

昆明盆地地热钻井粘钻事故的分析与处理

林金福¹, 李 锡², 罗文来³

(1. 云南有色地质局勘测设计院, 云南 昆明 650051; 2. 云南有色地质局 308 队, 云南 个旧 661400; 3. 桂林矿产地质研究院, 广西 桂林 541004)

摘要:通过对昆明盆地地热井钻井施工中多口井发生粘钻事故原因的全面分析, 研究出了一套应对该类事故的处理方法, 从而有效地破解了该地区地热钻井施工中的技术难题。

关键词:昆明盆地; 地热井; 粘钻事故

中图分类号: TE249 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2009)04-0020-03

Analysis and Processing of Drilling Tool Sticking in Geothermal Well Drilling in Kunming Basin/LIN Jin-fu¹, LI Xi², LUO Wen-lai³ (1. Survey Design Institute of Yunnan Non-ferrous Metals Geological Bureau, Kunming Yunnan 650051, China; 2. Survey Party 308 of Yunnan Non-ferrous Metals Geological Bureau, Gejiu Yunnan 661400, China; 3. Guilin Research Institute of Geology for Mineral Resources, Guilin Guangxi 541004, China)

Abstract: A comprehensive analysis was made on the cause of drilling tool sticking in Kunming Basin geothermal well construction, a set of processing method was excogitated for such incidents to effectively solve drilling technical problems in geothermal well construction in this region.

Key words: Kunming basin; geothermal well; accident of drilling tool sticking

1 昆明盆地概况

昆明盆地位于云南省中部, 是省会昆明市的所在地, 盆地面积 1100 km², 海拔 1890 m。自 1974 年在昆明盆地发现地热以来, 目前已有深度 600 ~ 2500 m 的地热井 100 余口, 开采量已达到 20000 m³/d, 是云南省开发利用规模最大的地热田。

然而, 近些年来, 困扰昆明盆地地热钻井施工的一大技术难题, 就是粘钻事故。而且相当一大部分粘钻事故几乎都发生在同一地层的多口井中, 由于过去对粘钻事故认识和处理方法的局限, 多采用拔、反、扩、套等措施, 导致无法处理和报废的地热井多达 4 口, 造成了相当大的经济损失, 可见, 粘钻事故已严重阻碍了地热井的正常施工。2000 年以后, 我们在认真总结吸取经验教训的基础上, 对粘钻事故的原因进行了深入认识和探索, 研究出了一套应对该类事故的处理方法, 应用这一方法, 经过 5 口井的实践, 成功地破解了昆明盆地地热井施工中的技术难题, 扭转了施工的被动局面。

2 昆明盆地的地层特征

昆明盆地内的地层出露齐全, 元古界至新

生界皆有代表性的地层出露, 其中碳酸岩地层展布面积占到了盆地面积的 50%。钻井中常遇到的主要地层简述如下。

①第四系地层, 厚 350 m 左右, 岩性为湖相、湖沼相的淤泥质土、粘土夹砂性土及卵砾土;

②上第三系地层, 厚 430 m 左右, 岩性为粘土岩与泥质粉砂岩, 夹有草煤层;

③下第三系地层, 厚 470 m 左右, 岩性为钙质泥岩、泥质粉砂岩, 夹含钙质粉细砂岩及灰质砾岩;

④红石岩组地层, 厚 300 m 左右, 上部含云母粉砂质泥岩、页岩为主, 下部为含云母粉砂岩及粉细粒长石石英砂岩;

⑤龙王庙组地层, 厚 150 m 左右, 岩性为白云岩夹少量砂岩、页岩, 泥晶白云岩、泥质白云岩、石英砂屑白云岩;

⑥沧浪铺组地层, 厚 160 m 左右, 岩性为石英砂岩夹泥(页)岩, 石英夹杂砂岩, 含长石石英砂岩夹泥岩、页岩;

⑦箬竹寺组地层, 厚 220 m 左右, 岩性为泥(页)岩夹砂岩, 泥岩、含粉砂质钙质泥岩夹钙质粉砂岩, 底部为炭质泥岩、页岩;

