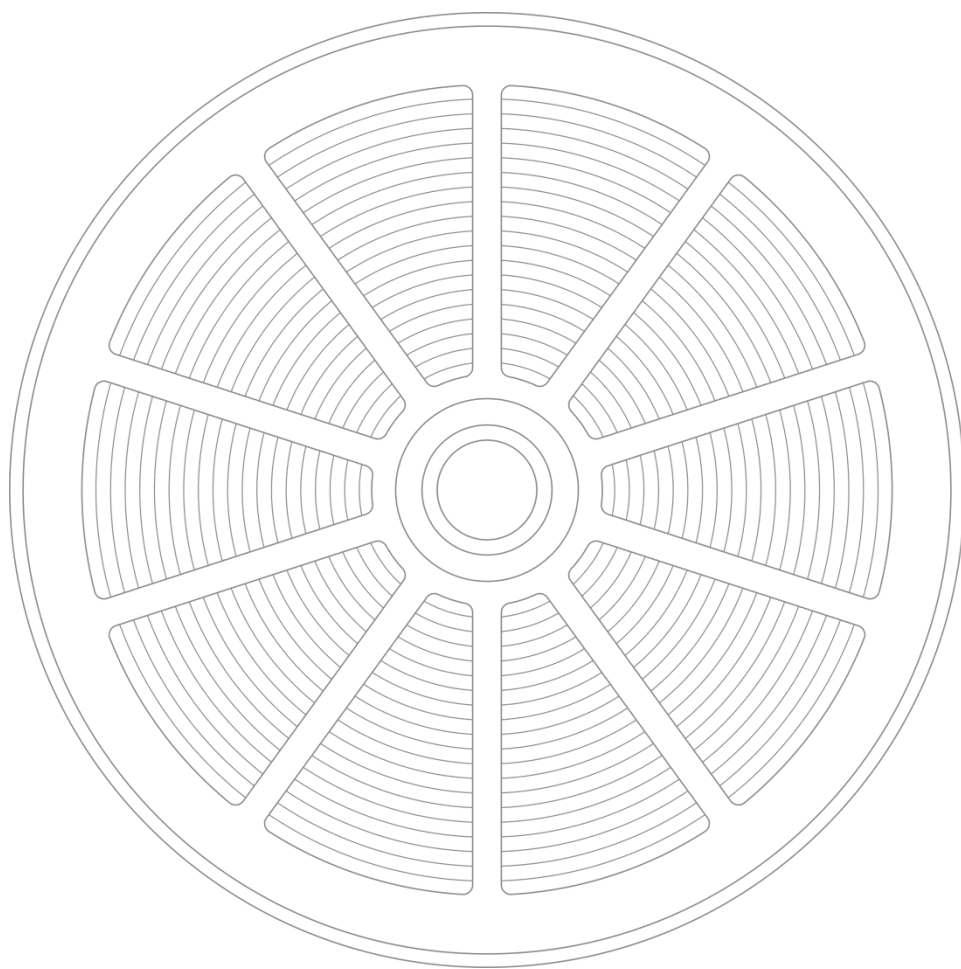


RO/NF工业卷膜 产品手册



成都美富特膜环保科技有限公司

(2026版)

说 明

本手册旨在为您提供RO/NF工业卷膜产品的详细技术参数、安装指导及维护规范。请在使用前仔细阅读，以确保产品性能得到最佳发挥并延长使用寿命。当您开始使用我公司的膜产品时，我认为您已经认真阅读了本手册。本手册是根据本产品的实际项目运用结果所制定。如果有理解不清楚的地方，请及时与成都美富特膜环保科技有限公司联系，以免对贵公司的生产造成影响！

目 录

第一章 产品特点与性能规范	1
第1节 膜元件简介	1
第2节 膜元件分类	1
第3节 膜元件型号命名一览表	2
第二章 产品选型指南	10
第三章 系统设计	11
第1节 设计基础资料	12
第2节 预处理设计建议	18
第3节 反渗透系统设计	25
第四章 产品保存与运输	29
第1节 干式膜元件和湿式膜元件差异	29
第2节 干式膜元件使用注意事项	30
第五章 安装、运行与维护	31
第1节 膜元件的安装与拆卸	31
第2节 膜元件的运行	33
第3节 膜元件的维护	41
第六章 故障诊断与排除	47
第1节 常见故障诊断	47
第2节 故障排除	52
第3节 其他故障及排除	54
第七章 典型应用案例	55

第一章 产品特点与性能规范

第1节 膜元件简介

美富特膜元件采用螺旋卷式结构，简称卷式膜元件。其主要由复合膜、产水格网、进水格网、产水收集管及ATD端盖等构成。与其他元件结构，如管式、板式和中空纤维式相比，卷式结构具备水流分布均匀、抗污染能力强、更换成本低、外部管路简洁、便于清洗维护以及设计灵活性大等诸多优势，成为当前主流的膜元件结构形式。依据卷式膜元件的应用场景和使用条件差异，美富特卷式膜元件分为多种不同型号。

第2节 膜元件分类

美富特常规卷式反渗透（RO）与纳滤（NF）膜元件，在大中小型水处理系统中具有广泛应用。无论是处理苦咸水还是海水，其凭借卓越的脱盐性能、较高的产水量、较低的运行压力以及较长的使用寿命，被业界公认为膜法水处理最为经济且有效的核心部件。

美富特膜元件具备不同型号，各型号对应不同的应用场景与使用条件：

- | | |
|----------|------------|
| ◎BW 系列 | 苦咸水反渗透膜元件 |
| ◎SW 系列 | 海水淡化反渗透膜元件 |
| ◎UHP 系列 | 超高压反渗透膜元件 |
| ◎NF 系列 | 纳滤膜元件 |
| ◎HPNF 系列 | 高压纳滤膜元件 |

第3节 膜元件型号命名一览表

BW-8040-400/34



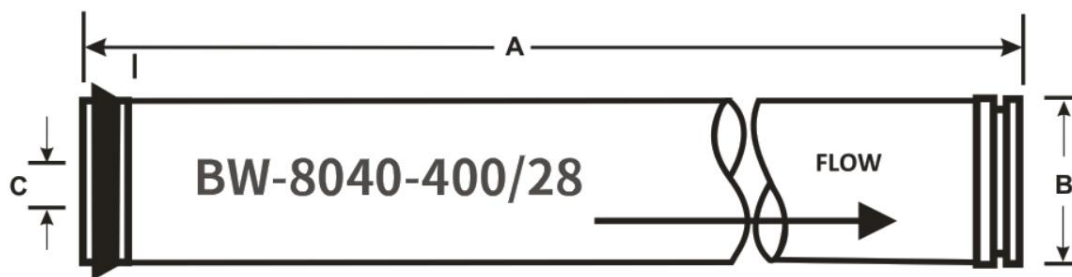
注：HRLE代表高脱盐低能耗膜元件,HRFR代表高脱盐抗污染膜元件。

3-1 膜元件性能参数简表

范围	膜元件类型	膜型号	有效膜面积 ft ² (m ²)	产水量 gpd (m ³ /d)	最低脱盐 率%	稳定脱盐 率%	测试压 力psi	测试液浓度 NaCl (mg/L)	回收率 (%)
海水淡化	高脱盐	SW-8040-400HRLE/28	400 (37)	7,500 (28.4)	99.60	99.80	800	32000	8
	低能耗	SW-4040HRLE/28	82 (7.6)	1,500 (5.7)	99.60	99.80	800	32000	8
	高脱盐	SW-8040-370HRFR/34	370 (34)	6,700 (25.4)	99.60	99.80	800	32000	8
	抗污染	SW-4040HRFR/34	76(7.1)	1,300 (4.9)	99.60	99.80	800	32000	8
浓缩	超高压	UHP-8040-330/34	330 (30.7)	5000 (18.9)	99.20	99.50	800	32000	8
工业级苦咸水	抗污染	BWFR-8040-400/34	400 (37)	10,500 (40)	99.35	99.50	225	2000	15
		BWFR-4040/34	85(7.9)	2,600 (9.8)	99.35	99.50	225	2000	15
苦咸水	低压	BW-8040-400/28	400 (37)	10,500 (40)	99.35	99.50	225	2000	15
		BW-4040/28	94(8.7)	2,600 (9.8)	99.35	99.50	225	2000	15
纳滤	NF150	NF150-8040-400/34	400 (37)	9,500 (36.0)	/	≥99	100	2,000mg/l MgSO ₄	15
		NF150-4040/34	85(7.9)	1,800 (6.8)	/	≥99	100	2,000mg/l MgSO ₄	15
	NF270	NF270-8040-400/34	400 (37)	12,500 (47.3)	/	≥98	100	2,000mg/l MgSO ₄	15
		NF270-4040/34	85(7.9)	2,300 (8.7)	/	≥98	100	2,000mg/l MgSO ₄	15
	高压	HPNF150B-8040-330/34	330 (30.7)	7,400 (28)	/	≥98	110	2,000mg/l MgSO ₄	15

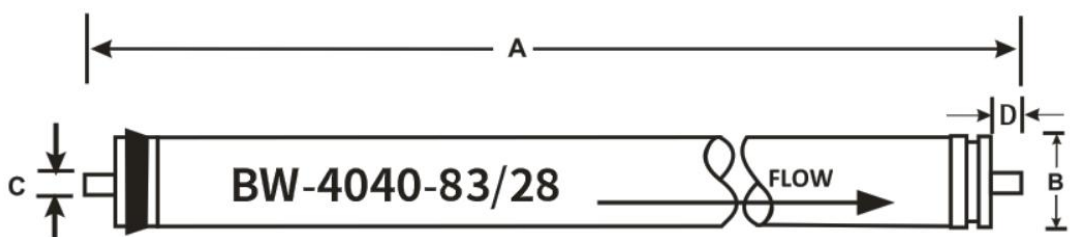
3-2 膜元件外观尺寸

8040膜元件:



A/mm(inch)	B/mm(inch)	C/mm(inch)
1016 (40)	201 (7.9)	29 (1.125)

4040膜元件:



A/mm(inch)	B/mm(inch)	C/mm(inch)	D/mm(inch)
1016(40)	99.7(3.9)	19.1(0.75)	26.7(1.05)

3-3 苦咸水膜元件

产品描述:

BW系列（苦咸水）反渗透膜元件主要用于苦咸水脱盐，具有运行压力低、产水量大、脱盐率高，性能稳定等特点，适用于地表水、低含盐量的地下水等，可用于生活饮用水净化，电子、电力等领域的纯水制备。从而降低相关的泵、管路、容器等设备的投资费用和反渗透系统的运行费用，提高经济效益。

产品具备以下优势:

- ◎运行能耗低，在保证高产水量的同时具备较高的脱盐率
- ◎膜片采用无氧化处理工艺，保证了膜的稳定性和使用寿命
- ◎能适应大部分地区的水质条件及温度环境

BW 系列（苦咸水）反渗透膜元件规格及主要性能:

膜元件型号	有效膜面积 ft ² (m ²)	进水格网 mil (mm)	产水量 GPD (m ³ /d)	稳定脱盐率 %	最低脱盐率 %
BW-8040-400/28	400 (37)	28 (0.71)	10500 (40)	99.5	99.35
BW-4040/28	94(8.7)	28 (0.71)	2600 (9.8)	99.5	99.35

测试条件：操作压力 225 psi (1.55 MPa)，2000 mg/L NaCl，温度 25 °C，pH 7.0 ±0.5，回收率 15%。

使用条件：最高操作压力 600 psi (4.14 MPa)

最高进水温度 45°C

最大进水 SDI₁₅ 5

最高进水流量 8040膜元件75gpm (17 m³/h) 4040膜元件16gpm (3.6 m³/h)

进水自由氯浓度 <0.1 mg/L

单支膜元件最大压降 15 psi (0.1 MPa)

化学清洗 pH 范围1-13 运行进水 pH 范围2-11

注：单支膜元件流量可能变动 ±15%

3-4 抗污染膜元件

产品描述:

BWFR-8040-400/34 是一款用于污水（近）零排放及资源化的反渗透膜元件，适用于总溶解固体(TDS)10000mg/L以下的污水处理，主要用于各种规模的污水资源化，特别适用于含少量有机污染物的工业污水、城市污水及微污染水源的处理。

产品具备以下优势:

- ◎膜片亲水改性强，通量大，能耗低。
- ◎膜片表面光滑，近电中性，不易附着污染物。
- ◎特殊结构的宽流道设计，更抗污堵和清洗恢复效果好。
- ◎膜片材料通过特殊改性，抗氧化，使用寿命长。
- ◎膜元件装填密度高，单位体积内有效膜面积大，成本低。

BW 系列（抗污染）反渗透膜元件规格及主要性能

膜元件型号	有效膜面积 ft ² (m ²)	进水格网 mil (mm)	产水量 GPD (m ³ /d)	稳定脱盐率 %	最低脱盐率 %
BWFR-8040-400/34	400 (37)	34 (0.86)	10500 (43.5)	99.50	99.35
BWFR-4040/34	85(7.9)	34 (0.86)	2600 (9.8)	99.50	99.35

测试条件：操作压力225 psi (1.55 MPa)，2000 mg/L NaCl，温度25℃，pH 7.0±0.5，回收率15%。

使用条件：最高操作压力 600 psi (4.14 MPa)

最高进水温度 45℃

最大进水 SDI₁₅ 5

最高进水流量 8040膜元件75gpm (17 m³/h)，4040膜元件16gpm (3.6 m³/h)

进水自由氯浓度 <0.1 mg/L

单支膜元件最大压降 15 psi (0.1 MPa)

