

污泥气浮浓缩过程中捕收剂的影响

崔志广, 孙体昌, 寇 珏, 孙卫娟

(北京科技大学 土木与环境工程学院, 北京, 100083)

摘 要: 研究添加捕收剂对城市污水处理过程产生的剩余污泥气浮浓缩的影响, 包括捕收剂的种类和用量、与聚丙烯酰胺的配合使用以及 pH 值等因素。结果表明: 对城市污水处理产生的剩余活性污泥, 添加捕收剂后能大幅缩短污泥浓缩时间, 同时降低浓缩污泥的含水率, 提高浓缩效果; 捕收剂 SESN 用量为 37.5 mg/L, 气浮 5 min 时, 污泥的含水率从平均 99.44% 降至 96.8%; 捕收剂 SEAN 的用量为 18.75 mg/L, 气浮 5 min 可使污泥含水率从 99.44% 降至 96.4%, 体积为浓缩前的 1/5; 而同样的污泥用重力浓缩 1 h 含水率仅能降到 98% 左右; 捕收剂与聚丙烯酰胺 (PAM) 配合使用可以提高气浮速度和出水水质。

关键词: 捕收剂; 剩余污泥; 气浮浓缩

中图分类号: X 703.1

文献标识码: A

Effect of collector on thickening of waste activated sludge from sewage treatment plant

CUI Zhi-guang, SUN Ti-chang, KOU Jue, SUN Wei-juan

(School of Civil and Environmental Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract: Several factors that influence the performance of air flotation thickening of waste activated sludge from sewage treatment plant were investigated. These factors include types and dosage of collecting reagents, pH value and concentration of polyacrylamide (PAM) used as flocculants. The results show that adding collectors can greatly decrease the air flotation time, reduce the moisture content of the thickened sludge and improve the thickening performance. Using the laboratory batch tester, when the dosage of collector (SESN) is 37.5 mg/L and the air floatation time is 5 min, the solids content of thickened activated sludge increases from 0.56% to 4.2%. When the dosage of SESN is 18.75 mg/L, the solids content of sludge increases from 0.56% to 3.6%, which means the volume of the sludge after thickening reduces to 1/5 of that of the original volume. In comparison, the solids content of sludge thickened by gravity sedimentation is only approximately 2%. Adding PAM along with collector can accelerate the air flotation speed and achieve better effluent quality.

Key words: flotation collector; waste activated sludge; air flotation thickening

随着城市污水处理率的不断提高, 水污染问题得到了一定控制, 但污泥产量随污水处理量的增不断增大^[1-2]。浓缩是减少污泥体积的重要步骤, 几乎所有的污泥在进一步脱水之前都需要经过浓缩, 如何浓缩污泥, 降低污泥的含水率, 减小污泥体积是污泥处理处置的关键环节^[3]。目前常用处理方法主要有重力浓缩、

气浮浓缩和机械浓缩^[4-5]。其中重力浓缩所需时间长, 且只能获得含固率为 2% 左右的浓缩污泥; 同时存在浓缩池构筑物体积大、容易发生厌氧反应而产生气味、发生释磷反应等缺点, 特别是当城市污水处理厂发生污泥膨胀时, 重力浓缩难以达到浓缩的目的^[6-7]。机械浓缩虽然可以取得较好的浓缩效果, 但是该方法的设

备复杂, 运行维修费用高, 能耗也较高, 且不适用于脱水性差的高活性污泥的浓缩^[8]。气浮浓缩有独特的优势, 国内外研究较多, 但研究内容大多针对溶气方式、气固比、溶气压力等运行参数以及刮泥方法等对浓缩效果的影响^[9-11]。目前在气浮浓缩过程中添加的药剂主要是水处理中常用的聚丙烯酰胺、聚铝和聚铁等^[12-13], 这类药剂的作用仅限于使污泥絮凝成为比较大的颗粒, 而对污泥表面的疏水性没有太大的改变。能否实现污泥气浮分离及效果好坏主要取决于污泥颗粒表面的疏水性, 其疏水性越强, 气浮效果就越好^[14-15]。本研究的目的是根据矿物浮选过程中捕收剂的应用原理, 在污泥中添加捕收剂使污泥表面疏水, 从而提高污泥气浮浓缩的效果, 扩大气浮浓缩的应用范围, 为污泥的高效浓缩提供新的手段。目前国内外尚未见类似的报道。

