

含油污泥复合调理方案研究^①

张建琴^{1,2}, 张凤娥², 董良飞², 高雯², 秦燚²

1. 江苏城乡建设职业学院 公共事业学院, 江苏 常州 213147; 2. 常州大学 环境与安全工程学院, 江苏 常州 213100

摘要: 对石化企业污水处理厂含油污泥脱水性能进行研究, 首先使用石油醚对其进行油水分离处理, 真空抽滤后, 测试滤饼的含水率, 以含水率作为判别指标. 探究生物质、臭氧和超声调理 3 种方式, 单一及复合调理对污泥脱水性能的影响. 结果表明: 3 种方式单一调理最佳参数, 先进行臭氧化, 臭氧的最佳投加量为 0.1 g/g, 滤饼含水率为 82.45%; 再进行超声处理, 28 kHz 时间超声波作用最佳为 2 min, 滤饼含水率为 74.61%; 生物质与污泥干物质比为 2.5% 时, 滤饼含水率为 62.7%; 复合调理参数为臭氧投加量 0.1 g/g, 超声波时间 2 min, 生物质与污泥干质比为 2% 时, 滤饼的含水率达到 59.76%. 复合调理效果优于单一调理, 调理后污泥能够自持燃烧.

关键词: 含油污泥; 污泥调理; 污泥脱水; 含水率

中图分类号: TE992

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2017)03-0136-05

含油污泥是一种极其稳定的悬浮乳状胶态体系, 其内部含有水包油、油包水结构. 传统的物理、化学、生物法很难将油、水、泥分离. 对含油污泥进行复合调理并深度脱水是污泥后续处理、处置及再利用的关键所在.

扬子石化污水厂剩余污泥经加药(CPAM)絮凝、重力浓缩、厌氧消化和离心脱水后, 污泥含水率仍为 85% 左右, 若不能降至 60% 以下, 后续的干化焚烧将消耗大量能源并难以稳定运行.

为了改善含油污泥的脱水性能, 针对扬子石化污水厂消化污泥, 本研究首先对含油污泥进行油水分离, 然后分别采用臭氧、超声波、生物质对其进行调理, 再复合调理, 以调理后污泥滤饼含水率为目的, 探寻不再添加有机调理剂的含油污泥复合调理最佳参数, 改善其脱水性能.

1 材料与方法

1.1 试剂、材料和仪器

1.1.1 污泥物化性质

扬子石化污水厂消化污泥, 污泥质量浓度 MLSS 为 60 g/L, $SV \geq 95\%$, VSS 为 60%, pH 值为 7~8, 滤液 SS 为 480 mg/L, 含水率在 99% 以上, 污泥比阻 $R=2.12 \times 10^9 \text{ S}^2/\text{g}$.

1.1.2 试剂和仪器

石油醚(AR), NaCl, 松木屑(粒径 0.5~1 mm). SH2-12 型磁力搅拌器, 1 000 mL 分液漏斗, 臭氧发生器, KQ2200DA 型数控超声波槽式清洗器, 布氏漏斗, 真空抽吸泵, 压力表.

1.2 实验方法

实验过程在常温下进行, 每组实验做 3 个平行样本.

^① 收稿日期: 2016-03-15

基金项目: 2014 常州市社会发展课题项目(CE20145029); 江苏省高等职业院校国内高级访问学者计划资助项目(2014FX032).

作者简介: 张建琴(1973-), 女, 江苏常州人, 副教授, 主要从事固体废弃物处理研究.

通信作者: 张凤娥, 教授.

1.2.1 污泥脱油处理

取一定量原污泥, 用去离子水配制成含水率为 99.8% 的污泥溶液, 用重量法^[1]萃取污泥中的油.

1.2.2 臭氧氧化调理

取实验除油污泥 100 mL, 倒入 250 mL 烧杯中, 保鲜膜密封后磁力搅拌, 搅拌速度由慢到快, 范围为 500~1 000 r/min, 搅拌时间通常在 10 min 内, 然后开启臭氧发生器, 向烧杯中通入不同的臭氧量, 尾气用 20% 的 KI 溶液吸收, 并用碘量法测定烧杯中剩余臭氧质量比, 调理结束后, 测试污泥滤饼的含水率, 探究臭氧投加量对上述指标的影响, 研究最佳臭氧投加量.

