

# 湘永地 1 井钻探施工技术

奎 中<sup>1,2</sup>, 黄晟辉<sup>1,2</sup>

(1.中国地质科学院探矿工艺研究所,四川成都 611734; 2.中国地质调查局地质灾害防治技术中心,四川成都 611734)

**摘要:**中扬子地区古生界页岩气基础地质调查湘永地 1 井钻探工程,终孔深度 2224.69 m,全孔取心钻探、录井及测井。本文主要介绍了项目概况,钻井工程使用的主要钻井设备、录井设备及测井设备,湘永地 1 井岩心钻探工艺技术,针对钻探施工中遇到的孔内事故采取的技术措施及页岩气调查井钻探施工技术进行了探讨。

**关键词:**页岩气;地质调查井;钻探工程;钻探设备;岩心钻探工艺;孔内事故处理;雪峰山地区

**中图分类号:**TE242;P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)08-0028-06

**Drilling Construction Technology for Xiangyongdi Well-1/KUI Zhong<sup>1,2</sup>, HUANG Sheng-hui<sup>1,2</sup>**(1.Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China; 2.Technical Center for Geological Hazard Prevention and Control, CGS, Chengdu Sichuan 611734, China)

**Abstract:** Xiangyongdi well-1 drilling engineering for the geological survey of shale gas was carried out in the Paleozoic shale gas field in the Middle Yangtze region of China, the final depth was 2,224.69m with full borehole coring, logging and well logging. This article mainly introduces the general situation of the project, the main drilling equipment, logging equipment and well logging equipment used in drilling engineering and the core drilling technology of Xiangyongdi well-1. The technical measures adopted for drilling accidents encountered in drilling construction and the drilling construction technology of shale gas survey well are discussed.

**Key words:** shale gas; geological survey well; drilling engineering; drilling equipment; core drilling technology; hole accident handling; Xuefengshan area

## 1 概述

随着世界能源消费的不断攀升,包括页岩气在内的非常规能源越来越受到重视。美国和加拿大等国已实现页岩气商业性开发。我国页岩气资源潜力大,2011年,国务院批准页岩气为新的独立矿种,为我国第 172 种矿产。可以预见,通过不断探索和实践,我国的页岩气定将迎来爆发式的增长。

2018 年 1 月 14 日,中国地质科学院探矿工艺研究所(以下简称探矿工艺研究所)承担的中扬子地区古生界页岩气基础地质调查湘永地 1 井按地质要求顺利完成钻探、录井及测井工作,完钻井深 2224.69 m,完钻口径 96 mm,全孔平均岩心采取率 98.80%,最大井斜为 4.3°,在孔底 2201 m 处,闭合位移为 24.28 m,平均井径扩大率为 4.83%,各项技术指标均满足地质设计要求。

湘永地 1 井位于湖南省湘西州永顺县芙蓉镇孔

坪村,是部署在属保靖—黄平冲撞带涂乍—松柏复向斜的页岩气地质调查井,钻探目的是为了获取寒武系敖溪组 and 牛蹄塘组岩心,评价寒武系黑色页岩含气性。该井所属工程为“南方页岩气基础地质调查工程”,是中国地质调查局武汉地质调查中心牵头的二级项目的预算单列钻井工程项目,属“雪峰山地区 1:25 万页岩气基础地质调查”子项目的钻探工程,由探矿工艺研究所组织实施。设计井深为 1500 m,由于钻达设计深度时未钻遇目的层,根据专家组意见,并经有关单位同意,湘永地 1 井加深 700 m 至 2200 m。

该井 2017 年 7 月 11 日开钻,一开采用  $\varnothing 150$  mm 金刚石取心钻进至井深 10.86 m,下  $\varnothing 146$  mm 套管至井深 10.86 m,固井;二开采用  $\varnothing 96$  mm 金刚石绳索取心钻进至井深 2224.69 m 终孔。本井实际钻遇地层自上而下依次为第四系—追屯组—比条

收稿日期:2018-07-01

基金项目:中国地质调查局地质调查项目“中扬子地区古生界页岩气基础地质调查(中国地质科学院探矿工艺研究所)”(编号:DD20179112)

