

|            |                              |                |
|------------|------------------------------|----------------|
| <b>第一章</b> | <b>东丽集团及水处理事业介绍 .....</b>    | <b>- 1 -</b>   |
| 第一节        | 东丽集团概况 .....                 | - 1 -          |
| 第二节        | 东丽集团水处理事业概要 .....            | - 3 -          |
| <b>第二章</b> | <b>东丽反渗透膜的研发及应用概况 .....</b>  | <b>- 5 -</b>   |
| 第一节        | 东丽反渗透膜的研发历史 .....            | - 5 -          |
| 第二节        | 东丽反渗透膜市场应用概况 .....           | - 7 -          |
| <b>第三章</b> | <b>东丽反渗透膜产品选用指南 .....</b>    | <b>- 11 -</b>  |
| 第一节        | 东丽 UTC 膜片性能特点 .....          | - 11 -         |
| 第二节        | 东丽 ROMEMBRA™ 膜元件简介 .....     | - 15 -         |
| 第三节        | 东丽反渗透/纳滤膜产品命名方式 .....        | - 16 -         |
| 第四节        | 东丽反渗透/纳滤膜产品一览表 .....         | - 17 -         |
| 第五节        | 东丽反渗透膜产品选用指南 .....           | - 19 -         |
| <b>第四章</b> | <b>东丽反渗透膜元件性能特点与规范 .....</b> | <b>- 21 -</b>  |
| 第一节        | 极超低压反渗透膜元件 TMH 系列 .....      | - 21 -         |
| 第二节        | 超低压反渗透膜元件 TMG 系列 .....       | - 29 -         |
| 第三节        | 低压反渗透膜元件 TM7 系列 .....        | - 37 -         |
| 第四节        | 抗污染反渗透膜元件 TML 系列 .....       | - 49 -         |
| 第五节        | 海水淡化反渗透膜元件 TM8 系列 .....      | - 57 -         |
| 第六节        | 超低压纳滤复合膜元件 SU 系列 .....       | - 69 -         |
| 第七节        | 东丽反渗透膜元件温度校正系数 .....         | - 74 -         |
| <b>第五章</b> | <b>反渗透系统预处理 .....</b>        | <b>- 75 -</b>  |
| 第一节        | 预处理的作用及目标 .....              | - 75 -         |
| 第二节        | 常见预处理方法的选择 .....             | - 78 -         |
| 第三节        | 常见污染物及其预处理工艺推荐 .....         | - 84 -         |
| <b>第六章</b> | <b>反渗透单元设计 .....</b>         | <b>- 95 -</b>  |
| 第一节        | 东丽反渗透膜系统设计指南 .....           | - 95 -         |
| 第二节        | 东丽反渗透系统设计软件使用指南 .....        | - 99 -         |
| <b>第七章</b> | <b>反渗透膜元件的安装、操作与维护 .....</b> | <b>- 115 -</b> |
| 第一节        | 反渗透膜元件安装 .....               | - 115 -        |
| 第二节        | 反渗透系统的操作 .....               | - 119 -        |
| 第三节        | 反渗透膜元件的维护与保存 .....           | - 125 -        |
| <b>第八章</b> | <b>反渗透系统的化学清洗 .....</b>      | <b>- 128 -</b> |

|            |                                                |              |
|------------|------------------------------------------------|--------------|
| 第一节        | 反渗透化学清洗概述 .....                                | 128 -        |
| 第二节        | 几种典型清洗与消毒方法.....                               | 132 -        |
| 第三节        | 反渗透清洗系统的设计 .....                               | 137 -        |
| <b>第九章</b> | <b>反渗透系统的运行监控与故障分析 .....</b>                   | <b>139 -</b> |
| 第一节        | 反渗透系统的运行监控及数据记录 .....                          | 139 -        |
| 第二节        | 反渗透系统故障快速诊断与排除 .....                           | 149 -        |
| <b>第十章</b> | <b>技术文献、质量保证与产品认证 .....</b>                    | <b>155 -</b> |
| 第一节        | 科威特 SULAIBIYA 世界最大的膜法污水回用系统 .....              | 155 -        |
| 第二节        | 特立尼达·多巴哥岛 136,000m <sup>3</sup> /d 海水淡化系统..... | 158 -        |
| 第三节        | 新加坡 TUAS 环太平洋最大的海水淡化系统 .....                   | 160 -        |
| 第四节        | 日本冲绳海水淡化厂的十年运行经验.....                          | 162 -        |
| 第五节        | 高脱硼率的海水淡化膜 .....                               | 166 -        |
| 第六节        | 东丽膜产品应用最新进展.....                               | 175 -        |
| 第七节        | 东丽反渗透膜元件三年按比例有限质量保证书 .....                     | 192 -        |
| 第八节        | 东丽反渗透膜元件的质量认证 .....                            | 195 -        |

## 第一章 东丽集团及水处理事业介绍

### 第一节 东丽集团概况

#### 1 东丽集团简介

- ※ 企业理念： 我们通过创造新的价值，为社会作贡献；
- ※ 东丽株式会社（Toray Industries, Inc.）成立于 1926 年，总部位于日本东京；
- ※ 东丽集团是一家以有机合成化工、高分子化学和生物化学为核心技术的世界领先的综合性高科技企业；
- ※ 在全球 20 个国家和地区设有 238 家企业；
- ※ 拥有雇员 37,924 名；
- ※ 年度净销售总额 152 亿美元（2008 年）；
- ※ 主要业务范围
  - ◇ 纤维和纺织品                      ◇ 塑料和薄膜                      ◇ 化工产品
  - ◇ 情报通讯相关产品                ◇ 复合材料                        ◇ 医药·医疗·保健
  - ◇ 环境与土木工程                  ◇ 时装·商贸                      ◇ 软件·信息

#### 2 东丽集团在中国开展的主要业务活动

- 1956 年    在香港成立商社；
- 1973 年    向上海石油化工公司提供涤纶纤维原料以及聚合成套设备；
- 1985 年    设立北京事务所；
- 1990 年    向上海石化出口工业用长丝成套设备，设立香港 TAL Knits Ltd.；
- 1992 年    在陕西合资成立陕西华昌纺织印染有限公司；
- 1994 年    在南通成立东丽酒伊印染有限公司；  
              在上海成立上海三井复合塑料有限公司；
- 1995 年    成立东丽酒伊织布（南通）有限公司；  
              成立丽碧复合塑料（深圳）有限公司；  
              成立东丽合成纤维（南通）有限公司；
- 1997 年    成立东丽商事（上海）有限公司；
- 2000 年    成立东丽酒伊织染（南通）有限公司；
- 2001 年    与中国仪化集团公司合资成立仪化东丽聚酯薄膜有限公司；
- 2002 年    在上海成立东丽（中国）投资有限公司（地区总部）；  
              在香港成立东丽（华南）有限公司；  
              在南通成立东丽纤维研究所（中国）有限公司；
- 2004 年    东丽水处理技术研究所在上海成立，重在提高液体分离膜在中国市场的研发、应用与全面技术服务；
- 2005 年    成立东丽塑料（香港）有限公司；  
              成立丽碧复合塑料（深圳）有限公司；

- 
- |        |                                                                                         |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
|        | 成立东丽（广州）贸易有限公司；                                                                         |
|        | 成立东丽即发(青岛)染织股份有限公司；                                                                     |
| 2006 年 | 投资中国企业成立东丽吉祥塑料科技（苏州）有限公司；                                                               |
|        | 与日本 PIGMENT·丰田通商合资成立天津碧美特工程塑料有限公司；                                                      |
| 2007 年 | 成立东丽精密科技（苏州）有限公司；                                                                       |
| 2008 年 | 成立东丽（北京）科技咨询服务有限公司，负责协调和管理在大中华地区膜产品的销售；                                                 |
| 2009 年 | 东丽公司与中国蓝星（集团）股份有限公司在北京合资成立了蓝星东丽膜科技（北京）有限公司，引进全球最先进的全自动制膜和卷膜生产线，为中国广大客户提供优质的反渗透膜产品和技术服务； |
| 1997 年 | 东丽已经连续 13 年冠名赞助上海国际马拉松赛，“东丽杯”上海国际马拉松赛与北京、厦门、大连并列为国际田联认可的中国马拉松四大黄金赛事，                    |
| 至今     | 并已被接纳为国际田联路跑协会正式成员。                                                                     |

## 第二节 东丽集团水处理事业概要

### 1 前言

为了在新的世纪里实现更大的飞跃和发展，东丽集团已经开始从二十世纪型的制造业形态逐渐转换成为二十一世纪型的[New Value Creator]即新价值创造实体，把信息通讯，医药医疗保健，安全·环境·高质量生活用品这三个成长领域定位于[战略性扩大事业]，并且加大了经营资源的投入力度，积极扩大在海外的业务及完善国际化经营战略，使之逐步成为集团发展的强大支柱。水处理作为环境领域的核心，东丽集团正以世界一流水平的[膜技术]为基本，注重与国内外相关企业的密切合作，积极推动膜产品事业和水处理系统工程事业的发展。

### 2 膜产品事业

东丽公司是世界著名的水处理膜生产厂家，拥有 40 年的从事液体分离膜的基础研究和产品开发的经验 and 业绩。在日本、美国拥有两个生产基地，在世界各地设有销售机构，特别是在制造和销售反渗透膜元件方面处于世界领先地位，赢得全球客户的高度评价。

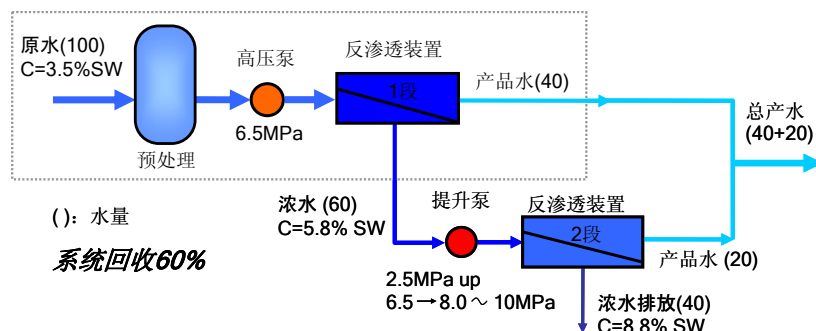
东丽早于 1968 年就开始了反渗透膜的研究开发，现在按不同用途生产反渗透(RO)、纳滤(NF)、超滤(UF)、微滤(MF)和膜生物反应器(MBR)等各种水处理膜，成为一个可以开发并生产所有种类液体分离膜的综合性膜制造厂家。RO、NF 膜产品的商标为 ROMEMBRA™；UF、MF 膜产品的商标为 TORAYFIL™；MBR 膜产品的商标为 MEMBRAY™。

东丽的膜产品事业，开始于半导体产业的超纯水制造，现在以海水淡化、苦咸水淡化为主。目前在世界各地已达到累计 1550 万 m<sup>3</sup>/d 以上的使用业绩。另外，在锅炉给水、工业纯水以及废水处理与再利用的膜用途方面，东丽的各种膜产品包括抗有机物污染性能优异的低污染 RO 膜产品，受到海内外大规模水厂客户的极大关注。

关于 UF 膜和 MF 膜，东丽的膜技术早已在日本国内的自来水行业，工业生产用水当中得到广泛应用。在 90 年代初的聚丙烯腈(PAN-UF)膜的基础上，2000 年起重点开发具有强耐久性和高过水通量的聚偏氟乙烯(PVDF-UF/MF)膜，最近成功开发了具有抗污染性能的 PVDF 中空纤维复合膜，适用于不同水质的原水。该技术荣获 2007 年化工学会技术大奖。另外，被认为是二十一世纪污水处理技术革命的 MBR，东丽特色的 PVDF 平板膜产品已经得到大规模使用。

### 3 水处理系统工程事业

在几十年来膜产品事业发展的基础上，东丽拥有了丰富的膜利用技术（软件技术），再融合东丽



集团独特的成套设备技术，系统工程技术（硬件技术），东丽愿意为客户提供各种膜处理和水处理工程服务咨询。

东丽的海水淡化技术，已广泛应用于沿海地区和海

岛的淡水供应。东丽最近又开发了一种新颖的并具有知识产权的浓缩水加压二段法海水淡化技术（BCS 技术，荣获化工学会技术奖，日本海水学会技术奖）以及防止生物污染的稳定化运行技术，正努力在海外大型海水淡化项目中得到实施应用。这一技术比常规的海水淡化法可节省约 20% 的成本，已经在全世界 6 个不同地区 12 个海水淡化生产线上得到使用。在这种技术中应用的膜元件 SU-820BCM 的最高运行压力可达 10MPa，是目前世界上运行压力等级最高的反渗透膜元件，只有东丽能生产这种超高压膜元件。

另外，在各种膜处理系统当中，将预处理技术，生物技术等重要技术手段与膜技术进行有机的结合，扩大现有的工业用水处理市场，并积极参与和开拓污水深度处理及废水再利用的新市场。

#### 4 水处理技术的研究开发

在东丽公司内部，作为水处理事业发展的技术中坚力量，除了生产部门以外，公司还拥有地球环境研究所，水处理技术开发中心等研发机构，还与关联公司如东丽研究中心（株），东丽技术株式会社，水道机工株式会社等开展通力合作。

东丽的水处理技术开发的主要内容有：各种水处理膜，微生物处理，先进膜系统技术等的基础研究与应用开发，至今已开发成功各种高性能超纯水用 RO 膜，海水淡化以及苦咸水淡化用 RO 膜，废水再利用的低污染 RO 膜，净水处理用 PAN-UF 膜和 PVDF-UF/MF 膜，污水处理用浸没式平板膜 MBR 等各种新膜产品。同时也研究开发了水中难分解性成分的处理技术，剩余污泥的减容化技术，膜生物污染的控制技术，微生物学的水质评价技术，深度氧化技术等，已取得了一定的成果。公司还在日本爱媛建立了海水淡化技术的中试基地，在滋贺建立了水厂膜净化技术的试验基地，能进行不同规模的水处理试验，加快了技术开发和产业化的进程。

2004 年 10 月东丽出资在上海成立了水处理研究所，成为第一家在中国进行水环境方面研究工作的外资企业。该研究所的主要功能是负责中国地区东丽膜产品的技术支持，同时与国内著名大学，研究院所进行共同研究，积极参与国家及地区的重点科研项目，将东丽先进的膜技术应用于各种不同类型水处理需要，为解决中国的缺水问题，水污染控制问题，水资源的有效利用等作出应有的贡献。

#### 5 社会活动方面

东丽与其他的水处理相关机构以及公司一起，致力于推动水处理膜技术的发展，促进行业的进步，扩大与繁荣市场，积极参与有关的社会活动。如国际脱盐协会、国际水协会、日本膜学会、日本脱盐协会、高分子学会、海水学会等，还有中国膜工业协会、中国脱盐协会、日本膜分离技术振兴协会（膜协会）、造水促进中心、水道研究中心的各种项目等。

作为拥有高度膜技术能力的水处理企业代表，东丽担任了国际脱盐协会(IDA)的理事会成员，也是日本脱盐协会的会长兼事务局单位，力争在业界中提高知名度，为扩大市场作出贡献。东丽还积极参加各种国际性膜技术和水处理专业学会并发表研究成果。2003 年 3 月在日本召开世界水论坛会(World Water Forum)，东丽集团被邀出席 CEO 个别论坛，并与世界著名的水处理企业领导人共同提出大会宣言。

## 第二章 东丽反渗透膜的研发及应用概况

### 第一节 东丽反渗透膜的研发历史

近年来随着世界上对水的需求的不断增加，水资源枯竭、水质恶化已经成为严重的问题。正如 21 世纪被称作水的世纪一样，为了能持续得到提供给饮用、工业以及农业的水源，膜技术由于清洁、无污染、无相变等特色受到各行业广泛地关注。反渗透膜法是一种广泛应用于海水淡化、苦咸水淡化、超纯水制造、食品医疗等领域的液体分离技术，而且它的重要性正在日益显著。用于水处理反渗透膜，最早开发并且得到规模应用的是非对称醋酸纤维膜，但是随着应用市场的不断扩展，对膜产品的性能要求不断提高。不仅要同时具备高脱盐率和高产水量，而且要有良好的耐久性。另外，为了节省能源，操作的运行压力就要求低压、超低压化。因此国内外都频繁地进行了膜技术开发，各种膜产品的应用性能和制膜法、复合膜化等技术都在迅速提高。

东丽公司是世界上最早从事反渗透膜技术开发的企业之一，是公认的先驱者。早在二十世纪 60 年代就开始膜技术的基础研究，从原材料的选用、制膜技术的开发以及膜元件构造的设计等，为这一技术在超纯水、海水淡化等水处理领域的应用发展做出了卓越的贡献。现在东丽已成为世界上少数的能同时提供醋酸纤维膜和聚酰胺复合膜的厂家，同时东丽也是世界唯一一家具有 RO、NF、UF、MF、MBR、纤维滤布等全系列膜技术研发与向市场提供全系列商业化膜产品的厂家。

- |        |                                                                                                                       |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1968 年 | 开始 CA 膜基础研究；                                                                                                          |
| 1976 年 | 开发并试生产出卷式膜元件、参加日本通产省造水中心海水淡化开发项目；                                                                                     |
| 1977 年 | 开始复合膜基础研究、开发出第一代复合膜 PEC-1000；                                                                                         |
| 1978 年 | 国内第一支 RO 膜上市，开始向 IBM 等客户提供了 SC 系列反渗透膜元件；                                                                              |
| 1979 年 | 开始生产复合膜元件 SP-100；                                                                                                     |
| 1985 年 | 发现了高性能芳香族聚酰胺复合反渗透膜的基础膜材料；                                                                                             |
| 1986 年 | 申请并取得复合膜材料的基本专利；                                                                                                      |
| 1987 年 | 开始生产用于超纯水制造、苦咸水淡化的高性能芳香族聚酰胺复合反渗透膜；首次向国内半导体用超纯水制造业提供低压膜「UTC-70」及 SU 系列膜元件；                                             |
| 1991 年 | 开发用于海水淡化的芳香族聚酰胺复合反渗透膜「UTC-80」；首次向北大东岛提供用于孤岛海水淡水化的反渗透膜元件「SU820」；                                                       |
| 1994 年 | 申请高效率二段法海水淡化化系统的基本专利；                                                                                                 |
| 1996 年 | 冲绳海水淡化厂（40,000m <sup>3</sup> /d）中的第 1 期（30,000m <sup>3</sup> /d）设备中，投入海水淡化化用芳香族聚酰胺复合反渗透膜元件「SU820」，并开始运行；              |
| 1996 年 | 开发用于超纯水制造、苦咸水淡化的极超低压反渗透膜「SUL-G」系列在半导体用超纯水用途为中心的领域得到推广；                                                                |
| 1997 年 | 在马斯·帕格马斯（西班牙）的海水淡化厂，高效率二段法海水淡化化系统获得 60% 的回收率，首次得到了国际化大型工程项目认证；                                                        |
| 1999 年 | 开发高效率二段法海水淡化化膜系统在马斯·帕格马斯（西班牙）的海水淡化厂（4,500m <sup>3</sup> /d）中投入运行，在加勒比海的库拉索岛中投入高效率二段法系统（11,400m <sup>3</sup> /d），开始运行； |

- 2001 年 在阿拉伯海沿岸地区，因为高温、高盐分浓度造成反渗透法海水淡化运行经常发生困难，但是东丽向沙特/AI Jubail 海水淡化厂（91,000m<sup>3</sup>/d）提供的海水淡化膜「UTC-80H」和系统运行技术，至今以 24,000m<sup>3</sup>/d 的产水量稳定运行；
- 2002 年 向世界最大的特立尼达·多巴哥（136,000m<sup>3</sup>/d）海水淡化厂提供全套海水淡化膜元件，至今系统依然高质量的运行；
- 2002 年 开始生产通用型 TM 系列反渗透膜元件；
- 2003 年 向世界最大的反渗透水处理设施--科威特 Sulaibiya 城市污水再利用项目（320,000m<sup>3</sup>/d）提供 TML 系列抗污染反渗透膜元件（TML20-400 约 21,000 支）；
- 2003 年 开发出具有最高脱硼水平的海水淡化膜，向东南亚最大的新加坡海水淡化工厂（136,000m<sup>3</sup>/d）提供全套 TM8 系列的海水淡化膜元件和超低压 TMG 系列苦咸水淡化膜元件；
- 2004 年 其高效型海水淡化膜 TM820E-400，于 2005 年在中国最大的海水淡化系统华能玉环电厂（34,600m<sup>3</sup>/d）中被率先选用；
- 2004 年 在上海成立了水处理研发服务中心，成为第一家在中国进行水环境方面研究工作的液体分离膜供应商；
- 2005 年 向国内最大的膜法技术污水处理厂天津泰达污水处理厂 30,000m<sup>3</sup>/d 系统提供 TML 系列抗污染膜元件；
- 2007 年 向国内最大的电子超纯水项目无锡海力士 20,000m<sup>3</sup>/d 系统提供苦咸水淡化膜元件；
- 2007 年 向世界超大规模海水淡化工厂阿尔及利亚 Hamma 200,000m<sup>3</sup>/d 系统提供高性能海水淡化膜元件；
- 2008 年 向世界超大型反渗透膜水处理设施—新加坡樟宜 Changi 城市污水再利用项目 228,000m<sup>3</sup>/d 提供 TML 系列抗污染反渗透膜元件；
- 2008 年 向世界超大规模海水淡化工厂沙特阿拉伯 Shuaibah 150,000m<sup>3</sup>/d 系统提供高性能海水淡化膜元件；
- 2008 年 向国内最大的苦咸水淡化项目—神华集团宁东煤电脱盐系统 90,000m<sup>3</sup>/d 提供 TML/TM7 系列反渗透膜元件。
- 2009 年 开发出 34mil 宽给水流道的 TM720N-400 低压膜元件及 TML20N-400 抗污染膜元件；
- 2009 年 开发出高通量高脱盐节能型 TM820S-400、TM820V-400 海水淡化膜元件，并获得阿尔及利亚的全世界最大海水淡化项目（500,000m<sup>3</sup>/d）反渗透膜元件订单。

## 第二节 东丽反渗透膜市场应用概况

东丽集团是世界著名的水处理膜生产厂家，拥有 40 年的从事液体分离膜基础研究和产品开发的经验和业绩，其开发的非对称醋酸纤维膜和架桥芳香族聚酰胺复合膜在世界上拥有极高的声誉。经过二十几年全世界客户的各种操作条件的验证，它在使用过程中表现出优异的脱盐稳定性和可靠性，成为在制造和销售反渗透膜元件领域公认的先驱者，赢得了客户的高度评价。

### 1 海水淡化反渗透膜元件

东丽的膜产品事业，开始于半导体产业的超纯水制造，现在以海水淡化、苦咸水淡化为主。特别是在海水淡化领域，在中东、地中海、加勒比海、东南亚等地区都有东丽的海水淡化膜元件为客户制造淡化水。目前在世界各地已累计超过 330 万 m<sup>3</sup>/d 以上的使用业绩。

表 2.1 东丽海水淡化膜元件应用于大型海水淡化工厂典型业绩

| 序号 | 国家/地区       | 使用点              | 系统规模 (m <sup>3</sup> /d) | 投运时间 | 说明     |
|----|-------------|------------------|--------------------------|------|--------|
| 1  | 阿尔及利亚       | Magtaa           | 500,000                  | 2011 | 世界最大   |
| 2  | 阿尔及利亚       | Hamma            | 200,000                  | 2008 |        |
| 3  | 沙特阿拉伯       | Shuaibah         | 150,000                  | 2009 |        |
| 4  | 科威特         | Shuwaikh         | 136,000                  | 2010 |        |
| 5  | 阿联酋         | Fujairah II      | 136,000                  | 2010 |        |
| 6  | 特立尼达·多巴哥    | Point Lisas      | 136,000                  | 2002 | 东丽两段法  |
| 7  | 新加坡         | Tuas             | 136,000                  | 2005 | 高脱硼膜元件 |
| 8  | 以色列         | Palmachim        | 92,250                   | 2007 |        |
| 9  | 沙特阿拉伯       | Al Jubail III    | 90,900                   | 2000 |        |
| 10 | 西班牙         | Mallorca         | 69,300                   | 2001 |        |
| 11 | 西班牙         | Alicante         | 65,000                   | 2002 |        |
| 12 | 沙特阿拉伯       | Dubai            | 64,000                   | 2008 |        |
| 13 | Nambia      | Swakopmund       | 55,000                   | 2008 |        |
| 14 | 马耳他         | Ghar Lapsi, etc. | 53,500                   | 2008 |        |
| 15 | 日本          | Okinawa          | 40,000                   | 1997 |        |
| 16 | 卡塔尔         | The Pearl Qatar  | 35,000                   | 2008 |        |
| 17 | 中国          | 浙江玉环             | 34,600                   | 2006 |        |
| 18 | 中国          | 浙江沿海             | 31,900                   | 2006 |        |
| 19 | Oman        | Qarn Aram        | 25,000                   | 2008 |        |
| 20 | 西班牙         | Adeje Arona      | 22,000                   | 1997 |        |
| 21 | 西班牙         | Mas Palomas II   | 22,000                   | 1994 | 东丽两段法  |
| 22 | St. Marteen | St. Marteen      | 15,000                   | 2008 |        |
| 23 | 荷兰          | Curaso           | 11,400                   | 1998 |        |
| 24 | 中国          | 辽宁庄河             | 12,720                   | 2008 |        |
| 25 | 阿尔及利亚       | Algiers          | 10,000                   | 2003 |        |

注：主要业绩统计为 10,000m<sup>3</sup>/d 以上

东丽海水淡化膜元件以其极高的脱盐率、系统出水水质的稳定性和较低系统运行压力，不仅保证了系统长期运行水质的稳定性，更大大降低了吨水的运行能耗，赢得国内使用单位的好评。最近，随着各国对水中硼元素的关注，东丽又及时开发出了适合于不同原水或处理工艺的高脱硼海水淡化膜。

表 2.2 东丽海水淡化膜元件应用于国内的海水淡化工厂典型业绩

| 序号 | 使用单位  | 系统规模 (m <sup>3</sup> /d) | 投运时间   | 产水用途     |
|----|-------|--------------------------|--------|----------|
| 1  | 河北沧州  | 18,000                   | 2003 年 | 工艺纯水     |
| 2  | 山东鲁丽  | 4,300                    | 2005 年 | 锅炉补给水    |
| 3  | 浙江玉环  | 34,600                   | 2006 年 | 锅炉补给水    |
| 4  | 山东昌邑  | 5,000                    | 2006 年 | 工艺纯水     |
| 5  | 浙江沿海  | 31,900                   | 2008 年 | 饮用水      |
| 6  | 珠海 BP | 5,000                    | 2007 年 | PTA 废水回用 |
| 7  | 辽宁庄河  | 12,720                   | 2008 年 | 锅炉补给水    |
| 8  | 鲁北化工  | 18,000                   | 2010 年 | 工艺纯水     |

## 2 苦咸水淡化反渗透膜元件

在锅炉补给水、工业纯水以及废水处理与再利用的膜用途方面，东丽的各种膜产品包括低压、超低压反渗透膜以及抗有机物污染性能卓越的低污染 RO 膜产品，受到国内外大规模水处理客户的极大关注。仅在超纯水、苦咸水淡化领域，东丽的反渗透膜元件在世界各地已累计超过 1220 万 m<sup>3</sup>/d 以上的应用业绩。

**在电子行业超纯水领域：**世界著名的 IBM、英特尔、索尼、松下、东芝、日立、NEC、夏普、佳能、爱普生、富士通、三星和 LG 等均选用了东丽的反渗透膜元件。

在中国市场典型的电子行业客户如无锡海力士、无锡华润微电子、无锡村田电子、无锡健鼎电子、苏州三星半导体、苏州飞索半导体、昆山龙腾光电、苏州 Canon、苏州 Epson、大连 Epson、深圳日立、联健科技、富相电子、天津 LG、天津 REW、天津 REK、上海 SVA、上海 GSMC、上海 3F、北京首钢日电等；

其中无锡海力士（850 m<sup>3</sup>/hr）、无锡健鼎电子（800 m<sup>3</sup>/hr）、深超光电（550 m<sup>3</sup>/hr）、昆山龙腾光电（450 m<sup>3</sup>/hr）、上海 SVA（220 m<sup>3</sup>/hr）、北京首钢日电（100 m<sup>3</sup>/hr）等在所有的超纯水系统中全部选用了东丽反渗透膜元件。

**在石油化工领域：**东丽的反渗透膜元件在全球的石油化工行业拥有广泛的用户，如伊朗法吉尔石油化工集团的 100,000m<sup>3</sup>/d 和韩国现代化工集团的 84,000m<sup>3</sup>/d 反渗透系统已经具有长达十余年运行记录；

在中国市场典型客户如宁夏煤化工（3,750 m<sup>3</sup>/hr）、赛科石化（480 m<sup>3</sup>/hr）、大连石化（200 m<sup>3</sup>/hr）、珠海 BP（200 m<sup>3</sup>/hr）、沧州化工（180 m<sup>3</sup>/hr）、迁安化工（200 m<sup>3</sup>/hr）、银川化工（200 m<sup>3</sup>/hr）、

江苏氯碱化工 (150 m<sup>3</sup>/hr)、包头化工 (120 m<sup>3</sup>/hr)、天津碱厂 (750 m<sup>3</sup>/hr)、咸阳化工 (540 m<sup>3</sup>/hr)、庆阳石化 (630 m<sup>3</sup>/hr)、海化集团 (500 m<sup>3</sup>/hr) 等。

**在国内电力行业：**在国内电力行业的主要应用在以地下水、地表水、冷却循环排污水、工厂废水为水源的锅炉补给水系统；典型的用户如山西铝业 (780 m<sup>3</sup>/hr)、晋北铝业 (360 m<sup>3</sup>/hr)、龙口热电 (420 m<sup>3</sup>/hr)、潍坊发电厂 (200 m<sup>3</sup>/hr)、荣城电厂 (200 m<sup>3</sup>/hr)、日照电厂 (210 m<sup>3</sup>/hr)、鲁丽集团 (240 m<sup>3</sup>/hr)、土右旗热电厂 (440 m<sup>3</sup>/hr)、海神电厂 (180 m<sup>3</sup>/hr)、榆林电厂 (300 m<sup>3</sup>/hr)、华能玉环电厂 (480 m<sup>3</sup>/hr+390 m<sup>3</sup>/hr)、滇东电厂 (660 m<sup>3</sup>/h+320 m<sup>3</sup>/hr)、沈海热电厂 (300 m<sup>3</sup>/hr)、西北坡电厂 (210 m<sup>3</sup>/hr)、宝钢电厂 (200 m<sup>3</sup>/hr)、内蒙山晟电厂 (480 m<sup>3</sup>/hr)、正和热电厂 (380 m<sup>3</sup>/hr)、南山热电厂 (480 m<sup>3</sup>/hr)、宣化热电厂 (450 m<sup>3</sup>/hr) 等锅炉补给水系统。

**在冶金、污水回用领域：**东丽的抗污染系列反渗透膜 TML 系列由于其卓越的耐污染性能，连续得到国际上大型项目的定单，其中新加坡的市政污水再生项目，Changi 再生水厂规模 228,000m<sup>3</sup>/d，Seletar 再生水厂规模为 24,000m<sup>3</sup>/d；科威特的超特大型市政污水回用项目，规模为 320,000m<sup>3</sup>/d，即世界上第一位和第二位最大规模的膜法城市污水回用系统采用了东丽的抗污染反渗透膜元件。国内行业典型的用户如：天津泰达污水处理厂 (30,000m<sup>3</sup>/d)、天津东郊污水处理厂 (15,000m<sup>3</sup>/d)、广东理文纸业 (25,000 m<sup>3</sup>/d)、上海宝钢集团 (5,000 m<sup>3</sup>/d)、内蒙包钢集团 (7,000 m<sup>3</sup>/d)、莱钢集团等。

表 2.2 东丽反渗透膜元件应用于大型苦咸水淡化工程典型业绩

| 序号 | 国家/地区 | 使用点             | 系统规模 (m <sup>3</sup> /d) | 投运时间   | 说明           |
|----|-------|-----------------|--------------------------|--------|--------------|
| 1  | 科威特   | Sulaibiya       | 320,000                  | 2004 年 | 污水回用 (世界最大)  |
| 2  | 新加坡   | Changi          | 228,000                  | 2009 年 | 污水回用 (世界第二大) |
| 3  | 沙特阿拉伯 | Salboukh&Boweib | 120,000                  | 2006 年 |              |
| 4  | 伊朗    | Fajr            | 100,000                  | 2001 年 | 工艺纯水 (亚洲最大)  |
| 5  | 中国    | 宁夏              | 90,000                   | 2008 年 | 工艺纯水 (中国最大)  |
| 6  | 韩国    | Daesan/HPC      | 84,000                   | 1997 年 | 工艺纯水 (东南亚最大) |
| 7  | 韩国    | Daesan          | 80,000                   | 2001 年 | 工艺纯水         |
| 8  | 加勒比海  | Trinidad        | 78,100                   | 2000 年 | 饮用水/工艺纯水     |
| 9  | 韩国    | Daesan/HPC      | 70,000                   | 1989 年 | 工艺纯水         |
| 10 | 澳大利亚  | Luggage Point   | 66,000                   | 2008 年 | 污水回用         |
| 11 | 韩国    | Suwon           | 60,000                   | 2001 年 | 工艺纯水         |
| 12 | 美国    | Collier         | 45,000                   | 2006 年 | 工艺纯水         |
| 13 | 沙特阿拉伯 | Al Rass         | 36,000                   | 1989 年 | 饮用水/工艺纯水     |
| 14 | 沙特阿拉伯 | Al Bukariyah    | 36,000                   | 1989 年 | 饮用水/工艺纯水     |
| 15 | 中国    | 天津泰达            | 30,000                   | 2006 年 | 污水回用         |
| 16 | 韩国    | Seosan/SPI      | 25,000                   | 2001 年 | 工艺纯水         |
| 17 | 中国    | 广东              | 25,000                   | 2005 年 | 工艺纯水         |
| 18 | 中国    | 云南              | 24,000                   | 2007 年 | 工艺纯水         |
| 19 | 新加坡   | Seletar         | 24,000                   | 2003 年 | 污水回用         |

| 序号 | 国家/地区 | 使用点 | 系统规模 (m <sup>3</sup> /d) | 投运时间   | 说明   |
|----|-------|-----|--------------------------|--------|------|
| 20 | 中国    | 山西  | 20,000                   | 2005 年 | 工艺纯水 |
| 21 | 中国    | 江苏  | 20,000                   | 2006 年 | 工艺纯水 |
| 22 | 中国    | 天津  | 20,000                   | 2008 年 | 工艺纯水 |

注：主要业绩统计为 20,000m<sup>3</sup>/d 以上

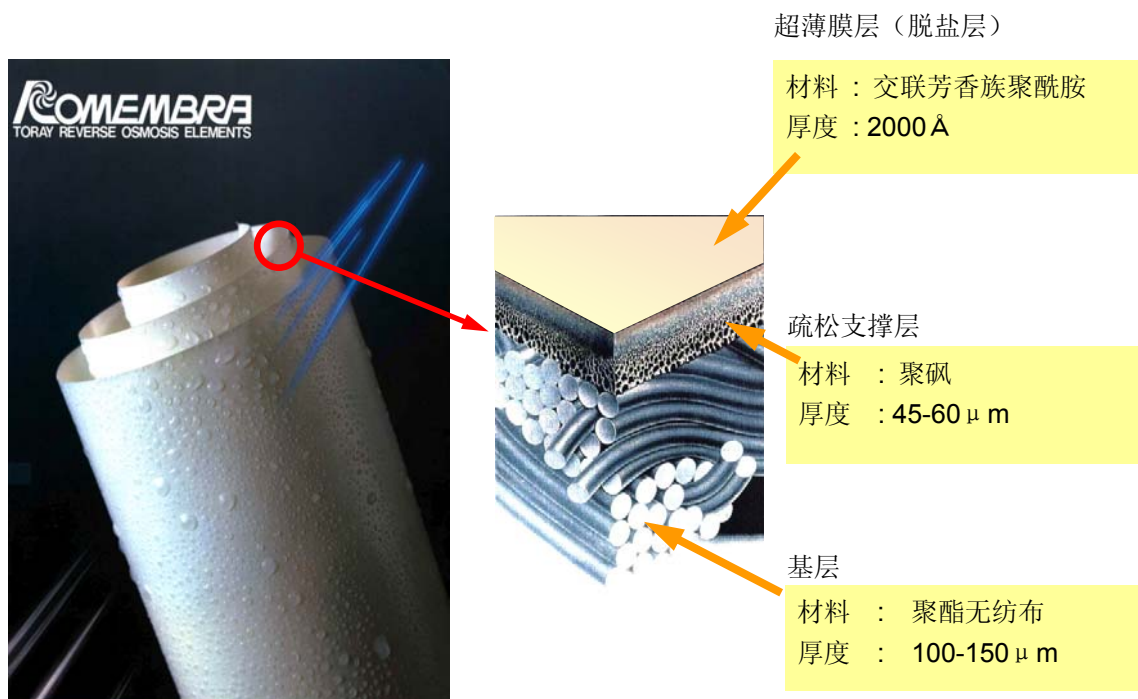
### 第三章 东丽反渗透膜产品选用指南

#### 第一节 东丽 UTC 膜片性能特点

##### 1 东丽 UTC 膜片的卓越性能

应用性能显著的膜元件源于好的膜片，其次决定于膜元件的卷制技术、经验与元件结构的优化设计，东丽公司拥有近 40 年的膜片研发与应用的经验，具有世界最先进的全自动制膜与卷膜生产线。

东丽公司结合多年的膜片研发与应用经验，根据不同的应用范围，针对性地开发出相应的膜片，目前东丽公司市场上广泛应用的膜片有低压 UTC-70、UTC-70L 反渗透膜片，超低压 UTC-70U 反渗透膜片，极超低压 UTC-70H 反渗透膜片，海水淡化 UTC-80、UTC-80H、UTC-80BC 反渗透膜片等，膜片的构成如下图所示：



东丽公司的 UTC 系列膜片在国际环保、水处理市场广泛的应用业绩与应用状况证明 UTC 系列膜片在脱盐率、水通量、抗污染、抗生物降解等方面具有极高的应用性能，且具有目前膜行业最宽的 pH 运行与清洗范围，可以使用 pH1-pH12 的无机酸碱如盐酸、烧碱等溶液的强力清洗，化学清洗后又可基本恢复膜产品初始的性能。因此东丽公司的 UTC 系列膜产品得到国际行业大型用户的青睐与首选。

东丽公司的反渗透膜元件通过增加膜袋的片数，缩短进水流道的长度，增大进水隔网的宽度，不仅拥有更高的水通量，而且与其他品牌的膜产品相比，可减少有机物及微生物在膜表面的吸附，具有更强的耐污染能力。适合于以地表水、地下水、海水、市政二级排放污水等为水源的大型水处理脱盐系统。

## 2 东丽 UTC 膜片的开发过程

### 2.1 聚酰胺反渗透复合膜 UTC 膜片

「UTC 膜」是在长年积累的制膜经验的基础上新研制出来的高性能聚酰胺复合反渗透膜。本技术是根据直接界面重缩合法使得被作为支撑体选定的聚砜多孔质支撑膜表面，形成超薄膜的架桥聚酰胺机能层而来制造复合膜的一种方法。图 1 表示界面重缩合的模式图。把芳香多酰基氯放到水和非混和性的有机溶媒中溶解、让溶解后的液体在多孔质支持膜表面与芳香多胺的水溶液接触就会形成水 / 有机溶媒的界面。在这个界面上水溶液中的胺会

从水相向有机相中扩散、并且与有机相中的酰基氯产生反应形成交联网状聚酰胺。聚酰胺在界面析出后就会产生非常薄的分离机能膜。这个方法本身是美国在 1980 年代实际应用的，但是在用于苦咸水的低压化和一段海水淡水化的高脱盐性膜中没有达到预期的效果。

以前的聚酰胺膜的酸成分主要采用苯三酰氯，而胺成分局限于芳香二胺。而东丽的制膜技术具有以下的特点：以独特的方法高纯度地创制出新的苯三胺（1,3,5-三氨基苯：TAB）、与芳香二胺（m,p-苯二胺：m- or p-PDA）并用后，再让它与芳三酰氯（TMC）/ 芳二酰氯（对、间苯二酰氯：TPC, IPC）混合物重缩合。由于这个特点，使它具有与以前的线状（非架桥）聚酰胺，架桥脂肪族聚酰胺，架桥脂肪族 / 芳香族混合聚酰胺有不同的化学构造。而且在分子设计结构设计上采取了与其他竞争对手不同的手法，创造出了具有优异的化学物理稳定性、耐久性、以及高产水量和高脱盐性能

的组成调节，就能得到不仅具有致密构造而且又有适度重合的超薄膜，而致密构造以及适度重合正是膜要达到高脱盐率和耐久性所必要的条件。另外重缩合时采用了酰化催化剂增加了机能层酸的末端，使膜造水量的大幅度增长成为可能。而且还开发了包含后处理在内的巧妙的控制化学反应和膜制造技术，例如把得到的膜的氨基化合物间的氢基结合暂时断开来进行聚合物的再排列，以达到膜性能的提高以及稳定化等。并且通过控制膜的组成，膜表面反应而调节膜的表面电荷，从而开发了适合于不同用途的各种特性的膜产品。

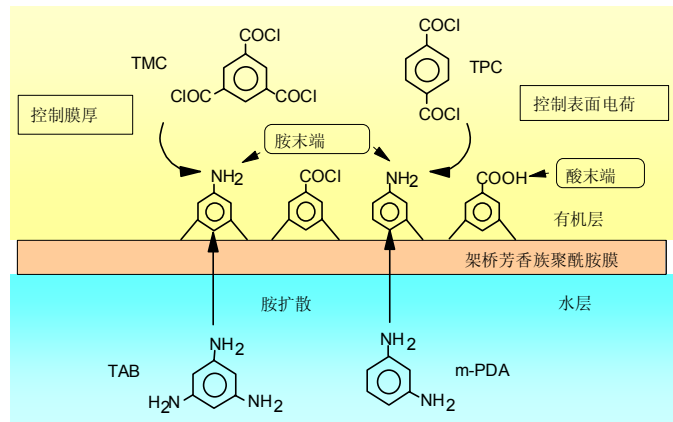


图 1 复合膜界面重缩合的模式图

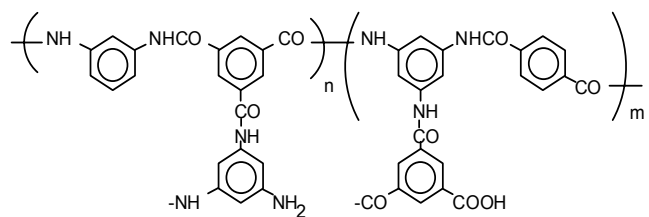


图 2 采用了 TAB 的架桥芳香族聚酰胺的构造

## 2.2 超低、超低压和极超低压 UTC-70 膜片

在苦咸水淡化、超纯水制造等的用途中，从节省能源（削减运行成本）的观点来看，就要以更低的压力（1.0MPa 以下）来运转。所以要在维持分离性能的同时提高膜元件的产水量，在超低压（约 0.76MPa）、极超低压（约 0.5MPa）的条件下也能得到高脱盐率，高透水性的膜技术成了必须解决的课题。

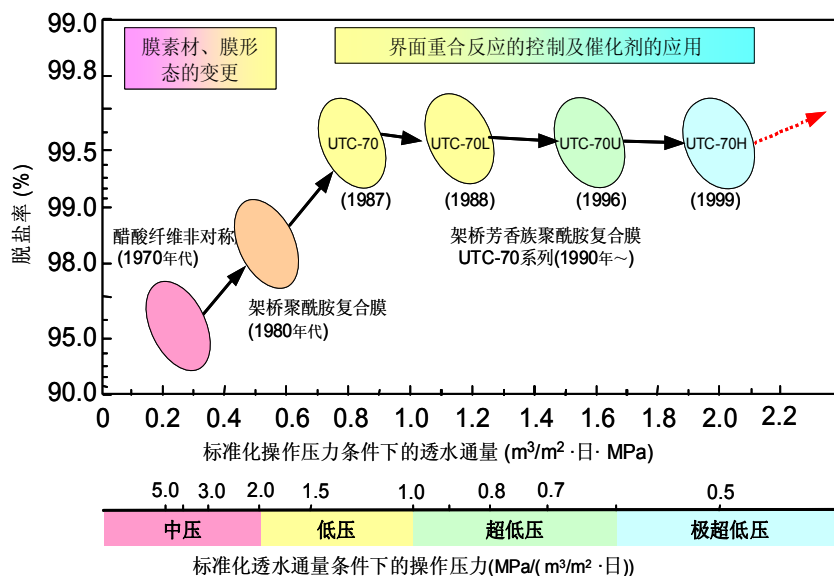


图3 表示了东丽公司反

图3 反渗透膜低压化的进程

渗透膜元件的超低压化的进程。在 1987 年向市场投放了架桥芳香族聚酰胺膜的 1.5MPa 低压用反渗透膜片 UTC-70 和它的元件 SU-700；在 1988 年开发了 1.0MPa 的膜片 UTC-70L 和它的元件 SU-700L；之后又在 1996 年开发了在维持原有的低压反渗透膜的溶质排除性能下把膜透水通量（Flux）提高到 2 倍的架桥全芳香族系列聚酰胺复合膜片 UTC-70U，利用这种膜片开发了在只要原来一半压力（0.75MPa）下就能运行的超低压苦咸水淡化用复合膜元件“SUL-G”系列以及超纯水离子交换后置用复合膜元件“SUL-GP”系列。另外以更节能，更低成本为目标而新近开发的在只要原来的 1/3 压力（0.5MPa）下就能运转的极超低压膜片 UTC-70H，采用这种膜片生产的膜元件“TMH”系列，在 0.5MPa 的条件下就能得到与原来 SU-700 相同的脱盐率及造水量。

## 2.3 海水淡化用 UTC-80 膜片

海水淡化中因为供给液（海水）的盐浓度较高，渗透压也高，所以海水淡化用的反渗透膜也必须在高压下使用。这样就要求海水淡化膜必须有承受高操作压力的耐压性和高脱盐率的性能。所以如何提高海水淡化膜片的致密性也是非常重要的课题。UTC-80 膜片是在 UTC-70 膜片的基础上改变了制膜条件，通过架桥构造致密化来提高了耐压性，并实现了高脱盐率的膜。

SU-820 或 TM820 膜元件是采用 UTC-80 膜片的 8 英寸卷式膜元件。与市场上同类海水淡化膜元件相比，这个膜元件具有高脱盐率和高造水量的特点。并且东丽公司还针对中东地区海水淡化的应用开发了高除盐性高耐久性的 UTC-80H 膜片和它的元件，以及在高效率二段法海水淡化的第二段中使用的超高压（10MPa）的 UTC-80BC 膜片和

表1 东丽海水淡化膜元件的性能

| 海水淡化用膜片       | 超高压反渗透膜<br>UTC-80BC |        | 高压反渗透膜<br>UTC-80H | 普通高压反渗透膜<br>UTC-80 |
|---------------|---------------------|--------|-------------------|--------------------|
| 膜元件           | SU-820BCM           |        | TM820H            | SU-820             |
| 性能            |                     |        |                   |                    |
| 脱盐率 (%)       | 99.8                | 99.83  | 99.8              | 99.75              |
| 产水量 (m³/日)    | 16.0                | 16.0   | 16.0              | 16.0               |
| 测试条件          |                     |        |                   |                    |
| 供给水盐浓度 (mg/l) | 58,000              | 35,000 | 35,000            | 35,000             |
| 操作压力 (MPa)    | 9.0                 | 5.5    | 5.5               | 5.5                |
| 最高使用压力 (MPa)  | 10.0                |        | 8.4               | 7.0                |

注：超高压反渗透膜仅提供成套设备。

它的元件 SU-820BCM。这些膜元件的性能在表 1 中表示。而且最近在饮用水及农业用水中硼元素的浓度标准也逐渐得到了重视。为了响应这些需求，东丽公司还开发了具有高脱硼性能的膜片和膜元件。

## 2.4 其他的聚酰胺复合反渗透膜片

近年，对作为环境对策和持续可利用水资源的污水和废水进行再利用的技术领域里，反渗透法受到广泛的关注。目前就世界范围来说，中国、新加坡和印度等东南亚地区，沙特阿拉伯和科威特等的中东地区以及欧洲各国都在计划建造大型市政污水和工业废水处理厂。像这样用于污水和废水处理的膜片就需要有很强的抗污染性能，东丽公司以上述聚酰胺复合反渗透膜技术为基础，进行了使膜表面更加亲水化的表面材料改性技术的研究，开发成功了具有低污染性能的反渗透膜片及其元件并已成功运用于国际大型污水和废水再利用项目。

另外，为了应用于饮用水制造用途，必须考虑去除原水中的色度成分、三卤代甲烷的原生态等有害物质。在这些领域里，需要使用与反渗透膜的材料、性能相类似的，平均孔径大 10 倍的纳滤膜片。东丽公司把在反渗透膜技术上积累的卓越的技术和经验，运用到纳滤膜片上，开发出了只要施加很小的压力就能够高效地去除上述有害物质的新规格纳滤膜片。

自从世界卫生组织（WHO）提出的在饮用水中，硼浓度的含量不能超过 0.5mg/L 的暂定指导方针后，用反渗透膜来进行海水除盐领域里，硼的脱除成了一个重要的课题。在自然界中，硼是以小的非游离的硼酸物质存在着，通过反渗透工艺很难去除。尽管一般的海水淡化膜元件，对硼有着 90% 的或者更多一点的脱除率，但这是不够的，必须通过其他辅助工艺来满足 WHO 要求的值。东丽已经研发出对硼有 93% 脱除率的海水淡化膜元件来减少辅助工艺，同时开发出专用于海水淡化饮用水系统的第二级处理的高脱硼低压膜元件，脱硼率高达 95%。

## 第二节 东丽 ROMEMBRA™ 膜元件简介

东丽 ROMEMBRA™ 反渗透 (RO) 和纳滤 (NF) 膜元件, 广泛应用于大中小型水处理系统, 无论在处理苦咸水还是海水, 卓越的脱盐性能、更高的产水量、较低的运行压力、更长的使用寿命, 被业界公认为是最经济和最有效的膜法水处理核心部件。

东丽 ROMEMBRA™ 膜元件为卷式结构, 独特的排气端盖设计、较宽的流道格网, 保证了膜元件具有更高的抗冲击、抗污染性能。

东丽 ROMEMBRA™ 膜元件型号及使用条件如下:

- ◆ TMH 极超低压反渗透膜元件, 最低的能耗, 适用于  $TDS \leq 1,000\text{mg/L}$  的系统
- ◆ TMG 超低压反渗透膜元件, 较低的能耗, 适用于  $TDS \leq 2,000\text{mg/L}$  的系统
- ◆ TM7 低压反渗透膜元件, 更高的脱盐率, 适用于大中型苦咸水淡化系统
- ◆ TM720N 34mil 高宽给水流道低压反渗透膜元件, 业界最宽流道
- ◆ TM720C 低压高脱硼反渗透膜元件, 适用于高脱硼需求的系统
- ◆ TML 低压抗污染反渗透膜元件, 适用于高污染地表水、复杂水源、各种废水回用
- ◆ TML20N 34mil 高宽给水流道低压抗污染反渗透膜元件, 业界最宽流道
- ◆ TM820C 海水及高 TDS 苦咸水淡化反渗透膜元件
- ◆ TM820A 高 TDS 海水淡化反渗透膜元件
- ◆ TM820S 高脱盐低能耗海水及高 TDS 苦咸水淡化高通量反渗透膜元件
- ◆ TM820E 高脱盐低能耗海水及高 TDS 苦咸水淡化反渗透膜元件
- ◆ TM820F 极低能耗海水及高 TDS 苦咸水淡化反渗透膜元件
- ◆ SU6 中等脱盐率纳滤膜, 高有机物、杀虫剂、除草剂、病毒过滤率

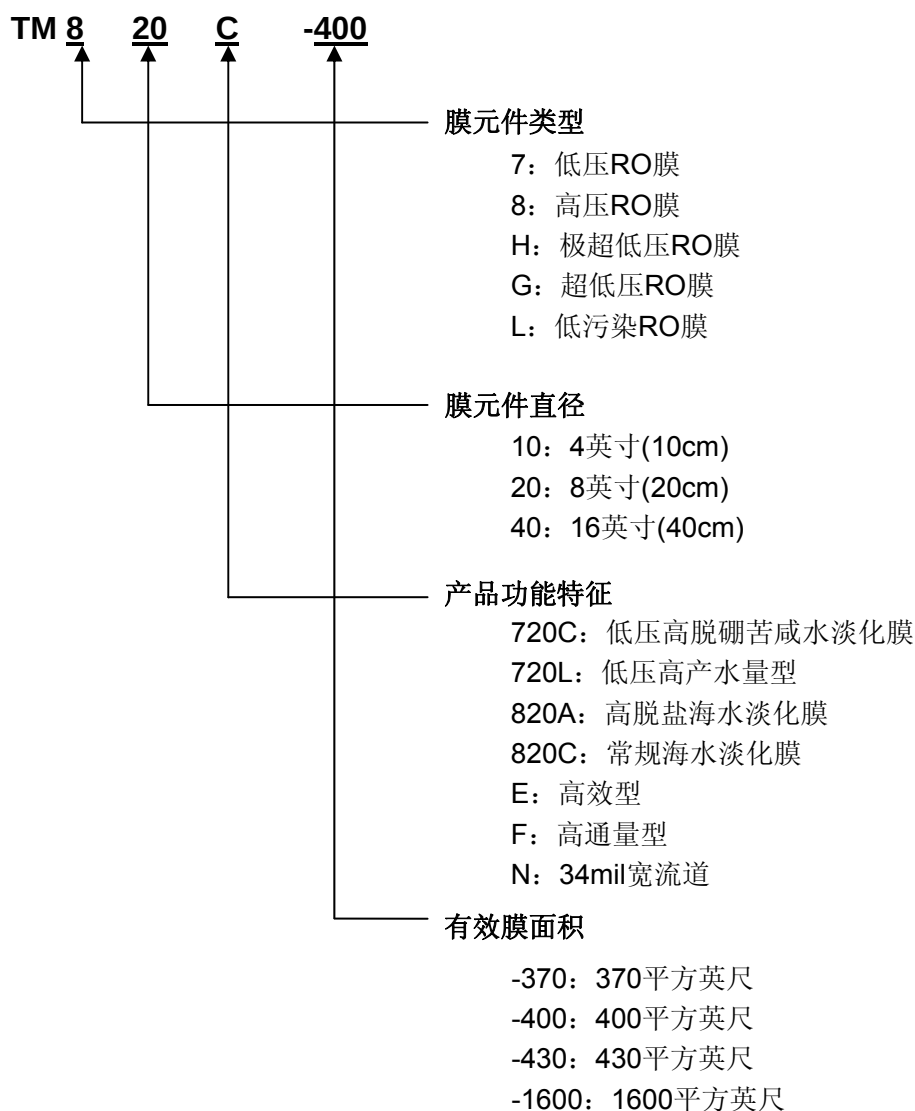
标准膜元件长度为 40 英寸 (1016mm), 东丽 ROMEMBRA™ 膜元件标准直径系列为 4 英寸、8 英寸、16 英寸。

具体产品性能规范请参考本手册。东丽膜元件具有以下特点:

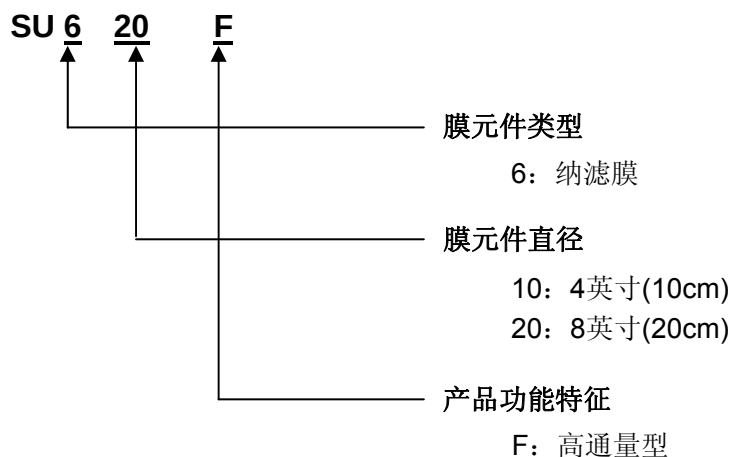
- ◆ ROMEMBRA™ 膜元件进水流道涵盖 28mil、31mil、34mil, 更宽的流道, 最大限度降低污染, 提高膜元件化学清洗效率;
- ◆ 独特的端盖排气设计, 更高的抗水力冲击能力;
- ◆ 更宽的耐 pH (1-12) 能力;
- ◆ 在相同的水通量条件下, 拥有同类产品更高的脱盐率;
- ◆ 全自动生产线生产, 100% 出厂测试, 保证膜元件性能一致性;
- ◆ 膜片仅在日本生产, 元件仅在日本和美国生产, 完全的原装进口。

## 第三节 东丽反渗透/纳滤膜产品命名方式

## 1 东丽内接式反渗透膜元件命名一览表



## 2 东丽外接式纳滤膜元件命名一览表



## 第四节 东丽反渗透/纳滤膜产品一览表

| 膜元件型号      | 使用特征     | 性能参数     |                                | 测试条件              |                     |                  |
|------------|----------|----------|--------------------------------|-------------------|---------------------|------------------|
|            |          | 标准脱盐率(%) | 透过水量<br>gpd(m <sup>3</sup> /d) | 操作压力<br>psi (MPa) | 测试液浓度<br>NaCl(mg/L) | 单支元件回收率<br>或浓水流量 |
| SU610      | 低压纳滤     | 55       | 1,200(4.5)                     | 50(0.35)          | 500                 | 20 l/min         |
| SU620      | 低压纳滤     | 55       | 4,800(18.2)                    | 50(0.35)          | 500                 | 80 l/min         |
| SU620F     | 低压纳滤     | 55       | 5,800(22.0)                    | 50(0.35)          | 500                 | 80 l/min         |
| TMH10A     | 极低压苦咸水淡化 | 99.3     | 2,400(9.1)                     | 100(0.69)         | 500                 | 15%              |
| TMH20A-370 |          |          | 10,200(38.6)                   |                   |                     |                  |
| TMH20A-400 |          |          | 11,000(41.6)                   |                   |                     |                  |
| TMH20A-430 |          |          | 11,800(44.7)                   |                   |                     |                  |
| TMG10      | 超低压苦咸水淡化 | 99.5     | 2,400(9.1)                     | 110(0.76)         | 500                 | 15%              |
| TMG20-370  |          |          | 9,500(36.0)                    |                   |                     |                  |
| TMG20-400  |          |          | 10,200(38.6)                   |                   |                     |                  |
| TMG20-430  |          |          | 11,000(41.6)                   |                   |                     |                  |
| TM720L-400 | 低压苦咸水淡化  | 99.5     | 8,500(32.2)                    | 150(1.03)         | 2,000               | 15%              |
| TM720L-430 |          |          | 9,200(34.8)                    |                   |                     |                  |
| TM710      | 高脱盐苦咸水淡化 | 99.7     | 2,400(9.1)                     | 225(1.55)         | 2,000               | 15%              |
| TM720-370  |          |          | 9,500(36.0)                    |                   |                     |                  |
| TM720-400  |          |          | 10,200(38.6)                   |                   |                     |                  |
| TM720-430  |          |          | 11,000(41.6)                   |                   |                     |                  |
| TM720N-400 |          |          | 10,200(38.6)                   |                   |                     |                  |
| TM720C-430 | 低压高脱硼    | 99.2     | 8,800(33.3)                    | 150(1.03)         | 2,000               | 15%              |
| TML10      | 低压抗污染    | 99.7     | 1,850(7.0)                     | 225(1.55)         | 2,000               | 15%              |
| TML10F     |          |          | 2,200(8.3)                     |                   |                     |                  |
| TML20-370  |          |          | 9,500(36.0)                    |                   |                     |                  |
| TML20-400  |          |          | 10,200(38.6)                   |                   |                     |                  |
| TML20N-400 |          |          | 10,200(38.6)                   |                   |                     |                  |
| TM820F-400 | 高通量海水淡化  | 99.7     | 9,000(34.1)                    | 800(5.52)         | 32,000              | 8%               |
| TM810      | 高脱盐海水淡化  | 99.75    | 1,200(4.5)                     | 800(5.52)         | 32,000              | 8%               |
| TM820C-370 |          |          | 6,000(22.7)                    |                   |                     |                  |
| TM820C-400 |          |          | 6,500(24.6)                    |                   |                     |                  |
| TM820E-400 | 高效海水淡化   | 99.75    | 7,500(28.3)                    | 800(5.52)         | 32,000              | 8%               |

|            |            |       |             |           |        |    |
|------------|------------|-------|-------------|-----------|--------|----|
| TM820S-400 | 高效<br>海水淡化 | 99.75 | 9,000(34.1) | 800(5.52) | 32,000 | 8% |
| TM820A-370 | 高浓度        | 99.75 | 5,600(21.2) | 800(5.52) | 32,000 | 8% |
| TM820A-400 | 海水淡化       |       | 6,000(22.7) |           |        |    |

**注意：**

- 1 上述性能非保证值，具体的测试条件和性能参数请参照本技术手册相关内容。测试条件并非最佳使用条件，具体请与东丽膜产品的当地分销商或技术服务中心联系寻求帮助。
- 2 由于无法控制用户的使用方法和使用条件，东丽公司不承担由于使用本样本的信息和数据所造成的后果以及对产品的安全性和适用性的保证，无论单独使用还是与其他产品配合使用，建议用户自己进行试验以决定其安全性以及是否适用于用户的特定使用目的。
- 3 由于技术改进及产品的更新换代，所有资料都可以随时改变，无须事先声明。

## 第五节 东丽反渗透膜产品选用指南

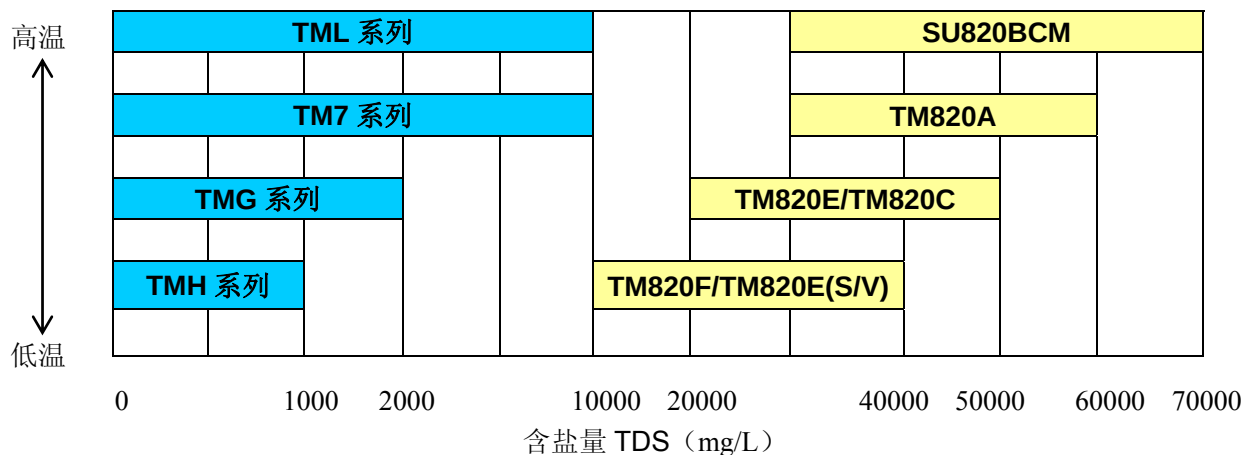
## 1 东丽反渗透/纳滤膜产品用途分类表

| 膜元件型号      | 直径<br>(英寸) | 特长适用          | 主 要 用 途   |           |          |          |           |
|------------|------------|---------------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|
|            |            |               | 饮料水<br>精制 | 纯水<br>超纯水 | 海水<br>淡化 | 废水<br>回用 | 有价值<br>回收 |
| SU610      | 4          | 极超低压<br>软化脱盐  | ◎         |           |          |          | ◎         |
| SU620      | 8          |               |           |           |          |          |           |
| SU620F     | 8          |               |           |           |          |          |           |
| TMH10A     | 4          | 极超低压<br>节省能源  | ◎         | ◎         |          | ○        | ○         |
| TMH20A-370 | 8          |               |           |           |          |          |           |
| TMH20A-400 | 8          |               |           |           |          |          |           |
| TMG10      | 4          | 超低压<br>节省能源   | ◎         | ◎         |          | ○        | ○         |
| TMG20-370  | 8          |               |           |           |          |          |           |
| TMG20-400  | 8          |               |           |           |          |          |           |
| TMG20-430  | 8          |               |           |           |          |          |           |
| TM720L-400 | 8          | 低压<br>高产水量    | ◎         | ◎         |          | ○        | ○         |
| TM720L-430 | 8          |               |           |           |          |          |           |
| TM710      | 4          | 高脱盐率<br>高产水量  | ◎         | ◎         |          | ○        | ○         |
| TM720-370  | 8          |               |           |           |          |          |           |
| TM720-400  | 8          |               |           |           |          |          |           |
| TM720-430  | 8          |               |           |           |          |          |           |
| TM720N-400 | 8          |               | ◎         | ◎         |          | ◎        | ◎         |
| TM720C-430 | 8          | 二级反渗透<br>高脱硼  | ◎         | ○         |          | ○        | ○         |
| TML10      | 4          | 低压<br>抗污染     | ◎         | ◎         |          | ◎        | ○         |
| TML10F     | 4          |               |           |           |          |          |           |
| TML20-370  | 8          |               |           |           |          |          |           |
| TML20-400  | 8          |               |           |           |          |          |           |
| TML20N-400 | 8          |               |           |           |          |          |           |
| TM820F-400 | 8          | 低运行压力<br>高产水量 | ◎         |           | ◎        | ○        | ◎         |
| TM810      | 4          | 高脱盐           | ◎         |           | ◎        | ○        | ◎         |
| TM820C-370 | 8          |               |           |           |          |          |           |
| TM820C-400 | 8          |               |           |           |          |          |           |
| TM820E-400 | 8          | 高效节能          | ◎         |           | ◎        |          | ◎         |
| TM820S-400 | 8          | 高效节能          | ◎         |           | ◎        |          | ◎         |

|            |   |       |   |  |   |  |   |
|------------|---|-------|---|--|---|--|---|
| TM820A-370 | 8 | 高浓度海水 | ◎ |  | ◎ |  | ◎ |
| TM820A-400 | 8 | 高脱盐率  | ◎ |  | ◎ |  | ◎ |

说明：◎表示适合应用；○表示可以应用

## 2 根据给水含盐量选用东丽反渗透膜元件



## 3 根据给水类型及预处理方法选用东丽反渗透膜元件

| 原水及预处理方法                  | RO<br>透过水 | 井水/<br>软化水 | 地表水          |           | 海水             |        | 废水三级处理水       |       |
|---------------------------|-----------|------------|--------------|-----------|----------------|--------|---------------|-------|
|                           |           |            | MF/UF<br>预处理 | 多介质<br>过滤 | 沙滩井            | 明渠流    | 多介质<br>过滤     | MF/UF |
| 膜元<br>件型号                 | TM720     | TM720      | TM720        | TM720(N)  | TM820C         | TM820C | TML20/ TML20N |       |
|                           | TM720L    | TM720L     | TM720L       | TM720L    | TM820E/ TM820S |        |               |       |
|                           | TM720C    | TMG20      | TMG20        | TMG20     | TM820A         | TM820A |               |       |
|                           | TMG20     | TMH20      | TMH20        | TMH20     | TM820F         | TM820F |               |       |
|                           | TMH20     | TM820F     | TM820F       | TM820F    |                |        |               |       |
| 膜面积<br>(ft <sup>2</sup> ) | 430       | 400        | 400          | 370       | 400            | 370    | 370           | 400   |
|                           | 400       | 370        | 370          | 400       | 370            | 400    | 400           | 370   |

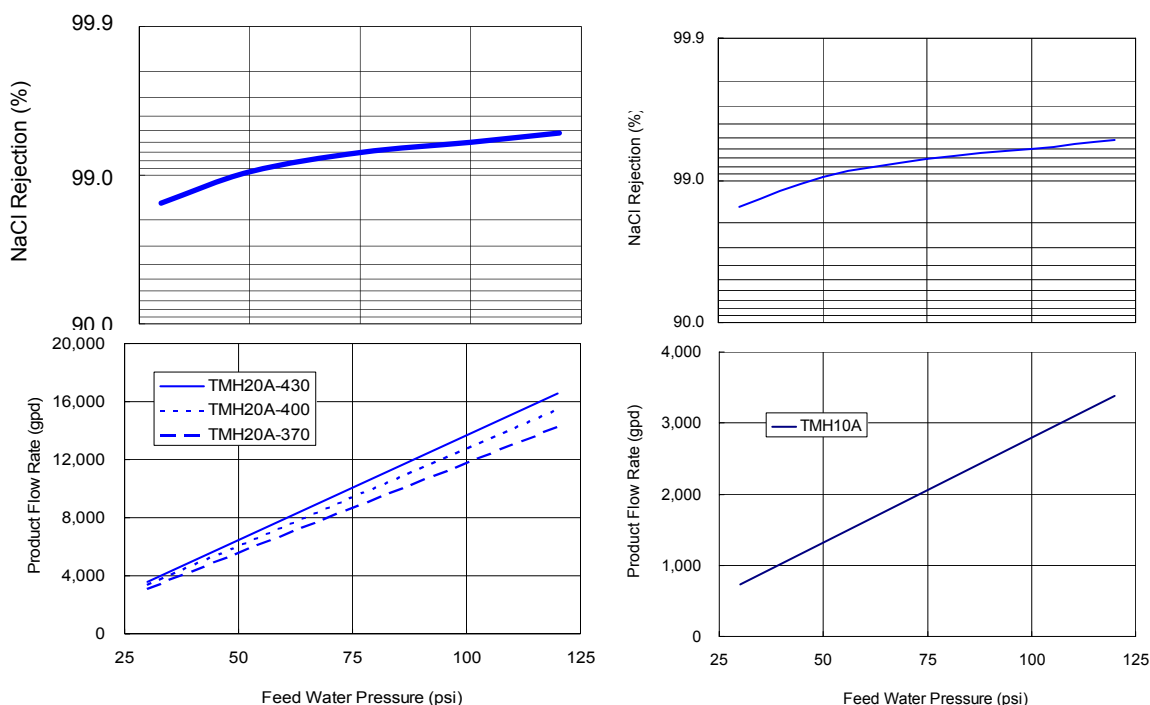
## 第四章 东丽反渗透膜元件性能特点与规范

## 第一节 极超低压反渗透膜元件 TMH 系列

TMH 系列膜是东丽公司最新研制开发的适用于苦咸水脱盐淡化的极超低压芳香族聚酰胺复合膜，它具有极低的运行压力（较常规低压复合膜的运行压力降低了 50%以上）；高脱盐率（在极超低压运行时，也能获得与超低压膜同样的高脱盐率）；高通水量（通过改善膜元件结构增加了产水量）等优点。TMH 系列膜元件适合于含盐量约 1000ppm 以下的以地表水和大多数井水为水源的市政用水的高度处理，中小规模的纯水、锅炉补给水等各种工业用水，纯净饮料水制造在内的多种苦咸水应用领域，能为客户带来显著的节能效益。

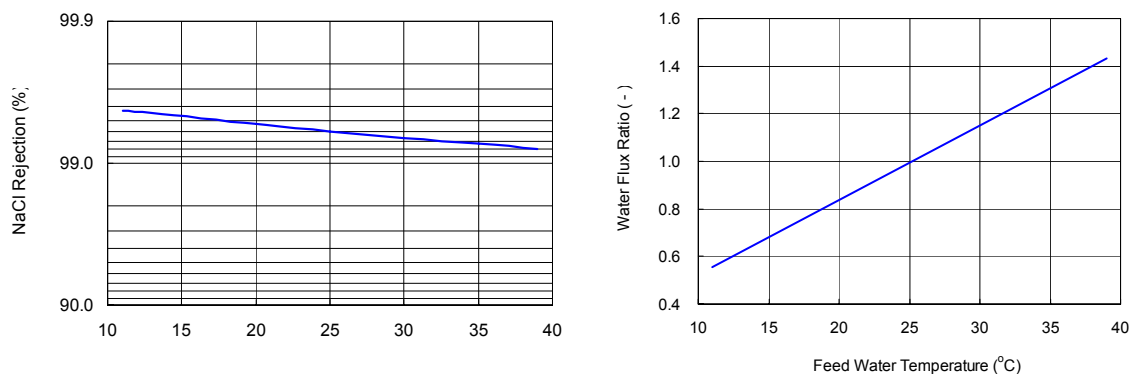
## 1 极超低压反渗透膜元件的性能

## 1.1 膜元件在不同的供水压力条件下的脱盐率及产水性能



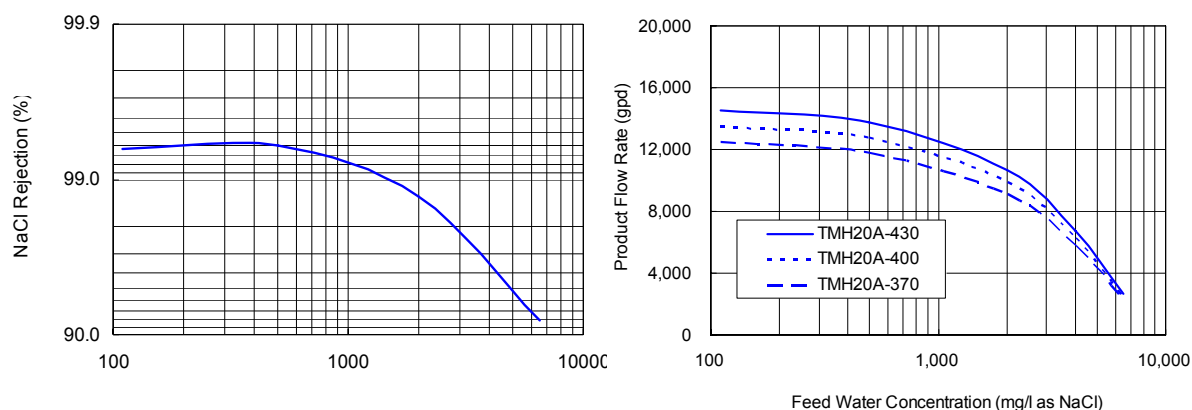
测试条件：25 °C(77 °F)；500 mg/L as NaCl；pH=7；15%回收率

