

# 金刚石钻进工艺在石阡地热井施工中的应用

白光洪

(贵州省地矿局 103 地质队工程勘察公司, 贵州 铜仁 554300)

**摘 要:** 主要介绍了金刚石钻进工艺在贵州省石阡县地热井钻进工程中的应用情况, 分析总结了其中存在的问题, 并提出了施工过程中需要注意和改进的问题。

**关键词:** 金刚石钻进; 设备; 地热井; 工艺参数

**中图分类号:** TE249    **文献标识码:** B    **文章编号:** 1672-7428(2007)S1-0128-03

## 1 地质条件

石阡县吴家湾地热井属探采结合井, 施工区内热矿水盖层岩性以砂、页岩、泥岩等碎屑岩为主, 夹硅质岩、生物碎屑岩、瘤状灰岩等, 厚度较大, 含水性及透水性差, 其相对隔热核保温作用。储热含水层储存于奥陶系下统桐梓-红花园组或下伏寒武系中上统娄山关群白云岩地层中。

## 2 钻进工艺

### 2.1 钻井工艺的选择

为更详尽地了解该区域内的地质构造具体发育情况, 该井的钻进采用电镀金刚石钻头、泥浆正循环钻进工艺, 采取岩心进行录井。

采用该工艺考虑的主要因素如下。

#### 2.1.1 有利因素

(1) 设备及技术措施: 目前, 单位的设备及技术措施方面主要以岩心钻探为主, 设备较适合岩心钻探, 且岩心钻探技术成熟, 利于该项目的顺利开展和完成。

(2) 从业人员的技术特长: 我单位从业人员长期从事岩心钻探工作, 积累了丰富的经验, 选用此工艺较其它工艺成功的机会更大。

(3) 采用此工艺有利于进一步取得更为详尽的地质资料, 对该区域内地质条件及低热储能评估有重要意义。

#### 2.1.2 不利因素

(1) 就该工艺本身特点而言, 钻进过程中产生的岩屑, 由环状间隙上返的过程中, 在一定程度上会淤塞储热层的出水通道, 给后期的洗井带来一定难度或增加洗井的费用。因此目的层钻进或完全采用

气举反循环钻进或泡沫钻进具有重要意义。

(2) 在这种大口径井眼的施工中, 由于岩心钻机的自身特点, 很难发挥自身优势, 只能采用低转速钻进, 适当增大钻压, 这在一定程度上影响不了电镀金刚石钻头高转速钻进的发挥, 降低了钻进的效率, 延长了施工周期, 加大了钻进成本。

(3) 取心钻进与全面钻进工艺相比较, 辅助时间占作业时间的比例较大, 施工周期长, 进度偏慢。且工人工作强度高。

### 2.2 设备机具选择

根据施工地区地层特性, 地热井施工深度、钻井结构、钻柱结构及质量等, 综合考虑设备的配置能力, 同时要充分考虑到特殊情况下设备的储备能力。

#### 2.2.1 钻机选择

石阡县吴家湾地热井的施工设计深度为 600 m, 相对目前国内其它地区施工的地热井深度较浅, 设计井眼直径较小, 根据我单位现有设备情况及以往经验, 钻机选择 XY-5 型岩心钻机。

#### 2.2.2 钻杆的选择

##### 2.2.2.1 主动钻杆

在前期施工中选用  $\varnothing 60$  mm 主动钻杆, 随着深度的增加, 要不断提高输出扭矩, 因此, 将  $\varnothing 60$  mm 的主动钻杆更换为  $\varnothing 89$  mm 的主动钻杆, 更换后效果较好, 其输出扭矩基本上可以满足钻进需要。

##### 2.2.2.2 机下钻杆

在施工准备阶段, 选择了质量较好的  $\varnothing 60$  mm 钻杆进行了缴租, 并购买了质量较好的锁接头, 从其使用情况来看, 对于目前施工的浅井而言, 基本上可以满足要求, 但是在其使用的过程中仍存在着一些问题。

收稿日期: 2007-05-30

作者简介: 白光洪(1962-), 男(汉族), 贵州遵义人, 贵州省地矿局 103 地质队工程勘察公司经理, 探矿工程专业, 从事探矿工程技术与管理, 贵州省铜仁市共青路 162 号。

(1)对于大口径水井施工而言,其所能承受的扭矩相对较小,出现钻杆扭断的事故率会有所增加。石阡县吴家湾地热井施工过程中,发生过几次断钻杆事故,由此可见,Ø60 mm 钻杆在所选择的设备中是较薄弱环节。断钻杆事故易发生在承受扭矩最大的钻杆柱顶端,以及钻杆受拉力和压力的“中和点”和钻杆与钻具结合部位,这些是受交变应力点和应力集中点,因此在施工中应特别注意这几处。

