

温度对复合式 A/O 工艺的影响研究

姜涛 赫俊国 杨晓南 吕炳南

(哈尔滨工业大学市政环境工程学院, 哈尔滨 150090)

摘要 针对温度因素对污水处理效果的影响,造成冬季北方大多数污水处理厂运行效果变差的问题,在中试试验的基础上,以城市污水为处理对象,进行了温度对复合式 A/O 工艺处理效能和微生物特性的影响研究。研究表明,系统对于温度的变化较为敏感,当温度由 20℃ 下降到 6℃ 时,系统对 COD_{Cr} 的去除率下降到 60%,对 $\text{NH}_3\text{—N}$ 、TN 的去除率下降到 40% 以下;6℃ 时的吸附性能和沉降速率仅为 20℃ 时的 85% 和 40%;活性污泥和生物膜的 SOUR 下降到 $46 \text{ mgO}_2/(\text{mgMLVSS} \cdot \text{min})$ 和 $33 \text{ mgO}_2/(\text{mgMLVSS} \cdot \text{min})$,SOUR 下降的程度要比 VSS/SS 大。研究结果对于理解温度对处理效能的影响和本质原因具有重要的意义,特别对污水处理厂运行具有借鉴意义。

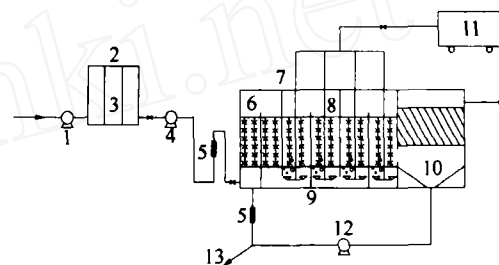
关键词 温度 复合式 A/O 工艺 处理效能 微生物特性

自从活性污泥法问世以来,温度对生物净化过程的影响受到了普遍的重视^[1,2]。我国幅员辽阔,很多地区一年四季气候差异很大,尤其是东北、华北和西北部的广大地区,每年的冰冻期长达 3~6 个月,冬季的平均水温不高于 10℃,这就导致在不同季节污水的处理效果存在很大差异。因此探索温度对净化效能和微生物特性的影响,对理论研究和工程实践都有重要的意义,特别是对冬季运行的污水处理厂具有一定的借鉴意义。本文以城市污水为处理对象,在中试的基础上进行了温度对复合式 A/O 工艺处理效能和微生物特性的影响研究。

1 试验装置与方法

1.1 试验装置

试验工艺流程见图 1。利用潜水排污泵将曝气沉砂池出水泵入调节水箱,经转子流量计进入复合



1 潜水泵 2 调节水箱 3 隔网 4 管道泵 5 流量计
6 填料 7 反应器 8 隔板 9 曝气头 10 斜板沉淀装置
11 鼓风机 12 回流泵 13 剩余污泥

图 1 试验流程

式生物处理系统。首先在缺氧段发生水解及反硝化作用,然后进入好氧段进行有机物和氨氮的去除,经生物系统处理后的出水进入沉淀池进行泥水分离后排入市政管网,部分污泥携带 $\text{NO}_3^- \text{—N}$ 回流到反应器缺氧段作为回流污泥和反硝化回流液,另

