

隔膜压榨废浆处理装置在地质钻探中的应用

于富安¹, 刘维平^{1*}, 冯美贵², 李晓东², 彭博一², 孙健越^{1*}, 朱应昌¹, 秦贞东¹

(1. 中国地质调查局烟台海岸带地质调查中心, 山东烟台 264001; 2. 北京探矿工程研究所, 北京 100083)

摘要:地质钻探过程中产生的废弃冲洗液常含有钻屑、各种化学处理等污染物。这些污染物具有高色度、高化学需氧量(COD)、高悬浮物等特性,如果直接排放,对周边土壤、水质、生物等环境生态造成影响。随着绿色勘查理念在地质钻探领域的深入贯彻,隔膜压榨废浆处理装置应运而生并发挥着重要作用。本文主要介绍 TGYG 型隔膜压榨废浆处理装置,以小型撬装模块化结构为设计理念,通过给料泵将废浆输入到由隔膜板和滤板组成的滤室中,当废弃冲洗液充满滤室后,液压系统推动隔膜对滤室内的废弃冲洗液施加压力,在压力作用下,滤液通过滤布经滤板上的排水通道排出,固相颗粒则被截留在滤室内,从而实现固液分离。在河南驻马店地区中深孔地质钻探过程中,开展废弃冲洗液无害化处理现场应用,分离固相含液率降低到 20% 以下,大幅减少了废弃冲洗液的体积和质量,有效降低环境污染,促进资源回收利用,为地质钻探废弃冲洗液无害化处理提供了宝贵实践经验,可有效助力新一轮找矿突破战略行动全面落实绿色勘查工作。

关键词:隔膜压榨废浆处理装置;地质钻探;废弃冲洗液处理;绿色勘查;新一轮找矿突破战略行动

中图分类号:P634.3 **文献标识码:**B **文章编号:**2096-9686(2025)06-0116-06

Application of diaphragm pressing waste slurry treatment device in geological drilling

YU Fu'an¹, LIU Weiping^{1*}, FENG Meigui², LI Xiaodong², PENG Boyi²,
SUN Jianyue^{1*}, ZHU Yingchang¹, QIN Zhendong¹

(1. Yantai Center of Coastal Zone Geological Survey, China Geological Survey, Yantai Shandong 264001, China;
2. Beijing Institute of Exploration Engineering, Beijing 100083, China)

Abstract: The waste flushing fluids generated during geological drilling operations often contain pollutants such as cuttings and various chemical treatments. These pollutants are characterized by high chromaticity, high chemical oxygen demand (COD), and high suspended solids. If directly discharged, they will have an impact on the surrounding soil, water quality, organisms, and other aspects of the environmental ecology. With the in-depth implementation of the concept of green exploration in the field of geological drilling, the diaphragm press waste slurry treatment device has emerged and played an important role. This article mainly introduces the TGYG-type diaphragm press waste slurry treatment device, which is designed based on the concept of a small skid-mounted modular structure. The waste slurry is pumped into the filter chamber composed of diaphragm plates and filter plates by a feeding pump. After the waste flushing fluid fills the filter chamber, the hydraulic system pushes the diaphragm to apply pressure to the waste flushing fluid in the

收稿日期:2024-12-29; **修回日期:**2025-03-06 **DOI:**10.12143/j.ztgc.2025.06.015

基金项目:深地国家科技重大专项课题“绿色高效精准智能化钻探技术集成(编号:2024ZD1003105);中国地质调查局地质调查项目“绿色勘查钻探应用示范”(编号:DD20243154)、“东部地区战略性矿产靶区查证技术支撑(烟台中心)”(编号:DD20242961)

第一作者:于富安,男,汉族,1991年生,工程师,勘查技术与工程专业,从事探矿工程相关技术工作,山东省烟台市芝罘区机场路287号, yufuan2022@163.com。

通信作者:刘维平,男,汉族,1986年生,高级工程师,探矿工程专业,从事探矿工程相关技术和管理,山东省烟台市芝罘区机场路287号, 563916176@qq.com。

孙健越,男,汉族,1990年生,工程师,探矿工程专业,从事探矿工程相关技术工作,山东省烟台市芝罘区机场路287号, sunjianyue521@126.com。

引用格式:于富安,刘维平,冯美贵,等.隔膜压榨废浆处理装置在地质钻探中的应用[J].钻探工程,2025,52(6):116-121.