1.2.3 超声调理

取实验除油污泥 100 mL, 倒入 250 mL 烧杯中, 放入超声粉碎机中(20 kHz, 200 W)处理, 测试不同超声处理时间后污泥滤饼的含水率, 探究超声时间对上述指标的影响, 寻找最佳的超声波调理参数.

1.2.4 生物质调理

取 100 mL 除油污泥, 按一定比例将生物质和污泥进行混合, 然后用真空抽滤, 考察抽滤后泥饼的含水率, 探究生物质的最佳投加量.

1.2.5 臭氧、超声波和生物质组合调理

剔除单独调理中极个别明显不合理的数据, 用正交实验方法研究复合调理的最佳调理方案, 探究臭氧、超声波、生物质的最佳组合调理参数.

1.3 污泥抽滤实验

实验所用装置简图见图 1.

每次取 100 mL 污泥倒入布式漏斗, 保持真空压力为 0.06 MPa, 抽滤时间为 20 min 或者直到真空破坏, 测滤饼的含水率.

1.4 滤饼含水率

将抽滤后的污泥放入已烘干衡质量的干锅(W1)内, 称出干锅和湿泥的质量(W2), 放入烘箱中 105 ℃ 烘 4 h 后再称质量(W3), 用重量法测量泥饼的含水率.

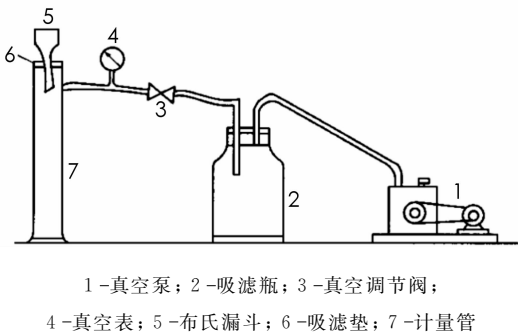


图 1 污泥抽滤装置

2 结果讨论

2.1 污泥除油效果

取 1 000 mL 含水率为 99.8% 的含油污泥, 用 25 mL 石油醚萃取 3 次, 测得污泥原样的含油量为 15 080 mg/L. 为简化脱油过程, 研究组考察了石油醚萃取次数与除油率的关系, 结果表明萃取 1 次后测得除油率为 70%, 污泥抽滤后含水率为 87%; 萃取 2 次后测得除油率为 75%, 污泥抽滤后含水率为 85%. 结果见表 1. 2 次除油所需的时间是 1 次除油的 2 倍, 可以用于实验的剩余污泥量只有 1 次除油的 1 半. 本研究决定采用 1 次萃取除油并倾去上清液的剩余污泥进行后续调理, 即后续调理的污泥含油量为 4 524 mg/L, 含水率为 97.5%.

表 1 石油醚萃取次数与效果的关系

	除油率/%	滤饼含水率/%
1 次萃油	70	87
2 次萃油	75	85

2.2 臭氧调理

通过控制时间向 100 mL 除油污泥通入 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10, 0.12, 0.14, 0.16 g/g 的臭氧, 调理后的污泥经真空抽滤后含水率见图 2. 结果表明当臭氧通入量为 0.10 g/g 效果最好, 污泥抽滤后含水率为 82.4%. 臭氧通入量越多, 将使污泥过度被氧化, 颗粒变得更细, 比表面积更大, 增强了对水分的吸附能力, 使絮体更稳定, 导致脱水性能变差. 虽然一定量的臭氧能氧化污泥的细胞壁和细胞膜, 使其包裹

的结合水分、有机物等内含物释放,从而提高污泥的脱水性能^[2-3],但是继续投加臭氧对改善污泥脱水性能无益.当臭氧通入量大于 0.16 g/g(臭氧作用时间大于 20 min)时,污泥菌胶团充满泡沫,无法进行抽滤实验.

