

荡坪钨矿宝山矿区复杂地层钻进工艺

廖长生, 卓廉明

(江西有色地质勘查二队, 江西 赣州 341000)

摘要:江西荡坪钨矿宝山矿区地层复杂, 岩石硬度高, 破碎松散, 钻进难度大, 易出现坍塌、缩径、卡钻、埋钻等事故。针对该矿区复杂地层特点及施工难点, 从设备选择、钻孔结构、钻头选用、冲洗液及护壁堵漏等方面, 总结了一套有针对性的钻探技术措施, 并在现场取得了较好的效果。

关键词:复杂地层; 钻探; 荡坪钨矿宝山矿区

中图分类号: P634 文献标识码: B 文章编号: 1672-7428(2015)09-0018-04

Drilling Technology in Complex Formation of Baoshan Mining Area in Dangping Tungsten Mine/LIAO Changsheng, ZHUO Lian-ming (No. 2 Team of Jiangxi Nonferrous Metals Geological Exploration, Ganzhou Jiangxi 341000, China)

Abstract: The formation of Baoshan mining area in Dangping tungsten mine was complicated with hard and broken rocks in Jiangxi Province. Drilling was very difficult because borehole collapsing, diameter shrinkage, sticking and burying often occurred. According to the characteristics of complex formation and the construction difficulties, a set of pertinent technical measures were summarized in equipment selection, borehole structure, bits selection, washing fluid and wall protection & leakage control. Good effects have been obtained in the field application.

Key words: complex formation; drilling; Baoshan mining area in Dangping tungsten mine

1 工程概况

江西荡坪钨矿是自 1954 年建矿以来有着 60 年开采历史的国有中型矿山, 其中宝山矿区位于崇义县铅厂镇, 矿体产于宝山岩体与古生代地层接触带, 为白钨、银、铅、锌、铜夕卡岩型多金属矿床, 其钨矿资源属于地区重点矿山资源储量接替勘查点。80 年代前人在该矿区进行地质钻探施工, 由于该矿区地层和构造较为复杂, 岩石硬度高, 破碎松散, 研磨性变化大, 在钻进过程中, 存在事故多、成井难、效率低、周期长、耗材大等问题, 且钻孔深度均 < 400 m。近年, 由我队承担该矿区深部普查工作, 主要目标是查明钨多金属矿体(脉)的形态、产状、规模及矿石质量、品位变化情况, 探求(333)资源量。施工期间共完成钻孔 13 个, 总进尺 6842.38 m, 最大孔深 756.42 m, 平均孔深 526.34 m, 解决了前人在钻进过程中遇到的技术难题与瓶颈, 大致查明了矿体(脉)的赋存情况, 为后续普查工作提供依据。

本文根据宝山矿区复杂地层的特点, 对钻孔结构设计、设备选择、钻头选用、冲洗液及护壁堵漏、钻进工艺等进行了探讨, 总结了一套适合于该矿区的

施工技术与对策, 从而为同类复杂地层钻探勘查工作提供重要的理论和实践指导。

1.1 地质特征

宝山矿区 ZK3092 钻孔最具代表性, 其岩性分布情况见表 1。

表 1 ZK3092 钻孔地层特点

孔段/m	地 层 特 征
0 ~ 71.10	中粗粒黑云母花岗岩: 全风化, 浅黄褐色、浅黄白色, 由石英、长石、云母等组成, 呈松散块状, 具高岭土化、绢云母化
71.10 ~ 232.40	灰岩: 溶洞较多, 充填有砂、粘土等物质, 局部见灰岩、大理岩碎块等
232.40 ~ 445.40	中粗粒黑云母花岗岩: 灰白色, 主要由石英、长石、黑云母等组成, 中粗粒结构、块状构造, 局部风化, 呈浅黄色, 裂隙面可见铁染, 呈黄褐色
445.40 ~ 684.50	转石层: 由砂岩碎块, 石英团块等组成, 局部砂岩碎块, 见有铁锰质污染, 岩石破碎
684.50 ~ 756.42	砂砾石层: 浅黄色—灰色, 由细砂、砂岩碎块等组成, 岩石较破碎

