

2000 m 全液压岩心钻探技术装备示范工程

张金昌, 孙建华, 谢文卫, 刘凡柏, 孟义泉, 王庆晓, 王年友

(中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

摘要:介绍了2000 m全液压岩心钻探装备示范工程——山东乳山金青顶金矿区 ZK43-1 钻孔的工程概况、钻探技术装备配置、应用效果和示范工程技术工艺,总结了该示范工程项目工作成果,提出了未来深孔岩心钻探装备研发和推广工作的建议。

关键词:全液压岩心钻机;泥浆泵;钻进参数监测;绳索取心钻杆;绳索取心液动锤钻具;长寿命金刚石钻头

中图分类号:P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2012)03-0001-07

A Demonstration Project of 2000m Hydraulic Core Drilling Equipment/ZHANG Jin-chang, SUN Jian-hua, XIE Wen-wei, LIU Fan-bai, MENG Yi-quan, WANG Qing-xiao, WANG Nian-you (The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: This paper introduced the configuration of hydraulic core drilling equipment and the drilling technology adopted in the demonstration project in Jinqingding gold mining area, summarized the research achievements of this project and proposed the recommendations about the development of deep core drilling equipment.

Key words: hydraulic core drill; mud pump; drilling parameters monitoring; wire-line drill rod; wire-line hydro hammer; long lifetime diamond bit

为完成 863 计划资源环境领域重点项目“2000 m 地质岩心钻探关键技术与装备”研究工作,开展钻探新技术集成示范,根据全国危机矿山接替资源找矿工作深部钻探技术需求,中国地质科学院勘探技术研究所(以下简称勘探所)在山东省乳山市金青顶金矿区开展了深部地质岩心钻探工程试验与示范工程。ZK43-1 示范钻孔于 2009 年 8 月 1 日开钻,2010 年 4 月 11 日顺利钻至 2212.80 m 终孔深度。试验示范工程历时 240 天(台月天数),钻孔质量优良,达到了预期目的,同时创造和打破了国内多项钻探技术应用纪录。

1 金青顶金矿区地理概况

金青顶金矿区矿权属山东黄金集团金洲矿业公司,行政区域隶属山东省乳山市下初镇;南距乳山市约 20 km,距桃村至威海铁路下初站 10 km,北距烟台港约 85 km,均有公路相接,交通方便(见图 1)。矿区位于胶东半岛东部,地形为低缓丘陵,地面标高为 39.5~247.5 m,地形切割强烈,冲沟发育。该区南北邻近黄海,气候温和湿润,属季风大陆性气候。

经济以农果业为主,工业主要为金矿,是山东省主要黄金产区之一。



图 1 钻探示范区地理、交通位置图

2 钻孔岩石钻进特性

示范钻孔编号为 ZK43-1,设计方位角为 301°30',设计倾角为 80°,设计深度为 2200 m。钻探施工所遇岩层主要有冲积坡积物、黑云片岩、黑云变粒岩、大理岩、中粗粒二长花岗岩、花岗闪长岩、斜长角闪岩等。地层坚硬、破碎,漏失较严重,钻孔为斜孔,钻探施工技术难度较大。

矿区岩石硬度较大,可钻性级别划分大部分为 8 级左右,研磨性中等,金刚石钻进过程中有时出现

收稿日期:2011-11-29

基金项目:863 计划资源环境领域重点项目“2000 m 地质岩心钻探关键技术与装备”(2007AA060701);国家危机矿山接替资源找矿项目“2000 m 全液压岩心钻探装备示范工程”(20089945);国土资源大调查项目“地质钻探技术综合研究与应用示范”(1212010916022)

作者简介:张金昌(1959-),男(汉族),河北保定人,中国地质科学院勘探技术研究所所长、总工程师、教授级高级工程师,中国地质学会探矿工程专业委员会常务副主任委员,探矿工程专业,工学硕士,主要从事固体矿产钻探、水文水井钻探及工程施工钻探设备设计和钻探工艺研究工作,河北省廊坊市金光道 77 号, jinchang@cniect.com。

“抛光”、“打滑”现象。钻进过程中可能遇到的孔内问题有:坍塌掉块、钻孔缩径及超径、漏水、涌水等。易造成的孔内事故主要包括:卡钻、埋钻、孔斜等。常见岩石的部分特性参数见表1。

表1 示范矿区部分岩石特性

岩石名称	密度/(g·cm ⁻³)	抗压强度/MPa	岩石硬度	可钻性级别
花岗岩	2.50	52.3~139.2	IX	10
含金黄铁石英脉	2.98	30.0~93.0	VIII	10
含金黄铁绢英岩化花岗岩	2.98	47.8~73.9	VIII	8
绢英岩化花岗岩	2.50	43.7~80.6	IX	9
黄铁矿化花岗岩	2.78	43.7~80.6	IX	9

