

兵器广角

近年来,各国新研和改进机载电子战系统的消息频频出现在媒体上。

2024年初,德联邦国防军装备办公室发布消息称,正在通过“机载电磁频谱效果”项目加强机载电子战能力建设。

2024年9月,美军一架F-16战斗机进行了集成“综合蝰蛇”电子战套件后的飞行试验。据称,该套件采用超宽带架构

来对抗先进的射频威胁。

2024年11月,欧洲防御辅助子系统联盟公布了“台风”战斗机下一代电子战系统的相关研发信息,显示出这种着眼于未来战场的电子战系统的新进展。

各国为何如此青睐机载电子战系统?战场上它能发挥哪些作用?未来发展趋势如何?请看本文解读。

战机的电子战系统颇受关注发展迅速——

机载“无影杀手”战力升级

■曹亚铂 李学峰 赵林

因保护战机安全而生,渐成“决定性战力”

武侠小说中,不少人都梦想着练就伤人于无形的武功,甚至能一招制敌。

在兵器界,真有这么一类装备,具有伤对手于无形的本领。其中比较有代表性的,就是机载电子战系统。

简单来说,机载电子战系统就是安装在战机上,能够识别、定位和对抗敌方电磁威胁的电子设备。其研发目的,在于最大程度地降低对手使用电磁频谱的效能,最大限度地提升己方和友方部队使用电磁频谱的能力,从而获得情报优势和战术优势。

最早的战机是没有电子战系统的,美国U-2侦察机初期型号被苏联SA-2导弹击落就有这方面的原因。如今,电子战系统已成为现代战机的标配。从无到有、由弱到强,伴随着空战“矛”“盾”角力、相关技术进步,机载电子战系统先后经历了几个不同的发展阶段。

20世纪四五十年代,是机载电子战系统发展的萌芽阶段。当时,随着雷达和制导技术的发展,地对空导弹、空对空导弹和雷达控制的高炮扬威战场,曾因“高高在上”而相对安全的作战飞机所受威胁日增。

这种背景下,为了保证己方战机安全,机载电子战系统开始出现,如美军应对德军密集的防空雷达网研发的AN/APT-1/2雷达干扰机、英军研发的金属箔条等。这一阶段,此类装备的功能相对单一,如雷达干扰机基本上是通过发射宽频噪声干扰敌方防空雷达,不仅体积较大,而且需手动设定干扰频段。

冷战期间是机载电子战系统快速发展时期。美苏两大阵营的对抗,以及相关技术的运用,使机载电子战装备从基础干扰装备向综合电子战系统发展。

20世纪六七十年代,随着半导体技术的发展,晶体管取代真空管,电子战装备走向小型化。一些电子战系统实现吊舱化,有的国家开始使用电子战飞机,如美国的EB-66。这一时期,自动识别威胁的雷达得到运用,机载干扰方式也开始由以噪声压制和箔条干扰为主,向多频段干扰方式转变。

20世纪八九十年代,数字信号处理技术、有源相控阵雷达、隐身战机的应用,给机载电子战系统的发展带来机遇与挑战。有源相控阵雷达的成熟,为电子战系统实现自适应干扰和进行实时频谱分析奠定了基础。这一过程中,美国和苏联的机载电子战系统形成不同发展路径。美国的机载电子战系统多选用模块化、开放式架构设计,采用“自适应噪声+欺骗干扰”的方式,比较依赖体系的支撑;苏联的机载电子战系统往往内置在战机中,如苏-27战机的L-203/205电子战系统等,注重高度集成和实施大功率压制式干扰。

经过这一时期的发展,机载电子战系统逐渐从先前的“辅助手段”发展为“决定性战力”,开始直接影响空战结果和制空权的争夺,并对此后电子战系统



“鹰狮”E战机(右图)及其Arexis电子战系统中的翼尖吊舱(上图)。



F-16战斗机(左图)及其“综合蝰蛇”电子战套件(下图)。



的发展模式产生深远影响。

冷战结束后,各国对机载电子战系统的研发呈现出高度集成化、模块化发展态势。一些国家开始将各种电子支援、电子攻击和电子防护手段整合为一体化系统,使其兼具侦察、干扰、控制、评估功能。数字化射频存储技术和算法方面的进步,使机载电子战系统由硬件驱动转向软件驱动,作战域从空中扩展至全频谱、多域协同。人工智能与机器学习技术的发展,使机载电子战系统对复杂电磁环境的适应性、敏捷性进一步提升。