1.2 可钻性分析

(1) 中粒黑云母花岗岩。该类岩石结构致密, 硬度高且差异变化大, 强度高, 属于中弱研磨, 可钻

收稿日期: 2015-01-06; 修回日期: 2015-07-22

基金项目: 全国危机矿山接替资源找矿项目(编号: 200636081)

作者简介: 廖长生, 男, 汉族, 1962 年生, 高级工程师, 探矿工程专业, 从事钻探工程技术及管理工作, 江西省赣州市红旗大道 72 号, 1377337559@qq.com。

性级别为7~10级。

(2)变质石英砂岩。该类岩石硅化程度高,结构致密,硬度高,强度高,研磨性不稳定,金刚石钻头钻进常会出现打滑、不进尺现象。可钻性级别为7~9级。

1.3 钻进难点

宝山矿区复杂地层主要包括中粗粒黑云母花岗岩、灰岩溶洞、变质石英、砂岩以及穿插众多的石英脉矿体等,结合本次勘查施工,存在以下技术难点。

(1)地层岩石风化较强,软硬不均、松散破碎(见图1),大大地降低了岩石的强度及稳定性,常出现坍塌、缩径、卡钻、埋钻等事故,岩心采取困难,完整性低,降低了钻进效率和质量。

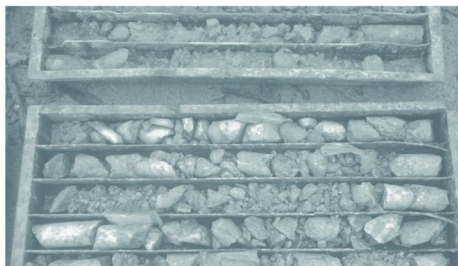


图1 ZK3092 钻孔代表性地层岩心

(2)在前期施工过程中,选用普通冲洗液+单一护壁堵漏材料进行辅助钻进,由于整个地层岩石破碎、松散、多样性、吸水膨胀、遇水溶解等,仍不能解决孔内严重掉块、漏水,成孔难等问题,从而导致多次提前终孔。这对冲洗液设计及护壁堵漏技术提出了更高的要求。

(3)在钻进灰岩地层时,由于溶洞和充填杂物较多,孔内岩粉不易排除,造成加压困难,严重憋水,多次采用膨润土造浆及灌注水泥等措施,孔内钻渣仍不能排出,造成无法钻进。

(4)根据以往矿区的施工经验,主要采用简单的钻孔结构设计,且较短的换径间距,这为钻进换径造成极大的困难,从而阻碍钻进的顺利进行。因此,钻孔结构设计应考虑该复杂地层的特点,如坍塌、溶洞、破碎等,这增加了钻孔设计和施工的难度。

2 钻孔结构设计

根据矿区地质特征,ZK3092孔采用多级成孔结构方式,如图2所示,首先 $\phi 130$ mm开孔钻进70 m,下入 $\phi 127$ mm套管,改 $\phi 110$ mm单管钻进160 m,下入 $\phi 108$ mm套管,再改 $\phi 91$ mm单管钻进210 m,

下入 $\phi 89$ mm套管,最后改 $\phi 75$ mm绳索取心钻进310 m,下入 $\phi 71$ mm套管。采用该类钻孔设计有利于隔离强风化层、破碎带等,预防钻孔坍塌等事故,保证钻孔的顺利进行。

