

大连金石滩地区复杂基岩地热井施工工艺

刘文新, 张长茂, 鲍洪智

(河北省地勘局第三水文工程地质大队, 河北 衡水 053000)

摘要:阐述了在大连金石滩地区复杂基岩地层中施工地热井造成井斜的原因。通过采用“满眼”钻具和“塔式”钻具相结合的钻具组合, 并合理选择钻头, 能够降低井斜, 提高效率, 降低成本。

关键词:地热井; 倾斜地层; 强研磨性; 钻具组合; 钻头选型

中图分类号:TE249 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)08-0020-02

我队于2006年在大连金石滩地区施工地热井1眼, 设计井深1600 m, 目的是开发利用地热资源, 为旅游提供便利。施工地层复杂, 口径大, 因缺乏经验施工不久井斜严重, 被迫移孔。经改进施工工艺, 历经6个月的施工, 最终圆满完成了施工任务。地热井出水量 $32 \text{ m}^3/\text{h}$, 自流、动水位45 m, 水温 $26 \text{ }^\circ\text{C}$ 。该井施工工艺对今后在大连及类似地层施工地热井具有一定的借鉴意义。

1 地层情况及特点

1.1 地层情况

该井揭露地层为震旦系长岭子组和震旦系桥头组, 地层呈西南走向 225° , 倾向东南, 倾角 40° 。钻探揭露长岭子组底界670 m, 岩性以硅质板岩为主, 含石英岩、石英砂岩夹层; 670~1600 m为桥头组, 岩性以石英岩、石英砂岩为主, 含板岩、大理岩夹层; 钻取水源自桥头组裂隙水。

1.2 地层特点

地层倾角大, 软硬互层, 板岩硬度6~7级, 石英岩、石英砂岩硬度8~10级, 施工易造成井斜; 石英岩、石英砂岩研磨性强, 碎岩困难。

2 钻井设计

2.1 井身结构

0~20 m 井径445 mm; 20~500 m 井径311 mm; 500~1600 m 井径215.9 mm。

2.2 井管结构

0~20 m 下入 $\varnothing 377 \text{ mm} \times 6 \text{ mm}$ 螺旋钢管, 保护风化层孔壁稳定; 0~500 m 下入 $\varnothing 244.5 \text{ mm} \times 10.03 \text{ mm}$ 石油套管作为出水管及下泵段, 水泥固

井; 500~1600 m 下入 $\varnothing 177.8 \text{ mm} \times 8.0 \text{ mm}$ 石油套管作为出水管和滤水管。

2.3 钻孔技术要求

每百米孔斜 $< 1^\circ$ 。

3 主要施工设备

TSJ-2000型钻机1台, BW-1200/70型泥浆泵1台, T24.5 m四角铁塔1副, 除砂器1台及配套柴油机。

4 钻井工艺

4.1 钻井方法

开孔采用 $\varnothing 445 \text{ mm}$ 牙轮钻头, 轻压、慢转, 保证开孔垂直度, 钻穿风化层后下入技术套管保护孔壁。20~500 mm采用 $\varnothing 311 \text{ mm}$ 牙轮钻头钻进, 下管固井; 然后采用 $\varnothing 215.9 \text{ mm}$ 牙轮钻头钻进至井底。

4.2 钻进参数

转速: $\varnothing 311 \text{ mm}$ 井段采用I、II速钻进, 转速40~60 r/min; $\varnothing 215.9 \text{ mm}$ 井段采用II速钻进, 转速50~60 r/min。

钻压: 主要根据钻铤配重确定, 安全系数取1.15~1.25, 确保中性点始终处于钻铤上。

泵量: 800~1000 L/min。

4.3 钻具组合

4.3.1 移孔前钻具组合及井斜情况

$\varnothing 311 \text{ mm}$ 井段钻具组合为: $\varnothing 311 \text{ mm}$ 牙轮钻头+ $\varnothing 159 \text{ mm}$ 钻铤1根+ $\varnothing 308 \text{ mm}$ 扶正器+ $\varnothing 159 \text{ mm}$ 钻铤6根+ $\varnothing 127 \text{ mm}$ 钻杆+ $\varnothing 89 \text{ mm}$ 钻杆+主动钻杆。

加压55~60 kN, 钻至194 m, 测斜结果见表1。

收稿日期: 2007-05-08

作者简介: 刘文新(1965-), 男(汉族), 河北武邑人, 河北省地勘局第三水文工程地质大队高级工程师, 探矿工程专业, 从事地热井、油气井施工工作, 河北省衡水市红旗大街808号, (0318)2186968, hbasdzgs@126.com。

