

绳索取心液动潜孔锤钻进技术在利比里亚邦山铁矿详查中的应用与探索

陈 显, 韩栋材, 靳二举

(河南省有色金属地质矿产局第二地质大队, 河南 郑州 450016)

摘要:绳索取心液动锤技术集绳索取心技术与液动潜孔锤技术优势于一体, 可比普通绳索取心钻进提高纯钻速30%~150%, 在坚硬、脆性、“打滑”地层中钻进效果更为明显。介绍了绳索取心液动潜孔锤钻进技术在利比里亚邦州邦山铁矿详查中的应用情况, 并对其应用效果进行了分析讨论。

关键词:绳索取心液动潜孔锤; 磁铁石英岩; 大体积破碎; 利比里亚邦山铁矿

中图分类号: P634.5 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2013)02-0044-03

Application of Wire-line Coring Hydro-hammer Drilling in Iron Ore Prospecting in Liberia and the Exploration/
CHEN Xian, HAN Dong-cai, JIN Er-ju (No. 2 Geological Unit Team, Henan Provincial Non-ferrous Metals Geological and Mineral Resources Bureau, Zhengzhou Henan 450016, China)

Abstract: Combined the wire-line coring and hydro-hammer technologies, the drilling speed of wire-line coring hydro-hammer technology increases 30%~150% than that of traditional wire-line coring drilling, especially in hard, brittle and slipping formations. The paper introduced the application of wire-line coring hydro-hammer technology in Liberia and discussed the application effects.

Key words: wire-line coring hydro-hammer; magnetite quartzite; large volume breaking; Liberia iron ore

我在利比里亚邦州邦山铁矿项目钻探施工中, 采用绳索取心液动潜孔锤钻进工艺, 取得了显著的技术和经济效益, 提高了纯钻效率, 减少了辅助时间, 降低了生产成本。

1 概况

1.1 地质概况

邦山铁矿位于西非利比里亚共和国邦州的西南地区, 丘陵地貌, 热带季风气候, 属西非几内亚板块, 主要由前寒武纪火成岩和变质岩构成。矿区含矿岩系为沉积变质岩, 顶、底板岩体主要为二云石英片岩, 矿体为磁铁石英岩, 岩体完整, 岩石极坚硬。

矿区岩石力学参数见表1。

表1 磁铁石英岩、二云石英片岩与其它岩石相比的力学参数

岩石名称	可钻性	抗压强度/MPa	抗拉强度/MPa	弹性模量/GPa	抗剪强度/MPa	RQD/%
磁铁石英岩	10~11	98.13	13.14	7.90	99.71	95
二云石英片岩	8~9	73.84	8.90	6.80	105.47	90
混合岩	7~8	52.70	7.22	4.58	70.85	
混合花岗岩	7~8	51.68	6.83	5.71	185.26	
片麻岩	7~8	68.84	18.90	6.29	139.14	

收稿日期: 2012-10-22

作者简介: 陈显(1976-), 男(汉族), 河南南阳人, 河南省有色金属地质矿产局第二地质大队工程师, 探矿工程专业, 从事岩心钻探和矿山环境治理工程, 河南省郑州市郑东新区金水东路16号鑫地大厦406室, dzdchenxian@163.com。

1.2 工程概况

本次工作共设计钻孔68个, 进尺19780 m, 孔深多为200~600 m, 有少数80°~85°斜孔, 要求全孔取心, 终孔孔径 ≤ 75 mm。

2 绳索取心液动潜孔锤碎岩机理及其结构原理

2.1 碎岩机理

绳索取心液动潜孔锤钻进工艺是在绳索取心钻进的基础上利用泥浆泵输送的冲洗液驱动潜孔锤对钻头施加高频率的冲击功, 坚硬岩石抗压强度高而抗剪强度低不耐冲击力, 冲击作用降低其强度后更有利于金刚石钻头压皱压碎岩石, 从而加速实现大体积破碎, 极大地提高了钻进效率。

