



生物接触氧化预处理源水的设计参数

李怀正, 傅威, 白月华, 张杰
(同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092)

摘要: 结合一些工程实例, 就目前普遍应用的生物接触氧化法处理微污染源水的一些设计参数进行了探讨, 包括氨氮负荷、曝气强度的确定、曝气方式的选择等。

关键词: 微污染源水; 生物接触氧化法; 氨氮负荷; 曝气强度; 曝气方式

1 池容的确定

生物接触氧化法预处理微污染源水是最近几年新兴的处理工艺, 其池容的设计参数基本上是沿用污水生物处理的设计思想, 即采用水力停留时间来确定的。然而, 微污染源水与一般的污水水质有较大的差异, 污水水质相对于微污染源水而言显得较为稳定, 或者说污水浓度每天发生变化的程度不大(由于污水中污染物质浓度较大, 因而浓度的微量变化不会对处理效果产生较大的影响), 而微污染源水中的污染物质浓度本身就很低, 一旦发生变化, 即使是“微量”的变化也会对处理效果产生很大的影响。一些实际工程的运行情况表明, 采用“氨氮负荷(Nf)”来设计微污染源水预处理中生物接触氧化池的池容是较为合理的, 因为它综合考虑了进水水量和水质等方面的影响因素。氨氮负荷是指根据进水水量、进水的氨氮浓度以及填料体积等来确定接触氧化池池体的大小。氨氮负荷(Nf)的表达式如下:

$$N_f = (Q \times N) / (V_t \times 1000)$$

$$\text{则: } V_t = Q \times N / (N_f \times 1000) \quad (1)$$

式中 Q ——处理水量, m^3/d
 N ——进池的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度, mg/L
 V_t ——填料的体积, m^3

氨氮负荷 N_f 可根据试验确定, 也可采用经验数据。 N_f 取值一般为 $0.05 \sim 0.08 \text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, 则氨氮的年平均去除率可达 75%。当所处理水体平均温度较高时氨氮负荷取高值, 相反则取低值。通过式(1), 可以计算出生物接触氧化池中所需填料体积 V_t , 然后就可以利用下面的公式来确定接触氧化池的平面尺寸。

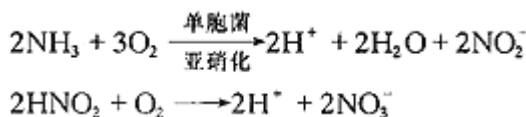
$$A_0 = V_t / h_0 \quad (2)$$

式中 h_0 ——填料安装高度, m

为了增加氧的利用率, 有效水深应适当取深一些, 但过深又会增加动力负荷, 因此建议有效水深在 3.5~6.0m。

2 曝气强度的确定

生物接触氧化池中曝气除了充氧、传质作用外, 还可通过对水体的扰动达到强制脱膜、防止填料积泥、保持生物活性的作用。传统的曝气量计算方法是根据充氧量即氨氧化和有机质降解过程的需氧量来计算气水比的。计算公式如下:



从上式可知, 将 $1\text{mg/LNH}_4^+\text{-N}$ 氧化为 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 需耗氧 3.43mg/L , 将 $1\text{mg/LNO}_2^-\text{-N}$ 氧化成 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 需耗氧 1.14mg/L 。因此, 将 $1\text{mg/LNH}_4^+\text{-N}$ 完全氧化成 $\text{NO}_3^-\text{-N}$, 需耗氧 4.57mg/L 。去除 $\text{BOD}_{51}\text{mg/L}$ 以需氧 1mg/L 计。通常情况下, 微污染源水的进水氨氮含量在 2mg/L 左右, 出水氨氮要求降为 0.5mg/L , 即需降低 1.5mg/L ; BOD_5 由 4mg/L 降到 3mg/L , 即需降低 1mg/L , 则理论上需氧量约为 8.0mg/L 。当鼓风机向水中鼓入空气(空气含氧量为 0.29kg/m^3), 对于穿孔管曝气系统来说, 其在清水中的充氧效率一般为 $5\%\sim 6\%$, 则气水比约为 $0.46\sim 0.55$; 对于微孔曝气系统, 其充氧效率一般为 $12\%\sim 15\%$, 则气水比约为 $0.2\sim 0.25$ 。而通常为达到去除效果所采用的设计气水比均在 $0.8:1\sim 1.5:1$ 之间, 也就是说最终确定气水比的因素并不是生化需氧量, 而是上面所提到的另一个因素——气体对水体的扰动程度, 称之为“曝气强度”用 G_s 表示。曝气强度就是在工程实践中总结出来的能够达到生化池中生化反应所要求的气体强度的一个概念, 它的单位是 $\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$, 即单位时间、单位生化池面积所通过的气体量。

