

# Hydro-Clear 浅层高效滤池对市政污水的处理效果

杨淑霞

( 国美 < 天津 > 水技术工程有限公司, 天津 300381 )

**摘 要:** 为了验证 Hydro-Clear 浅层高效滤池对市政污水的处理效果,在某污水厂进行了生产性试验,同时比较了不同粒径(0.35 和 0.45 mm)过滤介质对处理效果的影响。结果表明,该工艺可用于市政污水深度处理,对原水中 TSS 有很好的去除效果,同时能协同去除一部分 COD。综合评估出水水质及滤料流失等因素,认为 0.45 mm 过滤介质的砂子流失率低,且能稳定满足 TSS < 5 mg/L 的出水水质要求,拟在大规模实际应用中推荐采用 0.45 mm 粒径的过滤介质。

**关键词:** Hydro-Clear 浅层高效滤池; 空气搅拌; 脉冲搅拌; 水力擦洗式反冲洗; 化学清洗

中图分类号: TU992      文献标识码: A      文章编号: 1000-4602(2019)11-0077-04

## Effect of Hydro-Clear Shallow Media Rapid Filter for Municipal Wastewater Treatment

YANG Shu-xia

( USF < Tianjin > Water Technologies and Engineering Co. Ltd., Tianjin 300381, China )

**Abstract:** To demonstrate the treatment effect of municipal wastewater by Hydro-Clear shallow media rapid filter, a verification study in a municipal wastewater treatment plant was carried out. Meanwhile, the removal efficiencies between the filter media particle sizes of 0.35 mm and 0.45 mm were compared. The results proved that the Hydro-Clear filter could be used in municipal wastewater treatment, with excellent total suspended solids removal rate, as well as the removal of COD. When considering both the effluent quality and the sand loss rate, applying the 0.45 mm sand could get a stable effluent quality (TSS < 5 mg/L) and had a lower sand loss rate. The 0.45 mm sand media was recommended in large-scale project in municipal wastewater treatment plant.

**Key words:** Hydro-Clear shallow media rapid filter; air mixing; pulse mixing; hydraulic scrubbing backwashing; chemical cleaning

Hydro-Clear 浅层高效滤池是 EVOQUA 水技术公司(原西门子水技术公司、原 USFilter 集团)的专有滤池技术。最初的研发设计理念就是基于污水深度处理、再生水回用,而不像其他滤池那样由最初应用于饮用水行业而转化应用到污水深度处理或再生水回用领域。

Hydro-Clear 浅层高效滤池由国美(天津)水技术工程有限公司通过技术转移引入中国并被优先应

用在石化、制药等领域。由于该滤池具有抗水质和水量冲击、能持续稳定产出高品质水等特点,且目前国内部分地区对市政污水处理厂出水排放标准也越来越严格,大多要求出水水质满足地表类Ⅳ类水标准,也就是出水  $TSS \leq 5 \text{ mg/L}$ <sup>[1]</sup>,在此契机下国美(天津)水技术工程有限公司将 Hydro-Clear 浅层高效滤池由工业领域拓宽到了市政领域。为了验证该工艺对市政污水的处理效果,同时亦为进一步探究

该工艺在中国市政污水深度处理领域的各运行参数,特在某市政污水厂进行了生产性试验。整个生产性试验装置集中布置在集装箱(长×宽×高=5 898 mm×2 352 mm×2 393 mm)内。

## 1 工艺简介及特点

### 1.1 工艺简介

Hydro-Clear 浅层高效滤池主要由主体按一定格数排列的过滤单元和按项目灵活设计的清水井、反洗水外排井等组成,见图1。



图1 Hydro-Clear 浅层高效滤池系统

Fig.1 Hydro-Clear shallow media rapid filter system

Hydro-Clear 浅层高效滤池是重力下向流过滤,包括5个常规过程:过滤、空气搅拌、脉冲搅拌、水力擦洗式反冲洗、化学清洗。整个工作过程:先启动正常的过滤过程,然后过滤过程继续,有部分污染物累积在上层砂层,过滤阻力逐渐加大,当液位上升到一定高度,启动空气搅拌和脉冲搅拌,使表层截留了大量污染物的砂层再生,从而降低过滤介质上方的水头损失,使过滤介质上方的液位降低而重新赢得过滤水头,由于在正常过滤过程中反复多次启动空气搅拌和脉冲搅拌,从而降低了反洗频次,延长了正常的过滤时间。

