

试验研究

基于涡凹气浮浓缩的生活污泥化学调质研究

毛维东, 郭中权, 吴雪茜

(煤科集团杭州环保研究院有限公司, 浙江 杭州 311201)

摘要:为了明确生活污泥涡凹气浮工艺中化学调质的作用,通过测定污泥的粒径分布、沉降性能、以及上清液中核糖、蛋白质、总糖的浓度,研究了阴离子型聚丙烯酰胺(PAM)和阳离子型表面活性剂十二烷基三甲基溴化铵(DTAB)对剩余活性污泥浓缩性能的影响;采用污泥含水率、清液 SS 浓度对涡凹气浮浓缩试验效果进行了评价。结果表明,化学调质显著影响污泥粒径分布、沉降性能和胞外聚合物(EPS)含量,1.5 kg/tDs PAM 的调理效果较好;最佳投药量下 PAM 调理后污泥涡凹气浮浓缩效果优于 DTAB 调理的污泥,浓缩污泥含水量可达 95.8 %。

关键词:污泥浓缩;涡凹气浮;胞外聚合物;聚丙烯酰胺;表面活性剂

中图分类号:X703 文献标识码:A 文章编号:1006-8759(2018)01-0031-04

STUDY ON CHEMICAL CONDITIONING OF SEWAGE SLUDGE BASED ON CAVITATION AIR FLOTATION THICKENING PROCESS

MAO Wei-dong, GUO Zhong-quan, WU Xue-qian

(Hangzhou Environmental Research Institute of CCTEG, Hangzhou 311201, China)

Abstract:In order to determine the effects of sludge chemical conditioning in the process of cavitation air flotation (CAF), the impacts of anionic polyacrylamide (PAM) and cationic surfactant Dodecyl Trimethyl Ammonium Bromide (DTAB) on the thickening property of excess activated sludge were studied by determining the particle size distribution, settling performance, supernatant volume and the concentration of DNA, protein, sugar in the supernatant of sludge. Cavitation air flotation (CAF) sludge thickening experiment was evaluated with water content of sludge, and suspended solid (SS) concentration in supernatant. The results show that chemical conditioning had a significant impact on particle size distribution, settling performance, supernatant volume and content of EPS. The optimal dose of PAM is 1.5 kg/tDs. With the optimal dosage, the CAF thickening effect on PAM-treated sludge is better than that on DTAB-treated sludge. The water content of concentrated sludge reaches up to 95.8 % after treated by PAM.

Key words: Sludge thickening; Cavitation air flotation; Extracellular polymeric substances; PAM; Surfactant.

随着城市化进程的加快,我国生活污水的产生量和处理率逐年提高,污泥产量也日益增加^[1],据住房和城乡建设部发布的《2016 年城乡建设统

计公报》,截至 2016 年末全国城市共有污水处理厂 2 039 座,日处理能力 14 910 万 m³;按 80 % 的运行率估算,我国湿污泥(含水率 99 % 计)年产量超过 6 亿 t。污泥减量化是污泥处理与处置的重中之重,污泥浓缩是污泥减量化重要手段之一^[2,3]。

研究表明,城市生活污水处理过程中产生的剩余活性污泥结构松散,含水率高,脱水性能差^[4],污泥中细菌及EPS的存在严重影响污泥脱水性能^[5],导致污泥处理成本高昂,达到运行成本的40%~70%^[6-9]。涡凹气浮(CAF)技术已广泛应用于工业废水和城市污水的预处理中,具有设备简单、占地面积小、能耗省、投资及运行成本低等诸多优点,但在污泥浓缩中的应用较少^[10]。目前研究主要集中于固体负荷、水力负荷等参数对污泥浓缩效果影响等方面,基于涡凹气浮浓缩的生活污泥化学调质研究较少。

本文通过污泥搅拌实验,对污泥颗粒粒径分布、沉降性能以及EPS中核糖、蛋白质、总糖浓度进行测定,研究了阴离子型PAM和阳离子型表面活性剂DTAB对生活污水剩余活性污泥沉降性能的影响,采用浓缩污泥含水率、清液SS对市政生活污水涡凹气浮浓缩效果进行了评价。

1 实验材料与方法

1.1 实验材料

实验所用污泥取自某生活污水厂剩余活性污泥,为保证污泥性质稳定,经微曝气充氧24 h后使用,主要性质如表1。有研究表明阳离子PAM调理效果更好,但是同等效果的情况下阴离子PAM加药量只有阳离子PAM的50%以下,且价格更便宜,工程应用多采用阴离子型PAM^[11],所以本实验选取阴离子型PAM,相对分子质量800万,水解度为20%。表面活性剂选取阳离子型表面活性剂十二烷基三甲基溴化铵(DTAB)。

