

# 夜长坪矿区钻探施工技术探讨

张东兴

(河南省有色地质矿产局第一地质大队,河南 郑州 450016)

**摘要:**夜长坪矿区施工初期,施工单位按自己以往的成功经验及钻探施工技术进行钻探施工作业,但由于该矿区与其他矿区的地层差异较大,很快就暴露出许多问题,上部出现掉块,卡钻严重时无法处理造成钻孔报废,都不同程度地成为事故孔,尤其是风化岩层亲水性强的地段,孔壁易坍塌,泵压高对地层产生劈裂破坏,地层被压漏,易造成埋钻事故。有5个钻孔因事故无法处理而报废,造成了巨大的经济损失,严重地影响了勘查进度。我单位在对钻探施工技术进行改进后,钻孔成孔率有了显著提高。由原来的无法成孔报废5孔到后期的46个孔全部成孔,且都为优良孔,最深钻探深度达到1501.54 m,台效提高明显,从原来的130 m增加到252 m,施工工期大大缩短,取得了较好的经济效益。从钻进方法、冲洗液性能、钻孔结构等几个方面进行了分析,简述了施工中出现的问题、原因及应对措施,总结了该矿工区施工经验和体会。

**关键词:**钻探设备;冲洗液;钻孔结构;绳索取心钻进;夜长坪矿区

**中图分类号:**P634   **文献标识码:**B   **文章编号:**1627-7428(2014)08-0026-03

**Discussion on Drilling Technology of Yechangping Mining Area/ZHANG Dong-xing** (No. 1 Geological Team, Henan Provincial Non-ferrous Metals Geological and Mineral Resources Bureau, Zhengzhou Henan 450016, China)

**Abstract:** The formation conditions are quite different in Yechangping mining area; a lot of problems have been exposed in the initial construction by applying the previous successful experience and drilling technologies: the upper block falling and serious sticking cause borehole abandonments; especially in weathered rock sections with strong hydrophilicity, hole wall collapse, splitting failure on formation by high pump pressure and the formation being damaged by pressure lead drill bit burying. 5 abandoned boreholes cause huge economic loss and seriously affect exploration progress. After the improvement of drilling operation, the drilling hole rate has been significantly raised, 46 holes are completed, and all being fine holes, the deepest drilling depth reaches 1501.54m and efficiency per rig is improved obviously from 130m to 252m. In this paper, analysis is made on drilling method, flushing fluid property and borehole structure, some problems in construction and corresponding causes as well as countermeasures are introduced and construction experience is summarized.

**Key words:** drilling equipment; flushing fluid; borehole structure; wire-line core drilling; Yechangping mining area

## 1 工程概况

夜长坪矿区位于河南省卢氏县木桐乡,为矽卡岩型钼矿,围岩为元古界管道口群硅质条带白云岩和燕山期花岗斑岩,风化厚度达500 m,地层非常破碎。本次地质详查探矿工程共布置钻孔46个,其中30个地表钻孔、14个坑内钻孔和2个水文孔。地表孔要求终孔孔径 $\leq 75$  mm,设计孔深800~1000 m,坑内钻孔设计孔深600~800 m。地表山高路陡,地形坡度 $30^\circ \sim 40^\circ$ 。坑内钻孔坑道长2000 m,分散在2个中段,处于风化岩中,硐室很不稳定。该矿区在20世纪70年代普查时,因矿区地层非常复杂,尤其上部斑岩风化带和氧化矿地层非常破碎,所施工的18个钻孔均为事故钻孔,故本次详查,矿方在全国范围内选择我单位和另外两家有丰富施工经验的队伍进行攻关。

## 2 前期施工情况

施工初期,3家施工单位均按自己以往的成功经验进行作业,选择了各自以往的钻探施工技术,由于夜长坪矿区与其他矿区的地层差异较大,很快就暴露出许多问题,钻孔都不同程度的成为事故孔,且有5个钻孔因事故无法处理而报废,造成了巨大的经济损失,严重影响了勘查进度。初期钻探施工技术见表1。

