

# 郑州煤矿区井下水文观测孔施工技术

李 勇

(郑州祥隆地质工程有限公司,河南 郑州 452371)

**摘要:**郑州地区煤矿水文观测孔以前均在地面施工,由于施工和维护成本较高,近年来逐渐推广在井下施工。2013年国家煤矿安全监察局将《高压水探放技术与装备》列入《水害防治关键技术与装备研究课题》。随着井下钻探技术和装备日趋成熟,特别是井下专用探放水钻机、孔口防喷装置、松软破碎地层跟管钻进技术、硬岩层高效定向钻进技术等难题相继被攻克,煤矿井下钻探已实现了安全型作业。针对井下钻探施工的特殊性,主要从水文观测孔施工难点和解决方法进行了详细阐述,包括设备选型、钻孔定位、破碎地层潜孔锤跟管钻进、固井和井控防喷以及成孔后酸化洗井等方面。

**关键词:**煤矿井下水文观测孔;潜孔锤跟管钻进;固井;井控防喷;酸化洗井

**中图分类号:**P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2016)11-0048-04

**Construction Technology of Underground Hydrological Observation Hole in Zhengzhou Coal Mine Area/Li Yong**  
(Zhengzhou Xianglong Geological Engineering Co., Ltd., Zhengzhou Henan 452371, China)

**Abstract:** Hydrological observation hole used to be bored on the ground in Zhengzhou coal mine area. Because of the high costs of construction and maintenance, underground hydrological observation hole is popularized gradually in recent years. High pressure water exploration and drainage was listed in the research subject of key technology of flood prevention and equipment by SACSS in 2013. As downhole drilling technology and equipment are becoming more and more mature, especially some technological difficulties are overcome one after another, such as special underground water exploration and drainage drill, orifice blowout prevention device, drilling with casing technology in soft and fractured formation and effective directional drilling technology in hard rocks, intrinsically safe operation has been realized for underground drilling in coal mine. In view of the particularity of underground coal mine drilling, the paper mainly expounds the difficulties and solutions in the construction of hydrological observation holes, including equipment selection, hole positioning, DTH drilling with casing in fractured formation; cementing and well control & blowout prevention, as well as acidification well washing after completion and so on.

**Key words:** underground hydrological observation hole in coal mine; DTH drilling with casing; cementing; well control and blowout prevention; acidification well washing

## 1 概述

我国许多煤矿区受下部岩溶水威胁,突水和淹井事故时有发生。其主要原因与矿区地质条件不清、水文地质勘探程度低有关。水文观测孔是掌握和研究矿区充水条件的重要手段。随着人们对煤矿安全认识不断提高,井下钻探专用设备以及关键技术的不断发展,井下钻探已实现安全型施工,钻探技术在煤矿井下具有广阔的应用前景<sup>[1]</sup>。而地下水文观测孔具有成本低,易推广,不易被破坏,可建立矿井水位动态观测系统等优点,近年来在郑州矿区得到了推广。

## 2 郑州矿区地质概况

郑州矿区大部分煤矿主采二<sub>1</sub>煤层,所施工地下水文孔开孔层位为二叠系下统山西组二<sub>1</sub>煤层底板,水文观测层位为奥灰地层,西部矿区奥灰缺失主要观测层位为寒灰层。巷道底板为砂泥岩互层,向下为灰岩、铝土岩、奥灰、寒灰,奥灰面一般在巷道底板以深80~100 m。其中L<sub>7-8</sub>灰岩、L<sub>1-4</sub>灰岩含有大量硅质结核,可钻性9~10级。奥灰、寒灰水压最高约4.5 MPa,为矿区主要含水层。

## 3 钻孔结构及技术要求

### 3.1 钻孔结构

收稿日期:2016-01-20;修回日期:2016-08-05

**作者简介:**李勇,男,汉族,1974年生,工程师,注册安全工程师,二级注册建造师,钻井工程专业,从事地质勘探和煤矿井下探放水设计与施工工作,河南省郑州矿区新岗路14号,1342183791@qq.com。

井下水文观测孔设计孔深一般为200 m以浅。

一开:Ø152 mm 孔径约10 m, 下入Ø146 mm × 6.5 mm 表层套管。

二开:Ø113 mm 孔径下入Ø108 mm × 4.5 mm 技术套管。

三开:Ø94 mm 孔径进入奥灰层3 m, 全孔下入Ø89 mm × 4.5 mm 观测套管。

四开:Ø75 mm 孔径裸孔至终孔。

二开下入的技术套管深度应符合煤矿防治水规定要求(如表层套管满足抗压要求则不需下入技术套管), 见表1<sup>[2]</sup>。

表1 含水层水压和止水套管长度对照表

水压/MPa	止水套管长度/m	水压/MPa	止水套管长度/m
<1.0	>5	2.0~3.0	>15
1.0~2.0	>10	>3.0	>20

### 3.2 固井要求

所有套管均用42.5R普通硅酸盐水泥固井, 浆液水灰比应控制在0.6~0.7。Ø89 mm 观测套管孔口处使用黄麻缠绕, 孔口以上进行防腐处理。所有套管固井后48 h以上可进行透孔, 透孔深度应超过套管底部0.5~1 m; 待凝72 h以上可采用清水进行耐压试验, 试验压力不少于预揭露含水层水压的1.5倍, 持续稳压时间<30 min, 确保孔口套管不松动, 孔口周围不漏水方可继续钻进, 否则重新注浆固井<sup>[3]</sup>。

