



前沿技术

以色列用AI反无人机系统应对光纤无人机威胁



ForceField AI反无人机系统
主要应对光纤无人机威胁。

据外媒报道，以色列防务技术企业发布 ForceField AI反无人机系统，用于保护行进中的坦克、装甲车辆和部队免受光纤无人机攻击。

光纤无人机由后方操作员操控，可直接撞向目标，具有高精度与低成本特性，是地面部队面临的致命威胁之一。尤其是光纤制导 FPV 无人机，采用光纤传输信息，传统电子干扰手段对其完全失效，防御方必须采用全新的探测与拦截手段。

这款 AI 反无人机系统通过被动传感手段监测来袭无人机，并在发现威胁后实时分析与分类，随后交由操作员决策。在毁伤环节，该系统使用现有通用武器与弹药发射弹丸拦截来袭无人机。整套系统可快速集成至现有车辆与平台，并独立运行。

目前，这套系统在实弹试验中成功拦截光纤无人机，验证了实际作战能力。

俄军战车采用“斑马纹”干扰无人机识别



采用“斑马纹”涂装的战斗车辆。

据外媒报道，近期俄军为前线战斗车辆喷涂黑白相间的“斑马纹”，以应对乌军的自主攻击无人机。

自主攻击无人机能够通过 AI 算法识别车辆轮廓特征，实现自主打击，无需操作员实时干预。而黑白相间的高对比度条纹会扭曲车辆轮廓，让 AI 算法无法判定其为可攻击目标。报道称，这种“斑马纹”涂装的实际防护效果优于部分电子战设备，但有效期有限。一旦对方重新训练 AI 模型，适配“斑马纹”特征后就能予以破解。

另外，“斑马纹”涂装仅对采用光学探测手段的自主攻击无人机有效，如果无人机采用红外探测技术，或是改为人工操控，操作员肉眼即可识别地面移动车辆，“斑马纹”的伪装效果便会大打折扣。

法国验证“阵风”与无人机协同防空压制战术



一架挂载 NAMIB 吊舱的无人机(右前)与“阵风”F4战斗机。

据外媒报道，法国达索航空与国防初创企业哈马丹 AI 公司，近期完成 NAMIB 智能电子战载荷飞行试验，测试了“阵风”F4 战斗机与搭载该载荷无人机的协同防空压制战术。

测试期间，搭载 NAMIB 智能电子战载荷的无人机前出至敌防空区边缘，依托 AI 算法在数十千米外自主完成对敌方防空雷达的截获、识别与精确定位。无人机实时将目标坐标通过数据链传输至协同飞行的“阵风”F4 战斗机，后者随即模拟发射防区外精确制导武器实施打击。

NAMIB 智能电子战载荷可适配多型战术无人机平台。它采用无源探测模式，无人机无需主动辐射电磁信号即可完成对防空雷达的侦测定位，显著降低了被发现的概率，提升了前沿侦察的生存能力。

目前，这套战术仍处于模拟测试阶段，尚未经历高强度对抗环境下的检验，后续研发进度及实战化改装值得关注。

(曲卫)

舟桥装备：快速铺就水上通道

■邹昊宇 张 超



上图：在水面展开后的机动浮桥。

右图：载有带状浮桥的运输车。

带状舟桥问世

舟桥装备是用于保障人员、车辆、装备快速通过河流、湖泊、海峡等水域障碍的专用设备，包括舟桥、浮桥、索桥等多种类型。根据结构形式，舟桥装备可分为固定式舟桥、机动式舟桥、浮游式舟桥和半固定式舟桥等；根据承载力，又分为重型舟桥、中型舟桥和轻型舟桥。舟桥装备的发展史可追溯到古代，但真正形成现代化体系始于 20 世纪初。

第一次世界大战前后，重型装备的参战使传统木质浮桥不堪重负，各国开始寻求新材料、新结构。美国推出铝制舟桥，苏联开发出重型舟桥，日本研制了百式舟桥。这一时期，舟桥装备以钢材和铝合金取代木材，载重能力明显提升。第二次世界大战期间，装甲部队的大规模运用推动舟桥装备技术快速发展。这一时期美军推出钢制车辙桥，以两条钢轨铺设于充气浮体上，坦克可直接从上面通过。英国推出贝利桥，其钢构件可灵活组合，搭配浮箱即可跨越宽阔的河流。1945 年莱茵河渡河作战中，盟军在数小时内架设起大型浮桥，保障兵力快速通过，验证了机械化舟桥的实战价值。同一时期，苏军在东线战场的多次大规模渡河行动中积累了经验，为战后 PMP 系列浮桥研发奠定了

两条技术路线并行

当前，舟桥装备的技术路线大致可分为两类：一类是以美国 IRB 为代表的带状舟桥，另一类是以德国 M3 为代表的自行舟桥。两条路线各有所长，折射出不同的作战需求与军事传统。

带状舟桥的设计特点是“浮体即桥面”。以美国 IRB 带状舟桥为例，整套系统由标准化浮箱模块组成，每个模块折叠后由重型卡车运输，抵达水边后直接滑入水中并自动展开。多个模块首尾相连，形成可供坦克、装甲车连续通行的带状通道，最大承载能力达 70 吨。

带状舟桥的优势是架设速度快、作业人员少、模块通用性强；缺点是浮箱本身无动力，需配套架桥汽艇辅助定位，且整套系统庞大，运输灵活性受限。带式舟桥堪称各国部队渡河时的“主力选手”，俄罗斯的 PMP-M 带状浮桥、法国的 F1 摩托化浮桥、中国的四折带式舟桥等，均采用这一路线。

