

军工T型台

韩国研发第二代舰载垂直发射系统

■张俊杰 王 禹

引进国外先进装备助力研发国产垂直发射系统

舰载垂直发射系统是现代海军普遍装备的一种导弹装载与发射平台。它将导弹纵向存储在甲板下面的发射单元中,使用时导弹垂直离舰,在空中自主转向后飞向目标。

冷战时期,苏联提出饱和攻击战术,其核心理念是利用水面、水下及空中平台,在短时间内向目标投射远超对方拦截能力的密集火力。在此背景下,苏联加速推进导弹发射平台的研制工作。1980年,苏联海军在基洛夫级巡洋舰上率先列装搭载SA-N-6舰空导弹的专用垂直发射系统。该系统采用冷发射技术,通过压缩产生的高压气体,将导弹弹射至空中后再点火,这种方式避免了导弹尾焰对舰体的高温灼烧。冷发射技术在搭载SA-N-9舰空导弹的专用垂直发射系统中得到延续使用,进一步丰富了苏联垂直发射导弹体系。

相比之下,美国海军对饱和攻击战术持质疑态度,因此在垂直发射领域起步相对滞后,却走出一条截然不同的技术路线。1987年,首艘搭载MK-41垂直发射系统的“邦克山”号巡洋舰完成实弹试射。MK-41采用热发射技术,导弹无需弹出,在发射筒内点火即可升空。这种设计虽然对排焰系统要求更高,但提高了发射效率。

冷战结束后,舰载垂直发射技术开始扩散,法国凭借“席尔瓦”垂直发射系统实现从专用化到通用化的技术跨越。

与此同时,美国开始调整政策,部分技术和装备开始向亚洲转移。韩国抓住机遇,主动吸收西方技术,并提出“韩国驱逐舰试验计划”。

韩国的舰载垂直发射系统发展与该计划的进程基本一致,共分为3个阶段。

第一阶段,1996年,广开土大王级驱逐舰首舰下水,搭载了16单元MK-48 Mod2垂直发射系统,主要适配“海麻雀”系列防空导弹。尽管该垂直发射系统完全依赖进口,但为韩国积累了宝贵的使用、操作和维护经验。

第二阶段,韩国忠武公李舜臣级驱逐舰开始追求区域防空能力,并逐步引入美制MK-41垂直发射系统并配备标准-2防空导弹。值得一提的是,从该级舰的第二批开始,韩国自研的八联装KVLS-1垂直发射系统列装上舰,标志着韩国在垂直发射领域开始实现自主化发展。

第三阶段,随着世宗大王级驱逐舰入役,韩国海军一举跻身全球万吨级驱逐舰俱乐部。第一批次首舰“世宗大王”号混装80单元美制MK-41和48单元国产KVLS-1垂直发射系统,创造了当时最多搭载128单元垂直发射系统的纪录。而第二批次进一步优化,不断增加对国产垂直发射系统的使用,并有望展现出第二代舰载垂直发射系统KVLS-2的完全作战能力。

军工科普

两次世界大战,火炮立下赫赫战功,赢得“战争之神”的美誉。然而很多人并不知道,火炮寿命一般为20至40年,炮管使用寿命则是以“秒”计算。

炮管使用寿命的“秒”,并非指列装时间,而是指能够承受炮弹发射时高温高压燃气压力、产生摩擦的累计有效射击时间。以德国“豹2”主战坦克120毫米滑膛炮为例,炮管使用寿命约为1000发炮弹量,发射一枚炮弹时,炮弹在炮管中的通过时间约为5毫秒,1000发炮弹量的累积炮管使用寿命为5秒左右。

