



润泽天下 中国良芯

Nourishing The World With Purer Water

反渗透膜和纳滤膜元件 产品手册 2024

中芯恒润环境科技（北京）有限公司

www.sinomemb.com

公司简介

中芯恒润环境科技（北京）有限公司，是一家专业从事水处理膜元件开发、制造，膜系统工程设计、成套供货、建设运维及技术服务于一体的高科技企业。

公司拥有制备超滤膜组件、纳滤及反渗透膜元件的核心技术，并具备全自动生产能力。产品包括超滤膜组件、反渗透膜元件、纳滤膜元件、海水淡化等多系列高性能水处理膜元件，广泛应用于电力、石油化工、钢铁、电子、医药、食品饮料、市政及环保领域，在海水淡化、及苦咸水淡化、锅炉补给水、工业纯水及电子超纯水制备，饮用纯净水生产、废水处理、物料浓缩分离过程中发挥着重要作用。

公司与多家科研院所及高校、政府部门联合共建了全球膜技术研究中心，引领高端膜材料及膜应用技术的开发。公司拥有一支卓越精良的队伍，从产品开发到产品应用，水处理系统设计及设备制造，以及系统运维各类难题，均具备综合解决问题的能力及多年积累的有效解决方案。公司拥有多项知识产权，并先后获得了质量管理体系 ISO9001 认证、ISO14001 环境管理体系认证、OHSAS18001 职业健康安全管理体系认证等多项认证和资质。

公司拥有完善的销售及技术服务体系，在西安、银川、乌鲁木齐、济南、沈阳、哈尔滨、上海、南京、深圳、厦门、成都、郑州、武汉等地分别设有办事机构。

经过十余年的不懈努力，中芯 SINOMEMB®系列膜产品在国内煤化工、石油化工、电力及市政行业提供高质量的水处理膜产品，成长为国际领先的超滤膜、反渗透膜制造公司。



目 录

- I.中芯 SINOMEMB®系列产品技术特点 7**
 - 一、膜片的可调控选择及优越性能 7
 - 二、膜元件的卷制设计及模拟技术 7
 - 三、专属 VIP 定制技术 7
- II.中芯 SINOMEMB®系列产品优势 8**
 - 一、品种齐全的膜元件 8
 - 二、高性价比 8
 - 三、更专业的技术服务 8
 - 四、膜产品全寿命周期的关怀服务 8
- III.中芯 SINOMEMB®系列产品种类 9**
- IV.中芯 SINOMEMB®系列产品特征 9**
- VI.中芯 SINOMEMB®系列产品命名一览表 10**
- VIII.中芯 SINOMEMB®膜元件应用领域 15**
- 第一部分 工业篇 16**
 - 一、中芯 SINOMEMB®工业低能耗 SNLE 系列反渗透膜元件 16
 - 1.1 产品规范 16
 - 1.2 测试条件 17
 - 1.3 极限使用条件 17
 - 1.4 膜元件尺寸 17
 - 二、中芯 SINOMEMB®苦咸水 SNBW 系列反渗透膜元件 19
 - 2.1 产品简介 19
 - 2.2 产品规范 19
 - 2.3 测试条件 19
 - 2.4 极限使用条件 19
 - 2.5 膜元件尺寸 20
 - 三、中芯 SINOMEMB®苦咸水 SNBW-FR 系列抗污染反渗透膜元件 22
 - 3.1 产品简介 22
 - 3.2 膜元件规格及主要性能 22
 - 3.3 测试条件 22
 - 3.4 极限使用条件 23
 - 3.5 膜元件尺寸 23
 - 四、中芯 SINOMEMB®苦咸水 SNBW-XFR 系列极抗污染反渗透膜元件 25
 - 4.1 产品简介 25
 - 4.2 膜元件规格及主要性能 25
 - 4.3 测试条件 25



4.4 极限使用条件	25
4.5 八英寸膜元件尺寸	26
五、中芯 SINOMEMB®苦咸水 SNBW-440Pro 反渗透膜元件	27
5.1 产品简介	27
5.2 膜元件规格及主要性能	27
5.3 测试条件	27
5.4 极限使用条件	27
5.5 膜元件尺寸	28
六、中芯 SINOMEMB®工业高盐水 SNHW 系列反渗透膜元件	29
6.1 产品规范	29
6.2 测试条件	29
6.3 极限使用条件	29
6.4 膜元件尺寸	30
七、中芯 SINOMEMB®工业纳滤 SNNF 系列反渗透膜元件	31
7.1 产品简介	31
7.2 产品规范	31
7.3 测试条件	31
7.4 极限使用条件	32
7.5 膜元件尺寸	32
八、中芯 SINOMEMB®海水淡化 SNSW 系列反渗透膜元件	34
8.1 产品简介	34
8.2 产品规范	34
8.3 测试条件	34
8.4 极限使用条件	35
8.5 膜元件尺寸	35
第二部分 商用、家用篇	37
一、中芯 SINOMEMB®商用低能耗 SNLE 系列反渗透膜元件	37
1.1 产品简介	37
1.2 产品规范	37
1.3 测试条件	38
1.4 极限使用条件	38
1.5 膜元件尺寸	39
二、中芯 SINOMEMB®超低压型商用 SNSE 系列反渗透膜元件	42
2.1 产品规范	42
2.2 测试条件	42
2.3 极限使用条件	42
2.4 膜元件尺寸	43



三、中芯 SINOMEMB®家用 SNLE 系列反渗透膜元件	45
3.1 性能特点	45
3.2 产品规范	45
3.3 测试条件	45
3.4 极限使用条件	45
3.5 膜元件尺寸	46
第三部分 反渗透和纳滤基础	47
3.1 反渗透和纳滤技术发展	47
3.2 脱盐技术及膜法分离过程	47
3.3 反渗透和纳滤原理	49
3.4 影响反渗透和纳滤膜性能的因素	49
3.5 反渗透膜元件脱盐率规范	50
第四部分 水化学和预处理	52
4.1 序言	52
4.2 原水分类	52
4.3 结垢的控制	56
4.4 预防胶体和颗粒污染	58
4.5 预防膜生物污染	61
4.6 预防有机物污染	63
4.7 预防膜本身的降解	63
4.8 预防铁和锰的污堵	63
第五部分 反渗透与纳滤系统的设计	64
5.1 序言	64
5.2 系统配置设计	65
5.3 膜系统设计步骤	69
5.4 中芯 SINOMEMB®系列膜系统分析设计软件	72
5.5 系统主要部件	72
第六部分 安装与操作	75
6.1 膜元件的安装	75
6.2 系统操作管理	77
6.3 保存与运输	81
第七部分 系统清洗与消毒	83
7.1 通常导致 RO/NF 膜污染的原因	83
7.2 反渗透污染的种类	84
7.3 系统化学清洗的确定	86
7.4 清洗方式	87



7.5 技术要求.....	87
7.6 清洗前的准备工作.....	87
7.7 清洗方案制订.....	90
7.8 系统清洗.....	91
7.9 清洗步骤.....	92
7.10 膜系统消毒.....	94
第八部分 反渗透和纳滤系统故障判断与排除.....	96
8.1 序言.....	96
8.2 系统故障判断.....	96
8.3 故障原因分析及纠正措施.....	99
8.4 故障排除总结.....	102
第九部分 SINOMEMB®膜元件质量保证及服务承诺.....	104
9.1 膜元件质量保证.....	104
9.2 服务承诺.....	104
第十部分 SINOMEMB®膜产品温度校正系数 TFC.....	106

I. 中芯 SINOMEMB® 系列产品技术特点

一、膜片的可调控选择及优越性能

中芯 SINOMEMB® 系列各型号膜产品所选择的膜片，是根据各行业应用特点有针对性的开发。通过对膜片基材选型、超滤支撑层厚度及孔道直径、孔道形状以及比例的调控，膜片脱盐功能层致密疏松及膜片表面改性的调控，来实现针对不同领域、不同工况下的膜片选型，这使得各类膜元件在其应用的过程中，都可以最大化延长使用寿命，为客户降低了更换成本及维护费用，通过相关行业多年的实际应用验证，真正的帮助客户分忧解难。

二、膜元件的卷制设计及模拟技术

中芯 SINOMEMB® 系列各型号产品，在卷制设计过程中，均追寻膜面积最大化以及每支都稳定的理念，根据膜元件不同的使用工况，选取适合的进产水流道布及玻璃丝等关键主料，保证膜元件全生命运行周期中，不因为用料问题出现性能波动；同时，采用计算机流体力学模拟进水，根据不同应用条件下设计膜元件的膜面积、页数、胶线位置等，最大化保证膜元件的稳定性及适用性。同时，独特的出厂检测技术，保证膜元件支支都出厂检验，避免同批次或不同批次膜元件性能波动。另外，全自动生产技术在卷制时膜叶分布更均匀，进水流量分布也更均匀，污染物冲刷效果更佳，提高了膜抗污染性的同时，对于新装系统投运更快，具有更稳定更长的系统性能，减少调试时间和冲洗水的浪费，真正做到让客户省心省力。

三、专属 VIP 定制技术

根据大客户及有特殊需求的客户，中芯 SINOMEMB® 系列各系列产品均可以单独按客户需求定制，根据公司多年制膜以及水处理领域运维经验，从膜片开发或选型开始、到主料选材或定制、以及卷制设计模拟都可迅速响应，可根据客户要求，从外观、尺寸到膜元件的性能，实现专属定制。专属定制膜元件更能体现制膜企业的技术高度，对于客户的优势在于，协助巩固客户市场、突出客户技术实力、维护客户利润等多方面。

II. 中芯 SINOMEMB®系列产品优势

一、品种齐全的膜元件

公司具有自主研发生产反渗透及纳滤等膜元件的核心技术，能够根据客户使用工况，帮客户选择并设计生产出适用于不同应用领域的膜元件。无论是追求高脱盐率、高产水量、低能耗还是选择性过滤、高盐浓度废水处理等，总有一款中芯 SINOMEMB®系列膜元件满足您的需求。

二、高性价比

中芯 SINOMEMB®系列膜产品，在同等应用领域及同等型号的各家膜产品中，性能突出，运行稳定，寿命长，价格适中，配套完善的服务，是您既放心又节约成本的首选。

三、更专业的技术服务

公司拥有一支精良的队伍，无论从产品制造还是产品应用或是系统问题解决等方面，均有独特到位的见解和高水平解决问题的能力，以及认真负责的态度。从客户角度出发，帮客户解决问题，不推责不扯皮，多年来拥有客户极高的评价。

四、膜产品全寿命周期的关怀服务

膜的应用效果除与膜产品本身的质量相关外，还与系统运营维护的专业性及操作人员的责任心息息相关，中芯膜公司凭借其多年专业的运维经验，在膜的全生命周期内，从膜的初期选型、不同进水条件下的运营参数优化，以及面对复杂工况时的日常维护保养（含各种药剂的匹配选择）等方面，均会给客户做出专业的指导和培训，并定期回访，最大程度的延长膜元件的使用寿命，降低用户制水成本。



III. 中芯 SINOMEMB® 系列产品种类

- SNLE 低能耗系列(Low Energy)
- SNBW 苦咸水系列(Brackish Water)
- SNSE 超低压系列(Save electricity)
- SNNF 纳滤系列(Nano Filtration)
- SNSW 海水淡化系列(Sea Water)
- SNHW 高盐水系列(high-concentration-salt water)

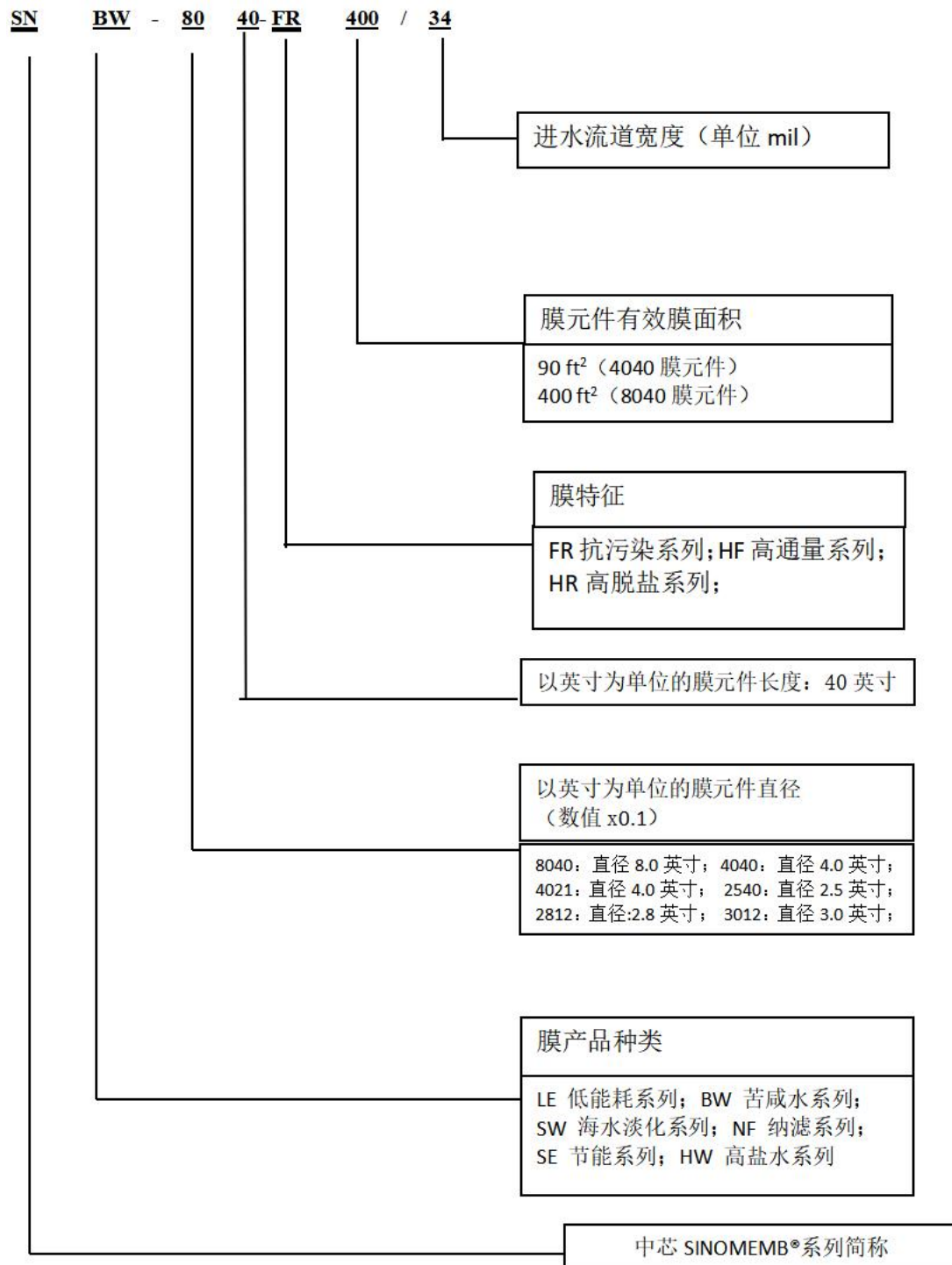
IV. 中芯 SINOMEMB® 系列产品特征

- FR——抗污染(Fouling Resistant)
- XFR——极抗污染(XSTR Fouling Resistant)
- HF——高通量(High Flux)
- HR——高脱盐率(High Rejection)



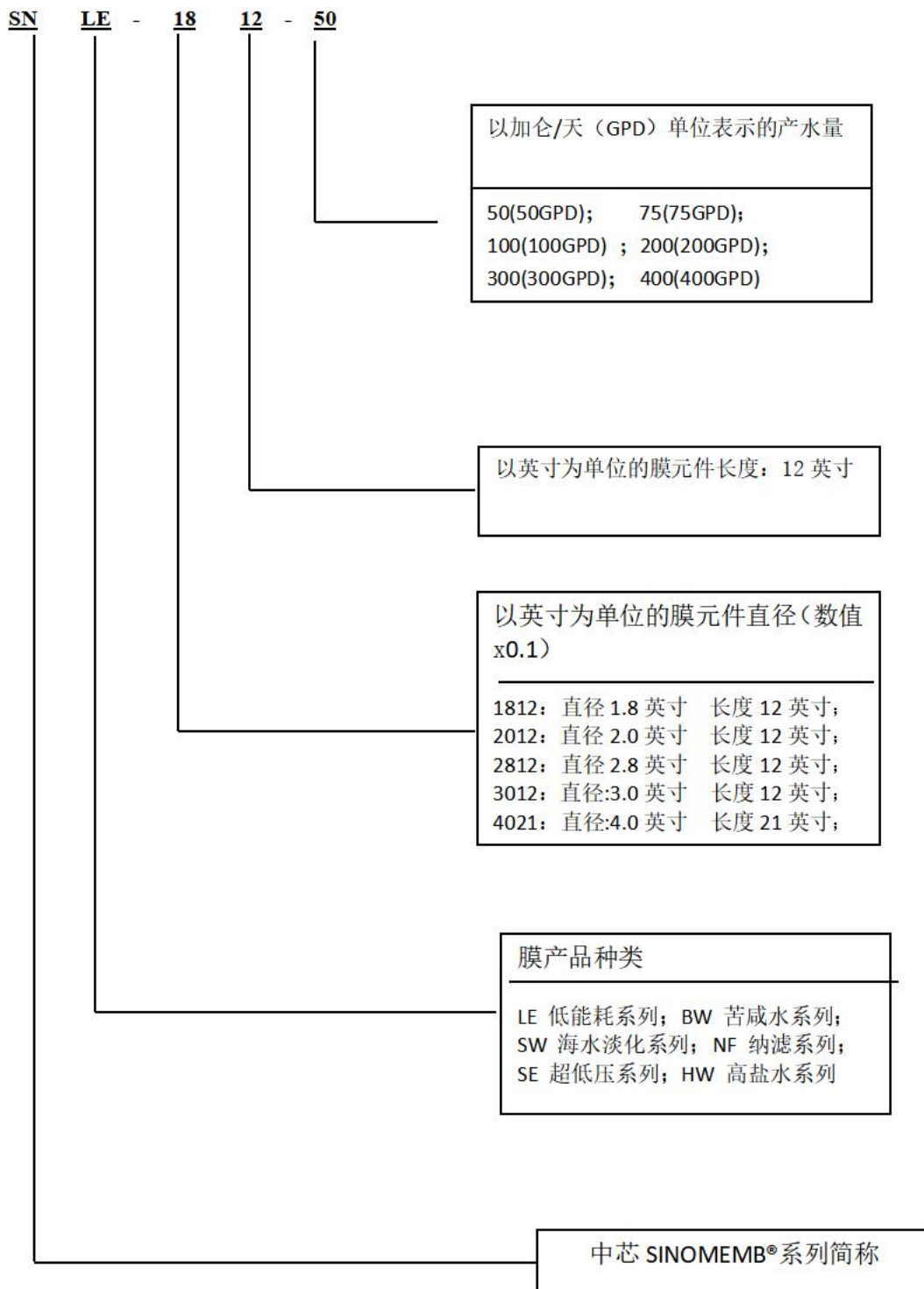
VI. 中芯 SINOMEMB® 系列产品命名一览表

例工业型：SNBW-8040-FR400/34





例家用&商用型：SNLE-1812-50



VII. 中芯 SINOMEMB® 系列反渗透和纳滤膜选型指南

简要介绍

中芯公司反渗透 (RO) 和纳滤 (NF) 膜, 不论用在小型系统还是大型水处理系统, 处理天然苦咸水还是海水, 都被公认为是最有效能和最经济的关键组件。膜元件可以单独或组合在一起使用, 也可以与其它过程如离子交换结合, 减少再生剂的消耗和废水量, 同时制造出更高品质的纯水, 或与蒸馏过程结合, 提高设备利用率, 减少能耗并得到符合要求的成品水。

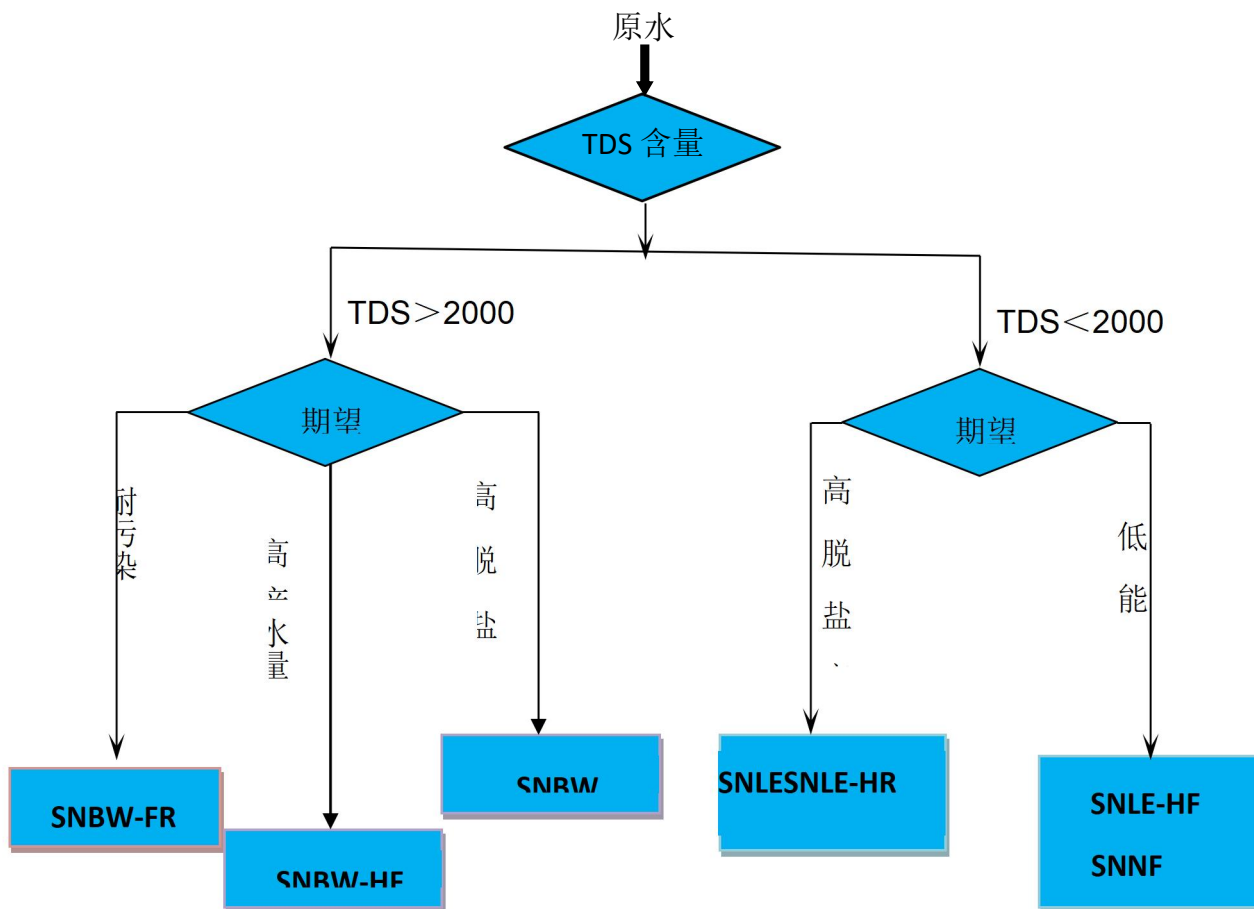
中芯膜元件为螺旋卷式结构, 简称卷式结构。它由多叶膜袋组成, 每一叶膜袋由两片膜片以及置于两片膜片间的产品水通道和放置在膜表面的湍流网格状进水通道组成, 其中两片膜片正面向外, 该膜袋三边用胶粘剂密封, 第四边开口于有孔的产水收集管上, 以利于纯水的收集。与其它元件结构如管式、板式和中空纤维式相比, 具有水流分布均匀、耐污染程度高、更换费用低、外部管路简单、易于清洗维护保养和设计自由度大等许多优点, 成为目前主要膜元件结构形式。

中芯公司 SINOMEMB® 膜产品有各种不同型号, 每种型号适应不同的应用领域

膜系列	应用领域
SN-BW	玻璃钢缠绕标准苦咸水反渗透膜元件, 主要用于多支串联、高脱盐率反渗透系统
SN-BW-HF	高水通量苦咸水反渗透膜元件
SN-BW-Por	低能耗 (压), 高膜面积, 高通量, 耐低温苦咸水反渗透膜元件, 主要用于商用或大型市政水处理系统
SN-BW-FR	抗污染苦咸水反渗透膜元件, 应用于城市污水和工业废水的再生利用, 以及微污染地表水的脱盐和冷却循环排污水的回用等各种应用领域
SN-BW-XFR	极抗污染苦咸水反渗透膜元件, 应用于城市污水和工业废水的回收利用及近零排放处理等各种高难度水处理应用领域
SN-LE	玻璃钢缠绕标准低能耗反渗透膜元件, 主要用于进水为自来水或盐浓度低的高脱盐率商用反渗透系统
SN-LE-HF	高水通量低能耗反渗透膜元件
SN-SE	超低压苦咸水反渗透膜元件
SN-NF90	工艺物料浓缩, 高脱盐用纳滤膜元件
SN-NF270	中等脱盐率和硬度透过率的纳滤膜, 脱除有机物高, 产水量高
SN-HW	海水和高盐度苦咸水(亚海水)反渗透元件
SN-SW	标准高脱盐率海水反渗透元件



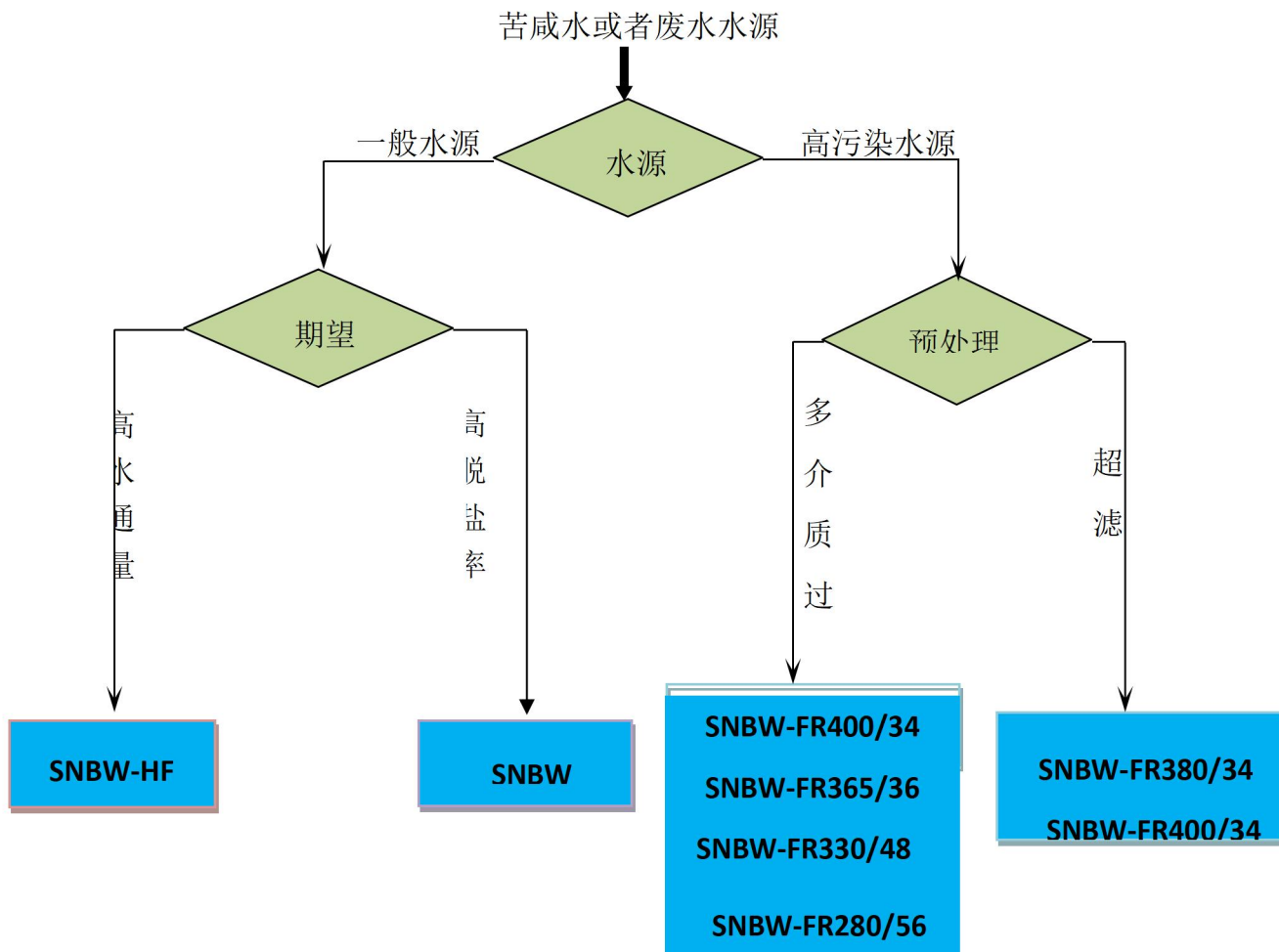
中芯 SINOMEMB®主要产品系列选型指南



SNBW、SNBW-HF								
SNBW-FR、SNBW-XFR								
SNLE-FR			SNSW、SNSW-HF					
SNLE-HF		SNHW						
500	1,000	2,000	5,000	10,000	15,000	25,000	50,000	
进水含量 TDS, ppm								

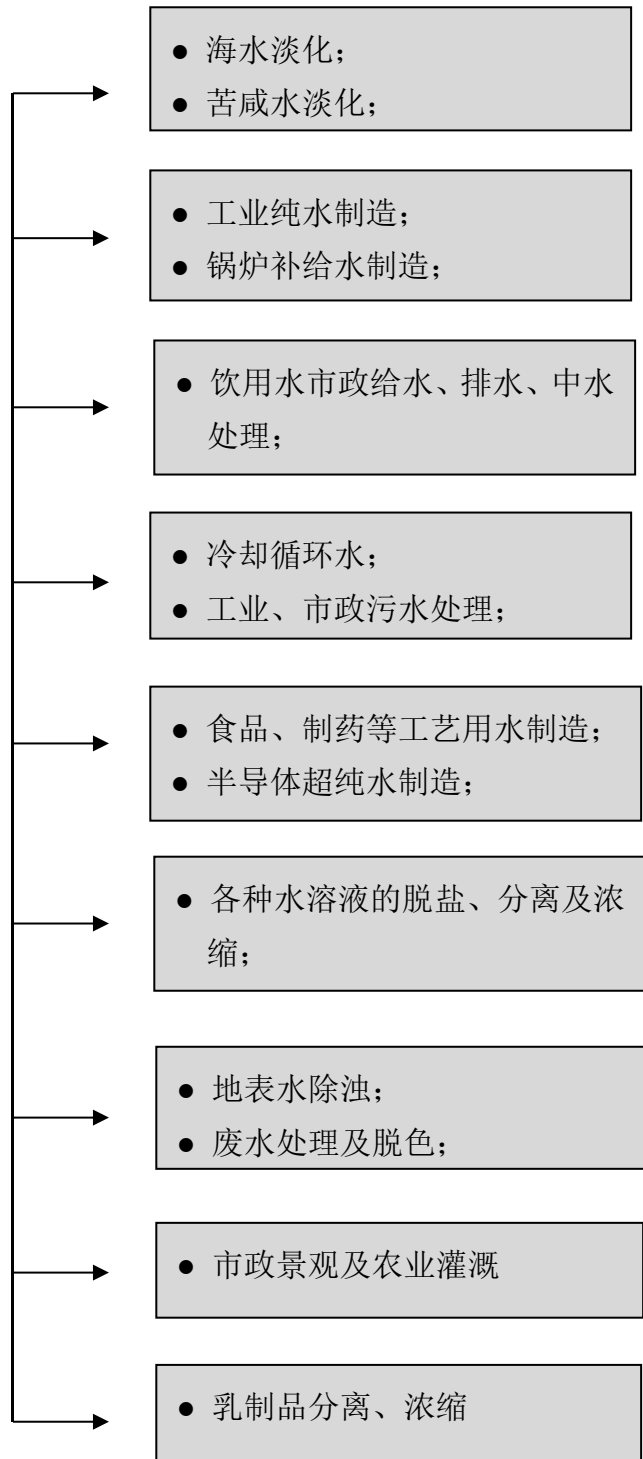


中芯 SINOMEMB® 苦咸水系列反渗透膜元件型号选型指南





VIII. 中芯 SINOMEMB®膜元件应用领域



第一部分 工业篇

中芯 SINOMEMB®系列反渗透膜元件均采用高性能的反渗透膜片，该膜片脱盐层致密，使膜元件具有高脱盐率、耐清洗的优势，这使膜元件在长期使用清洗过程中脱盐率下降少，延长寿命；该膜片脱盐层表面采用抗污染改性，使膜片表面更加平滑，不易形成结垢的晶核，同时表面接近电中性，不易吸附污染物，使膜元件不易被有机物污染，大大降低了清洗频率；该膜片的聚砜支撑层厚度均一、孔径均匀、指状孔与海绵孔分布合理，极大程度避免了高压或长期使用的工况下，因孔道塌缩产水量衰减的情况出现。同时，在膜元件卷制过程，结合流体力学模拟计算的全自动卷膜技术，膜片页数和长度，以及选择的进、产水流道布厚度和形状，均经过计算机模拟达到最优比，可以有效地减少污垢结垢，使膜的产水效率最大化，有效降低了运行成本。

