

河南省寺家沟银多金属矿区复杂地层 绳索取心钻进技术

时志兴

(河南省有色金属地质矿产局第一地质大队,河南 郑州 450016)

摘要:河南省陕县崤山地区寺家沟—宽平一带银多金属矿区 ZKS001 孔,设计孔深 900 m,直孔。上部地层坚硬破碎,裂隙发育,漏失严重,坍塌掉块,进尺缓慢,取心困难,钻进过程中钻头、钻杆磨损严重,造成多次钻杆断裂事故。钻孔位于山沟交汇处,严重涌水,从 200~460 m,多处存在夹层泥,钻孔缩径。施工时由于钻进技术措施不当,导致钻进困难,引发事故,延误工期,增加了施工成本。本文介绍了该孔钻探施工技术措施,总结的经验教训可供类似工程参考借鉴。

关键词:岩心破碎;钻孔漏失;涌水;钻杆断裂;优质冲洗液

中图分类号:P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2019)03-0031-05

Wireline core drilling in complex strata in Sijiagou silver polymetallic mine of Henan Province

SHI Zhixing

(The First Geological Brigade of Henan Nonferrous Metals Geology and Mineral Resources Bureau, Zhengzhou Henan 450016, China)

Abstract: This paper mainly introduces drilling of Hole ZKS001 in the silver polymetallic mine in the Sijiagou-Kuanping section, Xiaoshan District, Shan County, Henan. It is a straight hole with the design depth of 900m. The upper strata are hard, broken, with well developed fractures, serious leakage, and falling blocks. There were many difficulties in drilling in this zone such as low penetration rate, difficult coring, serious wear of drill bits, which resulted in drill pipe fractures many times during drilling. The drill hole is located at the intersection of the valley and gully with serious water gushing. Many mud interbeds are present between the borehole depth of 200m and 460m, which resulted in borehole diameter shrinkage. During drilling, due to improper handling of many drilling technical measures, drilling was difficult, and accidents often happened, delaying the construction period and increasing the construction cost, which should be taken as a lesson for future operations.

Key words: core breakage; leakage in drilling holes; water gushing; breaking of drill pipe; high quality drilling fluid

0 引言

河南省陕县寺家沟矿区是河南省有色金属地质矿产局重点项目,布置钻探工作量 28000 多米,多为斜孔,但对矿体的控制程度,未“探边摸底”,没有完全确定矿体的连续性,而且矿脉较多,对矿脉的深部验证钻孔较少,特别是可以兼顾施工多条矿脉的钻孔。为综合研究平行矿脉之间的成矿地质特征及其相互之间的关系,摸清其产状,加强控制,为矿山储

备更多的优质后备资源,加强深部探矿验证,布置了孔深 900 m 的 ZKS001 钻孔。该孔位于山沟与河沟交叉地带,岩层破碎,地下水丰富,存在漏水、涌水、缩径等复杂地层,且钻探施工人员盲目追求进度,导致多次发生钻探事故,延误工期,造成重大损失。

1 矿区概况及地层情况

勘查区位于三门峡市南,直距约 30 km,行政区

收稿日期:2018-07-15; 修回日期:2019-01-16 DOI:10.12143/j.tkgc.2019.03.006

作者简介:时志兴,男,汉族,1973 年生,探矿院院长,高级工程师,长期从事岩心钻探相关工作,河南省郑州市经开区第八大街 166 号,765181609@qq.com。

引用格式:时志兴.河南省寺家沟银多金属矿区复杂地层绳索取心钻进技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(3):31-35,41.

SHI Zhixing. Wireline core drilling in complex strata in Sijiagou silver polymetallic mine of Henan Province[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(3):31-35,41.

划隶属于陕州区张村镇及店子乡管辖,属秦岭山系之崤山山脉,山势陡峻,相对高差较大,海拔最高1265 m,最低825 m,一般在1000 m左右,比高400 m,属中低山区。总体地势南高北低,山系与沟谷总体为南北向走向。区内野乔河常年有水,水利资源比较丰富,可以满足未来矿山生产、生活用水之需求。近矿区的张村乡和店子乡有20万伏高压输电线通过,电力资源充足。

崤山地区属典型的变质核杂岩构造体系,本区醒目的构造形迹为近东西向的崤山短轴隆起,四周构成向外倾伏的宽背斜。核部由太华群地层组成,翼部由熊耳群地层组成,地层倾角在 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 内变化。断层构造发育,主要为沿不整合面的拆离断层、近东西向、北西—北北西向及北北东—北东向的次级断裂构造。

