装备动态

如何将补给安全、快速地送往前沿阵地？货运无人机正成为一种新选择。

前不久，美国空军研究实验室授予YEC电动航空公司一份合同，用于后者制造和交付新型货运滑翔无人机——“寂静之箭”精确制导空投包。

新型货运滑翔无人机是在该公司先前研制的“寂静之箭”GD-2000滑翔无人机基础上改造的，个头有所缩小。它能用托盘从运输机的侧门和尾门高空投放，滑翔将物资送往前沿阵地。

“寂静之箭”精确制导空投包受到关注，是当前货运无人机应用到军事领域的一个缩影。目前，不少国家都在大力发展军用货运无人机，相关技术如空中投放、自主起降技术等日渐成熟，形成了“你追我赶”的局面。

那么，有哪些国家在发展军用货运无人机？为何军用货运无人机会受到如此关注与重视？其研发与推广的关键何在？请看解读。

货运无人机：战场投送新选项

■王笑梦

图①：K-MAX无人货运直升机。

图②：VoloDrone货运无人机。

图③：Windracer Ultra货运无人机。

图④：Nuuva V300货运无人机。

图⑤：“空中骡子”垂直起降货运无人机。

图⑥：“寂静之箭”GD-2000滑翔无人机。

资料图片

多国竞相发展货运无人机

军用货运无人机的发展，离不开民用货运无人机市场的推动。全球有名的一家市场研究机构——Markets and Markets发布的《全球无人机物流和运输市场报告》预测，全球物流无人机市场将在2027年增长到290.6亿美元，预测期内的复合年均增长率为21.01%。

基于对未来物流无人机应用场景和经济效益的乐观预测，多国相关科研机构和公司纷纷提出货运无人机发展规划，由此形成的民用货运无人机蓬勃发展的态势，也拉动了军用货运无人机的发展。

2009年，美国的两家公司合作推出K-MAX无人货运直升机。该机采用双旋翼交错布局，最大载荷2.7吨，航程500千米，用GPS导航，可在夜间、山地、高原等环境中执行战场运输任务。阿富汗战争期间，K-MAX无人货运直升机飞行时间超过500小时，转运货物数百吨。不过，该无人货运直升机是由现役直升机改装而来，发动机声音很大，易暴露自身和前沿作战分队方位。

鉴于美军希望拥有一款无声/低声的货运无人机，YEC电动航空公司推出了由三合板制造、一次性使用的无动力滑翔飞行货运无人机“寂静之箭”GD-2000。该机拥有容积较大的货舱和4个可折叠机翼，载重700千克左右，可用来向前沿运送弹药、物资等。2023年的一次测试中，投放后的该型无人机展开机翼飞行，着陆精度约为30米。

凭借在无人机领域的技术积累，以色列也展开对军用货运无人机的研发。

2013年，以色列城市航空公司研发的“空中骡子”垂直起降货运无人机首飞成功，其出口型号被称作“鸬鹚”无人机。该无人机构型奇特，机身装有2个涵道风扇，可以让无人机垂直起降，尾部安装2个涵道风扇，为无人机提供水平推力。其速度可达180千米/小时，能在50千米作战半径中每架次运送500千克货物，甚至可用于空中后送、转运伤员。

土耳其的一家公司近年来也研发了一款货运无人机——“信天翁”。“信天翁”无人机长方体的机身上布置了6对反转螺旋桨，下方有6个支撑架，机身下方可以挂载货舱，能够运送各种物资或者转运伤员，远观像一只长满螺旋桨的“飞天蜈蚣”。

