兵器广角

据外媒报道，今年8月，在土耳其“泰克诺费斯特蓝色祖国”活动中，该国FNSS公司的8吨级U-MAV无人两栖战车正式亮相，成为重型两栖无人装备发展的新注脚。

这种技术演进并非孤例。数月前，美国海军陆战队曾在彭德尔顿营的测试中，验证“蜂群”无人车协同抢滩的可行性；日本也宣布推进国产无人两栖装甲车研发项目，旨在提升所谓“离岛作战能力”。更值得关注的是实战验证，今年某次两栖突袭行动中，乌克兰无人登陆艇成功投送陆战机器人突破俄军海岸防线，首次实现跨海投送、自主登陆与目标打击的全链条作战。

这些技术展示、研发计划、战术测试乃至实战验证，都在表明一个趋势：全球范围内两栖无人装备的发展正呈现多维突破特征，传统抢滩登陆的血火之路，正在被智能化的钢铁洪流加速重构。

当两栖无人装备跨海投送、自主抵岸、独立开火，一连串深刻而紧迫的问题便浮出水面——两栖无人装备究竟发展到了何种水平？其技战术性能优势如何？未来军事应用面临哪些挑战？请看本期解读。

两栖无人装备：抢滩登陆的“机甲先锋”

■卢永泓 李千奥 孙 菲

图①：土耳其U-MAV无人两栖战车；图②：美国“潜行者”号两栖半潜式军用水下潜航器；图③：美国“刺刀”系列两栖无人载具。 资料图片

两栖无人装备的发展历程

两栖登陆作战，自古以来就被认为是难度最高、风险最大的作战样式之一。因此，发展两栖任务作战力量，降低“背水攻坚”的巨大人员伤亡，一直是各国军队孜孜以求的目标。

2002年，以色列研制出全球第一款“保护者”水面无人艇并列装部队。2003年，美军“斯巴达侦察兵”无人艇完成舰上投放试验，2004年，“角斗士”陆战无人车完成机动性与侦察演示，为后续两栖无人装备的发展进行了有益探索，积累了宝贵经验。然而，由于技术条件限制，初步探索阶段，各国无人舰艇与陆战无人车、机器人处于分离发展状态，且自主化程度相对有限，尚未向两栖作战方向聚焦。

直到近些年，这一局面开始改变。2024年，美国“金属鲨鱼”公司发布“潜行者”两栖无人载具，具备陆地和海上自主作战能力。2025年，美军“融合计划5”项目成功测试了无人艇与无人车的岸舰协同，展示了两栖登陆与自主后勤补给的潜能。2025年9月，北约于葡萄牙举行的“REPMUS”无人系统演习，莱茵金属公司将一辆“使命大师”2.0无人车从军舰吊放大西洋，随后该车自主穿越海浪、驶上葡萄牙海滩。俄罗斯方面同样不甘落后——2025年6月，俄技集团宣布基于BMP-3底盘开发的BT-3F两栖装甲运输车进入国家试验阶段。

今年以来，各国关于两栖无人装备的研发竞争持续升温。前不久，乌克兰南部金伯恩沙嘴一条长约9.7公里的狭长沙洲上，乌军创造性地使用无人登陆艇跨海投送“猞猁”陆战机器人，抵岸开火，攻破俄军集混凝土工事、电子战和无人机系统于一体的岸防体系，成功实现对金伯恩沙嘴的两栖突袭。有外媒认为：“该行动完全由无人装备在海、陆、空三域执行，是军事历史上首次在战时条件下进行的完全自动化两栖突击。”两栖无人装备发展由试验走向实战，陆海跨域无人协同的作战理念也完成了从“概念验证”到“实战检验”的跨越。

当两栖无人装备的技术发展，跨过“从分离到协同”的门槛，该类型装备的核心价值便愈加凸显。不断聚焦实战效能，不断加强协同发展，这些钢铁平台正通过多维度能力重构传统的登陆作战范式。

