

同步厌氧稳定化处理技术及其应用

赵峰

(南阳四相环保科技有限公司 河南南阳 473000)

摘要: 污泥处理满足污泥稳定化的发酵时间, 才能成为熟化污泥, 文中采取污泥处理系统分解分析的方法, 根据污泥处理子系统的输入-输出, 分析了一种在连续性输入污泥的工况下, 同步进行污泥厌氧稳定化处理的技术。熟化池是应用同步厌氧稳定化处理技术的设施, 适用农村污泥的发酵熟化, 特别是农村厕所革命的粪污治理, 熟化污泥可在农村就近土地利用。

关键词: 污泥稳定化; 同步厌氧稳定化; 熟化池; 土地利用

SYNCHRONIZED ANAEROBIC STABILIZATION TECHNOLOGY AND ITS APPLICATION

ZhaoFeng

(Nanyang four phase Environmental Protection Technology Co., Ltd. Nanyang, Henan, 473000 China)

Abstract: Only when sludge treatment satisfies the time of sludge stabilization can it become mature sludge, This paper adopts the method of decomposition and analysis of sludge treatment system, According to the input and output of the sludge treatment subsystem, The technology of simultaneous anaerobic stabilization of sludge under the condition of continuous sludge input was analyzed. The ripening sludge tank is a facility using synchronous anaerobic stabilization technology, It is suitable for the fermentation and ripening of rural sludge, Especially during the rural toilet revolution, it was used to treat the excrement of septic tanks, The matured sludge can be used as organic fertilizer for land use in rural areas.

Key Words: Sludge stabilization; Synchronous anaerobic stabilization; Ripening pond; Land use

0 引言

厌氧处理是污泥稳定化处理的主要技术之一^[1], 稳定化污泥可以进行资源化利用。化粪池是生活污水处理设施, 进行污水处理和污泥的常温厌氧处理, 化粪池中沉淀下来的污泥经过3个月以上的厌氧发酵分解, 易腐败的生污泥转化为稳定的熟污泥, 改变了污泥的结构, 降低了污泥的含水率^[2]。理论上, 利用化粪池厌氧发酵使粪污转变为熟化污泥, 熟污泥作为有机肥土地利用, 但是在现实应用中, 由于化粪池始终持续使用, 每天都有新鲜生粪进入化粪池, 即使达到3个月以上的污泥厌氧发酵时间, 新粪污的混入使化粪池粪污始终不能实现稳定化。从技术的角度, 只要避免新鲜生粪污对污泥厌氧消化过程的影响, 污泥龄满足厌氧发酵熟化时间, 就能使粪污实现稳定熟化。同步厌氧稳定化处理技术就是在持续输入污泥工况下, 同步实现污泥批次厌氧稳定化的技术方案。文中根据衡敛系统的相关理论^{[3] [4] [5]}, 对同步厌氧稳定化处理技术进行系统性分析。熟

化池是应用同步厌氧稳定化处理技术的污泥处理设施，直接产出熟污泥，适用于农村污泥的发酵熟化，熟化污泥可就近土地利用。

1 同步厌氧稳定化处理技术

同步厌氧稳定化处理技术主要是对污泥处理系统进行结构性系统分解和状态控制，将污泥处理系统分解为污泥连续性输入子系统和污泥稳定化处理子系统，对系统进行输入-输出控制，将污泥连续性输入子系统的累积输入，转变为污泥稳定化处理子系统的批次输入，当污泥稳定化处理子系统的批次污泥满足污泥厌氧稳定化发酵时间，则污泥稳定化处理子系统批次输出稳定化处理。

