

地热深水井蓬堵事故的处理及预防

彭桂湘

(河南省煤田地质局,河南 郑州 450046)

摘要:通过对一起地热深水井常见事故类型:填砾或投放止水水泥球、固井石子发生的蓬堵事故原因的分析,提出了正冲、反吸排渣处理蓬堵事故的工艺及预防措施。并简要介绍了处理该类事故所需的机具及工艺。

关键词:地热深水井;堵蓬事故;正冲;反吸;固井;填砾

中图分类号:P634.8 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)07-0028-04

Treatment of Plugging Accident in Deep Geothermal Well and the Prevention/PENG Gui-xiang (Coal Geology Bureau of Henan Province, Zhengzhou Henan 450046, China)

Abstract: By the analysis on the plugging accident in a deep geothermal well caused by gravel-filling or water-stopping mud ball and cementing pebble throwing, positive impact and reverse suction technology were put forward. The paper introduced the equipment and treatment technology for this kind of accident.

Key words: deep geothermal well; plugging accident; positive impact; reverse suction; cementing; gravel-filling

在地热深水井施工中,在投放滤水材料、止水水泥球、固井石子时常常发生蓬堵事故,常规的处理方法是在井管内提水、拉活塞使套管与钻孔环空的水向下流动,促使砾料下沉,或通过采用下钻杆穿透蓬堵的砾料层,使砾料下沉。这些传统的方法对一些发现早且轻微的蓬堵管事故是有效的,但对于因钻孔坍塌、发现晚且投入井内的物料多、物料直径大的蓬堵事故往往无效。笔者在处理这类孔内事故中采用了一些行之有效的新工艺,取得了较好的效果,避免了严重的经济损失。本文结合一个具体工程蓬堵事故的处理介绍一种正冲、反吸相结合的蓬堵事故处理方法,并提出预防措施。

1 工程概况及质量要求

1.1 地层情况

本工程所钻地层全部是第三、四系。地层预想柱状为上部0~200 m较为松散,有粘土和砂卵石互层,目的取水层位于1000~1200 m有数层厚度累计为100 m左右的含水砂层。该区域恒温为18℃,每百米温度梯度为3.1℃。

1.2 钻井设计及工程质量要求

(1)水量25~30 m³/h,水温50℃;水质达到清澈,含砂量≤1/20万。

(2)钻孔结构(如图1所示):0~150 m采用Φ550 mm钻头施工,下入Φ430 mm×12 mm表层套

管并固井,水泥返高到地面;150 m以深采用Φ400 mm钻头施工,0~260 m下入Φ273 mm抽水套管的抽水泵段,260~1100 m为Φ159 mm抽水套管的实套管段,1100~1200 m对应含水层下入Φ159 mm桥式滤水管,非含水层下入Φ159 mm实管。

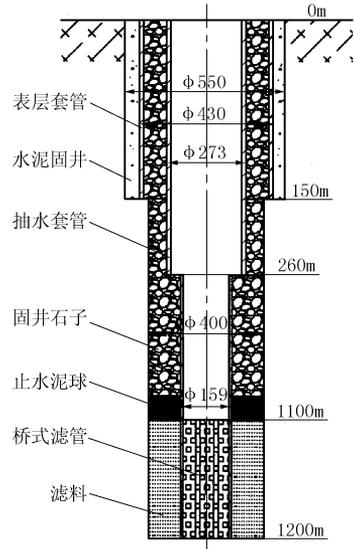


图1 钻孔结构图

(3)对应含水层(1100~1200 m)填砾即从地面投入滤水料,从1100~1110 m左右填入隔水材料(即粒径30~35 mm阴干的泥球)7~10 m,以防上部冷水下行,影响出水的温度。隔水段以上填入粒径为20~30 mm的固井石料。

收稿日期:2010-06-15

作者简介:彭桂湘(1959-),男(汉族),湖南双峰人,河南省煤田地质局副总工程师、勘查技术处处长、高级工程师,探矿工程专业,从事煤田、石油、煤层气钻探工作,河南省郑州市郑东新区正光北街19号,pgx371@163.com。