1 实验

1.1 实验原料

研究所用原料取自某大型城市污水处理厂的剩余活性污泥, 该厂的废水处理工艺是传统活性污泥法二级处理工艺, 取样点为回流污泥渠道。由于活性污泥极易变质, 实验室采取微曝气充氧、加冰块控制温度并每隔一定时间搅拌的方法, 使污泥的性质基本稳定。试样的主要性质见表1。

表1 研究用剩余活性污泥性质参数

Table 1 Characteristics of wasted activated sludge used in experiments

pH	MLSS/ (g·L ⁻¹)	TS/ (g·L ⁻¹)	SV/ %	Water content/ %	SVI/ (mL·g ⁻¹)
7.78	5.53	6.01	52.2	99.44	94.39

MLSS is mixture liquid suspended solid; TS is total solid; SV is sludge volume ratio; SVI is sludge volume index.

从表 1 可以看出, 污泥偏碱性, 浓度较高, 沉降 30 min 污泥的沉降比为 52.2%, 经重力浓缩后水的回收率为 47.8%, 即重力浓缩后污泥的体积约为原污泥体积的一半, 使用重力浓缩的效果一般。

1.2 实验方法

气浮法实验装置如图 1 所示^[16-17]。压缩空气由空气压缩机产生, 其压力可通过压力表读出, 由压力调节阀门控制压力。气体流量通过流量计得出, 压缩空

气在经 G5 的砂芯漏斗的微孔后会被分割成细小的气泡进入有机玻璃气浮柱内, 并在其内完成气浮浓缩过程。实验过程是在试样中加入不同种类和用量的捕收剂进行气浮浓缩, 通过考察不同条件下经气浮浓缩后污泥的含水率和水回收率来评价气浮浓缩效果。所用药剂均为分析纯, 实验考察条件包括捕收剂的用量、pH 值、絮凝剂与捕收剂的配合使用、气浮时间和加药顺序等。

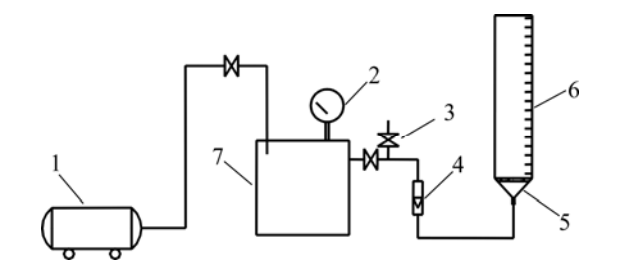


图 1 气浮实验装置示意图
Fig.1 Schematic diagram of flotation apparatus: 1—Air compressor; 2—Pressure manometer; 3—Triple valves; 4—Gas flowmeter; 5—Fritted G5 glass funnel with mean porosity of 4~6 μm; 6—Flotation column; 7—Air reservoir

实验过程如下: 用量筒量取 400 mL 污泥, 加入一定量药剂后搅拌均匀, 倒入有机玻璃气浮柱内, 然后调节压力调节阀, 使压力保持在 0.25 MPa, 充气时间为 5 min, 停止充气后静置 5~8 min, 将气浮柱上部的浓缩污泥取出并测定其含水率, 通过气浮柱上刻度读取下层澄清水的体积。

1.3 评价指标及其测定方法

浓缩效果主要通过浓缩污泥的含水率、污泥浓缩后水回收率评价。浓缩污泥的含水率(以下简称含水率, w)即气浮浓缩后污泥中水的质量分数。测定方法是取出上层浓缩污泥并称量湿质量 m_1 , 然后倒入布氏漏斗中进行真空过滤, 过滤后的污泥在 105 °C 下烘干至质量恒定, 称干污泥质量 m_2 , 则含水率为

$$w=(m_1-m_2)/m_1\times100\%$$

污泥浓缩后水的回收率(以下简称水回收率, φ), 即气浮完成后得到的下层清水的体积占气浮浓缩前污泥总体积的百分比。

2 结果与讨论

2.1 捕收剂种类和用量的影响

所选捕收剂为不同碳链长度的阴离子捕收剂(碳

链长度由低到高的顺序为: XNSN<GUSN<SESN<YUSN)和阳离子捕收剂(SEAN 的碳链和 SESN 的相同)。不同药剂、不同用量对污泥含水率的影响规律如图 2 所示。

