

文章编号 :1009 - 7767(2006)06 - 0409 - 04

两种生物流化床中试反应器处理生活污水

张玉魁¹, 施汉昌²

(1. 北京市政投资有限公司, 北京 100083; 2. 清华大学 环境科学与工程系, 北京 100084)

摘 要: 简要介绍了双筒和蜂窝断面这两种内循环三相生物流化床中试装置, 并通过这两种装置对生活污水进行了试验。根据试验所取得的数据, 分别对 COD、NH₃-N 的去除率, 氧利用率, 出水 SS 质量浓度, 能耗等项目进行了比较与分析, 最后得出的结论是: 内循环三相生物流化床是一种高效低耗的新型生物反应器。

关键词: 内循环三相生物流化床; 中试; 生活污水

中图分类号: X703.3 文献标识码: A

Domestic Wastewater Treatment Using Two Types of Biological Fluidized Bed Pilot Reactors

ZHANG Yu-kui, SHI Han-chang

(1. Beijing Municipal Investment Company of Limited, Beijing 100083, China; 2. Department of Environmental Science and Engineering, Qinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Two types of inner loop three phase biological fluidized bed pilot reactors are introduced, and they are used to treat domestic wastewater. According to experiment data, COD, NH₃-N, oxygen utilization ratio, effluent SS etc. are compared and analyzed, and the final conclusion is: inner loop three phase biological fluidized bed is a kind of new type biological reactor with high efficiency and low cost.

Key words: inner loop three phase biological fluidized bed; pilot; domestic wastewater

内循环三相生物流化床是一种新型高效反应器。近年来一些研究机构在反应器流态、氧转移、生物膜的形成等理论^[1-4]及新型反应器研制和应用^[5-7]方面进行了深入研究, 为内循环三相生物流化床的中试和放大至工业规模的研究应用奠定了必要的基础。

本文利用两种不同类型的内循环三相生物流化床中试装置, 对生活污水进行了试验研究, 并对两种装置的处理效果和运行费用进行了分析对比。

1 设备与材料

1.1 主要设备

双筒内循环三相生物流化床(DCITFB)中试装置(见图 1a)总高度 9.19 m, 内、外筒直径分别为 0.4 m 和 0.6 m, 内筒高度为 7 m, 反应区 1 的体积为 2 m³,

分离沉降区(2+3)体积为 4 m³, 内筒底部微孔曝气装置由微孔钛板制成。

蜂窝断面内循环三相生物流化床(HCITFB)中试装置(见图 1b)总高度 2.80 m, 直径 1.0 m, 反应区高度 2.0 m, 断面为蜂窝状, 反应区 1 的体积为 1.6 m³, 气浮分离区 3 的体积为 0.4 m³, 升流区底部微孔曝气装置由陶瓷曝气头制成。

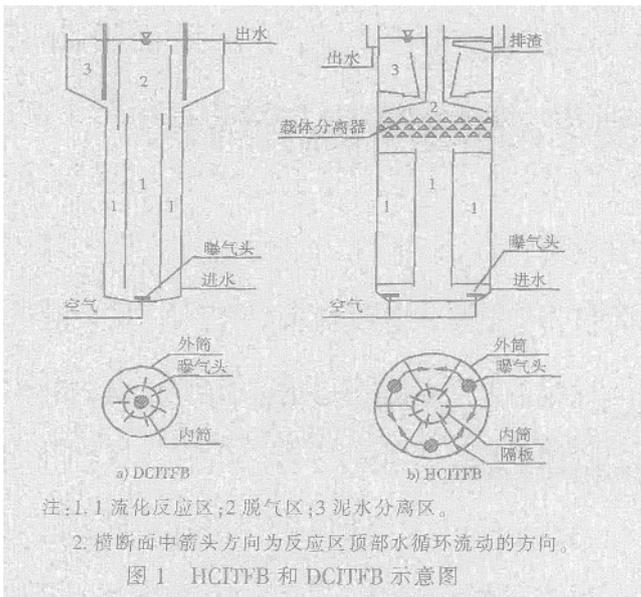
HCITFB 是在 DCITFB 的基础上进行改进的一种反应器, 它在保证反应器流态^[8]的基础上降低了反应器整体的高径比, 从而降低反应器能耗; 另外, 蜂窝状断面易于实现反应器的大型化。此外, HCITFB 将溶气气浮与流化床合理耦合, 有利于降低出水 SS。

