

# 利用控制压力钻进技术解决姚庄煤田 复杂地层问题的探讨

张金来<sup>1</sup>, 宛合生<sup>1</sup>, 潘广灿<sup>1</sup>, 张佳俐<sup>2</sup>

(1. 河南省有色金属地质矿产局第四地质大队, 河南 郑州 450016; 2. 河南省有色金属地质矿产局第二地质大队, 河南 郑州 450016)

**摘要:**利用控制压力钻进技术有效解决了姚庄煤田石千峰组砂岩涌水、砂泥岩坍塌问题, 对提高钻进效率、降低施工风险起到了重要作用, 为今后该区钻探施工提供了借鉴经验。

**关键词:**控制压力钻进; 高分子共聚物类加重泥浆; 固井; 低压防喷器

**中图分类号:** P634.5    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1672-7428(2011)01-0025-03

**Discussion on Drilling in Complex Strata with Managed Pressure Drilling/ZHANG Jin-lai<sup>1</sup>, WAN He-sheng<sup>1</sup>, PAN Guang-can<sup>1</sup>, ZHANG Jia-li<sup>2</sup>** (1. No. 4 Geological Unit Team, Henan Provincial Non-ferrous Metals Geological and Mineral Resources Bureau, Zhengzhou Henan 450016, China; 2. No. 2 Geological Unit Team, Henan Provincial Non-ferrous Metals Geological and Mineral Resources Bureau, Zhengzhou Henan 450016, China)

**Abstract:** Water-gushing in sandstone and sand-shale collapsing were effectively solved by managed pressure drilling technology in Yaozhuang coalfield, which played important role in improving drilling efficiency and reducing construction risk. The practice provided the construction experience for drilling in this area.

**Key words:** managed pressure drilling; polymer copolymer weighted mud; well cementing; low-pressure blowout preventer

## 0 前言

控制压力钻进(MPD)是通过对泥浆回流压力、泥浆密度、流变性、水力摩阻和井眼几何形状的综合控制,使整个井眼的压力维持在地层孔隙压力和破裂压力之间,进行平衡或近平衡钻井,有效控制地层流体侵入井眼,减少井涌、井塌、卡钻等复杂情况的钻井工艺。在钻进过程中应先确定井下压力窗口压力,并根据压力窗口精确控制整个井眼环空压力分布。除石油或油层气钻井外,其他类型的钻井地层窗口压力相对较小,一般在1 MPa之内,发生井涌的危险性很小(后果不严重,对周边环境、现场人员和机械设备不会造成突发事件),因此在施工有流体侵入的其他类型钻井时,在井口安装低压防喷器,通过控制钻孔回流压力,逐步调整泥浆密度,就能精确控制整个井眼的环空压力分布,最终达到控制流体侵入井眼、防止井喷、井涌、塌孔之目的。

## 1 姚庄煤田勘查区地层、岩性

姚庄煤田勘查区位于河南省郟县南东19 km,地形平坦,标高一般为97 m左右,第四系覆盖层较

厚。区内地层、岩性自上而下为:第四系覆盖层,厚约130 m,其中35~47 m为卵石层,下部为中粗砂、粉质粘土(含砾石);二叠系石千峰砂岩组,主要由紫红色、灰绿色细砂岩、粉砂岩、砂质泥岩组成,砂岩坚硬,砂质泥岩易垮塌,本层层厚约400 m,裂隙发育,系含承压水层;平顶山砂岩组,厚约100 m,岩石呈灰白色,局部略带肉红色,为巨厚层状中粗粒长石英砂岩,岩石坚硬,可钻性约10~11级;上石盒子组,岩性主要为砂岩、粉砂岩、砂质泥岩、泥岩,地层厚度约500 m,含煤层3组;下石盒子组,岩性主要为绿色~灰白色中粗粒长石英砂岩、泥岩及煤层(含4组煤),本层厚约300 m;山西组,岩性主要为浅灰~灰色细~中粒砂岩、泥岩和本区目的层二煤组,层厚约80 m;石炭系太原组,上部以灰~深灰色石灰岩为主,夹砂岩、砂质泥岩,见灰岩5~8 m完钻。

