

宁夏宁东地区废弃冲洗液无害化处理技术初步研究

何玉云, 王发民, 訾兵, 曹学斌, 王文林

(宁夏回族自治区核工业地质勘查院, 宁夏 银川 750021)

摘要:宁夏宁东地区作为国家级能源基地,近年来布置和实施了大量的岩心钻探工程,产生的废弃冲洗液数量大,由于废弃冲洗液处理方式比较单一,对周边环境有一定的破坏和影响。通过对宁东地区废弃冲洗液处理方式的调查研究,选择固化法对废弃冲洗液进行了处理,产生的污水和固化体满足国家相关排放标准,形成了一套适合类似地区废弃冲洗液处理方法,有助于保护宁东地区脆弱的生态环境。

关键词:废弃冲洗液;无害化处理;固化;环境保护

中图分类号:P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2020)05-0017-05

Preliminary study on harmless treatment of waste drilling fluid in the Ningdong area of Ningxia

HE Yuyun, WANG Famin, ZI Bing, CAO Xuebin, WANG Wenlin

(Ningxia Nuclear Industry Geological Exploration Institute, Yinchuan Ningxia 750021, China)

Abstract: As a national energy base, the Ningdong area of Ningxia has deployed and implemented a large number of core drilling projects in recent years, resulting in a large amount of waste drilling fluid. Because the disposal method of waste drilling fluid was relatively simple, it has brought some damage and impact on the surrounding environment. Through investigation and research on the treatment methods of waste drilling fluid in the Ningdong area, the solidification method was finally selected to treat waste drilling fluid. The produced waste water and solidified substance meet the relevant national discharge standards. A set of disposal methods suitable for waste drilling fluid in similar areas has been developed, which is helpful to protect the fragile ecological environment in the Ningdong area.

Key words: waste drilling fluid; harmless treatment; solidification; environmental protection

0 引言

近年来,随着人们环境保护意识的增强和绿色勘查理念的深入,钻探废弃冲洗液的处理受到越来越多的重视和研究。国内外废弃冲洗液处理技术主要有回收再利用、坑内填埋、固液分离、微生物降解、固化处理等^[1-3],其中应用范围最广泛的是固化处理法,固化处理^[4-5]能有效固化含重金属、有机物的废弃冲洗液,防止其渗出污染环境,固化后按要求覆土可以实现植被恢复或复耕,有利于生态环境保护。

宁东地区位于宁夏回族自治区中东部,属于国家级能源化工基地,是一个全国罕见的储量大、煤质好、地质构造简单的整装煤田,被列为国家重点开发

的亿吨级矿区之一。自 20 世纪 80 年代以来,在宁东地区煤田资源勘探开发过程中进行了大量的地质钻探工作,实施的钻孔数量约 1400 余口。2011 年以来,我单位在宁东地区进行了大量的铀矿地质勘查工作,实施了 56 个钻孔,并取得了一定的调查成果。随着宁东国家级能源化工基地的进一步建设和开发以及铀矿地质调查工作的深入,在宁东地区有可能布置和实施更多的钻孔,所以有必要对该地区钻探废弃冲洗液的处理方法展开研究。

1 开展废弃冲洗液无害化处理技术研究的必要性

宁东地区属中温带干旱气候区,具有干燥、雨量

收稿日期:2020-03-05 DOI:10.12143/j.tkgc.2020.05.003

基金项目:宁夏自然科学基金项目“宁夏宁东地区岩心钻探废弃冲洗液无害化处理技术初步研究”(编号:2018AAC03202)

作者简介:何玉云,男,回族,1985 年生,工程师,地质工程专业,硕士,主要从事地质岩心钻探及冲洗液等方面的研究及管理工作,宁夏银川市西夏区贺兰山西路 718 号,heyuyun2010@126.com。

引用格式:何玉云,王发民,訾兵,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.

