

# FJS-1A型地质钻探废浆处理设备的研制

蒋炳, 张统得, 罗显梁, 吴金生, 严君凤

(中国地质科学院探矿工艺研究所, 四川成都611734)

**摘要:**为了处理在地质钻探过程中产生的废弃冲洗液,结合废弃冲洗液处理工艺流程,开展了FJS-1A型废浆处理设备总体结构设计,介绍了设备的工作原理和主要性能参数。室内试验与青海共和干热岩钻探项目野外试验结果表明,FJS-1A型废浆处理设备所设置的破胶絮凝模块能有效破坏冲洗液的稳定体系,并使固液分层。固液分离模块能有效分离固相和废水,氧化模块能有效处理废水,最终处理废水可达国家污水二级排放标准,满足地质钻探废弃冲洗液的处理需求,实现了一人一机一键操作。该设备的成功研制为绿色勘查提供了有力的支撑。

**关键词:**地质钻探;废弃冲洗液;废浆处理设备;破胶絮凝;固液分离;绿色勘查

**中图分类号:**P634.6 **文献标识码:**A **文章编号:**2096-9686(2023)S1-0437-06

## Development of FJS-1A geological drilling waste slurry treatment equipment

JIANG Bing, ZHANG Tongde, LUO Xianliang, WU Jinsheng, YAN Junfeng

(Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China)

**Abstract:** In order to treat the waste drilling fluid produced during geological drilling, the overall structure design of the waste slurry treatment equipment FJS-1A is carried out in combination with the waste drilling fluid treatment process flow. The working principle and main performance parameters of the equipment are introduced. The laboratory test and field test results of Qinghai Gonghe Dry-heat Rock Drilling Project show that the gel breaking flocculation module set by the waste slurry treatment equipment FJS-1A can effectively destroy the stable system of drilling fluid and separate the solid-liquid. The solid-liquid separation module can effectively separate the solid phase and waste water, and the oxidation module can effectively treat the waste water. The final treated waste water can reach the national sewage secondary discharge standard and meet the treatment requirements of waste drilling fluid in geological drilling. The successful development of this equipment can provide some reference for green exploration.

**Key words:** geological drilling; waste drilling fluid; waste slurry treatment equipment; gel breaking flocculation; solid-liquid separation; green exploration

## 0 引言

绿色勘查是以绿色发展为理念,通过运用高效、环保的方法、技术、设备、工艺等进行勘查工作。在地质钻探过程中,应尽量避免环境污染,避免施工过程中对生态环境造成影响,实现勘查和保护共存的效果<sup>[1]</sup>。绿色勘查的重要手段之一是将钻探过

程中产生的废弃冲洗液进行无害化处理。废弃冲洗液是一种含钻屑,各种有机、无机添加剂,粘土,污水,加重材料等的成分复杂的多相稳定悬浮胶体。废弃水基冲洗液污染物主要分为有机物污染、无机物污染和生物污染等。钻探过程中污染主要来源为钻屑、泥浆添加剂、废水、机油等。据估

收稿日期:2023-05-31; 修回日期:2023-08-07 DOI:10.12143/j.ztgc.2023.S1.070

基金项目:中国地质调查局地质调查项目“复杂地层钻探关键技术智能升级与应用示范”(编号:DD20221652)、“绿色勘察与水平定向钻探技术示范”(编号:DD20221652)

第一作者:蒋炳,男,汉族,1995年生,地质工程专业,硕士,主要从事钻井液及岩土钻掘技术研究工作,四川省成都市郫都区港华路139号,455671041@qq.com。

引用格式:蒋炳,张统得,罗显梁,等.FJS-1A型地质钻探废浆处理设备的研制[J].钻探工程,2023,50(S1):437-442.

JIANG Bing, ZHANG Tongde, LUO Xianliang, et al. Development of FJS-1A geological drilling waste slurry treatment equipment [J]. Drilling Engineering, 2023,50(S1):437-442.

