



反渗透膜系统运行与管理

一、系统的运行与停止

1 初始运行前需确认事项

① 保安过滤器 ($< 5 \mu\text{m}$)

为防止金属屑、异物、沙子和纤维等物质进入到膜元件内，请在原水泵后安装保安过滤器 ($< 5 \mu\text{m}$)。在运行开始前，请确认滤芯已正确安装。

② 进水的 SDI15 值

预处理产水的 SDI15 值要做到 5.0 以下。要定期检测 SDI15 值，发现超出正常值后要修正预处理的配置和运行参数。

③ 进水的残余氯

通常要求运行时进水的余氯含量为 0 mg/L。进水中残余氯浓度若超出此要求会造成膜元件脱盐率下降。若进水中含有残余氯，请用亚硫酸氢钠 (SBS) 中和。若残余氯量为 1 mg/L，对应则需要 SBS 1.8 - 3 mg/L。

余氯采用 ORP 表在线监测，或是比色法测定。

注意：过渡金属如铁、锰等，将加剧余氯对膜元件的氧化。因此进水中含有过渡金属时，应确保进水中没有余氯存在。

④ 进水的残余 SBS (亚硫酸氢钠)

当采用 SBS 中和余氯时，推荐采用滴定法测 SBS 浓度，以确保余氯全部被还原。因为在有些废水中，余氯或 ORP 测定会受到干扰而不准确，SBS 残余量为 3-5mg/L 时可确保余氯全部被还原。

⑤ 进水油类



油脂严禁进入反渗透系统，必须在预处理中脱除掉。

⑥ 进水 pH 值

进水 pH 值若超出膜元件规定范围，可能会导致膜元件性能下降。

⑦ 进水温度

运行时进水温度应在 40 °C 以下（最高不能超过 45 °C）。若进水温度超出此范围，可能会引起膜性能下降[1]。40 °C 以上运行时请向公司技术人员咨询安全运行条件。

⑧ 低溶解度盐类

为防止膜表面盐类结垢，可以采用调节 pH 值、进行软化处理、添加阻垢剂等方法解决。

⑨ 硅酸类（二氧化硅）

为防止膜表面二氧化硅结垢，通过预处理去除二氧化硅以及通过调整 pH 值、温度等防止在浓水侧产生结垢。

⑩ 确认好① - ⑨项后，在膜已正确安装的情况下，可以启动系统。

2 系统的日常启动

① 全部开启浓水及产水阀门。

② 反渗透系统的冲洗。

供水时以低压、低流量的给水排出残留在膜元件及压力容器中的空气。给水泵启动后慢慢打开给水阀门调节流量。浓水管出口或流量计处不再有气泡冒出时将流量升高，冲洗 30 分钟左右。在冲洗过程中要检查阀门管道是否有泄漏。冲洗过程中浓水及产水应全部排放。冲洗过程中不要添加阻垢剂等药品。但若给水中有余氯则要充分添加 SBS。



在冲洗步骤中，要注意以下的运行条件：

--压力：< 0.3 MPa；

--单支压力容器的浓水排放量：8 英寸（8040）膜元件：7.2 - 12 m³/h

4 英寸（4040）膜元件：1.8 - 2.5 m³/h

③ 高压泵启动前，通过调节高压泵和反渗透系统间的阀门控制好流量，否则瞬间的高流量和高压力可能会损伤膜元件。

④ 启动高压泵后必须使升压速度在任何时候不能超过 0.07MPa/ 秒。压力上升速度过快可能会导致膜元件机械损伤，包括轴向压力过大使膜元件产生望远镜现象，或导致 FRP 裂纹甚至严重到破损。将给水阀门缓慢开启，使浓水流量达到设计值。

⑤ 一边调节高压泵出口的给水阀门，一边慢慢关小浓水阀门。在保持浓水流量的同时，要注意产水流量的上升，并随时调节使其达到设计产水量。添加阻垢剂等药品的泵要在关小浓水阀门的同时开启，确认添加药品流速并测定进水 pH 值。

⑥ 一小时连续运行后测定产水电导、分析水质，并将产水引入产品水箱。

⑦ 记录运行初期数据，数据记录格式请参见附录 6 反渗透和纳滤系统运行数据参考记录表格。

3 停止运行

① 停止高压泵。如果高压泵采用变频控制，可使高压泵逐渐减速至停止。

② 冲洗。浓水侧阀门全部打开，并确认产水阀门也全部打开。启动冲洗水泵，调节冲洗进水阀门至合适冲洗流量，运行 5-15 分钟冲洗。

③ 停止冲洗。停止冲洗水泵，关闭各阀门。



TEL:0537-3118388

在系统设计时，可根据实际情况设定冲洗回路。一般水源的系统可采用 RO/NF 的进水为冲洗水源；特殊水源系统建议采用 RO/NF 产水进行停机冲洗，特别是海水淡化系统在停机时，必须采用 RO 产水冲洗，需将系统内的高浓度海水全部置换出去。设备长时间停止运行时，请参见反渗透系统的停运保护相关内容。

