

# 悬浮填料单元在活性污泥改造中的应用

乔旭东<sup>1,2</sup>, 仇汝臣<sup>1</sup>

(1 青岛科技大学化工学院, 山东 青岛 266042; 2 山东滨州滨化滨阳燃化有限公司, 山东 滨州 256600)

**摘要:** 将悬浮填料装填入格网, 制成体积一定的悬浮填料单元。分别投入曝气池的厌氧区和好氧区, 形成悬浮填料和活性污泥复合工艺中试系统。然后, 考察在复合系统在不同填料填充率、曝气量和水力停留时间的氨氮去除率。我们发现最优条件下, 氨氮去除率较高, 复合系统最稳定。最优条件为: 填充率为 35%; 好氧段曝气量为 5m<sup>3</sup>/h, 厌氧段曝气量为 0.3m<sup>3</sup>/h; 水力停留时间为 8h。在此条件下, 氨氮去除率比活性污泥工艺提高了 18%。

**关键词:** 悬浮填料单元; 复合工艺; 好氧区; 厌氧区; 格网

## Application of suspension filler unit to redevelopment of activated sludge

Qiao Xudong<sup>1,2</sup>, Qiu Ruchen<sup>1</sup>

(1 Qingdao University of Science and Technology, Shandong Qingdao 266042; 2 山东滨州滨化滨阳燃化有限公司, Shandong Binzhou 256600)

**Abstract:** Fill net with the suspension carrier, then the net are in form of suspension carrier unit. Place the unit into anoxic area and aerobic area that the two areas are segmented from aeration tank. Then activated sludge process is transformed into a bench-scale hybrid process which include suspended carrier and activated sludge. And then, Test the NH<sub>3</sub>-N mean removal rates of HY in conditions of different filling rates, different aeration quantity and different hydraulic retention time. We find the optimum conditions in which the NH<sub>3</sub>-N mean removal rates is maximum and the HY process is stable most. The optimization combination is that filling rates 35%, 5m<sup>3</sup>/h aeration in aerobic area and 0.3m<sup>3</sup>/h aeration in anoxic area, HRT is 8 hours. In such conditions, the NH<sub>3</sub>-N mean removal rates increase by about 18% compared with AS process.

**Key words:** suspension carrier unit; hybrid process; aerobic area; anoxic area; net

面对日益提高的污水排放标准, 现有很多炼油厂的传统活性污泥工艺很难做到氨氮达标排放。而普遍采用二级生物处理工艺设计对于经济尚不发达的我国来言, 是不堪重负的<sup>[1-4]</sup>。在这种情况下, 人们纷纷对传统活性污泥工艺进行各种改造。如P.chudoba等<sup>[5]</sup>提出, 如果现有曝气池HRT≥5h, 可以将其分割成缺氧区和好氧区两个区域, 在好氧区投加悬浮填料构成复合式工艺, 在众多的改造中, 活性污泥和悬浮填料的复合工艺是即经济又有效的工艺。但是悬浮填料若随意添加到曝气池中, 就会出现各种问题, 如随水流失、堵塞机泵和管道、不易更换报废填料等。本文以滨化滨阳燃化有限公司污水处理场为例, 以耐腐蚀格网包裹一定体积的填料, 形成填料单元, 投加到曝气池中的好氧区和厌氧区, 形成较为固定的硝化菌群和反硝化菌群生存环境, 这样利用生物的硝化和反硝化反应便可高效地去除氨氮。

## 1 实验部分

收稿日期: ; 修回日期:

**作者简介:** 乔旭东 (1978- ), 男, 工程硕士, 主要从事石化污水及废气处理。Email:qiaoxudong775@163.com

**通讯作者:** 仇汝臣 (1963-) 男, 博士, 教授, 硕士生导师, 石油加工装置过程软件开发和应用、油田化工助剂新技术。青岛科技大学化工学院。Email:8978122@163.com

## 1.1 实验材料与仪器

### 1.1.1 实验材料

#### (1)悬浮填料

本试验选用的生物膜载体 BM-1 是一种新型悬浮填料,它由亲水性材料和生物酶促进剂配方,将高分子材料进行改性,提高微生物酶的催化活性和反应效率。填料外形为圆柱形,内分四个小室,类似“轮子”形状。填料其参数为:型号为BM-1,规格  $\phi 10 \times 8\text{mm}$ ,比表面积  $1200\text{m}^2/\text{m}^3$ 。

