

超声波对剩余污泥化学调理的影响

李玉瑛, 曹晨旻, 李冰

五邑大学化学与环境工程学院, 广东 江门 529030

摘要:以污泥脱水性能与沉降性能为指标,研究了超声波预处理对剩余污泥经阳离子聚丙烯酰胺(CPAM)进行化学调理时污泥减量效果的影响。试验结果表明,单独采用CPAM对剩余污泥进行化学调理时的 ρ (最佳添加量)为 $120\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,污泥滤饼含水率为81.2%;单独采用超声波处理剩余污泥时的最佳声能密度为 $0.04\text{ W}\cdot\text{mL}^{-1}$,此时的滤饼含水率为80.4%。而当在采用CPAM对剩余污泥进行化学调理前先进行超声波预处理后,污泥滤饼含水率降至72.2%。试验结果表明这种联合处理方式不仅使剩余污泥的脱水性能大为改善,并且最佳CPAM投加量降低至 $60\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,最佳超声声能密度降至 $0.03\text{ W}\cdot\text{mL}^{-1}$,这表明联合处理方法降低了污泥处理成本。

关键词:化学调理;超声波处理;脱水;剩余污泥

中图分类号: X703

文献标志码: A

文章编号: 1674-5906 (2012) 07-1357-04

目前,大多数污水处理厂采用活性污泥法,而污水处理过程中会产生大量的剩余污泥。在污水处理厂全部基建费用和运行费用中,用于处理污泥的约占30%~60%,所以污泥的处理处置一直是污水处理厂存在的一大难题。污泥从二沉池排出时含水率为97%~99%,经过浓缩以后,可使污泥含水率降低到94%~96%,污泥的体积可缩小到原来的25%左右。但经过浓缩后的污泥仍具有流动性和较大的体积,造成后续物流输送困难、并且处理设备容量大的一系列问题^[1-3]。

目前用于污泥调理的方法中,化学调理^[4-5]和超声波处理因操作简单,效果好而应用较广。常用化学调理剂主要有无机(铁盐和铝盐)混凝剂和有机高分子聚丙烯酰胺系列混凝剂。但絮凝剂的使用会使污泥量增加。1993年超声波技术被引入污泥处理研究中^[6],该技术由于具有无污染、能量密度高、分解污泥速度快等特点,在污泥处理领域引起人们越来越多的关注。采用超声波技术处理污泥,有利于污泥减量化、无害化、资源化,具有重大的社会、环境、经济意义,许多学者进行了研究^[7-9]。但超声波处理污泥时能耗较大,这限制了超声技术在环保领域的推广应用。

本文将联合超声波处理和化学调理对污泥进行调理试验研究,采用较低声能密度的超声波技术作为化学调理的预处理措施,目的是降低超声波的能量消耗,同时降低絮凝剂的添加量,这将是一项具有实际应用前景的工作。

1 试验部分

1.1 试验材料及试验仪器

试验所用的剩余污泥采集于江门市文昌沙水质净化厂,污泥采集后静沉12 h,弃去上清液,其含水率降至97%左右,贮存在4℃冰箱中备用。剩余污泥的 ρ (TCOD)和 ρ (SCOD)分别为 $(30\ 126\pm237)$ 和 $(1\ 075\pm26)\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,pH为6.82。超声波发生仪为宁波新芝生物科技股份有限公司生产的J92-II D型超声波细胞粉碎机。

1.2 试验方法和分析方法

1.2.1 污泥调理试验

采用阳离子聚丙烯酰胺作为絮凝剂对污泥进行化学调理试验研究,试验中配置质量浓度为 $1\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。取一定量的CPAM溶液加入污泥进行快速搅拌30 s然后慢速搅拌60 s后,测定污泥沉降性能和脱水性能指标。

取一定量的污泥,在25 kHz下经不同声能密度的超声辐射作用一定时间后,分析污泥沉降性能及脱水性能。

污泥经上述超声波预处理后再添加不同量的絮凝剂CPAM进行化学调理,分析超声辐射与絮凝剂联合作用后对污泥脱水效果变化情况。

1.2.2 污泥脱水性能和沉降性能的测定

经过处理的污泥加入100 mL量筒中,每隔一定时间记录一次污泥体积,共计时1 h,比较经不同试验处理后污泥的沉降性能。

将经处理的污泥100 mL倒入布氏漏斗,在0.05 MPa的压力下进行定压真空抽滤,每隔一定时间记录计量管内相应的滤液量。直至过滤至真空破坏,如真空长时间不破坏,则过滤20 min后即可停止,并计算污泥比阻。然后取出部分污滤泥饼置于表面