化学清洗 pH 范围1-13 运行进水pH范围2-11

注：单支膜元件流量可能变动±15%

3-5 海水淡化膜元件

产品描述:

SW 系列（海淡系列）是针对海水淡化开发的高脱盐率膜元件，在达到标准产水量的同时，可保证长期稳定的高脱盐率。

产品具备以下优势:

- ◎在保证高脱盐率的同时具备高脱硼率。
- ◎增加了皮层厚度和交联度，保障了膜的使用寿命及耐化学性。
- ◎采用短膜页设计，增大有效膜面积的利用率，降低了膜元件的污堵速率。

SW 系列（海淡系列）膜元件规格及主要性能:

膜元件类型	膜元件型号	有效膜 面积 ft ² (m ²)	进水 格网 mil (mm)	产水量 GPD (m ³ /d)	稳定脱盐率%	最低脱盐率%
高脱盐低能耗	SW-8040-400HRLE/28	400 (37)	28 (0.71)	7500 (28)	99.80	99.60
	SW-4040HRLE/28	82 (7.6)	28 (0.71)	1500 (5.7)	99.80	99.60
高脱盐抗污染	SW-8040-370HRFR/34	370 (34)	34 (0.86)	6700 (25.4)	99.80	99.60
	SW-4040HRFR/34	76(7.1)	34 (0.86)	1300 (4.9)	99.80	99.60

测试条件: 操作压力800 psi (5.52 MPa), 32000 mg/L NaCl溶液, 温度25 °C, pH 8, 回收率8%。

使用条件: 最高操作压力 1200 psi (8.28 MPa)

最高进水温度 45°C

最大进水 SDI₁₅ 5

最高进水流量 8040膜元件75gpm (17 m³/h), 4040膜元件16gpm (3.6 m³/h)

进水自由氯浓度 <0.1 mg/L

单支膜元件最大压降 15 psi (0.1 MPa)

化学清洗 pH 范围1-13 运行进水 pH 范围2-11

注: 单支膜元件流量可能变动 ±15%

3-6 超高压膜元件

产品描述:

UHP-8040-330/34 适用于含盐量 70000mg/l 的污水浓缩处理，可将浓水 TDS 值浓缩至 105,000 mg/l，专为进一步减少浓缩水量开发的膜产品，可用于高浓度苦咸水脱盐、发电厂锅炉补给水等各种工业用水处理，也可用于废水再利用、（近）零排放高倍浓缩、食品药物等高附加值物质的浓缩回收等多种应用领域。

产品主要优势包括:

◎采用特殊的元件和膜片设计，可承受120 bar（1740psi）的超高进水压力，实现高倍浓缩。

◎NaCl浓盐水可以浓缩至 105000mg/l。

◎采用高抗污染膜片，延缓运行过程中的产水量衰减，减少清洗次数。

◎34mil进水流道设计，有效避免污堵，降低压力容器压降，提高清洗效率。

超高压膜元件规格及主要性能

膜元件型号	有效膜面积 ft ² (m ²)	进水格网 mil (mm)	产水量 GPD (m ³ /d)	稳定脱盐率 %	最低脱盐率 %
UHP-8040-330/34	330 (30.7)	34 (0.86)	5000 (18.9)	99.50	99.20

测试条件：操作压力800 psi (5.52 MPa)，32000 mg/L NaCl溶液，温度25 °C，pH 8，回收率8%。

使用条件：最高操作压力 1740psi(12Mpa)

最高进水温度 45°C

最大进水 SDI₁₅ 5

最高进水流量 75gpm (17 m³/h)

进水自由氯浓度 <0.1 mg/L

单支膜元件最大压降 15 psi (0.1 MPa)

化学清洗 pH 范围1-13 运行进水 pH 范围2-11

注：单支膜元件流量可能变动 ±15%

3-7 纳滤膜元件

产品描述:

NF有助于工业用户将反渗透浓水的大部分转化为纯净且更易于结晶的盐溶液，从而降低处理成本高昂的反渗透浓缩废液的处理费用。

产品主要优势包括:

- ◎具有高选择性，有较高的单价离子透过率以及较高的二价离子和 COD 截留率，有助于分离出高纯度的盐溶液，同时减少浓缩废水
- ◎具有更高的有效膜面积可使系统规模最多减少 5%的投资
- ◎膜片具有良好的耐受性，确保运行的长期可靠性

纳滤膜元件规格及主要性能:

膜型号	膜元件型号	切割分子量 Da	有效膜面积 ft ² (m ²)	进水格网 mil (mm)	产水量 GPD (m ³ /d)	脱盐率 %
NF150系列	NF150-8040-400/34	150	400 (37)	34 (0.86)	9500 (36.0)	≥99
	NF150-4040/34	150	85 (7.9)	34 (0.86)	1800 (6.8)	≥99
NF270系列	NF270-8040-400/34	270	400 (37)	34 (0.86)	12500 (47.3)	≥98
	NF270-4040/34	270	85 (7.9)	34 (0.86)	2300 (8.7)	≥98

测试条件: 操作压力70psi(0.48MPa)，2000 mg/L MgSO₄溶液，温度25℃，pH7.0±0.5，回收率15%。

使用条件: 最高操作压力 600 psi (4.14 MPa)

最高进水流量 8040膜元件75gpm (17 m³/h) , 4040膜元件16gpm (3.6 m³/h)

最高进水温度 45℃

最大进水SDI₁₅ 5

进水自由氯浓度 <0.1 mg/L

单支膜元件最大压力降 15 psi (0.1 MPa)

化学清洗pH范围 2-11 运行进水pH范围 3-9

注: 单支膜元件产水量±20%

3-8 高压纳滤膜元件

产品描述:

高压纳滤膜元件适用于高浓度盐水净化、分离、浓缩现场，操作压力可达80bar，专为进一步减少纳滤浓缩水量开发的膜产品，可用于废水再利用、（近）零排放高倍浓缩、食品药物等高附加值物质的浓缩回收等多种应用领域。

产品主要优势包括:

- ◎采用特殊的元件和膜片设计，可承受80 bar的高进水压力，实现高倍浓缩
- ◎Na₂SO₄浓盐水可以浓缩至 150000mg/l
- ◎具有高选择性，有较高的单价离子透过率以及较高的二价离子截留率，有助于分离出高纯度的盐溶液，同时大幅减少浓缩废水
- ◎34mil进水流动道设计，有效避免污堵，降低压力容器压降，提高清洗效率

高压纳滤膜元件规格及主要性能

膜元件型号	有效膜面积 ft ² (m ²)	进水 格网 mil (mm)	产水量 GPD (m ³ /d)	脱盐率%
HPNF150B-8040-330/34	330 (30.7)	34 (0.86)	7400 (28)	≥98

测试条件: 操作压力110 psi (0.76MPa)，2000 mg/L MgSO₄溶液，温度25 °C，pH7.0±0.5，回收率15%。

使用条件: 最高操作压力 1200 psi (8.28 MPa)

最高进水流量 75gpm (17 m³/h)

最高进水温度 45°C

最大进水SDI₁₅ 5

进水自由氯浓度 <0.1 mg/L

单支膜元件最大压力降 15 psi (0.1 MPa)

化学清洗pH范围 2-11

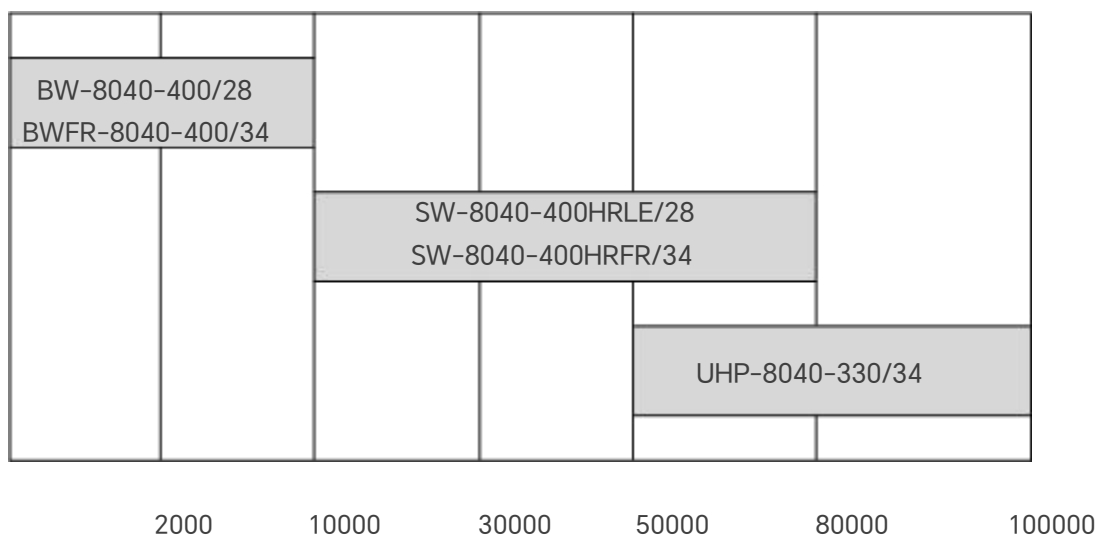
运行进水pH范围 3-9

注：单支膜元件产水量±20%

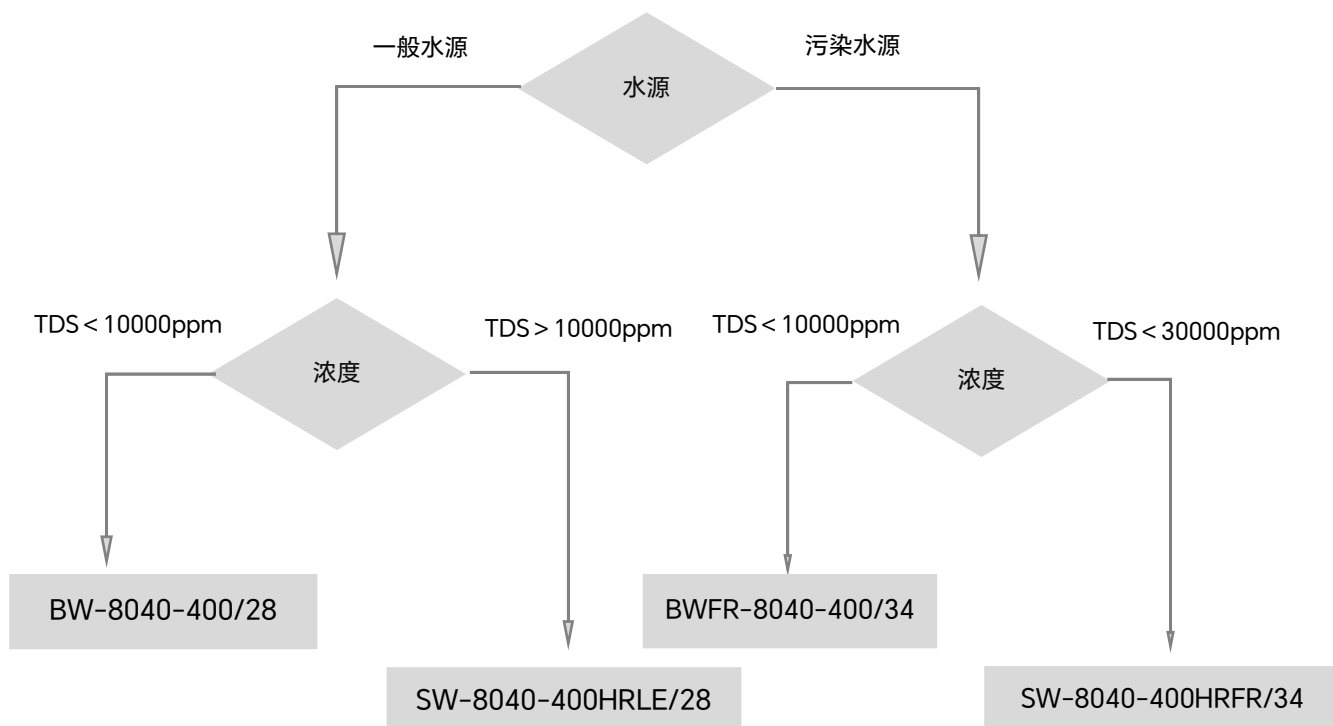
第二章 产品选型指南

美富特反渗透膜元件产品分为，BW 系列，FR 系列以及SW 系列。产品选型可根据不同进水 TDS 条件进行选择。具体选型请参考下图。

选型参考指数 (TDS,mg/L) :



选型参考水源类型:



第三章 系统设计

对于反渗透系统而言，由于反渗透膜本身的性能限制，其对进水中某些物质有特定极限要求，当进水水质中某些物质含量超过反渗透膜的极限要求，就必须通过预处理来降低或消除这些物质。同时，反渗透膜的产水不一定能直接达到最终产品水的水质要求，此时，反渗透系统产水有可能需要后续深度处理。

因此，一个完整的反渗透水处理系统，一般包括三部分：预处理部分、反渗透主机部分、深度处理部分。

本章主要讨论预处理设计建议，以及膜元件和压力容器的排列等设计。系统设计还应包括就地清洗系统，该系统的设计详见“第五章安装、运行与维护”。

反渗透设计的核心是根据产水量要求，计算出适当数量的膜数量和压力容器数量，选取适宜的排列组合方式，尽可能降低操作压力，在确保产水量和脱盐率的前提下，保证系统长期稳定运行。

