

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2023.24.022

北京某污水处理厂MBR换膜工程的研究及分析

贾芳芳¹, 吴念鹏¹, 刘建业²

(1. 北京碧水源科技股份有限公司, 北京 102206; 2. 中交碧水源建设集团有限公司, 北京 102206)

摘要: 北京市某污水处理厂采用MBR工艺,其膜系统已运行多年,存在设备老化、产能下降等问题。改造项目于2021年8月启动,逐步完成MBR处理系统的换膜改造,恢复了原处理能力。以该项目为例,分析总结了换膜工程的启动条件、设计原则及实施要点,可为同类相关项目提供参考。

关键词: MBR; 污水处理厂; 膜更换

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2023)24-0127-07

Research and Analysis on MBR Membrane Replacement Project of a WWTP in Beijing

JIA Fang-fang¹, WU Nian-peng¹, LIU Jian-ye²

(1. Beijing OriginWater Technology Co. Ltd., Beijing 102206, China; 2. CCCC Originwater Group Co. Ltd., Beijing 102206, China)

Abstract: The membrane system of a wastewater treatment plant (WWTP) in Beijing has been running for many years, and there are problems such as equipment aging and production capacity decline. The transformation project was launched in August 2021, and the membrane replacement transformation of the MBR treatment system was gradually completed, restoring the original treatment capacity of the WWTP. Taking this project as an example, the start-up conditions, design principles and implementation points of the membrane replacement project are analyzed and summarized, so as to provide reference for similar related projects.

Key words: MBR; wastewater treatment plant; membrane replacement

随着我国污水处理出水水质标准的提高及污水资源化利用的推进,20多年来,MBR技术的应用规模不断扩大。尤其是2010年以后,处理规模在万吨级以上的MBR工程年新增规模迅速扩大^[1]。截至2019年底,我国万吨以上MBR工程(含在建)累计设计规模超过1 900×10⁴ m³/d。实际运行中随着MBR膜寿命到期,大多数项目至今基本已完成1~2次的换膜改造^[2-4]。但目前针对MBR换膜工程的启动机制和设计原则等尚未有相关研究,为此以北京市某

污水处理厂的换膜工程为例进行分析探讨。

1 换膜工程项目概况

该污水处理厂近期(2016年)设计规模为18×10⁴ m³/d,远期(2030年)设计规模为30×10⁴ m³/d,其中近期(升级改造及扩建)工程分为一、二期分步实施,一期8×10⁴ m³/d,二期10×10⁴ m³/d。2015年12月一期工程由原氧化沟升级改造为A²/O-MBR,2019年1月完成二期工程。污水来源以城区居民生活污水为主,并含有少量制药、食品加工、汽车等行业

工业废水。现状污水处理主体工艺为A²/O-MBR，出水水质执行北京市《城镇污水处理厂水污染物排放标准》(DB 11/890—2012)中表1的B标准。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

水质指标	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TN	SS	TP
进水水质/(mg·L ⁻¹)	500	160	40	55	400	7
出水水质/(mg·L ⁻¹)	30	6	1.5(2.5)	15	5	0.3
去除率/%	94.0	96.3	96.3(93.8)	72.7	98.8	95.7

注：NH₃-N指标括号内数值为12月1日—3月31日执行标准。

工艺流程见图1。

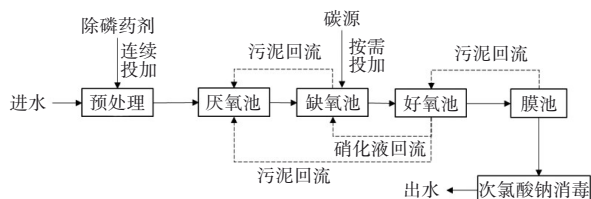


图1 污水处理工艺流程

Fig.1 Flow chart of sewage treatment process

一、二期工程的膜池均设计为6个膜廊道，后期运行中填补了所有膜空位，每个廊道安装24台膜组器。采用中空纤维膜，一、二期工程单廊道平均产水量分别为 1.33×10^4 、 1.67×10^4 m³/d，设计运行跨膜压差为0~35 kPa，膜平均设计通量分别为15.9、17.2 L/(m²·h)。2020年—2021年，该厂实际处理水量均值为 11.6×10^4 m³/d，一、二期MBR运行负荷分别为67.5%、63.8%，各项出水水质指标均达标。该厂由于长期运行不规范，如污泥浓度过高、膜池进水水质条件差等原因，造成膜污染严重、产能衰减严重。在汛期水量增大后，直接导致溢流发生。

