

不同有机絮凝剂对污泥脱水性能的比较研究

马青华¹, 张学梅¹, 李东¹, 郝静远^{1,2}

¹西安思源学院能源及化工大数据应用教学研究中心, 陕西 西安

²西安交通大学化工学院, 陕西 西安

收稿日期: 2023年5月8日; 录用日期: 2023年8月16日; 发布日期: 2023年8月23日

摘要

为了研究有机絮凝剂对污泥脱水性能的影响, 使用阳离子PAM、壳聚糖作为絮凝剂, 分别以不同投加量的以上2种絮凝剂, 对西安思源学院污水厂生物池污泥进行真空过滤脱水, 对比污泥比阻值的变化情况。结果表明: 阳离子PAM、壳聚糖均可有效降低污水的污泥比阻, PAM投加量在0.8 ml时, 壳聚糖投加量在0.05 ml时污泥比阻值最小, 分别为 2.31×10^{13} 以及 5.29×10^{12} , 此时污泥的脱水性能达到最优。

关键词

聚丙烯酰胺(PAM), 壳聚糖, 絮凝剂, 污泥脱水, 污泥比阻

Comparative Study on the Dehydration Performance of Different Organic Flocculants on Sludge

Qinghua Ma¹, Xuemei Zhang¹, Dong Li¹, Jingyuan Hao^{1,2}

¹Energy & Chemical Engineering Research Center, Xi'an Siyuan University, Xi'an Shaanxi

²School of Chemical Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an Shaanxi

Received: May 8th, 2023; accepted: Aug. 16th, 2023; published: Aug. 23rd, 2023

Abstract

In order to study the effect of organic flocculants on sludge dewatering performance, cationic PAM and chitosan were used as flocculants, and the above two flocculants with different dosages were used to vacuum filter and dehydrate the sludge in the biological tank of Xi'an Siyuan College Sewage Plant. The changes in sludge specific resistance were compared. The results show that both cationic PAM and chitosan can effectively reduce the sludge specific resistance of sewage. When

the dosage of PAM is 0.8 ml, and the dosage of chitosan is 0.05 ml, the sludge specific resistance value is the smallest, which is 2.31×10^{13} and 5.29×10^{12} , respectively. At this time, the sludge dewatering performance reaches the optimal level.

Keywords

Polyacrylamide (PAM), Chitosan, Flocculant, Sludge Dewatering, Sludge Specific Resistance

Copyright © 2023 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

污水处理后产生的污泥含水率较高,对后续处理造成严重的问题。最有效的减少污泥数量、改进污泥脱水性质的途径,就是结合具体情况研究选用合适的絮凝剂[1][2]。国内外正在研发及已实现产业化的主要无机高分子絮凝剂、有机高分子絮凝剂、无机-有机复合絮凝剂及生物高分子絮凝剂[3][4]。传统有机絮凝剂具有效率低、成本高、产生有害的中间降解产物等缺点,使其在工业中难以被广泛应用。天然聚合物具有价廉易得、无毒、可生物降解等优点。因此,开发具有高安全性和生物降解性的高分子絮凝剂备受关注[5]。

污泥比阻作为污泥脱水性能评价指标,是指单位质量的污泥在一定压力下过滤时在单位过滤面积上的阻力[6][7]。本文选取实际应用中常用的有机高分子絮凝剂阳离子聚丙烯酰胺(PAM)以及壳聚糖分别对西安思源学院再生水厂生物池污泥进行实验研究,比较分析两种有机絮凝剂对污泥脱水性能的影响,对再生水厂的的实际生产运行提供理论参考。

