

# 泉州聚龙小镇 DZK1 地热勘查孔钻探施工技术

张东方

(福建省第四地质大队,福建 宁德 352100)

**摘要:** 地热勘查孔(探采结合孔)是在矿山钻探施工工艺的基础上进行的探索性施工。着重介绍了福建省泉州市聚龙小镇 DZK1 地热勘查孔在钻探施工过程中遇到的施工难题以及新技术、新工艺的应用。如大口径单管取心、空压机洗井和活塞洗井相结合的洗井方法、套管的隔级使用、深孔测试钻杆密闭性、深孔磨钻头、在涌水量大的地层钻进等。

**关键词:** 地热勘查; 钻孔漏失; 隔级下套管

**中图分类号:** P634 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2018)11-0029-05

**Drilling and Construction Technique of DZK1 Geothermal Exploration Hole in Quanzhou/ZHANG Dong-fang** (Fourth Geological Brigade of Fujian Province, Ningde Fujian 352100, China)

**Abstract:** The geothermal exploration hole (combined hole of exploration and mining) is an exploratory construction on the basis of the mining construction technology. This paper mainly introduces the construction problems encountered in the drilling construction and the application of new technology and new process, such as large diameter single pipe coring, well washing by air compressor combined with piston, lowering casings by every other grade, drill pipe tightness test for every 50m since drilling depth of 800m, drill bit sharpening by putting stones into the borehole and drilling in large water inflow formation.

**Key words:** geothermal exploration; lost circulation; lowering casings by every other grade

## 1 工程概况

### 1.1 工程位置

本工程在福建省泉州市北郊,距黄塘镇 6 km,距惠安动车站 1 km,交通非常便利。

### 1.2 地质简况

区域内地质地层简单。上覆地层主要为第四系(Q<sub>4</sub>)杂填土、漂石和块石;基岩主要为钾长花岗岩和闪长岩,局部见辉绿岩岩脉穿插。

### 1.3 配备机具

XY-6N 型立轴钻机 1 台(2000 m),SG-18.5 型四角钢管直塔 1 副,BW-250 型泥浆泵 1 台,绞车 1 台、发电机组 1 台、 $\Phi 330$ 、220 mm 单管钻具各 2 套; $\Phi 150$ 、110、89 mm 等单管钻具各 4 套; $\Phi 73$  mm 普通绳索取心钻具 4 套、 $\Phi 73$  mm 液动潜孔锤钻具 2 套; $\Phi 127$  mm 技术套管 200 m、 $\Phi 89$  mm 技术套管 350 m; $\Phi 50$  mm 钻杆约 400 m、 $\Phi 73$  mm 钻杆约 1500 m。

### 1.4 钻遇地层

0.00~9.40 m,以杂填土、粉质粘土为主,含有

大量漂石、块石。

9.40~11.20 m,为强风化花岗岩,岩体破碎,碎块结构,裂隙较发育。

11.20~1150.00 m,为花岗岩,呈灰白色,花岗岩结构、岩心呈柱状—长柱状,局部有辉绿岩岩脉穿插。

### 1.5 地下水类型

地下水主要为第四系孔隙水和基岩裂隙水。本井使用水泥浆固井隔离第四系孔隙水,只开采使用基岩裂隙水;基岩内存在承压水。

## 2 勘查目的

本次地质钻探施工的目的是为探明测区地热异常,进一步确定地热中心区,加强对测区地热地质背景的研究,并确定与地热有关的构造在深部的展布情况,同时也做为地热井抽水使用。

## 3 钻探施工技术简况

### 3.1 钻孔结构

收稿日期:2018-03-26; 修回日期:2018-07-20

作者简介:张东方,男,汉族,1985年生,探矿工程专业,从事钻探生产技术与管理工作,福建省宁德市蕉城区蕉北国道路 113 号地质队,576042062@qq.com。

