

污泥淤沙分离器工作压力对分离分流污泥性质的影响

范剑平¹, 吉芳英¹, 晏鹏², 颜达超¹

(1. 重庆大学 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400045; 2. 中国科学院 重庆绿色智能技术研究院, 重庆 400714)

摘要: 针对氧化沟等不设置初沉池或超越初沉池的污水处理系统, 研发污泥淤沙分离技术已成为提升活性污泥 MLVSS/MLSS 值的新技术思路。工作压力反映污泥淤沙分离器的运行能耗, 研究了工作压力对分离分流污泥性质及分离性能的影响, 以期通过工作压力的优化, 实现节能模式下污泥淤沙分离系统的高效运行。结果表明: 工作压力为 0.05~0.2 MPa 时, 工作压力对分离分流污泥性质影响显著, 分离器的分离度(溢流污泥的 MLVSS/MLSS 值与底流污泥的 MLVSS/MLSS 值之比)与工作压力呈线性增大关系; 工作压力为 0.2~0.4 MPa 时, 分离分流污泥性质及分离度变化较小。因此, 工作压力应控制为 0.2 MPa。在此条件下, 与进料污泥相比, 溢流污泥的 MLVSS/MLSS 值增加了 13.8%、底流污泥的 MLVSS/MLSS 值减小了 31.5%, 分离度为 1.66, 表明活性污泥中的生物有机质在溢流污泥中富集, 细微泥沙在底流污泥中富集; 底流污泥的 MLSS 增加了 1.73 倍, SVI、CST 分别减小了 66.9%、48.3%, 表明底流污泥浓缩效果显著, 且沉降性能、脱水性能大幅提升。

关键词: 污泥淤沙分离器; 工作压力; 活性污泥; 细微泥沙; 污泥性质; 沉砂池; 初沉池

中图分类号: X703 文献标识码: C 文章编号: 1000-4602(2017)01-0121-05

Effect of Working Pressure of Sludge-grit Separator on Properties of Separated Sludge

FAN Jian-ping¹, JI Fang-ying¹, YAN Peng², YAN Da-chao¹

(1. Key Laboratory of Three Gorges Reservoir Region's Eco-Environment <Ministry of Education>, Chongqing University, Chongqing 400045, China; 2. Chongqing Institute of Green and Intelligent Technology, Chinese Academy of Sciences, Chongqing 400714, China)

Abstract: For wastewater treatment systems which do not have the primary settling tanks (PSTs), such as the oxidation ditch, or omit the PSTs in operation, developing fine grit/activated sludge separation technology has become a new technical route to improve MLVSS/MLSS value of activated sludge. As the working pressure reflected the energy consumption of sludge-grit separator directly, the effects of the working pressure of sludge-grit separator on the properties of separated sludge and performance of the separator were investigated to optimize the working pressure and achieve the efficient operation of sludge-grit separation system with energy saving. The results showed that the working pressure of 0.05 MPa to 0.2

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2013ZX07314-001-002); 高等学校学科创新引智计划项目(B13041)

通信作者: 吉芳英 E-mail: jfy@cqu.edu.cn

MPa had significant effect on properties of separated sludge, and the separation degree of sludge-grit separator defined as the ratio of overflow sludge MLVSS/MLSS value to underflow sludge MLVSS/MLSS value was increased linearly with the working pressure. With the working pressure of 0.2 MPa to 0.4 MPa, the properties of separated sludge and the separation degree of separator were less influenced. Therefore, the working pressure should be controlled at 0.2 MPa. Under this condition, compared with that of feed sludge, MLVSS/MLSS value of overflow sludge raised by 13.8%, MLVSS/MLSS value of underflow sludge decreased by 31.5%, and the separation degree was 1.66, which indicated that biomass was collected in overflow sludge and fine grit was collected in underflow sludge. Moreover, compared with those of feed sludge, MLSS of underflow sludge increased by 1.73 times, and SVI and CST decreased by 66.9% and 48.3%, respectively, which showed that the thickening effect of underflow sludge was obvious, and the settleability and dewaterability of underflow sludge were improved significantly.

