

## 【综述】

## 计转数定距弹炸点控制影响因素分析

姚则武, 崔厚保, 方向东

(海军驻西南地区弹药专业军事代表室, 重庆 400021)

**摘要:**通过对计转数定距弹炸点控制影响因素进行分析、归纳、分类,理清了计转数定距弹炸点控制的研究思路,并提出“严格区分随机误差和系统误差,从严控制随机误差源,努力消除系统误差”的观点。

**关键词:**计转数;定距;炸点控制

**中图分类号:**E274.6

**文献标识码:**A

**文章编号:**1006-0707(2008)01-0022-04

炸点精确控制是现代高科技局部战争中使用精确打击武器实施精确打击的前提条件。近年来,世界各国精确打击武器的研发工作正方兴未艾,炸点精确控制技术的开发和应用更是如火如荼。仅在常规武器方面,就先后出现了利用多普勒原理实现对炸点精确控制的博福斯40 mm近炸引信预制破片弹,利用大闭环原理和弹底可编程电子时间引信,实现对炸点精确控制的瑞士35 mm AHEAD弹,利用计转数原理实施定距的某口径定距弹等新型弹药产品。其中利用计转数原理实施的某口径定距引信预制破片弹在国外刚刚问世,国内的科研工作也才起步,为了加快国内计转数定距弹的研制进程,有必要对其炸点控制影响因素进行全面分析、归纳和分类。

## 1 计转数定距弹的基本工作原理

计转数定距弹炸点控制的工作原理与其他精确炸点控制弹药的不同仅在于:该弹利用线膛火炮发射的弹丸在弹道升弧段尤其是直线段内,

每旋转一圈轴向行程基本不变的弹道规律,即 $L = \eta d$ ( $\eta$ 为炮管缠度, $d$ 为口径),由特定的装定装置将武器系统发现、跟踪、测量来袭目标后解算射击诸元确定的弹目未来相遇点距离转换成所对应的弹丸旋转圈数,通过电磁感应方式在炮弹上膛过程中适时传输给引信。弹丸出炮口后,引信中的计数器利用弹丸旋转、引信内部设置的闭合线圈和地磁场及空间电磁场间产生的相对运动关系来计量弹丸旋转圈数。当弹丸实际旋转圈数与设定圈数相等时,引信起爆弹丸,弹丸爆炸后,产生大量破片或在空中向前抛洒出大量预制破片,当来袭目标在空中破片幕中穿行时,这些高比动能破片将造成气动外形破坏、内部控制系统误动作等,从而偏离预定航路或直接被毁伤。

## 2 炸点控制影响因素分析

炸点精确控制是计转数定距弹有效抗击来袭导弹目标的关键。炸点精确控制主要是指对

\* 收稿日期:2007-10-12

作者简介:姚则武(1972—),男,安徽肥西人,工程师,主要从事弹药监造工作。

“弹一目”相对空间位置的精确控制.对于抗击来袭目标的武器系统而言,虽然确定“弹一目”相对空间位置并不是什么特殊要求,但对计转数定距弹来讲,“弹一目”相对空间位置是否准确却显得尤为重要.下面从信息获取、信息转换、信息装定、炮弹发射、弹丸飞行、弹目交会等方面分别对计转数定距弹使用过程中各影响因素进行分析.

### 2.1 信息获取过程中的影响因素

引信装定信息的获取是伴随着武器系统发现、跟踪、瞄准目标完成的.获取信息准确与否,不仅与来袭目标的类型、雷达反射面积的大小、运动速度和航向密切相关,而且与该系统配备的搜索、跟踪、瞄准设备的精度和火控计算机的运算速度、计算模型关系极大.对舰炮武器系统所用计转数定距弹而言,引信装定所需信息主要是指经指挥控制系统解算并适时向引信装定装置传送的“弹一目”未来相遇点的“相对空间位置”参数.因此,凡是影响指挥控制系统解算,并适时向引信装定装置传送的“弹一目”未来相遇点的“相对空间位置”参数的因素,都会对炸点控制精度产生不利影响.

### 2.2 信息转换过程中的影响因素

经指挥控制系统解算并适时向引信装定装置传送的“弹一目”未来相遇点的“相对空间位置”参数,必须经装定装置实时转换成弹丸出炮口后在飞行中旋转的圈数,并通过电磁感应方式在炮弹上膛过程中传输给引信.只有定距弹计转数引信可靠接收到装定装置给出的装定信息—弹丸出炮口后在飞行中旋转的圈数,才算信息转换过程结束.由于射击必须控制在对来袭目标产生最佳毁伤的时点,而来袭目标是运动的,指挥控制系统解算并适时向引信装定装置传送的“弹一目”未来相遇点的“相对空间位置”参数也是连续的.因此,凡是影响装定装置转换信息连续性和可靠性的因素,都会对炸点控制精度产生不利影响.

