

# 贵州省深部地热钻井现状与发展建议

王虎<sup>1</sup>, 陈怡<sup>1</sup>, 段德培<sup>1</sup>, 吴晓兰<sup>1</sup>, 李勇<sup>1</sup>, 余立新<sup>2</sup>

(1. 贵州地质工程勘察院, 贵州 贵阳 550008; 2. 贵州省地质矿产勘查开发局, 贵州 贵阳 550008)

**摘要:**介绍了贵州省地热资源的主要类型、储层构造和储层及地理分布情况,阐述了当前贵州省深部地热钻井使用的钻井工艺技术与主要设备情况,包括井身结构、常用钻机与钻具组合、常用泥浆泵与固控系统、钻井液及固井技术研究现状等,分析了贵州省地热钻井存在的问题,提出了引进新工艺与新设备、加强相关研究的建议。

**关键词:**地热钻井;空气潜孔锤;螺杆钻;钻井液;贵州省

**中图分类号:**P634;TE249 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2015)02-0045-03

**Present Situation of Deep Geothermal Well in Guizhou and the Development Suggestion/WANG Hu<sup>1</sup>, CHEN Yi<sup>1</sup>, DUAN De-pei<sup>1</sup>, WU Xiao-lan<sup>1</sup>, LI Yong<sup>1</sup>, YU Li-xin<sup>2</sup>** (1. Guizhou Geologic Engineering Reconnaissance Institute, Guiyang Guizhou 550008, China; 2. Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Guizhou Province, Guiyang Guizhou 550008, China)

**Abstract:** The paper introduces the main types of geothermal resource and the structure of the reservoir as well as the reservoir and geographical distribution in Guizhou, describes the current drilling technology and major equipments used for deep geothermal drilling, including well structure, commonly-used drilling rig, bottom hole assembly, commonly-used mud and solid control system, drilling fluid and the research situation of cementing technology. The existing problems of geothermal drilling in Guizhou are analyzed, and the suggestion of introducing new technology and new equipment is put forward.

**Key words:** geothermal well; air-driven DTH hammer; screw drill; drilling fluid; Guizhou

## 0 引言

地热是一种新型的清洁资源和能源,它集热、矿、水为一体,在洗浴、医疗保健、供暖、发电、种植与养殖、矿泉饮用等领域有着广泛的应用<sup>[1]</sup>。世界能源专家预计,到2100年地热资源的利用将占世界能源总量的30%~80%<sup>[2-3]</sup>。我国对地热资源的勘探开发与利用始于20世纪70年代<sup>[4]</sup>。“十五”期间,我国利用遥感技术、地球物理、地球化学、地热地质、同位素地质和钻井勘探等多种手段,对国内地热资源储量进行了初步查探,确定我国可开采地热储量相当于4626.5亿t标准煤<sup>[4]</sup>。

根据国土资源网2010年消息,贵州省地热资源一般埋深为1000~2000m,水中含有硫化氢、氡等多种易于人体的成分,全省已发现温泉91处,日流量达10.84万m<sup>3</sup>,但开发利用的只有19处,占22.3%。贵州省省委、省政府在近年来提出了建设温泉省、公园省的战略目标,贵州省地质矿产勘查开发局(简称“贵州省地矿局”)受贵州省国土资源厅委托,编制了《贵州省地下热水勘查开发利用专项

规划》,将在全省范围内展开地热资源基础地质、形成条件、分布规律、开发利用等方面的综合研究,当前地热资源整装勘查正在进行中。钻井是地热资源重要的勘察手段,了解地热钻井现状及其发展趋势,对做好贵州省地热勘查工作具有积极作用。

## 1 贵州省地热资源特点

### 1.1 贵州省地热资源分类及分布

地热资源按温度可分为高温、中温和低温3类;按赋存状态可分为蒸汽型、热水型、地压型、干热岩型和岩浆型5类<sup>[5]</sup>。

贵州省地热资源属热水型低温地热资源,其特点是温度不高(多为30~50℃),分布面积广,开采价值大。根据其热储构造和形成条件,可分为2种类型:一是受深断裂和背斜构造控制的对流行热矿水,二是沉积盆地传导型热卤水。除北部习水—赤水一带,贵州省地热水均属于热卤水<sup>[6]</sup>。

### 1.2 贵州省热储层的分布及其钻进难点

贵州省热储层主要是由碳酸盐岩与碎屑岩交互

收稿日期:2014-07-15; 修回日期:2014-12-24

基金项目:贵州省地矿局地质科研资金资助项目“地热钻井泥浆技术的研究应用”(编号:黔地矿科合[2014]01)

