

除砂率对污泥有机质含量的影响分析

刘明昊¹, 沙超², 庞子山³, 董滨¹, 杨长明¹, 何群彪¹, 杨殿海¹,
戴晓虎¹

(1. 同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092; 2. 上海市市政工程设计研究总院<集团>
有限公司, 上海 200092; 3. 重庆水务集团股份有限公司, 重庆 400015)

摘要: 根据三座典型污水处理厂的进出水数据,运用数学模型模拟在不同除砂率条件下城市污泥有机质含量的变化情况,并结合污水处理厂进水水质,分析了沉砂池除砂率的改变对污泥中有机质含量的影响程度。结果表明,提高沉砂池除砂率能有效提升城市污泥中的有机质含量,且单位除砂率对污泥泥质的影响随着原始除砂率的增大而增强;同时,当进水中有机组分增加时,除砂率的提高对污泥中有机质含量的影响逐渐减弱。

关键词: 污水处理厂; 除砂率; 污泥有机质含量; 数学模型

中图分类号: X703 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)01-0098-04

Effect of Sand Removal Rate on Organic Matter Content in Sludge

LIU Ming-hao¹, SHA Chao², PANG Zi-shan³, DONG Bin¹, YANG Chang-ming¹,
HE Qun-biao¹, YANG Dian-hai¹, DAI Xiao-hu¹

(1. School of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China;
2. Shanghai Municipal Engineering Design Institute <Group> Co. Ltd., Shanghai 200092, China;
3. Chongqing Water Group Co. Ltd., Chongqing 400015, China)

Abstract: According to the influent and effluent data from three typical WWTPs, the variation in organic matter content in municipal sludge under different sand removal rates was simulated by the mathematical model. Combined with the influent quality, the effect of the variation in sand removal rate on the organic matter content in municipal sludge was analyzed. The results showed that the organic matter content in municipal sludge could be effectively increased by improving the grit chamber efficiency. The effect of sand removal rate per unit on sludge quality was enhanced as the original sand removal rate increased. In addition, with the increase of organic components in the influent, the effect of improving the grit chamber efficiency on organic matter content in municipal sludge weakened gradually.

Key words: wastewater treatment plant; sand removal rate; organic matter content in sludge; mathematical model

我国城市污泥中有机质含量低,许多污水厂污泥的VS/TS值低于50%。低有机质含量将导致整

体生化反应系统处理效率降低,同时也影响污泥堆肥、厌氧发酵等生化处理效率^[1~3]。戴晓虎等^[4,5]

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2013ZX07314-003); 国家高技术研究发展计划(863)项目(2012AA063603); “十二五”国家科技支撑计划项目(2014BAC29B01)

认为沉砂池的除砂效率对污泥泥质有很大影响,并对南方7座污水厂进行调研,发现进水中砂粒粒径小于沉砂池设计规范中的规定值,大部分砂质无法通过沉砂池去除,导致了污泥砂质含量高、有机质含量低。

笔者采用数学模型定量模拟不同沉砂池除砂率下的污泥有机质含量,并结合进水水质和模拟结果分析除砂率的改变对污泥有机质含量的影响程度。通过理论与实际相结合确定了影响我国污泥泥质的关键因素及提高污泥有机质含量的有效方法,以期为污水处理厂的设计与运行提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 污水厂概况

选取具有典型南方水质特征的合肥市大、中、小3座不同处理规模的污水厂,均采用A²/O工艺,深度处理采用V型滤池,排放标准均为一级A标准。王小郢、望塘、十五里河3座污水厂的处理量分别为30×10⁴、18×10⁴、5×10⁴ m³/d,沉砂池类型分别为旋流沉砂池、旋流沉砂池、曝气沉砂池,脱水污泥量分别为144、132、30 t/d。

1.2 样品的采集

试验在2012年10月—11月、2013年3月—4月、2013年7月—8月三个阶段进行取样。

取样方法:采样点设在污水厂沉砂池后,采样时间为8:00—16:00,采样频率为间隔2 h取样1次(每次取样500 mL),将各时段样品混合后作为单次样品(共2 500 mL),每阶段取样3次,计算平均值作为该阶段的代表值。