计算膜元件数量必不可少的参数为膜的产水通量值。膜的产水通量会间接影响系统的运行压力，选择的通量值越大，则所需的进水操作压力就越高，同时，膜的产水通量越高，所需膜的数量就越少，可降低膜元件购置成本。所以，膜的产水通量的取值必须谨慎权衡，不可为了追求降低成本，而总是试图选择高的产水通量值，也不可为了降低系统操作压力而一味地降低膜的产水通量值。

根据经验及实验分析，系统的膜产水通量设计极限是应由进水的潜在污染程度决定的，随着产水通量和元件回收率的增加，膜面上的污染物的浓度也随之增加，产水通量值高的系统其污染速率和清洗频率就高。潜在污染程度主要由有机物决定，这就需要了解进水中有机物的具体情况，包括组成成分、浓度等。那么，设计进水水质分析就显得尤为重要。

第1节 设计基础资料

1-1 处理规模及回收率要求

1-1-1 处理规模

处理规模即水量，常见的表现方式为 m^3/h 、 m^3/d 或 t/h 、 t/d ，一般来说，污水和海水由于含有各种污染物，其密度都大于纯水的密度 $1.0\text{t}/\text{m}^3$ ，但由于它们的实际密度与纯水相差不大，经过验证得知，采用 $1.0\text{t}/\text{m}^3$ 密度与实际密度的各种参数计算误差都相差非常小，所以污水和海水的计算一般都按密度为 $1.0\text{t}/\text{m}^3$ 计算，则 $1\text{m}^3/\text{h}$ 等于 t/h 。

水量是计算膜数量必不可少的数据之一，在获取水量数据时要注意其计量方式。若进水为某种污水，采用 t/h 计量的水量，需确认产生废水的工段每天实际运行时间，若每天运行 20h ，则每天总水量为 $\text{t}/\text{h} \times 20$ ，若每天运行 24h ，则每天总水量为 $\text{t}/\text{h} \times 24$ 。

反渗透膜若用于纯水、海水系统，其清洗频率非常低，完全不影响反渗透的正常运行，所以可按每天运行 24h 设计；若用于污水废水处理，其污染速率高，导致清洗频率高，会在一定程度上影响反渗透的实际运行时间，所以按每天运行 20h 设计。

1-1-2 回收率

指膜系统中给水转化成为产水或透过液的百分率。膜系统的设计是基于预设的进水水质而定的，设置在浓水管道上的浓水阀可以调节并设定回收率。回收率常常希望最大化以便获得最大的产水量，但是应该以膜系统内不会因盐类等杂质的过饱和和发生沉淀为它的极限值。

反渗透回收率由浓水水量和运行压力决定，一般而言，海水淡化项目由于浓水中渗透压和元件耐压能力的制约，回收率为45%左右；普通苦咸水膜系统的回收率大小取决于难溶盐的溶解度，最大值约为90%；对于污水废水来说，回收率取决于系统运行压力，BW系列、FR系列和NF最大耐受压力为41bar，SW系列最大耐受压力为83bar，但回收率的取值不可按最大耐受压力可达到的浓缩倍数取值，还需考虑系统运行稳定性和产水品质，运行有压力越大，产水水质相对来说就越差。

同时，根据回收率计算出的浓水水量必须满足膜元件最小浓水量限值，以确保膜内有足够的表面流速。

1-2 水质

1-2-1 进水水质

进水水质是确认膜通量的重要参数之一，详细了解进水情况，有助于选择更优质适宜的组合方式，提高系统性能和运行稳定性，也有助于计算出最适当的膜元件数量，提高系统性价比。

设计所需原水水质信息如下：

3-1 原水水质分析表

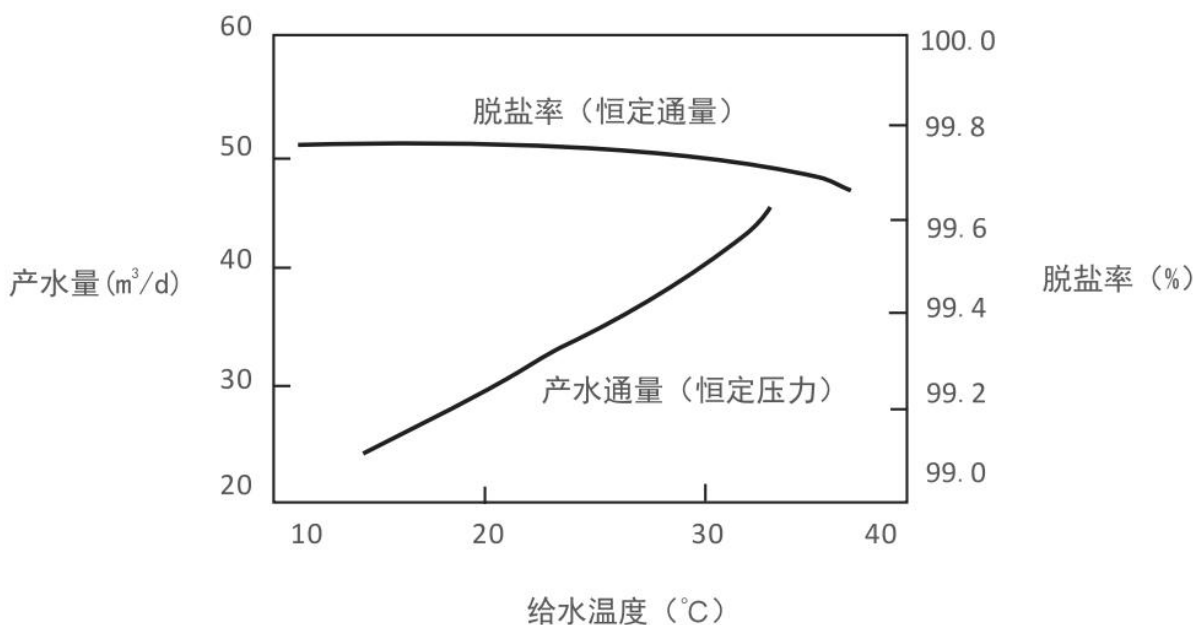
取样时间		
取样地点		
水质分析日期		
水质分析人员		
感官分析		
检测项目	计量单位	数值
温度*	℃	
COD _{Cr} *	mg/L	
BOD ₅	mg/L	
氨氮*	mg/L	
总氮*	mg/L	
总磷	mg/L	
碱度（以CaCO ₃ 计）	mg/L	
总硬度*（以CaCO ₃ 计）	mg/L	
Ca ²⁺	mg/L	
Mg ²⁺	mg/L	
Na ⁺ +K ⁺	mg/L	
Cl ⁻	mg/L	
SO ₄ ²⁻	mg/L	
NO ₃ ⁻ +NO ₂ ⁻	mg/L	
电导率	μs/cm	
TDS*	mg/L	
总盐	mg/L	
总阳离子	mg/L	
总阴离子	mg/L	
SS	mg/L	
浊度	NTU	
油类	mg/L	
SDI ₁₅	无量纲	
pH*	无量纲	

SiO ₂	mg/L	
其他	/	
视觉描述	/	

注：以上信息表为全水质分析，若不能提供，则必须提供几项关键信息，即表中带*号项。

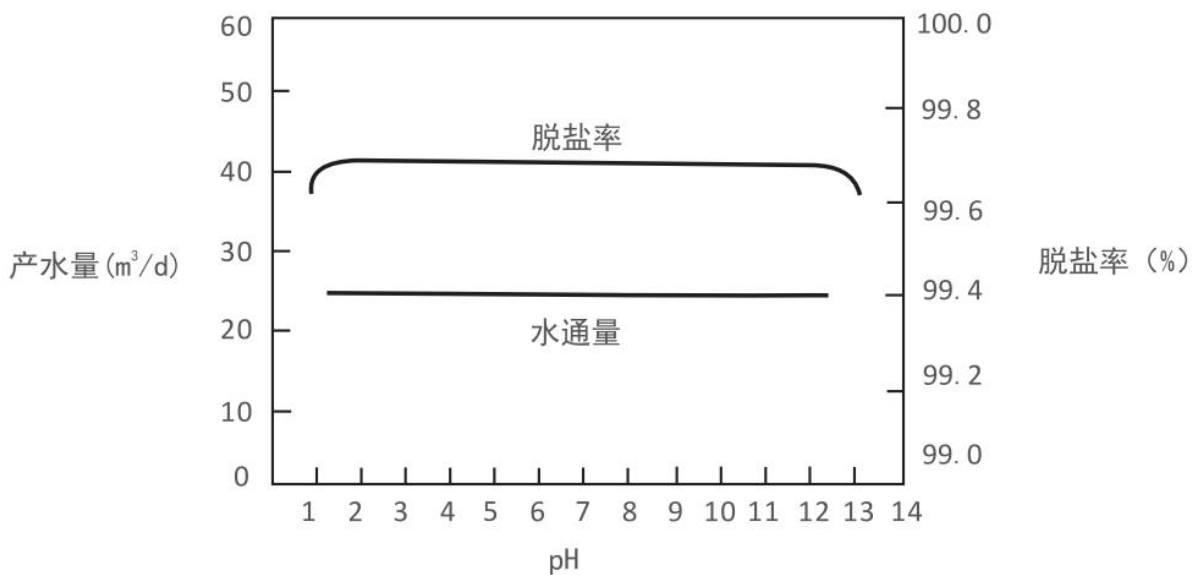
表 3-1 中的关键信息中有几项对反渗透设计由很大影响，具体如下：

(1) 温度的影响



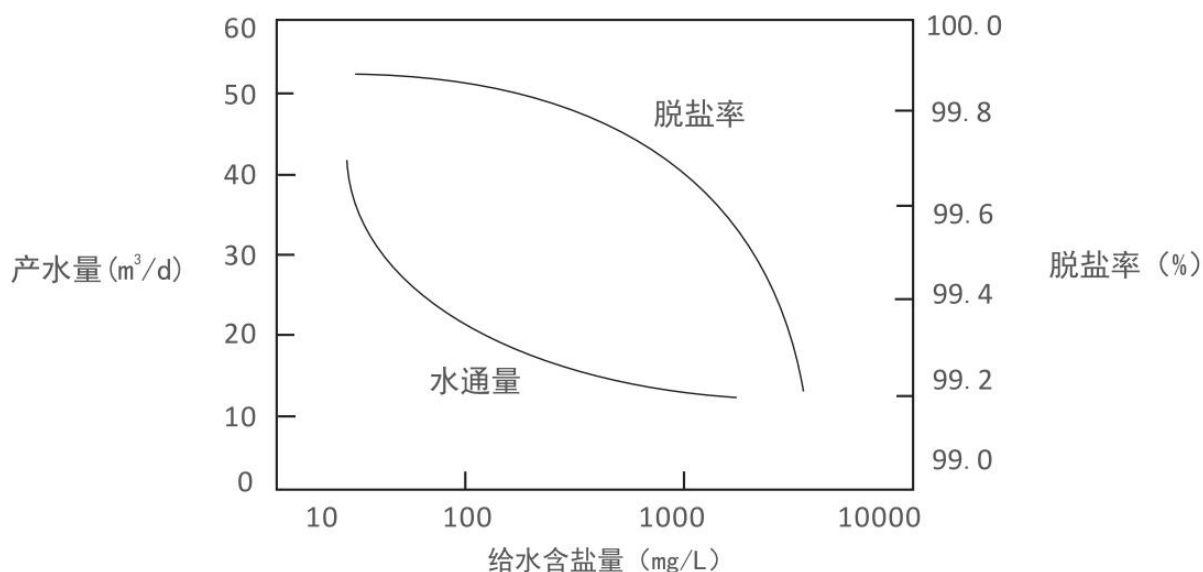
膜系统产水电导对进水温度的变化非常敏感，随着水温的增加，水通量几乎线性地增大，这主要归功于透过膜的水分子的粘度下降、扩散能力增加。增加水温会导致脱盐率降低或透盐率增加，这主要是因为盐分透过膜的扩散速率会因温度的提高而加快所致。

(2) pH 的影响



膜元件的运行pH 范围为 3~10。膜脱盐率特性取决于pH值，水通量也会受到影响。适宜的pH可确保膜元件的脱盐率更稳定，并能有效控制碳酸钙和硫酸钙等的结晶析出。

(3) 原水盐浓度的影响



渗透压是水中所含盐分或有机物浓度和种类的函数，盐浓度增加，渗透压也增加，因此需要逆转自然渗透流动方向的进水驱动压力大小主要取决于进水中的含盐量。如果压力保持恒定，含盐量越高，通量就越低，渗透压的增加抵消了进水推动力，同时，水通量降低，增加了透过膜的盐通量（降低了脱盐率）。

1-2-2 产水水质要求

用户的产水水质要求，决定了处理工艺流程，所以详细了解客户的产水需求至关重要。

用户可提供详细的国标标准及标准中的具体要求名称，也可直接提供水质要求限值，若用户不明确产水水质要求，则无法确定准确的处理工艺，也无法针对性地选取膜产水通量、回收率等关键参数。

产水水质要求尽量详尽，提供的要求越多，选取的处理工艺越有针对性，才能最大程度地提高系统性价比。

1-3 项目背景

项目背景主要包括以下内容：

(1) 废水行业、种类

不同行业的污水，其污染物的性质也不同，尤其是有机物，自来水、地表水、电镀废水、制药废水，其COD成分、化学性质各不相同，对膜元件的污堵程度差异巨大。所以，详细了解原水所属行业至关重要。

