

# AMS 卷式膜元件 操作指南

## 1. 新膜元件的存储

- 1.1. 新膜元件需储存在其原始包装中。
- 1.2. 在具有以下条件的地方存储或运输膜元件：
  - 避免阳光直射；
  - 环境温度范围在 4 ~ 30 °C (39 ~ 86 °F)；
  - 环境温度短期变化范围在 0 ~ 45 °C (32 ~ 113 °F)；
  - 湿度不超过 60-70%。
- 1.3. 每个月检查膜元件上的微生物生长情况。
- 1.4. 每 5-6 周 / 当保护液不澄清 / 当发现微生物时：
  - 从包装中取出膜元件；
  - 从膜元件中排出之前的保护液；
  - 用软化水（RO）冲洗膜元件；
  - 将膜元件垂直浸泡于 1.5 % 的焦亚硫酸钠保护液中 2 小时；
  - 允许保护液滴落；
  - 用新包装重新包装膜元件，包装袋请选择透气性能差的塑封袋（如铝箔袋）；
  - 抽真空密封包装。
- 1.5. 若在短期低温即 -15 ~ 5 °C (5 ~ 41 °F) 的条件下储存或运输：
  - 从包装中取出膜元件；
  - 从膜元件中排出之前的保护液；
  - 用软化水（RO）冲洗膜元件；
  - 将膜元件垂直浸泡于含有 1.5 % 的焦亚硫酸钠和 20 v/v% 的甘油的新鲜保护液中 2 小时；
  - 允许保护液滴落；
  - 用新包装重新包装膜元件，包装袋请选择透气性能差的塑封袋（如铝箔袋）；
  - 抽真空密封包装。

## 2. 安装

- 2.1 膜组件附有少量杀菌剂以防止微生物生长。  
**⚠ 充分通风。安装过程中始终使用防护手套并佩戴护目镜。**
- 2.2 从货运箱中取出膜元件袋。
- 2.3 从膜元件袋中取出膜元件。  
从膜元件的两端取下泡沫海绵。  
确认膜元件在运输的过程中没有受到损害。  
确认唇形密封圈正确安装在 ATD 的端盖槽并朝着水流方向，以便浓水密封件能沿上游方向开启。  
**⚠ 不要在膜元件的两端放置 V 形杯浓水密封件。**

- 2.4 用少量甘油润滑端盖产水适配器内的 O 形密封圈和 V 形杯浓水密封件（可以使用非常薄的一层有机硅润滑剂 DOW Corning 111 或 Parker Super O-Lube）。
- ⚠️ 不要使用油、油脂或石油基化合物润滑 O 形圈和 V 形杯浓水密封件。
- 2.5 将膜元件中的保护液倒入合适的容器或排水管中。  
用软化水（RO）轻轻冲洗膜元件以去除异物和剩余的保护液。
- 2.6 确认高压膜外壳（压力容器，PV）的所有部件清洁且无灰尘与污垢。  
检查 O 形圈有无刻痕或切口，若损坏则丢弃。
- 2.7 从膜壳上取下上游（进水侧）和下游的端盖。  
确定膜壳中进水水流的方向（见图 1）。
- 2.8 按照膜元件上箭头方向的进水方向将膜元件装入膜壳（见图 2）。如果您看不到箭头，先把膜元件中无浓水密封件的一侧装入膜壳。  
膜元件装入膜壳时需平稳。需格外小心 O 形圈接触点附近。该区域的损坏可能会对膜元件的性能产生不利影响。
- ⚠️ 不能以与进水水流相反的方向安装膜元件。
- 2.9 安装端盖。

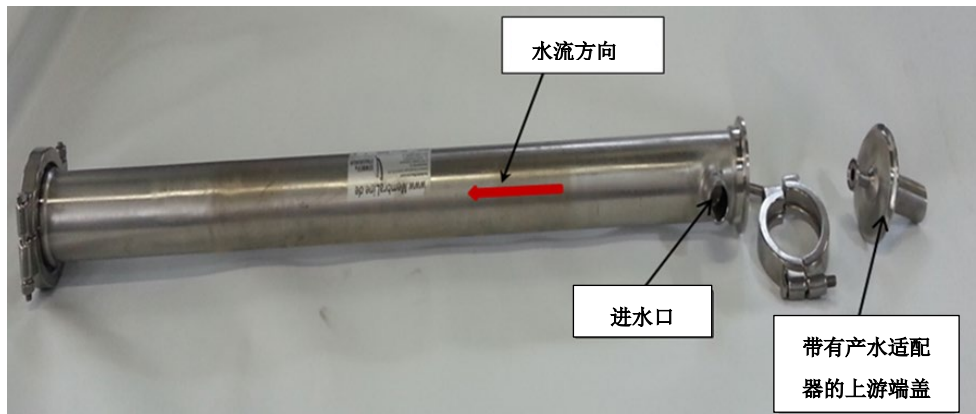


图 1 NF 高压膜壳



图 2 NF 2540 膜元件

### 3. 系统启动

- 3.1 膜系统的正确启动对于准备膜元件进行操作和防止因过度高压、流量或液压冲击造成的损坏至关重要。NF 膜系统的示意图如图 3 所示。
- 3.2 将软化水/去离子水/RO 水导入进水箱。
- 3.3 确认所有出水口、浓水口和产水口的阀门均打开。  
确认取样阀和排放阀均关闭。
- 3.4 以下列错流流量，用软化水/去离子水/RO 水运行系统：
- 对于 2540 膜元件：13 L/min；

