

套管开窗侧钻技术在贵州地热钻井中的应用

李奇龙^{1,2}, 张承飞³, 宋继伟³, 李 勇^{1,2}, 王 虎^{1,2}, 朱斗圣³

(1.贵州省地质矿产勘查开发局 111 地质大队, 贵州 贵阳 550008; 2.贵州地质工程勘察设计院, 贵州 贵阳 550008; 3.贵州省地质矿产勘查开发局 112 地质大队, 贵州 安顺 561000)

摘要:普安县江西坡地热井在钻进到井深 907.91 m 时遇到了卡钻事故,解卡失败后,进行倒扣处理,剩余 75.53 m “落鱼”无法取出,“鱼头”位置井深 832.38 m。为绕开“鱼头”位置继续钻进,必须进行开窗侧钻。在已经下套管固井的情况下,选用了 DXQ210/H 型导斜器作为导斜工具,使用 KCXZ216 型铣锥作为磨铣开窗工具,进行了套管内侧钻开窗作业。在分析事故概况的基础上,介绍了导斜器的工作原理和套管内开窗侧钻的技术方案,总结了施工作业中的注意事项,最终侧钻成功并顺利钻进到 2364.56 m 完钻。

关键词:地热钻井;套管开窗;导斜器;铣锥;侧钻

中图分类号:TE243⁺.9;TE249 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)07-0006-04

Application of Sidetracking in Casing in Guizhou Geothermal Drilling/LI Qi-long^{1,2}, ZHANG Cheng-fei³, SONG Ji-wei³, LI Yong^{1,2}, WANG Hu^{1,2}, ZHU Dou-sheng³(1.111 Geological Brigade of Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development Guizhou Province, Guiyang Guizhou 550008, China; 2.Guizhou Geological Engineering Investigation Design and Research Institute, Guiyang Guizhou 550008, China; 3.112 Geological Brigade of Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development Guizhou Province, Anshun Guizhou 561000, China)

Abstract: Sticking accident happened at the drilling depth of 907.91m in Jiangxipo geothermal well, back-off was used after releasing failed, the remained 75.53m drilling tool could not be taken out and the top end of the drilling tool was at the depth of 832.38m. It is necessary to adopt sidetracking to bypass the top end of the drilling tool for continue drilling. In the case of casing cementing completion, sidetracking window from inside casing was carried out with DXQ210/H type deflecting device selected as the deflecting tool and KCXZ216 type taper miller as milling tool. Based on the analysis on the general situation of the accident, the paper introduces the working principle of the deflecting device and the technical scheme of sidetracking window from inside the case and summarizes the attentions in the construction operation. The sidetracking is smoothly completed at the depth of 2364.56m.

Key words: geothermal drilling; casing windowing; deflecting device; taper miller; sidetrack

0 引言

在地热深井钻探施工过程中,由于地质条件复杂或操作不当等,可能会引发埋钻、卡钻或钻具断裂事故。事故发生后,井队一般会采取措施将钻具从孔内取出。但有时打捞“落鱼”难度大,耗时长,成本高,此时果断放弃“落鱼”,侧钻绕过事故段,可以有效控制事故处理成本,缩短事故处理时间。

贵州省地质矿产勘查开发局 112 地质大队承担的贵州省普安县江西坡地热井,是当地政府为打造旅游实施的地下热水资源深探结合的风险勘查井施工工程。该井在施工过程中发生了卡钻事故,经过

解卡、倒扣等处理手段后,仍剩余部分“落鱼”无法打捞。考虑到“落鱼”打捞成本过高,耗时过长,井队决定在套管内开窗侧钻,绕过事故段。套管开窗侧钻的成功应用为钻井后续施工节约了时间和成本,为今后类似的工程作业提供了借鉴和指导。

