

# 论武器装备的新领域——灵巧弹药

杨绍卿

(中国兵器工业第二〇三研究所,西安 710065)

[摘要] 比较深入地论述了武器装备的新领域——灵巧弹药的技术内涵、特点、发展现状及发展方向,提出了我国发展灵巧弹药的基本思路。

[关键词] 灵巧弹药;末敏弹;末制导弹药;制导弹药;弹道修正弹药

[中图分类号] TJ41 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2009)10-0004-04

## 1 前言

弹药是武器系统对目标实施毁伤的单元,是最重要最活跃的元素之一。传统弹药如枪弹、迫击炮弹、榴弹、火箭弹、航空炸弹等以其制造简单、使用方便、价格低廉、火力迅猛、密集压制等特点在战争的历史上发挥了巨大作用,但其缺点也暴露得越来越明显。主要表现在两个方面,其一,使用者在发射或投射弹药后再也无法干预和矫正弹药的行为和状态;其二,弹药自身亦没有修正和驾驭自己行为和状态的能力。因此,在诸多因素影响下,传统弹药的散布较大,精度较差,效能较低。在战场上,为达到一定的作战目的,如击毁敌方的坦克、自行火炮或破坏敌方的工事、据点、重要军事目标等,往往需要形成“弹雨”,消耗大量弹药。此时不是以发数计,而是以吨位计。这不仅给弹药的供给造成困难,而且也给自己的生存带来威胁。在许多情况下,由于战场情况的瞬息万变,即使弹药的供给有保障,你也很难有机会发射如此大量的弹药。导弹的出现则改变了这种状况。它利用制导装置控制飞行弹道,按已知目标位置和所要求的精度将自己导向目标。其高精度、高性能不仅对战斗双方的胜负起着重要的作用,甚至可以改变双方的作战方式。但战争的实践表明,导弹武器依然存在若干不足,诸如武器系统组成高度复杂,研制和采购成本高昂,使用维护难度巨

大,对指挥、操控、维护等人员的知识和技术水平要求颇高,而且,由于不能形成迅猛而密集的火力,则无法有效毁伤和压制群目标和面目标,因此它并不适宜于所有战争场合。

近年来,兼收传统弹药和导弹精华的灵巧弹药异军突起,已发展成全新的技术和装备领域,与传统弹药、导弹形成鼎立之势。因此,探讨灵巧弹药的技术内涵、特点、发展态势等则显得十分必要。

## 2 灵巧弹药的技术内涵和特点

“灵巧弹药”源自“smart munition”。从本来的意义上讲,灵巧弹药指的是能从背景中搜索、探测、识别直至瞄准和攻击目标的弹药<sup>[1,2]</sup>。与传统弹药和导弹相比,此种弹药具有了“智能”的特性,因此,弹药界也将其称为智能弹药。末敏弹、自寻的末制导弹药以及巡飞侦察弹药当属此类弹药。

随着传统弹药的改造升级,灵巧弹药的技术内涵有了很大拓展。在许多情况下,提高传统弹药的射击精度成为主要任务。此时将弹道修正技术/制导技术融入传统弹药,形成弹道修正弹药或制导弹药,其精度和效能可以数倍于传统弹药。在这种情况下,无论是弹道修正弹药还是制导弹药,在弹道的适宜阶段上均具有了控制其状态的能力,因此,笔者亦将其归入灵巧弹药的范畴<sup>[1,3]</sup>。

灵巧弹药有如下一些特点:

[收稿日期] 2009-08-10

[作者简介] 杨绍卿(1941-),男,辽宁康平县人,中国兵器工业第二〇三研究所教授级高级工程师,中国兵器工业集团公司首席专家,长期从事弹药及其武器系统的理论、技术与装备的研究设计工作;E-mail:weilin200007@163.com

第一,利用已有的常规武器平台,发展相适应的灵巧弹药,必要时可对平台进行适应性改进。如在火炮、火箭炮、飞机等平台上发展末敏弹、末制导炮弹及制导炮弹、制导火箭、制导炸弹、弹道修正弹等。这样做的好处是,其一,由于不需要研制新的武器平台,可以大量减少研制和装备费用,缩短研制周期,提高武器平台的使用效率;其二,由于充分考虑了灵巧弹药与原武器平台的适应性、协调性,因此,在很多情况下,与火力配系相关的射程可通过平台来保证,而不需要像导弹那样靠动力装置来保证,如火炮发射的灵巧弹药就是如此。在需要增加射程时,可采用某些增程措施,此时所付出的代价要小得多。

第二,利用大口径制式炮弹、火箭弹、航弹、航空布撒器以及导弹等作为载体(母弹),运送灵巧子弹药。此类子母式灵巧弹药从本质上讲是更换原弹的战斗部,解决好子弹药与母弹的兼容性和适配性,从而保证新弹的飞行特性与原弹一致。显而易见,这是一条发展灵巧弹药的经济而又有效的途径。