布设电子迷雾、引导导弹攻击、瘫痪对方体系……当前,机载电子战系统种类多样、攻防兼备,俨然已从初期的“奇招”转变为战机的“标配”,被誉为“空中的‘无影杀手’”。

战场需求和科技牵引,让“迷踪拳”越打越强

对于机载电子战系统,不少人的第一印象是“神秘”。这种“神秘”,一方面来自它发挥作用的过程悄无声息;另一方面则来自它不容小觑的威力。交起手来,有一种“蒙住对手眼睛施加攻击”的意味。

从某种程度上来说,机载电子战系统的功用,相当于练就“迷踪拳”,让对手越打越懵、真假难辨,自己则越打越明白。

追根溯源,这种“迷踪”效果来自机载电子战系统各种设备的综合运用,包括高性能计算机、数字射频存储器、雷达告警接收机、激光告警接收机、导弹逼近告警设备、拖曳雷达诱饵等。

例如,在“台风”战机的“禁卫军”

DASS防御辅助子系统中,雷达告警接收机借助无源天线可以探测多种类型的雷达、无线电或数据链路系统的射频源,将相关信号特征与存储器中的雷达信号进行比对生成威胁图像,为战机飞行、进行干扰和实施攻击提供依据;激光告警接收机可以探测到指向飞机的激光,并精准定位激光源的方向;翼尖吊舱内部的电子对抗系统根据相关数据,有针对性地合成所需频率,对敌方雷达等侦测手段进行干扰;导弹逼近告警器能利用主动毫米波脉冲多普勒雷达,探测来袭的雷达制导/红外制导导弹,据此自动投放箔条或照明弹。此外,其拖曳雷达诱饵可在需要时从吊舱中放出,以此化解来袭导弹的威胁。这些设备相互配合、共同施力,进而电子信息支援、电子防御、电子攻击方面发挥出“1+1>2”的效用。

从当前机载电子战系统的发展来看,来自战场的需求和科技的牵引,正使这种“迷踪拳”打得越来越快、越来越强,并呈现出一些鲜明特点。

探测能力日益增强。电子战系统存在的理由之一,就是形成电子迷雾,让对手的侦测手段“失灵”。但是,随着科技的发展,雷达等侦测手段的能力也在水涨船高,尤其是数据信息传输的数字化、计算机不断提升的数据处理能力以及基于氮化镓材料的最新天线技术,让侦测手段对电磁频谱的使用更加灵活高效。现代发射机所能产生的脉冲形状可谓千变万化,可用频率也在大幅增加。雷达等侦测手段的升级,给机载电子战系统带来的挑战很大,以往电子战系统根据几个主要参数对辐射源进行辨别分类的做法显然已经过时。

针对这种新情况,一些国家及企业开始为电子战系统赋予新能力,以应对新威胁。如萨博公司应用于“鹰狮”E战机的

Arexis电子战系统,就使用了大瞬时带宽、干涉测量、三角测量和人工智能等新技术,以便对一些脉冲敏捷辐射源进行高效探测,并提供近乎实时的电磁频谱情况。

自动化程度进一步提升。机载电子战系统的定位,决定了其在单次战斗中发挥作用的时间跨度不会太久。随着制空对抗日趋激烈,以及双方都可能高密度地使用电磁频谱,如何在目标感知、信息传输与电磁干扰等方面领先一步相当重要。基于此,一些国家先后展开对现役电子战系统的升级或对新型电子战系统的研制。经过有针对性地强化,几乎所有电子战系统都具备一个鲜明特征,就是“高度自动化”。以DASS防御辅助子系统为例,该系统采用模块化设计,由电子对抗措施、电子支援措施、导弹逼近告警系统和拖曳雷达诱饵等组成。所有组件由机载计算机控制,运行流程基本是全自动的。美军一些战机配备的AN/ALQ-214综合防御电子对抗系统,也体现着这一特点。凭借主动对抗措施,该综合防御电子对抗系统能在很大程度上保护战机不被对手探测到。

