

工程实例

改良 A^2/O + 活性砂滤池工艺用于西北某城市污水处理

张 林, 肖卫东, 徐文刚

(中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300381)

摘 要: 西北地区某污水处理厂采用改良 A^2/O + 活性砂过滤处理工艺,介绍了生物池和活性砂滤池的设计参数以及运行效果。针对实际运行中活性砂滤池出现的无法正常提砂、跑砂以及板结问题,给出了具体解决办法。

关键词: 改良 A^2/O ; 活性砂滤池; 深度处理; 跑砂

中图分类号: X703 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)10-0090-04

Application of Improved A^2/O and Active Sand Filter Technology for Municipal Wastewater Treatment in Northwest China

ZHANG Lin, XIAO Wei-dong, XU Wen-gang

(North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300381, China)

Abstract: The improved A^2/O and active sand filter technology was used in a municipal wastewater treatment plant in northwest China. The design parameters and operational performance of biological reactor and active sand filter were introduced. The problems emerged in active sand filter during the operation process, e. g. improper sand-lift, sand loss and sand compaction, were put forward. Then, the relevant solutions were presented.

Key words: improved A^2/O ; active sand filter; advanced treatment; sand loss

1 污水处理厂概况

随着我国城市化进程的发展,城市水资源短缺及污染问题日益凸显,有效保护和充分利用好水资源对城市绿色发展,特别是我国西北地区可持续发展尤为重要,因此更需审慎选择可靠、适宜、节能、经济的污水处理技术。

银川市某污水处理厂位于城市北部排水系统末端,目前处理规模为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,工程分两组两步建设,每组设计规模为 $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,主要处理市政污水,出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 A 标准。主要设计进、出水指标如表 1 所示。

表 1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

项目	COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	BOD ₅ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	SS/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TN/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	NH ₃ -N/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TP/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	粪大肠菌群数/ ($\text{个} \cdot \text{L}^{-1}$)
进水水质	400	180	200	40	35	5	—
出水水质	50	10	10	15	5(8)	0.5	10^3

注: 括号外数值为水温 $>12\text{ }^\circ\text{C}$ 时的控制指标,括号内数值为水温 $\leq 12\text{ }^\circ\text{C}$ 时的控制指标。进水 B/C 值为 0.45, BOD₅/TN = 4.5, BOD₅/TP = 36。

采用改良 A²/O + 深度处理——活性砂过滤技术组合的工艺方案。自投入运行以来,该工艺对 TN、TP、COD、BOD₅、SS、氨氮的去除效果稳定良好,

而且具有良好的抗冲击负荷能力。

实际进、出水水质指标如表 2 所示。工艺流程如图 1 所示。

表 2 实际进、出水水质指标

Tab. 2 Actual influent and effluent quality

mg · L⁻¹

项目	COD		BOD ₅		SS		TN		NH ₃ - N		TP	
	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水
2015 年 12 月	295	33.3	59.2	3.98	284	7.0	53.3	14.2	33.2	0.51	7.44	0.396
2016 年 1 月	219	34.5	76.5	3.67	246	8.6	58.9	13.1	39.2	0.85	5.68	0.457
2016 年 2 月	295	28.6	77.5	4.05	479	3.0	29.3	12.3	20.6	0.56	7.69	0.270
2016 年 3 月	296	48.8	97.2	3.29	299	9.2	58.0	13.4	39.3	3.48	7.52	0.371
2016 年 4 月	354	43.8	131.0	7.21	266	9.3	40.2	12.0	31.9	1.07	8.25	0.439
2016 年 5 月	386	25.9	130.0	5.23	198	3.8	30.9	13.0	26.5	0.19	5.60	0.493
2016 年 6 月	257	34.6	46.7	3.44	194	4.2	39.5	11.4	25.5	0.27	5.06	0.488

