

适用于小城镇污水处理的新型滤布滤池研发及应用

李 栋, 颜秀勤, 李家驹, 李鹏峰, 隋克俭
(中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300381)

摘 要: 滤布滤池作为城镇污水处理出水 SS 稳定达标的重要保障单元,受规模小、成本低和无人值守等条件限制,在小城镇污水处理中的应用较少。通过对滤布滤池的结构、滤布选择、喷头布局优化、反洗模式优选等研究,研发了一种适用于小城镇污水处理的新型滤布滤池,能够以模块化灵活耦合于小城镇污水生物处理系统中,通过规模为 $50 \text{ m}^3/\text{d}$ 的滤布滤池样机的生产性试验验证,滤池运行稳定,出水 SS 能够稳定在 10 mg/L 以下,可满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 A 标准。

关键词: 小城镇污水处理; 滤布滤池; SS

中图分类号: X703 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)11-0106-04

Development and Application of an Innovative Cloth Filter Suitable for Small-town Wastewater Treatment

LI Dong, YAN Xiu-qin, LI Jia-ju, LI Peng-feng, SUI Ke-jian
(North China Municipal Engineering Design and Research Institute, Tianjin 300381, China)

Abstract: The cloth filter is an important unit to ensure the stability of effluent in the urban wastewater treatment; however, the small scale, low cost and unattended operation have limited its application in small-town wastewater treatment. In this paper, a new cloth filter suitable for small-town sewage treatment was developed through the research of the cloth filter structure, the selection of the filtration cloth, and the optimization of the nozzle layout and the backwash mode. The new cloth filter could be flexibly incorporated into a small-town wastewater biological treatment system. Through the pilot testing, the prototype of the cloth filter steadily processed up to $50 \text{ m}^3/\text{d}$. The SS of effluent was controlled below 10 mg/L which had met the first class A standard in the *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918 - 2002).

Key words: small-town wastewater treatment; cloth filter; SS

目前,滤布滤池设备广泛应用于大型污水处理厂的一级 A 提标改造工程,作为出水 SS 稳定达标的重要保障单元,以其良好稳定的运行效果受到业界的高度认可。但小城镇污水处理设施受到规模小、成本低以及无人值守等条件限制,应用较广的钻石型滤布滤池和转盘滤布滤池均难以直接应用于小

城镇污水处理中^[1,2],因此,开发一种小型化、低成本、无人值守的新型滤布滤池过滤设备成为小城镇污水处理领域亟需解决的难题。笔者以宜兴市某污水处理厂为依托工程,选择该厂二沉池出水为处理对象,通过中试确定了适用于小城镇污水处理的新型滤布滤池的结构以及滤布和反洗喷头的类型,并

进一步通过规模为 $50 \text{ m}^3/\text{d}$ 的样机研发和生产性测试,确定了滤池的喷头布置、反洗模式、反洗频率、反洗水量、滤布更换周期等关键性参数,旨在为新型滤布滤池在未来小城镇污水处理工程中的推广应用提供技术支持。

1 进水水质

滤布滤池的进水采用宜兴市某污水处理厂(多级 A^2/O 工艺)的二沉池出水,其 SS 为 $18 \sim 30 \text{ mg/L}$ 、pH 值为 $6 \sim 8$,SS 未能达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 A 标准。

2 新型滤布滤池中试

为将新型滤布滤池灵活耦合于传统小城镇污水处理工艺末端,采用中间进水两边出水为最佳布水方式,中试装置如图 1 所示,进水量为 $0.3 \text{ m}^3/\text{h}$ 。当水位上升至溢流口时,进水泵停止运行,装置底部排空阀与反洗泵开启。

