

## 兵器广角

今年2月,伊朗陆军航空兵在新成果展上展出了国产空对地反坦克导弹的升级版。这种被称为Shafaq增强版的导弹,能轻松挂载在“超级眼镜蛇”攻击直升机上,还因采用无线传输图像匹配制导等制导方式,能够打击20千米以内的目标。Shafaq增强版导弹并不是伊朗唯一采用图像匹配制导方式的导弹。此前,该国武装力量还曾展示或使用过射程达4千米的“钻石-1”反坦克导弹,以及射程达8千米的“Sadid-365”反坦克导弹,这两种反坦克导弹也选用了图像匹配制导方式。

伊朗为何在研发图像匹配制导导弹方面不断推陈出新?原因可从近年来一些热点地区爆发的军事冲突中窥见一斑。这些军事冲突中,图像匹配制导导弹多次被投入使用,取得不小战果。这些导弹中,既有反坦克导弹,也有巡航导弹、战术弹道导弹,以及防空反导和反舰导弹。那么,图像匹配制导导弹为何会受到如此倚重?这类导弹有着怎样的发展历程?今后会朝哪个方向发展?请看相关解读。

## 图像匹配制导导弹——

## 战场上的“拼图杀手”

曹娟 张森 靳成刚

## “按图索骥”能力是立身之本

我国有句成语叫“按图索骥”,意思是按照画图去寻找好马。图像匹配制导导弹发挥作用的过程与此有些类似,不过这类导弹要参照的“图”可不止一幅;找到目标时,也不是要获得它,而是要摧毁它。

这类导弹所使用的图像匹配制导技术类似于“拼图”,是基于地表特征与地理位置之间的对应关系,通过比对遥感图像特征来控制导弹飞向目标的技术。图像匹配制导方式通常作为中段或末端制导方式与惯性制导方式组合使用,以提高导弹命中精度。

20世纪50年代末,图像匹配制导技术开始应用于导弹。依据具体制导方式及性能水平的不同,图像匹配制导导弹的发展大致可分为三个阶段。

地形匹配制导阶段。地形匹配制导技术是这类导弹最早使用的图像匹配制导技术,采用该技术的导弹通常用雷达或激光高度表作为遥感装置,把沿飞行轨迹测取的一条地形等高线剖面图(实时图),与预先存储在弹载系统里的若干个地形匹配区的基准图进行比对,获取实际位置与预期位置之间的偏差,据此对飞行弹道进行修正和校准。地形匹配制导是以地形轮廓线为匹配对象的,因此属于一维匹配制导。

采用这种技术的导弹,其圆概率误差在百米量级。1958年美国装备的“马斯”地巡导弹就应用了该技术。20世纪70至80年代研制的中远程核巡航导弹中,该技术得到广泛应用,如苏联“弹弓”(SSC-X-4)、“大力士”(SS-N-21)、“撑杆”(AS-15A)以及美国BGM-109A、BGM-109G“战斧”等导弹。采用的都是“惯性+地形匹配”制导技术。

景象匹配制导阶段。地形匹配制导方式具有基准源数据稳定、全天候工作能力等优点,但适用范围有限,只能在地形起伏较大的丘陵、山地使用,且精度不高。20世纪80至90年代,景象匹配制导技术进入二维景象匹配制导阶段。该技术以区域地貌特征为对象,采用光学、红外或雷达成像装置拍摄弹道下方或目标附近的区域地图(实时图),与存储在弹载系统中的基准图进行比对,进而修正导弹飞行路线。景象匹配制导属于二维(面)匹配制导,制导精度优于一维(线)匹配制导。

采用这种技术的导弹,圆概率误差在10米量级,通常作为末制导手段使用,可用于精准打击一些点状军事目标。20世纪90年代至21世纪初各国装备的一些巡航导弹和战术弹道导弹,如美国“战斧”BGM-109C/D、英国“风暴阴影”、俄罗斯“口径”X-101/102、“伊斯坎德尔-M”等导弹,都采用了景象匹配制导技术。