1.2 载体

DCITFB 选用粒径为 0.3~0.8 mm 的陶粒作为生物载体, 其投加量为 200 kg, 体积为流化反应区体积的 5.26%; HCITFB 选用废旧橡胶粉碎制成的颗粒作

收稿日期: 2006-05-11

作者简介: 张玉魁(1976-)男, 河北辛集人, 工程师, 博士, 现任北京市政投资有限公司副总工程师



为生物载体,直径为 1~3 mm,投加量为反应器流化反应区体积的 10%。2 台中试反应器的充氧设备都选用空气压缩机,溶解氧含量采用溶解氧测定仪直接测定。

陶粒是一种传统的用于生物流化床的无机载体,它的缺点是密度较大,为 1.9 g/mL;另外,在反应器中长期使用后可能破碎,造成载体流失。橡胶是一种新型的悬浮载体^[8,9],它的密度为 1.1 g/mL,与水接近,易于循环流化;另外,由于橡胶为有机材料具有弹性,因此耐磨性好,不易破碎。

1.3 污水来源

2 台反应器处理的都是生活污水,DCITFB 的污水来自清华大学 1 号楼污水泵房,HCITFB 的污水来自清河污水处理厂。

2 结果与讨论

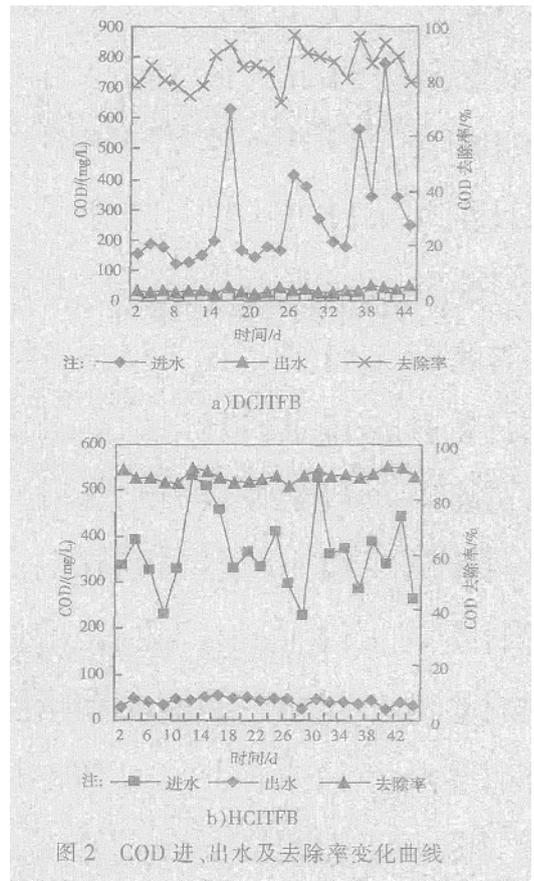
2.1 供气量的影响

供气量的大小是影响污水处理效果的重要因素,它既要满足微生物的好氧呼吸,又要保证载体的正常流化,因此必须加以控制。DCITFB 中陶粒加入量为 200 kg,由试验确定的最小供气量为 30 m³/h;而 HCITFB 中维持橡胶载体正常流化的最小供气量仅为 3 m³/h,为了保证反应器中微生物的好氧呼吸,在正常运行时的供气量控制为 10 m³/h。

2.2 运行结果分析

2.2.1 COD 的去除 (见图 2)

(1) DCITFB 进入正常运行后控制进水流量为 3 m³/h,供气量为 30 m³/h。此时水力停留时间为 40 min,气水比为 10:1。DCITFB 去除 COD 的运行结果见图 2a)。由图 2a)可知,在进水 COD 质量浓度为 150~800 mg/L 范围内,COD 去除率均达 75%以上,尤其是进水质量浓度较高时,去除率可达 90%以上。根据对进出水