算,包括岩粉在内的钻屑和废浆约占钻井废弃物总量的99.7%<sup>[2]</sup>。根据最新实施的环保法的要求,在世界范围内某些特殊地区需实现“泥浆不落地处理技术”,要求处理后的岩粉、岩屑及其他废渣等固相可就地达标堆放或填埋,处理后的废水可就地达标排放或拉运到特许排放口排放。

目前,水基钻井废弃物处理技术主要包括生物处理技术、钻井液水处理、回收技术、钻井废液废水一体化处理、钻井废弃物“不落地”无害化处理、泥浆池就地固化(或无害化)等,技术总体趋于多功能集合<sup>[3-4]</sup>。

美国NEW PARK公司废弃物处理公司开发了一种油田污物净化装置,其主要由污水处理装置、固体颗粒控制装置和钻井液脱水装置等处理单元组成。其中污水处理装置处理单元配备离心机,沉淀池和16~320 m<sup>3</sup>的药剂混合罐,其优点为占地面积小,且可根据处理量大小决定设备的使用。YOB钻井污水处理装置是乌克兰石油工业联合公司于21世纪研制,主要采用了化学混凝和多级沉淀工艺处理钻井污水。法国PAU国际石油设备公司开发了撬装闭路式污水处理装置,主要采用中和、混凝和离心分离工艺,设备运行方式灵活可靠,可根据现场需要进行间歇或连续操作,其每小时处理量可达36 m<sup>3</sup>,且其中出水可再重复再利用<sup>[5-8]</sup>。此外还有钻机真空抽吸系统,海上钻机真空容器抽吸系统,真空抽吸机,岩屑收集站,废弃物收集箱,罐清洗装置,便携式罐清洗装置,钻屑回注系统,岩屑干燥机,化学强离心系统等不落地设备<sup>[9-12]</sup>。

国内,程玉生等<sup>[13]</sup>在北部湾地区钻探中应用了一套较为成熟的固相控制技术,通过分析废弃钻井液的粒径分布情况,优化设备搭配和相应的设备参数配置,针对性进行了筛布选择,选择了离心机布局和台数以及分离能力,固相控制效率在钻探中得到了有效提高。鲍泽富等<sup>[14]</sup>设计了一套钻井液回收净化再利用的系统,其中包括输送系统、净化系统、干燥系统、自动粉碎包装系统。输送系统主要包含了液体输送泵、管道和传送带;净化系统包含了振动筛(大于0.5 mm的颗粒)、水力旋流器(包括水力旋流器和一组水泵)、离心机;微波干燥系统;自动粉碎与包装系统。整套设备处理能力100 m<sup>3</sup>/d。3000 m井可节约钻井液成本约8万。刘波<sup>[15]</sup>在大港油田中使用了泥浆不落地设备,需2组泥浆不落地处理队

伍。设备包括废弃物收集、破胶处理和固液分离3个单元。李满江<sup>[16]</sup>通过对旧式振动筛的改进,提高了振动筛处理效率,满足了现有不落地系统的处理要求。王崇刚<sup>[17]</sup>提出了取消泥浆池的新技术措施,以此保证钻井液不落地,使钻井液不接触土地,在处理工艺中,首先通过絮凝反应实现固液相分离,分离出水可重新配置钻井液,以达重复循环利用的目的。分离出的固相物质集中堆放后上盖下铺,从而实现废弃固相的无害化处理。

总的来说,随着绿色勘查逐渐成为勘查行业的基本要求,地质钻探行业钻孔过程中产生的废浆需要进行适当的处理,以保证环境友好性。未来废浆处理技术在解决成本和技术的前提下,极可能朝着反渗透处理方法或者蒸馏处理方法迈进,而地质钻探行业的废浆处理设备的空白也将被逐步填充。受限于地质钻探场地,未来废浆处理设备将以模块化形式出现;受限于人工,废浆处理设备也必将被智能化,以此取代繁杂的人工操作流程,避免浪费人力物力。

经过前期研究,在地质钻探过程中形成了一套流程为破胶、絮凝、固液分离、氧化、固化的完整的废浆处理工艺,基于此处理工艺和废水处理需求,设计了FJS-1A型废浆处理设备。

