

武汉市某污水厂升级改造工程设计与运行

何雯茵¹, 桑稳蛟², 张宛君²

(1. 武汉市城市排水发展有限公司 二郎庙污水处理厂, 湖北 武汉 430014; 2. 武汉理工大学
土木工程与建筑学院, 湖北 武汉 430070)

摘 要: 武汉市某污水处理厂进行了出水水质由一级 B 到一级 A 标准的升级改造。在一期二沉池后段增加高效澄清池与 R 型精密滤池工艺, 在提高出水水质的同时, 对一期生物池的曝气方式进行了改造, 有效降低了能耗。升级改造完成后, 出水水质稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 一级 A 标准, 脱水后的污泥含水率由原 79.60% 降至 79.53%。

关键词: 污水处理厂; 升级改造; 高效澄清池; R 型精密滤池

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)04-0067-04

Design and Operation of Upgrading Project in a Wastewater Treatment Plant in Wuhan

HE Wen-yin¹, SANG Wen-jiao², ZHANG Wan-jun²

(1. Erlangmiao Wastewater Treatment Plant, Wuhan Urban Drainage Development Co. Ltd., Wuhan 430014, China; 2. School of Civil Engineering and Architecture, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

Abstract: A wastewater treatment plant in Wuhan was upgraded from the first class B criteria to the first class A criteria. The efficient clarifier and R type precision filter process was added after secondary sedimentation tank, at the same time, the energy consumption was reduced by modifying the aeration mode in biological tank. When the upgrading project was completed, the effluent quality could meet the first class A criteria specified in the *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918 - 2002). The water content in dewatered sludge was reduced from 79.60% to 79.53%.

Key words: WWTP; upgrading and reconstruction; efficient clarifier; R type precision filter

武汉市某污水处理厂于 2015 年扩建并进行了升级改造, 现出水水质稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 的一级 A 排放标准。该厂是武汉市首座采用 R 型精密滤池进行升级改造的城市污水处理厂。

1 工程概况

1.1 原污水处理工艺

该污水处理厂于 2006 年 4 月建成投运, 设计规模为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 生化处理采用 DE 氧化沟工艺, 出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51108360); 湖北省自然科学基金资助项目(2011CDB428); 湖北省科技支撑计划项目(2015BCA304)

(GB 18918—2002)一级 B 标准。

改造前的工艺流程:进水→粗格栅→提升泵房→细格栅→旋流沉砂池→氧化沟→二沉池→接触消毒池→出水。

1.2 改造前运行效果

表1为该污水厂稳定运行以来(2014年1月—6月)的进、出水水质。数据表明,污水厂原有处理工艺的出水水质能够全面达到一级 B 标准。但是,出水 TN、TP 无法达到一级 A 标准。随着环保要求的提高,该厂于2015年进行了升级改造。

表1 升级前的进、出水水质

Tab.1 Influent and effluent quality before upgrading

项 目	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	SS	TN	TP
进水/ (mg·L ⁻¹)	最高值	275.97	87.49	31.67	163.10	38.72
	最低值	196.85	66.36	17.38	114.27	27.76
	平均值	236.80	77.30	24.58	136.68	33.18
出水/ (mg·L ⁻¹)	最高值	31.92	9.25	2.41	9.77	18.94
	最低值	23.56	7.73	0.41	7.10	12.94
	平均值	27.20	8.49	1.10	8.10	16.60
去除率/%	88.51	89.02	95.52	94.07	49.97	84.23
一级 B 标准/ (mg·L ⁻¹)	60	20	8(15)	20	20	1
一级 A 标准/ (mg·L ⁻¹)	50	10	5(8)	10	15	0.5

2 升级改造工程设计

2.1 设计规模与进、出水水质

该厂升级改造工程于2015年建成投运,设计规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,污水厂升级改造后执行一级 A 排放标准。改造工程的设计进、出水水质见表2。

表2 改造工程的设计进、出水水质

Tab.2 Design quality of influent and effluent in upgrading plan mg·L⁻¹

项目	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	SS	TN	TP
进水	230	115	20	130	26	2.3
出水	50	10	15	10	5(8)	0.5

2.2 升级改造工艺流程

在扩建的同时,该厂采用高效澄清池+回转型精密滤池(R型精密滤池)对现有工艺的出水进行深度处理。

升级改造后工艺流程:进水→粗格栅→提升泵房→细格栅→旋流沉砂池→氧化沟→二沉池→高效澄清池→R型精密滤池→接触消毒池→出水。

2.3 改造新增构筑物

升级改造工程新增构筑物主要有深度处理泵

站、高效澄清池和R型精密滤池,还新增了鼓风机,将二期富余风量引往一期工程,如表3所示。

表3 升级改造新增构筑物

Tab.3 New items of upgrading project

项 目	数量/座	参数
深度处理提升泵房	1	$Q = 5\,417 \text{ m}^3/\text{h}$
高效澄清池	1	$Q = 5\,417 \text{ m}^3/\text{h}$,混合停留时间为2.06 min,絮凝停留时间为16.64 min
R型精密滤池	1(含5套R型精密过滤设备)	滤筒直径为1.29 m
鼓风机房	1(含3台鼓风机)	$Q = 125 \text{ m}^3/\text{min}$