水质的连续测定结果统计,进水 COD 平均质量浓度为 278 mg/L,出水为 33.4 mg/L,由此计算 COD 平均去除率为 85.4%,以 COD 为基础的去容容积负荷为 8.8 kg(m³·d)。

(2) HCITFB 进入正常运行后控制进水流量为 2.4 m³/h,供气量为 10 m³/h。此时水力停留时间为 40 min,气水比为 4:1。HCITFB 去除 COD 的运行结果见图 2b)。由图 2b)可知,在进水 COD 质量浓度为 230~530 mg/L 范围内,COD 去除率均达 85%以上,尤其是进水质量浓度较高时,去除率可达 92%以上。根据对进出水水质的连续测定结果统计,进水 COD 平均质量浓度为 366 mg/L,出水为 41.4 mg/L,由此计算 COD 平均去除率为 88.5%,以 COD 为基础的去容容积负荷为 11.7 kg(m³·d)。

由于反应器有着良好的混合流态和较强的充氧能力,能够使进水中高浓度有机物迅速得到充分地稀释与降解,因此,进水质量浓度的波动对出水水质影响很小。

2.2.2 NH₃-N 的去除

反应器对生活污水中的 NH₄-N 也有一定的去除作用,运行结果见图 3。

由图 3 可知,在 DCITFB 中,当进水 NH₃-N 质量浓度在 10~15 mg/L 范围内时,去除率在 36%~74%之

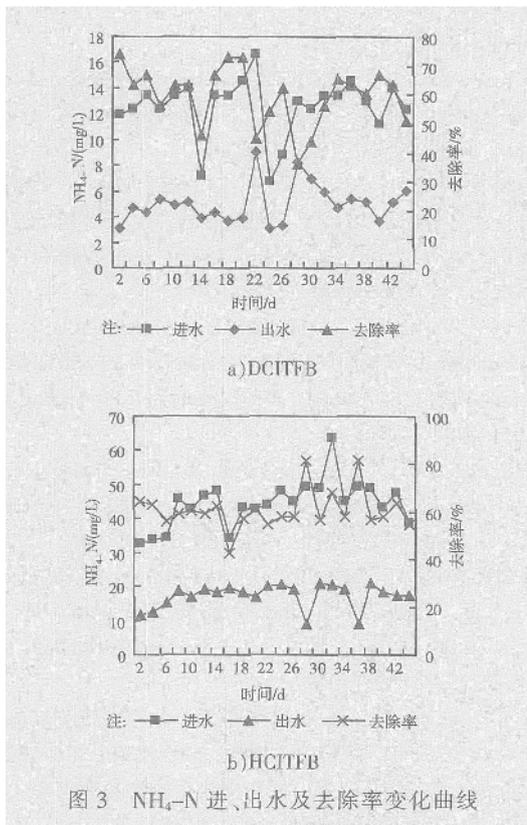


图3 NH₄-N进、出水及去除率变化曲线

间,平均为60%。在HCITFB中,当进水NH₄-N质量浓度在32~64 mg/L范围内时,去除率在43%~81%之间,平均为61%。

在两种反应器中,虽然进水NH₃-N质量浓度不同,但是去除率相近。NH₃-N的去除是硝化作用与微生物同化作用的结果。

2.2.3 氧利用率

在正常运行条件下,经测定DCITFB和HCITFB出水溶解氧含量均为1.0~1.4 mg/L,反应区溶解氧接近饱和。根据合成系数法并利用进、出水的平均质量浓度即可求出需氧量R^[10]:

$$R = \frac{AQ(S_0 - S_e)}{1000} + BXV \quad (1)$$

式中:A为降解每千克COD的需氧量,取0.5;B为污泥自身氧化率,取0.15;Q为污水日处理量;S₀、S_e分别为进、出水COD质量浓度;X为污泥质量浓度;V为流化反应区体积。

$$G = Q_0 \times 21\% \times 1.43 \quad (2)$$

式中:Q₀为日供气量;21%为空气中氧的体积分数;1.43为氧在标准状态下的密度。

氧利用率计算公式如下:

$$\text{氧利用率} = \frac{R}{G} \times 100\% \quad (3)$$

因此,根据有关测试数据,利用式(3)便可求出氧利用率。经计算,DCITFB的氧利用率为5%,HCITFB

为13%。

2.2.4 出水SS质量浓度

DCITFB和HCITFB是利用不同的分离方法对出水SS质量浓度进行控制的,如DCITFB是利用沉淀原理,而HCITFB则是利用溶气气浮方法。在实际运行中对两种反应器出水悬浮物质量浓度进行测定,结果见图4。

