

# 长白矿区复杂地层多金属矿深孔施工技术

张元清, 宋 健

(吉林省第五地质调查所, 吉林 九台 130500)

**摘 要:**长白多金属矿区地层复杂, 深孔钻探难度极大, 采用先进的钻孔结构以及采用绳索取心钻进, 利用同径绳索取心钻杆做技术套管, 同时选用 PAB 高性能无固相冲洗液和选择高端广谱钻头的钻探技术, 成功完成了一个孔深 1505.88 m 的钻孔, 创造了吉林省地矿局钻探深孔记录。着重介绍了该孔钻探施工技术措施。

**关键词:**多金属矿; 复杂地层; 深孔钻探; 绳索取心; PAB 无固相冲洗液; 高端广谱钻头

**中图分类号:**P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)12-0013-04

**Deep Hole Construction Technology for Polymetallic Mine in Complex Formation of Changbai Mine Area/ZHANG Yuan-qing, SONG Jian** (Jilin Fifth Geological Institute, Jiutai Jilin 130500, China)

**Abstract:** Because of the complex formations, deep hole drilling is very difficult in Changbai polymetallic mine area. The advanced borehole structure and wire-line coring drilling were adopted; with wire-line coring pipe of the same diameter as the intermediate casing; high performance PAB solid-free flushing fluid and the drilling technology with high-level broad spectrum bit were selected. A borehole of 1505.88 m depth was fulfilled, which became the drilling depth record of Jilin Geology and Mineral Surveying and Exploring Bureau. The paper emphatically introduced the construction technology of this borehole drilling.

**Key words:** polymetallic mine; complex formation; deep hole drilling; wire-line coring; PAB solid-free flushing fluid; high-level broad spectrum bit

## 1 矿区地质及钻探施工概况

该矿区位于吉林省长白县城西部, 鸭绿江边北岸, 与朝鲜惠山市隔江相望。地形切割深, 起伏大, 浅部地层为残坡积层和安山岩, 下部是一套煤系地层, 主要岩石为: 泥岩、泥质砂岩、煤, 岩层中夹有大量构造角砾岩、破碎带、构造挤压片理化带、正长斑岩、灰岩等。整个钻孔处于构造带上。

该矿区主要为煤系地层, 地层破碎, 岩石疏松, 裂隙发育, 钻孔易发生漏失、坍塌、掉块现象, 钻孔护壁难度大; 钻孔设计较深, 达 1500 m, 这个钻孔深度在吉林省地矿局还是首次, 缺乏深孔施工经验, 以往施工采用常规钻探方法最深孔不到 1000 m。为保证钻孔施工的顺利进行, 我们在钻探施工工艺技术上进行了大胆探索和改进, 从钻探装备、钻孔结构、冲洗液类型及配方、钻头选用、钻进技术参数选择等方面着手, 较好地解决了施工过程中出现的问题, 成功地完成了 2 个较深孔(终孔深度分别为 1505.88、1365 m)的钻探施工, 首次在吉林省地矿局突破了 1500 m 深孔岩心钻探, 得到项目投资方的高度评价与认可。本文着重介绍 ZK0903 号钻孔(1505.88 m)的钻探施工技术措施。

## 2 设备选择

施工用主要设备有: XY-5 型钻机 1 台; BW-250 型泥浆泵 2 台; SG-23 型四脚管塔; LW-400 型离心式除泥机 1 台; JQ-190-2 型除沙器 1 台。

从实际施工情况来看, 设备选择是合理的, XY-5 型钻机从理论上讲用  $\varnothing 71$  mm 绳索取心钻杆钻 1500 m 深是略超负荷的, 但当时我所新定购的 XY-6B 型钻机没有到货, 只能先用 XY-5 型钻机施工, 到深孔超负荷时再换 XY-6B 型钻机, 而实际施工中由于孔壁维护较好, 钻杆钻具在孔内回转及提升阻力不大, 采用 XY-5 型钻机就完成了终孔 1505.88 m 深的钻孔, 只是在使用中卡盘部位的大轴承更换了 2 盘, 离合器要经常调整, 动力机输出对轮胶圈到深部时要经常换, 已经达到了它的设计极限, 今后在施工 1500 m 深的孔, 不宜采用该钻机, 最好选择 XY-6B 型钻机。

