兵器广角

坦克素有“陆战之王”之称。然而近年来，随着无人机大量投入战场，坦克遇到了新“天敌”。在一些热点地区的武装冲突中，很多坦克毁于无人机之手。

在俄乌冲突中，不乏这样的场景：几架成本仅几千美元的FPV无人机，携带RPG弹头，呼啸而至，精准击毁价值数百万美元的主战坦克。曾经的“陆战之王”，在无人机的阴影下，褪去了不少昔日的光彩。

面对无人机尤其是FPV无人机带来的威胁，各国除了不断升级坦克的主动防护系统外，也在被动防护领域展开了一场比拼，纷纷在“铜头铁臂钢躯壳”的坦克外部做文章，催生出各种各样的“外挂”。本期，让我们对近年来出现的不同种类的坦克被动防护装备进行盘点。

无人机阴影下的坦克“外挂”

■裴梓淇 傅金泉

①

②

③

④

图①：配备格栅装甲的“勒克莱尔”XLR坦克；图②：加装刺猬、豪猪式防护装备的T-80BVM坦克；图③：加装脏辫式防护装备的T-72坦克；图④：加装龟甲式防护装备的T-80坦克。

全包裹的“钢铁堡垒”
龟甲式防护装备

龟甲式防护是俄乌冲突中较早出现的坦克防无人机改装方案，因其加装到T-62、T-72、T-80等坦克上后，外形类似乌龟的硬壳而得名。俄军内部称之为“沙皇曼加尔（沙皇的烧烤架）”，西方则直接称其为“海龟坦克”。

打造龟甲式防护装备的核心思路是提供全面防护，具体来说，就是在坦克外部用角钢焊接出坚固框架，框架外再覆盖由厚钢板和铁丝网组成的复合层，将坦克的顶部、侧面、后部完全包裹起来，只外露炮口和排气口。

实战中，一些采用龟甲式防护装备的坦克在遭受10余次无人机攻击后仍能维持基本功能，体现出这种防护措施的有效性。

然而，这种防护装备也存在弊端。角钢、厚钢板和铁丝网带来的明显增重，导致坦克机动性大幅下降，重心变高后更容易翻车；坦克乘员的视野大幅“缩水”，只能依靠潜望镜等有限的手段来感知战场环境；主炮的射界也受到限制。

因此，采用龟甲式防护装备的坦克主要用于在无人机活动密集区域执行突击、清障等特别任务，而非用于传统的机动作战。

放大版的金属“鸟笼”
格栅式防护装备

格栅装甲是较常见的被动防护装备之一，早在俄乌冲突发生的初期就被俄军采用，士兵们称其为“顶棚”，主要用来应对攻顶的无人机。后来，乌军也对己方的一些坦克进行了类似改装。

格栅装甲的原理简单却很有效，它应对的主要目标是来袭的无人机载破甲弹药。破甲弹要充分发挥作用，需要靠近坦克到达最佳距离，太近或太远爆炸都无法奏效。基于此，研发人员通过为坦克安装格栅装甲，来提前引爆破甲弹，分散和削弱金属射流，使破甲弹的杀伤力大幅降低；或者通过使弹体变形、被卡，达到让弹药失能的目的。

随着无人机威胁的增加，格栅装甲也在不断进化。早期的格栅只是士兵们在野战条件下手工焊接的角钢框架，做工粗糙且重量不均。后来，研发人员设计出了标准化的格栅装甲顶棚。这种顶棚采用高强度钢制立柱支撑，高度经过精心计算，既能保证车组成员方便地出入舱门，又可以尽可能地降低坦克重心。

这一过程中，格栅装甲开始从“顶棚”向“鸟笼”转身，以提供更大范围的防护。模块化设计被普遍采用，不同区域使用不同的防护材料，比如在炮塔正上方安装波纹状复合装甲板，防御来袭弹药攻击坦克顶部；后部两侧使用高强度网格装甲，抵御巡飞弹的威胁；侧面则安装柔性钢丝网状装甲，用来应对FPV无人机。

如今，格栅式防护装备已经被多国军队借鉴，部分M1A1“艾布拉姆斯”坦克、“勒克莱尔”XLR坦克、“梅卡瓦”坦克加装了类似格栅装甲。

尖刺密布的“物理陷阱”
刺猬、豪猪式防护装备

面对威胁越来越大的FPV无人机，一些坦克上出现了更为奇特的被动防护装备——刺猬、豪猪式防护装备。这类防护装备，有的是在坦克周身焊接上数百根甚至上千根直径3毫米的金属尖刺，向外突出30至60厘米，坦克看起来像一只受惊时的刺猬；有的则在炮塔和车体侧面设置了大量拆解开的钢缆细丝，让钢缆细丝发挥金属尖刺的作用。

