

Facultative Anaerobic Composting for the Oil Sludge*

Wei Liu, Yaning Li, Guodong Li, Wenyu Ni

Nankai University Binhai College, Tianjin
Email: 123beauty@163.com

Received: Apr. 16th, 2013; revised: May 2nd, 2013; accepted: May 8th, 2013

Copyright © 2013 Wei Liu et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: Oily sludge facultative anaerobic fermentation processing is an important technological way to solve the problem of sludge treatment. It can reduce the sludge volume, stable sludge properties, and improve the sludge dehydration effect. This paper makes a systemic study on the basic character of China Oilfield oily sludge and the sludge facultative anaerobic fermentation technology parameter changing before and after. After treatment sludge, the oil content, organic matter content decreases significantly; the experimental group which adds conditioner plays a very good effect of phosphorus. The treatment of oily sludge facultative anaerobic fermentation works well.

Keywords: Oil Sludge; Facultative Anaerobic Composting; Biological Treatment

含油污泥兼性厌氧发酵处理*

刘 伟, 李亚宁, 李国东, 倪文斌

南开大学滨海学院, 天津
Email: 123beauty@163.com

收稿日期: 2013 年 4 月 16 日; 修回日期: 2013 年 5 月 2 日; 录用日期: 2013 年 5 月 8 日

摘 要: 含油污泥的兼性厌氧发酵处理是一项重要的解决油泥处理处置的技术路线。它可以减少污泥体积, 稳定污泥性质, 提高污泥的脱水效果。系统研究了中海油泥的基本性质, 油泥兼性厌氧发酵前后技术参数变化。发现处理后油泥的含油量、有机质含量明显下降; 实验组添加的调理剂起到了很好的固氮效果。探索了含油污泥的兼性厌氧发酵处理的可行性。

关键词: 含油污泥; 兼性厌氧发酵; 生物处理

1. 引言

含油污泥是石油化工工业的主要污染物之一, 是石油生产的伴生品。其组成成分极其复杂, 密度差小(油、水密度接近)、含水率高(一般在 40%~90%之间)、持水力强, 且充分乳化, 粘度较大难以沉降^[1-3]。不但占用大量土地, 而且对周围土壤、水体、空气都将造成污染, 并伴有恶臭气体产生, 而且对周围土壤、水体、空气都将造成污染。

*基金项目: 南开大学滨海学院科研启动金项目, 固废处理方向。

目前含油污泥主要处理技术有: 生物处理法^[4]、干燥焚烧法、溶剂萃取法^[5]、污泥回灌调剖法、离心分离法^[6]等。其中, 生物处理法是基于微生物降解石油烃类从而减少含油污泥对环境的污染, 适用低含油污泥的处理。其处理方式包括堆肥处理法、土地法农田法、高效快速的生物反应器法等。

从 20 世纪 80 年代开始, 生物处理方法越来越受到关注。无论在国内或是国外许多的科研工作者都在大力研究可降解有机物的高效微生物, 并已开发了许

多新的高效菌种，处理范围也相应地拓宽。

生物处理法的优点在于：一是对环境影响小，生物处理是自然过程的强化，其最终产物是二氧化碳、水和脂肪酸等，不会形成二次污染或导致污染物转移；二是费用相对较低，约为焚烧处理费用的 1/4~1/3；三是处理效果好，经过生化处理，污染物残留量可以大幅度降低^[7,8]。

本文采用厌氧法处理含油污泥，以降低污泥的含油量、有机质、VS、含水率为目的，将含油污泥无害化、减量化。

2. 材料与方法

2.1. 厌氧微生物菌种

取自天津大港污水处理厂经过机械脱水后的污泥，去除粗大物，作为厌氧处理接种物。

2.2. 预处理

实验设计了实验组和对照组两组反应器。将来自中海油田的采油油泥进行晾晒风干至含水率约为 60%。实验组添加调理剂，污泥与调理剂的比例为：1:1 的锯末，些许 1:3 的鸡粪，10 g/L 硫酸亚铁、30 g/L 活性炭、5 g/L 的沸石，并充分混匀。对照组不添加任何调理剂。分别装入 2 组反应器中进行兼性厌氧发酵。油泥在发酵期间，每天定时测定反应器内温度。在油泥完成一个发酵阶段后，取样测定发酵后油泥中石油烃类、有机物、含水率等各项指标，分析发酵前后数据。研究含油污泥兼性厌氧发酵处理的可行性和发酵中存在的实际问题。