2.3 超声波调理

实验中确定超声波发生器的频率为 28 kHz,调节超声波作用的时间为 0.5~4.0 min,调理后的污泥经真空抽滤后含水率如图 3 所示.由图 3 可知,污泥经超声波处理后,其滤饼含水率有明显变化.最佳作用时间为 2.0 min,滤饼含水率为 74.61%,2 min 后污泥含水率持续上升.实验证明,超声波空化效应的强弱与作用时间有关,作用时间越长,菌胶团结构破坏越彻底^[4],一方面会释放其中的结合水,提高污泥的脱水效果,另一方面使污泥粒径变小,引起过滤阻力变大.所以,超声波对污泥的作用有正负两方面的影响^[5].适当的超声波的空化作用在污泥里产生局部极端高温高压的条件,能破坏污泥絮体的结构,但与臭氧的作用相同,过强的超声波使污泥颗粒变小,细小的污泥颗粒悬浮在水中,滤饼的含水率反而升高.

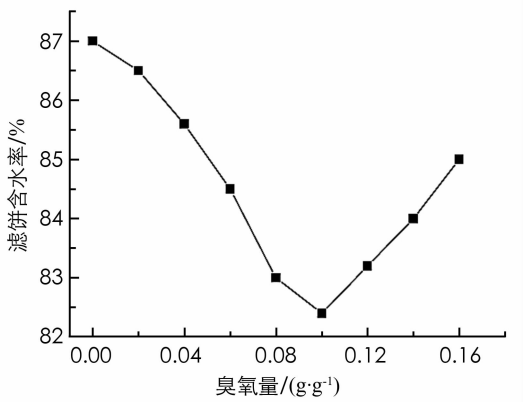


图 2 臭氧作用后污泥抽滤含水率

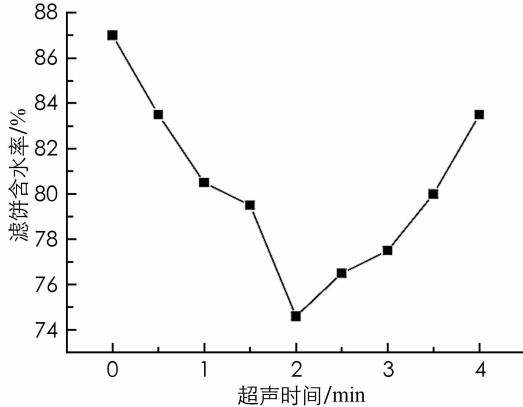


图 3 超声波作用后污泥抽滤含水率

2.4 生物质调理

本实验选择了粒径较大的松木屑作为生物质调理介质,分别向 100 mL 脱过油的污泥中添加质量比例为 0.5%,1.0%,1.5%,2.0%,2.5%,3.0%,3.5%和 4%的松木屑,混合均匀静置 30 min 后进行抽滤,实验结果见图 4.实验结果表明,生物质添加得越多,滤饼含水率越低.当添加量大于 2.5%时,滤饼含水率下降速度减慢.添加 2.5%的松木屑时,滤饼含水率为 62.7%;添加 4%的松木屑时,滤饼含水率为 58.22%.添加 3.0%以上松木屑时,滤饼强度降低,容易在短时间内抽裂,影响污泥抽滤效果.添加不同量松木屑后滤饼微观结构见图 5.

