

五代机的发展历程,伴随的不仅是世人“史上最昂贵战斗机”性能的种种疑问,还有梦想挤进“五代机俱乐部”后来者的前赴后继。前不久,印度也加入到五代机研发的梯队中——在2022年印度防务展上,印度斯坦航空公司公开展示了五代机AMCA的最新模型。

事实上,早在2001年,印度就提出了五代机研制

计划。然而直到2022年3月,印度斯坦航空公司才举行了五代机AMCA首个部件开工仪式,预示着五代机项目进入原型机制造阶段。印度虽然对国产五代机有过长达20多年的逐梦之旅,但从该国“光辉”战机从概念提出到服役历经30多年仍然难放光辉的历程来看,五代机AMCA要想实现制造、试飞、量产、服役等全系列过程,恐怕是一项十分艰难的任务。

先进战机制造,是对一个国家综合实力的全面检验。从设计理念到技术人才,从合成材料到微电子,从钛合金部件到芯片,从发动机到基础电子元器件,无论哪个细微环节出现短板弱项,战机研发都可能功亏一篑。对于基础差、底子薄的印度航空工业来说,要想把五代机AMCA从模型变为真正飞上天的战机,路依然漫长。

军工科普

“战鹰”如何进行“呼吸”



人类生命活动离不开呼吸,战机飞行同样也离不开“呼吸”。如果战机“吸入”空气不足,就会导致“缺氧”,出现动力减弱甚至失速现象,而“呼气流”又直接影响到战机推力大小。

战机要想“呼吸顺畅”,进气道和尾喷管的设计十分关键。早期喷气式战机空气吸入量有限,科研人员在设计进气道时,选择的是结构简单、空间利用率高的机首进气方式。

20世纪60年代开始,机载雷达得到普遍运用,超视距作战成为空战主流。科研人员发现,大口径雷达只有安装在机首才能充分发挥作用,给雷达“腾地方”成为他们亟需解决的难题。历经10余年发展,雷达整流罩将机首进气道位置取代,科研人员根据战机的基本设计要求,将进气道位置转移至机翼、机腹、机背等位置,提升了战机机动性。

随着超音速战机诞生,对空气吸入量提出了更高要求,科研人员开始攻克一项新的技术难题——如何保证战机在超音速和亚音速状态均能“呼吸顺畅”?

提速增压理念的诞生拉直了这个问号。科研人员研制出可调节进气道,对吸入气流进行控制,使战机在超音速和亚音速条件下均能“呼吸顺畅”。在设计尾喷管时,他们充分考虑喷气量对战机飞行速度的影响,采用类似“电吹风”的收敛型管道对高压燃气进行加速。

然而,面对高性能发动机时,收敛型管道有些“力不从心”——难以将燃烧室喷出的高压气体提升至超音速,直接导致发动机推力损失近20%。

为此,科研人员研制出“收敛-扩张”尾喷管,对气体进行进一步压缩,提升战机“呼气流”。

近年来,科研人员研制出新式矢量尾喷管,不仅可以调节气流速度调节喷管扩张比,还能根据战机机动性需要旋转尾喷管产生不同方向的加速度,美国“鹞”式战机、美国F-35B都装备了矢量尾喷管,可以实现短距起降功能。

上图:苏-35战机装配两侧进气道与矢量尾喷管。资料照片

座舱如何保持气密性



电影《中国机长》有这样一幅画面:座舱破裂瞬间,机组副机长半个身子被“吸出”窗外,让观众捏了一把汗。有人会问:座舱破裂瞬间为何飞行员会被“吸出”窗外呢?

这要从飞机座舱气密性设计说起。飞机飞行高度通常在8000米左右,大气含氧量仅为地面的30%,温度达到-30℃,堪称“生命禁区”。当人暴露在这种环境中,会出现严重不良反应。

为此,科研人员将座舱设计为密闭空间,通过空气增压装置为舱内人员提供必需的氧气和适宜的温度,保证座舱环境安全和舒适。

然而,飞机在高速飞行时,一旦发生座舱破裂,外界高速气流形成的低压区会瞬间将舱内人员“吸出”窗外。

因此,在飞机制造过程中,科研人员采用特殊的工艺方法加固飞机结构,降低漏气风险。一方面,采取铆接方式对飞机进行加固。相比焊接,铆接方式具有更能抗冲击载荷、不易松动、连接强度高优点。另一方面,涂抹密封胶对连接处缝隙进行隔绝。在部件装配完后,技术人员使用专用设备对飞机结构漏气情况进行检查,再对漏气部位涂抹密封胶,保证连接处具有良好的气密性和防腐性。