区内地层较单一,第四系主要为黄土层、砂砾石、亚砂土、残坡积物及腐殖质,分布在沟谷中,厚度不等。太华群地层大面积出露,仅沟谷两侧分布第四系腐殖质、冲洪积物。

太华群地层为一套中深变质程度的片麻杂岩,分布全区,岩性主要为黑云斜长片麻岩、混合花岗岩、斜长角闪岩、斜长角闪片麻岩、变粒岩及绿泥片岩等。

岩层可钻性等级7~10级^[1],岩石具有较强研磨性;地层中上部坚硬破碎,下部较为完整,局部破碎。

2 钻孔设计及质量要求

ZKS001孔设计孔深900 m,直孔,终孔口径 ≥ 75 mm。岩心分层采取率 $\geq 70\%$ 。矿层及矿层顶底板5 m内的岩石采取率 $\geq 80\%$,连续5 m低于80%时,应查明原因,采取补救措施。每50 m和见矿位置及终孔进行弯曲度测量,准确记录其方位角和天顶角,直孔 $\leq 2^{\circ}/100$ m,斜孔 $\leq 3^{\circ}/100$ m^[1-2]。

3 主要施工难点

(1)岩层裂隙发育、多处孔段漏失、岩心坚硬破碎、取心困难,钻具易磨损,特别是对金刚石钻头内口磨损最快,如图1、图2所示。

(2)在83.75~335.6 m多层涌水,194 m以浅涌水严重,水可以从孔口冒出,对冲洗液造成破坏,导致护壁困难,掉块严重,引发事故,如图3、图4所示。



图1 内口磨损的金刚石钻头
Fig.1 Diamond bit with inside wear



图2 磨损的钻杆接手
Fig.2 Wear of drill pipe adapter



图3 断裂的扩孔器
Fig.3 Broken reaming shell

(3)200~500 m多处有多层构造带,其中3处比较厚,最厚一层达22.02 m,中间含有绿泥石等水敏性成分,吸水膨胀,造成钻孔缩径严重。构造带岩心如图5所示。

4 钻探工艺及技术处理措施

4.1 钻探设备

HXY-44T型塔机一体钻机:额定钻进深度700



图 4 断裂的钻杆接手

Fig.4 Broken drill pipe adapter

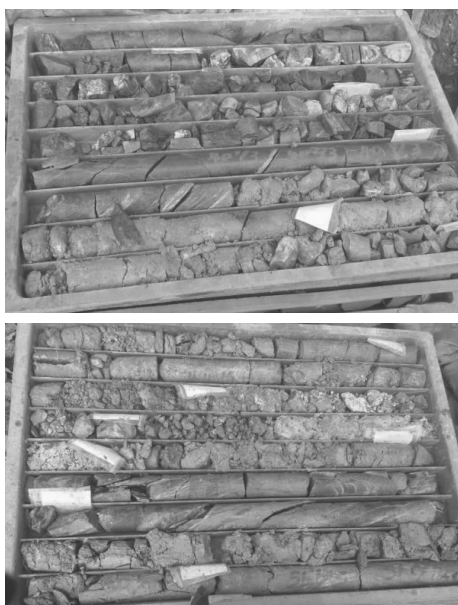


图 5 构造带岩心

Fig.5 Cores from the tectonic belt

~1400 m,立轴最大扭矩 3200 N·m,立轴行程 600 mm,立轴最大起拔力 120 kN,立轴最大给进力 90 kN,卷扬机最大提升力 45 kN,柴油机功率 50 kW,转速 81~958 r/min^[1]。

BW-250 型水泵:缸套直径 65、80 mm 两种,泵量 35~250 L/min,泵压 2.5~7.0 MPa。内加厚普通 $\varnothing 50$ mm 钻杆及配套 $\varnothing 108$ mm 钻具,地标 S75、S95 绳索取心钻杆及其配套钻具,木马自重夹持器,KXP-D(S)数字罗盘测斜仪^[1]。

4.2 钻孔结构及钻具级配

由于钻场比较平坦,硬化后稳定,上部覆盖层很少,所以钻孔结构采用 $\varnothing 113$ mm— $\varnothing 94$ mm— $\varnothing 75$ mm,钻具级配为 $\varnothing 50$ mm— $\varnothing 108$ mm— $\varnothing 113$

mm^[3-4]、 $\varnothing 89$ mm— $\varnothing 89$ mm— $\varnothing 94$ 、71 mm— $\varnothing 73$ mm— $\varnothing 75$ mm,没有预留口径。