作者简介:王虎,男,满族,1985年生,助理工程师,硕士,从事钻井液技术的研究工作,贵州省贵阳市云岩区百花大道5号, wanghu235@163.com。

更叠组成的多元含水热流体集储构造,从元古届到三叠系,可分为五大储层,(见表1),目前正在开发利用的主要是震旦系、寒武—奥陶系2个热储构造,其它热储层也有少量开采<sup>[7-8]</sup>。

表1 贵州省热储构造层分布情况

分层	热储构造层	盖层
第一层	震旦系灯影组,厚近1000 m	下寒武系页岩、砂岩、粉砂岩,厚260~1080 m
第二层	寒武系清虚洞组、娄山关组,奥陶系桐梓组、红花园组,厚度超过1000 m	奥陶系湄潭组,志留系中、下统砂页岩,厚度>1000 m
第三层	泥盆系望城坡组、石炭系岩关组,厚1500 m	石炭系下统旧司组、上统组,厚约660 m
第四层	石炭系中、上统	二叠系梁山组
第五层	二叠系栖霞组、茅口组	二叠系上统龙潭组

贵州省深部地热储层一般为碳酸盐岩地层,溶洞、溶隙、裂隙发育,部分地层含泥质。另外,为保证地层有充分的地下水补给通道,地热钻井一般选在构造断裂带,热储层地层多碎裂,未定性差。在热储层钻井过程中,要保证地层稳定,同时要保证地层和地下水不受污染,对钻井液要求较高。

## 2 贵州省深部地热钻井现状

贵州省地热资源深部地热钻井研究起始于2006年<sup>[9]</sup>,至今已得到一定的发展,但总体来说,无论装备还是工艺,都还有着极大的提升空间。

### 2.1 井身结构

贵州省地层岩性多变,软硬不均,溶裂隙发育、破碎,软硬互层,地质情况复杂,为保证钻井施工安全顺利完成,目前大部分深部地热井采用三开井深设计,个别钻井采用四开。随着钻井技术的不断提高,目前已经开始出现两开的深部地热钻井。

为了方便地热资源的开采,地热钻井一般要求终孔直径 $\leq 150$  mm,因此贵州省深部地热钻井终孔直径一般为152 mm,开孔直径则为395或311 mm(见表2)。

地热井完井方法主要有裸眼法、衬管(筛管和滤水管)法和射孔法3种<sup>[10]</sup>。贵州省深部地热钻井主要采用前2种完井方法。当热储层完整坚实,不易垮塌、掉块时,采用裸眼法完井;若地层松散、易垮塌,则需采用衬管法完井,一般情况下,所用衬管为筛管。

### 2.2 主要钻井设备

表2 常见井身结构

井身结构	井径/mm	套管尺寸/mm
三开井身结构	一开	311.0
	二开	216.0
	三开	152.0
四开井身结构	一开	395.0
	二开	311.0
	三开	216.0
	四开	152.0

### 2.2.1 钻机类型

贵州省深部地热钻井普遍采用石油钻机或水源钻机,最初使用的是立轴钻机和转盘钻机。但由于立轴钻机动力小、普通标配的泥浆泵排量偏小,难以满足深部地热钻井的要求,现在基本上都使用的转盘钻机。但转盘钻机也存在其缺陷,如导向和定向性能相对较差,转盘扭矩大,影响了转速的提高等。目前贵州省常用的深部地热钻井钻机有RPS系列、SPS系列等几个系列的类型。

目前国内其他部分省份已经开始更新深部地热钻井设备,如引进先进的顶驱式钻机,将石油钻探与岩心钻探技术相结合以提高钻探效率等,但贵州省还未见相关研究信息。

### 2.2.2 常规牙轮钻进钻具组合

常规牙轮钻钻柱自上而下为方钻杆、钻杆、钻铤、钻头及其间的接头。方钻杆为主动钻杆,由转盘、方补心通过方钻杆带动整个钻柱旋转并向下钻进。钻铤壁厚体重,可以给钻头提供压力,减轻钻头的振动、摆动和跳动,使钻头平稳工作,控制孔斜。常用钻具组合见表3。

表3 钻头、钻柱组合尺寸

钻头直径/mm	钻铤外径/mm	钻杆外径/mm	方钻杆方宽/mm
>299	203	168	152
248~299	178~203	140	133/152
197~248	152~178	114/127	108/133
146~216	146	89	89/108

### 2.2.3 泥浆泵

钻井液被誉为钻井的“血液”,而泥浆泵就是钻井的“心脏”。泥浆泵通过泵送钻井液维持钻井液系统的循环。深部地热钻井井眼口径大,岩屑多,岩屑粒径大,只有使用大排量、高压力的泥浆泵才能保证钻井液排量,提高携砂能力,保持孔底干净,从而减少井内事故,提高钻井效率。

贵州深部地热井常用的泥浆泵有QZ3NB-350

型、BW-1200型、F-1300型等。深部地热井泥浆泵的选择应当向石油钻井学习,提倡“大马拉小车”,采用高压、大排量钻进,对提高钻井效率和经济效益都有着积极意义。

