

# 超声破解污泥实验研究

张宁宁<sup>1</sup>, 吴胜举<sup>2</sup>

(1. 渭南师范学院物理与电子工程系, 陕西 渭南 714000; 2 陕西师范大学应用声学研究所, 西安 710062)

**摘要:** 文章在超声处理污泥实验中, 研究了不同影响因素 (温度、控温与否、作用时间、超声功率、超声频率) 对污泥滤液 COD、NH<sub>3</sub>-N、TP 及浊度的影响, 探索超声破解污泥的基本规律, 为超声破解污泥提供一定的实验基础, 实验结果表明超声是一种有效的污泥破解方法。

**关键词:** 超声; 污泥滤液; 浊度; 污泥破解

**中图分类号:** X703

**文献标识码:** A

使用一定功率的超声波对污泥处理一定时间后, 可破坏生物细胞壁, 释放出其中的有机物, 采用定性滤纸对污泥进行过滤的方法取得污泥滤液, 通过分析污泥滤液的化学需氧量、氮和磷的变化可以得出超声波对于细胞破获的程度, 为污泥的破解提供一种新的方法。

由于污泥中的少量无机物一般为泥砂等矿物质, 其化学需氧量 (COD) 很低, 可以忽略不计, 故可根据滤液的 COD 来确定超声波处理时间与污泥释放有机物的关系。本文将污泥滤液 COD 增加值定义为污泥破解后溶解性 COD 与原污泥溶解性 COD 之差, 其值表示破解过程中固体性有机物转变为溶解性有机物的量。同时污泥滤液中的氨氮 (NH<sub>3</sub>-N) 和总磷 (TP) 的提高, 这进一步说明超声波空化作用产生的剪切力使细胞破碎释放出了胞内物质, 尤其是含氮化合物如蛋白质和氨基酸的释放。经超声处理后, 污泥性质发生变化, 污泥絮体被分解, 胞内物质释放, 污泥滤液中 COD、氨氮和磷等大幅上升。本文主要研究超声作用下, 不同影响因素对污泥滤液 COD、NH<sub>3</sub>-N、TP 及浊度的影响, 探索污泥破解的基本规律, 为超声破解污泥提供一定的实验基础。

## 1 污泥来源及基本性质

在实验中污泥取自西安北石桥污水处理厂的浓缩池, 放置 24 小时倾去上清液后剩余污泥为实验所用。为了保持污泥不变质, 实验在采样三天之内完成。污泥的基本性质见表 1。

表 1 污泥的基本性质

污泥滤液 COD 范围 (mg/L)	污泥滤液 NH <sub>3</sub> -N 范围 (mg/L)	污泥滤液 TP 范围 (mg/L)	温度 ℃	含水率 %	pH
282.7- 976.12	25.682- 46.776	26.428- 73.337	12.2- 14	94	6-8

## 2 测定项目及方法

用 CM-05 型多功能水质监测仪测定 COD、NH<sub>3</sub>-N 和 TP。COD 采用“快速密闭催化消解法”; NH<sub>3</sub>-N 采用“纳氏试剂光度法”; TP 采用“钼锑抗分光光度法; 温度用水银温度计测量; 浊度用浊度测定仪测定。

## 3 实验内容及结果分析

### 3.1 超声作用下污泥温度的变化

在 20kHz 的圆柱形反应器中加入 800mL 的污泥, 在不同超声电功率 50W、70W 下, 作用不同时间 (5m in、10m in、20m in 和 30m in) 分别测定其温度如图 1 所示。

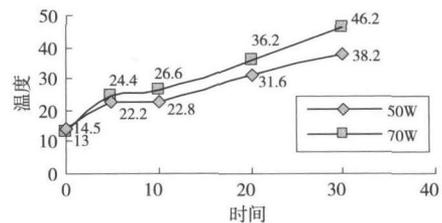


图 1 不同电功率下温度随超声作用时间的变化

收稿日期: 2010-03-30

基金项目: 国家自然科学基金项目 (10471061, 10074042); 渭南师范学院研究生项目 (09YKZ001)

作者简介: 张宁宁 (1978-) 女, 陕西西安人, 讲师, 硕士, 主要从事功率超声及测量方面的研究。http://www.cnki.net

由图 1可以看出,随着超声作用时间的增加,污泥温度也在逐渐提高,原因是由于媒质的吸收及内摩擦损耗,一定时间的超声作用后,可使媒质中声场区域温度升高。当电功率为 50W 时超声作用 30min 其温度较未处理前提高了 23.7℃,当电功率为 70W 时超声作用 30min 其温度较未处理前提高了 33.2℃,由此可见在相同的时间内超声电功率对温度的影响不太大,70W 时比 50W 时多 10℃左右,但超声作用时间对污泥的温度影响较大。文献 [1] 研究结果表明污泥上清液溶解性化学需氧量 (SCOD) 的提高绝不仅仅是由于超声产生的热效应造成的。产生这种现象的本质原因应该是超声粉碎细胞后,使胞内物质释放出的缘故,主要是力学效应而不是热效应造成的。同样文献 [2-3] 研究表明无超声波作用时,温度对污泥热解的作用很小;而且在同一温度下,有超声波作用时污泥的分解程度要远大于无超声波作用的结果,超声波的引入使污泥平均 SCOD 值增加了 1 倍以上。由此可见,65℃ 以内单纯的温度对污泥的热解作用很小,对污泥分解起主要作用的是超声波。

