

★ 兵器广角

最近,多国生产或采购电动力鱼雷的消息先后见诸媒体。

去年12月19日,德国军方与当地军工企业签订了一份关于生产DM2A5重型电动力鱼雷的合同,预计后续该型电动力鱼雷将装备212CD型潜艇。

10余天后,意大利相关企业也获得了一份价值超2亿欧元的合同,内容为为印度海军提供“黑鲨”重型电动力鱼雷。

其实,电动力鱼雷早在二战时期就已问世并投入实战

部署,但二战后囿于当时有限的电动推进技术,电动力鱼雷的性能普遍不及热动力鱼雷,发展一度陷入沉寂。直到20世纪80年代末,随着电动推进技术取得新突破,电动力鱼雷才又重新现身武器研发赛道。特别是最近10余年,电动力鱼雷发展明显提速,不少国家甚至将电动力鱼雷当作研发的“首选项”。

那么,电动力鱼雷为何能“卷土重来”?现阶段发展状况如何?未来会朝何处发展?请看本期解读。

电动力鱼雷重新现身武器研发赛道——

“水下暗箭”射向何方

■刘一澳 张承旺

与热动力鱼雷相比,有其独特优势

纵观鱼雷发展史,热动力鱼雷一度占据主导地位。这类鱼雷依靠燃料与氧化剂在燃烧室内剧烈反应产生高温高压燃气,推动活塞或涡轮机做功,再经传动轴驱动螺旋桨,如此就能赋予鱼雷较快的速度与较远的航程。例如,英国“旗鱼”热动力鱼雷最大航速达70节,在50节航速下能航行50多千米,可攻击一些高速目标。但是,热动力鱼雷也有缺点,诸如噪声大、排放废气废料时有痕迹等。

反观靠技术突破“卷土重来”的电动力鱼雷,热动力鱼雷的“短板”恰恰是其“长处”。通过先进电动推进技术的加持,电动力鱼雷在隐蔽性、航深适应性、结构简易性三个维度展现出独特优势。

首先是噪声低,隐蔽性强。电动力鱼雷的推进装置由高能电池组、电动机、推进器等组成。电池组驱动电动机,不仅省去了像热动力鱼雷那样复杂的燃烧室和排气系统,而且这种“冷推进”结构使此类鱼雷在航行时几乎没有机械振动和燃烧噪声,也不存在向外排放废气产生尾流和气泡进而暴露自己的问题。正因如此,电动力鱼雷有“水下暗箭”之称。

其次是受背压影响较小,可实现深域打击。热动力鱼雷依靠燃料燃烧产生动力,而燃烧产物必须排出雷体。在深海高压环境下,来自海水的背压会消耗发动机功率,影响鱼雷航速和射程。而电动力鱼雷采用的是封闭式电力循环系统,其能量转换完全在鱼雷内部完成,输出功率不受外界环境影响。因此,电动力鱼雷无论是在浅海还是在深海,都能较为稳定地发挥作用,包括有效攻击藏匿于深海水域的敌方潜艇。

最后是结构相对简单,性价比较高。热动力鱼雷需要复杂的燃烧系统、燃料舱、氧化剂储存装置以及传动机构,造价较高且维护工作繁琐。相比之下,电动力鱼雷的“电池组+电动机+推进器”系统结构简单,运动部件相对较少,故障率较低。例如俄罗斯的TE-2电动力鱼雷,在定期注水的鱼雷发射管中储存半年后仍可正常使用。

基于电力优势,多维度稳步发展

正是凭借上述优势,电动力鱼雷近年来再度受到各国青睐,开始快速发展,并呈现出以下几个方面的特征。

无级变速成为招牌,极限航速仍有差距。早期的电动力鱼雷航速普遍在20~30节。如今,随着高能海水电池的应用,现代电动力鱼雷的平均航速大多可达50节,基本与主流热动力鱼雷航速



