

★

装备动态

据外媒报道,去年10月,意大利芬坎蒂尼集团与卡塔尔一家公司签署协议,将共同开发一款名为Omega360的短程反无人机雷达系统。据称,该系统能运用高分辨率多普勒雷达和先进人工智能算法,对来袭的无人机进行精准探测。

近年来,反无人机雷达步入快速发展阶段。一些国家和企业纷纷

着手研制针对性更强的反无人机雷达,特别是将微型无人机作为侦测重点。意大利、卡塔尔这两家公司联手合研短程反无人机雷达系统,正是这种趋势的体现。

那么,反无人机雷达为何会快速发展?当前的发展状况、地位作用如何?今后会朝哪个方向演进?请看本期解读。

反无人机雷达瞄准小微目标

■刘传武 赵阳泱 姚 克

加速发展成必然

当前一些热点地区发生的武装冲突中,无人机展示出越来越大的威力。同时,无人机也在这一过程中更加清晰地分为两个“流派”:大中型无人机和微型无人机。

如果说,以前大中型无人机主要遂行情报侦察类任务的话,如今的大中型无人机已变得更加多能,除了侦察监视外,它们中的大多数能够执行通信中继、指示目标、电子干扰、实施打击等任务,以及充当一些微型无人机的载机。大中型无人机的能力越强,从对手角度来看,其所形成的威胁也就越大,更需要小心应对。

除了大中型无人机之外,微型无人机尤其是FPV无人机的广泛运用,正在颠覆过去的作战理念,形成新的作战优势。当下一些热点地区的战场上,微型无人机不仅能用来进行情报侦察、引导火力,有的还能直接用于攻击,目标既包括有生力量、工事据点,也包括战车、坦克甚至是一些防空系统等。

这些微型无人机大多在低空飞行,飞行路径、速度、姿态、留空时间都与以前的大中型无人机不同,传统的防空雷达很难探测到。其所取得的战果以及所显示出来的潜力,让各国开始对微型无人机尤其是FPV无人机予以关注,在研究如何充分发挥其作用的同时,也开始思考如何对其进行有效反制。

去年9月,美国国防部宣布将反小型无人机作为“复制者2.0”计划的重点领域。此举的主要目的,就是充分利用各种传感器和拦截武器,降低小型无人机的威胁。

发现是打击的前提,发现不了“目标”则谈不上打击,更谈不上反制与摧毁。在这种背景下,作为反无人机链条的重要一环,加速发展反无人机雷达就成为一种必然。

反制微型无人机是重点也是难点

反制无人机,难在及时发现。反无人机雷达的出现,为发现来袭无人机提供了手段和途径。

对大中型无人机,由于其形体大,雷达反射截面大,飞行路径相对简单,现有的雷达系统一般能够探测。

但是,面对一些微型无人机,传统的雷达系统则“无能为力”。即使一些传统雷达具备探测微型无人机的条件,这种探测也经常是“勉为其难”。

一方面是小微型无人机的打击效能不断提升,一方面是让其“现身”的方法手段较为有限。于是,如何有效“发现”微型无人机包括FPV无人机,就成了新型反无人机雷达研制的重点。

比如,美国海军陆战队的防空综合系统MADIS之所以存在两种MK1、MK2不同型号,就是因为MK2针对反无人机进行了优化。凭借增加的RADA RPS-42雷达,MADIS MK2可以较为精确地发现无人机甚至是一些微型无人机,引导6管的M134转轮机枪实施打击。MK1则更适合用来探测和引



图①:“牛蒡”Burdock便携式反无人机雷达;图②:DAiR雷达;图③:Retinar远程无人机探测雷达;图④:XENTA-C雷达。

导打击固定翼飞机、直升机等目标。

微型无人机体积小、雷达反射面积小,且通常飞行距离短、飞行路线多变,留给探测装置的反应时间短。为了发现它们,一些国家在提高雷达分辨率上下功夫,通过选用频率较高、波瓣宽度较小的波段作为反无人机雷达的工作波段,使用带宽较宽的雷达力求对其精准发现。