收稿日期: 2008-11-30; 改回日期: 2009-03-25

作者简介: 林金福(1955-), 男(汉族), 吉林通化人, 云南有色地质局勘测设计院副院长、工程师, 钻探工程专业, 从事钻探生产技术管理工作, 云南省昆明市人民东路东风巷 29 号; 李锡(1961-), 男(汉族), 云南石屏人, 云南有色地质局 308 队钻探公司经理、工程师, 钻探工程专业, 从事钻探生产技术管理工作, 云南省个旧市金湖东路 308 队; 罗文来(1968-), 男(汉族), 广西玉林人, 桂林矿产地质研究院高级工程师, 钻探工程专业, 从事地质勘探技术工作, 广西桂林市辅星路 2 号, luowenlaigtb@163.com。

⑧渔户村组地层,厚50~100 m,岩性为含磷白云岩,白云质、硅质磷块岩夹硅质条带或条纹;

⑨灯影组地层,厚400 m左右,岩性为硅质白云岩,粉晶白云岩夹致密状灰岩。

上述列举的是昆明盆地钻井施工中常遇到的主要地层,实际上昆明盆地的地层,远比本文列举的还要多、还要复杂,因本文论述的是钻井施工中粘钻事故的分析与处理,而不是研究地热成因和地质构造,因此,所列举的地层,只是对粘钻事故起因的一种辅助性分析。

3 粘钻事故原因分析

粘钻事故是昆明盆地地热井钻井施工中常见的一种井内事故,它在钻井事故中所占的比例最大,一般在60%以上。由此可见,解决好此类事故预防与处理的问题,对于提高钻井效率、降低钻井成本具有重要价值。为了破解钻井施工中粘钻事故的技术难题,笔者对钻井技术理论进行了深入的研究,结合近几年地热钻井的实践,探讨了钻井粘钻事故的表象特征和隐伏特征,以起到分析粘钻事故原因的帮助作用。

3.1 粘钻事故的表象特征

(1)粘钻事故发生后,钻井液(泥浆)循环正常,泵压不高、泵量不变、无堵水征兆,这是因为钻具在井内的循环空间还没有被封死。

(2)钻具上下无活动空间,短时有钻具的伸缩空间,随着时间的延长,伸缩空间也会丧失,钻具转动不动。

(3)随着钻具在井内静止时间的延长,粘钻点就会增加,会成几何积数的增加,还会产生粘钻点由点至面的变化。

如果不是上述3个表象特征同时具备,就不具有粘钻的可能性。

3.2 粘钻事故的隐伏特征

隐伏特征是粘钻事故的核心技术问题,只有深入研究粘钻事故的隐伏特征,才能分析破解粘钻事故产生的原因,继而做出正确处理的决策。

(1)粘钻事故一般发生在地层渗透性强的井段,这是因为该类地层孔隙度较高,岩层裂隙极为发育,由于岩层的不稳定,导致泥浆性能处于不稳定状态,引起了泥浆中粘土颗粒外围的水化圈变薄,泥浆中的粘土颗粒相互间的粘结力增强,形成了没有约束水的聚沉物质,随着聚沉物质的增多而导致粘钻事故的发生。在昆明盆地,粘钻事故一般发生在红

石岩组、龙王庙组和沧浪铺组地层。

(2)随着钻井深度的增加,钻井液(泥浆)柱压力逐渐增大,液柱压力大于地层压力时,就形成了一个压力差,在压差的作用下,钻井液(泥浆)失水量会增大,井壁上就会形成增厚而疏松的泥皮(泥饼),增厚疏松的泥皮(泥饼)极易从井壁上脱落,形成粘稠状的淤泥,堆积在多处钻杆接头部位或较大超径井段,钻具与井壁间的环状空间面积缩小,而泥饼在钻具与井壁间的堆积也会呈递增趋势,粘钻的可能性增大,特别是钻铤部位极易被粘。