大多采用开放式架构。侦测手段在不断变化,机载电子战系统也必须以变应变。因此,当前很多国家的机载电子战系统采用开放式架构,以便今后能及时对软硬件进行升级。F-15E战机的“鹰”式被动/主动告警生存系统(EPAWSS)就是如此。除了应对侦测手段、防空威胁的升级,EPAWSS的研发人员还打算用其整合协同作战的有人机和无人机,进一步拓展其用途。

同时,另一些变化也在发生,如机载电子战系统的研发工艺同样在改进。对这种可能让战斗胜负天平瞬间

发生倾斜的装备,一些国家开始采用数字化工具来加快研发进程,并采用在既定范围内共享资源的方法来降低制造成本。

面对新威胁持续演进,日益智能化精确化

电子战领域的变化之快,可用日新月异一词来形容。机载电子战系统也是如此。面对对抗日益复杂、激烈的战场环境,机载电子战系统正在积极适应,并呈现出一些新变化。

认知电子战能力成为发展方向。目前,不少现役机载电子战系统识别威胁是基于对一些电磁信号特征的比对,但这种比对有一个前提,那就是数据库中必须先要有这类威胁的“画像”,这样才能得出明确的结论。采用这种机理的电子战系统自然无法识别以前从未出现过的威胁。为了补齐这类短板,就必须发展认知电子战能力。简单来说,就是借助人工智能和机器学习赋予电子战系统自我辨识威胁的能力,实时提取威胁来源信号,快速进行分组分析,判明信号的威胁等级及其弱点,及时有效地予以反制。目前,已有一些国家的部分战机配备了综合电子战系统,能在没有人工干预的情况下完成电子侦察、干扰和防御任务。

广域覆盖能力继续增强。当前一些国家研制机载电子战系统时,纷纷将扩展频率范围作为重要内容。一些国家的电子战飞机在配备中频电子战吊舱后,又着手研制低频吊舱作为补充。之所以有此举动,就是想让电子战系统在更大的频谱空间发挥作用,实现对敌方电子设备的广域覆盖。欧洲防御辅助子系统联盟公布的“台风”战斗机下一代电子战系统相关研发信息中,其中一项就是称其具备对先进的复杂威胁进行特征描述、数字储频的能力,能最大程度地应对不断变化的威胁辐射源。

应用趋于高效协同。随着机载电子战系统日益数字化,网络化应用成为其发挥作用的重要形式。当前一些国家已在进一步整合机载电子战系统的各个功能模块,在减少设备体积和重量的同时,使机载电子战系统成为一个轻便且可高效协同的整体。一些国家研制的机载电子战系统已经可以与其他电子战系统和作战平台进行协同,形成电子战网络,实现信息共享和协同作战。今后,机载电子战系统或将与陆、海、天基电子战系统,也体现着这一特点。凭借主动对抗措施,该综合防御电子对抗系统能在很大程度上保护战机不被对手探测到。

应用趋于高效协同。随着机载电子战系统日益数字化,网络化应用成为其发挥作用的重要形式。当前一些国家已在进一步整合机载电子战系统的各个功能模块,在减少设备体积和重量的同时,使机载电子战系统成为一个轻便且可高效协同的整体。一些国家研制的机载电子战系统已经可以与其他电子战系统和作战平台进行协同,形成电子战网络,实现信息共享和协同作战。今后,机载电子战系统或将与陆、海、天基电子战系统,也体现着这一特点。凭借主动对抗措施,该综合防御电子对抗系统能在很大程度上保护战机不被对手探测到。

无人机成为新载体。无人机的兴起与大量运用,为机载电子战系统赋予了新内涵。用无人机搭载电子战系统执行电子战任务,具有使用灵活、效率比高等优势,既可进行电子情报侦察,也可充当电子诱饵,还可抵近实施干扰,具备广阔的应用前景。当前一些国家已就无人机搭载电子对抗吊舱进行地面和飞行测试。这意味着,机载电子战系统的发展正在进入新阶段。

供图:阳 明

可向右折叠、自由伸缩,有多个固定档位可供选择,以便于射手操作。

精确射手步枪常与一些特种弹药配套使用。以美国M110A1精确射手步枪为例,该枪可发射M80A1增强性能弹药以及XM1158穿甲弹,以提升对中型装甲车辆目标的威胁。