1.3 主要设备配置

根据地热井的深度和所需下入孔内的套管直径、质量大小,为保证深水井的施工,本工程采用了石家庄煤矿机械厂生产的TSJ-2000型钻机、TBW-850/5A型泥浆泵及JJ30/27.5 m A型钻塔。施工验证设备配置完全满足了工程施工需要。

2 蓬堵事故情况

2.1 事故情况及前期处理

发生止滤料、水泥球材料及固井石料蓬堵事故的井,在前期钻井工序的施工中未发现异常。按设计下入完全部抽水套管并调整泥浆性能,采用动水填砾法开始进行滤水砂石材料投放工序。投放完滤水材料后,施工现场开始投放粒径为30~35 mm阴干的止水泥球和粒径20~30 mm的固井石料,在投入止水泥球和固井石料近10 m³时发现井内出现蓬堵。用测绳探底确定蓬堵到了井深30 m处。

事故发生后钻机现场采用井管内提水拉活塞、大泵量冲孔循环等方法均不见效,又在 $\varnothing 273$ mm套管井壁环空下入 $\varnothing 50$ mm钻杆透孔,经过7天的透孔,钻头只能透到井深33 m处,距套管底口仍有117 m,且钻机负荷大扒车严重有卡钻危险,无法钻到套管口将蓬堵事故解除。如果蓬堵事故不能得到有效的处理就不能实现将上部冷水隔离,势必造成上部的冷水进入下部热水层,水温将不能达到要求,也就意味着工程报废,这将给业主和施工单位带来巨大损失。

2.2 事故原因分析

通过调查事故发生的过程,结合该井的岩屑录井资料,判定实际钻井地层与预想地质柱状图有差异,确定表层护壁套管的底口地层,以及对填砾投料时泥浆参数的测量、填砾工艺过程分析,认为引发事故的原因主要有以下几方面。

(1)由于表层套管底口施工时是按钻孔地质预想柱状图设计下放的,而从岩屑录井资料和钻进判层分析,井深150 m处的地层为5 m左右较松散的砂层,所以套管底口未坐在较完整稳定的地层,而是放在了较松散易坍塌的厚砂层中。

(2)由于下完套管后调整泥浆性能时,没有考虑在1200 m深孔动水投砾料时所需时间长,一味追求保护含水层所需要的清水标准,将泥浆的密度和粘度调得太低(事故发生时测量泥浆的密度为1.01 g/cm³,粘度仅为17 s),致使在长时间低密度、低粘度泥浆条件下,动水填砾,投止水、固井材料发生了

表层套管底口砂层坍塌,致使止水泥球材料及固井石料蓬堵事故。

(3)另一种原因,可能是在投完止水粘土球后没有间隔一定时间就投固井石子,由于粘土球的重量小于石子,在泥浆中石子的下降速度快于粘土泥球,就可能发生后投入井的石子追上先投入井内的粘土球,造成局部瞬间固体材料过多发生蓬堵事故。

(4)填砾投料时过快或不均匀,忽多忽少也是造成蓬堵事故的原因。

(5)填砾人员没有及时观察水泵的压力变化以及井口返水的情况,一般在填砾投料发生蓬堵应有征兆,一是泵压上升,二是井口出水量会变小。此时应暂停填砾以减少可能蓬堵的堆积量使轻微的蓬堵现象在水流的冲刷下得到缓解,否则一旦堆积的固体材料过多,处理起来就非常困难。

2.3 事故的处理工艺

通过对事故成因的初步分析,笔者认为前期对事故的处理之所以用钻杆透孔不能消除蓬堵段,是因为所投入的固井石料的直径较大(20~30 mm),采用正循环从套管与井壁环空钻透时,钻头只能够钻进几米,但因石料直径大,根本不能被冲起返到地面,只是在钻头附近翻动,一提钻杆,石子又落下,堵住刚钻出的通道。如果钻头强行进入蓬堵段多则发生卡埋钻具的事故,所以前期采用的正循环透孔方法无法钻透蓬堵段。因而笔者提出,处理该事故应采用正冲和反吸相结合的工艺,将蓬堵材料从套管与钻孔的环空内取出。所谓的正冲、反吸工艺,就是在井内同时下两套钻具,一套正循环钻具作用是开泵冲、钻散蓬堵物,另一套反循环钻具的作用是吸排被正循环钻具冲起来的蓬堵物。

