

文章编号: 1001-1455 (2000)03-0274-04

飞片冲击起爆试验装置中炮筒材料的研究

马贵春, 谭迎新, 张景林, 张小春

(华北工学院八系, 山西 太原 030051)

摘要: 用碳素工具钢 T7 代替蓝宝石制作的炮筒, 大大降低了飞片冲击起爆试验的费用, 对炸药的冲击起爆机理的研究提供了便利。

关键词: 飞片; 冲击起爆; 起爆机理; 炮筒

中图分类号: TJ510.4 文献标识码: A

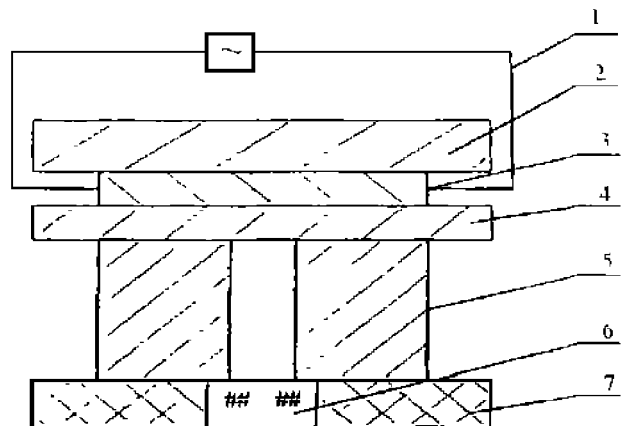
1 引言

对炸药的冲击起爆机理的研究, 在实验室内一般有两种方法。一种为隔板实验, 即在主发药和被试验炸药之间加惰性材料, 获得平面冲击波来起爆试验炸药, 冲击波幅值和时间宽度的改变可以通过采用不同的冲击阻抗惰性材料和改变厚度来得到。另一种方法是撞击试验, 利用飞片来撞击被试验的炸药, 可以改变飞片的速度来调整冲击波幅值, 改变飞片的厚度获得不同的脉冲宽度, 飞片可以用炸药、气体炮和电爆炸箔等方法来推动。特别是在近几年内, 随着高性能武器弹药的发展, 对弹药安全性和可靠性以及引爆系统的性能和小型化要求越来越高, 于是人们对非均质炸药冲击起爆机理的研究更趋向于用电爆炸箔驱动飞片这一方法。在这一方式的基础上, 我们对炮筒材料进行了研究, 在保证实验数据精确测得的同时, 从经济性考虑, 提出选用一种金属材料从而大大降低了试验成本, 为大多数科研机构进行专门研究提供了方便和可能。

2 试验装置及工作原理^[1]

2.1 试验装置

电爆炸箔驱动飞片冲击起爆试验装置结构如图 1 所示。主要由基板、爆炸箔、飞片、炮筒、有机玻璃套管、受主炸药及电路系统等组成。其中爆炸箔是 0.02mm 或 0.035mm 厚的紫铜箔, 爆炸区(桥箔)尺寸从 4mm×4mm ~ 15mm×15mm。飞片材料是 Mylar 膜或抛光的有机玻璃



1. Electric circuit; 2. Base plate; 3. Exploding foil;
4. Flyer; 5. Barrel; 6. Explosive; 7. Charge holder

图 1 爆炸箔起爆器结构示意图

Fig.1 Structure of electrically exploding foil initiator

* 收稿日期: 1999-10-26; 修回日期: 1999-11-26
作者简介: 马贵春(1968—), 男, 硕士, 讲师。

片,飞片厚度变化范围为 0.06~0.75mm。

2.2 工作原理

利用电路作为能源系统,使爆炸箔片电爆形成箔蒸气并驱动飞片快速运动。此时飞片被炮筒断面切割,使切下的飞片沿炮筒运动达到一定速度后冲击受主炸药,然后测出飞片的速度,研究飞片的速度和厚度的不同对受主炸药冲击起爆的影响。