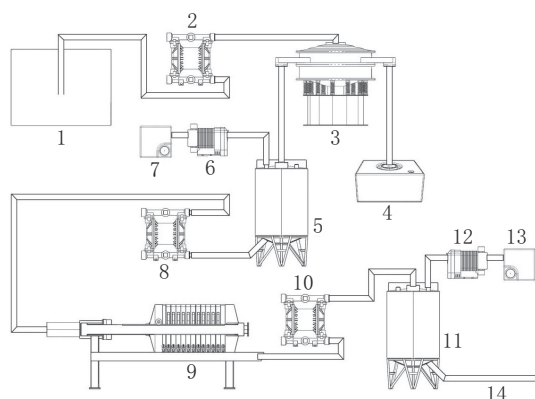
## 1 设备总体设计

### 1.1 设备结构设计

FJS-1A型废浆处理设备主要包括4个模块,分别为初分离模块、破胶絮凝模块、固液分离模块和氧化模块。其中初分离模块由第一气动隔膜泵和圆振筛组成,破胶絮凝模块主要由破胶絮凝筒、第一计量泵、破胶-絮凝剂药箱及超声波液位传感器组成,固液分离模块由第二气动隔膜泵和压滤机组成,氧化模块由氧化筒、第二计量泵、净水输送泵、氧化剂药箱和超声波液位传感器组成,设备具体结构见图1。

### 1.2 工作原理

设备启动后,由第一气动隔膜泵抽取废浆,经圆振筛进行初步分离,大颗粒直接排放,废水进入破胶絮凝筒中,通过第一计量泵进行破胶剂和絮凝剂的添加,同时搅拌,待处理完成后由第二气动隔膜泵抽至压滤机中,压滤机压紧压力18~20 MPa,过滤压力0.4~0.5 MPa,废水由水龙头排出进入废水收集



1—废浆池;2—第一气动隔膜泵;3—振动筛;4—固相收集箱;5—破胶—絮凝桶;6—第一计量泵;7—破胶—絮凝剂药箱;8—第二气动隔膜泵;9—压滤机;10—净水输送泵;11—氧化桶;12—第二计量泵;13—氧化剂药箱;14—排放口

图1 FJS-1A型废浆处理设备结构

箱,通过净水输送泵抽至氧化筒中,同时通过第二计量泵抽取氧化剂,并搅拌,静置后打开氧化筒下方阀门排放处理后废水。

### 1.3 工作数据显示

通过手动控制面板(见图2)将设备调节至自动模式后,显示界面见图3,通过显示界面可清晰观测废浆池液面高低,可以实时观测振动筛、气动隔膜泵、计量泵、搅拌器和压滤机的工作状态,并且可以显示破胶絮凝桶、氧化桶的实时液位。通过显示界面还可以对搅拌时间,静置时间及超声波液位传感器进行设置。



图2 FJS-1A型废浆处理设备手动控制面板

### 1.4 设备主要性能参数

FJS-1A型废浆处理设备整机功率6 kW,设备总体外形尺寸为3800 mm×1800 mm×1800 mm,总质量1.4 t,整机处理能力1 m<sup>3</sup>/h。设备主要部件

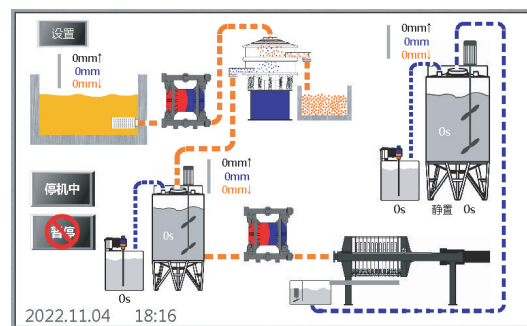


图3 FJS-1A型废浆处理设备自动操作界面

参数如下:

#### (1) 振动筛

外形尺寸:Ø800 mm×800 mm;功率:0.55 kW;滤网目数:30目。

#### (2) 压滤机

外形尺寸:2150 mm×700 mm×860 mm;功率:1.5 kW;样式:板框式;过滤面积:5 m<sup>2</sup>;保压额定压力:18 MPa;过滤压力:0.5~0.6 MPa;泥饼含水率:70%~75%;进料含水率:99%。

