



陶氏 FILMTEC™膜元件 >>>美国原装进口膜元件

6. 安装与操作管理

目 录

6-1 装卸元件	6 - 2
6-1.1 装卸准备	6 - 2
6-1.2 安装元件	6 - 2
6-1.3 调整膜元件在压力外壳内的轴向间隙	6 - 4
6-1.4 拆卸元件	6 - 5
6-1.5 安装空白假元件	6 - 5
6-2 系统操作管理	6 - 7
6-2.1 序 言	6 - 7
6-2.2 首次启动	6 - 7
6-2.2.1 仪器设备	6 - 7
6-2.2.2 启动检查	6 - 7
6-2.2.3 首次启动顺序	6 - 8
6-2.2.4 膜初始性能和稳定性能	6 - 10
6-2.2.5 特殊系统启动 - 两级反渗透系统	6 - 10
6-2.2.6 特殊系统启动 - 热消毒反渗透系统	6 - 10
6-2.3 日常启动	6 - 11
6-2.4 运行记录	6 - 11
6-2.4.1 引 言	6 - 11
6-2.4.2 开机报告	6 - 11
6-2.4.3 预处理运行参数记录	6 - 11
6-2.4.4 膜系统运行参数记录	6 - 12
6-2.5.5 维修保养记录	6 - 14
6-2.5 调整操作参数	6 - 14
6-2.5.1 引 言	6 - 14
6-2.5.2 苦咸水系统	6 - 14
6-2.5.3 海水淡化系统	6 - 14
6-2.6 系统停机	6 - 15
6-2.7 系统保存	6 - 16
6-2.8 微生物活动的监控	6 - 16
6-2.9 系统性能标准化	6 - 17

* 陶氏化学公司商标

FILMTEC 膜 • FilmTec 公司是陶氏化学公司的全资子公司

陶氏 FILMTEC™膜元件 >>>美国原装进口膜元件

6. 安装与操作管理

6-1 装卸元件

本节介绍装卸陶氏 FILMTEC™反渗透(RO)和纳滤(NF)元件的方法,当您组装或拆卸压力容器端板时,应该带上压力容器制造商提供的示意图作为参考。

6-1.1 装卸准备

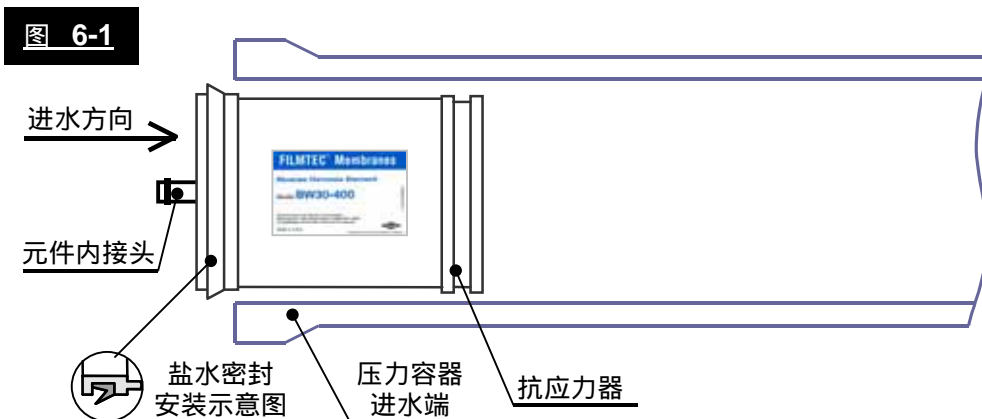
为了记录每支压力容器和膜元件所处的相对位置,首先应设计一张用于辨别压力容器和膜元件安装位置的示意图,装卸元件的同时,请立即在示意图上填写 FILMTEC 膜元件的序列号(位于元件标签上)作为元件编号,标明压力容器和膜元件位置的示意图将有助于你跟踪系统中的每一支元件运行情况。建议装卸元件前还应准备下列物品:

- ❖ 安全橡胶靴
- ❖ 橡皮手套
- ❖ 钳子
- ❖ 甘油
- ❖ 防护眼镜
- ❖ 硅脂润滑剂
- ❖ 干净的布

- 1) 仔细检查上游进水管路并从中除去所有的灰尘、油脂、金属碎屑等,如有必要,应对进水管路和反渗透压力容器进行化学清洗,以保证所有的异物均被有效除去。
- 2) 仔细检查进水质量。元件安装前,应该让经预处理系统的合格水流过膜压力外壳 30 分钟,同时检查进入反渗透的水质是否符合膜元件进水规范要求,检查管路是否有泄漏。
- 3) 拆下压力容器的端板和止推环。不同压力容器制造商的端板结构可能不相同,拆卸时应参考其产品示意图。
- 4) 用干净水冲洗已打开的压力容器,除去灰尘和沉积物。如果需要进一步清洗的话,可做一个大到能填满压力容器内径的拖把,让拖把吸满 50%甘油水溶液,在压力容器内来回拖拉几下,直到压力容器内壁干净和润滑为止。
- 5) 安装元件前,要保证安装和投运系统的所有零部件和化学药剂均齐全,预处理系统运转正常。
- 6) 仅当计划马上投运系统,才可打开包装,安装膜元件,否则应在原包装内密封存放膜元件。

6-1.2 安装元件

- 1) 从包装箱内小心取出膜元件,检查元件上的盐水密封圈位置和方向是否正确(盐水密封圈开口方向必须面向进水方向,请参阅膜元件性能规范资料上的示意图,如图 6-1 所示)。



* 陶氏化学公司商标

陶氏 FILMTEC™膜元件 >>>美国原装进口膜元件

6. 安装与操作管理

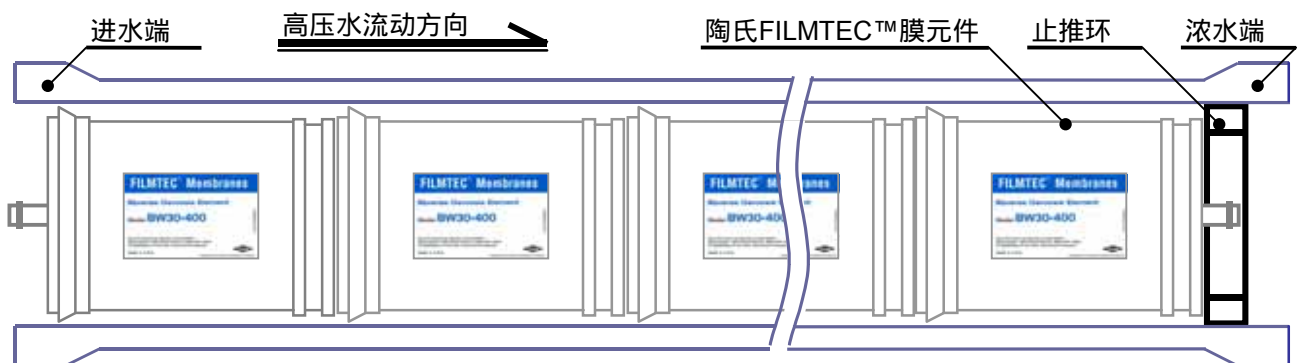
- 2) 将膜元件不带盐水密封圈的一端从压力容器进水端平行地推入，直到元件露在压力容器进水端外面约 10 公分左右。注意必须始终从压力容器进水端安装元件，如图 6-1 所示。
- 3) 将元件间的连接内接头插入元件产水中心管内，在安装接头前，可在接头“O”形圈上涂抹少量的硅基 O 形圈润滑剂(道康宁 111 可以使用，特殊不能使用的场合除外。FilmTec 公司推荐使用化学纯甘油作为连接接头和“O”形圈的主要润滑剂，甘油是符合 FDA 的规定化学品)，如果没有，请直接用合格预处理水润湿即可。
- 4) 从包装箱内小心取出第二支膜元件，同样检查元件上的盐水密封圈位置和方向是否正确，小心托住该元件并让第一支元件上的内接头插入元件中心产水管内，此时不能让连接内接头承受该元件的重量，平行将元件推入压力容器内直到第二支元件大约露在外面 10 公分左右，如图 6-2 所示。

