

## 兵器广角

作为海上“猎鲨”的主要武器弹药,反舰导弹如今已经成为世界多国普遍关注和不断列装、升级的热点兵器。

以俄罗斯为例,自2020年以来,继舰射型“锆石”高超声速导弹试验成功后,该国又进行了潜射型“锆石”的试射。其空射型“幼虫”-MD高超声速反舰导弹,也在紧锣密鼓地研制。

空舰、岸舰、舰舰和潜舰导弹一并研发,这几乎是各军事强国研发

反舰导弹的“通用模式”。近程、中程和远程反舰导弹“长短搭配”,则使反舰导弹的型号、样式变得更加多元。

那么,作为对海作战的“重拳”之一,反舰导弹走过了怎样的发展历程?其“乱花迷眼”般的发展背后,有着哪些共有特征?随着未来战争形态的逐渐显现,反舰导弹的“多元”特征今后会向哪些方面拓展?请看相关解读。

## 反舰导弹:迈入“多元”新阶段

■史飞 王敏 白子玄

## 快速迭代,“武功”精进

与其他反舰武器如鱼雷、水雷等相比,反舰导弹自问世以来,很快便凭借着射程远、精度高、突防能力强、效费比高等优势,引起各国关注。

在各国加大投入、倾力研发下,反舰导弹围绕增大射程、提高精度、强化突防能力等方面,不断升级演进,大致经历了五代沿革。

二战后,美、苏等国推出了第一代反舰导弹,如苏联的“扫帚”“冥河”和瑞典的“罗伯特-315”反舰导弹等。该代反舰导弹的动力系统多采用涡轮发动机或脉冲喷气发动机,以无线电指令或驾束式制导为主,一般体积较大、设备笨重,飞行速度较慢,且发射后需要对其跟踪控制。但是,作为当时的新型海战武器,它的威力不久就为人们所知。在第三次中东战争期间,埃及海军以3枚“冥河”反舰导弹,击沉以色列海军的埃拉特号驱逐舰,各国很快意识到反舰导弹的潜力。

20世纪70年代初,法国“飞鱼”、以色列“迦伯列”、挪威“企鹅”以及苏联“海妖”等反舰导弹陆续服役,标志着第二代反舰导弹的兴起。该代反舰导弹多采用固体火箭发动机推进,体积上比第一代有所“缩水”。加上制导方式的改进,该代反舰导弹可以掠海飞行,拥有“发射后不管”的能力。第四次中东战争中,以色列海军用70余枚“迦伯列”击沉了对手近10艘舰艇;1982年的马岛之战中,“飞鱼”反舰导弹先后给英国两艘驱逐舰带去灭顶之灾。第二代反舰导弹也有短板,主要表现为射程不够远、速度不够快。

此后,美国的“捕鲸叉”“战斧”、苏联的“沙箱”、英国的“海上大鸥”等相继问世,反舰导弹以此标志步入第三代。该代导弹改用高效率、小型化涡喷或涡扇发动机推进,射程激增,初步具备防区外发射能力。其制导系统进一步优化,导弹命中精度提升。此外,一弹多用和模块化等设计的运用,使反舰导弹可搭载平台增多,出现了系列化趋势。第三代反舰导弹仍以亚声速巡航飞行,随着导弹拦截技术迅速提升,该代导弹突防能力相对不足。

20世纪80年代前后,为提高反舰导弹的突防能力,各国着手研制第四代反舰导弹。苏联大力发展基于整体式火箭冲压发动机的超声速技术,所研发的“白蛉”超声速反舰导弹能以2~3马赫飞行,末端还可变轨机动,但也正是因此,“白蛉”无法大幅增加射程。美国等西方国家则遵循不同的技术路线,致力于发展隐身技术。美国研发的亚声速巡航导弹AGM-129综合使用了多种隐身技术,也因之拥有较强的突防能力。

