

# 小秦岭灵宝金矿田整装勘查第一深孔钻探工艺

柴世刚<sup>1</sup>, 桑东恺<sup>2</sup>, 张晓鹤<sup>1</sup>, 刘建华<sup>1</sup>, 王建红<sup>1</sup>, 李大鹏<sup>1</sup>, 罗永贵<sup>3</sup>

(1. 河南省地矿局第四地质勘查院, 河南 郑州 450001; 2. 湖北国土资源职业学院, 湖北 武汉 430090; 3. 河南省地矿局第三地质勘查院, 河南 洛阳 471023)

**摘要:**针对小秦岭枪马金矿区 800 m 以深诸多未知因素, 借鉴山东、安徽等钻探单位的深孔施工经验, 缜密详细地制定了施工设计方案, 成功地完成了该区金矿田 2018.86 m 第一深孔的钻探施工任务。介绍了该孔的钻探工艺和施工技术。

**关键词:**灵宝金矿第一深孔; 钻探; 绳索取心; 液动潜孔锤; 冲洗液

**中图分类号:** P634 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2014)09-0023-04

**Drilling Technology of the Deepest Hole in Lingbao Gold Field of Xiaoqinling/CHAI Shi-gang<sup>1</sup>, SANG Dong-kai<sup>2</sup>, ZHANG Xiao-he<sup>1</sup>, LIU Jian-hua<sup>1</sup>, WANG Jian-hong<sup>1</sup>, LI Da-peng<sup>1</sup>, LUO Yong-gui<sup>3</sup>** (1. No. 4 Geological Exploration Institute, Henan Provincial Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Zhengzhou Henan 450001, China; 2. Hubei Land Resources Vocational College, Wuhan Hubei 430090, China; 3. No. 3 Geological Exploration Institute, Henan Provincial Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Luoyang Henan 471023, China)

**Abstract:** According to many unknown geological factors below the depth of 800m in Qiangma gold mining area, using the deep hole construction experiences from drilling units of Shandong, Anhui and the others for reference, the construction design was carefully developed in detail and the deepest hole of 2018.86m in depth was completed. The paper introduces the drilling process and the operation technology.

**Key words:** the deepest hole in Lingbao gold mine; drilling; wire-line coring; hydro-hammer; flushing fluid

## 0 引言

河南省地矿局第四地质勘查院于 2012 年 10 月在豫西灵宝市朱阳镇小秦岭枪马金矿区成功施工了枯竭资源深部整装勘查的第一深孔, 终孔孔深为 2018.86 m。

小秦岭金矿田地跨河南(豫)、陕西(陕)两省, 面积约 5000 km<sup>2</sup>, 为世界级超大型含金石英脉碲化物型金矿田, 成矿标高达 2200 m 以上。其中位于河南省灵宝市境内的金矿田面积约 600 km<sup>2</sup>。自 20 世纪 70 年代以来灵宝金矿田已累计生产黄金 200 t, 是我国第二大产金基地。

但是, 经过 30 多年的矿山开采, 已探明的浅部可采储量已近枯竭, 后备资源的保有开采储量不足 5 年, 已属严重危机矿山, 该区黄金资源的可持续利用形势极其严峻。

为改善这种危机局面, 求得灵宝黄金资源储量有一个新的突破。河南省国土资源厅根据国发办(2001)57 号文《找矿突破战略行动纲要》精神, 将灵宝金矿田钻探工程列为深部找矿整装勘查予以实施。由此, 河南省地矿局第四地质勘查院接受了灵宝市朱阳枪马金矿区黄金勘查 ZK8302 第一深孔的

施工任务。

## 1 矿区概况及地质设计要求

### 1.1 矿区概况

矿区位于河南省灵宝市朱阳镇西北方向的枪马峪, 故称枪马金矿区, 距灵宝市 65 km。区内交通便利, 但地形复杂切割较剧, 海拔高度 1250 ~ 2275 m, 山高谷深坡势陡峻。