2.3.1 所需专用设备及机具

为实现新的处理工艺,必须另准备一套反循环机具配合现有的正循环机具使用,实现正冲、反吸相结合的处理工艺。需要配套的专用器具如下:

(1)6BS型反循环砂石泵组1套,排量1800 L/min,真空度-0.93 MPa,功率37 kW;

(2)NB-850/60型泥浆泵1台;

(3) $\varnothing 108$ mm套管,内径99 mm,长度180 m,做反循环吸排渣的通道;

(4) $\varnothing 50$ mm钻杆1100 m,做正循环钻透孔钻具。

2.3.2 事故处理工艺

(1)在 $\varnothing 273$ mm套管与钻孔环空中下入 $\varnothing 50$ mm正循环钻具,将其连接在NB-850/60型泥浆泵

上,采用正循环钻冲蓬堵物,将蓬堵物钻松冲散、浮起,便于反循环的管道抽吸。同时在 $\phi 273$ mm套管与钻孔环空再下入 $\phi 108$ mm套管钻具,并连接在6BS型反循环砂石泵上,做为反循环的排渣管,如图2所示。

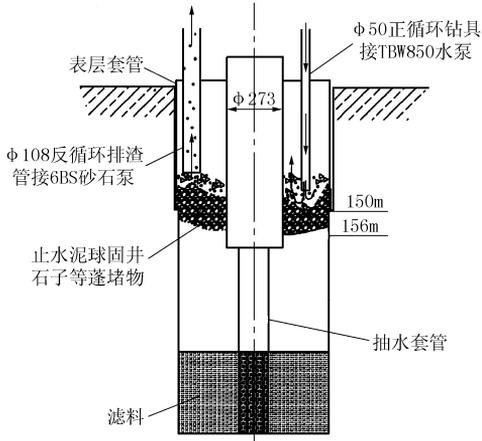


图2 正冲、反抽工艺图

(2)工作时先启动反循环砂石泵,待反循环排渣管正常出水后,再开启正循环水泵将滤料、固井石子、泥球蓬堵物及钻井的坍塌物冲起。而反循环砂石泵通过排渣管抽吸被正循环冲起的石砂、蓬堵物,并将其排出孔外,采用该方法将发生蓬堵的材料全部排出。

(3)在实施该工艺时应注意一些关键操作细节,否则将发生反循环排渣管堵塞现象,造成频繁起管,延长事故的处理工期。①正循环钻杆下入的深度应比排渣管深0.5 m,便于将蓬堵物冲起,反循环排渣管不能下得太快,要循序渐进,以免因下得太快短时间内吸入的蓬堵物太多,排不及再将管路堵死;②由于反循环泵的排量大,而正循环泵的排量小,不足以满足反循环泵吸的要求,需要向井内补充泥浆保持井内水位 \geq 井口标高,否则井内水位下降会引发钻孔严重垮塌,使事故更难处理;③在处理蓬堵事故时,应将泥浆的性能调整到适宜的要求,根据经验,其性能指标为:漏斗粘度26~30 s,密度1.15~1.26 g/cm³,失水量<18 mL/30 min,泥皮厚度<1.5 mm, pH值8~9,含砂量<6‰,尤其是粘度和密度要求大一点,便于悬浮垮塌的蓬堵物,利于排渣,同时也可保护井壁。

泥浆柱在钻井中的静压力是阻止井壁坍塌的主要力源,可按下式估算:

$$P = H\gamma \quad (1)$$

式中: P ——泥浆柱静压力, kPa; H ——井深, m;

γ ——泥浆密度, g/cm³。

从式(1)可以看出,在井深一定的条件下,泥浆密度越大,对井壁产生的侧压力越大。加大泥浆的密度可以阻止井壁的垮塌、掉快,可由以下公式近似计算:

$$G = G_{\text{空}}(\gamma_2 - \gamma_1)/\gamma_2 \quad (2)$$

式中: G ——岩石在泥浆中的质量, kg; $G_{\text{空}}$ ——岩石在空气中的质量, kg; γ_2 ——岩石的密度, g/cm³; γ_1 ——泥浆的密度, g/cm³。