相对于民用客机,对军用飞机座舱气密性进行设计时,还有一些特殊要求。我们知道,军用飞机机动性强,在进行大机动动作时,内外压强会瞬间增大,一旦发生座舱漏气,会引起驾驶员生理上的强烈不适。这就要求座舱内外的压强差必须保持在一个适度区间,相当于一个“缓冲垫”,让飞行员有良好的适应过程。

此外,军用飞机飞行员需要通过穿着抗荷服并佩戴氧气面罩来维持身体内外压强差。在作战过程中,即使出现座舱破损情况,也能维持一定战斗力。

上图:“阵风”战机飞行员在密闭座舱中执行高空飞行任务。资料照片(齐呈荣、赵思源、尚汐瑾撰文)

印度自研五代机AMCA——

梦想与现实的距离有多远

■王笑梦

军工T型台

五代机研制进程缓慢,是否重蹈“光辉”覆辙

1997年9月7日,世界上第一款量产五代机F-22“猛禽”成功首飞,标志着五代机时代到来。

没过多久,印度空军与航空工业界对隐身战斗机研发进行讨论,提出研制具有同等战斗力的新型战斗机。2001年,代号为“MCA先进中型战斗机”的预研项目正式启动,并展示设计出效果图——外形酷似双发版LCA“光辉”战机,采用无垂尾设计以减少雷达反射面积。

然而,印度空军并不看好这个项目,迫切希望与俄罗斯共同研制T-50隐身战斗机(苏-57原型机),军方的朝三暮四让MCA研发停滞不前,直到俄印分道扬镳,他们才要求重启自研五代机项目。

为此,2008年,印度航空发展局起草了一份详细工程报告,并在2年后将预研的MCA项目升级为AMCA项目,生产一款双引擎中型隐身全天候多用途战斗机。没过多久,印度航空发展局一名高官宣布,将为AMCA项目拨款20亿美元,开发2架技术验证机和7架原型机,于2017年前首飞。

虽然印度生产过苏-30MKI、米格-29UPG等战机,但其本身缺乏最为基础的飞机设计经验和完善的型号发展过程。对于基础差、底子薄的印度航空工业来说,研制五代机无疑是一个巨大挑战。

追溯印度战机研发历史,一切有迹可循。早年印度国产“风神”战斗机,主要来自于德国设计师库尔特·谭克之手,对印度航空工业战研能力没有带来质的变化。当印度提出研制LCA“光辉”战机时,由于材料、结构、电子、动力、工艺和系统综合等方面技术短缺,导致项目研发周期持续延长。量产后的LCA“光辉”战机国产化率依然很低,发动机、雷达、航电等关键设备都不得不采取外购。

虽然印度在购买引进西方和俄罗斯先进航空技术和成品方面具有较大便利,但“买买买”的快捷方式并不会提升印度航空工业水平,也难以打造出合格的技术研发团队,最终导致印度航空工业始终在低水平徘徊。

世界其他国家的成功经验证明,研制五代机是一个极其复杂的航空系统工程,并不是画画图纸、造个模型。在国际航空市场上买些部件就能攒出来的。当问题缠身的印度航空工业开始发展五代机时,放大效应将比研发LCA“光辉”战机更加明显,项目管理效能低下、经费使用不当、进度严重延期、科研人员流失……这些在LCA项目中出现的问题,同样在AMCA项目中显现,导致最初预定的2017年首飞时间节点一拖再拖,整个项目再度出现LCA“光辉”战机研制时的“重度拖延症”。



“借鸡生蛋”为项目研发提速,从长远来看必然受制于人

众所周知,航空工业是高技术产业,每一代战机数字上的跨越意味着性能的成倍提升。相比四代机,五代机具有隐形、超音速巡航能力、超机动能力、超级信息优势等方面优点,可以有效躲避敌方雷达,突入其领空对战略目标进行降维打击。

面对如此巨大的战场优势预期,在退出俄印联合研发五代机计划后,印度空军下令航空工业必须实现国产五代机AMCA项目,在“定义”战机技术方面拥有“完全控制权”。对于印度航空工业来说,这种要求可谓苛刻,这意味着他们必须攻克五代机所有技术难关。