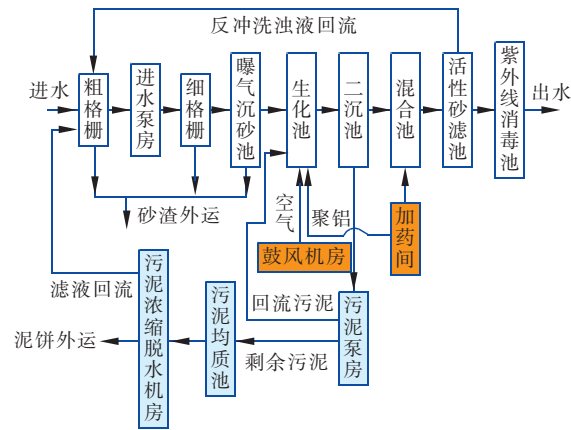


图 1 污水处理厂工艺流程

Fig. 1 Flow chart of sewage treatment plant

该污水厂进水 BOD₅/TN 为 4.5,碳源刚刚满足要求;为提高除磷效果,采用带有回流污泥反硝化段的改良 A²/O 工艺。

图 2 为改良 A²/O 的工艺流程。

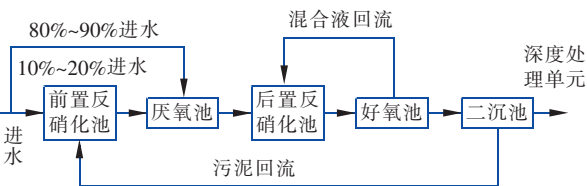


图 2 改良 A²/O 工艺流程

Fig. 2 Flow chart of improved A²/O process

改良 A²/O 工艺是一种较为成熟的处理工艺,具有运行可靠、经验丰富、生物除磷脱氮效果好、出水水质稳定等优点^[1]。在厌氧池前增设污泥回流反硝化段,来自二沉池的回流污泥和 10% ~ 20% 左

右的进水进入该池,微生物利用这部分进水中的有机物去除回流污泥中的硝态氮,消除对厌氧池的不利影响,从而保证厌氧池的稳定性和生物除磷效果。但仅仅依靠改良 A²/O,出水水质还是难以达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 A 标准,还需要进行深度处理。本厂深度处理采用混合池和活性砂过滤系统。

混合是混凝沉淀的前提,通过投加 PAC,采用机械搅拌快速混合的方法,使所有胶体颗粒几乎在瞬间完成脱稳与凝聚。

活性砂过滤系统是集混凝、澄清、过滤为一体的高效过滤处理技术^[2]。它是由多个活性砂过滤器单元组成,基于逆流原理,原水经过进水管通过位于过滤器底部的布水器进入过滤器,并经布水器均匀分配后,水流由下向上逆流通过滤料层并外排,滤液在池体顶部聚集,经溢流口流出。在此过程中,原水被过滤,水中的污染物含量降低;同时石英砂中污染物的含量增加,下层滤料层的污染物含量高于上层滤料。位于过滤器中央的空气提升泵在空压机的作用下,将底层截留有污染物的石英砂提至过滤器顶部的洗砂器中清洗,清洗后返回滤床,同时将清洗所产生的污染物外排。

活性砂过滤系统采用单级滤料,无需级配,没有水力分布不均和初滤液等问题;也不需要反冲洗水泵及其停机切换电动、气动阀门,因此可一直进行反冲洗,而不需停机;石英砂滤料在过滤系统中呈自上而下的运动状态,对原水起到搅拌作用,因此搅拌絮凝在过滤系统内一并完成;由于过滤系统内反冲洗一直进行,滤料清洁及时,可承受较高的进水污染物

浓度。

活性砂过滤系统特殊的内部构造及独特的工艺特点,使得混凝、澄清、过滤过程在同一个池体内全部完成,而无需单设混凝、澄清池和混凝、澄清用的机械设备。因此,活性砂过滤系统较其他深度处理系统占地面积更省,运行费用也更经济。

2 生物池和活性砂滤池设计参数

2.1 生物池设计参数

单座池体设计流量: $0.35 \text{ m}^3/\text{s}$, 有效池容: $15\,068 \text{ m}^3$, 其中前置反硝化池 $1\,730 \text{ m}^3$ 、厌氧池 $1\,875 \text{ m}^3$ 、缺氧池 $2\,683 \text{ m}^3$ 、好氧池 $8\,780 \text{ m}^3$, 有效水深为 6 m , 泥龄为 11 d ; 水力停留时间为 14.46 h , 其中前置反硝化池 1.66 h 、厌氧池 1.8 h 、缺氧池 2.57 h 、好氧池 8.43 h , 污泥负荷为 $0.096 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$, 混合液悬浮固体浓度为 3.8 g/L , 混合液最大回流比为 150% , 污泥最大回流比为 100% 。在实际运行过程中, 污泥负荷为 $0.13 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$, 混合液悬浮固体浓度为 4.1 g/L 。

