

# 地质岩心钻探冲洗液固控系统及配套工艺研究

冯美贵, 朱迪斯, 翁 炜, 黄玉文, 杨 鹏, 蒋 睿

(北京探矿工程研究所, 北京 100083)

**摘要:**针对地质岩心钻探用液动潜孔锤、孔底动力钻具等钻探新技术、新方法、新工艺和新工具对冲洗液性能的要求,并结合现场需求,研制了地质岩心钻探冲洗液固控系统。整个系统配置泥浆清洁剂、离心机二级净化设备,满足地质岩心钻探工艺需求;系统采用模块化集成设计,具有较强的适应性,搬迁方便、安全可靠。

**关键词:**地质岩心钻探;冲洗液;净化;固控系统

**中图分类号:**P634.3   **文献标识码:**A   **文章编号:**1672-7428(2016)05-0067-04

**Research on Solid Control System of Flushing Fluid Circulation in Geological Core Drilling and the Matching Technology/FENG Mei-gui, ZHU Di-si, WENG Wei, HUANG Yu-wen, YANG Peng, JIANG Rui (Beijing Institute of Exploration Engineering, Beijing 100083, China)**

**Abstract:** In view of the higher requirements on flushing fluid properties by new drilling technique, new method, new technology and new tool, such as hydro-hammer and down-hole dynamic drilling tool, the solid control system of flushing fluid circulation in the geological core drilling is developed according to the construction site situation. The whole circulation system is configured with mud cleaner and the two-stage purifying equipment centrifuge and designed with integrate module with properties of strong adaptability, convenient transportation, safety and reliability.

**Key words:** geological core drilling; flushing fluid; purification; solid control system

## 0 引言

地质岩心钻探施工过程中,有效控制冲洗液的固体含量及改善冲洗液的性能,对防止绳索取心钻杆内壁结皮,避免坍塌缩径及卡钻等孔内事故,提高钻进效率,延长钻具使用寿命,减少冲洗液排放对环境污染等具有重大意义。随着地质岩心钻探技术的不断进步,孔底动力钻具<sup>[1]</sup>、液动潜孔锤<sup>[2]</sup>等钻探新技术、新方法、新工艺和新工具的不断推广应用,对冲洗液性能提出更高的要求。其中绳索取心钻进<sup>[3]</sup>时,冲洗液固相粒度的80%~90%应控制在15~20 μm以下;孔底动力钻具——螺杆钻具钻进时,冲洗液固相含量 $\geq 13\%$ ,含砂量 $\geq 1\%$ ;孔底动力钻具——涡轮钻具钻进时:冲洗液含砂量 $< 2\%$ ;液动潜孔锤钻进时,含砂量 $\geq 0.5\%$ 。而现有石油全面钻进工程中应用的固控系统及配套设备体积庞大、处理量大、设备昂贵、质量大、不易搬迁等,不适合于地质岩心钻探应用。

为此我所对冲洗液固相控制技术<sup>[4-9]</sup>进行了现场调查和技术论证,并结合地质钻探现场需求,研制

可清除5 μm及以上固相,净化后含砂量 $< 0.5\%$ 的泥浆清洁剂-离心机二级金刚石岩心钻探冲洗液固控系统。

## 1 冲洗液固控系统的功能要求

地质岩心钻探冲洗液固控系统具备如下功能:

(1)具备充足冲洗液储备功能,确保在复杂工况下有足够的冲洗液,满足钻探工艺的要求;

(2)具有二级固控净化能力,可满足不同深度地质岩心钻探工艺要求,配备有泥浆清洁剂、离心机二级固控设备,相比石油相关产品设备体积小、质量轻,可清除5 μm及以上的固相颗粒,含砂量低于0.5%,有效控制冲洗液固相含量,提高钻进速度,减少井下事故,提高钻具与钻头的使用寿命;

(3)满足地质岩心钻探用孔底动力钻具、液动潜孔锤等钻探新技术、新方法、新工艺和新工具对冲洗液的要求;

(4)制浆罐和循环罐均与泥浆泵相连,满足不同地层特性、不同钻探工艺不同性能冲洗液的需求;