比如,土耳其Meteksan防务公司研发的Retinar远程无人机探测雷达,工作频率为Ku波段,受地面杂波干扰较小,精度较高,更适合探测低慢小无人机。

微型无人机尤其是旋翼无人机的飞行速度相对较慢,且多在低空飞行。一些国家在新研和改进雷达时通过调整雷达灵敏度,突出了对此类速度较慢目标的探测。同时,对于来自地物的杂波和空中飞鸟等形成的干扰,则通过运用先进数据处理算法,将微型无人机从其他目标形成的回波和地杂波里区分出来,以此确保发现微型无人机。

通过以上各种方式方法,一些国家先后研制出具有反制微型无人机功能的雷达。

如波兰先进防护系统公司APS研制的FIELDctrl ADVANCE型X波段超精密3D MIMO有源相控阵雷达,可以识别3千米处的雷达反射截面积为0.01平方米的微型无人机。

多维推进力求“耳聪目明”

从当前各国研发与列装情况来看,

反无人机雷达的发展具有多维度推进的特征。

一是所用频谱覆盖多个波段。由于要面对的无人机体形大小、飞行高度、飞行姿态及速度各不相同,反无人机雷达在波段选择上也各有侧重。这是因为,各个波段拥有不同特性,体现在雷达探测能力上,也各有其长处和短板。

如X波段低空传播能力好,波束宽度较窄,但在大气中传播损耗较大。体现在雷达功能上,就是其跟踪精度和分辨率高,但探测距离较短。S波段雷达在制导精度和分辨率方面不如X波段,但具有探测距离远的优点。

和X波段雷达相比,Ku波段雷达的定位精度高,有较好的俯视角,能覆盖较近区域,减少盲区,且天线重量较轻,尺寸也较小。美国制造的反无人机雷达不少工作在Ku波段,如美国海军的SPG-60雷达就是如此。

俄罗斯的“牛蒡”Burdock便携式反无人机雷达是X波段相控阵雷达,可发射9.2~9.5GHz频段的窄波束雷达波,能同时探测飞行速度为150千米/小时的上百个目标,每1.25秒更新一次信息。

二是可感知更细微的电磁波变化。这一点,从多普勒雷达功能提升方面可窥见一斑。多普勒雷达能通过比对回波频率与发射波频率之间的差异(即多普勒频率),测量出目标相对于雷达的径向相对运动速度,进而推算出无人机的距离、高度、速度等。

如果说以前的多普勒雷达更关注目标移动特征的话,那么如今的多普勒雷达可使用的参照物更多。

微型无人机相对不稳定的飞行姿态,会导致雷达回波幅度、相位和多普勒频率等发生变化;微型无人机的体积及所用材料不同,雷达散射截面和散射特点等也会有所不同;微型无人机螺旋桨等部件的转动也会对雷达发射的电磁波产生影响,使回波信号在频率和相位上发生变化,呈现出不同于其他飞行物的特征。

如丹麦一家公司研制的XENTA-C雷达,就能够通过检测无人机旋翼产生的微多普勒频率来区分悬停的无人机和地面杂波。

三是仍在被不断赋能。当前的反无人机雷达除了要求能快速精准地捕捉、跟踪目标外,还要能适应复杂的作战环境,如面对无人机机群的攻击、电子战装备的干扰等。因此,反无人机雷达还在被不断赋能,以求变得更加“耳聪目明”,包括能全天候全天时使用甚至实现无人值守、能实现敌我识别、能自动实时检测故障等。

如Elbit公司2022年推出的DAiR雷达,可以在12至15千米范围内探测数百个目标,包括小型无人机和人类。它还能实现与C'I系统的无缝信息共享。

与其他手段组合发挥作用

反无人机雷达是反无人机链条中的重要一环,主要通过无人机机体反射电磁波的特点来“发现”无人机。但需要说明的是,反无人机雷达只是探测无人机多种手段中的其中一种。如果无人机采用先进的隐身设计,那么通过这种手段和途径来探测跟踪无人机的难度将倍增。

因此,对反无人机雷达来说,只有通过与其他手段“组团”“抱团”,才能充

分发挥作用。

从技术上看,可与反无人机雷达“组团”的传感器有很多,例如光电、红外、声学和其他射频传感器等。事实证明,通过“抱团”,这些传感器可以彼此取长补短,及时精准地发现无人机目标。如波兰一家公司推出的SKYctrl无线电技术综合体,包括1个雷达、1个光学电子系统、1个声学传感器和1个电子战装置。

