

# 气举反循环钻进技术在地热深井施工中的应用

陈 怡, 段德培

(贵州地质工程勘察院, 贵州 贵阳 550003)

**摘要:**介绍了气举反循环钻进技术在贵州保利 ZK3 号地热井施工中的使用情况, 分析和评价了气举反循环钻进的使用效果, 实践证明, 气举反循环钻进技术具有效率高、孔内干净、事故少、施工成本低、钻进质量好等优点。提出下一步地热井施工使用气举反循环钻进技术应改进的问题和建议。

**关键词:**气举反循环; 钻井; 地热井

**中图分类号:** TE249    **文献标识码:** B    **文章编号:** 1672-7428(2009)04-0023-02

**Application of Air-lift Reverse Circulation Drilling in Baoli ZK3 Deep Geothermal Well of Guizhou/CHEN Yi, DU-AN De-pei** (Guizhou Geo-engineering Investigation Institute, Guiyang Guizhou 550003, China)

**Abstract:** The paper introduced the Baoli ZK3 geothermal well construction with air-lift reverse circulation technology, analyzed the application effect and put forward the improvement suggestion. The conclusion is that air-lift reverse circulation technology has the advantages of high efficiency, clean borehole, high safety, lower construction cost and good drilling quality.

**Key words:** air-lift reverse circulation; drilling; geothermal well

国内地热开发日趋成熟, 但贵州起步较晚, 我院继 2006 年 10 月采用正循环钻进技术在贵阳市新添寨顺海村叶家庄保利温泉新城开始施工 ZK2 号地下热水井(该井是贵州省自己施工的第一口地热井, 成井深度 1922.44 m, 日出水量 1019 m<sup>3</sup>, 井口水温 55 ℃, 完全满足施工合同所要求的成井各项指标), 后又于 2007 年 8 月在同一地点施工 ZK3 号地下热水井, 采用正循环和气举反循环钻进技术, 成井深度 2191.23 m, 日出水量 1268.61 m<sup>3</sup>, 井口水温 47 ℃, 各项指标均满足合同要求。

## 1 地质概况

该井位于贵州省贵阳市新添寨顺海村叶家庄保利温泉新城, 地貌类型主要为溶蚀地貌, 侵蚀-剥蚀地貌, 河谷地貌, 地层构造位于地跨扬子准地台的黔北台隆和黔南台陷两个次级构造单元部, 构造变形复杂, 燕山运动形成区内构造骨架, 其早期主要形成川黔经向构造体系, 晚期则主要形成新华夏构造体系。区内断裂发育, 为地下热水的深循环提供了通道。本次成井的热储层为寒武系中统娄山关群至下统清虚洞组, 主要为白云岩、泥质白云岩、泥灰岩等, 热储体盖层为志留系中下统高寨田组至奥陶系下统桐梓组, 泥页岩、泥灰岩厚度大, 具有良好的隔热性

能, 对下伏热储层具有良好的保温作用。

## 2 钻进设备

RPS-3000 型水井钻机 1 台, 3NB-500 和 BW1200 型泥浆泵各 1 台, VWF-5/40 型空压机 2 台, 配套振动筛、旋流除砂器和系列钻具及中国地质科学院勘探技术研究所研制的 SHB127/62 型双壁钻具。

## 3 钻进方法

ZK3 号地热井上部采用牙轮钻头正循环全面钻进方法施工, 高聚物泥浆作钻井液, 钻至孔深 858.18 m 处遇一个 5.6 m 深的溶洞, 泥浆全部漏失, 随后采用多种堵漏措施均未堵住漏失, 于是改用气举反循环钻进方法施工。

## 4 气举反循环钻进原理及其优点

气举反循环钻进技术是将压缩空气沿双壁钻具输气管道送入一定深度经混合器进入管内循环液, 使混合后的液体密度小于冲洗液的密度, 井筒内外就产生压差, 在井内外压差的作用下, 使管内混合的气液以较高的速度向上流动, 从而将孔底的岩屑或岩心连续不断地带出地表, 经反循环振动筛, 排入沉

收稿日期: 2008-09-09; 改回日期: 2009-03-31

**作者简介:** 陈怡(1962-), 男(汉族), 贵州黔西人, 贵州地质工程勘察院水勘公司和贵州地矿地热资源开发公司经理、高级工程师, 探矿工程专业, 从事钻探工程及地质工程技术和管理工作, 贵州省贵阳市三桥百花大道 5 号; 段德培(1968-), 男(汉族), 贵州惠水人, 贵州地矿地热资源开发公司技师, 从事钻探工程技术工作。

