

文章编号: 1003-1480 (2004) 02-0030-03

# 环锥形传爆药的多点同步 起爆网络的设计

邵玲, 胡双启, 曹雄

(华北工学院, 山西 太原, 030051)

**摘 要:** 提出了将多点同步起爆网络用于起爆新型传爆药装药结构, 以提高传爆药起爆能力的方法; 研究了“一入四出”、“一入八出”同步起爆网络的设计方法, 并分析了其同步时间表达式及同步时间的影响因素。分析表明: 网络的机械加工精度、装药密度的一致性和爆轰波拐角偏差是主要影响因素。

**关键词:** 多点同步起爆网络; 起爆能力; 同步性; 传爆药柱

中图分类号: TJ450

文献标识码: A

## Multi-point Synchronous Explosive Circuit of the Annular-conical Propagating Charge

TAI Ling, HU Shuang-qi, CAO Xiong

(North China Institute of Technology, Tai yuan, 030051)

**Abstract:** A way of applying the multi-point synchronous explosive circuit to increase the detonating capacity of the pellet with new booster pellet structure is presented. The design method of "one in four out" and "one in eight out" synchronous explosive circuit is studied. The expressions for the time of the multi-point synchronous explosive circuit and the influencing factors of the time are analyzed. The manufacturing accuracy of circuit, the accordance of charge density, and the deviation of detonation wave corner are principal factors affecting the time of the multi-point synchronous explosive circuit..

**Key words:** Multi-point synchronous explosive circuit; Detonating capacity; Synchronization; Booster pellet

环形传爆药装药结构利用冲击波汇聚技术原理控制爆轰波形, 应用于环形传爆药高能引爆系统。该系统在传爆药环中心装填主装药, 利用同步爆轰使传爆药柱的冲击波向中心主装药汇聚、叠加, 输出压力尽量集中, 从而大大增加局部冲击波压力。正是由于这一汇聚效应使得引爆主装药的传爆药量大大减少, 提高了传爆药柱的起爆能力。实验表明, 在起爆效果相同的前提下, 带盖环形传爆药柱较常规圆柱形传爆药柱减少药量 15%。为进一

步提高传爆药的起爆威力, 必须研究新型高能传爆药装药结构, 并将新型高能传爆、引爆技术用于起爆新型传爆药柱。

## 1 环锥形传爆药装药结构研究简况

在对环形传爆药装药结构研究的基础上, 利用拐角效应理论和有效装药理论, 在不增加传爆药量的前提下, 改变环形结构为环锥形结构; 增大拐

收稿日期: 2004-02-12

作者简介: 邵玲 (1972-), 女, 硕士研究生, 从事武器系统与运用工程研究。

角,爆轰波在同一方向的延迟程度加强,减少了拐角处药量的损失,达到提高传爆药轴向输出的目的。同时,将多点同步起爆网络用于起爆环锥形传爆药柱,通过同步爆轰使传爆药柱具有更好的输出波形,增强冲击波的汇聚作用,达到提高其起爆威力的目的,同时提高其安全性,减少意外事故的发生,由此,笔者设计“一入四出”和“一入八出”同步起爆网络。图 1 为多点同步起爆网络起爆的环锥形传爆药引爆系统。

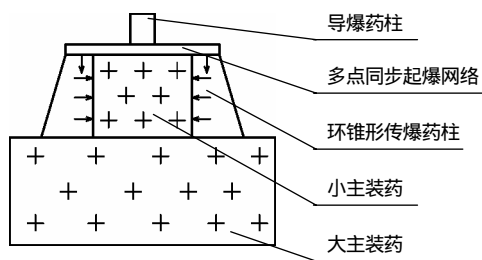


图 1 用多点同步起爆网络起爆的环锥形传爆药引爆系统

## 2 环锥形传爆药的多点同步起爆网络的设计

### 2.1 多点同步起爆网络的特征

中心式面同步起爆网络的输入端位于起爆网络的中心,其作用是对主装药端面实施平面多点起爆,以使主装药获得所需爆轰波形<sup>[1]</sup>。输出端均匀分布在平面上,由于战斗部的主装药截面一般为圆形,所以面同步起爆网络的输出端为正方形点阵。

