

防空反导战斗部毁伤增强型破片技术分析

张琳, 韩晓明

(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

摘要:分析了直接动能碰撞技术在防空反导中的不足,对目前采用的各种毁伤增强型破片技术进行了比较和分析,认为应当加强对新型破片杀伤技术的分析和研究,提高破片式战斗部的毁伤效能,以便更好地对防空导弹战斗部改进与提高。一方面可以满足防空导弹的多功能性,能同时对付反导和反空气动力学目标;另一方面具有相当高的经济性。

关键词:战斗部;防空;反导;毁伤;破片

中图分类号: TJ761

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2012)08-0015-03

战术弹道导弹(TBM)技术的发展与扩散已经成为使当今世界许多国家忧虑的问题。TBM 由于其射程远、速度快、飞行时间短、突防能力强以及破坏力巨大,已被列为威胁性最大的攻击性武器之一。反导导弹的战技性能尤其是战斗部的性能,对整个反 TBM 防御系统的重要性是不言而喻的。

1 直接动能碰撞杀伤的不足

防空导弹对付 TBM 的末段杀伤途径主要有两种:直接动能碰撞(KKV)技术和破片杀伤技术。目前大多数的研究热点都集中直接动能碰撞技术,认为采用破片杀伤技术的战斗部失去了优势。但是采用 KKV 方式击毁来袭目标,必须解决的主要技术难题是实现足够小的脱靶距离,甚至实现“零脱靶”,对导弹制导系统要求极高,而且必须采用轨控或姿控发动机推力控制技术。同时受不同 TBM 目标特征差异、目标突防措施、弹目交会参数等因素都影响着直接碰撞杀伤的最终威力。同时在大气层外拦截 TBM 时,由于拦截高度高,只要来袭弹头被击穿,甚至隔热层被损坏,便会导致弹头在再入大气层时被烧毁。因此,采用 KKV 技术的导弹无需配备专门的战斗部。但是对于低空反导必须引爆 TBM 弹头才能起到杀伤作用,此时 KKV 技术则显得力不从心,只能采用破片杀伤或者直接碰撞与破片杀伤相结合的方式。对于拦截飞机类目标,KKV 就不完全适用,因为当远程地空导弹采用高抛弹道时,遭遇点往往处于导弹的下降段,如果把弹体的大部分抛掉,大部分动能和位能也随之抛掉,不利于延长射程。如果临近目标再把动能拦截器与弹体其它部分分离,则消除干扰需较长的时间,并不对提高命中精度有利。所以拦截远程飞机类目标,破片杀伤技术具有一定的优势。从经济性方面来分析,无论是研制还是装备,KKV 技术

均耗资巨大,比如俄罗斯 9M92E2 导弹破片杀伤战斗部与爱国者 PAC-3/3KKV 性能指标基本相当,价格仅为 1/4 ~ 1/5^[1]。

目前防空导弹战斗部大多为杀伤爆破类战斗部,破片分布一般为周向均匀型,主要靠高速破片杀伤目标,只有在近距离情况下,爆轰波对目标才有一定的杀伤效果,单枚破片的重量在几克以内,最常见的为 2~4 g,所以破片的动能相对较低,从杀伤能量方面看,战斗部杀伤破片均具有击穿各类目标结构的能力,但一般不能引爆来袭弹头的装药,反 TBM 效果非常有限。因此必须对传统战斗部进行技术改进才能满足反导要求。

2 常规破片杀伤式

2.1 传统改进型破片

改进型破片杀伤式战斗部主要采用增大破片动能的方法,主要有增加破片速度,增大单枚破片质量,采用新型合金材料等。

在海湾战争中“爱国者”拦截“飞毛腿”的高成功率,显示了它的巨大威力,其成功的主要原因是根据所进攻的目标进行了不断改进,“爱国者”原来是作为攻击飞机的防空导弹系统设计的。上世纪 70 年代末 80 年代初,美国为了对付苏联的“飞毛腿”导弹,对“爱国者”进行了一系列改进,使其具有拦截 TBM 的能力。“爱国者”原型战斗部重量为 68 kg,采用全预制的钢质立方体破片,单枚质量 2 g,破片数共 21 000 枚左右,装药质量约 18 kg,破片初速度为 1 600 m/s 左右,在第一个阶段(PAC-1)战斗部未改变,PAC-1 阶段的战斗部虽然破片数很多,但破片的重量小、速度低,不具备直接引爆或解体装药弹头的能力;在“爱国者”改进的第二阶段(PAC-2),战斗部主要改进为:增大了破片重量,由原来的 2 g 增

收稿日期:2012-05-20

作者简介:张琳(1974—),男,硕士,讲师,主要从事导弹总体研究。

加到 45 g,总破片数约为 930 枚,战斗部重量 90 kg,其破片速度也得到一定的提高,改进后的战斗部破片打击动能得到大大提高,在较高的相对速度下,足以引爆来袭装药弹头,提高了“爱国者”摧毁 TBM 的能力,这种改进使得战斗部在不影响反飞机效率的同时,具备了反导的功能^[1]。

