兵器广角

提到军用雷达，人们往往会想到目光“高远”的对空情报雷达，“耳聪目明”的机载有源相控阵雷达，抑或是“体宽臂长”的反隐身雷达，以及探测距离达成百上千千米的地波或天波雷达。

这些雷达或者有固定的基座，或者有专用的“坐骑”，或者有场面感颇强的阵列……总之非一般的力量可进行任意挪移。

然而你知道吗，其实还有一些体形较小的雷达，甚至可实现单兵携带。它们默默无闻地在战场上扮演着重要角色，并在近些年出现了新的发展趋势。

●单兵可携行 ●适装多平台 ●战场新节点

迷你雷达：灵活的一线“哨兵”

■张 昊

图①：俄罗斯Aistyonok 1L271便携式反炮兵雷达；图②：英国MSTAR便携式雷达；图③：俄罗斯FARA-1便携式雷达；图④：美国AN/PPS-15便携式雷达。

资料图片

现代战争中，对战场信息的感知程度已成为决定胜败的核心因素。作战双方谁掌握的信息情报数量多、实时性强、准确度高，谁就能把握战场主动权。为适应对抗强度越来越大且日趋复杂的战场环境，及时获取对手详尽的情报，便携式战场侦察雷达应运而生，并成为现代战场上的关键探测装备之一。

便携式雷达普遍采用超轻型设计，以便步兵小队携带，因此又有迷你雷达之称。它可通过平面扫描的方式对敌方作战人员、战术车辆及以无人机为代表的低空飞行器等移动目标进行侦察监视，测定其方位、距离和速度等参数，判断目标属性，为下一步行动提供实时、准确的态势信息。

便携式雷达最初的设计目标，是以其便捷机动的特点为己方炮兵提供目标信息。在海湾战争中，英军就为前沿炮兵观察哨配备了MSTAR雷达。该型侦察雷达可由2人携带，3分钟内便可安装完毕。

随着科技发展与进步，该类系统逐步显现出监视范围较广、探测距离较远、定位精确、全天候工作的优势。与红外热像仪等光学装备相比，雷达可在尘土、战场烟雾、阴雨等环境中工作，展现出更强的环境适用性。

性能方面的提升，使便携式雷达更广泛地用于前线防御、城市作战、海上近距离监视等对抗场景中，可执行战场侦察、目标定位、火力校准、穿墙感知等多样化任务，尤其是可用于对关键阻塞点以及敌军潜在渗透路线进行高效搜索，对桥梁、路障、狭窄路段等关键目标进行全方位监视。同时，该类雷达也可用于边界巡逻、反恐作战、机场安保及国际维和等行动。

值得关注的是，便携式雷达近年来在反无人机这种作战场景中也初露峥嵘。俄“刺实”单兵雷达曾在实战中锁定对手的无人机系统，展现出对新威胁的反制能力。

便携式雷达的表现，使不少国家对其兴趣浓厚，并推出了一些系列型号，比如美国的AN/PPS系列和俄罗斯的FARA“前灯”系列雷达。

美国AN/PPS系列雷达有多种型号。其中第一种型号AN/PPS-5，曾在越南战争中使用。该雷达采用脉冲多普勒体制，主要配备步兵和装甲部队，可感知6千米外的作战人员和10千米外的机动车辆。目前，该系列的最新型雷达为AN/PPS-15，拥有自动扫描和手动扫描两种工作模式，采用相干多普勒、脉冲调制等技术。当发现敌方移动目标时，能够利用警报灯和扬声器示警，可探测距离为数十至数千米处的步兵目标和作战车辆。

俄罗斯的FARA“前灯”系列雷达包括FARA-1、FARA-ПВ以及FARA-BP等多款装备。其最新型FARA-BP展示出较高的信息化能力，可在多个频段处理无线电信号，扩大对人员和装备的探测距离，并能够在扇形扫描区域发现目标时自动报警，在数秒内判定目标性质。

