

# 地热井粘附卡钻事故套铣处理实例

冯亿年, 李亚刚, 张映钱, 柳西亚

(河南省地质矿产勘查开发局第十一地质队, 河南 商丘 476000)

**摘要:**在河南周口市淮阳县地热井施工中,发生了粘性土粘附卡钻、砂桥卡钻等事故,首先采用提拔、碱泡、爆破等措施进行处理,仍有较长钻具遗留在孔内,然后采用套铣方法进行处理,成功将遗留钻具从孔内提出,完成了孔内事故的处理。总结了该孔处理经验,可供类似工程参考借鉴。

**关键词:**地热井;粘附卡钻;砂桥卡钻;套铣

**中图分类号:**P634.8 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2012)05-0022-03

**Instance of Casing Milling Process for the Wall-sticking in Geothermal Well/FENG Yi-nian, LI Ya-gang, ZHANG Ying-qian, LIU Xi-ya** (No.11 geological Party, Henan Bureau of Geology and Mineral Resources, Shangqiu Henan 476000, China)

**Abstract:** Wall-sticking and sand bridging happened in the geothermal well drilling construction in Huaiyang of Henan. After pulling, natron infiltrating and blasting, there were still several pieces of drilling tool remained; and finally the remained tools were taken out by casing milling. This experience can be reference to the similar engineering.

**Key words:** geothermal well; wall-sticking; sand bridging; casing milling

近几年,地热资源的开发利用在深度和广度上都有了很大发展,尤其地下热水资源以其节能、环保、经济、安全等特点和优势,于城镇居民住宅供暖、地热温泉洗浴等为目标的中、低温地热资源开发利用发展迅速,取得了显著的社会效益和经济效益。

由于地热井深度一般超过 800 m,成井工艺中的部分技术细节与浅井、中深井施工存在差异,施工难度大、风险高,孔内事故给施工单位造成了较大的经济损失,针对地热井施工常见的埋钻、卡钻等事故,不断总结经验教训、提高钻探施工水平、完善深井成井工艺等迫在眉睫,避免或减少孔内及成井事故成为创造经济效益的重要环节。

## 1 工程概况

2010年10月16日开工的周口市淮阳县某地热井,设计孔深 1250 m,目的层为新近系孔隙承压含水层组。

设备机具:TXJ-2600/660型钻机,TBW-1200/7型泥浆泵; $\varnothing 178$  mm 钻铤 6 根计 55.02 m, $\varnothing 127$  mm 钻杆 2 根计 18.65 m, $\varnothing 89$  mm 钻杆 128 根计 1166.12 m, $\varnothing 311$  mm 三牙轮钻头 1 个计 0.30 m,NC50 接头 1 个计 0.45 m,NC50 变径接头 3 个共计 0.45 m。

钻孔结构:0~200 m, $\varnothing 450$  mm;200~1251.68 m, $\varnothing 311$  mm。

## 2 事故发生过程

11月1日晚班,孔深 1241.0 m,钻进加杆时泥浆泵出现故障,修理泥浆泵 3 h,钻具静置于孔内而当班工人未活动钻具;修泵完毕,泥浆泵正常工作,开钻时发现钻机扭矩增大,提拉钻杆遇阻;于是立即停止钻进,去掉所加钻杆单根,反复震动提拉钻杆,没有效果,钻孔内阻力依然很大,无法起钻;采用强力起拔措施,拉力达 800 kN 仍然拉不动,初定为沉砂埋钻事故。

## 3 事故原因分析

根据修理好泥浆泵后,开钻钻机扭矩增大、提拉钻具遇阻及泥浆循环正常等现象,结合泥浆泵修理过程中钻具在井内静置时间过长,没有活动钻具,初步判断事故原因为钻具长时间静置于孔内,孔内岩屑下沉埋住孔底钻具而引起的沉砂卡钻和局部钻具紧贴孔壁造成的粘吸卡钻。

## 4 事故处理

### 4.1 事故处理思路

收稿日期:2011-11-22;修回日期:2012-04-11

作者简介:冯亿年(1976-),男(汉族),河南辉县人,河南省地质矿产勘查开发局第十一地质队高级工程师,水工环地质专业,从事水工环地质工作,河南省商丘市凯旋南路2号,fengyinian2006@126.com。

