

反渗透和纳滤膜元件结构和使用注意事项

膜元件结构详细

卷式 RO 和 NF 的结构如图 1。

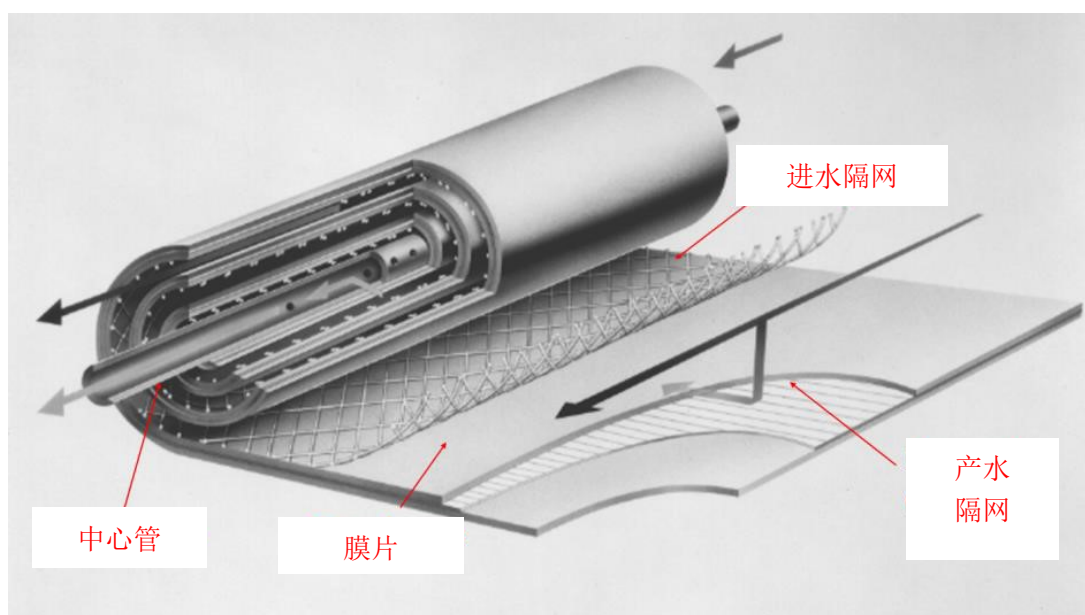
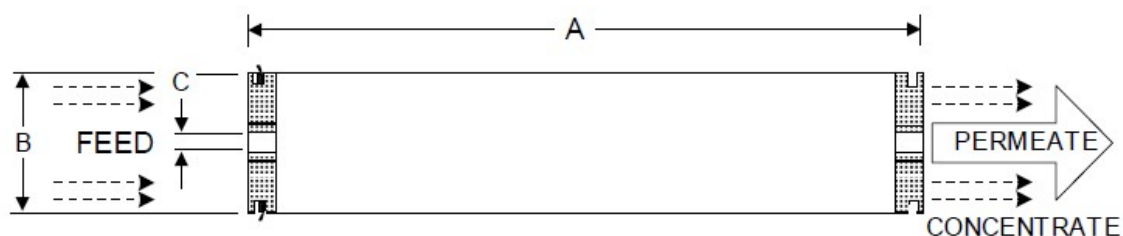


图 1 卷式膜元件结构

最常见的膜元件是 8 寸膜元件：8 英寸直径，40 英寸长度。尺寸图请见表 1。

表 1 8 寸膜元件尺寸

A, inches (mm)	B, inches (mm)	C, inches (mm)
40.0 (1016)	7.89 (200)	1.125 (28.6)



因为制造中有通用范围，膜元件长度会略有误差。压力容器的尺寸应该考虑“+/-”范围。膜元件长度的具体范围，请联系美国海德能公司技术部门。

不同产品的膜元件重量见下表 2。每支膜元件的重量会有所不同，因为使用的材料密度不同。LD 技术膜元件采用 34mil 厚度进水隔网，因此重量比采用标准隔网的 MAX 膜元件重量轻。SWRO 膜

元件的产水隔网更致密，因此 SWRO 膜元件比同类型 BWRO 更重一些。

另外，重量不是准确数值，典型情况是正负偏差 1kg。主要是因为里面有水。沥干膜需要较长时间，因此重量可能会偏差超过 1kg。请注意从工厂运出的膜元件，含水量比运行后放置沥水的膜元件低，因为在工厂里采用机械方法来加快沥水过程。