2021年8月开始，分批次对产能下降的膜廊道进行膜组器更换。一、二期工程分别更换了2个、6个膜廊道，单个膜廊道的平均换膜工期为2~3周。2022年4月完成全部换膜工程，换膜后该污水处理厂总处理水量均值为 14×10^4 m³/d，一、二期运行负荷分别为80%、76%。

2 换膜工程的启动条件

目前市场上MBR膜品牌承诺的膜丝寿命一般为5~8年，但衡量一个工程项目的MBR膜是否真正达到了寿命极限、是否全部换新需要一个边界条件。为此，从运行指标、外观指标及微观指标几方

面提出了参考指标及依据。

2.1 运行指标

运行数据主要包括在污水处理厂运行中可方便监测到的一些表象指标，比如膜比通量、出水浊度、抽真空频次、清洗条件、运行成本等。

① 膜比通量

膜比通量(K)，即单位过滤压差下的膜通量值，可表征膜过滤性能的高低，同时还可采用 K/K_0 (新膜的膜比通量)来评价膜的清洗效果^[5]。

市政污水项目中MBR膜比通量一般为0.3~3.5 L/(m²·h·kPa)。从运行经验来看，新膜组器的膜比通量为2.0~3.5 L/(m²·h·kPa)。以初始膜比通量稳定值为基准，低至初始值的30%~50%时可开启洗膜程序，建议经离线清洗后仍无法长期稳定达到初始值的5%~10%时启动换膜程序。

本工程的膜比通量为0.1 L/(m²·h·kPa)左右，初步判定属于启动换膜程序的界限值范围。

② 出水浊度

在膜设备间产水泵出口管路上设有在线浊度仪，以实时检测并表征膜池的产水水质，可设定浊度的上限报警值，比如3.0 NTU。一般在膜丝断丝、表层功能层破损、根部开胶后发生浊度报警，运行人员可通过打压试验对膜丝进行检漏，进而判定膜丝的修复价值。本工程运行数据显示，实际出水浊度为0.2 NTU左右，其他指标未超标。一般认为当浊度及SS超标后，出水COD、BOD₅、TN、TP也随之存在一定的超标风险。

③ 抽真空频次

为保证膜组器稳定运行，MBR需设定间歇抽吸模式。除小型污水处理厂采用自吸泵外，工程通常采用离心泵，所配套的抽真空系统一般包括真空发生器或抽真空泵两种方式。

本工程在运行中设置负压值为-30 kPa，抽真空频次为3~4次/h，远超过设计频次0.5次/h，表明膜丝污染严重后，跨膜压差上升频繁，气压不平衡后导致抽真空系统启动频繁，反映到工程中会出现空压机几乎不停机或真空泵几乎不停歇；若采用自吸泵则会出现启动困难，出水带有大量气泡，严重时甚至会造成进水管软连接变形漏气。

④ 清洗条件

按照清洗设定程序，一般当膜比通量下降50%时可启动膜的在线维护性清洗；膜比通量下降70%

时则需启动膜的在线恢复性清洗。若清洗后膜比通量仍在较短时间内(比如1周)明显下降,则有必要对膜组器进行原位或离线的浸泡清洗。膜的清洗方式及具体药剂、浓度、频次根据不同膜品牌的设计要求存在一定差异。

本工程在运行后期,由于膜比通量衰减较快,造成膜的清洗条件变化明显,在线清洗由2次/周加密为3~4次/周,清洗药剂的浓度也从维护性清洗(小洗)浓度增大为恢复性清洗(大洗)浓度,甚至离线清洗也从1次/a增加为2~4次/a。

