

# 双层填料反硝化深床滤池脱氮的研究

李新凯<sup>1</sup>, 郑春华<sup>2</sup>

(1. 天津诚信环球节能环保科技有限公司, 天津 300170; 2. 温州市排水有限公司, 浙江 温州 325000)

**摘要:** 采用同比例反硝化深床中试装置,对比单层填料反硝化深床滤池与双层填料反硝化深床滤池的脱氮能力。结果表明,双层填料反硝化深床滤池对水质的要求更低,脱氮量较单层填料反硝化深床滤池更大;最佳反冲洗周期为1 d,超过设定周期连续运行对TN的去除无明显影响;同时,对于该系统应根据填料层的性质设置不同的反冲洗周期,可有效延长滤池的使用周期。

**关键词:** 双层填料反硝化深床滤池; 改性聚氨酯填料; 脱氮; 反硝化速率

**中图分类号:** X703 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)07-0094-03

## Denitrification of Dual Packing Denitrification Deep Bed Filter

LI Xin-kai<sup>1</sup>, ZHENG Chun-hua<sup>2</sup>

(1. Tianjin Chengxin Universal Energy Conservation and Environmental Protection Technology Co. Ltd., Tianjin 300170, China; 2. Wenzhou Drainage Co. Ltd., Wenzhou 325000, China)

**Abstract:** A comparative analysis of the denitrification abilities between single denitrification deep bed filter and dual packing denitrification deep bed filter was achieved by the pilot plant using the same proportion of denitrification deep beds. The results showed that the lower water quality of dual packing denitrification deep bed filter required, the better denitrification capacity became compared with single denitrification deep bed filter. The best backwash cycle was one day, and continuous operation when exceeding predefined periodic time had no effect on the removal of TN. At the same time, the service cycle of the filter was prolonged effectively by setting different backwash cycles depending on the properties of packing layer.

**Key words:** dual packing denitrification deep bed filter; modified polyurethane; nitrogen removal; denitrification rate

近年来,国家对市政污水处理厂出水水质要求不断提高,大部分市政污水处理厂由《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级B标准提高至一级A标准<sup>[1]</sup>,同时部分区域如北京、天津等地区还推出更加严格的地方排放标准。现有污水处理厂对TN的去除主要依靠生化系统,由于设计时排放标准不一样,又受季节影响,大部分市政污水处理厂生化系统对TN的去除已达到上限值,很难满足出水标准的要求。因此,需要在工艺流程

中增加深度处理单元,而反硝化深床滤池是一个较好的选择<sup>[2]</sup>。反硝化深床滤池是生物过滤滤池的一种,即指在气水冲洗滤池滤料表面培养生物膜,在常规工艺条件下使滤池既能保持传统快滤池的过滤能力,又可借助微生物的降解作用较好地去除水中的微量污染物<sup>[3]</sup>。

笔者以某市政污水厂二沉池出水为研究对象,对比反硝化深床滤池中试装置改良前后对氮的去除效果,可为市政污水厂的提标改造提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验装置

试验装置如图1所示。滤柱为立方体,其长为0.7 m、宽为0.6 m、总高为4.0 m。填料层高度为1.80 m,级配卵石为 $0.19 \text{ m}^3$ ,原有填料层为 $0.77 \text{ m}^3$ (石英砂填料层)。改性聚氨酯填料层为 $0.12 \text{ m}^3$ ,滤砖(反硝化深床滤池专用滤砖)数量为3块,有效过滤面积为 $0.42 \text{ m}^2$ 。设计水力负荷为 $4 \sim 8 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ,硝酸盐氮容积负荷为 $1.9 \sim 3.8 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ,处理量为 $40 \sim 80 \text{ m}^3/\text{d}$ ,标准设计流量为 $60 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

