

设计改进喷射式钻具的总结

· 河南省冶金煤炭廳原地质勘探四分队 ·

我分队从1960年开始,在某螢石矿区进行勘探,該地区組成矿脉的矿石,主要为块状、角砾状或有細小石英脉和螢石脉組成的条带状构造。由于受后期多次断裂活动的影响,地层均較破碎,致使岩矿心采取率低,效率也低,事故較多。

1963年我們学习了106队的双管噴反钻具的經驗,但因双管双钻头,不能适应我矿区硬岩、破碎的情况,所以效率仍提不高。后經我們研究,在原有双管噴反钻具的基础上,进行了改裝設計。将双管改为单管,弯管改为分水接头,并增加了內取粉管、卡料筒等取粉、卡心装置;在钻进方法上,由合金改为鋼粒钻进,終于解决了我区钻探采心問題。现将钻具的改进情况及操作經驗介紹于下,供同志們参考。

一、工作原理及构造

改进后的喷射式钻具,具有防止冲刷孔壁和形成孔底局部反循环的作用,构造如图1所示。

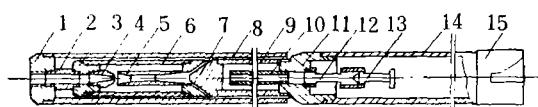


图 1

1—外管螺絲头; 2—接手; 3—內管螺絲头; 4—噴嘴; 5—混合室; 6—內管; 7—分水接头; 8—外管; 9—內取粉管; 10—內芯杆; 11—錐形变径螺絲头; 12—卡料筒; 13—卡料筒頂閥; 14—岩心管; 15—钻头

高压水 Q_1 通过钻杆流入喷射式钻具,从收縮式圓錐形的噴嘴④以高速噴出来。由伯努利方程式得知:液体运动的两个基本要素,流速 V 和液流里的压力 q 之間的特征关系,即:当液流收縮并且水流断面面积 F 减少,从而流速 V 加快时,則压力相应降低;反之相反。所以当噴出的速度很大时 而出口压力大大降低。高速的噴出液体将噴嘴④附近的液体一同帶入混合室⑤里去,使噴嘴出口附近压力低于大气压力,形成速度真空,把孔底的冲洗液經钻头⑮的水口、岩心

管⑬、卡料筒⑫的側开口,錐形变径螺絲头⑪的內孔,內芯杆⑩,分水接头⑦的吸水孔,內取粉管⑨,內管⑥与混合室⑤的环状間隙吸上来,与高压液体一同噴入混合室的內腔、經扩散管內腔、分水接头的排水孔,外管与內取粉管的环状間隙,錐形变径螺絲头的外錐面流出来,一部分冲洗液返回地表形成大循环;另一部份冲洗液流向孔底,形成孔底局部反循环。孔底局部反循环液体的流量,用改变高压液体的流量进行控制。

从能量角度来看,喷射式钻具的工作原理,也就是依靠撞击传递能量的一种方式。当高速液体与低速的吸入液体共同进入混合室后互相混合,高压液体 (Q_1) 的质点速度大,撞击着吸入液体 (Q_0) 的质点,使吸入液体质点速度增加,而高压液体的质点速度相应降低。也就是高压液体将一部份动能传给吸入液体,使吸入液体能量上升。高压液体与吸入液体完全混合后,进入扩散管,将速度能轉变成压力能。

由于孔底反循环的作用,岩心管內經常有向上的冲洗液流,使破碎的岩、矿心受一定的浮力,很好地保存在岩心管里,并将岩、矿粉和鋼粒屑排到內取粉管內,暢通水路,保持孔內清洁,减少岩心堵塞、磨損、干扭等現象。在岩、矿心不十分破碎使用卡料筒的情况下,回次接近終了时,岩、矿心頂着卡料筒的錐形閥逐漸上升,使下钻前装入卡料筒內的鉄絲,由卡料筒的側开口掉下去,卡住岩、矿心。