4.3 钻探方法及技术处理措施

上部岩层主要为斜长角闪岩,严重风化,裂隙发育,硬度不均,非常破碎,可钻性等级为 6~7^[2],取心困难。采用单管普通金刚石钻进,孕镶金刚石钻头 HRC20~25,低转速、低钻压、控制回次方法钻进,以保证岩心采取率,2016 年 11 月 16 日开钻,主要采用清水钻进,加入少量聚丙烯酰胺处理剂,11 月 19 日钻进孔深 38.65 m,为防止孔口坍塌下入 $\varnothing 108$ mm 套管 38.80 m。

换用 S95 绳索取心钻具继续钻进,岩层主要为斜长角闪岩和混合花岗岩互层,坚硬破碎,可钻性等级为 7~9^[1-2],低转速、适当加大钻压、主要用清水钻进,加少量聚丙烯酰胺处理剂及 0.1%^[5-6] 高粘度纤维素、控制回次进尺,提高岩心采取率。

钻头主要采用孕镶金刚石钻头 HRC20~25,但在使用过程中磨损严重,胎体太软容易磨损,胎体硬度太大进尺缓慢,引起钻头掉块,损坏钻头。由于岩层硬、脆、碎,钻杆接手、钻具、金刚石钻头磨损严重,钻头钻进效率低,且多次引起钻杆断裂事故^[7-8]。在钻进过程中,岩层破碎、漏失水、多处涌水,严重破坏冲洗液,使冲洗液基本丧失护壁功能,岩层多处有夹层,吸水膨胀,钻孔缩径,最终钻孔严重掉块坍塌,造成埋钻事故,经多次处理无效,钻孔报废。

经专家研究,一致同意钻孔向山体方向移动 15 m,地层应该相对更为完整稳定。同时加强钻进技术力量,采用稳妥方法钻进,谨慎慢打,在 25.35 m 处下入 $\varnothing 108$ mm 套管,换径继续钻进,钻进参数见表 1。

表 1 单管普通金刚石钻进参数^[1-2]
Table 1 Conventional diamond drilling parameters with single-tube core barrels

钻头直径/ mm	转速/ (r·min ⁻¹)	钻压/ kN	泵量/ (L·min ⁻¹)
113	130~300	10~13	60~110

但是由于没有引起足够重视,继续采用清水加入聚丙烯酰胺处理剂及 0.1% 高粘度纤维素钻进,在钻进 196.46 m 时,同样的问题又出现了,漏失、掉块、涌水,钻孔坍塌,导致埋钻,后经多次处理,钻杆用公锥打捞上来,采用磨孔钻头磨失钻具。由于此方法存在很大安全隐患,因此下入 $\varnothing 89$ mm 套

管,换用 $\text{O}77$ mm 绳索取心钻具继续钻进,但是在遇到夹层钻孔缩径后,再也难以继续钻进。

根据地层情况,随决定采用优质冲洗液钻进,优化钻进参数,主要钻进参数见表 2。

表 2 绳索取心金刚石钻进参数^[1-2,4]
Table 2 Wire line diamond drilling parameters

钻头直径/ mm	转速/ ($r \cdot \text{min}^{-1}$)	钻压/ kN	泵量/ ($L \cdot \text{min}^{-1}$)
91	350~600	12~15	60~90
77	400~700	10~13	40~80

在钻孔中上段岩层主要为斜长角闪岩、混合花岗岩、蚀变带以及构造破碎带,间夹石英脉,含少量水敏矿物绿泥石,特别是在构造破碎带,为块状、泥状构造,岩心破碎,吸水膨胀,风化即碎,非常容易造成钻孔缩径、坍塌^[9-10],且厚度 10~20 m,不易穿过。

构造带地层主要表现为钻孔缩径、易分散、岩屑量大,要求冲洗液失水量小,抑制能力强,对孔壁毛细管道具有封堵作用,泥皮薄,韧性好,很好的流变性能,且有强的携带岩粉能力,绳索取心钻进要求冲洗液具有高效润滑作用,固相含量少或无固相含量,具体冲洗液配比为:1% 钠基膨润土+1%~1.5% 护壁剂+0.4%~0.6% 06 型高效润滑剂+0.4%~0.6% 高粘 CMC+0.5% 防塌剂。

冲洗液性能:粘度 22~26 s,密度 1.02~1.04 g/cm^3 ,失水量 ≥ 6 mL/30 min,pH 值 8~9,泥皮厚度 < 0.5 mm^[6,11]。

