

贯通式潜孔锤反循环钻进技术在复杂地层中的应用

殷其雷¹, 博 坤¹, 李 忠²

(1. 吉林大学, 吉林 长春 130026; 2. 河北省地勘局第三地质大队, 河北 张家口 075000)

摘 要:河北涿鹿锰银矿区地质条件复杂, 干旱缺水, 传统小口径金刚石钻进技术钻进效率低、成本高、施工周期长; 此外, 设计勘探孔为斜孔, 增加了施工难度。采用贯通式潜孔锤全孔反循环钻进技术进行生产性试验, 实践表明, 该工艺方法能够解决该矿区的钻探难题, 获得良好的应用效果。针对试验中出现的问题, 提出一些改进意见。

关键词:贯通式潜孔锤; 反循环钻进; 复杂地层; 斜孔; CSR 钻探方法

中图分类号: P634.5⁺6 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2008)05-0009-04

Application of Hollow-through DTH Hammer Drilling with Reverse Circulation in Complex Formation/YIN Qi-lei¹, BO Kun¹, LI Zhong² (1. Jilin University, Changchun Jilin 130026, China; 2. 3rd Geology Team under Hebei Provincial Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Zhangjiakou Hebei 075000, China)

Abstract: The geological conditions in manganese and silver mineral in Zhuolu of Hebei Province is complicated with drought and water shortage, traditional small diameter diamond head drilling is not suitable because of its low drilling efficiency, high cost and long construction period. In addition, the exploratory hole is slant, which makes the construction more difficult. The hollow-through DTH hammer drilling techniques with whole hole reverse circulation is adopted, it is proved that this technique can resolve drilling difficulties. According to some problems appeared in experiment, improved advices are put forward.

Key words: hollow-through DTH hammer; reverse circulation drilling; complex formation; slant hole; center sample recovery

“河北省涿鹿县相广乡锰银矿南区普查”项目由河北地勘局第三地质大队进行矿区勘探施工。

1 概述

1.1 矿区情况概述

矿区位于河北张家口市涿鹿县境内, 海拔在 700~1400 m 之间, 地形陡峭, 钻孔布置在山上, 交通条件差。矿区除雨季无地表水流, 地下水系不发育, 岩层风化漏失严重, 属于水源缺乏地区, 钻探用水需从附近村庄拉水。

相广锰银矿地处华北地台北缘, 属气温热液成矿带, 成矿地质条件复杂。主要岩性为流纹质凝灰岩、爆发角岩、流纹质熔结凝灰岩及闪长岩、花岗闪长岩、花岗斑岩等, 新生界第四系遍布全区。受区域构造影响, 区内断裂构造较发育, 所有矿体均产于断层破碎带中。全区共发现大小矿脉 67 条, 多为压扭性断裂。

区内地质情况复杂, 裂隙发育, 地层坚硬且破

碎, 漏失严重; 孔壁稳定性差, 稍有扰动容易发生坍塌事故。此外, 自明朝万历年间古人就在矿区内开采银矿, 无序的开采导致矿区内形成多处矿洞, 且地下分布的盲空区没有准确的地质资料。该矿区属于硬、脆、碎、漏、塌的极其复杂地层, 钻孔施工难度大。

1.2 金刚石钻进技术应用情况

近年来, 河北省地勘局第三地质大队多次对该矿区进行钻探勘察, 采用的工艺方法为小口径金刚石钻进。由于地层破碎、漏失严重, 钻进的效果不佳, 钻进效率低, 烧钻、埋钻事故频发。由于矿区地层漏失严重, 采用金刚石钻进时因供水困难, 导致钻探成本很高, 勘探工作难以开展。

金刚石钻进中主要存在的问题:

(1) 地层极其复杂, 裂隙发育, 漏失严重。一旦冲洗液漏失需要采用灌注水泥浆进行防渗、护壁, 区内供水困难, 导致钻探成本大幅度提高和延长施工周期;

(2) 岩层坚硬破碎, 钻进效率低, 岩心管容易发

收稿日期: 2008-03-21

基金项目: 中国地质调查局资助项目(编号: 1212010660804)

