

应对无人机蜂群和精确制导武器带来的威胁——

为装甲车升级“防弹衣”

■刘一澳 卢乐

现代战场上，无人机蜂群和精确制导武器带来的威胁，对装甲车的生存安全提出巨大挑战。近期，美国陆军斥资1.078亿美元，计划为380余辆现役装甲车换装新一代综合防御系统。这套系统融合主动防御、信号管理和顶部强化装甲等技术，主要应对战场上可能出现的无人机和精确制导武器，提高装甲车的生存能力。

装甲防御技术演进

装甲车，泛指具备装甲防护的履带或轮式军用车辆，包括坦克、步兵战车、装甲指挥车等多种类型。自第二次世界大战期间列装部队以来，装甲车凭借强大的防护能力，在掩护步兵、运输物资和阵地攻坚等行动中发挥了重要作用。

二战结束后很长一段时间内，装甲车的生存几乎完全依赖于装甲厚度，其防御理念可以概括为“以厚克刚”，主要抵御来自水平方向上的大口径穿甲弹和反坦克导弹的直射攻击。为此，设计师们不断增加装甲厚度，或采用倾斜装甲实现等效厚度。二战时期重型坦克的正面装甲厚度达102毫米，便是这种设计思路的集中体现。

冷战时期，随着反坦克武器威力不断提升，装甲车“增厚度”做法带来的边际效益不断递减，装甲重量反而成为巨大负担。在这一背景下，装甲技术的发展转向“材料复合、更轻更硬”，复合装甲因此诞生。复合装甲是由金属（如钢、钛合金）与非金属材料（如陶瓷、凯夫拉纤维）按照特定结构复合而成的新型装甲，主要利用不同材料物理性能的差异，在弹丸侵彻过程中通过层层消耗或偏转冲



装备以色列“战利品”主动防御系统的步兵战车。

击能量，达到防弹效果。

近年来，无人机和精确制导武器的大规模使用，彻底改变了战场威胁形态。无人机能够悬停、俯冲，从任意角度对地面装甲车发起攻击；精确制导武器利用激光、红外线或雷达等锁定装甲车的薄弱位置，进行精确打击。面对这些威胁，传统装甲防御技术几乎无力应对。装甲防御技术不再局限于装甲本身，开始朝着多元化和体系化方向发展，以适应现代战场变化。

现代战场防御方式

在无人机和精确制导武器主导的现代战场上，装甲车依赖四大“防御盾牌”应对威胁。

主动预警拦截。主动预警拦截技术通过高精度雷达、光电/红外传感器和激光告警装置，组成全天候、全向监控网络，实时探测、跟踪来袭威胁。一旦确认目标，该系统能在毫秒间自动决策，发射拦截弹或抛射干扰弹进行拦截或诱骗，以色列“战利品”主动防御系统就是这一技术的代表。统计数据显示，该系统的实战拦截成功率超过90%。这种系统能够在空中对来袭目标进行软/硬杀伤，是提高装甲车生存能力的主要手段。

传统防御升级。作为装甲车的防御基础，传统装甲防御技术从未停止发展。以复合装甲为例，现代复合装甲融合了先进陶瓷、轻质高强度合金和纳米材料等，具备更强的抗弹、抗爆能力。另外，防弹涂层和爆炸反应装甲的出现，成为传统装甲

防御技术的重要补充。防弹涂层利用涂层的韧性，将来袭炮弹“弹飞”；爆炸反应装甲通过引爆装甲上的惰性炸药，对来袭导弹进行干扰破坏。传统装甲防御技术的优势是可靠性高、抗电磁干扰，且无需复杂维护，即使在电磁干扰环境下也能正常发挥作用。

信号屏蔽隐身。无人机和精确制导武器通过热信号（红外）、电磁信号（雷达）和光学特征寻找并捕获目标。信号屏蔽隐身技术通过隐藏这些信号特征，降低被对方发现和锁定的风险。现代装甲车采用的信号屏蔽隐身技术包括红外隐身、雷达隐身、视觉/声学伪装和电子信号管理等。测试表明，应用信号屏蔽隐身技术的步兵战车在夜间被热成像设备发现的概率大大降低。

前沿技术

可海水降解的新型塑料



新型塑料可在海水中实现快速降解。

据外媒报道，日本科学家开发出一种新型塑料，不仅在重量和强度上与传统塑料相当，而且可以在海水中实现快速降解。

据报道，研究团队在塑料中加入一种常见的食物添加剂（偏磷酸钠）和一种强碱离子（氟离子），两者经过化学反应会形成一种“盐桥”结构。这种“盐桥”结构不仅使材料强度和柔韧性增加，还使其能快速降解。实验显示，当新型塑料接触到海水后，这些“盐桥”结构会迅速断裂，使塑料在约8小时内分解为无毒物质。另外，新型塑料在含盐的陆地土壤中经过一段时间也能完全降解。

研究人员指出，这一降解过程释放出的养分可能导致海水“营养过剩”，引发藻类爆发式生长，但与塑料带来的环境污染问题相比，其危害性已减轻不少。

据国际自然保护联盟估计，每年约有2000万吨塑料废弃物进入自然环境。这些塑料可在自然环境中残留数百年，其间不断剥落出微塑料颗粒，持续污染水体和土壤。

可沙漠取水的集水装置



沙漠中的太阳能集水装置。

据外媒报道，美国麻省理工学院研究人员开发出一种基于吸湿性水凝胶的太阳能集水装置，可以高效收集空气中的水分。相关研究成果已发表在《自然》杂志上。

该装置的核心材料是一种名为聚丙烯酰胺-氯化锂的水凝胶材料，它可在夜间吸收空气中的水分，白天通过太阳能加热释放水蒸气，再经冷凝后转化为液态水。测试发现，在城市环境中该装置平均每天每平方米收集水量1.7升；在沙漠（年均降水量<1毫米）环境中平均每天每平方米收集水量0.62升。水质检测显示，该装置收集的水中，银、镁、铁的含量符合饮用水标准，但锂和铝略有超标，推测与冷凝器表面污染有关。