## 3 矿区地层

通过前期施工摸索,基本查明了矿区地层情况及其特性。

(1)第四系松散层,成分主要为夹碎石的粉质粘土,厚度0~20 m,可钻性1~3级,孔壁不稳定,易坍塌、掉块。

收稿日期:2014-05-20;修回日期:2014-07-31

作者简介:张东兴(1971-),男(汉族),辽宁朝阳人,河南省有色地质矿产局第一地质大队探矿工程院院长、工程师,探矿工程专业,从事钻探生产技术和管理工作,河南省郑州市经开区第八大街166号,zdxdx88129@sina.com。

表 1 初期钻探施工技术情况

方案	钻机	钻塔			钻进工艺	冲洗液	护壁工艺	钻杆	钻孔结构	施工情况
		类型	质量/t	使用情况						
方案一	XY-44 型立轴式	12.5 m 四角钻塔	2.3	基本满足施工要求,搬迁费用较低,机场面积小	第四系单管钻进,基岩 $\varnothing 75$ mm 绳索取心。采用普通金刚石钻头,较高转速、高钻压、中泵量	低固相泥浆,无润滑剂	上部套管护壁、下部泥浆护壁	5 mm 厚普通绳索取心钻杆	开孔口径多为 $\varnothing 110$ mm,钻进穿过第四系松散层后下入 $\varnothing 108$ mm 套管,改 $\varnothing 91$ mm 口径钻进至约 200 m,下入 $\varnothing 89$ mm 套管,再采用 $\varnothing 75$ mm 系列钻进至终孔	开始进尺很快,孔深时出现卡钻等事故后钻孔报废,风险大,报废 4 孔
方案二	XY-44 型立轴式	18.5 m 四角钻塔	5.6	满足施工要求,上下钻速度快,搬迁费用高,机场面积大	第四系单管钻进,风化基岩 $\varnothing 91$ mm 绳索钻进,完整基岩 $\varnothing 77$ mm 绳索取心钻进。采用普通金刚石钻头,中等转速、中钻压、大泵量	化学泥浆,皂化油润滑	上部套管护壁、下部绳索取心钻杆代替套管护壁	5.5 mm 厚加厚绳索取心钻杆		进尺较慢,孔壁易坍塌,处理困难,风险较大
方案三	XY-5 型立轴式塔机一体	桅杆式塔机一体	0.5	处理事故时不能强拉,上下钻慢,搬迁费用低,机场面积小	第四系单管钻进,风化基岩 $\varnothing 114,91$ mm 绳索取心钻进,完整基岩 $\varnothing 75$ mm 绳索取心钻进。采用普通金刚石钻头,较高转速、高钻压、中泵量	PHP 低固相泥浆,切削润滑	套管护壁	5 mm 厚墩粗绳索取心钻杆		进尺平稳,孔深出现事故后无法处理,钻孔报废,成本高,报废 1 孔

(2)中元古界官道口群龙家园组( $Pt_2l$ )白云岩,灰、灰白、深灰色厚层状、中厚层状或薄层状硅质条带,硅质条带韵律明显,含迭层石,厚度 200 ~ 1000 m,可钻性 8 ~ 9 级,岩石很破碎,孔壁不稳定,易坍塌、掉块。

(3)燕山期钾长花岗斑岩,肉红色,斑状结构,风化强烈,长石风化成高岭土、蒙脱石等,亲水性强,遇水膨胀,厚 200 m 左右,可钻性 4 ~ 6 级,岩石很破碎,多呈散体状,孔壁不稳定,易坍塌、掉块。

(4)夕卡岩,灰绿色、灰褐色,厚度 200 ~ 1000 m,可钻性 6 ~ 8 级,岩石较完整,孔壁较稳固。

(5)构造带,其间多为糜棱岩、断层泥,并见片理化,亲水性强,可钻性 4 ~ 6 级,岩石很破碎,多呈散体状,孔壁不稳定,易坍塌、掉块。

4 钻探施工存在的主要问题及原因

4.1 钻探存在的主要问题

(1)孔壁很不稳定,掉块严重,易坍塌,易产生卡钻、埋钻事故。

(2)岩心破碎,岩心采取率低,不能满足地质要求。

(3)水泥护壁效果很差,处理事故时强扭易造成断钻杆,造成钻孔报废并遗弃大量钻杆。

4.2 事故原因分析

(1)地层原因。由于上部白云岩很破碎,且冲洗液漏失严重,孔壁很不稳定,掉块严重,易产生卡钻事故,而钾长花岗斑岩风化强烈,亲水性强,遇水膨胀,孔壁易缩径,易产生埋钻事故,且岩心采取率低。取上来的岩心非常破碎,如图 1 所示。