早期,五代机AMCA项目是由印度国防部国防研究与发展组织旗下的航空发展局和印度斯坦航空公司共同负责,后者是印度国防部下属国营企业。印度航空工业体系最大的特点是研、产分立——先由航空发展局开发和验证相关技术,并将其工程化,再将相关设计和工艺技术转交给印度斯坦航空公司,协同完成型号研制和使用试飞,并由后者进行批量生产和后续维护升级。

鉴于五代机AMCA项目研制难度极大,印度改变了过去政府主导模式,采用更加开放的公私合营方式,以吸引更多的资金和技术投入到五代机AMCA项目中来。印度允许本土私人资本100%投资国防工业,国防领域的外国直接投资比例也超过了26%。比如,印度塔塔集团成立了主打防务装备的塔塔先进系统公司,并在美国波音公司授权下为AH-64E“阿帕奇卫士”武装直升机生产机身,

借此积累了一定的航空装备制造能力。同样属于私营企业的印度拉森特博洛公司是俄印联合研制“布拉莫斯”导弹的印方生产商。有媒体报道,目前共有超过140家公司参与到五代机AMCA项目中来,除了印度塔塔先进系统公司、拉森特博洛公司外,还包括信实国防与航空航天公司、戈德瑞吉航空航天公司和拉克希米机械公司等印度私营企业。

为了进一步给五代机AMCA项目研制提速,2020年9月,印度正式提高了外国投资其国防领域的上限,将外国直接投资国防领域的限制从当地公司股本的49%提高到74%。显而易见,这种改变会直接影响到印度航空工业的主导权,导致印度本土国防企业与外国投资企业深深地捆绑在一起,在装备研发、技术使用、项目推进等方面必然受制于人。

“借鸡生蛋”——用别人的钱和技术来提升自身国防力量,看起来很好看,长远来看必然受制于人。

技术层面面临多重挑战,未来前景仍存诸多变数

从现有技术储备来看,仅凭印度一己之力研制五代机难度很大。20多年五代机逐梦之旅,印度走得格外艰难。从提出各种不切实际的方案,到外形仿制F-22战机……这期间印度没有生成过可靠方案。直到2022年3月,印度斯坦航空公司举行了五代机AMCA首个部件开工仪式,预示着五代机项目进入原型机制造阶段。

不过,就先进战机研发而言,原型机制造仅仅是开始,要想造出性能优异且能够实战的五代机,仍有诸多难题需要攻克:

一是隐身涂层技术依然薄弱。作为隐身战机,虽然AMCA在气动布局上采用了类似F-22战机的设计,具有一定外形隐身能力,但隐身涂层技术依然薄弱。印度曾寄希望通过从法国购买“阵风”战机上获得雷达吸波材料技术,但目前尚未实现。

此外,与隐身材料息息相关的还有制造工艺问题。隐身材料极敏感脆弱,加工战机蒙皮需要很高的工艺水平。目前,印度斯坦航空公司正在制造的LCA“光辉”战机已经出现蒙皮公差太大的工艺问题。对于AMCA来说,一个突出的螺钉或一个不匹配的蒙皮翘起,都会导致隐身性能遭受破坏,是否具有高质量的五代机制造工艺,对印度斯坦航空公司的总装车间是一次严峻的考验。

二是同源相控阵雷达技术存在短板。有消息称,五代机AMCA将采用印度国产同源相控阵雷达。自2012年以来,印度电子和雷达开发机构一直在研究同源相控阵机载雷达,用时10年之久勉强研发出国产新型雷达原型机,近期才搭载在LCA“光辉”战机上开展测试。受制于国产雷达研制进度缓慢,早期服役的LCA“光辉”战机只能使用以色列旧式脉冲多普勒雷达应急,而后批次生产的LCA“光辉”战机机换装的也是从以色列进口的同源相控阵雷达。国产机载雷达能否研制成功还尚无定论。

从供给侧角度看,制约印度国产同源相控阵雷达制造的关键是氮化镓的生产。同源相控阵雷达使用的是氮化镓晶体系管TR组件,2017年印度专门批准规划,投资数亿美元建设一座生产氮化镓的工厂,但直到2020年技术方案才得到初步批准,用于国产同源相控阵雷达生产的氮化镓晶体系管TR组件目前只能依赖进口。这个问题对于印度武器装备发展的影响是全面的,已经服役的海军“维克兰特”号航母至今没有搭载同源相控阵雷达。可

