

油基解卡液处理粘附卡钻事故的分析与应用

赵振云

(山西省第三地质工程勘察院, 山西 晋中 030600)

摘要: 深井钻探技术发展到现在有了突飞猛进的提高, 而且日趋成熟。但地热井在施工过程中, 经常发生一些孔内事故在所难免。发生事故以后需认真分析事故发生的原因, 尽快制定针对性的处理方案和程序, 科学合理地去处理。以晋中一个经常发生孔内粘附卡钻事故的地热井施工为工程实例, 分析了发生粘附卡钻事故的诸多原因, 制定出处理粘附卡钻事故的方法。通过解卡机理, 设定油基解卡液的性能和配置方法, 准确进行注入量计算, 在注入时掌握技术工艺要点, 获得了良好的处理粘附卡钻事故的效果。

关键词: 地热井; 粘附卡钻; 油基解卡液

中图分类号: P634.8 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2016)02-0032-04

Analysis on Sticking Accident Treatment by Oil-based Sticking Releasing Agent and the Application/ZHAO Zhen-yun (Shanxi Province No. 3 Institute of Hydrogeology and Engineering Geology Investigation, Jinzhong Shanxi 030600, China)

Abstract: The deep well drilling technology has a rapid development nowadays and becomes more mature. But some down-hole accidents still inevitably happen in the construction process of geothermal wells. The accident causes should be seriously and carefully analyzed to develop target treatment programs and procedures for scientific and reasonable treatment. Taking the frequent hole sticking accident of geothermal well construction in Jinzhong as an engineering case, the paper analyzed different accident causes and worked out the sticking accident treatment methods. Based on the releasing mechanism, the performance of oil-based sticking releasing agent and configuration method were set up, injection volume was accurately calculated and key points of the injection technology were mastered in the operation, good effect of treatment was received.

Key words: geothermal well; sticking; oil-based sticking releasing agent

1 工程概况

1.1 项目情况

新晋世家是晋中市田森集团开发的一个以商业和住宅为一体的商住综合体, 商住综合体设计有住宅、幼儿园、温泉假日酒店, 为给酒店提供温泉保障并且能够为部分设施提供一定的供暖, 田森集团特委托我院在新晋世家项目所在区域内进行了物探工作和水文地质调查, 在广泛收集区域水文地质资料的基础上, 结合野外实际物探成果, 经过我院水文地质和物探专家全面分析和论证, 认为区域内 2800 m 深, 奥陶系上下马家沟组的地层里存在 55℃ 以上、涌水量 50 m³/h 以上的温泉, 为酒店的开发奠定了坚实的基础。根据物探及地质论证成果田森集团特委托我公司在保证 55℃ 的水温和涌水量 50 m³/h 的前提下承担了地热井的施工项目。

1.2 地热井总体设计

该井位于晋中市新晋世家西南角。预计揭露的地层依次为松散层; 第四系(Q)、新近系(N) 总厚 560 m, 以粘性土为主, 夹砂层和砂砾石层。三叠系(T)(1200 m)、二叠系(P)(300 m)、石炭系(C) 砂页岩地层(200 m)、奥陶系峰峰组及上下马家沟组地层 540 m。取水目的层为奥陶系上下马家沟组地层, 峰峰组地层要求封闭止水, 终孔深度为 2800 m。区域岩溶水水位埋深 220 m。

井身结构: 560 m 以浅地层开孔为 Ø400 mm, 下入 Ø340 mm × 10.2 mm 石油套管, 水泥浆管外全部封闭止水; 560 ~ 2300 m 为 Ø220 mm 口径下入 Ø177.80 mm × 9 mm 的石油套管, 水泥浆管外全部封闭止水; 2300 ~ 2800 m 为 Ø152 mm 的口径, 下入 Ø127 mm × 8 mm 石油套管, 其中 2480 m 以深为花

收稿日期: 2015-07-20; 修回日期: 2015-11-09

作者简介: 赵振云, 男, 汉族, 1970 年生, 一级建造师, 从事钻探(井)工程与工程勘察技术管理工作, 山西省晋中市榆次区鸣李, 452231714@qq.com。

管,采取奥陶系上下马家沟组的岩溶水。

1.3 主要设备及机具

钻机:TSJ-3000/445型水源钻机;井架:T-29m“A”型井架;泥浆泵:3NB-350型泥浆泵;泥浆配制与处理设备:泥浆搅拌机、除砂除泥设备振动筛及旋流除砂器;入井钻杆:Ø89 mm石油钻杆;加压钻铤:Ø165、121 mm钻铤;筒状取心钻具;Ø400(组合牙轮)、394、220、152 mm牙轮钻头。