◁TE-2电动力鱼雷。



◁TP47轻型电动力鱼雷。

持平。例如,意大利“黑鲨”重型电动力鱼雷搭载铝-氧化银海水电池组,能够长时间保持50节以上的攻击速度。值得一提的是,如今的电动力鱼雷通过搭载先进电动机,大多具有无级变速的功能。与热动力鱼雷通常只有高、中、低3个固定航速不同,电动力鱼雷能以1节为单位精确调节航速,实现从低速潜行到高速突击的平滑过渡。这种对航速的高精度控制,能使电动力鱼雷始终处于最佳速度。当然,在追求70节甚至更高的极限航速方面,电动力鱼雷与英国“旗鱼”等先进热动力鱼雷相比还有一定差距。

火箭助推模式兴起,作战半径持续拓展。电动力鱼雷受限于电池组总容量,其纯电航程通常低于60千米。为此,世界各国积极发展“火箭助推+电动力推进”复合增程模式,即“火箭助推鱼雷”。该类鱼雷相当于将电动力鱼雷作为战斗部,先由火箭助推器将其快速推送到较远距离的目标海域,鱼雷在水下后再启动电动推进系统进行自主寻的攻击。2024年,印度试射的SMART系统就采用类似方式,将1枚Shyena轻型电动力鱼雷投送至650千米之外。

软件定义升级,迭代周期缩短。现代战争瞬息万变,对武器的快速升级能力提出了相应要求。现代电动力鱼雷也是如此,大多采用数字化、电气化架构,具备“软件定义”能力。其作

战性能不再仅仅依赖硬件的更新换代,也可以通过软件升级实现快速迭代。例如,DM2A5重型电动力鱼雷设计理念之一便是“软件定义”,其开放式架构允许在不更换任何硬件的情况下,通过加载新的战术软件来优化制导算法、更新新纹章、增强抗干扰能力。这种快速迭代能力,使电动力鱼雷能够更有效地应对不断变化的敌方潜艇和对抗手段。

采用模块化设计,任务弹性较强。为适应日益多样的水下作战需求,模块化设计成为先进电动力鱼雷的标配。一些国家通过将电动力鱼雷设计成战斗部、制导系统、能源舱、推进舱等几个独立的标准模块,然后根据不同任务需求,对其进行“积木式”的组合运用。例如,韩国“虎鲨”重型电动力鱼雷可视情更改战斗部弹药当量、制导元件类型、电池组数量,以便更好地执行反潜、反舰、打击港口设施等任务。

轻量化谱系完善,适配多种目标和平台。与热动力鱼雷长期以潜射重型型号为主的发展格局不同,电动力鱼雷凭借其独有优势,已经发展出从轻到重、适应多平台部署的完整产品谱系。比如,法国的F21重型电动力鱼雷口径为533毫米,航速超过50节,航程约50千米,作战深度覆盖10米至500米,现已装备核鱼级攻击型核潜艇,用于攻击敌方高性能潜艇和大型水面舰艇。轻

型电动力鱼雷常选用324毫米或400毫米口径,主要在浅海和近岸水域使用,用来应对中小型水面舰艇。比如,瑞典的TP47轻型电动力鱼雷,可以从哥特兰级潜艇鱼雷管、维斯比级护卫舰发射架、NH90反潜直升机挂架上发射,展现出较强的平台适应性。