需要说明的是, 在岩心钻探中使用 LW-400 型离心式除泥机我所是首例, 我所曾在 2007 年承担壳牌油页岩钻探项目时采用, 主要是因为绳索取心钻进需要严格控制冲洗液中的固相含量, 多选用无固相冲洗液, 而煤系地层特性疏松、松软, 孔壁维护困

收稿日期: 2010-05-06; 修回时间: 2010-11-13

作者简介: 张元清(1962-), 男(汉族), 吉林榆树人, 吉林省第五地质调查所高级工程师, 地质专业, 从事探矿技术管理工作, 吉林省九台市师范街 51 号, dzwszyq@sina.com。

难,孔壁软泥随着钻进的深入,逐步剥离进入孔内混入冲洗液中,其细小的颗粒采用常规的旋流除砂器及振动筛分离不出去,致使冲洗液的固相含量急速增大,既影响钻进效率,又降低冲洗液质量,还增大钻杆内壁结皮。因此,有效地去除冲洗液中的固相含量是松散地层采用绳索取心钻进的必要条件之一。由于目前岩心钻探还没有功能适宜的小型离心式除泥机,所以只能选用石油勘探常用的功能较大的 LW-400 型离心式除泥机(每小时处理泥浆量  $30 \sim 60 \text{ m}^3$ ,分离粒度  $40 \sim 70 \mu\text{m}$ )。

### 3 钻孔结构选择

深孔钻探由于钻进时间较长,仅靠冲洗液护壁(即裸孔钻进)是很难完成的,做好钻孔护壁工作,选择合理的钻孔结构是完成深孔钻探的重要因素。考虑国内绳索取心钻探机具的配套系列,选择了如下钻孔结构。

开孔口径  $\phi 150 \text{ mm}$ ,穿过坡积层后下入  $\phi 146 \text{ mm}$  孔口管,换 PQ( $\phi 114 \text{ mm}$ ) 绳索取心钻具(钻头外径  $\phi 122 \text{ mm}$ ) 钻进,穿过破碎地层( $100 \sim 200 \text{ m}$ ) 后将  $\phi 114 \text{ mm}$  绳索取心钻杆做为护壁套管下入孔内,改换 HQ( $\phi 89 \text{ mm}$ ) 绳索取心钻具(钻头外径  $\phi 96 \text{ mm}$ ) 钻进,穿过疏松的煤系地层( $500 \sim 700 \text{ m}$ ) 后将  $\phi 89 \text{ mm}$  绳索取心钻杆做为护壁套管下入孔内,再换 NQ( $\phi 71 \text{ mm}$ ) 绳索取心钻具(钻头外径  $\phi 76 \text{ mm}$ ) 钻进到终孔。因为主动钻杆( $\phi 89 \text{ mm}$ ) 不能进入  $\phi 89 \text{ mm}$  绳索取心钻杆,所以在下  $\phi 114$ 、 $\phi 89 \text{ mm}$  套管时需要加工变径机构。钻孔结构如图 1 所示。

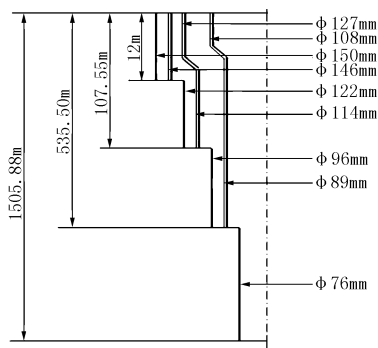


图 1 ZK0903 号孔孔身结构示意图

### 4 冲洗液的选配与使用

ZK0903 号钻孔从 435 m 开始频繁出现坍塌、掉块、漏失现象,构造带极其发育,尤其是煤系地层极其破碎,地层变化频繁(见图 2、图 3)。故随着钻孔在深入,由不分散低固相泥浆转变为无固相高分子冲洗液。



