通用直升机

「空中百变金刚」的征途与未来

■刘朝兴

前不久，国产AC332“吉祥鸟”通用直升机完成功能与可靠性试飞，标志着我国通用直升机技术再度实现突破。从应急救援、物资投送，到低空作业、高原巡逻，这款国产机型展现出较强的环境适应性和任务灵活性，也成为观察现代通用直升机发展的一个窗口。

通用直升机素有“空中百变金刚”之称。作为低空领域的重要平台，通用直升机以灵活拓展、可靠实用和多场景适配，成为军民领域的“多面手”。它既能执行运输、救援、侦察等任务，也能通过模块切换快速担负突击、指挥、医疗等角色。

自诞生以来，通用直升机的迭代之路，始终紧贴实战硝烟、紧跟技术革新、紧随时代需求。从早期探索到体系融合，通用直升机走过怎样的发展之路？其“通用”密码何在？未来趋势如何？请看本期解读。







图①：德国BO105轻型直升机；图②：NH-90模块化通用直升机；图③：英国WS-51“蜻蜓”直升机。

阳 明供图

兵器广角

四度进阶，通用直升机的成长之路

纵观百年航空发展史，通用直升机的崛起并非一蹴而就，而是历经了四个关键阶段的沉淀与突破，从初期摸索到成熟定型，从单一功能到全场景适配，每一次进阶都源于战场需求的牵引与航空技术的革新。

20世纪50年代以前，是通用直升机的萌芽探索阶段。当时全球直升机工业刚刚起步，早期机型普遍动力不足、结构简单、功能单一，仅能完成短途运输任务，无法适配复杂场景。为打破“专机专用”的行业桎梏，欧洲率先破冰。二战后，英国韦斯特兰公司通过获得美国西科斯基公司的授权，生产S-51直升机，并以“WS-51‘蜻蜓’”之名交付英国军方，承担海上运输与搜救任务，填补了舰载通用旋翼装备的空白。无独有偶，法国则自主研发出“云雀II”轻型直升机，以紧凑轻便、稳定可靠的设计，奠定了欧洲轻型通用直升机基础。这一时期的摸索，让“一机多用”的理念初步落地，简化结构、优化动力、拓展功能成为行业共识。

冷战的铁幕，则将通用直升机进一步推向战场。1956年首飞的美国UH-1“休伊”直升机，身形适中、机动灵活、维护简便，完美适配越南战场的湿热丛林与复杂地形。在“蛙跳战术”中，它搭载士兵快速穿插、抢占高地，在火力突击、伤员转运、物资补给、敌后营救等任务中表现突出，让“基础平台+任务模块”的发展范式深入人心。受此影响，欧洲加快研发步伐：法国国营航宇工业公司研制的“美洲豹”双发中型多用途运输直升机兼顾运输、搜救与火力支援，广泛参与维和与救灾行动；德国BO105轻型直升机凭借独创的无轴承旋翼技术，兼顾军事侦察与民用通航，为轻型通用直升机的多功能化树立了标杆。至此，通用直升机彻底摆脱单一运输属性，实战化、多功能优势全面彰显。

日趋复杂的战场环境，持续推动通用直升机的技术迭代与模块化升级。1979年列装美军的UH-60“黑鹰”直升机，在速度、载重和环境适应性上较“休伊”均实现跨越式提升。海湾战争与阿富汗战争中，“黑鹰”频繁执行高危渗透、特种救援、跨区投送等任务，凭借可靠性与拓展性成为通用直升机史上的经典机型。与此同时，欧洲也在加快追赶。德、法、英等国联合研制的NH-90模块化通用直升机，先后攻克全电传飞控、一体化模块化机身等关键技术，实现了陆基野战与舰载远航的全覆盖。英意联合研制的EH101“灰背隼”多用途机型，则进一步拓展了通用旋翼平台的任务边界。“一型多改、随需适配”的模块化思路由此趋于成熟，通用直升机进入快速改装、功能切换的新阶段。