YU Fu'an, LIU Weiping, FENG Meigui, et al. Application of diaphragm pressing waste slurry treatment device in geological drilling [J]. Drilling Engineering, 2025, 52(6): 116-121.

filter chamber. Under the action of pressure, the filtrate passes through the filter cloth and is discharged through the drainage channels on the filter plates, while the solid-phase particles are retained in the filter chamber, thus achieving solid-liquid separation. During the medium-deep hole geological drilling operations in the Zhumadian area, Henan Province, on-site applications of harmless treatment of waste flushing fluids were carried out. The liquid content in the separated solid phase was reduced to less than 20%, greatly reducing the volume and mass of the waste flushing fluids, which effectively reduces environmental pollution, promotes the recycling of resources, provides valuable practical experience for the harmless treatment of waste flushing fluids in geological drilling, and can effectively assist the full implementation of green exploration work in the new round of strategic actions for mineral prospecting breakthroughs.

Key words: diaphragm pressing waste slurry treatment device device; geological drilling; disposal of waste drilling fluid; green exploration; new round of strategic actions for mineral prospecting breakthroughs

0 引言

地质钻探过程往往伴随着大量废弃冲洗液,它是一种含钻屑、各种有机与无机添加剂、黏土、水及加重材料等的多相稳态胶体悬浮体系,如这些废弃冲洗液处理不当,易对周边环境造成严重的污染。目前地质钻探废弃冲洗液处理技术主要有坑内填埋、固化处理、固液分离等^[1-8],坑内填埋易操作但环境污染风险高、占用土地资源;固化处理稳定性高,但成本较高、浪费资源;而固液分离能够实现资源回收,减少废弃物量。传统的板式压滤废浆处理装置主要应用于深孔钻探,存在设备笨重、价格昂贵、推广困难等问题。随着新一轮找矿突破战略行动不断推进,已要求全面落实绿色勘查,为此体积小、重量轻、价格低的隔膜压榨废浆处理装置应运而生,为中深孔地质钻探废弃冲洗液处理开辟了

新的途径。

1 工作区地质概况

“东部地区战略性矿产靶区查证技术支撑项目”河南驻马店工作区地处河南省南部 328 国道与龙泉路交叉口西北侧,位于南襄盆地泌阳凹陷内。工作区地处东秦岭造山带,属于晚中生代—新生代形成的“后造山期”断陷-拗陷型盆地。地层基底为前白垩系变质岩及岩浆岩等柔性基底,沉积盖层为上白垩统及古近系、新近系、第四系地层。2024 年,在该工作区完成了 3 个岩心钻孔合计进尺 1284.40 m,钻探施工过程中钻遇不同地层时存在易造浆,钻孔易缩径;坚硬易打滑,进尺慢;岩石胶结性差,回转阻力大,回次进尺少,钻孔护壁难度大,易发生掉块卡钻、塌孔埋钻等事故,取心困难等复杂情况,具体地层岩性情况见表 1。

表 1 地层岩性与钻探施工难点
Table 1 Stratigraphic lithology and difficulties in drilling construction

深度/m	岩 性	钻探施工难点
0~90	第四系黏土层,局部有弱胶结砂砾岩	地层易造浆,钻孔易缩径
90~320	古近系廖庄组棕红-灰绿色砂质泥岩	地层坚硬易打滑,进尺慢
320~450	古近系核桃园组破碎松散的砂砾岩和泥岩不等厚互层	岩石胶结性差,回转阻力大,回次进尺少,钻孔护壁难度大,容易发生掉块卡钻、塌孔埋钻等事故,取心困难

2 双聚防塌冲洗液体系

为保证钻孔顺利施工,项目组对地质资料与钻孔施工经验进行了深入调研与分析研究,并提出针对工作区地层松散不成岩,地层渗透性强,冲洗液滤液易渗入地层微裂隙中引起剥蚀脱落,导致孔壁失稳,极易引发卡钻、埋钻事故等施工难点,优选具有良好的防塌和降失水作用的双聚防塌冲洗液体系,并通过现场实践应用,保证了长孔段裸眼提钻取心

钻进过程中孔壁的稳定,确保了施工全程安全顺利。

现场采用淡水配制冲洗液,具体配方为:1 m³水+0~2 kg 烧碱+20~40 kg 膨润土+10~15 kg 降失水剂(GPNH)+5~15 kg 改性沥青(GLA)+20~30 kg 封堵剂(GFD-1)+2~3 kg 包被剂(GBBJ)+0~8 kg 增黏剂(GTQ)。

