

## 定向战斗部在空空导弹上的应用分析

张蓬蓬, 张俊宝, 宋琛  
(中国空空导弹研究院, 河南 洛阳 471009)

**摘要:** 定向战斗部是空空导弹提高对目标毁伤效能的重要手段。对偏心起爆式、爆炸变形式和径向随动式3种定向战斗部进行了性能仿真分析,并从总体设计的角度对3种战斗部在空空导弹上的应用进行了分析,结果表明,从总体设计、性能和应用灵活性上分析,偏心起爆式和爆炸变形式战斗部在空空导弹上具有较高的应用可行性。

**关键词:** 定向战斗部; 空空导弹; 偏心起爆战斗部; 爆炸变形战斗部; 径向随动战斗部

**中图分类号:** V271.4; TJ76 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-637X(2015)03-0093-04

## Application of Directional Warhead on Air to Air Missiles

ZHANG Peng-peng, ZHANG Jun-bao, SONG chen  
(China Airborne Missile Academy, Luoyang 471009, China)

**Abstract:** Directional warhead is an important measure for improving the target damaging capability of air to air missiles. Analysis is made to the capability of eccentric initiation warhead, deformable warhead and aimable warhead, and the application of the three kinds of warheads on air-to-air missiles is studied from overall design viewpoint. The result shows that the eccentric initiation warhead and deformable warhead have high feasibility to be used on air-to-air missile from the aspects of overall design, performance and flexibility.

**Key words:** directional warhead; air to air missile; eccentric initiation warhead; deformable warhead; aimable warhead

### 0 引言

空空导弹是夺取和保障制空权的首用利器,战斗部则是空空导弹毁伤目标的直接利刃。目前空空导弹一般采用常规杀伤战斗部,其结构为轴对称体,毁伤元素沿圆周径向 $360^\circ$ 均匀分布,在炸药爆轰驱动下沿圆周径向均匀飞散,形成一个轴对称的杀伤区域,只有较少的毁伤元素能够与目标遭遇,毁伤元素利用率为 $1/8 \sim 1/12$ <sup>[1]</sup>,存在毁伤元素利用效率低、毁伤效能差的缺点。

随着技术的发展,空中目标的种类和性能都出现了大幅提升,空战环境日益复杂,对空空导弹提出了巨大的挑战。除传统的战斗机外,无人作战飞机、超音速巡航导弹、地面防空雷达等都将成为空空导弹所要攻击的目标<sup>[2]</sup>,特别是对于无人机、巡航导弹等小目标,由于与战斗机目标的易损性不同,常规杀伤战斗部对其毁伤存在一定的局限性,为提高空空导弹的毁伤性能,战斗部定向高效毁伤技术已经成为空空导弹战斗

部发展的主要方向。

定向战斗部可使毁伤元素朝指定方向集中飞散,形成毁伤元素增益区,能有效提高毁伤元素的杀伤威力和导弹的杀伤概率。目前对定向战斗部已经开展了一定的理论和试验研究<sup>[3-8]</sup>,但在其应用上鲜有涉及,本文以定向战斗部在空空导弹上的应用为背景,采用数字仿真方法对几种定向战斗部进行了性能仿真分析,并立足空空导弹总体设计要求分析了定向战斗部应用的优缺点,旨在为空空导弹上应用定向战斗部提供参考。

### 1 几种定向战斗部的发展概况

定向战斗部有效地提高了能量利用率,可以在较低的质量和体积条件下达到甚至超过常规战斗部的毁伤效果。定向战斗部通常按照结构形式可分为偏心起爆式、爆炸变形式、随动式和破片芯式等。

偏心起爆式定向战斗部是利用爆炸逻辑网络选择位于目标相对方位的装药引爆,实现战斗部杀伤元素朝目标方向的相对集中,起爆点位于战斗部弹壁的位置,并且其偏置程度对径向能量分布有很大影响,越靠近弹壁,目标方向的能量增益越大。偏心起爆式定向战斗部结构如图1a所示。

