

前段时间,英国皇家海军在东地中海海域打捞起一架失事的F-35B战机。这场历时3个多周的深海打捞行动,向世人展示了多种新技术。

打捞坠海飞机,堪称现实版“大海捞针”。要想在茫茫大洋上快速准确定位飞机和飞行员方位,需要多种专业力量协同配合和高新技术的投入使用。近年来,世界范围内

的相关科研机构都在致力于研发先进的深海打捞和海上搜救技术,并尝试将其应用于各种海上飞行事故的打捞任务中。

那么,深海打捞到底难在哪里?需要攻克哪些技术难关?打捞战机与搜救飞行员又有哪些区别?请看本文为您一一解读。

## 深海捞“机”难在哪

■王小飞 姜子晗 张国强



今天,找到一架坠海飞机有那么难吗?

2014年马航MH370失联航班搜救行动给出答案:在持续近4年的海上打捞无果后,马来西亚时任总理马哈蒂尔表示,搜索工作不可能无限期继续,“我们到了不得不停止搜索的时候”。

困难,来自方方面面。仅以海水对于无线电波的传播影响为例,常见的定位信号会随着距离增加逐步衰减,即使是受海水影响较小的低频无线电波,在海水中每传递3米,其电波幅值也会衰减至原来的十分之一。

那么,面对重重困难,深海打捞团队又是如何进行“大海捞针”呢?

第一步是回声定位。大部分现代战机都装有电子飞行记录仪,也就是大家熟知的“黑匣子”。“黑匣子”入水后,信标上的水敏开关启动声波信标工作,能够将位置信息通过加密的超声波信号向外发射,可在6000米水深正常工作30天左右。这些信号可以被拖曳式声呐探测,计算出声源大概位置,再使用可以定位信号来源方向的水听器,判断出残骸位置。

即使有了这些“法宝”,水下定位依然面临诸多难题。以马航MH370失联航班搜救行动为例,搜寻中使用的TPL-25拖曳式定位仪最快飞行速度仅5节,比人们骑行速度还慢。在搜索海域不确定的情况下,即使多个定位仪同时工作,想要找到“黑匣子”还是很难。因此,飞机落水区域的前期推算至关重要,搜寻范围越小,定位成功率越高。

第二步是深潜作业。目标一旦确定,就轮到深潜器闪亮登场了。深潜器拥有大功率的“头灯”,强壮有力的“手臂”和灵活敏捷的“身躯”,工作人员通过深潜器上的摄像头可以实时观察水

下情况,在飞机的最佳承力点进行切割、钻孔、挂上紧固件和安装绳索等操作,将飞机残骸牢牢捆绑,完成抓捕动作。

为了提高深潜器的作业效率,荷兰一家公司为新型深潜器安装了2个多功能机械手,并配备自动跟踪功能,操作员只需发送简单指令,便可以监控深潜器执行水下任务。2012年,在一次北大西洋海域打捞任务中,该型深潜器在4700米的深海区域,成功将上千件物品碎片收入囊中,高效完成重达48吨的残骸打捞任务。

第三步是专业回收。要在暗流涌动的深海区域成功抓取动辄数十吨的飞机,深潜打捞船必不可少。深潜打捞船上的折臂伸缩吊,在打捞深海重型部件中发挥着重要作用,既可以整机起吊也可以网罗碎片。

然而,光有“力量”还不够,受海上风浪影响,起吊过程中的缆绳拉力会随着浪涌剧烈变化,极易超出缆绳承载力极限。例如,美军在打捞F-14战机时,曾连续发生缆绳断裂的情况。为解决这一难题,科研人员发明了船舶运动补偿器,通过活塞和滑轮实时调节起吊速度,以减小缆绳拉力的变化幅度,抵消船舶浮动带来的影响。

### 极限救援,海天联合寻生机

如果一架战机在海上失事,飞行员不幸落入冰冷的水中,留给搜救人员的黄金救援时间是多少?

