

## 研究简报

## 起爆偏心调整原理

恽寿荣

(1982年3月1日收到)

某些轴对称爆炸装药要求严格的轴线起爆,有的炸药装药要求在指定的某点起爆,这就需要一种装置,在可能发生的各种起爆情况下,通过该装置,均能使得主装药按予定的条件起爆,此装置称为调整器。起爆偏心调整器是目前得到实际应用的一种调整器。本文对三种调整器的原理进行了探讨,并作了比较。

## 一、米兰型调整器

1972年美专利中提出了一种利用高低爆速炸药的调整器<sup>[1]</sup>,类似的调整器在米兰和霍特反坦克导弹战斗部中得到应用,1975年海尔特给出了米兰型调整器的一些实验数据<sup>[2]</sup>,但是始终未见有关理论分析文献。

米兰型调整器见图1。低爆速炸药为特屈儿,高爆速炸药为梯黑15/85,其界面为曲面。若偏心引爆特屈儿药柱,能在高爆速药柱中得到中心起爆的对称爆轰波形。现分析其调整原理见图2。由起爆点A发出爆轰波,经过高低爆速界面上的F点,到达 $f_1(x)$ 上的C点, $g_2(x)$

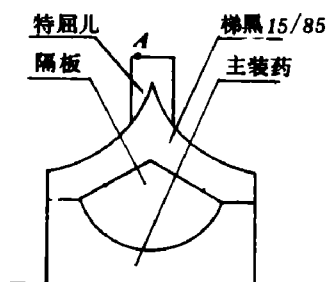


图1 米兰型调整器

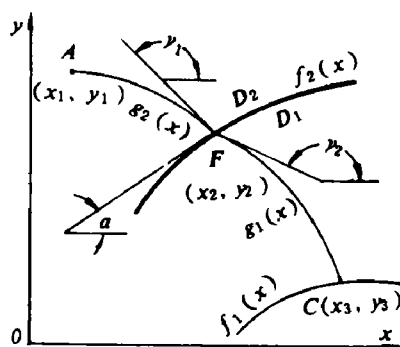


图2 爆轰波线

和 $g_1(x)$ 是低爆速和高爆速的爆轰迹线。为了得到波形 $f_1(x)$ ,则应满足下面条件。

1. 固定A点和C点, F点在 $f_2(x)$ 上移动, 设爆轰波从A到C的时间为 $T_1$ , 则

$$\begin{aligned} T_1 &= \int_{x_1}^{x_2} \frac{\sqrt{1+(g'_2)^2}}{D_2(x, y)} dx + \int_{x_2}^{x_3} \frac{\sqrt{1+(g'_1)^2}}{D_1(x, y)} dx \\ &= \int_{x_1}^{x_2} \phi_1 dx + \int_{x_2}^{x_3} \phi_2 dx \end{aligned} \quad (1)$$

若 $AFC$ 为捷线, 则泛函数 $T_1$ 为极小值, 这是带角点的变分问题, 设 $\phi_1$ 和 $\phi_2$ 三阶可微, 则

$$\begin{aligned} \delta T_1 &= [\phi_1 + (f'_2 - g'_2) \phi_{1g'_2}]_{x=x_1} \delta x_1 - [\phi_2 + (f'_2 - g'_1) \phi_{2g'_1}]_{x=x_2} \delta x_2 = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

解得

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{\cos(\alpha - \gamma_1)}{\cos(\alpha - \gamma_2)} \quad (3)$$

式中 $\alpha$ 、 $\gamma_1$ 和 $\gamma_2$ 分别为 $f_2(x)$ 、 $g_2(x)$ 和 $g_1(x)$ 在F点切线与x轴的夹角。

2. 固定F点, C点在 $f_1(x)$ 上移动, 爆轰波经过FC的时间 $T_2$ ,

$$T_2 = \int_{x_2}^{x_3} \frac{\sqrt{1+(g'_1)^2}}{D_1(x, y)} dx \quad (4)$$

若 $FC$ 为捷线, 则泛函 $T_2$ 为极小值, 此为可动边界的变分问题, 由贯截条件:

$$\begin{aligned} [\phi_2 + (f'_1 - g'_1) \phi_{2g'_1}]_{x=x_3} &= 0 \\ g'_1 &= -1/f'_1 \end{aligned} \quad (5)$$

