

Effect of Ultrasonic Pretreatment on Sewage Sludge Disintegration

Rundong Li, Yun Zhao, Shuang Wang, Yanlong Li, Yang Sun

Institute of Clean Energy and Engineering and Liaoning Key Laboratory of Clean Energy

Shenyang Aerospace University, Shenyang, China

E-mail: rdlee@163.com

Abstract: Ultrasonic pretreatment takes on unique advantages on the sludge drying because of its energy concentration, mighty penetrating capability and the ability of causing cavitations. The mechanical dewatering sludge (the water content is 84.7%) used in this study was obtained from a wastewater treatment plant in Shenyang. The sludge samples were compounded with different water content by adding water, then they were pretreated with different ultrasonic treatment time, different ultrasonic intensities. The effect of ultrasonic pretreatment on sewage sludge disintegration was discussed by analyzing the thermal drying characteristics and pH value of sludge. The results indicate that: ultrasonic pretreatment can improve the sludge drying efficiency by destroying the structure of sludge flocs and cells, and releasing the water and organic compound to liquid phase. The drying efficiency of sludge is highest when the water containing is 84.7%, the ultrasonic intensity is 3W/ml and the pretreatment time is 2 minutes. Furthermore, the pH of sludge will change accordingly after ultrasonic pretreatment.

Keywords: ultrasonic pretreatment; sewage sludge; disintegration; drying characteristics; pH

超声预处理对污泥破解特性的影响研究

李润东, 赵云, 王爽, 李彦龙, 孙洋

沈阳航空航天大学清洁能源与环境工程研究所, 辽宁省清洁能源重点实验室, 沈阳, 110136

rdlee@163.com

摘要: 超声波具有能量集中、穿透力强、可引起空化作用等特点, 在改善脱水或干燥处理特性方面具有良好的潜力。本文针对沈阳市北部污水处理厂的机械脱水污泥(含水率为84.7%)进行了研究, 加水将污泥配置成不同的含水率, 再以不同超声密度、不同破解时间对污泥进行预处理, 通过分析超声预处理后污泥含水率和pH值的变化, 探索超声破解污泥特性。研究表明, 超声波可以破坏污泥絮体结构及细胞, 使得其中的水分和有机物质释放进入液相中, 从而能提高污泥的干燥效率。实验得出含水率为84.7%的污泥在超声密度为3W/mL, 时间为2min的条件下, 干燥效果最佳。同时污泥的pH经预处理后也有明显的变化。

关键词: 超声波预处理; 污水污泥; 破解; 干燥特性; pH

1 引言

随着世界工业生产的发展、城市人口的增加, 城市工业废水与生活污水的排量日益增多, 处理的同时产生了大量的污泥。根据“十一五”规划, 我国到2010

年污泥产量将达到3665万吨(以含水率80%计)^[1], 而且, 污泥处理费用昂贵, 城市污水生物处理厂污泥的处理费用约占污水处理厂总运行费用的25%-40%, 有时甚至高达60%^[2]。如何处理数量庞大的污泥使其减量化, 无害化, 稳定化, 资源化仍是一个亟待解决的难题。近年来, 由于具有无污染和破解速率高等特点, 超声波技术在污泥预处理领域备受关注。超声波是指频率从20kHz到10MHz范围内的声波, 具有频率高、方向性恒定、穿透力强、能量集中、可引起空

基金项目: 水体控制与治理科技重大专项(2008ZX07313-002);

2007年教育部新世纪优秀人才支持计划(NCET-07-0564)

作者简介: 李润东, (1973~), 男, 博士, 教授, 主要研究方向为固体废物无害化处理与资源化利用, E-mail: rdlee@163.com

化作用等特点。污泥超声破解是利用超声波在液相中产生空化作用(机械效应、热效应、声化学效应等)破解污泥絮凝体、菌胶团和细胞体,释放胞外聚合物,溶出细胞质,从而降低整个干燥过程的能耗^[3-5],促进污泥减量化和稳定化。超声波破解污泥的主要作用机理是机械效应和声化学效应^[6]。而且超声空化作用还会产生大量的热,使污泥温度升高,引起污泥 pH 值的变化。