作者简介: 殷其雷(1984-), 男(汉族), 吉林长春人, 吉林大学学生, 勘查技术与工程专业, “大学生创新性实验计划”国家级资助项目负责人, 吉林省长春市西民主大街; 博坤(1981-), 男(蒙古族), 吉林长春人, 吉林大学在读博士, 地质工程专业, bokun@email.jlu.edu.cn; 李忠(1963-), 男(汉族), 河北万泉人, 河北省地勘局第三地质大队副队长、高级工程师, 探矿工程专业, 河北省张家口市。

生卡堵,岩心采取率不足;

(3)地层情况复杂,孔壁不稳定,频繁提下钻具形成的压力激动和抽吸作用,以及冲洗液的冲刷,易造成孔壁的坍塌和破坏;

(4)钻孔多为 70° 斜孔,钻孔轴线方向垂直于矿层的倾向,一旦发生孔斜,将导致判断矿层厚度误差。金刚石钻进遇到软硬夹层时,容易发生孔斜。

2 贯通式潜孔锤反循环连续取心技术的生产性试验

2.1 设备与机具

(1)XY-44型大通孔液压主轴式岩心钻机,改装动力机为功率12 kW/20 kW、转速490 r/min(980 r/min)的多级变速电机,改装后立轴最低转速为25~35 r/min,保证冲击回转钻进过程中要求的低转速。

拆除原有倒杆卡盘机构,利用六方主动钻杆传递扭矩,依靠卷扬机牵引气水龙头实现钻具的提升和给进,从而实现不倒杆、连续钻进过程;利用三角钻塔实现斜孔钻进。

(2)阿特拉斯公司生产的XRVS486型螺杆式空压机,其主要技术参数为:排气量 $24\text{ m}^3/\text{min}$,额定排气压力2.4 MPa。

(3)吉林大学自主研发的GQ127、GQ108、GQ89型贯通式潜孔锤和反循环钻头及SLT89型双通道气水龙头。

(4) $\varnothing 89\text{ mm}$ 双壁钻杆(内管直径43 mm)。

钻进系统结构如图1所示。

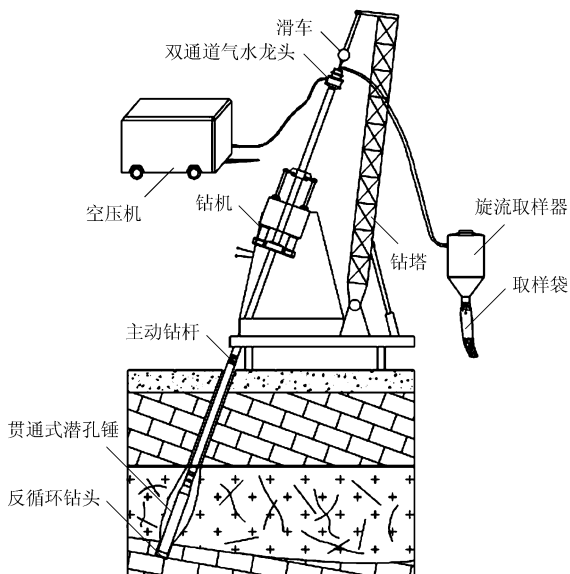


图1 钻进系统结构原理图

2.2 钻具组合及钻孔结构设计

由于该矿区地层情况复杂,故钻孔结构应多留几级储备系数。钻具组合及钻孔结构设计如下。

表层为第四系黄土层: $\varnothing 170\text{ mm}$ 桶状硬质合金钻具+双壁主动钻杆+SLT89型双通道气水龙头,实施硬质合金钻进。

开孔钻进: $\varnothing 152\text{ mm}$ 反循环钻头+GQ127型贯通式潜孔锤+ $\varnothing 89\text{ mm}$ 双壁钻杆+双壁主动钻杆+SLT89型双通道气水龙头,待钻穿风化覆盖层后,下入 $\varnothing 146\text{ mm}$ 孔口套管护壁。

基岩钻进: $\varnothing 133\text{ mm}$ 反循环钻头+GQ127型贯通式潜孔锤+ $\varnothing 89\text{ mm}$ 双壁钻杆+双壁主动钻杆+SLT89型双通道气水龙头;或 $\varnothing 115\text{ mm}$ 反循环钻头+GQ108型贯通式潜孔锤+ $\varnothing 89\text{ mm}$ 双壁钻杆+双壁主动钻杆+SLT89型双通道气水龙头。并配备GQ89型贯通式潜孔锤+ $\varnothing 89\text{ mm}$ 双壁钻杆满眼钻具做次级储备。

