
反渗透系统操作维护技术手册

反渗透系统操作维护

技

术

手

册

XX 净化设备有限公司

总 目 录

QQ 公司简介	2
第一章 概况	3
第二章 预处理专用药剂	4-5
第三章 RO/NF 系统的安装、运行和维护	6-25
第四章 RO/NF 系统故障诊断和排除	26-34
第五章 RO 系统长期稳定运行的主要因素	35
第六章 实例：某医药企业制水系统操作规程	36-53

QQ 公司简介

□□□□□

XX 净化设备有限公司（原太仓市华太水处理设备有限公司）成立于 1985 年，专业从事水处理技术的研究及设备的制造。主要承接各种工业、民用给水处理、废水治理、物料浓缩设备及工程，为建设者提供工艺设计、设备制造、安装、调试和培训操作人员的全套技术性服务。

□□□□□□□

本公司原是华东建筑设计研究院水处理技术的科研开发基地，有多名国内水处理专家担当总工程师及顾问。具有丰富工程设计经验和先进水处理技术的 QQ 公司设计技术人员一直处于专业设计的前列，所设计的各种水处理项目不胜枚举，并能不断设计、研制、开发新产品，使用户得到更可靠的信赖和保证。

□□□□□□

本公司占地面积 20000 多平方米，设立五大车间（冷作、金加工、塑料成形、反渗透超滤组装、总装），组织严密而高效。有严格的质量保证体系，已通过 ISO9002 之认证。

□□□□□

本公司设有专业安装队，专业负责现场安装及售后服务，并已在全国各地建立服务网，为用户提供迅速、热忱的各种服务。

□□□□□

目前本公司在全国各地建立的各类纯电站、废水站、物料浓缩装置已超过 1000 多套，包括许多著名公司，如东方明珠、浦东国际机场、日立、上海生物所、吉林敖东、宜都东阳光、飞利浦、奇美、深宝华城、扬子江药业等等。

第一章 概况

一、原理

自然界有这样一种现象，当用一张半透膜将纯水与含盐水隔开，纯水会向含盐水渗透并保持相应渗透压；如果将含盐水施加大于渗透压的压力，则含盐水中的水会向纯水方向渗透，此方被称为反渗透，该半透膜即为反渗透膜。借助压力使水分子强迫透过对水分子有选择透过作用的反渗透膜，即是反渗透器的脱盐原理。

二、主要术语

- 1、反渗透 (RO): 一种借助选择透过 (半透过) 性膜的功能，以压力为推动力的膜分离技术。
- 2、RO 组件: 一种能使 RO 膜技术付诸于实际应用的最水基本单元。
- 3、原水: 未经处理的天然 (地表、地下) 水及自来水。
- 4、预处理: 借助于投加化学药剂、过滤、活性炭吸附、软化、精滤等方法对原水进行处理，使之符合 RO 进水水质指标的过程。
- 5、进水: 经预处理后，进入 RO 系统的水。
- 6、产水: RO 系统中透过 RO 膜的那部分水。
- 7、浓水: RO 系统中未透过 RO 膜的那部分水。
- 8、压力及压差: 压力指 RO 系统进水压力、浓水压力、压差为两者之差，以 ΔP 表示。
- 9、渗透压: 当渗透达到平衡时，浓溶液侧的液面会比稀溶液的液面高出一定高度，形成一个压差，此压差即为渗透压。
- 10、电导率: 在一定温度下，1CM²相距 1CM 的电极，带电荷离子在水中迁移的电阻率的倒数，通常以 s/cm 表示。
- 11、胶体: 粒径 < 1 μm 的悬浮在液体 (水) 中的分散物质。
- 12、污染指数 (FI): 一种表示溶液中胶体含量对 RO 膜污染堵塞程度的一种指数。亦可用淤积密度指数 (SDI) 来表示。
- 13、朗格利尔饱和指数 (LSI): 由溶解总固体 (TDS)、钙浓度、总碱度、PH 值和溶

液的温度计算得到的一种表明碳酸钙在水溶液中沉淀或溶解的一种指数。

三、RO 进水水质指标

1、FI: ≤ 4 (15 分钟)

2、PH: 3~10

3、余氯: $< 0.1 \text{ mg/L}$

4、温度: $5 \sim 35^\circ\text{C}$

5、铁: $< 0.1 \text{ mg/L}$

6、COD: $< 1.5 \text{ mg/L}$

7、LSI: < 0

第二章 预处理专用药剂

一、投加化学试剂及溶液配比

1、ST 或 PAC 絮凝剂的配比，注入量及注意事项

水中投加 ST 或 PAC 絮凝剂的主要作用是进一步凝聚水中胶体、有机物，使水中较小的或难以凝聚的胶体，有机物凝聚成较大的颗粒，大大提高多介质过滤器的过滤效果。

ST 溶液的配比及注入量：

假定进水量为 $9 \text{ m}^3/\text{h}$ ，加入 ST 后浓度为 1 ppm 。则 ST 的投加量为： $1 \times 9 = 9 \text{ g/h}$ ，如果计量泵注入量（可调）为 2 L/h 。配制 ST 溶液为： 9 g ST （纯）加水至 2 L 。一般买来的 ST 溶液浓度为 30% ，即将 30 g ST 溶液加水至 2 L 搅匀即可。

PAC 溶液的配比及注入量：

假定进水量为 $9 \text{ m}^3/\text{h}$ ，加入 PAC 后浓度为 3 ppm 。则 PAC 的投加量为： $3 \times 9 = 27 \text{ g/h}$ 。如果计量泵注入量（可调）为 2 L/h 。配制 PAC 溶液为： 27 g PAC 加水至 2 L ，搅匀即可。

ST 及 PAC 的投加量应根据水源的不同而改变，一般可通过调节计量泵注入量来实现。

注意事项：

ST 絮凝剂（液体）应保存在避光阴凉处，保存期为一年。超过一年，絮凝效果差或失效。ST 溶液配制最好用 RO 出水（或去离子水）配制。ST 取量要准确。配制好的溶液在环境温度 $< 15^\circ\text{C}$ 时，应在 3 天内用完，并经常检测计量泵的注入量是否有变化。

PAC 絮凝剂（固体）应保存在避光干燥阴凉处。

2、 NaHSO_3 (Na_2SO_3) 溶液配制如注入量

水中加入 NaHSO_3 (Na_2SO_3) 主要是还原水中的余氯 ($\text{Cl}_2 + \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$), 使水中余氯含量降低, 减轻活性炭吸附器的负担。通常用于水中余氯含量较高的水源。一般 NaHSO_3 (Na_2SO_3) 的投加量是水中余氯含量的 3 倍。假定某系统进水量为 $9\text{m}^3/\text{h}$, 如测得原水余氯含量为 $3.27\text{mg}/\text{L}$ 。即: $L=3.27\text{mg}/\text{m}^3$ 。进水中总余氯含量为 $9 \times 3.27=29.43\text{g}$, 即 NaHSO_3 (Na_2SO_3) 的投加量为: $29.43 \times 3=88.3\text{g}$; 如果计量泵注入量为 $2\text{L}/\text{h}$, 配制 NaHSO_3 (Na_2SO_3) 溶液为: 88.3g NaHSO_3 (Na_2SO_3) 加水至 2L , 搅匀即可。投 NaHSO_3 (Na_2SO_3) 的量应根据进水中余氯含量的变化而变化。通常可通过配制溶液的浓度或调节计量泵注入量来实现。