本文将从微观的角度对超声处理过程中污泥结构的变化进行初步分析,通过常规的干燥实验,考查不同超声处理时间、超声波密度、污泥含水率对超声破解污泥特性的影响。

2 材料与方法

实验污泥来自沈阳市北部污水处理厂的剩余污泥(含水率 84.7%),将污泥样品配值所需含水率,放置于烧杯中,压实挤出中间气泡,超声探头深入液面 1-2cm 左右。

2.1 实验工况

本实验采用功率 600w, 频率 28kHz 的超声波发生器对污泥进行预处理,污泥含水率: 84.7%、86%、88.5%; 超声波密度: 6W/mL(100mL 烧杯)、4W/mL(150mL 烧杯)、3W/mL(200mL 烧杯); 超声波处理时间: 1min、2min、3min、4min。

2.2 分析项目及方法

污泥含水率变化: 将经超声预处理后的污泥置于鼓风干燥箱中 120°C 干燥 130min, 每隔十分钟记下污泥质量; 污泥 pH: 取定量的 5g 污泥, 在 200mL 烧杯中加入 100mL 水稀释, 经搅拌器搅拌 10min 后静置 30min 后, 用 pH 测定仪测定。

3 实验结果与讨论

3.1 超声处理时间对污泥含水率的影响

由图 3.1-3.2 可以看出: 在超声密度 4W/mL, 不同时间(1min、2min、3min、4min)作用下, 污泥干燥速率均比未处理样品快。经过超声波处理的污泥, 几种水分的存在形式发生了一定的变化, 自由水分相对增多。污泥菌胶团结构被打碎, 使得包裹在污泥絮体中的水分释放出来, 有利于水分的蒸发, 同时, 微生物细胞在强大的剪切力作用下, 也被破坏, 部分细

胞结合水被释放出来, 加快了污泥干燥速率。实验表明, 在一定的超声波作用时间范围内, 随着作用时间的延长, 污泥含水率的下降速度变得缓慢, 原因是过长的超声破解作用, 会使污泥粒径减小, 增大污泥粘度, 反而不利于干燥。例如, 对于含水率 84.7% 的污泥, 在相同的条件下, 超声波处理 2min 的污泥干燥效果明显优于其他处理时间的效果, 干燥时间从 50min 到 110min 期间, 共消耗干燥时间的 45%, 却使污泥的含水率由 75% 降至 40% 以下; 对于含水率为 86% 的污泥, 超声波作用 2min 时, 干燥效果也很明显。

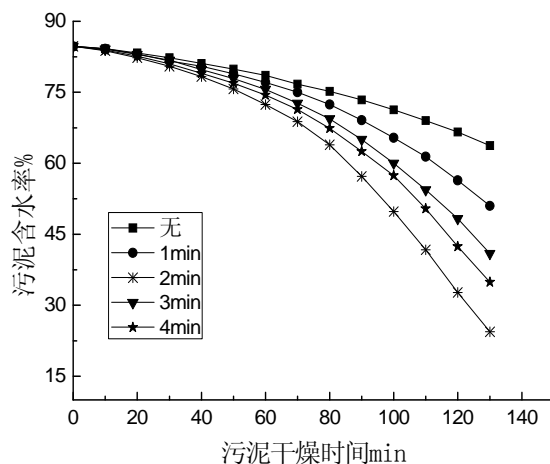


Figure 3.1. Water content change characteristics of the sludge drying (87.4%, 4W/mL)

图 3.1. 污泥干燥含水率变化特性 (84.7%, 4W/mL)

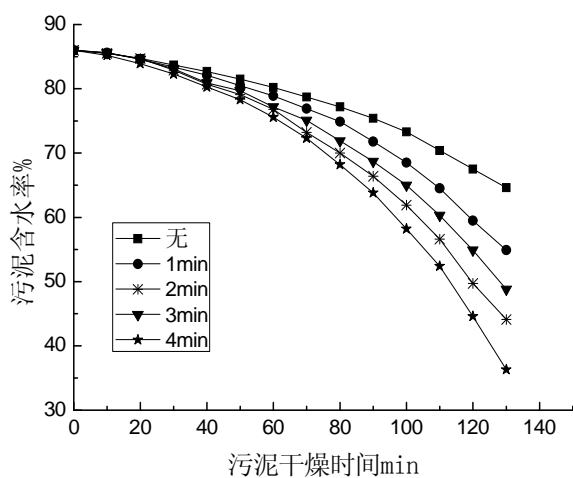


Figure 3.2. Water content change characteristics of the sludge drying (86%, 4W/mL)