在进行空气搅拌和脉冲搅拌的过程中,一直都进行着正常过滤过程。当污染物逐渐累积,液位不断上升,到达滤池允许的最高液位时,就需要启动水力擦洗式反冲洗。

反洗过程附带脉冲搅拌和空气搅拌,能在短期内提高反洗效率,降低反洗能耗,无需机械清扫装置清洗滤床或使整个滤床流化。整个反洗过程反洗泵的启动时间仅3.5 min。

为解决油或油脂对滤料的污染,Hydro-Clear 浅层高效滤池还配备了化学清洗系统。在运行一段时间,操作人员发现水力擦洗式反冲洗效果不明显时,可启动化学清洗系统。化学清洗系统利用次氯酸钠

或过氧化氢等化学药剂将附着在砂层表面的污染物氧化,从而恢复砂层的过滤能力。

### 1.2 主要操作参数

Hydro-Clear 浅层高效滤池主要控制1格滤池反洗时的强制滤速不超过12 m/h。一般常规滤池的滤速范围为4~10 m/h<sup>[2]</sup>,气水联合冲洗10~15 min。Hydro-Clear 浅层高效滤池的常规滤速因设计选型不同而有所差异,一般在8~11 m/h;反洗强度一般控制在29 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h),反洗历时3.5 min。

## 2 试验材料与方法

### 2.1 试验装置及工艺流程

整套试验系统布置在1个开顶集装箱内,包括Hydro-Clear 浅层高效滤池主系统、配套设备、仪表及电控等。过滤主单元内部净尺寸(长×宽×高)为1.4 m×1.25 m×1.9 m,有效过滤面积为1.75 m<sup>2</sup>。系统总平面见图2。

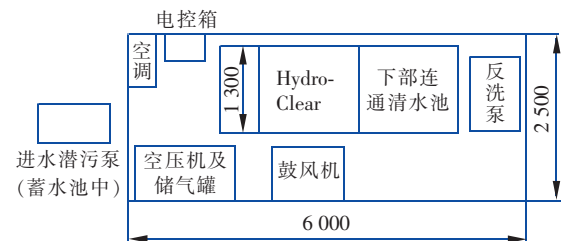


图2 Hydro-Clear 浅层高效滤池系统平面布置

Fig.2 General arrangement chart of Hydro-Clear shallow media rapid filter system

正常过滤过程见图3。从污水厂CAST系统撇水器后的出水渠取水作为试验装置进水。原水自上而下重力流经过Hydro-Clear 浅层高效滤池,滤后水经清水阀自流进入清水池。

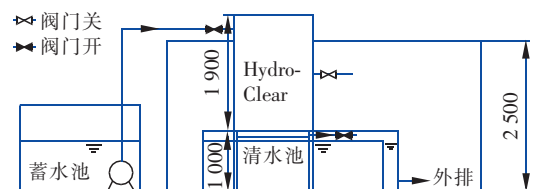


图3 正常过滤过程

Fig.3 Flow chart of normal filtration

反洗时进水泵停,由反洗泵从清水池取水,然后反向经反洗进水阀自下而上将清水通过池底集配水系统送入砂层,并反复水力擦洗砂层,反洗后的污水从反洗外排槽经反洗外排阀排出系统,见图4。

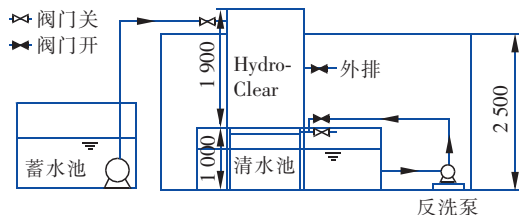


图4 反洗状态工艺流程

Fig.4 Flow chart of backwash

## 2.2 进水水质

装置进水为某污水处理厂 CAST 系统出水,其  $TSS \leq 50 \text{ mg/L}$ 。Hydro-Clear 浅层高效滤池能稳定去除粒径  $\geq 3 \mu\text{m}$  的颗粒,因此对滤池进水进行了粒度分析,结果见图 5。可知,粒径范围为  $2.5 \sim 447.7 \mu\text{m}$ ,中值粒径为  $146.2 \mu\text{m}$ ,进水粒度分布符合滤池进水水质要求。

