

## 兵器知识

在观看战争题材的影视剧时,人们的眼光常被一些大威力弹药所吸引,比如先进的导弹、炮弹、地雷、地雷等。

弹药威力越大,其发射前的安全管控就越重要,发射后的适时引爆就越关键,甚至攸关战斗的胜负。这一

切,都离不开弹药上一个看似不起眼的部件——引信。

那么,引信对弹药有多重要?主要有哪些类别?当前各国所研发引信的功能怎样?今后朝何处发展?请看本期解读。

# 弹药引信的“进化史”

■毛炜豪 董慧因

## 从药捻子到可编程

说到引信,不妨先看一个战例。

英阿马岛战争中,阿根廷空军曾发射航弹命中多艘英国军舰,但这些军舰只有几艘损毁。原因之一,就是不少航弹的引信没有启动并发挥作用。引信的失能,导致这些航弹成了铁疙瘩,由此可见引信的重要性。

引信,又称信管,是指一些弹药上配备的引爆装置。该装置能利用环境和目标信息,按照预先设定的条件,在保证安全性的前提下,使弹丸战斗部在最佳时机、位置点火引爆,对目标造成最大程度的损伤。

“发火”引爆弹药,是引信的主要功能。不过,引信发挥作用的过程并不仅仅是在弹药爆炸时火光冲天的一瞬,还包括保证弹药在不使用时及在飞达目标区之前的全程可控。

1884年,法国工程师福尔日发明针刺发火装置,被视为现代引信技术的开端。

1908年,德国研究人员在炮弹上安装了钟表时间引信,后经改进,发展为“季立-克鲁伯”式引信。

二战时期,延时引信技术进一步发展。例如,苏联的KTM-1引信可通过装卸帽盖切换为瞬发或延迟模式;美国汉密尔顿公司制造的M564钟表延时引信,可延时2至100秒,主要装在防空炮弹上。但此时的延时引信存在不足——对付空中目标时,往往出现弹丸离目标最近时引信延期时间却未到的情况,以致贻误战机。于是,人们希望获得一种能在弹丸距离目标最近时引爆战斗部的引信,这就是在二战后期投入使用的近炸引信。

在这方面,美军当时使用的VT无线电近炸引信有一定代表性。据战后统计,用装有VT无线电近炸引信的炮弹击落敌机的效率,比用传统引信炮弹提高了5至10倍。

20世纪70年代,具有环境感知能力的压电引信出现,其通过陶瓷元件将机械能转化为电起爆能量。如苏联的压电引信,响应时间小于200微秒,主要用于RPG-7火箭弹。

20世纪90年代,炸弹引信进入智能化发展阶段。微机电系统与卫星导航技术的融合,使引信开始借力于制导系统,一些炸弹因此实现米级命中精度。

当前,新型可编程引信能根据火控系统的计算结果,设定每一枚炮弹的引信引爆阈值。例如,以色列研发的FMU-152A/B联合可编程引信,支持穿透计数与空爆模式,可搭载在Spice-2000炸弹上用于摧毁地下隧道。

