

厌氧序批式活性污泥法 (ASBR) 特性分析

罗 郭 静 张大群

摘要 厌氧序批式活性污泥法 (ASBR) 是 SBR 工艺在厌氧生物处理中的应用。作者认为运行灵活、简便、可靠, 污泥易于絮凝、形成颗粒状是 ASBR 的主要特点, 并分析了影响 ASBR 运行的主要因素, 给出了国内外研究得出的主要运行参数。

关键词 厌氧序批式活性污泥法 (ASBR) 工艺特点 影响因素 运行参数

近三十年来, 世界各国对厌氧生物处理工艺进行了深入的研究, 开发了许多厌氧新工艺, 如厌氧生物滤池 (AF)、升流式厌氧污泥床 (UASB)、厌氧生物转盘 (ARC)、厌氧流化床 (AFB) 等等。这些新工艺的特点是在运行中, 能够提供足够长的污泥停留时间 (SRT), 提高了厌氧生物处理的效率, 从而使厌氧法广泛用于城市污水、工业废水以及污泥的处理。最近, 美国 Dague 教授等将 SBR 用于厌氧生物处理过程, 开发了厌氧序批式活性污泥法 (Anaerobic Sequencing Batch Reactor), 简称 ASBR^[1]。

典型的 ASBR 运行周期包括五个阶段, 即: 进水、反应、沉淀、出水 and 空转, 如图 1 所示。空转过程是指出水阶段与下一个周期的进水阶段之间的时间间隔, 这可以根据处理情况的要求进行取舍。在多池的运行系统中, 各个反应器可以按序列进水, 但是每个反应器必须在出水阶段完成后, 才能开始新一轮的进水。

Dague 等人在美国 Iowa 州立大学利用一系列的 ASBR 反应器进行了处理牛奶废水的试验研究, 他们发现 ASBR 工艺与连续进水的厌氧接触法相比, 在 COD 的去除率、甲烷气体

产率方面都具有优越性。本文通过对 ASBR 工艺特点的分析, 来探讨 ASBR 的发展前景。

一、ASBR 工艺的主要特征

1. 运行特征

ASBR 运行同 SBR 一样是周期性顺序操作的, 每个周期经历进水、反应、沉淀、出水四个阶段, 不必设置空转期。

进水阶段使反应器内基质浓度骤然增高。由 Monod 动力学方程可知, 在此条件下, 微生物获得了进行代谢活动的巨大推动力, 基质转化速率高。进水水量由预期的水力停留时间、有机负荷、期待的污泥沉降性能来确定。

反应阶段是有机基质转化成生物气的最重要的阶段。这一阶段所需要的时间由基质的性质、要求的出水水质、微生物的浓度以及污水温度等多种因素来决定。反应过程可进行搅拌。

沉淀阶段停止搅拌以便泥水分离。反应器自身为澄清池。澄清需要的时间随着污泥的沉降性能不同而变化, 一般需要 10~30min。污泥的沉降性能取决于反应阶段终止时基质浓度与微生物量之比, 即 F/M 值。

出水阶段是在有效的泥水分离之后进行的。出水阶段所需要的时间是由进水量与出水流速来控制的。出水阶段结束, 则下一个周期的进水阶段立即开始。

Dague 等人在试验中, 使每个反应器每天运行四个周期, 每个周期 6h, 即经历沉淀、出水、进水和反应四个阶段。在一个周期内, 沉淀、出水与进水的的时间应尽量短, 以使反应时间增长。