重量经常用来做为判断膜元件污染物量的参考值。我们不能只比较沥干的膜元件与下表中数值，而是应该比较有污染并沥干的膜元件与干净的过水后再沥干的膜元件差值。如果没有干净的膜供对比，我们建议采用下表值+1kg 做参考值。

膜元件种类	重量 (kg)
8040 BWRO -LD	12.5
8040 BWRO-MAX	13.5
8040 SWRO-LD	13.5
8040 SWRO-MAX	14.5

请注意我们还出售很多其它产品，关于这些膜元件的情况，请联系美国海德能技术部门。

运行和使用注意事项

聚酰胺膜元件进水中的游离氯或其它氧化剂

在任何时候，进水中不能含有游离氯或其它氧化剂。即使很低的余氯或其它氧化剂浓度也会造成膜元件不可修复的氧化损坏。因此，运行人员必须确保没有任何氧化剂进入 RO 系统。为避免膜元件被氧化，美国海德能公司建议在 RO/NF 系统的进水处安装有 ORP 表计，以便于随时监测氧化性物质的浓度。除了废水回用的项目中采用不高于 5ppm 氯胺之外，ORP 的读数应一直低于 300mV；或者为了保持稳定运行，应在现场测试并确定没有氧化性物质的最高 ORP 值。如果 ORP 高于报警设定值，运行人员应该接到报警信号，并采取相应措施，例如投加 SBS（亚硫酸氢钠）或增加 SBS 的投加浓度。海德能推荐测试残余 SBS，以确认没有余氯且减少 SBS 过量投加，残余 SBS 目标值为 1-2mg/L。如果 ORP 超过最高点，系统应立即停机，直到 ORP 降至安全值以下后才能重新运行。请向系统集成商咨询其它去除膜系统进水中游离氯的方法。

根据进水种类和 pH 值的不同，ORP 值会变化，例如下图。不同水在同样 pH 值时，ORP 值也可能不同。例如海水 pH 值 7 时，ORP 为 200 mV；但 RO 产水 ORP 为 400 mV。在 pH5 时，两种水的 ORP 值都更高。在现场设定 ORP 报警值时，建议先验证余氯为 0 时的 ORP 值。

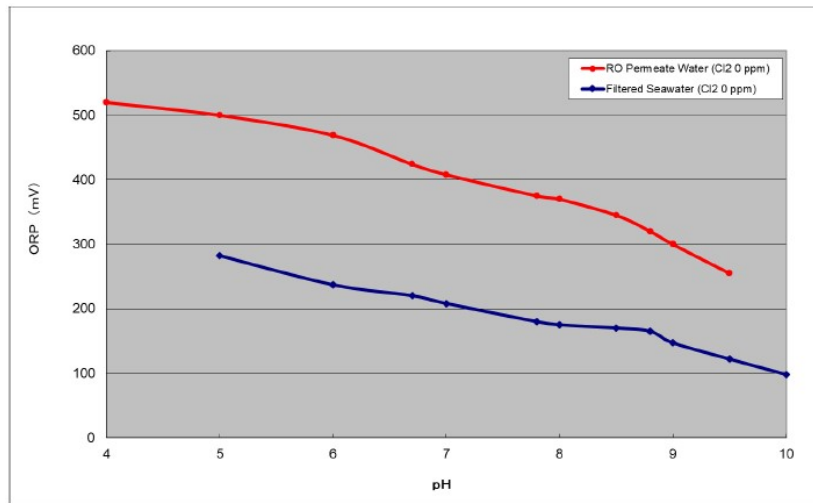


图 2 无余氯时 RO 产水和过滤后海水的 pH 与 ORP 值关系图

有研究表明过量投加 SBS 能导致聚酰胺膜氧化。Sommariva et al. 曾报告某厂使用 SBS 来还原氧化物物质时聚酰胺膜元件发生了氧化 (Sommariva, C., et al. (2012). IDA J. 脱盐与水回用 4(2), 40-44)。他们得出过量投加 SBS 会导致膜元件快速氧化且脱盐率降低的结论。特别地，他们发现除了过量的 SBS 之外，还有高 pH 值和过渡金属的存在。因此，用户应注意投加足够 SBS 来防止膜元件氧化，但不能过量投加 SBS。