作者简介:奎中,男,汉族,1964 年生,教授级高级工程师,探矿工程专业,从事钻探技术研究工作,四川省成都市郫都区现代工业港(北区)港华路 139 号,1220621777@qq.com。

组—车夫组—花桥组—敖溪组—清虚洞组—把榔组(未穿),钻穿了目的层敖溪组,未钻遇另一目的层牛蹄塘组,考虑到钻探施工的安全性和设备能力而终孔。与预测地层相比,所揭示地层层序正常,厚度明显增厚。2018年1月21日,探矿工艺研究所组织专家对该项目的人员配备、原始资料整理、目标任务、工作量及完成情况、委托业务实施情况、质量体系运行和项目三级质量检查情况进行了室内检查,并对湘永地 1 井的岩心实物资料进行了野外实地检查,项目野外验收综合评定为优秀。岩心已交由武汉地质调查中心保管。

湘永地 1 井是目前为止湖南页岩气调查井钻探施工最深的井,施工中遇到的井漏、烧钻、钻杆折断等孔内事故均得到了很好的解决,形成了一套页岩气调查井深井施工钻探工艺技术及孔内事故处理技术体系。通过湘永地 1 井的钻探及测录井施工工作,收获了岩心,建立了该地区寒武系地层序列,揭示出该地区各地层岩性组合特征,获取地层厚度及有机化学、岩石矿物学、物性、含气性等参数,为区域页岩气评价提供了基础资料。通过湘永地 1 井的施工组织,积累了页岩气调查井的施工经验,提高了探矿工艺研究所调查井施工管理水平,培养了页岩气钻探技术人才,加强了探矿工艺研究所页岩气钻探团队建设,为今后页岩气调查井施工打下了坚实的基础。湘永地 1 井钻探施工现场见图 1。



图 1 湘永地 1 井钻探施工现场

## 2 使用的主要钻探设备器具

湘永地 1 井使用的主要钻探设备器具见表 1。

采用的录井设备为 SK-2000G 型综合录井仪测井设备选用西安物勘电子科技有限公司生产的 MTC6600 型数控测井系统采集测井数据。

表 1 湘永地 1 井主要钻探设备器具

序号	名称	型号	单位	数量	产地
1	钻机	XY-8B	台	1	张家口、柴动
2	钻塔	SG24	套	1	张家口
3	泥浆泵	NBB-250/60、 3NBB-390/15	台	各 1	衡阳、河北
4	泥浆搅拌机	1.0 m <sup>3</sup>	台	1	衡阳
5	测斜仪	KXP-2X	台	1	上海
6	防喷器	2SFZ18-35	台	1	盐城
7	绞车	SJ-2000	台	1	唐山
8	发电机	24 kW	台	1	衡阳
9	泥浆性能测试仪	NB-1、NA- 1、1006	套	1	青岛

## 3 岩心钻探工艺技术

### 3.1 钻孔结构及钻进方法

一开:0~10.86 m。Φ150 mm 普通金刚石取心钻进,穿过 1.6 m 表层粘土后见灰岩,钻至 10.86 m 时,由于表土与岩层界面钻井液漏失严重,钻进困难,下 Φ146 mm 套管,用水泥固定井口,封闭井口,防止掉块、溢流。

二开:10.86~2224.69 m。待水泥凝固后用 Φ130 mm 普通金刚石取心钻进钻穿水泥塞至 11 m,然后用 Φ114 mm 普通金刚石取心钻进 5.98 m 深的引导孔。最后用 Φ96 mm 金刚石绳索取心钻进至终孔井深 2224.69 m。井深 523.38 m 处安装 2SFZ18-35 型双闸板防喷器。因上部地层发生井漏,泥浆漏失,用 Φ114 mm 金刚石钻头扩孔至井深 170 m,用 Φ130 mm 金刚石钻头扩孔至井深 10.54 m,并下 Φ110 mm 套管至井深 170 m 起封隔漏失层的作用,下 Φ127 mm 套管至井深 10.54 m 起导向作用。

### 3.2 钻具组合与钻进参数

#### 3.2.1 钻具组合

根据区内主要岩石的物理机械性质,岩石研磨性在弱一中之间,本着保证质量、降低成本、提高钻探效率的综合考虑,湘永地 1 井开孔采用 Φ150 mm 普通取心钻进,二开采用 Φ96 mm 绳索取心钻进一径到底。

