兵器广角

前段时间，土耳其一家公司研制的TB-3无人机首飞，引发世界军迷“围观”。其备受关注的原因，首先在于该型无人机具有可折叠机翼，具备在两栖攻击舰短跑道上起降的能力。

TB-3无人机的出现，是世界各国不断探索无人机上舰之路的缩影。在此之前，已有不少国家在进行同样的摸索。

2022年5月，美国一家公司对外公布了其研制的MQ-9B舰载无人机。这型无人机配置了新设计的机翼和尾翼，可以在两栖攻击舰上起降。2023年，另外一家公司推出的“莫哈韦”无人机在一艘航母上进行了起降测试。

以上舰载无人机，和以前一些舰船上应用的无人机不同，它们的体形更大，飞得更高更远，留空时间也更长，所携带载荷更大或更多。

那么，这是否意味着舰载无人机的发展正“全面开花”？它的发展为什么呈现出“远”“大”等特点？今后的发展存在哪些问题？请看本期解读。

舰载无人机渐入“远”“大”时代

■黄武星 李学峰

图①：TB-3无人机；图②：S-100无人机；图③：Transwing无人机；图④：MQ-9B舰载无人机。

资料图片

远航程、大体形舰载无人机成为发展新趋势

在很多人印象中，航母的块头很大，足以搭载众多战机。实际上，长期以来，舰上甲板空间有限，一直是影响舰载机发展的因素之一。

这种影响，不仅波及一代代有人驾驶舰载机，也在一定程度上左右了无人舰载机的发展路径，使其发展不得不从无人舰载直升机“起航”。

20世纪60年代，美海军开始应用的QH-50无人舰载直升机是较早上舰的无人机，可以携带鱼雷执行反潜任务。之后，研制公司对QH-50进行了多次升级，但用无线电遥控的它，仍无法适应波涛汹涌的海上环境，隔三岔五失控坠海，让研发人员和其使用者头疼不已，后来它一度沦为训练靶机。

此类挫折也引发新一轮的探索。在随后的时间里，各国开始为舰载无人机“大脑”增智，即研制短程遥控无人驾驶或自动控制系统，提高此类无人机在舰船上使用的安全性，从而使无人舰载直升机得到持续发展。

以法国在这方面的发展为例，去年6月，法国空客公司研制的VSR700舰载无人机完成了在装有直升机甲板的民用船只上的起降。这型无人机在民用轻型直升机基础上改进而成，据称可在40节以上风速中安全起降。值得关注的是，借助空客公司研发的甲板探测器系统，以及另一家公司研发的无人驾驶系统，VSR700舰载无人机无需借力卫星导航及全球定位系统，就可完成在甲板上的起降。此前的2019年，法国海军成立了首个舰载无人机中队，该中队装备的S-100无人机同样采用了直升机构型。

但是，无人舰载直升机在发展过程中，也暴露出一些短板，如航程有限、飞行速度较慢、留空时间较短等。这些短板，让其无法适应对抗日益激烈的海上作战环境与需求。于是，发展远航程、大体形舰载无人机，成为各国的新选择。

去年9月，英国威尔士亲王号航母上进行了一次舰载无人机的测试。测试对象是“莫哈韦”无人机。该无人机从岸上起飞，通过自动控制与人工遥控相结合，完成了为航母“送快递”的任务。不同的是，“莫哈韦”无人机已不是直升机构型，而是较大型的平直固定翼无人机。

事实上，对飞得更远更高、载荷量更大无人机的探索早已开始。1993年，美国空军提出“无人作战飞机有可能成为21世纪空中作战主导力量”的观点后，美国海军就启动了航母大型舰载无人机选型工作，提出发展“舰载无人监视与打击飞机”。X-47B舰载无人机的试飞，就体现着相关方面在这一领域的探索。

2021年12月，美国海军和相关公司完成了MQ-25A“黄貂鱼”空中无人加油机的首次航母甲板调度测试。据称，这型机长超过15米的无人机，一次可携带6吨多燃油，为多架有人战机加油。

舰载无人机所呈现出的潜力，吸引着一些国家及一些防务公司先后加大投入力度，展开对其的研发。据公开资料显示，俄罗斯也开始研发舰载无人机，计划将其部署在建成后的23900型通用两栖攻击舰上，推出海军版的“猎人”无人机是其可能的选项之一。