## 1.2 膜元件在不同的温度下的脱盐率及过水通量的变化



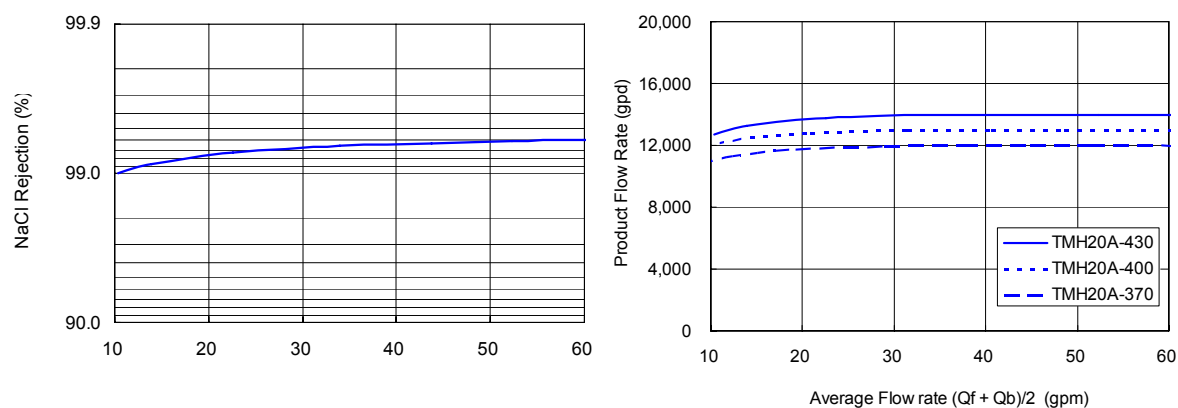
测试条件：0.69MPa(100 psi)；500 mg/L as NaCl；pH=7；15%回收率

### 1.3 膜元件在不同的含盐量条件下的脱盐率及产水性能



测试条件: 0.69MPa(100 psi); 25 °C(77 °F); pH=7; 15%回收率

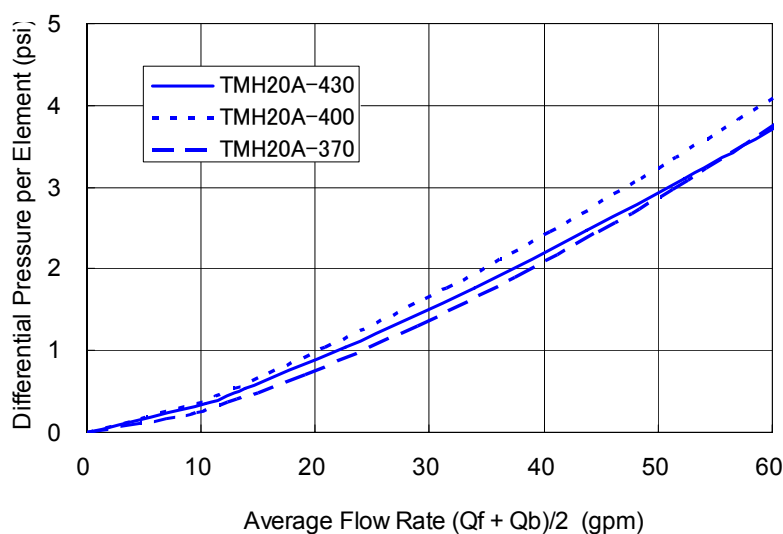
### 1.4 膜元件在不同的给水流量条件下的脱盐率及产水性能



Qf: 原水流量    Qb: 浓水流量

测试条件: 0.69MPa(100 psi); 25 °C(77 °F); 500 mg/L as NaCl; pH=7

### 1.5 膜元件在不同的给水流量条件下的压差性能



Qf: 原水流量    Qb: 浓水流量

测试条件: 25 °C(77 °F); 500 mg/L as NaCl; pH=7

## 2 4 英寸极超低压反渗透膜元件

TMH10A 极超低压反渗透膜元件，适合于含盐量 1000ppm 以下的苦咸水、地表水以及自来水的淡化和深度处理。具有极超低的运行压力（在较低的操作压力下，如测试压力 0.69MPa，即可达到较高的产水量）和在较小的膜面积下有较高的产水量。广泛用于小规模电子工业超纯水、发电厂锅炉补给水等各种工业用水以及饮料用水的制造，也应用于废水的再生利用等多种苦咸水淡化领域。

### 2.1 膜元件性能规范

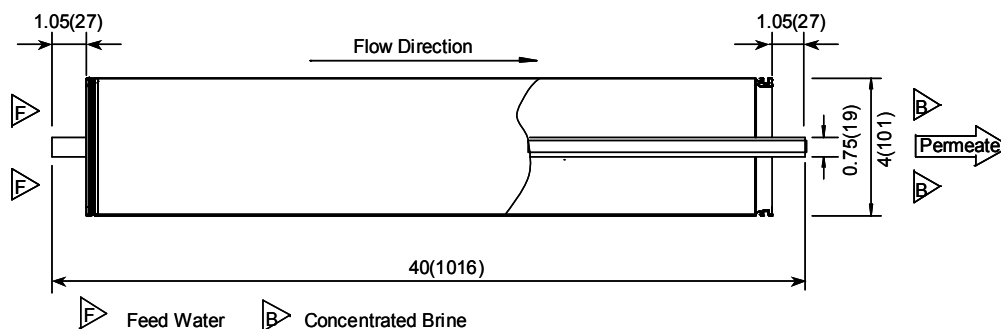
| 膜元件型号  | 标准脱盐率% | 透过水量 gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积 ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水通道宽度(mil) |
|--------|--------|------------------------------|-----------------------------------------|-------------|
| TMH10A | 99.3   | 2,400 (9.1)                  | 87 (8)                                  | 31          |

|       |            |                                  |
|-------|------------|----------------------------------|
| 测试条件： | 操作压力       | 100 psi (0.69MPa)                |
|       | 测试液温度      | 77 ° F (25 ° C)                  |
|       | 测试液浓度      | 500 mg/L (as NaCl)               |
|       | 单只膜元件水回收率  | 15%                              |
|       | 测试液 pH     | 7                                |
|       | 单支膜元件最低脱盐率 | 99.0%                            |
|       | 最小透过水量     | 1,900 gpd (7.2m <sup>3</sup> /d) |

### 2.2 使用极限条件

|               |                            |
|---------------|----------------------------|
| 最高操作压力        | 365psi (2.5MPa)            |
| 最高进水流量        | 15gpm(82m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 104 ° F (40 ° C)           |
| 最大进水 SDI      | 5                          |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                       |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                       |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                       |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)           |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)            |

### 2.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



### 3 TMH20A-370 8 英寸极超低压反渗透膜元件

TMH20A-370 极超低压反渗透膜元件,有效膜面积为 370 平方英尺。适合于含盐量约 1000ppm 以下的苦咸水、地表水以及自来水的淡化和深度处理。具有超低的运行压力(在较低的操作压力下,如测试压力 0.69Mpa,即可达到较高的产水量)和很高的产水量,可以大大节省系统的运行费用。广泛用于大规模的电子工业超纯水、发电厂锅炉补给水等各种工业用水以及饮料用水的制造,也应用于废水的再生利用等多种苦咸水淡化领域。

#### 3.1 膜元件性能规范

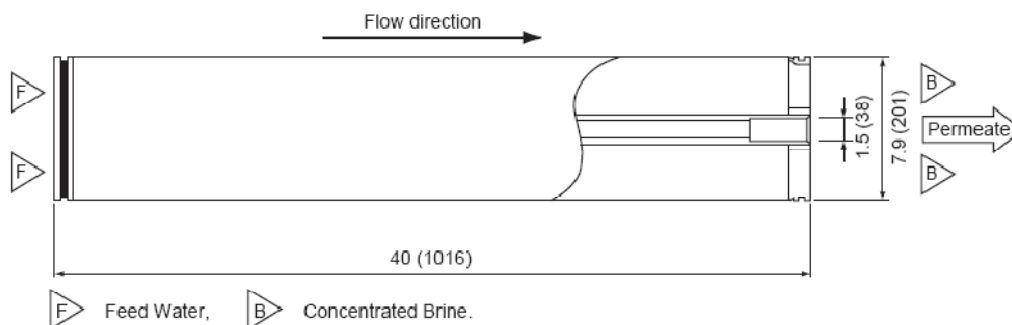
| 膜元件型号      | 标准脱盐率% | 透过水量 gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积 ft <sup>2</sup><br>(m <sup>2</sup> ) | 给水通道宽度(mil) |
|------------|--------|------------------------------|--------------------------------------------|-------------|
| TMH20A-370 | 99.3   | 10,200 (38.5)                | 370 (34)                                   | 34          |

|       |            |                                   |
|-------|------------|-----------------------------------|
| 测试条件: | 操作压力       | 100 psi (0.69MPa)                 |
|       | 测试液温度      | 77 ° F (25 °C)                    |
|       | 测试液浓度      | 500 mg/L (as NaCl)                |
|       | 单只膜元件水回收率  | 15%                               |
|       | 测试液 pH     | 7                                 |
|       | 单支膜元件最低脱盐率 | 99.0%                             |
|       | 最小透过水量     | 8,200 gpd (30.9m <sup>3</sup> /d) |

#### 3.2 使用极限条件

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| 最高操作压力        | 365psi (2.5MPa)             |
| 最高进水流量        | 70gpm(382m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 104 ° F (40 °C)             |
| 最大进水 SDI      | 5                           |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                        |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                        |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                        |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)            |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)             |

#### 3.3 膜元件尺寸 (单位为: 英寸 (毫米))



## 4 TMH20A-400 8 英寸极超低压反渗透膜元件

TMH20A-400 极超低压反渗透膜元件，有效膜面积为 400 平方英尺。适合于含盐量约 1000ppm 以下的苦咸水、地表水以及自来水的淡化和深度处理。具有超低的运行压力（在较低的操作压力下，如测试压力 0.69MPa，即可达到较高的产水量）和很高的产水量，可以大大节省系统的运行费用。广泛用于大规模的电子工业超纯水、发电厂锅炉补给水等各种工业用水以及饮料用水的制造，也应用于废水的再生利用等多种苦咸水淡化领域。

### 4.1 膜元件性能规范

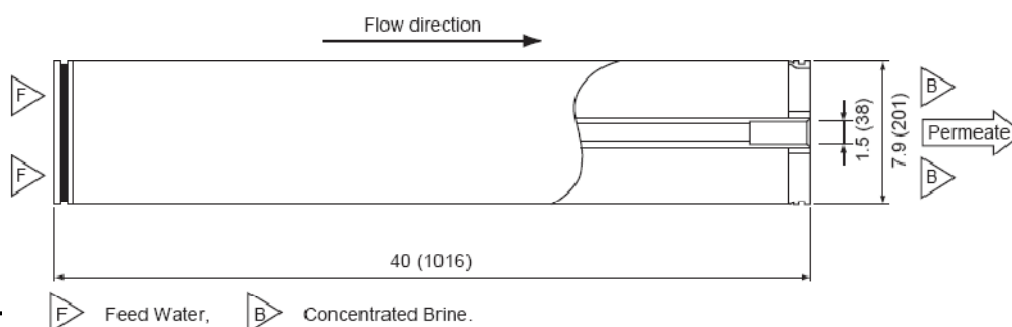
| 膜元件型号      | 标准脱盐率% | 透过水量 gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积 ft <sup>2</sup><br>(m <sup>2</sup> ) | 给水通道宽度(mil) |
|------------|--------|------------------------------|--------------------------------------------|-------------|
| TMH20A-400 | 99.3   | 11,000 (41.6)                | 400 (37)                                   | 28          |

|       |            |                                   |
|-------|------------|-----------------------------------|
| 测试条件： | 操作压力       | 100 psi (0.69MPa)                 |
|       | 测试液温度      | 77 ° F (25 ° C)                   |
|       | 测试液浓度      | 500 mg/L (as NaCl)                |
|       | 单只膜元件水回收率  | 15%                               |
|       | 测试液 pH     | 7                                 |
|       | 单支膜元件最低脱盐率 | 99.0%                             |
|       | 最小透过水量     | 8,800 gpd (33.4m <sup>3</sup> /d) |

### 4.2 使用极限条件

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| 最高操作压力        | 365psi (2.5MPa)             |
| 最高进水流量        | 70gpm(382m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 104 ° F (40 ° C)            |
| 最大进水 SDI      | 5                           |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                        |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                        |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                        |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)            |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)             |

### 4.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



## 5 TMH20A-430 8 英寸极超低压反渗透膜元件

TMH20A-430 极超低压反渗透膜元件，有效膜面积为 430 平方英尺。适合于含盐量约 1000ppm 以下的苦咸水、地表水以及自来水的淡化和深度处理。具有超低的运行压力（在较低的操作压力下，如测试压力 0.69MPa，即可达到较高的产水量）和很高的产水量，可以大大节省系统的运行费用。广泛用于大规模的电子工业超纯水、发电厂锅炉补给水等各种工业用水以及饮料用水的制造，也应用于废水的再生利用等多种苦咸水淡化领域。

### 5.1 膜元件性能规范

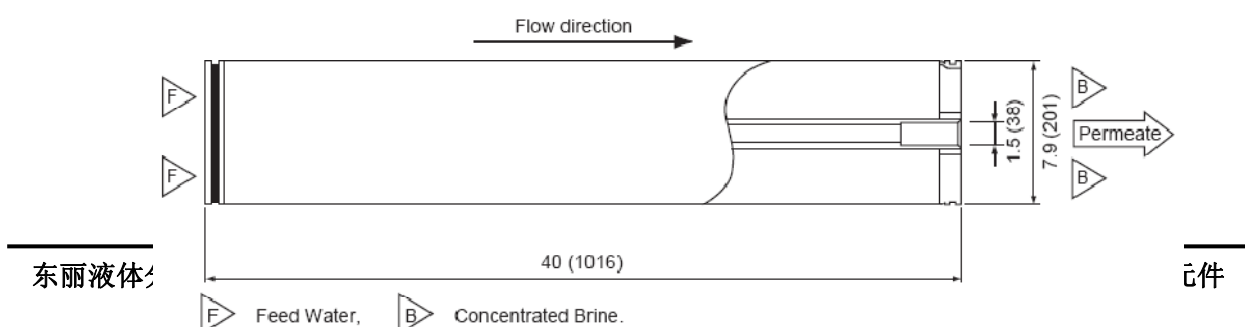
| 膜元件型号      | 标准脱盐率% | 透过水量 gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积 ft <sup>2</sup><br>(m <sup>2</sup> ) | 给水通道宽度(mil) |
|------------|--------|------------------------------|--------------------------------------------|-------------|
| TMH20A-430 | 99.3   | 11,800 (44.7)                | 430 (40)                                   | 28          |

|       |            |                                   |
|-------|------------|-----------------------------------|
| 测试条件： | 操作压力       | 100 psi (0.69MPa)                 |
|       | 测试液温度      | 77 ° F (25 ° C)                   |
|       | 测试液浓度      | 500 mg/L (as NaCl)                |
|       | 单只膜元件水回收率  | 15%                               |
|       | 测试液 pH     | 7                                 |
|       | 单支膜元件最低脱盐率 | 99.0%                             |
|       | 最小透过水量     | 9,500 gpd (35.9m <sup>3</sup> /d) |

### 5.2 使用极限条件

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| 最高操作压力        | 365psi (2.5MPa)             |
| 最高进水流量        | 70gpm(382m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 104 ° F (40 ° C)            |
| 最大进水 SDI      | 5                           |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                        |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                        |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                        |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)            |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)             |

### 5.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



## 6 重要操作信息

- (1) 每一支膜元件在出厂时均配有一个浓水密封圈、一个连接适配器及相应的 O 型圈和一个产水封头（8 英寸内连接式膜元件，不一定要使用），它们连同膜元件一起被放置在包装箱中，具体内容以实物为准。
- (2) 膜元件在出厂前都经过了通水测试，并使用 1% 的亚硫酸钠溶液进行储藏处理，然后用氧气隔绝袋真空包装。为了防止膜元件在短期储藏、运输以及系统待机时微生物的滋长，需要用纯水或反渗透产水配制浓度 500 - 1,000 ppm、pH 3-6 的亚硫酸钠（食品级）保护液浸泡元件。无论在何种情况下进行保存时，都不能使膜处于干燥状态。具体的保存方法请参照本技术手册的相关内容。
- (3) 对于推荐的设计范围，请参照东丽公司最新版本的技术手册和系统设计软件，或者向东丽膜产品的当地分销商或技术服务中心联系寻求帮助。推荐的设计范围在污堵和结垢严重的条件下例外，如果膜元件不在推荐的范围条件下运行，膜元件的使用寿命会有所降低。如果用户没有严格遵循本样本提供的操作条件，东丽公司将不承担保修责任。
- (4) 运行初期第一个小时的透过水要排放掉。
- (5) 任何时候都要避免膜元件的产水侧产生背压。
- (6) 在进水的 SDI 值高于 3 或 4 以上时，高产水量的运行（每一支膜元件都在很高的产水流速下运行）一般来说会导致频繁的清洗，通过调整系统的运行压力可以调节每一支膜元件的产水流量。当污堵或结垢的可能性较少时，浓水的流速可以适当降低。最小的浓水流量和产水流量的比值因不同的进水水质而不同，具体数值请参照本技术手册相关的设计指南。
- (7) 当组件的压差增加到初始值的 1.5 倍时，元件需要进行化学清洗。化学清洗以及杀菌、消毒措施必须参照东丽技术手册。
- (8) 用户应避免使用任何对膜元件有影响的化学药剂，如违反使用这类化学药剂，东丽公司将不承担保修责任。

### 注意：

1 由于无法控制用户的使用方法和使用条件，东丽公司不承担由于使用本样本的信息和数据所造成的后果以及对产品的安全性和适用性的保证，无论单独使用还是与其他产品配合使用，建议用户进行试验以决定其安全性以及是否适用于用户的特定使用目的。

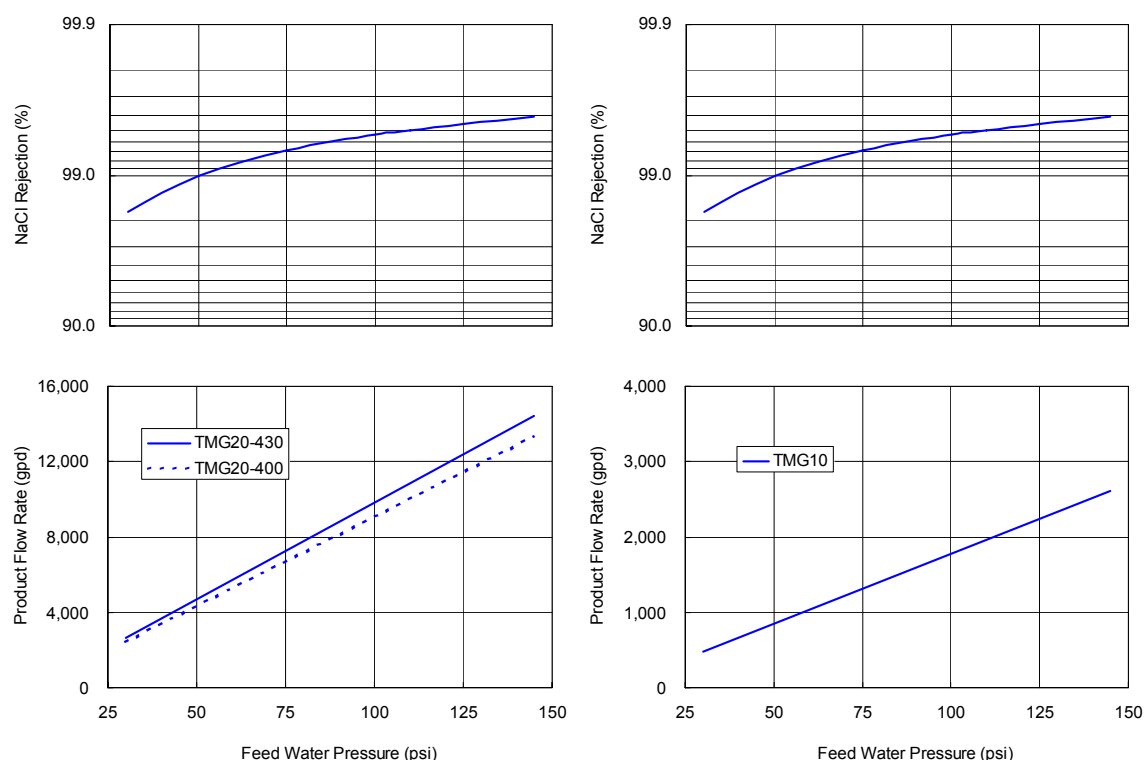


## 第二节 超低压反渗透膜元件 TMG 系列

TMG 系列膜元件是东丽公司研制开发的适用于苦咸水脱盐淡化的超低压芳香族聚酰胺复合膜，它具有超低的运行压力（较常规低压复合膜的运行压力降低了约 50%，测试压力仅为 0.76MPa），高脱盐率（超低压运行时，也能获得与低压膜同样的高脱盐率），高通水量（通过改善膜元件结构增加了产水量）等优点。使用 TMG 系列膜元件，可以为水泵、压力容器、管道、阀门等配套设备的选择提供更大的余地，使系统设备投资以及运行成本大为降低。

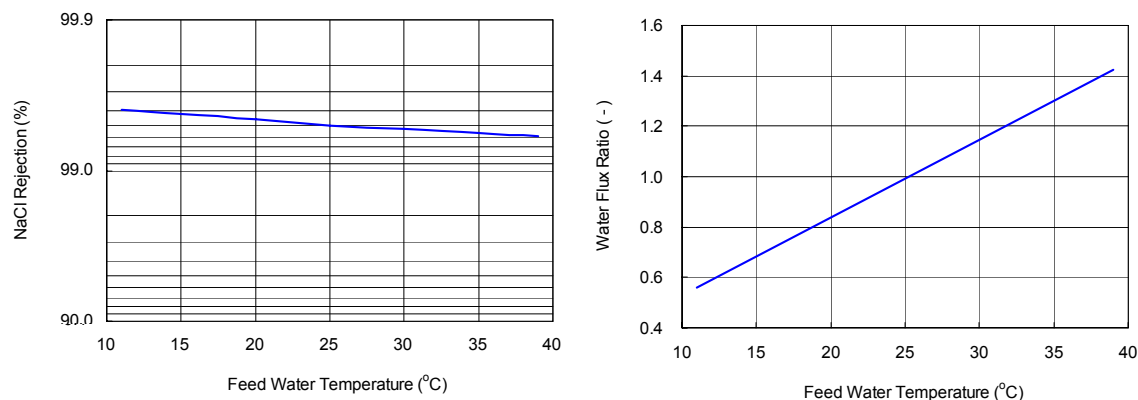
### 1 超低压反渗透膜元件的性能

#### 1.1 膜元件在不同的供水压力条件下的脱盐率及产水性能



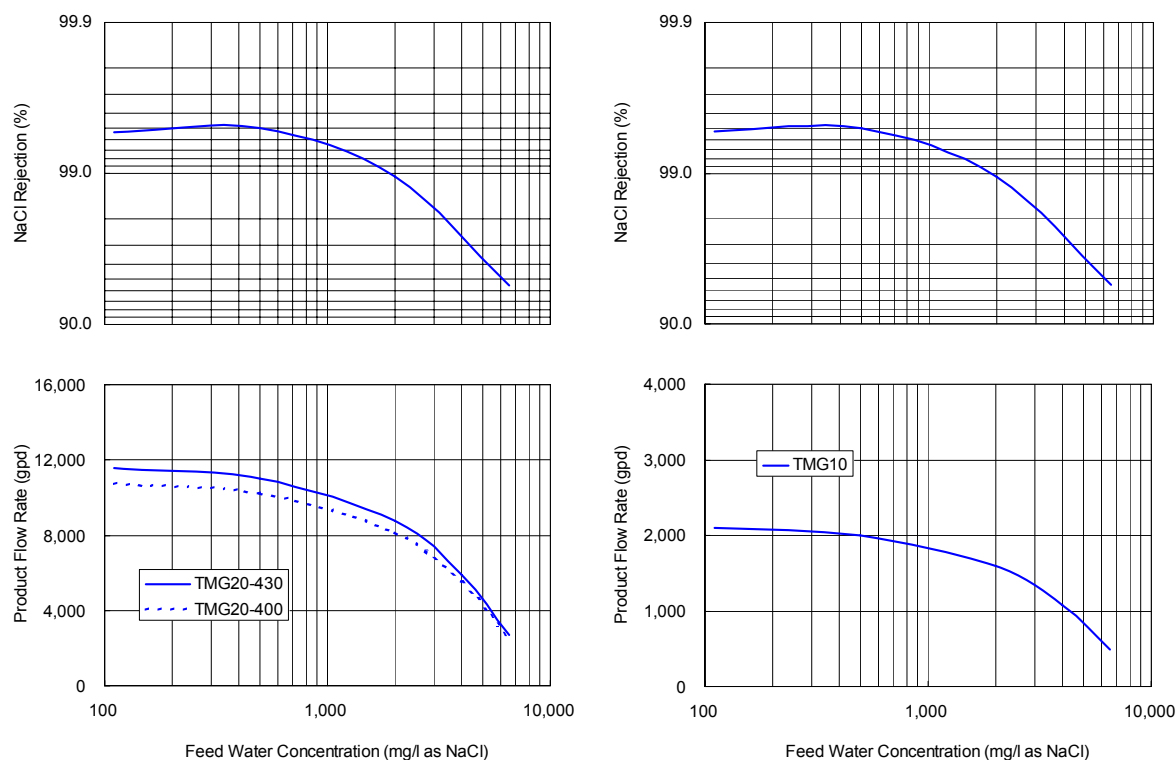
测试条件：25 °C (77 °F)；2000 mg/L as NaCl；pH=7；15%回收率

#### 1.2 膜元件在不同的温度下的脱盐率及过水通量的变化

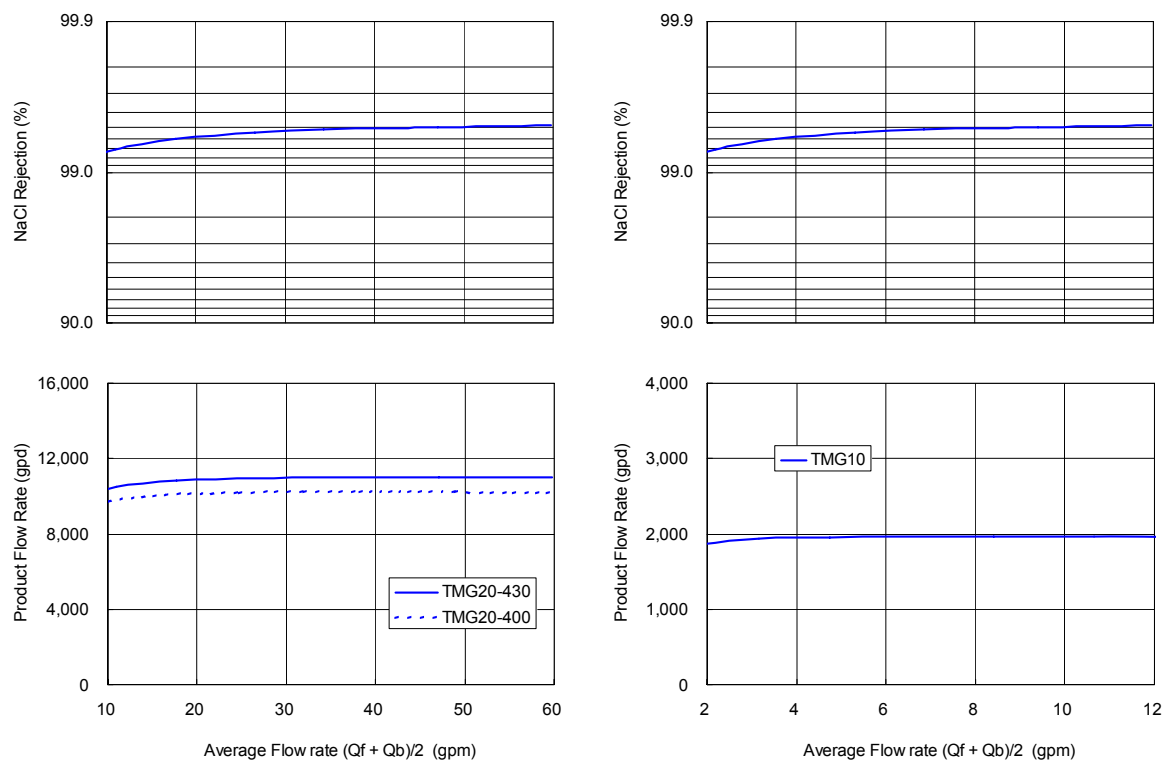


测试条件：0.76 MPa (110 psi)；500 mg/L as NaCl；pH=7；15%回收率

### 1.3 膜元件在不同的含盐量条件下的脱盐率及产水性能



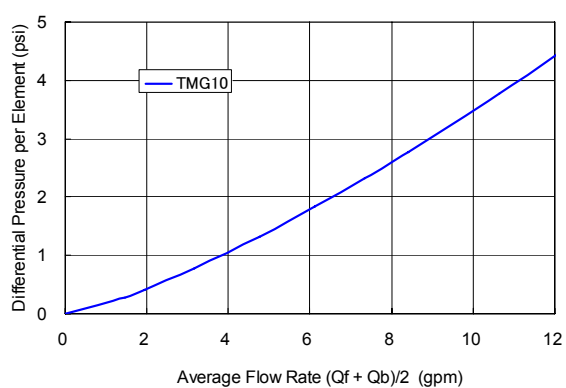
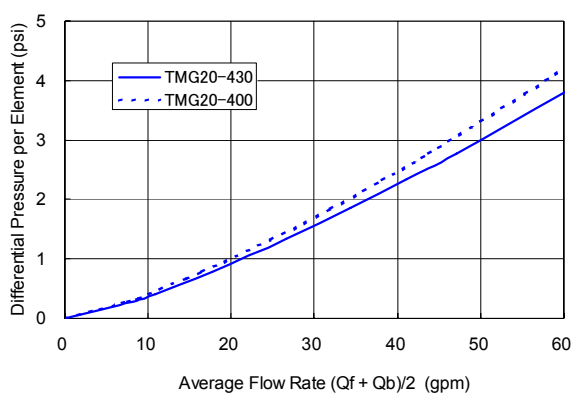
### 1.4 膜元件在不同的给水流量条件下的脱盐率及产水性能



Qf: 原水流量    Qb: 浓水流量

测试条件: 0.76 MPa (110 psi); 25 °C (77 °F); 500 mg/L as NaCl; pH=7

### 1.5 膜元件在不同的给水流量条件下的压差性能



Qf: 原水流量      Qb: 浓水流量

测试条件: 25 °C (77 °F); 500 mg/L as NaCl; pH=7

## 2 TMG10 4 英寸超低压反渗透膜元件

TMG10 超低压反渗透膜元件，适合于含盐量 2000ppm 以下的苦咸水、地表水以及自来水的淡化和深度处理。具有超低的运行压力（在较低的操作压力下，如测试压力 0.76MPa，即可达到较高的产水量）和在较小的膜面积下有较高的产水量。广泛用于小规模电子工业超纯水、发电厂锅炉补给水等各种工业用水以及饮料用水的制造，也应用于废水的再生利用等多种苦咸水淡化领域。

### 2.1 膜元件性能规范

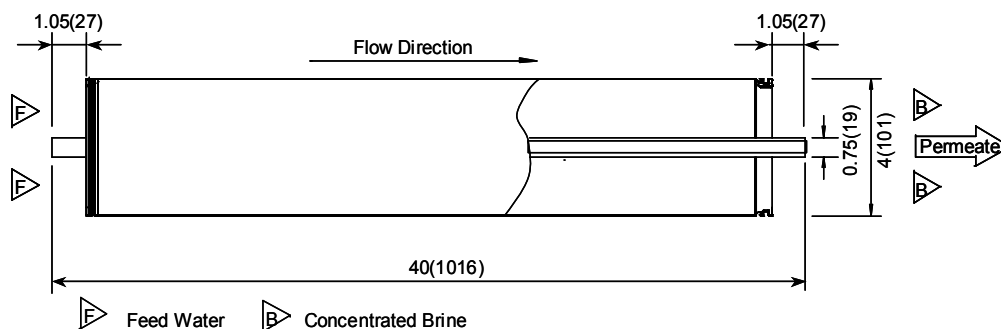
| 膜元件型号 | 标准脱盐率% | 透过水量 gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积 ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水流道宽度(mil) |
|-------|--------|------------------------------|-----------------------------------------|-------------|
| TMG10 | 99.5   | 2,400 (9.1)                  | 87 (8)                                  | 31          |

|       |            |                                  |
|-------|------------|----------------------------------|
| 测试条件： | 操作压力       | 110 psi (0.76MPa)                |
|       | 测试液温度      | 77 ° F (25 ° C)                  |
|       | 测试液浓度      | 500 mg/L (as NaCl)               |
|       | 单只膜元件水回收率  | 15%                              |
|       | 测试液 pH     | 7                                |
|       | 单支膜元件最低脱盐率 | 99.0%                            |
|       | 最小透过水量     | 2,000 gpd (7.6m <sup>3</sup> /d) |

### 2.2 使用极限条件

|               |                            |
|---------------|----------------------------|
| 最高操作压力        | 365psi (2.5MPa)            |
| 最高进水流量        | 15gpm(82m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 104 ° F (40 ° C)           |
| 最大进水 SDI      | 5                          |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                       |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                       |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                       |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)           |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)            |

### 2.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



### 3 TMG20-370 8 英寸超低压反渗透膜元件

TMG20-370 超低压反渗透膜元件，有效膜面积为 370 平方英尺。适合于含盐量约 2000ppm 以下的苦咸水、地表水以及自来水的淡化和深度处理。具有超低的运行压力（在较低的操作压力下，如测试压力 0.76MPa，即可达到较高的产水量）和很高的产水量，可以大大节省系统的运行费用。广泛用于大规模的电子工业超纯水、发电厂锅炉补给水等各种工业用水以及饮料用水的制造，也应用于废水的再生利用等多种苦咸水淡化领域。

#### 3.1 膜元件性能规范

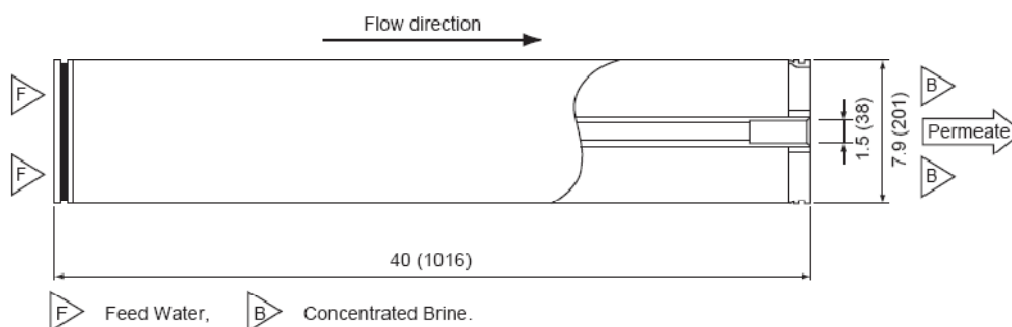
| 膜元件型号     | 标准脱盐率% | 透过水量 gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积 ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水通道宽度(mil) |
|-----------|--------|------------------------------|-----------------------------------------|-------------|
| TMG20-370 | 99.5   | 9,500 (36.0)                 | 370 (34)                                | 34          |

|            |                                   |
|------------|-----------------------------------|
| 测试条件： 操作压力 | 110 psi (0.76MPa)                 |
| 测试液温度      | 77 ° F (25 ° C)                   |
| 测试液浓度      | 500 mg/L (as NaCl)                |
| 单只膜元件水回收率  | 15%                               |
| 测试液 pH     | 7                                 |
| 单支膜元件最低脱盐率 | 99.0%                             |
| 最小透过水量     | 7,500 gpd (28.4m <sup>3</sup> /d) |

#### 3.2 使用极限条件

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| 最高操作压力        | 365psi (2.5MPa)             |
| 最高进水流量        | 70gpm(382m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 104 ° F (40 ° C)            |
| 最大进水 SDI      | 5                           |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                        |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                        |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                        |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)            |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)             |

#### 3.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



## 4 TMG20-400 8 英寸超低压反渗透膜元件

TMG20-400 超低压反渗透膜元件，有效膜面积为 400 平方英尺。适合于含盐量约 2000ppm 以下的苦咸水、地表水以及自来水的淡化和深度处理。具有超低的运行压力（在较低的操作压力下，如测试压力 0.76MPa，即可达到较高的产水量）和很高的产水量，可以大大节省系统的运行费用。广泛用于大规模的电子工业超纯水、发电厂锅炉补给水等各种工业用水以及饮料用水的制造，也应用于废水的再生利用等多种苦咸水淡化领域。

### 4.1 膜元件性能规范

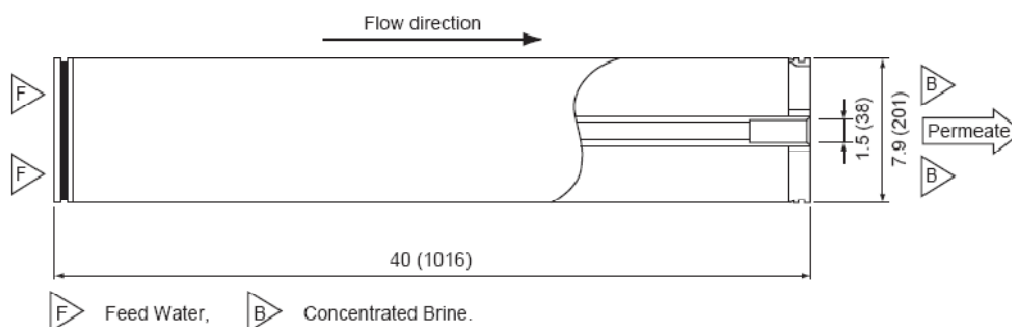
| 膜元件型号     | 标准脱盐率% | 透过水量 gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积 ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水流道宽度(mil) |
|-----------|--------|------------------------------|-----------------------------------------|-------------|
| TMG20-400 | 99.5   | 10,200 (38.6)                | 400 (37)                                | 28          |

|            |                                 |
|------------|---------------------------------|
| 测试条件： 操作压力 | 110 psi (0.76MPa)               |
| 测试液温度      | 77 ° F (25 ° C)                 |
| 测试液浓度      | 500 mg/L (as NaCl)              |
| 单只膜元件水回收率  | 15%                             |
| 测试液 pH     | 7                               |
| 单支膜元件最低脱盐率 | 99.0%                           |
| 最小透过水量     | 8,200 gpd (31m <sup>3</sup> /d) |

### 4.2 使用极限条件

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| 最高操作压力        | 365psi (2.5MPa)             |
| 最高进水流量        | 70gpm(382m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 104 ° F (40 ° C)            |
| 最大进水 SDI      | 5                           |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                        |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                        |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                        |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)            |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)             |

### 4.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



## 5 TMG20-430 8 英寸超低压反渗透膜元件

TMG20-430 超低压反渗透膜元件，有效膜面积为 430 平方英尺。适合于含盐量约 2000ppm 以下的苦咸水、地表水以及自来水的淡化和深度处理。具有超低的运行压力（在较低的操作压力下，如测试压力 0.76MPa，即可达到较高的产水量）和很高的产水量，可以大大节省系统的运行费用。广泛用于大规模的电子工业超纯水、发电厂锅炉补给水等各种工业用水以及饮料用水的制造，也应用于废水的再生利用等多种苦咸水淡化领域。

### 5.1 膜元件性能规范

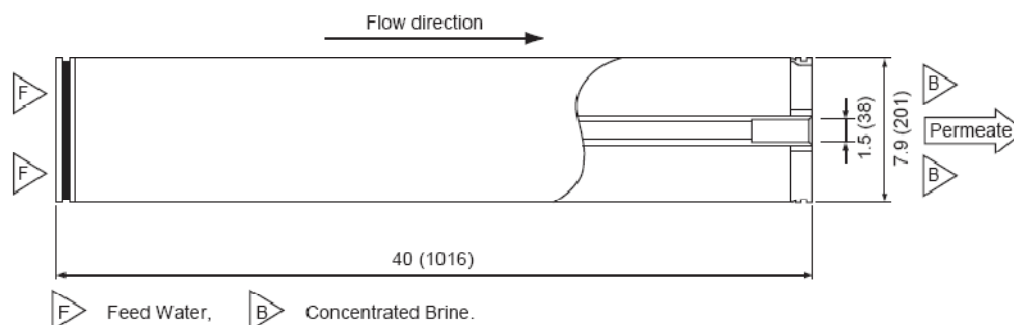
| 膜元件型号     | 标准脱盐率% | 透过水量 gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积 ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水流道宽度(mil) |
|-----------|--------|------------------------------|-----------------------------------------|-------------|
| TMG20-430 | 99.5   | 11,000 (41.6)                | 430 (40)                                | 28          |

|            |                                   |
|------------|-----------------------------------|
| 测试条件： 操作压力 | 110 psi (0.76MPa)                 |
| 测试液温度      | 77 ° F (25 ° C)                   |
| 测试液浓度      | 500 mg/L (as NaCl)                |
| 单只膜元件水回收率  | 15%                               |
| 测试液 pH     | 7                                 |
| 单支膜元件最低脱盐率 | 99.0%                             |
| 最小透过水量     | 8,800 gpd (33.3m <sup>3</sup> /d) |

### 5.2 使用极限条件

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| 最高操作压力        | 365psi (2.5MPa)             |
| 最高进水流量        | 70gpm(382m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 104 ° F (40 ° C)            |
| 最大进水 SDI      | 5                           |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                        |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                        |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                        |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)            |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)             |

### 5.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



## 6 重要操作信息

- (1) 每一支膜元件在出厂时均配有一个浓水密封圈、一个连接适配器及相应的 O 型圈和一个产水封头（8 英寸内连接式膜元件，不一定要使用），它们连同膜元件一起被放置在包装箱中，具体内容以实物为准。
- (2) 膜元件在出厂前都经过了通水测试，并使用 1% 的亚硫酸钠溶液进行储藏处理，然后用氧气隔绝袋真空包装。为了防止膜元件在短期储藏、运输以及系统待机时微生物的滋长，需要用纯水或反渗透产水配制浓度 500 - 1,000 ppm、pH 3-6 的亚硫酸钠（食品级）保护液浸泡元件。无论在何种情况下进行保存时，都不能使膜处于干燥状态。具体的保存方法请参照本技术手册的相关内容。
- (3) 对于推荐的设计范围，请参照东丽公司最新版本的技术手册和系统设计软件，或者向东丽膜产品的当地分销商或技术服务中心联系寻求帮助。推荐的设计范围在污堵和结垢严重的条件下例外，如果膜元件不在推荐的范围条件下运行，膜元件的使用寿命会有所降低。如果用户没有严格遵循本样本提供的操作条件，东丽公司将不承担保修责任。
- (4) 运行初期第一个小时的透过水要排放掉。
- (5) 任何时候都要避免膜元件的产水侧产生背压。
- (6) 在进水的 SDI 值高于 3 或 4 以上时，高产水量的运行（每一支膜元件都在很高的产水流速下运行）一般来说会导致频繁的化学清洗，通过调整系统的运行压力可以调节每一支膜元件的产水流量。当污堵或结垢的可能性较少时，浓水的流速可以适当降低。最小的浓水流量和产水流量的比值因不同的进水水质而不同，具体数值请参照本技术手册相关的设计指南。
- (7) 当组件的压差增加到初始值的 1.5 倍时，元件需要进行化学清洗。化学清洗以及杀菌、消毒措施必须参照东丽技术手册。
- (8) 用户应避免使用任何对膜元件有影响的化学药剂，如违反使用这类化学药剂，东丽公司将不承担保修责任。

### 注意：

1 由于无法控制用户的使用方法和使用条件，东丽公司不承担由于使用本样本的信息和数据所造成的后果以及对产品的安全性和适用性的保证，无论单独使用还是与其他产品配合使用，建议用户进行试验以决定其安全性以及是否适用于用户的特定使用目的。

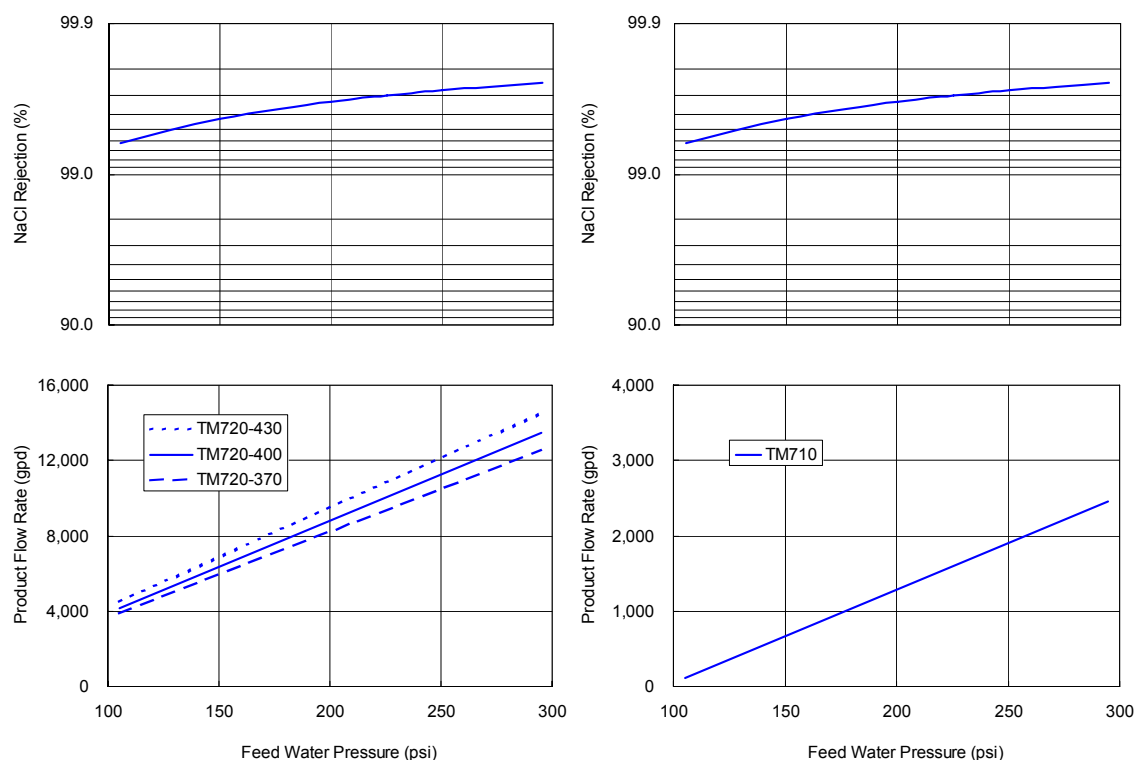
2 由于技术改进及产品更新换代，技术资料可能会随时改变，无须事先声明。

### 第三节 低压反渗透膜元件 TM7 系列

TM7 系列膜元件是东丽公司研制开发的适用于苦咸水脱盐淡化的架桥芳香族聚酰胺复合膜，它具有低压运行，产水量高和除盐性能好等特点。由于低压运行，可以大幅度降低电耗。另外，它具有很高的去除溶解性盐类、TOC、SiO<sub>2</sub> 的性能，并且从膜元件构成材料中溶出的物质少，因而可以缩短超纯水的电阻率上升以及 TOC 降低的初期时间。

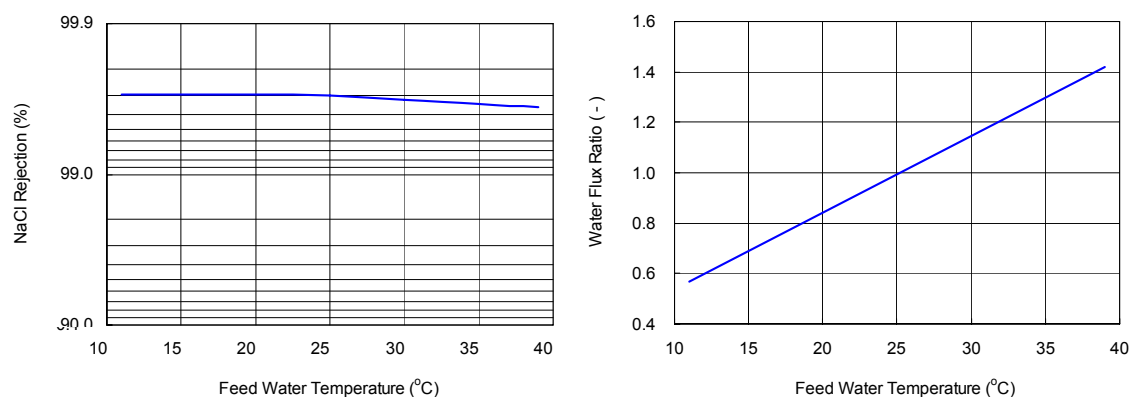
## 1 低压反渗透膜元件的性能

### 1.1 膜元件在不同的供水压力条件下的脱盐率及产水性能



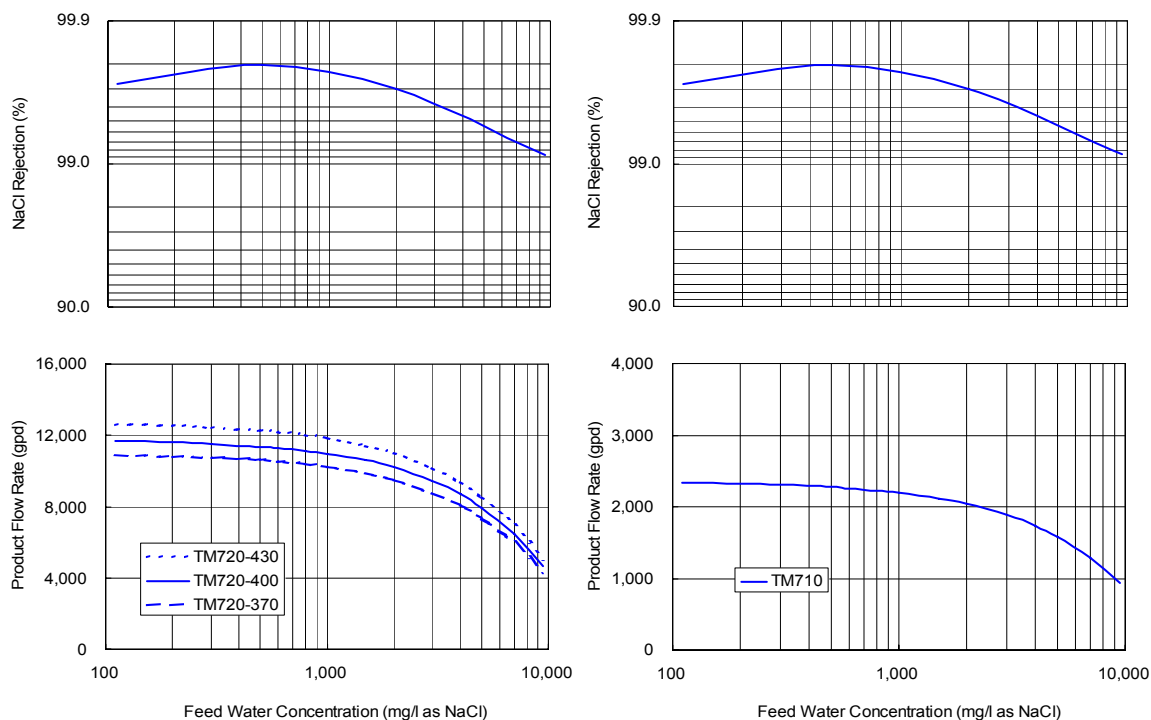
测试条件: 25 °C (77 °F); 2000 mg/L as NaCl; pH=7; 15%回收率

### 1.2 膜元件在不同的温度下的脱盐率及过水通量的变化



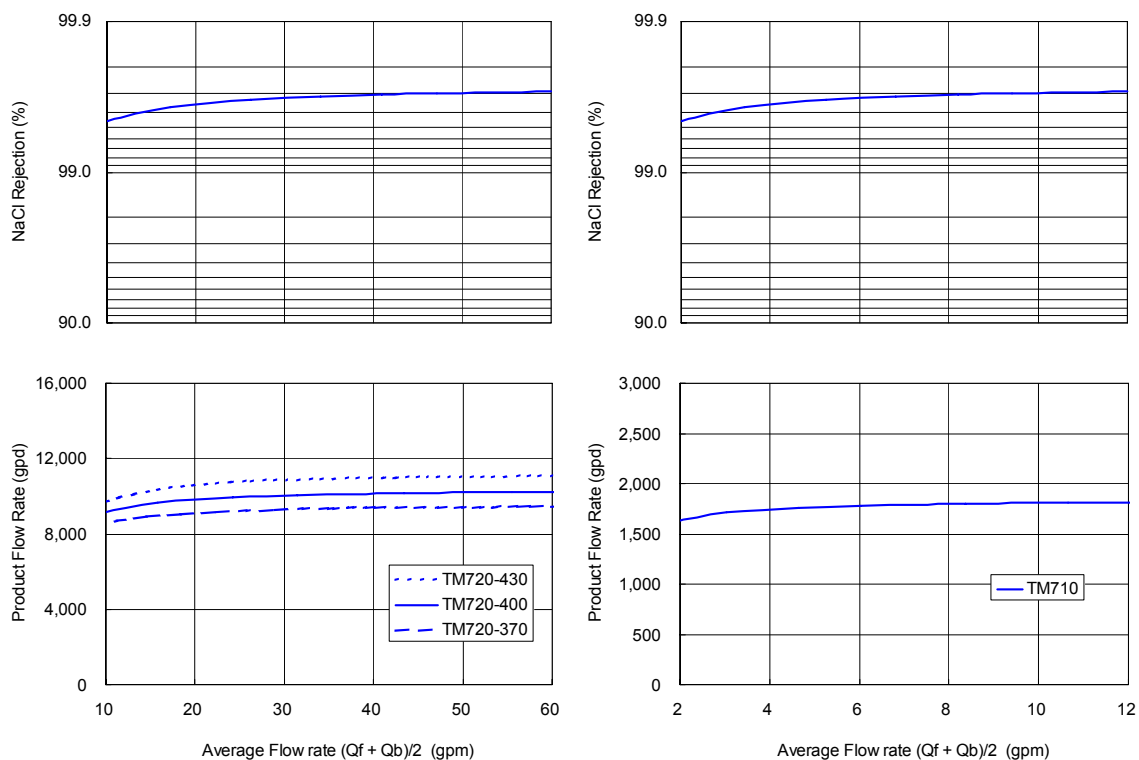
测试条件: 1.55 MPa (225 psi); 2000 mg/L as NaCl; pH=7; 15%回收率

### 1.3 膜元件在不同的含盐量条件下的脱盐率及产水性能



测试条件: 1.55 MPa (225 psi); 25 °C (77 °F); pH=7; 15%回收率

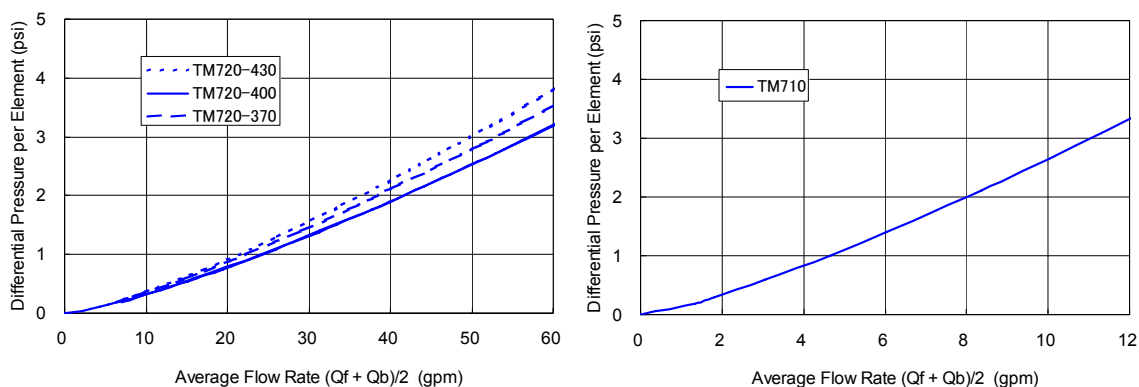
### 1.4 膜元件在不同的给水流量条件下的脱盐率及产水性能



Qf: 原水流量    Qb: 浓水流量

测试条件: 1.55 MPa (225 psi); 25 °C (77 °F); 2000 mg/L as NaCl; pH=7

### 1.5 膜元件在不同的给水流量条件下的压差性能



Qf: 原水流量      Qb: 浓水流量

测试条件: 25 °C (77 °F); 2000 mg/L as NaCl; pH=7

## 2 TM710 4 英寸低压反渗透膜元件

TM710 低压反渗透膜元件，适合于含盐量 10000ppm 以下的苦咸水、地表水以及自来水的淡化和深度处理。具有卓越的脱盐性能和在较小的膜面积下有较高的产水量。广泛用于小规模电子工业超纯水、发电厂锅炉补给水等各种工业用水以及饮料用水的制造，也应用于废水的再生利用等多种苦咸水淡化领域。

### 2.1 膜元件性能规范

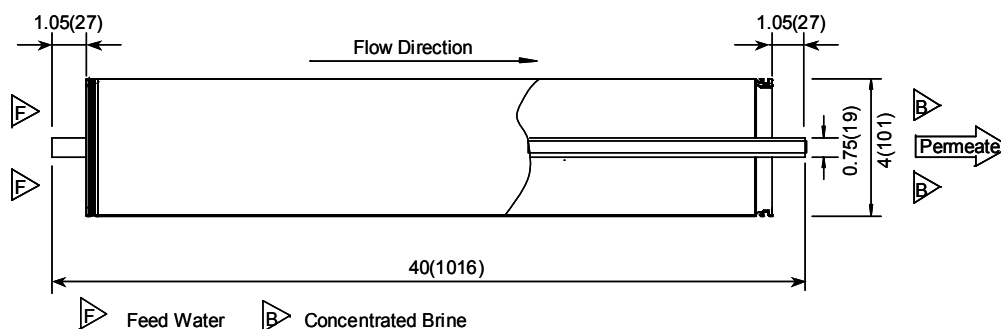
| 膜元件型号 | 标准脱盐率% | 透过水量 gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积 ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水流道宽度(mil) |
|-------|--------|------------------------------|-----------------------------------------|-------------|
| TM710 | 99.7   | 2,400 (9.1)                  | 87 (8)                                  | 31          |

|       |            |                                  |
|-------|------------|----------------------------------|
| 测试条件： | 操作压力       | 225 psi (1.55MPa)                |
|       | 测试液温度      | 77 ° F (25℃)                     |
|       | 测试液浓度      | 2000 mg/L (as NaCl)              |
|       | 单只膜元件水回收率  | 15%                              |
|       | 测试液 pH     | 7                                |
|       | 单支膜元件最低脱盐率 | 99.0%                            |
|       | 最小透过水量     | 2,000 gpd (7.6m <sup>3</sup> /d) |

### 2.2 使用极限条件

|               |                            |
|---------------|----------------------------|
| 最高操作压力        | 600psi (4.1MPa)            |
| 最高进水流量        | 15gpm(82m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 113 ° F (45 °C)            |
| 最大进水 SDI      | 5                          |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                       |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                       |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                       |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)           |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)            |

### 2.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



### 3 TM720-370 8 英寸低压反渗透膜元件

TM720-370 低压反渗透膜元件，有效膜面积为 370 平方英尺。适合于含盐量 10000ppm 以下的苦咸水、地表水以及自来水的淡化和深度处理。具有卓越的脱盐性能和很高的产水量。广泛用于大规模的电子工业超纯水、发电厂锅炉补给水等各种工业用水以及饮料用水的制造，也应用于废水的再生利用等多种苦咸水淡化领域。

#### 3.1 膜元件性能规范

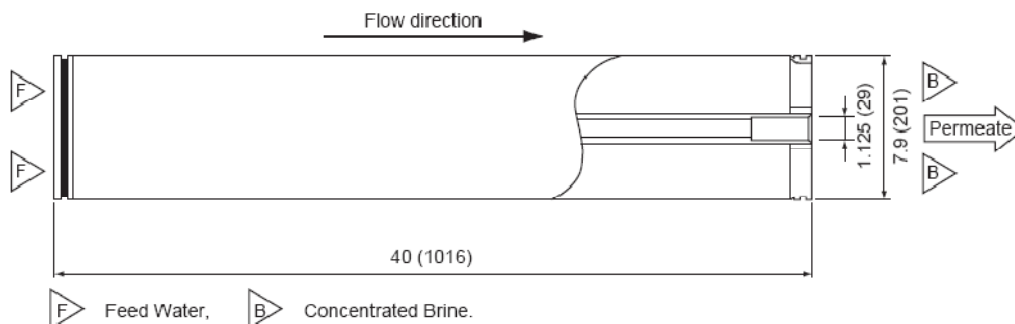
| 膜元件型号     | 标准脱盐率% | 透过水量 gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积 ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水流通道宽度(mil) |
|-----------|--------|------------------------------|-----------------------------------------|--------------|
| TM720-370 | 99.7   | 9,500 (36.0)                 | 370 (34)                                | 31           |

|       |            |                                   |
|-------|------------|-----------------------------------|
| 测试条件： | 操作压力       | 225 psi (1.55MPa)                 |
|       | 测试液温度      | 77 ° F (25 ° C)                   |
|       | 测试液浓度      | 2000 mg/L (as NaCl)               |
|       | 单只膜元件水回收率  | 15%                               |
|       | 测试液 pH     | 7                                 |
|       | 单支膜元件最低脱盐率 | 99.0%                             |
|       | 最小透过水量     | 7,500 gpd (28.4m <sup>3</sup> /d) |

#### 3.2 使用极限条件

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| 最高操作压力        | 600psi (4.1MPa)             |
| 最高进水流量        | 70gpm(382m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 113 ° F (45 ° C)            |
| 最大进水 SDI      | 5                           |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                        |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                        |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                        |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)            |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)             |

#### 3.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



## 4 TM720-400 8 英寸低压反渗透膜元件

TM720-400 低压反渗透膜元件，有效膜面积为 400 平方英尺。适合于含盐量 10000ppm 以下的苦咸水、地表水以及自来水的淡化和深度处理。具有卓越的脱盐性能和很高的产水量。广泛用于大规模的电子工业超纯水、发电厂锅炉补给水等各种工业用水以及饮料用水的制造，也应用于废水的再生利用等多种苦咸水淡化领域。

### 4.1 膜元件性能规范

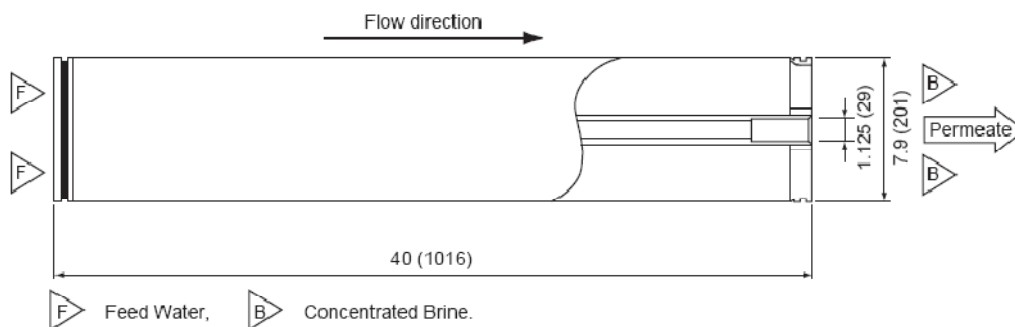
| 膜元件型号     | 标准脱盐率% | 透过水量 gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积 ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水流道宽度(mil) |
|-----------|--------|------------------------------|-----------------------------------------|-------------|
| TM720-400 | 99.7   | 10,200 (38.6)                | 400 (37)                                | 31          |

|       |            |                                 |
|-------|------------|---------------------------------|
| 测试条件： | 操作压力       | 225 psi (1.55MPa)               |
|       | 测试液温度      | 77 ° F (25 ° C)                 |
|       | 测试液浓度      | 2000 mg/L (as NaCl)             |
|       | 单只膜元件水回收率  | 15%                             |
|       | 测试液 pH     | 7                               |
|       | 单支膜元件最低脱盐率 | 99.0%                           |
|       | 最小透过水量     | 8,200 gpd (31m <sup>3</sup> /d) |

### 4.2 使用极限条件

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| 最高操作压力        | 600psi (4.1MPa)             |
| 最高进水流量        | 70gpm(382m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 113 ° F (45 ° C)            |
| 最大进水 SDI      | 5                           |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                        |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                        |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                        |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)            |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)             |

### 4.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



## 5 TM720-430 8 英寸低压反渗透膜元件

TM720-430 低压反渗透膜元件，超大的有效膜面积为 430 平方英尺。适合于含盐量 10000ppm 以下的苦咸水、地表水以及自来水的淡化和深度处理。具有卓越的脱盐性能和超高的产水量。广泛用于大规模的电子工业超纯水、发电厂锅炉补给水等各种工业用水以及饮料用水的制造，也应用于废水的再生利用等多种苦咸水淡化领域。

### 5.1 膜元件性能规范

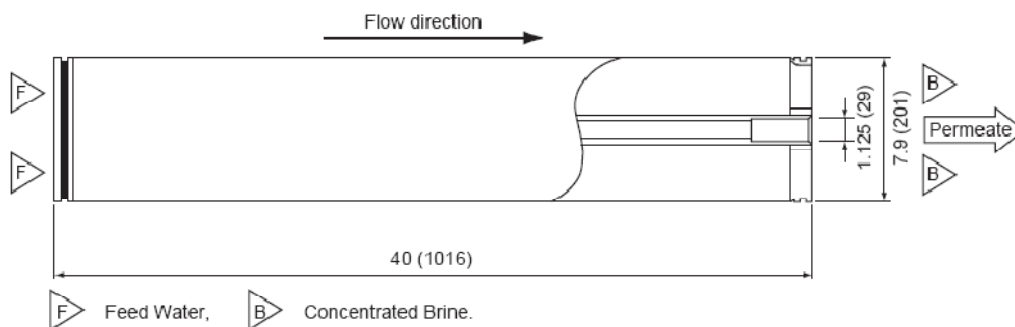
| 膜元件型号     | 标准脱盐率% | 透过水量 gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积 ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水流道宽度(mil) |
|-----------|--------|------------------------------|-----------------------------------------|-------------|
| TM720-430 | 99.7   | 11,000 (41.6)                | 430 (40)                                | 28          |

|       |            |                                   |
|-------|------------|-----------------------------------|
| 测试条件： | 操作压力       | 225 psi (1.55MPa)                 |
|       | 测试液温度      | 77 ° F (25 ° C)                   |
|       | 测试液浓度      | 2000 mg/L (as NaCl)               |
|       | 单只膜元件水回收率  | 15%                               |
|       | 测试液 pH     | 7                                 |
|       | 单支膜元件最低脱盐率 | 99.0%                             |
|       | 最小透过水量     | 8,800 gpd (33.3m <sup>3</sup> /d) |

### 5.2 使用极限条件

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| 最高操作压力        | 600psi (4.1MPa)             |
| 最高进水流量        | 70gpm(382m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 113 ° F (45 ° C)            |
| 最大进水 SDI      | 5                           |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                        |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                        |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                        |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)            |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)             |

### 5.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



## 6 TM720N-400 8 英寸宽给水通道低压反渗透膜元件

TM720N-400 宽通道低压反渗透膜元件，有效膜面积为 400 平方英尺，给水通道 34mil。适合于含盐量 10000ppm 以下的苦咸水淡化，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、冷却循环排污水的回用等各种应用领域。最宽的给水通道，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。

### 6.1 膜元件性能规范

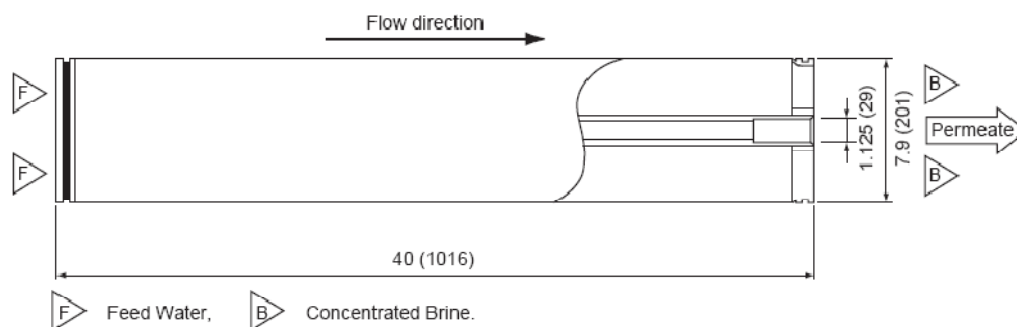
| 膜元件型号      | 标准脱盐率% | 透过水量 gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积 ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水通道宽度(mil) |
|------------|--------|------------------------------|-----------------------------------------|-------------|
| TM720N-400 | 99.7   | 10,200 (38.6)                | 400 (37)                                | 34          |

|            |                                   |
|------------|-----------------------------------|
| 测试条件： 操作压力 | 225 psi (1.55MPa)                 |
| 测试液温度      | 77 ° F (25 ° C)                   |
| 测试液浓度      | 2000 mg/L (as NaCl)               |
| 单只膜元件水回收率  | 15%                               |
| 测试液 pH     | 7                                 |
| 单支膜元件最低脱盐率 | 99.0%                             |
| 最小透过水量     | 8,200 gpd (31.0m <sup>3</sup> /d) |

### 6.2 使用极限条件

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| 最高操作压力        | 600psi (4.1MPa)             |
| 最高进水流量        | 70gpm(382m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 113 ° F (45 ° C)            |
| 最大进水 SDI      | 5                           |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                        |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                        |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                        |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)            |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)             |

### 6.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



## 7 TM720L-400 8 英寸低压高通量反渗透膜元件

TM720L-400 低压反渗透膜元件，有效膜面积为 400 平方英尺。适合于含盐量 3000ppm 以下的苦咸水、地表水以及自来水的淡化和深度处理。具有较低的运行压力（在较低的操作压力下，如测试压力 1.00Mpa，即可达到较高的产水量），可以大大节省系统的运行费用。广泛用于大规模的电子工业超纯水、发电厂锅炉补给水等各种工业用水以及饮料用水的制造，也应用于废水的再生利用等多种苦咸水淡化领域。

### 7.1 膜元件性能规范

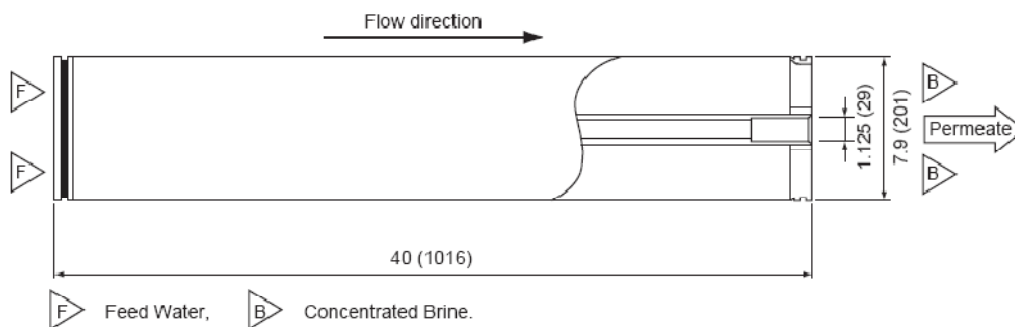
| 膜元件型号      | 标准脱盐率% | 透过水量 gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积 ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水通道宽度(mil) |
|------------|--------|------------------------------|-----------------------------------------|-------------|
| TM720L-400 | 99.5   | 8,500 (32.2)                 | 400 (37)                                | 31          |

|            |                                   |
|------------|-----------------------------------|
| 测试条件： 操作压力 | 150 psi (1.03MPa)                 |
| 测试液温度      | 77 ° F (25 ° C)                   |
| 测试液浓度      | 2000 mg/L (as NaCl)               |
| 单只膜元件水回收率  | 15%                               |
| 测试液 pH     | 7                                 |
| 单支膜元件最低脱盐率 | 99.0%                             |
| 最小透过水量     | 6,800 gpd (25.8m <sup>3</sup> /d) |