爆炸变形式定向战斗部是当测知目标方位时,引爆目标方向上的辅助装药,在辅助装药爆轰加载下,战斗部在目标方位形成“D”字型的变形面,经过短暂延时后,再引爆主装药,主装药爆轰后,变形面上所形成的杀伤元素较集中地飞向目标,实现高效毁伤,起爆点一般处于战斗部的中心位置。爆炸变形式定向战斗部结构如图1b所示。

随动式定向战斗部分为径向随动式和轴向随动式,在导弹内可由伺服机构控制其做径向或轴向转动,在弹目交会前,根据交会条件,利用火工品燃烧或电机驱动伺服机构将战斗部装填的杀伤元素对准目标方位,实现高效毁伤。径向随动式定向战斗部结构如图1c所示。

破片芯式定向战斗部的杀伤元素放置于战斗部中心,利用辅助装药将处于目标方位的战斗部壳体炸开,推动临近装药向外翻转,然后引爆主装药使杀伤元素飞向目标。破片芯式定向战斗部结构如图1d所示。对于破片芯式定向战斗部,由于结构复杂,在空空导弹有限弹径下,会引起装药量少,杀伤元素难以获得足够毁伤目标的速度,所以在空空导弹上应用难度较大。

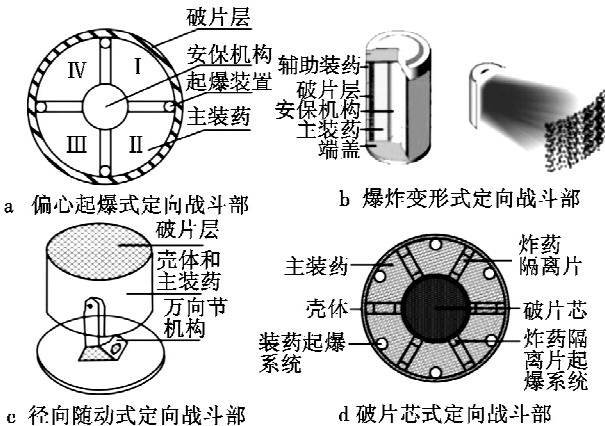


图1 不同类型定向战斗部原理示意图

Fig. 1 Schematic diagram of different kinds of directional warhead

几种定向战斗部的特点如表1所示。

表1 不同类型定向战斗部的特点

Table 1 Characteristics of different kinds of directional warhead

	速度增益效果	密度增益效果
偏心起爆式	显著	一般
爆炸变形式	显著	显著
随动式	显著	显著
破片芯式	一般	显著

为定量说明这几种定向战斗部的特点,以便于分析其在空空导弹上的应用前景,本文利用有限元分析模型对偏心起爆式战斗部、爆炸变形式战斗部和径向随动式战斗部杀伤性能进行了仿真分析(战斗部直径为203 mm,长度为250 mm)。仿真条件见表2,仿真结

果见表3,杀伤元素分布情况如图2~图5所示。

表2 典型仿真条件

Table 2 Typical simulation condition

直径/mm	长度/mm	壳体	主装药
203	250	钛合金	奥克托今混合炸药

表3 不同类型战斗部性能对比

Table 3 Performance of different kinds of directional warhead

战斗部类型	速度/ (m·s <sup>-1</sup> )	考核区域		
		速度增益/%	密度增益/%	能量增益/%
中心起爆式	2 451	0	0	0
偏心起爆式	3 127	27.6	3.5	76.3
爆炸变形式	2 732	11.5	61.2	73.5
径向随动式	3 214	31.1	78.6	136.3