以上海浦东张江水厂实际运行情况为例, 该水厂设计处理量为 $2.5\times 10^4\text{m}^3/\text{d}$, 设计有效水深为 6.0m , 设计气水比为 $1.07:1$, 折算成曝气强度为 $7.70\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$, 设计水力停留时间为 1.5h 。根据 1998、1999 两年的实际运行情况来看, 气水比只有 $0.6:1$ 左右, 曝气强度仍然保持在 $4.32\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$, 出水也能保持良好的水质。因此, 在满足曝气强度和供氧量的情况下, 气水比可以适当降低, 从而降低运行成本。

和氨氮负荷一样, 曝气强度也是一个经验值, 其取值范围大致在 $4.0\sim 5.5\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$, 也可根据试验确定, 但一般不宜小于 $4.0\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。当生物接触氧化池的总有效容积和有效水深确定后, 对于一定的曝气强度, 则有确定的供气量(20°C 、 $1.015\times 10^2\text{kPa}$ 状态下的空气量), 如下式所示:

$$G_s = G/A_0 = GH/V \quad (3)$$

$$G = G_s \times A_0 = G_s \times V/H \quad (4)$$

式中 G ——供气量, m^3/h
 H ——生化池有效水深, m
 A_0 ——生化池平面面积, m^2
 V ——生化池总有效容积, m^3

3 曝气方式的选择

曝气设备是生物接触氧化工艺的重要组成部分, 微污染源水生物接触氧化处理工艺多采用扩散曝气设备, 常用的主要有穿孔曝气管和微孔曝气器。穿孔管曝气系统扩散出来的气泡较大, 氧的利用率较低, 一般为 $5\%\sim 6\%$, 但其阻力损失较小, 对水流的扰动程度大, 孔眼不易堵塞, 且构造较简单, 施工安装、养护管理方便。而微孔曝气器虽然氧的利用率较高(一般为 $12\%\sim 15\%$), 但却易堵塞、破损, 运行一段时间后出气不易均匀, 且当源水浊度较高的时候下部填料容易堵塞。

据东深供水工程源水生物处理优化试验运行情况表明, 微孔曝气器在运行两个月左右后出气变得不均匀, 将接触氧化池中水放空后发现微孔曝气器橡胶膜片不同程度地被灰褐色生物膜紧密粘附, 触摸有滑腻感, 指甲刮出呈泥炭状, 同时膜片上不同程度地粘结泥沙, 在将堵塞的曝气器卸下清洗后, 仍不能正常出气。将部分曝气器换上新的以后, 新、旧曝气器曝气无法达到均匀。而在同样条件下平行运行的穿孔管曝气接触氧化池却效果良好、曝气均匀, 未出现管孔堵塞等问题。根据优化试验的结果, 东深供水工程源水生物处理采用的是穿孔管曝气。该工程自 1999 年正式运行以来, 处理效果一直比较稳定, 而上海浦东张江水厂采用的是微孔曝气, 自 1998 年正式运行以来, 在不到一年的时间已经连续发生几次曝气器膜片破损、

