

(1) 现假设其检测精度达到了出厂的指标。即：

$$P\{\mu - 2\sigma \leq \bar{x} \leq \mu + 2\sigma\} = P\{55 - 0.2 \leq \bar{x} \leq 55 + 0.2\} \\ = P\{54.8 \leq \bar{x} \leq 55.2\} = 0.9545$$

(2) 在此次试验中 $\bar{x}$ 取值为：

$$\bar{x} = \frac{1}{20} (54.86 + 53.09 + 54.96 + 54.49 + 55.39 + \\ 55.39 + 56.02 + 53.79 + 54.42 + 55.87 + 54.50 + 55.55 + \\ 53.75 + 53.62 + 55.83 + 54.84 + 50.40 + 50.83 + 55.87 + \\ 54.84) = 54.42$$

(3) 显然, $\bar{x}$ 落在区间 $(54.8, 55.2)$ 之外, 所以该系统未达到规定的检测精度。

最后, 我们再来看看这套系统的定量控制最可能的范围：

$$S^* = \sqrt{\frac{1}{n-1} [(x_1 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2]} \\ = \sqrt{\frac{1}{19} [(54.86 - 54.42)^2 + \dots + (54.84 - 54.42)^2]} \\ = 1.54$$

由于正态分布在 $(\mu - 2\sigma, \mu + 2\sigma)$ 内取值概率为 95.45%, 故以 $(54.42 - 2 \times 1.54, 54.42 + 2 \times 1.54)$ 即 $(51.34, 57.50)$ 来估计该系统控制的定量分布范围, 可靠性在 95% 以上。显然这样的分布范围是不符合控制精度要求的。□

收稿日期 2003-11-03

● 环保治理 ●

序列间歇反应器技术在造纸废水处理中的应用

■ 杨向平 张晓光

[石油大学(华东)化学化工学院 山东 东营 257061]

关键词: 序列间歇反应器; 活性污泥; 废水; 造纸工业

序列间歇反应器(简称为 SBR), 是根据污水处理体系中活性污泥加入抽出循环次序而命名的, 这些体系通常包括含氮物质的处理过程。SBR 的单元操作与常规的活性污泥单元操作相同。两种操作体系的不同之处在于: 常规体系中曝气、沉降—清除过程, 是在两个不同的反应器中进行的, 而 SBR 体系是在同一反应器中进行的。

SBR 反应器的优点之一, 在于适应连续变化的污染物浓度。SBR 的物料平衡描述了由于体积流量和污染物浓度不同的特点产生的典型不稳定状态。

伴随着逻辑控制为基础的微观处理应用的增长和间歇式操作稳定性的增加, SBR 技术的应用越来越广泛。用它处理过的污水质量优于常规的二级处理污水。

1 SBR 技术的优点

- (1) 与常规的生化处理方法相比, 成本较低。
- (2) 占地面积少。
- (3) 有效地适应大范围流量和有机物浓度变化。
- (4) 容易满足污水的增长量。

(5) 设备维护量少, 操作简单、灵活。

(6) 微生物不会被冲走。

2 SBR 技术在造纸废水处理中的应用

制浆造纸废水常规的处理方法是首先使之澄清, 其后一般都有二级处理。在用活性污泥常规处理过程处理造纸污水中碰到的问题之一, 是解决活性污泥像有机微生物发酵那样的特性。

已经有用 SBR 技术来处理纸厂污水的例子^[1], 其结果表明: 活性污泥驯化 20 d 是除去 COD 的最佳时间; 反应时间为 12 h, 进料时间为 30 min, 获得了非常好的结果。

也有人对漂白废水进行了研究^[2, 3]。在制浆过程中浓缩废水仅占纸厂总污水的 5%, 但是 COD 却占总排出量的 40%。他们用 SBR 来作为收集器和蒸发器。蒸出物中的主要成分是甲醇。在生化过程中, 采取措施控制反应器以确保有机物全部快速去除。结果表明, SBR 技术是非常有效的, 甲醇的去除率是 100%, COD 的去除率是 88% (处理前污水中的 COD 量为 3780 mg/l)。

还有人研究了高温对SBR体系生化处理的影响^[4]。采用四组SBR并联,分别在35、45、55、60四个温度点处理纸厂的漂白污水。经过40周的试验表明,在35和45时COD的去除量显著高于55和60,随着温度的升高,可吸附的卤化物去除量减少。

