

化学生物絮凝/悬浮床处理低浓污水

张志斌, 夏四清, 赵建夫, 饶应福

(同济大学污染控制与资源化研究国家重点实验室, 上海 200092)

摘要: 考察了化学生物絮凝/悬浮填料床工艺处理低浓度城市污水的效果,并确定了最佳的运行条件。试验结果表明:在PAFC投量为70 mg/L(以 Al_2O_3 计为9.7 mg/L)、PAM投量为0.5 mg/L、污泥回流比为33%左右、悬浮填料床气水比为2:1,以及化学生物絮凝池各廊道的DO值分别为1.9~3.2、1.3~2.5、0.3~1.5 mg/L的条件下,处理COD为105~255 mg/L、TP为1.56~7.97 mg/L、SS为60~228 mg/L、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 为8.33~18.05 mg/L的城市污水时,对COD、TP、SS的去除率分别为75.8%、76.2%和90.6%,对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率>85%。出水COD、TP、SS、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度均满足《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的一级标准。

关键词: 化学生物絮凝; 悬浮填料床; 低浓度城市污水

中图分类号: X703.1 文献标识码: C 文章编号: 1000-4602(2005)02-0044-03

Chemical-biological Flocculation / Suspended Carrier Bed Process for Low Strength Wastewater Treatment

ZHANG Zhi-bin, XIA Si-qing, ZHAO Jian-fu, RAO Ying-fu

(State Key Lab of Pollution Control and Resource Reuse, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: Chemical-biological flocculation / suspended carrier bed process was used for treatment of low strength municipal wastewater in order to find the optimum operating parameter. The result shows that in the treatment of municipal wastewater with COD 105–255 mg/L, TP 1.56–7.97 mg/L, SS 60–228 mg/L, $\text{NH}_3\text{-N}$ 8.33–18.05 mg/L under the conditions of PAFC dosage 70 mg/L (9.7 mg/L based on Al_2O_3), PAM dosage 0.5 mg/L, sludge return ratio 33%, air/water ratio 2:1, and DO 1.9–3.2, 1.3–2.5 and 0.3–1.5 in each channel, the removal rate of COD, TP, and SS is 75.8%, 76.2%, and 90.6% respectively, and $\text{NH}_3\text{-N}$ removal rate is more than 85%. The effluent COD, TP, SS, and $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration meets I-class criteria specified in *Integrated Wastewater Discharge Standard*.

Key words: chemical-biological flocculation; suspended carrier bed; low strength municipal wastewater

对于有机物含量较低的城市污水,如果采用活性污泥法进行处理,则不利于活性污泥的培养,并容易发生污泥膨胀,运行稳定性也相对较差^[1]。作为

一种高效、经济的新型污水处理集成工艺,化学生物絮凝/悬浮填料床在处理低浓度有机废水方面有一定的优越性,与活性污泥法相比,它具有去除效率

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863)项目(2002AA601320)

高、造价低、运行效果稳定、管理方便的特点。笔者以上海安亭污水处理厂的进水为处理对象,进行了化学生物絮凝/悬浮填料床工艺的中试研究,以便为该厂的运行提供参考。

1 中试概况

1.1 原水水质

上海安亭污水处理厂是一座按 BOT 模式运营的新建城市污水处理厂,设计采用化学生物絮凝/悬浮填料床工艺,试验期间的进水水质见表 1。

表 1 试验期间的进水水质

Tab. 1 Raw wastewater characteristics $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项目	COD	SS	$\text{NH}_3 - \text{N}$	TP	PO_4^{3-}
数值	105 ~ 255	60 ~ 228	8.33 ~ 18.05	1.56 ~ 7.97	1.11 ~ 5.89

1.2 流程及方法

试验流程见图 1。快速混合采用穿孔管曝气搅拌,最大停留时间为 60 s,有效容积为 0.03 m^3 ,有效水深为 0.33 m;化学生物絮凝反应池的有效容积为 1.2 m^3 ,最大停留时间为 35 min,采用微孔曝气管曝气,有效水深为 0.55 m,分三个廊道,各廊道可独自调节曝气量并能单独计量;絮凝反应池与沉淀池采用穿孔配水墙连接,沉淀池的设计水力停留时间为 1.5 h,有效水深为 1 m。回流污泥采用气提装置回流到反应池,并在第一廊道的前端完成泥水混合。悬浮填料生物反应器采用三相流化床,高为 5.5 m,有效水深为 5.15 m,长为 1.8 m,宽为 0.9 m,中间用导流板隔开,填料选用直径为 25 mm 的高强度聚丙烯悬浮球形填料,投加量为 2.5 m^3 (填充比为 34%)。