3、SHMP 溶液的配制和注入量

水中投加六偏磷酸钠 (SHMP), 主要是作为 Ca^{2+} , Mg^{2+} 离子的阻垢剂, 防止反渗透浓水结垢。SHMP 的投加量, 一般为 $5\sim 10\text{mg}/\text{L}$, 必须保证反渗透浓水侧 SHMP 浓度达到 $20\text{mg}/\text{L}$ (可根据 RO 水回收率推算出进水中 SHMP 的投加量)。假定进水为 $9\text{m}^3/\text{h}$, RO 装置回收率为 65% (即 RO 产水 $5.85\text{m}^3/\text{h}$, 浓水 $3.15\text{m}^3/\text{h}$), 为保证浓水中 SHMP 达到 $20\text{mg}/\text{L}$, 进水投加 SHMP 浓度为:

$$=7\text{mg}/\text{L}。 \frac{20 \times 3.15}{9}$$

即 $7\text{g}/\text{m}^3$ 。故每小时 SHMP 的投加量为 $7 \times 9=63\text{g}/\text{h}$ 。如果计量泵以 $2\text{L}/\text{h}$ 注入, 则将 63g 的 SHMP 溶解后加水至 2L , 搅匀即可。尽可能将 SHMP 溶液的浓度配得浓一些, 以防 SHMP 水解。

二、进口阻垢剂、絮凝剂、清洗剂、杀菌剂

我司作为美国通用电气-贝迪公司 RO 化学品西南区域专业代理商和技术服务商, 相关资讯详见我司《反渗透膜专用药剂技术手册》。

第三章 反渗透系统的安装、运行和维护

一、反渗透和纳滤膜元件使用注意事项

1、产水管路阀门的操作要求

在膜系统运行期间，任何时候都不允许关闭透过液管路上的阀门。其中包括系统的预启动，常规操作，冲洗，化学清洗，尤其是系统停机（包括突然断电等非正常停机）等过程。

在运行过程中关闭透过液管路上的阀门，将会在膜系统产水侧产生背压，导致膜元件不可恢复的损坏（尤其是造成末端膜元件的膜片之间的粘接处出现破裂），引起系统的透盐率的增加。

注：系统经清洗后停用期间，可以关闭透过液管线上的阀门，以隔绝空气，保持系统的清洁和抑制细菌的生长繁殖。在系统重新启动前应将产水和浓水管路上的阀门充分打开。

2、通过浓水阀门调节系统回收率

在系统启动之前，浓水阀门应该保持完全开启。系统启动后，可逐步缓慢关闭浓水阀门，使系统达到设定的回收率。浓水阀门关闭时严禁启动设备。

注：系统回收率的设定应遵循 QQ 公司 RO/IMS 系统设计软件的设计结果。

3、进水中余氯的限制

任何时候进水中的余氯含量不得超过 0.05ppm。进水中有过高的余氯存在将会导致聚酰胺膜元件不可恢复的氧化损坏。在使用膜系统之前请咨询系统的供应商以获得相关的去除余氯的方法。

注：当进水中存在过渡金属时（如 Fe, Mn 等），余氯对膜的氧化作用将会加剧。因此，进水中有过渡金属存在时，确保进水中不含余氯。

4、O 型圈和浓水密封圈的润滑

任何时候不允许使用石油类（如化学溶剂、凡士林、润滑油及润滑脂等）的润滑剂用于润滑 O 型圈、连接管、接头密封圈及浓水密封圈。允许使用的润滑剂为硅基胶、水或丙三醇（甘油）。

5、膜元件 PH 范围

海德能/陶氏/通用的反渗透膜元件用途广泛、适应在多种条件下使用。在大多数情况下，膜的使用 PH 范围是 8-11。这个规定范围相对比较保守，膜的使用寿命最长。但许多客户需要更大的 PH 范围里运行或进行清洗。经过严格地论证，海德能/陶氏/通用对聚酰胺产品的 PH 范围进行了重新界定。

a、连续运行

根据使用温度和产品类型有所差异，QQ 公司聚酰胺膜产品可以在 PH2-11 条件下连续运行。在连续运行中，以浓水的 PH 测试值为准。

b、清洗

推荐客户首先按照海德能/陶氏/通用清洗工艺条件进行操作。一般来说，最大和最小 PH 值取决于操作温度。用户应该使用最低的 PH 进行清洗，以保证膜的使用寿命。具体参数值见表 3-1。

注意：必须严密监控料液或清洗液的 PH 值。要经常校准 PH 计，以保证其准确无误。膜在超高温度和高 PH 下都会损坏脱盐层，造成脱盐率下降。

表 3-1 海德能/陶氏/通用膜元件 PH 范围

连续运行温度			最大清洗温度			
膜元件类型	<45℃	<36℃	50℃	45℃	35℃	30℃
CPA	3to 10	2to 10	联系海德能/陶氏/通用	2to 10	2to 11.5	2to 12
ESPA	3to 10	2to 10	联系海德能/陶氏/通用	2to 10	2to 11.5	2to 12
LFC	3to 10	3to 10	联系海德能/陶氏/通用	2to 10	2to 11.5	2to 12
SWC	3to 10	3to 10	联系海德能/陶氏/通用	2to 10	2to 11	2to 12

ESNA	3to 10	3to 10	联系海德能/陶氏/通用	3to 10	2to 11.5	2to 12
------	--------	--------	-------------	--------	----------	--------

二、膜元件装入压力容器后的间隙检查与加垫圈的方法

为了避免压力容器中膜元件间连接松脱的现象发生，在膜元件装入压力容器后，适当地安装垫片是很有必要的。安装垫片既是在压力容器端板和膜元件中心管之间连接的适配器处加装一些塑料或 PVC 垫圈，消除可能存在的间隙，以防止膜元件在压力容器的末端安装有压力容器中的窜动。

注意：在安装膜元件之前，要确保在压力容器的末端安装有压力容器止推环。

- 1) 拆下压力容器进水端端板。
- 2) 将膜元件依次紧密地推入压力容器中，两支膜元件的中心管用连接管联接，确保膜元件之间没有间隙。
- 3) 在最前端的膜元件上安装一个内连接管（适配器）。
- 4) 准备一些壁厚为 1/4-1/8 英寸(3mm-8mm)，内径大于接管外径的塑料(或其它相应材质，如 PVC、PVDF 等)垫圈作为间隔垫片。
- 5) 尝试着在接管上安放些垫片，然后，固定紧压力容器端板。垫片要加的足够多，直到压力容器的端板能够被紧紧地固定住。