### 7.2 使用极限条件

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| 最高操作压力        | 600psi (4.1MPa)             |
| 最高进水流量        | 70gpm(382m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 113 ° F (45 ° C)            |
| 最大进水 SDI      | 5                           |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                        |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                        |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                        |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)            |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)             |

### 7.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



## 8 TM720L-430 8 英寸低压反渗透膜元件

TM720L-430 低压反渗透膜元件，超大的有效膜面积为 430 平方英尺。适合于含盐量 3000ppm 以下的苦咸水、地表水以及自来水的淡化和深度处理。具有较低的运行压力（在较低的操作压力下，如测试压力 1.00MPa，即可达到较高的产水量），可以大大节省系统的运行费用。广泛用于大规模的电子工业超纯水、发电厂锅炉补给水等各种工业用水以及饮料用水的制造，也应用于废水的再生利用等多种苦咸水淡化领域。

### 8.1 膜元件性能规范

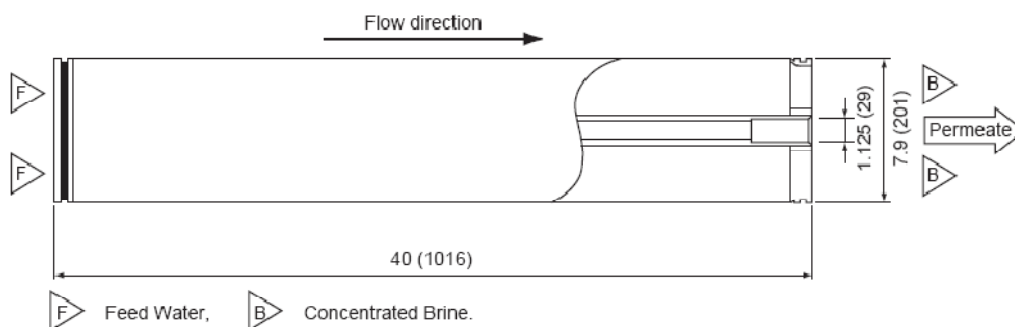
| 膜元件型号      | 标准脱盐率% | 透过水量 gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积 ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水通道宽度(mil) |
|------------|--------|------------------------------|-----------------------------------------|-------------|
| TM720L-430 | 99.5   | 9,200 (34.8)                 | 430 (40)                                | 28          |

|            |                                   |
|------------|-----------------------------------|
| 测试条件： 操作压力 | 150 psi (1.03MPa)                 |
| 测试液温度      | 77 ° F (25 ° C)                   |
| 测试液浓度      | 2000 mg/L (as NaCl)               |
| 单只膜元件水回收率  | 15%                               |
| 测试液 pH     | 7                                 |
| 单支膜元件最低脱盐率 | 99.0%                             |
| 最小透过水量     | 7,300 gpd (27.7m <sup>3</sup> /d) |

### 8.2 使用极限条件

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| 最高操作压力        | 600psi (4.1MPa)             |
| 最高进水流量        | 70gpm(382m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 113 ° F (45 ° C)            |
| 最大进水 SDI      | 5                           |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                        |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                        |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                        |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)            |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)             |

### 8.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



## 9 TM720C-430 8 英寸低压高脱硼反渗透膜元件

TM720C-430 低压高脱硼反渗透膜元件,超大的有效膜面积为 430 平方英尺。极高的硼脱除率,适合于含盐量 3000ppm 以下的苦咸水、地表水以及自来水的淡化和深度处理。具有较低的运行压力(在较低的操作压力下,如测试压力 1.03MPa,即可达到较高的产水量),可以大大节省系统的运行费用。本膜元件特别适合于用于海水淡化饮用水生产中的第二级系统。

### 9.1 膜元件性能规范

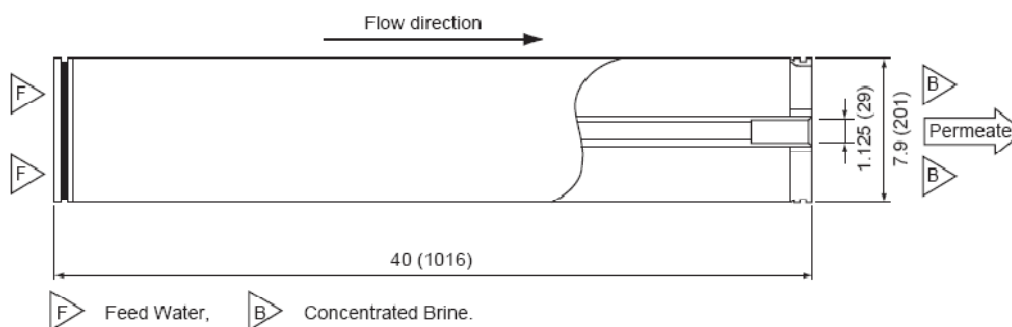
| 膜元件型号      | 标准脱盐率% | 脱硼率%     | 透过水量<br>gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积<br>ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水通道宽度<br>(mil) |
|------------|--------|----------|---------------------------------|--------------------------------------------|-----------------|
| TM720C-430 | 99.2   | 95(pH10) | 8,800 (33.3)                    | 430 (40)                                   | 28              |

|       |            |                                   |
|-------|------------|-----------------------------------|
| 测试条件: | 操作压力       | 150 psi (1.03MPa)                 |
|       | 测试液温度      | 77 ° F (25 ° C)                   |
|       | 测试液浓度      | 2000 mg/L (as NaCl)、5 mg/L 硼      |
|       | 单只膜元件水回收率  | 15%                               |
|       | 测试液 pH     | 7                                 |
|       | 单支膜元件最低脱盐率 | 98.2%                             |
|       | 最小透过水量     | 6,100 gpd (23.1m <sup>3</sup> /d) |

### 9.2 使用极限条件

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| 最高操作压力        | 600psi (4.1MPa)             |
| 最高进水流量        | 70gpm(382m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 113 ° F (45 ° C)            |
| 最大进水 SDI      | 5                           |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                        |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                        |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                        |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)            |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)             |

### 9.3 膜元件尺寸 (单位为: 英寸 (毫米))



## 10 重要操作信息

- (1) 每一支膜元件在出厂时均配有一个浓水密封圈、一个连接适配器及相应的 O 型圈和一个产水封头（8 英寸内连接式膜元件，不一定要使用），它们连同膜元件一起被放置在包装箱中，具体内容以实物为准。
- (2) 膜元件在出厂前都经过了通水测试，并使用 1% 的亚硫酸钠溶液进行储藏处理，然后用氧气隔绝袋真空包装。为了防止膜元件在短期储藏、运输以及系统待机时微生物的滋长，需要用纯水或反渗透产水配制浓度 500 - 1,000 ppm、pH 3-6 的亚硫酸钠（食品级）保护液浸泡元件。无论在何种情况下进行保存时，都不能使膜处于干燥状态。具体的保存方法请参照本技术手册的相关内容。
- (3) 对于推荐的设计范围，请参照东丽公司最新版本的技术手册和系统设计软件，或者向东丽膜产品的当地分销商或技术服务中心联系寻求帮助。推荐的设计范围在污堵和结垢严重的条件下例外，如果膜元件不在推荐的范围条件下运行，膜元件的使用寿命会有所降低。如果用户没有严格遵循本样本提供的操作条件，东丽公司将不承担保修责任。
- (4) 运行初期第一个小时的透过水要排放掉。
- (5) 任何时候都要避免膜元件的产水侧产生背压。
- (6) 在进水的 SDI 值高于 3 或 4 以上时，高产水量的运行（每一支膜元件都在很高的产水流速下运行）一般来说会导致频繁的化学清洗，通过调整系统的运行压力可以调节每一支膜元件的产水流量。当污堵或结垢的可能性较少时，浓水的流速可以适当降低。最小的浓水流量和产水流量的比值因不同的进水水质而不同，具体数值请参照本技术手册相关的设计指南。
- (7) 当组件的压差增加到初始值的 1.5 倍时，元件需要进行化学清洗。化学清洗以及杀菌、消毒措施必须参照东丽技术手册。
- (8) 用户应避免使用任何对膜元件有影响的化学药剂，如违反使用这类化学药剂，东丽公司将不承担保修责任。

### 注意：

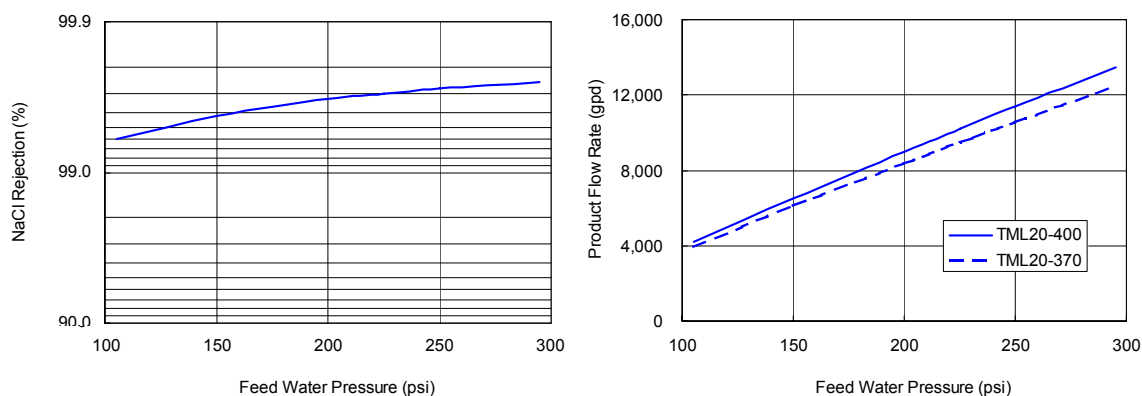
- 1 由于无法控制用户的使用方法和使用条件，东丽公司不承担由于使用本样本的信息和数据所造成的后果以及对产品的安全性和适用性的保证，无论单独使用还是与其他产品配合使用，建议用户进行试验以决定其安全性以及是否适用于用户的特定使用目的。
- 2 由于技术改进及产品更新换代，技术资料可能会随时改变，无须事先声明。

## 第四节 抗污染反渗透膜元件 TML 系列

TML 膜元件是东丽公司研制开发的适用于苦咸水脱盐淡化的架桥芳香族聚酰胺复合膜，它既具有低压运行、产水量高、除盐性能好的优点，同时又具有耐污染性的特点。由于采用了专利技术，在复合膜的表面涂加了特殊物质，改善了膜表面的电荷以及光滑度，同时在结构上缩短了膜片的长度，增加了膜袋的页数，可减少有机物及微生物在膜表面的吸附，大大提高了膜元件在高生物污堵条件下的性能和化学清洗的恢复性能。

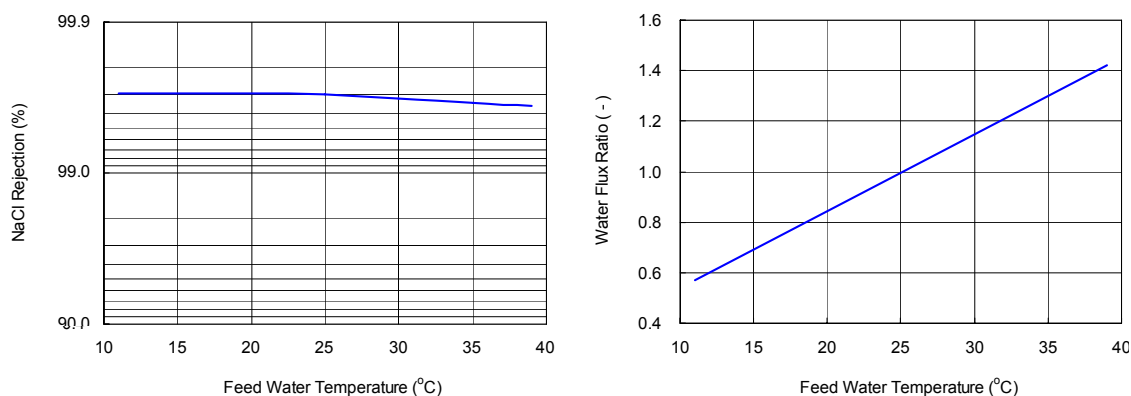
## 1 低污染反渗透膜元件的性能

## 1.1 膜元件在不同的供水压力条件下的脱盐率及产水性能



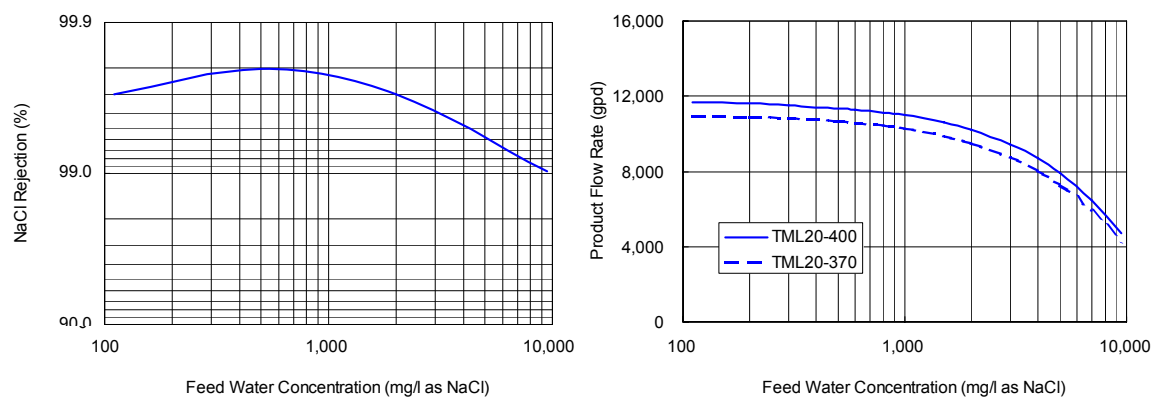
测试条件：25 °C (77 °F)；2000 mg/L as NaCl；pH=7；15%回收率

## 1.2 膜元件在不同的温度下的脱盐率及过水通量的变化



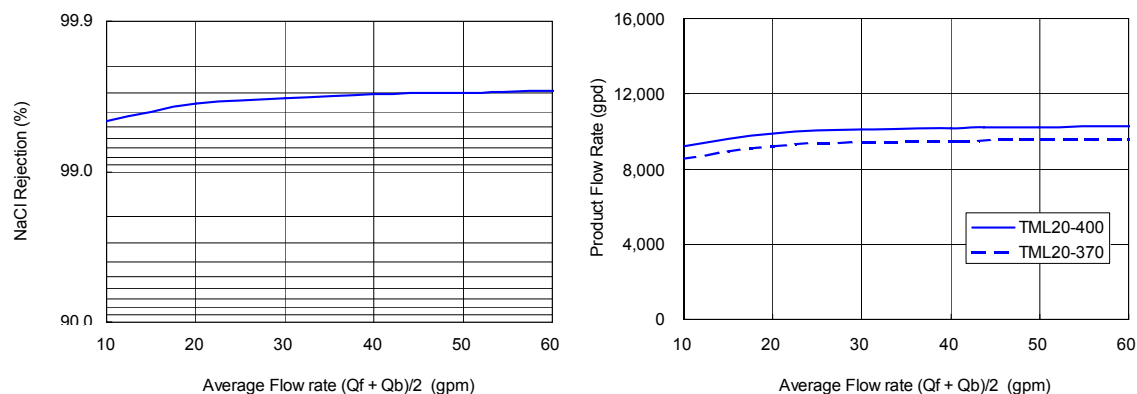
测试条件：1.55 MPa (225 psi)；2000 mg/L as NaCl；pH=7；15%回收率

### 1.3 膜元件在不同的含盐量条件下的脱盐率及产水性能



测试条件: 1.55 MPa (225 psi); 25 °C (77 °F); pH=7; 15%回收率

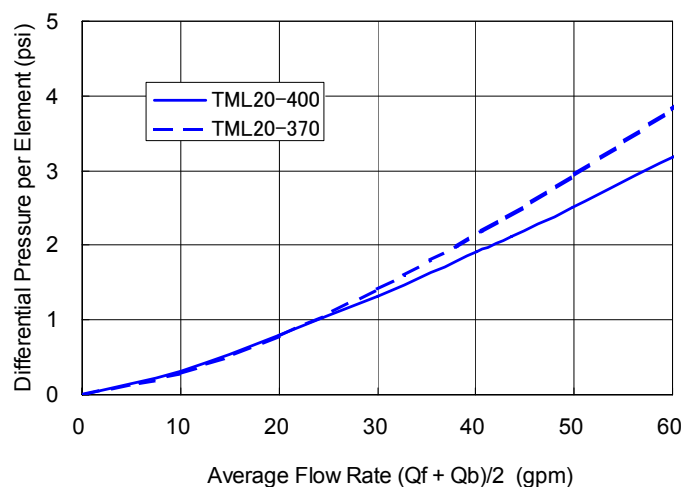
### 1.4 膜元件在不同的给水流量条件下的脱盐率及产水性能



Qf: 原水流量    Qb: 浓水流量

测试条件: 1.55 MPa (225 psi); 25 °C (77 °F); 2000 mg/L as NaCl; pH=7

### 1.5 膜元件在不同的给水流量条件下的压差性能



Qf: 原水流量    Qb: 浓水流量

测试条件: 25 °C (77 °F); 2000 mg/L as NaCl; pH=7

## 2 TML10 4 英寸抗污染反渗透膜元件

TML10 膜元件具有与 8 英寸抗污染反渗透膜元件相同的高脱盐率和高抗污染性能，主要应用于大型水处理系统的中试试验，尤其以微污染地表水、市政污水、工业废水为水源的工业水处理系统。

### 2.1 膜元件性能规范

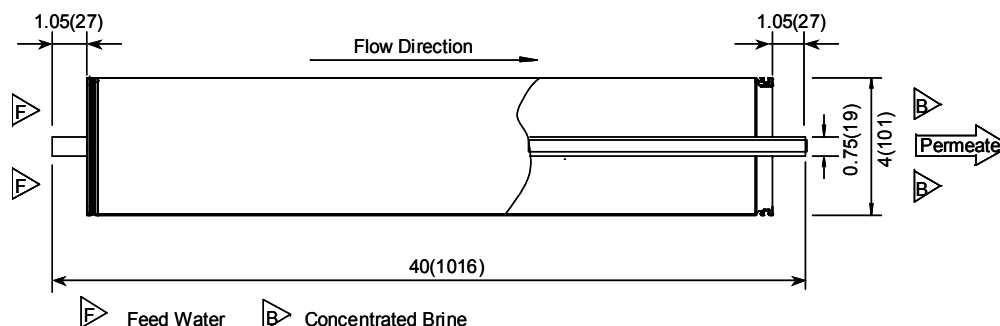
| 膜元件型号 | 标准脱盐率% | 透过水量 gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积 ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水流道宽度(mil) |
|-------|--------|------------------------------|-----------------------------------------|-------------|
| TML10 | 99.7   | 1,850 (7.0)                  | 73 (7)                                  | 34          |

|       |            |                                  |
|-------|------------|----------------------------------|
| 测试条件： | 操作压力       | 225 psi (1.55MPa)                |
|       | 测试液温度      | 77 ° F (25 ° C)                  |
|       | 测试液浓度      | 2000 mg/L (as NaCl)              |
|       | 单只膜元件水回收率  | 15%                              |
|       | 测试液 pH     | 7                                |
|       | 单支膜元件最低脱盐率 | 99.0%                            |
|       | 最小透过水量     | 1,500 gpd (5.6m <sup>3</sup> /d) |

### 2.2 使用极限条件

|               |                            |
|---------------|----------------------------|
| 最高操作压力        | 600psi (4.1MPa)            |
| 最高进水流量        | 15gpm(82m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 113 ° F (45 ° C)           |
| 最大进水 SDI      | 5                          |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                       |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                       |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                       |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)           |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)            |

### 2.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



### 3 TML10F 4 英寸抗污染反渗透膜元件

TML10F 在 TML10 基础上增加了有效膜面积，产水通量得到大大提高，膜元件具有与 8 英寸抗污染反渗透膜元件相同的高脱盐率和高抗污染性能，主要应用于大型水处理系统的中试试验，尤其以微污染地表水、市政污水、工业废水为水源的工业水处理系统。

#### 3.1 膜元件性能规范

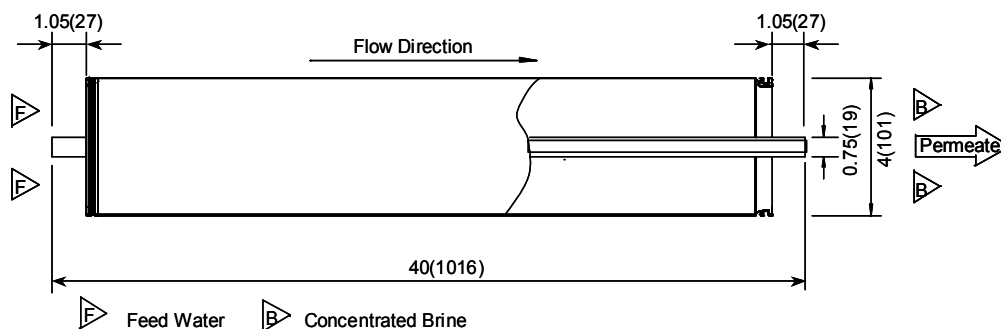
| 膜元件型号  | 标准脱盐率% | 透过水量 gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积 ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水流通道宽度(mil) |
|--------|--------|------------------------------|-----------------------------------------|--------------|
| TML10F | 99.7   | 2,200 (8.3)                  | 87 (8.1)                                | 31           |

|       |            |                                |
|-------|------------|--------------------------------|
| 测试条件： | 操作压力       | 225 psi (1.55MPa)              |
|       | 测试液温度      | 77 ° F (25 ° C)                |
|       | 测试液浓度      | 2000 mg/L (as NaCl)            |
|       | 单只膜元件水回收率  | 15%                            |
|       | 测试液 pH     | 7                              |
|       | 单支膜元件最低脱盐率 | 99.0%                          |
|       | 最小透过水量     | 1,850 gpd (7m <sup>3</sup> /d) |

#### 3.2 使用极限条件

|               |                            |
|---------------|----------------------------|
| 最高操作压力        | 600psi (4.1MPa)            |
| 最高进水流量        | 15gpm(82m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 113 ° F (45 ° C)           |
| 最大进水 SDI      | 5                          |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                       |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                       |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                       |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)           |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)            |

#### 3.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



## 4 TML20-370 8 英寸抗污染反渗透膜元件

TML20-370 抗污染反渗透膜元件，有效膜面积为 370 平方英尺。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。由于其膜片呈电中性，这大大减少了细菌、微生物在膜表面的吸附；最宽的给水流道，使其不仅有较强的抗污染性，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、冷却循环排污水的回用等各种应用领域。

### 4.1 膜元件性能规范

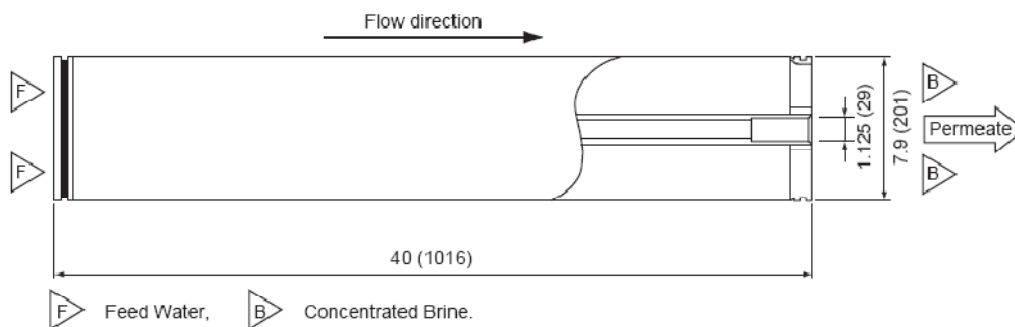
| 膜元件型号     | 标准脱盐率% | 透过水量 gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积 ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水流道宽度(mil) |
|-----------|--------|------------------------------|-----------------------------------------|-------------|
| TML20-370 | 99.7   | 9,500 (36.0)                 | 370 (34)                                | 34          |

|            |                                   |
|------------|-----------------------------------|
| 测试条件： 操作压力 | 225 psi (1.55MPa)                 |
| 测试液温度      | 77 ° F (25 °C)                    |
| 测试液浓度      | 2000 mg/L (as NaCl)               |
| 单只膜元件水回收率  | 15%                               |
| 测试液 pH     | 7                                 |
| 单支膜元件最低脱盐率 | 99.0%                             |
| 最小透过水量     | 7,500 gpd (28.4m <sup>3</sup> /d) |

### 4.2 使用极限条件

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| 最高操作压力        | 600psi (4.1MPa)             |
| 最高进水流量        | 70gpm(382m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 113 ° F (45 °C)             |
| 最大进水 SDI      | 5                           |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                        |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                        |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                        |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)            |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)             |

### 4.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



## 5 TML20-400 8 英寸低污染反渗透膜元件

TML20-400 抗污染反渗透膜元件，有效膜面积为 400 平方英尺。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。由于其膜片呈电中性，这大大减少了细菌、微生物在膜表面的吸附；最宽的给水流道，使其不仅有较强的抗污染性，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、冷却循环排污水的回用等各种应用领域。

### 5.1 膜元件性能规范

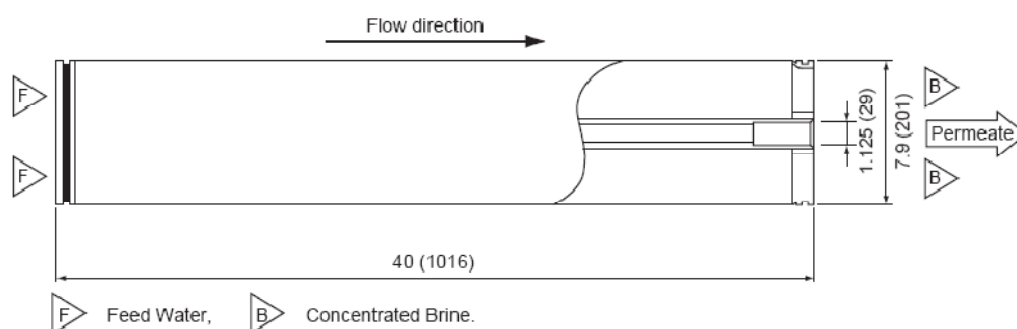
| 膜元件型号     | 标准脱盐率% | 透过水量 gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积 ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水流道宽度(mil) |
|-----------|--------|------------------------------|-----------------------------------------|-------------|
| TML20-400 | 99.7   | 10,200 (38.6)                | 400 (37)                                | 31          |

|       |            |                                 |
|-------|------------|---------------------------------|
| 测试条件： | 操作压力       | 225 psi (1.55MPa)               |
|       | 测试液温度      | 77 ° F (25℃)                    |
|       | 测试液浓度      | 2000 mg/L (as NaCl)             |
|       | 单只膜元件水回收率  | 15%                             |
|       | 测试液 pH     | 7                               |
|       | 单支膜元件最低脱盐率 | 99.0%                           |
|       | 最小透过水量     | 8,200 gpd (31m <sup>3</sup> /d) |

### 5.2 使用极限条件

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| 最高操作压力        | 600psi (4.1MPa)             |
| 最高进水流量        | 70gpm(382m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 113 ° F (45℃)               |
| 最大进水 SDI      | 5                           |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                        |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                        |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                        |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)            |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)             |

### 5.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



## 6 TML20N-400 8 英寸宽给水流程低污染反渗透膜元件

TML20N-400 抗污染反渗透膜元件，有效膜面积为 400 平方英尺，34mil 宽给水流程。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。由于其膜片呈电中性，这大大减少了细菌、微生物在膜表面的吸附；最宽的 34mil 给水流程，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、冷却循环排污水的回用等各种应用领域。

### 6.1 膜元件性能规范

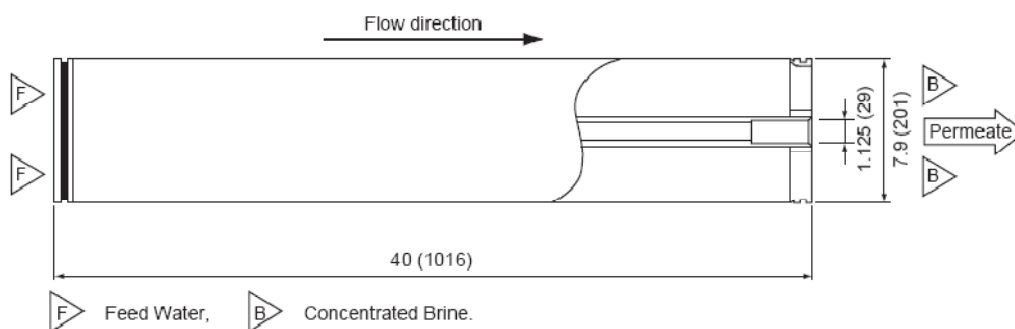
| 膜元件型号      | 标准脱盐率% | 透过水量 gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积 ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水流程宽度(mil) |
|------------|--------|------------------------------|-----------------------------------------|-------------|
| TML20N-400 | 99.7   | 10,200 (38.6)                | 400 (37)                                | 34          |

|       |            |                                 |
|-------|------------|---------------------------------|
| 测试条件： | 操作压力       | 225 psi (1.55MPa)               |
|       | 测试液温度      | 77 ° F (25℃)                    |
|       | 测试液浓度      | 2000 mg/L (as NaCl)             |
|       | 单只膜元件水回收率  | 15%                             |
|       | 测试液 pH     | 7                               |
|       | 单支膜元件最低脱盐率 | 99.0%                           |
|       | 最小透过水量     | 8,200 gpd (31m <sup>3</sup> /d) |

### 6.2 使用极限条件

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| 最高操作压力        | 600psi (4.1MPa)             |
| 最高进水流量        | 70gpm(382m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 113 ° F (45℃)               |
| 最大进水 SDI      | 5                           |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                        |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                        |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                        |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)            |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)             |

### 6.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



## 7 重要操作信息

- (1) 每一支膜元件在出厂时均配有一个浓水密封圈、一个连接适配器及相应的 O 型圈和一个产水封头（8 英寸内连接式膜元件，不一定要使用），它们连同膜元件一起被放置在包装箱中，具体内容以实物为准。
- (2) 膜元件在出厂前都经过了通水测试，并使用 1% 的亚硫酸钠溶液进行储藏处理，然后用氧气隔绝袋真空包装。为了防止膜元件在短期储藏、运输以及系统待机时微生物的滋长，需要用纯水或反渗透产水配制浓度 500 - 1,000 ppm、pH 3-6 的亚硫酸钠（食品级）保护液浸泡元件。无论在何种情况下进行保存时，都不能使膜处于干燥状态。具体的保存方法请参照本技术手册的相关内容。
- (3) 对于推荐的设计范围，请参照东丽公司最新版本的技术手册和系统设计软件，或者向东丽膜产品的当地分销商或技术服务中心联系寻求帮助。推荐的设计范围在污堵和结垢严重的条件下例外，如果膜元件不在推荐的范围条件下运行，膜元件的使用寿命会有所降低。如果用户没有严格遵循本样本提供的操作条件，东丽公司将不承担保修责任。
- (4) 运行初期第一个小时的透过水要排放掉。
- (5) 任何时候都要避免膜元件的产水侧产生背压。
- (6) 在进水的 SDI 值高于 3 或 4 以上时，高产水量的运行（每一支膜元件都在很高的产水流速下运行）一般来说会导致频繁的化学清洗，通过调整系统的运行压力可以调节每一支膜元件的产水流量。当污堵或结垢的可能性较少时，浓水的流速可以适当降低。最小的浓水流量和产水流量的比值因不同的进水水质而不同，具体数值请参照本技术手册相关的设计指南。
- (7) 当组件的压差增加到初始值的 1.5 倍时，元件需要进行化学清洗。化学清洗以及杀菌、消毒措施必须参照东丽技术手册。
- (8) 用户应避免使用任何对膜元件有影响的化学药剂，如违反使用这类化学药剂，东丽公司将不承担保修责任。

### 注意：

1 由于无法控制用户的使用方法和使用条件，东丽公司不承担由于使用本样本的信息和数据所造成的后果以及对产品的安全性和适用性的保证，无论单独使用还是与其他产品配合使用，建议用户进行试验以决定其安全性以及是否适用于用户的特定使用目的。

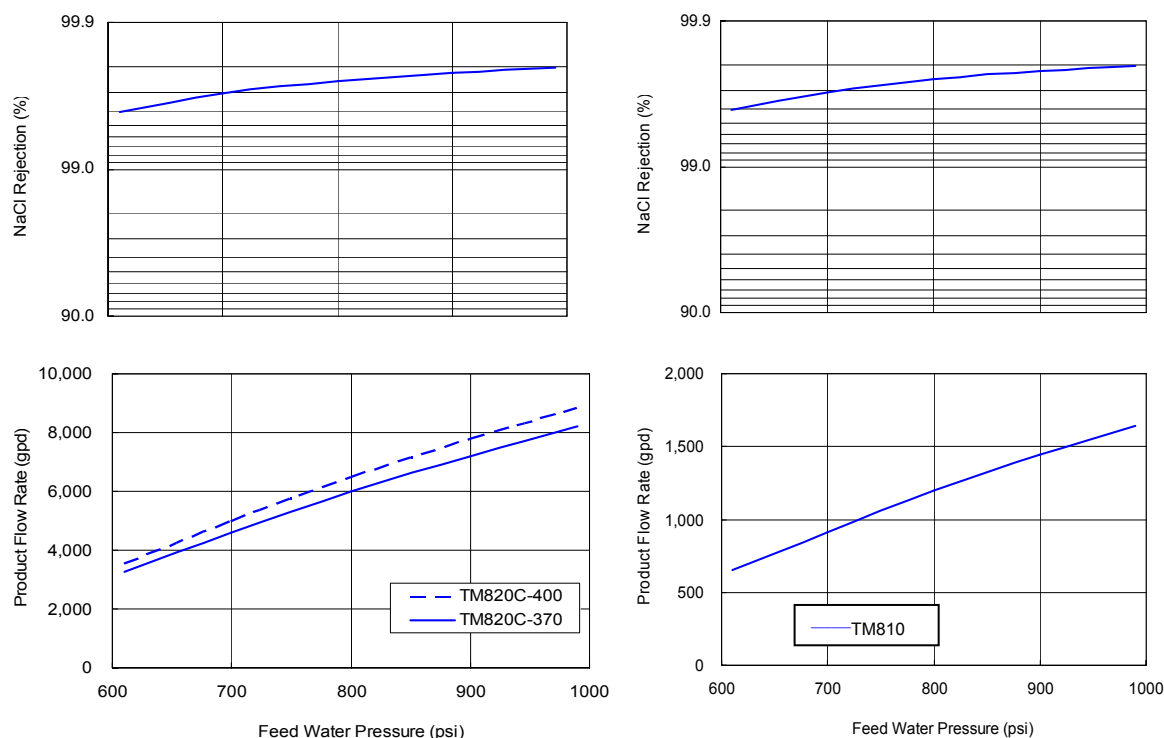
2 由于技术改进及产品更新换代，技术资料可能会随时改变，无须事先声明。

## 第五节 海水淡化反渗透膜元件 TM8 系列

TM8 系列膜元件是东丽公司研制开发的适用于海水及高浓度苦咸水淡化的架桥芳香族聚酰胺复合膜。它具有除盐性能好且稳定，运行维护成本低的特点。特别是具有世界最高水准的脱盐率，可以保证一级渗透即可从海水中获取饮料水。通过改善膜元件结构可提高产水量，因此减少了膜元件的使用数量，可以有效地降低设备投资。

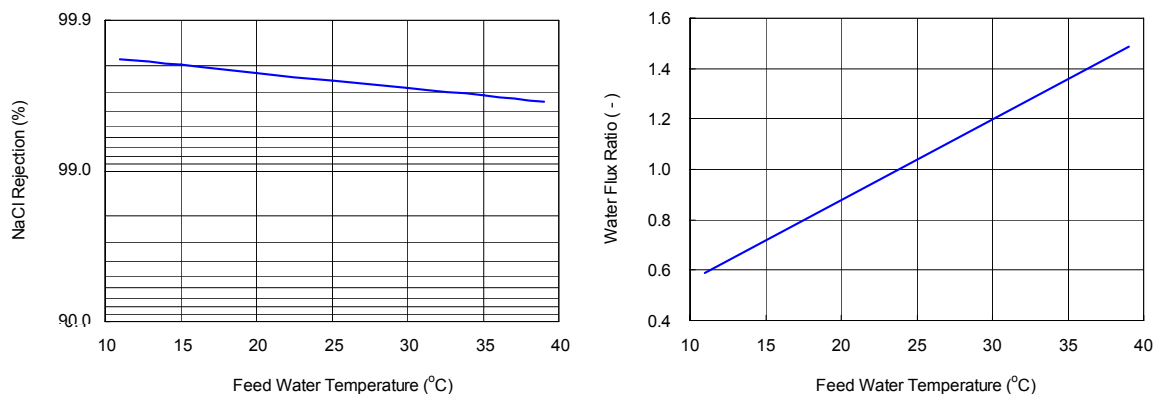
### 1 膜元件在不同的供水压力条件下的脱盐率及产水性能

#### 1.1 膜元件在不同的供水压力条件下的脱盐率及产水性能



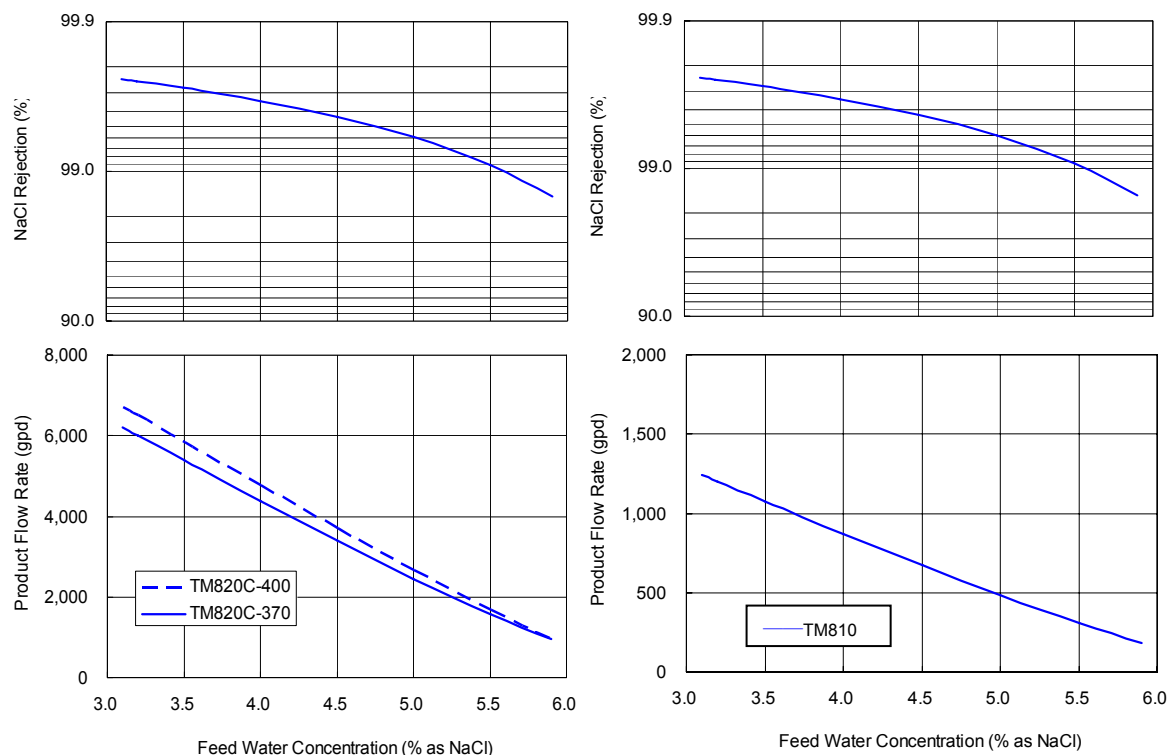
测试条件: 25 °C (77 °F); 32000 mg/L as NaCl; pH=8; 8%回收率

#### 1.2 膜元件在不同的温度下的脱盐率及过水通量的变化



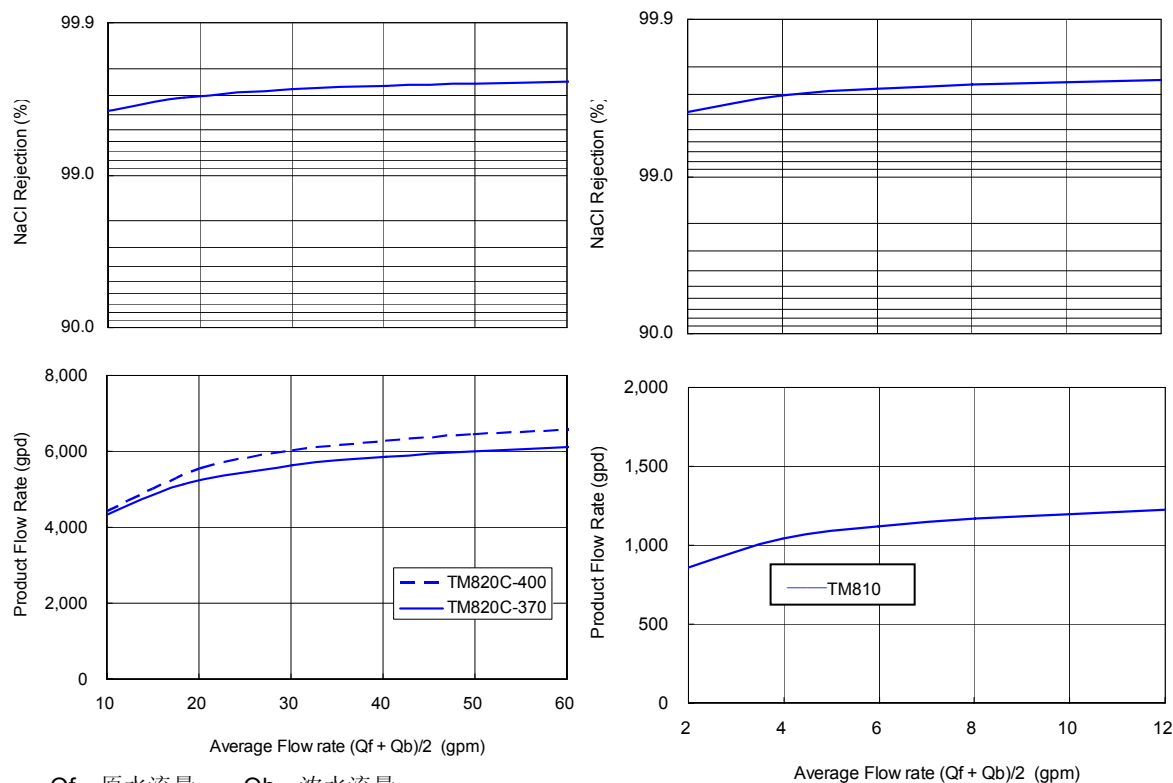
测试条件: 5.52 MPa (800 psi); 32000 mg/L as NaCl; pH=8; 8%回收率

## 1.3 膜元件在不同的含盐量条件下的脱盐率及产水性能



测试条件: 5.52 MPa (800 psi); 25 °C (77 °F); pH=8; 8%回收率

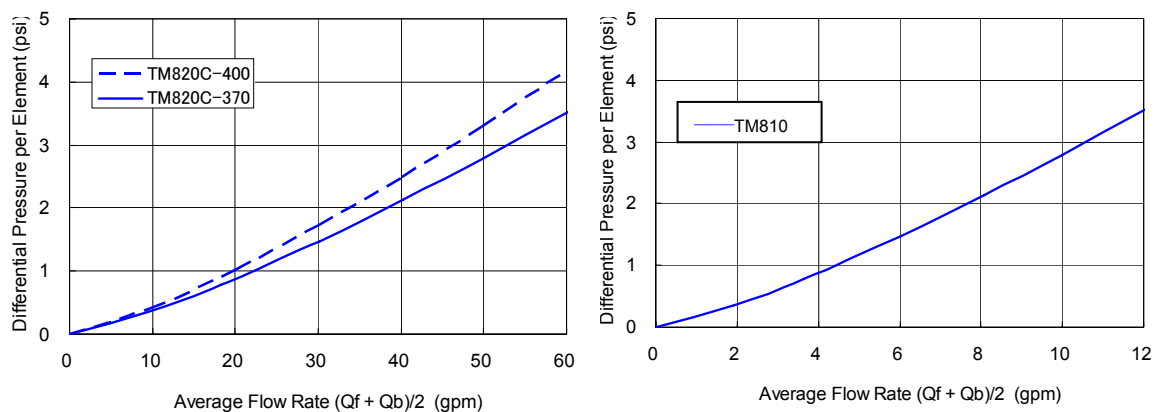
## 1.4 膜元件在不同的给水流量条件下的脱盐率及产水性能



Qf: 原水流量    Qb: 浓水流量

测试条件: 5.52 MPa (800 psi); 25 °C (77 °F); 32000 mg/L as NaCl; pH=8

### 1.5 膜元件在不同的给水流量条件下的压差性能



Qf: 原水流量    Qb: 浓水流量

测试条件: 25 °C (77 °F); 32000 mg/L as NaCl; pH=8

## 2 TM810 4 英寸高脱盐海水淡化反渗透膜元件

TM810 海水淡化膜元件具有较高的脱盐率，产水水质极其稳定，适合于从海水以及高浓度苦咸水中获取高质量的透过水。可用于小规模的海水淡化和高浓度苦咸水淡化系统，来制造发电厂锅炉补给水等各种工业用水和生活用水，也应用于废水再利用，如食品、电镀金属等有价值物质的浓缩回收在内的多种领域。

### 2.1 膜元件性能规范

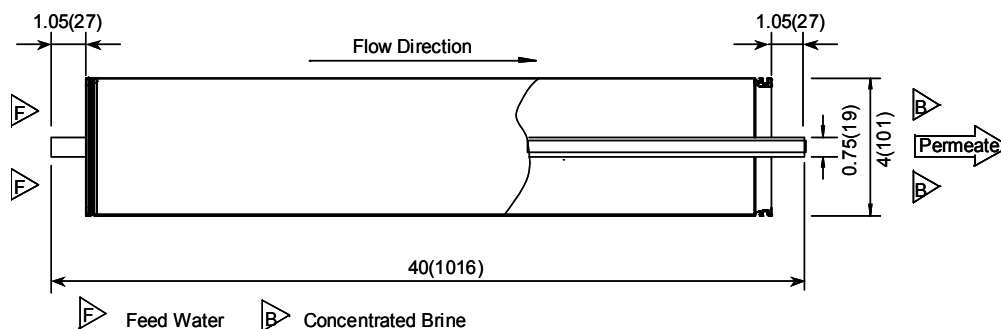
| 膜元件型号 | 标准脱盐率% | 透过水量 gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积 ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水流道宽度(mil) |
|-------|--------|------------------------------|-----------------------------------------|-------------|
| TM810 | 99.75  | 1,200 (4.5)                  | 73 (7)                                  | 31          |

|       |            |                                  |
|-------|------------|----------------------------------|
| 测试条件： | 操作压力       | 800 psi (5.52MPa)                |
|       | 测试液温度      | 77 ° F (25℃)                     |
|       | 测试液浓度      | 32000 mg/L (as NaCl)             |
|       | 单只膜元件水回收率  | 8%                               |
|       | 测试液 pH     | 8                                |
|       | 单支膜元件最低脱盐率 | 99.5%                            |
|       | 最小透过水量     | 1,000 gpd (3.8m <sup>3</sup> /d) |

### 2.2 使用极限条件

|               |                            |
|---------------|----------------------------|
| 最高操作压力        | 1200psi (8.3MPa)           |
| 最高进水流量        | 15gpm(82m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 113 ° F (45℃)              |
| 最大进水 SDI      | 5                          |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                       |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                       |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                       |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)           |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)            |

### 2.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



### 3 TM820C-370 8 英寸高脱盐海水淡化反渗透膜元件

TM820C-370 海水淡化膜元件，有效膜面积为 370 平方英尺，它具有世界最高水准的耐压能力以及 NaCl 和硼脱除率，除盐性能好且稳定，其具有较高的产水通量，可保证在高回收率的条件下从海水中获取高质量的透过水。适合于高浓度海水的淡化处理。广泛应用于高回收率系统的海水淡化和苦咸水淡化，来制造发电厂锅炉补给水等各种工业用水和生活用水，也应用于废水再利用，如食品、电镀金属等有价值物质的浓缩回收在内的多种领域。

#### 3.1 膜元件性能规范

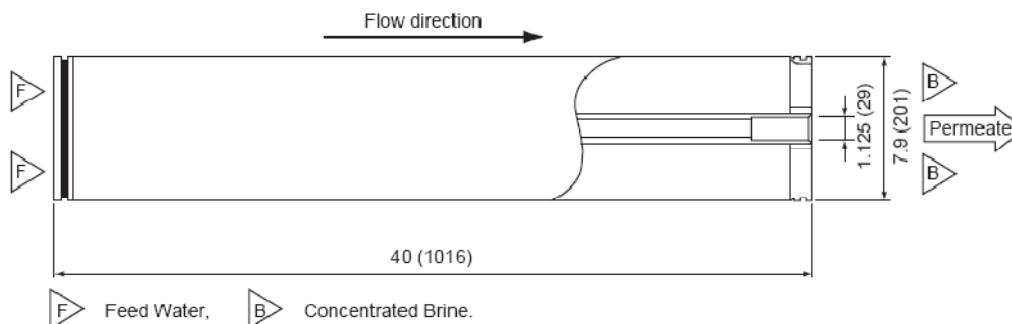
| 膜元件型号      | 标准脱盐率% | 脱硼率% | 透过水量<br>gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积<br>ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水通道宽度<br>(mil) |
|------------|--------|------|---------------------------------|--------------------------------------------|-----------------|
| TM820C-370 | 99.75  | 93   | 6,000 (22.7)                    | 37 (34)                                    | 31              |

|       |            |                                   |
|-------|------------|-----------------------------------|
| 测试条件： | 操作压力       | 800 psi (5.52MPa)                 |
|       | 测试液温度      | 77 ° F (25℃)                      |
|       | 测试液浓度      | 32000 mg/L (as NaCl)、5 mg/L 硼     |
|       | 单只膜元件水回收率  | 8%                                |
|       | 测试液 pH     | 8                                 |
|       | 单支膜元件最低脱盐率 | 99.5%                             |
|       | 最小透过水量     | 4,800 gpd (18.2m <sup>3</sup> /d) |

#### 3.2 使用极限条件

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| 最高操作压力        | 1200psi (8.3MPa)            |
| 最高进水流量        | 70gpm(382m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 113 ° F (45℃)               |
| 最大进水 SDI      | 5                           |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                        |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                        |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                        |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)            |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)             |

#### 3.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



## 4 TM820C-400 8 英寸高脱盐海水淡化反渗透膜元件

TM820C-400 海水淡化膜元件，有效膜面积为 400 平方英尺，它具有世界最高水准的耐压能力以及 NaCl 和硼脱除率，除盐性能好且稳定，其具有较高的产水通量，可保证在高回收率的条件下从海水中获取高质量的透过水。适合于高浓度海水的淡化处理。广泛应用于高回收率系统的海水淡化和苦咸水淡化，来制造发电厂锅炉补给水等各种工业用水和生活用水，也应用于废水再利用，如食品、电镀金属等有价值物质的浓缩回收在内的多种领域。

### 4.1 膜元件性能规范

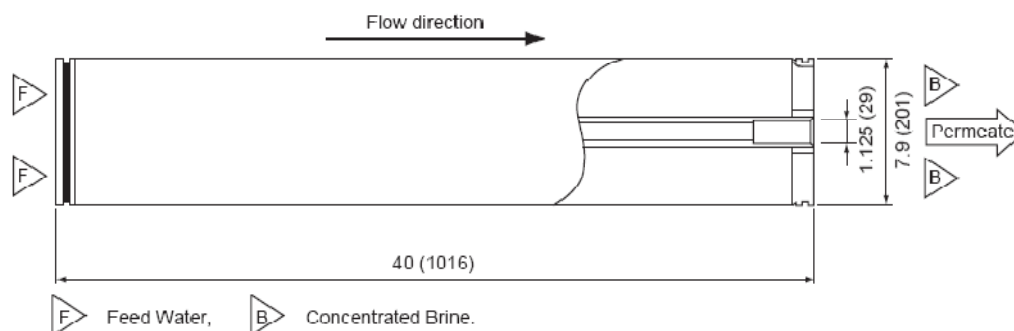
| 膜元件型号      | 标准脱盐率% | 脱硼率% | 透过水量<br>gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积<br>ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水通道宽度<br>(mil) |
|------------|--------|------|---------------------------------|--------------------------------------------|-----------------|
| TM820C-400 | 99.75  | 93   | 6,500 (24.6)                    | 400 (37)                                   | 28              |

|       |            |                                   |
|-------|------------|-----------------------------------|
| 测试条件： | 操作压力       | 800 psi (5.52MPa)                 |
|       | 测试液温度      | 77 ° F (25℃)                      |
|       | 测试液浓度      | 32000 mg/L (as NaCl)、5 mg/L 硼     |
|       | 单只膜元件水回收率  | 8%                                |
|       | 测试液 pH     | 8                                 |
|       | 单支膜元件最低脱盐率 | 99.5%                             |
|       | 最小透过水量     | 5,200 gpd (19.7m <sup>3</sup> /d) |

### 4.2 使用极限条件

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| 最高操作压力        | 1200psi (8.3MPa)            |
| 最高进水流量        | 70gpm(382m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 113 ° F (45℃)               |
| 最大进水 SDI      | 5                           |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                        |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                        |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                        |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)            |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)             |

### 4.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



## 5 TM820F-400 8 英寸高通量海水淡化反渗透膜元件

TM820F-400 海水淡化膜元件，有效膜面积为 400 平方英尺，通过提高膜片的亲水性，在保持较高的脱盐率的情况下，具有产水量大，系统运行压力低等显著特点，是目前市面上能耗最低、产水量最大的海水淡化膜元件，可大大地降低设备投资及系统的运行成本。适合于海水、亚海水和高浓度的苦咸水的淡化处理。广泛应用海水淡化和高浓度苦咸水淡化系统，来制造发电厂锅炉补给水等各种工业用水和生活用水，也应用于废水再利用，如食品、电镀金属等有价值物质的浓缩回收在内的多种领域。

### 5.1 膜元件性能规范

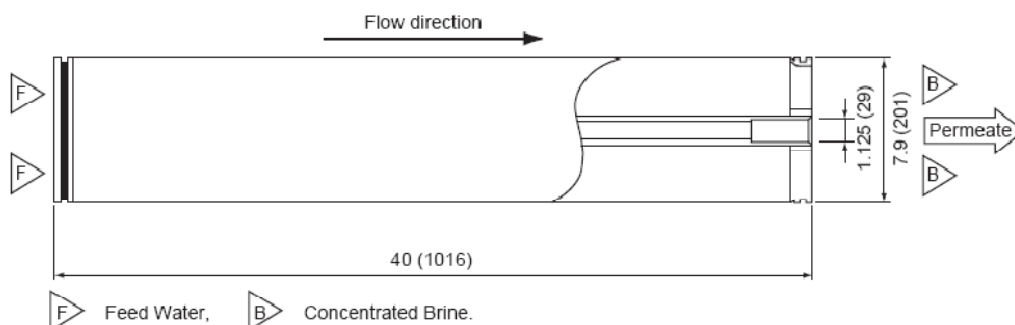
| 膜元件型号      | 标准脱盐率% | 透过水量 gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积 ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水流道宽度(mil) |
|------------|--------|------------------------------|-----------------------------------------|-------------|
| TM820F-400 | 99.7   | 9,000 (34.1)                 | 400 (37)                                | 28          |

|       |            |                                   |
|-------|------------|-----------------------------------|
| 测试条件： | 操作压力       | 800 psi (5.52MPa)                 |
|       | 测试液温度      | 77 ° F (25℃)                      |
|       | 测试液浓度      | 32,000 mg/L (as NaCl)             |
|       | 单只膜元件水回收率  | 8%                                |
|       | 测试液 pH     | 7                                 |
|       | 单支膜元件最低脱盐率 | 99.5%                             |
|       | 最小透过水量     | 7,200 gpd (27.3m <sup>3</sup> /d) |

### 5.2 使用极限条件

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| 最高操作压力        | 1000psi (6.9MPa)            |
| 最高进水流量        | 70gpm(382m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 113 ° F (45℃)               |
| 最大进水 SDI      | 5                           |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                        |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                        |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                        |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)            |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)             |

### 5.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



## 6 TM820A-370 8 英寸高浓度海水淡化反渗透膜元件

TM820A-370 海水淡化膜元件，有效膜面积为 370 平方英尺，它具有世界最高水准的耐压能力以及 NaCl 和硼脱除率，除盐性能好且稳定，可保证在高回收率的条件下从海水中获取高质量的透过水。适合于高浓度海水的淡化处理。广泛应用于高回收率系统的海水淡化和苦咸水淡化，来制造发电厂锅炉补给水等各种工业用水和生活用水，也应用于废水再利用，如食品、电镀金属等有价值物质的浓缩回收在内的多种领域。

### 6.1 膜元件性能规范

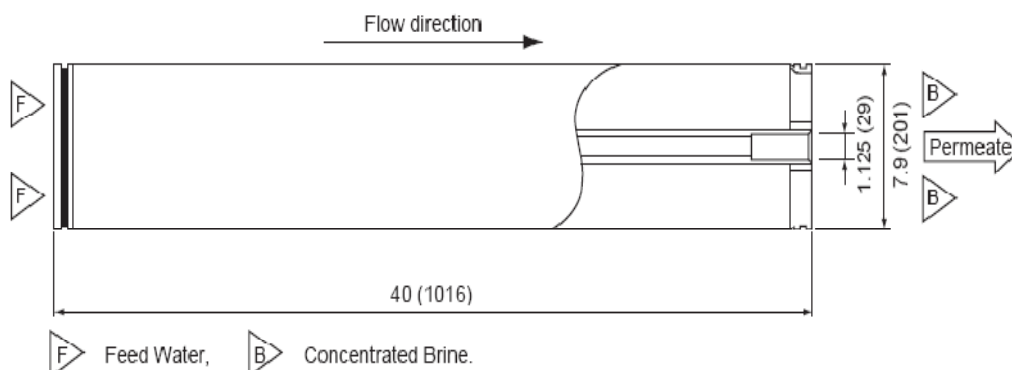
| 膜元件型号      | 标准脱盐率% | 脱硼率% | 透过水量<br>gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积<br>ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水通道宽度<br>(mil) |
|------------|--------|------|---------------------------------|--------------------------------------------|-----------------|
| TM820A-370 | 99.75  | 93   | 5,600 (21.2)                    | 370 (34)                                   | 31              |

|       |            |                                   |
|-------|------------|-----------------------------------|
| 测试条件： | 操作压力       | 800 psi (5.52MPa)                 |
|       | 测试液温度      | 77 ° F (25°C)                     |
|       | 测试液浓度      | 32000 mg/L (as NaCl)、5 mg/L 硼     |
|       | 单只膜元件水回收率  | 8%                                |
|       | 测试液 pH     | 8                                 |
|       | 单支膜元件最低脱盐率 | 99.5%                             |
|       | 最小透过水量     | 4,400 gpd (16.7m <sup>3</sup> /d) |

### 6.2 使用极限条件

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| 最高操作压力        | 1200psi (8.3MPa)            |
| 最高进水流量        | 70gpm(382m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 113 ° F (45°C)              |
| 最大进水 SDI      | 5                           |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                        |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                        |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                        |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)            |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)             |

### 6.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



## 7 TM820A-400 8 英寸高浓度海水淡化反渗透膜元件

TM820A-400 海水淡化膜元件，有效膜面积为 370 平方英尺，它具有世界最高水准的耐压能力和脱盐率，除盐性能好且稳定，可保证在高回收率的条件下从海水中获取高质量的透过水。适合于高浓度海水的淡化处理。广泛应用于高回收率系统的海水淡化和苦咸水淡化，来制造发电厂锅炉补给水等各种工业用水和生活用水，也应用于废水再利用，如食品、电镀金属等有价值物质的浓缩回收在内的多种领域。

### 7.1 膜元件性能规范

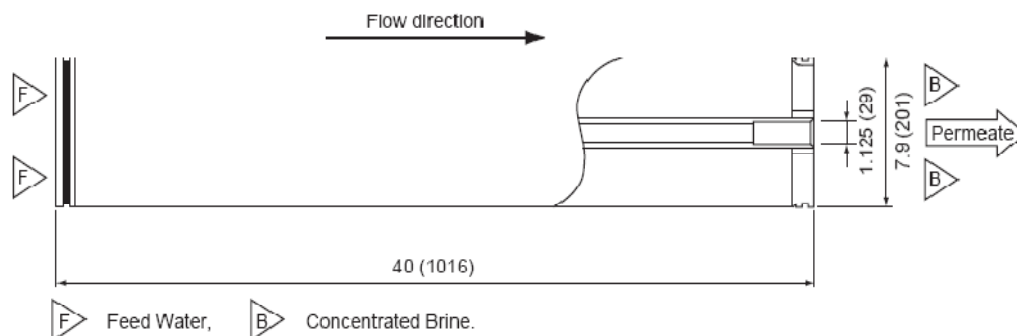
| 膜元件型号      | 标准脱盐率% | 脱硼率% | 透过水量<br>gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积<br>ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水通道宽度<br>(mil) |
|------------|--------|------|---------------------------------|--------------------------------------------|-----------------|
| TM820A-400 | 99.75  | 93   | 6,000 (22.7)                    | 400 (37)                                   | 28              |

|            |                                   |
|------------|-----------------------------------|
| 测试条件：操作压力  | 800 psi (5.52MPa)                 |
| 测试液温度      | 77 ° F (25℃)                      |
| 测试液浓度      | 32000 mg/L (as NaCl) 、5 mg/L 硼    |
| 单只膜元件水回收率  | 8%                                |
| 测试液 pH     | 8                                 |
| 单支膜元件最低脱盐率 | 99.5%                             |
| 最小透过水量     | 4,800 gpd (18.2m <sup>3</sup> /d) |

### 7.2 使用极限条件

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| 最高操作压力        | 1200psi (8.4MPa)            |
| 最高进水流量        | 70gpm(382m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 113 ° F (45℃)               |
| 最大进水 SDI      | 5                           |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                        |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                        |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                        |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)            |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)             |

### 7.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



## 8 TM820E-400 8 英寸高效型海水淡化反渗透膜元件

TM820E-400 海水淡化膜元件，有效膜面积为 400 平方英尺，它具有脱盐率高、产水通量大、运行成本低等显著性能，可有效地降低设备投资及系统的运行成本。适合于海水以及高浓度苦咸水的给水，尤其是采用严格的预处理如 UF/MF 的海水以及高浓度苦咸水脱盐系统。广泛应用海水淡化和高浓度苦咸水淡化系统，来制造发电厂锅炉补给水等各种工业用水和生活用水。

### 8.1 膜元件性能规范

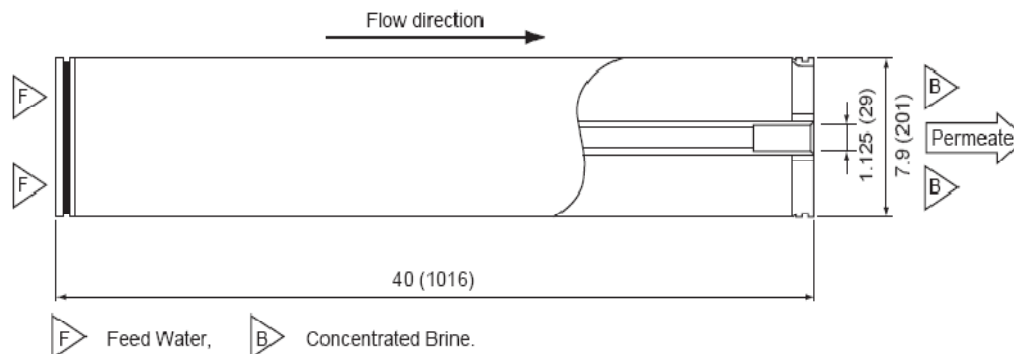
| 膜元件型号      | 标准脱盐率% | 脱硼率% | 透过水量<br>gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积<br>ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水流道宽度<br>(mil) |
|------------|--------|------|---------------------------------|--------------------------------------------|-----------------|
| TM820E-400 | 99.75  | 91   | 7,500 (28.3)                    | 400 (37)                                   | 28              |

|       |            |                                   |
|-------|------------|-----------------------------------|
| 测试条件： | 操作压力       | 800 psi (5.52MPa)                 |
|       | 测试液温度      | 77 ° F (25℃)                      |
|       | 测试液浓度      | 32000 mg/L (as NaCl) 、 5 mg/L 硼   |
|       | 单只膜元件水回收率  | 8%                                |
|       | 测试液 pH     | 8                                 |
|       | 单支膜元件最低脱盐率 | 99.5%                             |
|       | 最小透过水量     | 6,000 gpd (22.7m <sup>3</sup> /d) |

### 8.2 使用极限条件

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| 最高操作压力        | 1200psi (8.3MPa)            |
| 最高进水流量        | 70gpm(382m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 113 ° F (45℃)               |
| 最大进水 SDI      | 5                           |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                        |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                        |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                        |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)            |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)             |

### 8.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



## 9 TM820S-400 8 英寸高通量高脱盐节能型海水淡化反渗透膜元件

TM820S-400 海水淡化膜元件, 有效膜面积为 400 平方英尺, 它具有脱盐率高、产水通量极大、运行成本极低等显著性能, 可有效地降低设备投资及系统的运行成本。适合于海水以及高浓度苦咸水的给水, 尤其是采用严格的预处理如 UF/MF 的海水以及高浓度苦咸水脱盐系统。广泛应用海水淡化和高浓度苦咸水淡化系统, 来制造发电厂锅炉补给水等各种工业用水和生活用水。

### 9.1 膜元件性能规范

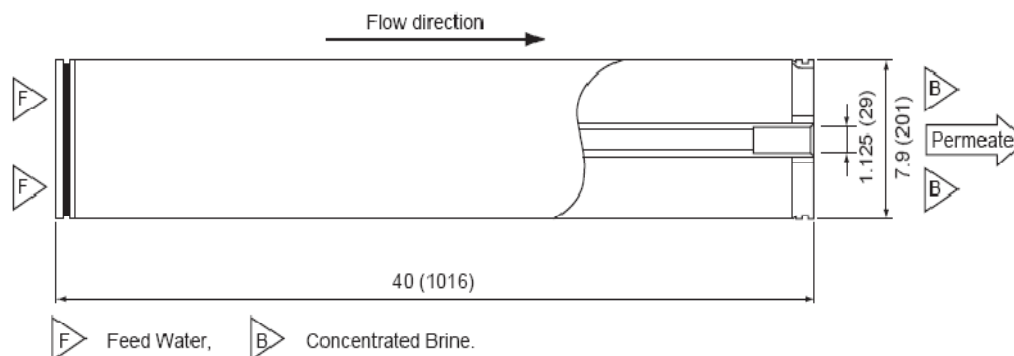
| 膜元件型号      | 标准脱盐率% | 脱硼率% | 透过水量<br>gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积<br>ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水流道宽度<br>(mil) |
|------------|--------|------|---------------------------------|--------------------------------------------|-----------------|
| TM820S-400 | 99.75  | 90   | 9,000 (34.1)                    | 400 (37)                                   | 28              |

|       |            |                                   |
|-------|------------|-----------------------------------|
| 测试条件: | 操作压力       | 800 psi (5.52MPa)                 |
|       | 测试液温度      | 77 ° F (25℃)                      |
|       | 测试液浓度      | 32000 mg/L (as NaCl) 、5 mg/L 硼    |
|       | 单只膜元件水回收率  | 8%                                |
|       | 测试液 pH     | 8                                 |
|       | 单支膜元件最低脱盐率 | 99.5%                             |
|       | 最小透过水量     | 7,500 gpd (28.3m <sup>3</sup> /d) |

### 9.2 使用极限条件

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| 最高操作压力        | 1200psi (8.3MPa)            |
| 最高进水流量        | 70gpm(382m <sup>3</sup> /d) |
| 最高进水温度        | 113 ° F (45℃)               |
| 最大进水 SDI      | 5                           |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                        |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 2—11                        |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 1—12                        |
| 单个膜元件最大压力损失   | 20psi (0.14 MPa)            |
| 单个膜组件最大压力损失   | 60psi (0.42MPa)             |

### 9.3 膜元件尺寸 (单位为: 英寸 (毫米))



## 10 重要操作信息

- (1) 每一支膜元件在出厂时均配有一个浓水密封圈、一个连接适配器及相应的 O 型圈和一个产水封头（8 英寸内连接式膜元件，不一定要使用），它们连同膜元件一起被放置在包装箱中，具体内容以实物为准。
- (2) 膜元件在出厂前都经过了通水测试，并使用 1% 的亚硫酸钠溶液进行储藏处理，然后用氧气隔绝袋真空包装。为了防止膜元件在短期储藏、运输以及系统待机时微生物的滋长，需要用纯水或反渗透产水配制浓度 500 - 1,000 ppm、pH 3-6 的亚硫酸钠（食品级）保护液浸泡元件。无论在何种情况下进行保存时，都不能使膜处于干燥状态。具体的保存方法请参照本技术手册的相关内容。
- (3) 对于推荐的设计范围，请参照东丽公司最新版本的技术手册和系统设计软件，或者向东丽膜产品的当地分销商或技术服务中心联系寻求帮助。推荐的设计范围在污堵和结垢严重的条件下例外，如果膜元件不在推荐的范围条件下运行，膜元件的使用寿命会有所降低。如果用户没有严格遵循本样本提供的操作条件，东丽公司将不承担保修责任。
- (4) 运行初期第一个小时的透过水要排放掉。
- (5) 任何时候都要避免膜元件的产水侧产生背压。
- (6) 在进水的 SDI 值高于 3 或 4 以上时，高产水量的运行（每一支膜元件都在很高的产水流速下运行）一般来说会导致频繁的化学清洗，通过调整系统的运行压力可以调节每一支膜元件的产水流量。当污堵或结垢的可能性较少时，浓水的流速可以适当降低。最小的浓水流量和产水流量的比值因不同的进水水质而不同，具体数值请参照本技术手册相关的设计指南。
- (7) 当组件的压差增加到初始值的 1.5 倍时，元件需要进行化学清洗。化学清洗以及杀菌、消毒措施必须参照东丽技术手册。
- (8) 用户应避免使用任何对膜元件有影响的化学药剂，如违反使用这类化学药剂，东丽公司将不承担保修责任。

### 注意：

- 1 由于无法控制用户的使用方法和使用条件，东丽公司不承担由于使用本样本的信息和数据所造成的后果以及对产品的安全性和适用性的保证，无论单独使用还是与其他产品配合使用，建议用户进行试验以决定其安全性以及是否适用于用户的特定使用目的。
- 2 由于技术改进及产品更新换代，技术资料可能会随时改变，无须事先声明。

## 第六节 超低压纳滤复合膜元件 SU 系列

### 1 纳滤原理与特性

纳滤膜的开发始于20世纪70年代，最初开发的目的是用膜法代替常规的石灰法和离子交换等软化过程。纳滤（NF）属于反渗透和超滤之间，其膜表面分离皮层一般可具有纳米级的分离微孔结构，相对于反渗透膜对NaCl的脱除率在95%以上，一般将对NaCl脱除率在90%以下的膜均可称为纳滤膜。

纳滤具有两个特性：一是其截流的分子量为百量级，分子大小约为一个纳米左右的溶解组分，对水中的葡萄糖、蔗糖等小分子有机物具有一定的分离作用；二是进料水的电荷性、离子价数和浓度对纳滤膜的分离效应影响很大。

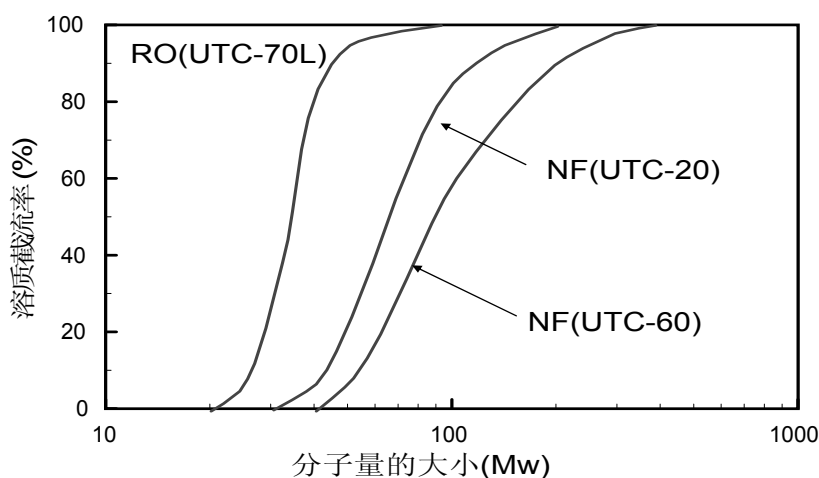
### 2 纳滤膜的应用

纳滤主要应用于饮用水和工业用水领域的软化、纯化、废水净化处理、工艺物料溶液中有价值成分的浓缩分离等方面。纳滤膜的孔径是纳米级的，它可以使水完全通过，而截流或部分截流比水分子量大的物质。对于离子而言，离子价数越高，纳滤膜对其截流率就越高，一般而言，纳滤膜让一价离子通过，二价或多价离子截留或大部分被截流。重金属离子和磷一般均为多价离子，纳滤膜对其截留率均很高。对于物料所构成的COD、BOD等有机物成分的不同，可以选用不同分子量截留率的纳滤膜进行废水的浓缩分离，将有机污染物截留在浓缩液中，使水和一价离子透过膜。