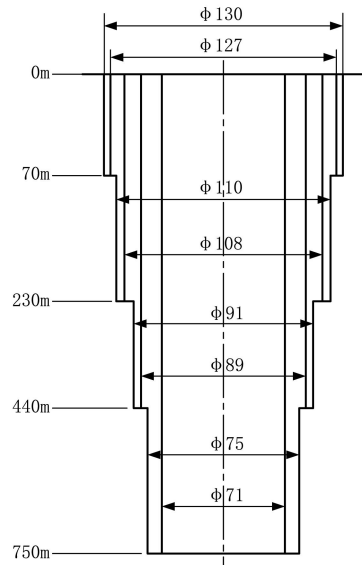


图2 ZK3092 钻孔结构设计示意图

3 钻进设备选择

根据钻孔设计及相关的地质条件,选用了XY-4型钻机,主要技术参数:转速135~1588 r/min,钻进深度为700~1000 m,立轴最大起重力80 kN,最大加压力为60 kN,单绳最大提升力为30 kN。该钻机布局合理、结构紧凑、操作灵活、坚固耐用、可拆性好、便于搬迁、修理方便。

选用BW-150型泥浆泵,该泵为卧式三缸往复式单作用活塞泵,最大流量为150 L/min,最大压力为70 kg/cm²。可用于冲洗液、水泥浆灌注等。

钻塔为SGX-13型钻塔,是四角金属管子斜钻塔,高度13 m,钻塔内部具有较大的空间,承载能力和稳定性均较好,结构简单,安装方便,钻探效率高,取心质量好,适于野外作业使用。

4 钻头选用

目前,国内用于地质勘探孔、探水孔等工程孔的钻头主要有硬质合金钻头、PDC复合片钻头和孕镶型金刚石取心钻头。硬质合金钻头和PDC钻头是利用刮削方式破碎岩石,主要适用于软—中硬岩层,孕镶型金刚石取心钻头以磨削的破岩方式能够担负起硬—坚硬岩层的钻进工作,其寿命长,技术指标和

经济效果优越等。

孕镶型金刚石取心钻头唇面结构有平底形、圆弧形、同心圆尖齿形、阶梯形等多种,合适的底唇形状能提高钻速和钻具的稳定性,延长钻头寿命。对于坚硬弱研磨性“打滑”地层、破碎或软硬不均地层,一般采用唇面形状为同心圆尖齿形金刚石取心钻头(见图3),其唇面具有较多的自由面,钻头唇面单位面积钻压大,能够进行有效地钻进,并有防斜效果,有利于提高钻进效率。

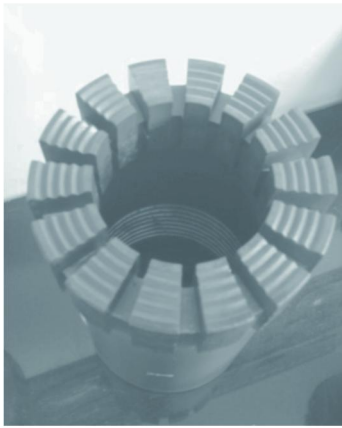


图3 同心圆尖齿型孕镶型金刚石取心钻头

根据矿区地质特征与钻孔设计要求,分别采用 $\varnothing 130$ 、110、91和75 mm同心圆尖齿型孕镶金刚石取心钻头,金刚石粒度:60~80目混镶,品级:JR4,金刚石浓度:100%,胎体硬度:HRC25~35。通过现场实践,该类型金刚石钻头对所钻地层适应性强,取得了较好的钻进效果。

5 冲洗液及护壁堵漏

冲洗液是地质钻探的关键技术之一,尤其是在深孔和复杂地层钻探中,冲洗液体系设计、优选以及钻探过程中冲洗液的性能维护与处理对钻探施工顺利的完成起着关键性的作用。

冲洗液设计主要取决于地质特征和钻进技术两大因素。不同的地层,不同钻进技术,对冲洗液要求不同,所以必须综合各因素,正确地选择适合具体要求的冲洗液体系类型。由于该矿区地层复杂,并且拟采用金刚石取心钻进技术,这就大大提高了对冲洗液性能的要求,因此冲洗设计首先需要考虑到绳索取心钻进对冲洗液的要求,然后针对复杂地层的特点,设计合适的泥浆体系进行护壁。