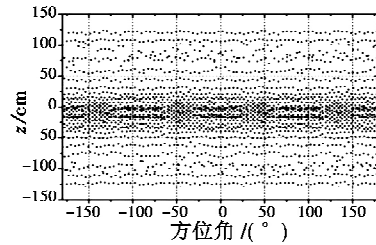


图2 中心起爆式战斗部破片飞散分布

Fig. 2 Fragment distribution of central initiation warhead

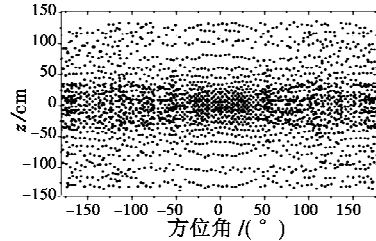


图3 偏心起爆式战斗部破片飞散分布

Fig. 3 Fragment distribution of eccentric initiation warhead

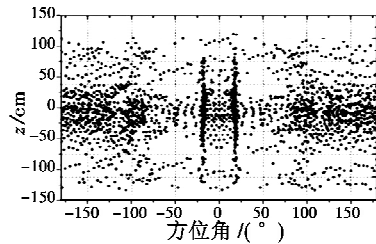


图4 爆炸变形式战斗部破片飞散分布

Fig. 4 Fragment distribution of deformable warhead

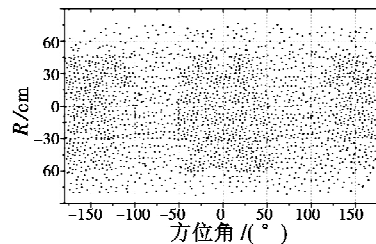


图5 径向随动式战斗部破片飞散分布

Fig. 5 Fragment distribution of aimable warhead

对以上仿真结果进行分析,结果表明:1)3种形式定向战斗部的最大破片速度均比非定向战斗部有所增加,其中径向随动式速度增益最大,为31.1%;2)3种形式定向战斗部的破片密度比非定向战斗部也都有增加,其中径向随动式密度增益最大,为78.6%。

分析原因:对于偏心起爆式定向战斗部,由于其起爆位置处于目标脱靶方位的对向,使得目标方位破片的有效装药增多,更多的能量转化成了破片的动能,使破片获得较大的初始速度,但是由于破片在战斗部外壁的布置形式没有变化,向目标方向的飞散角与中心起爆战斗部的飞散方式相差不大,因此破片的密度增益不明显。

对于爆炸变形式战斗部,辅助装药的变形使目标脱靶方位上的破片数量增多,战斗部破片的密度增益明显,但是采用的中心起爆方式,目标脱靶方位上破片的有效装药能量与中心起爆式战斗部相当,因此爆炸变形式战斗部破片的速度增益不明显。

对于径向随动式战斗部,万向系统为双轴装置时,其破片嵌装在战斗部的前端面,装药放在战斗部破片之后,通过万向系统的转动可使战斗部的破片端面对准目标脱靶方位,炸药起爆后几乎所有的破片都向目标飞散,使战斗部获得了较高的密度增益。

## 2 定向战斗部在空空导弹上的应用分析

通过上述仿真分析可以看出,定向战斗部相对于非定向战斗部在性能上具有巨大的优势,但考虑到空空导弹的体积、重量等因素,定向战斗部在空空导弹上应用也有一定的限制。下面从空空导弹总体设计的角度,对偏心起爆式、爆炸变形式和径向随动式3种定向战斗部的应用进行分析。

### 2.1 针对攻击未来空中目标的引战配合特性分析

随着技术的发展,隐身战斗机、超音速巡航导弹等空中目标逐渐登上历史舞台,这对空空导弹提出了新的挑战,特别是对超音速巡航导弹目标,其飞行马赫数可达到3以上,在弹目遭遇段,最大交会飞行马赫数可达9以上。由于弹目相对速度过快,战斗部起爆的最佳延迟时间缩短致使导弹脱靶。按照空空导弹引战配合理论,在脱靶量一定的情况下,最佳起爆延迟时间越短,战斗部要求的破片初速越高。通过上述对各型定向战斗部的性能仿真和对比可知,径向随动式和偏心起爆式定向战斗部的起爆初速增益较大,达30%以上,爆炸变形式战斗部的起爆初速增益略低。从高交会速度下的最佳引战配合方面分析,径向随动式和偏心起爆式定向战斗部更适合作战要求。