多模复合制导阶段。进入21世纪后,随着伪装隐身和电磁、红外干扰等技术的发展,导弹攻防对抗环境变得更加复杂。采用单一模式的图像匹配制导导弹在复杂战场环境中,渐渐难以可



图①:“伊斯坎德尔-M”导弹。  
图②:“钻石-1”反坦克导弹。  
图③:“战斧”巡航导弹。  
图④:“305”空地导弹。  
图⑤:“风暴阴影”巡航导弹。

资料图片

靠地完成作战任务。于是,图像匹配制导导弹开始采用多模复合制导技术。多模复合制导是指将两种或两种以上制导传感器按照一定方式集成,共同完成寻找、识别目标的制导任务。该制导方式通过获取多种模态的目标信息来相互补充、相互印证,进而提高导引头适应环境及反隐身、抗干扰的能力。

当前,多模复合制导技术在反导、反舰和反坦克导弹中得到一定应用,且以双模复合制导为主,较为典型的是以色列“箭”式反导拦截弹、美国“爱国者-3”防空导弹、俄罗斯“钻石”高超声速反舰导弹等。

以“箭-3”反导拦截弹为例,该型导弹采用“惯导+中段指令修正+末端可见光/长波红外成像”制导体制,可见光探测器除了用于星光校准以确定拦截弹的空间方位外,还能在白天能见度较高时捕获和跟踪目标;如果能能见度低,就用长波红外探测器捕捉目标。如此,通过双模导引头协同工作,就可提升对目标的捕获概率。

## 因打击效能高而备受青睐

俗话说,“硬币有正反两面”,武器

弹药的发展也有类似特征。如今,图像匹配制导导弹呈现出高精度、高隐蔽性打击目标等优点,同时也存在战前准备相对复杂等弊端。

一是“边瞧边飞、看着打”,命中精度高。世界各国研制的图像匹配制导导弹不少采用“全程惯性、中段卫星或地形匹配制导修正、末端单模或双模景象匹配”的制导方式,圆概率误差在10米之内。例如,在俄乌冲突中,俄军采用“惯性+卫星+红外导引头成像”制导方式的“伊斯坎德尔-M”导弹数次摧毁乌克兰武器库等军事目标,更是在无人机协助下,完成了对“海马斯”火箭炮等时间敏感目标的猎杀,体现出高精度。

二是“人在回路中”,操控选项增多。随着数字通信技术的发展,世界各国开始采用双向数据链来实施“人在回路中”控制,通过地面控制系统融合多平台数据对飞行中的导弹进行在线操控,以增强环境适应性和打击灵活性。如美国的BGM-109E“战术战斧”导弹,是在BGM-109C景象匹配制导系统基础上增加了双向卫星数据传输链路和红外导引头等,使导弹具备了空中待机、飞行中重新瞄准、战场侦察等新一代“战斧”不具备的能力。

这一过程中,双向数据链提供了通道,以便将导引头拍摄到的目标区域实时图像传送到地面控制系统,进而据此

修正弹道完成对目标的打击。数据链也有助于使用者为处在空中待机状态的导弹装订目标信息,指令导弹攻击时间敏感目标,或者改变飞行中导弹的打击目标。

俄罗斯“305”空地导弹、伊朗“钻石-1”反坦克导弹等,都可根据打击目标和战场环境的变化,灵活采取“发射后不管”或“人在回路中”控制两种工作模式。

三是需要体系支撑,战前准备复杂。除了飞行隐蔽、打击精确等优点外,这类导弹的使用也存在短板——目标情报保障要求高、任务规划过程复杂。

根据要打击目标的特点,科学快速地规划地形和景象匹配区域,选择高精度基准图像,是确保图像匹配制导导弹精准打击的基础。为此,各军事强国都很重视目标区域高精度数字地图制作和景象适配性研究。比如,获取重要区域的红外、光学、雷达数字图像,按照要求和准则选取特征明显、信息量大、可匹配性高的区域制备多组基准图像等,来满足不同季节、天气情况下的使用需求,并根据实际地貌变化适时调整更新。