全井段主要钻遇灰岩地层,为保证钻孔在钻进过程中安全,不出事故,顺利完成钻孔的施工,选用无锡钻探工具厂生产的 S96 绳索取心钻具。绳索取心钻具主要由绳索取心钻具外管、绳索取心内管总成两部分组成。具有单动性、内管到位报信功能、岩

心堵塞报信功能,可以有效防止冲洗液冲刷岩心和避免机械力对岩心的破坏作用,保证取心质量。 $\text{O}96\text{ mm}$  绳索取心钻具(生产厂商为无锡钻探)参数为:钻具外径  $89\text{ mm}$ ,配套钻头外径  $96\text{ mm}$ ,扩孔器外径  $96.5\text{ mm}$ ,内管内径  $67\text{ mm}$ ,取心直径  $64\text{ mm}$ ,

钻具长度  $4500\text{ mm}$ 。

该井一开采用  $\text{O}150\text{ mm}$  普通金刚石取心钻进,并用  $\text{O}114\text{ mm}$  普通金刚石取心钻进作为二开钻进的引导孔,二开采用  $\text{O}96\text{ mm}$  绳索取心钻进,其取心钻具组合如表 2 所示。

表 2 取心钻具组合

开次	钻进方法	孔深/m	钻具组合
一开	普通金刚石取心	0~10.86	$\text{O}150\text{ mm}$ 金刚石取心钻头+ $\text{O}150.5\text{ mm}$ 下扩孔器+普通取心钻具外管+ $\text{O}89\text{ mm}$ 绳索取心钻杆
二开	普通金刚石取心	10.86~16.98	$\text{O}114\text{ mm}$ 金刚石取心钻头+ $\text{O}114.5\text{ mm}$ 下扩孔器+普通取心钻具外管+ $\text{O}89\text{ mm}$ 绳索取心钻杆
二开	绳索取心	16.98~2224.69	$\text{O}96\text{ mm}$ 绳索取心钻头+ $\text{O}96.5\text{ mm}$ 下扩孔器+绳索取心钻具外管+ $\text{O}96.5\text{ mm}$ 上扩孔器+弹卡室+弹卡室挡头+ $\text{O}89\text{ mm}$ 绳索取心钻杆

### 3.2.2 钻进参数

钻进参数的原则:在较软地层钻进,采用低转速、小泵量和适当的压力;在坚硬的研磨性强的岩层钻进,则采用大钻压、较高的转速和泵量;在裂隙发育的破碎岩层和研磨性强的岩层钻进,则采用小钻压、中低转速和适当的泵量。在深孔钻进时,为保证孔内安全,则要限制转速和钻压。

在低固相泥浆钻进条件下,为避免钻杆内结泥垢,应限制钻具转速和回次时间。钻探开孔地层为寒武系上统比条组,自上而下依次钻遇:寒武系上统比条组、中统车夫组、花桥组、熬溪组,下统清虚洞组、杷榔组(未钻穿)。本井使用的钻进参数如表 3。

表 3 钻进方法及钻进技术参数选择

井段/m	井径/mm	钻压/ kN	转速/ ( $r \cdot \text{min}^{-1}$ )	泵量/ ( $L \cdot \text{min}^{-1}$ )
0~16.98	150,114	12~15	30~150	150~250
16.98~2224.69	96	12~17	260~520	80~120

注:具体施工时,需根据孔内情况及钻机的额定转速选用,钻采页岩时选用低钻进参数。

### 3.3 钻井液设计

#### 3.3.1 钻井液配置

钻井液是钻井工作的“血液”,使用不同类型的钻井液是钻井工作中克服漏失、垮塌、缩径等复杂地层需要解决的主要技术问题。配制钻井液的主要材料:膨润土、纤维素、磺化沥青、腐植酸钾、聚丙烯酰胺等。