(2)工艺原因。第一种方案开始进尺很快,泥皮有一定的护壁作用,当钻孔比较深时,泥皮的护壁



图 1 500 m 位置取上来的岩心

作用明显降低。上部出现掉块,卡钻严重时无法处理造成钻孔报废甚至因断钻杆而造成大量钻杆遗留孔内,水泥封孔护壁效果也很差。第二种方案进尺较慢,因对第四系及上部风化岩层较厚时不适应,尤其风化岩层亲水性强的地段,孔壁易坍塌,泵压高对地层产生劈裂破坏,地层压漏,易造成埋钻事故,采用水泥封孔护壁,耽误大量时间且效果也不能保证。第三种方案当孔壁稳定时效率较高,当孔壁坍塌、卡钻时不能强力起拔,施工难度增大,造成钻孔报废并遗弃在孔内大量钻杆,浪费严重,施工成本加大,而且三种方案中均采用的是普通金刚石钻头,岩心采取率偏低。

(3)冲洗液原因,没有针对所施工的地层进行泥浆配方试验,3 种方案上所选用的冲洗液虽然都对孔壁有一定的保护作用,但效果不理想,容易造成孔壁坍塌,影响施工进度。

(4)操作原因,由于地层坍塌、掉块严重,经常发生卡钻、憋车,操作人员稍不注意、反应不及时或处理事故时强扭极易造成断钻杆事故,此时事故处理起来非常困难,往往造成钻孔报废。

5 改进施工技术

通过对前期施工情况的分析,我们认真总结了

经验教训,并和生产厂家进行沟通,针对施工时出现的问题,采取相应的技术措施,对钻探施工技术进行了改进,改进情况见表 2。

5.1 改进后的钻进工艺

表 2 改进后的钻探施工技术

钻机	钻塔	钻进工艺	冲洗液	护壁工艺	钻杆	钻孔结构
XY - 44 及 XY - 5 型立轴式钻机	钻塔采用塔高 ≤12.5 m 的四角钻塔	第四系及风化岩采用 Ø150 mm 单管钻进,尽最大能力钻进,深度不限,上部风化岩及破碎白云岩,Ø130 ~ 110 mm 单管钻进或 Ø133 ~ 114 mm 绳索取心钻进,下部风化钾长花岗斑岩及破碎白云岩,Ø95 mm 绳索取心钻进,砂卡岩及矿层 Ø77 mm 绳索取心钻进。采用底喷金刚石钻头,不同地层采用不同转速与钻压,适当减小泵量	第四系、风化钾长花岗斑岩、破碎白云岩采用低固相泥浆,适量添加防塌剂、润滑剂。砂卡岩及矿层采用化学泥浆,适量添加润滑剂	上部第四系、风化钾长花岗斑岩、破碎白云岩分级套管护壁,下部砂卡岩及矿层段裸孔	5.5 mm 加厚及 5 mm 厚墩粗绳索取心钻杆	将钻孔开孔口径改为 150 mm,增加了 2 级,套管的级数也相应增加 2 级,使 Ø89 mm 套管基本都下入了完整基岩,少量 Ø89 mm 套管未下入完整基岩的钻孔则采取封水泥,经和甲方协调,建议把 60 mm 孔径做为备用口径,在第三层矿体中如遇缩径、塌孔时可以采用 60 mm 口径,增加护壁级数,确保钻探深度达到甲方要求

(1) 由于破碎地层很厚,最厚达 1000 m,因此在施工中,尽量采用绳索取心工艺钻进,减轻对孔壁完整性的破坏,增加每级孔径的长度。尤其深部钻探将原 Ø91 mm 绳索取心改为 Ø95 mm 绳索取心,将原 Ø75 mm 绳索取心改为 Ø77 mm 绳索取心,增大钻杆和井壁间的环状间隙,使泵压降低,减少地层压漏的概率,大幅度减少了钻孔的事故率,提高了成孔率。

