

A/O 脱氮工艺中污泥上浮的原因与控制^{*}

王淑莹 陈 滢 付 强 范彩安 甘一萍 彭登富 彭永臻

提要 分析了采用 A/O 脱氮工艺处理小区生活污水的污水处理厂,夏季二沉池污泥上浮的主要原因。认为较高气温时,产生大量 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 流入二沉池并发生反硝化产生 N_2 是造成污泥上浮的主要原因,并在此基础上提出了解决措施,即增设曝气池硝化液回流系统、及时排泥等措施。

关键词 污泥上浮 A/O 工艺 反硝化 温度

活性污泥法是污水处理厂应用最广泛并极具发展潜力的污水生物处理技术。污泥上浮是许多采用该工艺的污水处理厂都会碰到的问题。活性污泥由于自身原因或外界原因,造成其相对密度小于 1,上浮至二沉池表面。最终使泥水分离效果变差,一方面使出水有机物浓度和悬浮固体浓度升高;另一方面,影响曝气池中所需的正常的污泥量,给污水处理厂的操作运行和控制带来困难。

导致污泥上浮的原因一般有三类:①由于外界条件的急剧变化(如 pH、碱度、温度、进水有机负荷),致使污泥失去活性、甚至死亡,发生污泥上浮。②具有高度疏水细胞表面的丝状微生物大量繁殖,它们的菌丝中存有气泡,致使污泥上浮^[1~2]。③曝气池内污泥龄过长,硝化程度较高,污泥进入二沉池后发生反硝化,产生氮气等气泡附着于污泥上,使污泥上浮^[3]。

人们在长期的生产实践中已积累了一些控制污泥上浮的经验。其中,在曝气池首端设置缺氧区的 A/O 脱氮工艺曾是国外许多污水厂防止二沉池污泥上浮的有效措施。但实践表明,一些采用该工艺的污水处理厂,也发现了随季节变化而出现严重的污泥上浮现象。本文即对采用 A/O 工艺处理生活小区污水的污水处理厂的污泥上浮现象进行分析,并提出解决措施。

1 污水处理厂概况

某污水处理厂的工艺流程见图 1。为了防止传统二级生物处理出水对受纳水体的富营养化污染问题,该厂采取 A/O(缺氧-好氧)脱氮工艺。该厂自运

行以来,运行效果良好。但是每年到夏季,一般为 7、8 月,甚至 9 月初,其二沉池靠近出水口的一端,就会发生污泥上浮现象。严重时,上浮污泥布满整个二沉池表面。进入秋季,在不改变其他条件的情况下,污泥上浮现象逐渐消失,污水处理系统自动修复。

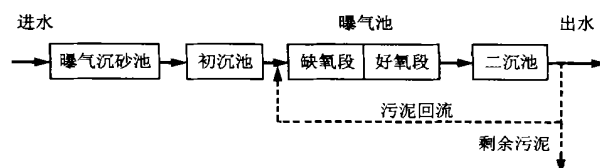


图1 A/O 脱氮污水处理厂工艺流程

2 污泥上浮的原因分析

2.1 进水 COD

当进水有机质(COD)急剧变化时,容易使活性污泥受到冲击而上浮。图 2 为 2001 年 7、8 两月,该厂总进水及曝气池进水 COD 的变化情况。虽然总进水 COD 波动较大,但经过曝气沉砂池和初沉池的调节,曝气池进水 COD 变化不大,不会对活性污泥中微生物产生冲击。另外,在其它季节,也出现了类似的 COD 波动,但却没发生污泥上浮现象。可见,进水 COD 变化不是引起污泥上浮的主要原因。

2.2 pH

pH 是影响微生物生长与生存的重要因素。只有在一定 pH(6~9)范围内,微生物才能维持正常的代谢活动和生长繁殖。一般认为,当 pH 变化时,微生物生命活动会受到影响,尤其是突然变化时,可能造成微生物细胞功能急剧下降,甚至死亡,产生上浮污泥。该厂进水主要为生活小区污水,由图 3 可见,pH 变化平稳,在微生物生长所需范围内。因此,pH