3 钻孔结构

根据矿区地质特点、钻孔深度、终孔直径及以往施工经验,确定采用多级钻孔结构,即开孔为S口径,钻孔直径为152 mm,钻进深度20~25 m;二开采用P口径,钻孔直径为122 mm,钻进深度150~180 m;三开采用H口径,钻孔直径为96 mm,钻进深度1400~1500 m;最后采用N口径,钻孔直径为77 mm,钻至设计深度。因地层结构复杂,易发生多种孔内事故,钻孔结构设计中保留了地质取心要求的最小口径B规格。钻孔结构见图2。

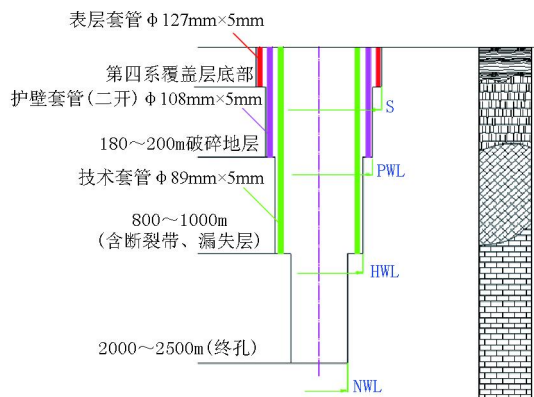


图2 钻孔结构示意图

4 钻具组合

根据2000m全液压钻机设计能力和试验大纲要求,结合危机矿山地质勘查需要,钻孔开孔采用大直径硬质合金取心钻进,主要孔段钻进方法以P、H、N规格金刚石绳索取心钻探技术为主,并采用勘探所“863”项目组研究开发的钻具组合,如新研制的H、N规格高强度双密封不对称梯形扣绳索取心钻杆、大深度液动潜孔锤绳索取心钻具、超高胎体二次镶焊和仿生非光滑表面金刚石钻头以及不提钻换钻头钻具。

(1)S口径钻具组合:SLD-60水龙头+转换接头+P规格绳索取心钻杆+转换接头+Ø146 mm单动双管钻具+Ø152 mm硬质合金钻头。

(2)P口径钻具组合:SLD-60水龙头+转换接头+P规格绳索取心钻杆+P绳索取心钻具+Ø122 mm金刚石钻头。

(3)H口径钻具组合:SLD-60水龙头+转换接头+H规格863绳索取心钻杆+H绳索取心液动锤钻具+Ø96 mm金刚石钻头。

(4)N口径钻具组合:SLD-60水龙头+转换接头+N规格863绳索取心钻杆+N绳索取心液动锤钻具+Ø77 mm金刚石钻头。

各级口径采用的钻具组合规格参数见表2。

表2 ZK43-1 钻孔钻具规格

规格	钻杆外径/mm	钻杆内径/mm	钻头外径/mm	取心直径/mm	扩孔器外径/mm	备注
PO	114.3	101.6	122.6	85.0	123.1	进口产品
HO	88.9	77.8	95.8/95.4	63.6/63.4	96.3/95.9	
NO	69.9	60.3	75.4/75.2	47.8/47.5	75.8/75.6	
863-H	92.0/89.0	79.0/77.0	95.0	64.0	95.6	项目
863-N	73.0/71.0	61.2/58.0	77.0	46.0	77.5	研制

5 套管程序

示范钻孔ZK43-1地层破碎、复杂,根据邻孔施工经验和教训,确定三级套管程序:

(1)孔口管:规格为Ø146 mm,采用无接箍直联结构,下入深度15~20 m;

(2)护壁套管:规格为Ø114 mm,使用PO绳索取心钻杆,下入深度180~200 m;

(3)技术套管:规格为Ø91 mm,采用接箍结构,下入深度1400 m。

ZK43-1示范钻孔用Ø146 mm孔口管、Ø114 mm护壁套管为无接箍、直联、正丝方案,Ø91 mm技术套管为接箍、反丝方案。同时,在套管材质、外径、螺纹副等方面进行了优化设计。

6 施工组织管理

本次生产示范由勘探所牵头,中国冶金地质总局山东正元地质勘查院烟台分院与山东金洲矿业集团协助,共同组成示范组织机构(如图3所示)。具体施工由山东正元地质勘查院烟台分院的3号机台承担,设机长1人、后勤1人、班长3人,钻工10人,实行三班制,早班24:00~8:00,中班8:00~16:00,晚班16:00~24:00。

