

# 宁夏羊场湾煤矿复杂地层大口径电缆孔施工技术

米万隆<sup>1</sup>, 李学军<sup>2</sup>, 李娟<sup>2</sup>, 路学忠<sup>2</sup>

(1. 神华宁夏煤业集团, 宁夏 银川 750004; 2. 宁夏地矿局矿产地质调查所, 宁夏 银川 750021)

**摘要:**结合神华宁煤羊场湾矿电缆钻孔施工实践, 总结出宁东煤矿大口径特种钻孔施工的最佳工艺与技术要求, 有效预防和处理破碎地层漏失的方法; 在大口径钻孔水泥固井工序施工中成功使用了先进的止逆单向阀固井工艺, 提出了针对大口径钻孔孔内事故的处理方法, 并进行了成功的应用。

**关键词:**煤矿特种钻孔; 复杂地层; 施工工艺; 事故处理

**中图分类号:** P634.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2010)04-0027-04

**Construction Technical on a Large Diameter Cable Opening and Hole in Complex Formation of Ningxia/MI Wanlong<sup>1</sup>, LI Xue-jun<sup>2</sup>, LI Juan<sup>2</sup>, LU Xue-zhong<sup>2</sup>** (1. Shenhua Ningxia Coal Industry Group Co., Ltd., Yinchuan Ningxia 750004, China; 2. Ningxia Mineral and Geology Surveying Institute, Yinchuan Ningxia 750021, China)

**Abstract:** According to the cable opening and hole construction in Yangchangwan coal mine, the optimum technology and technical requirement and effective prevention & treatment on broken leakage formation for special large diameter drilling construction in Ningdong mine were summed up. Advanced non-return valve cementing technology was successfully applied for large diameter borehole cementing process, and treatment methods of large diameter downhole trouble were put forward.

**Key words:** special borehole in coal mine; complex formation; construction technology; accident treatment

随着宁夏宁东能源化工基地被列入全国 13 个亿吨级大型煤炭基地之一, 全区原煤产量预计 2012 年将超过 1 亿 t, 已投产和开工建设的大型矿井超过 30 余座, 仅宁夏东部规划年产 300 万 t 以上的矿井就达 20 余个, 随着宁夏煤炭资源开发速度的加快, 境内煤矿特种钻探任务急增, 涉及的如安全系统电缆孔、物料投放孔、瓦斯排放孔、井筒检查孔、制氮注胶孔等多种类型<sup>[1]</sup>。本文结合 2009 年上半年施工的 2 口复杂地层条件下的电缆钻孔的成功经验, 对其施工过程和事故处理进行了总结。

## 1 工程概况

### 1.1 概述

神华宁煤集团羊场湾煤矿安全系统改造工程设计电缆钻孔 2 眼, 电缆井间距为 6 m, 该钻孔为地面 12 采区 35/10.5 kV 箱式变电站与 12 采区 +1020 m 变电所之间 10 kV 电缆通道。钻孔设计安装  $\varnothing 406 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$  螺旋钢管, 底部至二号煤层(该矿主采煤层)顶板, 单孔深度约 352 m, 电缆钻孔工程由宁夏地矿局矿产地质调查所组织施工完成。

### 1.2 具体工程量(见表 1)

表 1 具体工程量表

项目	工程量	备注
电缆钻孔	352.0 m × 2	两电缆井间距 6 m
井口套管 $\varnothing 550 \times 7$	20.8 m × 2	钢质螺旋卷管, 焊接连接
安装钢管 $\varnothing 406 \times 10$	352.0 m	螺旋钢管, 焊接连接, 下入前内外管壁均进行防腐处理
表层套管水泥浆固定	20.8 m × 2	$\varnothing 700 \text{ mm}$ 孔径与 $\varnothing 550 \text{ mm}$ 套管的环状间隙用水泥浆封闭、固定
工作井管固井	351.70 m	$\varnothing 530 \text{ mm}$ 钻孔与 $\varnothing 406 \text{ mm}$ 井管的环状间隙用水泥浆封闭、固定
钻孔测斜	14 点	30 ~ 50 m 测斜一次

### 1.3 施工区地质条件与技术要求

该区表层地层为厚约 20 m 的第四系覆盖层, 不整合与下伏侏罗系地层之上, 主要由风积砂、卵砾石(局部夹漂石底层)组成, 地层松散, 易掉块、坍塌。下伏的侏罗系安定组、直罗组、延安组软弱基岩地层主要由泥岩、砂质泥岩、各粒级砂岩及煤系地层组成。电缆钻孔主要揭穿延安组煤系上覆地层。期间羊场湾矿正在开采二煤层的工作面紧邻钻孔底部。工作区表面由于受采煤沉陷影响, 地层受采空沉陷