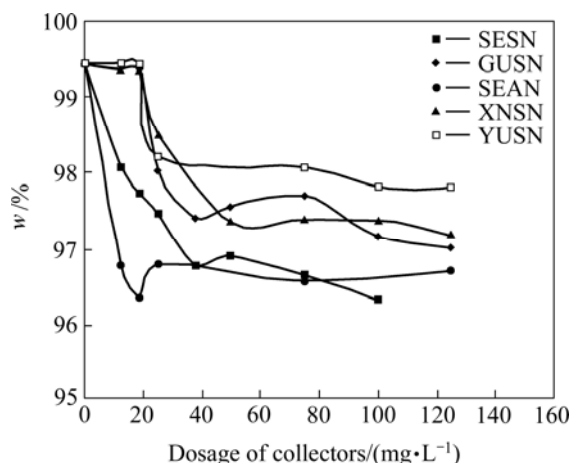


图 2 捕收剂种类和用量对浓缩污泥含水率(w)的影响

Fig.2 Effects of collectors and dosages on water content of thickened sludge

从图 2 可以看出,在不加捕收剂的情况下进行气浮时,污泥不随气泡上浮,没有浓缩效果。随着捕收剂用量的增加,污泥含水率逐步降低。不同捕收剂对污泥气浮浓缩后含水率的影响趋势相似,即随着阴离子捕收剂用量的加大,污泥含水率先逐渐降低然后趋于稳定。不同碳链长度的捕收剂对污泥浓缩效果不同,随着碳链长度的增加,浓缩污泥含水率先降低后增加,捕收剂 SESN 效果最佳,当其用量为 37.5 mg/L 时,浓缩污泥含水率即可达到 96.8%。阳离子捕收剂 SEAN 在用量为 18.75 mg/L 时,污泥含水率达到 96.4%。

捕收剂种类和用量对水回收率的影响如图 3 所示。由图可知,随着捕收剂用量的增加,水回收率逐

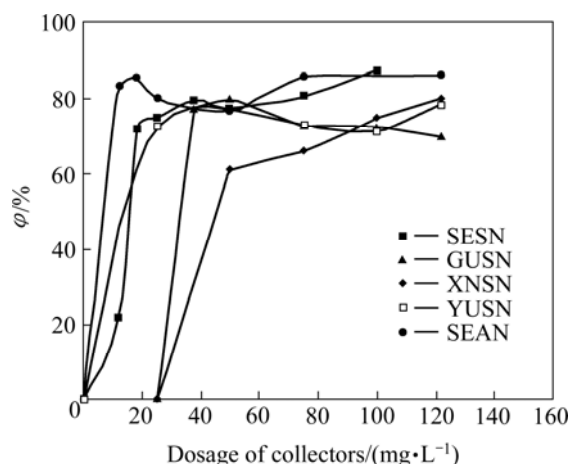


图 3 捕收剂种类和用量对水回收率的影响

Fig.3 Effects of collectors and dosages on water recovery

渐增加。不同种类捕收剂对水回收率的影响趋势相似,即随着捕收剂用量的加大,水回收率先急剧增加然后趋于不变。不同碳链长度的捕收剂对污泥浓缩效果不同,在低于 25 mg/L 时,短碳链长度的捕收剂 XNSN、GUSN 基本无浓缩效果,水回收率为 0,随着碳链长度的增加水回收率先增加后降低,捕收剂 SESN 的浓缩效果最佳。SESN 用量为 37.5 mg/L 时水回收率达到 80%。阳离子捕收剂 SEAN 在用量 18.75 mg/L 时水回收率达到 83%。从实验现象看使用 SESN 及 SEAN 回收后水的浊度接近自来水。

