



钻孔防斜原理

武汉地院 郭绍什

湖北地科所 林凤章

在目前机械岩芯钻探技术装备还未实现随钻随测（测钻孔的顶角、方位角、实际深度）和按设计钻孔轴心线自动控制钻孔实际轴心线的情况下，施工直孔或斜直孔或定向孔时，认真研究借用孔底钻具的合理结构形式获得增斜、稳斜、减斜的效果，控制钻孔弯曲度，使钻孔轴心线达到设计要求，是一项重要的工作。

从地面机械回转岩芯钻探来说，钻孔弯曲主要是由于地质条件和钻进工艺引起孔底钻具在破碎岩石过程中产生侧向弯曲力而造成的。因此，在孔底钻具运动过程中，若设法使其形成一种横向力，用以平衡上述的侧向弯曲力，就能防止钻孔弯曲。基于这种理论分析，美国学者A.鲁宾斯基（Lubinski）等在五十年代通过研究试验提出了“钟摆原理”和“满眼原理”，在生产实践中取得了较好的效果，特别是对钻孔稳斜、减斜可谓方法简便、效果明显。

钟摆原理

当钻压达到某一数值时，孔底钻具呈现弯曲，并与孔壁形成接触点（通常称为切点），借此点以下的钻具重量产生的横向力，使钻头推向孔底低的一方，因之钻孔有可能趋向下垂。这种横向力颇似钟摆，故称其为钟摆力。按这种原理组成的钻具组，称为“钟摆钻具”。

根据A.鲁宾斯基等的学说，认为钻头在孔底运动时，通常可分解为三种力：轴向力，即钻柱压力；钟摆力，即孔底钻具切点到孔底间所形成的使钻孔趋向下垂的横向力；地层反作用力（图1）。

在上述诸力的综合作用下，影响钻孔弯曲的力主要是总侧向力（ H ）。而总侧向力是孔底钻具在钻压影响下所产生的侧向弯曲力（ H_B ）和钟摆力（ H_P ）的代数和。因此，钻头向降斜方向运动的条件必须是

$$|H_P| > |H_B|$$

即 $Q \sin \alpha > H_B$

式中 Q —— 孔底钻具在切点以下部分的重量，即孔底钻具切点以下的长度乘以孔底钻具在冲洗液中的单位长度重量；

α —— 孔底钻具切点以下部分的轴心线与钻孔轴心线的夹角。

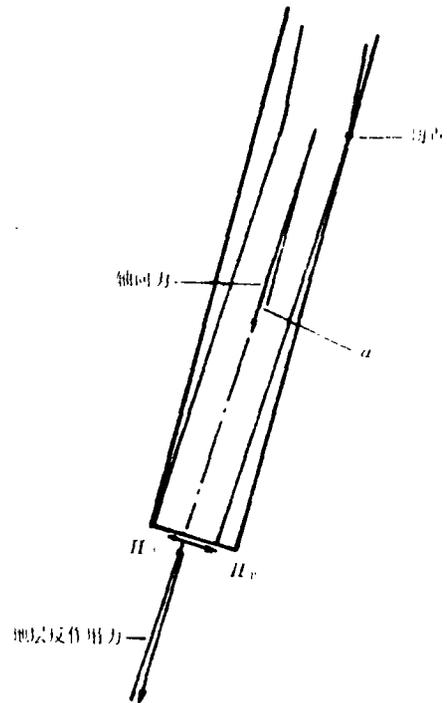


图 1

侧向弯曲力与地层的倾角、层理、软硬变化频繁程度、各向异性以及钻头类型、钻压等有直接关系，同时也与孔斜角的大小有一定的关系。

如侧向弯曲以系数 k 来表示，则侧向弯曲力为

$$H_B = k P$$

式中 P —— 钻压

$$\text{故 } P > \frac{Q \sin \alpha}{k}$$

即是在用降斜钻具开始钻进时, 钻压的数值。

而在同一矿区, 一定的地层, 孔斜稳定时,

$$k = \frac{Q \sin \alpha}{P}$$

如 Q 、 P 、 α 为已知, 则可确定出 k 值。

很显然 α 角可利用孔壁间隙和孔底钻具切点以下的长度求出。而孔底钻具切点以下的长度可按下列简化经验式求出近似值:

$$L = \sqrt{\frac{10^8 (D^4 - d^4)}{P}}$$

式中 D 和 d ——孔底钻具的外径和内径 (米);

