

## 军工T型台

前段时间,美军对垂直起降舰载机F-35B进行“滚式”降落训练。其实,去年10月,美国英国便以“威尔士亲王”号航母为平台,进行F-35B战机的短距滑跃起飞和“滚式”降落测试,以求用更大机载重量完成战机起降。

近年来,缘于垂直起降过程中的苛刻条件

和较大油耗量,各国服役的垂直起降舰载机事故频发。为了弥补设计缺陷,科研人员开始尝试为垂直起降舰载机升级发动机、变换起降方式、改造航母平台等。那么,垂直起降舰载机如何负重起降?短距滑跃起飞和“滚式”降落能否成为其飞行新方式?未来配套技术及武器又会迎来什么发展?请看本文解读。

## “威尔士亲王”号航母测试短距滑跃起飞和“滚式”降落——

# 垂直起降舰载机能否突破“两难怪圈”

■姜子吟 刘任丰 宋鹏



### 一个关于垂直起降的“两难怪圈”

1969年4月,英国皇家空军迎来一批“特种新兵”——虽然有着战机的外观,却能垂直升空并在空中悬停,这让飞行员惊叹不已。这就是由霍克飞机公司与布里斯托尔航空发动机公司联合研制的“鹞”式战机。

“鹞”式战机的“绝活”,源于一组特殊的“心脏”——搭载推力转向技术的“飞马”发动机,通过调节旋转发动机喷口,助力战机垂直起降,并在空中完成多种特殊动作。

随着战机投入实战,垂直起飞时挂载武器少、油耗大等问题逐渐显现,这也直接影响其海上作战能力。

如何让垂直起降舰载机“负重起飞”?科研人员的目光再次聚焦航母滑跃式起飞甲板。这种弧形上翘的甲板,能使舰载机在滑行后获得合适的起飞迎角,配合强劲的发动机,实现大载重起飞。

这个过程就像童年时放飞纸飞机,先找准合适角度“巧借东风”,再大力抛出,纸飞机就可以飞翔。自20世纪70年代起,英国对“竞技神”号轻型航母进行改造,拆除了蒸汽弹射器,之后又将舰艏甲板改装成向上12度的滑跃甲板,通过“短距滑跃起飞、垂直降落”的方式,实现“鹞”式战机装备更多弹药远程作战,有效提升了垂直起降舰载机的作战半径。

除了“巧借东风”,使用轻薄材料减轻“瘦身”,也是增加战机航程和弹药量的重要选择。航空界有这么一句话:“为减轻飞机每一克重量而奋斗。”科研人员论证设计飞机时,在材料、设备使用上的一项基本原则是“能减尽减”。

20世纪60年代末,苏联在初代垂直起降舰载机雅克-38的研发过程中发现,其升力发动机在飞行时不工作,给战机增加不少重量,导致油耗大、载弹量少,最大作战半径不足200公里,被称为“桅杆保护者”。

随后10多年里,苏联雅克-38设计局在战机设计中广泛采用铝合金等复合材料,减少自身重量增加航程,并通过加装各种新型空战武器和对地攻击武器,让战机具备超视距空战能力。

1987年,苏联第二代垂直起降舰载机雅克-141问世。该战机碳纤维材料占比28%,最大起飞重量较初代垂直起降舰载机提升近8吨,作战半径700公里,最大飞行速度1.7马赫,成为世界上第一架实现超声速飞行的垂直起降舰载机。

2004年,美国在研发F-35B战机过程中发起了“减肥计划”。为追求轻量化,科研人员开展了持续8个月的升级改造,使用高强度黏合剂替代蒙皮紧固件,对每个细微零件进行铣削和磨削,甚至缩小了垂尾尺寸,为战机减重约1.225吨。

好景不长,F-35B出现了“减肥后遗症”。在2010年的耐久性测试中,F-35B试验机主要机翼承力框过早出现结构裂纹。机体结构强度大打折扣,导致首批F-35B战机的预计服役寿命仅为设计值的四分之一,并且在服役期间故障频发。由此可见,通过“减肥”实现战机“负重起飞”,是一个两难选择。

目前,美军又提出F-35B升级计划,通过改装发动机、提升新材料应用比例,以期大幅降低故障率、延长服役寿命,但最终能否突破垂直起降的“两难怪圈”,还是一个未知数。

### 组合方案助力安全起降

现代海战,远离陆基补给站,航空燃油是宝贵资源,且战机装备的精确制导导弹,一枚造价动辄上百万美元。为了保证军事行动的可持续性,垂直起降舰载机不仅要能够“负重起飞”,更要实现载弹载油安全着舰。