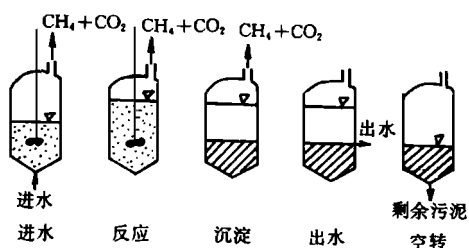


图 1 ASBR 运行模式

ASBR 的运行特征是周期性序列间歇式运行。反应器内 F/M 是变化的。其变化过程在时间上是一个推流的过程。

2. 生物污泥絮凝与颗粒化

污泥絮凝是 ASBR 工艺的重要特征。Dague 等人早在 1966 年的试验中就发现在间歇运行过程中,厌氧生物污泥会发生絮凝^[2]。同时,他们还发现 F/M 之值是影响厌氧生物污泥絮凝的重要因素。低 F/M 的情况下,污泥絮凝效果好,沉降速度快,出水中的 SS 浓度也会很低。一般降低 F/M 的值可有两个措施:一是降低基质浓度;另一个则是提高反应器内微生物的量。一个连续进水完全混合式的反应器,在稳定状态下运行,微生物周围的基质浓度总是保持一个恒定的值,也就是说 F/M 是一个常数。而在 ASBR 的运行中,基质浓度梯度大。进水阶段结束时,基质浓度瞬时增高,经过反应阶段后,基质浓度达到预期的最低点。在沉淀阶段开始时,基质浓度可以比连续进水系统中任何时刻的基质浓度都低。因此在 ASBR 的运行条件下,生物污泥容易发生凝聚,以致颗粒化。

污泥颗粒化也是 ASBR 工艺的一个重要特征。颗粒化是指絮凝生物体逐渐转化成活性高、沉降性能好的生物污泥颗粒的过程。Dague 的试验表明,在出水阶段向液面施加一定的压力可以促进颗粒化的进程。出水阶段一些沉降性能差及离散状的微生物体会随出水流失,停留在反应器内的是比较密实的微生物絮凝体。经过一段时间的反复操作之后,反应器内的微生物主体是颗粒状污泥。大家所熟悉的 UASB 是 Lettinga 等人开发的高效厌氧处理装置,其主要特征是颗粒污泥的形成与作用^[3]。ASBR 工艺因其独具的操作方法和运行条件而使反应器内持有沉降性能良好的颗粒污泥,成为一个稳定可靠的厌氧处理系统。

二、ASBR 运行的影响因素

1. 进水时间与反应时间之比 t_F/t_R 的影响

厌氧反应器的不稳定性通常表现为挥发性

脂肪酸(VFA)浓度急剧增高。这种情况往往是因为环境因素的影响,例如:负荷急剧变化、营养物缺乏或抑制性物质渗入等等,导致了甲烷细菌失效。一般来说乙酸的毒性最小,而丙酸是使甲烷菌失效的重要因素。Kennedy 等人 1991 年在加拿大的试验研究中发现,反应器内 VFA 的浓度变化与 t_F/t_R 值有密切联系^[4]。图 2 是 Kennedy 等根据试验数据绘制的 VFA 浓度与 t_F/t_R 的关系曲线。由曲线可以看出进水时间 t_F 很短时,反应器内 VFA 浓度会骤然增高,但是很快地降低到零;若进水时间持续较长时,VFA 浓度则是缓慢地下降,而且不能降低到零。这表明 t_F/t_R 越小则越有利于甲烷的产生,也越有利于反应器的稳定运行,很多试验结果也得到了同样的结论。

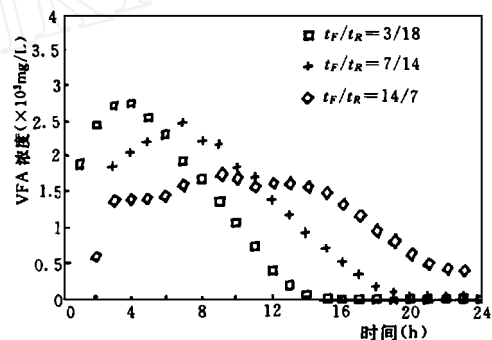


图 2 t_F/t_R 与反应器内 VFA 浓度的关系

2. 搅拌对 COD 去除量和甲烷产量的影响

Dague 的试验结果还表明 ASBR 比连续进水反应器甲烷产量高。同时他们研究了不同的搅拌形式对 COD 去除量及甲烷产量的影响。Dague 采用了四种搅拌方法分别进行了试验。四种搅拌方法是:连续搅拌;每小时搅拌一次,每次持续 5min;每 30min 搅拌一次,每次持续 2.5min;每 20min 搅拌一次,每次持续 100s。图 3 和图 4 分别表明了 ASBR 反应器在不同的搅拌条件下,COD 的去除量与甲烷产量的变化状况。分析图 3 中的曲线可知,连续搅拌在前三个小时内可以获得较高 COD 去除速率,但是在循环结束时,COD 的总去除量与其它几种间歇搅拌的情况相比,完全没有区别。但是图 4 中的曲线却表明,间歇搅拌(b)在

循环结束时甲烷的产量确实高于连续搅拌 (a) 的情况。目前还无法对这种结果给予恰当的解释。但是总起来看间歇搅拌的方式可能更可取,这也防止过分的搅拌会剪断易碎的生物絮体,影响泥水分离效果,导致出水水质下降。