2.2 结构原理及参数

本工程使用的是中国地质科学院勘探技术研究所研发的SYZX系列绳索取心液动潜孔锤, 其设计参数见表2。

SYZX系列绳索取心液动潜孔锤结构如图1所示。

(1) 外总成: 与绳索钻杆连接的弹卡挡头 + 弹

表 2 SYZX 绳索液动潜孔锤设计参数

钻具型号	钻具直径/mm	钻孔直径/mm	工作排量/(L·min ⁻¹)	工作泵压/MPa	冲击功/J	冲击频率/Hz	长度/mm	质量/kg
SYZX75	73	75.5	60~90	0.5~2	10~50	25~40	4902	75
SYZX96	89	95.5	90~120	0.5~3	15~70	20~40	5500	115



图 1 SYZX 系列绳索液动潜孔锤组成

(3) 钻具总成的打捞和投放。

采心时当内管总成的下分离接头到孔口时,用垫叉将下分离接头叉住,摘去挡环,即可拆掉上分离接头以上部分,然后用打捞器连接组合提引接头,将下分离接头以下部分提出。投放过程相反。

3 钻进参数的选择

3.1 转速

绳索取心液动潜孔锤钻进转速与普通绳索取心转速大致相同,从定量切削的观点来看,转速与效率成正比,转速越高则进尺效率越高,所以在地层情况和设备能力允许的情况下要尽量保持高转速。

3.2 钻压

钻进效率与钻压有密切关系,压力很小的情况下液动潜孔锤的冲击功也会很低,冲击功如达不到破碎岩石的最小有效主应力,破碎过程则只能靠金刚石与岩石之间的摩擦力剪切、切削岩石,钻进效率就会大大降低,但钻压过大,易重复破碎大颗粒岩粉,加速金刚石钻头的磨损,缩短钻头的使用寿命,也易造成孔斜和孔内事故。结合本工程实践压力与地层参数见表 3。

表 3 压力与地层对照表

岩石名称	钻进深度/m	可钻性级别	钻压/kN
二云石英片岩	0~50	8~9	8~10
磁铁石英岩	50~500	10~11	12~15
黑云石榴片岩	500~600	8	10~12

3.3 泵量

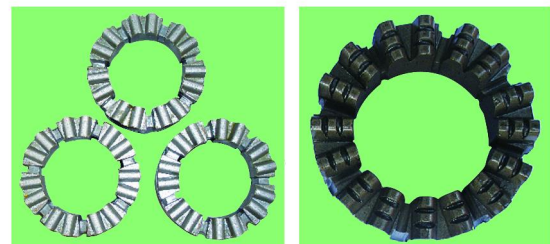
通常在液动锤内部参数一定的条件下,泵量越大,液动锤的冲击频率和冲击功也越高,钻进效率也就越高,原则上要大于普通回转钻进 20% 左右。如 SYZX75 型液动锤需要的额定泵量为 60~90L/min。

3.4 钻头的选择

卡室 + 上扩孔器 + 上外管 + 承冲环接头 + 下外管 + 下扩孔器 + 钻头。

(2) 内总成: 打捞定位机构 + 液动锤 + 传功环 + 单动机构 + 调整机构 + 内岩心管 + 卡簧座。

整个钻进工艺中优选出适合地层参数的金刚石钻头,占有相当重要的位置,施工中我们准备了多个厂家的电镀、孕镶等不同制作方法,轮齿形、尖齿形、阶梯形、矩形、半圆形等不同唇部形状, HRC15~40 不同硬度, 40~60 不同目数, 45%~125% 不同浓度的金刚石钻头十余种,最后优选出某厂生产的孕镶、轮齿形、HRC15~25 硬度、60~80 目的金刚石钻头最适合液动潜孔锤绳索取心在该地层中钻进,见图 2、表 4。