为此,科研人员采用“常规推进系统+升力系统”的组合方案,将发动机输出的动力进行分流,达到“飞起来”“落得稳”的效果。

第一步是通过涡轮主轴,将动力传递给位于发动机前部的风扇装置,该装置产生向下喷出的气流,再由风扇底部喷管对产生的升力进行矢量调节;第二步是通过偏转式喷口,将发动机燃烧室向后喷出的气流向下偏转,将战机支撑在空中,当战机需要向前飞行时,喷口会向后偏转,产生向前推力;第三步是通过两根导管,将发动机压气机产生的压缩空气分别引至两侧机翼,再通过翼尖上的喷口向下喷出。这样不仅能为战机提供更多垂直向上的升力,还能在

机体重心偏移时,调节喷气方向,保持战机平稳飞行姿态。

俄罗斯图曼斯基设计局将常规推进系统升级为转喷口发动机,并应用在雅克-141战机上。该发动机喷口具备转向功能,可以向下偏转。在战机垂直起飞时,喷口向下喷射,提供升力;进入巡航状态后,喷口恢复水平,提供前进动力。此外,座舱后部机身串联安装的2台RD-41升力发动机,同样由图曼斯基设计局研发,专为提升战机垂直起降性能设计,确保在起降过程中获得足够升力支持。

然而,英国科研人员发现,无论是“常规推进系统+升力系统”还是“转喷口发动机+升力系统”,两种组合方案在恶劣天气条件下,经常会出现推力不足等问题。于是,他们开发出舰载机“滚式”降落技术。

“滚式”降落兼具传统常规着舰和垂直着舰的方式,舰载机以一定的下滑角从舰艏方向进场,在升力风扇、偏转喷管、机体气动结构的共同作用下,以“树叶飘落”的姿态减速接近航母,触舰后依靠数字式防抱死刹车系统将地面刹车距离控制在50米以内。

虽然“滚式”降落与标准垂直降落方式相比更复杂、风险更高,但降落过程中提供的强劲升力,让舰载机能够携带更大载荷着舰。2018年,英国皇家海军在“伊丽莎白女王”号航母上完成了187次垂直着舰,并进行了15次舰上“滚式”降落试验,取得不错效果。

### 配套技术带动能力升级

20世纪70年代初,时任美国海军作战部部长艾尔默首次提出建造更小、性价比更高的“制海舰”,并搭载垂直起降舰载机。当时,该方案因垂直起降技术不成熟,遭到军方否决。

半个世纪过去,越来越多国家军队装备了垂直起降舰载机,与其搭配作战的两栖攻击舰也随之迭代发展。以2019年下水的意大利“里雅斯特”号两栖攻击舰为例,它装备有滑跃式起飞甲板和泛水坞坞,能搭载约20架垂直起降舰载机,高效执行制海制空任务,一度成为各大军工企业争相模仿的“样板舰”。

与此同时,垂直起降舰载机的入列,也带动了一批配套技术和武器装备

的快速发展。这些配套技术和武器装备成为垂直起降舰载机的“新搭档”,有效提升了战斗力。

飞行甲板穿“隔热服”。由于垂直起降舰载机起降时向下喷出的高温燃气,会对甲板形成高温腐蚀,科研人员在甲板热防护层的研发上下了功夫。以英国皇家海军“伊丽莎白女王”号航母为例,科研人员开发出一种以铝钛合金为主的新型金属热障涂层技术,2.5毫米厚的防护涂层可以保护甲板承受上千摄氏度的发动机尾焰高温。

升力风扇“减脂瘦身”。升力风扇虽然能为垂直起降舰载机提供更大升力,但占据大量机身空间,战机因此减少了载油量。战机起飞后,升力风扇又失去用武之地。为了进一步提升战机的动力效能,科研人员一方面采用前置升力风扇方式,降低迎风阻力;另一方面,通过减少风扇叶片数量,优化叶片气动设计,实现在保持大推力下的设备减重。

发动机“化繁就简”。推力矢量发动机偏转机构、调节板等复杂部件较多,精简设计可以提升推力矢量发动机效能。为此,一些国家科研人员提出气动推力矢量理念,在喷口中增加一小股可控方向的气流,对喷口主流进行干扰,产生推力矢量。用这样一堵“空气墙”代替传统的偏转机构,不仅可以使喷口重量减轻80%,降低一半的制造成本,还能加快推力矢量发动机的反应速度,有效提升垂直起降舰载机的机动性和敏捷性。

飞得更快、落得更稳、动力转换更高效……这些正在进行的变化,帮助垂直起降舰载机不断适应新的战场需要。

去年,英国皇家海军出台了航母改造计划——在伊丽莎白女王级航母的基础上拆除滑跃飞行甲板,加装阻拦索和电磁弹射器,让F-35B战机的起降过程更加高效便捷。

不仅如此,改造后的航母还将搭载舰载无人加油机。通过空中加油方式,可以增加垂直起降舰载机航程和作战半径。

从某种意义上看,这些配套技术的迭代升级和赋能增效,为垂直起降舰载机尝试短距滑跃起飞和“滚式”降落奠定基础。武器装备的进化发展,很少单项跃进,更多的是合力推动,其效能究竟如何,还需进一步检验。

