

# RC 50贯通式潜孔锤结构原理及其在乌山铜钼矿的应用

李雪峰

(中国黄金集团内蒙古矿业有限公司, 内蒙古 满洲里 021400)

**摘要:**贯通式潜孔锤是空气反循环连续取样钻探技术中必不可少的设备之一。瑞典产 RC 50 贯通式潜孔锤在中国黄金集团乌山铜钼矿进行了应用,取得了良好的效果。重点对 RC 50 贯通式潜孔锤结构、原理、性能及其在乌山铜钼矿的应用效果进行介绍。

**关键词:**贯通式潜孔锤;空气反循环连续取样钻探;乌山铜钼矿

**中图分类号:**P634.4 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2014)01-0054-05

**Structure and Principle of RC 50 Run-through DTH Hammer and Application in Wushan Copper - molybdenum Mine/Li Xue-feng** (China Gold Group Inner Mongolia Mining Co., Ltd., Manzhouli Inner Mongolia 021400, China)

**Abstract:** Run through DTH hammer is one of the necessary equipment of air reverse circulation drilling technology in continuous sampling. The RC 50 Hollow DTH hammer is applied in the China Gold Group Wushan Copper Mine, and achieved good results. Focusing on the RC 50 DTH structure, principle, performance and application effect are introduced in Wushan Copper Mine, so that the majority of the industry have a better understanding of the imported products to promote the process of domestic, imported equipment, so that the mineral resources of our country to develop and use more reasonable, improve comprehensive economic benefits.

**Key words:** run-through DTH hammer; air reverse circulation; Wushan copper - molybdenum mine

## 0 前言

空气反循环连续取样钻探技术是集潜孔锤冲击回转高速碎岩钻进、压缩空气全孔反循环、钻进过程中连续获取岩样 3 项先进技术于一体的钻进新技术。因其钻孔质量好、钻进效率高、取样率高、成本低、利于穿越复杂地层等特点,被钻探界称之为继绳索取心钻探技术之后的又一次技术革命。在国内,这项技术的地质效果也被地质人员所认识和接受<sup>[1,2]</sup>。

随着钻探技术的发展,国内也相继研发生产了各类贯通式潜孔锤,如由长春地质学院(现吉林大学)研制的 GQ 系列贯通式潜孔锤<sup>[3,4]</sup>、中国地质科学院勘探技术研究所研制的 FQC 系列贯通式潜孔锤<sup>[5]</sup>、长沙黑金刚实业有限公司生产的 HRC 系列贯通式潜孔锤<sup>[6]</sup>等,这些潜孔锤在空气反循环连续取

样工作中发挥了积极的作用。

本文介绍瑞典阿特拉斯·科普柯集团生产的 RC 50(Reverse Circulation 外径 5 in)贯通式潜孔锤在中国黄金集团乌山铜钼矿的实际应用,使广大业内人士对进口同类产品能够进一步了解,实现共享,从而制造出性能可靠、寿命高的国产贯通式潜孔锤,为地质勘探服务,使地质资源得到合理的开发与利用,提高综合经济效益。

