目　　录

第一章　东丽集团及水处理事业介绍 ..... - 5 -

第一节　东丽集团概况 ..... - 5 -
第二节　蓝星东丽膜科技（北京）有限公司简介 ..... - 6 -
第三节　东丽集团水处理事业概要 ..... - 8 -

第二章　东丽反渗透膜的研发及 UTC 膜片性能特点 ..... - 11 -

第一节　东丽反渗透膜的研发历史 ..... - 11 -
第二节　东丽 UTC 膜片性能特点 ..... - 13 -

第三章　东丽反渗透膜及纳滤产品选用指南 ..... - 19 -

第一节　东丽 ROMEMBRA™ 膜元件简介 ..... - 19 -

第二节　东丽反渗透/纳滤膜产品命名方式 ..... - 20 -

第三节　东丽反渗透/纳滤膜产品一览表 ..... - 21 -

3.1　ROMEMBRA™ 低压反渗透/纳滤膜元件 ..... - 21 -
3.2　ROMEMBRA™ 高压反渗透膜元件 ..... - 22 -
第四节　东丽反渗透/纳滤膜产品选用指南 ..... - 22 -
4.1　按给水含盐量(TDS:mg/L) ..... - 23 -
4.2　用途分类表 ..... - 23 -
4.3　按给水类型及预处理方法分类 ..... - 24 -
第四章　东丽反渗透/纳滤膜元件性能特点与规范 ..... - 25 -
第一节　极超低压反渗透膜元件 TMH 系列 ..... - 25 -
1.　极超低压反渗透膜元件的性能 ..... - 25 -
2.　TMH10A 4 英寸极超低压反渗透膜元件 ..... - 27 -
3.　TMH20A-400C 8 英寸极超低压反渗透膜元件 ..... - 29 -
4.　TMH20A-440C 8 英寸极超低压反渗透膜元件 ..... - 31 -
第二节　超低压反渗透膜元件 TMG 系列 ..... - 33 -
1　超低压反渗透膜元件的性能 ..... - 33 -
2　TMG10D 4 英寸超低压化学耐久性反渗透膜元件 ..... - 36 -
3　TMG20-370C 8 英寸超低压反渗透膜元件 ..... - 38 -
4　TMG20-400C 8 英寸超低压反渗透膜元件 ..... - 40 -
5　TMG20-440C 8 英寸超低压反渗透膜元件 ..... - 42 -
6　TMG20D -400 8 英寸超低压高化学耐久性反渗透膜元件 ..... - 44 -
7　TMG20D -440 8 英寸超低压高化学耐久性反渗透膜元件 ..... - 45 -
第三节　低压反渗透膜元件 TM7 系列 ..... - 48 -
1　低压反渗透膜元件的性能 ..... - 48 -
2　TM710D 4 英寸低压高化学耐久性反渗透膜元件 ..... - 51 -
3　TM720-370 8 英寸低压反渗透膜元件 ..... - 53 -
4　TM720-400 8 英寸低压反渗透膜元件 ..... - 55 -
5　TM720-440 8 英寸低压反渗透膜元件 ..... - 57 -
6　TM720C-440 8 英寸低压高脱硼反渗透膜元件 ..... - 59 -
7　TM720D-370 8 英寸低压高化学耐久性反渗透膜元件 ..... - 61 -

8 TM720D-400 8 英寸低压高化学耐久性反渗透膜元件 - 63 -
9 TM720D-440 8 英寸低压高化学耐久性反渗透膜元件 - 65 -
第四节 抗污染反渗透膜元件 TML 系列 - 67 -
1 抗污染反渗透膜元件的性能 - 67 -
2 TML10D 4 英寸高化学耐久性抗污染反渗透膜元件 - 69 -
3 TML20N-400 8 英寸宽流道抗污染反渗透膜元件 - 71 -
4 TML20D-370 8 英寸高化学耐久性抗污染反渗透膜元件 - 73 -
5 TML20DA400 8 英寸高化学耐久性抗污染反渗透膜元件 - 75 -
6 TML20D-400 8 英寸高化学耐久性抗污染反渗透膜元件 - 77 -
第五节 海水淡化反渗透膜元件 TM8 系列 - 79 -
1 海水淡化反渗透膜元件的性能 - 79 -
2 TM810C 4 英寸标准型海水淡化反渗透膜元件 - 82 -
3 TM820C-400 8 英寸标准型海水淡化反渗透膜元件 - 84 -
4 TM820M-400 8 英寸标准型高脱盐高脱硼海水淡化反渗透膜元件 - 86 -
5 TM820M-440 8 英寸标准型高脱盐高脱硼海水淡化反渗透膜元件 - 88 -
6 TM820E-400 8 英寸大通量海水淡化反渗透膜元件 - 90 -
7 TM820R-400 8 英寸大通量高脱盐高脱硼海水淡化反渗透膜元件 - 92 -
8 TM820R-440 8 英寸大通量高脱盐高脱硼海水淡化反渗透膜元件 - 94 -
9 TM810V 4 英寸高通量高脱盐节能型海水淡化反渗透膜元件 - 96 -
10 TM820V-400 8 英寸高通量高脱盐节能型海水淡化反渗透膜元件 - 98 -
11 TM820V-440 8 英寸高通量高脱盐节能型海水淡化反渗透膜元件 - 100 -
12 TM820K-400 8 英寸超高脱盐高脱硼海水淡化反渗透膜元件 - 102 -
13 TM820K-440 8 英寸超高脱盐高脱硼海水淡化反渗透膜元件 - 104 -
第六节 低压纳滤复合膜元件 - 106 -
1 TM610 4 英寸低压纳滤膜元件 - 107 -
2 TM620N-400 8 英寸低压纳滤膜元件 - 109 -
3 TM620-440 8 英寸低压纳滤膜元件 - 111 -
4 TMN10H 4 英寸低压纳滤膜元件 - 113 -
5 TMN20H-400 8 英寸低压纳滤膜元件 - 115 -
第七节 东丽反渗透膜元件温度校正系数 - 117 -
第五章 水化学与预处理 - 118 -
第六章 反渗透单元设计 - 139 -
第一节 反渗透和纳滤的基本原理和概念 - 139 -
1.1 渗透 - 139 -
1.2 反渗透 - 140 -
1.3 反渗透和纳滤机理 - 140 -
第二节 基本术语和定义 - 141 -
2.1 死端过滤/错流过滤 - 141 -
2.2 回收率 - 142 -
2.3 脱盐率/透盐率 - 143 -
2.4 通量 - 144 -
2.5 浓差极化因子 - 145 -
第三节 系统的组成和配置 - 145 -
3.1 单膜组件系统 - 146 -

3.2 单段系统 - 146 -
3.3 多段系统 - 147 -
3.4 多级系统 - 148 -
第四节 系统的设计步骤 - 149 -
第五节 东丽反渗透系统设计软件使用指南 - 152 -
第六节 设计应用举例 - 172 -
第七章 反渗透膜元件的安装、操作与维护 - 183 -
第一节 膜元件安装 - 183 -
1.1 安装前准备工作 - 183 -
1.2 拆开膜元件包装 - 183 -
1.3 膜元件和零部件的组装 - 185 -
1.4 装填过程记录 - 187 -
1.5 初次启动检查 - 187 -
第二节 膜元件拆卸 - 188 -
第三节 RO 系统启动检查 - 188 -
3.1 试运行前检查 - 188 -
3.2 日常操作中的定期启动校验 - 190 -
3.3 启动过程参数 - 190 -
3.4 高压泵（HPP）启动程序 - 190 -
第四节 RO 系统关机注意事项 - 193 -
4.1 短期停机 - 193 -
4.2 长期停机 - 193 -
第五节 反渗透系统冲洗步骤 - 194 -
第六节 反渗透膜元件停机维护与保存 - 194 -
6.1 停机维护注意事项 - 195 -
6.2 反渗透膜元件保存 - 195 -
第八章 反渗透系统的化学清洗 - 196 -
第一节 反渗透化学清洗概述 - 196 -
1.1 引言 - 196 -
1.2 反渗透系统清洗说明 - 196 -
1.3 不使用化学物质的清洗程序 - 197 -
1.4 化学清洗药剂的选择与条件 - 197 -
第二节 几种典型清洗与消毒方法 - 199 -
2.1 柠檬酸清洗程序 - 199 -
2.2 十二烷基磺酸钠(NA-SDS)清洗剂清洗程序 - 200 -
2.3 六聚偏磷酸钠+盐酸的清洗程序 - 201 -
2.4 反渗透/纳滤膜元件的消毒方法 - 202 -
第三节 反渗透清洗系统的设计 - 204 -
3.1 典型清洗系统流程 - 204 -
3.2 清洗系统容积的计算 - 205 -
3.3 清洗泵的确定 - 205 -
第九章 反渗透系统的运行监控与故障分析 - 206 -
第一节 反渗透系统的运行监控及数据记录 - 206 -

第二节 反渗透系统故障快速诊断与排除 ..... - 225 -
第三节 常用的故障检测方法 ..... - 230 -

第十章 技术文献、专题研讨、质量保证与产品认证 ..... - 234 -

第一节 科威特 SULAIBIYA 世界最大的膜法污水回用系统 ..... - 234 -
第二节 特立尼达·多巴哥岛 136,000m3/d 海水淡化系统 ..... - 237 -
第三节 新加坡 TUAS 环太平洋最大的海水淡化系统 ..... - 241 -
第四节 日本冲绳海水淡化厂的十年运行经验 ..... - 243 -
第五节 高脱硼率的海水淡化膜 ..... - 247 -
第六节 红海岸 SHUAIBAH 3 期扩建反渗透海水淡化厂的两年运行历史 ..... - 256 -
第七节 最新的高性能反渗透膜研发成果 ..... - 269 -
第八节 高耐久性低污染 RO 膜及其应用 ..... - 278 -
第九节 百万吨级 SWRO 项目中化学药剂投加对触发生物污染的机理研究 ..... - 286 -
第十节 百万吨级海水淡化系统的低压反渗透膜 ..... - 295 -
第十一节 东丽新型苦咸水淡化 RO 膜 ..... - 301 -
第十二节 改进型 RO 系统在阿拉伯海湾高温高浓度海水淡化中的应用 ..... - 307 -
第十三节 改进型生物生长速度监测设备及其作为 RO 系统运行和优化的指标 ..... - 315 -
第十四节 海水淡化反渗透膜氧化的定量化分析 ..... - 324 -
第十五节 东丽膜产品应用最新进展-东丽株式会社新闻稿 ..... - 330 -
第十六节 专题研讨 ..... - 356 -
16.1 专题一：反渗透系统新膜投运注意事项 ..... - 356 -
16.2 专题二：如何控制微生物污染 ..... - 357 -
16.3 专题三：反渗透系统氧化事故的发生与预防 ..... - 358 -
16.4 专题四：高水温条件下的系统维护 ..... - 359 -
16.5 专题五：及时的化学清洗是保证系统稳定运行的必要条件 ..... - 360 -
16.6 专题六：低温对 RO 系统的影响及应对方法 ..... - 362 -
16.7 专题七：反渗透膜元件的更换 ..... - 363 -
16.8 专题八：反渗透膜清洗系统的设计指南 ..... - 364 -
16.9 专题九：RO 系统停机保存方法 ..... - 366 -
16.10 专题十：反渗透系统污染的简易判断方法 ..... - 368 -
16.11 专题十一：RO 系统运行数据标准化的意义 ..... - 370 -
16.12 专题十二：市政饮用水用什么膜 ..... - 372 -
16.13 专题十三：怎样选择合适的反渗透膜产品 ..... - 374 -
16.14 专题十四：反渗透系统仪表校正 ..... - 376 -
16.15 专题十五：反渗透膜系统对预处理的要求 ..... - 378 -
16.16 专题十六：干式膜元件和湿式膜元件的区别 ..... - 379 -
第十七节 东丽反渗透膜元件三年按比例有限质量保证书 ..... - 381 -
第十八节 东丽反渗透膜元件的质量认证 ..... - 384 -

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 21 个国家和地区设有 240 家企业；

拥有雇员约 4 万名；

年度净销售总额约 167 亿美元（2014 财政年度）；

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 年至今　东丽是上海国际马拉松赛的创始赞助商

第二节　蓝星东丽膜科技（北京）有限公司简介

1　公司概况

近年来，全球水资源短缺及水质污染问题日趋严重。中国是贫水国家，对关键水处理技术和自主反渗透膜产品的需求显得尤为迫切。东丽集团在膜法水处理行业居于世界领先地位，蓝星集团是中国膜与水处理龙头企业，在中日环保论坛两国政府的促成下，蓝星与东丽合资成立蓝星东丽膜科技（北京）有限公司（简称 TBMC），专业从事反渗透膜系列产品的生产和销售，实现高端反渗透膜产品技术的本土化。

自 2009 年成立以来，蓝星东丽已经建成国内规模最大、技术最先进、品种最齐全的反渗透膜生产基地，成为中国第一家真正拥有整套全球领先的全自动制膜卷膜技术的反渗透膜供应商。依托曾用于世界最大废水回用、海水淡化项目及超纯水领域的产品技术经验，蓝星东丽致力于通过提供更高性价比的产品和卓越的技术服务，与客户合作共赢，为中国水资源安全和环境保护事业做贡献。

蓝星东丽反渗透膜工厂坐落于北京顺义空港工业区，其全自动化生产线在东丽日本、美国工厂的工艺基础上进行了升级，技术更先进、自动化程度更高。蓝星东丽在引进东丽最先进的全套反渗透膜生产技术的同时，实施东丽全球统一的生产管理模式，采用全球统一的质量标准，生产高品质的 8 英寸和 4 英寸反渗透膜元件。

2　发展历程

2009 年 8 月　蓝星东丽反渗透膜工厂奠基;

2011 年 1 月　蓝星东丽宣布为曹妃甸日产 5 万吨海水淡化项目提供高脱硼海水淡化膜

2011 年 1 月　蓝星东丽宣布为国内最大市政海水淡化项目——青岛百发日产 10 万吨海水淡化项目提供高脱硼海水淡化反渗透膜

2011 年 9 月　蓝星东丽宣布推出新一代化学耐久性反渗透膜——拓夫™（红膜）

2011 年 12 月	蓝星东丽膜科技（北京）有限公司顺利通过中国合格评定国家认可委员会（CNAS）的认证审核，获得 ISO9001:2008 版质量管理体系认证证书、环境管理体系认证证书和职业健康安全管理体系认证证书。
2014 年 11 月	蓝星东丽蓝星东丽膜科技（北京）有限公司四大类产品取得国家卫生和计划委员颁发的涉水证明

3 产品供应

蓝星东丽出产的反渗透膜元件具备东丽全球统一的质量保证，以高脱盐率、高产水量、低能耗、抗污染著称，已经广泛应用于电厂、化工厂、钢铁厂锅炉补给水，以及城市污水、工业废水回用、海水淡化和市政净水项目等。

2011 年，蓝星东丽推出新一代化学耐久性反渗透膜产品——拓夫 ™ 膜（英文名：TOUGH™），开始了反渗透膜产品的全面革新。拓夫 ™ 膜融合了最先进的纳米技术，利用东丽专有的分子设计技术和精密界面聚合技术控制膜孔径分布和高阶功能聚酰胺层的结构，不仅脱盐率和产水量达到行业最领先的水平，其化学耐久性也大大提高：能满足客户频繁的清洗需求，在有机物、生物污染条件下具有更高的恢复能力；通过耐受微量余氯，在全膜法系统中为用户创造更简易方便的操作环境。由于采用特殊的纳米技术制膜工艺，拓夫 ™ 膜元件端面呈现淡红色，是全球反渗透膜行业第一款红膜。

4 服务机构

北京总部	地址：北京顺义天竺空港工业区 B 区裕安路 28 号，101318
	电话：86-10-80485216
	传真：86-10-80485217
上海办事处	地址：上海市徐汇区零陵路 899 号飞洲国际广场 25 楼 C 室，200030
	电话：86-21-54891886
	传真：86-21-54890098

我们为客户提供完善的技术培训、设计咨询、故障诊断、运行培训等技术服务。

如需了解蓝星东丽更多详情，敬请您关注我们的官方网站：www.tbmc-bj.com

第三节 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 多年的从事液体分离膜的基础研究和产品开发的经验和业绩。在日本、美国、中国拥有三个生产基地，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 4,230 万 m^3/d 以上的反渗透膜使用业绩。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。其中海水淡化反渗透膜业绩已达到 1060 万 m^3/d 以上，包括使用在目前世界上最大规模的海水淡化项目（阿尔及利亚 Magtaa，50 万 m^3/d）。污水再利用业绩已达到 400 万 m^3/d 以上，包括世界第一和第二大规模的污水再利用项目均采用了东丽抗污染反渗透膜。

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。

东丽在 2014 年已收购韩国子公司“Toray Chemical Korea”（旧熊津化学）。收购的企业在家用净水器用的水处理膜上很强，与在海水淡化等工业用膜方面强大的东丽是互补的关系。简单计算的话，东丽的水处理膜（反渗透膜）的世界市场占有率大约为 30%，与“第一的美国陶氏化学并驾齐驱”。所以，收购企业有助于开拓随着在东南亚等地越来越多中等收入家庭的出现而增长的家用净水器市场。

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，除了生产技术部门以外，公司还拥有地球环境研究所等研发机构，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为: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。

2009 年 8 月东丽在新加坡南洋理工大学成立了水处理技术研发中心「Toray Singapore Water Research Center (简称：TSWRC)」。TSWRC 今后将更加强化现在推进的与 PUB 的共同研究，预定实施 MBR 和 RO 膜的组合技术在生活污水再利用的中试试验。还将利用 NTU 的见习制度与大学加深合作，在 2015 年将研究人员体制扩大为 50 人，计划将 TSWRC 作为继日本，中国以后水处理技术的主力研究 开发基地重点发展。

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、亚太脱盐协会、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，也是亚太脱盐协会的会长单位，日本脱盐协会的事务局单位，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 UTC 膜片性能特点

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。用于水处理的反渗透膜，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、污水再利用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、苦咸水淡水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水化系统的基本专利；
1996 年　沖绳海水淡水化厂（40,000m^3/d）中的第 1 期（30,000m^3/d）设备中，投入海水淡水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」系列在以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水化系统获得 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水化膜系统在马斯 帕格马斯（西班牙）的海水淡化厂

（4,500m^3/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^3/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/Al Jubail 海水淡化厂（91,000m^3/d）提供的海水淡化膜「UTC-80H」和系统运行技术，至今以 24,000m^3/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^3/d）海水淡化厂提供全套海水淡水化膜元件，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^3/d）提供 TML 系列抗污染反渗透膜元件（TML20-400 约 21,000 支），2005 年 3 月开始商务运行；

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^3/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　在上海成立了水处理研发中心，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^3/d 系统提 TML 系列抗污染膜元件；

2007 年　向国内最大电子超纯水项目无锡海力士 20,000m^3/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^3/d 系统提供高性能海水淡化膜元件 TM820E-400；

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^3/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 Shuaibah150,000m^3/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^3/d 提供 TML/TM7 系列反渗透膜元件。

2009 年　开发 34mil 宽给水流道的 TML20N-400 抗污染膜元件；

2009 年　开发出高脱硼节能型 TM820R 系列海水淡化膜元件，并获得阿尔及利亚的全世界最大海水淡化项目（500,000m^3/d）反渗透膜元件订单。

2010 年　东丽在新加坡与南洋理工大学合作成立水处理技术研发中心。

2011 年　获得青岛和曹妃甸大型海水淡化项目，提供最新的高脱硼节能型海水淡化膜。

2011 年　东丽的[细孔控制反渗透膜的开发和工业化]获得年度高分子学会奖。

2011 年　开发出高耐久性苦咸水淡化反渗透膜并实现产业化。

2012 年　开发出高耐久性抗污染反渗透膜并实现产业化

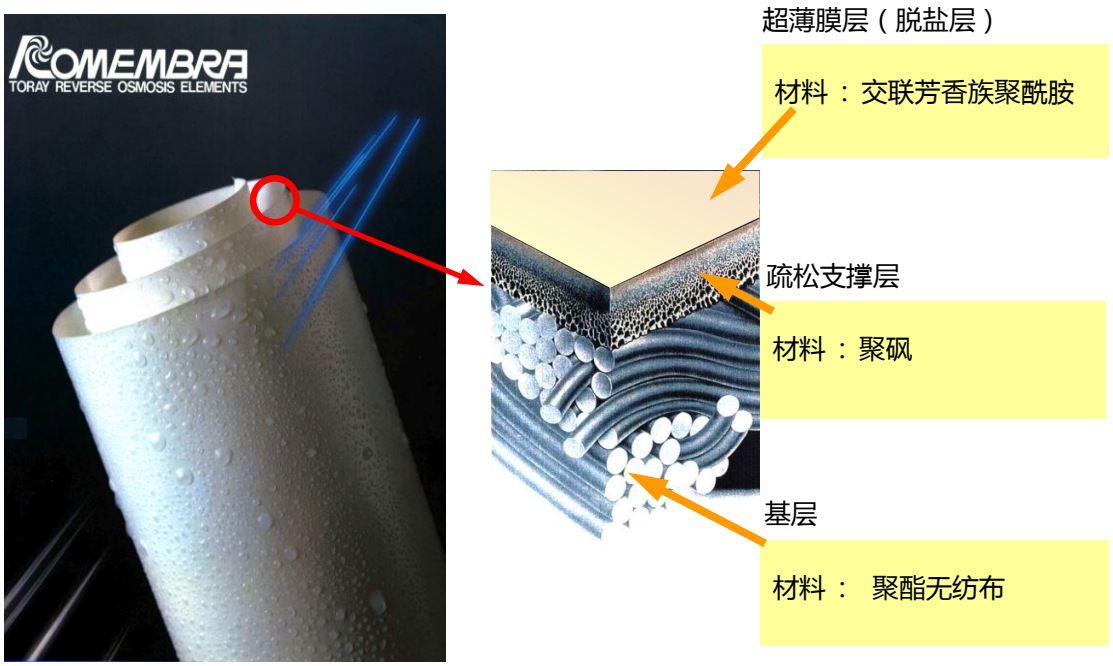
2014 年　开发出高耐久性超低压反渗透膜并实现产业化

第二节 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 系列膜片在世界环保、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。

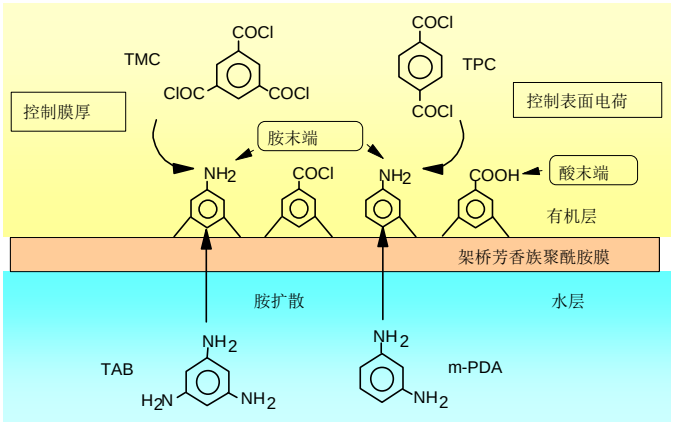


图 1 复合膜界面重缩合的模式图

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膜片。图 2 表示采用了 TAB 的架桥芳香族聚酰胺的构造。

对这个化学反应中四个成分进行合适的组成调节，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。

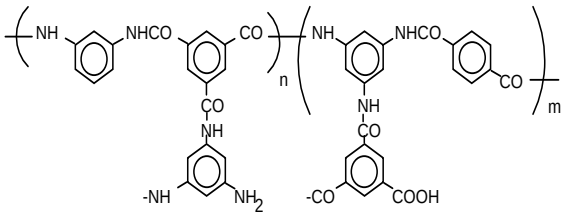


图 2 采用了 TAB 的架桥芳香族聚酰胺的

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。

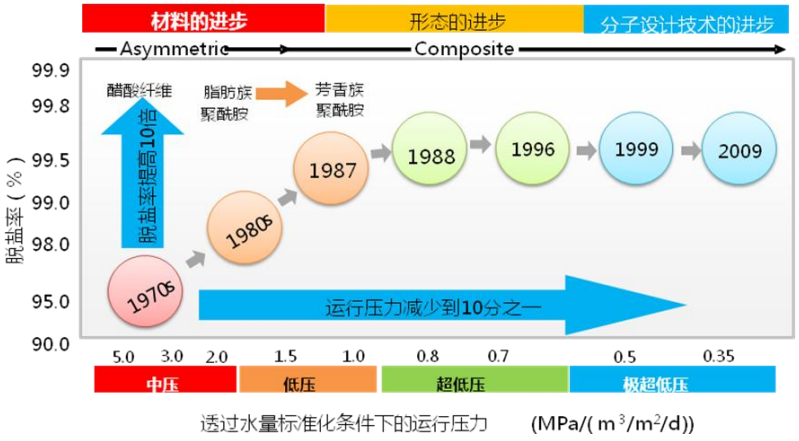


图 3 反渗透膜低压化的进程

2.3 海水淡化用 UTC-80 膜片及其最新研发动向

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。

虽然，理想的海水 RO 膜应该具有高透水性和高的溶质去除性能。通常透水性增加和溶质脱除率降低有一个逆向权衡，聚合物之间的空间形成了 RO 膜上的孔，膜孔的尺寸和数量决定着 RO 膜的性能。也就是说，水中溶质的去除决定于膜孔尺寸，透水性决定于膜孔的数量。为了获得更优的性能，RO 膜的分子结构和溶质传输机理的科学研究是必需的。

