

# 栾川钼矿采空区钻探技术试验研究

郑英飞, 王茂森

(吉林大学建设工程学院, 吉林 长春 130026)

**摘要:**针对栾川钼矿地质结构复杂、地下采空区交错纵横,采空区底板凹凸不平开孔困难,普通钻进容易造成钻孔偏斜的情况,为解决矿区面临的勘探技术难题,研究试验了以潜孔锤反循环钻探技术为核心,集成多种先进的钻探机具,采取人工造孔法、下套管导向法或实时控制参数法等钻探工艺,顺利在采空区底板打孔并钻穿多层采空区,取得了良好效果。

**关键词:**采空区;潜孔锤反循环钻进;跟管钻进;多工艺空气钻进;实时控制参数

**中图分类号:**P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2014)02-0022-04

**Experimental Study on Drilling Technology in Molybdenum Mine Mined-out Area/ZHENG Ying-fei, WANG Mao-sen**  
(College of Construction Engineering, Jilin University, Changchun Jilin 130026, China)

**Abstract:** According to the complex geological structure in molybdenum mine of Luanchuan with crisscross underground mined-out areas and uneven mining floor, experimental research was made on drilling equipment integrated various advantages which took reverse circulation DTH hammer drilling technology as the core to solve the exploration difficulties in this mining area. The artificial hole-making, casing guiding, or real time parameter control methods were adopted, the construction was completed with good effects.

**Key words:** mined-out area; reverse circulation DTH hammer drilling; drilling with casing; alternative process air drilling; real time parameter control

## 1 概述

随着经济的持续发展,对包括钼金属在内的矿产资源的需求越来越大。栾川钼矿是中国最大的钼矿山,也是世界级特大型钼矿山。而富含钼矿的矿层被当地多家集体单位以及个人无规则的乱采滥挖,形成了众多形状大小不一的采空区。由于采空区的存在,目前已经发生多起坍塌事故,造成人员的伤亡和财产的损失。因此,解决该矿山复杂地层的勘探工作,意义重大。而目前常规勘探方法钻遇坚硬、研磨性强地层,成本高、效率低,岩矿心采取率难以满足地质要求。本文综合了多种钻探工艺,以潜孔锤跟管钻进反循环为核心,采用特殊的钻进工艺,解决了采空区底板难以成孔、岩心采取率不足的难题。根据地层的不同,选取不同的钻进机具及工艺,解决了钼矿采空区的勘探难题。

## 2 技术方案的选择

### 2.1 潜孔锤反循环钻进法

针对钻探过程中遇到的漏失地层、孔壁失稳地层、亲水地层等复杂条件,普通的钻进方法在钻遇这些复杂地层时,常遇到难破碎、难成孔、钻进速度与

岩心(样)的采取率极低的问题,卡钻、埋钻事故频发。为了解决这些技术难题,研究决定采用潜孔锤反循环钻进方法。

潜孔锤反循环钻进法即由双壁钻具系统与贯通式潜孔锤、反循环钻头所构成的反循环钻具系统,实施贯通式潜孔锤反循环连续取心钻进工艺技术,如图1所示。空压机输出的压缩空气,经高压胶管进入双壁钻杆内外管的环状间隙,进入潜孔锤,推动其内的冲击活塞进行往复冲击,对破碎岩石的钻头施加周期性的冲击力,来实现冲击破碎岩石。做功后的废气不进入孔底,而从钻头的内喷射孔进入内钻杆中心,携带岩屑排至地表。

采用潜孔锤反循环钻进方法,在钻进过程中流体介质全孔反循环,排渣能力强,输运速度快,对孔壁扰动小,流体介质无漏失,流体介质反循环能力强,上返流速高,可及时、快速地将岩心(样)携带至地表,无污染,不颠倒,取心率高,准确性及剪层能力强,判层准确,取心品位误差小,对于难于取心的地层和矿区,效果显著。

### 2.2 跟管钻进法

跟管钻进是解决坍塌、漏失地层极为有效的

收稿日期:2013-08-15

作者简介:郑英飞(1991-),男(汉族),河南辉县人,吉林大学在读硕士研究生,地质工程专业,从事钼矿采空区勘察及充填技术研究工作,吉林省长春市西民主大街938号,759877442@qq.com。