(2) 前期施工中,岩层破碎,采用普通金刚石钻头,导致冲洗液对孔壁冲刷比较严重,造成岩心采取率低。因此改进后更换成底喷式金刚石钻头,较好地解决了这方面的问题,使岩心采取率提高。前期施工孔壁不稳定,转速过快时钻杆易产生公转,对孔壁进行撞击,破坏孔壁泥皮,造成超径,进而引起一系列的孔内事故。所以重新开钻后,钻进中采用与地层相适应的转速与钻压。对于上部破碎地层,转速必须控制在 217 ~ 316 r/min 之间,钻压控制在 12 ~ 15 kN,泵量控制在 60 ~ 80 L/min 之间;对于下部完整地层,由于地层好且上部已经有套管保护,可采取 468 ~ 667 r/min 的高转速,钻压控制在 10 ~ 12 kN,泵量控制在 40 ~ 70 L/min 之间,以取得较好的进尺。

5.2 改进后的冲洗液

吸取前期施工冲洗液与地层不相适应的教训,后期施工对冲洗液的配方进行改良,认真研究适合所属地层的冲洗液的配方,取得了良好的效果。

(1) 针对上部第四系松散层、破碎白云岩地层主要特点是破碎、冲洗液漏失。将以前所用的低固相泥浆进行改良,反复试验得出如下配方:6% 钠土 + 4% 纯碱 + 3‰ 植物胶 + 7‰ 中粘 CMC + 5‰ 腐植酸钾 + 1.5% 锯末(过筛)。冲洗液性能:粘度 22 s,密度 1.04 g/cm<sup>3</sup>,失水量 13 mL/30 min,泥皮厚 1 mm,pH 值 9。

(2) 风化钾长花岗斑岩和破碎带的主要特点是亲水性强、遇水膨胀,泵压高对地层产生劈裂破坏,地层压漏,试验得出如下配方:3% 钠土 + 4% 纯碱 + 1% 植物胶 + 5‰ 中粘 CMC + 4‰ 腐植酸钾。冲洗液性能:粘度 21 s,密度 1.025 g/cm<sup>3</sup>,失水量 6 mL/30 min,泥皮厚 0.5 mm,pH 值 9。

(3) 砂卡岩及矿层相对较完整的部位,冲洗液要求固相含量少,能充分携带岩粉并具有良好的润滑性,此时上部地层已采用套管护壁,故可以采用化学泥浆,其冲洗液配方为:清水 + 1% 植物胶 + 1.5% KP 共聚物 + 0.5% 06 型高效润滑剂 + 0.5% 中粘羧甲基纤维素 CMC + 0.1% 聚丙烯酰胺 PAM(1400 万)。冲洗液性能:粘度 18 ~ 20 s,密度 1.02 g/cm<sup>3</sup>。

5.3 谨慎操作

前期由于操作不当,使孔内事故复杂化,并且造成了设备事故,为避免类似事故发生,操作人员必须谨慎操作。

(1) 严禁操作人员离开钻机,避免突发卡钻事故时操作不及时造成其他事故。

(2) 平稳操作,禁止猛放离合器,将离合器调整到最佳状态,孔内阻力大时离合器自动打滑。

(3) 下放钻具时不许猛降、猛刹车,防止墩脱提引器,或垫叉夹持不牢,或升降系统失灵,或丝扣连接不紧,造成跑钻。

6 施工效果

采用改进后的钻探施工技术,后期钻孔的成孔率有了显著提高,由原来的无法成孔、报废 5 孔到后期的 46 个孔全部成孔,成孔率达到 100%,且都为优良孔,最深钻探深度达到 1501.54 m;台效明显提高,从原来的 130 m 增加到 252 m;施工工期大大缩短。取得了较好的经济效益。

(3)调整冲洗液配方必须先做室内试验。

(4)每班测试泥浆失水量、漏斗粘度等性能,及时调整或更换,保证泥浆性能。

(5)膨润土必须预浸泡。提高膨润土的水化,提高分散性,降低泥浆失水量。

## 5 注意事项

(1)提钻、打捞内管时必须孔口回灌。提升钻具时,孔内易形成负压,打捞内管时大量冲洗液从钻杆内流出,孔内液柱压力降低,导致孔壁失稳。

(2)合理控制上下钻速度、杜绝带内管上下钻。提升钻具速度过快时,钻头底部会产生抽吸作用,导致孔壁坍塌和地层裂隙水进入孔内;下降钻具速度过快时,产生的动压力会破坏孔壁、压裂地层,孔壁在频繁的压差作用下会失去稳定性,造成孔壁坍塌及埋钻事故。