区内地层主要为太古宇太华群观音堂组, 岩性为一套角闪岩相变质岩, 并受到不同程度的混合岩化。主要有混合花岗岩、角闪片麻岩和石英脉等 30 余种岩石。可钻性 1 ~ 11 级, 研磨性 1 ~ 7 级, 研磨性程度: 极低 ~ 高。

### 1.2 地质设计要求

设计孔深 1750 m, 钻孔倾角 90°, 终孔口径 77 mm, 岩心采取率 < 80%, 其他要求依照《地质岩心钻探规程》施工。

## 2 施工组织

由于我院承担的 ZK8302 钻孔是地质设计在该矿区整装勘查的第一深孔, 对我院而言不仅缺乏深

收稿日期: 2014-06-30

作者简介: 柴世刚(1963-), 男(汉族), 河南三门峡人, 河南省地矿局第四地质勘查院总工办主任、高级工程师, 地质学专业, 从事地质勘探及科研工作, 河南省郑州市高新区科学大道 81 号地质科技大厦, csg4029@163.com。

孔施工经验,而且装备器具也不同于中深孔施工,面对的问题很多。为保质保量完成施工任务,院领导深入矿区调研,与项目部技术人员反复研究施工方案,确定了一套以大陆科学深孔钻探技术为例的施工设计方案。

### 2.1 施工队伍的组建

根据设计方案,对该工程一要切实加强技术领导;二要组织一支思想素质高,高山作业身体素质好,岩心钻探施工经验丰富的队伍;三要调整适于深孔钻探施工的相关设备;四要落实施工设计中各个环节的物资及人员在施工程序中的责任定位;五要有一个从经验施工向科学施工思想上的深刻转变,要加强与科研单位和相关院校的深度科研合作,引进推广先进的深部钻探工艺技术,如新装备、新工艺的应用;钻进参数的可视显示与采集;不同地层冲洗液的配制与应用,为小秦岭深部整装勘查顺利实施奠定基础性的技术保障。

### 2.2 装备组织

#### 2.2.1 钻机

考虑到深孔钻进的效率问题,我们对全液压力式钻机和立轴式钻机的性能进行对比并结合外单位的施工经验选择钻机,因设计孔深为 1750 m,所以,确定投入 XY-6B 型立轴式钻机,其钻深能力可达 2000 m。

#### 2.2.2 泥浆泵

为保证深孔钻进冲洗液在泵送时的正常循环及其作用,首先要考虑的是冲洗液的循环压力和泵量的大小,这就要求泥浆泵的流量和排出压力必须满足钻探工艺的各项要求,为此,选用了 BW300/16 型往复式泥浆泵。

#### 2.2.3 钻塔

深孔施工要求钻塔要有足够的承载能力,即不但要有足够的强度,还要有足够的刚度。同时,为了提高起下钻的效率,就要求钻塔有合理的高度,以减少辅助时间,而且钻塔构件要轻,便于山区搬运,据此,该孔选用了 SGZ-23 型钻塔。

#### 2.2.4 钻杆

钻杆是钻具的重要构成组件,在深孔施工中钻杆柱的长细比很大,在各向载荷的作用下承受着复杂的外力而容易损坏。为保证深孔钻进的安全生产,就要保证钻杆质量的可靠性,即深孔钻进使用钻杆的材质应选用 45MnMoB,而接头的材质可选用 30CrMnSiA,在 ZK8302 孔的钻探施工设计中,选用了苏州市苏新探矿工具厂生产的  $\varnothing 71\text{ mm} \times 5\text{ mm}$

端部外加厚到  $\varnothing 74\text{ mm}$  的绳索取心钻杆。

#### 2.2.5 钻头

由于该区岩层以混合花岗岩和片麻岩居多,所以主要选择孕镶金刚石钻头施工,胎体性能以金刚石粒度 60~80 目,浓度 70%~90%,胎体硬度 HRC30~40 为宜。为提高钻头寿命,减少起大钻换钻头的辅助时间,可选用高胎体钻头。