合理的钻孔结构对深孔施工至关重要,也是满足探采结合井要求、顺利终孔的法宝。钻孔的结构主要考虑设计目的和设计要求,此井为探采结合井,要求采用普通深井泵抽水,水泵下放深度在150 m以深,泵的外径 $\leq 120$  mm。因此DZK1孔选用了以下钻孔结构(见表1),共5级孔径,3层技术套管。

表1 DZK1孔钻孔结构

结构明细	口径规格/mm	下管深度/m
开孔口径/护壁管	350/330	9.50
井管	220/219	12.80
第一层套管	150/146 外箍,127 套管	150.10
第二层套管	110/108 外箍,89 套管	200.20
终孔口径	77	200.20~1150.00 (裸孔)

### 3.2 钻进工艺

(1)0.00~12.60 m,普通单管施工,采用固相泥浆(优质泥浆);

(2)12.60~200.00 m,普通单管施工,采用低固相泥浆(水基泥浆);

(3)200.00~421.00 m,绳索取心液动潜孔锤,采用低固相泥浆(水基泥浆);

(4)421.00~866.00 m,普通绳索取心,采用低固相泥浆(水基泥浆);

(5)866.00~1150.00 m,绳索取心液动潜孔锤,采用低固相泥浆(水基泥浆)。

### 3.3 钻进参数的选择

立轴转速:12.60~840.00 m,转速490 r/min; 840~1150.06 m,转速390 r/min。

钻压:全孔钻压基本上控制在22 kN,个别涌水孔段、破碎孔段和辉绿岩孔段钻压都控制在6 kN。

泵量:0.00~540.00 m,选择48 L/min泵量,也就是泥浆泵1挡;540.00~1052.00 m,选择90 L/min泵量,也就是泥浆泵2挡;1052.00~1150.00 m,选择96 L/min泵量,也就是泥浆泵3挡。

内管投放速度:普通绳索内管在低固相冲洗液中的投放速度约0.90 m/s;液动锤内管在低固相冲洗液中的投放速度约1.10 m/s。

### 3.4 全孔的实效

该孔2017年5月19日—2017年8月29日共用112 d,钻进了1052.06 m。其中固井、等待材料、检修设备、台风天气、抽水试验、测温等占用18 d,有效钻进94 d,天效率为11.20 m;月效率为335.70

m。

9月21日业主要求加深100 m,从9月25日—10月11日施工到预定孔深1150.00 m。由于后期施工泥浆泵泵压、泵量不足、钻头匹配不良(磨钻头效果不好),增大了辅助时间,导致有效天的钻进效率为5.90 m/d。

### 3.5 主要施工工序及质量控制

#### 3.5.1 $\varnothing 330$ mm成孔、 $\varnothing 220$ mm成井施工

$\varnothing 330$  mm施工0.00~9.40 m;由于4.00~9.00 m孔段地层有大量的抛石杂填,我们选择了人工挖孔施工工艺。下入 $\varnothing 330$  mm套管护壁。施工流程:人工挖口成井→测量深度→注入水泥浆→三点一线确定中心孔位→下入 $\varnothing 330$  mm护壁钢管→水泥浆固定。

0.00~12.60 m,该孔段工艺流程为: $\varnothing 220$  mm钻进成孔→测井→替浆→下 $\varnothing 219$  mm井管→水泥浆固井。严格按照本井设计要求:井管进入完整基岩 $\leq 2$  m,满足 $\varnothing 219$  mm无缝钢管下入的垂直度,下管前采用钢卷尺校正孔深,两井管之间用电焊焊接牢固,将 $\varnothing 219$  mm井管的长度和编号记录备案,并按顺序下入,确保井管紧密嵌入新鲜基岩面上。

#### 3.5.2 终孔后洗井

洗井前首先起拔孔内2层技术套管,由内到外,全部拔出;其次利用清水选择大泵量冲孔,约冲洗3 h,然后将一定浓度的焦磷酸钠溶剂搅拌均匀后注入孔内,15 h后开始利用空压机在200~0 m反复洗井(图1),清洗至返水无泥皮或清澈为止;并对200 m以浅破碎岩层进行活塞洗井,确保抽拉洗井器(图2)快速有效,同一位置的抽拉洗井次数不少于10次。



