

# 反井施工技术在处理钻孔穿越坑道中的应用

李永超, 罗永贵

(河南省地矿局第三地质勘察院, 河南 洛阳 471023)

**摘要:**在危机矿山深部探矿钻探施工中, 钻孔难免会遇到采掘或废弃的坑道, 给钻孔的正常施工带来了诸多困难。遇此情况后, 采用反井施工技术, 对钻孔进行反拉扩孔实施套管隔离, 会收到良好的效果。为此目的, 设计了反拉扩孔钻具, 解决了高泵压下循环介质的密封问题。实现了钻孔快捷、经济的一次穿越坑道, 达到了地质设计的目的。

**关键词:**穿越坑道; 钻孔; 反井施工; 反拉扩孔; 套管

**中图分类号:** P634.8    **文献标识码:** B    **文章编号:** 1672-7428(2014)06-0027-04

**Application of Reverse Reaming in Drilling through the Tunnel/Li Yong-chao, LUO Yong-gui** (No. 3 Institute of Geological Survey and Mineral Exploration of Henan Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Luoyang Henan 471023, China)

**Abstract:** In the crisis mine deep exploration drilling, abandoned tunnels are inevitable encountered, which bring many difficulties for the normal construction. In this case, the use of reverse reaming technology and casing in the tunnel will receive good effect. The reverse reaming tools are designed to solve the sealing of circulation medium under high pump pressure; the geological designing purpose is realized with rapid and economic one-time crossing tunnel.

**Key words:** tunnel crossing; borehole drilling; reverse drilling construction; reverse reaming; casing

## 0 引言

近年来, 为了给危机矿山寻找接替资源, 在一些老矿山开展了深部探矿工作。由于钻孔深度的增大, 在钻探施工中时常钻遇废弃或生产中的采掘坑道, 给钻孔的正常钻探施工带来诸多困难。我院在河南省灵宝市小秦岭金矿田南矿带 ZK5501 孔施工中, 于孔深 420 m 处钻遇采掘坑道, 采用反井施工技术, 快捷、经济地解决了钻孔穿越坑道技术难题, 并在其他矿区推广使用。

## 1 施工概况

### 1.1 钻孔施工概况

小秦岭金矿田南矿带 ZK5501 孔地质设计孔深 1750 m, 终孔口径  $\leq 75$  mm。

钻进方法: 绳索取心金刚石钻进。

钻孔结构: 一开, 0~15 m 为  $\varnothing 130$  mm 口径, 下入  $\varnothing 127$  mm 表层套管; 二开, 15~80 m 为  $\varnothing 96$  mm 口径, 下入  $\varnothing 89$  mm 技术套管; 三开, 80 m 至终孔为  $\varnothing 77$  mm 口径裸眼钻进。

### 1.2 钻遇坑道概况

ZK5501 孔在钻至孔深 420 m 时, 突然发生“掉

钻”现象, 经钻具下探及实地勘查, 发现钻孔钻遇该矿山生产采掘坑道, 如图 1 所示。该坑道为正在使用的采掘坑道, 坑道断面为宽 2500 mm, 高 2000 mm, 钻孔出露位置距坑道底约 1900 mm, 坑道底面敷设有约 300 mm 碎石, 坑内积水约 500 mm, 坑道壁凹凸不平; 钻孔钻穿坑道后, 岩体内裂隙水与钻孔贯通下泄, 流量约 30 L/min。

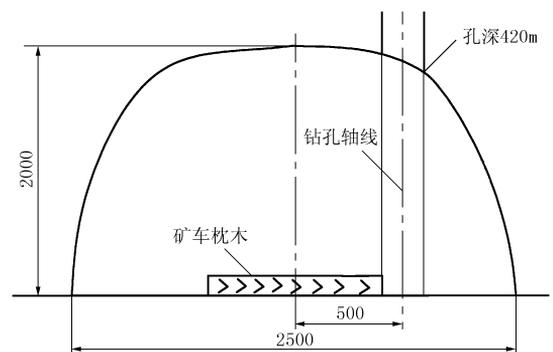


图 1 ZK5501 孔钻遇坑道示意图

## 2 坑道处理技术难点

- (1) 钻孔深度大, 且不容许变径;
- (2) 采掘生产坑道, 工作面狭窄, 不能影响矿方

收稿日期: 2013-12-20

作者简介: 李永超(1963-), 男(汉族), 河南正阳人, 河南省地矿局第三地质勘察院院长、高级工程师, 水工环专业, 从事地质勘查管理工作, 河南省洛阳市洛龙区关林南路 74 号院; 罗永贵(1957-), 男(汉族), 四川威远人, 河南省地矿局第三地质勘察院高级工程师, 钻探工程专业, 从事地质岩心钻探技术及管理工作, lyg119900@163.com。

