

# 侵彻多层钢靶板过载测试技术

张美云<sup>1</sup>,王敬斌<sup>1</sup>,王丹<sup>1</sup>,石庚辰<sup>2</sup>

(1.西北工业集团有限公司,西安 710043; 2.北京理工大学机电学院,北京 100081)

**摘要:**针对在弹丸侵彻钢靶板过程中高过载带来的问题,研究了一种能够抗高冲击作用的弹丸侵彻多层钢靶板过载测试装置。该装置采用灌封、多层材料组合缓冲以及二次电源的措施,能保证测试装置抗高冲击作用和可靠工作。对弹丸侵彻多层钢靶板的过载特性进行了测试,结果表明所研究的测试装置能够可靠获取与记录弹丸穿过各层靶板时的加速度。

**关键词:**测试装置;多层靶板;抗冲击;过载

**本文引用格式:**张美云,王敬斌,王丹,等.侵彻多层钢靶板过载测试技术[J].兵器装备工程学报,2016(10):114-116.

**Citation format:**ZHANG Mei-yun, WANG Jing-bin, WANG Dan, et al. Overload Testing Technology of Penetrating Multi-Layer Steel Target Plate[J]. Journal of Ordnance Equipment Engineering, 2016(10):114-116.

中图分类号:TJ411

文献标识码:A

文章编号:2096-2304(2016)10-0114-03

## Overload Testing Technology of Penetrating Multi-Layer Steel Target Plate

ZHANG Mei-yun<sup>1</sup>, WANG Jing-bin<sup>1</sup>, WANG Dan<sup>1</sup>, SHI Geng-chen<sup>2</sup>

(1. Northwest Industries Group Co., Ltd., Xi'an 710043, China;

2. School of Mechatronical Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

**Abstract:** This paper presented a testing device with the ability of resisting high shock while penetrating multi-layer steel target plate to guarantee the high overload problem with plate process in the projectile penetrating steel target. Combined with potting technology, multi-layer shock absorb materials and secondary electrical power source, the device shows resistance to high shock and the ability of reliable working. Experiments on overload characteristic further proved that the device can collect and store the acceleration of penetrating multi-layer target plate with high reliability.

**Key words:** testing device; multi-layer target plate; resist high shock; overload

在现代战争中,出现了作为重要目标的机场跑道、机库、航母和高级指挥要地等各种高强度的、不同形式的综合防护目标,为了攻击这些高价值目标,侵彻弹药(含引信)相继出现。侵彻弹药在侵彻目标的过程中,要承受数万g的过载,这对弹体(及引信)的设计提出了更高的要求。战斗部在承受高g值加速度过载时,炸药可能因自身的惯性力而自炸,影响毁伤效果。引信也有可能承受高过载过程中,机械机构产生大的变形,或电子元器件受到损坏,使引信提前发火或瞎火。

因此,在侵彻弹药(及引信)的研制过程中,必须要测试侵彻过程的加速度信号,对所测过载数据进行系统分析,可得到弹体侵彻过载变化规律。对弹体的侵彻过载特性有清楚的认识,才能对弹药进行合理设计,从而保证弹体在侵彻过程中不会变形破坏,保证引信能够正常工作等。

国内外都非常重视侵彻过载的测试技术研究,基本上都是采用弹载测试技术,它可以测试并记录弹丸在膛内、飞行和穿靶三个过程中加速度过载信号。

本文采用弹内过载存储测试装置,对弹丸穿5层钢靶板

时的过载进行了测试,获得了可靠的过载试验数据,为进一步进行弹体及引信的设计提供了依据。

## 1 过载测试装置的组成与工作原理

过载测试装置用于测试、记录和存储弹体侵彻过载信息。该装置主要由稳压电路、贮能电路、信号处理电路、滤波电路、AD采集电路、存储记忆电路及传感器等组成。过载测试装置原理图如图1所示。加速度传感器采用压阻式传感器,用于检测弹体的侵彻过载,通过信号处理电路进行放大与滤波处理转变为适应A/D转换器要求的电压信号并存储在存储器中;接口电路及数据处理部分将静态存储器中的数据读取到计算机中进行分析处理,提供弹体侵彻过载测试的相关参数。