目前，国内外市场的纳滤膜主要应用于饮用水领域，利用纳滤膜进行水的软化、降低TDS的浓度，去除色度和高分子量的有机物。纳滤膜在较低的操作压力下就可具有较高的水通量，因此，在许多领域，用纳滤膜的处理过程比反渗过程的投資成本和操作費用更經濟。

### 3 东丽反渗透/纳滤膜对溶质分子量的截流曲线

UTC-70L 为东丽超低压 RO 膜片，UTC-20 为带正电荷的 NF 膜片，UTC-60 为低压 NF 膜片，即 SU-610/620/620F 的制作膜片。



## 4 SU610 4英寸低压纳滤膜元件

SU610 纳滤膜元件适合于以地表水和大多数井水为水源的市政用水的硬度软化、色度净化等深度处理，可以有效地脱除硝酸盐、杀虫剂、除草剂、THM 前驱物质等有机化合物、细菌和病毒等物质。适合于小规模锅炉补给水等各种工业用水和饮料用水的制造、分质供水在内的多种应用领域，能为客户带来显著的节能效益。

### 4.1 膜元件性能规范

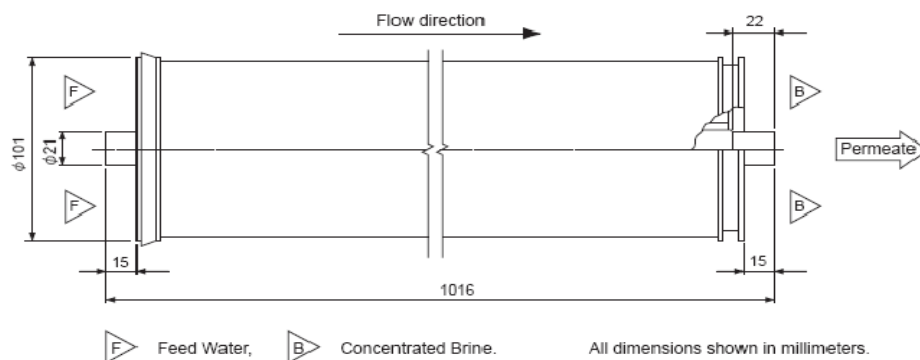
| 膜元件型号  | 标准脱盐率% | 透过水量 gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积 ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水流道宽度(mil) |
|--------|--------|------------------------------|-----------------------------------------|-------------|
| SU-610 | 55     | 1,200 (4.5)                  | 75 (7)                                  | 31          |

|            |                                  |
|------------|----------------------------------|
| 测试条件： 操作压力 | 50 psi (0.35MPa)                 |
| 测试液温度      | 77 ° F (25℃)                     |
| 测试液浓度      | 500 mg/L ( NaCl)                 |
| 浓水流量       | 20 l/min                         |
| 测试液 pH     | 6.5                              |
| 单支膜元件最低脱盐率 | 45%                              |
| 最小透过水量     | 1,000 gpd (4.0m <sup>3</sup> /d) |

### 4.2 使用条件（设计推荐）

|               |                                    |
|---------------|------------------------------------|
| 操作压力          | 150psi (1.0MPa)[最高 600psi(4.1MPa)] |
| 进水流量          | 13gpm(72m <sup>3</sup> /d)         |
| 浓水流量          | 2.6gpm(14.4m <sup>3</sup> /d)      |
| 浓淡水流速比        | 6                                  |
| 进水温度          | 75 ° F (35℃)                       |
| 进水 SDI        | 4                                  |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                               |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 3—8                                |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 2—9                                |
| 单支膜元件最大压力损失   | 14psi (0.1MPa)                     |
| 单个膜组件最大压力损失   | 29psi (0.2MPa)                     |

### 4.3 膜元件尺寸



## 5 SU620 8英寸低压纳滤膜元件

SU620 纳滤膜元件适合于以地表水和大多数井水为水源的市政用水的硬度软化、色度净化等深度处理，可以有效地脱除硝酸盐、杀虫剂、除草剂、THM 前驱物质等有机化合物、细菌和病毒等物质。广泛应用于规模的锅炉补给水等各种工业用水和饮料用水的制造、分质供水在内的多种应用领域，能为客户带来显著的节能效益。

### 5.1 膜元件性能规范

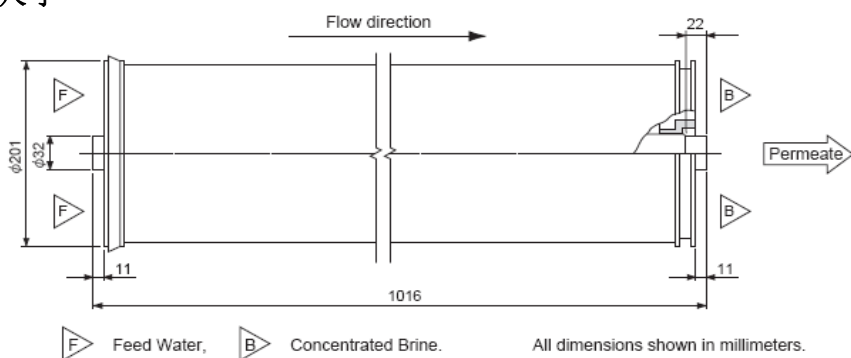
| 膜元件型号  | 标准脱盐率% | 透过水量 gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积 ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水流道宽度(mil) |
|--------|--------|------------------------------|-----------------------------------------|-------------|
| SU-620 | 55     | 4,800 (18.2)                 | 300 (28)                                | 31          |

|       |            |                                |
|-------|------------|--------------------------------|
| 测试条件： | 操作压力       | 50 psi (0.35MPa)               |
|       | 测试液温度      | 77 ° F (25℃)                   |
|       | 测试液浓度      | 500 mg/L ( NaCl)               |
|       | 浓水流量       | 80 l/min                       |
|       | 测试液 pH     | 6.5                            |
|       | 单支膜元件最低脱盐率 | 45%                            |
|       | 最小透过水量     | 4200 gpd (16m <sup>3</sup> /d) |

### 5.2 使用条件

|               |                                    |
|---------------|------------------------------------|
| 操作压力          | 150psi (1.0MPa)[最高 600psi(4.1MPa)] |
| 进水流量          | 52gpm(288m <sup>3</sup> /d)        |
| 浓水流量          | 11gpm(58m <sup>3</sup> /d)         |
| 浓淡水流速比        | 6                                  |
| 进水温度          | <75 ° F (35℃)                      |
| 进水 SDI        | 4                                  |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                               |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 3—8                                |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 2—9                                |
| 单支膜元件最大压力损失   | 14psi (0.1MPa)                     |
| 单个膜组件最大压力损失   | 29psi (0.2MPa)                     |

### 5.3 膜元件尺寸



## 6 SU620F 8英寸低压纳滤膜元件

SU620 纳滤膜元件适合于以地表水和大多数井水为水源的市政用水的硬度软化、色度净化等深度处理，可以有效地脱除硝酸盐、杀虫剂、除草剂、THM 前驱物质等有机化合物、细菌和病毒等物质。广泛应用于规模的锅炉补给水等各种工业用水和饮料用水的制造、分质供水在内的多种应用领域，能为客户带来显著的节能效益。

### 6.1 膜元件性能规范

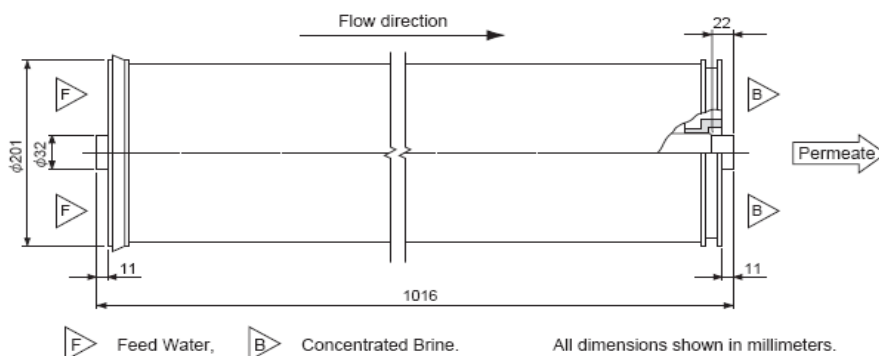
| 膜元件型号   | 标准脱盐率% | 透过水量 gpd (m <sup>3</sup> /d) | 有效膜面积 ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> ) | 给水流道宽度(mil) |
|---------|--------|------------------------------|-----------------------------------------|-------------|
| SU-620F | 55     | 5,800 (22.0)                 | 340 (32)                                | 28          |

|       |            |                                |
|-------|------------|--------------------------------|
| 测试条件： | 操作压力       | 50 psi (0.35MPa)               |
|       | 测试液温度      | 77 ° F (25℃)                   |
|       | 测试液浓度      | 500 mg/L ( NaCl)               |
|       | 浓水流量       | 80 l/min                       |
|       | 测试液 pH     | 6.5                            |
|       | 单支膜元件最低脱盐率 | 45%                            |
|       | 最小透过水量     | 5000 gpd (19m <sup>3</sup> /d) |

### 6.2 使用条件（设计推荐）

|               |                                    |
|---------------|------------------------------------|
| 操作压力          | 150psi (1.0MPa)[最高 600psi(4.1MPa)] |
| 进水流量          | 52gpm(288m <sup>3</sup> /d)        |
| 浓水流量          | 11gpm(58m <sup>3</sup> /d)         |
| 浓淡水流速比        | 6                                  |
| 进水温度          | <75 ° F (35℃)                      |
| 进水 SDI        | 4                                  |
| 进水自由氯浓度       | 检测不到                               |
| 连续运行时进水 pH 范围 | 3—8                                |
| 化学清洗时进水 pH 范围 | 2—9                                |
| 单支膜元件最大压力损失   | 14psi (0.1MPa)                     |
| 单个膜组件最大压力损失   | 29psi (0.2MPa)                     |

### 6.3 膜元件尺寸



## 7 重要操作信息

- (1) 每一支膜元件在出厂时均配有一个浓水密封圈、一个连接适配器及相应的 O 型圈和一个产水封头（8 英寸内连接式膜元件，不一定要使用），它们连同膜元件一起被放置在包装箱中，具体内容以实物为准。
- (2) 膜元件在出厂前都经过了通水测试，并使用 1% 的亚硫酸钠溶液进行储藏处理，然后用氧气隔绝袋真空包装。为了防止膜元件在短期储藏、运输以及系统待机时微生物的滋长，需要用纯水或反渗透产水配制浓度 500 - 1,000 ppm、pH 3-6 的亚硫酸钠（食品级）保护液浸泡元件。无论在何种情况下进行保存时，都不能使膜处于干燥状态。具体的保存方法请参照本技术手册的相关内容。
- (3) 对于推荐的设计范围，请参照东丽公司最新版本的技术手册和系统设计软件，或者向东丽膜产品的当地分销商或技术服务中心联系寻求帮助。推荐的设计范围在污堵和结垢严重的条件下例外，如果膜元件不在推荐的范围条件下运行，膜元件的使用寿命会有所降低。如果用户没有严格遵循本样本提供的操作条件，东丽公司将不承担保修责任。
- (4) 运行初期第一个小时的透过水要排放掉。
- (5) 任何时候都要避免膜元件的产水侧产生背压。
- (6) 在进水的 SDI 值高于 3 或 4 以上时，高产水量的运行（每一支膜元件都在很高的产水流速下运行）一般来说会导致频繁的化学清洗，通过调整系统的运行压力可以调节每一支膜元件的产水流量。当污堵或结垢的可能性较少时，浓水的流速可以适当降低。最小的浓水流量和产水流量的比值因不同的进水水质而不同，具体数值请参照本技术手册相关的设计指南。
- (7) 当组件的压差增加到初始值的 1.5 倍时，元件需要进行化学清洗。化学清洗以及杀菌、消毒措施必须参照东丽技术手册。
- (8) 用户应避免使用任何对膜元件有影响的化学药剂，如违反使用这类化学药剂，东丽公司将不承担保修责任。

### 注意：

- 1 由于无法控制用户的使用方法和使用条件，东丽公司不承担由于使用本样本的信息和数据所造成的后果以及对产品的安全性和适用性的保证，无论单独使用还是与其他产品配合使用，建议用户进行试验以决定其安全性以及是否适用于用户的特定使用目的。
- 2 由于技术改进及产品更新换代，技术资料可能会随时改变，无须事先声明。

## 第七节 东丽反渗透膜元件温度校正系数

| Temp. | 0.0   | 0.1   | 0.2   | 0.3   | 0.4   | 0.5   | 0.6   | 0.7   | 0.8   | 0.9   |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 5     | 2.160 | 2.151 | 2.142 | 2.134 | 2.125 | 2.117 | 2.108 | 2.100 | 2.091 | 2.083 |
| 6     | 2.075 | 2.066 | 2.058 | 2.050 | 2.042 | 2.034 | 2.025 | 2.017 | 2.009 | 2.001 |
| 7     | 1.993 | 1.986 | 1.978 | 1.970 | 1.962 | 1.954 | 1.946 | 1.939 | 1.931 | 1.923 |
| 8     | 1.916 | 1.908 | 1.901 | 1.893 | 1.886 | 1.878 | 1.871 | 1.863 | 1.856 | 1.849 |
| 9     | 1.841 | 1.834 | 1.827 | 1.820 | 1.813 | 1.805 | 1.798 | 1.791 | 1.784 | 1.777 |
| 10    | 1.770 | 1.763 | 1.756 | 1.750 | 1.743 | 1.736 | 1.729 | 1.722 | 1.716 | 1.709 |
| 11    | 1.702 | 1.696 | 1.689 | 1.682 | 1.676 | 1.669 | 1.663 | 1.656 | 1.650 | 1.643 |
| 12    | 1.637 | 1.631 | 1.624 | 1.618 | 1.612 | 1.605 | 1.599 | 1.593 | 1.587 | 1.581 |
| 13    | 1.575 | 1.568 | 1.562 | 1.556 | 1.550 | 1.544 | 1.538 | 1.532 | 1.527 | 1.521 |
| 14    | 1.515 | 1.509 | 1.503 | 1.497 | 1.492 | 1.486 | 1.480 | 1.474 | 1.469 | 1.463 |
| 15    | 1.457 | 1.452 | 1.446 | 1.441 | 1.435 | 1.430 | 1.424 | 1.419 | 1.413 | 1.408 |
| 16    | 1.403 | 1.397 | 1.392 | 1.387 | 1.381 | 1.376 | 1.371 | 1.366 | 1.360 | 1.355 |
| 17    | 1.350 | 1.345 | 1.340 | 1.335 | 1.330 | 1.325 | 1.320 | 1.315 | 1.310 | 1.305 |
| 18    | 1.300 | 1.295 | 1.290 | 1.285 | 1.280 | 1.275 | 1.270 | 1.266 | 1.261 | 1.256 |
| 19    | 1.251 | 1.247 | 1.242 | 1.237 | 1.232 | 1.228 | 1.223 | 1.219 | 1.214 | 1.209 |
| 20    | 1.205 | 1.200 | 1.196 | 1.191 | 1.187 | 1.182 | 1.178 | 1.174 | 1.169 | 1.165 |
| 21    | 1.160 | 1.156 | 1.152 | 1.147 | 1.143 | 1.139 | 1.135 | 1.130 | 1.126 | 1.122 |
| 22    | 1.118 | 1.114 | 1.110 | 1.105 | 1.101 | 1.097 | 1.093 | 1.089 | 1.085 | 1.081 |
| 23    | 1.077 | 1.073 | 1.069 | 1.065 | 1.061 | 1.057 | 1.053 | 1.049 | 1.045 | 1.042 |
| 24    | 1.038 | 1.034 | 1.030 | 1.026 | 1.022 | 1.019 | 1.015 | 1.011 | 1.007 | 1.004 |
| 25    | 1.000 | 0.997 | 0.995 | 0.992 | 0.989 | 0.987 | 0.984 | 0.982 | 0.979 | 0.976 |
| 26    | 0.974 | 0.971 | 0.969 | 0.966 | 0.963 | 0.961 | 0.958 | 0.956 | 0.953 | 0.951 |
| 27    | 0.948 | 0.946 | 0.943 | 0.941 | 0.938 | 0.936 | 0.933 | 0.931 | 0.928 | 0.926 |
| 28    | 0.924 | 0.921 | 0.919 | 0.916 | 0.914 | 0.912 | 0.909 | 0.907 | 0.904 | 0.902 |
| 29    | 0.900 | 0.897 | 0.895 | 0.893 | 0.890 | 0.888 | 0.886 | 0.883 | 0.881 | 0.879 |
| 30    | 0.877 | 0.874 | 0.872 | 0.870 | 0.868 | 0.865 | 0.863 | 0.861 | 0.859 | 0.856 |
| 31    | 0.854 | 0.852 | 0.850 | 0.848 | 0.845 | 0.843 | 0.841 | 0.839 | 0.837 | 0.835 |
| 32    | 0.832 | 0.830 | 0.828 | 0.826 | 0.824 | 0.822 | 0.820 | 0.818 | 0.816 | 0.813 |
| 33    | 0.811 | 0.809 | 0.807 | 0.805 | 0.803 | 0.801 | 0.799 | 0.797 | 0.795 | 0.793 |
| 34    | 0.791 | 0.789 | 0.787 | 0.785 | 0.783 | 0.781 | 0.779 | 0.777 | 0.775 | 0.773 |
| 35    | 0.771 | 0.769 | 0.767 | 0.765 | 0.763 | 0.761 | 0.760 | 0.758 | 0.756 | 0.754 |
| 36    | 0.752 | 0.750 | 0.748 | 0.746 | 0.744 | 0.743 | 0.741 | 0.739 | 0.737 | 0.735 |
| 37    | 0.733 | 0.731 | 0.730 | 0.728 | 0.726 | 0.724 | 0.722 | 0.721 | 0.719 | 0.717 |
| 38    | 0.715 | 0.713 | 0.712 | 0.710 | 0.708 | 0.706 | 0.705 | 0.703 | 0.701 | 0.699 |
| 39    | 0.698 | 0.696 | 0.694 | 0.693 | 0.691 | 0.689 | 0.687 | 0.686 | 0.684 | 0.682 |
| 40    | 0.681 | 0.679 | 0.677 | 0.676 | 0.674 | 0.672 | 0.671 | 0.669 | 0.667 | 0.666 |

校正后流量=实测流量×给水温度对应的校正系数（上述表中的数据）

如 25℃时，系统设计出力为 100m<sup>3</sup>/hr，在 15℃时同等操作条件下，其实际产水量为：  
100/1.457=68.6m<sup>3</sup>/hr

## 第五章 反渗透系统预处理

### 第一节 预处理的作用及目标

#### 1 预处理系统的重要性

反渗透系统包括原水的预处理、反渗透装置、后处理三部分。RO 系统对原水的预处理有它特定的要求。由于原水的种类繁多，其成分也非常复杂，针对原水水质情况及 RO 系统回收率等主要工艺设计参数的要求，选择合适的预处理工艺系统，减少对 RO 膜的污堵、结垢，防止 RO 膜脱盐率、产水率的降低，尤其是针对目前水源日趋匮乏、水质日趋恶化，选择一个正确的预处理系统，将直接影响整个水处理系统的功能。众所周知，RO 系统运行失败，多数情况是由于预处理系统功能不完善造成的。为了确保反渗透过程的正常进行，必须对原水进行严格的预处理。

#### 2 反渗透系统的水源

反渗透原水的种类很多，有各种天然水、市政水和工业废水等。天然水包括地表水和地下水两种。地表水的范围很广，包括江河、湖泊、水库、海洋等。地下水则存在于土壤和岩石内，由雨水和地表水经过地层的渗流而形成。市政二级污水、电厂冷却排污水等工业水源将成新的途径。水源的选择将直接影响到水处理工艺的确定和水处理成本。

#### 3 预处理的目的

使反渗透膜性能降低的主要因素有：

- (1) 膜发生化学降解，如芳香族聚酰胺受氯等氧化剂及强酸强碱的破坏；
- (2) 膜表面难溶盐结垢；
- (3) 膜受进水悬浮物、胶体污堵；
- (4) 膜受微生物、菌藻等黏附、侵蚀后造成污堵与膜降解；
- (5) 大分子有机物对膜污堵以及小分子有机物被膜吸附。

反渗透效率与寿命与原水预处理效果密切相关，预处理的目的是要把进水对膜的污染、结垢、损伤等降到最低，从而使系统产水量、脱盐率、回收率及运行成本最优化。因此，良好的预处理对 RO 装置长期安全运行是十分重要的。其目的细分为：

- (1) 除去悬浮固体，降低浊度；
- (2) 控制微生物的生长；
- (3) 抑制与控制微溶盐的沉积；
- (4) 进水温度和 pH 的调整；
- (5) 有机物的去除；
- (6) 金属氧化物和硅的沉淀控制。

## 4 预处理的目标

为了保证反渗透系统的水回收率、透过水质量、透过水流量的稳定、运行费用的最低化、膜使用寿命的最佳化等，必须进行完善的预处理。具体的目标为：

- (1) 防止膜表面发生污染，即必须尽量去除悬浮固体、微生物、胶体物质及有机物，从而防止这些物质在膜表面沉积或污堵在膜元件水流通道的；
- (2) 防止膜表面发生结垢，即必须尽量抑制难溶盐如  $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{CaSO}_4$ 、 $\text{BaSO}_4$ 、 $\text{SrSO}_4$ 、 $\text{CaF}_2$  以及铁、锰、铝、硅化合物等在膜表面的沉积；
- (3) 防止膜承受物理和化学损伤，即必须尽量避免高温、极端的酸性水或碱性水、氧化剂等对膜的影响。

## 5 反渗透系统进水指标

原水水质指标的全分析，对于反渗透系统工程是最基础也是最重要的工作，也是确定预处理工艺流程最重要的化学指标根据。

### (1) SDI

反渗透预处理中采用污泥密度指数（SDI），有时也称为污染指数（FI）来判断进水中胶体和颗粒物质的污染程度。这个方法比浊度测定更能反映水质情况，它已经被反渗透行业普遍接收和认可，是反渗透预处理系统中必须检测的重要指标。在 RO 系统日常运行中，建议每天测定 3 次结果供分析。东丽的设计导则要求进水的  $\text{SDI} \leq 5$ 。而一般干净的井水的  $\text{SDI} < 1$ ，则不必进行去除胶体的预处理。

SDI 是在  $2.1\text{Kg/cm}^2$ （30psi）的给水压力下，单位时间与单位面积内  $0.45\mu\text{m}$  特定滤膜被污堵的百分率。测试方法如下：

- (a) 将 SDI 测试装置如右图组装；
- (b) 将 SDI 测试装置与测试点连接（测试点通常选在压力稳定的 RO 低压进水口前）；
- (c) 将微滤膜片装入测试过滤器并将给水的压力稳定在  $2.1\text{Kg/cm}^2$ （30psi）之内，  
**注意：**将膜片正向平展置于测试仪内，用少量净水将膜片完全湿融，不容许有气泡存在于膜片与测试仪之间，以免影响测试效果。
- (d) 在过滤器下放置一只 500ml 量筒，准备收集过滤水；

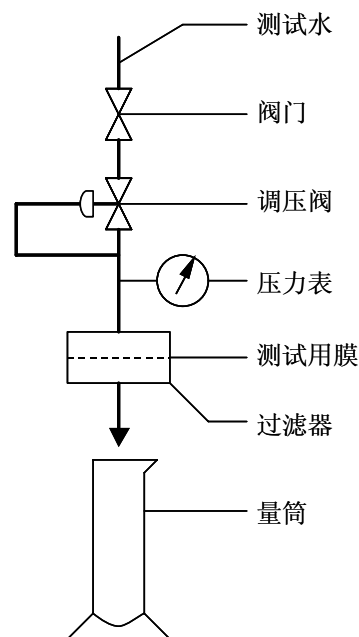


图 SDI测试流程图

- (e) 开阀门，测定收集 500ml 水样所需时间  $T_i$ ，并使水继续流；
- (f) 15 分钟后，再测定收集 500ml 水样所需时间  $T_f$ ；如果收集 100ml 水样的时间超过 60 秒，则表明膜面被污堵，无需再继续进行测试；
- (g) 关闭阀门，将测试过滤器中的膜片取出以便进一步的分析；
- (h) 计算公式

$$SDI = [1 - \frac{T_i}{T_f}] \times \frac{100}{15}$$

## (2) 温度、pH

进水的温度是影响反渗透系统产水量的重要因素，对于温度较低或较高的原水可根据膜元件的温度使用要求采取适当的措施予以调节。

另外调节 pH 是控制碳酸钙结垢的最简单的方法，通过测定及计算浓水的拉格朗日饱和指数 (LSI) 或史蒂夫戴维斯稳定指数 (S&DSI)，可以判断碳酸钙结垢的可能性。但是过低或过高 pH 值可能会造成膜损伤，请参考膜元件技术规范书有关 pH 的范围要求。

## (3) 生物污染评估

进水是生物污染来源之一，微生物进入反渗透系统时会在膜表面吸附或繁殖，特别是在浓缩侧由于有机物等营养物的大量积蓄而发生微生物污染的现象。浓水中总细菌数的迅速增加是微生物污染的特征之一，对膜元件进行解剖，分析细菌数量、品种以及 TOC、蛋白、ATP 等可证实微生物污染的存在。

## (4) 氧化剂

由于聚酰胺反渗透膜材质本身不能承受氧化剂，所以进水中必须去除游离氯、高锰酸盐、过硫酸盐、六价铬、过氧化物、臭氧等氧化剂。

## (5) 油分及有机溶剂

反渗透的进水中不得含有油分和有机溶剂。油分会附着在膜表面造成透过水量降低，有机溶剂会在膜表面发生相分离而破坏机能层。

## (6) 化学污染物

反渗透的进水中不得含有阳离子高分子絮凝剂、阳离子界面活性剂、环氧树脂涂料及阴离子交换树脂的溶出物，这些化学物质会在膜表面形成化学污染，造成透过水量的降低。膜表面虽然与新膜看上去很接近，但 ppb 单位的极微量的原因物质也会引起透过水量的降低，而且一般的化学清洗也无法使膜恢复性能。

## 第二节 常见预处理方法的选择

### 1 化学氧化

#### 1.1 功能和目的

化学氧化预处理方法通常是利用强氧化剂氧化分解水中有机污染物的一种化学处理方法，与此同时，一些氧化剂可以除去水中的色、味、臭以及铁、酚藻类等物质。某些氧化剂同时也是较好的杀菌剂。

化学氧化处理工艺可与混凝、过滤、吸附等单元处理工艺相结合，达到良好的处理效果。

#### 1.2 常用氧化剂

工业水处理常用的氧化剂主要有：氯气、次氯酸钠、二氧化氯、高锰酸钾、臭氧、双氧水等。

#### 1.3 注意事项

由于芳香聚酰胺反渗透膜极易被氧化剂氧化，因此预处理中若采用氧化工艺须注意配合采用相应的还原手段，防止残余氧化剂进入到反渗透系统造成膜的氧化破坏。

通常后续如有活性炭过滤池，可以保证氧化剂在进入反渗透工艺前被消除。但要注意活性炭的还原性能会随运行时间的增加而降低，因此活性炭的及时更新对于保证氧化剂的有效去除至关重要。另一种方法是在反渗透进水前投加足量的化学还原剂，如亚硫酸氢钠，也可将氧化剂消除。

### 2 药剂软化

#### 2.1 功能和目的

药剂软化是运用化学沉淀的原理，根据溶度积原理使水中所含的硬度等在适当的药剂作用下形成难溶性化合物而被去除的过程。水处理中最常用的方法是钙镁离子的化合沉淀，其次是金属离子的氢氧化物沉淀。药剂软化通常结合凝聚、沉淀或澄清工艺同时进行。

#### 2.2 常用软化剂

水处理厂用软化药剂主要由石灰、纯碱、苛性钠、磷酸三钠、磷酸氢二钠等。根据原水水质的不同类型可结合不同的药剂进行处理，一般对于高硬度、高碱度的水采用石灰软化法，高硬度、低碱度的水采用石灰-纯碱法，而对于高碱度、负硬度（即总碱度大于总硬度）水则采用石灰-石膏法。

#### 2.3 注意事项

采用化学药剂软化，药剂的使用量必须正确。药剂软化处理后，一般会使水的 pH 值上升，根据情况将 pH 值降低到合适的值。

单纯的石灰软化法主要去除水中碳酸盐硬度，降低水的碱度。值得注意的是过量投加石灰反而会增加水的硬度。若石灰与混凝处理结合可以产生共同沉淀效果，常用的混凝剂有铁盐。

石灰-苏打法可以同时去除碳酸盐硬度和非碳酸盐硬度。前者除去碳酸盐硬度，后者除去非碳酸

盐硬度。该法适用于硬度大于碱度的水。

### 3 离子交换软化

#### 3.1 功能和目的

该方法是基于离子交换原理，使水中钙、镁离子与交换剂中的阳离子（ $\text{Na}^+$ 、 $\text{H}^+$ ）发生置换反应，去除硬度，从而防止钙镁结垢。在离子交换过程中，树脂结构本身不发生改变，溶液中的离子扩散到树脂分子结构中发生交换，被交换下来的离子以同样途径扩散到溶液中。

#### 3.2 常用树脂

离子交换树脂分为阳离子交换树脂与阴离子交换树脂。用于去除钙镁硬度的树脂有 H 型及 Na 型强酸性阳离子交换树脂。

#### 3.3 注意事项

Na 型离子交换软化适用于原水碱度低，只需要进行软化不要求脱除碱度的场合，此时碱度不变，软水含盐量略有升高。单级钠离子交换系统用于总硬度小于  $5\text{mmol/L}$  的原水。当软化出水硬度超过限度后需要及时再生，以免发生硬度泄漏。

H 型弱酸性树脂只能去除碳酸盐硬度，软化不彻底。

为了既去除硬度又去除碱度，可以采用 H-Na 离子交换系统联合处理。

### 4 混凝-絮凝

#### 4.1 功能和目的

混凝是指向水中投加一定剂量的化学药剂，这些化学药剂在水中发生水解，和水中的胶体粒子互相碰撞，发生电性中和，产生吸附、架桥和网捕作用，从而形成大的絮体颗粒，并从水中沉降，起到了降低颗粒悬浮物和胶体的作用。

有时单独采用混凝剂不能达到预期的效果时，可以投加辅助药剂以提高混凝的效果，这种辅助药剂称之为助凝剂，助凝剂本身不能产生像混凝剂一样的作用，只能起到改善絮体结构，使絮体颗粒增大、强韧和沉重。因此单独采用助凝剂不能起到很好的效果。

#### 4.2 常用混凝絮凝药剂

常用的混凝剂种类很多，工业上常用的一般为无机盐类混凝剂和无机高分子混凝剂。无机盐类混凝剂主要有三氯化铁和硫酸亚铁。无机高分子混凝剂主要有碱式氯化铝（PAC）、聚合硫酸铁（PFS）和聚合硫酸铝（PAS）。其中，以三氯化铁和碱式氯化铝最为常用。

值得注意的是，混凝剂在水中的混凝作用会受 pH、水温及水质等诸多因素的影响，选择合适的混凝剂及投加剂量需要结合小试烧杯实验加以确定。表 1 给出了常见混凝剂在水中的最佳 pH 值范围。

表 1 常见混凝剂的适用 pH 表

| 名称 |      | 分子式                                                                                 | 代号   | 适用 pH 值  |
|----|------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|----------|
| 铝盐 | 硫酸铝  | $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$                               | AS   | 6.0~8.5  |
|    | 氯化铝  | $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$                                           | AC   | 6.0~8.5  |
|    | 硫酸铝钾 | $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ | MICS | 6.0~8.5  |
| 铁盐 | 硫酸亚铁 | $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$                                           | -    | 8.0~11.0 |
|    | 硫酸铁  | $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$                                                        | FS   | 4.0~11.0 |
|    | 氯化铁  | $\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$                                            | FC   | 4.0~11.0 |

常用絮凝剂一般为有机高分子物质，主要有聚丙烯酰胺（PAM）和阳离子型聚合物。其中阳离子型聚合物虽然具有优良的助凝效果，但价格昂贵，因此应用不太普遍。而聚丙烯酰胺则已成为最为常用的人工合成有机高分子助凝剂。

#### 4.3 注意事项

由于大多数芳香聚酰胺反渗透膜表面整体呈现负电荷性，因此如果在预处理工艺中投加的阳离子型混凝剂或助凝剂过量的话，那么过剩的阳离子物质可能会吸附到膜表面，造成膜的离子型污染。此时反渗透系统将会产生产水量下降、压降上升的现象，而且一旦发生离子型污染，将很难以得到有效地恢复。

因此必须采取有效措施，监控混凝剂和助凝剂的准确投加量及其 pH 范围的控制。

## 5 介质过滤

### 5.1 功能和目的

介质过滤是指以石英砂、石榴石或无烟煤等为介质，使水在重力或压力下通过由这些介质构成的床层，而水中的颗粒污染物质则被介质阻截，从而达到与水分离的过程。粒状介质过滤基于“过滤-澄清”的工作过程去除水中的颗粒、悬浮物和胶体。

### 5.2 常用过滤类型

水处理中常见的过滤类型有顺流单滤料过滤及逆流过滤等。

为提高介质过滤的性能，通常可以采用以下几种方法：

采用多种介质分层过滤，对于下向流过滤，常用从上到下的介质层排列为无烟煤、石英砂和粒径层级的鹅卵石，这种过滤形式能增大过滤流速，而且过滤器的效能也会得到有效的提升。

在过滤单元前投加化学絮凝剂，水与混凝剂在流经砂柱缝隙的过程中反复碰撞进行混凝、反应，当生成的絮体达到一定体积后被截留在砂柱空隙之中，这些被截留的絮状体进一步吸附所流过水中的细小矾花，使水质得到澄清，运行至一定时候，根据进出口压差的变化进行反向的冲洗，或可以配合压缩空气进行气水反冲，可将絮凝污染物排出体外。

### 5.3 注意事项

介质过滤器设计主要考虑以下几点：滤料类型、粒径的选择、过滤滤速、停留时间、清洗方式、反冲洗的流速及时间、反洗膨胀空间等参数的选择。

## 6 活性炭吸附

### 6.1 功能和目的

活性炭吸附是利用活性炭的多孔性质，使水中一种或多种有害物质被吸附在固体表面而去除的方法。活性炭吸附对于去除水中有机物、胶体、微生物、余氯、臭味等具有良好的效果。同时由于活性炭具有一定的还原作用，因此对于水中的氧化剂也具有良好的去除作用。

### 6.2 常用活性炭类型

粉状及粒状活性炭，作为反渗透预处理粒状活性炭较常用。

### 6.3 注意事项

由于活性炭的吸附功能具有一饱和值，当达到饱和吸附容量时，活性炭滤池的吸附功能将大大降低，因此需要注意分析活性炭的吸附能力，及时更换活性炭或通过高压蒸汽进行消毒恢复。

但同时活性炭表面吸附的有机物有可能成为细菌繁殖的营养源或温床，因此活性炭滤池内微生物的繁殖问题也值得引起注意。定期的消毒对于控制细菌繁殖是有必要的。

值得注意的是，在使用活性炭的初期（或新更换过活性炭运行初期），少量的极细微的粉末活性炭有可能随水流进入到反渗透系统，而造成反渗透膜流道的污堵，引起操作压力升高、产水量下降和系统的压降上升，而且这种破坏作用很难用常规的清洗方法恢复。所以必须将活性炭冲洗干净，去除细小粉末后才能将过滤水送至后续 RO 系统。

## 7 盘式过滤

### 7.1 功能和目的

盘式过滤器是由过滤单元并列组合而成，其过滤单元是由一组带沟槽或棱的环状增强塑料滤盘构成。过滤时污水从外侧进入，相邻滤盘上的沟槽棱边形成的轮缘把水中固体物截留下来；反冲洗时水从环状滤盘内部流向外侧，将截留在滤盘上的污物冲洗下来，经排污口排出。

盘式过滤器具有处理能力大、运行稳定和易于控制的特点，目前国内大多用于超滤的预处理，起到超滤的保安作用。

### 7.2 常用盘式过滤器类型

盘式过滤器可以分为半自动冲洗和全自动两种，后者更易于操作的模块化控制。

## 8 微滤或超滤

### 8.1 功能和目的

微滤和超滤都是以压力为驱动力的分离过程，可以去除水中的几乎所有的悬浮物质。超滤还能够去除一部分溶解有机物质，具体的去除效果根据有机物分子量和超滤膜的截留分子量而定。用于反渗透预处理的超滤膜的切割分子量一般在 20,000 到 750,000 道尔顿（0.002~0.05 $\mu\text{m}$ ）。

以超滤作为反渗透的预处理工艺，不仅出水水质好（SDI 值一般可控制在 3 以下），而且可以大大提高系统运行的稳定性，降低反渗透化学清洗的频率。另外，超滤系统占地面积小，便于自动控制，采用超滤/微滤预处理工艺的反渗透系统成为目前工业水处理工艺的发展趋势。

## 8.2 常用的超滤膜材料

用于水处理的超滤膜材料有聚偏氟乙烯、聚砜、聚烯烃、聚醚砜、聚丙烯晴、纤维素类等。

## 8.3 注意事项

超滤膜定期的反洗过程中会使用氯或次氯酸钠消毒剂，鉴于残余自由氯的氧化性，应在超滤后端或反渗透进水前端增设还原剂（常用亚硫酸氢钠）投加系统，从而保护反渗透膜不受氧化剂氧化破坏。

# 9 保安过滤

## 9.1 功能和目

为了防止预处理中未能完全去除或新产生的悬浮颗粒进入反渗透系统，保护高压泵和反渗透膜，通常在反渗透进水前设置滤芯式保安过滤器。一般采用孔径小于 10 $\mu\text{m}$ ，根据实际设计情况可设计为 5 $\mu\text{m}$  或更低。

## 9.2 常用滤芯类型

滤芯材料主要有烧结滤管、熔喷式纤维滤芯和蜂房滤芯等。

烧结管是由粉末材料通过烧结形成的，其滤管材料有陶瓷、玻璃砂、塑料等所种。熔喷式纤维滤芯一般采用聚丙烯为原料，经过加热熔融，喷射、牵引、接收成型而制成，以聚丙烯为原材料的 PP 滤芯较为常用。蜂房滤芯是由纺织纤维粗纱精密缠绕在多孔骨架上，聚丙烯线绕蜂房式滤芯较常用。

## 9.3 注意事项

保安过滤器的进出水需设置压力表，当运行时进出水压差达到极限值时，应及时更换滤芯。由于滤芯的清洗恢复效率较低，所以最好使用一次性滤芯。

# 10 几种常见水源可采用的预处理系统

## 10.1 地下水

地下水中一般含盐量、硬度、碱度较高，胶体、悬浮物含量较少，色度、浊度较低，但此类水源中可能会存在亚铁离子、锰离子、硅酸化合物等。

此类水源的预处理系统常规的处理工艺为：

- (1) 原水中含铁量 $<0.3\text{mg/L}$  情况下, 预处理通常为直接过滤+混凝;
- (2) 原水中含铁量 $>0.3\text{mg/L}$  情况下, 预处理通常为曝气或氧化, 将亚铁离子氧化为铁离子, 然后混凝过滤;
- (3) 原水的  $\text{HCO}_3^-$  含量较多, 可通过加酸脱除  $\text{CO}_2$ , 并添加阻垢剂, 防止微溶盐在膜表面结垢;
- (4) 原水中硅的含量在  $20\text{mg/L}$  以上时, 必须考虑去除措施, 可以通过添加分散剂、调节 pH 与温度等方法防止硅垢。

## 10.2 地表水

地表水中通常成分比较复杂, 尤其是悬浮物、胶体物质、有机物、微生物等含量较多。此类水源的预处理系统通常的处理工艺为:

- (1) 原水中悬浮物 SS 含量 $>70\text{mg/L}$ , 预处理通常采用混凝、澄清、直接过滤;
- (2) 原水中悬浮物 SS 含量 $<70\text{mg/L}$ , 预处理通常采用混凝过滤;
- (3) 原水中悬浮物 SS 含量 $<10\text{mg/L}$ , 预处理通常采用直接过滤;
- (4) 原水中有机物与微生物通常采用加氯, 通过活性炭吸附过滤或者投加还原剂来去除。

## 10.3 海水

海水中含盐量较高, 且变化较大, 拥有较多悬浮物、有机物、微生物、悬浮物、胶体等物质, 且浊度、色度较大。

通常选择的预处理系统处理工艺为:

- (1) 加氯或次氯酸钠杀菌、灭藻;
- (2) 混凝、澄清、过滤去除悬浮物与胶体物质;
- (3) 加酸和阻垢剂防止碳酸盐和硫酸盐在膜表面结垢;
- (4) 当原水中含有较多的有机物、微生物时, 通常采用加氯, 混凝、澄清、过滤、活性炭吸附过滤;
- (5) 加还原剂如亚硫酸氢钠和活性炭过滤去除余氯;

随着超滤、超微滤膜技术的迅速发展, 以超滤、超微滤膜法水处理来取代常规的介质过滤、活性炭过滤在国内外市场逐渐得到广泛应用。

### 第三节 常见污染物及其预处理工艺推荐

#### 1 悬浮固体和胶体

##### 1.1 引言

悬浮颗粒和胶体是污堵反渗透膜的主要因素，也是造成 SDI 值超标的主要原因。悬浮物和胶体污染严重影响 RO 及 NF 膜元件运行性能，主要表现在产品水流量降低，膜系统压差增大，有时也会影响膜的脱盐率。

由于水源及地域的不同，悬浮颗粒和胶体的成分也有较大的差异。通常没有受污染的地表水和浅层地下水包括：细菌、粘土、胶体硅、铁氧化物、腐植酸产物，以及预处理系统中人为过量投入的絮凝剂、助凝剂、如铁盐、铝盐等。另外应当注意原水中带正电荷的聚合物与 RO 系统中带负电荷的阻垢剂结合沉淀而污堵膜元件。

##### 1.2 悬浮固体和胶体污染的主要症状

- (1) 产水量大幅度降低；
- (2) 通过膜的压力和膜两侧的压差逐渐增大（即进料压力和  $\Delta P$  逐渐增大）；
- (3) 有时候导致系统脱盐率降低。

##### 1.3 去除方法

- (1) 凝聚澄清 + 过滤

凝聚澄清，对于高浊度的原水采用澄清工艺中人为投加凝聚剂和助凝剂将水中悬浮小颗粒凝聚为大颗粒而在后续过滤工艺中被去除。

过滤，对于低浊度的原水可采用直接过滤或是作为凝聚澄清的后续处理工艺。这是较为传统的处理工艺，作为 RO 系统的预处理工艺，通常过滤采用双介质过滤器 + 细砂过滤器。

- (2) 微滤或超滤（MF/UF）

MF/UF 是近期兴起的膜处理浊度及非溶解有机物的有效方式。

MF/UF 能去除全部的悬浮物、细菌、大部分胶体、非溶解有机物。经 MF/UF 处理的出水 SDI <1-3，RO 系统较为理想的预处理工艺，尤其是对出水水质的稳定、大流量的处理比传统的过滤器占地面积及层高的大幅度降低而更能显现其的优越性。另外应当引起注意的是微滤 MF/UF 不能去除溶解态有机物。

- (3) 介质过滤

粒状介质过滤基于“过滤-澄清”的工作过程去除水中的颗粒、悬浮物和胶体。对于双介质过滤器，理想的过滤层应该在 0.8-1m 以上。介质过滤器过滤一定时间，当运行阻力达到规定压差（一般为 0.03-0.06MPa）时要对过滤器进行反冲洗，反冲洗主要

清除截留下来的杂质。介质过滤器流速一般为 10-20m/h,反洗流速一般为 40-60m/h。对于高污染水源,过滤流速最好小于 8m/h 或者采取多级过滤。

#### (4) 盘式过滤

盘式过滤器常用于超滤系统前级保护,投加适当絮凝剂可以使悬浮物及胶体去除达到满意的效果。

#### (5) 滤芯式过滤

滤芯上的污染物质分析对系统潜在或者存在的污染能提供好的判断。

## 2 微生物污染与防治

### 2.1 引言

常规的地表水和浅层地下水都生存着微生物:即热源、病毒、细菌、真菌、藻类,还有其他高等生物。若在进入 RO 系统前不加以杀灭,这些微生物将以 RO 膜为载体借助 RO 浓水段浓缩的营养盐而繁殖生长,甚至在产水段也能存活。在水温较热的环境中,由于微生物繁殖生长迅速,几天之内便可在 RO 膜表面形成生物膜层,导致 RO 系统进出水间压差迅速加大,产水量与脱盐率快速下降,同时产品水被污染。生物污染导致卷式组件膜片叠缩,即“望远镜”现象的产生。

微生物污染的主要来源是进料水,预处理也可能是生物污染源。反渗透系统预处理管道及设备具有微生物繁殖的表面积,比如活性炭过滤器及软化器是污染源。

膜污染的一个常见原因是用以辅助除去悬浮固体的凝聚剂过量,这为微生物提供了适宜的生长环境。另有一种微生物存活于 RO 膜表面,专以亚硫酸氢钠( $\text{NaHSO}_3$ )为食而赖以生存,常规的氯氨类灭菌剂难以杀灭。海水的氯化也有利于微生物污染,氯使腐殖酸降解成生物可吸收的物质,从而维持生物薄膜的生长。臭氧也可以产生类似的反应。少量的油就能加速微生物生长,或者能聚集其他悬浮颗粒成为粘稠物质。

微生物污染重在预处理防治。采用消毒灭菌的方法去除病原微生物并防止其增殖的常用方法有:氯化及其它杀生药剂消毒,臭氧杀菌消毒,紫外线杀菌。

### 2.2 污染的主要形式

- (1) 无机物的沉积(结垢);
- (2) 有机分子的吸附(有机污染物);
- (3) 颗粒物的沉积(胶体污染);
- (4) 微生物的粘附及生长(生物污染)。

### 2.3 反渗透系统中的生物污染原因

- (1) RO 系统有较大的膜表面积,增加了粘附细菌的可能性;

- (2) RO 膜受到垂直的动力, 会将细菌迁移至截留表面;
- (3) 预处理也是生物污染源, 如絮凝剂过量;
- (4) 水中无机粒子对黏膜形成具有促进作用, 膜表面的微生物污染一般伴随有无机盐沉淀, 原因有无机盐结垢导致流道阻塞, 从而流动阻力增加, 加剧微生物污染;

产品水也可能被微生物污染, 其原因有:

- (1) 松动的 O 型圈或者密封件;
- (2) 膜材料降解微观缺陷;
- (3) 被微生物污染的排水口及产品水管路;
- (4) 运行操作不当使进料水侧被微生物污染。

## 2.4 生物污染的主要症状和影响

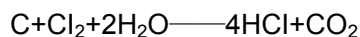
- (1) 单位膜面积迁移水速率逐步下降 (即膜通量下降);
- (2) 通过膜的的压力和膜两侧的压差逐渐增大 (即进水压力和压差  $\Delta P$  逐渐增大);
- (3) 膜对于溶解于水中物质的透过性逐渐增大 (即脱盐率下降);
- (4) RO 系统清洗和维护的费用增加;
- (5) 产品水水质明显变坏 (水可能要后处理);
- (6) 膜寿命明显下降。

## 2.5 微生物污染的防治

微生物污染重在预处理防治。采用消毒灭菌的方法去除病原微生物并防止其增殖的常用方法有: 氯化及其它杀菌药剂消毒, 臭氧杀菌消毒和紫外线杀菌。

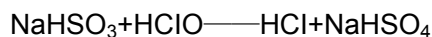
### (1) 氯化杀菌

氯化处理要注意反应浓度与时间, 一般需要30分钟左右反应时间。当采用 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{NaClO}$ 、 $\text{ClO}_2$ 时, 对于聚酰胺膜必须脱氯处理, 防止膜被氧化。余氯可以通过活性炭除去, 即:



需要注意的是, 活性炭脱氯以及吸附了有机物变成了细菌繁殖的温床, 需要定期消毒或更换滤料。

过量亚硫酸氢钠(SBS)不仅能去除余氯, 而且也是抑制微生物的常用化学药剂:



理论上, 1.34mg的SBS可以脱除1mg的余氯, 在实际中一般需要投加3倍余氯量的SBS。

加入点为可为保安过滤器出口处，在工程实践中安装氧化-还原电位表（ORP仪）以监控余氯是否被脱除完全。

(2) 臭氧杀菌消毒

臭氧在水中发生还原反应，产生具有强氧化作用的单体原子氧，瞬时分解水中有机物，杀死细菌等微生物。

为了保护膜系统，必须认真地脱除臭氧，一般不建议使用臭氧杀菌消毒。

(3) 紫外线杀菌

254nm的紫外线能够很好地去去除水中的细菌，由于浊度、色度、胶体及有机物都会减弱UV的作用，因此紫外线杀菌一般用于预处理之后。

(4) 杀菌消毒方式

(a) 预防性消毒

定期地对RO系统预防性消毒杀菌能够有效地防止微生物污染，因为杀死单个不成菌落的细菌比杀死较多聚集的细菌容易得多。

(b) 冲击性杀菌

定期短暂地向水处理系统中加入杀菌剂，比如加入500-1000ppm的亚硫酸氢钠处理30分钟。

(c) 定期杀菌消毒

缓解中等微生物污染的一个办法就是定期杀菌消毒。在此过程中发现膜已经被污染后，应该停止系统运行，对膜进行短期加药杀菌处理，其清洗方法参考膜污染清洗部分。

(5) 注意事项：

(a) 常规的地表水和浅层地下水都应设置杀菌加药装置，投加氯类灭菌剂即可，此类药常规应配置为液态，常用的为液氯、次氯酸钠（NaClO）等；

(b) 投加量一般以进水余氯>1mg/L为宜；

(c) 加药点应设于预处理系统进水口；

(d) 杀菌接触时间：20-30分钟；

(e) 对于深层井水：可根据实际情况设置定期或点杀方式杀菌；

(f) 对于深、中层井水丝状菌，可以投加液体亚硫酸氢钠来去除；

(g) 鉴于细菌的适药性，定期改变其生存环境对于彻底杀灭微生物具有较好作用，如采取间歇性投加氧化剂，正常调整进水的pH，经常调换杀菌剂的类型等。

### 3 难溶盐沉积与控制

#### 3.1 难溶盐沉积

当难溶盐在 RO 系统内不断被浓缩并超过其溶度积时，这些难溶盐就会在 RO 膜表面上不断析出沉淀而结垢。当苦咸水为水源时， $\text{CaSO}_4$ 、 $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{SiO}_2$  是产生垢类的主要难溶盐。在一些特殊地区，也有  $\text{BaSO}_4$ 、 $\text{SrSO}_4$ 、 $\text{CaF}_2$  产生。在对水源的水质分析时，Sr、Ba 值的数据测定十分必要。

#### 3.2 难溶盐的控制

实际工程应用中，多采用加酸与阻垢剂相结合的方法来阻止垢类的产生。

##### (1) 投加阻垢剂

向原水中投加阻垢剂是常用的阻垢方法，它可以有效控制硫酸盐、碳酸盐和氟化钙等垢类形成。

现市场上正规厂商所供 RO 专用阻垢剂多为有机酸盐类和聚丙烯酸盐类阻垢剂，阻垢效果较好。有的厂商报道过对于 Si 类的阻垢容许进水  $\text{SiO}_2$  可达 50mg/L 以上。可以根据阻垢剂厂商提供的设计软件进行添加量及其阻垢效果的计算。

有机阻垢剂有可能与预处理所使用的用于凝聚的阳离子聚电解质或多价阳离子（如 Fe、Al）产生沉淀，造成污染，所以要避免过量使用。

当加入阴离子阻垢时，要避免在预处理中加入或过量加入阳离子型聚合物，以阻止产生沉淀。

##### (2) 加酸

大多数水中都存在  $\text{CaCO}_3$  结垢趋势，对于苦咸水采用拉格朗日饱和指数 (LSI) 来判断，对于海水史蒂夫戴维斯稳定指数 (S&DSI) 判断。

LSI 及 S&DSI 定义为：

$$\text{LSI} = \text{pH} - \text{pH}_s (\text{TDS} < 10,000 \text{mg/L})$$

$$\text{S\&DSI} = \text{pH} - \text{pH}_s (\text{TDS} \geq 10,000 \text{mg/L})$$

式中：pH——浓水中实际 pH 值

$\text{pH}_s$ ——水中碳酸钙饱和时的 pH 值

$\text{LSI (S\&DSI)} \leq 0$ ：不结垢

$\text{LSI (S\&DSI)} > 0$ ：结垢

加酸可以去除水体中的  $\text{CO}_3^{2-}$  与  $\text{HCO}_3^-$ ，酸对于控制碳酸钙结垢非常有效。一般使用盐酸及硫酸，但是使用硫酸时会加剧硫酸盐结垢。当不使用阻垢剂，仅采用加酸防止碳酸钙结垢时必须保证 LSI 为负。实际工程应用中，多采用加酸与阻垢剂相结合的方法来阻止垢类的产生。

##### (3) 钠离子软化

用钠离子交换树脂软化 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Ba}^{2+}$ 、 $\text{Sr}^{2+}$ ，适用于中小型的苦咸水处理，不适用于海水淡化系统。树脂饱和后需要用 $\text{NaCl}$ 再生除去 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Ba}^{2+}$ 、 $\text{Sr}^{2+}$ ，这样的处理不改变进水pH值。但是原水中的 $\text{CO}_2$ 能够通过RO膜造成产品水电导率升高，在软化后投加 $\text{NaOH}$ 使 $\text{CO}_2$ 转化为能够被膜除去的碳酸盐可以降低产品水电导率。

采用强阳离子交换树脂软化，可以避免碳酸盐垢和硫酸盐垢。但是再生消耗 $\text{NaCl}$ ，存在环境污染问题。另外，采用传统的离子交换软化来脱除水体中的 $\text{Sr}$ 、 $\text{Ba}$ 、 $\text{Si}$ 、 $\text{Ca}$ 、 $\text{Mg}$ 等，但对大水量的水处理系统不经济。

#### (4) 弱酸阳树脂脱除碱度

采用弱酸阳树脂使 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Ba}^{2+}$ 、 $\text{Sr}^{2+}$ 的碳酸氢盐（暂时硬度）被 $\text{H}^+$ 交换除去，此法只能实现部分软化，适用于高碳酸盐的原水，化学式为：



为了提高脱盐率可以对原水或者RO产水进行脱气处理。弱酸阳树脂脱碱度存在残余硬度问题，而且出水pH值变化范围大，影响膜系统的脱盐效果。

#### (5) 石灰软化法

石灰软化法通过投加氢氧化钙 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ 降低硬度，它还可以降低 $\text{Si}$ 的浓度。采用石灰软化法也可以降低 $\text{Ba}$ 、 $\text{Sr}$ 及部分有机物。

#### (6) 运行条件的优化

高回收率预示高结垢风险性。由于原水不断被浓缩，浓差极化越来越严重，降低系统回收率，保证浓水中难溶盐浓度低于溶度积，避免垢类沉淀的产生。如对于超值的 $\text{Sr}$ 、 $\text{Ba}$ 、 $\text{Si}$ 类难溶盐、降低RO系统回收率，避免浓水超过溶度积。

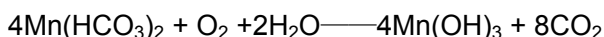
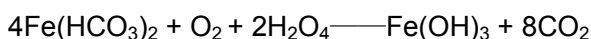
另外温度及pH值影响溶解度，比如提高温度和pH值可以增加 $\text{Si}$ 的溶解度。但要注意的是高pH值容易发生碳酸钙（ $\text{CaCO}_3$ ）沉淀的产生。

预防性清洗可以降低结垢的产生以及危害。

## 4 铁氧化物污染与防治

### 4.1 铁氧化物的污染

在一些特定的区域，地下水中富含亚铁离子（ $\text{Fe}^{2+}$ ）和锰离子（ $\text{Mn}^{2+}$ ），当在地下水中时，这些离子呈亚铁离子的形态游离于水体中，当作为水源被抽到地面上与空气中的氧气相遇时、亚铁离子（ $\text{Fe}^{2+}$ ）和锰离子（ $\text{Mn}^{2+}$ ）就会转化为三价铁离子（ $\text{Fe}^{3+}$ ）和锰离子（ $\text{Mn}^{3+}$ ），形成非常难溶的铁、锰氢氧化物胶体、此类水体流经RO膜面时、由于浓水段的浓缩，极易超过其饱和极限而沉积于RO膜表面。对膜体形成不可逆转的污堵。以下为亚铁与锰的氧化反应：



#### 4.2 导致铁污染的可能原因

- (1) 氯类杀菌剂在水体中与亚铁离子 ( $\text{Fe}^{2+}$ ) 相遇形成三氯化铁 ( $\text{FeCl}_3$ );
- (2) 铁 ( $\text{Fe}^{3+}$ ) 与硅 ( $\text{Si}$ ) 反应形成的硅酸铁;
- (3) 二价铁水源与  $\text{H}_2\text{S}$  水源混合, 产生难溶的硫化铁;
- (4) RO 预处理钢罐体及钢管路受腐蚀而产生的铁氧化物和氢氧化铁。

#### 4.3 铁氧化物的防治

- (1) 处理富含亚铁离子 ( $\text{Fe}^{2+}$ ) 和锰离子 ( $\text{Mn}^{2+}$ ) 地下水时, 设计水处理系统为密闭系统, 防止空气和氧化剂 (氯类杀菌剂) 与水体接触;
- (2) 工程实际应用较多的是预曝气与锰砂过滤器共同使用, 能解决实际问题;
- (3) 在预处理系统中加凝聚剂也可部分除去亚铁离子 ( $\text{Fe}^{2+}$ );
- (4) 部分阻垢剂可以防止铁污染, 可以向相关阻垢剂厂商咨询;
- (5) 采用先氧化, 再用 MF/UF 过滤, 氧化形成的铁锰颗粒沉淀可以通过 MF/UF 过滤掉。

#### 4.4 RO 系统进水中允许亚铁离子 ( $\text{Fe}^{2+}$ )、锰离子 ( $\text{Mn}^{2+}$ ) 和铝离子 ( $\text{Al}^{3+}$ ) 的含量指标

前提条件: 水中含氧量 ( $\text{DO}$ )  $< 0.5\text{mg/L}$ ,  $\text{pH} < 6$ ,

亚铁离子 ( $\text{Fe}^{2+}$ )  $< 4\text{mg/L}$ , 锰、铁离子、铝离子  $< 0.05\text{mg/L}$ 。

### 5 硅的控制与去除

#### 5.1 硅垢概述

常规的水源中  $\text{SiO}_2$  的含量  $< 50\text{mg/L}$ , RO 系统中对于  $\text{SiO}_2$  的含量较为敏感, 原因是由于  $\text{SiO}_2$  在饱和的状态下能聚合为非常难溶性的胶体硅沉积于膜表面且难以清洗。 $\text{SiO}_2$  在 RO 浓水段的浓度允许值取决于  $\text{SiO}_2$  的溶度积, 同时受水温和  $\text{pH}$  影响很大。

$\text{SiO}_2$  的溶解度与水温成正比, 如  $25^\circ\text{C}$  时溶解度为  $100\text{mg/L}$   $40^\circ\text{C}$  时为  $160\text{mg/L}$ 。

$\text{SiO}_2$  的溶解度与  $\text{pH}$  的关系:

$\text{pH}=7-8$ :  $\text{SiO}_2$  呈溶解态硅酸, 其主要以离子状态存在。

$\text{pH}<7$ : 在酸性条件,  $\text{SiO}_2$  溶解度远低于碱性环境。

$\text{SiO}_2$  沉淀的判断:

$$[\text{SiO}_2]_1 \leq [\text{SiO}_2]_2 \quad (\text{此条件下 } \text{SiO}_2 \text{ 不沉淀})$$

$$[\text{SiO}_2]_1 = \text{CF}[\text{SiO}_2]_t$$

$$[\text{SiO}_2]_2 = \text{CF}_{\text{PH}}[\text{SiO}_2]_t$$

式中:

$[\text{SiO}_2]_1$ ——RO 浓水  $\text{SiO}_2$  的浓度

$[\text{SiO}_2]_2$ —— $\text{SiO}_2$  的溶解度

$[\text{SiO}_2]_t$ —— $\text{SiO}_2$  在  $t$  度的溶解度

$\text{CF}_{\text{pH}}$  —— $\text{SiO}_2$  的溶解度 pH 校正因子

## 5.2 $\text{SiO}_2$ 沉淀结垢的控制

- (1) 降低 RO 系统回收率；
- (2) 适当提高水温；
- (3) 适当调正  $\text{pH}=7-8$ ；
- (4) 预处理投加硅的分散剂；
- (5) 以上几种方式可以综合应用；
- (6) 石灰软化可降低约 50% 的  $\text{SiO}_2$  的含量；
- (7) 可使用强碱性阴离子交换树脂吸附；
- (8) 采用切割分子量小于 10000 的超滤膜去除胶体硅。

## 6 常见难溶性硫酸盐及氟化物的预防

### 6.1 概述

硫酸盐及氟化物类，如硫酸钙、硫酸钡、硫酸锶以及氟化钙结垢一旦形成，就难以通过化学清洗恢复膜元件的性能，所以要在结垢形成之前加以预防。

### 6.2 预防措施

- (1) 可以通过软化法如石灰或石灰纯碱法，降低给水中钙离子的浓度；
- (2) 可以通过树脂软化甚至纳滤软化，将给水中的钙例子大部分或全部去除；
- (3) 可以相应降低反渗透系统的回收率；
- (4) 可以选用相应的阻垢剂来预防。

## 7 预防有机物污染

### 7.1 概述

有机物在原水中的种类繁多，其成分也非常复杂，针对 RO 系统所形成的有机物污堵是指溶解于水体中的有机物污染，是目前让 RO 行业最为头痛与难于解决的问题。现在有一些人误认超滤(UF)能截流水体中的有机物，其实超滤(UF)仅能截流水体中少量大分子量有机物或大于超滤膜过滤孔径的非溶解性有机物，绝大部分在水体中的有机物因其较小的分子量，而穿过超滤(UF)后被 RO 膜截住了，同样会引起 RO 膜的污堵。其主要表现为被吸附在 RO 膜表面形成有机物薄膜层，同时

由于大多有机物带电荷的作用，能较牢固地贴在膜的表面。有机物的污染能很快导致 RO 膜性能的严重衰退，如 RO 膜脱盐率、产水率的快速大幅降低，尤其是有机物污染后清洗效果很弱。几乎是不可逆的。

## 7.2 有机物污染的防止与去除方法

不同种类的有机物，据其特性可采用不同的方法来去除，其常规方法有：

- (1) 低分子易挥发有机物，可以脱气法除去；
- (2) 采用高分子阳离子絮凝剂除去极性大分子；
- (3) 非极性、中低分子量的有机物可以活性炭吸附除去；活性炭吸附是一种短期有效的方式，缺点是活性炭饱和后再生困难、且极易成为细菌繁殖的温床。
- (4) 采用低污染 RO 膜也是防御水体中有机物污染的有效办法。

## 8 膜污染与防治

### 8.1 浓差极化

在膜分离过程中，给水中的溶剂（水）在压力驱动下透过膜，溶质（离子或不同分子量的溶质与颗粒物）被截留，使溶质在滤膜表面处的浓度逐渐高于溶质在水溶液主体中的浓度，在浓度梯度的作用下，溶质由膜面向本体溶液扩散，从而形成边界层，使流体阻力与局部渗透压增大，导致膜通量降低。当溶剂向膜面流动，溶质向膜面流动的速度与浓度梯度使溶质向本体溶液扩散的速度达到平衡时，在膜面形成一个稳定的相应于浓度差的边界层，成为浓差极化边界层，这个现象称为浓差极化。

浓差极化会给系统的稳定运行带来如下的危害：

- (1) 当膜表面溶质浓度达到其饱和度时，会使膜表面形成沉积或凝胶层，增加透过阻力，从而增加系统的运行压力。
- (2) 严重的浓差极化导致结晶析出，阻塞流道，造成系统运行恶化。
- (3) 会使某些溶质的截流率下降。
- (4) 膜通量会有所降低。

在系统设计、运行中，可以通过提高浓水的流速、降低系统的回收率、适当的提高给水的温度、添加相应的阻垢剂等方法来降低浓差极化，提高系统的运行质量。

### 8.2 膜污染

膜污染是指在膜过滤过程中，给水中的颗粒、胶体、或溶质分子与膜发生物理化学相互作用，或因为浓差极化使一些溶质在膜表面超过其溶度积及机械作用而引起的在膜表面或膜孔内吸附、沉积，造成膜孔径变小或堵塞使膜产生透过流量与分离特性发生变化的现象。

---

## 9 反渗透预处理中的膜生物反应器（MBR）

### 9.1 MBR 概述

近年来，膜生物反应器进入实际应用阶段。膜生物反应器就是将生物处理技术和膜分离技术相结合的一种高效处理装置。其优点有：

- （1） 占地面积小，模块化，升级改造容易；
- （2） 彻底去除水中的固体物质；
- （3） COD、固体、营养物可以在一个单元去除；
- （4） 高负荷率和低污泥产率；
- （5） 系统不受污泥膨胀影响。

### 9.2 MBR 在 RO 预处理中的应用

MBR 与传统的活性污泥相比，用膜取代沉淀池进行固液分离，除了能维持高浓度的活性污泥外，还具有去除悬浮颗粒并获得高质量的水质。东丽浸没式平板膜 MBR 可以满足反渗透法废水回用的预处理要求，它具有以下优势：

- （1） 高通量和高品质的过滤出水；
- （2） 高浓度的活性污泥可确保高负荷运行；
- （3） 较低的过滤压差；
- （4） 自动在线清洗，运行维护管理简便。

## 10 反渗透系统预处理汇总

预处理的成功是膜系统的成功的基础。表 2 为 RO/NF 膜系统预处理方法一览表，很多情况下需要几种方法综合使用才能达到理想的效果。

表 2 RO/NF 膜系统预处理方法一览表

| 措施      | CaCO <sub>3</sub> | CaSO <sub>4</sub> | BaSO <sub>4</sub> | SrSO <sub>4</sub> | CaF <sub>2</sub> | SiO <sub>2</sub> | SDI | Fe | Al | 细菌 | 氧化剂 | 有机物 |
|---------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-----|----|----|----|-----|-----|
| 物化过滤    |                   |                   |                   |                   |                  |                  |     |    |    |    |     |     |
| 多介质过滤   |                   |                   |                   |                   |                  | ○                | ○   | ○  | ○  |    |     |     |
| 活性炭过滤   |                   |                   |                   |                   |                  |                  |     |    |    | ○  | ◎   | ◎   |
| 滤芯过滤    |                   |                   |                   |                   |                  | ○                | ○   | ○  | ○  | ○  |     |     |
| 氧化过滤    |                   |                   |                   |                   |                  |                  | ○   | ◎  |    |    |     |     |
| 微滤/超滤   |                   |                   |                   |                   |                  | ○                | ◎   | ○  | ○  | ◎  |     | ◎   |
| 化学加药类   |                   |                   |                   |                   |                  |                  |     |    |    |    |     |     |
| 絮凝-助凝   |                   |                   |                   |                   |                  | ○                | ◎   | ○  | ○  |    |     | ◎   |
| 在线絮凝    |                   |                   |                   |                   |                  |                  | ○   | ○  | ○  |    |     | ○   |
| 加酸      | ◎                 |                   |                   |                   |                  |                  |     | ○  |    |    |     |     |
| 加阻垢剂    | ○                 | ◎                 | ◎                 | ◎                 | ◎                | ○                |     |    |    |    |     |     |
| 氯化处理    |                   |                   |                   |                   |                  |                  |     |    |    | ◎  |     |     |
| 脱氯      |                   |                   |                   |                   |                  |                  |     |    |    |    | ◎   |     |
| 预防性清洗   | ○                 |                   |                   |                   |                  | ○                | ○   | ○  | ○  | ○  |     | ○   |
| 预防性杀菌   |                   |                   |                   |                   |                  |                  |     |    |    | ○  |     |     |
| 化学/离子交换 |                   |                   |                   |                   |                  |                  |     |    |    |    |     |     |
| 离子交换软化  | ◎                 | ◎                 | ◎                 | ◎                 | ◎                |                  |     |    |    |    |     |     |
| 离子交换脱碱  | ○                 | ○                 | ○                 | ○                 | ○                |                  |     |    |    |    |     |     |
| 石灰软化法   | ○                 | ○                 | ○                 | ○                 | ○                | ○                | ○   | ○  |    |    |     |     |
| 其它      |                   |                   |                   |                   |                  |                  |     |    |    |    |     |     |
| 调整操作参数  |                   | ○                 | ○                 | ○                 | ○                | ◎                |     |    |    |    |     |     |
| UV 杀菌   |                   |                   |                   |                   |                  |                  |     |    |    | ○  | ○   | ○   |
| 预防性杀菌   |                   |                   |                   |                   |                  |                  |     |    |    | ○  |     |     |

说明：◎ 高效；○ 可能有效

## 第六章 反渗透单元设计

## 第一节 东丽反渗透膜系统设计指南

## 1 系统设计资料及原水分析报告

膜系统相关资料是设计反渗透系统的基础，资料越全，系统越合理及优化，下表为典型的反渗透相关的基础资料。

## 1.1 RO 系统设计资料

|                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 资料整理号：_____                                                                                                                                                                                                                                                    | 联系人：_____ E-mail: _____ |
| 记录日期：____年__月__日                                                                                                                                                                                                                                               | Tel: _____ Fax: _____   |
| 工程所在地：_____省（市）_____市                                                                                                                                                                                                                                          | 工程公司：_____              |
| 最终用户：_____                                                                                                                                                                                                                                                     | 地址：_____                |
| 设计产水量(m <sup>3</sup> /h)：_____                                                                                                                                                                                                                                 |                         |
| 期望产水水质（如电导率 μs/cm）：_____                                                                                                                                                                                                                                       |                         |
| 期望回收率（%）：_____                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |
| 期望使用膜元件种类：_____                                                                                                                                                                                                                                                |                         |
| 压力容器最大容许长度：_____                                                                                                                                                                                                                                               |                         |
| RO 产水用途：_____                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |
| 水源概况：<br><input type="checkbox"/> 海水（明渠流） <input type="checkbox"/> 海水（沙滩井） <input type="checkbox"/> 地下水或深井水<br><input type="checkbox"/> 地表水（江、河、湖泊、水库） <input type="checkbox"/> 市政污水处理水 <input type="checkbox"/> 工业废水处理水<br><input type="checkbox"/> 其它水源_____ |                         |
| 水温情况：冬季_____℃ 夏季_____℃ 平均_____℃ 设计_____℃                                                                                                                                                                                                                       |                         |
| 预处理概况：<br>添加药剂： <input type="checkbox"/> 混凝剂 <input type="checkbox"/> 助凝剂 <input type="checkbox"/> 杀菌剂 <input type="checkbox"/> 还原剂 <input type="checkbox"/> 阻垢剂 <input type="checkbox"/> 酸碱液<br>SDI <sub>15</sub> 测定值：_____                                   |                         |
| 预处理设备名称及流程：_____<br>_____<br>_____                                                                                                                                                                                                                             |                         |
| 后处理设备及其流程：_____<br>_____                                                                                                                                                                                                                                       |                         |
| 系统运行方式： <input type="checkbox"/> 连续 <input type="checkbox"/> 断续                                                                                                                                                                                                |                         |
| 其他要求及说明：_____<br>_____                                                                                                                                                                                                                                         |                         |

## 1.2 原水分析报告表

|                                    |  |                                      |  |
|------------------------------------|--|--------------------------------------|--|
| 原水分析单位：_____                       |  | 分析人：_____                            |  |
| 取样日期：____年____月____日               |  | 分析日期：____年____月____日                 |  |
| 水源概况：                              |  |                                      |  |
| 水温：_____℃                          |  | pH 值：_____ 电导率 (μs/cm)：_____         |  |
| 离子成分组成：                            |  |                                      |  |
| 钙离子(Ca <sup>2+</sup> )             |  | 碳酸根(CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )  |  |
| 镁离子(Mg <sup>2+</sup> )             |  | 碳酸氢根(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) |  |
| 钠离子(Na <sup>+</sup> )              |  | 氯离子(Cl <sup>-</sup> )                |  |
| 钾离子(K <sup>+</sup> )               |  | 硫酸根(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )  |  |
| 钡离子(Ba <sup>2+</sup> )             |  | 硝酸根(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )   |  |
| 锶离子(Sr <sup>2+</sup> )             |  | 亚硝酸根(NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )  |  |
| 铵离子(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) |  | 氟离子(F <sup>-</sup> )                 |  |
| 铁离子(Fe <sup>3+</sup> )             |  | 磷酸根(PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )  |  |
| 锰离子(Mn <sup>2+</sup> )             |  | 硼(B)                                 |  |
| 铜离子(Cu <sup>2+</sup> )             |  | 二氧化硅(SiO <sub>2</sub> )              |  |
| 锌离子(Zn <sup>2+</sup> )             |  | 游离氯                                  |  |
| 铝离子(Al <sup>3+</sup> )             |  | 二氧化碳(CO <sub>2</sub> )               |  |
| 其它离子                               |  |                                      |  |
|                                    |  |                                      |  |
| 其它指标                               |  |                                      |  |
| 总溶解固体(TDS)                         |  | 生物耗氧量(BOD)                           |  |
| 总有机碳(TOC)                          |  | 化学需氧量(COD)                           |  |
| 总硬度                                |  | 碳酸盐硬度                                |  |
| 非碳酸盐硬度                             |  | 总碱度                                  |  |
| 浊度(NTU)                            |  | 悬浮固体(SS)                             |  |
| 污染指数(SDI <sub>15</sub> )           |  | 细菌总数(个/ml)                           |  |
|                                    |  |                                      |  |
| 感观指标                               |  |                                      |  |
| 色度                                 |  | 异味                                   |  |
| 水生物                                |  |                                      |  |