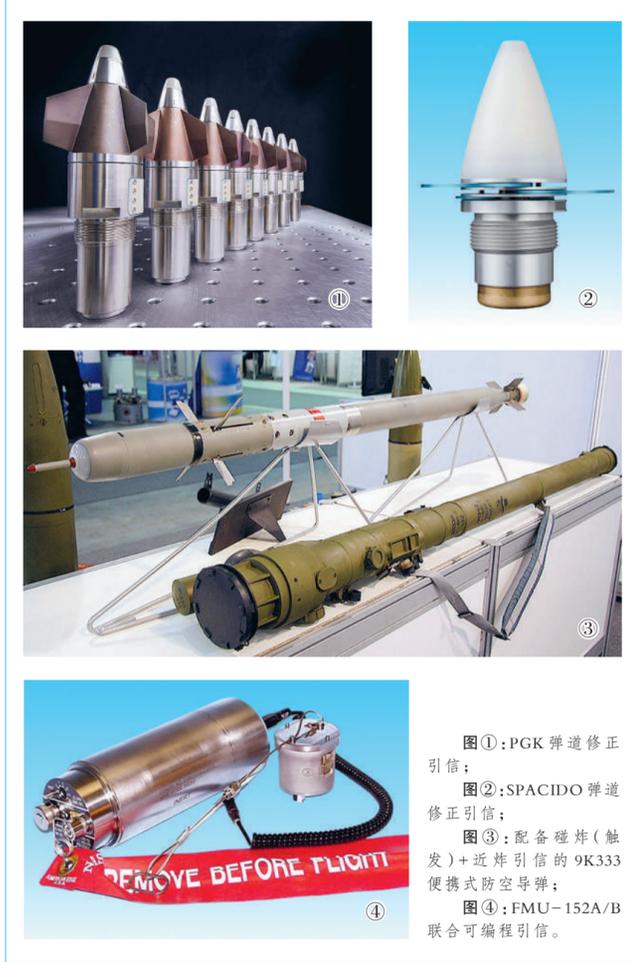
由此可见,引信发展的历程,是其变得越来越“听话”的过程。这种从最初用药捻子(引火线)来“发火”引爆弹药到可编程的跨越,使弹药可以更好地按照使用者的意图被引爆,进而达到更佳毁伤效果。

## 从单一模式到复合模式

对引信来说,平时发挥“保险阀”作用十分重要,但人们似乎更关注弹药“临门一脚”时的表现。这种“偏爱”,体现在引信的分类上。

比如,人们按照作用方式和原理,将引信划分为触发引信、时间引信和近炸引信等。这三类引信的主要区别可以理解为引爆时机各有不同:触发引信是接触即引爆,时间引信是发射或触发后延时引爆,而近炸引信是感应到抵达最近距离时才引爆。如大多数手榴弹是延期发火的,但由于一些场景也需使用碰炸手榴弹,因此一些国家研制了方向碰炸引信,以确保手榴弹以任何姿态落地都会爆炸。

随着时间的推移和相关技术的成



图①:PGK弹道修正引信;  
图②:SPACIDO弹道修正引信;  
图③:配备碰炸(触发)+近炸引信的9K333便携式防空导弹;  
图④:FMU-152A/B联合可编程引信。

熟,以上3类引信衍生出不少类型:

触发引信在机械触发的基础上,发展出电触发、组合式触发等类别。与机械触发引信通过撞击直接引爆战斗部不同,电触发引信如美军用于空射火箭弹的M423引信,是通过电脉冲触发的。组合式触发引信,则是集机械触发与电触发方式于一身。

时间引信,发展出机械时间引信、电子时间引信等子类型。

近炸引信,则有无线电引信、红外线引信、激光引信之分。其中,无线电引信通过收发无线电信号,判断信号的频率、幅度和持续时间是否均达到阈值来引爆弹药。红外线引信通过用红外线接收器接收不同方向红外信号来判断目标所在位置,一般用于舰空导弹。这种引信结构简单,缺点是容易受到太阳光和反射光的干扰。激光引信通过向外发射激光束再接收反射信号来精确判断目标距离,达到预设引爆阈值时,引信才会引爆弹药。这种引信不仅爆炸点精确,抗辐射和电磁干扰的能力也较强,通常用于防空导弹或反辐射导弹。

当然,引信还有其他分类标准。如按照探测目标的工作原理,它可分为制导引信、电感引信、静电引信(电场引信)、磁引信、声引信、光引信等。

客观来说,单一模式的引信各有优劣,也存在一定短板,如无线电引信可能受到箔条的干扰等。于是,一些引信开始由单一模式启动转变为复合模式启动。如俄罗斯现役9K333便携式防空导弹引信,采用的就是碰炸(触发)+近炸引信的双重引爆机制;美国AIM-9X Block II空空导弹采用的是激光+近炸双模引信等。

