

浅析陶瓷平板膜的运行与调试

唐武 李广

中国电建市政建设集团有限公司

摘要：随着我国生态环境保护越来越重视，污水处理厂正处于大规模修建中，且水质也相应提升。陶瓷平板膜作为污水处理先进产品而应用九江市琵琶湖黑臭水体治理水质净化站工程，日处理能力1.5万吨，探讨陶瓷平板膜的运行与调试。

关键词：陶瓷平板膜；生活污水；处理；水质

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.06.016

一、引言

九江市琵琶湖黑臭水体治理水质净化站工程，日处理能力1.5万吨，而攻克生态环境问题的有效手段之一，针对项目陶瓷平板膜的运行与调试研究分析。而相较中空纤维膜等膜产品，陶瓷平板膜分离具备效率高、节能、化学性能好、可耐酸碱及高温、抗污染强、分离操作及维护简单、能耗低且寿命长等优势，在污水处理分离领域得到普遍关注。

(一) 污水处理工艺流程

污水处理工艺流程(图1)所示：

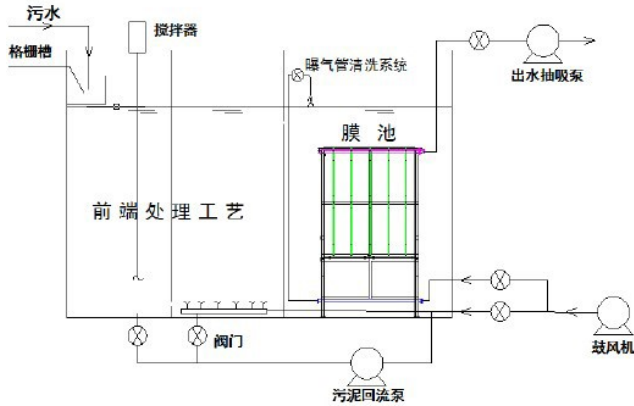


图1 污水处理工艺流程图

通常根据污水的水质和水量，回收的经济效益，排放标准及其他社会、经济分析研究，采用的处理流程涉及以下步骤：

- (1) 格栅：污水进入格栅槽，去除水中含有的大块杂质和纤维，然后在重力作用下流入厌氧池。
- (2) 厌氧池：厌氧池产生有机物的酸化、氧化反应和活性污泥中的聚磷菌释出磷与掺和液中，厌氧池出水流向缺氧池。
- (3) 缺氧池：在缺氧池产生COD 的氧化及硝酸盐的反硝化等化学反应，使得氮的消除，缺氧池出水流向好氧池。
- (4) 好氧池：在好氧池继续降解有机物，氨氮发生硝化反应转变成硝酸盐、掺和液中的磷被活性污泥中的聚磷菌吸纳。
- (5) 膜池：自吸泵与膜组件上的集水管相连，将合格的水通过膜片内部抽排出去，而污水的大颗粒则被分离留在了污水中。

二、清水条件下陶瓷平板膜运行调试

(一) 清水试运行准备

为确保陶瓷平板膜在清水条件下的安全试运行，可能对模组造成影响的部件等提前做好以下各项准备工作：

- (1) 保证膜组件已平稳安设在膜池内并定位，垂直度满足要求，使得安装公差满足允许要求；
- (2) 保证曝气管道、出水管道是否精准连接；
- (3) 保证运转前曝气洗净管道阀门处于关闭状态；
- (4) 向膜池内注入水之前，请将膜池内部清扫干净，特别注意必须将硬物以及尖锐物体清除干净；
- (5) 池内沙粒或小颗粒固体较多会给膜堵塞或破坏；
- (6) 注入清水含有大量微量元素也有可能造成膜的堵塞，应予以注意；
- (7) 在系统运行时，应将膜组件全部没入水中并始终保持上方500mm的水深。