收稿日期: 2009-12-31

**作者简介:**米万隆(1966-), 男(汉族), 甘肃庆阳人, 神华宁夏煤业集团高级工程师, 煤田地质与勘查专业, 从事煤矿开采与技术管理工作, 宁夏银川市金凤区北京中路 168 号; 李学军(1970-), 男(汉族), 宁夏西吉人, 宁夏地矿局矿产地质调查所, 水文地质工程地质与环境地质专业, 从事水文地质工程地质环境地质技术工作, 宁夏银川市西夏区朔方路 90 号; 李娟(1969-), 女(汉族), 山东烟台人, 宁夏地矿局矿产地质调查所工程师, 从事工程技术管理工作; 路学忠(1970-), 男(汉族), 宁夏盐池人, 宁夏地矿局矿产地质调查所副所长、高级工程师、国家一级项目经理, 地质工程专业, 博士, xuezhonglu@126.com。

变形引起的裂隙非常发育,再加上该套地层由于泥岩地层较多,遇水易膨胀,因此,该区地层复杂,施工大口径钻孔的难度极大。

设计要求安装 $\varnothing 406$  mm 钢管,钻孔垂直度为每百米小于 $1^\circ$ ,孔底水平位移不超过 2.5 m,确保工作巷道能精确追踪到钢管底部,同时固井质量好,保证巷道打通后钢管固井部位不漏水、不下沉。

## 2 电缆钻孔成孔施工

### 2.1 覆盖层钻进

由于电缆孔上部 20 余米为漂石、卵砾石及风积砂层,局部含有 20 ~ 40 cm 的漂石。前期用牙轮钻头(由于无法加压)钻进进尺非常缓慢并存在塌孔现象。项目组人员及时采取措施,将回转钻机转盘移开,调来 CZ-20 型冲击钻机,安装在回转钻机正对面。施工中使用当地(青铜峡)产的优质红粘土调制稠泥浆,粘度 24 ~ 28 s。采用加长、加重带导正圈的冲击钻头,钻进时以钢丝绳为中心,选择 4 个对称等距离参照点,每进尺 1 m 测量一次,如果偏差 > 10 mm,修补钻头进行纠斜。成孔口径 700 mm,入岩 1 m 后,下入 $\varnothing 550$  mm $\times$ 8 mm 护壁管,环状间隙用水泥固井。水泥初凝后,用牙轮钻头逐级成孔。

### 2.2 钻进成孔

根据工期要求及地层情况,投入 2 台 SPJ-400 型水文水井钻机和 TBW-850/50 型泥浆泵,配筒易除砂器,用 $\varnothing 89$  mm 钻杆和 $\varnothing 168$  mm 钻铤,使用牙轮钻头,局部孔段采用硬质合金肋骨钻头,泥浆护壁正循环回转的钻进方法。根据安装的钢管情况,设计三开钻进,分别为 $\varnothing 245$ 、380 与 $\varnothing 530$  mm。由于采煤沉陷影响导致施工区裂隙发育,易产生坍塌、掉块而造成卡钻、埋钻等孔内事故,另外,由于孔径较大,携粉及排粉困难,对钻孔的垂直度要求高,因此,主要采取了以下技术措施,保证施工的顺利进行。

首先,利用塔式钻具和减压钻进技术解决孔斜问题,其中 $\varnothing 244$  mm 口径一次成孔,实际孔深比设计孔深增加 10 m。塔式钻具组合为:钻头 + $\varnothing 203$  mm 钻铤(长 10 m) + $\varnothing 168$  mm 钻铤(长 37 m) + $\varnothing 89$  mm 钻杆 + 主动钻杆。减压钻进技术利用孔底部分钻铤加压,钻压不超过钻铤重力的 80%,在确保一开孔的垂直度后进行二、三开钻进。

其次是施工使用优质低固相泥浆,选用正循环钻进工艺,每台钻机配备 2 台 TBW850/50 型泥浆泵并联使用,增大泥浆的入口泵量,从而提高泥浆的孔内上返速度,达到携粉及排粉的目的,并且针对不同

的地层,采用不同的钻压、转速、泵量等工艺参数。由于本孔要求垂直度很高,所以采用塔式钻具减压钻进技术,钻压一般为 80 ~ 100 kN,转速较低,一般用 48 r/min,尽量采用大泵量钻进。钻进过程中,采取定深测斜,每 30 ~ 50 m 测斜 1 次,发现井斜及时纠正,严禁弯曲钻具下入孔内。二开时加扶正器纠斜、稳直,坚持每钻程扫孔<sup>[2]</sup>。