### 3.2 控温与不控温对污泥破解效果的影响

为了研究有超声作用时,温度对污泥破解效果的影响,有必要对控温与不控温进行实验研究。在相同矩形反应槽中先后加入 800mL 的污泥,分别在频率为 33kHz 的换能器上加上 30W 的电功率,在频率为 40kHz 的换能器上加上 60W 的电功率,先后进行 20min 的不控温和控温 (20℃ 左右) 实验,并对其处理后污泥滤液进行测定,其数据如图 2 所示。

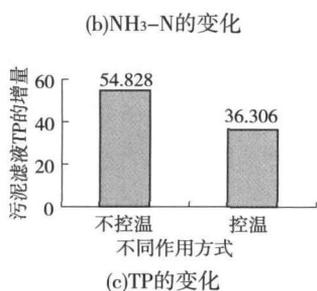
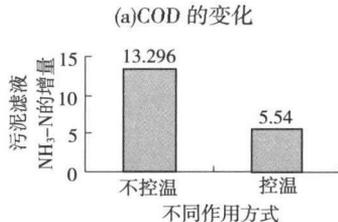
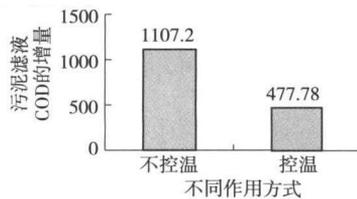


图 2 控温与不控温对污泥滤液的影响

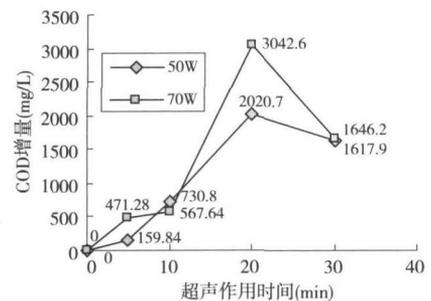
污泥初态: COD 初值 18 379\* 20(mg/L), NH<sub>3</sub>-N 初值 1.5761\* 20(mg/L), TP 初值 1.4511\* 20(mg/L), 污泥初温 14.4(℃)

由图 2 结果可以看出不控温时污泥滤液 COD 是控温的 2.32 倍, NH<sub>3</sub>-N 是控温的 2.40 倍, TP 是控温的 1.51 倍, 可以看出不控温有利于污泥的破解。可见, 超声分解污泥过程中, 把污泥温度控制在室温不利于污泥的分解, 这与文献 [4] 研究结果一致。这可能是因为温度的升高, 有利于污泥液化, 在超声破碎污泥细胞, 将有机质释放到液相的过程中, 推动了固液平衡, 促使污泥将固相有机质持续地转移至液相。实验污泥温度变化在 12℃ - 50℃, 因此实验没有采用温控措施。

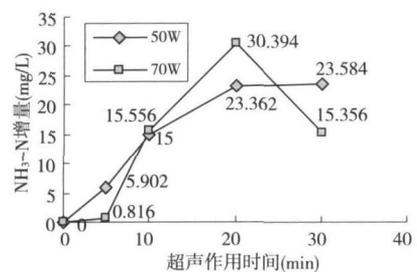
### 3.3 超声作用时间及电功率对污泥的破解影响

超声作用时间是影响污泥破解效果的重要因素之一, 有必要研究超声作用时间对污泥破解效果的影响。实验用圆柱形反应器, 超声频率为 20kHz 电功率为 50W 和 70W 时, 分别作用 5min, 10min, 20min, 30min 对污泥滤液进行分析如图 3 所示。

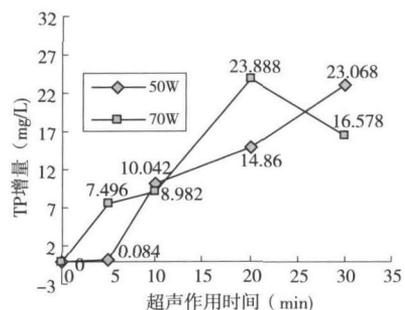
用 50W、70W 电功率作用 30min 实验结果可以看



(a) COD 的变化



(b) NH<sub>3</sub>-N 的变化



(c) TP 的变化

图 3 超声作用时间污泥滤液的影响

出随着超声作用时间的增加, 污泥滤液的 COD、NH<sub>3</sub>-N、TP 都是在增加, 只是增加的幅度不同。可以明显看出, 在实验的时间段前 20min 时, 其滤液 COD、NH<sub>3</sub>-N 和 TP 提高最大, 最佳作用时间还是 20min。

