

半推流式活性污泥系统工程应用特点分析

田刚, 刘宁川, 李红兵, 李静萍(北京市环境保护科学研究院, 北京 100037, Email: nercuepc@public.bta.net.cn)

摘要: 根据工程实例和应用结果, 分析了复合式活性污泥系统——半推流式系统的特点。即: 该系统具有处理深度大、抗冲击负荷强、不易发生污泥膨胀等优点, 适合于工业废水的治理。

关键词: 活性污泥; 废水处理; 工业废水; 冲击负荷; 污泥膨胀

中图分类号: X703.1 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2000)04-0098-04

Application Characteristics for the Semi-Plug Flow Reactor Activated Sludge System

Tian Gang, Liu Ningchuan, Li Hongbing, Li Jingping(Beijing Municipal Research Academy of Environmental Protection, Beijing 100037, China Email: nercuepc@public.bta.net.cn)

Abstract: The new composite activated sludge system named Semi-plug flow reactor is discussed with the analysis of its application and actual projects. The system has high organism removal efficiency and better anti-shock-load capacity, and the sludge bulge seldom occurs in it. The new activated sludge system is fit for industrial wastewater treatment.

Keywords: activated sludge; wastewater treatment; industrial wastewater; shock load; sludge bulge

半推流式活性污泥系统(Semi-plug-flow reactor, SPFR)前段为多点进水的阶段曝气, 后段为推流式系统(Plug-flow reactor, PFR)。理论分析表明^[1], SPFR抗冲击负荷能力明显强于推流式系统, 处理深度明显高于完全混合式系统(Continuous-flow stirred tank reactor, CFSTR), 且不易产生污泥膨胀。笔者在多个工业有机废水的生物处理工程中采用了SPFR, 投入运行后均取得了较好的效果, 实践证明该系统出水水质好、操作弹性大、运行稳定、管理方便, 适合工业废水的治理, 是一种性能良好的工程化技术。

本文通过实际工程及运行结果对SPFR进行工程应用性分析, 根据实际设计运行经验, 指出应用过程中需注意的问题。

1 工程化应用模型

图1为SPFR活性污泥系统曝气池及沉淀池的工艺示意图。图1中, Q 、 Q_1 为处理水量、剩

余污泥量, S_0 、 S_e 为进、出水有机物浓度, X 、 X_1 为曝气池及回流污泥浓度, R 为回流比。从图中可以看出, SPFR相对PFR而言, 虽然仅仅在进水方式上作了改进, 但是该系统所表现出的工程化效益却是十分显著的。

从图1可以看出, 前半段的多点进水系统, 可以起到减缓冲击负荷的作用, 后半段PFR使处理深度得到了保证。

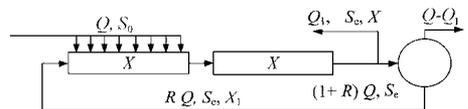


图1 SPFR系统

2 工程应用及模型优点

2.1 工程实例

作者简介: 田刚(1954~), 男, 山东人, 工学博士, 研究员, 北京市环境保护科学研究院副院长, 主要研究方向为工业废水治理技术及工程化应用。

收稿日期: 1999-10-08

表 1 为 SPFR 的工程应用实例. 从表中可以看出, SPFR 系统适用范围较广, 目前已经应用的工业领域有印染、饮料、化工及集中工业废

水的治理. 表中所列工程(除未完成者外)目前均保持良好运行状态, 不仅 COD 去除率较高, 几乎未因冲击负荷造成过生化系统的破坏.

表 1 SPFR 活性污泥系统应用实例

序号	工程名称	废水种类	池型	处理水量/ $m^3 \cdot d^{-1}$	完成时间
1	苏州甬直镇工业开发区污水治理工程	综合废水	单列	6000	1992
2	北京可口可乐饮料有限公司废水治理工程	饮料废水	4 列	2000	1995
3	青岛即墨市针织厂废水治理工程	印染废水	4 列	2000	1998
4	昆山市石浦镇工业废水集中处理工程	印染废水	2 列	1000	1998
5	北京东方化工厂废水治理改造工程	化工废水	6 列	2500	1999
6	常州市东南工业开发区污水治理工程	综合废水	4 列	2000	设计中

2.2 推荐工程设计模型

在实际工程中, SPFR 可设计成单列式(如图 1)、双列式和多列式. 根据笔者的经验, 四列式在调试、检修、应变能力、操作弹性等方面具有更多的优点. 图 2 为四列系统的实用化设计模型. 如图 2 所示, 四列式 SPFR 具有以下特点:

(1) 调试 投放大量移植污泥并进行驯化是活性污泥系统工程调试最简单的手段, 但是运行费用往往较高, 许多工程特别是较大的工程很难实施. 图 2 所示工程化模型可以在较短时间内不投加污泥, 实现污泥浓度的增长同时完成污泥驯化. 其方法是, 在调试初期关闭 2、3 列廊道之间的启闭装置, 仅运行 1、2 列, 按间歇进水方式(类似序批反应器)培养污泥, 污泥浓度达到一定浓度时(如 200mg/L 左右)开始连续进水和污泥回流, 污泥达到较高浓度时打开启闭装置, 进行全系统调试. 在污泥增值速度较慢的培菌初期阶段, 利用多点进水的工程特点, 可以在不投加启动污泥的前提下, 迅速地完成污泥培养, 是传统 PFR 较难实现的技术优势. 表 1 中所列已完成的 5 个工程中, 有 4 个是采用此方法完成培菌工作的.