2 施工重点及难点简析

(1)上覆第四系(Q)、新近系(N)不稳定的松散层段:总厚约560 m。如何保证该层段快速、安全成孔,钻孔防斜、泥浆体系适应性与保持体系稳定。

(2)各级口径换径及各级井管下放到位。如何制定与落实换径环节的防斜措施、防止钻孔“狗腿”措施、下管前孔壁稳定及座管层位的清孔措施等。

(3)各级井壁管质量及下放工序把关。按照设计要求购置井管、检验质量,下管前、下管中、下管后应严格执行技术规程及本井各环节拟定的针对性措施。

(4)非开采层的封闭止水及固井。固井层位的确认、固井方法的选择、固井浆液的配制与灌注方法、固井质量的检验以及换径钻进中对固井层段的保护措施。

(5)开采层位的钻进与保护。制定针对性的钻进措施、选择有利于保护含水层泥浆体系、制定疏通含水层通道的清孔、洗井方法。

(6)设备、机具的正常与有效。保证施工中的设备正常、工序连续,保证固井环节工具有效、注浆连续,杜绝在含水层段发生各类事故。

3 粘附卡钻事故简述

3.1 事故发生过程

在该井钻进至孔深2700 m时,发现泥浆泵上水不正常,当班的工人全部去修理泥浆泵,没有专门留人操作钻机,活动孔内钻具。2 h后泥浆泵故障排除,钻井液循环正常,但孔内钻具提拉困难。当上提力达1180 kN时,孔内钻杆、钻具拉伸量近2 m,而孔内被卡钻具却纹丝不动。根据对孔内钻具“卡点”深度的初步判断、“卡点”所处层位的岩层特性以及之前发生的设备故障情况,经综合分析后,确认发生了严重粘附卡钻事故。如果处理方法不当,很

可能造成即将完工的钻孔报废,由此以来,既会推迟建井方预期的受益时间,还会给施工方带来巨大的经济损失。

3.2 事故井井身结构

(1)0~560 m,井径400 mm,井管规格Ø339.7 mm×9.65 mm;

(2)560~2300 m,井径220 mm,井管规格Ø177.8 mm×9.19 mm;

(3)2300~2700 m,井径152 mm,裸眼。

3.3 孔内事故钻具组合

事故钻具组合为:Ø89 mm石油钻杆+Ø121 mm加压钻铤(95 m)+Ø152 mm牙轮钻头。

4 粘附卡钻影响因素及本井事故分析

4.1 影响因素^[6]

4.1.1 泥皮的摩擦系数

泥皮的摩擦系数越大,则粘附力越大,影响摩擦系数大小的主要因素有以下几个方面。

(1)泥浆的成分和处理剂的含量不同,泥皮的摩擦系数也不同。因此施工中应采用低固相和润滑性能好的处理剂。如无固相冲洗液或聚丙烯酰胺溶液等。此外,必要时向泥浆中加入润滑剂,如石墨粉等。一般来讲,处理好的优质泥浆,泥皮的摩阻系数较小,有利于防止或解除粘卡事故。

(2)泥浆含砂量越大,泥皮厚而粗糙,则摩擦系数越大,越易发生粘卡。

(3)当深度一定时,钻井液柱的压力是泥浆密度的函数,密度越大,则压差越大。施工中一般要求使用低固相、低密度泥浆有很现实的意义,不但利于提高机械钻速,也有利于防止粘附卡钻。

4.1.2 钻具与井壁的接触面积

钻具与井壁的接触面积越大,则粘附力越大。钻具与井壁的接触面积与井身质量有直接关系,井斜度大,钻具易贴井壁,极易引发粘附卡钻。因此,保持井眼垂直是防止粘附卡钻的重要措施之一。

4.1.3 粘卡与静止时间的关系

通常情况,是否发生粘卡和粘卡事故处理的难易程度是静止时间的函数,随着静止时间的增长,泥皮被压缩,钻具与井壁的接触面积逐渐增大,摩擦系数也逐渐增大。实践证明的“十口粘卡九口停”,就表明了静止时间与发生粘卡的直接关系。

4.2 本井事故原因分析

(1) 当班人员疏忽,使孔内钻具静置时间过长。孔内钻具静置时间过长,这在时间上、空间上为形成“粘附卡钻”提供了有利条件,岩屑及泥浆中固相,在粗径钻具及孔壁环状间隙中,逐步沉积,密度越来越高,对钻具的侧压力越来越大,钻具的摩擦阻力逐步上升,最终导致孔内钻具完全被卡。