表1 移孔前测斜结果表

井深/m	顶角/(°)	方位角/(°)
30	0.4	
50	1.2	316
70	3	312
90	5	316
110	6.2	312
130	8	313
150	10	317
170	10.4	320
185	11.4	318

结果显示,井斜严重,井眼沿地层上倾方向倾斜。井斜原因除地层造斜能力强外,主要是钻具组合不合理。考虑到纠斜困难,选择了整体移塔,重新开孔。

4.3.2 移孔后钻具组合的确定

采用“满眼”钻具与“塔式”钻具相结合的钻具组合,以增加钻铤的抗弯性、稳定性和纠斜力。钻头上部配 $\varnothing 203$ mm 钻铤2根, $\varnothing 178$ mm 钻铤1根,3只扶正器(近扶、中扶、上扶)。近扶长度取1.6 m,中、上扶长度取0.7 m,上扶距中扶高度1根钻铤。

$\varnothing 311$ mm 井段钻具组合中扶正器距钻头长度计算:

$$L_p = [16CEJ / (q_m \sin \alpha)]^{1/4}$$

式中: C ——扶正器与井眼的半间隙,取0.0015 m; E ——钻铤钢材的杨氏模量,取205.94 GPa; J ——钻铤截面的轴惯性矩, $J = \pi/64(0.2032^4 - 0.0174^4) = 0.82 \times 10^{-4} \text{ m}^4$; q_m ——钻铤在钻进液中的线重, $q_m = q(1 - P_s/P_s) = 2.19(1 - 1.2/7.8) = 1.85 \text{ kN/m}$; α ——允许的最大井斜角,取 3° 。

求得 $L_p = 4189.96^{1/4} = 8 \text{ m}$ 。

采用上述钻具组合,经实钻,扭矩过大,钻机损坏2次,去掉上扶正器后钻进正常。 $\varnothing 311$ mm 井段钻具的组合为: $\varnothing 311$ mm 牙轮钻头 + $\varnothing 308$ mm 扶正器 + $\varnothing 203$ mm 钻铤(8 m) + $\varnothing 308$ mm 扶正器 + $\varnothing 203$ mm 钻铤1根 + $\varnothing 178$ mm 钻铤1根 + $\varnothing 159$ mm 钻铤6根 + $\varnothing 127$ mm 钻杆 + $\varnothing 89$ mm 钻杆 + 主动钻杆。钻至502.4 m,测斜结果见表2。

表2 移孔后测斜结果表

孔深/m	顶角/(°)	孔深/m	顶角/(°)
50	0.2	300	1.5
100	0.5	350	1.9
150	0.8	400	2.2
200	1	450	2.2
250	1.3	490	-

结果显示:井斜情况大大减轻,满足设计要求。

万方数据

同样确定 $\varnothing 215.9$ mm 井段的钻具组合为: $\varnothing 215.9$ mm 牙轮钻头 + $\varnothing 213$ mm 扶正器 + $\varnothing 178$ mm 钻铤(7.8 m) + $\varnothing 213$ mm 扶正器 + $\varnothing 178$ mm 钻铤1根 + $\varnothing 159$ mm 钻铤6根 + $\varnothing 127$ mm 钻杆 + $\varnothing 89$ mm 钻杆 + 主动钻杆。钻至井底最大井斜 4.8° 。

4.4 钻头选型

0~670 m 地层以板岩为主,使用 HT517 牙轮钻头钻进效果良好。 $\varnothing 311$ mm 牙轮钻头,钻压90~100 kN,转速40~60 r/min,平均钻速1.2 m/h,钻头寿命>100 h。

670~1600 m 地层以石英岩、石英砂岩为主,硬度大,研磨性强。选用 H837、H637 两种型号牙轮钻头进行了实钻对比。钻压60~70 kN,转速50~60 r/min。

H837 $\varnothing 215.9$ mm 牙轮钻头,平均钻速0.5 m/h,寿命100 h,钻头单位进尺成本:

$$\begin{aligned} C_{pm} &= [C_b + C_v(t + t_i)] / H \\ &= [7500 + 200(100 + 20)] / 50 \\ &= 630 \text{ 元/m} \end{aligned}$$

式中: C_b ——钻头成本,元; C_v ——钻机作业费用,元/h; t ——钻头钻进时间,h; t_i ——起下钻及提单根时间,h; H ——钻头进尺,m。

H637 $\varnothing 215.9$ mm 牙轮钻头,平均钻速0.7 m/min,寿命80 h,钻头单位进尺成本:

$$C_{pm} = [7500 + 200(80 + 20)] / 50 = 630 \text{ 元/m}$$

选用 H637 $\varnothing 215.9$ mm 牙轮钻头,缩短了施工工期,降低了钻井成本。

5 其它技术措施

5.1 泥浆

采用膨润土造浆,纯碱 CMC 处理。 $\varnothing 311$ mm 井段泥浆粘度为25~30 s, $\varnothing 215.9$ mm 井段泥浆粘度为20~22 s,能有效携带岩粉,保持孔内干净。裂隙漏失井段(最大漏失量7~8 m³/h),采用锯末堵漏,有效控制了泥浆漏失。