多模复合引信的出现,使引信家族变得更加枝繁叶茂。

## 需求与科技双重驱动

正如前文所讲,好的引信平时能将

弹药管得“服服帖帖”,战时则能让弹药彻底放飞“火爆脾气”。从其发展状况来看,如今的引信对该在何时放开对弹药的约束,“心中”越来越明白。

具体来说,经过各国长期探索与实践,当前引信的发展已具备以下特点。

一是适配对象多种多样。引信的发展与弹药所使用的环境息息相关,从某种程度上来说,作战环境有多少类别,弹药所使用的引信就有多少种组合。如空空导弹经常使用的是近炸引信、触发引信和自毁装置;反舰导弹多使用触发延期引信和复合引信,以便控制战斗部在进入目标内部后起爆;反辐射导弹使用的多为无线电近炸引信,新型反辐射导弹使用的多为激光近炸引信等。当前,各种引信广泛使用于众多弹药中,如炮弹、火箭弹、导弹、手榴弹、航空炸弹、深水炸弹、地雷、水雷、鱼雷等。随着引信的小型化和智能化,如无线电引信从早期电子管型、晶体管型、集成电路型发展为集成电路型再到如今与全数字信号处理技术相结合,一些小口径弹药也开始使用引信。

二是越来越“聪明”。当前,各国研制的引信安全性、可靠性进一步增强,不少采用了多模复合引信。这一过程中,一些引信正变得越来越“聪明”。一方面,它们能有效应对各种干扰,比如从一些假信号和假目标中分辨出需要打击的目标;另一方面,它们还能在与目标交会的短暂过程中找到后者的易损部位,在最佳时机起爆战斗部。如一些先进空空导弹的引信,可“聪明”地选择在对手战机油箱、发动机或驾驶舱等部位精确引爆,从而达到对目标的最大杀伤效果。随着科技尤其是微电子技术、数字信号处理技术的发展,可编程引信得到广泛应用,有的能通过炮口感应线圈实时测量弹丸初速度动态调整引爆时间,有的能对来自多通道的信号进行处理,提高引信与战斗部配合的效能。如瑞士研制的AHEAD弹药采用了可编程电子时间引信,能在理想的空域形成破片弹幕,拦截来袭目标。

三是借力途径不断增多。引信借力的途径有多种,比如,将把握引爆时机的工作前移,向弹药的制导系统借力,即融合使用弹药制导系统获得的信息和引信获得的信息,确定引爆时机。有的国家研发了弹道修正引信,实现了引(引信)、导(制导系统)一体化发展。美国Orbital ATK公司研发的PGK弹道修正引信具有一定代表性。与传统的引信不同,PGK弹道修正引信不仅具有达到阈值就引爆战斗部的能力,其内部还设计了能适时弹出的气动舵,对弹药飞行轨迹进行小幅修正,引导弹药沿着GPS指定的路线飞行,从而将传统的无控炮弹变成精确打击弹药。法国的SPACIDO引信也是弹道修正引信。不过,它采用的是非GPS修正方案。发射后,弹药会射向比目标更远的位置,炮口初速测定雷达会测出弹丸的速度及变化,然后解算出打开阻力减速板时机,进而在预定区域让引信发挥作用。

不仅如此,向科技借力还让一些引信在复杂、严苛作战场景中也能发挥作用。比如一些钻地弹引信,在经受很大冲击后,仍能进行计算并在目标内部起爆。总之,目前的引信已具备较高的安全性、可靠性、有效性,且“发火”引爆弹药的精度还在提升,抗电磁干扰的能力也在增强。

## 未来发展趋势管窥

随着人工智能、材料学、新能源等技术的进步,引信今后仍将紧扣“服管”与“发火”两个主要环节继续发展,变得更小、更安全、更高效。

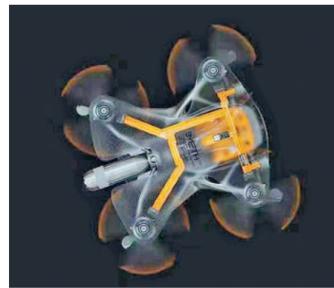
继续小型微型化。引信的小型微型化,好处多多,包括可以节省空间增大装药量,减轻无人机、穿越机负担使其飞得更远,以及可以适配更多类型的弹药,在弹药(弹丸)壳体容积不变情况下组合使用更多元器件以强化引信性能等。因此,今后引信的发展还会在这方面持续用力,比如借助微机电系统和相关新技术实现结构的高度集成,显著缩小体积并提升性能。