海湾战争后,反舰导弹迎来新一轮快速发展时期,渐步入第五代。该代反舰导弹旨在通过注入高新技术,提高性能、优化系统、降低成本。比如,俄罗斯“俱乐部”反舰导弹采用了三级弹体的设计方案,初步实现了亚声速巡航、超声速突防。挪威的“海军打击导弹”NSM,则在隐身设计、制导体制、突防策略、命中精度、任务规划等方面全面发力,走上系列化发展的道路。



图①:“冥河”反舰导弹;图②:“飞鱼”反舰导弹;图③:“捕鲸叉”反舰导弹;图④:“白蛉”超声速反舰导弹。

由于需求不同和出于成本等方面的考虑,各国列装的反舰导弹在型号甚至代际上存在一定差异,因此呈现出“数代共存”的多元化格局。

## 当前发展,特点鲜明

反舰导弹的发展,同样伴随着“矛”与“盾”相生相克的过程,带有明显的时代化特征。当前,尽管反舰导弹发展路径不一、各国工业水平不等,但各国所认同的先进反舰导弹标准没有太大差异。这些先进反舰导弹,均是动力推进、制导方式、隐身性能、智能水平等多个方面的进步共同作用的结果。

借助先进动力技术增速、增程。对反舰导弹来说,速度依然是决定其能否攻击成功的重要因素,这也是高超声速反舰导弹兴起的原因。凭借速度优势,高超声速反舰导弹能获得极大的动能,实施防区外远程打击,并使各国现有的绝大多数拦截系统对其“失效”。俄罗斯反舰导弹家族中的“锆石”“匕首”在这方面较为典型。“锆石”高超声速反舰导弹,采用的是“超燃冲压发动机+固体火箭助推器”的动力组合。这种借助先进动力技术增速、增程的模式,也是其他各军事强国发展高超声速反舰导弹的优先选择。

通过改进制导方式对抗干扰。当前,反舰导弹的制导系统能否有效对抗电子干扰,已成为其能否高效实施打击的先决条件。围绕对抗干扰,近年来世

界各国所研发的反舰导弹制导系统日益呈现出多元、自主等技术特征。多模块的末制导系统,如主/被动雷达末制导系统、雷达/红外探测系统等,可在GPS信号中断的情况下完成制导。以色列“长钉”导弹采用的光纤制导方式,能实现目标的智能识别与跟踪;挪威JSM导弹在自导段采用高精度惯导、卫星辅助导航、地形匹配等复合制导手段,在自导段则采用“智能红外成像引导头+自动目标识别技术”制导,可对目标最薄弱或最关键部位实施攻击。

综合运用隐身技术隐蔽突防。当前,一些国家的反舰导弹已经采用隐身技术来控制特征信号,使导弹难以被探测、跟踪、识别和拦截,从而大幅提升突防效果。这其中,既包括外形隐身、红外隐身,也包括用特殊吸波材料来实现雷达隐身等。如AGM-129巡航导弹就使用了激光雷达和红外控制系统,并特意用复合材料制造翼面和方向舵;NSM反舰导弹除采用外形隐身设计外,还通过加装红外信号特征微弱的涡喷发动机、红外成像引导头来降低被发现概率。

依托系统智能技术强“脑”赋能。当前,反舰导弹不再是“一介武夫”,弹载计算机、大容量存储器、可成像引导头及高速处理器的出现,让其拥有越来越聪明的“大脑”,在弹道规划、制导控制、目标识别、协同攻击、毁伤评估、人机交互等各方面表现出色。在弹道规划上,末端机动变轨突防已成为现实,如“捕鲸叉”的跃升机动、“白蛉”的蛇形机动等。在目标识别上,一些国家的反舰巡航导



资料图片

弹能通过加装毫米波有源相控阵雷达引导头自动寻的,可以在高干扰环境中识别敌、我中立舰船,完成高价值目标攻击。与此同时,更多的智能手段正使反舰导弹拥有诸多更新、更强的能力。