淀池。沉淀后的泥浆再流回孔内,补充循环液的空间,如此不断循环形成连续钻进的过程,参见图1。

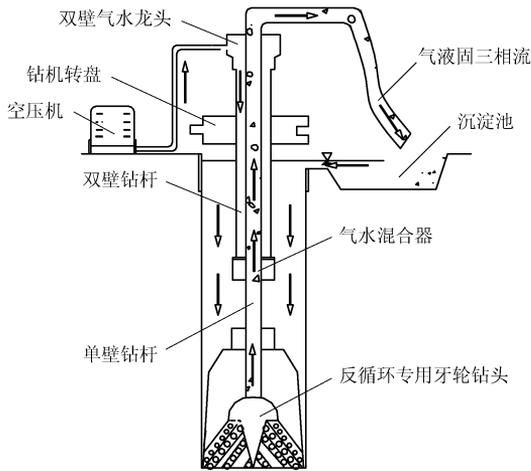


图1 气举反循环钻进原理示意图

气举反循环钻进技术的最大特点是管路平直,不易堵塞,携带上来的气、液、固三相流不流经任何工作机械,设备磨损小,并具有排岩屑能力强,钻进效率高,钻头寿命长等优点。

气举反循环钻进技术主要适合在不易垮塌地层使用。

## 5 ZK3号井钻进情况及技术措施

ZK3号井施工到858.18 m处遇一个5.6 m深的溶洞,泥浆全部漏失,采用多种堵漏措施未成功,因此完全不能使用正循环钻进,但该孔热储体盖层属易垮塌地层,且又未打穿,不能下套管护壁,虽然气举反循环钻进技术不适宜在这种情况下使用,但因情况特殊,经研究,采用气举反循环钻进技术并向孔内补充高粘度泥浆打穿热储体盖层,下入 $\varnothing 178$  mm技术套管进行护壁,从而正常使用气举反循环钻进技术。

(1)从孔深864.78~2191.23 m采用气举反循环技术钻进,钻进进尺为1326.45 m,时效1.8 m,台效约600 m,钻进中无重复破碎,携带岩粉能力强,井底十分干净,孔内安全。

(2)由于钻孔上部地层泥页岩厚,孔壁垮塌严重,为防止钻进中井内液面下降,保持足够高的沉没比,采用在钻进时向井内注入高粘度泥浆(70 s)的方法。

(3)双壁钻具初始长度为280 m,随钻孔深度的延伸增加双壁钻具的数量,最多时达到420 m。

(4)采用较高转速钻进时,反循环出水不好,采

用低转速钻进时,出水效果较好。

(5)改制的三牙轮钻头中心孔为48 mm,并在钻头上设置裙板,有利于岩屑在钻进过程中经钻杆顺利排至地表。

(6)根据井内情况采取合理的下钻方式,避免下钻不当,堵塞钻头孔眼。加单根前,认真观察出液情况,待循环液中基本不含岩屑后方能停风加单根。

(7)要保证空压机的送风量,必须要求(双壁、单壁)钻具本身及接头处密封良好。

(8)开始采用一台VWF-5/40型空压机施工,钻具经常堵塞,后采用2台VWF-5/40型空压机并联使用,基本上解决了钻具堵塞问题。空压机启动风压1.8~3.2 MPa,工作压力1.2~2.3 MPa。工作压力一旦低于1.0 MPa,即不能形成气举反循环钻进。

(9)由于钻具质量较大,没有选配双壁气水龙头,而是选用正循环水龙头加一气盒子替代进行钻进。

## 6 使用效果分析及评价

(1)在泥浆严重漏失地层,采用反循环钻进可以解决正循环钻进不能继续施工的问题。但在垮塌地层使用气举反循环钻进技术时一定要向井内注入高粘度的泥浆。

(2)在不垮塌地层采用反循环钻进施工比正循环钻进施工可大大提高钻进效率。

(3)由于气举反循环钻进孔底干净,不产生重复破碎,与正循环钻进相比,钻头使用寿命长。在保利ZK2、ZK3号井施工中,同类地层 $\varnothing 152$  mm钻头钻进,采用正循环钻进平均每个钻头可打150 m,采用反循环钻进平均每个钻头可打300 m,钻头使用效率提高1倍。