(2) 项目所在地

通过项目所在地可了解冬夏两季温度情况，及地下水、地表水水质特点。对于东北或西北的项目，冬季温度很低，若有必要需考虑换热器或保温措施，以保证系统运行高效、稳定。

(3) 原水是否有前处理

反渗透设计进水是否经过一系列处理，处理工艺流程又是什么。这些信息有助于判断原水特性，并可推断出大致水质情况，可与用户提供的进水水质相互验证。

第2节 预处理设计建议

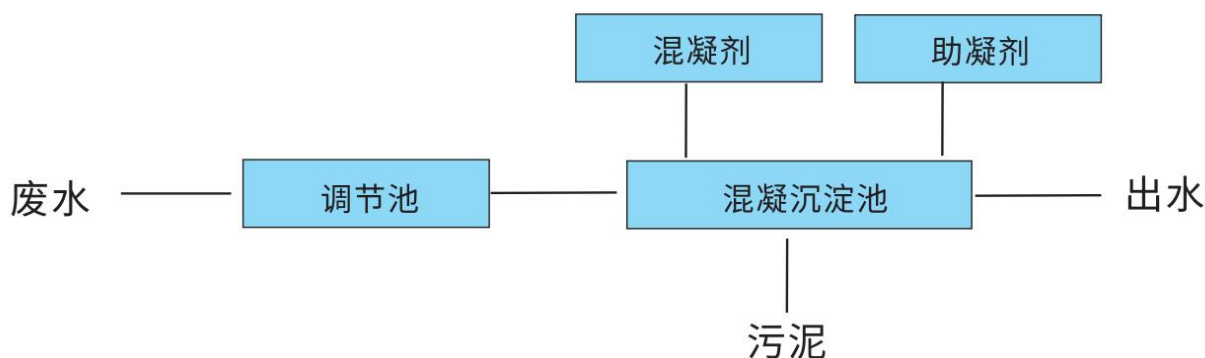
预处理主要作用是去除或降低某些物质的浓度，确定反渗透膜元件正常运行。

2-1 预防胶体和悬浮物污堵

2-1-1 混凝沉淀

混凝沉淀即在混凝剂的作用下，使废水中的胶体和细微悬浮物凝聚成絮凝体，然后予以分离除去的水处理法。

混凝法的基本原理是在废水中投入混凝剂，因混凝剂为电解质，在废水里形成胶团，与废水中的胶体物质发生电中和，形成绒粒沉降。混凝沉淀不但可以去除废水中的粒径为 10^{-3} ~ 10^{-6} mm 的细小悬浮颗粒，而且还能够去除色度、油分、微生物、氮和磷等营养物质、重金属以及有机物等。



废水在未加混凝剂之前，水中的胶体和细小悬浮颗粒的本身质量很轻，受水的分子热运动的碰撞而作无规则的布朗运动。颗粒都带有同性电荷，它们之间的静电斥力阻止微粒间彼此接近而聚合成较大的颗粒；其次，带电荷的胶粒和反离子都能与周围的水分子发生水化作用，形成一层水化壳，有阻碍各胶体的聚合。一种胶体的胶粒带电越多，其电位就越大；扩散层中反离子越多，水化作用也越大，水化层也越厚，因此扩散层也越厚，稳定性越强。

废水中投入混凝剂后，胶体因电位降低或消除，破坏了颗粒的稳定状态（称脱稳）。脱稳的颗粒相互聚集为较大颗粒的过程称为凝聚。未经脱稳的胶体也可形成大得颗粒，这种现象称为絮凝。不同的化学药剂能使胶体以不同的方式脱稳、凝聚或絮凝。按机理，混凝可分为压缩双电层、吸附电中和、吸附架桥、沉淀物网铺四种。

在废水的混凝沉淀处理过程中，影响混凝效果的因素比较多。其中有水样的影响：对不同水样，由于废水中的成分不同，同一种混凝剂的处理效果可能会相差很大。还有水温的影响，其影响主要表现在：a 影响药剂在水中碱度起化学反应的速度，对金属盐类混凝影响很大，因其水解是吸热反应；b 影响矾花地形成和质量。水温较低时，絮凝体型成缓慢，结构松散，颗粒细小；c 水温低时水的粘度大，布朗运动强度减弱，不利于脱稳胶粒相互凝聚，水流剪力也增大，影响絮凝体的成长。该因素主要影响金属盐类的混凝，对高分子混凝剂影响较小。

混凝剂种类很多，常见的混凝剂如下表 3-2：

表3-2 常见混凝剂

混凝剂种类		适用pH	絮凝效果
无机盐类混凝剂	硫酸铝 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	6 ~ 8	在水温低的情况下，絮粒较轻而疏松，处理效果较差
	硫酸铝钾(明矾) $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	6 ~ 8	硫酸铝和硫酸钾的复盐，其中硫酸钾不起混凝作用，故投加量较硫酸铝大
	三氯化铁 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	4 ~ 11	处理浊度较高和水温较低的原水时，混凝效果比较显著。但易吸水潮解，对金属、混凝土均产生腐蚀
	硫酸亚铁 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	4 ~ 11	产生的絮粒重，沉降快，效果稳定，受水温影响小。但反应后产生溶解度大的 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ，需经氧化去除
无机高分子混凝剂	碱式氯化铝(PAC)		对各种水质适应性较强，絮凝过程中最优pH值范围较广，对低温水效果也较好，絮粒形成较快且颗粒大而重，投加后原水碱度降低较少，投量较硫酸铝为少
	$[\text{Al}_2(\text{OH})_n\text{Cl}_{6-n}]_m$	6 ~ 8	
	式中 $n \leq 5, m \leq 10$		
	聚合硫酸铁 $[\text{Fe}_2(\text{OH})_n(\text{SO}_4)_{3-n/2}]_m$ 式中 $n < 2, m > 10$	4 ~ 11	用量少，效果好（特别是脱色效果好），腐蚀性小，适用的pH范围广，残留铁量少
	聚合硫酸铝 (PAS)		具有与聚合氯化铝相似的絮凝性能，并具有较好
	$[\text{Al}_2(\text{OH})_n(\text{SO}_4)_{3-n/2}]_m$	6 ~ 8	的脱色、除氟和去除高浊度水浊度的性能。用PAS
有机高分子	聚丙烯酰胺 (PAM)	8以上，也可用在不太强的酸性水溶液中	使用最为广泛的人工合成有机高分子絮凝剂，一般控制其水解度30%~40%，配合铝盐或铁盐作用效果更佳

子絮凝剂	阴离子型聚合物	6以上	具有优良的絮凝效果，但价格较昂贵，不能使用在带正电的低污染膜元件的预处理中
	阳离子型聚合物	6以上	具有优良的絮凝效果，但价格较昂贵，不能使用在普通表面带负电的反渗透膜元件的预处理中
助凝剂	硅酸类，如活化硅酸粘土等	小于9	作助凝剂很有效，但制备方法不易控制，使用期限短
	pH、碱度调节剂		常用盐酸、硫酸、石灰、氢氧化钠等
	氧化还原剂		用于铁、锰、氨氮的氧化，臭味的去除等

对于混凝剂的投加量最好通过小试或中试实验确定，混凝剂投加过多，会造成膜元件的污堵，投加量过少，则悬浮物沉淀不完全，也会导致反渗透膜元件污堵。

2-1-2 介质过滤

介质过滤器可以使用单一介质，也可根据不同需要采用多种介质。单一介质的过滤器也叫浅层介质过滤器，它的主要过滤介质一般为石英砂、花岗岩和火山砾等。多层介质过滤器也叫深层次介质过滤器，它的过滤介质是由一种以上过滤介质组成，一般石英砂、活性炭、无烟煤、锰砂及其他接触性介质。

过滤开始时，需过滤的水通过进水口达到介质层，这时大部分污染物被截留在介质上表面，少量细小的污物及其他浮动的有机物被截留在介质层内部，使系统出水达到要求，保证生产系统不受污染物的干扰，能良好的工作。当水中杂质和各种悬浮物达到一定量的时候，该过滤系统能通过压差控制装置实时检测进出口压差，当压差达到设定值的时，电控盒会给控制系统中的三通水力控制阀发送信号，三通水力控制阀会通过水路自动控制其对应过滤单元的三通阀门，让其关闭进口通道同时打开排污通道，这时由于排污通道压力较小，其他过滤单元的水会在水的压力作用下由通该过滤单元的出水口进入，并持续冲刷该过滤单元的介质层，从而达到清洗介质的效果，冲洗后的污水在水压的作用下由该过滤单元的排污口进入排污管道，完成一次排污过程。该种过滤器也可采用定时控制的方式进行排污，当时间达到定时控制器设定的时间时，电控盒发出排污清洗信号给三通水力控制阀，具体排污过程如上。

其工作原理是利用滤料组成的孔隙，将原水中的泥砂、胶体、悬浮物等杂质截留住。由于滤料进行了科学分布，所以滤床对杂质的截留效果很好，出水质量也大大提高。过滤器的过滤精度最高可达 10 μ m。

同时，滤床对水中的杂质是逐步截留，这样罐体中的各层滤料将得到充分均匀的利用，有效滤层高，从而延长了滤料的使用周期，减少了设备的运行成本(降低了反洗次数和反洗水耗)。

最常见的介质过滤有石英砂过滤器、活性炭过滤器等。

石英砂过滤器内以石英砂及无烟煤作为填料，其比表面积大，可对水中杂质进行物理过滤，当水流通过石英砂的孔隙时，各种悬浮颗粒被截留在石英砂孔隙中；随时间推移石英砂的孔隙内和颗粒之间的截留物逐渐增加，使滤器的前后压差随之升高，直至堵塞。

填高如下：

石英砂	0.4-0.6mm	300mm
石英砂	0.6-1.2mm	200mm
石英砂	1.2-2.0mm	200mm
无烟煤	3.0-5.0mm	300mm

活性炭过滤器以活性炭作为填料，活性炭分为果壳活性炭和椰壳活性炭。活性炭是一种经特殊处理的炭，其表面具有无数细小孔隙，有巨大的表面积，活性炭可去除水中余氯、胶体、有机物、重金属(如汞、银、镉、铬、铅、镍等等)、放射性物质等。

2-1-3 滤芯式过滤

滤芯式过滤，属于较精细的过滤，可以去除水中的悬浮物（泥砂/铁锈等）、胶体（主要是粒径较小的物质）、部分有机物等。

最常见的滤芯式过滤器有精密过滤器（保安过滤器）。

精密过滤器筒体外壳一般采用不锈钢或玻璃钢材质制造，内部采用PP熔喷、线烧、折叠、钛滤芯、活性炭滤芯等管状滤芯作为过滤元件，根据不同的过滤介质及设计工艺选择不同的过滤元件，以达到出水水质的要求。用于各种悬浮液的固液分离，环境要求比较高的，过滤精度比较高的药液过滤，适用范围广，适用于医药、食品、化工、环保、水处理等工业领域。具有以下特点：

(1) 过滤精度高，滤芯孔径均匀；

- (2) 过滤阻力小，通量大、截污能力强，使用寿命长；
- (3) 滤芯材料洁净度高，对过滤介质无污染；
- (4) 耐酸、碱等化学溶剂；
- (5) 强度大，耐高温，滤芯不易变形；
- (6) 价格低廉，运行费用低，易于清洗，滤芯可更换。

2-1-4 微滤/超滤

微滤（MF）或超滤（UF）膜能除去水中所有的悬浮物，根据有机物分子量和膜截留分子量的大小，超滤还能除去一些有机物。通常情况下，采用MF/UF做为RO/NF的预处理，产水的浊度可以小于1，SDI可以小于3。原水中的悬浮颗粒，胶体可以被微滤或超滤大幅度拦截；另外，原水中的细菌、病毒、藻类及一些有机物也能被截留，从而减轻RO/NF污染，降低RO/NF负荷。因此，采用MF/UF比采用传统多介质过滤器做为预处理，RO/NF的稳定运行通量可以提高，降低RO/NF的设备投资。另一方面，也增加了MF/UF的投资。同时，污染物从RO/NF转移到MF/UF上。MF/UF截留水中的污染物后，需要定期清洗以恢复性能。MF/UF的材料可以采用耐氯材料，通常在运行一定时间后，需定期进行正向冲洗或逆向反洗等物理清洗，以及采用酸、碱、次氯酸钠等药剂的化学清洗，来去除被拦截在MF/UF膜上的污染物，恢复膜性能。在进水水质较差时，MF/UF膜丝物理强度及化学耐受性的要求会更为突出。目前行业内公认制作MF/UF膜丝最好的材质应该是聚偏氟乙烯(PVDF)。

2-2 预防结垢

结垢主要是指钙镁离子形成的碳酸钙、硫酸钙、氢氧化镁等结晶物质，以及硅类物质。

2-2-1 化学软化

化学软化是指通过投加化学药剂，使其与水中的钙镁离子、硅类物质发生化学反应，生产沉淀物质，以污泥的形式排出系统。化学软化法最常用的有双碱法和石灰法。

双碱法即液碱与纯碱。

液碱法是向水中投加液碱，使镁离子与液碱反应，生成氢氧化镁沉淀，继续投加液碱，将pH调节至10-11左右，再加入碳酸钠，使钙离子与液碱反应生成碳酸钙沉淀，再加入PAM（阴离子），加速沉淀，形成软化污泥。该方法的优点是污泥量较少，缺点是药剂费用较高。

石灰法是向水中投加生石灰或石灰乳，使镁离子与石灰反应，生成氢氧化镁沉淀，继续投加石灰，将pH调节至10-11左右，使钙离子与石灰反应生成氢氧化钙沉淀，再加入PAM（阴离子），加速沉淀，形成软化污泥。该方法的优点是药剂费用较低，缺点是污泥量太大，污泥处置费用高。

