微生物处理水基钻井固废技术应用*

万书宇[1] 余思源[2] 何天鹏[2] 舒 畅[2] 闫瑞景[2] 李 辉[2]

(1. 中国石油川庆钻探公司川西钻探公司;2. 中国石油川庆钻探公司安全环保质量监督检测研究院)

摘 要 对常规水基钻井固废处理方法进行简要介绍,总结了常规水基钻井固废处理技术存在的问题。通过添加 0.5%左右的微生物降解菌处理钻井固废,工程实例研究表明,在一定条件下,通过微生物的作用,钻井固废中的有害物质能得到自然降解。X3 井钻井固废使用微生物进行处理,3 个月后检测钻井固废中主要有害重金属的含量,检测结果满足 GB 15618—2018《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》,处理后浸出液中 pH 值、COD、石油类满足 GB 8978—1996《污水综合排放标准》一级标准,结果表明微生物处理钻井固废的方法切实可行。

关键词 水基钻井固废; 微生物处理; 重金属; 非重金属; 检测

DOI:10.3969/j.issn.1005-3158.2019.02.009 **文章编号**: 1005-3158(2019)02-0033-04

0 引 言

水基钻井固废通常指采用水基钻井液钻井产生的固体废物,主要是清掏循环罐、废水处理产生的泥渣以及钻井过程产生的岩屑[1],按照《国家危险废物名录》(2016 年)规定,水基钻井固废不属于危险废物。一般水基钻井固废的特点为:pH 值 9~12,具有较高的含水率,COD 在 5 000~20 000 mg/L。以往各大钻探公司主要采取固化填埋法、焚烧法等处置水基钻井固废,在特定时间段对污染防控起到积极作用。随着新环境保护法的颁布,地方政府加大了对环境保护的管控,水基钻井固废的处置要求也进一步提高,传统处理工艺已很难满足现阶段环保需求。早在 20 世纪 90 年代,发达国家为解决水基钻井固废处置的问题,已经开始研究使用微生物处理水基钻井固废,取得了较大进展,因微生物处置过程不会对环境产生二次污染,同时能有效降解水基钻井固废中的有害物质,对水基钻井固废处置有极大参考价值。

1 水基钻井固废处置技术现状

1.1 直接填埋法

直接填埋法是指固体废物未经处理直接堆放在井场预先挖好的储存坑里,借助自然条件蒸发干燥,随后用表层土壤覆盖[2]。

该种方式成本低,工序简单。但是该种方式仅将水基钻井固废中的水分蒸发,未对其中的有害物质进行处置。遇到地下水丰富、暴雨、储存坑垮塌后,将对周边水系、土壤造成重大污染,该种方法在主要钻井区逐渐被国家明令禁止。

1.2 焚烧法

焚烧法是将水基钻井固废投入到焚烧炉或回转炉中,利用高温将固废中的有害物质变为无害物质,同时对部分有害物质进行充分稳定、包裹。

这种方式虽然能快速处理部分有毒有害物质,但是将钻井固废运输至处理厂存在一定的环保风险,且水基钻井固废中的部分无机物并不能通过焚烧的方式去除。如果焚烧温度控制不合适、焚烧不完全,将排放大量有毒有害气体。焚烧结束后,还需要对焚烧的残留物进行二次处理,处理费用高,处理过程中也存在一定的安全环保风险。

1.3 固化填埋法

固化填埋法基于钻井液中具有一定的固相,通过加入化学固化剂发生物理化学反应,降低其沥滤性,防止有害成分的迁移扩展[3],最后再将固化体填埋。

该种方式是目前较为常用和技术成熟的处理方式。通过调节 pH 值,加入脱色剂、固化剂等后形成固化体。通过浸泡试验证明该种方式固化体浸出液主要污染物符合 GB 8978—1996《污水综合排放标准》一级标准,污染物被固定在固化体内,有效地减小了污染物对周边环境的影响。但是固化体长期填埋