变得更加安全可靠。引信将继续确保全寿命周期内的安全可靠。一些采用新机理的设计将应用于引信,使其在储运过程中更加安全,在使用时更加可靠。如随着高超声速弹药的发展,弹药引信需要强化抗过载、极限温度等能力,一些引信改用金刚石元件的半导体器件,以提高电子元件的抗干扰、耐受过载等能力。一些国家研制的新型电池,可在极端温度下稳定工作,也体现着这种趋势。同时,进一步适应更加复杂的电磁环境和应对新型干扰手段,将成为其发展的重点。这种情况下,功能相对单一的引信势必会被采用多模复合探测方式的引信取代。运用量子探测技术,已被一些国家列为未来增强引信抗干扰能力的突破方向。

日趋信息化智能化。当前,平台数字化、系统相互耦合等已成为现代武器系统的主要特征。与之相应,引信也将以应变变,不断提升信息化智能化水平,从而实现与武器体系及其子系统,尤其是信息平台、发射平台、指控平台之间信息链路的联结,进而更好地发挥作用。同时,采用类脑处理器来优化探测识别与起爆控制算法将成为新突破口。如此,弹药就可根据不同任务场景灵活调用引信的不同功能模块,如攻击硬目标时调用识别识别模块,攻击移动目标时调用近炸模块等。在引信与战斗部一体化设计平台,研发人员或将走得更远,以实现弹药毁伤效能的最大化。

总之,威力再大的炮弹,引爆不了也是一枚“哑弹”。未来战场,随着各种高技术装备、新概念弹药不断涌现,引信的“进化”还会继续。

供图:阳明



图为Emeth P11无人机。  
资料图片

随着无人机大量投入战场,如何为一些无人机提供有效保护以保证其持续发挥作用,成为各国竞相攻关的课题。在科技人员的探索下,有的无人机配备了可拆卸护板,有的配备了降落伞,有的拥有了抗坠毁气囊。意大利一个设计机构推出的Emeth P11无人机,则采用配备安全气囊的新方式,来寻求对无人机的“全面保护”。

从外观上看,Emeth P11无人机比较炫酷。透明的外壳既是一些电路的基板,还可让人直观了解无人机内部结构。

传统四旋翼布局下,该无人机内有乾坤,最大的亮点是设计了一个可在瞬间弹出的安全气囊。据称,该安全气囊在40毫秒内就可展开,为无人机“穿上防护服”。要知道,人的生理性眨眼平均时长为100至150毫秒。也就是说,人眨眼一次的时间,就可以让3个这样的气囊依次展开。

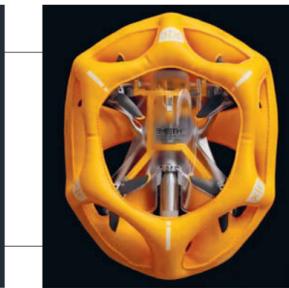
为了让安全气囊能在瞬间打开,Emeth P11无人机引入了像汽车安全气囊那样的运行原理,运用镁钛合金的形状记忆机理来控制阀门开启及气体充放。这种设计,不仅能让安全气囊很快获得所需气量,还能让其重复使用。

镁钛合金不只是出现在该无人机安全气囊的控制装置中,还被用来制造机载的云台。借助这种合金的超弹性、高阻尼特性,Emeth P11无人机的云台不仅抗震,而且可通过预设形状记忆来自动校正角度,确保相机的稳定性。

除了镁钛合金这一“秘密武器”,在机体制造方面,Emeth P11无人机使用了3D打印技术,即通过高能激光逐层熔化铝镁等金属粉末,最终精确堆叠成超轻机身框架。该工艺的使用,不仅使无人机变得更轻,而且变得更加紧凑,这样,就可以方便地安装安全气囊及相关设备。