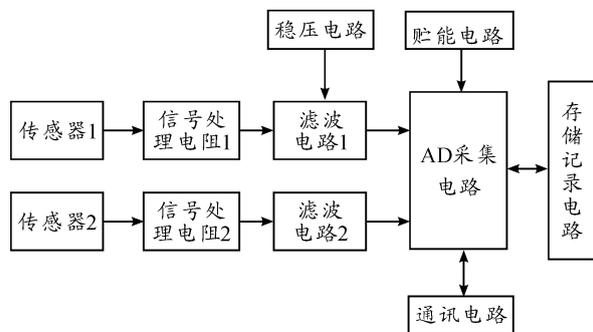


图1 过载测试装置原理图

为了能够可靠地得到测试数据,本装置采用冗余方法,即在一个过载测试装置中设计了两路相同的测试系统,用融合开关控制采集记录起点,对过载信号进行模拟采集,实现侵彻过载记录采集。

## 2 过载测试装置的关键技术

### 2.1 电路模块的缓冲保护

试验弹体侵彻靶板过程中,受到复杂的动载荷作用并产生巨大惯性力。在受到高速冲击碰撞时,要承受高达数万g的过载,必须要对过载测试装置中电路模块、数据记录芯片、引线进行缓冲保护,以免电路在高过载冲击下变形、损坏,不能进行可靠的记录或丢失数据。因此,对电路模块进行可靠的缓冲保护是研究过载测试装置的关键技术之一。

本论文缓冲保护采取了有两个措施,一是将过载测试装置整体灌封进行保护。过载测试装置所用材料、结构形状及各种电子元器件和复杂的内部机械结构给过载测试装置缓冲保护带来相当大的难度。为提高其抗冲击能力,采用灌封使其内部各电路模块固化成整体,使得电路中各元器件在受到冲击时,不会产生移动,避免了由于元器件的移动造成开焊等失效现象,这样可以极大提高测试系统的抗冲击能力。第二个措施是利用多种材料组合形成机械缓冲保护结构,降低对测试系统中元器件及机械结构的冲击强度,对过载测试

装置进行缓冲保护。根据应力波传播理论,应力波从一种介质传播到另一种波阻抗不同的介质时,会在分界面引起扰动,分别向两种介质中传播反射波和透射波的传播原理,本过载测试装置将毛毡、聚氨酯弹性体、聚四氟乙烯、紫铜等多种材料组合构成了缓冲结构。缓冲材料的弹塑性变形及阻尼作用,减弱了由于弹丸碰靶板时的减速运动而作用于过载测试装置上的力。除了起到缓冲减振作用以外,缓冲材料还能有效地隔离或衰减弹丸与靶板撞击时产生的应力波,利用应力波在不同介质的传递速度及衰减程度的不同,有效提高了对高冲击过载的缓冲效果,很好地保护了过载测试装置,使其能够在弹丸穿靶过程中可靠工作。

图2为测试装置的照片。

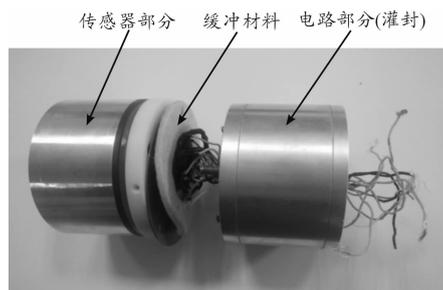


图2 测试装置

### 2.2 二次电源设计

测试时,将装有过载测试装置的弹丸装入炮膛之前,将电源接通。在发射过载的作用下,过载测试装置中的惯性开关闭合,启动信号采集,开始采集信号。

在碰靶板时,在高过载作用下,电池有可能损坏,为保证采集装置可靠供电,在采集装置的电路中增加二次电源设计。二次电源采取多个抗高过载电容并联方式,在电池给采集装置提供电源的同时,给采集装置二次电源贮能电容充电储能。图3为二次电源的示意图。在碰击靶板过程中,电池自身或者电池与记录装置的引线有可能损坏,电池不能继续为采集装置供电。此时,经过储能的二次电源启动,为记录装置信号处理电路、滤波电路、AD采集电路、存储记忆等电路供电,使过载测试装置能够继续可靠工作。