3 生产调试及运行效果

3.1 R型精密滤池运行条件

R型精密滤池为连续过滤,当滚筒内有水进入时,自控系统将启动驱动系统并驱动滚筒转动,同时启动反冲洗泵。滚筒开始慢慢转动,反冲洗泵抽取过滤水后对滤网进行反冲洗。冲洗下来的颗粒物质由设备内部的反冲洗水收集槽收集,并通过排污管排出设备。反冲洗的同时,过滤正常运行,当无水通过设备时,设备将自动停止。

R型精密滤池运行条件:①水温为 $5 \sim 50 \text{ }^\circ\text{C}$,环境温度为 $-5 \sim 50 \text{ }^\circ\text{C}$,周围相对湿度 $\leq 93\%$ (温度为 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 时);②污水进入微过滤设备,应要求 $\text{SS} \leq 20 \text{ mg/L}$;③进水水质若不满足要求,需进行适当预处理。

3.2 生产调试

① 由于高效澄清池内易生长藻类,会堵塞R型精密过滤设备,故在高效澄清池上设置遮阳盖。夏季温度较高时,将遮阳盖盖上,防止藻类生长影响R型精密过滤设备的运行。

② 原投矾点为高效澄清池的进水口,但是矾颗粒会堵塞R型精密过滤设备,故将投矾点移至氧化沟出水端。

③ 将一期一组生物池进行改造,在池底增加曝气管和曝气头,将二期鼓风机富余风量引入该池,则该组生物池变为鼓风曝气加转碟曝气的组合曝气方式,转碟曝气机由原来的16台减少为8台,每年可节约电费约43.4万元。

3.3 运行效果

污水处理厂的运行效果主要体现在改造工艺对出水水质的提升,同时,对污泥处置单元的运行也有

影响。

3.3.1 进、出水水质

调试结束后即进入满负荷运行状态,运行稳定后(2016年1月—6月)的进、出水水质见表4。

表4 升级改造后进、出水水质

Tab.4 Influent and effluent quality after upgrading

项 目	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	SS	TN	TP
进水/ (mg·L ⁻¹)	最高值	320.07	104.64	28.02	141.39	36.26
	最低值	211.60	80.16	24.36	129.97	34.79
	平均值	250.78	85.44	23.67	137.03	32.84
出水/ (mg·L ⁻¹)	最高值	20.81	7.00	1.38	6.94	14.01
	最低值	19.39	6.45	0.33	6.55	13.47
	平均值	20.41	6.79	0.77	6.96	13.60
去除率/%	91.86	92.05	96.75	94.92	58.59	91.86
一级 A 标准/ (mg·L ⁻¹)	50	10	5(8)	10	15	0.5

由表4可以看出,出水COD、BOD₅、NH₃-N、SS、TN和TP的最高值均低于一级A标准,表明该厂升级改造目标已实现。将表1和表4的数据进行对比可知,改造前进水COD、BOD₅、SS平均值分别为236.80、77.30、136.68 mg/L,改造完成后的平均值分别为250.78、85.44、137.03 mg/L,说明随着污水收纳管网的逐步完善,主要进水水质均有上升。同时,出水COD、BOD₅、SS值均低于改造前的出水水质指标,去除率明显提高,说明升级改造效果明显。另外,改造前进水COD和BOD₅最高值分别为275.97 mg/L和87.49 mg/L,改造后进水COD和BOD₅最高值分别为320.07 mg/L和104.64 mg/L,而出水水质稳定达标,表明改造后的工艺系统具有更强的抗冲击负荷能力。

高效澄清池与R型精密滤池工艺用于升级改造的脱氮除磷效果提升显著。改造前出水TN为12.94~18.94 mg/L,平均去除率为49.97%,改造后出水TN在13.47~14.01 mg/L之间,平均去除率为58.59%,对TN的去除率提高了8.62%;改造前出水TP在0.24~0.96 mg/L之间,平均去除率为84.23%,改造后出水TP在0.15~0.44 mg/L之间,平均去除率为91.86%,对TP的去除率提高了7.63%。

3.3.2 污泥量、含水率与投药量分析

污水处理厂的升级改造,在有效提升工艺系统脱氮除磷效率的同时,也会对系统的污泥产生带来影响,从而影响到厂区污泥处理单元的运行。本文

中的污泥量和污泥含水率均为污泥脱水后的测定值。该厂所加脱水药剂为PAC,图1为升级改造前后的污泥量与投药量。升级前取样时间为2014年1月—6月,升级后取样时间为2016年1月—6月。