## 1 RC 50 贯通式潜孔锤的结构及原理

### 1.1 结构

RC 50 贯通式潜孔锤结构见图 1。

主要由后接头、外套管、前接头、适配管、单向阀、配气阀、中心收集管、活塞、活塞缸套及钻头滑套组成。图 1 中卡套及钻头不属于潜孔锤的零部件。

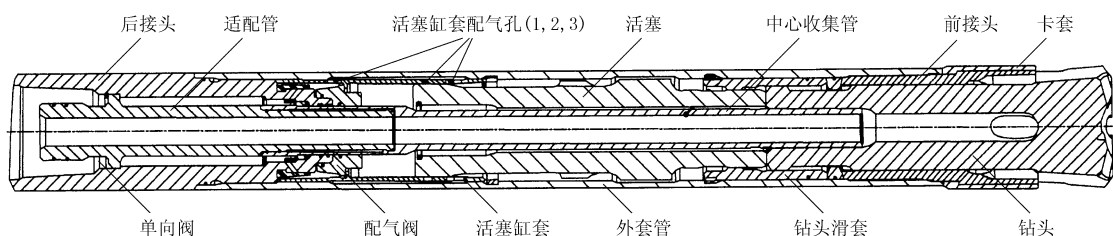


图 1 RC 50 贯通式潜孔锤结构示意图

收稿日期:2013-07-08; 修回日期:2013-10-27

作者简介:李雪峰(1968-),男(汉族),黑龙江齐齐哈尔人,中国黄金集团内蒙古矿业有限公司采钢厂副厂长、高级工程师,探矿工程专业,负责钻探生产的管理及技术工作,内蒙古满洲里一道街 51 号国际邮件交换站,lxf\_210604@163.com。

潜孔锤工作时,除单向阀、配气阀及活塞做上下运动外,其余部件均为固定连接,密封圈全部安装在固定连接的部件上,而滑动部分在自动喷油脉冲泵以10次/min、喷油时间为400 ms的不断润滑下,完全靠配合间隙来密闭空气,这就在保证冲击器气密性的基础上,最大限度地降低了零部件的磨损,从而延长了潜孔锤的使用寿命。

## 1.2 主要技术参数

长度(不含钻头):1152 mm;  
 质量:72 kg;  
 外径:130 mm;  
 活塞质量:17 kg;  
 活塞冲程:64 mm;  
 工作压力:12~35 bar(1200~3500 kPa);  
 冲击频率:冲击频率随工作压力增高而增大,见表1;

表1 工作压力与冲击频率关系表<sup>[7]</sup>

工作压力 /kPa	冲击频率 /(次·min <sup>-1</sup> )	工作压力 /kPa	冲击频率 /(次·min <sup>-1</sup> )
1700	1900	2800	2350
2100	2100	3100	2450
2400	2250	3500	2550

旋转速度:20~70 r/min;  
 最大扭矩:6770 N·m;  
 配套钻头尺寸:140~152 mm。

## 1.3 工作原理

图1所表示的为钻头顶在孔底,使钻头完全回缩状态,其工作程序为:(1)活塞提升(图为左行)阶段;(2)活塞下降冲击(图为右行)、排气阶段。

### 1.3.1 活塞提升阶段

压缩空气通过适配管与后接头间隙,打开单向阀,推动配气阀下行并座落在活塞缸套的台阶上,这时,因活塞顶部将活塞缸套的配气孔2挡住,迫使压缩空气通过活塞缸套1、3两个配气孔,进入到活塞与外套管的间隙中,由于活塞下部与钻头滑套的配合间隙非常小,使空气到此再已无法顺利流动,同时由于活塞中部突肩的存在,空气压力致使活塞上行。

### 1.3.2 活塞下降冲击、排气阶段

活塞依靠惯性继续上行,致使活塞与配气阀间的空间越来越小,其间的压力也越来越大,最终会使配气阀下部的压力大于上部的压力,从而顶开配气阀,这时通过活塞缸套1、3两个配气孔排出的空气,受活塞中部突肩的阻挡,在此已无法流动,迫使压缩空气从配气阀与活塞缸套的台阶间进入配气阀的下

部,同时活塞下部也从钻头滑套中提出。前述“1”阶段在此处的压缩空气,会通过钻头上的花键槽,从钻头与滑套及前接头的间隙顺利排出,这样就造成活塞上、下存在压差(理论上为空压机的输出压力),从而推动活塞下行并冲击钻头。如此进气与排气,使活塞不断进行上下往复运动,实现连续冲击钻头的钻进模式。

### 1.3.3 反循环取样

从钻头与滑套及前接头的间隙排出的空气,一部分会通过卡套(Chuck sleeve,从它所起的作用上讲,译为导流套更为贴切)与钻孔的间隙,顺钻杆外壁上返,由于卡套的外径尺寸与钻头外径是配合使用的,从而使卡套与钻孔的间隙较小,造成这部分空气的流量也较少。另一部分(也是绝大部分)空气,从钻头侧面的槽口流向底部的2个收集孔,携带冲击破碎后的岩屑,通过中心收集管、适配管上返,实现反循环连续取样。