当您需要我们的技术支持时，请填写以上表格，联系东丽技术支持中心：北京（电话：010-80485216；传真：010-80485217），上海（电话：021-58330682；传真：021-58338869），我们将及时与您联系，提供完善的技术方案。

## 2 反渗透膜系统的设计参数与原水及预处理的关系

在采用东丽反渗透膜元件进行反渗透系统设计时，为了使系统能够长期稳定、高质量地运行，遵循下列所建议的设计导则非常重要。如需在超出本设计导则的条件下使用，请向东丽膜产品的当地分销商或技术服务中心联系寻求帮助。

| 东丽膜元件操作参数           |    |         | 原水类型                               |        |              |                |               |                                        |                    |          |          |            |          |
|---------------------|----|---------|------------------------------------|--------|--------------|----------------|---------------|----------------------------------------|--------------------|----------|----------|------------|----------|
|                     |    |         | RO 产水                              |        | 井水           | 地表水            |               | 海水                                     |                    |          |          | 废水<br>三级处理 |          |
| 参数                  | 说明 | 单位      | 低 pH                               | 高 pH   | 井水<br>软化水    | MF/UF<br>低 SDI | 传统<br>过滤      | 沙滩井                                    |                    | 明渠流      |          | MF/<br>UF  | 传统<br>过滤 |
|                     |    |         |                                    |        |              |                |               | 低<br>SDI                               | 高<br>SDI           | 低<br>SDI | 高<br>SDI |            |          |
| 给水SDI <sub>15</sub> | 范围 | -       | <1                                 | <1     | 1-2          | 1-2            | <3            | <1                                     | 1-2                | <3       | <4       | 2-3        | 3-4      |
|                     | 极限 | -       | <1                                 | <1     | <3           | <3             | <4            | <1                                     | <4                 | <4       | <4       | <3         | <5       |
| 给水温度                | 范围 | ℃       | 5-35                               | 5-35   | 5-35         | 5-35           | 5-35          | 5-35                                   | 5-35               | 5-35     | 5-35     | 5-35       | 5-35     |
| 给水pH                | 范围 | -       | 3-9                                | 3-10.5 | 3-9          | 3-9            | 3-9           | 3-9                                    | 3-9                | 3-9      | 3-9      | 3-9        | 3-9      |
| 系统平均通量              | 范围 | l/m2/hr | 30-39                              | 30-39  | 25-32        | 23-29          | 18-23         | 15-19                                  | 15-19              | 12-16    | 12-16    | 13-19      | 9-13     |
|                     | 极限 | l/m2/hr | <45                                | <45    | <34          | <30            | <25           | <20                                    | <20                | <17      | <17      | <21        | <14      |
| 首支膜元件最大通量           | 极限 | l/m2/hr | <48                                | <48    | <43          | <39            | <31           | <35                                    | <35                | <28      | <28      | <25        | <19      |
| 膜元件最大回收率            | 极限 | %       | 30                                 | 30     | 20           | 17             | 15            | 12                                     | 12                 | 10       | 10       | 13         | 12       |
| 膜元件最大给水流量           | 8″ | m3/hr   | <17                                | <17    | <16          | <15            | <13           | <15                                    | <15                | <13      | <13      | <13        | <12      |
|                     | 4″ | m3/hr   | <3.6                               | <3.6   | <3.4         | <3.2           | <2.8          | <3.2                                   | <3.2               | <2.8     | <2.8     | <2.8       | <2.6     |
| 膜元件最小浓水流量           | 8″ | m3/hr   | >2.4                               | >2.4   | >3.0         | >3.0           | >3.6          | >3.6                                   | >3.6               | >3.6     | >3.6     | >3.6       | >3.6     |
|                     | 4″ | m3/hr   | >0.5                               | >0.5   | >0.6         | >0.6           | >0.7          | >0.7                                   | >0.7               | >0.7     | >0.7     | >0.7       | >0.7     |
| 压力容器最大压差            | 设计 | bar     | <3.0                               | <3.0   | <3.0         | <3.0           | <2.0          | <3.0                                   | <3.0               | <2.0     | <2.0     | <2.0       | <2.0     |
| 膜元件最大压差             | 设计 | bar     | <1.0                               | <1.0   | <1.0         | <1.0           | <1.0          | <1.0                                   | <1.0               | <1.0     | <1.0     | <1.0       | <1.0     |
| 透盐率                 | 设计 | %/年     | >5                                 | >10    | >10          | >10            | >15           | >7                                     | >7                 | >7       | >15      | >15        | >20      |
| 污染系数                | 0年 | -       | 1.00                               | 1.00   | 1.00         | 1.00           | 1.00          | 1.00                                   | 1.00               | 1.00     | 1.00     | 1.00       | 1.00     |
|                     | 1年 | -       | 0.97                               | 0.97   | 0.90         | 0.90           | 0.87          | 0.94                                   | 0.94               | 0.94     | 0.92     | 0.85       | 0.82     |
|                     | 2年 | -       | 0.96                               | 0.96   | 0.87         | 0.87           | 0.84          | 0.92                                   | 0.90               | 0.90     | 0.88     | 0.81       | 0.77     |
|                     | 3年 | -       | 0.95                               | 0.95   | 0.85         | 0.85           | 0.81          | 0.90                                   | 0.88               | 0.88     | 0.85     | 0.77       | 0.73     |
|                     | 4年 | -       | 0.95                               | 0.95   | 0.82         | 0.82           | 0.78          | 0.88                                   | 0.86               | 0.86     | 0.82     | 0.73       | 0.69     |
|                     | 5年 | -       | 0.94                               | 0.94   | 0.80         | 0.80           | 0.75          | 0.87                                   | 0.84               | 0.84     | 0.80     | 0.70       | 0.65     |
|                     | 6年 | -       | 0.93                               | 0.93   | 0.78         | 0.78           | 0.72          | 0.86                                   | 0.82               | 0.82     | 0.78     | 0.67       | 0.61     |
|                     | 7年 | -       | 0.93                               | 0.93   | 0.75         | 0.75           | 0.69          | 0.85                                   | 0.81               | 0.81     | 0.76     | 0.64       | 0.58     |
| 膜元件更换率              |    | %/年     | >8                                 | >8     | >15          | >15            | >20           | >10                                    | >10                | >15      | >15      | >20        | >25      |
| 流道宽度建议              |    | mm      | 0.7                                | 0.7    | 0.7-0.86     | 0.7-0.8        | 0.8-0.86      | 0.7                                    | 0.7                | 0.7-0.8  | 0.8      | 0.8-0.86   | 0.86     |
|                     |    | mil     | 28                                 | 28     | 28-34        | 28-31          | 31-34         | 28-31                                  | 28-31              | 28-31    | 31       | 31-34      | 34       |
| 膜面积                 |    | ft²     | 430                                | 430    | 400          | 400            | 370           | 400                                    | 370                | 370      | 370      | 400        | 370      |
|                     |    |         | 400                                | 400    | 370          | 370            | 400           | 370                                    | 400                | 400      |          | 370        | 400      |
| 膜元件选择               |    |         | TM720/ TML20/ TMG20/TMH20A/ TM820F |        |              |                |               | TM820A/ TM820C/ TM820S/ TM820E/ TM820F |                    |          |          | TML20      |          |
| 进水流道宽度              |    |         | 0.7mm(28mil)                       |        | 0.8mm(31mil) |                | 0.86mm(34mil) |                                        | 膜元件应用场合            |          |          |            |          |
| 极超低压                |    |         | TMH20A-400                         |        |              |                | TMH20A-370    |                                        | 低含盐量（TDS<1000mg/L） |          |          |            |          |
|                     |    |         | TMH20A-430                         |        |              |                |               |                                        | 低温苦咸水              |          |          |            |          |

|             |            |            |                         |                            |
|-------------|------------|------------|-------------------------|----------------------------|
| 超低压         | TMG20-400  |            | TMG20-370               | 低含盐量 (TDS<2000mg/L)        |
|             | TMG20-430  |            |                         | 低温苦咸水                      |
| 低压          |            | TM720L-370 |                         | 苦咸水 (TDS<3000mg/L)         |
|             |            | TM720L-400 |                         |                            |
| 低压高脱硼       | TM720C-430 |            |                         | 苦咸水 (TDS<3000mg/L)及海水淡化产水  |
| 低压高脱盐       | TM720-430  | TM720-370  |                         | 苦咸水 (TDS<10000mg/L)        |
|             |            | TM720-400  | TM720-400N              |                            |
| 大通量海水膜元件    | TM820F-400 |            |                         | 高含盐量苦咸水；低温海水淡化             |
|             | TM820S-400 |            |                         | 低含盐量海水 (5000-35000mg/L)    |
| 高效海水膜元件     | TM820E-400 |            |                         | 低能耗要求；低温海水淡化               |
| 高脱盐海水膜元件    | TM820C-400 | TM820C-370 |                         | 大范围使用                      |
| 高浓度高脱盐海水膜元件 | TM820A-400 | TM820A-370 |                         | 高含盐 (TDS>38000mg/L)；高温海水淡化 |
| 抗污染膜元件      |            | TML20-400  | TML20-370<br>TML20-400N | 污染地表水处理、污水及废水回用            |

注释：gpm=（美）加仑每分钟；gpd=（美）加仑每天；1 加仑（美）=3.785 升。

#### 重要声明：

- （1） 本设计导则是出于友好目的，方便和帮助用户进行系统设计和计算，不含有任何的质保条件。由于无法控制用户的使用方法和使用条件，东丽公司不承担由于使用本导则的信息和数据所造成的后果以及对产品的安全性和适用性的保证。无论单独使用还是与其他产品配合使用，建议用户进行试验以确定其安全性以及是否适用于用户的特定使用目的。
- （2） 推荐的设计范围在污堵和结垢严重的条件下例外，如果膜元件不在推荐的范围条件下运行，膜元件的使用寿命会有所降低。
- （3） 在进水的 SDI 值高于 3 或 4 以上时，高产水量的运行（每一支膜元件都在很高的产水流速下运行）一般来说会导致频繁的清洗，通过调整系统的运行压力可以调节每一支膜元件的产水流量；当污堵或结垢的可能性较少时，浓水的流速可以适当降低。
- （4） 由于技术改进及产品的更新换代，技术数据可能会随时改变，无须事先声明。

## 第二节 东丽反渗透系统设计软件使用指南

本节通过介绍一个典型的反渗透水处理项目的设计过程，来说明使用东丽反渗透设计软件（最新版为 TorayDS-ver1.1.48）进行反渗透系统设计的方法。

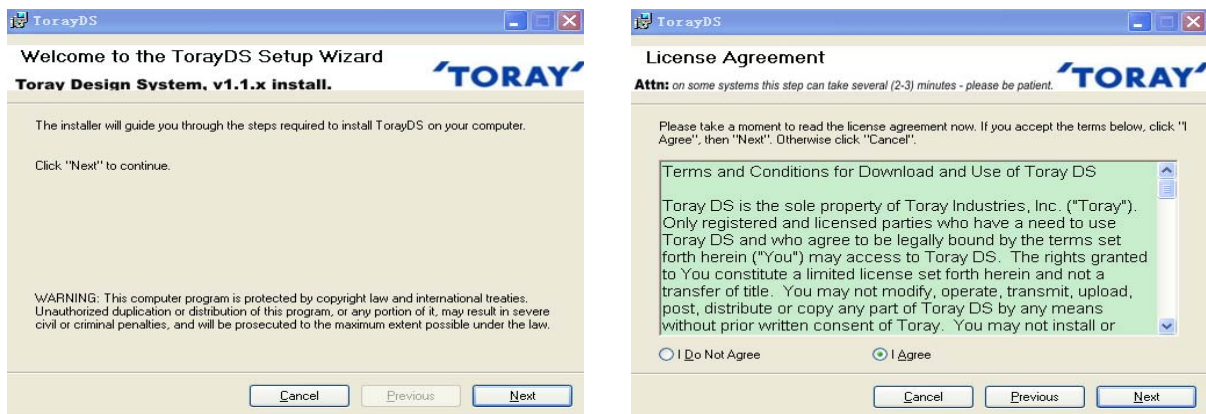
### 1 东丽反渗透设计软件安装要求

#### 1.1 操作系统

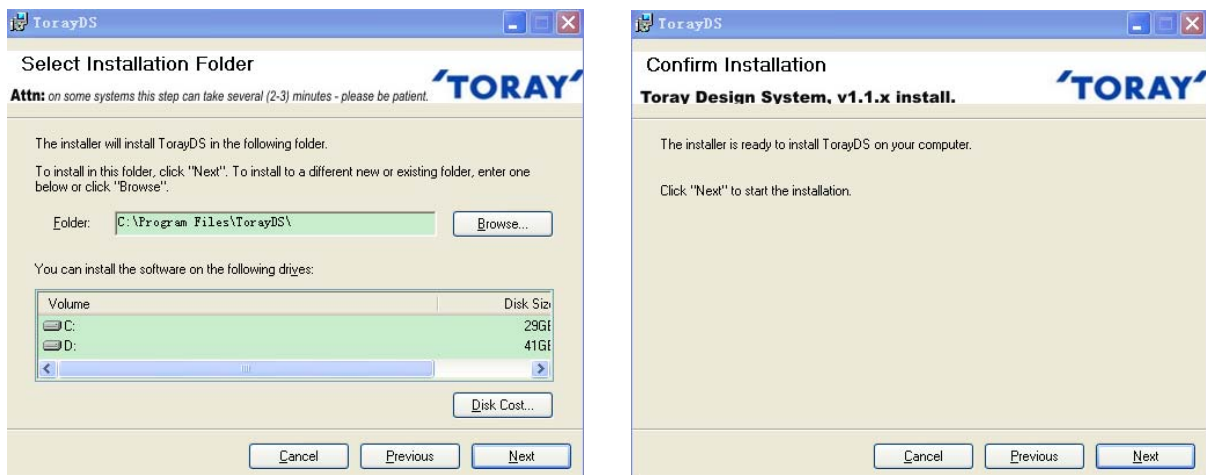
本软件适用于 WINDOWS98 或以上的操作系统。

#### 1.2 安装方法

- (1) 安装前，应关闭所有其他应用软件，双击 Toray Design System，运行软件安装，点“Next”并选“I Agree”接受协议，点“Next”进入安装路径。



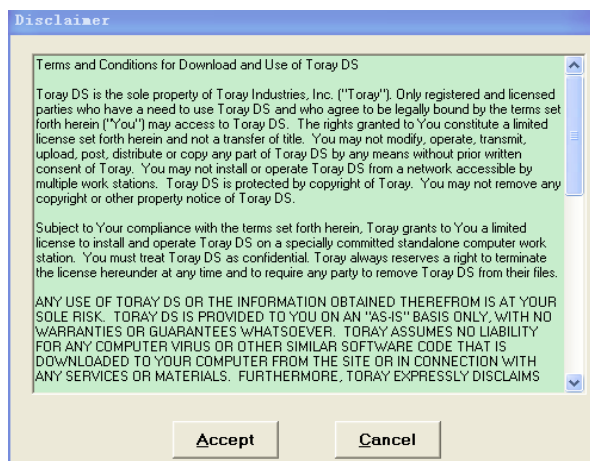
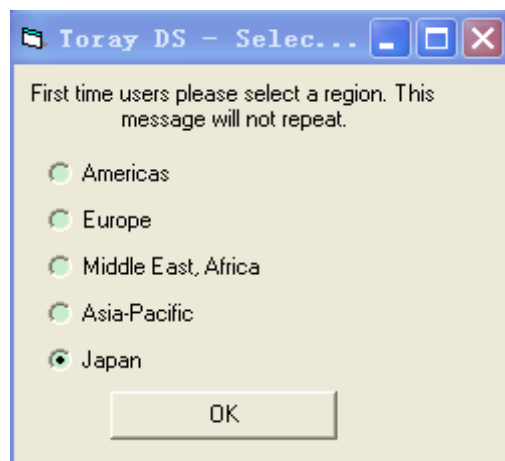
- (2) 选择“安装路径”，点“Next”，开始安装。



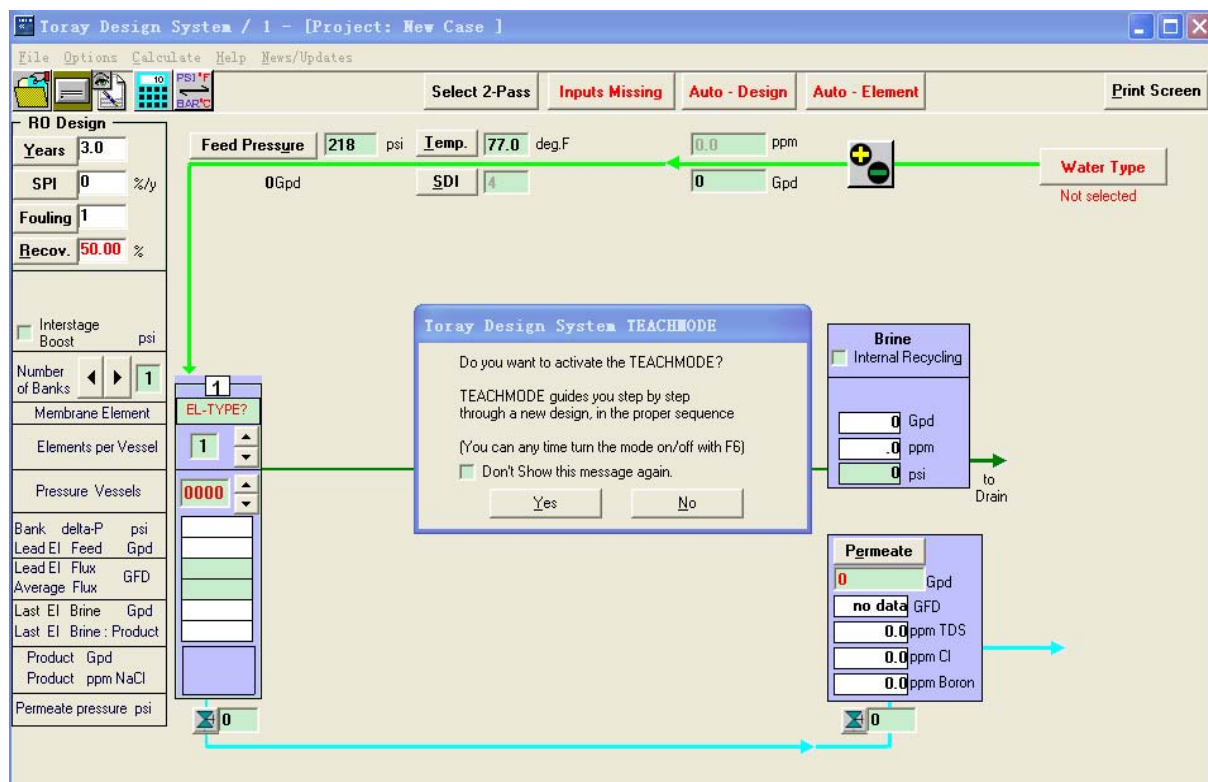
- (3) 点“Close”，完成安装。

### 2 软件的启动

打开“TorayDS”，弹出所在区域界面的选择，如选择“Asia-Pacific”等，见下左图。点“OK”后选“Accept”，弹出 TorayDS。

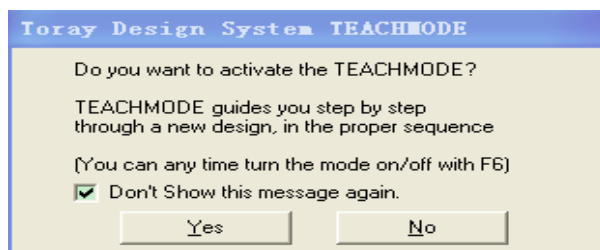


单击以上界面，弹出 TorayDS 主设计界面，见下图：



你可以选择是否打开“使用教程”模式，此教程模式可以手把手教您逐步设计新的系统，任何

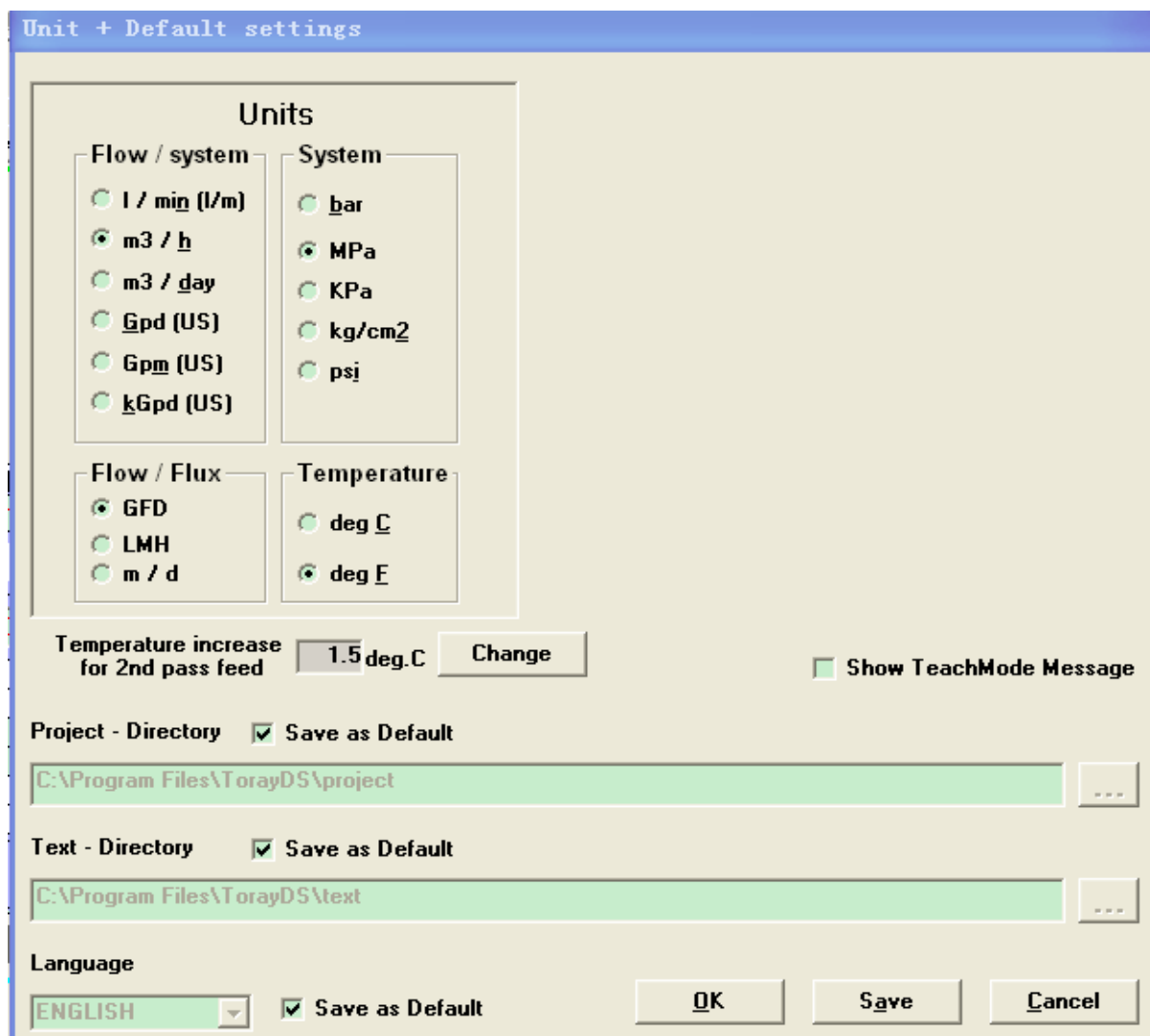
时候，按“F6”键可以进行此模式的切换。点“Yes”打开此模式，点“No”关闭此模式。见下图：



完毕后进入如下界面：



要求进行软件设置，点“确定”，打开如下界面，进行单位、保存路径、语言设置，在“save as fault”前框内打上“√”，点“OK”完成设置，进入软件主界面。



### 3 系统设计

#### 3.1 项目说明

本项目中反渗透进水为经 UF 预处理后的地表水，进水 TDS 为 700mg/L 左右，要求产水量为 150m<sup>3</sup>/h，产水 TDS 小于 10mg/L。反渗透进水水质参数见表 1：

表 1 RO 进水水质参数

| 项目                            | 浓度 (mg/L) | 项目                            | 浓度 (mg/L) |
|-------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| Ca <sup>2+</sup>              | 68        | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 185       |
| Mg <sup>2+</sup>              | 31        | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 11        |
| Na <sup>+</sup>               | 115       | F <sup>-</sup>                | 0         |
| K <sup>+</sup>                | 3         | B                             | 0         |
| Ba <sup>2+</sup>              | 0.3       | SiO <sub>2</sub>              | 2.5       |
| Sr <sup>+</sup>               | 1.6       | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | 0         |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | 0.35      | 温度                            | 20°C      |
| Fe                            | 0.1       | pH                            | 7.5       |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 215       | SDI                           | <3.0      |
| Cl <sup>-</sup>               | 120       | COD <sub>Cr</sub>             | <12       |

#### 3.2 原水类型选择

在设计界面右侧点“water type”，弹出以下对话框：

Water Type

Salt Pass...

| Select Feed Water Type                                   | Salt Passage Increase % / year | Fouling Factor | Select Feed Water Type                          | Salt Passage Increase % / year | Fouling Factor |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------|-------------------------------------------------|--------------------------------|----------------|
| <input type="radio"/> RO Permeate                        | 5                              | .955           | <input type="radio"/> Sea Well Intake           | 7                              | .88            |
| <input type="radio"/> RO Permeate (High pH)              | 10                             | .955           | <input type="radio"/> Sea Open Intake           | 7                              | .85            |
| <input type="radio"/> Brackish Well or Softened Tapwater | 10                             | .848           | <input type="radio"/> Tertiary Waste - filtered | 20                             | .73            |
| <input checked="" type="radio"/> Brackish Surface MF/UF  | 10                             | .848           | <input type="radio"/> Tertiary Waste MF/UF      | 15                             | .77            |
| <input type="radio"/> Brackish Surface                   | 15                             | .809           |                                                 |                                |                |

Actual Settings:

Load Default Values

Proposed defaults can be changed by experienced user

Change Design Period

Design Period: 3.0 Years

Design Guidelines

View all important design criteria in metric and U.S. dimensions

Apply + Exit

Avg. Membrane Age: 3.0 Years

Apply all guidelines to the actual design and return to main screen

根据实际情况，选中相应的原水类型。本例选“Brackish Surface MF/UF”。对话框所示透盐率和污染指数可以人为输入，具体数值请参见东丽 RO 设计指南，点“Design Guidelines”可以参考设计导则。点“Load Default Values”以默认值登入。以下选择系统第一年运行时的设计计算：点“Change Design Period”，在弹出的对话框内输入“1”，然后点“OK”，见下左图。改变设计运行时间（Change Design Period），每年盐透率（Salt Passage）和污染指数（Fouling Factor）随之改变，以默认数值登入，选“是”返回到主设计界面。见下右图。

### 3.3 原水水质输入

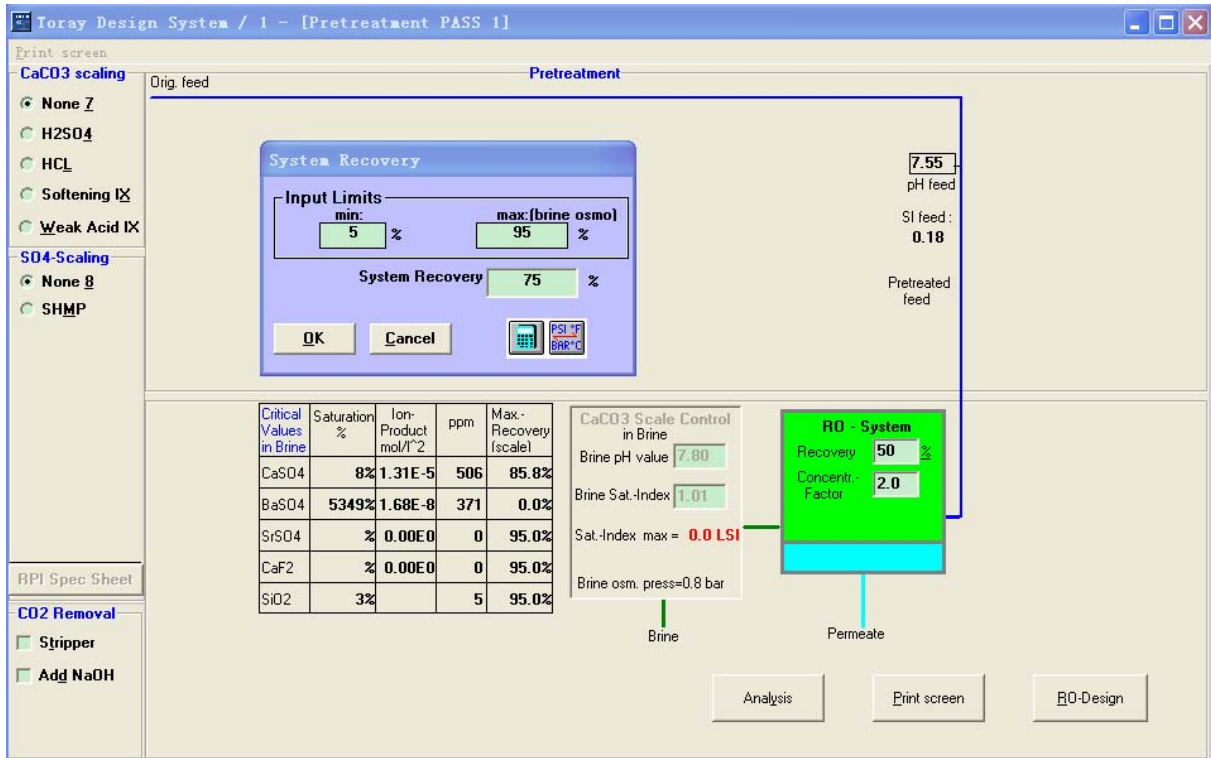
在教程模式下，某区域以红色的“Next”显现出来，提示你进行下一步工作。点“Apply+Exit”返回设计界面，然后点  输入原水水质，见下图：

| Ions           | mg/l as Ion | meq/l   | ppm CaCO3 | mmol/m3  |
|----------------|-------------|---------|-----------|----------|
| Ca             | 68.00       | 3.3932  | 169.66    | 1696.61  |
| Mg             | 31.00       | 2.5504  | 127.52    | 1275.20  |
| Na             | 115.00      | 5.0022  | 250.11    | 5002.17  |
| K              | 3.00        | 0.0767  | 3.84      | 76.73    |
| NH4            | 0.35        | 0.0194  | 0.97      | 19.40    |
| Ba             | 0.30        | 0.0044  | 0.22      | 2.18     |
| Sr             | 0.00        | 0.0000  | 0.00      | 0.00     |
| +Sum           |             | 11.046  | 552.31    |          |
| Cl             | 120.00      | 3.3848  | 169.24    | 3384.76  |
| SO4            | 185.00      | 3.8515  | 192.58    | 1925.76  |
| NO3            | 1.00        | 0.0161  | 0.81      | 16.13    |
| HCO3           | 215.00      | 3.5240  | 176.20    | 3524.01  |
| CO3            | 0.14        | 0.0047  | 0.23      | 2.34     |
| F              | 0.00        | 0.0000  | 0.00      | 0.00     |
| SiO2           | 2.50        | 0.0416  | 2.08      | 41.60    |
| Boron          | 0.00        | 0.0000  | 0.00      | 0.00     |
| Br             | 0.00        | 0.0000  | 0.00      | 0.00     |
| PO4            | 0.00        | 0.0000  | 0.00      | 0.00     |
| CO2            | 0.02        | 0.0004  | 0.02      | 0.38     |
| -Sum           |             | 10.7811 | 539.06    |          |
| Total          | 741.29      | 11.0463 | 552.31    | 16966.90 |
| Excess Cations |             | 0.265   | 13.26     |          |

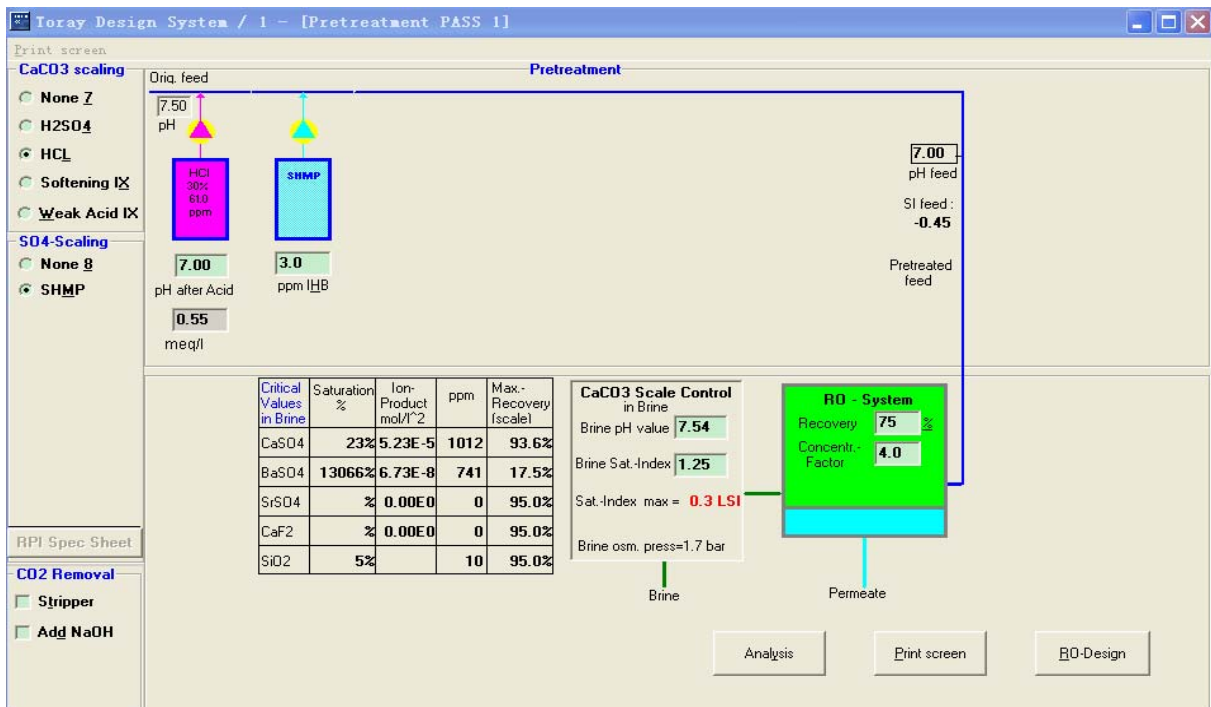
在左侧表格中输入离子浓度，点右侧“pH Value”和“Temperature”，在弹出框中输入进水 pH 值和温度。输入完毕后右侧上部显示水质结果，如：TDS、LSI 等值，离子平衡中可以选择投加某种离子，一般为 NaCl。

### 3.4 预处理加药等

然后点“Go to Pretreatment”返回预处理设计部分，见下图：

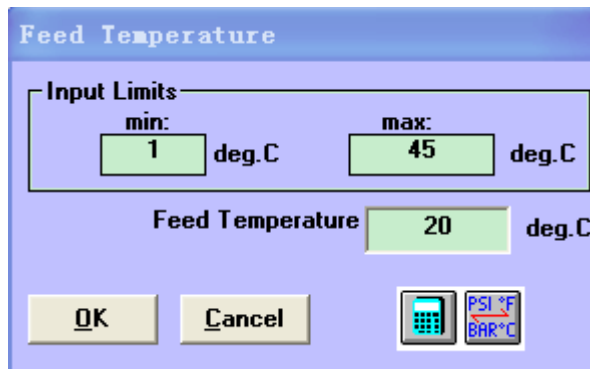


在右侧可以输入回收率或浓缩倍数，左侧列表显示浓水侧具有结垢倾向的物质的饱和度，根据这些数值，在左侧对话框中，可以选择  $\text{CaCO}_3$  结垢控制措施，由于硫酸钡结垢趋向严重，本例选投加 HCl 调节进水 pH 的方法，在对话框中输入目标进水 pH 值，在硫酸盐结垢中选择通用型阻垢剂“六偏磷酸钠”，在对话框中输入目标投加量。在左下侧可以选择  $\text{CO}_2$  脱除方法，本例不用此功能（通常用于双级 RO 或后续混床工艺中），如下图所示：



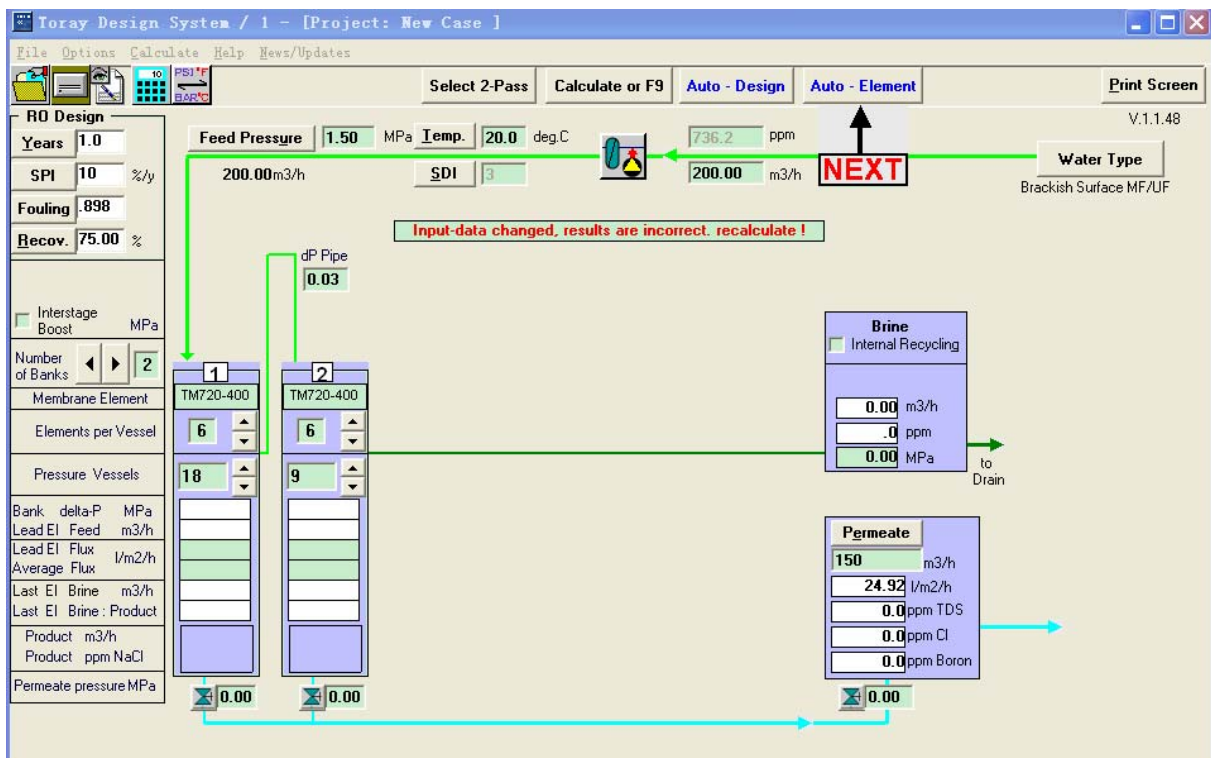
以上输入完毕后，点“RO Design”进入 RO 设计。

在设计界面上点任一按钮都可以弹出对话框，方便参数的更改，如点进水温度对话框可以输入 RO 进水温度值，点“OK”返回设计界面。



### 3.5 RO 设计

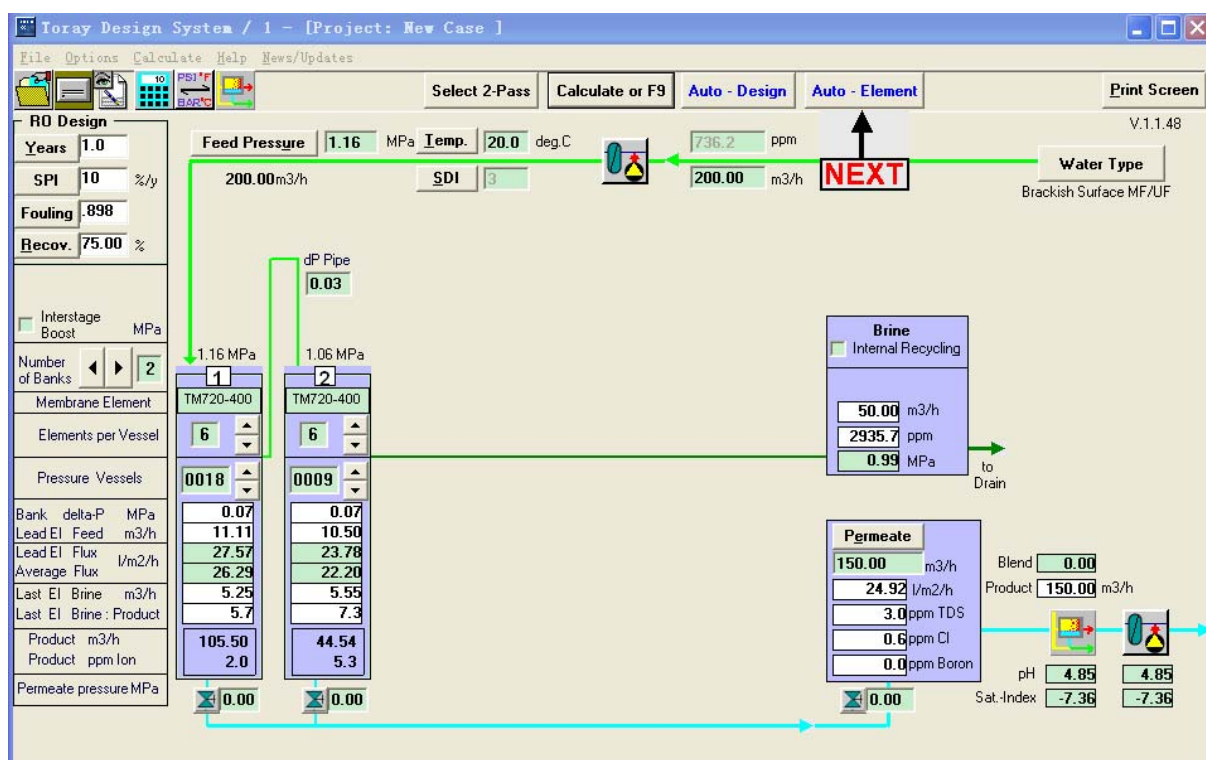
在设计界面上点“Permeate”在对话框中输入产水量。在“Number of Banks”的对话框中输入系统段数，双击“EL-TYPE”在弹出的对话框中选择膜元件型号，点“Apply Element”确定所选膜元件后返回设计界面。在左侧“Elements per Vessel”、“Pressure Vessel”分别输入每只压力容器内膜元件数量及段内压力容器数量。输入完毕设计界面如下图所示：



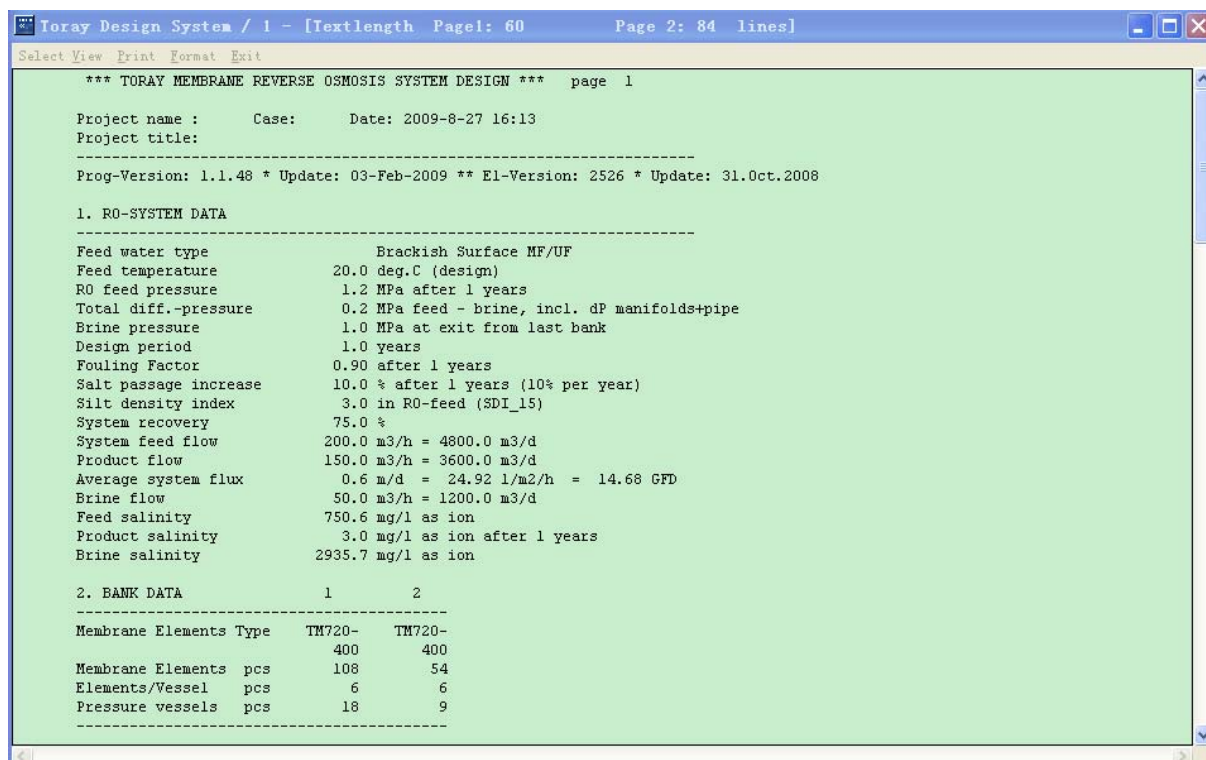
### 3.6 运算设计结果

至此，RO 设计输入完毕，点击“Calculate”或按 F9，软件开始运算设计结果。在运行结果中可以直观地看出运行压力、产水 TDS 以及首末端膜元件主要相关技术参数。在“Years”中可以选择系统运行时间，比如从第一年切换到第三年，最后再点击“Calculate”或按 F9，软件开始运算

第三年系统运行结果。软件运行设计结果见下图：



打开“File”，选择“View + Print Results”弹出系统设计详细计算书，见下图：



在系统运行参数中，结合东丽设计导则，考察 RO 系统是否设计合理，比如：首端膜元件给水流量、末端膜元件回收率等等是否满足要求。在“RECOVERY LIMITS”中可以观察浓水侧结垢倾向，下图所示 LSI=1.1，BaSO<sub>4</sub> 饱和度达到 13073%，说明碳酸钙、硫酸钡在浓水侧已经结垢。而且右侧计算了此种水质条件下系统可以做到的最大回收率。

| 3. WATER ANALYSIS<br>as mg/l ion | Orig<br>feed | Treated<br>feed | Conc.<br>Brine | Exp.<br>Permeate |
|----------------------------------|--------------|-----------------|----------------|------------------|
| Calcium                          | 68.0         | 68.0            | 271.5          | 0.2              |
| Magnesium                        | 31.0         | 31.0            | 123.8          | 0.1              |
| Sodium                           | 115.0        | 115.0           | 458.1          | 0.6              |
| Potassium                        | 3.0          | 3.0             | 11.9           | 0.0              |
| Ammonium                         | 0.3          | 0.3             | 1.4            | 0.0              |
| Barium                           | 0.3          | 0.3             | 1.2            | 0.0              |
| Chloride                         | 129.0        | 149.6           | 596.6          | 0.6              |
| Sulfate                          | 185.0        | 185.0           | 739.0          | 0.3              |
| Nitrate                          | 1.0          | 1.0             | 4.0            | 0.0              |
| Bicarbonate                      | 215.0        | 180.3           | 714.8          | 1.1              |
| Carbonate                        | 0.4          | 0.1             | 2.0            | 0.0              |
| Silica                           | 2.5          | 2.5             | 9.9            | 0.0              |
| Free CO2                         | 9.5          | 28.5            | 29.7           | 28.5             |
| Total as ion                     | 750.6        | 736.2           | 2935.7         | 3.0              |
| Total as meq/l                   | 11.0         | 11.0            | 44.1           | 0.0              |
| EC uS/cm                         | 1007.7       | 974.7           | 3664.4         | 4.4              |
| CO2 EC uS/cm                     | 3.5          | 6.1             | 6.2            | 6.1              |
| pH Value                         | 7.5          | 7.0             | 7.5            | 4.8              |
| Langelier Index                  | 0.0          | -0.6            | 1.1            | -7.4             |
| Stiff Davis Index                | 0.1          | -0.5            | 1.1            | -7.4             |

对  $\text{TDS} \leq 10,000\text{mg/L}$  的苦咸水而言:

$\text{LSIc} \geq 0$ , 说明碳酸盐结垢, 加酸或投加相关阻垢剂;

对  $\text{TDS} \geq 10,000\text{mg/L}$  的苦咸水及海水而言:

$\text{S\&DSIc} \geq 0$ , 说明碳酸盐结垢, 加酸或投加相关阻垢剂;

| 5. RECOVERY LIMITS<br>for | IP_Brine | Saturation | Max.Recov. |
|---------------------------|----------|------------|------------|
| CaSO4                     | 5.21E-5  | 23.2%      | 93.6%      |
| BaSO4                     | 6.71E-8  | 13066.3%   | 17.5%      |
| SrSO4                     | 0.00E0   | 0.0%       | 95.0%      |
| CaF2                      | 0.00E0   | 0.0%       | 95.0%      |
| Silica                    |          | 5.5%       | 95.0%      |

在“RECOVERY LIMITS”中,“Saturation”表示难溶盐的饱和度,其大于 100%,说明浓水测超过其饱和度,需要采取相关阻垢措施。“Max.Recovery”显示了在此饱和度条件下,系统能做到的最大回收率。

在“File”中选择“Individual elements”,可以看到每支膜元件运行情况,特别注意末端膜元件回收率是否超过设计导则,回收率越大,浓差极化越大,膜污染速度也就越快。另外,需要注意各段回收率及通量是否均衡,特别是高 TDS 含量的原水处理中,由于二段进水 TDS 大于一段且其净驱动压不断降低,其各段回收率及通量相当不均衡,此时可以采用段间增压等方式平衡产水通量及回收率。

```

*** TORAY MEMBRANE REVERSE OSMOSIS SYSTEM DESIGN ***   page 1

Project name :      Case:      Date: 2009-8-27 16:22
Project title:
-----
Prog-Version: 1.1.48 * Update: 03-Feb-2009 ** El-Version: 2526 * Update: 31.Oct.2008

INDIVIDUAL ELEMENT DATA:
Bank 1 Element No.      1          2          3          4          5          6
-----
Feed flow      m3/h      11.1      10.1      9.1      8.1      7.1      6.2
Element TMP      MPa      1.2      1.1      1.1      1.1      1.1      1.1
Delta-p      MPa      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
Feed Osmotic      MPa      0.0      0.0      0.1      0.1      0.1      0.1
Memb. Osmotic      MPa      0.0      0.1      0.1      0.1      0.1      0.1
Brine Osmotic      MPa      0.0      0.1      0.1      0.1      0.1      0.1
Feed TDS      ppm      736.2      810.9      900.5      1010.1      1147.0      1322.8
Brine flow      m3/h      10.1      9.1      8.1      7.1      6.2      5.3
Brine TDS      ppm      810.9      900.5      1010.1      1147.0      1322.8      1555.9
Permeate flow m3/h      1.0      1.0      1.0      1.0      0.9      0.9
Permeate TDS      ppm      1.3      1.5      1.7      2.1      2.5      3.1
Permeate EC      uS      8.0      8.3      8.6      9.1      9.7      10.6
EC-profile F->B uS      8.0      8.1      8.3      8.5      8.7      9.0
EC-profile B->F uS      9.0      9.2      9.5      9.8      10.2      10.6
Recovery      %      9.2      10.0      10.9      12.0      13.3      15.0
Rejection(NaCl) %      99.7      99.7      99.7      99.7      99.7      99.7
-----

```

在“File”中选择“Individual elements & Ions”可以观察每支膜元件离子脱除效果，见下图：

```

*** TORAY MEMBRANE REVERSE OSMOSIS SYSTEM DESIGN ***   page 1

Project name :      Case:      Date: 2009-8-27 16:24
Project title:
-----
Prog-Version: 1.1.48 * Update: 03-Feb-2009 ** El-Version: 2526 * Update: 31.Oct.2008

Pass 1
Bank 1
ElT No.      1          2          3          4          5          6
-----
QP m3/d      24.6      24.1      23.7      23.2      22.8      22.3
P_Osm      0.5      0.5      0.6      0.7      0.8      0.9
P_Driv      10.2      10.0      9.8      9.6      9.4      9.2
NaCl Rej      99.7%      99.7%      99.7%      99.7%      99.7%      99.7%

Feed      1          2          3          4          5          6      Brine
-----
Ca      68.0      74.9      83.2      93.3      106.0      122.2      143.8
Mg      31.0      34.1      37.9      42.5      48.3      55.7      65.5
Na      115.0      126.7      140.6      157.7      179.1      206.5      242.9
K      3.0      3.3      3.7      4.1      4.7      5.4      6.3
NH4      0.3      0.4      0.4      0.5      0.5      0.6      0.7
Ba      0.3      0.3      0.4      0.4      0.5      0.5      0.6
Sr      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
Cl      149.6      164.8      183.0      205.2      233.1      268.8      316.2
SO4      185.0      203.8      226.3      253.9      288.3      332.6      391.3
NO3      1.0      1.1      1.2      1.4      1.6      1.8      2.1
HCO3      180.4      198.6      220.6      247.4      280.8      323.7      380.5
CO3      0.1      0.1      0.2      0.2      0.3      0.4      0.5
F      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
SiO2      2.5      2.8      3.1      3.4      3.9      4.5      5.3
B      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
Br      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
PO4      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0

```

在以上结果界面中，选择“Print”可以选择打印或保存的文件，也可以用 PDF 保存所需要的设计结果（可对所有文档进行选择合并），更可以使用 Excel 导出设计参数。

### 3.7 设计文件保存

在“File”中选择“Save”，弹出文件保存窗口。根据对话框提示可以输入工程相关信息。然后保存到您所选择的路径。

**Files Handling**

**File:**

**Directory:**

**Drive:** d: **Font:** Set Reset

**Save Project**

Switch to home-directory: **Home Directory**

**Cancel**

**Project data**

**Project Name:** (Press Enter to display cases)  
150TPH surface water RO system

**Project Case No.:** 1 max 999 cases

**File Type:** (extension)  
.tid

**Last Review date:** 2009-8-27 Today's date

**Title:** (max 60 characters, appears in output)  
TM720-400; Flux=24.92lmh; 75%Ry; SP=10%; 1year; FI=0.90

**Comments:** (max 1000 characters, hidden in output)

### 3.8 双级反渗透系统设计

以此项目为例说明双级反渗透的设计。在 RO 设计界面上点“Select 2-pass”，出现下对话框：

**Toray Design System / 1 - [Project: 150TPH surface water RO system Case 001]**

**File Options Calculate Help News/Updates**

**Select 1-Pass Calculate or F9 Auto - Design Auto - Element Print Screen**

**RO Design**

**Years:** 1.0 **SPI:** 10 %/y **Fouling:** .898 **Recov.:** 75.00 %

**Interstage Boost:** MPa

**Number of Banks:** 2

**Membrane Element:** TM720-400

**Elements per Vessel:** 6

**Pressure Vessels:** 0018

**Bank delta-P:** 0.07 MPa

**Lead El Feed:** 11.11 m3/h

**Lead El Flux:** 27.57 l/m2/h

**Average Flux:** 26.29 l/m2/h

**Last El Brine:** 5.25 m3/h

**Last El Brine : Product:** 5.7

**Product:** 105.50 m3/h

**Product ppm Ion:** 2.0

**Permeate pressure:** 0.00 MPa

**Feed Pressure:** 1.16 MPa **Temp.:** 20.0 deg.C **SDI:** 3

**Pass 1**

**Pass 2**

**Brine:** 50.00 m3/h, 2935.7 ppm, 0.99 MPa

**Permeate:** 150.00 m3/h, 24.92 l/m2/h, 3.0 ppm TDS, 0.6 ppm Cl, 0.0 ppm Boron

**Blend:** 0.00

**Product:** 150.00 m3/h

**pH:** 4.85

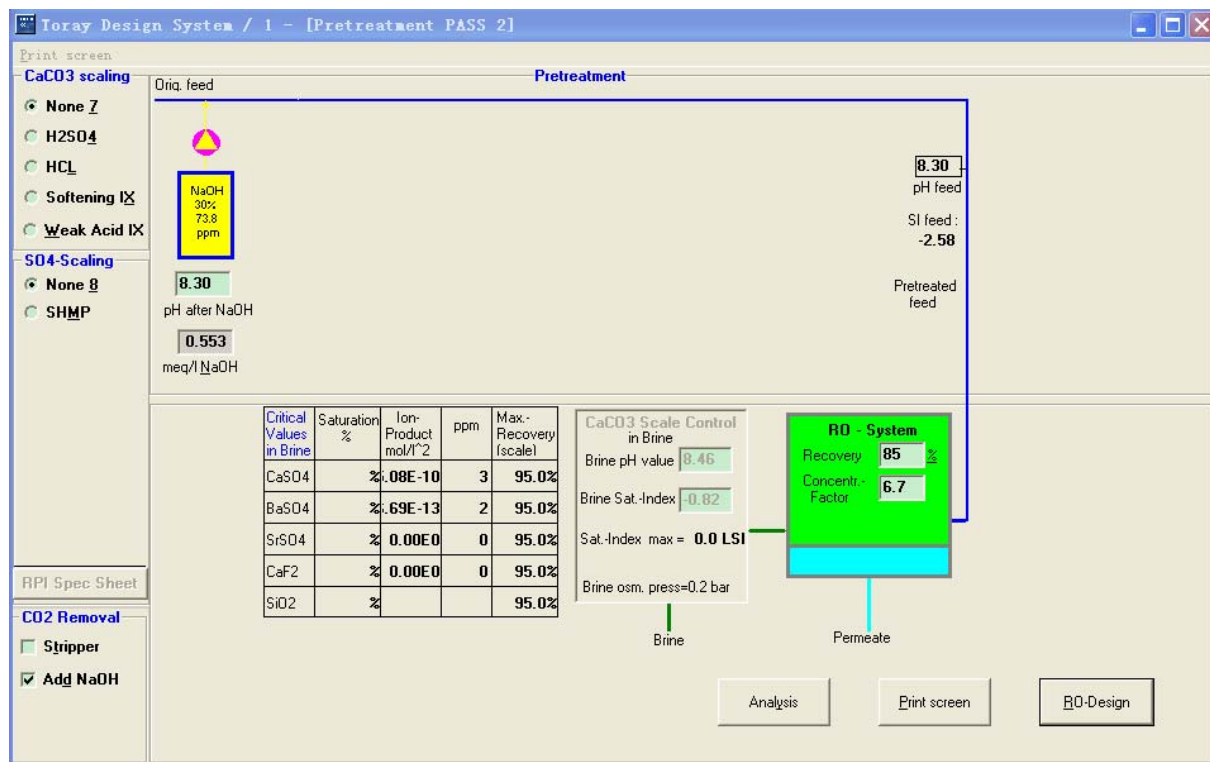
**Sat. Index:** -7.36

**Toray Design System Case / 1**

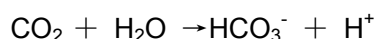
Click on 2nd Pass Icon to start 2nd pass design or click 2pass flow calculation icon

**确定**

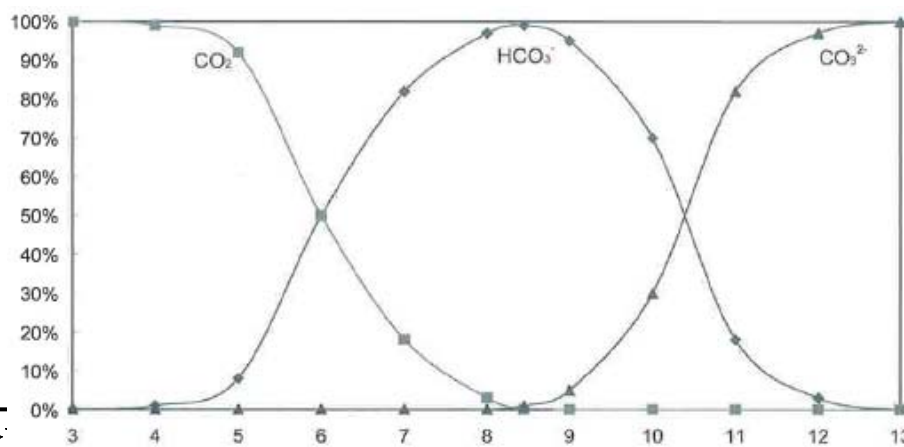
先按以上所述步骤设计完成一级反渗透系统设计且计算完成后点击“2”切换到第二级反渗透系统设计。二级 RO 的进水可以进行相关选择，依次为：原水、一级 RO 预处理水、一级 RO 浓水、一级 RO 产水。二级 RO 原水输入或选定完毕进入二级 RO 预处理，在预处理中可以投加 NaOH，提高二级 RO 进水 pH 值，见下图：



由于反渗透膜不能脱除溶解性气体，所以 RO 产水中 CO<sub>2</sub> 的含量基本上和进水相等，但是 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 能被 RO 膜脱除掉，这样，水中的 CO<sub>2</sub>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 平衡就会被破坏：

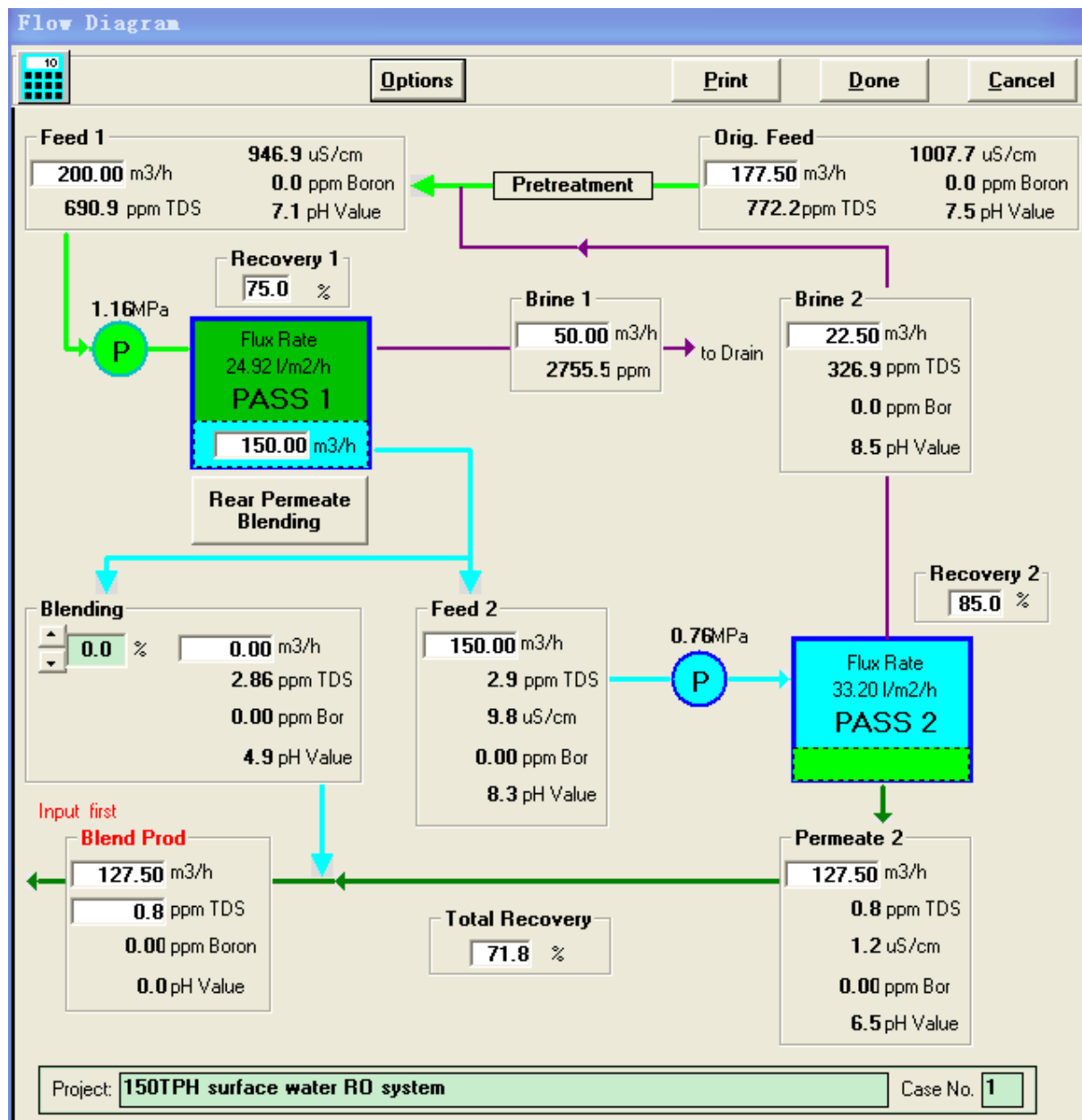


由于 RO 进水含有 CO<sub>2</sub>，所以 RO 产水 pH 值一般都比进水低，当进水碱度及 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量高时，其 pH 下降更大。当 pH 小于 8 时，水中 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 开始转为 CO<sub>2</sub>，当 pH 小于 4 时，水中 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 全部转为 CO<sub>2</sub>。因此，在二级 RO 进水中，通过投加 NaOH 可以 CO<sub>2</sub> 使转为可以被 RO 膜脱除掉的 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>，从而提高二级 RO 的脱盐率。当然，二氧化碳的脱除也可以采用脱气塔脱除。下图为碳酸盐体系平衡图。



对于双级 RO 的设计，在所有设计完成后点 ，可以对一级 RO 及二级 RO 进行计算。

在设计界面上点“2 pass flow diagram and calculation”即 ，弹出“Flow diagram”可以进行双级 RO 主要参数设定。在此界面上，可以同时观察到系统运行参数，包括：进水水质、运行压力、进水浓水及产水流量、回收率等，即可以观察到比较完整的水量平衡图。

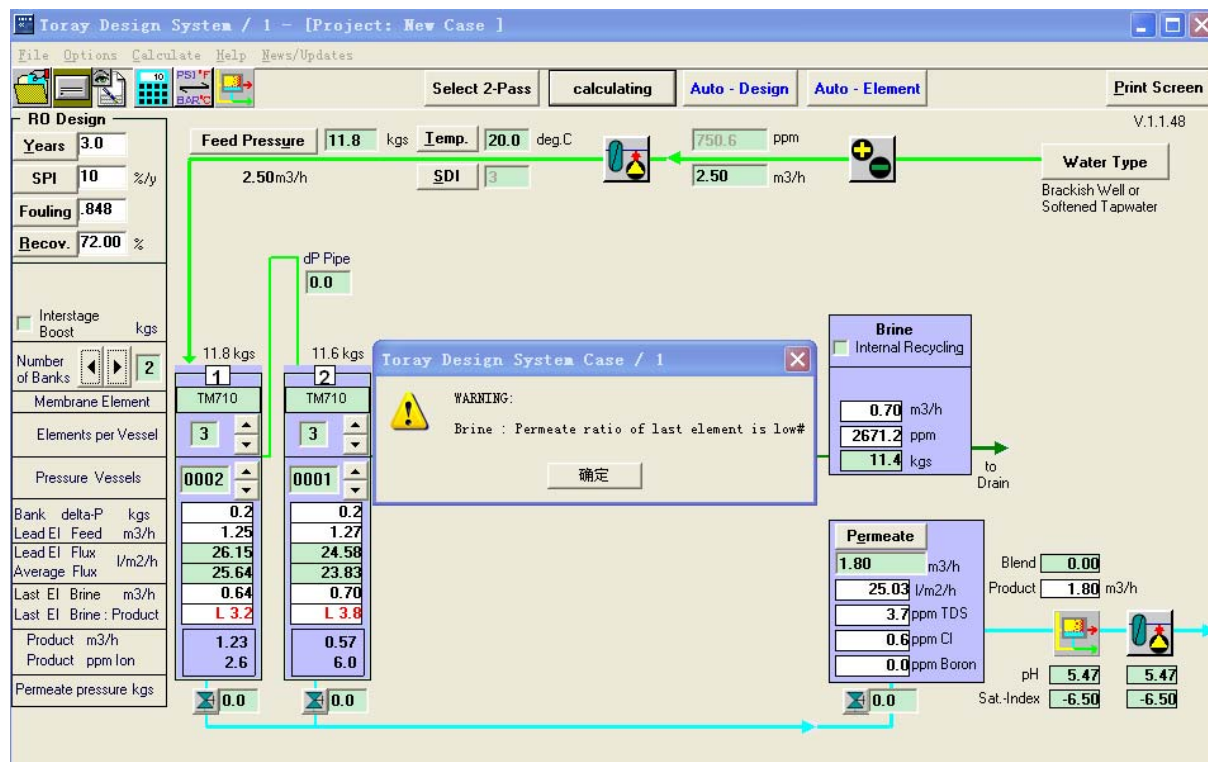


在最后的计算结果中可以分别看到一级系统和二级系统相关运行参数。运算结果输出与一级 RO 系统类似。

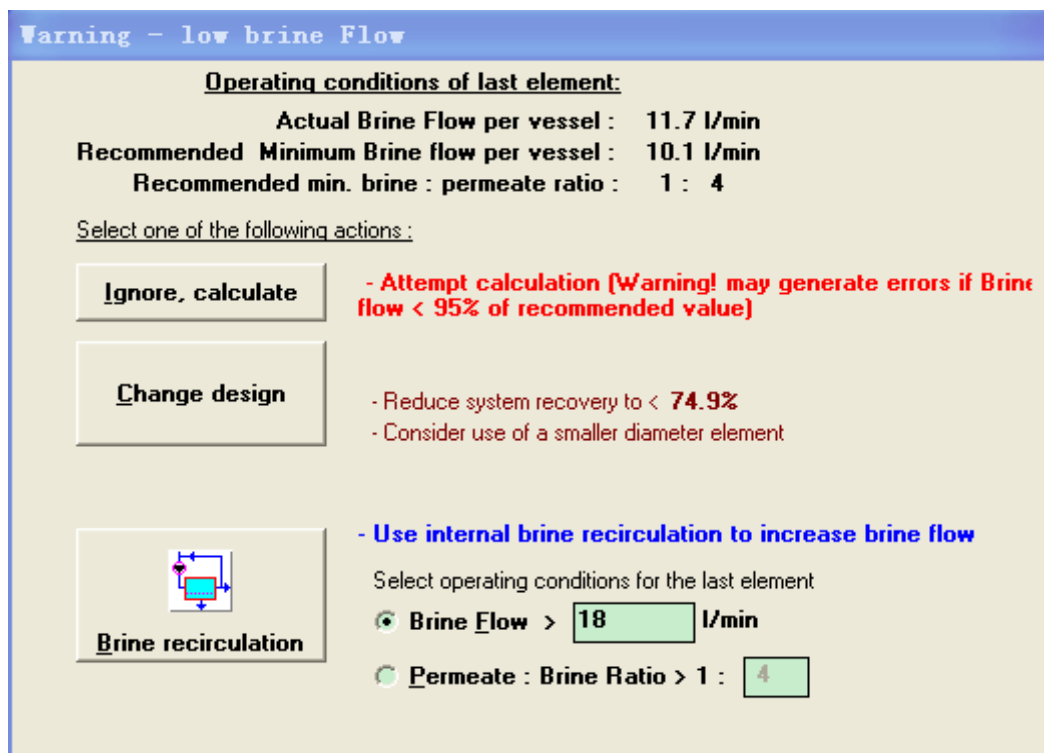
### 3.9 浓水循环系统的设计

在大多数小型系统中，为了提高系统回收率，又要使系统浓水流量满足设计导则，常常采用浓

水循环的方法。在下图中我们可以发现，第二段中浓水与产水比值分别为 3.2、3.8，超出了设计导则的推荐值，软件计算过程中从而提出了报警。

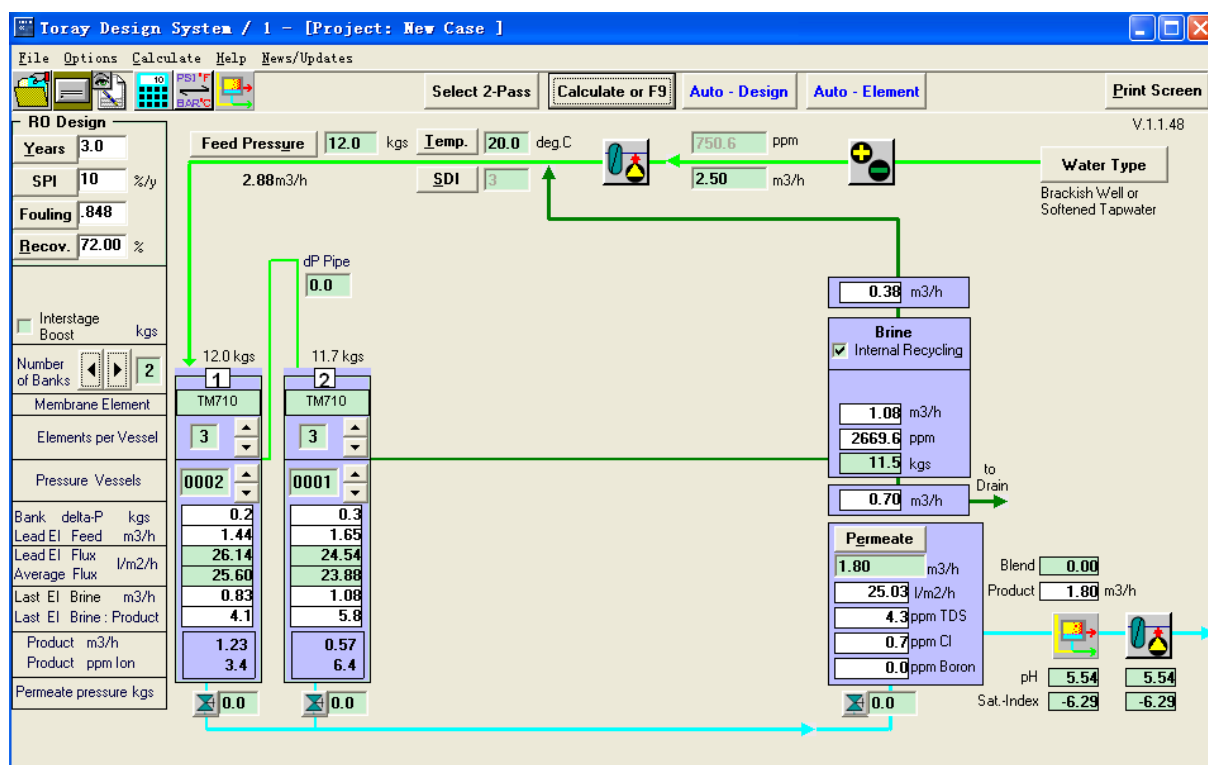


此时，采用浓水循环，点“Internal Recycling”，点击“calculating”，如果系统浓水流量较小，此时弹出如下对话框：



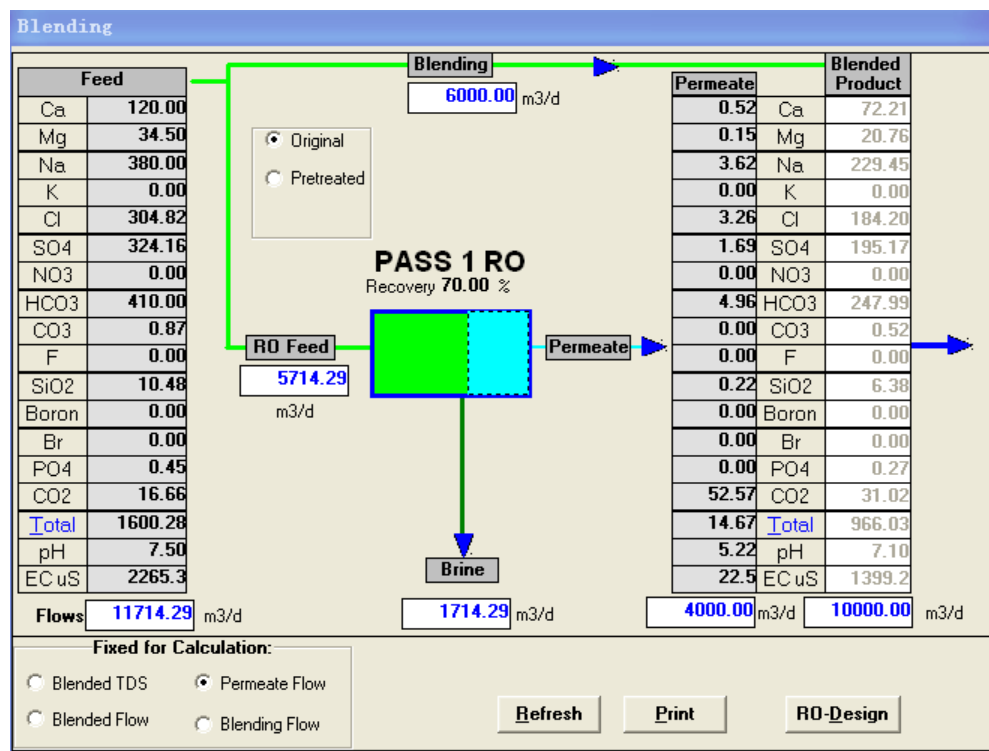
上图对最后一支膜元件操作条件作了提示，显示了每支压力容器实际的浓水排放量、推荐的最低排放量、推荐的浓水与产水比。你可以忽略浓水过小问题进行计算，可以改变设计参数（如回收