近来，东丽的科研人员首次采用正电子湮灭时间光谱法（PALS）分析复合海水膜分离功能层的膜孔尺寸，每种膜的膜孔尺寸范围约在 5.6-7.0Å。分离功能层孔径范围被认为是 RO

膜特性的表征。而且，RO 膜孔径和溶质渗透性具有一定相关性。显然，孔径增大，水中小分子溶质如硼的渗透性增加。因此，分离功能层的孔径被认为是 RO 膜控制溶质去除特性的主要因素之一。

根据过去的膜表面形态学研究得知，RO 膜表面分离功能层材质是交联芳香族聚酰胺，呈现褶皱结构，然而，传统的 SEM 分析方法只显示出表面信息，如图 4（左图）给出的表面形态。但我们不清楚这种结构对膜的分离特性有何作用。

通过透视电子显微镜（TEM）方法来分析 RO 膜表面褶皱构造，如图 4 的右图，给出了一个定量化的表面形态。根据这个图像，由于褶皱结构内部被证明类似洞穴，因此这种结构对透水性的贡献被认可。通过这个分析，获得了预测内部结构、膜表面面积（由突起脊线长度表示）和膜厚度的新参数。通过比较不同透水性的膜、大表面面积的膜或具有更薄的厚度的膜拥有更大的透水性，据此可以推测膜面褶皱的形态与膜的透水性的相关性。因此，通过膜孔尺寸和膜面形态学的研究，大大推进了有关于 RO 膜溶质去除性与透水性能的研究。

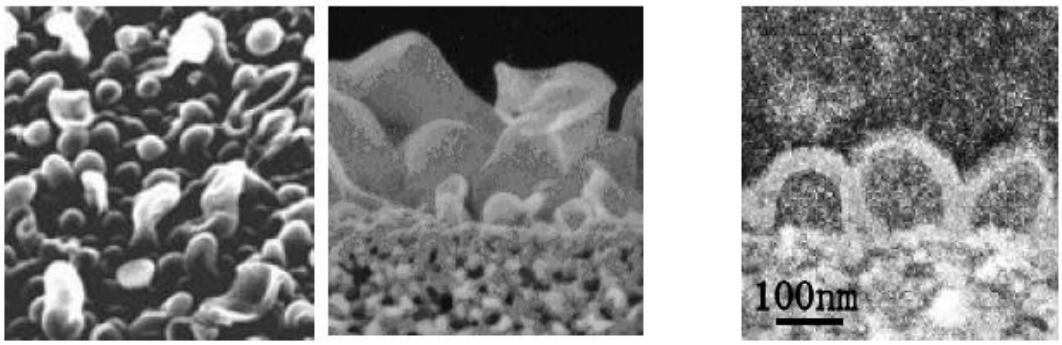


图 4 膜面形态的图像（传统 SEM 和经过特殊处理的 TEM 图像）

基于上述研究，东丽采用能控制 RO 膜物理、化学性的特殊分子设计方法研发了最新的高脱盐节能型海水淡化反渗透膜元件。其详细规格见表 1。TM820C 具有 93%硼去除率和高脱盐率。TM820V、TM820M 和 TM820R 均具有高脱盐率和高产水性能。TM720C 由于具有碱耐久性，通常用于多阶段工艺的第二级。最近，具有超高脱盐率的 TM820K 研发成功并上市，已被工程验证拥有高性能并稳定运行。作为下一目标，具有更低能耗膜 TM820L 已发布。

表 1 东丽海水 RO 膜的产品系列

时期	产品	规格*			特征
		TDS Rej.（%）	产水量（GPD,（m^3/d））	硼去除率（%）	
现在	TM820C-400	99.75	6,500（24.6）	93	标准型
	TM820E-400	99.75	7,500（28.3）	91	节能 高脱硼率
	TM820V-400	99.8	9,000（34.1）	92	
	TM820M-400	99.8	7,000（26.5）	95	
	TM820R-400	99.80	9,400（35.6）	95	
	TM820K-400	99.86	6,400（24.2）	96	极高脱盐率
	TM720C-400	99.2	8,800（33.3）	94	耐碱（pH10）
新产品	TM820L-400	99.80	13,500（51.1）	92	高节能

2.4 高化学耐久性膜片

近年来随着 RO 膜技术的用途不断扩大，处理对象的原水种类也越来越多，为了保证长期稳定地提供高质量的产水，对膜性能的稳定性，特别是药剂清洗后性能变化的控制要求越来越高。

针对上述市场现状，东丽利用自己独特的亚纳米（Å＝100 亿分之 1m）精度的细孔径控制技术，使细孔构造稳定化而不受周围环境影响。成功研制了能维持优异脱盐性能和透水性能，同时扩大了药品清洗时的 pH 范围、大幅改善了对微量余氯等氧化剂的耐久性的高耐久性 RO 膜。

2.5 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。

RO 膜技术创新的进一步研究仍在进行当中，其中一些是为了更好地理解 RO 膜的传输机理和膜性能控制。相信在不久的将来，一定会生产出具有理想特性的先进的反渗透膜。

现有的膜材料无外乎有机和无机两种，有机高分子膜拥有良好的性能和多功能用途，但其化学耐久性影响了其使用寿命。而无机材料膜虽然具有极佳的化学耐久性，但其性能和成本限制了其用途开发。如果我们设想把两者的优势融合起来，那将会给膜行业带来新一代膜产品。

水孔蛋白和纳米碳管被认为是具有先进特性的新型 RO 膜的基本材质，因此对其的研究利用将成为下一代 RO 膜的新挑战。另外正渗透（forward osmosis: FO）作为解决能源消耗问题的候选工艺之一，也吸引了许多关注。然而，这些研究均处于初始阶段，需要化大量时间、努力才能取得大的突破性进展。

第三章　东丽反渗透膜及纳滤产品选用指南

第一节　东丽 ROMEMBRA™ 膜元件简介

东丽 ROMEMBRA™ 反渗透（RO）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、更低的运行压力、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。

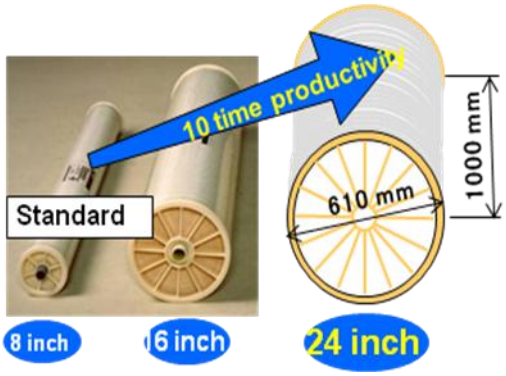
东丽 ROMEMBRA™ 膜元件为卷式结构，独特的排气端盖设计、较宽的流道格网，保证了膜元件具有更高的抗冲击、抗污染性能。

东丽 ROMEMBRA™ 膜元件型号及使用条件如下：

- TM7　低压苦咸水反渗透膜元件
- TM720N　低压宽流道苦咸水反渗透膜元件
- **TM720D**　低压**高化学耐久性、耐污染**苦咸水反渗透膜元件
- TM720C　低压高脱硼苦咸水反渗透膜元件
- TML　低压抗污染反渗透膜元件
- TML20N　低压宽流道抗污染反渗透膜元件
- **TML20D**　低压**高化学耐久性、抗污染**反渗透膜元件
- TMH　极超低压反渗透膜元件
- TMG　超低压反渗透膜元件
- **TMG20D**　超低压**高化学耐久性、耐污染**反渗透膜元件
- TM820C　标准海水及高浓度苦咸水淡化反渗透膜元件
- TM820E　低能耗海水及高浓度苦咸水淡化反渗透膜元件
- TM820V　低能耗、高通量、高脱盐海水及高浓度苦咸水淡化反渗透膜元件
- TM820M　高脱盐、高脱硼海水及高浓度苦咸水淡化反渗透膜元件
- TM820R　高脱盐、高脱硼、高通量海水及高浓度苦咸水淡化反渗透膜元件
- TM820K　超高脱盐、超高脱硼海水及高浓度苦咸水淡化反渗透膜元件
- **TM6**　中等脱盐率纳滤膜，高有机物、杀虫剂、除草剂、病毒过滤率

东丽 ROMEMBRA™ 膜元件标准长度为 40 英寸（1016mm）。

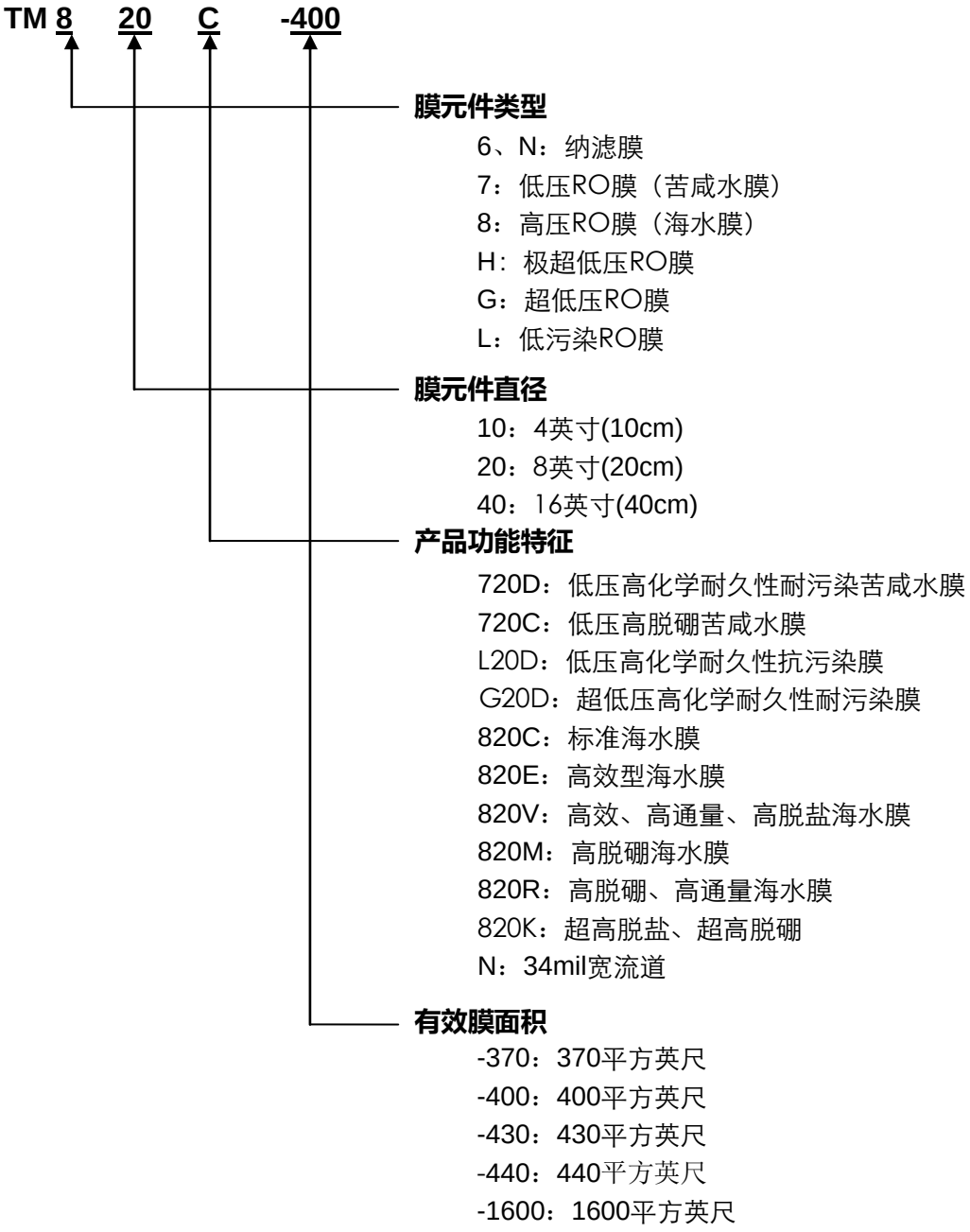
膜元件目前的标准直径系列为 4 英寸、8 英寸、16 英寸。直径 24 英寸的膜元件正在开发中。



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；
- ◆ 独特的侧端开孔设计，更高的抗水力冲击能力；
- ◆ 更宽的耐 pH 能力；
- ◆ 在相同的水通量条件下，拥有同类产品更高的脱盐率、更低的操作压力；
- ◆ 全自动生产线生产，100％出厂测试，保证膜元件性能一致性；

第二节　东丽反渗透/纳滤膜产品命名方式



TORAY

第三节 东丽反渗透/纳滤膜产品一览表

3.1 ROMEMBRA™ 低压反渗透/纳滤膜元件是东丽公司研制开发的用于苦咸水脱盐淡化的架桥芳香族聚酰胺复合膜，具有运行压力低，产水量高和除盐性能好等特点。

类型	膜元件型号	性能参数		结构参数			测试条件
		脱盐率 (%)	产水量 gpd(m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	流道宽度(mil)	产水管内径(mm)	
TOUGH™ 高化学耐久性 高脱盐高通量	TM710D	99.8	2,600(9.8)	87(8)	31	19	2000mg/LNaCl,225psi, 25℃,pH7,Ry15%
	TM720D-370	99.8	10,200(39)	370(34)	34	29	
	TM720D-400	99.8	11,000(41.6)	400(37)	34	29	
	TM720D-440	99.8	12,100(45.8)	440(41)	28	29	
TOUGH™ 高化学耐久性 抗污染	TML10D	99.8	1,900(7.2)	73(7)	34	19	2000mg/LNaCl,225psi, 25℃,pH7,Ry15%
	TML20D-370	99.8	9,700(36.7)	370(34)	34	29	
	TML20DA400	99.8	10,500(39.7)	400(37)	31	29	
	TML20D-400	99.8	10,500(39.7)	400(37)	34	29	
TOUGH™ 高化学耐久性 超低压	TMG10D	99.7	2,850(10.8)	87(8)	31	19	2000mg/LNaCl,150psi, 25℃,pH7,Ry15%
	TMG20D-400	99.7	12,100(45.8)	400(37)	34	29	
	TMG20D-440	99.7	13,300(50.3)	440(41)	28	29	
纳滤 高脱盐	TMN10H	95~99	2,400(9.1)	87(8)	31	19	500mg/LNaCl,100psi, 25℃,pH7,Ry15%
	TMN20H-400	95~99	12,000(45.5)	400(37)	31	29	
纳滤 浓缩分离	TM610	>97	1,800(6.3)	87(8)	31	19	2000mg/L$MgSO_4$,70psi, 25℃,pH7,Ry15%
	TM620N-400	>97	8,500(32.3)	400(37)	34	29	
	TM620-440	>97	9,300(35.2)	440(41)	28	29	
高脱盐	TM720-370	99.7	9,500(36.0)	370(34)	31	29	2000mg/LNaCl,225psi, 25℃,pH7,Ry15%
	TM720-400	99.7	10,200(38.6)	400(37)	31	29	
	TM720-440	99.7	11,300(42.6)	440(41)	28	29	
高脱硼	TM720C-440	99.2 /95(硼)	9,000(34.1)	440(41)	28	29	2000mg/LNaCl,150psi 25℃,pH10,Ry15%
超低压	TMG20-370C	99.5	9,500(36.0)	370(34)	34	29	500mg/LNaCl,110psi, 25℃,pH7,Ry15%
	TMG20-400C	99.5	10,200(38.6)	400(37)	31	29	
	TMG20-440C	99.5	11,300(42.6)	440(41)	28	29	
极超低压	TMH10A	99.3	2,400(9.1)	87(8)	31	19	500mg/LNaCl,100psi, 25℃,pH7,Ry15%
	TMH20A-400C	99.3	11,000(41.6)	400(37)	31	29	
	TMH20A-440C	99.3	12,100(45.7)	440(41)	28	29	
抗污染	TML20N-400	99.7	10,200(38.6)	400(37)	34	29	2000mg/LNaCl,225psi, 25℃,pH7,Ry15%

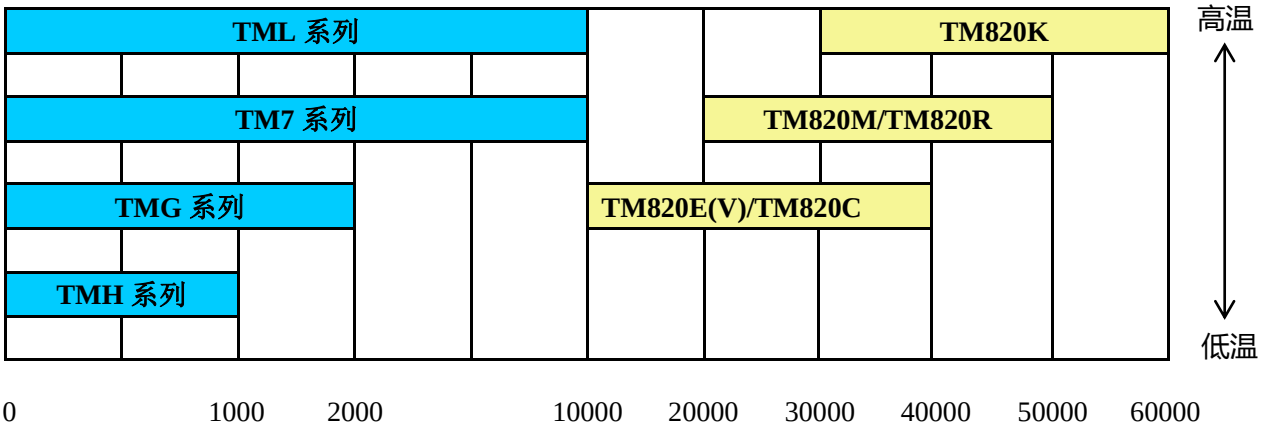
3.2 ROMEMBRA™ 高压反渗透膜元件是东丽公司研制开发的用于海水及高浓度苦咸水淡化的架桥芳香族聚酰胺复合膜，具有运行压力低，产水量高和除盐性能好等特点。随着近年来各国对水中硼元素的关注，东丽又开发出具有世界最高脱硼率的海水淡化膜。

元件类型	膜元件型号	性能参数			结构参数			测试条件
		脱盐率 (%)	脱硼率 (%)	产水量 gpd(m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	流道宽度 (mil)	产水管内径 mm	
标准	TM810C	99.75	93	1,200(4.5)	73(7)	31	19	32000mg/LNaCl, 800psi,25℃, pH7,Ry8% (pH8 5mg/L Boron added to Feed water)
	TM820C-400	99.75	93	6,500(24.6)	400(37)	34	29	
	TM820M-400	99.8	95	7,000(26.5)	400(37)	34	29	
	TM820M-440	99.8	95	7,700(29.2)	440(41)	28	29	
大通量	TM820E-400	99.75	91	7,500(28.3)	400(37)	34	29	
	TM820R-400	99.8	95	8,500(32.2)	400(37)	34	29	
	TM820R-440	99.8	95	9,400(35.6)	440(41)	28	29	
低能耗	TM810V	99.8	92	1,900(7.2)	87(8)	28	19	
	TM820V-400	99.8	92	9,000(34.1)	400(37)	34	29	
	TM820V-440	99.8	92	9,900(37.5)	440(41)	28	29	
超高脱盐	TM820K-400	99.86	96	5,800(21.9)	400(37)	34	29	
	TM820K-440	99.86	96	6,400(24.2)	440(41)	28	29	

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。

第四节 东丽反渗透/纳滤膜产品选用指南

4.1 按给水含盐量(TDS:mg/L)



4.2 用途分类表

膜元件型号	特长适用	主 要 用 途					
		饮料水 精制	纯水 超纯水	海水 淡化	废水 回用	有价物 回收	市政 饮用水
TM6	极超低压 软化脱盐	◎				◎	
TMN	超低压 软化脱盐	◎					◎
TMH	极超低压	◎	◎		○	○	◎
TMG	超低压	◎	◎		○	○	◎
TMG-D	超低压 耐污染	◎	◎		○	○	◎
TM7	高脱盐率 高产水量	◎	◎		○	○	○
TM7-D	高脱盐率 高产水量 耐污染	◎	◎		○	○	○
TM7-C	二级反渗透 高脱硼	◎	○		○	○	
TML	低压 抗污染	◎	◎		◎	○	

膜元件型号	特长适用	主 要 用 途					
		饮料水 精制	纯水 超纯水	海水 淡化	废水 回用	有价物 回收	市政 饮用水
TML-D	低压 高脱盐率 抗污染	◎	◎		◎	○	
TM8	耐高压 高脱盐	◎		◎	○	◎	

4.3 按给水类型及预处理方法分类

原水及预处理方法	RO 透过水	井水/ 软化水	地表水		海水		废水三级处理水	
			MF/UF 预处理	多介质 过滤	沙滩井	明渠流	多介质 过滤	MF/UF
膜元件型号	TMG-D	TMG-D	TM7-D	TM7-D	TM8	TM8	TML-D	TML-D
	TMG	TMG	TM7	TM7			TML	TML
	TMH	TM7	TMG-D	TMG-D			TM7-D	TM7-D
	TM7							TMG-D

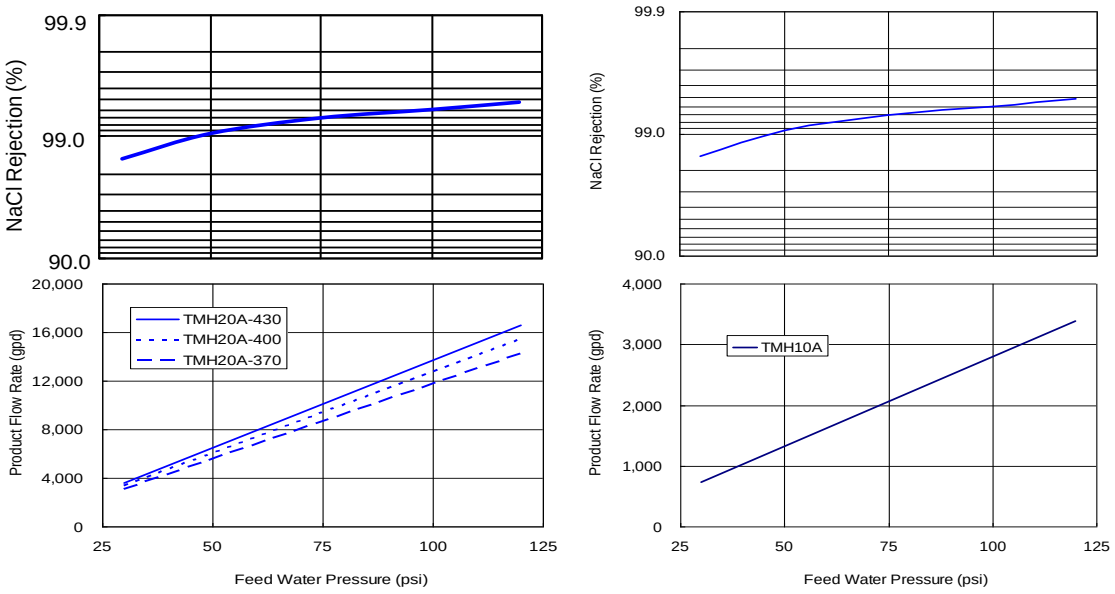
第四章　东丽反渗透/纳滤膜元件性能特点与规范

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。

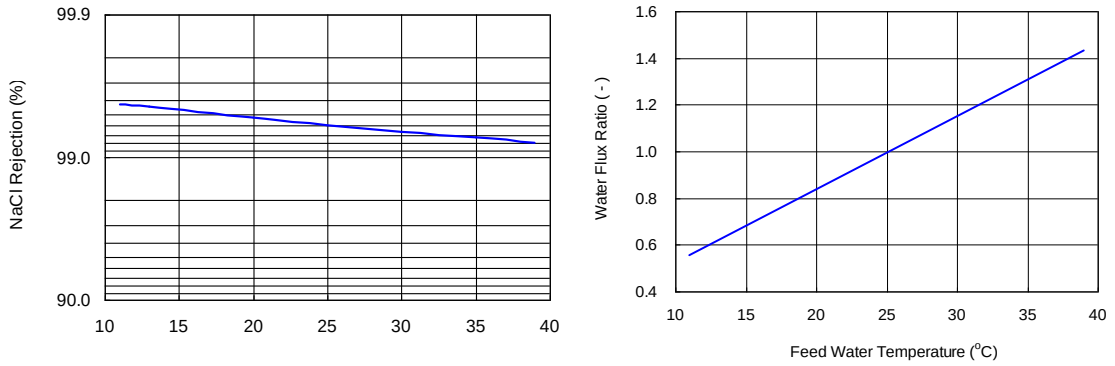
1.　极超低压反渗透膜元件的性能

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



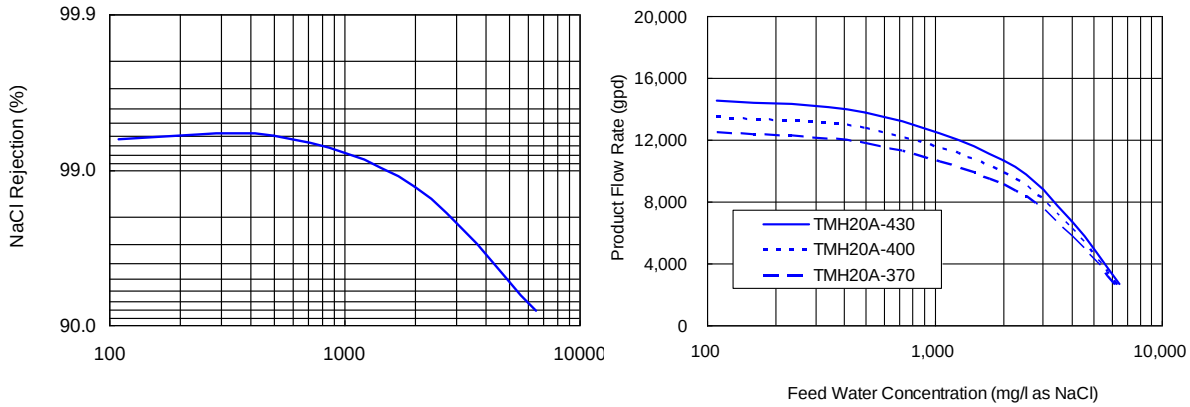
测试条件：25 ℃(77 ˚F)；500 mg/L as NaCl；pH=7；15%回收率