1.3 分析指标及方法

污水中SS和VSS均采用重量法测量^[6],含砂量测定采用文献[7]中的方法,无机非砂含量通过SS减去VSS和砂得出。

1.4 数学模型分析方法

使用《室外排水设计规范》^[8]中的污泥产量计算公式来定量分析沉砂池除砂率对污泥有机质含量的影响,见式(1)。

$$\Delta X = YQ(S_0 - S_e) - K_d VX_v + fQ(SS_0 - SS_e) \quad (1)$$

f 可看成不可降解有机物及惰性物质占SS的比例,将该项分为 f_1 、 f_2 、 f_3 ,分别代表不可降解有机物、砂、无机非砂占SS的比例。

试验过程中将污泥产量中有机质所占比例近似

看成污泥有机质含量,即采用VS/TS值表示,如式(2)所示。

$$\frac{VS}{TS} = \frac{YQ(S_0 - S_e) - K_d VX_v + (f - f_2 - f_3)Q(SS_0 - SS_e)}{YQ(S_0 - S_e) - K_d VX_v + (f - \eta f_2)Q(SS_0 - SS_e)} \quad (2)$$

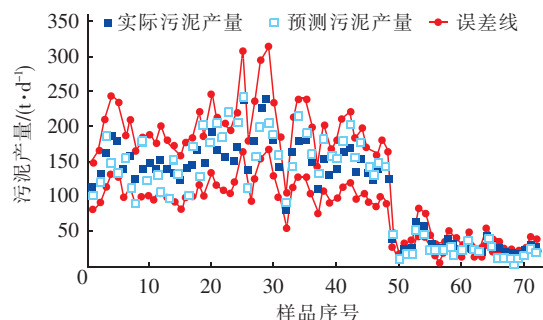
式中, η 为对沉砂池出水进一步模拟除砂后所得到的除砂率,%; ΔX 为剩余污泥量,kgSS/d; V 为生物反应池的容积,m³; Y 为污泥产率系数,一般取0.3~0.8 kgVSS/kgBOD₅; Q 为设计平均日污水量,m³/d; S_0 为生化反应池进水五日生化需氧量,kg/m³; S_e 为生化反应池出水五日生化需氧量,kg/m³; K_d 为衰减系数,20℃时取值0.04~0.08 d⁻¹; X_v 为生化反应池内混合液挥发性悬浮固体平均浓度,gMLVSS/L; SS_0 为生物反应池进水悬浮物浓度,kg/m³; SS_e 为生物反应池出水悬浮物浓度,kg/m³。

2 结果与讨论

2.1 模型参数验证

王小郢、望塘、十五里河3座污水厂的生物反应池体积分别为180 530、122 540、32 879 m³, f_2 分别为37.84%、32.59%、38.89%, f_3 分别为14.50%、16.43%、12.44%。根据规范推荐值并结合模拟效果确定3座污水厂的污泥产率系数 Y 为0.8 kgVSS/kgBOD₅,衰减系数 K_d 为0.04 d⁻¹,SS转化成污泥的转换率 f 为0.7。

使用3座污水处理厂连续两年的进水和出水水质月均值(共72组数据)模拟预测脱水污泥的产量和VS/TS值,并将预测的污泥产量换算为80%含水率的脱水污泥,将预测结果与污水处理厂实际污泥产量(同样转换为80%含水率污泥)和污泥MLVSS/MLSS值进行对比,同时对实际污泥产量及MLVSS/MLSS值作±30%误差线,预测数据在误差线以内则认为预测结果是准确的^[9],结果如图1所示。



a. 污泥产量模拟计算结果

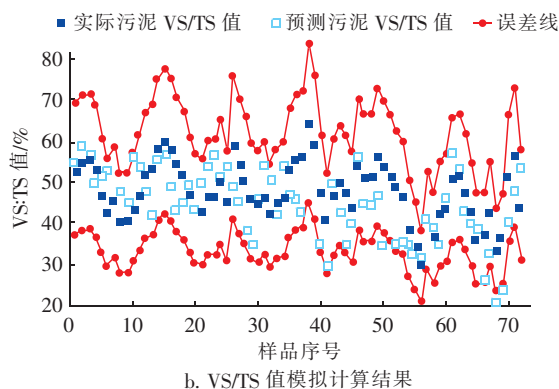


图1 3座污水厂污泥产量和VS/TS值模拟计算结果
Fig.1 Sludge production and VS/TS simulation results of three WWTPs