对于所有的组件都要重复这些步骤，以消除可能存在的间隙。

三、膜系统的启动、停机和使用前的保护液的冲洗导则

1、防腐液的冲洗

为防止膜内微生物的生长以长期保持膜的性能，未曾使用的复合膜(CPA、ESPA、ESNA、SWC、LFC、PVD)内存有 0.99%亚硫酸氢钠和 10%丙烯乙二醇的防腐溶液。因此，建议在膜使用前冲洗膜体，使产水中不留防腐剂残液。

注：对于超纯水用膜的储存不使用丙烯乙二醇，以减少超纯水中的有机物含量。

膜体中防腐液被冲洗掉之后，如需长期保存，需再将防腐液注入膜体内。这个问题在复合膜的短期、长期保存时均要引起注意。

2、系统启动时的冲洗

当膜元件装入压力容器后，建议首先用原水以设计操作压力冲洗至少 4 小时。

如果是用于生产超纯水，建议冲洗至少 24 小时，以便将 TOC 浓度降至 50ppb 以下（假设原水中的 TOC 为零）。

警告：产水为饮用水时，在直饮或用于食品、饮料加工前至少冲洗 24 小时。防腐剂摄入人体，导致肠胃发炎、腹痛、腹泻或其它类似病症。

3、RO 系统的启动

必须确认元件装入压力容器时已适当

地填充垫片，防止了间隙造成的膜连接不良。在高压运行之前，建议进行低压冲洗以排出空气，这一过程可以通过软起动机构或变频调速来实现，不是这样启动系统将造成水的冲击波（水锤），对膜元件造成伤害。在冲洗过程中淡水阀门应保持打开状态，以防止膜的损伤。

4、RO 系统的停机

a、苦咸水 RO 系统的关闭

当苦咸水淡化系统关闭时，低回收率的给水冲洗（全开浓水阀门），足以冲掉膜中的高浓度咸水。在冲洗过程中淡水阀门应保持打开状态，以防止膜的损伤。

b、海水 RO 系统的关闭

当海水淡化系统关闭时，建议用 RO 淡水冲洗系统，以便将高浓度海水从膜内部洗掉。在冲洗过程中淡水阀门应保持打开状态，以防止膜的损伤。如果临时不能找到足够的 RO 淡水，可在低回收率下（浓水阀全开），用 RO 给水冲洗系统。一旦淡水蓄足及时转由淡水冲洗。不允许系统停运后不冲洗系统，而使高浓度海水存于膜表面。

四、运行数据标准化

如果膜没有受到污染、膜元件完好无损，而且保持运行参数不变，反渗透系统在正常情况下会长期稳定运行。然而，诸如温度、进水 TDS、产水量和回收率等运行参数是经常变化的，所以膜及膜元件的污染也是无法避免的。数据标准化可以让用户将某个特定条件下的运行情况与标准设计的运行数据进行比较，这样用户可以确定脱盐率或产水量的变化是否由于膜污染、膜元件损坏所致，还是运行条件不同的差别。

1、标准化方程

1) 流量标准化

总驱动压力 (NDP) 和温度对膜透水性的影响。NDP 受到系统加压、压力降、渗透压和系统产水压力的影响。NDP 增加时, 膜的产水量会加大。温度的影响类似, 在较高温度下膜的产水量也会较高。温度关联因子 (TCF) 用来校正流量受温度的影响。标准化流量由 (1) 式给出, 用目前流量与初始 NDP 和当前 NDP 的比值以及初始 TCF 和当前 TCF 的比值相乘即得到标准化流量。

$$Q_N = Q_t \times (NDP_r / NDP_t) \times (TCF_r / TCF_t) \quad (1)$$

其中:

Q_N —— t 时间的标准化流量 (体积/时间)

Q_t —— t 时间的实际流量 (体积/时间)

NDP_r —— 参考点总驱动压力 (压力单位)

NDP_t —— 时间 t 的总驱动压力 (压力单位)

TCF_r —— 参考温度校正因子 (无量纲)

TCF_t —— 时间 t 的温度校正因子 (无量纲)

(2) 式中总驱动压力的计算公式。单位皆为压力单位, 如 psi、kpa、bar 等。

$$NDP = P_f - 1/2 P_{fb} - P_{osm} - P_p \quad (2)$$

其中:

P_f —— 进水压力

P_{fb} —— 进水和浓水之间的压力降

P_{osm} —— 渗透压

P_p —— 产水压力

渗透压可进一步扩展为 (3) 式:

$$P_{osm} = C_{f1m} \times C_f \times 11/1000 \times K_{p-cond} \quad (3)$$

其中:

C_{f1m} 为平均浓缩因子对数

C_f 进水电导 ($\mu s/cm$)

K_{p-cond} 为从压力到电导的转换因子, 该常数是样品 TDS 的函数

对数平均浓度因子可进一步扩展为方程 (4):

$$C_{f1m} = 1/\ln [1/(1-R)] \quad (4)$$

其中 R 为回收率, 表达为 $R = Q_p / Q_f$ (5)

即产水流量除以进水流量。温度修正因子由 (6) 式给出:

$$TCF = \exp \{ K \times [1 / (273 + t) - 1 / 298] \} \quad (6)$$

其中 t 为摄氏温度, K 为膜材料常数, 对于复合膜来说, K 为 2700。

2) 透盐率的标准化

系统的透盐率可按 (7) 式计算:

$$\%SP_n = (EPF_a / EPF_n) \times (STCF_n / STCF_a) \times \%SP_a \quad (7)$$

其中:

$\%SP_n$ —— 标准化透盐率百分数

$\%SP_a$ —— 实际透盐率百分数

EPF_n —— 膜元件在标准条件下的产水量

EPF_a —— 膜元件实际产水量

$STCF_n$ —— 标准条件下的透盐修正因子

$STCF_a$ —— 实际透盐温度修正因子

实际脱盐率由 (8) 式给出:

$$\%SP_a = C_p \times C_{fb} \quad (8)$$

其中:

C_p —— 产水浓度, ppm

C_{fb} —— 进水—浓水浓度, ppm, 等于进水 ppm 浓度乘以回收率的对数平

均值 (见 4 式), 即 $C_{fb} = C_f \times C_{f1m}$ 。

膜元件在标准条件下的产水量是唯一的, 该数值来自于制造商。膜元件的实际产水量取决于系统的实际情况。

透盐率温度修正因子由制造商提供。如果没有该项数值, 可用 TCF 取代 (见 6 式)。

3) 膜性能的明显变化

运行参数对膜的性能有很大影响。能常会导致产水量和质量下降产水水质的恶化。

低产水量:

下列运行参数的变化将降低系统中膜的实际产水量:

- 进水泵压力不变, 进水温度下降;

-
- 用节流阀降低 RO 进水压力;
 - 进水泵压力不变时增加产水背压;
 - 进水 TDS (或电导率) 增加, 这会增加产水通过膜时所必须克服的渗透压;
 - 系统回收率增加, 这会增加系统的平均进水/浓水的 TDS, 从而增加渗透压;
 - 膜表面发生污染;
 - 进水流道网格的污染导致进水—浓水压力降 (ΔP) 增加, 从而降低了元件末端的 NDP (总驱动压力)。

产水品质下降:

下列运行参数变化会导致实际产水水质劣化, 即产水的 TDS 或电导率增加:

- 进水温度上升时通过调节运行参数保持系统产水量不变;
- 系统产水量下降, 这会降低膜通量, 导致原来稀释透过膜的盐分所需的纯水水量减少;
- 进水 TDS (或电导率) 增加, 脱盐率不变, 但产水盐度随之增加;
- 系统回收率增加, 这会增加系统的浓水 TDS 浓度;
- 膜面污染;
- O 型圈密封损坏;
- ◆ 膜面损坏 (比如受到氯的影响) 致使膜的透盐率增加。

使用标准化程序来排除进水的压力、温度和浓度的影响。主要会更加清楚地分辨膜污染、膜降解和系统问题 (比如 O 型圈损坏) 的存在。标准化数据图表不仅仅显示了在一定时间 RO 系统运行条件, 而且显示了运行的历史资料, 这些图表是故障诊断的主要手段。

4) 标准化数据

海德能的 RODATA 标准化程序给出如下标准化数据图表:

标准化透盐率—时间曲线

这个曲线给出了系统启动之日起的标准化透盐率与系统参考数据的对比。

标准化产水量—时间曲线

该曲线给出了系统从启动之日起的标准化产水量与系统参考数据的对比。

盐迁移系数—时间曲线

盐迁移系数 (STC) 曲线是值得关注的。这个数的重要性是代表了盐透过膜速

率的一个系数，单位是米/秒。根据该系数我们可以对不同使用地点的膜进行对比，而与具体的运行参数无关。盐迁移系数受到进水离子组成的影响，比如二价离子增加时，盐迁移系数会较低。

水迁移系数—时间曲线

水迁移系数（WTC）也是值得我们关注的。该系数的主要性在于表达了水通过膜的速率，单位为米/秒—kpa。根据该系数我们可以对不同使用地点的膜进行对比，与具体的运行参数无关。

标准化 ΔP —时间曲线

该曲线跟踪了从系统启动开始，进水—浓水压力降的变化情况。 ΔP 值反应了由于进水和浓水流量变化所造成的压力降变化。

五、复合聚酰胺反渗透膜元件（ESPA、ESNA、CPA、LFC、SWC）的污染和清洗

本节内容适用于 4、6、8、8.5 英寸直径的反渗透膜元件。

注意：聚酰胺反渗透膜元件在任何情况下均不得与游离氯接触，游离氯的氧化将使膜造成永久性的损伤。因此，在管路与设备灭菌操作或使用清洗剂与储存保护剂之后均应特别注意膜系统给水中是否含有游离氯残留物。对此如有怀疑，应进行相应检测。如存在游离氯残留物，可使用亚硫酸氢钠将其还原，并满足反应时间以保证充分的脱氯。每 1.0ppm 的游离氯需亚硫酸氢钠的用量为 1.8-3.0ppm。

注意：在反渗透膜元件的担保期内，建议每次膜元件的清洗应与海德能公司协商后进行。

注意：在清洗溶液中，应避免使用阳离子表面活性剂。使用阳离子表面活性剂可导致膜元件无法恢复的污染。

1、反渗透膜元件的污染与清洗

在正常运行一段时间后，反渗透膜元件会受到给水中可能存在的悬浮物或难溶盐的污染，这些污染中最常见的是碳酸钙沉淀、硫酸钙、硫酸钡、硫酸锶沉淀、金属（铁、锰、铜、镍、铝等）氧化物沉淀、硅沉积物、无机或有机沉积混合物、NOM 天然有机物质、合成有机物（如：阻垢剂/分散剂，阳离子聚合电解质）微生物（藻类、霉菌、真菌）等污染。

污染性质和污染速度取决于各种因素，如给水水质和系统回收率。通常污染是

渐进发展的，如不尽早控制，污染将会在相对较短的时间内损坏膜元件确证已被污染，或是在长期停机之前，或是作为定期日常维护，建议对膜元件进行清洗。

当反渗透系统（或装置）出现以下症状时，需要进行化学清洗或物理冲洗：

- 在正常给水压力下，产水量较正常值下降 10⁻15%；
- 为维持正常的产水量，经温度校正后的给水压力增加 10⁻15%；
- 产水水质降低 10⁻15%，透盐率增加 10⁻15%；
- 给水压力增加 10⁻15%；
- 系统各段之间压差明显增加（可能没有仪表监测该参数）。

在运行数据未标准化的情况下，如果关键参数没有改变，上述清洗原则依然可以适用。保持稳定的运行参数主要是指产水流量、产水背压、回收率、温度及 TDS。如果这些运行参数起伏不定，强烈建议标准化数据以确定是否有污染发生，或者在关键运行参数有变化的前提下反渗透的实际运行是否正常。海德能公司提供标准化软件 RODATA。

定时监测系统整体性能是确认膜元件是否已发生污染的基本方法。污染对膜元件的影响是渐进的，并且影响和程度取决于污染的性质。表 3-2 “反渗透系统故障诊断一览表”列出了常见的污染现象及其对膜性能的影响。已受污染的反渗透膜的清洗周期根据现场实际情况而定。正常的清洗周期是每 3-12 个月一次。如果在 1 个月以内清洗一次以上，就需要对反渗透预处理系统做出进一步调整和改善，如追加投资或重新进行反渗透系统设计。如果清洗频率是每 3 个月一次，就可以针对现有设备进行改造。

当膜元件仅仅是发生了轻度污染时，重要的是清洗膜元件。重度污染会因阻碍化学药剂深入浸透至污染层，影响清洗效果。如果膜元件的性能降低至正常值的 30-50%，那么，欲完全恢复膜元件出厂时的初始性能是不可能的。