图 2 岩心状况



图 3 孔壁掉块

各孔段冲洗液使用情况及技术参数如表 1。

绳索取心钻进要求冲洗液有很好的流变性能及低的固相含量,无固相冲洗液优良的性能是当前绳索取心钻探的普遍选择,配制无固相冲洗液的各种材料很多,各有其特点,不同材料不同的配方适应不同的地层,正确地选择是护壁的关键。

我们选择了 PAB 聚合物无固相冲洗液,它是最新研发成果,由 PA、PB 两种高聚物组成,冲洗液中的高聚物大分子呈网状结构,在孔壁上吸附成网、成膜的速度快,分子膜致密,胶结性强。其性能特点是在低流变参数下,具有很强的胶结孔壁的护壁功能,当苏式漏斗粘度  $22 \sim 24 \text{ s}$  时,低压失水量为  $3.5 \sim$

表 1 各孔段冲洗液配方及性能参数表

孔段 /m	配 方	粘度 /s	密度 /( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	失水量 /( $\text{mL} \cdot (30\text{min})^{-1}$ )	含砂量 /%	pH 值
0 ~ 230	清水 + 钠土 + NaOH	25 ~ 30	1.05 ~ 1.07	18 ~ 20	6	9
230 ~ 570	清水 + 钠土 + CMC + PAM + 06 型高效润滑剂	20 ~ 22	1.03 ~ 1.05	13 ~ 15	<5	9
570 ~ 1505.88	清水 + PA + PB + PAM	19 ~ 21	1.02 ~ 1.04	7 ~ 10	<4	8 ~ 9

4.5 mL/30 min, 中压(压差 0.7 MPa)失水量 6.6~8 mL; 膨润土球在该冲洗液中浸泡, 久泡不胀、不散, 纯中粗砂球久泡不散。PAB 冲洗液适用于钻进高岭石化、绿泥石化等蚀变带层、断层泥与角砾层、粉碎状破碎带层、泥质和碳质页岩层、流砂和风化岩层等地层。它是由 PA(白色粉末)、PB(白色粉粒)两种聚合物配制而成, 加量 PA 为 1%~1.2%、PB 为 0.22%~0.25%, 施工时在 PAB 聚合物无固相冲洗液中还加入了聚乙烯醇(PVA)、随钻堵漏剂、润滑剂等材料。由于 PA、PB 为高聚物, 分子量很大, 所以现场配制时需要将 PA、PB 提前一天溶解, 随着钻孔的延深及冲洗液的消耗, 每班需补充 PAB 冲洗液 1~2 m<sup>3</sup>, 机台配 0.5 m<sup>3</sup> 溶解桶 4 个及搅拌机、加热棒(加热后溶解快)。为保持孔内冲洗液的性能稳定, 采用离心式除泥机随时清除岩粉, 控制粘度在 25~30 s(苏式漏斗粘度)左右, 返浆粘度在 18 s 以上。

## 5 钻头选用

深孔绳索取心钻进要求钻头具有很高的进尺寿命(少提钻提高纯钻时间利用率, 降低成本, 同时还减少对孔壁的破坏作用)和钻进速度, 还要适应几百米厚地层的岩性变化, 具备广谱特点, PQ、HQ 金刚石绳索取心钻头均选用河北燕郊某公司生产的底喷、宽水口钻头, HQ 钻头寿命在 200~300 m, PQ 钻头进尺 100 m 还能继续使。通过使用发现除偶尔发生岩石小颗粒堵塞底喷水口现象外, 排粉效果较好, 满足了钻进要求。钻头使用前后对照如图 4 所示。

