

油泥调理剂优化对脱水性能影响的实验研究

邓焱伟

克拉玛依市三达新技术股份有限公司, 新疆 克拉玛依 834000

[摘要]油泥是石油工业生产环节中所产生的固液混合废弃物, 其具备高含水率、高含油率并且组分复杂的特性, 处理起来存在较大难度。为了提升油泥的脱水效率, 针对调理剂种类、添加量还有搅拌条件等诸多因素展开了一整套实验研究, 目的是要对调理剂组合加以优化, 进而增强其脱水性能。借助单因素实验和正交实验相结合的方式, 全面且细致地分析了不同调理剂及其组合给脱水效果所带来的影响, 同时也对优化后的结果展开了机理层面的探讨以及性能方面的验证工作。研究最终得出的结果显示, 适宜的调理剂种类以及合理的配比能够在很大程度上对油泥的脱水性能予以明显改善, 这为油泥实现资源化处理给出了相应的理论依据以及实践方面的参考内容。

[关键词]油泥; 调理剂; 脱水性能; 影响

DOI: 10.33142/sca.v8i6.16829

中图分类号: TE81

文献标识码: A

Experimental Study on the Influence of Oil Sludge Conditioner Optimization on Dewatering Performance

DENG Yanwei

Karamay Sanda New Technology Co., Ltd., Karamay, Xinjiang, 834000, China

Abstract: Oil sludge is a solid-liquid mixed waste generated in the production process of the petroleum industry. It has the characteristics of high moisture content, high oil content, and complex composition, which makes it difficult to handle. In order to improve the dehydration efficiency of oil sludge, a complete set of experimental studies have been conducted on various factors such as the type, amount, and stirring conditions of conditioning agents. The aim is to optimize the combination of conditioning agents and enhance their dehydration performance. By combining single factor experiments and orthogonal experiments, a comprehensive and detailed analysis was conducted on the effects of different conditioning agents and their combinations on dehydration efficiency. At the same time, the optimized results were explored at the mechanism level and verified in terms of performance. The final results of the study showed that suitable types of conditioners and reasonable ratios can significantly improve the dewatering performance of oil sludge, providing corresponding theoretical basis and practical reference for the resource utilization of oil sludge.

Keywords: oil sludge; conditioning agent; dehydration performance; effect

引言

随着石油化工行业不断发展, 油泥产生量连年增多, 随意堆放和处置会占用很多土地, 还可能严重污染环境。油泥含水率高, 是限制其资源化利用的关键因素, 所以提高油泥脱水效率成了当下研究和实践重点。调理剂能提升油泥脱水性能, 它靠破坏油泥胶体结构、增强颗粒絮凝等机制, 明显促进水分去除。不过, 现在关于调理剂种类选择和添加工艺的研究还不够完善, 尤其在不同油泥特性下调理剂优化配比方面需要深入探究。为此, 选取某实际油泥做研究对象, 展开系统实验, 通过筛选调理剂种类、优化关键工艺参数以及分析机理, 为油泥减量化、资源化处理找出可行办法和技术支持。

1 油泥特性与调理剂作用机制分析

油泥主要出自石油开采、储运以及炼制这些过程, 它的构成颇为复杂, 通常会有水分、矿物颗粒、重质油、乳化油、悬浮固体还有少量有机污染物等等。其胶体结构紧密, 水油结合得很紧, 这就使得它自然沉降以及脱水的效

率特别低。调理剂在油泥处理里的作用机制主要有破乳、凝聚、絮凝还有架桥等方面, 它是通过改变颗粒之间的表面电荷以及结构, 让油水分离界面的能量降低, 进而强化其沉降性能以及滤水性。常用的调理剂包含了无机盐类, 比如铁盐、铝盐, 也有有机高分子絮凝剂, 像阳离子聚丙烯酰胺, 另外还有复配型调理剂, 不同种类的调理剂其作用机理以及效果有着十分明显的差异。所以说, 充分理解油泥的理化特性以及调理剂的作用机制, 对于达成高效脱水而言是极为重要的。