## 2 该区施工中遇到的最大难题

### 2.1 石千峰组砂岩承压水层涌水

施工时钻穿第四系覆盖层,进入砂岩钻孔即进

收稿日期:2010-06-01; 修回日期:2010-11-18

**作者简介:**张金来(1963-),男(汉族),河南周口人,河南省有色金属地质矿产局第四地质大队副队长、高级工程师,探矿工程专业,从事钻探工程、岩土工程勘察技术管理工作,河南省郑州市金水东路16号15楼,ZJL13816039@sina.com;宛合生(1958-),男(汉族),河南安阳人,河南省有色金属地质矿产局第四地质大队高级工程师,探矿工程专业,从事钻探工程、岩土工程勘察技术工作。

入承压水层,一旦处理不当或准备不充分,钻孔很快就会涌水,而且越涌越大,直到把孔内泥浆替换完,达到涌水量、涌水压力峰值,以前施工的4个钻孔均是如此。单孔最大涌水量 $180\text{ m}^3/\text{h}$ ,涌水压力 $0.6\sim 0.8\text{ MPa}$ (矿区西部低,东部高),随着钻孔加深,涌水量会有所增加,孔深至 $350\text{ m}$ 左右基本稳定,涌水压力无明显变化。以前在该区施工的几台钻机由于开始没有安装防喷器,钻开承压水层后采用重晶石加重泥浆,一旦涌水马上加重晶石,但是由于在泥浆中只加粘土和纯碱,重晶石沉淀快,泥浆性能变化也快,打几米水泥封一次孔,水泥凝固后,透孔到底就涌水,如果有一个环节出现问题,承压水就有可能把泥浆全部置换,涌水已不可避免。由于采用方法不当,其中有3个钻机施工了6个月(最深 $300\text{ m}$ ,最浅 $168\text{ m}$ ),最终因承压水涌出地表而无法控制,撤离矿区,另一个钻机用了 $7\sim 8$ 个月时间施工到约 $450\text{ m}$ ,承压水涌出地表,被迫转移孔位。涌水情况见图1。



图1 涌水情况

## 2.2 石千峰组下段砂泥岩塌孔

石千峰组下段砂泥岩,胶结性差,水敏性强,易塌孔。一旦操作不当或泥浆性能不好就会出现上下连片坍塌,满孔岩屑,如果发生涌水,后果将更严重,钻孔随时都有报废的可能。

## 3 控制压力钻进技术

利用控制压力钻进技术平衡石千峰组砂岩涌水窗口压力,抑制下部砂泥岩坍塌。

### 3.1 防喷器结构及工作原理

低压防喷器(图2)通过丝扣与 $\text{Ø}127\text{ mm}$ 套管相连,套管外环用水泥固井。防喷器下盘通过丝扣与 $\text{Ø}127\text{ mm}$ 管相联接,通过螺栓与上压盘联接。上下压盘之间有直径 $\text{Ø}10\text{ mm}$ 的橡胶条密封圈(直径大,压缩量大,密封性能好),下盘之下 $500\text{ mm}$ 安装一个 $\text{Ø}108\text{ mm}$ 回水管,回水量的大小通过闸阀调

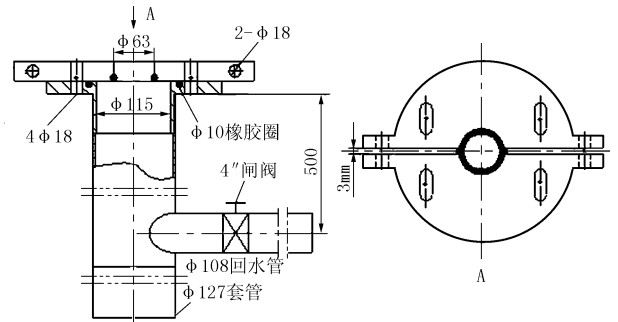


图2 低压防喷器结构示意图

控。施工中若有水溢出可向孔内压注加重泥浆,若涌水量大使用加重泥浆无效时,可提起并卸掉主动钻杆,把 $\text{Ø}10\text{ mm}$ 密封圈( $\text{Ø}63\text{ mm}$ )套到钻杆上,联上主动钻杆,将两个半圆形的上盘用螺栓联在下盘上(螺栓不要上紧,留有间隙),用螺栓把上盘径向夹紧钻杆,然后拧紧上下盘联接螺栓。向井内压注加重泥浆时,通过闸阀调节的回水量应略小于水泵压注量,这样才能把井内从下至上全部置换成加重泥浆。