2.3. 分析方法

VS、含水率采用《城市生活垃圾采样和物理分析方法》(CJ/T3039-95)、《城市污水处理厂污泥检验方法》(CJ/T221-2005)以烘干法测定；

温度采用普通温度计每天固定时间测室温及污泥温度；

VFAs 采用 Agilent6890N 气相色谱仪测定；

有机质采用烘箱加热 - 重铬酸钾容量法测定；

含油量采用索氏抽提 - 紫外吸收光度法测定；

pH 值采用 PHS-25 数显精密 pH 计测定；

氨氮采用钼锑抗分光光度法测定；

总 N 采用过磷酸钾氧化 - 紫外分光光度法测定。

3. 结果与讨论

3.1. 温度

对于污泥发酵系统而言，温度是影响微生物活性和发酵工艺最重要的因素。通过发酵过程中有机物降解率的变化情况，可以反映各温度阶段微生物对有机物的分解能力的大小和微生物的代谢能力。发酵中微生物分解有机物进行分解代谢会释放热量，它是发酵温度上升的主要原因。

从图 1 可知，在发酵过程中反应器内的温度是逐步上升，并且在第 28 天达到最大值。可以看出实验组温度 > 对照组温度 > 室内温度。

3.2. 含水率

含水率是污泥最重要的物理性质，它决定了污泥的体积。水分的多少，直接影响反应速度的快慢，影响发酵的质量，甚至关系到发酵过程的成败。

从表 1 中可以看出，两组反应器中油泥的含水率减少的十分明显，兼性厌氧发酵对油泥的含水率产生了作用。从两组的对比实验可以看出，实验组的含水率下降的更多，这说明添加鸡粪和锯末能够很好的调节油泥的含水率，使得微生物大量生成。

3.3. 挥发性固体含量(VS)

污泥中的有机物含量通常用挥发性固体(VS)表

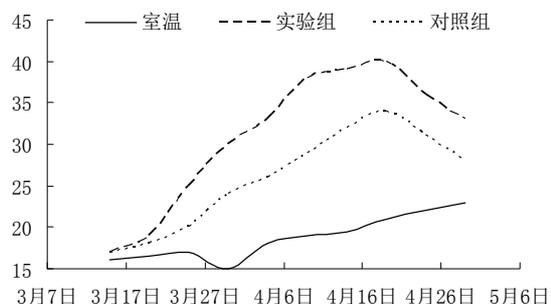


Figure 1. Temperature variation curve of the sludge
图 1. 污泥温度变化曲线

Table 1. Changes of the water content before and after fermentation (%)
表 1. 发酵前后含水率的变化(%)

	发酵前	发酵后
对照组	58	25.8
实验组	58	15.5

示。有机物含量是污泥最重要的化学性质，同时决定了污泥的热值与可消化性，通常有机物含量越高，污泥热值也就越高。

从表 2 可以看出，随着实验反应的进行，实验组和对照组油泥中挥发性固体含量前后有所下降，从开始的 56.6% 下降至实验结束时的 25.8% 和 34.9%，证明反应器中的微生物对有机物进行了降解。

3.4. 有机质

有机质含量也是发酵过程中的一个影响因素。当有机质的含量较低时，没有足够的营养物质维持微生物的生长，微生物的活性不足，发酵过程放出的能量不足以维持发酵随需要的温度，将影响无害化处理。研究表明适合的有机物含量为 20%~80%。

从表 3 可以看出，发酵前后有机质的含量都有所减少。说明污泥发酵时微生物活性较高。含油污泥在发酵过程中由于微生物的作用，大部分的有机质被降解转化为一种类腐殖土的稳定物质。

3.5. 挥发性脂肪酸(VFAs)

挥发性脂肪酸是发酵过程的重要中间产物，甲烷菌主要利用 VFAs 形成甲烷。VFAs 在实验反应器中的积累能反映出甲烷菌的不活跃状态或反应器操作条件的恶化，较高的 VFAs(例如乙酸)浓度对甲烷菌有抑制作用。因此在反应器运行中，VFAs 用作重要的控制指标。

从表 4 可以看出，反应前后挥发性脂肪酸的变化比较明显。相比较而言，实验组挥发性脂肪酸上升的更高。这是因为在水解阶段高分子有机物被胞外酶分解成小分子。而后在酸化阶段，上述的小分子有机物进入到细胞体内转化成更为简单的化合物并被分配到细胞外，这一阶段的主要产物为挥发性脂肪酸 (VFAs)。

3.6. 含油量

含油污泥中的油主要是矿物油。矿物油是能溶解于四氯化碳而不能被硅酸镁吸附的一类有机物，其中包括正己烷、苯、多环芳烃、苯并芘、荧光剂等。含油量是含油污泥的一项重要的物理性质。