(a) 普通轮齿形金刚石钻头 (b) 带环槽轮齿形金刚石钻头

图 2 不同类型的金刚石钻头

表 4 不同钻头的平均钻进效率

生产厂家	唇面形状	胎体硬度 (HRC)	金刚石浓度 /目	钻速/(m·h ⁻¹)	
				普通绳索取心	绳索取心潜孔锤
平顶山东方	轮齿形	15~25	60~80	1.0~1.5	2.5~3.5
武汉地大	半圆形	20~25	80~100	0.8~1.2	1.2~2.0
石家庄航华	半圆形	25~30	40~60	0.5~0.8	1.0~1.8
唐山金石	阶梯形	25~30	40~60	0.8~1.0	1.2~2.0
天津华勘	矩形	25~30	100~120	0.5~0.8	1.0~1.8
平顶山五环	阶梯形	30~35	80~100	0.5~1.0	1.0~2.0
桂林特邦	轮齿形	20~25	80~100	0.8~1.0	1.8~2.2
某国外钻头	阶梯形	25~30	60~80	1.0~1.2	1.5~2.0

注: 钻进的地层类型均为磁铁石英岩。

根据实践,轮齿形钻头在磁铁石英岩地层钻进中效果极为明显,主要原因是相比其它唇面钻头,轮齿形钻头与岩石接触面积较小,单位面积上冲击功更大,应力更容易集中,并且轮齿形钻头水口面积

大、数量多,一般为14~16个,不存在大颗粒岩粉的重复破碎,所以钻进效率更高。需要指出的是,由于岩层过于坚硬,即便有冲击作用,有时仍旧会发生唇面抛光的现象,进尺急剧变缓,这种情况下需要打磨钻头,一般用2~4 mm颗粒的河砂或敲碎的石英碎块投入孔底,不开泵的情况下轻压慢转2~3 min即可。

3.5 冲洗液

矿区地层结构较简单,上部有10~50 m第四系、第三系覆盖层,较疏松易坍塌。下部为沉积变质岩,坚硬完整,可使用绳索取心液动潜孔锤钻进工艺。

3.5.1 覆盖层

膨润土+纯碱+纤维素+腐植酸钾调制的低固相泥浆。

配方:1 m³水,膨润土70~100 kg,纯碱6~10 kg,纤维素10~15 kg,腐植酸钾5~10 kg。

性能:密度1.07~1.1 g/cm³,漏斗粘度22~25 s,失水量<15 mL/30 min,pH值9.5。

此泥浆对松散、易坍塌、掉块、易失水的覆盖层有良好的护壁和降失水效果。

3.5.2 基岩

水解高分子聚丙烯酰胺+纤维素+切削膏调制的无固相化学浆液。

配方:1 m³水,水解度30%的聚丙烯酰胺1~2 kg,高粘纤维素2~4 kg,切削膏1 kg。

性能:密度1.01~1.02 g/cm³,漏斗粘度18~20 s,失水量<11 mL/30 min,pH值8。

此浆液能很好地起到排屑、护壁、降失水、润滑的效果。基岩钻进过程中有时会遇到渗水、松散易坍塌孔段,可在此配方基础上加入5~10 kg磺化沥青,能很好地起到抑制渗水、保护孔壁的作用。

由于液动潜孔锤部件配合较精密,所以对循环液要求很高,既要能够达到低粘度、低静切力、低密度、低失水量、低含砂量的要求,还要有较高的润滑性以保证高转速钻进。为了降低循环液中的含砂量,要适当增加沉淀池的个数和循环槽的长度,必要时使用旋流除砂器等泥浆净化设备。

