

上个月,印度“光辉”舰载机在“维克拉玛蒂亚”号航母上完成首次航母着舰试验。虽然印度国防部已宣布将大批量采购国产“光辉”战机,但囿于其有限的作战性能,印度海军明确表示该机仅作为舰载教练机使用。

对于海上作战来说,航母是制胜重器。它的最大优势是具备立体攻击能力,这种攻击能力很大程度上

来源于舰载机。可以说,舰载机是现代航母的灵魂,其自身及配套设施的研发制造水平考量着一个国家国防工业发展水平。

目前,世界上仅有少数国家具备打造舰载机体系的能力。那么,如何提升舰载机作战能力?又需要攻克哪些技术难题?本期,海军航空大学高级工程师张广兴为您解答——

海上弯弓:舰载机的腾飞之路

■赵凤权 姜子晗 赵楠

军工科普

“利箭”锋从磨砺出

百年海权争夺,舰载机这枚“利箭”的锋刃被一次次淬火磨砺,走过了漫长的发展之路。

时光拨回至1910年一个清晨,“伯明翰”号战列舰上,船员们匆匆地搬开甲板上的物品,为一架螺旋桨飞机清理出一条笔直跑道。午时,飞行员尤金松开刹车,猛推油门,驾驶战机滑出跑道一飞冲天——这一次,他驾机完成了人类历史上的首次舰载飞行。

30多年后,麦克唐纳公司成功研制出世界上首架喷气式舰载机FH-1,将舰载机发展带人喷气式时代。不过,无论是螺旋桨还是喷气式,舰载机飞行技术攻关始终是航空设计师为之头疼的难题。

如何让舰载机顺利起飞?各国航空设计师首先在“力”上下功夫。麦克唐纳公司汲取经验教训,在F2H舰载机(FH-1升级版)上搭载2台加强型发动机,有效解决了旧机型动力不足的问题。法国一家飞机制造公司另辟蹊径,通过改造“北风”舰载机翼面气动布局,“巧借东风”实现快速起飞。

然而,御风而行只是入门,要想磨砺海上“利箭”,还要攻克3道难关:

一是强度关——增强机体结构韧性。如果将陆基飞机起降比作放风筝,那么舰载机从航母上起降就像扔标枪——仅用2秒钟,舰载机就要从0加速到300公里/小时,机体承受巨大过载,面临解体风险。

二是耐力关——减少海洋环境腐蚀。长期处在高湿高盐的海洋环境,舰载机机体结构会加速老化,导致电子元器件故障频发,机械构件强度下降。有数据统计,美军F-14舰载机服役到2000年后,前起落架等多处构件出现严重腐蚀问题。

三是收纳关——解决折叠存放难题。航母甲板可谓“寸土寸金”,要想在有限空间内停放更多舰载机,折叠机翼技术十分关键。苏霍伊设计局设计师将“折叠机翼”这个想法应用到苏-33舰载机身上。

苏-33舰载机取消了机翼油箱,巧妙地绕过了折叠管路的设计难题。随



后,科研人员又研发了全自动折叠技术,实现机翼、尾翼和尾椎的弯折,使航母搭载舰载机的数量得到大幅增长。我们熟知的俄海军“库兹涅佐夫”号航母,最多可搭载20架苏-33舰载机。

翌年,道格·泰勒提出滑跃起飞的概念。5年后,“海鹞”舰载机首次在英国“无敌”号航母的滑跃式甲板上实现满载起飞。自此,滑跃式甲板成为很多国家航母的主流设计,并得到广泛应用。

此外,采用垂直起降方式的F-35B舰载机成为航母的另一种选项。垂直起降舰载机有着油耗大、作战半径小等弊端,但是在轻型航母作战方面具有很高价值。

舰载机起飞的问题解决了,那么如何让舰载机实现稳定降落呢?

在航母的各项作业流程中,舰载机着舰被视为最危险的一个环节。据统计,80%的舰载机飞行事故发生在着舰阶段。可靠的助降设备和拦阻装置是保证舰载机着舰安全的关键。

当舰载机高速飞向“母舰”时,航母上的光学助降系统会向舰载机发出引导光束,帮助飞行员判断飞行姿态是否正确。经过一系列复杂飞行操作后,舰载机将冲上甲板,用尾钩勾住4条阻拦索中的一条,数秒后减速至0。如果挂索失败,飞行员会顺势复飞,再次尝试着舰。紧急情况下,舰面工作人员会升起阻拦网,稳稳“兜”住舰载机,确保舰载机和航母的安全。

助降设备和拦阻装置的研发,需要攻克机械、电气和液压等诸多技术难关,舰载机一起一降是国家工业实力的集中体现。印度首艘国产航母“维克兰特”号于1999年立项,直至今年1月才安装好阻拦索开展起降试验,其难度系数之高可见一斑。

人器合一“弓箭手”

进入新世纪,越来越多军事专家开

始关注一个问题:舰载机与航母快速迭代升级,保障人员的能力素质是否跟得上武器装备的发展速度?

