

煤炭浮选剂对污泥深度脱水的作用

梁华倩*, 黄臻扬, 黄乐民, 卢梓淇, 王倩楠, 林洁丽#, 李杰森

佛山科学技术学院化学工程系, 广东 佛山

收稿日期: 2022年10月10日; 录用日期: 2022年11月11日; 发布日期: 2022年11月21日

摘要

对剩余活性生活污水进行脱水过程中, 本文避免常规使用的石灰、氯化铁等无机调理剂因投入量需求大和后续有二次污染等问题的出现, 利用煤炭浮选剂的物理化学特性, 通过联合使用阳离子聚丙烯酰胺对佛山市某生活污水处理厂的活性污泥进行调理实验。从浊度、毛细吸水时间、压滤拿捏困难度和含水率这四方面来分析调理效果, 发现煤炭浮选剂对浊度没有改善, 但对毛细吸水时间、拿捏困难度、含水率均有所改善, 而且随着投加量的增加, 改善的效果越明显, 对污泥深度脱水具有较好的作用。煤炭浮选剂的投加量为15%时, CST从51.5 s降为25.3 s; 拿捏困难度从100%降为70%, 含水率从82.51%降为74.78%。

关键词

活性污泥, 含水率, 煤炭浮选剂, 脱水

Effect of Coal Flotation Agent on Sludge for Deep Dehydration

Huaqian Liang*, Zhenyang Huang, Leming Huang, Ziqi Lu, Qiannan Wang, Jieli Lin#, Jiesen Li

Chemical Engineering Department, Foshan University, Foshan Guangdong

Received: Oct. 10th, 2022; accepted: Nov. 11th, 2022; published: Nov. 21st, 2022

Abstract

In the process of dewatering the surplus activated domestic sludge, this paper avoided the problems of large input demand and subsequent secondary pollution of conventional inorganic conditioners such as lime and ferric chloride, and used the physical and chemical characteristics of coal flotation agent to conduct conditioning experiments on the surplus activated sludge from a do-

*第一作者。

#通讯作者。

mestic sewage treatment plant of Foshan through the combined use of cationic polyacrylamide. The conditioning results were analyzed from four aspects of turbidity, capillary suction time (*i.e.* CST), difficulty of filter pressing and water content. It was found that the coal flotation agent did not improve the turbidity, but improved CST, the difficulty of kneading and the water content. With the increase of the dosage, the more obvious the improvement, which had a good effect on the deep dehydration of sludge. When the dosage of coal flotation agent was 15%, CST decreased from 51.5 s to 25.3 s; the difficulty of kneading was reduced from 100% to 70%, and the water content was reduced from 82.51% to 74.78%.

Keywords

Activated Sludge, Water Content, Coal Flotation Agent, Dehydration

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着居民生活水平的提高, 全国的污水排放量逐年递增, 污泥的产量也随之增长。2021 年统计 2020 年的数据显示, 我国城市污水年排放量高达 571 亿立方米[1], 干污泥产量达 11627678.15 吨[1]。因污泥组成复杂, 并且含有病菌等有机污染物[2], 若不进行正当处理, 将对环境和人类健康造成严重危害。而污泥具有高的含水率, 一直是污泥无害化处理的难题。深度脱水后的污泥在实现减量化的同时, 也能够为后续的污泥处置提供方便, 降低难度, 从而提高经济效益。其中投加化学调理剂[3]是降低污泥含水率的常见方法, 因此研发高效脱水且污染低的调理剂是最关键的内容。添加无机调理剂是较早研发的方法, 能将污泥含水率大幅度降低, 但存在投加量大、对设备有腐蚀性和二次污染等问题。相比之下, 添加有机调理剂具有投加量少且较环保等优点, 但是有机调理剂的脱水效率不高, 单一使用常达不到要求, 并且费用相对无机调理剂高, 受影响的因素较多。因此探索新的调理剂是非常必要的, 新调理剂要求具备高效的调理脱水效果以及较低的成本等特点。

近来, 有人研究运用煤炭类材料对污泥进行脱水处理, 例如通过不同方式处理得来的粉煤灰[4]和生物炭[5]对污泥进行脱水, 还有人探究煤炭类材料与其他调理剂搭配组合共同作用效果[6], 这些调理方案都能够降低含水率, 但是还存在较多问题[4] [5] [6]。我们注意到煤炭浮选试剂对粉煤灰起到变废为宝的作用[7], 它能够将粉煤灰中未燃尽的煤浮选出来进一步被利用, 其工作原理是通过调节粉煤灰中入选矿物和浮选介质的物理化学性质, 扩大各种物质的亲疏水性差异而实现分选。而污泥能否更好脱水也是取决于各种物质的亲疏水性的差异, 因此本文利用煤炭浮选试剂调理剩余活性生活污水污泥, 改善污泥脱水性能, 实现深度脱水目标, 降低污泥含水率, 为污泥深度脱水领域提供有益的参考。