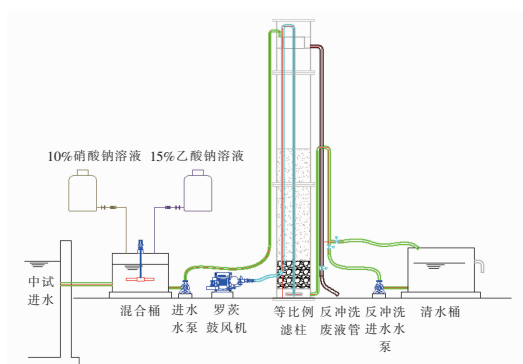


图1 试验装置示意

Fig. 1 Schematic diagram of experimental device

### 1.2 试验水质

试验用水为天津市某市政污水厂二沉池出水,其TN、COD、SS、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 分别为 $16 \sim 22$ 、 $25 \sim 55$ 、 $15 \sim 25$ 、 $0.2 \sim 2.5 \text{ mg/L}$ ,进水平均温度为 $12^\circ\text{C}$ 。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 单层填料反硝化深床滤池的脱氮能力

取二沉池出水作为原水,测定TN,并投加适量硝酸钠以提高进水的TN,同时投加适量乙酸钠作为碳源补充到原水中,同步测定COD。以24 h为1个运行周期,进水滤速设为 $6 \text{ m/h}$ ,采取连续运行的方式,在反冲洗结束后1、3、10、23 h取样测定,以水样中的TN、COD为主要测定目标,并在取样时测定DO值,研究单层填料反硝化深床滤池对TN的去除规律。

#### 1.3.2 双层填料反硝化深床滤池的脱氮能力

在单层(石英砂)填料上增加改性聚氨酯填料层,同样投加适量硝酸钠提高进水TN值,投加适量乙酸钠作为碳源,保持与单层填料滤池的进水水质相似,滤速设为 $6 \text{ m/h}$ 。

运行周期分别设定为24、30 h,运行25、26、27、

28、29 h后取样测定,取样时保持与脱氮操作有足够的时间间隔,以确保试验结果不会受到影响。此阶段试验中保证一定量的出水COD,以确定剩余的TN不是因为水中的碳源不足而无法去除。

## 2 结果与讨论

### 2.1 单层与双层填料反硝化深床滤池的脱氮能力

单层填料反硝化深床滤池与双层填料反硝化深床滤池对氮的去除效果如图2所示。

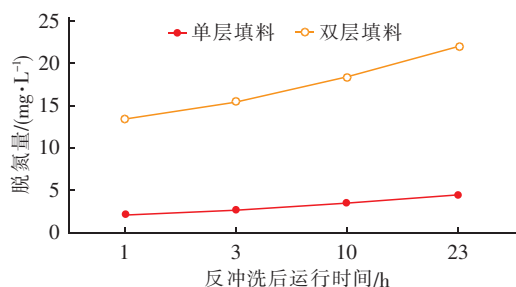


图2 单层填料与双层填料反硝化深床滤池脱氮量对比

Fig. 2 Comparison of amount of nitrogen removal between deep bed filter with single layer and dual layer packing

试验中进水DO平均为 $4.8 \text{ mg/L}$ 。反应中投入充足碳源,并确保中试出水的 $\text{COD} < 50 \text{ mg/L}$ ,即反硝化细菌有足够碳源可以消耗的同时,保证出水COD满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》。由图2可知,双层填料反硝化深床滤池对TN的去除量远远大于单层填料反硝化深床滤池。

在反冲洗结束1 h后,单层填料反硝化深床滤池去除的TN仅有 $2.2 \text{ mg/L}$ ,却消耗了 $20.49 \text{ mg/L}$ 的COD,说明此时微生物主要发生好氧反应,极大地抑制了反硝化作用。对于双层填料反硝化深床滤池来说,在反冲洗完成后1 h去除的TN为 $11.3 \text{ mg/L}$ ,约为单层填料反硝化深床滤池同时间脱氮量的5倍。在设定的运行周期内,双层填料反硝化深床滤池的脱氮量可以达到 $17.71 \text{ mg/L}$ ,远高于单层填料反硝化深床滤池的 $4.4 \text{ mg/L}$ 。分析原因,由于改性聚氨酯填料具有疏松多孔结构,比表面积远大于石英砂填料的比表面积,可以附着的微生物量更大,能够迅速降低污水中的DO,为反硝化细菌脱氮创造有利条件。根据理论值,去除 $1 \text{ mg/L}$ 的硝态氮需要消耗 $2.86 \text{ mg/L}$ 的 $\text{BOD}_5$ ,本试验双层填料反硝化深床滤池的脱氮量达到 $17.71 \text{ mg/L}$ 时,消耗的COD为 $90.63 \text{ mg/L}$ ,乙酸钠的 $\text{COD}/\text{BOD}_5$ 值约为1.24,减去进水溶解氧所消耗的COD,试验过程去除 $1 \text{ mg/L}$ 的硝态氮需要消耗 $3.01 \text{ mg/L}$ 的 $\text{BOD}_5$ ,与理