⑤ 运行成本

运行中通过增加膜清洗频次、增大膜吹扫曝气量、适当降低膜池运行污泥浓度等方式来恢复膜比通量。随着膜污染逐渐严重、膜丝性能逐渐不可恢复后,MBR的电耗及清洗成本将会增加20%~30%甚至更高,污水处理厂整体运行成本增加约10%,导致MBR的产水性价比越来越低。从更换新膜的投资及所节省的运行成本来看,更换新膜将成为更经济的工程选择。

2.2 外观指标

运行指标的判定较为间接,可进一步吊出膜组器进行较为直观的外观分析。

① 积泥量

本工程的膜组器在吊出时发现积泥极为严重,原膜组器本身质量为1.892 t,湿质量为2.184 t,积泥后质量为3.922~4.217 t,约为原膜组器湿质量的2倍,表明膜池污泥浓度过高、膜清洗效果较差导致产生较大的积泥量。采用称重仪对积泥量进行准确测量,作为评估膜可恢复程度的一项定性指标。

② 断丝率

本工程的膜组器在吊出后,发现膜丝上集聚了较多纤维毛发及混合液杂质,黑泥集中在元件根部,拆出的单个膜元件上各束膜丝发生较多弯折、僵硬及断丝现象。断丝率数据需要逐片逐根去计数得出断丝膜丝占总膜丝数的比例,可作为换膜判定的一项参考指标。

③ 根部破损率

本工程的膜组器在吊出后对膜丝根部进行了观察检测,发现较多的表层功能层破损、开胶,真皮过滤层被破坏现象。由此可知,在运行中污泥混合液通过膜丝根部渗入产水集水管,才造成膜产水浊度超标、出水水质差的情形。

2.3 微观指标

通过膜丝检测可进一步从微观了解膜丝污染情况。若膜丝具备可恢复性能,还可更深层次地鉴定膜丝污染成分(如有机物污染、结垢、铁盐等),进而发现运行问题、优化膜清洗方式,以指导现场恢复膜的正常运行。

本工程委托了A、B两家第三方权威检测机构对污染膜丝进行了检测,结果分别见表2、图2。

表2 膜丝检测结果

Tab.2 Filament testing results

性能指标		新膜丝	机构 A	机构 B	结果讨论
状态		白色膜(带保护液)	黄褐色带泥	黄褐色黑色斑点	因污染颜色变化明显
内径/mm		0.90	0.90	0.91	无明显变化
外径/mm		1.95	1.93	1.90	变小,膜功能层磨损
表面形貌		表面平整干净,无明显孔洞	表面有污染,可见孔洞	表面有污染,可见孔洞	有明显污染物,膜层破损
泡点压力/MPa	初始	0.10	0.05	0.04	明显降低,膜致密层破坏,大孔漏出
	破裂	0.23	0.19	0.18	
平均孔径/ μm		0.096	0.24	0.203	明显增大,膜致密层破坏,下层孔洞露出
拉伸强力/N		429	382	380	降低约 11%,膜丝皮层强度和内衬强度均下降
表面亲水性/ $(^{\circ})$		88	80~90	91	无明显变化
纯水通量/ $(\text{L}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1})$		2 300	340	352	下降 85%,膜丝污染严重
注: 泡点压力的基本原理为将膜丝暴露端浸泡在纯水中,对膜内逐渐加压,开始产生气泡时即为初始泡点,继续加压至膜丝破裂即为破裂泡点。					

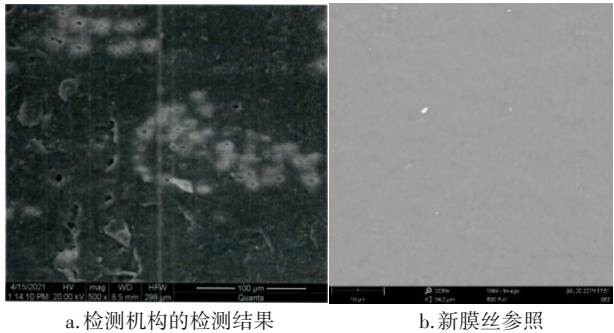


图2 膜丝表面形貌

Fig.2 Surface morphology of membrane filament

以上检测结果表明,污染膜丝与新膜丝相比,

各项性能指标出现明显下降。以湿式带衬膜为例,膜丝的内部结构由外表面的过滤活性层和内表面的基衬支撑层构成,两者之间紧密结合,其中过滤层一般呈海绵孔、梯度网格等结构,由大小不一的孔洞构成致密功能层。该功能层破坏后将直接影响膜的过滤性能和耐污染性能,进而影响产水水质及膜清洗效果。因此从膜丝检测报告判断本项目膜丝存在较严重的破坏。