今后将扬长避短,继续拓能

不难看出,电动力鱼雷正逐步成为各国水下作战弹药库中的重要角色。未来,面对日益复杂的海战环境和不断升级的对抗需求,电动力鱼雷将围绕技术创新和战场适应性继续拓能。

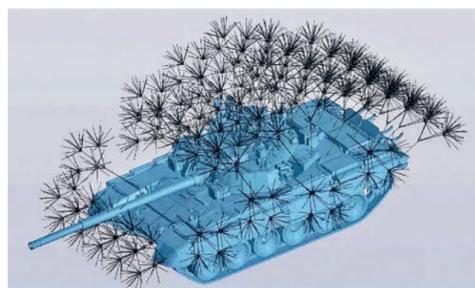
新型电池和能量回收技术将成为研发重点。虽然铝-氧化银等海水电池性能不差,但其能量密度已接近理论极限。未来,能量密度更高、成本更低、安全性更好的新型电池将成为各国研发的重点。能量密度理论值数倍于铝-氧化银电池的锂离子电池、金属聚合物电池乃至小型化的燃料电池,都有望成为下一代电动力鱼雷的动力源。例如,俄罗斯在研发UET-1“鱼龙”电动力鱼雷时,就考虑使用新型金属聚合物电池;正在研发的瑞典TP63电动力鱼雷准备探索结合镍锰钴酸锂电池技术。此外,能量回收技术也可能被引入,如利用航行时的水流动能进行充电,或利用不同海域的温差进行发电,甚至电动力鱼雷还可引入地磁感应充电技术,实现“边走边充”。

人工智能将使电动力鱼雷的能量分配更加合理。今后,电动力鱼雷将深度融合AI技术,根据战场态势、目标特征和自身剩余能量,实现能源分配的最优化。在广域搜索时,它会以最低能耗的“经济模式”航行;在识别到疑似目标后,会智能规划一条兼顾隐蔽与效率的路线;在末端攻击阶段,它能预判目标的规避机动,瞬间调动能量进行全速攻击。这种基于深度学习的人工智能决策能力,将使电动力鱼雷的作战效能明显提升。

应用新型发射技术使其长处更长。传统的压缩空气发射等依然会产生机械噪声和水下气泡。未来,电磁发射技术(类似于微型电磁弹射器)有望用于电动力鱼雷发射。利用这种电磁力,电动力鱼雷可被平滑、静默、高速推离发射管,实现从离管、加速到航行全过程“无声化”,从而大幅降低发射时的声波暴露,使其作为“水下暗箭”的长处更长。

此外,电动力鱼雷还可能与无人平台深度融合。目前,不少国家在研发新型电动力鱼雷时,已开始运用无人水面舰艇和无人潜航器进行试射,以验证鱼雷性能和有人/无人体系化作战理念。这意味着,未来的电动力鱼雷将更加智能和注重协同,并借此在未来海战场继续扮演“水下暗箭”的角色。

本版供图:阳明



“蒲公英”防FPV无人机系统示意图。

近期,俄罗斯为一套名为“蒲公英”的防FPV无人机系统申请了专利。该防FPV无人机系统应用到坦克上时,就像给车体插上了许多大型蒲公英。不过,这些“蒲公英”的材质是玻璃纤维复合材料。

俄乌冲突中,无人机成为装甲车辆名副其实的“天敌”。为降低无人机打击带来的损失,双方都在想方设法寻找破解之道。为防范乌克兰无人机的打击,俄罗斯一度将一些重要路段罩在网中,用一张大网来为行驶在该路段的车辆提供防护。在机动装甲力量防护方面,俄罗斯也想了不少办法。早期,为应对乌克兰无人机的威胁,俄方在一些装甲车辆上焊接了由金属材料组成的格栅,后来又焊接上了状如钢丝网的装置,让装甲车辆状如刺猬。这些装置在一定程度上发挥了作用,但新问题随之而来。一是金属材料本身较重,装上后会增加车重尤其是增加炮塔重量,影响装甲车辆机动和炮塔的转动;二是格栅本身是刚性的,在城市或山林环境中使用,会受到建筑物或树枝等阻挡,影响其通过性。结合战场需求,俄罗斯对此类装置进行了改进,进而形成“蒲公英”防FPV无人机系统。

在该系统中,“蒲公英”的枝干由玻璃纤维复合材料制成,既保证了一定强度,也减轻了重量。单套“蒲公英”的重量仅有金属格栅的1/3~1/4,有助于装甲车辆机动。因为材质是玻璃纤维,带有一定韧性,加上其独特的多层分支和向上开叉布局,“蒲公英”不仅能在相对狭窄的环境中发生变形并通过,而且在一些林区行进时,不易被树枝等物挂、阻挡。