此外，FARA-BP展示出较强的平台适装性，可安装于机枪、榴弹发射器等步兵武器。一旦发现敌机动目标，可立即实施打击。未来，俄军还计划将其配给装甲平台，进一步提升其作战效能。

近年来，以先进微电子和人工智能为代表的新兴技术发展迅速，不断赋能武器装备。便携式雷达也呈现出轻型小型化、抗干扰、自动化、网络化等新特征。

轻型小型化方面，随着电池、天线、显示器系统愈发“精巧”，雷达在体积重量方面进一步“瘦身”，有效增强了其战场机动性和便捷性。

抗干扰方面，利用低功率发射/管理、低截获波形、低副瓣天线技术，进一步增强雷达在复杂电子环境中的作战能力，同时提升战场生存力。

自动化方面，利用人工智能技术赋能信号处理手段，雷达能从回波中高效提取目标特征，并建立目标数据库，实现高效目标自动识别。

网络化方面，雷达可进一步采用多元化传感器组网，实现同构/异构感知节点的作战协同和数据共享，以提升整个探测体系的抗毁伤、反干扰性能，同时大幅提高对各类目标的识别能力。

供图：阳 明 张 昊

爆震发动机——

高超声速飞行器的新“心脏”

■胥世达 王思博 赵泽平

兵器知识

飞行器的发展总是伴随着动力系统的进步。从最早的活塞式发动机，到有助于战机突破音障、实现超声速飞行的涡喷发动机，再到能够让飞行器以高超声速飞行的冲压发动机，一代代动力系统的进步推动着飞行器飞得更快、更远、更高。近年来，与爆震发动机研发有关的新闻越来越多地进入人们视野。推进爆震发动机实用化，成为各国竞相角逐的新高地。

发动机产生动力的过程是将化学能转化为热能，再进一步转化为动能产生推力的过程，因此发动机热循环效率与其推力息息相关。与普通的燃烧过程相比，爆燃过程燃烧波传播速度更快，热循环效率也就更高，目前大部分固定翼飞行器使用的发动机都采用爆燃方式来获得推力。和爆燃相比，爆震（也被称作爆轰）作为另外一种燃烧方式，可以产生爆震波。爆震波能使燃烧波以每秒几千米的超声速传播，更快地“波及”未燃烧推进剂，产生极高的燃气压力及温度，从而拥有更高的热效率和更快的能量释放速率。

爆震波的产生方式主要有两种，一种方式是将爆燃过程的燃烧波进行加速，在速度达到一定程度时转变为爆震波，采用此种方式所需的点火能量较少；另一种方式是采用较大的点火能量，避开燃烧波加速过程，直接催发爆震波。

采用爆震燃烧方式优点多，但在实践中爆震波如同一匹未被驯服的千里马，不容易控制。为此，科学家们采用了多种方式来“驯服”爆震波，并在此基础上开始探索、试研脉冲爆震发动机、斜爆震发动机和连续旋转爆震发动机。

脉冲爆震发动机由进气道、爆震室、尾喷管、点火器等组成，每个工作循环包括进气、喷油、点火、爆震及排气。根据脉冲爆震发动机工作循环的特点，可以将其基本工作循环过程粗略地分为以下几个阶段：推进剂填充爆震室；点火起爆；爆震波向敞口端传播，并排出爆震室，爆震室中充满高温高压燃气排出形成推力；充入隔离气体吹除剩余燃气，接着重新补充推进剂，开始新循环。总的来讲，脉冲爆震是在一根管子中起爆混合气体来产生爆震波，并将产物——高温高压气体排出管子形成推力的过程。其缺点是每次都需要对混合气体进行起爆，循环频率较低，工作不能够连续。

斜爆震发动机，其名称中的“斜”来自该发动机燃烧室内部有特殊的斜坡结构，该结构能在高超声速气流中产生斜激波。斜激波对来流混合气体的压缩作用，使后者温度迅速达到自燃温度，从而实现高速燃料与空气混合物的爆震燃烧。这种爆震发动机需要来流达到6-16马赫时才能工作，因此无法实现零速度启动，而脉冲爆震发动机和连续旋转爆震发动机启动的速域更宽，甚至可以零速度启动。