2.2 活性砂滤池设计参数

活性砂滤池分为3格, 每格包括8套布水器, 每套布水器的过滤面积为 6 m^2 。所采用的滤料为天然石英海砂, 有效粒径为 $0.9 \sim 1.2 \text{ mm}$, 均匀系数 K_{60} 为 $1.2 \sim 1.4$, 砂床厚度为 6 m ; 水流上升速度为 15 m/h , 有效过滤时间为 8 min , 循环洗砂时间为 6 h , 系统采用螺杆空气压缩机, $Q = 6.5 \text{ m}^3/\text{min}$, $P = 0.8 \text{ MPa}$ 。

3 污水处理厂运行成本

目前, 污水处理厂平均进水量为 $3.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。经测算, 污水处理成本为 $0.36 \text{ 元}/\text{m}^3$, 电费为 $6\,000 \text{ 元}/\text{d}$, 药剂费为 $1\,650 \text{ 元}/\text{d}$ 。

4 活性砂过滤器出现的问题及建议

4.1 活性砂过滤器无法正常提砂

运行初期, 有13台过滤器不能连续提砂, 其中有4台气管与提砂管脱离, 重新连接后可正常提砂; 有2台由于洗砂器中洗砂水排放口被石英砂堵塞, 无法排水, 停止通气将滤砂清理干净后可正常提砂; 还有7台通过内窥镜观测后发现主要原因是滤池底部有大块垃圾, 导致提砂管堵塞。将砂滤池内水抽干, 对所有砂床进行清理并筛分, 大块垃圾清理干净后将石英砂重新倒入活性砂滤池内后恢复正常连续提砂。

在清砂和重新放置石英砂过程中应特别注意以下几个问题, 有些问题虽然未在本厂发生, 但在其他项目上有类似情况: ①建筑垃圾。在石英砂倒入活性砂滤池之前必须对池底进行彻底的清理, 绝对不允许有建筑垃圾的存在。②粒径较大的卵石。石英砂中可能会自带粒径较大的卵石, 个别卵石粒径达 $30 \sim 40 \text{ mm}$, 由于提砂管管径为 15 mm , 该粒径大小的卵石进入砂床后随着砂层流动最后会堵塞在提砂管管口, 导致提砂管堵塞。③塑料袋、编织袋等物品。石英砂一般都通过大号编织袋进行包装运输, 在倒砂过程中, 如果操作人员不注意, 极有可能将编织袋碎片、塑料袋等物品随着石英砂一起倒入砂滤池内, 造成运行过程中提砂管产生堵塞。因此要求操作人员及设备厂家人员放置石英砂时, 最好在石英砂倒入活性砂滤池前用孔径为 10 mm 大小的筛网筛分一遍, 将粒径较大的卵石、大块垃圾、编织袋碎片、塑料袋等物品提前筛分、清理出去。④未在二沉池截住、遗漏的类似保温棉等物质混在污水的垃圾、废料中, 也会随水流进入砂滤池造成堵塞。为防止此类问题出现, 可在二沉池出水口处设置栅条间隙为 8 mm 的格栅进行拦截, 并定期清理格栅周边的垃圾。

以上四种情况是导致提砂管堵塞的常见原因, 除了第四种之外, 其他均为石英砂倒入滤池前后操作不慎所致。由于清砂过程繁琐、成本高, 因此需要特别注意, 力争避免上述情况的发生。

4.2 跑砂

在运行过程中发现在粗格栅廊道、泵坑内出现了石英砂, 这是由活性砂过滤设备跑砂问题造成的。石英砂随着砂滤池反冲洗液回流到粗格栅前端的进水泵、泵坑, 严重时导致粗格栅被卡住, 污水厂无法正常运行。