*基金项目:中国石油天然气集团公司重大科技专项"页岩气开发废弃物处理与利用关键技术研究与示范应用"(2016E-1202)。

万书宇,2010 年毕业于成都信息工程大学环境工程专业,硕士,现在中国石油川庆钻探公司川西钻探公司从事环境保护、清洁生产工作。通信地址:四川省成都市成华区华油路 143 号,610051。E-mail:wulewuyou@foxmail.com.cn。

地下，存在很多不可控因素。同时，固化过程消耗大量材料[4]。

1.4 微生物处置法

微生物处置法又叫生物修复法，是指利用微生物生命代谢活动降解或减少土壤和水体中的有机污染物或重金属使其无害化，使受污染的环境区域部分或完全恢复到初始状态的过程[5]。

该方法相比焚烧法，不产生二次污染，无废气排放；相比固化填埋法，对钻井固废中的有害物质进行了消解，转化成无害的二氧化碳和水。在降解过程中，不需要大量人力物力投入，节省了资源。

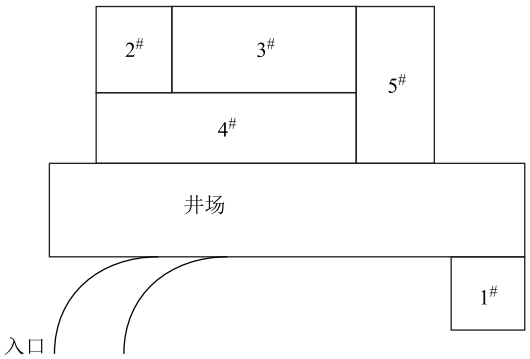
2 X3 井钻井固废微生物法应用情况

2.1 X3 井基本情况

X3 井所在地区年平均气温 17.5～18.0 ℃，完井后现场残留固体废物 1 014 m^3，含水率 80%～90%。井场内修建废水池 4 个，岩屑池 1 个，池壁均采用条石堆砌，地基牢固。实地勘测后认为该井中后期均采用聚磺类体系钻井液，且该地区昼夜温差不大，全年气温变化较小，适合微生物菌种 B 的生长繁殖，决定采用微生物菌种 B 对 X3 井的钻井固废进行处置。微生物菌种 B 的筛选过程按照聚磺类体系钻井液微生物降解菌筛选方式进行筛选[6]。

X3 井岩屑池和废水池位置示意见图 1。

为施工方便，在 1# 岩屑池、2# 废水池、3# 废水池，对 X3 井产生的水基钻井固废进行微生物处置。



注：1# 池为岩屑池，2#、3#、4# 池为废水池，5# 池为残酸池。

图 1 X3 井岩屑池和废水池位置

2.2 前期准备情况

2.2.1 钻井固废预处理

现场存放于岩屑池中的固体废物含水率较高，含氧量低，不适合好氧微生物的生长，直接影响处理效果，需对钻井固废进行预处理。

1）加入破胶剂 A，使用量为 5～6 kg/m^3，混合搅拌，同时对污泥进行充分曝气，使其中的水分尽量游离出来，转移储存水分。

2）待钻井固废不再出现明显渗水后，进行翻土，使其尽量分散。

钻井固废预处理工艺流程见图 2。

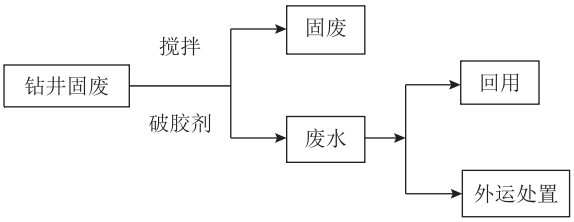


图 2 钻井固废预处理工艺流程

2.2.2 废水池防渗

现场将使用 1# 岩屑池、2# 废水池、3# 废水池作为微生物处理技术的处理池。1# 岩屑池、2# 废水池、3# 废水池采用条石堆砌，部分池壁出现损坏，直接使用存在垮塌风险。在进行微生物处理前对废水池壁及池底进行防渗及加固处理。

1）先将池内钻井固废转移至 4# 废水池、5# 残酸池，对池底污物进行清理。清理池底后，池底采用 10 cm C_{20} 混凝土浇筑，提高池底承压能力，保证填装钻井固废后池底不开裂；

