

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.04.003

江西某厂网一体化项目污水厂调试运行实例

毛宇洛, 石文鹏

(长江生态环保集团有限公司, 湖北 武汉 430062)

摘要: 厂网一体化是为保证城镇排水系统的安全和高效运行,基于污水水量、水质、水位等要素,对污水处理厂和排水管网进行统筹建设和协调运行,是未来城镇排水系统的发展方向。江西某市政污水综合治理项目设计处理水量为 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,采用多模式A/A/O+缺氧池+MBR工艺。为了应对调试运行初期进水量及进水浓度过低、出水总磷偏高、雨季进水水质突降和水量突增等问题,一是在调试阶段采取了污水管网水质水量摸排与污水厂分步调试相结合的方式,二是采取了厂网联动调整、外加碳源、优化加药设备等三种运行措施,最终使污水厂调试运行合格,总结得到厂网一体化调试运行的成功经验。

关键词: 厂网一体化; 调试运行; MBR

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2022)04-0012-05

A Practical Example of Commissioning and Operation of a Wastewater Treatment Plant in a Plant-Network Integration Project in Jiangxi

MAO Yu-luo, SHI Wen-peng

(Yangtze Ecology and Environment Co. Ltd., Wuhan 430062, China)

Abstract: Plant-network integration is to ensure the safety and efficient operation of an urban drainage system. Based on the factors of sewage volume, water quality and water level, the integrated construction and coordinated operation of wastewater treatment plant and drainage pipe network is the development direction of urban drainage system in the future. The design treatment capacity of a comprehensive municipal wastewater treatment project in Jiangxi is $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, and the process consists of multi-mode A/A/O, anoxic tank and MBR. To solve the problems such as low wastewater quantity and pollutants concentration in the initial stage of operation, high total phosphorus in the effluent, sudden increase of wastewater quantity and decrease of pollutants in the influent in rainy season, two measures were carried out as follows: first, the combination of wastewater quality and quantity investigation in the sewage pipe network and step commissioning of the wastewater treatment plant; second, linkage adjustment of the plant and network, addition of external carbon source and optimization of the dosing equipment. Finally, the commissioning and operation of the wastewater treatment plant was qualified, and successful experience for plant-network integration commissioning and operation was summarized.

Key words: plant-network integration; commissioning and operation; MBR

江西某区域厂网一体化项目主要包括污水厂及其配套管网。污水厂位于城市老城区东侧,服务

面积为 508 hm^2 。配套管网按照该区域生活污水应收尽收的原则,新建市政排水管网约 6.5 km ,新建

小区排水管网约 16.6 km,新建一体化提升泵站 1 座。

污水处理厂于 2018 年 9 月 12 日开工建设,主体结构于 2019 年 10 月 31 日完工验收,2020 年 3 月 30 日完工,4 月 25 日进入调试试运行阶段,6 月 12 日出水达标。

污水厂调试初期经历了进水量过低、进水浓度过低、加药系统功能不完善、雨季湖水倒灌管网等不利因素影响,在参建各方共同努力下,通过调整工艺参数、外加碳源、优化加药设备及加药点位置和厂网联动等方式方法,提前完成调试试运行,实现出水达标,为其他类似新建市政厂网一体化项目的调试及运行工作提供了参考经验。

1 污水处理厂基本情况

1.1 设计规模及进、出水水质

污水处理厂采用改良型“多模式 A/A/O+缺氧池+MBR+紫外消毒”处理工艺,确保处理水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A 标准,出水经泄洪渠汇入长江。一期工程设计规模为 $1.5\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,远期总设计规模 $3.5\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,一期总投资 4.66 亿元。设计进、出水水质见表 1。

表 1 设计进、出水水质

Tab.1 Design influent and effluent quality $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