由图1可知,3座污水厂的污泥产量和VS/TS值的模拟预测数据与实际污泥数据的差别基本都在 $\pm 30\%$ 以内,表明采用的模型及所选参数值是科学可行的,使用该模型模拟出的结果也是可信的。

2.2 沉砂池除砂率对污泥有机质含量的影响

将72组数据按照反应池进水中总有机物(BOD_5 +惰性有机物)/惰性无机物(FSS)(以下用V/F值表示)的大小顺序排列,并选取D10、D30、D50、D70和D90(分别指进水V/F值中,小于某值的数据占总体数据量的10%、30%、50%、70%和90%),经分析得出1.17、1.36、1.63、1.87、2.01共5组数值,这5组数据代表了污水厂实际进水水质的不同状况,具有较好的典型性和代表性。运用已验证过的模型并根据这5组数值所对应的反应池进出水数据得出不同除砂率条件下污泥VS/TS值,结果见图2。

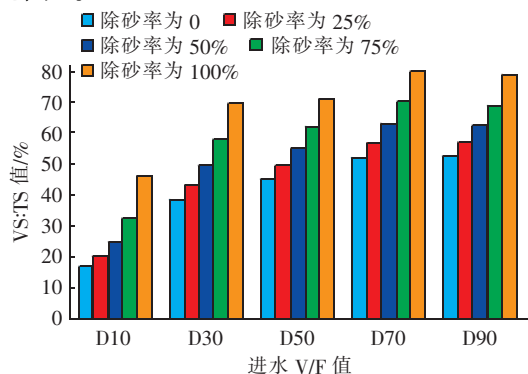


图2 3座污水厂在不同除砂率下污泥VS/TS值模拟计算结果

Fig.2 VS/TS simulation results of three WWTPs under different sand removal rates

由图2可知,不同进水水质条件下,沉砂池除砂率的改变对污泥泥质产生了显著影响,沉砂池除砂率越高,污泥中有机质含量越高,即除砂率的提高能有效提高污泥中有机质含量。

为了更加直观和具体表现除砂率的改变对污泥有机质的影响,分析了不同除砂率下污泥VS/TS值的增长率(相对于除砂率为零时污泥VS/TS值的增长率),结果如图3所示。

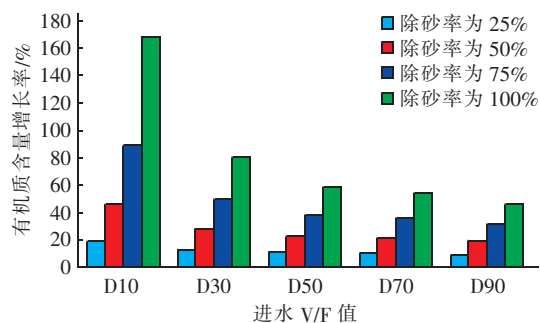


图3 不同除砂率和进水水质下VS/TS值的增长率
Fig.3 VS/TS growth rate of three WWTPs under different sand removal rates and influent quality

以进水V/F值为1.17、不同除砂率污泥VS/TS值的增长率变化为例,在除砂率从零提高至25%、50%、75%和100%过程中,污泥中有机质含量分别增加了18.61%、45.72%、88.91%和168.49%。可以看出,随着除砂率的增大,污泥中有机质含量的增长率逐渐增大,但这一趋势并不是呈线性的,增长率先慢速增加后快速增加,说明提高单位除砂率对改善污泥有机质含量的效果不一样,这与原始沉砂池除砂率有关,即原始除砂率越大,提升单位除砂率对提高污泥有机质含量效果越好,且单位除砂率的提升对污泥泥质改善的贡献随着原始除砂率的增大而增强。在其他进水水质条件下也出现了相同的规律。对于除砂率较低的污水处理厂,在相同进水水质条件下,提高沉砂池除砂率可增加污泥有机质含量;而对于除砂率水平较高的污水厂,进一步提高除砂率仍是很有必要的。