化学软化法适用于总硬度高的水。

2-2-2 离子交换树脂

离子交换树脂，是带有官能团（有交换离子的活性基团）、具有网状结构、不溶性的高分子化合物。通常是球形颗粒物。离子交换树脂的全名称由分类名称、骨架（或基因）名称、基本名称组成。

防止结垢用到的离子交换树脂为钠型树脂，工作时，钠型树脂放出 Na^+ 与溶液中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等阳离子交换吸附，除去这些离子。工作一定时间后，树脂达到饱和，无法继续交换钙镁离子，此时需要对树脂进行再生，再生介质为氯化钠溶液。

离子交换树脂法不产生污泥，适用于总硬度较低的水。

2-3 预防生物污染

生物污染即水中的微生物：细菌、藻类、真菌、病毒和其它高等生物，附着在膜表面，引起的膜的污堵。微生物可以看成是胶体物质，理论上可以按防止胶体污染一节讨论的预处理方法进行除去，但它与无生命的颗粒不同之处在于他们有繁殖能力，在适宜的生存条件下形成生物膜，一旦出现生物污染并产生生物膜，清洗就非常困难。因为生物膜能保护微生物受水力的剪切力影响和化学品的消毒作用，此外，没有被彻底清除掉的生物膜将引起微生物的再次快速的滋生。因此微生物的防治是预处理过程中最主要的任务。

2-3-1 连续杀菌

连续杀菌即在反渗透进水端投加杀菌剂，不间断投加，需选择非氧化性杀菌剂，以防止膜元件被氧化而发生不可逆的损伤。此种方法一般是在进水端加入5~10mg/l杀菌剂，持续不间断投加。

2-3-2 冲击式杀菌

冲击处理方式是在有限的时间段内以及水处理系统正常操作期间，向反渗透或纳滤的进水中加入杀菌剂，亚硫酸氢钠常被用于这种处理目的，有一般情况下，500~1,000mg/l 的 NaHSO_3 加入30分钟左右即可。

冲击处理可以按固定的时间间隔周期性地进行，例如每隔24小时一次，或怀疑出现生物滋生时处理一次。但是这种处理方法的有效性有待印证。在这种冲击处理期间所产的产水会含有所加入的亚硫酸氢钠浓度的1~4%。根据产水的用途，可以决定是否应将冲击杀菌期间的产水回收还是排放掉，亚硫酸氢钠对需氧的细菌比对厌氧的微生物更有效。因此，采用冲击杀菌处理应事先经过仔细评估。

2-3-3 预防氧化性物质

氧化性物质主要有 Fe^{3+} 、游离氯等，过量的氧化性物质及进入系统，会把膜片氧化，使膜片被氧化而发生不可逆的损伤。

2-3-4 过滤吸附

对于 Fe^{3+} 可选用锰砂过滤器，将其吸附，从而去除。

锰砂过滤器内用锰砂作为填料，可有效降低水的混浊度，吸附、去除水中的色素、余氯胶体及铁离子等。

2-3-5 还原剂

对氧化性物质还可通过投加还原剂的方法，避免其对膜片造成损伤。

还原剂一般在进水端投加，投加方式为连续投加，投加设备为计量泵。

第3节 反渗透系统设计

反渗透设计的核心是根据产水量要求，计算出适当数量的膜数量和压力容器数量，选取适宜的排列组合方式，尽可能降低操作压力，在确保产水量和脱盐率的前提下，保证系统长期稳定运行。

3-1 基本原则

设计膜系统时应该保证系统内每支膜元件都处于推荐的运行范围内，以便减少污堵，杜绝膜元件的机械损坏，膜元件的运行条件范围包括：膜元件的最高回收率、最大通量、最小浓水流量和最高进水流量，原水潜在污染越高，就应该越严格执行上述运行参数。

整个膜元件平均通量与系统内膜元件的总有效膜面积有关，是设计的特征参数，便于设计者快速的估算出某一系统所需膜元件的数量，原水水质好可以采用较高的设计通量而原水水质差则应该采用较低的设计通量，当然，即使是在同一类的水质条件下，关注重点如果是初期投资，可以选择较高的设计通量值，如果关注的是长期运行成本，应该尽量选择较低的设计通量值。

表 3-3 反渗透设计基本原则

给水类型		RO产水作进水	井水	地表水		海水		废水	
				MF/UF	传统过滤	MF/UF	表面取水	微滤	传统过滤
给水SDI ₁₅		< 1	< 3	< 3	< 5	< 3	< 5	< 3	< 5
平均通量	gfd	21~25	16~20	13~17	12~16	8~12	7~10	10~14	8~12
	L/mh	35~43	27~34	23~30	20~27	14~20	12~18	17~24	12~20
元件最大回收率 (%)		30	20	17	15	15	13	15	13

表 3-4 最大给水量 (m³/h)

单支膜有效面积	RO产水作进水	井水	地表水		海水		废水	
			MF/UF	传统过滤	MF/UF	表面取水	微滤	传统过滤
37m² (8040膜元件)	17	17	16.6	15	/	/	14	14

表 3-5 最小浓水量 (m³/h)

单支膜有效面积	RO产水 作进水	井水	地表水		海水		废水	
			MF/UF	传统 过滤	MF/UF	表面 取水	微滤	传统过滤
37m² (8040膜元件)	2.3	3.0	3.0	3.4	/	/	4.1	4.6

3-2 单段系统

当回收率要求不高时，可采用单段系统。单段系统其膜元件浓水直接排放。

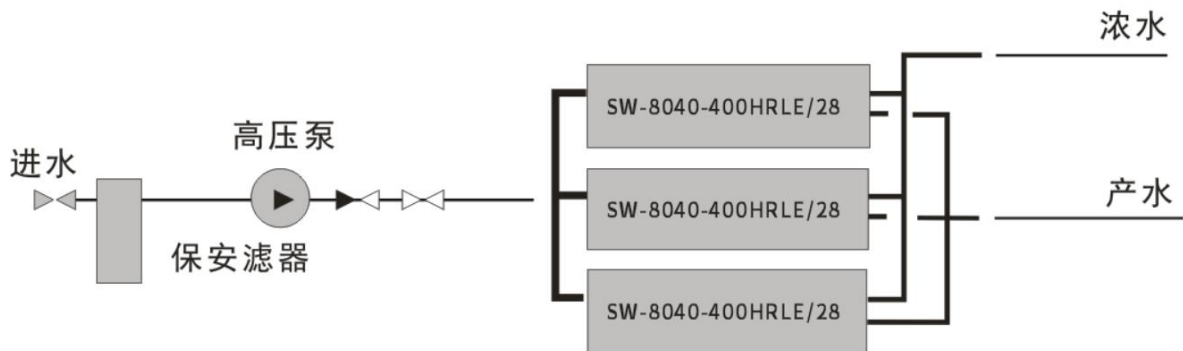


图3-1单段RO系统

具体压力容器的数量，以及每个压力容器内膜元件的数量，需根据水量计算确定。

3-3 多段系统

当回收率要求较高时，建议进行多段系统设计。通常两段式排列系统就可实现 75%左右的系统回收率，而三段式排列系统则可达到更高的系统回收率，这些回收率的确定是以每一段采用含 6 支膜元件的组件推算出来的，如使用仅能容纳 3 支元件的较短的压力容器时，为了达到相同的回收率，段数要加倍。

一般而言，系统回收率越高，必须串联在一起的膜元件数就应越多。为了平衡被拿走的产水并保持每段内原水的流速均匀性，每段压力容器的数量按进水水流方向递减。一个典型的排列比例为 2:1，排列比例定义为两个相邻段内压力容器数量之比：

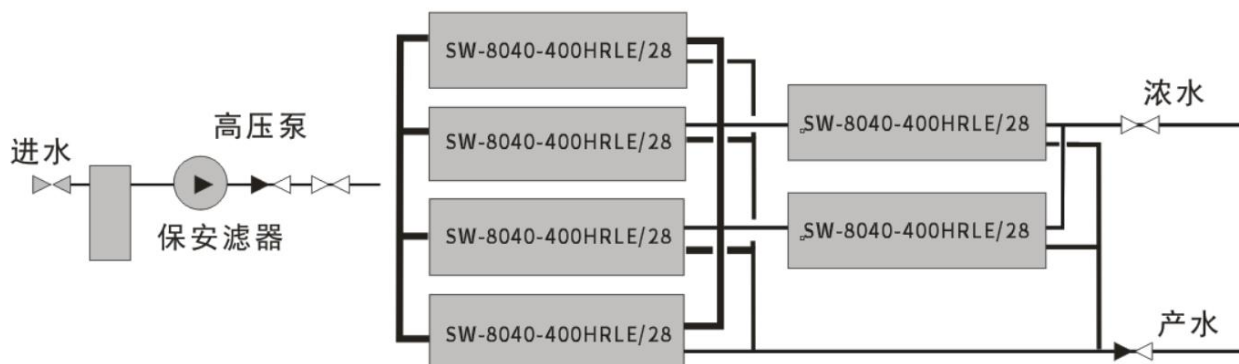


图3-2两段式RO系统

多段系统中，一段系统浓水进入二段系统继续过滤处理，主要作用是提高整体回收率。

3-4 浓水循环系统

单段系统与多段系统采用原水一次通过式，进水只流过膜系统一次。进水中的一部分（Y）透过膜面成为产品水，余下的进水不断被浓缩，以较高的浓度离开系统。

当元件数量太少，而不能使系统达到足够的回收率要求时，可以采用浓水循环的方式。浓水循环系统在某些特殊应用场合如工艺物料浓缩和废水处理上广泛采用，在一些含有内部浓水循环的系统中，部分浓水直接回到该组件或该段的进口，并与进水相混合。

在多段系统内，每段可以设置单独的浓水再循环泵。

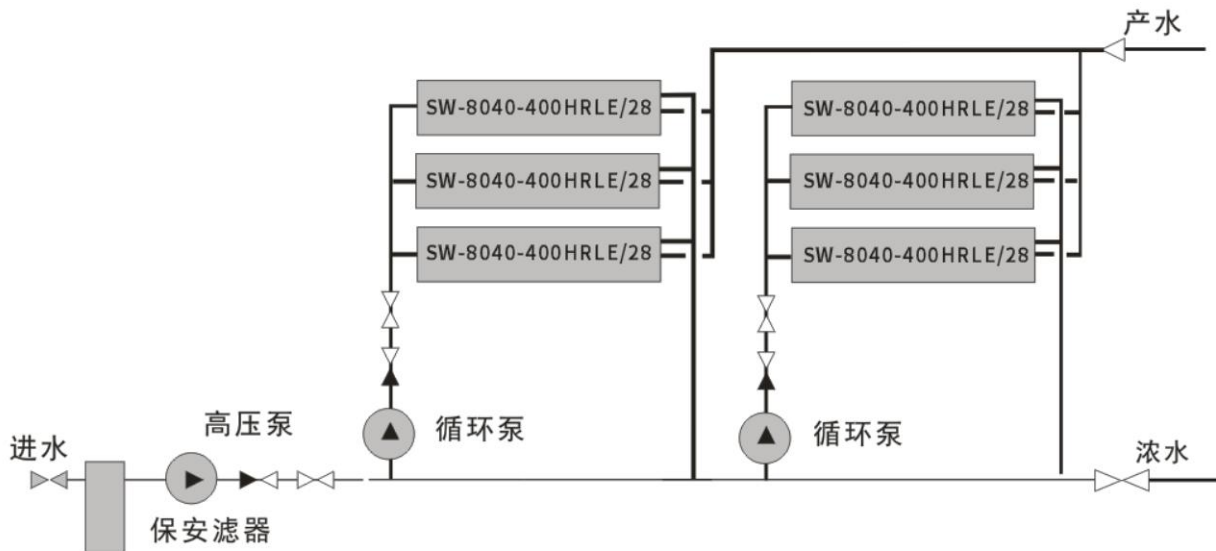


图3-3两段式浓水循环RO系统

对于水质较差的原水，如工业污水等，一般都采用多段式浓水循环设计。系统中循环泵有两个作用：一是补充膜元件的压力损失，二是提供足够的进膜流量，保证最小浓水量的设计限值。

3-5 多级系统

多级系统多用于单级系统产品水质不达标的情况，多级膜处理系统实际上是两个传统RO/NF系统的组合，第一级的产品水作为第二级的进水，两级既可以是单段式，也可以是多段式，既可以是一次通过式，也可以有浓水再循环运行模式。多级系统的主要作用是提高产品水水质。

第二级的浓水回流到第一级的进水端，这是因为，其品质仍比进入系统原水水质好，同时第二级的进水水质更好，因此二级可比一级 有更高的水回收率，就可以使用较少的膜元件。

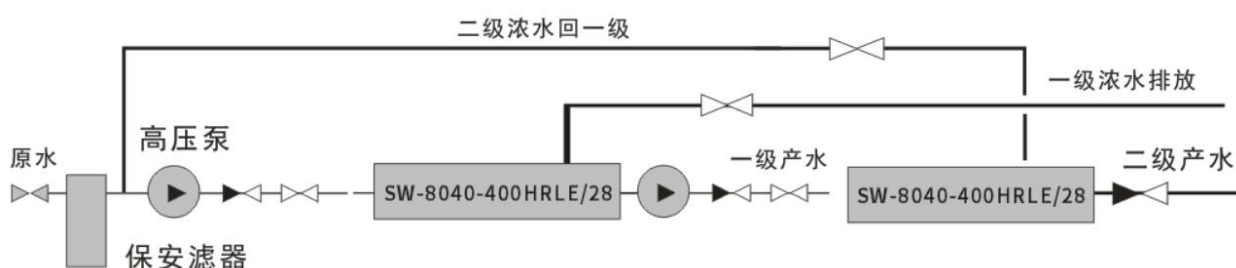


图3-4 两级式RO系统

只要不超过膜元件最高允许进水压力，整个系统可以只设置一台高压泵，而不需要每一级单独设泵，此时，第二级由第一级RO1的产水压力来推动，但是在任何时间和条件下，同一级的产水压力与同一级的进水或浓水压力的差值（即背压）不得大于0.3bar。也可以设置一个中间过渡水箱以收集第一级的产水，然后再利用高压泵向第二级反渗透装置供水，但该水箱要采取细致的措施防止受灰尘和微生物的污染。