Key words: sludge-grit separator; working pressure; activated sludge; fine grit; sludge properties; grit chamber; primary settling tank

目前,我国城镇污水厂大多采用不设初沉池的氧化沟或SBR工艺^[1],而即使采用了设置初沉池的工艺,也常为了保证污水生物脱氮除磷具有充足的碳源,采取了超越初沉池的运行模式^[2],使原本应在初沉池被去除的细微泥沙(粒径 $<200\ \mu\text{m}$)进入了生化单元。细微泥沙进入生化池后,粒径 $>73\ \mu\text{m}$ 的细微泥沙主要沉积在生化池底部,粒径 $\leq 73\ \mu\text{m}$ 的细微泥沙易悬浮于污泥混合液中,导致活性污泥的MLVSS/MLSS值下降^[3]。近年来,我国城镇污水厂的运行实践表明,活性污泥的MLVSS/MLSS值普遍较低,通常只有0.3~0.5,甚至低至0.2^[4];污泥含沙率高,加速了污水处理设备的磨损,造成剩余污泥厌氧消化产气量低^[5],污泥焚烧成本高^[6],制约了剩余污泥的处理处置。因此,如何实现粒径 $<200\ \mu\text{m}$ 的细微泥沙的有效去除已成为污水处理系统亟待解决的问题。

研究表明,沉砂池强化除砂技术虽然可以实现对粒径 $>100\ \mu\text{m}$ 细微泥沙的有效去除^[7],但粒径 $<100\ \mu\text{m}$ 的细微泥沙仍将进入生化池并导致活性污泥的MLVSS/MLSS值降低。为此研发活性污泥中细微泥沙分离去除技术,已成为提升活性污泥MLVSS/MLSS值的新技术思路。课题组前期根据水力旋流器的基本原理,自主研发了“一种适用于去除污水处理厂活性污泥中淤沙的分离器”(发明专利:ZL201110159013.X)^[8],实现了活性污泥中细微泥沙与生物有机质的分离分流,提高了活性污泥的MLVSS/MLSS值^[9]。由于污泥淤沙分离器内部无运动部件,其能耗为分离过程中的压力损失,因此工

作压力直接反映其运行能耗,工作压力越大,分离器的能耗越高。笔者重点研究污泥淤沙分离器工作压力对分离分流污泥性质及分离性能的影响,以期通过工作压力的优化,实现节能模式下污水厂污泥淤沙分离系统的高效运行。

1 材料与方法

1.1 试验系统与运行方式

试验污水厂为重庆市某污水厂,该厂采用Orbal氧化沟工艺,设计处理能力为 $5\times 10^4\ \text{m}^3/\text{d}$,采用旋流沉砂池,该厂取消了初沉池。污水厂污泥淤沙分离系统如图1所示,其核心设备为自主研发的污泥淤沙分离器。

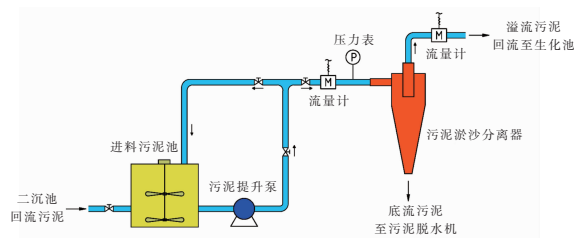


图1 污水厂污泥淤沙分离系统

Fig.1 Sludge-grit separation system in wastewater treatment plants

试验时,先将污水厂二沉池回流污泥泵入带搅拌器的进料污泥池,随后启动污泥提升泵,进料污泥通过分离器后被分离分流为底流污泥和溢流污泥,底流污泥输送至污泥脱水机进行脱水,溢流污泥回流至污水厂生化池。试验过程中采集进料污泥、底流污泥和溢流污泥,并记录进料污泥、溢流污泥流量。为了研究分离器工作压力影响,通过调节阀

门控制污泥混合液进入分离器的压力,获取了工作压力介于0.05~0.4 MPa的8组试验。

1.2 检测项目与方法

检测项目包括:进料污泥、底流污泥、溢流污泥的MLSS、MLVSS、SVI、污泥毛细吸水时间(CST)。MLSS、MLVSS、SVI的测试按照《水和废水监测分析方法》(第4版)执行;CST的测定方法:采用英国CST测定仪(Triton, Mode304 M)测定,再将所得值除以污泥浓度,消除污泥浓度对CST的影响,得到标准化CST(s·L/gSS)。

2 结果与讨论

2.1 对分离分流污泥浓度 MLSS 的影响

工作压力对分离分流污泥浓度 MLSS 的影响如图2所示。可以看出,工作压力为0.05 MPa时,分离分流污泥的 MLSS 差异较小;工作压力>0.05 MPa时,与进料污泥相比,底流污泥的 MLSS 增大,溢流污泥的 MLSS 减小。随着工作压力的增大,底流污泥的 MLSS 呈增大趋势($y = 12.11 \times \ln x + 49.26, R^2 = 0.987$)。其中,工作压力从0.05 MPa提高至0.2 MPa时,底流污泥的 MLSS 大幅增加($y = 121.76x + 7.48, R^2 = 0.993$),0.2 MPa时底流污泥的 MLSS 比进料污泥的增加了1.73倍,底流污泥浓缩效果显著;工作压力从0.2 MPa提高至0.4 MPa时,底流污泥 MLSS 的增加幅度减缓($y = 27.72x + 26.23, R^2 = 0.952$),0.4 MPa时底流污泥的 MLSS 仅比0.2 MPa时增加了17.8%。

