

佛山市龙江镇污水处理厂节能改造

郑国辉¹, 罗建中², 李秀芳¹, 程文慧¹

(1. 广州市绿穗环保科技有限公司, 广东 广州 510006; 2. 广东工业大学 环境科学与工程学院, 广东 广州 510006)

摘要: 根据佛山市龙江镇污水处理厂工艺及设备的特点, 调查分析了该厂的实际运行状况、能耗构成及能耗损失的环节和原因。通过对空气悬浮鼓风机的应用, 优化曝气控制系统, 对污水提升泵和污泥回流泵实施变频改造以及厂区节能改造, 每年可节约 90.91×10^4 kW·h 的电量, 降低生产成本 61.98 万元。

关键词: 污水处理厂; 节能降耗; 鼓风机; 曝气控制

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)04-0075-04

Energy Saving Reform of Longjiang Sewage Treatment Plant in Foshan City

ZHENG Guo-hui¹, LUO Jian-zhong², LI Xiu-fang¹, CHENG Wen-hui¹

(1. Guangzhou Liusui Scientific and Technical Environmental Protection Co. Ltd., Guangzhou 510006, China; 2. School of Environmental Science and Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: According to the characteristics of the process and equipment of Longjiang Sewage Treatment Plant in Foshan, the actual operating conditions of the process were investigated, and the energy consumption composition and the reasons of energy loss were analyzed. Through some measures of the application of turbo blower, optimization of aeration system, frequency conversion reform of the sewage lift pump and the sludge reflux pump as well as energy saving reform in plant area, the power consumption of 90.91×10^4 kW·h can be saved annually, and the production cost of 619 800 yuan can be reduced.

Key words: wastewater treatment plant; energy saving and consumption reduction; blower; optimization of aeration

目前, 处理费用高、能耗大^[1]等问题给污水处理厂的正常运营带来一定的阻碍。其中, 曝气系统存在高能耗、滞后长、溶解氧波动大、易受人为因素影响^[2,3]等问题, 而生物处理系统抗负荷冲击能力差^[4]等问题尤为突出。

以佛山市顺德区龙江镇污水处理厂为研究对象, 对该厂整个工艺流程进行分析研究, 制定了更换新型鼓风机、应用新型曝气控制系统等节能降耗方案, 在保证出水水质达标的前提下, 降低污水处理厂的运行能耗。

1 污水处理厂概况

1.1 实际运行情况

佛山市顺德区龙江镇污水处理厂共两期, 二期工程于 2014 年 11 月竣工验收, 目前处理水量为 6×10^4 m³/d, 采用氧化沟工艺(见图 1)。该流程由完整的两级处理系统和污泥处理系统组成。一级处理由格栅、旋流沉砂池组成, 其作用是去除污水中的固体污染物质, 包括大块固体垃圾和小颗粒悬浮物。通过一级处理后能去除 20% ~ 30% 的 COD。二级处理是污水处理厂的核心, 其作用是去除污水中的

有机污染物,同时脱氮除磷,处理后的污水一般可达标排放。剩余活性污泥排放至污泥处理区进行浓缩、脱水,泥饼外运填埋。

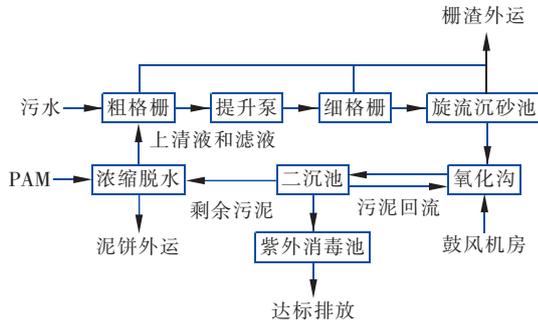


图 1 污水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

该厂出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 B 标准,其中 COD 按广东省《水污染物排放限值》(DB 44/26—2001)第二时段一级标准执行。