### 2.2 对未来目标的杀伤能力的分析

破片密度增益水平是影响战斗部杀伤能力的重要

因素。对于无人机、巡航导弹等目标,由于物理尺寸小,命靶的破片数量较少。因此,对于小目标的杀伤,一方面要求空空导弹战斗部尽量增大其静态飞散角,提高目标在飞散角内的穿越时间;另一方面尽量提高破片密度,增大命靶的破片数量。通过上述对各型定向战斗部的性能仿真和对比可知,在60°的考核区内,径向随动式和爆炸变形式定向战斗部的破片密度增益在50%以上,偏心起爆式的密度增益较小。因此,从提高命靶破片数量来看,径向随动式和爆炸变形式定向战斗部具有较好的性能。

### 2.3 战斗部应用条件方面的分析

爆炸变形式定向战斗部需要爆炸逻辑网络先引爆辅助装药,一方面辅助装药的爆炸力使战斗部发生变形,另一方面爆炸力也使空空导弹弹体受到了一个反向力,可能会使弹体姿态发生变化,影响导弹的攻击能力。在空空导弹上应用需要解决爆炸逻辑网络的设计、辅助装药起爆时导弹的控制问题,同时也需考虑变形对安保机构性能的影响。

对于径向随动式定向战斗部,其利用万向装置使战斗部破片端面朝向目标,万向装置的启动时间约为40~50 ms,然而空空导弹上的最佳延迟时间一般为30 ms以下,因此径向随动战斗部在应用中可能会导致炸点延迟,致使导弹脱靶。同时,径向随动式定向战斗部通常布置于空空导弹中段,破片飞散会受到前舱的巨大影响,考核区内的战斗部能量增益会受到严重的影响。

相较于前两种战斗部,偏心起爆式定向战斗部的性能虽然不是最优,但只需要设计爆炸逻辑网络配合具有定向功能的引信就可实现毁伤,在设计实现和应用上相对简单。

综合以上分析,3种定向战斗部在性能和应用上各有优劣,结合空空导弹的设计,不仅要考虑战斗部的毁伤性能,还要考虑战斗部的应用灵活性和设计难度,对于空空导弹,偏心起爆式和爆炸变形式定向战斗部具有较大的应用前景。

## 3 结束语

定向战斗部是空空导弹战斗部未来的发展趋势,能显著提升导弹对目标的毁伤能力。本文对偏心起爆式、爆炸变形式和径向随动式定向战斗部进行了总体性能分析和比较,并从总体设计的角度分析了它们在空空导弹上的应用前景,旨在为空空导弹战斗部的发展和应用提供启示。分析结果表明:从总体性能、设计难度及应用灵活性上来说,偏心起爆式和爆炸变形式定向战斗部在空空导弹上应用的可行性较高。