### 2.3 泥浆管理

由于钻孔孔径大,产生的岩粉多,钻杆与孔壁的环状间隙大,用正循环钻进工艺能及时地将孔底岩粉排出孔外。在第四系地层和第三系地层的钻进过程中,由于第四系地层主要以风积砂、卵砾石为主,含砂量较高。采用优质粘土配制聚丙烯酰胺低固相泥浆,添加腐植酸钾、纤维素等外加剂,稳定孔壁。泥浆性能参数为:粘度 26 ~ 32 s,密度 1.10 ~ 1.20 kg/L,失水量 $\geq 15$  mL/(30 min),pH 值 8 ~ 9,含砂量 $\geq 4\%$ 。为保证表层套管顺利下入,顺孔时适当调整泥浆性能参数,保证孔壁稳定和孔底沉渣厚度在允许范围内。二开以后钻进泥浆性能参数为:粘度 23 ~ 28 s,密度 1.10 ~ 1.15 kg/L,失水量 $\geq 15$  mL/(30 min),pH 值 8,含砂量 $\geq 4\%$ 。达到设计孔深后,为保证下管顺利,下管前泥浆性能参数调整为:粘度 21 ~ 23 s,密度 1.08 ~ 1.10 kg/L,失水量 $\geq 10$  mL/(30 min),含砂量 $\geq 4\%$ 。

加强泥浆的维护管理,正常钻进中,每回次测试一次泥浆性能,性能变差时及时调整,以保持泥浆性能的稳定。当井内遇特殊情况或重要施工工序时,要注意观察,并测定泥浆性能变化,以便及时进行调整。坚持泥浆交接班制度,保证泥浆性能稳定。

### 2.4 泥浆漏失处理

上部地层造浆孔段应避免直接加清水稀释,必要时采用稀释剂溶液进行处理。砂岩地层坍塌段:泥浆粘度 30 ~ 35 s,密度 1.20 kg/L 左右,失水量 $\geq 8$  mL/(30 min)。漏失孔段:泥浆粘度 24 ~ 30 s,密度 1.10 ~ 1.15 kg/L,视漏失情况采取相应的处理措施,并备有充足的储备泥浆。如果漏失严重采用水泥-水玻璃浆材堵漏,其克服了水泥浆液由于颗粒粒径的限制,对于难灌入的一些细微裂隙,根据工程的需要调节浆液的胶凝时间,来适用于钻孔裂隙部位的堵漏和防渗。水玻璃与水泥、软岩之间不仅存在物理的吸附作用,还发生一系列的化学反应,从而提高了软岩体的强度。水灰比为 0.5,水玻璃加量按 5% 控制,水泥浆用量根据施工孔段体积及时调整。堵漏采用重浆静压法,用钻具将水泥-水玻璃

浆液注入漏失地层后,往钻孔内及时加入高密度的泥浆,使静液柱压力增加将堵漏剂能有效压入地层。

## 2.5 成孔质量

每次小径成孔和扩孔后,及时使用 KXP-2D 型小口径数字罗盘测斜仪进行孔斜检测,结果显示,1、2 号钻孔 300 m 以浅的孔段偏斜不大,300 m 以深略有偏斜,顶角最大为  $2^{\circ}1'$ ,两眼井向西北方向均有不同程度的偏斜,但对电缆钻孔孔底的总体平面位移影响不大。具体为:1 号电缆井(西)孔底:方位角  $320^{\circ}9'$ ;顶角  $1^{\circ}1'$ ,换算为井底坐标为  $X:4208792.539$ ;  $Y:36378735.640$ ;2 号电缆井井底方位角  $279^{\circ}6'$ ;顶角  $1^{\circ}0'$ ,井底坐标为  $X:4208794.503$ ,  $Y:36378740.520$ ,两眼井的成井深度与设计深度一致。井下巷道打通后揭露显示,两个电缆钻孔的井下位置均在设计允许的偏差范围之内,经实地测量,井底偏斜:1 号井的实际偏斜为  $46'$ ,2 号井的实际偏斜为  $16'$ ,电缆井的偏斜方向基本与测斜仪测得方位一致。

## 3 下管和固井

### 3.1 井管安放

为保证井管的安全、顺利安放,下管前使用 6 m 长探孔器对钻孔进行探查,发现遇阻、遇卡等要及时记录并进行扫孔,确保最终顺利下入  $\varnothing 406$  mm 钢管。