率), 也可以对浓水流量进行设定, 如上图设定浓水流量为 18l/min, 然后点 “Brine recirculation”



### 3.10 勾兑混合计算

在设计中, 你可以对原水及产水进行勾兑计算, 在 RO 设计主界面上点 “” 出现以下界面:



比如选“Permeate Flow”，通过调节原水（“Original”）或经预处理的原水（“Pretreated”）的流量与 RO 产水进行勾兑，计算后界面右列出现经过勾兑混合后的水质。

另外，RO 进水也可以多水源混合计算，在原水水质输入中，点“Multiple Feed Streams Set”，弹出如下窗口：

Multiple Feed Streams

|       | 1      |           | 2      |           | 3    |           | 4    |           | 5    |           | Total  |           |
|-------|--------|-----------|--------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|--------|-----------|
| Ions  | mg/l   | ppm CaCO3 | mg/l   | ppm CaCO3 | mg/l | ppm CaCO3 | mg/l | ppm CaCO3 | mg/l | ppm CaCO3 | mg/l   | ppm CaCO3 |
| Ca    | 68.00  | 169.66    | 50.00  | 124.75    | 0.10 | 0.25      | 0.10 | 0.25      | 0.10 | 0.25      | 64.40  | 160.68    |
| Mg    | 31.00  | 127.52    | 5.00   | 20.57     | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 25.80  | 106.13    |
| Na    | 115.00 | 250.11    | 120.00 | 260.98    | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 116.00 | 252.28    |
| K     | 3.00   | 3.84      | 0.00   | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 2.40   | 3.07      |
| NH4   | 0.35   | 0.97      | 0.00   | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.28   | 0.78      |
| Ba    | 0.30   | 0.22      | 0.00   | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.24   | 0.18      |
| Sr    | 0.00   | 0.00      | 0.00   | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00   | 0.00      |
| Cl    | 129.04 | 181.99    | 135.00 | 190.39    | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 130.23 | 183.67    |
| SO4   | 185.00 | 192.58    | 180.00 | 187.37    | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 184.00 | 191.54    |
| NO3   | 1.00   | 0.81      | 0.00   | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.80   | 0.65      |
| HCO3  | 215.00 | 176.20    | 0.10   | 0.08      | 0.10 | 0.08      | 0.10 | 0.08      | 0.10 | 0.08      | 172.02 | 140.98    |
| CO3   | 0.40   | 0.67      | 0.00   | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.32   | 0.53      |
| F     | 0.00   | 0.00      | 0.00   | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00   | 0.00      |
| SiO2  | 2.50   | 2.08      | 0.00   | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 2.00   | 1.66      |
| Boron | 0.00   | 0.00      | 0.00   | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00   | 0.00      |
| Br    | 0.00   | 0.00      | 0.00   | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00   | 0.00      |
| PO4   | 0.00   | 0.00      | 0.00   | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00 | 0.00      | 0.00   | 0.00      |
| CO2   | 9.48   | 10.78     | 0.01   | 0.02      | 0.02 | 0.02      | 0.02 | 0.02      | 0.02 | 0.02      | 7.59   | 8.62      |
| Total | 750.59 | 552.31    | 490.10 | 406.30    | 0.20 | 0.25      | 0.20 | 0.25      | 0.20 | 0.25      | 698.49 | 523.11    |

Open Save Clear Open Save Clear Open Save Clear Open Save Clear Open Save Clear

pH Value

Temperature  deg.C  deg.C  deg.C  deg.C  deg.C  deg.C

Feed  %  %  %  %  %  %

在上水源中输入相关水质，并设定其所占比例，最终的混合进水水质如上图右侧所示。点“WaterAnalysis”返回前设计界面。

### 3.11 其他说明

在设计过程中，不合理的设计将出现红色字体的报警提示。对于结垢倾向请注意浓水侧 LSI 值以及“RECOVERY LIMITS”中难溶盐饱和度的提示。

在“Help”中可以打开“Design guidelines Table”，即设计导则进行参考。

## 第七章 反渗透膜元件的安装、操作与维护

## 第一节 反渗透膜元件安装

## 1 安装前的准备工作

- (1) 在将预处理产水通向反渗透单元时，要保证管道系统和压力容器中没有灰尘、油脂、金属残余物等杂质，以防膜元件被外来的污染物污染。使用旋转刷并用预处理过的水冲洗压力容器是最有效的方法。
- (2) 检验进水水质，用合格的预处理产水冲洗系统大约 30 分钟。
- (3) 拆除压力容器的端盖，检查压力容器的内部，并确定是否需要机械清洗。
- (4) 将带有 O 型圈的产水适配器安装到浓水端一侧的产水端口中。可以使用甘油或双油酸酯进行润滑。
- (5) 根据压力容器的使用手册将浓水侧的端盖安装好。
- (6) 根据下表所列内容准备必要的零部件：

| 零部件名称              | 需要的数量 |       |
|--------------------|-------|-------|
|                    | TM 类型 | SU 类型 |
| 浓水密封圈              | m     | m     |
| O 型圈               | 4m    | 2m    |
| 开式产水适配器            | n     | n     |
| 闭式产水适配器            | n     | —     |
| 产水连接管              | m - n | m - n |
| 产水管封盖              | —     | n     |
| m：膜元件的数目；n：压力容器的数目 |       |       |

## 注释：

上述零部件，除了压力容器的产水适配器外，都将附随每元件一同包装提供；

压力容器的产水适配器随压力容器一起提供；

在订购压力容器时，请注明所要安装的反渗透膜元件的类型。

## 2 反渗透膜元件的安装

- (1) 从纸箱中的塑料包装中取出膜元件。

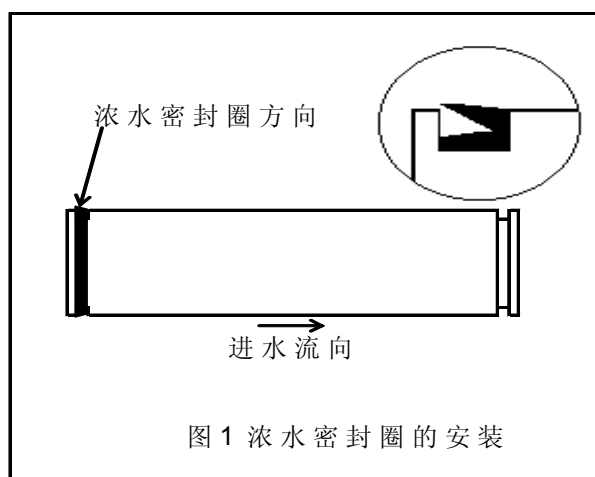
**注意：**打开塑料袋的时候最好在一端剪开口子，取出膜元件后保存一些完整的塑料袋，以备膜元件需要装袋保存时使用。

- (2) 在膜元件适配器上装上“O”型环，安装时涂上一些甘油，并小心的安装防止“O”型环被刮损。同时在膜元件产水管的内侧（TM 系列）或外侧（SU 系列）也涂上甘油。

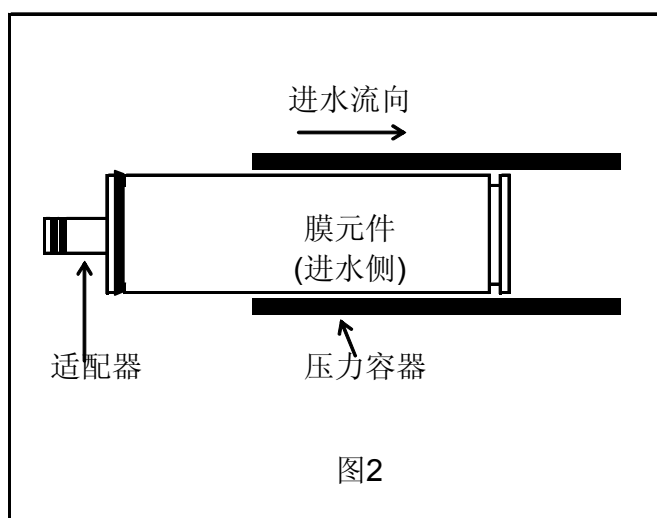
**注意：**不要使用阳离子洗涤剂、食用油等作为润滑剂，否则有可能对反渗透膜元件造成不可恢复的损害。

- (3) 在浓水密封圈上涂上甘油，并按图 1 所示小心的安装在膜元件进水侧的环型槽中。

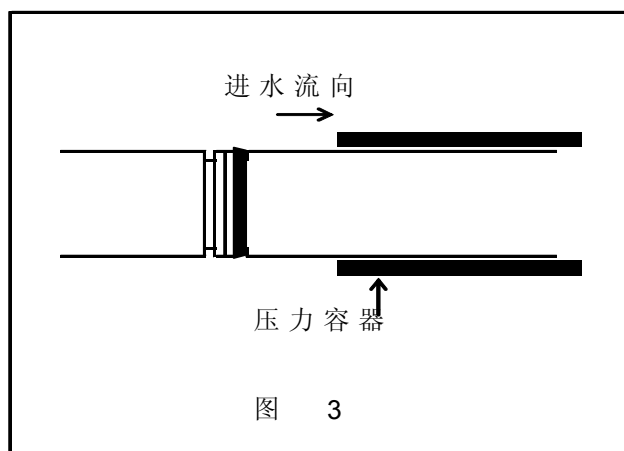
**注意：**浓水密封圈要妥善安装，否则有则能造成膜元件实际回收率高于设计值。



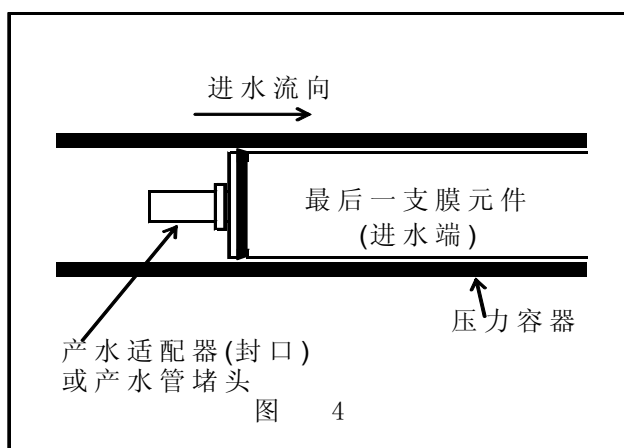
- (4) 按照膜元件表面箭头所指的方向将其平缓的推入压力容器，至膜元件三分之二进入压力容器后，在膜元件的进水侧产水管上插上适配器，如图 2 所示。



- (5) 将另一支膜元件连接在露出的产水适配器上，连接紧密后平缓的推入压力容器，至第二支膜元件的三分之二进入压力容器后，重复进行上述操作装入下一支膜元件。



- (6) 当同一压力容器内最后一支膜元件安装完毕后，在膜元件的进水端插上闭式产水适配器上或套上产水管堵头，见图 4。



- (7) 安装完进水端产水适配器后，将压力容器的端板安装好。检查产水管堵头和端板之间的距离要小于 5mm。

**注意：**如果产水管堵头和端板之间的距离大于5mm，那么在系统启停时，反渗透膜元件的过度移动有可能造成O型环或浓水密封圈的错位或破损，从而造成产水水质下降，因此需要在这两者之间安装垫片。

#### 安装注意事项：

- (1) 膜元件保存在浓度为 0.05%到 0.1%的亚硫酸氢钠溶液中，安装时注意防护皮肤和眼睛；
- (2) 保存一部分包装材料，以便膜元件临时需要拆出或者保存之用；
- (3) 为每个压力容器编号，并根据压力容器中元件的正确顺序记录每个膜元件的位置，记录要根据新元件的安装以及元件位置的改变进行更新；

- (4) 为了避免元件的损坏，安装时一定要小心轻放，注意保持膜元件外部清洁，只能用干净的手或者手套接触元件。

### 3 装填膜元件后的检查

(1) 通水确认

仔细检查管配件连接是否正确、螺丝是否拧紧，然后进行通水实验，通水时让水压缓慢上升。

(2) 调整操作条件

密切注意给水及产水水量的同时，调整既定产水量及回收率，如果没有损失或者其他问题时，让系统持续运行这样状态一个小时。

(3) 检查产水水质

将各膜组件产水水质取样以检查产水水质（电导率），如果有水质异常膜组件，请再次确认O型圈、浓水密封环等，更换不良配件。

(4) 初次运行记录

系统初次运行记录十分重要，它是日后系统故障分析判断的基础。

### 4 膜元件拆出

有时要进行反渗透系统检查或膜元件存储、运输或替换，请按照以下步骤进行：

- (1) 拆下压力容器上进水、浓水和产水的管道，除去连接配件；
- (2) 拆去压力容器两端的端盖；
- (3) 从进水端向浓水端推膜元件，直至浓水端露出膜元件；
- (4) 缓缓拉出膜元件后除去和下一膜元件之间的连接部件；
- (5) 重复步骤(3)和(4)，如果需要的话，可以用一根PVC管从进水端推膜元件的端面；
- (6) 将拆下的膜元件放在干净的塑料袋中，并灌注适量的浓度为0.05~0.1%的亚硫酸氢钠溶液，密封后保存。

## 第二节 反渗透系统的操作

### 1 系统启动

反渗透初次启动，必须完成启动前检查、设备安装就位、进水水质检查。

#### 1.1 系统启动前检查事项

系统初次启动前，必须对系统进行如下检查：

- (1) 从预处理到反渗透装置的所有设备、管路、加药系统等材料满足防腐要求；
- (2) 所有管路和设备防腐与日常操作及化学清洗时的 pH 范围兼容；
- (3) 所有的预处理系统已经进行反洗或清洗并处于清洁状态；
- (4) 保安过滤器安装了新的洁净滤芯；
- (5) 保安过滤器必须无表面活性剂、润滑剂、织物；
- (6) 给水管路已经进行了冲洗，一般在高压泵与 RO 系统连接前完成；确认所有的灰尘、油脂、润滑油、金属残渣等都已经从管道安装处清除；
- (7) 加药点位置正确，加药系统处于操作状态；
- (8) 加药管路上正确安装了相关阀门；
- (9) 化学药品进入 RO 系统前得到了正确的混合；
- (10) 加药计量泵停机或药品断流时确保 RO 系统能够连锁停机；
- (11) RO 系统停机时确保加药系统连锁停机；
- (12) 预处理中如果使用了氯等氧化药剂，确保进水采用了相关措施除去余氯；
- (13) 配置相关仪表足以监测系统运行参数及进行标准化；
- (14) 相关仪表已经进行了安装、校正；
- (15) 系统安装了压力卸放阀并处于正确设定位置；
- (16) 任何时候产水压力不会超过进水或浓水压力 0.7bar；
- (17) 所有连锁、延时及报警装置安装正确并经过测试；
- (18) 确保能对每个压力容器进行取样；
- (19) 确保能对进水、产水、浓水进行取样；
- (20) 压力容器与清洗管路连接正确；
- (21) 所有的压力容器安全地固定在 RO 支架上；

- (22) 所有的压力容器已经完成膜元件的装填，正确安全地安装了压力容器端盖；
- (23) 安全正确地连接了所有的压力容器，特别检查卡箍接合点和压力容器端封口处；
- (24) 产水出口阀开启；
- (25) 给水进 RO 前以及产水能够直接排放；
- (26) 开启浓水控制阀；
- (27) 调整高压泵出水阀和旁通阀，控制系统进水流量小于正常操作流量的 50%。

## 1.2 系统的初始启动

系统装填好膜元件后应该立即尽快进行启动，换句话说，只有当启动系统前才开始装填膜元件。启动系统前，备好以下物品：

- 护目镜；
- 温度计；
- pH/ORP 仪；
- 手持电导率仪；
- 带盖的洁净塑料取样瓶；
- 分析仪器，能够分析：总硬度、钙、总碱度、氯化物、总/余氯、硫酸盐、铁、硼等。

在系统初始启动之前，保证预处理系统处于良好的操作状态，强烈建议保证以下项目稳定合格，包括：

- 污染指数 (SDI<sub>15</sub>)
- 浊度 (NTU)
- 余氯及其它氧化剂
- SBS 浓度（如果用于除去余氯）
- 进水电导率、pH、温度、细菌等
- 给水流量稳定

系统初始启动顺序如下：

- (1) 在系统启动之前，完成所有事项的检查；
- (2) 检查所有阀门处于正确位置，系统进水阀、产水阀、浓水阀处于全开状态；
- (3) 用低压、低流量合格预处理产水赶走压力容器及系统内的空气，冲洗压力为 2-4bar；  
建议每只压力容器低压冲洗时浓水流量为 2.5m<sup>3</sup>/hr；

- (4) 所有的产水及浓水可以直接进行排放；
- (5) 低压低流量冲洗阶段仔细检查所有的管路、阀门及设备有无泄漏，否则予以修理；
- (6) 检查浓水管路上卸压阀处水流状态，直到排出所有的空气才停止低压低流量冲洗；重复（2）-（6）步骤可以最大限度排出空气；
- (7) 再次确认浓水、产水处于全开状态；
- (8) 高压泵启动，具体过程参考以下高压泵启动程序；

附：高压泵启动程序

◆ 装有恒定速度发动机的活塞（位移）泵系统（图5）

- ① 打开浓水控制阀  $V_B$ ，打开到大约 50% 的开启度；
- ② 打开安全循环阀  $V_R$ ；
- ③ 关闭给水压力控制阀  $V_F$ （如果已经安装）；
- ④ 启动高压泵（HPP）；
- ⑤ 缓慢打开阀  $V_F$ ，直到浓水流量达到设计值时，关闭阀  $V_R$ ；
- ⑥ 直到浓水流量开始减小时，关闭阀  $V_B$ ，这时给水压力开始增大；
- ⑦ 校验给水压力，压差和产水流量；
- ⑧ 逐步重复程序中的 5 到 7 步，直到产水和浓水流量达到设计值。

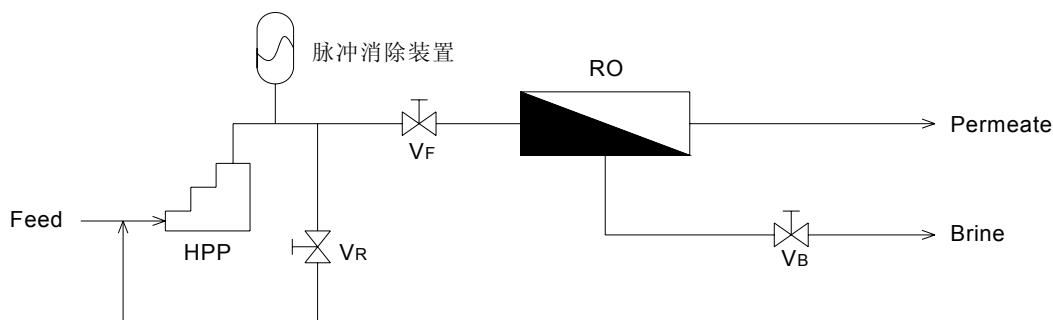


图5 装有恒定速度发动机的活塞（位移）泵系统

◆ 装有恒定速度发动机的离心式水泵系统（图6）

- ① 打开浓水控制阀  $V_B$ ，打开到大约 50% 的开启度；
- ② 打开最小流量阀  $V_M$ ；
- ③ 关闭给水压力控制阀  $V_F$ （如果没有安装阀  $V_M$ ），节流到最小流速；
- ④ 启动高压泵（HPP）；

- ⑤ 慢慢打开阀  $V_F$ ，直到浓水流量达到设计值（遵守设计说明）；
- ⑥ 当达到了高压泵（HPP）的最小流速时，关闭阀  $V_M$ （如果已经安装）；
- ⑦ 直到浓水流开始减小时，关闭阀  $V_B$ ，这时给水压力开始增大；
- ⑧ 校验给水压力，压差和产水流量；
- ⑨ 逐步重复程序中的步骤 5 到 7，直到产水和浓水流量达到设计值。

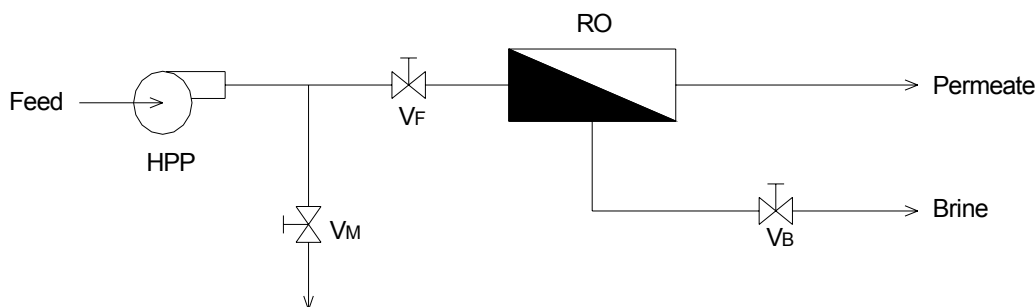


图6 装有恒定速度发动机的离心式水泵系统

◆ 装有恒定速度发动机的离心式水泵系统平稳启动 (图7)

- ① 打开浓水流控制阀  $V_B$ ；
- ② 节流给水压力控制阀  $V_F$  到大约 10% 的开启度；
- ③ 启动高压水泵（HPP）；
- ④ 慢慢打开阀  $V_F$ ，直到盐水流达到设计值；
- ⑤ 直到盐水流开始减小时，关闭阀  $V_B$ 。这时给水压力开始增大；
- ⑥ 校验给水压力，压差和产水流量；
- ⑦ 逐步重复程序中的步骤 4 到 6，直到产水和浓水流量达到设计值。

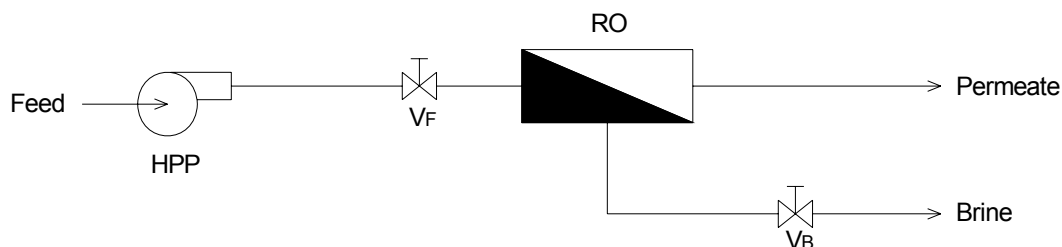


图7 装有恒定速度发动机的离心式水泵系统

◆ 装有变频调速发动机的离心式水泵系统 (图8)

- ① 打开浓水流量控制阀  $V_B$ ;
- ② 以最小频率（速度）启动高压水泵（HPP）;
- ③ 增大高压水泵（HPP）的速度，直到浓水流量达到设计值;
- ④ 直到浓水流量开始减小时，关闭阀  $V_B$ ，这时给水压力开始增大;
- ⑤ 校验给水压力，压差和产水流量的变化;
- ⑥ 逐步重复程序中的步骤 3 到 5，直到产水和浓水流量达到设计值。

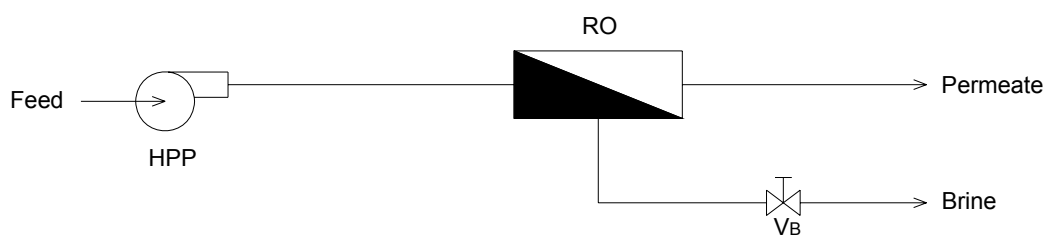


图8 装有变频调速发动机的离心式水泵系统

注释：Feed：给水，Pemeate：透过水，Brine：浓水；

图5-8是对高压水泵启动程序的概要说明，因此一些必要的设备和器械并没有给出图示。

**注意：**如果最初发现浓水流量过大（观察压差 $\Delta P$ ），浓水流量控制阀  $V_B$  就应该被提前设置在截流位置；为了避免过大的给水流速，给水阀  $V_F$  从一开始就应该设置在节流的位置。

- (9) 完成高压泵启动后，检查所有化学药剂投加量是否准确；
- (10) 系统运行一小时后，如果产水合格可以向后续水箱或设备供水；
- (11) 校验每支压力容器的产水电导率。如果发电导率明显高于设计指标，那么停机检查可能影响产水水质的 O 型圈、浓水密封圈等，必要时可以更换部件。记录所有的数据和所采取的正确措施。
- (12) 记录运行参数：流量、压力、电导率、pH、温度、总/余氯、回收率等；
- (13) 系统运行 24-48 小时后，再次检查每个压力容器产水电导率以及系统稳定运行时的相关参数，对数据要进行详细的记录（可以根据设备供应商提供的格式）：
  - (a) 给水：给水压力、温度、TDS（或电导率）、pH 值、污染指数（SDI<sub>15</sub>）、浊度（NTU）、余氯（检测不到）；
  - (b) 每段之间的压差；
  - (c) 浓水：压力、流量、TDS（或电导率）、pH 值；
  - (d) 产水：每段和整个系统的流量、每支压力容器和整个系统的 TDS（或电导率）；
- (14) 一旦使用投加亚硫酸氢钠（NaHSO<sub>3</sub>）来去除余氯时，就要保证在任何时候可检测到

的亚硫酸根 ( $\text{HSO}_3^-$ ) 的含量最小为 0.5mg/L;

- (15) 建议提取水样本进行单个离子的分析;
- (16) 将运行结果与预期的数据进行比较, 此时系统运行参数作为初始运行时的性能基准。

### 1.3 日常操作中定期的启动校验

- (1) 校验给水质量是否符合膜元件系统的进水要求;
- (2) 在启动高压泵之前, 用预处理的产水低压冲洗反渗透系统;
- (3) 调节高压泵出口和 RO 膜单元之间的控制阀, 使之近乎关闭, 以避免水锤作用, 使得膜元件受损;
- (4) 在进行浓水节流时, 逐渐地增大膜元件的给水压力和给水流速, 要避免在启动过程中, 反渗透系统段间的流速和压差过大;

**注意:** 任何时刻, 任何容器间的最大压降根据膜元件的类型不同而有一些差异: 所有的 TR 类型膜组件该值为 0.1 MPa; SU/SUL 膜组件为 0.3MPa; 所有 TM 类型膜组件为 0.42MPa。详细技术参数请参考膜元件的技术规范;

- (5) 将反渗透系统运行参数调节到期望的产水和浓水流量。在操作的任何阶段, 都不要超过设计的系统回收率。
- (6) 尽量避免频繁地启停系统。

## 2 反渗透系统关机注意事项

典型的系统停机顺序为:

- (1) 缓慢关闭进水控制阀; 缓慢打开浓水控制阀维持设计浓水流量;
- (2) 当高压泵排放流量下降到最低流量时, 停止高压泵;
- (3) 调整预处理加药装置状态;
- (4) 用预处理合格的给水或产品水 (最好用产品水) 对系统进行低压冲洗, 确保浓盐水完全从压力容器中清除 (此时, 浓水电导率=冲洗水电导率);
- (5) 当冲洗完成后, 关闭浓水阀、产水阀;
- (6) 关机时产水侧的背压一定不能超过 0.07MPa。反渗透系统应该完全充满水, 建议在浓水及产水管路上安装止回阀, 止回阀高于最高压力容器, 自动排气阀安装在止回阀上方, 这样就会杜绝虹吸现象的产生, 见下图;
- (7) 确保膜元件一直保持湿润, 并且在整个关机期间, 经过了适当的消毒灭菌和防冻保护;
- (8) 在关机期间, 确保保存液的温度和 pH 值完全符合规范。

### 第三节 反渗透膜元件的维护与保存

#### 1 反渗透膜元件的保存

为了防止在存储期间膜表面生物的生长和在后续操作中性能的降低，膜元件必须被保存在特制的溶液中。

##### 1.1 新膜元件

- (1) 膜元件在出厂前都经过了通水测试，并使用 1% 的亚硫酸钠溶液进行储藏处理，然后用氧气隔绝袋真空包装；
- (2) 膜元件必须一直保持在湿润状态。即使是在为了确认同一包装的数量而需暂时打开时，也必须是在不损坏塑料袋的状态下进行，此状态应保存到使用时为止；
- (3) 膜元件最好保存在 5~10℃ 的低温下。在温度超过 10℃ 的环境中保存时要选择通风良好的场所，并且避免阳光直射，保存温度不要超过 35℃；
- (4) 膜元件如果发生冻结就会发生物理破损，所以要采取保温措施，不要使之冻结；
- (5) 堆放膜元件时，包装箱不要超过 5 层，并确保纸箱保持干燥。

##### 1.2 使用过的膜元件

- (1) 膜元件必须一直保持在阴暗的场所，保存温度不要超过 35℃，并且要避免阳光直射；
- (2) 温度在 0℃ 以下时会有冻结的风险，所以要采取防冻结措施；
- (3) 为了防止膜元件在短期储藏、运输以及系统待机时微生物的滋长，需要用纯水或反渗透产水配制浓度 500~1,000ppm、pH3~6 的亚硫酸钠（食品级）保护液浸泡元件。通常，采用  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ，它与水反应生成亚硫酸氢盐： $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaHSO}_3$
- (4) 将膜元件放在保存溶液中浸泡大约 1 小时后，将膜元件从溶液中取出，并包装在氧隔离袋中，将袋子密封并贴上标签，标明包装日期；
- (5) 需要保存的膜元件进行重新包装之后，保存条件与新的膜元件的一致。
- (6) 保存液的浓度及 pH 都要保持在上述范围，需定期检查，如果可能发生偏离上述范围时，要再次调制保存液；
- (7) 无论在何种情况下进行保存时，都不能使膜处于干燥状态。
- (8) 另外也可以采用浓度（质量百分比浓度）为 0.2~0.3% 甲醛溶液作为保存溶液。甲醛是比亚硫酸氢钠更强的微生物杀伤剂，并且成份中不含有氧。

#### 2 反渗透系统停机维护

##### 2.1 保存时需要考虑的事项如下

- (1) 关机之后，使用处理过的反渗透供给水、软化水或者产品水冲洗系统；
- (2) 为了维持系统的性能，膜元件必须一直保持湿润状态；
- (3) 为了防止细菌在压力容器中的滋生，要进行消毒处理；
- (4) 如果膜元件被污染，就可能出现系统故障，所以在保存之前要先进行化学清洗，这样可以从膜元件上去除污垢，将细菌的生长限制在最小的可能性；
- (5) 在压力容器中保存时允许的温度和 pH 值范围如下：

温度范围：0~35℃，pH 值范围：3-7

- (6) 保存液采用酸性的亚硫酸氢钠（SBS）溶液。配制保存液的水中必须保证不能含有残留的游离氯或者其它氧化剂。

## 2.2 短期保存（小于48小时）

如果反渗透系统停机时间长于一天但短于两天时，采取以下措施对系统进行保存：

- (1) 以 RO 进水冲洗系统，同时排去系统内的空气；
- (2) 当压力容器内灌满水时，关闭进水和浓水阀门。

每十二小时重复上述步骤。

## 2.3 长期保存（大于48小时）

反渗透设备停机时间若大于48小时，可以采取以下程序进行系统的保存：

- (1) 在所有的保存之前，系统需要清洗，清除所有沉积在膜表面的污染物和污垢（这项操作只用于膜元件受到污染或者预计受到污染的情况下采用）。在长期系统停机之前，使用建议的标准清洗程序或者向东丽公司咨询个别的清洗和消毒程序。在成功完成清洗和消毒之后，要尽可能快的进行保存，距离最近一次的清洗/消毒时间间隔最大为 12 小时。
- (2) 保存通过使用清洗系统的 500-1,000ppm 亚硫酸氢钠溶液的循环来完成。通过这种方式，膜元件将在保存溶液中彻底湿润。采用这种方式在整个系统中循环溶液，在二次循环完成以后（大约 1 个小时）就可以使剩余空气量降低到最小。确保在保存期间系统中不含有空气进行密封，并且气密性好。
- (3) 关闭供给端和盐水端所有的阀。亚硫酸氢钠溶液与外界空气（氧气）的任何接触都将导致亚硫酸氢钠被氧化成硫酸盐，而且 pH 值会持续下降。在所有的亚硫酸氢盐被消耗掉以后，剩余的氧气将不会被吸收，那么生物的状态就会变得不稳定。
- (4) 被保存的反渗透系统的 pH 值需要定期调节（至少一个月一次），以保证溶液的 pH 值不会低于 3。如果发现保存溶液的 pH 值低于 3，那么必须更换保存溶液。保存溶液必须每个月更换一次。

- 
- (5) 在停机期间，存储温度不要超过 35℃，但不要低于 0℃，以防结冻。
  - (6) 也可采用质量百分比浓度为 0.2-0.3%的甲醛溶液代替亚硫酸氢钠作为保存溶液。甲醛是比亚硫酸氢钠更强的微生物杀伤剂，并且组成中不含有氧。

**注意：**由于甲醛具有一定的毒性，所以使用甲醛时，一定要注意甲醛使用的安全规定；膜元件在用甲醛溶液进行保存以前，必须在正常条件使用至少24小时，否则可能会导致产水流量大大降低。

## 第八章 反渗透系统的化学清洗

### 第一节 反渗透化学清洗概述

#### 1 引言

在反渗透处理之前，要对供给水进行预先处理，以尽可能地避免对膜表面的污染。最佳的操作条件（产水流速、压力、回收率和pH值）对于减少膜表面的污垢起到非常重要的作用。一旦预处理过的给水中具有较高的SDI<sub>15</sub>（即使在允许的范围内）值，随着运行时间的增加，反渗透膜表面会有悬浮物、胶体和盐垢等沉淀产生的污垢。污垢将会导致膜元件的性能下降，具体表现为较低的产水流量和/或较高的溶质透过率和/或供给水和浓水之间的压差增大等。

图1 说明了膜元件在实际运行中流量会随着时间的增长而降低，重复（定期的）清洗可以最大程度地恢复系统的性能。

但是在大多数情况下，污垢的去除将会带来暂时的缓解，正如图中的“锯齿”模式所阐述的。

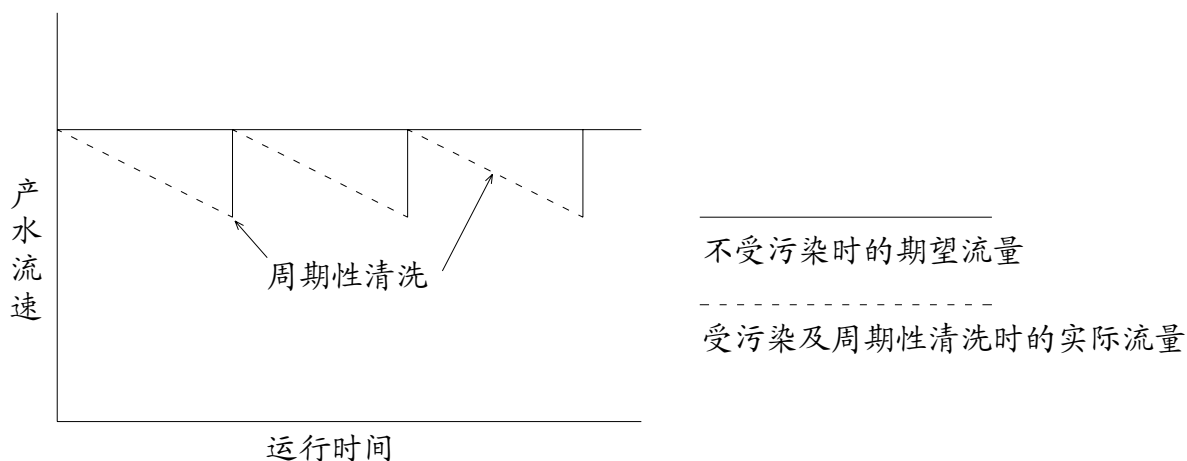


图1 污垢对产水流量的影响

#### 2 反渗透系统清洗说明

##### 2.1 清洗时间的确定

为了使清洗工作取得最好的效果，膜元件必须在产生大量污垢前进行清洗。如果清洗工作延误太晚，那么将非常困难或者不可能从膜表面上彻底清除污垢并重新恢复膜性能至初始的状态。

当进水和浓水之间的标准化压差上升了15%，或标准化的产水量降低了10%，或标准化的盐透率增加了5%时，应该对膜系统进行清洗。

##### 2.2 污垢类型的确定

在清洗之前确定膜表面污垢的类型是非常重要的。进行污垢类型确定的最好方法是对SDI测试膜片上所收集的残留物进行化学分析，以确定污染物的主要类型，以便进行针对性的化学清洗。

在不能采用化学分析的情况下，可以根据SDI的测定情况，测试膜片上残留物的颜色、密度，然后对污垢进行分类。比如，呈褐色的残留物引导我们判断是否为铁污垢；白色残留物则可能是硅、

砂质粘土、钙垢等；晶状体外形是无机胶体、钙垢的一个特征；生物污垢或者有机污垢，除了从气味上分析判断外，通常还可以看出这类污染物呈现粘稠状。

### 2.3 清洗程序的选择

确定了膜表面的污染物，那么就必须选择正确的清洗程序。如果认为污垢为金属氢氧化物，比如：含铁的氢氧化物、或者钙垢，那么可以采用柠檬酸清洗；如果确定主要污垢为有机物或者微生物，那么建议使用碱性清洗方法。

### 2.4 清洗的有效性评估

上面只是简要介绍了几种清洗程序。遵守所建议的清洗方法，通常都会得到较好的效果，如整个膜系统的压差应该减小到初始值，产水流量和脱盐率可以得到恢复。如果清洗之后系统的性能没有得到足够地改善，那么建议采用另外的推荐方法，这样可能会得到比较理想的结果。污垢容易附在膜表面或者保留在进水流道中。在许多案例中，清除膜污染需要采用几种连续的清洗方法。适宜地交替使用清洗剂的清洗方法比单独使用任何一种药剂进行清洗更加有效。

## 3 不使用化学物质的清洗程序

采用低压、高流量的冲洗方法来去除膜表面最普通的灰尘。在显著的性能衰减之前使用该方法，对于消除轻度的有机物污染也是非常有效的。最好在反渗透系统停机后冲洗几个小时，以便于从膜表面分离污垢层。

一般的冲洗操作条件如下：

|              |                            |
|--------------|----------------------------|
| 冲洗用水：        | 预处理过的给水                    |
| 压力：          | 低压 (0.1-0.2MPa)            |
| 流速：          | 尽可能高的流速，每支容器的压差最大为 0.2MPa。 |
| 每支容器的最大给水流速： | 8 英寸元件：200 l/min           |
|              | 4 英寸元件：50 l/min            |
| 温度：          | <35℃                       |
| 冲洗时间：        | 0.5-1.0 小时                 |
| 分别冲洗每支容器：    | 不要再循环使用冲洗的水                |

## 4 化学清洗药剂的选择与条件

清洗所用化学物质与污染物相互作用，通过溶解或分离，从而从膜表面清除掉污染物。该方法通常在冲洗之后采用。定期进行化学清洗以及在系统出现重大故障之前进行预防性的维护是非常好的做法。在化学清洗之后，使用预处理过的原水或产水（最好采用）将污染物彻底地冲洗出RO系统。

表 1.1 清洗注意事项

| 化学清洗     | 如表1.2所列                 |
|----------|-------------------------|
| 清洗药剂配置用水 | 软化水或者产品水，无重金属、余氯或者其它氧化剂 |
| 清洗药剂剂量   | 每支8英寸元件：40-80升（取决于污垢程度） |

|        |                                                                         |
|--------|-------------------------------------------------------------------------|
|        | 每支4英寸元件：10-20升（取决于污垢程度）                                                 |
| 清洗操作压力 | 较低的压力（0.1-0.3MPa），通常不超过0.4Mpa                                           |
| 清洗流速   | 每支8英寸的压力容器：6-9m <sup>3</sup> /hr<br>每支4英寸压力容器：1.8-2.3m <sup>3</sup> /hr |
| 清洗液温度  | 尽可能高，但是最高温度为45℃，通常选择为30-35℃，如果清洗溶液的温度超过45℃，应安装冷却设备                      |
| 清洗类型   | 每支压力容器分别交替进行再循环和浸泡                                                      |
| 循环周期   | 建议每0.5-1小时（重复2-3次）                                                      |
| 浸泡时间   | 2-24小时（取决于污垢的程度）                                                        |
| 清洗方法   | 最好进行分段清洗                                                                |
| 清洗时间   | 最少1-2小时，取决于污染程度与应用的清洗方法                                                 |

表1.2 东丽反渗透膜化学清洗剂的选择

| 污染物                                                                                | 首选化学清洗剂                                              | 清洗条件                  | 备选化学清洗液                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 无机盐垢（如钙垢）                                                                          | 0.2%HCl溶液                                            | pH值：1-2<br>温度<38℃     | (1) 2.0%柠檬酸<br>（最好浸泡过夜）<br>(2) 1.0%Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub><br>(3) 0.5%磷酸 |
| 金属氧化物（如铁、铝等）                                                                       | 1.0%Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 溶液 | 温度<35℃                | (1) 0.5%磷酸<br>(2) 2.0%柠檬酸                                                                      |
| 不溶于酸的垢（CaF <sub>2</sub> 、BaSO <sub>4</sub> 、SrSO <sub>4</sub> 、CaSO <sub>4</sub> ） | 0.1%NaOH溶液+<br>1.0%Na <sub>4</sub> EDTA溶液            | pH值：11-12<br>温度<30℃   | SHMP浓度1%                                                                                       |
| 无机胶体（如淤泥）                                                                          | 0.1%NaOH溶液+<br>0.025%Na-SDS                          | pH值：11-12<br>温度<30℃   |                                                                                                |
| 硅垢                                                                                 | 0.1%NaOH溶液+<br>0.025%Na-SDS                          | pH值：11-12；<br>温度<30℃； | 0.1%NaOH溶液+<br>1.0%Na <sub>4</sub> EDTA溶液                                                      |
| 微生物                                                                                | 0.1%NaOH溶液+<br>0.025%Na-SDS                          | pH值：11-12<br>温度<30℃   | 0.1%NaOH溶液+<br>1.0%Na <sub>4</sub> EDTA溶液                                                      |
| 有机物                                                                                | 0.1%NaOH溶液+<br>0.025%Na-SDS<br>通常作为第一步清洗             | pH值：11-12；<br>温度<30℃； | 0.2%HCl溶液<br>通常作为碱洗后的<br>第二步清洗                                                                 |

注释：上述百分数均为其有效成分的质量百分比；SHMP 指六聚偏磷酸钠盐；Na-SDS 指十二烷基磺酸钠；Na<sub>4</sub>EDTA 指乙二胺四乙酸四钠。

#### 说明：

- (1) 对于细菌污染物采用消毒和清洗剂清洗是最有效的。首先进行消毒，然后进行清洗剂去污处理。

- (2) 对于多种污染物同时并存的情况，通常需要多种清洗方法结合才能达到良好的效果。清洗顺序一般是先进行除铁清洗，然后进行酸性清洗，再进行碱性清洗。
- (3) 如果清洗后的脱盐率不理想，可以再使用酸性药剂对膜表面进行冲刷，最后用预处理后的水（最好是 RO 产品水）将清洗液彻底冲洗干净。

## 第二节 几种典型清洗与消毒方法

### 1 柠檬酸清洗程序

#### 1.1 膜元件的冲洗

在采用柠檬酸溶液进行清洗之前，先用软化水或者RO产品水对膜元件进行冲洗是非常必要的。

#### 1.2 清洗溶液的配制

##### (1) 用水充满清洗水箱

用无氧化剂的软化水或者RO产品水充满清洗水箱。清洗水量由反渗透系统的膜元件尺寸和污垢的程度来决定（请参考表1.1）。

##### (2) 溶解柠檬酸

的。向清洗水箱中添加柠檬酸（白色粉末），对溶液进行连续的搅动，使柠檬酸迅速和充分溶解，使柠檬酸溶液浓度达到2%（质量百分比）。在添加药品之前，将大块的药品敲碎，以避免对搅拌器和水泵造成损坏。

**例如：配制1,000升溶液，需要用掉20kg的柠檬酸药品。**

##### (3) 使用氨水(NH<sub>3</sub>)或者氢氧化钠(NaOH)将溶液的 pH 值调整到指定的数值

在搅拌的过程中，溶液的pH值用氢氧化氨来调节。必要的时候，使用排气系统吹散释放出来的氨气气体，将氨气气体的释放降低到最小。

将溶液的pH值调节到3.5，所需要的氢氧化氨(NH<sub>4</sub>OH) 的量，可以通过所加柠檬酸的量近似成比例地计算出，公式如下：

氢氧化氨（NH<sub>4</sub>OH）的量（100%）= 0.1 × 柠檬酸的量(100%)，单位为kg

**例如，如果计算得到的柠檬酸为20.4kg，那么所需要的氢氧化氨的量(30%质量比) 是 6.8 kg=(0.1×20.4)/0.3。**

#### 1.3 清洗溶液的循环

将清洗溶液进行低压循环，压力大约0.1MPa。要排放最初10-15%的清洗溶液，因为这部分溶液具有较高浓度的污染物，不应重复使用。

在允许范围之内，水温越高越好，有助于获得更好的清洗效果。

##### 注释：

清洗液温度不要超过35℃。对于清洗来说，长时间的溶液循环是可取的，但是循环时间会受到水温升高的限制。

将膜元件浸泡在清洗溶液中，这对于溶解金属污垢是非常有效的做法。建议反复浸泡，并且交替进行溶液的循环。如果清洗溶液中含铁柠檬酸盐足量，那么溶液的颜色将变为黄绿色。如果溶液

的颜色范围趋向于深黄色或者红褐色，说明所有的柠檬酸都已经与金属离子相结合。这种情况下，清洗溶液应该进行排放，重新配置清洗溶液，继续并完成清洗工作。

#### 1.4 残留液的清洗

排放所有清洗溶液，将清洗水箱完全排空，使用预处理产水或者RO产品水，从压力容器和管道中彻底清除和冲洗掉所有残留的清洗溶液。

#### 1.5 柠檬酸的特点

|        |                                               |
|--------|-----------------------------------------------|
| 外表:    | 白色晶体状粉末，没有块状物                                 |
| pH值:   | 1.7 (100g/l 水溶液，20℃)                          |
| 密度:    | 1.665g/cm <sup>3</sup> (18℃)                  |
| 主要成分:  | (HOOCCH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> C(OH)COOH |
| 安全性防范: | 有刺激性，较低的潜在危险性                                 |

## 2 十二烷基磺酸钠(Na-SDS)清洗剂清洗程序

#### 2.1 膜元件的冲洗

在使用十二烷基磺酸钠 (Na-SDS) 溶液进行冲洗之前，先用软化水或者RO产品水对膜元件进行冲洗是非常必要的。

#### 2.2 清洗溶液的配制

配制0.025%（质量百分比浓度）十二烷基磺酸钠和0.1%（质量百分比浓度）NaOH溶液，控制溶液温度小于30℃，其pH控制范围在pH12以内。此种方法最好作为系统的第一步化学清洗。

#### 2.3 清洗溶液的循环

将清洗溶液进行低压循环，压力大约0.1MPa。要排放最初10-15%的清洗溶液，因为这部分溶液具有较高浓度的污染物，不应重复使用。

在允许范围之内，水温越高越好，有助于获得更好的清洗效果。

#### 注释:

清洗液温度不要超过35℃。对于清洗来说，长时间的溶液循环是可取的，但是循环时间会受到水温升高的限制。

将元件浸泡在清洗溶液中，这对于溶解金属污垢是非常有效的做法。建议反复浸泡，并且交替进行溶液的循环。

#### 2.4 残留液的清洗

排放所有清洗溶液，将清洗水箱完全排空。使用预处理产品水或者RO产品水，从压力容器和管道中彻底清除和冲洗掉所有残留的清洗溶液。

### 3 六聚偏磷酸钠+盐酸的清洗程序

#### 3.1 膜元件的冲洗

在清洗程序开始之前，先用软化水或者RO产品水对膜元件进行冲洗是非常必要的。

#### 3.2 浓度为1%的SHMP溶液的配制

##### (1) 清洗水箱注水

用无氧化剂的软化水或者RO产品水充满清洗水箱。清洗水量由反渗透系统的膜元件尺寸和污垢的程度来决定（请参考表1.1）。

##### (2) 溶解 SHMP

向水中添加SHMP（白色粉末），小批量逐步添加，以达到1.0%浓度（质量百分比）溶液。使用搅拌器连续地搅拌溶液，使化学药品均匀混合。

**例如：配制1,000升清洗溶液，需要10kgSHMP。**

##### (3) 添加盐酸

缓慢的将盐酸（HCl）添加到SHMP溶液中，直到溶液的pH值达到2。

盐酸（HCl）是一种腐蚀性的无机酸，在处理盐酸时要注意安全规则。

##### (4) 校核 pH 值

溶液的pH值应该接近，但是要大于2。如果在清洗期间溶液的pH值升高超过3.5，则要添加盐酸（HCl）直到pH值恰好大于2。如果pH值降低到小于2，使用NaOH进行调节。NaOH是一种腐蚀性无机碱，在使用时要注意安全规则。

#### 3.3 清洗溶液的循环

当将清洗溶液进行低压循环，压力大约0.1MPa。要排放最初10-15%的清洗溶液，因为这部分溶液具有较高浓度的污染物，不应重复使用。

在允许范围之内，水温越高越好，有助于获得更好的清洗效果。

##### 注释：

清洗液温度不要超过35℃。对于清洗来说，较长时间的水流循环周期是可取的，但是循环周期会受到升高的水温的限制。

将元件浸泡在清洗溶液中，改善整个处理过程的效果。对清洗溶液进行重复的浸泡和循环（在1小时的清洗循环过程中，每15分钟浸泡2次）处理是一个好的方法。

如果在循环过程中，溶液的pH值上升到超过3.5，则要添加盐酸（HCl）直到溶液的pH值返回到pH>2的范围内。如果溶液的pH值迅速上升并超过了3.5，则要排放清洗溶液，配制新的清洗溶液，并重复上述的清洗程序，已达到最佳的清洗效果。

### 3.4 残留液的清洗

排放所有清洗溶液，将清洗水箱完全排空。使用预处理产品水或者RO产品水，从压力容器和管道中彻底清除和冲洗掉所有残留的清洗溶液。

### 3.5 SHMP 的特点

|      |                                  |
|------|----------------------------------|
| 外表:  | 白色粉末，无气味                         |
| pH值: | pH值大约为7(1%水溶液)                   |
| 溶解性: | 几乎没有限制                           |
| 浓度:  | 大约67%                            |
| 密度:  | 0.95-1.05g/cm <sup>3</sup> (20℃) |

#### 注意:

- (1) 在使用 SHMP 过程中，应该佩戴正常的安全设施，比如手套和化学喷溅防护镜；。
- (2) 一旦眼睛接触到药品，立即用大量的清水清洗眼睛并就医；
- (3) 应该避免与皮肤长期接触，避免吸入粉尘；
- (4) 在使用之前熟悉供应商的 MSDS。

## 4 反渗透/纳滤膜元件的消毒方法

为了避免细菌的繁殖，建议将膜元件浸没在消毒溶液中进行消毒。消毒液可以采用质量百分比浓度为0.2-0.3%的甲醛溶液，由碳酸氢钠（NaHCO<sub>3</sub>）溶液将pH值调节到6-8。

上述方法是最为有效的消毒方法，并且在系统停机机的任何阶段都是可以使用的。

**注意:** 由于甲醛具有一定的毒性，所以使用甲醛时，一定要注意甲醛使用的安全规定；

膜元件在用甲醛溶液进行保存以前，必须在正常条件使用至少24小时，否则可能会导致产水流量大大降低。

如果不能对系统应用甲醛进行消毒，建议使用下列替代溶液对UTC反渗透膜片进行消毒：

| 东丽RO膜片          | 消毒溶液      |
|-----------------|-----------|
| UTC-70 低压反渗透膜   | 溶液 A 或者 B |
| UTC-70U 超低压反渗透膜 | 溶液 A 或者 B |
| UTC-80 高压海水淡化膜  | 溶液 B      |

可供选择的备选消毒溶液以及应用如下表所示。在系统停机状态下，膜元件可以浸没在这些消毒溶液中。

| 消毒溶液                                           | 浓度 (ppm)       | 处理的持续时间 (hr) * (1) |
|------------------------------------------------|----------------|--------------------|
| A: 过氧化氢 (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) * (3) | 2,000 – 10,000 | 1 * (2)            |
| B: 亚硫酸氢钠                                       | 5,000 – 10,000 | 没有限制 * (2)         |

说明:

- (1) 与消毒溶液的接触时间不能超过持续时间，避免性能下降；
- (2) 使用 A 类消毒液在完成消毒以后，冲洗系统，并用符合要求的清洗用水充满系统，以便继续进行正常的操作；
- (3) 该应用中的过氧化氢必须用小于 0.2ppb 的去离子水配制；
- (4) 用来配制消毒溶液的水，必须没有游离氯或其它氧化剂；
- (5) 在用  $\text{H}_2\text{O}_2$  对膜元件进行消毒处理前，必须完全除去消毒液及膜表面的重金属离子，否则可能会引起膜的氧化性破坏；
- (6) 所有应用于膜元件的消毒溶液必须符合东丽膜产品的清洗要求。

### 第三节 反渗透清洗系统的设计

#### 1 典型清洗系统流程

图2是典型的清洗系统流程图。

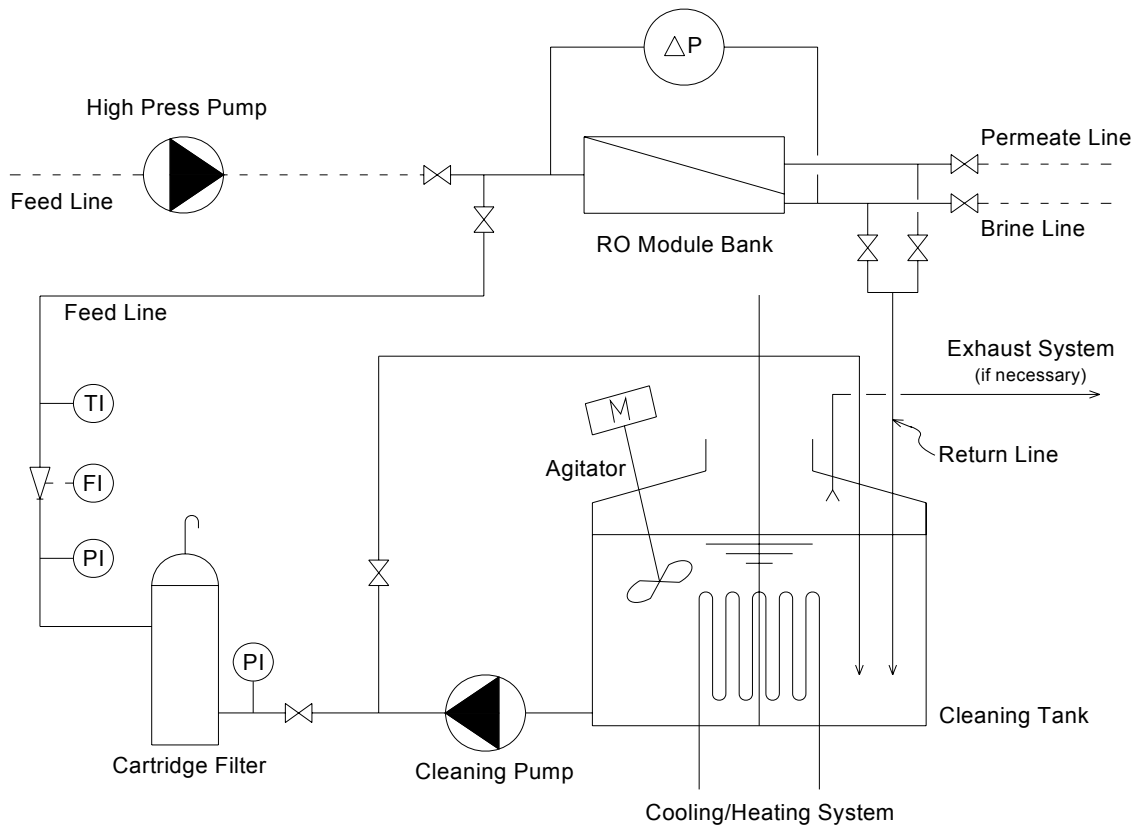


图2 清洗系统的典型水流图表

#### 注释：

|                    |         |                        |         |
|--------------------|---------|------------------------|---------|
| High Pressure Pump | 高压泵；    | Feed Line              | 给水管；    |
| Permeate Line      | 产水管；    | Brine Line             | 盐水管；    |
| RO Module Bank     | 膜元件及容器； | Agitator               | 搅拌器；    |
| Exhaust System     | 排气系统；   | Return Line            | 回水管；    |
| Cleaning Bank      | 清洗水箱；   | Cleaning Pump          | 清洗泵；    |
| Cartridge Filter   | 保安过滤器；  | Cooling/Heating-System | 冷却/加热系统 |

#### 注意：

- （1） 为清洗溶液提供独立的回水管，在整个清洗期间，产品水回流到清洗水箱中；
- （2） 清洗水箱的设计必须能够充分排水；
- （3） 清洗和产水回流管的末端应该浸没在清洗容器内的溶液中，以避免形成泡沫；
- （4） 使用过的清洗溶液在排出之前必须进行中和或处理，要考虑当地对化学物质排放的有

关规定；

- (5) 工作中采用化学物质时，要遵守相应的安全规定，配戴眼睛防护罩、防护帽、防护手套、防护服以及橡胶围裙等。

## 2 清洗系统容积的计算

计算清洗容器，即清洗水箱的容积，除了计算膜元件所必需清洗液的体积外，还要考虑到系统中其它设备的容积，如清洗管路，保安过滤器等。计算方法如下：

清洗水箱的容积  $V = A + B$ ，其中：

$A =$  所有膜元件所必需的清洗液的体积；

每支8英寸元件40-60升，每个4英寸元件10-15升，具体根据污染的程度决定；

$B =$  其它设备的容积，如清洗管路，保安过滤器等。

## 3 清洗泵的确定

- (1) 流量：每支 8 英寸容器压力容器 6-9m<sup>3</sup>/h；每支 4 英寸容器压力容器 1.8-2.3m<sup>3</sup>/h。
- (2) 压力：泵的扬程可由下列参数（估计值）确定，但是通常 6 芯装压力容器的清洗泵的扬程要小于 45m。
- 跨膜压差（约0.2MPa）；
  - 管道系统的压力损失和压力容器的压降（0.05 MPa）；
  - 清洗保安过滤器的压差(大约0.05 MPa)；

## 第九章 反渗透系统的运行监控与故障分析

### 第一节 反渗透系统的运行监控及数据记录

#### 1 反渗透系统的运行监控方法

反渗透系统性能的监控是确保系统安全、高效运行的基本前提。定期的记录将为发现故障和处理故障提供可靠的依据。

##### (1) 系统监控及运行数据标准化的必要性

正常情况，当进水水质和运行条件，如压力、温度以及回收率等不变时，产水流量和水质应该在预期值的5%范围内波动，不能有太大的波动或变化趋势。

如果运行参数受日常运行条件改变的影响较大，为了使运行数据与标准值进行比较来判断系统的状态，应该将运行参数进行标准化。标准化数据的频率取决于水质、运行条件变化的范围和频率。

这将在采取任何可能影响总体运行参数的维护工作开始之前进行。如果有必要的话，纠正操作条件。

##### (2) 运行数据的记录

在记录下列可能发生改变的关键参数外，记录时间和日期是必要的。

- 日期和时间
- 进水 TDS（电导率）
- 进水 ORP
- 进水温度
- 进水 pH
- 保安过滤器进口压力
- 保安过滤器出口压力
- RO 进水压力
- RO 段间压力
- RO 浓水压力
- RO 产水压力
- 进水流量
- 产水流量
- 浓水流量
- 浓水回流流量

记录表应包含上述参数，但不限于此。新设备开始运行就应该记录数据。一般情况下，设备需要运行 72 小时或一周以上的时间才能达到稳定。

##### (3) 产水质量标准化

为了有效地评价系统性能，有必要每日将运行数据进行标准化整理，以获得标准化的数据。这样就可以判定系统是否按照正常的预期目标运行。如果系统性能偏离了正常值，那么我们就可以将其矫正回来，以有利于系统的优化运行。

脱盐率和盐透率的定义

$$\text{盐透率 (\%)} = \frac{\text{产水浓度}}{\text{平均供给水浓度}} \times 100 (\%) \quad (1)$$

$$\text{脱盐率 (\%)} = 100 - \text{盐透率} \quad (2)$$

$$\text{平均供给水浓度} = \frac{\text{供给水浓度}}{\text{回收率}} \times \ln \frac{1}{1 - \text{回收率}} \quad (3)$$

或者粗略计算为

$$\text{平均供给水浓度} = \frac{\text{供给水浓度} + \text{浓水浓度}}{2} \quad (4)$$

其中

$$\text{回收率 (\%)} = \frac{\text{产品水流速}}{\text{供给水流速}} \times 100 (\%) \quad (5)$$

这里的浓度指 TDS 或者电导率。大多数实际情况下，电导率是比较常用的参数。图 1-3 是 TDS 和电导率的关系曲线。

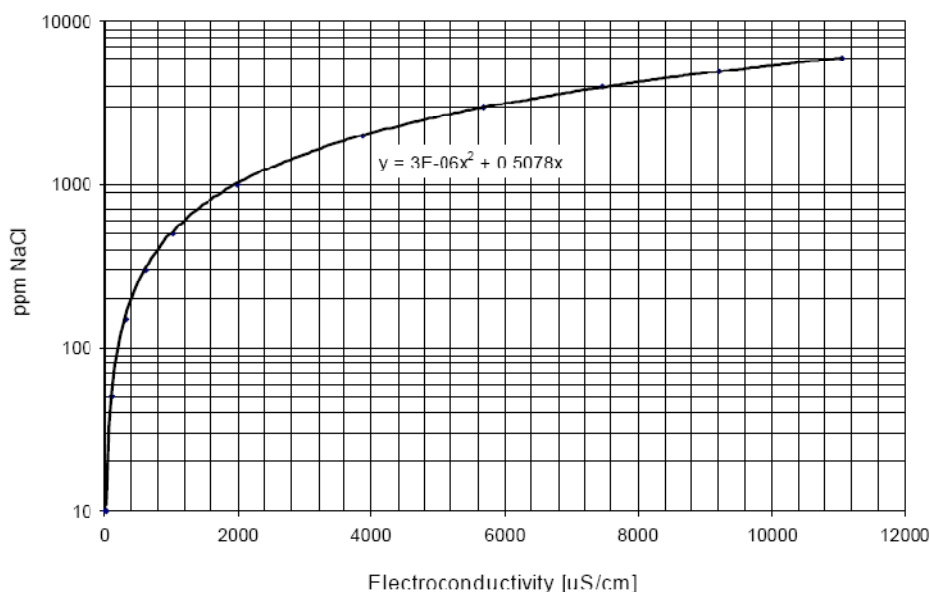


图 1 25°C 时 NaCl 浓度和电导率的关系

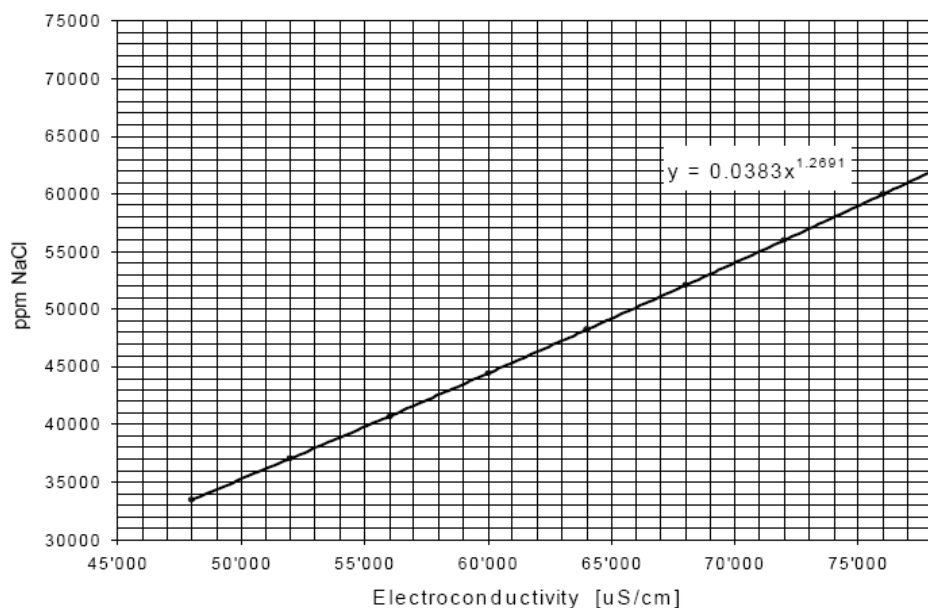


图 2 25°C 时 NaCl 浓度和电导率的关系

实际的系统回收率允许在系统设计值的 2% 范围内波动。

公式（1）获得的盐透率必须考虑到进水 pH、温度和操作压力的影响：

$$\text{标准化的盐透率 (\%)} = \text{盐透率 (\%)} \times CC_H \times CC_T \times CC_P \times CC_C \quad (6)$$

注释：

$CC_H$  = 进水 pH 的修正系数；

$CC_T$  = 是进水温度的修正系数；

$CC_P$  = 是进水压力的修正系数；

$CC_C$  = 是进水浓度的修正系数。

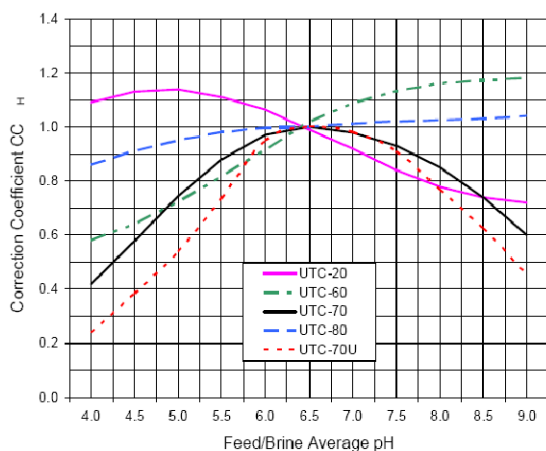


图3 盐透率的进水pH的修正系数

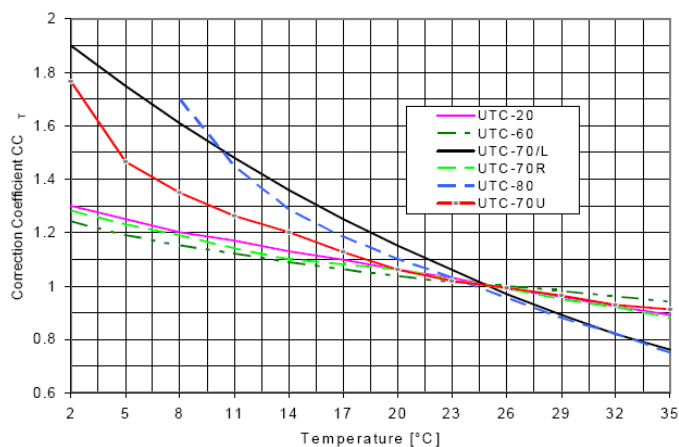


图4 盐透率的进水温度的修正系数

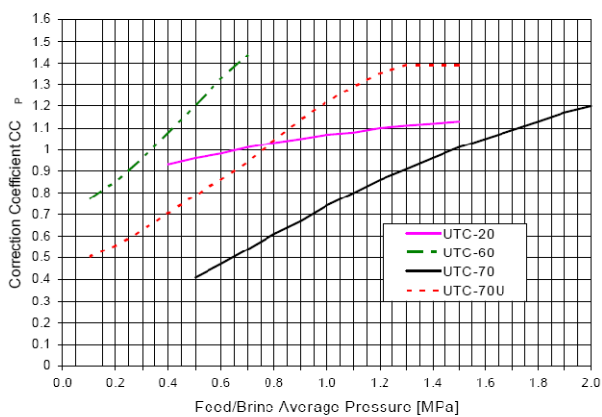


图5 盐透率的进水压力的修正系数

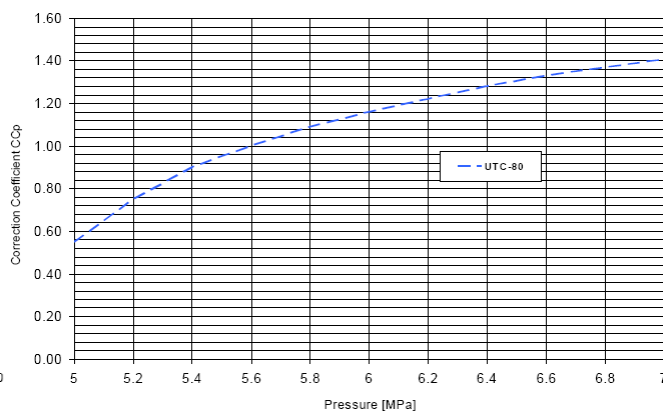


图6 盐透率的进水压力的修正系数

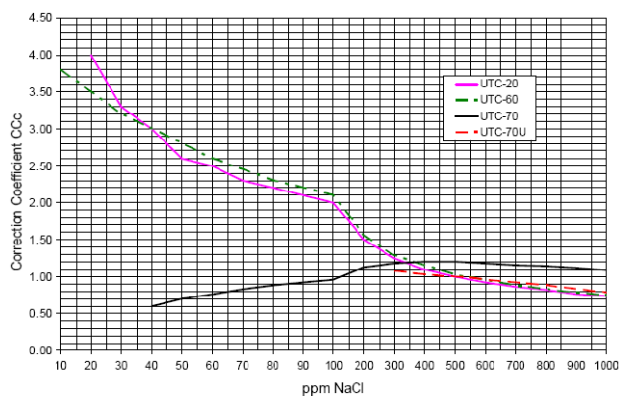


图7 盐透率的进水浓度的修正系数 (10-1,000ppm)