一、中芯 SINOMEMB®工业低能耗 SNLE 系列反渗透膜元件

中芯 SINOMEMB®低能耗系列(SNLE)反渗透膜元件，采用低压膜片，低压下保证产水量。该系列产品分为高脱盐（HR）、高通量（HF）等系列。该系列工业用低能耗系列产品，多种膜面积及产水量设计，能够满足用户的多种需求，用于灵活组建各种要求的系统，同时，利用高水平的设计及卷制技术，在同等尺寸情况下，加推提高 10%膜面积的膜元件，使产水量提升约 20%。该类产品区别于商用膜元件，也采用玻璃钢缠绕外壳，承压能力更好，使用寿命更长，性能更稳定，可获得更多产水量和效益。

低能耗系列 SNLE 膜元件适用于进水含盐 1000ppm 以下的地表水、地下水及一些低污染水源的脱盐处理。主要适用于含盐量较低的市政景观、给排水及农业灌溉，市政饮用水，小型低污染中水处理，以及医疗行业纯水和超纯水、商用纯水机，一体化净水器等，具有超低运行压力，超高产水通量、超高脱盐率，超低运营能耗等优点。

1.1 产品规范

膜元件型号	有效膜面积 ft ² (m ²)	产水流量 GPD(m ³ /d)	稳定脱盐率 (%)	最低脱盐率 (%)
SNLE-4040	90(8.4)	2600(10.3)	99.3	99.0
SNLE-4040-HR	90(8.4)	2300 (8.7)	99.5	99.0
SNLE-4021	38(3.5)	1000(3.8)	99.5	99.0
SNLE-8040	400(37.2)	12000(45.4)	99.5	99.0
SNLE-8040-440	440(41.0)	13500(51.1)	99.5	99.0



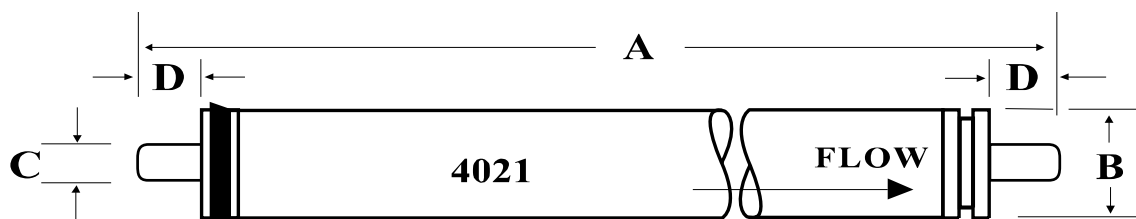
1.2 测试条件

测试压力.....	150psi (1.03Mpa)
测试液温度.....	25°C
测试液浓度(NaCl).....	1500ppm
测试液 pH 值.....	7.5
单支膜元件回收率.....	15% (8040/4040)、8%(4021)

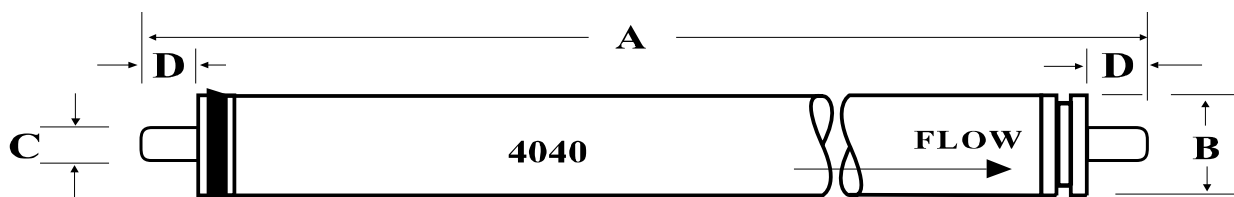
1.3 极限使用条件

最高操作压力.....	600psi(4.14Mpa)
4 英寸膜最高进水流量.....	16gpm(3.6 m3/h)
8 英寸膜最高进水流量.....	75gpm(17 m3/h)
最高进水温度.....	45°C
当 PH 值>10 时, 连续运行最高进水温度.....	35°C
最大进水 SDI15.....	5
进水自由氯浓度.....	<0.1ppm
连续运行时进水 pH 范围.....	2~11
化学清洗时进水 pH 范围 (短期 30 分钟)	1~13
单支膜元件最大压力降.....	15psi(0.1Mpa)

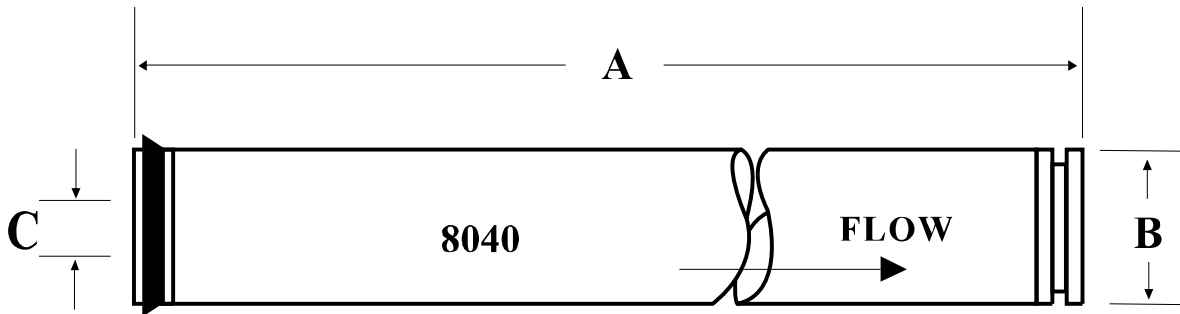
1.4 膜元件尺寸



A=533.4mm(21") B=99.7mm(3.9")
C=19.1mm(0.75") D=26.7mm(1.05")



A=1016.0mm(40") B=99.7mm(3.9")
C=19.1mm(0.75") D=26.7mm(1.05")



$A=1016.0\text{mm}(40\text{''})$ $B=201.9\text{mm}(7.95\text{''})$ 内径尺寸 $C=28.6\text{mm}(1.125\text{''})$

重要信息:

- 1.对于推荐的操作限值和导则,请查阅中芯膜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,中芯膜公司将不承担由此产生的一切后果。
- 2.表中所列的产水量为平均值,单支膜元件产水量误差在 15%之内。
- 3.给水压力应该在 30-60 秒的时间范围内逐渐提高,否则可能会对膜元件造成不可逆转的损伤。
- 4.元件一旦润湿,请保持湿态,否则膜性能会受到破坏。
- 5.运行初期,膜元件性能尚未达到最佳,第 1 小时产水应该放掉。系统运行 3 小时以上,膜元件性能将不断提高并逐渐平稳。
- 6.单支压力容器的最大允许压降为 30psi (0.21Mpa)。
- 7.任何时间任何位置,都要避免产水侧产生背压。
- 8.如果系统停机时间较长,请将膜保存在 1~1.5wt%亚硫酸氢钠(食品级)的保护液(用 RO 产出水配制)中,以抑制微生物的滋长。
- 9.在储存和运行中,如果用户添加任何对膜元件有影响或者不兼容的化学药剂,膜元件性能受到影响,中芯膜公司将不对此负责。



二、中芯 SINOMEMB®苦咸水 SNBW 系列反渗透膜元件

中芯 SINOMEMB®系列苦咸水淡化膜元件，性能符合常规工况系统的多种设计方式，是应用最为广泛、普适性最强的膜元件之一，经济实惠。SNBW-8040 和 SNBW-4040 膜元件，与其他品牌同类产品相比，有效膜面积达到标称，利用膜片及卷制的优势，成为我公司性价比最高的膜元件之一，得到行业内客户的一致好评。

2.1 产品简介

中芯 SINOMEMB®系列苦咸水淡化膜元件 (SNBW)，适用于进水含盐量 10000ppm 以下的地表水、地下水及一些污染度低的水源等的脱盐处理，主要用于食品行业纯水，纸业电厂锅炉用水（超滤预处理），电厂脱盐水，医药行业纯水，一体化净水器，离子交换软化系统后处理，河水净化软化系统后处理，过滤给水系统，地下水净化系统等领域，具有性价比高，产品性能稳定可靠，普适性强、性价比高的特点。

2.2 产品规范

膜元件型号	有效膜面积 ft ² (m ²)	产水流量 GPD(m ³ /d)	稳定脱盐率 (%)	最低脱盐率 (%)
SNBW-8040-400/34	400(37.2)	10500(39.8)	99.7	99.4
SNBW-HF400/34	400(37.2)	11500(43.5)	99.7	99.4
SNBW-8040	365(33.9)	9800(37.1)	99.7	99.4
SNBW-4040	90(8.4)	2400(9.1)	99.7	99.4

2.3 测试条件

测试压力.....225psi (1.55Mpa)
 测试液温度.....25°C
 测试液浓度(NaCl).....2000ppm
 测试液 pH 值.....7.5
 单支膜元件回收率.....15%

2.4 极限使用条件

最高操作压力.....600psi(4.14Mpa)
 4 英寸膜最高进水流量..... 16gpm(3.6 m³/h)



8 英寸膜最高进水流量..... 75gpm(17 m³/h)

最高进水温度.....45°C

(当 PH 值>10 时, 连续运行最高进水温度.....35°C)

最大进水 SDI₁₅.....5

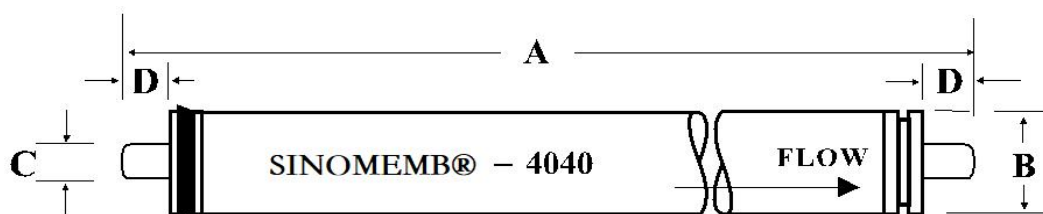
进水自由氯浓度.....<0.1ppm

连续运行时进水 pH 范围.....2~11

化学清洗时进水 pH 范围 (短期 30 分钟)1~13

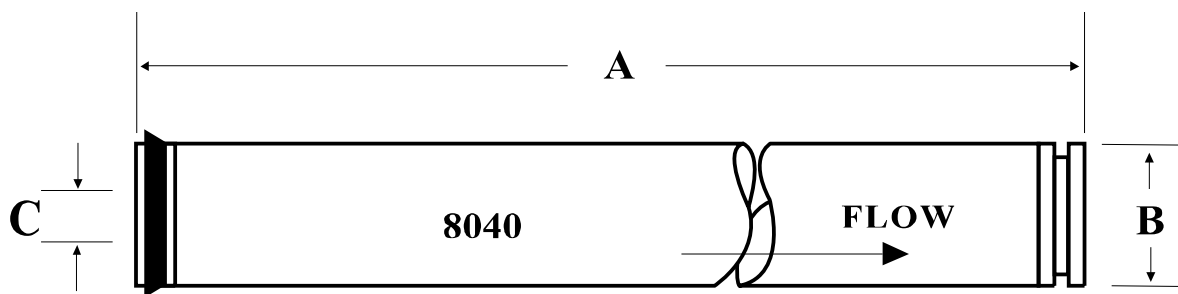
单支膜元件最大压力降.....15psi(0.1Mpa)

2.5 膜元件尺寸



A=1016.0mm(40") B=99.7mm(3.9")

C=19.1mm(0.75") D=26.7mm(1.05")



A=1016.0mm(40") B=201.9mm(7.95") 内径尺寸 C=28.6mm(1.125")

重要信息:

- 1.对于推荐的操作限值和导则,请查阅中芯膜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,中芯膜公司将不承担由此产生的一切后果。
- 2.表中所列的产水量为平均值,单支膜元件产水量误差在 15%之内。
- 3.给水压力应该在 30-60 秒的时间范围内逐渐提高,否则可能会对膜元件造成不可逆转的损伤。
- 4.元件一旦润湿,请保持湿态,否则膜性能会受到破坏。
- 5.运行初期,膜元件性能尚未达到最佳,第 1 小时产水应该放掉。系统运行 3 小时以上,膜元件性能将不断提高并逐渐平稳。
- 6.单支压力容器的最大允许压降为 50psi (0.34Mpa)。
- 7.任何时间任何位置,都要避免产水侧产生背压。
- 8.如果系统停机时间较长,请将膜保存在 1~1.5wt%亚硫酸氢钠(食品级)的保护液(用 RO 产出水配制)中,以抑制微生物的滋长。
- 9.在储存和运行中,如果用户添加任何对膜元件有影响或者不兼容的化学药剂,膜元件性能受到影响,中芯膜公司将不对此负责。



三、中芯 SINOMEMB®苦咸水 SNBW-FR 系列抗污染反渗透膜元件

中芯 SINOMEMB®系列抗污染(SNBW-FR)膜元件采用抗污染膜片及加宽进水流道（34mil-56mil，可根据客户工况定制）生产而成，膜表面平滑度高、亲水性好，膜片电荷更接近电中性，破坏了结垢及有机物易污堵的基础，使膜元件耐无机盐结垢及耐胶体、有机物污堵的能力更强，大大提高膜的清洗恢复性能，拓宽了膜元件的应用领域，最大程度的延长了膜元件的使用寿命，即使在高污染条件下，系统仍可维持较低的压降，高耐用性、高脱除率、高产水量使得该系列苦咸水反渗透膜元件在整个生命周期中性能出众。

3.1 产品简介

中芯 SINOMEMB®系列抗污染膜元件(SNBW-FR)，适合于含盐量约 10000ppm 以下的给水，有较严格的预处理但给水中仍含有有机物等污染物的领域。由于其膜片表面光滑，亲水性好，接近电中性，及加宽的给水流道，大大减少了细菌、微生物在膜表面的吸附及堆积，使其不仅具有较强的抗污染性，更具有化学清洗后的有效恢复性。广泛应用于城市污水和工业废水的再生利用，以及微污染地表水的脱盐和冷却循环排污水的回用等各种应用领域。

3.2 膜元件规格及主要性能

膜元件型号	有效膜面积 ft ² (m ²)	产水流量 GPD(m ³ /d)	稳定脱盐率 (%)	最低脱盐率 (%)
SNBW-8040-FR280/56	280(26)	7500(28.4)	99.3	99.1
SNBW-8040-FR330/48	330(30.7)	8500(32.2)	99.3	99.1
SNBW-8040-FR365/36	365(33.9)	9500(36.0)	99.5	99.3
SNBW-8040-FR400/34	400(37.2)	11000(41.6)	99.75	99.65
SNBW-4040-FR	90(8.4)	2200(8.3)	99.75	99.65

3.3 测试条件

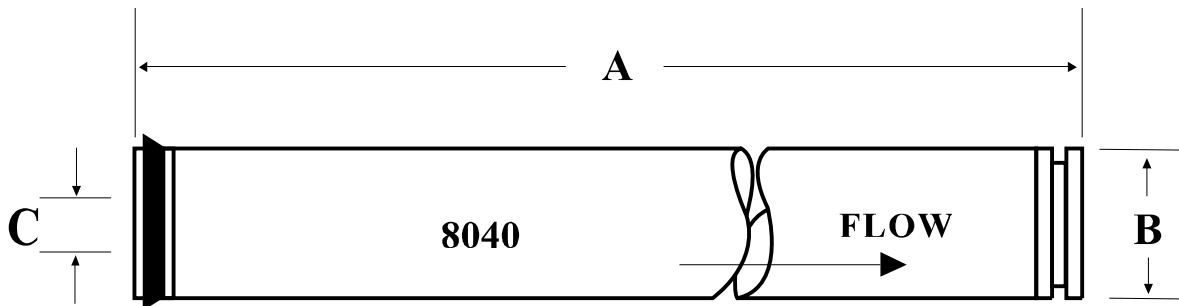
- 测试压力.....225psi (1.55Mpa)
- 测试液温度.....25°C
- 测试液浓度(NaCl).....2000ppm
- 测试液 pH 值.....7.5
- 单支膜元件回收率.....15%



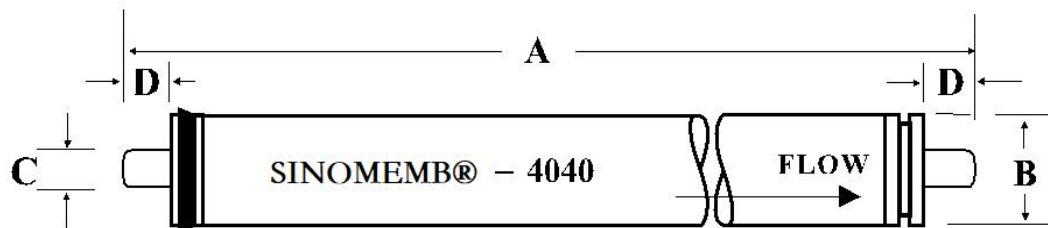
3.4 极限使用条件

- 最高操作压力..... 600psi(4.14Mpa)
- 4 英寸膜最高进水流量.....16gpm(3.6 m³/h)
- 8 英寸膜最高进水流量..... 75gpm(17 m³/h)
- 最高进水温度..... 45°C
- (当 PH 值>10 时, 连续运行最高进水温度.....35°C)
- 最大进水 SDI₁₅.....5
- 进水自由氯浓度.....<0.1ppm
- 连续运行时进水 pH 范围.....2~11
- 化学清洗时进水 pH 范围 (短期 30 分钟)1~13
- 单支膜元件最大压力降.....15psi(0.1Mpa)

3.5 膜元件尺寸



A=1016.0mm(40") B=201.9mm(7.95") 内径尺寸C=28.6mm(1.125")



A=1016.0mm(40") B=99.7mm(3.9")
C=19.1mm(0.75") D=26.7mm(1.05")



重要信息:

- 1.对于推荐的操作限值和导则,请查阅中芯膜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,中芯膜公司将不承担由此产生的一切后果。
- 2.表中所列的产水量为平均值,单支膜元件产水量误差在 15%之内。
- 3.给水压力应该在 30-60 秒的时间范围内逐渐提高,否则可能会对膜元件造成不可逆转的损伤。
- 4.元件一旦润湿,请保持湿态,否则膜性能会受到破坏。
- 5.运行初期,膜元件性能尚未达到最佳,第 1 小时产水应该放掉。系统运行 3 小时以上,膜元件性能将不断提高并逐渐平稳。
- 6.单支压力容器的最大允许压降为 50psi (0.34Mpa)。
- 7.任何时间任何位置,都要避免产水侧产生背压。
- 8.如果系统停机时间较长,请将膜保存在 1~1.5wt%亚硫酸氢钠(食品级)的保护液(用 RO 产出水配制)中,以抑制微生物的滋长。
- 9.在储存和运行中,如果用户添加任何对膜元件有影响或者不兼容的化学药剂,膜元件性能受到影响,中芯膜公司将不对此负责。



四、中芯 SINOMEMB®苦咸水 SNBW-XFR 系列极抗污染反渗透膜元件

中芯 SINOMEMB®(SNBW-XFR)系列极抗污染膜元件是为提高系统对有机生物污染的抗性，帮助解决高难度水处理问题而最新研发生产的，其采用业界领先的极抗污染膜片和 34mil 加宽进水通道生产而成，相较于 SNBW-FR 系列，其膜表面平滑度更高、亲水性更好，加上超低的压差设计，在系统内能实现更好的水流分布，水流可以被更均匀地分布到系统各支膜元件内，从而使膜元件耐微生物、有机物污堵的能力更强，并大大提高膜的清洗恢复性能，拓宽了膜元件的应用领域，最大程度的延长了膜元件的使用寿命，即使在高污染条件下，该系列膜元件的高耐用性、高有机质脱除率、高产水量、低能耗等优势，使得其在整个生命周期中性能更加出众。

4.1 产品简介

中芯 SINOMEMB®(SNBW-XFR)系列抗污染膜元件，适合于含盐量约 10000ppm 以下的给水，有较严格的预处理但给水中仍含有有机微生物等污染物的领域。由于其膜片表面光滑，亲水性好，接近电中性，及加宽的给水流道，大大减少了细菌、微生物在膜表面的吸附及堆积，使其不仅具有较强的抗污染性，更具有化学清洗后的有效恢复性，相较于其他系列，该系列膜元件清洗次数减少，降幅可高达 40%，广泛应用于城市污水和工业废水的回收利用及近零排放处理等各种高难度水处理应用领域。

4.2 膜元件规格及主要性能

膜元件型号	有效膜面积 ft ² (m ²)	产水流量 GPD(m ³ /d)	稳定脱盐率 (%)	最低脱盐率 (%)
SNBW-XFR400/34	400(37.2)	11500(43.5)	99.75	99.65

4.3 测试条件

测试压力.....225psi (1.55Mpa)
 测试液温度.....25°C
 测试液浓度(NaCl).....2000ppm
 测试液 pH 值.....8
 单支膜元件回收率.....15%

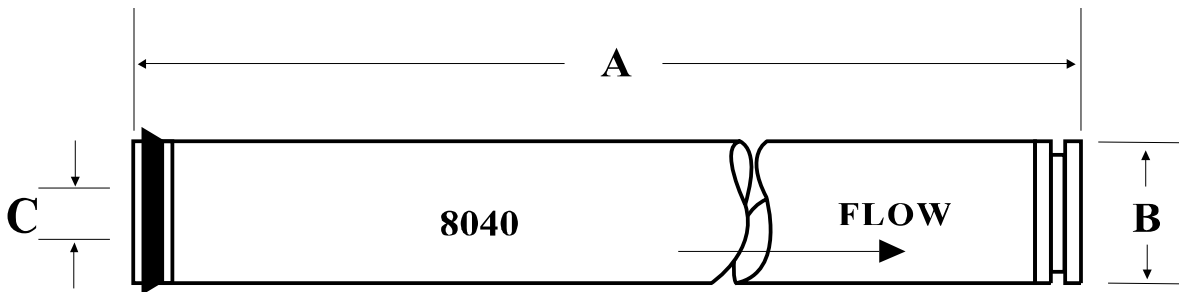
4.4 极限使用条件

最高操作压力..... 600psi(4.14Mpa)
 膜最高进水流量..... 75gpm(17 m³/h)



- 最高进水温度..... 45°C
(当 PH 值 > 10 时, 连续运行最高进水温度.....35°C)
- 最大进水 SDI₁₅.....5
- 进水自由氯浓度..... < 0.1ppm
- 连续运行时进水 pH 范围.....2~11
- 化学清洗时进水 pH 范围 (短期 30 分钟)1~13
- 单支膜元件最大压力降.....15psi(0.1Mpa)

4.5 八英寸膜元件尺寸



A=1016.0mm(40") B=201.9mm(7.95") 内径尺寸 C=28.6mm(1.125")

重要信息:

- 1.对于推荐的操作限值和导则, 请查阅中芯膜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, 中芯膜公司将不承担由此产生的一切后果。
- 2.表中所列的产水量为平均值, 单支膜元件产水量误差在 15%之内。
- 3.给水压力应该在 30-60 秒的时间范围内逐渐提高, 否则可能会对膜元件造成不可逆转的损伤。
- 4.元件一旦润湿, 请保持湿态, 否则膜性能会受到破坏。
- 5.运行初期, 膜元件性能尚未达到最佳, 第 1 小时产水应该放掉。系统运行 3 小时以上, 膜元件性能将不断提高并逐渐平稳。
- 6.单支压力容器的最大允许压降为 50psi (0.34Mpa)。
- 7.任何时间任何位置, 都要避免产水侧产生背压。
- 8.如果系统停机时间较长, 请将膜保存在 1~1.5wt% 亚硫酸氢钠(食品级)的保护液(用 RO 产出水配制)中, 以抑制微生物的滋长。
- 9.在储存和运行中, 如果用户添加任何对膜元件有影响或者不兼容的化学药剂, 膜元件性能受到影响, 中芯膜公司将不对此负责。



五、中芯 SINOMEMB®苦咸水 SNBW-440Pro 反渗透膜元件

中芯 SINOMEMB®(SNBW-Pro)系列低能耗大流量膜元件采用 440ft² 的有效膜面积膜片和 28mil 的浓水流道生产而成，对水体中的硅、硼、硝酸盐、IPA 和氨氮有优良的脱除性能，相较于 SNBW-HF 系列，其实现更低的能耗和更高的产水量，尤其是处理低温水，基于最宽的 pH 耐受范围和良好的化学耐受性，可提高膜的清洗恢复性能，最大程度的延长了膜元件的使用寿命，即使在低温条件下，该系列膜元件的高耐用性、高产水量，低能耗等优势，可节省膜元件数量和泵扬程，最大限度的减少设备投资成本。

5.1 产品简介

中芯 SINOMEMB®(SNBW-440Pro)系列专业级膜元件，适用于进水含盐量 10000ppm 以下的地表水、地下水及一些污染度低的可控预处理水源等的脱盐处理，主要用于食品行业纯水，市政水处理等领域，具有在低温环境下高耐用性、高产水量，低能耗等优势。

5.2 膜元件规格及主要性能

膜元件型号	有效膜面积 ft ² (m ²)	产水流量 GPD(m ³ /d)	稳定脱盐率 (%)	最低脱盐率 (%)
SNBW-440Pro	440(41.0)	12600(47.7)	99.5	99.3

5.3 测试条件

测试压力.....	225psi (1.55Mpa)
测试液温度.....	25°C
测试液浓度(NaCl).....	2000ppm
测试液 pH 值.....	8
单支膜元件回收率.....	15%

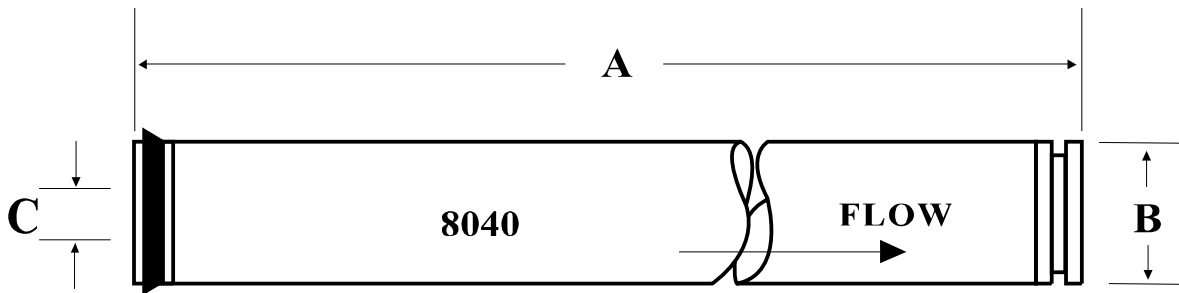
5.4 极限使用条件

最高操作压力.....	600psi(4.14Mpa)
膜最高进水流量.....	75gpm(17 m ³ /h)
最高进水温度.....	45°C
(当 PH 值 > 10 时，连续运行最高进水温度.....35°C)	
最大进水 SDI ₁₅	5



进水自由氯浓度.....	<0.1ppm
连续运行时进水 pH 范围.....	2~11
化学清洗时进水 pH 范围（短期 30 分钟）.....	1~13
单支膜元件最大压力降.....	15psi(0.1Mpa)

5.5 膜元件尺寸



A=1016.0mm(40") B=201.9mm(7.95") 内径尺寸 C=28.6mm(1.125")

重要信息:

- 1.对于推荐的操作限值和导则，请查阅中芯膜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，中芯膜公司将不承担由此产生的一切后果。
- 2.表中所列的产水量为平均值，单支膜元件产水量误差在 15%之内。
- 3.给水压力应该在 30-60 秒的时间范围内逐渐提高，否则可能会对膜元件造成不可逆转的损伤。
- 4.元件一旦润湿，请保持湿态，否则膜性能会受到破坏。
- 5.运行初期，膜元件性能尚未达到最佳，第 1 小时产水应该放掉。系统运行 3 小时以上，膜元件性能将不断提高并逐渐平稳。
- 6.单支压力容器的最大允许压降为 50psi（0.34Mpa）。
- 7.任何时间任何位置，都要避免产水侧产生背压。
- 8.如果系统停机时间较长，请将膜保存在 1~1.5wt% 亚硫酸氢钠(食品级)的保护液(用 RO 产出水配制)中，以抑制微生物的滋长。
- 9.在储存和运行中，如果用户添加任何对膜元件有影响或者不兼容的化学药剂，膜元件性能受到影响，中芯膜公司将不对此负责。



六、中芯 SINOMEMB®工业高盐水 SNHW 系列反渗透膜元件

中芯 SINOMEMB®高盐水(SNHW)系列反渗透膜元件是中高等给水盐度（7000-20000ppm）条件下实现最高的可持续流量和优异的脱盐和脱硼能力的一款新型膜元件，用来填补苦咸水膜和海水淡化膜之间空白，上述性能可使投资成本和运营成本大幅削减。此外，该款膜结合了最大的有效膜面积与较宽的进水流道，采用海水淡化产水流道布卷制，能够提升耐压能力，以及产水率并降低清洗频次，进而可持续地降低运行周期成本。让系统实现最低的制水成本。当设计两级海水淡化或高 TDS 苦咸水系统时，该产品是最理想的选择。

6.1 产品规范

膜元件型号	有效膜面积 ft ² (m ²)	产水流量 GPD(m ³ /d)	稳定脱盐率 (%)	最低脱盐率 (%)
SNHW8040-FR400/34	400(37.2)	10500(39.7)	99.75	99.6

6.2 测试条件

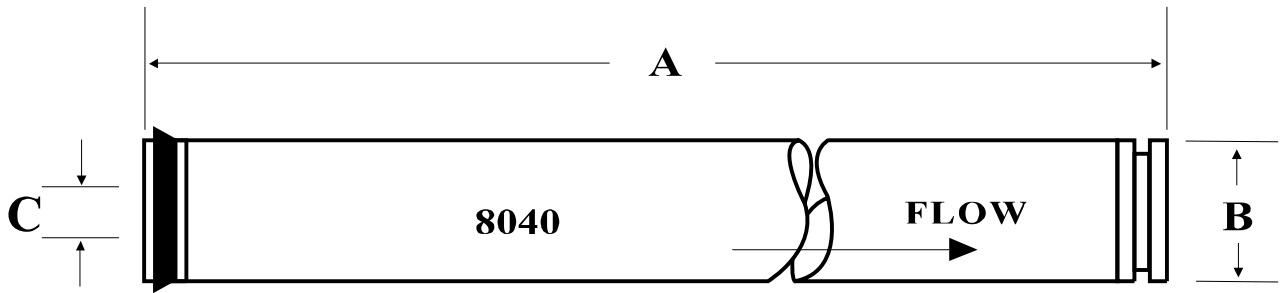
测试压力.....	435psi (3.0Mpa)
测试液温度.....	25°C
测试液浓度(NaCl).....	15000ppm
测试液 pH 值.....	8
单支膜元件回收率.....	10%