炮管钢材因其硬度强被称为“钢中之王”。那么,为何炮管使用寿命才短

近日,韩国军方为其国产第二代舰载垂直发射系统KVLS-2举行研制完工仪式。据韩媒报道,这款垂直发射系统具有空间大、载弹多等优点,未来将列装到新一代驱逐舰上。

近年来,韩国持续在主战装备研制上发力,并取得一系列技术成果。通过对西方技术的引进、吸收、创新,韩国实现了对K2“黑豹”主战坦克、KF-21“猎

鹰”战机、“天弓-2”防空系统等装备的列装,标志着韩国军工已具备一定的研制量产能力。此次垂直发射系统研制成功,是韩国军工在武器自主化研制上的又一标志性事件。

那么,舰载垂直发射系统有着怎样的发展历史?韩国新一代垂直发射系统性能如何?从研制成功到列装海军还有多远?请看本期解读。



通用化设计代际性能得到提升

舰载垂直发射系统的技术竞赛,其激烈程度不亚于导弹本身。舰载垂直发射技术的每次升级,都关乎海上作战能力的提升。

2007年,俄罗斯北方设计局将3S-14垂直发射系统整合到“戈尔什科夫海军元帅”号护卫舰上。该系统首次实现冷热共架发射——同一发射井内,既能冷发射“口径”系列巡航导弹,又能热发射9M96系列防空导弹。

不同于俄罗斯“小船扛大炮”的设计思路,法国“席尔瓦”垂直发射系统搭载了“紫苑-15”“紫苑-30”等型号导弹,并逐步实现对多弹种同步适配的通用化设计;意大利则突破体积限制,借助奥托·梅莱拉公司研发的制导炮弹,将垂直发射系统融合到新一代巡逻舰上。

与这些国家相比,韩国垂直发射系统的研制进度并不慢。21世纪初,韩国第一代垂直发射系统KVLS-1开始立项。2017年,韩国完成第二代垂直发射系统KVLS-2的部分设计并于近期研制成功。相比KVLS-1,KVLS-2主要有3个方面的改进。

通用化。KVLS-2采用通用化设计,解决了KVLS-1专用性强、弹药配置不灵活等问题。这意味着单个垂直发射单元不再局限于发射单一型号导弹,而是根据任务需要,灵活配置防空、反导、反舰等多种类型弹药。此举能显著提升舰艇作战效能,舰艇指挥员根据任务需要,可以在有限的垂直发射单元数量内,动态优化火力配置,实现火力运用的最优解。

大型化。KVLS-2在物理尺寸上实现跨越,最大可容纳约2.8吨的重型导弹,

这为搭载高超声速导弹、远程弹道导弹等战略武器奠定基础。为了应对发射重型导弹时产生的高温高压尾焰,KVLS-2采用高耐热材料,对冷却系统进行优化升级,尾焰处理能力较KVLS-1明显提升。

一体化。KVLS-2的研制成功是韩国推动海军作战体系一体化的缩影。未来,韩国驱逐舰将混装多种垂直发射系统,KVLS-2的控制单元将实现不同型号武器的整合互联,有望大幅简化作战操作流程。此外,通过接口整合,KVLS-2与舰上作战系统的集成度更高,不同型号导弹能够共享发射控制单元,可进一步提升作战体系一体化能力。

距离实装部署形成战斗力还有一段路要走

KVLS-2虽然宣称研制完工,但从“可用”到“能战”还有一段路要走,需要解决以下3个难题。

一是突破兼容瓶颈。当前,KVLS-2的系统兼容性还要持续优化。有资料显示,该系统计划适配的4款导弹均为国产,而其中只有一款导弹于今年9月首次公布试射照片,其他3款均处于研制阶段,具体性能如何还有待考证。更为关键的是,KVLS-2与韩国采购的部分国外防空导弹不兼容,正祖大王级驱逐舰要保持多种导弹混搭值班。这不仅挤占了舰体空间,更增加了后勤保障和作战管理的复杂性。

放眼全球,欧洲导弹集团在发展通用防空模块化系列导弹时,特别强调了导弹对发射平台的适配能力。该系列导弹已被集成到英国、意大利、加拿大等多国海军垂直发射系统中。这种“即插即用”的兼容方案,势必会给韩国国产导弹研制带来一定启发。

二是破解设计难题。KVLS-2在追求大尺寸的过程中,也带来一些设计难题。其采用的“四单元共用一个排焰口”设计,存在“一处堵塞,四单元停摆”的故障风险。同时,超过9米的超深发射筒,给实战环境下的快速再装填、高效热管理带来不便。

