

TD-1 号超千米地热井施工工艺

王锦龙

(山西省煤炭地质水文勘查研究院,山西太原 030006)

摘要:介绍了井深 1650 m 的 TD-1 号地热井的施工工艺和施工中遇到的问题,以及采取的对策。

关键词:地热井;塔式钻具;防斜;堵漏;止水

中图分类号:TE249 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)07-0022-03

1 工程概况

地热同风能、太阳能、水能等一样都属于再生资源,为了尽快探明并开发我省盆地的地热资源,我院承揽了山西某地 TD-1 号探采结合地热井施工任务,于 2006 年 5 月组织实施了该井的钻探施工任务,经过 7 个月的奋力拼搏,终于圆满完成了钻探任务。该井终孔深度 1650 m,水温 53 ℃,日出水量达到 1000 m³ 以上,各项指标均取得了较满意的效果。

2 地层情况及钻孔结构

2.1 钻遇地层

0~250 m 为新生界第四系松散层,主要以粘土、亚粘土、砂层、卵砾石层等组成;250~1300 m 为中生界三叠系、二叠系、石炭系地层,主要以泥岩、泥质砂岩、砂岩等组成,局部地段岩层松软、坍塌、漏失严重;1300~1450 m 为奥陶系峰峰组,其下部含有厚层较软含石膏泥质灰岩,存在缩径现象;1450~1650 m 为奥陶系上马家沟组,主要由泥质灰岩、白云质灰岩、石灰岩等组成。

2.2 钻孔结构

0~250 m 采用 Ø445 mm 三牙轮钻头钻进,下入 Ø426 mm 套管;250~800 m 采用 Ø346 mm 三牙轮钻头钻进,800~1300 m 采用 Ø311 mm 三牙轮钻头钻进,并分别下入 Ø273 mm 套管,两层 Ø273 mm 套管之间插接;1300~1450 m 采用 Ø244 mm 三牙轮钻头钻进,下入 Ø219 mm 套滤管;1450~1650 m 采用 Ø191 mm 三牙轮钻头钻进,下入 Ø168 mm 套滤管。

3 施工中遇到的主要问题

(1) 所用钻机为 TSJ-2000 型钻机,其提升能

力不能满足 250~1300 m 孔段一次性下套管的提升问题;

(2) 上部地层出现多次严重漏失现象,堵漏时间近 1 个月;

(3) 两层同径套管插接的止水问题;

(4) 采用新钻具结构防斜问题。

4 施工措施

4.1 改进钻具结构

以前我院采用的钻具结构是在下部第一根钻铤上焊 3 组导向(导向外径小于钻头外径 5~10 mm),上部接 2~3 根相同规格的钻铤。由于这种钻具结构的导向位置是固定在第一根钻铤上,其导向的扶正效果并不理想,而且这种钻具结构的回转阻力大,很容易造成钻杆、钻铤脱扣,还影响了钻进速度。

针对以上存在的问题,我们对原钻具结构进行了调整,由原来单一规格钻铤带 3 组导向扶正,改为无导向扶正的塔式钻具结构,钻铤选用 Ø159、178、203、230 mm 四种规格,随着钻孔的延深和孔径的变小,先后去掉了 Ø230 和 Ø203 mm 两种规格的钻铤,并换成 Ø178、159 mm 两种规格的钻铤;钻杆选用 Ø73、89 mm 两种规格,孔深在 1000 m 以浅时,全部采用 Ø89 mm 钻杆,超过 1000 m 时,去掉 800 m Ø89 mm 钻杆换成 Ø73 mm 钻杆。通过改进钻具结构,不仅减小了钻进阻力,降低了钻具质量,减轻钻机的回转和提升负荷,而且大大减少了断钻杆、脱扣等事故的发生,全孔仅发生一次脱扣事故。改进后的钻具结构如下:

主动钻杆 + Ø73 mm 钻杆 + Ø89 mm 钻杆 + Ø159 mm 钻铤 + Ø178 mm 钻铤 + Ø203 mm 钻铤 + Ø230 mm 钻铤 + 三牙轮钻头。

收稿日期:2007-04-22; 改回日期:2007-05-10

作者简介:王锦龙(1963-),男(汉族),山西人,山西省煤炭地质水文勘查研究院工程师,钻探工程专业,从事水文水井施工、管理、研究及新技术开发推广工作,山西省太原市坞城路 95 号,13513613443,520wxm010@163.com。