#### 2.2.4 固控系统

深部地热钻井一般采用全面钻进,岩屑量大,对钻井液要求高,尤其是使用螺杆钻具时,必须对钻井液中的有害固相进行控制和净化,才能保证螺杆的使用安全和寿命。

当前钻井行业广泛使用的固控设备有振动筛、除砂器、除泥器、清洁器、除气器、离心机等。常规地热钻井施工一般主要使用振动筛和旋流除砂器,部分钻井队还配备了除泥器。使用螺杆钻具的地热井至少使用四级固控,即振动筛、除砂器、除泥器、除气器。目前常规钻井的固控已经可以达到钻井液的使用要求,但螺杆钻对固控系统的要求还有待提高。

#### 2.3 钻井工艺方法

目前贵州省深部地热钻井施工绝大部分采用的是常规的牙轮钻头全孔正循环全面回转钻进,钻头一般选用三牙轮钻头。

常规牙轮钻进作为目前深部地热钻井的主要钻进方法,其优点在于牙轮钻头适用范围广,从软地层到硬基岩均可钻进,而且该钻进方法的工艺技术已经基本成熟。但其钻进速度相对较低,已经不能满足当前贵州深部地热钻井的要求。

近年来,为提高钻进效率和经济效益,贵州省各地热勘察施工队伍均开始探索更先进的钻进工艺,如贵州省地矿局111地质大队曾尝试使用过气举反循环钻井工艺<sup>[11]</sup>和螺杆钻具钻井工艺,贵州省地矿局114地质大队在尝试使用空气潜孔锤钻进工艺,另外,欠平衡钻井工艺也已经进入贵州深部地热钻井的研究议程。这些先进钻井工艺,有些已经取得一定的成果,有些才刚展开相关研究,总体来说还都不太成熟,但都具有巨大的发展潜力。

#### 2.4 钻井液工艺技术

贵州省深部地热井钻井液相关研究目前基本空白,主要有2方面原因:一是贵州省深部地热井钻井队主要由冷水钻井队(如贵州省地矿局111地质大队、贵州省地矿局114地质大队)转化而来,队上缺少钻井液相关研究人员;二是前期钻井队借助地矿井的钻井液使用经验也能完成钻井任务,从而没有太过重视地热井所需的钻进液。

目前贵州省深部地热井使用的钻井液材料主要为纤维素、植物胶、聚丙烯酰胺、腐植酸钾、磺化沥青、重晶石等最常用的几种添加剂,尚没有形成有针对性的钻井液体系。而贵州地层地质、水文条件极为复杂,地层裂隙溶洞发育、破碎,软硬互层等,使得钻井难度急剧提升,近年来有多口井因为地层复杂,钻井液技术和钻井工艺落后而影响了施工进度甚至导致施工无法进行。

### 3 存在的问题及开展研究的建议

#### 3.1 存在问题

目前贵州省深部地热钻井存在着诸多问题:

(1) 钻井设备相对落后,对设备改造和对先进的钻井设备引进都还存在;

(2) 钻井工艺主要为单一的常规牙轮钻头全孔正循环全面钻进,其它工艺使用与研究相对不足;

(3) 针对贵州地层与钻井工艺的深部地热井钻井液研究太少,应该加强相关研究,形成相关理论与实践体系;

(4) 地热井固井技术与增产技术的研究也相对落后;

(5) 钻井事故应以预防为主,目前贵州省深部地热钻井还未形成相关规范,基本处于遇到事故再处理的状态。

#### 3.2 建议

为提高贵州省深部地热钻井钻探效率和效益,应该在多方面展开研究:

(1) 完善钻井管理制度,提高钻井管理能力,使钻井施工向规范化、正规化发展;

(2) 引进先进的钻井设备,如引进顶驱钻机更先进的钻机应用于地热井施工中;使用液动大钳等自动化设备代替落后的自由钳等设备;

(3) 研究在地热钻井施工中采用多工艺钻井技术,在不同情况下使用不同的钻井工艺,保证钻井施工始终保持较高的效率,如开孔可采用空气潜孔锤工艺,浅部干孔或漏失地层可采用空气反循环或泡沫钻井工艺,稳定岩层可采用螺杆钻具孔底动力钻井工艺,深部漏失地层可采用气举反循环钻井工艺等;

(4) 研究适应贵州地质情况和钻井工艺的钻井液体系,如研究不同地层和钻井工艺下钻井液的

(下转第52页)