4 SYZX系列绳索取心液动潜孔锤钻进效果

在邦州铁矿项目中,我队共投入XY-42T型塔机一体钻机6台套,6个月的施工期内,共完成钻孔71个,其中普通绳索取心完成钻孔8个,绳索取心液动潜孔锤完成钻孔63个,钻探总进尺超过20000

m,所有钻孔质量均达到非煤固体矿产钻孔质量验收一级孔标准。与普通绳索取心工艺相比,绳索取心液动潜孔锤工艺有以下明显优点。

(1)在坚硬、脆性、“打滑”地层中钻进效率大幅提高,详见表5、表6。

表5 绳索取心钻进与绳索取心液动潜孔锤钻进单孔效率指标对比

矿区名称	孔号	施工工艺	岩石名称	时效 /m	回次进 尺/m	总进尺 /m
亚维一区	ZK1104	普索	磁铁石英岩	0.8	2.2	158
			二云石英岩	1.5	2.3	136
亚维二区	ZK2712	普索	磁铁石英岩	0.85	2.2	280
			二云石英岩	1.6	2.1	76
亚维二区	ZK2208	普索	磁铁石英岩	0.78	2.1	230
			二云石英岩	1.45	1.8	65
邦峰区	ZK4010	普索	磁铁石英岩	0.90	2.0	370
			二云石英岩	1.60	1.9	120
亚维二区	ZK3605	绳冲	磁铁石英岩	3.2	3.0	235
			二云石英岩	4.1	2.8	132
邦峰区	ZK4301	绳冲	磁铁石英岩	3.0	3.1	91
			二云石英岩	3.9	3.0	290
亚维一区	ZK1412	绳冲	磁铁石英岩	3.5	3.2	189
			二云石英岩	4.5	3.2	43
亚维一区	ZK1416	绳冲	磁铁石英岩	3.3	3.1	256
			二云石英岩	4.0	3.3	89

表6 绳索取心钻进与绳索取心液动潜孔锤钻进综合效率指标对比

施工工艺	最高台班		综合台班	最高台效	综合台效
	二云石英岩 /[(m·(12 h) ⁻¹)]	磁铁石英岩 /[(m·(12 h) ⁻¹)]	/(m·(12 h) ⁻¹)	/(m·(30 d) ⁻¹)	/(m·(30 d) ⁻¹)
绳索取心	15	8	9	1080	350
绳冲	36	28	15	1080	630

(2)岩心采取率和钻头寿命有明显提高。

绳索取心液动潜孔锤可有效减少岩心的堵卡,另外随着回次进尺和钻进效率的提高,使岩心采取率在一定程度上也有所提高。本矿区采用绳索取心液动潜孔锤施工的钻孔平均采取率达到95%以上,高于普通绳索取心的平均89%的岩心采取率。钻头寿命也有较大程度提高,比如使用的轮齿钻头,在普通金刚石绳索取心钻进中寿命为平均30~50 m,而在绳索取心液动潜孔锤钻进中,平均寿命可达60~80 m。

(3)有较好的防斜效果,详见表7。

表7 绳索取心钻进与绳索取心液动潜孔锤钻进顶角偏差对比

钻进工艺	完成直孔/个	完成斜孔/个	直孔平均顶角偏差 /[(°)·(100 m) ⁻¹]	斜孔平均顶角偏差 /[(°)·(100 m) ⁻¹]
绳索取心	4	4	0.8~1.0	1.5~2.0
绳冲	50	13	0.5~0.8	1.0~1.5

(下转第50页)

2.3.2 扩孔器的配合选用

金刚石钻头和扩孔器要排队轮换使用,先用外径大、内径小的,再用外径小、内径大的。扩孔器的外径应比钻头大 0.3 ~ 0.5 mm,坚硬岩层不得大于 0.3 mm。扩孔器外径过大时造成扩孔量增加,磨损加剧,外径过小则起不到扩孔作用。建立健全钻头和扩孔器的使用登记制度。

2.3.3 卡簧的尺寸选择

钻头的内径与卡簧的自由内径必须合理配合,卡簧自由内径过大,则会造成取不上或者卡不住岩矿心,造成岩矿心中途脱落或者残留岩心过多;卡簧自由内径过小,易造成岩心堵塞。以前回次的岩心直径为准,卡簧套在上面为摩擦滑动即可。