收稿日期:2015-10-22; 修回日期:2016-03-01

**基金项目:**中国地质调查局组织实施的国家地质矿产调查评价项目“青海省柴达木北缘地质矿产调查(编号:12120114090301)”、“全国地下水污染综合调查评价(编号:12120113017500)”及科研院所技术开发项目“新型地质钻探钻井液离心机的研究与开发”资助

**作者简介:**冯美贵,女,汉族,1981年生,机械工程专业,硕士,从事大口径旋挖钻具、孔底动力钻具及冲洗液固控系统的研发工作,北京市海淀区学院路29号,rosy03250186@126.com。

(5)采用模块化集成设计,拆装、运输方便,适应于地质钻探不同作业环境的需求。

## 2 冲洗液固控系统循环总量的设计计算

按照地质钻探钻进工艺的要求,不同孔深和孔径,所需的最小冲洗液量不同,其冲洗液循环总量 $Q_{总}$ 用下式计算:

$$Q_{总} = Q_{孔} + Q_{管} + Q_{罐}$$

式中: $Q_{孔}$ ——孔中存储的冲洗液量, $m^3$ ;  $Q_{管}$ ——地面管汇中存储的冲洗液量, $m^3$ ;  $Q_{罐}$ ——维持砂泵、冲洗液泵正常工作时最低液面冲洗液罐中存储的冲洗液量, $m^3$ 。

计算 $Q_{孔}$ 值时, $Q_{孔} = \pi d_1^2 H/4$  ( $d_1$ ——孔径,m;  $H$ ——设计孔深,m),并根据孔深结构分段计算叠加,得到孔中所存储的冲洗液总量。

计算 $Q_{管}$ 值时,根据地面管汇的实际使用情况, $Q_{管} = \pi d_2^2 L/4$  ( $d_2$ ——地面管汇内径,m;  $L$ ——地面管汇长度,m)。

计算 $Q_{罐}$ 值时,维持砂泵、冲洗液泵正常工作时最低液面高度 $\leq 400$  mm,  $Q_{罐} = 0.4L_{罐} D_{罐}$  ( $L_{罐}$ ——罐长度,m;  $D_{罐}$ ——罐宽度,m)。

其中固控系统中单个罐体的尺寸和循环罐的数量

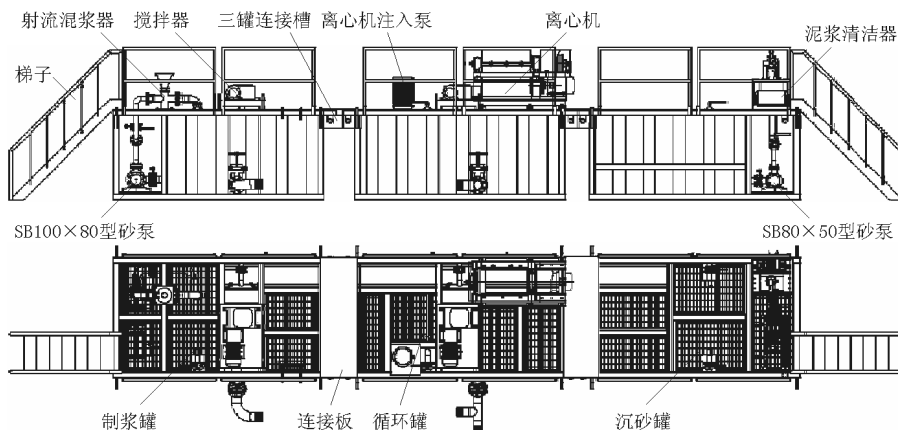


图1 冲洗液固控系统平面布置图

## 4 冲洗液固控系统的电控设计

根据《地质钻探手册》中机场安全防护设施以及《地质岩心钻探规程》(DZ/T 0227—2010)中钻探机场安全规定,结合地质钻探冲洗液固控系统的施工现场需求,将固控设备的电器控制采用分散控制的方式进行安装配置。对两台砂泵电机及两台搅拌器,均采用分机控制;控制箱安装在各电机的附近,