即在C点,  $g_1(x)$ 和 $f_1(x)$ 正交。

3. 由A点发出的到达 $f_1(x)$ 上的所有捷线的时间相等。

由上面条件即可确定 $f_1(x)$ 和 $f_2(x)$ 之间的关系通常是偏心起爆点和波形方程 $f_1(x)$ 已知, 要求确定界面方程 $f_2(x)$ 。

为简单起见, 设爆速 $D_1$ 和 $D_2$ 为常数, 忽略由低爆速到高爆速之间的过渡区, 则爆轰迹线 $g_1(x)$ 和 $g_2(x)$ 为直线见图3, 由A点作轴线PP的平行线AB, 因为只要保证A点以右的波形对称, 故可令 $f_1(x)$ 和 $f_2(x)$ 交在平行线上, 即B点。再设波形 $f_1(x)$ 的一段BC为直线, BC与装药轴线的垂线的夹角为 $\theta$ , 过A点作BC的垂线交BC延长线于O, 以O点为原点建立坐标, 令AB长为S。曲线BE(即 $f_2(x)$ )上有点F, 因为A点起爆后同时到达BC, 则

$$\frac{S}{D_2} = \frac{\sqrt{x^2 + (S \cos \theta - Y)^2}}{D_2} + \frac{Y}{D_1}$$

整理得



## 二、中心高爆速型调整器

在低爆速炸药的轴线处装入高爆速炸药柱，或者顺轴线钻一个深孔，利用沟槽效应，在轴线上产生超速前驱击波，也能达到中心高爆速的效果，此种结构亦能起偏心调整作用。

为简单起见，设高爆速药柱的直径很小，以轴线表示，见图5，轴线为高爆速 $D_1$ ，周围为低爆速 $D_2$ ，由A点引爆，偏心距以 $\delta$ 表示。由折射定律得：

$$\sin \alpha = \frac{D_2}{D_1} = \beta \quad (8)$$

显然，在C点以下轴线上的任一点均经由捷线AC引爆。现在来确定调整到轴线BG处起爆的条件。波形调整到中心的临界条件为图5中E和D处于同一高度，则

$$\frac{\delta \tan \alpha + CD}{D_2} = \frac{\delta}{D_2 \cos \alpha} + \frac{CD}{D_1}$$

整理得

$$CD = \frac{\delta}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad (9)$$

此时波形为EFD，其中EF为由A点发出的以AE为半径的圆弧，直线FD与轴线夹角为 $\alpha$ 。由图可见波形有凹陷，并且不对称。在某一时刻爆轰波由E传播到J，与此同时D点传播到G，且GJ为直线，这样才能得到轴线超前的对称波形，此时

$$DG = \delta \frac{\cos \alpha}{(1-\beta) \beta} \quad (10)$$

以后在 $\delta$ 范围内波形就保持不变了。显然，在A点以右任一点引爆，均能调整到轴线起爆。

调整器高度为L，

$$L = BG = \delta \frac{(1+\beta)^2}{\beta \sqrt{1-\beta^2}} \quad (11)$$

对于沟槽效应调整器来说，上面计算是假定小孔中的前驱波在前进中能不断引爆周围炸药，如果不能，则前驱波在到达孔底时，起爆孔底炸药，形成超前的起爆点，得到的对称波形是由孔底发出的波形，此时

$$DG = \frac{\delta}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad (12)$$

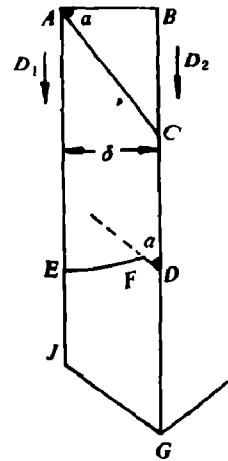


图5 中心高爆速形调整器原理

$$L = \frac{(\beta + 2) \delta}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad (13)$$

我们对沟槽效应型调整器进行了初步试验,证明能起波形调整作用。

### 三、小孔型调整器

小孔型调整器见图6,其外壳为惰性介质(金属或非金属),内装爆轰感度较高的炸药。设在A点起爆,爆轰波向壳底透射冲击波,经过衰减后应不能起爆下面的主装药,或者存在一个引爆延迟期,在此时间之前,由壳体中央孔(孔中亦有炸药)所传出的爆轰波已经把炸药起爆了,因此,在调整器上方任何位置起爆,通过调整器,均在下方小孔处起爆,若将小孔安装在主装药的轴线上,就可以实现可靠的中心起爆。

