

泥浆不落地技术在 DY-4 井中的应用

陈根龙¹, 秦如雷¹, 陈晓君¹, 于彦江², 朱芝同¹

(1. 中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000; 2. 广州海洋地质调查局, 广东 广州 510760)

摘要:通过对水基和油基泥浆不落地系统的研究分析,总结了 2 种不落地系统的处理流程与核心技术,结合 DY-4 井的实际情况,设计了一套基于普通固控系统的泥浆不落地处理方案,并完成了方案的实施。改造后的不落地系统,由于舍去了泥浆池和沉淀池,整个泥浆循环、净化、回收过程均未发生泥浆外渗,十分环保。

关键词:泥浆不落地;水基泥浆;随钻处理技术

中图分类号:P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2019)11-0008-06

Application of drilling mud non-landing technology in Well DY-4

CHEN Genlong¹, QIN Rulei¹, CHEN Xiaojun¹, YU Yanjiang², ZHU Zhitong¹

(1. The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China;

2. Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou Guangdong 510760, China)

Abstract: Through the research and analysis of the water-based and oil-based mud non-landing systems, the treatment process and core technology of two non-landing systems are summarized. In light of the actual situation of Well DY-4, a mud non-landing treatment plan based on the ordinary solid control systems has been designed, and implemented. Through modification, the non-landing system eliminated the mud pit and the settlement tank, avoiding any leakage from the whole mud circulation process of mud circulation, purification and recycling; hence, very environmentally friendly.

Key words: non-landing; water-based mud; processing while drilling

0 引言

钻井施工中,泥浆起到稳定井壁、携屑排渣、润滑降温和平衡地层压力等作用。

近年来,随着钻井难度不断增加,钻井的工艺和技术也在不断进步,泥浆的成分也在变得越来越复杂,使得泥浆固液分离难度也在不断的增加。传统的固控系统能起到剥离有害固相的固液分离作用,这些固体废渣和钻井施工中产生的废泥浆要排放到地上开挖的废渣池中,稍有不慎(若遇强降雨)则可能对周围农田、环境造成严重污染。针对此种情况,2015 年 1 月 1 日实施的《中华人民共和国环境保护法》对石油工程的施工环境治理提出了新要求:一些

特殊地区,钻井过程中不可挖循环池,全井实现废弃泥浆及钻屑现场不落地,并要求处理后的固相可以就地堆放、填埋、或就地铺垫井场等,处理后的废水可达标排放标准。为响应环保要求,泥浆不落地系统必不可少,可保证去除泥浆有害固相、固相废弃物随钻治理及泥浆的回收。

DY-4 井为中国地质科学院勘探技术研究所所在黄河三角洲地区施工的一口试验井。试验初期,现场按照以往经验建好了一套开式循环系统,包括泥浆循环池与废渣池。试验一段时间后,为使泥浆循环流程达到环保要求,拟定了一套适合 DY-4 井的技术方案。改造后,DY-4 井的泥浆不落地系统

收稿日期:2019-10-09 DOI:10.12143/j.tkgc.2019.11.002

基金项目:中国地质调查局地质调查项目“海域天然气水合物资源试采工程实施(中国地质科学院勘探技术研究所)”(编号:DD20189601);广东省促进经济发展专项资金(海洋经济发展用途)项目“天然气水合物定向井开采技术试验与优化(广州海洋地质调查局)”(编号:GDME-2018D003)

作者简介:陈根龙,男,汉族,1988 年生,工程师,地质工程专业,硕士,从事岩土钻掘相关技术研究工作,河北省廊坊市金光道 77 号,chengenlong@qq.com。

引用格式:陈根龙,秦如雷,陈晓君,等.泥浆不落地技术在 DY-4 井中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(11):8-13.

CHEN Genlong, QIN Rulei, CHEN Xiaojun, et al. Application of drilling mud non-landing technology in Well DY-4[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019, 46(11): 8-13.

