

寒冷地区城市污水处理厂改进工艺的运行效能

白晓慧¹, 王宝贞² (1. 浙江大学环境工程系, 浙江 杭州 310029; 2. 哈尔滨工业大学市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘要: 为了提高传统活性污泥法的处理水平, 在大庆乘风庄污水厂, 通过调整曝气池第一廊道曝气量, 造成缺氧, 形成无内回流 A/O 工艺, 考察了曝气池经简易改造后的污染物, 尤其是营养盐的去除效果, 并对曝气池中的污泥特性, 特别是冬季发生污泥膨胀的原因进行了分析。结果表明, 该工艺可明显地提高其氨磷去除水平, 冬季发生的污泥膨胀除与低氧低负荷有关外, 低温也是原因之一。

关键词: 传统活性污泥法; 营养盐去除; 污泥膨胀; 运行效能

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6923(2001)01-0070-04

Performance of a modified municipal wastewater treatment plant in cold region. BAI Xiao-hui¹, WANG Bao-zhen² (1. Department of Environmental Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China; 2. College of Municipal and Environmental Engineering, Harbin University of Technology, Harbin 150090, China). *China Environmental Science*. 2001(21): 70~73

Abstract: In order to improve the treatment level of conventional activated sludge process in the wastewater treatment plant (WWTP) of Chengfengzhuang in Daqing, the number of aerator in the first aeration basin was adjusted to form lack of oxygen resulting in an A/O process without internal recirculation so as to study the effectiveness of pollutants removal, especially nutrients removal, after the aeration basins of the plant were modified with a simple method. The characteristics of the activated sludge in the aeration basins and especially the reason for sludge bulking in winter were analyzed. The results show that nutrient removal can be improved. In addition to low oxygen and organic loading, the low temperature is also a reason for the sludge bulking occurred in winter.

Key words: conventional activated sludge process; nutrient removal; sludge bulking; performance

中国 20 世纪 80 年代及 90 年代初建设的城市污水厂大多采用传统活性污泥法, 而传统活性污泥法的去除对象主要是有机物和悬浮物。随着水污染和水体富营养化问题的日益严重, 中国在 1996 年制定了适于所有污水排放单位的更加严格的污水综合排放标准。为了满足新的环境要求, 这些采用传统活性污泥法的污水厂都面临着如何进一步提高处理水平的问题。针对中国的实际情况, 为了寻找一种简便易行的改进方法, 在黑龙江省大庆市乘风庄污水厂进行了生产性试验。1997 年, 通过将该厂曝气池第一廊道曝气器数目减少, 并调整曝气量和回流比, 使其形成无内回流的 A/O 工艺。1998 年 6 月~1999 年 2 月对改造后的污水厂处理效果进行了系统完整的测试与分析。

大庆乘风庄污水厂是中国目前最北部的城市污水厂, 也是中国第一座利用处理后的城市污水作为油田回注水的三级污水处理厂。年平均气温 3.3℃, 月平均气温 -25.5℃, 极端最低气温 -37.4℃, 冰冻期 5 个多月。1993 年 6 月建成投产, 设计规模 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 该厂主要处理大庆乘风庄地区的生活污水和少量工业废水。

1 污水处理工艺流程及主要设计参数

根据原水的水质状况, 水量变化, 处理水的出路及低温对生物处理的影响, 乘风庄污水厂采用普通推流式活性污泥法。其工艺流程为:

收稿日期: 2000-04-24

基金项目: “九五” 国家科技攻关项目 (96-909-01-02-04)

生活污水→格栅→曝气沉砂池→加封盖的平流沉淀调节池→泵房→鼓风机曝气池→幅流二沉池

↑
回流污泥

→接触消毒池→三级过滤→注水站

由于二级处理出水有机物浓度已经较低,作为油田回注水,三级处理主要去除水中悬浮物,使其小于 5mg/L ,为此确定采用投药混凝-过滤的处理工艺,过滤装置采用 LLY-3000 型高效纤维过滤器。