- 对于 4040 膜元件：42 L/min。
- 在 4 bar (58 psi) 的压力下维持 30 分钟，排放浓水和产水。
- 3.5 缓慢向系统中注入低压水以防止启动时遭到液压冲击（水锤）。
  - 3.6 观察浓水流量计是否有空气，需确保内部彻底排气。
  - 3.7 在冲洗操作中，检查所有管道连接和阀门是否泄漏。必要时拧紧连接处。

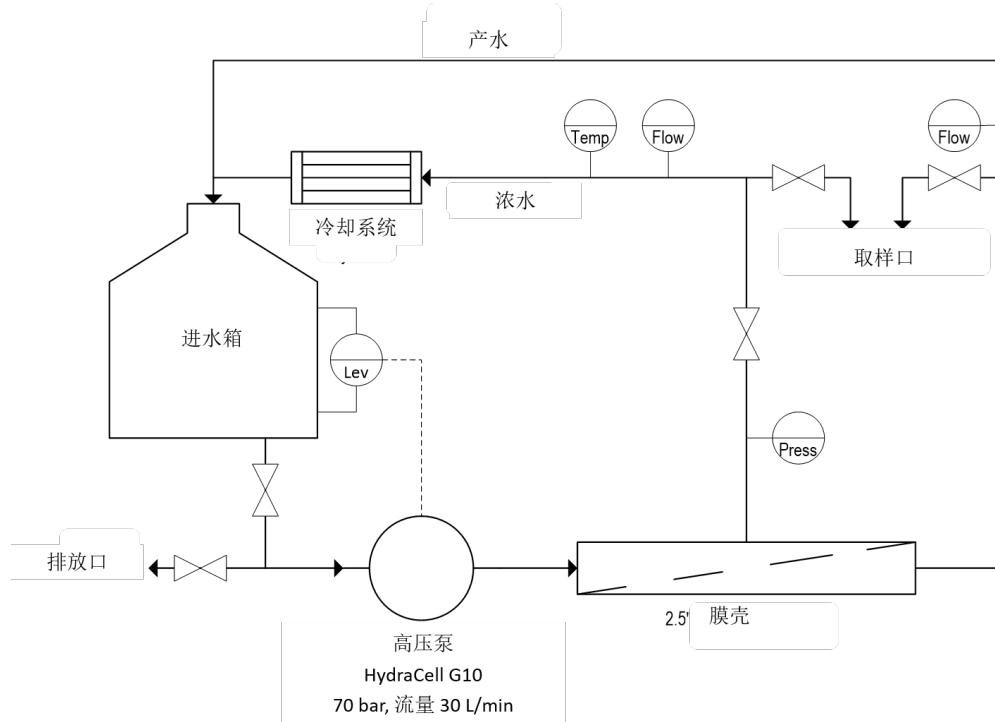


图 3 NF 膜系统示意图

## 4. 清洗水通量测量

- 4.1 将软化水/去离子水/RO 水导入进水箱。
- 4.2 以下列错流流量运行系统：
  - 对于 2540 膜元件：13 L/min；
  - 对于 4040 膜元件：42 L/min。

维持 40 bar (580 psi) 的压力和 30 °C (86 °F) 的温度，将浓水和产水引流至进水箱。

- ⚠ 不要突然改变压力或流量——残留的空气可能会导致气锤。
- ⚠ 不要使用自来水或氯化水——会发生瞬时且不可逆转的损坏。
- ⚠ 升压或降压的速率不能高于 0.7bar/秒。
- ⚠ 升温或降温的速率不能高于 5°C/分钟。