图 3.2. 污泥干燥含水率变化特性 (86%, 4W/mL)

3.2 超声密度对污泥含水率的影响

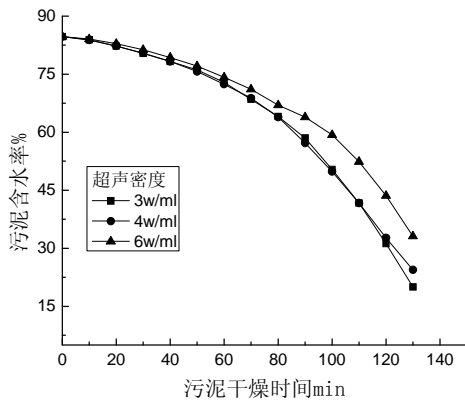


Figure 3.3. Water content change characteristics of the sludge drying (87.4%, 2min)

图 3.3. 污泥干燥含水率变化特性 (84.7%, 2min)

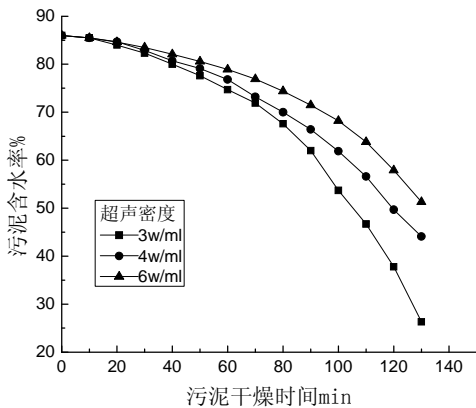


Figure 3.4. Water content change characteristics of the sludge drying (86%, 2min)

图 3.4. 污泥干燥含水率变化特性 (86%, 2min)

从上面的图 3.3-3.4 可以看出不同超声密度对污泥的破解程度不同，超声密度是影响破解效果的另一个重要因素。例如，含水率为 86% 的污泥在超声密度为 3W/mL 作用下，最终的含水率为 26.3%，较未处理降低了近 60%，大大提高污泥干燥速率。而 6W/mL 作用效果却不如 3W/mL 效果明显。这说明，对于含水率较低的污泥，短时间，低密度的超声作用更有利于超声破解污泥絮体结构和微生物细胞，这与王芬，季民^[7]等研究结果一致。高密度，长时间的超声波预处理完全破坏了菌胶团结构，使得污泥尺寸过小，污泥

粘滞性增大，降低了表面水分蒸发的速率。

3.3 污泥含水率对干燥速率的影响

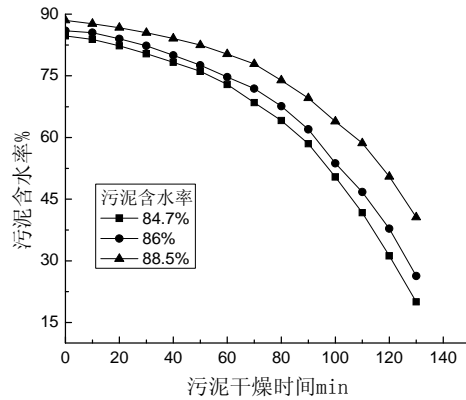


Figure 3.5. Water content change characteristics of the sludge drying (3W/mL, 2min)

图 3.5. 污泥干燥含水率变化特性 (3W/mL, 2min)

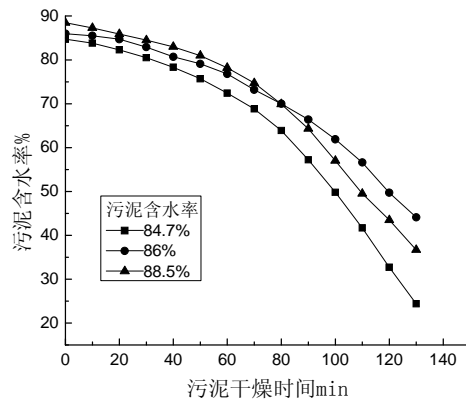


Figure 3.6. Water content change characteristics of the sludge drying (4W/mL, 2min)

图 3.6. 污泥干燥含水率变化特性 (4W/mL, 2min)