3 换膜工程的设计

以下重点分析并提出建议的换膜工程设计原则以及具体的设计校核要点。

3.1 换膜原则

3.1.1 先决条件

换膜工程实施的基本前提是尽可能与现状的工程条件、运行条件、安装条件相匹配,以降低实施难度。因此换膜后需尽可能接近或优于原设计工况。

不同项目中膜池的土建安装设计各不相同,需根据实际情况选用不同的膜组器形式,比如多层叠放式膜组器适合于水深较深情形,导杆支撑式适合于土建池底平整情形,悬挂吊装式适合于池底有坡度情形等。除此之外,需尽量保证新旧组器的干质量、湿质量基本相同,进而保证组器起吊条件基本一致。

极为重要的还需保证新旧组器的曝气深度相同。在换膜时,若为同一膜品牌换膜,一般产品批次虽然迭代,但是膜组器的曝气高度设计会保持一致;若替换为其他品牌膜,需要严格测量曝气高度,尤其是不同膜廊道布置着不同品牌的膜组器时,需尽量避免发生曝气不均匀现象,工程中可通过对膜组器进行非标制作来满足要求。换膜后可继续利用旧现状膜吹扫风机,同时保证新旧膜组器共存的工程中廊道间、膜组器间互不干扰,运行稳定。

3.1.2 设计逻辑

换膜设计需事先评估工程现状并预判工程实施后可能面临的运行问题,具体项目具体分析。主要的设计要点有:

① 充分利用旧并发挥现有膜组器产能,优先利用新膜组器补充空位,以恢复总产能为目的;

② 不同品牌、不同迭代型号的膜组器尽可能分别布置于不同膜廊道,以发挥新旧膜组器各自的

产能;

③ 考虑不同膜廊道、不同膜池系列间的产水平衡问题,可通过新旧膜组器的数量调配或对称布置方式来解决;

④ 根据各膜廊道的运行评估情况,逐年分批次、分周期实施换膜工程,从经济成本和运行需求上都更为现实。

3.1.3 技术方向

虽然换膜工程是为了解决膜寿命到期、产能下降问题,但随着技术的不断创新,旧膜产品也必将暴露出设计缺陷、耗能严重等一系列问题,直接导致运行成本偏高。因此换膜工程应顺应技术发展趋势,朝着技术先进(如产水通量大、膜元件不易积泥)、节能减排(如膜污染控制耗能低)、经济利益可观(如膜丝强度更高、膜寿命更稳定)的方向推进,而不是一味追求同品牌、维持原设计而故步自封。

3.2 设计校核

3.2.1 土建及安装条件校核

由前述的换膜先决条件可知,工程现状的土建及安装条件是首要校核环节。若存在安装碰撞等问题,应尽可能在现有工程基础上微调。

本工程现状采用土建横梁和悬挂膜组器的设计方式,换膜工程为尽可能减少工程改动量,精确测量了原土建廊道的尺寸及池底平整度、膜组器尺寸及曝气深度、气水管道的尺寸及相对位置,保证了新膜组器的精准安装。

3.2.2 MBR 配套运行设备校核

由于膜品牌不同且膜产品在不断更新迭代,换膜前后运行条件存在差异,故需校核现状设备是否满足新膜的运行需求。尤其是只更换个别廊道的情形,需要兼容不同品牌的膜组器同时运行,互不影响。MBR 配套设备校核如下:

① 产水系统。现状产水周期(产水周期指MBR运行的产水/停歇时间,以min计)12:1,产水泵6用1备;换膜需求:产水周期(7:1)~(12:1);产水泵6用。校核结论:满足要求,维持原设计。

