

钻井废弃物无害化处理技术研究及应用

吴戎¹ 雷彬² 杨林³

(1. 中国石油西南油气田公司质量安全环保处; 2. 中国石油西南油气田公司重庆气矿; 3. 成都华气能源工程有限公司)

摘要 通过对钻井废弃物成分和环境影响的分析,指出川渝地区钻井废弃物固化处理中存在的问题:固化物浸出液中污染物难以达标。对钻井废弃物通过采用破胶固化工艺进行处理,固化物浸出液分析结果表明:COD等达到了GB 8978—1996《污水综合排放标准》一级标准,采用该技术和工艺进行现场实施,检测结果达标。

关键词 钻井废弃物 固化 破胶剂 无害化处理 浸出液

0 引言

钻井废弃物主要包括钻井废弃泥浆、钻井岩屑、酸化压裂作业废弃物、落地油及井场污染物等。自20世纪80年代后期,我国部分油田开始应用固化处理技术处理钻井废弃物,所用固化剂基本是以水泥为主的混合物。处理过程需要使用主凝剂、助凝剂、催化剂等多种处理剂,处理较为复杂。由于固化剂的包裹及复杂的水化凝聚作用,固化后浸出液中污染物浓度虽已大幅度降低,但各项污染物指标仍难达到GB 8978—1996《污水综合排放标准》,达不到无害化治理的目的^[1]。

文章通过对川渝地区钻井废弃物进行研究分析,提出采用化学稳定固化的方式对钻井废弃物进行无害化处理的可行性和合理性。处理目标是:固化体应具有良好的机械性能、抗渗透、抗浸出、抗干、抗湿冻、抗融等特性,能安全运输,便于最终处置。

1 钻井废弃物的成分及其对环境的影响

钻井废弃物主要是由粘土、钻屑、加重材料、化学添加剂、无机盐、油组成的多相稳定悬浮液,pH值较高^[2]。导致环境污染的有害成分为石油类、盐类、杀菌剂、某些化学添加剂、重金属、高分子有机化合物生物降解产生的低分子有机化合物和碱性物质等。随着钻井过程中使用钻井液添加剂的种类和数量的增加,其环境危害性也随之增加。其对环境造成的影响主要表现在:对地表水和地下水资源的污染;导致土壤的板结(主要是盐、碱和岩盐地层的影响),对植物生长不利,甚至无法生长,致使土壤无法返耕;各种重

金属滞留于土壤,影响植物的生长和微生物的繁殖,同时因植物吸收而富集,危害人畜的健康;对水生动物和飞禽也会产生不良影响^[3]。通过选取川渝地区14口井的完井废弃物,对废弃物浸出液进行取样检测,检测结果见表1。

2 钻井废弃物固化处理中存在的问题

过去,川渝地区钻井废弃物固化主要采用水泥、石灰/水泥固化。固化前未对泥浆中的污染物进行预处理,污染物的水溶性和活性没有改变。因此,固化体中的污染物易被水浸泡流失,污染环境。主要问题有:①固化物浸出液颜色较深。对聚磺体系泥浆,采用常规水泥或石灰固化后,其浸出液的色度一般在200倍左右。②固化物浸出液COD超标。对低密度聚合物体系泥浆,采用水泥或常规固化后,浸出液中COD一般在400 mg/L;而对于聚磺体系泥浆,浸出液中COD约为600~800 mg/L。③固化物浸出液pH较高。无论什么体系的泥浆,采用水泥或石灰固化后,其浸出液pH值一般在10以上^[4]。在川渝部分井场,泥浆固化场地复耕后,未浇水时小麦长势较好,但浇水后,由于返碱较严重导致小麦枯黄,甚至死亡。由于固化剂的水化凝聚作用,固化后泥浆中的污染物被水浸出的能力已大为降低,但各项污染物指标仍难达到GB 8978—1996《污水综合排放标准》。