直面危局险局的无人尖兵

传统两栖登陆，攻方在明、守方在暗。美国海军军官乔治·加尔多里西曾直言：“突击部队从舰船到岸上的移动，是行动中最危险的阶段。”守军预先在适宜登陆的滩头布设火力，登陆部队从舰船下到岸上的那段距离，堪称“死亡地带”。

无人装备的到来，让抢滩登陆有了可大幅降低伤亡的新战法。无人艇可先行抵岸侦察，无人车可率先抢滩开路，把最危险的任务交给机器。据外媒报道，“肩并肩-2026”演习中，美军成功在未经工程加固的沙质海岸部署了“狂暴”号无人艇，验证了无人平台在复杂海岸环境下实施两栖突击的可行性。

而两栖无人装备的价值，不只是“机器代替人”这么简单。较之传统登陆作战，无人平台最突出的优势在于战术多样性与多方向突击能力。大量小型无人艇以“蜂群”模式从多个方向、多个点位同时抵滩，岸防部队有限的火力被不断分散。陆战机器人“蜂群”登岸后，可迅速展开作战单元，在滩头建立临时火力支点，对沿岸工事、观察哨所和轻型装甲目标实施持续压制，在主力部队抵达前先期清扫滩头障碍、压制残余火力点，为后续梯队开辟相对安全的登陆通道。面对这种“多点并发、多路逼近”的分布式突击，守军难免顾此失彼，陷入“不知敌从何来”的困境。

在实现滩头火力压制的同时，这些“机甲先锋”更突破了有人作战力量的生理极限。它无需轮换、无需休息，可以全天候潜伏、巡逻、监视，在关键岸段持续存在。这种“持久化前沿存在”的能力，尤其适用于对关键岸段的长时封锁或对补给线路的持续扰袭。更重要的是多域无人体系的架构优势——美军“狂暴”号无人艇可释放小型无人机扩展感知范围，“潜行者”无人艇也具备搭载盘旋式无人机的能力。一个平台出去，带回的是全域态势感知。

另外，有军事专家曾坦言：“低成本、可批量化生产本身就是一种战术优势。当敌方以昂贵的反舰导弹拦截低成本无人艇，交换比将极为不利。”同时，无人平台无需食品、淡水、医疗等人员保障，仅需能源和弹药补给，以更小的后勤供给维持更长时间的前沿存在——在远海孤岛作战中，这一优势尤为关键。

担当主力尚需经受多重挑战

尽管两栖无人装备在战术推演与实战检验中锋芒初露，其发展征途仍布满荆棘。当技术光环投射到复杂战场，深重的阴影随之显现。

最直接的技术瓶颈，是两栖平台在水陆两种截然不同环境中的适应性问题。乌克兰在早期测试中发现，部分型号无人车攀爬陡峭海岸的能力严重不足，最终通过配备专用悬挂的双履带系统才勉强解决。多数两栖机器人的续航时间也远不能满足长时间任务需求。还有盐雾腐蚀——登陆区域的盐水、潮汐、温度变化，对电子设备和传动系统构成持续侵蚀，直接影响平台的稳定性、可靠性和使用寿命。

另一个需要正视的问题，是规模化集群作战尚需实战验证。从单平台或少量平台的应用到数十乃至上百个平台的规模化协同，中间隔着巨大的技术和工程鸿沟。美军“蜂群”协同作战目前仅停留在试验阶段。多平台协同需要解决动态任务分配、实时信息融合、碰撞规避、损毁重组等一系列算法问题。在现实战场环境中，一旦遭遇强电磁干扰或通信拒止，“蜂群”协同效能将大打折扣。艇载机器人在滩头突击区等暴露地带也容易受到岸基火力和巡飞弹的打击——它们在“蹚雷”的同时，自身也是“靶子”。