可见,要想高效使用图像匹配制导导弹,需要强大的态势感知能力和高度信息化的指挥通信网络作为支撑。但是瑕不掩瑜,从某种意义上来说,复杂

是精细的代名词,随着战争形态加速向信息化、智能化演变,武器装备远程精确化打击的趋势愈加明显。因此,图像匹配制导导弹在未来战场上的地位和作用将会进一步凸显。

## 固强补弱的“进化”正在路上

正如进行一场长跑要在身体、技巧、鞋子等方面做好准备,图像匹配制导导弹朝着未来“奔跑”的过程中,也需要做好多种准备,尤其需要在已有基础上扬长避短、固强补弱。具体来说,主要包括以下几个方面。

在探测目标方面力求更多维度和更高分辨率。当前,各军事强国大力发展的激光成像制导大多属于多维图像匹配制导。激光雷达可以获取目标的尺寸、形状、速度、振动及旋转速度等多种信息,描绘出目标的三维和四维图像。如此,就能够捕捉到目标细节上的变化,“看穿”伪装,对真正的目标实施打击。今后,面对更加复杂多变的战场环境,这类导弹很可能采用更多维度、更高分辨率的导引头,来确保快速发现目标并实施有效打击。

对目标进行智能化识别。早期的图像匹配制导导弹,发现目标的过程更像是拿着一张照片按照面部特征来找人,如果人与图的面部特征能对上,才会确定为目标并实施打击。但事物在不断变化,一些基准图中存在的标志物可能因战斗进程的推进而变化——比如被摧毁,这种情况下就需要智能化识别技术来辅助。从当前发展情况来看,图像匹配制导导弹越先进,对智能化识别能力的要求就越高。今后,这类导弹很可能朝着基于人工智能的“自主学习”方面发展,即通过先期学习完成“知识积累”,在“综合学习”的基础上实现“自主判断”,从而缩短使用前期的数据准备和任务规划时间,在去伪存真中发现和打击目标。

分布式组网协同制导或将成为新形式。多模复合制导方式虽然能取得一定成效,但这种“集多种功能于一身”的方法也使导引头制造成本明显增加。而且,用这种价格不菲的导弹,来应对基于网络协同的经济型弹群攻击很不划算。因此,为降低成本同时又在复杂作战环境中应对来袭的多种目标,采用分布式组网协同制导技术可能成为今后图像匹配制导导弹的发展方向。该技术可能给导弹带来以下变化:一是单个导弹的导引头功能相对单一;二是各个导弹的导引头各有不同和侧重;三是导弹之间可组网协同探测,从而实现成群目标的制导方式,并实现分工打击。在这方面,美国GBI反导拦截弹配备的拦截弹头给人们以启示。该弹采用分布式组网协同红外导引头的制导方式,不同拦截弹头携带不同红外波段的导引头,来自多个拦截弹头的探测数据通过传感器网络进行综合,然后进行协同制导,实现对目标的多站无源定位,进而达成反导作战目的。

供图:阳 明、法将程

## 兵器知识

平时人们聊到舰船时,往往会用到“吨”这个量词。比如,“30万吨大型油轮”“10万吨级航母”“万吨大驱”“千吨级远洋渔船”,等等。

细加区分,就会发现,对舰船来说,这些“吨”的内涵并不完全相同,有的表示重量吨位,有的则指容积吨位。

“30万吨矿砂船”“30万吨油轮”等船舶的“吨”通常指容积吨位,也就是货物载重量,是丈量核定船体容积后,根据每2.83立方米约等于1吨的标准计算得出的。

“10万吨级航母”“万吨大驱”等军舰的“吨”通常指重量吨位,也就是船舶在水中排开水的重量——排水量。

船舶有自重重量和载重重量之分,因此排水量既可以表示船舶重量,也可以表明船舶的载运能力。按舰船所搭载物品的不同状况,排水量可区分为空载排水量、标准排水量、正常排水量、满载排水量和最大排水量。