进入21世纪，随着老旧机型维护成本高、设备老化、坠机频发等问题集中显现，全球通用直升机迎来大规模更新换代浪潮。欧洲各国一边克服多国联合研发的标准分歧、持续优化NH-90直升机，一边深耕自主创新，启动新一代通用直升机项目，并回归“统一平台”思路，着力破解机型通用性不足、适配场景有限的痛点。

三项特质，铸就“百变金刚”的立身之本

历经数十年战火淬炼与技术迭代，通用直升机屹立于航空装备前沿，靠的不是某一项性能的突出，而是多重特质的综合作用。

场景拓展与衍生能力，是通用直升机立足时代的底气。一款成功的通用直升机，不是功能固化的单一装备，而是一套可迭代、易适配的空中平台，能够依托基础机身衍生出覆盖军民多场景的机型谱系。

作为全球通用直升机的标杆，美国UH-60“黑鹰”系列直升机便是有力例证。据记载，20世纪70年代，美国工程师雷·里奥尼牵头组建研发团队，顶住波音、贝尔等多家企业的竞争压力，摒弃传统直升机单一功能的设计束缚，确立拓展、衍生的研发思路。此后，“黑鹰”系列陆续推出30余个独立型号，各司其职、各展所长——HH-60“铺路鹰”专攻战地搜救，多次在海外战场完成敌后飞行员营救、灾区人员搜救等高危任务；MH-60L则专注特种作战渗透，助力特战部队隐蔽突防、精准突击；UH-60C承担空中指挥、战场调度任务，搭建低空作战指挥链路。这种“一型多改、一族多用”的模式，大幅压缩研发周期、降低运维成本，使通用直升机成为适配性最强的空中作业平台之一。

衍生出“百变家族”的背后，还有军民融合的双向赋能。通用直升机的发展史，实际上是一部军用技术反哺民用、民用需求倒逼军用升级的双向赋能史。公开资料显示，早期通用直升机研发完全依托军用刚需，在实战中磨砺性能，成熟后逐步向民用领域下沉，实现技术价值的最大化。“黑鹰”民用版S-70即为典型，在森林消防、海上搜救、电力巡检、极地科考等领域得到广泛应用。反过来，城市狭小空间救援、高海拔低温作业等民用场景，也为军用机型优化结构、升级性能提供了试验场。这种“军用提性能、民用拓场景”的良性循环，使通用直升机的迭代更具持续性。

而让通用直升机的多场景优势真正落地的，是模块化的快速适配能力。早期直升机结构固定、功能固化，切换任务模式需拆解机身、更换部件，流程繁琐且耗时漫长。为破解这一难题，美军联合西科斯基公司提出“通用接口标准”，统一电气、数据、硬件接口，搭建开放式系统架构，实现侦察探测、火力打击、医疗救护、通信中继等任务模块的快速拆装、即插即用。有资料显示，“黑鹰”机组可在1小时内完成任务模式切换，从容应对突发敌情，大幅提升战场容错率。如今，各个国家和地区的新一代直升机项目均将模块化列为主要指标，以最大化挖掘通用平台的适配潜力。

从衍生谱系到军民循环，再到模块适配，三重特质相辅相成，共同支撑起通用直升机经久不衰的发展根基。

三大方向，勾勒通用直升机未来图景

立足当下、放眼未来，随着人工智能、新能源、航空动力等前沿技术的突破与运用，通用直升机将不断打破性能边界，打开全新发展格局。

智能化是首要方向。有人无人协同作业体系正重塑低空作业的逻辑。据相关媒体报道，欧盟MUSHER有人无人编组系统、空客HTeaming协同项目集结数百名航空工程师，已有效解决机型数据互通、态势共享、协同操控等难题。借助智能协同系统，通用直升机可指挥多架无人机前出高危空域执行任务，无人机实时回传态势数据，引导有人机精准开展救援、突击、投送作业，既规避人员风险，又提升任务效率。