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

0 型圈和浓水密封圈的润滑

在任何时候，不允许使用石油类或菜油基的润滑剂用于润滑产水中心管 O 型圈、适配器 O 型圈和浓水密封圈。可以用的润滑剂为甘油、硅基 Molykote III, 或其它不含烃基的硅基润滑剂。有些膜元件中心管和连接器使用塑料材料，受化学物质影响会膨胀、软化、裂纹、破裂，从而导致膜元件损坏。

产水背压防止

膜元件在任何时候都不能受到背压，即产水侧静压不能超过进水侧静压。关机时膜元件也不能有背压。

膜系统处于任何状态时，包括正常运行、清洗、启动前冲洗、停机前冲洗等，膜元件产水管路的阀门不能关闭。

在上述状态下关闭产水管路阀门，会对膜系统中靠近阀门部位的膜元件造成不可修复的损坏，导致系统脱盐率的明显下降。

注意：当系统经冲洗后停用期间，产水阀门在系统停机状态下可以关闭，以隔绝空气。在系统重新启动运行前，产水阀门和浓水阀门必须完全开启。

请参见技术服务公告 TSB118。

浓水阀门调节系统回收率

在系统启动时，浓水阀门必须在全开位置。系统启动后，可调节浓水阀门达到设定的系统回收率。**严禁浓水阀处于关闭状态时启动设备。**

注意：系统回收率的设定应遵循 美国海德能设计软件 IMSDesign 的设计结果。

进水中颗粒物

在任何时候，进水中不能有可以聚积在膜表面并且造成膜表面机械损伤的颗粒物。这些有害颗粒物来自于启动前管路清洗不彻底；进水管路中泵、管道、阀门、传感器的金属腐蚀；预处理运行不佳；5 μm 保安过滤器的旁路等。研究表明这些颗粒物会在膜片与进水隔网上堵塞。进水隔网的摆动会把颗粒物推向膜并刮擦膜表面（图 3）。这样常常会带来机械损伤，进水会漏到膜产水侧。这些颗粒物尺寸在 6-100 μm ，其导致的磨损示例如图 4。这种损伤常见的表现是产水量仅少量上升，但脱盐率大幅下降；这是因为含盐量高的进水漏到产水侧。用户应遵循美国海德能建议的调试相关技术文件或咨询美国海德能技术运行人员。