该矿区属于“硬、脆、碎”不稳定地层,采用金刚

石绳索取心钻探时,钻具内外管及环空间隙小,冲洗液应满足“三低一好”:固相低、粘度低、失水量低,润滑性好,从而减小流动阻力和泥皮厚度,防止泥浆固相污染、自然增稠及堵水憋泵。因此,为适应该地层和钻进技术的需要,根据冲洗液相关理论知识及现场实践经验,选用聚丙烯酰胺低固相冲洗液,其配方为:3%~8%膨润土+0.5%磺化沥青+0.2%~0.5%羧甲基纤维素+0.3%~0.5%聚丙烯酰胺+0.2%~0.6%烧碱;该冲洗液的性能指标为:密度 $1.05 \sim 1.10 \text{ g/cm}^3$,粘度18~20 s,pH值7.1~7.5。该冲洗液适用于硬岩地层,具有选择性絮凝悬渣功能,维持钻井液低固相含量,流动性、润滑性较好,有助于提高钻进效率及减少钻具磨损。同时,除了加入磺化沥青作为防塌剂外,利用聚丙烯酰胺高分子在孔壁上的网膜多点吸附性,也能够起到护壁堵漏作用。通过现场应用,该冲洗液配方性能良好,携带岩屑能力较强,排粉效果好,基本满足钻探需求,能够有效地解决钻进过程中遇到的问题,钻进效率得到大大提高。

在钻进过程中,冲洗液性能与维护对钻进效果也具有重要的影响。施工现场应配备必要的冲洗液性能测试仪器,定时测量并记录出入口冲洗液性能指标。孔内返回的冲洗液应排入沉淀池,根据性能测定并经固控设备进行相关的处理,从而达到冲洗液的设计要求,保证整个钻孔的顺利实施。

6 钻进技术措施

根据宝山矿区ZK3092孔地层的特点,选择合适的钻进工艺组合对高效钻进施工至关重要。

(1)由于开孔地层岩石全面风化,松散但夹有硬层,为了避免钻孔浅部大裂隙或破碎层的坍塌等,采用大口径 $\varnothing 130$ mm金刚石钻头单管钻进。在开孔过程中,虽然采用了优质冲洗液及灌注水泥护壁,但是转速过快钻杆易产生公转破坏孔壁,进而引起一系列的孔内事故,故采用低钻压慢转速钻进方式,钻压控制在10~12 kN,转速控制在220~280 r/min,泵量控制在40~50 L/min。同时平直提升钻具,减少对孔壁的抽吸作用,当遇地层风化较严重时,无泵钻进,保证钻孔岩心采取率。

(2)ZK3092孔自71.10~232.40 m孔段地层溶洞较多,前期使用膨润土造浆及灌注水泥等措施均不能有效地排渣,直接采用跟管钻进下入 $\varnothing 108$ mm

套管进行隔离。根据排渣情况,适当地调整泥浆泵的泵量,提高冲洗液排渣能力。

(3)当钻至232.40~445.40 m孔段时遇花岗岩地层,属于致密、坚硬“打滑”地层,针对该类地层,通过投砂短时间断水干磨加压法,加快金刚石钻头出刃,减少提钻次数,大大提高了工作效率和降低了劳动强度。由于该地层较为破碎,故在采用 $\varnothing 91$ mm金刚石钻头单管钻进213 m后,下入 $\varnothing 89$ mm套管防止孔内事故。

(4)中深部445.40~756.42 m孔段遇大破碎带,改用 $\varnothing 75$ mm金刚石绳索取心钻进,避免冲洗液直接冲刷和破坏岩心,提高岩心采取率和钻进效率。同时调低聚丙烯酰胺冲洗液中膨润土的含量,增加其流动性和润滑性,从而减少钻具磨损,最后下入 $\varnothing 71$ mm套管。