论值较为接近。

试验过程中,改性聚氨酯填料层中的空隙为微生物的生长附着提供了有力条件。脱氮时,氮气主要从滤池石英砂填料层中逸出,说明填料层中的微生物绝大多数为好氧微生物,极大地消耗了水中的DO,当污水由好氧转变为缺氧环境时,为反硝化反应创造了有力的条件,所以对于双层填料反硝化深床滤池来说,改性聚氨酯填料层主要发生好氧反应,石英砂填料层主要进行反硝化作用。在其最大脱氮量时,反硝化速率为  $1.38 \text{ kgNO}_3^- - \text{N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。

## 2.2 双层反硝化深床滤池超时运行的脱氮能力

双层填料中试装置连续运行超过设定周期时间后对总氮的去除情况如图3所示。

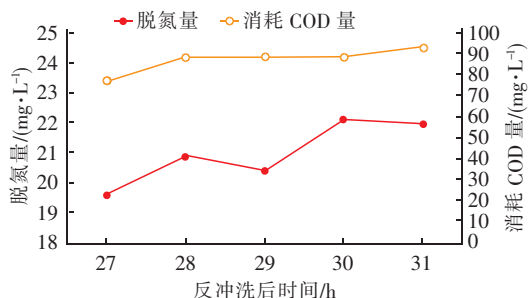


图3 双层填料反硝化深床滤池超时运行的脱氮能力

Fig. 3 Nitrogen removal capacity of dual packing denitrification deep bed filter

试验验证了当运行时间超过24 h后对TN的去除能力能否增强。由图3可知,进水DO为4.5~5.3 mg/L时,反冲洗后随着时间的延长,COD消耗量持续增加,但TN的去除量上升幅度较小,与COD的消耗量不相对应。说明在此条件下,COD的增加并不能增大填料上生物膜的量,石英砂填料上反硝化脱氮菌达到最大值,大量COD被第一层改性聚氨酯填料上的好氧微生物消耗掉。另外,随着运行时间的增加,截留的SS过多且反硝化产生的大量气泡堵塞滤料间的缝隙,导致液位上升,无法继续进行过滤试验。

## 3 结论

① 双层填料反硝化深床滤池能够显著增加对TN的去除量,且最佳反冲洗周期为1 d,超过设定周期连续运行对TN的去除并无明显影响。另外,滤

池长时间运行,会造成出水SS的上升,影响对TN的去除。

② 双层填料反硝化深床滤池可以针对改性聚氨酯填料层和石英砂填料层分开设计反冲洗系统,在反冲洗时针对填料层的性质设置不同的反冲洗强度,这能够有效延长深床滤池的使用周期,提高单一周期内对TN的去除量。

③ 在反硝化深床滤池脱氮过程中,进水DO值是一个重要的限制因素,而双层填料反硝化深床滤池通过将不同的填料或滤料的功能区域化,能够大幅提升滤池对TN的去除能力,可将其应用到进水TN值较高的污水厂提标改造工程中,或对出水总氮要求较高的深度脱氮项目中。

## 参考文献:

- [1] 周永刚. 反硝化生物滤池在污水厂升级改造中的应用[J]. 中国给水排水, 2014, 30(24): 49-52.
- [2] 马天添, 宣小军, 张光辉, 等. 反硝化深床滤池用于污水处理厂提标改造[J]. 设备管理与维修, 2016, (7): 119-120.
- [3] 高建锋, 杨碧印, 赵建树, 等. 反硝化生物滤池用于再生水脱氮效能及动力学研究[J]. 环境工程学报, 2016, 10(1): 199-204.



作者简介: 李新凯(1965—), 男, 天津人, 硕士, 工程师, 主要从事污水处理技术的开发与应用。

E-mail: cp9560@163.com

收稿日期: 2016-10-15