

# 孔底反射器的设计和应用

石永泉

(成都地质学院探工系)

本文对气囊反射器和刚性波动反射器的设计计算进行了探讨,论述了反射器和冲击器的匹配关系,以及如何确定反射器安装位置。

**关键词:** 气囊反射器; 刚性波动反射器

冲击回转钻进虽已广泛应用,但它的能量利用率较低(12~18%),而波动能量损失是液动冲击器系统中能量损失的主要部分。另外,波动还使冲击器工作不平稳。因此,研究孔底反射器是必要的。

## 液动冲击器的水击压力

除了射流式液动冲击器压力波动变化不大外,阀式(正、反、双作用)、射吸式液动冲击器工作时,因阀门的急速关闭(开启),使流动(静止)的液体突然停止(流动),引起管道系统中压力急剧变化,这种变化对管壁产生“锤击”,即称为水击。水击压力的变化最大值为:

$$\Delta P = \pm C\gamma\omega/g \quad (1)$$

式中:  $\Delta P$ —阀门处最大水击压强;  $C$ —水击波波速;  $g$ —重力加速度;  $\omega$ —活阀上部处液流平均流速;  $\gamma$ —水的比重。

水击波速:

$$C = \pm(1435/\sqrt{1 + Kd/E\delta}), \quad \text{m/s} \quad (2)$$

式中:  $K$ —水的弹性系数 ( $2.07 \times 10^8 \text{ kg/m}^2$ );  $E$ —管材的弹性系数 ( $2.0 \times 10^{10} \text{ kg/m}^2$ );  $\delta$ —管壁厚度;  $d$ —管道圆形断面的直径。

## 气囊反射器

### 1. 气囊反射器容积和空气量的确定

气囊反射器的主要部件是一个充满压缩空气或氮气的弹性气囊(图1)。冲击器工作时,压力波高,气囊反射器存储液能;相反,压力波低,则释放能量,并反射回冲击器阀门处。由于冲击器工作频率较高,所以气囊反射器的变化也较快,来不及热交换,故按绝热过程处理。为使气囊反射器能

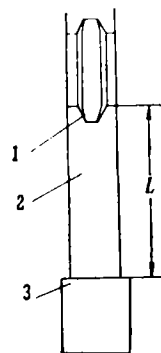


图1 带气囊反射器的钻具

1—气囊反射器; 2—钻杆; 3—液动冲击器

够更好地存储能量,则对气囊容积大小有所确定,计算方法如下:

$$V_0 = \Delta V / \{1 - [P_0 / (P_0 + \Delta P)]^{1/K}\} \quad (3)$$

式中:  $P_0$ —一定孔深处的静水压力;  $V_0$ —(在压力为  $P_0$  时)气囊容积;  $\Delta P$ —闭阀时水击压力值;  $\Delta V$ —气囊容积的变化;  $K = 1.4$ 。

气囊容积过小起不到储能作用；过大又妨碍水流流动。则气囊容积变化量 $\Delta V$ 等于发生水击时流体体积变化量。阀门在 $\Delta t$ 时间内关闭，压力由 $P_0$ 升到 $P_0 + \Delta P$ ，流体体积减少 $\Delta V = \omega \cdot \Delta t \cdot A$ ，其中 $\Delta t$ 可理解为液动冲击器冲锤回程时间，因为冲锤回弹系数，一般约为0.5(淬火钢材料)，所以 $\Delta t = \frac{2}{3} T$ ，

$T$ 为冲击器在孔底工作周期， $A$ 为钻杆断面积。 $\Delta P$ 按公式(1)计算，将 $\Delta P$ 、 $\Delta V$ 代入公式(3)可求气囊容积 $V_0$ 。充气量(指一个大气压下气体量)为：

$$V_a = P_0 V_0 / P_a$$

式中： $V_a$ —充气量； $P_a = 1 \text{ kg/cm}^2$ 。

由公式(3)可知：随压力 $P_0$ 增加，因 $\Delta V$ 、 $\Delta P$ 变化不大，则 $V_0$ 增大，即随着孔深的增加，所需的气囊容积增加，充气量随之增加，所以设计气囊容积时，应按钻孔最大深度。