现场冲洗液性能为:密度 1.08~1.20 g/cm³,漏斗黏度 50~60 s,滤失量 6~10 mL/30 min,含砂量

2%~5%。

3 隔膜压榨废浆处理装置及其工作机理

工作区采用的隔膜压榨废浆处理装置是由北京探矿工程研究所研制的TGYG型废浆处理设备,可通过有效工作参数以及滤板数量调整处理量(即如采用6块滤板,处理量 $\geq 0.5 \text{ m}^3/\text{h}$),具有小型、轻便、模块化的特点,主体尺寸 $1600 \text{ mm} \times 460 \text{ mm} \times 990 \text{ mm}$,总质量410 kg,其中最大模块单体质量 $\neq 160 \text{ kg}$,其他主要技术参数见表2。

表2 设备技术参数

Table 2 Equipment technical parameter

过滤面积/ m^2	滤框数量	滤室容积/L	滤饼厚度/mm	过滤压力/MPa	压缩压力/MPa
1	6~12可调 (现场为6)	12	20	≤ 0.8	≤ 1.6

隔膜压榨废浆处理装置主要由机架、过滤系统、液压系统和电控系统等组成,具体结构见图1。其工作原理基于压力差驱动下的固液分离过程。首先,将地质钻探产生的废弃冲洗液通过进料泵输送至由滤板形成的密闭过滤腔室中。在初始压力作用下,液相部分开始透过滤布进入滤液收集系统,而固相颗粒则被截留在滤室内逐渐形成滤饼。随后,隔膜压榨系统启动,向隔膜与滤板之间的空间注入高压流体,隔膜膨胀并对滤饼施加均匀的压力,进一步挤出滤饼中的残余液相,从而显著提高固液分离的效率和质量,使滤饼的含水率大幅降低^[9-10]。隔膜压榨废浆处理装置总体结构见图1,隔膜压榨脱液情况见图2。

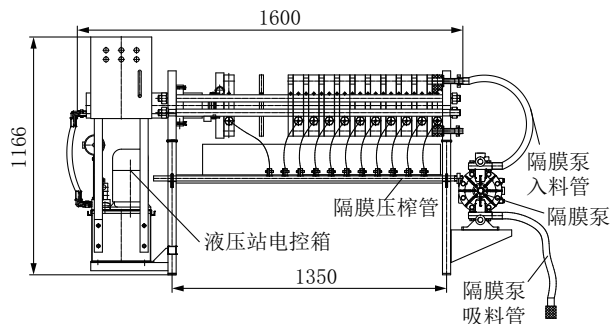


图1 隔膜压榨废浆处理装置总体结构示意图

Fig.1 Overall structure diagram of the diaphragm pressing waste slurry treatment device

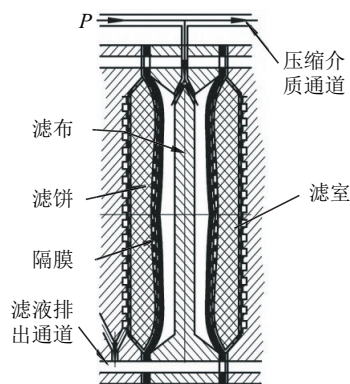


图2 隔膜压榨脱液示意

Fig.2 Schematic diagram of extractive fluid from diaphragm press

4 隔膜压榨废浆处理关键技术

4.1 废浆初级固液分离

废弃冲洗液可采用振动筛或低速离心机等固控设备进行废浆初级固液分离,主要用于清除直径0.2 mm及以上大颗粒岩屑,降低后续处理负载,同时也避免对进料泵、滤板与滤布造成堵塞、损坏,延长压滤装置的使用寿命。

4.2 废浆化学强化处理

针对废浆胶体多相稳态特性,优选破胶与絮凝等化学处理剂进行强化处理,破坏其稳定结构,促进固液分离,进一步提高隔膜压滤的处理效能。

4.3 进料压榨参数优选

针对废弃冲洗液的成分和物理特性等优化调整废浆处理的进料延迟时间、压榨延迟时间、进料压变上限值等参数。如进料和压榨时间越长,压变上限值越高,则废浆处理后的固相含水率越低,但压榨时间较长会影响处理效率。