以遇见,未来一段时间,五代机AMCA依然会向国外采购同源相控阵雷达。

三是国产先进涡扇发动机研发遥遥无期。五代机AMCA要实现超音速巡航,必须装高性能涡扇发动机。印度在航空发动机研发能力方面基础薄弱。从1986年开始,印度燃气涡轮研究院就开始研制国产“卡弗里”中等推力涡扇发动机,计划用于装备LCA“光辉”战机,历经30余年研发周期,目前也未达到实用水平。期间,印度航空基础材料和制造工艺不足的问题,导致发动机叶片、涡轮等关键零部件设计和制造长期不过关。同时,印度缺乏必需的测试设备,不得不依靠法国、俄罗斯进行发动机测试,这也是发动机研制成本增加、周期延长的主要外因。

有消息称,五代机AMCA初期版本已经彻底放弃国产发动机,原型机将选用美国通用电气公司的F414涡扇发动机,以保证首飞如期进行。目前,在法国赛峰集团的帮助下,印度燃气涡轮研究院仍在完善“卡弗里”发动机,希望能够装在量产五代机AMCA上,但仍有大量技术难题需要突破。

印度官员表示,当前阶段,五代机AMCA项目主要任务是制造5架原型机进行飞行测试。同时,他还公布了从2019年开始五代机AMCA的10年发展规划路线图:预计首架原型机于2024年面世,2025年或2026年进行首飞,2029年开始量产。不过,从LCA“光辉”战机发展过程看,这个路线图过于乐观,LCA“光辉”战机早在2001年1月就完成首飞,但交付部队一直等到15年后。五代机AMCA比LCA“光辉”战机研制复杂得多,在原型机还未制造出来的当下谈服役还为时尚早。

上图:印度展出的五代机AMCA模型。资料照片



“守桥部队的机枪疯狂吐着火舌,纷飞的子弹打得铁索火花四溅,22名夺桥勇士一手持冲锋枪,一手扶着铁索,冒着枪林弹雨,朝对岸发起冲锋……”电影《大渡河》中,红军飞夺泸定桥的一幕令人热血沸腾,红军战士手中拿着的正是MP-18冲锋枪。

一战期间,各国军队普遍列装了射程远、火力大的机枪。然而,残酷的堑壕战让交战双方意识到:一些小巧灵活的武器在堑壕战中更具优势,部队急需一款能够连续射击的微型机枪。

时任伯格曼公司初级设计员的雨果·施麦瑟开始设计自己的第一款作

品。雨果出生于枪械世家,从小就对各类枪械口径参数了如指掌。

当时,手枪是主要的近距离作战武器,但其缺陷也是显而易见的。雨果通过反复拆解手枪,一个创新想法突然在脑海中浮现:“如果能在子弹膛前瞬间点燃底火,就可以使弹壳后坐力抵消枪机前冲的部分动能,从而提高整体枪机效能。”

没过多久,在自由枪机工作原理的基础上,雨果创新底火待击发技术,使得枪械拥有了更高的射速和精度。解决击发问题后,雨果又对枪械造型进行设计——选择木制枪托和枪身,减轻枪

械整体重量;枪身内置一个可以容纳所有活动部件的圆桶式机匣,使整体结构更加紧凑小巧;采用钢制枪管外包多孔套筒,提高气体冷却效率。

在测试环节,多枪同时齐射,火舌喷涌而出。数秒后,150米外多个人形靶应声倒地。定型后,这款微型机枪有了一个后人熟悉的名字——MP-18冲锋枪。该枪结构简单、容错率高,且各项作战数据符合预期标准,是一款适合近距离作战的好枪。

一战结束后,各国纷纷仿制MP-18冲锋枪。之后的日本百式冲锋枪、英国

“兰彻斯特”冲锋枪等,都能看到MP-18冲锋枪的影子。在当时中国,MP-18俗称“手提机关枪”或“花机关”。长征期间,难以携行辐重,重量轻、火力猛、威力大的MP-18冲锋枪,成为红军战士手中的“重武器”,为中国革命的成功立下汗马功劳。

左图:MP-18冲锋枪。资料照片

近战利器:MP-18冲锋枪

■李双吉 杜嘉浩

军工档案