络方法. 天津大学学报,2005,38(7):636~639

18 罗利民,方浩,仲跃,等. 小波神经网络算法在区域需水预测中的应用. 计算机工程与应用,2006,(3):200~214

19 曹连海,陈南祥,徐建新. 城市生活用水量预测的 PLS—ANN 模型. 华中科技大学学报,2006,23(3):20~27

20 李玉华,王征. 蚂蚁算法在日用水量预测中的应用研究. 哈尔滨工业大学学报,2005,37(1):60~62

21 陈雪艳,李平,袁艺,等. 基于改进的 Chebyshev 神经网络的用水量预测. 石油化工高等学校学报,2005,18(1):70~72

22 司听. 预测方法中的神经网络模型. 预测,1998,(2):32~35

23 尹学康,韩德宏. 城市需水量预测. 北京:中国建筑工业出版社,2006

社,2006

24 李斌,许仕荣,柏光明,等. 灰色—神经网络组合模型预测城市用水量. 中国给水排水,2002,18(2):66~68

○通讯处:100011 北京市东城区安德里北街 18 号 综合室水组

电话:(010)66339666

E-mail: zbzhanghfut@163.com

收稿日期:2006-11-24

修回日期:2007-03-18

一部分作为剩余污泥排放。系统底部安装可控曝气装置,气源来自厂方,缺氧段曝气装置只在污泥培养阶段启用。反应系统的启动采用接种污泥培养法,污泥取自污水处理厂回流污泥和浓缩污泥,试验期间运行参数以设计参数控制。

1.2 原水水质与试验条件

本试验所用的原水为哈尔滨市文昌污水处理厂原水。其主要成分为生活污水,同时含有少量的工业废水。水质成分见表1。

表1 试验用污水组成成分

指标	COD _{Cr}	NH ₃ -N	TN	TP	BOD ₅
浓度/mg/L	350	25	40	12	150

通过正交试验,确定复合式A/O工艺在常温状态下的最佳工况为HRT=6 h,系统回流比R=200%,MLSS=4 500~4 800 mg/L,其中活性污泥浓度为2 500 mg/L,生物膜浓度为2 000~2 300 mg/L,SRT=10~12 d。系统在最佳工况下稳定运行30 d后,根据季节变化研究温度对系统处理能力和微生物特性的影响。

1.3 水质、微生物特性分析方法

COD:重铬酸钾回流法;pH:酸度计;NH₃-N:纳氏试剂分光光度法;TN:碱性过硫酸钾消解氧化法;MLSS/MLVSS:重量法;DO:溶解氧仪;SOUR:溶解氧电极法。

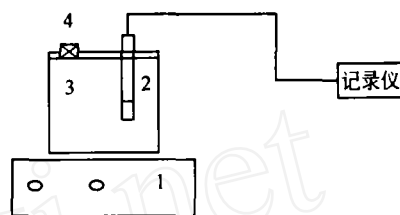
悬浮填料上附着生长的生物膜量的测定具体步骤如下:取出一定量的带有生物膜的纤维载体,放入200 mL的小烧杯中轻轻用去离子水淋洗数遍,洗去夹带的悬浮生长的MLSS,然后将洗净的填料转移到已称重的铝箔(W₁,g)中,再放入105℃的烘箱中烘干、冷却和称重至(W₂,g);再将干燥的填料转移到装有20 mL的1 mol/L NaOH的烧杯中,在恒温水浴(80℃)中加热1 h,加热过程中伴以搅拌至所有生物膜脱落,然后弃去脱膜碱液并用去离子水淋洗数遍,洗净的纤维丝再转移至已洗净的原有铝箔中,再遵循同样步骤放入105℃烘箱中烘干、冷却和称重(W₃,g)。由W₁、W₂、W₃即可计算出单位面积上微生物浓度,进而得到生物膜的总体浓度。

SOUR—溶解氧电极法采用静态气体—静态水

的呼吸测定装置,见图2。将试验用水经过一段时间的曝气,放入一个密闭的瓶子内,再放入一定量的微生物,插入溶解氧电极,然后置于25℃水浴中,根据瓶内溶解氧的下降来测定单位时间溶解氧浓度的变化(式1)。

$$\frac{dS_0}{dt} = r_0 = \frac{DO_1 - DO_2}{t_1 - t_2} \quad (1)$$

再由 $SOUR = \frac{r_0}{X}$ 求得 SOUR 的值 [mgO₂/(mgMLVSS·min)],其中 X 为悬浮态或附着态微生物浓度,mg/L。