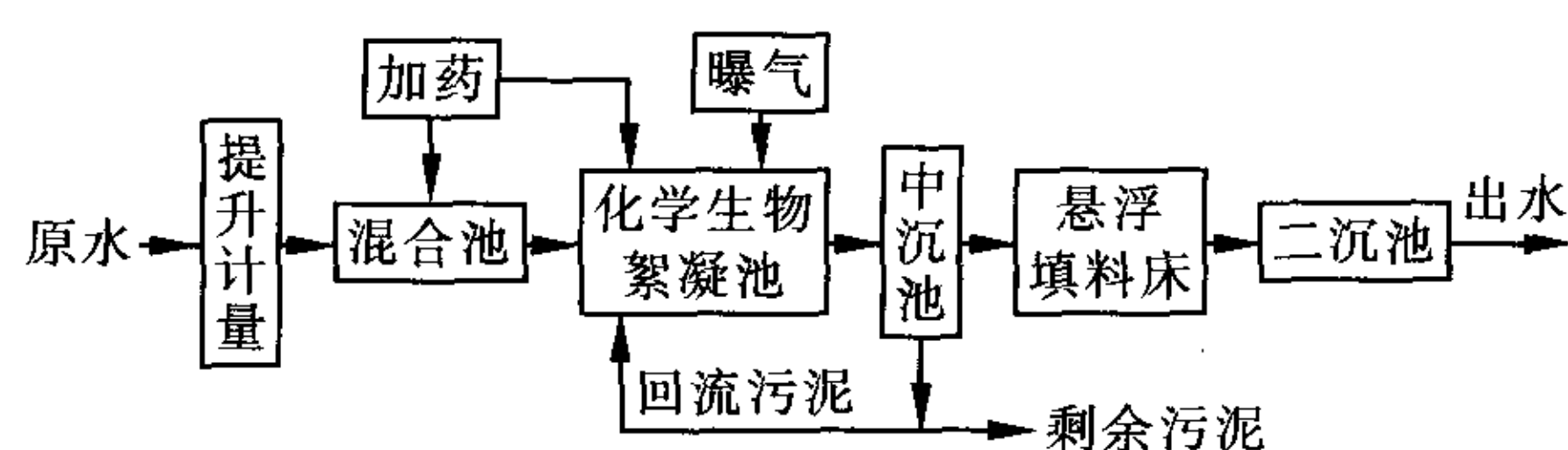


图 1 试验流程

Fig. 1 Flow chart of the pilot-scale test

试验采用经过实验室优选的无机絮凝剂 PAFC 及有机高分子絮凝剂 PAM,一般 PAFC 投加点在混合池,PAM 投加点在第三个廊道的首端。系统为连续进水,处理规模为 $50 \text{ m}^3/\text{d}$ 。试验中以 COD、SS、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、 PO_4^{3-} 及 TP 为表征指标,以确定化学生物絮凝池的最佳混凝剂投量、最佳污泥回流比、廊道最佳曝气强度及悬浮填料床最佳水力停留时间和气水

比。

2 结果与讨论

经过半年的连续运行,确定了较佳的运行工况:化学生物絮凝反应池的水力停留时间为 35 min,PAFC 投量为 70 mg/L (以 Al_2O_3 计为 9.7 mg/L),PAM 投量为 0.5 mg/L ,污泥回流比为 33% 左右,各廊道的 DO 值分别为 1.9 ~ 3.2、1.3 ~ 2.5 和 0.3 ~ 1.5 mg/L ;悬浮填料床的气水比为 2:1,水力停留时间为 4 h。

2.1 对 TP 及 PO_4^{3-} 的去除

在前述工况下进行试验,结果表明尽管进水 TP 浓度(平均为 3.66 mg/L)波动非常大,但中沉池出水 TP 为 $0.30 \sim 2.29 \text{ mg/L}$,平均为 0.89 mg/L ,二沉池出水 TP 为 $0.26 \sim 2.17 \text{ mg/L}$,平均为 0.87 mg/L ,化学生物絮凝段和系统对其平均去除率分别为 73.5% 和 76.2%。同期的中沉池出水 PO_4^{3-} 为 $0.09 \sim 0.77 \text{ mg/L}$,平均为 0.46 mg/L ,二沉池出水 PO_4^{3-} 为 $0.18 \sim 0.75 \text{ mg/L}$,平均为 0.36 mg/L ,化学生物絮凝段和系统对 PO_4^{3-} 的平均去除率分别为 80.0% 和 84.3%。由此可见,磷的去除主要在化学生物絮凝反应池实现,其除磷途径主要有:①化学沉淀作用,污水中的 PO_4^{3-} 与无机絮凝剂中的 Fe^{3+} 或 Al^{3+} 生成难溶性磷酸盐结晶析出,同时回流污泥中的微生物也可以促使污水中的有机磷向 PO_4^{3-} 转化;②化学生物絮凝作用,悬浮物或胶体在化学混凝和生物絮凝作用下产生沉淀,磷随之从污水中去除。对于一般的城市污水而言, PO_4^{3-} 约占进水总磷的 70% 左右,因此化学混凝剂的投加是实现化学生物絮凝反应池高效除磷的决定性因素。悬浮填料床对磷的去除主要依靠生物合成来实现,仅占总磷去除的 3% 左右。