2 实验材料与方法

2.1 实验材料

2.1.1 油泥样品

所使用的油泥是从某石化企业的污水池当中采集而来的, 呈现出黑褐色的膏状形态。它有着高黏度、高含水率以及高有机质含量等一系列典型的特征。经过初步的分析可以得知, 它的总含水率大概是在 68.4% 左右, 含油率达到了 12.7%, 其 pH 值为 6.8, 并且主要的颗粒粒径分布

大多集中在 5~75 μm 这个区间内, 还具备着较为显著的胶体结构方面的特性。

2.1.2 调理剂种类与性质

此项研究挑选了三种常用的调理剂当作实验对象, 它们分别是硫酸亚铁 (FeSO_4)、聚合氯化铝 (PAC) 以及阳离子聚丙烯酰胺 (CPAM)。在这些调理剂当中, 硫酸亚铁属于无机絮凝剂, 它有着不错的电荷中和功效, 同时助凝效果也挺好; PAC 所具备的架桥能力是比较强的, 并且它还有一定的 pH 调节能力; 而 CPAM 是高分子有机调理剂, 它能够凭借分子链产生的物理缠绕作用来推动颗粒进行絮凝沉降。为了让调理效果得以强化, 在实验过程中还试着对调理剂做出不同的组合配比, 进而去考察调理剂之间所产生的协同作用。

2.2 实验设备

在整个实验进程当中, 所运用到的关键设备涵盖了: 电子天平, 其精度能够达到 0.01g; 高速搅拌机, 该设备的转速具备调节功能, 其可调范围是从 0 一直到 3000rpm; 还有恒温水浴锅、真空过滤装置以及烘箱, 此烘箱的温度是可以调节的, 最高能够调至 200 $^{\circ}\text{C}$; pH 计以及激光粒径分析仪也在此次实验中得到了运用。并且, 在正式开展实验之前, 会将所有的这些设备都进行一番校准操作, 其目的就在于确保实验所得数据能够具备准确性以及重复性的特点。

2.3 实验方法设计

2.3.1 单因素实验设计

单因素实验设计的关键在于全面且细致地探究各个单一因素给油泥脱水性能带来的具体影响规律, 务必要做到对调理剂种类、添加量、pH 值还有搅拌条件等一系列关键变量所产生的作用有清晰明确且能够量化的认知。在实验开展的过程当中, 每一次都仅仅去调整其中一个变量, 而将其他的那些有可能产生影响的因素统统保持在一个恒定的状态, 以此来把多因素干扰可能给结果所带来的影响彻底排除掉, 进而能够精准地剖析出该因素所具有的独立作用。在实验里面, 对于不同的调理剂类型, 会挨个儿地去考察它们在同样的条件之下脱水效果所呈现出的差异情况; 而对于添加量出现的变化, 那么就要去留意它给滤液体积以及滤饼含水率带来的影响走向; 通过调节 pH 值以及搅拌条件这两方面, 进一步去阐明这些操作参数针对絮凝效果还有脱水性能所起到的调控机制。在每一个实验条件之下, 都会开展三次重复性的试验, 以此来保证实验数据具备足够的稳定性与可靠性, 最后会把三次测量所得的数据取平均值, 将其作为该条件下的代表数据, 如此一来便能够提升结果所具有的科学性以及统计学方面的意义。凭借这样的单因素实验设计, 为后续要开展的多因素正交优化打下了坚实的基础, 也充分且详尽地呈现出了各个单独变量对油泥脱水性能产生的影响规律。

2.3.2 正交实验设计

在单因素实验得出的结果基础之上, 针对那些对油泥脱水性能产生影响且较为突出的因素, 精心设计了三因素三水平的正交试验, 以此来达成多因素协同优化的目标。所选取的三个因素分别是调理剂组合 (A)、添加总量 (B) 以及 pH 值 (C)。对于每一个因素都设置了三个不一样的水平, 从而能够全面且系统地将各个变量合理的范围都涵盖进去。实验运用 $L_9(3^3)$ 正交表来进行安排, 总共设计了 9 组实验, 如此一来, 既能够确保实验具备科学性, 又切实有效地减少了试验的次数, 进而提升了实验的工作效率。通过针对实验数据展开极差分析以及方差分析, 不但可以清晰明确各个因素对于脱水性能所产生的相对影响程度的大小, 而且能够进一步揭示这些因素彼此之间或许存在的交互作用情况, 最终精准确定出最为理想的调理剂组合以及相应的工艺参数。此正交实验的设计给实现调理剂的高效利用以及油泥脱水性能的最大化给予了稳固有力的理论依据与数据支撑。