6.3 极限使用条件

最高操作压力.....	1000psi(6.9Mpa)
8040 膜最高进水流量.....	75gpm(17 m ³ /h)
最高进水温度.....	45°C
当 PH 值>10 时，连续运行最高进水温度.....	35°C
最大进水 SDI ₁₅	5
进水自由氯浓度.....	<0.1ppm
连续运行时进水 pH 范围.....	2~11
化学清洗时进水 pH 范围（短期 30 分钟）.....	1~13
单支膜元件最大压力降.....	15psi(0.1Mpa)



6.4 膜元件尺寸



A=1016.0mm(40") B=201.9mm(7.95") 内径尺寸 C=28.6mm(1.125")

重要信息

- 1.对于推荐的操作限值和导则，请查阅中芯膜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，中芯膜公司将不承担由此产生的一切后果。
- 2.表中所列的产水量为平均值，单支膜元件产水量误差在 15%之内。
- 3.给水压力应该在 30-60 秒的时间范围内逐渐提高，否则可能会对膜元件造成不可逆转的损伤。
- 4.元件一旦润湿，请保持湿态，否则膜性能会受到破坏。
- 5.运行初期，膜元件性能尚未达到最佳，第 1 小时产水应该放掉。系统运行 3 小时以上，膜元件性能将不断提高并逐渐平稳。
- 6.单支压力容器的最大允许压降为 50psi (0.34Mpa)。
- 7.任何时间任何位置，都要避免产水侧产生背压。
- 8.如果系统停机时间较长，请将膜保存在 1~1.5wt%亚硫酸氢钠(食品级)的保护液(用 RO 产出水配制)中，以抑制微生物的滋长。
- 9.在储存和运行中，如果用户添加任何对膜元件有影响或者不兼容的化学药剂，膜元件性能受到影响，中芯膜公司将不对此负责。

七、中芯 SINOMEMB®工业纳滤 SNNF 系列反渗透膜元件

中芯 SINOMEMB®纳滤系列(SNNF)膜元件，细分为 270 和 90 两大系列，其中 270 系列采用哌嗪和酰氯类界面聚合生成选择性过滤脱盐层，90 系列采用聚酰胺复合膜，通过道南效应及筛分机理等共同作用，使过滤具备选择性，在分离过程无化学反应，无需加热，无相转变，不会破坏生物活性，使用压力比反渗透低，超低压降耗，目前已广泛地应用于饮用水的制备和食品、生物、医药等行业中的各种分离和浓缩提纯，以及脱色过，两种系列特点如下：

- NF270：高的透盐率，中等程度的钙的透过率（40~60%），很高的 TOC 和 THM 前驱物的脱除率。
- NF90：高的盐去除率（90%），很高的铁、杀虫剂、除草剂和 TOC 的去除率。

7.1 产品简介

中芯 SINOMEMB®270 系列纳滤膜元件，运行压力低，膜面积大，产水量高。是专门为了高度脱除总有机碳（TOC）和三卤代烷（THM）前驱物而开发的产品，同时允许硬度成份中等通过，其它盐分中等或较高程度通过，保持口感和保护输水管网。

中芯 SINOMEMB®90 系列纳滤膜元件，面积大，产水量高。特别适用于高度脱除盐分，硝酸盐，铁，杀虫剂、除草剂和 THM 前驱物等有机化合物。

7.2 产品规范

膜元件型号	有效膜面积 ft ² (m ²)	溶液种类	产水流量 GPD(m ³ /d)	稳定脱盐率 (%)
SNNF270-8040/34	400(37.2)	CaCl ₂	14700(55.6)	40~60
		MgSO ₄	12500(47.3)	≥97
SNNF90-8040/34	400(37.2)	NaCl	10000(37.9)	85~95
		MgSO ₄	10500(39.7)	>97
SNNF270-4040	82(7.6)	CaCl ₂	4260 (16.1)	40~60
		MgSO ₄	3645 (13.8)	>97
SNNF90-4040	82(7.6)	NaCl	2040(7.7)	85-95
		MgSO ₄	2700(10.0)	>97

7.3 测试条件

测试压力100 psi (0.69Mpa)

测试液温度.....25 °C

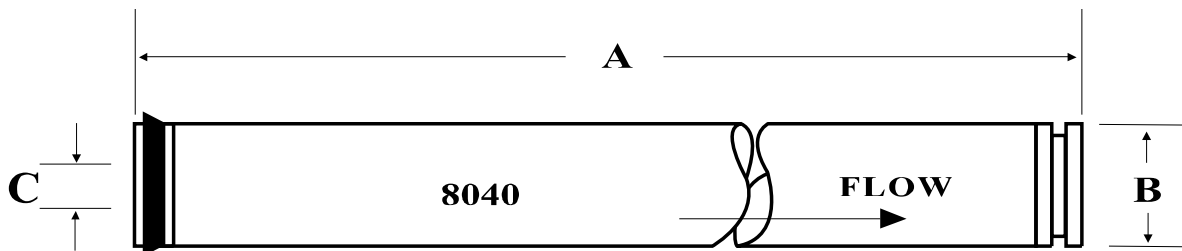


测试液浓度(NaCl).....	2000ppm
测试液浓度(MgSO ₄).....	2000ppm
测试液浓度(CaCl ₂).....	500ppm
测试液 pH 值.....	7.5
单支膜元件回收率.....	15%

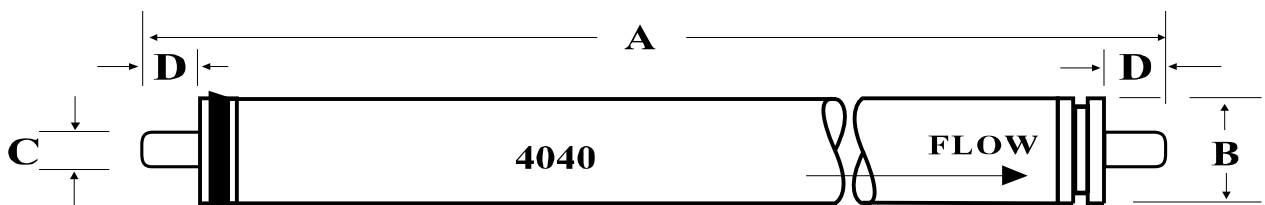
7.4 极限使用条件

最高操作压力.....	600psi(4.14Mpa)
4 英寸膜最高进水流量.....	16gpm(3.6 m ³ /h)
8 英寸膜最高进水流量.....	75gpm(17 m ³ /h)
最高进水温度.....	45°C
(当 PH 值>10 时, 连续运行最高进水温度.....35°C)	
最大进水 SDI ₁₅	5
进水自由氯浓度.....	<0.1ppm
连续运行时进水 pH 范围.....	2~11
270 化学清洗时进水 pH 范围 (短期 30 分钟)	1~12
90 化学清洗时进水 pH 范围 (短期 30 分钟)	1~13
单支膜元件最大压力降.....	15psi(0.1Mpa)

7.5 膜元件尺寸



A=1016.0mm(40") B=201.9mm(7.95") 内径尺寸C=28.6mm(1.125")



A=1016.0mm(40") B=99.7mm(3.9")
C=19.1mm(0.75") D=26.7mm(1.05")

重要信息

- 1.对于推荐的操作限值和导则，请查阅中芯膜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，中芯膜公司将不承担由此产生的一切后果。
- 2.表中所列的产水量为平均值，单支膜元件产水量误差在 15%之内。
- 3.给水压力应该在 30-60 秒的时间范围内逐渐提高，否则可能会对膜元件造成不可逆转的损伤。
- 4.元件一旦润湿，请保持湿态，否则膜性能会受到破坏。
- 5.运行初期，膜元件性能尚未达到最佳，第 1 小时产水应该放掉。系统运行 3 小时以上，膜元件性能将不断提高并逐渐平稳。
- 6.单支压力容器的最大允许压降为 50psi (0.34Mpa)。
- 7.任何时间任何位置，都要避免产水侧产生背压。
- 8.如果系统停机时间较长，请将膜保存在 1~1.5wt%亚硫酸氢钠(食品级)的保护液(用 RO 产出水配制)中，以抑制微生物的滋长。
- 9.在储存和运行中，如果用户添加任何对膜元件有影响或者不兼容的化学药剂，膜元件性能受到影响，中芯膜公司将不对此负责。



八、中芯 SINOMEMB®海水淡化 SNSW 系列反渗透膜元件

中芯 SINOMEMB®优质海水淡化(SNSW)系列产品，通过对海水淡化膜片超滤支撑层结构及加厚脱盐层的调整，以及卷制过程中海淡产水流道布的选择，使其耐受高压高污染的工况，海水淡化膜产品的成功生产，标志着中芯膜（北京）公司的制膜技术更上一个台阶，继续向高浓度高难度的领域进军。

8.1 产品简介

中芯 SINOMEMB®海水淡化系列(SNSW)膜元件适用于含盐量 20000ppm 以上的海水及高浓度苦咸水领域。它通过优化膜片及膜元件结构和全自动、高精度制造工艺，减少了膜面的整体污堵，显著地降低了运行费用，使其具有稳定的脱硼率及脱盐率，低压高产水量和投资运营成本低的特点，在一些特定系统可以保证一级渗透即可从海水中获取饮料水。该类膜元件可用于海水淡化、极高浓度苦咸水脱盐、发电厂海水循环补给水处理等各种工业用水处理领域，也可用于废水再利用、垃圾渗滤液处理、食品加工等多种应用领域。

8.2 产品规范

膜元件型号	有效膜面积 ft ² (m ²)	产水流量 GPD(m ³ /d)	稳定脱盐率 (%)	最低脱盐率 (%)	稳定脱硼率 (%)
SNSW-2514	6.5 (0.6)	150 (0.6)	99.4	99.2	90
SNSW-2521	13 (1.2)	300 (1.1)	99.4	99.2	90
SNSW-2540	29 (2.8)	700 (2.6)	99.4	99.2	90
SNSW-4021	33 (3.1)	800 (3.0)	99.4	99.2	90
SNSW-4040	85(7.9)	1,950 (7.4)	99.75	99.6	91
SNSW-8040	380(35.6)	6000(22.7)	99.7	99.6	91
SNSW-8040-HF	400(37.2)	7500(28)	99.82	99.65	93

8.3 测试条件

测试压力.....800psi (5.5Mpa)

测试液温度.....25°C

测试液浓度.....32000ppm(NaCl), 5ppm (硼)

测试液 pH 值.....8

单支膜元件回收率.....2% (2514)、8%(2540、4040、8040)、4%(2521、

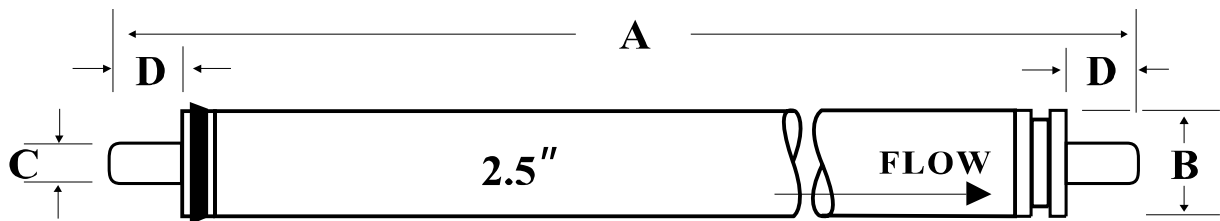
4021)



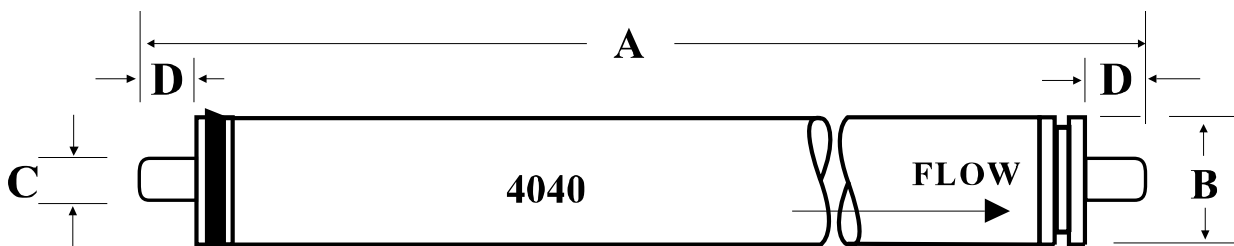
8.4 极限使用条件

8 英寸和 4 英寸最高操作压力.....	1200psi(8.3Mpa)
2.5 英寸及其他型号最高操作压力.....	1000psi(6.9Mpa)
8 英寸膜最高进水流量.....	75gpm(17 m3/h)
4 英寸最高进水流量.....	16gpm(3.6 m3/h)
2.5 英寸最高进水流量.....	6gpm(1.4 m3/h)
最高进水温度.....	45°C
当 PH 值>10 时, 连续运行最高进水温度.....	35°C
最大进水 SDI15.....	5
进水自由氯浓度.....	<0.1ppm
连续运行时进水 pH 范围.....	2~11
化学清洗时进水 pH 范围 (短期 30 分钟)	1~13
单支膜元件最大压力降.....	15psi(0.1Mpa) (2540、2514、4021、4040、2521, 8040)
.....	13psi(0.9Mpa) (8040HF)

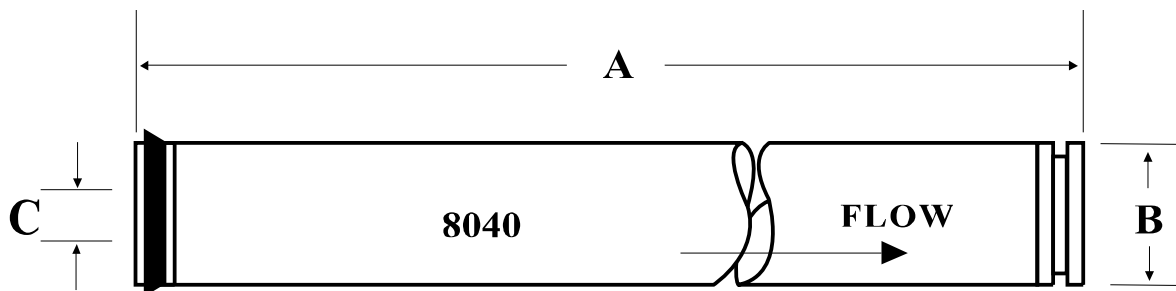
8.5 膜元件尺寸



2540: A=1016.0mm(40') B=61.0mm(2.4') C=19.1mm(0.75') D=30.2mm(1.19')
 2521: A=533.4mm(21') B=61.0mm(2.4') C=19.1mm(0.75') D=30.2mm(1.19')



A=1016.0mm(40 ") B=99.7mm(3.9 ")
 C=19.1mm(0.75 ") D=26.7mm(1.05 ")



$A=1016.0\text{mm}(40\text{''})$ $B=201.9\text{mm}(7.95\text{''})$ 内径尺寸 $C=28.6\text{mm}(1.125\text{''})$

重要信息

- 1.对于推荐的操作限值和导则，请查阅中芯膜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，中芯膜公司将不承担由此产生的一切后果。
- 2.表中所列的产水量为平均值，单支膜元件产水量误差在 15%之内。
- 3.给水压力应该在 30-60 秒的时间范围内逐渐提高，否则可能会对膜元件造成不可逆转的损伤。
- 4.元件一旦润湿，请保持湿态，否则膜性能会受到破坏。
- 5.运行初期，膜元件性能尚未达到最佳，第 1 小时产水应该放掉。系统运行 3 小时以上，膜元件性能将不断提高并逐渐平稳。
- 6.单支压力容器的最大允许压降为 50psi (0.34Mpa)。
- 7.任何时间任何位置，都要避免产水侧产生背压。
- 8.如果系统停机时间较长，请将膜保存在 1~1.5wt%亚硫酸氢钠(食品级)的保护液(用 RO 产出水配制)中，以抑制微生物的滋长。
- 9.在储存和运行中，如果用户添加任何对膜元件有影响或者不兼容的化学药剂，膜元件性能受到影响，中芯膜公司将不对此负责。

第二部分 商用、家用篇

一、中芯 SINOMEMB®商用低能耗 SNLE 系列反渗透膜元件

1.1 产品简介

中芯 SINOMEMB®系列高产水量低能耗 SNLE 商用膜元件，使用的也为低压工业膜片，卷制工艺也经过计算机模拟设计，这样使得该产品寿命延长，性能优异，是民用领域质量一致性较高、很可靠的一类膜元件。先进的膜技术和精准的自动化生产工艺，在保证稳定脱盐率的同时，在较小的膜元件体积下，将产水量做到高水准。保证了膜元件产水量更大，脱盐率更高，稳定性强且使用寿命长，这是确保设备制造商和品牌商赢得消费者信赖的必备条件，因而使其成为设备制造商、净水材料商、代理商和居民最为信赖和欢迎的产品。

该产品适用于进水含盐量 1000ppm 以下的高端节省空间的紧凑无桶型净水系统以及商场、酒店、食堂、小区、办公大楼，学校、医院等用水人数在 800 人左右的商用民用用水系统。

1.2 产品规范

膜元件型号	稳定脱盐率 (%)	产水流量 GPD (m ³ /d)	测试条件		
			测试压力 psi(MPa)	测试液浓度 (ppm)	回收率 (%)
SNLE-3213-600	95.0	600(2.3)	100(0.7)	250, NaCl	15
SNLE-3313-800	95.0	800(3.0)	100(0.7)	250, NaCl	15
SNLE-4013-1000	95.0	1000(3.8)	100(0.7)	250, NaCl	15
SNLE-2812-200	97.0	200(0.8)	100(0.7)	250, NaCl	15
SNLE-3012-300	97.0	300(1.2)	100(0.7)	250, NaCl	15
SNLE-3012-400	97.0	400(1.6)	100(0.7)	250, NaCl	15
SNLE-3013-400	97.0	400(1.6)	100(0.7)	250, NaCl	15
SNLE-3013-600	96.0	600(2.3)	100(0.7)	250, NaCl	15
SNLE -2521	99	300 (1.13)	150(1.05)	250, NaCl	8%
SNLE -2540	99	750 (2.84)	150(1.05)	250, NaCl	8%

注：未提及元件型号(膜性能、外观尺寸)均可根据订单量接受特殊定制。



1.3 测试条件

测试液温度.....25°C

测试液 pH 值.....7.5

1.4 极限使用条件

2.5 英寸膜元件最高操作压力..... 600psi(4.1Mpa)

其他商用型号膜元件最高操作压力.....150psi(1.03Mpa)

3213、3313 膜元件最高进水流量..... 4.0gpm(15lpm)

3012、3013、2812 膜元件最高进水流量.....2.5gpm(9.5lpm)

4013 膜元件最高进水流量.....16gpm(3.6m³/h)

2.5 英寸膜元件最高进水流量..... 6gpm(1.4m³/h)

最高进水温度..... 45°C

当 PH 值 > 10 时，连续运行最高进水温度.....35°C

最大进水 SDI₁₅..... 5

进水自由氯浓度..... <0.1ppm

连续运行时进水 pH 范围.....2~11

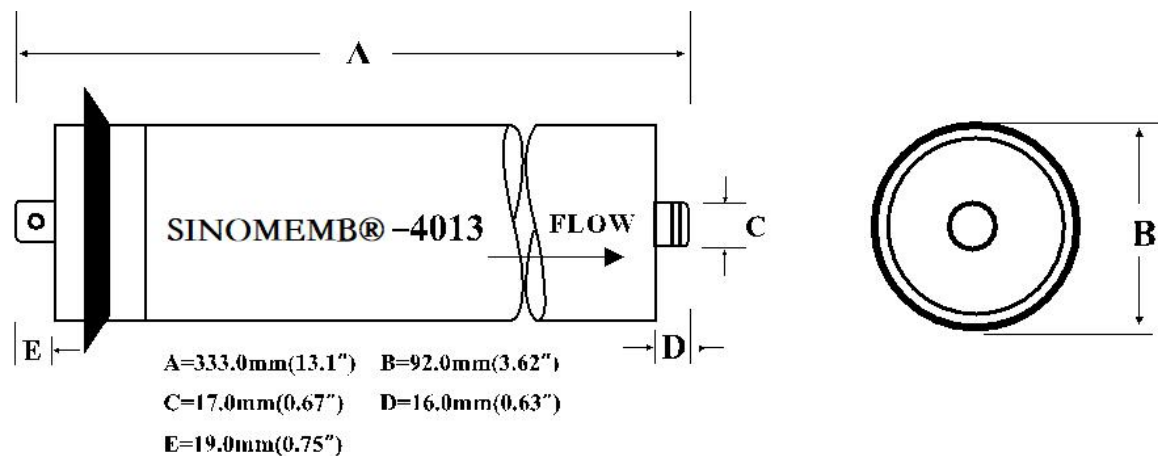
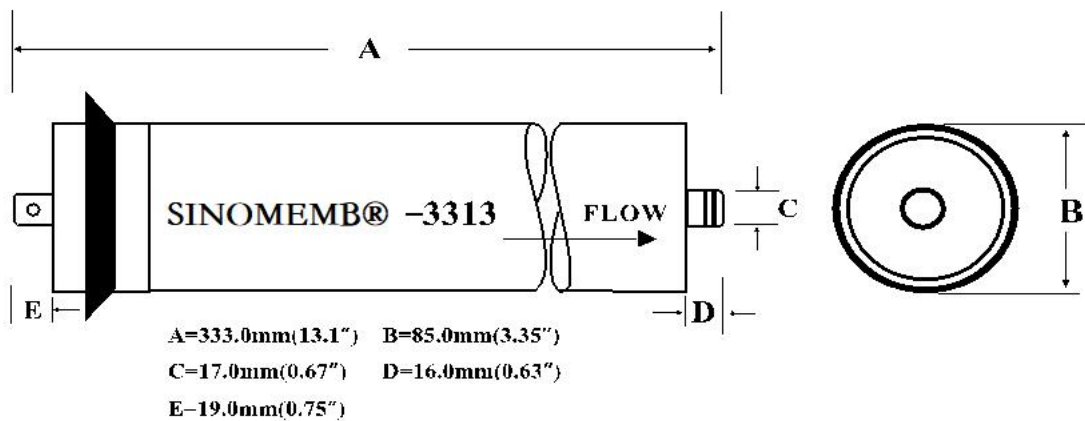
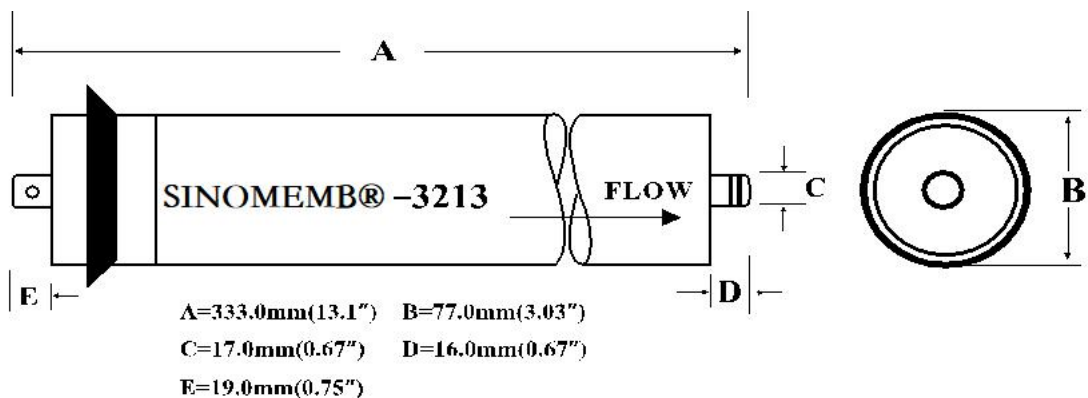
化学清洗时进水 pH 范围（短期 30 分钟）.....1~13

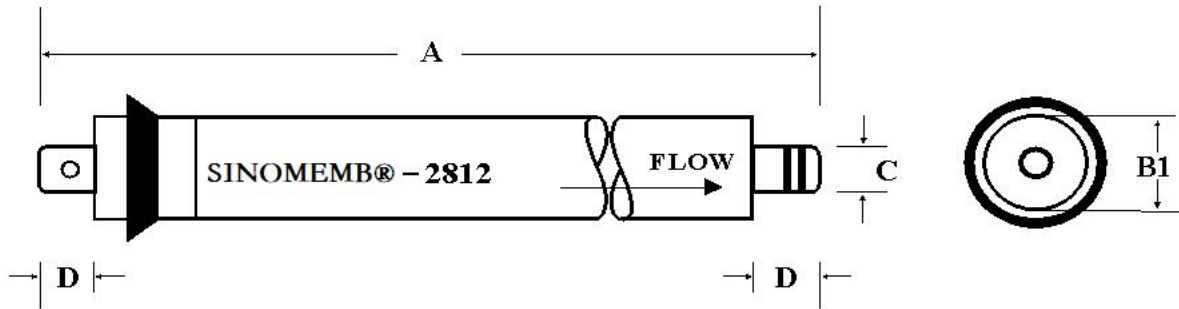
2.5 英寸单支膜元件最大压力降.....13psi(0.09Mpa)

其他商用型号单支膜元件最大压力降.....10psi(0.07Mpa)

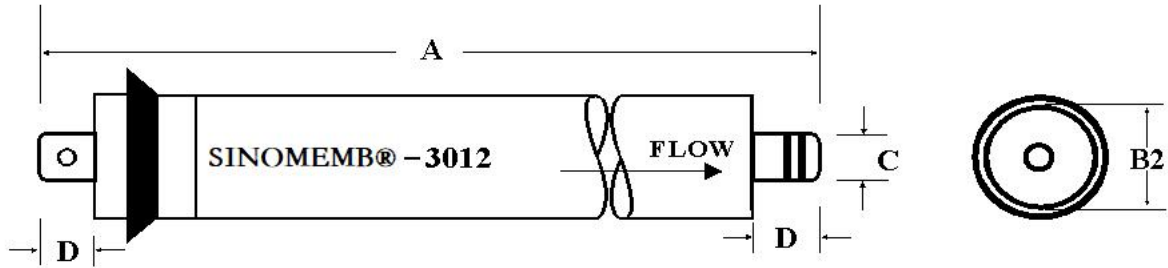


1.5 膜元件尺寸

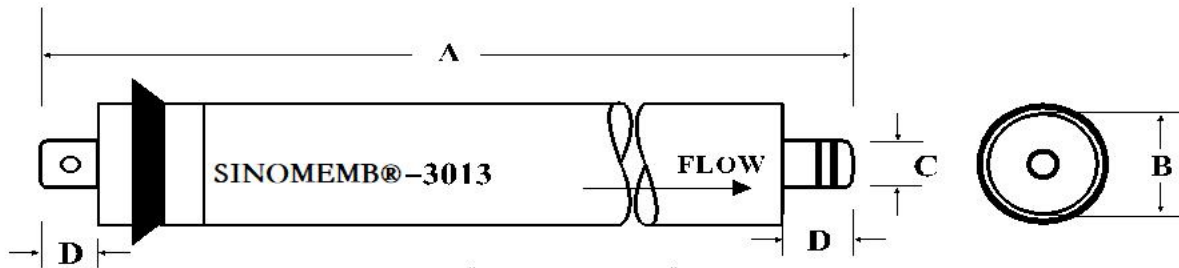




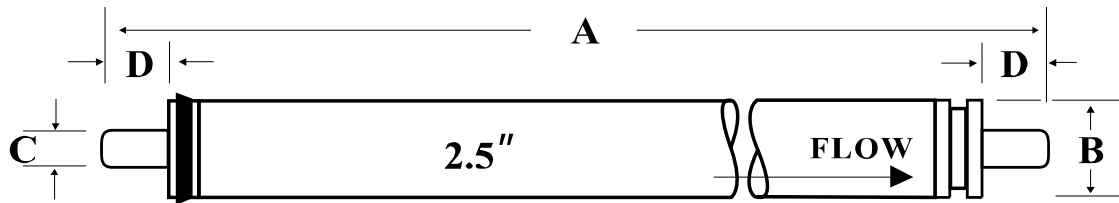
A=298.0mm(11.7") C=17.0mm(0.67")
 B1=70.0mm(2.8") D=21.0mm(0.83")



A=298.0mm(11.7") C=17.0mm(0.67")
 B2=72.0mm(3.0") D=21.0mm(0.83")



A=328.0mm(12.9") C=17.0mm(0.67")
 B=68.0mm(2.7") D=19.0mm(0.75")



2540: A=1016.0mm(40") B=61.0mm(2.4") C=19.1mm(0.75") D=30.2mm(1.19")
 2521: A=533.4mm(21") B=61.0mm(2.4") C=19.1mm(0.75") D=30.2mm(1.19")

重要信息

- 1.对于推荐的操作限值和导则，请查阅中芯膜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，中芯膜公司将不承担由此产生的一切后果。
- 2.表中所列的产水量为平均值，单支膜元件产水量误差在 15%之内。
- 3.给水压力应该在 30-60 秒的时间范围内逐渐提高，否则可能会对膜元件造成不可逆转的损伤。
- 4.元件一旦润湿，请保持湿态，否则膜性能会受到破坏。
- 5.运行初期，膜元件性能尚未达到最佳，第 1 小时产水应该放掉。系统运行 3 小时以上，膜元件性能将不断提高并逐渐平稳。
- 6.单支压力容器的最大允许压降为 30psi (2.1bar)。
- 7.任何时间任何位置，都要避免产水侧产生背压。
- 8.如果系统停机时间较长，请将膜保存在 1~1.5wt%亚硫酸氢钠(食品级)的保护液(用 RO 产出水配制)中，以抑制微生物的滋长。
- 9.在储存和运行中，如果用户添加任何对膜元件有影响或者不兼容的化学药剂，膜元件性能受到影响，中芯膜公司将不对此负责。



二、中芯 SINOMEMB®超低压型商用 SNSE 系列反渗透膜元件

中芯 SINOMEMB®超低压型 SNSE 商用系列膜元件，采用特殊的膜片工艺，调整膜片超滤支撑层的厚度及孔道比例，提高膜片脱盐层的亲水性，使得脱盐适中，但产水量大幅提高；在卷制工艺设计上，定制特殊流道布配合，使得产水量进一步提高，以拓宽其更广的应用领域。

4 寸及 4021 可以在 0.7mpa 压力下运行，2812 及 3013 可在低至 36psi 的无泵市政供水压力下运行，且产水量和脱盐率均符合要求，使用此类产品设计的系统，运行成本低，无噪音震动。如果运行压力提高，产水通量和脱盐率将进一步提升。同样使用条件下，在进水水温低的地区和季节，可获得更大产水量和脱盐率，特别适用于进水含盐量 500ppm 以下的北方寒冷地区和无泵驱动设计的净水系统，而且采用干式技术，便于保存运输和使用。

2.1 产品规范

膜元件型号	稳定脱盐率 (%)	产水流量 GPD (m ³ /d)	测试条件		
			测试压力 psi(MPa)	测试液浓度 (ppm)	回收率 (%)
SNSE-4040	99.0	2500 (9.5)	114(0.8)	1000, NaCl	15
SNSE-4021	98.0	1000 (3.8)	114(0.8)	1000, NaCl	8
SNSE-2812	93.0	125(0.3)	36(0.25)	250, NaCl	15
SNSE-3013	93.0	350(1.33)	36(0.25)	250, NaCl	15

注：未提及元件型号(膜性能、外观尺寸)均可根据订单量接受特殊定制。

2.2 测试条件

- 测试压力.....100psi (0.7Mpa)/36psi(0.25)
- 测试液温度.....25°C
- 测试液浓度(NaCl).....1000ppm/250ppm
- 测试液 pH 值.....7.5
- 单支膜元件回收率.....15%、8%(4021)

