

# 螺杆钻具在地热井钻探中的应用初探

李奇龙

(贵州地质工程勘察院, 贵州 贵阳 550008)

**摘要:** 螺杆钻具钻进因机械钻速高、经济效益明显而在石油、煤田地质等钻探施工中广泛使用, 技术也比较成熟, 但在地热井钻探施工中还处于摸索试验阶段。就螺杆钻具在地热井钻探中的设备配套、钻进工艺、效益对比等一系列问题进行了阐述, 肯定了螺杆钻具在地热井钻探中的钻进效率和经济效益, 同时提出了一些需要在今后实践中解决的问题。

**关键词:** 地热钻探; 螺杆钻具; 钻进工艺

**中图分类号:** P634.7    **文献标识码:** B    **文章编号:** 1672-7428(2014)03-0056-03

**Application of Screw Drill in Geothermal Well Drilling/LI Qi-long** (Guizhou Institute of Geological Engineering, Guiyang Guizhou 550008, China)

**Abstract:** Screw drill is a mature technology which is widely used in oil and coalfield geological drilling due to its high ROP and obvious economic benefit, but it is still at the experimental stage in the geothermal well drilling construction. The paper elaborates a series of issues of the equipment, drilling technology and the benefit comparison, affirms the drilling efficiency and economic benefits of screw drill in the geothermal drilling and puts forward some problems to be solved in future practice.

**Key words:** geothermal drilling; screw drill; drilling technology

乌当奶牛场地下热矿水成井工程是我们院承接的一个地热井开发钻探施工的项目, 因为作为我院研究提高钻进效率的一个应用试验项目, 决定采用螺杆钻具钻进。我院以往的地热井钻探都是采用普通的牙轮钻头回转钻进的方法, 所以这是我院第一次在地热井钻探施工中使用螺杆钻具。本文从设备配套、适合地层、工艺选择、效果对比、注意事项等方面对本次试验进行总结, 期望与同行们交流, 促进螺杆钻具在地热井钻探施工中的普及应用。

## 1 工程概况

乌当奶牛场地下热矿水成井工程位于贵阳乌当区奶牛场, 其井身结构如图 1 所示。完井井深 2440 m, 完井温度 53 ℃, 流量 640 m<sup>3</sup>/d, 温度和流量全部达到设计要求。

在该井施工中使用螺杆钻进的井段为 1045 ~ 1980 m, 结果达到了预期目标。

## 2 施工设备

RPS-3000 型钻机, QE3NB-500 型泥浆泵(额定流量为 16.84 L/s), DW-1200 型泥浆泵(额定流量为 5.34 L/s, 备用), 200 目振动筛。由于主泥浆泵

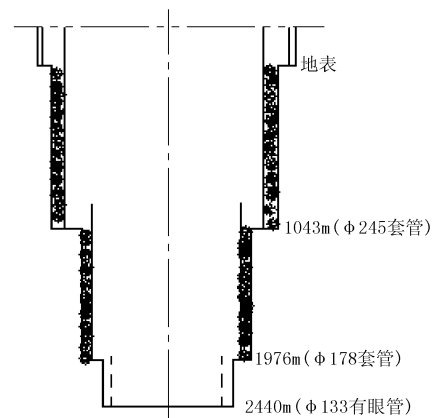


图 1 完井后的井身结构示意图

的流量没有达到螺杆的流量推荐值(19 ~ 31 L/s), 而且净化系统只有振动筛, 势必严重影响螺杆的使用寿命。

## 3 地层情况

地层特性见表 1。

从地层情况来看, 0 ~ 12 m 属于松散土; 12 ~ 1677 m 以白云岩为主, 属于中软到稍硬地层, 可钻性为五、六级; 1677 ~ 2440 m 以灰岩为主, 属于中硬地层, 可钻性为 6 ~ 7 级。

收稿日期: 2013-09-02; 修回日期: 2013-11-26

作者简介: 李奇龙(1986-), 男(汉族), 四川通江人, 贵州地质工程勘察院助理工程师, 石油工程专业(钻井方向), 从事地热井和地下水钻探施工工作, 贵州省贵阳市云岩区百花大道 5 号, jelglee@qq.com。

表1 地层特性

井段/m	地层	岩性描述
0~12.00	第四系	红粘土
12.00~321.30	贵阳组	白云岩、页岩为主,上部有部分灰岩
321.30~535.10	花溪组	中厚层至块状细晶白云岩,泥质白云岩
535.10~812.00	安顺组	上部为中厚层细晶白云岩,中部为泥质白云岩,下部为白云岩、灰岩
812.00~1129.00	大冶组	上部薄层灰岩,下部泥晶灰岩
1129.00~1167.00	大隆组	泥晶灰岩夹页岩和粘土岩
1167.00~1677.00	吴家坪	中厚层石灰岩,上部夹页岩,中部及底部含煤页岩
1677.00~2206.00	茅口组	灰白色中厚层灰岩
2206.00~2440.00	栖霞组	灰、深灰色中厚层灰岩