(二) 气密性试验

气密性试验流程(图2)所示：

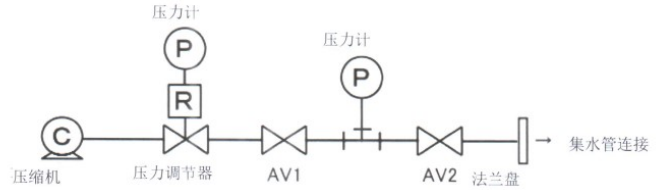


图2 气密性试验流程

1. 气密性试验步骤

气密性试验是通过鼓风机对置于清水中的膜组件加压，确认陶瓷平板膜在运输、安装过程中是否受到损伤及成套设备的配管等是否完善，具体试验步骤如下：

- (1) 将组件浸泡在清水中并脱气；
- (2) 设定膜清洗的风量(高于设计值)后空曝1h(此时不要进行过滤或反洗)；
- (3) 将AV1, AV2置为“关”的状态，将法兰盘连接到集水管；
- (4) 开启压缩机，调整压力为70KPa；
- (5) 将AV1置为“开”的状态，确认压力调节器的压力和压力计的值相同；
- (6) 将AV2置为“开”的状态，确认膜组件上看不到任何气泡；
- (7) 加压至70KPa后，将AV1置为“关”，确认5分钟后压力降到1KPa以下。

在步骤(6)或(7)发生异常时，请检查并确认组件的管子、接头等是否完全接牢，膜板是否出现裂纹及破损。

2. 清水运行步骤

清水运行是在清水运行水泵、鼓风机等，确认运行过程的性能、参数等，检查配套是否完善，具体运行步骤如下：

- (1) 在开启鼓风机前，检验各个曝气管道的连接

处密闭性是不是完好；

(2) 膜组件进行曝气时要检查各组件提供的空气量是不是均衡；

(3) 在开启抽吸泵时，关闭清洗口阀门，测定清水运行下透过水量、膜压差及水温参数。

3. 清水试运行

清水试运行是在清水中运行产水泵（反洗泵）和鼓风机，确认运行过程中膜通量、抽吸压、阀开度、反洗频率、曝气等是否合适。

(1) 膜通量及抽吸压

膜通量及抽吸压力是系统运行过程中最重要的参数，通过正常控制可以实现系统更为稳定的运行。

(2) 阀开度及反洗频率

预先在清水中确认设计（运行）膜通量的阀开度和反洗频率，确保在实际负荷运行中系统稳定运行。

(3) 曝气量

曝气是保证系统稳定运行的重要因素，曝气不均匀有可能造成膜组件急剧污染，如发现组件不均匀或气泡流出组件等异常时，请检查以下事项：1) 膜曝气量是否符合设计值；2) 膜组件是否放置水平；3) 曝气管的管径是否合适。

4. 次氯酸钠浸泡

在清水试验中未进行系统曝气，因此清水试验完成后，需在清水中添加次氯酸钠（约1000mg/L）浸泡12h左右，保证膜通量恢复到初期状态。

三、污水条件下陶瓷平板膜运行调试

(一) 膜组件运行环境确认

为保证膜组件一般情况下正常运转的基本环境：温度5~60℃，pH值2~12，MLSS要小于12000mg/l，运行压力控制-0.2~-0.3，最大运转跨膜压差30KPa，应避免急剧的变动。

(二) MBR原水条件

MBR在消除有机物上与传统的活性污泥法基本相同，主要都是通过微生物对有机物降解。但膜的存在致使原水的要求与传统活性污泥法略有不同，应考虑以下两点：

(1) 原水中是不是含有对膜元件有破坏的有机物质以及了解物质的降解性能；

(2) 通过实验验证对所需的原水进行分析及论证使用性。

对各类污水进行分类管控，提前对进行预处理后再次进入膜池中，MBR对原水预处理的各类指标要求如下：

1) 对原水中固体颗粒的要求

原水必须经过1mm细模度的格栅滤网预处理后进入膜生物反应器，防止原水中的较大固体物质破坏及划伤膜表面。

2) 对原水pH值的要求

流至膜池的污水酸碱度应在 pH 值2~12 的允许区域调剂。

3) 对原水硬度的要求

如长期在硬度较高的水中使用时，将会使得水中钙镁盐等沉淀物质吸附在滤膜上结垢，从而影响整个系统的滤膜的正常工作，在处理硬度的原水时，需提前对原水进行软化处理，再进行膜生物处理。

4) 对温度的要求

被处理污水温度不应小于45℃，因为污水的热度过

高将直接影响膜生物处理效果和使用寿命考虑膜的特性耐高温微生物处理系统应用，滤膜的容许热度控制在60℃。

5) 对油份和有机溶剂的要求

对于消除含油废水和机溶剂废水一般采用浸没式平板膜元件。油份会附着在膜表面造成透水量降低，一定浓度的有机溶剂会侵蚀膜的过滤功能层，应避免有机溶剂的进入，通过试验确定平板膜对油性的处理参数，已确定耐油性为25~30mg/L。

