GK – 15 型地质岩心钻探泥浆固控装置研究应用

张　飞, 熊虎林, 吕　方, 米合江, 王智慧, 孙　鑫
(新疆地质矿产勘查开发局第九地质大队,新疆 乌鲁木齐 830000)

摘要:固相控制装置在石油钻井中应用比较广泛,已实现系列化、标准化和专用化。地质岩心钻探在深度、口径和工艺等方面不同于石油钻井。因此,石油钻井固相控制装置不适合在地质岩心钻探施工中使用。GK – 15 型地质岩心钻探泥浆固相控制装置是在综合石油钻井固相控制装置特点的基础上,结合地质岩心钻探工艺的需求,把振动筛、清洁器和离心机通过管路联接,构成封闭的泥浆固相控制装置,实现泥浆的制备、循环、固相控制和储备。介绍了 GK – 15 型泥浆固相控制装置结构、性能参数以及取得的使用效果。

关键词:地质岩心钻探;泥浆;固相控制;泥浆固探设备
中图分类号:P634.4　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1672 – 7428(2015)12 – 0064 – 05

Study and Application on GK – 15 Mud Solid-phase Control Device for Geological Core Drilling/*ZHANG Fei*, *XIONG Hu-lin*, *LU Fang*, *MI He-jiang*, *WANG Zhi-hui*, *SUN Xin* (The Ninth Geology Team of Xinjiang Bureau of Prospecting and Development of Geology and Mineral Resources, Urumqi Xinjiang 830000, China)

Abstract: Solid-control device is widely applied in petroleum drilling and has been implemented in series, standardization and specialization. Geological core drilling is different from oil drilling in depth, diameter and process. The GK – 15 mud solid-control device for geological core drilling is developed on the basis of the comprehensive characteristics of solid-control device for petroleum drilling and combined with the requirements of geological core drilling technology, the vibration sieve, cleaner and centrifuge are connected through a pipeline to form a closed mud solid control device to achieve of slurry preparation, circulation, solid control and reserve. The paper introduces the structure and parameters of GK – 15 mud solid-control device for and sums up the application conclusion.

Key words: geological core drilling; mud; solid control; mud solid-control device

0　引言

泥浆是钻探工程的血液,在钻探施工过程中,泥浆固相控制是维持泥浆优良性能的保证,而优良的泥浆性能是预防孔内事故、提高钻速和降低成本的前提。实践证明,通过对泥浆固相的控制来改善泥浆性能的技术,已发展为一项与稳定井内工况和提高钻进速度密切相关的重要辅助工艺。过去,地质岩心钻探施工中并不注意使用机械装置来净化泥浆,多采用自然沉降法、稀释法、替换法和化学絮凝法等,不仅泥浆性能难以保持稳定,而且费用昂贵。近几年来,在地质岩心钻探领域,泥浆固相控制技术有了很大改革,逐渐从传统方式净化向机械化方式净化转变,但普遍存在使用效果不佳的现象。

在石油钻井行业,固相控制装置应用比较广泛,已实现系列化、标准化和专用化。地质岩心钻探在深度、口径和工艺等方面不同于石油钻井,因此,石油钻井固相控制装置不适合在地质岩心钻探施工中使用。

GK – 15 型地质岩心钻探泥浆固控装置是在综合石油钻井固控装置特点的基础上,结合地质岩心钻探工艺的需求,把振动筛、清洁器和离心机通过管路联接,构成封闭的泥浆固相控制装置,实现泥浆的制备、循环、固相控制和储备。

1　固控装置的结构及性能参数

GK – 15 型地质岩心钻探泥浆固控装置的的基本尺寸为:长 4.6 m,宽 2.1 m,高 2.9 m(罐体高度 1.8 m,罐上固控设备高度 1.1 m)。固控装置主体结构分为罐底座、罐壁和罐面 3 部分,罐底座由 2 道主梁、3 道横撑和底板组成,底板为 8 mm 厚钢板;罐壁用 6 mm 厚钢板压制成瓦楞板,增加了罐体的刚度和强度;罐面边框及内部拉撑用槽钢等型钢连接,其他部位铺设钢格板。