1.2　膜元件在不同的温度下的脱盐率及过水通量的变化



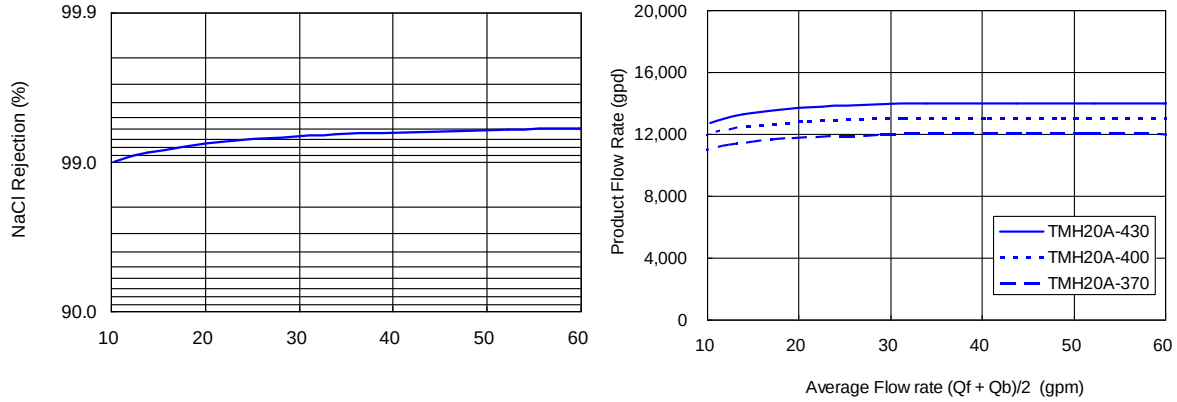
测试条件：0.69MPa(100 psi)；500 mg/L as NaCl；pH=7；15%回收率

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 ℃(77 ˚F)；pH=7；15%回收率

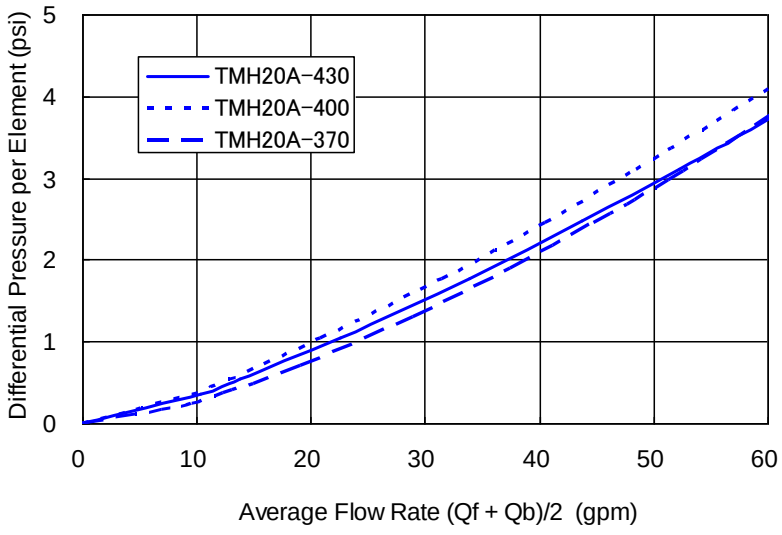
1.4 膜元件在不同的给水流量条件下的脱盐率及产水性能



Qf：原水流量　　Qb：浓水流量

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

2. TMH10A 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。

2.1 膜元件性能规范

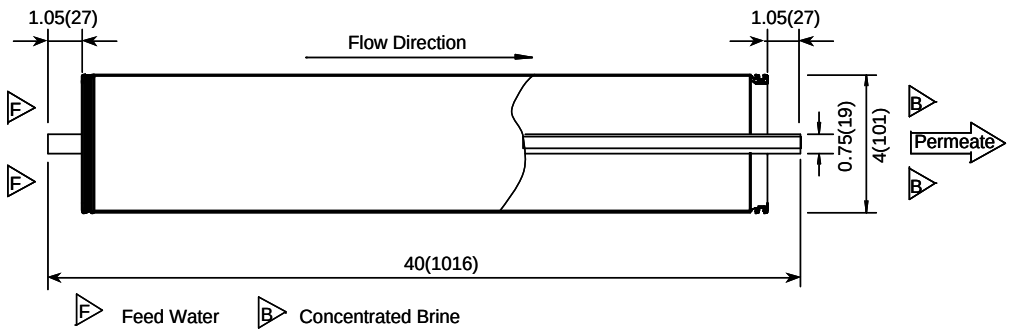
膜元件型号	标准脱盐率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TMH10A	**99.3**	**2,400 (9.1)**	**87 (8)**	**31**

测试条件：	操作压力	100 psi (0.69MPa)
	测试液温度	77 ° F (25 ℃)
	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^3/d)

2.2 使用极限条件

最高操作压力 ……365psi (2.5MPa)
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 ……15psi (0.10MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34MPa)

2.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



2.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

3. TMH20A-400C 8 英寸极超低压反渗透膜元件

TMH20A-400C 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。

3.1 膜元件性能规范

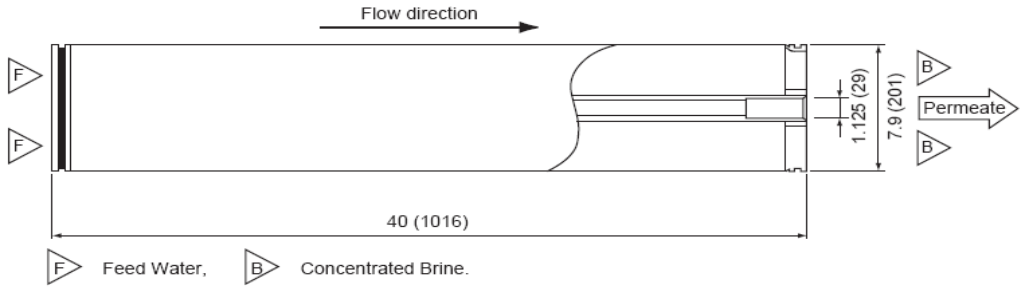
膜元件型号	标准脱盐率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TMH20A-400C	**99.3**	**11,000 (41.6)**	**400 (37)**	**31**

测试条件：	操作压力	100 psi (0.69MPa)
	测试液温度	77°F (25℃)
	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		8,800gpd(33.3m^3/d)

3.2 使用极限条件

最高操作压力 ……365psi (2.5MPa)
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 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34MPa)

3.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



3.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

4. TMH20A-440C 8 英寸极超低压反渗透膜元件

TMH20A-440C 极超低压反渗透膜元件，有效膜面积为 440 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

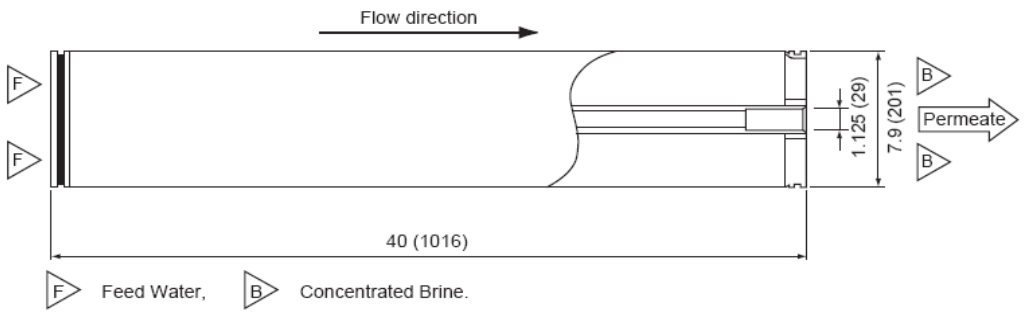
膜元件型号	标准脱盐率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TMH20A-440C	**99.3**	**12,100 (45.7)**	**440 (41)**	**28**

测试条件：	操作压力	100 psi (0.69MPa)
	测试液温度	77°F (25℃)
	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		9,500gpd(35.9m^3/d)

4.2 使用极限条件

最高操作压力 ……365psi (2.5MPa)
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 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34MPa)

4.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



4.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

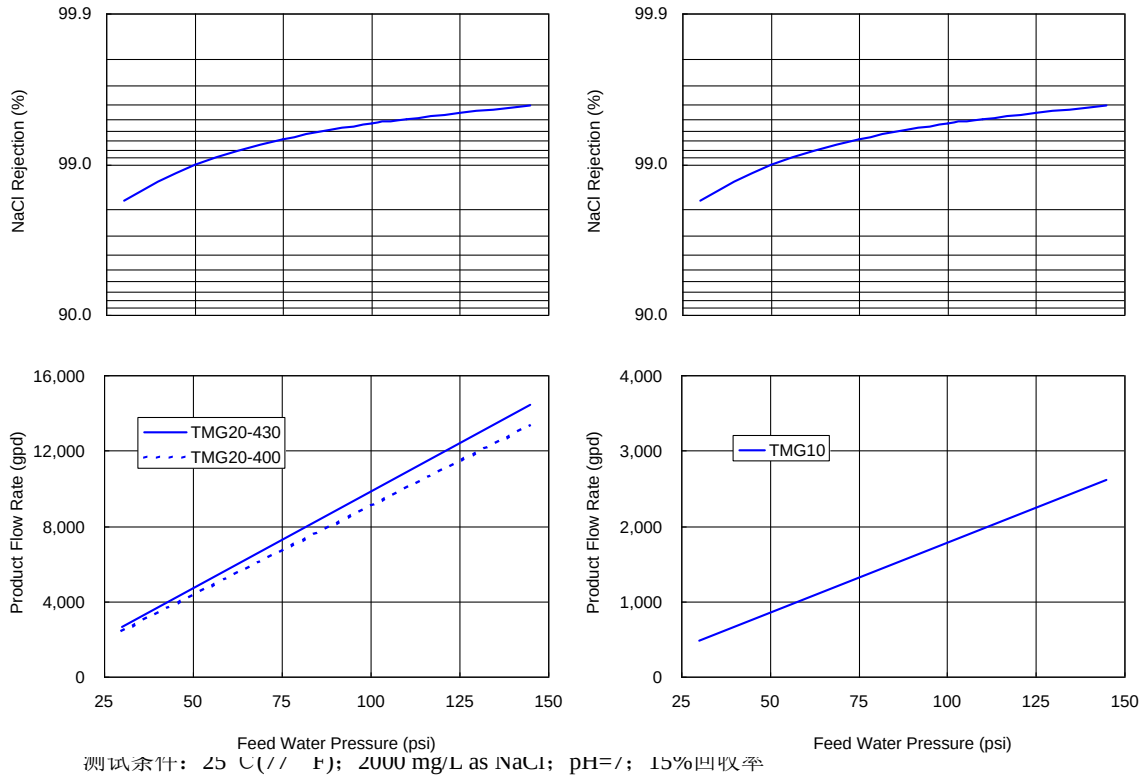
2 由于技术改进及产品更新换代，技术资料可能会随时改变，无须事先声明。

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。

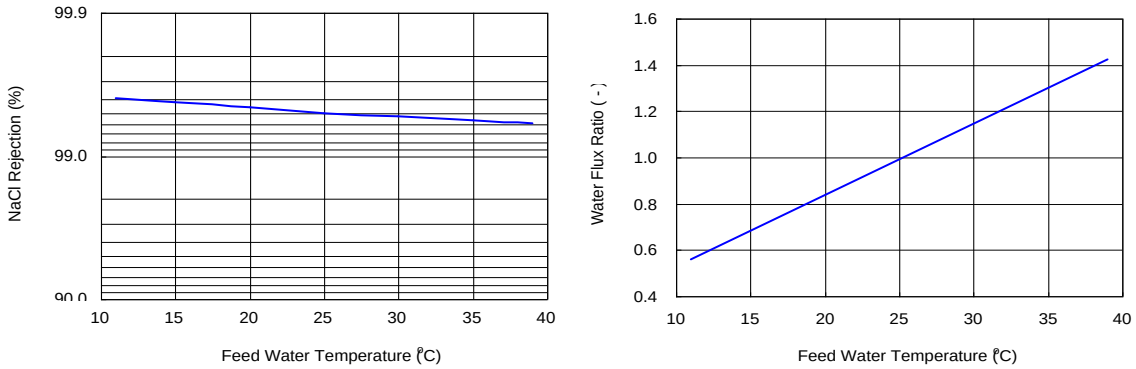
1　超低压反渗透膜元件的性能

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



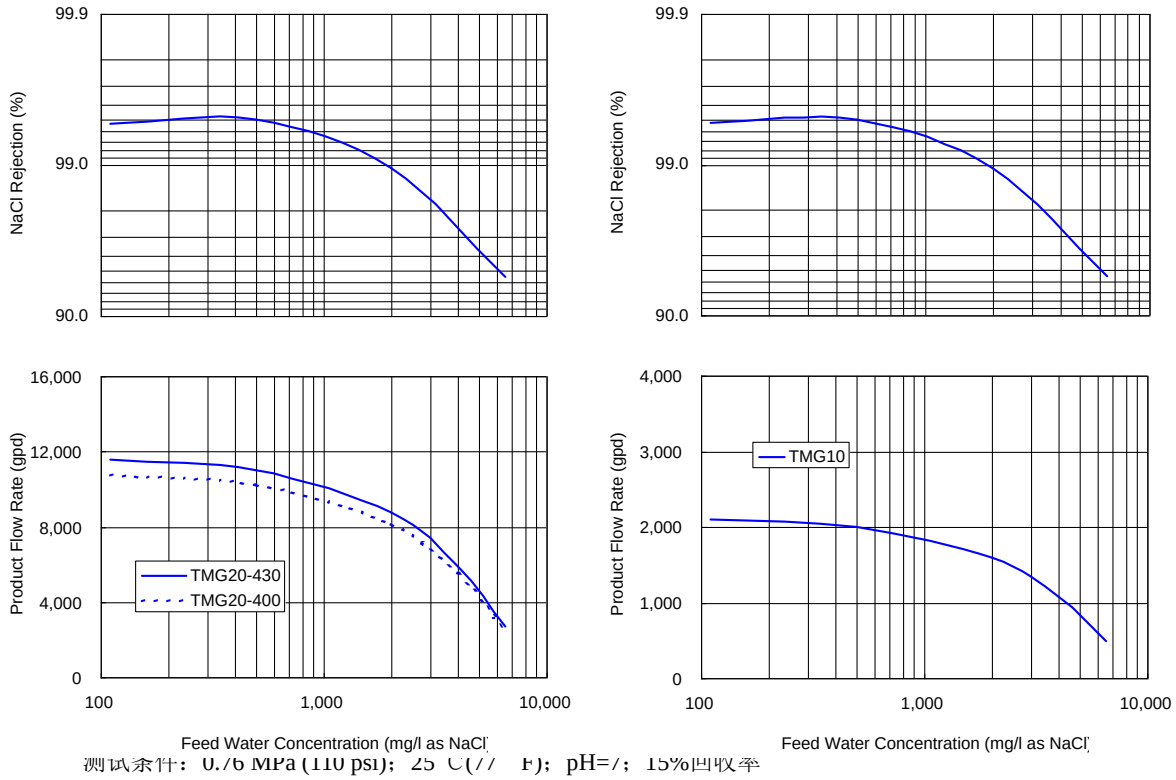
测试条件：25 ℃(77　F)；2000 mg/L as NaCl；pH=7；15%回收率

1.2　膜元件在不同的温度下的脱盐率及过水通量的变化



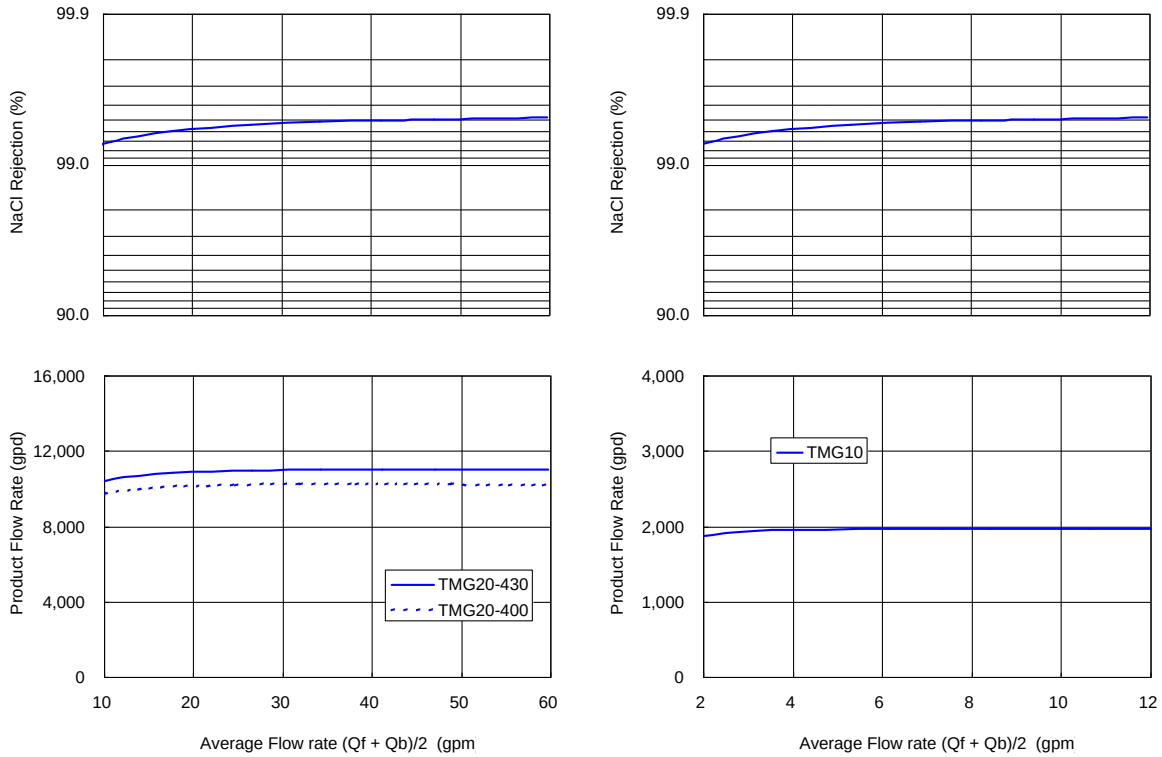
测试条件：0.76　MPa (110 psi)；500 mg/L as NaCl；pH=7；15%回收率

1.3　膜元件在不同的含盐量条件下的脱盐率及产水性能



测试条件：0.76 MPa (110 psi)；25 ℃(77 ˚F)；pH=7；15%回收率

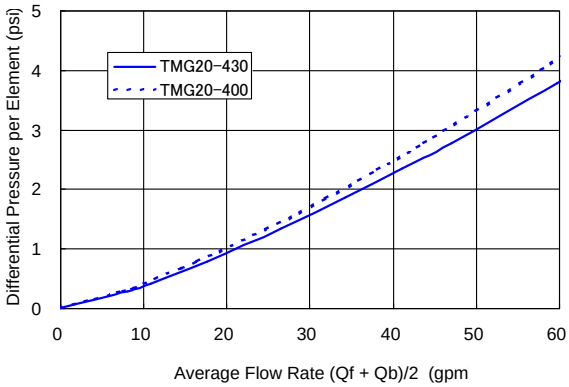
1.4 膜元件在不同的给水流量条件下的脱盐率及产水性能

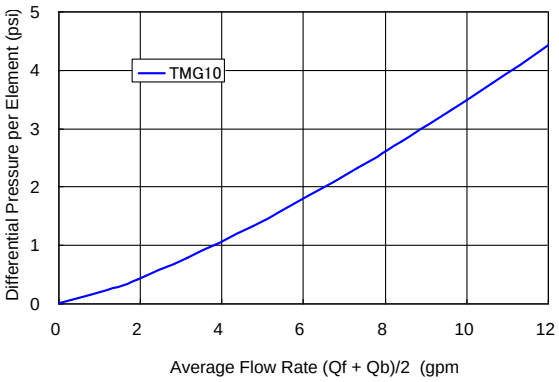


Qf：原水流量　　Qb：浓水流量

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

2 TMG10D 4 英寸超低压化学耐久性反渗透膜元件

TMG10D 超低压化学耐久性反渗透膜元件，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和在较小的膜面积下有较高的产水量。TMG10D 具有最宽泛的清洗 pH 值范围（pH1~13），可以快速有效的解决膜元件的污染问题；反渗透膜片能够承受一定范围内，由于操作失误等原因造成的轻微余氯泄露事故，提高了系统的安全性。

2.1 膜元件性能规范

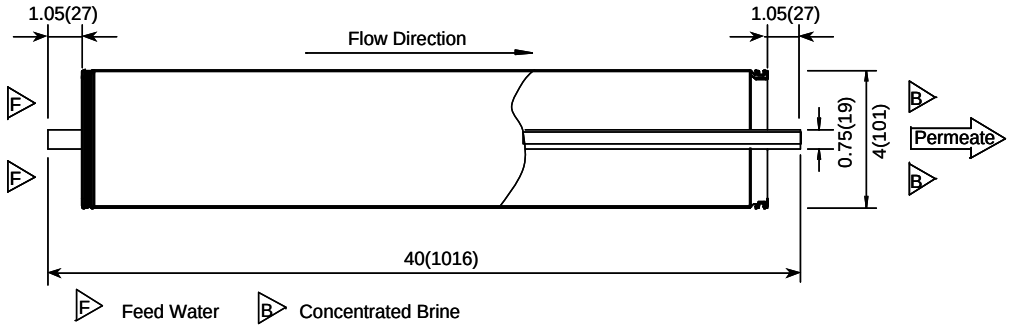
膜元件型号	标准脱盐率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TMG10D	**99.7**	**2,850 (10.8)**	**87 (8)**	**31**

测试条件：	操作压力	150 psi (1.03MPa)
	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		99.5%
最小透过水量		2,400 gpd (9.1m^3/d)

2.2 使用极限条件

最高操作压力 ……365psi (2.5MPa)
最高进水温度 ……113˚F (45 ℃)
最大进水 SDI ……5
进水自由氯浓度 ……<0.1ppm
连续运行时进水 pH 范围 ……2－11
化学清洗时进水 pH 范围 ……1－13
单个膜元件最大压力损失 ……15psi (0.10MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34MPa)