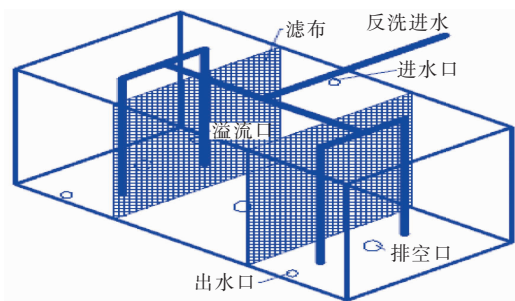


图 1 滤布滤池中试装置

Fig. 1 Pilot scale plant of cloth filter

2.1 喷头比选试验

选择了 3 种目前应用较多的喷头进行反洗喷头比选试验,分别是扇形喷头、充圆锥形喷头和充角锥形喷头,喷头及喷雾形状如图 2 所示。

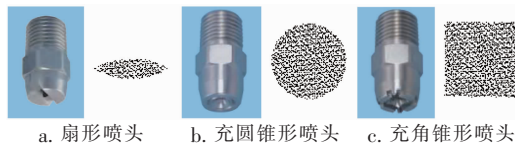


图 2 喷头及喷雾形状

Fig. 2 Shape features of atomizing nozzle

为保证反洗过程中滤布能够充分反洗,根据各个喷头的喷雾形状及最大服务面积确定喷头布置形式,如图 3 所示。

在与滤布距离相同的情况下,测试了各个喷头的喷水压力、消耗水量、服务面积以及去污能力,如表 1 所示。

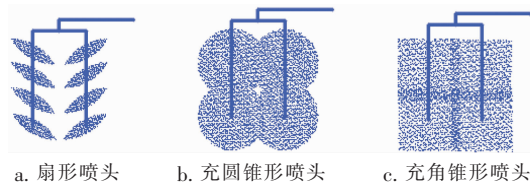


图 3 中试装置喷头布置形式

Fig. 3 Arrangement of atomizing nozzle in pilot scale test

表 1 喷头参数

Tab. 1 Parameters of atomizing nozzle

项 目	喷水压力/MPa	消耗水量/ ($\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$)	服务面积/ m^2	去污能力
扇形喷头	0.25 ~ 0.35	3.0 ~ 4.0	0.05	强
充圆锥形喷头	0.20 ~ 0.30	2.0 ~ 3.0	0.08	较强
充角锥形喷头	0.20 ~ 0.30	2.0 ~ 3.0	0.07	一般

从表 1 可以看出,扇形喷头的喷水压力最高,去污能力最强,消耗水量比其他两种喷头高 30% ~ 50%。充角锥形喷头的喷水压力与充圆锥形喷头近似,但在相同的耗水量情况下,充圆锥形喷头的服务面积最大、去污能力更强。综合考虑,选取充圆锥形喷头作为反洗喷头。

2.2 滤布比选试验

本研究采用市场上使用较多的尼龙滤布、无纺针刺毡滤布与纤维滤布进行比选试验。尼龙滤布多用于污泥机械脱水,其抗拉能力强、耐老化、不易击穿。无纺针刺毡滤布是由合成纤维通过针刺或编织而成的透水性合成材料,抗拉强度高、疏水性好、耐老化、耐腐蚀。纤维滤布采用特殊编织工艺,将长毛纤维按一定方向倒伏,相互叠合,形成棉絮般的紧密过滤层,疏水性好、抗拉强度高、耐磨性好。为方便拆卸,滤布采用板框包边形式固定,用螺栓将不锈钢滤布框固定在中试装置主体并保证其密封性,中试装置的滤布尺寸为 $50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ 。

为确定滤布使用中的两个重要参数:污染物截留率和通量恢复率,分别采用 3 种滤布进行中试研究。其中,悬浮颗粒截留率以 SS 去除率表征,连续监测装置的进、出水 SS,为避免水样过少引起的试验误差,在每个反洗周期内,分别取 4 次水样,每次 250 mL,最后将取出的 1 L 水样抽滤测定 SS 含量,连续取 6 个反洗周期。结果表明,尼龙滤布、无纺针刺毡滤布与纤维滤布对 SS 的平均截留率分别为 67.2%、58.1%、71.4%。无纺针刺毡滤布的出水 SS 高于尼龙滤布和纤维滤布,分析原因主要有两