在这方面，翼动力公司研制的Transwing无人机呈现出“走中间路线”的一面，通过将机翼设计成可调整位置的方式，该无人机获得了倾转旋翼机的一些效果。在此基础上推出体形更大的无人机型号承担货运任务，是其未来发展方向。在追求更大航程、更强载荷能力这一点上，它与其他新型无人机一样，可谓“殊途同归”。

解决难题的程度决定了其上舰速度

让无人机上舰，有很多好处。比如重量轻、配置比较灵活；较易维护、成本较低；能在更多环境中执行各类任务；操作人员面对的安全风险较低；即使损失也可承受等。也正因此，各国海军对发展舰载无人机的期望值较高。然而，从实际情况看，舰载无人机的发展并非已“全面开花”，能够上舰的无人机“凤毛麟角”，目前所能达成的作战效果也差强人意。

这是因为，让无人机上舰并不等同于把无人机搬上舰船，而是涉及到方方面面的难题。能否解决这些难题，直接决定着无人机是否可以上舰；而解决这些难题的程度，决定着无人机上舰的速度。

起飞降落难。狭小晃动的舰上甲板环境、来自多方面的电磁干扰等因素，给舰载无人机起降带来不小风险。能否在不断移动的舰船上，完成在晃动的甲板上的安全起降，是无人机上舰的“入门考试”。

目前，虽然有火箭助推起飞、弹射起飞、伞降回收、撞网回收、天钩撞绳回收等多种无人机起降方式，但适用这些方式的无人机基本上体形不大。对正受到各国海军垂青的大型远航程无人机来说，一般会采用像有人舰载机那样的起降方式。据统计，即使是一些体形较小的舰载无人机，其在回收时发生的故障也占到整个任务期间所发生故障数量的80%以上。而要把块头较大的远航程无人机，像有人舰载机那样，安全地降落在甲板上，难度可想而知。

机舰协同难。同陆基无人机相比，舰载无人机面临着机舰协同的难题。与短航程的无人舰载机相比，远航程、大体形的无人舰载机对机舰协同的要求更高。难度的递增，源于舰上操作人员必须“两只手弹琴”，面对同一个甲板，既要考虑有人舰载机的使用，也要考虑无人舰载机对甲板面积的挤占。

尤其是随着一些国家要求远航程、大体形舰载无人机具备与有人舰载机“联手”的能力，更增加了舰机协同的难度。

当前，一些舰载无人机的智能化水平不断提升，有的甚至已达到大多数时间可自主控制飞行的标准，但在起降阶段，仍需要类似“人在回路中”的控制。以MQ-25A“黄貂鱼”空中无人加油机为例，尽管它采用了人工智能辅助决策，实现了一定程度的飞行自主可控，但起降阶段仍需要进行人工操作，这不可避免地给舰上操作人员带来了压力。

环境适应难。海上环境复杂多变，高温、高湿、霉菌、盐雾等，是舰载无人机必须面对的现实。更大的体形、更远的航程，意味着将有更多的载荷长时间处于这种环境中，这不仅对建造无人机机体的材料提出了更高的抗侵蚀要求，而且对载荷的效能、无人机的飞控系统提出了更高要求。

这一点，在美国研制X-47B舰载无人机的过程中有所体现。为研制该型无人机，相关方面前后耗时5年，投入10亿多美元。虽然试飞成功，但后来在乔治·布什号航母上两次试降均告失败的事实，以及后来该项目终因技术性能不达标被迫搁置的现实，都体现着研制此类无人机难度之大。

也正是这种难度，让不少国家望而却步，也让舰载无人机尤其是远航程、大体形舰载无人机成为为数不多的国家海军的装备。

大量用于大型海上移动平台尚需时日

近年来，在无人机上舰方面，伊朗与土耳其算是动作较大的两个国家。客观来说，这两个国家在无人机研制方面都取得一定成果，由于没有堪用的有人舰载机，两国不约而同地选择让无人机“登上”大型海上移动平台。伊朗的大型海上移动平台来自对货轮的改装，而土耳其的大型海上移动平台是阿纳多卢号两栖攻击舰。