② 抽真空系统。现状真空发生器,一对一抽吸;换膜需求:真空发生器或抽真空泵,一对一抽吸。校核结论:满足要求,维持原设计。

③ 水反洗系统。现状产水停歇的1min内,一边气吹扫一边水反洗;换膜需求:产水停歇的1min内仅气吹扫即可。校核结论:取消。

④ 膜吹扫系统。现状通过时序控制阀门切换实现循环脉冲曝气,2套气动蝶阀周期开启;换膜需求:无需阀门切换,膜组器自身结构上实现集气式脉冲曝气;2套气动蝶阀常开。校核结论:满足要求。

⑤ 膜清洗系统。现状:反洗通量 $34\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$;清水清洗 $1\text{ 次}/12\text{ min}$;在线维护清洗采用 200 mg/L 次氯酸钠、 2 000 mg/L 草酸,各 $2\text{ 次}/\text{周}$;原位浸泡清洗采用 1 000 mg/L 次氯酸钠、 2 000 mg/L 草酸,各 $2\text{ 次}/\text{a}$ 。换膜需求:反洗通量 $18\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$;在线维护清洗采用 $500\sim1\text{ 000 mg/L}$ 次氯酸钠, $1\text{ 次}/\text{周}$;在线恢复清洗采用 $2\text{ 000}\sim3\text{ 000 mg/L}$ 次氯酸钠, $1\text{ 次}/\text{月}$;在线酸洗采用 $10\text{ 000}\sim20\text{ 000 mg/L}$ 草酸, $2\text{ 次}/\text{a}$;离线浸泡清洗采用 $3\text{ 000}\sim5\text{ 000 mg/L}$ 次氯酸钠、 $10\text{ 000}\sim50\text{ 000 mg/L}$ 草酸,各 $2\text{ 次}/\text{a}$ 。校核结论:CIP清洗泵满足要求;换膜后恢复性清洗、离线浸泡清洗以周期或膜比通量运行限值为准。换膜后的清洗为高浓度、低频次方式,故需对原清洗加药泵改造换新。

3.2.3 运行软硬条件的校核完善

① 出水水质达标的校核

不同品牌的膜组器由于产水膜通量不同造成污泥浓缩性能不同,进而可能影响膜池的污泥浓度和出水达标情况。本工程根据设计进、出水水质及生物池的水力停留时间(HRT)、污泥浓度及回流比校核了生化负荷。以一期工程为例,具体校核数据见表3。

表3 生化池设计参数校核

Tab.3 Checking of design parameters in biochemical tank

池容/ m^3	$V_{\text{厌氧池}}=5\text{ 000}, V_{\text{缺氧池}}=10\text{ 000}, V_{\text{好氧/缺氧可调池}}=5\text{ 000}, V_{\text{好氧池}}=18\text{ 333}, V_{\text{膜池}}=2\text{ 400}$
水力停留时间/h	$\text{HRT}_{\text{厌氧池}}=1.5, \text{HRT}_{\text{缺氧池}}=3, \text{HRT}_{\text{好氧/缺氧可调池}}=1.5, \text{HRT}_{\text{好氧池}}=5.5, \text{HRT}_{\text{膜池}}=0.72$
污泥回流比/%	膜-好氧:400~600,好氧-缺氧:200~400,好氧-厌氧:50~100,缺氧-厌氧:50~100
污泥浓度/ $(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	按照最大回流比校核: $X_{\text{厌氧池}}=5.24, X_{\text{缺氧池}}=7.14, X_{\text{好氧池}}=8.57, X_{\text{膜池}}=10$
污泥负荷	BOD_5 负荷: $0.085\sim0.108\text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS}\cdot\text{d})$, 硝化负荷: $0.045\sim0.057\text{ kgNH}_4^+-\text{N}/(\text{kgMLSS}\cdot\text{d})$, 反硝化负荷: $0.029\sim0.044\text{ kgNO}_3^--\text{N}/(\text{kgMLSS}\cdot\text{d})$
注:生化池设计规模为 $80\text{ 000 m}^3/\text{d}$ 。	