进一步看，无人化通用直升机已初见端倪，通过智能飞控系统，其可自主完成物资运输、无人机投放、低空火力支援等任务，全程无需人工干预。未来，在一众航空科研人员的持续攻坚下，“智能+”理念将全面融入直升机研发，智能驾驶舱、自适应旋翼、智能起落架等新技术的落地，将彻底改写通用直升机的作业形态。

在智能加持的基础上，让通用直升机飞得更快、更远也成了各国军方的一致期待。随着现代战争节奏加快、作战半径持续拓展，传统直升机时速不足300公里、航程有限的短板愈发突出，难以满足快速驰援、跨洋部署、分布式作战的时代需求。美军未来垂直起降项目负责人沃尔特·鲁根曾公开表态，更快的飞行速度与更远的机动航程，是未来掌握战场决策主动权的保证。因此，美军集结航空研发团队加速推进未来垂直起降项目，以超高时速为攻关重点，计划2028年完成整机测试。北约下一代直升机项目同样对标实战需求，将高速机动、远程抵达作为硬性指标，综合性能将全面超越现役NH-90。除了速度升级，远程全域抵达能力的研发也在持续加码，美国MV-75远程突击机、北约NGRC下一代旋翼机项目，均对航程提出更高要求，推动通用直升机向“全域抵达、快速驰援”演进。

当然，一系列性能突破的背后，动力系统的革新不可或缺。长期以来，通用直升机依靠涡轴发动机的升级来提升性能，但经过数十年持续优化，传统燃油动力的潜力已接近技术上限，能耗高、噪音大、碳排放超标、复杂环境动力衰减等问题长期制约机型发展。面对这一痼疾，航空科研人员纷纷转向全新赛道，氢能、混合动力、电推进技术快速崛起。据外媒透露，欧美多国正研发电推进直升机技术，欲通过电机辅助或替代传统燃油发动机，大幅简化机械传动结构，降低飞行噪音与机身振动，以适配精度要求高、现实威胁大的场景。动力技术的创新将为通用直升机解锁更多军民应用可能。

从战场投送到应急救援，从单机作业到体系协同，通用直升机用数十年时间完成了从“一机一用”到“一机多能”的蜕变。随着智能化、高速化、节能化技术的持续突破，这位“空中百变金刚”必将在更广阔的空域，承担起更丰富的角色，飞向更远的未来。

反潜无人艇——

从“辅助搜潜”到“体系猎潜”

■张全礼 马 驷

兵器档案

北约“动态信使”海上无人系统演习中，多国海军出动多型反潜无人艇，与无人潜航器、反潜巡逻机构成协同网络，对预设潜艇目标完成全流程搜索、识别与持续跟踪。其中，美国“海上猎人”负责远距离持续跟踪，以色列“海鸥”负责近海区搜潜与目标识别，多型无人艇协同配合，展现出反潜无人艇日趋多元的任务能力。

在反潜无人艇发展初期，反水雷与辅助搜潜是其核心任务。早期无人水面艇多为遥控模式，仅能在近岸浅水区执行简单水雷探测与辅助搜潜任务，充当有人反潜舰艇的“外延传感器”，任务边界十分有限。伊拉克战争中，美英联军曾动用小型无人艇执行港口航道的水雷侦察与海底测绘，取得了一定成效。

2000年以来，随着水下传感、自主导航与通信技术进步，各国开始逐步拓展反潜无人艇任务能力。2010年前后，在各国海军相关规划中，反潜无人艇功能从单一辅助搜潜拓展至持续目标跟踪、近海反潜警戒、水下环境测绘等任务。2020年之后，随着模块化载荷技术成熟，反潜无人艇进一步集成电子侦察、轻型反潜武器等载荷，任务覆盖情报搜集、对潜打击、反潜警戒等多个领域。2022年以来，随着各国“有人+无人”混合舰队构想的推进，反潜无人艇开始成为水下作战体系中的关键前沿节点。