5.2 扶正器修复

扶正器直径磨损后用硬质合金焊条或耐磨材料及时进行了修补。

5.3 测斜

增加了测井次数,及时了解井斜情况。

6 取得的经验

(1)采用“满眼”钻具和“塔式”钻具相结合 (下转第25页)

表 1 不同钻压下所获得的钻速

钻压/kN	钻速/(m·h ⁻¹)	钻压/kN	钻速/(m·h ⁻¹)
2	0.80	8	2.10
4	1.10	10	2.20
6	1.60	12	2.30

高田钨铜矿区 Ø75 mm 金刚石绳索取心钻进,在钻压为 8 kN、泵量为 30 L/min 条件下,转速与钻速的关系见表 2。

表 2 不同转速下所获得的钻速

转速/(r·min ⁻¹)	钻速/(m·h ⁻¹)
200	0.50
400	0.90
600	1.50
800	2.10
1000	2.15
1100	2.25

现场操作显示:钻压从 8 kN 加到 12 kN 时钻速并无明显提高,故极限钻压确定为 8 kN;转速从 800 r/min 提高到 1000 r/min 时钻速也没有显著提高,故极限转速确定为 800 r/min;试用 30 L/min 的泵量钻进,钻头磨损和出刃正常,孔底干净,故确定正

(上接第 21 页)

钻具组合,在基岩造斜地层中施工大口径地热井,能有效预防井斜。

(2)在钻井参数一定的条件下,合理选择钻头型号,能大大提高效率,降低钻井成本。

7 存在的问题和建议

(1)钻铤配重少,没有达到钻头所需压力,钻进效率低。

(上接第 23 页)

(3)偏斜造孔时准确掌握偏斜器位置,在该位置起下钻要缓慢、匀速。

(4)下飞管前用 6 m 长 Ø89 mm 岩心管下入孔内探孔,遇阻力地段扫孔,直至上下顺畅为止。

(5)用钻机一档转速钻进(58 r/min),尽量减少钻具对孔壁的扰动。

(6)减压钻进,钻速按 0.4 ~ 0.5 m/h 进行控制,用二档泵量。

(7)操作人员时刻注意孔内异常情况,发现问题及时起钻,检查分析原因,商讨处理措施。

常钻进泵量为 30 L/min。

4 效果分析

高田钨铜矿区钻探自改进工艺措施后断钻杆事故得到了有效的控制,从改进前每个钻孔少则断钻杆数次、多则十多次,减少到没有或偶尔发生一两次。

笔者认为,断钻杆事故的减少,得益于以下几个方面:

(1)优化了钻孔结构,减小钻杆与孔壁间的环状间隙,限制了钻杆弯曲的空间;

(2)采用合理的钻进参数,既保持较高的钻速,又能在一定程度上减弱钻杆的弯曲;

(3)乳化泥浆既有护壁的作用(泥皮保护和减少了自由水、抑制了水化作用造成的影响)又有润滑减震的作用。

因此,合理的钻孔结构和钻进参数、泥浆的护壁作用对解决此类地层钻进断钻杆事故起到决定性的作用。

(2)钻铤加耐磨接头以减轻研磨性地层对钻具的磨损。

(3)石英岩、石英砂岩地层对钻头的磨损主要是牙齿和直径的磨损,轴承磨损相对较轻。可选用性能可靠的旧钻头,以降低钻井成本。

参考文献:

[1] 陈庭根,管志川. 钻井工程理论与技术[M]. 山东东营:石油大学出版社,2000.

7 结语

煤层钻井是一个世界性的技术难题,其岩层破碎、胶结性差以及强度随钻井液浸泡时间的增长极易水化膨胀而分解,因此煤层钻井应以预防为主,加强钻进过程中泥浆的控制以及操作细则的实施,在极易坍塌段须用套管隔离,杜绝事故隐患。金竹山煤矿区 ZK6201 孔事故发生初期由于对事故产生的原因分析不够,处理措施不到位,造成事故加事故,增加了处理难度,虽然事故最后处理成功,避免了钻井报废,但处理过程中,耗费了大量的人力和物力,影响了工程进度。因此在以后的工作当中,应认真总结和吸取经验教训,处理好煤层的防塌防漏问题。