

# 乌兰哈达变质岩地层地热勘探井 钻头选择与取心工艺

宋国龙<sup>1</sup>, 董劲松<sup>2</sup>, 李进安<sup>1</sup>

(1. 内蒙古自治区第三地质矿产勘查开发院, 内蒙古 呼和浩特 010050; 2. 河北省地质调查院, 河北 石家庄 050081)

**摘要:** 内蒙古自治区察右后旗乌兰哈达苏木地热勘探井井深 2006.87 m。采用石油 30 型钻机施工, 钻遇地层大部分为变质岩, 达 1500 m 以上, 对牙轮钻头损坏严重, 同时施工要求进行 18 次岩心采取。经过对钻头的试用、选择, 最后选用 HJ637G 型牙轮钻头, 钻进时效可达 0.8~1.2 m, 使用寿命可达到 80~100 h。取心段采用川 7-4 型双管单动取心筒配合金刚石钻头, 岩心采取率可达 70%~95%。

**关键词:** 地热勘探井; 变质岩地层; HJ637G 型牙轮钻头; 川 7-4 型双管单动取心筒

**中图分类号:** TE249 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2016)12-0041-04

**Bit Selection for Geothermal Exploration Well in Metamorphic Strata of Wulanhada and the Coring Technology/** SONG Guo-long<sup>1</sup>, DONG Jin-song<sup>2</sup>, LI Jin-an<sup>1</sup> (1. Inner Mongolia Third Geological Mineral Exploration Institute, Hohhot Inner Mongolia 010050, China; 2. Hebei Institute of Geological Survey, Shijiazhuang Hebei 050081, China)

**Abstract:** Being 2006.87m in depth, Wulanhada geothermal well was constructed with 30 type oil drilling rig in the Inner Mongolia Autonomous Region Chayouhou Banner, most drilled formations, more than 1500m, were metamorphic rocks, the roller bits were seriously damaged; and 18 times of coring were required for the construction. HJ637G roller bit was selected, the drilling efficiency per hour was up to 0.8~1.2m and the service life reached 80~100h. Chuan 7-4 double tube single rotary coring barrel was used, the core recovery could be 70%~95%.

**Key words:** geothermal exploration well; metamorphic strata; HJ637G roller bit; Chuan 7-4 double tube single rotary coring barrel

## 1 工程概况

内蒙古自治区察右后旗乌兰哈达苏木地热资源预可行性勘查属于自治区 2015 年基金项目。乌兰哈达苏木位于察右后旗中部, 距旗政府所在地白音查干镇北约 20 km, 该苏木交通便利, 区位优势明显, 乌兰哈达火山群遗迹更是内蒙古高原南缘现今发现的唯一全新世有喷发的火山地区, 随着当地工农业的快速发展, 特别是乌兰哈达火山群遗迹地质公园及养生休闲度假旅游区的规划建设, 开发利用地热资源的勘查工作亟待进行。

在分析研究工作区前期勘查成果和已有地质、水文地质、地热地质、物探等资料的基础上, 确定地热井位置, 开展地热勘探井施工, 初步查明工作区的地热地质条件, 确认地热田的控制因素, 计算地热储量和可开采量, 为地热资源试采及进一步勘查与开发远景规划的制定提供依据。

## 2 地质条件

### 2.1 地层

根据钻探施工岩屑、取心、钻时录井及测井资料解译结合区域地质资料综合分析, 钻遇地层自上而下简述如下。

(1) 第四系(Q) 粉土、粉质粘土、中砂及砂砾石, 黄色, 土质不均, 含砂砾及钙质条纹, 厚度 0~165 m;

(2) 新近系上新统(N<sub>2</sub>b) 泥岩、砂岩、砂砾岩互层, 红褐色及灰色, 厚度 165~380 m;

(3) 新近系中新统(N<sub>1</sub>h) 玄武岩, 灰黑色, 基性喷出岩, 气孔状构造, 厚度 380~505 m;

(4) 蓟县系(Jx) 千枚岩, 千枚状板岩, 石英岩及变粒岩, 灰色、灰白及灰黑色, 块状构造, 变晶结构, 厚度 505~2006.87 m。

### 2.2 热储层位

收稿日期: 2016-07-28; 修回日期: 2016-11-25

作者简介: 宋国龙, 男, 汉族, 1966 年生, 高级工程师, 从事岩土工程、钻探工程、矿产勘查等技术及管理工作, 内蒙古呼和浩特市回民区车站西街兴旺家园小区 7 号楼, glsong66@163.com。