图 6-2



- 5) 重复步骤 3)和 4)直到所有元件都装入压力容器内，转移到浓水端，在第一支元件产水中心管上安装元件内接头，如图 6-3 所示，元件和压力容器的长度决定了单个压力容器内可装膜元件的数量。

图 6-3



- 6) 在压力容器浓水端安装止推环，如图 6-3 所示，定位止推环时应参考压力容器制造商的示意图。不能遗忘止推环的安装，未在压力容器浓水端安装止推环将会严重损坏膜元件。
- 7) 按以下步骤先安装压力容器浓水端的端板。
 - 7-1) 认真地检查元件适配器(元件与端板间的过渡接头，俗称手榴弹)上的“O”形圈，将元件适配器插入浓水端板内，为了与外部管路的连接，应仔细定位压力容器浓水端端板，对准元件内接头将浓水端板组合件平行推入压力容器。
 - 7-2) 旋转调整浓水端板组合件，使之与外部连接管对准。

陶氏 FILMTEC™膜元件 >>>美国原装进口膜元件

6. 安装与操作管理

- 7-3) 按照压力容器制造商的示意图，安装端板卡环。
- 8) 从进水侧将膜元件推向浓水侧直到第一支安装的膜元件与浓水端板牢固的接触。
- 9) 与步骤 7)相似安装进水端端板。在安装进水端端板前，建议用调整片调节膜元件和端板间的间隙。安装调整片能够防止元件在系统开机和停机时的轴向窜动和元件间的冲击。请参阅<<调整膜元件在压力容器内的轴向间隙>>一节的详细介绍。
- 10) 重复以上步骤，在每一支压力容器内安装膜元件并连接所有的外部进水、浓水和产水管路。

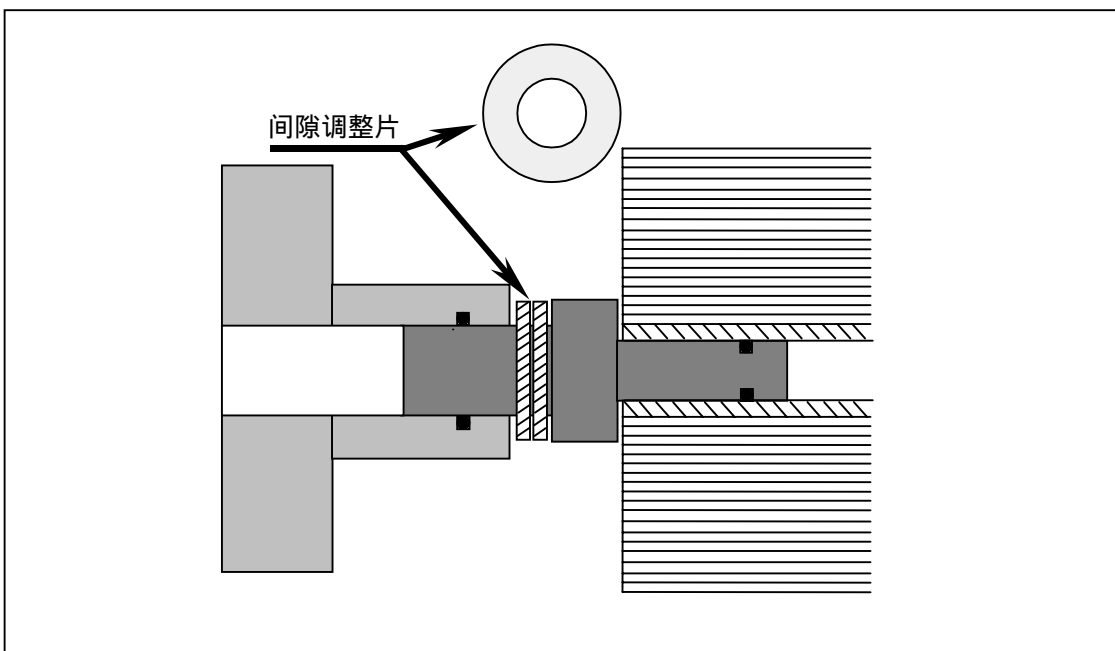
6-1.3 调整膜元件在压力外壳内的轴向间隙

膜元件压力容器其内部长度会有一些的过盈尺寸允许元件长度的微小变化，由于过盈的存在，开机和停机时膜元件会在压力容器内前后滑动，加速密封件的磨损，此外升压时压力容器也将伸长，在极端情况下，与进水或浓水相邻的元件可能会从端板上脱离开，从而产生严重的产水渗漏。在装配元件时调整膜元件在压力容器内的轴向间隙就可减少装置开停机时元件的窜动，保证内接头与最前面和最后面的元件均能牢固的接触密封。

调整间隙片可采用垫片状塑料环，通常为 5mm(0.20 英寸)厚，其内孔直径略比端板内接头外径大。图 6-4 是安装多个间隙片的典型示意图，它能保证将所有元件紧紧地顶住止推环和压力容器的浓水端板。

可从压力容器制造商处购买调整间隙片，也可截取合适的聚氯乙烯(PVC)管等自行制作，当从管子上下料时，必须去除毛刺，且端面平整而平行，才能正确地发挥作用。

图6-4 调整垫片及其安装示意图



必须将膜元件完全地推入压力容器内直至下游元件牢固地顶住压力容器浓水端板止推环，按如下程序安装膜元件调整间隙片：

- 1) 取走内接头上的“O”型密封圈和压力容器进水端板上与外壳间的密封圈，这样能够保证不会有任何来自密封件的干扰，并尽可能降低所需的预推入进水端板的压力。



陶氏 FILMTEC™膜元件 >>>美国原装进口膜元件

6. 安装与操作管理

- 2) 在连接膜元件产水口接头上装入 8 个 0.2 英寸厚 (5mm) 垫片, 装上进水端板, 装入足够多的垫片直至无法装上端板外的卡环为止。
- 3) 此时去掉一只垫片直到您正好可以装上端板及其卡环, 轻微的元件松动是允许的。
- 4) 再拿出进水端板, 重新装上内接头“O”型圈和端板密封圈。
- 5) 再按膜壳制造商的指南完成压力容器的安装。

当遇到压力容器特别长而膜元件总长又较短的极端情况时, 您可能需要同时调整进水及浓水端的间隙, 此时调整的步骤同上, 但特别需要注意的是, 在浓水端产水内接头上加装调整垫片的同时还必须在止推环上加装同等数量和厚度的 8 英寸直径的调整垫片。如果在浓水端加入调整垫片而未在止推环上安装调整垫片, 膜元件就会发生“望远镜”型破坏的后果。