(3)随着钻井深度的增加,地层温度也逐渐升高,钻井液(泥浆)结构链遭到破坏,泥浆中的粘土颗粒分散度降低,聚沉物增多,泥浆与水严重分离,泥浆对井壁的保护作用丧失,粘钻力增大。

(4)随着钻井深度的增加,钻具的伸缩系数增大,致使用于克服粘钻力的能力大为降低,导致粘钻机率的增大。

(5)钻井液性能不稳定,质量差,如静切力过大、失水量大、粘度高、泥浆中的无用固相含量高,一旦钻具在井内出现无悬挂的静止状态,钻具自重将会自由压入井壁的泥饼内,使钻具的包角面积扩大,加速了粘钻的可能性。

4 粘钻事故的处理

如果尽管有以上列举的表象或隐伏特征,但钻具是活动的,而且能在机械力的作用下转动,就形不成粘钻事故,只能视为有粘钻事故隐患存在。

在深入分析了钻井粘钻事故产生的原因后,就为正确处理粘钻事故奠定了技术基础。我们在近几年的实践中,采用化学助剂为主要材料,配制成解粘剂,对粘钻点(面)进行浸泡,辅以高泵压、大排量、机械活动、转动钻具和静力起拔等方法进行处理,具体的方法步骤如下。

4.1 粘钻事故位置的确定

粘钻事故发生后,必须对粘钻深度和严重程度进行确认,可采用钻具受力伸长与钻具长度的关系原理进行测定,这是正确判断处理粘钻事故的重要环节,用以下经验公式计算,就可以相对准确地确定粘钻位置。

$$L = K\Delta L / \Delta P \quad (1)$$

$$K = EF / 10^5 \quad (2)$$

式中: L ——粘钻点深度; ΔL ——钻具连续提拉平均伸长量,cm; ΔP ——钻杆连续提拉的拉力,t; K ——计算系数; E ——钢材系数,S135钻杆钢材系

数为 $2.2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$; F ——井管截面积, cm^2 。

利用此公式计算粘钻深度的操作方法是:

(1) 上提钻具, 上提的拉力稍大于原钻具悬重, 记下此时的拉力 P_1 , 同时在方钻杆补心上方记录钻杆的伸长数。

(2) 下放钻具使原悬重归零, 再次上提钻具, 使上提拉力 $P_2 > P_1$ ($10 \sim 20$) t, 记下此时的位力 P_2 , 并做好方钻杆入补心的伸长数记录。

(3) 根据两次拉力差 $\Delta P = P_2 - P_1$ 和两次方钻杆入补心伸长数之差值 ΔL , 用式(1) 进行计算粘钻位置(深度)。可反复提拉多次, 取伸长数平均值。

4.2 现场配制解粘剂

在现场配制解粘剂, 要根据井径、井深、被粘深度等确定解粘剂的使用量。以井径 194 mm, 井径扩大系数取 1.1, 井深 1600 m, 被粘深度自下而上为 120 m 为例。其解粘剂的用量计算式为:

$$Q = \frac{\pi}{4} K (D^2 - D_p^2) H \times 10^{-6} + \frac{\pi}{4} d^2 h \times 10^{-6} \quad (3)$$

式中: Q ——解粘剂用量, m^3 ; K ——井径扩大系数, 取 1.1 ~ 1.3; D ——井径, mm; D_p ——钻杆外径, mm; d ——钻杆内径, mm; H ——钻杆外环空需要返液高度, m; h ——钻杆内需留解粘剂高度, m。

解粘剂的具体配方: 将工业用浓度为 36% 盐酸稀释成 15% 的溶液, 隔离液 1.7%, 福尔马林 1%, “平平加” 0.4%。注意此配方并不是通用配方, 一定要根据不同的地层、不同的井内情况试验配制。