#### (3) 搅拌系统

搅拌机功率:0.75 kW;搅拌转速:130 r/min;破胶絮凝搅拌桶尺寸:D700 mm×1035 mm;氧化搅拌桶尺寸:D800 mm×1290 mm。

#### (4) 输送系统

##### ① 皮带式有油空压机

电压:380 V;功率:4000 W;容量:90 L;流量:0.6 m<sup>3</sup>/min;压力:8 bar;质量:113 kg。

##### ② 铝合金气动隔膜泵

最大接入气压:0.8 MPa;最大工作流量:40 gal/min(151 L/min);流体进出口尺寸:1 1/2 in•bsp(f);空气进口尺寸:1/2 in•bsp(f);最大可通过颗粒:1/8 in(3.2 mm);最大空气消耗量:23.66 scfm。

##### ③ 净水输送泵

功率:90 W;扬程:3.6 m;流量:3500 L/h。

## 2 设备应用试验

### 2.1 室内试验

为有效处理废浆池中的废弃冲洗液,取现场废弃冲洗液进行试验,完成现场处理配方。

#### 2.1.1 破胶剂、絮凝剂优选

试验中选择的破胶剂有GB-2, PJAS, PJCL。絮凝剂选择了XN-1和XN-2,处理结果见表1。

表1 不同破胶剂和絮凝剂处理效果对比

编号	配方	絮体	水	固相含水率/%
1	2%GB-2+ 0.2%XN-1	大且松散	出水 38%, 淡黄色	77.2
2	2%GB-2+ 0.2%XN-2	小且松散	出水 42%, 淡黄色	75.1
3	2%PJAS+ 0.2%XN-1	大且松散	出水 26%, 黄色	78.3
4	2%PJAS+ 0.2%XN-2	大且松散	出水 34%, 黄色	77.2
5	2%PJCL+ 0.2%XN-1	小且松散	出水 38%, 淡黄色	79.3
6	2%PJCL+ 0.2%XN-2	大且松散	出水 38%, 淡黄色	72.5

由表1可见,使用GB-2和XN-2处理剂出水率较高,且絮体较小。为了确定破胶剂和絮凝剂的最佳加量,对试剂添加量进行了进一步优选,结果见图4。可见GB-2型破胶剂最佳加量为3%,XN-2絮凝剂最佳加量为0.4%。

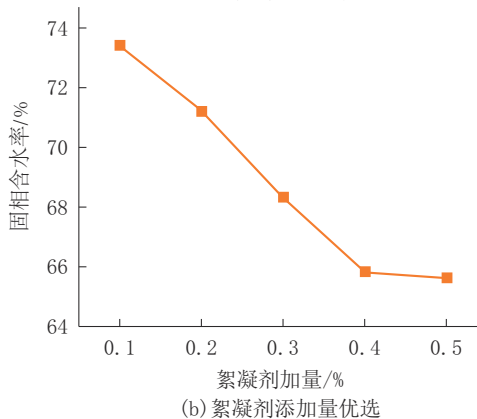
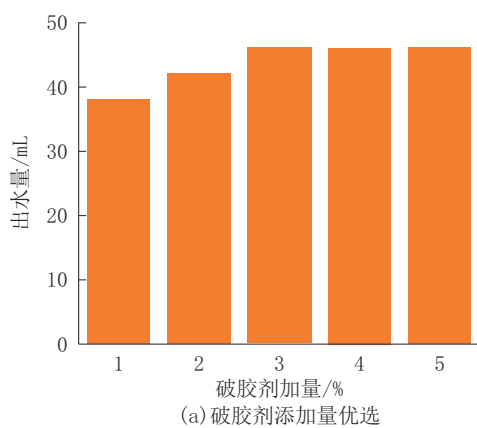


图4 破胶剂和絮凝剂加量优选

## 2.1.2 氧化剂优选

选择了ONCL,OCCL,OHO三种氧化剂,加量为2%,分别对分离后废水进行处理,结果见表2。

表2 不同氧化剂处理效果对比

编号	配方	水
1	2%ONCL	带气泡清水,气泡消散后为无色清水, 带微黄沉淀
2	2%OCCL	微黄清水,带微黄沉淀
3	2%OHO	带气泡清水,气泡消散后为微黄清水