由此,Emeth P11无人机就获得了可在遇险时“自保”的能力。当无人机接收到操作人员发出的指令或者当内置传感器检测到状态异常如信号丢失、电池出现故障、将发生碰撞等状况时,就会将信息传给控制装置,由控制装置驱动形状记忆合金打开阀门,完成对气囊的快速充气,形成弹性缓冲层包裹机身关键部位,从而减弱无人机所受的冲击力。当无人机在水面迫降时,安全气囊则可以提供浮力,防止无人机沉没。

总的来说,Emeth P11无人机的安全气囊设计为保护无人机提供了新思路,但这种设计也存在短板,如镁钛合金价格不菲增加了无人机制造成本等。另外,如何精准选择气囊打开时机,如何兼顾其安全防护与飞行性能之间的平衡等,也是需要解决的问题。



# 无人机为何配备安全气囊

■刘奕君 徐锦鹤

力。当无人机在水面迫降时,安全气囊则可以提供浮力,防止无人机沉没。

总的来说,Emeth P11无人机的安全气囊设计为保护无人机提供了新思路,但这种设计也存在短板,如镁钛合金价格不菲增加了无人机制造成本等。另外,如何精准选择气囊打开时机,如何兼顾其安全防护与飞行性能之间的平衡等,也是需要解决的问题。

## 装备动态

# 微型无人快艇“马林鱼”

■武传明



图为“马林鱼”微型无人快艇。  
资料图片

在海战兵器中,有不少装备用鱼来命名。被用来命名装备的鱼中,马林鱼较为常见。也许是想借其皮坚、吻长、食肉、游速快等优势,不少无人潜航器、半潜船、无人水面艇等先后取名为“马林鱼”。前不久,俄罗斯乌沙科夫海军上将高等海军学院研发的微型无人快艇也使用了这个名称。

“马林鱼”微型无人快艇的体形较小、造价相对便宜,这些特点使军舰可以大量搭载和使用它。因为艇体小、吃水浅,该艇能在内河和近海水域中使用。

在自然界,马林鱼是食肉鱼类。在兵器界,“马林鱼”微型无人快艇也属于“拼命三郎”。它的本质是自杀式无人艇。为发挥更大作用,“马林鱼”微型无人快艇有内河型和海上型之分。内河型“马林鱼”微型无人快艇配备1.5千克炸药,专门用来打击河湖上活动的敌方轻型船艇及所搭载人员;海上型“马林鱼”微型无人快艇搭载2千克炸药,主要用来为舰艇提供防护,比如拦截敌方

的自杀式无人艇等。

与其他无人水面艇的操作方式有所不同,“马林鱼”微型无人快艇采用的是人工遥控方式。借助通信链路和装在艇上的光电感知系统,操作人员可获得第一人称视角,像控制FPV无人机那样操作它。这种控制方式,使“马林鱼”微型无人快艇不仅行动灵活,而且能根据眼前变化及时做出调整。

按照研发者的设想,当搭载“马林鱼”微型无人快艇的舰船发现威胁比如敌自爆无人艇来袭时,这些舰船就可以放出“马林鱼”微型无人快艇,用它来炸毁自爆无人艇,化解威胁。当然,它也可以用来攻击一些小型登陆艇及用来排除水雷等。

在应对此类威胁方面,“马林鱼”微型无人快艇有一定优势。但是,因为体形小,它在耐波性、续航能力等方面必然存在短板;由于所配备的炸药数量有限,它可能需要精准击中目标的关键部位才能将其摧毁;像操控FPV无人机那样的操作方式,使它的通信链路有可能成为干扰对象。在这种操控模式下,组织多艘“马林鱼”微型无人快艇形成防御或攻击网络也存在一定难度。

在各国无人艇日益走向自主化、智能化的大背景下,“马林鱼”微型无人快艇的现身,开启了以无人艇反制无人艇的新路径,也为各国采用低成本、高密度、智能化新型武器装备防护舰艇提供了一种思路。但是,其真实效能如何,还有待进一步观察。

## 新装备展台