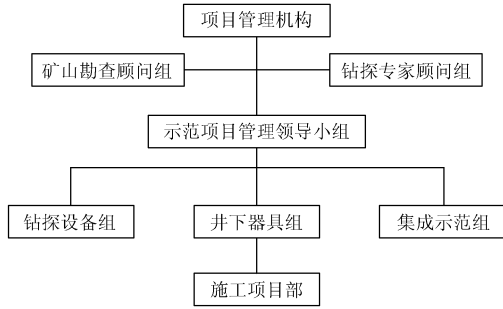


图 3 施工组织机构框图

7 现场布置

根据场地情况,钻探现场布置如图 4 所示。

为顺利完成示范钻探工程,按照设计要求组织施工人员,将设备、器材运进现场,做好开钻前的准备工作,如修通道路、平整场地,建好现场值班室、仓库,架设好供电线路,安装好水泵站、泥浆循环系统、储水池、废浆池等施工设施。

8 机台设备与配套钻探器具主要配置

机台主要配置的设备与配套钻探器具见表 3。

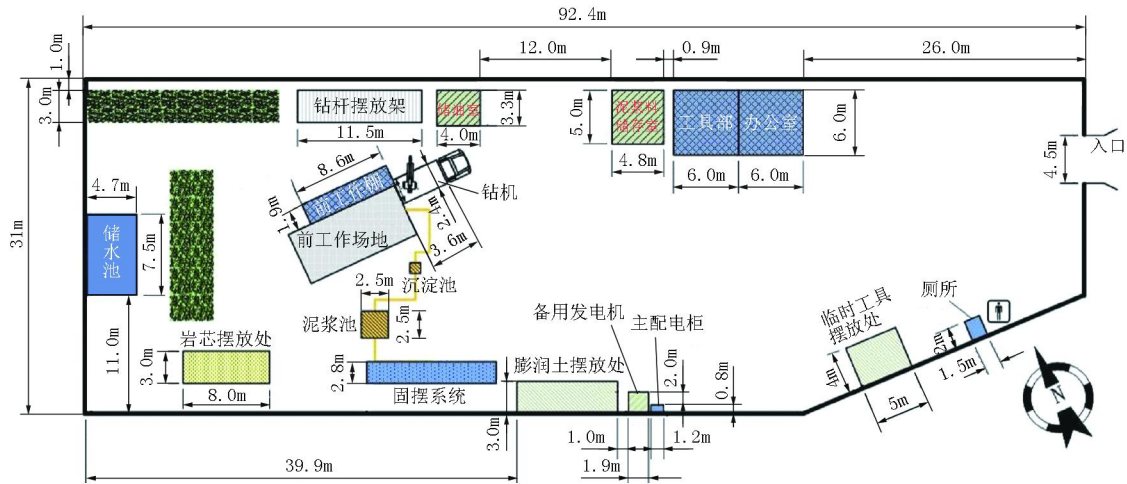


图 4 钻场布置图

表 3 机台主要配置的设备与配套钻探器具

序号	名称	研究或生产单位	数量	备注
1	YDX-5 型全液压岩心钻机	勘探所	1 台套	项目成果
2	YWB-360 型泥浆泵	勘探所	2 台套	项目成果
3	钻井液固控循环系统	北京探矿工程研究所	1 台套	项目成果
4	CUG-2 钻探参数监测系统	中国地质大学(武汉)	1 台套	项目成果
5	N 规格高强度加强型绳索取心钻杆	无锡钻探工具厂、勘探所	2300 m	项目成果
6	H 规格、N 规格绳索取心液动潜孔锤	勘探所	各 2 套	项目成果
7	N 规格不提钻换钻头钻具	中国地质科学院探矿工艺研究所	1 套	项目成果
8	N 规格、H 规格长寿命金刚石钻头	北京探矿工程研究所	若干	项目成果
9	H 规格仿生金刚石钻头	吉林大学	若干	项目成果
10	H 规格高强度绳索取心钻杆	无锡钻探工具厂、勘探所	1500 m	项目成果
11	Ø91 mm 套管	山东省地质探矿机械厂	1500 m	外购
12	P 规格、H 规格绳索取心钻具总成	无锡钻探工具厂	各 2 套	外购
13	P 规格绳索取心钻具总成	唐山市金石超硬材料有限公司	2 套	外购
14	Ø152 mm 硬质合金钻头	唐山市金石超硬材料有限公司	1 个	外购
15	Ø122 mm、Ø91 mm 绳索取心金刚石钻头	唐山市金石超硬材料有限公司	若干	外购
16	Ø97 mm 绳索取心金刚石钻头	无锡钻探工具厂	若干	外购
17	Ⅲ型高速水龙头、提引器	无锡钻探工具厂	各 2 套	外购
18	泥浆测试仪器	青岛海通达专用仪器有限公司	1 套	外购