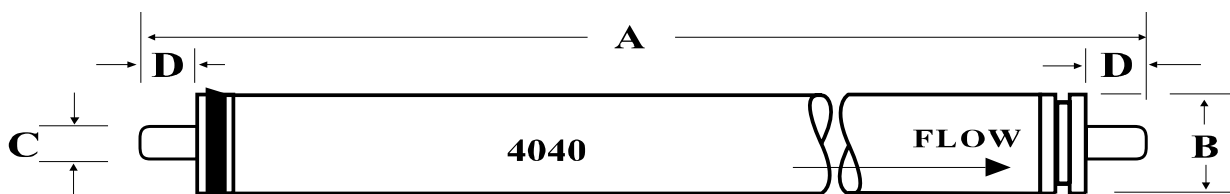
2.3 极限使用条件

- 最高操作压力.....300psi(2.07Mpa) (2812、3013)
- 最高操作压力.....600psi(4.14Mpa) (4021、4040)
- 最高进水流量......16gpm(3.6 m³/h) (4021、4040)
- 最高进水流量......2lpm(3.6 m³/h) (2812)

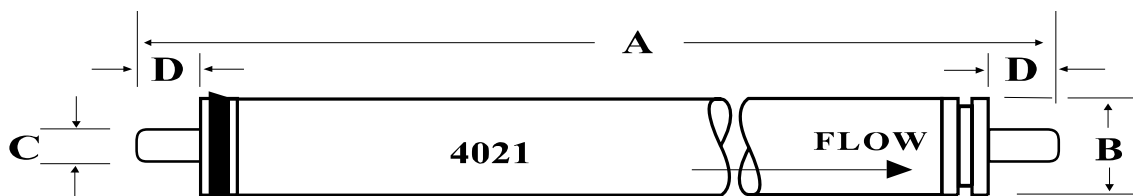


最高进水流量.....	2.5gpm(9.5lpm) (3013)
最高进水温度.....	45°C
(当 PH 值 > 10 时, 连续运行最高进水温度.....35°C)	
最大进水 SDI ₁₅	5
进水自由氯浓度.....	<0.1ppm
连续运行时进水 pH 范围.....	2~11
化学清洗时进水 pH 范围 (短期 30 分钟)	1~13
2.8 英寸单支膜元件最大压力降.....	13psi(0.09Mpa)
3013 单支膜元件最大压力降.....	10psi(0.07Mpa)
4 英寸单支膜元件最大压力降.....	15psi(0.1Mpa)

2.4 膜元件尺寸



A=1016.0mm(40") B=99.7mm(3.9")
C=19.1mm(0.75") D=26.7mm(1.05")



A=533.4mm(21") B=99.7mm(3.9")
C=19.1mm(0.75") D=26.7mm(1.05")

重要信息

- 1.对于推荐的操作限值和导则, 请查阅中芯膜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, 中芯膜公司将不承担由此产生的一切后果。
- 2.表中所列的产水量为平均值, 单支膜元件产水量误差在 15%之内。
- 3.给水压力应该在 30-60 秒的时间范围内逐渐提高, 否则可能会对膜元件造成不可逆转的损伤。
- 4.元件一旦润湿, 请保持湿态, 否则膜性能会受到破坏。
- 5.运行初期, 膜元件性能尚未达到最佳, 第 1 小时产水应该放掉。系统运行 3 小时以上, 膜元件性能将



不断提高并逐渐平稳。

6.单支压力容器的最大允许压降为 30psi（2.1bar）。

7.任何时间任何位置，都要避免产水侧产生背压。

8.如果系统停机时间较长，请将膜保存在 1~1.5wt%亚硫酸氢钠(食品级)的保护液(用 RO 产出水配制)中，以抑制微生物的滋长。

9.在储存和运行中，如果用户添加任何对膜元件有影响或者不兼容的化学药剂，膜元件性能受到影响，中芯膜公司将不对此负责。



三、中芯 SINOMEMB®家用 SNLE 系列反渗透膜元件

中芯 SINOMEMB®系列通用家用系列膜元件，包括普通家用膜元件、高脱盐膜元件、以及超低压膜元件。分别采用大通量低压膜片、高脱盐抗污染工业膜片、低压超高产水量膜片卷制而成，是业内种类最全、性能最稳定、最可靠的膜元件之一。其中，超低压膜元件可在 36psi 的无泵市政供水压力下运行，这个为渠道商提供了新型水机开发的可能性，为终端老房旧房无电源的厨下空间提供了便利。同时高水平的膜元件设计能力，可接受性能及外观等异型膜产品定制。

3.1 性能特点

- 高回收率，帮助消费者节约水费；
- 抗结垢，耐高 TDS，使用寿命更长久；
- 干膜，方便操作且保质期更长；
- 高品质的元件大幅度降低甚至消除了针对膜元件的质量控制（QC）成本。

3.2 产品规范

膜元件型号	稳定脱盐率 (%)	产水流量 GPD (m³/d)	测试条件		
			测试压力 psi(MPa)	测试液浓度 (ppm)	回收率 (%)
SNLE-1810-50	97.0	50(0.2)	60(0.4)	250, NaCl	15
SNLE-1812-50	97.0	50(0.2)	60(0.4)	250, NaCl	15
SNLE-1812-75-HR	98.0	75(0.28)	60(0.4)	250, NaCl	15
SNLE-1812-75	97.0	75(0.28)	60(0.4)	250, NaCl	15
SNLE-1812-100	96	100(0.4)	60(0.4)	250, NaCl	40
SNLE-1812-150	96	150(0.6)	60(0.4)	250, NaCl	40
SNSE-1812	93.0	60(0.23)	36(0.25)	250, NaCl	15

注：未提及元件型号(膜性能、外观尺寸)均可根据订单量接受特殊定制。

3.3 测试条件

测试液温度..... 25°C

测试液 pH 值..... 7.5

3.4 极限使用条件

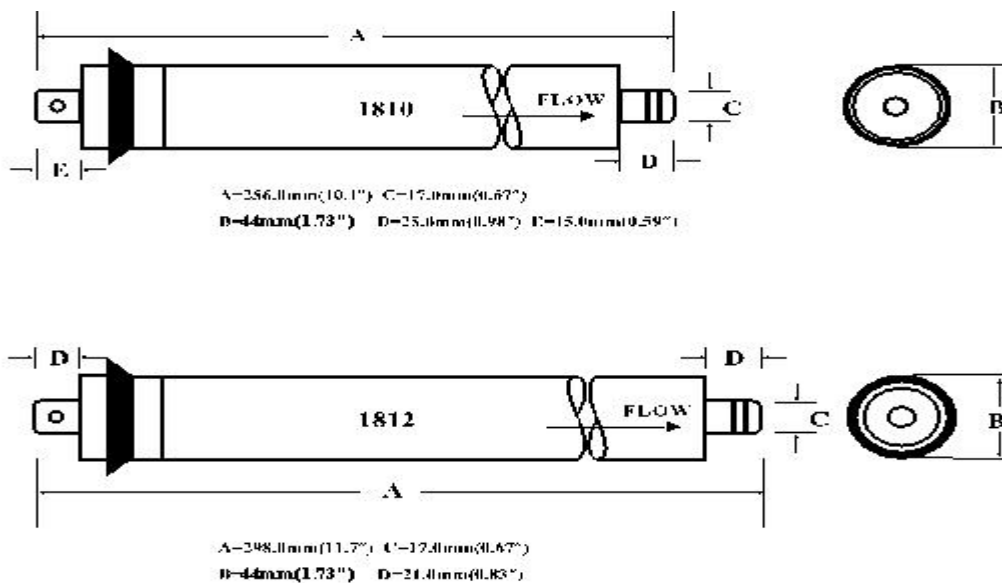
最高操作压力.....150psi(1.03Mpa)

最高进水流量.....2.0gpm(7.6lpm)



- 最高进水温度..... 45°C
- （当 PH 值 > 10 时，连续运行最高进水温度.....35°C）
- 最大进水 SDI₁₅.....5
- 进水自由氯浓度..... < 0.1ppm
- 连续运行时进水 pH 范围..... 2~11
- 化学清洗时进水 pH 范围（短期 30 分钟）.....1~13
- 单支膜元件最大压力降.....10psi(0.07Mpa)

3.5 膜元件尺寸



重要信息

- 1.对于推荐的操作限值和导则，请查阅中芯膜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，中芯膜公司将不承担由此产生的一切后果。
- 2.表中所列的产水量为平均值，单支膜元件产水量误差在 15%之内。
- 3.给水压力应该在 30-60 秒的时间范围内逐渐提高，否则可能会对膜元件造成不可逆转的损伤。
- 4.元件一旦润湿，请保持湿态，否则膜性能会受到破坏。
- 5.运行初期，膜元件性能尚未达到最佳，第 1 小时产水应该放掉。系统运行 3 小时以上，膜元件性能将不断提高并逐渐平稳。
- 6.单支压力容器的最大允许压降为 30psi（2.1bar）。
- 7.任何时间任何位置，都要避免产水侧产生背压。
- 8.如果系统停机时间较长，请将膜保存在 1~1.5wt% 亚硫酸氢钠(食品级)的保护液(用 RO 产出水配制)中，以抑制微生物的滋长。

9.在储存和运行中，如果用户添加任何对膜元件有影响或者不兼容的化学药剂，膜元件性能受到影响，中芯膜公司将不对此负责。

第三部分 反渗透和纳滤基础

3.1 反渗透和纳滤技术发展

膜在自然界中是广泛存在的，尤其在生物体内。但是人类首次注意到由生物膜引起的渗透现象是在 1748 年，法国学者 Abbe Nollet 很偶然的发现包裹在猪膀胱里的水可以自己扩散到膀胱外侧的酒精溶液中。法国植物学家 Henri Dutrochet 在 1827 年提出了 Osmosis（渗透）一词来定义 Abbe Nollet 发现的现象。但是，这一现象并未能引起足够的重视，直到 1854 年英国科学家 Thomas Graham 在实验中发现，放置在半透膜一侧的晶体会比胶体更快的扩散到另一侧，并提出了 Dialysis（透析）的概念。这时人们才对半透膜产生了兴趣，并由德国生物化学家 Moritz Traube 在 1864 年制造出了人类历史上第一张人造膜——亚铁氰化铜膜。完整的渗透压理论直到 20 世纪才由荷兰物理化学家 Van't Hoff 提出。后来，随着各个学科的不断发展，膜分离现象也不断为人们发现并研究。1960 年，人类终于实现了从苦咸水中制取淡水的梦想，工作于美国加利福尼亚大学洛杉矶分校（UCLA）的科学家 Sidney Loeb 和 Srinivasa Sourirajan 共同研制出世界第一张非对称醋酸纤维素反渗透膜。从那时起的近半个世纪以来，膜分离技术，包括反渗透和纳滤，在世界范围得到了广泛的发展和应用。

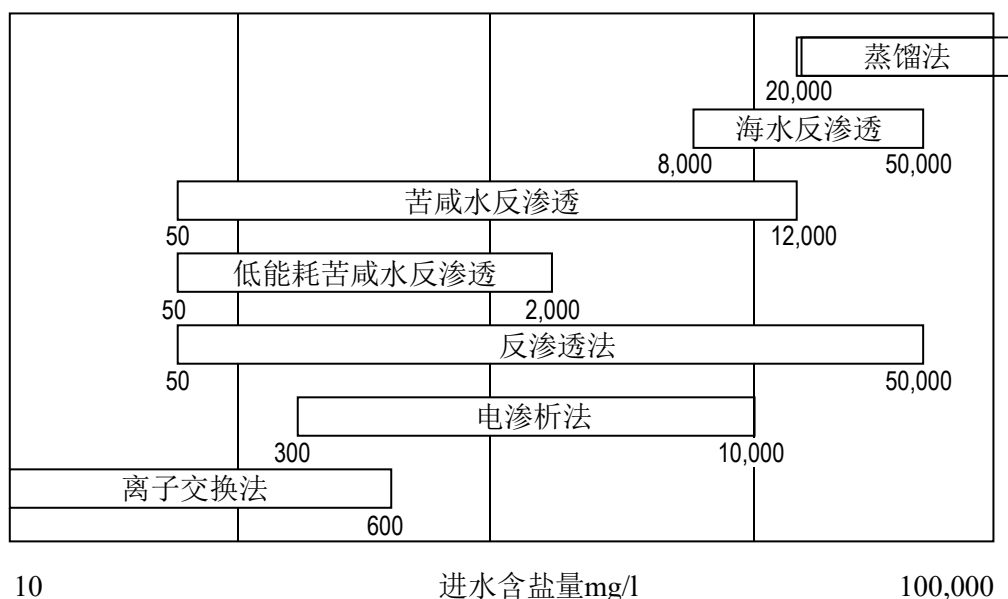
伴随着膜分离技术的发展，促进了生物技术和制药行业的技术进步，相对于传统蒸馏法，膜法分离浓缩技术更加节省能量消耗，同时也不会引起产品热分解变质。现在反渗透膜能够在显著地降低运行压力的条件下，实现更高的脱盐率和产水量，纳滤膜也可在相对低的操作压力下提供对某些盐类或化合物的更高的分离选择性。

3.2 脱盐技术及膜法分离过程

目前反渗透和纳滤技术被广泛认为是最高效和经济的分离过程之一，用于各种规模的水处理工程，其产水能够满足饮用水标准及客户的多种使用要求。

反渗透和纳滤过程单独、或与离子交换法、或其它分离过程相结合，可以降低成本，延长设备的使用寿命，提高水处理系统的利用率。

图 3.1 主要脱盐过程



膜法液体分离技术一般可分为四类：微滤(MF)、超滤(UF)、纳滤(NF)和反渗透(RO)，它们的过滤精度按着以上顺序越来越高。

(1) 微滤(MF)

微滤能截留 0.1~1 微米之间的颗粒，微滤膜允许微小颗粒和溶解性固体等通过，能阻挡住悬浮物、细菌及大尺寸胶体的透过。

(2) 超滤(UF)

超滤能截留 0.005~0.1 微米之间的颗粒和杂质，超滤膜允许小分子和溶解性固体等通过，能有效阻挡住胶体、微生物、病毒以及蛋白质等大分子，超滤膜的截留分子量一般介于 500~100,000 之间。

(3) 纳滤(NF)

纳滤的操作区间介于超滤和反渗透之间，能截留物质大小 1nm 的物质，截留分子量大约为 50~100，截留溶解性盐的能力为 20~99%之间，对高价离子盐的脱除率高于低价离子盐，如硫酸镁及氯化钙的脱除率为 60~99%，而氯化钠的脱除率为 20~60%。纳滤膜一般用于去除饮用水中有机物和硬度，脱除地表水的色度和放射性物质，还可用于浓缩饮品以及分离纯化药品等。

(4) 反渗透(RO)

反渗透是最精密的膜法分离技术，它能阻挡所有溶解性盐及有机物，仅允许水分子透过，复合反渗透膜脱盐率一般大于 98%。广泛用于海水及苦咸水淡化、废水处理、中水回用、锅炉补给水、工业超纯水制备、饮用纯净水生产、特种分离等领域。



3.3 反渗透和纳滤原理

渗透

我们了解渗透是指稀溶液侧的溶剂(水分子)，在渗透压的驱动下透过半透膜(反渗透膜或纳滤膜)，进入浓溶液侧的现象。

渗透压

定义为某溶液在自然渗透的过程中，浓溶液侧液面不断升高，稀溶液侧液面相应降低，直到两侧形成的水柱压力抵销了溶剂分子的迁移，溶液两侧的液面不再变化，渗透过程达到平衡点，此时的液柱高差称为该浓溶液的渗透压。

反渗透原理

即在进水（浓溶液）侧施加操作压力以克服自然渗透压，当高于自然渗透压的操作压力施加于浓溶液侧时，水分子自然渗透的流动方向就会逆转，进水(浓溶液)中的水分子部分通过膜成为稀溶液侧的净化产水（请参见下图）

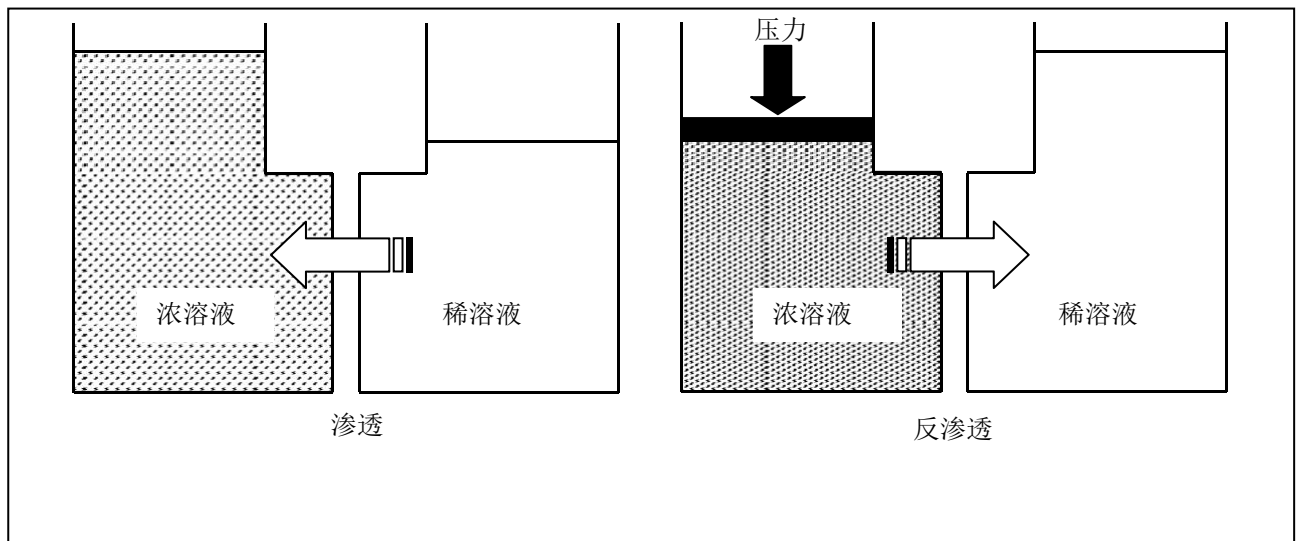


图3.1 反渗透原理图

纳滤膜

纳滤与反渗透没有明显的界限，纳滤膜对溶解性盐并不完全阻挡，而是具有独特的选择性，这些溶质透过纳滤膜能力的高低取决于溶质及纳滤膜的种类。

3.4 影响反渗透和纳滤膜性能的因素

产水通量和盐脱除率是反渗透和纳滤过程的关键性能指标，针对特定系统条件，水通量和脱除率是膜的本身特性，而膜系统的水通量和脱除率则主要受压力、温度、回收率、进水含盐量和

pH 值影响。

影响反渗透和纳滤性能因素：

(1) 进水压力

进水压力本身并不会影响盐透过量，但是进水压力升高使得驱动反渗透的净压力升高，使得产水量加大，同时盐透过量几乎不变，增加的产水量稀释了透过膜的盐分，降低了透盐率，提高脱盐率。当进水压力超过一定值时，由于过高的回收率，加大了浓差极化，又会导致盐透过量增加，抵消了增加的产水量，使得脱盐率不再增加。

(2) 进水温度

反渗透膜产水电导对进水水温的变化十分敏感，随着水温的增加水对通量也线性的增加，进水水温每升高 1°C，产水量就增加 2.5%-3.0%。(以 25°C 为标准)

(3) 进水盐浓度

进水浓度指膜系统的进水盐浓度。渗透压是水中所含盐分或有机物浓度的函数，进水含盐量越高，浓度差也越大，透盐率上升，从而导致脱盐率下降。

(4) 回收率

通过对进水施加压力当浓溶液和稀溶液间的自然渗透流动方向被逆转时，实现反渗透过程。如果回收率增加（进水压力恒定），残留在原水中的含盐量更高，自然渗透压将不断增加直至与施加的压力相同，这将抵消进水压力的推动作用，减慢或停止反渗透过程，使渗透通量降低或甚至停止。

(5) pH 值

进水PH值对产水量影响较小，而对脱盐率有较大影响。PH值在7.5-8.5之间，脱盐率达到最高。当pH值小于8时，水中的CO₂不能脱除，将透过膜元件，造成脱盐率下降。反之，不断提高pH值，会降低碳酸盐的溶解度，导致结垢现象。因此控制适当的酸碱度是反渗透和纳滤膜元件正常运行的前提。

3.5 反渗透膜元件脱盐率规范

首先我们要理解反渗透膜元件脱盐率指标。很多膜元件制造商仅仅让人们关注产品样本上脱盐率性能参数却忽略了影响反渗透元件性能的其它重要因素。更有甚者，他们未考虑更为重要的事实：在用户系统条件下反渗透元件实际长期脱盐率要比膜元件制造商出厂试验时的单支元件的性能重要得多，因为膜元件的长期稳定性是影响膜系统运行成本、运行管理和维护保养最为重要的因素。

3.5.1 脱盐率的定义

反渗透膜用于从水中脱除可溶性的盐份，当水分子快速透过反渗透膜时，溶解性的盐份透过膜的速度十分缓慢。在自然渗透条件下，水分子经扩散透过半透性膜进入高浓度含盐量侧，以便膜两侧溶质强度达到平衡。为了克服或逆转这一自然渗透的趋势，对高浓度进水施加压力，就会产生纯净的透过液。

脱盐率是膜元件排斥可溶解性离子程度的一种量度。反渗透元件能够脱除许多种不同的离子，一般情况下，反渗透对一价离子的脱除率表现最不好，如果膜对NaCl表现出优异的脱除率的话，膜将会对二价离子如铁、钙、镁和硫酸根有更好的脱除率。因此，NaCl 被广泛地用作评价反渗透膜元件离子脱除率性能的标准物质。

3.5.2 脱盐率的测定

盐分透过膜的传递速度是以质量体积浓度度量的，现有的仪表能测定出产水比电导值(即电导率)，这一数值可以对应地换算成透过膜的渗透液中每升所含盐份的毫克数。脱盐率由下述公式的百分数来表示：

$$\text{脱盐率}(\%) = \frac{\text{进水含盐量} - \text{产水含盐量}}{\text{进水含盐量}} \times 100$$

3.5.3 规范的脱盐率检测

不同的测试方法会得出不同的脱盐率性能指标，膜制造商出版的脱盐率是基于元件出厂质保检验所获得的数据，系统稳定脱盐率比QA检验中的脱盐率更重要。

中芯膜公司先进的生产线上制造出的膜元件，性能非常一致，而且它们的综合性能也是可预测的。事实上，中芯膜水处理及过程解决方案的生产过程与技术是如此的精密，这就是为什么我们可以提供无需通水检测的干式膜元件。

第四部分 水化学和预处理

4.1 序言

为了提高反渗透和纳滤膜系统效率，必须对原水进行有效地预处理。针对原水水质情况和系统回收率等主要设计参数要求，选择适宜的预处理工艺，就可以减少污堵、结垢和膜降解，从而大幅度提高系统效能，实现系统产水量、脱盐率、回收率和运行费用的最优化。

【污堵】定义为有机物和胶体在膜面上的沉积。

【结垢】定义为部分盐类的浓度超过其溶度积在膜面上的沉淀，例如碳酸钙、硫酸钡、硫酸钙、硫酸锶、氟化钙和磷酸钙等。

【膜降解】定义为膜元件性能的衰减。

适宜的预处理方案取决于水源、原水组成和应用条件，而且主要取决于原水的水源，例如对井水、地表水和市政废水要区别对待。通常情况下，井水水质稳定，污染可能性低，仅需简单的预处理，如设置加酸或加阻垢剂和 5 μm 保安过滤器即可。相反，地表水是一种直接受季节影响的水源，有发生微生物和胶体两方面高度污染的可能性。所需的预处理应比井水复杂，需要其它的预处理步骤包括氯消毒、絮凝/助凝、澄清、多介质过滤、脱氯、加酸或加阻垢剂等。工业和市政废水含有更加复杂的有机和无机成份，某些有机物可能会严重影响 RO/NF 膜，引起产水量严重下降或膜的降解，因而必须有设计更加周全的预处理。

一旦确定了所选用的进水水源，就须进行全面而准确的原水全分析。它是确立合适预处理方案和 RO/NF 系统排列设计最关键的依据。最后，行业的不同也往往决定了 RO/NF 预处理的类型或复杂程度，例如在电子行业，其预处理要比以市政膜法水处理行业复杂和严格得多。

4.2 原水分类

进入 RO/NF 预处理系统的原水类型可按总含盐量(TDS)和总有机物含量(TOC)来划分：

- ❖ 来自一级 RO 产水的低盐度高纯度产水 TDS 最高为 50mg/L；
- ❖ TDS 小于 500mg/L 的低盐度自来水；
- ❖ 天然有机物(NOM)含量低，TDS 小于 5,000mg/L 的中等含盐量地下水；
- ❖ TDS 小于 5,000mg/L 的中等含盐量苦咸水；
- ❖ TOC 和 BOD 含量高，TDS 小于 5,000mg/L 的中等含盐量三级废水；



- ❖ TDS 介于 5,000~15,000mg/L 的高含盐量苦咸水；
- ❖ TDS 在 35,000mg/L 左右的海水。

不同类型的水源对应不同工艺的预处理和不同型号的膜元件，对于不具备水质分析或试验条件的小型工程项目，可参照相同类型水源的已投入运行的项目的预处理进行设计；但对于大型的工程项目必须进行水质全面分析。

原水水质决定预处理工艺流程，全面的水质分析数据是设计合理的预处理系统，保证反渗透系统长期稳定运行的重要保证。在进行反渗透或纳滤系统设计计算之前，必须掌握完整而准确的水质分析报告，表 4.1 为中芯膜科技有限公司推荐的反渗透系统水质分析项目表。而且阴阳离子要平衡，如果阴阳离子不平衡，建议通过添加 Na^+ 或 Cl^- 进行平衡。

表 4.1 反渗透系统原水水质分析表

公司名称: _____		公司地址: _____	
采样时间: _____		采样人: _____	
分析时间: _____		分析人: _____	
原水水源特性: _____			
电导率		水温(°C)	
污染指数(SDI ₁₅)			
浊度(NTU)		pH 值	
离子成分	数值	离子成分	数值
钙离子(Ca^{2+})		氯离子(Cl^-)	
镁离子(Mg^{2+})		硫酸根(SO_4^{2-})	
钠离子(Na^+)		碳酸根(CO_3^{2-})	
钡离子(Ba^{2+})		碳酸氢根(HCO_3^-)	
锶离子(Sr^{2+})		磷酸根(PO_4^{3-})	
钾离子(K^+)		氟离子(F^-)	
亚铁离子(Fe^{2+})		硝酸根(NO_3^-)	
铁离子(Fe^{3+})		二氧化硅(SiO_2)	
铝离子(Al^{3+})		其它离子(如硼离子)	
总溶解固体 TDS (ppm)		生物需氧量 BOD ₅ (ppm)	



总悬浮固体(SS)		总有机碳 TOC(ppm)	
硬度 (CaCO ₃ ppm)		化学需氧量 COD _{Cr} (ppm)	
总碱度(mmol/L)		细菌个数(个/mL)	
酚酞碱度(mmol/L)		余氯浓度(ppm)	

注：当阴阳离子存在较大不平衡时，应重新分析测试，相差不大时，可添加钠离子或氯离子进行人工平衡。分析项目请标注单位，其中 Ba²⁺和 Sr²⁺必须分别检测到 1μg/L(ppb)和 1mg/L(ppm)数量级。

工业和市政废水含有更加复杂的有机和无机成分，存在大量有机物、无机物、病毒与细菌等微生物和藻类，某些有机物甚至可能会严重影响 RO/NF 膜，引起膜降解。海水由于高含盐、高含硼、季节变化大等特点，所需的预处理更加复杂。因此必须有设计详尽的预处理方案，才能保证最终系统的安全运行，而全面的水质分析，是确立合适预处理方案和 RO/NF 系统排列设计最关键的依据。反渗透膜进水水质要求指标如表 4.2 所示：

表 4.2 反渗透膜进水水质指标

序号	指标	单位	允许值	超标后可能造成的影响	解决办法
1	浊度	NTU	<1, 最好控制在 0.2 以下	淤泥、泥沙污染, 性能下降	絮凝沉淀、过滤、微滤、超滤
2	颗粒物	个/ml	<100, 不允许大于 5um 的物质进入 RO 系统内	膜元件划伤, 性能下降	絮凝沉淀、过滤、微滤、超滤
3	SDI ₁₅		<5, 建议控制在 3 以下	淤泥、泥沙、胶体污染, 性能下降	絮凝沉淀、过滤、微滤、超滤
4	PH 值		3--10, 建议控制在 6.5-8.3 之间	膜元件水解, 脱盐率表现不佳	加酸碱调整、吹脱
5	温度	°C	5-45, 建议控制在 25°C 左右, 超过 38°C 及时停运	过低温度导致过高压力, 能耗高, 过高温度导致膜不可逆的性能衰减	换热器
6	余氯	ppm	<0.1	膜脱盐层氧化, 脱盐率降低	活性炭吸附、还原剂
7	臭氧	ppm	不得检测出	膜脱盐层氧化, 脱盐率降低	活性炭吸附、还原剂



8	COD	ppm	<10, 越低越好	有机污染, 性能下降	活性炭、过滤、吸附树脂、超滤、生化
9	BOD	ppm	<5, 建议控制在 2 以下	有机污染, 性能下降	活性炭、过滤、吸附树脂、超滤、生化
10	TOC	ppm	<3, 建议控制在 2 以下	有机污染, 性能下降	活性炭、过滤、吸附树脂
11	微生物	个/ml	<1	有机污染, 性能下降	杀菌、微滤、超滤
12	油和脂	%	不得检测出	有机物、油类污染, 性能下降	气浮、吸附、吹脱
13	H ₂ S	ppm	<0.1, 越低越好	有机污染, 性能下降	催化氧化
14	酒精	%	<10, 越低越好	膜元件溶胀, 性能下降	活性炭、过滤、吸附树脂、超滤、生化
15	铁 Fe ³⁺	ug/L	当溶氧>5ppm 时, <50, 越低越好	铁污染, 性能下降	氧化沉淀或过滤
16	锰	ug/L	<50, 越低越好	锰污染, 性能下降	氧化沉淀和使用分散剂
17	Al	ug/L	<50, 越低越好	铝污染, 性能下降	氧化沉淀或过滤
18	硬度 (以 CaCO ₃ 计)	ppm	没特殊规定, 与碱度一起考虑, 一般超过 50ppm 需加酸调节 PH 在 5 左右, 投加阻垢剂	无机盐结垢, 性能下降	回收率、阻垢剂分散、调低 PH, 阳离子交换、使用苏达/烧碱/氧化钙等软化、纳滤
19	碱度 (以 HCO ₃ ⁻ 计)	ppm	没特殊规定, 与硬度一起考虑,	碳酸盐结垢, 性能下降	回收率、阻垢剂分散、调低 PH, 阴离子交换、纳滤
20	CaCO ₃		LSI<0	无机盐结垢, 性能下降	回收率、阻垢剂、调低 PH
21	CaSO ₄	%	浓水侧浓度<230	无机盐结垢, 性能下降	回收率、阻垢剂、调低 PH
22	BaSO ₄	%	浓水侧浓度<6000	无机盐结垢, 性能下降	回收率、阻垢剂、调低 PH
23	SrSO ₄	%	浓水侧浓度<800	无机盐结垢, 性能下降	回收率、阻垢剂、调低 PH
24	CaF ₂	ppm	浓水侧浓度<1.7	无机盐结垢, 性能下降	回收率、阻垢剂、调低 PH



25	CaPO ₄	ppm	浓水测浓度不可超过其溶解度	无机盐结垢，性能下降	回收率、阻垢剂、调低 PH
26	SiO ₂	%	浓水侧浓度<100，经验值建议进水控制在 20ppm 以内	无机盐结垢，性能下降	回收率、提高 PH、提高温度
27	洗涤剂	ppm	不得检测出	有机污染，性能下降	气浮、吸附、吹脱