#### 2.2.6 液动潜孔锤

近几年来,我院先后在河南省灵宝、洛宁、嵩县、栾川的 6 个矿区 8 个钻孔中使用了由中国地质科学院勘探技术研究所生产的 SYZX75 型液动潜孔锤,在 5~11 级的变质岩及岩浆岩的不同孔段共进尺 3600 余米,积累了该机具的使用经验。为提高深孔施工效率,结合设计的钻孔结构,该矿区项目部决定在 ZK8302 孔的施工中投入 SYZX75 和 SYZX96 两种规格的液动潜孔锤。

#### 2.2.7 液压钳

深孔施工的起下钻作业不仅劳动强大且占用的辅助时间长,为提高作业效率决定投入使用绳索取心钻杆液压钳,该机具的应用同时也起到了保护钻杆的作用。

## 3 施工技术方案

### 3.1 钻孔结构设计

由于该矿区之前所施工的钻孔深度均未超过 800 m,对深部岩层的物理、力学性质既无资料可查亦无施工经验可谈,而 ZK8302 孔的地质设计孔深已超过 1700 m,因此钻孔的结构设计尤为重要。根据以往施工经验及所遇岩层情况,结合该孔地质设计的终孔孔深、终孔口径及地质设计对 800~1750 m 孔段岩层的岩性描述,在保证未知岩层性质及状态安全施工的前提下,为了降低生产成本应尽量简化钻孔结构,亦需考虑深孔施工的保留级口径,经研究确定该孔的结构设计思路如下。

一开以  $\varnothing 130\text{ mm}$  口径钻至完整基岩下 5 m 后下入  $\varnothing 127\text{ mm}$  孔口套管;二开拟为  $\varnothing 110\text{ mm}$  口径(该口径亦可作为保留级口径,同时可视下部岩层完整程度决定是否下入二级  $\varnothing 108\text{ mm}$  套管及深度);而后换  $\varnothing 96\text{ mm}$  口径施工。根据以往在该区施工钻孔的情况认为该区岩层较为完整,仅部分层位会有破碎岩段,所以,可以裸孔钻进。随着钻孔的加深为保证顺利施工至设计孔深,需从设备运转及孔内情况的变化,适时改换  $\varnothing 77\text{ mm}$  口径钻进至终孔。

### 3.2 钻进技术方法

经对 ZK8302 钻孔的孔位踏勘,结合该矿区以往 800 m 以浅钻孔的施工经验,并对 800 m 以深岩层性质的未知性作一假设,为顺利地完该矿区第一深孔,经慎重研究提出了一套钻进技术方法。即,硬质合金与金刚石钻进并举,同时为提高深孔施工效率,提出了绳索取心与液动潜孔锤“二合一”钻进的技术方案。

### 3.2.1 按不同的钻进技术方法设定钻进技术参数

钻进技术参数的相互配合决定了在不同性质岩层中的最佳施工状态,因此初拟各钻进技术方法的钻进规程参数。

#### 3.2.1.1 硬质合金钻进规程

根据该矿区以往施工钻孔所遇岩层情况:浅部 0~5 m 为坡积层,下部 50 m 以浅为可钻性 7 级左右的角闪片麻岩且破碎、漏水。为此,设计采用  $\varnothing 130$  mm 中八角硬质合金不取心钻进至完整基岩下 5 m 后下入  $\varnothing 127$  mm 套管护孔并隔漏。其钻进技术参数范围为:钻压 8~11 kN,转速 50~300 r/min,泵量 80~180 L/min。

#### 3.2.1.2 金刚石绳索取心钻进规程

孔口管固定后即可按钻孔结构设计换用 N 或 H 口径的金刚石绳索取心钻进方法施工,其钻进技术参数应根据岩层的性质确定各参数之间的配合,参考值见表 1。

表 1 金刚石绳索取心钻进规程参数

口径/mm	钻压/kN	转速/(r·min <sup>-1</sup> )	泵量/(r·min <sup>-1</sup> )
N( $\varnothing 76$ )	6~11	400~800	40~65
H( $\varnothing 96$ )	8~15	350~700	50~80

#### 3.2.1.3 绳索取心钻具+液动潜孔锤“二合一”钻进技术规程

“二合一”钻进技术是提高深孔施工和硬岩“打滑”地层钻进效率的有效方法,若钻进参数选择得当,就会有效地发挥该技术的作用。其钻进参数的选择既要根据设备能力和运转情况、也要参照岩石性质、钻孔口径、孔深、钻具材质、冲洗液类型等因素统筹考虑。