6-1.4 拆卸元件

当要从系统压力容器中拆卸膜元件时, 应由两人按如下方法执行:

- 1) 首先拆掉压力容器两端的外接管路, 按压力容器制造商的要求拆卸端板, 将所有拆下的部件编号并按次序放好。
- 2) 从压力容器两端拆下容器端板组合件。
- 3) 必须从压力容器进水端将膜元件依次推出, 每次仅允许推出一支元件, 当元件被推出压力容器时应及时接住该元件, 防止造成元件损坏或人员受伤。

6-1.5 安装空白假元件

当希望减低系统总产水量时, 在大型系统中, 通常可以通过停运某些系列来实现; 而在有些系统则可以采用降低运行压力的方法, 但是降低运行压力将会降低总产水水质, 此时有必要从系统中取出前端的膜元件, 装入空白元件。空白元件有时又称为“假元件”, 它实际上是没有产水小孔的标准产水中心管; 有时为了优化较小系统的水力学分布, 在系统设计时就应该考虑空白假元件。

为了保证系统的安全, 正确安装空白元件十分重要, 每支压力容器仅允许安装一个空白元件, 而且必须总是安装在压力容器进水最前端的位置(如图 6-5 所示), 如果装在压力容器内的其它位置, 空白元件的产水管会受压发生断裂。同一段内的所有压力容器必须同时安装空白假元件, 如果同一段压力容器内的真元件数量不一样, 将会出现严重的系统偏流, 这是不允许的, 安装空白元件步骤如下:

- 1) 取出压力容器进水端第一支元件即最前端的膜元件。
- 2) 检查元件与端板间的适配器(俗称压力容器手榴弹)和元件上的内接头, 确保上面的“O”圈完好无损, 位置正确, 否则必须更换成新的“O”形圈。
- 3) 在空白元件上插入内接头, 先将压力容器内的所有元件完全推向浓水端板, 然后将含内接头的空白元件推入第二支元件的进水端中心管内。
- 4) 部分插入元件内接头和压力容器适配器, 以便让所有的部件能在一直线上; 另一种做法是, 在进水端板外的产水出口处插入一根较长的导向棒或管子, 以便于所有的部件能平行的推入压力容器。
- 5) 安装压力容器进水端板, 完成后空白元件在压力容器内的正确位置如图 6-5 所示。



陶氏 FILMTEC™膜元件 >>>美国原装进口膜元件

6. 安装与操作管理

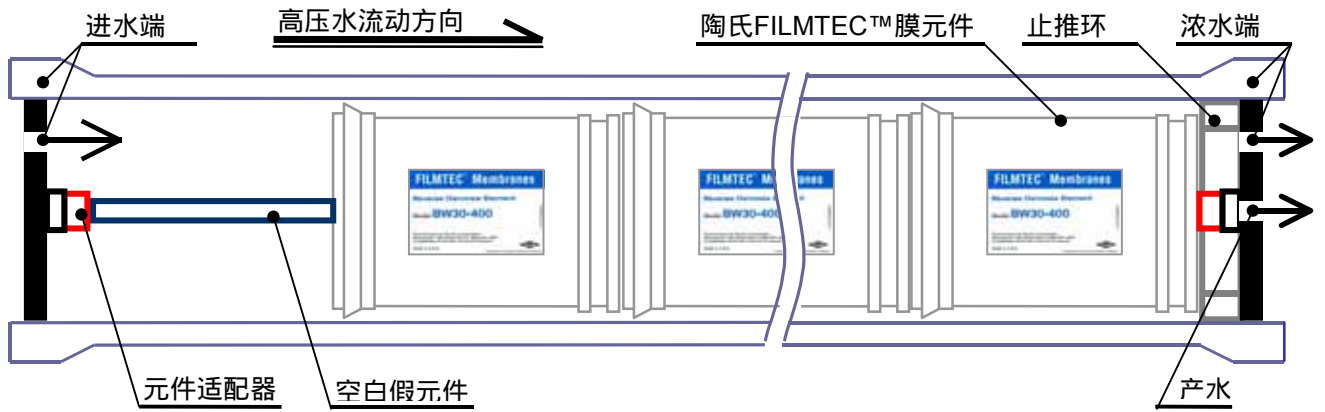
6) 重复上述步骤，完成所有应该安装空白假元件的压力容器内的安装。

陶氏 FILMTEC™膜元件 >>>美国原装进口膜元件

6. 安装与操作管理

7) 安装所有外部连接管路。

图 6-5





陶氏 FILMTEC™膜元件 >>>美国原装进口膜元件

6. 安装与操作管理

6-2 系统操作管理

6-2.1 序 言

正确的系统操作和维护管理是保证 RO 和 NF 膜系统长期高性能稳定运转的关键，它包括系统的首次投运和日常开停机操作，膜元件污堵、结垢、堵塞、氧化降解以及水力冲击破坏等的预防。这些方面不仅在设计时应该给予充分的考虑，而且在制造、安装调试、操作培训和日常运转管理时更应密切关注。必须保存运行记录并进行数据的标准化，以便及时掌握系统实际性能，必要时立即采取纠正措施。当提出系统性能保证要求时，也需要提供完整和准确的记录。

6-2.2 首次启动

在第一次投运膜系统之前，必须完成预处理检查、膜元件的安装、仪表的校正和系统的其它检查工作。

6-2.2.1 仪器设备

通常系统首次试运行应在安装膜元件之后立即进行，试运行之前需要准备好如下的设备：

- | | | |
|--|-----------------------------------|---|
| 1. 防护眼镜 | 4. 电导率仪(应配齐测定产水、原水、浓水电导范围的对应电极) | 6. 称重磅称 |
| 2. 温度计 | 5. SDI 测定仪 | 7. 备用元件(必要时) |
| 3. pH 计 | | 8. 单元件测试装置(必要时) |
| 9. 水样取样瓶 | | |
| <input type="checkbox"/> 体积，至少 125mL | | |
| <input type="checkbox"/> 材质，高密度聚乙烯 HDPE | | |
| <input type="checkbox"/> 数量，足以对取水点源水、系统进水、产水和浓水取样；如果整个系统有多套膜系列，则每个系列应备一套取样瓶，如果每个系列分成多段排列，必须配备对分段单组件进行取样的取样瓶。 | | |
| 10. 分析仪器 | | |
| <input type="checkbox"/> 总硬度 | <input type="checkbox"/> 硫酸盐 | <input type="checkbox"/> 氧化还原电位 ORP |
| <input type="checkbox"/> 钙离子 | <input type="checkbox"/> 铁离子 | <input type="checkbox"/> TOC |
| <input type="checkbox"/> 总碱度 | <input type="checkbox"/> 二氧化硅 | <input type="checkbox"/> 色 度 |
| <input type="checkbox"/> 氯化物 | <input type="checkbox"/> 自由氯(活性氯) | |