第四章 产品保存与运输

第1节 干式膜元件和湿式膜元件差异

美富特提供全系列干式膜元件。与湿式膜元件相比，干式膜元件的优点在于便于运输和安装，且干式膜元件具有比湿式膜元件更长的保存期。美富特各系列产品均可提供干式膜元件与湿式膜元件。

表4-1 干式膜元件与湿式膜元件的对比

	干式膜元件	湿式膜元件
保护液	不需要保护液	1% (w/%)的亚硫酸氢钠，且需定期更换（90天或更短时间）
保存温度	不高于45℃	0℃~45℃
滋生微生物	不滋生微生物	容易滋生微生物（如不及时更换保护液）
运输及其他	重量轻、便于运输、成本低	较重，有保护液不利于运输、成本高

第2节 干式膜元件使用注意事项

2-1 干式膜元件的储存

- ☛存放地点必须阴冷干燥没有阳光直射。
- ☛存放地点的温度不得高于 45℃。

2-2 注意事项

- ☛干式膜元件需使用至少 6 小时后，方可用甲醛消毒杀菌；
- ☛干式膜元件的极限使用条件及设计导则，与相同型号的湿式膜元件相同；
- ☛干式膜元件一旦浸湿变为湿式膜元件后，应始终保持湿润，其储存、保护、清洗均按照湿式膜元件的处理方法执行；
- ☛反渗透系统的初次调试及初次运行的步骤方法遵照美富特产品与技术手册中“反渗透系统的使用与维护”所述执行，运行初期第一小时内的纯水、浓水应排放掉。
- ☛对于推荐的设计范围，请查阅美富特公司最新版本的技术手册、设计指南，或者向膜技术专家咨询。

如果用户没有严格遵循本样本提供的操作条件，美富特公司将不承担由此产生的一切后果。

在储存和运行中禁止添加任何对膜元件有影响的化学药剂，如违反使用这类化学药剂，美富特公司将不承担由此产生的一切后果。

第五章 安装、运行与维护

标准的系统安装、正确的运行操作和合理的维护是保证膜系统长时间高效稳定运行的三个关键因素。

第1节 膜元件的安装与拆卸

1-1 膜元件的安装

1-1-1 安装准备工作

(1) 准备描述膜元件在压力容器内所处位置的示意图来监测膜元件的运行情况，并备有记录调试及运行数据的表格。

(2) 准备润滑剂、甘油、用于固定的工具和防护装备，包括但不限于安全橡胶靴、橡皮手套、防护眼镜等装备。

(3) 检查并除去上游进水管路内的淤泥、油脂、金属碎屑等，必要时可对进水管路和压力容器进行清洗，保证上游管路、压力容器和高压管路处于干净状态。

(4) 保证上游预处理系统能够正常运行，其出水的各种指标（SDI、pH、余氯、ORP、浊度等）满足膜系统的进水要求。

(5) 参考产品示意图拆下压力容器的端板和止推环。

(6) 安装元件前，使用合格水冲洗压力容器30-60分钟，确保压力容器内壁干净并且无泄漏，也可在冲洗水中添加甘油，使压力容器内壁润滑。

(7) 保证安装过程所使用到的零件、工具和化学药剂均满足使用。

1-1-2 膜元件安装

(1) 从包装箱内小心取出膜元件，检查并确保盐水密封圈的开口方向面向进水方向，并在膜元件两端中心管内壁涂抹少量甘油。

(2) 必须从压力容器进水端安装膜元件，将膜元件没有盐水密封圈的一端平行地推入压力容器进水端，直到膜元件露在压力容器外面约15公分左右。

(3) 在产水中心管插入膜元件接头，可用化学纯甘油作为连接头的润滑剂，也可用合格水湿润接头。

(4) 取第二支膜元件，检查并确保盐水密封圈的开口方向面向进水方向，在第二支膜元件两端中心管内壁涂抹少量甘油。固定好第一支膜元件防止其滑动，将第二支膜元件平行托起并将中心管与第一支膜元件的接头连接，整个过程中应保持平行，不得使接头承受膜元件的重量。将第二支膜元件平行推入压力容器直到膜元件露在压力容器外面约15公分左右。

(5) 重复步骤(3)和(4)直到所有膜元件都装入压力容器内，最后一支膜元件不需要再安装接头。

(6) 参考压力容器的示意图在压力容器浓水端安装止推环。

(7) 将元件适配器插入浓水端板内，参考压力容器的示意图安装止推环端板卡环。

(8) 将膜元件从进水侧推向浓水侧直到第一支膜元件与浓水端板紧密接触。

(9) 调节膜元件和端板间的间隙保持在 10mm 范围之内，然后同(7)安装进水端端板。

(10) 重复以上步骤，安装其他压力容器。

(11) 所有压力容器内的膜元件安装完成后，安装外部的进水、浓水和产水管路。

1-2 膜元件的拆卸

(1) 先拆掉压力容器两端的外部管路，再拆掉两端的端板，并将拆下的部件编号按次序放好。

(2) 只能从压力容器进水端向出水端依次推出膜元件，每次仅允许推出一支，当元件被推出压力容器时应及时接住该元件并且使元件保持水平状态，防止中心管接头受重力作用而损坏。

第2节 膜元件的运行

系统的运行包括系统的首次运行和日常开停机操作。

2-1 首次运行

2-1-1 启动前检查事项

- (1) 试运行之前应提前准备防护眼镜、便携式测试仪器（pH计、温度计、SDI测定仪、电导率仪等）、分析仪器（自由氯、总硬度、氧化还原电位ORP等）。
- (2) 必须确保进水符合水质要求，各项指标必须稳定、合格，包括SDI、浊度、温度、pH值、电导率、ORP 数值等。
- (3) 所有管线与设备均应满足设计使用。
- (4) 加药装置都正常运行，且药箱内所配的药剂及其浓度都正确无误。
- (5) 加药装置和膜系统的连锁控制系统正常运行，可以同时启动，同时停止。
- (6) 系统上的所有仪表均进行了校正并可以正常工作。
- (7) 检查膜系统的所有自控装置都正常运行。
- (8) 检查系统中的所有阀门的开闭状态是否合适。

2-1-2 首次启动顺序

正确的启动顺序是保证系统操作达到设计参数的关键，也可以避免水锤及过大的进水流量和压力对膜元件造成不可逆的损害。因此，首次启动应按照以下步骤规范操作。

- (1) 开机前，确保进水的各项指标符合膜系统的进水要求，防止杂质和其他污染物进入膜元件。
- (2) 检查并确保所有阀门的开合状态设置正确，系统的产水、进水和浓水控制阀必须完全打开。
- (3) 采用低压、低流量的合格水充满压力容器，将膜元件内和压力容器内的空气排净，冲洗压力为2~4bar，冲洗流量为膜元件最大进水流量的60%~70%。对于湿膜系统，冲洗时间为40分钟左右，干膜系统，冲洗时间保持在8小时以上，也可以先冲洗1小时，然后浸泡

8-12小时，最后再冲洗1小时；冲洗期间，不允许投加阻垢剂。所有产水和浓水应完全排放掉。

(4) 冲洗过程中，应注意所有阀门和管道连接处，尤其是高压部分是否有渗漏点，如有渗漏，应及时紧固或修补漏水点。

(5) 再次确认产水阀和浓水控制阀处于全开状态，保证高压泵与膜元件之间的进水控制阀几乎处于全关闭状态，可避免瞬间的高压高流量水流对膜元件造成损伤。

(6) 依次启动高压泵和阻垢剂等加药泵，并缓慢开启进水控制阀，逐渐提高系统的进水流量和浓水流量，使浓水流量达到设计值。同时缓慢关闭浓水控制阀，以维持浓水流量在设计值附近；注意产水流量的上升，并逐步调节使回收率达到设计值。进水流量增加时间不少于20~30秒，整个升压过程时间不少于40~60秒。最后检查系统运行压力，确保在设计范围以内。

(7) 检查系统内阻垢剂、还原剂等化学药剂加药量是否与设计值一致。测进水pH值。

(8) 测定进水及各压力容器的电导，对并联压力容器的产水电导进行对比，判断膜元件、连接器和密封圈等是否存在泄漏或其他故障；测定浓水的pH值、电导、钙硬度和碱度等，并计算出浓水的LSI和S&DSI，并判断在此运行条件下，是否有 CaCO_3 污垢形成，以上操作均采用手动操作模式。

(9) 系统正常连续运行1~2小时后，记录第一组所有运行参数式。

(10) 产水合格后，打开产水控制阀门，将产水输送到指定地点。

(11) 在连续操作24~48小时后，重新记录所有运行数据，包括进水压力、压差、温度、进水流量、回收率及电导率、产水流量及电导率和系统回收率。此时系统运行参数作为系统稳定运行的基准。

(12) 对比设计参数与实际运行参数，判断设备是否达到设计要求。

(13) 在投入运行一周内，应定期检测系统运行性能，记录所有的运行参数，确保系统在初始使用阶段处于合适的性能内。

注意：

(1) 对于湿膜元件系统，系统稳定运行12~24小时就能达到稳定的产水量和脱盐率；对于干膜元件系统，运行前期会出现产水量高，脱盐率低的现象，均属于正常现象，在3~5天后会达到稳定运行状态。

(2) 在两级膜系统中，为保证二级系统的产水量，一级系统必须在稳定运行 1~2 天后才能将产水进入二级系统。

2-2 日常运行

为了避免水流突变对膜元件造成不可逆的损伤，膜系统一旦运行起来，要尽可能的连续运行下去，但是在实际使用中，不可避免的会经常性的停止和启动膜系统。因此，日常的启动和停止过程都应以平稳为原则。

2-2-1 日常启动

日常启动可采用可编程序控制器结合自控模式来实现，但要定期校正维护各仪表和控制元件；也可采用手动操作模式，操作步骤同2-1-2首次启动顺序（5） - （13）。

2-2-2 日常运行记录

日常运行数据是发现并解决系统故障的有效方法，因此，从系统调试开始到稳定运行，再到日常运行维护，所有的系统运行数据都必须记录建档，用于分析整个系统的运行状况。日常运行记录内容包括预处理系统、膜系统，加药系统。

预处理系统运行数据记录应包括以下内容：

- (1) 操作日期及系统运行时间。
- (2) 每天两次记录过滤器的压降，用于判断是否进行正洗、反洗和气洗，并记录正洗、反洗和气洗的时间和频率。
- (3) 每天两次记录进水压力、余氯浓度、pH、温度等数据。
- (4) 每天两次记录出水压力、pH、SDI值、浊度等数据。
- (5) 每天记录系统所使用化学药品的消耗量。
- (6) 日常不定时出现的故障和停机等。

预处理系统运行记录表					
日期	日期				
	时间				
进水	pH				
	温度℃				
	SDI值				
	浊度				
	流量m³/h				
	余氯浓度mg/L				
出水	pH				
	温度℃				
	SDI值				
	浊度				
	流量m³/h				
	余氯浓度mg/L				
压力	进 水 bar				
	出水bar				
	压力 降 bar				
备注	(故障停机记录等)				

膜系统运行数据记录应包括以下内容：

- (1) 操作日期及系统运行时间。
- (2) 每天两次记录膜系统进水的温度、SDI、浊度、余氯等。
- (3) 每天两次记录每一段进水、产水和浓水的压力。
- (4) 每天两次记录保安过滤器和每一段膜系统前后的压降。
- (5) 每天两次记录每一段进水、产水和浓水的电导率。
- (6) 每天两次记录整个系统的进水、产水和浓水流量及其整体回收率。
- (7) 每天两次记录膜系统的进出水pH值。
- (8) 日常不定时出现的各种故障。

反渗透处理系统运行记录表					
日期	日期				
	时间				
进水	pH				
	温度				
	电导率 us/cm				
	SDI值				
	ORP电位mv				
	流量m ³ /h				
	余氯浓度mg/L				
产水（第一段）	pH				
	温度℃				
	电导率 us/cm				
	SDI值				
	ORP电位mv				
	流量m ³ /h				
	余氯浓度mg/L				
产水（第一段）	pH				
	温度℃				

	电导率 us/cm				
	SDI值				
	ORP电位mv				
	流量m ³ /h				
	余氯浓度mg/L				
浓水（第一段）	流量m ³ /h				
	电导率 us/cm				
	余氯浓度mg/L				
浓水（第二段）	流量m ³ /h				
	电导率 us/cm				
	余氯浓度mg/L				
压力bar	第一段保安滤器压差				
	第一段进水				
	第一段出水				
	第一段压差				
	第二段保安滤器压差				
	第二段进水				
	第二段出水				
	第二段压差				
膜系统	回收率				
	运行压力				
备注	(故障停机记录等)				

加药系统运行数据记录应包括以下内容：

- (1) 操作日期及系统运行时间。
- (2) 每天两次记录各类药剂加药箱内的现存量、补充量、配制浓度。
- (3) 各计量泵流量和添加浓度等。
- (4) 日常不定时出现的各种故障。