大庆市地处寒冷地区,水温长期偏低,为保证净化效果,可适当降低曝气池设计负荷,增加沉淀时间。原设计参数为曝气池:污泥负荷 $0.24\text{kgBOD}_5/(\text{kgMLSS}\cdot\text{d})$;MLSS 2500mg/L ;水力停留时间 8h ;污泥回流比 50% 。二沉池:表面负荷 $1\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$;沉淀时间 2.5h 。

2 污水水质

该厂原污水水质特性如表 1。

表 1 乘风庄污水厂原污水水质变化范围及平均值
(mg/L)

Table 1 Changes and average of the wastewater quality of the WWTP (mg/L)

指标	范围	平均值	指标	范围	平均值
BOD_5	36.5~189	74.4	TN	10.9~9.4	20.3
COD	52.8~225	144.5	TP	0.99~3.25	1.89
$\text{NH}_3\text{-N}$	3.3~20.5	13.15	SS	145~200	175
$\text{NO}_2\text{-N}$	0~0.178	0.020	pH	6.6~7.0	6.8
$\text{NO}_3\text{-N}$	0~0.176	0.062			

由表 1 可见,大庆乘风庄污水厂原污水与典型城市污水相比浓度偏低,属低浓度生活污水。其 $\text{BOD}_5/\text{COD}=0.51$ 。这主要与当地生活习惯和消费水平有关。

3 污染物去除结果

乘风庄污水厂有机物去除结果见图 1。从图 1 可以看出,乘风庄污水厂能够始终稳定地去除原污水中的有机物。测试期间,污水厂进水 BOD_5 $36.5\sim 189.3\text{mg/L}$,平均 74.4mg/L ;出水 BOD_5 $1.3\sim$

41.2mg/L ,平均 13.52mg/L ;去除率 $56\%\sim 97.7\%$,平均 81.5% ;进水 COD $52.8\sim 225.7\text{mg/L}$,平均 144.5mg/L ;出水 COD $11.3\sim 71.8\text{mg/L}$,平均 32.04mg/L ;COD 去除率 $50\%\sim 92\%$,平均 77.9% 。其出水完全达到我国《污水综合排放标准》(GB8978-96)中对 BOD_5 和 COD 的一级标准。

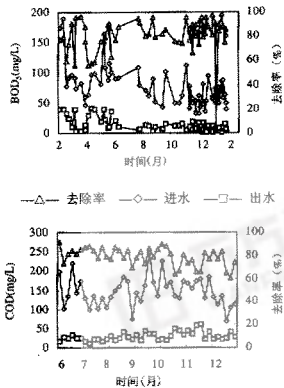


图 1 乘风庄污水厂有机物去除变化(其中 BOD_5 1998.2~1999.2;COD 1998.6~1999.2)

Fig.1 Organic removal in Chengfengzhuang WWTP (BOD_5 1998.2~1999.2;COD 1998.6~1999.2)

—△— 去除率 —◇— 进水 —□— 二沉出水

污水厂氨氮去除变化见图 2。从图 2 可以看出,1998 年 7 月~1999 年 2 月,曝气池中硝化过程始终较好。进水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 平均 13.15mg/L ,出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 平均 1.66mg/L , $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率平均 87.4% 。即使至冬季水温为 $8\sim 9^\circ\text{C}$ 时, $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率仍在 80% 以上。一般硝化反应适宜温度为 $20\sim 30^\circ\text{C}$,低于 15°C 时硝化速度下降迅速。这主要与进水有机物浓度较低,泥龄较长(50d 左右)及负荷较低有关。

污水中 TN 的去除是通过 $\text{NO}_3\text{-N}$ 缺氧反硝化以 N_2 的形式从污水中逸出。污水厂 TN 去除变化如图 3。测试期间,进水中 TN 平均 20.3mg/L ,出水中 TN 平均 13.46mg/L ,平均去除