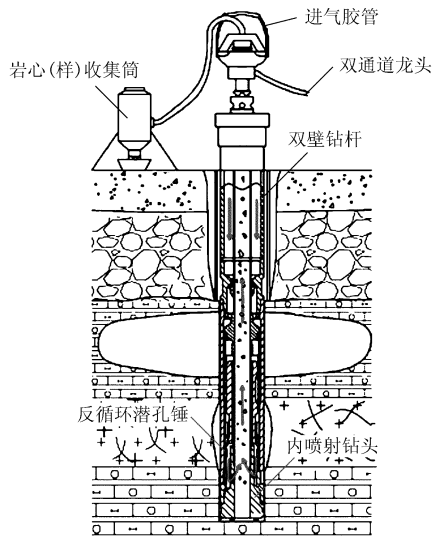


图1 潜孔锤反循环钻进原理图

通过连接在潜孔锤上方的交叉接头进入到双壁钻杆的中心通道,如图3所示。

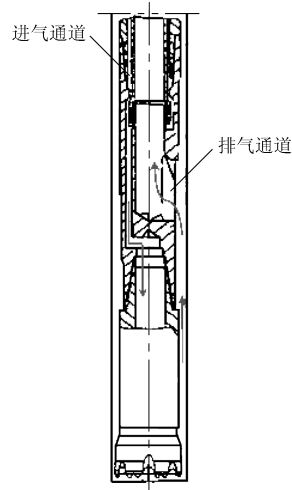


图3 局部反循环结构原理示意图

方法。

跟管钻进原理:潜孔锤在压缩空气的作用下,产生周期性冲击作用,冲击力作用在套管靴上,使套管靴向下运动,同时带动与其连接的套管向下运动,实现跟管钻进,其结构原理如图2所示。

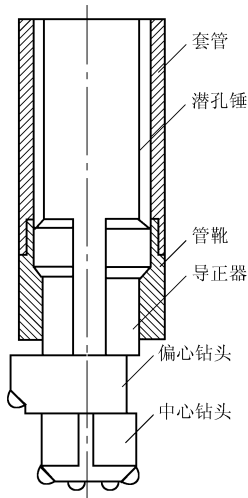


图2 跟管钻进原理图

跟管钻进过程中,排渣和护壁同时进行,钻孔完成后,钻具反转,偏心扩孔钻头和中心导向钻头位置重合,潜孔锤可以直接从套管中拔出,将套管留在孔内跟管钻进时,获取的岩心(样)的方式为正循环,采取率较低。跟管钻进可以与其他钻探机具结合使用,比如可以和潜孔锤反循环钻具结合使用。

### 2.3 CSR 钻进法

CSR 钻进法是一种局部反循环连续取样的钻进方法,它利用普通潜孔锤在孔底实现高速冲击回转碎岩,同时采用正循环方式携带破碎的岩屑上行,并

由于取消了取心过程,所以大大增加了纯钻进时间,显著提高钻进效率。实践表明,CSR 钻进与常规金刚石取心钻进相比,成本为后者的 1/5 ~ 1/2,钻进效率却提高了 4 倍以上。

## 3 多层采空区勘探工艺研究

在勘探和钻穿多层采空区时,主要的问题就是采空区底板凹凸不平,在进行钻探作业时,开孔十分困难,钻头会偏向阻力更小的一方,即偏向向下倾斜的一方,造成钻孔偏斜,使得上下的钻孔轴线不在一条直线上,偏斜过度的,会造成钻具折断,使钻穿采空区的钻进不能顺利进行,因此穿越多层采空区是勘探中的一大难题,而核心的问题,就是如何在采空区底板垂直地进行钻孔,使采空区顶板和底板钻孔的轴线在一条直线上。

结合矿区地层情况及采空区底板状况,钻进工艺方面选择人工造孔法、下套管导向法和实时控制参数法。为了能够更好地、更有效地获取岩心,在穿过采空区时选择潜孔锤反循环跟管钻进机具,因为在采空区中,空间很大,如果选择正循环钻具,从中心孔中充入的压缩气体会吹向采空区的空间中,不能形成循环气体而将岩心带回地面。选择反循环钻探机具,岩心能够从中心孔中返回地面。钻穿地面至采空区的部分时,采用局部反循环钻进,钻进速率高,而在钻进过程中采用跟管钻进,套管可以起护壁的作用。

### 3.1 人工造孔法

人工造孔法是在采空区底板灌注一定数量的混

凝土,在混凝土未凝固前,把与钻头直径相同的圆柱插入混凝土内,在混凝土内预制一圆孔;待混凝土凝固后,取出圆柱,在混凝土中形成一个与钻头直径相同的圆孔,所预制圆孔成为底板钻孔的导向孔,对钻进起导向作用。人工造孔法穿越采空区如图4所示。