少而集中、蒸发量大、日照时间长、冬春季风沙多等特点,植被覆盖率低,整体上生态环境比较脆弱,施工现场地貌见图1。土壤一旦被污染,需要很长的时间才能恢复,对生态环境有一定的破坏作用,不符合绿色环保的发展理念。



图1 宁东地区钻探施工现场地貌

Fig. 1 Terrain of drilling sites in the Ningdong area

废弃冲洗液是钻探施工的主要污染源之一。它是一种含粘土、加重材料、各种化学处理剂、污水、油污及岩粉的多项稳态胶体悬浮体系,危害环境的主要成分是烃类、盐类、各种聚合物、木质素磺酸盐、某些金属离子(汞、铜、砷、铬、锌及铅)和重晶石中的杂质^[6]。其中pH值的高低对环境的影响也较大,pH值过低或过高会导致冲洗液中有较多的酸碱污染物,酸碱污染物中的酸性污染物和碱性污染物对环境不利,具有较强的腐蚀性,可以腐蚀管道和构筑物^[7],会改变土壤的性质,使土地酸化或碱化,危害农作物。

目前,我国地质岩心钻探所产生的废弃冲洗液绝大多数采用就地填埋的处理方式,该方法干燥时间长,一般为1~2个月,有的可达3~4个月^[8-9]。而宁东及周边地区有居民和牲畜活动,简单填埋会对当地的生态环境和人畜安全造成不利的后果。

2 室内实验研究

选取宁东地区X钻孔钻探施工的废弃冲洗液为研究对象,采用固化处理法,开展废弃冲洗液无害化处理研究。该废弃冲洗液主要含有钠土、羧甲基纤维素CMC、烧碱、腐殖酸钾、聚丙烯酰胺等泥浆材料以及岩粉、污水和油污等。设计采用“破胶+固化”处理方法,首先对废弃冲洗液进行破胶处理,使固相颗粒充分沉淀。然后对沉淀后含有污染物的污泥进行固化处理,同时对固化处理不同阶段的样品

进行取样检测,验证是否满足《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别》(GB 5085.3-2007)的要求。

2.1 破胶剂优选

室内选取了6种破胶剂,按照不同加量加入到500 mL废弃冲洗液中,经高速旋转搅拌机搅拌均匀后,用数字粘度仪测试破胶后的冲洗液粘度,再静置24 h,测量废弃冲洗液分层后的固液分离体积,实验结果见表1及图2~4。

表1 废弃冲洗液加入不同破胶剂后的破胶效果
Table 1 Breaking effect of different gel breakers added to waste drilling fluid

序号	破胶剂	加量/%	破胶前pH值	破胶后pH值	破胶前粘度/s	破胶后粘度/s	24 h 上部析出液体体积(500 mL样品)/mL
1	SV-SSC	2	11	7.6	92	32	45
2	SV-JLV	2	11	7.5	92	49	78
3	SV-KFC	2	11	7.3	92	28	150
4	SV-KFD	2	11	7.3	92	37	80
5	SV-JLJ	2	11	7.8	92	38	85
6	X-1	2	11	10.5	92	85	未析出

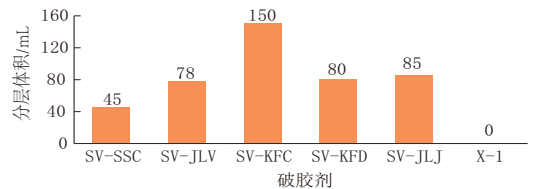


图2 不同破胶剂破胶24 h分层体积(500 mL样品)
Fig. 2 24-hour layering volume with different breakers