加药系统运行记录表					
日期	日期				
	时间				
阻垢剂	现存量 (L)				
	补充量 (L)				
	配制浓度 (mg/L)				
	计量泵流量 L/min				
还原剂	现存量 (L)				
	补充量 (L)				
	配制浓度 (mg/L)				
	计量泵流量 L/min				
	现存量 (L)				
	补充量 (L)				
	配制浓度 (mg/L)				
	计量泵流量 L/min				
	现存量 (L)				
	补充量 (L)				
	配制浓度 (mg/L)				
	计量泵流量 L/min				
备注	(故障停机记录等)				

2-3 停机

- (1) 当膜系统需要停机时，应该遵循以下原则：
- (2) 停机前，必须用反渗透产水或者预处理的出水冲洗整个膜系统，将高含盐量的浓水从膜表面冲刷掉，直到浓水出水和进水的电导率接近；冲洗水压在低压下进行，不超过3bar。
- (3) 冲洗水中不能含有阻垢剂等化学药品。如果采用预处理出水时，应该添加降低SDI和脱除余氯的化学药品。
- (4) 冲洗后，应完全关闭进水阀和浓水排放口。
- (5) 先打开产水排放阀，防止产生背压，当系统产生背压时，背压不得高于 0.3bar。
- (6) 当膜系统停机时，按照以下步骤：
- (7) 首先打开产水排放阀，在打开高压泵附近的进水控制阀，降低系统的进水流量。
- (8) 缓慢打开浓水控制阀，降低系统压力至2~3bar，关闭加药装置。
- (9) 控制进水流量低于进水最大流量，控制压力容器两端的压力差低于极限值。流量的上升和压力的下降都要缓慢进行，控制在45秒左右。
- (10) 维持低压冲洗，直到浓水出水和进水的电导接近，整个过程持续 15min左右。

第3节 膜元件的维护

进水中含有的微生物、有机物、颗粒物和浓缩后的盐等都会对膜元件产生污染作用，虽然预处理系统对这些污染物有一定的截留作用来减少对膜系统的污染，但是仍然有一部分污染物进入膜系统，长时间的运行后依然会对膜元件产生污染，在膜表面产生污垢，降低膜系统的性能，具体表现为产水量下降，脱盐率降低，进水和浓水间的压差增高。因此需要对膜系统进行定期的维护来保证系统的正常使用性能。

3-1 膜系统化学清洗

3-1-1 化学清洗判断

由于膜系统的性能受到多种因素的影响，比如温度、pH、压力、TDS等。有时系统产水量的下降并非是因为膜元件污染造成的，比如温度每降低3℃，产水量下降10%，这属于正常现象，为了准确判断化学清洗的时机，在出现下列情况之一时必须及时对膜系统进行清洗。

- (1) 产水量比初始值下降超过15%。
- (2) 透盐率比初始值增加超过5%。
- (3) 进水和浓水之间的压差比初始值升高超过15%。

备注：以上的初始值取自系统最初48小时运行时的运行参数。

3-1-2 化学清洗步骤

(1) 低压清洗：可使用反渗透产水作为冲洗水，也可用预处理产水作为冲洗水，但是要确保产水中没有与清洗剂发生反应的化学物质。

(2) 配制清洗剂：使用反渗透产水配制清洗剂，准确称量所需的药剂，配制pH值、温度，浓度合格的清洗药剂。并确保在进入膜元件循环之前，所有的清洗药剂已经充分的溶解和混合。

(3) 低流量输入：首先用正常清洗水量40%~50%的流量低压进入膜元件，压力以不产生渗透产水，又能进入浓水端为准。刚开始以置换膜元件内原水为主，为防止清洗液被稀释，刚开始的回水排掉。

膜元件直径 (in)	每根压力容器的正常清洗流量 (m³/h)
2.5	1
4	2.5
8	9

(4) 循环：当浓水端出现清洗液，说明原水已经全部被置换，回水回流至清洗水箱。当回流清洗液变浑浊或pH 值变化超过0.5，可添加或者更换清洗液。

(5) 浸泡：关闭清洗泵、进水阀、浓水回流阀和产水回流阀，使膜元件完全浸没在清洗剂中，根据膜元件的污染程度，可选择浸泡2h、10h，甚至过夜。为了保持温度恒定，期间可采用间歇循环或者超低流量循环的方式开启清洗泵。

(6) 高流速循环：加大清洗流量至正常流量，如果污染严重，可加大至正常流量的 1.5 倍，循环清洗持续40~50min，高流量循环期间观察压差，不得超过最大允许值。

(7) 冲洗：先用产水冲洗大约10min，再用预处理的产水冲洗20~30min，将清洗液完全冲出膜系统。为防止产生沉淀，温度均不低于20℃。

3-1-3 化学清洗药剂

(1) 无机盐类结垢

无机盐类结垢主要是碳酸钙和硫酸钙，出现无机盐结垢的主要特征是短时间内（几个小时或几天）产水量大幅度下降。结垢原因主要是回收率太高、进水Ca²⁺、Mg²⁺含量较高、阻垢剂使用量不足。

针对无机盐类结垢的清洗，碳酸盐类的结垢首选盐酸作为清洗剂，也可使用磷酸、柠檬酸、连二亚硫酸钠等代替，详细信息如下表：

主要污染物质	清洗液种类	备注
碳酸盐结垢物	0.2% 盐酸	首选
	1.0%连二亚硫酸钠	备选
	0.5%磷酸	备选
	2.0% 柠檬酸	备选

硫酸盐类结垢相比于碳酸盐类结垢清洗难度较大，因此对原水中硫酸根离子浓度较高的膜系统，应加大清洗频率，结垢时间禁止超过一周。清洗剂首选氢氧化钠+乙二胺四乙酸四钠,也可使用氢氧化钠+十二烷基硫酸钠盐来代替，详细信息如下表：

主要污染物质	清洗液种类	备注
硫酸盐结垢物	0.1% 氢氧化钠+1.0% 乙二胺四乙酸四钠	首选
	0.1% 氢氧化钠+0.025% 十二烷基硫酸钠盐	备选

(2) 有机物污染

出现有机物污染的主要特征是产水量大幅度下降，但是脱盐率基本上没有变化。针对有机物污染的清洗，一般分为两个阶段，第一阶段首选氢氧化钠+十二烷基硫酸钠盐作为清洗剂，也可使用氢氧化钠+乙二胺四乙酸四钠代替，第二阶段基本都使用盐酸作为清洗剂，详细信息如下表：

主要污染物质	第一阶段清洗液种类	备注
有机物污染	0.1% 氢氧化钠+0.025% 十二烷基硫酸钠盐	首选
	0.1% 氢氧化钠+1.0% 乙二胺四乙酸四钠	备选

主要污染物质	第二阶段清洗液种类	备注
有机物污染	0.2% 盐酸	首选

(3) 胶体污染

出现胶体污染的主要特征是产水量下降，伴随着压差缓慢变大和产水电导率略微增加。针对胶体污染的清洗，首选氢氧化钠+十二烷基苯磺酸钠作为清洗剂，也可使用柠檬酸来代替，详细信息如下表：

主要污染物质	第一阶段清洗液种类	备注
有机物污染	0.1% 氢氧化钠+0.025% 十二烷基硫酸钠盐	首选
	0.1% 氢氧化钠+1.0% 乙二胺四乙酸四钠	备选

(4) 金属氧化物污染

出现金属氧化物污染的主要特征是产水量下降，伴随着压差缓慢变大和脱盐率下降。针对金属氧化物污染的清洗，首选连二亚硫酸钠作为清洗剂，也可使用柠檬酸、亚硫酸氢胺、磷酸来代替，详细信息如下表：

主要污染物质	清洗液种类	备注
金属氧化物	1.0%连二亚硫酸钠	首选
	1.0%亚硫酸氢胺	备选
	0.5%磷酸	备选
	2.0% 柠檬酸	备选

(5) 微生物污染

出现微生物污染的主要特征是产水量下降，伴随着压差迅速变大，但是电导率基本不变。针对微生物污染的清洗，首选氢氧化钠+十二烷基硫酸钠盐,也可使用氢氧化钠+乙二胺四乙酸四钠来代替，详细信息如下表：

主要污染物质	清洗液种类	备注
微生物污染	0.1% 氢氧化钠+0.025% 十二烷基硫酸钠盐	首选
	0.1% 氢氧化钠+1.0% 乙二胺四乙酸四钠	备选

3-2 膜系统消毒

3-2-1 消毒清洗步骤

膜系统的消毒遵循“低压清洗-配制清洗剂-低流量输入-循环-浸泡-高流速循环-冲洗”的步骤，具体操作可参考 3-1-2 化学清洗步骤。

3-2-2 消毒药剂

(1) 过氧化氢消毒剂

使用过氧化氢对膜系统进行杀菌与消毒，必须控制温度和膜系统中残留的过渡金属离子，尤其是 Fe^{2+} 。因为过氧化氢本身不稳定，在温度较高时会自分解产生具有高氧化

性能的羟基自由基，羟基自由基会对膜产生不可逆的损伤。同样过渡金属离子的存在也会与过氧化氢反应产生羟基自由基。因此要控制杀菌溶液的温度不高于 25℃。

清洗注意事项：先用碱性清洗液去除膜系统的沉积物，使消毒剂可以充分与膜元件接触，提高杀菌消毒效果；然后用膜系统产水将碱性清洗液完全冲洗出来；再用酸性清洗剂去除表面的过渡金属离子，防止过渡金属离子与过氧化氢反应。最后使用过氧化氢溶液循环并浸泡整个膜系统，时间持续1~12h，再用产水冲洗整个系统即可。

(2) 含氯消毒剂

含氯消毒剂具有氧化性，短期内不会对膜系统造成损伤，但是长时间的接触后，会降低膜系统的运行性能。膜系统对温和类的含氯消毒剂具有抵抗力，但是低浓度下，消毒剂的杀菌消毒效果也很差，因此不建议采用含氯消毒剂。

3-3 膜系统停用管理措施

在日常使用过程中，可能会遇到紧急事件或者日常检修等特殊情况，必须对膜系统停机管理。根据不同的停机时间，需要采取不同的管理措施来保证膜系统的正常使用性能。

3-3-1 日常停机管理措施

日常停机时间一般都在1~2天，停机程序参照本章2-3停机步骤，必须保证低压冲洗时间不少于15min。膜系统一定时间内没有水流的冲洗容易滋生微生物，因此停机期间必须保证每24h对系统进行一次冲洗。

3-3-2 系统停机管理措施（2~25天）

当系统停机超过2天，要注意避免三个事件的发生：1) 避免膜元件干燥造成产水量不可逆的下降。2) 避免微生物滋生。3) 避免系统受到极端温度的伤害。可按照以下步骤进行管理。

(1) 按照本章2-3停机步骤正常关机。

(2) 停机后为了防止膜元件干燥，要保证膜系统内充满水作为保护液，为了减少微生物滋生，选用水质较好的RO产水充满压力容器，同时关闭所有阀门，包括进水，产水和浓水端的阀门，防止保护液泄漏。

(3) 微生物的滋生与环境温度有关，当环境温度低于20℃时，微生物滋生速度较慢，可间隔24h冲洗一次；当环境温度高于20℃时，微生物滋生速度相对较快，要保证12h重复冲洗一次；

(4) 微生物的滋生速度还与原水水质有关，当原水中的微生物含量较高时，需使用低浓度（0.5%~1%）的亚硫酸氢钠溶液配合RO产水作为冲洗水。

(5) 膜系统所处环境温度不得高于45℃，且必须处于不结冰状态。

3-3-3 长时间停机管理措施（>25天）

当系统停机超过25天，要更加注意对膜元件的保护。需按照以下步骤进行管理。

(1) 按照本章2-3停机步骤正常关机，并用系统的产水采取低压冲洗的方式冲洗系统，时间不少于15min。

(2) 为了减少微生物滋生，停机前必须分别进行一次化学清洗和消毒清洗，清洗完再用系统的产水进行低压冲洗，尽可能使膜元件处于干净状态，冲洗标准以进水端和浓水端的电导率相差不大为准。

(3) 为了更好的保护膜元件，使用低浓度（1%~1.5%）的亚硫酸氢钠溶液配合RO产水作为保护液，在膜系统内进行循环，充分赶走系统内的气泡。使用保护液浸泡膜元件时，关闭所有阀门，包括进水，产水和浓水端的阀门，防止保护液泄漏和空气进入氧化保护液。

(4) 每周检查两次保护液，当pH低于3时，必须更换保护液；每月必须更换一次保护液。

(5) 膜系统所处环境温度不得高于45℃，且必须处于不结冰状态。

第六章 故障诊断与排除

反渗透系统最常见的故障有三类：产水量降低、脱盐率降低、膜元件压降升高。通过细致的故障诊断，找到准确的故障原因，才能有效排除故障。

所以，反渗透系统运行期间需进行详细的运行数据记录，包括进水流量、进水压力、进水电导率、产水流量、产水电导率、浓水压力等，每天对运行数据进行分析，若发现运行数据有偏差，无论系统是否报警，都需及时排查系统各重要设备是否正常，提前找到故障点，及时修复，避免故障严重后系统报警停机。