一般根据井架底座高度、当地运输条件等因素确定。

结合山东乳山金青顶金矿区 ZK43-1 孔设计钻深 2000 m 及 N 级口径( $\varnothing 76$  mm)绳索取心钻具施工的钻探需求,研制的固控系统冲洗液总容积  $31.5 m^3$ ,总有效容积  $19.6 m^3$ ,固控系统主要由 2 个泥浆罐、一个沉砂罐及配套设备组成。

## 3 冲洗液固控系统的结构设计

基于固控系统冲洗液循环总量理论计算及模块化集成设计原则,结合山东金青顶矿区危矿专项 ZK43-1 钻孔 2000 m 施工需求,完成金刚石岩心钻探冲洗液固控系统的结构设计。其主要结构包括一个制浆罐、一个循环罐、一个沉砂罐及清水管路、冲洗液管路、三罐连接槽、三罐连接板、梯子、罐内梯子、护栏、罐间管路以及配套的搅拌器、射流混浆器和电控柜等辅助设备。罐体均采用瓦楞钢板与型钢组焊,罐周围设有护栏,罐间设有防滑钢板制作的走台;总体设有两个上罐梯子和一个罐内梯子。罐体一侧方管框架做清水管线,用于配浆和清洗罐面设备,另一侧方管框架做冲洗液管线,用于罐间输送冲洗液。冲洗液固控循环系统平面布置如图 1,主要配套设备如表 1 所示。

便于对设备的运行进行观察监视。离心机和离心机注入泵采用一个控制箱,安装在循环罐的罐面便于集中控制。罐与罐之间配有接线盒,采用便于拆装的航空安全插头进行电缆之间的连接,各电器的接线及接头均按照井场防爆要求进行电器配置。

冲洗液固控系统的电器装置达到国家 II 级防爆标准,具有防水、防尘、防腐耐冲击性能,防护等级为 IP55,防爆标志为 Exde IIBT<sub>4</sub>,适应野外恶劣工况的

表1 2000 m地质岩心钻探用冲洗液固控系统主要配套设备

设备名称	型号	数量	技术参数
冲洗液罐		3个	总容积31.5 m <sup>3</sup> ,有效容积19.6 m <sup>3</sup>
砂泵	SB100×80	1台	额定处理量52.5 m <sup>3</sup> /h,扬程31 m,电机功率11 kW
	SB80×50	1台	额定处理量30 m <sup>3</sup> /h,扬程31 m,电机功率5.5 kW
射流混浆器	TGSLH80×100	1台	额定处理量60 m <sup>3</sup> /h
搅拌器	TGJBQ100	2台	功率5.5 kW,叶轮转速58 r/min
离心机注入泵	TGYZ6	1台	额定处理量6 m <sup>3</sup> /h,电机功率1.1 kW
离心机	TGLW350	1台	额定处理量6 m <sup>3</sup> /h,转速1500 r/min,电机功率11 kW,分离粒度3~5 μm
	TGLW220	1台	额定处理量1.5 m <sup>3</sup> /h,转速3000 r/min,电机功率7.5 kW,分离粒度3~5 μm
泥浆清洁器	QJQ100	1台	额定处理量5~12 m <sup>3</sup> /h,分离粒度20~74 μm
	QJQ200×1/100×2	1台	额定处理量40 m <sup>3</sup> /h,分离粒度20~74 μm

要求,符合安全操作要求;电缆线全部封闭在可拆装的电缆槽中,电控既能集中控制、又能分罐控制,操作安全、方便、可靠,适应野外露天作业,搬迁安装方便。

## 5 冲洗液固控系统的工艺流程

### 5.1 冲洗液制浆工艺流程

整套系统工艺流程设计,满足冲洗液的制备、搅拌和泥浆清洁器、离心机二级固相控制的要求。首先通过清水管线向制浆罐中注入清水,当制浆罐中的液面高于砂泵的吸入高度时,即可启动砂泵,同时向射流混浆器的加料漏斗中加入冲洗液材料;冲洗