隐性后勤保障需求则是两栖无人平台不容忽视的问题。无人系统的引入并不会自动减少人力需求，而是将人力从“作战”环节转移到“保障”环节。传感器校准、自主系统维护、通信链路保障、任务数据处理——这些工作不仅需要专业设备，还需要高素质技术人员。操作员需要掌握任务规划、远程操控、自主系统参数整定等多重复合技能，培训周期和专业门槛往往不低于传统装备操作手。

近年来，各类无人化、智能化作战平台广泛应用，也冲击了传统的战争伦理与战争法律体系。在近期的局部冲突中，部分国家滥用智能化作战系统造成了一系列人道主义灾难，引发全球舆论的广泛关注。两栖无人装备作为自主或半自主武器的一种，其交战规则和国际人道主义法适用框架尚未明确。一旦登陆区域军民混杂，现有计算机视觉技术难以支撑机器人在短时间内作出合乎伦理和法律的作战决策——这是技术之外，更为棘手的一道考题。

纵观两栖无人装备的发展轨迹，从“各自为战”到“陆海协同”，从“试验验证”到“实战检验”，它正在把“抢滩登陆”这个军事难题，拆解成一个又一个可以交由机器去完成的战术动作。然而，当两栖无人装备冲上滩头的那一刻，它真正考验的或许不只是一套算法或一台机器，而是人类如何在效率与底线之间，划定那条清晰的边界。

版式设计：孙海波

兵器动态

反无人机系统成为俄坦克“出厂标配”

■杜 新 胡庆峰

前线士兵研究出来的“土方法”竟成为军工厂生产的标准化流程？

前不久，俄罗斯乌拉尔机车车辆制造厂向俄军交付新一批T-90M和T-72B3M主战坦克。与以往不同，这批坦克出厂时即安装了反无人机电子战系统和物理防护装置，从炮塔顶部加装的金属防护网到车体前部增设的电子战天线，再到炮塔尾部及发动机舱覆盖的橡胶增强层，都使这批坦克在外观上与此前型号形成明显区分。

单纯从技术角度看，这些防护手段并非新发明。早在2022年，俄军前线部队就已在坦克炮塔顶部用简易金属构件焊接“顶笼”，用于防范FPV无人机的攻顶打击，车体四周也曾出现过五花八门的电子战设备。但此次交付之所以值得关注，原因在于，反无人机系统不再是战地改装厂的产品，而是生产线上的一道标准工序。

从“战场改装”到“工厂标配”，折射出的是战场经验向装备标准的转化路径。数据表明，当俄军在俄乌冲突战场遭遇FPV无人机密集攻击时，前线部队自行加装防护网的坦克生存率明显高于未加装车辆，配备电子战天线的作战单元遇袭频率也显著下降。

这些来自一线的实战反馈，经过部队汇总、军工企业评估、设计部门论证后形成改装方案，最终固化为批量生产时的标准配置。当这条链路走通之后，反无人机系统将不再是“有就装、没有就凑合”的被动选项，而成为坦克出厂即具备的刚性指标。某种意义上讲：反无人机装置不再是可有可无的“外挂插件”，而是除火力、机动、防护外的第四大核心指标。

从防护手段的构成来看，这批坦克构建了“软硬结合”的双重屏障。硬防护方面，炮塔顶部“笼式装甲”沿用T-80BVM升级后的成熟方案，主要用于抵御FPV无人机和RPG火箭弹攻击；炮塔尾部与发动机舱增设橡胶防护层，可降低破甲弹头命中要害部位的概率。软杀伤方面，车体前部的电子战天线可形成扇形干扰屏障，对低空无人机实施电子压制。