当FPV无人机来袭时，会先撞上外围的尖刺，导致其提前爆炸、解体，或者螺旋桨被搅碎。对于无人机投掷的弹药，尖刺丛会将其卡住或引爆，使爆炸发生在远离主装甲的位置。坦克周身设置有钢缆细丝时，还可发挥钢丝柔韧性好的特点，当无人机发起自杀式攻击时，会陷入其中甚至被完整俘获。

在俄乌冲突中，俄罗斯军队为一些T-80BVM、T-90坦克加装了此类防护装备，乌克兰军队则对M1A1坦克等进行了类似改装。一方面，这种防护装备能够把一些小微型无人机拒于主装甲之外，另一方面还可以借此改变坦克的外形，增加行动隐蔽性。

不过，这种防护装备也存在缺点——密集的金属尖刺在城市或山林环境中容易被建筑物或树枝挂住，影响坦克的通过性。

轻盈高效的仿生“屏障”
蒲公英式防护装备

为了解决被动防护装备重量大、影响机动性的问题，俄罗斯前不久推出了新研发的蒲公英式防护装备。这种防护装备从某种程度上来说，是优化后的刺猬、豪猪式防护装备。它的结构、形状，很像自然界中的蒲公英，因而被命名为“蒲公英被动式反无人机系统”。

该系统由许多外形酷似带伞毛的蒲公英种子般的装置组成，每个装置底部是较粗的玻璃纤维支撑杆，顶部分叉“长”出多个“枝杈”，支撑杆之间还罩着细密的防护网，形成一个覆盖坦克车体的整体仿生“屏障”。

蒲公英式防护装备大多由玻璃纤维复合材料制成，因而重量较轻，强度却不低。当无人机撞上蒲公英式防护装备时，多层分叉的杆件会层层吸收冲击能量，并将无人机的爆炸位置推离坦克主装甲。细密的防护网还能将来袭的无人机兜住或缠绕，使其无法达到引爆战斗部的条件。

在俄乌冲突中，部分T-72B3M主战坦克加装了此类防护装备。蒲公英式防护装备采用模块化设计，据称15分钟就能加装到坦克上。

披拂的“晃动钢条”
脏辫式防护装备

除了固定式防护装备，一些坦克还采用了利用金属框架提供支撑，将钢缆段或金属棒上端加以固定、下端放开的半固定防护装备。这类防护装置因钢缆段自带重量而下垂，金属棒带有向下弯曲的弧度，形如披拂的脏辫，因此被称作脏辫式防护装备。

这类防护装备重量相对较轻，由于一端未加以固定而带有一定弹性，可以在受力时发生形变。在防御无人机攻击时，此类防护装备不会与来袭无人机硬碰硬，而是利用这种形变来化解部分冲击力，进而在无人机相对完整的状态下使其失能，减少因无人机机体断裂给坦克装甲带来的损伤。如俄罗斯的部分T-72坦克就在炮塔顶部、车体侧面或周围加装了这种装置，起到了较好防护作用。

结 语

需要说明的是，在战场上，一辆坦克通常不会只选用一种被动防护装备，而会选择将多种被动防护装备搭配使用，比如在加装刺猬、豪猪式防护装备的同时，也会配合使用格栅装甲等。不少坦克则采用了“格栅+波纹板”的防护结构。

从龟甲式防护装备的全包裹到蒲公英式防护装备的轻盈高效，坦克的被动防护装备正在经历一场从“硬扛”到“巧防”的转变。

当攻击手段朝着低成本、大规模方向发展时，防御方也必须找到更经济、更可持续的应对方式。未来，坦克的防护系统将是融合了被动防护、主动拦截、电子干扰和隐身技术的综合防御体系。其中，被动防护装备将变得更轻、更强、更加智能。

随着战场需求的持续牵引，未来坦克的被动防护装备形态具体会变成什么样子，时间将给出答案。

本版供图：阳 舟

集成“黑黄蜂4”微型无人机的“食人鱼”8×8装甲工程车。

装备动态

装甲车有了“空中之眼”

无人机车载化——

■丁子骁

前不久，据外媒报道，瑞士武装部队将接收一批“黑黄蜂4”微型无人机，作为“食人鱼”8×8装甲工程车的侦察设备使用。

众所周知，装甲车辆因追求战场生存力和强大火力，长期存在一个短板——视野受限。车组成员大多时候依赖狭小的观察窗、潜望镜和车身其他传感器感知外界的变化。在城市巷战和山区林地等复杂环境中，这一短板变得更加致命。