当进水V/F值较低时,除砂率的提升能显著提高污泥有机质含量,但随着V/F值的增大,污泥VS/TS值的增长率逐渐减少,且慢慢趋于稳定值,说明随着进水中有机组分的增加,除砂率的提高对污泥中有机质含量的影响逐渐减弱。这是因为进水中有机组分的增多,势必带来无机砂砾的减少,少量砂砾的去除对污泥VS/TS值的影响也就减弱,所以通

过提高除砂率改善泥质的方法更适用于进水有机质较低的污水厂,而对于进水有机组分较高的污水厂而言,其污泥有机质含量较低并不是沉砂池效率低所导致的,需结合其他原因分析。

3 结论

① 沉砂池效率低是导致污泥有机质含量低的主要原因。在当前我国污水处理厂有机质含量低、沉砂池效果差的条件下,增加沉砂池除砂率能够显著提高污泥有机质含量,达到改善泥质的目的。而对于沉砂池效率较高的污水厂,提高除砂率对泥质的改善仍然具有巨大的作用。

② 单位除砂率对污泥泥质改善的影响随着总体除砂率的增大而增强,为了增加污泥有机质含量,应尽可能提高除砂率。

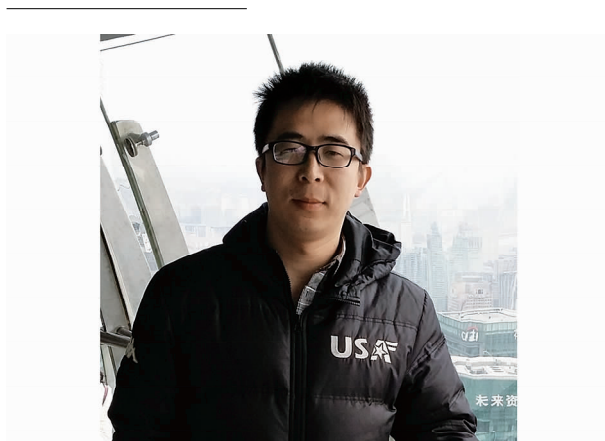
③ 当进水中有机质含量较高时,提高除砂率并不能对污泥中有机质含量产生显著影响,除砂效率低并不是污泥有机质含量低的主要原因。因此不能盲目通过提高除砂率来增加污泥有机质含量,应该根据污水厂进水水质状况(V/F 值)确定是否对沉砂池进行调整。

参考文献:

- [1] 张勤,姚天举,胡坚,等. 城市低有机质污泥的好氧堆肥研究[J]. 中国给水排水,2006,22(13):94-97.
- [2] Yan Y Y, Chen H L, Xu W Y, *et al.* Enhancement of biochemical methane potential from excess sludge with low organic content by mild thermal pretreatment[J]. Biochem Eng J, 2013, 70:127-134.
- [3] Liao X C, Li H. Biogas production from low-organic-content sludge using a high-solids anaerobic digester with im-

proved agitation[J]. Appl Energy, 2015, 148:252-259.

- [4] 戴晓虎. 我国城镇污泥处理处置现状及思考[J]. 给水排水, 2012, 38(2):1-5.
- [5] 戴晓虎,赵玉欣,沙超,等. 我国污水处理厂污泥含砂特征及成因调研[J]. 给水排水, 2014, 40(S1):75-79.
- [6] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法(第4版)[M]. 北京:中国环境科学出版社, 2002.
- [7] 王建伟. 青岛城市污水厂污泥含砂量调查及水力旋流除砂试验研究[D]. 青岛:青岛理工大学, 2012.
- [8] GB 50014—2006, 室外排水设计规范[S]. 北京:中国计划出版社, 2011.
- [9] 陈中颖,许振成,刘永,等. 基于常规运行数据的污水处理厂污泥量核算方法[J]. 中国给水排水, 2008, 24(24):83-86.



作者简介:刘明昊(1991-), 男, 江苏淮安人, 硕士研究生, 主要研究方向为污水处理技术。

E-mail:15900923779@163.com

收稿日期:2016-08-12

建设节水型社会,促进经济增长方式转变