6-2.2.2 启动检查

在元件安装之后启动膜装置之前，应确保预处理出水达到膜进水规定的要求，下列各项指标必须稳定、合格：

- | | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 流量 | <input type="checkbox"/> 浓度 | <input type="checkbox"/> pH 值 | <input type="checkbox"/> 细菌数 |
| <input type="checkbox"/> SDI | <input type="checkbox"/> 温度 | <input type="checkbox"/> 电导率 | |

开机前检查事项：

- 所有设备包括管线、容器、仪表和水泵的过流部分均需采用耐腐蚀材料。
- 所有管线与设备均应符合设计压力的规定。

* 陶氏化学公司商标

FILMTEC 膜 • FilmTec 公司是陶氏化学公司的全资子公司

6. 安装与操作管理

- 所有管线与设备均应能够符合设计规定的 pH 范围(如清洗系统)。
- 多介质过滤器已经反冲洗及清洗干净，出水合格。
- 紧接着高压泵上游安装了洁净的新保安滤器滤芯。
- 在联接压力容器之前，包括进水管路和高压管路均已进行了清洁冲洗。
- 化学药品投药点位置正确。
- 在投药管线上安装了合适的止回阀和防虹吸阀。
- 在投药进水管线内采取了适当的混合措施。
- 加药箱所配的药剂及其浓度均正确无误。
- 当投药计量泵停机时能连锁反渗透和纳滤装置停机。
- 当反渗透装置和纳滤停机时能连锁投药计量泵停机。
- 若使用氯等氧化剂时，应有保证膜系统进水中的氯被完全除去的措施。
- 按计划配有能有效地操作及监测前处理和反渗透及纳滤系统的测量仪器。
- 安装了计划所列的仪表并能正常工作。
- 确认仪表进行了校正。
- 安装了压力安全泄放阀，设定正确。
- 采取了措施产品水压力不会超过进水或浓水压力 0.3bar(5psi)。
- 正确设定了连锁、延时及报警装置。
- 每个组件可单独进行产水取样。
- 可对系统总进水、每段的进水、产水、浓水及总产水取样。
- 压力容器与操作和清洗管线连接正确。
- 按制造商的要求将压力容器牢固地固定在设备机架上。
- 按制造商的要求将压力容器和组装注意事项装拆压力容器。
- 避免膜元件经受极端的温度条件，如堆放在冷冻、阳光直射、暖气出口等处。
- 水泵已作好操作的准备，联轴器对中良好，润滑充分并能轻松自如的旋转。
- 紧固了所有的接头。
- 开启产水出口阀门。
- 产水应对地直接排放(在双级系统中，应采取措施不让冲洗第一级期间的产水进入第二级反渗透，第一级安装干元件时，通常需要 6~8 个小时)。
- 开启浓水控制阀。
- 在启动高压泵之前，调整高压泵出水阀或旁通调节阀开度，控制膜系统进水流量小于操作运行进水量的 50%。

6-2.2.3 首次启动顺序

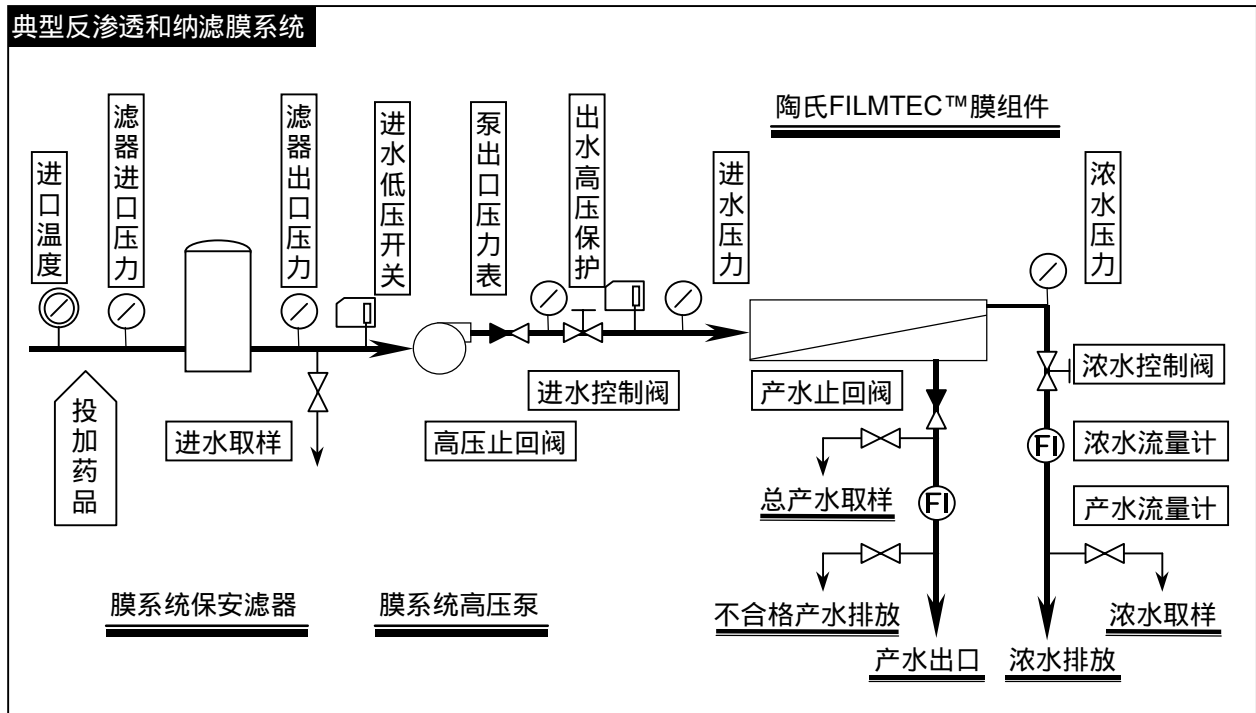
防止因超极限的进水流量和压力或水锤对膜的损坏，以合适的方式启动与投运反渗透和纳滤系统极为重要。按照正确的开机顺序操作，才能保证系统操作参数达到设计参数，系统产水水质和产水量达到设计目标。测量系统初

陶氏 FILMTEC™膜元件 >>>美国原装进口膜元件

6. 安装与操作管理

始性能是启动过程中的重要内容，运行结果应当存档并将其作为今后衡量系统性能的基准。

在系统进入启动程序前，应该完成预处理的调试、膜元件的装填、仪表的校正和其它系统的检查，以下图所示的典型膜法水处理系统为例建议常规启动顺序如下：



- 1) 系统开机启动前，在确保原水不会进入元件内的前提下，按开机前检查事项的内容逐项检查，彻底冲洗原水预处理部分，冲掉杂质和其它污染物，防止进入高压泵和膜元件，特别应该检测预处理出水 SDI₁₅ 值是否合格，进水不含余氯等氧化剂。
- 2) 检查所有阀门并保证所有设置正确，膜系统产水排放阀、进水控制阀和浓水控制阀必须完全打开。
- 3) 用低压、低流量合格预处理出水赶走膜元件内和压力容器内的空气，冲洗压力为 0.2 ~ 0.4 MPa (30 ~ 60 psi)，每支 4 英寸压力容器冲洗流量为 0.6 ~ 3.0 m³/h，每支 8 英寸压力容器冲洗流量为 2.4 ~ 12.0 m³/h，冲洗过程中的所有产水和浓水均应排放水至下水道。
- 4) 在冲洗操作中，检查所有阀门和管道连接处是否有渗漏点，紧固或修补漏水点。
- 5) 安装了湿膜的系统至少冲洗 30 分钟之后关闭膜进水控制阀。安装了干膜的系统，应连续低压冲洗 6 小时以上或先冲洗 1 ~ 2 小时，浸泡过夜后再冲洗 1 小时左右。在低压低流量冲洗期间，不允许在预处理部分投加阻垢剂。
- 6) 再次确认产水阀(图中未表示)和浓水控制阀是处于打开位置。
- 7) 第一次启动高压泵必须在高压泵与膜元件之间的进水控制阀处于接近全关的状态，以防备水流及水压对膜元件的冲击，此时启动高压泵其启动电流也最小，对电网的冲击较低。
- 8) 启动高压泵。
- 9) 避免对膜系统超流量超压力冲击十分重要，因此在高压泵启动后应缓慢打开高压泵出口进水控制阀均匀升高