采用该技术方案，污泥的连续性输入和污泥的厌氧稳定化处理可以同步实现，因此，将该技术称为同步厌氧稳定化处理技术。

2 技术推导

2.1 污泥处理系统的稳定性条件

根据衡敛系统及物理稳定性的状态判定条件，当系统的物理累积量变量 ds 为零，则系统的物理状态稳定^[5]。污泥处理系统是一个开放性系统，作为应用型工程技术必须具备稳定性的工作状态，因此，污泥处理系统的状态稳定性是在一定条件下，污泥系统的物理累积量为零，即： $ds = 0$ 。在一定条件下，稳定性系统的物理累积量 ds 是单位时间系统输入与单位时间系统输出的差，即：

$$ds = M_+ - M_- \quad (1)$$

式(1)中 M_+ 表示单位时间的系统输入量， M_- 表示单位时间的系统输出量，将物理状态稳定条件 $ds = 0$ 代入式(1)中，即：

$$M_+ - M_- = 0 \quad (2)$$

$$M_+ = M_- \quad (3)$$

由此得出，在一定条件下，连续性输入污泥的处理系统，单位时间的系统输入量 M_+ 等于单位时间的系统输出量 M_- ，则污泥处理系统处于输入-输出平衡的稳定状态。

2.2 系统分解

2.2.1 系统结构分解

根据衡敛系统的性质^[4]，将污泥处理系统 S 分解为两个子系统，一个是污泥连续性输入子系统 S_a ，一个是污泥稳定化处理子系统 S_b ，即：

$$S = S_a + S_b \quad (4)$$

2.2.2 物理空间分解

将污泥处理系统的空间分解为 N 个容量相等的物理空间， $N \geq 2$ ，其中一个是污泥连续性输入子系统 S_a 的物理空间，其他 $N-1$ 个是污泥稳定化处理子系统 S_b 的物理空间。

在控制系统中，两个污泥处理子系统的物理空间是动态空间，按批次定义污泥处理子系统物理空间的动态边界，将实施进行连续性输入污泥的物理空间作为污泥连续性输

入子系统 S_a 的物理空间，其他物理空间作为污泥稳定化处理子系统 S_b 的物理空间。

2.2 系统推导及设计

2.3.1 相关的时间

连续性输入污泥的单位时间一般是以天（d）作为单位时间。

污泥厌氧处理系统完成一次厌氧稳定化处理所需的发酵时间，称为污泥厌氧稳定化时间 T ，污泥厌氧稳定化时间 T 的单位为天（d）。一定条件下，污泥厌氧稳定化时间 T 与厌氧消化的温度有关，不同温度条件下，所对应污泥厌氧稳定化时间 T 不同，在取值平均 12°C 厌氧处理温度下，污泥厌氧稳定化时间 90 天^[6]。

以 T_n 表示污泥稳定化处理子系统批次输出熟化污泥或者批次输入污泥所需的时间，可称为批次单位时间，或者批次输出单位时间，或者批次输入单位时间。

$$T_n = \frac{T}{N-1} \quad (5)$$

2.3.2 系统设计

污泥稳定化处理子系统 S_b 是一个批次输入与批次输出平衡的稳定系统，批次单位时间 T_n 是污泥稳定化处理子系统 S_b 的批次稳定化时间，污泥稳定化处理子系统 S_b 的批次单位时间输入污泥 M_{b+} 等于批次单位时间输出污泥 M_{b-} ，即：

$$M_{b+} = M_{b-} \quad (6)$$

批次输入：系统运行期间，持续向污泥连续性输入子系统 S_a 输入污泥，达到批次单位时间 T_n ，停止向污泥连续性输入子系统 S_a 输入污泥，把污泥连续性输入子系统 S_a 的累积污泥作为污泥稳定化处理子系统 S_b 一个批次的单位时间输入量 M_{b+} ，污泥连续性输入子系统 S_a 的物理空间变为污泥稳定化处理子系统 S_b 新输入污泥的物理空间。