送风管路:空压机+2 in($\varnothing 50.8\text{ mm}$)高压胶管+三通+SLT89型双通道气水龙头。

2.3 工艺参数

风压1.4~1.8 MPa;钻压7~15 kN;转速25~35 r/min;风压依据地层情况及循环阻力变化,确保满足潜孔锤额定工作压力。

3 生产试验效果

3.1 应用效果

3.1.1 钻探技术效果

(1)钻进效率高,钻头寿命长。本矿区主要岩石以火山岩及侵入岩为主,主要岩性为流纹质凝灰岩、爆发角岩、流纹质熔结凝灰岩及闪长岩等,构造裂隙发育、坚硬、破碎,可钻性8~9级,试验中平均时效12 m,最高时效>20 m。岩石研磨性不强,钻头边齿磨损慢,钻头工作寿命在100 m以上。

(2)钻孔质量好。流体介质全孔反循环,流体介质对孔壁冲刷小,有利于保护孔壁完整;所匹配的钻杆刚性好,加之采用的钻进参数为小钻压、低转速,钻杆不易弯曲而撞击孔壁,从而有利于复杂破碎地层保护孔壁,防止坍塌掉块。利用潜孔锤高效碎岩,钻进规程参数小,以动载体积碎岩为主,冲击载荷以应力波的形式沿钻孔轴线方向作用于孔底岩石,不易产生径向分力,因而钻孔不易弯曲,所试验的几个钻孔直线度好,满足地质要求。

(3)钻探成本低。利用压缩空气作为动力介质和冲洗介质,解决该矿区无水钻探难题,又节约了供

水系统费用和劳动力;减少护壁堵漏工序,节省泥浆及堵漏材料;钻探效率大幅度提高,延长了钻头寿命,减少了孔内事故,使钻探综合成本大幅度降低。

(4)该技术施工工艺简单,钻进参数容易控制,钻探工人能很快掌握操作要领和规程。

3.1.2 地质成果

(1)反循环稳定可靠,携带能力强,岩矿心采取率 98% 以上,无论地层情况如何都能形成稳定的反循环。改变传统获取岩心为碎屑状岩样,也能够获取块状、短柱状岩心。

试验 ZK2201 孔时,钻进至 66 m 时遇到空区,空区高度约 2.5 m。由于压缩空气在钻具内类似封闭式循环,穿过空区,钻具与孔底接触后,反循环立即恢复,在常规正循环和 CSR 方法是无法实现的。

(2)岩矿心质量好,代表性强,钻进与取心同步进行,岩矿心形成后即可直接进入潜孔锤及钻头贯通孔内,迅速排至地表,与孔壁无接触和交换,纯洁性好。用与钻孔直径相同的塑料袋或管,在岩样出口处承接,便于收集和适时观察岩层的变化情况,将岩心样袋按照钻进的先后顺序依次排列,就能真实、准确的反应出地层的柱状图。

(3)判断准确、及时,由于中心通道的气体携带岩屑上返流速高,岩矿心实现了随钻连续取心,随时确定岩性和地层的变化,地质描述准确,并可防止打丢矿层,即使遇到老窿和空区,穿过以后仍然能够进行取心钻进。

3.2 完成工作量

通过在河北涿鹿锰银矿极其复杂的地层条件下的生产性试验,贯通式潜孔锤全孔反循环钻进技术取得了良好的效果,完成 7 个孔 824 m 工作量(见表 1)。试验孔间隔距离较大,且每个孔地层情况均不尽相同,试验过程和结果具有一定的代表性。

表 1 钻孔技术成果表

孔号	钻孔深度 /m	平均时效 /m	设计倾角 /(°)	实际倾角 /(°)
ZK9101	116	14.6	70	70
ZK9201	76	12.2	82	81.5
ZK1301	76	8.0	70	70
ZK2101	136	11.5	70	69.5
ZK2301	170	12.5	70	70.5
ZK1101	170	13.5	70	70
ZK2201	80	8.5	70	70

