



地热普查勘探孔钻探技术问题

成大均

因钻孔中不断涌、喷出地下热水，给钻探工程带来了其它钻探工程所没有或少有的“热、烫、潮、喷、雾”的新问题，造成施工上不少困难。涌、喷出来的热水温度越高，水头越高，压力越大，流量越大，就会给钻探施工带来困难越大。

“热”指的是由于钻孔涌出的热水不断扩散热蒸气，从钻孔中提拔出来的热钻具引起的热辐射，提高了机场的温度，在南方炎热的夏季，特别使人感到闷热难受和精神疲乏。

“烫”是由于钻孔中涌、喷出来的高温水、气很烫，从钻孔中提拔出来的钻具很烫，使操作者无法接触，一不小心就有烫伤的危险。

“潮”是由于钻孔中涌、喷出来的热水和热蒸气直接搞湿了操作者的衣物和钻探设备，出现严重的潮湿，常使操作人员容易生病，金属设备、器材生锈，发电设备易坏，升降机制闸不灵等。

“喷”指的是钻到含热水构造时，受地层高压的地下水、蒸气，通过钻孔喷出地面和机场，使人措手不及，造成施工停顿。另一种情况是井下的气体、水泵压入钻具的气体在拧开水龙头丝堵补砂、投卡料时，立轴钻杆（或主动钻杆）内将断续喷出高温水，造成假喷。这种喷的突然袭击，往往可以造成严重的烫伤事故。

“雾”是热水蒸发的小水点浮游在机场，造成房前看不到房后，塔下看不见塔上，给指挥、操作带来很大困难。

在地热钻探中，当水温高于摄氏七十度时，就要采取一些特殊的技术措施来克服“热、烫、潮、喷、雾”带来的施工困难。现按照施工的基本顺序谈谈应采取的技术措施：

1. 施工前的调查研究

施工前应调查热泉情况，通过观察分析，对钻孔涌出的热水温度、流量和压力有个基本估计，以便在设备安装和钻进工艺上有个准备，不打无准备之仗。

2. 选择钻机

在没有专用的热水钻探的钻机的情况下，而采用现有的岩心钻探钻机时，我们认为选择机械转盘钻机和液压转盘式钻机为好。它的优点是：（1）转盘能拧卸钻杆，不需手工拧卸钻杆或另行安装拧管机，减少操作者对热的接触；（2）转盘高度大于拧管机，减少操作者被热气、水烫伤的机会；

（3）井口位置宽敞，操作方便，有利安全；（4）转盘下面空间位置大，方便安装导流装置等。

3. 坪地基

钻探设备安装前需平整地基时，一要掌握季节风向，如冬天北风多，导流热水的一面应朝下风，便于排热和排潮；二要结合地形，选择导流热水的一边地势要低，便于排出热水。

4. 架高机场

用加高二至三层机台木或打水泥墩的方法把机房架高，架高了的机场有利于排出热水，有利于安装导流装置。

5. 常温水源充足

在常温水源充足情况下，可以向孔内注入常温水，利用水温的比重差（0℃与100℃的水，两者之间的比重相差约0.5%），从而压低钻孔内热水的涌出量和降低热水排出的温度。

6. 下入止水孔口管

当钻探穿过风化层后，应用硬质合金钻头钻进，至完整基岩出现三至五米时，下入止水管套。套管下部应止水，上部要保持完好的丝扣，以便将来便于接管测量水头高度止。水的一般要求为：

浅孔或中深孔，水头高度一般不超过五至六米者，可用粘土止水，井壁与套管的环状间隙至少应密封四至五米。

深钻，尤其是水头高度在十米以上的热区钻孔，应用高标号水泥止水。止水泥泥的泥砂比可按1:1的重量配制，并可加入快干剂。水泥止水后一般应停工二至三天，待其凝固后才能钻进。

7. 安装导流装置

在止水管下好后安装导流装置。所谓导流装置是将钻孔内涌出的热水不让它在机场露面，通过暗管、暗沟排出机场的装置，这是地热钻探中极为重要的一个环节，必须做好。通常视其涌水量的大小，选用以下两种：一种是管式的导流装置，如图1所示，这种导流装置较轻便简单，适用于涌水量在20公升/秒的钻孔；另一种是桶式的导流装置，如图2所示，桶式导流装置断面积大，对孔内涌出的热水缓冲作用大，使热水容易通过暗管排出机场，不在机场露面散热，适用于涌水量较大的钻孔安装使用。导流装置的导流管应有足够的断面和安装一定的坡度，以保证热水畅流。导流装置也可以用混凝土建制。

8. 防护用品

为适应热水钻探的需要，在原有发放劳保用品的基础上应给钻探工人增发下列防护用品：电焊工用的皮革手套（套在棉纱手套外面使用）；登山皮鞋；塑料围裙；有喷或假喷现象的钻孔，还应配备防护面罩等。