2）清理池壁附着物，对破损开裂、渗漏池壁进行修复。在条石接口处开 V 形槽，采用防水砂浆勾缝，再做 20 mm 水泥砂浆抹面，候凝 48 h 后涂三层防渗涂料。

废水池防渗工艺见图 3。

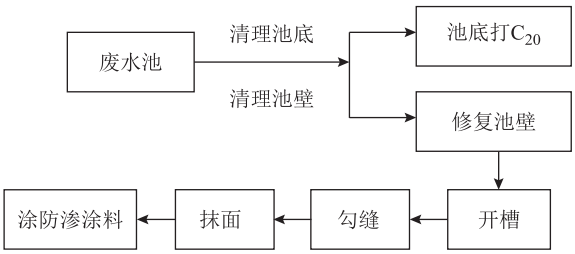


图 3 废水池防渗工艺流程

3）完成 1# 岩屑池、2# 废水池、3# 废水池的防渗处理后，再将 4# 废水池、5# 残酸池内暂存的水基钻井固废转移至 1# 岩屑池、2# 废水池、3# 废水池内，每个池内水基钻井固废不超过单个池容积一半。

2.2.3 水基钻井固废检测

对 1# 岩屑池、2# 废水池、3# 废水池钻井固废进

行取样检测。样品颜色为黑褐色,有明显油味,对其中镉、铬、砷、铅、汞进行检测。同时对 1# 岩屑池、2# 废水池、3# 废水池中的钻井固废浸泡 48 h 后,对浸出液的 pH 值、COD、氯化物、石油类进行了检测。检测结果见表 1、表 2。

从检测结果可以看出,钻井固废重金属镉、铬、铅、汞浓度达到 GB 15618—2018《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》,砷浓度超标。

表 1　水基钻井固废重金属检测结果　　mg/kg

项目	分析方法/标准	分析结果			标准*
		1# 池	2# 池	3# 池	
铬	火焰原子吸收分光光度法 HJ 491—2009	163	178	166	250
砷	微波消解原子荧光法 HJ 680—2013	794	845	774	25
镉	石墨炉原子吸收分光光度法 GB/T 17141—1997	0.356	0.345	0.350	0.6
铅	石墨炉原子吸收分光光度法 GB/T 17141—1997	28.1	32.0	27.2	170
汞	冷原子吸收分光光度法 GB/T 17136—1997	0.98	0.92	0.92	3.4

* GB 15618—2018《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)。

表 2　水基钻井固废非重金属检测结果

项目	分析方法/标准	分析结果			标准*
		1# 池	2# 池	3# 池	
pH 值	玻璃电极法 GB/T 6920—1986	9.87	9.90	9.92	6～9
COD/(mg·L^{-1})	重铬酸盐法 GB/T 11914—1989	1 410	1 725	1 654	≤100
氯化物/(mg·L^{-1})	硝酸银滴定法 GB/T 11896—1989	398	415	375	/
石油类/(mg·L^{-1})	红外光度法 HJ 637—2012	11.5	12.0	10.7	≤10

* GB 8978—1996《污水综合排放标准》一级标准。

从检测结果可以看出,钻井固废浸出液 pH 值、COD、石油类均不能达到 GB 8978—1996《污水综合排放标准》一级标准。

2.3 施工处理

1)将 1# 岩屑池、2# 废水池、3# 废水池内水基钻井固废进行疏松。

2)加入 0.5%(质量比)菌种 B。加入菌种 B 时,充分搅拌,使菌种均匀分散到钻井固废中。搅拌均匀后,加入池 1/2 容积的井场弃土土壤(使用前晾干),边加土壤边搅拌,直至土壤和钻井固废搅拌均匀,控制“土壤-钻井固废”混合物的含水率为 22%～25%。

3)钻井固废和土壤搅拌均匀后,在其最上层覆土 5～10 cm。

4)对各处理池表面铺设遮雨布,并疏通处理池周边排水沟,杜绝雨水及山水进入生物处理池。

5)每周对遮雨布进行检查,及时修复破损的遮雨布,疏通堵塞的排水沟。3 个月后,检测处理效果。

2.4 效果评价

挖土 30 cm,发现 1# 岩屑池、2# 废水池、3# 废水池水基钻井固废颜色从原来的黑褐色变为泥黄色,外观已看不出和土壤的区别,嗅觉上也无特殊气味。钻井固废溶水后,浸出液无黑色,呈灰浊色。