(1) 转速越高其钻进效率也越高,可视岩层情况将转速控制在 200~700 r/min 的范围内。

(2) 钻压的大小不仅影响潜孔锤的冲击功,而且也影响着金刚石钻头的正常使用。根据我院在其他矿区的应用情况并结合外单位深孔的施工经验,钻压一般在 8~15 kN 之间为宜。

(3) 泵量决定了潜孔锤的冲击频率和冲击功,

一般泵量要大于普通回转钻进的 15%~20%,60~90 L/min 较为合适。

但各参数间的配合应随时观察岩心、泵压、电流及设备的运转情况而及时调整,尤其是易斜、复杂地层更应注意,以保证孔内安全和钻孔质量。

## 4 冲洗液

高质量的冲洗液是孔内钻进安全和“二合一”钻进技术正常实施的保障,尤其对液动潜孔锤而言使用优质高性能的冲洗液更为重要。

根据潜孔锤的结构和工作原理,所谓要求的高质量冲洗液的性能应是:

(1) 润滑性能好,可以减少回转阻力及钻具和潜孔锤零部件的磨损;

(2) 要有较好的流动性,以降低冲洗液在孔内的流动阻力;

(3) 含砂量要低,降低无用固相含量对泥浆泵和钻具、钻头的磨损,防止沉沙埋钻保证孔内安全,有利钻速提高,所以要求  $>74 \mu\text{m}$  的无用固相颗粒的含量要  $<1\%$ ;

(4) 低失水量有利于形成薄而韧的泥皮,以维护孔壁稳定,失水量一般控制在 10~15 mL/30 min 之间;

(5) 冲洗液的密度和固相含量的高低对快速、安全钻进有着重要的影响,由于岩层的变化,应随时调整冲洗液适应不同岩层的密度,以维持孔内压力平衡;

(6) 较低的切力有利于减小冲洗液的循环压力损失。

(7) 为维护冲洗液性能的稳定性,对冲洗液的净化工作不容忽视,因此,施工现场的净化设备(除砂机、除泥器)及设施(泥浆池、槽)亦须按规程、规定予以设置与使用。

## 5 施工情况

经过缜密的施工设计和组织部署,灵宝市枪马金矿区整装勘查第一深孔 ZK8302 钻孔于 2012 年 3 月 28 日开钻,至 2012 年 10 月 1 日历时 187 天在钻深 2018.86 m 处终孔。该孔的施工为我院不仅在该区深孔的岩心钻探工艺上探索了施工经验,而且取得了河南省灵宝金矿区深部岩层的第一手资料。

### 5.1 实钻钻孔结构

由于该区坡积层普遍较薄,为简化钻孔结构,以  $\varnothing 130$  mm 口径硬质合金不取心开孔施工。在穿过

1.83 m的坡积层至15.16 m进入完整的角闪斜长片麻岩后下入 $\phi 127$  mm表层套管,其目的一是保护孔口,二是封堵9.20 m处的漏失层。改 $\phi 110$  mm口径硬质合金钻进至19.16 m下入 $\phi 108$  mm技术套管后换 $\phi 96$  mm口径金刚石裸眼钻进至882.09 m,考虑到设备负荷及孔内回转阻力问题,以下施工改为 $\phi 77$  mm口径钻进至2018.86 m顺利终孔。实际钻孔结构见图1。