6) 对化学污染物的要求

为避免化学污染对膜表面造成污染，而影响使用效果，特别是在进水时不得掺入高分子絮凝剂、环氧树脂涂料等化学物。

(三) 活性污泥条件

(1) 与传统活性污泥法差异，膜具有截留作用，在生物反应池中的微生物将获得汇集并保持较高的比例，对有机物的消解十分的有利。膜池的污泥浓度：7500~12000mg/L；

(2) 在恒定流量运行下，要将污泥浓度在（15000 mg/L）以下，因污泥浓度过高将引起抽吸压力上升，则造成膜的快速污染；

(3) 在污泥驯化及恶化阶段时，将加速膜组件抽吸压力的上升，通过调剂污泥浓细状况，以降低膜组件出水量。

(四) 产水量设定

处理水量主要影响因素在于：污水的特点、滤膜的特性与结构、曝气系统的设计及活性污泥的性能等。在恒定流量运行条件下，膜组件须控制临界渗透通量之下抽吸运转，以满足长期稳定的状况。

影响产水量的因素主要包括被处理污水的特点、滤膜本身的性能、膜组件的结构、曝气系统的设计、活性污泥的性能等。在恒流量运行条件下，膜组件必须控制在临界过滤通量以下抽吸运行，方能实现长期稳定的工作状态。临界过滤通量与临界膜通量的理解，对于临界过滤通量是当膜渗透通量小于某通量时，则膜的界限层结成滤饼的速率临近零，膜在过滤时阻力不随时间改变而改变；而当膜渗透通量大于某通量时，膜的界限层将渐渐结成滤饼，膜在过滤时阻力随时间的延长而增加，该通量称为临界膜通量。

(五) 运行注意事项

(1) 标准产水量必须经过一个从低到高，然后到达标到标准通量的过程里程碑，一个里程碑需要3天时间，通常在第一天标准通量按照35%实施，第二天逐步将标准产量提高到55%，第三天再次将标准产量提高到80%，第四天开始按照标准产量满负荷运行。

(2) 正常情况下采用恒定流量方式运转。

(3) 处于长期运转中，抽吸真空压力慢慢上升是正常现象，为确保真空表设置在与液面高度相同，压力不得超过-30KPa，当抽吸压力较高时要立即清洗，并做好运行记录。

(六) 产水抽吸泵的选定

产水抽吸一般在-5~-30KPa运转行，该阶段属于正常阶段但是负压很低，而最佳负压阶段为0~-20KPa，通常选用（4~6m）的普通自吸泵便可满足需求。

(七) 运行方式

膜组件运转通常采取恒定流量间歇出水方法，主要因为不断出水会加速混合污泥在膜表层聚集，结成滤饼

层,采取间歇出水方法将大大改善这类状况。当关闭抽吸时,膜两侧的压差逐渐减小而下降为零,聚集在膜表面的污染物便于在气泡和向上涌动的液流的扰动下脱落,达到冲刷清洗的效果。

(1) 不同水质,运行方式可以有所变化。

(2) 当膜池中添加消泡剂来削除泡沫时,请使用不易积垢的乙醇类消泡剂;

(3) 尽量降低进入膜池的油量,大量油污会堵塞膜孔,难以清洗,原则上务必不要让油污进入膜池,防止膜过快污染。

(八) 保护性措施

(1) 任何故障引发的曝气鼓风机骤停,若继续保持抽吸将引起污泥在膜表层上的快速聚集,从而造成抽吸压力的快速上升,致使系统崩溃,所有在以后无论何种原因造成鼓风机骤停,应立即停止抽吸。

(2) 将膜元件安置于最低液位进行保护,防止膜元件出现干燥、损坏现象。当污泥掺和液的液位低于安置点后,立即关闭抽吸泵。

(3) 思虑膜元件的在线化学清理,应在抽吸管线上安装化学清洗药水流入口,此流入口到反应器液面的垂直距离应为500~900mm。

(4) 为保障曝气管上的曝气孔畅通,须在曝气管管线装曝气管清洗阀,按时开启该阀门。曝气管内的气压波动,使膜池内得液体在静压作用下,曝气孔被液体来回冲洗,以防止污泥堵塞曝气孔。