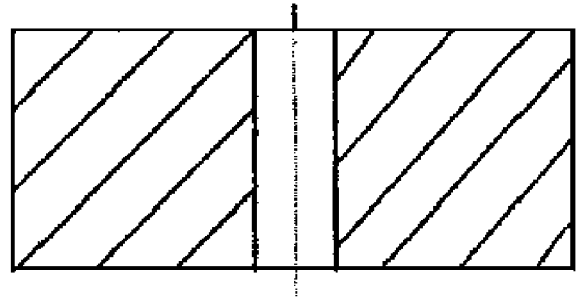


图2 炮筒结构图

Fig.2 Structure of barrel

3 炮筒的研制

3.1 炮筒结构及原理

炮筒结构如图2,形状是一套筒,其中圆孔的直径为 1mm,套筒外径为 5~8mm,套筒高度为 3~5mm。它是飞片撞击试验装置中一个非常重要的组成部件,一方面它相当于刀具的作用,对粘在一端的飞片起到切割的作用;另一方面它又起一导向的作用,使切割下的飞片沿着炮筒的圆孔穿出,然后冲击到受主炸药上。所以说炮筒材料选择的好坏,加工质量的高低直接影响到实验数据和结果。为此,有必要对其材料的选取及加工工艺等方面作一具体论述。

3.2 炮筒材料的选取^[2,3]

由于炮筒在试验装置中的作用主要是切割和导向飞片,所以在选择炮筒材料时必须满足两方面的要求。

3.2.1 蓝宝石环的选取

以往的电爆炸箔飞片冲击起爆试验装置,基本上采用由蓝宝石制作成的环状炮筒。由于宝石材料硬度极高,摩擦因数小,耐磨性强,且宝石端面的刀刃可以极为锋利平直,所以切下的飞片可顺利地通过蓝宝石炮筒去冲击受主炸药,因此种材料可以保证实验很好地进行,并保证试验数据的精确测得。但是,飞片冲击起爆试验需要收集大量的数据,要做多次实验(大约 500~1000次),势必造成实验成本费用的成倍增长。因为每个蓝宝石环大概是 30~50元,再加上实验中炮筒的一次性使用,要做一种炸药的飞片实验,仅蓝宝石环就花费 1.5~5万元,很不经济,且给研究机构带来了一定的困难和不便。

3.2.2 陶瓷材料的选取

为了降低试验的成本,我们尝试选用陶瓷材料来制作炮筒。常用的刀具陶瓷有两种:一种是纯 Al_2O_3 陶瓷,一种是 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$ 混合陶瓷。它们虽具有很高的硬度和耐磨性,但由于它们是脆性材料,冲击韧性很差,所以由其加工出的炮筒的刀刃不是很平直,进而切下的飞片不能很好地冲击受主炸药,最终实验测出的数据失真性较大。虽说陶瓷炮筒的成本成倍地下降,但测出的数据偏差较大,不能很好地用来研究炸药的冲击起爆机理。

3.2.3 金属材料的选取

为了避免实验测出的数据偏差,更好地接近真实值。我们在保证实验费用大幅度降低的前提下,选用了一种金属材料即碳素工具钢 T7 来制作炮筒,它除具有一定的硬度和耐磨性外,还具有足够的强度和韧性。这样,一方面保证了炮筒端面的刀刃锋利、平直,另一方面又保证了炮筒端面在切割飞片过程中在冲击和振动的条件下工作而不产生崩刃和折断,从而总体上保证了飞片顺利冲击及实验的顺利进行。由于选用碳素工具钢 T7,较陶瓷材料而言,成本又

成倍地降低,每个炮筒从 30~50 元降低到 7~8 元,而且所测得的数据有很好的可比性,所以在飞片冲击起爆试验中可以代替以往的蓝宝石炮筒来研究炸药的冲击起爆机理。