T-90M与T-72B3M此番同步加装同类系统，得益于两者共同的设计渊源——T-90最初即被命名为T-72BU，在动力系统、传动装置和操作界面等方面与T-72B3M高度兼容。T-90M作为T-90系列最先进型号，配备“化石”爆炸反应装甲、125毫米2A46M-5滑膛炮及猎-歼式火控系统。T-72B3M同样采用上述主炮和反应装甲，换装1130马力柴油发动机后配合“松树-U”多通道瞄准镜，命中精度显著提升。同步升级使两款高低搭配的主力坦克实现了防护体系的统一，也降低了零部件供应和后勤保障的复杂度。

值得注意的是，此次交付发生在美国和欧盟持续制裁的背景下。相较于北约M1A2 SEPv3或豹2A7等主战坦克尚处于探索集成反无人机防护的阶段，俄罗斯的升级方案体现了对当前战术现实的快速适应能力。

当然，这些新配置的实际效能仍有待后续战斗的检验。电子战天线能否在复杂电磁环境下稳定工作，“笼式装甲”增加的重量和高度是否会影响坦克的通过性和隐蔽性，都有待验证。但这一举措至少表明，在面对无人机这一现代战场的“头号威胁”时，俄罗斯选择了一条务实路径——与其等待下一代坦克量产，不如对现有装备进行快速、持续的改进。

兵器控

品味有故事的兵器

■本期观察：何 戬 强裕功

在当前反无人机作战体系中，拦截无人机凭借部署灵活、适配场景多元的特点，已成为应对低空无人机威胁的核心装备之一。从单兵伴随反制到高速目标截击，再到多机协同组网防御，各国研发的拦截无人机走出了差异化技术路线。本期“兵器控”，聚焦3款定位各异的先进拦截无人机。

单兵快反 俄罗斯“云杉”

“云杉”是俄军批量列装的轻量化拦截无人机，主要配属前沿步兵班组，为一线作战单元提供伴随式反无人机能力。

该机起飞重量仅1.3千克，采用手持弹射方式发射，无需复杂配套保障设备。它采用无通信链路的AI自主光学制导模式，常规电子战干扰手段难以奏效。锁定目标后，其最大飞行速度可超200公里/小时，依靠动能撞击毁伤目标，有效作战半径约3公里，可应对主流FPV无人机及轻型侦察无人机。

该型无人机虽有不少傲人战绩，但其制导模式依赖可见光环境，低能见度及大风条件下作战效能明显下降，且作战半径有限，仅能覆盖班组级空域的近距离威胁。

高速追猎 乌克兰Alexa Spatium

Alexa Spatium是乌克兰首款列装的喷气式拦截无人机，主要针对高速自杀式无人机的远程突防场景研发。

该机搭载涡轮喷气发动机，采用轻质复合材料机身，拥有可观的升限与作战半径，可覆盖低中空域。机身配备电视与红外双模搜索瞄准系统，可适配高爆破片、聚能装药、温压三类战斗部，既能通过战斗部精准起爆毁伤单体目标，也可借助近爆破片覆盖打击小型目标集群。未执行拦截任务的无人机可返航回收，实现重复使用。

该型无人机目前刚进入列装阶段，规模化部署程度有限。同时，喷气动力方案的使用成本偏高，其在复杂电磁环境下的链路抗干扰能力与自主作战稳定性，仍需实战的进一步检验。

蜂群克星 美国CobraJet

CobraJet是美国SkyDefense公司推出的模块化拦截无人机，面向无人机蜂群饱和攻击场景打造，主打多机协同的体系化反蜂群能力。

该机采用碳纤维模块化结构，提供纯电动涵道风扇与混合动力涡轮喷气两种动力构型，混合动力版本最高飞行速度可达560公里/小时。它具备垂直起降能力，无需专用发射装置。其机载AI飞控系统搭配光电/红外传感器，支持昼夜自主探测、跟踪与拦截，多机部署时可协同形成立体拦截阵面。

该型无人机的协同反蜂群设计理念先进，适配从要地防空到野战伴随的多元作战场景，但目前仍处于研发测试阶段，实战可靠性尚未得到充分验证。