2.3.3 脱水性能评价指标

脱水性能主要依据这三个指标来予以评价: 其一, 滤饼含水率 (W_c), 这一指标可用来表示脱水之后固体所含有的水分情况; 其二, 滤液体积 (V_f), 此指标能够反映出水分被去除的能力状况; 其三, 脱水速率 (R_d), 也就是在单位时间当中脱除水分所具有的效率。将这三方面的情况综合起来加以考量, 如此便既能体现出调理剂所达成的处理效果, 同时也能够对其应用的可行性予以衡量。

3 调理剂优化实验研究与结果分析

3.1 不同调理剂对油泥脱水性能影响分析

在此次实验当中, 一开始便针对三种调理剂各自单独使用时, 其对于油泥脱水性能所产生的影响展开了较为系统的对比分析。从实验所得到的结果来看, 经过阳离子聚丙烯酰胺也就是 CPAM 处理的那一组, 其滤饼的含水率是最低的, 仅仅只有 56.2%, 并且该组的滤液体积也是最高的, 达到了 178mL, 这综合起来就充分说明了其脱水效果是比较优异的。再看另外两组, 硫酸亚铁处理组以及聚合氯化铝也就是 PAC 处理组, 在脱水性能方面虽说也有了明显的改进, 可是它们的效果跟 CPAM 相比还是稍逊一筹的, 不过这两组都比没有添加调理剂的对照组要好很多^[1]。通过进一步的分析可以发现, CPAM 属于有机高分子调理剂, 它有着较长的分子链结构, 并且还具备不错的桥联性能, 当它和油泥颗粒相互接触之后, 就能够形成那种体积相对较大且结构更为稳定的絮体, 如此一来便能大幅度提升滤水通道的通透程度, 进而有利于自由水以及部分毛细水有效地释放出来。而像硫酸亚铁还有 PAC 这类无机调理剂, 主要是依靠电荷中和的作用去破坏油泥表面原本存在的负电性稳定层, 所以它们的脱水效果会受到油泥初始电荷状态比较大的影响, 整体的稳定性和适应性

相对来说是比较差的。所以说,在对调理剂进行单因子比较的时候,CPAM 展现出了更强的絮凝性能以及脱水促进作用,这也为其后续开展组合优化实验奠定了重要的基础。

3.2 调理剂添加量对脱水性能的影响

在三种调理剂当中筛选出脱水性能最为出色的 CPAM 之后,又接着对其不同添加量给油泥脱水效果所产生的影响展开了相关研究。在实验进程里,把 CPAM 的添加质量分数从 0.1% 一步步提升到 0.4%,并且全面且细致地去观察在各个不同的添加水平之下滤饼含水率以及滤液体积所发生的变动状况。经观察发现,伴随 CPAM 添加量的不断增加,滤饼含水率呈现出一种逐步下降的趋向,与此同时脱水速率也在同步上升,这说明适当提升添加量能够强化颗粒之间絮凝桥联的作用,推动水分更好地释放出来。不过,当添加量超出 0.3% 以后,脱水性能的提升渐渐变得平缓,甚至到了 0.4% 的时候出现了滤饼结构变得松散、脱水效果有所下滑的情况,滤饼含水率还出现了略微回升的态势,猜测这或许是因为高浓度的 CPAM 引发了过度絮凝,形成了较为疏松的絮体结构,进而对滤水通道的连续性与稳定性造成了影响。所以,综合考量脱水效果以及药剂使用的经济性,CPAM 的最佳添加量应当把把控在 0.3% 左右,在这个添加量下,既能实现不错的絮凝脱水效果,又能防止药剂出现浪费现象以及潜在的结构性负面作用,从而为工程的实际应用给予了较为科学且合理的投加参考依据。