2.4 泥浆性能及护壁堵漏措施

该地区在金刚石钻进正常情况下基本采用 HPAM + 润滑剂的聚合物泥浆体系,在地层漏失时则可加入锯末、棉籽壳等惰性材料与 HPAM 混合堵漏后再钻进。但是由于在施工中对泥浆性能的维持重视度不够,钻进后期泥浆都因岩粉多、未及时换浆造成泥浆性能降低,严重影响钻进效果。对于小裂隙采用的堵漏措施效果不错,但裂缝大或者漏失层段增多后就效果不好,采用水泥封堵亦无大的效果,往往采用顶漏钻进的方法,风险大、待水耗时长、钻进效率低。

2.5 施工管理

明确各岗位职责,合理分工,安全生产。

3 该地区提高钻探效率的技术措施

(1)使用 2 个级配的绳索取心钻具(S75 与

S56),在钻进效率低、地层复杂时可以改变口径继续钻进。

(2)绳索取心的内管总成及内管型号尺寸一致,可交替使用,减少钻进中辅助工作的间隔时间,提高效率。

(3)采用 HPAM + 防塌剂 + CMC + KHm + 润滑剂的泥浆体系,适应该地区的大多复杂地层情况,并且在使用中一直保持泥浆性能的稳定性。

4 结论与建议

(1)金刚石绳索取心钻探不仅台月效率高,而且孔内及机械事故率低,大大缩短工作周期,并取得不错的经济效益,在中深孔及深孔的钻探中发挥重大作用,对硬岩型铀矿的勘探是至关重要的。

(2)要积极推广新技术,比如液动潜孔锤与绳索取心复合钻进技术,采用新的护壁堵漏方法等等。

(3)加强机台的生产管理,做好材料的采购与管理工作以及常用机加工生产,是提高钻探效率的重要保障。

参考文献:

- [1] 韦漠. 广西向阳坪铀矿“打滑”地层绳索取心钻进存在问题与对策[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(10).
- [2] 孙秀梅,刘建福. 坚硬“打滑”地层孕镶金刚石钻头设计与选用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(2).
- [3] 谢俊卿,等. 银洞坡金矿区钻探施工技术及其工艺[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(10).
- [4] 汤凤林,等. 岩心钻探学[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,1997.
- [5] 魏臣. 提高绳索取心钻进效率的有效途径[J]. 中国煤田地质,2006,(6).

(上接第 46 页)

5 结语

通过使用绳索取心液动潜孔锤钻探工艺,解决了邦山铁矿区磁铁石英岩坚硬打滑、钻进效率低、周期长、成本过高的难题,极大地提高了施工进度,缩短了施工工期,获得了武钢公司和国际监理隆格公司的好评,取得了明显的经济效益和社会效益。

当然,该技术也存在着一些不足之处,以 SYZX75 型为例:(1)钻具较为复杂,分为若干段,外管丝扣连接处较多,降低了总体强度;(2)对冲洗液的性能要求较高,在复杂孔段难以使用等。

但我们相信,随着地质行业不断发展,对于钻探技术的挑战也将越来越强,绳索取心液动潜孔锤钻

进工艺也会越来越完善,肯定会有更大的发展空间和展示舞台。

参考文献:

- [1] 苏长寿,谢文卫,杨泽英,等. 系列高效液动锤的研究与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(3):27-31.
- [2] 王建华,苏长寿,左新明. 深孔液动潜孔锤钻进技术研究与应用[J]. 勘察科学技术,2011,(6):59-64.
- [3] 傅丛群. 绳索取心液动锤在多类型矿区的应用及其效果[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(9):24-26.
- [4] 刘广志. 金刚石钻探手册[M]. 北京:地质出版社,1991.
- [5] 蒋光旭,唐振华,李德波,等. SYZX96/75 绳索取心液动锤钻具的应用效果[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(6):13-15.
- [6] 刘景华,何立新. SYZX75 绳索取心液动锤加长岩心管的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(2):5-6.