陶氏 FILMTEC™膜元件 >>>美国原装进口膜元件

6. 安装与操作管理

浓水流量至设计值，升压速率应低于每秒 0.07 MPa (10 psi)。

- 10) 在缓慢打开高压泵出口进水控制阀的同时，缓慢地关闭浓水控制阀，以维持系统设计规定的浓水排放流量，同时观察系统产水流量，直到产水流量达到系统设计值，这样系统的回收率就不会超过设计值，检查系统运行压力，确保未超过设计上限。
- 11) 检查所有化学药剂投加量是否与设计值一致，如酸、阻垢剂和焦亚硫酸钠(亚硫酸氢钠)，测定进水的 pH 值。
- 12) 检查浓水朗格利尔饱和指数(LSI)或斯迪夫 - 大卫稳定指数(S&DSI)，这些指数由测量浓水 pH 值、电导、钙硬度和碱度并经适当的计算求得。
- 13) 检测每一支压力容器产水电导值，分析有无不符合预期性能的对压力容器，判断是否存在膜元件和压力容器“O”型圈的泄漏或其它故障。
- 14) 确认机械和仪表的安全装置操作合适。
- 15) 让系统连续运行 1 小时。一旦产水合格后，先打开合格产水输送阀然后关闭产水排放阀，向后续设备供水。
- 16) 记录第一组所有运行参数。
- 17) 上述系统参数调节一般在手动操作模式下进行，待系统稳定后将系统转换成自动运行模式。
- 18) 在连续操作 24 ~ 48 小时后，查看所有记录的系统性能数据，包括进水压力、压差、温度、流量、回收率及电导率。同时对进水、浓水和总系统产水取样并分析其离子组成。此时的系统运行参数作为系统性能的基础。
- 19) 比较设计参数与系统实际性能参数。
- 20) 在步骤 16) ~ 18)获得的初始性能资料将作为今后评估系统长期性能稳定性的参考标准，在投运第一周内，应定期测量系统性能，确保系统在该初始投运重要阶段处于合适的性能范围内。

6-2.2.4 膜初始性能和稳定性能

RO/NF 系统性能从启动的初始状态上升到稳定状态所需时间取决于膜元件贮存的条件，正确存放的干元件和有保护液的湿元件，经过几小时或几天的操作之后就会达到稳定的系统性能，通常湿元件产水量一投运就能很快达到稳定状态，而干元件起始产水量略高，FILMTEC 膜元件的脱盐率在投运初期几小时或几天内将不断升高，然后处于长久的稳定状态，湿元件比干元件的脱盐率进入稳定状态要快。

6-2.2.5 特殊系统启动 - 两级反渗透系统

当首次启动两级系统时，第一级系统必须连续运行至少 24 小时以上，然后第一级的产水才能向第二级系统供水，否则将有可能出现第二级产水量的下降。两级进水的 pH 值必须根据脱盐率调节到最佳值，对于合适的苦咸水水源，采用两级 BWRO 膜系统，可使系统总产水的电导率达到 $<1\mu\text{s}/\text{cm}$ 。

6-2.2.6 特殊系统启动 - 热消毒反渗透系统

新型热消毒元件在与热水接触之前，必须对该元件进行性能的预整定，其方法如下：

- 1) 在低压低产水量的条件下，采用合适的进水*冲洗热消毒膜元件。



陶氏 FILMTEC™膜元件 >>>美国原装进口膜元件

6. 安装与操作管理

- 2) 在膜进水与产水间跨膜压差小于 1.7bar(25psi)而最大进水压力又小于 3bar(45psi)的低压下，用温度不高于 45°C 的温水循环处理。
- 3) 继续向系统引入热水，直至温度达到 80 °C。
- 4) 当水温高于 45 °C 时，应维持膜两侧的跨膜压差小于 1.7bar(25psi)。
- 5) 维持上述温度进行系统保温 60 ~ 90 分钟。
- 6) 让系统自然冷却到 45 °C 以下。
- 7) 在膜进水与产水间跨膜压差小于 1.7bar(25psi)而最大进水压力又小于 3bar(45psi)的低压下，用合格进水冲洗元件。 **

* 在膜预整定期间，必须使用的合格进水为不含余氯、无结垢及污堵的水质，最好使用 RO 产水，亦可以采用预处理合格产水。

** 必须在膜元件冷却到 45 °C 以下进行这一步的操作。

6-2.3 日常启动

膜系统一旦开始投运，理论上讲应以稳定的操作条件连续地操作下去，而事实上，必须经常性的启动和停止膜系统的运行，每一次的启动和停止，都牵涉到系统压力与流量的突变，对膜元件产生机械应力。因此，应尽量减少系统设备的启动和停止的次数，正常的启动、停止过程也应该越平稳越好，启动的方法原则上应与首次投运的步骤相同，关键在于进水流量和压力的上升要缓慢，尤其是海水淡化系统。

日常启动顺序常常由可编程序控制器和远程控制阀自动实现的，但要定期校正仪表、检查报警器和安全保护装置是否失灵、进行防腐和防漏维护。

6-2.4 运行记录

6-2.4.1 引言

所有与系统有关的资料都必须收集、记录和建档以便追踪RO/NF单元装置的性能。除了用于追溯系统性能之外，运行数据记录表还是发现并排除故障的有效工具之一，也根据保证条款下申请质保的依据之一。本节仅作为一般的指导，不能作为取代具体系统应有的详细操作维护手册，现场操作参数的记录保存还需视当时的情况而定。

6-2.4.2 开机报告

- 1) 以流程图和仪器、设备及材料清单来表示水源，预处理系统，RO/NF系统排列结构和后处理系统，提供一个完整全面的RO/NF系统介绍。
- 2) 按6-2.2.2启动检查一节所列的**开机前检查事项**逐项记录检查结果。
- 3) 根据制造商的建议提供各种仪表的校正曲线。
- 4) 根据如下的表格记录预处理系统和RO/NF系统的起始性能。

6-2.4.3 预处理运行参数记录

因为 RO/NF 系统性能主要取决于预前处理操作是否合理，预处理仪器设备的运行特性必须记录下来，因为预处理的工艺因地制宜，无法建议统一的记录表格，一般而言，需记录以下各项：