P ——最大临界钻压 (牛)

至于孔壁间隙, 一般地可由生产实际得知。采用金刚石钻进时, 在可钻性 7~8 级岩石中多使用表镶钻头, 其孔壁间隙为 1~2 毫米; 在可钻性 9~10 级岩石中多使用细粒表镶 (或孕镶) 钻头, 其孔壁间隙为 0.5~1 毫米; 在可钻性 11~12 级岩石中常使用孕镶钻头, 其孔壁间隙为 0.5 毫米左右。采用硬质合金钻进时, 其钻孔实际直径约为钻头直径的 1.1~1.3 倍, 孔壁间隙的实际数值通常为 3~5 毫米, 即略大于钻头所镶硬质合金外出刃的 2 倍。采用钢粒钻进时, 在可钻性 7~8 级岩石中, 使用大直径 (4~4.5 毫米) 的钢粒, 其钻孔实际直径约为钻头直径的 1.6~1.4 倍; 在可钻性 9~10 级岩石中, 使用中等直径 (3.5~4 毫米) 的钢粒, 其钻孔实际直径约为钻头直径的 1.4~1.2 倍; 在可钻性 11~12 级岩石中, 使用小直径 (2.5~3.5 毫米) 的钢粒, 其钻孔实际直径约为钻头直径的 1.2~1.1 倍。

概括起来说, 如果孔底各种条件导致的侧向弯曲力大于钟摆力, 则将引起钻孔上浮; 如果孔底各种条件导致的侧向弯曲力等于钟摆力, 则会起到稳斜作用; 如果孔底各种条件导致的侧向弯曲力小于钟摆力, 则将引起钻孔下垂。

不言而喻, 从式 $Q \sin \alpha > H_b$ 可看出, α 角为一定值时, 需采取增大孔底钻具的刚性 (如改善材质或增加壁厚) 或在孔底钻具切点部位的略高处安置扶正器 (或称稳定器), 就能增大纠斜力。也就是说, 为了充分发挥钟摆钻具的作用,

应尽可能地采用厚壁钻具加扶正器, 这样形成的钟摆臂长而重量大。

当然, 扶正器的安置位置与钻压有关。须防止钻压过大, 使扶正器下部出现新的切点, 引起钟摆力改变。

在实际生产中, 利用钟摆原理设计的偏重钻具是一种简便而有效的防斜钻具。它是在厚壁 (粗径) 钻具 (或钻铤) 的一侧沿轴向钻一竖行圆孔, 使之形成一边重一边轻, 其重边和轻边的重量差为厚壁 (粗径) 钻具总重的 0.5~5% 为宜, 而孔底钻具组的总长度有 6~12 米即可。

这种钻具在孔底回转时, 所产生的朝向重边的离心力, 将钻具推向孔底低的一方, 随着转速的提高, 离心力增加, 从而起到较好的防斜效果。这种钻具适用于硬质合金或钢粒在直孔或斜直孔中的易斜地层钻进。

