兵器广角

空中加油机被称作“空中力量倍增器”，是维系现代空中作战的“生命线”。在广袤的云层之上，加油机的存在直接决定了战机的作战半径、滞空时间和打击效能。

近年来，美军在加油机研发及加油方式改进方面动作频频：计划为MH-47G运输直升机增配加油功能，将A-10攻击机由硬管加油改为兼容软管加油，并持续推进MQ-25A“黄貂鱼”无人加油机的试飞与部署。从旋翼机到固定翼攻击机，从有人驾驶到无人驾驶，当前美军空中加油体系正在进行怎样的调整？其背后又折射出怎样的作战理念之变？请看本期解读。

美军“空中加油”频现新动向

■魏 龙 谭 群 严子昌

图①：美国MH-47G运输直升机；图②：美国A-10攻击机；图③：美国MQ-25A“黄貂鱼”无人加油机正在执行空中加油作业。 资料图片

直升机兼职加油：特种作战的伴随保障

提起空中加油，人们脑海中浮现的往往是KC-135或KC-46等大型加油机，在万米高空伸出加油管，为一架架战机补充燃料。然而，美军近期却计划为MH-47G运输直升机增配空中加油功能，这一新的思路，源于特种作战对伴随保障能力的迫切需求。

在美军特种作战体系中，MH-47G长期扮演着“战场出租车”和“飞行卡车”的角色。与普通运输直升机不同，MH-47G是CH-47“支奴干”直升机的特种作战改进型，专为高风险环境下的渗透、撤离和物资补给任务设计。该机配备先进的地形跟踪雷达、前视红外夜视装备和大型远程油箱，具备在夜间和恶劣气象条件下极低空飞行、深入敌方腹地的能力。

此次为其增配加油功能，核心目标是支撑“前沿武装加油点”（FARP）作战概念，即在敌方纵深位置的地面简易机场或隐蔽地域，为其他飞行器提供弹药和燃料补给。然而，传统的地面补给节点存在易暴露、机动性差、开设耗时等弱点，一旦坐标泄露，极易遭到敌方远程火力摧毁。

让MH-47G“兼职”加油，实质上是将FARP从“地面固定节点”升级为“空中机动节点”。在实战构想中，MH-47G可利用其地形跟踪雷达在超低空突防至敌后纵深，在预设区域悬停或短距着陆，为伴随行动的AH-64武装直升机、CV-22“鱼鹰”倾转旋翼机甚至小型无人机实施地面或近地面加油。这种“伴随式保障”使特种作战编队摆脱了对后方固定基地的依赖，大幅延长了旋翼机群在敌后的作战半径和滞空时间。

试想一个场景：一支特种小队乘坐MH-47G深入敌后数百公里，完成破袭任务后准备撤离，却发现燃油不足以支撑返航，此时如果同行的另一架MH-47G能提供数百加仑燃油，则将能大大增加特种小队安全返航的几率。

直升机兼职加油的作用体现在此——它并非用于为战斗机编队实施大规模补给，而是为特种作战提供“伴随式保障”，使特种作战编队在极端环境下具备更高的独立行动能力。

MH-47G最大起飞重量超过24500公斤，理论上具备吊挂数吨燃油的能力，从技术角度看，为MH-47G增配加油功能总体难度不大，未来或可通过在机舱内安装可拆卸的燃油模块，机尾加装软管加油装置，便可实现兼职加油功能。执行任务时，加油直升机需要跟随突击编队一起前出，在敌方纵深开设“前沿加油点”。

硬管软管切换：任务牵引下的灵活适配

空中加油包括硬管加油与软管加油两种主流模式，两种模式各有战术优势，适配不同作战场景与机型需求。

长期以来，美空军主力机型普遍采用硬管加油体系，依靠机身顶部硬管对接装置完成油料补给，输油速率快、对接稳定性高、受气象影响小，适合为大型轰炸机、运输机和战斗机快速注入大量燃油，可高效完成大规模编队的快速续航保障。