9 生产示范情况简介

2009 年 8 月 1 日开孔,2010 年 4 月 11 日终孔,终孔直径 77 mm,终孔孔深 2212.8 m,历时 254 天,

台月天数 240 天,经历春、夏、秋、冬 4 个季节,施工时间跨度比较长,取得了必要的数据和资料。按施工时采取的钻孔口径、钻进工艺与过程划分,整个生产示范试验过程大致可分为以下 8 个阶段:

第一阶段为开孔,采用 $\varnothing 152$ mm 硬质合金钻头,钻到 10.9 m 时穿过覆盖层,下入 $\varnothing 146$ mm 孔口护壁管;

第二阶段为 P 规格绳索取心钻进,采用 $\varnothing 114$ mm 绳索取心钻杆,配 $\varnothing 114$ mm 绳索取心钻具, $\varnothing 122$ mm 金刚石钻头,钻到 238.2 m 时下入 $\varnothing 114$ mm 套管 238.2 m;

第三阶段为 H 规格绳索取心钻进,采用 $\varnothing 89$ mm 绳索取心钻杆,配 $\varnothing 89$ mm 绳索取心钻具,钻到 705.2 m 时由于泥浆漏失太严重,孔壁不稳定,决定扩孔重新下 $\varnothing 114$ mm 套管;

第四阶段为扩孔,将 $\varnothing 114$ mm 套管全部取出,用 $\varnothing 122$ mm 金刚石扩孔钻头、 $\varnothing 97$ mm 先导钻头进行扩孔,从 238.2 m 一直扩到 384.5 m,穿过破碎复杂地层,钻进到稳定地层后决定停止,下入 $\varnothing 114$ mm 套管 384.5 m,将套管固定好;

第五阶段为 H 规格绳索取心继续钻进,配 $\varnothing 89$ mm 绳索取心钻具, $\varnothing 97$ mm 金刚石钻头,钻到 761 m 时决定用绳索取心 + 液动锤的“二合一”钻具进行钻进;

第六阶段为 H 规格绳索取心 + 液动锤的“二合一”钻具钻进,采用 $\varnothing 89$ mm 绳索取心钻杆, $\varnothing 97$ mm 金刚石钻头,钻深到 1461.9 m 时停止钻进,然后下入 1461.9 m 的 $\varnothing 91$ mm 套管进行护壁;

第七阶段为 N 规格绳索取心 + 液动锤的“二合一”钻具钻进,采用 $\varnothing 71$ mm 绳索取心钻杆, $\varnothing 77$ mm 金刚石钻头,钻深到 2211.4 m;

第八阶段为 N 规格不提钻换钻头取心钻进,采用 $\varnothing 71$ mm 绳索取心钻杆, $\varnothing 77$ mm 不提钻换钻头钻具,钻进到 2212.8 m 决定终孔。

工程示范钻孔 ZK43-1 孔的主要经济技术指标为:终孔深度 2212.80 m;台月效率 313.00 m;平均提大钻间隔 21.28 m;机械钻速 1.65 m/h;纯钻进时间 1342 h,占比 23.3%;辅助时间 3956 h,占比 68.7%;事故时间 462 h,占比 8.0%;平均钻头寿命 87.00 m;岩矿心采取率 98.60%;台月天数 240 天。

10 钻进方法与钻进参数

生产示范主要采用绳索取心钻探技术方法。使用高效长寿命金刚石钻头,钻头胎体硬度 HRC39 ~ 42,金刚石浓度 100%。钻进参数见表 4。

开孔使用孕镶金刚石钻头,优质泥浆作冲洗液,钻进压力一般控制在 5 kN 左右,轻压慢转,转速控制在 300 r/min 左右,冲洗液量控制在 120 L/min,

表 4 钻进参数

岩石名称	钻进方法	钻进参数		
		钻压 /kN	转速/(r·min ⁻¹)	冲洗液量 /(L·min ⁻¹)
强风化二长花岗岩	金刚石单管	5	300	120
二长花岗岩夹黑云斜长片麻岩	金刚石绳索取心	8~15	600~1000	60~80
绢英化二长花岗岩	金刚石绳索取心	10~15	600~1000	45~60

钻进达预定深度后,及时下入套管,为防套管折断、脱扣、错位等事故,在套管底部及顶部用水泥封固,套管顶部用套管夹固定。下好 $\varnothing 89$ mm 套管后,更换 N 规格绳索取心钻进。