一般气囊充气压力最好等于或稍大于(考虑水流沿程阻力损失)所钻孔深处的静水压力，但随着钻孔深度增加，充气压力太大时，可以适当增大气囊容积，以减小充气压力，充气量不变。

## 2. 气囊反射器安装位置

冲击器工作时，水击压力波从阀门处以速度 $C$ 在钻杆水柱中向上传播，到达气囊反射器后，促使气囊反射器振动。从而将压力波向回反射，速度为 $C$ 。经反射后，压力波相位落后 $\frac{1}{2} T$ 。在冲击器和反射器之间，

顺、逆两压力波相遇后，状态是叠加起来的，但每个波仍然分别继续按原先的方向传播，所以在经历一段时间之后，仍将按各自的形态显示出来。为了使气囊反射器反射回的压力波在冲击器阀门处与水击压力波叠加，使水击压力增强，应满足：

$$2L/C = \frac{3}{2} T$$

$$L = \frac{3}{4} CT$$

式中： $L$ —为冲击器与气囊反射器距离； $T$ —为冲击器工作周期； $C$ —压力波传播波速。

当 $2L/C = T$ 时，则会减弱冲击器阀门处的水击压力，对冲击器工作不利。液动冲击器在工作中，随孔深增加等原因，冲击频率是变化的，当然冲击器工作周期也变化，

根据波的叠加性可求得，当选定 $L = \frac{3}{4} CT$ 之后， $T$ 可以在 $0.83 T \sim 1.17 T$ 范围内变化，超出此范围，应调节冲击器与反射器之间的长度。

弹性气囊用橡胶材料制成，其变形阻力小，惯性也小，因而频率响应性好，另外所选橡胶材质要好，因工作频率较高，很容易疲劳损坏。

## 刚性波动反射器

前面已提到，随着钻孔深度的增加，所需的气囊反射器容积和充气量都要增加，当钻孔深度超过800~1000m后，由于钻杆空间有限和气囊充气困难，不能再采用气囊反射器，而应选用刚性波动反射器(图2)。

刚性孔底波动反射器工作原理：液动冲

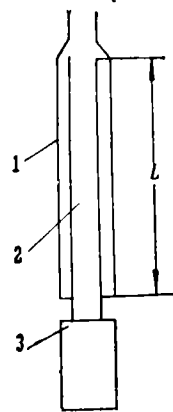


图2 刚性波动反射器组装图

1—外壳；2—调节导管；3—液动冲击器

击器工作时,冲击器阀门处的水击压力波以速度 $C$ 传播到外壳下底面时,由于外壳的波阻约是水的波阻的30倍,压力波在此界面几乎全部向回反射,反射压力波达冲击器阀门处与水击压力波叠加,提高冲击器能量利用率。当然,压力波在传播过程中损失一部分。

为了减小水击压力波的损失,应使外壳的截面积大于或等于调节导管截面积的2倍,外壳的截面积和冲击器截面积大致相等。孔底波动反射器就在冲击器上方(见图2),为了使反射压力波与阀门处的水击压力波相一致,最大限度地提高冲击器性能,应满足:

$$4L/C=T$$

$$L=\frac{1}{4}CT$$

式中:  $L$ —调节导管长度;  $C$ —水击压力波

波速;  $T$ —冲击器工作周期。

当  $4L/C=\frac{1}{2}T$  时,则会减弱冲击器阀门处的水击压力,对冲击器工作不利。根据波的叠加性可求得,当选定  $L=\frac{1}{4}CT$  后,  $T$  可在  $0.75T\sim 1.25T$  范围内变化,超出此范围,应改变调节导管长度。

刚性孔底波动反射器可以用钻杆来制造。

### 参 考 文 献

- [1] 朱文华主编,《液压振动技术》,福建科学技术出版社,1984年。
- [2] 王礼立编,《应力波基础》,国防工业出版社,1985年。
- [3] 《国外探矿工程情报》,地质矿产部情报研究所,1989,2月。

## Hole Bottom Reflector: Its Design and Usage

Shi Yongquan

The designing and calculation of hole bottom reflectors, both of the air-chamber type and the rigid pulsate type, are dealt with in this paper. Problems about how to make a well match of a reflector and a percussive tool, and how to determine the position for mounting a reflector are also discussed.