答案是12小时。

海上搜救人员如同与“死神”赛

跑。当战机发生飞行事故后,飞行员被弹射出舱,弹射座椅会自动向后方指挥员发出信号。受天气、海况等综合因素影响,后方指挥员收到的定位数据与实际位置差距较大。即使位置信息准确,恶劣的海上环境和敌方战场拦截也会对救援带来不小挑战。

历史上,科研人员尝试使用水上飞机、救生快艇、改装轰炸机等作为救援载体,但都无法满足复杂海况下的救援需要。直升机具备出色的悬停飞行能力,其广阔的搜救视野和精准的雷达勘察,是现代海上搜救的“鹰眼”。

不过,快速飞行能力是直升机的短板。在分秒必争的海上救援任务中,只出动直升机开展搜救是远远不够的。如何让海上搜救又快又准?国外有专家提出“喷气式飞机+直升机”搭配作业方案。2019年2月,国外一架战机意外坠海,航空救援队派出一架救援搜索机和一架搜救直升机前往现场,救援搜索机搭载对海监视雷达,快速锁定飞行员位置,撒下染色剂和救援物品后,搜救直升机抛下绳索救起2名飞行员。救援搜索机从出发到发现飞行员,仅用时36分钟;搜救直升机从到达完成救援任务,只用时31分钟,充分证明了“喷气式飞机+直升机”搭配作业方案的可行性。

此外,为增加飞行员落水后的生存率,国外一些企业还研制出航空生命救生系统,该系统随飞行员一同弹射落水后,可自动释放救生船、驱鲨剂和染色剂,并配备呼救电台和雷达波发射器等装置,尽可能延长飞行员在恶劣的海洋环境下的生存时间,增加被己方人员发现的概率。

上图:法国打捞幻影-2000战机。资料照片

### 军工科普

#### 多管齐下,大洋深处上演“海底捞”

1966年的一个清晨,海面上薄雾弥漫,2架美军战机在西班牙帕利马雷斯的上空进行空中加油。突然,2架战机撞到一起,冒着尾烟旋转坠入海中……

指挥室内瞬间陷入一片死寂,大家都被惊呆了——落水战机内有一颗威力巨大的氢弹,随时可能发生爆炸。这起严重事故发生数个小时后,一场惊心动魄的“深海打捞”行动随即展开。

茫茫大洋上,氢弹落于何处?如何打捞?科研人员犯了难。为了防止事件继续扩散,美军紧急召集数十名顶级专家商讨对策,一定要找到这颗“溺水氢弹”。随后,他们对水深、洋流和物体外形等诸多方面进行详细分析,花费数周时间推算出氢弹沉海的坐标方位。

拿到坐标方位图后,美军迅速派出海洋科考深潜器“阿尔文”号,先后下潜10次,在水下700米的一个斜坡上发现氢弹。又经过数周时间,终于将这颗“溺水氢弹”打捞上舰。这次实战经历,确立了定位计算与打捞作业相结合的深海打捞模式。

10多年后,美军深海打捞的“续集”再度上演。1976年,一架F-14“雄猫”战机从“肯尼迪”号航母上坠入大西洋。为尽快找回战机,美军派出NR-1小型核潜艇前去搜寻。这艘潜艇全长30多米,犹如一条灵活的沙丁鱼,可以在近千米深的深海中快速航行。

在“海底迷官”,NR-1小型核潜艇穿梭于沟壑礁石之间,打开声呐系统快速搜寻“雄猫”微弱的定位信号,工作人员紧盯屏幕,不放过任何可疑线索。4周后,“沉睡”的战机残骸终于被发现,工作人员操纵机械臂将其“五花大绑”,拖着它浮出水面。

两次深海打捞经历,让美军高度重视发展打捞技术,相继研发出多款深潜打捞设备,形成一套模块化、可空运、可船载的标准化设备系统,在全球8个地区进行预置,具备48小时快速响应能力。

在深海打捞技术领域,俄罗斯等国同样走在世界前列——俄罗斯研制的“萨尔马”大排水量水下无人潜航器,可以在1000米水深航行10000公里,支持高纬度海域打捞任务;英国、意大利联合研制的某型无人遥控潜水器,可在6000米水深持续工作250个小时,其装备的大容量计算机,可实现资料处理和数据控制的高效运行,大幅提升精准操纵能力。