4.3 结垢的控制

4.3.1 结垢原因

当难溶盐类在膜元件内不断被浓缩且超过其溶解度极限时，它们就会在反渗透或纳滤膜膜面上发生结垢，如果反渗透水处理系统采用 50%回收率操作时，其浓水中的盐浓度就会增加到进水浓度的两倍，回收率越高，产生结垢的风险性就越大。目前出于水源短缺或对环境影响的考虑，设置反渗透浓水回收系统以提高回收率成为一种习惯做法，在这种情况下，采取精心设计、考虑周全的结垢控制措施和防止微溶性盐类超过其溶解度而引发沉淀与结垢尤为重要，RO/NF 系统中，常见的难溶盐为 CaSO₄、CaCO₃ 和 SiO₂，其它可能会产生结垢的化合物为 CaF₂、BaSO₄、SrSO₄ 和 Ca₃(PO₄)₂，下表列举了难溶无机盐的溶度积数据。

表 4.3 难溶盐溶度积常数

名称	分子式	Ksp	pKsp	名称	分子式	Ksp	pKsp
碳酸钡	BaCO ₃	5.1×10 ⁻⁹	8.29	碳酸镍	NiCO ₃	6.6×10 ⁻⁹	8.18
氟化钡	BaF ₂	1.0×10 ⁻⁶	6.00	碳酸铅	PbCO ₃	7.4×10 ⁻¹⁴	13.13
硫酸钡	BaSO ₄	1.1×10 ⁻¹⁰	9.96	氯化铅	PbCl ₂	1.6×10 ⁻⁵	4.79
碳酸钙	CaCO ₃	2.9×10 ⁻⁹	8.54	碳酸锌	ZnCO ₃	1.4×10 ⁻¹¹	10.84
氟化钙	CaF ₂	2.7×10 ⁻¹¹	10.57	氢氧化锌	Zn(OH) ₂	1.2×10 ⁻¹⁷	16.92
磷酸钙	Ca ₃ (PO ₄) ₂	2.0×10 ⁻²⁹	28.70	磷酸锌	Zn ₃ (PO ₄) ₂	9.1×10 ⁻³³	32.04
硫酸钙	CaSO ₄	9.1×10 ⁻⁶	5.04	硫化锌	ZnS	1.2×10 ⁻²³	22.92
氢氧化钙	Ca(OH) ₂	1.55×10 ⁻⁶	5.81	碳酸亚铁	FeCO ₃	3.2×10 ⁻¹¹	10.50
氢氧化铜	Cu(OH) ₂	5.6×10 ⁻²⁰	19.25	氢氧化亚铁	Fe(OH) ₂	1.6×10 ⁻¹⁴	13.80
硫化铜	CuS	8.5×10 ⁻⁴⁵	44.07	硫化亚铁	FeS	6.3×10 ⁻¹⁸	17.20



氯化铜	CuCl ₂	1.2×10 ⁻⁶	5.92	氢氧化铁	Fe(OH) ₃	1.1×10 ⁻³⁶	35.96
碳酸镁	MgCO ₃	3.5×10 ⁻⁸	7.46	磷酸铁	FePO ₄	1.3×10 ⁻²²	21.89
氟化镁	MgF ₂	6.4×10 ⁻⁹	8.19	硫酸铅	PbSO ₄	1.6×10 ⁻⁸	7.80
氢氧化镁	Mg(OH) ₂	1.2×10 ⁻¹¹	10.92	碳酸锶	SrCO ₃	1.1×10 ⁻¹⁰	9.96
氨化磷酸镁	MgNH ₄ PO ₄	2.0×10 ⁻¹³	12.70	硫酸锶	SrSO ₄	3.2×10 ⁻⁷	6.49
碳酸锰	MnCO ₃	1.8×10 ⁻¹¹	10.74	氟化锶	SrF ₂	2.4×10 ⁻⁹	8.61
氢氧化锰	Mn(OH) ₂	4.0×10 ⁻¹⁴	13.40	氢氧化铝	Al(OH) ₃	2.0×10 ⁻³³	32.70

4.3.2 预防结垢措施

为了防止膜面上发生无机盐结垢，应采用如下措施：

(1) 加酸

大多数地表水和地下水中的 CaCO₃ 几乎呈饱和状态，由下式可知 CaCO₃ 的溶解度取决于 pH 值：



因此，通过加入酸中的 H⁺，化学平衡可以向左侧转移，使碳酸钙维持溶解状态，所用酸的品质必须是食品级。是否生成碳酸钙沉淀可以用郎格利尔指数(LSI)进行预测。

$$\text{LSI} = \text{pH} - \text{pH}_s (\text{TDS} < 4000 \text{mg/L})$$

其中：pH——水溶液的实际 pH 值

pH_s——水溶液中碳酸钙饱和时的 pH 值

通常 LSI>0 时认为系统会有结垢倾向，反之无倾向。由于在通常的系统内，浓水的 pH 会高于其他位置水的 pH，因此一般首要考虑浓水侧的 pH 值。仅采用加酸控制碳酸钙结垢时，要求浓水中的 LSI 或 S&DSI 指数必须为负数，加酸仅对控制碳酸盐垢有效。

(2) 加阻垢剂

阻垢剂可以控制碳酸盐垢、硫酸盐垢、氟化钙垢等，通常有三类阻垢剂：六偏磷酸钠、有机磷酸盐和多聚丙烯酸盐。

相对聚合有机阻垢剂而言，六偏磷酸钠价廉但不太稳定，它能少量的吸附于微晶体的表面，阻止结垢晶体的进一步生长和沉淀。但须使用食品级六偏磷酸钠，还应防止阻垢剂在计量箱中发生水解，一旦水解，不仅会降低阻垢效率，同时也有产生磷酸钙沉淀的危险。因此，目前极少使用阻垢剂，有机磷酸盐效果更好也更稳定，适应于防止不溶性的铝和铁的结垢，高分子量的多聚丙烯酸盐通过分散作用可以减少 SiO₂ 结垢的形成。

在含盐量为 35,000mg/L 的海水反渗透系统中，结垢问题没有苦咸水中那样突出，海水受浓水渗透压所



困，其系统回收率在 30~45%之间，但为安全起见，当运行回收率高于35%时，推荐使用阻垢剂。

(3) 离子交换

强酸阳树脂软化

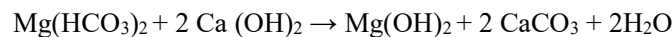
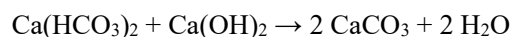
使用离子交换系统，用 Na^+ 离子置换和除去水中结垢阳离子如 Ca^{2+} 、 Ba^{2+} 、 Sr^{2+} ，而交换饱和后的离子交换树脂用 NaCl 再生。这一过程称为水质软化处理，在处理过程中，进水 pH 不会改变，因此不需要采取脱气操作。某些高效的离子交换树脂对 Ca^{2+} 、 Ba^{2+} 和 Sr^{2+} 的脱除效率大于 99.5%，可消除各种碳酸盐和硫酸盐垢的危险。采用强酸阳离子交换树脂进行软化是非常有效和稳妥的阻垢方法，主要用于中小型苦咸水系统中。

弱酸阳离子交换树脂脱碱度

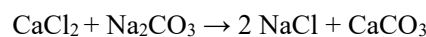
采用弱酸阳离子交换树脂脱碱度主要是大型苦咸水处理系统，它能够实现部分软化以达到节约再生剂的目的。在这一过程中，仅仅与重碳酸根相同量的暂时硬度中的 Ca^{2+} 、 Ba^{2+} 和 Sr^{2+} 等为 H^+ 所取代而被除去，这样原水的 pH 值会降低到 4~5。由于树脂的酸性基团为羧基，当 pH 达到 4.2 时，羧基不再解离，离子交换过程也就停止了。因此，仅能实现部分软化，即与重碳酸根相结合的结垢阳离子可以被除去。

(4) 石灰软化

石灰软化法是通过在水中加入氢氧化钙达到除去碳酸盐硬度的目的。



非碳酸钙度可以经过加入碳酸钠(纯碱)得到进一步地降低。



石灰—纯碱处理也可以降低二氧化硅的浓度，当加入铝酸钠和三氯化铁时，将会形成 CaCO_3 以及硅酸、氧化铝和铁的复合物；当加入石灰和氧化镁，采用高温石灰脱硅酸工艺，可以显著降低硅酸浓度。

采用石灰软化，也可以显著地降低钡、锶和有机物，但是石灰软化处理需要使用反应器，以便形成高浓度作晶核的可沉淀颗粒，通常需要采用上升流动方式的固体接触澄清器，本过程的出水还需设置多介质过滤器，并在进入 RO/NF 之前应调节 pH 值，使用含铁絮凝剂，不论是否同时使用或不使用高分子助凝剂（阴离子或非离子型），均可提高石灰软化的固—液分离作用。仅当产水量大于 $200\text{m}^3/\text{hr}$ 的苦咸水系统才会考虑选择石灰软化预处理工艺。

4.4 预防胶体和颗粒污染

胶体污染可严重地影响反渗透及纳滤元件的性能，如大幅度降低产水量，甚至降低系统脱盐率，胶体污染的初期症状是系统压差的增加。

判断反渗透和纳滤进水胶体污染程度的主流技术是测量污染指数(SDI值, Silting Density Index)。它是设



计预处理系统之前需进行测定的重要指标，同时在系统日常运行时也需定时地检测。

SDI值是测量通过47mm直径，0.45μm孔径膜的流速衰减。之所以选择0.45um孔径的膜，是因为在这个孔径下，胶体物质比硬颗粒物质(如沙子、水垢等)更容易堵塞膜。流速的衰减被转换成1到100之间的数值，即SDI值。SDI值越低，水对膜的污染阻塞趋势越小。

污染指数测定方法在美国材料工程协会ASTM标准测试方法D4189-82中已作了规定。

测量仪器（向膜系统供应或服务商购买）

- ❖ 47 mm 直径测试膜盒
- ❖ 47 mm 测试用膜片（孔径 0.45 μm）
- ❖ 1~5bar（10~70psi）压力表
- ❖ 调压针型阀

4.4.1 预防胶体和颗粒污染方法

(1) 介质过滤

介质过滤器可以除去颗粒、悬浮物和胶体，这是基于当水流流过滤介质的床层时，颗粒、悬浮物和胶体会附着在过滤介质的表面。过滤出水水质取决于杂质和过滤介质的大小、表面电荷和形状、原水组成和操作条件等，设计和操作合理的话，通常经过介质过滤器处理就可以达到 $SDI_{15} \leq 5$ 。

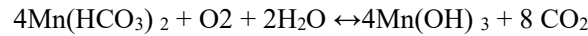
水处理系统最常用的过滤介质是石英砂和无烟煤，细砂过滤器石英砂颗粒有效直径为0.3~0.5mm，无烟煤过滤器颗粒有效直径为0.7~0.8mm。

有两种形式的过滤器，重力过滤和压力过滤。又可按照过滤滤速分为缓速过滤和急速过滤。对高污染倾向的原水(如地表水、受污染的井水或废水)，过滤流速必须小于10m/h(一般为6m/h)或采用二级介质过滤器。而对于水中胶体较少的水体(地下水)，可以选择较高的滤速。

(2) 氧化—过滤

通常含盐量为苦咸水范围的某些井水呈还原态，典型特点是含有二价的铁和锰，有时还会存在硫化氢和氨。如果对这类水源进行氯化处理，或当水中含氧量超过 5mg/L 时， Fe^{2+} 将转化成 Fe^{3+} ，形成难溶性的胶体氢氧化物颗粒。铁和锰的氧化反应如下：





由于铁的氧化在很低的 pH 值时就会发生,因而出现铁污染的情况要比锰污染的情况更多,即使 SDI 小于 5, RO 进水的铁含量低于 0.1mg/L,仍会产生铁污染问题。碱度低的进水铁离子含量要高,这是因为 FeCO_3 的溶解度会限制 Fe^{2+} 的浓度。

处理这类水源要防止其在系统中与空气和任何氧化剂的接触。低pH值有利于延缓 Fe^{2+} 的氧化,当 $\text{pH}<6$,氧含量 $<0.5\text{mg/L}$ 时,最大允许 Fe^{2+} 浓度 4mg/L ,或者用空气、 Cl_2 、 KMnO_4 、氧化铁和锰,将所形成的氧化物通过介质过滤器除去,在介质过滤器内添加氧化剂通过电子转移氧化 Fe^{2+} ,即可一步同时完成氧化一过滤。

海绿石就是这样一种粒状过滤介质,当其氧化能力耗尽时,它可通过 KMnO_4 的氧化来再生,再生后必须将残留的 KMnO_4 完全冲洗掉,以防止对膜的氧化破坏。当原水中含 Fe^{2+} 的量小于 2mg/L 时,可以采用这一处理方法,如原水中含更高的 Fe^{2+} 时,可在过滤器进水前连续投加 KMnO_4 ,但是在这种情况下,必须采取措施例如安装活性炭滤器以保证没有高锰酸钾进入膜元件内。

Birm 过滤也可以有效地用于从 RO/NF 进水中去除 Fe^{2+} , Birm 是一种硅酸铝基体上涂有二氧化锰的过滤介质,它对溶解氧和二价铁之间的反应起催化作用,使可溶性二价铁和锰形成沉淀,并且通过滤器反洗可将这些沉淀冲出滤器。由于该过程 pH 将升高,可能会发生 LSI 值变化,因而要预防滤器和 RO/NF 系统内出现 CaCO_3 沉淀。

(3) 絮凝—助凝

当原水所含悬浮物高, SDI 很高时,最好采用传统的混凝—助凝处理工艺,产生的氢氧化絮体在特别设计的反应空间内长大沉淀,以淤泥形式排掉,上清液进入多介质滤器作进一步的处理。在混凝—助凝过程中,可采用固体接触型澄清器或紧凑的混凝—助凝反应器。

(4) 微滤或超滤

微滤(MF)或超滤(UF)能除去所有的悬浮物,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,如果设计和操作管理得当,SDI可以小于1,此时将污染问题从RO/NF膜转移到MF或UF膜,并由微滤或超滤系统来解决。如果微滤和超滤膜材料能耐受氯,如聚砜膜或陶瓷膜,还应在清洗水中加氯防止生物污染。

(5) 设计和运行方案

防止胶体污染不仅需要合适的预处理技术,也要求合理的系统设计和操作。为减低前处理负担、提高进水质量,应尽量使用较好水质的水源。地表水和海水处理系统的取水极其重要,原水如果受到废水排放的污染,那将引起 RO/NF 工厂严重的操作问题,因为现有的系统不是按照废水水源设计考虑的,最好从靠近海岸和河流的深井取水,如果必须采用表面开放式取水,应尽可能远离堤岸并要求取水口低于水面以下几米。

新建井在使用最初几天会释放悬浮物，需注意先进行适当地清洗。氧化铁的污染也是普遍出现的问题，必须选用非腐蚀的材料制造系统。

4.5 预防膜生物污染

4.5.1 生物污染评估办法

所有的原水均含有微生物：即细菌、藻类、真菌、病毒和其它高等生物。细菌的一般尺寸为 $1\sim 3\ \mu\text{m}$ ，微生物可以看成是胶体物质，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。

微生物进入反渗透系统之后，找到了水中溶解性的有机营养物，这些有机营养物伴随反渗过程的进行而浓缩富集在膜表面上，成为形成生物膜的理想环境与过程。膜元件的生物污染将严重影响反渗透系统的性能，出现进水至浓水间压差的迅速增加，导致膜元件发生“望远镜”现象与机械损坏以及膜产水量的下降，有时甚至在膜元件的产水侧也会出现生物污染，导致产品水受污染。

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。

(1) 培养法

水中细菌的浓度是生物污染可能性的重要影响因素，细菌总数(TBC)是水样中已有微生物总数的定量表示值，按照ASTMF60规定的方法，用膜过滤方式过滤定量的水样来确定细菌总数。将截留在过滤介质表面的生物组织，置于营养物中进行培养，形成菌落，通过低倍放大镜就可以观察到并对菌落进行计数。这一方法的主要优点是操作简便，成本低廉，但是测定结果要等到一周之后才能得出。培养技术是表示微生物污染可能性程度和趋势的有效方法。它可以用于观察进水、浓水和产水中的情况。如果浓水中总细菌数增加，就间接表明膜元件内出现了生物膜污染。

(2) 直接细菌计数

直接计数技术，先过滤水样，然后在显微镜下直接对截留在过滤介质上的微生物进行计数。为了使微生物能够观察到，必须对微生物进行着色，然后在透光荧光显微镜下进行计数。

这样总微生物的精确数量就可以立刻获得，微生物的类型可以从沉积颗粒上进行区分。采用INT技术，INT出现着色减少的地方就是被活细胞富集所致，使用相差与微分干扰显微镜，从死细胞中区分出活细胞来。它比培养法更快更精确，成为优先选择的主要方法。

(3) 生物膜检测

未经处理的原水、膜装置进水和浓水中的微生物含量是评估潜在生物污染的重要指标。但其它因素如营养成份的浓度和种类、操作参数也决定了生物膜的发展，某些研究者开展生物膜形成的研究表明，人们

还没有充分认识清楚生物膜，早期确认产生生物膜的最好办法是观察进水中试样的表面，即所谓“Robbin 试样”，它是将小型试样置于水样中的一个简单的装置，这些安置在表面的试样可以按一定时间间隔移走，检查所附着的细菌情况。实际系统操作过程中，定期仔细地检查保安滤器滤芯以及进水和浓水管内表面，也是有效的做法，当出现粘泥和异味时就表明有微生物污染。

4.5.2 生物污染控制

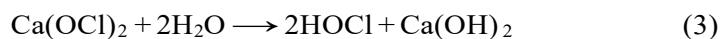
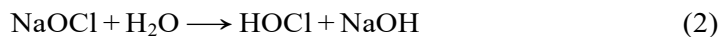
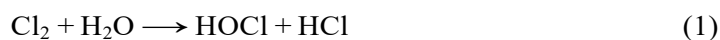
(1) 氯杀菌

长久以来，氯作为灭菌剂处理市政、工业给水和废水，因为它能使许多致病微生物快速失活。氯的效率取决于氯的浓度，接触时间和水的pH值，对杀菌效果的确认可以使用余氯残留量测定。

通常需要在反渗透预处理部分采用氯消毒以防止微生物的污染，维持20~30分钟的反应时间，让整个预处理管线内保持0.5~1.0ppm余氯浓度。但在进入膜元件之前必须经过彻底地脱氯处理，防止膜元件受到氯的氧化破坏。

(2) 氯化反应

常用的含氯消毒剂为氯气、次氯酸钠或次氯酸钙。在水中，它们能迅速水解成次氯酸，次氯酸会分解氢离子和次氯酸根离子。



氯与水中氨类物质反应将形成氯胺，这类氯胺化合物被称为结合氯(CAC)或结合余氯(CRC)，余氯和结合氯的总和称为总残留氯(TRC)。

(3) 臭氧

它比氯的氧化性更强，能快速分解，因此，需要维持一定含量才能杀灭微生物，同时还要考虑所用设备的耐臭氧能力。为了保护膜元件，必须仔细彻底地脱除臭氧。

(4) 紫外照射

紫外光被证明有杀菌作用，已经在小型水厂得到应用，它不需要向水中加入化学品，设备维护要求低，仅需定期的清洗或更换蒸汽灯管。但不适合水质较差的水源，因为胶体、有机物会影响光的穿透效果。

(5) 亚硫酸氢钠

当其浓度在海水淡化系统的进水中达到 50mg/L 时，控制生物污染就有效果。通过这种方法，还可以减少胶体污染。由于亚硫酸的酸性反应生成氢离子，因而无需加酸控制碳酸钙，这是亚硫酸的一个额外优点。

4.6 预防有机物污染

有机物在膜表面的吸附会引起膜通量的损失，严重的情况下通量损失呈现不可逆性。由于通常的反渗透膜表面显疏水的负电性，所以当有机物是疏水性的或者带正电荷时，这种吸附过程更易进行。表面活性剂中的大部分，对膜性能的影响很大。油脂类物质，甚至部分天然有机物也会对膜元件造成严重的污染。

4.7 预防膜本身的降解

除了防止系统进水中某些物质形成污堵外，还需要考虑膜材料本身对这些物质的化学稳定性。一旦膜的细微构造或分子构造由于受到物理或化学攻击而发生改变，膜性能将出现不可逆转的下降。在需要防范的物质中，氧化物是对复合膜造成损伤的主要种类，必须在预处理过程中彻底的脱除掉。

4.8 预防铁和锰的污堵

一般地，含盐量为苦咸水范围的某些井水水源是呈还原态的，这类水源的典型特点是含有二价铁离子和锰离子，此时膜发生污堵的主要原因之一就是铁、铝和淤泥（硅酸铁或硅酸铝），如果对这类水源进行加氯处理，然后进行脱氯处理或水中含氧量达到 5ppm 以上，二价铁就会转化成三价铁，并形成难溶性的胶体氢氧化物颗粒。

处理这类水源的一种方法是防止整个系统与空气或任何氧化剂(如氯)的接触，低 pH 值有利于抑制 Fe^{2+} 的氧化，当 $pH < 6$ ， $O_2 < 0.5mg/L$ 时，最大允许 Fe^{2+} 浓度为 4mg/L，下表罗列了几种除去亚铁或铁离子以及防止铁的污堵的方法。

第五部分 反渗透与纳滤系统的设计

5.1 序言

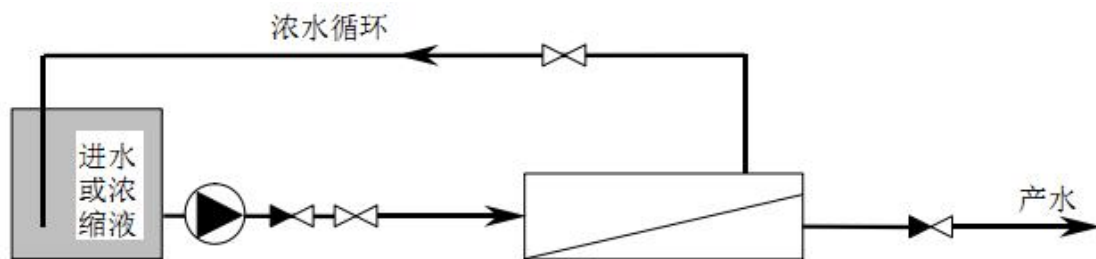
完整的反渗透（RO）和纳滤（NF）水处理系统一般由预处理部分，膜处理部分和后处理部分组成，前面一章已经讨论了预处理的方法，为了达到最终产品水的水质要求，有时还需要采用后处理步骤。

表征水处理系统性能有两个重要参数：产水流量和产水品质。设计者的主要职责是针对原水水质和所需的产水要求，使所设计的系统尽可能降低能源消耗和膜元件的成本，同时尽可能提高产水量和回收率，降低膜系统的长期运行风险与清洗维护费用。

一般情况下，苦咸水膜系统的回收率取决于难溶盐的溶解度，最大值约为90%；海水淡化系统由于浓水渗透压高，元件承压限制，一般回收率设计在45%左右。

产水量和回收率的设计一定要符合安全标准，并保留一定的设计弹性。运行方式一般分为分批操作和连续操作。分批操作是指储存定量的进水，预处理后进行系统处理，一般用于小规模的水处理工程。连续操作是在回收率和产水量既定的基础上，以一定运行压力连续处理原水。

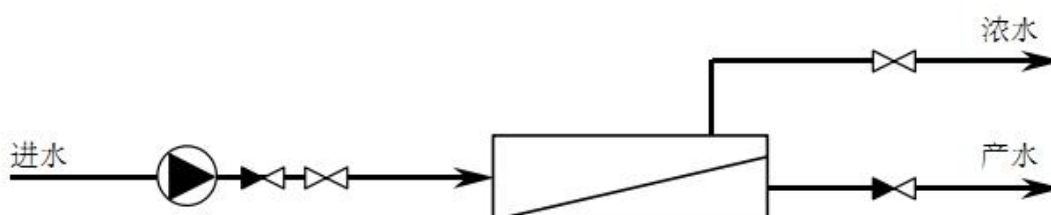
(1) 分批过程：



在某些场合，水量小且不能连续供水，如废水或待回收的工艺物料，通常采用分批处理运行方式，预先将进水或原液收集在原水或原液箱中，再进行循环处理，渗透液不断从系统中拿走，但浓缩液则回流循环返回原液箱。批处理结束时，剩余部分的浓缩液，残留在原料箱中，待这些残留液排干后，更换新一批物料之前，一般需对膜进行一次清洗。

(2) 连续过程：

RO/NF系统通常采用连续操作运行，系统各膜元件在运行期间参数稳定，如下图所示：



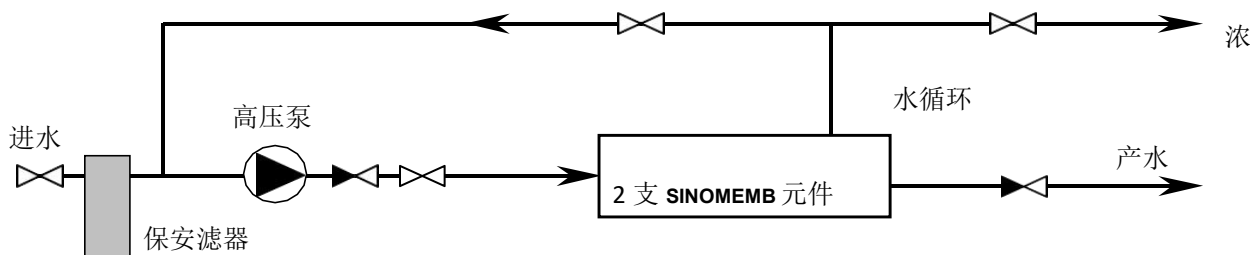
5.2 系统配置设计

5.2.1 单组件系统

膜元件装入压力外壳内所组成的组合称为膜组件，目前世界特大型水处理系统采用的压力容器最多可串联 8 支 40 英寸长标准膜元件，第一支膜元件的浓水成为第二支元件的进水，以次类推。所有膜元件的产水管则相互连通，并与组件压力外壳端板上的产水接口相联，组件产水出口可以选择在组件的进水端或浓水端。

当仅需要一支或几支膜元件时，选择单组件系统。下图为装有 2 支膜元件的单组件系统。

(1) 单组件系统：



进水经过隔断阀进入膜系统，首先流过保安过滤器，然后进入高压泵，通过高压泵升压后，再进入膜组件的入口，产品水离开膜组件时，为防止产水背压造成膜元件的损坏，产水压力不应高于 0.3bar。但是现实情况往往要求较高产水压力，例如需要将产水输送到后处理部分或不想再通过安装水泵向用水点供水等等，此时，必须增加高压泵出口压力以补充向后输送产水所需的压力，但需要注意高压泵出口压力不得高于膜元件最大允许进水压力，还应采取特别有效的措施在任何时刻（哪怕是瞬间）尤其是紧急停机时，产水压力超过进水压力的差值（产水背压）均不得大于 0.3bar。

浓水离开组件浓水端出口的压力与进水压力相近，系统从进水到浓水出口之间的压差通常在 0.3~2 bar 之间，它取决于元件性能、数量、流速、水温等。浓水控制阀控制浓水流量和系统的回收率，系统回收率不得超过设计规定值。

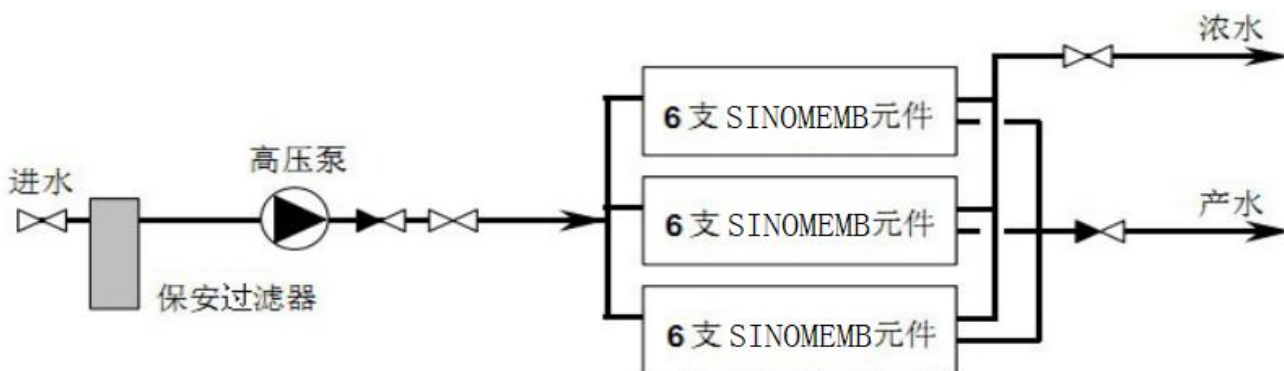
在单组件系统中，常常需要浓水回流以满足对元件回收率的设计要求，离开组件的浓水小部分排放而大部分则回流进入高压泵的吸入口，这样就增加了组件内的流速，高比例的浓水回流能帮助降低元件回收

率，降低膜受污染的风险，但是另一方面也存在以下缺点：

- ❖ 回流越高，产水水质也会相应有所下降。
- ❖ 需要较大的高压泵，更高的能耗，成本增加
- ❖ 系统保存或清洗之后重新投运时，冲洗时间可能很长，最好在冲洗期间，暂时关掉浓水回流。

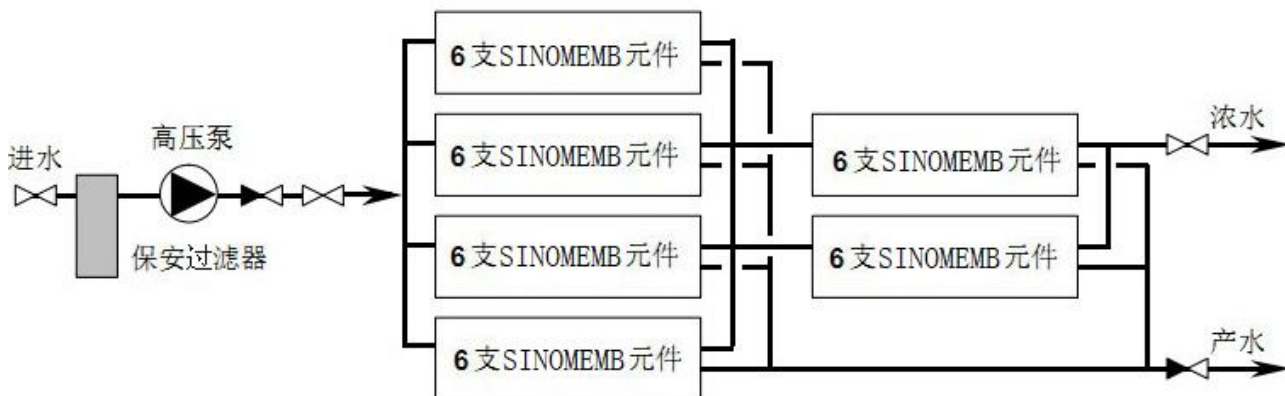
5.2.2 单段系统

在单段系统中，把膜组件并联在一起使用，进水、产水和浓水均由总管路系统分别相联。单段系统通常用于要求系统回收率小于50%，为了提高回收率，可以在每一个压力容器内串联更多的膜元件。



5.2.3 多段系统

当要求系统回收率更高时，采用一段以上排列系统，同时不会超过单支膜元件的回收率极限。通常两段式排列系统就可实现75%的系统回收率，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。一般而言，系统回收率越高，必须串联在一起的膜元件数应该越多。为了平衡被产水不断被分流并保持每段内原水的流动均匀，每段压力外壳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，下图为4:2排列的两段系统：

