

文章编号: 1006-9941(2003)03-0141-03

点火强度对 B 炸药燃烧行为之影响

王世英, 胡焕性

(西安近代化学研究所, 陕西 西安 710065)

摘要: 用燃烧转爆轰(DDT)管实验对 B 炸药在不同点火强度下的燃烧行为进行了研究, 实验以硝化棉作为点火药, 通过调节火药量控制点火强度, 结果表明, 随着点火强度的增加, B 炸药的反应速度增大。

关键词: 物理化学; 点火强度; 燃烧行为; 光电三极管; 应变片

中图分类号: TQ560

文献标识码: A

1 引言

B 炸药作为一种高能混合炸药, 由于其具有多种优良的性能, 如较高的能量、适中的价格、良好的安全性等, 已得到较广泛的应用。为保证其应用过程中的安全性, 需要对其点火强度——燃烧反应的特性进行细致的研究。美国学者曾于 20 世纪 80 年代利用高压点火装置对 B 炸药的点火阈值与其响应的关系进行了研究^[1,2], 该实验的基本原理是将粉状 B 炸药首先施加一定的外界静态应力加载, 然后利用电容器放电到镍铬丝, 镍铬丝放出的能量使 B 炸药点火或燃烧, 通过调整电容器的加载电压来控制镍铬丝放出的能量大小, 最终可得到外加应力、点火阈值(电容器放电电压或镍铬丝产生的能量)及 B 炸药响应的关系。

点火强度对 B 炸药燃烧行为之影响, 是指点火的初始能量对其燃烧波形成和传播的影响, 该研究不但可以为 B 炸药的安全储存和运输提供判据, 而且可为 B 炸药装填大口径榴弹发射时装药点火—燃烧—爆轰之间的关系提出指导性建议和理论根据。

本文所述的实验研究是利用 DDT 管实验来实现对 B 炸药粉状装药点火强度的调节, 建立实验连接、安装及测试系统。

2 实验

对于 B 炸药多孔装药的燃烧(在 DDT 管中实验)从过程上讲, 就是点火→燃烧(传导和对流燃烧)→热点形成(压缩燃烧)→稳定爆轰^[3], 以上过程并非在所有的 DDT 实验中都存在, 随炸药种类、状态、约束条件和点火强弱的不同, 某些阶段可能占主导地位, 而另外一些阶段可能不明显。

实验过程中, 通过点火药(硝化棉)量来调整点火强度; 反应信号的测试采用在 DDT 管壁上安装光电三极管和应变片, 利用光电三极管^[4]测装药床中燃烧波或冲击波的传播速度, 用应变片测管壁轴向不同位置的应力变化, 再结合实验后 DDT 管的破裂情况, 最终分析点火强度对 B 炸药燃烧的影响。

2.1 DDT 管的加工

DDT 管的材料选用 45# 钢, 试验装置如图 1 所示, 其外径为 $\Phi 50$ mm、内径为 $\Phi 16$ mm、长为 $\Phi 500$ mm, 在管子上沿轴向在一个方向上分别打 A、B、C、D 四个 $\Phi 2.2$ mm \times 15 mm 的光电管孔, 第一孔的位置 $L_0 = 65$ mm, 其它孔的间距均为 $\Phi 123$ mm, 在图中分别称为 L_1 、 L_2 和 L_3 。

2.2 点火装置的加工

点火采用点火头及硝化棉, 点火强度通过加入硝化棉的数量来调整, 硝化棉及点火头都安放于 DDT 管的堵头内(见图 1)。

2.3 燃速及应力变化的测试装置

测试装置使用两台 TDS544 型记忆示波器, 燃速用光电三极管进行测量, 光电三极管的型号为 3DU2D, 其性能指标见表 1; 燃烧波阵面的应力变化情

收稿日期: 2002-10-08; 修回日期: 2003-03-11

基金项目: 火炸药燃烧国防科技重点实验室基金资助项目(99JS35.5.1)