#### 深潜追踪,三步探明“海底迷官”

有人会问:在卫星定位技术发达的



拨动开关,拉动操纵杆,显示屏上各种飞行参数尽收眼底……前不久,海军航空大学某基地“三小”创新团队研发的一款便携式地面开车模拟器投入使用。打开这个“魔盒”,空中机械师足不出户就可以进行模拟发动机开车训练。

该基地技术骨干赵书豪告诉记者,这套模拟器不仅能模拟地面开车流程,还增设了发动机点火失效、发动机超温、转速悬挂、滑油压力异常等多种发动机特情,可以协助开展特情处置训练。

研发这套“魔盒”的想法,源自赵书豪的一次部队调研经历——

“直升机与飞机不同,每次飞行都

## 装着发动机的“魔盒”

■金佳龙 刘任丰

需要空中机械师与飞行员密切配合。”海军某部空中机械师张奇告诉赵书豪,空中机械师新兵训练时,频繁启动会消耗发动机的使用寿命,错误操作还会引发装备故障。

听完张奇的问题反馈,赵书豪萌生出研发一套地面开车模拟器的想法。回到单位,赵书豪马上开展调研,查参数、配置零部件、学习编程……他带领团队成员从零开始,经过数月艰苦攻关,成功研制出某型舰载直升机地面开车模拟器。

第一代模拟器只有简单的开/关车功能和少数的开车特情设置。这时候,有的空中机械师反映:“特情模拟太少,模拟器功能有限,真实度并不高。”

“设备不好用,我们马上改进。”赵

书豪对照发动机故障汇编开始了新一轮攻关。

“这么晚还不睡?”空中机械师徐博到赵书豪的办公室探班。见到老熟人,赵书豪将问题一一向他道来。

“模拟器要想管用实用,你可以参考一下以往飞行参数。”徐博的一席话让赵书豪找到创新灵感。

受此启发,赵书豪带领团队成员改进电路、增设操纵模块、优化代码,在模拟器中不仅增设了增压泵开关、注油按钮等,还增加了多种特情随机模拟功能。

“这简直就是台微型发动机!”初次体验后,空中机械师白东伟发出赞叹。作为该模拟器的第一批“用户”,前不久,他在模拟器上顺利完成了发动机

模拟开车训练和多种发动机特情处置训练。

“研制地面开车模拟器只是一个起点,将来我还要把更多的创新理念应用到机务保障一线。”赵书豪说,最近他正在利用三维重建技术,对机场、直升机和训练舰艇进行数字化建模,计划将来应用于飞行教学和模拟演示,为部队飞行训练再添助力“利器”。

左上图:团队成员利用地面开车模拟器开展发动机特情处置训练。作者供图

### 基层创客

### 军工红色坐标

历史是一幅画,时间是画纸。一座岁月斑驳的“小白楼”承载着空军某航修厂老一辈航修人的共同记忆。

时光轮回,徜徉在“小白楼”四周,一段段历史画面浮现在笔者面前——1955年4月26日,空军成立了第一座航空修理厂。几乎在同一时期,地处航修厂东南角的“小白楼”,完成了身份的转变,被赋予了新的使命。

那一天,伴着嘹亮的《莫斯科—北京》乐曲,中苏双方完成交接,“小白楼”被改造成新的修理厂房,从此肩负起为空军修理战机的神圣使命。

走进“小白楼”,触摸着褶皱掉皮的墙壁,一条条历经风雨侵蚀的印痕,无声地诉说着老一辈航修人执着坚守的青春往事——

建厂初期,在“全面向苏联学习”的动员下,装备修理主要采用“以换件为主、修理由辅”的修理模式。然而,随着装备修理任务加重,航材供应短缺等问题很快暴露出来。显然,“以换件为主”的修理方式很难满足空军装备维修保障需要。