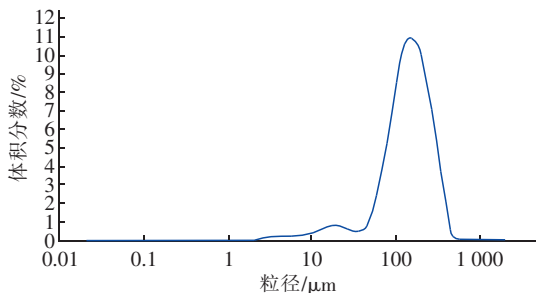


图5 进水 TSS 的粒径分布

Fig.5 Distribution of particle size of influent TSS

## 2.3 试验设计

试验规模:平均流量为  $250 \text{ m}^3/\text{d}$ 、峰值流量为  $363 \text{ m}^3/\text{d}$ 、最大流量为  $480 \text{ m}^3/\text{d}$ 。进水泵采用变频设计,配套管路上安装流量计来满足不同试验规模的要求。正常过滤时平均滤速为  $6.0 \text{ m/h}$ 、峰值滤速为  $8.6 \text{ m/h}$ 、最大滤速为  $11.4 \text{ m/h}$ ;反洗状态时滤速为  $29 \text{ m/h}$ 。

## 2.4 分析项目与方法

滤池主要去除 TSS,也会同步去除一定量的以 TSS 存在的 COD 等指标。本项目主要监测进、出水 TSS 值,同时选取部分时段监测 COD,并分别采用重量法和重铬酸钾法测定。

## 3 结果与讨论

### 3.1 过滤介质的筛选

在现场安装好系统后,接好水电,系统开始正常过滤。分别选取  $0.35$  和  $0.45 \text{ mm}$  粒径的过滤介质进行对比分析。结果表明,粒径为  $0.35 \text{ mm}$  的滤料

更易使滤床污堵,反洗后滤床洁净度仍较差。反洗过程中部分滤料随反洗外排水的排放而流失,在反洗结束后也发现有部分滤料积聚在反洗外排渠底部;更换为  $0.45 \text{ mm}$  的滤料后,滤床被污堵的速度减缓,反洗时能将滤床恢复得比较干净,反洗过程中及反洗后也未见明显的滤料流失现象。

针对粒径分别为  $0.35$  和  $0.45 \text{ mm}$  的过滤介质也进行了出水水质方面的对比。具体取样方法为:每  $1 \text{ h}$  分别取  $1$  次进、出水水样,每天连续运行  $24 \text{ h}$ ,取  $24$  组水样混合后进行检测。 $0.35 \text{ mm}$  过滤介质运行  $10 \text{ d}$  的测试结果见图 6。

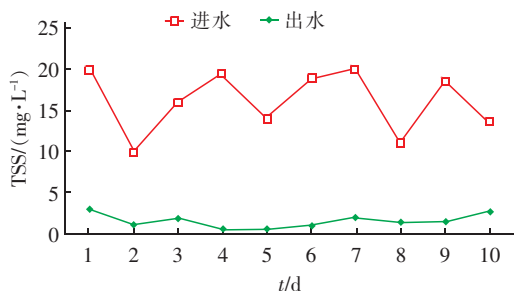


图6 0.35 mm 过滤介质进、出水 TSS

Fig.6 Influent and effluent TSS for 0.35 mm sand media

在进行了  $0.35 \text{ mm}$  过滤介质的测试后,更换粒径为  $0.45 \text{ mm}$  的过滤介质继续进行试验,  $23 \text{ d}$  的测试结果见图 7。

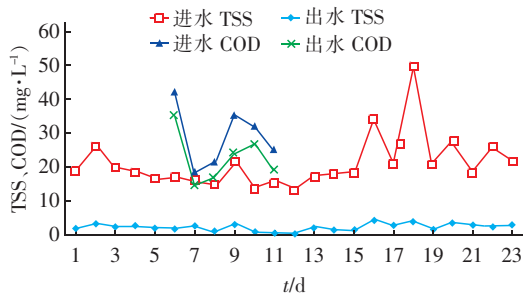


图7 0.45 mm 过滤介质进、出水水质

Fig.7 Influent and effluent quality for 0.45 mm sand media

$0.35 \text{ mm}$  过滤介质的出水效果略好于  $0.45 \text{ mm}$  过滤介质,但由于  $0.35 \text{ mm}$  石英砂粒径小,反洗时跑砂较多,不利于长期稳定运行。综合考虑,推荐在市政污水深度处理领域选择粒径为  $0.45 \text{ mm}$  的过滤介质。此外,砂滤系统不仅对 TSS 有稳定的去除效果,对 TSS 中所含的 COD 也有一定的去除效果。