白俄罗斯一家企业对外展出的Station T移动电子干扰站,可使用不同设备来侦测无人机,包括用于侦测无人机与其控制站之间定向通信的无线电信号探测装置,集日间摄像机、热像仪和激光测距仪于一体的数字光电系统,以及由1组8个固定相控阵半导体天线组成的雷达系统。这种组合,可使它对无人机的探测范围达到22~50千米。

尤其是近年来自战场的强力推动,使无人机技术创新日新月异,也使无人机雷达的发展面临考验。

——精确化。随着无人机技术的不断发展,有的无人机尺寸越来越小、机动性和杀伤力越来越强。这就要求反无人机雷达具备更高的距离分辨率、角度分辨率和速度分辨率,以便精准确定无人机,对其进行高效处置。美国一家公司研制的AN/MPQ-64“哨兵”A4雷达就体现了这一点,和“哨兵”A3雷达相比,其探测范围增加了175%,灵敏度提高了225%。

——集成化。为应对不同类型的目标、适应日益复杂的电磁环境,一些反无人机雷达系统会同时集成多种雷达技术,能够在多个波段工作,从而根据战场变化在不同波段、不同模式之间灵活切换,以求更好地发现目标。如Elta Systems公司研发的ELI-2139“绿莲花”系统兼具S波段和X波段雷达、昼夜光电瞄准器等,能自动检测、跟踪、分类和识别各种空中目标包括低雷达反射截面目标,还能够探测和分类地面的车辆和缓慢移动的人。

——智能化。今后,随着无人机蜂群技术的成熟、运用,以及无人机反探测技术的提升,反无人机雷达向智能化借力将不可避免。如此,才能对来袭的无人机进行全域性侦察、探测与态势判断,实现复杂战场环境下的态势全局感知,从而为快速处置来袭无人机提供信息支持。当前,一些国家的企业已开始研发由人工智能/机器学习引擎增强的反无人机雷达,以实现“分层反无人机策略”。

——网络化。对于今后大概率会出现的大中小型无人机协同配合作战样式,单部反无人机雷达作用有限。只有通过网络联通多部、多型号的反无人机雷达,实现信息共享和协同,才能有效扩大探测范围、提高探测精度和效能。比如,俄罗斯科研人员正在开展一项研究,他们试图将多个“牛蒡”Burdock便携式反无人机雷达组合成一个网络,由一个操作员控制进行联合操作,以提升探测的范围与效能。

供图:阳 明

★

兵器控

品味有故事的兵器

■本期观察:陈柏鹏 张辉来 夏昊

现代战场上,无人机发挥着越来越重要的作用。为应对低慢小类无人机,不少国家在运用常规防空火力和电磁杀伤手段进行反制的同时,开始走开“以无人机制无人机”的路子,“截击型无人机”由此而生。本期“兵器控”介绍3型各有特色的截击无人机。

Vogan-9SP截击无人机



在俄乌冲突中,无人机得到广泛应用,给双方造成不小损失。在此背景下,俄罗斯“红线”公司研发了新型拦截无人机Vogan-9SP。

Vogan-9SP无人机配有重约400克的战斗部,安装了导引装置和计算单元,可以看成是一种以旋翼提供推进力的小型导弹。当雷达探测到目标无人机时,该目标的坐标会被传给Vogan-9SP无人机。根据操作员的指令,Vogan-9SP无人机会以45度仰角发射升空,以200千米/小时的速度飞向目标。Vogan-9SP无人机可以计算出拦截点,并在拦截末段接近目标时引爆战斗部。

为适应不同的战斗场景,该无人机保留了“人在回路”模式,导引装置中的摄像头能将实时画面传输回地面,并由操作员决定是否引爆无人机的战斗部,避免误击、误伤。

SKYctrl截击无人机



使用爆炸战斗部摧毁来袭无人机有一定优势,但也存在易引起附带杀伤的问题。为避免发生误击、误伤,波兰一家反无人机技术公司另辟蹊径,推出了一款依靠动能摧毁来犯目标的截击无人机。