2.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



2.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

3 TMG20-370C 8 英寸超低压反渗透膜元件

TMG20-370C 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

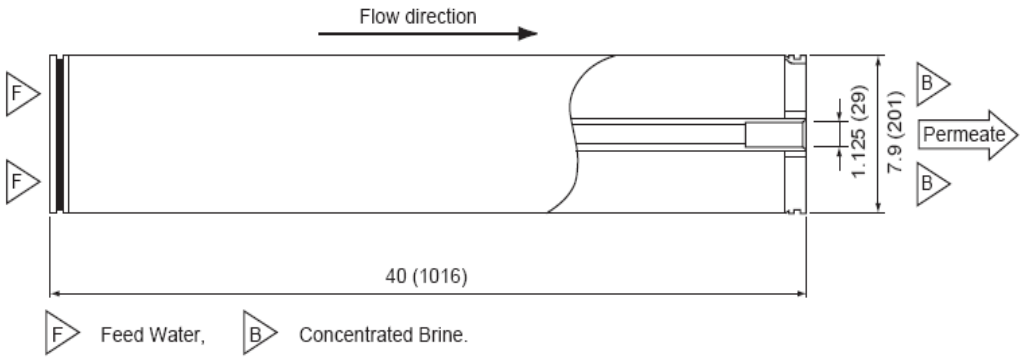
膜元件型号	标准脱盐率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度(mil)
TMG20-370C	99.5	9,500 (36.0)	370 (34)	34

测试条件：	操作压力	110 psi (0.76MPa)
	测试液温度	77 ° F (25 ℃)
	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		7,500gpd(28.4m^3/d)

3.2 使用极限条件

最高操作压力 ……365psi (2.5MPa)
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 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34 MPa)

3.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



3.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

4 TMG20-400C 8 英寸超低压反渗透膜元件

TMG20-400C 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

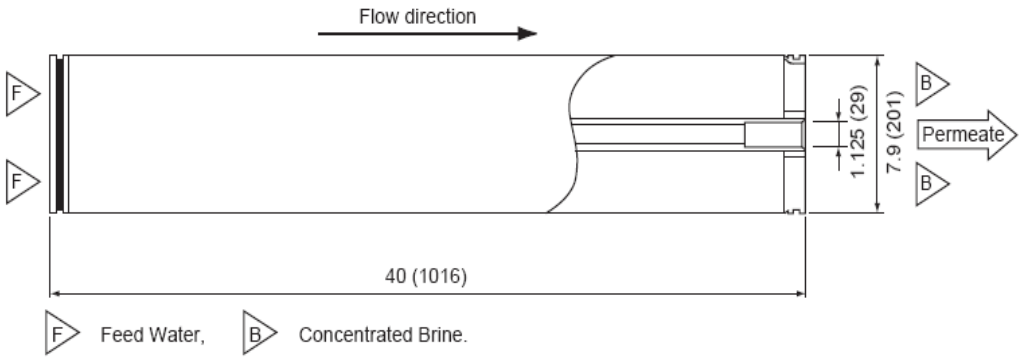
膜元件型号	标准脱盐率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度(mil)
TMG20-400C	**99.5**	**10,200 (38.6)**	**400 (37)**	**31**

测试条件：	操作压力	110 psi (0.76MPa)
	测试液温度	77 ° F (25 ℃)
	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^3/d)

4.2 使用极限条件

最高操作压力 ……365psi (2.5MPa)
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 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34MPa)

4.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



4.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

5 TMG20-440C 8 英寸超低压反渗透膜元件

TMG20-440C 超低压反渗透膜元件，有效膜面积为 440 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，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

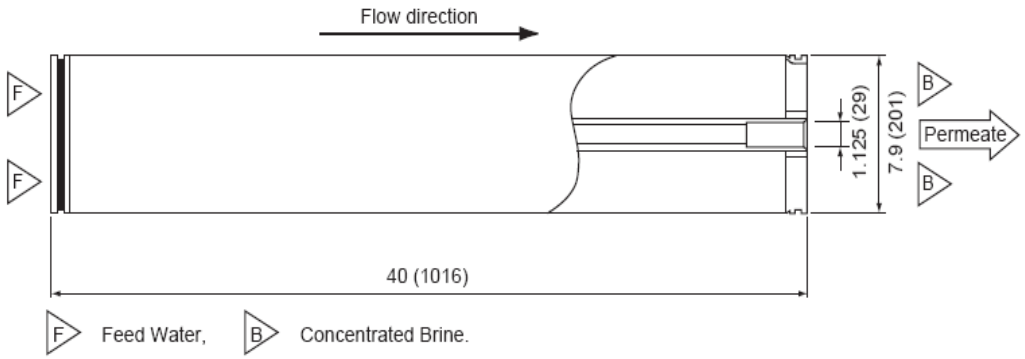
膜元件型号	标准脱盐率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度(mil)
TMG20-440C	**99.5**	**11,300 (42.6)**	**440 (41)**	**28**

测试条件：	操作压力	110 psi (0.76MPa)
	测试液温度	77 ° F (25 ℃)
	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		8,800gpd(33.3m^3/d)

5.2 使用极限条件

最高操作压力 ……365psi (2.5MPa)
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 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34MPa)

5.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



5.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

6 TMG20D -400 8 英寸超低压高化学耐久性反渗透膜元件

TMG20D-400 是采用最新的材料及生产技术的一款高脱盐率、高产水量、高化学耐久性、耐污染的超低压反渗透膜元件，有效膜面积为 400 平方英尺。TMG20D-400 具有最宽泛的清洗 pH 值范围（pH1~13），可以快速有效的解决膜元件的污染问题；反渗透膜片能够承受一定范围内，由于操作失误等原因造成的轻微余氯泄露事故，提高了系统的安全性。具有在较低的操作压力下，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。

6.1 膜元件性能规范

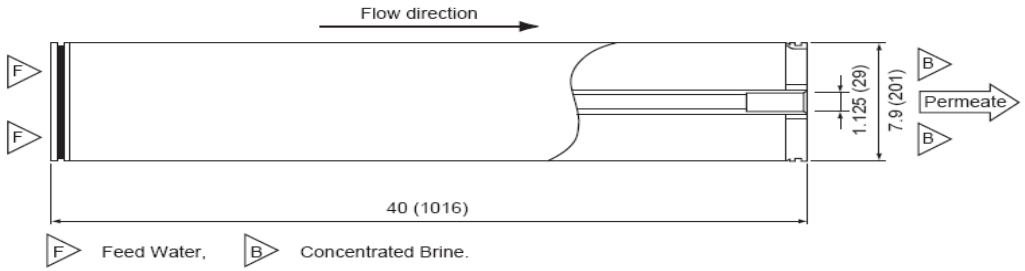
膜元件型号	标准脱盐率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TMG20D-400	**99.7**	**12,100 (45.8)**	**400 (37)**	**34**

测试条件：	操作压力	150 psi (1.03MPa)
	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		99.5%
最小透过水量		10,300gpd(39.0m^3/d)

6.2 使用极限条件

最高操作压力 ……365psi (2.5MPa)
最高进水温度 ……113°F (45 ℃)
最大进水 SDI ……5
进水自由氯浓度 ……＜0.1mg/L
连续运行时进水 pH 范围 ……2－11
化学清洗时进水 pH 范围 ……1－13
单个膜元件最大压力损失 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34MPa)

6.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



6.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

7 TMG20D -440 8 英寸超低压高化学耐久性反渗透膜元件

TMG20D-440 是采用最新的材料及生产技术的一款高脱盐率、高产水量、高化学耐久性、耐污染的超低压反渗透膜元件，有效膜面积为 440 平方英尺。TMG20D-440 具有最宽泛的清洗 pH 值范围（pH1~13），可以快速有效的解决膜元件的污染问题；反渗透膜片能够承受一定范围内，由于操作失误等原因造成的轻微余氯泄露事故，提高了系统的安全性。具有在较低的操作压力下，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

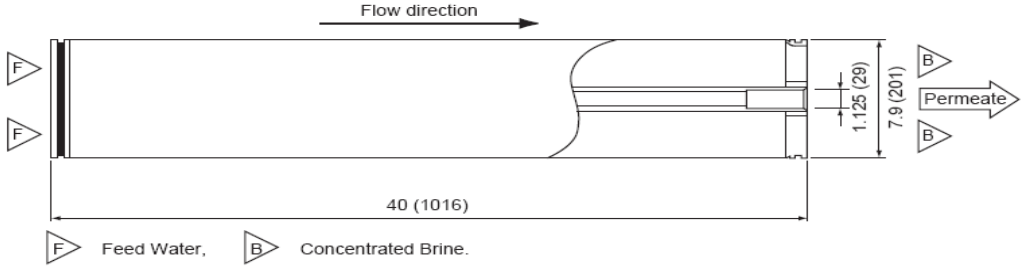
膜元件型号	标准脱盐率 %	透过水量 gpd (m3/d)	有效膜面积 ft2 (m2)	给水流道宽度 (mil)
TMG20D-440	**99.7**	**13,300 (50.3)**	**440 (41)**	**28**

测试条件：	操作压力	150 psi (1.03MPa)
	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		99.5%
最小透过水量		11,200gpd(42.4m^3/d)

7.2 使用极限条件

最高操作压力 ……365psi (2.5MPa)
最高进水温度 ……113°F (45℃)
最大进水 SDI ……5
进水自由氯浓度 ……＜0.1mg/L
连续运行时进水 pH 范围 ……2－11
化学清洗时进水 pH 范围 ……1－13
单个膜元件最大压力损失 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34MPa)

7.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



7.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

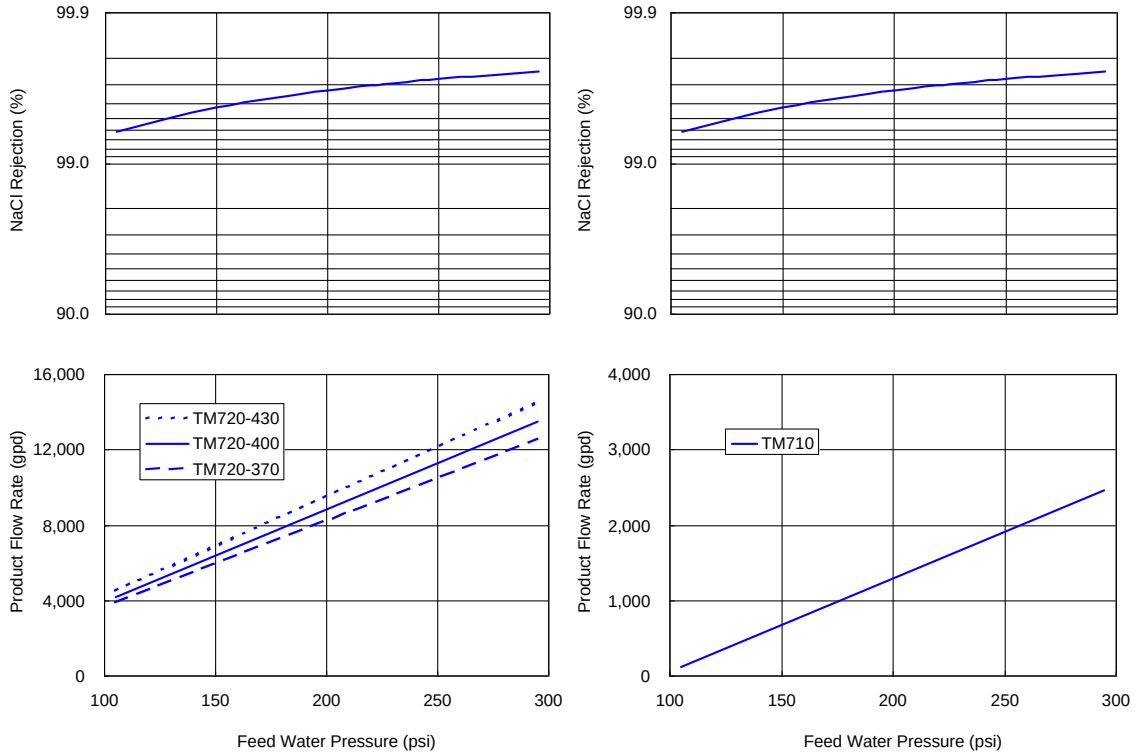
2 由于技术改进及产品更新换代，技术资料可能会随时改变，无须事先声明。

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_2 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。

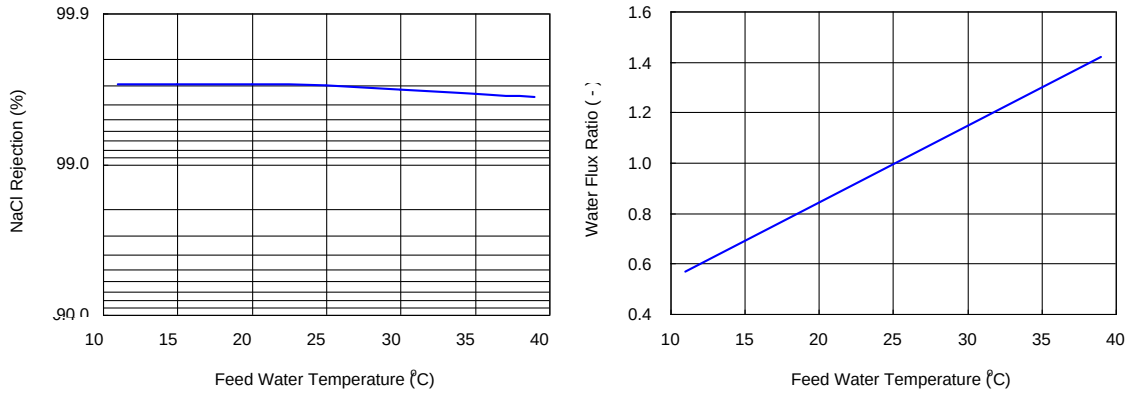
1　低压反渗透膜元件的性能

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



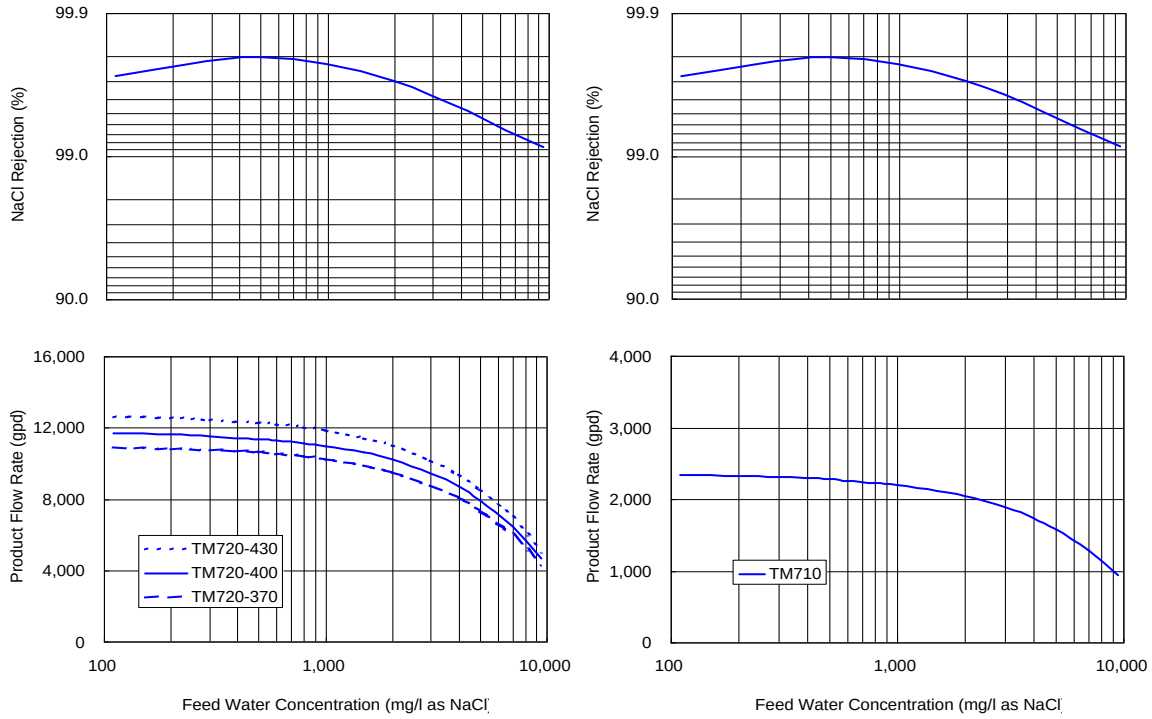
测试条件：25 ℃(77 ˚F)；2000 mg/L as NaCl；pH=7；15%回收率

1.2　膜元件在不同的温度下的脱盐率及过水通量的变化



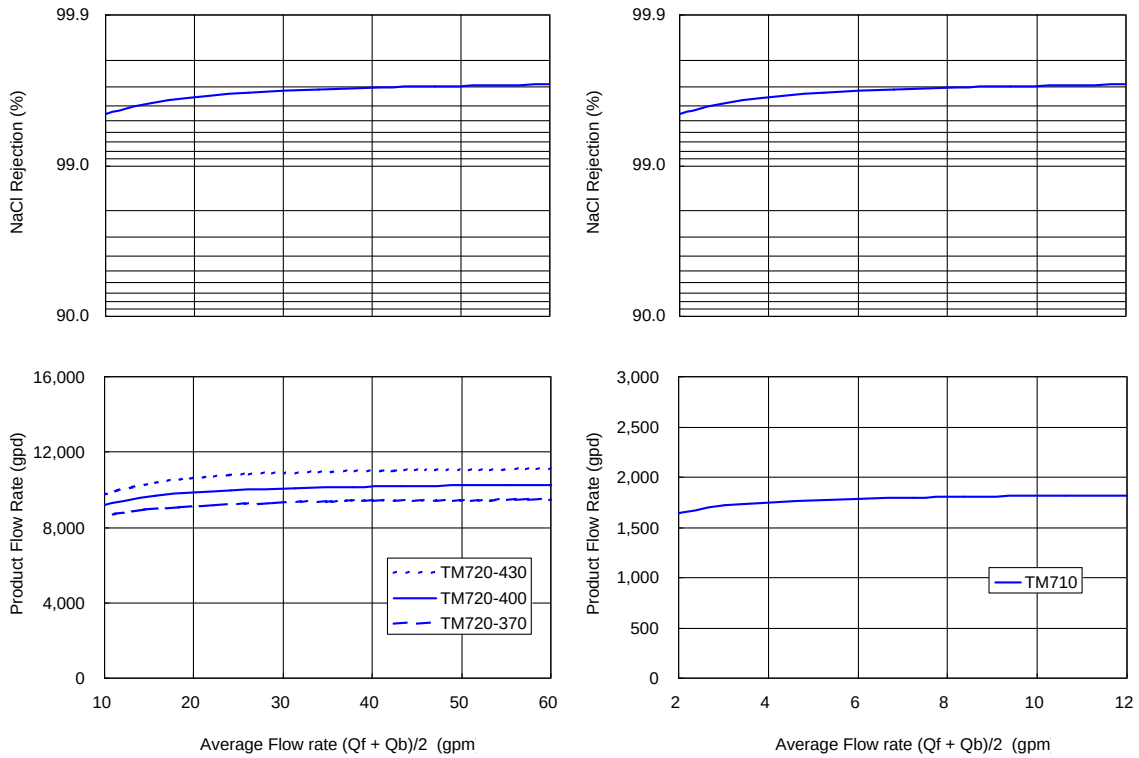
测试条件：1.55 MPa (225 psi)；2000 mg/L as NaCl；pH=7；15%回收率

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 ℃(77 ˚F)；pH=7；15%回收率

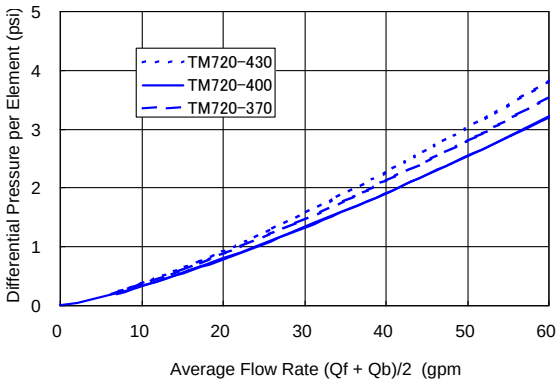
1.4 膜元件在不同的给水流量条件下的脱盐率及产水性能

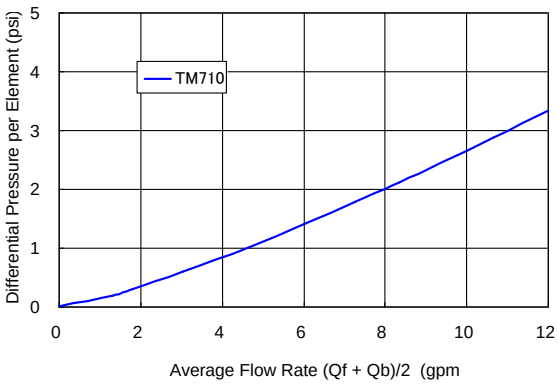


Qf：原水流量　　Qb：浓水流量

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

2 TM710D 4 英寸低压高化学耐久性反渗透膜元件

TM710D 低压反渗透膜元件，适合于含盐量 10000ppm 以下的苦咸水淡化，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。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。具有最宽泛的清洗 pH 值范围（pH1~13），可以快速有效的解决膜元件的污染问题；反渗透膜片能够承受一定范围内，由于操作失误等原因造成的轻微余氯泄露事故，提高了系统的安全性。

2.1 膜元件性能规范

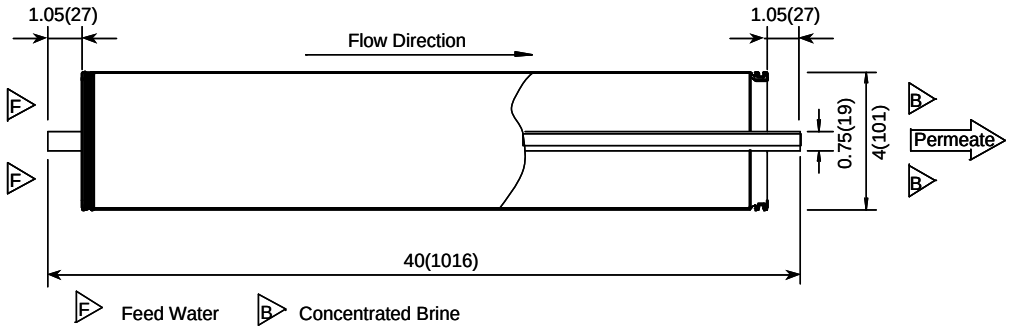
膜元件型号	标准脱盐率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TM710D	**99.8**	**2,600 (9.8)**	**87 (8)**	**31**

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^3/d)

2.2 使用极限条件

最高操作压力 ……600psi (4.1MPa)
最高进水温度 ……113 ° F (45 ℃)
最大进水 SDI ……5
进水自由氯浓度 ……＜0.1mg/L
连续运行时进水 pH 范围 ……2－11
化学清洗时进水 pH 范围 ……1－13
单个膜元件最大压力损失 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34MPa)

2.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



2.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

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

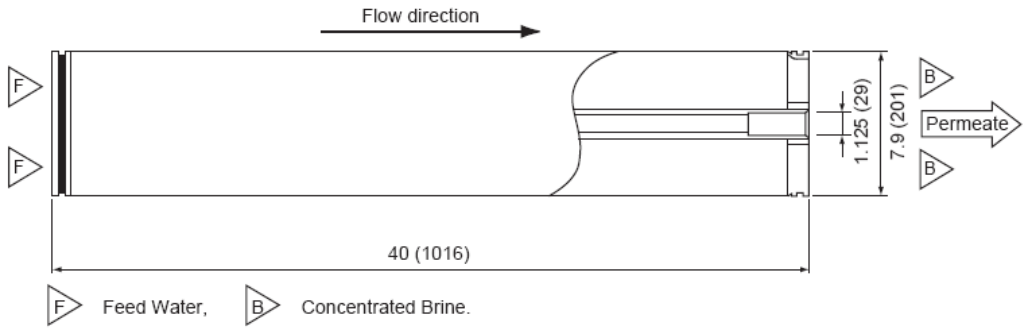
膜元件型号	标准脱盐率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度(mil)
TM720-370	99.7	9,500 (36)	370 (34)	31

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		7,500gpd(28.4m^3/d)

3.2 使用极限条件

最高操作压力 ……600psi (4.1MPa)
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 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34MPa)