与此同时，英国的Windracer Ultra、斯洛文尼亚的Nuuva V300、德国的VoloDrone也是较有特点的货运无人机，具备军民两用特点。

此外，一些商用的多旋翼无人机，也能够承担空中运输较小质量的物资任务，为前沿、哨所提供补给和保障。

有其所长也有其所短

与有人驾驶的固定翼运输机、运输直升机以及地面运输渠道相比，军用货运无人机在作用发挥方面有其所长也有其所短。

其明显的长处，在于具有较高的可靠性、安全性，效费比颇高。

首先，货运无人机不需要座舱、增压舱以及其他生命维持保障系统，在降低制造和维护成本的同时，机舱可留出更多空间来装载、运输货物，容积利用率较高。

其次，部分此类无人机对制造材料的要求不高。例如“寂静之箭”GD-2000滑翔无人机，机体采用较为廉价的三合板制造，不仅成本低，研制生产周期也较短。

再次，它能在高风险、高威胁环境中持续工作。和其他无人装备一样，一旦解决了高度自动控制化这一难题，军用货运无人机就能按照指令或程序连续高效地运输货物。在山地、高原、高寒、复杂气象等恶劣环境，甚至在核生化污染区域，它照样能遂行补给保障任务，无需像有人机那样考虑飞行员的生理、心理承受力问题。

此外，货运无人机与有人驾驶运输机“联手”，可获得“1+1>2”的效果。小型货运无人机由有人驾驶固定翼运输机搭载，到达目标空域后从空中释放，再由小型货运无人机“自行赶路送货上门”，不仅有助于为更远的保障点提供运输补给，确保有人驾驶固定翼运输机的安全，而且可借这种“分身”来保证空运的成功率。

尤其是对小批量的紧急补给物资，如药品、水、电池、武器备件等，用货运无人机运输的优势更加明显。

不过，军用货运无人机并非全身都是优点。与传统运输方式相比，它也有一些不足之处。最大的短板就是通常机身较小，容积也小，只能运送一些基本的补给品，无法承载重型大尺寸的货物。比如K-MAX无人货运直升机，如果与有人驾驶直升机的运载能力相比，它的体量只能算是轻量级，吊运最大载荷为2.7吨，而更多的货运无人机仅能搭载上百千克的货物，无法像固定翼运输机、运输直升机那样，将空降战车、超轻型榴弹炮、突击车等装备运输到部署地，更不可能像公路、铁路线那样直接把大量兵力、物资成建制地部署到位。

因此，从目前来看，货运无人机还无法替代有人驾驶运输机、直升机等空中运输力量，更无法撼动陆上军事运输线的主体地位。

发展尚需更多技术支撑

军用货运无人机大多是从民用货运无人机发展而来，因此具有军民两用的特点。但考虑到使用的主要环境是战场，军用货运无人机的发展也需要有一些其他关键技术来支撑。

正是这些民用技术与关键技术的相互作用，才使军用货运无人机具备了飞向战场更深处的可能。

简而言之，今后军用货运无人机的发展还需以下几种技术的支撑。

一是与当前商用适航标准相配套的技术。军用货运无人机在战时或许不用过多考虑商用适航标准，但在研制过程中仍需要开展一系列风险评估，制定系统性策略，以防止产生危害己方飞行器、地面部队的风险，特别是在飞行控制逻辑等方面应严格把关。如果军用货运无人机要在和平时期执行军事运输任务，除非是在偏远的无人区域作业，否则仍需要对标商用适航标准进行设计制造。目前，拥有军民两用货运无人机的国家普遍对其在有人区上空的飞行持审慎态度。显然，今后军用货运无人机要想实现“全域自由飞翔”，还需与当前商用适航标准进一步“对表”。

二是紧贴实战的平台专用技术。如果说民用货运无人机主要围绕减排、降耗等目标来设计，那么军用货运无人机就要突出紧贴实战的要求，在低可视、低噪音等方面下大气力。一方面，要寻求动力方面的技术突破，使货运无人机既难以被发现又动力强劲；另一方面，要通过采用新技术、新工艺，在无人机的气动、结构、强度、材料等方面不断创新，使货运无人机更加符合军用要求。

三是智能控制和精确定位技术。军用货运无人机在运行过程中不可避免地会遇到各种突发情况，也会遇到较为复杂的地形地貌，要在这种情况下完成任务，就必须有智能控制和精确定位技术的加持。如此，才能赋予无人机避障、路径规划和协同能力。此外，对先进抗干扰技术的研究与运用也必不可少，只有具备抗干扰能力，货运无人机才能在复杂电磁环境下准确定位，飞往目的地。