GK – 15 型地质岩心钻探泥浆固控装置分为沉淀罐、循环罐和制浆罐,罐与罐之间用钢板隔开,

收稿日期:2015 – 06 – 19; **修回日期**:2015 – 11 – 11

作者简介:张飞,男,汉族,1985 年生,工程师,勘查技术与工程专业,从事地质岩心钻探技术与管理工作,新疆乌鲁木齐市沙依巴克区西山路 67 号,zfcug@ sina. com。

顶部留有溢流口,底部采用海底阀互相连通,沉淀罐、循环罐和制浆罐的罐体采用钢板与型钢组焊,一侧设有上罐扶梯。GK－15 型地质岩心钻探泥浆固控装置现场使用及结构如图 1、图 2 所示。

1.1　主要参数(见表 1)

1.2　泥浆循环流程

井口返出泥浆由渣浆泵泵送至 GK－15 型泥浆固控装置,经过固控装置处理后,无用固相排至排污池,泥浆由泥浆泵泵送至孔内,形成泥浆的循环。泥浆循环流程如图 3 所示。

图 1　GK－15 型地质岩心钻探泥浆固控装置现场使用图

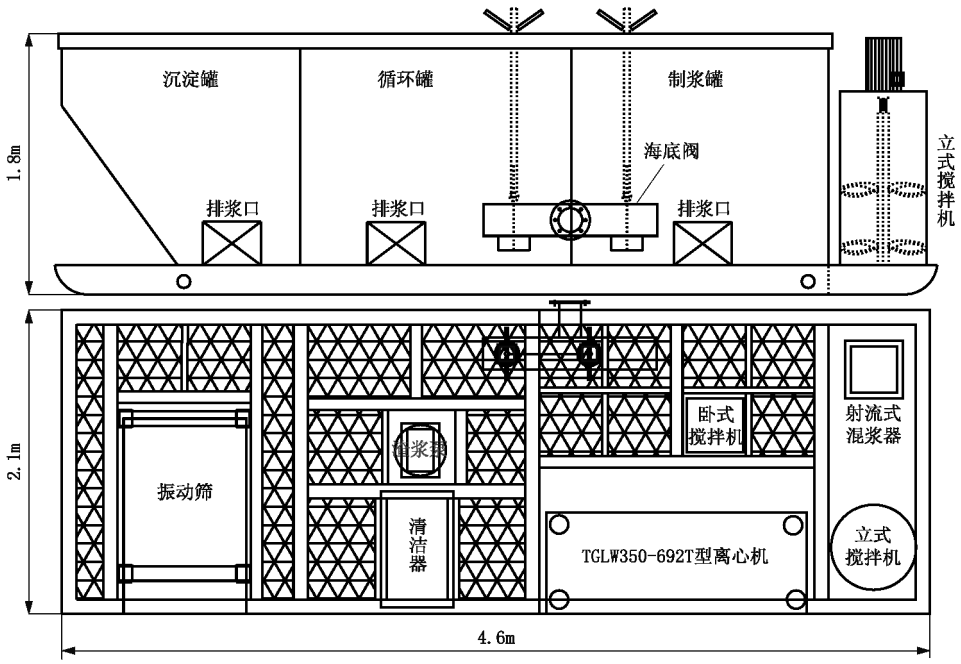

图 2　GK－15 型地质岩心钻探泥浆固控装置结构图

表 1　GK－15 型地质岩心钻探泥浆固控装置主要参数

容积	15 m^3						
处理能力	6 m^3/h						
外形尺寸	4600 mm×2100 mm×1800 mm						
质量	4500 kg						
电机总功率	射流泵	搅拌器	卧式搅拌机	振动筛	清洁器	罐下渣浆泵	罐上渣浆泵
29.75 kW	11 kW	2.2 kW	5.5 kW	0.37 kW	0.18 kW	7.5 kW	3 kW