2. 实验过程

2.1. 材料及设备装置

实验污泥取自西安思源学院再生水厂生物池的污泥,阳离子聚丙烯酰胺(PAM),壳聚糖均为分析纯。再生水厂工艺流程图如图1。

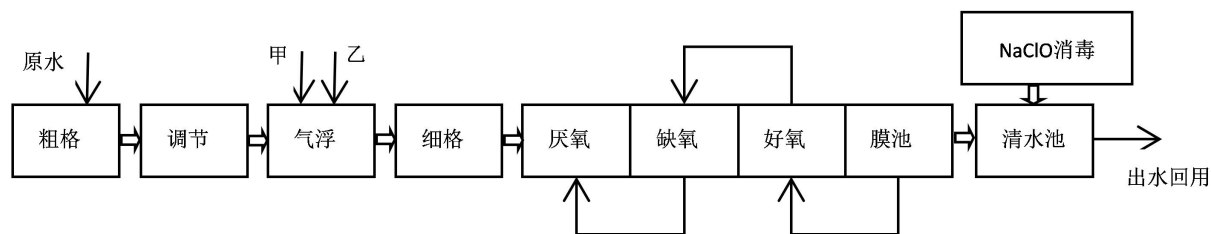
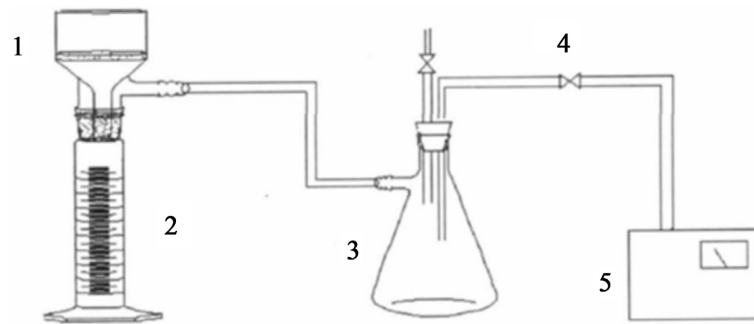


Figure 1. Process flow diagram of regenerated water plant

图 1. 再生水厂工艺流程图

污泥比阻实验装置一套,该装置是由HX-01型真空泵、缓冲瓶、玻璃计量筒、软管抽气接管、陶瓷布氏漏斗等组成。污泥比阻测定实验装置如图2。



1—布氏漏斗; 2—量筒; 3—缓冲瓶; 4—调节阀; 5—真空泵

Figure 2. Experimental device for measuring sludge specific resistance
图 2. 污泥比阻测定实验装置

2.2. 污泥含水率的测量方法

称量出待用蒸发皿的重量 W_0 (g), 取抽滤后的污泥样品于表面皿中, 称量其重量 W_1 (g), 温水浴上蒸干后在 105°C 的烘箱中继续干燥 2.5 h, 取出并放入干燥器中冷却 30 min 后称重。重复以上操作, 直到前后两次质量差不超过 0.002 g, 即为恒重。将其重量记为 W_2 (g), 即可计算出污泥含水率(η):

$$\eta = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \quad (1)$$

式(1)中: η —含水率, 单位为(%); W_0 —待用蒸发皿的重量, 单位为(g); W_1 —蒸发皿和污泥重量, 单位为(g); W_2 —蒸干后蒸发皿与污泥重量, 单位为(g)。

2.3. 污泥比阻测定原理

本实验采用过滤方法测定污泥比阻值过滤的基本公式如下:

$$\frac{t}{v} = \frac{\mu W r}{2PA^2} + \frac{\mu R_0}{\rho A}, \quad M = \frac{Q_0 - Q_y}{Q_y} \rho_0 \quad (2)$$

式(2)中: t —过滤时间(s); V —滤液体积(m^3); p —过滤压力(Pa); A —过滤面积(m^2); μ —滤液的粘度($\text{Pa}\cdot\text{s}$); R_0 —过滤介质阻抗; Q_0 —污泥量(mL); Q_y —滤液量(mL); ρ_0 —滤饼中固体物质的质量浓度($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$); M —单位体积滤液取得的滤饼干重(g)。

t/V 与 V 呈直线关系, 斜率和截距分别为:

$$a = \frac{\mu M r}{2PA^2}, \quad b = \frac{\mu R_0}{PA} \quad (3)$$

由质量平衡可得污泥比阻 r 的计算式为:

$$r = \frac{2\rho a A^2}{\mu M} \quad (4)$$

2.4. 实验方法

本实验所用污泥采集西安思源学院再生水厂生物池的污泥, 污泥采集后马上保存于冰箱中。配置质量浓度为 0.1% 的聚丙烯酰胺(PAM)以及 1% 的壳聚糖(溶于 1% 乙酸溶液)。分别将不同体积的絮凝剂加入不同的盛有 100 ml 污泥的烧杯中, 投加后用搅拌器进行搅拌。投加后以快速搅拌 30 s, 再以慢速搅拌 2 min 将调理后污泥用于污泥比阻测定实验。