图1 空压机洗井



图 2 活塞洗井器

### 3.5.3 钻孔弯曲度及孔深误差质量控制

(1) 钻塔基础必须在实地上,不得有填方,并且钻塔的 4 个踏脚处基础分别铺置不少于  $2.0 \text{ m}^2$  混凝土水平面,深度  $< 0.5 \text{ m}$ 。

(2) 设备安装时保证钻塔天车、钻机立轴及钻孔中心处于同一铅垂线上。

(3) 下  $\text{O}330 \text{ mm}$  护壁管和  $\text{O}219 \text{ mm}$  井管时对井(套)管中心进行复核,使其与钻井中心偏差  $\neq 0.01 \text{ m}$ 。

(4) 钻具组合:钻头+导正器+钻具+导正器+钻杆+主动钻杆。导正器长度  $> 0.4 \text{ m}$ ,同时变径施工时采用上一口径扶正器。

(5) 全孔的孔深误差测量:误差率  $< 1\%$ ; 钻孔弯曲测量:每百米倾角偏差  $\leq 0.5^\circ$ 。孔深误差测量数据汇总见表 2。

### 3.5.4 预防孔内事故的措施

(1) 事故以“预防为主”,发现问题应及时处理,不应心存侥幸,事故一旦生成,补救将会得不偿失。

(2) 设备定期定时保养、管材及时检查、钢丝绳绳卡和关键部位螺帽及时加固等,将问题消除,为顺利完工奠定坚实基础。

(3) 实行钻杆钻具检查制度,不合格的钻杆钻具严禁下入孔内。

(4) 严禁快速提钻,钻杆钻具提升过快会对孔壁形成抽吸,造成不稳定地层孔壁的坍塌、掉块、漏失等。

(5) 提钻过程中,务必向孔内回灌冲洗液,以保持冲洗液对孔壁的侧压力。

(6) 进尺快的地层,适当减轻钻进压力,以防钻孔弯曲度过大,增大泵量、增长冲孔时间,以防孔内钻渣过多,带来不良的后果。

表 2 孔深误差测量数据汇总

校正孔深				钻孔弯曲测量		
校正前/m	校正后/m	误差/m	孔深误差率/%	测量深度/m	钻孔顶角/( $^\circ$ )	顶角误差/( $^\circ$ ) ( $100 \text{ m}$ ) $^{-1}$
12.60	12.60	0.00	0.00	12.60	0.00	0.00
				50.00	0.00	0.00
101.21	101.20	-0.01	0.10	100.00	0.50	0.50
151.62	151.60	-0.02	0.13	150.00	0.50	0.00
249.69	249.67	-0.02	0.08	249.00	0.80	0.30
300.98	300.97	-0.01	0.03	300.00	0.75	0.01
352.50	352.49	-0.01	0.03	352.00	0.80	0.05
399.76	399.78	+0.02	0.05	399.00	1.00	0.20
				450.00	1.00	0.00
500.70	500.68	-0.02	0.04	500.00	1.25	0.25
				550.00	1.00	0.25
600.53	600.55	+0.02	0.03	600.00	1.00	0.00
651.10	651.08	-0.02	0.03	650.00	1.00	0.00
703.19	703.13	-0.06	0.09	700.00	1.50	0.50
				750.00	1.50	0.00
801.94	801.86	-0.08	0.10	800.00	1.50	0.00
				850.00	1.50	0.00
900.21	900.19	-0.02	0.02	900.00	1.50	0.00
				950.00	1.50	0.00
1000.57	1000.59	+0.02	0.02	1000.00	1.50	0.00
				1050.00	1.50	0.00
1101.00	1101.06	-0.06	0.05	1100.00	1.75	0.25
1150.06	1150.00	-0.06	0.05	1150.00	1.75	0.00