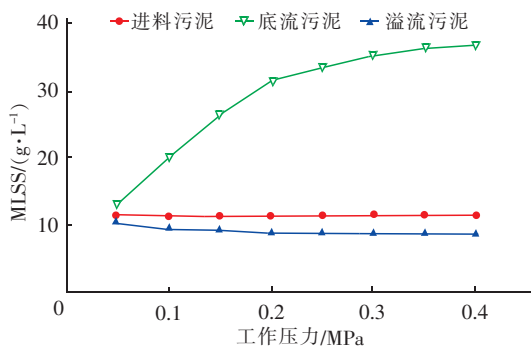


图2 工作压力对分离分流污泥 MLSS 的影响

Fig.2 Effects of work pressure on MLSS of separated sludge

值得注意的是,虽然工作压力增大,溢流污泥的 MLSS 呈减小趋势($y = 7.83 - 0.8 \times \ln x, R^2 = 0.856$),但其减小量大幅小于底流污泥 MLSS 的增大量,究其原因,是工作压力越大,污泥淤沙分离器的分流比 β [见式(1)]越小,分流比与工作压力呈显

著的相关关系[$y = 0.03 - 0.05 \times \ln(x - 0.048), R^2 = 0.974$]。用污泥量分配比 r [见式(2)]探讨污泥量在底流污泥和溢流污泥中的分配关系。结果表明,工作压力从0.05 MPa增大至0.15 MPa时,污泥量分配比大幅降低($y = 0.72 - 1.94x, R^2 = 0.998$),但工作压力为0.15~0.4 MPa时,污泥量分配比基本维持不变。

$$\beta = Q_u / Q_i = (Q_i - Q_o) / Q_i \quad (1)$$

$$r = X_{ss-u} \times Q_u / (X_{ss-o} \times Q_o) \quad (2)$$

式中, Q_i 、 Q_u 、 Q_o 分别为进料污泥、底流污泥、溢流污泥的流量; X_{ss-u} 、 X_{ss-o} 分别为底流污泥、溢流污泥的 MLSS 浓度。

2.2 对分离分流污泥 MLVSS/MLSS 值的影响

工作压力对分离分流污泥 MLVSS/MLSS 值的影响如图3所示。

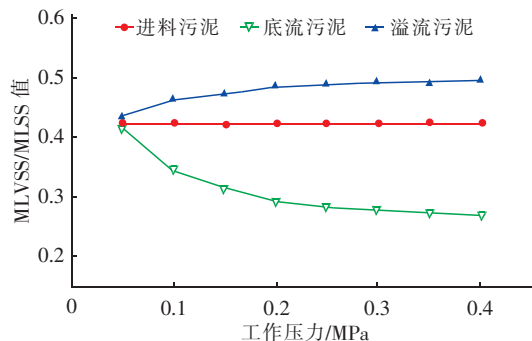


图3 工作压力对分离分流污泥 MLVSS/MLSS 值的影响

Fig.3 Effects of work pressure on MLVSS/MLSS of separated sludge

由图3可以看出,与进料污泥相比,溢流污泥的 MLVSS/MLSS 值增大、底流污泥的 MLVSS/MLSS 值减小,两者均与工作压力呈显著的相关关系,其关系式分别为 $y = 0.028 \times \ln x + 0.525 (R^2 = 0.970)$ 、 $y = 0.196 - 0.068 \times \ln x (R^2 = 0.958)$ 。其中,工作压力为0.05~0.2 MPa时,溢流污泥、底流污泥的 MLVSS/MLSS 值变化相对较显著;工作压力为0.2~0.4 MPa时,溢流污泥、底流污泥的 MLVSS/MLSS 值变化较小。当工作压力为0.2 MPa时,溢流污泥的 MLVSS/MLSS 值比进料污泥的增加了13.8%,底流污泥的 MLVSS/MLSS 值比进料污泥减小31.5%,表明活性污泥中的生物有机质在溢流污泥中富集,细微泥沙在底流污泥中富集。由于溢流污泥回流至生化池,因此生化池活性污泥的 MLVSS/MLSS 值将提高,污泥的含沙率将减小,从而提升单位质量污泥