相比之下，美国海军则更倾向于软管——锥套式加油，其设备相对简单、兼容性好，一架加油机可同时放出多根软管为多架飞机加油。

然而，随着现代战场环境的复杂化以及战场任务的多样化，这种泾渭分明的“软管硬管”正在被打破。近期，美国空军预备役司令部测试中心主导组织了一架A-10攻击机与HC-130J加油机，成功完成首次软管——锥套式空中对接测试，并在实战环境中得到检验。

A-10攻击机进行软管加油测试，并非要彻底“改换门庭”，而是美军为破解特定作战场景下协同保障难题而采取的务实举措。A-10攻击机作为美军近距离空中支援和战斗搜救任务的主力机型，常需与特种作战的直升机编队协同深入敌后。然而，直升机普遍采用软管加油方式，通常由配备软管加油吊舱的C-130提供保障。在以往的搜救任务中，A-10攻击机与直升机往往需要分别寻找硬管和软管加油机进行补给，这不仅增加了指挥协调的复杂度，也延长了编队在危险空域的滞留时间。

改装A-10攻击机兼容软管加油的目的之一，正是为了实现战术编队内的“同机同补”，提升联合搜救的协同效率。

从技术实现来看，A-10攻击机加装软管加油能力并不复杂，只需在A-10攻击机机头原有的硬管受油接口上，加装一种带有受油探管和单向活门的适配装置即可，无需返厂改造，地勤人员在停机坪即可完成安装。

或许有人疑问：软管加油优势明显，为何不全面取代硬管加油？答案在于“效率”。以B-2隐身轰炸机的空中加油为例，硬管加油仅需十余分钟即可完成，而采用软管方式加注相同油量则需要近一个小时。实战中，空中平台滞留的时间越长，被探测和打击的风险便越大。

A-10攻击机的软管化改装，展现了体系优化的可能路径：常规作战任务沿用硬管加油确保效率，特殊任务场景切换软管加油模式，让不同机型、不同任务的编队都能在最合适的保障模式下获得油料补给，从而实现保障效益最大化。

无人加油机入列：空中加油新角色

如果说MH-47G运输直升机和A-10攻击机的改进是对美国既有空中加油体系的优化完善，那么MQ-25A“黄貂鱼”无人加油机的入列，则为空中加油模式提供了新的可能。

2026年4月，美国海军的量产型MQ-25A“黄貂鱼”无人加油机从伊利诺伊州马斯库塔机场起飞，完成约两小时的首次飞行；5月19日，该项目正式从研发阶段转入低速初始生产阶段。有消息称，美国海军将组建一支共76架规模的MQ-25A机队。

MQ-25A由波音公司研制，机长约15米，翼展约23米，搭载AE3007N涡轮风扇发动机，推力约10000磅，最大飞行速度约0.6马赫。该机可兼容“尼米兹”级和“福特”航母的弹射起飞与拦阻回收系统，单次可携带约6.4吨燃油，最远可在距航母500海里处为其他舰载机实施加油。

当前，美军舰载机的空中加油任务主要由F/A-18E/F“超级大黄蜂”战斗机担任，采取“伙伴式”空中加油——在机腹中线挂载伙伴加油吊舱，翼下挂载4至5个副油箱。这种模式虽然实现了既可加油也可空战，还能打击地面和海面目标的“一机多用”，但也存在一定局限：每出动一架“伙伴加油机”，就意味着少一架执行打击或制空任务的战斗机，且“超级大黄蜂”自身的航程和载油量有限，加油效率不高。据统计，在部分高强度作战场景中，美军航母有近四分之一的舰载机出动架次被“伙伴加油”任务所占用，在航母甲板空间和弹射资源高度受限的条件下，这对整体战力的影响不容忽视。