连续旋转爆震发动机的燃烧室是由两个同轴空心圆柱体套在一起，两者之间的缝隙形成一个环形通道，燃料和助燃剂在环形通道中进行起爆形成爆震波，爆震波则沿着环状缝隙前行。此时，爆震波的传播方向并不是沿着发动机的轴向，而是在环形燃烧室的周向也存在一定分速度，这就使得爆震波旋转起来。当然，为保证高温高压气体从开口处排出时尽量与推力方向一致，很多设计会在下游安装导向器或者喷管来对末端的排气速度和方向加以“统一”。

在连续旋转爆震发动机中，爆震波一旦形成就能不断点燃前面的新鲜混合气，实现爆震波在环形通道中不停旋转传播，实现连续进气和排气。与脉冲爆震发动机相比，连续旋转爆震发动机只需要起爆一次，就可以使爆震不断进行下去，形成稳定推力，且振动和噪声较低。

自20世纪50年代苏联拉夫连季耶夫流体力学研究所发现连续旋转爆震现象时起，美国、俄罗斯、日本等国对旋转爆震发动机的研究一直在继续。

尽管相关试验与验证工作有一定进步，但爆震发动机离实用化还有一段路要走。当前，只是实现了对爆震波的稳定组织与控制，要想让爆震发动机真正“登机”，成为高超声速飞行器的新“心脏”，还要解决发动机燃烧室构型、喷注结构及排气结构优化等一系列设计问题。此外，发动机的热防护、与飞行条件匹配控制等诸多应用问题也亟待解决。

“火山”是否弹如其名

■孟浩瀚 许青霞

据外媒报道，前不久，德国海军一艘护卫舰在挪威北海岸进行了一次测试射击。测试对象是炮射的127毫米“火山”远程精确制导弹药。

对军舰来说，使用127毫米口径舰炮的不多。“火山”弹药研发时就兼顾到127毫米口径火炮，从这一点来说，“火山”弹药的确有其一定长处。更值得关注的是，长期以来，“火山”弹药的测试绝大多数是在陆地上进行。这次的“由陆向海”且获得德国联邦国防军的上船“使用许可”，再次显示出“火山”弹药较好的作战适用性。

在兵器界，用“火山”命名的武器装备不少。这种命名，大多有借势的意味在内，意大利莱昂纳多与迪尔防务公司合作研制的这款新型弹药以“火山”命名也不外乎如此。与自然界中火山熔岩喷射后形成大大小小火山弹纷落的状态有一些相似，该系列弹药设计时有76毫米、127毫米、155毫米3种口径之分，炮弹效能也有所区别，并研制了弹道增程无制导“版本”，在部分弹种上适当放宽了对精度的要求。

但作为用来打击防空导弹系统、雷达、坦克、自行火炮和弹药库等多种目标的炮弹，“火山”在更多弹种上，对精度有着较高“追求”。

“火山”制导炮弹有3种引导头可选用，红外主动寻的、半主动激光制导和GPS引导，加上鸭舵、尾翼的配合，使部分制导版本的“火山”炮弹与美制的“神剑”炮弹命中精度相当。在前面提到的德国海军测试中，127毫米口径的“火山”炮弹在近80千米的最大射程内可达到3到5米的圆概率误差。

“火山”制导炮弹精度方面的这种表现，和独特的弹道有一定关系。以155毫米口径的制导炮弹为例，其采用了次口径尾翼稳定脱壳技术。与全口径炮弹相比，它的出膛速度更快，可以达到更高的弹道高点。然后，再借助高超声速滑翔迅速飞抵目标上空，近乎垂直地俯冲而下攻击目标。这种打击模式加上配备了具有多种引爆设置的无线电引信，使“火山”炮弹可对静止目标、移动点目标进行高精度打击，兼顾杀伤软目标。