配制程序:钻井液配制前,首先加纯碱浸泡粘土,进行预水化处理,溶解度较差的纤维素事先按要求溶于水;按照地层要求配制基浆,按比例加入钻井液添加剂。

施工钻进第四系粘土层及上部较松散地层

( $\text{O}150\text{ mm}$  口径施工的孔段),采用不分散低固相钻井液的配方为:  $1\text{ m}^3$  清水+4%~6% 钠土粉+0.1%~0.3% 纯碱+600 ppm 聚丙烯酰胺+0.1%~0.2% CMC 羧甲基纤维素,辅之以磺化沥青护壁剂等,以防孔壁坍塌。配制后钻井液性能指标控制在:密度  $1.03\sim 1.08\text{ g/cm}^3$ ;漏斗粘度  $22\sim 24\text{ s}$ ;失水量  $8\sim 12\text{ mL/30 min}$ ;pH 值  $8\sim 9$ 。

进入完整基岩地层或破碎地层后,改用防塌性好,排粉能力强,流变性好的不分散低固相钻井液,具有良好的剪切稀释作用和选择性絮凝作用。具体配方为:  $1\text{ m}^3$  清水+6% 钠土粉+600 ppm 聚丙烯酰胺+1% 腐植酸钾  $\text{KHm}$ +0.1%~0.2% CMC 羧甲基纤维素,配制后钻井液性能指标控制为:密度  $1.03\sim 1.07\text{ g/cm}^3$ ;漏斗粘度  $20\sim 25\text{ s}$ ;失水量  $9\sim 12\text{ mL/30 min}$ ;pH 值  $8\sim 9$ 。

配备钻井液测试仪一套,由小班副班长负责管理钻井液,定期测试钻井液成分,以便及时对钻井液成分进行调整。为防止井喷发生,井场储备高密度钻井液材料,加重材料应选用重晶石( $\text{BaSO}_4$ )。

#### 3.3.2 钻井液固相控制及现场维护

控制钻井液中的固相含量,钻井液的循环系统不少于  $10\text{ m}$ ,使钻井液有充分的沉降距离;沉淀池的深度  $< 0.5\text{ m}$ ,使钻井液有充分的沉降深度;以清除钻井液中大部分的固相颗粒。

每回次必须专人清理钻井液,正常钻进时 1 班清理岩粉  $1\sim 2$  次。

钻井液越用越浓,钻屑絮凝不好或固相无法沉淀,粘度较大时,不能直接加清水稀释,应加入低粘钻井液或稀释剂降粘。

钻井液越来越稀,有时产生水土分离现象。一般是孔内钻井液柱压力小于地层径流压力,地下水

浸入并稀释钻井液。应加入高粘钻井液或增粘剂增粘。

钻进过程中,当地层变化不大时,一般每班应向泥浆池内补充一定同样性能的钻井液。如果地层变化较大,要加大监测钻井液性能的频率,发现钻井液不能满足钻进时要及时调整。

#### 4 钻井事故处理

钻探施工孔内事故的处理,是保障钻探施工工作顺利完成的重要环节。在湘永地 1 井钻井施工过程中,出现了井漏、烧钻及钻杆折断等孔内事故,这些孔内事故均得到了妥善的处理,确保了钻井工作的顺利完成。

##### 4.1 井漏事故的处理

一开  $\varnothing 150$  mm 普通金刚石取心钻进时,由于表土与岩层界面钻井液漏失严重,钻进困难,直接下  $\varnothing 146$  mm 表层套管固井解决了漏失问题。

二开  $\varnothing 96$  mm 绳索取心钻进时,在 30 多米至 160 多米处发生井漏,调节钻井液性能堵漏效果不理想,钻至井深 202.38 m 处钻井液全部漏失,无法钻进,用水泥封孔堵漏后继续钻进。当钻至井深 523.38 m 时,上部水泥封堵段水泥皮被破坏,钻井液再次漏失,决定用  $\varnothing 114$  mm 金刚石钻头扩孔至井深 170 m,并下  $\varnothing 110$  mm 套管至井深 170 m 进行封堵。为了减小  $\varnothing 110$  mm 套管与  $\varnothing 146$  mm 孔口套管之间的间隙,在孔口下入  $\varnothing 127$  mm 套管 10.54 m。