3 钻井废弃物的无害化处理

处理后达到的要求:钻井废弃物固化后,其浸出液中污染物浓度达到GB 8978—1996《污水综合排放

吴戎,2002年毕业于西南交通大学环境工程专业,硕士,工程师,长期从事油气田环境保护管理及技术工作。通信地址:四川省成都市府青路一段5号,610051

表 1 川渝地区部分完井废弃物浸出液污染物指标

检测试样来源	比重/ (g/cm ³)	COD/ (mg/L)	SS/ (mg/L)	pH	色度/ 倍
峰 17 井综合样	2.34	5700.0	150.6	9.0	670
池 63 井综合样	1.91	600.4	120.6	8.0	231
罗家 11、12、13 井综合样	1.26	2150.0	128.4	8.0	320
罗家 2 井 2 号池综合样	1.98	583.5	120.1	8.0	142
罗家 2 井 5 号池综合样	2.12	456.4	172.1	8.0	140
罗家 7 井综合样	1.26	4996.0	489.5	8.5	559
苟西 3 井综合样	2.08	429.5	172.9	8.0	141
罗家 2 井 3 号池综合样	2.12	308.7	198.6	8.0	143
麻 7 井综合样	1.28	610.7	302.7	7.5	147
麻 18 井综合样	1.63	355.6	165.1	7.5	140
莲花 000-1 井 4 号池综合样	1.60	389.1	184.4	8.0	147
公 62 井综合样	1.28	413.1	182.3	7.5	142
方东 1 井综合样	1.14	896.8	214.3	7.5	398
合川 001-15-X2 井综合样	1.65	540.8	156.7	8.0	277

注：浸出液：100 g 烘干后的污泥在 1000 mL 蒸馏水中振荡浸泡 16 h 的浸出物。

标准》一级标准。固化体具有良好的机械性能、抗渗透性能，抗压强度达到 150 kPa。

3.1 无害化处理工艺

针对川渝地区钻井液高温高密度的特点，结合国内外先进的技术方法，综合考虑钻井废弃物的处理效果、工程实施的可行性及处理成本等多种因素，确定川渝地区钻井废弃物无害化处理的工艺技术——破胶固化处理工艺。该技术是基于化学破胶反应和水泥的水合水硬胶凝反应的共同作用下对废弃物进行稳定化和固化处理。以普通水泥为固化剂，辅之以吸附剂、化学破胶剂，将钻井废弃泥浆中的有害成分通过物理和化学反应进行束缚、稳定或包容，以减小废弃物的毒性、可迁移性和溶解性，减少对环境的危害，浸出液检查合格后就地掩埋复耕或转运，该法施工简单、成本低廉、实用性强，在技术上比较成熟，对环境的潜在影响相对较小，已在西南油气田公司推广，并制定了配套的技术标准和工艺标准。

3.2 破胶剂的作用原理

钻井泥浆具有胶体体系的基本特征，污染物呈稳

定状态，其中粘土矿物因晶格取代，表面带负电荷，在碱性条件下，粘土表面易形成水化膜，在静电斥力作用下，粘土颗粒可与水溶液形成稳定的分散体系；高分子聚合物在水中电离生成带负电的基团，因电荷的作用，分子形态舒展，有利于同粘土、水共同形成稳定的泥浆体系。破胶剂加入废弃泥浆后，其电离出的阳离子对颗粒表面的负电荷有中和作用，降低 Zeta 电位，减少颗粒间的斥力，使其稳定性减弱或失去稳定性，同时破胶剂中的阳离子可被高分子材料的阴离子基团吸附，降低高分子链内的斥力，使高分子链发生卷曲，将脱稳的粘土颗粒包裹并从泥浆中分离出来，最终破胶剂中的结合剂，使污泥中的磺甲基化有机物与结合剂形成溶解性小的络合物，从泥浆体系中分离，并被固相物质吸附，从而与固相物质一同分离出来。经此方法处理后的泥浆体系，再进行固化，其浸出液能够达到 GB 8978—1996《污水综合排放标准》一级排放标准^[5]。通过实验验证，泥浆固化物浸出液检测结果见表 2。

3.3 处理工艺

钻井废弃物的无害化处理施工流程见图 1。

表2 泥浆固化物浸出液分析结果

项目	分析值	标准值*
pH	11	6~9
色度/倍	10	50
COD/(mg/L)	70~85	100
Cl ⁻ /(mg/L)	2800~3200	无
Cr ⁶⁺ /(mg/L)	0.38	0.50
总铅/(mg/L)	0.62	1.0
总砷/(mg/L)	未检出	0.50
总汞/(mg/L)	未检出	0.05