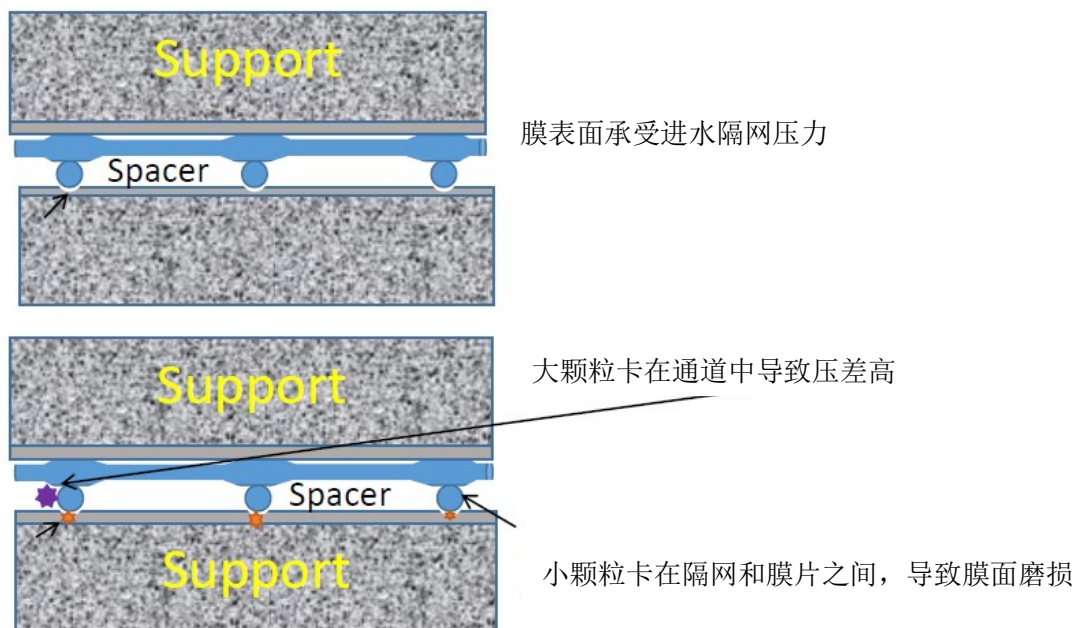


图 3 颗粒损坏 RO 膜示意图

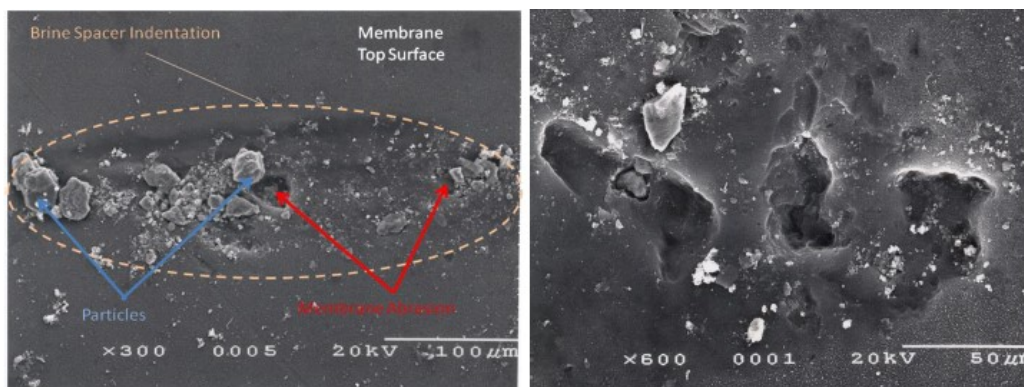


图 4 被颗粒物擦伤的膜表面

系统加压速度

RO 系统加压必须控制速度。如果系统加压速度过快，会造成膜元件机械损伤，包括玻璃钢外表面的破裂，和高速加压形成的轴向压力造成的膜压缩变形；甚至会因为膜元件内部与膜元件外壳的瞬时压差，造成玻璃钢外壳的爆裂。为确保膜元件不受损害，美国海德能公司建议 RO 系统加压速度不超过每秒 10psi (0.69bar)。

系统降压

除非紧急情况，不能直接停止高压泵来停止 RO 系统。在停止高压泵之前，应该先降低压力：

- 如果系统有变频器，先把变频器数值降低到最小频率，然后停止高压泵。
- 如果系统没有变频器，把高压泵出水调到几乎接近关闭状态，然后停止高压泵。

如果系统有能量回收装置（如 ERI PX 或 DWEER），应降低能量回收的压力，直到进水压力接近于进水渗透压，然后停止高压泵。这么做是因为能量回收系统有类似流量通过高压出口（RO 进水）和高压入口（RO 浓水）。当压力低于渗透压，系统将不能降压，即使高压泵已关闭。这种情况下的系统降压，要通过让能量回收装置的增压泵运行较长时间（压力下降很慢），或用排气阀降压。

适配器和内插式连接管位置

所有压力容器都容许一定的长度偏差，以适用膜元件长度的偏差。压力容器的长度在运行时膨胀也会略有变化。因此，安装膜元件时应确保充分插入到膜中心管中，且采用垫片来填充膜壳和膜元件的长度间隙。如果还有间隙，会造成端板适配器 O 形圈和连接管的过早磨损，使膜元件与端板连接不当，或造成产水中心管的损坏。压力容器膨胀可能发生在运行中，一些部件可能受到压缩，因此系统投运后几周或几个月后需要再次检查压力容器和膜元件之间的间隙。

最后一个 O 形圈和中心管沉孔底边的距离推荐值为 19mm(图 5)，不能超过 25mm。在高温和高压运行时，此数值非常重要，因为中心管壁受到额外的压力会导致中心管的过早磨损。加入垫片来填充间隙可以确保实现上面的数值（参见 TSB109）。一般 O 形圈在摩擦后会在中心管表面留下印记，因此可以通过看中心管上的黑色印记的位置来判断适配器的插入位置（图 5）。

