



战场需求决定着武器装备发展的方向,作为构成武器装备的基础——材料的发展则在很大程度上影响着武器装备的性能。这些材料中,就包括复合材料。从防弹衣到枪械,从装甲车到舰船,从飞机到导弹……通过对复合材料的运用,军工人员从不同方面实现对武器装备的赋能增效。

为武器装备减重量,是复合材料的一大用途。当前,很多国家研制头盔、防弹衣等个人防护器具时,都会使用碳化硅、超分子量聚乙烯等复合材料,来提升防弹性能,减轻器具重量。碳化硅陶瓷则用来为坦克减重,现在被大量用于制造装甲的背板。与同级别的氧化铝陶瓷复合插板相比,碳化硅陶瓷背板能够减重20%以上。潜艇是复合材料的“使用大户”,从德国的209型、212型潜艇到澳大利亚的柯林斯级潜艇,不少潜艇都运用了更轻更易塑形的玻璃纤维复合材料。一些轻武器,也会通过使用复合材料来减重。

复合材料与武器

■ 杨龙霄

谢梓洋

耐高温、耐腐蚀是一些复合材料的强项。耐高温复合材料常被用于制造武器装备的核心部件,如导弹的鼻锥、发动机的喷管喉衬等。俄罗斯研发的“产品30”发动机,就大量使用了陶瓷基复合材料、钛铝合金材料等。当前炙手可热的高超音速导弹,其拥有惊人飞行速度的原因之一,也在于借助耐高温复合材料提高了关键部件运行的可靠性。此类材料因此受到各国高度重视,2023年俄罗斯就披露了4项耐高温复合材料研究计划。有研究表明,在海洋环境中,温度每升高10℃,金属的腐蚀速度就会加快2倍。因此,耐腐蚀复合材料在航母、舰艇、舰载机上得到大量运用,以保证其能在该类环境中长期正常工作。

为武器装备消声匿影,是复合材料的又一大功用。如运用复合材料制成的消声瓦,能为潜艇披上“隐身外衣”。俄罗斯的阿库拉级攻击核潜艇艇部与艇部壳体均敷有50毫米至150毫米厚的消声瓦。英国的机敏级核潜艇所敷的消声瓦大约有3.9万块。为应对雷达的侦搜,战机也很重视对吸波复合材料的使用。且随着时间的推移,先进战机对复合材料使用的比例在不断上升。美军F-14舰载机上的复合材料占比不到10%,到了F-35战机,这一占比超过35%。

一些复合材料被用来帮助武器装备强“筋骨”、增寿命,提高射击精度。如“勒克莱尔”主战坦克的复合装甲采用高硬度钢板、陶瓷材料、高初速合金、耐火特种纤维等多种复合材料交替组合而成,“合力”提高装备的实战性能。

随着战场需求的变化及科技发展,今后武器装备对复合材料的需求将进一步提升,并已呈现出一些特点。

首先是走向多功能一体化。其主要采用以下办法来实现:一是结构设计,即采取选择不同基体和增强材料,根据需求进行组合搭配的方法,使一种材料具备多种功能;二是向结构精细化借力,即在对不同材料进行科学组合搭配基础上,对各层材料有针对性地运用夹层、蜂窝等新型架构进行设计,使复合材料同时具备高强度、高刚度、隔热、吸波等功能;三是改进制备工艺,使复合材料的结构更加科学,功能更加多样。

其次是趋于智能化。通过将高分子复合纤维和透明高分子凝胶纤维按照一定规律组织,在施加交流电压后即可让整张布料变成一张“显示屏”;将微型芯片嵌入单根纤维之中,就可让纤维变得“听人指挥”……在这方面,一些国家已经开始尝试将其用于军事领域,让一线官兵的服装化身指挥员的“另一双眼睛”。这种尝试,预示着复合材料的另一个发展方向——智能化。

再次是努力让其低成本化。只有降低造价,复合材料才能更多、更好地用于武器装备,武器装备才能在被明显赋能的同时变得更加经济实用。

度达1500米/秒,不仅能够用来远程狙击有生目标,还能够在800米射程范围内穿过40毫米的均质钢。不过,该种枪弹组合成本过高,难以在军火市场上获得订单。

“大跨步向前”机遇与挑战并存

作为反装甲目标的一种主要弹药,次口径弹药今后在相当长一段时间内会继续受到重视。而在其他方面,次口径设计很可能用来为更多弹药赋能。因此,次口径弹药的发展前景较为广阔。