注：* GB 8978—1996《污水综合排放标准》一级排放标准。

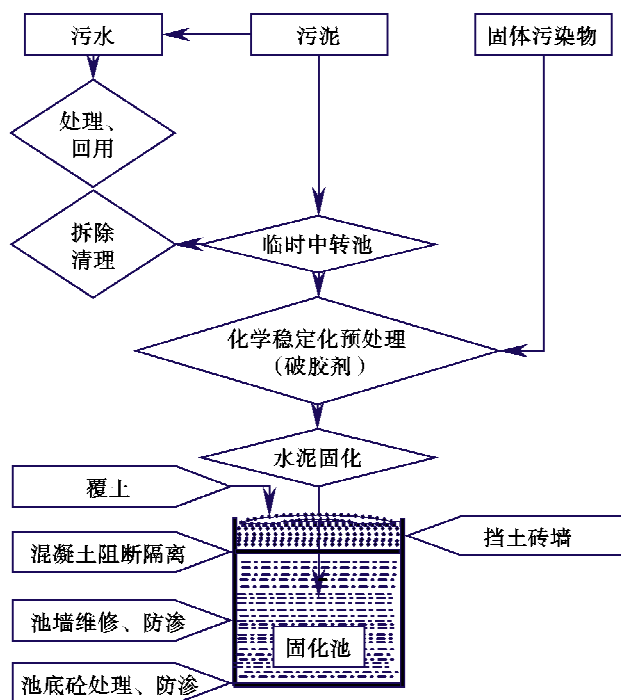


图1 固化施工流程

3.3.1 钻井废弃物处理流程

污泥处理流程见图2。

由图2可知：先将污泥池中流动性较好的污泥采用污泥泵提升，流动性较差的污泥采用挖掘机和人工方式转运到中转池。待原污泥池改建为污泥固化池或新建污泥固化池后，将中转的污泥按先后顺序加入1%~2%破胶剂、15%~20%水泥、5%~10%粉煤灰，充分拌和均匀，回填到已作好防渗处理的污泥固

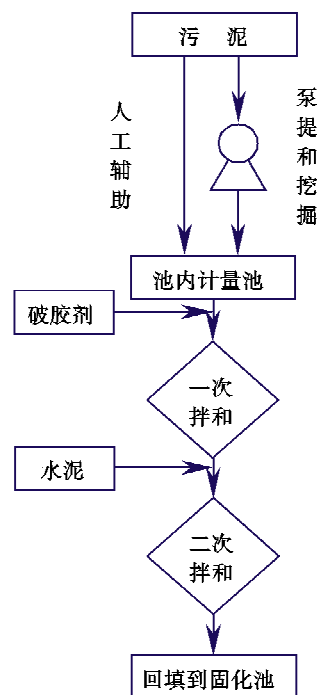


图2 污泥处理流程

化池内候凝。回填过程中，当回填0.8~1.0 m深度时，应对固化物进行一次夯实处理，可采用振动泵或蛙式打夯机。

3.3.2 地表清理污染物流程

地表污染物清理流程见图3。



图3 清理地表污染物流程

井场内外和污泥池附近的地表污染物先清理集中堆放，再加入破胶剂，连同污泥一起进行混合回填处理。

3.3.3 破胶固化工艺处理效果

对川渝地区14口井钻井废弃物采用破胶固化工艺进行无害化处理后，对现场固化体进行抽样检验，其浸出液检测结果见表3。由表3可知：COD≤98 mg/L、SS≤69 mg/L、pH值为7~9、色度≤41倍，满足GB 8978—1996《污水综合排放标准》一级排放标准中：COD≤100 mg/L、SS≤100 mg/L、pH值为6~9、色度≤50倍的要求，固化体浸出液COD变化见图4。处理前后固化体浸出液的COD含量降低了75%以上，特别是峰17井固化体浸出液中的COD含量由5700 mg/L降至47.5 mg/L，降幅为99.2%，满足GB 8978—1996