由表2可见,使用ONCL氧化剂处理效果最好。为了确定氧化剂的最佳加量,对氧化剂的添加量进行了优选,结果见图5。由图5可知,ONCL最佳加量为1.5%。

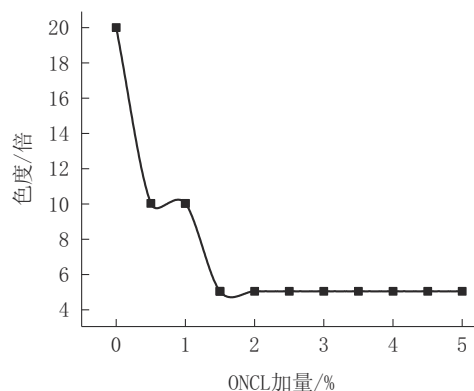


图5 氧化剂添加量优选

## 2.2 野外试验

为了了解FJS-1A型废浆处理设备整体性能及可靠性,于青海共和干热岩现场进行了野外试验。

### 2.2.1 设备准备

将主线电源接入控制柜,使用手动模式分别开启各执行器,观察模块运行是否正常,一切正常后切换自动模式,并校准头部超声波液位传感器。向试剂桶中加入筛选好的破胶絮凝剂、氧化剂,于控制面板中设置完成后自动添加试剂。

### 2.2.2 设备试验

打开设备主开关和空压机开关,空压机加压至0.8 MPa,设备经过手动模式检查模块后,切换为自动模式,设置废浆池上限液位450 mm,下限液位280 mm,破胶絮凝桶液位上限400 mm,下限80 mm,氧化桶液位上限400 mm,下限80 mm;设置破胶絮凝剂添加100 s,搅拌后静置50 s,设置氧化剂



添加50 s,搅拌后静置50 s。

(1)点击操作界面上的“停机中/运行中”按钮(1 s),启动运行程序(绿色指示灯亮)。

(2)废浆池液位超过设定值上限450 mm,抽泥泵和振动筛自动启动,此时破胶絮凝桶液位低于设定值80 mm。

(3)当破胶絮凝桶液位超过设定值上限,抽泥泵与振动筛自动停止,同时启动搅拌器与破胶絮凝剂计量泵,100 s后搅拌继续,搅拌50 s后显示破胶絮凝完成(见图6)。



图6 废弃冲洗液破胶絮凝

(4)液压油泵自动开启,压滤机自动压紧,压紧压力18 MPa。

(5)压滤泵在破胶絮凝桶超过液位值上限400 mm和压滤机压力18 MPa后自动启动,开始压滤,过滤压力0.4~0.5 MPa。压滤出水情况见图7。



图7 压滤机进行固液分离

(6)滤液收集桶中的液位超过高位设定值后,滤液桶内的滤液抽水泵将滤液输送至氧化桶,直至滤液桶低位,自动停止滤液泵运行,前述动作循环往复进行。

(7)氧化桶液位达到高位设定值400 mm,停止滤液抽水泵运行,同时启动氧化剂计量泵和搅拌器,氧化结束后,出水情况见图8,取沉淀后排出清水的

上清液进行检测,检测结果见表3。



图8 氧化后出水

表3 经处理后废水处理效果

项 目	废浆原始污染指标值	处理后污染指标值	国家污水排放标准
废水外观	黑色液体	无色透明液体	无色透明液体
pH值	9.2	7.83	6~9
COD值/(mg·L <sup>-1</sup> )	4232	60.4	≤150
BOD <sub>5</sub> 值/(mg·L <sup>-1</sup> )	1209	17.3	≤30
色度/倍	3×10 <sup>5</sup>	2	≤80
悬浮物/(mg·L <sup>-1</sup> )	384000	63	≤150
石油类/(mg·L <sup>-1</sup> )	0.421	0.45	≤10
总汞/(mg·L <sup>-1</sup> )	0.085	0.000058	≤0.05
总铬/(mg·L <sup>-1</sup> )	7.48	0.011	≤1.5
六价铬/(mg·L <sup>-1</sup> )	0.007	0.008	≤0.5
总砷/(mg·L <sup>-1</sup> )	2.8	0.000355	≤0.5
总镉/(mg·L <sup>-1</sup> )	0.196	0.000231	≤0.1
总铅/(mg·L <sup>-1</sup> )	0.38	0.000102	≤1

由表3可见,在经过破胶、絮凝、固液分离、氧化脱色处理后的废水,pH值控制在了7.83,COD和BOD大大降低,色度为20倍,悬浮物为63 mg/L,石油类为0.45 mg/L,各项污染指标均在国家二级排放标准以内。通过处理,废水中的重金属离子也得到了去除,其中原样超标的汞、铬、砷、镉等重金属离子也分别都有较大程度的下降。经过处理后废弃冲洗液可实现无害化直接排放。

