

隆冬时节,某海域寒风凛冽,一场跨昼夜着舰训练考核有序展开。海军航空大学舰载直升机飞行教官驾驶直升机,精准降落在甲板上的着舰标志圈内。

别看这几架直升机飞得灵活机动,其实已是“高龄”。在航空修理厂“直升机4S店”的精心“保养”下,它们健康依旧,活力依旧。

通常,直升机飞行2000多个小时要安排一次全方位“体检”;飞行满8年,必须返厂,进行深度检修、维护。从1907年法国人保罗·科尔尼研制出第一架载人直升机,到如今直升机被广泛应用于作战、运输、巡逻、救护等领域,航空维修技术快速发展,为直升机的维修保养构建起一道可靠的安全屏障。

海军航空大学飞机修理厂高级工程师王健带您参观——

# “直升机4S店”

■刘任丰 刘晓军 李家奇

## 军工科普

### 第一步:接机检查

专业“店员”齐上手,“望、闻、问、切”找问题

“直升机4S店”的检修工作,好似医生看病,分为“望、闻、问、切”四步。

“望”——初步检查各零部件状态。根据直升机不同的“年龄”,不同的工作地域,“望”的方式也不同。执行高原飞行任务的直升机,检查旋翼上的防冰除冰设备是重点,“店员”会查看防冰液喷嘴有没有堵塞,旋翼转轴输电线路是否通畅;对于常年在海上“漂泊”的直升机,要查看其零部件的腐蚀、老化等情况,以及机体是否有磨损和裂纹。

“闻”——倾听“客户”反馈。“客户”的问题反馈,可能是直升机的重大隐患。这个过程需要“店员”与机组人员保持良好的沟通,精准锁定直升机上的每个潜在故障。

“问”——主动展开“问询”。飞行员是装备的主要使用者。维修人员会根据维修经验为每个“客户”的实际情况预设一张“问卷”,通过细密“问询”寻找蛛丝马迹,特别是对飞行员飞行操作中的“不爽”之处刨根问底,顺藤摸瓜找到“病因”。

“切”——深入检查直升机的质量状态。这是“直升机4S店”接机检查阶段最关键的一步。此时,“店员”会为直升机连接上各类“听诊器”,显示屏上的数据变化就像病人的脉搏跳动,里面藏着丰富的信息。一个不起眼的曲线变化,有可能隐藏着一个未知风险。

别看步骤简单,与固定翼飞机相比,直升机自身振动大、服役环境复杂,大修过程需要的检修科目更系统、人员素质更高、工具手段和保障设施更全面。

以北约驻阿富汗国际安全援助部队的直升机为例,由于频繁穿行在多风沙的恶劣自然环境中,几乎每架直升机都“伤痕累累”。维护人员需要详细排查主螺旋桨、尾螺旋桨和发动机叶片的损伤情况。繁重的战场维修保障任务,让相关直升机维修人员“不堪重负”。

如何提高维修保障效率?国内外军用直升机维修企业在维修体制设置、人员机构组成和工具手段应用上集思广益,广开新路。比如,近年来兴起的整机健康监控技术,有人将其比喻为全时段“私人医生”,可以监测机体主要部件的疲劳寿命、发动机和传动装置的振动情况、旋翼桨叶结冰速度和航线飞行剩余油量等数据。每次维修前,“店员”都会拿到一份直升机实时“体检报告”,直升机的“健康”状况一目了然,开起“药方”,动起“手术”来也心中有数。



### 第二步:维修拆装

“刮骨疗毒”清除病灶,“强筋健骨”焕发生机

直升机内部结构复杂,多达上万个零部件。

打开整流罩外壳,风扇叶片、压气机叶片、涡轮叶片错落排列;探照灯照向主旋翼桨毂下方,燃油、润滑油、液压油管路交错纵横;驾驶室内各类仪表、阀门、显示器排列分布……跟随“店员”逐一排查,你会发现,由于水汽、烟尘、盐雾等对机身的侵蚀,不少“病灶”都已深入“骨髓”,必须拆解直升机进行“刮骨疗毒”。