### 4 施工主要设备

考虑到煤矿井下巷道条件, 一般选用ZDY或ZYM系列煤矿用全液压力头组合式坑道钻机。针对郑州矿区水文孔的地质条件及钻孔深度使用ZDY-3200S型钻机较为合适, 既能满足高效钻进又便于井下运输。钻机主要性能参数为: 最大钻进深度350 m, 钻杆直径63.5、73 mm, 额定扭矩3200 N·m, 电动机额定功率37 kW, 主机外形尺寸(长×宽×高)2300 mm×1100 mm×1560 mm, 整机质量2040 kg。

### 5 施工难点

煤矿井下施工水文观测孔主要难点有以下几个方面。

(1) 高压含水层探水钻进过程中极易发生井

喷、顶钻、套管失效等问题。施工中如果出现井喷失控严重的会造成淹井事故, 因此揭露含水层时必须配有井控防喷设备。钻机必须具有反压功能, 防止卡盘松开瞬间钻杆被高压水突然顶出钻孔的现象。

(2) 开孔的巷道底板一般为砂泥岩互层, 由于巷道在掘进过程中受爆破和矿压的影响底板岩石较为破碎易坍塌, 不易成孔和下套管。

(3) 含水层的水位标高一般都大于巷道底板标高, 钻孔涌水时无法完成常规固井。

(4) 目标含水层水量较小时还需要压酸洗井。井下施工空间小压酸过程中挥发的盐酸会导致钻场环境变差, 压酸时孔口装置要有良好的防腐蚀和耐高压性能。

## 6 钻孔施工工艺及技术措施

### 6.1 钻孔选址

钻孔位置尽量远离采空区及预采工作面, 以防止因地层应力变化造成钻孔套管断裂或套管止水失效。煤矿地质人员确定水文孔预定区域后要先进行井下瞬变电磁探测, 钻孔定位在含水层的低阻异常区域。

### 6.2 钻前准备工作

钻场布置应根据选用钻机确定, 钻场高度必须满足在孔口安装防喷器, 且不影响起下钻和钻进。另外钻场周围还应具备排水条件。钻机一般设有两种固定方式, 孔深200 m时可用液压支柱固定钻机, 孔深超过200 m时浇灌混凝土地基并预留固定螺栓来固定钻机。

### 6.3 钻进工艺

#### 6.3.1 一开及固井

钻孔一开的巷道底板岩层由于受掘进和矿压的影响破碎严重, 而空气潜孔锤跟管钻进技术具有钻进速度快、效率高等优点是解决破碎带快速成孔难题的一种新方法<sup>[8]</sup>。开孔采用潜孔锤跟管钻进, 使用Ø152 mm 偏心钻头下入Ø146 mm 套管, 套管靴通径Ø120 mm。选用中低压的风动潜孔锤, 工作风压0.5~1.2 MPa, 耗风量8 m<sup>3</sup>/min。井下风管的风压和风量可满足潜孔锤的使用要求。表层套管固井时若遇钻孔涌水, 可使用泥浆泵从套管内往外排水, 以降低水位至套管头以下。用水泥混合水玻璃封闭套管外壁孔口以深0.3~0.5 m, 同时套管外壁埋放注浆管。凝固2~3 h后通过注浆管反循环注浆固

井。

### 6.3.2 钻孔防喷技术

二开之前需在表层套管安装适合钻井参数的防喷闸板阀(见图1),使孔口具备带杆分流、密闭和测控的功能。防喷闸板阀由钻杆控制器和闸阀二部分组成,钻杆控制器能够抱紧、固定、密封钻杆及控制器撤离的情况下可以关闭闸板阀<sup>[10-11]</sup>。