基金项目: 广东省科技计划项目(2009B030802054)

作者简介: 李玉瑛(1971年生),副教授,博士,研究方向环境污染控制。E-mail: wyuchemlyy@126.com

收稿日期: 2012-05-25

皿中,于烘箱中 105 °C 恒温烘干至恒质量,放入干燥器中冷却后称质量,最后计算滤饼的含水率^[10]。

所有实验进行了平行试验,图表中显示数据均取均值。

2 结果与讨论

2.1 CPAM 对污泥化学调理试验结果

试验首先考察了单独投加絮凝剂 CPAM 进行化学调理时污泥的沉降情况,结果见图 1。试验结果表明,随着 CPAM 投加量的增加,污泥沉降后的污泥体积逐渐降低,沉降性能有所改善; ρ (CPAM 添加量)为 120 mg·L⁻¹ 时污泥沉降后的体积达到最小值 81.5 mL;而当 ρ (CPAM 添加量)超过 120 mg·L⁻¹ 继续增加时,污泥沉降性能又有所下降。

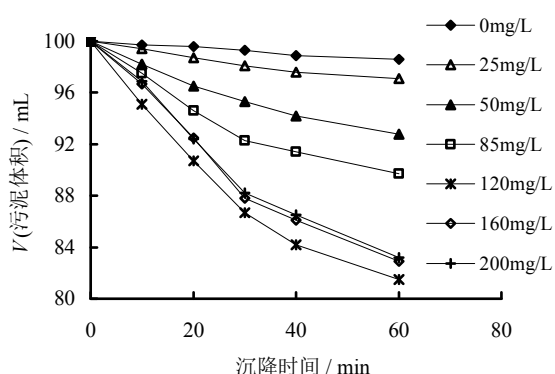


图1 CPAM 化学调理污泥的沉降情况

Fig.1 the settling results of chemical conditioning of sludge with CPAM

添加 CPAM 到污泥进行化学调理后,测定污泥的比阻和滤饼含水率,试验结果分别见图 2 和图 3。

从图 2 看出,随着 CPAM 投加量的增加,污泥的滤饼含水率不断下降,当污泥中 ρ (CPAM 添加量)为 120 mg·L⁻¹ 时,滤饼含水率达到最低值 81.2%。这表明污泥中细小的悬浮态颗粒被絮凝剂的吸附架桥作用所捕获,产生了较好的絮凝沉淀效果,并由于高分子絮凝剂 CPAM 的多支链特点,使絮凝过程中形成的絮体具有多孔性的网状结构,这种网状结构改善了污泥的脱水效果。而当 ρ (CPAM 添加量)大于 120 mg·L⁻¹ 后,滤饼含水率却又有所增加。这是因为过量的 CPAM 使污泥颗粒又重新带上正电荷,胶体颗粒因为电荷排斥而重新分散稳定,导致污泥脱水困难,结果使滤饼含水率又增加了。图 3 显示了添加絮凝剂 CPAM 后污泥比阻的变化情况,经过 CPAM 对污泥的化学调理后,污泥比阻随着 CPAM 投加量的增加不断降低,当 ρ (CPAM 添加量)为 120 mg·L⁻¹ 时,污泥比阻达到最低值 7.9×10^8 s²·g⁻¹,该值比原污泥的比阻降低了 88.5%,而随着 CPAM 添加量的进一步增加,污泥的比阻又有所增加。对比图 2 和图 3,污泥的比阻变化趋势与滤饼