(2) 灰岩的不均匀渗透,形成了“糖葫芦状砂桥”。奥陶系灰岩层段具有一定的渗透性,形成“滤失砂桥”。

(3) 地层高温对泥浆体系稳定性的影响。失去循环后,卡点层位温度高达 54 ℃,钻井液体系稳定性急剧变差,失水量增大,泥皮迅速加厚,而且质量很差。

(4) 井底岩屑、残渣累计堆积的影响。在正常钻进的过程中,对井底岩屑、残渣累计堆积情况未及时掌握,危害重视不够。在发生卡钻前没有及时排出。

5 解卡液配制注入、解卡机理及处理效果

5.1 解卡液配制与注入

发生粘卡事故后,首次采用 2 t 回收的废机油与 0.4 t 柴油,在泥浆罐中充分搅拌使其混合均匀之后,通过钻杆注入孔中,然后,使用泥浆作为顶替液,把解卡液全部推压至粘卡部位。顶替液的注入量,应进行准确计算,防止超量。

5.2 解卡液机理简析

废机油与柴油形成的混合液即解卡液,具有渗透性适中,成本低廉,操作简单特点。若在粘卡层段单独注入废机油,虽然成本低廉,但其渗透性较差,渗透范围小,解卡时间长。而单独注入柴油,其渗透性太强,孔壁消耗大,粘卡层吸入范围小,且成本昂贵。从本井的处理效果来看,将废机油与柴油按照 5:1 搅拌混合而成的解卡液,非常适合处理粘卡事故。将配制好的解卡液注入到被卡部位后,它可以渗透到很多相对致密的阻卡物孔隙中,能有效地破坏或疏松由泥浆、岩屑形成的胶结结构,降低其粘滞系数或摩阻,通过间断性的提拉、下放被卡钻具,改善渗透范围,从而达到被卡钻具逐渐解卡的目的。

5.3 处理效果

在将废机油和柴油混合液送入钻杆后,开始按照理论计算量进行替浆,10 min 后,理论计算钻杆柱

底部还有 50 m 解卡液柱高度时,孔内粘卡钻具的阻卡拉力,从 1180 kN 一下降低到 520 kN。解卡液的渗透降低钻具摩阻的作用效果明显,成功解卡。12 h 后,顺利提出了孔内被卡钻具。本井工程实例证明:废机油和柴油的混合液是很好的解卡溶液。使用这种解卡方法,不但及时挽救了本孔,避免了报废钻孔而带来的巨大经济损失,而且还总结出十分有益的施工经验和教训,为进一步赢得地热深水井市场声誉,提高我院的市场占有率,奠定了坚实的基础。

6 事故处理要点

6.1 卡点井段的确定

为了保证一次性解脱所有可能粘卡的位置,把造成本井粘附卡钻的卡点孔段范围确定在 Ø121 mm 钻铤位置和 2480 m 以深的钻杆接头位置,即在 2480 ~ 2700 m 孔段。为了达到一次性解卡目的,把 2480 ~ 2700 m 孔段设定为粘卡部位,考虑到孔壁完整,孔径小,油液消耗不会太大,设定粘卡孔段时,加大了卡段范围,以便孔内被卡钻具彻底解卡。

6.2 计算解卡液用量

根据井径、被卡段钻具规格、地层缩(扩)径大小以及地面损耗因素确定解卡液的用量。解卡液用量计算式:

$$V = \pi K (R_1^2 - R_2^2) H + \pi R_3^2 h$$

式中: V ——解卡液总量, m^3 ; K ——井径系数,取值范围 1.1 ~ 1.4, 计算取值 1.2; R_1 ——井径,计算取值 0.076 m; R_2 ——钻具外径,分段取值 0.045 m 与 0.061 m; H ——钻具外解卡液浸泡高度,计算时钻杆段取 125 m, 钻铤段取 95 m; h ——钻具内解卡液高度,计算取值 50 m; R_3 ——钻具内径,计算取值 0.034 m。

按照上述计算公式,解卡液理论计算用量: $V = 2.683 \text{ m}^3$ 。

实际配制量为: $V = [(2.0 \text{ t} + 0.4 \text{ t}) \div 0.87 \text{ t/m}^3] = 2.759 \text{ m}^3$ 。

实际配制量比理论计算量多出约 3%,考虑到阻卡物体体积加项、孔内外各种损耗减项等因素,粘卡井段的灌注充盈量可达到 5% 左右,能够保证粘卡井段被解卡液充分浸泡。

6.3 替浆量计算

为了将解卡液注入到粘卡井段,必须准确地计

算出替浆量:

$$V_{\text{替}} = V_0 + V_{\text{地}}$$

式中: $V_{\text{替}}$ ——替浆液总量, m^3 ; V_0 ——钻具内替浆量, m^3 ; $V_{\text{地}}$ ——地面管路内的替浆量, m^3

6.4 解卡液的性能

将废机油与柴油按照设定的比例混合,充分搅拌均匀后,可得到近似于原油的粘稠液体。其性能指标大致为:相对密度 0.87 g/cm^3 ,漏斗粘度 35 s ,摩阻系数 0.50 。