2.2 pH 值对气浮的影响

不同 pH 值对污泥表面的性质有很大影响,因此在 pH 值 2~12 范围考察了 pH 值对污泥气浮浓缩效果的影响。

SESN 用量为 37.5 mg/L 时, pH 值对 SESN 气浮效果影响如图 4 所示。试样的 pH 值为 7.78,用 NaOH 将 pH 值调节为碱性, pH 值在 8 到 12 之间变化时,气浮效果逐渐下降。在 pH 值为 11 时,虽然有浓缩效果,但浓缩后水很浑浊。在 pH 值为 12 时,气浮 10 min 后基本没有污泥上浮,气浮时只有大量的白色泡沫上浮。在相同条件下用 H_2SO_4 将污泥的 pH 值调至酸性,实验显示,气浮效果随 pH 值的变化关系比较复杂,在 pH 值 4~5.5 时,气浮效果先变差,界面分层不清晰,水回收率基本为零; pH 值调至 2~3 气浮效果又转好,污泥能够快速分层且含水率降低、水回收率升高。因此采用 SESN 气浮浓缩污泥时较佳的 pH 值范围是 6~10 或 2~3。

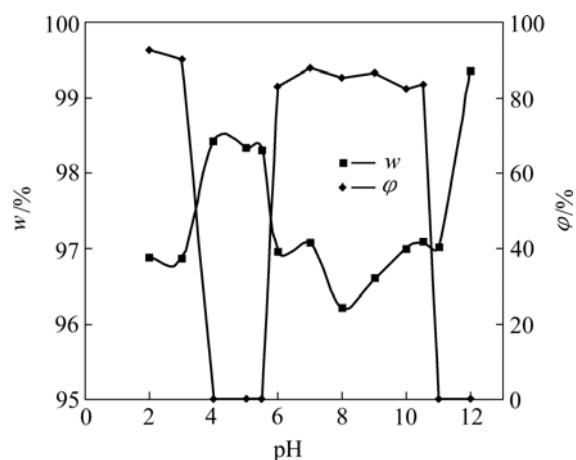


图 4 以 SESN 为捕收剂时 pH 值对气浮效果的影响

Fig.4 Effects of pH value on flotation result with SESN as collector

SEAN 用量为 18.75 mg/L 时, pH 值对 SEAN 气浮效果的影响如图 5 所示。由图 5 可知, SEAN 受 pH 值的影响较 SESN 小, 在 pH 值为 2~10 时, 浓缩污泥含水率都低于 97%, 水回收率高于 80%, 在 pH 值大于 11 的强碱性条件下, 气浮效果受到明显影响, 基本没有浓缩效果。

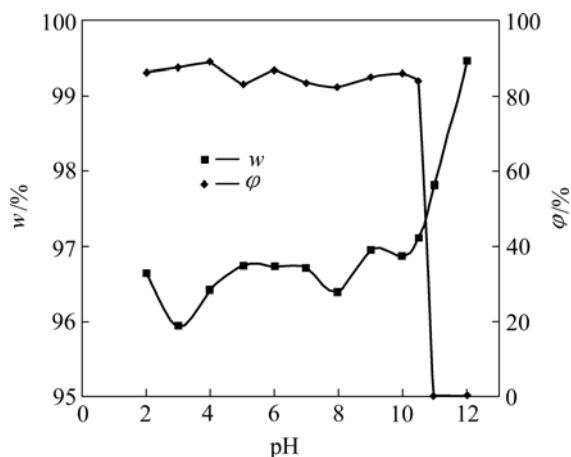


图 5 以 SEAN 为捕收剂时 pH 值对气浮效果的影响

Fig.5 Effects of pH on flotation result with SEAN as collector

2.3 气浮和沉降浓缩效果比较实验

目前常用的促进污泥沉降的方法是添加高分子絮凝剂, 一般采取添加聚丙烯酰胺(PAM)。实验取 400 mL 污泥在量筒中自然沉降 30 min, 澄清水体积为 192 mL; 取 400 mL 污泥, 加不同用量的 PAM, 自然沉降 45 min, 澄清水体积均小于 70%, 再延长沉降时间, 澄清水体积也没有明显变化。当在 400 mL 污泥中加入阴离子捕收剂 SESN 37.5 mg/L 时, 气浮 5 min 后水回收率即可达到 80%, 或加入阳离子捕收剂 SEAN 18.75 mg/L 时, 气浮 5 min 后水回收率便可达到 83%。