(2) 污泥膨胀防治 由于 SPFR 进水系统控制较为灵活, 在运行工程中可以采取多种方式进水以调整系统的运行状态. 当污泥因缺少营养产生高粘性膨胀时(如低分子有机废水), 令进水点后移至位置②, 将第 1 列改成污泥再生系统, 可在正常运行的同时消除高粘性膨胀^[2,3]. 当按常规的 SPFR 运行产生低负荷丝状

菌污泥膨胀时, 可将进水点前移直至形成典型的推流式系统, 从而减缓低负荷污泥膨胀的趋势^[2].

(3) 检修 通过对多个工程运行的经验, 当曝气池数量只有 1 个时, 在 2、3 列廊道之间安装有效的启闭装置是十分重要的. 除有利于调试外, 当处理水量或废水浓度较低时, 后半部曝气池可停运或进行检修. 如果在第 3 列前段再设置一套进水和污泥回流系统, 则可单独运行后半段而进行前段的检修.

(4) 污泥回流 将曝气池初始端安排在与沉淀池相邻的池边, 有利于污泥回流, 特别是采用风泵提升回流污泥的系统, 在工程安装、回流比调节、操作巡视方面都会带来较大的方便. 污泥回流比的设计能力应留有足够余地, 以备处理特殊情况.

(5) 注意事项 布水系统是 SPFR 的关键部分, 该部分的设计必须保证布水的均匀性和可调节性, 否则在运行过程中难以发挥其系统的优点.

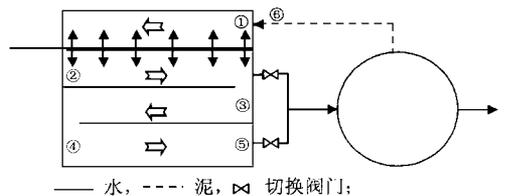


图 2 SPFR 推荐工程设计模型

2.3 运行结果与工程性分析

(1) 处理深度分析 图 3 为 CFSTR 和

PFR 在达到相同底物(BOD)去除率时,理论上所需反应时间比值的关系图^[1]。从图 3 中可以看到,污泥回流比(R)越小、底物去除率越高,二者之间的差距越大,后者的反应动力学优势越明显。CFSTR 所需的反应时间理论上与 R 无关,但 R 的降低有利于 PFR 反应时间的缩短。从图 3 中可以看出,在底物去除率要求较高时,PFR 的反应动力学优势较明显。根据上述特点,SPFR 在系统的前半部设计成抗冲击负荷能力较强但反应推动力相对较弱的阶段曝气(推动力略高于 CFSTR),以承担底物去除率前半段,此阶段由于底物浓度较高,推动力相对 PFR 而言差别不是太大。SPFR 的后段设计成 PFR,以发挥其在低浓度下的动力学优势。动力学理论分析表明,在污泥回流比为 1,底物去除率为 90% 时,SPFR、PFR 所需反应时间分别是 CFSTR 的 45% 和 38%,而且底物去除率越高,比值越低,同时 SPFR 与 PFR 之间的相对差距也越小。可见,在活性污泥反应系统中设置一段推流式系统,对提高底物去除率或减少反应时间是非常有利的。

由于很多工业废水的可生化性并不是太好,为了达到较高的 COD 去除率,生化系统的 BOD 负荷一般较低,以便在更多地削减 BOD 的同时,降低出水中 COD 的浓度。以笔者的经验,在工业废水生化处理过程中,BOD 的去除率一般要达到 90% 甚至 95% 以上。可见将传统的 PFR 改良成 SPFR,对反应动力学优势的削弱不是太大(低于 25%),但却使其抗冲击负荷能力实现了质的变化,从而使改良后的 PFR 在工业废水治理中表现出优良的工程化应用性能。

(2) 生物反应过程探讨 图 4 是 SPFR 曝气池(参考图 2)不同点的实测数据。如图 4 所示,位于前半段进水区的点①、②,过渡区的点③,以及处于后半段中部的点④,COD 浓度基本相同,在到达出口处点⑤后浓度下降,与出水点⑥点相同,其底物浓度的分布规律与推流式系统较为相似。实测数据表明,污水中的大部分有机物在进水区首先被菌体表面吸附,同时进行