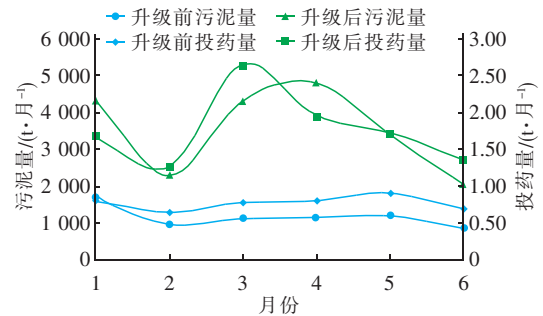


图1 升级改造前后的污泥量与投药量

Fig.1 The amount of dewatered sludge and dewatering agent before and after upgrading

可以看出,升级改造后,污泥量和投药量均有大幅增加,改造前污泥量平均值为1182.42 t/月,改造后为3546.28 t/月,污泥量明显增多。原因分析如下:①水量增大的影响。改造前处理水量为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,改造后处理水量增至 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。②深度处理工艺的影响。改造后的高效澄清池与R型精密滤池在提高污染物去除效率的同时,产生了大量的污泥。③进水水质有变化。改造后进水COD和BOD₅分别增大13.98 mg/L和8.14 mg/L,有机物负荷增加,也会带来污泥量的增多。从图1还可以看出,改造前污泥量在858.08~1720.34 t/月之间,投药量在0.65~0.92 t/月之间,变化平缓;改造后污泥量在2070.76~4816.92 t/月之间,投药量在1.26~2.65 t/月之间,变化幅度较大,但改造前后的污泥量均与投药量保持基本相同的变化趋势。

图2为改造前后的污泥含水率与投药量的变化曲线。升级前取样时间为2014年1月—6月,升级后取样时间为2016年1月—6月。按现有的污泥脱水工艺,改造前后的含水率均低于80%,表明该污水厂的污泥脱水工艺能够达到现有污泥外运要求。改造前污泥含水率在79.57%~79.65%之间,平均为79.60%,改造后污泥含水率在79.51%~79.55%之间,平均为79.53%,升级改造后污泥的含水率略有降低。改造后的含水率均低于改造前,说明升级改造后的工艺能够改善污泥性质,提高污泥的脱水性能。

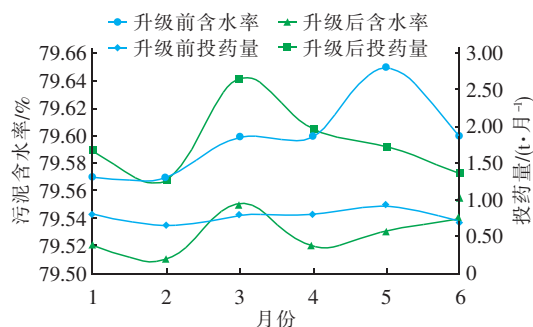


图2 升级前后的污泥含水率与投药量

Fig.2 The moisture content and the amount of dewatering agent before and after upgrading

改造前平均投药量为0.78 t/月,改造后平均投药量为1.77 t/月,投药量明显增大。分析发现,在同样的污泥脱水过程中,改造前后投药量与污泥含水率变化有直接相关性。当投药量达到最大时,该时段的污泥含水率也同期达到最大;当投药量最小时,污泥含水率也最低。改造前的最大投药量为0.92 t/月,该月的污泥含水率为79.65%;改造后的最大投药量为2.65 t/月,对应的污泥含水率为79.55%;改造前的最小投药量为0.65 t/月时,其污泥含水率为最小值79.57%;改造后,在最小投药量为1.26 t/月时,污泥含水率为最小值79.51%。对比改造前后的投药量与污泥含水率变化特点,说明投药量过大反而会降低污泥的脱水性能,导致污泥含水率偏高,较小的投药量更有利于污泥的脱水。因此,在进行污水处理厂技术改造与升级的同时,对现有污泥处理工艺进行优化或改造也是非常必要的^[1~4]。

4 结论

① 该厂升级改造工程处理水量翻倍,增加了高效澄清池+R型精密滤池工艺进行深度处理,出水水质全面达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级A标准。

② 对一期生物池曝气方式进行改造,减少了

转碟曝气机的使用,具有节能降耗的意义,对今后其他类似污水处理厂的升级改造与优化运行具有借鉴作用。

③ 污泥是污水处理过程的必然产物,该厂升级改造工程完成后,污泥量显著增大,含水率和投药量都有明显变化,建议今后对升级改造后的污泥处理单元进行优化或改造。

参考文献:

- [1] 郑兴灿. 城市污水处理技术决策与典型案例[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2007.
- [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及改造效果[J]. 中国给水排水,2015,31(14):71-74.
- [3] 王立东,王阿华. 污水处理厂提标改造措施选择与工程实践[J]. 中国给水排水,2010,26(8):30-32.
- [4] 陈始龙. 昆明市第二污水处理厂深度处理及改造工程设计[J]. 给水排水,2009,35(1):27-30.



作者简介:何雯茵(1982—),女,湖北武汉人,高级工程师,现为武汉市二郎庙污水处理厂厂长,从事污水处理厂运行与管理工作。

E-mail:lgswj74@126.com

收稿日期:2016-10-14