在反渗透系统设计中，可使用反渗透产品水冲刷系统中的污染物以降低清洗频率。用产品水浸泡膜元件可有助于污垢的溶解、脱落，降低化学清洗的频率。

清洗何种污染物以及如何清洗要根据现场污染情况而进行。对于几种污染同时存在的复杂情况，清洗方法是采用低 PH 和高 PH 的清洗液产替清洗。

表 3-2 反渗透系统故障诊断一览表

污染原因	可能污染位置	系统压降	进水压力	脱盐率
金属氧化物污染 (Fe、Mn、Cu、Ni、Zn)	一段，最前端膜	迅速增加	迅速增加	迅速降低
胶体污染 (有机和无机混合物)	一段，最前端膜	逐渐增加	逐渐增加	轻度降低
无机物结垢 (Ca、Mg、Ba、Sr)	后段，最末端膜	迅速增加	增加	降低
二氧化硅沉积物	后段，最末端膜	一般增加	增加	一般降低
生物污染	任何位置，通常前端	明显增加	明显增加	一般降低
有机物污染	所有段	逐渐增加	增加	降低
阻垢剂污染	后段最严重	增加	增加	一般降低
膜氧化 (Cl ₂ 、O ₃ 、KmnO ₄)	一段最严重	一般增加	降低	降低
膜水解 (PH 过高)	所有段	一般降低	降低	降低
膜面磨损 (碳粉、砂粒等颗粒物)	一段最严重	一般降低	降低	降低
O 型圈渗漏 (内连接管或适配器)	无规则	一般降低	一般降低	降低
膜元件渗漏 (产水背压造成)	最末端膜元件	一般降低	一般降低	迅速降低

2、污染情况分析

碳酸钙垢:

碳酸钙垢是一种矿物结垢。当阻垢剂/分散剂添加系统出现故障时，或是加酸 PH 调节系统出故障而引起给水 PH 增高时，碳酸钙垢有可能沉积出来。尽早地检测碳酸钙垢，对于防止膜层表面沉积的晶体损伤膜元件是极为必要的。早期检测出的碳酸钙垢可由降低给水的 PH 值至 3-5，运行 1-2 小时的方法去除。对于沉积时间长的碳酸钙垢，可用低 PH 值的柠檬酸溶液清洗去除。

硫酸钙、硫酸钡、硫酸锶垢:

硫酸盐垢是比碳酸钙垢硬很多的矿物质垢，且不易去除。硫酸盐垢可在阻垢剂/分散剂添加系统出现故障或加硫酸调节 PH 时沉积出来。尽早地检测硫酸盐垢对于防止膜层表面沉积的晶体损伤膜元件是极为必要的。硫酸钡和硫酸锶垢较难去除，因为它们几乎在所有的清洗溶液中难以溶解，所以应加以特别的注意以防止此类结垢的生成。

磷酸钙垢:

磷酸钙垢在有高含最磷的市政废水和污水中是较为常见的。通常这种垢可用酸性清洗液去除。目前在海德能公司的 RO 设计软件中未包含磷酸盐垢的计算。如果

在给水中磷酸盐的含量达到或大于 5PPM，请与海德能公司技术部门联系。

金属氧化物/氢氧化物污染:

典型的金属氧化物和金属氢氧化物污染的铁、锌、锰、铜、铝等。这种垢的形成导因可能是装置管路、容器（罐/槽）的腐蚀产物，或是空气中氧化的金属离子、氯、臭氧、钾、高锰酸盐，或是由在预处理过滤系统中使用铁或铝助凝剂所致。

聚合硅垢:

硅凝胶层垢由溶解性硅的过饱和态及聚合物所致，且非常难以去除。需要注意的是，这种硅的污染不同硅胶体物的污染。硅胶体物污染可能是由与金属氢氧化物缔合或是与有机物缔合而造成的硅垢的去除很艰难，可采用传统的化学清洗方法。如果采用传统的方法不能解决这种垢的去除问题，请与海德能公司技术部门联系。现有有化学清洗药剂，如氟化氢铵，已在一些项目上得到了成功的使用，但使用时须考虑此方法的操作危害和对设备的损坏，加以防护措施。

胶体污染:

胶体是悬浮在水中的无机物或是有机与无机混合物的颗粒，它不会由自身重力而沉淀。胶体物通常含以下有一个或多个主要组份，如：铁、铝、硅、硫或有机物。

溶解性天然有机物污染（NOM）:

溶解性天然有机物污染（NOM, Natural Organic Matter）通常是由地表水或深井水中的营养物的分解而导致的。有机污染的化学机理很复杂，主要的有机组份或是腐植酸，或是灰黄霉酸。非溶性 NOM 被吸附到膜表面可造成 RO 膜元件的快速污染，一旦吸收作用产生，渐渐地结成凝胶或块状的污染过程就会开始。

微生物沉积:

有机沉积物是由细菌粘泥、真菌、霉菌等生成物，这种污染物较难去除，尤其是在给水通路被完全堵塞的情况下。给水通路堵塞会使清洁的进水难以充分均匀的进入膜元件内。为抑制这种沉积物的进一步生长，重要的是不仅要清洁和维护 RO 系统，同时还要清洁预处理、管道及端头等。对膜元件采用氧化性杀菌时，请与海德能公司技术支持部门联系，使用海德能公司认可的杀菌剂。

3、清洗液的选择和使用

选择适宜的化学清洗药剂及合理的清洗方案涉及许多因素。首先要与设备制造商、RO 膜元件厂商、或 RO 特用化学药剂及服务人员取得联系。确定主要的污染物，

选择合适的化学清洗药剂。有时针对某种特殊的污染物或污染状况，要使用 RO 药剂制造商的专用化学清洗药剂，并且在应用时，要遵循药剂供应商提供的产品性能及使用说明。有的时候可针对具体情况，从反渗透装置取出已发生污染的单支膜元件进行测试和清洗试验，以确定合适的化学药剂和清洗方案。

为达到最佳的清洗效果，有时会使用一些不同的化学清洗药剂进行组合清洗。典型的程序是先在高 PH 值范围的情况下进行清洗，去除矿质垢污染物，然后再进行低 PH 清洗，去除有机物。有些情形下，是先进行低 PH 清洗，去除油类或有机污染物，再进行高 PH 清洗。有些清洗溶液中加入了洗涤剂以帮助去除严重的生物和有机碎片垢物，同时，可用其它药剂如 EDTA 螯合物来辅助去除胶体、有机物、微生物及硫酸盐垢的。需要慎重考虑的是如果选择了不适当的化学清洗方法和药剂，污染情况会更加恶化。

化学清洗药剂的选择及使用准则

选用的专用化学药剂，首先要确保其已由化学供应商认定并符合用海德能公司膜元件的要求。药剂供应商的指导/建议不应与海德能公司此技术服务公告中推荐的清洗参数和限定的化学药剂种类相冲突。