1 磁力搅拌器 2 溶解氧探头
3 呼吸计量仪 4 抑制剂入口
图2 测定细菌活性的试验装置

2 试验结果与讨论

2.1 温度对处理效能的影响

不同温度条件下系统对COD_{Cr}的处理情况见图3。

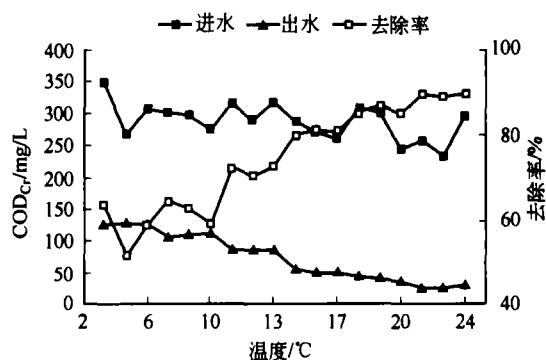


图3 不同温度条件下COD_{Cr}的去情况

由图3所示,系统对COD_{Cr}的去除率随着温度的降低而减小,由24℃时的90%下降到6℃时的60%,尽管温度的下降对COD_{Cr}的去除率有一定的影响,但是系统仍然保证一定的去除效果。温度的降低抑制了微生物的代谢活性,尤其是生物系统中占大多数的中温性微生物,当温度低于10℃时其生长代谢即会停止。系统之所以仍保持一定的去除

率,是由于活性污泥中存在着相当数量的兼性嗜冷微生物,它们甚至在 0°C 仍能保持较高的代谢活性^[3]。另外,生物膜是一个相对致密的生物群体,而且是具有层次结构,这一致密结构是其对水温的变化具有较好的适应性,即便是在水温低于 10°C 时,生物膜内部由于微生物代谢产生的热能而保持在大于 10°C 的水平,这样就保证了嗜温性微生物在低温废水处理系统的存在和代谢。与此相比,悬浮菌胶团中的微生物更易受到水温的影响。所以在较低温度下,复合式处理系统仍能保持比常规活性污泥法要高的去除率。

不同温度条件下系统对 $\text{NH}_3\text{—N}$ 、TN 的处理情况见图 4、图 5。

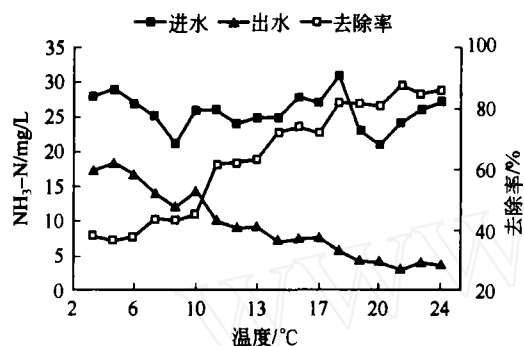


图 4 不同温度条件下 $\text{NH}_3\text{—N}$ 的去除情况

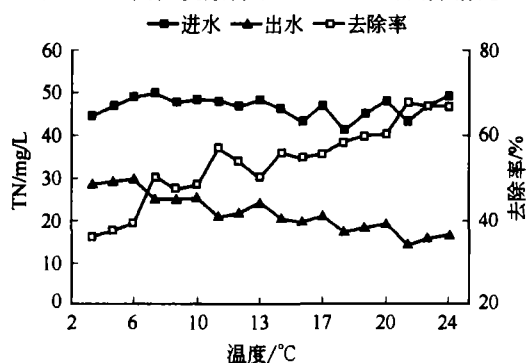


图 5 不同温度条件下 TN 的去除情况

由图 4、图 5 所示,系统对 $\text{NH}_3\text{—N}$ 的去除效果下降的较为明显。去除率由 26°C 时的 90% 下降到 6°C 的 40% 左右。这主要是因为进行硝化反应的都是自养菌,与降解有机物的异养菌相比,对环境变化尤其是温度变化比较敏感,所以 $\text{NH}_3\text{—N}$ 的去除率下降的非常明显。而硝化去除率的下降直接导致了反硝化的恶化,所以 TN 的去除率也下降了很多, TN 去除率由 60% 下降到了 40% 以下。另外,温度