3.3 炮筒加工工艺规程的拟定

根据所选定的材料以及炮筒的主要用途,现提出技术尺寸为:炮筒圆孔直径为 1mm,孔上偏差为+0.012mm,孔下偏差为+0.004mm,圆孔粗糙度为 0.4,上端面粗糙度为 0.05。合理的工艺规程或者说加工过程应该为:车一端面(打中心孔)→车另一端面(打中心孔)→钻孔 1mm →研磨上端面→研磨 1mm 孔。

4 实验结果

自从 1969 年 F. E. Waller 等^[4]通过飞片实验得出 $p^2\tau=c$ 这一著名结果以来,关于临界起爆能量的概念已被普遍接受。这一理论认为只有当飞片传递给炸药的冲击脉冲能量 $p^2\tau$ 大于某一临界值时,炸药才能被引爆,这里 p 代表冲击压力,由飞片的速度决定, τ 代表冲击压力持续的时间,由飞片厚度确定。本实验是在同样的试验条件下,用陶瓷、T7 材料制作的炮筒分别对同一厚度的飞片进行了测试,试验数据见表 1,并给出了文献^[5~6]中蓝宝石炮筒所测得的 p 值。

表 1 实验结果与文献数据比较

Table 1 Experimental results comparing with documental data

炸药	$\rho/(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$	冲击压力 p/GPa		
		蓝宝石	陶瓷	T7
PBX-9404	1.84	6.45	7.05	6.46
铸装 TNT	1.65	10.40	12.61	10.38
RDX	1.45	0.28	0.97	0.28

5 结 论

炸药冲击起爆机理的研究问题具有十分重要的现实意义,许多研究工作虽然解决了众多实际问题,但试验费用的大量投入导致研究经费短缺,这一问题常使研究机构的人员为难。我们分别将陶瓷、碳素工具钢 T7 两种材料制作成的炮筒应用在电爆炸箔驱动飞片冲击起爆试验装置中进行试验,结果发现,运用碳素工具钢 T7 制作成的炮筒在试验时,得出的数据与文献中蓝宝石炮筒所测得的数据惊人的相似,而用陶瓷制作成的炮筒在试验时得出的数据与其它两种相比有一定的误差。因此我们提出在飞片冲击起爆试验装置中,用碳素工具钢 T7 制成的炮筒来代替过去常用蓝宝石制作成的炮筒。研究表明,用 T7 制作成的炮筒在试验中所测数据真实、可靠,而且成本费用成倍地降低,从而节省了大量的资金,为更好地研究炸药的冲击起爆机理提供了可靠的保障。

参考文献:

- [1] 周之奎,卫玉章.凝聚炸药的短脉冲冲击起爆[J].爆炸与冲击,1992,12(1):77—78.
- [2] 陈日翟.金属切削原理[M].北京:机械工业出版社,1985.15—30.
- [3] 林复生.实用机械零件手册[M].广西:广西人民出版社,1986.72—73.
- [4] Waller F E, Wasley R J. Critical Energy for the Shock Initiation of Heterogeneous Explosives [J]. Explosives, Explosive Stoffs, 1969, 17(1):9—10.

- [5] Seay G E, Sealy L B. Shock Initiation and the Critical Energy Concept [J] . Appl Phys, 1961, 32 (8): 1092—1093.
[6] Ramsay J B, Popolote A. Proc 4th Symposium (International) on Detonation [C] . 1965. 235—236.

A Study on Barrel Material of Measurement Device on Flyer Impact Initiation

MA Gui-chun, TAN Ying-xin, ZHANG Jing-lin, ZHANG Xiao-chun
(*North China Institute of Technology, Taiyuan, Shanxi 030051, China*)

Abstract: In this paper, a kind of metal material is presented, it makes the cost of the flyer impact initiation detonation experiment much lower than before and provide the availability for people to study the impact initiation mechanism of explosive.

Key words: flyer; impact initiation; initiation mechanism; barrel