表1 实验用污泥主要性质

项目	pH	MLSS (g/L)	TS (g/L)	SV (%)	含水率 (%)	SVI (mL/g)
数值	7.78	5.53	6.01	52.2	99.41	94.39

1.2 实验装置与方法

1.2.1 污泥粒径分布测定

将100 mL污泥放入250 mL量筒中,分别加入一定量PAM溶液和DTAB溶液,使用搅拌器以100 r/min搅拌2 min后,静置30 min。采用水相湿筛法将污泥分别过20、30、60目筛后烘干称重,确定各粒径污泥的组成。

1.2.2 污泥沉降性能测定

将100 mL污泥放入250 mL量筒中,分别加入一定量PAM溶液和DTAB溶液,使用搅拌器以

100 r/min搅拌2 min后,静置30 min。观察泥水分离情况,记录上清液体积。

1.2.3 EPS测定

将经一定量PAM、DTAB调理的污泥样品放置于高压灭菌锅中,于80℃、100 kPa压力下蒸10 min后以4 000 r/min离心20 min,将上清液用0.45 μm膜过滤,获得EPS^[12]。核酸测定方法采用紫外分光光度法^[13],蛋白质浓度由考马斯亮蓝法测定^[14],总糖浓度由蒽酮比色法测定^[15]。

1.2.4 涡凹气浮法污泥浓缩实验

涡凹气浮实验装置构造如图1所示。将原污泥、PAM调理污泥、DTAB调理污泥分别由中心进料管进入,通过涡凹溶气、气浮浓缩10 min后,取出浓缩污泥样品,采用重量法测定浓缩后污泥含水率和清液SS浓度。

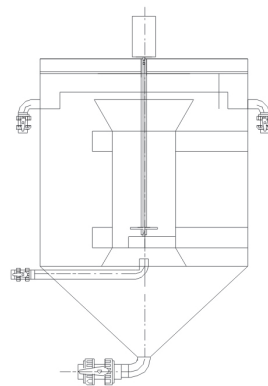


图1 CAF污泥浓缩试验装置示意

2 结果与讨论

2.1 化学调质对污泥粒径分布的影响

化学调质对污泥粒径分布的影响如图2、图3所示。未投加PAM时,原污泥颗粒细小而分散,粒径小于0.25 mm成分占比最高,达到73%。

随着PAM投加量的增大,粒径小于0.25 mm的污泥颗粒质量分数呈现出先减小后增加的趋势,在PAM投加量为1.5 kg/tDs时质量分数最小,为5%。在PAM投加浓度为0.5 kg/tDs时,0.25 mm~0.85 mm粒径的污泥颗粒质量分数均快速上升,继续增加PAM投加量后,粒径大于0.60 mm的污泥质量分数持续增高,0.25 mm~0.60 mm粒径的污泥质量分数下降。0.60 mm~0.85 mm粒径和大于0.85 mm粒径的污泥质量分数在PAM投加量分别为2 kg/tDs和1.5 kg/tDs时最大,为42%和28%。

随着 DTAB 投加量的增大, 粒径小于 0.25 mm 的污泥质量分数先减少后增大, 拐点出现在 DTAB 投加量为 2 kg/tDs 处, 此时粒径小于 0.25 mm 的污泥颗粒质量分数为 13%, 当 DTAB 投加量增大为 3.0 kg/tDs 时, 粒径小于 0.25 mm 的污泥颗粒质量分数增加至 44%。0.25 mm~0.60 mm 和 0.60 mm~0.85 mm 粒径的污泥颗粒质量分数在 DTAB 投加量分别为 1.5 kg/tDs 和 2.0 kg/tDs 时达到最大, 分别为 36% 和 31%。

以上结果表明, PAM 和 DTAB 的投加使小粒径污泥颗粒絮凝成为较大粒径颗粒, 显著减少了小于 0.25 mm 粒径的污泥颗粒质量分数, PAM 和 DTAB 在投加量分别为 1.5 kg/tDs 和 2.0 kg/tDs 时小于 0.25 mm 粒径的污泥颗粒质量分数较未调理污泥分别减少了 93% 和 82%。在此投加量下, PAM 和 DTAB 调理后污泥大于 0.60 mm 粒径的污泥颗粒质量分数分别为 63% 和 52%, 是污泥未调理时的 3.5 倍和 2.7 倍。可认为 PAM 对污泥调理效果较好, 最佳投加量为 1.5 kg/tDs。