3.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



3.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

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

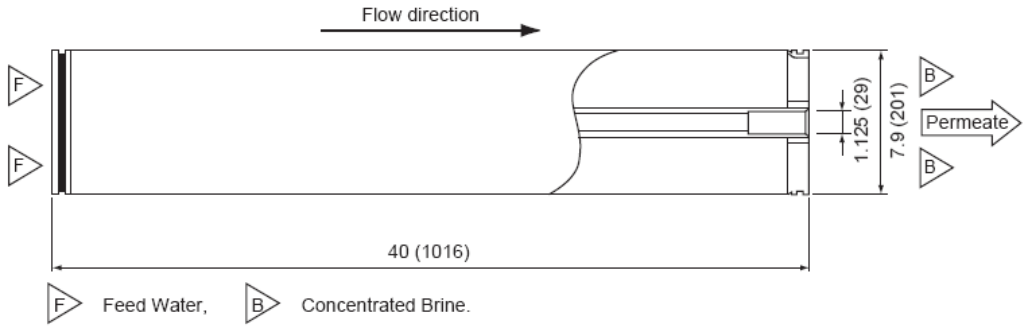
膜元件型号	标准脱盐率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度(mil)
TM720-400	99.7	10,200 (38.6)	400 (37)	31

测试条件：	操作压力	225 psi (1.55MPa)
	测试液温度	77°F (25 ℃)
	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^3/d)

4.2 使用极限条件

最高操作压力 ……600psi (4.1MPa)
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 ……15psi (0.10MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34MPa)

4.4 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



4.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

5 TM720-440 8 英寸低压反渗透膜元件

TM720-440 低压反渗透膜元件，超大的有效膜面积为 440 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

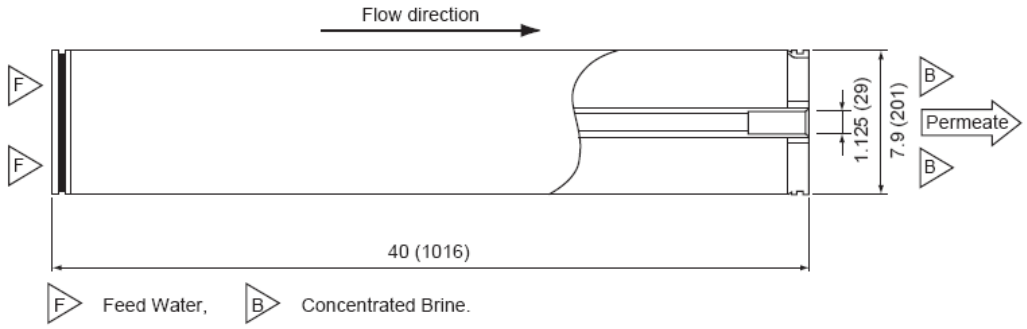
膜元件型号	标准脱盐率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度(mil)
TM720-440	**99.7**	**11,300 (42.6)**	**440 (41)**	**28**

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		9,000gpd(34.1m^3/d)

5.2 使用极限条件

最高操作压力 ……600psi (4.1MPa)
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 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34 MPa)

5.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



5.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

6 TM720C-440 8 英寸低压高脱硼反渗透膜元件

TM720C-440 低压高脱硼反渗透膜元件，超大的有效膜面积为 440 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。

6.1 膜元件性能规范

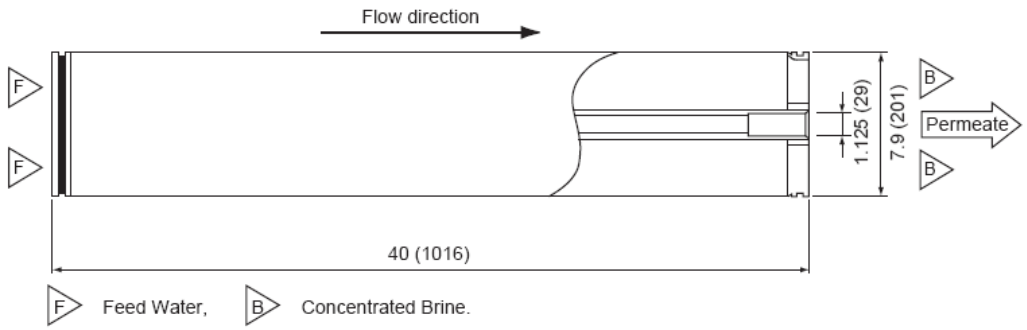
膜元件型号	标准脱盐率 %	脱硼率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TM720C-440	**99.2**	**95(pH10)**	**9,000 (34.1)**	**440 (41)**	**28**

测试条件：	操作压力	150 psi (1.03MPa)
	测试液温度	77°F (25 ℃)
	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		6,200 gpd (23.5m^3/d)

6.2 使用极限条件

最高操作压力 ……600psi (4.1MPa)
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 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34 MPa)

6.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



6.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

7 TM720D-370 8 英寸低压高化学耐久性反渗透膜元件

TM720D-370 是采用最新的材料及生产技术的一款高脱盐率、高产水量、高化学耐久性、耐污染的膜元件。有效膜面积为 370 平方英尺，给水流道 34mil。适合于含盐量 10000ppm 以下的苦咸水淡化，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。TM720D-370 具有最宽泛的清洗 pH 值范围（pH1~13），可以快速有效的解决膜元件的污染问题；反渗透膜片能够承受一定范围内，由于操作失误等原因造成的轻微余氯泄露事故，提高了系统的安全性。

7.1 膜元件性能规范

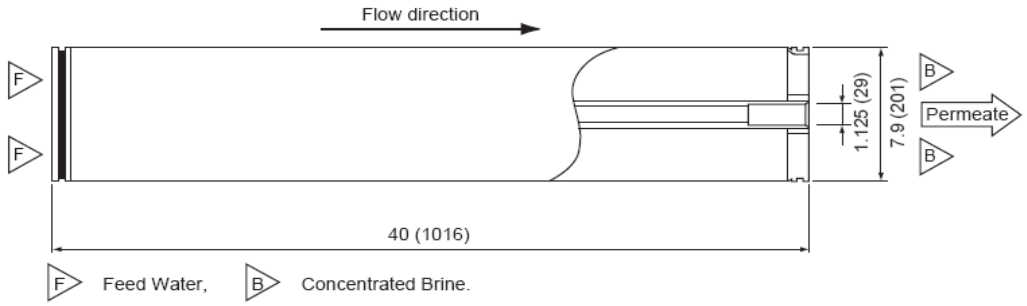
膜元件型号	标准脱盐率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TM720D-370	**99.8**	**10,200 (39)**	**370 (34)**	**34**

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		99.65%
最小透过水量		8,200 gpd (31m^3/d)

7.2 使用极限条件

最高操作压力 ……600psi (4.1MPa)
最高进水温度 ……113°F (45 ℃)
最大进水 SDI ……5
进水自由氯浓度 ……＜0.1mg/L
连续运行时进水 pH 范围 ……2－11
化学清洗时进水 pH 范围 ……1－13
单个膜元件最大压力损失 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34 MPa)

7.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



7.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

8 TM720D-400 8 英寸低压高化学耐久性反渗透膜元件

TM720D-400 是采用最新的材料及生产技术的一款高脱盐率、高产水量、高化学耐久性、耐污染的膜元件。有效膜面积为 400 平方英尺，给水流道 34mil。适合于含盐量 10000ppm 以下的苦咸水淡化，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。TM720D-400 是目前拥有最高产水量，最高脱盐率的苦咸水膜元件；具有最宽泛的清洗 pH 值范围（pH1~13），可以快速有效的解决膜元件的污染问题；反渗透膜片能够承受一定范围内，由于操作失误等原因造成的轻微余氯泄露事故，提高了系统的安全性。

8.1 膜元件性能规范

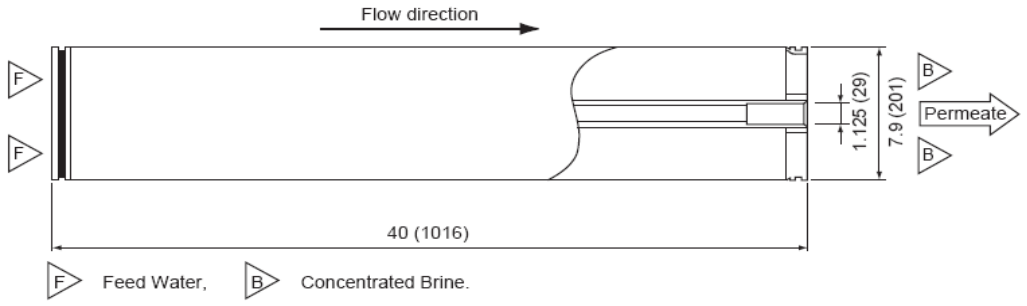
膜元件型号	标准脱盐率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TM720D-400	**99.8**	**11,000 (41.6)**	**400 (37)**	**34**

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		99.65%
最小透过水量		8,900 gpd (33.6m^3/d)

8.2 使用极限条件

最高操作压力 ……600psi (4.1MPa)
最高进水温度 ……113°F (45 ℃)
最大进水 SDI ……5
进水自由氯浓度 ……＜0.1mg/L
连续运行时进水 pH 范围 ……2－11
化学清洗时进水 pH 范围 ……1－13
单个膜元件最大压力损失 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34 MPa)

8.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



8.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

9 TM720D-440 8 英寸低压高化学耐久性反渗透膜元件

TM720D-440 是采用最新的材料及生产技术的一款高脱盐率、高产水量、高化学耐久性、耐污染的膜元件。有效膜面积为 440 平方英尺，给水流道 28mil。适合于含盐量 10000ppm 以下的苦咸水淡化，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。TM720D-440 具有最宽泛的清洗 pH 值范围（pH1~13），可以快速有效的解决膜元件的污染问题；反渗透膜片能够承受一定范围内，由于操作失误等原因造成的轻微余氯泄露事故，提高了系统的安全性。

9.1 膜元件性能规范

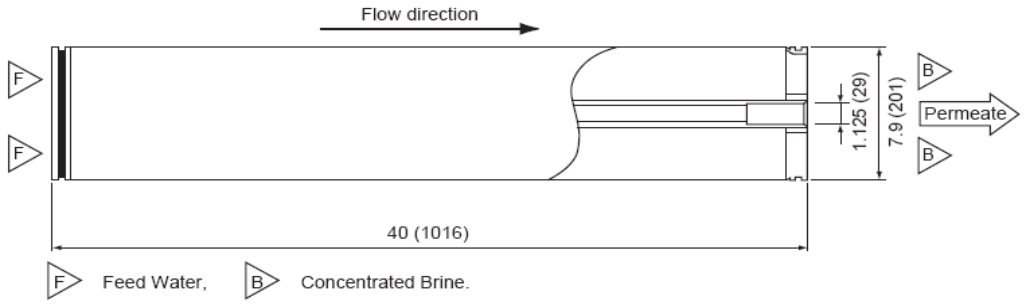
膜元件型号	标准脱盐率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TM720D-440	**99.8**	**12,100 (45.8)**	**440 (41)**	**28**

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		99.65%
最小透过水量		9,800 gpd (37m^3/d)

9.2 使用极限条件

最高操作压力 ……600psi (4.1MPa)
最高进水温度 ……113°F (45 ℃)
最大进水 SDI ……5
进水自由氯浓度 ……＜0.1mg/L
连续运行时进水 pH 范围 ……2－11
化学清洗时进水 pH 范围 ……1－13
单个膜元件最大压力损失 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34 MPa)

9.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



9.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

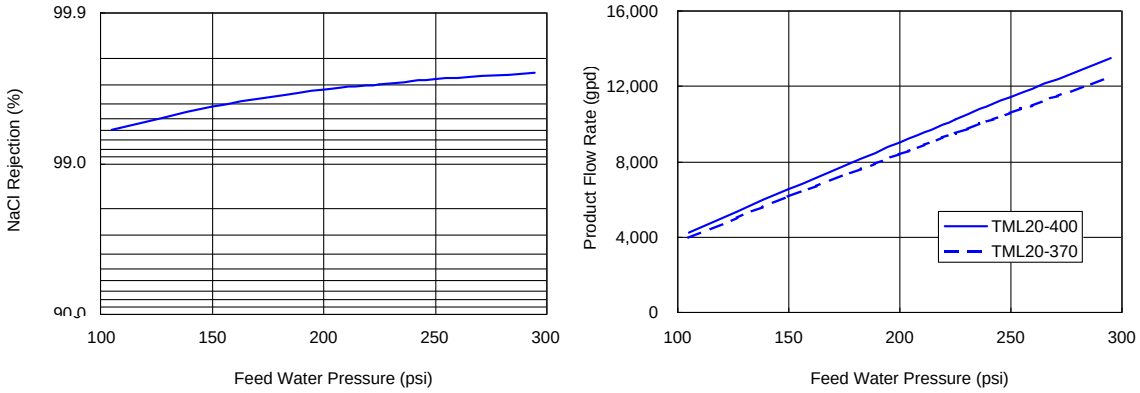
2 由于技术改进及产品更新换代，技术资料可能会随时改变，无须事先声明。

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。

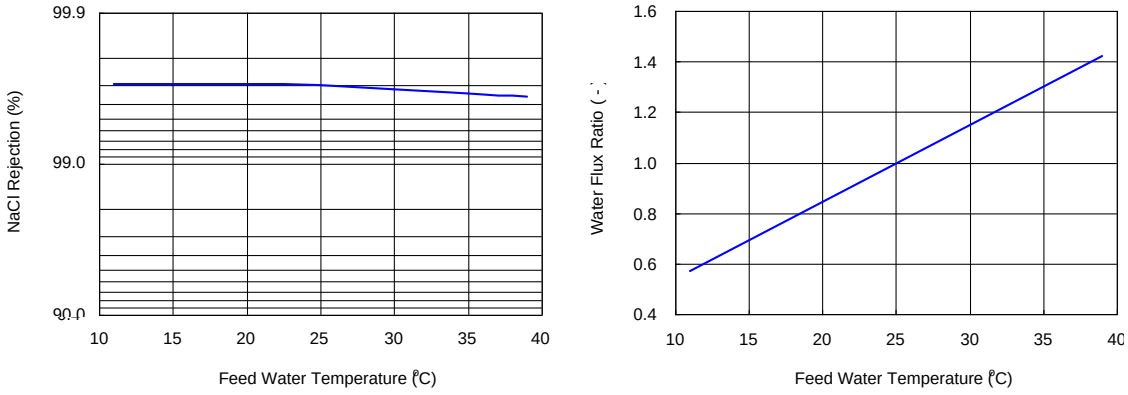
1　抗污染反渗透膜元件的性能

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



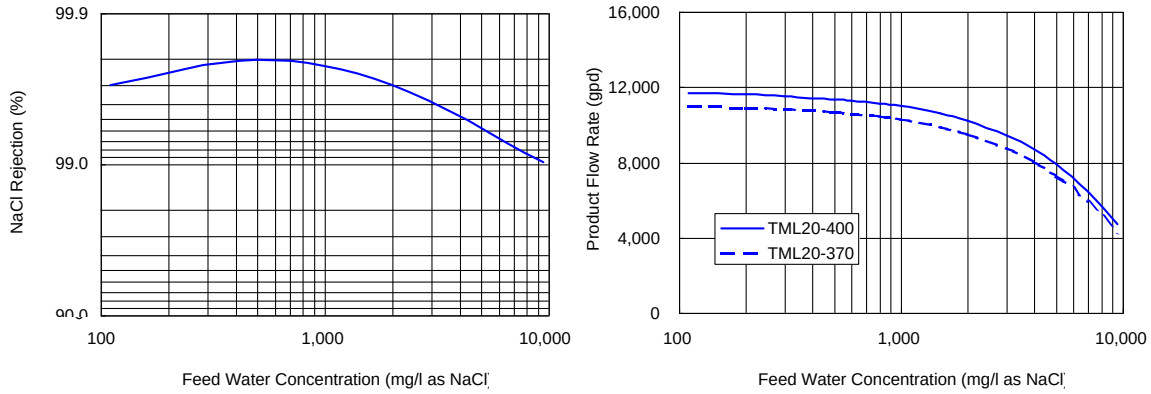
测试条件：25 ℃(77 ˚F)；2000 mg/L as NaCl；pH=7；15%回收率

1.2　膜元件在不同的温度下的脱盐率及过水通量的变化



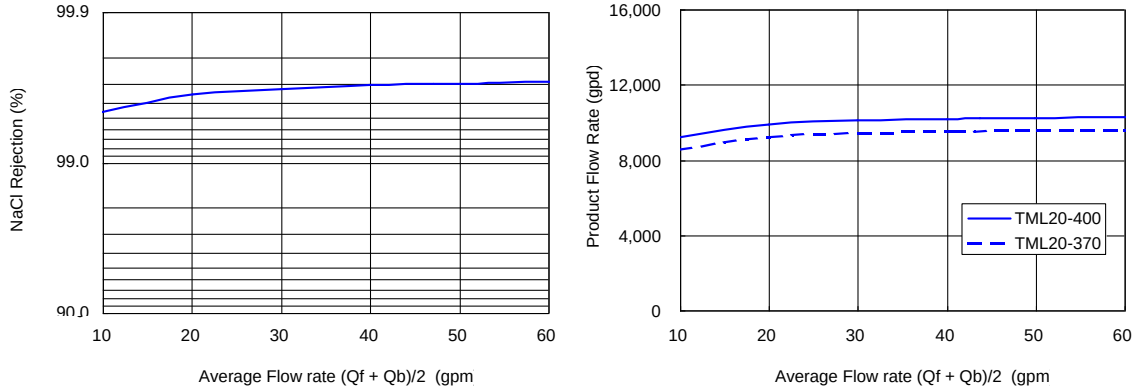
测试条件：1.55　MPa (225 psi)；2000 mg/L as NaCl；pH=7；15%回收率

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 ℃(77 ˚F)； pH=7；15%回收率

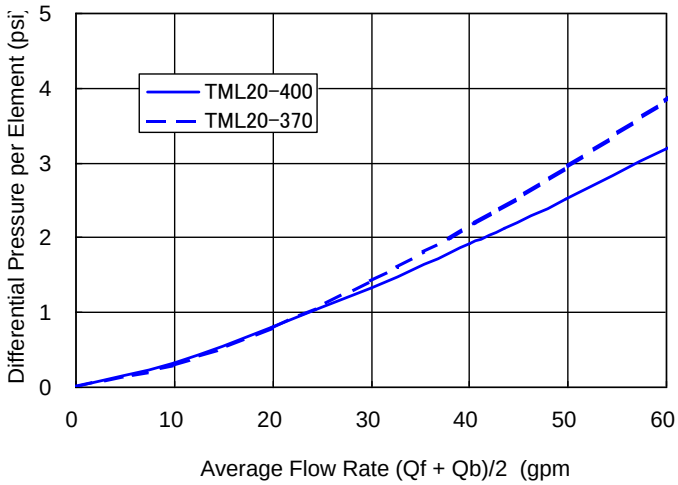
1.4 膜元件在不同的给水流量条件下的脱盐率及产水性能



Qf：原水流量 Qb：浓水流量

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

2 TML10D 4 英寸高化学耐久性抗污染反渗透膜元件

TML10D 膜元件是一款高脱盐率、高产水量、高化学耐久性的抗污染膜元件，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。具有最宽泛的清洗 pH 值范围（pH1~13），可以快速有效的解决膜元件的污染问题；反渗透膜片能够承受一定范围内，由于操作失误等原因造成的轻微余氯泄露事故，提高了系统的安全性。

2.1 膜元件性能规范

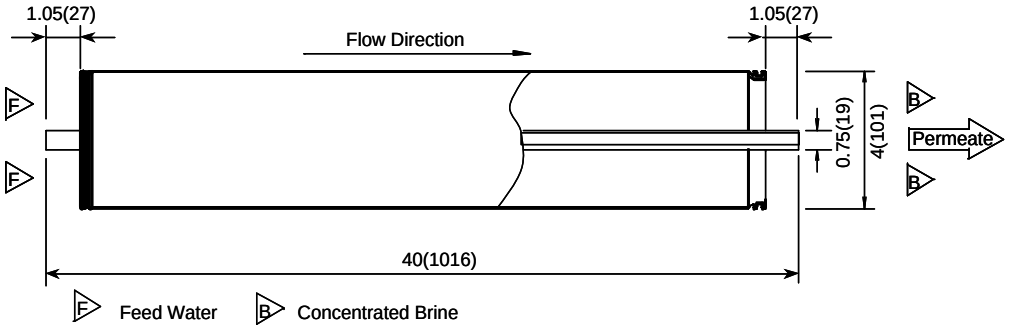
膜元件型号	标准脱盐率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TML10D	**99.8**	**1,900 (7.2)**	**73 (7)**	**34**

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		1,500 gpd (5.8m^3/d)

2.2 使用极限条件

最高操作压力 ……600psi (4.1MPa)
最高进水温度 ……113°F (45℃)
最大进水 SDI ……5
进水自由氯浓度 ……＜0.1mg/L
连续运行时进水 pH 范围 ……2－11
化学清洗时进水 pH 范围 ……1－13
单个膜元件最大压力损失 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34 MPa)

2.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



2.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

3 TML20N-400 8 英寸宽流道抗污染反渗透膜元件

TML20N-400 抗污染反渗透膜元件，有效膜面积为 400 平方英尺，34mil 宽给水流道。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。

3.1 膜元件性能规范

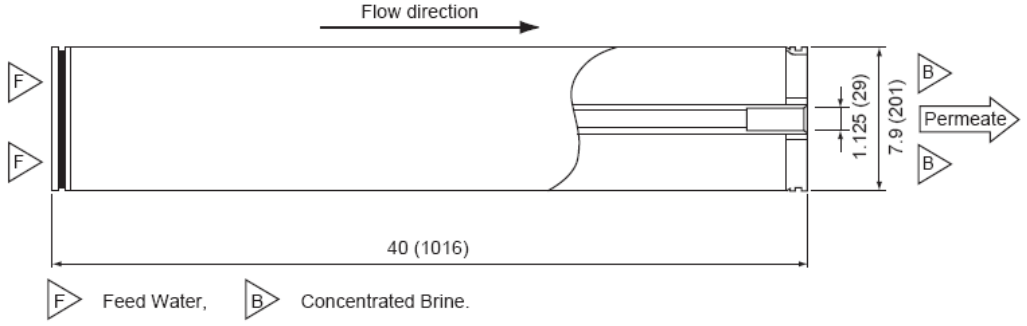
膜元件型号	标准脱盐率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TML20N-400	**99.7**	**10,200 (38.6)**	**400 (37)**	**34**

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^3/d)

3.2 使用极限条件

最高操作压力 ……600psi (4.1MPa)
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 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34 MPa)

3.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



3.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

4 TML20D-370 8 英寸高化学耐久性抗污染反渗透膜元件

TML20D-370 是采用最新的材料及生产技术的一款高脱盐率、高产水量、高化学耐久性的抗污染膜元件。有效膜面积为 370 平方英尺，给水流道 34mil。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。TML20D-370 具有最宽泛的清洗 pH 值范围（pH1~13），可以快速有效的解决膜元件的污染问题；反渗透膜片能够承受一定范围内，由于操作失误等原因造成的轻微余氯泄露事故，提高了系统的安全性。

4.1 膜元件性能规范

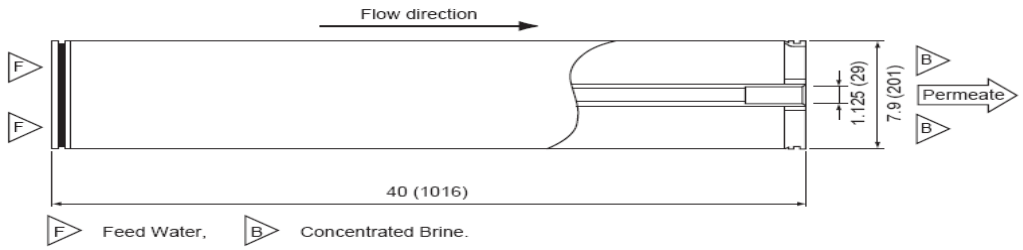
膜元件型号	标准脱盐率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TML20D-370	**99.8**	**9,700 (36.7)**	**370 (34)**	**34**

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		99.65%
最小透过水量		7,760 gpd (30m^3/d)

4.2 使用极限条件

最高操作压力 ……600psi (4.1MPa)
最高进水温度 ……113°F (45 ℃)
最大进水 SDI ……5
进水自由氯浓度 ……＜0.1mg/L
连续运行时进水 pH 范围 ……2－11
化学清洗时进水 pH 范围 ……1－13
单个膜元件最大压力损失 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34 MPa)

4.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



4.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

5 TML20DA400 8 英寸高化学耐久性抗污染反渗透膜元件

TML20DA400 是采用最新的材料及生产技术的一款高脱盐率、高产水量、高化学耐久性的抗污染膜元件。有效膜面积为 400 平方英尺，给水流道 31mil。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。TML20DA400 具有最宽泛的清洗 pH 值范围（pH1~13），可以快速有效的解决膜元件的污染问题；反渗透膜片能够承受一定范围内，由于操作失误等原因造成的轻微余氯泄露事故，提高了系统的安全性。