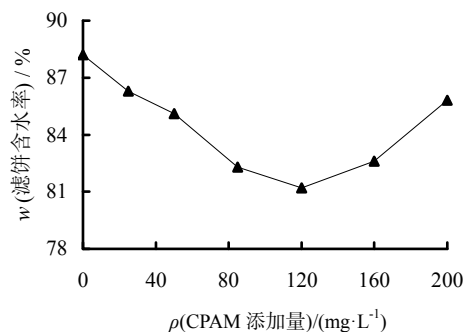


图2 CPAM 化学调理污泥的滤饼含水率

Fig.2 the filter cake water content results of the CPAM

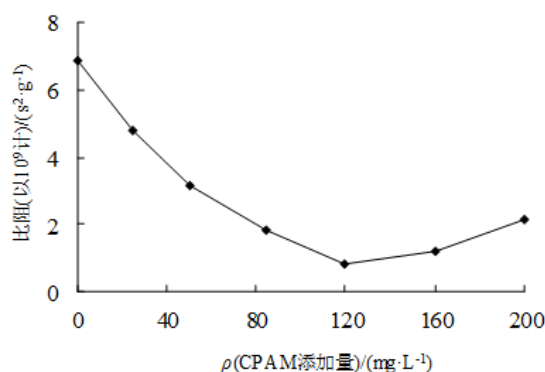


图3 CPAM 化学调理污泥的比阻变化

Fig.3 the specific resistance results of the CPAM

含水率的变化趋势基本一致。一般认为比阻在 $10^9 \sim 10^{10}$ s²·g⁻¹ 的污泥算作难过滤的污泥,比阻在 $(0.5 \sim 0.9) \times 10^9$ s²·g⁻¹ 的污泥算作中等,比阻小于 0.4×10^9 s²·g⁻¹ 的污泥容易过滤。结合本试验说明,当投加 120 mg·L⁻¹ 的 CPAM 到污泥中经过化学调理后,污泥的过滤性能有一定幅度的提高,但滤饼含水率很高。

2.2 超声波预处理污泥的试验结果

在超声频率为 25 kHz 的条件下,对污泥进行了超声波处理试验。声能密度变化范围为 0.01~0.05 W·mL⁻¹。经不同时间超声波处理后污泥脱水效果的影响结果见图 4。

由图 4 可见,随着超声波作用时间的增加,污泥滤饼含水率逐渐下降,而当超声时间超过一定值后,污泥滤饼含水率又有所升高,当声能密度较低时(0.01 和 0.02 W·mL⁻¹),超声时间为 40 s 时污泥滤饼含水率达到最低值,而当声能密度大于 0.03 W·mL⁻¹ 时,污泥滤饼含水率达到最低值时所需超声时间降低到 30 s。而超声时间继续增加时污泥滤饼含水率又有所增加,由此可以看出,短时间的超声波辐射作用使污泥滤饼的含水率降低,说明污泥的脱水性能提高了;而随着超声波作用时间的延长,由于污泥被“破碎”为较细小的絮体颗粒,细小污泥

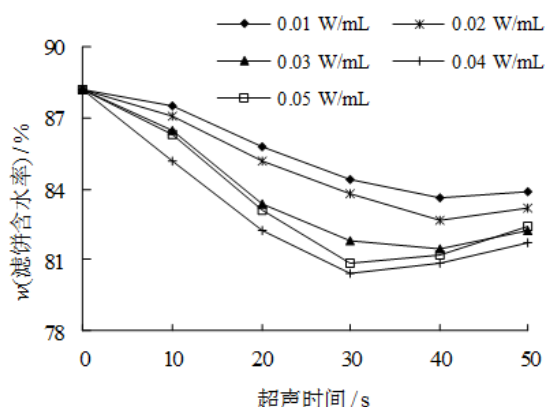


图4 超声波处理后污泥滤饼含水率

Fig.4 the filter cake water content after the ultrasonic treatment

颗粒与水的接触面积增大,与水结合程度增强,结果导致泥水分离困难,污泥脱水性能降低,滤饼含水率上升。

另外污泥滤饼最低含水率随着超声波声能密度的增加而降低,当声能密度为 $0.04 \text{ W} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时,污泥滤饼的含水率最低;而声能密度达到 $0.05 \text{ W} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时,污泥滤饼含水率反而上升。这说明低声能密度超声波作用可以改变污泥的团聚特性,使污泥容易脱水;而随着声能密度的进一步增大,超声波产生的空化效应会把污泥颗粒破碎为细小絮体,使体系黏度增加,反而不利于脱水,结果导致污泥滤饼含水率增加。综上试验结果表明,超声波最佳声能密度为 $0.04 \text{ W} \cdot \text{mL}^{-1}$,超声时间为 30 s。