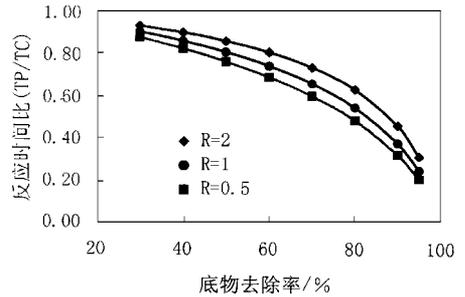


图 3 反应时间比值对照

生物降解反应(再生),在点③到点④的反应过程中,由于菌体已经吸附了足够多的有机物,且此时介质中有机物浓度已经很低,吸附作用很小,污泥以再生为主。而后,被菌体吸附的有机物逐渐被降解,污泥又开始了下阶段的吸附再生过程,污水中的有机物浓度进一步降低。当然,菌体的吸附和再生阶段不会是截然分开的,上述讨论仅仅说明 SPFR 的反应模型与 PFR 相差不多,具有良好的反应动力学条件。

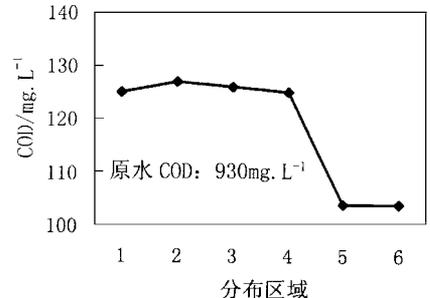


图 4 COD 浓度分布图

(3) 运行结果与分析 表 2 为实测实施工程运行结果(平均值)。从表 2 结果可以看出,SPFR 系统适应性强,可以应用于多种工业废水的治理。SPFR 是 PFR 的一种较有效的改良形式,相对后者处理深度下降不大,但抗冲击负荷能力却得到了极大的改善,更加适用于工业废水的处理。SPFR 从形式上看是介于 CFSTR 和 PFR 之间的一种动力学模型,但在工程化应用方面相对后者,却更多地保持了优点,回避了缺点。另外,SPFR 还具有运行费用低、工程造价适中、操作弹性大、容易实现自动化控制等特点。

因此可知,只要选择恰当的动力学模型,认

真设计、精心施工、加强管理, 活性污泥系统仍然是工业有机废水首选的技术路线。

表 2 SPFR 实施工程运行实测结果(平均值)

序号	污染物种类	停留时间 /h	进水 COD _{Cr} /mg·L ⁻¹	出水 COD _{Cr} /mg·L ⁻¹	进水 pH	出水 pH	$\frac{BOD}{COD}$	污泥浓度 /kg·m ⁻³
1	印染、食品、化工、生活等废污水	12	500	115	9.5	7	0.35	2.3
2	蔗糖、烷基矿物油(少)	24	700	60	7	6.5	0.6	1.8
3	活性染料, 表面活性剂, 各类助剂	18	350	95	9	7	0.4	2.5
4	印染废水为主	18	400	105	9	7	0.4	2
5	各类低分子有机醇、醚、酸、表面活性剂, 矿物油等, (需加酸调节)	24	1200	100	9	7.5	0.45	3

3 结论

(1) 实际工程运行结果表明, SPFR 活性污泥系统是一种处理深度大、抗冲击负荷能力较强、防治污泥膨胀效果好、管理方便的实用技术。

(2) 布水系统是 SPFR 的关键部位, 在工程设计过程中应给予充分的重视。

(3) SPFR 适用于多种工业有机废水的治理。

参考文献:

- 田刚. 半推流式活性污泥系统反应动力学分析. 环境科学, 2000, 21(2): 81~84.
- 丛者愚等. 可乐生产废水处理工程活性污泥膨胀的控制. 田刚等编. 废(污)水处理工程技术论文集. 北京: 中国环境科学出版社, 1998. 148~150.
- (日)田口 广著, 孙玉修等译. 活性污泥膨胀与控制对策. 北京: 中国建筑工业出版社, 1982. 239~244, 311~313.

书 讯

《环境科学》1998 年和 1996 年增刊《环境影响评价专辑》仍有存书. 专辑内容包括可持续发展的战略性环评、环评有效性探讨、区域环评、建设项目环评、生态环评、风险环评、环境影响后评估、费用效益分析以及完善环评制度的科学探讨和国内外经验介绍等. 欲购阅两专辑者, 请与《环境科学》编辑部联系.

购书办法: 邮购或到编辑部购买, 1998 年刊定

价 11 元/册(含邮资), 1996 年刊定
价 15 元/册(含邮资)

购书地址: 北京市双清路 18 号(北京 2871 信箱)《环境科学》编辑部, 邮编: 100085

联系电话: 010-62941102

联系人: 万维纲