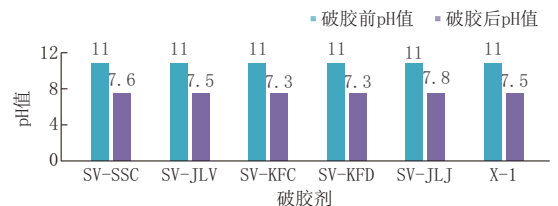


图3 不同破胶剂破胶前后pH值对比
Fig. 3 Comparison of pH values before and after gel breaking

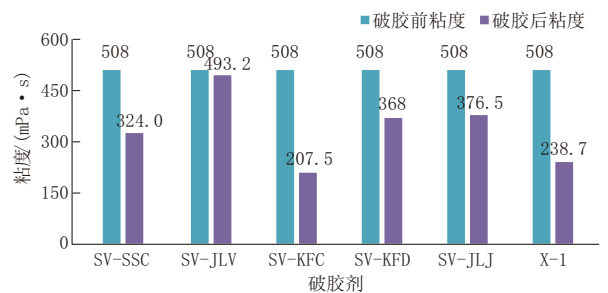


图4 不同破胶剂破胶前后粘度对比
Fig. 4 Digital viscosity comparison between different breakers before and after gel breaking

通过室内实验对比,使用不同类型破胶剂^[10]对废弃冲洗液进行破胶,从表 1 和图 2、图 3 可以看出,使用 SV-KFC 破胶后废弃冲洗液粘度最低,静置后固液分离效果最明显,分离出的液体 pH 值接近中性,最终选取 SV-KFC 作为破胶剂。

2.2 固化剂的优选

在对废弃冲洗液破胶的基础上,对下部沉淀物(固体污泥)进行固化实验。选取了 6 种固化剂,经过初步固化实验,根据室内固化时间及固化强度,从中选取了 3 种进行进一步的固化实验,这 3 种固化剂分别为 SV-MSS、SV-PSS 和 SV-PSL,固化剂加量设计为 5% 和 10%,室温条件下自然养护 7 天,委托第三方检测机构对固化样品的抗压强度进行了检测。具体结果见表 2 及图 5。

表 2 不同固化剂室内实验效果评价

Table 2 Performance evaluation of different curing agents in laboratory experiment

序号	固化剂	加量/%	平均抗压强度/MPa
1	SV-MSS	5	5.97
2	SV-MSS	10	4.94
3	SV-PSS	5	6.92
4	SV-PSS	10	0.218
5	SV-PSL	5	3.78
6	SV-PSL	10	0.145

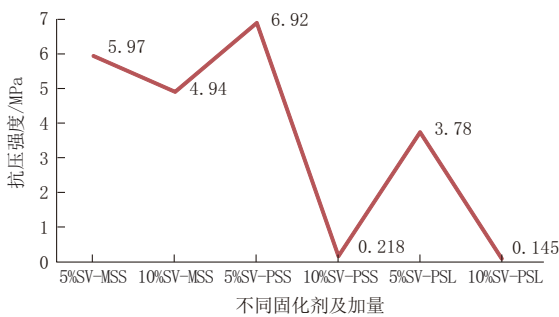


图 5 不同固化剂及加量对抗压强度的影响

Fig. 5 Effect of curing agents and their dosage on compressive strength

通过室内实验发现,SV-MSS 和 SV-PSS 的固化效果明显优于 SV-PSL。在不同加量条件下,SV-PSS 加量变化对固化样品抗压强度^[11-12]影响较大,SV-MSS 加量变化对固化样品抗压强度影响较小,因此,为了方便现场操作,最终选取 SV-MSS 作为现场固化用固化剂。

通过室内试验研究,破胶剂 SV-KFC 破胶效果明显,适合现场操作,固化剂 SV-MSS 固化后的固化样品抗压强度受加量影响较小,便于操作,在室内研

究的基础上,最终提出了宁东地区废弃冲洗液(污泥)处理方案。具体废弃冲洗液无害化处理工艺为:第一步先加入 2%SV-KFC(破胶剂),利用机械搅拌方式搅拌均匀,静置 24 h,将析出的上层液体抽出并集中存放,作为冲洗液配浆水重复利用;第二步加入 5%~10%SV-MSS(固化剂),利用机械搅拌方式搅拌均匀,现场应用过程中可根据废弃冲洗液(污泥)粘度等情况,适当调整破胶剂和固化剂的加量。