2.4 PAM 与捕收剂配合使用对气浮效果的影响

当同时添加 PAM 和捕收剂时, 400 mL 污泥中先加入 25 mg/L PAM, 再加入不同量的 SEAN 搅拌均匀后进行气浮, 浓缩污泥含水率和不添加 PAM 时基本一样, 维持在 96.4% 左右, 水回收率维持在 83% 左右。当在 400 mL 原泥中添加 18.75 mg/L 的 SEAN 若干, 再加入不同量的 PAM 搅拌均匀后进行气浮时, 当 PAM 用量小于 50 mg/L 时, 气浮效果和先加 PAM 时一样, 当 PAM 用量大于 50 mg/L 时, 气浮效果逐渐变差。PAM 用量大于 70 mg/L 时污泥不能气浮。加入 PAM 后气浮速度明显加快, 相同条件下加入 PAM 后气浮 2 min 即可达到原来气浮 5 min 时的最佳效果。

3 结论

1) 添加捕收剂能够气浮浓缩城市污水处理产生的剩余活性污泥。不同的捕收剂对于城市污水处理厂剩余活性污泥气浮浓缩的影响效果不同, 但变化规律相似, 随着阴离子捕收剂碳链的长度增加, 气浮浓缩效果先变好再变差, 其中 SESN 的气浮效果最佳。SESN 用量为 37.5 mg/L, 气浮 5min 浓缩污泥含水率即可达到 96.8%, 水回收率达到 80%; 阳离子捕收剂 SEAN 与相同碳链长度的阴离子捕收剂 SESN 的气浮效果相似, 用量为 18.75 mg/L 时, 浓缩污泥含水率最低, 为 96.4%, 水回收率为 83%。

2) pH 值对气浮浓缩效果的影响比较复杂, 且不同捕收剂时影响规律不同。SEAN 为捕收剂时, pH 值在 6~10 及 2~3 范围内对与剩余污泥气浮浓缩有明显作用, 其他 pH 值时无明显影响。SESN 为捕收剂时受 pH 值的影响较小, pH 值为 2~10 时对剩余污泥气浮浓缩有明显作用。

3) 城市污泥气浮浓缩时添加 PAM 与捕收剂配合使用可以提高污泥气浮的浓缩速度, 但不能降低浓缩后污泥的含水率。

4) 采用添加捕收剂气浮浓缩城市污水处理厂剩余活性污泥的效果优于重力沉降法, 具有占地面积小, 处理时间短, 适用的 pH 值范围宽等特点, 同时可以克服重力沉降过程中所产生的污泥腐败问题, 是一项很有应用前景的污泥浓缩新方法。

REFERENCES

- [1] 唐小辉, 赵 力. 污泥处置国内外进展[J]. 环境科学与管理, 2005, 30(3): 68-70.
TANG Xiao-hui, ZHAO Li. The development of sludge disposal strategy[J]. Environmental Science and Management, 2005, 30(3): 68-70.
- [2] 姜泳文. 城市污水处理厂污泥的管道运输[J]. 冶金矿山设计与建设, 2000, 32(2): 32-36.
JIANG Yong-wen. Pipeline transportation for sludge in city's waste water treatment plant[J]. Metal Mine Design & Construction, 2000, 32(2): 32-36.
- [3] 田 禹, 王 宁. 冻结融化法对大豆类食品污水污泥脱水性能的影响及应用研究[J]. 环境工程, 2004, 22(4): 9-13.
TIAN Yu, WANG Ning. Influence of freezing-thawing treatment on dewaterability of sludge from bean food sewage and its application[J]. Environmental Engineering, 2004, 22(4): 9-13.
- [4] 符艳妍, 崔振强, 朗咸明. 剩余污泥的处理及综合利用[J]. 有