项目	COD	BOD ₅	SS	TN	NH ₄ ⁺ -N	TP
进水	290	130	200	40	30	4
出水	50	10	10	15	5(8)	0.5

1.2 工艺流程

污水厂采用多模式 A/A/O+缺氧池+MBR 工艺,工艺流程见图 1。

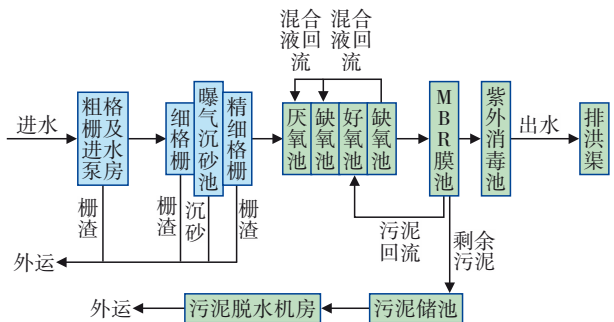


图 1 污水厂工艺流程

Fig.1 Process flow chart of the WWTP

A/A/O+缺氧工艺是一种典型的脱氮除磷工艺^[1],用于去除污水中可生化降解的大部分污染物,为确保除磷效果,采取辅助化学除磷措施^[2],以保证磷的达标排放。生物反应池由厌氧、缺氧、好氧和缺氧四段组成,其出水进入 MBR 膜池,从而达到净化污水的目的^[3]。

生物降解出水在产水泵的抽提作用下通过 MBR 膜组件,滤过液经由 MBR 集水管汇集产水至消毒池/中水池^[4]。剩余污泥通过膜池剩余污泥泵定期排出,可控制系统内活性污泥的浓度及污泥龄。

1.3 生物池

生物池总平面尺寸 $48.6\text{ m}\times 20.6\text{ m}\times 7.7\text{ m}$,有效水深 7.0 m,设计流量 $1.5\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,污泥浓度 $5\,500\text{ mg/L}$,膜池至好氧池回流比为 300%,二段缺氧至厌氧池混合液回流比为 400%,污泥负荷 $0.12\text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS}\cdot\text{d})$,总停留时间为 10.18 h,其中,厌氧池、缺氧池、好氧池、二段缺氧池平均停留时间分别为 1.46、2.22、4.3、2.2 h。

1.4 膜池

MBR 膜设计采用 PVDF 材质帘式膜组件,孔径 $\leq 0.1\text{ }\mu\text{m}$ 。膜架设有空气擦洗系统,利用鼓风吹扫产生的大孔气泡进行膜丝的振荡擦洗,可有效防治膜污染。

污水处理厂 MBR 膜系统分 6 组膜池,由 6 组独立控制产水单元组成,各膜池相互独立,设独立的进出水闸门,任意一组检修时,其余工作组仍可正常工作。每个膜池内设 6 套膜组器,共 36 套膜组器,每个膜组器上设置 80 套帘式膜组件。每套膜组器过滤面积 $1\,600\text{ m}^2$,总过滤面积 $5.76\times 10^4\text{ m}^2$,设计平均时膜通量 $=13.7\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ($12\text{ }^\circ\text{C}$),最大时膜通量 $=19.1\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ($12\text{ }^\circ\text{C}$)。

2 调试试运行过程

2.1 设备安装及单机调试

运营单位提前介入,深度参与设备到货验收、设备安装及设备单机调试。一方面运营单位通过跟踪设备安装及单机调试熟悉现场情况,提升设备掌握度,为后续运营打下坚实基础;另一方面运营单位参与设备到货验收、单机调试验收,提高设备安装调试质量,同时从专业运营角度出发提出现场安装、调试问题及隐患整改建议,从源头上把控设

备安装调试质量。

污水厂自2019年11月进入设备安装阶段,2月初基本完成设备安装及单机调试工作。

2.2 密封性试验及流道检查

污水厂预处理段、生化处理段单机调试完毕后,为保证各系统调试的连贯性,提高联调质量,针对全流道进行系统检查,清理流道及各池体杂物,检查设备参数、油位、安装质量等,重点检查水下设备固定、防松动装置、起吊设备连接等无异常,为下一步进水调试做好准备。按照工艺段进水流程,逐个对池体、流道及闸门进行密封性试验检查,发现漏水及时处理。