## 4 钻遇过程中的主要技术难题及采取的措施

### (1) $\text{O}220 \text{ mm}$ 孔径施工。

4.00~9.00 m 孔段遇到大粒径填方块石、漂石(见图 3),导致泥浆全部漏失;采用一系列堵漏方法,并利用了现有手机摄像功能,用绳子将手机匀速放入孔内,把孔壁录制下来,直观地了解到孔内漏失位置状况。由于堵漏难度较大,工期紧迫,选择了人工挖孔施工(见图 4); $\text{O}330 \text{ mm}$  护壁技术套管孔位的确定(见图 5)。

(2) 13.00~150.00 m 为  $\text{O}150 \text{ mm}$  孔径;150~200 m 为  $\text{O}110 \text{ mm}$  孔径。

施工中遇到 2 个主要问题。① 钻杆不匹配:使用  $\text{O}50 \text{ mm}$  钻杆,自 70 多米开始,每个班断钻杆(平均一天 3 根),经常发生岩心未被采断,钻杆折断,钻效低。原因可想而知:扭矩大,孔壁间隙大。处理方法:将  $\text{O}50 \text{ mm}$  钻杆调成  $\text{O}73 \text{ mm}$  双插口厚壁钻杆,减少了钻杆折断频率,提高了钻效。② 卡料选择问题:选择 8 号铁丝做卡料。五金店和市场上铁丝种类繁多,粗细软硬选择不当,都会给施工带来麻烦;曾经选择一种较硬的铁丝做卡料,导致个别

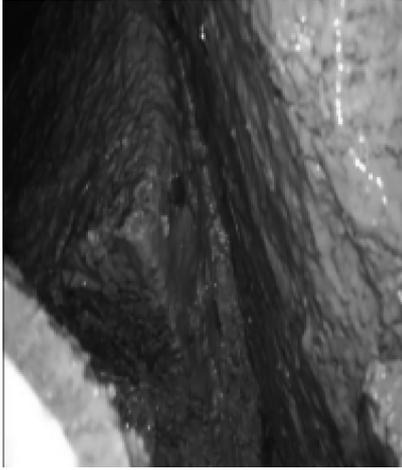


图3 大粒径填方地层



图4 人工挖孔施工

图5  $\text{O}330\text{ mm}$  套管孔位的确定

回次卡料残留孔内,并造成卡钻现象,每隔几个回次,只能用磁铁打捞孔内残留卡料,增加了不必要的劳动强度。

(3)技术套管规格选择。

$\text{O}150\text{ mm}$  孔径选择了  $\text{O}146\text{ mm}$  外箍,内下

$\text{O}127\text{ mm}$  技术套管(见图6); $\text{O}110\text{ mm}$  孔径选择  $\text{O}108\text{ mm}$  外箍,内下  $\text{O}89\text{ mm}$  技术套管(见图7)。此规格套管优点:节约材料成本;缺点:若处理不当,起拔套管难度较大。处理方法:用电钻在套管最底部打若干小孔(见图8);目的:使套管内外想相,避免岩粉或岩屑残留。使用此套管的前提条件:只适用于基岩内部,不适用于第四系覆盖层以及缩径、坍塌、破碎等复杂地层。

图6  $\text{O}127\text{ mm}$  套管/ $\text{O}146\text{ mm}$  外箍图7  $\text{O}89\text{ mm}$  套管/ $\text{O}108\text{ mm}$  外箍

(4)由于生产资金不足,导致无法按计划购买生产所需钻探材料,变径后扩孔器( $\text{O}77.5\text{ mm}$ )数量不足,旧的扩孔器起不到保径作用,导致后期下钻需扫孔;另一个是没有适合的扩孔器,导致扩孔器使用寿命较短。增大了劳动强度,降低了钻效。