4 注意事项

- ① 启动和停止时，流量和压力会有波动。过大流量和压力波动可能会导致膜元件破裂。故在启动和停止操作时需缓慢增加或降低压力和流量，升、降压速度不应超过 0.07MPa/秒。
- ② 给水中的残余氯必须为 0 mg/L 时设备才能运行。给水中残余氯会破坏膜元件的分离皮层，所以必须要用 SBS 来中和。
- ③ 产水侧压力（背压）。产水侧压力高于给水侧压力 0.05 MPa 以上时，膜片会受到物理性损伤。背压通常发生在反渗透设备阀门开闭的瞬间。例如，系统停止运行时，关闭原水泵前，产水侧阀门还在关闭状态时通常会发生背压现象。充分确认阀门的开和关及压力的变动，保证运行过程杜绝背压现象发生。产水管道若高于膜架中最下部膜壳 5 米以上时，系统停止时产水侧的静压头（0.05 MPa）会从产水侧施力给进水侧，即发生背压现象，导致膜受到伤害。因此要务必注意进水管是否高于产水管，同时要注意产水管在膜壳上部的高度。

二、系统运行管理

1 反渗透系统的管理

反渗透预处理主要是去除对反渗透有危害的污染物。预处理做得不充分时会影响到反渗透系统的运行。因此每天的运行管理十分重要。监测预处理系统产水



TEL:0537-3118388

(反渗透的给水)的浊度及SDI15。若所测指标远远大于日常测定值,则可证明预处理出现异常。必须要对预处理系统进行检查,有必要时可以采取清洗等措施使其恢复状态。

表 1 反渗透系统的管理

项目	现象	采取措施
残余氯浓度	大于 0 mg/L	加入 SBS
SDI 值	大于 5	导致膜元件迅速污堵, 调整预处理工艺参数
pH 值	在允许范围外	脱盐率下降, 产生结垢可能性很大, 调整加药泵
保安过滤器压差	压差急剧上升	可能是预处理效果不好, 检查预处理
流量平衡	回收率及产水量不正常	发生结垢及膜堵塞可能性很大, 需调整流量平衡

2 反渗透系统运行数据的管理

为了使膜性能最大程度地得到发挥, 并保持长期稳定运行, 关键在于保持其适当的运行条件, 及时记录每天的运行数据。及时确认并坚持正确的运行管理能够延长膜元件的使用寿命。在本小节中以一般性制水设备为例, 着重介绍运行数据的记录方法。

2.1 反渗透膜运行数据管理的重要性

反渗透膜制水装置受外界影响因素很大, 在运行管理时要注意以下几点:

- 不要超出规定以上的回收率和运行压力;
- 要充分保证浓水流量;
- 禁止异物、污染物和氧化剂流入;



- 定期物理冲洗和化学清洗。

2.2 测定运行数据

产水量、脱盐率和压差是作为反渗透膜性能管理的重要指标。每天记录运行数据，就能及时发现这些性能管理指标的异常。此外，作为查明异常原因的补充项目还要记录回收率、运行压力、pH值、浓水流量和温度等。

表 2 反渗透和纳滤装置运行日常管理用检测项目

No.	测定项目	记号	单位
1	产水流量	Q_p	m ³ /h、L/min、 gal/min
2	浓水流量	Q_b	
3	第一段压力	P_1	kgf/cm ² 、bar、MPa
4	第二段压力	P_2	
5	浓水侧压力	P_3	
6	产水压力	P_4	
7	进水电导率	EC_f	ms/cm
8	浓水电导率	EC_b	
9	产水电导率	EC_p	
10	进水温度	T_f	°C



11	进水 pH 值	<i>pHf</i>	N/A
12	进水 ORP	<i>ORP</i>	mV
13	保安过滤器入口压力	<i>PF1</i>	kgf/cm ² 、bar、MPa
14	保安过滤器出口压力	<i>PF2</i>	