### 2.3 信息装定过程中的影响因素

信息装定过程,即引信装定装置将指挥控制系统解算并适时向引信装定装置传送的“弹一目”未来相遇点的“相对空间位置”参数,转换成弹丸出炮口后在飞行中旋转的圈数,并通过电磁感应方式在炮弹上膛过程中传输给引信的整个动作过程.由于装定装置传送的“弹一目”未来相遇点的“相对空间位置”参数是连续的,经装定装置转换成弹丸出炮口后在飞行中旋转的圈数并通过电磁感应方式在炮弹上膛过程中传输给引信的动作也是连续不断的.因此,凡是影响装定装置传输信息连续性和可靠性,影响引信连续、可靠接收信息的因素,都会对炸点控制精度产生不利影响.

### 2.4 炮弹发射过程中的影响因素

炮弹发射过程中对计转数定距弹炸点控制精度的影响因素主要有5个方面:一是点、连射产生的振动对出炮口弹丸的扰动;二是当目标航路勾径不为零时追踪射击对出炮口弹丸的牵连扰动;三是出炮口弹丸的初速跳动;四是弹丸在膛内运动,使定心部或者圆柱部产生膛线刻痕(尤其对于磨损炮管,弹炮间隙大、刻痕不均);五是火药气体对弹丸的烧蚀,轻金属弹体材料在膛内烧蚀现象更为严重.上述5个方面都将对弹丸出炮口后的外弹道飞行产生不利影响.

### 2.5 弹丸飞行过程中的影响因素

弹丸出炮口时速度与角速度的关系为:

$$\omega = 2\pi v/\eta d$$

其中: $\omega$ 为角速度; $v$ 为速度; $\eta$ 为炮管缠度; $d$ 为口径.

根据计转数定距弹炸点控制的工作原理,弹丸出炮口在飞行过程中,只要弹丸角速度衰减规律不发生改变,其运动规律基本无大的变化.如前所述,火炮点、连射产生的振动,追踪射击对出炮口弹丸的牵连扰动,出炮口弹丸的初速跳动,弹丸在膛内运动使定心部或者圆柱部产生膛线刻痕,火药气体对弹丸特别是轻金属弹体材料的

烧蚀都是客观存在的事实,而且大部分都是随机出现的,有的通过影响弹丸出炮口的章动角来影响弹丸角速度衰减规律,有的直接影响弹丸角速度衰减规律.据有关文献资料介绍:弹丸章动角发生 $5^\circ$ 的变化,2 000 m 距离将会有 30~40 转的误差,对于某小口径计转数定距弹而言,可能产生 60~80 m 的误差;而弹带飞边、弹丸表面光洁度变化、出炮口后表面烧蚀、阳线刻痕不均、引信塑料风帽的强度不足造成的破裂乃至脱落等,都将严重影响弹丸角速度衰减规律,进而影响计转数定距弹炸点控制精度.某型引信利用弹丸角速度衰减离心力下降来实现自毁功能,其基本原理与计转数定距弹炸点控制相似.大量的自毁时间试验表明,上述 5 方面因素对角速度的衰减规律均有较大影响,并且随着弹丸飞行距离的增加,累积效果逐渐显著.

根据斯列斯金公式:

$$\omega_t = \omega_0 e^{-0.00244j_x \int_0^t [H(Y)]^5 [K(Y)]^5 V^5 dt}$$

其中: $\omega_t$ 为弹丸在 $t$ 瞬间的角速度; $\omega_0$ 为弹丸在炮口处的角速度; $V$ 为速度; $H(Y)$ 为随弹丸飞行高度 $Y$ 变化的空气密度函数; $K(Y)$ 为随弹丸飞行高度 $Y$ 变化的空气黏度函数; $j_x$ 为与弹形有关的参数.

空气密度、环境温度对空中飞行的弹丸产生空气摩擦阻力,从而导致角速度逐渐降低.

据有关文献记载,横风对角速度衰减是很小的,可以忽略不计,但纵风的影响较大.此外,射角不同,弹丸飞行高度发生变化,不同高度的空气密度也有一定的差异.弹丸在加工制造过程中产生偏心,尤其是当内装预制破片之间存有间隙时,在膛内产生不均匀的阳线刻痕,在出炮口高速转动情况下更会加大偏心.因此,不同射角和弹丸在加工制造过程中产生偏心也对角速度衰减规律产生不利影响.