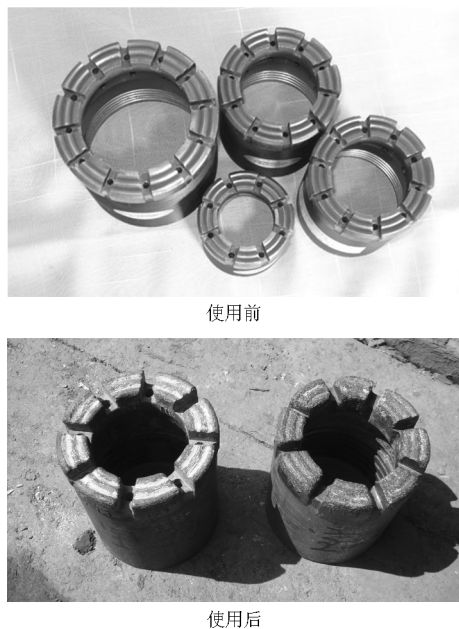


图 4 底喷、宽水口钻头使用前后对照

NQ 钻头选择了 2 种, 一种是国外技术国内生产的阿特拉斯钻头, 还有一种是美国某公司钻头, 这两种钻头使用效果都非常好, 单个钻头进尺都能在 300 m 以上, 暂时还没有最终统计数据, 因为换下来的钻头还能在下一个孔浅部段用。通过使用得知, 两种国外钻头钻进范围广泛, 在泥岩、砂岩、煤系地层以及破碎带交换频繁的复杂地层施工中表现出较强的适应能力, 使用后的钻头工作面是平坦的磨损面, 只是边缘略有削角, 钻头仍然锋利并且彗星尾状能固定金刚石, 当胎体磨损后, 金刚石脱落, 钻头尺寸仍然保持在标准范围。使用前对照如图 5 所示。



使用前



使用后

图 5 NQ 钻头使用前后对照

## 6 技术措施

(1) 为保证护壁套管(也是绳索取心钻杆)在钻孔后的顺利拔出, 下套管时要在套管外涂抹高粘性润滑脂(黄甘油)保持套管与孔壁之间的润滑, 并封闭好孔口部位, 防止岩粉等进入间隙, 套管底端接好套管鞋。

(2) 当钻进破碎地层孔底粗颗粒岩粉增多钻进困难(表现为钻头一接触粗颗粒岩粉部位, 由于钻具外环间隙小于岩粉颗粒, 岩粉颗粒不能从钻头底部通过钻具外环间隙而造成憋泵)时, 采用同径岩心管制成的爪子抓取孔底粗颗粒岩粉。

(3) 当钻进至漏失地层时, 在冲洗液中加入随钻堵漏剂及惰性材料(锯末, 干海带颗粒, 棉籽壳等)进行堵漏, 或是采用粘土+生石灰+锯末, 从钻杆内泵送到漏失层, 停钻 8 h 开钻循环, 收效显著。当漏失量较大时, 配制速凝水泥浆封堵, 全孔施工过

程中共采用水泥浆护壁堵漏3次,收效显著。

## 7 事故处理方案

在施工到1315 m时,由于煤系地层极其破碎,孔内坍塌、掉块现象频繁出现,钻进效率低,泵压一直在8~10 MPa之间,决定提钻。提钻后发现NQ钻具上扩孔器与弹卡室螺纹连接处已经脱扣,NQ钻具总成弹卡室以下部分仍在孔内。

考虑该岩层复杂状况,事故头极有可能被掉块及岩粉覆盖,因此决定配置一套NQ钻具,首先带内管到事故钻具上端进行清理,当下至事故钻具上端时,保持泥浆循环,目的是让沉淀的岩粉悬浮。然后采取轻压慢转的方法钻进,直到将事故钻具上扩孔器“吃”进去3~5 cm,目的是充分除掉事故钻具上端的掉块,并且让事故内管的捞矛头更突出,减少打捞器与捞矛头嵌合的难度。然后提出内管,下入打捞器(打捞钩可以通过钻头内腔,钻头内径 $\varnothing 47.7$  mm),将内管捞出。最后事故钻具外管部分采用可退式捞矛打捞上来(图6)。