### 1.3.4 防空打原理

当钻头提离孔底且全部伸出时,伴随活塞下行,其顶部会将活塞缸套配气孔3挡住,而暴露出配气孔2,这时,压缩空气就会经过活塞缸套1、2配气孔,进入活塞顶部,并通过活塞与中心收集管间的间隙到达活塞与钻头的接触部位,因钻头在该处(冲击平面)有两道通气槽,压缩空气可通过这两道沟槽、钻头与滑套及前接头的间隙直接排出,从而使活塞不做上下往复运动,以免造成空打而损坏冲击器。

### 1.3.5 克服孔内背压,防止孔内岩屑反向回流原理

有些钻孔存在一定的水位,这会对冲击器产生一定的背压,当进行加、接钻杆等工作,需要停止向孔内送风时,会使水、岩屑混合而成的泥砂反向回流,进入冲击器,将会对冲击器造成严重的影响。由于在适配管上安装有单向阀,当停止送风时,单向阀即刻关闭,使冲击器内腔各处的空气都无法回流,致使泥砂、岩屑也无法回流。

## 2 现场应用情况

### 2.1 钻进参数

空气反循环钻进技术参数主要包括风压与风量、回转速度、进给压力。

风压直接控制着潜孔锤的冲击频率,与冲击频率成正比。而风量是用于排除冲击破碎后的岩屑。经验证明,按照空气钻进的需要,当前还没有确定的上限,也就是说,不会遇到可供利用的空气量太多的情况。根据钻机本身所装配的英格索兰XR10型

空压机的能力,选择风量为  $24 \text{ m}^3/\text{min}$ ,风压为 2300 kPa。

钻进时回转的唯一目的是锤头上的球齿每经过一次冲击后,都能落在新鲜岩层位置上。根据经验,转速选择:覆盖层  $40 \sim 50 \text{ r/min}$ ,软岩层  $30 \sim 45 \text{ r/min}$ ,中硬岩层  $20 \sim 40 \text{ r/min}$ ,硬岩层  $10 \sim 30 \text{ r/min}$ <sup>[5]</sup>。乌山铜钼矿中黑云母花岗岩和次斜长花岗斑岩占有相当大的比例,硬度属中硬~硬,同时考虑到生产勘探所用钻头直径为 140 mm,以及瑞典厂家所提供的潜孔锤冲击频率与风压关系的参考值,选择的回转速度为  $40 \text{ r/min}$ 。

进给压力的作用是使钻头压住岩石以克服潜孔锤冲击时的反弹力。在实际生产中发现,开孔时,将进给压力设在 2000~3000 kPa 时,潜孔锤有时会出现工作不连续的现象,经分析认为,这是由于孔壁摩擦及液压系统的压力损失,造成损失了部分进给压力。因此,在开孔时,将进给压力调为 5000 kPa,随着钻孔的加深,根据钻孔的实际情况,逐步降低进给压力,潜孔锤工作正常。

## 2.2 钻进效率

L8<sup>25</sup>型露天空气反循环连续取样钻机在自动换杆模式下,钻进孔深是 54 m,由于是空气反循环连续取样钻进技术在乌山铜钼矿属首次应用,需要在实践中总结积累经验,因此,我们将每个生产钻孔深度设计为 30 m。因完成钻孔数较多,不一一列举,仅以在不同采场平台施工的 40 个孔为代表,来说明 RC 50 潜孔锤的钻进效率,见表 2。

由表 2 可知,平均纯钻进时间为 50 min 左右,加上钻机移位、推进梁定位、加接钻杆、洗孔、提钻等时间,在 1~1.5 h 内,即可完成一个孔深为 30 m 的钻孔。

## 2.3 反循环效果

确定好孔位并调整好钻进参数,打开干式集尘装置,即可钻进。瑞典产 L8<sup>25</sup>型露天空气反循环连续取样钻机,有高、低两种冲击方式,我们选用了高冲击方式开孔,目的就是使球齿钻头及卡套能够迅速钻入岩石,由于卡套所起的导流作用,当其进入岩石后,孔深达到 200~300 mm 时,即刻形成反循环,岩屑顺利进入锥形取样器。