## 2.6 计转数引信工作过程的影响因素

计转数定距引信与一般的电子引信结构基本类似,主要差别在电子头上,其电子头由计转

数传感器、信号处理电路、控制逻辑电路、发火电路、自毁电路、装定接收线圈等组成.发射前,定距引信中的安全系统处于隔离位置、储备式电源未激活、电雷管处于地对地短路状态.发射时,储备式电源后坐过载和离心过载被激活,经过一定时间才给电路供电.弹丸出炮口后,引信中的计转数传感器开始记录弹丸旋转的圈数;当计转数传感器记录的圈数达到预先装定圈数时,控制电路输出点火信号,引信作用.由上述引信工作过程可知,计转数定距引信工作过程中影响炸点控制的因素主要有以下几方面:

一是电路起始工作点的影响.该引信的电源采用化学电池,由储液瓶、电池堆合件和壳体组成.储液瓶在弹丸发射后,后坐过载和离心过载被激活,开始给电路供电,电路开始工作.在这一过程中,电池激活、电压转换芯片和单片机复位需要一段时间,然后计转数器才能记录弹丸的转数.每发引信的电池激活、电压转换芯片和单片机复位时间存在散差,该散差将导致定距精度出现误差.

二是炮口干扰区域的影响.由于炮口火焰的存在,在炮口产生电离气体干扰区域内计转数器不能记录弹丸转数.因此,电离气体干扰区域也将导致定距精度出现散差.

三是计转数器计数精度关系到该引信能否准确记录弹丸实际所转圈数,尤其在高、低温条件下,计转数器能否可靠工作,将直接影响炸点控制精度.

四是计转数器连续可重复改写信息的性能,包括在高、低温条件下的改写次数、时间间隔等,都将直接影响炸点控制精度.

五是装定接收线圈的工作可靠度和连续接收装定信息的性能,也将影响炸点控制精度.

## 3 炸点控制影响因素的分类

通过上述分析,影响计转数定距弹炸点控制

因素很多,而各影响因素对计转数定距弹炸点控制精度的影响并不完全相同。有的因素影响大,有的因素影响小;有的影响形成系统误差,有的影响形成随机误差。对于形成系统误差的因素,可以通过修正的办法消除。对于形成随机误差的因素,则应尽量在产品设计和加工制造时从严控制。只有根据不同误差的成因将上述影响因素进行合理分类,根据各影响因素可能产生误差的大小采取相应措施,才能保证计转数定距弹炸点控制达到预期作战目标。

一般地,上述影响计转数定距弹炸点控制精度的因素,按照产生误差的种类归纳可分为:

1) 产生系统误差的因素。包括火炮射角、环境温湿度、风力大小和风向、火控系统测量和计算误差、跟踪和瞄准设备引起的误差、装定装置转换信号产生的误差、装定装置使用不同装定信号方式产生的误差、引信电路起始工作点、炮口干扰区域对计转数定距引信的影响等。

2) 产生随机误差的因素。包括弹丸质心偏移以及因质心偏移在膛内运动导致弹体阳线刻痕不均、弹体外表烧蚀、弹带翻边、弹丸出炮口章动角的变化、火炮射击振动对出炮口弹丸的扰动、弹丸初速的跳动、计转数引信储备式电池的激活时间、计转数器的计数精度、计转数引信的电磁兼容性等。

## 4 结论

1) 计转数定距弹的研制,必须充分考虑各种因素对其炸点控制精度的影响,并按产生影响的种类、误差的大小进行分类,分别采取切实可行的措施。

2) 对可能产生系统误差的武器系统设备,按照可改进和不能改进加以区分,在装定装置研

制中确定转换信息时一并采取措施。

3) 在计转数定距弹研制中,应把重点放在减少随机误差、控制产生影响炸点散布的随机误差源上。

4) 从严控制出炮口弹丸的初速跳动和章动角、弹丸在膛内运动使定心部或者圆柱部产生膛线刻痕的均匀性、火药气体对弹丸特别是轻金属弹体材料的烧蚀、储备式电源激活时间、电压转换芯片和单片机复位电路工作时间散差,以及引信计转数器计数精度,尤其在高、低温条件下连续可重复改写信息次数、时间间隔等,对提高计转数定距弹炸点控制精度尤为重要。

5) 通过专用射表编制、引信装定装置信息转换软件的设计和武器系统射击控制台的改造,将系统误差带来的计转数定距弹炸点控制精确控制在可完成作战使命的范围内,也是极为关键的研制工作。

6) 计转数定距弹炸点控制精度能否满足抗击来袭导弹等目标的作战使命要求,特别是在配弹设计条件下,弹丸的结构方案确定后,关键取决于装定装置能否连续、可靠地转换和向计转数定距引信传输与装定信息,引信能否连续、可靠接收并准确记录装定装置装定的信息。尤其是在高、低温和火炮高速射击条件下,装定装置和引信计转数器能否可靠工作。

## 参考文献:

- [1] 《引信设计手册》编写组. 1978 引信设计手册[M]. 北京:国防工业出版社,1978.
- [2] 曹建海. 弹药设计[M]. 北京:国防工业出版社,1979.
- [3] 佚名. 弹道学[M]. 武汉:海军工程大学出版社,1982.
- [4] 吴金桥,陈荷娟,赖百坛. 小口径计转数定距引信的转数工程算法[J]. 四川兵工学报,2005(1):33-35.