为一套闭式循环系统,满足环保要求。其改造思路与改造方案对其他泥浆不落地系统有一定的借鉴作用。

1 DY-4 井基本情况

1.1 场地简介

DY-4 井施工井场位于山东省东营市刁口乡附近。该地区属黄河三角洲冲积海积平原区滩涂,工勘报告显示,表层为第四系全新世松散沉积物,厚

度 300~500 m,地层岩性主要为粉土、粘土、粉砂等。设计水平井钻遇地层均为第四系覆盖层。

1.2 试验设备简介

钻机采用中国地质科学院勘探技术研究所研制的 SDC-2500 型水井钻机,名义钻井深度为 2500 m。QF-1300 型泥浆泵,额定功率 956 kW。发电机组:玉柴 300 kW、潍柴 200 kW。Z25-160 型固控设备 1 套,部分参数如表 1 所示。

表 1 固控系统参数
Table 1 Parameters of the solid control system

序号	设备名称	技术描述	单位	数量	备注
1	循环罐	11000 mm×2300 mm×1800 mm	件	1	容积 42.6 m ³ ,锥形仓
2	循环罐	11000 mm×2300 mm×1800 mm	件	1	容积 45.6 m ³ ,三仓
3	高频直线振动筛	JKZDS160	件	2	处理量:160 m ³ /h;振动轨迹:直线;电机功率:1.86 kW×2
4	除泥器	JKCNQ125×8	件	1	处理量:200 m ³ /h
5	砂泵	SB8×6-13	件	1	流量 200 m ³ /h;电机功率 55 kW;同时做泥浆枪供液泵用
6	离心机注入泵	5.5 kW-4 级 50 Hz	件	1	杆泵
7	离心机	JKLW450×1000 N	件	1	处理量:50 m ³ /h;转速:2200 r/min
8	配浆漏斗	JKSLH150×50	件	1	排量:200 m ³ /h;进料口直径:150 mm
9	砂泵	SB8×6-12	件	1	流量:200 m ³ /h;电机功率:45 kW;同时做泥浆枪供液泵用
10	泥浆枪	JKNJQ80A-3X	件	8	
11	卧式搅拌机	JKJBQ-11 kW	件	5	电机功率:11 kW;叶轮转速:60 r/min;叶轮直径:950 mm

2 DY-4 井初期采用的泥浆循环方案及特点

2.1 泥浆循环方案

由于地矿钻探领域设备较落后,单井施工预算较低,导致成本控制严格,加之行业规范对于钻井环保要求不多,较少涉及泥浆不落地的概念。本井施工时,采用了中国地质科学院勘探技术研究所自主研发的 SDC2500 型全液压车载钻机,该钻机井口下

端面距离地面高度 1.1 m,井口较低,专为水井等无需安装井控设备的工程设计。

该钻机井口返出泥浆通常走地面明挖的导流槽,流入地面开挖的 11 m×3 m×1.5 m 的沉淀池进行初级净化,之后通过举升泵泵入固控系统,固控系统分离出的固相排放至泥浆池,洁净的泥浆进入泥浆罐,之后通过泥浆泵泵入井内。该流程示意图见图 1,沉淀池与泥浆池如图 2 所示。