### 3.2 一开工艺

一开钻孔口径 $150\text{ mm}$ ,土层采用硬质合金钻头,遇卵石和基岩更换金刚石钻头。岩心管长度不低于 $8\text{ m}$ ,随着钻孔加深逐渐增加钻铤长度。钻具组合为:立轴钻杆+ $\text{Ø}68\text{ mm}$ 钻铤+ $\text{Ø}146\text{ mm}$ 岩心管+ $\text{Ø}150\text{ mm}$ 钻头。

泥浆采用细分散泥浆+PAC141+CMC。泥浆性能:密度 $1.2\text{ g}/\text{cm}^3$ ,失水量 $<10\text{ mL}/30\text{ min}$ ,粘度 $50\sim 60\text{ s}$ 。

钻穿基岩风化层停钻,下入 $\text{Ø}127\text{ mm}$ 套管(约 $130\text{ m}$ ),水泥固井,安装低压防喷器,连接回水管,安装回水阀门。防喷器的主要作用:一是预防突发涌水,规避风险;二是可以在钻时放心地逐步调整泥浆性能参数,根据消耗或涌出量测定地层压力窗口动态压力。由于泥浆的流变特性及上返阻力影响,压力窗口处的泥浆上返压力均大于静压力。因此在确定了动态压力之后,把泥浆密度在此基础上上调 $5\%\sim 10\%$ ,就基本满足了静态下窗口压力平衡的要求。

### 3.3 二开泥浆性能及要求

二开井段根据地层情况应在 $130\sim 500\text{ m}$ ,底部进入平顶山砂岩少许。此段的施工是钻孔成败的最关键时段,而泥浆又是关键所在。

初始泥浆性能:密度 $1.5\text{ g}/\text{cm}^3$ ,失水量 $<10\text{ mL}/30\text{ min}$ ,粘度 $70\sim 80\text{ s}$ ,之后可根据孔内情况逐

步调整泥浆性能。配比(质量比)如下:粘土 13% ~ 14% + 纯碱 + 重晶石粉 35% ( $<400$  目,密度  $>4$  g/cm<sup>3</sup>) + PAC141 1000 ppm + 高粘 CMC 800 ppm。

泥浆配置:先用搅拌机搅拌基浆即粘土粉,搅拌好后倒入泥浆池,加入 CMC 溶液,最后用浸泡好的 PAC141 溶液搅拌重晶石粉,倒入泥浆池时应用排污泵彻底搅拌循环到位。严禁用清水搅拌重晶石粉倒入泥浆池。据有关文献,采用 PAC141 调配的泥浆,加入重晶石粉后,静止 48 h,泥浆的上部与底部密度差  $>0.01$  g/cm<sup>3</sup>,实践证明使用 PAC141 高分子共聚物类加重泥浆,循环槽、沉淀池、泥浆坑里面没有发现有沉淀现象,PAC141 确有较好悬浮重晶石粉的功效。

施工中发现,该区泥浆密度 1.5 g/cm<sup>3</sup> 有些偏低,仍有涌水现象,后来把泥浆密度逐步加大到 1.8 g/cm<sup>3</sup>,再也没有发现涌水和漏失现象(钻进和静止状态),说明井眼泥浆压力与地层压力窗口压力处在平衡区域内。

泥浆性能调配:增加泥浆密度时采用 PAC141 水溶液搅拌重晶石粉,之后加入泥浆池;增加泥浆粘度时可加入 PAC141 和 CMC 高浓度水溶液,需要时可单独搅拌补充一定量的粘土粉;降低泥浆密度时加 PAC141 或 CMC 稀释水溶液,严禁直接加清水。

### 3.4 二开工艺

二开采用  $\varnothing 114$  mm 金刚石单管钻进工艺,卡簧取心,钻铤加压,减压钻进。岩心管长度 10 m,每工作 3 天,不论丝扣好坏都要更换。钻具组合:立轴钻杆 +  $\varnothing 60$  mm 钻杆 +  $\varnothing 68$  mm 钻铤 +  $\varnothing 108$  mm 岩心管 +  $\varnothing 114$  mm 钻头。