与狙击步枪相比,精确射手步枪的作战应用场域较为广阔,能够适应城市巷战、野战攻防、反恐作战等多种作战样式,其“快瞄快射”优势还能在反无人机作战中发挥作用。

作为兼顾精度、射程与机动性要求的单兵装备,精确射手步枪在多国重视与推动下,目前正朝着智能化、网络化、数字化方向发展。

兵器知识



图为CZ Bren 2 PPS精确射手步枪
资料图片

精确射手步枪——

步兵班“神枪手”的战场利器

■刘建元 苏定康

时,为步兵班提供中远距离的精准火力支援,压制制敌火力点。

顾名思义,精确射手步枪对精度的要求必不可少。因此,它配有瞄准镜,比如英国L129A1精确射手步枪,其标配瞄准镜是先进战斗光学瞄准具(ACOG),物镜直径达到48毫米。该瞄准镜上方有皮卡汀尼导轨,可根据需要安装微型红点瞄准镜,用来射击突然出现在近处的目标。

有的精确射手步枪,比如捷克的CZ Bren 2 PPS,采用模块化设计,以获得更换不同长度枪管的能力,满足这类步枪对射击精度与反应速度的双重要求。

由于通常会采用模块化、轻量化设计,精确射手步枪外观上有别于狙击步枪。比如俄罗斯的SVCh-308精确射手步枪,枪身采用镂空设计,并使用新型工程塑料,因此枪重较轻。为便于射手操作,该枪机匣两侧均有保险,枪托



兵器控

品味有故事的兵器

■本期观察:武伟明 杨宝鑫 魏震宇

与固定翼飞机相比,直升机有不少特有优点,如可垂直起降、空中悬停、转向灵活等。无人直升机也“传承”了以上优点。不过,由于各国无人直升机在功能定位、制造水平方面存在不同,这些无人直升机通常带有一些“个性”。本期“兵器控”,为大家介绍3种有“个性”的无人直升机。

军民兼用

HT-100无人直升机



去年,阿联酋国防部与EDGE集团签署了一份购买200架无人直升机的合同,购买清单中有HT-100无人直升机。

HT-100无人直升机的定位本来是民用。它的“块头”不大,旋翼相对较长,壳体等部位大量采用轻质碳纤维等复合材料制造,还选用了燃油驱动方式。这种设计,使它能够以小巧的躯体扛起较重的载荷。为确保飞行安全可靠,它可选用不同型号的燃油,并采用电驱动来提供备份。失去动力时,它能借助降落伞自主降落。

除了以上优点,它还具备其他能力,如使用者可通过加密数据链路,在200千米距离内对其进行操控。模块化设计以及可扩展的软件升级能力,使它可搭载相应的模块遂行情报侦察监视、火力引导等任务。

因此,HT-100无人直升机也被一些国家购买并列装军队。

力大善飞

“白蚁”无人直升机



据外媒报道,俄罗斯已开始大规模生产“白蚁”无人直升机。

在之前的“露面”中,“白蚁”无人直升机载了3枚80毫米口径的S-81制导火箭弹。据称,除此之外,它还可以搭载其他反坦克武器。

这种能扛“重火力”的本领,源于“白蚁”无人直升机的力大善飞。根据公开资料,该型无人直升机最大起飞重量达450千克,在燃料发动机驱动下,它可以达到150千米/小时的速度,上升到3.5千米的高度。

这种较强的负载能力,使它能够搭载多功能侦察系统,实施情报侦察监视任务。同时,凭借力大善飞,它也可用于运载货物,在战时遂行紧急运输任务。俄罗斯的科研人员还打算让它搭载巡飞弹或者充当通信中继等,从而发挥更大作用。

神秘行者

Dumrul无人直升机



在今年3月美国达拉斯举行的垂直起降航空器展览会上,土耳其Tritra公司展出了Dumrul无人直升机。

该型无人直升机没有采用燃料发动机来提供动力,而是选用了全电动力系统。这种选择,使该型无人直升机的噪声大大降低,成为“神秘行者”,具备隐蔽接敌能力。

虽然是全电动力,但其凭借较轻的机体重量,仍可搭载一些功能载荷。

据公开资料,Dumrul无人直升机可以搭载光电侦察吊舱,遂行情报侦察监视任务,也能搭载小型武器系统对一些目标进行打击。

不过,囿于该型无人直升机的托举力,这两种载荷当前无法同时集于一身,两者的替换约需5分钟。

■本报驻土耳其记者 郑 勇