第三,大多数灵巧弹药是传统弹药技术与光电子技术、计算机技术、制导技术、目标探测识别技术等相结合的产物,因此,它仍保留了传统弹药的诸多优良特性。如火炮、火箭炮发射灵巧弹药的齐射特性,此时,灵巧弹药同样可以形成迅猛而密集的火力,在准确打击多个点目标的同时,具有和传统弹药一样的压制功能;使用方便,射击时只需与传统弹药一样地装定射击诸元;有些灵巧弹药甚至保留了传统弹药的基本结构,如某些弹道修正弹和制导航弹,只是在原弹上安装修正装置或制导模块;多数情况下,灵巧弹药与传统弹药一样不需要维护等。

第四,多元化发展。在多种平台上,采用多种技术,发展用途和性能各异、优势互补的灵巧弹药,从而在战时为指挥员提供了更多的选择和保障。

### 3 灵巧弹药的发展概况

以俄罗斯和美国为代表的军事强国大力发展灵巧弹药,从20世纪70年代开始研制末敏弹、激光半主动末制导航弹和炮弹,至今已在加榴炮、迫击炮、火箭炮、飞机等多种平台上发展了数十种灵巧弹药,形成了一个全新的装备和技术领域。

#### 3.1 末敏弹

末敏弹是灵巧弹药的典型代表,是真正意义上的“打了不用管”的智能型弹药,其主要用途是反装甲目标,如坦克、自行火炮、装甲运兵车、步兵战车、火

箭和导弹发射车等<sup>[4]</sup>。2003年美国在伊拉克战场上使用 skeet 和 SADARM 末敏弹攻击装甲部队,取得了卓越的效果,充分说明,末敏弹是迄今为止反规模装甲最有效的武器。

末敏弹多为子母式结构,即一枚母弹装载若干枚末敏子弹,末敏子弹主要由降落伞/翼系统、弹上计算机、敏感器、爆炸成形弹丸(EFP, Explosively Formed Penetrator)战斗部及安全起爆装置等组成。作战时母弹在目标区上空按预定高度抛出末敏子弹,待子弹达到稳态扫描状态时,开始对攻击区域内的目标自主搜索、探测、识别、瞄准直至起爆战斗部从顶部攻击目标。末敏弹可以由多种平台发射,母弹可以是炮弹、火箭弹、导弹、航弹、航空布撒器等,在某些情况下,甚至可以从飞机或无人机上直接投放末敏子弹。

目前,世界各国装备了多种末敏弹,如美国的 skeet 航空布撒器末敏弹和 SADARM 155 mm 加榴炮末敏弹、俄罗斯的 9M55K1 远程火箭末敏弹和 SPBE-D 航弹末敏弹、德国的 SMArt 155 mm 加榴炮末敏弹、瑞典及法国联合研制的 BONUS 155 mm 加榴炮末敏弹等。这些末敏弹的探测体制基本上分成两类,一类是红外体制,如 skeet, 9M55K1, SPBE-D, BONUS 等;另一类是红外与毫米波复合体制,如 SADARM 和 SMArt。

在诸多末敏弹中,以 SMArt 末敏弹最具代表性,其装备量最大、装备或即将装备的国家最多,包括德国、瑞士、希腊、澳大利亚、英国、美国等。SMArt 的敏感器由 3~5 m 多元线阵红外辐射计、3 mm 波雷达、3 mm 波辐射计组成。与单一红外探测体制的末敏弹相比,探测性能更佳,抗干扰及去伪能力更强,对目标与环境适应性更好,基本上具备了全天候作战的能力<sup>[4]</sup>。

#### 3.2 末制导及制导弹药

末制导及制导弹药主要用于攻击重要的或较高价值的“点”目标<sup>[1]</sup>。在已有的常规平台上发展末制导或制导弹药受到世界许多国家的高度重视。美国最早在 155 mm 火炮上研制成 155 mm“铜斑蛇”末制导炮弹,其制导方式为激光半主动寻的,导引头为半捷联式,射程 16 km, CEP 约 1m。其主要缺点是战时需要解决对目标的激光照射问题。继美国之后俄罗斯在 152 mm 火炮上发展了 152 mm“红土地”激光半主动末制导炮弹,采用全稳式导引头,射程 20 km,对坦克的命中率可达 0.9。为克服激光半