为解决这一问题，各国进行了各种尝试，但效果有限。随着无人机飞入战场，各国有了新的“解题思路”，开始让装甲车辆与无人机联手，以便让后者获得随时可用的低空侦察平台。

据公开资料，“黑黄蜂4”微型无人机整机重70克，雷达反射截面积很小；由于是电动机驱动，声光信号特征微弱。

该无人机搭载昼间高清摄像头与高灵敏度热成像仪，具备全天候侦察能力。它的续航时间超过20分钟，最大飞行距离3千米，具备在一定风速和降雨环境下稳定飞行的能力。在GPS信号被屏蔽或遭遇电磁干扰的情况下，它仍能靠内置导航模块飞行。

由此可见，微型无人机与装甲车辆的搭配，至少解决了两个问题。一是使装甲车辆的侦察范围更大，侦察时行动更加隐蔽。二是无需对装甲车车体进行较大程度改装，即可获得“空中之眼”。据称，车组成员在车内就能完成“黑黄蜂4”微型无人机的发射、操控与情报接收，单人即可操作。

当然，微型无人机与装甲车辆的这种携手也有缺点，比如“黑黄蜂4”微型无人机航程有限，难以满足装甲车辆更高更远的感知需求。尤其是随着各类反无人机手段的出现，前出侦察的无人机今后面对的战场生存压力将持续增加。至于在实战中，这种微型无人机能在多大程度上发挥“空中之眼”的作用，还需进一步观察。

浅说手枪子弹的
侵彻力与扩张力

■刘建元

兵器知识

什么样的手枪子弹才算得上“性能更好”？这就要说到手枪子弹弹头的侵彻力与扩张力。

侵彻力，是指弹头钻入或穿透物体的能力，其能力大小主要取决于弹头质量、弹头截面密度以及命中物体时的速度。扩张力，是通俗说法，即弹头的扩张特性，指弹头在命中目标后，因设计或材料特性而发生的形状改变或膨胀现象。侵彻力与扩张力是构成手枪子弹打击效能的“鸟之双翼”。

为使手枪子弹兼具侵彻力与扩张力，各国弹药研究人员进行了诸多探索。有的研究人员通过提升材料强度、改进装药配方来达到目的，有的则在改变弹头结构设计上另辟蹊径。从各国当前发展情况来看，主要有以下几种途径。

利用钢芯增强穿深威力。该类手枪子弹的显著特点是钢芯直接裸露在弹头外部。这种设计可以降低弹头钢芯命中目标时的能量损失，获得较强的穿深威力。俄罗斯卡拉什尼科夫公司研发的7N29穿甲手枪弹就是其中一种。捷克的“蜗牛”高速手枪弹选用了类似脱壳尾翼穿甲弹的构型，其弹头由高硬度钢芯和周围的弹托组成。击中目标时，弹托会从弹芯上剥离，留下高硬度的弹芯继续侵彻。不过，这类手枪子弹因所用材料特殊，造价较高，对枪管的损耗也大。

让弹头膨胀或破碎提升“扩张”效能。在让弹头膨胀方面，空尖弹较为典型。以美国温彻斯特公司生产的115格令银尖弹为例，该型手枪子弹是一种弹头前端开口并有放射形预刻槽的空尖弹。击中目标后，弹头前端会沿着预刻槽外翻，变成花瓣形，制造出更大的伤道。除此之外，联邦弹药公司研发的Syntech Defense手枪弹也有一定代表性。该弹的弹头是前端带开孔的空尖弹头，但作用机理不是让弹头膨胀外翻，而是“可控地碎裂”。这种弹头内有预刻槽，在侵入人体一定深度后，弹头会沿着预刻槽碎裂，变成3瓣大碎片和1个较重的弹底，分别形成伤道，造成更大创伤。

多措并举提升毁伤效能。以美国研发的ARX手枪弹为例，该弹弹头不仅采用不规则的三棱形结构，用材上也“另搞一套”，选用铜粉和环氧树脂的加热混合物，通过高压注塑成型。命中人体时，该弹弹头会一边旋转一边推进，不规则的三棱形结构在旋转时会形成直径大于弹头本身的伤道。“蜜獾”手枪弹的弹头截面呈十字形，且材料为铜合金制造的实心体，击中目标时，坚固的材质使其不易变形，高速旋转的弹头能撕裂扩大伤道。

由此可见，手枪子弹的发展，是借助技术和材料的进步提升“侵彻”与“扩张”效果的过程。过去如此，今后也将如此。

卡拉什尼科夫公司研发的7N29穿甲手枪弹。