(3)不得强行开泵扫孔。孔内产生岩粉岩屑较多时强行开泵扫孔,岩屑会堵住钻杆与孔壁间的环状间隙,使孔内液体压力急剧升高,冲洗液压入地层内、压裂压垮孔壁,压力释放后进入地层的冲洗液又在地层压力作用下流入孔内,破坏孔壁。必须用干钻、反循环钻具捞取、调整冲洗液性能冲孔等方法将孔内粗颗粒岩屑处理干净。

(4)在碳质页岩钻进中,几乎每个小班都会发生夹钻、甚至夹死或者突然憋泵直接到水泵无法转动的情况,钻具夹住后,要反复上下串动钻具,慢慢开车回转,直至解卡。

## 6 经验与体会

ZK744 钻孔从 2013 年 7 月 8 日重新开孔,到 8

月 22 日竣工,历时 43 天。终孔深度 480.20 m,台月实进尺 315.32 m。

通过该孔的 2 次失败及最后的成功,总结其中经验和体会,笔者认为,除了各级重视和材料保障充足、及时外,从施工工艺上,还有以下经验和体会。

(1)要合理选择钻孔结构,并预留必要的技术套管口径。该孔采用五级成孔四级套管,保证了钻孔口径的递增和终孔口径达到要求。

(2)先取心后扩孔及跟管钻进的施工工艺,保证了岩心采取率及下套管深度。用 S96 绳索取心钻进,进尺快,取心效果好,用  $\varnothing 146$ 、127 mm 扩孔及跟管钻进深下套管,保证了复杂地层的护壁效果。

(3)高强度钻杆的使用,避免了孔内事故的发生。施工中使用的外墩粗 S96、S76 绳索取心钻杆,强度较普通钻杆提高 1 倍以上,保证了夹钻、卡钻时钻杆不会断,避免了断钻事故的发生,全孔未发生过断钻事故。

(4)性能良好的冲洗液护壁和堵漏为钻孔的顺利施工提供了保障。

## 参考文献:

- [1] 乌效鸣,胡郁乐,贺冰新,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] 汤松然.绳索取心钻探冲洗液[R].北京:地矿部探矿工程研究所,1990.
- [3] 尹建国,刘青山,夏文彬,等.寨上矿区复杂地层钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(6).
- [4] 王亮宝,等.SM 植物胶钻探技术在工程勘察中的应用[J].安徽水利科技,2000,(4).
- [5] 孙涛,陈礼仪,朱宗培.植物胶冲洗液的性能及新型植物胶 QM 的开发研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(4).

(上接第 28 页)

## 7 结语

通过夜长坪矿区钻探施工,取得以下经验和体会。

(1)施工时应进行充分的调查研究,掌握地层情况。针对不同的岩层采取不同的钻探工艺,尤其应在泥浆工艺上进行试验研究,找出合适的冲洗液配方。可以大大减少孔内事故率,提高钻探质量和效率,缩短施工周期,节约生产成本。

(2)充分利用新材料、新技术、新方法,将过去困难的问题变得简单化,并能大幅度提高成孔质量和生产效率,取得了较好的经济效益。

(3)提高从业人员的业务技术素质,重视互相交流学习,扬长避短,共同提高。

## 参考文献:

- [1] DZ/T 0227-2010,地质岩心钻探规程[S].
- [2] 翟东旭.嵩县大西沟矿区复杂地层钻探施工综合治理[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(10):32-35.
- [3] 刘广志.金刚石钻探手册[M].北京:地质出版社,1991.
- [4] 乌效鸣.深部岩心钻探技术(讲义)[Z].湖北武汉:中国地质大学(武汉),2011.
- [5] 王文臣.钻孔冲洗液与注浆[M].北京:冶金工业出版社,1996.
- [6] 张东兴.河南新蔡焦庄铁矿区预查 ZK001 孔超厚覆盖层钻进技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(12):47-49,53.
- [7] 李振学,张延同,梁锴.青海省祁连县红川矿区钻探施工初探[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(5):13-16.