热储层位为蓟县系比鲁特组(Jxb)。

### 3 井身结构及主要技术要求

#### 3.1 井身结构

一开 0~480.7 m,井径 444.5 mm,4.5~480.7 m 下入  $\Phi 339.7$  mm  $\times$  9.65 mm 套管;二开 480.7~1013.9 m,井径 244.5 mm,480.41~1013.9 m 下入  $\Phi 177.8$  mm  $\times$  8.05 mm 套管;三开 1013.9~2006.87 m,井径 215.9 mm,裸眼。

井身结构及套管程序如图 1 所示。

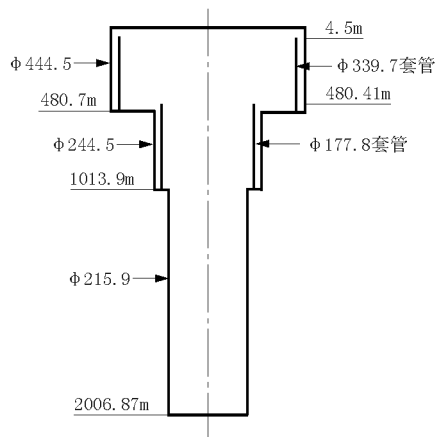


图 1 井身结构及套管程序图

#### 3.2 主要技术要求

##### 3.2.1 岩心采取、岩屑录井

本次地热井施工要求进行 18 次岩心采取,取样长度  $\leq 2$  m,上部 800 m 取心 6 次,下部 1200 m 取心 12 次,其中热储层取心大于 4 次。岩屑样采取按井深 0~500 m,每 5 m 取岩屑一袋;井深 500~2006.87 m,每 2 m 取岩屑一袋。通过岩心、岩屑的采取基本上判定了地层,取得准确的地质资料。

##### 3.2.2 井斜

井深 300 m 内井斜  $< 1^\circ$ ,终孔井斜  $< 3^\circ$ 。

### 4 钻井施工工艺

#### 4.1 主要钻探设备及钻具

石油 30 型钻机 1 台套(图 2),41 m K 型钻塔 1 部,F800 型泥浆泵 1 台,Y315L1-4 型电动机 1 台,12V190 型柴油机 1 台,泥浆测试仪 1 套(粘度计为马氏漏斗),川 7-4 型取心筒 1 套以及其他配套设备, $\Phi 203$ 、178、165 mm 钻铤若干, $\Phi 127$  mm 钻杆 3000 m。

#### 4.2 钻井方法及工艺



图 2 石油 30 型钻机

该井采用回转正循环三牙轮钻头全面钻进配合取心钻进工艺。采用护壁性能好、携粉能力高的化学泥浆为钻井液。

##### 4.2.1 一开,井深 0~480.7 m 段

采用  $\Phi 444.5$  mm 钢齿和  $\Phi 444.5$  mm 镶齿三牙轮钻头钻进,期间取心 3 次,下入  $\Phi 339.7$  mm  $\times$  9.65 mm 石油套管(材质 J55),套管外全井段水泥封闭止水。水泥候凝 72 h 后检查封闭止水质量,止水合格后转入下部工序。

钻具组合为: $\Phi 444.5$  mm 钻头 +  $\Phi 203$  mm 钻铤 +  $\Phi 178$  mm 钻铤 +  $\Phi 165$  mm 钻铤 +  $\Phi 127$  mm 钻杆。

钻井液性能为:粘度 35~40 s,失水量  $< 15$  mL/30 min。携粉护壁性能较好的聚合物泥浆。

钻压 10~100 kN,转速 60 r/min,排量 2200~2500 L/min。

##### 4.2.2 二开,井深 480.7~1013.9 m 段

采用  $\Phi 244.5$  mm 镶齿三牙轮钻头钻进,钻进至 1013.9 m 后变径,期间取心 4 次,下入  $\Phi 177.8$  mm  $\times$  8.05 mm 石油套管 533.49 m (480.41~1013.9 m),全部为滤水管。

钻具组合为: $\Phi 244.5$  mm 钻头 +  $\Phi 178$  mm 钻铤 +  $\Phi 165$  mm 钻铤 +  $\Phi 127$  mm 钻杆。