1 工程概况

该井在钻进到 907.91 m 时遭遇卡钻(井身结构见图 1,地层及岩性见表 1),经过各种措施未能实现解卡,后进行倒扣处理,井内留下 75.53 m 的管柱,“鱼头”位置井深 832.38 m,然后下 $\varnothing 244.5$ mm

收稿日期:2018-02-01; **修回日期:**2018-06-19

基金项目:贵州省社会发展科技攻关资助项目“贵州复杂地层深井钻探工艺应用研究”(编号:黔科合 SY 字[2015]3002);贵州省地矿局地质科研资金资助项目“双壁钻杆空气潜孔锤局部反循环钻井工艺在贵州地热深井中的应用研究”(编号:黔地矿科合[2017]01)

作者简介:李奇龙,男,汉族,1986 年生,石油工程专业,主要从事地热钻井工艺技术研究及管理工作,贵州省贵阳市观山湖区地质科技园 2 号楼,jelglee@qq.com。

通讯作者:王虎,男,满族,1985 年生,钻探工程部主任,地质工程专业,硕士,主要从事地热深井技术及科研管理工作,贵州省贵阳市观山湖区地质科技园 2 号楼,16775129@qq.com。

表 1 勘查区地层岩性、电性层对照

系	统	组(群)	地层代号	厚度/m	岩性描述	电性层(平均厚度)
第四系		Q		0~10	坡残积、冲洪积亚粘土、砂、砾石	不能分辨
		龙潭组	P ₃ l	193~367	深灰色粘土岩夹岩屑砂岩、粉砂岩,菱铁矿及煤层 10~20 层	低阻层
		峨眉山玄武岩组	P ₃ β	151~732	玄武岩	
二叠系	中统	茅口组	P ₂ m	264~682	上部深灰色中厚层灰岩、燧石灰岩,顶部为硅质蚀变岩;下部深灰色厚层块状灰岩及浅灰色灰岩	高阻层(460)
		栖霞组	P ₂ q	141~228	上部浅灰色厚层块状灰岩夹白云岩,下部灰色中厚层灰岩夹泥灰岩	中高阻层
		丫口田组	P ₁ y	90~113	上部灰色砂岩、页岩夹灰岩及煤层(38);下部灰至深灰色灰岩夹瘤状灰岩及泥灰岩	(230)
	上统	马平组	C ₃ m	180	浅灰、灰白色厚层块状灰岩夹灰色灰岩	
	中统	黄龙组	C ₂ h	550	上部深灰色灰岩夹灰白色及深灰色灰岩,下部浅灰色白云岩及灰岩	高阻层
摆佐组		C ₁ b	150	深灰色厚层块状灰岩,顶部为角砾状白云质灰岩及角砾状白云岩	(1300)	
石炭系	上统	大塘组上司段	C ₁ d ²	76~372	深灰色中厚层燧石灰岩,底部夹砾屑灰岩	
	下统	大塘组旧司段	C ₁ d ¹	91~262	黑色粘土岩夹少量灰黑色薄层硅质岩及灰岩	低阻层不能分辨
		岩关组	C ₁ y	56~367	上部灰黑色厚层灰岩夹硅质岩,下部黑色粘土岩及薄层硅质岩,底部粘土岩中夹瘤状灰岩	(620)

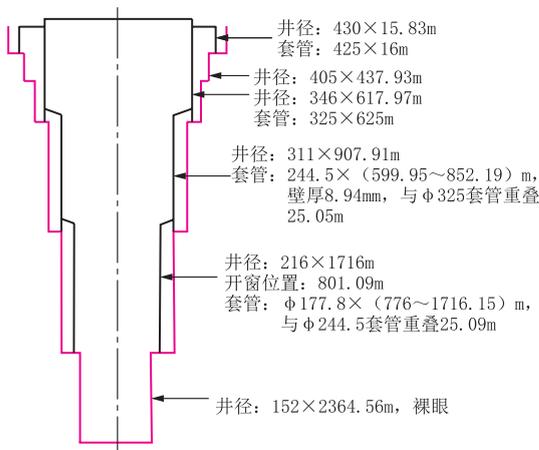


图 1 普安县江西坡地热井井身结构示意图

套管固井封隔“落鱼”,套管底部在井深 849.97 m 位置,套管底部已经进入“鱼头”位置之下,经研究讨论决定采用套管内开窗侧钻技术进行侧钻,绕过“落鱼”继续后续施工的技术方案。