2. 实验部分

2.1. 实验材料和仪器

实验材料主要包括剩余活性生活污水污泥和调理剂。活性污泥取自佛山市顺德区某生活污水处理厂。煤炭浮选试剂从徐州景发化工科技有限公司购入, 阳离子聚丙烯酰胺(Cationic Polyacrylamide, 简称 CPAM)从河南省永坤水处理材料有限公司购入, 为 LR 实验纯。实验仪器主要包括: 电热鼓风干燥箱(SH202-00,

上杭仪器有限公司)、磁力加热搅拌器(79-1, 常州德科仪器制造有限公司)、毛细吸水时间测试仪(HDFC-10A, 北京恒奥德科技有限公司)、分析天平(T-214, 北京赛多利斯仪器系统有限公司)、便携式淤泥浓度计(740, 英国 Partech 仪器厂)、三维纤毛滤布(40 cm × 30 cm, 自制)等。

2.2. 实验方案

将 CPAM 按 0.1%的质量分数配制成溶液。取等量污泥, 通过添加不同量的煤炭浮选试剂, 再添加 CPAM, 搅拌观察絮凝情况, 取少量混合物进行测量毛细吸水时间, 剩余混合物经静置一定时间后用自制三维纤毛滤布进行过滤, 测滤液浊度, 将滤泥经过纤毛滤布用同等力量挤压, 再把挤压后的泥饼从三个地方取样, 测量泥饼含水率, 取平均值为终值。每一个实验均设置三组平行实验, 实验结果取三组平均值, 通过比较浊度、毛细吸水时间(Capillary Suction Time, 简称 CST)、压滤拿捏困难度和含水率四方面确定较理想的煤炭浮选剂的投加量调理方案。

2.3. 实验结果

未添加任何调理剂下, 测原样污泥含水率是 98.8%, 经静置后测上层清液的浊度为 0.43 mg/L。添加 CPAM 絮凝后, 测含水率平均值为 82.51%, CST = 51.5 s, 浊度为 0.32 mg/L。

给 500 mL 的污泥投加不同量的煤炭浮选剂, 然后添加适量的 CPAM 使其絮凝, 结果如表 1 所示, 其中投加量是指占污泥绝干量的质量百分比, 拿捏困难度是指拿捏滤泥时的挤压困难程度, 其数值越小表明越容易拿捏, 越不容易跑泥, 设只添加 CPAM 时的拿捏困难度为 100%。

2.4. 数据分析

分析表 1 结果发现相对只投加 CPAM 情况下的浊度, 投加煤炭浮选剂调理后滤液的浊度随投加量增加而缓慢升高; 而 CST 随着投加量增大而减少; 拿捏困难度随着投加量增加而下降, 说明调理后的污泥不易跑泥, 越易拿捏, 越有利于滤布挤压脱水; 污泥的含水率随投加量增加而不断下降, 均低于 82%。

Table 1. Experimental data of adding different amounts of coal flotation agent
表 1. 添加不同量的煤炭浮选剂的实验数据

投加量/%	浊度/(mg/L)	CST/s	拿捏困难度/%	含水率/%
0	0.32	51.5	100	82.51
3	0.32	46.1	95	81.03
5	0.33	43.5	90	79.72
10	0.36	33.5	80	76.76
15	0.37	25.3	70	74.78
20	0.39	20.8	65	73.59
25	0.41	17.4	62	72.78

表 2 列举了不同投加量下这四个物理量的变化率情况。滤液的浊度变化率最小, 在投加量 10%时增大的速率最大, 然后升高速率变缓慢; CST 减少趋势是: 一开始减少得慢, 当投加量为 10%时, 减少速率最快, 数值为 2.00, 超过 10%后, 减小的速率在缓慢下降; 拿捏困难度的变化率在投加量为 5%时最大, 然后下降的速度变慢; 污泥的含水率随着投加量增加, 降低得越多, 只是降低的速率不同, 在投加量为 5%时降低的速率最大, 超过 5%后, 降低的速率开始变慢。

Table 2. Results of the rate of change of each physical quantity with the addition of different amounts of coal flotation agents**表 2.** 添加不同量煤炭浮选剂下的各物理量变化率结果

投加量/%	浊度变化率/ (mg/L/单位投加量值)	CST 变化率/ (s/单位投加量值)	拿捏困难度变化率/ (%/单位投加量值)	含水率变化率/ (%/单位投加量值)
0	-	-	-	-
3	0	1.80	1.7	0.493
5	0.005	1.30	2.5	0.655
10	0.006	2.00	2.0	0.592
15	0.002	1.64	2.0	0.396
20	0.004	0.90	1.0	0.238
25	0.004	0.68	0.6	0.162