主动制导的缺点,发展了毫米波或红外寻的末制导弹药,如瑞典的 120 mm Strix 红外末制导迫弹,英国的 81 mm melin 毫米波末制导迫弹等。

近年来,各国在发展末制导或制导弹药中多采用 GPS/INS(惯导)组合制导方案,虽然其精度不如半主动/主动寻的制导,但其全天候作战和价格优势仍使其受到各国青睐<sup>[1,2]</sup>。美国的航空制导炸弹 JDAM(joint direct attack munition)采用 GPS/INS 组合制导方案,命中精度 CEP 可达 13 m。除此之外,许多国家正在 155 mm 火炮上发展 GPS/INS 制导的远程炮弹。如美国的 XM982 制导炮弹、英国的 LCGM 制导炮弹、法国的 pelican(鹈鹕)制导炮弹、德国的 PZH2000 制导炮弹,其射程约从 50 km 至 100 km,CEP 约 10 m 至 30 m。此种弹可配多种类型的战斗部,如末敏弹、杀爆弹、子母弹、穿甲弹、攻坚弹等。发展此类弹药的最大技术难点在于解决超过 10 000 g 的高过载、增程及发射飞行过程中的旋转问题。由于此类弹药射程远,效能好,价格相对低廉,使用方便,因此不难理解为什么各国不惜投入巨资竞相发展。

为进一步改善 GPS/INS 组合制导弹药的精度,出现了 GPS/INS + 末段寻的制导弹药<sup>[2]</sup>,如美国正在研制的 120 mm XM395 制导迫弹,其射程 15 km,末段为激光半主动导引头寻的,CEP 可达 2 m 以内。

### 3.3 弹道修正弹药

弹道修正弹结构和技术相对简单,价格低廉,精度虽不如制导弹药,但由于具有弹道修正功能,其精度与传统弹药相比已有了质的飞跃,在对“小区域目标”实施快速、密集、准确压制与毁伤方面有得天独厚的优势。

从修正方式上讲,主要有被动式、半主动式、主动式 3 种<sup>[1]</sup>。

被动式实质上是指令修正,其测量装置在地面或其他平台上,指令接收及修正执行机构在弹上。测量装置测得弹道参数,并依此发出修正指令,弹上装置接到指令后执行机构作用以修正弹道。法国的 SPACIDO 一维修正弹(射程修正)就属此类弹药,其测量装置为地面雷达,修正装置为阻力片。

半主动式弹道修正弹药的测量及执行装置在弹上,要测量的弹道参数一般相对于目标而言,而目标信息则需要通过某种人为方法获得,如激光照射等。此类弹药多为末端修正,测量装置常采用被动激光导引头,代表性产品有俄罗斯的 152 mm/155 mm

Santimeter(米尺)末修炮弹、240 mm Smelchak(勇敢者)末修迫弹、57 mm/80 mm 航空火箭以及美国的 82 mm/120 mm 末修迫弹、70 mm 航空火箭等。这些弹药的修正装置多为脉冲发动机。

主动式弹道修正弹药实现了“打了不用管”,其测量及修正装置在弹上,能自主完成弹道测量及其修正。此类弹药的测量装置多为 GPS,且常将 GPS、修正阻力片及引信合为一体,形成所谓的“弹道修正引信”,英国的 155 mm“星”灵巧弹药及南非的 155 mm PRO-RAM 炮弹就是此种一维修正弹。有些情况下也采用主动光电导引头作为测量装置,如前面提到的 120 mm Strix 末制导迫弹,由于其执行机构为脉冲发动机,严格地说应属此类末修弹药。

## 4 灵巧弹药的发展方向及关键技术探讨

从前面的论述可见,灵巧弹药以其方便、机动、灵活、迅猛、高效、廉价而广受各国重视,尤其在美国已成为未来作战系统的重要火力装备。从各国发展灵巧弹药的情况及未来战争的需要看,应该重视如下的一些方向性问题。

1) 加大对军火库存弹药的改造升级力度,在基本保持原弹药结构与功能不变的前提下,通过加装相适应的弹道修正模块或制导组件使其成为灵巧弹药,从而使其精度和效能大幅提高。如美国发展的 155 mm 榴弹的二维弹道修正引信,只需旋入炮弹的头部即可数倍地提高其精度。由于研制修正模块或制导组件较之研制全弹成本和周期均大幅减少,因此,这是一条发展灵巧弹药的又快又省的重要途径。

2) 未来战争主要表现为信息化条件下的机动立体战,对于战争中的任何一方,都可能随时遇到无法预料的多种目标的威胁,因此,发展一弹多用的灵巧弹药显得十分必要。比如,对自寻的末制导弹药和末敏弹药,应发展多模智能型导引头或传感器,使其在复杂战场环境下,具有较强的抗干扰和环境适应能力,能识别多种目标并根据需要对目标和攻击方式等进行选择。与此相适应有必要发展多模可选择或自适应战斗部,以便根据导引头、传感器或者弹上计算机系统的决策选择适当的毁伤模式攻击目标。