所以，详细连续的数据记录，对于故障的早预防、早发现、早排除有重要意义。

第1节 常见故障诊断

无论发生任何故障，首先要分析外部因素，排除外部因素后，再分析内部因素，引起反渗透故障的外部因素主要有以下几项：

1、由进水水质变化引起的反渗透故障

- ◆ 进水水质变化；
- ◆ 预处理系统无法得到优化。

2、由预处理引起的反渗透故障

- ◆ 多介质过滤器滤料乱层或偏流；
- ◆ 缓冲水箱细菌、微生物繁殖严重；
- ◆ 活性炭过滤器滤料粉化或微生物繁殖严重。

3、由保安过滤器引起的反渗透故障

- ◆ 保安过滤器直径偏小；
- ◆ 滤芯质量较差，过滤精度达不到要求；
- ◆ 滤芯压不紧，且易变形。

4、由阻垢剂加药系统引起的反渗透故障

- ◆ 阻垢剂的性能与水质不匹配；
- ◆ 阻垢剂计量泵的性能不可靠；
- ◆ 阻垢剂的过度稀释及药箱污染严重；
- ◆ 阻垢剂加药产生偏流。

5、由其它加药系统引起的反渗透故障

- ◆ 不适宜的絮凝剂带来膜元件污染；
- ◆ 氧化剂过量投加引起膜元件被氧化；
- ◆ 还原剂过量投加引起膜元件严重污堵。

6、由仪器仪表引起的反渗透故障

- ◆ 浓水流量显示偏大(实际较小)引起反渗透回收率过高产生结垢；
- ◆ 浓水流量显示偏小(实际较大)引起反渗透回收率过低产生过大压差；
- ◆ 流量读数波动引起系统判断失误。

对于内部因素分析，需全面调查整个系统各个组成部分，包括水泵、仪表、阀门，主要分析方法详见下文。

7、产水量降低

反渗透系统出现标准化后产水量降低，可根据下面三种情况寻找原因：

- ①系统的第一段产水量降低，则存在颗粒类污染物的沉积；
- ②系统的最后一段产水量降低，则存在结垢污染；
- ③系统的所有段的产水量都降低，则存在污堵。

根据上述症状，出现问题的位置，确定故障的起因，并采取相应的措施，依照“清洗导则”进行清洗等。另外反渗透系统出现产水量下降的同时还会伴随有脱盐率降低、升高等情况。

(1) 标准化后产水量下降脱盐率降低

标准化后产水量下降脱盐率降低是最常见的系统故障，其可能的原因是：

1) 胶体污堵

为了辨别胶体污堵，需要：测定原水的SDI值、分析SDI测试膜膜表面的截留物、检查和分析第一段第一支膜元件端面上的沉积物。

2) 金属氧化物污堵

金属氧化物污堵主要发生在第一段，通常的故障原因是：

- ①进水中含铁和铝
- ②进水中含H₂S 并有空气进入，产生硫化盐；
- ③管道、压力容器等部件产生的腐蚀产物。

3) 结垢

结垢是微溶或难溶盐类沉积在膜的表面，一般出现在预处理较差且回收率较高的苦咸水系统中，常常发生在RO系统的最后一段，然后逐渐向前一段扩散。含钙、重碳酸根或硫酸根的原水可能会在数小时之内出现结垢堵塞膜系统，含钡和氟的结垢一般形成较慢。

辨别是否结垢的方法：

- ①查看系统的浓水侧是否有结垢；
- ②取出最后一支膜元件称重，存在严重结垢的膜元件一般会超重。

4) 微生物污染

刚开始时，透盐率正常甚至较低，当大量污垢出现时，透盐率就会迅速增加；当进水、浓水或产水水样中含大量微生物时，表示已产生或存在生物污染，当怀疑有微生物污染时，应进行系统地检查：

触摸微生物膜就会感觉到十分滑腻并常有难闻的气味；

燃烧是一种快速判定微生物污染的方法，生物膜样品的气味就如同焚烧头发一样。

(2) 标准化后产水量下降脱盐率升高

标准化后产水量下降脱盐率升高其可能的原因是：

1) 膜压密化

当膜被压密化之后通常会表现为产水量下降脱盐率升高，在下列情况下容易发生膜的压密化：

- ①进水压力过高；
- ②进水高温；
- ③发生水锤现象。

2) 有机物污染

进水中的有机物吸附在膜元件表面，造成通量的损失，多出现在第一段。辨别有机物污染的方法：

- ①分析保安过滤器滤芯上的截留物；
- ②检查预处理的絮凝剂，特别是阳离子聚电介质；
- ③分析进水中的油和有机污染物；
- ④检查清洗剂和表面活性剂。

8、脱盐率降低

(1) 标准化后脱盐率下降，产水量正常，产生这种症状的原因有：

①“O”型圈泄漏

当与某些化学品接触或受到机械应力时，如由于水锤作用引起膜元件的运动，“O”型圈就会出现泄漏现象，有时还会出现“O”型圈未安装，“O”型圈安装不正确等情况。

②望远镜现象

产生望远镜现象的原因是进水和浓水间的压差过大；较严重的望远镜现象会造成膜元件的机械损坏。

③膜表面磨损

这种情况常常是因为RO系统前端的元件受到水中结晶体或具有尖锐外缘的金属悬浮物的磨损造成的。

④产水背压

任何时刻，产水压力高于进水或浓水压力0.3bar，复合膜就可能发生复合层间的剥离，从而损坏膜元件。

(2) 标准化后脱盐率下降产水量升高。产生这种症状的原因有：

①膜氧化

当膜接触到水中的氧化性物质后，膜被氧化破坏，这是不可逆的化学损伤，一旦出现这种情况，只能更换所有膜元件。

②泄漏

膜元件或中心管严重的机械损坏将导致进水或浓水渗入产水中，特别是当运行压力较高时，问题就越严重。

9、膜元件压降升高

进水与浓水间的压差称为压降，每一支含多支膜元件的压力容器压降上限为3.5bar，每一支玻璃钢外包皮膜元件的压降上限为1bar。当进水流量恒定时，压降的增加常常是由于元件进水网格流道内存在污染物或结垢物，一旦进水流道被堵塞，常常会伴有产水量的下降。

下面为引起压降升高的常见的原因：

①结垢

结垢常常会引起最后一段膜元件压降的增加，必须保证采取了控制结垢的适当措施，并采用合适的化学药剂清洗膜元件，同时保证不超过系统的设计回收率。

②生物污堵

生物污堵常常会引起RO系统前端压降的显著增加，并会对进水流产生极高的阻力。

第2节 故障排除

1、盐透过率升高，产水量却下降，每段之间的压力差增大，膜组件质量显著增加。

引发问题的可能原因	所在位置及鉴别手段	解决方法
金属氧化物污染	-分析日常 SDI测试膜截留物质 -通过分析清洗液中金属离子 -解剖分析被污染膜元件	-进行对金属氧化物污染物清洗 -改善预处理工艺和运行条件
胶体污染	-分析日常 SDI测试膜截留物质 -解剖分析被污染膜元件	-采用含有脂类洗涤剂清洗 -改善预处理工艺和运行条件
无机盐垢污	-校核浓水系统 LSI指数和可能生成的难溶物溶度积测试 -解剖分析被污染的典型膜元件	-针对具体情况选择合适的清洗剂清洗 -选择更有效的阻垢/分散药剂投加 -改善预处理系统
淤泥污染	-检测预处理系统后的进水 NTU -解剖分析被污染的典型膜元件	-改善预处理系统 -利用 HF 和胶体清洗液清洗

2、盐透过率和产水流量增加,但进水和浓水之间的压力差正常。

引发问题的可能原因	所在位置及鉴别手段	解决方法
有机物污染	-拆开膜组件(压力容器),查看反渗透膜元件进水端污染症状 -对原水及浓水进行水质分析	-选择碱性清洗液对系统进行清洗 -改善系统预处理工艺

3、开始盐透过率不变,甚至还会有所降低,在运行一段时间后系统盐透过率开始持续增加,并伴随着进水和浓水之间的压差增大和系统产水量降低。

引发问题的可能原因	所在位置及鉴别手段	解决方法
生物污染	-拆开膜组件查看膜元件进水端污染症状 -分析反渗透系统浓水和产品水生物及细菌指标	-首先用碱性清洗液进行第 1 次清洗,然后再用被允许使用的杀菌清洗剂配制清洗液清洗膜系统 -改善系统预处理工艺

4、盐透过率高，产水量满意，甚至稍高,每段压力差较大。

引发问题的可能原因	所在位置及鉴别手段	解决方法
-设计或运行操作不合理,引起反渗透系统的过分浓度差极化	-校核反渗透系统浓淡水比例和运行回收率 -检查反渗透装置上压力容器及压力管道固定是否合适,压力容器是否发生翘曲或变形 -检查膜元件的 U 型浓水密封圈	-加大反渗透浓水的运行流量,降低反渗透系统水回收率 -更换已损坏的反渗透膜元件上的 U 型密封圈 -改善配管固定方式

5、盐透过率增大,产水流量加大,压力差降低。

引发问题的可能原因	所在位置及鉴别手段	解决方法
-膜表面被给水的颗粒物或系统产生浓差极化而生成无机盐结垢晶体划伤	-颗粒污染物 -分析最后 1 段无机盐垢污,校核浓水 LSI值,测试难溶物的溶度积数值	-改善预处理系统 -调整系统水回收率 -选择使用更有效的阻垢剂/分散剂 RO 系统的第一段产水量降低,则存在颗粒类污染物的沉积;

6、盐透过率高,产水量满意或稍高.每段之间的压力差基本不变。

引发问题的可能原因	所在位置及鉴别手段	解决方法
膜元件或压力容器上 O 型圈漏水	-对压力容器的取样管取样试验分析确认具体发生位置	-更换在膜元件或容器上已损坏或产生漏流 O 型圈
膜元件膜袋粘合线破裂,膜元件中心管破裂或膜元件机械损坏	-压力容器取样试验判定发生具体位置 -对膜元件进行真空试验,判定发生具体位置 -膜元件卷伸出,解剖分析原因	-对破损的膜元件进行替换 -检查给水压力,产品水压力及膜元件在运行的压力降是否合适,并调整之
系统运行有水锤产生	-检查设备驱动程序是否合理,找出产生水锤原因	-修改设计和运行条件和系统驱动程序

7、盐通过率和产水流量增加,进水和浓水之间的压力降低或正常。

引发问题的可能原因	所在位置及鉴别手段	解决方法
反渗透膜被给水中的氧化性物质氧化而引起膜性能退化	-重点对第一段反渗透膜组件进行水质水量监测,并对测试值进行标准化,与试机报告数据进行比较	-对于情况较为严重者,必须有所选择地对已退化的膜元件进行更换 -改善系统预处理工艺 -增设氧化还原电位的监测(ORP)

8、海水淡化系统出现盐透过率不变或略微降低,水通量降低,运行压力高,压力差无明显变化。

引发问题的可能原因	所在位置及鉴别手段	解决方法
高压下对膜片的压密性	-对反渗透膜组件进行常规清洗,运行水质水量监测,并对测试值进行标准化,与试机报告数据进行比较,产水量恢复率高于 85%	-正常现象

第3节 其他故障及排除

序号	故障现象	原因分析	处理措施
1	开关打开, 但设备不启动	①电气线路故障 ②热保护元件保护后未复位 ③水路欠压	①检查保险, 检查各路接线 ②热保护元件复位 ③检查水路, 确保供水压力 ④检查水位开关
2	设备启动, 进水电磁阀未打开	①接线脱落 ②电磁阀内部故障 ③电磁阀线圈坏	①检查接线 ②拆卸电磁阀, 修理或更换部件及线圈
3	泵运转, 但达不到额定压力和流量	①泵反转 ②保安过滤器滤芯堵塞 ③泵内有空气 ④冲洗电磁阀未打开	①重新接线 ②清洗或更换滤芯 ③排出泵内空气 ④待冲洗完毕后调整压力
4	系统压力升高, 泵噪音大	①原水流量不够 ②原水水流不稳, 有涡流	①检查原水泵和管路; ②检查管路是否有泄露
5	冲洗后电磁阀未关闭	①电磁阀控制元件和线路故障 ②电磁阀机械故障	①检查和更换元件和线路; ②拆卸电磁阀, 修复和更换
6	欠压停机	①原水供应不足 ②保安过滤器滤芯堵塞 ③压力调整不当, 自动冲洗时造成欠压	①检查原水泵和预处理系统是否在工作 ②清洗、更换滤芯 ③调整系统压力到最佳状态使滤后压力维持在 20 磅力每平方英寸以上
7	浓水压力达不到额定值	①管道泄漏 ②冲洗电磁阀未完全关闭	①检查、修复管路 ②检查、更换冲洗电磁阀
8	压力足够, 但压力表显示不到位	①压力软管内异物堵塞 ②软管内有空气 ③压力表故障	①检查、疏通管路 ②排除空气 ③更换压力表

第七章 典型应用案例

7-1 某矿井废水零排放处理项目



处理量：5000m³/d

处理工艺：预处理+一级超滤+一级卷式RO+二级卷式RO+三级SPDT-RO+ 蒸发

7-2 宁夏某工业园区污水处理厂零排放项目



处理量：19000m³/d

处理工艺：预处理+超滤+卷式RO+ 特种NF分盐+DT膜高倍浓缩+蒸发

7-3 揭阳某电镀园区电镀废水零排放项目



处理量：2000m³/d

处理工艺：预处理+生化+超滤+卷式RO+特种卷式高压RO+蒸发

7-4 浙江某化工企业零排放项目



处理量：2500m³/d

处理工艺：生化尾水+超滤+卷式RO+DTRO+蒸发

7-5 四川某脱盐水处理项目



处理量：1500m³/d

处理工艺：超滤+卷式RO