点:①随着进水量的增加,滤布底部受到的压力和悬浮物截留率高于滤布顶部,有部分SS从无纺针刺毡滤布底部孔隙渗透,进入到出水中;②每经过一次反洗,部分悬浮物被冲至无纺针刺毡滤布内部孔隙中,没有被纤维阻挡截留,进入下一个进水周期后,这部分悬浮物将随流过滤布的水流带到出水中。

考虑到滤布过滤主要靠静水压差,悬浮颗粒被截留在滤布进水侧,而滤布滤池运行时水位大部分时间集中在水深0.3 m以上位置,因此通量恢复率采用0.5 m静水压力下的滤布通量,每反洗20次测一次通量恢复率,结果如图4所示。

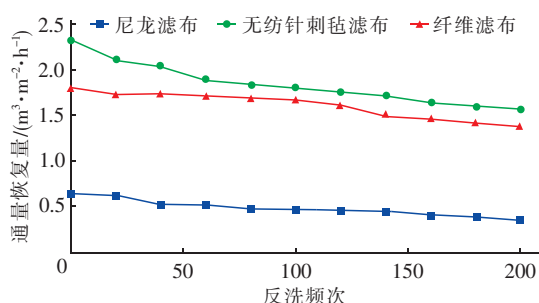


图4 滤布的通量恢复量

Fig. 4 Flux recovery amount of filter cloth

从图4可以看出,随着反洗频次的增加,3种滤布的通量都有所下降,反洗200次后,尼龙、无纺针刺毡和纤维滤布的通量分别下降44.6%、32.3%、23.3%。主要原因是,尼龙滤布结构致密,在较低的水压条件下,水较难通过滤布,每次反洗都会导致较为细小的悬浮颗粒将滤布孔隙堵死;而无纺针刺毡和纤维滤布孔隙相对较大,所需水压较低,反洗能将滤布表面冲刷干净。综合考虑,选取纤维滤布作为滤池样机的滤布。

3 样机的研发与生产性测试

为使新开发的滤布滤池与一体化小城镇污水处理设施更好地耦合,滤布滤池采用中间进水两侧出水的方式,处理量为50 m³/d,以去除SS为目标,单个或多个的组合模式耦合于小城镇污水处理设施中。

3.1 滤布固定及喷头布置形式

为保证处理量,滤布滤池样机的滤布尺寸为100 cm × 100 cm。在样机运行过程中发现,随着水位的上涨,滤布的螺栓固定方式已经无法满足密闭性所需,滤布底部出现渗水漏水现象,考虑到滤布更换的便捷性,参考机械密封方式,在滤布板框两侧嵌

入密封橡胶条,将滤布板框插入滤布滤池中的凹槽内,靠挤压橡胶条时产生的弹力保证滤布四周的密闭性。同时,采用单面冲洗模式已无法满足滤布反冲洗所需,综合考虑反洗水量和反洗效果,滤布反冲洗喷头采用双侧布置模式,每侧喷头布置形式如图5所示。一方面靠喷头水压将粘附于滤布上的悬浮颗粒冲洗下来,另一方面靠滤布表面反洗水流将松动的悬浮颗粒带走。

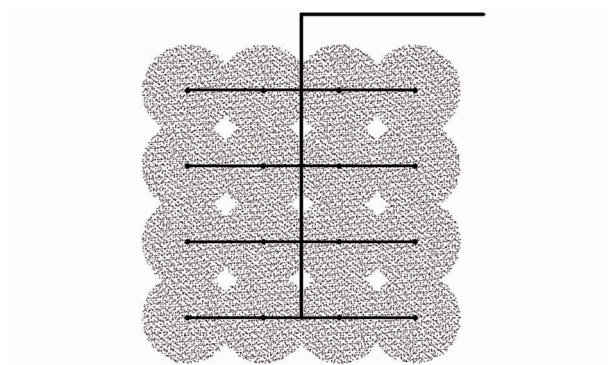


图5 滤布滤池样机喷头布置形式

Fig. 5 Arrangement of cloth filter prototype nozzle

3.2 反洗参数

滤布滤池的反洗模式、频率和水量是样机开发的关键参数。本研究在滤布滤池样机连续20 d的运行调试过程中,确定了不间断进水的反洗模式,可大大保证滤布滤池的连续处理能力。同时在运行过程中调整反洗频率和反洗水量,以确定最佳反洗参数,如表2所示。