## 今后趋势,凸显“多元”

如果说早期反舰导弹的“多元”更多地体现在型号与代际多样化上,那么当前,反舰导弹的“多元”将更多地向功能方面拓展。其功能方面的拓展,既与海上对抗态势更加复杂多变有关,也与分布式作战、敏捷式作战、蜂群式作战等新型对海作战理念的出现有关。

远近兼顾,远射程与超近程并行不悖。随着舰艇编队区域防御能力的提升,反舰导弹提高射程以实现防区外超视距远程精确打击,是未来主要的发展趋势之一。但在现代海战中,“小艇扛大炮”的导弹快艇、鱼雷快艇、巡逻艇等作用也不容小觑。这些舰艇雷达反射截面小、机动性和隐蔽性强,不可能都用中远程反舰导弹来应对。因此,超近程、小型化反舰导弹的研发同样值得关注。此外,随着技术发展,使同一款反舰导弹远近兼顾、适应多种作战需要,也有可能成为现实。

亚超结合,重速度与重隐身并驾齐驱。高超声速飞行对提高反舰导弹突防能力大有裨益,但与亚声速反舰导弹相比,当前的高超声速反舰导弹也存在短板。比如,它无法长时间、大范围巡

航待机,抗干扰能力较差,灵活性稍显不足,尤其是弹道较高,红外信号明显,隐身效果欠佳。今后,为兼顾速度与隐身的需求,高超声速反舰导弹将会更多地寻求亚超结合的解决方案,采用涡喷/涡扇巡航发动机与冲压加速发动机组合的工作模式,既保证反舰导弹巡航阶段掠海飞行的隐身效果,又能实现在末段高超声速突防。

稳中求进,智能化与适装性相得益彰。智能化是反舰导弹发展的必然趋势,如此,才能在未来日益复杂的战场环境中更好地达成作战目的。但是,和其他武器装备一样,只有在降低研制风险、成本和追求能力最大化之间寻求一种平衡,才能实现反舰导弹的可持续发展,并确保反舰导弹的适装性。当前,各军事强国一方面投入大量资金研发新型反舰导弹,另一方面则对现有装备不断挖潜以降低成本,正是这种思路的体现。

任务多元,海上与陆上目标“一网”打尽。分布式作战概念自形成以来受到各方高度重视。该概念强调发射平台和武器装备要有足够数量且分散独立,同时能协同控制。对这种概念的消化吸收和实践运用,将不可避免地使反舰导弹具有多元传输制导数据的能力,在反舰导弹的多元化任务中再增加一项。同时,既能有效遂行对海作战任务,还具备对沿岸或更远距离陆地目标的打击能力,也是今后反舰导弹的发展趋势。在一些国家,这一类反舰导弹已经投入使用。

供图:阳明  
本版投稿邮箱:jjbqbdq@163.com

## 兵器控

品味有故事的兵器

■本期观察:汤伟 杨健江 梁馨媛

近年来,在地面武器装备发展中,无人战车“异军突起”。在大幅降低人员伤亡风险的同时,它们或者给使用者充当“眼睛”,或者充当“拳头”,或者两种能力兼备。随着人工智能与自动化系统的进一步应用,有的无人战车在此基础上还被赋予“大脑”的部分功能,充当信息节点。各国无人战车的发展呈现出“你追我赶、各有所长”的势头。本期“兵器控”,让我们聚焦3款有一定代表性的无人战车。

## “乌兰-9”无人战车



“乌兰-9”是俄军近年来列装的一款无人战车。它起初的定位是侦察无人战车,但是列装时,凭借车上配置的多种武器,它已成为名副其实的武装侦察无人战车。

和车上配备的可升降光学侦察系统相比,它搭载的武器装备更引人注目。虽然整车全重仅10吨,但它不仅配备有30毫米口径的自动机关炮、7.62毫米口径的同轴机枪,还装备有反坦克导弹系统。如果需要,它还可以加装地对空导弹和喷火系统,实现对多种目标的打击。