“刮骨疗毒”分几步?按照国际上通行的方法大致可分为:第一步“麻醉”,拆掉被称作直升机神经系统的操纵系统;第二步“开刀”,如抽丝剥茧般将各系统零部件从直升机上拆下;第三步“刮骨”,机体结构系统是直升机的“骨骼”,“店员”用无损探伤设备寻找机体损伤部位,在整个过程中,各系统零部件和机体框架都会被翻修更换。

翻修更换零件只是给直升机“强身健骨”的方法之一。除此之外,“店员”还会在机身涂层上下功夫。

多层涂装、“整容”手术、材质升级……“店员”往往对直升机的“皮肤”格外关照,想出各种“美容妙方”。其中,最常见的是敷上一层“面膜”。零件涂底漆、面漆、防腐剂等多层涂料是常规方法,最后还要给直升机涂上外层涂装。如此一来,直升机方才具备防腐耐磨、阻燃隐身等功能,真正实现“颜值和实力并存”。

对直升机“刮骨疗毒”后,还有更关键的一步——“缝合”。

拆下来的各系统零部件要按图纸和设计要求还原。这个过程看起来简单,做起来很复杂,这相当于直升机生产过程中的

总装,其工作量占大修工作量的50%~70%。

法国空客公司发现,在直升机零件装配过程中,工作人员不得不往返于各个工作台,对零件进行检查验证,通常一个变速箱就有300多个零件。

如何缩短工期?空客公司采用先进的数字化解决方案,将增强现实和可穿戴技术引入检查过程。技术人员不仅能通过头戴AI设备了解每个零件装配过程中的实际需求,提升工作效率,还可以使用语音命令完成零件拍照上传和归档工作,实现无纸化装配流程。

“缝合”结束后,重获新生的直升机还要活动一下这副崭新的“筋骨”——调整机体的间隙尺寸,保证直升机运转自如;调试直升机的“神经”是否灵敏,做好通电检查……这些繁琐工作程序缺一不可,确保出厂的直升机个个都恢复到初始状态。

### 第三步:试飞交付

“出厂试羽”讲究多,“三层通关”才放心

在交付给客户前,直升机还需要经历三层试飞考验。

第一层是地面滑行试飞。地面滑行试飞过程是循序渐进的,从低速滑行、中速滑行再到高速滑行。

地面滑行试飞主要验证直升机在滑行振动状态下,机体结构是否牢固,各系统工作是否正常,直升机的刹车效率以及滑行运动特性是否满足要求。只有地面滑行试飞验证结果完全符合要求,直升机才能够进行试飞。

第二层是悬停起落试飞。这是出厂直升机真正意义上的“试羽”,主要检验直升机旋翼和总距杆的功效。

旋翼是直升机起降的重要部件。旋翼旋转时,像一把倒立的伞,旋翼桨叶翼尖划过的途径构成伞沿,伞沿构成

盘面的轴向指向旋翼的拉力方向,旋转盘面的前倾角度决定了旋翼在升力和推力之间的力量分配。

总距杆可以同时改变旋翼桨叶角。直升机降落时,试飞员需要平滑地推拉总距杆,减小旋翼桨叶角,让直升机垂直下降,轻缓接地,直至在地面停稳,才能收油门,关闭发动机。

第三层是空域飞行试飞。这是直升机试飞的最后一关,主要检验其综合性能。

直升机空中飞行时,像是一个吊着重物的“竹蜻蜓”,转动重心一般位于机体的下半部。旋翼盘面的出力轴线通过重心时,飞机稳定飞行;出力轴线不通过重心时,力臂就会造成滚转。因此,直升机在进行爬升、下降和前行等机动动作期间,要综合控制旋翼出力和盘面角度的变化。