陶氏 FILMTEC™膜元件 >>>美国原装进口膜元件

6. 安装与操作管理

- ❖ 每天记录进水中总余氯浓度。
- ❖ 每天两次记录任何井水或增压泵的出水水压。
- ❖ 每天两次记录所有过滤器的压降。
- ❖ 每天测量酸及任何其他化学药品的消耗量。
- ❖ 至少每 3 个月一次根据制造商建议的方法校正各种预处理仪表。
- ❖ 任何不正常的操作，如故障或停机等。

6-2.4.4 膜系统运行参数记录

以下参数需监测并记录在合适的记录表上(如下表所示)，每班至少一次。

- ❖ 操作日期、时间及系统运转时数。
- ❖ 保安过滤器与每一段压力容器(膜组件)前后的压降。
- ❖ 每一段进水、产水与浓水压力。
- ❖ 每一段产水与浓水流量。
- ❖ 每一段进水、产水与浓水的电导度，每周测量一次每支压力容器的产水电导率。
- ❖ 每一段进水、产水与浓水的含盐量 TDS，可由水质化验分析获得，也可电导率 $EC_{25}(25^{\circ}C)$ 与恰当的换算系数 K 进行计算。
$$TDS=K*EC_{25}$$

具体水源的换算系数 K 必须预先标定，下表为典型的换算系数 K 值。

溶 液	EC_{25}^{\ddagger} (ms/cm)	K 值
产 水	0.1 ~ 1	0.50
	30 ~ 80	0.55
海 水	4,500 ~ 6,000	0.70
浓 水	6,500 ~ 8,500	0.75

[‡] EC_{25} 不含溶解性 CO_2 对电导的贡献。

- ❖ 进水、产水和浓水的 pH 值。
- ❖ RO/NF 进水 SDI 和浊度值。
- ❖ 进水水温。
- ❖ 当浓水 TDS 小于 10,000mg/L 时，最后一段浓水的朗格利尔饱和指数 LSI 值，或当浓水 TDS 大于 10,000mg/L 时，最后一段浓水的斯迪文 - 大卫稳定指数 S&DSI 值。
- ❖ 根据制造商建议的方法与周期作仪表的校正，每三个月至少一次。
- ❖ 任何不正常的事件，例如 SDI_{15} ，pH，压力的失常及停机。
- ❖ 起动时及其后每星期对进水、产水、浓水和水源原水作完整的水质分析。



陶氏 FILMTEC™膜元件 >>>美国原装进口膜元件

6. 安装与操作管理

		设计值										
	日期											
	时间											
	运行小时数											
	第一段进水											
压力 (bar)	第二段进水											
	产水											
	浓水											
	保安滤器											
压差 (psi)	第一段											
	第二段											
流量 (m³/h)	进水											
	产水											
	浓水											
电导率 (µs/cm)	回收率											
	进水											
	第一段产水											
	第二段产水											
	总产水											
	第一段浓水											
	第二段浓水											
	混合浓水											
pH 值	原水水源											
	进水											
	产水											
	浓水											
进水	余氯(mg/L)											
	SDI ₁₅											
	浊度(NTU)											
	温度(°C)											
氧化剂	计量箱液位											
	补充量											
	浓度											
	投加量 L/h											
絮凝剂	计量箱液位											
	补充量											
	浓度											
	投加量 L/h											
加酸	计量箱液位											
	补充量											
	浓度											
	投加量 L/h											
还原剂	计量箱液位											
	补充量											
	浓度											
	投加量 L/h											
阻垢剂	计量箱液位											
	补充量											
	浓度											
	投加量 L/h											
标准化	产水量											
	脱盐率											
	运行压力											
备注												



陶氏 FILMTEC™膜元件 >>>美国原装进口膜元件

6. 安装与操作管理

6-2.4.5 维修保养记录

- ❖ 记录例行维修情况。
- ❖ 记录机械故障和更换情况。
- ❖ 记录任何膜元件安装位置的改变，标记元件的序列号。
- ❖ 记录 RO/NF 装置的更换或增加。
- ❖ 记录所有仪表的校正操作。
- ❖ 记录预处理仪器设备如保安过滤器的更换或增加，包括日期、厂牌及等级。
- ❖ 记录所有 RO/NF 膜元件的清洗操作，包括清洗日期、清洗持续时间，清洗剂及浓度，溶液 pH 值，清洗期间的温度，流量与压力(参见清洗程序介绍)。

6-2.5 调整操作参数

6-2.5.1 引言

任何一个膜系统都是根据预先确定好的一组参数来设计的，如进水组成、水温、产水量和产水水质。在实际操作中，系统必须具备操作弹性以满足条件变化的需要。

6-2.5.2 苦咸水系统

苦咸水反渗透与纳滤系统运行的正确方法是保持产水流量、回收率、总浓水排放量和运行压力符合设计范围，任何由于温度或污染所引起的膜通量的变化需要通过调整进水压力来补偿，然而，不能超过规定的最高进水压力，也不允许让膜容纳太多的污垢，请参见清洗部分的介绍。

如果进水水质分析报告发生变化造成结垢倾向增加，则应增加系统浓水的排放量，降低系统的回收率，或者应该采取其它措施以符合新的系统状况，请参阅水化学和预处理部分的介绍。

最常见的情况是必须根据需要调节水处理系统的产水量。设计时通常按照用水高峰确定系统规模，因此，不能采取超过设计产水量的操作，系统产水量的调节就只能是指降低系统出力。当不需要产水时，最简单的方法就是停止系统的运行，然而系统的频繁启动与停止将会影响膜的性能和寿命，为了得到相对平稳的运行，可设计产水缓冲储罐；减低操作压力是另一种减少系统产水量的方法，此时选用转速可调高压水泵还可以节能。当降低产水量时，如果希望保持系统原有回收率不变，必须经过计算机膜系统分析软件进行核算，确保单支元件的回收率不会超出它们的极限，有时在低产水流量运行期间，系统脱盐率会比设计产水流量运行条件时低，同时您还必须注意在低流量运行时，确保系统的浓水流量超过最小浓水流量。还有一种降低产水量的做法是让多余的产水返回到反渗透或纳滤之前与原水混合，这样可以保证膜的水力学和压力状况基本恒定，这时最终产水品质将会提高，循环返回的产水对膜具有一定的清洗作用。

6-2.5.3 海水淡化系统

从原理上讲，海水淡化工厂的参数调整方式与苦咸水的方式相似，但是 6.9MPa(1,000 psi，有些系统可能允许更高的运行压力)的最大操作压力和产水 TDS 含量常常是制约因素。

当进水温度降低时可由提高运行压力来补偿，一旦接近规定的最高运行压力时，就只能让产水量随进水温度的进一步减低而减低；而进水温度的增加可以通过降低运行压力来维持相同的系统产水量，此时系统产水 TDS 将会



陶氏 FILMTEC™膜元件 >>>美国原装进口膜元件

6. 安装与操作管理

上升；另一种办法是减少投运压力容器的数量，通过降低有效膜面积，进水压力和产水含盐量均可维持恒定，必须经过计算机膜系统分析软件进行核算，保证最大单元件产水量不会超过规定值，取走的压力容器必须与系统隔离并作恰当的保存维护。

当进水含盐量增加时，可通过提高运行压力来弥补产水量的下降，但不允许超过最高膜元件允许操作压力，如果运行压力已经接近上限，但产水量仍没有达到要求，就只能采取减低产水量和系统回收率的操作模式，进水含盐量减低时，可相应减低运行压力，或增加回收率，或增加产水量。