(5)当钻遇涌水地层时,承压水从孔壁间隙涌出地面,泥浆漏失严重,孔底钻渣和岩粉随着孔深的增加越积越多,造成钻头和扩孔器的消耗倍增,寿命大大降低,生产成本加大。



图 8 套管底部通水槽/打孔

#### (6) 钻进参数记录的重要性。

在施工过程中,要求必须记录好当班的立轴转速、泵压、钻压、反油压、称重、内管到底时间等重要钻进参数,每 2 h 记录一次。

(7) 孔深 800 m 之后,要求每钻进 50 m 都要进行钻杆的密闭性检测;检测方法,通过封堵普通绳索取心内管总承的报警装置(见图 9)来检测。提大钻前,将封堵报警装置的内管总承下入孔内,在钻具内部注满冲洗液,提钻过程中,观测各个钻杆连接位置是否存在刺漏、丝扣松动或断裂现象,通过定时密闭性检测,找出不合格钻杆 8 根,确保在钻进过程中冲洗液顺利送入孔底,有效地避免了在钻进过程中钻头微烧或烧钻事故的发生。



图 9 封堵报警装置

(8) 在钻孔 1050 m 后,增大泥浆泵的缸径,提高挡位,来尝试提高泵量、泵压;改进后泵量提高不大,效果不理想,孔底仍存在少量岩粉,同时泥浆泵的负荷增加。

(9) 液动潜孔锤使用效果。优点是:岩心不易堵,下内管顺畅,时效提高 10%。缺点是:磨钻头效

果理想,钻头寿命短,易损件比较贵,泥浆泵泵压高,皮碗损坏快,深孔施工对泥浆泵泵量、泵压要求比较高。

(10) 深孔磨钻头方面。深孔施工工作,应充分考虑钻杆伸缩率及钻杆提升惯性,这就决定了钻进倒缸、开始钻进及提下钻等有更多的地方与中浅孔不同。该孔基岩研磨性较大,我们先后去 3 个厂家配合理孕镶金刚石绳索取心钻头,但使用效果都不理想。全孔金刚石钻头平均寿命为 26 m/个;该孔从施工到终孔始终需要用小石子来磨钻头。在 800 m 后,磨钻头很难把控,钻效较低。深孔磨钻头操作方法需要在今后施工中进一步研究学习。

## 5 结语

由于该探采结合孔比传统矿山钻探孔口径大很多,钻探设备需要匹配较足,上部钻孔结构的施工工艺由原来的绳索取心改成了单管取心,泵量也增大了很多,对钻进参数的记录频率特殊要求,800 m 以后对钻具的密闭性要求较高。但对于 800 m 以深孔底磨钻头的技术方法还需进一步探索研究。

## 参考文献:

- [1] 国土资源部人力资源开发中心.水文水井钻探工[M].北京:地质出版社,2011.
- [2] 庞少青,李国东.山西灵丘腰站矿区 ZK5201 钻孔钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S2):199-202.
- [3] 鄢泰宁.岩土钻掘工程学[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,2001.
- [4] DZ/T 0227-2010,地质岩心钻探规程[S].
- [5] 陶建华,李粤南.福建省深孔钻探主要技术难题及解决对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S2):32-38.
- [6] 安徽省地勘局第一水文工程地质勘察院.液动潜孔锤钻进技术在安徽省潜山地区地热井施工中的应用研究报告[R].2011.
- [7] 王建华,苏长寿,左新明.深孔液动锤钻进技术研究与应[J].勘察科学技术,2011,(6):59-64.
- [8] 田延山.中国地热资源的勘查开发和利用管理[J].资源开发与利用,1999,(11):22-23.
- [9] 康玲,王时龙,李川.增强型地热系统(EGS)的人工热储技术[J].地热能,2009,(2):13-16.
- [10] 毛宏举.增强型地热发电技术及广东省应用前景分析[J].新能源工艺,2010,(5):25-26.
- [11] 张伟,王达,刘跃进,等.深孔取心钻探装备的优化配置[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(10):34-38.