5.1 膜元件性能规范

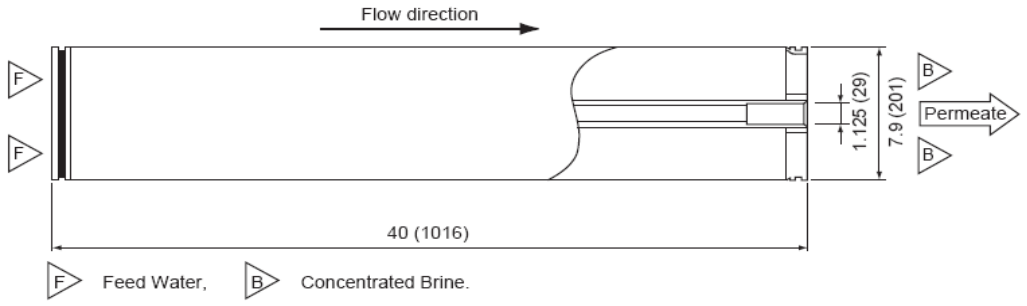
膜元件型号	标准脱盐率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TML20DA400	**99.8**	**10,500 (39.7)**	**400 (37)**	**31**

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		99.65%
最小透过水量		8,200 gpd (31m^3/d)

5.2 使用极限条件

最高操作压力 ……600psi (4.1MPa)
最高进水温度 ……113°F (45 ℃)
最大进水 SDI ……5
进水自由氯浓度 ……＜0.1mg/L
连续运行时进水 pH 范围 ……2－11
化学清洗时进水 pH 范围 ……1－13
单个膜元件最大压力损失 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34 MPa)

5.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



5.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

6 TML20D-400 8 英寸高化学耐久性抗污染反渗透膜元件

TML20D-400 是采用最新的材料及生产技术的一款高脱盐率、高产水量、高化学耐久性的抗污染膜元件。有效膜面积为 400 平方英尺，给水流道 34mil。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。TML20D-400 具有最宽泛的清洗 pH 值范围（pH1~13），可以快速有效的解决膜元件的污染问题；反渗透膜片能够承受一定范围内，由于操作失误等原因造成的轻微余氯泄露事故，提高了系统的安全性。

6.1 膜元件性能规范

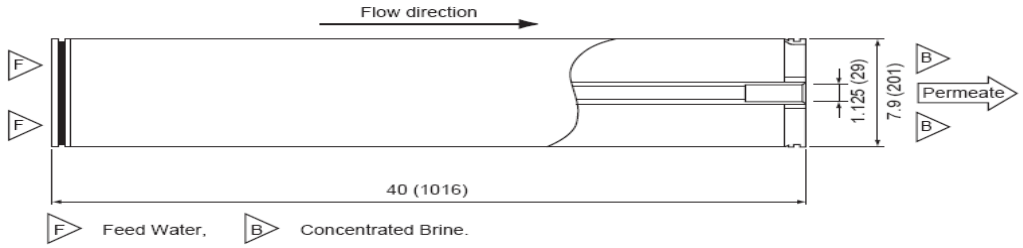
膜元件型号	标准脱盐率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TML20D-400	**99.8**	**10,500 (39.7)**	**400 (37)**	**34**

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		99.65%
最小透过水量		8,200 gpd (31m^3/d)

6.2 使用极限条件

最高操作压力 ……600psi (4.1MPa)
最高进水温度 ……113°F (45 ℃)
最大进水 SDI ……5
进水自由氯浓度 ……＜0.1mg/L
连续运行时进水 pH 范围 ……2－11
化学清洗时进水 pH 范围 ……1－13
单个膜元件最大压力损失 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34 MPa)

6.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



6.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

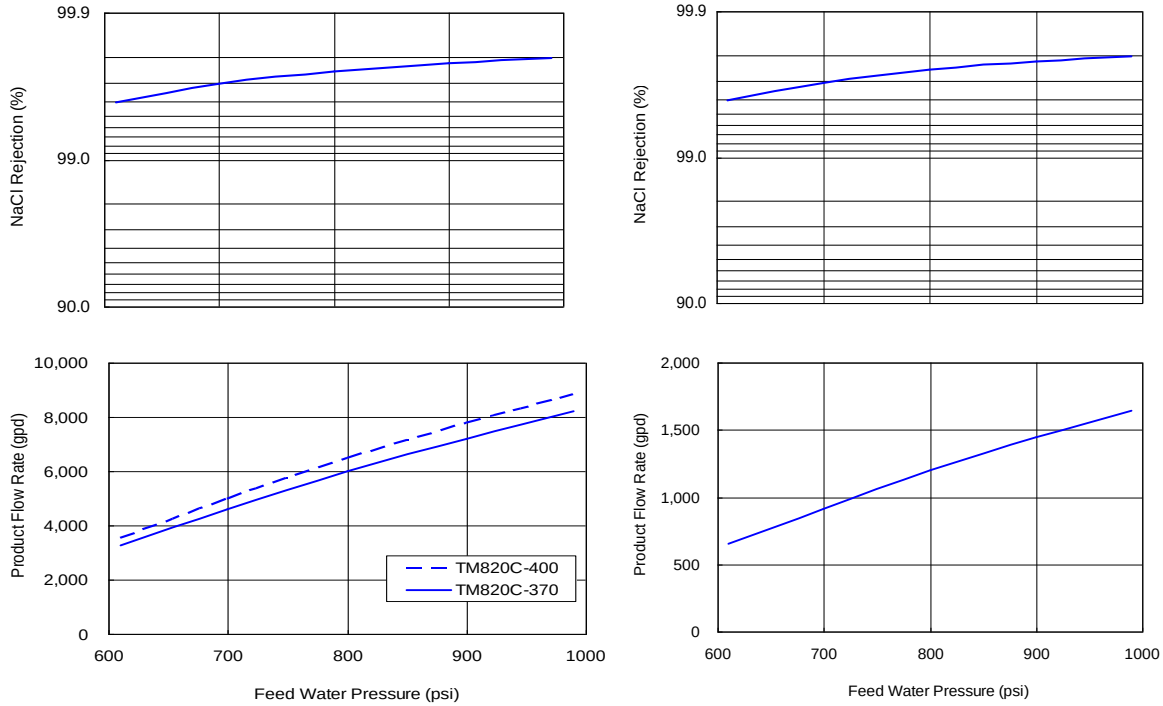
2 由于技术改进及产品更新换代，技术资料可能会随时改变，无须事先声明。

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。

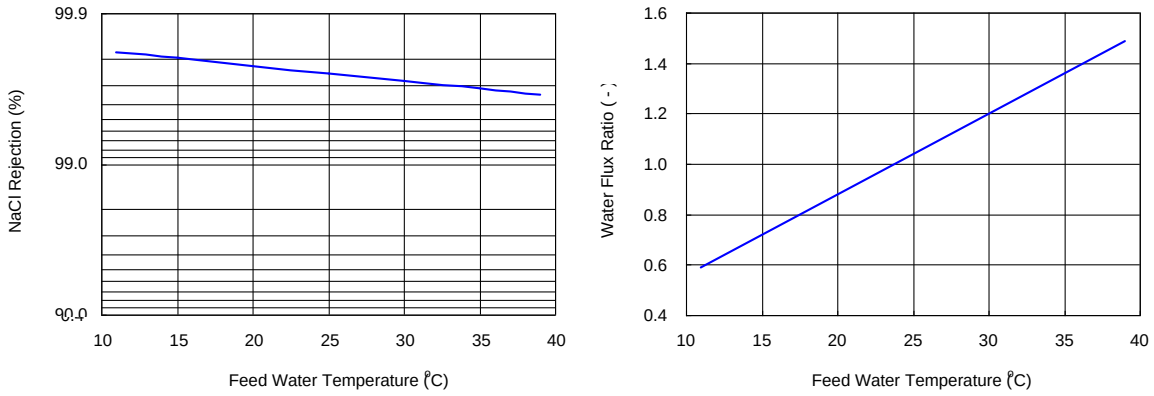
1　海水淡化反渗透膜元件的性能

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



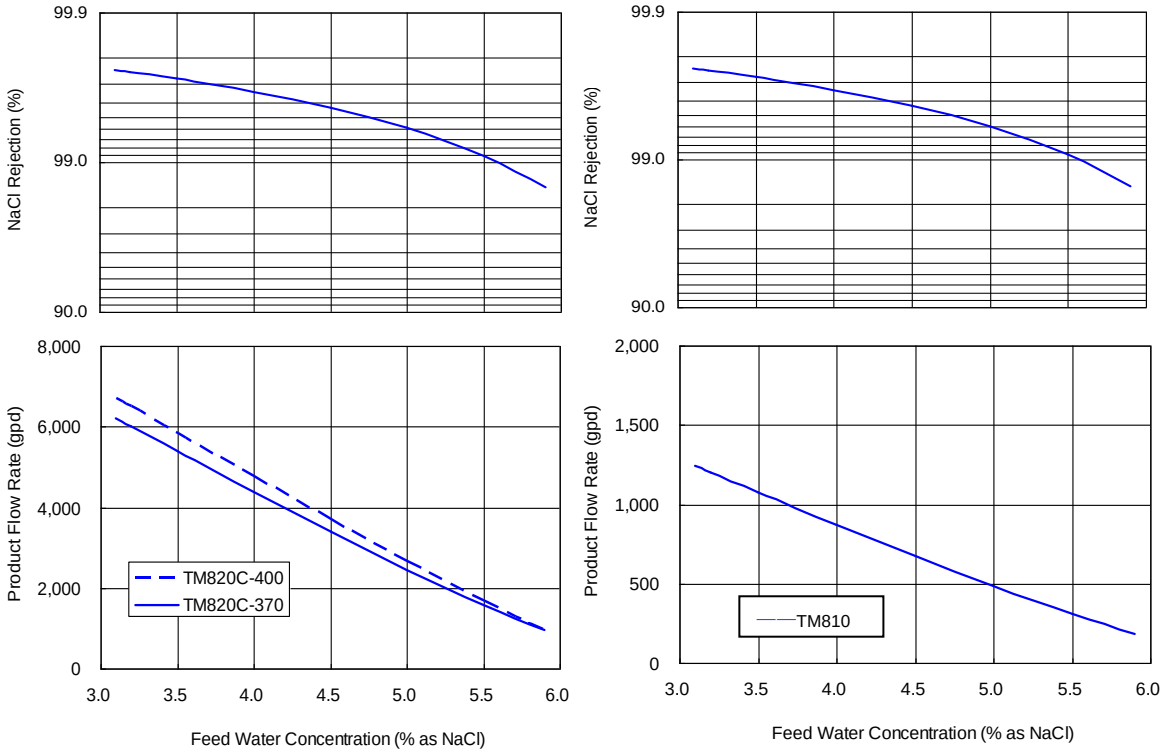
测试条件：25 ℃(77 ˚F)；32000 mg/L as NaCl；pH=8；8%回收率

1.2　膜元件在不同的温度下的脱盐率及过水通量的变化



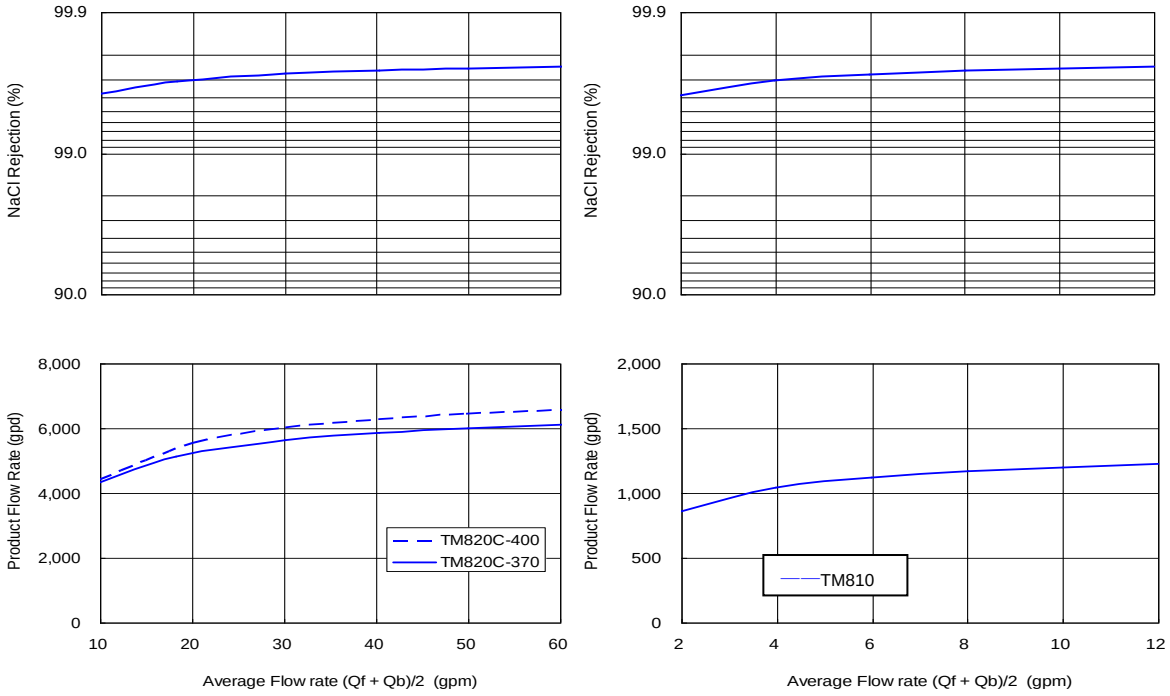
测试条件：5.52 MPa (800 psi)；32000 mg/L as NaCl；pH=8；8%回收率

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 ℃(77 ˚F)；pH=8；8%回收率

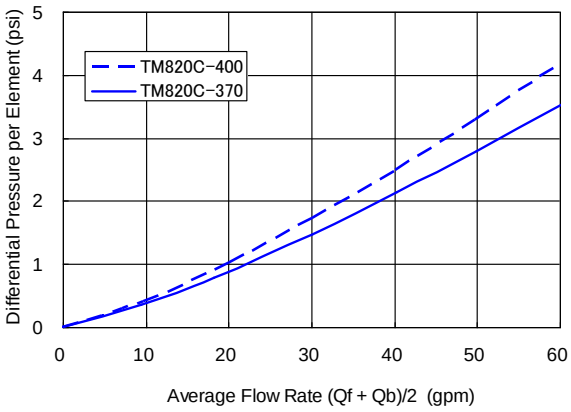
1.4 膜元件在不同的给水流量条件下的脱盐率及产水性能

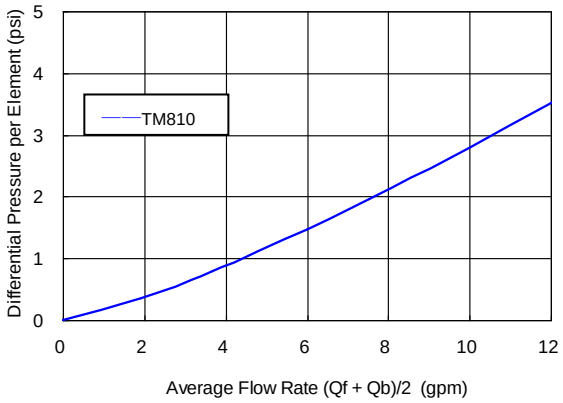


Qf：原水流量　　Qb：浓水流量

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

2 TM810C 4 英寸标准型海水淡化反渗透膜元件

TM810C 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

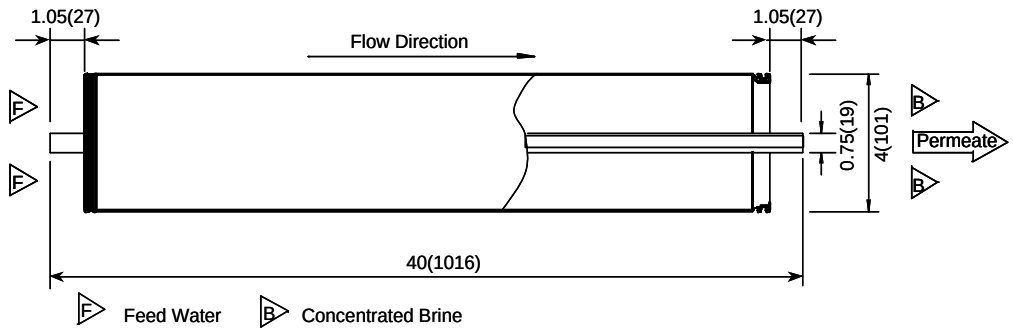
膜元件型号	标准脱盐率 %	脱硼率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TM810C	**99.75**	**93**	**1,200 (4.5)**	**73 (7)**	**31**

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	32000mg/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		1,000 gpd (3.8m^3/d)

2.2 使用极限条件

最高操作压力 ……1200psi (8.3MPa)
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 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34 MPa)

2.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



2.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

3 TM820C-400 8 英寸标准型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

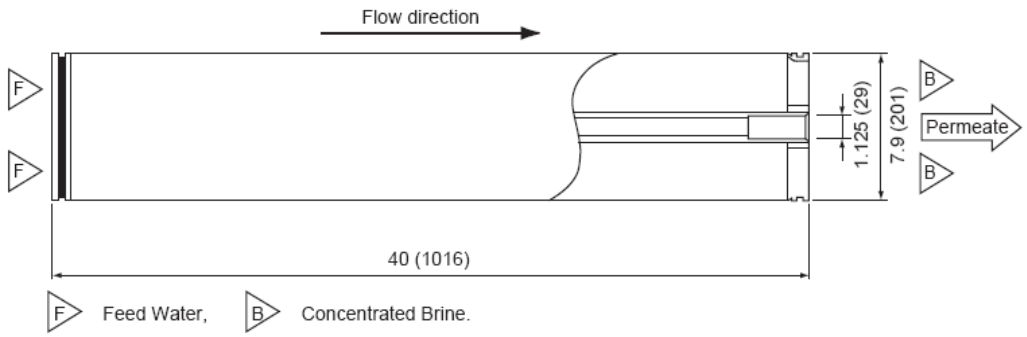
膜元件型号	标准脱盐率 %	脱硼率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TM820C-400	**99.75**	**93**	**6,500 (24.6)**	**400 (37)**	**34**

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	7
单支膜元件最低脱盐率		99.5%
最小透过水量		5,200 gpd (19.7m^3/d)

3.2 使用极限条件

最高操作压力 ……1200psi (8.3MPa)
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 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34 MPa)

3.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



3.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

4 TM820M-400 8 英寸标准型高脱盐高脱硼海水淡化反渗透膜元件

TM820M-400 海水淡化膜元件，有效膜面积为 400 平方英尺，它具有世界高水准的脱硼率和脱盐率，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，来制造对硼离子有严格要求的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

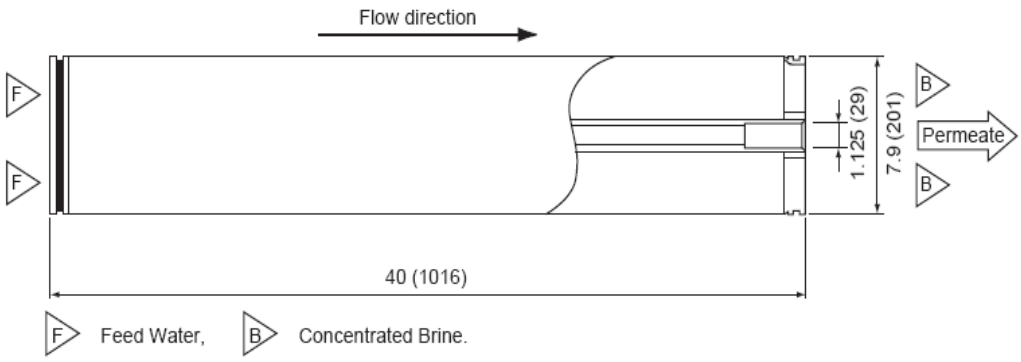
膜元件型号	标准脱盐率 %	脱硼率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TM820M-400	**99.8**	**95**	**7,000 (26.5)**	**400 (37)**	**34**

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	7
单支膜元件最低脱盐率		99.5%
最小透过水量		5,600 gpd (21m^3/d)

4.2 使用极限条件

最高操作压力 ……1200psi (8.3MPa)
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 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34 MPa)

4.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



4.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

5 TM820M-440 8 英寸标准型高脱盐高脱硼海水淡化反渗透膜元件

TM820M-440 海水淡化膜元件，有效膜面积为 440 平方英尺，它具有世界高水准的脱硼率和脱盐率，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，来制造对硼离子有严格要求的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

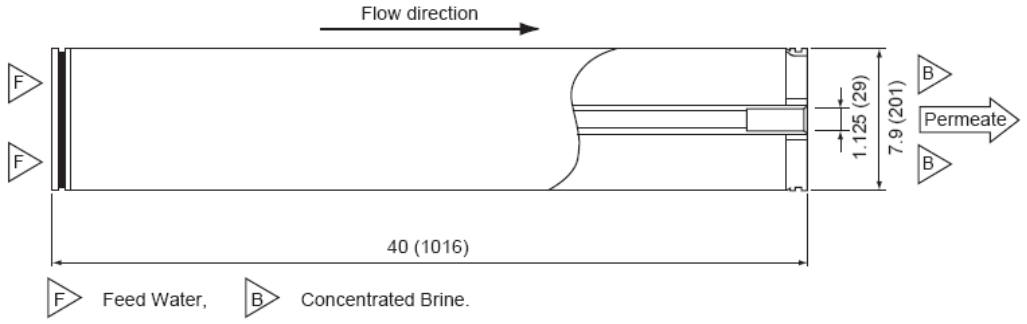
膜元件型号	标准脱盐率 %	脱硼率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TM820M-440	**99.8**	**95**	**7,700 (29.2)**	**440 (41)**	**28**

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	7
单支膜元件最低脱盐率		99.5%
最小透过水量		6,200 gpd (23.5m^3/d)

5.2 使用极限条件

最高操作压力 ……1200psi (8.3MPa)
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 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34 MPa)

5.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



5.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

6 TM820E-400 8 英寸大通量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。

6.1 膜元件性能规范

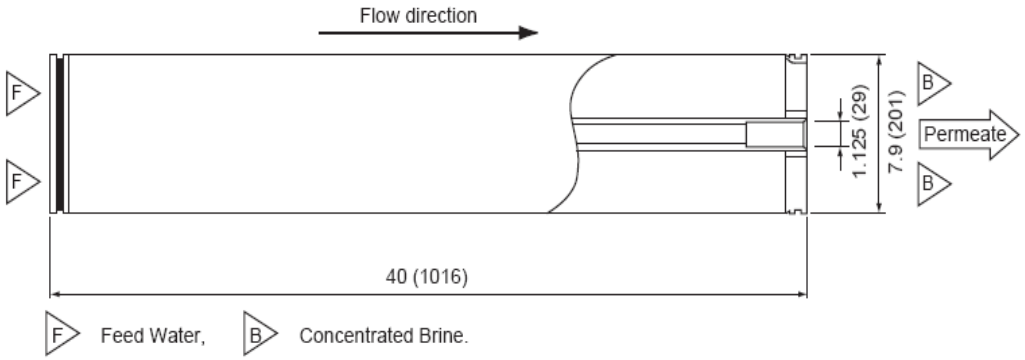
膜元件型号	标准脱盐率 %	脱硼率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TM820E-400	**99.75**	**91**	**7,500 (28.3)**	**400 (37)**	**34**

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	7
单支膜元件最低脱盐率		99.5%
最小透过水量		6,000 gpd (22.7m^3/d)

6.2 使用极限条件

最高操作压力 ……1200psi (8.3MPa)
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 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34 MPa)

6.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



6.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

7 TM820R-400 8 英寸大通量高脱盐高脱硼海水淡化反渗透膜元件

TM820R-400 海水淡化膜元件，有效膜面积为 400 平方英尺，它具有世界高水准的脱硼率和脱盐率，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，来制造对硼离子有严格要求的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

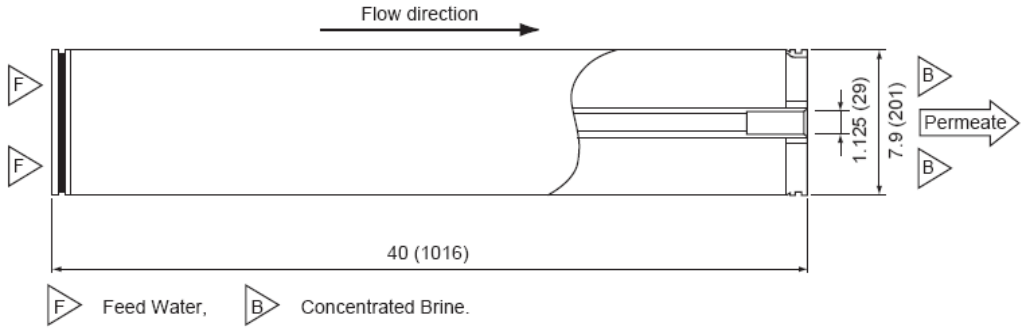
膜元件型号	标准脱盐率 %	脱硼率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TM820R-400	**99.8**	**95**	**8,500 (32.2)**	**400 (37)**	**34**