当钻遇水孔时,由于锥形取样器设有上、下两道闸门,同时潜孔锤可克服钻杆与孔壁间环空内水的背压正常工作,因此可实现钻进、接样同时进行。当停风加接钻杆后再钻进时,可先不接样品,待压缩空气将进入双壁钻杆内管的水,经反循环排出后,再进行

表 2 RC 50 潜孔锤纯钻效率

孔号	孔位	终孔深度 /m	纯钻进 时间/h	纯钻进效率 /( $\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$ )
TK212	西山 780 平台	33	1.08	30.56
TK213	西山 780 平台	30	1.08	27.78
TK214	西山 780 平台	30	1	30.00
TK215	西山 780 平台	30	0.67	44.78
TK216	西山 780 平台	30	0.58	51.72
TK218	西山 780 平台	30	0.75	40.00
TK230	西山 825 平台	30	0.67	44.78
TK231	西山 825 平台	30	0.92	32.61
TK254	西山 795 平台	30	0.48	62.50
TK255	西山 795 平台	30	0.97	30.93
TK257	西山 795 平台	30	0.67	44.78
TK258	西山 795 平台	30	0.5	60.00
TK259	西山 795 平台	30	1	30.00
TK283	西山 810 平台	30	0.5	60.00
TK284	西山 810 平台	30	0.83	36.14
TK286	西山 810 平台	30	1	30.00
TK288	西山 810 平台	11	0.33	33.33
TK300	780 平台	30	1	30.00
TK301	780 平台	30	1.25	24.00
TK302	780 平台	30	0.92	32.61
TK303	780 平台	30	0.83	36.14
TK304	780 平台	30	1.17	25.64
TK305	780 平台	30	0.52	57.69
TK46	795 平台	30	1	30.00
TK58	780 平台	30	0.93	32.26
TK61	780 平台	30	1	30.00
TK68	780 平台	30	1.07	28.04
TK71	795 平台	30	0.75	40.00
TK72	795 平台	30	0.8	37.50
TK73	795 平台	30	0.78	38.46
TK74	795 平台	30	0.67	44.78
TK75	795 平台	30	0.52	57.69
TK76	795 平台	30	0.83	36.14
TK77	795 平台	30	0.83	36.14
TK78	795 平台	30	1	30.00
TK79	795 平台	30	0.48	62.50
TK84	780 平台	30	1	30.00
TK85	780 平台	30	1.17	25.64
TK86	780 平台	30	0.8	37.50
TK88	780 平台	30	0.83	36.14

取样,所取样品均为干样,不受孔内涌水的干扰。

实践中发现,无论是在高冲击还是低冲击方式下,该潜孔锤不适合在表土、泥层中开孔。因为这种地层非常软,在活塞的冲击下,钻头迅速钻入地层,泥土将会堵塞钻头的中心收集孔直至中心收集管,造成无法正常钻进。

随着钻头底部边缘球齿的磨损,其外径会随之缩小,因此与卡套外径尺寸的配合,也是反循环取样中应注意的问题。在生产实践中总结出以下经验:

(1) 当使用新钻头时,由于球齿钻头的扩孔率

在2~3 mm,因此可使用与钻头外径尺寸相同的卡套;

(2)随着钻头外径的缩小,其扩孔率也随之缩小,卡套的外径尺寸也要缩小,并且与钻头外径的差值要不断增大;

(3)卡套与钻头外径尺寸的差值 $\geq 4$  mm,否则会造成大量压缩空气从钻杆与孔壁间的环空排出,将直接影响反循环效果,甚至无法建立反循环;

(4)尺寸的差值在3~4 mm时,虽能建立起反循环,但有部分破碎后的岩屑会进入到环空中(见图2、图3),由于环空中的空气流量较小,因此在钻进中如果不注意及时洗孔的话,这部分岩屑会形成“架桥”,极易造成卡钻;