由图 3.5-3.6 可以看出同一超声破解时间，不同含水率的污泥在相同的超声处理下，干燥速率变化很大，含水率为 84.7% 的污泥干燥速率明显优于其他两个。分析其原因为，超声波作用于含水率较低的污泥，大部分超声能量直接作用于固体，便于污泥的破解，增加污泥中容易去除水分的含量，加快干燥速率。反之，当超声作用含水率较高的污泥时，大部分能量被水分吸收，用于破解固体的能量减少，故不利于细胞结合水的释放。

3.4 超声密度对污泥 pH 的影响

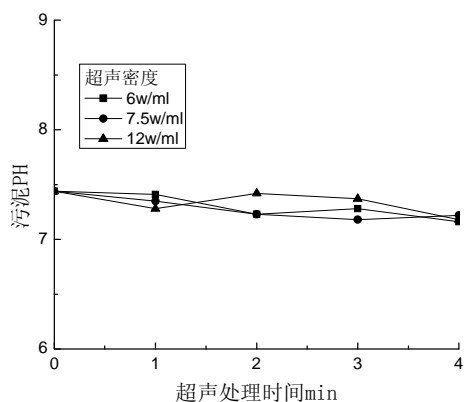


Figure 3.7. The change characteristics of pH value of sludge (water content 87.4%)

图 3.7. 污泥 pH 变化情况 (含水率为 84.7%)

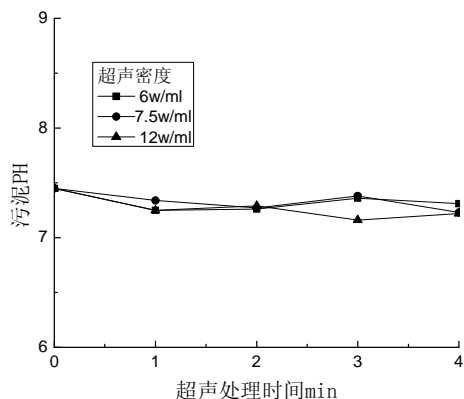


Figure 3.8. The change characteristics of pH value of sludge (water content 86%)

图 3.8. 污泥 pH 变化情况 (含水率为 86%)

由图 3.7-3.8, 超声空化作用产生大量的热, 使污泥温度上升, 导致 pH 值有所波动。含水率为 86% 的污泥在声能密度为 12W/mL 条件下, pH 最大上升值为 0.29。但 pH 的上升和下降幅度不会太大, 这是由于破解污泥过程中生成的蛋白质是一种两性电解质, 该蛋白质具有缓冲酸碱的作用, 所以 pH 值上升不会太大, 使整个污泥体系的 pH 值维持在 7.22-7.81。由于污泥破解后溶解的物质的成份很复杂, 因此, 同一含水率的污泥体系的 pH 值变化并无明显规律。

3.5 含水率对污泥 pH 的影响

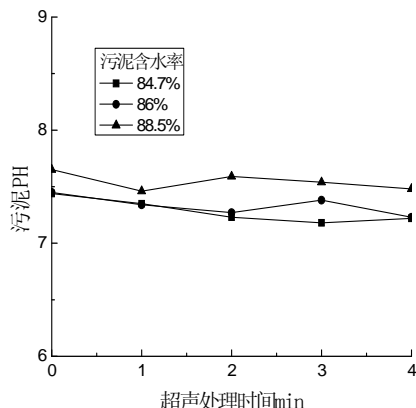


Figure 3.9. The change characteristics of pH value of sludge (7.5W/mL)

图 3.9. 污泥 pH 变化情况 (7.5W/mL)

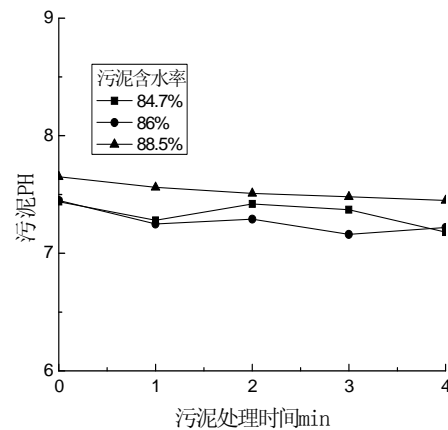


Figure 3.10. The change characteristics of pH value of sludge (12W/mL)

图 3.10. 污泥 pH 变化情况 (12W/mL)