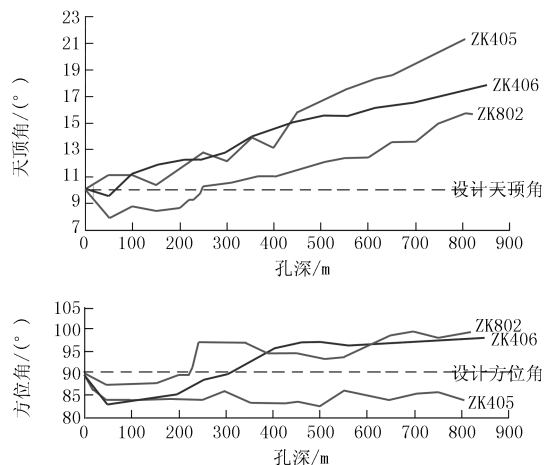


图4 采取防治措施后钻孔顶角、方位角变化曲线

## 5 结语

斜孔钻进时,由于斜孔特殊的车轮效应使钻孔轨迹方位易发生向钻头自转方向偏斜,偏斜异常出现孔段往往是地质构造或岩性组合复杂部位。控制钻孔偏斜必须从地质设计与施工工艺2方面着手。

(1)矿区详查—勘探地质设计,可将多数钻探工程改成在沿脉巷道内施工坑内钻孔,不仅能节省约一半钻探工作量,而且减少钻程是降低偏斜规律

对勘探控矿间距的影响最有效的途径。

(2)施工深孔时,地质设计应根据偏斜规律而预留设计方位角,并在地质柱状图上详细标明引起钻孔偏斜异常出现的地质构造和岩层部位。

(3)钻探施工时应合理改进钻探工艺,减弱甚至抵消偏斜程度,以满足钻孔见矿点落在地质设计的允许范围内。

## 参考文献:

- [1] 贺仁钧,乌效鸣,田恒星.易斜地层钻孔倾斜规律研究[J].安全与环境工程,2012,(4):111-114.
- [2] 徐文,于静荣.梁家煤矿地质勘探钻孔偏斜规律的总结与应用[J].山东煤炭科技,2002,(3):2-3.
- [3] 左永江.EXCEL与ACAD相结合在钻孔偏斜数据处理中的应用[J].建井技术,2005,(5):23-26,12.
- [4] 张宝河,石立明.ZK1502孔纠斜技术[J].探矿工程,2003,(6):45-46.
- [5] 汤凤林,等.岩心钻探学[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,1997.
- [6] 王文臣.钻孔冲洗与注浆[M].北京:冶金工业出版社,1996.
- [7] 郭绍什.钻探手册[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,1993.
- [8] 鄢泰宁,孙友宏,彭振斌,等.岩土钻掘工程学[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,2001.
- [9] 张文庆.孙家庄铁矿初级定向钻进及防斜措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(12):22-24.

(上接第47页)

工艺技术以及不同钻井工艺转换时钻井液的转换方法,完善钻井液固控系统,研究能保护地热储层的钻井液工艺技术,完善钻井液使用和管理机制等;

(5)加强固井、洗井工艺研究,如研究低密度水泥和环保化学灌浆技术在固井中的使用,研究适合深部地热钻井的洗井工艺技术等。

贵州省深部地热钻井研究时间尚短,各方面都还不太成熟,各施工单位都在开展相关研究,主要集中在钻井工艺和钻井液等方面,固井、洗井等方面研究较少。总之,贵州深部地热钻井基础较差,但随着各施工单位不断进行研究投入,正在进入一个高速发展时期。

## 参考文献:

- [1] 卢予北.地热井常见问题分析与研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(2):43-47.
- [2] 吴景华,云希斌.地热开发应用及效益评价[J].长春工程学院学报(自然科学版),2003,(1):31-34.

- [3] 毕玉荣.地热资源开发应用现状及前景综述[J].石油石化节能,2011,(10):7-10,48.
- [4] 孙冰.我国深层地热资源的认识与勘探方法建议[J].中国煤田地质,2006,(S1):20-22,41.
- [5] Steven Eckfield,张蛮庆.意大利波特利地热钻井液的设计[J].国外地质勘探技术,1982,(11):14-15.
- [6] 王明章,王尚彦.贵州省地热资源开发问题及对策建议[J].贵州地质,2007,(1):9-12,16.
- [7] 毛健全.贵州省地热资源特征、分布规律、开发现状及发展远景[C]//中国西部地热资源开发战略研究论文集.2001:29-36.
- [8] 王明章,王尚彦.贵州省地热资源的特征、勘察开发现状和建议[C]//2006年全国城市地热资源开发保护与经济评价论坛论文集汇编.2006:145-148.
- [9] 陈怡,苏宁,罗湘赣.贵州保利·温泉新城ZK2号地热井施工实践[C]//全国水井钻机情报网2007年年会论文集.2007:17-18.
- [10] 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.
- [11] 陈怡,段德培.气举反循环钻进技术在地热深井施工中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(4):23-24,28.
- [12] 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.