遂行任务时,该战车可由使用者通过卡车控制站或小型背包控制站来遥控,也可在一定条件下实现自主行动。如果今后相关技术成熟,它有可能成为俄军进行地面作战的一支重要力量。

## “捷豹”无人战车



多地形通过能力,是以色列“捷豹”无人战车的一大特点。

在设计上,它在保持车体低重心与离地间隙之间找到了平衡点,采用弹性设计的车轮能适应复杂多变的地形。由混合能量系统供电使它能够驮运等同于自身体重的载荷,速度可达30千米/小时。研制公司还将机器人技术融入其中,使该型无人战车具备一定自主通过能力。

该车的另一个特点是采用模块化设计,具备多样化功能。开放式架构使它可搭载不同的载荷,发挥运输车、巡逻车、侦察车或火力支援战车的作用。由于体重较轻,它可以通过小型垂直起降飞机予以部署。人工操控时,一个控制器即可控制多辆该型战车。

## “黑骑士”无人战车



与俄罗斯“乌兰-9”无人战车相比,BAE系统研发的“黑骑士”无人战车的标准车重相对较轻,火力上弱于前者。作为一款面向未来战场的概念车,“黑骑士”无人战车在“智力”上略胜一筹。

从外形上看,“黑骑士”无人战车与西方一些国家的坦克类似,只不过体形小了一圈。配置的武器装备如30毫米口径机关炮和并列机枪也很常见。据说,它还将搭载通用导弹发射系统。即使如此,从火力上看,它也并不出众。

它的优势在于智能化。对一些成熟技术的消化吸收及对一些新技术的运用,使它借助先进的通信与感知系统实时共享更多信息,并通过训练和实战进行“自主学习”。

在敌我识别能力方面,它的定位较高,比如可识别出敌方的单兵目标信息等,以便能伴随步兵作战。但是否真能做到这一点,尚有待战场检验。

## 兵器知识

## EHM系统

## 战机“私人心脏医生”

■赵泽平 王思博

航空发动机作为战机的核心,其性能将直接决定战机的作战能力。战机对航空发动机的可靠性要求极高,任何故障都可能影响飞行安全,甚至带来灾难性后果。

航空发动机结构极其复杂,其零部件长期处于高温、高压的苛刻环境中工作,故障率较高,因此需要有精确高效的设备对航空发动机进行实时“健康”监测,及时预警“心脏病”的发生。由此,航空发动机健康管理(Engine Health Management, EHM)系统应运而生。

最初的航空发动机结构相对简单,需要测量的参数较少,主要通过地面试

车检查发动机参数的变化,再根据经验来制订相应的维修策略。随着科技不断进步,航空发动机的结构越来越复杂,需要测量的参数越来越多,也增大了预防“心脏病”的难度。EHM系统相当于航空发动机的“私人医生”,通过大数据分析发动机运转过程中传感器所收集到的海量数据,从而及时发现和预防“疾病”。

EHM系统是如何工作的呢?第一阶

段是采集数据,数据的来源是多方面的,有实时数据,也有历史数据,比如来自“黑匣子”的飞参数据、来自地面检查的维护数据,等等。这些数据构成一个庞大的数据集,EHM系统通过大数据手段剔除无用数据,提取数据特征,并进行分类整理和优化。第二阶段是实时诊断,EHM系统能够根据相关数据建立发动机的数字“孪生体”,当实体发动机发生变化时,数字“孪生体”也发生相

应变化,如此就可以及时呈现和评估发动机的工作状态,并据此预测附件故障发生的时机和剩余寿命,对发动机健康状态进行综合评价。一旦出现异常,EHM系统往往能及时发现,并对发动机的隐患进行诊断,给出科学合理的维修决策。

EHM系统是一项军民两用技术,从20世纪80年代开始,美军在“多用途先进涡轮航空发动机计划VAATE”中重点