相比之下,美国为星座级护卫舰研发的新一代垂直发射系统,重点强化快速再装填能力,这反映出各国对舰艇持续作战能力的高度重视。

三是实现冷热共架。目前,KVLS-2仅支持热发射方式,这种点火方式对于发射“玄武-4-2”重型导弹而言,环境要求过于苛刻。导弹在点火瞬间产生的高温高压,对发射筒结构以及内部耗材的耐久性已是巨大考验。

实现冷热共架发射,不仅能通过更适合的弹射方式降低对导弹和发射系统的冲击,更是现代垂直发射系统发展方向。土耳其洛克特桑公司今年展出了一款用于国产TF-2000驱逐舰的垂直发射系统模型。该系统可以兼容防空导弹、反舰导弹和对陆攻击巡航导弹,并为实现冷热共架发射预留空间。

此外,垂直发射系统的价值将更多体现在与多作战平台的深度融合上。按照韩国的预想,未来KVLS-2将突破仅作为一级火力平台的局限,发展成为分布式作战的关键节点,通过与卫星、无人机等单元协同,实现超视距打击,在反潜、护航等多样化任务中发挥更大作战效能。

KVLS-2的研制成功,展现出韩国谋求国防工业自主的决心。然而,一款先进的垂直发射系统从研制成功到形成战斗力,必然要经过实战环境考验。面对其尚未列装的现实,KVLS-2能否担负起韩国海军防空反导任务,仍有待进一步观察。

上图:搭载美制MK-41和国产垂直发射系统的“世宗大王”号驱逐舰。

资料图片

军工世界观

前段时间,美国B-21轰炸机制造商诺格公司在三季度电话财报会上表示,希望在今年底前与美国空军签订新的合同。根据诺格公司公布的数据显示,B-21项目今年第一季度亏损4.77亿美元,公司净利润同比减少近一半。有关人员认为,诺格公司利润下跌的主要原因是B-21项目的研发、制造等相关成本激增。去年,诺格公司曾宣称,B-21项目亏损近12亿美元。截至今年4月,该项目已亏损高达20亿美元。

从目前看,导致B-21轰炸机成本激增的原因有两个方面。

一方面,原料成本上涨。B-21轰炸机制造依赖大量高科技材料,如半导体、稀土材料、特种合金、复合材料和隐身涂层等,其中不少材料短时间内难以实现国产化,只能依赖进口。受多重因素影响,美国航空工业近期材料成本和人工成本涨幅较大,加拿大供应的航空级钢材成本增加约25%,由日本、意大利等国供应商生产的精密传感器、雷达系统和引擎部件等同样上涨,B-21项目供应链断裂风险和成本压力急剧上升。

另一方面,前期需求屡屡变化。B-21项目采用固定价格合同模式,此类合同不允许因成本上涨调整报价,超支部分需由诺格公司自行承担。此合同的初衷是激励诺格公司降本增效,但B-21项目技术复杂,美空军需求屡屡变化,诺格公司不得不调整生产线、增加测试流程,前期战机的工程与测试成本高于预期。比如,美国空军要求B-21轰炸机拓展其任务范围,承担包括情报收集、协同防御、无人机指挥等对空任务,然而固定价格合同并未包含加装新型数据链与电子战套件等战机升级预算,B-21轰炸机研发生产成本随之增长。

目前,美国空军主要现役战略轰炸机由B-52H、B-1B和B-2机型构成。自2021年以来,B-52H、B-1B轰炸机老化严重,面临现代化升级难题;B-2轰炸机机队因发生飞行事故而多次被停飞。为此,美空军于2012年提出B-21项目,寄希望于建立以B-21为核心的轰炸机部队。

为了赶进度,B-21项目完全依赖数字工艺等技术,没有生产原型机,部分系统还在研发就投入生产,诸多“抢时间”的举措使B-21轰炸机从开始研

美国新轰炸机成本激增

肖凡

发到投入生产时间大幅压缩,分别于2022年和2023年底完成地面测试和首次试飞。

正是这种激进的研发策略,导致B-21轰炸机质量问题不断。首飞因技术故障推迟,随后又因软件故障频发,先后有3次试飞被迫中断。去年9月,加州爱德华兹空军基地断电,B-21轰炸机数据链当场瘫痪,多架无人机失联,暴露出数据链可靠性和系统抗电磁干扰能力不足。