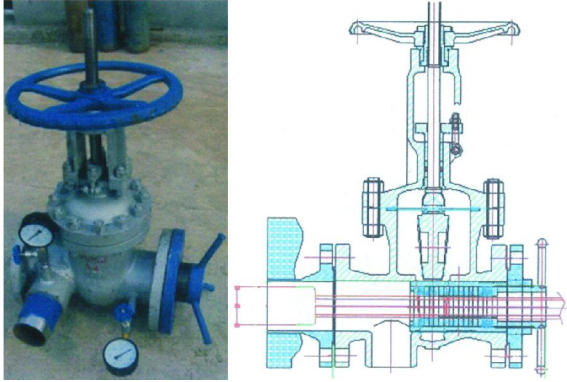


图1 防喷闸板阀及结构示意图

当发生溢流井涌时,为防止地层流体沿钻柱水眼向上喷水,需在钻具内安装防喷装置,一般选用箭形回压阀(见图2)连接于钻杆下部<sup>[12]</sup>。它是一种随钻入井的钻柱内防喷回压阀,允许钻井液自上而下流动,但不允许钻井液向上流动。当在钻井过程中一旦发生井喷时,它便借助上返循环压力迅速自动关闭阀孔通道,堵截钻柱水眼通道,防止井喷事故发生,确保人身和设备安全。通过以上两项装置可以实现孔内安全密闭探放水施工。

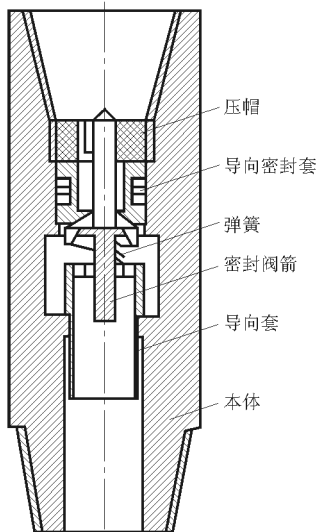


图2 箭形回压阀

### 6.3.3 二开和三开及固井

二开及三开采用 PDC 钻头钻进,钻进至预想层位前,采用 PDC 取心钻头钻进至设计层位,下入  $\text{Ø}108 \text{ mm}$  技术套管和观测套管。井下钻进多采用清水做为循环介质,所钻地层多为中硬及硬岩层。因此要求 PDC 钻头具有整体强度高、抗冲击能力强、冷却及排屑较好、耐磨性高等特点,一般选用四翼平角型加强保径 PDC 钻头<sup>[13]</sup>。三开前将防喷闸板阀安装至  $\text{Ø}108 \text{ mm}$  技术套管上。技术套管和观测套管下入前如孔内溢流量较大影响下套管时,先对钻孔注入水泥浆封堵含水层。当透孔后孔内涌水量  $< 20 \text{ m}^3/\text{h}$  可下入套管。固井前一般套管内会有溢流,为了安全快速固井可采用反循环法固井。在上一级套管头部安装固井三通(见图3)<sup>[14]</sup>,下入套管的法兰与固井三通的上部法兰连接密封,通过侧面法兰向上一级套管和所下入套管的环空内注入水泥浆,当达到设计注入量后关闭侧面法兰阀门候凝。

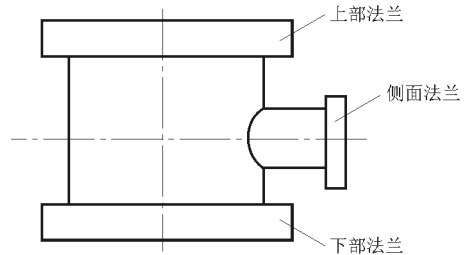


图3 固井三通

### 6.3.4 四开

四开采用  $\text{Ø}75 \text{ mm}$  PDC 钻头钻开目标含水层,钻进时要及时观测钻孔的溢水量,当溢水量达到设计要求的 70% 时即可起钻测压。一般起钻后涌水量会增大 30% ~ 40%。根据涌水高度和套管内径(见图4),可用以下公式计算涌水量<sup>[15]</sup>:

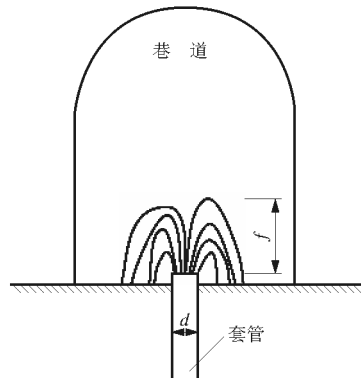


图4 钻孔涌水示意图

$$Q = 11d^2 \sqrt{f(1 + 0.0013f)}$$

式中: $Q$ ——钻孔涌水量, L/s;  $d$ ——套管内径, dm;  
 $f$ ——水头喷出高度, dm。

#### 6.4 洗井

当钻孔施工到设计层位时如果钻孔涌水量  $< 5 \text{ m}^3/\text{h}$ , 会影响水压观测的准确性。为增大涌水量可进行盐酸洗井, 酸液浓度 28% 最佳。洗井前要加强安全防护措施, 增大钻场周围的通风量, 施工人员要戴护目镜和橡胶手套。检查注浆泵及压酸管路通过清水试验耐压后方可压酸。压酸前将钻杆下至离孔底 3~5 m 处, 孔口使用压酸钻杆挂(见图 5)与防喷闸门连接<sup>[12]</sup>。每次注入盐酸 1000~1500 kg, 压酸完毕后注入一定量的清水将盐酸替出钻杆, 同时关闭放水阀门密闭孔口。每间隔 30 min 用泥浆泵通过套管头向孔内打压至水压的 1.5 倍, 以加强盐酸向含水层中的扩散范围。盐酸压入 2~3 h 后打开放水阀门进行疏放并测量涌水量。一般通过 2~3 次的压酸洗井涌水量会增加 2 倍左右。