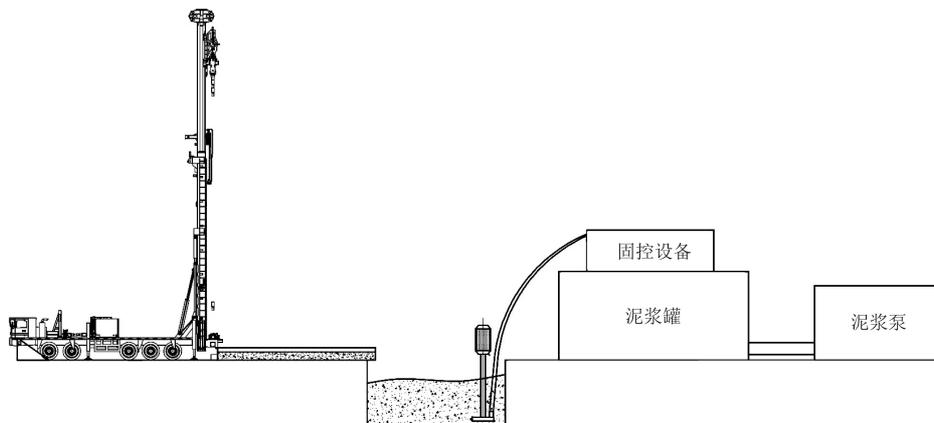


图 1 初始泥浆循环方案

Fig.1 Initial mud circulation scheme



(a) 沉淀池



(b) 泥浆池

图2 沉淀池与泥浆池

Fig.2 Mud pit and settlement tank

2.2 方案特点

该方案特征主要为:(1)泥浆流动的导流槽和沉淀池均为在地上开挖;(2)明挖导流槽和沉淀池使用防渗布做环保隔离;(3)固控设备分离的固相直接排至地面;(4)在沉渣池内和地面产生的废液废渣清理困难。

该方案大大节约了泥浆循环流程的成本,应用效果也满足试验。但是该方案的弊端也很明显,由于导流槽和沉淀池均为地面开挖,泥浆排量突变时很容易溢出导致地面污染;防渗布使用寿命有限,随着时间的延长其隔离效果会变差,导致泥浆渗入土层。泥浆固控设备所分离出的固相物质的含水量约为50%,内部含有一定的化学制剂,还不足以达到直接排放的标准。由于泥浆及废渣集中在地上开挖的废渣池中,运输至处理厂的过程十分复杂。废液可使用商砼车外运,废渣土需使用挖掘机装进槽车外运。由于废渣有很强的流塑性,需要拌和20%干土才能胶结不外溢,造成废弃物处理方量较实际产生的废渣方量大幅增加,成本剧增。而且废渣装卸车时间长,处理效率低。

为了调整本泥浆循环方案使其符合环保要求和成本控制,对目前主流的泥浆不落地系统进行了深入调研。

3 主流泥浆不落地系统方案

泥浆不落地系统基本原理是:通过稀释—絮凝

—分离3个步骤,将废弃泥浆变成岩屑、泥饼和水3部分,岩屑通过水洗、絮凝分离和化学反应处理,可作为铺路材料回收利用;泥浆中的有害物质成分和氯离子被析入水中后,再用真空吸附或压滤方式脱水制成泥饼^[16];将水中含有的大量有机无机杂质,通过预处理—反渗透膜处理达到排放标准。

泥浆不落地系统一般采用撬装可拆式泥浆罐替代废液、废渣池,按照钻井过程中液相及固相的落地地点,采取相应的技术手段,做到点对点式的收集、储存,实现液相和固相的不落地,譬如离心机、振动筛配有专用的废渣罐来收集。对收集的废弃泥浆,依据其水基泥浆或油基泥浆的性质,分别以不同的办法来处理,或压滤或破胶甩干。实现泥浆、岩屑等的不落地处理,实现随钻收集、外运废弃泥浆的目的。

3.1 泥浆不落地系统一般处理流程

整套处理流程由3个单元组成,即泥浆净化单元、泥浆破胶单元与泥浆压滤单元。

3.1.1 泥浆净化单元

(1)泥浆净化单元是由泥浆罐、高压冲洗振动筛、高速离心机、搅拌器、螺旋输送机与输送泵组成。

(2)泥浆罐比现场使用的固控设备低,在原泥浆固控设备(振动筛、除砂器、离心机)排砂处下面安装2台螺旋输送机,即一台接振动筛的岩屑,另一台接除砂器、离心机的岩屑。

(3)高压冲洗振动筛筛框上带高压冲洗装置,利用多级泵把清水供给高压冲洗振动筛,振动筛工作中使岩屑中的液相与固相分离,排除无污染固相颗粒。接振动筛的螺旋输送机将分离出的固相输送至废渣罐。