正常生产;

(3)坑道内钻孔不允许漏水,隔离措施必须保证坑道顶、底密封;

(4)考虑钻探施工的经济效益及矿方的生产,采用的技术处理措施必须快捷、可靠。

### 3 坑道处理方法确定

根据上述技术难点,对钻遇坑道的处理方法进行分析。

#### 3.1 下埋头管隔离

下入埋头管(飞管)隔离坑道,是钻孔钻遇复杂层后局部隔离的有效治理措施。但这种方法的问题一是钻孔必须改变口径,地质设计不允许;二是埋头管顶端是裸露的,下钻时易与钻头发生碰撞,导致上管口变形;三是大的掉块及岩心脱落会在埋头管上口堆积,存在事故隐患。

#### 3.2 扩孔全套管隔离

由地面扩孔至坑道底后全套管隔离,需扩孔钻进340 m,由于扩孔段岩石基本以花岗岩为主,岩石完整、坚硬,可钻性差,加之扩孔深度较大,将耗费大量的台时及费用。

#### 3.3 坑道内人工造壁

在坑道内沿钻孔轴线筑混凝土柱于坑道顶、底之间,待混凝土达到龄期后,钻穿混凝土柱,延伸钻孔。其弊病是占用坑道空间大,影响矿车行驶;再者坑道顶部凹凸不平的岩壁,循环液密封存在难度。

#### 3.4 顶漏钻进

在地层稳定、水源充足或距终孔深度不大时,可以不加处理,顶漏钻进。但该孔距终孔尚有1300 m左右,且循环液无排放通道,浆液四溢,必定影响坑道内采掘生产的正常进行。

#### 3.5 反井施工

反井施工技术的原理是将原钻孔作为导孔,在坑道内安装二次扩孔钻头,钻杆通过钻机油缸的轴向上顶力对扩孔钻头施加工作压力,同时通过钻机带动钻杆回转对扩孔钻头传递扭矩,向上进行反拉扩孔钻进,钻扩出所需要的钻孔直径及长度。

通过对上述坑道处理方法进行分析比对,根据快速、可靠的处理原则,确定选择反井施工技术对钻遇坑道进行处理。利用反井施工技术在坑道内向上反拉扩孔钻进,向下对坑道底进行普通金刚石钻进,钻出适于安装套管的口径和长度后,安装套管隔离坑道。

### 4 坑道隔离准备工作

#### 4.1 坑道壁扩帮

与矿方配合,对坑道另一侧坑道壁进行C形扩帮,拓宽坑道工作面积,矿车轨道沿扩帮方向移动,矿车在钻孔位置由直线行驶改为曲线行驶。

#### 4.2 反拉扩孔钻具及套管

根据绳索取心钻进对环状间隙的要求,确定采用 $\varnothing 94$  mm口径实施反拉扩孔,安装 $\varnothing 89$  mm套管隔离。

##### 4.2.1 扩孔钻具设计(见图2)



图2 反拉扩孔钻具

(1)钻头:选择 $\varnothing 94$  mm金刚石单管钻头,切掉原钻头丝扣,在钻头钢体上重新加工反丝岩心管螺纹。

(2)下接头(内外异径): $\varnothing 91/65$  mm公母(外公内母)实心接头,外接 $\varnothing 89$  mm短管(反丝),内接 $\varnothing 65$  mm公锁接头。

(3) $\varnothing 89$  mm短管(反丝):下与下接头连接,上与钻头连接,内置 $\varnothing 65$  mm公锁接头,短管长度以 $\varnothing 65$  mm公锁接头装入后,能够露出钻头唇面为准。

(4)上接头(上下异径): $\varnothing 72/65$  mm公母接头,上与 $\varnothing 71$  mm绳索取心钻杆连接,下与 $\varnothing 65$  mm公锁接头(细丝)连接,上接头设水眼6个,水眼过水总截面积 $< 300$  mm<sup>2</sup>。

##### 4.2.2 隔离套管设计

(1)管靴:外径93 mm,内径80 mm,长150 mm(含丝扣)。穿管靴的目的是减少与孔壁的环状间隙及加大套管底与岩石的接触面积,增加套管的稳定性,管靴与套管拧紧后用电焊焊牢,并将焊缝打磨光洁。

(2)套管:根据两端固定套管所需的钻扩长度及坑道高度确定总长度。ZK5501孔隔离套管总长度为: $0.6$  m(上扩)+ $1.9$  m(坑道)+ $0.6$  m(下钻)= $3.1$  m,设套管安装活动余量 $0.1$  m,则所需套管总长度为 $3$  m,分为3根制作,每根长度为 $1$  m,套管连接采用DN80法兰盘连接;法兰盘与套管采用丝