液材料经射流混浆器后得到混合,混合后的液体进入制浆罐中,冲洗液在搅拌器的叶轮搅拌下,形成循环流,防止冲洗液发生沉淀。当制浆罐中的冲洗液达到钻井工程所需冲洗液的性能时,完成冲洗液的制备。

钻进作业时启动砂泵,关闭制浆罐一侧冲洗液管线上的蝶阀,关闭沉砂罐一侧冲洗液管线上的蝶阀,打开循环罐一侧冲洗液管线上的蝶阀,冲洗液经过冲洗液管线由制浆罐输送到循环罐。制浆罐内的冲洗液也可通过三罐连接槽溢流到循环罐中。制浆罐和沉砂罐示意图见图2,制浆工艺流程见图3。

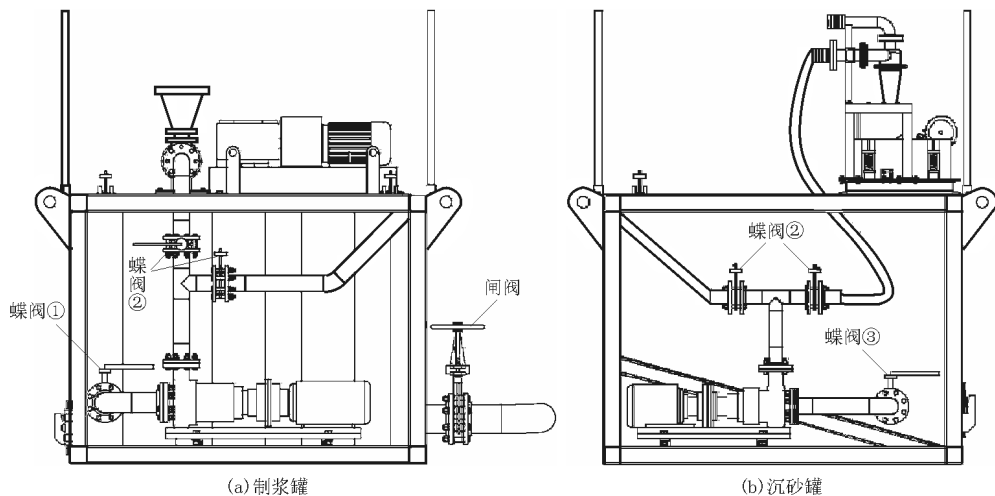


图2 制浆罐和沉砂罐示意图

### 5.2 泥浆泵吸入流程

制浆罐和循环罐通过控制阀门和管线连通,确保泥浆泵既可吸入循环罐内冲洗液,也可吸入制浆罐内冲洗液,以满足不同地层特性的不同性能冲洗液工艺需求,保证工程的安全顺利进行。

### 5.3 冲洗液净化循环流程

从孔口返回的冲洗液通过高架槽或暗渡管进入

沉砂罐,随后启动砂泵,冲洗液从沉砂罐输送到一级固控设备泥浆清洁器进浆管中,处理后的冲洗液经过泥浆清洁器的溢流口管线返回到沉砂罐;沉砂罐中的冲洗液可由三罐连接槽溢流到循环罐中,也可通过启动砂泵,由罐体一侧的冲洗液管线输送到循环罐或制浆罐中;最后启动离心机注入泵,将循环罐内冲洗液通过管线输送至离心机,经离心机处理后的