1.3　沉淀罐结构

沉淀罐上配有一台振动筛、一台渣浆泵、一个排浆口及连接管路。渣浆泵将井内返出泥浆从罐下经分流箱输送到罐上振动筛,液相输送到沉淀罐中,固相排到废浆池中。

振动筛是第一级泥浆固相控制装置,是泥浆固相控制系统中的必备设备。利用固体颗粒外形尺寸与筛网孔径的差异,将从井底返出泥浆中的较大固相颗粒分离出去。实际工作中,振动筛的分离效率,不仅与筛网目数有关,而且与泥浆的类型、性能、振动筛的技术参数、泥浆的排量有关。振动筛性能参数如表 2 所示。

1.4　循环罐结构

循环罐上配有一台清洁器、一台渣浆泵、一个排浆口及连接管路。渣浆泵设置一条吸入管路,两条输出管路,其中一条输出管路连接水力旋流器的输入口,另一条输出管路连接离心机的输入口。水力旋流器溢流口浆液输送到循环罐,底流口浆液通过水力旋流器下部振动筛,液相流入循环罐,固相颗粒排到废浆池中。清洁器是水力旋流器和细目振动筛组合而成的一种固相控制设备,其机构如图 4 所示。

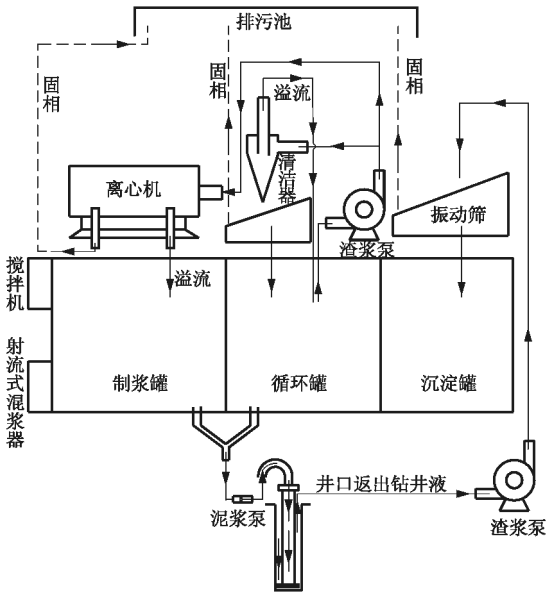

图 3 泥浆循环流程图

表 2 振动筛性能参数

分流箱	长×宽×高/mm					
	500×200×700					
振动筛	长×宽/mm	坡度/(°)	振频/(次·min^{-1})	筛网目数/目	激振力/kN	振动电机功率/kW
	1100×700	10	980	80~120	5	0.37

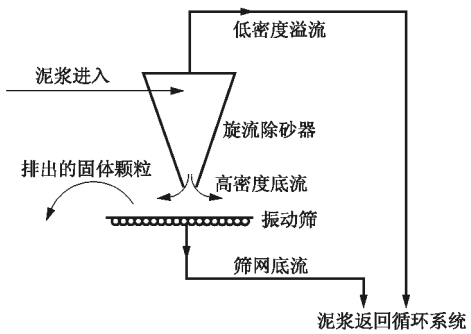

图 4 清洁器结构图

其工作过程是:泥浆自井口返出,通过渣浆泵经第一级振动筛处理后,流入第一个沉淀罐中,泥浆储满沉淀罐后通过上部溢流口流入第二个循环罐中,渣浆泵自第二个循环罐中吸入要处理的泥浆,经水力旋流器分离,旋流器的溢流——净化了的泥浆流入第二个循环罐;旋流器的底流——含有较细固相颗粒的泥浆直接流到组合设备的细目振动筛上。振动筛筛网一般为 150~200 目,使旋流器的底流再次分离,液相流到第二个循环罐中,固相颗粒排到排污池中。清洁器性能参数如表 3 所示。

1.5 制浆罐结构

制浆罐上配有一台卧式搅拌机、一台立式搅拌机、一台射流混浆器、一台离心机和一个排浆口及连接管路,用于配制泥浆和三级净化泥浆。离心机溢流口浆液输送到制浆罐中,排渣槽分离出的固相排到废浆池中。