根据上述分析,此次事故是由于钻具长时间静置于孔内引起的沉砂卡钻和粘吸卡钻,因此在事故发生后立即采取震动钻具、反复提拉钻具方法进行处理,随后采用泡井解卡、炸断钻具等措施进行前期处理,然后使用铣管套铣的方法,打捞剩余钻具,完成事故处理。

## 4.2 事故处理过程

### 4.2.1 震动及强力提拔

事故发生后,及时的反复震动提拉钻杆,没有效果,钻孔内阻力依然很大,无法起钻,采用强力起拔拉力达800 kN,仅能上提约5 m,初步判断卡点在钻头以上第一根钻铤和第二根钻铤之间。

### 4.2.2 泡碱及爆破

根据强力起拔情况分析,卡点位于钻具底端,因此决定采用孔内泡碱的方式泡松粘稠的泥饼,降低粘滞系数,减小与钻具的接触面积及压差,以解决孔内事故。

首先,配制30%浓度的火碱液 $3\text{ m}^3$ ,注入孔内,并注入 $4.7\text{ m}^3$ 泥浆。浸泡48 h后提拉钻具,提钻阻力依旧大,拉力达810 kN,仅能上提约2 m,效果并不明显,提拉长度的缩短表明粘附面积在逐步的增加,粘附力增大,事故有恶化趋势。

经研究,决定利用爆炸松扣仪器爆炸松扣,经拉伸钻具测算和磁性定位仪检测,卡点位置在 $\text{Ø}127\text{ mm}$ 钻杆以下,且在卡点测量过程中,显示卡点在逐渐上移,并在600 m处出现新的卡点,怀疑可能伴有砂桥卡钻,为保证钻具安全,决定立即松扣。

首先,孔内泥浆进行了充分循环,再对孔内钻具施加正扭距9圈以防倒扣,再施加反扭距5圈后从第1根 $\text{Ø}89\text{ mm}$ 钻杆上端处实施爆炸松扣。松扣后,从孔内提出 $\text{Ø}89\text{ mm}$ 钻杆127根,共计1156.8 m;孔内余留长9.32 m的 $\text{Ø}89\text{ mm}$ 钻杆1根,长0.30 m的 $\text{Ø}311\text{ mm}$ 三牙轮钻头1个,长0.45 m的NC50接头1个,长9.17 m的 $\text{Ø}178\text{ mm}$ 钻铤6根,长0.15 m的NC50变径接头3个,长9.35 m的 $\text{Ø}127\text{ mm}$ 钻杆2根,长0.30 m的NC50接头1个,共计遗留钻具84.49 m,质量约10 t,钻头位置在1241.00 m,“鱼顶”位置在1156.51 m。

### 4.2.3 套铣

由于孔内余留钻具较多,无法满足成井技术要求,因此,经商定采用套铣法进一步对孔内事故进行处理。

#### 4.2.3.1 准备工作

首先,进行事故以上孔段扩孔工作,开始使用

$\text{Ø}380\text{ mm}$ 钻头扩孔,扩深达1154.78 m。

同时准备如下套铣工具:

(1) 铣管。购买由宝钢生产的铣管8根,具体规格为:标准API SPEC 5CT,钢级N80-Q(P110), $\text{Ø}24.48\text{ cm} \times 11.05\text{ m}$ ;接箍规格为 $\text{Ø}27.79\text{ cm}$ ;铣管总长85.77 m。

(2) 铣鞋。专门加工铣鞋1,总长0.99 m,铣鞋直径340 mm,铣鞋上镶嵌16块切削具,每块切削具镶嵌3枚硬质合金,3枚硬质合金间距12 mm,第1枚与第3枚分别和两边的间距为6 mm;切削具长65 mm,宽36 mm,厚20 mm,内出刃、外出刃、底出刃分别为3、13、25 mm(图1)。

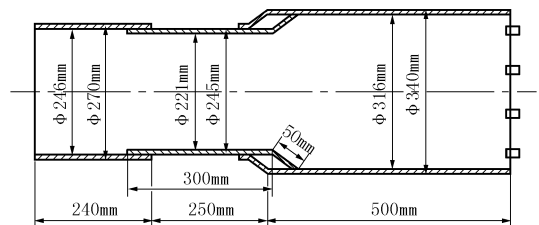


图1 铣鞋1

(3) 引鞋。由一个钻杆接头公锥和一个导向器组成。公锥直径127 mm,导向器为喇叭口状,边缘为螺线型,为更好的起到导向作用,在其内壁加焊一圈钢筋,从而缩小了“鱼头”在导向器内的活动范围,以便更好的对接(图2)。