率 33.7%。污水生物除磷主要是通过微生物同化及缺氧和好氧吸收,然后排除剩余污泥去除。污水厂TP去除变化如图4。进水中TP平均1.89mg/L,经过曝气池出水中TP平均0.99mg/L,平均去除率47.6%,高于传统活性污泥法。由于进水TP浓度较低,因此可能同化作用较大。

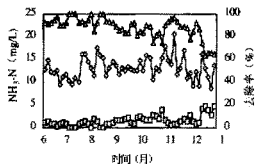


图2 污水厂氨氮去除变化(1998.6-1999.2)

Fig.2 Ammonia removal in the WWTP (1998.6-1999.2)

—◇— 进水 —□— 二沉出水 —△— 去除率

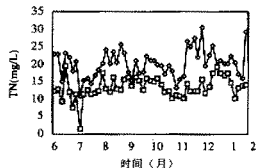


图3 污水厂TN去除变化(1998.6-1999.2)

Fig.3 TN removal in the WWTP (1998.6-1999.2)

—◇— 进水 —□— 二沉出水

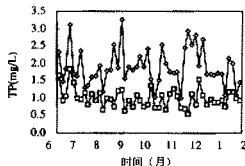


图4 污水厂TP去除变化(1998.6-1999.2)

Fig.4 TP removal in the WWTP (1998.6-1999.2)

—◇— 进水 —□— 二沉出水

中对城镇二级污水处理厂要求的一级排放标准 $<20\text{mg/L}$ 和油田回注水主要控制指标中 $\text{SS}<7\text{mg/L}$ 的要求。

4 曝气池中的污泥特性

活性污泥法中,污染物的去除主要靠活性污泥中的微生物完成。因此,污泥活性的高低直接影响最终的处理效果。对于悬浮生长的活性污泥,VSS/SS在一定程度上可以反映活性微生物的多少。该厂曝气池VSS/SS的平均值为0.71。一般处理生活污水的曝气池中的VSS/SS为0.75左右。乘风庄污水厂由于泥龄较长,其VSS/SS偏低。曝气池运行正常时,悬浮污泥沉降性良好。SVI平均为105。

测试期间,污水厂曝气池在进入冬季时发生了污泥膨胀。从1998年10月底一直延续至1999年5月。这已是该厂投产以来第2次发生污泥膨胀,第1次是在1996年春季至夏季。此次膨胀前后曝气池主要运行参数如图5-图8。

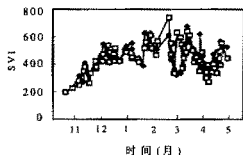


图5 膨胀期间曝气池中SVI变化(1998.11-1999.5)

Fig.5 Variation of SVI during bulking(1998.11-1999.5)

—◇— 东曝气池 —□— 西曝气池

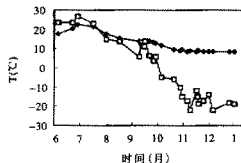


图6 膨胀前后曝气池中水温变化(1998.6-1999.2)

Fig.6 Variation of water temperature in aeration tank before and after sludge bulking(1998.6-1999.2)

—◇— 水温 —□— 气温

乘风庄污水厂二级生物处理出水中SS平均 28.35mg/L ,三级过滤出水中SS平均 5.3mg/L 。达到我国《污水综合排放标准》(GB8978-96)

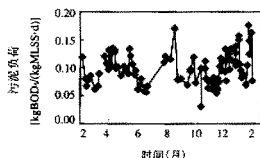


图7 膨胀前后曝气池污泥负荷变化(1998.2~1999.2)

Fig.7 Variation of sludge loading before and after sludge bulking(1998.2~1999.2)