#### (2)格网

本实验所用格网以渔网替代,渔网的规格为:网眼边长  $0.5\text{cm}$ ;网材料为丙纶。该渔网所选用的最新修订的渔网国家标准,标准编号为:GB/T 6964-2010。

### 1.1.2 仪器

#### (1)氨氮仪

本课题所使用的为 RenQ-IV 型氨氮在线分析仪,其原理是氨氮测试采用氨气敏电极感测原理。

#### (2)COD 仪

本课题所使用的为 SYLX-SC100 型 COD 在线分析仪。

它利用了紫外吸收的原理,通过测量水中(饮用水/地表水/污水)溶解的有机物对紫外光线的吸收强度来间接测量污染物的含量。

#### (3)在线 DO 仪

本课题选用的 DO 仪型号为 KG/JWD-1B。其原理是采用三电极系统通过测量氧在电极上的还原电流直接测量被测样品氧的含量。

## 1.2 实验的启动

### 1.2.1 生化系统启动

本次中试实验以滨化滨阳污水处理场为基地,取污水处理场曝气池在用活性污泥放入中试生化池内,培养并稳定运行一段时间后。再用渔网包裹一定数量的悬浮填料,形成悬浮填料单元。填料单元体积为  $0.1\text{m}^3$ 。先闷曝 24 小时,闷曝结束后,将生化池内溶液排空。再引入曝气池内在用的活性污泥,并加入淀粉  $5\text{千克}/6\text{小时}$ 。继续全天 24 小时闷曝,闷曝 4 天。4 天后再次将生化池内溶液排空,引入曝气池内的活性污泥。然后以  $0.1\text{m}^3/\text{h}$  的流量进水 3 天,3 天后逐步加大。

## 2 结果和讨论

### 2.1 悬浮填料充填率对氨氮去除率的影响

填料填充率为填料总体积占生化池活性污泥体积的比率。填充率对氨氮去除实验的实验条件为:进水量为  $0.5\text{m}^3/\text{h}$ ,水温  $14\sim 23^\circ\text{C}$ ,COD 浓度波动范围  $423\sim 801\text{mg}/\text{l}$ 。好氧区曝气量即 O 段气量为  $6\text{m}^3/\text{h}$ ,厌氧区曝气量即 A 段气量为  $0.5\text{m}^3/\text{h}$ ,回流比为 100%,每个悬浮填料单元为  $0.1\text{m}^3$ 。如下图 1 为填充率影响氨氮去除率的图示。

从图 1 可以看出,15%和 25%填充率下的氨氮去除率效果不好,无法达到预期的目标,分析其原因是过低的填充率造成悬浮填料上生物量少,造成系统硝化及反硝化反应程度低,35%填充率下的氨氮去除率已经达到 58%,45%填充率下氨氮的去除率则为 61%。从工程实际意义上,35%填充率下的氨氮去除率虽没有 45%填充率时的高,但能较好地去除氨氮。当填充率高达 55%及以上时,反而去除率增加甚少,原因是过高的填充率使单元格网内的填料生物膜得不到足够有机物,其上生物膜的生长受到一定抑制,再加上过高的填充率限制了原水在单元格网的分布,不利于各菌类摄取所需有机物,限制了氨氮去除率的提高。

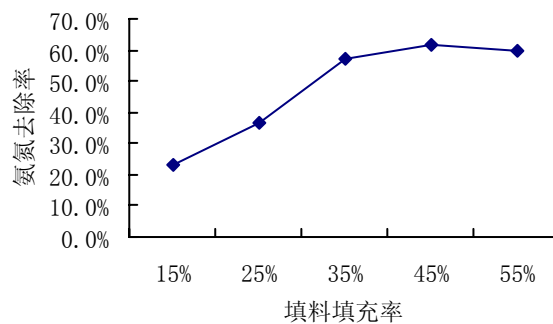


图 1 填充率对氨氮去除率的影响

Fig. 1 The different filling rates effect on the NH3-N mean removal rates

## 2.2 曝气量对氨氮去除率的影响

曝气量对氨氮去除率的实验条件为：进水量为  $0.5\text{m}^3/\text{h}$ ，水温  $13\sim 26^\circ\text{C}$ ，COD浓度  $357\sim 812\text{mg/l}$ 。填料填充率为 40%，回流比为 100%，每个悬浮填料单元为  $0.1\text{m}^3$ 。曝气量选取如下表 1 所示几个状态，图 2 为曝气量影响氨氮去除率的图示。