(4)振动筛处理完的泥浆进入到泥浆罐,离心机供液泵把泥浆输送至高速离心机,高速离心机分离后的液相回注井口,固相送至造砖厂加固剂制砖。

3.1.2 泥浆破胶单元

在泥浆中加入一定量的絮凝剂和破胶剂,利用搅拌器搅拌,达到破胶絮凝沉淀。

3.1.3 泥浆压滤单元

破胶后的泥浆进入泥浆压滤单元,经隔膜式压滤机处理后,得到含水量很低的泥饼和较为清澈的滤液。滤液经深层处理后,可达到环保排放标准。泥浆不落地系统一般处理流程见图3。

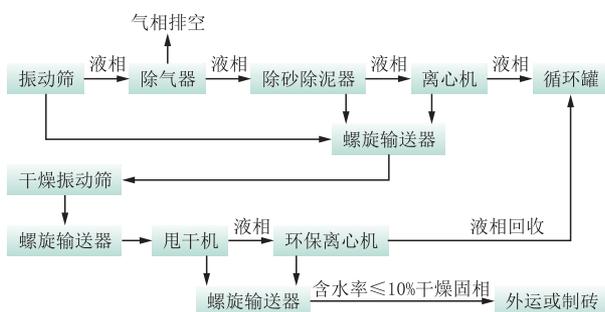


图 3 泥浆不落地系统一般处理流程

Fig.3 General treatment process chart of the mud non-landing system

3.2 泥浆不落地系统处理流程总结

其主要流程是先进行废弃物的收集,其次进行破胶或破乳处理,再次进行固液分离(压滤或甩干),最后外运含水率很低的干燥固相。保证整个处理过程中,泥浆都在可控的储液罐、储渣罐中,不会泄露到地表或地下,避免污染环境。

4 DY-4 井泥浆不落地改造方案

根据泥浆不落地系统的组成,分析现有设备改造的可行性。现有设备基本满足不落地系统需要的三级固控需求,但孔口返浆至固控区目前采用的导流槽和沉淀池不能满足不落地需求。

经初步分析,在现有钻机和预算条件下,要想实现泥浆不落地,增加压滤机、破胶单元等设备可能性较低。为最低成本的实现泥浆不落地,满足环保要求,需增加硬管、泥浆罐、螺旋输送器等低价值设备,增加设备清单见表 2。新增的泥浆罐中,一个用作中继罐,一个用作沉渣搅拌罐。

表 2 增加设备清单

Table 2 List of additional equipment

序号	名称	单位	数量	用途
1	泥浆罐	个	2	中继罐与沉渣罐
2	渣浆泵	个	1	泥浆泵入振动筛
3	搅拌机	个	3	沉渣罐防沉淀搅拌
4	钢管	m	20	井口返出泥浆通道
5	螺旋输送机	个	2	收集固控分离固相
6	卧式砂泵	个	1	沉渣罐冲淤

改造方案如下:

(1)舍去废渣池,改用沉渣搅拌罐,产生的废渣随钻清理,不再大量存储。

(2)由于井位的变动,泥浆靠自流无法顺利进入泥浆池中,这样就舍去沉淀池的中转沉淀功能,改为

只盛清水。

(3)井口旁沉入泥浆罐作为中继罐,泥浆可从井口流入中继罐,将其作为泥浆中转池。中继罐中装有渣浆泵,通过钢管将泥浆打入固控设备的振动筛中。

(4)增加 2 个螺旋输送机,用于盛接振动筛、离心机、除泥除砂器的废弃物(见图 4)。



图 4 螺旋输送机

Fig.4 Screw conveyor

(5)螺旋输送器的排出口方向,沉入一个 40 m³ 沉渣搅拌罐,用于临时存储废弃物(见图 5)。



图 5 搅拌罐

Fig.5 Mixing tank

(6)储渣罐上装有 3 台搅拌电机,按照 10 : 1 比例加入水,将固态废弃物搅拌成废渣溶液,密度约为 1.6 g/cm³。按此比例,30 t 废液中的废渣含量为 27 t,添加水产生的环保处理费用增加量占比很小。