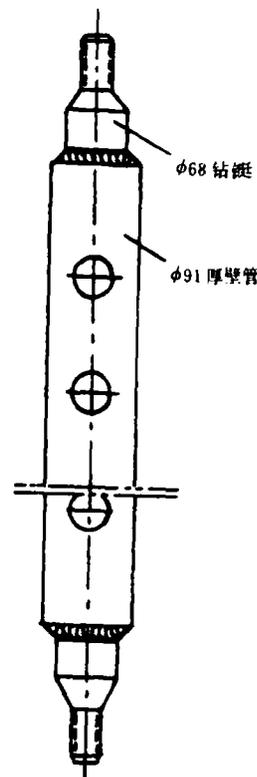


图 2

如湖北煤田 125 队采用钢粒钻进裂隙溶洞发育的三迭系、二迭系灰岩地层时, 用直径 68 毫米、长 4.8 米的钻铤外套焊直径 91 毫米、长 4.2 米的厚

壁管,在其轴线的一侧钻出直径36毫米、孔距300毫米、孔深14毫米的孔6~7个,制成偏重钻铤(如图2)。其钻具组结构是:钢粒钻头——岩芯管——偏重钻铤——普通钻铤——钻杆。经过13个钻孔的使用,钻孔弯曲率由原来的平均每百米 5° 多,降低到 1° 以内。

满眼原理

采用增强刚性和填满钻孔直径的钻具,在足够钻压下不易弯曲,并保持孔底钻具在钻孔内居中(即钻具与钻孔同心),限制钻头的横向移动,同时能在钻头处产生一定的纠斜力,以保持钻孔沿直线方向延伸,从而达到防斜、稳斜的作用。

这种孔底钻具是由一定数量的扶正器(至少要安置3个,方能获得较好的效果,保证钻孔呈直线状态)和一定长度的粗径钻具组配而成。一般说来,在轻微孔斜地层钻进可用3个扶正器,中等易斜地层可用4~5个扶正器,严重易斜地层需用5~7个扶正器。这种钻具组适用于金刚石钻进,也可用于孔壁较完整的硬质合金钻进(这种钻具组合形式在1982年第3期《地质与勘探》中“金刚石钻进的钻孔弯曲问题”一文内做过叙述)。

当然,在采用满眼钻具时,孔壁间隙的大小甚关重要。因为孔壁间隙的增大,将使之失去满眼作用。但在实际生产中,孔壁间隙总是趋向变大的,其原因是:钻头制造尺寸多是正公差;钻头运动总会有一定的横向偏斜力;扶正器直径随磨损而变小;孔壁岩石受冲洗液冲刷等。因之,须采用相应措施加以改善。

为此,在金刚石钻进时,最下面一个扶正器(即钻头上部的扩孔器)应比钻头直径大0.3~0.5毫米(硬岩层取小值,软岩层取大值),安置在上部的其余扶正器的直径应比最下面的一个扶

正器的直径大0~0.2毫米。

扶正器的长度取120~250毫米(丝扣部分除外),根据所钻地层而定。坚硬均质地层可选用较短的扶正器,而对松软易被冲蚀的地层,则应选用较长的扶正器,并需注意冲洗液性能与控制上返速度。

满眼钻具的长度可取9~16米。一般在轻微孔斜地层钻进可用不短于6米的孔底钻具,中等易斜地层可用长9~12米的孔底钻具,严重易斜地层可用长12~16米的孔底钻具。为了使其具有足够刚性和更好地传递钻压,该钻具组除最下面一根粗径钻具采用岩芯管外,其余的可以采用钻铤(或厚壁管)。

应当指出,采用钻铤(或厚壁管)时,应在钻铤顶部制出卸载槽,以消除应力集中。目前,国外多选用截面为4~6角形的钻铤,并在其边上镶以硬质合金。这种钻铤既具有足够的刚性,又利于预防粘卡,还便于冲洗液流通,甚为安全。最近有些国家在研究使用带有较大螺距的梯形浅槽钻铤。

采用满眼钻具钻进复杂地层时,应使用减震器(碟形弹簧减震器)和震击器。减震器可连接在最下面一根粗径钻具(岩芯管)的上部,震击器可连接在最上面一个扶正器的上部。

参 考 文 献

- [1] A.鲁宾斯基,钻井的防斜理论和方法,中国工业出版社,1965年
- [2] 陈理中等译,美国钻井手册,石油工业出版社,1980年
- [3] 《石油钻采工艺》,1979年第6期;1980年第2期
- [4] 湖北煤田地质勘探公司125队,关于使用偏重钻铤防斜的初步体会,1981年
- [5] 刘希圣等,钻井工艺原理,石油工业出版社,1981年