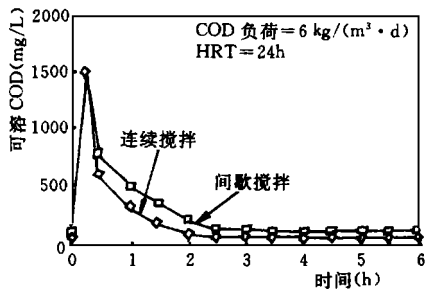


图3 COD去除量曲线

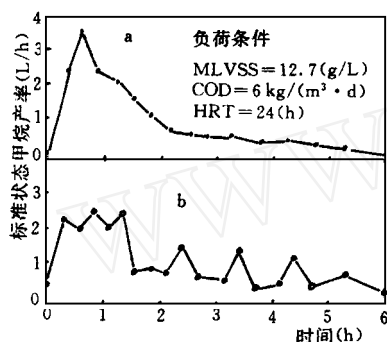


图4 甲烷产率曲线

3. 反应器的几何尺寸对污泥特性的影响

为了研究反应器的几何尺寸对污泥絮凝、颗粒化及沉淀速度的影响, Dague 等人制作了四个不同尺寸的反应器进行了试验。这四个反应器均为圆柱体,依次编为 A、B、C、D,其高度与直径之比 H/D 依次是 5.60、1.83、0.93 和 0.61。它们在相同的条件下运行了将近 6 个月,对污泥特性进行了测定。测定结果表明,当各反应器内 MLSS 浓度相同时, H/D 之值越大,反应器内固体区域沉淀速度越大。经过对污泥颗粒粒径分布状况分析,发现 A、B、C、D 四个反应器内污泥颗粒中位径 d_{50} 依次是 1.3、0.8、0.6 及 0.6mm。试验证明在细高的反应器内污泥形成的颗粒较大。而比较各反应器内生物污泥的积累量时却发现, H/D 较小的反应器内生物污泥的积累量更高。对 H/D 为 0.6 的反应器 D 进行分析的结果表明,当 $HRT = 2d$ 时,

反应器内 MLSS 浓度高于 $32g/L$, SRT 大于 180d。

三、结语

ASBR 工艺与现在广泛采用的连续流厌氧工艺相比,具有以下优点。因为反应器是序批式进水的,因此不会产生断流或短路等问题,无须阻力较大的配水装置。反应器本身又是澄清池,不必再另设澄清池,也不存在污泥或出水的回流问题。同时根据调研,USAB 中所使用的布水系统和三相分离器在国内都尚无标准成型产品,而 ASBR 中所需的搅拌机和滗水器等都已成型设备,便于此工艺的投资建设和运行。

ASBR 工艺还显示了其优于连续流工艺的动力学特点。食料条件的丰富与困乏的交替变化不仅使反应阶段基质降解速率高,而且保证了出水中可溶性 COD 和 SS 浓度达到预期的要求。Dague 建议 ASBR 反应器内 F/M 的平均值最好不要低于 $277gCOD / (gMLVSS \cdot d)$ 。

当 ASBR 反应器内 F/M 的平均值为 $277gCOD / (gMLVSS \cdot d)$ 时, COD 负荷为 $15kg / (m^3 \cdot d)$, HRT 为 12h 时, MLVSS 的浓度不低于 $30g/L$,可溶性 COD 的去除率可达到 90% 以上。

综上所述,ASBR 工艺在理论上、在试验中都展示出独具的优点,国内外的有关人士正在深入研究和试验,为生产性应用而努力。

参考文献

- [1] S. Sung, R. R. Dague, "Laboratory Studies on the anaerobic Sequencing batch reactor", Water Environment Research, May/June 1995, 294 ~ 301.
- [2] R. R. Dague, R. E. McKinney and J. T. Pfeffer, "Anaerobic Activated Sludge" J WPCF, 38(2), 1996.
- [3] Lettinga. G and Hulshoff Pol. L. W, "Advanced Reactor Design Operation and Economy", Water Sci. Technol. 1986, 18, 12, 55 ~ 69.
- [4] Kennedy J. K, Sanchez. A. W, Hamoda F. M, Droste L. R, "Performance of anaerobic sludge blanket sequencing batch reactors", Research J. WPCF, Vol. 63 Jan./Fed. 1991, 75 ~ 83.

作者通讯处: 罗震 郭静 300072 天津大学土木系