根据《膜生物反应器城镇污水处理工艺设计规范》(T/CECS 152—2017), $20\text{ }^\circ\text{C}$ 时 BOD_5 负荷参考值

为 $0.05\sim0.1\text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS}\cdot\text{d})$, 硝化负荷参考值为 $0.02\sim0.1\text{ kgNH}_4^+-\text{N}/(\text{kgMLSS}\cdot\text{d})$, 反硝化负荷参考值为 $0.03\sim0.06\text{ kgNO}_3^--\text{N}/(\text{kgMLSS}\cdot\text{d})$ 。对比来看,现状生化池设计负荷基本在设计参考值范围,因此得出膜池污泥浓度需至少维持在 10 g/L ,才能保证产水水质达标。

② 造成膜污染的各项不利因素排查

a. 混合液毛发含量。为确保膜的安全稳定运行,需尽可能减少毛发、纤维进入膜池。预处理一般设计膜格栅的栅隙为 1.0 mm ,要求 1 mm 及以上杂质含量 $<10\text{ mg/L}$,可通过筛分试验对膜池进水混合液进行测定以检验预处理效果。

经排查,本工程现状膜格栅损坏严重且存在严重泄漏,基本无处理效果,进而导致MBR膜丝表面毛发纤维及小颗粒污染物积聚严重,毛发及颗粒物含量增加到限值的2~3倍。项目实施中对膜格栅及曝气沉砂池的设备进行了原参数维修更换。

b. 混合液过滤性。混合液过滤性可用 50 mL 的膜池污泥混合液在温度 $>15\text{ }^\circ\text{C}$ 时经中速定量滤纸($\varnothing8\text{ cm}$)过滤 5 min 后得到的滤液体积来测定,一般要求大于 20 mL 。该指标一般与污泥性质相关,直接表征混合液过膜的难易程度即过滤性。市政污水中膜池的污泥浓度一般维持在 $8\sim12\text{ g/L}$,过低或过高皆不利于膜污染控制,一般认为过高会造成跨膜压差过大,膜池难以正常运行;过低则污染物浓度低,微生物易释放胞外聚合物,污堵膜表面,影响膜过滤性能。

本工程现状生化池内污泥浓度经测定高达约 20 g/L ,且底部积泥严重、死泥较多,混合液过滤性下降至建议值的50%以下。项目实施中维修更换了污泥脱水机,加大了膜池排泥量,提高了污泥脱水处理效率,也对生化池进行了设备维修更换及底泥清淤。

③ MBR运行模式的完善

现状膜池中的超声波液位计仅设有正常运行液位和高液位报警两个控制值。换膜后可通过修改PLC程序为恒流量梯度产水,增加膜池多液位和产水泵恒流量变频之间的连锁设计,以更好地应对水量冲击负荷,保证工程稳定运行。

恒流量梯度产水指随着膜池液位高、中、低变化(比如 $4.0、3.8、3.6\text{ m}$ 等,一般可设5~7个梯度),产水泵相应高、中、低变频运行(比如 $1.2Q、1.0Q、$

0.85Q等),液位维持在某个区间时产水泵恒流量运行,随着液位变化,则产生了相应的产水梯度。本工程原只有一个设计液位和设计运行流量连锁,不利于应对进水波动导致的膜池液位变化,因此项目对该产水方式进行了优化。本工程运行中的月均水量呈现出夏秋高、冬春低的趋势,波动流量差值约为 $(2.2\sim 3.0)\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,膜池液位波动值为0.6 m左右,通过增加产水流量计和产水泵之间的连锁,产水泵随着液位相应调整实际流量,减少了人工干预,膜池运行自动化,且产水泵的自动变频运行也节省了运行能耗。