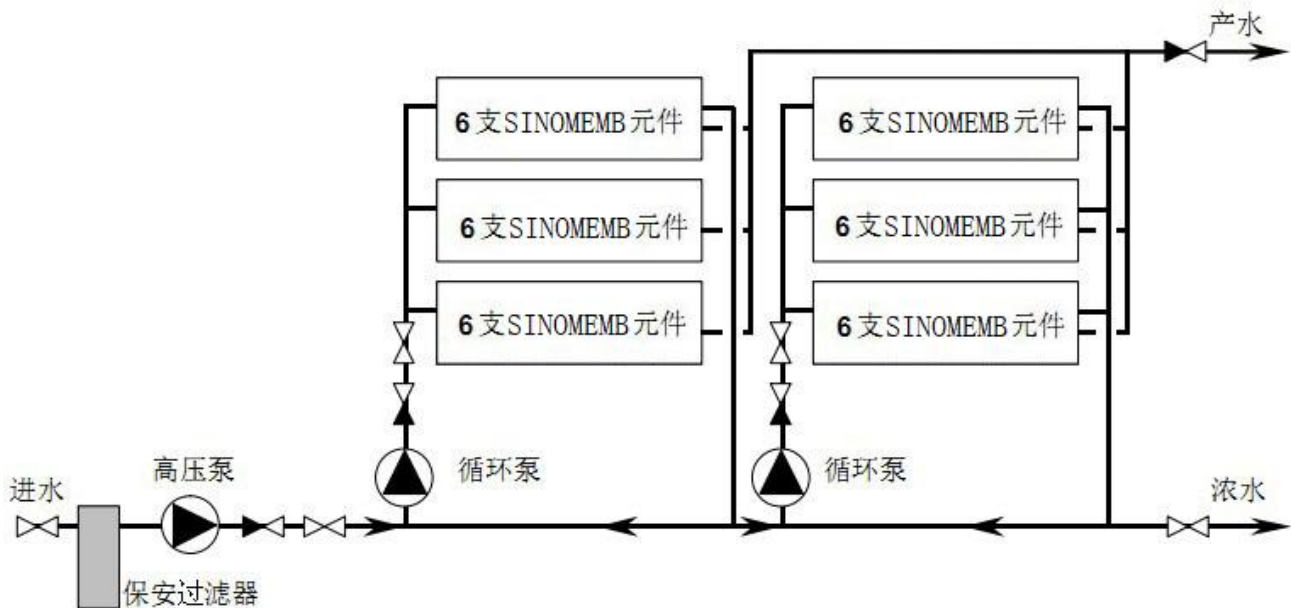


5.2.4 原水一次通过式系统与浓水循环系统

进行水脱盐的常规RO/NF系统通常采用原水一次通过式，在原水一次通过式系统设计概念中，进水只

流过膜系统一次，进水中的一部分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，而不能使系统达到的足够回收率要求时，可以采用浓水循环。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，图 5-3 就是一种具有内部浓水循环的系统下图为进水一次通过式系统设计成的浓水循环系统。



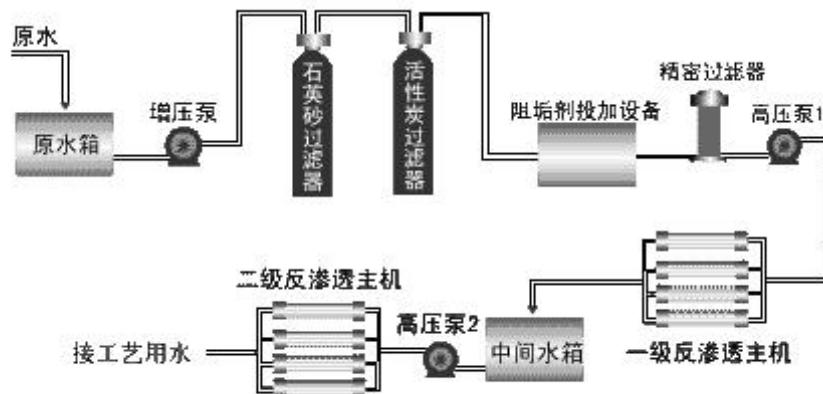
浓水循环的主要优点是膜组件内进水流速可以维持恒定，不受前段膜组件污染程度或进水组成的变化而变化。

5.2.5 多级系统

基于某些特殊原因及特殊要求，如不允许采用离子交换作为后处理；脱除病毒、细菌、热源和有机物特别重要；或者对系统可靠性要求更高，单级系统无法满足水质要求，这种情况下可以设计多级膜法处理系统。

制药和医药生产工艺用水一般设计成产水多级系统，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。

多级膜处理系统实际上是多个传统 RO/NF 系统的组合，前一级的产品水作为下一级的进水，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，也可以浓水再循环运行模式。



二级反渗透系统

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，第二级由第一级的产水压力来推动，但是在任何时刻，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)不能大于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，此法可有效解决一二级 RO 系统处理量的平衡问题。

产水电导率在多数情况下是产水品质最重要的参数，由于CO₂无法被膜所脱除，会存在于成品水中，形成碳酸引起电导率的上升，通过将进水pH加碱调节到8.2左右，就可以阻止CO₂透过反渗透膜，在此pH条件下，所有的CO₂会转换成碳酸，而碳酸能被膜很好的除去，在一级进水或产水中均可以加入NaOH，在产水中加入NaOH时，加入量需特别注意，以防止pH调节过度，另外要防止碳酸钙沉淀。

5.2.6 特殊设计

针对特殊要求，有几种特殊设计可供选择：

(1) 提高产品质量：

针对苦咸水水源条件下，部分或全部选用海水元件；在多级处理系统中的某一级选用海水元件或全部采用海水元件；将最后一段的产水回流到进水中。

(2) 提高系统的回收率：

将浓水作为第二个系统的进水，即增设浓水回收系统。

(3) 针对中等含盐量的原水，实现系统高回收率和均衡一致的元件产水量：

在段间设置段间提升泵以抵消后段渗透压的增加。

(4) 提供系统将来可扩充的机会：

在压力容器中使用空白元件；膜组件支架采用模块化设计。

(5) 降低系统产水量，以便正好获得所需的产水水质：

产水与部分原水混合。



5.3 膜系统设计步骤

反渗透系统一般有预处理部分、反渗透本体系统部分、后处理部分三道工序组成。由于 RO 系统用途广泛，因而不同的 RO 系统进水水质和产水水质各不相同。

5.3.1 考虑进水水源、水质，进水和产水流量以及所需的产水水质

膜系统的设计取决于将要处理的原水和处理后产水用途，因此必须首先按照表 5.1 的要求详细收集系统设计资料及原水分析报告：

表 5.1 反渗透给水水质要求

指标	单位	允许值
浊度	NTU	<1，最好控制在 0.2 以下
SDI ₁₅		<5，建议控制在 3 以下
颗粒物	个/ml	<100，不允许大于 5um 的物质进入 RO 系统内
微生物	个/ml	<1
铁 Fe ³⁺	ug/L	当溶氧>5ppm 时，<50，越低越好
锰	ug/L	<50，越低越好
Al	ug/L	<50，越低越好
油和脂		不得检测出
TOC	ppm	<5，建议控制在 3 以下
COD	ppm	<10，越低越好
BOD	ppm	<5，建议控制在 2 以下
H ₂ S	ppm	<0.1，越低越好
酒精	%	<10，越低越好
表面活性剂		不得检测出
余氯	ppm	<0.1
臭氧	ppm	0
CaCO ₃		LSI<0
CaSO ₄	%	<230
BaSO ₄	%	<6000



SrSO ₄	%	<800
CaF ₂	ppm	浓水侧浓度<1.7
CaPO ₄		浓水侧浓度不可超过其溶解度
SiO ₂	%	<100, 经验值建议进水控制在 20ppm 以内
PH 值		3--10, 建议控制在 6.5-8.3 之间
温度	°C	5-45, 建议控制在 25°C左右
硬度	ppm	没特殊规定, 一般超过 50ppm 需加酸调节 PH 值在 5 左右, 投加阻垢剂
絮凝剂/助凝剂	ppm	不得检测出

5.3.2 选择系统排列和级数

常规的水处理系统排列结构为进水一次通过式，而在较小的系统中常采用浓水循环排列结构，例如多数的商用水处理系统；所需元件数量较少的有一定规模的系统，采用进水一次通过式难以达到足够的系统回收率时，也采用浓水循环排列结构；在特殊应用领域如工艺物料浓缩和废水处理，通常采用浓水循环排列系统，RO/NF 系统通常采用连续运行方式，系统中的每一支膜元件的运行条件不随时间变化，但在某些应用情况下，如废水处理或工艺物料的浓缩或当供水量小较小且供水不连续时，选用分批处理操作系统，此时，进水收集在原水箱中，然后进行循环处理，部分批处理操作是分批处理操作的改良，在操作运行过程期间，不断向原水箱注入原水。

多级处理（两级）系统是两个传统 RO/NF 系统的组合工艺，第一级的产水作为第二级的进水，每一级既可以是单段式或也可以是多段式，既可以是原水一次通过式也可以是浓水再循环式。制药和医药用水的生产常选用产水多级处理工艺。若想取代第二级膜系统，可以考虑采用离子交换工艺。

5.3.3 膜元件的选择

根据进水含盐量、进水污染可能、所需系统脱盐率、产水量和能耗要求来选择膜元件，当系统产水量大于 10gpm (2.3m³/h) 时，选用直径为 8 英寸长度为 40 英寸的膜元件，当系统较小时则选用小型元件。SINOMEMB 膜元件的特点和特定领域的选型请参阅本手册有关章节的介绍。当要求极高产水水质时，通常使用离子交换树脂对 RO/NF 产水进行深度处理。

5.3.4 膜平均通量的确定

平均通量设计值 f (gfd 或 L/m²h) 的选择可以基于现场试验数据、以往的经验或参照设计导则所推荐



的典型设计通量值选取。

5.3.5 计算所需的元件数量

得到产水量设计值 Q_p 以及设计通量 f ，就可以得出元件数量 N_e ：

$$N_e = \frac{Q_p}{f \times S}$$

其中： N_e ——理论膜元件数量

Q_p ——产水量(GPD，加仑/日)

f ——单位面积产水通量(GFD，加仑/平方英尺*日)

S ——膜元件面积(in.²，平方英尺)

5.3.6 计算所需的压力容器数

将膜元件数量 N_e 除以每支压力容器可安装的元件数量 V_e ，就可以得出圆整到整数的压力容器的数量 N_v ：

$$N_v = \frac{N_e}{V_e}$$

5.3.7 段数的确定

由多少支压力容器串联在一起就决定了段数，而每一段都有一定数量的压力容器并联组成，段的数量是系统设计回收率、每一支压力容器所含元件数量和进水水质的函数。系统回收率越高，进水水质越差，系统就应该越长，即串联的元件就应该越多。例如，第一段使用 4 支 6 元件外壳，第二段使用 2 支 6 元件外壳的系统，就有 12 支元件相串联；一个三段系统，每段采用 4 元件的压力外壳，以 4:3:2 排列的话，也是 12 支元件串联在一起。

5.3.8 确定排列比

相邻段压力容器的数量之比称为排列比，例如第一段为 4 支压力容器，第二段为 2 支压力容器所组成的系统，排列比为 2:1，而一个三段式的系统，第一段、第二段和第三段分别为 4 支、3 支和 2 支压力容器时，其排列比为 4:3:2。当采用常规 6 元件外壳时，相邻两段之间的排列比通常接近 2:1，如果采用较短的压力容器时，应该减低排比。另一个确定压力容器排列的重要因素是第一段的进水流量和最后一段每支压力容器的浓水流量，根据产水量和回收率确定进水和浓水流量，第一段配置的压力容器数量必须为每支 8 英寸元件的压力容器提供 8~12m³/h 的进水量，同样，最后一段压力容器的数量必须使得每一支 8 英寸元件压力容器的最小浓水流量大于 3.6m³/h。

5.3.9 分析和优化膜系统

所确立的膜系统结构可以采用中芯 SINOMEMB[®] 计算机系统分析软件进行分析和调整。

5.4 中芯 SINOMEMB® 系列膜系统分析设计软件

对于原水水质很清楚的水处理系统，其系统性能可用电脑设计软件很准确地预测出来，但在某些情况下，推荐经过试验来获得合适的系统设计，这些试验包括：

- ❖ 无法了解进水水质，特殊的产水水质要求；
- ❖ 无法了解进水水质的波动情况；
- ❖ 极高的系统回收率(> 80%)；
- ❖ 特殊或新应用领域，如新过程或废水处理；
- ❖ 大型系统：大于500m³/h(3.5 mgd)；

5.5 系统主要部件

5.5.1 高压泵

高压泵性能的好坏直接影响到反渗透系统脱盐的效果和经济性，应选择性能稳定、效率高、噪音小、不易磨损的高压泵。

控制高压泵的出口压力，既能维持设计产水量又不会超过膜元件最高允许进水压力，最大极限为：SNEC、SNLE、SNBW、SNNF元件不超过41bar；SNSW元件不超过80bar。

5.5.2 压力容器

压力容器有各种不同直径、长度和压力等级，在选用压力容器时，所选择的压力等级必须高于因膜污染需要提高运行压力情况下的最高压力（一般要求，必须比 3 年后系统运行压力设计值高 10%）。当运行产水侧出现动态压力时，此时某些压力容器产水出口强度会成为制约因素，如某些采用聚氯乙烯（PVC）材质制造的压力容器，此时应咨询压力容器制造商。

5.5.3 紧急开关

当发生不正常操作状态时，必须保护膜元件，如果出现这类状况如预处理失误等，必须立即关闭设备。下表列举了一些不正常的操作情况及其处理的方法。

5.5.4 保安过滤器

保安过滤器放置于整个系统的进口，其目的是为了防止预处理来水中可能携带的颗粒型杂质，以防止对高压泵和膜元件造成机械损坏。通常，保安过滤器选用公称过滤精度为 5 微米的滤芯，滤芯材质一般为聚乙烯或丙纶。为避免腐蚀，过滤器本体应采用不锈钢或塑料材质。

保安过滤器不仅能截留住颗粒型杂质，还能在一定程度上去除浊度和胶体铁，降低 SDI。在系统设计中，保安过滤器只起保安作用，以防止预处理漏过的杂质进入高压泵和膜元件中，不能将其作为降低 SDI 或去

除某类杂质的过滤器，所以进入保安过滤器的原水必须已经满足膜元件的进水指标。

5.5.5 阀门

系统中通常使用以下几类阀门：

- ❖ 整个系统进水阀，当需要对系统进行维修或保存系统时，起良好的切断作用；
- ❖ 离心泵出口端或正位移泵旁路上的调节阀，应能控制操作压力及系统升压速度；
- ❖ 泵出口端应该装设止回阀；
- ❖ 产水管路上应装设有止回阀及防止产水压力超过进水压力的泄压阀；
- ❖ 浓水管路上应设有控制回收率的浓水流量控制阀(不可使用背压阀)；
- ❖ 产水管线上应装有排放阀，用于清洗或开机时排放不合格产水；
- ❖ 进水和浓水管路上应设有连接清洗回路的阀门。

5.5.6 控制仪表

为保证 RO/NF 系统的正常操作，必须安装一些必要的仪表，仪表的准确度也相当重要，应按照制造商的规定进行仪表安装与校正。

(1) 压力表用于测量保安滤器的压降、泵进出口的压力、膜元件进口压力、系统段间压降和产水压力，充液的压力表应使用与膜相兼容的液体如水或甘油，而不允许使用油脂或其它不溶于水的液体。

(2) 膜流量计用以测量浓水和产水总流量以及每一段的产水流量。

(3) 产水和进水管线上的水表用以记录累积的产水量及系统耗水量。

(4) 计时器用以记录累积的操作时间。

(5) 在加酸之后的进水管路上安装 pH 仪用以监控碳酸盐是否结垢。

(6) 电导计安装于进水、浓水和产水管线上以检测产水水质和系统表观脱盐率。

(7) 在进水、浓水及产水管线上（总产水及各段分产水）均应设置取样口，便于评估系统的性能表现，并建议在每支压力容器的产水出口设置一个取样口，以方便今后的故障排除。

5.5.7 水箱

水箱内的的水位通常应保持在最低的水位以上，必须正确地安装水箱的进出口管线，避免水箱内存在死角，还须对水箱采取防止尘埃及微生物污染的措施，特别严格的使用条件下，要求水箱为密闭型，并设置特制的水箱呼吸过滤器。水箱一般分为原水水箱、产水水箱、中间水箱和清洗水箱等，根据系统需要确定水箱的大小和数量。

5.5.8 加药箱

对水进行投药处理时，必须设置加药箱，其溶剂一般为一天的药剂使用量。



5.6 管阀件材质的选择

从腐蚀的观点来看，RO/NF 系统的运行环境普遍比较恶劣，因此其建造材质须具备相当程度的抗腐蚀性，包括暴露于有飞溅、潮湿和含盐雾中的设备外表面及接触不同水质的系统内表面。

水箱和低压部分的产品水管道、阀门，一般选用耐腐蚀的 PVC、U-PVC、ABS 工程塑料、玻璃钢或不锈钢材质。保安过滤器、高压泵和高压部分管道、阀门，应选用不锈钢材质，并根据原水含盐量的不同，选择不同的不锈钢材质。不锈钢的基本优点是对一般腐蚀具有很好的抵抗力，且承压能力高，但不锈钢却容易发生点蚀和缝隙腐蚀，在不锈钢材质不均匀或焊接的部位尤其容易发生。为避免发生点蚀及缝隙腐蚀，建议不锈钢材质选用如下：

- ❖ 在一般水源条件下，可以选用 AISI304 材质的不锈钢；
- ❖ 当原水含盐量在 2000-5000ppm 时，建议选用含碳量小于 0.08% 的 AISI316 材质不锈钢；
- ❖ 当原水含盐量在 5000-7000ppm 时，建议选用含碳量小于 0.03% 的 AISI316L 材质不锈钢；
- ❖ 当原水含盐量在 7000-30000ppm 时，建议选用含钼量为 4.0-5.0% 的 904L 不锈钢；
- ❖ 当原水含盐量在 30000ppm 以上海水时，建议选用含钼量大于 6.0% 的 254 SMO 材质不锈钢；

表 5.3 不锈钢组成

项目	UNS No.	C %	Cr %	Ni %	Mo %	Cu %	N %
AISI 316	S 31600	< 0.08	16.0~18.0	10.0~14.0	2.0~3.0	--	--
AISI 316L	S 31603	< 0.03	16.0~18.0	10.0~14.0	2.0~3.0	--	--
904L	N 08904	< 0.02	19.0~23.0	23.0~28.0	4.0~5.0	1.0~2.0	--
254 SMO	S 31254	< 0.02	19.5~20.5	17.5~18.5	6.0~6.5	0.5~1.0	0.18~0.22

另外，在设计和制造过程中还应注意：

- ❖ 避免管路中形成死水；
- ❖ 不锈钢管道应用惰性气体保护焊接；
- ❖ 管道加工完成后应采用酸洗、钝化等保护措施；
- ❖ 停机前用反渗透产水冲洗置换膜内存水。

5.7 膜系统的设计建议

当设计或购买大型膜系统时，为有利于今后进行故障排除，应该包含部分设备设计和附件。根据系统的规模和复杂程度，您应该与系统供应商讨论本节的部分或全部的建议。就系统的基本操作而言，这些均不是完全必须，但是所有这些内容能使日常操作和故障的排除更容易、更迅速、更有效。

第六部分 安装与操作

6.1 膜元件的安装

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SINOMEMB 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、防护眼镜、内六角扳手(6mm)、皮带管钳、剪子、钳子、甘油（严禁使用洗洁精、凡士林等）、拔膜器、活动扳手、一字螺丝刀、干净的布等。

(1) 仔细检查并除去上游进水管路所有的灰尘、油脂、金属、塑料碎屑等，应用干净水冲洗压力容器，除去灰尘和沉积物，然后做一个大到能填满压力容器内径的干净拖布，让拖布吸满50%甘油和水的溶液，在压力容器内来回拖拉几次，直到压力容器内壁干净和润滑为止。

(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容器 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次，直到压力容器内壁干净和润滑为止。

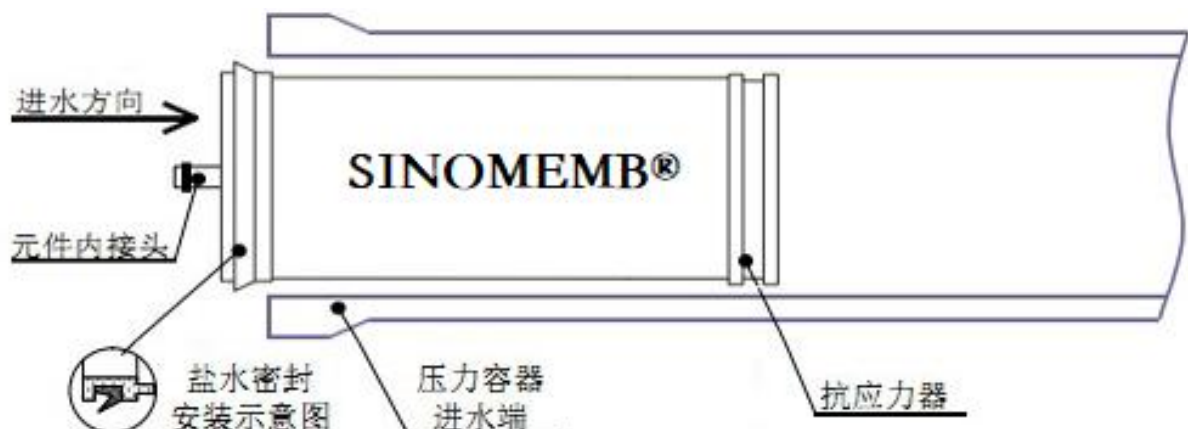
(5) 安装元件前，要保证安装和投运系统的所有零部件和化学药剂均齐全，预处理系统运转正常。

(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第一支膜元件，检查元件上的Y型圈（盐水密封圈）位置和方向是否正确(Y型圈开口方向必须面向进水方向)，用甘油少量涂抹第一支膜两端中心管内壁；

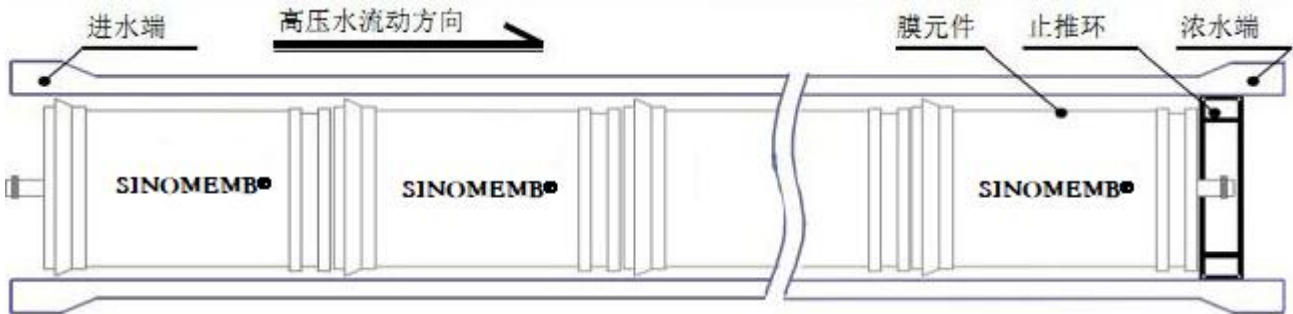
(2) 将膜元件不带盐水密封圈的一端从压力容器进水端平行地推入，直到膜元件露在压力容器外面约



10cm左右；

(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，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，重复上一步操作直至所有膜元件装入压力容器内，注意最后一支膜元件（也就是装的第一支膜元件和最后一支）不需要再插入中心管连接器；



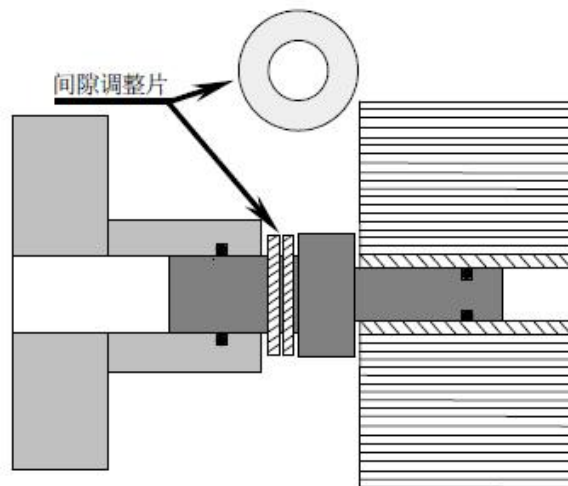
(5) 在压力容器浓水端安装止推环，如图 6-3 所示，定位止推环时应参考压力容器制造商的示意图。不能遗忘止推环的安装，未在压力容器浓水端安装止推环将会严重损坏膜元件；

(6) 转移至压力容器进水端，将膜元件完全推入压力容器，使出水端（浓水端）的端板密封组合件与第一支膜元件紧密接触，然后安装压力容器进水端端板密封组合件；

(7) 重复以上步骤，安装其它压力容器；

(8) 所有压力容器内膜元件安装完成后，安装外部的进水、浓水、纯水管路。

调整垫片安装示意图



6.1.3 拆卸元件

从系统压力容器中拆卸膜元件时，应按如下方法执行：

- (1) 首先拆掉压力容器两端外接管路，按规范拆卸压力容器端板，将拆下的部件编号记录并按次序放置。
- (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。

6.2 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、氧化降解以及调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。

膜元件安装之后，在启动膜装置之前，应确保预处理出水达到RO膜进水规定的要求，温度、电导率、流量等各项指标必须稳定合格。

开机前应检查事项：

- ❖ 所有设备包括管线、容器、仪表和水泵的选用材料符合使用要求；
- ❖ 多介质过滤器、超滤等预处理设备已经清洗干净，出水合格；
- ❖ 高压泵上游管道安装保安过滤器，并投运产水合格；
- ❖ 化学药品投药点位置正确；
- ❖ 若使用氯等氧化剂时，应有稳妥措施保证在膜系统前将进水中的氯完全除去；
- ❖ 采取了措施保证产品水压力不会超过进水或浓水压力；
- ❖ 可对系统总进水、每段的进水、产水、浓水及总产水取样；
- ❖ 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；
- ❖ 各水泵已作好操作的准备，联轴器校正良好，润滑充分并能轻松自如的旋转；
- ❖ 产水和浓水应直接排放，严禁回用。

6.2.3 首次启动顺序

防止因超极限的进水流量和压力对膜的损坏，必须以合适的方式启动反渗透系统。按照正确的顺序开机操作，才能保证系统产水水质和产水量达到设计目标。

在系统启动前，应该完成预处理调试、膜元件装填、仪表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：

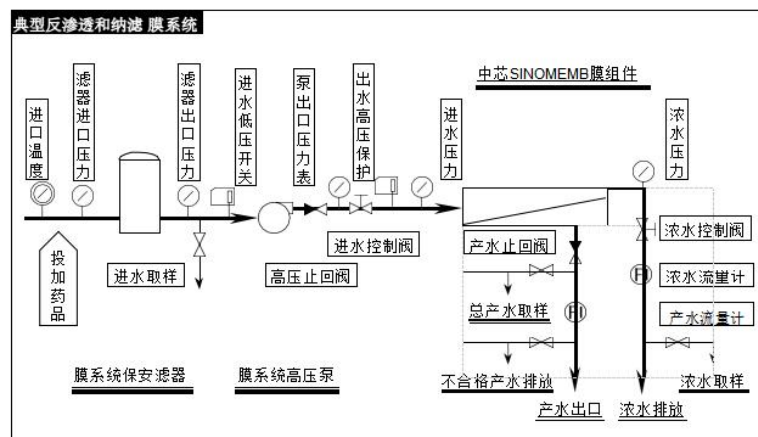
(1) 系统开机启动前，首先在确保原水不会进入膜元件内的状态下，彻底冲洗原水预处理部分，冲掉杂质和其它污染物，检测预处理出水是否合格，进水是否含余氯等氧化剂，直至预处理出水合格。

(2) 检查所有阀门开关是否灵活，并保证所有阀门按照设计要求保持开/关状态。

(3) 用低压(冲洗压力为0.2~0.4MPa，建议前2小时冲洗压力控制在0.2-0.3Mpa，便于膜元件死端空气排出)进水填满膜元件和压力容器，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，控制膜系统进水量小于操作运行进水量的50%，冲洗过程中的所有产水和浓水均应排放掉不得回用。

(4) 在进水冲洗操作中，仔细检查所有阀门和管道是否有渗漏点，加以紧固或修补。

(5) 安装了湿膜的系统至少冲洗30分钟。安装了干膜的系统，应连续低压冲洗6小时以上或首次连续低压冲洗3小时以上，浸泡8小时，再连续低压冲洗2小时。在低压低流量冲洗和浸泡期间，不允许在预处理部分投加阻垢剂等药剂，以上安装了干膜的系统，我司建议采用第一种方案。



典型系统示意图

(6) 再次确认产水阀(图中未表示)和浓水控制阀处于打开位置。

(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进水流量至设计值，升压速率应低于每秒 0.07MPa。

(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 pH 值（阻垢剂加药量初始投运 4 天之内可超过标准 30%，系统稳定后恢复标准加药量）。

(12) 检查浓水朗格利尔饱和指数(LSI)或斯迪夫一大卫稳定指数(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应压力容器，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) 系统连续运行1-2小时直到产水合格后，打开产水输送阀然后关闭产水排放阀，开始产水。

(16) 每小时记录一次所有运行参数。

(17) 连续运行24-48小时后，查看所有记录的系统性能数据。此时系统运行参数作为系统性能的基础。

(18) 比较设计参数与系统实际性能参数。

(19) 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。

6.2.4 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。

日常启动顺序可以由可编程序控制器和远程控制阀自动实现，但要定期校正仪表(仪表随使用时间增加会出现数据漂移、不准等现象)、检查报警器和安全保护装置等均处于正确工作状态。

注：客户使用我司产品，我司工作人员有责任将以上操作步骤及注意事项提前告知客户并确认客户已完全掌握，当我司工作人员已明确告知客户以上操作步骤及注意事项，并说明重要性后，客户现场因无法具备条件等原因致使未有效执行，需由客户自行评判并承担相关责任，产生的一切后果我司均不承担任何责任。

6.2.5 运行记录

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情况而定：

6.2.5.1 开机报告

(1) 以流程图来表示水源，预处理系统，RO/NF系统排列结构和后处理系统，提供一个直观全面的RO/NF系统介绍。

(2) 按前述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。

6.2.5.2 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，一般需记录以下各项：



- (1) 每天记录进水中总余氯浓度。
- (2) 每天记录所有预处理过滤器的压降。
- (3) 至少每3个月根据制造商建议的方法校正各种仪表。
- (4) 任何不正常的操作，如故障或停机等

6.2.5.3 膜运行参数记录

以下参数需监测并记录在合适的记录表上(下表所示)，每班至少一次。

- (1) 操作日期、时间及系统运转时数。
- (2) 保安过滤器与每一段压力容器(膜组件)前后的压降。
- (3) 每一段进水、产水与浓水的指标，包括压力、温度、流量、pH值、SDI值、浊度值、电导率。
- (4) 进水平均浓度。包括算数平均和对数平均等计算方式。

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（43.5psi）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 8.5L/m².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。

如果产水管线在运行和系统停机时带压，膜元件就可能会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（4.35psi），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。

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。

6.2.7 维修保养记录

- (1) 记录例行维修的具体情况。
- (2) 记录机械故障和更换配件的情况。
- (3) 记录RO膜元件安装位置的改变。
- (4) 记录所有仪表的校正操作时间及结果。
- (5) 记录仪器设备如保安过滤器的维修、更换或增加，包括日期、厂家等。
- (6) 记录所有膜元件的清洗操作，包括日期、持续时间、溶液浓度、溶液pH值、温度、流量与压力。

6.3 保存与运输

已经过水的反渗透膜元件贮存5天以上时，应采取一些措施，对膜元件进行保护，防止出现细菌滋生、失水干燥、冰冻高温和化学药剂污染等。现将反渗透膜元件的短期和长期保护措施介绍如下：