四、陶瓷平板膜的清洗及维护

(一) 反洗

反洗是指液体向过滤方向的反方向流动,去除污堵物的清洗方法。而陶瓷平板膜而结合自身物理特性通过高压反冲洗,可以实现系统长期稳定运转。

反洗的参数标准值容许值“反洗流量是过滤流量的2倍”、“频度40~60分钟一次”、“反洗时间40~60s”等三项指标。

(二) 化学清洗

1. 在线清洗

平板膜组件的清洗一般使用化学清洗的方法,清洗能够在膜组件浸泡在污水中的状态下实施,清洗所使用的药品:次氯酸钠,建议容许浓度0.1%~0.5%,可有效去除生物污堵、有机物类;柠檬酸,建议容许浓度1%~2%,可有效去除无机物类、油类;药品清洗效果不充分的情况下,在容许范围内提高药品浓度能取得一定的效果。

(1) 使用量

药品使用量为每个膜片(0.5m²)1L(以上),是指通过膜面的药品量,并非等于注入量。陶瓷平板膜的内部积水通道及气孔有很多,单片膜元件在内部保留约有1L液体。因此在向膜元件内注入1L药品,理论水膜面药品的接触量为0。在该状态下,只有继续加入1L的液体,膜面接触量才能为1L。

设备管道中所保持的药品量也要考虑,然后决定药品的注入量,使膜面接触量达到1L(以上)。

(2) 清洗频度

在线清洗不仅消除污堵,在抑制污堵的效果十分明显,建议至少1周/次强化化学反洗,1~3个月在线化学药洗浸泡,清洗频度可根据实际情况调节。

2. 浸渍清洗

浸渍清洗是将整个膜组件长时间浸泡在充满药品的

水中进行清洗的方法,洗净效果高于在线清洗。

(1) 事前准备

浸渍清洗时,若膜组件上附着大量污泥为主的固体物质时,即使消耗了药品,也可能无法充分发挥清洗效果。另外膜面大量附着污泥时,也存在清洗效果低下的情况。

在浸渍清洗实施前,应确认这一点并根据需要实施物理清洗。

(2) 浸渍时间

无论药品的种类、浓度,标准浸渍时间为4h~24h。虽短时间浸渍也有一定效果,但药品清洗的效果受浓度和接触时间的影响,浸渍时间越长越好。如长时间浸渍在高浓度的药品中,有可能影响陶瓷自身及粘合剂,原则上应避免24h以上的连续浸渍。

(三) 物理清洗

物理清洗指用高压水、海绵等直接接触陶瓷平板膜,物理的去除污堵物质的清洗方法。

陶瓷平板膜具有高物理强度,可以采用多种物理清洗方式,即使由于污泥等顽固附着而处于完全堵塞的状态,通过物理、浸渍清洗等方法也能够使膜恢复到初期的状态。但是,如果物理清洗时采取了错误的方法,有可能对陶瓷平板膜以及整个膜组件的性能造成影响,具体清洗方式如下:

1. 高压水清洗

高压水清洗指对清水加压能迅速洗净大部分冲刷陶瓷平板膜膜面,是一种简单易行的物理清洗方法。在固体污堵物污泥该方法特别有效。对于主要成分为生物污堵、油类等“粘液”成分的污堵,使用“化学清洗”或者“海绵清洗”较为有效。

2. 海绵清洗

海绵清洗是使用以海绵为主的稍柔软的清洗用具,直接对陶瓷平板膜进行清洗的方法。

海绵清洗时需要逐个单独清洗,方法繁复。但是,该方法对于所有的污堵物质均有一定的清洗效果,将它与“化学清洗”组合使用,能够完全消除大部分污堵。

(四) 离线化学清洗

在设备大修期间,膜元件经物理清洗后,再置于专用容器内,向容器内加入清洗药剂(药剂浓度高于在线化学清洗药剂的浓度)浸泡5小时以上,可快速有效的恢复膜元件的过滤能力。

五、总结

陶瓷平板膜作为污水处理先进产品而应用九江市琵琶湖黑臭水体治理水质净化站工程,日处理能力1.5万吨。通过物理化学将附着在膜孔和膜面的油类物质去除,污染后的陶瓷平板膜基本恢复到新膜的状态,不存在不可逆污染,充分说明平板膜化学性能好、能耐酸碱及高温、抗污染强、能耗低且寿命长等优势,在污水处理分离领域得到普遍关注。

参考文献

[1] 孙亭,刘国栋,李荣强.等,气浮含油污水处理工艺影响因素研究[J].过滤与分离,2014(001):15-18.

[2] 曾勇,MBR工艺的特点及应用[J].工程技术,2014,14:180-181.

[3] 张小赛,倪卫红,陶瓷膜发展现状及应用研究[J].环境工程,2013,31(6):108-111.