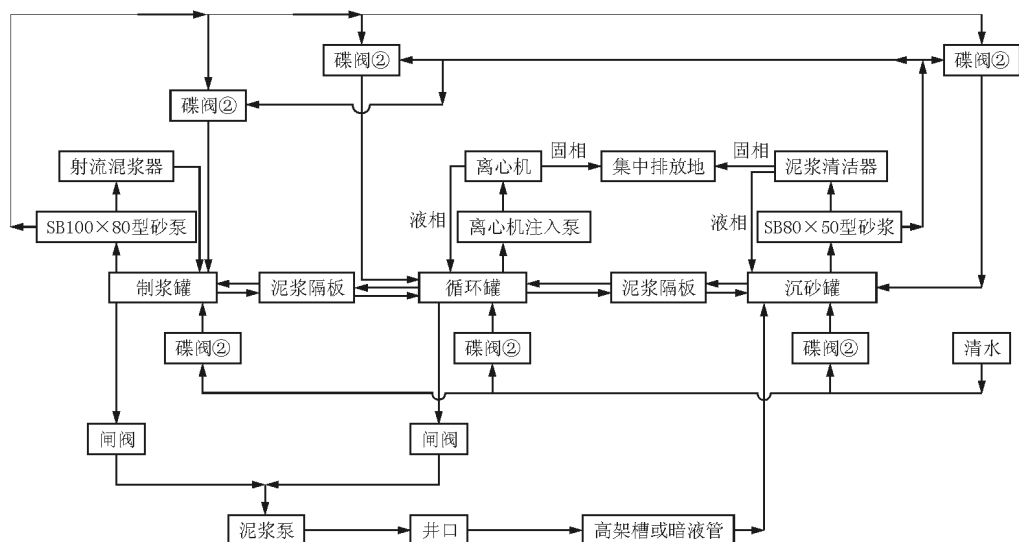


图3 冲洗液净化循环流程

冲洗液再返回到循环罐;其中泥浆清洁器和离心机处理后的固相集中排放到沉砂池,便于集中处理,冲洗液固控净化循环流程见图3。

#### 5.4 冲洗液加重流程

当需要增大冲洗液的密度时,则启动砂泵,从制浆罐中吸入冲洗液,加重材料经射流混浆器后得到混合,混合加重后的冲洗液进入制浆罐中,然后再通过冲洗液管线输送至循环罐,实现冲洗液的加重。

#### 5.5 清洗工艺流程

各罐设有清水管线,清水管线用于向各罐内注入清水和清洗罐面设备,每个罐均设有一个控制清水阀门,系统清水管入口设在沉砂罐一端。

#### 5.6 罐间连通工艺流程

各罐设有冲洗液管线,每个罐均设有一个阀门,用于控制冲洗液注入。冲洗液可由砂泵从制浆罐通过冲洗液管线输送到循环罐,也可到沉砂罐;同时冲洗液也可由砂泵从沉砂罐通过冲洗液管线输送到循环罐,也可到制浆罐。冲洗液管线工艺流程见图3。

### 6 应用效果

我所研制的冲洗液固控系统在山东乳山金青顶金矿区危矿专项 ZK43-1 示范钻孔工程中得到了成果应用,效果良好,现场应用情况如图4。

(1) 施工中根据需要及时开动固控设备,冲洗液的净化效果好,并对防止绳索取心钻杆结泥皮起到了重要的作用。在使用固控设备前,泥皮厚度达到了3 mm,开启固控设备并降低转速后,固相颗粒



图4 冲洗液固控系统现场

的峰值从5~80  $\mu\text{m}$  降到10  $\mu\text{m}$  以下,平均粒径从22  $\mu\text{m}$  降到5  $\mu\text{m}$ ,净化前冲洗液固相含量为8%,净化后冲洗液固相含量为0.5%,绳索取心钻杆结泥皮的现象大有好转。

(2) 施工中及时清除了有害固相,保持了冲洗液流变性能稳定,减少了冲洗液排放。

### 7 结论

结合地质岩心钻探钻进工艺的需求,自主研发的冲洗液固控系统,可有效控制冲洗液的固相含量,改善冲洗液的性能,防止绳索取心钻杆内壁结垢,为金刚石绳索取心钻进、液动潜孔锤和孔底动力钻具提供了优质的循环介质。

整套冲洗液固控系统匹配泥浆清洁器、离心机二级固控设备,实现冲洗液的配制、循环、净化和储备一体化;设备能力与地质岩心钻探所需的冲洗液处理需求相匹配;系统采用模块化集成设计,便于搬迁,运输。

(下转第75页)

范围同样分二序完成控制性水泥灌浆。完成灌Ⅱ序孔终孔段时,此时其左右不能排水消压,但需控制缩短浆液凝固时间和大于Ⅰ序孔灌浆压力1.0~2.0 MPa,最大限度保证帷幕的完整性和可靠性以保证止水效果。当达到要求计划浆液量和要求灌浆压力后即可结束灌浆。