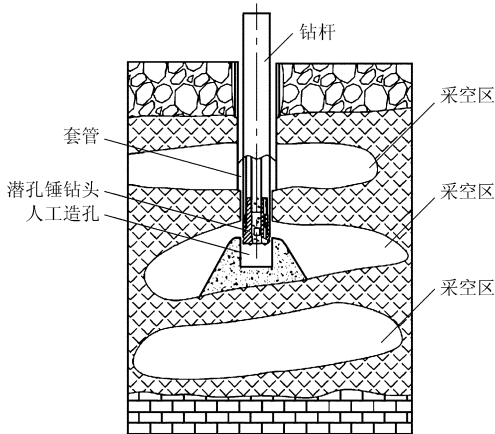


图4 人工造孔法穿越采空区示意图

### 3.2 下套管导向法

下套管导向法就是在钻具钻至采空区时,停止钻进,在采空区底板灌注一定量的混凝土,在混凝土未凝固时,垂直插入一根与钻头直径相同的套管,凝固之后,套管留在混凝土中,然后继续下钻头进行钻进。实施过程中,为防止套管偏斜,套管应具有一定的强度,插入混凝土中的套管部分应有一定的长度,要求施加给套管的压力要大。套管固定在混凝土中,起到了导向和防止钻头偏斜的作用,以此来保证钻进过程中,钻具垂直钻进。下套管固定法穿越采空区如图5所示。

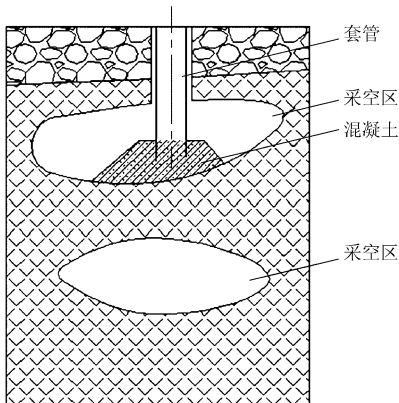


图5 下套管固定法示意图

### 3.3 实时控制参数法

实时控制参数法是通过实时控制潜孔锤钻压、转速、供风量等参数,在采空区底板形成一平面,然后再开孔钻进,以保证底板开孔轴线与顶板钻孔轴线在同一直线上。潜孔锤冲击能量由冲击能与冲击频率的乘积表征,影响冲击频率和冲击功的主要是风量,由输入风量的变化而引起风压的变化。风量与风压是相关的,且风压较容易测量,所以潜孔锤钻进中常用风压作为工艺规程参数的重要指标之一。潜孔锤冲击频率和冲击功与风压之间的关系如图6所示。图6表明,冲击能和冲击频率与工作风压大致呈线性关系。

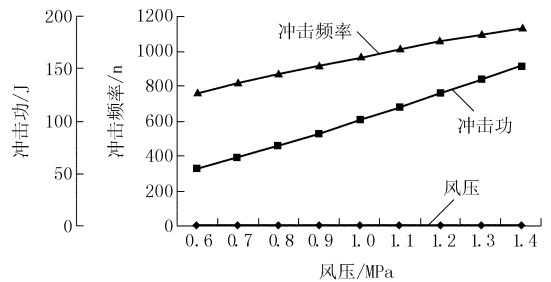


图6 潜孔锤冲击功、冲击频率与风压关系图

在钻进过程中,钻速与风压也成正比的关系。图7所示为机械钻速与风压的关系图。

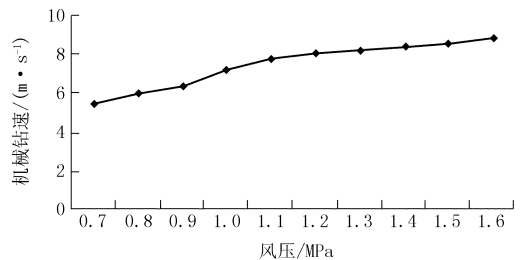


图7 机械钻速与风压关系图

对于确定的潜孔锤,其压力降与供风量呈正比关系。当供风量增大时潜孔锤的压力也随之升高,其压力降与供风量呈正比关系。当供风量增大时潜孔锤的压力也随之升高。

因此,在钻进过程中,主要的参数是供风量,它直接决定了钻压和钻速。实施过程中,要求始终保持钻头与采空区底板凸起处的点接触,要求始终保持钻具垂直度,由于破碎的是微小的底板岩石,因此需要的钻压及钻速要低,采用轻压低速微钻进参数,以确保钻具垂直于底板平面。

### 3.4 三种工艺方法的比较

3种工艺方法的比较见表1。

因此,综合比较了3种方法,人工造孔法和下套管导向法都需要灌注一定的水泥,混凝土凝固时间

表1 三种工艺方法的比较

方法	操作难易程度	施工周期	优点	缺点
人工造孔法	简单	长	孔的定位准确	混凝土凝固需要时间且取出圆柱需要施加额外的力,耗时长
下套管导向法	简单	长	套管不需要取出,较人工造孔法省时	混凝土凝固需要时间且导向没有人工造孔法精准
实时控制参数法	困难	短	不需要额外的机具	需要实时控制参数消耗人力