一场修理模式的变革势在必行。“小白楼”里弥漫着紧张气息——管理人员、技术人员和工人们意识到,他们需要勇敢地迈开步子,踏上一条从未走过的道路。

从0到1的变革绝非易事。由“换件为主”过渡到“修理为主”,关键是要有战机的修理技术条件和工艺流程。当时,大家没有任何经验可循,只能摸着石头过河。

航修之路,路在何方? “照搬国外不是长久之策,必须把核心修理技术掌握在自己手中。”曾在“小白楼”工作过的科研人员张方维回忆往事仍历历在目。

无数个深夜,“小白楼”里灯光明亮,张方维和同事们一起,对着字典逐字逐句地翻译整机俄文资料,对原有工艺路线改进整合,优化工艺分工,明确技术标准,终于探索出一套科学合理的修理指南。

泛黄变脆的书页,是打开那段奋斗岁月的密码。依托这套修理指南,工人们形成了一条由分解、故检、修理到装配、调试的完整战机组修线。

真正的“大考”接踵而至。1962年,工厂接到一批某型发动机维修任务,将来这款发动机加装在某型战机上。

老一辈航修人深知这张“考卷”的重要意义。按照工厂修理指南,工人们分工明确,按照工艺流程有序开展分解、检验和修复故障等方面工作。

然而,在检测发动机叶片时,一道浅浅的裂纹引起一位工人师傅注意。这道裂纹虽小,但对于飞行安全来说,是一个不可忽视的隐患——在持续高转速的飞行条件下,发动机叶片极易发生“疲劳”,只要一叶片断裂,整套发动机的所有叶片都要报废。因此,叶片断裂被苏联专家称为“无法治愈的金属癌症”。

裂纹技术问题攻关,成为横亘在维修人员面前的“大山”。深夜,科研人员仍在研究图纸,“小白楼”里响起了激烈的讨论声——

“维修周期这么紧张,航材又紧缺,这可怎么办?”

“是啊!可是苏联专家都解决不了的问题,我们自己修理风险太大了。”

听完大家的不同观点,主持试修工作的工程师郭益基态度坚定地表示:“我们要开辟一条属于自己的修理之路,就不能停留在原地打转转!”

一时间,大家陷入沉默。“苏联专家驻厂时曾留下一批完好叶片,如果能与这型战机的叶片参数逐一比对,或许会给解决难题带来崭新思路。”话音未落,郭益基转身走向库房。

经过上千次对比检测,郭益基惊喜地发现:两种叶片之间只差一个硬

# 「小白楼」承载的「航修记忆」

■周乐钱 戚

化层。

但除掉它,谈何容易? 科研人员查阅各种维修资料,试图捕捉到一些有用的信息。功夫不负有心人。大家从一本外文书籍中获得创新灵感,合力研制出去电抛光技术。之后,除去硬化层的叶片装机试车成功。此时,“小白楼”里轰鸣声和欢呼声交织在一起,成为一片欢乐的海洋。

短短数年间,航修厂形成了战机和发动机双重视修能力,修理任务逐年提升,并培养出一大批维修技术骨干。

“一只雁也许飞得快,一群雁才能飞得远。”1966年,为响应党中央“三线建设要抓紧”的号召,上千名管理人员、技术人员和工人从“小白楼”出发,带着180多台设备和560余吨物资南下,走上了援建的道路。

“条件艰苦是我们始料未及的——缺人少物,建设新厂用的水泥还是从大连海运过去的。但能为国家‘三线建设’作贡献,每个人内心都是热情高涨。”参与援建的工人刘义贵回忆起当时情景,心情仍激动不已。

数年后,他们参与援建了贵州、湖南、湖北等地多个厂区,用一颗为国奉献的赤诚初心,奠定了我国航修事业的坚实基础,也开启了我国航修领域新的航向。

如今,60多年过去了,昔日“小白楼”已不再承担修理任务。作为一座精神地标,“小白楼”指引着年轻一代航修人踔厉奋发、砥砺前行。

下图:“小白楼”旧照。作者供图