的活性,降低细微泥沙对污水处理设备的磨损,有利于剩余污泥的处理处置。

结合工作压力对分离分流污泥 MLSS、MLVSS/MLSS 值、分离器分流比的影响,可计算分离器的分离度 α [见式(3)] 和除沙效率 η [见式(4)],结果如图4所示。可以看出,工作压力对分离器除沙效率的影响较小,但对分离度的影响显著。工作压力为 0.05~0.2 MPa 时,随着工作压力的增大,分离度大幅提高,分离度与工作压力呈显著的线性相关关系 ($y = 3.96x + 0.89, R^2 = 0.979$);工作压力为 0.2~0.4 MPa 时,分离度与工作压力的相关关系为 $y = 0.89x + 1.49 (R^2 = 0.979)$,分离度的增幅变小。

$$\alpha = f_o / f_u \quad (3)$$

$$\eta = \beta \times X_{SS-u} \times (1 - f_u) / [X_{SS-i} \times (1 - f_i)] \quad (4)$$

式中, f_o 、 f_u 分别为溢流污泥、底流污泥的 MLVSS/MLSS 值; X_{SS-i} 、 f_i 分别为进料污泥的 MLSS、MLVSS/MLSS 值。

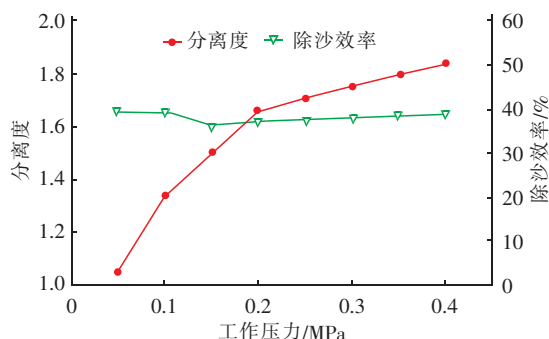


图4 工作压力对分离度和除沙效率的影响

Fig.4 Effects of work pressure on separation degree and grit removal efficiency

2.3 对分离分流污泥SVI与CST的影响

与进料污泥相比,底流污泥的 SVI、CST 减小,溢流污泥的 SVI、CST 增大。工作压力从 0.05 MPa 增大到 0.2 MPa 时,底流污泥、溢流污泥的 SVI、CST 变化显著,工作压力从 0.2 MPa 增大到 0.4 MPa 时变化较小。当工作压力为 0.2 MPa 时,底流污泥的 SVI、CST 分别为 18.29 mL/g、1.63 s · L/gSS,与进料污泥相比,分别减小了 66.9%、48.3%,表明底流污泥沉降性能、脱水性能大幅提升,有利于底流污泥的处理处置;0.2 MPa 时溢流污泥的 SVI 为 81.76 mL/g,与进料污泥相比虽然增大了 32.5%,但仍介于 50~150 mL/g,表明溢流污泥沉降性能良好^[10],溢流污泥回流至生化池不会造成生化池活性污泥沉降

性能的恶化。

进一步分析可知,工作压力对分离分流污泥 SVI 与 CST 的影响规律,与工作压力对分离分流污泥 MLVSS/MLSS 值的影响规律相似。分析分离分流污泥 SVI、CST 与 MLVSS/MLSS 值的关系发现,SVI、CST 均与 MLVSS/MLSS 值呈显著的线性相关性,其关系式分别为 $y = 321.08x - 74.92 (R^2 = 0.989)$ 、 $y = 6.80x - 1.06 (R^2 = 0.994)$ 。

综合分析工作压力对分离分流污泥性质及分离器性能的影响可知,工作压力从 0.05 MPa 增大到 0.2 MPa 时,分离分流污泥的性质变化显著,分离器的分离度大幅增加;工作压力从 0.2 MPa 增大到 0.4 MPa 时,分离分流污泥性质与分离器的分离度变化较小。由于工作压力越大,分离器的运行能耗越高,因此本研究认为分离器的工作压力控制为 0.2 MPa,可实现节能模式下污水厂污泥淤沙分离系统的高效运行。

3 结论

① 工作压力为 0.05~0.2 MPa 时,工作压力对分离分流污泥性质的影响显著,污泥淤沙分离器的分离度与工作压力呈显著的线性增加关系 ($y = 3.96x + 0.89$);工作压力为 0.2~0.4 MPa 时,分离分流污泥性质与分离器的分离度变化较小。