批次输出：批次单位时间输入污泥 M_{b+} 由易降解污泥和难降解污泥构成，把批次单位时间输入污泥 M_{b+} 作为一个系统进行分解，即：

$$M_{b+} = M_b^+ + M_b^- \quad (7)$$

式（7） M_b^+ 是批次单位时间输入难降解污泥， M_b^- 是批次单位时间输入易降解污泥。

污泥稳定化处理子系统 S_b 有 $N-1$ 个物理空间，空间按照污泥连续性输入子系统 S_a 物理空间转变为污泥稳定化处理子系统 S_b 新输入污泥物理空间的时间次序进行排序。

污泥稳定化处理子系统 S_b 其中一个物理空间中经过污泥厌氧稳定化时间 T ，一个批次单位时间输入的易降解污泥 M_b^- 被厌氧消化降解，转化为消化气等小分子物质，物理空间剩余污泥是难降解污泥 M_b^+ ， M_b^+ 即是稳定化污泥， $T_n \leq T$ ，以 T_n 为批次稳定化周期批次输出稳定化污泥 M_b^+ 。

系统稳定性： M_{b-} 输出消化气和稳定化污泥，经过污泥厌氧稳定化时间 T 产生的消化气为 M_b^- ，经过污泥厌氧稳定化时间 T 输出的 M_b^+ 为稳定化污泥，即：

$$M_{b-} = M_b^+ + M_b^- \quad (8)$$

将式（8）代入式（7），得出与式（6）相符的结果， $M_{b+} = M_{b-}$ ，系统状态稳定。

轮替循环：污泥稳定化处理子系统 S_b 的物理空间在输出消化气和稳定化污泥之后，

物理空间的有效容积得到释放，能够重新收纳累积新的污泥，将污泥稳定化处理子系统 S_b 释放有效容积的物理空间转变为污泥连续性输入子系统 S_a 的物理空间，成为新的污泥连续性输入子系统 S_a 。按照以上流程轮替循环工作。

2.3.3 输入-输出的控制

为了实现对污泥输入的控制，在 N 个物理空间之前设有分水导流装置，分水导流装置有 N 个导流通道分别连通 N 个物理空间，通过控制分水导流装置向其中一个物理空间定向输入污泥，其他导流通道关闭。输入污泥的空间是污泥连续性输入子系统 S_a ，其他 $N-1$ 个空间是污泥稳定化处理子系统 S_b 的物理空间， $N-1$ 个污泥稳定化处理子系统 S_b 物理空间按照时间先后次序进行排序，从满足污泥厌氧稳定化时间 T 的污泥稳定化处理子系统 S_b 物理空间批次输出稳定化污泥 M_b^+ ，释放该物理空间的有效容积。控制分水导流装置的导流方向，关闭原有定向输入污泥的导流通道，开启释放有效容积的物理空间，开始定向输入污泥，原有污泥连续性输入子系统 S_a 累积的污泥成为污泥稳定化处理子系统 S_b 新批次输入的污泥，进行污泥厌氧稳定化处理。释放有效容积并开始定向输入污泥的物理空间成为新的污泥连续性输入子系统 S_a ，各个物理空间依次轮替循环成为污泥连续性输入子系统 S_a ，批次输出稳定化污泥。

3 结果

同步厌氧稳定化处理技术是将污泥处理系统分解为两个子系统，控制两个子系统的输入-输出，把连续性输入子系统的累积污泥，作为污泥厌氧稳定化子系统的批次输入，达到污泥稳定化时间，批次输出稳定化污泥。子系统轮替进行连续性输入或批次稳定化，污泥处理系统同步实现连续性输入污泥和批次污泥稳定化处理。

4 讨论

4.1 物理空间的数量

污泥处理系统被分解为 N 个污泥处理物理空间， $N \geq 2$ ，从工程应用的角度，系统中物理空间数量多少各有利弊，应根据具体应用情况分析后确定方案。

污泥处理系统的总容积为 $(1 + \frac{1}{N-1})$ 倍的物理空间容积，如果污泥处理物理空间的数目多，优点是总容积减小，但批次单位时间 T_n 的时间间隔短，同时输出稳定化污泥的频次增多，轮替转换空间的控制管理相对复杂。