扣连接并焊接,目的是保证3根套管连接的同轴度,这是套管程序的关键。

(3)管帽(见图3):外径93 mm,内径80 mm,长100 mm,管帽上口按20°锥度加工成“喇叭”状,其目的是保证 $\varnothing 77$  绳索钻头下钻时能够顺利导入,不发生碰撞。此结构是套管程序中的重要结构。

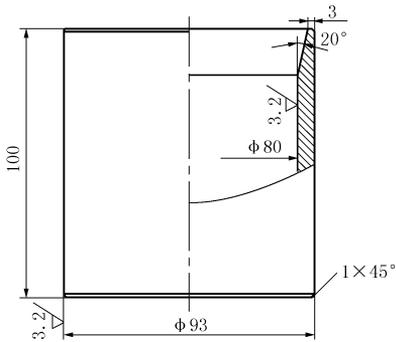


图3 套管管帽

## 5 坑道隔离施工步骤

### 5.1 反拉扩孔钻进

将准备好的反拉扩孔钻具在坑道内与钻孔用绳索取心钻杆进行连接,上提拉紧钻具,计算好机上余尺后,上卡盘落到底,上扩一个尺杆,中途不倒杆;按照设计的上扩长度,轻顶慢转实施扩孔,扩孔长度至600 mm后,立即停钻。

反拉扩孔钻进参数:上顶力5~8 kN,转速80 r/min,泵量110 L/min。

### 5.2 坑道底钻进

卸下反拉扩孔钻具,换 $\varnothing 89$  mm短岩心管(1000 mm), $\varnothing 94$  mm金刚石单管钻头钻进。值得注意的是,钻头在坑道底开孔时,前50 mm钻进不能开泵,这是因为在泵压的作用下,冲洗液对钻具有一定的上顶力,钻具在坑道内向下钻进,由于没有井筒的导向作用,钻具在坑道底开孔时会偏离钻孔轴线摆动不定,不能准确定位,导致钻出的孔段与原钻孔不在同一轴线,影响套管安装的同轴度。无泵钻进可减轻钻具的摆动,待钻进50 mm钻具稳定后,即可正常泵入循环介质钻进,钻进深度达600 mm,即可停钻。

### 5.3 套管密封与安装

坑道顶、底的套管安装孔形成后,安装套管的关键是要解决好套管两端(顶、底)的密封问题,要保证套管两端能够承受1750 m孔深时,泵压为3~5 MPa的冲洗液循环压力。

(1)套管两端采用海带与不干胶密封。将干海

带均匀地缠绕在套管端部,用不干胶固定,并用不干胶缠绕一段直径达94 mm的胶带密封环,人工将套管按海带缠绕方向旋转插入钻好的安装孔内;坑道底用水泥砂浆浇注厚约500 mm的水泥墩,包裹套管底部,增加套管的稳定性。套管安装连接顺序为先两端后中间。

(2)灌注水泥浆。由于坑道内积水较深及大量碎石的影响,浇注的水泥墩与坑道底接触不密实,为防止坑道底与钻孔形成循环通道,保证上下两端密封的可靠性,套管安装结束后,还需从孔内对套管与孔壁间进行水泥压浆封闭通道。灌注水泥浆用水泥100 kg,水灰比0.5,加入三乙醇胺50 g,食盐1 kg,配制成水泥浆液,由孔内经绳索钻杆人工灌入。因孔内几乎是干孔,套管安装孔孔底距坑道底面仅600 mm,所以水泥浆灌注后不需替浆,靠水泥浆自重内外平衡,封堵套管周围漏失通道。水泥浆灌注结束,静止稳定水泥浆约2 min,经现场观察,有水泥浆从坑道底缝隙中溢出,证明已达到水泥浆封堵的目的,即可将钻杆提离水泥浆面后注入少量(不大于100 L)清水清洗钻杆。注意压水量不可过多,过多的压水会造成水泥浆被压出孔外。

(3)因为是为了解决套管两端环隙的密封问题,不需要过高的水泥强度,所以水泥浆候凝24 h后即可进行扫水泥作业。当扫孔至隔离套管顶部管帽处,应缓慢扫入套管内。

隔离坑道套管安装效果见图4。



图4 坑道内套管安装效果

## 6 技术与经济效果

(1)采用反井法安装套管隔离坑道,安装精度高。特别是向上反拉扩孔的 $\varnothing 94$  mm段,与原 $\varnothing 77$

mm 钻孔同心度好。施工中几次进入坑道内查看,钻进过程中无钻杆摩擦套管、敲击套管现象,且起下钻顺畅无阻。

(2) 套管安装孔密封可靠。由于海带的膨胀系数较高,加之水泥浆液的充填固化,对漏失通道封闭彻底。ZK5501 孔钻进至孔深 1500 m,钻进泵压为 3~3.5 MPa 时,进入坑道内检查密封状况,无渗漏现象。