4.3 解粘剂使用方法

(1) 将现场配制好的解粘剂液体, 放入清洗干净的地面泥浆池内, 用泥浆泵将计算好的用量一次性送入井内。

(2) 解粘剂送入井内后, 从停泵之时起, 计算解粘剂浸泡钻具的时间, 一般要浸泡 24 h, 最少不能少

于 10 h, 但不是绝对静止浸泡, 应每隔 1 ~ 2 h 用新鲜泥浆往上顶一次解粘剂, 每次的顶替量 $> 0.5 \text{ m}^3$, 以加大解粘力度。

(3) 浸泡过程中, 用卷扬机活动钻具, 根据钻具的活动、伸缩情况, 判断钻具是否已解粘, 若钻具的活动、伸缩范围扩大, 就可将配制好的新鲜泥浆送入井内, 在送浆时, 泵压会由低到高逐渐上升, 根据实践, 当泵压达到 10 ~ 12 MPa, 泵量达到 120 L/min 时, 从井内返到井口的废泥浆会呈现出粘稠状、流动性极差的淤泥和泥团, 此时绝不可停泵, 也不能使钻具处于静止状态, 直到新鲜泥浆返到井口后, 钻具的活动伸缩范围会继续扩大, 虽还有提升阻力, 但可初步认定钻具已解粘。

(4) 新鲜泥浆返到井口后, 可将泵压、泵量调整到正常钻进时所需的数值, 再进行不间断循环泥浆, 在正常循环的同时, 再次用卷物机提拉活动钻具, 并可在钻杆能够承受的扭转圈数内, 开车转动钻具, 可反复多次提拉、转动钻具, 在提拉、转动的作用力下, 钻具就能正常地提拉、转动起来, 当钻具能在正常扭矩下转动, 就可确定解粘成功。

(5) 解粘成功后, 应立即将井内钻具全部提出井口, 进行认真的检查、清洗, 下钻时要高度警惕, 缓慢下降, 必要时, 要分井段进行送浆扫井, 确认井内安全后方可正常钻进,

5 结语

2005 ~ 2008 年, 我们先后在昆明盆地的 5 口井中, 利用解粘剂对粘钻事故进行处理, 均取得了十分显著的效果, 成功率达 100%, 这种处理方法已在全院所有井队推广应用, 为提高钻井施工效率, 降低钻井施工成本, 进行了有益的探索, 积累了宝贵的实践经验。

全国水井钻机情报网 2009 年年会在深圳市举行

本刊讯 2009 年 4 月 16 ~ 21 日, 在南方美丽的城市深圳, 全国水井钻机情报网组织召开了“全国水井钻机情报网 2009 年年会”, 并在年会召开的期间与北京三仁宝业科技发展有限公司共同举办了“空气钻井工艺与设备研讨会”。参加会议的代表来自水利、煤炭、地质、石油和钻探机械行业的生产厂家、施工单位、科研院所和外企等, 共计 72 个单位(其中用户 40 家) 120 余名代表。中国人民解放军北京军区给水工程团苏锁龙团长、广东省地勘局地矿物资总公司范邵许书记出席会议并讲了话。

本次年会分两个部分进行, 在“空气钻井工艺与设备研讨会”上, 美国(GEFCO) 钻科公司国际销售总监 Art Kliewer 先生和大中华区销售总监李彼得先生分别介绍了美国钻科公司的概况和钻科顶驱车载

钻机的应用; 美国寿力公司亚洲销售总监叶学峰先生和华南区销售经理张志宏先生分别介绍了美国寿力公司、寿力亚洲的情况和寿力空压机在空气钻井中的应用; 北京三仁宝业公司销售部经理张秀峰先生介绍了国内外潜孔锤技术在油气井及深水井的应用; 与会代表还参观了寿力亚洲实业有限公司深圳工厂。

在“全国水井钻机情报网 2009 年年会”上, 中国地质科学院勘探技术研究所教授级高级工程师、全国水井钻机情报网首席顾问许刘万先生做了题为“多工艺空气反循环钻进技术及应用”的报告; 中国地质科学院勘探技术研究所新技术二室主任、教授级高级工程师苏长寿先生做了题为“液动潜孔锤技术的发展及应用”的报告; 参会的部分厂家介绍了有关钻探机械设备及器具方面的新产品。