要注意发展低成本、小型化、高精度、定向毁伤及低附带毁伤的灵巧弹药,以便在城区作战中避免或尽可能减少对无辜百姓的杀伤及对民用设施的毁坏。

3) 发展网络化灵巧弹药,即将灵巧弹药置于网络之中,使弹药与弹药,弹药与指挥站之间可以双向通讯。此时自寻的弹药可以协调有序地识别和选择目标并选择合适的攻击方式。对于传统的 GPS/INS 制导弹药,一般只能攻击预先给定位置的目标,但置于网络后,指挥站可将通过某种方式获得的目标位置即时传送至弹药,弹药则依此导向目标,这样一来,它可以与带有导引头的弹药一样追踪运动目标。在网络弹药中,如果增加某弹药的留空时间或赋予其在一定区域内巡飞的能力,则可以发展成侦察或监视弹药。

4) 加强灵巧弹药零部件、组件甚至是子系统间的集成工作,通过集成,可实现功能和资源的协调、互补和共享,有利于提高系统的性能、可靠性和模块设计水平。如果将上述工作与发展相应的设计技术、制造技术、材料、工艺等有机结合起来,则可以有效地降低灵巧弹药零部件、组件的数量并减小其重量、体积和制造使用成本。这在未来的机动立体战争中有着重要意义。

为适应灵巧弹药发展的需要,应解决如下的基础性关键技术:

(1) 研发新的高性能探测器件,探索新的更宜于获取不同类型目标特征的电磁波段,在提高现有毫米波器件、红外器件、激光器件等性能并降低成本的同时,应加强其他电磁波段器件的开发,这对提高末敏弹和末制导弹的性能和抗干扰能力有重要意义。

(2) 加快研发微机电惯性器件(MEMS IMU)及微电机系统,实现 GPS/MEMS IMU 系统集成,解决好该系统抗火炮 20 000 g 甚至更大的高过载问题与高速度、高转速下的快速抓星和初始对准问题<sup>[5]</sup>。尤其要注意解决 MEMS IMU 的零点飘移问题。如果其零点飘移能达到或接近现有机械、激光、光纤陀螺的水平,则 GPS/MEMS IMU 系统在制导弹药及弹道修正弹药中的应用将具有革命性意义。因为其微型、高性能、低成本将使灵巧弹药变成真正意义上的小型、灵巧、低廉、高效弹药。

(3) 对于智能型灵巧弹药,要接收并处理来自

多种传感器的信息,识别多种目标,做出必要的选择和决策,而且,在许多情况下,这一过程是在短暂的弹道末段完成的。因此,对信息处理单元的速度和容量等有极高的要求,此时可将微处理器技术与现场可编程门阵列(field programable gate array, FPGA)技术结合起来,形成一种通用或标准的信息处理机制,并进而研发灵巧弹药的通用模块化信息处理单元。与此同时,要开发功能强大的目标识别软件系统,包括目标识别模型、完备的目标背景特征数据库、实时快速算法等。

综上所述,灵巧弹药的特点及其在未来战争中的作用已十分清楚。我国应该加大灵巧弹药技术与装备的研究开发力度,尽快形成装备体系,这是决定未来战争胜负的重要因素之一。要针对我国陆、海、空等军兵种的作战任务和特点,搞好灵巧弹药装备发展的体系设计,有重点、有选择、有步骤地予以实施;装备研制要贯彻高起点的方针,充分吸收和借鉴国外的先进技术,对某些关键技术可有重点地开展技术引进或技术合作;要重视库存传统弹药的灵巧化改造;要将灵巧弹药产品的研发、改型、推广、移植有机地结合起来,以加快装备体系的建设;要注重末敏弹技术、弹道修正技术、末制导或制导弹药技术的交叉和融合,突出关键共性技术的研究开发和工程应用;要加大基础器件如探测器件、MEMS IMU 器件等的研发力度,早日实现不依赖它国的目标。我们相信,经过 15~20 年的努力,将基本形成我国的灵巧弹药装备体系。

#### 参考文献

- [1] 杨绍卿. 灵巧弹药技术[C]. 弹药技术学术交流会, 2008
- [2] 郭美芳. 国外灵巧弹药现状与发展趋势[C]. 弹药技术学术交流会, 2008
- [3] 王颂康, 朱鹤松. 高新技术弹药[M]. 北京: 兵器工业出版社, 1997
- [4] 杨绍卿. 末敏弹、巡飞弹未来发展设想[C]. 高新技术弹药研讨会, 2006
- [5] Wilson J R. Smart munitions development relies heavily on MENS technology[J]. Military & Aerospace Electronics, 2003, (1)

(下转 18 页)