2.2 对 COD 的去除

试验期间进水 COD 浓度波动较大,经处理后中沉池和二沉池出水 COD 平均值分别为 55.4 和 38.6 mg/L ,化学生物絮凝段和系统对 COD 的平均去除率分别为 65.3% 和 75.8%,效果比较稳定。这表明,系统对有机物的去除仍主要发生在化学生物絮凝反应池。对于单纯的化学混凝污水处理工艺而言,有机物主要依靠混凝剂与悬浮物和胶体反应生成沉淀而去除。与之相比,化学生物絮凝反应工艺做了以下改进:①将搅拌方式由机械搅拌改为空气搅拌;②增设了污泥回流系统。通过以上方式的改

进,化学生物絮凝工艺对有机物的去除能力得以加强:一方面,污泥回流增加了反应池内的微生物量,改变搅拌方式则提高了微生物在有氧条件下的活性,活性较高的微生物不但可以依靠絮凝吸附作用去除非溶解性有机物,而且可通过新陈代谢作用去除溶解性有机物。试验中,在剩余污泥排出(间歇排放)前后池内溶解氧波动幅度较大,这间接地说明化学生物絮凝池内的微生物具有一定的活性。夏四清等人^[2]发现,化学生物絮凝工艺中存在着丰富的生物相,生物的活性也较强。另一方面,污泥回流也提高了生物絮凝反应池内的混凝剂含量,氢氧化物沉淀可以网捕、卷扫水中胶体而使其去除。因而,与任洁等人^[3]进行的物化法强化一级处理上海合流污水的结果相比,化学生物絮凝工艺在有机物去除方面效果更好。

2.3 对SS的去除

优化工况下的运行结果表明,尽管进水SS浓度波动很大,但中沉池出水SS为6~34 mg/L,平均为15 mg/L,二沉池出水SS为2~16 mg/L,平均为10 mg/L,化学生物絮凝段和系统对其平均去除率分别为84.8%和90.6%,出水SS达到《污水综合排放标准》的一级标准。可见SS的去除仍主要发生在化学生物絮凝反应段,在满足除磷所需混凝剂量的情况下系统去除SS效果良好。