研究团队称，该装置采用商业化材料和模块化设计，每平米的设备成本在50至150美元之间，具备大规模推广潜力。如果使用时间够长的话，其单位水成本与城市自来水价格相当。

可类人感知的新型皮肤



新型皮肤制成的人手状测试模型。

据外媒报道，英国研究人员研发出一种由柔性导电凝胶制成的新型皮肤。它能灵敏地感知压力、温度等触觉信息，甚至精准区分不同接触点，具备像人类皮肤一样的感知能力。

新型皮肤的技术核心在于单一传感器可对不同触觉产生差异化反应。研究人员将这种新型皮肤制成人手形状，并在手腕处放置32个电极，利用材料内部密集的微通道网络，收集到超过170万条触觉信息。随后，研究人员对这种皮肤进行触觉测试，并将测试过程中采集的数据用于训练机器学习模型，使机器人手能识别各种触觉。

研究人员表示，这种新型皮肤在灵活性和制造简便方面，优于现有类似材料。未来这种新型皮肤除了可以应用于制造人形机器人或人类假肢，还可以广泛应用于汽车制造、灾后救援等不同领域。

(沐宸、高京京)

应对无人机低空突防

雷达装上“光学眼睛”

■张昕宇

传统雷达在探测低空低速小型目标时存在短板，“看高不看低、看远不看近”的特性，使其面对此类威胁时力不从心。为破解这一难题，俄罗斯技术人员尝试为雷达装上“光学眼睛”。

据俄媒报道，俄罗斯技术人员基于成熟的“懒猴”紧凑型雷达，开发出一款全新的雷达光学系统。此前的“懒猴”雷达仅能发现、跟踪低速目标，新雷达系统不仅能发现、跟踪目标，还能精准识别目标类型、评估威胁程度并向操作员自动告警。其识别能力明显降低了虚警率，有效避免了将鸟群等干扰源误判为威胁目标。目前，这款新雷达系统正在进行靶场试验。

分析认为，新雷达系统的性能提升，源于将“懒猴”雷达与远距离光电观测系统结合使用。“懒猴”雷达充当“侦察兵”，专门探测速度低于200千米/小时的低慢小目标，这一探测水平覆盖大部分小型无人机的速度区间。光电系统化身“识别官”，采用可见光与红外双通道设计，依据雷达提供的目标指引自动锁定，再利用先进神经网络算法精准识别目标类别（人、车、鸟或无人机），甚至装备的具体型号，

有效剔除鸟群、云团等虚假信号，评估威胁等级并生成告警信号。这两者结合使用，极大地简化了操作员的工作流程，也减少了人为误判风险。

军事专家指出，发现目标后，关键在于与火力支援紧密配合，确保在目标接近时将其快速摧毁。为此，该雷达系统需要通过规模化部署发挥最大效能。例如，将其小型化后搭载在无人机上，执行精确打击任务；或者与自动火炮、机枪或导弹等结合，形成“侦-控-打”一体化闭环，雷达持续跟踪目标，武器在雷达引导下自动完成射击。未来，该雷达系统将安装在装甲车等机动平台上，使部队具备快速应对无人机集群攻击的能力。

新雷达系统并非俄罗斯应对无人机蜂群威胁的唯一方案。俄媒此前曾报道俄罗斯另一款紧凑型近距低空搜索雷达。该雷达可在7.5千米范围内探测中型无人机，由于重量轻、尺寸小，可灵活部署于桅杆、建筑物或各类移动底盘（包括普通汽车、全地形车等）。目前，基于多部该型雷达构建的空域监视系统已投入使用。



吊装舰炮

■王笑梦

上图中，一座奥托76毫米舰炮系统正被吊装上舰，半球形炮塔下方是平时难得一见的供弹系统。这种将火炮和供弹系统作为整体进行安装的做法，正是始于奥托76毫米舰炮。

自20世纪60年代诞生以来，奥托76毫米舰炮经过不断改进升级，已经形成一个庞大的火炮家族。该舰炮系统体积小、重量轻，不但能够轻松安装在大中型舰船上，还能安装在不足百吨的巡逻艇、导弹艇上。良好的适装性，得益于模块化舰炮技术的应用。

在奥托76毫米舰炮出现以前，大口径舰炮系统的上舰安装较为复杂。大口径舰炮系统由火炮与供弹系统组成，火炮安装在甲板上，由扬弹机、弹鼓/弹药库组成的供弹系统安装在甲板下方，且需贯穿数层甲板。这些复杂的系统在上舰安装前，先在生

产厂进行陆上对接调试，然后拆解运往船厂进行上舰安装，安装完成后再进行对接调试。整个过程不仅费时费力，而且难以保证舰炮性能的稳定性。

为解决这一问题，欧洲率先尝试研制模块化舰炮，推出奥托76毫米舰炮等。

通过模块化设计，舰炮系统的火炮与供弹系统被组合在一起。其在生产厂完成生产和总装调试，运送到船厂进行上舰安装时，只需将舰炮系统吊装入炮位下方，通过简单的机械连接和水、电、气路连通，就可完成舰炮系统的上舰安装调试。整个工期不仅用时大幅缩短，还能保证舰炮系统技术状态的稳定性。另外，舰炮下部的供弹系统集成性较好，往往仅占据一层甲板，便于在轻型舰艇上安装。



基于“懒猴”雷达开发的雷达光学系统。

图文兵戈