2.5. 结果分析

煤炭浮选剂的主要成分包括捕收剂、起泡剂和调整剂这三类[8] [9]。捕收剂物质的分子结构主要由非极性的疏水基团和极性的亲固基团组成，亲固基同污泥表面作用，疏水基朝向水，从而使污泥表面疏水化。我们给污泥投加轻柴油，然后再添加 CPAM 发现絮凝现象与只添加 CPAM 时的情况一样，滤液浊度和混合物的 CST 变化不大，但经压滤脱水后，含水率有下降趋势，平均值在 80%~82%之间。广泛采用的起泡剂通常是一种异极性表面活性物质，结构上，它们由亲水的极性基和亲气的非极性基组成，我们选择起泡剂含量较低的煤炭浮选剂。为了检测起泡剂对污泥脱水的影响，我们进行了用乙醇调理污泥的实验，实验发现含水率没有降低趋势，浊度和 CST 略有减小。煤炭浮选剂中的调整剂主要有乳化剂、促进剂和 pH 调整剂。乳化剂能够加强污泥表面吸附被乳化的物质，增强捕收剂在污泥颗粒表面的铺展，这两方面都有利于污泥后期的絮凝和增强污泥颗粒表面的疏水性，提升泥水分离效率。促进剂组成多为表面活性有机化合物，污泥颗粒表面的羟基-OH 及羧基-COOH 容易被活性剂的氢键吸附，屏蔽污泥颗粒表面的亲水成分，即能够增强污泥颗粒表面的疏水性。pH 调整剂是根据需求对污泥进行 pH 值调整，一般的剩余活性生活污水的 pH 值在 7 左右，不需要调整，因此我们未添加 pH 调整剂。综上所述，煤炭浮选剂的各种成分的分子结构特点都是有利于污泥颗粒与水的分离，降低含水率；而能够降低 CST 则是得益于其成分能够吸附氢键提高水分子的通透性；煤炭浮选剂在浊度方面没有改善的优势，先给污泥投加浮选剂，经搅拌再静置一定时间，取上层液体进行浊度测量时，发现浊度值大于原污泥清液的浊度(即大于 0.43 mg/L)，等添加 CPAM 后，测量滤液的浊度时，浊度才下降，所以表 1 的浊度能够比 0.43 mg/L 低，完全归功于 CPAM 的作用。分析表 1 的拿捏困难度数据，发现该浮选剂在改善拿捏困难度方面有较大优势，随着投加量增大，拿捏困难度变小，越容易挤压机械脱水，说明在机械作用下越容易发生泥水分离，从而降低含水率，这与实验结果一致。

经数据和结果的分析，尽管煤炭浮选剂对浊度没有改善作用，但对 CST、拿捏困难度、含水率均有所改善，而且随着投加量越多，改善的效果越好，只是改善的速率到达极大值后有所下降。通过分析 CST、拿捏困难度、含水率的变化率，它们分别是在投加量 10%、5%、5%时变化率最大。因此根据具体要求可以选择不同的投加量，如果要求含水率能够降低 10 个百分点，则选择投加量 25%即可；如果要求 CST 能够降低 50 个百分点，则选择投加量 15%。根据我们的实验经验和现场测试，建议投加量范围为 10%~20%。

3. 结论

利用煤炭浮选剂对污水处理厂的剩余活性污泥进行调理，再添加 CPAM 进行絮凝。通过测量和比较

不同的调理剂投加量下的污泥滤液浊度、污泥 CST、污泥拿捏困难度和泥饼含水率的数值,发现煤炭浮选剂对污泥深度脱水具有较好的作用。在投加量为 15%时, CST 从 51.5 s 降为 25.3 s; 拿捏困难度从 100% 降为 70%, 含水率从 82.51%降为 74.78%。该调理方案能够避免因添加无机调理剂而产生的二次污染现象,在污水处理厂中是值得推广使用的。

基金项目

广东省省级大学生创新训练计划项目“雨污管道淤泥一体化处理系统”;佛山科学技术学院实验室开放创新基金一般项目“煤炭浮选试剂提高污泥脱水率的研究”。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 2020 年城乡建设统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2021.
- [2] 宋艳艳, 崔静, 姜雪松, 等. 淄博市污水处理厂污泥中有机污染物赋存特征分析及生态风险评估[J]. 中国环境监测, 2022, 38(4): 155-164.
- [3] 江晖, 廖传华. 污泥化学调理技术的现状与研究进展[J]. 中国化工装备, 2019, 21(1): 10-13+31.
- [4] 侯保林. 微波辐射和粉煤灰联合改善污水污泥脱水性能的研究[D]: [硕士学位论文]. 湘潭: 湖南科技大学, 2013.
- [5] 吴佳欢, 鲁涛, 袁浩然, 等. 污泥基生物炭的制备及其作为污泥调理剂的可行性研究[J]. 新能源进展, 2020, 8(3): 184-191.
- [6] 刘强, 陈晓欢, 傅金祥, 等. 粉煤灰与生石灰复合调理剂对市政污泥深度脱水性能的影响[J]. 环境工程学报, 2015, 9(7): 3468-3472.
- [7] 李彦君, 崔广文, 王加强, 等. 煤泥浮选药剂现状与发展[C]//2010 年全国选煤学术交流会论文集. 唐山: 《选煤技术》编辑部, 2010: 154-157.
- [8] 李亚萍, 沈丽娟, 陈建中, 等. 煤炭浮选药剂评述[J]. 选煤技术, 2006(5): 83-88.
- [9] 张晨光, 王启宝, 任宁政. 表面活性剂在煤浮选中的促进作用及机理[J]. 煤炭加工与综合利用, 1996(2): 31-33.