

炸药中爆轰波拐角绕射现象研究

刘举鹏

陈福梅

(陕西应用物理化学研究所, 西安 710061) (北京理工大学, 北京 100081)

摘要 本文利用多狭缝扫描技术对三种不同硅炸药内爆轰波绕过惰性介质时的现象进行研究, 获得了炸药内爆轰波的传播结节和炸药性质对不稳态爆轰区域的影响。

关键词 爆轰波 拐角效应

人们对猛炸药内离散爆轰现象的研究主要有两个方面。一是对猛炸药内爆轰波扩展状态的研究, 目的在于获得爆轰波离散扩展过程中侧向传播与正向传播状态的差异, 检验炸药的传爆特性, 美国的标准炸药传爆特性实验——“葱皮”实验即属于此列^[1]。另一类以研究爆轰波拐角效应现象为目的, 获得不爆轰区域的产生条件, 各种因素的影响程度, 以促使爆炸逻辑网络的发展。

本文属于上述第二种情形, 利用光快门及多狭缝装置对不同种类硅炸药内爆轰波拐角绕射现象进行了研究, 获得了爆轰波拐角绕射过程中波阵面的变化形状, 以及炸药性质对拐角绕射现象的影响。

1 实验装置

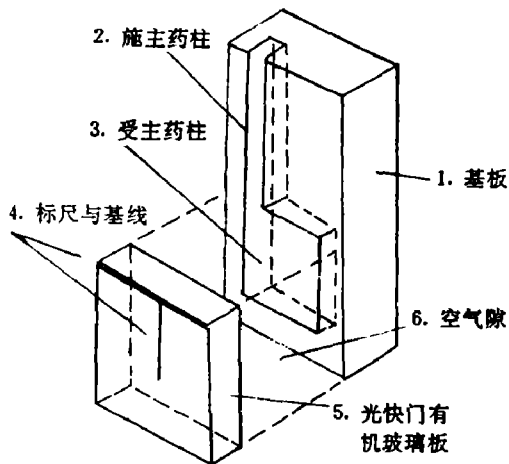


图1 实验装置

Fig. 1 The configuration of the test installation

1. Basement;
2. Initiator;
3. Acceptor;
4. Fiducial Line;
5. Plexiglass;
6. Air gap

实验装置如图1, 其中底座是在有机玻璃表面构成沟槽, 且有较好的平面度, 炸药表面附有厚度为1mm的透明有机玻璃作为光快门, 炸药表面与有机玻璃之间留有厚度为0.1mm的空气隙。其作用是利用冲击波压缩空气电离、离解而发光, 以反映波阵面的位置。

为了消除施主与受主炸药的性质及不同厚度引起起爆深度对拐角绕射现象的影响, 所采用的施主和受主炸药均为以太安为主体的硅混合炸药。起爆源为直径1.8mm、长6mm, 以太安为主体装药的特制雷管, 雷管与施主药柱之间有一传爆药柱。

起爆源与照像机之间通过一探针网络实现同步。多狭缝位于照像机物镜后二倍焦距

处,狭缝间隙为 0.03mm,两狭缝之间的宽度为 1mm,物像比为 1 时整个狭缝覆盖面积为 12mm×18mm,两狭缝在试件上的覆盖宽度为 2mm。

2 实验结果与讨论

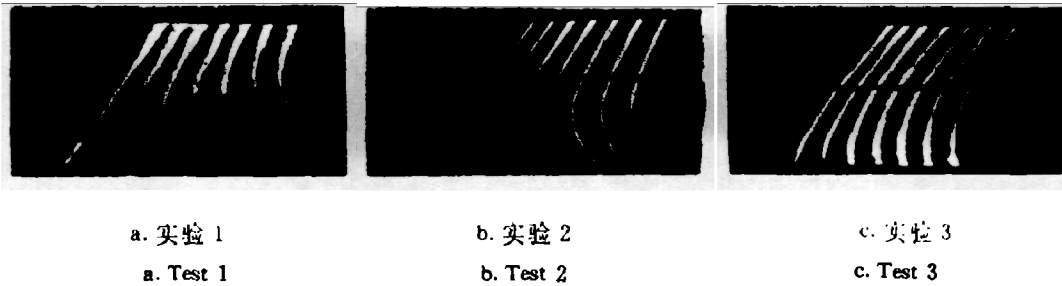


图 2 多狭缝扫描轨迹

Fig. 2 Shot record

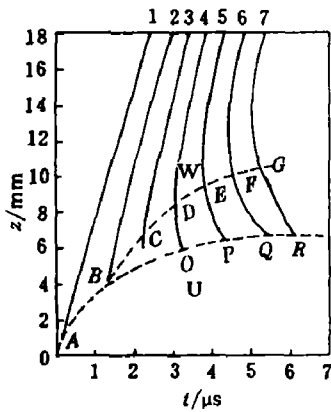


图 3 爆轰波沿多狭缝扩展位移时间曲线(实验 1)