电缆钻孔安装  $\varnothing 406$  mm  $\times$  10 mm 螺旋钢管(宝鸡石油钢管有限责任公司生产),每孔共下入钢管 352.0 m,为满足注浆及固井要求,在井管底部连接一逆止阀门(长 0.50 m)。为保证井管下入顺畅,逆止阀门底端加工成锥形(见图 1,内部结构见图 2),锥面偏上部均匀分布 4 个出浆圆孔,直径 3 cm,阀门上端连接一组接头,反丝接头与下部的逆止阀门提前连接,用专用的紧固工具拧紧。接头的上端为正丝,并在此处加工一上大下小的喇叭口,以使注浆钻具经喇叭口引导并准确与逆止阀门的正丝接头准确对接。同时,为保证正丝接口与注浆钻具对接后的密封性能,又在此接口处设置一个 O 形胶圈。待

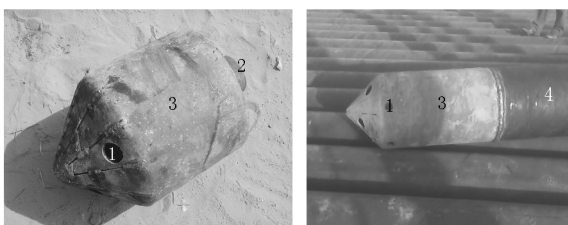


图 1 逆止阀实物

1 - 出浆孔;2 - 正、反丝接头;3 - 逆止阀;4 - 套管

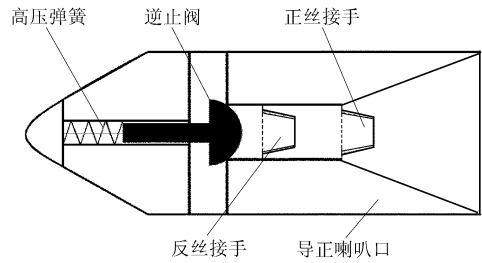


图 2 固井用逆止阀内部结构示意图

井下巷道打通后,再将套管底部的逆止阀门部分割取即可<sup>[3]</sup>。

井管采用提吊下入,井管之间均采用焊接连接,安放时,在井管外侧设置导正圈。由于井管自重较大( $32$  t/孔),需要利用管内的体积排水产生浮力以减轻重力,保证井管安装安全进行,故在下管前仔细检查了逆止阀的可靠性,并做到每个焊接接口处不出现渗漏。随着井管下入深度增加,产生的浮力逐渐增大,还需不断向管内注入清水,直至井管能够正常下入。按照设计要求,井管在下入前,均用防腐沥青漆对井管内、外壁进行了防腐处理,防腐层厚度  $2 \sim 3$  mm。

### 3.2 水泥浆固井

套管安装完成后,下入注浆钻具( $\varnothing 89$  mm 钻杆)与井管底部的逆止阀门正丝接头对接,先用清水将管外的稠泥浆进行稀释、置换。然后采用二次换浆法将套管和孔壁环状间隙的泥浆用水泥浆自下而上彻底置换,达到固定套管和永久止水的目的。为防止水泥浆在注浆期间发生凝固,配制水泥浆时加入少量的缓凝剂。注浆工序连续快速进行,当地表上返一定量的水泥浆时,停止注浆;注浆完成后,再次注入一定量的清水(注入量为注浆钻具及地面所有连接管路内水泥浆所占的体积);注浆结束正转钻具,钻具从注浆逆止阀门处的反丝脱开,提出钻具后,再采用专门的提水设备将管内的积水及少量的水泥浆及泥浆浆液彻底排除。本工程选用西夏牌普通硅酸盐水泥,水泥强度等级为 PO.325。水泥浆液按照水灰比 1 配制,单井共注入水泥浆  $45$  m<sup>3</sup>,经检查,固井、止水效果良好。

## 4 事故处理

2 号井在  $\varnothing 530$  mm 级扩孔施工至 320 m 处,遇较坚硬的直罗组砂岩地层时,发生牙轮扩孔钻头除钻头体以外的 8 个牙轮掌全部损坏掉落孔内的事故,孔内脱落的牙轮(连胎体)散体单个尺寸  $360$  mm  $\times$   $120$  mm  $\times$   $120$  mm,期间曾邀请石油、部队等钻