使用优质冲洗液后,钻孔得以继续施工,由于存在涌水,对冲洗液破坏很大,要不停的补充、更换冲洗液,并专人监测冲洗液,保证冲洗液的性能。在顺利施工到 484 m 后,岩心相对比较完整,对冲洗液监测放松了警惕,冲洗液被稀释,粘度明显不足,根本达不到护壁要求。再次下钻时,上部构造带部位 395 m 处膨胀缩径,钻具下不去。重新更换冲洗液,进行扫孔,得以顺利穿过,未造成更大事故。

在穿过最后一层构造带后,钻孔岩层相对比较完整,局部破碎,主要成分为斜长闪长岩、混合花岗岩互层,间夹蚀变带。由于钻孔加深,阻力变大,钻进过程中要适当降低转速,加大泵压^[11-12]。岩层稳定单一,只要认真管理好冲洗液,维持冲洗液性能,保护好上部孔壁稳定,就可以按正常钻进顺利施工,经过 122 d 施工,在 900.49 m 达到地质目的终孔。

5 本孔钻探主要问题及钻探技术措施

5.1 岩层裂隙发育、坚硬破碎、漏水、涌水

在裂隙发育、坚硬破碎岩层钻进,容易发生卡钻、掉块事故,且不易取心或岩心采取率低。一般遇到这类地层慢速、轻压穿过^[13-14]。卡钻、掉块严重可用水泥封孔,根据地层情况钻进到相对完整地层下入套管处理。适当降低钻速,控制回次进尺,减小冲洗液量以提高岩心采取率,并且减少人为因素和机械因素,避免岩心不必要磨损。本矿区由于施工技术措施得当,大大提高了岩心采取率,岩心采取率平均 90% 以上。

矿区钻孔主要是裂隙性漏水,由于水源充足,多采用顶漏钻进,且漏失位置多在钻孔上部,下入第一层套管就可以堵漏,或者使用水泥封堵。主要问题是该钻孔涌水,涌水严重破坏冲洗液性能,使其失去护壁功能和携带岩粉能力,导致钻孔内掉块时有发生,重复钻进,影响进尺,更为严重的是钻孔岩层非常破碎,坍塌、卡钻,引起多次钻杆断裂事故和卡埋钻事故,最终导致了钻孔报废。而且冲洗液不能起到有效润滑作用,加重钻具磨损,甚至引起烧钻事故^[3,6]。

处理涌水事故一般用加重冲洗液钻进,但加重冲洗液不适合绳索取心钻进,绳索取心钻进钻孔与钻具环状间隙小,要求使用无固相或低固相冲洗液,而加重冲洗液固相含量高,钻具内壁易结垢影响冲洗液循环,内管投放困难甚至不能投放到位^[11-12]。

涌水地层,也可采用水泥浆封堵,普通水泥浆遇流动性水冲散,很难取得封堵效果。搅拌要在水泥浆中加入惰性材料,并且加入速凝剂,最好是投放含有惰性材料水泥球挤压封堵^[9,12]。

本钻孔钻探施工人员在多次用普通水泥注浆封堵无效之后,冒险顶涌钻进,在钻进到 196.46 m 时钻孔掉块、坍塌,无法继续钻进,不得已下入 $\text{O}89$ mm 套管堵住涌水,但也因此留下后患。

5.2 钻孔结构

钻孔结构的设计主要依据是钻孔的用图和目的、地层地质结构、岩石的物理性质、钻孔的设计深度和倾角、钻进方法、钻探设备的性能、钻孔的终孔直径。根据钻孔结构确定各个孔段的深度和孔径,确定套管层次、下放深度和套管直径。是否下套管,取决于地层的复杂情况和对地质情况的了解程度^[1-2]。

由于本钻孔是深孔,且对地层复杂情况估计不

足,钻孔结构设计简单,钻孔结构为 $\varnothing 113\text{ mm} - \varnothing 94\text{ mm} - \varnothing 75\text{ mm}$, $\varnothing 108\text{ mm}$ 孔口套管 36.80 m, $\varnothing 89\text{ mm}$ 止涌防塌套管 196.60 m,在遇到夹层泥时无法再使用套管隔离,只有优质冲洗液护壁。缩径地层对冲洗液破坏严重,维护冲洗液性能代价大。如果在预留一级孔径,下入套管护壁,在崤山矿区就可以清水钻进,取得更好的经济效益。

5.3 构造带地层,吸水膨胀,钻孔缩径

钻孔缩径有明显征兆,如:钻具回转滞涩、阻力渐增、甚至回转不动;上下钻具困难,甚至下不去,需要扫孔;泵压增加,产生憋泵;冲洗液中岩粉明显增多,含砂量增加;钻杆内壁结垢,提放内管困难。钻孔缩径挤压钻具,增大钻具回转阻力,容易造成钻杆断裂事故,甚至造成钻孔坍塌埋钻事故^[9,12]。