- 使用的化学药剂应符合海德能公司膜元件的要求；
- 优化 PH 值、温度及接触时间等清洗条件，增强清洗效果；
- 在推荐的最佳温度下进行清洗，以求达到最好的清洗效率和延长膜元件寿命的效果；
- 以最少的化学药剂接触次数进行清洗，对延续寿命有益；
- 谨慎地由低至高调节 PH 值可延长膜元件的使用寿命。保守的 PH 范围是 4-10，强烈的 PH 范围为 2-12；
- 典型的最有效有清洗方法是从低 PH 至高 PH 溶液进行清洗。对油污染膜元件的清洗不能从低 PH 值开始，因为油在低 PH 时会固化；
- 清洗和冲洗流向应保持相同的方向；
- 当清洗多段反渗透装置时，最有效的清洗方法分段清洗，这样可控制最佳清洗流速和清洗液浓度，避免前段的污染物进入下游膜元件；
- 用较高 PH 产品水冲洗洗涤剂可减少泡沫的产生；
- 在系统有生物污染时，可在清洗之后加一个杀菌清洗步骤。杀菌可在清洗

后进行，也可在运行期间定期进行（如一星期一次）。必须确认所使用的杀菌剂与膜元件相容，不会带来任何对人的健康有害的风险，并能有效地控制生物活性，且成本较低；

- 为安全起见，要确保在清洗时所有的软管和管路可承受清洗温度、压力和PH条件下的操作；
- 为保证安全，溶解化学药品时，切记要慢慢地将化学药剂加入充足的水中并同时进行搅拌；
- 为确保安全，在接触化学品操作时，必要时戴上安全眼镜，穿好防护服装；
- 从安全方面考虑，不能将酸与苛性（腐蚀性）物质混合。在要使用下一种溶液之前，从RO系统中彻底冲洗干净滞留的前一种化学清洗溶液。

清洗液的选择

表 3-3 列出了在清洗不同的膜污染物时所推荐的化学溶液。

重要提示：要从化学品供应商处力求得到化学药剂的性能参数、操作指南和安全注意事项，并且在处理和保存所有化学品时严格按照说明书要求执行。

表 3-3 海德能公司推荐的化学清洗液

污染物	清洗液配方	
	弱洗时	强洗时
碳酸钙垢	1	4
碳酸钙、硫酸钡、硫酸锶垢	2	4
金属氧化物/氢氧化物（铁、锰、铜、镍、铝等）	1	5
无机胶体污染物	1	4
无机/有机胶体混合污染物	2	6
二氧化硅沉积物	无	7
微生物类	2	3 或 6
天然有机物（NOM）	2	3 或 6

表 3-4 海德能公司清洗液配方（以 100 加仑，既 379 升为基准）

清洗液	主要组份	药剂量	PH 调节值	最高温度℃
1	柠檬酸 100%粉末	17.0 磅(7.7 公斤)	用 氢 氧 化 铵 调 节 PH=4.0	40
2	STPP 三聚磷酸钠 100%粉末 Na-EDTA (VERSENE220 或相当) 100%粉末	17.0 磅(7.7 公斤) 7.0 磅(3.18 公斤)	用硫酸或盐酸调节 PH=10.0	40
3	STPP 三聚磷酸钠 100%粉末 Na-EDTA (十二烷基苯磺酸钠)	17.0 磅(7.7 公斤) 2.13 磅 (0.97 公斤)	用硫酸或盐酸调节 PH=10.0	40
4	HCL 盐酸	0.47 磅(1.8 升)	先用盐酸缓慢调低 PH,	35

	(22 波美度或 36%HCL)		再加盐酸回调 PH 至 2.5	
5	亚硫酸氢钠 100%粉末	8.5 磅 (3.86 公斤)	先用氢氧化钠 缓慢调高 PH, 再加盐酸回调 PH 至 11.5	35
6	NaOH 氢氧化钠 100%粉末 或 50%液体氢氧化钠 SDS 十二烷基磺酸钠	0.83 磅 (0.38 公斤) 0.13 磅 (0.5 升) 0.25 磅 (0.11 公斤) 斤)	先用氢氧化钠缓慢调高 PH ,再加盐酸回调 PH 至 11.5	30
7	NaOH 氢氧化钠 100%粉末 或 50%液体氢氧化钠	0.83 磅 (0.38 公斤) 斤) 0.13 加仑 (0.5 升)	先用氢氧化钠缓慢调高 PH , 再加盐酸回调 PH 至 1.5	30

表 3-5 不同温度下的清洗液 PH 值的选取范围

膜元件类型	清洗液 PH 值		
	45°C	35°C	30°C
CPA	2-10	2-11.5	2-12

ESPA	2-10	2-11.5	2-12
LFC	2-10	2-11.5	2-12
SWC	2-10	2-11	2-12
ESNA	3-10	2-11.5	2-12

表 3-4 “海德能公司清洗液配方”给出了表 3-3 中七种清洗液的配方。清洗液是按所用化学药品和水量的比例配制的。溶剂是 **RO** 产品水或去离子水，无游离氯和硬度。清洗液进入膜元件之前，要求彻底混和均匀，并按照目标值调 **PH**，且按目标温度值稳定温度。常规的清洗方法基于用化学清洗溶液循环清洗一小时和一种任选的化学药剂浸泡一小时的操作而设定的。

表 3-5 “海德能公司膜元件清洗最大 PH 和温度极限”给出了在不同温度下清洗膜元件时的 PH 限定范围，超出这一范围会造成不可恢复的膜元件损坏。在较高温度下清洗效力和清洗药剂的溶解性会有明显改善，建议的最后清洗温度为 20℃ 以上。

清洗液介绍：

溶液 1：

2.0wt%柠檬酸 ($C_6H_8O_7$) 的低 PH 清洗液 (PH 值为 4)。对于去除无机盐垢 (如碳酸钙垢、硫酸钙、硫酸钡、硫酸锶垢等)，金属氧化物/氢氧化物 (铁、锰、铜、镍、铝等)，及无机胶体十分有效。

注意：使用氢氧化铵 (氨水) 向上调节 PH 值是因为形成的柠檬酸铵具有很好的螯合性。这时不能用氢氧化钠调 PH 值。

溶液 2：

2.0wt%STPP (三聚磷酸钠 $Na_5P_3O_{10}$) 和 0.8wt%的 Na-EDTA 混合的高 PH 洗液 (PH 值为 10)。它专用于去除硫酸钙垢和轻微至中等程度的天然有机污染物。STPP 具有无机螯合剂和洗涤剂的功效。Na-EDTA 是一个具有螯合性的有机螯合清洗剂，可有效去除二价和三价阳离子和金属离子。STPP 和 Na-EDTA 均为粉末状。

溶液 3：

2.0wt%STPP (三聚磷酸钠 $Na_5P_3O_{10}$) 和 0.25wt%的 Na-DDBS [十二烷基苯磺酸钠, $C_{12}H_{25}SO_3Na$] 混合液的高 PH 洗液 (PH 值为 10)。该洗液用于去除重度的天然有机物 (NOM) 污染。STPP 具有无机螯合剂和洗涤剂的功效，Na-DDBS 为阴离子