如今，多国海军已建立体系化反潜无人艇装备序列，按吨位与任务范围分为大型远洋型、中型沿岸型、小型便携式三类。这些无人艇通过模块化搭载不同声呐与武器载荷，能在水下10米至数百米深度范围内遂行搜潜、跟踪、打击等多种作战任务。

当然，这些反潜无人艇的作用并非单打独斗，而是被纳入一体化反潜作战体系，支撑协同作战。为实现跨平台协同，各国正逐步统一反潜无人艇的任务控制接口、数据通信协议，确保其可与水面舰艇、潜艇、反潜机等不同平台“联手”，共同构建广域反潜警戒网络。

根据各国海军的发展规划，预计到2030年前后，将会形成规模化的无人反潜作战能力，出现由多型反潜无人艇组成的分布式水下监视与打击网络。近期，美国海军“海上猎人”反潜无人艇完成了首次从圣地亚哥到夏威夷的自主长距离航行，验证了远海长期自主作业能力，被视为无人反潜体系建设的重要节点。

客观地说，当前反潜无人艇的发展并非一帆风顺，面临着复杂水声环境下目标识别率低、水下通信距离有限、自主决策水平不足、自身防御能力薄弱等关键性技术难题，需要通过新型声呐技术、水下通信技术、人工智能技术的迭代逐一加以破解。

AERO Sky混合动力垂直起降无人机——

低空战场的“飞行枢纽”

■王艺棚 李灿堃

兵器动态

前不久，在美陆军第75游骑兵团的一场实弹演习中，一款名为AERO Sky的混合动力垂直起降无人机因其独特的战术应用表现，受到广泛关注。

演习现场，该机释放挂载的数架FPV攻击无人机，垂直升空飞抵目标空域，同步搭建空中通信链路，帮助超出视距的地面分队维持指挥通联，堪称低空战场的“飞行枢纽”。

AERO Sky无人机由美国Petrel Technologies公司研发，采用垂直起降旋翼与固定翼巡航相结合的复合气动构型，无需跑道、气动弹射器或捕捉网便可完成起降，单名操作员在野外约4分钟内即可完成整机组装。灵活的部署能力与充足的滞空时间，为它承担“飞行枢纽”角色提供了有力支撑。

AERO Sky之所以受到关注，与FPV无人机的战场运用密切相关。近年来，FPV无人机凭借成本低廉、机动灵活、打击精准的特点成为“战场新宠”，但其受电池容量与通信距离的限制，作战半径始终难以突破。同时，操作人员还需抵近前沿部署，自身生存风险较高。

针对这一战术痛点，AERO Sky给出的解决方案是将发射阵位移至空中：母机携带FPV无人机从后方安全区域起飞，长途奔袭至目标空域后实施空中投放。这样一来，FPV无人机无需耗费电量用于机动，可将绝大部分动力留给末端突击，打击纵深较传统使用方式提升数倍；地面操作员全程处于己方安全区域，通过AERO Sky搭建的通信链路即可远程完成对FPV的操控，在提升打击效能的同时降低了人员风险。

不过，AERO Sky的使命还不止于此。依托通用外挂架与模块化载荷设计，它可根据战场需求快速切换任务角色。执行情报侦察任务时，可换装光电/红外传感器吊舱，对任务地域实施持续空中监视、目标探测与打击毁伤评估；执行后勤支援任务时，可搭载弹药、电池、医疗耗材等小型物资，为前沿作战分队提供精准点对点补给。

值得关注的是，该型无人机采用碳纤维与轻木复合结构，在保证结构强度的同时控制了采购成本，单机造价约9万美元，具备批量列装的经济性优势，可支撑分布式、网络化的作战部署模式。

当然，作为一款尚在发展中的装备，AERO Sky无人机的实际功能仍有待战场检验。总体来看，它是无人装备向任务模块化、部署轻量化发展的一个缩影，以高性价比的方式串联起多重战术能力，为一线作战单元提供了灵活的空中能力选项，也为无人装备的融合发展提供了新的思路。



AERO Sky混合动力垂直起降无人机。

齐旭聪供图