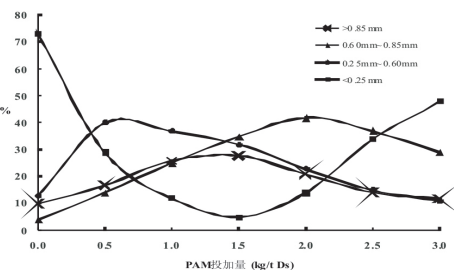


图 2 不同 PAM 投加量下污泥粒径分布变化

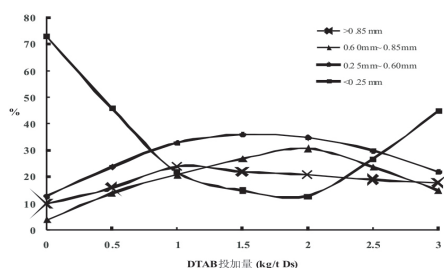


图 3 不同 DTAB 投加量下污泥粒径分布变化

2.2 化学调质对污泥沉降性能的影响

污泥经调理后, 污泥沉降的上清液体积可作为评价污泥表面附着水转化为游离水的指标^[16]。不同投加量 PAM 和 DTAB 对污泥沉降上清液体积的影响如图 4 所示。上清液体积随 PAM 和 DTAB 投加量的增加而逐渐增大, 在 PAM 和 DTAB 投加量分别为 1.5 kg/tDs 和 2.0 kg/tDs 时,

上清液体积达到最大, 分别为 49 mL 和 48 mL。较未调理污泥分别增加了 96% 和 92%。结果表明 PAM 和 DTAB 的添加改善了污泥沉降性能, 最佳投加量分别为 1.5 kg/tDs 和 2.0 kg/tDs。

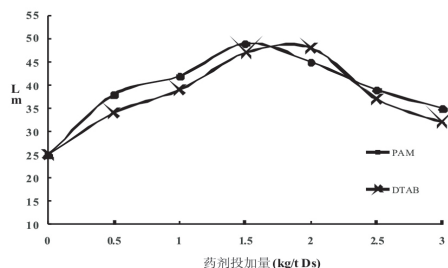


图 4 不同 PAM、DTAB 投加量下污泥上清液体积变化

2.3 化学调质对污泥 EPS 的影响

原污泥及经 1.5 kg/tDs PAM 和 2.0 kg/tDs DTAB 调理后污泥上清液中核酸、蛋白质、总糖的浓度变化如图 5 所示。

经 PAM 和 DTAB 调理后的污泥核酸浓度分别为 15.63 $\mu\text{g/mL}$ 和 12.84 $\mu\text{g/mL}$, 较未调理时分别增加了 55% 和 27%; 经 PAM 和 DTAB 调理后的污泥蛋白质浓度分别为 13.42 $\mu\text{g/mL}$ 和 12.67 $\mu\text{g/mL}$, 较未调理时分别增加了 38% 和 31%; 经 PAM 和 DTAB 调理后的污泥核酸浓度分别为 14.17 $\mu\text{g/mL}$ 和 12.50 $\mu\text{g/mL}$, 较未调理时分别增加了 39% 和 22%。EPS 对污泥性质有着显著影响, 其成分主要包括糖类、蛋白质、核酸等, 由实验结果可知, PAM 和 DTAB 的投加导致上清液中核酸、蛋白质、总糖浓度的增加, 说明化学调质对污泥 EPS 产生一定影响。从变化趋势来看, 投加 PAM 对 EPS 的影响普遍大于 DTAB。经过化学调质后的污泥 EPS 脱落, 降低了污泥表面的负电荷, 增强了污泥疏水性, 导致更多结合水转化为自由水, 这种转化有利于污泥细小颗粒重新絮凝成为紧实的大颗粒, 使污泥更易于沉降^[17,18]。

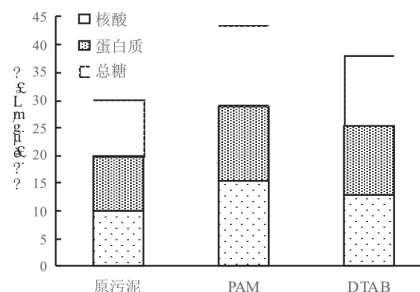


图 5 化学调质对上清液中核酸、蛋白质、总糖浓度的影响

2.4 化学调质对涡凹气浮效果影响

将原污泥、1.5 kg/tDs PAM 调质污泥、2.0 kg/tDs DTAB 调质污泥分别进行涡凹气浮实验,结果如表 2 所示。未调理污泥直接经涡凹气浮后效果不理想,出泥含水率清液 SS 相对较高。经 1.5 kg/tDs PAM 和 2.0 kg/tDs DTAB 调理后的污泥,涡凹气浮后出泥含水率均低于未调理污泥,出水 SS 均高于未调理污泥。可认为化学调质直接影响污泥涡凹气浮浓缩效果,PAM 调理后污泥浓缩效果优于 DTAB 调理后污泥。