N 规格绳索取心钻进参数:钻进压力一般保持在 15 ~ 18 kN,必要时减小到 8 kN 左右,钻进时应保持孔底压力均匀,预防压力过大造成钻头胎体崩裂或烧钻事故;转速一般采用 577 ~ 591 r/min,破碎岩层、断层、顶底板酌情降低;采用简易无固相冲洗液(每立方米加入 0.2 ~ 0.5 kg PHP,粘度 18 ~ 21 s),松散岩层可适当增加无固相冲洗液的粘度,冲洗液量 52 ~ 90 L/min,泵压 2 ~ 3 MPa(泵压表读数),冲洗液量的大小可根据施工具体情况而定,总之,既要保证冲洗液在孔内有效携带岩屑,又能保证冷却钻头提高钻进效率,防止烧钻事故的发生。

在二长花岗岩、斜长片麻岩、硅化二长花岗岩钻进时,除执行以上钻进的各主要钻进参数外还执行了下列规定:

(1) 钻进过程中,钻速显著降低、钻头出现打滑时应立即提钻;

(2) 严禁用过大钻压单纯追求时效,对于坚硬岩层、弱研磨性或强研磨性地层钻进,要选择大的钻压给进,忌小压力给进导致钻头的抛光或单磨损钻头不进尺情况的出现;

(3) 钻进过程中,要保持钻压平稳,不得用升降机进行减压钻进,在钻孔弯曲、超径及岩层破碎时,钻压应适当降低;

(4) 钻进坚硬、颗粒细的岩层,钻速较低,岩粉量少而颗粒细,则冲洗量可以小些;钻进软或中硬岩层,或者岩石研磨性较强,颗粒较粗的岩层,转速较高,钻速较快,冲洗液量应大些;钻进裂隙、有轻微漏失的岩层,冲洗液量稍多于正常情况;

(5) 钻进过程中,必须随时观察泵压变化,要严防冲洗液中断和中途泄漏,保证冲洗液的正常循环,要注重解决低固相泥浆在绳索取心钻探应用中的“结皮”问题。

每次提钻后,要及时分析金刚石钻头的磨损状

态和钻头唇部的变相,检验钻进技术参数是否合理,操作是否恰当,发现问题及时纠正。

11 冲洗液与护壁堵漏技术

11.1 冲洗液配方选择

(1)地层相对完整、施工正常时,采用 LBM - GLUB 体系,基本配方如下:水 + 3% ~ 5% LBM - 1 + 0.5% ~ 1.0% GLUB。遇微小漏失时,可加入 1% ~ 4% 的随钻堵漏剂(GPC)。

(2)岩层严重破碎时,在上述泥浆基础上加 1% ~ 2% 改性沥青和 0.1% ~ 0.3% 接枝淀粉共聚物。

常规条件下的泥浆性能要求如下:密度 $1.02 \sim 1.03 \text{ g/cm}^3$,滤失量 $\leq 15 \text{ mL}/30 \text{ min}$,漏斗粘度 $17 \sim 20 \text{ s}$,含砂量 $\leq 0.5\%$,pH 值 $8 \sim 9$ 。

11.2 护壁堵漏技术

钻孔部分孔段裂隙非常发育、地层破碎,冲洗液漏失十分严重,最严重时孔内冲洗液全部漏失。先后采用过的堵漏方法有:随钻堵漏、水泥堵漏、惰性材料堵漏、高失水堵漏剂堵漏、尿醛树脂水玻璃水泥球堵漏等。

不同孔段的地层裂隙大小不同、岩石破碎程度各异,造成漏失量也不同,每种堵漏方法有一定的适用条件。随钻堵漏适用于钻进过程中遇到的轻微漏失;水泥堵漏在非涌水地层时效果较好;惰性材料及高失水剂堵漏如果其中的架桥剂、悬浮拉筋剂、填塞剂比例与地层裂隙尺寸相匹配,亦可达到堵漏的目的;尿醛树脂水玻璃水泥球堵漏在坍塌破碎地层中堵漏效果较好。

11.3 套管护壁

钻孔所遇地层断裂发育,岩石破碎,钻进中经常会遇到坍塌掉块、钻孔缩径及超径、漏水、涌水等情况,易造成卡钻、埋钻、孔斜等孔内事故。为保证 2200 m 示范钻孔的顺利完成,根据相邻钻孔的施工经验教训,确定将套管作为护孔的最终方案。示范钻孔先后共下入 $\varnothing 146$ 、114、91 mm 三种规格的套管,其中 $\varnothing 91 \text{ mm}$ 套管下入深度 1461.9 m,创造了国内同规格套管下入的最高记录,为下步 N 规格口径顺利钻进打下了良好的基础。