## 4 螺杆钻具钻进工艺

### 4.1 钻头选择

考虑到螺杆钻具高转速低钻压的特性,普通的牙轮钻头不再适用,需要选用耐磨寿命长的金刚石钻头。结合地层岩性及可钻性,最终选用的金刚石钻头型号为RK5165-M322。该钻头具有高性能PDC复合片组合使用可以有效提高寿命,复合保径低扭矩设计可以提高钻进效率,钻头轮廓优化设计适用中软至中硬均质(薄夹层)地层,该钻头水眼组合为12、13、14、15、16 mm,为不对称设计,提高了喷射破岩效率。

### 4.2 螺杆的选择

螺杆钻具是一种以钻井液为动力,把液体压力能转为机械能的容积式井下动力钻具。当泥浆泵泵出的泥浆流经旁通阀进入马达,在马达的进出口形成一定的压力差,推动转子绕定子的轴线旋转,并将转速和扭矩通过万向轴和传动轴传递给钻头,从而实现钻井作业。螺杆钻具提高了钻头的转速,加快了钻头破岩的效率,同时,由于钻头水眼的压降形成高压高速水流能够实现水力破岩效果,所以使用螺杆钻具可以有效地提高机械钻速,缩短钻井周期。

我们选用沧州中油固控设备有限公司生产的螺杆,其型号为5LZ172×7.0。该螺杆马达转子头数为5,具有扭矩大,转速低的特点。该螺杆钻压推荐值为80 kN,流量为19~31 L/s。

### 4.3 钻具组合

Ø216 mm PDC(金刚石钻头)×0.33+5LZ172(螺杆)×6.26+431/310(接头)×0.40+Ø159 mm 钻铤×3根+Ø89 mm 钻杆+接头+方钻杆。该钻具组合属于塔式钻具组合,具有防斜降斜的特点,适用于直井钻进。从测井结果来看,最大井斜角5°,平均3.5°左右,说明该钻具组合防斜降斜的效果比较理想。

## 4.4 钻进参数

钻压60 kN,转盘转速33 r/min,泵压6~8 MPa,钻井液粘度29~33 s, pH值9,失水量18 mL/30 min。

## 5 钻进效率对比(见表2)

表2 钻速数据对比

试验井段/m	钻速(普通回转钻进、钻具组合不变)/(m·h <sup>-1</sup> )	钻速(使用螺杆)/(m·h <sup>-1</sup> )	钻速提高百分比/%
井段1(1045~1167)、大隆组	2.00	3.14	57
井段2(1167~1327)、吴家坪上	1.57	2.38	52
井段3(1327~1677)、吴家坪下	1.29	1.77	37
井段4(1677~1980)、茅口组	1.15	1.53	33
平均值	1.50	2.21	45

从表2可以看出,采用螺杆钻具机械钻速平均提高了45%,同时,随着井深越深机械钻速提高率越低。也是因为常规的PDC钻头适用于软到中硬的均质地层钻进,而在硬岩中钻进时效率低,磨损快,难以满足高效钻进的要求。这就需要在以后的工作中继续探索合适的和最优的钻头型号。

## 6 螺杆钻具使用中的问题

### 6.1 由于地层原因,部分井段跳钻现象较严重

由于有的井段所在地层出现碎石灰岩的现象,造成钻头在井底工作不平稳使钻柱产生明显纵向共振形成跳钻。跳钻对钻头和钻具的破坏力极大,造成钻头损坏及钻具本体刺坏或折断等先期失效现象时有发生;钻具的共振跳动引起钻具弯曲会对井壁造成非常大的破坏力,发生坍塌掉块,大量掉块的聚积,会使跳钻更加严重。建议在钻头上面加入随钻减震器,可以有效地减轻或消除跳钻现象的发生。

### 6.2 钻头选型不够理想

在实际使用过程中,发现PDC钻头没有达到预期寿命便发生比较严重的损坏。钻头的大部分复合片有裂开崩落的现象,说明复合片的稳定性不好或者遇到软硬互层因为复合片的碎性比较大,如果受力不均匀容易崩落。需要在今后的钻进中继续探索找出适用于该地层的、耐磨性高且稳定性好的最优钻头型号。

### 6.3 泥浆泵流量偏小

由于选用的泥浆泵额定泵量偏小,螺杆转速达不到要求甚至不能打开螺杆的旁通阀造成根本无法驱动螺杆。我们在第一次试用螺杆时使用的是备用泥浆泵(DW-1200型),发现由于流量偏小造成压力太小不能打开螺杆的旁通阀,钻井液根本无法通

过螺杆也就不能驱动螺杆,而换成主泥浆泵螺杆后就能正常工作。螺杆的转速与流量成正比线性关系,流量偏小螺杆转速就达不到最优,导致破损岩石效率下降,从而影响机械钻速。同时,流量偏小,喷嘴的喷射破岩效果大为下降,水力破岩效果不明显。