Fig. 3 Position of the detonation front as function of time (Test 1)

图 2 为对应三种不同硅混合炸药的扫描轨迹,实验条件如表 1,施主药柱面积均为 4.0mm×5.0mm。图 3 为由实验 1 获得的爆轰波沿各狭缝扩展时的位移时间曲线,其曲线与狭缝以序号相对应,它反映了实验 1 中爆轰波阵面沿每一狭缝的扩展过程。沿狭缝 1 爆轰波基本呈匀速扩展状态;沿狭缝 2 爆轰波起始于 B 点,经过一个逐渐加速过程成长为稳态爆轰;沿狭缝 3 爆轰波起始于 C 点,其传播状态与狭缝 2 情况相似;沿狭缝 4、5、6、7 爆轰波阵面位移时间曲线为抛物线状, D、E、F、G 为起始爆发点,爆发点以下爆轰波反向扩展,经过一个逐渐衰减过程熄爆,点 O、P、Q、R 为对应各狭缝的熄爆点。

将爆发点离药柱界面的垂直距离定义为拐角距离 z 。将各爆发点及各熄爆点分别依次相连, $z-t$ 图被分为两个区域,强爆轰区(W)与非稳态爆轰区(U),非稳态爆轰区中包含有暗区。表 1 列出了对应各实验的拐角参数。

表 1 不同炸药拐角参数比较

Table 1 Corner-turning effect data

实验序号	1	2	3
炸药种类	太安 70%, 硅橡胶 30%	太安 85%, 硅橡胶 15%	太安 93%, 硅橡胶 7%
非稳态爆轰区域面积/mm ²	66.3	32.6	18.4
暗区面积/mm ²	44.7	17.4	0
平均拐角距离/mm	7.4	5.0	2.8
G_{50} /mm ¹¹	2.2	4.7	8.0

注:1) G_{50} 为炸药的小隔板冲击起爆实验结果,表示炸药 50% 起爆隔板厚度

图 4 为该实验典型扫描轨迹与多狭缝位置示意图。图中等时间坐标处爆轰波出现时间相同。在扫描照片上垂直于扫描方向作直线 OR ，与扫描轨迹 1、2、3 相交于 O 、 P 、 Q 点，与轨迹 4 相交于 D 、 R 点，由于照片与试件在与扫描方向相垂直的方向上有对应关系，即可在试件上求得该时刻爆轰波在不同狭缝上的对应点 O 、 P 、 Q 、 D 、 R ，将各点依次连接即获得该时刻爆轰波阵面位置。利用上述处理方式可求得爆轰波拐角绕射过程中爆轰波阵面的变化过程，图 5 为获得的对应实验 1、2、3 的波阵面位置变化图。