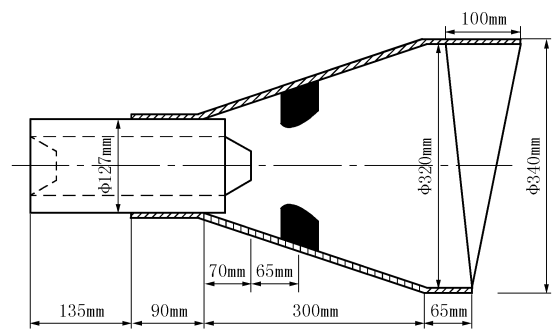


图2 引鞋

(4) 泥浆。重新调配泥浆,使用10%优质膨润土+5% NaOH + 1% CMC + 2% KHm(腐植酸钾)。泥浆主要性能控制为:密度 $1.10 \sim 1.25\text{ g/cm}^3$ ,粘度 $20 \sim 26\text{ s}$ ,pH值 $8 \sim 9$ 。

#### 4.2.3.2 套铣工作

所有准备工作就绪后,开始安装铣鞋、下钻,进行套铣钻进,钻压 $10 \sim 15\text{ kN}$ ,泵量 $800\text{ L/min}$ ,泵压 $4.5\text{ MPa}$ 。测试泥浆粘度 $26\text{ s}$ ,密度 $1.23\text{ g/cm}^3$ 。钻进12 h,进尺36 m,套入钻铤位置(1185.00 m),钻进开始缓慢,此时泥浆密度 $1.22\text{ g/cm}^3$ ,粘度 $24\text{ s}$ 。

钻至 1194.54 m,几乎不进尺,开始起钻。

提起钻具,铤管丝扣正常连接,焊接处无破损,铤管接箍有粘土,铤管外壁有磨损,但比较轻微,个别铤管上仍然保留原有的漆和字迹;铤管内壁泥覆盖,没有发现螺纹状磨损痕迹,说明“落鱼”没有靠到井壁上,大致位于孔中心。铤鞋也没有明显的与钻具磨损痕迹,铤鞋底端钢胎体有磨损,经测量,内出刃磨损 1 mm,外出刃磨损 3 mm,底出刃因焊接原因,磨损不等,最多的达到 12 mm,硬质合金磨损严重,出现了 1 处胎体上硬质合金脱落的现象。

对铤鞋进行修复,重新焊上切削具,设计内出刃、外出刃、底出刃分别为 5、13、25 mm,并且在切削具钢胎体外侧镶嵌 2 枚硬质合金。

再次下钻至 1190.54 m,测试泥浆密度  $1.17 \text{ g/cm}^3$ ,粘度 21 s,pH 值 8~9。钻至 1195.52 m 时,出现扭矩增加现象,保持钻压 10 kN,反复扫孔,效果并不明显,判断为泥浆携带岩屑能力减弱所致。重新调配泥浆,加入黄土粉、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、CMC 泥浆材料,测试泥浆密度  $1.21 \text{ g/cm}^3$ ,粘度 24 s。继续钻进,扭矩正常,钻进 1 m 后又钻进缓慢。经测量,15 min 仅钻进 0.2 m。套铤深度至 1213.67 m,钻进依旧缓慢,排除了泥浆性能的问题,分析应该是铤鞋在钻进过程中磨损而造成钻进缓慢。

再次起钻,发现铤管外壁磨损轻微,丝扣连接正常,没有明显的破损痕迹;铤鞋底端钢胎体磨损严重,经测量,内出刃磨损 3 mm,外出刃磨损 9 mm,底出刃磨损达到 12 mm,硬质合金磨损严重,出现了 4 处胎体上硬质合金脱落的现象,钢胎体外侧硬质合金磨损也比较严重。另外,铤鞋口径与内口径造成的径差增加了钻进阻力,铤鞋内“喇叭”口处磨损严重,套铤时铤鞋套入的钻具以及它周围包裹的泥皮,需要再经过内“喇叭”口的摩擦和切削才能真正进入铤管,这样就增加了钻进时间且加剧了对铤鞋的磨损。