12 钻探装备与配套器具生产示范应用效果

12.1 2000 m 钻机

(1)2000 m 全液压岩心钻机设计能力为:采用 N 规格绳索取心钻杆钻深达到 2000 m,实际钻深为 2212.8 m,超出设计能力的 10.64%,并且还有余地

往更深处钻进,这表明该钻机整体性能完全达到设计要求,完成了国家“863”项目的任务目标。

(2)钻机整体移动非常方便、安全性好。由于采用履带底盘,通过控制 2 个有线电控手柄,即可控制钻机的前进、后退、转弯、原地转向,操作灵活方便;通过采用电液比例控制,行走速度可自由调节,深受操作工人喜爱;控制手柄远离钻机本体即可控制钻机行走,安全性很高。

(3)动力机功率强劲。在整个生产示范过程中,柴油机转速都在 $1500 \sim 2000 \text{ r/min}$,运行稳定。

(4)卡盘性能好,夹紧力大。通过夹持 1460 多米的 HQ 绳索取心钻杆 (11.6 kg/m) 与 2210 多米的 NQ 绳索取心钻杆 (8.32 kg/m),表明卡盘的轴向夹持能力实际达到并超过了 184 kN。

(5)动力头齿轮传动系统与润滑系统工作稳定,即使在夏天高温天气,动力头整体温升也正常,润滑系统工作非常好;齿轮的加工质量好,传递钻机功率没有任何问题。

(6)动力头通孔直径 117 mm,使用直径 117 mm 以下的各种规格钻杆非常方便。

(7)钻机桅杆刚性好,强度大,在大扭矩钻进、主绞车与给进油缸同时提升时,桅杆整体表现都非常稳定;桅杆上下两段铰接,运输时方便;桅杆可滑移触地,钻进工作时稳定性非常好;桅杆上装有钻杆扶正器,加接钻杆时上下扣方便对正,对保护钻柱丝扣有利;桅杆高度适合提 9 m 长的立根,可减小提下钻时间,提高钻探效率。经统计,提升 1 个立根用时 1.5 min,孔深 2205 m 提升 245 次,用时 367.5 min,比 1 次提 6 m(需用时 550.5 min)节省 183 min,可以看出,桅杆可提升长立根可大大提高钻探效率。

(8)钻机底架整体刚性好,机架四周装有双重锁紧机构的 4 个千斤顶锁紧可靠,在近 9 个月的时间里千斤顶没有下滑,保证整体机架的平稳。

(9)钻进双油缸给进提升能力强,钻进过程平稳,快慢可调,使用方便;钻机具有 3.5 m 的长行程给进功能,有效避免了传统立轴式钻机给进行程短、停车倒杆辅助时间长、孔内事故几率高和综合效率低等缺陷,有利于提高钻进效率,减少辅助时间和岩心堵塞等孔内事故。

(10)动力头装有翻转油缸,动力头让开孔口时不需人工操作,减轻钻工劳动强度。

(11)主绞车提升能力大,升降速度可调,在孔浅时,钻具轻,可快速提放,孔深时,钻具重,慢速提升,实现了动力机的恒功率利用。

(12) 绳索取心绞车装有双重刹车系统,在打捞作业中途停止时不会下滑;装有的自动排绳机构排绳效果好,避免了钢丝绳缠绕过程中的纺锤现象(容易损坏钢丝绳)。

(13) 动力头转速范围宽,扭矩大,在0~1200 r/min间可进行无级调速,较好地满足了各种工况下对转速的选择,如提下钻卸扣时用低转速,正常钻进时用高转速等;在回转钻进时,主泵压力基本都在21 MPa以下,没有达到额定压力27 MPa,表明钻机扭矩在实际应用中有富余。

(14) 钻机液压系统工作正常。在主绞车强力提拔钻具时,压力达到额定设计压力31 MPa,系统工作正常;无论是高温天气,还是高速回转钻进,还是提下钻,液压油散热系统工作可靠,液压油温升一直在允许范围内。

(15) 钻机本身自带的转速显示、泥浆泵流量显示、绳索取心打捞深度实时显示非常直观,便于钻工随时调整。

(16) 孔口液压夹持器夹紧钻柱可靠,安装维护方便。

(17) 泥浆液压搅拌器质量轻,搅拌泥浆效果好,从开孔到终孔,一直都用该液压搅拌器。

12.2 高压泥浆泵

(1) 泥浆泵钻进中一般流量为50~100 L/min,压力5~9 MPa,主要技术参数能够满足深孔多工艺钻进的需要。

(2) 柱塞外圆面热喷涂Ni60+20%碳化钨,经磨削并抛光,在现场整个生产试验中,均无更换,使用寿命长。

(3) 柱塞盘根选用“压不跨”结构设计,由丁腈橡胶与纯芳纶编织密封材料制作并相间排列组合,在护孔堵漏时更换多次,正常泥浆钻进后,单组平均纯钻进200~250 m后更换,寿命较长。