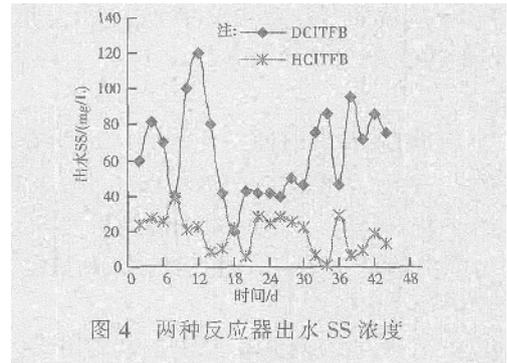


图4 两种反应器出水SS浓度

由图4可知,DCITFB出水悬浮物质量浓度偏高,一般在20~120 mg/L之间,平均值为64 mg/L。出水SS偏高的主要原因是污水沉淀时间短,不能有效去除水中的SS。HCITFB出水质量浓度在1~27 mg/L之间,平均值为19 mg/L,出水SS能直接满足污水排放标准。

2.3 能耗分析

反应器的能耗来自于供水和供气。如前所述,由空压机提供的压缩空气不仅要满足微生物的好氧呼吸,而且要保证载体正常流化,为此对供气的能耗进行了分析计算。在正常运行的条件下,根据下式可以求出空气输入功率:

$$N = gHQ/1000 \quad (4)$$

式中:N为空气输入功率,kW;ρ为反应区混合液密度,取1000 kg/m³;g为重力加速度,9.8 m/s²;H为反应器液面高度,m;Q为供气量,m³/s。

带入有关数据即可求得DCITFB的空气输入功率为0.735 kW,HCITFB为0.073 kW。对于HCITFB气浮分离区,由于运行时溶气水压力为0.3 MPa,因此利用式(4)计算时,H取30 m;由于在0.3 MPa、15℃时空气在水中的溶解量为60 L/m³,气浮水回流比为20%,因此可得Q为8×10⁻⁶ m³/s,据此可得气浮分离区的空气输入功率为2.35×10⁻³ kW。此外考虑空气压缩机效率为50%。

供水能耗由所用水泵的配套电动机功率求出。DCITFB水泵功率为1.1 kW,HCITFB进水泵功率为0.7 kW,气浮溶气水泵功率为0.4 kW。

因此,DCITFB每单位体积污水的供气耗电量为0.49 kWh/m³,供水耗电量为0.37 kWh/m³;HCITFB每

单位体积污水的供气耗电量为 0.063 kWh/m³ ,供水耗电量为 0.46 kWh/m³。

供水和供气的能耗之和即为反应器运行总能耗。所以 ,对 DCITFB 每处理单位体积污水的总耗电量为 0.86 kWh/m³ ,HCITFB 为 0.523 kWh/m³。按工业用电 0.50 元/kWh 计 ,则 DCITFB 处理每吨污水的运行费用为 0.43 元 ,HCITFB 为 0.26 元。由计算结果表明 ,HCITFB 反应器的运行费用低于 DCITFB ,并且不高于其他生物处理工艺。

3 结论

(1)DCITFB 和 HCITFB 对生活污水均有良好的处理效果。当水力停留时间为 40 min 时 ,DCITFB 对 COD 的平均去除率为 85.4% ,HCITFB 为 88.5% ,且 COD 出水均低于 45 mg/L ,相应的 COD 去除容积负荷达到 10 kg(m³·d)。

(2)HCITFB 反应器充氧能力强 氧利用率达 13%。

(3)由于采用溶气气浮进行泥水分离 ,HCITFB 反应器出水 SS 低于 20mg/L。

(4)HCITFB 能耗低于 DCITFB ,是一种高效低耗的新型生物反应器。

参考文献 :

[1] Freitas C, Teixeira J A. Hydrodynamic studies in an airlift reactor with an enlarged degassing zone[J]. Bioprocess Engi-

neering, 1998, 18: 267- 279.