7 结语

(1)本井采用废机油与柴油配制而成的油基混合液,处理粘卡事故很成功。既体现了持续时间短、见效快、解卡能力强、成本低、经济效益好的特点,又避免一次因钻孔报废造成的巨大经济损失,值得以后在处理类似粘附卡钻事故中借鉴使用。

(2)本次处理粘附卡钻事故,原因分析详细、准确,方案选择思路清晰,处理步骤合理,每步的具体措施执行到位,避免了事故越处理越复杂的被动局面。由此获得的有益经验和各种教训,能够大大降低以后类似地热深井的施工风险。

(3)地热深井一般井深大,工艺复杂,还要保水温、保水量,存在着“井位确定”与“成井施工”两大

主要风险。其中,规避“成井施工”风险的有效手段是通过加强现场综合管理,避免发生各种设备突发性故障和孔内事故,尤其要杜绝含水层段的事故,只有如此,才能圆满地完成地热深井施工项目,获得应有的经济收益和良好的市场声誉。

参考文献:

- [1] 蒋希文. 钻井事故与复杂问题[M]. 北京:石油工业出版社, 2006.
- [2] 曾祥熹,等. 钻孔护壁堵漏与减阻[M]. 北京:地质出版社, 1981.
- [3] 赵金州,张桂林. 钻井工程技术手册[M]. 北京:中国石化出版社, 2004.
- [4] 张克勤,陈乐亮. 钻井技术手册(二)钻井液[M]. 北京:石油工业出版社, 1988.
- [5] 编写组. 钻井手册(甲方)[M]. 北京:石油工业出版社, 1990.
- [6] 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): 23-25, 28.
- [7] 徐鑫,彭志刚,李文才,等. 胜利油田水平井固井新技术[J]. 钻井液与完井液, 2009, 26(6): 37-39.
- [8] 李正国,蒋新立. 大牛地气田水平井固井技术应用分析[J]. 西部探矿工程, 2008, (9): 69-72.
- [9] 冯京海,郝新朝,白亮清,等. 冀东油田水平井固井技术[J]. 石油钻采工艺, 2007, 29(SI): 32-36.
- [10] 王合林,钟福海. 华北油田水平井完井固井技术[J]. 石油钻采工艺, 2009, 31(4): 113-117.

(上接第23页)

(2)滑动轴承金属密封掌背强化牙轮钻头适应高温、高抗压强度、高研磨性地层,可以满足干热岩井施工要求。

(3)G级油井水泥添加适量的缓凝剂和降失水剂可以满足高温固井施工要求。

(4)ZR₁井各项钻进工艺措施可以指导今后干热岩钻井施工。

(5)地层硬度高,研磨性强、钻效低。可采用相适应的钻井提速工器具(金刚石钻进工艺、液动冲击钻进工艺、螺杆复合钻进工艺等),以提高钻进效率。高温会加速工器具运动部件及密封件的老化,须采用抗高温的工器具。

(6)应加强空气潜孔锤钻进工艺在干热岩井钻进施工中的应用研究。

(7)进行超高温干热岩井钻井液的研究与应用。

参考文献:

- [1] 邵保平,赵金昌,赵阳升,等. 高温岩体地热钻井施工关键技术研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2011, (11): 2234-2243.
- [2] 汤松然,陶士先. 高温地热钻井泥浆研究[J]. 西部探矿工程, 1995, 7(1): 1-5.
- [3] 李贵宾,刘泳敬,柳耀泉,等. 堡古1井花岗岩底层钻头优选与应用[J]. 石油钻采工艺, 2011, 33(6): 106-109.
- [4] 赵江鹏,孙友宏,郭威. 钻井泥浆冷却技术发展现状与新型泥浆冷却系统的研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(9): 1-5.
- [5] 邓泽穆. 西藏羊八井地热田钻井井喷原因与压井工艺[J]. 西部探矿工程, 1995, 7(1): 59-60, 63.
- [2] 王文广,翟应虎,李树盛,等. 四端圆柱滚子轴承在牙轮钻头上的应用分析[J]. 石油钻采工艺, 2007, 29(2): 31-34, 119.
- [7] 鄢捷年. 泥浆工艺学[M]. 山东东营:中国石油大学出版社, 2007.
- [8] 王达,何远信,等. 地质钻探手册[M]. 湖南长沙:中南大学出版社, 2014.
- [9] 马植侃,江滨,刘建民. 钻探工程学[M]. 江苏徐州:中国矿业大学出版社, 1998.
- [10] 何世明,刘崇建,黄桢,等. 温度与压力对水泥浆稠化时间的影响规律[J]. 钻井液与完井液, 1999, (2): 25-27.