出气不均匀的情况。因此，在实际工程中不宜大规模使用微孔曝气系统，穿孔管曝气虽然氧利用率低，但其对水流的扰动程度大，有利于生化池内传质效果的改善，故在微污染源水生物接触氧化处理工程中提倡使用穿孔管曝气方式。

4 水温

水温以两种形式对生物接触氧化工艺产生影响：一是影响生物酶的催化反应速率，二是影响 污染物质向微生物细胞扩散的速率。生物酶的影响作用又分为有机质降解的影响和氨氮硝化的影响(由实践经验所得，NH₄⁺-N的超标浓度远大于有机物的超标浓度，因此对处理 效果影响的因素应以NH₄⁺-N为主，故此处不考虑温度对有机质降解的影响)。

东深供水工程源水生物处理的实际运行数据(1999 年 1 月—7 月每天运行数据)见图 1。

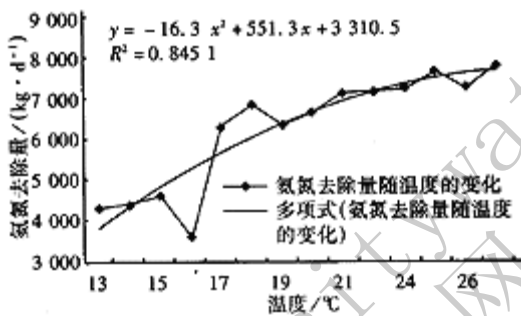


图 1 氨氮去除量随温度变化图

由图 1 可知，当温度在 10~30 ℃时，氨氮去除量随温度的变化可用下式表示：

$y=-16.3x^2+551.3x+3310.5$

$R^2=0.8451$

当温度在 15~25℃之间时，氨氮去除总量几乎随温度的升高而直线上升，证明在此温度段水温对氨氮去除量有较大的影响。而当温度>25℃以后，曲线的变化较为平缓，说明此时温度对氨氮去除量的影响不是很大，且在温度>25℃时，氨氮去除量始终保持在一个较好的去除水平上。

水温对反应物质向微生物细胞扩散速率的影响主要是通过影响水的粘度来实现的。水温降低 时，水的粘度增大，致使反应物质在水和生物膜内的扩散阻力增大，从而使扩散系数减小。由于扩散系数与扩散速率呈正比，所以水温的降低会导致反应物质扩散速率的下降。

5 结论

综上所述，用生物接触氧化法对微污染源水进行预处理时设计参数的选择，不应完全参照污水生物接触氧化处理的设计参数，而应该在原来的基础上加以改进，即使用氨氮负荷来确定生物接触氧化预处理池容、利用曝气强度来确定供气量的方法等。同时，对如何选择曝气方式以及水温对于生物接触氧化预处理的影响等，从整体上给出了一条新的设计思路 。

参考文献：

[1] 张自杰，等.排水工程(下册) [M] .北京：中国建筑工业出版社，1996.
[2] 1996 年中国环境状况公报.中国环境年鉴 [M] .北京：中国环境年鉴社，19 97： 58-64.



- [3] 查人光, 贺尧基, 徐兵. 生物接触氧化预处理在石臼漾水厂中的应用 [J]. 给水排水, 1999, 25(3): 9-11.
- [4] 许建华, 万英, 等. 微污染源水的生物接触氧化预处理技术研究 [J]. 同济大学学报, 1995, 23(4): 376-380.
- [5] 王歆鹏, 陈坚, 等. 硝化细菌在不同条件下的增殖速率和硝化活性 [J]. 应用与环境生物学报, 1999, 5(1): 64-68.
- [6] 孙汉辉, 孙国胜. 生物接触氧化处理微污染源水的研究进展与应用 [J]. 环境污染治理技术与设备, 2000, 1(3): 56-60.

http://www.chinacitywater.org
中国城镇水网