在膜池回流渠增加了污泥浓度计,以控制膜池的污泥浓度以及生化前端的回流比,并根据新膜组器运行要求,将污水处理厂内的废弃泵池及格栅井用作离线清洗池。

4 换膜工程的实施

4.1 实施

经过详细设计后,还需注意各专业的工程实施要点。本工程基本沿用原土建及管廊、电气及自控程序等,维持原工程运行。

① 土建安装

现状膜池设计宽度较窄,且膜组器采用悬挂吊装式,布置极为紧凑。从膜装填密度来看,一期膜池原膜装填密度为 $239\text{ m}^2/\text{m}^2$,换膜后新膜装填密度为 $293\text{ m}^2/\text{m}^2$;二期膜池的原膜装填密度为 $248\text{ m}^2/\text{m}^2$,换膜后新膜装填密度为 $269\text{ m}^2/\text{m}^2$ 。换膜后装填密度增大,按照新膜的运行方式运行,膜污染可控。

本工程的难点是需在现状土建紧张的膜池内保证新膜组器自如起吊。由于新旧膜组器产水口、吹扫气口相对位置差别较大,兼顾安装稳定性,将原有直管连接改造为软管连接,以增加一定的安装活动量,通过快速接头的拆装以方便膜组器起吊。

② 设备改造

根据对现状MBR配套设备校核可知,各系统皆可基本利旧,只需对膜清洗加药间进行改造。实施过程中增加了酸洗药剂化料器,改善了固体药剂溶解问题,并优化了酸、碱清洗加药泵的设计参数以同时满足两种品牌膜组器的清洗需要。

③ 自控完善

本工程膜池的运行自控程序可基本同时满足新旧膜组器的正常运行,因此只做了少量微调来满

足新膜组器的运行要求及完善现状膜系统的运行条件。

4.2 验收

在换膜完成初期对各膜廊道进行了3~7 d满负荷通量测试,积累了2~3个月以上的运行记录。以其中1条膜廊道的运行情况为例,换膜后满负荷通量测试数据及运行记录分别见图3、4。

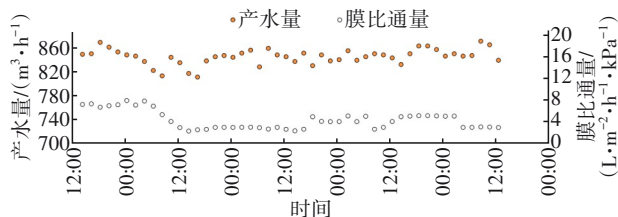


图3 换膜后满负荷通量测试数据

Fig.3 Data of full-load flux test after membrane replacement

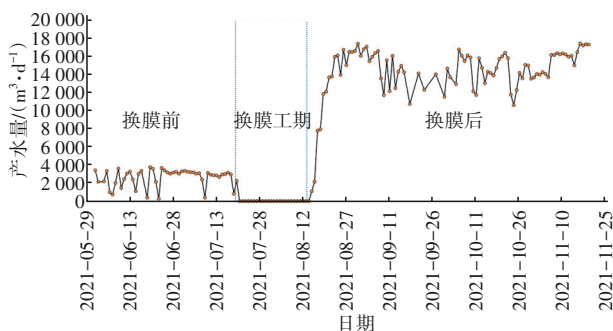


图4 换膜前后产水量运行数据追踪

Fig.4 Running tracking data before and after membrane replacement

由图3、4可知,换膜后恢复了工程所需的产能要求且运行趋于稳定。在改善膜运行各不利因素后,新膜组器未发生短时间不可逆污染现象。工程后期的膜比通量稳定运行值为 $1.6\sim 3.2\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{kPa})$ 。

5 结论

北京某污水处理厂在较短工期内完成换膜改造,迅速恢复产能,工程实施效果显著。建议换膜工程严格测定换膜启动的界限条件,以施工改动少、逐批更换、技术先进等为设计原则,仔细校核各设计条件,有序开展工程实施。此外,换膜工程还可建立年评价机制,持续记录包括运行指标、外观指标、微观指标等基础数据,以指导工程高效运行,同时便于启动和开展下一周期的换膜工程。

参考文献:

- [1] 黄振浩,钟捷,李锦标,等. MBR工艺在污水处理中的应用和发展[J]. 环境保护与循环经济, 2018, 38(2): 34-36.
- HUANG Zhenhao, ZHONG Jie, LI Jinbiao, *et al.* Application and development of MBR process in sewage treatment [J]. Environmental Protection & Circular Economy, 2018, 38(2): 34-36 (in Chinese).
- [2] 杨学贵,肖晓文,孙雁,等. 昆明第四水质净化厂MBR工艺7年运行实践分析[J]. 中国给水排水, 2017, 33(14): 121-127.
- YANG Xuegui, XIAO Xiaowen, SUN Yan, *et al.* Analysis of MBR of 7 years practical operation in the fourth wastewater purification plant of Kunming [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(14): 121-127 (in Chinese).
- [3] 侯达. 顺义新城温榆河水资源利用一期工程改造设计及效果分析[D]. 北京:北京化工大学, 2019.
- HOU Da. Renovation Design and Effect Analysis of Wenyu River Water Resources Utilization Phase I Project in Shunyi New City [D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2019 (in Chinese).
- [4] 孙双月,赵宁,王歆宇,等. 北京动物园湖水MBR水处理系统改造工程的应用研究[J]. 当代化工研究, 2020(23): 98-99.
- SUN Shuangyue, ZHAO Ning, WANG Xinyu, *et al.* Application of MBR water treatment system reconstruction project in Beijing Zoo lake [J]. Modern Chemical Research, 2020(23): 98-99 (in Chinese).
- [5] 黄霞,莫耀. MBR在净水工艺中的膜污染特征及清洗[J]. 中国给水排水, 2003, 19(5): 8-12.
- HUANG Xia, MO Li. Characteristics of membrane fouling and its cleaning in membrane bioreactors for water purification [J]. China Water & Wastewater, 2003, 19(5): 8-12 (in Chinese).

作者简介:贾芳芳(1993-),女,山西晋中人,硕士,中级工程师,主要从事污水处理工艺设计工作。

E-mail:jff4388322@qq.com

收稿日期:2022-10-25

修回日期:2023-09-01

(编辑:衣春敏)

·会议信息·

2023年《中国给水排水》青年编委会在江西赣州成功举办

2023年12月2日,《中国给水排水》杂志青年编委会工作会议在江西赣州成功举办。本次会议参会编委共81人,大家围绕期刊重点工作充分交流、畅所欲言。

本次会议由《中国给水排水》杂志副主编衣春敏主持。首先由《中国给水排水》杂志执行主编李德强汇报期刊近3年的工作,并就青年编委会章程的重要修订事项进行了说明。接下来,重点针对审稿工作,由张翔凌编委和刘强编委结合自身实践,分享审稿经验,然后由李德强主编对审稿过程中发现的问题进行了分析和举例说明,希望进一步把好审稿质量关。

本次会议的另外一项重点内容是针对期刊专栏选题策划和会议会展等进行典型发言和交流研讨。孙士权、周石庆、卢金锁、宫永伟、曹效鑫、梁恒6位编委先后发言,对专栏选题策划、来自生产一线文章的处理建议、会议活动的组织提升方式、产学研的深度融合、期刊的科普功能强化,以及增强青年编委的荣誉感、使命感和责任感等提出了很好的意见和建议。王永等编委在自由研讨阶段,踊跃发言,积极为办刊建言献策。

在会议收尾阶段,为获得“优秀青年编委奖”的编委代表颁发了荣誉证书和奖杯。12位获奖编委分别是:王弘宇、周传庭、刘强、舒诗湖、李尔、孔令为、颜莹莹、蒲贵兵、高伟楠、杨磊三、陈重军、吴迪。颁奖结束后,由《中国给水排水》副主编衣春敏进行了会议总结:感谢江西理工大学给予大力支持和协助。新一届青年编委会名单将于2024年1月在《中国给水排水》期刊、官网及微信公众号正式对外公布。《中国给水排水》将积极响应青年编委的需求和建议,明确发展目标,坚持开放创新,为大家提供更加高效的学术交流和展示平台,不断提升期刊的服务效能,更加突出期刊的特色和差异化发展。期刊编辑部与编委“双向奔赴”,共同努力打造高效务实、充满活力的编委会,一定会为用户呈现更加立体的国字号给排水融媒体平台新面貌。

(本刊编辑部)