(4) 阀密封圈由丁腈橡胶制作,在护孔堵漏时更换多次,正常泥浆钻进时,平均纯钻进300 m后更换,寿命较长。

(5) 由于泥浆泵正常钻进时冲次较低,压力不高,大大提高了易损件的寿命。

(6) 连杆小头轴瓦选用ZCuAl₁₀Fe₃(铜铝铁合金)表面渗硅特殊硬化处理,在整个钻进过程中均无更换,体现长寿命。

(7) 连杆大头采用自制的带内外瓦并附有保持架的滚针轴承,以滚动轴承代替滑动轴承,运转正常,温升较低。

(8) 采用双马达串并联驱动泥浆泵是成功的,有效降低了功率损耗,节能效果显著。

12.3 泥浆制备与固控系统

(1) 对维持泥浆性能起到了不可替代的作用。

(2) 根据需要及时开动,对泥浆的净化效果好,清除固相最小颗粒可到10 μm。

(3) 在施工期间,及时清除有害固相,保持了泥浆流变性能稳定,减少了泥浆排放对环境的污染。

(4) 对防止钻杆结泥皮起到了很重要的作用。在开离心机前,泥皮厚度达到了3 mm,开启离心机并降低钻机转速后,结泥皮的情况大有好转。

12.4 高精度钻进参数监测系统

(1) 实时显示钻速和其它钻进参数,为科学打钻提供了保障:由于该钻孔地层为坚硬的花岗岩,钻进速度一直较慢,尤其在深孔阶段钻速只有1~1.5 m/h,即每秒钟仅向下位移0.28~0.42 mm。这么小的位移量,在传统方式下光凭操作者肉眼是很难判断孔底钻进情况的。本钻参仪实时显示的钻速和其它参数,可帮助操作者及时掌握孔内工况,为安全高效钻探施工提供了科学保障。

(2) ZK43-1孔施工现场对“863”项目“2000 m地质岩心钻探关键技术与装备”的所有成果都进行了试验。钻参仪记录的大量数据,为各种新工艺及机具的进一步优化提供了科学依据。

(3) 辅助填写钻探班报表:班报表是钻探施工重要的原始资料,但以往钻工们都是下班前填写班报表,所以报表中的各项操作时间基本上是“回忆录”,严重失真。而钻参仪可显示各操作工序的时间,有助于真实填写钻探班报表。

(4) 进行工况识别:由于勘探所技术人员及现场工人认真负责,加上钻参仪起到辅助判断孔内工况的作用,使ZK43-1钻孔施工过程中未出现系统预设的典型事故工况。但是通过钻参仪显示的钻进参数曲线图也发现了一些小事故,并进行了及时排除。

12.5 绳索取心液动锤钻具工程示范结果

勘探所研制的大深度HWL绳索取心液动锤进尺700.3 m,使用寿命大于40 h。NWL绳索取心液动锤在1464.8~2211.4 m孔深,累计进尺746.6 m,使用寿命大于42 h。深孔应用绳索取心液动锤提高了机械钻速,增加了回次进尺。同时,有利于判断内管总成到位情况,减少了停待时间。

12.6 新型高强度绳索取心钻杆

示范工程使用了勘探所与无锡钻探工具厂联合研制的双密封不对称梯形螺纹副绳索取心钻杆。同

时,该钻杆采用了新开发的 XJY - 850 新型高性能绳索取心钻杆专用管材。自孔深 238.2 m 开始,至孔深 1461.9 m,试验使用 H 规格绳索取心高强度钻杆。钻进时间 151 天,累计深度 1223.7 m,创造国内同规格绳索取心钻杆应用孔深记录。自孔深 1461.9 m 开始,至孔深 2212.80 m,试验使用 N 规格绳索取心高强度钻杆,试验时间 82 天,累计进尺 750.9 m。试验表明,研制的钻杆强度高,耐磨性、密封性明显改善,钻杆卸扣扭矩较低;钻杆杆体、接头从未发生断裂、脱扣等情况。

12.7 长寿命金刚石钻头

随着绳索取心钻进深度的增加,钻头寿命对钻探成本及台月效率的影响越来越大。为降低钻探成本,提高台月效率,应用了北京探矿工程研究所研制的超高胎体二次镶焊长寿命金刚石钻头。H 规格长寿命钻头最大进尺 59.9 m,平均进尺 39.1 m,比普通金刚石钻头提高 32.9%;N 规格长寿命钻头最大进尺 117.9 m,平均进尺 87 m,提高 68.3%。