然而,面对未来战场,次口径弹药要“大跨步向前”并且发挥更大作用,还有不少问题需要解决。这些问题的存在,也基本上决定了次口径弹药今后的发展方向。

一是寻求更强的穿甲能力。随着科技的发展,坦克等车辆的装甲防护能力也在提升。要有效穿透这些增强型装甲,次口径弹药的穿甲性能必须进一步提升。一方面,要研发和选用更高强度、更大密度的新型合金、复合材料,确保弹芯的硬度、韧性;另一方面,要进一步优化弹体形状、弹托设计等,提高弹体的飞行稳定性和命中精度。研发出符合要求的新型材料,无疑是一大挑战。

二是实现远程精确化。次口径设计,能使弹体获得更高的炮口初速,并且带来更远程程。如果将火箭增程、滑翔增程、先进制导等技术及次口径这种设计叠加在一起,无疑将使此类弹药的射程更远、打击精度更高。当前,已有国家在进行这方面的尝试。如2020年美陆军启动的“增程炮兵弹药组件”计划中要研发的XM1155炮弹,就拟利用次口径发射和制导技术,大幅度提高其射程和打击精度。2023年美国陆军协会年会上所披露的次口径“远程机动炮弹”(LRMP),一个重要特点是配有多功能导引头。然而,在远射程、高精度的作战要求下,必然导致战斗部的有效载荷降低,如何在这类弹药有限的空间内集成各种传感、毁伤组件,同时保证系统的稳定性和可靠性,是一个巨大技术挑战。

三是争取适用更多作战场景。未来战争是信息化条件下的机动立体战,战争的任何一方,都可能随时遇到无法预料的多种目标威胁,因此采用多用途化和模块化设计实现一弹多用显得必不可少。当前,一些国家的此类弹药如美军的M830A1次口径多用途聚能破片反坦克弹已经体现出多用途的初步特点,但尚不够智能化。未来战场上,需要的是有多种模式可以选择且具有相当自适应性的战斗部,其能根据不同的作战任务和战场环境灵活配置,以适应各种复杂战场使用场景,有效减轻后勤保障压力。但要做到这一点,很明显还有很长的路要走。

供图:阳明

填方式的特点:对补给舰与被补给舰的“贴靠”要求不是很严苛;后续装填工作以被补给舰为主完成,与“离空装填”方式相比难度较小;“转移式装弹系统”可以视情安装与拆解,不占用弹坑位置。

但是,“转移式装弹系统”的优势也比较有限,比如它虽然通过使用大量传感器和控制设备,提高了导弹装填的精度,但仍无法彻底解决重新装填受海上环境影响较大的问题,这可能也是这次测试在四级海况下实施的原因之一。

据外媒报道,美国海军希望在2026年或2027年前部署“转移式装弹系统”,以达到不借助海军基地或盟国设施就可为军舰及时装弹的目的,但目前看难度不小。

可以肯定的是,MK41垂发系统在码头装弹就需要耗费相当长时间,在海上进行弹药再装填难度更大,所需时间也会更长。在更加复杂的作战环境下,“转移式装弹系统”带来的是战力的提升还是风险的骤增,很难判定。

由此,大体可以看出这种海上装

兵器广角



在“硬磕”装甲过程中诞生

在各国研发武器弹药过程中,有一种常见思路叫“威力不够,口径来凑”。但凡事总有例外,次口径弹药就是一种“不按常理出牌”的增速增效弹药。

顾名思义,次口径弹药是指弹体小于发射管内径的弹药。这种设计初听起来似乎有些违背常理。毕竟在很多人认知中,弹体应与身管完美匹配才能确保最佳射击效果。然而,次口径弹药并非全然如此。它是通过减小弹体的直径尤其是弹芯的直径,来达到增速增效的目的。

事实上,次口径弹药这种间隙配合的“独门绝技”,很符合火炮发射学的原理。

次口径弹药是在与装甲的“硬磕”中诞生的。第二次世界大战期间,出现了装甲厚度达150毫米至200毫米的重型坦克。为了对付这类目标,反坦克火炮在增大口径的同时,开始在改进弹药上下功夫。弹药要打穿装甲,需要更高的初速,同时需要进一步提高比动能。比动能是弹体的动能与其最大横截面积的比值,是衡量穿透力的重要指标,比动能越大穿透力越强。换句话说,就是需要一种初速快、弹头截面积小的穿甲弹。