由于这种钻具有上述性能,大大的提高了岩矿心采取率、時間利用率、钻进效率,避免和减少了孔內事故。

(一) 噴嘴主要尺寸的設計

1. 基本参数

H_p ——工作揚程: 每公斤工作液体流过射流泵所失去的能量(米);

H_u ——計算揚程: 每公斤被抽送液体流过射流泵所获得的能量(米);

Q_1 ——工作液体的流量(米³/秒);

Q_0 ——反循环液体的流量(米³/秒);
 Q_2 ——喷射式钻具给水量, 即 $Q_2 = Q_1 + Q_0$
 (米³/秒);
 Σh_1 ——反循环水路中沿程水力损失之和(米);
 Σh_2 ——反循环水路中局部水力损失之和(米);
 h_u ——反循环水路中水力损失之总和, 即 $h_u = \Sigma h_1 + \Sigma h_2$ (米);
 H_1 ——喷射式钻具部份长度, 即吸水高度(米);

2. 主要参数计算

(1) 依现有机械设情况, 用 P200/40 或 M100/30 型往复式水泵通过钻杆向孔内送冲洗液; 喷射式钻具部份长度 $H_1 = 2.5$ 米; 工作水量 $Q_1 = 75$ 公升/分相应得到的反循环水量 $Q_0 = 78$ 公升/分。

(2) 求无因次给水量 q :

$$q = \frac{Q_0}{Q_1} \quad (1)$$

(3) 无因次数扬程: $h = 0.26$ 。过水断面系数: $K = 3$ 。在特定的情况下 Q_2 相对应值: $Q_2 \text{ II} = 9$ 。给水量: $Q_2 = Q_1 + Q_0$ 。

(4) 求计算扬程 H_u 。由计算扬程定义得: 喷射式钻具的计算扬程 H_u 应为反循环水量 Q_0 流过混合室所得的能量。这一能量如原理部份所述, 形式复杂, 在主要另件尚未设计出来之前有很多数据是未知的, 无法利用动量方程式进行计算。

根据能量守恒关系, 可认为反循环水量 Q_0 在混合室获得的能量与其从混合室流出, 经孔底钻头, 进入岩心管等通道, 回到混合室进口部位, 克服各种水力损失 h_u 和把反循环水量 Q_0 吸 H_1 这么高, 所消耗能量之和近似相等 (其他形式的能量很小, 可忽略不计)。由此可近似的计算出 H_u 之值。

这部分能量消耗实际上有两个主要部份组成:

①把反循环水量 Q_0 从孔底吸到混合室进口部位, 所消耗的能量; 它近似的等于这段吸水高度 H_1 。 $H_1 = 2.5$ 米。

②克服反循环水路中的各阻力所消耗的能量; 它近似的等于全部水力损失之和 h_u 。

由于反循环液体比重增加和岩、矿心破碎以及反循环水路较短, 通道断面和流向变化频繁, 流速不一, 局部水力损失连续发生, 水流状态极不稳定等原因, 使其相互影响而巨增。根据管路中水力损失计算公式可进行粗略的计算。

$$\text{沿程水力损失: } h_1 = \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (2)$$

式中: λ ——沿程水力损失系数;

L ——管路距离(米);

d ——计算断面的直径(米);

V ——计算断面的流速(米/秒);

g ——重力加速度, $g = 9.81$ 米/秒²;

$$\text{局部水力损失: } h_2 = \xi \frac{V^2}{2g} \quad (3)$$

式中 ξ 为局部水力损失系数。

V 和 g 同式 (2) 中所注

应用式 (2) 式 (3) 分别求出 Σh_1 和 Σh_2

通过计算 (过程略) 并考虑到各有关因素影响, 求得反循环通道中总的水力损失 $h_u (\Sigma h_1 + \Sigma h_2)$ 近似等于 6.25 米。