(2)抗弯强度较小,较容易发生弯曲变形,在破碎地层或软弱地层中钻进时,可能导致钻孔的偏斜。而且弯曲钻杆在回转的过程中会导致孔壁泥皮破坏,甚至将不稳定地层情况恶化。

(3)钻杆内冲洗液的过流面积较小,冲洗液到达钻头处压力损失较大,且在地层破碎时此种现象尤为突出,在施工过程中,经常出现高压水管爆裂的现象。

(4)钻杆柱与钻孔之间的直径差距较大,在发生断钻杆打捞孔内“落鱼”时,打捞工具很难寻找到目标,给事故处理带来了一定的困难。

(5)钻杆与孔壁之间的环状间隙较大,此种情况需要较大的泵量或提高泥浆的粘度来提高冲洗液携带岩屑的能力,而孔底钻具与孔壁的环状间隙较小,如采用的泵量过大则会对孔壁有很大的冲刷作用,不利于地层稳定,两者之间存在着矛盾。

### 2.2.3 其它设备及材料的选择

#### 2.2.3.1 钻头的选择

从前期地质工作成果看,施工区域内岩层情况较为复杂,盖层岩性以砂岩、页岩、泥岩等碎屑岩为主,夹硅质岩、生物碎屑岩、瘤状灰岩等,厚度较大,含水性及透水性差,起相对隔热和保温作用。储热含水层储存于奥陶系下统桐梓-红花园组或下伏寒武系中上统娄山关群白云岩地层中,岩石硬度以中硬和中软为主,盖层多数为软的泥岩,中等研磨性。根据地层情况,我们选用了中国地质大学(武汉)生产的电镀金刚石钻头,金刚石浓度 110%,胎体硬度 30~40。在该井的钻进过程中,岩层的破碎与否及岩层的软硬程度是选择钻头的主要依据,具体情况则根据钻进过程中孔内反应情况而定。

(1)在较软的泥、页岩等沉积岩形成覆盖层中钻进时,由于岩层完整,硬度较低,所以选择胎体硬度为 35 的钻头,既要保证钻头有足够的耐磨性,又能保证钻头很好的出刃,从而实现较高的钻进效率。

(2)在岩层硬度稍大且研磨性强的破碎段,胎体及金刚石磨损得更快,为克服钻头磨损较快的问

题,选用了胎体硬度为 40 的钻头,以提高其耐磨程度,保证金刚石不会因胎体大量磨损而脱落。

(3)在岩石较为完整、硬度为中硬的孔段,金刚石磨损较快,而岩层对胎体的磨损相对变弱,为了钻头更好地出刃,在钻头的选择上以胎体硬度低的钻头为主,在该工程中主要选择的胎体硬度为 30。

#### 2.2.3.2 其它设备的选择

SG-23 型钻塔;NJ-750 型泥浆搅拌机;BW-250 型泥浆泵 1 台;BW-250/50 型泥浆泵 2 台(备用)。

### 2.3 钻进参数

#### 2.3.1 钻压

孕镶金刚石钻头的钻压通常可用下式计算:

$$W = Fq$$

式中: $F$ ——钻头实际工程唇面面积,  $\text{cm}^2$ ;  $q$ ——单位底唇面面积允许的压力,  $\text{dN/cm}^2$ , 中硬岩石  $q = 40 \sim 50 \text{ dN/cm}^2$ , 坚硬岩石或金刚石质量较好时  $q = 60 \sim 70 \text{ dN/cm}^2$ 。

选择钻压时还应该注意以下几点:

(1)钻进软的弱研磨性或破碎、非均质岩层时适宜选下限钻压,反之亦然;

(2)钻头上的金刚石质量好、数量多、粒度大时,宜选用上限钻压,反之则取下限;

(3)钻头口径大、壁厚,与岩石接触面积大、胎体较软时,选用上限钻压。

#### 2.3.2 转速

孕镶金刚石钻头的推荐线速度为  $1.5 \sim 3.0 \text{ m/s}$ 。据此,可以计算一般情况下应选择的机械转速,然后根据岩层具体的变化情况合理选择。

石阡吴家湾地热井钻进过程中,几乎完全选用低转速,不能发挥金刚石钻探工艺高转速的优势。例如,选用 Ø220 mm 金刚石钻头钻进时,通过计算可知,选用 3 挡转速是最合适的,但由于受以下因素制约,只能选用 1 挡。