测定污泥及滤饼的含水率，确定污泥的性质。在布氏漏斗上放置用水润湿的滤纸贴紧周底，开动真空泵，调节真空压力到实验压力时关掉真空泵；加入 100 mL 絮凝剂调理好的污泥于布氏漏斗中，依靠重力过滤 2 min，开动真空泵，调节真空压力为实验压力，达到此压力后，记下开动时计量管内的滤液 V_0 ；启动秒表，每隔一定时间记下计量管内相应的滤液量；一直过滤至真空破坏，如长时间不破坏，则过滤 15 min 后即可停止；关闭阀门取下滤饼放入 105℃ 的烘箱内烘干称重。

3. 结果与分析

3.1. 阳离子 PAM 对污泥比阻的影响

实验将再生水厂生物池的污泥分别各取 100 ml 置于 9 个不同的烧杯中，依次抽取 0 ml (空白), 0.2 ml, 0.5 ml, 0.8 ml, 1 ml, 1.5 ml, 2 ml, 2.5 ml 以及 5 ml 配置好的质量浓度为 0.1% 的聚丙烯酰胺(PAM)于 9 个烧杯中。分别各取 100 ml 置于 8 个不同的烧杯中依次抽取 0 ml (空白), 0.05 ml, 0.08 ml, 0.1 ml, 0.12 ml, 0.15 ml 以及 0.18 ml 配置好的质量浓度为 1% 的壳聚糖(溶于 1% 乙酸溶液)于 8 个烧杯中。投加后用搅拌器进行搅拌，之后测定污泥及滤饼的含水率，并得到污泥比阻。通过测定以及相关计算得到添加不同含量阳离子 PAM 实验数据汇总见表 1。

Table 1. Summary of experimental data of cationic PAM with different content

表 1. 不同含量阳离子 PAM 实验数据汇总表

名称 \ 含量(ml)	空白	0.2	0.5	0.8	1	1.5	2	2.5	5
滤纸(g)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.41	0.43	0.42	0.40	0.42
滤纸 + 湿饼(g)	3.40	4.26	3.78	3.87	3.87	4.15	4.36	5.12	3.77
滤纸 + 干饼(g)	0.81	0.82	0.81	0.81	0.82	0.84	0.82	0.81	0.83
污泥含水率(%)	99.59	99.58	99.59	99.59	99.59	99.58	99.59	99.59	99.59
滤饼含水率(%)	86.20	89.15	87.88	88.15	88.12	88.83	89.66	91.40	87.69

由表 1 可知，通过添加不同含量的阳离子 PAM，污泥含水率变化整体不大，基本维持在 99.6%，滤饼含水率随着阳离子 PAM 含量的增加而整体呈逐渐增大的趋势，由 86.2% 变化至 91.40%，其中空白实验时污泥含水率最低，为 86.2%，添加阳离子 PAM 含量为 2.5 ml 时滤饼含水率达到 91.40%。添加不同含量阳离子 PAM 时污泥比阻变化曲线如图 3 所示。

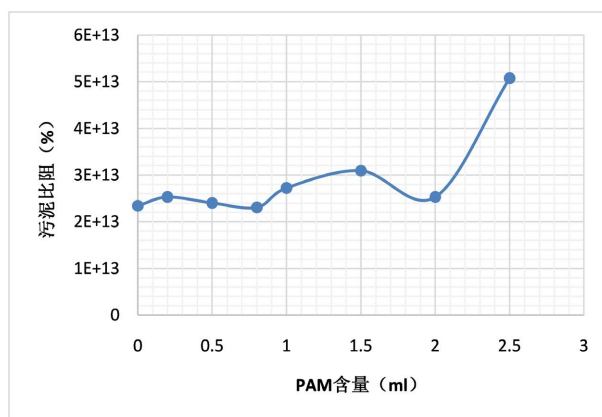


Figure 3. Change curve of sludge specific resistance when adding different levels of PAM