9. 尽量实现升降钻具机械化

应给地热钻探的钻机配备拧管机、提管器、扶管器、摆管器、活动工作台等，并实现塔上无人操作。

10. 可钻性在六至七级的岩石，多以钢粒钻进，以提高回次钻进效率和回次进尺长度，减少起下钻具回次，从而减少操作者与热接触的机会。

11. 有假喷现象的钻孔，在补砂或投卡料之前应将水泵

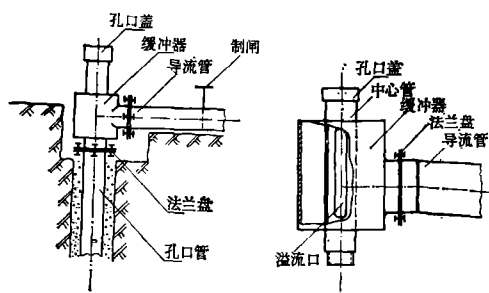


图 1 管式导流装置示意图 图 2 桶式导流装置

的回路阀门全部打开, 让主动钻杆里的气、水排出, 防止假喷发生。

12. 起完钻具后, 将粗径钻具拖放至机场地板上之前,

应将取粉管内的热水抽去一部分, 防止流出或溅出伤人。

13. 向孔内下降钻具时, 钻杆上端应接上“实心蘑菇头”, 防止下降钻具过程中钻杆上口喷出热水。

14. 采用“一快二干”的操作方法

“一快”即在升降钻具时操作者的操作动作要快, 以尽量缩短接触热烫钻具的时间; “二干”就是保持操作者的双层手套干, 手套湿后容易传热。

15. 保持机场良好地通风

可采取揭开机房周围帆布的方法, 加强自然通风或采用风扇排风。

16. 在防坍、防漏、防喷的情况下, 采用优质泥浆或加重泥浆时, 返回地表的高温泥浆要入冷却塔、加长循环槽、增加冷却池等办法进行冷却。

17. 有井喷的机场, 要从塔上向塔下安装安全下降器, 以供塔上工作遇到井喷危险时, 能乘安全下降器离开钻塔。

(上接第61页)

维径向流。此时通过以井为中心的任一半径为 r 的圆周的通量均为

$$2\pi K B r \frac{\partial h}{\partial r} = -Q \quad (47)$$

式中 K 是水力传导系数, B 为含水层的厚度。由此式及达西定律可得平均流速为

$$V(r) = \frac{q}{n} = -\frac{K}{n} \frac{\partial h}{\partial r} = \frac{Q}{2\pi B n r} = \frac{A}{r} \quad (48)$$

其中 $A = \frac{Q}{2\pi B n}$, 以此代入方程(11)并忽略分子扩散便得到最简单的径向流弥散方程

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\alpha_L A}{r} \frac{\partial^2 c}{\partial r^2} - \frac{A}{r} \frac{\partial c}{\partial r} \quad (49)$$

附加的定解条件是: $c(r, 0) = 0$, 当 $r \geq r_0$; $c(r_0, t) = c_0$, $c(\infty, t) = 0$, 对任意 $t > 0$ 。由于方程(49)的系数依赖于 r , 所以给求解带来困难。长期以来, 这一简单问题只能靠数值方法或近似方法求解。直到1979年 Tang 等人才导出了它的精确解(见文献③)。他们得到的解是

$$c(r, t)/c_0 = 1 - \left(\frac{r}{r_0}\right)^{1/2} \exp\left(-\frac{r-r_0}{2\alpha_L}\right) (I_1 + I_2 + I_3) \quad (50)$$

其中 I_1 , I_2 , I_3 是包含几类贝塞尔函数的积分, 依赖于 r , r_0 , α_L 和 A 。因为表达式太长, 在此从略。我们已为这一解析解编制了计算机程序, 可用于拟合野外实验求纵向弥散度 α_L 。当存在天然流速时, 需用数值解拟合野外实验。存在解析解的其他例子见参考文献①。

参 考 文 献

- ① Bear, Jacob, "Dynamics of Fluids in Porous Media" American Elsevier, New York, 1972.
- ② Wen-Hsiung Li, "Differential Equations of Hydraulic Transients, Dispersion, And Groundwater Flow", Prentice-Hall, INC., Englewood Cliffs, New Jersey, 1972.
- ③ D. H. Tang and D. K. Babu, "Analytical solution of a velocity Dependent Dispersion problem", Water Resources Research, vol. 15, No. 6. 1979.
- ④ Jean-Pierre Sauty, "An Analysis of Hydrodispersive Transfer in Aquifers", Water Resources Research, vol. 16, No. 1. 1980.