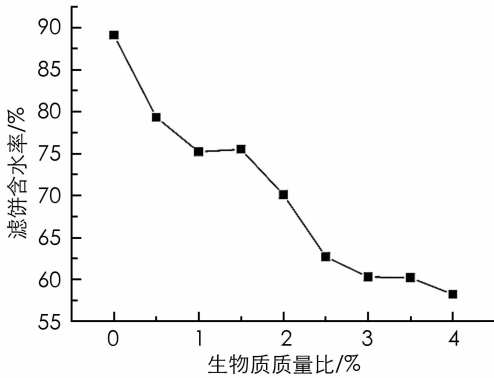
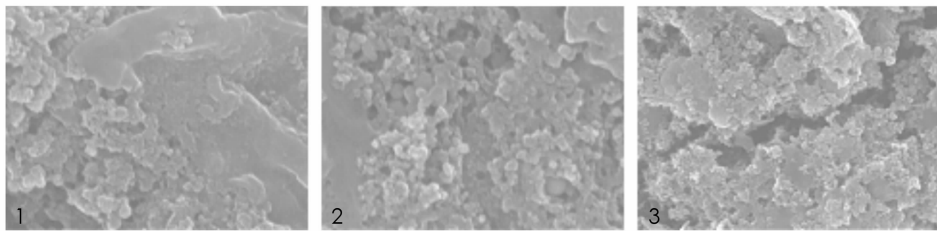


图 4 生物质添加量对污泥滤饼含水率的影响



1. 添加 1.0%松木屑; 2. 添加 3.0%松木屑; 3. 污泥微观结构

图 5 污泥原样

时亚飞等^[6]研究表明,提高絮体机械强度,改善污泥可压缩性是提高污泥脱水效率的突破口.较大颗粒的松木屑一方面能改善污泥的结构和力学性能,在污泥脱水过程中充当“渠道”,使水分易被导出;同时

生物质因其松散的结构和更加干燥的状态吸水能力较强, 从而增加混合物的热值. 所以, 适当添加生物质, 一方面能改善污泥脱水性能, 同时还能增加污泥的含固量和热值, 与污泥后续焚烧处置结合效果显著.

2.5 复合调理效果

为达到含油剩余污泥经复合调理深度脱水后含水率降至 60% 左右, 实现污泥自持燃烧的目标, 本研究通过单独调理实验, 探究了臭氧、超声波及生物质分别对污泥滤饼含水率的影响规律, 并在此基础上剔除了单独调理中明显不合理的数据, 按照 L25(5³) 进行正交实验设计^[7], 结果见表 2.

从表 2 可以看出, 13 号调理方案效果最佳, 即当臭氧投加量为 0.10 g/g, 超声波时间为 2 min, 生物质添加为 2% 时, 滤饼的含水率为 59.76%. 复合调理综合了臭氧、超声波和生物质对污泥调理的优势, 充分发挥各自的作用, 最终达到改善污泥脱水性能的目的.

表 2 正交实验结果

方案	O ₃ /(g · g ⁻¹)	超声波 时间/min	生物质 添加量/%	抽滤含水 率/%
1	0.06	1	0.5	75.01
2	0.06	1.5	1	73.25
3	0.06	2	1.5	73.26
4	0.06	2.5	2	70.21
5	0.06	3	2.5	71.23
6	0.08	1	0.5	73.17
7	0.08	1.5	1	73.09
8	0.08	2	1.5	71.86
9	0.08	2.5	2	70.65
10	0.08	3	2.5	70.45
11	0.1	1	0.5	62.55
12	0.1	1.5	1	60.01
13	0.1	2	1.5	59.76
14	0.1	2.5	2	59.99
15	0.1	3	2.5	60.14
16	0.12	1	0.5	61.25
17	0.12	1.5	1	65.78
18	0.12	2	1.5	64.23
19	0.12	2.5	2	60.88
20	0.12	3	2.5	60.45
21	0.14	1	0.5	70.56
22	0.14	1.5	1	70.44
23	0.14	2	1.5	69.78
24	0.14	2.5	2	66.55
25	0.14	3	2.5	66.87

注: 抽滤时间为 20 min, 压强为 0.05 MPa.

3 结 论

传统的处理方法已不能解决成分日益复杂、数量日益增加的各类污泥^[8]. 对石化企业的含油污泥深度脱水前必须采取集物理、化学和生物于一体的复合调理.

1) 含油污泥的脱水效果首先取决于其中的含油量. 采取重量法能有效去除其中 70% 的油分, 同时倾去上清液后污泥含水率从 99.8% 下降至 97.5%.