(7)由于搅拌叶轮的搅拌范围有限,不能完整覆盖整个储渣罐,会导致储渣罐的四角产生岩屑堆积。在储渣罐接收废弃物的对侧装一个 22 kW 的砂泵,一侧为泵的吸入口,排出口设在储渣罐的接收废弃物的开口侧,这样建立起一个局部微循环,保证废弃物一直具有流动性,不会沉淀。

改造后的泥浆不落地处理流程如图 6 所示。

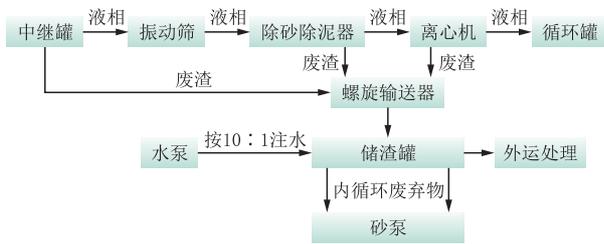


图6 改造后的泥浆不落地处理流程

Fig.6 Treatment process chart of the mud non-landing system

如此改造,现场不存在固态的废渣堆积,减少了环境污染风险,降低了使用挖掘机、槽车运输等费用,仅用杆泵将液态废弃物抽到商砼车中去,送往处理厂即可进行后续处理。

目前使用该方案,每日外运泥浆 120 m³,耗时仅 20 min,可保证试验顺利进行。由于舍去了泥浆池和沉淀池,整个泥浆循环、净化、回收过程未发生泥浆外渗,经济环保。

5 结语

本文通过对泥浆不落地系统的原理剖析与流程分解,总结了不落地系统的处理流程。依照不落地系统处理废弃物的思路,结合 DY-4 井现场实际情况,制定了一套泥浆不落地处理方案,并完成了方案的实施。经过实践证明,该方案可大量减少泥浆处理后期费用,适用于现有固控系统的改造。

参考文献 (References):

- [1] 李维斌,张阳.大牛地气田钻井液不落地技术与实践[J].重庆科技学院学报(自然科学版),2016,18(1):57-59,102.
LI Weibin, ZHANG Yang. Technology and practice of without landing drilling fluid in Daniudi Gas Field [J]. Journal of Chongqing University of Science and Technology: Natural Science Edition, 2016,18(1):57-59,102.
- [2] 刘光全,陈海滨,胡彬,等.水基钻井液废弃物“不落地”处理技术发展分析[J].长江大学学报(自科版),2015,12(35):49-54,5.
LIU Guangquan, CHEN Haibin, HU Bin, et al. The tendency of zero discharge technologies used for water-based drilling waste [J]. Journal of Yangtze University (Natural Science Edition), 2015,12(35):49-54,5.
- [3] 董怀荣,李宗清,郭振,等.胜利油田钻井液不落地处理工艺研究[J].西部探矿工程,2017,29(11):50-51,55.
DONG Huairong, LI Zongqing, GUO Zhen, et al. Research on drilling fluid non-landing processing technology in Shengli Oilfield [J]. West-China Exploration Engineering, 2017, 29 (11):50-51,55.
- [4] 刘荆成,李君,曹光福,等.玛湖凹陷废弃“泥浆”不落地施工工艺探讨[J].辽宁化工,2016,45(3):312-315.
LIU Jingcheng, LI Jun, CAO Guangfu, et al. Discussion on direct treatment process of waste mud without landing in AH-