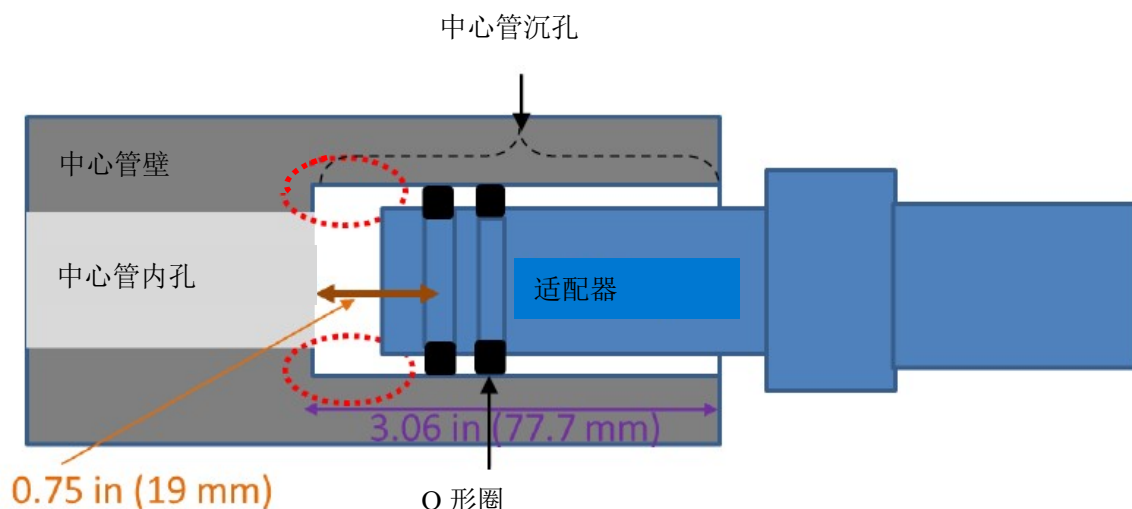


图 5 适配器与中心管连接正确位置

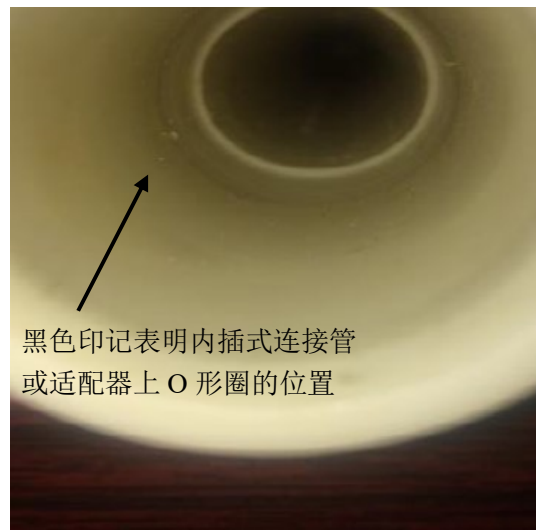


图 6 O 形圈位置在中心管有黑色印记

高温、高压下的安全运行

膜元件是由塑料制成的，在某些高温高压条件下运行会发生塑料蠕变。在高温且高压条件下，反渗透膜中的聚砜多孔支撑层（见图 7a）可能会受到压缩，减小此层的孔隙，使透水率下降，最终导致复合膜产水能力下降，在常温 25℃时要达到预定产水量所需的压力上升。高温还能使膜更致密，导致产水量下降、脱盐率上升。对于膜元件结构，高温和高压结合会造成产水隔网塌陷，膜压到产水隔网通道（见图 7b）。这些影响会导致膜元件产水侧阻力增大，压降上升，使膜元件在标准测试条件下要达到额定产水量时需要更高压力。

美国海德能公司建议客户按照图 8 的温度—压力极限来运行系统。此图表给出了在各个温度下的最高运行压力。膜元件的最高运行温度为 45℃，但是有最高压力限制。如果 RO 膜要在 40℃ 以上的温度下运行，请先向美国海德能公司的相应技术人员咨询安全运行的方法。

重要注意： RO 膜在超出这些限制值运行时可能会导致产水中心管破裂和机械破损（见图 9）。这种情况下，会突然有一股进水流入膜产水侧。如果高压泵不马上停止，膜元件产水侧可能会遭受到高压。应避免这类严重安全问题。如果需要在高温且高压条件下运行，请联系美国海德能技术人员咨询强度更高的产水中心管。