2.3 清水联调

清水联调前,确保联动调试设备相关信号已可正常上传中控室,现地/远方启停正常,相关逻辑程序模拟验证正常,无功能性缺陷。按工艺流程启动预处理段、生化处理段自控系统,检验其在实际运行中是否符合设计条件。

2.4 管网水质水量摸排

由于市政污水厂网一体化调试项目,管网工程进度需同污水厂调试进度相匹配,故必须在污水厂生物池调试前进行管网水质水量摸排,掌握管网收水范围内水质水量情况。在污水厂生物培养前配套管网工程进度应满足:管网已基本完工并完成CCTV检测;管网水质检测结果符合污泥培养指标(B/C值大于0.3);管网预估水量满足设计标准的60%;管网相关设备调试正常相关信号已接入污水厂中控室。同时运营调试单位应全面掌握管网工程信息,建立应急机制,做好管网水质水量调配应急准备工作。

2.5 辅助系统调试及相关准备工作

污水厂生物池调试前,还应完成辅助系统调试及相关准备工作,主要包括:完成曝气系统调试,现地、远方启停正常,生化系统曝气均匀性检查正常,风机连续72 h运转正常;完成加药系统调试,以水代料运行正常,特别确认碳源投加系统以水代料投加至生化段正常;完成过程仪表(流量、水位、DO等)校验,确保现地可准确读数,并能正常上传中控室;完成通风系统调试,厂区通风正常;完成化验室准备工作,化验员就位,化验室具备常规项目检测工作条件;完成安全物资及生产工器具准备工作;确定污泥培训计划并办理相关手续等。

2.6 生物调试

生物调试主要是进行污泥培养,确保生化池活性污泥浓度大于3 500 mg/L(根据现场工艺要求选取)。首先在生化池选取合适的培养点(一般选择为好氧区投放,投放时应加强曝气),放空各流道、池体内的清水,全关MBR膜池进口闸门。按计划开启管网封堵并通过进水提升泵、进水闸门控制进水量,密切关注生化池选取污泥培养点处水位上升情况,在水位上升至池容的60%左右时,停下提升泵停止进水,并关闭进水闸门。启动曝气系统并严格按照计划进行投泥,投泥过程中应观察并调整曝气量,使其满足污泥培养需求。接种完成后按照接种→闷曝→换水闷曝→换水→闷曝→换水的程序不断进行培养,直到池中的活性污泥浓度达到3 500 mg/L即可结束闷曝^[5]。其间通过检测等方式不断优化调整控制参数,确保污泥培养、驯化快速完成。

2.7 MBR膜调试

MBR膜是整个污水处理厂的核心设备,为保证后期能稳定运行,膜池进水前需做好以下准备工作:检查并清理膜池内部的建筑垃圾等杂物;检查确认膜池底部平整,各膜架位于同一水平高度;检查膜池内各设备安装完毕,设备点动验收正常;膜池满水试验正常。

MBR膜池首次调试时应使用自来水或者消防用水,不可用污水或湖水,以免对膜造成损伤,调试过程中还应确保膜池水位淹没膜架。经调试确定各产水泵、曝气阀门、放空泵等设备动作正常,且各曝气管道、真空装置、反洗系统等试验正常后,方可进行下一阶段调试工作。

2.8 试运行

当生物池中的活性污泥浓度达到3 500 mg/L以上,且镜检观察活性污泥中出现钟虫、盖虫、栉纤虫、轮虫、累枝虫等固着型种属或匍匐型种属时,即可开启MBR膜池进口闸门,启动MBR膜产水系统进行污水处理厂试运行。试运行初期,应逐步探索摸清进水量规律,通过调节进出水量,达到动态平衡,确保进水泵整体平稳运行,初步达到连续进水的工艺优化条件,密切关注MBR膜池运行状态,定期对膜架进行起吊检查,确认预处理段,特别是精细格栅的拦截效果,防止出现因安装或设备质量问题造成杂物进入,污染膜组件;观察并记录曝气沉砂池的除砂效果,防止过量无机物进入生化段影