3.3 正交实验优化分析

运用 L₉(3³) 正交实验设计这一方法,把滤饼含水率当作主要用来评价的指标,全面且细致地去分析调理剂在优化进程当中各个因素给油泥脱水性能所带来的影响。经过对极差分析以及方差分析所得到的结果加以分析可以发现,在被考察到的那三个因素里面,调理剂组合所产生的影响程度是最为突出的,排在其次的是添加总量方面的情况,而最后则是 pH 值的情况,这说明调理剂具体的类型还有其配比对于脱水效果而言是起到了决定性的作用的。再具体来讲,最为理想的实验组合是将 CPAM 和 PAC 进行复配所形成的调理剂,要把添加总量把把控在 0.3% 这个水平上,并且要将 pH 值调节到 6.5 这样的数值^[2]。在这样的条件之下,滤饼含水率出现了明显的下降情况,降低到了 52.4%,同时滤液体积也有了提升,达到了 192mL,相比于仅使用单一调理剂来处理时所取得的效果,这一次有了较为明显的改善,脱水效率更是得到了颇为显著的提高。这一结果充分说明了,不同类型的调理剂要是通过复配的方式组合起来,那么是能够产生协同效应的,如此一来,既能有效地对油泥颗粒之间的稳定结构起到破坏作用,又能进一步增强絮体的稳定性以及过滤性能,进而达成脱水性能在两个方面都得以提升的良好效果。除此

之外,合适的添加量以及恰当的酸碱环境还能够为调理剂活性的充分发挥营造出十分有利的条件,以此来确保絮凝反应可以高效地推进下去。

3.4 最优调理剂组合的脱水性能验证

为了验证通过正交实验优化所得最优调理剂组合在油泥脱水中的适用性与实际效果,设计了三组重复实验,将脱水性能与单一调理剂处理组、未添加调理剂的对照组对比^[3]。实验显示,采用优化组合处理后的油泥滤饼含水率稳定在 52.1%~52.7%,波动范围小,说明该组合在脱水过程中有良好的稳定性与可重复性。该组合处理组的脱水速率和滤液体积比其他对照组好,表明其在促进水分释放和滤液生成方面有优势。为探究调理剂对油泥结构及成分的影响,还对滤饼做了显微结构观察和含油率测定,发现优化组合处理后的滤饼结构更致密紧凑,颗粒间结合紧密,减少水分滞留空间,滤饼中残余油含量降低,体现较强的脱油能力。这些结果证实复配调理剂组合能提升脱水效率,改善油泥的固液分离效果,有工程应用潜力和推广价值,为油泥资源化利用和环境治理提供技术支撑。

4 结语

以提升油泥脱水效率作为目标,借助理剂种类的筛选、添加量的把控、pH 值的调节以及搅拌方式的优化等手段,全面且细致地探究了这些因素对脱水性能所产生的影响规律。并且还通过开展正交实验的方式,最终确定出最为理想的调理剂组合方案。相关研究清晰表明,对调理剂进行科学合理的选配操作,同时对工艺参数加以优化处理,能够颇为有效地提升油泥的脱水效率,进而为油泥的减量化处理以及资源化利用事宜给予了相应的技术方面的有力支撑。不过就本研究而言,依旧存在着一定的局限性所在,具体是没有充分且深入地去探讨调理剂对于油泥后续资源利用方面所可能产生的影响情况。在未来的研究进程中,可以将多维度的机理分析和实际的工程实践结合起来,以此来进一步促使处理体系在综合性能以及环境适应性这两个方面都能够获得切实有效的提升。

[参考文献]

- [1]王永亮.生物技术处理油泥及资源化利用的试验研究[J].石化技术,2022,29(4):69-72.
 - [2]詹咏,薛冰,董滨,等.硫酸根自由基对含油污泥脱水性能的影响[J].化学工程,2020,48(5):1-5.
 - [3]朱书源,王毅力.Fe²⁺-PDS 调理-水平电场脱水工艺对疏浚底泥脱水性能的影响[J].环境工程技术学报,2023,13(6):2192-2203.
- 作者简介:邓焱伟(1991.12—),毕业院校:西南石油大学,所学专业:环境工程,当前就职单位名称:克拉玛依市三达新技术股份有限公司,职称级别:工程师。