1.2 能耗分析

该厂消耗的能源包括电、水和药剂,2014 年三种能源消耗量分别为 $230.2 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 、 $5\,780 \text{ m}^3$ 和 2.975 t ,成本分别为 163.4、1.79 和 15.8 万元。其中电耗约占总能耗的 80%,因此重点对耗电单元进行节能降耗分析和改造。

1.3 存在的主要问题

① 鼓风机风量调节仅根据好氧池的溶解氧在线监测仪的数据调整,虽然能在一定程度上根据进水负荷调整曝气量,但由于只考虑了供气系统的性能,没有考虑生物处理系统的综合影响,而且滞后性比较大,导致鼓风机运行时间长,供气量过剩,增加了能耗。

② 采用传统的罗茨鼓风机,能耗较大,维护费用也较高。

③ 污泥回流泵和污水提升泵为软启动设备,不具备变频功能。

2 电耗分析

图 2 为污水处理厂全年电能流向。由图 2 可知,电耗以生产用电为主,主要用于污水提升,生物处理的供氧和推动混合,污泥稳定和处理,厂区照明等。生产用电中又以生化处理工艺用电为主,占 50.3%,其次是预处理用电和污泥处理用电,分别占 32.6% 和 9.8%,三者之和占污水处理厂总电耗 90% 以上。生化处理用电集中于鼓风曝气、污水推

流等工序,预处理用电集中于污水提升、格栅、旋流沉砂池等工序,污泥处理用电则集中于污泥脱水、污泥回流等工序。因此,应针对主要用电工序,提出有效的降低电耗措施。

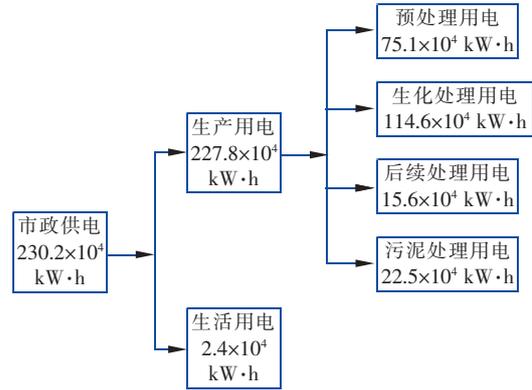


图 2 2014 年能源流向

Fig. 2 The energy flow diagram in 2014

3 节能降耗改造方案

3.1 曝气系统改造方案

由于污水处理的连续性,鼓风机几乎全天不间断运行。该厂采用氧化沟处理工艺,氧化沟内设置有在线溶解氧测定仪,将实时检测的池内溶解氧浓度反馈到 PLC 控制站,计算出供气量,进行供气量调节,以使 DO 稳定在所需范围内。鼓风机风量调节仅根据好氧池中段的溶解氧在线监测仪的数据调整,虽然能够在一定程度上根据进水负荷调整曝气量,但由于只考虑了供气系统的性能,没有综合考虑生物处理系统,而且滞后性比较大。

针对曝气系统存在的问题,确定以下改造方案:

① 将电耗较大的 2 台罗茨鼓风机更换成 1 台空气悬浮鼓风机。罗茨风机为容积式风机,风量不受风压变化的影响,风量较小,功率低^[5]。而空气悬浮鼓风机采用高速直联电机,与常规的依靠齿轮增速的风机有本质区别,大大减少了因为机械传动和机械摩擦而产生的能源消耗,提高了效率^[6]。空气悬浮鼓风机风量为 $130 \text{ m}^3/\text{min}$,功率由原来 2 台共 180 kW 降低为 150 kW,调速范围为 40% ~ 100%。因此只需一台空气悬浮鼓风机即可满足该厂一期生物处理所需风量要求,同时运行功率较 2 台罗茨风机降低 17%,节省了电耗。