表 1 五个状态的 A/O 段氧含量

Table 1 A/O area oxygen content in the five states

曝气量状态	A段曝气量 $\text{m}^3/\text{h}$	A 段氧含量 $\text{mg/l}$	O段曝气量 $\text{m}^3/\text{h}$	O 段氧含量 $\text{mg/l}$
1	0.1	0.04	4	2.2
2	0.3	0.13	5	3.1
3	0.5	0.22	6	3.5
4	0.6	0.29	7	4.6
5	0.7	0.5	8	4.9

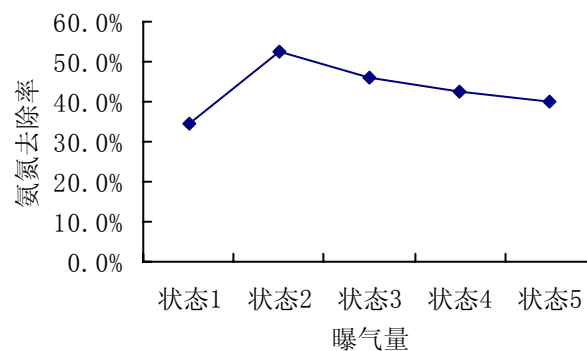


图 2 曝气量对氨氮去除率的影响

Fig. 2 The different aeration quantity effect on the NH3-N mean removal rates

从上图 2 可以看出，在状态 2 时氨氮去除率最高。此时，A段氧含量为  $0.13\text{mg/l}$ ，O段氧含量为  $2.9\text{mg/l}$ 。在状态 1 时氨氮去除率最低，分析得出此时好氧段氧气含量过低，不利于硝化反应，无法满足厌氧段反硝化对硝态氮的需求。图中状态 3、4、5 的氨氮去除率逐渐下降，分析在此种情况下，好氧段过于充足的氧使得水中BOD浓度消耗过快，致使在厌氧段占主导地位的异养菌得足够的有机物电子供体，致使氨氮去除率反而不高。黄天寅<sup>[6]</sup>采用 PCR-DGGE技术对不同运行参数条件下,悬浮填料上生物膜的微生物种群结构和多样性进行

了初步的研究,其结果显示,不同工况下悬浮填料生物膜中的微生物结构差异不大,只是某些菌种的数量有所变化。从这点上分析。上述各状态菌落应相差不大,只是状态 2、4、5 中反硝化菌数量应少于状态 2,甚至少于状态 1 中的数量。

2.3 水力停留时间对氨氮去除率的影响

停留时间对氨氮去除率的实验条件为：水温 15~27℃，COD波动范围 507~920mg/l。填料填充率为 40%，回流比为 100%，每个悬浮填料单元为 0.1 m<sup>3</sup>，A段曝气量 0.3m<sup>3</sup>/h，O段曝气量 5m<sup>3</sup>/h。通过调节进水量来实现不同停留时间，生化池有效体积为 12m<sup>3</sup>。具体如下表 2。

表 2 不同状态下的水力停留时间

Table 2 HRT of different states

状态	进水量 (m <sup>3</sup> /h)	停留时间 (h)	状态	进水量 (m <sup>3</sup> /h)	停留时间 (h)
1	1	12	5	3	4
2	1.2	10	6	6	2
3	1.5	8	备注：调节进水量时，无剩余污泥排放。即不考虑泥龄。		
4	2	6			

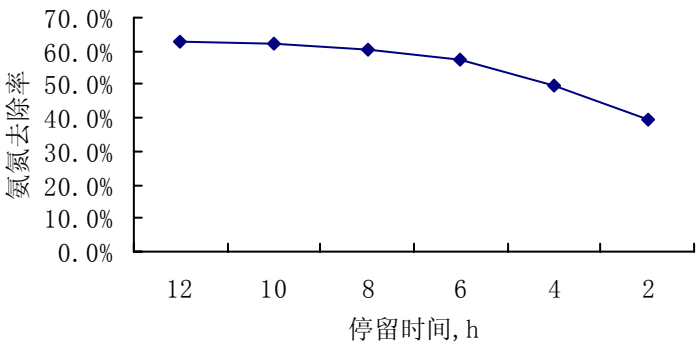


图 3 停留时间对氨氮去除率的影响

Fig. 3 The different hydraulic retention time effect on the NH3-N mean removal rates