- 3 Well site of Mahu Depression [J]. Liaoning Chemical Industry, 2016,45(3):312-315.
- [5] 邓红琳,赵文彬,袁立鹤.钻井液不落地技术在大牛地气田的应用[J].断块油气田,2014,21(1):97-99.
DENG Honglin, ZHAO Wenbin, YUAN Lihe. Application of without landing drilling fluid technology in Daniudi Gas Field [J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2014,21(1):97-99.
- [6] 孙金柱.大牛地气田钻井泥浆不落地技术的应用研究[D].南京:南京大学,2016.
SUN Jinzhu. Study on the application of waste drilling mud non-landing technology on Da Niu Di Gas Field [D]. Nanjing: Nanjing University, 2016.
- [7] 叶珺.页岩气开发废弃油基泥浆处理与回收技术研究[D].北京:中国石油大学(北京),2016.
YE Jun. The research of waste oil-based mud treatment and recycling in shale gas development [D]. Beijing: China University of Petroleum, 2016.
- [8] 李晓歌,任宏洋.油基泥浆钻井废弃物处理技术研究进展[J].环境与发展,2018,30(3):91-92.
LI Xiaoge, REN Hongyang. The development of oil-base mud drilling waste treatment technology [J]. Environment and Development, 2018,30(3):91-92.
- [9] 王茂仁.新疆油田钻井水基固液废弃物不落地处理技术研究[D].成都:西南石油大学,2017.
WANG Maoren. Research on non-landing treatment technology for water-based solid-liquid drilling waste in Xinjiang Oilfield [D]. Chengdu: Southwest Petroleum University, 2017.
- [10] 王彩林.废弃钻井泥浆随钻无害化处理[D].天津:天津工业大学,2017.
WANG Cailin. Harmless treatment of abandoned drilling mud while drilling [D]. Tianjin: Tianjin Polytechnic University, 2017.
- [11] 曹义军.“油田钻井废弃物不落地达标处理技术”在中国石油塔里木油田适用性分析[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2013.
CAO Yijun. “The applicable analysis of non-falling standard-reaching techniques of oilfield drilling waste” in PetroChina Tarim Oilfield [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2013.
- [12] 吴明霞.废弃水基钻井液环境影响及固化处理技术研究[D].大庆:东北石油大学,2012.
WU Mingxia. Environmental impact and solidification of water-based drilling fluid [D]. Daqing: Northeast Petroleum University, 2012.
- [13] 于雷,冯光通,李海斌,等.桩西滩海中生界地层水平井钻井液技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(4):23-26.
YU Lei, FENG Guangtong, LI Haibin, et al. Horizontal well drilling fluid technology at Mesozoic formation of Zhuangxi beach area [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(4):23-26.
- [14] 冯美贵,翁炜,马卫国,等.油基钻屑现场热解析处理技术现状及展望[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(3):7-12.
FENG Meigui, WENG Wei, MA Weiguo, et al. Prospect situation and prospect of thermal desorption technology for oil-based drill cuttings [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(3):7-12.
- [15] 曹义军,盛建东.钻井废弃物不落地达标技术在新疆地区的适用性研究[J].广州化工,2013,41(14):147-151.
CAO Yijun, SHENG Jiandong. Study on the application of drilling waste not landing standard technology in Xinjiang Re-

- gion[J]. Guangzhou Chemical Industry and Technology, 2013,41(14):147-151.
- [16] 肖春学,王勇.苏里格气田钻井液不落地技术研究[J].油气田环境保护,2017,27(6):36-38,56-57.
XIAO Chunxue, WANG Yong. Research on not-landing process of drilling fluid in Sulige Gasfield[J]. Environmental Protection of Oil & Gas Fields, 2017,27(6):36-38,56-57.
- [17] 石油钻井废弃物不落地随钻处理探讨[DB/OL]. <https://www.docin.com/p-755051308.html>.
Discussion on non-landing treatment of oil drilling waste while drilling[DB/OL]. <https://www.docin.com/p-755051308.html>.
- [18] 孙庆春,王群,许艳雪.东胜气田钻井液废弃物处理与钻井液技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(9):42-46.
SUN Qingchun, WANG Qun, XU Yanxue. Drilling fluid wastes treatment and drilling fluid technology in Dongsheng Gas Field[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016,43(9):42-46.
- [19] 王群.东胜气田井壁稳定技术研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(1):39-43.
WANG Qun. Research on borehole stability technology in Dongsheng Gas Field[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(1):39-43.