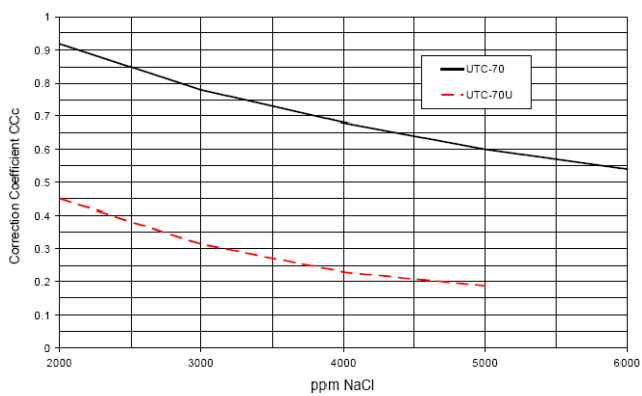


图8 盐透率的进水浓度的修正系数 (2,000-6,000PPM)

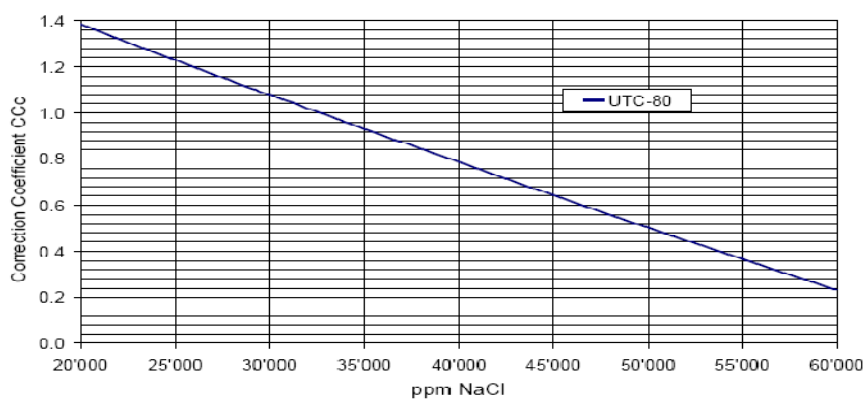


图9 盐透率的进水浓度的修正系数 (20,000-60,000ppm)

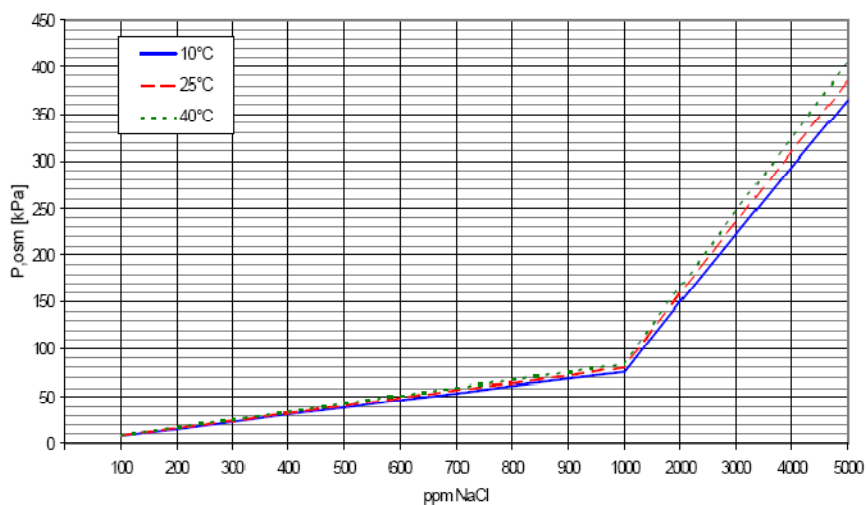


图10 渗透压的进水浓度的修正系数 (0-5,000ppm)

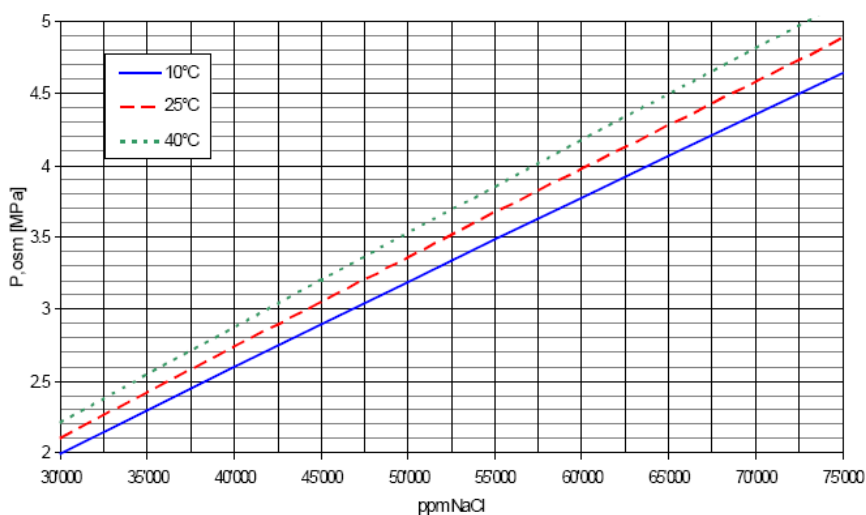


图11渗透压的进水浓度的修正系数 (30,000-75,000ppm)

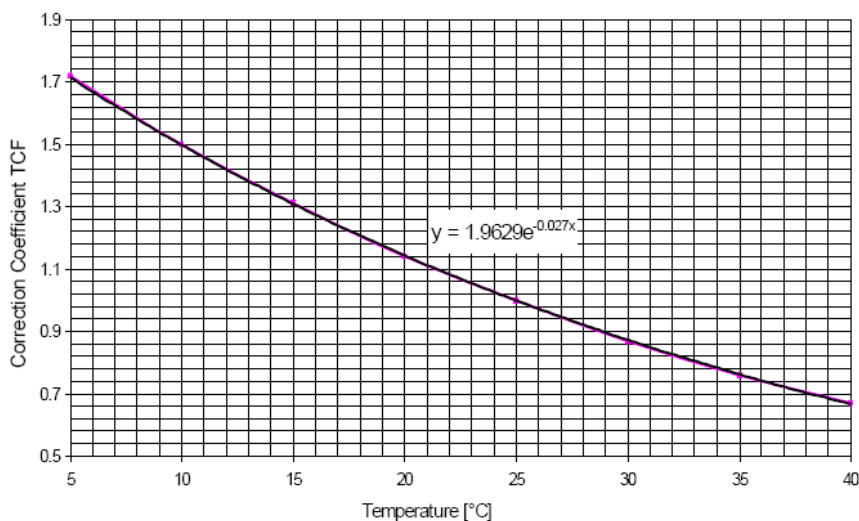


图12 产水量的温度校正系数

## (4) 产水流量标准化

标准化的产水流量可以根据下列公式进行计算：

$$NPFR = \frac{NDP_s}{NDP_d} \times TCF \times QP_d \quad (7)$$

$$NDP = \text{给水压力} - 1/2 \times \text{压差} - \text{渗透压} - \varnothing P_{osm} \quad (8)$$

注释：

NPFR = 标准化产水流量；

NDP = 管网驱动压；

NDP<sub>s</sub> = 标准条件下或设计条件下管网驱动压；

NDP<sub>d</sub> = 实际管网驱动压；

QP<sub>d</sub> = 实际产水流量；

∅P<sub>osm</sub> = 平均渗透压；

TCF = 温度修正系数。

只要反渗透系统在适当的不变的条件下运行，那么根据公式（8）进行的NDP计算就可以由下列公式（9）来代替：

$$NDP = \text{供给压力} - \text{恒定值} \quad (9)$$

$$\text{恒定值} = 1/2 \times \text{压差} + \text{渗透压} + \varnothing P_{osm} \quad (10)$$

**注意：**对于多段系统来说，必须单独对每一段进行标准化计算。对多段系统进行简单的一步标准化计算会导致错误的计算结果。

## 2 实例计算

系统概况：RO膜元件                      TM720-370  
                  6芯装压力容器的数量        6/3  
                  进水含盐量：                    NaCl 溶液，1,500ppm

### 系统运行参数

| 参数     | 单位    | 设计值  | 运行值  |
|--------|-------|------|------|
| 日期和时间  | -     | -    | -    |
| 总运行小时数 | -     | -    | -    |
| 压力容器数量 | -     | 6/3  | 6/3  |
| 进水电导率  | μs/cm | 3000 | 2000 |

| 参数                   | 单位                | 设计值     | 运行值     |
|----------------------|-------------------|---------|---------|
| 进水 pH                | -                 | 6.5     | 6.5     |
| 进水 SDI <sub>15</sub> | -                 | 3       | 2.5     |
| 进水温度                 | ℃                 | 20      | 25      |
| 进水压力                 | MPa               | 1.44    | 1.23    |
| 进水余氯浓度               | ppm               | 0       | 0       |
| 进水离子浓度               | ppm               | -       | -       |
| 浓水电导率                | μs/cm             | -       | 7300    |
| 浓水 pH                | -                 | 7.0     | 6.9     |
| 每一段压力                | MPa               | 1.0/1.0 | 1.0/1.0 |
| 浓水流量                 | m <sup>3</sup> /d | 325     | 325     |
| 总产水电导率               | μs/cm             | 125     | 89      |
| 每个压力容器的产水电导率         | μs/cm             | -       | -       |
| 产水压力                 | MPa               | 0.03    | 0.03    |
| 总产水流量                | m <sup>3</sup> /d | 975     | 975     |
| 每一段产水流量              | m <sup>3</sup> /d | 705/270 | -       |
| 产水离子浓度               | ppm               | -       | -       |
| 总回收率                 | %                 | 75      | 75      |
| 每一段回收率               | %                 | 54/46   | -       |
| 标准化脱盐率（盐透率）          | -                 | *1      | *1      |
| 标准化产水流量              | -                 | *1      | *1      |

\*1数值通过下列计算程序获得。

#### 标准化的盐透率

| 项目                         |         | 设计值  | 运行值  |
|----------------------------|---------|------|------|
| 回收率                        | %       | 75   | 75   |
| 进水浓度（由图 1 和图 2）            | ppm TDS | 1500 | 1000 |
| 平均进水浓度，公式（3）               | ppm TDS | 277. | 1848 |
| 产水浓度（由图 1 和图 2）            | ppm TDS | 59   | 43   |
| 盐透率，公式（1）                  | %       | 2.1  | 2.3  |
| CC <sub>H</sub> （由图 3）     |         | 1    | 0.98 |
| CC <sub>T</sub> （由图 4）     |         | 1.17 | 1    |
| CC <sub>P</sub> （由图 5,6）   |         | 0.95 | 0.89 |
| CC <sub>C</sub> （由图 7,8,9） |         | 0.77 | 0.90 |
| 标准化盐透，从公式（6）               | %       | 1.80 | 1.81 |

说明：日常运行数据的标准化盐透率与设计值相符合。

关于脱盐率，东丽反渗透膜元件的性能非常稳定，且拥有最高的脱盐率。

## 标准化的产水流量

| 项目           |                   | 设计值  | 运行值  |
|--------------|-------------------|------|------|
| 进水压力         | MPa               | 1.44 | 1.23 |
| 压差           | MPa               | 0.2  | 0.2  |
| 产水压力         | MPa               | 0.03 | 0.03 |
| 平均渗透压（由图 10） | MPa               | 0.23 | 0.15 |
| NDP，公式（9）    | MPa               | 1.09 | 0.95 |
| 产水流量         | m <sup>3</sup> /d | 975  | 975  |
| 温度           | ℃                 | 20   | 25   |
| TCF（由图 12）   |                   | 1.14 | 1    |
| NPFR，公式（7）   | m <sup>3</sup> /d | 1112 | 1108 |

## 说明：

日常运行数据的标准化产水流量与设计值相符合有 $\pm 0.4\%$ 的差异，我们认为产水流量的性能是符合要求的。

## 3 运行数据与额定值的差异范围

作为一个导则，下列的误差作为实际运行数据和设计值的偏差来说是可以接受的。

| 项目       | 可接受的误差*1   |           |
|----------|------------|-----------|
|          | (A)        | (B)       |
| 标准化的盐透率  | $\pm 20\%$ | $\pm 5\%$ |
| 标准化的产水流量 | $\pm 5\%$  | $\pm 2\%$ |

## 说明：

\*1 这些值是由 (A) 和 (B) 的平均值确定的变化百分率。

(A) = 不同操作人员读取的数据；(B) = 同一个操作员读取的数据

## 4 反渗透系统运行参数的监测和控制推荐

| 序号 | 参 数                 | 在线连续监控 | 日常记录 | 周期性检测(1) | 报警&联锁 |
|----|---------------------|--------|------|----------|-------|
| 1  | 数据记录的日期和时间          |        | x    |          |       |
| 2  | 总的运行小时数             |        | x    |          |       |
| 3  | 运行中压力容器数            |        | x    |          |       |
| 4  | 进水的电导率              | x(2)   | x    |          |       |
| 5  | 进水pH值               | x(3)   | x    |          | x(3)  |
| 6  | 进水SDI <sub>15</sub> |        | x    |          |       |
| 7  | 进水浊度（NTU）           |        |      | x        |       |

| 序号 | 参 数                                 | 在线连续监控 | 日常记录 | 周期性检测(1) | 报警&联锁 |
|----|-------------------------------------|--------|------|----------|-------|
| 8  | 进水温度                                | x(4)   | x    |          | x(4)  |
| 9  | 进水压力                                | x      | x    |          | x     |
| 10 | 进水中余氯浓度                             | X(5)   | x(5) |          | x(5)  |
| 11 | 进水中絮凝剂浓度                            |        | x(8) |          | x     |
| 12 | 浓水中过量的HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup> |        | x    |          | x(5)  |
| 13 | 进水中单个离子的浓度                          |        |      | x(6)     |       |
| 14 | 浓水电导率                               |        | x    |          |       |
| 15 | 浓水pH值                               | x(3)   | x    |          |       |
| 16 | 每段压力容器的压差                           |        | x    |          | x     |
| 17 | 浓水流量                                | x      | x    |          | x     |
| 18 | 总产水电导率                              | x      | x    |          | x     |
| 19 | 每支容器产水电导率                           |        |      | x        |       |
| 20 | 产水压力                                | x(7)   | x    |          | x(7)  |
| 21 | 总产水流量                               | x      | x    |          | x     |
| 22 | 每段压力容器产水流量                          |        | x    |          |       |
| 23 | 产水单个离子浓度                            |        |      | x(6)     |       |
| 24 | 总的回收率                               |        | x    |          | x     |
| 25 | 每段压力容器的回收率                          |        |      | x        |       |
| 26 | 标准化盐透率                              |        |      | x        |       |
| 27 | 标准化产水流量                             |        |      | x        |       |

注意：一旦是氯化过的原水，那么浓水中过量的HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>浓度要大于0.5ppm。

注释：

- (1) 系统投运后，应该每个月记录一次这些参数，以便于进行故障分析，解决问题。当运行条件经常变化时，操作人员应根据实际的情况，更频繁的检查这些参数；
- (2) 防止万一发生大的波动；
- (3) 防止万一发生大的波动或者有加酸系统；
- (4) 防止万一发生大的波动或者有加热交换装置；
- (5) 防止万一存有余氯；
- (6) 推荐进行单个离子的水质全分析，要求分析的典型水质项目如表 1.2 所示；
- (7) 防止万一压力波动大于 0.5bar，如产水阀关闭会发生产水背压的危险；
- (8) 测定每日系统消耗水量，与每日总的进水流量分开。

## 5 典型的水分析项目

| 序号 | 项目         | 单位及符号                   | 给水   | 产水 |
|----|------------|-------------------------|------|----|
| 1  | 电导率 (___℃) | $\mu\text{S}/\text{cm}$ | x(1) | x  |
| 2  | 总溶解固体      | TDS                     | x    | x  |
| 3  | pH         | —                       | x    | x  |
| 4  | 氯离子        | $\text{Cl}^-$           | x(1) | x  |
| 5  | 硝酸根        | $\text{NO}_3^-$         | x    | x  |
| 6  | 碳酸氢根       | $\text{HCO}_3^-$        | x(1) | x  |
| 7  | 硫酸根        | $\text{SO}_4^{2-}$      | x    | x  |
| 8  | 磷酸根        | $\text{PO}_4^{3-}$      | x    |    |
| 9  | 氟化物        | $\text{F}^-$            | x    |    |
| 10 | 钠离子        | $\text{Na}^+$           | x    | x  |
| 11 | 钾离子        | $\text{K}^+$            | x    | x  |
| 12 | 铵根离子       | $\text{NH}_4^+$         | x    |    |
| 13 | 钙离子        | $\text{Ca}^{2+}$        | x(1) | x  |
| 14 | 镁离子        | $\text{Mg}^{2+}$        | x(1) | x  |
| 15 | 锶离子        | $\text{Sr}^{2+}$        | x    |    |
| 16 | 钡离子        | $\text{Ba}^{2+}$        | x    |    |
| 17 | 铁离子        | $\text{Fe}^{3+}$        | x    |    |
| 18 | 锰离子        | $\text{Mn}^{2+}$        | x    |    |
| 19 | 二氧化硅       | $\text{SiO}_2$          | x    | x  |
| 20 | 硅酸根        | $\text{SiO}_3^{2-}$     | x    | x  |
| 21 | 化学耗氧量      | COD                     | x    |    |
| 22 | 生物耗氧量      | BOD                     | x    |    |
| 23 | 总有机碳       | TOC                     | x    | x  |
| 24 | 二氧化碳       | $\text{CO}_2$           | x    |    |
| 25 | 硫化氢        | $\text{H}_2\text{S}$    | x    |    |
| 26 | 温度         | ℃                       | x    |    |

## 注释:

上表仅供参考, 用于分析的离子的选择也取决于供给水的质量和所要求的产水质量。

(1) 这些数据是合格的反渗透系统设计所需要的最少信息, 未被分析的离子将不应用于系统结垢的可能性计算。

## 第二节 反渗透系统故障快速诊断与排除

### 1 故障发现与处理

在反渗透系统中存在的潜在问题，通过监视产水流量，盐通过率（脱盐率）以及反渗透膜组件的压差，便可能被及早地发现。因此，我们建议操作人员记录和检查每一天的运行数据，并采取即时有效的对策，纠正和解决存在的错误和问题，以防止系统可能重大事故的发生。要求对产水流量和脱盐率的数值进行标准化，以便于对系统的性能作出正确的判断。

故障发现和故障处理的步骤简要概括如下：

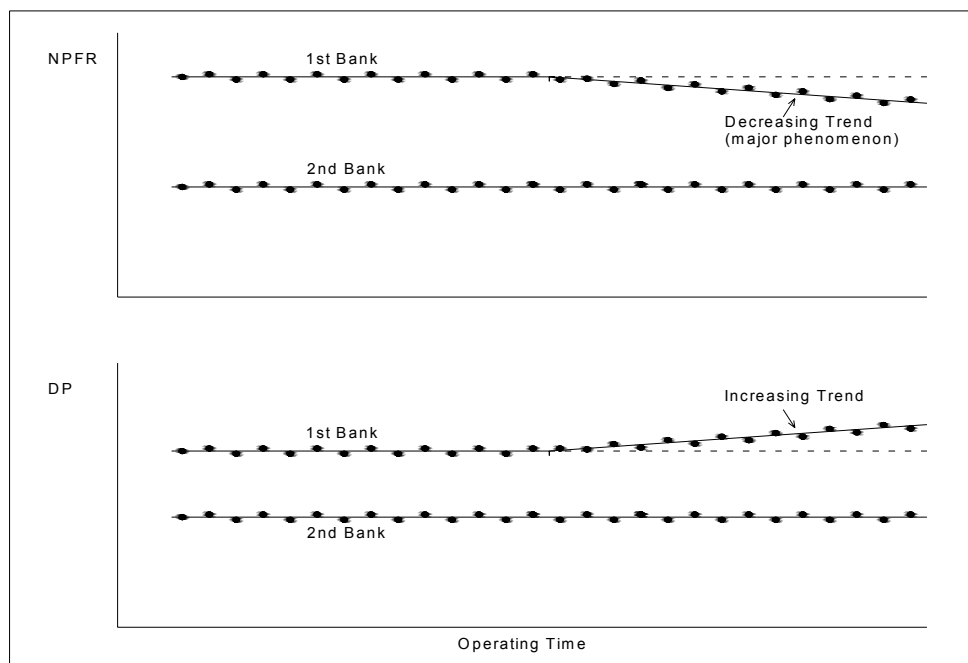
- (1) **校验：**仪器的校准，如流量、压力、电导率、温度、pH 等仪表；
- (2) **检查：**每日运行数据的记录、标准化，设备状况记录和说明；
- (3) **研究：**性能变化的原因以及可能导致的原因；
- (4) **检修：**采取正确措施，及时进行处理，如清洗、消毒等，必要零部件的更换，操作条件的改变等。

### 1 典型的性能变化和对策

这里主要介绍反渗透系统的产水流量和盐透过率可能会发生的问题以及对策。

注释：NPFR = 标准化的产水流量；NSP = 标准化的盐透过率；DP = 压差

#### 2.1 标准化的产水流量（NPFR）下降， 第一段压力容器



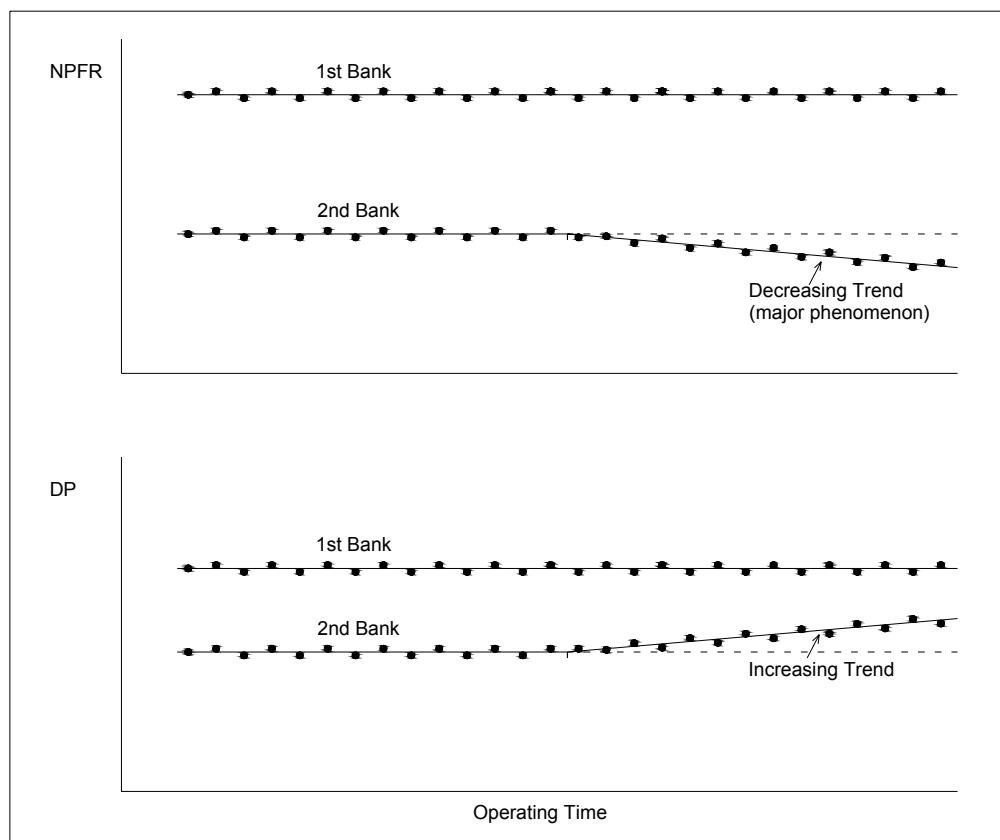
注释：

Decreasing Trend (major phenomenon): 下降趋势（主要现象）；

Inceasing Trend: 上升趋势

| 潜在原因                       | 对策                                           |
|----------------------------|----------------------------------------------|
| 给水水质的改变                    | 校验运行参数，如回收率、流量<br>优化预处理系统                    |
| 由金属氢氧化物、无机胶体、有机、细菌等物质产生的污垢 | 对污垢进行分析，采取适当的化学清洗和/或消毒措施，<br>优化预处理系统，校验保安过滤器 |
| 由于微粒物质产生的机械污垢              | 对污垢进行分析，采取适当的化学清洗和/或消毒措施，<br>优化预处理系统，校验保安过滤器 |

## 2.2 标准化的产水流量（NPFR）下降， 最后一段压力容器



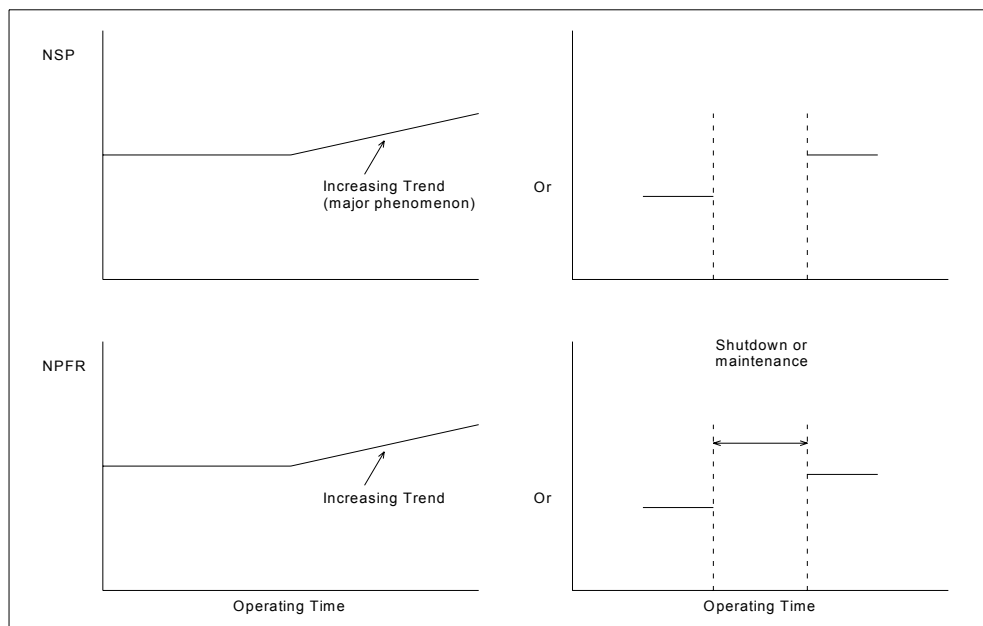
注释：

Decreasing Trend (major phenomenon): 下降趋势（主要现象）；

Inceasing Trend: 上升趋势

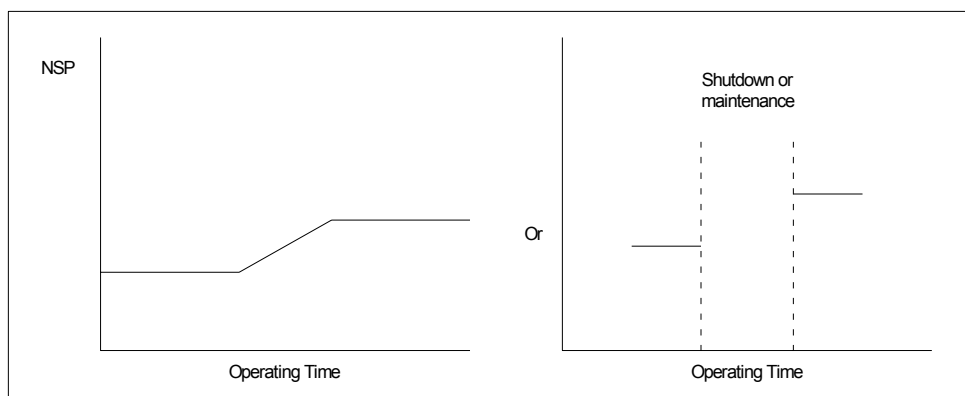
| 潜在原因                       | 对策                                           |
|----------------------------|----------------------------------------------|
| 给水水质的改变                    | 校验运行参数，如回收率、流量<br>优化预处理系统，注意结垢的抑制问题          |
| 由金属氢氧化物、无机胶体、有机、细菌等物质产生的污垢 | 对污垢进行分析，采取适当的化学清洗和/或消毒措施，<br>优化预处理系统，校验保安过滤器 |
| 由于微粒物质产生的机械污垢              | 对污垢进行分析，采取适当的化学清洗和/或消毒措施，<br>优化预处理系统，校验保安过滤器 |

### 2.3 标准化的盐透过率（NSP）上升，几乎所有的压力容器



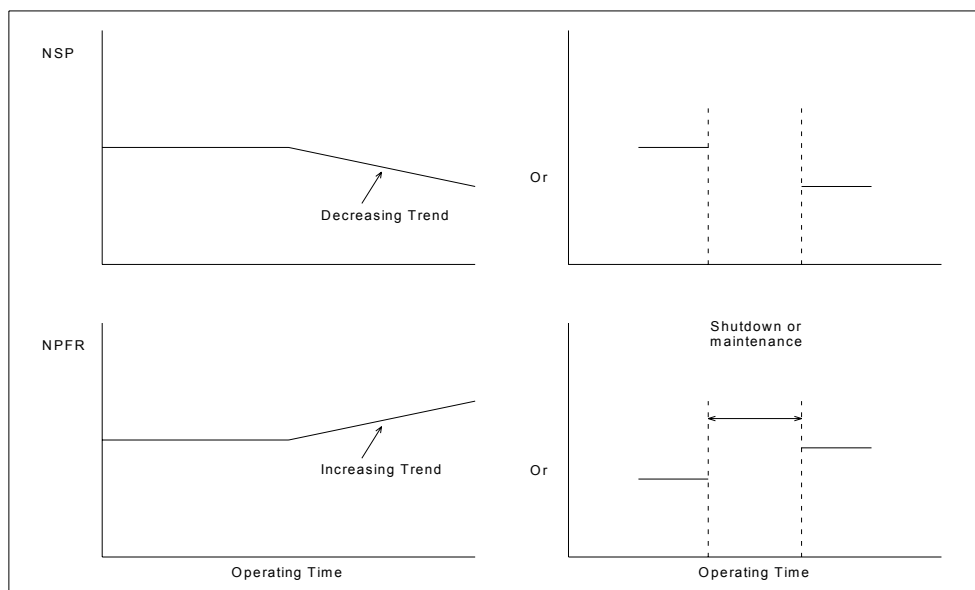
| 潜在原因                                  | 对策                                       |
|---------------------------------------|------------------------------------------|
| 接触了氧化剂，使用了非规定的化学药品，在超出建议的运行参数范围下长时间运行 | 校验、调整和/或最优化应用于系统的化学药品根据设备造商的建议，校验和调整操作条件 |
| 少量的可溶性盐造成的机械性损坏                       | 校验pH值调节设备和阻垢剂加药系统，调解正确的投加量               |

### 2.4 标准化的盐透过率（NSP）上升，部分压力容器



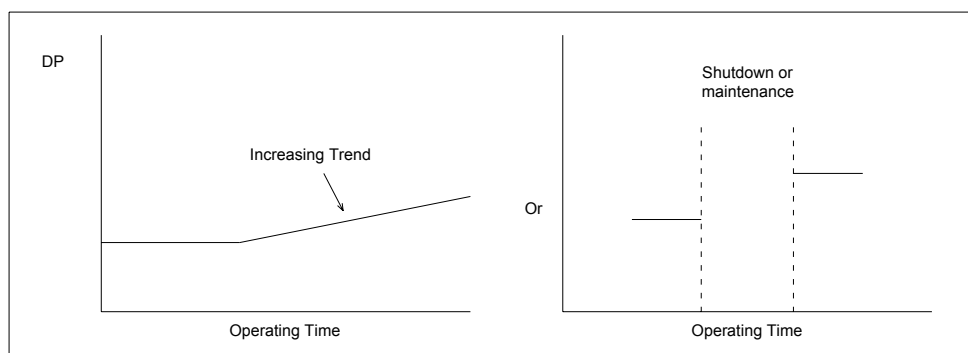
| 潜在原因                                                     | 对策                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 机械渗漏或损伤：<br>产水连接管的O型圈受损坏<br>过高的给水流速和过大的压差产生的“水锤”<br>产水背压 | 通过产水取样探针检测渗漏的位置，需要时更换产水连接管的O型圈；如果膜元件有明显的机械损伤，请更换；根据设备制造商的建议校验和调整操作条件，尤其是回收率和浓水流量，缓慢启动系统，避免水锤；确保任何时刻产生产水背压不能高于0.07 MPa |

## 2.5 标准化的产水流量（NPFR）下降，几乎所有的压力容器



| 潜在原因                                  | 对策                                                                              |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 接触了氧化剂，使用了非规定的化学药品，在超出建议的运行参数范围下长时间运行 | 校验、调整和/或最优化应用于系统的化学药品根据设备造商的建议，校验和调整操作条件                                        |
| 浓差极化                                  | 根据制设备造商的建议校验和调整操作条件，尤其是回收率和浓水流量。校验和改善预处理，如果需要的话，降低回收率，增大浓水的流量。检查盐水密封圈，必要时话进行更换。 |

## 2.6 压差（DP）升高



| 潜在原因 | 对策                             |
|------|--------------------------------|
| 污垢堵塞 | 参考2.1和2.2                      |
| 浓差极化 | 根据制造商的建议校验和调整操作条件，尤其是回收率和浓水流量。 |

## 2.7 故障分析项目与对策简表

| 可能原因                                                      |                 | 现 象 |           |           | 确认项目       | 对策             |                |
|-----------------------------------------------------------|-----------------|-----|-----------|-----------|------------|----------------|----------------|
|                                                           |                 | 产水量 | 脱盐率       | 压降        |            |                |                |
| 膜元件                                                       | 膜性能下降           |     | 降低        | <u>下降</u> | 增加         | 运行时间、进水温度、进水水质 | 清洗，更换          |
|                                                           | 渗漏              |     | 增加        | <u>下降</u> | 下降         | 振动、背压、冲击       | 清洗，更换          |
|                                                           | O 型圈泄漏          |     | 增加        | <u>下降</u> | 下降         | 振动、冲击、变质老化     | 更换 O 型圈        |
|                                                           | 浓水密封圈泄漏         |     | 下降        | <u>下降</u> | 下降         | 变质老化、容器粘着      | 更换密封圈          |
|                                                           | 中心管损坏           |     | 增加        | <u>下降</u> | 下降         | 过大的压差、高温       | 更换膜元件          |
|                                                           | 变形              |     | 下降        | 下降        | <u>增加</u>  | 过大的压差、高温       | 更换膜元件          |
|                                                           | 膜表面污染（悬浊颗粒）     |     | 下降        | 下降        | <u>增加</u>  | 预处理状况、原水水质     | 化学清洗           |
|                                                           | 膜表面污染（结垢）       |     | 下降        | 下降        | 增加         | 预处理状况、原水水质     | 化学清洗           |
|                                                           | 膜表面污染（有机物、油脂）   |     | <u>下降</u> | 下降        | 增加         | 预处理状况、原水水质     | 化学清洗           |
| 原水及预处理                                                    | 温度变化            | 高   | <u>增加</u> | 下降        | 下降         | 季节变化、泵效率       | 调整压力,冷却降温      |
|                                                           |                 | 低   | <u>下降</u> | 持平        | 增加         | 季节变化、加热器       | 调整压力，加热器       |
|                                                           | 压力变化            | 高   | <u>增加</u> | 增加        | 下降         | 泵、阀门           | 调整压力           |
|                                                           |                 | 低   | <u>下降</u> | 下降        | 增加         | 泵、阀门、过滤器       | 调整压力           |
|                                                           | 浓水量变化           | 过大  | 持平        | 持平        | <u>增加</u>  | 进水量、阀门         | 调整进水量          |
|                                                           |                 | 过小  | 下降        | 下降        | <u>下降</u>  | 进水量、阀门、压差      | 调整进水量          |
|                                                           | pH 过高或过低（膜性能下降） |     | 增加        | 下降        | 下降         | pH 控制          | 调整 pH          |
|                                                           | 浓度              | 高   | <u>下降</u> | 下降        | 下降         | 水质确认           | 调整压力           |
|                                                           |                 | 低   | <u>增加</u> | 增加        | 增加         | 水质确认           | 调整压力           |
|                                                           | 过量的难溶性物质        |     | 下降        | 下降        | 增加         | 原水水质、回收率、pH    | 调整预处理、调整压力、回收率 |
| 氧化剂的存在（如 Cl <sub>2</sub> 、H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ） |                 | 增加  | 下降        | 下降        | 原水水质、化学药剂泵 | 化学药剂添加条件       |                |

## 注释:

- (1) 故障现象的程度取决于具体情况;
- (2) 下划线指可能出现的主要故障现象。

## 注意:

- 1 由于无法控制用户的使用方法和使用条件, 实际工程应用中的故障情况可能更为复杂, 所以本资料不能保证您根据其所记载的信息获得预想的结果以及对产品的安全性和适用性的保证。
- 2 本资料所记载的为工程应用中的一般情况, 个别详细内容请向东丽公司技术支持中心联系寻求帮助。

## 2.8 反渗透系统及膜元件故障调查表

|                                                                    |  |                                |  |
|--------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------|--|
| (东丽公司使用栏)                                                          |  | 记录日期：_____年____月____日          |  |
| 资料登记号_____                                                         |  |                                |  |
| 技术支持： <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无        |  | 公司名：_____                      |  |
| 检测要求： <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无        |  | 联系人：_____                      |  |
| 其它要求：_____                                                         |  | Tel: _____ Fax: _____          |  |
| 回复情况：_____                                                         |  | E-mail: _____                  |  |
| 工程项目名：_____                                                        |  |                                |  |
| 工程所在地：_____省（市）_____市                                              |  |                                |  |
| 最终用户名：_____                                                        |  |                                |  |
| 故障现象及理由：                                                           |  |                                |  |
| 设计产水量(m <sup>3</sup> /h)：_____ 产水水质 (μS/cm)：_____ 运行压力 (MPa)：_____ |  |                                |  |
| 目前产水量(m <sup>3</sup> /h)：_____ 产水水质 (μS/cm)：_____ 运行压力 (MPa)：_____ |  |                                |  |
| 其他故障现象说明：_____                                                     |  |                                |  |
| 工程概况：                                                              |  |                                |  |
| 膜元件型号：_____ 膜组件的排列组合：一段 _____ 二段 _____                             |  |                                |  |
| 膜元件数量：_____ 压力容器规格：_____                                           |  |                                |  |
| 给水水质（附原水水质报告）：_____ 原水类型：_____                                     |  |                                |  |
| 水温情况：冬季_____℃ 夏季_____℃ 平均_____℃ 产水用途：_____                         |  |                                |  |
| 系统处理装置工艺流程：_____                                                   |  |                                |  |
| 运行概况：                                                              |  |                                |  |
| 运行开始 时间：_____年____月____日                                           |  |                                |  |
| 给水水量 (m <sup>3</sup> /h)：_____                                     |  | 透过水量 (m <sup>3</sup> /h)：_____ |  |
| 给水水质 (μS/cm)：_____                                                 |  | 透过水质 (μS/cm)：_____             |  |
| 运行压力 (MPa)：_____                                                   |  | 压力损失 (MPa)：_____               |  |
| 浓水流量 (m <sup>3</sup> /h)：_____                                     |  | 测定 SDI <sub>15</sub> 值：_____   |  |
| 故障发生 时间：_____年____月____日                                           |  |                                |  |
| 给水水量 (m <sup>3</sup> /h)：_____                                     |  | 透过水量 (m <sup>3</sup> /h)：_____ |  |
| 给水水质 (μS/cm)：_____                                                 |  | 透过水质 (μS/cm)：_____             |  |
| 运行压力 (MPa)：_____                                                   |  | 压力损失 (MPa)：_____               |  |
| 浓水流量 (m <sup>3</sup> /h)：_____                                     |  | 测定 SDI <sub>15</sub> 值：_____   |  |
| 化学清洗概况： <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无      |  |                                |  |
| 清洗时期：_____年____月____日                                              |  | 清洗药剂：_____                     |  |
| 其它要求及说明：                                                           |  |                                |  |

当您的反渗透膜系统出现故障时，可以填写以上表格，联系东丽技术支持中心：北京（电话：010-80485216；传真：010-80485217），上海（电话：021-58330682；传真：021-58338869），我们将及时为您进行有效的分析，找出系统的故障原因，协助您排除故障。

## 第十章 技术文献、质量保证与产品认证

## 第一节 科威特SULAIBIYA世界最大的膜法污水回用系统

作者: Yoshinari Fusaoka, Takeharu Inoue, Kenji Kotera, Tadahiro Uemura  
(Toray Industries, Inc.)

译者: 东丽(中国)投资有限公司, 东丽水处理研究所

2005年3月16日世界最大规模的膜法水处理系统: 科威特 SULAIBIYA 污水回用系统(产水量  $320,000\text{m}^3/\text{d}$ , 相当于 120 万人的生活用水量)举行了开业仪式, 并正式投入运行。系统采用超滤和反渗透处理工艺, 其高性能膜集成法处理系统(IMS)将污水高度处理后用作灌溉用水。



图 1 科威特 SULAIBIYA 的污水回用处理系统地理位置图

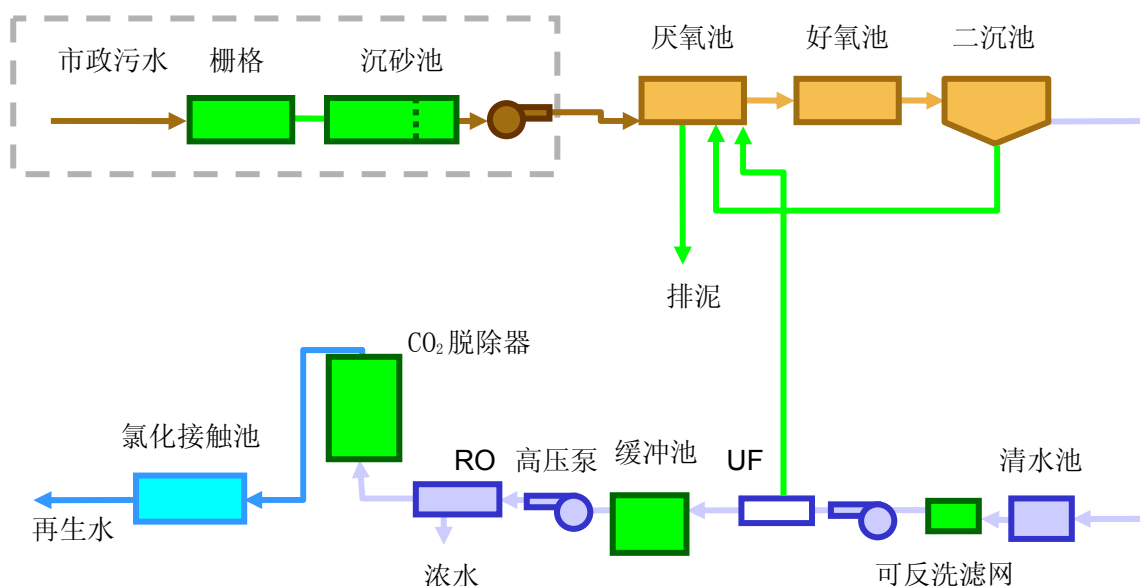


图 2 科威特 SULAIBIYA 的污水回用处理系统基本流程

位于中东科威特 SULAIBIYA 的污水处理厂主要收集和处理科威特市以及周边地区的市政污水。在 SULAIBIYA 全新建设污水处理及回用系统，是在距离科威特市街道附近的 Ardiya 将污水收集进行预处理，然后将污水送往 25km 之外的 SULAIBIYA，在那里首先将送来的污水进行生物处理，经过二级处理（生活污水通过活性污泥，凝聚沉淀处理）的水再用膜进行深度处理。这个系统一天内可以进行约  $380,000\text{m}^3$  的污水处理，产生  $320,000\text{m}^3$  的回用水。这些再生水被用于饮用之外的农业灌溉。将污水进行深度处理制造出新的灌溉用水，原本用作灌溉的海水淡化水和苦咸水就可以当作饮用水使用。换言之，这个系统就是新生产出了  $320,000\text{ m}^3/\text{d}$  的饮用水。

此系统的总建设费用为 3.3 亿美元，是目前世界上使用膜法污水回用系统中最大规模的工厂，而且也是包含海水淡化膜法处理的系统在内的世界规模最大的工厂。另外，这个系统还是同时使用 UF 膜和抗污染 RO 膜两种先进膜技术的集成处理系统（Intergraded Membrane System: IMS），它也是世界上最大规模的 IMS 系统。使用了东丽抗污染反渗透膜元件 TML20-400 超过 21,000 支。



图 3 SULAIBIYA 污水回用膜法处理系统

这个系统的建设业绩在阿拉伯海湾地区都很有影响，科威特国内运作水处理系统的 Karafi 集团，承包了污水处理系统部分的建设、运作和管理，以海水淡化等在世界上拥有出色业绩的美国水处理 Ionics 工程公司（现为 GE）承包了膜法深度处理系统的建设、运作和管理。

本系统的水质情况见表 1。市政污水二级处理水作为膜法处理系统的供应水，通过 RO 处理的水质基本能净化到饮用水标准。2005 年初开始进行试运行后，2005 年 3 月系统正式开始运行，从初始运行以来系统的水质、水量就一直满足设计目标值，运转良好。

中东地区的缺水问题非常严重，大规模的海水淡化系统正在不断建设中。近几年来，对已经被认为与海水同等重要污水和废水进行深度处理回用，已显现出重要性和必要性。本次的 SULAIBIYA

系统也受到了多方关注与期待，今后作为解决以中东为首的区域性缺水的手段，可以考虑继续进行污水回用系统的建设，污水回用的技术开发也引来了众多期待的目光。

表 1 SULAIBIYA 的原水和处理水的水质目标

| 水 质        | 市政污水二级处理 | 回用系统出水 | WHO 饮用水标准 |
|------------|----------|--------|-----------|
| pH         | 7        | 6-9    | 6.5-8.5   |
| 悬浮物(mg/L)  | 12       | <1     | -         |
| BOD(mg/L)  | 5        | <1     | -         |
| 氨氮(mg/L)   | <2       | <1     |           |
| 硝酸盐氮(mg/L) | <9       | <1     | 10        |
| 磷酸盐(mg/L)  | <15      | 2      |           |
| TDS(mg/L)  | <1280    | 100    | 1000      |

## 第二节 特立尼达·多巴哥岛136,000m<sup>3</sup>/d海水淡化系统

### 1 工厂概要

- 西半球最大规模的海水淡化系统；
- 世界上第一个通过絮凝、沉降法来处理的海水淡化工厂；
- 世界上第一个含盐量在 15,000mg/L~35,000mg/L 之间水质多变的反渗透海水淡化工厂；
- 世界上单机容量最大（23,800m<sup>3</sup>/d）的海水淡化工厂；

### 2 项目背景

特立尼达·多巴哥岛的反渗透海水淡化工厂是由美国 Ionics 公司与特立尼达·多巴哥岛的脱盐公司（Desalcott）合作建造的，主要用途是特立尼达·多巴哥的供排水委员会将淡水分配到 Point Lisas 地区的管网当中，其中大约 70,000m<sup>3</sup>/d 的淡水用于当地大型的氨厂和甲醇厂中的锅炉补给水。该海水淡化工厂自 2002 年 3 月开始商业化运作，2002 年 5 月签约交付的 100,000m<sup>3</sup>/d 系统，每月产品水测试的 TDS 平均在 30mg/左右。



图 1 Trinidad 海水淡化系统地理

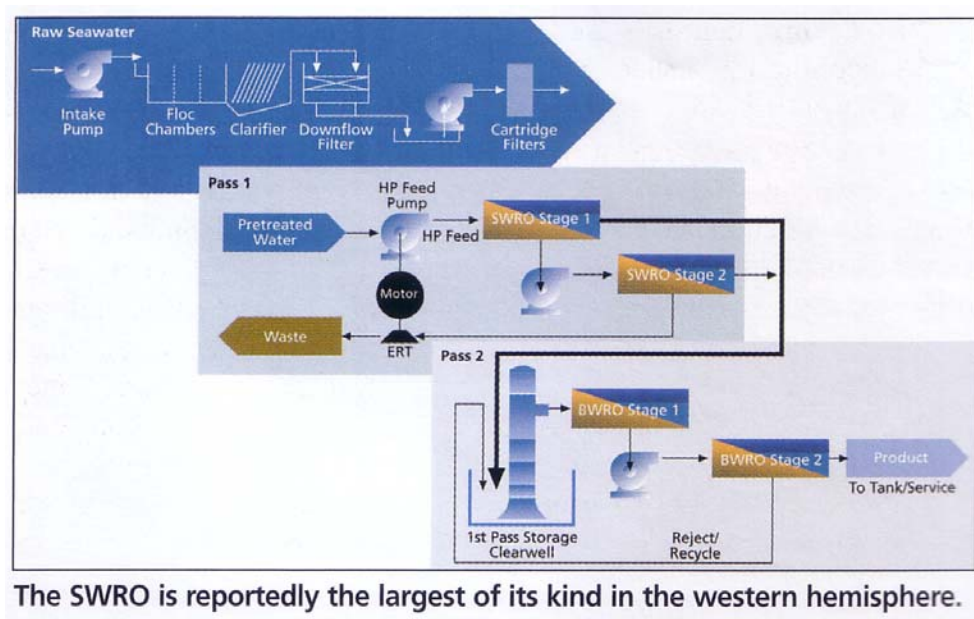


图 2 Trinidad 海水淡化系统流程

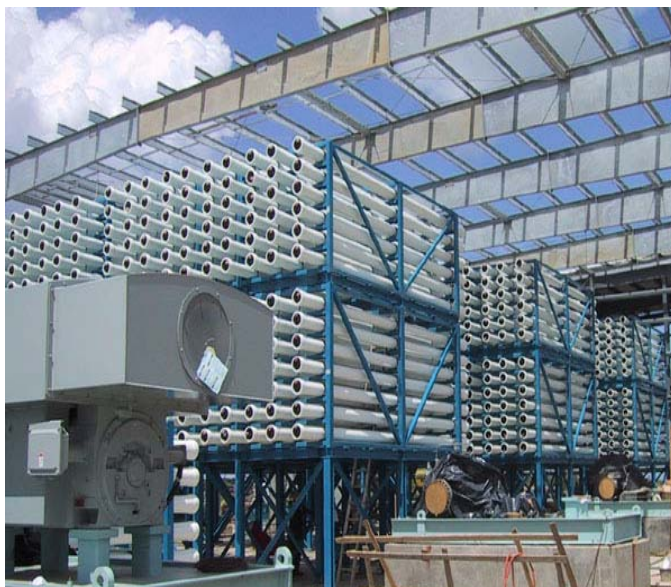
### 3 预处理：

该地区海水的成分受到距委内瑞拉约 10 英里的奥利诺科河三角洲的影响，在雨季期间，海水的浊度和含盐量变动较大，因此一个既保守又经济的预处理设计方案的选择对于 RO 系统的经济性运行是非常关键的。

美国 Ionics 公司和 Montgomery Watson (MW)合作承建了该预处理工艺，MW 公司在 2000 年 8 月承担了一个小试研究，针对该预处理工艺开发出最终的设计准则。MW 公司从小试试验中得到

对于该项目最终设计的关键数据是：

- 1) 絮凝剂三氯化铁的添加量；
- 2) 介质过滤器的尺寸；
- 3) 氯的投加量；
- 4) 亚硫酸氢钠的投加量；
- 5) 助凝剂（阳离子聚合物）的投加量；
- 6) 助凝剂（阴离子聚合物）投加量对于二级出水过滤效果的依据。



#### 4 絮凝、沉降

中试研究选用一个相对高的无机絮凝剂( $\text{FeCl}_3$ )来中和表面的电荷,开始时的絮凝药剂为  $6\text{mg/L}$  ( $\text{Fe}$ ) 和  $1\text{mg/L}$  阳离子聚合物,随着运行时间不断进行优化,生物污染通过每天加氯来控制。运行一年后,在桶式过滤器的容器、增加泵和压力容器内没有任何生物生长的迹象,如表 1 所示,由于原水的浊度变化太大,絮凝/沉降—介质过滤—桶式过滤器,这种工艺在一年多的运行中 RO 进水的 SDI 值平均在 3 左右。

#### 5 一级海水淡化系统

海水淡化系统采用了东丽公司独特的低成本海水淡化专利技术,浓水升压 2 段法。在海水含盐量最高的时候,系统的回收率为 53%,在雨季,海水含盐量较低的时候,系统的回收率可达到 60%。

整个系统分成 5 个单元。两段均选用了 7 芯装的压力容器:第一段 208 支,第二段 130 支。膜元件全部选用东丽公司的 SU-820 (TM820-370) 共 11830 支。

为了平衡两段的产水流量,提高系统回收率,在段间设置了增压泵。第一段的工作压力为  $6.3\text{MPa}(900\text{psi})$ ,第一段的浓水经能量回收装置和增压泵升压后,最大压力可达  $8.3\text{MPa}(1200\text{psi})$ ,再进入第二段进行脱盐淡化处理。

在第一年的运行中,第一段和第二段的压差已经升高,通过进一步优化絮凝/沉降的化学药剂的投加量,RO 单元的清洗周期可达到 8~9 个月时间。

| 一级 RO 进水水质 |                         |       |       |
|------------|-------------------------|-------|-------|
| 组分         | 单位                      | 最高值   | 最低值   |
| Ca         | mg/L                    | 451   | 225   |
| Mg         | mg/L                    | 1342  | 687   |
| Na         | mg/L                    | 10588 | 5857  |
| P          | mg/L                    | 484   | 203   |
| B          | mg/L                    | 148   | 76    |
| Sulfate    | mg/L                    | 2738  | 1349  |
| Cl         | mg/L                    | 19346 | 10521 |
| pH         |                         | 8.11  | 8.0   |
| Tem        | F                       | 80    | 80    |
| TDS        | mg/L                    | 35097 | 18956 |
| SDI        | 15min                   | 3.0   | 3.0   |
| Cond       | $\mu\text{S}/\text{cm}$ | 52033 | 30000 |

## 6 二级苦咸水淡化系统

苦咸水淡化系统也分为 5 个单元。两段均选用了 6 芯装的压力容器：第一段 80 支，第二段 60 支。膜元件全部选用东丽公司的 SUL-G20F（TMG20-400）共 4200 支。

为了平衡两段的产水流量，提高系统回收率，在段间设置了增压泵。运行压力为 1.4MPa(200psi)，回收率为 90%。

## 7 产品水的质量：

整个系统处理后的产品水远远超过合同规定的产水水质要求。

| 二级 RO 系统进水水质 |       |      |
|--------------|-------|------|
| 组分           | 单位    | 数值   |
| Ca           | mg/L  | 0.43 |
| Mg           | mg/L  | 1.2  |
| Na           | mg/L  | 96   |
| P            | mg/L  | 3.86 |
| B            | mg/L  | 5.86 |
| Sulfate      | mg/L  | 2.72 |
| Cl           | mg/L  | 151  |
| pH           |       | 6.56 |
| Temp         | Deg F | 80   |
| TDS          | mg/L  | 261  |
| Cond         | μs/cm | 547  |

| 二级 RO 系统产水水质     |       |         |        |
|------------------|-------|---------|--------|
| 组分               | 单位    | 合同指标    | 实际指标   |
| Ca               | mg/L  | 8.3     | 3.4    |
| Mg               | mg/L  | 0.8     | 0.08   |
| Na               | mg/L  | 19.2    | 7.5    |
| P                | mg/L  | 1.3     | 0.25   |
| Cl               | mg/L  | 32.1    | 9.6    |
| B                | mg/L  | 24.9    | 14.7   |
| Sulfate          | mg/L  | 0.8     | 0.18   |
| N                | mg/L  | 0       | 0      |
| 总硬度              | mg/L  | 24      | 8.8    |
| 总碱度              | mg/L  | 20.4    | 12.0   |
| pH               |       | 7.0~8.5 | 7.64   |
| SiO <sub>2</sub> | mg/L  | <1.0    | 0.02   |
| 余氯               | mg/L  | 0.3-1.0 | 0.7    |
| Fe               | mg/L  | <0.05   | 0.0024 |
| 浊度               | NTU   | <1.0    | 0.23   |
| Cond             | μs/cm | 140     | 58     |

## 8 关于能耗：

该工厂高效节能，整个工厂的耗电量平均在 3.6~4.0kWh/m<sup>3</sup> 之间，这包括取水、供水、二级淡化、空调等系统的用电。其中，一级海水淡化系统耗电量为每吨淡水 2.5kWh。在最初的 8 至 9 个月的运行中，整个工厂耗电量平均为 3.6kWh/m<sup>3</sup>。到 2002 年底，由于海水含盐量的增加和第一级污染的影响，耗电量有所增加，在进行化学清洗后，又恢复到初始水平。

### 第三节 新加坡TUAS环太平洋最大的海水淡化系统

作者: Tadahiro Uemura, Hiroki Tomioka, Koji Fujiwara, Yoshinari Fusaoka  
(Toray Industries, Inc.)

译者: 东丽(中国)投资有限公司, 东丽水处理研究所

出力为 13.6 万吨/日的新泉海水淡化系统, 建设在新加坡 TUAS 地区, 并于 2005 年 9 月开始运行。本系统是新加坡公共事业局(PUB: Public Utilities Board)首次作为 PPP(Public Private Partnership), 而新泉作为 Hyflux 的分公司得到建设许可。本系统使用东丽最新开发的「高脱硼反渗透膜元件」, 设备由 HYDROCHEM 公司负责制造。

以海水为水源获取淡水的技术(海水淡化技术), 以中东为中心, 过去采取加热海水蒸发后浓缩回收的方法(蒸发法)是主流, 近年来, 因为经济成本上的优势, 世界上开始普及使用反渗透膜来进行海水淡化。新加坡政府为了确保生活用水, 选择利用反渗透膜对海水进行淡化。在有很多日本企业的工业地带 TUAS 地区建设的海水淡化设备的规模为 13.6 万吨/日, 是环太平洋地区最大的海水淡化系统, 并且它的产水量占据新加坡全国用水量的 10% 以上, 相当于生活用水量的 20%。

整个系统为了降低制水成本, 采取加压气浮(Dissolved Air Flotation)的预处理工艺, 并借助能源回收装置从高压浓水中回收能源。另外, 在反渗透膜工艺中, 采用在第二级注碱法, 完全除去硼, 使产水硼浓度达到 0.5ppm 以下。此二级注碱法, 先在第一级使用最新研发的「高除硼反渗透膜元件」, 把第一级透过水的 pH 值调整到 10 左右, 送到第二级苦咸水淡化膜元件时去除硼。第一级回收率为 45%, 第二级为 90%, 此外, 第二级的浓水回流至第一级 RO 的原水中。

高脱硼海水淡化反渗透膜通过改良可以比过去的海水淡化膜降低产水中一半的硼浓



图 1 新加坡 TUAS 海水淡化系统地理位置

度。一般海水中硼浓度为  $4\sim 7\text{mg/L}$ ，与通常的地下水相比硼的浓度要高出  $10\sim 50$  倍。众所周知，硼如果被摄入到动物体内，会产生影响生育的毒性，WHO（世界卫生组织）提倡饮用水中硼的浓度不得超过  $0.5\text{mg/L}$ ，硼分子微小，以往的反渗透膜经过第一级处理只能将其降低到  $1\sim 3\text{mg/L}$ 。现有的东丽海水淡化反渗透膜，拥有长期保持稳定脱盐性能的耐久性，及高效去除硼的特点，通过进一步改善硼的去除性能，能使膜处理后的硼浓度减少到原来的一半，更加提高了顾客对于水质的信赖性。



图 2 新加坡 TUAS 海水淡化工厂外景图



图 3 新加坡 TUAS 海水淡化工厂设备图

## 第四节 日本冲绳海水淡化厂的十年运行经验

作者：Masaru Kurihara<sup>1</sup>,Chowa Kuniyoshi<sup>2</sup>,Toru Yamazato<sup>1</sup>,Hiromu Takeuchi<sup>2</sup>

（1. Toray Industries, Inc. ； 2. Okinawa Prefecture Enterprise Bureau）

译者：东丽（中国）投资有限公司，东丽水处理研究所

### 1 概要

冲绳海水淡化厂的部分设备在 1996 年 2 月投入运行。全部设施于 1997 年 3 月建成。该工厂在当时是日本第一个大规模的海水淡化设施。到 2006 年 2 月为止，海水淡化工厂已经稳定运行了 10 年。本文记述了该海水淡化设施的运行条件，以及基于十年运行经验的技术改造成果等。

### 2 冲绳的用水状况及海水淡化工厂的作用

基于冲绳县的地理位置和热带条件，多年来的安全饮水非常困难。尤其是 1972 年冲绳的管辖权回归日本之后，随着人口的激增，生活水准的提升和旅游业的兴起，饮水面临着更大的考验。干旱时，供水无法跟上用水需求而导致频频限制用水。在这种情况下，冲绳县企业局建立起了每天可供冲绳南部主要岛屿的 4 万立方米的海水淡化设备，缓解了县内每天约 40 万立方米的饮水需求。

### 3 海水淡化设施概况

海水淡化工厂包括取水设施、原水设备、预处理设备、反渗透（RO）设备、供水设备、浓盐水排放设备、废水处理设备、化学药剂定量供给设备、电力供给装置等。（如图 1）

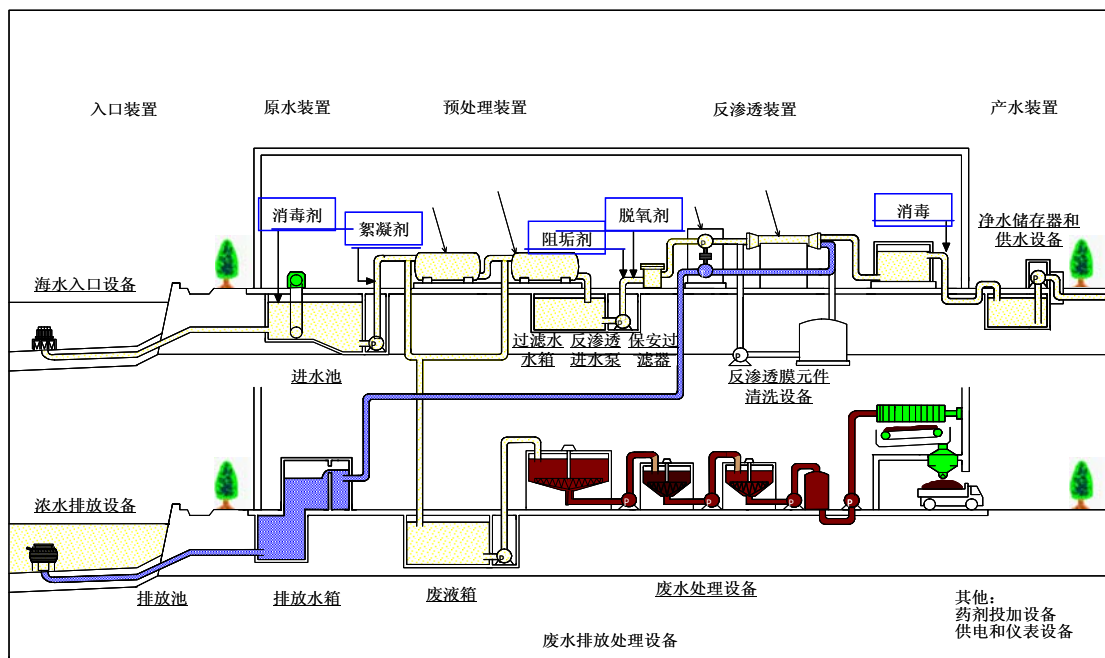


图 1 冲绳海水淡化厂工艺流程图

在规划和设计本工厂时特别考虑到了如下几个方面：

- （1） 为了将由海洋微生物和贝壳类动物引起的管道输水阻力减少到最低水平，采用了大直

径的海水汲取管道，而不是采用氯来杀菌；

- (2) 为在有限的装置供货条件下得到稳定的预处理水质，选取了水平压力式多介质过滤器；
- (3) 采用了世界标准的卷式反渗透膜元件，其直径为 8 英寸；
- (4) 采用了能量回收装置，可节省 30% 的能量消耗；
- (5) 为了防止环境污染，采用了废水处理设备；
- (6) 由于陆地的自来水硬度偏高，省略了后处理设备；
- (7) 浓盐水排放设备非常特殊，它能在最大程度上减小对周边海域生物环境的影响。

工厂整体都容易受海水的影响，所以装置全部由耐海水腐蚀的高级别材料组成一包括建筑物本体，以便于维护管理。所有材料都经过特别挑选，因为与其接触的海水会流向反渗透膜。这些海水中含有从材料上溶解下来的重金属，如铜和钴将被减少到最低水平，以防止膜的裂解污染。

#### 4 十年的操作状况和运行报告

图 2 显示了反渗透膜系统产生的水量和水质特性，如其水质和温度。反渗透装置的操作原理主要是控制运行压力，由此水的回收率就如设计指定一样，保持在 40% 左右。每个系列的透过水量保持恒定（大约 5000m<sup>3</sup>/d）。根据用水需求，产水流量可以通过改变运行系列的数量来调整。

此海水淡化工厂是主要用于减缓干旱期间用水紧张的辅助设施，满负荷运行的时间很短。但在其启用后再无缺水现象存在。工厂可以完全达到设定的水质和水需求量的目标。

根据海水温度和污染程度，操作水压范围可以控制在 5.7-6.5Mpa。根据污染程度判断，可在压差上升时采用化学清洗。

历时运行 4 年后，部分反渗透膜元件开始需要更换。不好的膜元件可以通过在线检测来识别。在开始阶段，它可以单独更换。但 7 年之后，替换方法就变为一整套装置中的反渗透膜元件全部同时更换。如图三所示，整个运行期间替换的膜元件为 1505 个（更换率为 49.8%）。每年更换率为反渗透膜元件总量的 5%。

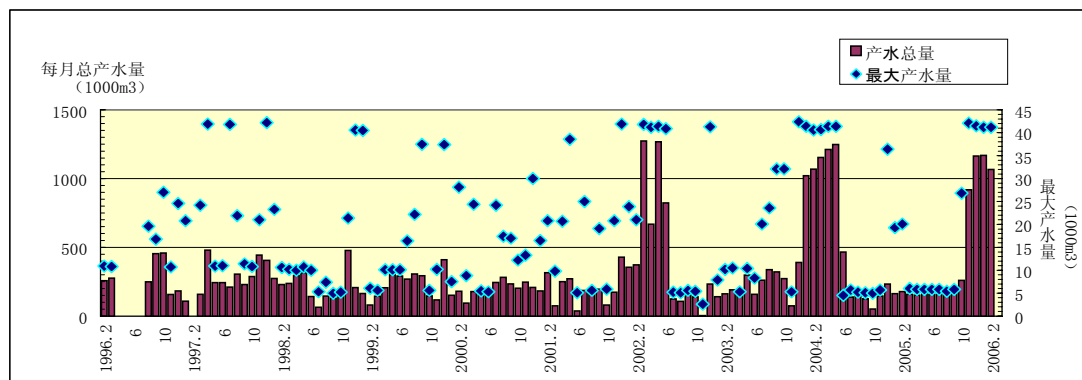


图 2 十年中产水量的变化

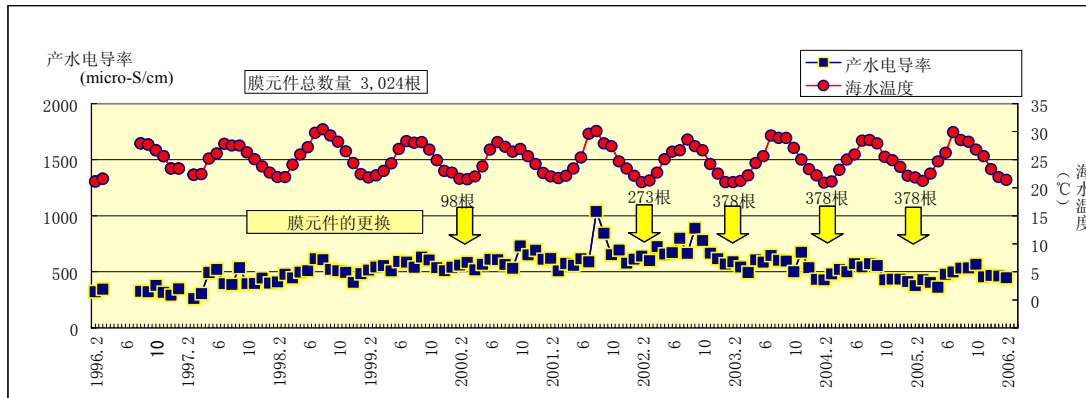


图3 十年中水量和水温的变化

## 5 主要技术研究

为改善工厂运行和维护进行了多项技术研究开发，其中有6个课题在由日本供水协会资助的年度会议上公布。它们是：

- (1) 含溴副产物的习性；
- (2) 从水质方面来看其运行和维护的预测指标研究；
- (3) 新型生物污染的技术对策；
- (4) 应用于膜污染控制的酸冲击添加；
- (5) 通过引进国外生产的反渗透膜以降低成本并研究其运行条件；
- (6) 在长期满负荷运转时，控制反渗透膜系统压差。

在10年的操作过程中碰到了各种问题，其中最严重的就是生物污染。在起初阶段，SBS冲击添加（添加30分钟的500ppmSBS）用于膜的杀菌。然而，添加的SBS明显促进了微生物的生长，包括硫氧化细菌。SBS冲击添加无法阻止生物污染。从微生物学测试结果来看，我们发现硫酸冲击添加是对付生物污染的最好对策。对于在压差上升时化学清洗是必需的，由于生物污染而引起的压差上升问题，首先使用碱清洗（pH10.5）。然而，我们随后发现碱清洗和SBS浸渍的混合使用方法更加有效，而且我们成功地缩短了清洗时间。

## 6 制水成本

依照如下条件，海水淡化厂的制水成本为每立方米170日元：生产能力：40,000m<sup>3</sup>/d；运行率：90%；水回收率：40%；国家补贴：85%。根据10年的运行经验，通过优化反渗透膜元件的更换及化学品的使用方法，降低膜的采购价格，生产成本得到了有效的控制。

## 7 鸣谢

冲绳县通过许多水工业协会的介绍顺利引进了膜法海水淡化技术，并由冲绳县企业局运行和维护管理。感谢所有参与此工程的有关部门和组织，使我们能够在此汇报10年的运行经验。我们也尤其感谢荏原集团和栗田工业公司在工厂建设和反渗透膜设备的运行调整时给予的大力协助。

---

## 8 参考文献

- (1) Kawamitsu,T.,Kohi,M.,Tawada,S.,Nakahara,R.,Takeuchi,H.:Proceedings of IDA World Congress on Desalination and Reuse,Oct.6-9,1979,p55-66
- (2) Kohki,M.,Takeuchi,H.,Okada,K.,Y.: Proceedings of the 46th Annual Meeting on Tap Water Research ,1995,p.72-73
- (3) Kohki,M.,Takeuchi,H.,Okada,K.,Y.: Proceedings of the 47th Annual Meeting on Tap Water Research ,1996,p.60-61
- (4) Nakaoki,Y.,Itoh,Y.,Kimura,T.,Jinno,S.: Proceedings of the 50th Annual Meeting on Tap Water Research ,1999,p.230-231
- (5) Nakasone,M.,Yamauchi,K.: Proceedings of the 50th Annual Meeting on Tap Water Research ,1999,p.236-237
- (6) Yamazato,T.,Taira,J.,Miyagi,T.,Tedokon,N.: Proceedings of the 55th Annual Meeting on Tap Water Research ,2004,p.214-215
- (7) Isa,E.,Tedokon,N.,Arakaki,H.,Nakasone,A.Genka,T.: Proceedings of the 56th Annual Meeting on Tap Water Research ,2005,p.306-307

## 第五节 高脱硼率的海水淡化膜

作者: T. Uemura\*, H. Tomioka\*, K. Nakatsuji\* M. Henmi\* and M. Kurihara\*

(\* Toray Industries, Inc., 3-3-3 Sonoyama, Otsu, Shiga 520-0842, Japan)