##### 4.2 烧钻事故的处理

湘永地 1 井在井深 1185.77 m 处发生烧钻事故。用 200 kN 力、300 kN 力多次强拉,没有效果。然后采用 S71 钻杆先打捞 S96 内管总成,因把内管捞茅头拉断,只好用  $\varnothing 75$  mm 的金刚石钻头磨铣内管总成。由于内管总成的单个零件能转动、磨铣失败。

在孔深 1178 m 处割断钻具、起钻,用水泥封孔至 1078 m。采用 5LZ73 $\times$ 7.0-3 型螺杆钻具进行造斜绕障施工。2017 年 10 月 5 日透孔至 1140 m,采用上述螺杆钻具带复合片  $\varnothing 89$  mm 无心钻头(图 2)造斜绕障,用时 5 d,造斜绕障未成功。10 月 17 日采用上述螺杆钻具带  $\varnothing 89$  mm 平底钻头,在 1170 m 处开始造斜钻进,施工过程中泵压比较稳定,进尺均匀,随着偏斜进尺增加,泥浆槽内的岩屑也逐渐



图 2  $\varnothing 89$  mm 无心钻头和平底钻头照片

增多,至 10 月 22 日侧钻绕障进尺 7.62 m 起钻。

10 月 23 日下  $\varnothing 96$  mm 绳索取心钻具钻进,在 1173.5 m 处遇阻,轻压慢转扫至新孔底,钻进 1.6 m 取心打捞,岩心呈完整状态,说明侧钻绕障成功。分析认为:这次烧钻事故主要是因钻杆接头处密封不严引起,故继续钻进 2.5 m 后,提钻更换全部钻杆接头,10 月 26 日起正常钻进。处理湘永地 1 井烧钻事故历时 46 d,终于处理成功。钻进至 1200 m 时,用测斜仪测井斜,顶角是  $2.78^\circ$ ,表 7 是湘永地 1 井采用螺杆钻具进行人工造斜绕障后,钻进到 1683 m 时第一次测井测出的井斜数据。从表 4 可看出,最大井斜出现在 1200 m 处,正是侧钻绕障之处,顶角  $3.7^\circ$ ,符合设计要求的超过 1000 m 时井斜  $\neq 8^\circ$ 。

表 4 湘永地 1 井 1683 m 孔深时测井的顶角数据

井深/ m	顶角/ ( $^\circ$ )	井深/ m	顶角/ ( $^\circ$ )	井深/ m	顶角/ ( $^\circ$ )	井深/ m	顶角/ ( $^\circ$ )
100	0.7	600	1.8	1100	1.4	1600	1.3
200	0.2	700	2.5	1200	3.7	1670	1.1
300	0.8	800	1.9	1300	3.0		
400	1.2	900	1.8	1400	2.1		
500	2.1	1000	1.4	1500	2.2		

##### 4.3 钻杆折断事故处理

湘永地 1 井施工过程中共出现 3 次钻杆折断事故,分别是 2017 年 12 月 29 日进尺 2064.53 m 时于 1173 m 处折断,2018 年 1 月 4 日进尺 2212.42 m 时于 1180 m 处折断,2018 年 1 月 8 日进尺 2224.65 m 时于 1173 m 处折断。第 1 次折断是在钻杆丝扣处,后 2 次折断都是新钻杆接头丝扣位置。1170~1180 m 正是湘永地 1 井处理烧钻事故时侧钻绕障的井段,显然,采用侧钻绕障处理烧钻事故形成的

“狗腿弯”是造成这几次钻杆折断事故的主要原因。这3次折断都是用公锥打捞断在井底的绳索钻杆,由于钻杆折断位置较深,打捞钻杆时间长,劳动强度大,安全隐患高。

## 5 小口径页岩气地质调查井钻探施工技术探讨

湘永地1井的钻探目的是开展雪峰山地区寒武系牛蹄塘组页岩气钻探调查研究,查明牛蹄塘组富有机质泥页岩的垂向分布、厚度,获取有机地化、岩石矿物学、储集性能、保存条件、含气性和岩石力学等关键参数,为优选页岩气远景区奠定基础。属小口径页岩气地质调查井,设计深度1500 m,终孔直径 $\leq 76$  mm,全井段取心,平均岩心采取率 $\geq 85\%$ ,目的层段平均岩心采取率 $\geq 90\%$ 。据了解,我国此类页岩气调查井的设计深度大多在1500~2000 m,超过2000 m的很少。现结合湘永地1井钻探施工技术,对小口径页岩气地质调查井钻探施工技术进行初步探讨。