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	7
单支膜元件最低脱盐率		99.5%
最小透过水量		6,750 gpd (25.6m^3/d)

7.2 使用极限条件

最高操作压力 ……1200psi (8.3MPa)
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 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34 MPa)

7.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



7.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

8 TM820R-440 8 英寸大通量高脱盐高脱硼海水淡化反渗透膜元件

TM820R-440 海水淡化膜元件，有效膜面积为 440 平方英尺，它具有世界高水准的脱硼率和脱盐率，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，来制造对硼离子有严格要求的各种工业用水和生活用水，也应用于废水再利用，如食品、电镀金属等有价物质的浓缩回收在内的多种领域。

8.1 膜元件性能规范

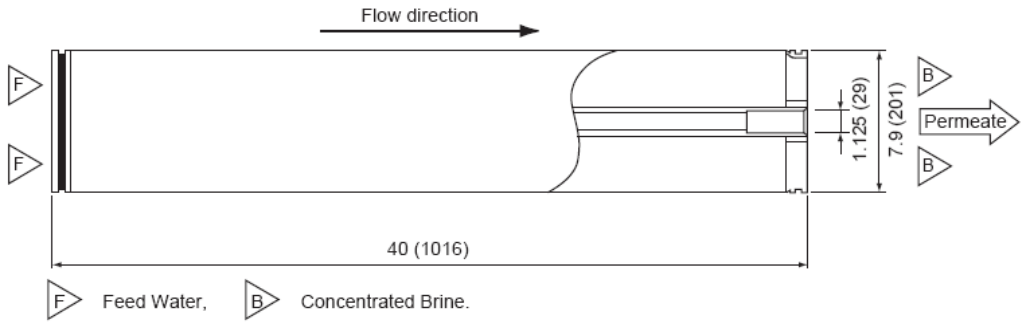
膜元件型号	标准脱盐率 %	脱硼率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TM820R-440	**99.8**	**95**	**9,400 (35.6)**	**440 (41)**	**28**

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	7
单支膜元件最低脱盐率		99.5%
最小透过水量		7,500 gpd (28.4m^3/d)

8.2 使用极限条件

最高操作压力 ……1200psi (8.3MPa)
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 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34 MPa)

8.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



8.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

9 TM810V 4 英寸高通量高脱盐节能型海水淡化反渗透膜元件

TM810V 海水淡化膜元件具有高脱盐率，高产水量，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、电镀金属等有价物质的浓缩回收在内的多种领域。

9.1 膜元件性能规范

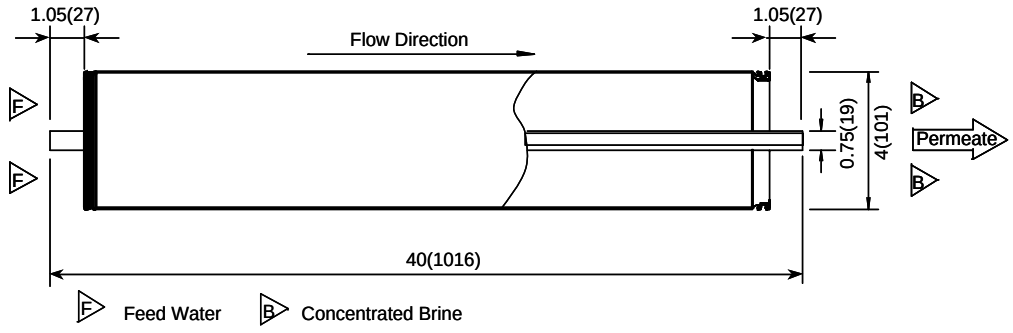
膜元件型号	标准脱盐率 %	脱硼率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TM810V	**99.8**	**92**	**1,900 (7.2)**	**87 (8)**	**28**

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	32000mg/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		1,550 gpd (5.9m^3/d)

9.2 使用极限条件

最高操作压力 ……1200psi (8.3MPa)
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 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34 MPa)

9.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



9.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

10 TM820V-400 8 英寸高通量高脱盐节能型海水淡化反渗透膜元件

TM820V-400 海水淡化膜元件，有效膜面积为 400 平方英尺，它具有世界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、电镀金属等有价物质的浓缩回收在内的多种领域。

10.1 膜元件性能规范

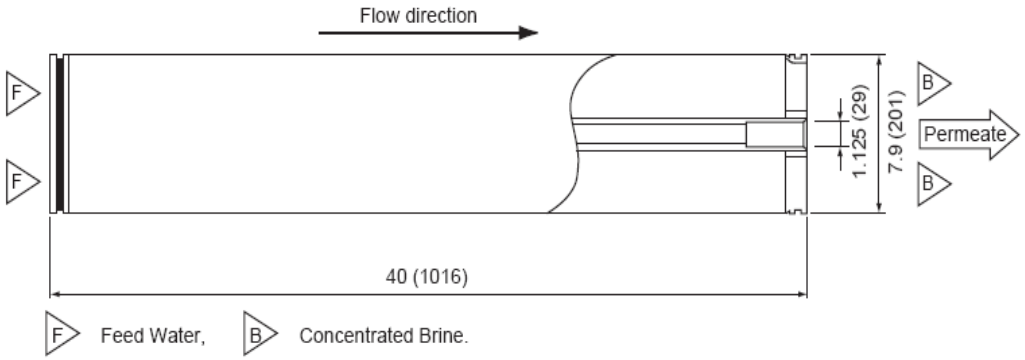
膜元件型号	标准脱盐率 %	脱硼率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TM820V-400	**99.8**	**92**	**9,000 (34.1)**	**400 (37)**	**34**

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	7
单支膜元件最低脱盐率		99.5%
最小透过水量		7,500 gpd (28.4m^3/d)

10.2 使用极限条件

最高操作压力 ……1200psi (8.3MPa)
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 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34 MPa)

10.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



10.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

11 TM820V-440 8 英寸高通量高脱盐节能型海水淡化反渗透膜元件

TM820V-440 海水淡化膜元件，有效膜面积为 440 平方英尺，它具有世界高水准的脱硼率和脱盐率，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，来制造对硼离子有严格要求的各种工业用水和生活用水，也应用于废水再利用，如食品、电镀金属等有价物质的浓缩回收在内的多种领域。

11.1 膜元件性能规范

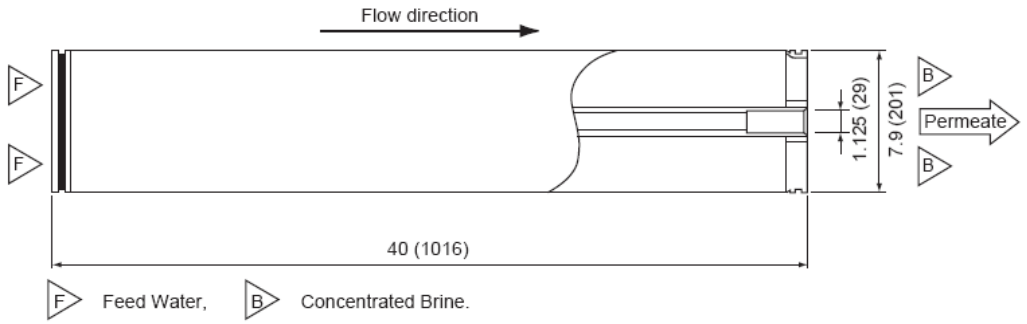
膜元件型号	标准脱盐率 %	脱硼率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TM820V-440	**99.8**	**92**	**9,900 (37.5)**	**440 (41)**	**28**

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	7
单支膜元件最低脱盐率		99.5%
最小透过水量		8,250 gpd (31.2m^3/d)

11.2 使用极限条件

最高操作压力 ……1200psi (8.3MPa)
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 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34 MPa)

11.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



11.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

12 TM820K-400 8 英寸超高脱盐高脱硼海水淡化反渗透膜元件

TM820K-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脱硼率和脱盐率，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，来制造对硼离子有严格要求的各种工业用水和生活用水，也应用于废水再利用，如食品、电镀金属等有价物质的浓缩回收在内的多种领域。

12.1 膜元件性能规范

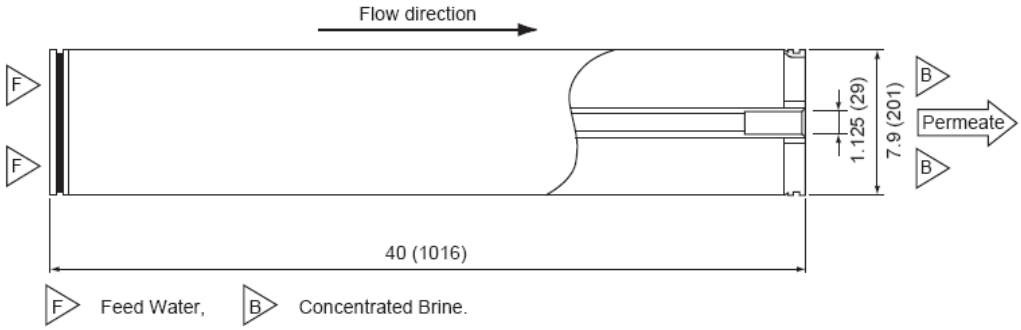
膜元件型号	标准脱盐率 %	脱硼率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TM820K-400	**99.86**	**96**	**5,800 (21.9)**	**400 (37)**	**34**

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	7
单支膜元件最低脱盐率		99.5%
最小透过水量		4,600 gpd (17.4m^3/d)

12.2 使用极限条件

最高操作压力 ……1200psi (8.3MPa)
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 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34 MPa)

12.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



12.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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。

13 TM820K-440 8 英寸超高脱盐高脱硼海水淡化反渗透膜元件

TM820K-440 海水淡化膜元件，有效膜面积为 440 平方英尺，它具有世界最高水准的脱硼率和脱盐率，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，来制造对硼离子有严格要求的各种工业用水和生活用水，也应用于废水再利用，如食品、电镀金属等有价物质的浓缩回收在内的多种领域。

13.1 膜元件性能规范

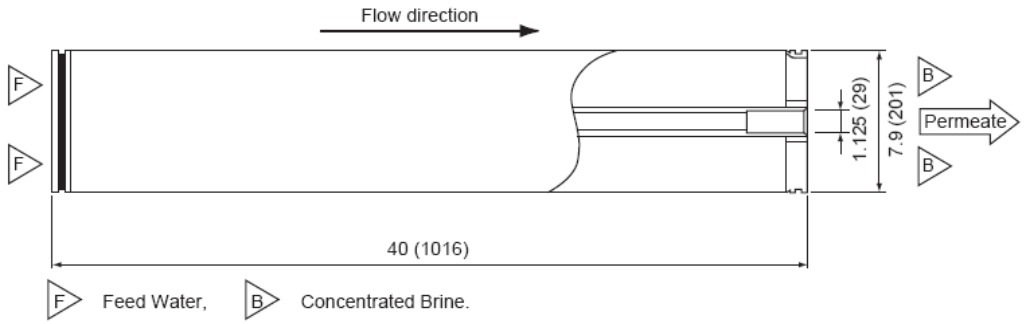
膜元件型号	标准脱盐率 %	脱硼率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TM820K-440	**99.86**	**96**	**6,400 (24.2)**	**440 (41)**	**28**

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	7
单支膜元件最低脱盐率		99.5%
最小透过水量		5,100 gpd (19.3m^3/d)

13.2 使用极限条件

最高操作压力 ……1200psi (8.3MPa)
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 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……50psi (0.34 MPa)

13.3 膜元件尺寸（单位为：英寸（毫米））



13.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸氢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 的亚硫酸氢钠（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　低压纳滤复合膜元件

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）届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。

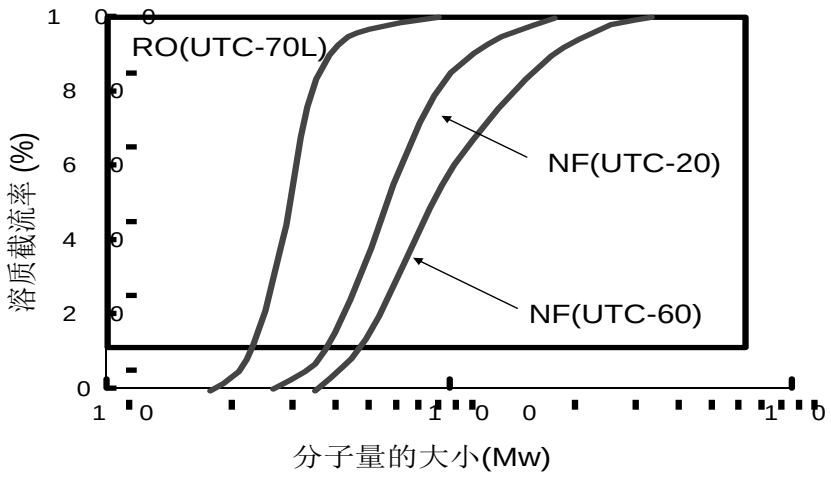
纳滤膜的应用

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透过程的投资成本和操作费用更经济。

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。



1 TM610 4英寸低压纳滤膜元件

TM610 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。

1.1 膜元件性能规范

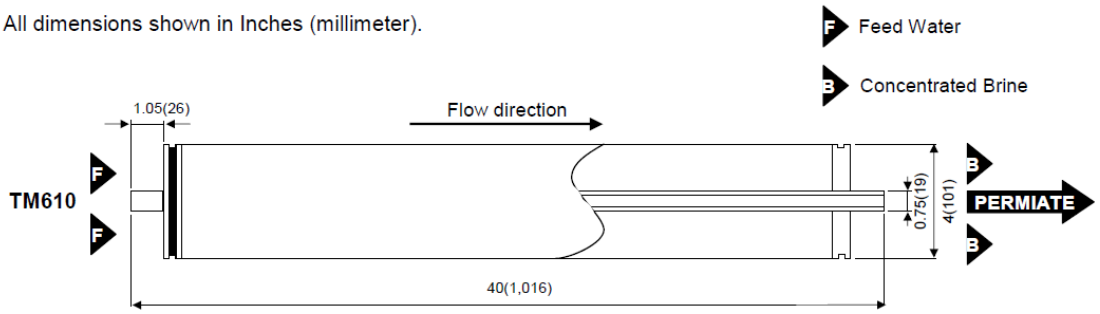
膜元件型号	$MgSO_4$ 标准脱盐率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度(mil)
TM610	＞97	1,800 (6.3)	87 (8)	31

测试条件：	操作压力	70 psi (0.48MPa)
	测试液温度	77°F (25℃)
	测试液浓度	2000 mg/L ($MgSO_4$)
	单支膜元件回收率	15%
	测试液 pH	7
单支膜元件最低脱盐率		97%
最小透过水量		1,400 gpd (5.5m^3/d)

1.2 使用极限条件

最高操作压力 ……600psi (4.1MPa)
最高进水温度 ……113°F (45℃)
最大进水 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
单个膜元件最大压力损失 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……60psi (0.4 MPa)

1.3 膜元件尺寸



1.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸钠溶液进行储藏处理，然后用隔绝袋真空包装。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。

2 TM620N-400 8英寸低压纳滤膜元件

TM620N-400 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。

2.1 膜元件性能规范

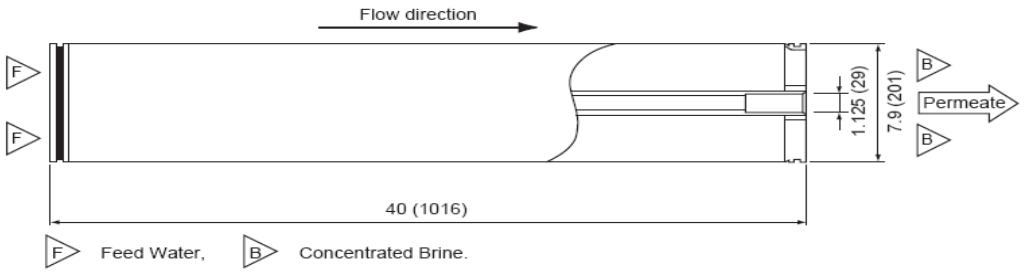
膜元件型号	标准脱盐率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度(mil)
TM620N-400	**＞97**	**8,500 (32.3)**	**400 (37)**	**34**

测试条件：	操作压力	70 psi (0.48MPa)
	测试液温度	77°F (25℃)
	测试液浓度	2000 mg/L ($MgSO_4$)
	单支膜元件回收率	15%
	测试液 pH	7
单支膜元件最低脱盐率		97%
最小透过水量		6,800 gpd (25.7m^3/d)

2.2 使用极限条件

高操作压力 ……600psi (4.1MPa)
最高进水温度 ……113°F (45℃)
最大进水 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
单个膜元件最大压力损失 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……60psi (0.4 MPa)

2.3 膜元件尺寸



2.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸钠溶液进行储藏处理，然后用隔绝袋真空包装。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。

3 TM620-440 8英寸低压纳滤膜元件

TM620-440 纳滤膜元件,有效膜面积为 440 平方英尺,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。

3.1 膜元件性能规范

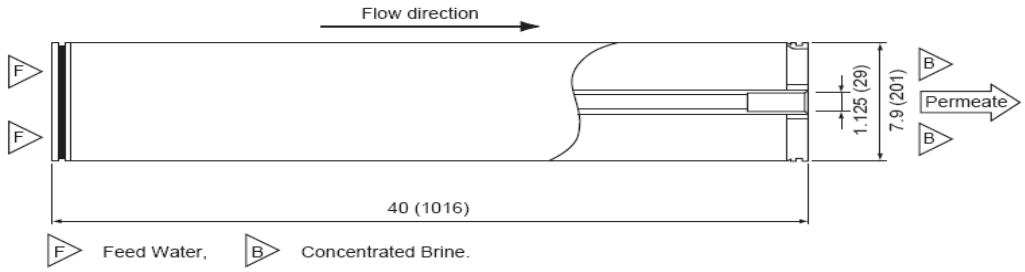
膜元件型号	标准脱盐率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度(mil)
TM620-440	＞97	9,300 (35.2)	440 (41)	28

测试条件：	操作压力	70 psi (0.48MPa)
	测试液温度	77°F (25℃)
	测试液浓度	2000 mg/L ($MgSO_4$)
	单支膜元件回收率	15%
	测试液 pH	7
单支膜元件最低脱盐率		97%
最小透过水量		7,400 gpd (28m^3/d)

3.2 使用极限条件

高操作压力 ……600psi (4.1MPa)
最高进水温度 ……113°F (45℃)
最大进水 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
单个膜元件最大压力损失 ……15psi (0.10 MPa)
单个膜组件最大压力损失 ……60psi (0.4 MPa)

3.3 膜元件尺寸



3.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸钠溶液进行储藏处理，然后用隔绝袋真空包装。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。

4 TMN10H 4英寸低压纳滤膜元件

TMN10H 纳滤膜元件,有效膜面积为 87 平方英尺,适合于以地表水和大多数井水为水源的小型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。广泛应用于小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。

4.1 膜元件性能规范

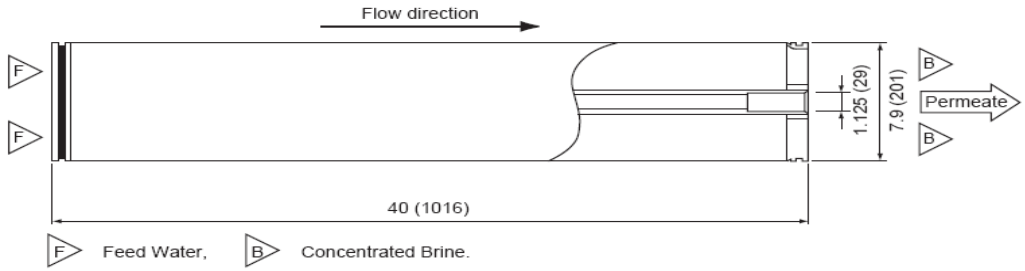
膜元件型号	标准脱盐率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TMN10H	95~99	2,400 (9.1)	87(8)	31

测试条件：	操作压力	100 psi (0.69MPa)
	测试液温度	77°F (25℃)
	测试液浓度	500 mg/L (NaCl)
	单支膜元件回收率	15%
	测试液 pH	7
单支膜元件最低脱盐率		95%
最小透过水量		1,920 gpd (7.2m^3/d)

4.2 使用极限条件

高操作压力 ……365psi (2.5MPa)
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 (0.4 MPa)

4.3 膜元件尺寸



4.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸钠溶液进行储藏处理，然后用隔绝袋真空包装。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。

5 TMN20H-400 8英寸低压纳滤膜元件

TMN20H-400 纳滤膜元件,有效膜面积为 400 平方英尺,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。广泛应用于大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

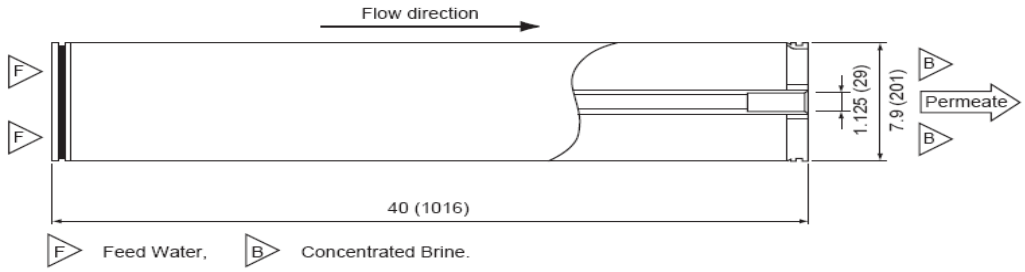
膜元件型号	标准脱盐率 %	透过水量 gpd (m^3/d)	有效膜面积 ft^2 (m^2)	给水流道宽度 (mil)
TMN20H-400	95~99	12,000 (45.5)	400 (37)	31

测试条件：	操作压力	100 psi (0.69MPa)
	测试液温度	77°F (25℃)
	测试液浓度	500 mg/L (NaCl)
	单支膜元件回收率	15%
	测试液 pH	7
单支膜元件最低脱盐率		95%
最小透过水量		9,600 gpd (36m^3/d)

5.2 使用极限条件

高操作压力 ……365psi (2.5MPa)
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 (0.4 MPa)

5.3 膜元件尺寸



5.4 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，并使用新型氧气吸附剂或者 1%的亚硫酸钠溶液进行储藏处理，然后用隔绝袋真空包装。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）

举例：

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

第五章　水化学与预处理

第一节　水源类型

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、电厂冷却排污水以及各种工业废水等水源将成新的途径。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。

第二节　水质分析

2.1　水质分析项目

原水成分是确定适宜的水处理工艺、选择合理的水质处理流程、采用适当的化学药剂及其剂量、进行水处理设备计算的重要基础资料。不同用途的水，要求的水质分析项目也不相同，所确定的指标也有很大的差异。

原水水质分析项目及格式如下：

表 2 原水分析表

项目	符号	单位	数值	项目	符号	单位	数值
温度		℃		铵	NH_4^+	mg/l	
PH 值				钾	K^+	mg/l	
色度		度		钠	Na^+	mg/l	
臭和味				钙	Ca^{2+}	mg/l	
浊度		度		镁	Mg^{2+}	mg/l	
悬浮固体	XG	mg/l		总铁	$Fe^{2+}+Fe^{3+}$	mg/l	
溶解固体	RG	mg/l		锰	Mn^{2+}	mg/l	
总固体	QG	mg/l		氨氮	NH_3-N	mg/l	
固体残渣	SC	mg/l		重碳酸根	HCO_3^-	mg/l	
灼烧减量	SG	mg/l		碳酸根	CO_3^{2-}	mg/l	
碳酸盐硬度	H_Z	mmol/l		硫酸根	SO_4^{2-}	mg/l	
非碳酸盐硬度	H_Y	mmol/l		硝酸根	NO_3^-	mg/l	
总硬度	H_O	mmol/l		亚硝酸根	NO_2^-	mg/l	
负硬度		mmol/l		磷酸根	PO_4^{3-}	mg/l	
钙硬度	Hca	mmol/l		氯根	Cl^-	mg/l	
镁硬度	Hmg	mmol/l		硫化物	S^{2-}	mg/l	
甲基橙碱度		mmol/l		二氧化硅	SiO_2	mg/l	
酚酞碱度		mmol/l		油和脂		mg/l	

项目	符号	单位	数值	项目	符号	单位	数值
酸度		mmol/l		耗氧量	COD	(O)mg/l	
溶解氧	O_2	mg/l		电导率	K	μs/cm	
游离 CO_2	CO_2	mg/l		淤塞密度指数	SDI(FI)		
余氯	Cl_2	mg/l		总有机碳	TOC	C mg/l	