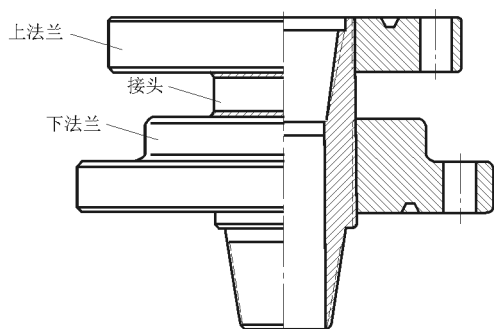


图5 压酸钻杆挂

#### 6.5 测压

钻孔达到设计要求后在孔口安装测压表进行测压, 可选择电子式或机械式压力表。现一般使用电子式压力表, 可通过数据线连接至平地形成煤矿水文监测系统。

#### 7 结语

(1) 井下孔口防喷控制装置是井下高压水探放所必需的, 针对井下空间条件, 应该在防喷器小型化和远程控制方面做出改进。

(2) 水文观测孔也可兼作水井使用。通过管道泵和排水管线向地面供水。对一些贫水或有地热资源的矿井可一孔多用。

(3) 技术套管如果采用机械封隔器在套管底部

进行密封, 可实现单孔同时观测二个含水层的水压。

(4) 酸化与加砂压裂协同作业工艺在油井施工中应用较为广泛。酸化旨在清除地层堵塞, 加砂压裂旨在形成人工裂缝, 再泵入支撑剂避免人工裂缝完全闭合, 从而获得较高导流能力<sup>[16]</sup>。压裂设备如果能实现小型化, 并在井下洗井作业中得到应用将会极大提高水文观测孔的质量和使用年限。

(5) 井下探放水钻机由于没有配备绞车, 在深孔钻进中起下钻辅助时间长, 建议钻机增设液压绞车以提高钻探效率。国内已有研究单位正在研制井下远距离控制钻机, 通过煤矿工业自动化网实现在地面控制井下钻机操作, 这是未来井下钻机的发展方向。

#### 参考文献:

- [1] 石智军. 煤矿井下——钻探技术应用的广阔天地[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2006, 33(3): 5.
- [2] 武强. 煤矿防治水规定释义[M]. 江苏徐州: 中国矿业大学出版社, 2009.
- [3] GB/T 24505—2009, 矿井井下高压含水层探水钻探技术规范[S].
- [4] 王扶志, 张志强, 宋小军. 地质工程钻探工艺与技术[M]. 北京: 地质出版社, 2010.
- [5] 李世忠. 钻探工艺学[M]. 北京: 地质出版社, 1989.
- [6] 吕红军, 李科. 浅谈煤矿井下全液压钻机的设计要点[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(12): 4-7.
- [7] 卢宁, 赵继云, 张德生. 煤矿井下全液压钻机的现状及发展趋势[J]. 煤矿机械, 2011, 32(3): 1-3.
- [8] 赵建勤, 李子章, 石绍云, 等. 空气潜孔锤跟管钻进技术与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(7): 55-59.
- [9] 高卫乾, 蒋德文. 煤矿井下水文钻孔水瓦斯混合喷涌综合治理[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(10): 43-44, 49.
- [10] 罗保平. 探放水钻孔分流闸阀式孔口装置: 中国, 201020148355. 2 [P]. 2010-11-17.
- [11] 刘保金, 刘梦杰, 等. 新型钻孔防喷装置[J]. 煤矿机械, 2012, 33(12): 143-144.
- [12] 杜晓瑞, 王桂文, 王德良, 等. 钻井工具手册[k]. 北京: 石油工业出版社, 2000.
- [13] 金鑫, 杨忠, 冯武宏. 煤矿井下硬岩定向钻进 PDC 钻头选型及试验分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(5): 77-79, 84.
- [14] 赵金洲, 张桂林. 钻井工程技术手册[k]. 北京: 中国石化出版社, 2005.
- [15] 黄德发. 地层注浆堵水与加固施工技术[M]. 江苏徐州: 中国矿业大学出版社, 2003.
- [16] 吴月先. 酸化与加砂压裂协同工艺技术前景[J]. 吐哈油气, 2008, 13(4): 390-393.