洗涤剂。

溶液 4:

0.5wt%盐酸低 PH 清洗液 (PH 为 2.5), 主要用于去除无机物垢 (如碳酸钙垢、硫酸钙、硫酸钡、硫酸锶垢等), 金属氧化物/氢氧化物 (铁、锰、铜、镍、铝等), 及无机胶体。这种清洗液比溶液 1 要强烈些, 因为盐酸 (HCL) 是强酸。可以使用以下浓度的盐酸: 27.9wt% (波美度 18), 31.4wt% (波美度 20), 36.0wt% (波美度 22)。

溶液 5:

1.0wt%亚硫酸氢钠 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) 高 PH 清洗液 (PH 为 11.5)。金属氧化物和氢氧化物, 且可一定程度的扩展至去除硫酸钙、硫酸钡和硫酸锶垢。亚硫酸氢钠是强还原剂, 亚硫酸氢钠为粉末状。

溶液 6:

0.1wt%氢氧化钠和 0.03wt%SDS (十二烷基磺酸钠) 高 PH 混合液 (PH 为 11.5)。它用于去除天然有机污染物、无机/有机胶体混合污染物和微生物 (菌素、藻类、霉菌、真菌) 污染。SDS 是会产生一些泡沫的阴离子表面活性剂型的洗涤剂。

溶液 7:

0.1wt%氢氧化钠高 PH 清洗液 (PH 为 11.5)。用于去除聚合硅垢。这一洗液是一种较为强烈的碱性清洗液。

4、RO 化学清洗装置

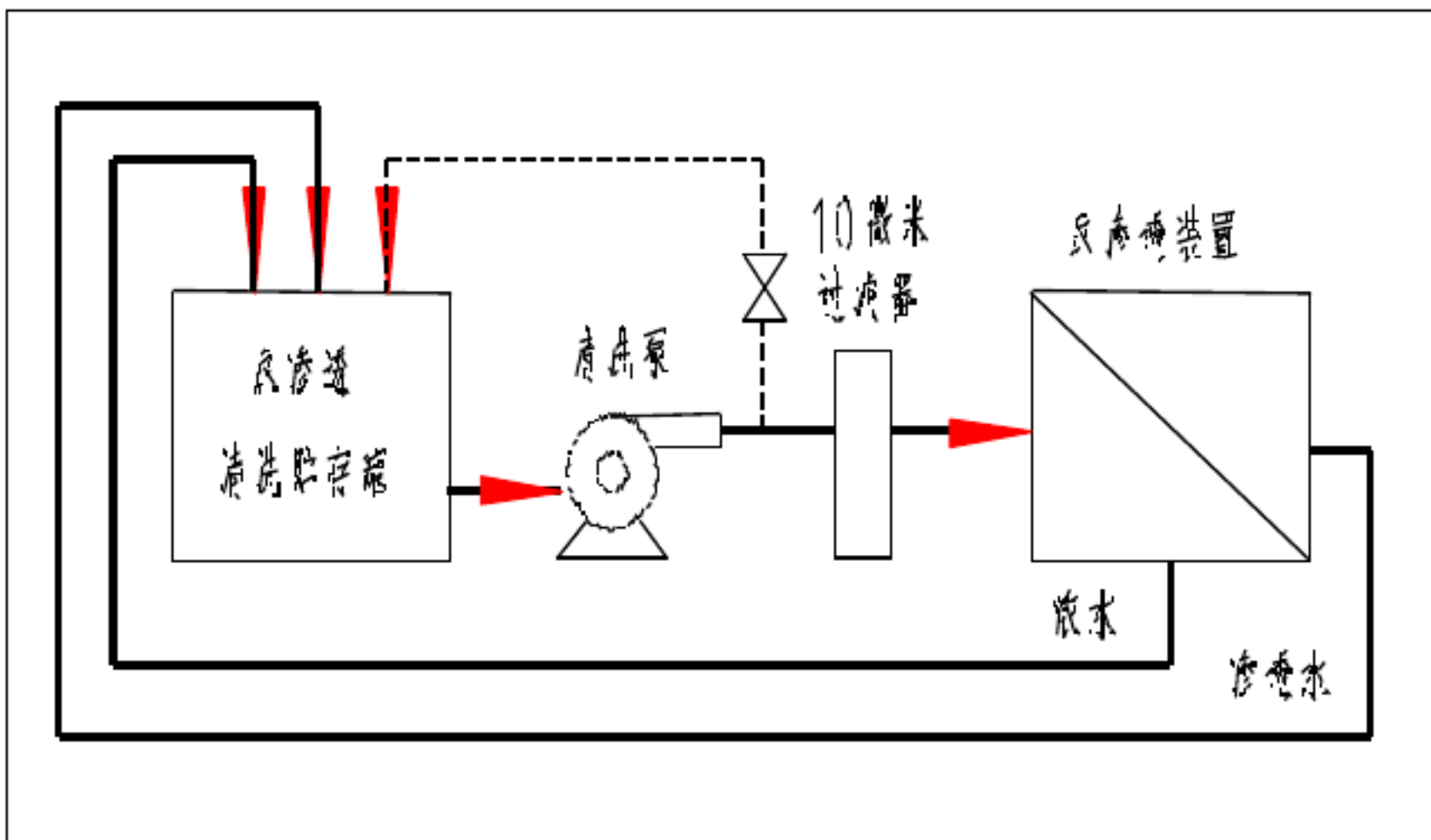


图 3-1 反渗透化学清洗装置

将化学清洗装置与反渗透系统连接构成完整的清洗系统，清洗系统示意图如图 3-1 所示。清洗系统的主要构成如下：

清洗液贮罐：

选择合适容积的清洗罐，容积要保证供给软管、管路和 RO 压力容器内置换用水量的要求。一般清洗液的用量应为清洗系统内持体积的五倍以上，表 3-6 给出了一支膜元件所需要的清洗液体积。清洗罐要方便加药和混合，设置回流清洗液及产水循环接口、残液排放口。循环回路接口尽量靠近罐底，有利于消除泡沫。