- 色矿冶, 2004, 20(2): 45-46.
- FU Yan-yan, CUI Zhen-qiang, LANG Xian-ming. The treatment and comprehensive utilization of surplus sludge[J]. Non-ferrous Mining and Metallurgy, 2004, 20(2): 45-46.
- [5] Haarhoff J, Lucas R J. Design parameters for dissolved air flotation in South Africa[J]. Wat Sci Technol, 1995, 31(3/4): 203-212.
- [6] 唐受印, 汪大翠. 废水处理工程[M]. 北京: 化学工业出版社, 1998: 314-318.
- TANG Shou-yin, WANG Da-cui. Wasterwater treatment project[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 1998: 314-318.
- [7] 何群彪, 高廷耀. 剩余活性污泥气浮浓缩技术研究[J]. 同济大学学报, 1995, 23(4): 417-420.
- HE Qun-biao, GAO Ting-yao. Study on the thickening technique for waste activated sludge by means of air flotation unit[J]. Journal of Tongji University, 1995, 23(4): 417-420.
- [8] 增科, 李平先, 李杉, 卜秋平. 城市污水厂污泥浓缩新技术的应用[J]. 安全与环境学报, 2002(2): 57-58.
- ZENG Ke, LI Ping-xian, LI Shan, BU Qiu-ping. Application of the new sludge thickening technology in municipal sewage-disposal plant[J]. Journal of Safety and Environment, 2002(2): 57-58.
- [9] 张爱华, 伍跃辉. 螺压机在城市污水处理中污泥浓缩、脱水的研究与应用[J]. 北方环境, 2004, 29(6): 29-30.
- ZHANG Ai-hua, WU Yue-hui. Feasibility study of thickening waste active sludge by screw air-boost compressor[J]. North Environment, 2004, 29(6): 29-30.
- [10] Chung H, Kim D Y. Significance of pressure and recirculation in sludge thickening by dissolved air flotation[J]. Wat Sci Technol, 36(12): 223-230.
- [11] Offringa G. Dissolved air flotation in Southern Africa[J]. Wat Sci Technol, 31(3/4): 159-172.
- [12] Haarhoff J, Lucas R J. Design parameters for dissolved air flotation in South Africa[J]. Wat Sci Technol, 1995, 31(3/4): 203-212.
- [13] Arora H, DeWolfe J R. Evaluation of dissolved air flotation process for water clarification and sludge thickening[J]. Wat Sci Technol, 31(3/4): 137-147.
- [14] 寇珏, 孙体昌, 崔志广. 剩余活性污泥气浮浓缩新药剂的研究[J]. 环境工程, 2005, 6(增刊): 558-561.
- KOU Jue, SUN Ti-chang, CUI Zhi-guang. A new reagent used for waste activated sludge thickening by air flotation[J]. Environmental Engineering, 2005, 6(Supple): 558-561.
- [15] 崔志广, 孙体昌, 寇珏, 陈雷. 气浮法浓缩城市污水处理厂剩余污泥的研究[C]//中国有色金属学会第六届学术年会论文集, 北京, 2006: 30-34.
- CUI Zhi-guang, SUN Ti-chang, KOU Jue, CHEN Lei. Study on the thickening of wasted sludge from municipal wastewater treatment plant by air flotation[C]//The 6th Annual Academic of China Nonferrous Metals, Beijing, 2006: 30-34.
- [16] 孙体昌, 崔志广, 黄国忠, 李维, 常江, 江冠男. 用沉淀气浮法从回流液中回收氨氮和磷的研究[J]. 工业水处理, 2005(3): 45-48.
- SUN Ti-chang, CUI Zhi-guang, HUANG Guo-zhong, LI Wei, CHANG Jiang, JIANG Guan-nan. Recovery of ammonia nitrogen and phosphorus from return flow by precipitation-flotation[J]. Industrial Water Treatment, 2005(3): 45-48.
- [17] 崔志广, 孙体昌, 邹安华, 王丽娟, 李定一. 用沉淀气浮法回收化肥厂废水中氨氮及机理研究[J]. 工业水处理, 2005(12): 40-43.
- CUI Zhi-guang, SUN Ti-chang, ZOU An-hua, WANG Li-juan, LI Ding-yi. Reclamation of ammonia nitrogen in fertilizer plant wastewater by using precipitation-air-flotation and its mechanism[J]. Industrial Water Treatment, 2005(12): 40-43.

(编辑 龙怀中)