MQ-25A为这一矛盾提供了解决思路。以往，“超级大黄蜂”从航母起飞后若要打击1000公里外的目标，必须挂载副油箱，从而挤占弹药挂载空间。而有了MQ-25A在半路“接应”，战斗机可满载弹药起飞，升空后完成油料补充再飞向目标——打击距离不变，打击威力倍增，而在相同弹药载荷条件下，MQ-25A可使“超级大黄蜂”的作战半径从约800公里提升至1300公里以上。

同时，MQ-25A采用隐身外形设计，雷达反射截面积远小于传统战斗机，使其在一定程度上有能力在对手防空系统的探测边缘活动；降低对舰上人员保障的需求，且可长时间留空待命，这使得航母航空联队的“力量投射半径”大大向前推进，显著提升航母打击群的威慑效能。有消息称，美国海军已决定2026年由航母“布什号”率先部署MQ-25A。

综合美军在空中加油领域的诸多动作，可以清晰地看出其空中加油体系正在发生改变。

一是持续提升加油装备战场生存能力，通过直升机低空隐蔽加油、无人隐身前出加油、战机多模式适配加油等创新手段，应对传统大型加油机在高对抗环境下面临的生存挑战。

二是构建多场景适配的加油体系，通过软硬管模式兼容、有人无人协同、低空远海全覆盖的装备布局，让加油保障精准适配特种作战、常规空战、远海作战等任务场景，实现全维度、全时域保障。

三是推进加油力量小型化、分布式，依托MH-47G兼职加油、MQ-25A无人加油等小型机动保障平台，实现多点分散、靠前部署、精准伴随的保障模式，提升保障灵活性与抗毁性。

可以预见，未来战场上的“空中加油”将不再仅仅是延伸航程的保障手段，而是深度嵌入指挥控制网络，与预警、侦察、打击等节点协同互动，成为塑造战场态势、支撑敏捷作战的关键力量。美军这一轮体系重构能否达到预期效果尚需实战检验，但其引发的作战保障理念变革，值得持续关注与深入研究。

兵器知识

直升机水上迫降

■吴志峰 张 斌

吴志峰绘

当地时间2026年7月1日，美军一架MH-60S“海鹰”舰载直升机执行常规任务时突发机械故障，机组被迫实施海上紧急迫降，机上4名机组人员，3人成功获救，1人失踪。

当直升机海上飞行途中出现动力失效、旋翼或尾桨损毁、液压系统泄漏、飞控故障、火情无法扑灭、燃油耗尽等险情且附近无适宜陆地降落点时，水上迫降是机组人员最后的保命选择。

陆地着陆环境平坦稳定，而海面持续存在风浪波动，无固定支撑面，水体阻力、浮力变化极不稳定。直升机整体重心偏高，旋翼结构特殊，操作稍有偏差就会出现机身侧翻、快速进水等致命危险。各类飞行事故数据显示，直升机海上遇险预警时间通常仅有数十秒，飞行员判断、操作空间极小，规范迫降操作、完善救生装备、熟练水下逃生技能，直接决定机组人员的生存概率。

按照机身浮力配置，直升机可分为具备水上漂浮能力、无水上漂浮能力两大类；具备水上漂浮能力的机型，又细分为专用两栖直升机、搭载应急浮筒的通用直升机两类。

专用两栖直升机专为长期水域作业设计，机身底部为全密封船型结构，搭配固定式硬质浮筒，无需额外设备即可稳定漂浮。风浪较小时可直接在海面起降，落水后能稳定漂浮30分钟以上，工况良好时可二次起飞，多用于海上反潜、巡逻搜救任务，代表机型有海王S-61、CH-46海骑士、米-14反潜直升机。

配备应急浮筒的直升机多为常规陆基、舰载通用机型，机身收纳折叠式充气浮筒，仅作为落水应急防护，不支持常态化水上起降。遇险时可手动启动，或依靠机身浸水传感器自动充气，3至5秒形成浮力；5级海况环境下仅能稳定漂浮5至10分钟，支持人员紧急撤离，落水后直升机无法再次起飞。