上图:F-35B战机。

新华社发



“有了‘维修百宝箱’,我们保障舰艇航行任务更加得心应手。”初秋,海军某大队派遣维修分队执行装备应急抢修任务,他们利用前期自主技术革新的“维修百宝箱”,快速排除装备故障,得到官兵的点赞。

该大队高级工程师王大鹏告诉笔者,近年来,随着新型舰艇不断列装,维修保障任务面临新的挑战。刚开始,遇到装备零部件损坏问题,他们只能等待替换零部件配送上舰再进行维修,既耗时长又效率低。如今有了“维修百宝箱”,不仅能快速解决常见装备故障问题,故障维修周期也明显缩短。

研发“维修百宝箱”,源于一次应急抢修经历。去年初,某型舰艇出航前一个零部件发生故障,等待替换零部件送达用了大半天时间,险些延误舰艇出航。

事后,该大队党委在总结复盘时,就如何提高维修效率进行反思,有人提议:“能不能设计一款轻便携带又易于快速保障的工具箱?”经过大队党委充分研究后,决定由王大鹏牵头负责该项目的研发工作。

研发初期,一个个棘手问题摆在他们面前:哪些备件最常用?采用哪些维修工具?如何在有限空间里装载这些条件和工具?

“按照维修工作步骤,将不同备件、工具依次划分定位,让它们拥有独立固定位置,方便维修时快速找出。”王大鹏确定好设计思路后,与军工厂一次次对接方案,一次次论证改进,最终设计出舰艇单兵保障工具箱,官兵们给它取了一个亲切的名字——“维修百宝箱”。

最初的工具箱并不完美,官兵背着笨重的工具箱穿行在舰艇狭小的空间,很不方便。

为了减轻工具箱重量,王大鹏结合实际维修经验,梳理出舰艇出航常见故障问题,“淘汰”部分工具,对常用备件也进行了更新。

一次,王大鹏从一份资料中得到启发:能不能设计几款多功能工具,满足不同场合的维修、测量和安装需要?说干就干。王大鹏带领团队立刻投入研究,历时3个多月,经过反复改进,一个个多功能工具改造完成,“维修百宝箱”重量大幅减轻。

“箱内配备常用维修工具20余种,装备替换件50余种,箱子内还进行详细标注,数量种类、适配型号一目了然。”王大鹏告诉笔者,为提高箱内空间利用率,各类工具备件分区摆放,取用

## 「维修百宝箱」诞生记

■叶昀翰 法将程

便捷。此外,在“维修百宝箱”底部,还有一本维修手册,维修人员遇到问题时,可以翻阅手册,寻求解决方法。

小小百宝箱,功用可不小。在近日一次舰艇保障任务中,某型装备线路连接发生故障,上等兵刘镇宇利用随身携带的“维修百宝箱”,快速检测并顺利排除故障。

据了解,“维修百宝箱”自配发以来,在多项任务中得到检验。下一步,他们将结合任务实际,不断改进升级“维修百宝箱”,提升在任务实践中的使用质效。

上图:战士们运用“维修百宝箱”检修设备。

叶昀翰摄

## 保障亲历

### 巴航工业再添新订单——

## C-390或成军用运输机市场新宠

■李岩 刘声

### 军工世界观

飞行性能好。C-390在飞行速度、航程、舒适度上有明显优势。C-390的2台涡轮风扇发动机比C-130J的4台涡轮螺旋桨发动机,拥有更快巡航速度、更小机舱噪音和更远航程,这与民航客机领域双发代替四发的趋势不谋而合。

价格优势明显。成本因素成为C-390获得众多国家青睐的重要因素。有公开消息称,一架C-390的采购价6700万美元,而C-130J则要9000万美元。同时,双发设计可以使C-390的后续运营成本大幅降低。更重要的是,C-390还可以通过增加一套加油吊舱改装成空中加油机,实现“一机多用”。

此外,C-390在电传操控、气动布局等方面具有后发技术优势。C-390采用先进的航电设备和系统,拥有数字电传操控、HUD显示器、夜视系统、红外对抗套件、自动油门等先进技术。

以C-390在市场上最大的竞争对手C-130J运输机为例,C-130J是多国空军替代C-130运输机的首要选择。相比C-130家族运输机,C-390在诸多方面优势明显。

运载能力强。同为中型运输机,C-390拥有比C-130J更大的运载空间和载重。囿于早期设计限制,C-130J的货舱尺寸已满足不了现代重型装备运输需求。相比之下,C-390能够运载大型装备,可以满足20吨级别重型装甲车的运输需求。

从无到有,是一种较为划算的买卖。