2.2 定向破片杀伤式

以前防空导弹战斗部杀伤元素的静态分布基本上是围绕战斗部纵轴沿径向均匀分布的。在轴向,杀伤元素集中在“飞散角”这一或宽或窄的区域内,不管目标位于战斗部的那个方位,在战斗部爆炸瞬间,目标在战斗部杀伤区内只占很小一部分,也就是说,战斗部杀伤元素的大部分并未得到利用。如果设法增加目标方向的杀伤元素或能量,甚至于把杀伤元素或能量全部集中到目标方向上去,将大大提高对目标的杀伤能力。同时,在保持一定杀伤能力的条件下,还可以减小战斗部的质量,这对提高导弹的总体性能也是很有意义的。这种把能量在径向相对集中的战斗部就是定向战斗部。定向战斗部使破片的利用率由原来的 15%~20% 提高到 70%~80%,炸药能量的利用率由原来的 17% 提高到 75% 左右^[3]。充分发挥了炸药的能量,提高了炸药的利用率。目前,美国的“爱国者”PAC-3 导弹的改进型和俄罗斯的 C300-B 系列导弹均采用了定向战斗部,且用大小两种质量的破片,大大提高了反 TBM 的能力并兼有反巡航导弹和反飞机的能力。

定向战斗部按照不同的分类标准可分为不同的类型。按定向方式可分为机械装定战斗部、变形战斗部和爆轰波瞄准战斗部;按结构形式可以分为中心起爆式战斗部、偏心起爆式战斗部、破片芯式定向战斗部和可变形定向战斗部等。

3 含能破片式

含能破片战斗部(energetic fragment warhead, EFW)也称反应破片战斗部(reactive fragment warhead, RFW),是破片自身含有一定化学能,在外界环境的激发下能发生化学反应并以此将目标装药引爆的一种特殊的预制破片战斗部。含能破片战斗部的破片一般由包括特殊材料在内的几种材料复合而成,含能破片击中目标后,首先利用破片机械能穿透目标防护层进入其内部,破片随之发生预期的破碎,反应材料迅速释放化学能,产生高温、高压,对目标起到爆炸杀伤作用。

根据含能破片自身化学反应类型的差异可分为燃烧式和爆炸式:燃烧式破片由具有燃烧特性的材料制成,在撞击目标时发生燃烧反应,并可在一定的条件下发生燃烧转爆轰,从而达到引爆目标的目的;爆炸式破片是由爆炸材料制成,在侵入目标时,破片内的爆炸材料发生爆炸反应,从而达到引爆目标的目的。

普通破片对导弹战斗部的杀伤是仅仅依靠自身的动能。当战斗部初始状态一定即爆炸驱动的初始条件一定时,若想做破片达到引爆战斗部主装药的杀伤效果是有很大难度的。含能破片除破片的动能杀伤外还可以依靠自身的爆炸和燃

烧能力为引爆导弹战斗部提供输入能量,其对目标内装药的引爆提供远大于破片自身动能的能量,可以克服单一杀伤方式的不足,在作用条件相同的情况下,含能破片会大大增加引爆目标——尤其是燃料舱和战斗部等易燃易爆目标的可能性,提高战斗部的杀伤效能^[2]。美海军研究署试验表明其威力半径是普通破片战斗部的两倍,并断定其潜在的杀伤威力相对普通破片战斗部可提高近 500% 左右^[4]。

含能破片主要存在的缺点:① 破片的设计、加工和装配比普通预制破片复杂;② 比普通预制破片的造价高;③ 破片的穿甲能力较差,还达不到钢质破片的侵彻性能,因而无法最有效的发挥破片穿透目标的杀伤后效。

4 横向效应增强型穿甲弹

横向效应增强型穿甲弹(penetrator with enhanced lateral efficiency, PELF)每个增强效应破片类似于一个小的 PELE 弹丸,其作用原理基于弹丸的内芯和外层弹体使用不同密度的材料的物理效应^[5]。外层弹体由钢或钨重金属制成,对付钢板时有良好的穿透性能;内芯用塑料或铝制成,不具有穿透性能。通过将两种材料结合到一起制成 PELE 弹丸。当弹丸命中目标后,外层弹体将穿透目标,同时塑料装填物在目标前方停止前行,弹丸内的压力将急剧增加,可达到数 GPa。一旦弹丸穿透目标,高压传入弹体内将导致弹体材料分解成破片。破片的数量和尺寸是弹丸长度的函数,可以进行调整。决定 PELE 效应的参数包括弹芯及外层弹体所采用的材料、弹丸和内部弹芯的尺寸。国外研究工作已经证实,PELE 概念可用于各种口径弹药,弹丸着靶速度从 400~3 000 m/s、着角从 0°~87° 均可产生 PELE 效应。

基于横向增强效应穿甲弹的原理,将防空导弹战斗部破片设计成具有特殊形状的横向增强效应小子弹。破片具有空气动力学稳定性和有利于提高破片侵彻能力的外形,主要由起侵彻作用的高密度外壳和产生增强效应的低密度内芯组成,可有效增强破片的侵彻能力和杀伤后效,提高破片杀伤战斗部的杀伤效能。该新概念破片具有优良的穿透性能和极佳的破片增强杀伤效应,可有效提高破片对 TBM 类目标的杀伤效能以及直接引爆 TBM 战斗部装药的能力,有着极为广阔的应用范围。