2.3 超声波联合化学调理对污泥处理的结果

先采用超声波预处理,再添加絮凝剂 CPAM 对污泥进行化学调理,其中声能密度为 0.01 和 $0.02 \text{ W} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时超声时间为 40 s,其他声能密度时超声时间采用 30 s,最后考察污泥的脱水性能结果见图 5。

通过对比图 5 和单独超声作用的图 4 及单独化学调理的图 2 可发现,污泥经超声波联合 CPAM 化学调理后的滤饼含水率要比单独采用超声波处理

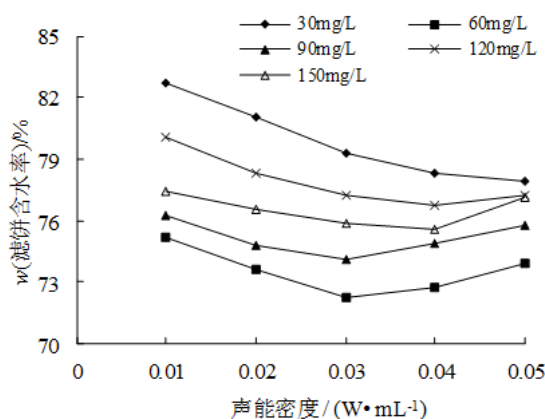


图5 超声波联合 CPAM 化学调理后污泥滤饼含水率

Fig.5 the filter cake water content after the combination treatment of ultrasonic with the CPAM

或单独采用化学调理的滤饼含水率低。这是因为通过超声辐射作用的预处理作用对污泥的结构有所调整,在一定程度上改善了污泥的脱水性能,使滤饼的含水率降低;超声作用后的化学调理中添加了阳离子型絮凝剂,使污泥颗粒表面的负电性与阳离子絮凝剂的正电性中和,这又在一定程度上削弱了颗粒之间斥力作用而使污泥絮体脱稳,同时絮凝剂 CPAM 的吸附架桥作用又使污泥颗粒进一步发生团聚,污泥中的水分被挤压出来转变成自由水,进一步提高污泥的脱水性能,使滤饼含水率降低。

进一步分析图 5 可发现,通过超声波和化学调理的联合作用,不仅使污泥脱水后的滤饼含水率降低,而且所需添加的最佳 CPAM 量也从原先的 $120 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 降低至 $60 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。单独采用超声处理污泥时的最佳声能密度为 $0.04 \text{ W} \cdot \text{mL}^{-1}$,而与化学调理联合处理污泥时,达到最低滤饼含水率的声能密度降至 $0.03 \text{ W} \cdot \text{mL}^{-1}$,这使超声能耗有所降低。

3 结论

通过对剩余污泥进行单独超声波处理、单独化学调理及联合处理的一系列试验研究发现,超声波联合化学调理(添加 CPAM)对污泥处理时效果最好,对改善其脱水性能方面具有可行性,同时降低了絮凝剂 CPAM 的添加量,并且降低了超声波的能量消耗。通过分析研究得出如下结论:

(1)单独采用 CPAM 对剩余污泥进行化学调理时, ρ (最佳的添加量)为 $120 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,污泥滤饼含水率较高,为 81.2%。

(2)单独采用超声波对生物污泥进行处理时,最佳的声能密度为 $0.04 \text{ W} \cdot \text{mL}^{-1}$,污泥滤饼含水率为 80.4%,污泥脱水性能有一定程度的改善。

(3)当超声波联合化学调理(添加 CPAM)对污泥进行处理时,污泥的脱水性能有了很大程度的提高,最低污泥滤饼含水率降至 72.2%。试验所需添加的最佳 CPAM 量降低了一半,降低至 $60 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$;并且超声所需能耗也有一定程度的降低,最佳声能密度降为 $0.03 \text{ W} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。

参考文献:

- [1] 王怡,刘潘,彭党聪. 超声及碱处理促进剩余污泥水解的试验研究[J]. 中国给水排水, 2010, 26(15): 28-31.
WANG Yi, LIU Pan, PENG Dangcong. Ultrasonic pretreatment and alkaline treatment for promoting hydrolysis of excess activated sludge[J]. China Water and Wastewater, 2010, 26(15): 28-31.
- [2] 许保玖,龙腾锐. 当代给水与废水处理原理[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
XU Baojiu, LONG Tengyue. Contemporary principles of water and wastewater treatment[M]. Beijing: Higher Education Press, 2000.
- [3] LOW E W, CHASE H A. Reducing production of excess biomass during wastewater treatment[J]. Water Research, 1999, 33(5): 1119-1132.