### 5.1 钻机选型

从施工效率、成本等综合考虑,一开井径 $\leq 152.4$  mm的小口径页岩气地质调查井,宜选用XY系列岩心钻机。钻机的选择是根据最大钻具重和遇卡允许上提载荷进行计算。依据钻机负荷的选择原则,同时考虑到钻井加深的可能性,小口径页岩气地质调查井钻探施工优先选用钻进能力大于XY-8型钻机的岩心钻机。

XY-8型钻机是一种大通径(118 mm)深孔(1000~3000 m)岩心钻机。湘永地1井钻探施工使用的XY-8B型钻机是在XY-8型钻机上增加了转盘,既可作为传统的立轴钻机使用,又可作为转盘钻机使用,实现一机多用。正是选用了XY-8B型钻机,湘永地1井才得以完成设计钻孔加深700 m的钻探目标。

### 5.2 岩心钻探工艺技术

对井深1500~2500 m的小口径页岩气地质调查井取心钻进,优先选用绳索取心钻探技术。绳索取心钻探技术最初用于石油、天然气钻探。1947年美国长年公司(Longyear Co.)研究用于金刚石地质岩心钻探,到20世纪50年代形成系列,目前已成为世界范围内应用最广的一种岩心钻探方法。1972年,中国地质矿产部开始研究绳索取心钻探技术。金刚石岩心钻探是钻探技术的重大改革,而绳索取

心又是金刚石钻进工艺的重要发展,绳索取心钻进是在回次终了,岩心装满岩心管时,不提升全套钻具而是用带钢丝绳的打捞器从钻杆中把取心管提出,待把岩心取出后又从钻杆中把取心管投入孔底的钻进方法。其操作特点是取岩心时不需要提出钻孔内的全部钻杆柱,而用专用带钢丝绳的打捞器,通过孔内钻杆中心孔将装有岩心的孔底内管提至地面,获得岩心,从而减少了提下钻次数和升降钻具的辅助时间,提高了钻进效率。其特点是“三高、一低”,即钻速高、金刚石钻头寿命长、时间利率高,工人劳动强度低。

此类调查井的取心钻进一般是采用三开方式钻进,备用四开钻进。一开采用 $\Phi 150$  mm普通取心钻进,下 $\Phi 146$  mm套管,固井,并安装井口装置;二开采用 $\Phi 122$  mm绳索取心钻进,下 $\Phi 108$  mm套管,封隔中上部漏失垮塌地层;三开采用 $\Phi 96$  mm绳索取心钻进至终孔;并备用 $\Phi 76$  mm绳索取心钻进;若遇地层特别复杂或设计加深井深时,需要套管护壁时,下 $\Phi 89$  mm套管换径,采用 $\Phi 76$  mm绳索取心钻进至完钻。湘永地1井的取心钻进采用二开方式钻进,备用三开钻进。一开采用 $\Phi 150$  mm普通取心钻进,下 $\Phi 146$  mm套管固井并安装井口装置;二开采用 $\Phi 96$  mm绳索取心钻头取心至2224.69 m终孔。省去了 $\Phi 122$  mm绳索取心钻进这一道钻进工序,实践证明,这一钻进工艺技术方法是可行的。

### 5.3 钻井事故的预防与处理

钻井事故要以预防为主,施工中要注意采取预防钻井事故发生的措施,但往往防不胜防,所以还要有一些行之有效的事故处理方法。从实钻结果来看,湘永地1井的地层结构不算特别复杂,钻探施工中主要遇到了井漏、烧钻及钻杆折断事故。这次井漏事故主要是由于地层孔隙发育引起,烧钻事故主要是没有及时更换密封不良的钻杆接头引起,钻杆折断事故主要是由侧钻绕障处理烧钻事故时形成的“狗腿弯”引起。