从图 3 可以看出在 20min 内, 电功率越大, COD 所增加的量就越多, 表明释放的有机物越多说明大功率长时间的处理有利于污泥的破解。在一定实验条件下, 采用较高的超声电功率有利于污泥分解。但不能太大, 因为电功率太大即声功率大声强也大, 在高声强下, 空化泡会在声波稀疏 (膨胀或负压相) 阶段长得很大, 在随后的声波压缩阶段不能瞬间完全崩溃, 致使系统利用超声声能效率降低, 不利于声化学反应的进行。

### 3.4 不同超声频率下污泥破解实验

在圆柱形反应器中分别加入 600mL 的污泥, 在不同超声频率 20kHz、25kHz、40kHz 下, 在相同电功率 50W 和相同时间 20min 作用下, 对其滤液进行测定结果见表 2。

表 2 不同超声频率下污泥破解后滤液性质变化

频率 (kHz)	污泥滤液 COD (mg/L)	COD 增量 (mg/L)	污泥滤液 NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	NH <sub>3</sub> -N 增量 (mg/L)	污泥滤液 TP (mg/L)	TP 增量 (mg/L)
20	1479.26	1196.56	67.806	21.03	83.65	10.318
25	1653.68	1370.98	69.094	22.318	88.2	14.868
40	1365.54	1082.84	58.298	11.522	81.754	8.422

污泥滤液初值: COD 初值 14 35\* 20 mg/L; NH<sub>3</sub>-N 初值 46 776 mg/L; TP 初值 3 666\* 20 mg/L。

由表 2 可以看出随着超声频率的增加, 污泥滤液 COD、NH<sub>3</sub>-N、TP 较未处理前都有所提高, 在所做实验中频率为 25kHz 对污泥滤液 COD、NH<sub>3</sub>-N、TP 的提高最大。由此可见超声处理污泥应使用频率较低的超声, 此结论与文献 [4] 一致的。文献 [5] 研究了超声频率对空化过程的影响, 在相同声压和其他实验条件保持不变时, 无论空化过程为稳态空化还是瞬态空化, 随着超声波的频率变大, 空化泡的振幅总是变小。因此在超声应用过程中, 当其他实验条件保持相同时, 为了提高超声作用的效果, 应该采用低频的超声波。

### 3.5 污泥浊度的变化

在频率为 25kHz 圆柱形反应器内分别放入 600mL 污泥, 首先加上 50W 的电功率作用 10min、20min 和 30min, 再次加上不同超声功率 30W、50W 和 70W 作用 20min, 对其处理后的污泥混合液的浊度进行测定数据如图 4 和 5 所示。

由图 4 图 5 结果可以看出, 随着超声作用时间和电功率的增加, 处理后污泥混合液的浊度在不断减少。在所做实验条件下, 污泥浊度减少间接反应了超声作用时

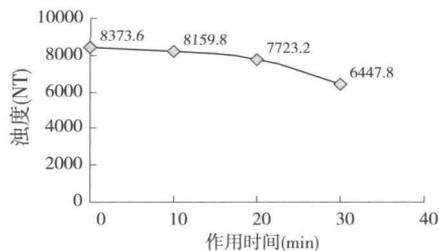


图 4 污泥浊度随时间变化

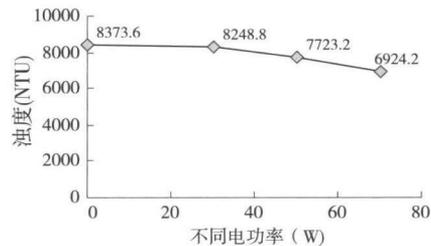


图 5 污泥浊度随电功率变化

间和电功率的增加对污泥中的微小颗粒、微生物和有机物等破解作用不断加强, 从而说明超声作用时间和功率的增大有利于污泥的破解。

## 4 结束语

超声处理污泥时, 在 65°C 以内单纯的温度对污泥的热解作用很小, 对污泥分解起主要作用的是超声波。不控温比控温对污泥破解效果较好, 不控温有利于污泥破解。不同电功率、频率和时间作用下, 随着超声作用时间、频率和电功率的增加, 其滤液的 COD、NH<sub>3</sub>-N 和 TP 都有较大增量, 但存在最佳时间 (20min) 和频率 (25kHz)。在不同超声电功率 50W、70W 作用不同时间, 分别测定其温度。由实验结果可以看出, 在相同的时间内超声电功率对温度的影响不太大, 而超声作用时间对污泥的温度影响较大。测定不同电功率和超声作用时间作用后污泥混合液的浊度变化, 进一步说明了在一定实验条件下大功率和较长时间有利于污泥破解。实验结果表明, 超声是一种有效的处理污泥的方法。