- [4] 刘秉涛, 娄渊知, 徐菲. 聚合氯化铝/聚糖复合絮凝剂在活性污泥中的调理作用[J]. 环境化学, 2007, 26(1): 42-45.
LIU Bingtao, LOU Yuanzhi, XU Fei. Effect of polymeric aluminum chloride/chitosan composite flocculant on activated sludge[J]. Environmental Chemistry, 2007, 26(1): 42-45.
- [5] ZHAO Y Q. Correlations between floc physical properties and optimum polymer dosage in alum sludge conditioning and dewatering[J]. Chemical Engineering Journal, 2003, 92(1/3): 227-235.
- [6] URBAIN N V, BLOCK J C, MANEM J. Bioflocculation in activated sludge: an analytic approach[J]. Water Research, 1993, 27(5): 829-838.
- [7] MAO T, SHOW K Y. Influence of ultrasonication on anaerobic bioconversion of sludge[J]. Water Environmental Research, 2007, 79(4): 436-441.
- [8] 喻艳菁, 丁国际, 邱慧琴, 等. 超声处理对剩余污泥的粒径和溶出物的影响[J]. 环境科学学报, 2009, 29(4): 703-708.
YU Yanjing, DING Guoji, QIU Huiqin, and et al. Effect of ultrasonic treatment on the particle size and dissolved substances of excess sludge[J]. ACTA Scientiae Circumstantiae, 2009, 29(4): 703-708.
- [9] 王晓霞, 邱兆富, 范吉, 等. 超声波处理剩余污泥有机物、氮和磷的释放特性研究[J]. 环境污染与防治, 2009, 31(3): 66-69.
Wang Xiaoxia, Qiu Zhaofu, Fan Ji, and et al. Characteristics of organic matter, nitrogen and phosphorus release from excess activated sludge after ultrasonic treatment[J]. Environmental Pollution and Control, 2009, 31(3): 66-69.
- [10] 鹿雯, 张登峰, 胡开林, 等. 阳离子表面活性剂对污泥脱水性能的影响和作用机理[J]. 环境化学, 2008, 27(4): 444-448.
Lu Wen, Zhang Dengfeng, Hu Kailin, and et al. Effect and mechanism of cationic surfatants on sludge dewaterability [J]. Environmental Chemistry, 2008, 27(4): 444-448.

Influence of ultrasonic treatment in chemical conditioning of excess sludge

LI Yuying, CAO Chenyang, LI Bing

School of Chemistry and Environmental Engineering, Wuyi University, Jiangmeng 529030, China

Abstract: The dewaterability and settling property of the sludge have been selected as the indicators to study the effect of ultrasonic pretreatment on sludge reduction in chemical conditioning of excess sludge with cationic polyacrylamide (CPAM). The test result of single addition of CPAM chemical conditioning shows that the optimum dosage of CPAM was $120 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ and with the moisture content of filter cake of 81.2%. And the optimum ultrasound energy density was $0.04 \text{ W} \cdot \text{mL}^{-1}$ with the filter cake moisture content of 80.4% in the treatment of excess sludge with the single ultrasonic treatment. But the filter cake moisture content decreased to 72.2% when with the combination treatment with ultrasonic pretreatment before the chemical conditioning treatment of excess sludge. The results shows that the best dosage of CPAM decreased to $60 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ and the best ultrasound energy density decreased to $0.03 \text{ W} \cdot \text{mL}^{-1}$, which means that this combination treatment method reduced the disposal costs of excess sludge conditioning treatment.

Key words: chemical conditioning; ultrasonic treatment; dewatering; excess sludge