3 现场应用

2019 年,我单位在宁东地区实施了一口综合地质孔,孔号 LS01 孔,钻探施工结束后产生了约 40 m³ 废弃冲洗液(污泥),废弃冲洗液含有大量岩粉和油污等,破胶前废弃冲洗液漏斗粘度为 92 s,密度 2.3 g/cm³,pH 值 9.83。结合室内实验研究,对现场废弃冲洗液进行固化现场试验。具体试验过程为:在废弃冲洗液中加入 2%SV-KFC 破胶剂,利用挖掘机进行搅拌处理,静置 24 h 后,利用排污泵将上部析出的液体抽出并取样,然后加入 10% 固化剂 SV-MSS,利用挖掘机进行搅拌处理并取样(见图 6、7),同时对固化样品在室温条件下自然养护 7 天,委托第三方检测机构对固化体样品的抗压强度按照《工程岩体试验方法标准》(BG/T 50266-2013)进行了检测,平均抗压强度为 1.13 MPa,高于实验设计 0.15 MPa 的抗压强度,详见表 3。

表 3 现场固化样品抗压强度

Table 3 Compressive strength of solidified samples at site

样品序号	取样位置	实验仪器	抗压强度/MPa	平均抗压强度/MPa	设计抗压强度/MPa
1	施工现场	WES-1000B 材料试验机	1.21	1.13	>0.15
2	施工现场		1.11		
3	施工现场		1.08		



图 6 现场搅拌

Fig.6 Mixing at site



图7 固化样品取样

Fig.7 Taking cured samples

根据废弃冲洗液无害化处理研究实验设计,分别对固化前后的样品进行了取样,并委托第三方检测机构按照相关标准对其浸出液的腐蚀性、金属元素、总汞、六价铬、氟化物和氰化物^[13]等16种无机元素及化合物进行了检测,检测数据见表4。

表4 浸出液检测结果

Table 4 Test results of leachables

检测项目	样品名称		
	原始样品	上层污水	固化后样品
pH值	9.83	7.34	7.06
铜/(mg·L ⁻¹)	0.0150	0.0116	0.00258
锌/(mg·L ⁻¹)	0.0477	0.0432	0.0408
铅/(mg·L ⁻¹)	0.0042	0.0094	0.0042
镉/(mg·L ⁻¹)	0.0012	0.0012	0.0012
铬/(mg·L ⁻¹)	0.116	0.0442	0.00463
镍/(mg·L ⁻¹)	0.0038	0.0279	0.0038
砷/(mg·L ⁻¹)	0.00689	0.0354	0.00245
钡/(mg·L ⁻¹)	0.0863	0.32	0.0350
硒/(mg·L ⁻¹)	0.00406	0.0047	0.00203
银/(mg·L ⁻¹)	0.0029	0.0029	0.0029
铍/(mg·L ⁻¹)	0.0007	0.0007	0.0007
汞/(mg·L ⁻¹)	0.00074	0.8	0.00021
六价铬/(mg·L ⁻¹)	0.088	0.015	0.004
氟化物/(mg·L ⁻¹)	1.54	0.75	0.72
氰化物/(mg·L ⁻¹)	0.133	0.0001	0.087

3.1 pH值测定

按照《固体废物腐蚀性测定玻璃电极法标准》(GB/T 15555.12-1995)分别对原始废弃冲洗液、破胶后分离的液体和固化后样品的pH值进行了测试,破胶处理前的废弃冲洗液pH值为9.83,破胶处理静置24h后,分离的液体pH值为7.34,固化后的样品浸出液pH值为7.06,均接近于中性,满足酸碱度的要求。

3.2 总汞的测定

按照《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》(GB 5085.3-2007)采用冷原子吸收分光光度法对固化处理前后样品的浸出液的总汞进行了测定,原始废弃冲洗液总汞含量 0.74×10^{-3} mg/L,固化处理后样品总汞含量 0.21×10^{-3} mg/L,测定值均低于标准值0.1 mg/L,固化样品比原始样品浸出液总汞含量降低71.6%,符合国家固体废物检测标准。

3.3 六价铬的测定

按照《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》(GB 5085.3-2007)采用二苯碳酰二肼分光光度法对固化处理前后样品的浸出液的六价铬进行了测定,原始废弃冲洗液浸出液六价铬测定值0.088 mg/L,固化后样品浸出液六价铬测定值0.004 mg/L,均低于标准值5 mg/L,固化样品比原始样品浸出液六价铬含量降低95.5%,符合国家固体废物检测标准。