2 套管内开窗侧钻技术方案

2.1 导斜器选择及原理

经过对比,选用了 DXQ210/H 型导斜器(图 2),适用于 $\varnothing 244.5$ mm 套管,外形尺寸 $\varnothing 210$ mm



图 2 DXQ210/H 型管内液压悬挂式导斜器

$\times 4600$ mm(其中有效长度 4.18 m,导斜面长 2.69 m,座卡部分 1.49 m,丢手接头高出导斜面 0.53 m),开窗长度:2.70~3.00 m,造斜斜度 4° 左右^[1]。

该导斜器由导斜部分和液压部分组成。导斜部分由造斜体和丢手短节组成,丢手短节只在下放导斜器到指定位置及打压座封时起连接和连通作用,在座封完成后,将丢手短节提到地面;造斜体是经过特殊处理的合金钢,并加工成一定斜度。液压部分是打压座封的主要部件,由上下锥体,上下卡瓦及锁紧装置组成,上下卡瓦每组 3 个,各有纵向和横向的沟槽,分别承受扭矩和上下压力,在打压座封时,上下锥体分别上下运动,从而实现上下卡瓦的伸出,达到锚定在套管内壁上的目的^[2]。导斜器工作原理如图 3 所示。

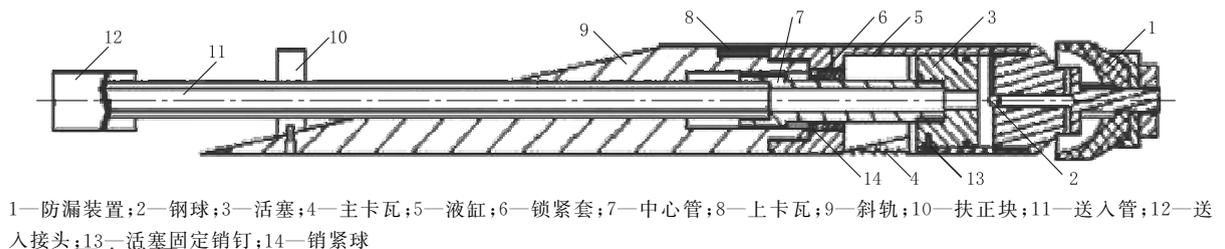


图 3 DXQ210/H 型导斜器原理图(引自该产品说明书)

2.2 开窗工具选择

开窗工具型号为 KCXZ216 (图 4), 适用 $\text{O}244.5 \text{ mm}$ 套管。该铤锥为组合式, 整体分开窗、修窗、稳窗三段, 其工具外形、切削刃角、合金块选用及加工工艺进行了优化设计, 一次完成开窗、修窗作业, 比之前开窗、修窗需要 2 道工序才能完成有了改进^[3], 较好地满足了现场作业要求。



图 4 KCXZ216 型联合铤锥

2.3 开窗位置选择

套管开窗位置选择应重点考虑 3 个方面, (1) 避免在套管接头位置开窗, 开窗位置不能靠套管接头太近, 为保险起见选择某根套管中部位置比较合适^[4]; (2) 开窗位置离“鱼头”位置不能太近, 预留 30 m 左右空间比较合适^[5]; (3) 应选择地层相对比较稳定的位置^[6]。本孔内“鱼头”位置在 832.38 m, 结合该井前期下套管的数据, 最终将开窗位置选择在第 6 根套管中部位置^[7], 即井深 797.11~808.29 m, 斜向器具体安装位置: 801.59~805.77 m。导斜器及开窗孔内位置见图 5。