由式(2)可以看出,泥浆的密度 γ_1 高,则 γ_2 与 γ_1 的差则小, G 就小,实际生产中,一般泥浆密度选择在1.14~1.25 g/cm³的范围内。

3 实施效果

通过采用正冲、反吸的处理工艺,仅用2 h就将投入井内近10 m³的滤料、泥球和全部固井石子抽出排到地面(其中滤料仅有0.5 m³左右,剩余大部分为止水粘土球和固井石子),同时也将套管底部近5 m的坍塌物排出。在 $\phi 108$ mm排渣管下到180 m未发现遇阻和排出滤料及固井、止水的材料时停止抽吸。采用 $\phi 50$ mm钻杆探底到1090 m方遇阻,证实滤水砾料已到位,彻底打通了蓬堵通道。

根据该井的实际情况,由于滤料全部已到位,经研究认为,如果仍采用投粘土球止水,石子固井会非常不可靠,不能100%地保证施工质量。为确保质量,防止上部冷水下窜,我们采用在环空内下入小径钻具,注入水泥浆止水、固井。采用该止水和固井工艺,既保证了施工质量又起到了较好的保温作用。经洗井、抽水验证,水温、水量、水质均达到设计要求,经交井后的使用,效果非常好,达到了施工目的。

4 蓬堵事故预防方法

虽然此次滤料等物蓬堵事故的成功处理,为此类事故探索出了一种新的处理途径。但我们应更加注意此类事故的预防,尽量避免因地层、工艺、人为的原因酿成此类事故。所以应采取以下几方面措施。

(1)由于滤水材料、止水物、固井物料发生蓬堵的事故,一般是发生在较为松散的第三、四系流砂、砾石层,针对该类地层的钻孔,在施工中要认真做好岩屑录井、判层工作,通过对钻孔的实际地层情况了解,实时地做出钻孔的实际地层柱状图。并根据钻孔的实际地层柱状图,对原来钻孔的结构设计进行合理的修改,并通知监理和甲方,征得同意后对设计

进行修改。应慎重确定表层套管的下放位置,套管底口应坐在相对稳定的地层,避免因套管口放在易坍塌的地层而引发井壁坍塌堵事故。

(2) 钻孔完成后,开始进行下套管前的洗井,不能盲目地将泥浆粘度降得过低,应将泥浆密度控制在 1.15 g/cm^3 左右,粘度在 $22 \sim 23 \text{ s}$ 即可。确保钻孔不发生坍塌,套管能够顺利下入。

(3) 在套管下入后,替浆洗井工作要认真组织好,加密测量返出井口的泥浆性能,密度控制在 $1.08 \sim 1.10 \text{ g/cm}^3$,粘度在 $20 \sim 21 \text{ s}$ 即可开始进行投入滤料工作。在投入时应采用动水均匀投放,要注意套管内外返水情况,一旦发生返水过小时应查明原因,同时减少投入量或暂停投砾工作,以确保投入孔内的材料不发生蓬堵。

(4) 在滤水材料投放完毕后,可逐步慢速均匀地将隔水粘土球投入,此时也应采用动水投入,待该球投放完毕后,稍停 $5 \sim 6 \text{ min}$ 再投石子固井材料,可防止由于石子的密度比粘土球大,下降速度快于

粘土而追上粘土球,造成蓬堵事故。同样投入固井材料时也要均匀,直至投放完毕。

5 结语

同样的问题会有不同的处理方法,本文总结的深水井蓬堵事故的预防和处理方法仅是笔者在工程施工中摸索的一些方法和见解,仅供同行们参考借鉴。

参考文献:

- [1] 鄢捷年. 钻井液工艺学[M]. 山东东营:中国石油大学出版社, 2000.
- [2] 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.
- [3] 武汉地质学院,等. 钻探工艺学(下册)[M]. 北京:地质出版社, 1979.
- [4] 刘志国,刘新丽,刘丕新,等. 千米地热井施工技术[M]. 河南郑州:黄河水利出版社, 2004.
- [5] 中国煤田地质总局. 煤田钻探安全技术(第十五分册)[M]. 北京:煤炭工业出版社, 1994.