于是重新设计、加工了一个直径为 273 mm 的铤鞋 2,铤鞋长 0.99 m,铤鞋上镶嵌 12 块切削具,每块切削具镶嵌 3 枚硬质合金,3 枚合金间距 12 mm,第 1 枚与第 3 枚分别和两边的间距为 6 mm;切削具长 65 mm、宽 36 mm、厚 20 mm,内出刃、外出刃、底出刃分别为 5、19、20 mm,如图 3 所示。

下钻至 1213.21 m,开始钻进,钻压 15~20 kN,2 h 后深度为 1215.16 m,平均每小时钻进 0.5 m。钻进速度明显提高,泵压无明显变化,一直在 4.0~4.5 MPa,泥浆密度  $1.18 \text{ g/cm}^3$ ,粘度 20 s。

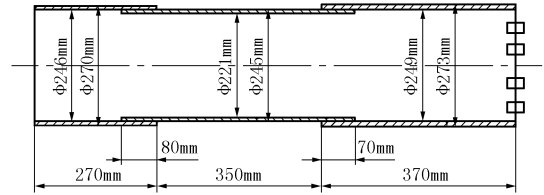


图 3 铤鞋 2

当钻进至 1224.49 m,平均每小时钻进 1 m,套铤速度变快,测试泥浆密度  $1.18 \text{ g/cm}^3$ ,粘度 20 s。钻进深度至 1230.71 m,加单根钻杆 9.32 m,钻进中下放钻具,阻力很小,直接套入;再加一单根,钻进恢复到原来速度。铤鞋套至 1240.20 m(即孔内钻头上部接头处),因铤鞋直径小于钻头直径,结束套铤,开始冲孔,历时 2 h。

冲孔过程中,在另一个泥浆池中用 30% 膨润土 + 5% CMC + 2% 火碱 + 2% 纯碱,配制泥浆  $8 \text{ m}^3$ ,pH 值 8~9,密度  $1.24 \text{ g/cm}^3$ ,粘度 36 s,用于对钻孔中钻具掉落地段进行泥浆封闭,主要目的是阻止孔内岩屑下沉而再一次造成埋钻,同时也防止在下引鞋过程中引鞋刮蹭孔壁掉落的泥块下沉。

泥浆封闭完成后,起钻、安装引鞋、下钻打捞。加立杆 62 立,1 根单杆,共计进入孔内钻杆长度为 1164.44 m,计算机上余尺 8.09 m 时便可以达到“鱼顶”。下钻至“鱼顶”后停泵开始打捞,提拉钻具,拉力表剧增到 600 kN 后下降,比较先前增加 100 kN,打捞成功。提钻后,钻铤相应于 1204~1222 m 为粘附位置,且钻头上部有磨损现象,说明了卡点判断是正确的,套铤达到了钻头位置。

至此,事故得到了成功处理,孔内钻具全部打捞出来,为后续地热井施工排除了障碍。

## 5 经验体会

(1) 在钻井工作中,钻具较长时间静置于孔内是非常危险的,及时活动钻具是必要和重要的。

(2) 因  $\text{Ø}273 \text{ mm}$  铤鞋直径较小,因此在套铤钻进中,钻压不应太大,下放钻具速度不要太快,钻进一段后应该提拉钻具、上下扫孔,有利于碎屑的冲洗和排泄,且对孔壁也有加固作用。

(3) 泥浆封闭完成,起钻时速度一定要稳而快,尽量减少辅助时间,减少钻具对井壁的刮蹭,防止产生新的埋钻及卡钻事故。

(4) 本次事故处理,套铤的深度、长度大,在选取套铤管时一定要掌握铤管的材质(如强度),在套

(下转第 27 页)

(4)钻进中应时刻观察钻井液的变化情况和定时测量钻井液的性能。

### 3.2.3 固井

#### 3.2.3.1 固井工艺

在完井后使用胶塞式固井方法进行固井,管串底部应与直径为 377 mm 的浮箍浮鞋连接,用泥浆泵将配置好的水泥浆注入套管,然后用清水将胶塞送入底部(胶塞压水泥浆),水泥浆从环空返至地面,并进行憋压。固井参数见表 2,具体情况如图 1、图 2 所示。