② 优化曝气控制系统。复合曝气控制系统建立在闭环控制系统基础之上,增加了前馈控制模块。该前馈系统在集水池前端增加在线氨氮分析仪,能

够提前掌握进水负荷的变化,解决反馈控制的滞后问题。通过采集在线氨氮分析仪测得的氨氮浓度值、COD 和进水流量,系统可以得知进水负荷,并利用活性污泥模型以及自动控制理论,同时考虑厌氧池到曝气池的迟滞效应,计算曝气池的 DO 期望值,如图 3 所示。根据 DO 期望值调节鼓风机风量,进而控制鼓风机的供气量,降低鼓风机的电耗。这套自控系统直接安装并嵌入到原有中控系统,取代原有的供气量控制模块。

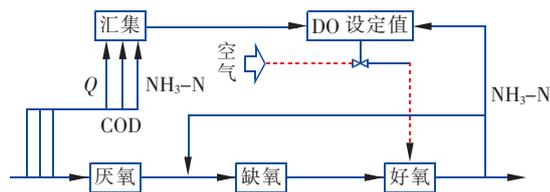


图 3 优化曝气控制系统

Fig. 3 Diagram of upgrade aeration control system

3.2 污水提升泵改造方案

污水处理厂的提升泵按工频运行时速设计^[7],选泵以最大流量为依据。污水泵站一般为全日运行,通常在每日 6:30—8:30、10:30—12:30 和 17:00—19:30 三个时段流量较大,占全日生活污水量的 80% 以上,其他时段的流量较小。污水提升泵经软启动后即进入工频运行,运行频率不能根据实际污水量和污泥量调节。污水提升泵机组在大部分时间里都在高效区以外运行,故污水提升泵组运行效率存在较大的提升空间,可以进行变频改造。变频启动可同时改变电压和频率,在不降低转矩的情况下,连续调节转速,变频控制系统如图 4 所示。改造后,对原有 1 台 62 kW 污水提升泵进行电力变频,安装及调试水泵电力变频器,并连接 1 台超声波液位计。在运行过程中,PLC 会根据集水池液位调

节变频提升泵的转速,并记录水泵的运转时间。此外,变频改造后,提升泵的运行监控将加入到中控系统,利用中控系统监测泵的运行过程,记录运行数据。出现故障后,备用泵会自动投入运行。

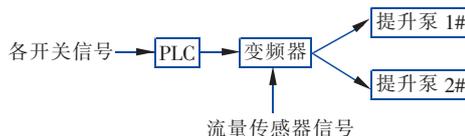


图 4 变频控制系统

Fig. 4 Diagram of frequency conversion system

3.3 污泥回流泵改造方案

污泥回流量的控制直接影响污水处理的效果,由于进水水质、水量在波动变化,污水处理厂的污泥回流量无法根据水量水质的变化而变化,只能进行定量回流,而定量回流往往远超出实际所需,造成大量的电能浪费。为应对进水水质、水量的变化,缩短回流时间,对一台 16 kW 污泥回流泵进行变频改造,并保留一台定速污泥回流泵,以保证污泥回流量和回流比的稳定。

3.4 厂区节能改造方案

污水厂办公楼楼道灯在无人经过时也保持常亮状态,若改为使用触摸延时开关系统控制开关可以减少其工作时间,节约用电。厂区电脑使用存在午休时间或长时间离开办公桌时电脑仍处在工作状态的情况,因此设置短时间无操作后即进入待机及休眠状态,在长时间离开办公桌时可减少用电量。

4 改造后效果分析

龙江镇污水处理厂实行上述整改措施一年后,节能减排效果显著(如表 1 所示)。总共可节约 $90.91 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 的用电量,节约 61.98 万元的生产成本。

表 1 改造效益汇总

Tab. 1 The benefits of energy saving reformation

方案措施	效益情况(以年为单位)	
	环境效益	经济效益/(万元·a ⁻¹)
空气悬浮鼓风机的应用	节约用电 $13.7 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h/a}$, 噪声减少 20 dB,节约润滑油 20 L/a	减少用电成本 9.73, 减少润滑油成本 0.06
优化曝气控制系统	节约用电 $24 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h/a}$	减少用电成本 17.04
泵变频控制改造	降低电耗 $46 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h/a}$	减少用电成本约 30
办公楼楼道灯安装触摸延时开关系统	节约用电量 $7.11 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h/a}$	减少用电成本 5.08
电脑待机和休眠	节约用电量 $0.1 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h/a}$	减少用电成本 0.07
合计	节约用电 $90.91 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h/a}$, 节约润滑油 20 L/a	61.98