这种情况下,一种拥有碳化钨弹芯的次口径超高速穿甲弹应运而生。它的特点是用同样的药量发射一个相对较轻的弹头来获得较高初速。这种弹头内有一个硬质的碳化钨弹芯,弹芯周围是用轻金属做的弹托,在膛内发射和空中飞行时,弹托与弹芯全程连在一起,因而是适于口径的。命中目标时,较轻较轻的弹托在撞击过程中发生变形,直径约为火炮口径1/3至1/2的碳化钨弹芯则继续向前钻过装甲,以此达到更好的穿甲效果。

然而,由于次口径超高速穿甲弹发射后全程带着弹托飞行,受空气阻力影响,飞行速度衰减较快,因而打击较近距离的装甲目标效果较好,对较远距离的装甲目标打击效果并不佳,而且容易跳弹。

为了提高初速同时降低飞行时的空气阻力,研发人员想到一个可以“鱼与熊掌兼得”的方法——让穿甲弹在飞行时抛开弹托,于是脱壳穿甲弹应运而生。

与次口径超高速穿甲弹不同,脱壳穿甲弹射出炮口后,高密度、小口径的穿甲弹芯很快与弹托分离,从而能减小飞行阻力,提高弹芯到达目标时的比动能。这种可增速减阻的“脱壳”设计,逐渐成为次口径弹药的一大特征。

之后,为了增加脱壳穿甲弹在飞行中的稳定性,同时提升打击效能,研发人员又着手为一些脱壳穿甲弹增加了尾翼,这就是尾翼稳定脱壳穿甲弹。尾翼稳定脱壳穿甲弹由弹托和杆式飞行弹体

去年12月,美国国务卿布林肯授权向以色列进行军售,其中包括价值上亿美元的13000多枚M830A1次口径多用途聚能破片反坦克炮弹。

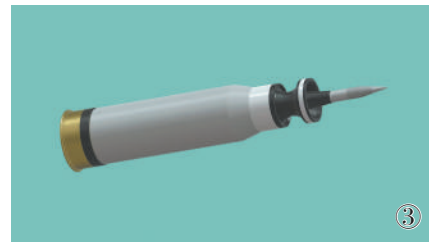
在近年一些地区军事冲突中,次口径尾翼稳定脱壳穿甲弹也成为双方

打击对手装甲目标尤其是坦克的重要弹药。

那么,什么是次口径弹药?为什么一些弹药会采用次口径设计?都有哪些弹药采用了次口径设计?这类弹药今后发展的方向和难点何在?请看解读。

次口径弹药:从“穿甲钻头”到“闪击利器”

■ 彭阳成



图①:3BM60次口径尾翼稳定穿甲弹;图②:M830A1次口径多用途聚能破片反坦克炮弹;图③:M829A1尾翼稳定脱壳穿甲弹。

等组成,弹托分为环形卡瓣式和马鞍式,弹芯长径比可达12至20。细长的弹芯在击中装甲目标时,它可以以边穿甲边破碎,破碎的弹体和装甲材料会沿着弹坑反向飞溅,形成大于弹径的穿孔,而进入装甲车内的弹体和装甲碎片,会对车内设施、乘员等造成严重毁伤。

凭借这一“绝技”,尾翼稳定脱壳穿甲弹开始在反装甲领域大行其道,并获得“穿甲钻头”之称。

战场牵引应用范围不断拓展

反装甲作战是次口径弹药的“老本行”。从二战至今,这方面的战例较多。

海湾战争期间,美军M1A1坦克曾多次使用M829A1尾翼稳定脱壳穿甲弹击毁伊拉克军队装备的T-72主战坦克。不过,M829A1尾翼稳定脱壳穿甲弹使用的不是钨合金弹芯,而是贫铀合金弹芯。和使用钨合金弹芯的尾翼稳定脱壳穿甲弹相比,M829A1尾翼稳定脱壳穿甲弹的弹芯硬度更大、初速更高,可在2000米距离上击穿550毫米厚的均质钢装甲。

3BM60次口径尾翼稳定穿甲弹是俄军的现役弹药。今年3月,据外媒报道,俄军的T-72B3主战坦克在阿夫迪夫卡附近摧毁了一辆美制M1A1主战坦克,所用弹药中就有3BM60次口径尾翼稳定穿甲弹。据称,T-72B3主战坦克所发射的该型穿甲弹直接命中M1A1主战坦克的发动机舱,当场致其“瘫痪”。