表 3 清洁器性能参数

旋流器	圆筒直径/mm	进口流速/(m·s^{-1})	溢流管插入深度/mm	排砂嘴直径/mm
	160	12	200	16
振动筛	长×宽/mm	坡度/(°)	振频/(次·min^{-1})	筛网目数/目	激振力/kN	振动电机功率/kW
	700×400	10	1500	150~200	3	0.18

离心机是固相控制设备中重要设备之一,安装在固相控制装置最后一级。离心机是依据斯托克斯的离心沉降原理,利用离心力或沉降作用来达到分离的目的。这种设备在石油钻井中已广泛应用,但在地质岩心钻探领域却很少用。

GK-15 型地质岩心钻探泥浆固控装置所用离心机是北京探矿工程研究所研制的 TGLW350-692T 型离心机,可分离大于 5 μm 的固相,能有效清除泥浆中细粒无用固相。

TGLW350-692T 型离心机由驱动电机、液力偶合器、行星差速器、转鼓、螺旋输送器等组成。转鼓大端有 6 个溢流孔,转鼓小端分布 12 个底流孔。转鼓和螺旋输送器之间存在一定间隙,二者同方向旋转,但通过行星差速器使二者保持一定的转速差。离心机外形及结构如图 5、6 所示。

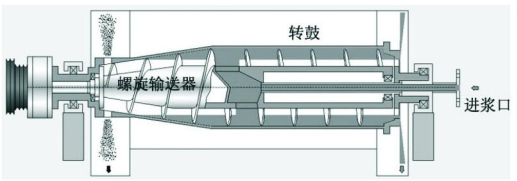

图 5 TGLW350-692T 型离心机结构图

其工作过程是:泥浆由进浆口进入螺旋输送器的空心轴,再进入转鼓内。由于转鼓高速旋转,带动进入转鼓的泥浆一起旋转,泥浆中的固相被甩到转鼓壁上,由螺旋输送器推向转鼓小端的底流孔排出,清洁的泥浆从转鼓大端的溢流孔排出返回到第三个制浆罐中,完成分离。

离心机参数为:额定处理量 6 m^3/h,最小分离点 5 μm,转速 1800 r/min,功率 11 kW,整机质量 800 kg。

2 固控装置的应用

GK-15 型地质岩心钻探泥浆固控装置已在新

疆准东煤田勘查钻探施工中使用。使用固控装置共施工钻孔 2 个,另用地层情况基本相同,施工设备和施工方式完全相同的 2 个没有使用固控装置施工的钻孔做对比,从台月效率、泥浆性能、泥皮质量和泥浆材料消耗几方面对比分析。

2.1　台月效率对比

选用同一工区一条勘探线上的 4 个钻孔做对比,由本队机台采用 NQ(Ø76 mm)系列金刚石绳索取心钻进工艺,使用水基腐植酸钾泥浆施工,主要施工设备和终孔口径完全相同,终孔孔深 900～940 m,ZKJ1701 钻孔和 ZKJ1702 钻孔使用了固控装置,ZKJ1703 钻孔和 ZKJ1704 钻孔未使用固控装置。详情见表 4。通过对比,使用固控装置施工机台平均台月效率 1368 m,未使用固控装置施工机台平均台月效率 1143 m,平均台月效率提高了 20%。

2.2　泥浆性能对比

表 4　钻孔施工效率对比

序号	孔号	主要施工设备			终孔孔深/m	终孔口径/mm	施工周期/d	台月效率/m	平均台月效率/m	备　注
		钻机型号	泥浆泵型号	绞车型号						
1	ZKJ1701	XY－5	BW－250	JS－1	903.40	85	19	1426	1368	使用固控装置
2	ZKJ1702	XY－5	BW－250	JS－1	917.33	85	21	1310		
3	ZKJ1703	XY－5	BW－250	JS－1	940.70	85	26	1085	1143	未使用固控装置
4	ZKJ1704	XY－5	BW－250	JS－1	920.60	85	23	1201		