从表 5 可以看出，发酵前后含油量有着明显的变

Table 2. Changes of the volatile solid (VS) before and after fermentation (%)

表 2. 发酵前后挥发性固体 VS 的变化(%)

	发酵前	发酵后
对照组	56.6	34.9
实验组	56.6	25.8

Table 3. Changes of the organic content before and after fermentation (%)

表 3. 发酵前后有机质含量的变化(%)

	发酵前	发酵后
对照组	86.6	58.3
实验组	86.6	53.8

Table 4. Changes of the volatile fatty acid (VFA) before and after fermentation (mg/L)

表 4. 发酵前后挥发性脂肪酸 VFAs 的变化(mg/L)

	发酵前	发酵后
对照组	2606.17	3321.5
实验组	2606.17	3987.3

Table 5. Changes of the oil content before and after fermentation (mg/L)

表 5. 发酵前后含油量的变化 mg/L

	发酵前	发酵后
对照组	350	168
实验组	350	124

化。从最开始的 350 mg/L 下降到 168 mg/L、124 mg/L。从实验前后的含油污泥的气味上来看，实验前气味很浓，实验后几乎闻不到任何气味。说明此实验在去除含油污泥的含油量方面效果良好。

3.7. pH 值

在发酵过程中，pH 值会随着时间和温度的变化而变化，对微生物的生长有重要的作用，因此 pH 值也是表征发酵过程的一个极好标志。

从表 6 可以看出，发酵前泥样呈微弱碱性，堆肥后实验组与对照组较之原始污泥 pH 均有所降低。分析其主要原因是因为油泥中的碳水化合物、脂肪和蛋白质在发酵过程中，经过酸性发酵阶段，产生甲烷和二氧化碳导致 pH 下降。

3.8. 氨氮及总氮

从表 7、表 8 可以看出，随着发酵反应的进行，

Table 6. Changes of pH before and after fermentation
表 6. 发酵前后 pH 的变化

	发酵前	发酵后	标准值
对照组	7.2	6.4	
实验组	7.2	6.7	6~9

Table 7. Changes of the ammonia content before and after fermentation (mg/L)
表 7. 发酵前后堆体中氨氮含量的变化 mg/L

	发酵前	发酵后
对照组	773	223
实验组	773	342

Table 8. Changes of the total nitrogen before and after fermentation (mg/L)
表 8. 发酵前后总氮含量的变化 mg/L

	发酵前	发酵后
对照组	1.70	0.77
实验组	1.70	1.09

两组反应器内氨氮及总氮的含量都有明显下降。对比两组对照实验可以看出，实验组氨氮下降值相对较低，说明调理剂硫酸亚铁、沸石和活性炭有效地发挥了保氮作用。

反应器中总氮的下降率比氨氮低，这是因为随着反应的进行，氨氮的挥发量减少，部分氨氮矿化成有机氮，同时硝化反应不断增强，硝态氮积累，因此总

氮的下降率大大降低。

4. 结论

本文针对中海油田开采过程中产生的含油污泥，将污泥的除油和脱水等因素综合考虑，通过对含油污泥进行兼性厌氧发酵处理发现，在发酵处理中添加锯末和鸡粪，改善了油泥结构，调节了营养物质比例，从而增强了微生物降解的潜力，最大程度的实现了减量化、无害化和资源化。

参考文献 (References)

- [1] 李凡修. 含油污泥无害化处理及综合利用的途径[J]. 油气田环境保护, 1998, 8(3): 42-44.
- [2] 李凡修, 肖遥. 含油污泥混凝处理实验研究[J]. 石油与天然气化工, 2000, 29(4): 211-213.
- [3] 李凡修. 含油污泥脱水性能实验[J]. 环境污染与防治, 2001, 3: 105-106.
- [4] 李凡修. 国外含油污泥处理技术[J]. 石油化工环境保护, 1991, 4: 53-54.
- [5] D. W. Hall, et al. An overview of solvent extraction technology. Environmental Progress, 1990, 9(2): 98-105.
- [6] H. W. Fluch, et al. Separation of oil and water from oil refinery sludge. Filtration & Separation, 1982.
- [7] 包木太, 王兵, 李希明, 郭省学. 含油污泥生物处理技术研究[J]. 自然资源学报, 2007, 22(6): 856-871.
- [8] 李巨峰, 操卫平, 冯玉军等. 含油污泥处理技术与发展方向[J]. 石油规划设计, 2005, 16(5): 30-32.