拖沓进度。

首先是更换研制主体。今年2月下

旬,印度军方宣布将印度斯坦航空公司(HAL)剔除在原型机设计方之外。该公司是当前印度本土唯一具备战机整机装配经验的大型国营军工企业,虽手握“光辉”战机等丰富研发资源,却因低下的研制生产效率和频发的质量问题而饱受军方诟病。取而代之的是塔塔先进系统公司、拉森特博洛公司、巴拉特锻造公司等三家私营企业,印度寄希望于他们提速五代机的研发进程。

然而这一举措看似革新,却也将印度产业支撑能力不足的弊端暴露无遗,三家私营企业均无战斗机整机设计制造经验,仅涉足了航空零部件代工、重工锻造等前端领域,既无隐身战机研发的技术积淀,也无精密制造的工艺储备。三家私营企业仓促接棒,能否保证原型机的研制质量与研究进度,目前尚且存疑。

为了进一步推进项目落地,印度还大幅放开了外国资本的准入门槛,上调外资的持股上限,又划拨了1500亿卢比专属研发资金,从而加速外国资金和技术入局印度市场,破解因资金短缺造成的阻碍。

尽管做出了一定的政策调整,但是这些措施依旧难以破解印度当前面对的困境。先进的军工核心技术难以通过金钱直接买到,航空工业人才流失严重、项目管理混乱的顽疾也依然没有得到根本解决,加大资金投入的动作很难产生符合预期的结果。

此次大规模采购国外先进战机的计划,更是凸显了印度自身对于本国先进战机项目能否落地的不自信。直接引入外国成品战机,看似填补了五代战力的空白,但也客观上分流了印度发展自身国防科技的资金投入和原本就有限的技术资源,进一步削弱了本土自研的动力,使国防工业再一次陷入了自研不如采购的路径依赖之中。

从2001年启动研制至今,印度五代机项目从联合研发的折戟沉沙,到自主研发的困难重重,再到如今寻求破局、依赖外购,始终理想难敌现实,核心技术空心化、高端制造碎片化、高端人才稀缺化的三重顽疾,是数十年发展滞后积淀的深层病灶。在原型机首飞还未实现的今天,谈量产列装,形成战斗力显然还为时尚早,印度自研五代战机的理想能否照进现实,还有很长的路要探索。

(作者单位:国防大学政治学院)

军工科普

从地下到太空,从战场到市场,雷达技术不断突破极限,构建前所未有的感知场域。作为新一代雷达技术,光子雷达在2025年已从实验室研究迈向初步商用阶段,成为继传统微波射频雷达、相控阵雷达之后的新一代感知技术,展现出广阔的发展前景。

光子雷达的核心创新在于采用光子集成电路替代传统雷达的射频前端,其工作原理并不复杂:先将雷达探测信号调制为光波形式进行传输和处理,再通过光电转换技术还原为电信号,完成目标探测与数据输出。

与目前广泛应用的有源相控阵雷达相比,这种以光为信息载体的技术路径,从根本上突破了电子器件的性能瓶颈。光的传播速度远快于电子运动速度,使得光子雷达的瞬时带宽大幅提升,能捕捉到更细微的目标特征;信号响应速度显著加快,延迟大幅缩短;同时,光子器件的小型化特性让雷达系统体积明显减小、重量明显减轻,更适合机载、星载等对载荷有严格要求的平台。瑞士相关科研团队通过互补金属氧化物半导体纳米制造技术,已实现光子雷达的小型化,进一步拓展了其应用场景。

在军事应用领域,光子雷达的高性能已得到实际验证。美国国防高级研究计划局于2024年完成首套光子雷达芯片的量产验证,让该技术正式进入实用化阶段。雷神公司2025年为F-35战机升级的雷达系统,集成了光子波束控制技术,凭借快速的信号响应和宽频特性,能够同时稳定跟踪多个高超音速目标,适配现代空战的多目标作战需求。