3.4 浸出毒性——氟化物的鉴别

按照《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》(GB 5085.3-2007)采用离子色谱法对固化处理前后样品的浸出液氟化物^[14-15]进行了测定,原始废弃冲洗液浸出液氟化物测定值1.54 mg/L,固化后样品浸出液氟化物测定值0.72 mg/L,测定值均低于标准值100 mg/L,固化样品比原始样品浸出液氟化物降低53.2%,符合国家固体废物检测标准。

3.5 浸出毒性——氰化物的鉴别

按照《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》(GB 5085.3-2007)采用离子色谱法对固化处理前后样品的浸出液氰化物进行了测定,原始废弃冲洗液浸出液氰化物测定值0.133 mg/L,固化后样品浸出液氰化物测定值0.087 mg/L,测定值均低于标准值5 mg/L,固化样品比原始样品浸出液氰化物降低34.6%,符合国家固体废物检测标准。

3.6 金属元素测定

按照《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》(GB 5085.3-2007)采用电感耦合等离子体质谱法对破胶后的上层“污水”样品和固化样品浸出液进行了金属元素的测定,上层“污水”金属元素总含量1.31 mg/L,固化样品浸出液金属元素总含量0.31 mg/L,均低于标准要求金属元素总含量342.12 mg/L,符合国家检测标准。

总体上,为了减少废弃冲洗液对周边环境的影响和破坏,本次钻探施工使用的冲洗液材料整体上属于“环保类”材料,有毒有害物质含量整体较低,但

在冲洗液使用过程中由于岩粉、油污等污染物的浸入,废弃冲洗液难免具有一定的污染性,通过无害化处理,废弃冲洗液的有毒有害物质都有明显的降低,符合国家固体废物排放标准,分离出的“污水”可作为冲洗液配浆水重复利用。

4 结论及建议

通过室内实验,筛选了适合宁东地区废弃冲洗液无害化处理所需的破胶剂及固化剂,提出了最终的废弃冲洗液无害化处理方案,并在现场进行了试验,同时委托第三方检测机构按照国家相关标准对固化处理前后样品进行了检测,检测结果符合固体废物排放标准,分离出的“污水”可作为冲洗液配浆水重复利用,建议在类似地区施工时,开展废弃冲洗液无害化处理,以减少对周边环境的影响。

参考文献 (References):

- [1] 董仕明,王平全,陈志勇,等.油气田钻井废弃泥浆处理技术[J].天然气工业,2008,28(2):87-89.
DONG Shiming, WANG Pingquan, CHEN Zhiyong, et al. Disposal techniques on waste drilling mud in oil and gas fields [J]. Natural Gas Industry, 2008,28(2):87-89.
- [2] 毕道金,凌生弼,汪金沪,等.废钻井液对环境的影响分析及处理方法[J].油气田环境保护,2000,10(3):27-29.
BI Daojin, LING Shengbi, WANG Jinlu, et al. Treatment methods and environment impact assessment of abandoned drilling fluid [J]. Environmental Protection of Oil & Gas Fields, 2000,10(3):27-29.
- [3] 章荣军,董超强,郑俊杰,等.絮凝剂和缓凝剂对水泥固化疏浚淤泥浆效率的影响研究[J].岩土工程学报,2019,41(10):1928-1935.
ZHANG Rongjun, DONG Chaoqiang, ZHENG Junjie, et al. Influences of flocculant and retarder on solidification efficiency of cement in treatment of dredged mud slurry[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2019,41(10):1928-1935.
- [4] 郑耀林,章荣军,郑俊杰,等.絮凝-固化联合处理超高含水率吹填淤泥浆的试验研究[J].岩土力学,2019,40(8):3107-3114.
ZHENG Yaolin, ZHANG Rongjun, ZHENG Junjie, et al. Experimental study of flocculation-solidification combined treatment of hydraulically dredged mud at extra high-water content [J]. Rock and Soil Mechanics, 2019,40(8):3107-3114.
- [5] 陈曦,郭丽梅,喻可喆,等.钻井废弃泥浆絮凝脱水固化处理研究[J].环境工程技术学报,2017,7(4):495-499.
CHEN Xi, GUO Limei, YU Kezhe, et al. Study on solidification treatment for waste drilling fluid of flocculant dehydration [J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2017, 7(4):495-499.
- [6] 杨德敏,袁建梅,程方平,等.油气开采钻井固体废物处理与利用研究现状[J].化工环保,2019,39(2):129-136.