中心式面同步起爆网络的模型为一个中心输入端与输出端以“工”字形网络通道相连的正方形点阵。输入点位于输出点阵的几何中心;输出点均匀分布在平面上。

### 2.2 环锥形传爆药的多点同步起爆网络的设计

在给定被起爆环锥形传爆药柱尺寸及输出点个数(8点或4点)的前提下,笔者取起爆网络的直径为传爆药柱环形截面内径和外径之和的一半,既输出点对称、均匀、等距离分布在环形截面的内径和外径的中间直径上。根据小尺寸装药的非理想爆轰波传播理论<sup>[2]</sup>,笔者采用“十”字形来设计用于起爆环锥形传爆药柱的“一入四出”和“一入八出”同步起爆网络。

#### 2.2.1 “一入四出”(四点)同步起爆网络的设计

对于简单的“一入四出”同步起爆网络,笔者直接采用“十”字形,设计出如图 2 所示四点同步

起爆网络。图 2 中, $\Phi$  是四点同步起爆网络的直径; $a$  表示相邻输出点间距,也是正方形点阵的边长; $\Phi_1$  为同步起爆网络板的直径,也是环锥形传爆药柱的外径。

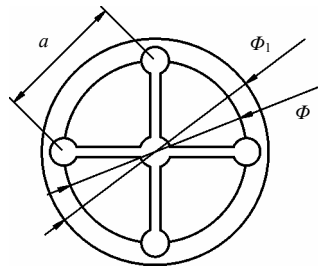


图 2 环锥形传爆药的“一入四出”同步起爆网络

根据给定的被起爆环锥形传爆药柱的截面直径,笔者将四点同步起爆网络的直径确定为  $\Phi = (\Phi_{\text{外}} + \Phi_{\text{内}}) / 2$ ,由图 2 知,相邻输出点间距  $a$  值为  $a = \Phi / \sqrt{2}$ ,中心输入端到输出端的路径长度  $L = \Phi / 2$ 。

由于在以上设计的四点同步起爆网络中,装药通道不存在拐角,因此沟道分布不会影响爆轰波的传递。

由此设计的网络,既能保证爆轰波的传播路径相等,又能达到同步起爆的要求。

#### 2.2.2 “一入八出”(八点)同步起爆网络的设计

在环锥形传爆药的“一入四出”同步起爆网络的基础上,笔者设计出用于起爆环锥形传爆药柱的“一入八出”同步起爆网络,见图 3。

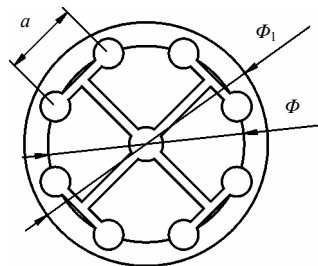


图 3 环锥形传爆药的“一入八出”同步起爆网络

图 3 中, $\Phi$  是八点同步起爆网络的直径; $a$  表示相邻输出点间距,也是正八边形点阵的边长; $\Phi_1$  为同步起爆网络板的直径,也是环锥形传爆药柱的外径。

根据给定的被起爆环锥形传爆药柱的截面直径,笔者将八点同步起爆网络的直径确定为  $\Phi = (\Phi_{\text{外}} + \Phi_{\text{内}}) / 2$ ,相邻输出点间距  $a$  值为  $a = \Phi \times \sin(\pi / 8)$  ( $\pi / 8$  为八点同步起爆网络的外接圆上  $1/8$  圆

