

防治技术

PAC添加量对脱水污泥流变性的影响

贾冬冬,郭亚兵,马赫,孙涛

(太原科技大学,山西太原030024)

摘要:通过应变扫描、频率扫描及蠕变回复实验考察了聚合氯化铝(PAC)对脱水污泥流变性的影响。结果表明:在应变扫描中,弹性模量和粘性模量都随着PAC投加量的增加而提高,污泥在线性粘弹性区域呈现Voigt固体的大部分性能;在频率扫描中,污泥的弹性模量和粘性模量与PAC投加量无显著关系;蠕变回复实验中,污泥的应变随PAC投加量增加而增强,但当PAC投加量超过100 mg/g后,抵抗变形能力因污泥失稳而急剧下降,甚至低于原污泥溶液的抵抗变形性能。

关键词:污泥;流变性;絮凝剂

中图分类号:X705

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2019)02-0038-03

Effect of PAC addition on sludge rheological properties

JIA Dong-dong, GUO Ya-bing, MA He, SUN Tao

(Taiyuan University of Science and Lechnology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: The effects of PAC on the rheology of dehydrated sludge were investigated by strain scanning, frequency scanning and creep recovery experiments. The results show that the elastic modulus and viscous modulus increase as PAC addition increases in the strain scanning. In the linear viscoelastic region, the sludge exhibits Voigt solids properties. The elastic modulus and viscous modulus of the sludge are not significantly related to the amount of PAC added in the frequency scanning. In the creep recovery experiment, the strain of sludge increases as PAC addition increases. When the PAC addition exceeds 100 mg/g, the resistance to deformation would drastically reduce due to the instability of the sludge, and even lower than the resistance to deformation of the original sludge solution.

Key words: Municipal sludge; Rheology; PAC

0 引言

当前,中国市政污泥产量每年都在大幅度地增加,但由于该污泥成分较为复杂(含有有机质、胞外聚合物、微生物、蛋白质、多糖类等),以及处理技术有待提高,给环境带来了严重的污染^[1-3]。

基于污泥成分的复杂性,污泥的处置往往都需要进行预处理。污泥的预处理技术多种多样,主要有以下三大类:化学处理,物理处理和生物处理技术。化学处理技术有絮凝剂或凝结剂的使用^[4,5],物理处理技术有超声法^[2,6],生物处理技术有酶处理^[7]等。然而,相比较于其他两种处理技术,化学处理

技术以其价格低廉、操作技术要求不高而更加广泛地被应用。

流变性是描述污泥流动性能的重要依据,对污泥的后续处置有着极为重要的作用^[8]。大量文献已经研究表明,污泥属于典型的非牛顿流体^[9,10]。而且,大部分研究都集中在考察活性污泥和消化污泥的流变性,对机械脱水后的污泥流变性的研究甚少,无较为可靠的实验数据。本研究基于机械脱水后的污泥,考察常用絮凝剂聚合氯化铝(PAC)添加量对机械脱水后污泥流变性的研究,主要包括应变扫描、频率扫描以及蠕变回复实验。

收稿日期:2018-12-17

基金项目:矿山尾矿重型浓缩机的研究开发(项目编号:201220)

第一作者简介:贾冬冬(1992-),男,安徽宿州人,硕士研究生在读。Email:1271519642@qq.com.

引用格式:贾冬冬,郭亚兵,马赫,等.PAC添加量对脱水污泥流变性的影响[J].能源环境保护,2019,33(3):38-40.

1 实验部分

1.1 污泥

市政污泥来自山西太原北郊污水处理厂离心脱水设备,其主要物理化学性质如下:固体含量为 21.62%;粘度为 0.06000 Pa·s(剪切速率 100 s⁻¹);中位粒径为 71.89 μm;pH 值为 6.88;比表面积为 946.7 cm²/g;电位为 17 mV。为保证实验准确度,减少污泥性能变化对实验的影响,污泥冷藏于 4℃冰箱中,且最大存放时间低于 30 d^[11,12]。

1.2 实验仪器

500 mL 烧杯,玻璃棒,分析天平,高速搅拌机,Hakke Mars60 流变仪(德国)。

1.3 PAC 溶液的配制

称取 PAC 颗粒于 500 mL 烧杯中,加入蒸馏水溶解,用机械搅拌器先以 250 rpm 速度搅拌 3 min,随后 50 rpm 速度搅拌 15 min,使得 PAC 充分溶解,得到 2%溶液用于调理污泥。

1.4 实验步骤

PAC 对污泥调理的主要步骤如下:称取一定量的污泥加水稀释,移取适量的 PAC 溶液,其中 PAC 添加量分别为 0,40,60,80,100,120 mg/g (mg/g 相对于污泥干固体的量);利用高速搅拌机对污泥混合溶液搅拌,先以 200 rpm 的速度搅拌 5 min 促进 PAC 和污泥溶液混合,随后以 50 rpm 搅拌 15 min,使得污泥溶液与 PAC 充分混合均匀,保证后续实验的精确度;得到混合溶液的固体含量都为 7%,消除固体含量对实验测量的影响。