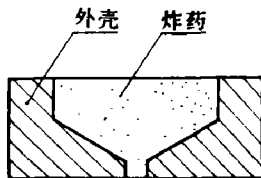


图6 小孔型调整器

表2 不同材料的透射波初始参量

材 料	$D_m$ (毫米/微秒)	$P_m \cdot 10^5$ 公斤/厘米 <sup>2</sup>	$u_m$ 毫米/微秒
2024铝	7.58	$3.63 \times 10^5$	1.69
有机玻璃	7.11	$2.24 \times 10^5$	2.67
酚醛塑料	6.51	$2.37 \times 10^5$	2.61

我们提出并详细研究了小孔调整器,对壳体材料进行了研究,计算了材料中透射波的初始参量,不同材料的透射波速( $D_m$  毫米/微秒)、压力( $P_m$  公斤/厘米<sup>2</sup>)和质点速度( $u_m$  毫米/微秒)见表2,为了增加引爆主装药的延迟时间,要求惰性介质的 $D_m$ 和 $P_m$ 愈小愈好。由表2可见,酚醛塑料最好,铝最不好,试验表明:其它条件相同时,酚醛塑料调整器的性能优于铝调整器。我们前后试验了三种形状的小孔调整器,得到了合理的设计方案。当偏心3.3毫米起爆时,通过7毫米厚的小孔调整器,能将波形调整到中心。

### 四、三种调整器比较

三种调整器都能有效地起波形调整作用,问题在于那一种尺寸更小,工艺更简单。现以偏心3.3毫米起爆为条件,计算调整器高度。

米兰型调整器取 $\beta$ 为0.88, $\theta$ 为 $10^\circ$ ,由(7)式计算得 $S$ 为17.7毫米,这就是调整器的高度。

中心高爆速型调整器取 $\beta$ 为0.88,由(11)式得高度为27.9毫米,但此时 $\theta$ 角达 $31.8^\circ$ 。为了和米兰型调整器作比较,取同样的波形中心超前量 $h$ ,对于米兰型为

$$h = \delta t_g \theta = 0.58 \text{ 毫米}$$

则中心高爆速型调整器高 $L$ 为

$$L = \delta t_g \alpha + \frac{\delta}{\cos \alpha} + \frac{h\beta}{1-\beta} = 17.4 \text{ 毫米}$$

可见两种调整器高度差不多，而小孔型调整器不及其一半，仅为7毫米。至于工艺方面，米兰型调整器的曲面加工困难，小孔调整器易加工，适于大量生产。

三种调整器各有其特点，可根据具体条件选择使用。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 'Hollow charge Warhead' U.S. Patent 3662684 (1972)  
 [ 2 ] Held, M.; 'Streak Technique as a Diagnostic Method in Detonics' 2nd Inte. Symp. Ballistics, (1975)

## RPRINCIPLE OF ADJUSTMENT OF EXPLOSION ECCENTRICITY

Yun Shourong

# 一种安装在仪器室内的压阻法恒流源 线路—闸流管恒流源线路

李 印

(1981年11月收到)

采用锰铜箔(丝)等具有压阻特性的材料进行爆压测量时，需要恒流源供电。国内、国外使用的恒流源线路，都要置于爆轰装置附近，因而难以保护。恒流源线路在冲击波、尘土、潮湿的环境中难以重复使用而保持测量的可靠性和一致性。国内目前经常使用的可控硅恒流源线路存在触发线路复杂、触发延迟时间长、电流导通时间长(1μs左右)、可控硅元件难以挑选诸缺点。

研制了一种放置在仪器室内(用同轴电缆将恒流馈送至爆压测量装置)的闸流管恒流源线路，使测量效率成倍提高，使原来较复杂的压阻法测量爆压技术变得简便易行，该线路可完成文献报导的各种压阻法测量任务。在数百次爆压测量中工作可靠，性能优良、大大减轻了场外的的工作。由于采用小型闸流管还克服了可控硅线路的缺点。