弧所对应的圆周角)，中心输入端到输出端的路径长度  $L = (1 + \sqrt{2}/2)a$ 。

由于在“一入八出”同步起爆网络中，装药通道存在拐角，因此应考虑沟道分布是否会影响爆轰波的传递。

计算表明，在以上设计的“一入八出”同步起爆网络中，相邻通道间距小于沟槽装药通道的最小允许间隔，既沟道分布不会影响爆轰波的传递。

因此，笔者设计的“一入八出”（八点）同步起爆网络在理论上是成立的，在实验上是可行的。

### 3 同步时间及其影响因素分析

#### 3.1 同步时间分析

同步起爆网络的作用时间定义为由爆轰波中心输入端至输出端的传播时间，表示为：

$$t = \frac{L}{D} + nt_{\pi/2} = \frac{f(a)}{D} + nt_{\pi/2} \quad (1)$$

式(1)中， $L$ 表示中心输入端到输出端的路径长度； $D$ 表示装药爆速； $n$ 表示爆轰波由中心输入端传播至输出端所拐过的直角个数； $t_{\pi/2}$ 表示爆轰波拐过直角的时间延迟； $a$ 表示相邻输出点间距。

同步时间  $\Delta t$  可以利用误差分析的方法从作用时间关系式中得到<sup>[3]</sup>：

$$\Delta t = \pm \sqrt{(\alpha_1 \Delta a)^2 + (\alpha_2 \Delta D)^2 + (\alpha_3 \Delta t_{\pi/2})^2} \quad (2)$$

其中， $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 可由多点作用时间关系式进行偏微分得到：

$$\alpha_1 = \frac{\partial t}{\partial a}, \quad \alpha_2 = \frac{\partial t}{\partial D}, \quad \alpha_3 = \frac{\partial t}{\partial t_{\pi/2}};$$

$\Delta a$  取决于长度的误差， $\Delta D$  取决于装药截面尺寸和装药密度的误差， $\Delta t_{\pi/2}$  除了取决于装药截面尺寸和装药密度的误差以外，还受到交叉通道垂直度的影响。

#### 3.2 同步时间的影响因素分析

由多点同步起爆网络的同步时间公式(2)知，直接影响  $\Delta t$  的有  $\Delta a, \Delta D$  和  $\Delta t_{\pi/2}$ 。具体表现在以下几个方面：

(1) 网络基板沟槽的机械加工精度存在一定的偏差，具体表现在起爆网络交叉通道垂直度、通

道长度及装药截面尺寸存在一定的误差，这会影响爆速及爆轰波拐过直角的时间；

(2) 压装后的炸药网络密度不均匀，会影响爆速和爆轰波拐过直角的时间；

(3) 网络装药和环形（或环锥形）传爆药柱之间结合不够紧密，存在空气间隙，这会降低爆轰波的传递速度。

另外，网络输出点个数也对起爆同步性产生影响，网络的输出点个数越多，爆轰波从输入端到输出端的路径越长，爆轰波绕过的拐角越多，误差积累越多，使得其输出同步性时间偏差可能越大，这将对传爆药柱的输出波形产生不利影响。

总之，影响爆轰波输出时间同步性的主要因素是网络的机械加工精度、装药密度的一致性和爆轰波拐角偏差。当然，爆轰波拐角偏差也受装药一致性及加工精度的影响。同时，在不影响爆轰波输出波形的前提下，减少网络的输出点数，既有利于提高输出时间同步性，也便于装药。

### 4 结论

从理论分析来看，将以上设计的“一入四出”和“一入八出”同步起爆网络用于起爆环锥形传爆药柱，由于多个输出点对称、均匀、等距离分布在环形圆周上，因此能够确保同步爆轰，使传爆药柱具有更好的输出波形，从而减小起爆深度，最终大大提高传爆药柱的输出威力。但由于输出点越多，其起爆同步性就越差，所以笔者在使用多点同步起爆网络时，应在保证爆轰波输出波形较好的前提下，尽量减少网络的输出点数，这样，既有利于提高输出时间同步性，也便于装药。

#### 参考文献：

- [1] 温玉全. 刚性爆炸网络若干研究 [D]. 北京: 北京理工大学, 2000.
- [2] 蔡瑞娇. 火工品设计原理 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2002.
- [3] 肖明耀. 误差理论与应用 [M]. 北京: 计量出版社, 1985.