### 3.2 不同滤速的工况记录

按不同进水流量运行 Hydro-Clear 浅层高效滤



池系统,发现当处理流量达到最大流量(处理量为 $480\text{ m}^3/\text{d}$ 、滤速为 $11.4\text{ m/h}$ )时,系统允许的过滤时间会相应缩短,即反洗频次会相应提高。在最大运行流量、最大滤速且进水 $\text{TSS}\leq 20\text{ mg/L}$ 、出水 $\text{TSS}\leq 5\text{ mg/L}$ 的条件下,每天运行 $24\text{ h}$ 的反洗频次约2次;在峰值流速且进水 $\text{TSS}\leq 20\text{ mg/L}$ 、出水 $\text{TSS}\leq 5\text{ mg/L}$ 的条件下,每天运行 $24\text{ h}$ 的反洗频次约1次;而在设计平均流量下反洗频次则更低,正常过滤时间更长。

### 3.3 抗冲击试验结果

试验期间除了有正常进、出水工况,也有几天由于污水厂设备修理而排泥系统运行不畅以及几天连降暴雨等工况,造成污水厂CAST系统出水水质不稳定, $\text{TSS}$ 浓度超过设计范围,甚至有 $3\sim 4\text{ h}$ 的 $\text{TSS}$ 浓度高达 $200\sim 300\text{ mg/L}$ 。在常规系统设计时面对较高负荷冲击的情况,会优先将自动运行模式的一些常规运行参数进行调整以适应特殊的运行工况。首先将控制面板上脉冲清洗的时间间隔缩短,再将两个反洗之间的脉冲次数增加,并将反洗历时缩短,以应对增多的反洗频次对用水的需求。做完这些调整后观察到砂层上的污染物仍积累得较快,砂层上的水位也提升较快,又考虑到中试单元仅为单格设计,为避免对砂床带来彻底的破坏,在运行了1个多小时后,临时关闭了中试系统。

在大规模污水处理厂的工程设计中,通常会通过启动超越堰门来应对较高 $\text{TSS}$ 浓度的冲击,直接超越此单元以避免对滤料层带来不可恢复性污染。水质监测结果表明,尽管工况如此恶劣,滤池出水 $\text{TSS}$ 浓度都能稳定在 $5\text{ mg/L}$ 以下,说明该系统有很强的应对高冲击负荷的能力。

### 4 设计和使用时需要注意的问题

① Hydro-Clear 浅层高效滤池从设计之初就是针对污水的处理,切记不适用于饮用水的处理。

② Hydro-Clear 浅层高效滤池有很强的抗冲击负荷能力,短时间内 $\text{TSS}$ 达到 $200\sim 300\text{ mg/L}$ 时也可保证出水水质,如果来水 $\text{TSS}$ 浓度超过上述范围,长时间运行会彻底堵塞滤床,即便浅层高效滤池有空气搅拌、脉冲搅拌、水力擦洗式反洗等手段,可能也无法恢复正常运行,甚至会需要人工清理滤床表面,费时费力。因此,为避免这种情况发生,可考虑在进水渠或浅层高效滤池的前序环节增设 $\text{TSS}$ 在线仪表,并与进水渠内的超越堰和进水阀联动运行,

或加强对进水水质的人工关注,及时调整运行。

③ Hydro-Clear 浅层高效滤池自动化程度高,突然断电会影响系统的正常运行,所以在设计时要考虑备用电源的问题。

### 5 结论

① Hydro-Clear 浅层高效滤池能有效去除 $\text{SS}$ ,在来水水质满足设计条件及短时高浓度 $\text{TSS}$ 冲击条件下均能稳定达到出水 $\text{TSS}<5\text{ mg/L}$ ,该工艺可作为满足地表类IV类水排放要求的可选工艺之一。

② 粒径为 $0.45\text{ mm}$ 的过滤介质的砂子流失率低,且也能稳定满足 $\text{TSS}<5\text{ mg/L}$ 的出水水质要求,拟在大规模实际应用中推荐采用 $0.45\text{ mm}$ 粒径的过滤介质。

### 参考文献:

- [1] 马刚,张琦,张飞. 大型地理式地表水类IV类出水标准污水厂工艺设计[J]. 中国给水排水,2018,34(8): 45-50.  
Ma Gang, Zhang Qi, Zhang Fei. Design of large-scale underground wastewater treatment plant with effluent standard as surface water class IV[J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(8): 45-50 (in Chinese).
- [2] GB 50014—2006, 室外排水设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2016.  
GB 50014-2006, Code for Design of Outdoor Wastewater Engineering[S]. Beijing: China Planning Press, 2006 (in Chinese).



作者简介:杨淑霞(1976—),女,天津蓟县人,本科,高级工程师,技术总监,致力于水、污水、污泥的处理与处置。

E-mail: shuxia.yang@usf-tj.com

收稿日期:2018-12-15