关键点:提下钻速度不宜过快,提钻时不停地回灌泥浆,始终保持地层压力平衡。

### 3.5 抑制下部砂泥岩坍塌

采用高密度、高粘度、高分子共聚物类加重泥浆不仅平衡了地层压力窗口的涌水,而且有效抑制了

石千峰组下段砂泥岩的水化、膨胀和坍塌问题,孔内无沉渣,顺利钻穿石千峰组,到达平顶山砂岩段。

### 3.6 下套管彻底治理涌水、坍塌问题

该矿区钻孔设计深度在 1250 ~ 1500 m,深度大,钻孔进入平顶山砂岩段单孔进尺比例基本只占全孔的 1/3 多。下部施工时,为了提高钻探效率必须降低泥浆密度(况且在平顶山砂岩组下部还有漏失层位),为了彻底根治上部涌水、坍塌层位,下套管、固井是相对安全节俭的应对之策。为此在钻穿石千峰组砂岩,进入较完整岩石部位后,下入  $\varnothing 108$  mm 套管(500 m),套管下到位后,提离井底 1 m,循环泥浆,泵压达到 6 MPa,无返浆迹象,地层被压漏,原本想采用水泥固井的方法只有放弃。分析原因主要是泥浆密度高、粘度大,套管外边间隙小(3 ~ 5 mm),泥浆上返通道长、阻力大所致。搞清原因后,我们把泥浆池的所有泥浆再增加一部分粘土,通过裂隙全部压入地层,在套管上部用防水胶布缠成上大下小的锥形,靠套管自重压入  $\varnothing 127$  mm 套管上部,下部套管鞋座底,使套管外的泥浆长时间自行固结,堵塞涌水缝隙。后期的实践证明该办法效果很好。

## 4 结语

利用控制压力钻井技术有效解决了姚庄煤田石千峰组砂岩涌水、砂泥岩坍塌问题,500 m 以浅井段共用 60 天就彻底解决了该矿区的两大施工难题,对提高钻井效率、降低施工风险起到了积极作用,为今后该区钻井施工提供了借鉴经验。

### 参考文献:

- [1] 王果,樊洪海,刘刚,等.控制压力钻井技术应用研究[J].石油钻探技术,2009,37(1).
- [2] 杨顺辉.欠压平衡作业与控制压力作业方式的分类与选择[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(3).

## 我国南海北部深水区油气勘探潜力巨大

**本刊讯** 从广州海洋地质调查局获悉,由该局承担的我国海洋油气新区调查成果喜人,其中“南海北部陆坡油气新区调查”项目显示,我国南海北部陆坡具有良好的油气勘探远景。目前,该勘探成果已吸引着我国三大石油公司等先后投资深入开展南海北部的深水油气资源勘探开发工作。

在国家“863”高技术研究发展计划的支持下,广州海洋地质调查局运用“长排列大容量震源地震采集技术”等,目前已全面完成了“南海北部陆坡油气新区”项目“十五”、“十一五”期间的全部目标任务。

初步调查发现,南海北部陆坡区东部的珠江口盆地潮汕坳陷等普遍存在较厚的中生界,最大厚度超过万米,具有良好的油气勘探前

景,是南海北部海域陆坡区寻找中生代油气资源的有利地区。调查成果揭示,南海北部陆坡深水区存在巨厚的中生代沉积以及可能的中生代、中生代海相沉积发育层,存在良好的油气运移聚集通道。

结合相关调查,我国科研人员首次圈定了南海北部陆坡深水区发育的尖峰北盆地和笔架盆地等中生代沉积盆地,指出尖峰北盆地、笔架盆地是油气勘探有利区域。另外还肯定了我国南海北部陆坡深水区具有优越的石油地质条件,初步显示其巨大的勘探潜力。

据了解,该调查成果对我国油气资源勘查风险决策发挥着重要的作用。当前,中石油、中海油等国有石油公司均加大了对南海北部深水区的商业性勘探投资力度,商业开采前景广阔。