12.8 不提钻换钻头钻具

中国地质科学院探矿工艺研究所研制的 N 规格不提钻换钻头取心钻具是一种集绳索取心、绳索打捞更换钻头的孔内钻进新器具。钻具结构类型为楔顶扩孔翼伸缩式,采用两级破岩成孔,设置有先导钻头(主钻头)和扩孔钻头(副钻头)。在 ZK43 - 1 孔深 2010 m 后,钻具下孔到位张开后进行扫孔,然后打捞钻具。由于泥浆粘度较高,扫孔时间长,钻头架内沉满了岩粉,影响钻具不能充分收敛,打捞失败。钻具改进后在孔深 2081.50 和 2211.4 m 进行了 2 个回次的实钻试验,实现了基本功能和动作。

13 存在的问题和建议

(1) 钻机增加液压油油位报警装置,钻机在晚上施工有液压渗漏没及时发现时可及时发出声音信号,便于保护整个液压系统。

(2) 钻机桅杆两侧焊接横筋,形成梯子,便于人员攀爬;滑道两侧安装防护板,提高安全性。

(3) 护孔堵漏时,由于吸排水阀压缩弹簧偏软,夹浆而失灵,后经更换新设计的压缩弹簧后解决。

(4) 连杆大头滚针轴承内瓦出现松动而断裂,通过将内瓦热处理由水淬改油淬,且加固内瓦紧固定位等技术措施予以解决。

(5) 泥浆固控系统制浆罐及搅拌罐中叶片转速太低,且存在旋转死角,长时间使用后会于罐中四角堆积大量沉淀的粘土泥,影响泥浆性能,增加泥浆成

本。建议提高固控系统中制浆罐及搅拌罐中叶片转速,消除旋转死角,使固控系统更加适用化。

(6) 在本课题已实现的单点无线传输基础上,增加信号接收器,并修改发射机的软件和通讯传输协议,实现现场主机通过多点方式将信号分送多个工程师办公室。

(7) 目前国内各生产厂家采用的绳索取心钻具标准不统一,有地标、冶标等不同系统、不同年代制定的标准,同时还有国外的 Q、O 等系列标准。有的使用单位同时使用着两种甚至两种以上的标准,这对液动锤的推广应用造成了较大的困难。建议相关部门能够尽快统一我国的绳索取心钻具标准,以促进绳索取心钻进技术的进步。

(8) 由于试验孔段钻孔倾角 $\alpha \leq 60^\circ$,不提钻换钻头钻具打捞困难,导致参与的配套试验的钻探工作量较少。

(9) 继续研究解决大深度绳索取心钻杆管材制造、钻杆加工方面技术关键问题,同时应重视技术理论和应用基础研究工作,在环空水力学计算、螺纹副有限元分析等方面争取大的突破。

14 结语

2000 m 全液压岩心钻探装备示范工程 ZK43 - 1 孔的顺利完成,大大提升了我国地质岩心钻探技术整体水平,初步形成了具有中国特色和国际先进水平的深部矿产资源钻探技术体系,基本解决了我国深部矿产资源勘查中的关键钻探技术问题,实现了深孔硬岩岩心钻探技术跨越式发展。

参考文献:

- [1] 张金昌. 2000 m 地质岩心钻探成套装备研制工作进展[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(S1).
- [2] 孙建华, 张永勤, 梁健, 等. 深孔绳索取心钻探技术现状及研发工作思路[J]. 地质装备, 2011, (4).
- [3] 刘凡柏, 李文秀, 王庆晓, 等. YDX - 5 型全液压岩心钻机的研制与应用[A]. 第十六届探矿工程(岩土钻掘工程)技术学术交流会论文集[C]. 北京:地质出版社, 2011. 50 - 57.
- [4] 黄玉文, 胡继良, 朱迪斯, 等. 地质钻探用钻井液固控系统的研制[A]. 第十六届探矿工程(岩土钻掘工程)技术学术交流会论文集[C]. 北京:地质出版社, 2011. 91 - 95.
- [5] 卢春华, 李谦. CUG - 2 高精度钻参仪在深孔中的应用[J]. 工矿自动化, 2011, (2): 16 - 19.
- [6] 杨泽英, 冯绍辉, 苏长寿, 等. 绳索取心液动锤的研究与应用[A]. 第十六届探矿工程(岩土钻掘工程)技术学术交流会论文集[C]. 北京:地质出版社, 2011. 116 - 121.
- [7] 况雪军, 孙建华. XJY - 850 高强度精密地质管材的研制[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(5).