较长,实时控制参数法在钻孔时需要在采空区底板先钻出小平面,钻压和钻速很小,耗时也大。

#### 4 试验情况

在栾川钼矿现场试验中,选取主要设备机具:GSD-型钻机,XRVS-466型空压机,拔管机,偏心跟管钻具,全孔反循环钻具。

钻进过程中,地面到采空区孔段,采用CSR局部反循环快速钻进,配合跟管钻进;钻至采空区孔段,选用潜孔锤反循环钻具,采用人工造孔法、下套管导向法或实时控制参数法进行钻进,保证采空区顶板和底板钻孔中心线在一条直线上。

2011~2012年期间,在栾川钼矿采用多种潜孔锤钻进集成技术,突破了复杂条件的钻探禁区,高效、优质地完成了数万米的钻探工作量,准确探明很多地下采空区和盲空区,成功钻穿了多层采空区,避免了矿山塌陷事故的发生,确保了矿山生产安全。

#### 5 结语

在栾川地区多层采空区的勘探中,综合运用和集成了潜孔锤钻进、跟管钻进、反循环钻进等多种先进钻探方法,形成以潜孔锤反循环为核心的新型复杂地层勘探集成技术,在钻穿采空区时,运用了实时控制参数的工艺方法,成功在采空区底板钻孔,解决了复杂地层钻探技术难题。

#### 参考文献:

- [1] 石志纯,赵国彦,李发本. 地下复杂采空区的探测[J]. 采矿技术,2005,5(4):103-104,120.
- [2] 牛建光. 洛阳钼矿采空区的稳定性仿真分析与研究[D]. 吉林长春:吉林大学建设工程学院,2007.
- [3] 博坤. 贯通式潜孔锤反循环钻进技术钻具优化及应用研究[D]. 吉林长春:吉林大学建设工程学院,2009.
- [4] 李冬霜,王茂森,梁毅. 洛阳栾川钼矿复杂地层钻进工艺研究与试验[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(6):10-12.
- [5] 王茂森. 全孔反循环潜孔锤参数优化及其钻进工艺研究[D]. 吉林长春:吉林大学建设工程学院,2007.

## 我国首次在西南印度洋使用水下机器人勘探作业

中国政府网消息(2014-02-13) 从国家海洋局获悉,我国近日首次在西南印度洋1万km<sup>2</sup>的多金属硫化物勘探合同区成功实施水下机器人——“海龙”号无人缆控潜水器作业。

国家海洋局表示,通过水下机器人的观测,中国大洋科考扩大了两个热液区硫化物的分布范围,了解到碳酸盐区的分布特征。这些精细资料将对我国在多金属硫化物勘探合同区的后续科考工作起到重要参考作用。

据了解,我国“大洋一号”科学考察船搭载的“海龙”号无人缆控潜水器分别于1月27日、1月29日、1月31日、2月1日和2月2日进行了5次下水作业,其中4次取得成功。作业中,“海龙”号充分发挥调查精细的特性,为我国摸清多金属硫化物勘探合同区的硫化物情况提供了良好的设备保障。这也是“海龙”号在“大洋一号”船本航次任务中首次进行与母船配合情况下的自动寻线跟踪模式作业。

海底热液区中的热液硫化物是日益受到国际关注的一种海底矿藏。它的成因在于海水从地壳裂缝渗入地下,遇到熔岩被加热,溶解了周围岩层中的金、银、铜、锌、铅等金属后

又从地下喷出。这些金属经过化学反应形成硫化物沉积到附近海底,像“烟囱”的形状堆积起来,因此,被形象地叫做“黑烟囱”。

在下潜中,“海龙”号不仅观测到了“黑烟囱”、盲虾和鱼等热液区生物,还扩展了死亡“烟囱体”的分布范围。在非活动热液区,通过水下摄像和照相,了解到热液沉积的分布范围,观测到热液沉积的分布特征,为海底摄像资料的后续解读提供了参照。在最后一次作业中,“海龙”号除了观测到碳酸盐的“烟囱体”,而且还成功取出一管水样。据首席科学家陶春辉介绍,本次作业的高精度定位,实时精确控制观测、照相、取样等能力是常规调查手段难以达到的。

此外,在作业中“海龙”号的机械手、取样器、温度计等曾在水下出现异常。上海交通大学水下工程研究所水下机器人系统开发师吴超解释称,这可能与设备年头长、个别零部件不太好用有关,也可能与作业时长有关。本航段“海龙”号已突破近底连续作业8h的纪录,而以往水下机器人近底工作时间基本都在3~4h。针对取样器和机器人手出现的问题,工作人员已制订多套调整方案。