污泥混合液的流变性测量(每组流变性实验,都对污泥进行预剪切,剪切速率为 400 s⁻¹,持续时间 10 min)主要操作步骤如下:移取 2.9 mL 于流变仪的同轴圆筒测量筒中,在常温条件下进行流变性测量,其中流变测量主要有应变扫描、频率扫描以及蠕变回复实验。每组流变性实验进行三次,取其平均值进行数据分析^[13,14]。

2 结果与讨论

2.1 应变扫描

图 1 表明不同添加量 PAC 对污泥调理后,模量随应变的变化关系。由图可知,随着应变的提高,污泥溶液中的弹性模量和粘性模量都先是平缓减小,后急剧减小。这是由于在平缓阶段,污泥流变性变化处于线性粘弹性区域,导致应变变化对污泥的弹性模量和粘性模量并没有影响。然而,平缓阶段以后,污泥在后续应变阶段处于非线性

粘弹性区域,污泥溶液中大部分絮体发生了不可恢复的形变变化,使得弹性模量和粘性模量急剧减少。同时,从图 1 中也可看出,随着 PAC 添加量的增加,弹性模量和粘性模量整体呈现增加趋势,很好地证明了 PAC 对污泥絮体凝结性,在适宜添加量范围内,添加量越高,凝结效果越好。此外,图 1 很直观地说明在线性粘弹性区域,弹性模量明显大于粘性模量,说明污泥溶液中的絮体弹性势能偏高,更加符合于类固体性能;当超出线性粘弹性区域后,弹性和粘性模量发生不可恢复的应变变形,且弹性模量和粘性模量大小都趋于一致,此时,污泥中弹性部分和粘性部分呈现各占一半趋势,表明在非线性粘弹性区域研究污泥流变性并没有较大的意义,这是由于污泥溶液呈现出的液体性能和固体性能都在无规律地变化。

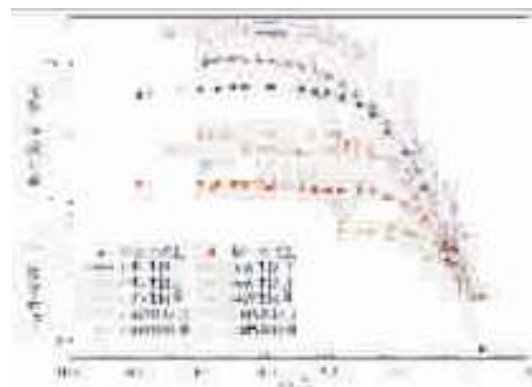


图 1 应变扫描(不同添加量 PAC)

2.2 频率扫描

频率扫描具有的优势在于操作简单,同时依据 Cox-Merz 关系,为后续利用频率扫描来测定流变性相关数据,而不用进行稳态剪切实验。图 2 为污泥流变性中的频率扫描,随着频率增加,污泥中弹性模量和粘性模量并没有较大的变化,这是由于污泥在这个范围内的频率扫描处在线性粘弹性区域。此外,从图 2 明显看出在频率扫描阶段,PAC 对污泥的粘性模量和弹性模量并没有较大的变化,而且 PAC 添加量对污泥溶液中粘性和弹性模量并没有较大的影响,这说明 PAC 添加量在低频率范围内,污泥的弹性模量和粘性模量与频率没有任何关系。然而,类似地,污泥中弹性模量仍然高于粘性模量,再次证明在此阶段污泥具有类固体的性能,即具有 Voigt 固体的较大一部分性能。

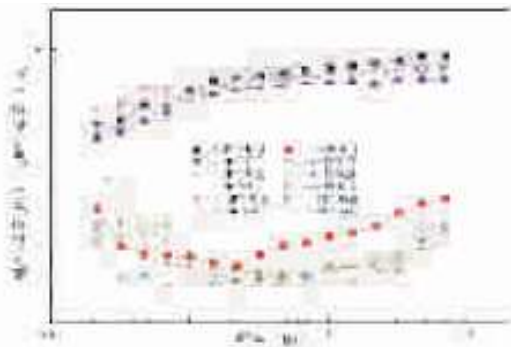


图2 频率扫描(不同添加量 PAC)

2.3 蠕变实验

污泥的蠕变回复实验结果在图3中给出,当前,大部分文献都集中于研究污泥蠕变实验,而对回复部分研究较少。在蠕变阶段,施加应力 0.02 Pa (线性粘弹性范围内),随着响应时间的增加(0 s 到 600 s),污泥絮体形变在逐渐增加,在响应时间 600 s 以后,污泥开始不受到恒定应力的影响,开始发生回复,在 600 s 的时候,污泥应变发生一个跳跃,应变瞬时移点,这是由于施加应力突然撤销的缘故。随着 PAC 添加量(小于 120 mg/g)增加,污泥整体呈现出应变增加的趋势,这是因为 PAC 的增加,使得污泥的粘性和弹性都增加,抵抗形变能力增强。但当 PAC 添加量进一步提高,污泥抵抗形变能力反而急剧下降,这是由于污泥溶液中絮体从开始饱和的稳定性向再一次的不稳定性过度,导致溶液中絮团重新恢复到不添加 PAC 的杂乱无序状态。