(1)在该工程中转速的选择同样受岩石性质的影响,部分井段较破碎,孔壁不稳,时常会出现掉块等现象,如选用高转速,则会造成孔壁失稳。

(2)该井结构相对较复杂,环状间隙大,采用高转速时,钻杆会在离心力的作用下发生更大程度的弯曲,增加了孔斜和孔内事故的概率。

(3)对于岩心钻探设备而言,要同时保证输出转速高、输出扭矩大几乎是不可能实现的,而在大口径钻探工程中,对扭矩的要求稍高,所以要降低转速来确保输出扭矩。

### 2.3.3 泵量及泵压

地热井施工须在破碎地层中钻进,且钻井的环状间隙较大,所以需要较大的泵量来携带岩屑,以保证孔底干净,无岩屑残留。孔内岩屑过多,不但增大事故发生的可能性,而且还会对岩屑进行重复研磨,影响钻进效率。一般常配的泥浆泵排量为600、850或1200 L/min。泵量大效果好。

根据一般推荐的泥浆上返流速的推荐值计算,要取得较好的清除孔内岩屑效果,较理想的泵量为630 L/min,而该项目选用的BW250型泥浆泵则远远达不到该要求。从使用效果看,选用的BW250泥浆泵比想象中的效果要好得多,而且如选用泵量过大,高速流体会严重冲蚀孔壁和钻头胎体。然而,在类似钻探施工中,选择与需要排量相近的泥浆泵势在必行,从而确保达到更好的除砂效果。

由于该井在结构上变化较大,而且泥浆的动力粘度、塑性粘度、动切力等参数较难确定,因此泵压的选择以现场实际情况为依据。

### 2.3.4 泥浆参数

一般泥浆密度应控制在1.05~1.10 kg/L,粘度20~25 s,泥皮厚度0.5~1 mm, pH值8~10,失水量<30 mL/min,含砂率<5%,胶体率>95%。而在不稳定地层中则要视地层压力而定。

该工程采用稀释法和化学絮凝法控制泥浆的固相含量。

### 2.3.5 井斜控制

地热井对井斜要求比较严格,较大的井斜无论是对钻井还是成井,都会造成很大影响。因此,在一定范围内控制井斜或井眼的曲率是很关键的问题之一。要针对地层情况,结合现有的技术方法,保证设备安装周正;在钻进过程中选择合理的参数;及时进行钻孔弯曲度的测量,每个回次都要对钻具进行检查,弯曲过大的钻具不得再次下入孔内使用;换径时要配足够长的扶正器,避免钻头偏斜,完成换径后要及时测量钻孔倾角。

在吴家湾地热井钻进过程中,因换径钻进时,换径钻具发生偏斜,换径钻进23 m后,偏斜0.55°,超出了规定要求,后用粗径钻具重新扩孔进行纠偏,将钻井纠正。但纠正后并没有及时对原孔段进行处理,在之后发生断钻杆的事故处理中,原偏斜井段对钻具下放出现了很大的影响。处理事故后,及时总结经验教训,对偏斜井段进行了封隔,取得了较好的效果。终孔倾角88°,完成质量较高。

## 3 技术经济效果分析

表1为石阡县吴家湾地热井钻井工序用时记录表。

表1 钻进用时记录表

计入台月时间的台时	用时	所占比例/%
纯钻进时间/h	960:40	20.85
辅助时间/h	1025:35	22.26
机械事故时间/h	857:45	18.62
孔内事故时间/h	460:20	9.99
其它非作业时间/h	1302:40	28.28

该项目完成工作量602 m,用时4607 h,即191天23 h,每月完成钻进工作量99.67 m,效率偏低。纯钻进时间的比例较低,起下钻、采孔内脱落岩心等使得辅助时间所占比例过大以及机械事故、孔内事故、其它非作业事故时间比例过大,是导致台月效率低的主要原因。因此,应仔细分析施工过程,找寻非钻进时间过多的原因,是解决效率低的直接手段。

## 4 结论及建议

目前,贵州地区的地热工程技术还处在我国地热工程技术发展的第一阶段,即以地地质勘探为主体,以简单的直接利用为标志,如洗浴、生活热水的直接利用等。但其它地区的经验已经证实,在发展地热必须走可持续发展的道路,而在钻井技术方面同样要做到可持续发展,在施工的过程中要注意运用科学的管理方法保护资源及环境,推进技术进步。结合石阡地热井的施工情况,笔者得出如下结论及建议:

(1)设备的选型要有针对性,不仅性能要好,且要具有能够加深井深的能力;

(2)传统施工地热井周期较长,应从过去传统的单一的方法中逐渐解放出来,进一步尝试运用新的工艺方法,但要利于产层的保护。

(3)严格钻井液的使用标准,避免在热储层内钻进时使用稠泥浆,应适当降低泥浆密度或使用暂堵型泥浆,以保护产层。

(4)尽可能保持钻井的垂直,以减少井内事故和井壁管磨损。

(5)学习和借鉴石油钻井的科学方法,结合地热钻井特性进行钻进参数的优化。

### 参考文献:

- [1] 鄯秦宁,孙友宏,彭振斌,等.岩土钻掘工程学[M].武汉:中国地质大学出版社,2001.