作者简介: 王世英(1965-), 男, 高级工程师, 在读博士, 主要从事炸药燃烧转爆轰、炸药装药发射安全性方面的研究。

况用应变片测量,应变片的型号为DTB-G2、电阻为135 Ω 。

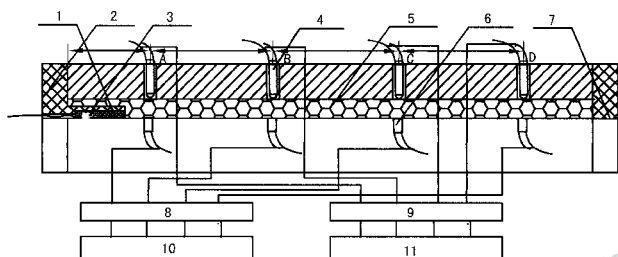


图1 DDT管试验装置示意图

1,3—点火头,2—上堵头,4—光电管,5—装药床,6—应变片,7—下堵头,8,9—放大器,10,11—示波器

Fig. 1 The sketch of DDT tube device

1,3—ignition, 2—upper end cap, 4—photoelectric tube, 5—loading bed, 6—strain gauge, 7—lower end cap, 8,9—amplifier, 10,11—oscilloscope

表1 光电三极管的性能指标

Table 1 The performance parameters of photoelectric triode

型号	最高工作电压 /V	暗电流 / μA	光电流 /mA	光电响应时间 / μs	外径 /mm
3DU2D	≥ 30	≤ 0.2	≥ 21.0	3.0	20

光电三极管安装于DDT管的光电三极管孔中,并注意避免其短路,将光电三极管经放大器与TDS544示波器连接;应变片直接贴于DDT管外表面上,贴应变片处管外表面应保证光滑,应变片粘贴的位置应尽量保持与光电三极管在同一径向圆周上,光电三极管及应变片经放大器与TDS544示波器连接如图1所示。

2.4 DDT管中B炸药的装填

使用粉状B炸药进行装填,首先将B炸药颗粒进行筛选,选出粒度比较均匀的定量装填于DDT管中(所谓定量装填即每管的装药质量保持一致),每装填5g药用工具压实,直至规定量炸药装完为止。如此装填的目的是为了保证炸药的装药密度基本一致,每管装64g的粉状B炸药,最终保持装填B炸药密实可靠,然后封好其堵头。

3 实验结果

实验1:粉状B炸药装药量为64.00g,装药长为426.00mm,平均装药密度为 $0.75\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$,硝化棉点火药量为1.00g。通过应变片和光电三极管测得B炸

药DDT管实验的示波器曲线。

实验后,观察到DDT管在320mm处裂开,下堵头飞出,上(点火端)堵头完好。

实验2:粉状B炸药装药量为64.00g,装药长为424.00mm,平均装药密度为 $0.75\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$,硝化棉点火药量为0.70g。通过应变片和光电三极管测得炸药DDT管实验的示波器曲线。

实验后,观察到DDT管距头部115mm处胀开,上(点火端)堵头飞出,下堵头完好。

实验3:粉状B炸药装药量为64.00g,装药长为426.00mm,平均装药密度为 $0.75\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$,硝化棉点火药量为0.40g。通过应变片和光电三极管测得炸药DDT管实验的示波器曲线。

实验后,DDT管的破裂情况如下:DDT管点火头端胀开,上(点火端)堵头飞出,下堵头完好。

根据示波器对实验1、2、3所记录的信号进行分析,最终得到的燃烧波在DDT管中的传播数据列于表2和表3中。

表2 应变片的记录结果

Table 2 The result of strain gauge

药孔	A	B	C	D
时间/ms	4.93	5.09	5.54	5.84
实验1 响应电压/V	1.09	1.84	2.44	3.36
响应应力/GPa	0.55	0.92	1.22	1.68
时间/ms	9.97	10.29	11.86	13.90
实验2 响应电压/V	0.49	1.36	1.93	3.13
响应应力/GPa	0.25	0.68	0.97	1.57
时间/ms	11.79	12.80	13.37	13.80
实验3 响应电压/V	0.36	0.68	0.86	3.10
响应应力/GPa	0.18	0.34	0.43	1.55