美、俄尾翼稳定脱壳穿甲弹跨越时空的“一来一往”,部分反映出次口径弹药在反装甲方面的效能。

值得关注的是,装甲目标如今已并非次口径弹药的唯一“猎物”。“次口径设计+多功能战斗部”的方式,正使这类弹药化身“闪击利器”,成为更多目标的“猎手”。

M830A1次口径多用途聚能破片反坦克炮弹,是美军M1系列坦克在“伊拉克自由行动”中广泛使用的一种炮弹。这种炮弹的结构与次口径尾翼稳定穿甲弹类似,出炮后弹托分离,采用尾翼稳定,抛射的弹头直径只有80毫米,比发射它的M1系列坦克火炮直径小40毫米。不同的是,该弹头并非实心的钨合金或贫铀合金,其内部是聚能式装药结构,可通过爆炸后的破片和金属射流毁伤目标。该型弹药还引入一种带传感器

的近炸引信,离开炮口半秒后,传感器会在飞行过程中持续扫描炮弹前方空间,检测到物体后立刻引爆,甚至能攻击对手的直升机。

借助这种多用途的战斗部,M830A1炮弹能够打击包括掩体、轻型装甲车、人员甚至低空直升机在内的多种目标。

不仅是坦克,其他一些武器装备也“盯”上了次口径设计所带来的好处。比如,德国莱茵金属公司所研制的“猎豹”自行高炮,使用的35毫米口径炮弹就采用了次口径脱壳设计。究其原因,是因为次口径设计能赋予防空炮弹更高的初速、更远的射程、更平直的弹道及较低成本。

美军的“密集阵”近程武器系统也在借力次口径设计,其所用的主要作战弹药是MK244 Mod 0增强杀伤力弹药。这种次口径动能弹,弹丸外部是塑料弹托,内部有次口径钨合金穿甲体,采用“脱壳”设计来提高弹芯速度,增强穿透力。

不仅如此,一些狙击步枪用弹也曾试水次口径设计。比如,奥地利斯泰尔公司为滑膛管的Steyr AMR 5075研制过一种14.5毫米口径的尾翼稳定脱壳穿甲弹,其弹壳为塑料壳体,金属弹底,弹头包在塑料弹托内,钨合金箭形弹头重20克。借助次口径设计,该弹的枪口速



前不久,美国海军使用“转移式装弹系统”进行垂发系统海上装弹测试。

今年10月,美国海军华盛顿·钱伯斯号干货弹药船在圣迭戈海域为航行中的某导弹巡洋舰进行了一次补给。在此期间,这两艘军舰还通过刚研制的“转移式装弹系统”,进行了为导弹巡洋舰垂直发射系统(以下简称“垂发系统”)重新装弹的初步测试。

正在进行研制测试的“转移式装弹系统”究竟是个啥?简单来说,它就是一套结构相对松散但操作精度有所提升的驻舰起重系统。

自20世纪80年代问世以来,导弹垂发系统日益展现出不同于传统旋转

“转移式装弹系统”是个啥

■ 麻晓晶 杨柏松

瞄准式发射系统的特点,如装弹量大、反应迅速、战场生存能力强等。但是,垂发系统也存在一个缺点,那就是导弹耗尽后,重新装填比较困难。

各国普遍的做法是让军舰返回,借助码头上完备的设施及相应弹药储备,进行重新装填。比如,英国的45型驱逐舰舰石号就曾在红海护航行动中消耗大量防空导弹,不得不远赴4800公里外的直布罗陀进行补给。

战场的不可预测性,使装备垂发系统的各国海军开始思考一个问题:如果军舰离码头太远,远水救不了近火,怎么办?于是,舰载起重机开始在一些军舰上出现。如美国早期的阿利·伯克级驱逐舰驱逐舰、提康德罗加级导弹巡洋舰和斯普鲁恩斯级巡洋舰,其垂发系统所在位置配备了可内置的起重机,用于将舰

上的备用导弹“塞”入弹坑中。但是,这种起重机不仅用起来程序繁琐、功率有限,还会占用垂发系统一些弹坑位置。

一些国家的军舰选择依靠补给舰在海上直接实施补给。这种方式以补给舰为主,由补给舰采用吊臂悬挂导弹发射箱的方式,伸向靠泊或并排同速同向航行的被补给舰,实施“离空装填”。这种装填方式同样存在弊端,不仅对两舰的航行姿态控制要求很高,而且因两舰需长时间近距离“贴靠”,战场生存风险也很大。

海上环境的不确定性,凸显了以上两种垂发系统重新装弹方式的短板,也使各国开始摸索这方面的新方法。这几年,随着国际军事格局的变化以及美国海军越来越多地介入一些热