表 3 破胶固化处理工程固化体浸出液指标统计

检测试样来源	固化剂配方	COD/ (mg/L)	SS/ (mg/L)	pH	色度/ 倍
峰 17 井固化体	2%GH-3A 破胶剂, 20%水泥	47.5	38.0	9.0	37.0
池 63 井固化体	0.5%GH-3A 破胶剂, 10%粉煤灰, 15%水泥	16.4	29.0	8.5	20.0
罗家 11、12、13 井固化体	2%GH-3A 破胶剂, 10%粉煤灰, 20%水泥	95.4	35.0	7.5	39.0
罗家 2 井 2 号池固化体	2%GH-3A 破胶剂, 10%粉煤灰, 15%水泥	82.0	34.0	7.5	22.0
罗家 2 井 5 号池固化体	2%GH-3A 破胶剂, 10%粉煤灰, 25%水泥	74.3	30.0	9.0	20.0
罗家 7 井固化体	2%GH-3A 破胶剂, 10%粉煤灰, 15%水泥	96.4	43.0	8.5	35.0
苟西 3 井固化体	2%GH-3A 破胶剂, 10%粉煤灰, 15%水泥	57.1	41.0	9.0	24.0
罗家 2 井 3 号池固化体	2%GH-3A 破胶剂, 10%粉煤灰, 15%水泥	35.3	32.0	7.5	27.0
麻 7 井固化体	1%GH-3A 破胶剂, 20%水泥	78.3	31.0	9.0	34.0
麻 18 井固化体	1%GH-3A 破胶剂, 15%水泥	97.8	32.0	8.0	31.0
莲花 000-1 井固化体	1%GH-3A 破胶剂, 25%水泥	75.3	39.0	8.5	29.0
公 62 井固化体	0.5%GH-3A 破胶剂, 15%水泥	98.0	68.0	8.0	40.0
方东 1 井固化体	2%GH-3A 破胶剂, 5%CaO, 20%水泥	86.4	69.0	9.0	41.0
合川 001-15-X2 井固化体	2%GH-3A 破胶剂, 5%CaO, 20%水泥	83.6	61.0	8.5	34.0

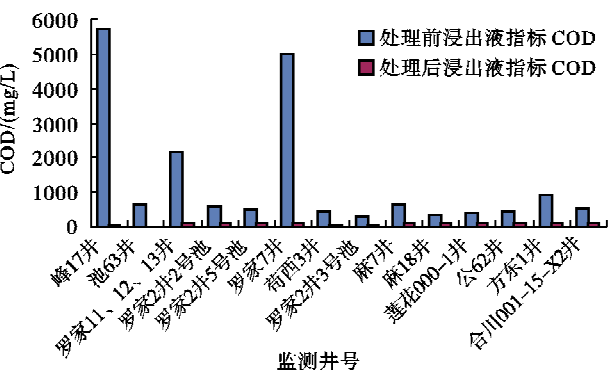


图 4 破胶固化处理前后固化体浸出液 COD 变化

《污水综合排放标准》一级排放标准。
由于钻井废弃物浸出液中,最难处理的为 COD,故只分析了固化体浸出液中 COD 的变化。

4 结束语

川渝地区钻井废弃物具有高色度、高COD的特

点,处理难度大。通过破胶固化稳定化处理,固化体浸出液达到 GB 8978—1996《污水综合排放标准》一级排放标准,减小了其环境危害性。自 2006 年以来西南油气田公司采用该技术对 800 多口井实施了的钻井废弃物无害化处理,通过固化,减轻了钻井废弃物的环境危害。

参考文献

[1] 朱开金,马忠亮.污泥处理技术及资源化利用[M].北京:化学工业出版社,2007.
[2] 徐同台.深井泥浆[M].北京:石油工业出版社,1994.
[3] 吴芳云,陈进富,赵朝成,等.石油环境工程[M].北京:石油工业出版社,2002,8.
[4] 龚莉娟.含油污水、钻井液废水、废弃钻井液的致突变性研究[J].油气田环境保护,1996,4:8-11.
[5] 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,2004,3:21-24.

(收稿日期 2010-01-25)

(编辑 袁立凡)