钻井液性能为:粘度 33~36 s,失水量  $< 10$  mL/30 min,密度 1.06~1.13 g/cm<sup>3</sup>。

钻压 80~120 kN,转速 60 r/min,排量 2200~2500 L/min。

##### 4.2.3 三开,井深 1013.9~2006.87 m 段

采用  $\Phi 215.9$  mm 镶齿三牙轮钻头钻进,期间取心 11 次,终孔深度 2006.87 m。

钻具组合为: $\Phi 215.9$  mm 钻头 +  $\Phi 165$  mm 钻铤

+ Ø127 mm 钻杆。

钻井液性能为: 粘度 33 ~ 36 s, 失水量 < 10 mL/30 min, 密度 1.06 ~ 1.16 g/cm<sup>3</sup>。

钻压 60 ~ 90 kN, 转速 60 r/min, 排量 2200 ~ 2500 L/min。

## 5 变质岩地层钻进及取心工艺

该地热井钻遇地层大部分为变质岩(约 1500 m), 主要为石英岩和黑云斜长变粒岩, 地层坚硬, 研磨性强, 对牙轮钻头损坏严重。在钻进过程中选择正确的钻头及取心工艺是完成项目设计要求的的关键。

### 5.1 钻头的选择

起初为赶进度使用 HJ537G 型号的牙轮钻头, 该种型号的钻头钻进速度略快(1.2 m/h), 但是牙轮硬质合金磨损也非常快, 寿命只有 30 ~ 40 h, 起钻后硬质合金基本全部磨平, 无法继续工作, 加之频繁起下钻造成辅助施工时间长, 效率反而更低。随后为了保证钻进时间换用 HJ637G 型号的牙轮钻头, 该钻头硬质合金齿小, 为球形齿, 研磨性强, 钻头使用寿命长, 但是钻进速度慢, 仅 0.5 m/h, 效率同样很低。之后通过前两种型号的牙轮钻头效率与寿命的对比, 我们改用 HJ617G 型号的牙轮钻头, 该种型号的牙轮钻头齿形小, 楔形齿, 无论在使用寿命还是钻进效率上都比较理想, 钻进时效可达 0.8 ~ 1.2 m, 使用寿命可达到 80 ~ 100 h。

各型号牙轮钻头在硬质变质岩地层钻进时效、寿命对照见表 1。

表 1 各型号牙轮钻头在硬质变质岩地层钻进时效、寿命对照表

牙轮型号	钻进时效/m	使用寿命/h	齿形
HJ537G	1 ~ 1.2	30 ~ 40	齿形长, 楔形齿
HJ617G	0.8 ~ 1.2	80 ~ 100	齿形短, 楔形齿
HJ637G	0.5 ~ 0.6	100 ~ 120	齿形短, 球形齿

通过本次施工及以往经验, 在使用牙轮钻头时, 应注意以下几点。

(1) 在浅井段, 使用机械钻速高的钻头; 使用尽可能长的牙齿, 以取得较高的机械钻速, 尤其是井较浅和软的地层, 长齿牙轮钻进效率更为明显。

(2) 在深井段选用进尺多的钻头, 减少起下钻次数, 缩短辅助时间。

(3) 当发现钻头外排齿磨圆, 而中间齿磨损较少时, 应选用带保径齿的钻头。

(4) 所钻地层为研磨性强的地层时, 应选用镶齿保径的钻头。

(5) 所钻地层页岩占多数时, 用楔形齿钻头。

(6) 用重泥浆钻进时, 使用楔形齿钻头。

(7) 对于易产生井斜的地层宜选用无移轴、无保径、齿多而短的钻头。

(8) 钻遇灰岩地层时, 使用抛物体形或双锥形齿钻头。

(9) 钻遇硬的研磨性地层如硬白云岩、燧石、石英岩、片麻岩、花岗岩等, 用无移轴或双锥齿或球齿钻头。

(10) 当牙轮硬质合金磨损速率比轴承磨损速率低得多时, 应选择一种较长牙齿、较好的轴承设计或在使用中施加更大的钻压。

(11) 当轴承的磨损速率比牙齿的磨损速率低得多时, 要选择一种较短的牙齿、较经济的轴承设计或在使用中施加更小的钻压。

### 5.2 取心工艺

该井设计要求取心 18 次, 相对于专业取心钻机, 石油钻机和水源钻机取心难度大, 加之下部地层坚硬, 采取率低。上部地层相对易钻性好, 采用传统的单管取心筒进行取心基本能达到取心要求, 但是进入下部地层以后地层变硬, 单管取心筒钻进时间长, 即便岩心进入岩心筒也因长时间扰动后磨碎, 造成取心率急剧降低, 有时甚至连一块岩心都取不上来。之后借鉴石油钻井取心工艺, 更换川 7-4 型双管单动取心筒, 规格 Ø172 mm × 36 mm × 18 mm, 配合 Ø215 mm 金刚石钻头进行取心作业, 达到了很好的效果, 岩心采取率达 70% ~ 95%, 解决了坚硬地层取心困难的问题, 为工程的顺利进行和资料的搜集提供了可靠的保障。