由图 3.9-3.10 可以看出, 当超声作用时间为 1min 时, 每个样品的含水率都有明显的下降趋势, 作用时间大于 1min 时, pH 升降没有明显的规律。pH 值下降的原因可能是, 初始污泥的 pH 值 > 7, 破解过程生成蛋白质为一种两性电解质, 在碱性条件下, 蛋白质分子中氨基酸解离, 使污泥的 pH 值下降。

4 结论

(1) 经过超声波预处理的污泥, 干燥速率有明显的提高, 即污泥中表面自由水分的蒸发较快, 且在较短的时间就有显著效果, 但是在实验过程中, 污泥的干燥

速率受超声波密度, 预处理时间以及污泥初始含水率等诸多因素的影响。

(2) 超声波预处理时间是影响污泥干燥速率的重要因素, 在不同时间条件下, 污泥的破解程度有明显的不同, 例如, 当超声密度为 4W/mL 时, 实验样品经过 2min 的预处理效果最佳, 较其他时间有明显改变。

(3) 超声密度也是影响污泥干燥的一个重要因素, 并不是密度越大, 干燥速率越快, 当超声密度为 3W/mL 时, 污泥的干燥速率最佳, 增大超声密度反而不利于污泥的破解, 影响污泥干燥速率的提高。

(4) 从处理效果和节约能源角度来看, 低密度 (3W/mL)、短时间(2min), 低含水率(84.7%)的工况组合对提高污泥干燥效果最佳。选择这个工况有利于提高污泥的干燥效率, 缩短干燥时间, 节省能源。

(5) 由于超声的空化作用产生大量的热, 导致污泥温度升高, 所以经过超声处理后, pH 值会有所波动。

References (参考文献)

- [1] Li Linfeng, Wang Lan: the treatment of wastewater, shoulder heavy responsibilities. Information of China Construction, 2010,11(7),10-14
黎林峰,王岚: 排水事业任重道远.中国建设信息, 2010, 11(7),10-14
- [2] Low E W ,Chase H A. Reducing production of excess biomass during wastewater treatment[J].Water Research, 1999,33(5),P1119-1132
- [3] Neis U. Ultrasound in water, wastewater and sludge treatment[J].Water 21,2000,4,P36-39
- [4] Xue Yuwei, Ji Min, Li Wenbin. Effect of ultrasonic power on waste activated sludge disintegration[J].Journal of Chemical Industry and Engineering.2007, 58(4),P1037-1041
薛玉伟, 季民, 李文彬.超声功率对超声破解污泥的影响[J].化工学报, 2007, 58(4),P1137-1141
- [5] Cao Xiuqin,Chen Jun,Wang Hongcheng etc.Study on the effect of sludge reduction in activated sludge system by ultrasound[J].Techniques and Equipment for Environmental Pollution Control, 2006,18(6): 85-88
曹秀芹,陈珺,王洪臣,等.超声处理对活性污泥系统污泥减量效果的研究[J].环境污染治理技术与设备,2006,18(6): 85-88
- [6] Wang Fen , Wang Yong, Ji Min. Mechanisms and kinetics models for ultrasonic waste activated sludge disintegration. Journal of Hazardous,2005 ,B123,P145-150
- [7] Wang Fen, Ji Min. Influencing factors for ultrasonic pretreatment of waste activated sludge[J].Journal of Tianjin University.2005,38(7),P649-653
王芬, 季民.污泥超声破解预处理的影响因素分析[J].天津大学学报, 2005,38(7),P649-653
- [8] Yin Xuan, Que Zilong, Liu Xiaoping, etc. Influences of ultrasound intensity and treatment time on bound water in sludge[J]. Chemical Industry and Engineering Progress, 2005, 24(3), P307-314
殷绚, 阙子龙, 吕效平, 等.超声波声强及处理时间对污泥结合水的影响[J].化工进展, 2005, 24(3), P307-314
- [9] Schlafer O, Sievers M, Klotzbucher H, etc. Improvement of biological activity by low energy ultrasound assisted bioreactors[J]. Ultrasonics, 2000, 38(7), P711-716
- [10] C.P.Chu etc. Observations on changes in ultrasonically treated waste-activated sludge, Wat. Res, 2001, 35(4), P1038-1046
- [11] Yang Jinmei, Zhang Guangming, Wang Wei. Ultrasonic enhancement of primary sludge dewatering[J]. Applied Acoustics, 2006, 25(4), P206-211
杨金美, 张光明, 王伟.超声波强化一次污泥沉降与脱水性能的研究[J].应用声学, 2006, 25(4), P206-211