4.2 防斜措施

(1) 设备安装要水平、稳固、周正,天轮、立轴、孔口三点要成一直线,钻塔四角要打混凝土墩。

(2) 开孔钻进时要控制钻进参数,采用轻压、慢转的钻进参数,并随钻孔的延深逐步加入相应钻铤,待钻铤全部加入孔内后,方可逐步恢复正常的钻进参数进行钻进。

(3) 采用无导向扶正的塔式钻具结构,可以有效地降低钻具的回转阻力,减少孔内断钻杆、脱扣等事故,提高钻进效率,节约钻探成本。但能否有效防止孔斜,是该地热井成功与否的关键。为此我们首先要求现场操作人员严格控制钻进参数,使钻压全部由钻铤自重提供,控制钻具的受力中和点落在钻铤的 $3/4$ 处,钻杆全部处于受拉状态,以免钻杆受压弯曲对孔壁造成新的破坏;其次,要求操作人员集中精力,注意钻进情况,发现由于地层变化导致钻速发生明显变化时,要及时调整钻进参数(降低钻压、转速),并在换层处反复提拉钻具上下扫孔,以防孔斜,然后逐步恢复正常钻进参数进行钻进。

(4) 按照钻探规格要求操作,坚持常规的防斜措施。

4.3 泥浆护壁堵漏措施

4.3.1 泥浆类型

(1) 覆盖层采用石灰栲胶泥浆,该泥浆成本低、易配制,护壁性能好,对第四系松散层有抑制作用。

配方:土 8%,生石灰 0.3%~0.5%,栲胶碱液 0.5%~1%。

该泥浆 pH 值为 11。

(2) 三叠系、二叠系、石炭系地层采用铵基聚合物低固相泥浆,这种泥浆主要适用于完整基岩地层的正常钻进。

配方:土 5%,纯碱 0.3%~0.4%,铵盐 0.4%~0.5%,酰胺 100~150 ppm。

该泥浆性能:密度 1.03~1.04 kg/L,漏斗粘度 23~25 s,API 失水量 8~10 mL/30 min,pH 值 >9。

(3) 奥陶系地层有漏失、坍塌、缩径现象,为了有效抑制地层坍塌、掉块、缩径等现象,在原铵基聚合物泥浆的基础上,加入腐植酸钾($3\sim 5\text{ kg/m}^3$),这样使泥浆的降失水性、防塌性都得到了明显的改观,同时也有效地控制了泥浆的粘度,使泥浆性能更加稳定。

4.3.2 护壁堵漏措施

TD-1 号地热井在孔深 500~800 m 孔段共发生过 3 次漏失,漏失量大致为 $10\sim 15\text{ m}^3/\text{h}$ 。由于开

始时漏失原因判断不准确,采用的堵漏方法不当,使堵漏工作走了一些弯路。最后通过加大泥浆池,控制提下钻具速度,降低泥浆密度,增加泥浆粘度,向孔内压入堵漏材料等措施,使堵漏工作取得了较满意的效果。

4.3.2.1 第一次漏失的治理

当钻进到 500 m 时,孔内发生漏失,漏失量达 $10\text{ m}^3/\text{h}$ 以上,由于现场没有专门泥浆搅拌机,在钻孔发生漏失后不能及时补充泥浆,现场泥浆池又太小,一次储备的泥浆量有限,使泥浆循环无法恢复,给堵漏工作增添了不少困难。

本次漏失先后采用两种堵漏方法:首先是加大了泥浆密度、粘度,使泥浆密度达 1.15 kg/L 以上,粘度达 35 s 以上,同时把锯末和红土混合捏成红土球投入井内,回填钻孔 50~80 m,下钻具捣实后开始钻进,钻进到孔底泥浆池的泥浆再次全部漏失,这样反复多次,整个堵漏耗时 10 多天均无明显效果。

经分析研究,认为造成钻孔漏失的主要原因是泥浆密度太大,地层被泥浆液柱压裂造成钻孔漏失。为此我们采取了以下 3 种措施:首先是增加一个 10 m^3 泥浆池,使每次下钻后或孔内出现漏失时,能够较长时间地维持泥浆的正常循环;其次是更换孔内泥浆,配制新的铵基聚合物低固相泥浆,并加入 F801 随钻堵漏剂和适量的锯末,以增加泥浆的粘度,使泥浆的密度在 1.04 kg/L 以下,粘度在 30~35 s 之间,pH 值 >9;最后是严格控制提下钻具速度,以免由于泥浆压力“激动”造成对孔壁的破坏。通过采取以上措施后,钻孔漏失逐渐减小,钻进到 550 m 时停止漏失,恢复正常钻进。

4.3.2.2 第二次漏失的治理

当钻进到 620 m 时,钻孔又发生漏失,为了尽快堵住孔内漏失,及时调整泥浆性能,孔内泥浆密度达到 1.04~1.05 kg/L,粘度在 30~35 s,并逐渐向泥浆中加锯末,但堵漏效果不理想,钻孔漏失仍比较严重。后经分析研究,决定向泥浆池投入大量麦秆、锯末,充分搅拌后泵入孔底,停止钻进提出钻具,在提出钻具的同时,从井口注入优质泥浆,直到水位到井口为止,停钻一天观察井孔内水位,水位下降速度递减,说明孔内漏失逐渐减小,下钻继续钻进,漏失明显减小,到孔深 640 m 时,钻孔停止漏失,恢复正常钻进。