军舰的空载排水量是指只有舰体、武器装备、动力装置、控制设备和固定压载等重量时的排水量,反映的是军舰建造之后能达到的最轻载状态。

标准排水量是指空载排水量加上人员、食品、淡水、弹药等重量,但不包括燃料和锅炉水时的排水量。

## 浅说舰艇排水量

张忠友 王皓凡

在此基础上,加上一半的燃油、滑油和备用锅炉水等重量则为正常排水量,通常是舰艇设计时的指标,也是人们习惯上所指的舰艇排水量。如果加上全部燃油、滑油和备用锅炉水等重量则为满载排水量,一般反映的是舰艇出航时的装载状况,如土耳其海军的阿纳多卢号两栖攻击舰排水量为2.7万多吨,指的就是满载排水量。

标准排水量和满载排水量之间的差值备受关注,差值越大代表能装载的水和油越多,就能支撑舰艇航行得更远。

舰船的排水量设计还受其他因素影响,如相关国家和企业的船舶设计建造水平、船坞和港口设施限制等,因此舰船的排水量通常是对造价、性能、任务需求进行综合考量后的结果。

最大排水量,顾名思义,即为舰艇满载状态下,加上超额的燃油、滑油、锅炉水、弹药以及超编的人员、粮食、淡水等重量的排水量。

被称为“水中蛟龙”的潜艇由于常会上浮和下潜,因此,它的排水量被分为水上排水量和水下排水量等。潜艇上浮时的水上排水量定义与水面舰艇基本相同。潜艇下潜时,必须向压载舱注水,所以,它的水下排水量为水上正常排水量加上全部主压载舱中水的重量。

在海军舰艇家族中,舰和艇都有排水量方面的区分。通常,把排水量在500吨以上的叫作“舰”,500吨以下的叫作“艇”。不过,潜艇是个特例,无论吨位大小,都叫作“艇”。



满载排水量2.7万多吨的阿纳多卢号两栖攻击舰。资料图片

## 装备动态

俄乌冲突中,双方都使用了穿越机,给对方人员造成一定杀伤。

穿越机(FPV)大多是基于小型竞速无人机发展而来,通常是四旋翼无人机,具有高速、高机动性、体积小、结构简单、造价低廉等特点。不过,经过改造后,穿越机的操作者能通过特制的VR眼镜,实时感知环境,灵活对其操控,选择较好角度对所发现目标进行攻击。

从其战场表现来看,这种可挂载多种弹药如RPG弹头或炸药块的自杀式无人机,已经成为坦克、装甲车和单兵的

## 穿越机:战场前沿新利器

宋科 杨莽郡

劲敌。从一些军事冲突战场流出的视频来看,在飞手操控下,穿越机取得不少战果,选择打击目标的“七寸”,比如坦克车体的顶装甲。

和其他无人机如察打一体无人机相比,穿越机因为无需很多辅助设施而有着造价低廉的特点。将小型竞速无

人机改装为穿越机的工艺也不复杂,这使它可以大量制造并投入战场。

有分析认为,随着AI技术的发展,其应用于穿越机控制只是时间问题。也有分析认为,从前战场上一些穿越机的表现来看,其可能已被赋予末段自主攻击功能。因为,在指令链路受到干

扰甚至中断的情况下,它们仍然完成了打击目标的任务。

为应对来自穿越机的威胁,不少国家都在探索,尤其是处于现实军事冲突中的各方。相关措施包括为战车安装金属网、加装车载电子干扰系统、使用便携式反无人机枪甚至霰弹

枪等。这些措施有的已收到成效。这是因为穿越机也有缺点和短板,比如飞行时间短、对飞手依赖程度高、使用者易被电子侦测系统测出方位而暴露、弹药载荷杀伤力小、图传画面不稳定且清晰度不高等。其中最明显的缺陷是抗电子干扰能力弱,车载电子干扰系统理论上就可对其进行有效反制。

正所谓“道高一尺,魔高一丈”,穿越机也在“进化”。比如俄罗斯的一种穿越机采用了光纤制导方式,这种有线指令制导理论上可对电子干扰系统“免疫”。

从世界范围来看,穿越机还会继续“进化”,如增加打击距离和续航时间、形成更强大的态势感知能力、确保通信更加快捷稳定等。