表3 光电管三极管的记录结果

Table 3 The result of photoelectric triode

测试区间/cm	AB	BC	CD
区间间距/cm	12.30	12.30	12.30
实验1 传播间隔/ms	0.48	0.32	0.24
平均速度/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	256.25	384.38	512.50
实验2 传播间隔/ms	0.87	0.53	0.39
平均速度/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	141.38	231.08	315.38
实验3 传播间隔/ms	1.97	0.79	0.52
平均速度/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	62.4	155.70	236.54

4 分析与讨论

通过表2实验数据和对数据的处理结果可以看

出: 由应变片所测得的 DDT 管壁上对应位置(应变片置于与光点三极管一致的轴向位置)的应力, 当点火药量分别为 0.4, 0.7, 1.0 g 时, 测得的应力分别在 0.18 ~ 1.55 GPa、0.25 ~ 1.57 GPa、0.55 ~ 1.68 GPa 之间, 这表明随着点火强度的增大, DDT 管中 B 炸药燃烧波阵面的压力逐渐增加; 由表 3 的实验数据可以看出: 当点火药量分别为 0.4, 0.7, 1.0 g 时, 药床各对应段的平均燃烧速度分别在 $62.4 \sim 236.54 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, $141.38 \sim 315.38 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, $256.25 \sim 512.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间, 这表明随着点火强度的增大, DDT 管中各对应段的燃烧波传播速度也是逐渐增加的。

实验后 DDT 管的破裂情况说明随着点火强度的增加, 管子的破裂距离(破裂点距点火端的距离)增大, 其原因归为: (a) 由于燃速的增加, 药床的反应速度增大, 燃烧波阵面的应力达到管子破裂极限应力时的位置推后; (b) 由于管子的破裂是一个复杂过程, 燃烧波阵面应力到达管子的破裂应力时, 到管子开始破裂还有一个延滞时间, 因此随着燃速的增大, 在该时间内燃烧波传播的距离长。应特别说明的是, 本实验中 DDT 管的破裂并不代表冲击波或爆轰波已经形成, DDT 管的破裂是由于 DDT 管的强度不足(本实验中所用 45# 钢的断裂强度为 1.1 GPa, 而应变片测得的不

同 DDT 管实验最大应力分别为 1.55, 1.57, 1.68 GPa) 而产生的。

5 结 论

当粉状 B 炸药的 DDT 管实验以硝化棉作为点火药, 点火药量分别为 0.4, 0.7, 1.0 g, B 炸药的装药密度为 $0.75 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, DDT 管的材质为 45# 钢及壁厚为 17 mm 时, 在实验范围内装药床的燃烧速度是逐渐增大的, 平均燃烧速度的范围在 $0 \sim 512.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间; 即随着点火强度的增加, 粉状 B 炸药在 DDT 管中的反应速度增大。

参考文献:

- [1] Velicky R W, Voigt H W, Nicolaides S. A Holistic Approach Directed Toward Controlling In bore Explosions with Composition B [C]. 19th ICT, 1988, 96-1-96-10.
- [2] Velicky R W. The Effect of Additives on the Ignition Parameters of RDX/TNT [R]. Technical Report, 1986. ARAED-TR-86037.
- [3] 孙承纬, 卫玉章, 周元奎, 等. 应用爆轰物理 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2000.
- [4] 王世英, 张泰华, 朱志武, 等. 光电三极管在研究推进剂燃烧转爆轰行为中的应用 [J]. 火炸药学报, 2000, 23(3): 56.

The Effect of Ignition Intensity in Composition B on the Burning Behavior

WANG Shi-ying, HU Huan-xing

(Xi'an Modern Chemistry Research Institute, Xi'an 710065, China)

Abstract: The burning behavior of composition B was researched by steel tubes under different ignition intensity. The nitrocellulose was used as ignition powder. The ignition intensity was changed by different weight of nitrocellulose. The experimental results showed that it was easy for powdered composition B to burn as ignition intensity increased.

Key words: physical chemistry; ignition intensity; burning behavior; photoelectric triode; strain gauge