与伊朗、土耳其不同，美国拥有不少核动力航母和现役的有人舰载机。因此，该国选择的路径是让无人舰载机“嵌入”当前海战体系，实现与有人舰载机的“联手”。

不过，无论采用哪种方式让无人机上舰，其技术上的“关节点”没有本质的不同。

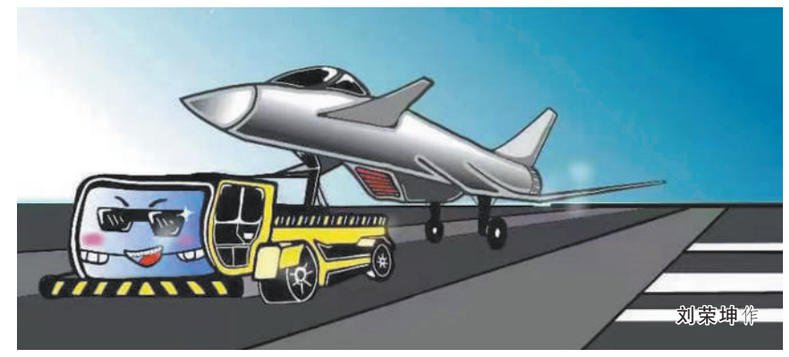
电磁弹射和拦阻技术。随着尺寸更大、航程更远的舰载无人机上舰，短距起降或许将不再是此类舰载无人机的唯一选择。尤其是随着对舰载无人机出动效率和回收效率要求的提升，电磁弹射器和电磁拦阻装置很可能也会用于一些远航程、大载荷的舰载无人机。这就对电磁弹射和拦阻技术提出更高的要求，以便充分发挥其功率大小可调、力量控制精准且使用间隔时间短的优点，助力大型舰载无人机快速升空、精准回收。

智能化指控技术。实现对舰载无人机的有效指挥控制，一方面依靠舰载无人机性能的提升，尤其是在自主控制能力方面上大台阶；另一方面则需持续提升指控体系对舰载无人机控制的实时性与精准度。要满足这方面的需求，就必须进一步向自动化、信息化、人工智能借力，通过技术赋能来提升舰载无人机与所搭载的大型海上移动平台的协同水平。

先进仓储技术。当前，一些舰载无人机采用了折叠机翼、取消尾翼等设计，努力使体积变小、结构更加紧凑，甚至一些体形较小的舰载无人机也进行了可折叠改造，但远航程、大载荷舰载无人机的出现，给相关舰船的仓储带来新的压力。要发挥此类舰载无人机的作用，就必须采用更先进的仓储技术，同时推进无人舰载机载荷的模块化，以便在使用时与有人舰载机相得益彰，取得“1+1>2”的效果。

支持保障舰载机作战是一个“巨系统”工程，除了以上3种技术，还有不少技术需要“解锁”或者“进阶”。只有如此，才能让远航程、大体形无人舰载机发挥出增强预警探测时效、提高通信中继能力、丰富协同作战样式、增强支援保障能力等作用。

供图：阳 明



刘荣坤 作

兵器连连看

飞机牵引车——机场上的矮个『大力神』

■熊天霞 韩晓东

如果说战机是翱翔天际的“雄鹰”，那么飞机牵引车就是在地面上默默守候、不可或缺的矮个“大力神”。它的作用是将战机拖拽到起飞位置，战机着陆后再将其转移至停放位置。

按说，战机一般都自带动力，那么让战机自己“走路”不香吗？为何要用到飞机牵引车呢？原因其实很简单，用飞机牵引车来移动战机，首先是更加安全，同时还能起到节省飞机燃料、降低飞机发动机损耗等作用。

以机场为“家”的工作性质决定了飞机牵引车的特点——车体扁平却“力大如牛”。扁平车体有利于其在机翼下甚至机身下穿行，“力大如牛”则能确保它在面对不同重量战机时“不辱使命”。

作为现代机场上不可或缺的一种地面航空保障设备，飞机牵引车作为特种车辆经历了几十年的发展。

航空工业发展初期，飞机一般比较简陋、小巧，两三个人就可推动。后来，几十吨、上百吨的中、大型飞机出现，促使人们思考借用外力来移动飞机。历史上，马车、牛车、农用拖拉机都曾被用于移动战机。

一些国家的飞行部队一度使用越野卡车或吉普车来牵引战机，但这些车用于牵引战机时出现过不少险情，主要是因为，它们短时间内的速度变化较大，无法精准控制，会对飞机起落架、机体结构、机载设备等造成伤害。于是，飞机牵引车应运而生。飞机牵引车多采用液压传动，能实现无级变速，速度比较稳定，不容易发生磕碰飞机的现象。

飞机牵引车的长度宽度比一般民用小汽车大，也比民用小汽车重许多，凭借这种重量，加上防滑抓地力较强的轮胎，就能拖动很重的战机。

和民用机场上的飞机不同，军用机场的飞机数量、种类较多。为更多战机提供服务的特点，决定了飞机牵引车有不同牵引方式。按其牵引方式的不同，飞机牵引车可分为有杆牵引车和无杆牵引车两种。传统的有杆牵引车通过牵引杆实现与战机的“手拉手”，无杆牵引车则是利用自带的夹持装备，直接“抱住”和抬起飞机的前轮拖其前行。