3.3 贯通式潜孔锤反循环钻进方法与 CSR 钻探方法比较

该矿区同时采用 CSR 钻探方法进行试验,对比

两项钻探工艺的主要特点。

3.3.1 钻进效率

两者皆采用潜孔锤高效碎岩,钻进效率高。

3.3.2 反循环形成原理

贯通式潜孔锤反循环钻进的反循环钻头是根据多喷嘴引射器原理设计的,依靠钻头的特殊结构形成反循环(见图 2):气体通过钻头底喷孔时形成高速射流,对周围的流体具有卷吸、引射作用,在钻头底部形成稳定的负压区。被卷吸的气体携带岩心样从中心通道上返。当遇到地层极其破碎、裂隙发育或扩径、空洞时,钻头内喷孔形成的内通道斜向上的射流,具有很强的抽吸引射能力,能够保证良好的反循环效果。即使遇到空区、溶洞,亦能形成良好的反循环。

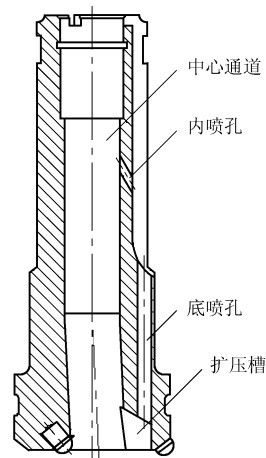


图 2 反循环钻头结构

CSR 钻探技术利用交叉接头与孔壁之间的微小的间隙密封,造成外环间隙阻力大于内通道,从而形成反循环,但交叉接头以下部位为正循环,钻至空区、溶洞时无法形成反循环排渣。

3.3.3 岩样质量

贯通式潜孔锤反循环钻进为全孔反循环,无污染、不混样,能够获取短柱状、块状岩心,有利于地质人员分析利用。

CSR 钻探方法在潜孔锤部位是正循环,可能导致样品混淆,取出的岩样为岩屑或岩粉状,无法直接观察地层变化情况。

3.3.4 地层适应能力

贯通式潜孔锤反循环钻进方法具有良好的地层适应能力,无论地层情况如何复杂,都能形成良好的反循环;孔内遇水时,在水柱背压的影响下反循环效果更好。

CSR 钻探方法在完整地层反循环效果良好,但

当地层有裂隙时,压缩空气漏失,无法形成反循环;孔内潮湿时,岩粉容易形成泥球或泥颈,堵塞中心通道。

4 结语

贯通式潜孔锤反循环钻进技术钻进效率比常规方法高5~8倍,岩心采取率高,在干旱缺水地区施工较传统钻探方法具有明显的优势,随着该项技术日趋成熟,其优越性也受到钻探界的广泛认可,将在我国今后的钻探领域广泛推广应用并能取得良好的经济和社会效益。

本次试验取得的阶段性成果,为该项技术的进一步推广应用积累更多的经验。同时也存在一些问题,有待于今后工作中进一步研究解决。

(1)针对立轴钻机应用该项技术。本次试验实现了立轴钻机的长行程给进,大幅度提高纯钻进时间,但由于拆除了液压卡盘系统,单纯依靠卷扬机的提升力,其处理事故的能力也随之下降,对于突发出现的孔内事故无法及时处理。在今后的应用中,应对钻机结构合理改进,设计增、减压机构,或选择适合的动力头式钻机。

(2)强吹孔时粉尘污染大,需要配备相应的除尘设备,也可以与雾化钻进或泡沫钻进相结合。

(3)由于矿区岩石脆性大,岩心在冲击应力作用下很容易剪断,取出的岩心长度较短。需要从钻头结构和钻进参数两方面进行优化改进,提高采取的岩心长度。

(4)由于本次试验中钻杆接头外径较大,GQ89型贯通式潜孔锤未应用。该套钻具系统直径为89mm,为满眼钻具。孔壁间隙小,破碎岩石没有坍塌的空间,钻杆同时也作为套管护壁,可以解决极易坍塌、掉块地层中的钻探难题,具有很大的应用潜力,在今后的勘探工程中应广泛地推广应用。

参考文献:

- [1] 张祖培,殷琨,等. 岩土钻掘工程新技术[M]. 北京:地质出版社,2003.
- [2] 耿瑞伦,陈星庆. 多工艺空气钻探[M]. 北京:地质出版社,1995.
- [3] 张祖培,刘宝昌. 碎岩工程学[M]. 北京:地质出版社,2004.
- [4] 王茂森,殷琨,蒋荣庆. 全孔反循环中心取样钻进设备与试验研究[J]. 煤田地质与勘探,2000,(5).
- [5] 博坤. 贯通式潜孔锤反循环钻进技术试验及钻头流场分析[D]. 长春:吉林大学,2006.