响处理效果;观察并记录生化池、MBR膜池污泥的生长情况,记录各工艺段DO、pH值、ORP等参数变化,并及时调控。试运行中期,应精细掌握进出水量变化规律,复核MBR膜系统气水比是否符合设计要求,探索实际运行的最优气水比、回流比规律,同时不断优化工艺控制参数,逐步实现出水稳定达标。试运行后期,在确保出水达标的前提下,逐步探索优化各系统加药量,启动污泥脱水系统的调试工作,组织开展进出水在线监测房验收、环保平台联网事宜,编制并修订操作手册、运营手册、试运行报告等技术文件,做好进入商业运营准备。同时仍需探索配套管网水质水量规律,确定管网最优运行水位,实现厂网一体化联动控制。试运行多日平均出水水质情况见表2,可见各项指标均满足设计要求。

表2 污水厂试运行结束后出水水质

Tab.2 Effluent quality of the WWTP after commissioning

mg·L⁻¹

项目	COD	BOD ₅	SS	TN	NH ₄ ⁺ -N	TP
设计出水	50	10	10	15	5(8)	0.5
试运行出水	6.32	0.5	0.16	10.94	0.3	0.32

3 调试试运行存在的困难及解决办法

3.1 试运行初期进水量及进水浓度过低

污水处理厂网一体化试运行初期进水水质、水量均偏低,进水COD平均浓度偏低,无法满足试运行水质、水量需求,严重影响试运行调试进度。

积极进行工艺调控,通过外加碳源、输送高浓度生活污水等方式,保证了生化池、MBR膜池活性污泥生长正常,污泥浓度保持当前水平甚至继续有效上升,同时组织管网摸排,快速锁定故障管段,制定修复方案,保证管网收集污水顺利进入厂区。经排查发现,部分新建管段存在施工期气囊未拆除、存量管网段淤堵严重等情况,及时拆除清淤后,厂区进水水质及水量恢复正常。

3.2 试运行初期出水总磷偏高

污水处理厂网一体化试运行初期出水总磷持续偏高,自2020年5月12日起,出水COD、TN、NH₄⁺-N、pH、SS等均已持续达到一级A标准,但出水总磷仍在0.8 mg/L左右,仅达到一级B标准。进水总磷平均值为2.14 mg/L,处于正常状态;生物池出水总磷在0.9~1.0 mg/L波动,生物除磷段运行正

常;MBR段化学除磷药剂选用PAC,投加量为35~50 mg/L,远大于计算投加量(试验投加量为10 mg/L)。经MBR膜检漏处理、适当脱泥、溶解氧精确控制、PAC品牌调整等,出水总磷指标仍未发生明显变化。

经多次现场排查分析,将问题重点锁定在PAC投加点位置上。生物除磷处理后,大部分的磷都以正磷酸盐形态存在,所以PAC(铁盐或铝盐)对磷有很好的去除效果,但会有一定的絮凝反应。为保证MBR膜的运行安全,多数MBR膜工艺污水厂PAC投加点均设置在生物池末端出口处,以确保PAC与出水充分混合反应后再进入MBR膜池。然而由于结构布置等因素,本污水厂生物池出水下方布置有一台潜水推流器,PAC投加后受水流影响,大部分化学除磷反应在生化池内完成,严重影响化学除磷效果。将PAC加药投加点调整至MBR膜池进水前端,同时为减小对MBR膜池的影响,在进水口增设底部曝气装置,实现PAC与进水充分快速混合反应。经改造,效果明显,出水总磷迅速下降至0.3 mg/L,且PAC加药量下降至15 mg/L。