单管取心筒与双管单动取心筒采取岩心照片对比见图 3、图 4。

通过对双管单动取心筒的使用总结如下经验。

(1) 软地层钻进取心时钻压 20 ~ 90 kN, 转速 50 ~ 100 r/min, 排量 11 ~ 20 L/s, 硬地层钻进取心时钻压 40 ~ 110 kN, 转速 50 ~ 80 r/min, 排量 16 ~ 22 L/s

(2) 钻进时先不加钢球循环 15 ~ 20 min, 之后加上钢球后再缓慢加压, 均匀送钻, 防止溜钻, 严禁加足钻压启动转盘。

(3) 取心钻进时, 无特殊情况, 一般不停泵, 不停转, 钻头不提离井底。



图3 单管取心筒岩心照片



图4 双管单动取心筒岩心照片

(4)取心钻进中,如遇卡心、磨心,应立即割心起钻。

(5)割心时,缓慢上提钻具,注意观察指重表显示,一般增加悬重50~150 kN,又立即消除,证明岩心被割断;如果悬重增加后稳住不降,则应停止上提钻具,保持岩心受拉状态,增加钻井液循环排量,直至岩心拔断。

(6)若需接单根,拔断岩心后,关转盘锁销,保持井内钻具不转动,接好单根后,缓慢下放钻具到底,加比取心钻压大10%~50%的钻压,利用余心顶松岩心爪,上提钻具,恢复悬重后,启动转盘,逐渐增至推荐压力。

(7)取心筒在运送过程中可能经过长途的颠簸容易造成旋转总成调节螺母松动,在下钻取心前要进行检查,以免在拔心时造成总成丝扣损坏,内筒脱落。

(8)在调节内筒与钻头台肩间隙时一定要将取心筒用大钩吊起后间隙为准。

## 6 成井

该井在钻探施工结束后进行了洗井及3次降深抽水试验,其中最大降深抽水试验延续时间为7天,通过三角堰观测水量,留点温度计记录温度,最终确定涌水量为13.148 L/s,水温29.5℃,静水位埋深48.2 m,最大降深204.25 m。达到设计要求。

## 7 结语

地热是十分珍贵的资源,它是集热、矿、水为一体的绿色能源,具有广泛的开发前景,是一种新兴能源。

尽管地热资源开发利用取得了一些成效,但还存在地质工作的滞后,对地热井田的规模、边界、热储层的埋深、分布、温度、水质特征、动态特征及地热水允许开采量、开采年限和地热井田开发的合理性及后期的保护尚且缺乏全面了解和论证。

根据上述问题,在今后地热能源开发的同时,深部地热钻并迫切的需要将石油钻并中先进、成熟的工艺与地质岩心钻探、水文、水井钻探技术有机的结合,充分利用现代设备,优选工艺参数,提高钻进效率,确保成井质量,缩短建井周期。

## 参考文献:

- [1] 许刘万,伍晓龙,王艳丽.我国地热资源开发利用及钻进技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(4):1-5.
- [2] 邵俊琪.天津市地热井钻进与成井工艺[J].探矿工程,2001,(S1).
- [3] 陈庭根,管志川,等.钻井工程理论与技术[M].山东东营:石油大学出版社,2000.
- [4] 门玉贵,张存良,孙衍全.牙轮钻机钻杆的强度分析[J].有色金属(矿山部分),1995,(2).
- [5] 石立明.复杂地层岩心钻探综合治理技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(2):12-14.
- [6] 宋淑玲.国外钻井取心新技术(二)[J].石油机械,2000,28(10):53-57.
- [7] 胡郁乐,张惠,等.深部地热钻井与成井技术[M].湖北武汉:中国地质大学出版社有限公司,2013.
- [8] 赵岩,仲玉芳.贵州雷山县CK1地热勘探井施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(10):32-35,40.
- [9] 景龙,王彦静,李伟,等.承德闫营子地热勘探井钻井技术分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(10):21-25.
- [10] 王虎,陈怡,段德培,等.贵州省深部地热钻井现状与发展建议[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(2):45-47,52.