在太空防御领域,美国太空军的下一代“太空篱笆”系统已部署光子雷达,可对高速运动的卫星、导弹碎片等空间目标进行实时追踪,为太空态势感知提供关键技术支撑。光子技术天然具备抗电子干扰能力,其信号传输不易受复杂电磁环境影响,在电子战场景中展现出更强的生存能力。韩国国防发展局研发的光子雷达系统,在户外环境下完成测试,成功探测到数千米外的小型无人机,还能通过人工智能算法准确区分目标类型,为低空防御提供了新的技术方案。

值得一提的是,光子雷达作为新兴技术,目前仍面临产业化挑战。国外相关研发机构和企业普遍面临核心器件制造成本偏高、大规模量

新一代感知技术呼之欲出

光子雷达

■胡勇华

产工艺仍需优化、极端环境下的长期可靠性有待进一步验证等问题。不过,随着光子芯片技术的发展,新型材料的应用和制造工艺的改进,这些问题正在逐步得到解决。业内普遍认为,未来5年将是光子雷达技术完善、成本下降、场景拓展的关键时期,其在多领域的应用深度和广度将持续扩大。

捷格加廖夫步兵轻机枪——

“转盘机枪”的中国情缘

■王艺棚 齐旭聪

军工档案

北京,中国人民革命军事博物馆。前来参观的人们时常在一挺机枪前驻足。这杆枪最显著的特征,就是枪身上方那个如唱片般浑圆的弹盘。

千里之外,朝鲜五圣山南麓,一片被称作“上甘岭”的土地。70余年前,志愿军战士曾在这里手握“转盘机枪”,坚守43个昼夜。两个时空彼此对望,指向一种传奇兵器——捷格加廖夫步兵轻机枪。

这款机枪于1923年开始设计,1927年列装苏军,被命名为“DP轻机枪”,全称为“捷格加廖夫步兵轻机枪”。全枪结构简单,仅由65个零件构成。这种摒弃一切冗余、高度简化的结构,大幅降低了其生产工艺的复杂度,使之能在艰苦的战争条件下被大规模生产并迅速装备部队,成为前线步兵班坚实可靠的火力支柱。在整个服役期间,捷格加廖夫步兵轻机枪累计生产超过70万挺,最高峰时年产量达到6万多挺。

枪是射击者性格的注脚,也是设计者精神的延伸。该枪的设计者捷格加廖夫,11岁进入兵工厂当学徒。17岁丧父后,他便承担起家庭全部的生活重担。然而,逆境未折断他的意志。相反,他在兵工厂的每一个岗位都全心投入,执着地追逐那个“造出好枪”的梦想。

这份从苦难深处生长出的品格,也被捷格加廖夫设计进这款机枪的每一个细节,让这款机枪能耐受西伯利亚的严寒,无惧东欧平原的泥泞,即使被沙

土掩埋,取出仍可继续击发。这些特质使捷格加廖夫步兵轻机枪赢得了前线士兵的信赖,成为士兵们战场上的忠实伙伴。

历史的风云际会,也让这款苏制机枪与中国的命运紧密交织。它从苏联兵工厂诞生,又向东运抵中国,成为中国人民保家卫国艰苦斗争中的钢铁力量。

1943年的晋察冀反“扫荡”战斗中,八路军战士们凭借地形的巧妙设伏,“转盘机枪”的密集弹幕让日军伤亡惨重,也让这场“百日大扫荡”以日军失败告终。后来,它又跟随志愿军战士跨过鸭绿江,帮助朝鲜人民打退了来势汹汹的侵略者,打出了国威军威,立下了赫赫战功。

从抗日战场的烽火到抗美援朝的硝烟,这款枪贯穿了中国两场决定民族命运的决战。在历史的宏大叙事中,它早已超越了单纯的武器定义,成为那段峥嵘岁月中坚忍不拔顽强意志的象征。这款机枪和它见证的那段岁月,那些英雄,已然一道化作时光长河中不朽的坐标,深深镌刻进一个民族的集体记忆。



捷格加廖夫步兵轻机枪。

资料图片