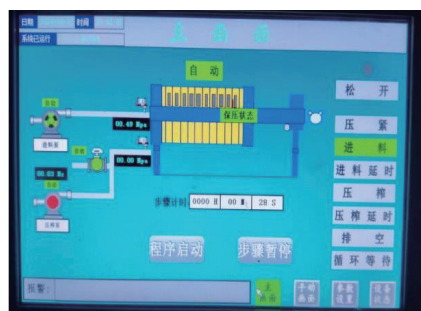
5 现场应用

在河南驻马店覆盖层地质钻探过程中,产生废弃冲洗液中主要含有大量的岩屑、黏土和冲洗液添加剂。以ZKBY04钻孔为例,终孔孔深400.20 m,终孔孔径110 mm,现场配备1台TGLW350型变频离心机,有效控制了冲洗液中的有害固相含量,并对废浆进行初级固液分离,钻孔施工产生废弃冲洗液约 8 m^3 ,总体用时约15 h。

5.1 优选处理剂与预设置参数

根据废弃冲洗液配方及性能,通过室内对现场废浆进行化学处理实验,优选价廉质优的聚合硫酸

铝作为破胶剂、聚丙烯酰胺作为絮凝剂、活性炭作为脱色剂,具体配方为“2%破胶剂(GPJ-1)+0.5%絮凝剂(GXN)+1%脱色剂(GAC)”。现场对压滤装置进行接电调试,预设置工作参数(见图3)。



(a) 现场调试



(b) 试剂准备

图3 现场准备

Fig.3 Site preparation

5.2 化学强化固液分离预处理

破胶脱稳是废弃冲洗液处理的重要前提条件,主要通过向废弃冲洗液添加药剂辅以搅拌,破坏其稳定结构,改善其脱水性能,促进其固相、液相分离^[7]。现场在搅拌罐中注入0.5 m³废弃冲洗液,按比例先后加入破胶剂、絮凝剂及脱色剂,搅拌均匀,废弃冲洗液出现明显破胶絮凝状态,见图4。

5.3 进料过滤与压榨深度处理

废弃冲洗液经过脱稳处理后,浆液经加压进入压滤装置,压滤的主要步骤包括:进料、过滤、反吹、压榨(二次压榨)、卸料、水洗。

进料压变上限值参数设定为0.6~0.8 MPa。通过一次压滤后,压滤机流出的滤液为无色透明液体。进料结束后滤饼中的含水率仍然较高,对滤饼进行二次压榨脱水处理,进一步排出滤饼中的水分(图5)。滤液环保指标测试结果见表3,通过采用“化学破稳脱胶+物理固液分离”协同处理工艺,对废浆进行了无害化处理,处理后液相的色度、COD指标满足污水综合排放二级标准。



(a) 处理前



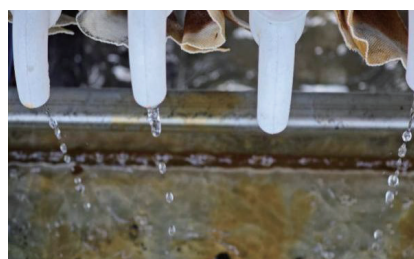
(b) 处理好

图4 废弃冲洗液破胶脱稳处理前后状态

Fig.4 States of the waste flushing fluid before and after gel-breaking and destabilization treatment



(a) 一次压榨流出的滤液



(b) 二次压榨流出的滤液

图5 冲洗液压滤处理后的滤液

Fig.5 The filtrate after the treatment of flushing the hydraulic filter

表3 滤液环保指标测试结果

Table 3 Test results of environmental protection indicators of the filtrate

滤液样品	色度/倍	COD值/(mg·L ⁻¹)	悬浮物/(mg·L ⁻¹)	pH值
一次压滤	32	48	101	7
二次压滤	16	31	41	7

在压滤过程中,废弃冲洗液被输送至装置内部后,经过滤板和隔膜的协同作用,固相颗粒被有效地拦截并形成滤饼。压榨结束后,打开液压泵拉开滤板,取出压榨后的滤饼,重复以上过程直至卸料完毕后压紧板框进行下一个压榨流程。

5.4 清洗滤布

压滤后,滤布废弃冲洗液中残留的污泥会阻塞滤布,影响过滤效果,需用高压水清洗干净。

5.5 压滤效果

通过优化压榨工艺参数,岩屑滤饼的含水率降至20%以下,此时的岩屑滤饼呈现出块状结构,具有良好的稳定性和可运输性,见图6。处理后的岩屑滤饼可用于填坑或垫路,压滤处理后得到的滤液可用于施工后的水泥封孔以及设备清洗环节。