绝大多数轻型直升机、武装直升机无专用漂浮结构，也未配备应急浮筒，不具备水上漂浮能力。这类机型一旦坠海，机身会快速进水、失衡侧翻，数十秒内完全沉没，不具备海面滞留等待救援的条件，机组成员需抓住短暂窗口期完成逃生。

2026年6月8日，美军一架AH-64“阿帕奇”武装直升机在霍尔木兹海峡阿曼近海执行任务时，与伊朗无人机意外相撞，机组被迫实施海面迫降。坠海后两名机组人员顺利脱离机体，在海面漂流约两小时，最终被美军海上自主无人艇营救，全程无人员伤亡。

直升机水上迫降操作标准严苛，操作失误、设备故障、海面风浪等因素，都可能造成机身失去平衡。受上部重心偏高的结构影响，即便直升机配备应急浮筒，在大浪海况下依然极易发生倾覆。因此直升机海上迫降整体风险极高，平稳落水的成功率较低。

若迫降后机身倾覆进水，机上人员需立刻开展水下逃生，钻出机舱后应迅速远离机身，避免下沉涡流拖拽人体，浮出水面后立刻给救生衣充气，释放求救信号等待外部救援。

直升机水上迫降绝非简单的“坠落在海面”，而是有一套严谨、容错率极低的专业操作流程，包含大量飞行力学、水下自救相关的安全知识。

兵器控

品味有故事的兵器

■本期观察：盖潇帅 郭 昊 桑云鸿

现代战场，单兵负重持续攀升，如何为前线步兵“减负增力”，成为各国军队关注的前沿课题。从实验室走向战场，单兵外骨骼应运而生。本期“兵器控”，介绍3款各具特色的单兵外骨骼系统。

集成战甲

俄罗斯SOTNIK外骨骼

为跳出传统单兵外骨骼侧重负重辅助的单一功能定位，俄罗斯SOTNIK外骨骼计划打造集成火力适配、轻量化防护、智能指控、生命保障于一体的综合单兵作战骨干平台。

该系统采用由特殊聚乙烯纤维制成的防弹护甲，在减轻重量的同时提供比现有防弹衣更高的防护等级。此外，SOTNIK搭载电机驱动主动助力结构，动力强劲充沛，整套系统还预留有机器人辅助模块、人工智能人机协同功能的拓展空间。

该项目部分构件已进入测试。不过，其在能源效率、系统智能化和长期可靠性方面，距离批量列装仍有优化空间。

智能助力

美国ONYX外骨骼

负重行军中保持战斗状态？洛克希德·马丁公司研制的ONYX外骨骼，避开“全身动力甲”的传统思路，专注下肢助力，试图以轻量化换取战场高效率。

该系统核心技术是“机器人膝盖支架”，由10余个传感器实时采集人体运动数据，内置人工智能算法判断使用者运动意图。平路行走时系统关闭助力以节省电能；上坡、下坡或负重行进时则自动介入，通过膝关节处的机电致动器提供额外扭矩，辅助弯曲与伸展。

ONYX外骨骼系统总重约6.4千克。搭载2.7千克电池模块可连续工作8小时，换用5.4千克电池模块可延长至16小时。在长距离高强度任务中，续航与负重能力之间的平衡有待进一步验证。

模块多能

法国HERCULE V3外骨骼

与前两款以军用需求为核心的外骨骼不同，法国RB3D公司研制的HERCULE V3外骨骼，主打模块化与多场景适配。

整套系统采用仿生下肢机构与脊柱承托结构相结合的设计。提供三种尺寸，适配不同体型使用者，一分钟内即可完成穿脱。系统具备“装货/卸货”与“行动”两种工作模式。传感器实时检测人体动作，提供额外力量支持。除军事负重外，该系统还可应用于工业物流、消防救援等领域。

HERCULE V3满载持续助力工况下基础电池续航约4小时，野战条件下短板明显。不过，其模块化设计和多场景应用探索，为后续外骨骼装备发展提供了技术验证与经验积累。