- 4.3 运行 60 分钟，需要时将软水/去离子水/RO 水导入进水箱。
- 4.4 测量产水流量。
- 4.5 排空系统。

## 5. 标准物质测试

- 5.1. 准备 2000 mg/L 的  $MgSO_4$  溶液并取样。需考虑  $MgSO_4$  粉末中存在的水分。
- 5.2. 将上述溶液导入进水箱。
- 5.3. 以下列错流流量运行系统：
  - 对于 2540 膜元件：13 L/min；
  - 对于 4040 膜元件：42 L/min。维持 40 bar (580 psi) 的压力和 30 °C (86 °F) 的温度，将浓水和产水引流至进水箱。
- 5.4. 运行 60 分钟，需要时将  $MgSO_4$  溶液导入进水罐。
- 5.5. 采集产水和浓水样品。
- 5.6. 测量以下物质的电导率或  $MgSO_4$  浓度：
  - 进水样品；
  - 产水样品；
  - 浓水样品。
- 5.7. 从系统中排出  $MgSO_4$  溶液，并将软化水/去离子水/RO 水导入进水箱。
- 5.8. 以下列错流流量运行系统：
  - 对于 2540 膜元件：13 L/min；
  - 对于 4040 膜元件：42 L/min。保持 4 bar (58 psi) 的压力，将浓水和产水引流至排水管。
- 5.9. 运行 15 分钟，需要时将软化水/去离子水/RO 水导入进水箱。
- 5.10. 以下列错流流量运行系统：
  - 对于 2540 膜元件：13 L/min；
  - 对于 4040 膜元件：42 L/min。维持 40 bar (580 psi) 的压力，将浓水和产水引流至进水箱。
- 5.11. 再运行 30 分钟；有需要时将软化水/去离子水/RO 水导入进水箱。
- 5.12. 排空系统。
  - ⚠ 不要突然改变压力或流量——残留的空气可能会导致气锤。
  - ⚠ 升压或降压的速率不能高于 0.7bar/秒。
  - ⚠ 升温或降温的速率不能高于 5°C/分钟。

## 6. 料液测试注意事项

- ⚠ 不要突然改变压力或流量——残留的空气可能会导致气锤。
- ⚠ 升压或降压的速率不能高于 0.7bar/秒。
- ⚠ 升温或降温的速率不能高于 5°C/分钟。
- ⚠ 运行料液后，请用产水冲洗。

## 附录：计算公式

### 产水通量计算

要计算膜通量，请确保产水量是在确定的时间内收集（例如每分钟的毫升数，mL/min）。

产水通量  $F$  通过下式计算：

$$F = \frac{\text{产水体积}}{\text{采样时间} \times \text{膜面积}}$$

请参阅膜元件参数表中的膜面积数据。

为达到标准产水通量单位，需进行单位转换。

标准产水通量单位包括：

- LMD: L/m<sup>2</sup>/d:

$$F(\text{LMD}) = \frac{\text{产水体积[L]}}{\text{时间[日]} \times \text{膜面积[m}^2\text{]}}$$

- LMH: L/m<sup>2</sup>/h:

$$F(\text{LMH}) = \frac{\text{产水体积[L]}}{\text{时间[小时]} \times \text{膜面积[m}^2\text{]}}$$

### 物料平衡系数 (Mass balance retention)

产水或浓水中的物料平衡系数(MBR)为对比进水中的组分质量，计算产水或浓水中回收组分的质量分数。

计算公式的基础为质量 = 浓度 × 体积，在此过程中质量保持不变。

$$\text{MBR}(\text{产水}) = \frac{C(\text{产水}) \times V(\text{产水})}{C(\text{进水}) \times V(\text{进水})}$$

$$\text{MBR}(\text{浓水}) = \frac{C(\text{浓水}) \times V(\text{浓水})}{C(\text{进水}) \times V(\text{进水})}$$

### 体积浓缩系数 (Volumetric concentration factor)

体积浓缩系数(VCF)表示以体积计算进水被膜浓缩的程度，并由进水体积与浓水体积之比确定。VCF 越高，产水体积越大，浓水体积越小：

$$\text{VCF} = \frac{V(\text{进水})}{V(\text{浓水})}$$

### 标准物质测试的截留率计算

可以将膜截留率理解为膜阻止溶液内的组分渗透通过膜。它定义为 1 减去产水中的组分浓度与平均进水中的组分浓度之比。

若测量的是电导率(EC)，使用下列公式计算：

$$R = \left( 1 - \frac{EC(\text{产水})}{\text{Avg}[EC(\text{进水})]} \right) = \left( 1 - \frac{EC(\text{产水})}{(EC(\text{进水}) + EC(\text{浓水}))/2} \right)$$

若测量的是浓度(C)，使用下列公式计算：

$$R = \left( 1 - \frac{C(\text{产水})}{\text{Avg}[C(\text{进水})]} \right) = \left( 1 - \frac{C(\text{产水})}{(C(\text{进水}) + C(\text{浓水}))/2} \right)$$

### 实际应用的截留率计算

当达到高浓度时，即产水体积占进水体积的很大一部分，使用下列修正后的公式来计算截留率：

$$R = 1 + \frac{\log \text{MBR}(\text{浓水})}{\log \text{VCF}},$$

式中，MBR 是物料平衡系数；VCF 是体积浓缩系数；log 是自然对数（以 e=2.71828 为底...）或常用（以 10 为底）对数。