(a) 压滤装置中的滤饼



(b) 取出的完整滤饼

图6 冲洗液压滤后形成的滤饼

Fig.6 The filter cake formed after flushing the hydraulic filter

通过隔膜压榨废浆处理装置的应用,废弃冲洗液的排放量相较于以往减少了约60%。这一显著的减排效果极大地降低了对周边环境的污染,有效地保护了当地的农田、水体和生态系统。

6 隔膜压榨废浆处理装置技术优势

6.1 固液分离性能优越

与传统板式压滤装置相比,隔膜压榨废浆处理装置通过隔膜的二次压榨脱水作用,可使滤饼的含水率显著降低,可将滤饼含水率控制在11~19%,

大大减少了废弃冲洗液的体积和质量,便于后续的储存、运输和处置^[10-18],测定结果见表4。

表4 滤饼含水率测定结果

Table 4 Determination results of the moisture content in the filter cake

样品编号	取样位置	含水率测定结果/%
1	首层	12.92
2		14.47
3		15.40
4		13.62
5	中间层	18.98
6		17.02
7	末层	15.12
8		11.16

6.2 减少废弃物排放

有效降低滤饼含水率,减少了废弃物的总体积,降低了对土地资源的占用和对周边环境的潜在污染风险。现场废弃物排放量减少了约60%,减轻了对当地农田和水体的污染。

6.3 资源回收利用

经过压滤处理后的滤液可回收再利用于钻探过程中的冷却、润滑等环节,节约了大量的水资源。同时,部分滤饼成分经过进一步处理后可作为建筑材料或道路填料等进行资源化利用,提高了资源的综合利用效率,符合绿色勘查的要求。

7 结论

隔膜压榨废浆处理装置通过小型撬装模块化结构优化设计,在地质钻探中的应用取得了显著成效,在固液分离绿色环保效益方面表现出色,有效解决地质钻探过程中产生的废弃冲洗液的处理难题,废弃物的排放量相较于以往减少了约60%,实现资源回收利用,降低环境污染,有力地推动了地质钻探行业的绿色可持续发展。

在新一轮找矿突破战略行动中全面实施绿色勘查的大趋势下,牢固树立和践行“绿水青山就是金山银山”的理念是非常必要的,隔膜压榨废浆处理装置可有效解决地质钻探废弃冲洗液环保处理难题,在难进入地区、生态敏感区、干旱缺水地区、生态脆弱区和园林景观区等作业环境地质钻探中的应用前景广阔。

参考文献(References):