(4)由于孔内干净,采用反循环钻进还减少了孔内事故的发生。在ZK3号井施工到1038 m时,由于钻机传动齿轮打坏,孔内钻具无动力提动,经过10多个小时将钻机修好后,很轻松的就把孔内钻具提动,避免了正循环粘吸卡钻事故的发生,保证了施工安全和高效。

(5)气举反循环钻进与正循环钻进相比,节约了泥浆材料费。

(6)气举反循环钻进过程又是洗井过程,因此在钻井结束后,可直接下泵抽水。

(7)由于气举反循环钻进具有不污染、不堵塞

(下转第28页)

其次是钻进参数的选择应尽量做到合理。在遵循钻探规程的前提下,根据地层条件和工具的情况进行调整。特别是采用一些非标准设计的钻头和工具时要和现场技术人员协商,共同探索合适钻压、转速和水泵的泵量。取煤时孔底压力一般保持在7~8 kN左右,泵量60 L/min,转速选择300~400 r/min较为适宜。

第三,在较厚煤层的顶板取心过程中,不要急于提钻,要继续钻进10~20 cm,保证煤层顶板完全进入岩心管内,保证下部煤层没有残留岩心。每次取心的长度应保持在1 m左右。当判断进入煤层底板后,要再钻进20 cm以上,以保证煤心全部进入岩心管。采用SM型钻具时,在进入煤层后,每回次取心时尽量少提钻杆,采用短钻杆解决加钻杆问题,避免因发生掉块而磨损岩心现象。

#### 4 结语

(1) 绳索取心工艺是目前煤层气勘探取心工作

的唯一工艺,采用该工艺必须处理好煤系地层的松、散、碎、脆问题,合理地使用套管技术,是解决该类型地层较为可行的方法。

(2) 采用腐植酸钾+双聚物+皂化油的无固相泥浆并结合优化后的钻孔环状间隙可以很好地解决泥岩地层缩径问题。

(3) 煤系地层卡心要采用综合卡心技术,实践中根据地层条件,薄煤层可以采用一次穿透的办法取心,厚煤层尽量采用SM类型取心钻具配合隐蔽式拦簧和卡簧双作用式卡心机构,基本上可以保证取心率达到85%以上。

#### 参考文献:

- [1] 马淑敏. 钻探管材与附属机具[M]. 北京:煤炭工业出版社, 1994.
- [2] 郑全发. 安全生产规程汇编[Z]. 太原:山西省煤田地质局, 2006.

(上接第24页)

含水层的特点,ZK3井获得了出水量1268.61 m<sup>3</sup>/日,井口水温47℃,超过合同设计的出水量800 m<sup>3</sup>/天、水温45℃的要求。实践证明气举反循环钻进工艺出水量比正循环方法高,成井质量好。

#### 7 改进的问题及建议

(1) 双壁钻杆内管采用插接、O形圈方式密封。通过使用发现,这种O形密封圈很容易损坏,采用加杆时在O形密封圈上涂黄油,可以减少密封圈损坏。

(2) VWF-5/40型空压机为柴油机驱动,风量小,噪声大,因此在深孔施工中建议不使用此类空压机,而采用电驱动、大风量、高压力的空压机。

#### 8 结语

气举反循环钻进可以解决正循环钻进在泥浆严

重漏失地层采取多种措施堵漏仍不能施工的问题,且在不容易垮塌的地层施工比正循环钻进效率高、孔内干净、事故少、施工成本低、钻进质量好。在特殊情况下不能使用正循环钻进技术时,采用向井内注入高粘度泥浆的方法可将气举反循环应用到垮塌地层地热井施工。

通过气举反循环钻进技术在该井的成功运用,为更广泛应用该钻进技术提供了依据。它与正循环钻进技术联合使用,是优质、高效开发深部地热和地下水资源的有效方法。

#### 参考文献:

- [1] 王永全,许刘万. 气举反循环钻进技术在地热深井施工中的应用[J]. 探矿工程,2001,(S1).

### 致 本 刊 作 者

本刊远程投稿系统已正式开通,请广大作者直接登录探矿工程在线网站(www.tkgc.net.cn),从“作者登录”窗口注册登录直接投稿(“论坛用户登录”窗口不能投稿)。