安徽 313 地质队锁定国产钻机具钻深新纪录

本刊讯 2010年6月30日,安徽霍邱,骄阳似火,随着霍邱周集铁矿科学试验钻最后一根钻杆被绳索缓缓提起,国产机具小口径绳索取心钻探孔深新的全国纪录就此诞生。此刻,由全国劳动模范、教授级高工朱恒银领衔的科研团队牢牢地将新纪录锁定在 2706.68 m 位置上。它标志着自行研制、开发的深部钻探装备和关键技术的先进性、可靠性和实用性在深部找矿中得以验证,其重要意义主要在于:一是解决了我国固体矿产勘查钻探能力滞后的问题,开启“奔3”新时代,使我国地质岩心钻探到达国际先进水平;二是提升了我国地质装备技术含量,特别是在深部找矿中,国产全液压力头钻机、国产钻杆已能满足深部钻探要求;三是增强了深部地下信息推断与解释的验证手段。

上午10时许,安徽省重点科研项目——深部矿体勘探钻探技术方法研究科学试验钻终孔庆典仪式在霍邱县周集铁矿矿区隆重举行。安徽省地矿局吴玉龙局长,省国土资源厅项怀顺副厅长,华东冶金地质勘查局刘淮雪局长,中国大陆科学钻探工程中心主任王达,原地矿部探矿司司长赵国隆,中国地质大学副校长、博士生导师唐辉明,汶川地震科学钻探工程中心总工程师张伟,中国地质装备总公司总工程师刘跃进,张家口探矿机械厂厂长任润生,霍邱县委副书记、县长刘胜以及省国土资源厅、省地矿局、省煤田地质局部分处室负责人,六安市以及霍邱县部分单位的负责人以及313队领导、职工代表等70余人参加了活动。安徽金安矿业有限公司、安徽金日盛矿业有限公司、安徽钱楼矿业有限公司和安徽富凯矿业有限公司等以不同方式表示祝贺。庆典仪式由徐小磊副局长主持。

自2009年5月20日起,这台由我国自主研发的FYD-

2200型分体式塔式全液压力头钻机和S96、S76绳索取心机具,开始深部勘探施工。其间,项目研究组攻克了钻孔深,第四系土层及基岩层涌水、漏水、破碎、坍塌,硬岩层打滑钻进等多种复杂难题,通过不断完善和改进钻机及机具的性能,保证了钻探进尺不断推进和各项技术性能的正常。2009年7月,孔深近千米时,钻杆自身质量达 17 t ,钻机动力头卡瓦卡不住立杆,不到3天就要换一副新卡瓦。项目研究组集思广益,经多次试验改进,解决了这一严重影响施工进度和安全的难题。

FYD-2200型分体式塔式全液压力头钻机是由安徽313地质队和中国地质装备总公司共同研制,并消化、吸收了国内外钻机的优点;4部件合成整机,拆装分体搬迁运输,适合在山区、丘陵等我国当前深部找矿重点地区作业;操作系统数字化与智能化,降低工人工作强度,精确钻进得心应手。

作为矿体勘探国产新装备,试验钻机受到高级别“礼遇”。两院院士常印佛,中国地质大学教授鄢泰宁,俄罗斯科学院院士、功勋发明家叶戈罗夫,中国大陆科学钻探工程中心主任王达等知名钻探专家先后前往周集矿区,进行考察指导。专家们认为,该试验孔对于提高深部矿体勘探速度、勘探靶区精度、地质成果的精度和加速寻找隐伏矿与深部矿的“第二找矿空间”步伐,都具有一定的技术指导意义。尤其是通过定向钻探应用研究、钻探机具和高强度绳索取心钻杆的研发、钻孔护壁研究和钻孔摄像等项目的应用,可解决深部隐矿体和异型矿体、地表障碍物下部矿体勘探技术难题,提高钻探效率,解析在单孔中岩矿层多种参数,以指导深部找矿。

(据安徽地矿局313地质队网站消息,略有删节)