表 2 化学调质对污泥涡凹气浮浓缩影响

	出泥含水率/%	清液 SS/g/L
未调理污泥	98.4	3.8
PAM 调理污泥	95.8	1.1
DTAB 调理污泥	97.4	1.2

4 结论

化学调质可改变污泥粒径分布和沉降性能。在 PAM 和 DTAB 投加量分别为 1.5 kg/tDs 和 2.0 kg/tDs 时小于 0.25 mm 粒径的污泥颗粒质量分数较未调理污泥分别减少了 93 % 和 82 %, 大于 0.60 mm 粒径的污泥颗粒质量分数是污泥未调理时的 3.5 倍和 2.7 倍。PAM 和 DTAB 投加量分别为 1.5 kg/tDs 和 2.0 kg/tDs 时污泥沉降效果最好,上清液体积较未调理污泥分别增加了 96 % 和 92 %。

PAM 和 DTAB 的投加导致上清液中核酸、蛋白质、总糖浓度增加,污泥浓缩性能的改善与污泥表面核酸、蛋白质、总糖的脱落与释放密切相关。

化学调质直接影响污泥涡凹气浮浓缩效果,最佳投药量下 PAM 调理后污泥的浓缩效果优于 DTAB 调理的污泥。

参考文献

- [1] 刘洪涛,王燕文,孔祥娟,等.城市污泥土地利用近期发展趋势及其原因研究[J].环境科学与管理,2015,40(11):37-40.
- [2] 赵乐乐,冯伟,缪静.城镇污泥处理技术应用现状及发展趋势[J].广州化工,2016,44(5):35-36.
- [3] 陈嘉愉,吴学伟.污水污泥有机调质浓缩和无机调质脱水工艺研究[J].环境工程学报,2009,3(3):529-532.
- [4] ?rmeci B, Vesilind P A. Response to comments on "development of an improved synthetic sludge: a possible surrogate for studying activated sludge dewatering characteristics"[J]. Water Research, 2001, 35(5):1365-6.
- [5] Thapa K B, Qi Y, Clayton S A, et al. Lignite aided dewatering of digested sewage sludge.[J]. Water Research, 2009, 43(3):623-34.
- [6] 金波,李宝新.城市污水处理厂污泥的综合利用探讨[J].环境科学与管理,2010,35(5):106-109.
- [7] 石吉,邵青,米晓.城市污水污泥的处理利用及发展[J].中国资源综合利用,2004(02):15-18.
- [8] 朱建平.城市污水处理厂污泥处置的现状与研究进展[J].城市建设理论研究:电子版,2016(15).
- [9] 彭晓峰,陶涛,陈剑波,等.国际污泥研究现状初探[J].自然杂志,2002,24(4):191-194.
- [10] 管晓涛,胡锋平,路文旭,等.CAF 工艺浓缩剩余活性污泥的可行性研究[J].环境科学与管理,2006,31(1):37-39.
- [11] 杨兴涛,赵建伟,刘杨,等.2007.阴离子型 PAM 在水厂污泥脱水中的应用[J].供水技术 1(4): 34-36.
- [12] 郑蕾,田禹,孙德智.pH 值对活性污泥胞外聚合物分子结构和表面特征影响研究[J].环境科学,2007,28(7):1507-1511.
- [13] 罗先群,曹献英.生物化学实验[M].化学工业出版社,2015.
- [14] 萧能,余瑞元,袁明秀,等.高等院校生命科学实验系列教材,生物化学实验原理和方法,(第 2 版)[M].北京大学出版社,2005.
- [15] Dubois M, Gilles K A, Hamilton J K, et al. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances [J]. Analytical Chemistry, 1956, 28(3):350-356.
- [16] 宋宪强,雷恒毅,余光伟,等.新型复合混凝剂改善污泥脱水性能的研究[J].中国给水排水,2007,23(13):87-90.
- [17] 王浩宇,张军,丁一,等.膜生物反应器中 EPS 对污泥絮体形成的影响及其膜污染特性研究 [J]. 环境工程学报,2015,9 (2):645-652.
- [18] 袁冬琴,王毅力.活性污泥胞外聚合物(EPS)的分层组分及其理化性质的变化特征研究[J].环境科学,2012,33(10):3522-3528.

(上接第 37 页)

地质信息丰富、生产效率高等特点。在海岛采用高密度电法为主的物探工作,经过瑞典 Res2dinv 高密度电法反演软件反演后得到的断面图较好地反映了断层破碎带等地质构造体的存在,其中在距离海边较近的地区开展的高密度电法也取得了很好的效果,根据物探解译结果设计的钻孔也都打

到了赋水构造,说明高密度电法在海岛地区寻找地下水赋水构造是行之有效的,同时也证实了瑞典 Res2dinv 高密度电法反演软件的有效性。因此在类似地区浅层地下水勘查时,首先进行高密度电法探测工作,通过综合反演推断解释选取最佳的孔位,再进行钻探必能起到事半功倍的效果。

(下转第 64 页)