则: $H_u = H_1 + h_u$

(5) 求工作扬程 H_p :

$$H_p = \frac{H_u (1 - h)}{h} \quad (4)$$

喷射式钻具的工作扬程 H_p 是用 P200/40 或 M100/30 往复式水泵得到的, 当不考虑工作液体 Q_1 在钻杆中流动的水力损失时, H_p 近似的等于水泵水表示压力。往复式水泵的泵压较 H_u 之值 (2.5 大气压) 大得多, 是完全可以满足的。

3. 喷嘴主要尺寸计算

$$\text{喷嘴出口水流断面面积 } F_1 = \frac{Q_2}{Q_2 \Pi \sqrt{H_p + H_u}} \quad (5)$$

$$\text{喷嘴出口直径 } d_1 = \sqrt{\frac{4F_1}{\pi}} \quad (6)$$

选用收缩式圆锥形喷嘴, 并取圆锥角 $\beta = 30^\circ$, 大端直径 $d_0 = 25$ 毫米 (其内腔结构如图 2)。

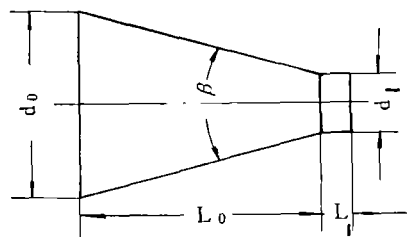


图 2

则喷嘴圆锥形部分长度

$$L_0 = \frac{d_0 - d_1}{2 \tan \frac{\beta}{2}} \quad (7)$$

喷嘴出口圆柱形部分长度 $L_1 = 0.5 d_1$

(二) 混合室、扩散管主要尺寸和各管路内径计

算。

1 混合室尺寸計算:

$$\text{混合室直径: } d_2 = d_1 \sqrt{1+K} \quad (8)$$

噴嘴至混合室口距离: $L = 0.5d_1$ 。設計混合室长度为 L_K 。選用收縮形混合室并取收縮角 $\varphi = 13^\circ$ 。

混合室錐形部分长度 $L_{K1} = \frac{L_K}{3}$ (毫米)。混合室圓錐

部分长度: $L_{K2} = L_K - L_{K1}$

2. 各管路內徑計算:

为减少吸水管, 压水管内的水力损失, 其流速应小于 2—2.5 米/秒较为合适。我們使用的钻杆, 內径为 40 毫米, 其流速小于 1 米/秒, 符合上述条件。

取: 吸水管内的最大流速 $V_a = 1.8$ 米/秒;

排水管内最大流速 $V_c = 3.3$ 米/秒。

$$\text{則: 吸水管最小直径 } d_a = 0.019 \sqrt{\frac{Q_0}{V_a}} \quad (9)$$

$$\text{排水管最小直径 } d_c = 0.019 \sqrt{\frac{Q_2}{V_c}} \quad (9')$$

3. 分水接头的吸、排水孔直径和扩散管尺寸計算:

$$\text{分水接头钻四个吸水孔, 其直径 } d_a = \sqrt{\frac{d_1^2}{4}} \quad (10)$$

$$\text{分水接头四个排水孔, 其直径 } d_c = \sqrt{\frac{d_c^2}{4}} \quad (10')$$

設扩散管长度为 L_c ; 扩散角为 γ , 并取 $\gamma = 8^\circ$,

$$\text{則 } L_c = \frac{d_c - d_2}{2 \tan \frac{\gamma}{2}} \quad (7')$$

(三) 汽蝕計算。

$$\text{汽蝕系数 } \delta = \frac{\Sigma q^2}{K^2 - q^2} \quad (11)$$

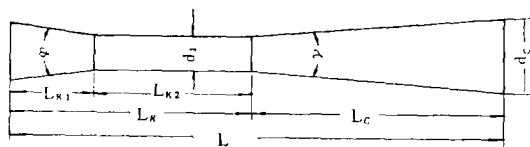


图 3

式 (11) 中 Σ 为一常数, $\Sigma = 1.27$ 。

$$\text{临界吸水高度 } H_{skp} = A - \delta(H_p + H_u) \quad (12)$$

式 (12) 中 A 为一常数, 在标准气压下 $A = 10.13$ 米。

該钻具有 4.13 米临界吸水高度, 又在液体內工作, 因此不会发生汽蝕現象。

二、地表吸水試驗

当一套新的噴反钻具設計試制好之后, 由于作用

目的和结构与射流泵有所不同, 必須进行地表吸水試驗, 以便取得有关数据, 使之在日后实际应用中, 能在地表利用工作水量来控制孔底反循环水量, 从而适应各种钻进方法。

(一) 試驗方法

在噴射式钻具下部岩心管里, 装入块度大小不一的破碎岩、矿心, 用图 4 所示的装置, 分別測出噴嘴出口直径 d_1 为 6、8、10 毫米时, 反循环水量 Q_0 和无因次給水量 q 随着工作水量 Q_1 的变化关系, 如曲线图 5、图 6 所示。

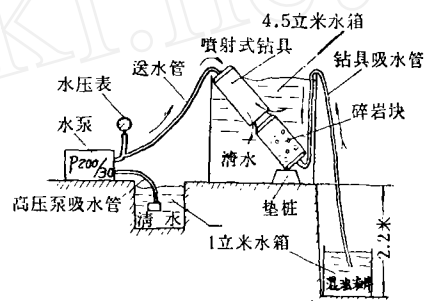


图 4

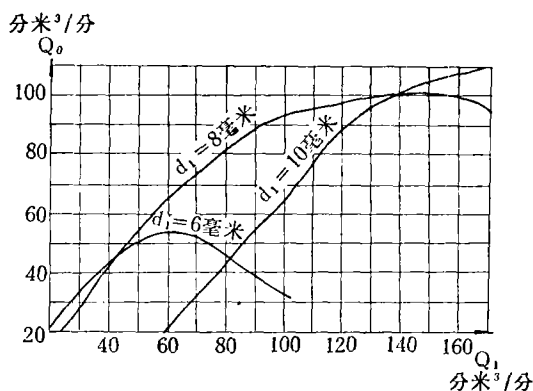


图 5 反循环水量 Q_0 与工作水量 Q_1 关系曲线图

(二) 試驗情况分析

1. 由于反循环的作用, 使破碎的岩矿心有顛倒順序的現象, 装入 108 毫米岩心管里的矿石 (螢石, 比重 3.18) 碎块、碎粒, 当反循环水量 Q_0 为 55 公升/分, 粒度小于 4 毫米的岩粒, 被冲到上面, 同种岩、矿石被冲起来的碎块或碎粒之大小, 随反循环水量 Q_0 的增加和岩心管直径变小而增大。

2. 由曲线图 5、图 6 可知: 反循环水量 Q_0 和无因

注: 設計計算中的公式, 主要据《活 塞 泵 及 其 他 类 型 泵》《水力学及水力机械》两书中有关原理推导而来。

次給水量 q 与工作水量 Q_1 不是正比关系。在喷嘴出口直径一定的情况下, 随着 Q_1 和喷出速度以及真空程度的增加, Q_0 和 q 之值也逐渐增加。当 Q_1 增加到一定程度时, Q_0 和 q 则先后达到最大极限值。从設