四是先进数据链技术。随着“蜂群”技术的发展，将大量小型货运无人机编组成“蜂群”，担负向前线批量输送补给物资任务，这一场景很可能出现在未来战场上。要实现这一点，既要保证无人机与有人机之间通信的连贯稳定，也要保证无人机与无人机、无人机与其他设备之间信息交换的安全、畅通，这就需要有先进的数据链技术提供支撑，确保链路始终可信、可靠、可用。可以说，是否拥有安全可靠的数据链技术，将直接影响到今后货运无人机使用的整体水平。

五是空中投放和自主起降技术。战争状态下，军用货运无人机的工作环境会更加恶劣，通常难以找到完整的跑道，因此各国都比较青睐拥有垂直起降能力的货运无人机。这就需要依靠先进的空中投放和自主起降技术，确保安全完成一系列动作。再具体一点来说，要在白天和黑夜均能找到简易着陆地点并降落，且无需地面太多的引导，军用货运无人机就必须在这些方面通过成熟技术实现“自助”，从而避免失速着陆等问题发生，保证货物完整无损和运输任务达成。

供图：阳 明

兵器连连看

今年9月，在英国军警防务展览会上，埃尔比特公司展出了“十字弓”LMT无人迫击炮塔的等比模型。该模型的现身及相关信息的披露，预示着迫击炮的发展朝着无人化、炮塔化方向又迈进一步。

在不少人印象中，迫击炮是一种步兵便携的火炮，由炮身、炮架、座钣、瞄准具等组成，借助高抛弹道，可用来歼灭对手的有生力量，摧毁一些火力和防护支撑点等。

事实上，随着时间的推移及战场环境的变化，迫击炮一直在“进化”。

为追求更强的火力，迫击炮的口径更加多样。苏联设计生产过160毫米口径的迫击炮，还研制了口径达240毫米的2S4“郁金香”自行迫击炮，其改进型产品至今仍在服役。其他国家也曾研制过此类口径的迫击炮。不过，更多国家后来选择了60毫米、81毫米和120毫米口径，使这3种口径成为迫击炮中的大多数。

为获得更大的打击覆盖面，一方面，设计者在迫击炮弹上做文章，比如给一些迫击炮弹“捆上”附加药包来增加射程，或专门研发一些增程弹等；另一方面，则是让迫击炮“上车”，“变身”为自行迫击炮，借助其底盘的灵活机动性来达成目的。

迫击炮一直在『进化』

■钱生超

为确保高射速、高精度，一些自行迫击炮采用了多管或双管设计，或将传统速射迫击炮直接“搬”上车载平台。一些自行迫击炮使用了计算机化的火控系统，如波兰的M120 RAK轮式自行迫击炮甚至可兼容C^4I系统，这使该型自行迫击炮不仅可通过“外援”获取更多信息，也能更快速、精准地打击目标。

在安全防护方面，“上车”后的迫击炮能力显著增强。一方面是配备自动装弹系统，在提高射速同时，有效减少操作人员身体暴露的概率，另一方面是逐渐炮塔化，让操作人员在有一定防护力的炮塔内操作，抵挡并降低来袭弹药、弹片的杀伤力。如瑞典和芬兰联合研制的“阿莫斯”迫击炮，就采用了封闭式炮塔、自动装弹机等设计。

无人化炮塔的出现，不仅将自行迫击炮的自身防护力提升到新的层次，还使后者拥有了诸多新功能。自行迫击炮多采用模块化设计，可搭载的平台更多，因而可分布到更广的范围；集成度更高，可集侦察、通信、导航等功能于一体，因而能获取更多信息来确保打击效果；在自动化和人工智能等技术的加持下，可以遥控射击，所需操作人员数量也有所减少。

作为无人化炮塔，“十字弓”也具有上述特征。在计算机化的火控系统和其他感知、通信手段支持下，该炮塔据称具有360°自动瞄准能力，可自动装填弹药，还具有多发同时命中以及行进间射击能力。