图2 洗孔时钻孔周围

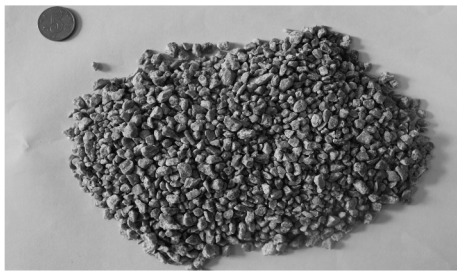


图3 排出的岩屑

(5)尺寸差值小于1 mm时,因旧钻头的扩孔率小,卡套在孔内会受到阻卡,使回转扭矩增大,一方面会影响钻进效率,另一方面也容易造成卡钻。

为此,我们将卡套与钻头外径尺寸的差值上限定为2.5 mm,下限定为1.5 mm。

#### 2.4 易损件的更换

RC 50 潜孔锤为中空贯通式的,由于中空部分经常受岩屑的高速冲刷,因此只有中心收集管和适配管(见图1)是较为易损的零配件。经过近2年的生产实践统计,每钻进600~700 m,中心收集管即要更换,不能等其磨漏再更换,否则会损毁其它零部件,而适配管的寿命是中心收集管的1.5~2倍。

RC 50 潜孔锤的中心收集管及适配管的更换非常方便,将潜孔锤从钻杆上卸下后,不用拆卸潜孔锤,更不用拆卸钻头,用直径小于钻头底部岩屑收集孔孔径的钎钢,从钻头底部收集孔插入(见图4),顶在中心收集管底部(图5箭头处),用铜棒冲击钎钢,中心收集管与适配管即可从潜孔锤的后接头处取出,而新管可直接从后接头延钻头方向装入。

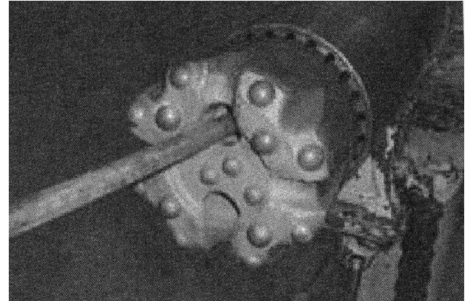


图4 钎钢插入收集孔

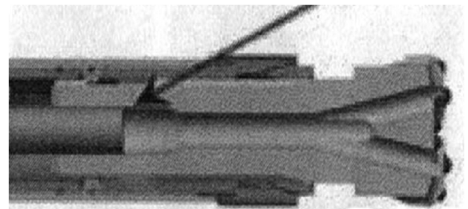


图5 钎钢顶入部位

#### 2.5 成本消耗

目前已累计钻进有效钻孔264个,总进尺8208 m。2套潜孔锤轮换使用,除中心收集管、适配管多次更换,以及更换3个活塞外,其余零部件均未更换,说明该潜孔锤的性能和质量是可靠的。零配件消耗情况见表3。

#### 2.6 存在不足

(1)该潜孔锤不适合在表土、泥层中开孔,这也是目前潜孔锤钻进方式中普遍存在的问题。

(2)零配件价格较高,是国产同类产品价格的几倍,甚至十几倍。

(3)供货周期长。从编制零配件的采购计划到收到货物,一般需要3~5月。如果在实际生产中不注重材料消耗的写实,就不能对零配件的更换做出准确预判,这将直接影响生产勘探的顺利进行。

#### 3 结语

贯通式潜孔锤反循环连续取样钻进技术,由于它具有钻进效率高、取样率高、钻孔质量好等诸多优点,目前在国内钻探领域已得到推广和应用。乌山铜钼矿将空气反循环连续取样技术作为生产勘探的

表3 RC 50 潜孔锤零配件消耗情况

名称	序号	寿命 /m	单价 /元	单位成本 /(元·m <sup>-1</sup> )
中心收集管	1	363	4546	6.84
	2	461		
	3	693		
	4	1014		
	5	804		
	6	827		
	7	692		
	8	540		
	9	474		
	10	721		
	11	810		
	12	576		
适配管	1	1154	4078	3.24
	2	1571		
	3	1249		
	4	1338		
	5	1436		
	6	804		
活塞	1	1004	32965	19.17
	2	1638		
	3	2517		
潜孔锤	1	8208	104493	15.33
	2			
潜孔锤润滑油	280 L	8208	130 元/L	4.43