[2] A reassessment of relationship between riser and downcomer gas holdups in airlift reactors[J]. Chemical Engineering Science, 1998, 53 (24): 4151- 4154.

[3] 韦朝海,吴锦华,吴超飞,等. 新型内构件内循环三相流化床氧传递特性的研究[J]. 中国环境科学 2001 21(6): 507- 510.

[4] 赵庆良,黄汝常. 复合式生物膜反应器中生物膜的特性[J]. 环境污染与防治 2000 22(1): 4- 7.

[5] Couvert A, Bastoul D, Roustan M, et al. Prediction of liquid velocity and gas hold- up in rectangular air- lift reactors of different scales[J]. Chemical Engineering and Processing, 2001, 40: 113- 119.

[6] Frijters C T M J, Vellinga S, Torna, Mulder R. Extensive nitrogen removal in a new type of airlift reactor [J]. Water Science and Technology, 2000, 41 (4- 5): 469- 476.

[7] M.C.M. van Loosdrecht, W.A.J. van benthum, J.J.Heijnen. Intergration of nitrification and denitrification in biofilm airlift suspension reactors [J]. Water Science and Technology, 2000, 41 (4- 5): 97- 103.

[8] 张玉魁,张谔,施汉昌. 一种新型复合式生物流化反应器混合特性的研究[J]. 环境科学学报. 2003 23(6): 726- 732.

[9] 郑礼胜,施汉昌,钱易. 内循环三相生物流化床处理生活污水[J]. 中国环境科学 ,1999 ,19(1): 51- 54.

[10] R Ade Bello, Campbell W Rbinson, Murray Moo- Young. Gas holdup and overall volumetric oxygen transfer coefficient in airlift contactors [J]. Biotechnology and Bioengineering, 1985, 27: 369- 381.

(上接第401 页)

后预警值定为 25.0 mm。

根据上述公式的计算结果 ,该区间施工监测中参照理论的预警值进行控制。实测数据说明 ,在确定监测预警值时要通过理论计算和综合考虑工程的地质、水文和周边环境实际情况并参照类似工程来定。南京地铁鼓- 玄区间隧道在施工过程中 ,影响范围内所有建筑都做沉降观测。大跨段地质较好 隧道覆土厚度深 ,并且该段房屋都有一定的基础 ,隧道合理的分步开挖对房屋沉降没有造成太大的影响。软流塑段台阶法开挖施工对房屋影响较大 ,该段中央路 72 号房屋修建时 ,基础较差 (原为池塘 ,后杂填土回填) ,在房屋沉降达到预警值时 ,监测数据的及时反馈和预测防止了意外的发生 ,修改了施工方案后 ,跟踪监测效果很明显 ,能随时掌握反馈隧道施工和沉降情况 ,进行动态施工控制管理。房屋沉降变化同地表沉降规律基本相同 ,在距离隧道掌子面- 1~ 2D 时开始受开挖影响 ,沉降变量为总变量的 10%~20% ;距离开挖面- 1~3D 时沉降速率加速增长 ,占总变量的 50%~80% ;在距离开挖面 3D 以后沉降开始变缓 ,直到 5~9D 以后沉降

变化逐渐平稳。

6 结语

由于地表沉降控制基准的确定随工程条件变化 ,在工程实践中仍处于摸索经验及工程类比的阶段。针对具体工程时 ,常常通过类比、计算和综合考虑工程实际情况相结合的办法找出相应的基准值。本文对城市浅埋暗挖法修建地铁的沉降控制基准问题进行了一些尝试性分析 ,并将分析计算结果应用于南京地铁鼓- 玄区间隧道 ,结合实测数据进行验证性对比 ,取得了较好的效果。

参考文献 :

[1] 吴波.沉降控制基准分析及应用[R]. 成都:西南交通大学出版社 2000.

[2] 夏才初. 地下工程测试理论与监测技术[M]. 上海:同济大学出版社,1999.

[3] 王建宇. 隧道工程监测和信息化设计原理[M]. 北京:中国铁道出版社,1990.

[4] 龚晓南. 深基坑设计与施工手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1998.