4.3.2.3 第三次漏失的治理

第三次的漏失发生在 750~770 m 孔段,这次漏失层的治理工作,我们汲取前两次堵漏的经验,发现

钻孔漏失后,首先向孔底压入麦杆、锯末等材料,然后在把钻具提离孔底 50 m,调整泥浆性能,最后开始钻进,边钻进边堵漏,直到孔深 770 m 时,钻孔停止漏失,恢复正常钻进。

4.4 下套管及止水

4.4.1 下套管

为了解决 TSJ-2000 型钻机提升力不足的问题,本孔原设计奥陶系以上基岩孔段(250~1300 m)的套管分两次下入,即先采用 $\varnothing 346$ mm 三牙轮钻头钻进到 800 m 下入 $\varnothing 325$ mm 套管,换 $\varnothing 295$ mm 三牙轮钻头钻进到 1300 m 下入 $\varnothing 273$ mm 套管。为了节约钻探成本,保证施工安全和止水质量,对原钻孔设计进行了修改,其施工顺序改为采用 $\varnothing 346$ mm 钻进到 800 m,换 $\varnothing 311$ mm 钻进到 1300 m,并将 250~800 m 孔段 $\varnothing 325$ mm 套管改下 $\varnothing 273$ mm 套管,把 800~1300 m 孔段的 $\varnothing 273$ mm 套管上部增加 10 m $\varnothing 325$ mm 的套管,下套管顺序改为先下入下部的 $\varnothing 273$ mm 套管,并进行止水,再下入上部的 $\varnothing 273$ mm 套管,并把上部的 $\varnothing 273$ mm 套管插入下部 $\varnothing 273$ mm 套管上部 $\varnothing 325$ mm 套管,最后进行止水。

实践证明,采用这种下套管方法不仅能有效地解决钻机提升能力不足的问题,而且也节约了大量的钻探成本。

4.4.2 止水

止水的好坏直接影响着地热井的水质、水温。本孔的止水采用普通硅酸盐水泥,配制成水灰比 0.55~0.6 的水泥浆,采用泥浆泵灌注,并在两层套管底部安装了专门的止水逆止阀,对两层套管与钻孔的环状间隙和套管插接部分的环状间隙全部用水泥浆灌注,待水泥凝固,注水检查止水效果,检查合格继续进行钻进。

5 结语

通过严密的组织,精心的设计,顺利地完成了 TD-1 号地热井的施工任务,得到了甲方的高度评价。分析 TD-1 号地热井的施工工艺,无论是下套、止水、漏失治理、钻具结构和防斜措施都是比较成功的,为今后超千米地热井施工奠定了良好的基础。

裸露段发生复杂情况。

(4) 加强各工序的协调配合,提高钻井速度,缩短建井周期,减少煤层的浸泡。

7 结语

煤层气掏穴井的钻井技术,尤其以掏穴工具的设计和掏穴作业技术措施最为关键,由我局自主研发的液压割管刀和射流掏穴工具以及研究制定的技术措施,经过多个煤层气掏穴井的施工实践取得了较好的效果。掏穴工具的成功研发和切实可行的掏穴技术措施,为煤层气水平分支井组的掏穴直井施工和煤层气井用洞穴法成井提供了较好的施工工艺。

参考文献:

- [1] 编写组. 钻井手册(甲方)(上册)[M]. 北京:石油工业出版社,1990.
- [2] 彭桂湘. 射流掏穴工具的使用及技术措施[R]. 郑州:河南省煤田地质局,2005.

(上接第 21 页)

大排量,待井内煤屑返出后再进行掏穴。

(8) 在掏穴过程中根据扭矩变化情况,要判断是否钻遇到煤层夹矸,如遇到煤层夹矸时应降低柴油机转速,以减小泵压和泵量,并活动钻具避开煤层夹矸以防损坏掏穴工具。

(9) 掏穴完成后应进行专门的排屑作业,对排出地面的岩煤屑也要进行收集,以便于计算掏穴达到的效果。

(10) 割铣和掏穴过程中不能随意停泵,以免造成煤粉进入工具发生堵塞憋泵现象及埋卡钻具。一般要求是完成一个循环没有煤粉后方可关闭水泵。

6 保护煤储层技术措施

(1) 钻井施工中根据综合录井的结果,及时调整钻井液密度,降低钻井液对煤储层的污染。

(2) 目的层段钻井液密度控制在 1.03 g/cm^3 以内。

(3) 做好防漏和事故的预防工作,避免煤储层