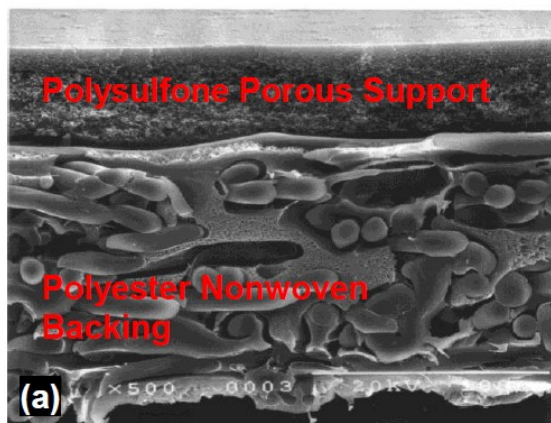
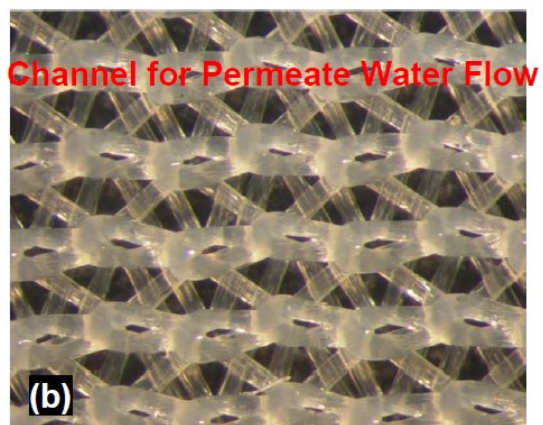