6.3.1 短期保存

短期保护方法适用于停运5天以上30天以下的反渗透膜元件。具体操作如下：

- 1、用反渗透产品水冲洗反渗透膜元件，同时注意将气体、预处理药剂、浓缩水从膜元件中完全排除；
- 2、将膜原件放置在能隔绝空气的塑料袋中或用保鲜膜将膜元件两端缠绕尽可能的与空气隔绝；
- 3、每隔5天按上述方法冲洗一次反渗透膜元件。

6.3.2 长期保存

➤ 对于长期保存，为减少维护，可使用低保护液冲洗系统，按以下述步骤进行操作：

- (1) 先进行在线化学清洗和非氧化杀菌。
- (2) 再在清洗水箱中充满 RO 产水。
- (3) 向清洗水箱中加入1wt%亚硫酸氢钠和20wt%甘油，混合。
- (4) 在 RO 单元中循环该溶液 15-20 分钟。
- (5) 关闭 RO 设备。

(6) 可将保护液保留在 RO 单元中，或者缓缓排干 RO 单元。如果保存温度低于最大膜工作温度，膜元件可以在膜壳内保存一年时间而膜的性能不受影响。在启动期间，可能需要 24-72 小时的时间进行彻

底冲洗。

➤ 对于长期保存，也可采用拆卸后保存，按下述步骤进行操作：

长期停用保护方法适用于停止使用 30 天以上的反渗透膜元件。具体操作步骤如下：

- 1、对膜元件进行有效的化学清洗（先非氧化杀菌再碱性酸性碱性清洗）；
- 2、用反渗透产品水或除盐水配制保护液，保护液配置方法如下：
 - 贮存环境温度高于 20°C：1wt%亚硫酸氢钠水溶液；
 - 贮存环境温度低于 20°C：1wt%亚硫酸氢钠和 20wt%甘油的水溶液。
- 3、膜元件使用保护液方法：用保护液有效冲洗反渗透膜元件 5-10 分钟后放置在能隔绝空气的塑料袋中，也可将膜元件浸泡在该标准保护液中 0.5-1 小时，元件应垂直放置，然后将膜元件垂直沥水 5-10 分钟后放置在能隔绝空气的塑料袋中；
- 4、保护液更换规范：
 - 每隔 30 天检查一次保护液 PH，若保护液 pH 低于 3，应更换一次保护液；
 - 每隔 30 天检查一次保护液浑浊度，如果保护液发生混浊，应更换一次保护液
 - 如果贮存环境温度低于 20°C，即使浑浊度和 PH 无异常，建议最长不超过 90 天更换一次保护液；
 - 如果贮存环境温度高于 20°C，即使浑浊度和 PH 无异常，建议最长不超过 60 天更换一次保护液。
- 5、在反渗透膜元件重新投入使用前，用低压给水冲洗膜元件 1 小时，然后再用高压给水冲洗膜元件 5-10 分钟，采用碱性清洗液进行短期清洗。在恢复膜元件正常使用前，应检查并确认反渗透系统给水中不含有任何氧化剂。
- 6、建议贮存环境温度 0°C~35°C，最低不低于-4°C，存放地点阴凉干燥没有阳光直射。

本公司确信以上信息准确无误。但以上信息仅作参考之用。因为使用方法和条件在本公司控制范围之外，所以本公司对该程序不做保证，对上述处理方法不承担任何责任。

6.3.3 运输

运输膜元件时应做到以下几点：

- (1) 膜元件外包装完整无破损、塑料包装袋抽真空状态；
- (2) 膜元件标识清晰；
- (3) 运输途中一定轻拿轻放，不可抛仍，运输温度不可过低；
- (4) 不可使用刻刀、锥子等锐利物。

建议使用原始包装中的聚苯乙烯泡沫端盖保护膜体表面，防止膜元件受到机械损坏。

第七部分 系统清洗与消毒

由于种种原因，反渗透膜分离技术在实际应用中，不可避免的会产生膜污堵现象，且膜污染问题是影响该技术稳定性的决定因素，污堵也是造成某些系统运行成本居高不下的原因之一。控制反渗透膜污染一般集中在前预处理上，但是经验表明现有反渗透水处理只有预处理往往是不够的，无论预处理如何完善，日常操作如何严格，在长期运行中膜的表面上会逐渐有各种污染物的沉积而引起膜的污染，而RO技术在经济性上很大程度的受膜污染的影响，实际上，膜的可靠性是目前阻碍膜技术推广应用的关键之一，而污染问题又是影响其可靠性的决定性因素。膜的定期清洗是防治膜污染的主要措施之一。

膜系统预处理的目的在于尽量减少这些污染物质，通过安装合适的预处理系统，选择恰当的操作条件，如产水流量，运行压力与产水回收率等，就能达到这一目标。通常有可能引起膜系统污垢的主要因素：

- (1) 预处理系统设计不完善；
- (2) 预处理运行不正常；
- (3) 系统选材不合适（如泵和管材等）；
- (4) 预处理投药系统失灵；
- (5) 系统停机后冲洗不及时或不充分；
- (6) 操作控制不当；
- (7) 膜面长时间累计沉淀物；
- (8) 进水组份或其他条件改变；
- (9) 进水受生物污染。

7.1 通常导致 RO/NF 膜污染的原因

RO系统在运行过程中，废（污）水中的金属离子、微生物、不易溶解的微粒、有机污染物、生物粘泥、胶体、油脂等长时间与膜接触，会引起膜污染，使膜通量及分离性能明显降低，压降升高，究其原因有以下几个方面：

1、浓差极化：浓差极化使料液渗透压增大，有效推动力减少，造成透水速度和脱盐率下降。

2、无机盐结垢： CaCO_3 、 CaSO_4 、 BaSO_4 、 SrSO_4 、 CaF_2 、及 SiO_2 等溶度积较小的盐类，在反渗透过程中可能会因浓缩超过其溶度积而析出，影响结垢的因素很多，包括同离子效应、盐效应、PH、温度、压力、回收率和水质等，特征表现为产水量降低，压差上升，脱盐率下降。

3、吸附性污染：一般含有低价铁离子和锰离子，属苦咸水范围内的某些井水水源具有一定还原性，此类水源造成膜污堵的主要原因就是铁、铝、锰等在膜表面产生胶体颗粒污堵，特征表现为产水量降低，压差上升。

4、生物污泥的形成：当膜表面覆盖生命力旺盛的微生物污泥时，膜所除去的盐类将陷于黏层中，不易被水冲走，为微生物繁殖提供了丰富的营养物质，与此同时RO进水前预处理加入的絮凝剂、助凝剂、阻垢剂等药剂又能促进微生物生长，可繁殖的微生物颗粒即使经预处理脱除只剩0.01%，也还能利用水中可生物降解的物质进行繁殖，这也是生物污泥在任何系统中都会造成污染的主要原因之一，生物污染和其他污染是伴随而生，特征表现为产水量降低，压差不变或上升，脱盐率不变或下降。

5、胶体污染：地下水及地表水均含铁、铝、硅、有机质等物质，它们和预处理时加入的混凝剂、助凝剂、阻垢剂等形成胶体沉积在膜表面造成胶体污染，胶体污染物难处理是由于带有同种电荷、比较稳定，不易沉降，但在RO膜过滤水时被截留在膜表面，形成水合物，一般这种趋向用SDI进行评价，通常SDI<3时，膜表面不产生污堵，当SDI>3时，会发生污堵，特征表现为产水量降低，压差不变或上升，脱盐率不变或下降。

6、水锤现象：由于设计不合理，在开始调试和长时间停运投运阶段，装填膜的膜壳里有大量的空气，当待处理液瞬间进入膜壳时，由于空气具有可压缩性，且瞬间不可能完全排尽，当空气在膜壳内达到一定压力时，会突然爆破释放，引起反渗透在膜壳内相互撞击，挤压及窜动，产生水锤现象，这种问题可以通过完善的设计而避免，特征表现为产水量降低，脱盐率上升，严重导致膜抗应力器损坏，膜报废。

7、悬浮颗粒物污染：保安过滤器会因“短路”或缺陷造成过滤介质、腐蚀碎片及异物（如小芯绒线）等的泄露或系统初次投用冲洗不彻底时，使进水通道堵塞以及膜面上形成非晶体沉淀。特征表现为产水量降低，压差上升，脱盐率下降，严重的会导致膜体出现“望远镜”现象。

8、其他因素造成的污染：碳氢化合物和聚硅氧烷基的油及脂能覆盖在膜表面，致使膜收到污染；膜的水解、有机溶剂及氧化性物质的侵蚀也会造成膜材料本质改变。

7.2 反渗透污染的种类

1、固体颗粒类：包括焊渣、石英砂、无烟煤、胶皮污染物，一般通过SDI值来反馈，但不能局限于SDI的数值，从实际出发，当 t_1 高于60S时，SDI就失去了普遍意义，也就是说很小的SDI值也不能说明给水水质良好。

胶体物、金属氧化物类：通常含有一个或多个主要成份，如铁、铝、硅、硫化物或有机物，胶体污染时通常是一种混合性污染，常伴随微生物的沉积，还有预处理加入的混凝剂、助凝剂、阻垢剂等形成的胶体，金属氧化物和金属氢氧化物污染为铁、锌、锰、铜、铝等物质，主要由于装置管路、容器的腐蚀产物，或是被空气氧化的金属离子，或者来自预处理加入的铁、铝等絮凝剂，此外带正电性的聚合物与负电性的阻垢剂也会发生反应而沉淀，一般通过SDI值来反馈，但不能局限于SDI的数值，从实际出发，当 t_1 高于60S时，SDI就失去了普遍意义，也就是说很小的SDI值也不能说明给水水质良好。

3、无机盐垢：如碳酸盐垢、硫酸盐垢、磷酸盐垢和硅酸盐垢等，

- (1) 主要成垢阳离子：钙离子、镁离子、锶离子、钡离子等，
 - (2) 主要成垢阴离子：碳酸氢根、碳酸根、硫酸根、子等，
- ① 通过降低回收率、避免浓水超过溶度积；
 - ② 预处理加离子交换、石灰池等软化；
 - ③ 加酸除去水中的碳酸根和重碳酸根；
 - ④ 添加阻垢剂，抑制沉淀。
 - ⑤ 如果膜重量超过原膜重量的1/4，则需要离线清洗。

4、有机物污染：有机物可分为天然有机物和人工合成有机物两大类，天然有机物是指动植物在自认循环过程中经腐烂分解产生的物质，包括腐殖质、微生物分泌物、溶解的动物组织及动物的废弃物等，也称为耗氧有机物或传统有机物，水源中有机物通常以悬浮物、胶体物及溶解物形式存在。人工合成有机物大多为有毒有机污染物，其中包括“三致”有机污染物。有机污染物造成的系统故障占全部系统故障的60%-80%。微生物及其代谢产物是有机物污染的主要原因之一。一般通过TOC（总有机碳）、COD（化学耗氧量）、BOD（生化耗氧量）三个指标来表征有机污染物的程度。

为保护反渗透系统，应尽量将有机物浓度降到最低，除采用据阳离子型絮凝剂除去阴离子极性大分子外，还可以通过脱气去除低分子易挥发有机物，用活性炭吸附非极性，中高相对分子量的有机物，用吸附树脂去除弱解离的大分子，也可通过超滤、纳滤来去除一定分子量的有机物。

5、微生物污染：生物污染是所有膜处理工艺都可能遇到的问题，有机沉积物是由细菌粘泥、真菌、霉菌等微生物组成，这种污染物较难去除，尤其是给水通路完全堵塞的情况下，胶体和天然有机物的污染一般同时发生，互相促进，为抑制和解决微生物污染不仅要清洁和维护RO系统，同时还要清洁预处理、管道及端头。

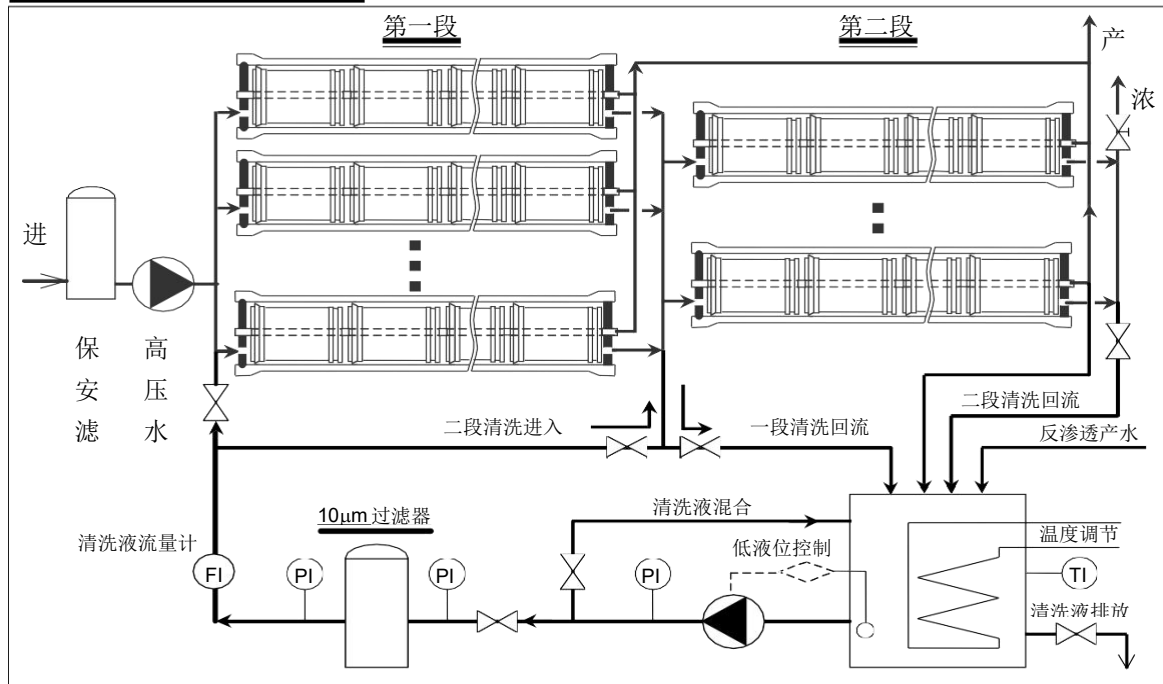
生物污染原因：微生物污染是膜材料、流动参数（如溶解物、流动速度、压力等）和微生物间复杂的相互作用结果，微生物污染基本上是一个生物膜生长的问题。生物污染的主要来源是进水，预处理也可能是生物污染源，过量的絮凝剂也会成为营养物质，氯会使腐殖质分解为营养物质，油和烃类也是引起微生物生长的物质，如果长时间不进行杀菌清洗，微生物污染会形成致密凝胶层，加重浓差极化现象，表现为通量逐渐衰减，脱盐率降低，压差增加。

为了控制生物污染，要在管线上尽量减少死水区，避免使用碳过滤器，，预处理进行氯化杀菌，保持余氯在0.5-1ppm，还要定期进行冲击式非氧化杀菌。

6、二氧化硅垢：硅垢是RO膜污染的主要原因之一，硅的溶解度随着水温降低而降低，同样回收率下，冬季会更加容易出现硅结垢，全硅由活性硅和胶体硅组成，一般只能通过降低系统回收率、提高进水水温和PH值，石灰软化等方式控制。

7、药剂污染：絮凝剂的污染、助凝剂的污染、阻垢剂的污染、还原剂污染、各种预处理药剂不兼容污染等。

典型反渗透清洗系统工艺流程图



7.3 系统化学清洗的确定

发生膜表面的污垢将加速系统性能的下降，如减少产水流量，降低脱盐率，同时使进水和浓水间的压差增加。

由于中芯SINOMEMB膜及膜元件具有可承受的宽 pH 和温度条件，只要措施得力及时，就可以很有效地进行系统清洗，最大限度地恢复膜系统的性能。若拖延太久才进行清洗，则很难完全将污染物从膜面上清洗掉。针对特定的污染，只有采取相应的清洗方法，才能达到好的效果，若错误地选择清洗化学药品和方法，有时会使膜系统污染加剧。因此在清洗之前需先决定膜表面的污垢种类，有以下几种分析方法。

在正常操作过程中，反渗透元件内的膜片会受到无机盐垢、微生物、胶体颗粒和不溶性的有机物质的污染。这些污染物沉积在膜表面，导致产水流量和系统脱盐率分别下降或同时恶化。当下列情况出现时，需要清洗膜元件：

- ❖ 标准化产水量降低15%以上；
- ❖ 进水和浓水之间的标准化压差上升15%以上；
- ❖ 标准化盐透过率增加10%以上。

以上的标准比较条件取自系统经过最初48小时运行时的操作性能。

7.4 清洗方式

清洗可分为在线化学清洗和离线化学清洗。

一般情况下应采用在线化学清洗。当膜元件污堵严重，且在线化学清洗效果不好时，可采取离线化学清洗。

7.4.1 在线化学清洗

在线化学清洗分为不分段清洗和分段清洗。

7.4.1.1 不分段清洗

可以对系统的所有段同时进行化学清洗。在设定的循环清洗流量能够确保清洗效果，且第一段和最后一段流速均符合中芯膜（北京）规定的流速范围内，可采用不分段清洗。

7.4.1.2 分段清洗

对于高流速循环清洗才能确保清洗效果时，应对系统的各段分别进行化学清洗，以保证各段循环流速不超过中芯膜（北京）规定值。

7.4.2 离线化学清洗

当属于下列任一情况时，应采用离线化学清洗。

- 膜元件污垢严重，在线清洗效果不好；
- 遴选最佳化学清洗剂，判定清洗效果。

7.5 技术要求

在制定清洗方案及现场清洗措施时，除应符合本技术规范外，还应符合与设备相关的技术条件或规范。

- 清洗前应拆除或隔离易受清洗液损害的部件和其他配件。
- 清洗废液必须经过处理，符合 GB 8978《污水综合排放标准》的规定后才能排放。

7.6 清洗前的准备工作

清洗介质、以及流速、温度、压力等参数的选择，应根据污垢种类、反渗透系统构造、材质等确定，必要时应通过试验确定。选择的清洗介质在保证清洗效果的前提下，应综合考虑经济性和环保要求等因素。

7.6.1 判定反渗透系统性能下降的原因

通过对系统的全面调查，分析判断反渗透装置性能下降的原因。是污垢导致的，可进行化学清洗最大限度的恢复膜的性能；因机械损伤或其他原因造成的，则不能通过化学清洗来恢复系统性能。

7.6.1.1 系统调查

全面了解原水水质全分析报告、水处理系统工艺流程、反渗透主体设计参数、反渗透系统具体运行参



数、系统材质等。

- a) RO 膜元件设计数量、排列是否合理。
- b) 根据水质分析系统污染趋势，生物污染、盐垢类污染或是胶体污染等，经过分析原水水质报告，能预测发生污垢的可能性。
- c) 检查前几次的清洗过程及清洗效果。
- d) 分析测定 SDI 值的微孔滤膜膜面上所截留的污物。
- e) 打开膜端板,观察一段进水侧第一只和二段出水侧最后一只膜元件颜色和重量的变化，推断污染程度。
- f) 根据 RO 运行数据变化趋势判断系统污染种类及程度（进水压力、段间压差、产水流量及脱盐率等）。
- g) 根据预处理系统再生频率、去除效果判定原水清洁状态及膜元件被污染趋势。
- h) 根据保安过滤器滤芯污染物判断可能污染物。
- i) 判断系统选材是否合适，有无金属腐蚀产物带入水源。
- j) 通过解剖膜元件进行膜面及垢样分析。
- k) 预处理药剂投加系统是否正常，药剂种类及投加量是否合理。
- l) 系统停机后的冲洗是否及时和充分。
- m) 系统运行回收率是否在设计规程允许范围之内。
- n) 是否存在其它操作不当现象。
- o) 确定机械问题还是化学污染造成膜元件衰减。

7.6.1.2 判定污垢种类

通过对反渗透系统运行状况的全面调查，根据运行参数变化情况和污垢表象观察，可根据表 1 判别污垢的种类。

污垢分类和判别

污垢分类	污垢特征	运行参数变化情况
颗粒类污染物的沉积	进水侧可见颗粒污染物	第一段产水量降低 第一段压差增加 脱盐率降低
水垢 (碳酸盐、硫酸盐、磷酸盐等)	最后一段浓水侧可见结垢	最后一段压差迅速增加 最后一段膜元件增重 最后一段产水量降低 脱盐率降低
微生物 (细菌粘泥等)	保安过滤器滤芯或膜进水侧滑腻有异味 第一段膜表面有十分黏稠胶状沉积物 进水、浓水或产水水样中含大量微生物	第一段产水量降低 第一段压差增加 污染严重时脱盐率降低
有机物 (聚电解质、油脂等)	分析SDI滤膜上的截留物 分析进水中的油和有机物 将污垢研碎加入乙醚后，溶液呈黄绿色	第一段产水量降低 第一段压差增加 脱盐率可能升高



胶体物		污染指数SDI超标 分析SDI滤膜上的截留物		第一段压差增加 产水量逐渐降低
金属氧化物		进出水端面为红棕色 系统有金属腐蚀现象 分析进水中的铁、锰、镍、铜、锌等含量		第一段产水量降低 第一段压差增加 脱盐率降低
可能原因	常见部位	压差	产水量	脱盐率
金属氧化物	一段	—/↑	↓	—/↓
胶体污染	一段	—/↑	↓	—/↓
结垢	最后一段	↑	↓	↓
生物污染	任何一段	—/↑	↓	—/↓
有机物污染	所有各段	—/↑	↓	↑/↓
氧化物污染	一段最严重	—/↑	↑	↓

7.6.1.3 化学清洗不能恢复系统性能的情况判定

因机械损伤或其他原因造成的反渗透系统性能下降，有下列情形之一的，则无法通过清洗来恢复系统性能：

- “O”形圈泄漏导致的脱盐率下降；
- 进水与浓水压差过大造成的膜元件机械损坏（望远镜现象）；
- 结晶体或金属颗粒造成的膜表面磨损；
- 产水背压造成的复合膜复合层间的剥离；
- 受余氯、溴、臭氧或其它氧化物造成的膜氧化损坏；
- 膜元件或产水中心管严重的机械损伤导致的泄漏；
- 保安滤器内短路导致的膜元件受到物理堵塞；
- 预处理介质过滤器穿透造成膜元件被细小粉末污堵；
- 盐水密封损坏导致的无规律的压降增加。



7.7 清洗方案制订

7.7.1 清洗药剂的选择

应根据污垢的性质，有针对性的选择化学清洗剂。一般按下表确定清洗剂。

污垢种类	清洗液	使用条件	备注
碳酸盐垢	0.2%盐酸	温度 $\leq 45^{\circ}\text{C}$ pH >2	清洗效果最好
	0.5%磷酸	温度 $\leq 45^{\circ}\text{C}$	清洗效果可以
	2.0%柠檬酸	温度 $\leq 45^{\circ}\text{C}$ 用氨水调节pH值为3.0	清洗效果可以
硫酸盐垢	0.1%氢氧化钠 1.0%EDTA四钠	温度 $\leq 30^{\circ}\text{C}$ pH ≤ 12	清洗效果最好
	0.1%氢氧化钠 0.025%十二烷基苯磺酸钠	温度 $\leq 30^{\circ}\text{C}$ pH ≤ 12	清洗效果可以
金属氧化物	1.0%焦亚硫酸钠		清洗效果最好
	0.5%磷酸	温度 $\leq 30^{\circ}\text{C}$ pH >2	清洗效果可以
	2.0%柠檬酸	温度 $\leq 30^{\circ}\text{C}$ 用氨水调节pH值为3.0	清洗效果可以
胶体物	0.1%氢氧化钠 0.025%十二烷基苯磺酸钠	温度 $\leq 30^{\circ}\text{C}$ pH ≤ 12	清洗效果最好
有机物	0.1%氢氧化钠 0.025%十二烷基苯磺酸钠 0.2%盐酸	温度 $\leq 30^{\circ}\text{C}$ 第一步 ≤ 12 第二步pH >2	用NaOH和十二烷基苯磺酸钠作第一步清洗；再用HCl清洗作第二步清洗。
	0.1%氢氧化钠 1.0%EDTA四钠 0.2%盐酸	温度 $\leq 30^{\circ}\text{C}$ 第一步pH ≤ 12 第二步pH >2	清洗效果可以 用NaOH和EDTA四钠作第一步清洗；再用HCl清洗作第二步清洗。
微生物	0.1%氢氧化钠 0.025%十二烷基苯磺酸钠	温度 $\leq 30^{\circ}\text{C}$ pH ≤ 12	清洗效果最好
	0.1%氢氧化钠	温度 $\leq 30^{\circ}\text{C}$ pH ≤ 12	清洗效果可以

7.7.2 清洗方式的确定

根据污垢的污染程度以及反渗透系统构造，确定清洗方式。

采取不分段清洗清洗方式时，应计算各段膜元件的流速或流量，防止第一段的循环清洗流速过低影响



清洗效果；同时防止最后一段清洗流速过高而损坏膜，以最后一段的最高流速为控制值。

高流速的循环清洗应采取分段清洗，分段清洗流量可按膜元件规定的高、中、低流速确定，一般情况下应选用高速清洗方式。可以通过清洗泵分别清洗各段，或针对每段清洗流速的要求设置不同循环清洗流量。

7.7.3 清洗温度的确定

清洗液应根据中芯膜（北京）规定的最高温度控制范围，确定最佳清洗温度。

7.7.3.1 确定清洗顺序

- a) 一般是先酸洗后碱洗。
- b) 当生物污垢严重时，宜先酸洗、再杀菌、最后碱洗。
- c) 根据实际应用情况，可变化清洗顺序，以取得更佳清洗效果。

7.8 系统清洗

7.8.1 清洗装置

在线清洗时将清洗溶液以低压大流量在膜的高压侧循环，此时膜元件仍装压力容器内而且需要用专门的清洗装置来完成该工作。

7.8.1.1 清洗箱

a) 针对膜元件的清洗液 pH 值范围可能在 2~12 之间，因此清洗系统应采用耐腐蚀材料建造，作混合与循环的清洗水箱可以是聚丙烯或玻璃钢（FRP）。

b) 清洗水箱应设有可移动的盖子。

c) 清洗水箱应该有加热、冷却装置和温度表计，某些情况下需要控制清洗温度以达到最佳效果。

d) 清洗水箱回水尽量延伸到清洗液位下并且不要在泵吸入口正上方，以免回流液带气泡进入循环泵，影响清洗质量。

e) 清洗箱的容积应能满足系统清洗容量的要求。

f) 清洗箱的强度满足安全技术要求。

g) 宜设温度调节装置，方便控制清洗液的温度。

7.8.1.2 保安过滤器

通常设计滤芯为 5 微米~10 微米，用于去除已在清洗过程中沉积出来的污染物。保安过滤器的设计流量应满足系统清洗最大流量的要求。

7.8.1.3 清洗泵

a) 清洗泵应选用低扬程，高流量的耐腐蚀泵。



- b) 清洗泵应设置回流或出口阀门以调节流量。
- c) 清洗压力一般控制在 0.4MPa 以下。

7.8.1.4 取样点

要安装取样阀门以观察清洗液变化情况，并随时对清洗液有关参数进行监测。应分别装设清洗液进口、清洗液回流、渗透液取样装置。

7.8.1.5 产水回路

- a) 清洗过程中会有少量产水（透过液），为保持清洗液浓度稳定，应将产水送回清洗箱。
- b) 在清洗和冲洗阶段，产水回路阀门处于常开状态，以免因产水背压损坏膜元件。

7.9.1.6 清洗循环回路

- a) 清洗液流动方向应与正常运行时的方向相同，防止膜元件机械损坏（望远镜现象）。
- b) 分段清洗时，应有防止前段膜元件产生背压的可靠措施。
- c) 分段清洗时，应有防止各循环回路间短路的措施。
- d) 清洗液回流应接至清洗箱。分段清洗时，各段均应装设清洗液回流管路。
- e) 应设置清洗泵至清洗箱的循环回流管路，并安装调节阀，控制清洗流量。
- f) 清洗液回流管道流速应小于 1m/s；清洗液进入管道流速应小于 3m/s。

7.8.1.7 监测仪表

- a) 清洗箱应设温度计，并宜装设温度调节装置，方便控制清洗液的温度。
- b) 清洗箱应装设液位计，并宜装设低液位控制器。
- c) 保安过滤器出口应装设流量计。
- d) 保安过滤器进口、出口应装设压力表。

7.8.1.8 混合器或搅拌

用于化学药剂在清洗箱的溶解和混匀，要设置一个清洗泵至清洗箱的循环回流管路或加搅拌装置。

7.9 清洗步骤

7.9.1 水冲洗

如果系统进水端有机械不溶物杂质，打开进水侧端板首先进行水冲洗，将不溶物冲出系统，以免在清洗过程中由于其进入后面膜元件而造成不可恢复的损伤。

7.9.2 严密性试验

调整好阀门到清洗状态，以干净的 RO 产品水进行循环试漏，确定管路畅通无漏点，阀门位置正确后开始转入正式清洗操作。

7.9.3 RO 产品水冲洗

高流量下用 RO 的产水冲洗单元，清洗 15 分钟。

7.9.4 配制清洗液

根据系统水容积计算化学药剂的用量，用干净的产品水在清洗箱中配制清洗液，务必将药剂溶解混合均匀。

7.9.5 加热清洗剂

将清洗液加热升温至中芯膜（北京）最高允许温度。

7.9.6 置换系统内原水

以低流速和尽可能低的压力置换膜元件内的原水，压力应低至不会产生明显的渗透水。最大限度的防止污垢再次沉积到膜表面，视情况排放部分浓水以防止清洗液被稀释。

7.9.7 低流速循环清洗

当系统内的原水被置换掉后，将清洗液回流至清洗箱，并尽可能地保持清洗液温度恒定。低流速循环清洗 30min 左右。

7.9.8 浸泡

对于难以清洗的污垢，可以采取浸泡的方式。浸泡时间视情况而定，有的污垢浸泡 1h，有些可能需要 10h。若需要长时间浸泡才能达到良好的清洗效果时，为了维持浸泡清洗液的温度，可以采取很低的循环流速。

7.9.9 高流速循环清洗

在中芯膜允许的高流速下循环清洗 1 小时左右，或视污染情况而定。

7.10.10 清洗终点的判断

待清洗液颜色、pH 不再变化，系统循环水量、压力、压差等参数都接近平稳时判为清洗终点，将清洗液排出。

7.9.11 置换清洗液

用预处理合格水在低流速和尽可能低的压力置换膜元件内的原水，压力应低至不会产生明显的渗透水，直至清洗液彻底排尽。为了防止沉淀，冲洗水温度 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 。

7.9.12 清洗时注意

- a) 清洗过程中，观察清洗液颜色变化及 pH 变化，进行补加药剂或更换药剂处理。
- b) 每一步清洗完成以后，排净清洗箱并进行冲洗，然后向清洗箱中充满干净的产品水以备下一步清洗。
- c) 如果需要更换几种药剂清洗，则以干净的产品水依次溶解不同清洗药剂，重复 7.10.4~7.10.10 清洗步骤至清洗操作全部完成。

d) 膜系统进行全面清洗的过程包括生物粘泥清洗、垢和金属氧化物、胶体粒子清洗三个程序。在实际运用过程中，往往根据自己系统的实际情况而采用其中的一个或两个程序来进行清洗。如有特殊需要，建议采用反渗透膜专用清洗药剂，并在专业清洗技术人员指导下进行清洗操作。

e) 对于发生严重微生物污染的反渗透系统，仅采用化学清洗并不能完全去除膜表面的生物膜，还需要进行相应的消毒处理，应注意在消毒过程中绝不能使用会对反渗透膜元件造成损害的杀菌剂。

f) 清洗完毕投入运作，在冲洗反渗透系统后，在产品水排放阀打开状态下运行反渗透系统，直到产品水清洁、无泡沫或无清洗剂，高压产水至电导率恢复完全，转入正常运行。

7.10 膜系统消毒

7.10.1 引言

生物污染是 RO/NF 系统操作中最常见和最严重的问题之一，特别是当水源为地表水或富含细菌的进水，控制水中微生物的活动尤为重要，正确的设计和预处理操作是防止出现微生物污堵的先决条件，完整的取样和分析步骤是操作程序的一部分，这样微生物活动的增加在早期阶段就可发现。