对反硝化菌的活性影响也相当大,这是 TN 去除率下降的另一个主要原因。

2.2 温度对系统内微生物的特性影响

不同温度条件下系统内微生物的吸附沉降性能见图 6。

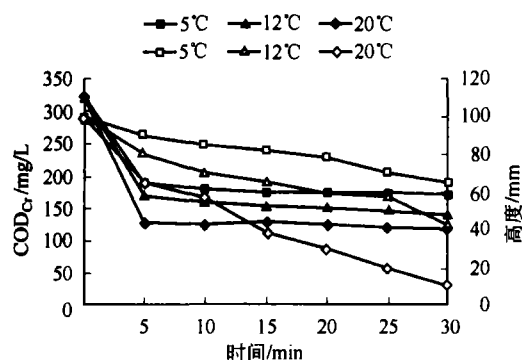


图 6 不同温度条件下吸附及沉降性能的比较

从图 6 中可以看出温度的降低对活性污泥初期吸附作用影响较大,水温愈低愈明显。 5°C 时吸附曲线的形状与常温的曲线有所不同,初期吸附作用不明显。反应进行到 20 min 时, 20°C 条件下 COD_{Cr} 的去除率达到 67.8%, 12°C 时下降到 60.9%, 而 5°C 时仅为 52.8%, 与 20°C 时相比相差 15%。这是因为在低温条件下,冷适应菌属在数量和生物活性上与中温菌相比都有所下降,酶催化作用的降低减慢了生化反应速度,导致了低温时微生物本身代谢功能逐渐减弱,吸附在活性污泥表面上的有机物不能很快被降解,未降解的有机物在活性污泥吸附表面上有所积累,在一定程度上改变了被多糖类粘液层包覆的吸附表面的性质,污泥的表面活性恢复的较慢,从而降低了活性污泥的吸附作用。从曲线的变化趋势也可以看出,随着反应时间的加长,温度对于 COD_{Cr} 去除率的影响将逐渐减少。这可以认为总吸附表面积不会因水温降低而减少,这就保证了低温吸附去除作用继续存在。同时,常温条件下活性污泥的沉降性能明显好于低温条件下活性污泥的沉降性能,图中纵坐标的高度代表了不同时间量筒内活性污泥—水界面的高度,污泥的平均沉速以单位时间界面高度的变化表示。 20°C 和 5°C 时活性污泥的平均沉速分别为 2.93 mm/min、1.16 mm/min。由于常温条件下的中温菌分泌的紧密附着的胞外聚合物(TB)较多,使污泥的絮体结构密

实、大小适中,容易形成性能良好的絮状体沉淀下来,因此具有良好的沉降性能。而在当温度降低至10℃以下时,冷适应微生物所分泌的松散附着的胞外聚合物(LB)较多,导致污泥絮体内间隙水增多,絮体体积增大;同时可导致絮体的 Zeta 电位增大,相互之间的静电斥力增大,而且造成污泥絮体表面粗糙度增大,污泥颗粒之间的各种相互作用均减弱,形成的絮体对外力及环境的改变非常敏感,容易破碎,造成微小絮体增多,进而增大了污泥絮体与水分分离的难度,宏观表现为沉降速度减慢,SVI 值升高^[4]。