(5)在整个金刚石单管钻进过程中,为了提高其采取率,在钻头内设置卡簧和卡簧座取心工具,并根据岩性的完整程度来控制回次进尺量,一般完整岩层回次进尺量控制在2.5 m以内,松散破碎层控制在1.2 m以内,如果钻进发生堵水不进尺,及时提钻取心。

(6)在钻进过程中同时要要进行钻孔防斜,开孔前首先将钻机基础安装牢固,进行准确的钻孔定位,合理设计开孔角度,并采用初级定向钻进。开孔时主杆不得有偏差,轴心压力要均匀并及时加长粗径。在遇到促斜地层、软硬互层、岩层倾角大、断层破碎地层等时,采用长、直、重刚性大的钻具,钻进时要适当地减压减速,除此之外,注意合理选择粗径长度,以避免钻孔角度变化过大和过快。

(7)在钻进促斜地层时加强钻孔测斜,及时作钻孔弯曲图,了解钻孔趋势和钻孔空间角,以便控制钻孔弯曲。一般纠斜选择在可钻性7级以下地层, $\varnothing 91$ mm口径采取定向套管楔变径纠斜, $\varnothing 75$ mm口径采取楔卡式导斜器纠斜,楔子角度以 $1.5^{\circ}\sim 2^{\circ}$ 为宜,扭转角度修正值为 $1^{\circ}\sim 15^{\circ}$,同时对纠斜效果进行及时反馈。

7 钻进效果

通过钻探技术的优化组合应用,解决了宝山矿区复杂地层钻进困难的问题,顺利地完成了荡坪钨矿宝山矿区接替资源勘查任务,其中宝山矿区

ZK3092孔属于该矿区钻进效果最好的钻孔,施工历时48天,终孔深度756.42 m,平均时效1.68 m,台月效率达566 m,取心效果好,采取率达99%,代表性地层岩心见图1。总之,本次钻孔施工特点是施工质量好,钻进效率高,成本较低,孔内事故少,达到了设计要求,为后期的勘查施工提供了重要的技术指导。

8 结语

通过对宝山矿区ZK3092孔钻进工艺的研究和探讨,解决了该区“硬、脆、碎”复杂地层钻进困难,坍塌、缩径、卡钻、埋钻等问题,保证了勘查工作的顺利开展。其主要经验体会如下。

(1)根据地层分布情况,采用四级成孔四级套管,该钻孔结构设计合理,保证了钻孔口径的递增和终孔口径。

(2)针对宝山矿区所钻地层特点,采取同心圆尖齿孕镶型金刚石取心钻头,地层适应性强,同时结合金刚石单管钻进和绳索取心钻进组合工艺,可获得较好的钻进效果。

(3)由于宝山矿区地层的复杂性,采用组合式护壁堵漏技术,即适宜的套管层次+优质冲洗液护壁+灌注水泥护壁堵漏,有效地防止了孔内事故的发生,提高了钻进效率。

参考文献:

- [1] 韩泽坤.地质钻探孔身结构计算机设计系统的研究[D].北京:中国地质大学(北京),2005.
- [2] 汪涛.云南某矿区复杂地层深孔岩心钻探关键技术应用研究[D].北京:中国地质大学(北京)博,2012.
- [3] 黄忠高,李志强,杨启文.江西省浮梁县朱溪矿区深孔钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(5):23-27.
- [4] 孙丙伦,陈师逊,陶士先.复杂地层深孔钻探泥浆护壁技术探讨与实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(5):13-16.
- [5] 郑思光,赵志杰,李志强,等.司家营铁矿中深孔复杂地层岩心钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(2):24-26.
- [6] 李国志,杨树伟,徐景珠.浩布高矿区复杂地层钻进护壁堵漏技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(8):23-26.
- [7] 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.
- [8] 李世忠.钻探工艺学[M].北京:地质出版社,1989.