- [1] 彭博一,刘维平,高金华,等.废弃钻井液无害化处理技术研究进展[J].地质装备,2024,25(S1):39-44.
PENG Boyi, LIU Weiping, GAO Jinhua, et al. Research progress on harmless treatment technology of waste drilling fluid [J]. Equipment for Geotechnical Engineering, 2024,25(S1):39-44.
- [2] 田野.废弃钻井液处理技术探讨[J].西部钻探工程,2021,33(3):30-31.
TIAN Ye. Discussion on the treatment technology of abandoned drilling fluids[J]. West-China Exploration Engineering, 2021,33(3):30-31.
- [3] 刘海水.废弃钻井液分类处理及其效能探讨[J].石化技术,2023,30(7):221-223.
LIU Haishui. Discussion on the classification treatment and its efficiency of abandoned drilling fluids[J]. Petrochemical Industry Technology, 2023,30(7):221-223.
- [4] 何玉云,王发民,瞿兵,等.宁夏宁东地区废弃冲洗液无害化处理技术初步研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(5):17-21.
HE Yuyun, WANG Famin, ZI Bing, et al. Preliminary study on harmless treatment of waste drilling fluid in the Ningdong area of Ningxia[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(5):17-21.
- [5] 王志宏,石昀,孙凤萍,等.钻井废弃物环保处理技术的研究与应用[J].当代化工,2022,51(11):2574-2578.
WANG Zhihong, SHI Yun, SUN Fengping, et al. Research and application of environmentally friendly treatment technology for drilling waste[J]. Contemporary Chemical Industry, 2022,51(11):2574-2578.
- [6] 蒋炳,张统得,严君凤.地质钻探废弃冲洗液固化处理技术研究及应用[J].钻探工程,2021,48(11):8-14.
JIANG Bing, ZHANG Tongde, YAN Junfeng. Research and application of solidification treatment technology for waste drilling fluid in geological drilling[J]. Drilling Engineering, 2021,48(11):8-14.
- [7] 唐国旺,杨勇,邓强,等.微生物诱导碳酸镁沉淀固化钻屑试验研究[J].钻探工程,2024,51(3):76-83.
TANG Guowang, YANG Yong, DENG Qiang, et al. Experimental study on drill cuttings consolidated by microbial induced magnesium carbonate precipitation [J]. Drilling Engineering, 2024,51(3):76-83.
- [8] 张统得,蒋炳,严君凤.地质钻探废弃冲洗液污染特性及脱稳技术研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(4):134-139.
ZHANG Tongde, JIANG Bing, YAN Junfeng. Research on pollution characteristics and destabilization technology of waste drilling fluid in geological drilling [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(4):134-139.
- [9] 魏振.污泥深度脱水分析和全自动压滤机应用实践[J].广州化工,2023,51(2):183-184,199.
WEI Zhen. Analysis of sludge deep dewatering and application practice of automatic filter press[J]. Guangzhou Chemical Industry, 2023,51(2):183-184,199.
- [10] 蒋睿,李柏军,王康,等.新型隔膜压滤装置在地质钻探废浆无害化处理中的应用[J].地质装备,2024,25(S1):176-182.
JIANG Rui, LI Baijun, WANG Kang, et al. Research and application of a new type of diaphragm filter press in harmless treatment of waste pulp from geological drilling[J]. Equipment for Geotechnical Engineering, 2024,25(S1):176-182.
- [11] 吴鹏云.厢式压滤机存在的问题及改进措施[J].矿山机械,2013(3):140-142.
WU Pengyun. Problems existing in chamber filter press and improvement measures [J]. Mining & Processing Equipment, 2013(3):140-142.
- [12] 徐咸斌.厢式隔膜压滤机在污泥脱水中的应用[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(2):1-4.
XU Xianbin. Application of chamber diaphragm filter press in sludge dewatering[J]. Chinese Science and Technology Journal Database (Abstract Edition) -Engineering and Technology, 2024(2):1-4.
- [13] 渠洪杰,谭春亮,冉灵杰,等.面向新一轮找矿突破战略行动绿色勘查的钻探技术研发与应用建议[J].中国矿业,2024,33(10):246-256.
QU Hongjie, TAN Chunliang, RAN Lingjie, et al. Research and application suggestions on drilling technology of green exploration for the new round of prospecting breakthrough strategy [J]. China Mining Magazine, 2024,33(10):246-256.
- [14] 李朝东,雷少双,韦乐平.绿色勘查地质钻探一基多孔技术方法探索与技术应用[J].世界有色金属,2024(19):166-168.
LI Chaodong, LEI Shaoshuang, WEI Leping. Exploration and application of green exploration geological drilling based on porous technology method [J]. World Nonferrous Metals, 2024(19):166-168.
- [15] 张羽臣,邵国彪,孙连坡,等.隔膜板框压滤机在废弃水基钻井液处置中的应用[J].山东化工,2020,49(14):250,252.
ZHANG Yuchen, SHAO Guobiao, SUN Lianpo, et al. Application of diaphragm plate and frame filter presses in the disposal of waste water-based drilling fluids[J]. Shandong Chemical Industry, 2020,49(14):250,252.
- [16] 杨士林.隔膜式板框压滤机对污泥深度脱水的应用效果研究[J].环境与发展,2018,30(8):76,78.
YANG Shilin. Study on application effect of diaphragm plate and frame filter press for deep dewatering of sludge [J]. Inner Mongolia Environmental Sciences, 2018,30(8):76,78.
- [17] 冯美贵,蒋睿,徐军军,等.冲洗液不落地技术在地质岩芯钻探中的应用[J].地质论评,2023,69(S1):518-520.
FENG Meigui, JIANG Rui, XU Junjun, et al. Application of the mud non-landing system in geological core drilling [J]. Geological Review, 2023,69(S1):518-520.
- [18] 马涛,杨东红.亭南选煤厂新型煤泥超高压压滤机的应用[J].煤炭加工与综合利用,2022(8):35-38.
MA Tao, YANG Donghong. Application of new slime ultra-high pressure filter press in tingnan coal preparation plant [J]. Coal Processing and Comprehensive Utilization, 2022(8):35-38.

(编辑 王文)