跑砂原因分析: ①开始调试时活性砂过滤器的布水器中心管与提砂管之间的密封垫为橡胶, 材质较硬, 两者之间无法紧密连接, 导致有部分空气从间隙处逸出, 浊液与活性砂向上涌动, 无法及时从提砂管中回落下去, 造成石英砂随着反冲洗浊液回流, 后来将密封垫改为柔性材质后, 跑砂现象减少。②活性砂过滤器中的反冲洗浊液回流管处为柔性连接, 高度可以调整, 在运行过程中需根据气量的变化进行调整, 若回流管位置太高则浊液无法回流, 若太低则容易导致跑砂现象。③若倒入的石英砂为机械

砂,机械砂质地较软,在长期运行过程受到相互之间的摩擦而使粒径变小,在同样风量的情况下,石英砂被提升的高度也将增加,也会导致跑砂现象。而石英砂天然形成,粒径均匀,质地坚硬,将较少存在上述现象。④在运行过程中气量过大,反冲洗过程中提砂速度过快,提砂量也大大增加,石英砂来不及通过洗砂器回流到提砂管中,从而随着反冲洗浊液回流到粗格栅处。

跑砂是目前活性砂过滤系统在运行过程中常见的问题,一方面要在调试过程中将设备调试到位,另一方面需要运营人员勤观察,根据风量和水量的变化调整浊液回流管的高度。

为彻底解决该问题,在反冲洗浊液回流途中设置沉砂井一座,将跑出的石英砂及早截留在沉砂井中,沉砂井如图 3 所示。

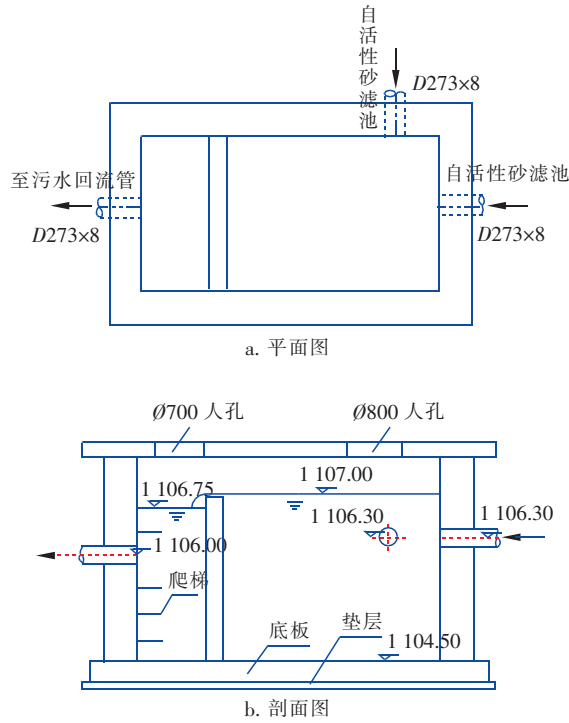


图 3 沉砂井的平面及剖面示意图

Fig. 3 Sketch map of grit well

沉砂井分左右两部分,中间由一道溢流堰隔开,回流的浊液在进入右侧池体后流速降低,随带的石英砂将在池底沉淀下来,浊液越过溢流堰回到回

流系统内,运营人员只需定期清理沉砂井中沉淀下来的石英砂,其经筛分后可回补到活性砂过滤器内。

4.3 石英砂板结

在通水后长时间不提砂容易导致石英砂板结现象,出现该种情况后,活性砂过滤器也将无法正常提砂,因此在运行过程中砂滤系统至少每两周开启一次,每次运行 12 h。

5 结论

通过近两年的运行,改良 A²/O + 活性砂过滤技术在西北某污水处理项目上取得了良好的运行结果。实践证明,该工程技术可行,经济合理,运行可靠,各项出水指标均能达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 A 标准。对活性砂过滤器在实际运行中出现的无法正常提砂、跑砂、板结等问题,给出了解决办法,可供类似污水厂参考。

参考文献:

[1] 魏全源,李辰. 改良 A²O 污水处理厂工艺运行及能耗分析[J]. 供水技术,2015,9(2):54-57.
[2] 周进勤,宋建昕,张杰,等. 活性砂滤工艺在株洲某污水处理厂提标改造工程中的应用[J]. 中国市政工程,2015,(6):36-38.



作者简介:张林(1986 -), 男, 山东淄博人, 硕士, 工程师, 主要从事市政工程总包管理工作。

E-mail: cengceng6@163.com

收稿日期:2016-09-27