井方面的专家进行指导处理,效果不明显,后经项目组人员近半个月攻关,终于将孔内遗留的牙轮掌、条形钢板等打捞出来。

首先对钻孔底部的稠泥浆予以置换、清除,再下入强力磁铁打捞器进行打捞,但由于牙轮掌脱落后未及时发现,仍在钻进,使孔内残留物被泥块严重包裹,只打出部分铁屑;又用小一级的筒状钻头打捞,由于钻孔底部残留物太多,使钻头及钻筒内部的钢丝绳严重磨损,加上回转阻力太大,无法进行打捞;期间由于事故处理耗时较多,项目部请来一专家进行现场指导,将一长1 m、直径406 mm无缝管材的一端顺管材方向切割加工成根部宽10 cm、前端宽4 cm、长18 cm的条形(俗称“一把抓”,原理是当打捞工具下入至孔底时,靠钻具自重及向下的冲击力,使管材下部的条形钢板向内弯曲,达到抓取孔内残留物的目的)打捞器,另一端与钻具连接,但当打捞工具下至孔底后,其底部钢板因受力过重、不均匀等原因发生脆断,打捞未成功反而使孔内残留物数量急剧增加,将事故复杂化。

后经认真分析,由于电缆孔在成孔时已进行了 $\varnothing 245$  mm小口径的施工(深度360 m),后续的扩孔施工使钻渣下沉,已将先施工的小口径淤满,但淤满的小口径钻孔如稍经透扫即可疏通。先用 $\varnothing 245$  mm牙轮钻头透孔阻力大无法开车,之后将 $\varnothing 89$  mm钻杆一端切割成斜口,调制密度较大的优质泥浆后,再次进行透孔钻进,进入大径底部时出现憋车,虽有阻力但仍可以开车,强行开车钻进后穿过了事故孔段。经过透孔,小径孔段基本疏通,体积较小的部分残留物落入小径中,但无法直接撵至小径底部,再次下入 $\varnothing 245$  mm牙轮钻头进行钻扫,将所有的残留物全部撵入小径中。之后,加工一个 $\varnothing 377$  mm的筒状肋骨钢丝钻头(钻头底部焊有钢丝绳),筒状钻头内部再固定一强力磁铁(见图3)。使用该钻头进行钻进打捞,取得了明显的效果。在钻进过程中,事故物进入筒状钻头内部后,钻头底部的钢丝绳即可限制卡取物再次脱落,同时,部分残留物被筒内的强力磁铁吸取,达到打捞的目的。为防止钻头底部的钢丝绳严重磨损,失去卡取坠物的作用,在打捞钻进1~2 m后立即提钻,反复进行该工序,直至孔内的残留物全部打捞成功(图4)。

## 5 结语

煤矿大口径特种钻孔因其特殊用途和要求,在施工过程中除合理进行钻探施工组织 and 设计优化

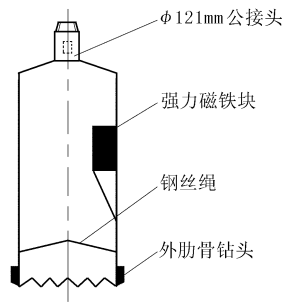


图3  $\varnothing 377$  mm筒状打捞器结构示意图



图4 钻孔内打捞出的部分残留物

外,还应对成孔后的工序施工进行合理工艺选择与周密部署。本文结合神华宁煤羊场湾电缆钻孔施工实践,主要有以下体会。

(1) 选择合理的钻探施工组织方案和优化的设计。针对羊场湾地层的特点,本次钻孔设计三开钻进,为保证钻孔垂直度而采取的塔式钻具和减压钻进等技术措施有效地保证了钻孔施工质量;

(2) 煤矿特种钻孔因受采煤沉陷影响,地层裂隙多或地层破碎,钻孔施工中做好泥浆管理的同时,根据漏失情况及时采取水泥-水玻璃等堵漏措施,有效解决了漏失问题;

(3) 采用套管底部安装带反丝接手的逆止阀门进行水泥固井,固井质量好,操作简便,套管内基本不残留水泥浆;

(4) 对待大口径钻孔施工的事故,要选取符合实际的解决方法,小径冲孔让掉落物集中到小径,然后用带倒刺和强力磁铁的筒状钻头套取坠落物的方法实用、成功率高,效果明显。

## 参考文献:

- [1] 姚宁平. 煤矿井下瓦斯抽采钻孔施工技术[J]. 煤矿安全, 2008, (10).
- [2] 和新, 尹丽, 吴云莺. 梧桐庄矿大直径排水孔工程钻探施工技术[J]. 煤矿安全, 2009, (5).
- [3] 范洪涛. 浅析煤田地质钻探中套管封闭的方法[J]. 中州煤炭, 2008, (3).