2.4 对NH₃-N的去除

图2显示了悬浮填料床的气水比从1:1增加到2:1后床内硝化效果从非稳态向稳态转化的过程。

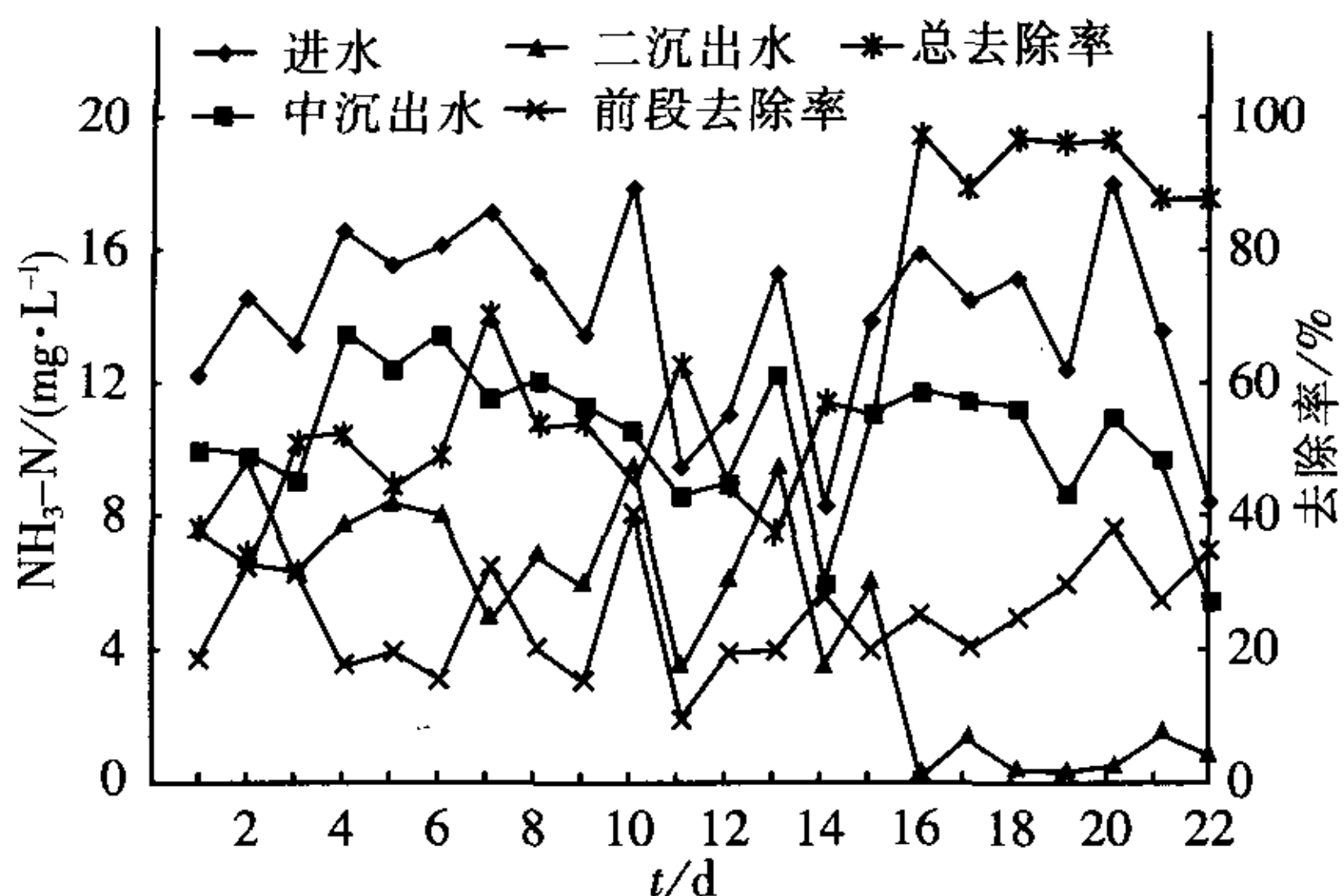


图2 对NH₃-N的去除效果

Fig. 2 Results of the NH₃-N removal

由图2可知,当气水比增加到2:1之后的16 d左右硝化效果即达到稳态,对NH₃-N的去除率稳定在85%以上,出水氨氮<2 mg/L,这说明气水比

是影响悬浮填料床脱氮效果的一个重要控制参数,在进水NH₃-N浓度不高的情况下2:1的气水比就可以取得良好的硝化效果。

3 结论

① 采用化学生物絮凝/悬浮填料床工艺处理COD为100~255 mg/L、TP为1.56~7.97 mg/L、SS为60~228 mg/L、NH₃-N为8.33~18.05 mg/L的低浓度城市污水时,对COD、TP、SS的去除率分别为75.8%、76.2%和90.6%,对NH₃-N的去除率>85%,出水水质达到《污水综合排放标准》的一级标准。

② 较优的工艺参数为:化学生物絮凝反应池水力停留时间为35 min、PAFC投量为70 mg/L(以Al₂O₃计为9.7 mg/L)、PAM投量为0.5 mg/L、污泥回流比为33%左右,各廊道的DO值分别为1.9~3.2、1.3~2.5和0.3~1.5 mg/L;悬浮填料床的气水比为2:1、水力停留时间为4 h。

参考文献:

- [1] 邵林广. 南方城市污水处理厂实际运行水质远小于设计值的原因及对策[J]. 给水排水, 1999, 25(2): 11-13.
- [2] 夏四清, 杨殿海, 高廷耀. 城市污水强化一级处理工艺中的生物作用[J]. 中国给水排水, 2003, 19(2): 61-63.
- [3] 任洁, 王闯, 邵志刚. 上海合流污水物化法强化一级处理的中试研究[J]. 给水排水, 1999, 25(9): 8-9.

电话: (021) 65980414 65982010

E-mail: zhazhb@163.com

收稿日期: 2004-09-02

· 工程信息 ·

南昌市江谷滩污水处理厂工程

该工程一期处理规模: $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ (二期处理规模: $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$), 服务面积: 40 km^2 , 投资额: 3.96 亿元, 资金来源: 自筹, 建设周期: 2004 年—2006 年。甲方: 南昌市污水处理有限责任公司。目前该工程正处于设计阶段。

(本刊编辑部)