

污泥消化池气提筒式沼气搅拌器的研讨

陈双星 胡振苓
(天津市污水处理研究所)

朱雁伯
(天津市排水管理处)

林荣忱
(天津大学)

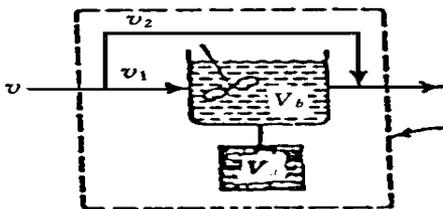
污泥混合搅拌是影响污泥消化的重要因素。有资料报道,在英国 48 例消化池事故中有 43 例和搅拌系统有关;加拿大有关部门曾经考察安大略的 10 家污水处理厂的消化池,结果表明:一级消化池死区容积相当于整个池容积的 10~89%,短流污泥占 18~72%,这一部分短流污泥没有得到充分处理就排出池外。近几年来,采用国产搅拌设备正常投入运行的并不多,对污泥消化池污泥混合程度也没有统一评价标准,迫切需要这方面理论探索 and 实际经验指导生产运行,以提高我国污泥厌氧消化的整体水平。

1 气提筒式沼气搅拌消化池的混合特性

一般认为,污泥消化池的内容物由固态、液态和气态三相组成。污泥混合搅拌的主要目的一是为了充分利用消化池有效容积,二是为微生物创造良好、均匀的生长条件,使其保持较高的处理效率和污泥产气率。

消化池在实际运行中,用上述理想状态模型常常不能令人满意地表现其流态,这主要是柱塞流、完全混合区、死区、短流、循环流等组合而成,有的甚至加上逆流、错流或时间滞后等诸因素。基于这一思想,应用化学工程中完全混合式反应器的数学模式,分析消化池混合状态和搅拌效果。

向消化池投加一定量示踪剂,充分搅拌混合,并以一定流量连续进泥。按一定时间间隔取样化验分析,绘制示踪剂浓度对时间曲线,并用化学工程中 Levenspiel “实际连续搅拌器”的数学模式进行分析:



$$\frac{C}{C_0} = \left[\frac{1-v_1V}{v_2} \right] \cdot e^{-\frac{v_1}{v} t} + \left[\frac{v_2}{v} \right] \delta_{\infty=0}$$

式中 C —— t 时示踪剂浓度

C_0 —— $t=0$, 初始示踪剂浓度

v_1 ——经过有效区的流速

v_2 ——短流的流速

v ——消化池的总流速

V ——消化池的总体积

t ——时间

t_a ——消化池污泥理论停留时间

\bar{t}_a ——有效区污泥平均停留时间

$\delta_{\infty=0}$ ——系数

通过上式,分别计算出污泥通过污泥消化池有效活性区的有效流流速、短流流速,并可以计算出消化池内无效的死区。

试验在有效容积 17.0m³ 的池中,选择了 4 管集中式、4 管分散式、单管式和气提导流式四种气体搅拌器,以清水为介质,空气为搅拌气体,甲基橙为示踪剂,进行中模模拟试验。定性后得出试验结果:

在试验条件下气提导流式和 4 管集中式试验结果基本相同,说明污泥搅拌器形式不是单一的,有多种搅拌器都可以得到较好的搅拌效果。

大、中型城市污水处理厂污泥消化池总深度达十几米以上,需要中等流量的搅拌气量,一般采用罗茨鼓风机。中等流量罗茨鼓风机出口压力为 0.05MPa (最高也仅为 0.09MPa),由于压力限制,决定采用气提筒式沼气搅拌方式,既符合鼓风机设备产品的性能又能得到较好的搅拌效果,以满足污泥消化工艺的要求。如天津市纪庄子污水处理厂污泥消化池,基于以上原因应用气提筒式沼气搅拌器。

2 气提式沼气搅拌器

2.1 气提式沼气搅拌器的设计与计算

当气体沿中心管上升时,管内流体的视密度降低,从而导致筒内、外流体的静压差,形成消化池内污泥的循环流动。由于气体和液体在筒内混合运行情况非常

复杂,目前仍然凭借试验数据和经验数据分析、解决工程中的问题。

天津市纪庄子污水处理厂消化池上下两端为圆锥形,中间为圆柱形,总高 19.2m,有效深度 13.9m,直径 18.0m,消化池有效容积 2800m³。

气提式沼气搅拌器基本理论和方法类似于气升泵,假设气升泵的升水高度 h 等于气提式搅拌器的阻力损失 h_f ,即 $h = h_f = 2.0m$ 。气提式沼气搅拌器及设计参数:

气提筒计算高度 $H = 8.0m$,为防止底部积泥调整为 10.4m

直径 $d = 1.5m$

喷嘴距泥面的深度 $h_1 = 6.8m$,调整为 6.5m

压缩气体的比流量 $w_0 = 0.685m^3/m^3$

压缩机供气量 16.0~40.0m³/min,试验对应之翻转一次消化池所需时间为 120~48min

消化池与气提筒面积比 $A/a = 144/1$

消化池与气提筒直径比 $D/d = 12/1$

2.2 生产性新型气提式搅拌器示踪剂试验和搅拌效果评价

试验搅拌介质污泥含水率 97~98%,以 L-IC1 为化学药剂示踪剂,空气为搅拌气体。

a 静态试验

泵循环搅拌 15~25min 各取样点示踪剂浓度才开始升高,而气提搅拌仅需 5min。

气提搅拌 20~30min 各点示踪剂浓度趋于稳定,消化池内污泥基本达到均匀,而泵循环搅拌需 40~50min。

b 动态试验

参考化学工程混合搅拌理论,结合污泥消化池特殊情况,提出消化池混合状态数学模式。

试验数据经整理统计其相关系数,气提搅拌 $r = -0.96 (n = 25)$,泵循环搅拌 $r = 0.89 (n = 16)$,呈显著相关。上述数学表达式描述消化池搅拌状况成立。

采用气提搅拌时,有效搅拌区 V_a 占消化池总容积 V 的 90.7%,而泵循环搅拌仅为 76.6%,气提搅拌明显好于泵循环搅拌。

气提搅拌污泥短流率为 52.4%,泵循环搅拌为 69.3%。

经分析造成这种现象的原因:第一改变消化池运行方式可以减少短流率,从气提搅拌短流率少于泵循环搅拌这一现象便可以证明;第二污泥中某些物质对示踪剂 L-IC1 的测定产生干扰,形成系统误差使数据处

理产生偏差。对此还应进行深入研究。

2.3 气提搅拌能耗分析和基本参数

有效功率 $N = 18.4kW$;单位池容积有效功率 $n = 6.6W/m^3$;单位池容积供气量 $q_1 = 5.7m^3/km^3 \cdot min$;单位池面积供气量 $q_2 = 0.063m^3/m^2 \cdot min$;单位池直径供气量 $q_3 = 0.89m^3/m^3 \cdot min$

3 运行效果

纪庄子污水处理厂由于沼气搅拌设计存在的问题,污泥消化池运行一直采用泵循环搅拌。经试验研究,工程改造采用新型气提式沼气搅拌以后,污泥消化系统的运行效果立即得到改善,消化池运行更稳定,污泥产气率明显提高,污泥沼气组份改善,消化后污泥更为稳定。

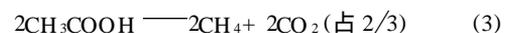
按照沼气搅拌和污泥投配率的不同,进行生产性试验:第一组泵循环搅拌投泥量 100~125m³/d;第二组气提筒沼气搅拌每日 3 次,每次 30min,投泥量 100~125m³/d;第三组气提筒沼气搅拌每日 4 次,每次 60min,投泥量 200m³/d 左右。三组试验共进行 6 个多月,得试验结果:

消化时间是影响污泥产气率和消化效果的主要因素。一、二组试验平均停留时间分别为 23.0d 和 26.6d,单位体积污泥产气率分别为 7.48m³/m³ 和 8.42m³/m³,比第三组停留时间 14.4d 分别提高了 38.3% 和 55.6%,比污水处理厂十年间运行结果提高 1 倍以上。

沼气搅拌对产气率污泥有机份分解率产生显著影响。一、二组试验消化时间相差不多,二组比一组产气率提高了 12.6%、有机份分解率提高了 62.6%,二组试验期间正值北方暴雨季节,进泥平均有机份仅为 49.4%,如果进泥有机份含量达到年平均水平,产气率提高 20~30% 是完全可能的。

4 沼气搅拌对厌氧微生物作用与影响机理的探讨

理论上认为厌氧消化最后阶段——产甲烷阶段,是通过两组生理不同的甲烷菌起作用,一组从乙酸脱羧产生甲烷,另一组把氢和二氧化碳转化成甲烷。甲烷菌作为能源可以利用的基质有氢(H₂)、醋酸、甲酸、甲醇等。以葡萄糖(C₆H₁₂O₆)分解为例:



总反应式



悬浊液透光率脉动值检测法

于水利 李 星 李圭白

(哈尔滨建筑大学)

1 概述

Gregory 和 Nelson 最近提出了一种快速、简捷,而且不能使絮凝颗粒破碎的检测絮凝体聚集状态的新型光学方法。该方法通过测定悬浊液透光率脉动值,直接、实时检测颗粒的聚集程度,并且其检测的浓度及粒径范围都相当广^[1]。该方法可以在线连续实时测量,使其应用于生产的混凝监控成为可能。本文拟就该方法的原理及其在混凝监控中的应用作一简单介绍。

2 悬浊液透光率脉动

2.1 透光率脉动特性

悬浊液浊度取决于颗粒浓度及颗粒的光散射特性。由于悬浊颗粒在水中的运动及其分布的不均匀性,当流动的悬浊液连续通过光路时,光路内的颗粒数目随机变化,并服从泊松分布^[1],故透光强度亦随机波动。

Gregory 经巧妙地理论推导,得到单一粒径组成的悬浊液透光率脉动值的均方根(用电压表示)、平均透光率(用电压表示)跟颗粒粒径(假设为球形)、浓度的关系:

$$\frac{V_R}{V} = (NL/A)^{\frac{1}{2}} \cdot \pi a^2 Q(a) \quad (1)$$

式中 V_R —— 对应透光率脉动值的脉动电压的均方根

V —— 对应平均透光强度的平均电压

N —— 颗粒个数浓度

A —— 光柱截面积

L —— 光路长

a —— 颗粒半径

$Q(a)$ —— 颗粒光散射系数

将比值 V_R/V 用 R 表示, R 值大小不受取样管管

壁污染和电子元件漂移的影响,因为它们对 V_R 和 V 的影响程度相同,比值 R 不变^[1,2]。该特性对实际应用有重要意义。

在给定测定条件下,入射光柱截面积、光强及光路长是常数,这时 R 值只与颗粒浓度的平方根 $N^{\frac{1}{2}}$ 及粒径有关,当只有浓度改变时, R 值跟浓度的平方根成线性关系(式(1))。在颗粒浓度较小(3~140mg/L)的情况下,实验结果跟上述结论相吻合;但浓度较高时,上述结论不成立^[3],可能由于此时颗粒产生了多重散射效应。

鉴于 R 值对低浓度悬浊液颗粒浓度变化的敏感、规律性反映的特性,实际中可用该方法监测水中悬浊固体含量,优于传统的连续式浊度仪测定法^[3]。

由式(1),颗粒粒径对 R 值有影响。混凝过程中颗粒凝集成长, R 值将产生变化,就此加以讨论。

2.2 混凝对透光率脉动值的影响

悬浊颗粒通常是具有一定级配的,对具有粒径分布的悬浊液,式(1)变为:

$$\frac{V_R}{V} = (L/A)^{\frac{1}{2}} \cdot (\sum N_i C_i^2)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

式中 $N_i C_i$ —— 为 i 种颗粒的个数浓度和光散射横断面

光散射横断面 C 可用颗粒的几何横截面积表达^[1]:

$$C = Q(a) \cdot \pi a^2 \quad (3)$$

悬浊颗粒凝聚时,颗粒粒径增大,光散射横断面增大,但颗粒数目减少, $N C^2$ 应随混凝进行增大,因为 C^2

国家自然科学基金资助项目的部分内容

在污泥厌氧消化中 CO_2 含量一般在 20% 以上,而 H_2 的含量有限,限制式(2)的反应过程。当采用沼气搅拌时,沼气中的 H_2 重新返回到生化过程,在厌氧微生物的作用下与环境中充足的 CO_2 合成新的甲烷。

在泵循环搅拌运行中,沼气中 H_2 含量达 6~9%、 CH_4 含量为 52~57%。而在本试验期间 3 次分析沼气组份, H_2 含量仅为 1.07~3.20%, 甲烷含量都保持较

高水平达 58.89~60.10%, 与此同时 CO_2 含量也有所下降。证实了沼气搅拌对于提高沼气甲烷含量、改善沼气组份具有积极作用。

作者通讯处: 300381 天津市河西区紫金山路南头
(污水处理厂内)

(收稿日期 1996-10)