如果遇到无风天气,地面平整度较好,直升机巡航和垂直起降并不复杂。但军用直升机经常执行复杂情况任务,特别是在恶劣战场条件下进行大机动、大过载飞行时,挑战就来了。

在“敌”火力下突击机降,飞行员通常采用高速进入、急速停降的方式。这时,直升机像眼镜蛇准备攻击目标一样高高扬起,这种姿态能产生很大阻力,强化减速过程,尽量减少在“敌”火力下的暴露时间。

这种极限动作,在国外诸多军用“直升机4S店”的试飞过程中很常见。他们常常借助山谷、高原等复杂环境对野外营救、悬停停车、超低空通场、编队飞行等技能进行试验,不断测试直升机的极限性能以及恶劣环境对武器装备的影响。

通过这三个层次的试飞考验,“店员”就可以将这架大修后的直升机交付部队。这时候,飞行员还要再对直升机检查一番,并亲自驾驶跃上蓝天飞上一两个回合。至此,这次返厂大修工作才算圆满结束。

上图:完成大修的直-9直升机进行悬停起落试飞。 王春翔摄

时隔100多年后,居里夫人的笔记本仍具有放射性——

## “无法触及的科学遗产”

■范宁 许秋雨



居里夫人是历史上首位获得诺贝尔奖的女性,她的一生探索发现了多种放射性元素。除了为大众所熟知的“现代物理学之母”的头衔之外,居里夫人在新科技领域也作出了巨大的贡献。一战期间,她成功研发了“X射线医疗车”,很多士兵的生命由此得到挽救。

早在100多年前,居里夫人就发现了放射性元素——钋和镭,并从沥青铀矿中成功分离出纯镭。遗憾的是,因为长期暴露在放射性环境中,她的健康受到严重损害,最终患上再生障碍性贫血。

谁能想到,时隔一个多世纪,害死居里夫人的“元凶”,至今仍“活”在其笔记本上。

前不久,诺贝尔奖官方推特公布了居里夫人使用过的笔记本照片。由于沾满了放射性镭元素而无法触碰和处理,她的笔记本被科学家们称为“无法触及的科学遗产”。

1896年,法国物理学家贝克勒尔在实验中发现铀元素会放射出一种有穿透力的射线。这一发现引起居里夫人的注意。在一间用作贮藏室的密闭潮湿的房子里,她利用极其简单的装置做了大量实验工作,发现另一种元素钍的化合物也能放射出与铀相似的射线。由此证明,放射现象不仅仅是铀的特性,而是某些元素的共同特性。

她很快又发现,有些矿物的放射性强度比单纯由铀或钍产生的放射性强度要大很多,说明这些矿物中含有放射性比铀、钍还要强的某种未知元素。这是一项十分重要的推断。

尽管一些同行劝她要小心谨慎,她还是在自己选择的道路上走了下去。居里夫人的丈夫皮埃尔将手中的晶体研究工作,协助妻子共同寻找这一未知元素。他们废寝忘食、夜以继日地实验,终于在1898年7月发现一种新元素,放射性比铀强400倍。

居里夫人给这一新元素命名为“钋”,以此怀念她的祖国——那个在当时世界地图上已被列强瓜分的波兰。

发现钋元素后,居里夫妇继续在放射性比铀强900倍的含铀矿物进行分析。经过分步结晶方法,终于得到少量的白色粉末。这种白色粉末在黑暗中闪烁着蓝光,居里夫妇把它命名为镭,它的拉丁语原意是“放射”。

镭的发现,打破了当时流行于物理学和化学界的相关经典学说,彻底推翻了原子不可分割的陈旧理论,为现代原子和核物理学的发展奠定了基础。

后来,科研人员发现镭元素放射的射线能破坏和杀死细胞、细菌,可以用来治疗癌症,朋友们劝居里夫妇把提炼镭的过程中申请专利权。当时,镭的价格约为15万美元一克。对于生活拮据的居里夫妇来说,这可以给他们带来可观的收入,但他们拒绝了。居里夫人说:“镭不应当成为任何人发财致富的工具。镭是元素,它属于全世界!”居里夫妇主动将他们的研究成果公布于世,不从他们的发现中获取任何物质利益。