可用PzH2000型自行榴弹炮发射，可用FH70型牵引榴弹炮发射，可用“凯撒”卡车炮发射，可用舰炮发射……这种对发射平台的“不挑剔”，则使得“火山”制导炮弹更易于形成类似自然界火山弹落下时的打击场景。

也许是因战场需求的不断拉升，也可能是因“火山”炮弹的制导版相对亮眼，该炮弹系列中的弹道增程无制导版本长期以来无人问津，一时成了“死火山”。制导版也是叫好不叫座，只有少量订单。若想实现其“为欧洲海军与陆军提供大口径常规和制导弹药”的初衷，还有较长的路要走。

上图为意大利莱昂纳多与迪尔防务公司合作研制的“火山”炮弹。

兵器连连看

马格南子弹：子弹中的“大块头”

■杨润鑫 杨龙霄

英国精密国际公司生产的AWM狙击步枪，凭借射程远、精度高、噪声小、穿透性强的特点，在狙击步枪“大家族”里占有一席之地。而这款枪之所以能把性能发挥到极致，与其使用马格南子弹密切相关。

“马格南”是Magnum的音译，该词源于拉丁语，其含义是“大、宏大、伟大”。后来，该词被用于枪弹，特指那些在原型弹基础上发展而来的口径相同但弹壳被“拉长”、装药量更大的子弹。虽然美国有一家叫“马格南研究公司”的武器研制企业，也生产过马格南子弹和用该种子弹射击的手枪，但“马格南”子弹绝非专指马格南研究公司研制生产的一系列子弹。“马格南”用于代称那些弹壳被“拉长”、装药量更大的子弹时间要更早一些，而且它已成为对具有上述特点的子弹的总称。简而言之，它是子弹中的“大块头”，比如AWM狙击步枪使用的.300温彻斯特-马格南步枪弹和.338拉普-马格南步枪弹就具有这一特点。

“马格南”与子弹称谓的“合体”，可以追溯到110年前。当时的英国枪械制造商Holland&Holland公司为了进行商业竞争，推出了一款.375Holland&Holland马格南子弹，主要用于在非洲狩猎大型动物。结果，凭借强大的杀伤力，这款子弹广受猎人好评，马格南子弹的时代就此到来。之后，经过不断优化与开发，.300温彻斯特-马格南、.308温彻斯特-马格南、.338拉普-马格南等一系列弹道稳定、射击距离远的步枪弹诞生，并被广泛使用。

20世纪30年代，美国史密斯威森军械公司在.38special子弹的基础上增大药室、增加装药量，从而研发出.357马格南转轮手枪弹，该型号子弹威力较大、精度较高，适合打靶、狩猎和个人防卫。之后，匹配不同口径手枪的各种马格南子弹被制造出来，很快风靡枪械市场，其中包括.44雷明顿马格南转轮手枪弹、.327Federal马格南子弹、.500S&W马格南子弹等。

装填更多的发射药，使马格南子弹有了更大枪口初速和动能，加上合适的弹头重量与流畅的外形设计，马格南子弹弹道更加稳定，穿透性更强。英国L115A3狙击步枪的使用者在阿富汗创下2000米外射杀目标的纪录时，用的就是.338拉普-马格南步枪弹。近日，美国特种作战司令部也宣布，将采用.300诺玛-马格南步枪弹作为未来先进狙击步枪的弹药。

但正如俗话所说：“事有一利，必有一弊。”马格南子弹也是如此。惊人的威力背后，是该弹射击时所产生的明显后坐力。这导致每次射击时，枪身会发生比较大的位移，因此需要立刻调整枪体重新瞄准，不易实施连续射击。

如今，马格南子弹的称谓在专业弹药术语中被进一步泛化。不仅有些步枪弹、手枪弹被称作马格南子弹，一些其他装药多、威力大的枪弹也被称作马格南子弹。目前，有马格南之称的子弹，已达数十种之多。

图为使用.357马格南子弹的大威力K6S转轮手枪。

新装备展台