不同温度条件下系统内微生物活性变化曲线见图 7。

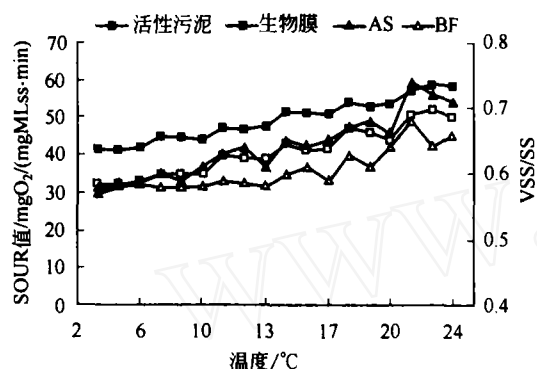


图 7 不同温度条件下微生物活性的变化

如图 7 所示,温度的降低导致生物活性随之降低。活性污泥和生物膜的 SOUR 值分别由 24℃ 的 59 mgO₂/(mgMLSS·min)和 52 mgO₂/(mgMLSS·min)下降到了 6℃ 的 46 mgO₂/(mgMLSS·min)和 33 mgO₂/(mgMLSS·min)。在温度下降过程中,中温菌的活性逐渐下降,到一定的温度下甚至失去活性,不能成为低温活性污泥的优势菌群,而适于低温环境的低温微生物的数量由于自身的生理特性及各种生态因子的抑制作用,在数量上没有上升到一定的程度,因此导致了低温条件下活性污泥中优势菌群数量减少,活性污泥整体活性下降。但是这种变化有一个特点,即 SOUR 下降的程度要比 VSS/SS 大。这是因为当温度降至微生物的最低生长温度时,细菌的新陈代谢活动极弱,甚至处于休眠状态,细菌活动虽然基本停止,但并未死亡,当温度升高时,仍能恢复活性。因此这部分失活细菌仍然含有 VSS,但

没有活性,所以 SOUR 值很低,而 VSS 下降不多。

3 结论

(1) 温度对 COD_C 的处理效果影响不大,在 6℃ 时仍能保持 60% 的去除率,主要是由于嗜冷微生物和生物膜的存在保证了一定的去除效率;温度对 NH₃-N 和 TN 的去除影响很大,在 6℃ 时去除率在 40% 以下,主要是由于硝化反应对温度的敏感并直接影响了反硝化作用;

(2) 温度的降低直接影响活性污泥的吸附和沉降性能。6℃ 时的吸附性能和沉降速度仅为 20℃ 的 85% 和 40%。主要是由于低温条件下微生物的酶代谢活性的降低以及分泌松散附着的胞外聚合物较多所致;

(3) 温度的降低影响微生物的活性。活性污泥和生物膜的 SOUR 值分别由 24℃ 的 59 (mg MLVSS·min) 和 52 (mg MLVSS·min) 下降到了 6℃ 的 46 (mg MLVSS·min) 和 33 (mg MLVSS·min)。但 SOUR 下降的程度要比 VSS/SS 大。这是因为细菌的新陈代谢活动极弱,但只是处于休眠状态,并未死亡,当温度升高时,仍能恢复活性。因此失活细菌仍然含有 VSS,但没有活性。

参考文献

- 1 Cohen Y. Biofiltration—the treatment of fluids by microorganisms immobilized into the filter bedding material; a review. *Biore-source Technology*, 2001, (77): 257~274
- 2 Eva H, Leszek Z, Stefan F. Upgrading of an activated sludge plant with floating biofilm carriers at Frantschach Swiecie S. A. to meet the new demands of year 2000. *Wat Sci Tech*, 1999, 40: 207~241
- 3 Choi E, Rhu D, Yun Z. Temperature effects on biological nutrient removal system with weak municipal wastewater. *Wat Sci Tech*, 1998, 37(9): 219~226
- 4 王越兴. 在活性污泥中胞外聚合物的形成及其对污泥沉降的影响: [学位论文]. 上海: 华东理工大学, 2003

✉ 通讯处: 150090 哈尔滨工业大学市政环境工程学院
市政工程系
电话: (0451) 82291741
E-mail: hitjt@163.com
收稿日期: 2006-05-30
修回日期: 2007-05-11