7.10.2 清洗受生物污染的膜元件

对于所有清洗过程，其清洗系统配置、pH 和温度范围及建议清洗流量值完全相同。

(1) 配置清洗液。优选 0.1% (wt) NaOH, PH13, 0.025%(wt) Na-SDS, 最高温度 35°C; 可选 0.1% (wt) NaOH, 1.0%(wt) Na₄-EDTA, PH12, 最高温度 35°C。

(2) 低流量输入清洗液。先用清洗水泵混合一遍清洗液，预热清洗液时应以低流量，然后以尽可能低的清洗液压力置换元件内的原水。

(3) 循环运行。当原水被置换掉后，浓水管路中就应该出现清洗液，可以让清洗液循环返回清洗水箱。循环清洗液 15 分钟或直到颜色不变为止。如颜色仍发生变化，放掉清洗液重新按步骤 1)配置新的清洗液。

(4) 浸泡。停止清洗泵的运行，让膜元件完全浸泡在清洗液中。有时元件浸泡大约 1 小时就足够了，但对于顽固的污染物，需要延长浸泡时间，如浸泡 10~15 小时或浸泡过夜。为了维持浸泡过程的温度，可采用很低的循环流量。

(5) 高流量循环运行。循环运行 30~60 分钟，高流量能冲洗掉被清洗液清洗下来的污染物。在高流量条件下，将会出现过高压降的问题，单元件最大允许的压降为 1bar (15psi)，对多元件压力容器最大允许压降为 3.5bar (50psi)，以先超出为限。

(6) 冲洗。预处理的合格产水可以用于冲洗系统内的清洗液，为了防止沉淀，最低冲洗温度为 20°C。

(7) 重启系统。等待元件和系统达到稳定后，记录系统重新启动后的运行参数，清洗后系统性能恢复稳

定的时间取决于原先污染的程度。为了获得最佳的性能，有时需要多次的清洗和浸泡步骤。

7.10.3 过氧化氢杀菌消毒

装有 SINOMEMB 膜元素的系统可以成功地使用过氧化氢或过氧化氢与过乙酸的混合物进行杀菌与消毒。

但一般有两个因素，温度和铁，会引起过氧化氢对膜的攻击损伤，杀菌溶液不应超过 25°C。

7.10.4 含氯杀菌消毒剂

SINOMEMB 膜元素可承受短期游离氯（次氯酸）的接触，但是膜对它的抵抗能力是有限的；膜元素可以在出现短暂性接触自由氯的系统里仍有良好的运行性能表现，大约与 1ppm 自由氯接触 200~1000 小时之后，会发生实质性的降解。

氯的攻击速率取决于进水的各种条件，在碱性 pH 条件下氯的攻击速度要高于在中性或酸性的 pH 条件，在含重金属（如铁）的条件下，氯的攻击速度也会加快，因为重金属能催化这一降解反应，因此不建议采用含氯的杀菌消毒剂，这类杀菌剂包括氯胺，氯胺-T 和 N-氯异氰酸酯（N-chloroisocyanurate），在低浓度下，SINOMEMB 膜元素对这类温和的含氯药剂有抵抗力，然而，在低浓度范围内，作为消毒剂其杀菌效能也很有限，同时，这些化合物还会缓慢地破坏膜，因为它们会与少量的余氯存在平衡。

如系统膜元素的贮存期少于 1 周，可有效地使用浓度为 500ppm 的高纯度 ClO_2 作杀菌消毒剂。但是它不能作为更长贮存期内使用的有效杀菌剂，在使用现场由氯气和氯化钠反应就地制备的 ClO_2 中，总会含有余氯，这样膜元素就会受到含余氯的 ClO_2 攻击，氯胺和 ClO_2 可以透过 SINOMEMB 膜片，使得产水中会残留少量的杀菌剂。

7.10.5 其他杀菌剂

(1) 甲醛。必须在膜元素连续运行至少 6 小时之后，才可以使用，否则会出现产水量的衰减。

(2) 硫酸铜。可用来控制藻类的滋生，通常硫酸铜连续投加量为 0.1~0.5ppm，同时 pH 必须足够低，以防止氢氧化铜的沉淀。碘、四价杀菌剂和酚类化合物会引起膜通量下降，不能作为杀菌消毒剂。

第八部分 反渗透和纳滤系统故障判断与排除

8.1 序言

脱盐率和产水量的下降是反渗透和纳滤系统中最常见的故障，膜元件进水流道的堵塞并伴随着组件压差的增加是另一类典型的故障，如果脱盐率和产水量较平缓地下降，这就表明系统存在正常的污堵，它可以通过恰当和定期地清洗来处理。而快速或突然的性能下降表明系统有缺陷或误操作，尽早采取相应的纠正措施十分必要，因为任何的拖延处理将会丧失恢复系统性能的机会，同时也会出现极低的产水量和极高的产水含盐量 TDS。

正常地记录运行数据并对系统性能进行标准化处理，对尽早发现潜在问题十分必要，它包括对所有的仪表进行正确的校正，没有准确的数据，等到出现问题可能就会太迟了，一旦发现性能下降，解决问题的第一步就是确定问题的所在位置以及找出问题的原因，可以使用运行参数记录表或某些在线测量仪表来实现，如果系统配套有必要的取样点或仪表，就能更加有效地进行故障排除。如果系统数据不足以确定原因和采取纠正措施，必须从系统中取出一个或一个以上的膜元件进行分析，这种针对膜元件性能的分析包括非破坏性和破坏性的分析。

8.2 系统故障判断

8.2.1 全系统调查

如果整个系统运行性能数据不理想，第一步就是调查分析整个系统，对系统实际性能与设计软件的预测性能进行比较是很有帮助的。准确详实地记录运行数据并对系统性能进行标准化处理，尽早发现潜在问题，迅速及时的处理尤为重要，这样可以有效的避免故障扩大。因此在日常记录数据时，尽量用项目表、曲线图等形式将参数标准化，记录的参数务求真实详细，记录方式避免经常更换，这些对于故障的分析和排除有着关键的作用。如果该系统实测性能不能足够接近软件预测性能，应进行下列各项检查：

(1) 所有的仪表、传感器、显示器进行校核了吗？

检验流量与电导测量仪表准确度的质量平衡方程：

$$(1) \text{ 进水流量} = \text{产水流量} + \text{浓水流量}$$

$$(2) \frac{(\text{进水流量}) (\text{进水电导})}{(\text{产水流量}) (\text{产水电导}) + (\text{浓水流量}) (\text{浓水电导})} = 1 \pm 0.5$$

(2) 系统是否已经进入运行与性能稳定期？

读取系统的各参数，必须在其连续运行24 到72小时左右，如果系统已经运行更长时间的话，必须研究

分析系统标准化性能数据的变化趋势。

(3) 产水压力是否已经考虑在内了？

有时系统运行时，产水压力较高，忽略产水压力的影响，会导致流量因子数值较小所致的不符合膜实际性能的结果。

(4) 检查系统的管道和仪表工艺流程图

检查系统的管道和仪表工艺流程图：

- 1) 是否有预防产水背压的措施？
- 2) 设计是否考虑了便于故障排除的要求？
- 3) 是否有防止压力外壳内出现虹吸的措施？

(5) 检查开机和停机的顺序规定，针对水锤、产水背压（背压定义为产水压力高于进水或浓水压力）和产水回吸（回吸定义为产水重新渗回进水或浓水侧，当进水为海水或高盐度时，产水回吸现象十分明显）等现象，膜系统是否仍很安全？

(6) 检查所采取的清洗步骤和所用的清洗药品，清洗步骤是否有效，清洗药品是否会损坏膜元件？

(7) 系统清洗频度怎样？

过高的清洗频度表明预处理性能不好，频繁采用强烈的清洗会缩短膜寿命。

(8) 是否进行了水质分析？

电导率的数值是不足以用于计算TDS脱除率的，尤其是原水中的CO₂会完全透过膜进入产水中，转化成碳酸，将会导致产水电导率的上升。

(9) 检查氯或其它氧化性化学品的使用情况，表明会出现潜在氧化问题。

(10) 检查保安滤器的更换速率，过高的更换速率预示着膜系统会有潜在的污堵风险。

(11) 检查SDI 数据，进水的SDI 应根据设计的规定要求稳定地保持在<5或<3。

(12) 检查结垢计算书并确认所加阻垢剂等化学品的加入量是否符合要求。

如果上述各条都已经充分考虑过了，而观察到的系统性能仍然超出了预期范围，应进行下述膜系统本体评估。

8.2.4 膜元件评估诊断

(1) 目测和称重。

水处理系统是否洁净，水箱和管道内壁是否有霉菌和微生物的滋生，打开压力容器的进水端板，第一支膜元件的端面上是否存在任何污染物？湿表面上的生物膜会有滑腻的感觉，是否有异味？膜体端面是否出现“望远镜”现象或外缠绕层的破坏，是否出现中心管损坏，检查其中的连接件，“O”型密封圈是否被扭坏、损伤或尺寸不配。检查元件是否污堵、结垢或机械损坏，至少应查看系统内第一段中的第一支和最后一段的

最后一支膜元件的情况。

元件的重量是判断其受污堵程度的重要指标，某些严重污堵的元件重量可能会增加一倍以上。

(2) 泄漏试验

膜元件若出现高漏盐率，首先要检查进水或浓水与产水间是否有短路，有时也会因为膜面出现穿孔、刮伤或粘接密封不良等所致，以下为检查 SINOMEMB 元件是否有泄漏，即确定其完整性的方法。

对沥干的膜元件产水中心管抽真空，中心管内压力的增加速度会显示该膜元件的机械完整性或膜面是否泄漏，虽然受到化学药品破坏的膜元件仍能较好地维持真空度，但受到机械损坏的膜则不能维持真空度。该方法又被称为真空试验，是十分有效的筛选步骤，但不能用于确认渗漏，只能测出明显不能维持真空度膜元件的泄漏。

(3) 性能试验

标准元件性能试验用于决定 SINOMEMB 元件在标准试验状况下的脱盐率和产水流量，试验结果可与有疑问的元件性能测试数据作对比，元件性能应在任何清洗试验之前和之后各进行一次，以便评估清洗处理效果。

(4) 清洗实验

当膜元件产水流量比规范值低很多时，可以尝试对膜元件进行清洗。但若膜元件本身已受到伤害或已经受到严重污染（当渗透液流量小于规范值的 50%）时，将难以获得有效的清洗效果。采用清洗来确定故障的方法包括建立清洗程序、确认代表性元件及随后的性能评测，清洗评估可以在性能测定之后对膜元件进行，也可以在膜元件作破坏性解剖之后对元件内的膜片进行。

当证明清洗试验有效时，即可用来清洗整个膜系统。

(5) 解剖分析

确定性能损失原因的最终方法是对元件作破坏性解剖分析。破坏分析如为质保目的时，则需由中芯技术服务与开发部门来参与确定性能下降原因。除去元件端盖和缠绕外壳，可以滚动打开元件内的膜叶。小心打开膜元件，不要擦伤膜表面，认真地查看膜表面，裁剪膜样品并收集污垢物，进行化学分析。分析方法包括红外分光、扫描电镜、溶出物离子分析等等。

加压染料实验分析。为了确定高漏盐率的原因和位置，在解剖元件前，应配制染料溶液对膜元件进行加压运行，所用染料为若丹明 B（碱性蕊香红，一种红色荧光染料），产水出现红色代表该膜受到破坏，解剖经过染料处理过的膜元件，查看染料的漏点，膜有损坏的区域会残留红色，这种评估方法能帮助人们辨别膜的化学损坏（如氧化）和机械损坏（如产水背压）。

8.3 故障原因分析及纠正措施

故障现象通常表现为以下几点：

- (1) 产水量下降，需要提高运行压力来维持额定的产水量；
- (2) 脱盐率下降，表现为产水电导率的增加；
- (3) 压降增加，维持进水流量不变的情况下，进水与浓水间的压差提高。

8.3.1 低产水量

如果系统出现产水量偏低的现象，确定原因的一般规律是：

第一段有问题，则存在颗粒类污染物的沉积，最后一段有问题，则存在结垢；所有段都有问题，则存在污堵。

低产水量故障的同时还会伴随有脱盐率正常，偏高或偏低，根据不同的组合，可以总结出不同的故障原因。

(1) 低产水量、正常脱盐率

主要为微生物和天然有机物污染。造成生物污染的原因是因为进水的微生物活性高同时又未采取合适的预处理。

纠正措施有：清洗并消毒整个系统，安装或优化预处理以应对原水的微生物污染，碱性清洗液（pH12~13）浸泡和冲洗，使用抗污染膜元件（FR）。

(2) 低产水流量、低脱盐率

最常见的系统故障，其可能的原因是：

- ❖ 胶体污堵；
- ❖ 金属氧化物污堵；
- ❖ 结垢。

纠正措施有：正确选用合适清洗液清洗膜元件，调整、纠正或改造预处理，金属氧化物污堵可采用合适的材料改造系统的管路系统或选择适宜材质的部分。

(3) 低产水量、高脱盐率

原因包括膜压密化或有机物污染。

纠正措施有：清洗有机物，某些有机物易于清洗，而某些却根本无法清洗（如导热油）；纠正前处理，应尽量使用最少的絮凝剂投加量，随时监测进水水质变化以避免絮凝剂过量投加；改造预处理，如增加油水分离器等；油性污堵可尝试用碱性清洗液清洗；阳离子聚电介质若不与阻垢剂等发生沉淀反应，可用酸性清洗液清洗；有人曾用酒精有效地去除膜面吸附的有机物。



8.3.2 脱盐率降低

8.3.2.1 脱盐率低、正常产水量:

(1) O型密封圈泄漏;

O形圈的泄漏可以用产水管内产水电导率探测技术检查内接头和适配器处的O形密封圈,应该检查产水端板堵头安装是否正确,是否维护得像新的一样,否则应更换老旧和损坏的O形密封圈。

(3) 望远镜现象;

产生望远镜现象的原因是进水与浓水间的压差过大,8英寸的元件因为膜截面面积更大更容易出现这种现象,必须确保在膜压力容器内安装抗应力环以支撑住8英寸膜元件的外包皮,较小直径膜元件由其产水管及其抗应力器来支持,防止外包皮的滑动。

出现望远镜现象后,应该用新元件更换被损坏的膜元件,并消除产生的原因。

(4) 膜表面磨损;

有时并非是个别元件出现这种故障,但前端元件常常最容易受到原水中结晶体或具有尖锐外缘的金属悬浮物的磨损。应检查来水中是否有上述物质,如焊渣等,进行膜面显微镜观察可检查出这类损伤,一旦发生这类故障就没有任何的补救方法,唯一的方法是改进预处理,并保证膜前高压管线内没有类似颗粒掉下来,然后更换所有受损的膜元件。

(5) 产水背压。

任何时刻,产水压力高于进水或浓水 0.3bar,复合膜就可能发生复合层间的剥离,可通过产水探测法来确定这类损坏。

8.3.2.2 脱盐率低、高产水量:

(1) 膜氧化;

当脱盐率降低并同时伴有较高的产水量,其主要原因是因为氧化损坏,在膜接触的来水中含有余氯、溴、臭氧或其它氧化物时,通常前端的膜元件较其它位置更易受到影响,中性或碱性 pH 条件下氧化对膜的伤害更大。

遭氧化伤害的膜元件采用真空试验等机械的方法是检测不出来的,这类化学性的伤害,可通过对膜元件或其中的小片膜样品经过染料评测显示出来,膜元件的解剖和膜片的分析可以用来确定氧化性损坏,一旦膜元件受到氧化损坏,只能更换全部受损元件,别无其它补救措施。

(1) 泄漏。

膜元件或产水中心管严重的机械损坏将导致进水或浓水渗入产水中,特别是当运行压力越高时,问题就越严重。真空试验会显示强烈的反应,下一节将讨论可能的起因。

8.3.3 高压降

进水与浓水间的压差，又称为压降，是沿膜元件水流方向很高的阻力，小直径膜元件的产水中心管将承受这种作用力，而8英寸膜元件，会由相邻元件的玻璃钢外壳承受并传递这种作用力。

每一支装有多支元件的压力容器压降上限是 3.5bar，每一支玻璃钢缠绕的元件压降上限为 1bar，超过上限时，即使是很短的时间，膜元件也可能会受到机械损伤，8 英寸以下的元件就会发生望远镜现象，甚至膜元件两端的抗应力器也会从膜包皮处被拉出，而 8 英寸元件会在其最薄弱处破裂，此处通常为抗应力器与膜卷的联接处，幸运的是，玻璃钢外包皮的损坏有时不会影响膜元件性能，有时即使元件内的膜片和进水流道网格已经从裂开的外包皮处露出，但元件仍可能还会有良好的性能。压降增加的位置和程度可作为辨别故障原因的有用的信息，因此应当监测每一段的压降以及进水与浓水间的总压降，以下讨论将涉及某些常见的起因和高压降防范措施：

(1) 保安过滤器短路：

保安滤器应能截留住大尺寸的杂质，防止前端膜元件的进水流道受到物理堵塞，当滤芯安装不紧密、滤芯间没有使用接头或遗忘安装时就会出现这种膜元件的堵塞。

有时操作过程中出现水力冲击或存在不兼容的物质时，保安滤器的保护作用就会逐渐丧失。应避免使用纤维材质的滤芯，因为它们会降解，并堵塞膜元件。

(2) 预处理介质过滤器穿透：

有时，某些从砂层、多层过滤介质、活性炭、弱酸离子交换树脂或硅藻等预处理设备上穿透的极细粉末，会进入膜进水中。

(3) 泵叶轮磨损：

大多数多级离心泵中至少有一个塑料叶轮，当泵轴对中不好时，叶轮就会磨损出杂质，它们会进入和堵塞前端膜元件。

(4) 结垢：

结垢会引起尾部膜元件压降的增加，必须保证采取了控制结垢的适当措施，并采用合适的化学品清洗膜元件，同时保证不超过系统的设计回收率。

(5) 密封损坏：

盐水密封的损坏会产生无规律的压降增加，在元件安装时，可能损坏或翻转膜元件抗应力器上盐水密封圈。它会导致某些进水短路不经过膜元件，而流经该元件的流量和流速偏低，这样就会实质性地超过了该处膜元件的最大回收率，当出现这种情况时，该元件及其相邻的下游元件就易于出现污堵和结垢，这是因为该压力容器内的浓水流量会偏低。

(6) 生物污堵。

生物污堵通常引起膜系统前端压降的显著增加，生物膜一般为胶状，且十分粘稠，会对进水水流产生极高的阻力，纠正措施请参阅相关章节中。

(7) 阻垢剂沉淀。

当聚合有机阻垢剂与多价阳离子如铝或残留聚合阳离子凝絮剂相遇时，将会形成胶状沉淀，严重污染前端的膜元件，这类污堵很难清洗，有时需要重复地使用碱性 EDTA 溶液进行清洗。

8.4 故障排除总结

在多数情况下，产水量、脱盐率和压降的变化是与某些特定故障原因相关联的症状，虽然实际系统中不同的故障原因会有重复相同的症状，但在很多特定的情况下，个别症状却多少起主导作用，下表汇总了这些症状、可能的原因及纠正措施。

家用膜元件故障排除一览表

症状	可能的原因	解决方法
新装膜脱盐率低，产水量低	膜元件进水密封圈密封不严	将膜元件从膜壳中拆下，重新安装，保证产水O型圈插入膜壳产水端，进水Y型圈与膜壳内壁紧密贴合。
脱盐率低 产水水质低	氯的破坏	更换膜元件，安装或更换碳滤。
产水量低	污堵	家用元件易受到微生物的污染，从家用元件外壳内取出元件，观察元件两端，闻一闻元件的气味就可确认是否存在微生物污染，受微生物污染的元件，通常散发难闻的气味，更换膜元件，安装或更换滤芯。
产水量低	结垢	从家用元件外壳内取出元件，用手捏一些，如果发出如同充满沙子的声音，在很大程度上就可以判断出现结垢问题，更换膜元件，检查盐水密封圈。



工业膜元件故障排除一览表

故障症状			直接原因	间接原因	解决方法
产水量	盐透过率	压差			
↑	↑↑	→	氧化破坏	余氯、臭氧、KMnO ₄ 等	更换膜元件
↑	↑↑	→	膜片渗漏	产水背压 膜片磨损	更换膜元件 改进保安过滤器过滤效果
↑	↑↑	→	O 型圈泄露	安装不正确	更换 O 型圈
↑	↑↑	→	产水管泄露	装元件时损坏	更换膜元件
↓↓	↑↑	↑	结垢	结垢控制不当	清洗：控制结垢
↓↓	↑	↑	胶体污染	预处理不当	清洗：改进预处理
↓↓	→	↑↑	生物污染	原水含有微生物、 预处理不当	清洗：消毒 改进预处理
↓↓	→	→	有机物污染	油、阳离子聚电解质	清洗：改进预处理
↓↓	↓	→	压密化	水锤作用	更换膜元件或增加膜元件

↑增加 ↓降低 →不变

↓↓/↑↑主要症状

第九部分 SINOMEMB®膜元件质量保证及服务承诺

9.1 膜元件质量保证

SINOMEMB®膜元件在依据中芯膜（北京）科技有限公司提供设计和操作规范条件下使用时，中芯膜（北京）科技有限公司对本公司生产的反渗透膜和纳滤膜提供如下材料、制造工艺及性能的质量保证：

9.1.1 制造工艺及材料保证

我公司保证生产及销售的膜元件在制造工艺和材料方面是完好的，在依据我公司提供的技术文件规定及工程实际要求正确使用时，如出现制造工艺及材料方面的质量问题时，我公司承担产品自购买之日起36个月的保证义务，并根据本条款检验发现确有质量问题时，由我公司负责保修或更换。

9.1.2 初始性能保证

根据中芯膜（北京）科技有限公司的产品规定的测试条件，膜元件具有该产品样本中规定的最低产水量和最低脱盐率。如没有达到初始性能，我公司在确认缺陷后免费进行退换货处理。

9.1.3 质保期限

我公司保证3年的膜元件性能。3年起始时间以下列任一时间先到为准：

- (1) 自系统运行之日起；
- (2) 自膜元件发货之日起 6 个月；
- (3) 自膜元件到达指定地点 3 个月。

9.1.4 性能保证

根据中芯公司的产品样本中规定的测试条件，膜元件具有该产品样本中规定的最低产水量和最低脱盐率。

在三年质保期内，膜元件的透盐率不超过规定值的3倍，最低产水量不低于规定值的70%。

9.1.5 质保条件

如客户在使用过程中未按我公司提供设计和操作规范条件下使用时，我公司将不履行上述章节中的质保条款。

9.2 服务承诺

我公司实施对每位用户专门设立客户档案及项目负责人制度，包括所有配置、技术资料等，项目负责人负责该项目中的所有工作，包括从产品的生产、安装、调试以及售后服务工作等。当用户需要维修时，项目负责人从档案中可方便地查到所要维护的部位和所要使用的材料等，从而能够大大缩短了时间，提高了售后服务的效率。



- 1) 系统投运后的第 2—6 个月，每 180 天派遣服务工程师电话查询设备运行情况。
- 2) 系统投运 6 个月后，每 30 天电话回访设备运行情况；
- 3) 正常情况下，对系统提供 12 个月的免费保修服务，质保期满后仅收取材料工本费。
- 4) 我公司设有 24 小时全天候电话服务，随时有人负责接待用户的咨询，保证用户遇到问题能够得到及时解决。
- 5) 我公司对所提供的设备实行终身服务，并承诺在接到服务通知后,4 小时内技术响应，技术人员在正常情况下 48 小时内赶赴现场进行解决，紧急情况下 24 小时到达现场。
- 6) 我公司保证设备所需的备品备件到位及时，如因备品备件不及时所造成的经济损失我公司负责赔偿。

几年来，我公司强大的售后服务体系和质保体系发扬着“求实求本，质誉永存”的公司精神，用优质的服务取信于用户，得到了全国各地广大用户的一致好评。



第十部分 SINOMEMB®膜产品温度校正系数 TFC

反渗透膜在运行过程中，随着压力、温度升高，反渗透膜产水量越高，反之亦然，但应注意膜元件承受温度和压力的范围。如膜元件在标准测试的温度和压力要求条件下运行，性能达到最优，在非标状态下，各用户根据所用工况产水量及脱盐率要求，综合考虑泵的选型及保温措施。

一般，客户泵的选型均在系统设计范围中，而反渗透膜的实际产水量受温度的影响变化较大。客户要根据当地实际情况来选择，建议使用温度范围 20~25℃。温度校正系数如表所示：

温度 ℃	温度校正 系数 TCF	温度 ℃	温度校正 系数 TCF	温度 ℃	温度校正 系数 TCF	温度 ℃	温度校正 系数 TCF	温度 ℃	温度校正 系数 TCF
5.0	2.072	12.2	1.575	19.4	1.214	26.6	0.956	33.8	0.786
5.1	2.064	12.3	1.552	19.5	1.210	26.7	0.954	33.9	0.784
5.2	2.056	12.4	1.564	19.6	1.206	26.8	0.951	34.0	0.782
5.3	2.048	12.5	1.558	19.7	1.201	26.9	0.948	34.1	0.780
5.4	2.040	12.6	1.552	19.8	1.197	27.0	0.946	34.2	0.778
5.5	2.032	12.7	1.547	19.9	1.193	27.1	0.943	34.3	0.776
5.6	2.024	12.8	1.541	20.0	1.189	27.2	0.940	34.4	0.774
5.7	2.016	12.9	1.535	20.1	1.184	27.3	0.938	34.5	0.772
5.8	2.009	13.0	1.529	20.2	1.180	27.4	0.935	34.6	0.770
5.9	2.001	13.1	1.524	20.3	1.176	27.5	0.933	34.7	0.768
6.0	1.993	13.2	1.518	20.4	1.172	27.6	0.930	34.8	0.766
6.1	1.985	13.3	1.513	20.5	1.168	27.7	0.927	34.9	0.764
6.2	1.978	13.4	1.507	20.6	1.164	27.8	0.925	35.0	0.762
6.3	1.970	13.5	1.502	20.7	1.160	27.9	0.922	35.1	0.760
6.4	1.962	13.6	1.496	20.8	1.156	28.0	0.920	35.2	0.758
6.5	1.955	13.7	1.491	20.9	1.152	28.1	0.917	35.3	0.756
6.6	1.947	13.8	1.485	21.0	1.148	28.2	0.915	35.4	0.754
6.7	1.940	13.9	1.480	21.1	1.144	28.3	0.912	35.5	0.752
6.8	1.932	14.0	1.474	21.2	1.140	28.4	0.910	35.6	0.750
6.9	1.925	14.1	1.469	21.3	1.136	28.5	0.907	35.7	0.748



7.0	1.918	14.2	1.464	21.4	1.132	28.6	0.905	35.8	0.746
7.1	1.910	14.3	1.458	21.5	1.128	28.7	0.902	35.9	0.744
7.2	1.903	14.4	1.453	21.6	1.124	28.8	0.900	36.0	0.742
7.3	1.896	14.5	1.448	21.7	1.120	28.9	0.897	36.1	0.740
7.4	1.888	14.6	1.442	21.8	1.116	29.0	0.895	36.2	0.738
7.5	1.881	14.7	1.437	21.9	1.112	29.1	0.892	36.3	0.736
7.6	1.874	14.8	1.432	22.0	1.108	29.2	0.890	36.4	0.734
7.7	1.867	14.9	1.427	22.1	1.105	29.3	0.888	36.5	0.732
7.8	1.860	15.0	1.421	22.2	1.101	29.4	0.885	36.6	0.730
7.9	1.852	15.1	1.416	22.3	1.097	29.5	0.883	36.7	0.728
8.0	1.845	15.2	1.411	22.4	1.093	29.6	0.880	36.8	0.726
8.1	1.838	15.3	1.406	22.5	1.089	29.7	0.878	36.9	0.725
8.2	1.831	15.4	1.401	22.6	1.086	29.8	0.875	37.0	0.723
8.3	1.824	15.5	1.396	22.7	1.082	29.9	0.873	37.1	0.721
8.4	1.817	15.6	1.391	22.8	1.078	30.0	0.871	37.2	0.719
8.5	1.811	15.7	1.386	22.9	1.075	30.1	0.868	37.3	0.717
8.6	1.804	15.8	1.381	23.0	1.071	30.2	0.866	37.4	0.715
8.7	1.797	15.9	1.376	23.1	1.067	30.3	0.864	37.5	0.713
8.8	1.790	16.0	1.371	23.2	1.063	30.4	0.861	37.6	0.712
8.9	1.783	16.1	1.366	23.3	1.060	30.5	0.859	37.7	0.710
9.0	1.776	16.2	1.361	23.4	1.056	30.6	0.857	37.8	0.708
9.1	1.770	16.3	1.356	23.5	1.053	30.7	0.854	37.9	0.706
9.2	1.763	16.4	1.351	23.6	1.049	30.8	0.852	38.0	0.704
9.3	1.756	16.5	1.346	23.7	1.045	30.9	0.850	38.1	0.702
9.4	1.750	16.6	1.341	23.8	1.042	31.0	0.847	38.2	0.701
9.5	1.743	16.7	1.337	23.9	1.038	31.1	0.845	38.3	0.699
9.6	1.737	16.8	1.332	24.0	1.035	31.2	0.843	38.4	0.697
9.7	1.730	16.9	1.327	24.1	1.031	31.3	0.841	38.5	0.695
9.8	1.723	17.0	1.290	24.2	1.028	31.4	0.838	38.6	0.693



9.9	1.717	17.1	1.285	24.3	1.024	31.5	0.836	38.7	0.692
10.0	1.711	17.2	1.280	24.4	1.021	31.6	0.834	38.8	0.690
10.1	1.704	17.3	1.276	24.5	1.017	31.7	0.832	38.9	0.688
10.2	1.698	17.4	1.271	24.6	1.014	31.8	0.829	39.0	0.686
10.3	1.691	17.5	1.267	24.7	1.010	31.9	0.827	39.1	0.685
10.4	1.685	17.6	1.262	24.8	1.007	32.0	0.825	39.2	0.683
10.5	1.679	17.7	1.258	24.9	1.003	32.1	0.823	39.3	0.681
10.6	1.672	17.8	1.253	25.0	1.000	32.2	0.820	39.4	0.679
10.7	1.666	17.9	1.249	25.1	0.997	32.3	0.818	39.5	0.678
10.8	1.660	18.0	1.244	25.2	0.994	32.4	0.816	39.6	0.676
10.9	1.654	18.1	1.240	25.3	0.992	32.5	0.814	39.7	0.674
11.0	1.647	18.2	1.236	25.4	0.989	32.6	0.812	39.8	0.672
11.1	1.641	18.3	1.231	25.5	0.986	32.7	0.810	39.9	0.671
11.2	1.635	18.4	1.227	25.6	0.983	32.8	0.807	40.0	0.669
11.3	1.629	18.5	1.223	25.7	0.981	32.9	0.805		
11.4	1.623	18.6	1.218	25.8	0.978	33.0	0.803		
11.5	1.617	18.7	1.290	25.9	0.975	33.1	0.801		
11.6	1.611	18.8	1.285	26.0	0.972	33.2	0.799		
11.7	1.605	18.9	1.280	26.1	0.970	33.3	0.797		
11.8	1.599	19.0	1.276	26.2	0.967	33.4	0.795		
11.9	1.593	19.1	1.271	26.3	0.964	33.5	0.792		
12.0	1.587	19.2	1.267	26.4	0.962	33.6	0.790		
12.1	1.581	19.3	1.262	26.5	0.959	33.7	0.788		