2) 臭氧、超声波、生物质单独调理污泥不能满足污泥滤饼含水率自持燃烧的要求. 臭氧单独调理最佳投加量为 0.10 g/g, 滤饼含水率为 82.4%; 频率为 28 kHz 超声波单独调理最佳作用时间为 2 min, 滤饼含水率为 74.61%; 生物质单独调理后滤饼的含水率随着生物质的增加而降低, 但过多的生物质会使滤饼变

松散,且实践中不能运用.实验证明,添加 2.5% 的生物质时滤饼的含水率能降到 62.7%,继续增加生物质含水率下降速度变慢.

3) 脱去 70% 油污的含油污泥,经臭氧、超声波及松木屑复合调理,通过正交实验得出最佳参数为臭氧投加量 0.10 g/g, 28 kHz 超声波作用 2 min,生物质添加 2% 滤饼的含水率最低(59.76%),能满足含油污泥自持燃烧.

参考文献:

- [1] 车承丹,吴少林,朱南文,等.含油污泥石油醚浸提技术研究[J].安全与环境工程,2008,8(1):56—58.
- [2] 曹艳晓,吴俊锋,冯晓西.臭氧氧化剩余污泥的影响因素分析及应用初探[J].给水排水,2010,36(1):135—138.
- [3] 何楚茵,金辉,卜淳炜,等.臭氧处理剩余污泥的减量化实验研究[J].环境工程学报,2012,6(11):4228—4234.
- [4] 吕凯,季文芳,韩萍芳,等.超声、臭氧处理石化污水厂剩余活性污泥研究[J].环境工程学报,2009,3(5):907—910.
- [5] 薛向东,金奇庭,朱文芳,等.超声波处理对污泥絮凝脱水性能的影响[J].中国给水排水,2006,22(9):101—108.
- [6] 时亚飞,杨家宽,李亚林,等.基于骨架构建的污泥脱水/固化研究进展[J].环境科学与技术,2011,34(11):70—75.
- [7] 李冠楠,夏雪娟,赵欢欢,等.桑叶提取物泡腾片制备工艺及其抗氧化活性研究[J].西南大学学报(自然科学版),2015,37(4):132—137.
- [8] 王崇均,彭怡,谭雪梅,等.低有机质剩余污泥微波法制备活性炭及其吸附性能研究[J].西南师范大学学报(自然科学版),2016,41(1):159—163.

On Co-Conditioning Programs of Oil Sludge

ZHANG Jian-qin^{1,2}, ZHANG Feng-e², DONG Liang-fei²,
GAO Wen², QIN Yi²

1. School of Public Utility, Jiangsu Urban and Rural Construction College, Changzhou Jiangsu 213147, China;

2. School of Environmental and Safety Engineering of Changzhou University, Changzhou, Jiangsu 213100, China

Abstract: The dehydration performance of the excess oil sludge deduced from the sewage treatment plants of the petrochemical enterprises has been researched. The sludge was firstly treated with petroleum ether to separate oil and water, and subsequently filtered by vacuum suction. The moisture content of the cake layer was analyzed and regarded as the index of the dehydration performance. The conditioning and co-conditioning programs were studied by treating with biomass, ozone, and sonication. The results show that the optimum dosage of ozone in the first step of single conditioning is 0.1 g₃/g, the moisture content of the corresponding cake layer is 82.45%; the optimum sonication time in the subsequent step at 28 kHz is 2 mins, the moisture content decreased to 74.61%; when the dry weight ratio of biomass to sludge is 2.5%, it fell to the bottem with the moisture content of 62.7%. The optimum parameters of co-conditioning with ozone dosage of 0.1 g₃/g, sonication time of 2 mins and the biomass/sludge dry weight ratio of 2%, the corresponding cake layer moisture content came to 59.76%. These results indicate that the treatment of co-conditioning is better than single conditioning, and the treated sludge shows the self-sustained combustion characteristic.

Key words: oil sludge; sludge conditioning; sludge dewatering; moisture content