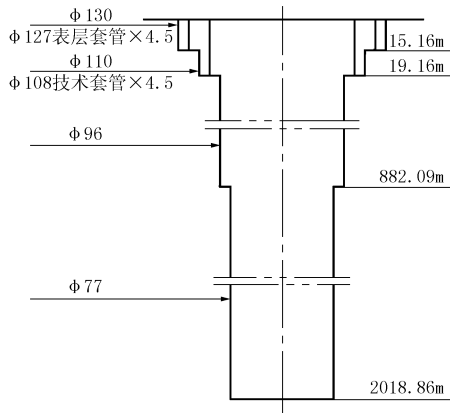


图1 ZK8302孔实际钻孔结构

## 5.2 绳索取心液动潜孔锤“二合一”钻进技术的应用效果

根据ZK8302孔的钻探施工设计,针对钻遇的不同岩层,为提高施工效率及确保深孔的施工质量(如岩心采取率、钻孔倾角等),针对钻遇的岩层先后在7.50~882.09 m孔段使用了SYZX96型液动潜孔锤钻进,其平均钻进时效为1.43 m,于974.66~984.13、1105.39~1640.37、1779.07~1818.89 m三个孔段在换径后改用了SYZX75型液动潜孔锤钻进,时效达到了2.26 m。与单一的绳索取心钻进相比,“二合一”钻进技术在该孔的施工中平均时效提高了15%~20%、回次进尺长度提高了13%、岩心采取率>95%、在2018.86 m终孔时的钻孔顶角仅为 $3.6^\circ$ ,不仅缩短了工期,降低了成本,而且钻孔质量完全符合岩心钻探质量标准和地质要求,充分说明了该技术的优越性。

## 5.3 冲洗液的使用

根据该孔的钻探施工设计,全孔主要钻进方法由普通绳索取心和绳索取心+液动潜孔锤“二合一”技术完成,因而就需针对不同方法和岩层调整冲洗液的配方和性能。在实际施工中“二合一”钻进方法共进尺1458.86 m,占全孔工作量的72%,为保证液动潜孔锤可靠工作,在冲洗液预设计的多个

方案中主要采用的是无固相高效润滑冲洗液,其配方为:1 m<sup>3</sup>水+0.5% CMC+100~300 ppm PHP+0.5%~0.8% JX-1(高效润滑剂)。由于该孔所遇岩层基本稳定,破碎和易坍塌较少,因此该冲洗液队伍保证了全孔高效优质的钻探施工。

## 6 结语

(1)随着浅表矿产可采储量的枯竭,向深部探矿已势在必行。因此,探索深部找矿的技术方法意义重大,也是探矿技术人员在深孔钻探方面技术发展的方向。

(2)通过该区第一深孔的施工实践,不仅在钻探工艺方面为我院探索了施工经验,也为该区后续的深孔施工奠定了技术基础。

(3)金刚石绳索取心+液动潜孔锤“二合一”钻探技术的应用是将绳索取心钻进方法的优势与液动潜孔锤的功效合二为一,不仅提高了钻探效率、钻孔质量、降低了生产成本,重要的是通过深孔钻探的实践,提高了我院钻探队伍的技术能量。

(4)深孔钻探的施工设计尤为重要,从钻孔结构的设计到设备、机具、冲洗液类型的选择都应根据地质设计、孔位的实地踏勘及该区以往钻孔的施工经验,针对每个环节都要审慎细致,以保证施工技术设计正常实施。

(5)冲洗液的类型及质量是保证深孔钻进施工重要的技术措施之一,不仅要随着钻孔的加深观察岩层的变化及时调整冲洗液类型及配方,而且要做好冲洗液的净化工作。

(6)为提高金刚石钻头的使用寿命,减少起大钻换钻头的辅助时间,可选用高胎体钻头。

## 参考文献:

- [1] 乌效鸣,等. 钻井液与岩土工程浆液[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,2002.
- [2] 柴世刚,等. 小秦岭深部探矿[R]. 河南郑州:河南省地矿局第四地质勘查院,2014.
- [3] 兰勇,段隆臣,等. 小秦岭金矿田深孔钻探技术研究[R].
- [4] 罗永贵. SYZX绳索取芯液动潜孔锤在小秦岭金矿田复杂地层深部钻探中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(3):7-9.
- [5] 陈风云,王虎,谷天本. 小秦岭地区深部钻探钻孔结构设计[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(7):44-46.
- [6] DZ/T 0227-2010,地质岩心钻探规程[S].
- [7] 罗永贵,王红阳,刘建华. 小秦岭金矿田北矿带厚覆盖层钻探技术难点及对策[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(1):27-29,32.