自行舟桥在带式舟桥基础上，将车体、舟体、桥面结构和动力系统结合为一体，具备水陆两栖行驶能力。以德国 M3 自行舟桥为例，其特点是桥车合一，入水为桥，出水为车，机动灵活。单车入水展开车上的桥节，即可成为漕渡武器装备和人员的门桥；多车相连可构成浮桥。升级后的 M3S 自行舟桥的单车渡轮模式可承载 70 吨重量，12 辆车可拼接形成 150 米长的连续浮桥，在 30 分钟内架设完毕。自行舟桥的优势在于机动性好、架设和撤收时间短、单车架设距离长、渡河方式转换便捷等；不足之处在于造价贵、结构复杂、体型庞大，在城市内涝或浅水环境下使用受限。法国 EFA 轮式自行舟桥、俄罗斯 ПММ-2 履带式自行舟桥和中国 GZM003 履带式自行舟桥，均是这一技术代表。

未来发展趋势

进入新世纪以来，随着军事现代化和抢险救灾需求的提升，舟桥装备技术

不断进步，数字化、模块化、无人化成为发展趋势。

材料技术是舟桥装备变革的驱动力。其中，碳纤维复合材料(CFRP)的应用改变了浮桥的重量与强度。研究显示，CFRP 浮桥结构较传统钢制结构减重 40% 以上，抗拉强度提升至 1800 兆帕以上。另外，超高分子量聚乙烯材料因耐腐蚀、低摩擦特性，被用于浮箱连接件与滑动轨道。美国陆军计划在 2027 年前列装采用 CFRP 组件的新一代智能浮桥，整桥重量较传统铝合金结构减轻 30%，承载能力却提升至 100 吨级。

无人化架设是未来战场上渡河保障的核心诉求。美国国防高级研究计划局的相关项目探索无人艇协同布设舟桥的技术可行性，目标是在敌方火力威胁下实现“零人员暴露”架设作业。中国动力舟桥技术团队也在推进无人化作业，最终实现远程遥控架设与自主对接。可以预见，未来舟桥装备将从“多人协同、旗语指挥”的传统作业模

既可远程输电，又可反无人机——
美军“两用”激光系统亮相

■宁国强

据外媒报道，美国海军研究实验室联合波音公司及陆军作战能力发展司令部，完成一项激光武器系统测试，验证了同一套激光设备既可远程输电、又可切换为反无人机防御系统的双重功能。

现代战争中，美军发现其面临两重困境：分布式作战对前沿能源供给要求严苛，而传统的燃油补给车队易遭远程火力或无人机打击。如果有一套激光武器系统集成远程输电与防空作战两种功能，可瞬间切换作战模式，及时回应多种战场需求。

美国海军研究实验室自 2009 年启动激光无线输电研究，2023 年完成太空环境验证，2024 至 2025 年在白沙靶场实现远距离传输测试。同期，美海军陆战队已列装反无人机激光武器系统。2026 年 6 月，美国海军研究实验室及合作伙伴将输电技术与反无人机激光武器系统整合，实现同一套系统“供电+防空”双功能，并计划在极端条件下进行测试，验证其技术可行性。

此次测试由负责筹办与保障的美国国防部副部长办公室主办，美海军、海军陆战队、陆军和波音公司组成的测试团队将拖车式激光武器系统部署于机场，依托海军陆战队定向能激光平台，向数千米外的接收器无线输送电力。输电稳定运行后，系统无需停机



波音公司的“两用”激光系统。

防空「听诊器」

■张诗宏 吕 洋



中扩散的飞机引擎声波，将微弱的远距离声源进行增益放大，再通过密闭的中空金属导管，把汇聚后的声波传导至操作人员双耳。整套设备可依托三脚架完成水平 360 度旋转和小幅度俯仰调节，操作人员缓慢转动设备，通过左右耳接收到的音量差异锁定声源方位。经验老到的听音员甚至能依据引擎声的频率与音色区分轰炸机和战斗机，依靠响度变化判断敌机是逼近还是远离。早期的基础型号探测距离达十多千米，改进型号最远能够捕捉二十多千米外的机群轰鸣，这在当时已是极具突破性的防空探测能力。

声波防空听音器的优势与生俱来。它由机械金属构件组成，无需电力驱动，不惧电磁干扰，战场上不会因断电或电磁压制而瘫痪，且操作简便，操作员经过短期培训即可上岗。短板同样致命且无法规避。它极度依赖天气环境，狂风、暴雨、远处炮火乃至地面车辆噪音都会彻

上图中，一名操作员将双耳紧贴两根金属管道末端仔细聆听。管道另一侧是像喇叭一样的集音盘，一上一下，酷似两个巨型听诊器。这个模样古怪的家伙名叫声波防空听音器，是雷达出现以前的远程防空预警装备。

20 世纪二三十年代，随着飞机的飞行高度与航程不断提升，传统目视观察哨受天气条件制约极大，防空部队急需一种不受光线限制的远距离探测手段，声波防空听音器应运而生。它的用途十分明确：远距离捕捉敌方轰炸机、战斗机的引擎轰鸣声，提前判定敌机来袭方向、编队大致规模与飞行距离，为后方防空高地阵地和城市疏散争取宝贵的预警时间。彼时，欧洲不少城市、港口和军工重镇都在外国部署了大量组式声波防空听音器设备，由专业听音操作员轮班值守。

这套看似粗笨的装备，背后有着严谨的声学原理。两个巨大的集音盘相当于声学放大器，能够大范围聚拢空气