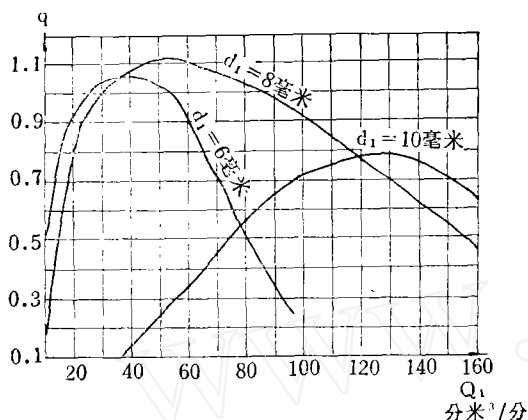


图 6 无因次給水量 q 与工作水量 Q_1 关系曲线图

計公式 (2) 和 (3) 得知: 水力損失 (能量損失) 与速度平方成正比。当工作水量 Q_1 再繼續增加时, 由于喷出速度很大, 使能量大量損失, 并易产生汽蝕現象, Q_0 和 q 反而逐漸下降。

3. 从曲线图 5、6 看出: 当 $d_1 = 6$ 毫米时, Q_0 和 q 的最大极限值分别为 55 公升/分和 1.05, 所需的 Q_1 分别为 55 公升/分和 40 公升/分; $d_1 = 8$ 毫米时,

Q_0 和 q 的最大极限值分别为 102 公升/分和 1.12, 所需要的 Q_1 分别为 145 公升/分和 55 公升/分; $d_1 = 10$ 毫米时, Q_0 的最大极限值大于 110 公升/分所需 Q_1 之值大于 170 公升/分; q 的最大极限值为 0.75 所需 Q_1 为 122 公升/分。总之, 随着 d_1 的增加, Q_0 和 q 达到最大极限值所需的 Q_1 也必须增大。

4. 鋼粒钻进所需水量一般为 30—45 公升 (清水); 冲孔和合金钻进的送水量为 60—100 公升/分左右。 $d_1 = 6$ 毫米, Q_1 界于 30—60 公升/分之間时, q 值較好, Q_0 为 32—55 公升/分, 因 Q_0 过小只能滿足鋼粒钻进需要; $d_1 = 10$ 毫米, Q_1 界于 100—150 公升/分时, q 值較好, Q_0 为 92—100 公升/分, 因 Q_0 过大不适合鋼粒钻进, 同时工作水泵消耗动力大; $d_1 = 8$ 毫米, Q_0 界于 30—90 公升/分的时候, q 值較好, Q_0 为 30—88 公升/分, 适合各种钻进方法和冲孔需要。

由此来看, 在钻探生产中, 使用 $d_1 = 8$ 毫米的单管喷射式孔底反循环钻具比較适合。

三、实用效果

通过长期的实践证明, 改进后的钻具, 性能良好, 1964 年台月效率提高的幅度很大, 較 1963 年提高 58%, 成本則較 1963 年降低 45.83%。岩心采取率, 由原来的 50—70%, 提高到 75—90% (个别回次为 68—70%)。

讀

者

建

議

在增产节约运动中, 地质勘探部門为国家提交建設条件好、品位富的矿产资源, 就是最大的增产节约。但是在实际工作中减少占用农田耕地面积, 也是十分重要的問題, 应该引起所有勘探队的重視。据我所知, 有的勘探队一年所占农田一般在几十亩左右, 甚至还多一些。如果各队都能把所占耕地面积减到最低限度, 那么全国的勘探队合計起来就是很大的一笔数字。

减少占用耕地面积不是一般問題, 这是贯彻以农业为基础的方針, 工业支援农业, 搞好工农关系的大問題。要使广大职工了解少占耕地的重大意义。勘探队在施工時間上、工程布置上都要

反复考虑是否多占了土地。在达到地质工作目的的前提下, 能移在耕种前、收割后施工的, 就不应在耕种后、收割前施工; 能移在低产田施工的, 就不应在高产田施工, 占而不用的土地应该退給生产队, 要千方百计地把工作做到家。同时要想办法尽可能地支援农业, 利用废水灌溉农田, 为农民做好事。要把爱护庄稼, 少占耕地列为单位和职工五好竞赛条件, 經常检查評比, 把这一工作做得更好。我认为只要全国各勘探队和广大职工都能重視这个問題, 就是对农业的大力支援。

东北黄金勘探公司第九队 于廷佐