从图 3 可知，当系统的水力停留时间大于 8 小时，氨氮去除率即达到 60.8%，效果良好，但是随着停留时间的延长，去除率增高相当缓慢，水力停留时间从 8 小时增长到 12 小时，停留时间增长了 50%，而去除率只增长了 3.8%。当停留时间低于 6 小时，则随着停留时间的缩短，去除率下降明显。分析得知，较长的水力停留时间对硝化菌的生长有利，但延长停留时间对于氨氮去除率的提高收效甚微，因为较长的停留时间造成生物膜厚度变大，导致膜内部厌氧层增厚，产生气体向外释放，致使整个膜脱落，即生物膜老化加快。为调整生物膜更新速度，故本系统的水力停留时间设置为 8 小时。

2.4 在优化条件下复合系统氨氮去除率试验

优化实验条件为：进水量为 0.5m<sup>3</sup>/h，水温 13~26℃，COD浓度 412~701mg/l。填料填充率为 35%，O段曝气量 6m<sup>3</sup>/h，A段曝气量 0.5m<sup>3</sup>/h。水力停留时间为 8 小时，回流比为 100%，每个悬浮填料单元体积为 0.1 m<sup>3</sup>。测试时间为六天。氨氮去除率图 4 如下：

从图 4 可以看出，在优化实验条件下氨氮去除率较高，其范围稳定在 53%~61%之间。随着复合工艺系统稳定，其最好的去除率出现自 9 月 6 日，在最优化工艺条件下，测试的六天内氨氮的平均去除率为 49.2%。而同期污水处理场曝气池传统活性污泥法的氨氮去除率为如下表 3。

表 3 传统活性污泥法的氨氮去除率

Table 3 NH<sub>3</sub>-N mean removal rates in the process under traditional activated sludge

	9 月 3 日	9 月 4 日	9 月 5 日	9 月 6 日	9 月 7 日	9 月 8 日	平均值
氨氮去除率	48.98%	47.78%	47.96%	49.89%	51.97%	48.87%	48.87%

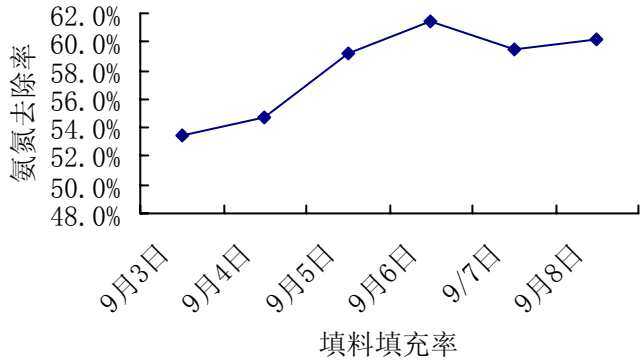


图 4 在优化条件下的氨氮去除率

Fig.4 The NH<sub>3</sub>-N mean removal rates of the optimal conditions

由此可见，悬浮填料单元和活性污泥复合工艺比传统活性污泥法在氨氮平均去除率上，提高了 18%，格网悬浮填料单元对活性污泥的改造效果良好。

### 3 结论

利用格网制成的悬浮填料单元投加入曝气池形成的复合工艺，能切实有效地去除污水中氨氮，解决传统活性污泥法在此方面的弊端。本实验形成如下结论。

(1) 该复合工艺最佳运行条件是：在 35% 填充率下，O 段曝气量 6 m<sup>3</sup>/h，A 段曝气量 0.5m<sup>3</sup>/h。水力停留时间为 8 小时。在此条件下，氨氮去除率比原有系统提高了 18%。

(2) 悬浮填料单元运行良好，能有效防止填料流失，沉料等，但是出现了格网缠绕、截留污水中杂物的现象，任期发展会影响曝气，阻碍生物膜摄取氧。每隔一定时间需用提出悬浮填料单元清理。

### References:

- [1] 中华人民共和国水利部. 2004 年中国水资源公报, 2005.
- [2] 王希希, 陈吉宁. 我国污水处理理想价格及合理投资结构测算分析切. 给水排水, 2004, 30(11):43-46.
- [3] 周毅, 陈永祥. 小型城市污水厂设计中的问题及探讨[J]. 环境工程, 2004,22(2):22-24.
- [4] 文一波. 城市污水厂建设费用和运行费用的探讨[J]. 中国给水排水, 1999, 15(9):17-19.
- [5] P. chudoba and&Puj01. Technical Solutions for upgrading HigII Rate and MediumLoaded Activated Sludge Plants for Nutrient Removal. Wat. Sci. Tech. 2000, 41(9): 131-138
- [6] 黄天寅. 基于化学-生物絮凝与悬浮填料床的先进紧凑型污水处理新工艺研究. 同济大学工学博士论文, 2004.