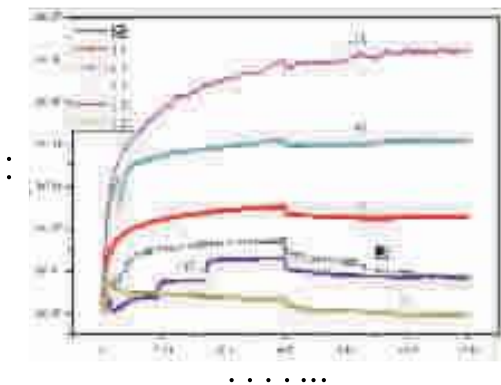


图3 蠕变回复实验(不同添加量 PAC)

3 结论

PAC 添加量对污泥溶液流变性实验分析得到如下结论:

(1) 应变扫描中,随着 PAC 添加量的增加,弹性模量和粘性模量都在增加,且在线性粘弹性区域,污泥呈现出 Voigt 固体的大部分性能。

(2) 在频率扫描中,污泥的弹性模量和粘性模量与 PAC 添加量没有较为明显的关系。

(3) 在蠕变回复实验中,污泥的应变随着 PAC 添加量的增加而增加,但当 PAC 添加量超过 100 mg/g 后,污泥由于失稳,抵抗形变能力急剧下降,甚至都没有原污泥溶液的抵抗变形性能强。

参考文献

- [1] Wei H, Ren J, Li A, et al. Sludge dewaterability of a starch-based flocculant and its combined usage with ferric chloride [J]. Chemical Engineering Journal, 2018, 349: 737-747.
- [2] Zhu C, Zhang P, Wang H, et al. Conditioning of sewage sludge via combined ultrasonication-flocculation-skeleton building to improve sludge dewaterability [J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2018, 40 (Pt A): 353-360.
- [3] Hong E, Yeneneh A M, Sen T K, et al. A comprehensive review on rheological studies of sludge from various sections of municipal wastewater treatment plants for enhancement of process performance [J]. Advances in Colloid and Interface Science, 2018, 257: 19-30.
- [4] Wei H, Gao B, Ren J, et al. Coagulation/flocculation in dewatering of sludge: A review [J]. Water research, 2018, 143: 608-631.
- [5] Lu Y, Zheng G, Wu W, et al. Significances of deflocculated sludge flocs as well as extracellular polymeric substances in influencing the compression dewatering of chemically acidified sludge [J]. Separation and Purification Technology, 2017, 176: 243-251.
- [6] Li X, Zheng H, Gao B, et al. UV-initiated polymerization of acid- and alkali-resistant cationic flocculant P(AM-MAPTAC): Synthesis, characterization, and application in sludge dewatering [J]. Separation and Purification Technology, 2017, 187: 244-254.
- [7] Yu S, Zhang G, Li J, et al. Effect of endogenous hydrolytic enzymes pretreatment on the anaerobic digestion of sludge [J]. Bioresource Technology, 2013, 146: 758-761.
- [8] Campbell H W, Crescuolo P J. The use of rheology for sludge characterization [J]. Wat Sci Tech, 1982, 14: 475-489.
- [9] Chaari F, Racineux G, Poitou A, et al. Rheological behavior of sewage sludge and strain-induced dewatering [J]. Rheol Acta, 2003, 42(3): 273-279.
- [10] Dieud-fauvel E, Van Damme H, Baudez J C. Improving rheological sludge characterization with electrical measurements [J]. Chemical Engineering Research and Design, 2009, 87(7): 982-986.
- [11] Farno E, Baudez J C, Eshtiaghi N. Comparison between classical Kelvin-Voigt and fractional derivative Kelvin-Voigt models in prediction of linear viscoelastic behaviour of waste activated sludge [J]. The Science of the Total Environment, 2018, 613-614: 1031-1036.
- [12] Zhao P, Ge S, Chen Z, et al. Study on pore characteristics of flocs and sludge dewaterability based on fractal methods (pore characteristics of flocs and sludge dewatering) [J]. Applied Thermal Engineering, 2013, 58(1-2): 217-223.
- [13] Feng G, Liu L, Tan W. Effect of Thermal Hydrolysis on Rheological Behavior of Municipal Sludge [J]. Industrial & Engineering Chemistry Research, 2014, 53(27): 85-92.
- [14] Eshtiaghi N, Markis F, Zain D, et al. Predicting the apparent viscosity and yield stress of digested and secondary sludge mixtures [J]. Water Research, 2016, 95: 159-164.