当所需产水量下降时，可以通过设置足够大的产水储罐的缓冲解决。大型水处理工厂通常设计成多套完全相同的系列，通过调节投运系列数量的多少就可满足用户对产水量需要的变化。

6-2.6 系统停机

当停运膜系统时，必须用产水或高品质的进水冲洗整个膜系统，以便将高含盐量的浓水从压力容器和膜元件内置换掉，直到浓水出水电导接近进水电导，冲洗应在约 3.0bar(40psi)低压下进行，高流量有利于提高冲洗效果，但不应使元件或压力容器两端的压差超过最高规定值。

低压冲洗进水中不应含有用于预处理的化学药品，尤其不能含有阻垢剂，因此，冲洗前应停止加药(冲洗采用预处理产水时，为了预处理产水合格，仍需投加降低 SDI，脱除余氯等氧化剂的化学药品)，冲洗结束之后，应完全关闭进水阀，如果浓水排放口低于压力容器，应在高于压力容器的浓水管线上，引入空气破坏虹吸作用。

当高压泵停运而进水和浓水又没有采用低压产水冲洗置换时，高盐度的膜处理系统会因自然渗透出现停机产水回吸，从清洗角度分析，一定程度的产水回吸有利于强迫运行时沉积的污染物从膜面上浮起，但是过量的产水回吸可能会导致复合膜膜片分层，复合层从多孔支撑层上剥离开来，造成膜的复合结构物理破坏。因此，无论何时何地都必须将这类产水回吸通量控制在 $8.5\text{L}/\text{m}^2\text{h}$ (5GFD)以下，特别应该限制在系统浓水端的产水回吸速率，限制产水回吸的实用方法是在产水管线上安装高质量的止回阀。如果存在产水回吸，还须提供足够的产水回吸补充量完成产水回吸，以避免膜元件内吸入空气，关于回吸水箱的尺寸设计请参阅系统设计部分的介绍。

如果产水管线在运行和系统停机时带压，膜元件就可能遭遇静态的产水背压。为了避免膜元件因背压产生膜片复合层的剥离破坏，任何情况下，净背压不得高于 0.3bar(5psi)，应务必在产水管线上设置止回阀或自动排放阀保护膜系统。

除了正常停机外，还存在各种非常突然的意外停机，例如停电或系统因报警等急停，此时尤其应当认真对待上述讨论的产水回吸和背压问题，经验丰富的设计人员与工程公司在设计时总是在设计阶段考虑了各种意外情况下的系统保护。

不同品牌的膜元件能承受这种影响的能力也有很大的不同，选择故障率最小的陶氏 FilmTec 膜元件并配以设计周全保护措施，可以会您的水处理系统高枕无忧。当系统必须停运 48 小时以上时，必须注意：

- ❖ 防止膜元件干燥，元件干燥后会出现产水量的不可逆下降。
- ❖ 采用适宜的保护措施防止微生物滋生或每 24 小时进行定期冲洗。
- ❖ 应避免系统受极端温度的影响。

膜系统不作任何防止微生物生长保护措施的最长停运时间为 24 小时，如果无法做到每隔 24 小时冲洗一次但又必须停运 48 小时以上时，必须采用化学药品进行封存，请参阅下一节的介绍。



陶氏 FILMTEC™膜元件 >>>美国原装进口膜元件

6. 安装与操作管理

6-2.7 系统保存

几乎所有的膜系统在停机保存前应进行一次化学清洗，当了解到膜元件已经存在污染时，先清洗后保存就更为重要。典型的清洗顺序如下：以 pH = 11 的温和碱性清洗液清洗 2 小时，然后进行杀菌和短时酸洗。如果原水中不含结垢和金属氢氧化物成份，可以不进行酸性清洗，具体程序请参阅<<系统清洗与消毒>>。

清洗和杀菌之后，按如下步骤在 10 小时之内进行保存：

- 1) 赶走压力容器内的空气，将元件完全浸泡在 1 ~ 1.5%(wt)亚硫酸氢钠保护溶液中。为使系统内的残留空气最少，应采用循环溢流方式循环亚硫酸氢钠保护液，使最高压力容器开口处产生亚硫酸氢钠保护液的溢流。
- 2) 关闭所有阀门，使系统隔绝空气。否则，空气将会氧化亚硫酸氢钠使保护液失效。
- 3) 每周检查一次保护液的 pH 值，当 pH 低于 3 时，更换保护液；
- 4) 至少每月更换一次保护液。

在停机保护期间，系统必须处于不结冰状态，系统环境温度不得超过 45°C(113°F)。低温条件有利于停机保护。

6-2.8 微生物活动的监控

生物污堵是操作 RO/NF 系统时，最常见且最严重的问题，特别是在使用地面水或有细菌污染的水源，控制微生物的活动尤为重要，适当的设计与操作预处理系统十分必要。

取样和分析过程的训练应作为操作培训的一部份，这样任何微生物活性的增加，在早期时即可处理。

如果 RONF 现场没有分析微生物样品的实验设备，需找寻合适的实验室来做分析工作。若不能在现场分析，样品需先放置在冰箱内，并应在取样 8 小时内，进行分析。

【取样点】

应提供合适的取样点控制微生物，取样点最少需要的数目如下：

- 1) 在加氯之前地表水取水点或井水出水口。
- 2) 在澄清池、沉淀池、活性污泥接触单元或类似沉淀工艺过程之后。
- 3) 在砂滤、多介质过滤、活性炭或其他过滤单元之后。
- 4) 除氯并位于保安过滤器之后。
- 5) 浓水中。
- 6) 产 水 中

取样和分析的次数根据发生生物污堵的风险而定，对使用地表水的系统，上述提到的第 4 取样点应每日检查，其它各取样点则每周取样和分析一次。

【采系统检查】

在启动系统前或可能会出现任何与微生物活动有关的问题时，应作下列检查：

- 若中间使用敞开式的容器时，需在该敞开式的容器及其下游进行杀菌。
- 若中间使用封闭式的容器时，其通气或通风系统须有防止细菌的设备，如呼吸过滤器。
- 需避免较长的盲管，当无法避免时，需定期消毒杀菌。



陶氏 FILMTEC™膜元件 >>>美国原装进口膜元件

6. 安装与操作管理

- 避免设置象砂滤或保安过滤器这样具有大面积的备用设备，若无法避免，需安装排放系统，用于排放系统经杀菌之后所残留的杀菌剂和该备用设备投运前的冲洗排放。
- 根据原水微生物负荷和系统特点，进行预处理的定期杀菌。
- 建议用含足够量氯的水反冲洗介质过滤器。一般而言，用于杀菌、冲洗和配置清洗溶液的水应不含微生物。
- 组成前处理系统的管线、接头、过滤器和贮罐应不透光，以免促进生物的生长。
- 所有管线、水箱、接头、贮罐、过滤设备及整个前处理系统在每次开机前、开机后以及 RO/NF 系统连续操作期间皆需定期杀菌。除 RO/NF 部位外，可采取重点加氯法，此时，需保护 RO/NF 系统免遭氯的接触，如使用盲板法兰将 RO/NF 部分与其他系统隔离，为此还应在靠近法兰下方安装排放装置。
- 在 RO/NF 系统现场需有足够用于保存、清洗及杀菌的化学药品。