② 分离器的工作压力控制为 0.2 MPa,可实现节能模式下污水厂污泥淤沙分离系统的高效运行。在此条件下,与进料污泥相比,溢流污泥的 MLVSS/MLSS 值增加了 13.8%、底流污泥的 MLVSS/MLSS 值减小了 31.5%,分离度为 1.66,表明活性污泥中的生物有机质在溢流污泥中富集,细微泥沙在底流污泥中富集;底流污泥的 MLSS 增加了 1.73 倍,SVI、CST 分别减小了 66.9%、48.3%,表明底流污泥的浓缩效果显著,且沉降性能、脱水性能大幅提升,有利于底流污泥的处理处置;溢流污泥的 SVI 介于 50~150 mL/g,污泥沉降性能良好,溢流污泥回流至生化池不会造成生化池活性污泥沉降性能的恶化。

③ 分离分流污泥 SVI、CST 均与其 MLVSS/MLSS 值呈显著的线性相关关系,其关系式分别为 $y = 321.08x - 74.92$ 、 $y = 6.80x - 1.06$ 。

参考文献:

[1] 付国楷,喻晓琴,张春玲,等. 三峡库区城市污水处理

- 厂工艺特征分析[J]. 环境工程学报,2014,8(10): 4141-4146.
- [2] 刘礼祥,张金松,施汉昌,等. 城市污水处理厂全流程节能降耗优化运行策略[J]. 中国给水排水,2009,25(16):11-15.
- [3] He L, Ji F Y, He X L, *et al.* Validation of accumulation models for inorganic suspended solids of different particle size in an activated sludge system[J]. Bioresour Technol, 2013, 149(4): 51-57.
- [4] 韦启信,郑兴灿. 污水悬浮固体组分对活性污泥产率的影响及计算方法[J]. 中国给水排水,2013,29(18):1-6.
- [5] Yang G, Zhang G, Wang H. Current state of sludge production, management, treatment and disposal in China [J]. Water Res, 2015, 78: 60-73.
- [6] 邱锐. 深圳市污泥干化焚烧工艺运行成本分析[J]. 给水排水,2014,40(8):30-32.
- [7] 王淦,叶勇,张辉,等. 新型旋流沉砂池的除砂率数值模拟[J]. 中国给水排水,2013,29(9):92-95.
- [8] 吉芳英,胡学斌,宗述安,等. 一种适用于去除污水处理厂活性污泥中淤沙的分离器[P]. 中国专利: ZL201110159013. X, 2013-06-05.

- [9] 吉芳英,晏鹏,宗述安,等. 污泥淤沙分离器的分离效能及影响因素[J]. 同济大学学报:自然科学版, 2013,41(3):428-432.
- [10] 罗固源. 水污染控制工程[M]. 北京:高等教育出版社,2006.



作者简介:范剑平(1988-),男,四川泸州人,博士研究生,主要从事污水处理技术研究,长期参与国家水体污染控制与治理科技重大专项研究。

E-mail:734489085@qq.com

收稿日期:2016-07-12

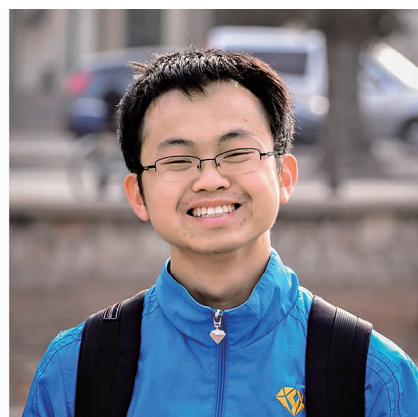
(上接第120页)

提高了11.5%~17.8%,对COD的去除率提高了30.0%~60.1%,微滤膜反洗恢复率提高了9.4%~17.4%。

参考文献:

- [1] 于德森,马军,白宇,等. 高锰酸盐复合药剂强化混凝改善再生水景观湖水质研究[J]. 环境工程学报, 2010,4(8):1837-1840.
- [2] 罗岳平,邱振华,李宁,等. 高锰酸钾在给水处理中的应用分析[J]. 中国给水排水,2001,17(11):58-59.
- [3] 孙子为,高乃云,王奕岚,等. 预氯化与高锰酸钾预氧化处理长江芜湖段水源水[J]. 中国给水排水,2015,31(21):118-123.
- [4] Colthurst J M, Singer P C. Removing trihalomethane precursors by permanganate oxidation and manganese dioxide adsorption[J]. J AWWA, 1982, 74(2): 78-83.
- [5] 胡红梅,董秉直,宋亚丽,等. 高锰酸钾预氧化与微滤膜

联用去除微污染物的研究[J]. 城市公用事业, 2007, 21(2):25-28.



作者简介:林杨杰(1990-),男,福建泉州人,硕士研究生,研究方向为再生水处理技术。

E-mail:897910902@qq.com

收稿日期:2016-09-05