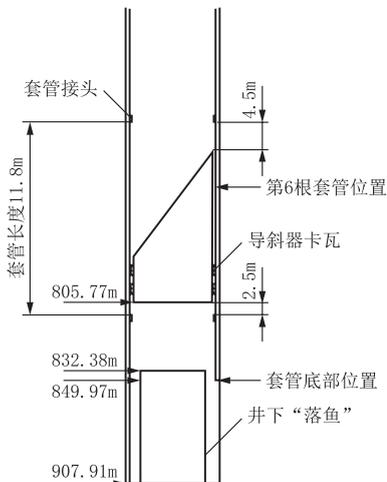


图 5 导斜器和开窗孔内位置示意

2.4 前期准备及导斜器座封

2.4.1 前期准备工作

根据选用的导斜器规格, 使用直径和长度均不小于导斜器的通径规通井, 确保无卡阻现象; 使用弹簧式刮管器在座封点上下各 5 m 处反复刮削 5 次, 确保座封位置清洁光滑^[8]; 检查泥浆泵和高压管汇, 试压到 25 MPa 保持 5 min 无刺漏^[9]; 将导斜器安装在管柱最下端, 下到预定位置, 接上方钻杆, 使用清水进行洗井。

2.4.2 导斜器座封

卸下方钻杆, 在钻杆内投入钢球, 接上方钻杆, 校核深度, 记录此时悬重, 开泵打压座封, 共打压 3 次, 每次压力 22~25 MPa。3 次打压完成后, 参照指重表的显示, 对导斜器进行下压校验, 下压 10~12 t, 上提 3~4 t, 观察管柱有无移动, 无移动则说明座封牢固^[10]。

座封完成后, 上提管柱至座封前悬重, 开动转盘正转 30 圈以上, 上提管柱起出丢手短节。

2.5 注意事项

导斜器下井前, 应检查钻杆内部无杂物, 以防打压时杂物堵塞导斜器, 影响座封质量; 导斜器下放过程中要匀速、平稳, 严禁猛提猛放; 正式座封前应使用清水充分洗井, 直到出口无杂物; 导斜器座封时必须使用清水^[11]。

3 侧钻钻进

3.1 开窗修窗工作

将铤锥用钻杆送到导斜器以上 2~3 m, 接上方钻杆, 开泵循环钻井液, 低速启动转盘, 记录悬重, 缓慢下放铤锥, 直至悬重变化, 记录此时深度。按照轻压慢转的原则, 钻压控制在 10~30 kN, 进行开窗工作, 开窗完成后, 应充分洗井再行起钻^[12]。

注意事项如下:

(1) 铤锥初铤套管时, 参照设计要求 (见表 2), 要轻压低转速, 送钻要平稳, 严禁溜钻, 避免扭矩突然增大损坏钻具和导致斜向器转动; 直至井口返出铁屑后逐步放开钻压和转速。

表 2 开窗修窗钻进参数设计

施工阶段	钻压/kN	转速/(r·min ⁻¹)	施工长度/m
初始阶段	<5	20~30	0~1.0
骑套阶段	10~20	30~40	1.0~2.0
出套阶段	20~30	50~60	2.0~4.0
修窗阶段		90~120	0~4.0
试钻阶段	40~50	70~80	4.0~6.0

(2)开窗时,同一位置严禁长时间磨铣,同一点在磨铣 5 min 后仍无进尺,则应考虑改变钻进参数。

(3)开窗过程中用好固控设备,并在泥浆槽出口处放置强磁铁,以清除泥浆中的铁屑。

(4)开窗后要反复上提下放钻具修整窗口,确保转盘停转、停泵状态下钻具上提下放无阻挂;窗口位置为全井施工重中之重,下步施工钻具频繁由此通过,应确保钻具通过窗口时无异常情况发生。