(编辑 韩丽丽)

在世纪工程川藏铁路建设中,便携式钻机不断刷新着纪录!



2019年10月底,铁一院负责的川藏铁路洛隆段察达隧道勘察钻探现场又传捷报,由西北有色713队使用陕西探XDQ-1200轻便型钻机施工的水平超前地质预报钻探孔,75

mm口径(NTW规格)成功钻至750.5m,顺利终孔,创轻便岩心钻机水平钻探孔目前国内最深纪录。打破了4个月前同样由该队创造的637.65m的纪录,一举把记录提高了110多米。

713队在接手任务之初,队领导就带领工程技术专家,考察国内多个厂家生产的钻机,对比结构性能,分析比较参数,最终认为XDQ-1200轻便型钻机是目前最适合川藏铁路水平超前地质预报孔施工的钻机,同时对钻机也提出了改进建议:(1)增加钻机立柱水平固定装置;(2)增加立柱支撑架;(3)提高扶正器衬套耐磨性,既保护钻杆,又减少孔内事故的发生。

洛隆段察达隧道勘察水平超前地质预报孔设计孔深750m,要求75mm口径(NTW规格)终孔。施工方案是110mm口径开孔,穿过3m多的地表风化层,进入基岩至6m,用95mm口径钻进到10m,以下为75mm口径钻至终孔。基岩为变质砂岩和花岗岩分层交替遇见,全孔穿过了6个断层,各断层厚度3~5m。

水平取心孔的孔内事故没有预判的参数,难以预判,在施工过程中XDQ-1200轻便型钻机配备的钻进参数显示与控制系统发挥出了优势,具备丰富的施工经验和敏锐的观察判断能力的司钻班长,利用精确的钻压、进尺速度、转速和扭矩,以及泥浆泵压力等钻进参数的变化,能够判断出孔内异常情况,



及时采取措施,避免事故的发生,保证了钻孔取心顺利进行。



完成该项目的XDQ-1200轻便型岩心钻机,是陕西探地质装备有限公司在对比国内外同类设备的优缺点的基础上,针对绳索取心钻进工艺的特点,自主研发生产的一种专门针对山区、丘陵地带,适用于中深孔取心钻探,可拆解,适合人工搬运的岩心钻机。该机主要适用于以金刚石复合片、硬质合金为主的岩心钻探。可用于地质勘察、超前地质预报、水文水井、浅层油气等施工领域。

该钻机具有以下特点:

- (1)钻进能力强,结构参数设计合理;
- (2)动力头变速采用电液变速+4挡变速箱方式,具有较宽的转速和扭矩范围,保证高效率的同时,工作稳定可靠;
- (3)采用高性能航空铝材,大大减轻了整机质量,便于搬运;
- (4)具有先进的钻进参数采集、动态显示和控制电液系统(专利技术);
- (5)模块化设计,单个模块质量 ≥ 200 kg,便于搬运;
- (6)恒压钻进控制系统(专利技术),自动设定恒压钻进,提高钻进效率,保证成孔质量;
- (7)钻机液压系统主要元件采用进口品牌,一般元件选用国内知名品牌,系统稳定、可靠,使用寿命长;
- (8)采用直动式负载反馈微调变量液压系统,功率随负载变化,高效率,低能耗;
- (9)操控手柄布置合理,操控灵活方便。

主要技术参数:动力头最大通径94mm,最大扭矩4333N·m,最大行程1700mm,最大提升力120kN;钻深能力BQ1200m,NQ800m,HQ60m;钻孔倾角 $0^{\circ}\sim 90^{\circ}$;整机质量2900kg(可拆部件最大质量 < 200 kg)。

(供稿 董朝晖,朱格涛,罗帅训,赵建博)