这款撞击型无人机是该公司SKYctrl反无人机系统的重要组成部分,它有着纺锤形的坚固机身,能够高速飞行。凭借这一优势,它可以将来袭的无人机撞毁。为确保截击无人机能够与目标无人机相撞,SKYctrl系统包含一套先进的雷达和指控软件,能为无人机确定精准的飞行路径。因此,这款无人机虽然没有“面杀伤”能力,但能够实现精准“点穴”,为发电厂、炼油厂、通信枢纽等特殊目标提供防护。

此外,SKYctrl截击无人机具备一定的机器学习能力,能完成一些自主性工作。比如在多架同时升空拦截敌无人机时,能相互通信并分配目标,减轻操作员在应对无人机群时的操作压力。

CobraJet截击无人机



与小型截击无人机多为旋翼机不同,由美国“天空防御”公司推出的CobraJet截击无人机使用固定翼布局,搭载电动喷气式发动机,并能反使用。

CobraJet截击无人机可以看作小号的F-35B战斗机。它采用隐身设计,机身长2.5米,翼展2.1米,能够实现垂直起降。CobraJet截击无人机的机身大量使用碳纤维材料减重,最大飞行速度可达320千米/小时,最大升限超过6千米。该无人机搭载16枚25毫米口径的“蝰蛇”空对空火箭弹,在光电传感器和视觉识别人工智能的帮助下,可对目标进行自主检测和识别,从而实现“一对多”拦截。

CobraJet截击无人机目前最大的短板在于续航能力较弱,即使采用较高能量密度的电池,飞行时间也仅为30分钟,这意味着其使用场景比较有限。



TOLUN制导炸弹。

解码小直径制导炸弹

■苏 健

1月中旬,土耳其航空航天工业公司发布消息称,由该公司研制的安卡-3飞翼无人机首次从内部弹舱投放了一枚TOLUN制导炸弹。此举标志着该型制导炸弹又获得一种新的搭载平台。

TOLUN制导炸弹,是由土耳其相关科研机构与阿塞尔桑公司联手研制的一种小直径滑翔制导炸弹。它的体量、外形、功用与美国空军使用的GBU-39/B小直径炸弹(以下简称GBU-39/B)非常相似。

GBU-39/B长约1.8米,直径约0.19米,重约110千克。借此体量,GBU-39/B在一些方面力压传统制导炸弹,如造价较低、射程较远,可大量装备用于打击众多低价值目标,战机单架次飞行任务可携带数量更多的炸弹,从而提高作战效率等。TOLUN制导炸弹长1.8米,直径0.17米,重139千克,显然也想借此体量获得上述“实惠”。

外形方面,两者也颇为相似,都采用可折叠菱形弹翼设计。这种设计能产生较大升力,使炸弹滑翔得更远。借助这种设计,GBU-39/B航程可达111千米,而TOLUN制导炸弹的航程为102千米。两者的尾部,都有4个翼片控制面。这些控制面与全球定位导航和惯性制导装置的配合,可将炸弹导向要打击的目标。

功用方面,两者的共同点不少。如GBU-39/B具有硬化的鼻锥,能穿透经过强化的掩体,打击地下设施。TOLUN制导炸弹同样拥有结构特殊的弹头,能在射程55千米情况下击穿厚1米的钢筋混凝土。GBU-39/B“进化”到GBU-53/B时,在前者制导方式基础上,增加了多模导引头(包括红外、毫米波雷达和激光制导)和双向数据链,实现“人在回路中”控制。TOLUN制导炸弹的研发简则是在研制TOLUN-HR制导炸弹时,赋予了后者被动红外成像导引头和双向数据链,使其拥有了“全球定位导航+惯性制导+被动红外成像末制导”复合制导体制,获得了对陆地、海面

移动目标的打击能力,并使炸弹在投放后也可直接收到更新的目标坐标。

搭载平台方面,GBU-39/B可由美国空军多种战机搭载,也可改装由无人机搭载。TOLUN制导炸弹也体现出这一趋势。它不仅可由土耳其空军的F-16战机及“游骑兵”无人机携带,还在近期完成了安卡-3飞翼无人机从内部弹舱的投放。

尽管相像之处不少,但两者也有很大不同。GBU-39/B目前已在多国空军服役,经历了实战检验,其圆概率误差据称可达1米,且在此基础上发展了“陆射版”,应用范围更广。TOLUN制导炸弹则不同,近期才开始列装土耳其空军,其参数目前只是纸面上的指标,具体作战效能如何,还需进一步观察。

★

新装备展台