去年11月,英国F-35B舰载机在“伊丽莎白女王”号航母上起飞时发生坠海事故。经调查,事故原因是勤务人员未将进气道挡板取下,导致发动机进气量不足。

这一问题到指现代航母保障体系。武器装备再先进,人员依旧是战斗力建设的关键因素。

舰载机起飞的问题解决了,那么如何让舰载机实现稳定降落呢?在航母的各项作业流程中,舰载机着舰被视为最危险的一个环节。据统计,80%的舰载机飞行事故发生在着舰阶段。可靠的助降设备和拦阻装置是保证舰载机着舰安全的关键。

当舰载机高速飞向“母舰”时,航母上的光学助降系统会向舰载机发出引导光束,帮助飞行员判断飞行姿态是否正确。经过一系列复杂飞行操作后,舰载机将冲上甲板,用尾钩勾住4条阻拦索中的一条,数秒后减速至0。如果挂索失败,飞行员会顺势复飞,再次尝试着舰。紧急情况下,舰面工作人员会升起阻拦网,稳稳“兜”住舰载机,确保舰载机和航母的安全。

助降设备和拦阻装置的研发,需要攻克机械、电气和液压等诸多技术难关,舰载机一起一降是国家工业实力的集中体现。印度首艘国产航母“维克兰特”号于1999年立项,直至今年1月才安装好阻拦索开展起降试验,其难度系数之高可见一斑。

执行舰载机起降任务期间,舰上噪声高达140分贝,“彩虹战士”可以通过这套管理系统进行无障碍交流,让世界上最繁忙的“移动机场”变得井然有序,有力保障舰载机在甲板上“腾挪”。

上图:海军航空大学某基地组织昼间航母资质认证,飞行学员驾驶歼-15战机着舰。

新华社发



军工T型台

近日,据俄罗斯媒体报道,未来配备苏-57战机的新一代发动机将采用扁平式尾喷管设计。目前,这一技术已经在S-70重型隐身无人攻击机上开展了相关测试工作。

扁平式尾喷管并非全新设计,美军F-117战机就采用了宽扁比较高的扁平式尾喷管,意在提高战机的隐身能力。

那么,扁平式尾喷管有哪些方面性能优势呢?

一是降低雷达信号特征。传统尾喷管的内部特征为圆柱形空腔结构,很难与机身实现高度一体化设计,不可避免地会出现各种具有强反射特征的曲面。而扁平式尾喷管可以与机体形成一体化构型,将发动机完全遮掩在机体内部,控制雷达波进入,从而更好地实现战机隐身。

二是降低红外信号特征。与传统尾喷管相比,扁平式尾喷管的发动机喷流在离开机体后,与冷空气混合速度更快、范围更大,温度也随之下降得更快。因此,战机的红外特征降低,被探测跟踪锁定的概率更小。

三是提升气动布局性能。自20世纪60年代以来,战机动气动布局设计中最重要的一个突破是通过优化机身的气动效率来实现升力增加、阻力降低,也就是后来业内熟知的“翼身融合”“升力体”式设计。这一设计思路的核心,是把机身做成类似于机翼的剖面,相当于一块额外的中央翼。但无论是亚音速还是超音速,要想提高翼型效率,机尾必须实现流畅的“收尖”——在传统圆柱形尾喷管的机型上,这一点很难做到。扁平式尾喷管则很容易实现。

既然扁平式尾喷管优势明显,为何全球大多数战机依然选择传统圆柱形尾喷管呢?

这是因为扁平式尾喷管对战机设计门槛要求极高,如果无法满足一定前提条件,在应用过程中反而弊大于利。

对高性能战术飞机而言,加力燃烧室不可或缺。在加力燃烧状态下,温度陡升的发动机喷流是航空设计师无法回避的难题。在发动机尾喷管设计中,圆形是一种效率非常高的截面——截面周长最小,受热和受力分布均匀。反观扁平式尾喷管,如果没有足够先进的耐热材料来取代传统高密度耐高温合金,扁平式尾喷管必须通过扩大体积、增加重量的方式,来应对温度极高的发动机喷流问题,这会严重影响战机飞行性能。

如果在五代机上实现扁平式尾喷管,至少需要采用两种先进材料:一种是特别耐高温的钛合金材料,起到主要承力作用;另一种是具备高力学性能的材料,抗冲击韧性优异的陶瓷能起到隔热和吸收电磁波的作用。

在战机设计领域,大多数传统钛合金材料难以满足核心高温区域要求,并不适用于扁平式尾喷管。以F-22的扁

俄五代机计划换装扁平式尾喷管

■李泽晖 陈信安

扁平式尾喷管为例,所采用的大幅提升耐高温性能的阻燃钛合金材料,点燃温度比传统钛合金要高500℃。即使是这种钛合金材料,也无法承受发动机加力燃烧时的喷流高温,还需采取第二道措施,用更耐热的陶瓷材料作为屏障,将钛合金结构隔离保护起来,才能实现扁平式尾喷管设计。