美国空军将B-21项目视为国防战略优先事项。今年7月,诺格公司获得45亿美元拨款,用于提升B-21轰炸机的产能。

目前,诺格公司已向美空军交付4架B-21轰炸机,其中2架是飞行测试机,另2架为地面测试机。后续,B-21轰炸机“边试飞边生产”的模式能否加快战机服役进度,诺格公司能否有效控制生产成本,有待进一步观察。

狙击步枪枪管进化之路

■何梓源 刘西刚

军工档案

凭借高精度与远距离射击给敌人以致命一击,狙击步枪在战场上赢得一席之地。在狙击步枪的精密构造中,枪管技术是决定其精度与射程的关键。

自狙击步枪诞生之日起,枪管技术经历了很长一段时间发展。材料创新、工艺精进、膛线设计优化……勾勒出枪管技术的百年进化之路。

早期,狙击步枪枪管材质一般,连续射击后易磨损,精度不高。每次打完几十发子弹,狙击手都要用特制工具清理枪管。18世纪末,铁质枪管得以应用,耐用性有所提升。然而,受限于锻造工艺,枪管内壁粗糙,膛线加工精度低,射击连续性仍难以保证。

19世纪中期,英国枪械设计师约瑟夫·惠特沃思设计的远程狙击步枪带来技术突破。这款步枪采用独特的六边形膛线,让子弹旋转更稳定,射击精度更高。同一时期,德国毛瑟公司采用冷锻工艺加工膛线,使枪管金属结构更精密,枪管寿命更高,为批量生产打下基础。

20世纪初,枪管技术持续优化升级。二战期间,苏联通过严格筛选莫辛-纳甘步枪的高精度枪管,搭配瞄准

镜,构建起高效狙击系统。

二战后,采用先进钢材质的枪管,凭借优异的耐腐蚀性和热稳定性,寿命得到大幅提升。自由浮动枪管设计成为标准,枪管仅与机匣连接,提升射击稳定性。越南战争初期,美国M40狙击步枪因木质枪托受潮变形影响射击精度,后续改用玻璃纤维枪托和自由浮动枪管,性能明显改善。

进入21世纪,数控加工工艺让枪管制造精度达到新高度,公差控制在亚微米级别;氮化钛等镀层技术减少内壁磨损,降低连续射击时子弹偏移,保证长时间射击稳定性。

此外,为满足超远射程需求,一些狙击步枪采用超长膛线设计,延长弹头在枪管内的加速时间,提高初速和弹道稳定性。如M200狙击步枪,凭借多边形膛线和自由浮动枪管设计,有效射程为1500米,成为现代狙击步枪远程精准射击的典范。

狙击步枪枪管的进化之路表明,在军事装备领域,提升精度取决于基础材料突破和制造工艺创新。从最初的青铜管到现代的高性能枪管,这一发展轨迹不仅反映了军事技术进步,更体现了枪械设计师对精度的不懈追求。

下图:在奥地利维也纳一家武器专卖店,店主检查一支狙击步枪。

新华社发



炮管使用寿命以秒计算——

如何给炮管“延寿”

■严子昌

短数秒?首先是瞬时高温。炮弹发射时,炮管温度可达2500至3500摄氏度,远超钢铁1500摄氏度的熔点,虽然内部涂有耐热涂层,但温度的反复骤变,会导致金属疲劳甚至涂层脱落。其次,是高压冲击。炮弹发射时,炮管膛压可达300至600兆帕,巨大的压强会导致炮管变形开裂,造成膛线磨损。最后是化学腐蚀。火药燃烧时,产生的硫化氢等气体会对炮管内壁造成损伤。

那么,如何给炮管“延寿”?第一招

是革新材料。工厂在铸造过程中,会采用高强度合金钢与稀土元素复合配方,提升金属耐高温、抗疲劳性能。第二招是升级工艺。通过先进制造工艺,消除金属内部气孔杂质,采用等离子喷涂技术,在炮腔内壁形成纳米级陶瓷涂层,既增强耐磨性又隔绝化学腐蚀。

此外,为提升炮管使用寿命,火炮列装后还要做好维护工作。在炮管内置微型传感器,实时监测膛压、温度,避免超限使用;配套内窥镜与激光测距