表 2 固井参数

开钻序号	套管直径/mm	套管下深/m	固井泥浆密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	水泥浆上返深度	水泥浆密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	固井方式
一开	600	5.5	1.1	地面	1.85	常规
二开	377	532	1.1	地面	1.90	石油常规

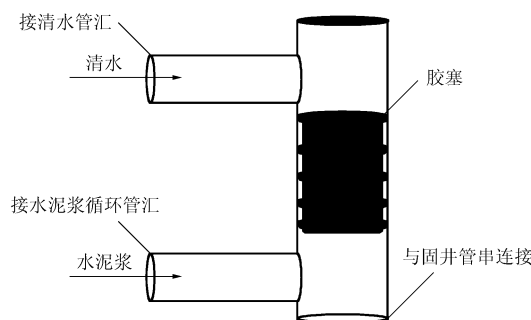


图 1 固井水泥头示意图

#### 3.2.3.2 固井质量及其检测

固井前进行井径测量,计算固井水泥用量,固井后 24 h 内用声幅测井对固井质量进行检测。

在下有套管的井内进行声幅测井,主要是用来检查套管外水泥胶结的质量,这是固井后必须进行的一项工作。当套管外无水泥环或水泥环与套管胶

(上接第 24 页)

结过程中,加压不能过大、过猛,忌长时间作业,应增加起钻次数,检查铣管丝扣,避免出现二次事故,从而加重处理事故的难度。

(5)事故处理中,要实时观测泥浆性能,包括泥浆的粘度、密度、pH 值、含砂量,宜在泥浆出口处放置一块磁铁,测量泥浆中的铁屑含量,以判断套铣过程中套铣管与钻铤、钻头的摩擦程度,以及切削具的磨损情况。

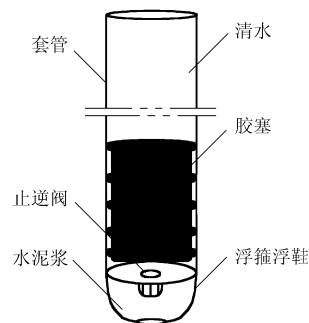


图 2 固井后底部示意图

结不好时,井壁的侧面波主要是在套管壁中传播,声波振幅较大。但套管外水泥充填紧密、固结良好时,侧面波很大一部分将通过水泥环,使声波幅度大大降低。根据实验结果,水泥胶结良好时,声幅比无水水泥环的声幅低 80% 以上;中等胶结者,声幅低 60% ~ 80%;胶结差者,声幅降低到 60% ~ 70%。

## 4 结语

本井井身结构和井眼剖面设计科学合理,并采用了合理的钻具组合结构和井眼轨迹控制技术,使实钻井眼轨迹达到了设计要求;该井的钻井工程设计和施工技术,对神宁集团银南矿区的下料井及救生钻孔施工具有很大的借鉴意义。

## 参考文献:

- [1] 王建学,万建仑,沈慧,等. 钻井工程[M]. 北京:石油工业出版社,2008.
- [2] 唐继平,马金山,邓金根,等. 钻井监督[M]. 北京:石油工业出版社,2003.
- [3] 张德润,张旭,等. 固井液设计及应用[M]. 北京:石油工业出版社,2002.
- [4] 贾国庆,刘炳运. 钻井技术水平再上新台阶[N]. 中国石化报,2008-02-19.

## 参考文献:

- [1] 刘东柱. 一起地热井粘附卡钻事故的处理[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(8).
- [2] 李粤南. 深部孔段卡、埋钻事故防治对策的探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(9).
- [3] 赵金洲,张桂林. 钻井工程技术手册[M]. 北京:中国石化出版社,2004.
- [4] 卢予北,郭友琴,王现国. 地热矿泉水资源勘查手册[M]. 河南郑州:黄河水利出版社,2007.
- [5] 杨进,杨立平,刘良跃,等. 油气井套铣设计理论与工艺技术[M]. 北京:石油工业出版社,2011.
- [6] 芦佳辛,钱琪祥,付宁贵. 处理深井卡钻事故中的套铣工艺[J]. 新疆石油科技,1994,(2).