如果污泥处理空间为2个物理空间，缺点是总容积相对大，为2倍物理空间的容积，优点是轮替转换空间的控制简单，只需在两个输入方向进行控制切换。

4.2 同步厌氧熟化池

4.2.1 熟化池的应用

将采用同步厌氧稳定化处理技术产出熟化污泥的处理设施称为同步厌氧熟化池，简称熟化池。熟化池直接熟化污泥，相当于是一种特殊化粪池，适用于分散性污泥稳定化处理^{[7][8]}，特别是农村厕所革命的粪污治理，熟化污泥可就近土地利用。

在不同的应用场景中，熟化池可作为替代化粪池的设施，或者在整村粪污治理中用于粪污的集中收储和发酵熟化处理，或者用作污水处理的配套污泥熟化池。

4.2.2 熟化池的污水处理

熟化池的有效容积包括污水有效容积和污泥有效容积，以上主要分析污泥批次厌氧稳定化处理技术，忽略污水因素，而熟化池是产品，应从产品角度全面考虑。

相对而言，熟化池的批次单位时间短，污泥收纳累积量少，如果熟化池污水有效容积占比大，就意味着熟化池的容积利用率低，熟化池的容积空间大，建设成本高，因此，从优化产品的角度，应降低熟化池的污水有效容积。

影响污水有效容积的主要因素是污水停留时间，平流沉淀池理想沉淀时间是2小时，化粪池的污水停留时间一般为12~24小时^[9]，熟化池工艺流程类似于化粪池的工艺流程，如果采用化粪池的污水停留时间，则污水有效容积占比大。因此需要改进熟化池污水处理工艺，降低污水停留时间，缩小污水有效容积。

缩短污水停留时间的措施有：三相分离避免消化气影响、减缓过水冲击、稳定层流条件、改善沉降性等路径。将同步厌氧稳定化技术与污水处理技术组合的熟化池，不但可用于污泥稳定化处理，同时可进行污水处理，更符合农村污水治理的综合需求。

5 结论

通过污泥厌氧处理系统的结构性分解，依据状态稳定性平衡条件推导分析，得出：

1、把污泥处理系统分解为污泥连续性输入子系统和污泥稳定化处理子系统，将污泥连续性输入子系统的批次累积污泥转变为污泥稳定化处理子系统的批次输入，批次满足污泥厌氧稳定化时间，实现污泥稳定化处理，同步实现污泥处理系统的连续性输入污泥和批次污泥稳定化处理。

2、熟化池是应用同步厌氧稳定化处理技术的处理设施，熟化池污泥直接发酵成肥，适用于农村污泥的熟化处理，便于就近土地利用。

[参考文献] (References)

- [1] 李国东, 宋秀兰, 鹿利燕. 污泥稳定化研究进展[J]. 中国科技论文在线精品论文, 2009. 2. (24)
- [2]. CJJ/T 163-2011. 农村生活污水处理工程技术标准[S]. 中国建筑工业出版社, 2019-08-01
- [3] 赵峰. 开放系统状态的收敛表达式[J]. 软件, 2011, 32 (4) : 79-83.
- [4] 赵峰. 物理稳定性的状态模式[J]. 中国科技论文在线精品论文, 2011, 4(15):1376-1381.
- [5] 赵峰. 衡敛系统的性质及其推导[J]. 软件, 2011, 32 (3) : 69-72.
- [6] 太原工业大学. 室内给排水工程 (第二版) [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1986.
- [7] 赵峰. 一种粪污交替稳定化处理的化粪池[P]. 中国: CN201821689616. 4, 2018-10-10.
- [8] 赵峰. 一种泥水分质分离处理的装置[P]. 中国: CN201821669229. 4, 2018-09-28.
- [9] 国家建筑标准设计图集 03S702[S], 中国建筑标准设计研究院编制, 中国计划出版社, 2006. 4