### 参考文献:

- [1] 陈珺. 超声波技术在污泥减量中的应用研究 [D]. 北京: 北京建筑工程学院, 2003
- [2] 沈劲锋, 殷 绚, 谷和平, 等. 超声波分解石化水厂剩余污泥及其能耗 [J]. 化学工程, 2006 34(5): 10-14.
- [3] 韩萍芳, 殷 绚, 吕效平. 超声波处理石化厂剩余活性污泥 [J]. 化工环保, 2003 23(6): 133-137.
- [4] Tidm A, Nickel K, Neis U. The use of ultrasound to accelerate the anaerobic digestion of sewage sludge

[ J]. *Wat Sci Tech*, 1997, 36(11): 121-128

[5] 许文林, 何玉芳, 王雅琼. 超声空化气泡运动方程

的求解及过程模拟 [ J]. *扬州大学学报: 自然科学版*, 2005, 38(8): 28-31

## Experimental Research of Sullage Disintegration by Ultrasound

ZHANG Ning-ning<sup>1</sup>, WU Sheng-ju<sup>2</sup>

(1. Department of Physics and Electronic Engineering Weinan Normal College Weinan 714000 China

2. Research Institute of Applied Acoustics Shaanxi Normal University Xi'an 710062 China)

**Abstract** Different Effect factors ( temperature control of temperature time of sullage disintegration power of ultrasound frequency ultrasound) by change of COD, NH<sub>3</sub>-N, TP in the filtrate have been discussed for in the experiment of sullage disintegration. The rule of sullage disintegration is explored and this gives the foundation to experiment. The result shows that ultrasound is an effective method for sullage disintegration.

**Key words** ultrasound filtrate of sullage nephelx sullage disintegration

(上接第 316页)

### 3 结束语

采用硬脂酸钠和山梨醇对纳米二氧化钛进行复合改性后, 纳米二氧化钛的分散性有明显改善。其优化改性条件为: 改性剂用量 0.003mol/10gTiO<sub>2</sub>; 改性剂浓度 0.06mol/L; 改性时间 70min; 硬脂酸钠与山梨醇的配比 3:2; 改性温度 80°C。

### 参考文献:

- [1] 单凤君, 高杰, 贾文东, 等. 纳米 TiO<sub>2</sub> 粉体分散性的研究 [ J]. *化学工程*, 2006, 34(1): 26-28.  
[2] 徐金宝, 李荣, 王永红, 等. 纳米 TiO<sub>2</sub> 在介质中分

散性研究进展 [ J]. *科技通报*, 2009, 25(6): 831-834

- [3] 崔益顺. 二氧化钛的有机表面改性研究 [ J]. *四川理工学院学报: 自然科学版*, 2004, 17(34): 124-126  
[4] 邓建国, 陈建, 刘东亮. 纳米二氧化钛的制备及应用研究 [ J]. *四川理工学院学报: 自然科学版*, 2005, 18(3): 43-48.  
[5] 陈秋月. 纳米二氧化钛改性的研究 [ J]. *内蒙古石油*, 2008(14): 4-5.  
[6] 崔小明. 纳米二氧化钛的表面改性技术进展 [ J]. *化工文摘*, 2009(6): 25-28.

## Compound Modification of Nano-TiO<sub>2</sub>

CUI Yirshun<sup>1</sup>, XU Wei<sup>2</sup>, YANG Jing<sup>1</sup>, ZHAO Yong<sup>1</sup>

(1. College of Material and Chemical Engineering Sichuan University of Science & Engineering Zigong 643000 China

2. Zigong Zhonghao Chemical Co. Ltd., Zigong 643000 China)

**Abstract** The organic surface modification of nano-TiO<sub>2</sub> was studied with sodium stearate and sorbitol by using the orthogonal experimental. The effect of all the factors ( concentration, the amount of modifier, time, mixed proportion and temperature) are discussed on the degree of oleophilic, activation and settlement volume. The optimal conditions were given: concentration 0.06mol/L, amount of modifier 0.003mol/10gTiO<sub>2</sub>, time 70min, mixed proportion ( sodium stearate sorbitol) 3:2, temperature 80°C. Under the conditions, the degree of oleophilic of TiO<sub>2</sub> 9.42%, activation degree 97.39%, settling volume below 0.90mL/g. The dispersing of TiO<sub>2</sub> will be improved.

**Key words** TiO<sub>2</sub>; organic compound modification; capability index