图 7 (a)放大的典型聚酰胺复合膜结构



(b)水通道可见的产水隔网附视图

最高进水压力 VS 温度 曲线图

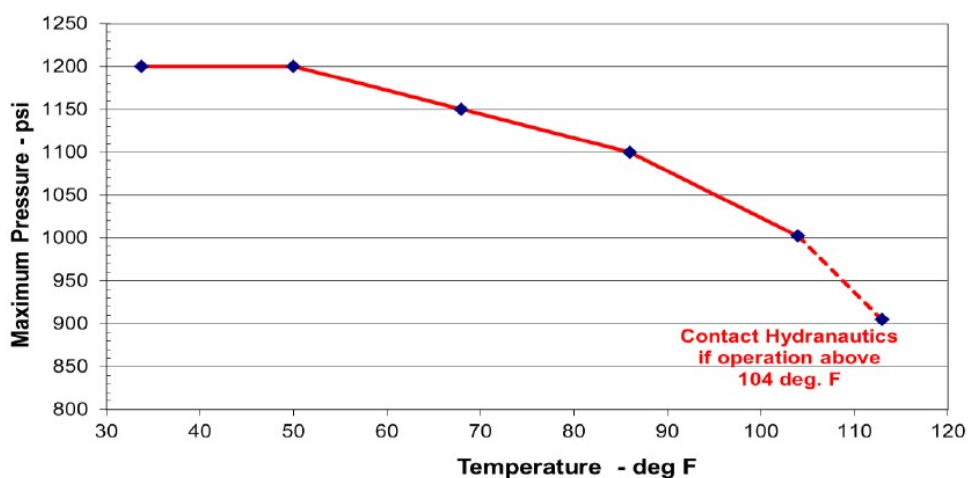


图 8a ABS/GF 中心管海水膜元件的最高运行压力(PSI) 与温度(°F) 关系图

最高进水压力 VS 温度 曲线图

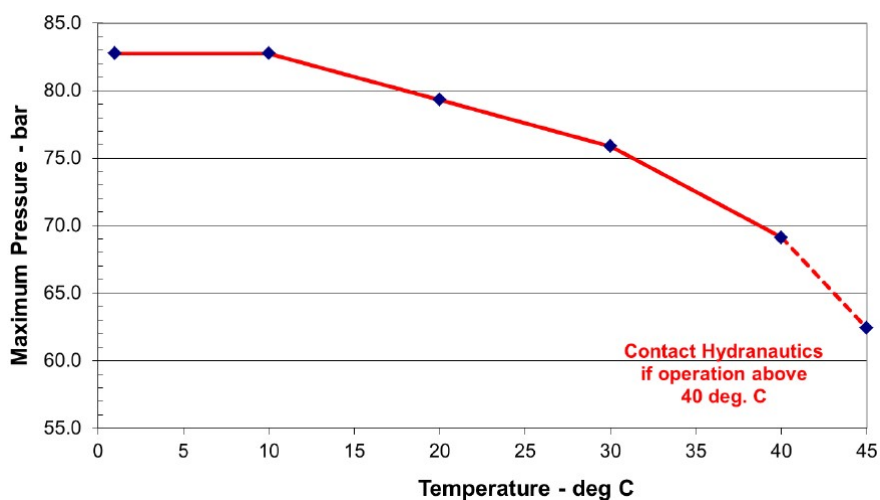


图 8b ABS/GF 中心管海水膜元件 的最高运行压力(bar)与温度(°C)关系图



图 9 产水中心管破裂和机械损坏照片

自 2018 年 3 月起, 海水淡化膜元件开始使用 PPO 中心管, 替代以前美国海德能公司常用的 ABS+GF 中心管。ABS+GF 中心管用于膜元件卷制已很多年, 其强度高、化学品耐受性好、不会析出污染产水的化学物质。此次改动是为了满足在更高温度和压力下处理高含盐水的申请需求。以前, 我们严格限制 RO 系统的运行条件, 如上面图 10 所示。改成 PPO 中心管之后, SWRO 产品的应用温度/压力限制可以提高, 使系统运行更具灵活性(图 10)。

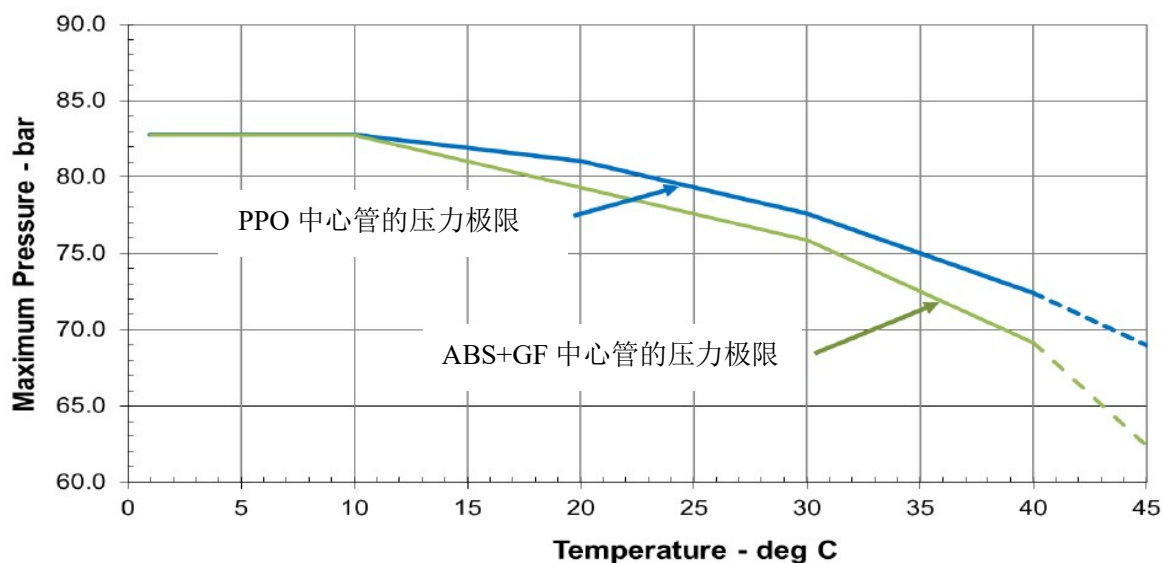


图9 不同材料中心管最高耐压和温度关系对比图

新的 PPO 中心管与以前的 ABS/GF 中心管尺寸完全一样，并可以实现互换。在更高温度下的强度很高之外，PPO 不会析出化学物质，与高盐水相兼容。然而，PPO 材料对于石油产品和菜油更敏感，因此这些物质在任何情况下都不能用于中心管的润滑剂，具体请见上面相关内容和 TSB122 中的说明。

* BWRO 采用 ABS 中心管，运行压力不能超过 4.14MPa。