(3) 处理速度快捷。ZK5501 孔整个实施处理过程仅用 32 h,加之辅助时间共 2 d 时间,即向上扩孔 1 h,向下钻孔 1 h,套管安装 2 h,水泥浆封闭 24 h,扫孔 4 h(不考虑坑道扩帮时间)。

(4) 处理材料费用低。反拉扩孔钻具费用 1500 元人民币,套管费用 800 元人民币。

(5) 适用性、可靠性强,易推广应用。继 ZK5501 孔坑道处理之后,于 2013 年 12 月在河南省洛宁县刘秀沟金矿区,采用反井施工技术成功处理了 ZK4004 孔穿越坑道问题。该孔设计孔深 800 m,为倾角 80°的斜孔,钻孔施工至 460 m 时钻遇坑道,坑道断面为高 3 m,宽 2.6 m,经 2 d 时间的处理后,钻孔转入正常钻进。

## 7 注意事项

(1) 反拉扩孔钻具及隔离套管的加工要确保连

接可靠,套管上下连接要保证较高的同心度;向下钻进套管安装孔难度较大,关键是钻头与原钻孔是否在同一轴线上,这关系到钻孔能否继续正常施工的问题;隔离套管两端的密封问题要认真处理,隔离套管的底部密封较上端密封复杂。

(2) 由于坑道口距钻孔位置较远,高程相差大,所以在处理过程中要注意坑道内与地表的联系,各工序的操作要协调一致,避免沟通上的失误造成处理失败。

## 8 结语

工程实践表明,反井施工技术处理钻孔穿越坑道,具有快捷、经济、易操作等优点,可在类似条件工程中推广应用。

## 参考文献:

- [1] 刘广志. 金刚石钻探手册[M]. 北京:地质出版社,1991.
- [2] 鄢泰宁,等. 岩土钻掘工程学[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,2001.
- [3] 张春波,等. 绳索取心钻探技术[M]. 北京:地质出版社,1985.
- [4] 高良玉. 反井钻机钻孔技术在水城矿区的成功应用[J]. 水力采煤与管道运输,2008,(3).
- [5] 孙庆明. 钻孔穿过老窿的治理措施[J]. 地质与勘探,1984,(12).

# 中国将继续推进南海油气的开发

《第一财经日报》消息(2014-6-20) 资料显示,南海石油储藏丰富,被誉为“第二个波斯湾”。整个南海盆地群石油地质资源量约在 230~300 亿 t 之间,天然气总地质资源量约为 16 万亿 m<sup>3</sup>,占我国油气总资源量的 1/3。但技术上的难题是,其中 70% 的储量蕴藏于深海区域。

“海洋石油 981”钻井平台是我国首座深水钻井平台,以往,我国的海上油气勘探开发的水深最大达到 500 m 水深,981 钻井平台的投入使用加大了对深海区域的开采力度,其最大作业水深更是可达 3000 m,最大钻井深度 10000 m,还装备有 8 台 4.4 万 kW 柴油发电机,发电量差不多够一个中等城市所需。

中国南海研究院院长吴士存表示,南海海域蕴藏着丰富的油气资源,而我国在西沙海域和南沙海域还没有一口实实在在的油井。981 钻井平台是我国在南海海域的真正第一个油气钻井平台,迈出南海远海资源开发的第一步,对于以油气开发方式维护我南海权益、开发南海深海资源具有重要意义。

2013 年,中海油南海东部海域生产油气超过 10000000

m<sup>3</sup> 油当量。根据中海油公布的战略目标,到 2020 年,我国拟在南海深水区建出一个“深海大庆”。

吴士存指出,深海油气开发需要充足的资金、技术和设备保障,包括越南等其他争端国家目前的社会经济发展水平还不足以独自开展,所以他们就靠制定优惠的政策,吸引西方大国石油公司联合开发南海油气资源。

吴士存指出,从战略层面上看,中国在南海的油气开发会在坚持维护南海和平稳定大局的前提下,保持定力继续推进南海油气的开发,不会受任何外力和外来事件的影响;其次,从操作层面上看,中国应拓展油气开发的渠道和方式;尽管在资金、技术和设备上,中国完全有足够的能力独自进行南海油气的开发活动,但中国今后仍会以开放的心态,欢迎西方油气公司通过一定方式与我合作联合开发南海油气,推动海上合作和深海技术领域的交流与互动。

“中国应加快寻找有效途径,改变其他声索国单边开采南沙争议海域油气的格局,摸索一种可持续的、共赢的开发模式。”吴士存说道。