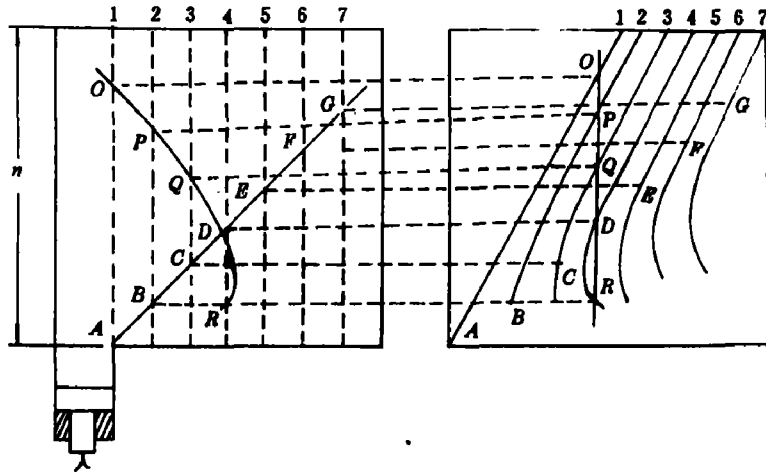


图 4 典型多狭缝扫描轨迹与对应狭缝

Fig. 4 The typical model of shot records and the corresponding slit

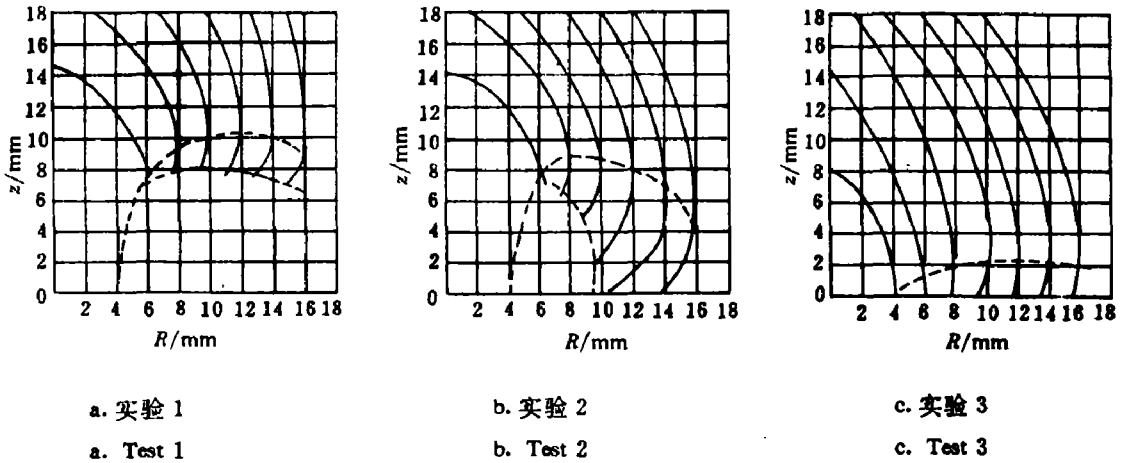


图 5 波阵面位置变化图

Fig. 5 The diagram of the detonation wave front

爆轰波拐角绕射过程中在不同方向上的速度分布，亦可由多狭缝扫描轨迹求得，如求沿与起始爆轰波方向相距离散角 ω_n 方向上的速度分布。在试件表面上沿该方向作直线与各狭缝相交于 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F 、 G 各点，如图 4。各点在扫描方向上距离为

$$x = (n - 1) \cdot l$$

各点与A点的距离为

$$z = (n - 1) \cdot l / \sin \omega_n$$

各点与药柱界面的距离为

$$y = (n - 1) \cdot l / \operatorname{tg} \omega_n$$

其中, n 为狭缝序号, l 为间距, ω_n 为爆轰波离散角。在扫描轨迹上求得与 A、B、C、D、E、F、G 各点等 y 值的对应点 A'、B'、C'、D'、E'、F'、G', 然后求得爆轰波到达各点的时刻 t , 将 z 与 t 作曲线, 即求得爆轰波在该方向上的位移(s)时间(t)曲线。如图 6 为求得的实验 1 中爆轰波在三个不同方向上的位移时间曲线。由此可判断爆轰波拐角绕射过程在不同离散角方向上的状况。

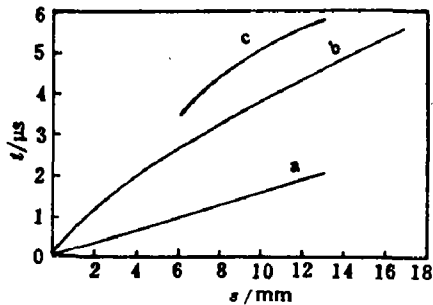


图 6 实验 1 中爆轰波在不同离散角方向上的位移时间曲线

a. $\omega_n = 0^\circ$; b. $\omega_n = 45^\circ$; c. $\omega_n = 60^\circ$

Fig. 6 Propagation time t as function of position (Test 1)

3 结 论

综合上述实验结果, 获得如下结论:

在爆轰波拐角绕射过程中, 在不同离散方向上的扩展状态与离散角有极大的关系, 随着离散角的增大, 延迟现象增强。

非稳态爆轰区域的产生是爆轰波拐角绕射过程的基本特征, 其面积大小与炸药的冲击起爆感度有极大的关系。在确定的装药条件下, 随着炸药冲击起爆感度的降低, 平均拐角距离、非稳态爆轰区域面积及暗区面积都增加。当炸药感度高于一定程度时, 暗区消失, 但非稳态爆轰区域仍然存在, 这是由于拐角绕射过程中爆轰波侧向扩展时冲击起爆能力减弱引起的。

参 考 文 献

- 1 Tang P K. The International Symposium on Pyrotechnics and Explosives, China. Beijing; China Science and Technology Publishing House. 1987. 247
- 2 刘举鹏, 焦清介, 陈福梅. 火工品, 1990, 3:6
- 3 Held M. Propellant Explosive Pyrotechnics, 1989, 4:153

STUDIES ON THE DETONATION WAVE TURNING AROUND A CORNER

Liu Jupeng

(Shaanxi Applied Physics and Chemistry Institute, Xi'an, 710061)

Chen Fumei

(Beijing Institute of Technology, Beijing, 100081)

ABSTRACT The situation of the detonation wave during its propagation around a right angle corner was investigated using a streak recording camera with a seven slit device. Three experiments were carried out using different explosives so as to get the information about the influence of charge initiation property on the turning corner effect. Generally, the turning corner distance is increased with the decreasing of the sensitivity of the explosive but the non-steady detonation region is still present as a result of the lateral expansion of the detonation wave.

KEY WORDS detonation wave, turning-corner effect