图 3. 添加不同含量阳离子 PAM 时污泥比阻变化曲线

由图 3 可以看出阳离子 PAM 投加量较小时, 随着阳离子 PAM 投加量的增加污泥比阻值逐渐降低, 当阳离子 PAM 含量为 0.8 ml 时, 污泥比阻达到最低, 值为 2.31×10^{13} , 污泥脱水性能最好。此后阳离子 PAM 含量再增加时, 污泥比阻随着阳离子 PAM 投加量的增加而呈上升趋势。当阳离子 PAM 含量为 1.5 ml 时, 污泥比阻值开始下降, 当阳离子 PAM 含量增加大于 2 ml 时, 污泥比阻值开始快速增加。

随着 PAM 投加量的增加, 污泥比阻值不断变小, 此时 PAM 投加量较少, 对污泥中胶体悬浮粒子的吸附架桥能力强, 使得颗粒形成聚集体而沉降; 当投加量为 0.8 ml 时, 污泥比阻达到最低, 此时高分子聚丙烯酰胺投加量覆盖可容覆盖的固体颗粒表面全部部位, 絮凝作用最强而后随着投加量的增加, 污泥比阻又呈上升趋势, 污泥脱水困难, 污泥比阻增大。这是由于过量的 PAM 使得污泥颗粒带上了正电荷, 污泥颗粒间从而形成了排斥力; 颗粒表面被聚合物分子过饱和, 导致絮凝恶化, 此情况下高分子的自由末端也可以吸附在同一表面上形成弯曲状, 相邻颗粒间的架桥结合数因而减少, PAM 与污泥中的颗粒之间的吸附架桥作用力变小[8] [9]。

3.2. 壳聚糖对污泥比阻的影响

Table 2. Summary of experimental data on chitosan with different contents

表 2. 不同含量壳聚糖实验数据汇总表

名称 \ 含量(ml)	空白	0.05	0.08	0.1	0.12	0.15	0.18
滤纸(g)	0.40	0.39	0.39	0.39	0.40	0.39	0.41
滤纸 + 湿饼(g)	3.49	4.78	3.47	3.69	3.35	3.42	3.70
滤纸 + 干饼(g)	0.79	0.88	0.79	0.79	0.81	0.78	0.84
污泥含水率(%)	99.61	99.51	99.61	99.61	99.59	99.61	99.58
滤饼含水率(%)	87.37	88.91	87.18	88.09	86.09	87.10	87.15

由表 2 可知, 通过添加不同含量的壳聚糖, 污泥含水率以及滤饼含水率变化整体不大, 污泥含水率基本维持在 99.6%, 滤饼含水率维持在 86%~88%之间。壳聚糖与污泥颗粒的结合主要是因为被污泥颗粒的吸附作用, 与污泥颗粒组成了吸附颗粒[9]这些吸附颗粒又互相絮凝成絮凝体继而沉降下去。添加不同含量壳聚糖后污泥比阻变化曲线见图 4。

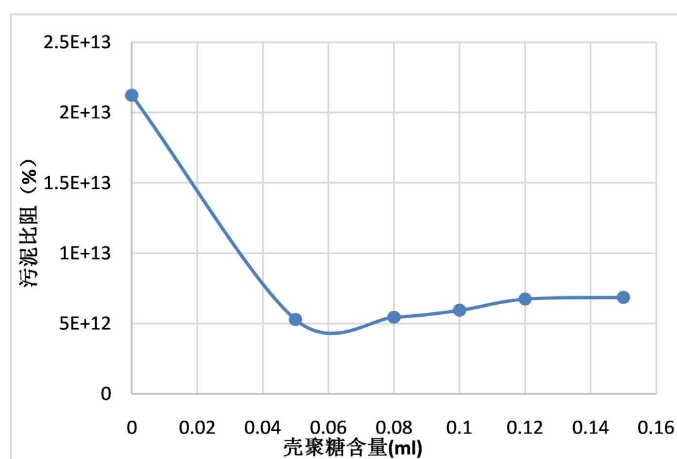


Figure 4. Change curve of sludge specific resistance when adding different levels of chitosan