我们知道,陶瓷材料具备优异的耐高温特性。但要实现高强度、高韧性,必须通过加入高性能碳化硅纤维进行增韧处理。

早在苏联时期,设计师们已经认识到扁平式尾喷管对提升战机总体性能的重要性,并开展了诸多项目的科研攻关。但囿于材料方面的问题,过去始终未能拿出真正具备实用价值的产品。

此次,俄罗斯高调宣布S-70和苏-57将采用扁平式尾喷管。有专家预测,俄罗斯军工企业可能在材料和设计方面已取得关键技术突破。

上图:2021年7月26日,在第15届莫斯科国际航空航天展览会上,苏-57战机起飞进行表演。

新华社发

“二马”攻坚造导管

■唐幼娟 曹诗钰

军工档案

20世纪60年代,我国在试制歼-6战机过程中,曾出现过导管扩口后气密性不好的质量问题。负责生产导管的国营112厂油管导管车间,是严格按照规范要求生产的。一时间,科研人员陷入了困境。

导管被称为机体的“血管”,一旦出现问题,后果不堪设想。歼-6战机机身遍布上百种类型导管,系统规格极其复杂,故障问题排除难度大。

时任油管导管车间主任马龙文找到技术员马俊生,一见面就匆匆地说:“手艺人常说‘砍的没有旋的圆,旋的没有挤的圆’,你觉得有没有道理?”

马俊生回答说:“砍是手工作业,重复精度不高;旋是机械加工,但人为操作也影响精度。挤压是靠模具成型,人为因素最小,加工质量最好。”

“你说的有道理,我们用挤压方法试试。”“二马”一拍即合。



说干就干,马龙文马上组织攻关小组进行分析论证,探索出全新工艺。经过多次试验和改进后,扩口导管经受了复杂、故障问题排除难度大。

之后,挤压扩口新工艺被正式编入歼-6战机制造工艺规范,并应用到实际生产。

1963年,重新试制后的歼-6战机首飞成功。“二马”攻坚造导管的故事在工厂广为流传,成为我国航空工业史上的一段佳话。

上图:歼-6战机。

金波供图

当“牛师傅”遇上“犟徒弟”

■胡勇华

速度很慢但基础知识牢。像赵浩凯这样的还是头一次遇到。直到有一天,赵浩凯的一次错误操作,把袁毛气得直瞪眼。在军工厂,袁毛是获得诸多荣誉的技术“大拿”,带出的徒弟个个出类拔萃。当“牛师傅”碰上这样一位难教的徒弟,他又该怎么办呢?

“表面看是他难成才,实际上是我用心不够。虽然每天朝夕相处,但我还是没有走进他的心里。”冷静下来,袁毛反思道。

看着情绪低落的赵浩凯,一向不主动交流的袁毛,利用休息时间和赵浩凯聊起家庭和个人爱好,再逐渐拓展到维

修方法和检修技巧。有了更多共同话题,赵浩凯开始对袁毛渐渐敞开心扉。

一次失败可能丢掉自信,找回自信却需要一次次成功。为了让赵浩凯重拾信心,袁毛一方面从点滴小事着手,让他发现自身优点,并不断给予鼓励;另一方面经常与部队沟通,多向各级领导传递赵浩凯的“正向信息”,让他感到自己从未被抛弃,帮他逐步找回自信。

“鸡蛋从外打破是压力,从内打破才是成长。”赵浩凯身上的那股犟劲被激发了出来,他的改变有目共睹——为弥补自身短板,他利用休息时间到技勤室查阅装备技术说明书,主动学

习天线功能构造原理,并梳理出数十个疑难问题。

看到赵浩凯发自内心的改变,袁毛既高兴又欣慰,耐心地给他解答所有问题。从那以后,赵浩凯像是变了一个人,学习上十分上心,工作更加细心。他一次次成功排除故障的表现,得到战友们的广泛认可。

去年,赵浩凯参加上级组织的演习,期间他表现突出,多次排除装备故障。当年底,赵浩凯荣获连队表彰。那天,袁毛记得赵浩凯说了很多感激的话,有一句话让袁毛记忆犹新:“在我自己都快要放弃的时候,是您让我重新站了起来!”

人与人之间最远的距离,不是万水千山,而是心与心的距离。对于某军工厂系统设计师袁毛和空军雷达站雷达技师、中士赵浩凯而言,他们师徒之间的这座“连心桥”,架设起来并非易事。

第一眼见到比自己小10岁的赵浩凯时,袁毛怎么也想不到这位年轻徒弟会这么难教。那一年演训季,袁毛奔赴西北戈壁空军某雷达站,执行雷达保障任务,该雷达站派赵浩凯跟班见习。刚开始,赵浩凯学得还算认真,但一段时间后每到理论学习,他就抓耳挠腮,嘴上说“明白了”,提问却“答不上来”;检修设备,动作常常“慢几拍”不说,还总是漏项、出错。

这些年,袁毛也教过不少战士,有的理论底子薄但动手能力强;有的反应

保障亲历