有一天,居里夫人从实验室回家时,自言自语道:“我多么疲倦啊!”次日,她卧床不起。医生诊断不出她生病的原因,有点像感冒、结核、恶性贫血,但又似乎什么都不是。

1934年7月4日,居里夫人因“镭中毒”引起的再生障碍性贫血症与世长辞。长年累月进行放射性元素的研究,使她付出了生命代价,但她为人类作出的杰出贡献,永远闪烁着光芒。

上图:存放在法国国家图书馆中的居里夫人的笔记本。 资料图片

## 历史钩沉

海军某修理厂电子装备测试中心工程师柳颖——

## 给潜艇“眼睛”做“手术”

■高德政 卢剑秋



着了“魔”。日积月累,柳颖的技能得到快速提升。

那年,工厂接到某型潜艇雷达电子设备检测器研制任务。过去,设备要在潜艇雷达上进行测试,不仅测试时间长,测试数据准确率也偏低。厂领导经过研究决定,由柳颖牵头研制。

接到任务,柳颖第一时间组建攻关小组,带领大家对产品进行论证研究——没有专业仪器,就用万用表逐条测试连线参数;租借的试验设备时间有限,就带领团队成员轮流倒班,保证研制工作不间断进行……历经几个月苦战,项目团队终于拿出了检测器样品。

没想到,检测器样品在第一次运行时,报出了多项故障。柳颖就是这样一个擅长为潜艇雷达做“眼科手术”的军工人。

20年前,大学毕业后,柳颖来到海军某修理厂。想一展身手的她,刚上班就被泼了一盆“冷水”——第一次修理电子设备,因对电路板结构不熟,导致焊点没焊准,维修设备直接变成了废品。当时,柳颖在老师傅谢从奉面前“红了脸”。

“不会咱就学,不懂咱就练。”谢从奉的话让柳颖重拾信心。打那以后,无论多忙,柳颖每天都会抽出时间学习。工作时间她向同事请教,业余时间对着书本自学。为了搞懂设备特点,她按照谢从奉的指导方法,把设备一遍遍地拆卸、检修,熟悉电路板结构、分析设备性能,研究设备工作原理。那段时间,柳颖做梦都念叨着各类参数,同事们笑她



## 飞机为何要空中放油

■战胜 赵镜然

加油延长航程。但是,飞机为什么还要空中放油呢?

一般情况下,飞机起飞时要携带大量燃油和载荷,起飞重量远大于允许飞机安全降落重量。正常飞行过程中,战机会消耗大部分燃油。战斗中,还会投放、使用掉一部分携带载荷,返航降落时飞机重量会大大减轻,满足安全降落重量要求。然而,有时候飞机遇到特殊情况需要紧急降落。此时,为了满足安全降落要求,飞行员就要放掉一部分燃油,降低飞机重量。

飞行过程中,应急放油虽名为“应急”,但并不意味着可以随便排放。一般来说,城市、机场、森林上空和近地低空不能放油,放油地点应尽可能选在海洋、山区或荒原上空。机场一般都会在其附近划出一部分放油区域。此外,放油高度尽可能保证在3000米以上,这样放出的燃油会在落地前雾化挥发,不会对地面设施和人员造成威胁。

当前,飞机主要空中应急放油方式是重力放油和动力放油。重力放油是依靠燃油自身重力排放出机外。动力

放油则是燃油依靠设置在各油箱内的应急放油泵或燃油增压泵作为动力源,将燃油排放出机外。这种方式不受飞机发动机设计位置限制,是目前应用最广泛的应急放油方式。

左上图:战机飞行时进行空中放油。 资料照片

## 军工圈

## 人物·科技先锋