^{*}北京自然科学基金 8022006;北京市教委科技计划项目 01KJ37。

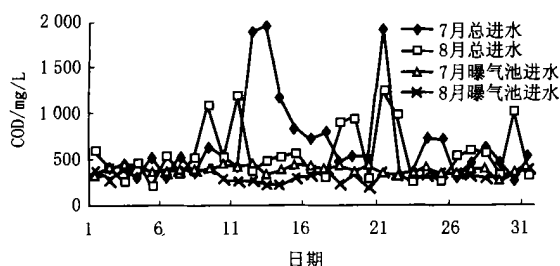


图2 该厂7~8月进水 COD 情况

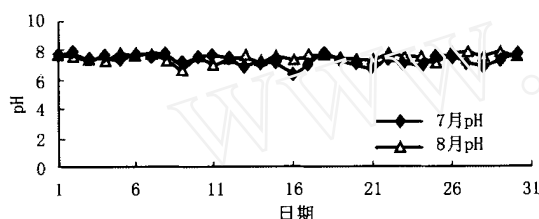


图3 该厂7~8月 pH 变化情况

也不是引起污泥上浮的主要原因。

2.3 微生物

引起污泥上浮的微生物一般是具有高度疏水细胞表面的丝状微生物,当这些丝状微生物过量繁殖时,气泡附着其上,浮到水面形成污泥漂浮层。这种上浮污泥一般具有稳定、持续、难控制的特点。世界上普遍承认的这类微生物有 *Nocardia* 菌属、*M. parvicella* 菌等。*Nocardia* 菌是绝对的好氧菌,一般认为 A/O (缺氧/好氧) 工艺,能有效控制 *Nocardia* 菌的过量增殖。*M. parvicella* 菌适于在含有高浓度油、脂和皂类的废水中生长。另外,通过镜检,发现上浮污泥中有钟虫、轮虫等微型动物,丝状菌较少。可见,该厂的污泥上浮也不是由丝状菌的过量繁殖引起。

2.4 反硝化

含氮化合物在微生物的作用下,有机氮化合物转化为氨态氮,氨态氮在硝化菌(亚硝酸菌和硝酸菌)的作用下,转化为 $\text{NO}_2^- - \text{N}$, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 。在缺氧条件下, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (或 $\text{NO}_2^- - \text{N}$) 由反硝化菌还原为氮气 ($\text{pH} > 7.3$)。

该污水处理厂建厂较早,处理的主要是生活小区污水,考虑到当时进水的 TN 浓度不高,所以没设单独的硝化液内循环回流设施,主要是以回流污泥液中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 为电子受体,达到部分脱氮的目的。随着社会的进步,人们生活水平的提高,该污水处理

厂进水 TN 浓度提高,达到 70 mg/L 以上,致使进入二沉池的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度升高(超过 1.0 mg/L)。在条件适宜的情况下,就有可能在二沉池发生反硝化,导致污泥上浮。

该污水处理厂污泥上浮之所以只发生在夏季,是因为温度成为主要的限制因素。在夏天,因水温较高,首先容易发生硝化作用,这是反硝化的前提,而温度对硝化的影响比对反硝化影响大,也可以说反硝化比硝化更容易进行,需要的反应时间短。图4为1999~2001年的水温情况,其中7、8月份水温最高,达到 25 °C 左右。而每年的7、8月份正是该厂发生污泥上浮较严重的季节。

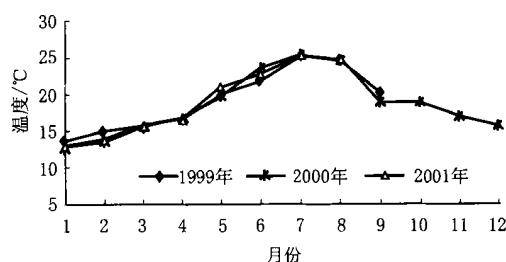


图4 1999~2001年 A/O 脱氮污水处理厂水温变化情况

夏季水温升高,首先增强了曝气池内有机底物降解菌的代谢能力,加快了有机物 BOD, COD 的去除,只有有机物去除得较彻底,自养型的硝化菌才能成为优势种属,才更容易发生硝化反应。同时温度升高,也加快了硝化反应速率,为反硝化作用提供更多的电子受体 ($\text{NO}_3^- - \text{N}$)。图5是该污水处理厂2001年1~8月 TN 的进水、出水浓度及去除率情况,可以看出,随着夏季的到来,也就是随着水温的升高, TN 的去除率提高。更加证实了随着水温升高,硝化程度提高。