## 参 考 文 献

- [1] 袁正,孙志杰.空空导弹引战系统设计[M].北京:国防工业出版社,2007.(YUAN Z, SUN Z J. Air-to-air missile fuze-warhead design[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2007.)
- [2] 樊会涛.第五代空空导弹的特点及关键技术[J].航空科学技术,2011(3):1-5.(FAN H T. Characteristics and key technologies of the fifth generation of air to air missiles[J]. Aeronautical Science and Technology, 2011(3):1-5.)
- [3] ABERNATHY D D, ADAMS H D, GILBERTSON W L, et al. Variable geometry warhead:USA, 3960085[P].1976-06-01.
- [4] 李记刚,余文力,王涛.定向战斗部的研究现状及发展趋势[J].飞航导弹,2005(5):25-29.(LI J G, YU W L, WANG T. Research status and development trend of directional warhead[J]. Aerodynamic Missile Journal, 2005(5):25-29.)
- [5] 张天光.美英定向战斗部的研究与应用[J].航空兵器,2002(3):38-41.(ZHANG T G. Research and application of directional warhead in America and England[J]. Aero Weaponry, 2002(3):38-41.)
- [6] 刘俞平,冯成良,王绍慧.定向战斗部研究现状与发展趋势[J].飞航导弹,2010(10):88-93.(LIU Y P, FENG C L, WANG S H. Research status and development trend of directional warhead[J]. Aerodynamic Missile Journal, 2010(10):88-93.)
- [7] 兰志,杨亚东,韩玉.起爆方式对偏心式定向战斗部破片速度分布的影响研究[J].弹箭与制导学报,2010,30(3):159-161.(LAN Z, YANG Y D, HAN Y. Research on the distribution of fragment velocity of a eccentric initiation warhead by initiation mode[J]. Journal of Projectiles, Rockets, Missiles and Guidance, 2010, 30(3):159-161.)
- [8] 毛亮,姜春兰,严翰新,等.可瞄准预制破片战斗部数值模拟与试验研究[J].振动与冲击,2012,31(13):66-70,75.(MAO L, JIANG C L, YAN H X, et al. Numerical simulation and experiment on directional warhead of pre-made fragment[J]. Journal of Vibration and Shock, 2012, 31(13):66-70, 75.)
- (上接第 57 页)
- based on ant colony genetic algorithm[J]. Journal of Mechanical and Electronic, 2013(12):60-62.)
- [8] 张建德,徐金宝,陈行,等.基于量子遗传的摄像机参数标定方法研究[J].计算机工程与设计,2013,34(11):4037-4040.(ZHANG J D, XU J B, CHEN X, et al. Research of camera parameters calibration based on quantum genetic algorithm[J]. Computer Engineering and Design, 2013, 34(11):4037-4040.)
- [9] 刘超,李醒飞,郭敬滨,等.基于共线点的镜头畸变校正方法[J].计算机应用,2013,33(12):3555-3558.(LIU C, LI X F, GUO J B, et al. Lens distortion correction method based on collinear points[J]. Journal of Computer Applications, 2013, 33(12):3555-3558.)
- [10] 徐嵩,孙秀霞,刘树光,等.摄像机畸变标定的模型参考逼近方法[J].光学学报,2013,33(7):231-242.(XU S, SUN X X, LIU S G, et al. Model reference approaching method of camera distortion calibration[J]. Journal of Optics, 2013, 33(7):231-242.)
- [11] 储珺,郭卢安政,赵贵花.采用环形模板的棋盘格角点检测[J].光学精密工程,2013,21(1):189-196.(CHU J, GUO L A Z, ZHAO G H. Chessboard corner detection based in circular template[J]. Optics and Precision Engineering, 2013, 21(1):189-196.)

## 下 期 要 目

一种瞄准式战斗部瞄准控制方案  
 多无人机超视距空战博弈策略研究  
 基于相似理论和贝叶斯理论的航材失效率确定  
 舰载无人机保障激光末制导炮弹射击阵位配置  
 基于互信息的亚像素级立体视觉点匹配方法研究  
 激光主动成像图像边缘检测算法  
 基于多位域的等概率随机 IP 流抽样算法  
 基于 EMD 和误差匹配的动态测试系统误差溯源

结合 shearlet 与 Bayesian MAP 估计的图像去噪  
 反潜直升机吊声搜潜悬停探测飞行模型  
 主战飞机大修生产线能力评估方法  
 基于 ARINC661 的触摸屏显控系统研究与设计  
 基于线阵 CCD 的二维轮廓扫描系统  
 基于 Vague 集的潜艇威胁目标类型判别方法  
 用于胚胎电子阵列的实验系统  
 目标的位置信息场定位技术