6-2.9 系统性能标准化

膜系统的表观性能受进水组成、进水压力、温度和回收率的影响，例如：温度每下降 4°C，产水量就会降低约 10%，但属于正常现象。

为了区分这类正常现象与系统性能真正的变化，应对所实测的产水流量和脱盐率参数进行标准化，就是指在考虑了操作参数的影响后，系统的真实性能与系统基准性能的比较，基准性能可能为该系统的设计性能或最初测量性能。

当以设计(或保证)的系统性能作为基准进行标准化时，对于验证该水处理系统是否已经达到预期(或保证)的性能很有帮助。

当以系统最初测量性能作为基准进行标准化时，对于显示任何性能随时间的变化很有帮助。我们极力推荐这一做法，因为每日记录系统标准化后的数据，就可早期发现潜在的问题(如结垢或污堵)，还可提供更早更有效的纠正措施。

FTNORM 为陶氏化学 FilmTec 公司膜系统运行参数的标准化和直观图示的计算机标准化软件，可进行标准化的参数包括标准化产水流量、透盐量及压降，该软件程序可以从陶氏化学液体分离部网站上下载，也可以与陶氏当地代表处联络。该标准化计算软件需使用微软公司的 EXCEL 软件。另一方法是将测得的系统性能按下列步骤计算将其换算成标准(或基准)状况下的系统性能：

【标准化产水量】

$$Q_s = \frac{P_{fs} - \frac{\Delta P_s}{2} - P_{Ps} - \pi_{fc_s}}{P_{fo} - \frac{\Delta P_o}{2} - P_{Po} - \pi_{fc_o}} \times \frac{TCF_s}{TCF_o} \times Q_o \quad (1)$$

其中	P_f	=	进水压力
	ΔP	=	系统压降
	P_p	=	产水压力
	π_{fc}	=	进水与浓水间平均渗透压
	TCF	=	温度校正系数
	Q	=	产水流量



陶氏 FILMTEC™膜元件 >>>美国原装进口膜元件

6. 安装与操作管理

下标 s = 标准状况下

下标 o = 运行状况下

温度校正系数由下列公式算出：

$$TCF = EXP[2640 \times \{1/298 - 1/(273+T)\}]; \quad T \geq 25^\circ C$$

$$= EXP[3020 \times \{1/298 - 1/(273+T)\}]; \quad T \leq 25^\circ C$$

其中 T = 温度，以 °C 表示

我们以设计值或首次投运报告中的最初性能作为标准状况，以获得一个固定的比较基准点。查阅文献发现可以有不同的公式计算渗透压，以下的估算法简易可靠：

$$\pi_{fc} = \frac{C_{fc} \times (T + 320)}{491000} \quad \text{bar} \quad \text{当 } C_{fc} < 20,000 \text{mg/L}$$

$$\pi_{fc} = \frac{(0.0117 \times C_{fc}) - 34}{14.23} \times \frac{T + 320}{345} \quad \text{bar} \quad \text{当 } C_{fc} < 20,000 \text{mg/L}$$

其中 C_{fc} = 进水与浓水间平均浓度。

C_{fc} 可由下列公式计算：

$$C_{fc} = C_f \times \frac{\ln \frac{1}{(1-Y)}}{Y}$$

其中 Y = 回收率 = $\frac{\text{产水流量}}{\text{进水流量}}$

C_f = 进水 TDS mg/L

【标准化产水浓度 TDS】

$$C_{Ps} = C_{Po} \times \frac{P_{fo} - \frac{\Delta P_o}{2} - P_{Po} - \pi_{fco} + \pi_{Po}}{P_{fs} - \frac{\Delta P_s}{2} - P_{Ps} - \pi_{fcs} + \pi_{Ps}} \times \frac{C_{fcs}}{C_{fco}} \quad (2)$$

其中 C_p = 产水离子浓度，mg/L

π_p = 产水渗透压，bar

【举例如下】

系统初始性能数据

进水水质分析，mg/L

Ca: 200	Cl: 633	产水压力: 1bar(14.5psi)
HCO ₃ : 152	温度: 15°C(59°F)	回收率: 75%
Mg: 61	压力: 25bar(363psi)	产水 TDS: 83mg/L
SO ₄ : 552	压降: 3bar(43.5psi)	
Na: 388	流量: 150m ³ /h(660gpm)	



陶氏 FILMTEC™膜元件 >>>美国原装进口膜元件

6. 安装与操作管理

运行三个月后系统性能数据：

进水水质分析，mg/L

Ca:	200	Cl:	850	产水压力：	2bar(29psi)
HCO ₃ :	152	温度：	10 °C(50 °F)	回收率：	72%
Mg:	80	压力：	28bar(406psi)	产水 TDS：	80mg/L
SO ₄ :	530	压降：	4bar(58psi)		
Na:	480	流量：	130m ³ /h(573gpm)		

初始状况：

$$P_{fs} = 25\text{bar (363psi)}$$

$$\frac{\Delta P_o}{2} = 1.5\text{bar (21.74psi)}$$

$$C_{fs} = 1986\text{mg/L}$$

$$C_{fcs} = 1986 \times \frac{\ln \frac{1}{(1-0.75)}}{0.75} = 3671 \text{ mg/L}$$

$$\pi_{fcs} = \frac{3671 \times (15 + 320)}{491000} = 2.5\text{bar (36.3psi)}$$

$$TCF_s = \text{EXP}[3020 \times \{1/298 - 1/(273 + 15)\}] = 0.70$$

运行三个月后状况：

$$P_{fo} = 28\text{bar (406psi)}$$

$$\frac{\Delta P_o}{2} = 2.0\text{bar (29psi)}$$

$$C_{fo} = 2292\text{mg/L}$$

$$C_{fco} = 2292 \times \frac{\ln \frac{1}{(1-0.72)}}{0.72} = 4052 \text{ mg/L}$$

$$\pi_{fco} = \frac{4052 \times (10 + 320)}{491000} = 2.72\text{bar (39.4psi)}$$

$$TCF_o = \text{EXP}[3020 \times \{1/298 - 1/(273 + 10)\}] = 0.58$$



陶氏 FILMTEC™膜元件 >>>美国原装进口膜元件

6. 安装与操作管理

这些数值代入方程式(1)可得到相对于首次投运同等条件下的标准化产水量：

$$\begin{aligned} Q_s &= \frac{25 - 1.5 - 1.0 - 2.5}{28 - 2.0 - 2.0 - 2.72} \times \frac{0.70}{0.58} \times 130 \\ &= 147.6 \text{ m}^3 / \text{h} \quad (650 \text{ gpm}) \end{aligned}$$

与首次开机时的状况相比，该系统产水量已下降了 1.6%，就三个月的运行而言，这一结果相当令人满意，因此系统尚不需要化学清洗。

这些数值代入方程式(2)可得到相对于首次投运同等条件下的标准化产水浓度 TDS：

$$\begin{aligned} C_{Ps} &= 80 \times \frac{28 - 2 - 2 - 2.72 + 0.06}{25 - 1.5 - 1 - 2.5 + 0.05} \times \frac{3671}{4052} \\ &= 77 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

与投运初期的 83mg/L 产水含盐量相比，系统脱盐率稍有提高，该情形在初期投运期间相当普遍。