对 1# 岩屑池、2# 废水池、3# 废水池水基钻井固废中的镉、铬、砷、铅、汞、镍进行检测;对水基钻井固废浸泡 48 h 后,对浸出液的 pH 值、COD、氯化物、石油类进行检测。检测结果见表 3、表 4。

从检测结果可以看出,钻井固废重金属镉、铬、砷、铅、汞浓度符合 GB 15618—2018《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》,满足耕作要求,说明砷被微生物有效降解。

从检测结果可以看出,钻井固废浸出液 pH

值、COD、氯化物、石油类符合 GB 8978—1996《污水综合排放标准》一级标准。证明水基钻井固废被微生物处置后，COD、氯化物、石油类得到有效降解。

表 3 处理后水基钻井固废重金属检测结果 mg/kg

项目	分析方法/标准	分析结果			标准*
		1#池	2#池	3#池	
铬	火焰原子吸收分光光度法 HJ 491—2009	62.3	76.1	68	250
砷	微波消解原子荧光法 HJ 680—2013	ND	ND	ND	25
镉	石墨炉原子吸收分光光度法 GB/T 17141—1997	0.208	0.245	0.213	0.6
铅	石墨炉原子吸收分光光度法 GB/T 17141—1997	28.1	32.0	27.2	170
汞	冷原子吸收分光光度法 GB/T 17136—1997	ND	ND	—	3.4

* GB 15618—2018《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》。

表 4 处理后水基钻井固废非重金属检测结果

分析项目	分析方法/标准	分析结果			标准*
		1#池	2#池	3#池	
pH 值	玻璃电极法 GB/T 6920—1986	7.22	7.54	—	6～9
COD/(mg·L^{-1})	重铬酸盐法 GB/T 11914—1989	ND	ND	ND	≤100
氯化物/(mg·L^{-1})	硝酸银滴定法 GB/T 11896—1989	ND	ND	ND	/
石油类/(mg·L^{-1})	红外光度法 HJ 637—2012	0.78	0.74	0.82	≤10

* GB 8978—1996《污水综合排放标准》一级标准。

3 结 论

1)X3 井使用微生物处理水基钻井固废效果较好，处理后的土壤-钻井固废混合物的污染物指标达到 GB 15618—2018《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》，浸出液符合 GB 8978—1996《污水综合排放标准》一级标准。

2)微生物处理水基钻井固废可以对污染物进行有效降解，对砷、COD、氯化物、石油类去除效果明显。同时该技术减少了材料消耗，较好地对钻井固废进行了无害化处理。

3)微生物处理水基钻井固废虽然有一定效果，但处理周期较长，微生物对周边生态环境有一定要求，具有一定的局限性。需进一步研究污染物在植物内迁移规律，以及培育处理周期短，适应范围广的菌种。

参 考 文 献

[1] 陈立荣，黄敏，蒋学彬，等.微生物-土壤联合处理废弃钻井液渣泥技术[J].天然气工业，2015，35(2)：100-101.
[2] 董娅玮，王文科，杨胜科，等.黄土地区石油钻井废弃泥浆处置对策研究[J].环境工程学报，2009，3(9)：1674-1675.
[3] 奉明，王兵，张鹏飞.低密度深井钻井废弃泥浆固化技术研究[J].广州化学，2009，37(2)：128-130.
[4] 陈立荣，黄敏，蒋学彬，等.微生物-土壤联合处理废弃钻井液渣泥技术[J].天然气工业，2015，35(2)：103-105.
[5] 罗义，毛大庆.生物修复概述及国内外研究进展[J].辽宁大学学报，2003，30(4)：298-300.
[6] 黄敏，李辉，李盛林，等.废弃钻井液微生物降解菌室内筛选研究[J].油气田环境保护，2011，12(6)：35-36.

(收稿日期 2018-11-09)
(编辑 王 薇)