可在城市环境中直瞄射击，可加装遥控武器站，可发射多种弹药包括精确制导迫击炮弹，可与其他现役迫击炮系统搭配使用……设计人员对“十字弓”LMT无人迫击炮塔系统在功能方面的期望，在一定程度上折射着今后无人化炮塔发展的方向。

从发展历程来看，“十字弓”LMT无人迫击炮塔系统并非个例。在此之前，芬兰相关公司研发的NEMO无人迫击炮塔系统已经在一些国家的军队中服役。这一个个无人炮塔的现身，势必会因其所蕴含的新理念，为今后各国发展迫击炮提供新的思路与动能。

M120 RAK轮式自行迫击炮。

首飞的“突袭者”为何有“尾巴”

■吴志峰 贺 伟

吴志峰作

当地时间11月10日，美国B-21“突袭者”隐身轰炸机在加利福尼亚州的帕姆代尔进行了首飞。有人发现，“突袭者”隐身轰炸机身后拖了一条“尾巴”，尾端有一个漏斗状的物体。

其实，不仅是B-21隐身轰炸机，不少飞机在试飞阶段都拖着这么一条“尾巴”。这条“尾巴”的正式名称叫“静压拖锥系统”，是为校正试飞飞机大气数据系统参数而临时加装的测试系统。

飞机上大气数据系统的传感器，通常由空速管、静压孔、总温探头、迎风风标、侧滑角风标等组成。

这些传感器各司其职。如空速管迎着气流吹时会得到一个气压值，称为全压；静压孔采集到的飞机所在环境的大气压力，称作静压。飞机静压可以理解为飞机所处高度周围空气“静止”时的压力，也就是在该飞行高度未受飞机扰动时的大气压力。根据伯努利定理，全压值减去静压值就可得到动压值。

通过所获得这些气压值以及总温、局部迎角、侧滑角等数据，大气数据计算机就可以推算出空速、气压高度、垂直速率等飞行参数。动压和静压是计算空速、气压高度的重要数据。尤其静压值，可以说是这些运算的核心数据，如果静压值不准确，大气数据计算机计算出来的飞行参数的可靠性就会大打折扣。

对试飞阶段的新机型来说，飞行包线尚待确定，其气动布局对机身气流的扰动、对传感器的影响状况不明。这种情况下，飞机本身所装备的大气数据系统所采集的大气数据和推算的结果难以确保真实、准确。

因此，为获得真实的大气数据并为飞行控制、发动机控制、导航系统以及任务系统提供准确的数据支撑，试飞阶段的飞机通常会在这方面“另起炉灶”，比如采用前支杆法、GPS法、伴飞法和拖锥法等，对大气数据系统采集的数据进行校正。尤其像B-21隐身轰炸机这样采用飞翼式设计、高度依赖大气数据的飞机，对相关数据的准确性要求会更高。

拖锥法是一种应用广泛的静压校准方法。拖锥也叫拖曳锥，通常适用于大型飞机的静压值校准。静压拖锥系统由软管、静压管、锥体组成。软管的长度有一定要求，既要能确保与机内气路通畅，也要能使静压管处于未受飞机飞行扰动的“干净”气流中。锥体的设置也很“讲究”，像一个羽毛球，不仅重量要够轻，还要求本身不产生升力。这样，才可以保证软管上的静压孔稳定地与飞机“漂浮”在同一高度。

如此多次测量，就能计算出可靠的大气参数误差补偿系数，使大气数据系统“给出”准确的数据。

“突袭者”有“尾巴”，或许还有一个原因，就是有前车之鉴。

2008年，美军一架B-2隐身轰炸机在起飞过程中坠毁。调查人员后来发现，此前的一场暴雨，导致这架轰炸机的24个大气数据传感器中有3个内部凝结有水汽。这些问题传感器，提供了“失真”的空速、爬升角度、高度等数据，从而导致坠机事故发生。

需要说明的是，这些试飞阶段出现的“尾巴”，在完成静压校准后就会拆除，在飞机量产后不会再出现。

兵器知识