改造后进、出水水质见表2,出水水质稳定且达标排放,同时单位耗电量也较改造前降低。

表2 改造前、后运行状况对比

Tab.2 Comparison of performance before and after reformation

项目		COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	BOD ₅ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	氨氮/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	SS/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TP/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	pH值	用电单耗/ ($\text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}$)	
改造前	2014年 第一季度	进水	148	116	17.46	40	2.68	6.64	0.179
		出水	12.2	2L	0.111	7	0.16	7.21	
	2014年 第二季度	进水	89.2	26.8	9.049	42	0.576	6.92	0.175
		出水	15.2	4.5	1.256	18	0.057	7.27	
	2014年 第三季度	进水	334	200	10.24	57	2.14	6.92	0.192
		出水	38.6	9.3	0.8	12	0.251	7.34	
改造后	2014年 第四季度	进水	200	60.9	17.4	61	1.75	7.89	0.159
		出水	13.7	4.1	0.48	4	0.54	7.11	
	2015年 第一季度	进水	147	67.3	8.908	180	0.946	6.87	0.162
		出水	15.7	2L	0.423	9	0.284	7.15	
	2015年 第二季度	进水	184	38.2	5.48	565	1.19	8.13	0.156
		出水	14.3	2.3	0.225	14	0.218	7.42	
	2015年 第三季度	进水	195	92.1	13.46	77	1.63	8.49	0.149
		出水	24.6	3.1	0.171	10	0.227	7.45	

5 结论

通过将罗茨鼓风机更换为空气悬浮鼓风机、优化曝气控制系统、对提升泵和污泥回流泵实施变频改造及厂区实行相关节电措施后,龙江镇污水处理厂在节能降耗方面取得了显著成效,在成本显著下降的同时使得污水处理过程更加灵活,更加适应污水处理厂进水的时变性和不确定性。在保证出水水质达标排放的同时,实现了节约能耗。污水处理厂的节能降耗是一项综合工作,需根据各污水厂自身特点,从污水厂的工艺、设备、运行等各方面入手,寻找节能降耗的重点,围绕着整改重点深入研究,以达到降低成本的目的。

参考文献:

- [1] 王秋生. 污水处理厂节能降耗生产控制措施探讨[J]. 水处理技术, 2014, 40(11): 122-124.
- [2] 余仁辉, 罗飞, 赵小翠. 污水厂曝气节能智能优化控制系统[J]. 环境工程, 2010, 28(2): 39-41.
- [3] 黄银蓉. 污水处理曝气池溶解氧智能优化控制系统研究[D]. 马鞍山: 安徽工业大学, 2011.
- [4] 李金国, 焦建文, 刘杰, 等. 扬州六圩污水厂的工艺改进及优化控制设计[J]. 中国给水排水, 2009, 25(22): 25-30.

- [5] 王娅娜, 刘燕云. 鼓风机在不同工艺单元中的选型与应用[J]. 给水排水, 2012, 38(S2): 195-198.
- [6] 谢荣焕, 梁文逵, 刘爱辉, 等. 空气悬浮风机在污水厂节能降耗中的应用[J]. 中国给水排水, 2014, 30(15): 108-110.
- [7] 王家松, 汪晓. 污水提升泵变频调速的非线性控制系统[J]. 中国给水排水, 2000, 16(7): 40-41.



作者简介: 郑国辉(1986-), 男, 广东佛山人, 硕士, 工程师, 主要从事环境污染防治方面的工作。

E-mail: zgh207905@163.com

收稿日期: 2016-06-20