穿行在陆上机场的同时，飞机牵引车也驶上大型舰船的甲板，用来牵引舰载机。

航母等大型舰船的甲板、机库空间有限，对战机移动的精准度要求更高。凭借较小的转弯半径和灵活走位，飞机牵引车可帮助战机游刃有余地穿行在这类地方。

飞机牵引车上舰，对相关研发工作提出了更高要求——不但要让其具有陆上牵引车的功能，还要能适应高温、高湿、高盐雾、霉菌以及海水侵蚀等海洋环境，以及具有电磁兼容、抗辐射等能力。

当前，有的国家开始研发遥控式飞机牵引车。通过遥控，这种较为自动化、智能化的飞机牵引车有望高效完成飞机转移任务。这可能是飞机牵引车未来发展方向，但从目前来看，由人驾驶的飞机牵引车仍是主力。随着科技进步，飞机牵引车的未来发展究竟何去何从，尚需继续观察。

“联盟-SV”自行火炮——

走下图纸后，“双拳”变“单拳”

■赵艳斌 曹亚铂

新装备展台

在一款知名的电脑游戏中，“天启”坦克较为惹眼。“天启”坦克并排装有两门大口径火炮，对目标拥有较强的毁伤力。

俄罗斯去年完成国家测试的2S35“联盟-SV”自行火炮，一度让不少人想起“天启”坦克。尤其是其设计图上的双管火炮，让人顿生“游戏之光照进现实”之感。

不过，设计图上“联盟-SV”自行火炮的两个火炮是上下设置。真正“落地”、研制成功的“联盟-SV”自行火炮仍采用单管大口径火炮设计。

按说，该型自行火炮名称中的“联盟”二字，本意是用来指代成对的主炮，如今双管变单管，但“联盟”二字仍得以沿用。原因何在？

有一种说法是，相关方面认为，“联盟-SV”自行火炮的“形”虽然没了，但“神”还在，单管火炮仍能发挥出与双管火炮同等的作用，所以沿用了原名。

设计图中的“联盟-SV”自行火炮，之所以被安排了两门同口径主炮，主要是想达到一个目的——能用多发炮弹同时攻击一个目标、增大打击威力，并增加对手的拦截难度。但双炮管设计也有缺陷——该设计使火炮整体结构比较复杂，如每门主炮都要配备独立的自动装弹机等。于是，俄罗斯最终放弃了双炮管结构，在回归“稳健”的单管火炮设计同时，选择了用科技为火炮赋能。

“联盟-SV”自行火炮。

“联盟-SV”自行火炮搭载的是专门研发的2A88型52倍径152毫米火炮。大口径、高膛压的设计，使它在确保威力的同时射程明显增加。据称，发射杀伤爆破榴弹时，其最大射程超过30千米；发射火箭助推榴弹时，射程更远。凭借远射程，该型自行火炮能够在相对安全的距离发起攻击，提升战场生存力。

“联盟-SV”自行火炮采用模块化装药和全自动装填技术。模块化装药技术，使得该型自行火炮可用叠加标准发射药模块的方式，实现原先使用不同规格发射药药包才能达成的目的，变换射程更加便捷、精确。标准发射药模块的使用，也为全自动装填奠定了基础。在相关软件系统支撑下，该自行火炮能有针对性地选择所需弹种和灵活调整标准发射药模块的数量，实现自动装填。

该型自行火炮的自动化还体现在火控、战场环境感知、弹药车向炮车补充弹药、加快作战流程等方面。

这种向自动化的借力，取得了一定成效。从射速上讲，“联盟-SV”自行火炮能够以“每分钟大于10发”的射速进行战斗；从精度上讲，该型自行火炮不仅能发射精确制导炮弹，还能用自身配备的弹道雷达探测敌方火炮弹道、修正己方弹道，让普通弹药达到一定打击精度；从威力上讲，“联盟-SV”自行火炮能运用“炮火突袭”模式，即一门火炮按照不同弹道先后发射多枚炮弹，这些炮弹同时命中目标，来确保打击效果。炮车较大的载弹量，使它拥有更多的打击样式选项。

据公开披露的信息，“联盟-SV”所搭载火炮还可被整合在卡车底盘上，从而变身为轮式火炮，快速部署到任务区域。