在施工 ZKJ1701 孔和 ZKJ1702 孔两个使用了固控装置的钻孔时,对井口返出的泥浆(净化前)和经固控装置处理后的泥浆(净化后)粘度、密度和含砂量等基本性能做了测试对比,测试数据见表 5。

表 5　净化前、后泥浆性能对比

项目	测试次数	泥浆性能						
		粘度/s	密度/(g·cm^{-3})	含砂量/%	失水量/mL		泥皮厚度/mm	pH 值
					7.5 min	30 min		
净化前	1	40	1.060	4.5	4.0	7.2	1.5	9.0
	2	38	1.050	4.0	3.8	6.8	1.2	10.0
	3	36	1.050	5.0	3.6	6.6	1.6	10.0
	4	42	1.070	4.5	4.0	7.4	1.1	9.0
	平均	39	1.060	4.5	3.8	7.0	1.3	9.5
净化后	1	21	1.030	0.5	3.6	6.2	0.5	9.0
	2	22	1.025	<0.5	3.4	5.8	0.3	10.0
	3	23	1.035	0.5	3.2	5.9	0.5	10.0
	4	22	1.030	0.5	3.4	6.0	0.4	9.0
	平均	22	1.030	0.5	3.1	6.0	0.4	9.5

对于地质岩心钻探,泥浆含砂量应 <1%。从表 5 可以看出,净化前泥浆平均含砂量 4.5%,净化后泥浆平均含砂量 0.5%,除砂率 88.9%,除砂效果显著,满足地质岩心钻探泥浆含砂量要求,达到了固控装置的设计目的。

通过表 5 数据对比分析,净化后泥浆含砂量大幅下降的同时,粘度降幅达 50%。净化后的泥浆需要加入处理剂,将粘度调节到设计要求后,方可泵入孔内。固控装置处理泥浆是采用机械除砂方法,未添加无机处理剂,故处理前、后泥浆的 pH 值无明显变化。

2.3　泥皮质量对比

泥皮质量对钻进工作影响很大,泥皮质量与泥浆的失水量有关,失水量小,泥皮薄而韧。若泥浆失水量太大,在有孔隙岩层容易形成厚泥皮,在泥页岩地层容易造成地层膨胀,产生缩径及坍塌等情况,严重的会引起下钻遇阻。泥浆经固控装置处理后失水量降低了 0.5～1 mL,净化前、后泥浆做失水量测试形成泥皮如图 6 所示。净化前测试 30 min 失水量所形成的泥皮厚而且疏松,净化后测 30 min 失水量所形成的泥皮薄而且致密,具有一定韧性,有利于保护孔壁,防止发生孔内事故。

净化前　　净化后

图 6　净化前、后泥浆失水量测试形成的泥皮图片

2.4　泥浆材料消耗对比

使用泥浆固控装置的目的是为了降低泥浆中的无用固相含量,保持泥浆的优质性能,减少废浆的排放,从而节约制浆用水和制浆材料,降低钻探成本。在施工中,对使用固控装置施工的 2 个钻孔(ZKJ1701、ZKJ1702)和未使用固控装置施工的 2 个钻孔(ZKJ1703、ZKJ1704)制浆用水及制浆材料做了详细统计(统计数据见表 6)。使用固控装置施工累计进尺 1820.73 m,泥浆材料消耗合计 11900 元,平

均消耗泥浆材料费用 6.53 元/m。未使用固控装置施工累计进尺 1861.3 m,泥浆材料消耗合计 30500 元,平均消耗泥浆材料费用 16.38 元/m。通过统计对比,使用固控装置施工,平均消耗泥浆材料费用降低约 10 元/m,降低了约 60%。

表 6 泥浆材料消耗对比

项目	材料	单价/元	消耗量/袋	小计/元	合计/元	累计进尺/m	费用/(元·m^{-1})
使用固控设备	水	10	120 m^3	1200	11900	1820.73	6.53
	膨润土	20	60	1200			
	片碱	100	2	200			
	腐植酸钾	75	60	4500			
	植物胶	75	60	4500			
	PAC-141	300	1	300			
未使用固控设备	水	10	240 m^3	2400	30500	1861.30	16.38
	膨润土	20	480	9600			
	片碱	100	2	200			
	腐植酸钾	75	120	9000			
	植物胶	75	120	9000			
	PAC-141	300	1	300			