#### 6.4 泥浆含砂量偏高使得螺杆使用寿命急剧下降

由于设备场地等限制因素,钻井现场的泥浆净化系统基本没有,导致钻井液中含砂量远达不到要求(小于1%),使得螺杆中定子与转子之间的密封被破坏造成螺杆失去驱动钻头的动力。实际使用中螺杆的寿命没有达到额定使用时间便损坏无法使用。同时,由于使用螺杆需要高压,加上泥浆泵中含砂量偏高,使得泥浆泵中的阀芯、阀座很容易损坏,需要经常更换,浪费了大量的时间和提高了成本。

#### 6.5 螺杆钻具的配套设备达不到要求

由于螺杆需要高压驱动和存在水眼压降,使得立管压力比不使用螺杆要升高6 MPa左右,这就对整个高压钻井液的通道设备提出了更高的要求。实际钻进过程中,立管压力6~8 MPa,高压造成水龙头有时候发生泄漏,泥浆泵安全阀有时候打开,更严重的是,由于现场所用钻杆时间较长,磨损较大强度大为下降,发生了几次高压水流刺穿钻杆造成泵压下降无法驱动螺杆的情况,损失了大量的时间。

#### 6.6 各项钻井参数优化有待探索

根据地层可钻性特点、地层岩性特征,以现有的PDC钻头技术、低固相钻井液使用,结合以往在该地区钻头使用记录、钻井液资料、地层等情况进行分析对比,各项钻井参数(钻压,钻速,流量,喷嘴,泵压等)通过优化优选可以提高钻速,降低成本,实现“优质、安全、高效、低耗”的钻井施工目的。

## 7 结语

(1)在贵州地区地下热矿水成井中采用螺杆钻与其它钻进工艺组合施工,大幅提高了钻进效益,缩

短了钻井周期。

(2)采用螺杆钻进,机械钻速有了较大程度的提高。相比不使用螺杆机械钻速平均提高了45%。特别是在中软硬地层,使用螺杆钻具钻进可以达到更加理想的效果。

(3)螺杆钻进减少起下钻时间,从而减少钻井周期。换用PDC钻头后,由于钻头耐磨性高复合片强度大,使用寿命变长,减少了起下钻换钻头的的时间,缩短了钻井周期。

(4)因为等待螺杆等设备的原因,此次试验仅从1045 m开始。而从上面的分析知道,上部的中软地层使用螺杆钻具提高钻速的效果更加明显。如果整个孔都使用螺杆钻具,平均钻速会再次提高从而缩短钻井周期。但在300 m以浅不宜使用螺杆钻进,因为贵州地区在300 m浅容易井漏,使用螺杆钻进会加剧井漏。

(5)使用螺杆钻具,其配套设备必须满足要求才能充分发挥螺杆钻具的优势。比如,泥浆泵的流量压力必须和螺杆配套满足要求,整个高压泥浆通道必须能够承受得住立管压力,泥浆净化系统完备使其含砂量能满足要求,钻头需要耐磨性好寿命长。而且在某些复杂地层由于使用堵漏剂封漏,也不能使用螺杆钻进。

## 参考文献:

- [1] 周开吉,郝俊芳. 钻井工程设计[M]. 山东东营:中国石油大学出版社,1996.
- [2] 汤凤林,等. 岩心钻探学[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,1997.
- [3] 乌效鸣,等. 钻井液与岩土工程浆液[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,2002.
- [4] 李继志,陈荣振. 石油钻采机械概论[M]. 山东东营:中国石油大学出版社,2001.
- [5] 王新纯. 钻井施工工艺技术[M]. 北京:石油工业出版社,2005.
- [6] 陈平,等. 钻井与完井工程[M]. 北京:石油工业出版社,2005.

## 关中盆地地热资源家底摸清

中国国土资源报消息(2014-03-14) 由陕西省地质环境监测总站、陕西省地质调查中心联合完成的《关中盆地地热资源赋存规律及开发利用关键技术》研究发现,关中盆地地热资源总量达 $3.23 \times 10^{18}$ 千卡,相当于4610亿t标准煤,为陕西全省探明煤炭资源总量的3.34倍。其中,可利用热量达 $1930.58 \times 10^{15}$ 千卡,相当于2758亿t标准煤,为全省探明煤炭资源总量的1.99倍。这一研究成果为煤炭资源大省陕西改变能源供应结构和消费结构提供了资源数据支

撑。这项研究日前已通过以汤中立院士为组长的专家鉴定。

专家组认为,这项研究在为陕西省科学开发地热能源提供科学依据的同时,对解决关中城市群地热资源开发利用中存在的资源量不清、开发布局盲目、开发诱发的地面沉降与地裂缝发育灾害等重大现实难题,提供了科学思路和技术路线。

陕西是煤炭资源大省,也是煤炭资源消费大省。据统计,目前全省已探明煤炭资源总量1380亿t,去年生产煤炭4.93亿t,消费煤炭约4亿t。