从经济方面进行研究得出的结论是^[5]:SBR技术较常规的处理系统节约资金为30%。

3 SBR技术的新进展

在过去的几年中,SBR技术的应用取得了很大的进展,被广泛地用来处理不同条件下的城市污水、皮革污水、酿酒污水、屠宰场污水等等。该技术应用的共同之处在于:控制微生物群体的组成和活性,以便于取得尽可能高的污水处理能力。

从技术方面来考虑,SBR中加入填充材料,以便提高反应器的效率,这一观点在技术方面是可行的,并且逐渐得到研究人员的认可。例如,在SBR系统中活性炭和沸石的应用。

一些研究人员将活性炭粉末加入到SBR中进行研究发现:在进料阶段发生的吸附过程,使许多重要污染物(例如挥发性有机物、抗氧化性有机化合物)的浓度显著下降;在反应相中,生物降解和脱附成为主要的过程。污水得到了有效的处理,活性炭可以进行再生,重复利用。

在污水处理过程中,应用沸石作填充材料在SBR中形成生物膜的方法是可行的。因为沸石具有很高的吸附能力,并且可以通过生物活性来控制沸石的生物再生。SBR中加入沸石后,该体系的吸附和解吸(生物再生)可在一个循环中完成,循环过程很容易得到控制。

SBR中加入填充材料,使SBR技术和生物膜技术更好地结合,充分发挥了两者的优势。首先,有效地阻止了在污水排放时生物物质被大量带走,从而使SBR中单位体积的生物量较普通反应器的单位体积的生物量大,导致污泥的停留时间变长,有效地提高了污水的处理效率。其次,通过二者的结合使生物降解的速度加快,污水的处理时间缩短,微生物处理污水的有效范围更为宽广。生物膜的存在使得污水中可挥发性有机化合物的分散度降低,更有利于富集除去。

国外SBR技术用来处理造纸污水的重要研究成果

如表1^[6]。加拿大的纸厂污水,已经成功地应用了SBR技术处理^[7],效果很好。

表1 SBR技术在造纸工业废水中的重要研究成果

研究规模	研究条件	研究结果
实验室	SBR与氧化池比较	SBR具有更好的抗冲击负荷能力
实验室	残留的COD存在于难溶的有机化合物中(例如木质素)	除去COD的最佳条件:活性污泥驯化20d,反应周期为22h。
实验室(10L)	反应温度20或30	除去90%以上的酯类和脂肪酸
实验室	进料时间30min,反应时间12h	除去71%以上的COD
放大	亚硫酸盐含量高的纸浆废水	除去COD的最佳条件:活性污泥驯化20d
实验室(1.5L)	COD含量3780mg/l	除去100%的甲醇
实验室(1.5L)	污水停留时间12h,活性污泥驯化时间10~15d,循环时间8h。	温度从35升到60时,COD除去量从75%下降到63%,可吸附的卤化物除去量从70%下降到60%。

总之,SBR的优势在于它应用的灵活性,适用于各种情况下的间歇操作体系。随着SBR技术的发展,纸厂污水处理必然优先考虑这一技术,这不仅从技术方面,更重要的是除去有机物的效率方面。□

参考文献

- [1]Franta J, Wilderer P A. Biological treatment of paper mill waste water by sequencing batch reactor technology to reduce residual organics. *Water Sci. Technol.*, 1997, 35(1): 129
- [2]Millet G M D, Duff S J B. Treatment of kraft condensates in a feedback-controlled sequencing batch reactor. *Water Sci. Technol.*, 1998, 38(3-4): 263
- [3]Kahmark K A, Unwin J P. Pulp and paper effluent management. *Water Environ. Res.*, 1999, 71(5): 836
- [4]Tripathi S, Allen D. Comparison of mesophilic and thermophilic aerobic biological treatment in sequencing batch reactor. *Water Res.*, 1999, 33(3): 836
- [5]Villeneuve F, Tremblay H. Sequencing batch reactor technology: an old technique applied to the treatment of pulp and paper mill effluent. In *Proceeding of the 1995 Environmental Conference*, TAPPI Press: Norcross, GA, 1995. 2: 713~719
- [6]Mace S, Mata-Alvarez J. Utilization of SBR technology for wastewater treatment: an overview. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2002, 41: 5546
- [7]Cocci A A, McCarthy P J, Almost S. 1998 sequencing batch reactors in the pulp and paper industry: a bench-marking study. In *Proceedings of the 1998 Environmental Conference*, TAPPI Press: Norcross, GA, 1998. 3: 1203

收稿日期 2003-10-22