注:(1)单位成本均为综合单位成本;(2)由于2个潜孔锤本身自带2套中心收集管、适配管、活塞,因此在潜孔锤的单位成本中,扣除了上述3种零配件的成本,它所反映的是潜孔锤其它零配件的综合成本。

一种手段,可以实现首采矿段的储量升级,对矿岩界

线进行圈定和矿体品位边界的详细控制,以提高对矿体的控制程度、采剥生产作业计划的准确性,从而降低矿石的贫化损失,使采矿配矿更加合理,合理开发利用地质资源。还可将取样化验结果与矿山软件(如 Surpace)相结合,为新的地质模型提供理论依据,对建设数字化矿山起着极其重要的作用。有理由相信,随着技术的发展,钻进效率高、性能可靠、寿命长、价格低廉的国产反循环潜孔锤将大量问世,这对生产勘探领域起着积极的推动作用并能取得良好的经济与社会效益。

### 参考文献:

- [1] 黄晟辉,陆生林,殷琨,等.地质勘探空气反循环钻进技术找矿效果示范应用研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(3):1-6.
- [2] 刘广志.中国钻探科学技术史[M].北京:地质出版社,1998.244-255.
- [3] 蒋荣庆,殷琨.贯通式气动潜孔锤反循环连续取心(样)钻进在水文水井中的应用[J].探矿工程,1991,(6):14-17.
- [4] 王文龙,王禹,李永哲,等.贯通式潜孔锤反循环连续取心(样)钻进工艺在新疆某矿区复杂地层中的应用试验[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(2):54-56,62.
- [5] 刘家荣,王建华,王文斌,等.气动潜孔锤钻进技术若干问题[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5):40-44.
- [6] 许刘万,史兵言,赵明杰.反循环气动潜孔锤的研制及应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(4):31-34.
- [7] 屠厚泽,等.钻探工程学[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,1988.

## 安徽省地矿局 313 地质队两科钻深孔顺利通过验收

**本刊讯** 由安徽省地矿局 313 地质队承担的“华东庐枞盆地科学钻探选址预研究”LZSD-1 孔、“华南于都-赣县矿集区科学钻探选址预研究”NLS D-1 孔科学钻探工程于 2013 年 12 月 30 日通过中国地质科学院组织的专家验收。LZSD-1 孔终孔孔深 3008.29 m,终孔直径 77 mm,岩心采取率 97.41%,创特深孔岩心钻探施工周期最短的纪录;NLS D-1 孔终孔孔深 2967.83 m,终孔直径 97 mm,岩心采取率 97.8%,全孔人工纠斜 96 次,创国内复杂地层、高粘度泥浆、塔式钻具 H 口径受控绳索取心钻孔最深纪录。两孔各项技

术指标完全满足地质研究与科学钻探要求,同时也是我国大陆科学钻探选址预研究所布置实施的 6 个科学钻探孔中最深的两个钻孔,为我国万米科学超深钻实施奠定基础,对推动我国超深孔钻探技术发展起到重要推动作用。

又讯,由安徽省地矿局 313 地质队主持,中国地质装备总公司、无锡钻探工具厂、唐山市金石超硬材料有限公司等单位参与完成的“分体塔式全液压力头钻机及高强度绳索取心钻杆研制”项目获安徽省科学技术进步二等奖。

(安徽省地矿局 313 地质队 王 强 供稿)

## 河南温县页岩气勘查首战告捷

**中国矿业报消息**(2014-01-08) 中国石化地球物理公司中原分公司非常规三队承担的河南温县页岩气勘查项目野外采集工作近日全面结束。

历时两个多月,项目组共完成二维地震 12 条测线 130.27 km,获得原始记录 4866 张,资料合格品率 100%,各项技术指标均达到合同要求,受到业主的肯定和好评。

为确保资料品质,该队在高差大、地下岩性变化大、资料品质不均衡的情况下,耗时费力进行了 2 个试验点、7 个考核点 106 炮的试验,选取了最佳施工参数,采用了不同的观测系统进行施工。现场发现记录质量变差,立即分析原因,采取应对措施。