译者: 东丽(中国)投资有限公司, 东丽 TFRC 水处理研究所

### 1 摘要

自从世界卫生组织(WHO)提出的在饮用水中, 硼浓度的含量不能超过 0.5mg/L 的暂定指导方针后, 用反渗透膜来进行海水除盐领域里, 硼的脱除成了一个重要的课题。在自然界中, 硼是以小分子的非游离性的硼酸存在着, 通过反渗透工艺很难去除。尽管一般的海水淡化膜元件, 对硼有着 90% 的或者更多一点的脱除率, 但这是不够的, 必须通过其他辅助工艺来满足 WHO 要求的值。东丽已经研发出对硼有 93% 脱除率的海水淡化膜元件来减少辅助工艺。

为了实现更加出色的硼的脱除率性能的新型反渗透膜元件, 必须清楚溶质在反渗透膜中的迁移机理。在这篇论文中, 引入了反渗透膜结构分析用来调查硼脱除率性能和膜结构之间的关系。使用了正电子束法的正电子湮灭时间的光谱分析(PALS)结果显示, 反渗透膜中的实际膜孔径大小在 0.56~0.70nm 范围之内是与硼的脱除率有关系的。因此, 孔径的大小是控制反渗透膜脱硼率的一个重要因素。反渗透膜的化学结构分离功能层由固态的  $^{13}\text{C}$  核磁共振(NMR)光谱来分析。此外, 还基于估计的化学结构进行了分子动力学分析, 计算得出的膜孔径范围在 0.6~0.8nm 之间与 PALS 测试的结果非常吻合。在这篇论文中, 将讨论新型膜的发展前景和预期性能。

**关键词:** 脱硼率、除盐、正电子湮灭时间光谱分析、反渗透、迁移机理

### 2 前言

人口增长和人类的工业活动造成了水资源的巨大消耗及严重的水污染现状, 现在获取足够数量和质量的淡水是全世界面临的最严重的问题之一, 尤其是在欧洲, 美国, 中国, 中东和北非地区。在这种情况下, 海水淡化将是解决水资源短缺问题的一服良药, 如今, 已经有为数不少的不同工艺的海水淡化厂在世界各地运行着。尤其是反渗透法, 由于运营成本低, 产水品质高而成为最流行的工艺。考虑到运营成本, 近 20 年来, 反渗透法已经减少了平均运营成本的 25% 左右。尤其是近来反渗透膜工艺、高压泵和能量回收装置的显著进步对此有很大贡献。然而, 由于世界范围内材料和石油成本的增加(如图 1 所示), 它的运营成本有着上涨的新趋势。实际上, 最近的制水成本约为 1 美元/m<sup>3</sup>, 需要进一步改善技术工艺而降低成本。

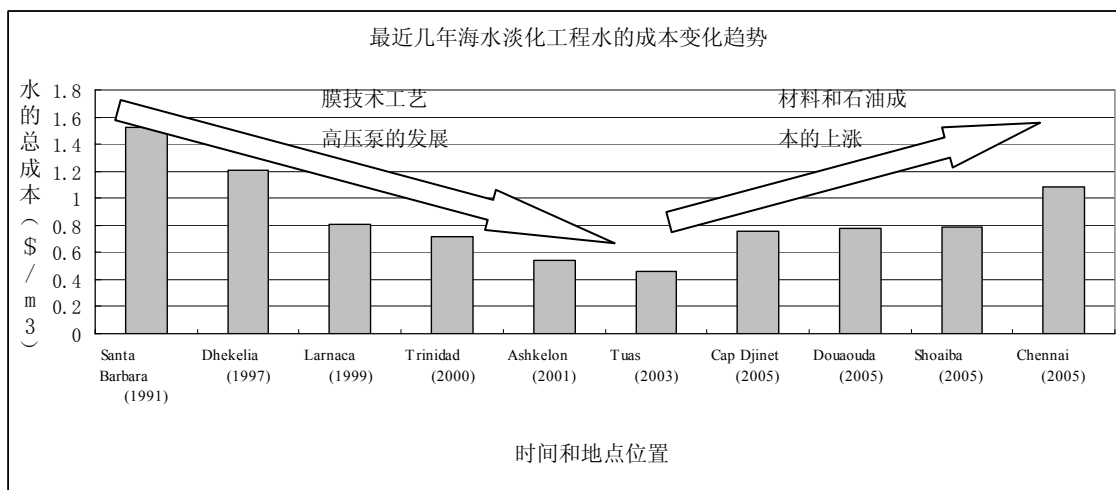


图 1 最近几年海水淡化工程水的总成本变化趋势

要关心水的质量，硼的脱除应该是海水淡化工艺中需要克服的最重要课题之一[4]。硼在自然界中以硼酸的形式存在，经实验室动物口服试验证明硼酸主要表现在雄性生殖系统的痕迹上。世界卫生组织提出在饮用水中，硼的浓度含量要低于 0.5mg/L 作为暂定推荐值[5]。然而，在反渗透海水淡化领域中，这不是一个容易达到的目标，由于海水中硼的浓度相当高，4~7mg/L。虽然通常的海水淡化膜元件拥有略高于 90% 的脱硼率，这仍然是不够的。由于下述的原因，硼酸是反渗透工艺中难去除的典型物质。首先，硼酸的分子太小了（直径约 0.4nm）以至于很难通过膜孔大小来去除。其次，硼酸有 9.14~9.25pKa，在 pH7.0~8.0 的自然海水中为非电离状态，在 pH 等于 9 或者更高时，处于游离状态[6.7]，因此在自然条件下，在硼酸和反渗透膜之间通过电斥力的脱硼率很难达到预期值。因此，在目前的条件下，为了达到世界卫生组织的推荐值，后处理工艺是不可缺少的（离子交换、吸附、二级反渗透等）。

最近，由于海水淡化厂的具体情况，比如地理位置、能源成本和进水特征[8]，反渗透的运营情况不同，对海水淡化反渗透膜元件性能提出了多样化的要求。为了响应各方面的要求，东丽推出了一系列的海水淡化膜元件，如表 1 所示。不仅有标准型，也有低操作压力或者适合于高浓度盐分的膜元件。此外，最近又研发成功了高脱硼率的海水淡化膜元件，以便减少辅助工艺。这种改良的海水淡化膜元件，型号 TM820A，不仅具有 93% 的脱硼率，同时还有很高的脱盐率和高产水量。

Table 1. 主要膜厂家的海水淡化膜系列产品

| 膜厂家<br>类型  | Toray*                          | Dow                      | Hydranautics |
|------------|---------------------------------|--------------------------|--------------|
| 节能低压型      | TM820L (2000)<br>SU-820L (1996) | SW30XLE-i<br>SW30 series | SWC5 (2005)  |
| 节能高脱盐型     | TM820E (2004)                   | SW30HRLE-i               | SWC3+        |
| 标准型        | TM820 (2001)<br>SU-820 (1990)   | SW30HR                   | SWC2         |
| 高压型（高浓度盐分） | TM820H (2001)                   | -                        | SWC4+        |

|              |                    |   |       |
|--------------|--------------------|---|-------|
| 超高压型(超高浓度盐分) | TM820BCM<br>(1997) | - | -     |
| 高脱硼型         | TM820A (2004)      | - | SWC4+ |

\*( ): 产品投产的时期

为了获得具有优异性能的新型反渗透膜,尤其是硼的脱除,必须在了解溶质迁移机理的基础上,通过控制在亚纳米级别水平的孔径大小及硼酸和膜的亲和力,进行分子结构的设计。为了找出影响其性能的参数,我们一直在进行高脱硼率的反渗透膜的基础物理和化学研究。

然而,由于以下的两个原因,很难精确分析孔径的大小或者是反渗透膜的化学结构。首先,如图2所示,反渗透膜的主要成分是三层薄膜合成物(交联芳香族聚酰胺分离功能层,多孔性聚砜支撑层和聚酯无纺布基层)。其次,交联芳香族聚酰胺分离功能层在做结构分析的时候,不溶解于任何溶剂。

在这项工作中,交联芳香族聚酰胺分离功能层中的实际孔径大小是使用正电子束的 PALS 的手段来分析的[9-11]。

此外,在使用固态  $^{13}\text{C}$  核磁共振(NMR)分析法来评估化学结构的基础上,通过分子动力学分析法确定了聚酰胺的聚合体模型,同时也研究了孔径大小的计算方法。

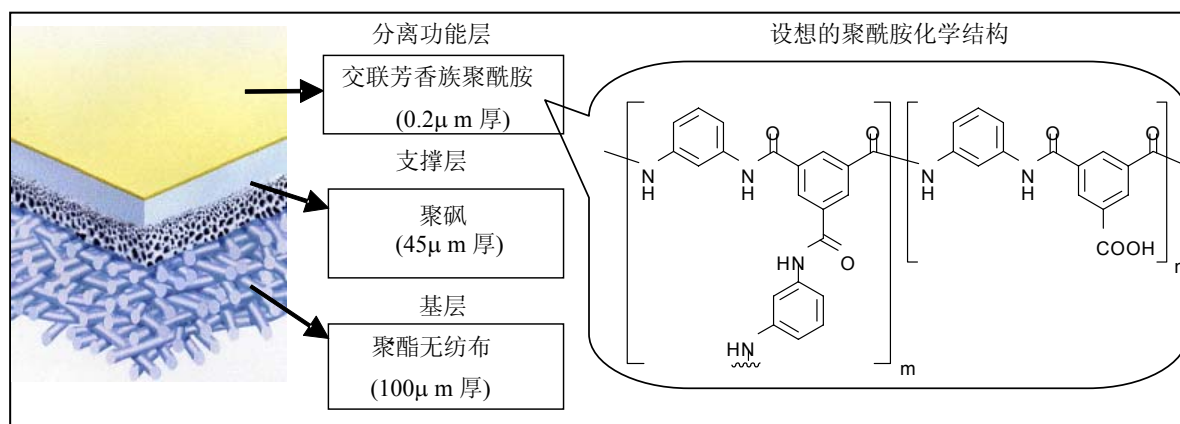


图2 聚酰胺复合反渗透膜结构和设想的聚酰胺层的化学结构

### 3 实验

#### 3.1 原材料

在此次研究中,采用了四种海水淡化聚酰胺复合反渗透膜(S1、S2、B1和B2)。这些膜详细的规格和测试条件罗列在表2中,S1和S2是标准型的海水淡化反渗透膜,而B1和B2代表了高脱硼率的海水淡化反渗透膜。尤其是B2膜,作为改良型的高脱硼率的反渗透膜现在研发中,已经显示出了大约96%的脱硼率。每种膜拥有不同的脱硼率,几乎相同的脱盐率。

表 2 几种聚酰胺复合反渗透膜的典型性能

| 膜型号                                                           | 通量 (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /d) | 脱盐率 (%) | 脱硼率 (%) |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------|---------|
| S1                                                            | 0.8                                    | 99.85   | 90      |
| S2                                                            | 0.7                                    | 99.85   | 92      |
| B1                                                            | 0.6                                    | 99.85   | 94      |
| B2                                                            | 0.6                                    | 99.80   | 96      |
| 测试条件：进水条件，TDS：35000mg/L；温度：25℃；pH：6.5；操作压力：5.5MPa、流量：3.5L/mim |                                        |         |         |

### 3.2 PALS分析

PALS 是近年来作为评价聚合体自由容积性质(大小分布和数量密度)的唯一和有用的技术[12]。据发现，聚合体中的自由容积和迁移性质有关系[13]。

通过施加库仑力，注入到聚合体中的正电子形成了一个类似氢原子的正电子素 (Ps)。当正电子和电子在平行或不平行螺旋旋转时，正电子素含有对正电子素 (*p*-Ps) 和邻正电子素 (*o*-Ps)。每个核数的平均寿命分别为 *p*-Ps 是 125ps，*o*-Ps 是 140ns。在一个聚合的物质里，一个邻正电子素和电子重叠的几率要高于和它本身重叠的几率，这种现象称为拾取湮灭，结果缩短了对正电子素的平均寿命到几个毫微秒。因为绝缘材料中的 *o*-Ps 的湮灭是由于材料孔隙壁中正电子素和电子的叠加，所以孔径越小，湮灭速度越快。也就是说，*o*-Ps 的湮灭寿命 $\tau$ 与绝缘体中的孔径大小是相关的。

因为上述的 *o*-Ps 拾取湮灭的寿命 $\tau$ 能从四组分中通过正电子湮灭寿命光谱分析测量的划分正电子湮灭寿命曲线得到的第四分量的分析结果与非线性最小平方一致，符合正电子特性[14]。

聚酰胺层中的平均孔半径通过下列的方程 (1) 获得的，该方程是在上述正电子湮灭寿命 $\tau$ 基础上总结出的。方程 (1) 表示假定 *o*-Ps 出现在半径为 R 孔径，厚度为  $\Delta R$  的电子层，与靠经验决定的  $\Delta R$  值为 0.166nm 一致[15]。

$$\tau^{-1} = 2 \left[ 1 - \frac{R}{R+\Delta R} + \frac{1}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi R}{R+\Delta R}\right) \right] \quad \text{方程 1}$$

孔径分布是由 CONTIN 法[16]或者 MELT 法[17]得到 PAL 曲线获得的。

复合膜本身也作为 PALS 分析的一个样品。这个复合膜样品先是在温度为 1mmHg 的房间里干燥 8 小时。该 PALS 测试方法是使用了国立高级工业科学和技术研究院 (日本, Tsukuba) 的装备了正电子发生器的 PALS 设备。通常使用放射性同位素 <sup>22</sup>Na 的半衰期或者从柱装电子加速器中发射的正电子作为正电子源。在这个研究中，选择了后者，这种方法更适合薄膜的孔径评测，比如反渗透膜中的聚酰胺层。为了测试 200nm 厚的聚酰胺层，使用了 1keV 的电能撞击正电子束。

### 3.3 固态的<sup>13</sup>C核磁共振(NMR)光谱

通常，很难区别固态的 <sup>13</sup>C 核磁共振(NMR)光谱中观测到的峰，因为峰宽度比液态核磁共振光谱宽，这是由于两个主要的原因：俩磁极性相互作用和化学位移向异性。在目前的工作中，为了增

加光谱的分辨率，该测量是通过 DD/MAS 法完成的，DD 即偶极去藕法，MAS 即魔角旋转。DD 消除了存在  $^{13}\text{C}$  周围的  $^1\text{H}$  引起的磁性区域的影响，MAS 减少了化学位移向异性。

该光谱是用东丽研发中心的 Chemagnetics CMX-300 Infinity 测量的。样品的聚酰胺层是通过以下步骤准备的。在剥下复合膜的无纺布层以后，用二氯甲烷溶液冲洗膜以融解聚砜支撑层直至过滤液变清，然后将剩下的聚酰胺在温度为 1.0mmHg 的房间里干燥 8 小时。

## 4 结果与讨论

### 4.2 复合反渗透膜聚酰胺层孔径大小的分析

首先，利用 PALS 法分析纳滤膜（UTC-60）和反渗透膜（S2）的聚酰胺层中孔径的不同点作为初步试验。考虑到溶质目标尺码，利用膜来分类，纳滤膜和反渗透膜应该有完全不同的孔径，如图 3 所示。

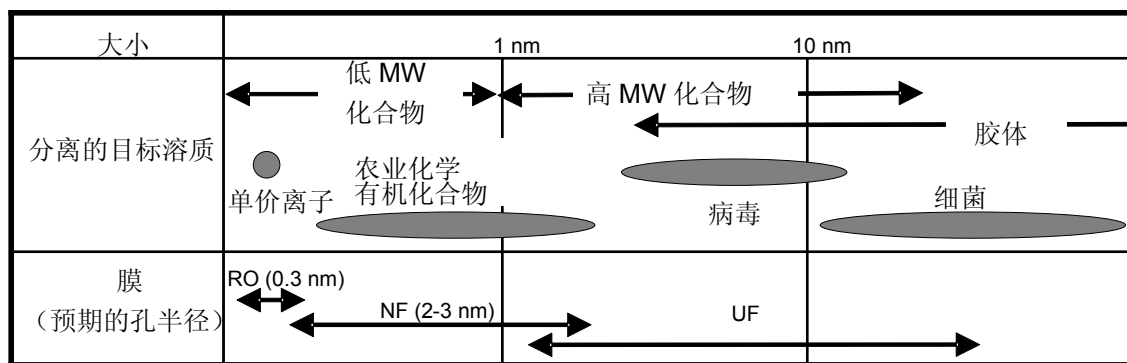


图 3 膜分离的目标溶质和预期的膜孔半径大小

PALS 测量是在低于 20nm 的范围内完成的。既然如此，低于 2.0nm 范围的结果是不可靠的，因为测量范围的扩展减少了分辨率。上述两种膜的孔径分布通过 CONTIN 法计算后如图 4 所示。

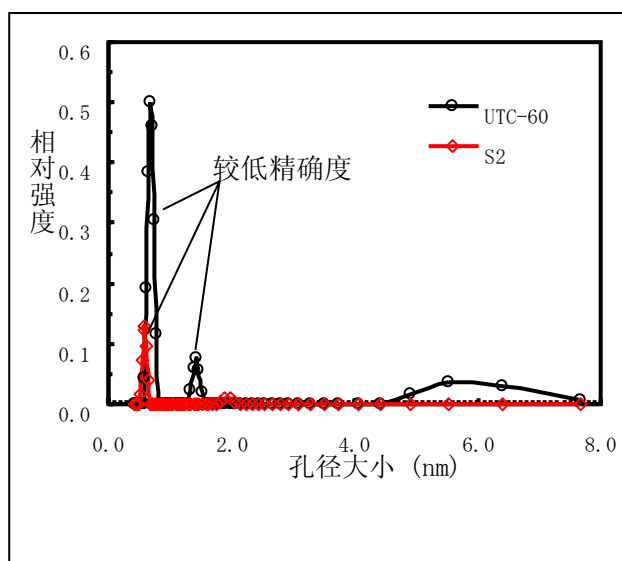


图 4 UTC-60 和 S2 孔径分布图

UTC-60 的孔直径范围在 4~8nm，这次试验值与先前图 3 中预测的值一致。另一方面，在超过 2nm 后，S2 没有显示出峰值。这就证实了在纳滤和反渗透膜的聚酰胺层中孔径大小是明显不一样的，同时纳滤膜存在了反渗透膜没有的较大的空白值。

其次，为了了解反渗透膜聚酰胺层的孔径大小和脱硼率的关系，用 PALS 法分析了表 1 中列出的具有相同脱盐率，不同脱硼率的四种聚酰胺复合海水淡化膜在 0.2~2nm 之间的孔径大小。

表 2 几种聚酰胺复合反渗透膜的典型性能

| 膜型号         | 湮灭寿命<br>$\tau_4$ (ns) | 孔径大小<br>D4 (nm) | 峰强度<br>I4 (%) |
|-------------|-----------------------|-----------------|---------------|
| S1<br>(n=1) | 2.81                  | 0.702           | 2.1           |
| S2<br>(n=2) | 2.47                  | 0.650           | 2.2           |
|             | 2.65                  | 0.678           | 2.5           |
| B1<br>(n=2) | 2.41                  | 0.640           | 2.0           |
|             | 2.28                  | 0.620           | 3.3           |
| B2<br>(n=2) | 2.10                  | 0.590           | 2.3           |
|             | 1.95                  | 0.562           | 3.2           |

表 2 和图 5 给出了 PALS 法分析海水淡化膜的结果。每种膜显示了对应于  $\tau_4$  的 2~3ns 的湮灭寿命，得到了孔径大小范围值在 0.56nm~0.70nm 之间。聚酰胺分离功能层中在 0.6nm 范围之间表现出反渗透膜的特性。

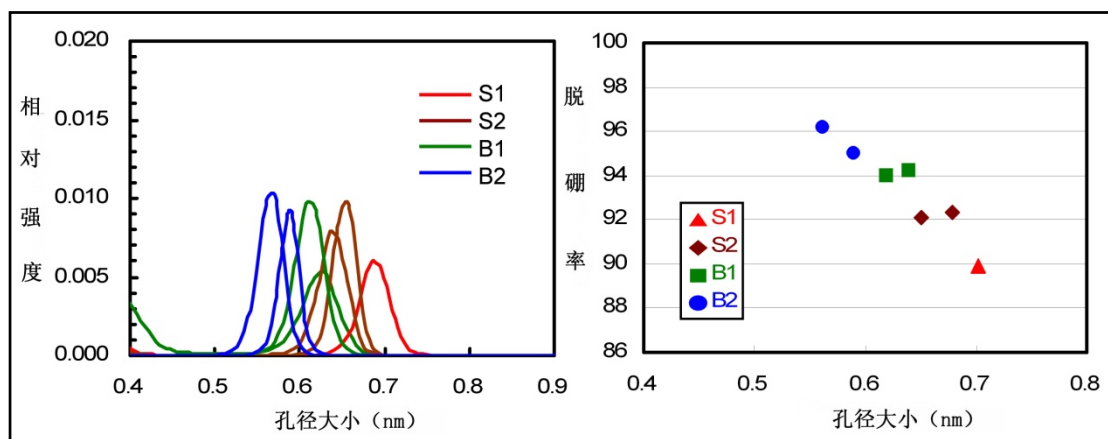


图 5 海水淡化膜的孔径分布

图 6 测量的孔径大小和脱硼率之间的关系

此外，测量的孔径大小和脱硼率之间的关系如图 6 所示。显然，随着膜孔径的增加，脱硼率在降低。这个事实表明聚酰胺分离功能层的孔径大小是控制反渗透膜脱硼率的一个主要因素。

## 4.2 复合反渗透膜聚酰胺层的聚合体模型

### (1) 交联芳香族聚酰胺化学结构分析

复合反渗透膜的分离功能层中的交联芳香族聚酰胺的化学结构一般如图 2 所示。然而，很少有

关于聚酰胺层分子的三位立体结构的深度研究报告[18]。不溶于任何溶剂的交联芳香族聚酰胺导致很难获得分析数据，对这种材料，固态情况下的分析也是有效的。

在这份研究中，用固态的  $^{13}\text{C}$  核磁共振(NMR)光谱法对上述反渗透膜进行的结构分析，用于获得聚酰胺的化学结构信息。例如 S2 膜的测量光谱如图 7 所示。

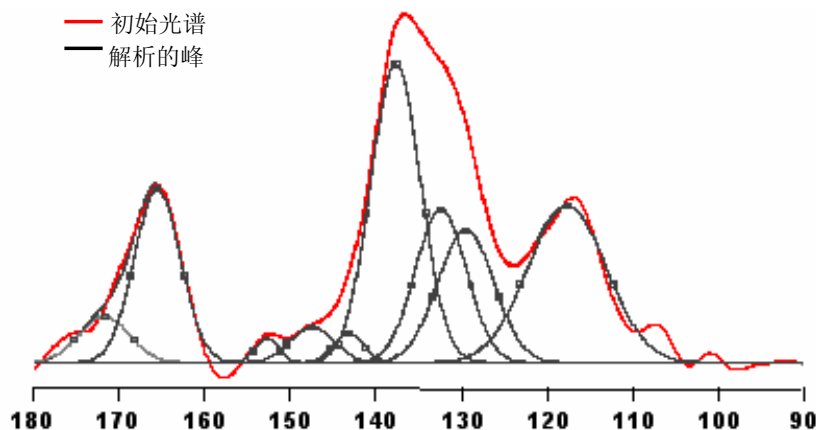


图 7 S2 膜聚酰胺层的 DD/MAS 核磁共振光谱

初始的光谱解析到峰值对应于聚酰胺分子的每一个碳原子。根据特定峰分析的结果，发现了氨基、羧基和靠近氨基的苯环上的碳原子的特征峰。形成聚酰胺层单体的二分之一摩尔比是从完整的峰值中计算得到的，在单体的二分之一摩尔比基础上估计出了聚酰胺层的化学结构单元。

## (2) 分子结构计算

在已经确定的化学结构基础上，完成了分子动力学模拟。当有一个合适的用来模拟溶质通过反渗透膜迁移机制的聚酰胺分离功能层中聚合体时，它一定是支持新型反渗透膜发展更加出色性能的强大工具。从最初始的结构中计算出最优化的模型，这个初始结构是通过在先前预定的部分加入估计量的水分子。为了知道聚合体模型中孔径的大小，通过在去水聚合体模型中插入不同大小的探针进行了 Connolly 表面计算。计算结果表明，评测出的优化聚合体模型中孔径大小在 0.6~0.8nm 之间和 PALS 分析法测量值吻合得很好。这些分子模型对模拟溶质迁移机制是非常精确和有用的。

## 5 结论

为了开发拥有更加出色性能的新型膜，尤其是硼的脱除率，进行了聚酰胺复合反渗透膜的结构分析。使用了正电子束 PALS 分析法进行复合反渗透膜的自由体积特性研究，观测到的反渗透膜的聚酰胺分离功能层的实际孔径直径范围为 0.56~0.70nm。实际孔径的大小和脱硼率有相应的关系，也就是说复合反渗透膜的聚酰胺分离功能层中的实际孔径的大小是控制脱硼率性能的重要因素之一。为了开发反渗透膜以得到期望的脱硼率，需要控制孔径大小在亚纳米级别水平。

利用固态的  $^{13}\text{C}$  核磁共振(NMR)光谱法对复合反渗透膜的聚酰胺层进行了分析，同时估测了交联芳香族聚酰胺的化学结构单元。然后在已经确定的化学结构基础上，用分子动力学模拟确定了聚

酰胺的合适的聚合体模型。根据最优化聚合体模型分析结果，计算出的聚酰胺层的孔径直径大小范围为 0.6~0.8nm，这与 PALS 法测量值非常吻合。

其他控制膜性能参数的研究还在进行中，这能够帮助我们理解溶质透过反渗透膜的迁移机理，同时也使得制造出期望性能的新型海水淡化膜变得更加可能。

## 6 鸣谢

感谢东丽研发中心提供的 PALS 和固态的  $^{13}\text{C}$  核磁共振( NMR )光谱，同时我们感谢 Ishida H. 教授、Hosomi H.先生的讨论和建议。最后，我们也感谢国立高级工业科学和技术研究院 Suzuki R. 教授、Ohdaira T.教授提供的 PALS 测量的使用引导。

## 7 参考文献

- (1) Desalination Market Analysis 2003, Aqua Resources Int.
- (2) Pique G. G. (2006). Low power bill makes seawater desalination affordable, Desalination & Water Reuse, 15(3), 47
- (3) Water Desalination Report, (2006). Desal prices go off trend, 42(9) 2.
- (4) Fukunaga K., Matsukata M., Ueyama K. and Kimura S. (1997). Reduction of boron concentration in water produced by a reverse osmosis sea water desalination unit, Membrane, 22, 211-216
- (5) Guidelines for Drinking Water Quality, 3rd ed., WHO (2004)
- (6) Rodriguez M., Ruiz A. F., Chilon M. F. and Rico D. P. (2001). Influence of pH in the elimination of boron by means of reverse osmosis, Desalination, 140, 145-152
- (7) Hyung H. and Kim J.-H. (2006). A mechanistic study on boron rejection by sea water reverse osmosis membranes, J. Membr. Sci., 286, 269-278
- (8) Busch M. and Mickols W. E. (2004). Reducing energy consumption in seawater desalination, Desalination, 165, 299-312
- (9) Kurihara M., Henmi M. and Tomioka H., High boron removal seawater RO membrane, Oral presentation in the Advanced Membrane Technology III 2006, Italy, Engineering Conferences International, Inc.
- (10) Kurihara M., Henmi M. and Takeuchi H., Membrane technology and seawater desalination practice in Japan, Oral presentation in the 2006 Biennial Conference and Exposition, California, American Membrane Technology Association.
- (11) Tomioka H., Kawakami T., Henmi M., Kurihara M., Ishida H and Hosomi H., Molecular structure and molecular dynamics simulations analyses on RO membrane for seawater desalination, Oral presentation in the 28th Annual Meeting (2006), Japan, The Membrane Society of Japan.
- (12) Dutta D., Granguly B. N., Gangopadhyay D., Mukherjee T. and Dutta-Roy B. (2002). General trends of positron pick-off annihilation in molecular substances, J. Phys. Condens. Matter, 14, 7539-7549
- (13) Kim S. H., Kwak S-Y. and Suzuki T. (2005). Positron annihilation spectroscopic evidence to demonstrate the flux-enhancement mechanism in morphology-controlled thin-film-composite (TFC) membrane, Environ. Sci. Technol., 39, 1764-1770
- (14) Kirkegaard P. and Eldrup M. (1972). POSITRONFIT: A versatile program for

- analyzing positron lifetime spectra, Computer Physics Communications, 3, 240-255
- (15) Nakanishi H., Jean Y. C., Smith E. G. and Sandreczki T. C. (1989). Positronium formation at free-volume sites in the amorphous regions of semicrystalline PEEK, J. Polymer Sci. (B) Polymer Physics, 27, 1419-1424
  - (16) Provencher S. W. (1982). CONTIN: A general purpose constrained regularization program for inverting noisy linear algebraic and integral equations, Computer Physics Communications, 27, 229-242
  - (17) Shukla A., Hoffmann L. Manuel A. A. and Peter M. (1997). Melt 4.0 a program for positron lifetime analysis, Mater. Sci. Forum, 255-257, 233-237
  - (18) Hirose M., Minamizaki Y. and Kamiyama Y. (1997). The relationship between polymer molecular structure of RO membrane skin layers and their RO performances, J. Membr. Sci., 123, 151-156

## 第六节 东丽膜产品应用最新进展

## ——东丽株式会社新闻稿

## 1 东丽获得位于阿尔及利亚的全世界最大海水淡化项目的反渗透膜订单

2009 年 9 月 29 日

东丽株式会社

东丽公司今日宣布了获得凯发集团(Hyflux)的全世界最大的膜法脱盐反渗透膜订单，此订单将于 2010 年供货。凯发集团获得此项目的设计、制造及 25 年的运行管理。新海水淡化工厂将于 2011 年开始运行，其产水量高达  $500,000\text{m}^3/\text{d}$ ，比位于以色列的目前全世界最大的海水淡化工厂的产水量还要高 50%（以色列海水淡化工厂产水量为  $330,000\text{m}^3/\text{d}$ ）。该项目位于阿尔及利亚的 Magtaa，临近 Oran 市，Oran 为阿尔及利亚第二大城市。

东丽公司是一家以有机合成化工、高分子化学、生物化学和纳米技术为核心技术的高科技跨国企业。水处理分离膜正是利用这些核心技术开发制造的先端材料。



东丽公司提供给 Magtaa 海水淡化工厂的反渗透膜元件具有以下显著特点：①最高水平的脱硼率；②低能耗高产水量。为了提高脱硼率，反渗透膜孔径需要设计得特别小，因此会牺牲产水量。然而，东丽开发的分子设计技术在纳米水平下控制孔径的同时，既能够达到很好的脱硼目的，又能满足高的产水量要求。

阿尔及利亚位于北非地中海沿岸，此区域是全世界最严重的缺水地区之一。在这样的情况下，阿尔及利亚政府积极发展海水淡化事业并相继建成了产水量为  $100,000\text{m}^3/\text{d}$ 、 $200,000\text{m}^3/\text{d}$  的海水淡化工厂，此区域已成为世界上最大的海水淡化市场。东丽之前向阿尔及利亚 Hamma 海水淡化项目（产水量  $200,000\text{m}^3/\text{d}$ ，2008 年运行，非洲最大的海水淡化项目）等提供了海水淡化反渗透膜元件，此次为第三次向阿尔及利亚提供反渗透膜元件。Magtaa 工厂将为约 2 百万的人口提供充足的饮用水，以上三个工厂累计向 320 万人口提供充足的饮用水，占阿尔及利亚日常生活用水的 10%。

反渗透技术不仅缓解了全世界水资源的短缺，而且符合环境保护的要求。反渗透膜市场每年增长率超过了 12%，特别是在海水淡化及苦咸水淡化应用方面以每年 30% 的速度增长。在美国、欧洲、中东、北非和中国，将保持稳定的增长。除了海水淡化及苦咸水淡化应用外，城市污水及工业废水回用将是反渗透膜增长的新亮点。

东丽公司已向位于科威特 Sulaibiya 的世界上最大的城市生活污水回用项目（产水量

320,000m<sup>3</sup>/d) 提供反渗透膜元件。目前, 东丽公司提供的海水淡化膜元件累计产水量超过 3,300,000m<sup>3</sup>/d, 抗污染反渗透膜元件合计产水量超过 1,200,000m<sup>3</sup>/d, 市场占有率处于世界领先地位。

为了满足反渗透市场的需要, 东丽公司已经扩大了反渗透膜元件的生产线。除了位于日本爱媛和美国圣地亚哥的膜工厂外, 在今年 7 月份, 东丽和中国蓝星集团合资成立了蓝星东丽膜科技(北京)有限公司(TBMC), 生产设备将于明年 4 月投产。届时, 东丽公司反渗透膜元件生产量将是 2007 年 3 月同期水平的四倍。

东丽不仅积极推进在中东、北非地区的反渗透市场, 而且同时积极开拓地中海区域、中国、大洋州等地区的市场。

## 2 东丽蓝星合资成立水处理膜公司

2009 年 8 月 25 日

东丽株式会社

东丽株式会社（以下简称：东丽，总部：东京都中央区，代表取缔役社长：榊原定征）和中国蓝星（集团）股份有限公司（以下简称：蓝星，总部：中国北京市朝阳区，董事长：任建新）于去年 7 月 17 日在北京市成立了水处理事业的合资公司“蓝星东丽膜科技（北京）有限公司”（英文名称：Toray BlueStar Membrane Co., Ltd.以下简称 TBMC）。新公司的注册资本为 3,500 万美元（约 35 亿日元），雇用员工 180 人，进行水处理膜产品的制造·销售以及进出口业务。

TBMC 公司昨天在北京市顺义机场工业开发区内举行开工典礼，东丽榊原定征社长以及中国化工集团公司任建新总经理出席了仪式。另外还邀请到中方：北京市人民政府副市长夏占义、北京市顺义区委员会书记张延昆，日方：经济产业省制造产业局平工奉文局长，驻中国日本大使馆波多野淳彦公使等约 60 位嘉宾出席本次仪式。新工厂的设备投资额为 5 亿元(约 75 亿日元)，计划从 2010 年 4 月起逐次开始反渗透膜的制造和组装。

生产设备方面，引进了结合东丽最尖端的技术生产的聚酰胺复合膜制造设备以及自动卷膜机。这样加上已经开始进行生产的爱媛工厂和 Toray Membrane USA 公司，到 2010 年新工厂正式运作时，东丽集团反渗透膜组件的年生产能力将提高 1.5 倍。

TBMC 公司作为东丽的连结子公司，在引进有关东丽水处理膜的最新技术的同时，还通过有效利用蓝星位于中国的营业网络，面向中国的污水废水再利用以及海水淡化工厂提供拥有世界最好的品质和成本竞争力的水处理膜。进一步强化以 RO 膜为中心的东丽水处理膜的全球性地位。

2010 年以后，水处理事业将成为东丽收益扩大的支柱，作为“战略性培育事业”，今后将继续加大投入。东丽水处理事业的中期目标是到 2010 年度，实现 670 亿日元的销售额，2015 年度提高到 1000 亿日元。此次 TBMC 公司的成立和新工厂的运作，使这个目标的实现变得更加可能。

另一方面，蓝星是中国化工集团公司（ChemChina）旗下的核心企业集团，经营树脂，特殊化学品（药品）事业等，在全球拥有 45 家工厂，17 所研究所，去年的销售额超过 400 亿元。此次，蓝星和东丽共同合资成立 TBMC 公司，新建生产设备，进一步投入水处理事业一事，将使迅速应对顾客的需求，提供稳定的产品成为可能。

水处理膜根据分离对象的大小不同，分为反渗透膜（RO）膜、纳滤（NF）膜、超滤（UF）膜、微滤（MF）膜 4 种。东丽是世界上唯一一家独立研发并生产这 4 种膜的公司，今后，在全球性的水资源短缺的危机中，水处理膜综合技术将受到世界的关注。

特别是在中国，为实现高度经济发展，工业化的进展导致水的使用量急剧增加。另外，城

市人口的增加，使水的需求急增，北方受干旱的影响，出现了水供给不足的问题。

为了解决水资源短缺问题，利用水处理膜进行污水废水再利用、海水淡化的需求高涨。为应对水处理膜市场的急剧扩大，东丽集团制定 6 据点体制，展开事业，以世界顶级的「膜以及膜利用技术」为核心，除日本之外，东丽集团还在中国、美国、欧洲、中东、亚洲太平洋 5 个基地展开事业，为解决全球性的水资源不足作贡献。



#### 合资公司简介

中文名称：蓝星东丽膜科技（北京）有限公司（略称：TBMC）

英文名称：Toray BlueStar Membrane Co., Ltd

1.事业概要：下列水处理膜产品的制造·销售·应用开发·技术服务以及该产品的进出口。

- (1) RO 膜元件
- (2) NF 膜元件
- (3) 浸没式 MF / UF 膜组件
- (4) 浸没式 MBR 膜组件

2.所在地：中华人民共和国北京市顺义区天竺空港工业区

3.成立：2009 年 7 月 17 日

4.资本金：3,500 万美元（约 35 亿日元）

5.出资比率：

|                     |       |
|---------------------|-------|
| 东丽株式会社              | 40.1% |
| 东丽（中国）投资有限公司（东丽子公司） | 10.0% |

---

中国蓝星（集团）股份有限公司

49.9%

6.代表人：

董事長：陆晓宝（蓝星）

总经理：西池敏明（东丽）

7.新工厂概要：

- (1) 生产设备：RO 膜制膜设备以及自动卷膜机
- (2) 动工：2009 年 8 月；运作开始预定：2010 年 4 月
- (3) 场所：北京市顺义区天竺空港工业区
- (4) 设备投资额：约 5 亿元（约 75 亿日元）
- (5) 占地面积：26,300 平方米
- (6) 职工人数：180 人

### 3 东丽在新加坡设立“水处理技术研发中心”

2009年6月24日

东丽株式会社

东丽株式会社于2009年8月在新加坡设立了水处理技术研发中心(Toray Singapore Water Research Center), 旨在研究开发应用东丽公司的水处理膜。

本研究所的所在地为南洋理工大学(Nanyang Technological University, 以下 NTU) 内的南洋环境·水研究所, 与该大学在废水处理技术上具有国际权威的 Prof. Ng Wun Jern 进行共同研究。

在《2009 新加坡国际水周(SIWW2009)》会场上, 东丽与 NTU 签订有关这次共同研究的协议书。计划在管理统括新加坡水资源的公益事业厅(PUB: Public Utilities Board)和经济开发局(EDB: Economic Development Board)的支持下, 主要进行以膜利用水处理技术为中心的研究开发。预定从 2009 年 9 月开始, 所员包括从日本派遣的研究人员, 技术开发者及当地采用人员, 计划 5 年后扩大至 30 名左右的规模。

东丽是世界唯一的独立开发所有的水处理膜(RO/NF, UF/MF, MBR)并生产销售的综合膜制造厂商。特别是从研究开始起有着约 40 年历史的 RO 膜, 在海水淡化及污水再利用市场份额上占首位, 2010 年力争成为水处理膜制造厂商的世界第一。

新加坡是国土面积仅为 626.4 平方公里, 拥有 430 万人口的工业国家。位于热带雨林, 虽然降雨量多, 但是因国土狭窄水源仍缺乏, 大半水源需要从邻国马来西亚进口。新加坡政府以“成为全世界的水处理技术的据点(Global Water Hub)”作为国策。以 NEWater 政策为代表, 建造大量生活污水再利用·海水淡化等的大型工程的同时, 国家和大学, 各国的水处理关联企业携手推进技术开发创新。

东丽的 RO 膜产品在新加坡拥有 60% 的市场份额。Seletar 地区的再生水项目(产水规模: 2.4 万 m<sup>3</sup>/d), Tuas 地区的亚洲最大的膜法海水淡化项目(13.6 万 m<sup>3</sup>/d), 以及最近开始的 Changi 生活污水再利用项目(23 万 m<sup>3</sup>/d), 均采用了东丽的 RO 膜产品。

从全球来看, 使用膜技术的生活污水再利用项目, 比一般的生活污水处理厂节约占地面积, 可以在废水产生地直接建造, 机械设备也比较廉价, 所以其发展被看好。

目前, 东丽 RO 膜已在世界第 1 位和第 2 位规模的项目中得到应用: 位于科威特的 surebeer 世界最大的膜法城市生活污水再利用项目 (32 万 m<sup>3</sup>/d); changi 生活污水再利用项目 (23 万 m<sup>3</sup>/d)。另外, 中国的天津泰达废水再利用项目 (3 万 m<sup>3</sup>/d), 澳大利亚的 Queensland 州的大型生活污水再利用项目 (6.6 万 m<sup>3</sup>/d) 等也陆续采用东丽的膜产品。在这个领域的实际成果正得到稳步体现。

东丽今后将继续在中东地区, 地中海地区, 中国, 大洋州(大洋洲)等积极扩大订货量, 为消除世界的供水不足做出贡献。

## 4 东丽公司推出全新的低能耗海水淡化及苦咸水淡化膜元件

2009 年 6 月 6 日

东丽株式会社

2009 年 6 月 6 日日本东丽株式会社及东丽美国膜公司在圣地牙哥推出了全新的海水淡化膜元件 TM820S-400。TM820S-400 具有低能耗（800psi 时产水量为 9,000gpd）及高脱硼（pH10 时为 90%）的特点。

同时，东丽公司推出了两种低污染的苦咸水淡化膜元件，即 TM720N-400、TML20N-400。TM720N-40 给水流道为 34mil，具有低压降低污染的特点。34mil 给水流道的 TML20N-400 膜元件具有高抗污染性能，其可应用于高污染水源的处理。

### 关于东丽膜技术

东丽公司是全球领先的水净化及水回用膜产品供应商，同时提供水处理专业技术，包括诸如 MF/RO、UF/RO、MBR/RO 膜集成工艺，这些技术有助于我们的客户提高他们的竞争力和系统性能。东丽公司是全球为数不多的能同时提供 UF/MF、MBR、RO 膜分离产品及其应用技术的公司之一。

东丽公司全自动制膜及卷膜工艺确保了产品性能的一致性和高品质。

## 5 东丽获联合国总部颁发的「2008 年人道主义奖」

2008 年 11 月 11 日

东丽株式会社

2008 年的主题为「环境·气候变化」，是以联合国千年发展目标中的「确保环境的可持续性发展」为主题。东丽公司从事于环境保护事业和 CSR（即企业社会责任）活动，在水处理和造水事业的扩展，炭素纤维产品对削减温室气体排放的贡献，和在节省能源，改善工作环境等领域，被公认为对气候变动和社会的可持续发展做出了贡献，获得联合国纽约总部 (The United Nations Association of New York) 颁发的「2008 年人道主义奖」。同时获奖者还有联合国秘书长潘基文和冰岛总统。

表彰仪式于 10 月 23 日(星期四)，在联合国本部(美国纽约州)举行，东丽公司的榊原定征社长作为代表出席，并从联合国总部代表 Dr. Peter Rajsingh (NYU 研究院教授) 手上接受了奖杯。



图 1 榊原社長从联合国总部代表 Dr. Peter Rajsingh 手上接过奖杯



图 2 榊原社長获奖时的演讲



图3 榊原社長和同时获奖的联合国秘书长潘基文合影

受到此番获奖的鼓舞，东丽公司将通过各种环境保护事业活动，积极地致力于地球环境保护及水问题的解决。东丽公司今后也将面向环境·气候变化等困难问题的解决，推动「Chemistry(化学)的力量」的高新技术，为构筑可持续性增长的循环型社会作出贡献。对于刻不容缓的地球环境问题，东丽公司将通过确保水资源，资源节约和能源节约的技术革新，以及尖端材料·产品等的开发来作出自己的贡献。

## 6 东丽获得日经地球环境技术奖

2008 年 10 月 13 日

东丽株式会社

日前，东丽地球环境研究所以利用超微细技术开发控制 RO 膜孔径的技术、及以此技术开发的高脱硼 RO 膜获得第 18 届日经地球环境技术奖。



“开发提高硼脱除率的反渗透膜”获奖（东丽地球环境研究所，代表：边见昌弘）

在淡化海水的项目中，开发了能提高硼元素去除率的水处理膜（反渗透膜）。海水有害的硼元素比河川水中的浓度更高。硼分子非常小且难去除。东丽详细研究膜的构造，研究探明膜孔径的大小和去除率间的关系。利用超微细技术，开发了高性能的高脱硼反渗透膜。

东丽开发的高脱硼海水淡化反渗透膜，采用一级反渗透技术就可以去除大半硼元素。而以往的 RO 膜需要多级过滤并使用药剂才能降低产水中的硼元素。东丽的海水淡化膜正在国内外项目中被广泛使用。这次开发的控制膜孔径大小的技术不仅在海水淡化膜中得到应用，而且在生活污水和废水处理回用的苦咸水反渗透膜上也被采用。

表彰仪式于 11 月 12 日在东京大手町的经团连会馆举行。日经地球环境奖是为表彰在环境研究中有突出成就的个人和团体所设立的奖项。

## 7 东丽相继获得阿拉伯湾沿岸的海水淡化反渗透膜订单

2008 年 9 月 18 日

东丽株式会社

东丽公司最近在阿拉伯湾(Persia 湾)沿岸的 4 处海水淡化项目里相继获得反渗透膜订单。

这些反渗透海水淡化项目预定在明后年开始运行。东丽公司在继 Hamma 海水淡化项目（阿尔及利亚，处理量 20 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ）和 Shuaibah 海水淡化项目（沙特阿拉伯，处理量 15 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ）之后，又连续在该地区获得的大中型反渗透海水淡化膜订单。

本次获得的四个项目订单如下：

### 1) 沙特阿拉伯 Fujairah 二期海水淡化项目

该项目处理规模为 13.6 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ，预定 2009 年开始运行，此项目为 Qidfa 独立淡水化和发电事业（IWPP）的第二个反渗透法海水淡化项目，由法国威利雅(Violia)负责工程建设。

### 2) 科威特 Shuwaikh 海水淡化项目

该项目处理水量为 13.6 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ，预定 2010 年开始运行。Shuwaikh 海水淡化项目是科威特第一个大型反渗透法海水淡化项目，由韩国的斗山重工（Doosan Heavy Industries and Construction）负责项目建设。该国的世界最大的膜法城市污水再生利用 Sulaibiya 项目（处理规模 32 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ）采用了东丽抗污染 RO 膜，从 2005 年启动以来运行顺利。

### 3) 卡塔尔 The Pearl 海水淡化项目

该项目处理水量为 3.5 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ，预定 2008 年开始运行。The Pearl 海水淡化项目位于卡塔尔首都多哈的海上所建造的人工岛度假胜地，由 UAE 的 METITO 公司负责项目建设，现正在施工当中。这是东丽在该国获得的第一个海水淡化膜订单。

### 4) 阿曼 Qarm Aram 海水淡化项目

该项目处理水量为 2.5 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ，预定 2008 年开始运行。此项目为阿曼的 Qarm Aram 油田开发用海水淡化项目，由法国威利雅(Violia) 公司负责建设。这是东丽在该国获得的第一个海水淡化膜订单。

以上四个项目的总处理量为 33.2 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ，这四个国家都位于阿拉伯湾沿岸区域，众所周知该区域的海水淡化难度相当高，所以目前为止采用反渗透法进行海水淡化的案例相当少。海水盐分浓度高（为沙特阿拉伯西侧红海的 1.3 倍）、35℃以上的高温、高浊度的内陆海水等特点



都是采用反渗透进行海水淡化的难点。

东丽公司在这个地区除了沙特阿拉伯的 **Al Jubail** 海水淡化项目外，还在阿联酋的离岛和度假胜地等的海水淡化项目中提供了 **RO** 膜，这些在苛刻海水区域的实际使用业绩促成了这些订单的相继得到。

另外，东丽在反渗透海水淡化领域的处理规模已超过 **280 万 m<sup>3</sup>/d**，是反渗透海水淡化的领头羊，这个处理量大致相当于 **1200 万人** 的生活用水量。今后与各竞争公司的市场份额之争将在全球达到白热化程度。

东丽计划积极开拓其他中东地区、北非、中国、印度、澳大利亚等地区的市场。

## 8 东丽获得新加坡最大城市污水再利用项目的反渗透膜订单 —继科威特 Sulaibiya 项目后的世界第二大规模

2008 年 7 月 24 日

东丽株式会社

东丽公司最近获得了新加坡樟宜(Changi)地区大型膜法城市污水再利用项目抗污染反渗透膜元件的订单。

该项目的处理水量为 22.8 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ，预定在 2009 年，2010 年分阶段实施。根据各阶段的工程进度膜元件的交货预定在 2008 年，2009 年分两次完成。该项目是新加坡政府的新生水(NEWater)政策下所规划的最后一个也是最大规模的项目。

樟宜新生水项目位于新加坡东部的国际机场附近，项目建设由该国大型企业集团胜科工业有限公司(SembCorp Industries)的公用事业部门 SembCorp Utilities 公司负责。再生处理水将作为工业用水或返回蓄水池作为饮用水源再利用。

一般情况下，江河，湖泊，水库等地表水作为城市水源。但是，新加坡是面积相当于东京都 23 区却拥有 430 万人口的工业国家，虽然处在热带雨林区域降雨量很大，但因为国土狭小水资源非常缺乏，大部分用水仍依赖由邻国马来西亚进口，所以作为国家政策政府相当重视水资源的确保。作为新兴水源受到注目的是生活污水，工业废水和海水。自 2002 年起，以 PUB（新加坡公用事务局）为中心，采用生活污水再利用技术推行 NEWater（新生水）政策，筹备建设以向蓄水池供给并作为工业用水再利用为目的的再利用设施。东丽的抗污染反渗透膜元件已在该国 Seletar 地区的高品质再生水项目中得到采用，从 2003 年 6 月交付使用以来（处理规模：2.4 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ），运行非常稳定。

另外在 2005 年启动的该国 Tuas 地区的亚洲最大的膜法海水淡化项目（处理规模：13.6 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ）中，东丽的海水淡化反渗透膜元件也获得采用，加上这次的订单在新加坡所使用的反渗透膜元件中有 6 成来自东丽。

从全球角度来看，使用膜技术的污水再利用项目比传统的污水处理厂节约占地面积，可以在产生污水的城市区域内直接使用，且设备投资相对低廉，有非常大的发展前景。这次东丽获得膜订单的樟宜项目是 NEWater 政策提倡以来最后一个也是最大规模的再生利用项目。在该领域拥有世界各地业绩的东丽抗污染反渗透膜元件获得采用，使东丽也成为了该国最大项目的膜供应商。另外东丽的抗污染反渗透膜在科威特 Sulaibiya 世界最大的膜法城市污水再利用项目（处理规模 32 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ）中也得到采用并稳定运行中，至此东丽的抗污染反渗透膜在世界第一位和第二位大规模的城市污水再生项目中都获得了采用。另外在中国天津泰达经济开发区生活污水再利用项目（处理规模 3 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ）相继获得采用，2007 年 12 月在澳大利亚的昆士兰州的大型生活污水再利用项目（处理规模 6.6 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ）也获得采用，使在这个领域的业绩稳步上升。

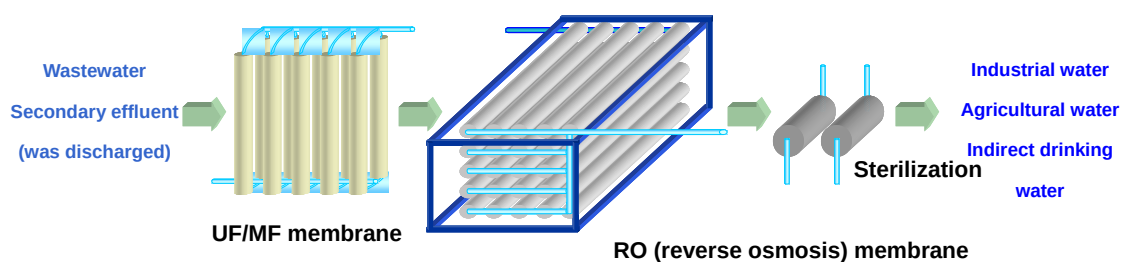
反渗透膜市场因为世界性水资源不足的严重化和环境可持续发展下水资源确保的需要，正持续以每年 10% 的增长率急速增长，今后将以美国，欧洲，中东/北非，中国为中心预期会有长足的发展。特别是近年来，超大型项目建设相继出现在海水/苦咸水的淡化，锅炉补给水用水制造等的工业

用途上，另一方面也涌现了城市污水再生利用等新市场，期待会有更多的市场需求。

为了对应这类不断增长的需求，东丽在 2007 年投资约 70 亿日元，在日本爱媛工厂和东丽美国膜工厂（简称 TMUS）增加了反渗透膜元件生产设备，另外在爱媛工厂也新设了制膜设备，使日美两工厂的生产能力成倍增长。

东丽计划今后继续在中东地区，地中海地区，中国，大洋洲等区域积极扩大销售范围，为解决世界性水资源不足作出贡献。

### Large-scale Membrane Treated Wastewater Reclamation Plants



Main Wastewater Reclamation Plants with Toray RO

| No. | Country   | Location      | Capacity<br>m <sup>3</sup> /d | Operation<br>Year |
|-----|-----------|---------------|-------------------------------|-------------------|
| 1   | Kuwait    | Sulaibiya     | 320,000                       | 2005              |
| 2   | Singapore | Changi        | 228,000                       | (2009)            |
| 3   | Australia | Luggage Point | 66,000                        | (2008)            |
| 4   | China     | Tianjin       | 30,000                        | 2006              |
| 5   | Singapore | Seletar       | 24,000                        | 2004              |

## 9 东丽公司与新加坡公用事业局就共同开发水处理事业缔结备忘录

2007 年 12 月 26 日

东丽株式会社

东丽株式会社（以下简称东丽）与新加坡公用事业局（PUB: Public Utilities Board Singapore, 以下简称「PUB」）就共同开发水处理事业缔结备忘录（MOU）。

东丽提供膜产品和技术及使用经验，PUB 提供相关系统运营管理的技术和经验以及实验场所，旨在开发解决未来世界水资源匮乏等问题的水处理技术及产品。

根据备忘录，第一阶段，东丽和 PUB 将进行新型水处理膜产品实用性的实验。采用东丽最新产品 PVDF 中空纤维超滤（UF）膜组件和 16 英寸大尺寸反渗透（RO）膜元件的污水回用实验将在明年早期启动。针对中长期内快速发展的革新性水处理技术，东丽和 PUB 还将进行新型水处理膜的研制和开发。此外，东丽和新加坡大学还将互派青年技术人员进行培训和学习。

近二十年间，PUB 在海水淡水化系统的建造和 NEWater 污水回用等技术开发领域中取得了显著的成果。到目前为止，东丽作为膜产品供应商一直与 PUB 进行紧密的合作。期望通过此次缔结备忘录，双方在水处理事业上取得更大更新的成果。

新加坡政府将水处理事业作为 3 项重要发展的领域之一，计划在未来 5 年投资 3.3 亿新元。同时还成立了环境和水工业发展委员会（EWI: Environment and Water Industry Development Council），由新加坡环境和水资源部下属的 PUB 和经济发展厅（EDB: Economic Development Board）共同监管，以促进新加坡环境和水工业的发展。

## 10 东丽公司获得澳大利亚某大型生活污水回用系统的反渗透膜元件订单

2007 年 12 月 25 日

东丽株式会社

东丽公司最近获得澳大利亚某大型生活污水回用系统的反渗透（RO）膜元件订单。该系统位于澳大利亚西海岸的第 3 大城市 Queensland 州首府布里斯班市，日产水量 6.6 万吨，定于 2008 年秋季运行。是名为“luggage point 联盟”的国际性经济援助项目，由 Queensland 州政府和 CH2M Hill(Australia) Ltd.(水处理环境方面设计、施工和咨询的跨国企业，总部在美国) 共同建设，系统产水将注入水库，做为生活用水和工业用水进行再生利用。

近年来澳大利亚遭遇空前的干旱天气，使城市供水严重不足。因此联邦政府和各州政府积极进行水资源方面的基础设施建设，在海水淡化和污水回用领域的投资计划激增。

生活污水回用系统，比常规的污水处理厂更节省占地空间，可以在城市中生活污水产生的地方就近建造，而且因为设备成本低廉，所以有着广阔的市场前景。这次采用东丽膜元件的 luggage point 生活污水回用系统是位于 Queensland 州政府西部的 korido 污水回用项目的重要组成部分，也是目前澳大利亚最大的污水回用项目，可以不受天气影响，稳定供水。东丽的抗污染反渗透膜被广泛应用于全球污水回用领域，东丽公司已成为澳大利亚主要的水处理膜供应商。

东丽的抗污染反渗透膜，从世界最大的膜法市政污水回用系统（科威特 SULAIBIYA，产水量 32 万吨/日）开始，相继在新加坡 seletar 再生水系统（产水量 2.4 万吨/日）、中国最大的膜法市政污水回用系统（天津泰达，产水量 3 万吨/日）等项目中被采用，已经稳步占据了这个应用领域中的主导地位。

由于全球性日益供水不足和水资源保护等因素的影响，反渗透膜市场正以每年 8% 的速度增长。预计今后的增长点将主要集中于美国、欧洲、中东・北非和中国市场。除海水・苦咸水淡化和锅炉补给水制造等应用领域外，污水回用新市场的快速增长正受到广泛关注。

为了满足快速增长的市场需求，去年 4 月东丽公司投资 70 亿日元，在日本爱媛工厂和 TORAY MEMBRANE USA（简称 TMUS）美国工厂扩大了 RO 膜生产线。去年 11 月又在爱媛工厂启用了新的 RO 膜生产线，使生产能力得到了成倍提高达到 725 万吨/日（制水能力换算）。

东丽公司今后还将继续加大力度，积极开拓中东、地中海区域，和中国、大洋洲市场。

## 11 东丽获得沙特阿拉伯的大型海水淡化项目的反渗透膜订单

2007 年 12 月 10 日

东丽株式会社

东丽株式会社最近获得了沙特阿拉伯的大型海水淡化项目的海水淡化反渗透膜订单。

该海水淡化项目是位于红海沿岸该国第二大城市吉达市（JEDDAH）南部的 Shuaibah 工业地区所建设的采用 RO 膜法的项目，处理规模为 15 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ，预定 2009 年初开始运行（膜在 2008 年交货）。

Shuaibah 工业区正开展独立的淡水化和发电事业（IWPP），已拥有石油火力发电并采用蒸馏法进行海水淡化。这次采用反渗透膜法建设另一座海水淡化项目，由韩国斗山重工业公司（Doosan Heavy Industries & Construction Co., Ltd.）负责项目建设，东丽公司提供海水淡化反渗透膜。



沙特阿拉伯是世界上最大的海水淡化市场，现在每年生产 12.4 亿  $\text{m}^3$  水。其中超过 85% 的水量来自蒸馏法等其他的技术，反渗透膜法项目还很少，但趋势上膜法项目正逐步增多，且项目本身的规模也正在变大。这是东丽公司在该国 Al Jubail 海水淡化项目（造水量 9.1 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 。其中 2.4 万  $\text{m}^3/\text{d}$  采用东丽膜、其他采用杜邦的产品。2000 年交货）以来所获得的大型海水淡化项目的订单，该项目在所有采用东丽反渗透膜的海水淡化项目中，其规模仅次于去年阿尔及利亚的 Hamma 海水淡化项目（处理规模 20 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 、2007 年交货）。

至此，东丽公司成为唯一的在加勒比海，地中海，中东，东亚等主要地区都获得 10 万  $\text{m}^3/\text{d}$  以上的超大型海水淡化项目订单的反渗透膜制造商，对技术要求苛刻的超大型项目的使用业绩在全球皆得到好评。

在世界性水资源严重缺乏和环境保护需求、水资源确保等的背景下，反渗透膜市场以每年 8% 以上的速度持续增长，预测今后也将以美国、欧洲、中东、北非、中国作为中心得到进一步发展。加上海水・苦咸水的淡化项目用途和锅炉补给水制造等产业用途的扩大，城市生活污水的再利用等新兴市场的培育，期待有更多的膜市场需求。

为了积极对应这些市场需求，今年 4 月东丽公司在日本爱媛工厂和东丽膜美国公司（简称 TMUS）的日美两家工厂增加了反渗透膜元件的生产设备，另外爱媛工厂的制膜设备新系列也将开始启动，届时生产能力将成倍增长。东丽在海水淡化领域的累积订单业绩按处理规模换算已超过 200 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ，是该领域的领头羊。而这个量大致相当于 800 万人的生活用水量。

东丽公司今后仍计划积极扩大在中东地区，地中海地区，中国，大洋洲等地区的市场份额。

## 第七节 东丽反渗透膜元件三年按比例有限质量保证书

东丽公司（以下简称东丽）提供给用户（以下称买方）就其所生产的卷式反渗透膜元件的材料、制造和元件性能提供以下有限的质量保证：

### 1 材料及制造保证

东丽保证其销售的反渗透膜元件在材料和制造方面没有缺陷。依照可适用的强制性法律规范，东丽承担在买方接收产品之日起 1 年之内材料和制造方面的保证义务。在所声明的材料及制造保证之下，买方特有的补偿要求及东丽（包括运输及销售过程中的机构）对于买方的保证义务是有限的。如出现因膜元件材料及制造方面引起的问题，并经过东丽确认，东丽负责在原销售合同规定的交货期内进行维修或更换。膜元件的更换作业费用由买方自行负责。为避免误解，东丽重申本材料及制造保证不适用于由于未遵循东丽运行及操作手册的要求，或未在良好工况下运行所造成的膜元件的损坏。

### 2 初始性能保证

依据东丽的产品样本说明书中规定的测试条件，东丽膜元件具有该产品样本中规定的初始最小产水量和最小脱盐率。如果有任何膜元件没有达到规定的初始性能，买方需把相关缺陷及时通知东丽，东丽在确认性能缺陷后，将决定是否进行维修或更换新元件。在这种情况下，东丽将承担运输费用。

### 3 性能保证

质保期限内（见“4 质保期限”），在东丽产品样本说明书所规定的标准测试条件下，东丽对膜元件提供如下性能保证：

- (a) 其盐透过率不超过最大盐透过值的 3 倍；
- (b) 其产水量不低于产品样本说明书规定的最小产水量值的 70%。

### 4 质保期限

东丽保证三年的膜元件性能，三年起始时间以下列任一时间点先到为准（“保证期限”）：

- (a) 自预处理以后的水进入 RO 膜系统之日起；
- (b) 在美国的制造厂发货至美国、加拿大、墨西哥的情况下，从膜元件装运发货之日起三个月后开始计算；在其他情况下，从膜元件装运发货之日起六个月后开始计算。

### 5 质保条件

如果以下所列条件任何一条不能满足，东丽在上述章节中所保证的质保条款无效。

- (a) 膜系统的设计必须符合工程条件要求和东丽运行及操作说明书所推荐的要求，运行的工程条件不得超过东丽产品样本说明书中所限定的工程条件。

(b) 膜系统的设计参数包括膜元件的排列、回收率以及仪表和放置膜元件的压力容器等必须符合可靠的工程技术要求，东丽保留审阅系统设计的权利；不管东丽是否实施审查系统设计的权利，东丽不对因系统设计所导致的损害承担赔偿责任。

(c) 膜元件不得受沉淀物、悬浮物、以及任何影响膜性能的有机物、无机积垢物、化学药剂或生物滋生的污染；进水中不得含有油、脂或其它有害于膜元件的有机与无机类物质；不得含有臭氧、活性氯等被证实对膜元件的运作有危害的强氧化剂；

(d) 不得使用非离子型表面活性剂或阳离子型活性剂、以及混凝剂进行化学清洗，也不得让膜元件与其接触；

(e) 膜元件在启动、正常操作及清洗过程中不应受到任何物理冲击，例如负荷冲击、震动、脉动、空气或水锤等造成的损伤。任何时间背压(反渗透产水侧静压减去浓水侧静压)不得超过  $0.7\text{kg/cm}^2$  (10psi)；

(f) 当标准条件下系统性能（产水量、脱盐率或压力损失）出现下降现象，应及时采取相应的措施；

(g) 买方有责任向最终用户提供合理的系统操作和维护手册，且应提供操作者与管理者的培训，以保证用户有能力进行清洗和其它的系统性能恢复处置并进行一般的故障诊断；

(h) 买方必须保留膜系统开始运行以后的所有操作记录，包括故障处置、日常维护管理等，并将这些数据以标准格式整理，以便于分析查找故障原因。当买方依照质保条款向东丽提出赔偿要求时，必须同时提供给东丽操作记录数据；

(i) 安装和使用之前，膜元件必须在原始包装的状态下储存，避免日光的直接照射，储存环境空气温度不得高于  $35^{\circ}\text{C}$  ( $95^{\circ}\text{F}$ ) 或低于  $0^{\circ}\text{C}$  ( $32^{\circ}\text{F}$ )。

## 6 保修责任

(a) 在该质量保证下，买方特有的补偿要求和东丽(包括运输及销售过程中的机构)的保证义务都是有限的。如果任何膜元件没有达到规定的保证性能，东丽将决定采取何种措施如修理、恢复、更换或追加膜元件等，并以当前售价作一个适当比例(质保年限的未达成率)的折扣后调换该元件，该价格不包括由此产生的关税、增值税以及安装等各种费用。

(b) 东丽的质保责任仅限于修理或调换的总数小于或等于最初安装且出现性能问题的组件数目。膜元件的更换作业而产生的费用由买方自行负责。

(c) 东丽可自行决定（1）派遣其专家和/或外部专家到现场测试；或者（2）要求买方将怀疑有缺陷的膜元件用对方付费的方式运回东丽检测。如果测试结果显示：（1）膜元件性能下降是由于违反性能保证的原因引起的，或者（2）该膜元件的运行性能符合性能保证，买方将需要向东丽付费 1000 美元/天·人，另外还需向东丽支付由此所导致的测试、返还膜元件的运输等相关费用。

## 7 附加说明

(a) 膜系统需要添加阻垢剂时，请向生产厂家确认相容性。

(b) 第一小时操作期内的透过水必须排放掉。

(c) 使用甲醛溶液作为杀菌剂时，膜元件必须正常运行至少 **24** 小时以上。如果在这时间内将膜暴露于福尔马林，将会导致产水量的大幅度下降。

(d) 在向东丽发送需要质量检测的膜元件之前，请联系当地东丽客户代表。

## 8 质保声明

除了上述保证之外，不提供任何其他保证。任何商业性的、暗示性的担保，以及对于特殊用途的适用的保证均被排除在保证范围之外。对于因买方故意或过失造成损害，或因其他第三方造成的损害，东丽不负有任何质保责任。此保证书的失效、终止、或解除均不影响所有对于责任的限制。任何未能够或拒绝完整地向东丽提供东丽膜元件的使用和运行参数，将使除了材料及制造保证之外所有的担保均无效。

## 第八节 东丽反渗透膜元件的质量认证

### 1 东丽反渗透膜元件的ISO9001认证书



2 东丽反渗透膜元件的ISO9001认证书

JQA 環境マネジメントシステム審査登録制度  
**環境マネジメントシステム登録証**




Accredited by RvA



**JAB**  
EMS Accreditation  
Certificate No. RE006



登録証番号 **JQA-EMO440**

---

事業者名: **東レ株式会社**  
**愛媛工場**

所在地: **愛媛県伊予郡松前町筒井1515**

当機構は、貴社(事業所)の環境マネジメントシステムを審査した結果、JIS Q 14001:1996 (ISO 14001:1996) の要求事項に適合していることを証します。

初回発行日: 平成11年 6月 4日

更新日: 平成14年 6月 4日

財団法人 日本品質保証機構

理事長 **森久間謙司**

ISO 審査本部

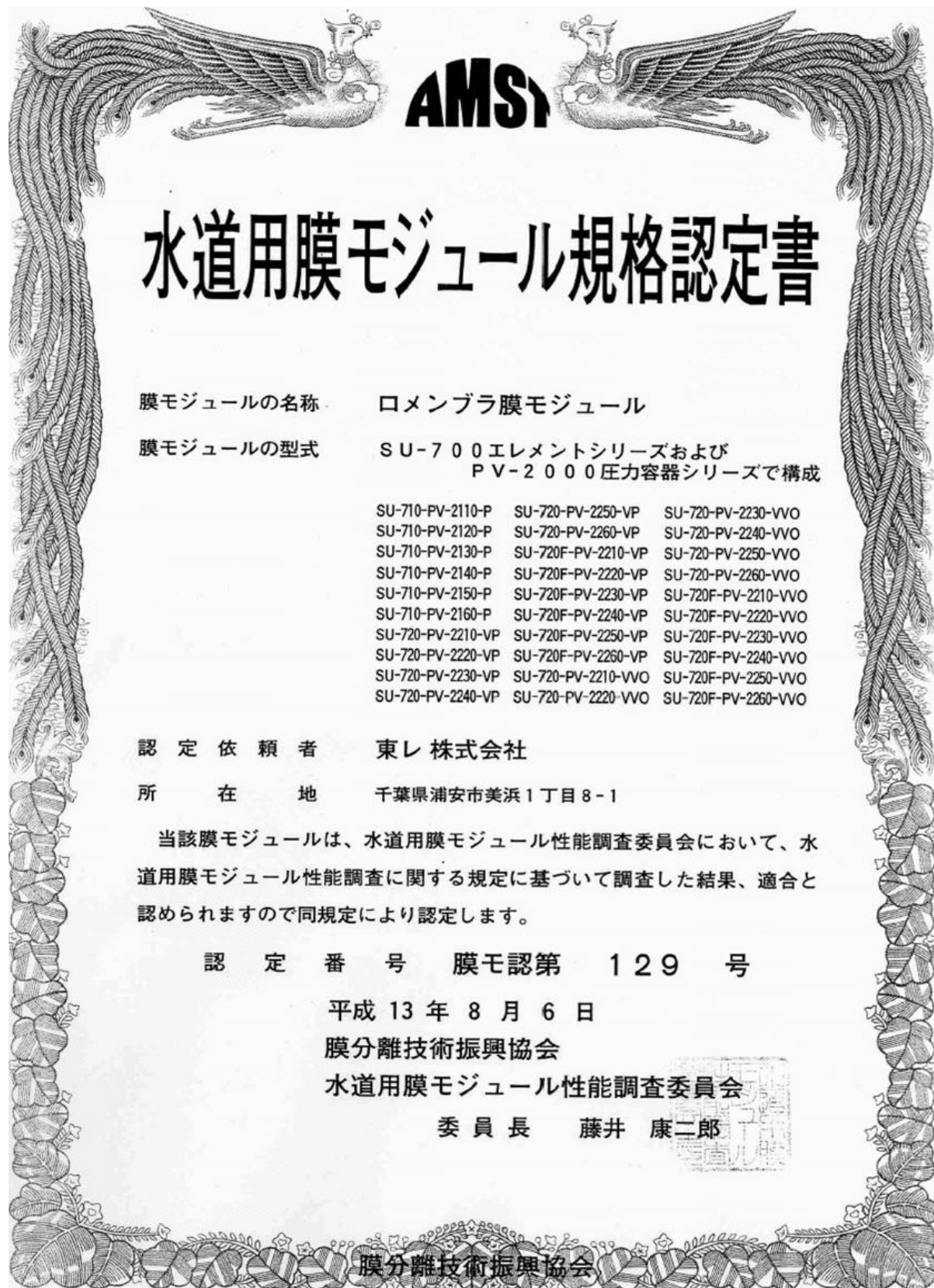
本部長 森田 允史

本証には付属書がありますので、合わせてご覧ください。

**JQA**

再生紙を使用しておりま  
98.4 D75010

3 东丽反渗透膜元件的卫生部门认证书-1



4 东丽反渗透膜元件的卫生部门认证书-2



# 水道用膜モジュール規格認定書

膜モジュールの名称      ロメンブラ膜モジュール

膜モジュールの型式      SUL-Gエレメントシリーズおよび  
PV-2000圧力容器シリーズで構成

|                    |                     |                      |
|--------------------|---------------------|----------------------|
| SUL-G10-PV-2110-P  | SUL-G20-PV-2250-VP  | SUL-G20-PV-2230-VVO  |
| SUL-G10-PV-2120-P  | SUL-G20-PV-2260-VP  | SUL-G20-PV-2240-VVO  |
| SUL-G10-PV-2130-P  | SUL-G20F-PV-2210-VP | SUL-G20-PV-2250-VVO  |
| SUL-G10-PV-2140-P  | SUL-G20F-PV-2220-VP | SUL-G20-PV-2260-VVO  |
| SUL-G10-PV-2150-P  | SUL-G20F-PV-2230-VP | SUL-G20F-PV-2210-VVO |
| SUL-G10-PV-2160-P  | SUL-G20F-PV-2240-VP | SUL-G20F-PV-2220-VVO |
| SUL-G20-PV-2210-VP | SUL-G20F-PV-2250-VP | SUL-G20F-PV-2230-VVO |
| SUL-G20-PV-2220-VP | SUL-G20F-PV-2260-VP | SUL-G20F-PV-2240-VVO |
| SUL-G20-PV-2230-VP | SUL-G20-PV-2210-VVO | SUL-G20F-PV-2250-VVO |
| SUL-G20-PV-2240-VP | SUL-G20-PV-2220-VVO | SUL-G20F-PV-2260-VVO |

認 定 依 頼 者      東レ株式会社

所      在      地      千葉県浦安市美浜1丁目8-1

当該膜モジュールは、水道用膜モジュール性能調査委員会において、水道用膜モジュール性能調査に関する規定に基づいて調査した結果、適合と認められますので同規定により認定します。

認 定 番 号      膜モ認第      131      号

平成 13 年 8 月 6 日

膜分離技術振興協会

水道用膜モジュール性能調査委員会

委 員 長      藤井 康一郎



膜分離技術振興協会