3.3 雨季厂网进水水质突降、水量突增

2020年7月底,江西受50年一遇洪水影响,湖水水位突增,超过正常水位2 m以上,环湖管网检查井大多数淹没在水下,部分井盖受水力影响被冲开、丢失,大量湖水通过检查井进入管网(污水厂环湖管网倒灌见图2),使污水厂进水水质大幅度降低,且水量突增超出污水厂处理能力。



图2 污水厂环湖管网湖水倒灌水面形成漩涡

Fig.2 Sewage pipe network around the lake forms a vortex on the water surface due to the backflow of the lake water

针对于此,采取如下措施:一方面调试单位积极协调该区域泄洪泵站管理处,加大泵站抽排量,尽量降低湖水水位,同时将环湖低位管网井盖更换为压力井盖,避免雨水进入管网;另一方面厂区加大临时碳源投入,调整工艺运行参数,防止对生化系统冲击过大,造成出水超标。经多方共同努力,实现了污水厂的稳定运行,出水稳定达标。

4 结语

厂网一体化作为未来城镇排水系统智慧化运营管理的核心内容,污水处理厂和排水管网的统筹建设、协调运行与整个排水系统安全、稳定、高效运行尤为重要。本项目在调试各方共同努力下,克服了厂网一体化联调经验匮乏、调试技术人员不足、联调交叉作业面多、存量管网状态复杂等各种不利因素,解决了调试运行初期进水量及进水浓度过低、出水总磷偏高、雨季进水水质突降水量突增等问题,顺利完成了污水厂网一体化调试运行,可为后续厂网一体化调试提供参考。

参考文献:

- [1] 宁海丽,荆玉姝,牟润芝,等. A²/O/A+MBR组合工艺在地下城市污水厂中的应用[J]. 区域治理, 2019(39): 161-163.
NING Haili, JING Yushu, MOU Runzhi, *et al.* Application of A²/O/A+MBR combined process in underground municipal wastewater treatment plant [J]. Regional Governance, 2019(39): 161-163(in Chinese).
- [2] 杨鹏,高诗琦. AAO+MBR工艺在城市污水处理厂提标改造的运用[J]. 广东化工, 2019, 46(23): 94-96.
YANG Peng, GAO Shiqi. The application of AAO+MBR process in bid improvement of municipal

wastewater treatment plant [J]. Guangdong Chemical Industry, 2019, 46(23): 94-96(in Chinese).

- [3] 张文华,赵鹤,索坤,等. 吉林市污水厂二期工程实例[J]. 长春工程学院学报(自然科学版), 2017, 18(2): 77-82.
ZHANG Wenhua, ZHAO He, SUO Kun, *et al.* The example of the second-phase project of municipal wastewater treatment plant in Jilin City China [J]. Journal of Changchun Institute of Technology (Natural Sciences Edition), 2017, 18(2): 77-82(in Chinese).
- [4] 甘露,张磊,姜洋彬,等. 我国污水处理厂主要运行工艺分析[J]. 中国资源综合利用, 2021, 39(5): 196-198.
GAN Lu, ZHANG Lei, JIANG Yangbin, *et al.* Analysis of main operating processes of domestic wastewater treatment plants in China [J]. China Resources Comprehensive Utilization, 2021, 39(5): 196-198 (in Chinese).
- [5] 王寒涛,韦德权. 城市污水处理厂群联合调度模式的探讨[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2018, 36(4): 520-523.
WANG Hantao, WEI Dequan. Discussion on the combined dispatching mode of municipal sewage treatment plant cluster [J]. Journal of Shihezi University (Natural Science), 2018, 36(4): 520-523 (in Chinese).

作者简介:毛宇洛(1989-),男,河南洛阳人,本科,中级工程师,部门经理,从事市政污水厂网运营管理工作。

E-mail:shi_wenpeng@ctg.com.cn

收稿日期:2021-11-22

修回日期:2021-11-29

(编辑:孔红春)

珍惜资源,保护环境,建设美丽中国