表2 滤布滤池样机的反洗参数

Tab. 2 Back-washing parameter of cloth filter prototype

反洗频率/ (次 · d ⁻¹)	单次反洗 时间/min	反洗水量/ (m³ · d ⁻¹)	通量恢复量/ (m³ · m ⁻² · h ⁻¹)
8	3	3.3	1.12
8	5	5.6	1.32
10	3	4.1	1.36
12	2	3.3	1.51

由表2可以看出,在不同的反洗频率和反洗时间下,最终的通量恢复量是不同的,“少量多次”的反洗模式有利于提高通量恢复量。这是因为,在滤布滤池运行过程中,反洗频率降低,使运行周期延长,导致滤布中部以下位置水压较高,进水中的悬浮颗粒被压得更加密实,滤布的孔隙被更加细小的悬浮颗粒堵塞,反洗难以使滤布通量恢复,从而表现为在相同的反洗水量下,反洗频率增加则通量恢复量

增加。综上,确定滤布滤池样机的反洗频率为 12 次/d,每次反洗时间为 2 min,产水量满足 $50 \text{ m}^3/\text{d}$,反洗水量为 $3.3 \text{ m}^3/\text{d}$,占产水量的 6.6%。

3.3 生产性测试

确定滤布滤池的关键性参数后,对样机进行了 40 d 的生产性测试,进出水 SS 和产水量变化如图 6 所示。

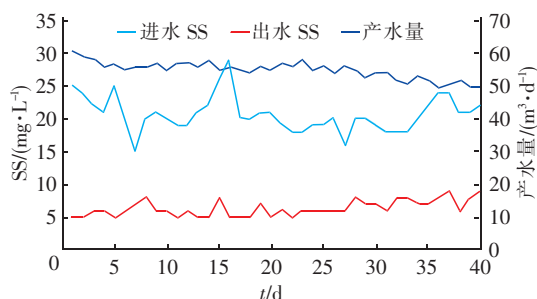


图 6 滤布滤池样机的生产性测试结果

Fig. 6 Test of cloth filter prototype

从图 6 可以看出,滤布滤池样机在生产性测试的 40 d 内,出水 SS 能够稳定在 10 mg/L 以下,达到了《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 A 标准。连续运行 35 d 后,产水量下降,出水 SS 有波动,此时滤布经过反复进水、反洗,进入“疲劳期”,滤布部分孔隙被堵塞使得产水量降低;反洗受力最大的区域滤布变形,藏污纳垢能力下降,使出水 SS 升高。因此,为保证出水水质,建议滤布使用 35 d 后更换,更换成本较低。由于小城镇污水水量波动性较强,当两组及多组滤布滤池与小城镇污水处理设施耦合时,考虑在非生活用水高峰、小流量条件下开启部分,以节省能耗。

4 结论与建议

① 通过对反洗喷头和滤布进行中试比选,最终确定使用充圆锥形喷头和纤维滤布作为该新型滤

布滤池的反洗和截污关键部件。

② 通过对新型滤布滤池样机连续 40 d 的生产性测试发现,出水 SS 能够稳定在 10 mg/L 以下,达到了《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 A 标准。

③ 此新型滤布滤池具有体积小、便于与小城镇污水一体化处理装置耦合的特点,同时可根据实际处理水量采用单组及多组的组合模式,在小城镇污水处理中具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 邓伟斌. 南方某污水处理厂 CAST 工艺提标改造[J]. 中国给水排水,2016,32(16):77-79.
- [2] 石建会,张雯,周亚旭,等. 西安市第五污水厂升级改造工程设计与改造效果[J]. 中国给水排水,2015,31(14):71-74.



作者简介:李栋(1963—),男,江苏苏州人,本科,高级工程师,主要从事压力容器、机械设备(非标设备)、压力管道的设计工作。

E-mail:hbylidong85@sina.com

收稿日期:2017-01-15