阿特拉斯·科普柯 CS14 型全液压岩心钻机创造 1411.48 m 的新纪录

本刊讯 2007年,全球的黄金产量超过了2447t,其中的1/10强来自于中国。目前中国的黄金资源勘查工作正在以更高的热情来满足国内外市场对黄金产品的需求,同时为了提高生产效率而加速提高技术与装备水平。

贵州地处高原地区,是全球喀斯特地貌最发育的典型地区之一。贵州省17.6万km²国土面积的基础地质工作都是由贵州省地质矿产勘查开发局(简称“贵州地勘局”)所承担。目前,贵州地勘局在使用新技术勘查钻孔方面达到了新高度。在贵州贞丰水银洞金矿的勘探中,使用阿特拉斯·科普柯CS14型全液压岩心钻机NQ(75mm)规格钻进深度达到了1411.48m,刷新了阿特拉斯·科普柯该机型NQ规格的最大标称深度1200m。

在距贵阳市260km的贞丰水银洞金矿者相镇纳秧矿段,2台阿特拉斯·科普柯Christensen CS14型全液压岩心钻机正在钻探施工。这是贵州地勘局112地质大队工程勘查总公司(简称112队)于2007年1月引进的,主要进行孔深在700~1400m的勘探钻孔。经过1年的运行,2台CS14型全液压岩心钻机累计施工钻孔17个,完成钻探工作量15102.58m,实现产值921.26万元。

112队负责的贵州贞丰水银洞金矿者相矿段是从2002年开始勘探,该矿地层比较完整,成矿一般都在底部,采用绳索取心钻进方法进行勘探。

目前在贵州贞丰水银洞金矿者相矿段,112队共投入3台勘探钻机,2台阿特拉斯·科普柯CS14型全液压岩心钻机和1台国产XY-2000型钻机。这是112队第一次购买和使用阿特拉斯·科普柯的产品,与之前购买的并在同一矿区的国产XY-2000型钻机相比,CS14型全液压岩心钻机高速、稳定的优越性得到了展现,取得了较高的施

工效率。同时,在使用过程中,通过合理选择深孔施工的钻进参数和工艺等方法,施工效率得到了大幅提升。

试运行阶段,2台CS14型岩心钻机在HQ(95mm)孔段钻进最高时效均高达17.96m,是同矿区国产钻机的5.24倍;平均钻进效率达到同矿区国产钻机的6.33倍。

全年运行阶段,2台CS14型岩心钻机单孔最高台月效率分别达到1618.76m和1705.09m,同矿区国产钻机最高台月效率为694.02m;累计全年平均台月效率分别为1074.64m和757.33m,分别为国产钻机的2.3倍和1.62倍;全年累计平均小时效率分别为4.51、4.98m,分别为国产钻机的2.56倍和2.83倍。

该矿勘探孔的布孔方式为160m×160m,严格控制钻孔质量,钻孔顶角误差允许范围为0~100m≤2°,100~200m≤4°,全孔岩心采取率≥85%,每100m必须校正一次,误差>1‰。

据112队副经理刘玉超介绍,2台CS14型钻机自2007年1月19日正式投入使用,钻机最深达到1411.48m,台班进尺最高达到70m/12h。到目前为止,钻孔成功率很高,无报废进尺。施工的钻孔都是700~1400m中深孔,钻孔偏差量控制在允许范围之内。1号钻机已经累计钻进了8446m,2号钻机累计钻进了6432m。目前这2台CS14型钻机运转正常,截止3月底,已经钻了2个孔,终孔深度分别是770m和716.19m,开孔直径为130mm(国产套管),终孔直径75mm。

CS14型钻机使用的阿特拉斯·科普柯进口钻杆,平均使用寿命达到8000~9000m,XY-2000型钻机使用国产钻杆,平均使用寿命为3000m左右。

(贺彩宏 供稿)