冬季,水温较低,二沉池的反硝化菌生长受到抑

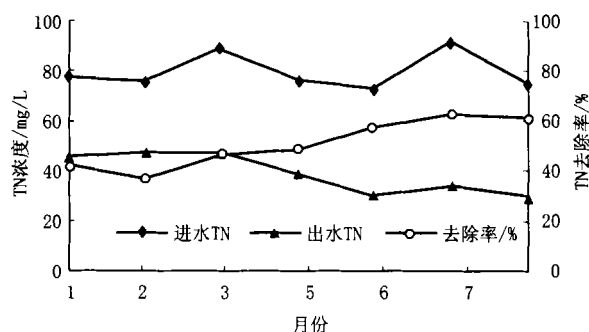


图5 A/O 脱氮污水处理厂进、出水 TN 浓度变化情况

制,繁殖速率降低。夏季,水温升高,反硝化细菌的繁殖速率随之逐渐提高,反硝化菌越来越多;同时,反硝化菌的代谢速率随温度的升高而加快,反硝化速率提高(反硝化最适宜的温度范围为 $20\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$),其以硝化反应产生的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 为电子受体,以二沉池内活性污泥微生物死亡、自溶后释放出来的有机碳为电子供体,发生反硝化作用,产生越来越多的氮气,致使污泥上浮。

另外,取二沉池污泥做污泥沉降试验,观察到污泥静止 40 min 后,发生污泥上浮现象,并伴随有气泡冒出。在沉降试验中浮起的污泥,用玻璃棒搅拌之后,接着又沉下去。由此,更加进一步地说明此系反硝化引起的污泥上浮。

3 结语

由以上试验数据分析及现场观测污泥的沉降、上浮情况,可推断该污水处理厂夏季二沉池污泥上浮现象的主要原因是:由于夏季气温和水温升高,首先加快了曝气池中的硝化过程,产生了较多的硝态氮($\text{NO}_3^- - \text{N}$),又加上在缺氧/好氧段中没有内循环,这样,只有回流污泥中的那部分 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 在缺氧段中被反硝化作用,还原为 N_2 去除。而进入二沉池的混合液中仍残留有较高浓度的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 。其次,二沉池内($\text{DO} < 0.5\text{ mg/L}$)反硝化菌随水温升高而增多,代谢速率加快。其以 NO_3^- 为电子受体,以活性污泥内微生物死亡、自溶后释放出来的有机碳为电子供体,发生反硝化作用,产生大量的氮

气,这些氮气附在污泥絮体上,使之上浮。

针对以上结论,提出如下建议:

(1)曝气池增设硝化液回流系统,加强曝气池首端缺氧段的脱氮能力,减少进入二沉池的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度。

(2)当进入夏季(易发生污泥上浮的季节),根据水温变化和曝气池出水 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度,及时提高硝化液内回流比,加大硝化液回流量。

(3)增加污泥回流量,减少活性污泥在二沉池的停留时间。

(4)及时排出剩余污泥,缩短污泥龄,降低污泥硝化程度。同时,改善污泥排泥设备,及时排除二沉池末端池底的淤泥。

(5)改进二沉池的出水方式,减少出水中的悬浮污泥。

参考文献

- 1 丁峰,彭永臻. 活性污泥中泡沫问题的产生与控制技术. 给水排水,2000,26(2):13~16
- 2 李探微,彭永臻. 活性污泥法的生物泡沫形成和控制. 中国给水排水,2001,17(4):73~76
- 3 王洪臣主编. 城市污水处理厂运行控制与维护管理. 北京:科学出版社,1997

◎作者通讯处:100022 北京工业大学环境与能源工程学院陈滢转
付强 甘一 萍彭登富 100022 北京排水集团公司

E-mail: eleanor75@sina.com

收稿日期:2002-7-15