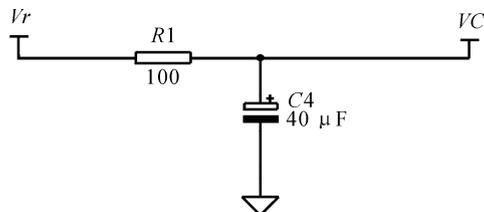


图3 二次电源单路贮能电容示意图

## 3 试验结果与分析

### 3.1 试验条件

本次试验为弹丸穿多层钢靶板过程中过载测试。

试验所用火炮为156滑膛炮,试验弹弹径156 mm,5层钢板靶,靶板间距分别为1.2、3、1.2、1.2 m,弹丸碰击第一层的着速为740 m/s。

### 3.2 测试结果

本次试验共进行了2发火炮试验,获取了4条过载加速度曲线,图4所示为其中的1条过载测试曲线。

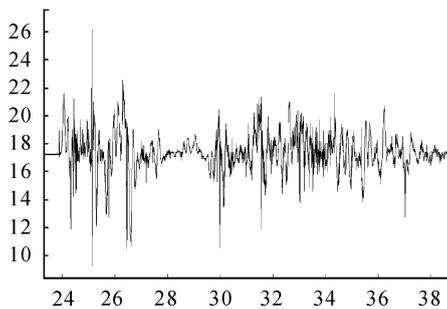


图4 传感器测试曲线

### 3.3 测试结果分析

弹丸侵彻靶板时,其侵彻过程非常复杂,作用在弹体上的各种振动信号非常丰富。所测侵彻过载曲线中除弹体本身的刚体过载信号外,不可避免地会叠加其他信号,在加速度信号中表现为信号包含有较高的频率分量。

而过载特性研究中主要关心的是弹体本身的刚体过载,要想从复杂的测试信号中获取刚体过载,必须按一定的原则

对所测信号进行处理,去除非刚体过载频率成分的信号,保留刚体过载信号。数据处理的关键就是滤波频率的选择,滤波频率选择偏高或偏低,都不能获得真实的刚体过载。

参考有关侵彻过载数据滤波及弹体侵彻过载刚体过载确定方法的研究文献<sup>[1-3]</sup>,确定滤波频率的选取原则。

从高到低依次采用不同的滤波频率对测试的加速度过载曲线进行滤波处理,直至所处理出的冲击加速度幅值发生下降的变化,此时得到的加速度过载值即为弹丸本身的刚体过载。

图5为经过滤波后加速度过载曲线。图中标注的数字和对应的脉冲是弹丸碰击靶板的层数和碰击靶板时加速度。

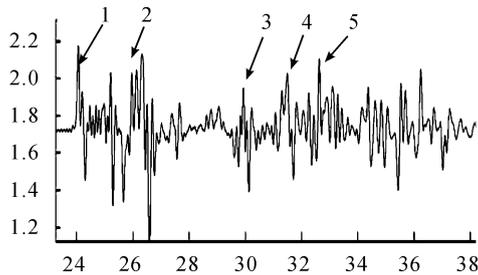


图5 滤波后的曲线

经过数据处理,得到弹丸穿各层靶板时的加速度过载值和过载持续时间,结果汇总于表1所示。

表1 弹丸穿各层靶板时的过载

穿第1层靶		穿第2层靶		穿第3层靶		穿第4层靶		穿第5层靶	
过载峰值/ (万g)	过载持续 时间/ $\mu$ s								
2	200	1.2	130	1.72	110	1.8	200	1.78	200

通过上述数据处理,可以看到:弹丸在穿靶过程中的过载为1.7万g到2万g,最大过载为穿第一层靶板时的2万g。穿靶过载的大小与弹丸穿靶速度以及弹丸的穿靶姿态(弹的攻角)有关。穿靶过载的持续时间为110~200  $\mu$ s,这和弹丸的穿靶速度有关。穿靶时间散布比较大,与穿靶时信号比较复杂以及读取数据的方法有关。

## 4 结论

对弹丸侵彻多层钢板靶时过载测试技术进行了研究,设计了测试装置,掌握了保证测试装置可靠工作的关键。采用本文研究的测试装置进行了弹丸穿靶测试,获取了弹丸穿过各层靶板时的过载加速度曲线,对测试结果进行了数据处理与分析。试验结果表明:本文所研究的测试装置能够经受住156火炮发射时的高冲击过载的作用,测试装置能够可靠获取与记录弹丸穿过各层靶板时的加速度。弹丸侵彻多层靶板的测试对掌握弹体侵彻钢板目标的过载特性,为弹体和引

信强度的合理设计,提供了基本依据。

## 参考文献:

- [1] 范锦彪,祖静,徐鹏,等.弹丸侵彻混凝土目标减加速度信号的处理原则[J].探测与控制学报,2012,34(4):1-5.
- [2] 黄家蓉,刘瑞朝,何翔,等.侵彻过载测试信号的数据处理方法[J].爆炸与冲击,2009,29(5):555-560.
- [3] 王成华,陈佩银,徐孝诚.侵彻过载实测数据的滤波及弹体侵彻刚体过载的确定[J].爆炸与冲击,2007,27(5):416-419.
- [4] 陈勇军,王雨时,闻泉.炮射穿甲爆破弹弹底引信前冲过载系数仿真方法[J].探测与控制学报,2015(2):40-45.