PELE 效应应用到杀伤战斗部杀伤元素上有另外两个关键问题需要解决:一是保持破片飞行弹道的稳定性;二是保护破片在爆炸载荷作用下不会受到导致 PELE 功能失效的毁坏。

5 动能杆式杀伤式

动能杆式战斗部是一种新型的反导技术,最初是由美国的 MICOM 研究发展和技术中心发展出的一种新概念战斗部^[6],该战斗部在战斗部设计和研制技术上是一重大进步,其原理采用低装填比战斗部,使战斗部大部分有效质量用于杀伤元素,在拦截中将大量动能杆条以较低的速度抛射到来

袭目标的路径上,形成一个分布密度较大的杆条分布区域,利用极高的弹目交会速度对 TBM 产生毁伤,继而摧毁 TBM 的目的。

由于动能杆抛射时的速度较低,因此战斗部的装药量较少,只占整个战斗部总质量的 20% 左右,杀伤元素占战斗部总质量的 70% ~ 80% 以上。而传统的破片杀伤战斗部的预制破片质量约占整个战斗部质量的 50%,其中作用于目标方向上的预制破片仅有 10% ~ 15%。因此,如果将质量完全相同的动能杆战斗部和传统的预制破片战斗部作用在目标方向上的破片质量进行比较,动能杆战斗部是预制破片战斗部的 16 ~ 20 倍^[7]。因此动能杆战斗部具有有效质量高、弹目交会速度快、杀伤威力高等优点,抛撒出的高密度大质量的杀伤杆条能穿透加固的 TBM 防护层摧毁弹头。

常见的动能杆战斗部装药结构形式有 3 种:中心式、夹层式和外层式装药。动能杆战斗部可以分为各向同性式、定向式以及复合式动能杆战斗部圈。其中,外层式装药与定向式动能杆战斗部相对应。

动能杆战斗部既能弥补直接碰撞杀伤方式的精度要求很高、毁伤范围有限的不足,同时具有采用动能反 TBM 技术的质量利用率高、毁伤威力高的优点^[8-10]。尤其结合定向杀伤技术的定向动能杆战斗部大大提高了杀伤元素在目标方向上的分布数量和分布密度,增强了对目标的杀伤能力,提高了对目标的杀伤概率,同时能降低战斗部质量,从而使拦截导弹更小、更快、机动性更强。动能杆式反 TBM 技术,其发展一方面顺应了导弹制导技术的提高带来的弹目交会脱靶量大大降低的趋势,另一方面又满足了当前对付来袭目标多弹头化、生化子母弹化的要求。同时相对于直接命中杀伤,也增大了对目标的杀伤概率。

6 结束语

在防空导弹与 TBM 不断发展的对抗中,防空导弹战斗部的改进和提高是关键环节之一。为了提高对 TBM 目标的毁伤效果,必须采用新理论、新结构和新材料等技术,以此提高战斗部威力。

KKV 技术虽然代表了未来反 TBM 的发展动向,但是对

传统防空导弹战斗部的改进和提高研究在现阶段仍有非常重要的现实需求,从多功能性和经济性来分析,兼顾反 TBM 和反空气动力学目标的防空导弹,有必要研制新型破片杀伤型战斗部,才能在日趋复杂的防空反导作战中利于不败之地。

参考文献:

- [1] 许绪堂. 深度解析美俄反导末段拦截技术[J]. 国际展望, 2006(8): 59-63.
- [2] 廖新华. 美俄反导末端拦截技术之异同[J]. 空军装备, 2008(5): 56-59.
- [3] 郭美芳. 国外弹药、导弹战斗部技术的现状与发展[C]//2005年弹药战斗部学术交流会议论文集, 2005: 1-8.
- [4] Kezhun, Werner Goldsmith. Impact on steel plate by tumbling projectiles experiment and analytical studies[C]//16th International Symposium On Ballistics San Francisco, 1996(9): 23-28.
- [5] 肖玲, 李林, 辛凯, 等. 横向效应增强型穿甲弹的侵彻机理及毁伤效应初探[J]. 防护工程, 2007(8): 72-75.
- [6] 万军. 动能杆类战斗部杀伤元素爆炸驱动的数值模拟研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2003: 32-34.
- [7] LLOYD R. Conventional Warhead Systems Physics and Engineering Design[R]. Progress in Astronautics and Aeronautics. AIAA-98-179, 1998.
- [8] 许诚, 汪洋, 胡习平, 等. 潜射防空导弹对反潜直升机毁伤研究[J]. 海军航空工程学院学报, 2011(1): 53-58.
- [9] 陈洋, 董桂旭, 宋之勇, 等. 战斗部约束条件下的立方体反导破片优化设计[J]. 海军航空工程学院学报, 2011(5): 549-554.
- [10] 胡波, 刘荣忠. 某型破片式战斗部仿真数据分析[J]. 四川兵工学报, 2011(5): 28-29.

(责任编辑 周江川)