2.3 运行数据整理

对记录的数据进行整理十分重要。表 6.5 对记录数据进行分析。

① 标准化产水量。反渗透膜的产水量会根据操作压力、温度等发生变化。因此比较每天的运行数据记录可以补正其效果达到标准化。通常, 25 °C 时压力为 0.1 MPa 得到的产水为标准、可以确认其变化。

② 进水平均浓度。由于反渗透系统的给水含盐量(电导率)随着水流的流动是变化的, 这导致位于不同位置的反渗透膜元件接触的给水电导率不同, 所以在计算脱盐率, 或采用电导率的阻止率替代脱盐率时, 给水的浓度就十分重要, 而不能简单地用进水电导率替代。通常有两个方法来计算相对准确的给水电导率:

- 算术平均电导率 = $(ECf + ECb) / 2$

式中: *ECf* —— 进水的电导率, $\mu\text{s/cm}$;

ECb —— 浓水的电导率, $\mu\text{s/cm}$ 。

- 对数平均电导率 = $ECf \times \ln [\text{Rec.} / (1 - \text{Rec.})]$

式中: *Rec.* —— 系统的回收率。



TEL:0537-3118388

在一般情况下应该采用算术平均给水电导率来计算系统的实际脱盐率（这里的脱盐率并非真实的脱盐率，而是采用电导率的脱除率表征的脱盐率），但是当系统的回收率大于 85 %时，就应该使用对数平均进水电导率来计算脱盐率，这样才能得到更为准确的系统脱盐率。

表 3 反渗透装置运行管理用计算项目

No.	计算项目	记号	单位	计算公式
1	第一段压差	$dP1$	kgf/cm ² 、bar、MPa	$P1 - P2$
2	第二段压差	$dP2$		$P2 - P3$
3	全体平均压力	Pav		$(P1 + P2 + P3) / 3$
4	全体有效压力	Pn		$Pav - P4$
5	温度校正系数	TCF	N/A	$\exp \{2700 \times [1 / (273 + T) - 1/298] \}$
6	标准化产水量	J	m ³ / (h · MPa)	$Qp / Pn \times TCF$
7	电导率的脱除率	Rej.	%	$(1 - ECp / \text{进水平均电导率}) \times 100 \%$
8	回收率	Rec.	%	$Qp / (Qp + Qb) \times 100 \%$
9	预处理过滤器压差	$dPpr$	kgf/cm ² 、bar、MPa	$PF1 - PF2$

2.4 将数据图表化



TEL:0537-3118388

表 2 和 3 中的各项用 Excel (Microsoft®公司 Office 应用软件的一个组件) 软件记录后, 可以作成图表以便一目了然地掌握运行状况的变化, 尽早采取应对措施。通过确认标准化产水量、电导率的阻止率和压差这三项数据表变化, 可以分析出系统运行情况。这三项性能管理指标以外的测定值及计算值也是探究膜性能发生变化的重要数据。

3 反渗透系统的停运保护

① 短期保存

短期保存方法适用于那些停止运行 5-30 天的膜系统。此时膜元件仍安装在系统的压力容器内。保存操作的具体步骤如下:

- 给水冲洗膜系统, 同时注意将气体从系统中完全排除。采用膜系统产水冲洗膜系统会有助于防止污染, 海水淡化系统必须用产水冲洗膜系统;
- 将压力容器及相关管路充满水后, 关闭相关阀门, 防止气体进入系统;
- 每隔 5 天按上述方法冲洗一次。

② 长期停用保存

长期停用保护方法适用于停止使用 30 天以上, 膜元件仍安装在系统的压力容器内。保存的具体步骤如下:

- 对膜元件进行化学清洗;
- 采用膜系统产水配制合适的杀菌剂, 并循环冲洗膜装置;
- 当杀菌剂充满膜系统后, 关闭阀门和泵使杀菌剂保留于膜系统中, 此时应确认系统完全充满
- 如果温度低于 27°C, 应每隔 30 天用新的杀菌剂进行 2-3 步操作; 如果温度高于 27°C, 则应每隔 15 天更换一次杀菌剂;



TEL:0537-3118388

- 在膜系统重新投入使用前，用低压给水冲洗系统 1 小时，然后再用高压给水冲洗系统 5-10 分钟。无论低压冲洗还是高压冲洗 时，系统的产水排放阀均应全部打开。在恢复系统至正常操作前，应检查并确认产品水中不含有任何杀菌剂。

[1] 主要是由于粘接剂在高温下的粘接性能下降，当然水温过高时也会对膜元件的分离皮层带来损伤。可以进行热消毒的卫生级膜元件的粘接剂是特殊类型，不受影响。