探矿工艺研究所长期进行钻探技术研究,堵漏方法很多,对于微裂缝漏失、裂缝漏失,大多采取随钻堵漏、惰性材料、水泥浆等堵漏方式,对于大裂缝漏失,需要采用综合堵漏技术进行堵漏。一般采用“三步曲”堵漏措施,第一步采用复合凝胶(FHD-1)进行堵漏,该方法是将不同粒径级配的堵漏材料、

智能凝胶有机组合,形成一种新型“方便面”式堵漏材料,堵漏时间短,见效快、操作方便;第二步采用胶质泥浆+水泥浆复合堵漏,胶质泥浆超前封堵大裂隙,水泥浆置后的一种复合型堵漏,它是复合凝胶堵漏技术的一种互补,在破碎漏失地层可以起到护壁作用;第三步采用拦截式堵漏工具堵漏,该方法是将灌满水泥浆的拦截袋用钻杆送到大漏点位置,堵住大裂缝。对于大溶洞漏失,上述方法无效时,只能考虑顶漏钻穿漏失层后下套管更稳妥。湘永地 1 井最终采取扩孔钻穿漏失层后下活动套管封隔漏失层的方法完成堵漏。

探矿工艺研究所在“汶川地震断裂带科学钻探工程”、“高原生态环境脆弱区综合钻探技术应用示范(四川省若尔盖碳硅泥岩型铀矿地质调查”等工程项目中,多次应用侧钻绕障技术成功的绕过井内各种事故钻具。这次湘永地 1 井处理烧钻事故,用过去常用的拉、扫、捞、锥等方法处理均未成功,采用了螺杆钻具侧钻绕障的方法才得以完成,积累了处理绳索取心钻进烧钻事故的宝贵经验。

(1)处理烧钻事故时,通常需反出孔内的全部钻杆,此次处理烧钻事故时使用水力割管器,减少了使用反丝钻杆起绳索钻杆的次数,节约处理事故的时间和成本。

(2)采用螺杆钻具进行人工造斜不宜用无心钻头,应配用平底钻头。

## 6 结语

通过湘永地 1 井的钻探施工,有以下体会:

(1)在地层条件允许的情况下,钻井结构越简单

越好,可有效提高钻探施工效率,节约施工成本;

(2)钻探施工不可预见的因素较多,选用钻探设备的能力要留有足够的余地;

(3)在超过 1500 m 深的钻探施工中,在上部 200 m 以浅发生井漏,直接用套管封隔漏失层,是一种简单有效的方法;

(4)使用水力割管器及螺杆钻具进行侧钻绕障,是一种处理 1000 m 以深烧钻事故的有效方法。

## 参考文献:

- [1] DB43/T 971-2014,页岩气井钻井技术规程[S].
- [2] 邹才能,董大忠,王社教,等.中国页岩气形成机理、地质特征及资源潜力[J].石油勘探与开发,2010,37(6):641-653.
- [3] 姜福杰,庞雄奇,欧阳学成,等.世界页岩气研究概况及中国页岩气资源潜力分析[J].地质前缘,2012,19(2):198-211.
- [4] 陈孝红,王传尚,刘安,等.湖北宜昌地区寒武系水井沱组探获页岩气[J].中国地质,2017,44(1):188-189.
- [5] DZ/T 0227-2010,地质岩心钻探规程[S].
- [6] 张春波.绳索取心钻探技术发展现状及展望[J].探矿工程,1999,(S1):137-139.
- [7] 马志侃.钻探工程学[M].江苏徐州:中国矿业大学出版社,1998.
- [8] 何宗常,宋海燕,张士勇,等.XY-8 型钻机的研制与使用情况[J].地质装备,2012,13(3):11-13.
- [9] 吴金生,张统得,赵远刚,等.新能源地质调查钻井中的难题对策研究与实施[J].(岩土钻掘工程),2017,44(S1):160-165.
- [10] 吴金生,张伟,李旭东,等.汶川地震断裂带科学钻探项目 WFSD-4 孔钻探施工概况和关键技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(9):120-125.
- [11] 吴金生,贾军,段玉刚,等.汶川地震断裂带科学钻探项目钻探事故预防与处理技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(9):49-52,65.
- [12] 黄晟辉,奎中,吴金生,等.页岩气基础地质调查湘洞地 1 井施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(3):14-18.