由这些枝干组成的玻璃纤维格栅间距较小,可以阻挡无人机所投掷的手

坦克上长出「蒲公英」

■陈红军 高宇

榴弹、迫击炮弹或巡飞弹的攻击。由于采用模块化设计,“蒲公英”防FPV无人机系统15分钟就可被加装在装甲车辆上。无需电力驱动,不产生电磁信号、能有效降低后勤保障压力、防护效果明显……这种低成本、易部署的解决方案很快受到俄军作战人员认可,有的民用车辆也开始加装该系统。

★ 新装备展台



列奥尼达斯车载高功率微波系统。

前不久,美国一家公司发布的视频引发外界关注。在一次演示中,该公司用所研发的列奥尼达斯车载高功率微波系统成功使一架光纤制导无人机失能。此举意味着,对传统电子探测、欺骗和干扰“免疫”的“光纤机”可能迎来新克星。

“光纤机”是光纤制导无人机的简称。与通过射频控制链路操纵的无人机不同,“光纤机”的一个明显特征,是它身后拖着一根又细又长又轻的光纤。别小看这根光纤,它的功用不小。一方面,“光纤机”上传下送信号包括指令信号在内,都在光纤内部运行,外界难以像应对射频信号操纵的无人机那样,对“光纤机”进行电子探测、欺骗和干扰;另一方面,这些信号在光纤内部以光速传播,能确保飞手实时获取战场信息并保持画面清晰。

因为具有上述优点,“光纤机”近年来开始大行其道。与此同时,各国也纷纷着手研究如何对其进行反制。

既然不能像应对射频信号操纵的无人机那样进行反制,一些国家开始探索用动能杀伤或定向能攻击“光纤机”的方法。美国这家公司研发的列奥尼达斯车载高功率微波系统,就是定向能攻击“光纤机”方面取得的新进展之一。

与激光不同,微波用于反制无人机有一定优势——能利用能量使目标电子设备失能(主要是使电子元件过载烧毁),尤其“擅长”应对群体目标。列奥尼达斯车载高功率微波系统,借助软件定义架构和高功率电磁技术,还具备一种能力,那就是可对电磁能量的波形、频率、功率、方向和作用时间等参数进行实时控制,将能量聚焦于一点,从而攻击群体中的单个目标。

「光纤机」遇到新克星

■苏健 白季平

除了美国这家公司,其他国家的一些公司也在研发高功率微波系统。比如,土耳其近日展示的Dragon电磁反无人机系统也具备应对蜂群威胁的能力。

不过,这些高功率微波系统大多处于测试阶段。如果今后相关技术成熟并投入战场,那么此类武器很可能成为“光纤机”的新克星。



KSOT无人潜艇002号原型机。

据外媒报道,去年10月底,印尼一家国有造船企业用其研制的KSOT无人潜艇002号原型机在水下发射了一颗“食人鱼”轻型鱼雷。此举被一些媒体描述为“使无人潜艇的水下作战图景变得更加清晰”。

KSOT无人潜艇长15米,宽2.2米,

无人潜艇水下发射鱼雷

■杨柏松 于政侠

重约37吨,能够下潜至300多米的深度。它拥有3种配置,分别是情报侦察监视型、单向攻击型和攻击型。单向攻击型类似水下自杀式无人机,攻击型则指它可搭载和发射鱼雷来攻击目标。

“食人鱼”轻型鱼雷也是该公司的产品。相关图像显示,发射过程中,水面存在明显气泡流和泡沫扰动,有媒体分析认为其采用的是干式发射,即通过压缩气体或空气来推离鱼雷。

印尼作为群岛国家,有不少海上战略要道。为了监视和保护这些海上要道,印尼选择了强化潜艇力量,发展无人潜艇就是举措之一。

据相关资料,KSOT无人潜艇由一个基于卡车的自主潜艇指挥中心来控制,这意味着,虽然该无人潜艇融入了人工智能技术,但并不具备完全自主能力。另外,该无人潜艇的002号原型机在发射鱼雷时处于半潜状态,这与无人

潜艇完全潜入水下发射的构想相比还有一段距离。

尽管如此,此举对印尼来说仍具有重要意义。随着今后更多科技被用于KSOT无人潜艇,该潜艇很有可能成为该国有无人潜艇的有力帮手。

★ 装备动态