RO 清洗泵：

清洗泵应选用低扬程，高流量的耐腐蚀泵。清洗泵应设置出口阀门以调节流量。一般清洗压力应尽量控制在 0.4Mpa 以下，清洗流量的最大值参见表 3-7。

保安过滤器：

通常设计为 5-10 微米，去除已在清洗过程中沉积出来的污染物。

加热/冷却器：

清洗的最高温度为 45℃，要注意的是循环过程中 RO 清洗泵会产生热量。

表 3-6 每支 RO 膜元件需要的清洗液体积

膜元件尺寸	轻度污染时		重度污染时	
	加仑	升	加仑	升
4040 膜元件	2.5	9.5	5	19
8040 膜元件	9.0	34	18	68

注：表中数据不包括管路和过滤器内体积，也不包括初始 20%废弃排放的体积量。

表 3-7 每支压力容器最大清洗流量

膜压力容器直径、英寸	清洗液进水流量	
	加仑/分钟，GPM	升/分钟，LPM
4	6-10	23-38
8	24-40	91-151

混合器：

用于化学清洗药剂的混合，要设置一个 RO 清洗泵至贮罐的循环回流管路。

监测仪表：

清洗监测系统包括对流量、温度、压力和贮罐液位的监测仪器。

取样点：

要安装取样阀以测量 RO 清洗泵排放口和循环回路浓水侧的 PH 和 TDS 值。

产水回路：

清洗过程中会有少量产水（透过液），为保持清洗液量及浓度的相对稳定，应将产水送回清洗液储罐。在清洗和冲洗阶段，产水回路上的阀门总是处于常开状态，否则会因产水背压损坏 RO 膜元件。

5、反渗透系统在线化学清洗和水冲洗程序

-
- 1) 使用 RO 产品水或不含游离氯、不含硬度、不含过渡族重金属的洁净水,在 0.4Mpa 或更低压力条件下对全系统进行低压冲洗若干分钟, 冲洗水全部排放。
 - 2) 使用 RO 产品水在清洗储罐中配制清洗液。按要求调整温度和 PH 值。
 - 3) 启动清洗泵将清洗液泵入反渗透膜系统内, 将系统内的存流水和最初的较脏的清洗排出液排放后, 循环清洗一小时或更长时间。在清洗循环初期, 清洗流量控制在最大清洗流量的 1/3, 然后将清洗流量升至最大清洗流量的 2/3, 在清洗循环后期, 清洗流量达到最大值。最大清洗流量应保证每支压力容器的进水流量达到 90-150 升/分钟。在清洗过程中, 当清洗液的 PH 变化大于 0.5 时, 应及时加药调整。
 - 4) 根据需要, 可交替采用循环清洗和浸泡程序。浸泡时间可根据制造商的建议选择 1 至 8 小时。要谨慎地保持合适的温度和 PH。
 - 5) 化学清洗结束之后, 要用清洁水进行低压冲洗 (漂洗), 去除化学药剂的残留部分, 排放并冲洗清洗储罐。再用清洁水注满清洗储罐进行二次漂洗以保证效果。
 - 6) 如果需要, 可改换清洗液重复程序 2-5 进行第二次化学清洗。
 - 7) 对两段以上的 RO 系统, 建议分段清洗以保证清洗效果。
 - 8) 一旦 RO 系统已用贮水罐中的清洁水完全冲洗后, 就可用预处理给水进行最终的低压冲洗。给水压力低于 0.4Mpa, 最终冲洗持续进行直至排出液不含任何泡沫和清洗剂残余物。通常这需要 15-60 分钟。操作人员可用干净的烧瓶取样, 摇匀, 监测排放口处冲洗水中洗涤剂 and 泡沫的残留情况。洗液的去除情况可用测试电导的方法进行, 如冲洗水至排放出水的电导在给水电导的 10-20%以内, 可认为冲洗已接近终点; PH 表也可用于测定, 来比较冲洗水至排放出水与给水的 PH 值是否接近。
 - 9) 一旦所有级段已清洗干净, 且化学药剂也已冲洗掉, RO 可重新开始置于运行程序中, 但初始的产品水要进行排放并监测, 直至 RO 产水可满足工艺要求 (电导、PH 值等)。为得到稳定的 RO 产水水质, 这一段恢复时间有时需要从几个小时到几天, 尤其是在经过高 PH 清洗后。

六、芳香聚酰胺复合膜元件的一般保存方法

1、适用范围

本文介绍的方法适用于以下情况:

-
- 安装在压力容器中的反渗透膜元件的短期保存；
 - 安装在压力容器中的反渗透膜元件的长期保存；
 - 作为备件的反渗透膜的贮存及反渗透系统启动前的膜保存。

2、短期保存

短期保存方法适用于那些停止运行 5-30 天的反渗透系统。此时反渗透膜元件仍安装在 RO 系统的压力容器内。保存操作的具体步骤如下：

- 用给水冲洗反渗透系统，同时注意将气体从系统中完全排除；
- 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。

3、长期停用保护

长期停用保护方法适用于停止使用 30 天以上，膜元件仍安装在压力容器中的反渗透系统。保护操作的具体步骤如下：

- 清洗系统中的膜元件；
- 用反渗透产出水配制杀菌液，并用杀菌液冲洗反渗透系统。杀菌剂的选用及杀菌液的配制方法可参见海德能公司相应技术文件或向海德能公司北京/上海代表处联系获取有关技术建议；
- 用杀菌液充满反渗透系统后，关闭相关阀门使杀菌液保留于系统中，此时应确认系统完全充满；
- 如果系统温度低于 27℃，应每隔 30 天用新杀菌液进行第二、第三步的操作；如果系统温度高于 27℃，则应每隔 15 天更换一次保护液（杀菌液）；
- 在反渗透系统重新投入使用前，用低压给水冲洗系统一小时，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。

4、系统安装前的膜元件保存

海德能公司的膜元件出厂时，均真空封装在塑料袋中，封装袋中含有保护液。膜元件在安装使用前的储存及运往现场时，应保存在干燥通风的环境中，保存温度以 20-35℃ 为宜。应防止膜元件受到阳光直射及避免接触氧化性气体。

注意:

1、本节所述膜元件的保存方法适用于 ESPA、ESNA、CPA、SWC、LFC 系列膜元件。

在对膜元件进行长期或短期停运保存前，请与海德能公司联系以获取有针对性的建议。

2、芳香族聚酰胺反渗透膜元件在任何情况下都不应与含有残余氯的水接触，否则将给膜元件造成无法修复的损伤，在对 RO 设备及管路进行杀菌、化学清洗或封入保护液时应绝对保证用来配制药液的水中不含任何余氯。如果无法确定是否有残余氯存在，则应进行化学测试加以确认。在有残余氯存在时，应使用亚硫酸氢钠中和残余氯。此时要保持足够的接触时间以保证中和完全。

第四章 RO/NF 系统故障诊断和排除

一、概述

产水量和脱盐率是反渗透、纳滤系统基本性能参数，如果这两项指标达不到系统原设计要求，产水量小或者脱盐率低，就需要找到问题发生的原因。由于进水 TDS 和温度的波动以及系统机械性能等原因，即使完全没有污染倾向的系统，基本性能指标也会在小范围波动。下面是我们判别系统运行出现故障的参考标准值。

1、系统故障判断参考标准

反渗透、纳滤系统的主要性能参数变化达到以下指标范围时，要及时进行故障分析，并进行相应的处理。

- 在正常给水压力下，产水量较正常值下降 10-15%;

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/618024045057006123>