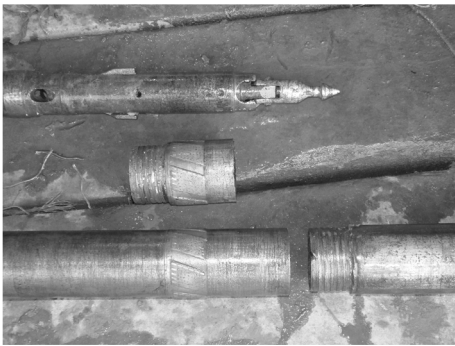


图6 打捞出的事故钻具

此外,该钻孔施工中发生几次钻杆折断事故,均使用该工具处理成功。

可退式捞矛主要用于管类落物的打捞,在管类落物无接箍且卡阻力较大时,可退式捞矛应限制使用,以免拔劈落物。其最大优点是在抓获落物而拔不动时,可以退出。

其工作原理如下(参见图7):

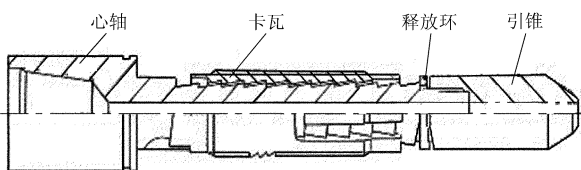


图7 可退式捞矛结构

(1)打捞:捞矛在自由状态下,圆卡瓦外径略大于“落鱼”“鱼腔”内径,当捞矛随引鞋进入“鱼腔”时,圆卡瓦被压缩,产生一定的外胀力,使卡瓦贴紧“鱼腔”壁,上提钻柱,心轴随提拉力上行,心轴、卡瓦上的锯齿形螺纹互相吻合,卡瓦产生径向胀力,紧紧咬住落物而实现抓捞;

(2)退出:需要退出捞矛时,则需要给心轴一定的下击力,使圆卡瓦与心轴的内外锯齿形螺纹脱开,然后正旋转管柱2~3圈,卡瓦与心轴产生相对位移,此时上提钻柱即可退出捞矛。

## 8 钻探技术成果

该钻孔取得的成果如下:钻月数3.8667,钻月效率389.45 m;台月数3.4667,台月效率434.38 m;纯钻进时间966.50 h,纯钻进时间利用率38.72%;辅助工作时间1197.00 h,占47.96%;孔内事故时间206.67 h,占8.28%;机械事故时间125.83 h,占5.04%。

## 9 结语

(1)深孔钻探施工,钻孔结构选择非常重要,关系到钻孔施工的成败,采用绳索取心钻进利用同径绳索取心钻杆做技术套管护壁是简单实用的,也是非常有效的;

(2)针对地层选用高性能冲洗液是保证裸孔段孔壁稳定的重要措施,不能因材料费用高而舍不得投入,PAB聚合物无固相冲洗液对破碎的岩石类地层钻孔护壁是行之有效的;

(3)选择高端广谱金刚石钻头是钻探工程的发展方向,也是提高钻探效率与效益的途径。

## 参考文献:

- [1] 孙丙伦,陈师逊,陶士先.复杂地层深孔钻探泥浆护壁技术探讨与实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(5):13-16.
- [2] 王文忠.金刚石绳索取心钻探工艺钻探深孔实际应用总结[J].有色矿冶,2006,22(6):9-11.
- [3] 张伟,王达,刘跃进,等.深孔取心钻探装备的优化配置[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(10):34-38,41.
- [4] 张云峰,张敏,郝峰.新疆准东煤田复杂地层钻进技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(12):6-8.
- [5] 陈金照.大河煤田钻孔复杂因素分析及施工技术对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(10):21-24.
- [6] 刘建平,陈洪俊.聚丙烯酰胺+切削膏堵漏材料的工程应用及效果[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5):31-33.