应用废浆处理设备共处理废弃冲洗液1.2 m<sup>3</sup>,共出清水605 L,经处理后排放的清水为625 L(包含添加的液体氧化剂),共计花费时间约1.5 h。废浆处理设备在手动模式下各部件运行正常,在自动模式下运行逻辑合理,且各模块配合良好,达到了一

人一机处理废弃冲洗液的设计目的。从处理结果来看,经废浆处理设备处理后的废水已经达到了国家二级排放标准以内。

### 3 结论

(1)基于废浆处理工艺流程研制的FJS-1A型废浆处理设备为地质钻探行业提供了一种可靠的废浆处理设备。

(2)FJS-1A型废浆处理设备具有体积小、质量轻、模块化和智能化的特点,可以实现一人一机一键处理废浆。

(3)针对青海共和干热岩钻探废浆处理,FJS-1A型废浆处理设备较好的处理了部分废浆,处理后的废水,达到了污水国家二级排放标准。FJS-1A型废浆处理设备为绿色勘查提供了有力支撑。

### 参考文献:

- [1] 杨芝广,徐柳,高飞,等.四川西南农耕地区绿色勘查实践与探索[J].四川地质学报,2022,42(S1):93-99.
- [2] 刘光全,陈海滨,胡彬,等.水基钻井废弃物“不落地”处理技术发展的分析[J].长江大学学报(自科版),2015,12(35):49-54.
- [3] 涂蓉.长庆气田钻井废液无害化技术研究与应用[D].西安:西安石油大学,2013.
- [4] 汤燕丹,许春田,王建军,等.水网地区废弃钻井液无害化处理技术[J].钻井液与完井液,2014,31(6):47-51.
- [5] Khanpour R, Sheikhi-Kouhsar M R, Esmailzadeh F, et al. Removal of contaminants from polluted drilling mud using supercritical carbon dioxide extraction[J]. The Journal of Supercritical Fluids, 2014(88):1-7.
- [6] Kroken A, Jan Kristian V, Arild S. A new fluid management system and methods for improving filtration and reducing waste volume, introducing a step change in health and safety in the mud processing area[J]. SPE163522.
- [7] Zou J, Zhu H, Wang F H, et al. Preparation of a new inorganic-organic composite flocculant used in solid-liquid separation for waste drilling fluid[J]. Chemical Engineering Journal, 2011,171(1):350-356.
- [8] Chávarro Roa M R. Drilling waste-water post-treatment by osmosis method: discussion and practical results[J]. SPE174111.
- [9] Wael Hamed A M. Moving towards innovative waste water treatment and disposal technologies: field study for in situ waste water treatment and evaporation technology[J]. SPE164672.
- [10] Coday R D, Xu P, Beaudry E G, et al. The sweet spot of forward osmosis: treatment of produced water, drilling waste water, and other complex and difficult liquid streams[J]. Desalination, 2014,333(1):23-35.
- [11] Pereira M S, Avila Panisset C M, Martins A L, et al. Microwave treatment of drilled cuttings contaminated by synthetic drilling fluid[J]. Separation and Purification Technology, 2014(124):68-73.
- [12] Steliga T, Jakubowicz P, Kapusta P. Changes in toxicity during in situ bioremediation of weathered drill wastes contaminated with petroleum hydrocarbons[J]. Bioresource Technology, 2012(125):1-10.
- [13] 程玉生,张立权,莫天明,等.北部湾水基钻井液固相控制与重复利用技术[J].钻井液与完井液,2016,33(2):60-63.
- [14] 鲍泽富,刘江波,王江萍,等.钻井液回收净化再利用系统的设计[J].石油机械,2006(6):46-49,3.
- [15] 刘波.大港油田钻井废弃泥浆不落地无害化处理技术研究与应用[J].化工管理,2016(29):305.
- [16] 李满江.如何让钻井液振动筛更高效——泥浆不落地系统振动筛的研究[J].化学工程与装备,2016(5):108-110.
- [17] 王崇刚.石油钻井泥浆处理技术优化[J].云南化工,2017,44(12):79-80.

(编辑 荐华)