- YANG Demin, YUAN Jianmei, CHENG Fangping, et al. Current situation of treatment and utilization of drilling solid waste in oil and gas exploitation [J]. Environmental Protection of Chemical Industry, 2019,39(2):129-136.
- [7] 石振明,薛丹璇,彭铭,等.泥水盾构隧道废弃泥浆改性固化及强度特性试验[J].工程地质学报,2018,26(1):103-111.
SHI Zhenming, XUE Danxuan, PENG Ming, et al. Experiment on modified-curing and strength properties of waste mud from slurry shield tunnel [J]. Journal of Engineering Geology, 2018,26(1):103-111.
- [8] 龙安厚,孙玉学,何庆申.大庆油田废钻井液固化处理研究[J].钻井液与完井液,2003,20(2):4-5,8.
LONG Anhou, SUN Yuxue, HE Qingshen. Study on solidifying waste drilling fluid in Daqing Oilfield [J]. Drilling Fluid and Completion Fluid, 2003,20(2):4-5,8.
- [9] 刘晓娟,刘静,张宁生.油气田污泥无害化处理途径探讨[J].油气田环境保护,2004,14(2):32-35.
LIU Xiaojuan, LIU Jing, ZHANG Ningsheng. Discussion on innocent treatment of oil sludge in oil-gas field [J]. Environmental Protection of Oil & Gas Fields, 2004,14(2):32-35.
- [10] 王贵和,刘宝林,夏柏如.岩土工程施工废泥浆固化技术研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(9):10-11,14.
WANG Guihe, LIU Baolin, XIA Bairu. Study on solidification treatment of waste mud from geotechnical engineering construction [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2005,32(9):10-11,14.
- [11] 罗跃,郑力军,王志龙,等.吐哈油田废钻井液脱稳固化技术研究[J].钻井液与完井液,2007,24(5):71-72.
LUO Yue, ZHENG Lijun, WANG Zhilong, et al. Solidification treatment of waste drilling fluids in Tuha Oilfield [J]. Drilling Fluid and Completion Fluid, 2007,24(5):71-72.
- [12] 邓皓,孟庆海,王蓉沙,等.废混油钻井液资源化利用技术研究[J].油气田环境保护,2007,17(1):1-3.
DENG Hao, MENG Qinghai, WANG Rongsha, et al. Study on resource utilization of drilling fluid mixed with oil [J]. Environmental Protection of Oil & Gas Fields, 2007,17(1):1-3.
- [13] 赵雄虎,王凤春.废弃钻井液处理研究进展[J].钻井液与完井液,2004,21(2):43-48.
ZHAO Xionghu, WANG Fengchun. Research development of waste drilling fluids disposal [J]. Drilling Fluid and Completion Fluid, 2004,21(2):43-48.
- [14] 于勇勇,姚佐国,林坤堂,等.钻井废弃泥浆无害化处理复配固化剂的研究[J].石化技术,2016,23(4):30-31.
YU Yongyong, YAO Zuoguo, LIN Kuntang, et al. Research on compound curing agent for harmless treatment of waste drilling mud [J]. Petrochemical Industry Technology, 2016, 23(4):30-31.
- [15] 艾光富.废钻井液复合固化处理技术及应用研究[J].油气田环境保护,2004,14(3):21-24.
AI Guangfu. Complex solidification technology for treatment of waste drilling fluid and its engineering application [J]. Environmental Protection of Oil & Gas Fields, 2004,14(3):21-24.