2.5 粒径和成分测试分析

为了更加明确地了解经过固控装置分离出的固相粒径和固相成分,在应用中我们收集了经固控装置分离出的固相样品,并委托北京探矿工程研究所和北京北达燕园微构分析测试中心有限公司分别对分离出的固相样品做了粒径和成分测试分析。

2.5.1 粒径测试分析

北京探矿工程研究所对分离出的固相样品做了粒径测试分析。分析结果显示,分离出的固相样品粒径峰值在 7~12 μm 和 20~35 μm,中径 12.5 μm,平均粒径 23 μm。

2.5.2 成分测试分析

北京北达燕园微构分析测试中心用 X 射线衍射分析方法对分离出的固相样品成分定性定量分析。分析结果显示,样品主要成分为石英、斜长石、微斜长石和粘土,粘土成分以伊利石、绿泥石和高岭石等岩层钻屑为主,不含蒙脱石(蒙脱石是制造泥浆用膨润土的原矿石)。分析表明经固控装置分离出的固相是以岩粉为主的无用固相,泥浆用膨润土等有用固相不会被分离出去。

3 应用结论

GK-15 型地质岩心钻探泥浆固控装置经过使用,提高了钻进效率、有效控制了泥浆固相含量和降低了泥浆成本,取得了理想的固控效果和一定的经济效益,达到了研制应用的目的。根据应用情况,以及对分离出固相的成分和粒径测试分析情况,可以得出下列应用结论。

(1)使用 GK-15 型固控装置显著提高了台月效率,平均台月效率提高了 225 m,提高了近 20%。

(2)泥浆经 GK-15 型固控装置处理后,含砂量从 4.5% 降至 0.5%,除砂率 88.9%,除砂效果显著,满足了地质岩心钻探泥浆含砂量 <1% 的要求,达到了固控装置的设计目的。

(3)泥浆经 GK-15 型固控装置处理后,失水量从 7.0 mL/30 min 降至 6.0 mL/30 min,而且因泥浆含砂量仅 0.5%,形成了薄而致密的泥皮,具有一定韧性,有利于保护孔壁,防止发生孔内事故。

(4)使用 GK-15 型固控装置后,不必大量置换泥浆,节约了泥浆材料。泥浆材料费用从 16.38 元/m 降至 6.55 元/m,降低了约 60%。

(5)使用 GK-15 型固控装置,不需要挖泥浆池和大的排污池,对工区生态破坏小。基本可以实现废浆“零”排放,实现了环保施工。

(6)通过粒径和成分测试分析,固相控制装置分离出的固相主要为石英、斜长石、微斜长石、伊利石、绿泥石和高岭石等无用固相,分离出的固相样品粒径峰值在 7~12 μm 和 20~35 μm,中径 12.5 μm,平均粒径 23 μm。泥浆用膨润土等有用固相不会被分离出去。

参考文献:

[1] 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.
[2] 乌效鸣,胡郁乐,等. 钻井液与岩土工程浆液[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,2007.
[3] 中国石油天然气集团公司人事服务中心. 钻井泥浆工(下册)[M]. 山东东营:中国石油大学出版社,2003.
[4] 励美恒,等. 探矿工程学概论[M]. 北京:地质出版社,1990.
[5] 鄢捷年. 钻井液工艺学[M]. 山东东营:中国石油大学出版社,2006.
[6] 朱恒银,等. 深部岩心钻探技术与管理[M]. 北京:地质出版社,2014.
[7] 朱迪斯,贾军,李建华,等. TGLW350-692T 型钻井液离心机的研制及实验效果[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程). 2009,36(S1).
[8] 张斌. 钻井液固相控制技术[M]. 四川成都:西南交通大学出版社,1999.
[9] 刘坤. 钻井液固相控制系统研究[J]. 中国石油和化工标准与质量,2012,(9).