#### 4 结语

对于福清核电站5、6号机组的排水暗渠和CC跌落井的施工,由于其地质环境条件复杂,并且存在着淤泥堆积和软弱土层,也存在含有块石和抛石的土层,因此在排水暗渠的施工中,为了达到良好的加固止水效果,采用了在软弱土层中适用的高压旋喷桩和在块石抛石地层适用的帷幕灌浆止水工艺相结合的施工方法。经过两种施工工艺相结合,为后期的干法施工创造了良好的条件,如图5所示。工程实践表明,这两种工艺相结合在施工速度,安全施工与文明施工以及经济效益方面取得了良好的效果,对于今后类似的施工条件下的工程项目,具有一定的参考价值。



图5 高压旋喷支护与帷幕灌浆止水施工后的效果图

#### 参考文献:

- [1] 王璐华.帷幕灌浆技术在白泥坡水库除险加固工程中的应用[J].中国水利,2010,(18):21-23.
- [2] 吴维正,丰武江,沈家兵,等.双液灌浆法在临时围堰止水帷幕中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(2):46-47.
- [3] 王海忠.帷幕灌浆在内蒙古小沙湾水厂1号辐流池渗漏处理中的应用[J].山西水利科技,2012,(4):29-31.
- [4] 刘建光.帷幕灌浆在砂卵石坝基防渗加固中的应用与研究[J].浙江水利水电专科学校学报,2012,24(2):18-22.
- [5] 邓树密.伊朗TALEGHAN水利枢纽厂房封闭帷幕灌浆施工[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(8):66-69.
- [6] 黄全海,赵尊亭,王利芳.赤泥库大坝渗漏分析及灌浆处理技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(11):66-69,79.
- [7] 任宏茂,陈俊.地铁车站基坑帷幕灌浆施工技术[J].铁道建筑技术,2013,(9).
- [8] 崔双利.高压旋喷注浆技术在基坑挡土墙工程中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(2):48-49.
- [9] 李斌,郭克诚,蒋冲,等.高压旋喷扩底桩承载机理的现场试验研究[J].土工基础,2012,26(1):70-73.
- [10] 狄宏规,冷伍明,周顺华,等.朔黄重载铁路路基斜向高压旋喷桩加固效果[J].同济大学学报(自然科学版),2013,41(12):1818-1823.
- [11] 韩争.高压旋喷桩在高速公路施工中的应用[J].交通世界:运输,2015,(30).
- [12] 武玲.高压旋喷桩在某建筑地基加固中的应用[J].山西建筑,2014,(34):79-80.
- [13] 核工业南京工程勘察院.福清核电站5、6号机组7CC子项岩土工程勘察报告[Z].
- [14] GB 175—1999,硅酸盐水泥,普通硅酸盐水泥[S].
- [15] JGJ 63—89,混凝土拌合用水标准[S].

(上接第70页)

#### 参考文献:

- [1] 何远信,刘家荣,翁炜,等.深部高效钻探技术研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S2):84-88.
- [2] 苏长寿,谢文卫.液动冲击回转钻探技术的研究与应用(之二)[J/OL].探矿工程在线,2013-12-31.
- [3] 王达,何远信,等.地质钻探手册[M].湖南长沙:中南大学出版社,2014:429,338,470,517.
- [4] 龚伟安.钻井液固相控制技术与设备[M].北京:石油工业出

版社,1995:49-53,316-322.

- [5] 张玉华,李国华,熊亚萍,等.钻井液固控系统配套现状及改进措施[J].石油矿场机械,2007,36(12):84-87.
- [6] 张金昌,刘凡柏,冉恒谦,等.2000 m地质岩心钻探关键技术与装备[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(1):3-6.
- [7] 贾军.中国大陆科学钻探先导孔及扩孔钻井泥浆工艺[J].探矿工程,2003,(3):57-60.
- [8] 冯美贵,朱迪斯,翁炜,等.小口径地质钻探用TGLW220×660型冲洗液离心机的研制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(12):40-43.