遇到缩径地层,不适合水泥封孔,水泥凝固需要时间,而且水泥浆含水量大,缩径地层极易吸水膨胀,挤压水泥浆,达不到封孔效果^[7-8]。一般遇到缩径地层应快速穿过,然后下入套管护壁,但该钻孔已不能再下套管处理,而且下面地层不明,只有使用低密度、低固相、低失水优质冲洗液,在该位置形成薄而致密的泥皮,有效阻止缩径地层吸水膨胀,从而保证绳索取心钻进继续施工^[9,15]。

6 结语

绳索取心钻进复杂地层,应充分考虑地层情况,浅孔且岩层稳定钻孔,钻孔结构可以简单不预留口径,但是在复杂深孔钻进时,一定要选择合理的钻孔结构,预留一级口径,避免遇到特殊情况无法进一步处理报废钻孔,不仅延误工期,而且浪费人力、物力,无谓增加施工成本。遇到复杂地层,要充分利用好套管护壁,有时用好套管护壁更能加快施工进度,提高效率。根据地层情况合理配制优质冲洗液,不仅能提高施工效率,节约施工成本,而且有利于解决复杂施工问题,提高岩心采取率,保障钻孔质量。复杂地层钻进应充分引起重视,不要抱有侥幸心理,否则就会像该钻孔施工一样,造成不必要的钻探事故,我们要引以为戒。

参考文献 (References):

[1] 王达,何远信.地质钻探手册[M].湖南长沙:中南大学出版社,2014.
WANG Da, HE Yuanxin. Geological drilling handbook[M]. Changsha Hunan: Central South University Press, 2014.

[2] DZ/T 0227-2010,地质岩心钻探规程[S].
DZ/T 0227-2010, Geological core drilling regulation[S].

[3] 韩明耀,柳硕林.河南内乡板厂铜多金属矿 ZK1724 孔钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(12):54-58.
HAN Mingyao, LIU Shulin. Drilling technology of Well ZK1724 in Banchang copper polymetallic mining area in Neixiang County of Henan Province[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(12):54-58.

[4] 时志兴,杨春,翟东旭.程家沟-沙沟银多金属矿区坑道钻探工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(5):39-43.
SHI Zhixing, YANG Chun, ZHAI Dongxu. Tunnel drilling technology of Chengjiagou-Shagou silver polymetallic deposit [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(5):39-43.

[5] 时志兴.洛宁程家沟-沙沟银多金属矿中深斜孔钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(9):9-13.
SHI Zhixing. Drilling technology for deep inclined hole in Chengjiagou-Shagou silver multi-metal mine[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2013,40(9):9-13.

[6] 时志兴,翟东旭.大顶角钻孔施工探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(S1):61-63.
SHI Zhixing, ZHAI Dongxu. Discussion on drilling construction at big top angle[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(S1):61-63.

[7] 曹函,张绍和.钻探工艺知识问答[M].湖南长沙:中南大学出版社,2014.
CAO Han, ZHANG Shaohe. Knowledge questions and answers on drilling technology[M]. Changsha Hunan: Central South University Press, 2014.

[8] 胡郁乐,张绍和.钻探事故预防与处理知识问答[M].湖南长沙:中南大学出版社,2010.
HU Yule, ZHANG Shaohe. Knowledge questions and answers on the prevention and treatment of drilling accidents [M]. Changsha Hunan: Central South University Press, 2010.

[9] 时志兴,翟东旭,张东兴.小口径岩心钻探缩径的预防与处理[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(6):46-49.
SHI Zhixing, ZHAI Dongxu, ZHANG Dongxing. Prevention of borehole diameter shrinkage in small diameter core drilling and treatment[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012,39(6):46-49.

[10] 时志兴,贾有金.烧钻事故的预防与处理措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(3):40-42.
SHI Zhixing, JIA Youjin. Prevention of bit burnt accident and the treatment measures[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012,39(3):40-42.

[11] 时志兴,翟东旭,王江平.大顶角钻孔钻探技术研究[C]//中国地质学会探矿工程专业委员会.第十八届全国探矿工程(岩土钻掘工程)技术学术交流年会论文集,2015:284-289.
SHI Zhixing, ZHAI Dongxu, WANG Jiangping. Research on drilling technology with large inclinations[C]// Mineral Engineering Committee, Geological Society of China. Special for the Eighteenth National Exploration Engineering (Drilling and Tunneling) Academic Conferences, 2015:284-289.