图 4. 添加不同含量壳聚糖时污泥比阻变化曲线

由图4可知,随着壳聚糖含量的增加,污泥比阻值整体上先降低后增加。当添加壳聚糖的含量为0.05 ml时,污泥比阻值最小,为 5.29×10^{12} ,此时污泥脱水性能最好。随着壳聚糖含量的不断增加,污泥比阻值逐渐呈增加趋势。当添加壳聚糖的含量为0.12 ml时,污泥比阻值为 6.74×10^{12} ,当添加壳聚糖的含量为0.15 ml时,污泥比阻值为 6.86×10^{12} ,增长趋势逐渐趋于平缓。

壳聚糖絮凝剂改变污泥结构,破坏胶体的稳定,在污泥脱水过程中发挥了电中和及架桥的作用[10]。减少污泥颗粒间的排斥作用,通过其较好的吸附架桥功能,可使已脱稳的凝聚颗粒迅速形成大的絮体,适量的壳聚糖絮凝剂所形成的絮体都是密实的、粒径小的颗粒,颗粒形成的过程中已将大量的游离水间隙水脱出来了,再经真空抽滤后故其含水率较低。

加入过量的壳聚糖后形成了较大的絮体,而且絮体之间粘连又把开始脱出来的水裹了进去,恶化了脱水性能。壳聚糖投加量较小时很难改善污泥的脱水性能。壳聚糖投加量过多时虽然絮凝效果较好,但形成的污泥团絮结构比较疏松。而且投加量过多时污泥粘度增加会加强与滤纸或滤布的粘连[10][11],脱水效果反而不好。

4. 结论

通过用两种不同的有机絮凝剂对西安思源学院再生水厂污泥进行实验研究。结果表明污泥比阻均有比较显著地降低。当阳离子PAM投加量较小时,随着阳离子PAM投加量的增加污泥比阻逐渐降低,当阳离子PAM含量为0.8 ml时,污泥比阻达到最低,值为 2.31×10^{13} ,污泥脱水性能最好。随着壳聚糖的增加,污泥比阻值整体上先降低后增加。当添加壳聚糖的含量为0.05 ml时,污泥比阻值最小为 5.29×10^{12} ,此时污泥脱水性能最好,能够为再生水厂的运行提供参考依据。

基金项目

2022年度陕西省教育厅科研计划项目(2022JK0518)。

参考文献

- [1] 王瑞,张逸飞,曲广森,等.复合絮凝剂在水处理中的应用与研究进展[J].广州化工,2021,49(1):10-11.
- [2] 吴晨炜,王震,刘子仪,等.絮凝剂的类别及其在水处理中的应用[J].四川化工,2018,21(6):15-18.
- [3] 林霞亮.壳聚糖复合调理剂改善污泥脱水性能的试验研究[D]:[硕士学位论文].广州:华南理工大学,2015.
- [4] 王鑫.调理剂对生活污泥脱水性能影响的研究[D]:[硕士学位论文].长沙:中南大学,2012.
- [5] 李一璇.石灰在深圳梅林水厂污泥调质中的应用[J].给水排水,2016,36(11):21-24.
- [6] 王子杰,王郑,许锴,等.新型絮凝剂在水处理领域的开发和应用[J].应用化工,2019,48(3):646-650.
- [7] 蔡芝斌,张卫峰.绍兴污水处理厂污泥脱水设备选型浅析[J].给水排水,2010,36(10):100-104.
- [8] 唐晓东,邓杰义,李晶晶,等.复合高分子絮凝剂的制备及研究进展[J].工业水处理,2015,35(2):1-5.
- [9] 刘渝,唐绍明,蒋丽春等.有机高分子絮凝剂对污泥脱水性能的影响研究[J].工业安全与环保,2010,36(12):56-58.
- [10] 郭亚萍,胡云楚,吴晓芙.复合絮凝剂对生活污泥脱水的研究[J].工业用水与废水,2013,34(3):73-76.
- [11] 夏卫红,曹萍.HYC絮凝剂在生化污泥脱水中应用的研究[J].上海应用技术学院学报,2002,2(2):93-95.