(5)开窗后大排量充分循环 2~4 h,以彻底清除井筒内铁屑。由于下步施工铁屑易对螺杆马达造成损坏,所以将井底铁屑清理干净,保证下步施工的正常进行。

(6)开窗完成后,在日后的起下钻中,距窗口 20 m 处应缓慢起下,严格控制钻压,如在窗口位置遇阻,应开启转盘轻压慢放,严禁直接加压下放上提;窗口如出现遇阻现象,应及时下铣锥进行二次修窗^[13]。

3.2 试钻工作

修整窗口结束后,使用牙轮钻头进行试钻 10~20 m,钻具运转平稳后,按照正常钻进参数继续钻进,钻进至井深 828 m,并使用该套钻具反复上提下放通过窗口无阻挂现象。

4 应用效果

试钻成功后,采用正常钻进参数,使用牙轮钻至井深 909.64 m 时,转换钻井工艺,采用螺杆钻井工艺钻进,后续钻进起下钻作业中无阻卡现象,导斜器座封无移动迹象,钻至 2364.56 m 顺利完钻,其钻具组合为:Ø216 mm 钻头+5LZ172 7.0L 螺杆钻具+Ø159 mm 钻铤 10 根+Ø121 mm 钻铤 4 根+Ø89 mm 钻杆+方钻杆^[14]。

5 结语

(1)在已经下套管固井的情况下需要侧钻绕障

时,采用套管开窗侧钻一整套技术可以有效避开孔内“落鱼”,确保后续钻井作业。

(2)导斜器座封和开窗修窗是最重要的环节,一定要按照设计参数执行,是侧钻能否成功的保证^[15]。

(3)在开窗修窗作业过程中,发现联合铣锥头部位置碎合金自出刃效果不太理想,有待进一步改进。

参考文献:

- [1] 张雁隆.套管开窗侧钻的关键技术及配套设备[J].油气田地面工程,2014,33(1):84.
- [2] 胡军,葛俊康.双座封注灰导斜器在卤井开窗侧钻中的应用实践[J].中国井矿盐,2014,45(1):15-18.
- [3] 李健,刘秀红,沈文平,等.套管开窗侧钻技术[J].科技信息(学术研究),2008,16:274-276.
- [4] 李前贵,樊腊生,吴金生,等.套管开窗侧钻技术在汶川地震断裂带科学钻探项目中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(9):133-138.
- [5] 孙庆仁,郭盛堂,孟祥波.达深 CP302 开窗侧钻水平井钻井实践与认识[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(4):36-38.
- [6] 庞炳章,牟小军,胡伟杰,等.开窗侧钻技术在埕北油田的应用[J].中国海上油气,2005,(2):116-117,123.
- [7] 夏宏南,谭家虎,李鹏华,等.套管开窗侧钻工艺研究[J].断块油气田,2003,(2):77-79,94.
- [8] 谭家虎,夏宏南,韩俊杰.套管开窗侧钻工艺研究[J].西部探矿工程,2003,(4):71-73.
- [9] 张瑞平,丁浩,陈水新,等.扎那诺尔油田套管开窗侧钻定向井钻井技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(7):28-30.
- [10] 唐志军.开窗侧钻工艺技术[J].西部探矿工程,1999,(5):39-40.
- [11] 王水,何世恩,何军,等.无支撑套管开窗侧钻技术在 Q2-38X 井的应用[J].西部探矿工程,2011,23(10):52,55.
- [12] 李广江.宁东 3-侧 1 井套管开窗侧钻定向工艺技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(1):29-32.
- [13] 董迪壮.套管开窗侧钻在定向对接连通井钻井中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(7):48-49.
- [14] 梁福成.Ø178mm 套管开窗侧钻实践[J].探矿工程,2001,(6):56-57,64.
- [15] 谢小华,王超,李晓飞,等.开窗侧钻技术难点的认识和研究[J].西部探矿工程,2016,28(11):87-89,93.