分析认为,低氧、低负荷、低温是导致膨胀的主要原因。因为:丝状菌比菌胶团细菌有更大的比表面积,在低负荷下具有更强的捕食能力;丝状菌有比菌胶团细菌更高的溶解氧亲和力 and 忍耐力,因此在低氧条件下丝状菌比菌胶团细菌对氧有更强的竞争力。通过对膨胀污泥的显微镜观察和查阅有关中外文献,认为该厂的污泥膨胀主要是由微丝菌属(*Microthrix parvicella*)引起的。*M.parvicella* 是革兰阳性不分枝的丝状菌。*M.parvicella* 有较低的半饱和常数(K_s),适合的生长环境是低温($\leq 12-15^\circ\text{C}$),低负荷($\leq 0.1\text{kg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$)。*M.parvicella* 在大于 20°C 的环境下,即使负荷为 $0.1\text{kg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$ 也不大量繁殖,而是分裂成 $30-80\mu\text{m}$ 长的片段,这被推测是由于在 20°C 时 *M.parvicella* 能产生蛋白水解酶。而当污泥负荷为 $0.2\text{kg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$ 时,即使温度小于 $12-15^\circ\text{C}$,在 71d 内 *M.parvicella* 在膨胀的污泥中可逐渐消失。这些性质与它的数量随季节性的变化是一致的,最大值出现在冬季与春季。

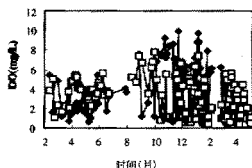


图8 膨胀前后曝气池出口 DO 变化(1998.2~1999.4)

Fig.8 Variation of DO at the aeration tank outlet before and after sludge bulking(1998.2~1999.4)

—●— 东曝气池出口 —□— 西曝气池出口

5 结论

5.1 对传统推流式活性污泥法第一廊道调节曝气量,仅保证泥水混合,以实现缺氧条件,形成无内回流 A/O 工艺,简便易行,具有重要的现实意义。改造后其脱氮除磷效果优于改造前传统活性污泥法。

5.2 通过提高污泥浓度,保持较低污泥负荷 ($<0.15\text{kgBOD}_5/(\text{kgMLSS}\cdot\text{d})$),即使在冬季水温 $<10^\circ\text{C}$ 条件下,也可保持较高的硝化效果。测试期间,从 1998 年 7 月~1999 年 2 月,平均进水中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 13.15mg/L ,平均出水中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 1.66mg/L ,平均去除率 87.4% 。

5.3 测试期间,曝气池发生污泥膨胀。除低氧、低负荷外,低温也是引发膨胀原因之一。

参考文献:

- [1] 白晓慧. 污水生物脱氮除磷革新技术研究 [D]. 哈尔滨:哈尔滨建筑大学,1999.
- [2] 王宝贞. 水污染控制工程 [M]. 北京:高等教育出版社,1990.
- [3] 戴爱临,杜茂安. 大庆乘风庄污水回用工程获成功 [J]. 给水排水,1994,(10):27-29.
- [4] 戴爱临,任南琪. 寒冷地区城市污水处理厂的工程设计实践 [J]. 给水排水,1993,(10):27-29.
- [5] Jirf Wanner,Iveta Ruzickova,Petra Jetmarova, et al. A national survey of activated sludge separation problems in the Czech Republic: filaments, floc characteristics, and activated sludge metabolic properties [J]. Wat. Sci. Tech., 1998, 37(4-5):271-279.
- [6] Knoop S, Kunst S. Influence of temperature and sludge loading on activated sludge settling, especially on microthrix parvicella [J]. Wat. Sci. Tech., 1998, 37(4-5):27-35.

作者简介:白晓慧(1969-),男,山西太原人,浙江大学环境工程系在读博士,主要从事水污染控制理论与技术研究,参加了“九五”国家科技攻关项目“简易高效复合生物反应技术”研究(96-909-01-02-04),主持设计多项废水处理工程,发表论文 15 篇。