2.2 水质分析资料的选用

水质分析资料的选用应根据软化、除盐和循环冷却水处理等的要求，尽可能取得全部可利用水源的水质资料，为设计的经济、社会、环境效益的最优化提供基础资料。选用时宜注意以下几点：

(1) 应收集原水（或预处理后的水）的历年水质资料及其年变化情况，选择有代表性的年平均水质作为处理系统的设计依据，年最差的水质作为选用设备时校核用。

(2) 采用地表水时，全年的水质分析资料应每月一份，全年十二份；应尽量收集历年洪水期的悬浮物含量和枯水期的水质资料，以掌握其变化的规律；并应了解上游各种排水污染水质的可能性。

(3) 采用地下水时，全年的资料，每季一份，共四份；对于石灰岩地区的泉水，应了解其水质的稳定性；深井水水质每年不少于两份。对地下水补给源的污染情况要有所了解，这对选取浅层地下水作为水源时尤其重要。

第三节 工业给水处理工艺

(1) 软化：指用化学的方法降低或去除水中的钙、镁离子，降低水的硬度。软化后水的剩余硬度与软化方法有关，一般在 0.05 - 0.80mmol/L 之间。软化方法通常分为药剂软化法和离子交换法两种，具体可查阅 5.8 章节内容。

(2) 除盐（包括一级除盐和二级除盐）：是采用物理、化学（包括电化学）的方法，以去除水中无机盐类为主要目的。在除盐的过程中亦除去了部分机械杂质和有机物质，获得电导率为 10 - 0.1μs/cm 的除盐水。除盐的方法通常有蒸馏、膜分离、离子交换，或将这些方法综合应用。

(3) 纯水（高纯水、超纯水）制取：是采用物理、化学的方法，对经过除盐以后的出水再进一步处理，使水的电导率小于 0.1μs/cm，并达到金属元素、有机物、微粒含量、细菌等多项指标要求。水质指标接近理论纯水的亦称为“超纯水”。纯水制取通常采用离子交换、灭菌、膜分离等方法。

(4) 水质稳定处理：主要采用物理和化学的方法。如用加酸、阻垢剂、缓蚀剂和杀菌剂等，对冷却水作控制沉积物、腐蚀和微生物生长的全面处理。

(5) 冷却循环水处理：是应用物理的方法，降低工业用水在使用过程中增加的热量，供循环使用。

第四节　预处理的重要性

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。

4.1　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、菌类、藻类等黏附、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，预处理的目的就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。

4.2　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；
(2) 防止膜表面发生结垢，即必须尽量抑制难溶盐如 $CaCO_3$、$CaSO_4$、$BaSO_4$、$SrSO_4$、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。

4.3 反渗透系统的进水水质要求

表 3 膜分离装置允许的进水水质指标

项目		聚酰胺系
1	浊度(度)	＜1
2	淤塞密度指数 SDI 值	＜5
3	pH 值	2 - 11
4	水温(℃)	1 - 45
5	游离氯(mg/L)	＜0.1 或 检不出
6	表面活性剂(mg/L)	检不出
7	洗涤剂、油份、H_2S 等(mg/l)	检不出
8	铁离子(mg/L)	水中含氧量 DO＜0.5mg/L, pH＜6 Fe^{3+}＜0.05mg/L
9	亚铁离子(mg/L)	水中含氧量 DO＜0.5mg/L, pH＜6 Fe^{2+}＜4mg/L
10	锰(mg/L)	水中含氧量 DO＜0.5mg/L, pH＜6 Mn^{2+}＜0.05mg/L
11	铝(mg/L)	水中含氧量 DO＜0.5mg/L, pH＜6 Al^{3+}＜0.05mg/L
12	碳酸钙（$CaCO_3$）	浓水中的 LSI 为负值
13	硫酸盐结垢	硫酸盐离子积＜$0.8K_{sp}$
14	沉淀物(SiO_2 等)(mg/L)	浓水不发生沉淀
15	LSI	pH - pH_s 为负值

注：表中项目 8~15，是未经过任何加药处理的一般数据

4.4 原水水质指标

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），用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 SDI≤5。而一般干净的井水的 SDI<1，则不必进行去除胶体的预处理。

SDI 是在 2.1Kg/cm_2（30psi）的给水压力下，单位时间与单位面积内 0.45μm 特定滤膜被污堵的百分率。测试方法如下：

将 SDI 测试装置如右图组装；

(a)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）；

(b)将微滤膜片装入测试过滤器并将给水的压力稳定在 2.1Kg/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，以免影向测试效果。

(c)在过滤器下放置一只 500ml 量筒，准备收集过滤水；

(d)开阀门，测定收集 500ml 水样所需时间 Ti，并使水继续流；

(e)15 分钟后，再测定收集 500ml 水样所需时间 Tf；

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；

关闭阀门，将测试过滤器中的膜片取出以便进一步的分析；

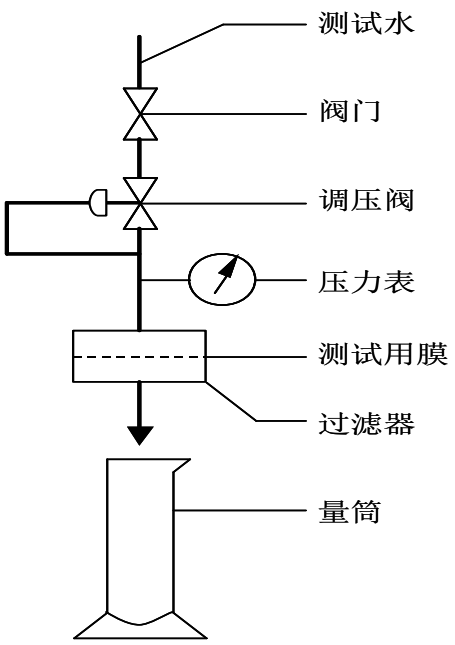


图 SDI测试流程图

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。

第五节 常见预处理方法的选择

5.1 混凝-絮凝

(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。

(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、剂量、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。

下表中给出了常见混凝剂在水中的最佳 pH 值范围。

表 4 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	$Al_2(SO_4)_3 \cdot H_2O$	AS	6.0～8.5
	氯化铝	$AlCl_3 \cdot 6H_2O$	AC	6.0～8.5
	硫酸铝钾	$K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$	MICS	6.0～8.5
铁盐	硫酸亚铁	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	-	8.0～11.0
	硫酸铁	$Fe_2(SO_4)_3$	FS	4.0～11.0
	氯化铁	$FeCl_3 \cdot H_2O$	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。

注意事项：

由于大多数芳香聚酰胺反渗透膜表面整体现负电荷性，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。

5.2 介质过滤

(1) 功能和目的

介质过滤是指以石英砂或无烟煤等为介质，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。

(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，对于向下流过滤，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。

(3) 注意事项

介质过滤器的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。

表 5 滤料级配与滤速的经验数据

类别	滤料组成		滤速（m/h）
	粒径（mm）	滤层厚度（mm）	
单层石英砂滤料	Dmax=1.2 Dmax=0.5	700	6-12
双层滤料	无烟煤 Dmax=1.8 Dmax=0.8	200-400	8-16
	石英砂 Dmax=1.2 Dmax=0.5	400	
三层滤料	无烟煤 Dmax=1.6 Dmax=0.8	450	18-20
	石英砂 Dmax=0.8 Dmax=0.5	230	
	重质矿石 Dmax=0.5 Dmax=0.25	70	

5.3 活性炭过滤

(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、嗅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。

(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。

(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。

5.4 精密过滤

(1) 功能和目的

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 10μm，根据实际设计情况可设计为 5μm 或更低。

(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。

(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。

5.5 微滤和超滤

(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（0.002-0.05μm）。超滤膜两侧的渗透压差较小，所以超滤的操作压力较反渗透小得多，一般控制在 0.04-0.7MPa 范围内。微滤主要用来截留颗粒大小在 0.1-10μm 范围的杂质，如病菌、细菌等。微滤的的操作压力也较小，一般小于 0.3MPa。

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。

(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，微滤膜的材料主要有聚四氟乙烯、聚丙烯、聚酰胺和纤维素等四种。

(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。

5.6 MBR

(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：

占地面积小，模块化，升级改造容易；

彻底去除水中的固体物质；

COD、固体、营养物可以在一个单元去除；

高负荷率和低污泥产率；

系统不受污泥膨胀影响。

(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：

高通量和高品质的过滤出水；

高浓度的活性污泥可确保高负荷运行；

较低的过滤压差；

自动在线清洗，运行维护管理简便。

5.7 化学氧化

(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。

(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。

(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。

5.8 软化

5.8.1 药剂氧化

(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) 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。

(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。

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。

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。但它不能去除水中的过剩碱度和非碳酸盐硬度。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。

其去除效果与生成沉淀物的溶解度有关。

表 6 钙、镁化合物的溶解度

化合物	溶解度（mg/L）		
	0℃	100℃	200℃
$Ca(HCO_3)_2$	2630	分解	＜5
$CaCO_3$	15	13	
$Ca(OH)_2$	1770	660	
$MgCO_3$	85	63	
$Mg(OH)_2$	10	5	0.9
$CaSO_4$	1750	1770	76

5.8.2 离子交换水质软化

(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（Na^+、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。

(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) 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 5mmol/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。

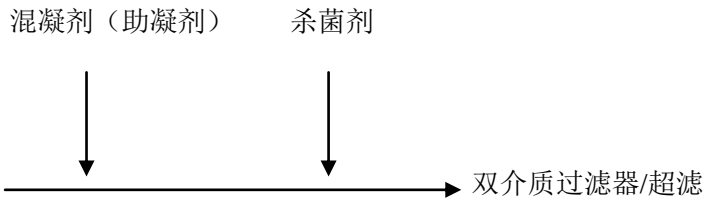
第六节 几种常见水源可采用的预处理系统

预处理系统的选择应根据进水水质极其变化、所采用的后续处理装置所要求的进水水质指标及后处理装置的情况，同时结合系统规模、当地材料和设备供应情况，通过技术经济比较选定。

6.1 自来水或井水(水库水)的处理

进水为地下水或自来水时：一般浊度较小，通常可达 1 度以下，有机物与细菌含量也较少，一般经简单的砂滤即可。

其处理流程如下：



当地下水中含铁、锰量较高时，可依据水中铁、锰的形态，在上述流程中增加除铁、锰工序。

基本方法有两种

- 锰砂滤池
- 药剂氧化法

对水中的铁、锰的去除并不是孤立的，往往只要在预处理的整个工艺中加强或增加某道工序即可达到出铁、锰的目的。

当自来水中余氯量较高时，或因氧化过程中加氯过量而造成水中活性余氯量较高时，应增加脱氯工序。

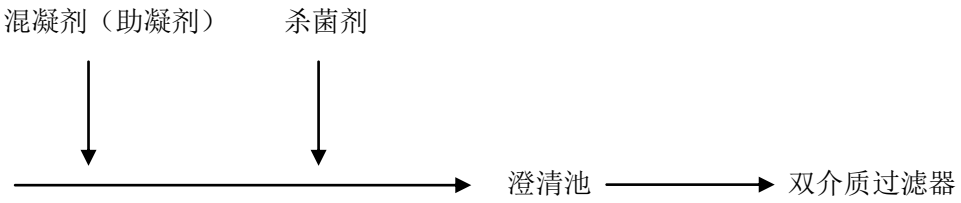
基本方法有两种

- 添加亚硫酸氢钠等还原剂脱氯
- 活性炭吸附

6.2 苦咸水(地表水)淡化

(1) 进水为地面水或工业用水且浊度较高时：应通过混凝（或澄清）将浊度与色度降低，浊度降低到 10 度以下，再经过砂滤降低到 1～2 度以下。

其处理流程如下：



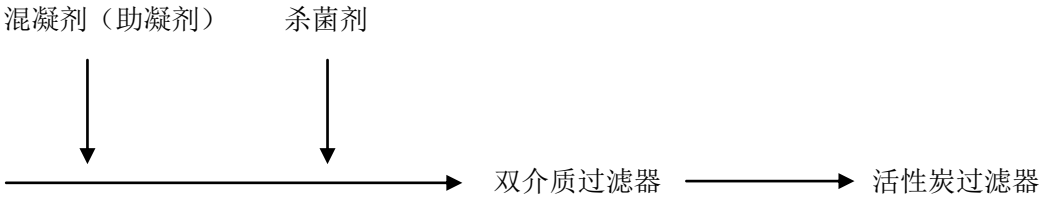
为适应后续水处理工序不同设备的需要，可在上述基本流程中增减设备。

- 若进水碳酸盐硬度较高，可投加石灰，在除去浊度的同时进行预软化；
- 若成品水对胶体硅要求较严，单纯混凝沉淀达不到除硅要求时，在加石灰的同时还可投加镁剂。

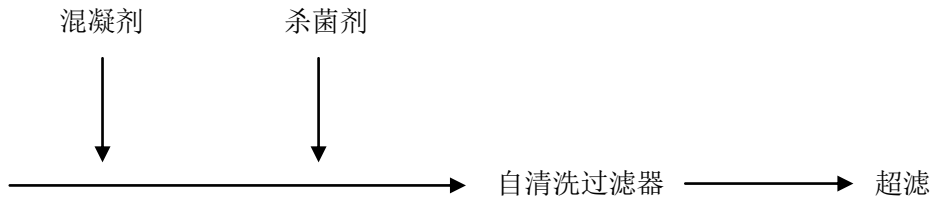
(2) 进水为工业用水而浊度较低时：一般工业用水浊度在 10～15 度以下（即沉淀池出水），在这种情况下仅用接触混凝过滤即可。

其处理流程如下：

(a)



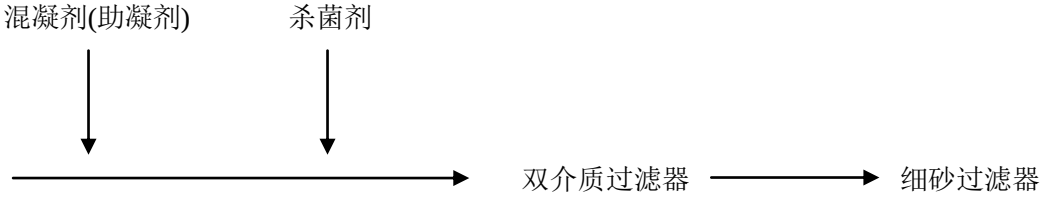
(b)



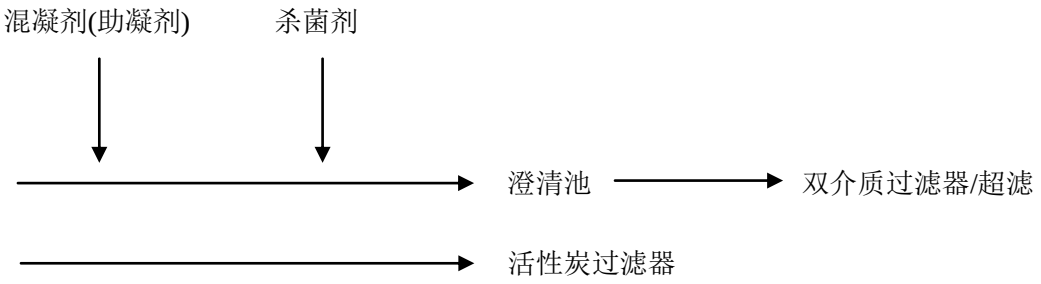
6.3 海水淡化

根据取水的方式不同，其处理流程如下：

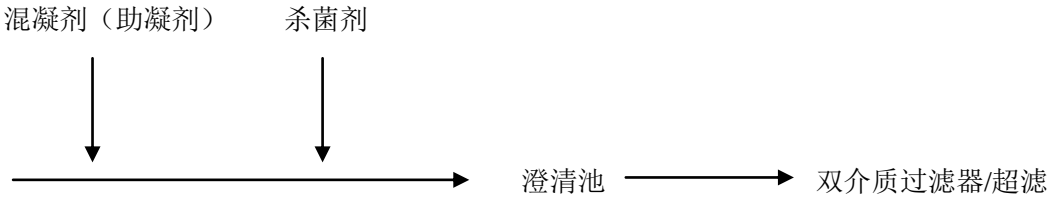
(1) 深井取水



(2)敞开取水



6.4 市政污水及工业废水的深度处理



第七节 常见的污染物及其预处理工艺推荐

7.1 悬浮物固体和胶体

(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。

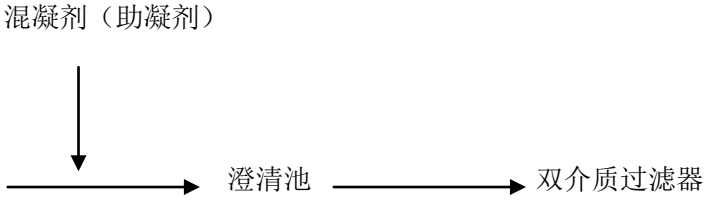
(2) 悬浮固体和胶体污染的主要症状

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

(3) 去除方法

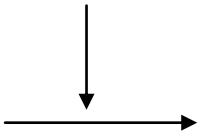
(a) 高速澄清池 + 介质过滤

混凝澄清，对于高浊度的原水采用澄清工艺中人为投加混凝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。



(2) 介质过滤，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，被经常采用，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。

混凝剂（助凝剂）



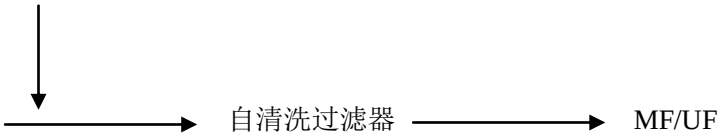
双介质过滤器

(3) 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、大水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。

混凝剂



自清洗过滤器的作用是截留原水带来的大于 130μm 的颗粒，以防止其进入超滤系统，是超滤系统的保安过滤器，自清洗过滤器目前有叠片式、盘式等各种类型，有着各自不同的过滤原理。

值得注意的是，当 MF/UF 作为预处理的时候，混凝剂的添加量不能过多，一般情况下，这时的混凝剂添加量要少于使用介质过滤作为预处理的系统，过多的混凝剂所产生的絮凝物会使 MF/UF 系统被污堵。

7.2 微生物污染

(1) 引言

常规的地表水和浅层地下水中都生存着微生物：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，专以亚硫酸氢纳（NaHSO3）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) 污染的主要形式

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

(3) 反渗透系统中的生物污染原因

- RO 系统有较大的膜表面积，增加了粘附细菌的可能性；
- RO 膜受到垂直的动力，会将细菌迁移至截留表面；
- 预处理也是生物污染源，如絮凝剂过量；
- 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；

(4) 产品水也可能被微生物污染，其原因有：

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

(5) 生物污染的主要症状和影响

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

(6) 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。

(a) 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 Cl_2、NaClO、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：

$C+Cl_2+2H_2O$——$4HCl+CO_2$

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：

$NaHSO_3+HClO——HCl+NaHSO_4$

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。

(b) 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。

(c) 紫外线杀菌

254nm 的紫外线能够很好地去除水中的细菌，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。

(7) 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。

(8) 注意事项：

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；

投加量一般以进水余氯>1mg/L 为宜；

加药点应设于预处理系统进水口；

杀菌接触时间：20-30 分钟；

对于深层井水：可据实际情况设置定期或点杀方式杀菌；

对于深、中层井水丝状菌，可以投加液体亚硫酸氢纳来去除；

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。

7.3 有机物污染

(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 行业最为头痛与难以解决的问题。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。

(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：

(a) 低分子易挥发有机物，可以脱气法除去；

(b) 采用高分子阳离子絮凝剂除去极性大分子；

(c) 非极性、中低分子量的有机物可以活性炭吸附除去；活性碳吸附是一种短期有效的方式，缺点是活性碳饱和后再生困难、且极易成为细菌繁殖的温床。

(d) 采用低污染 RO 膜也是防御水体中有机物污染的有效办法。

7.4 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，$CaSO_4$、$CaCO_3$、SiO_2 是产生垢类的主要难溶盐。在一些特殊地区，也有 $BaSO_4$、$SrSO_4$、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。

7.4.1 难溶碳酸盐

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。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 $CaCO_3$ 结垢趋势，对于苦咸水采用拉格朗日饱和指数（LSI）来判断，对于海水采用史蒂夫戴维斯稳定指数（S&DSI）判断。

LSI 及 S&DSI 定义为：

LSI=pH-pHs(TDS＜10,000mg/L)

S&DSI= pH-pHs(TDS≥10,000mg/L)

式中：pH——浓水中实际 pH 值

pHs——水中碳酸钙饱和时的 pH 值

LSI（S&DSI）≤0 ：不结垢

LSI（S&DSI）＞0 ：结垢

加酸可以去除水体中的 CO^{3-}与 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 Ca^{2+}、Ba^{2+}、Sr^{2+}，适用于中小型的苦咸水处理。树脂饱和后需要用 NaCl 再生除去 Ca^{2+}、Ba^{2+}、Sr^{2+}，这样的处理不改变进水 pH 值。但是原水中的 CO_2 能够通过 RO 膜造成产品水电导率升高，在软化后投加 NaOH 使 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 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 Sr、Ba、Si、Ca、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 Ca^{2+}、Ba^{2+}、Sr^{2+}的碳酸氢盐（暂时硬度）被 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：

$HCO^{3-}+H^+$——H_2O+CO_2

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［$Ca(OH)_2$］降低硬度，它还可以降低 Si 的浓度。采用石灰软化法也可以降低 Ba、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 Sr、Ba、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 Si 的溶解度。但要注意的是高 pH 值容易发生碳酸钙（$CaCO_3$）沉淀的产生。

预防性清洗可以降低结垢的产生以及危害。

7.4.2 硫酸钙、硫酸钡、硫酸锶以及氟化钙

硫酸盐类，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膜元件的性能，所以要在结垢形成之前加以预防。

预防措施

- 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；
- 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；
- 可以相应降低反渗透系统的回收率；
- 可以选用相应的阻垢剂来预防。

7.4.3 硅和硅酸盐

(1) 硅垢概述

常规的水源中 SiO_2 的含量<50mg/L ，RO 系统中对于 SiO_2 的含量较为敏感，原因是由于 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。SiO_2 在 RO 浓水段的浓度允许值取决于 SiO_2 的溶度积，同时受水温和 pH 影响很大。

SiO_2 的溶解度与水温成正比，如 25℃时溶解度为 100mg/L,40℃时为 160mg/L。

SiO_2 的溶解度与 pH 的关系：

PH=7-8：SiO_2 呈溶解态硅酸，其主要以离子状态存在；

PH<7：在酸性条件，SiO_2 溶解度远低于碱性环境。

SiO_2 沉淀的判断：

$[SiO_2]_1 \leq [SiO_2]_2$ （此条件下 SiO_2 不沉淀）

$[SiO_2]_1 = CF[SiO_2]_t$

$[SiO_2]_2 = CFpH[SiO_2]_t$

式中：

$[SiO_2]_1$——RO 浓水 SiO_2 的浓度

$[SiO_2]_2$——SiO_2 的溶解度

$[SiO_2]_t$——SiO_2 在 t 度的溶解度

CFpH——SiO_2 的溶解度 pH 校正因子

(2) SiO_2 沉淀结垢的控制

- 降低 RO 系统回收率；
- 适当提高水温；
- 适当调整 pH=7-8；
- 预处理投加硅的分散剂；
- 以上几种方式可以综合应用；
- 石灰软化可降低约 50%的 SiO_2 的含量；
- 可使用强碱性阴离子交换树脂吸附；
- 采用切割分子量小于 10000 的超滤膜去除胶体硅。

(3) 金属硅酸盐的结垢

铁和铝会与硅发生反应，形成难溶金属硅酸盐（硅酸铝和硅酸铁），而且所形成的金属硅酸盐会改变 SiO_2 溶解度，从而进一步快速污堵膜元件，因为即使水中的硅浓度较低(10ppm)，50ppb 浓度的铝，就会引起系统性能的下降，所以要降低水中的 Fe^{3+}和 Al^{3+}含量。

RO 系统进水中允许铁离子（Fe^{3+}）和铝离子（Al^{3+}）的含量指标

前提条件：水中含氧量（DO）<0.5mg/L,pH<6

铁离子、铝离子<0.05mg/L。

7.4.4 铁、锰

(1) 铁氧化物的污染

在一些特定的区域，地下水中富含有亚铁离子（Fe^{2+}）和锰离子(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（Fe^{2+}）和锰离子(Mn^{2+})就会转化为三价铁离子（Fe^{3+}）和锰离子(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：

$4Fe(HCO_3)_2 + O_2 + 2H_2O$—— $4Fe(OH)_3 + 8CO_2$

$4Mn(HCO_3)_2 + O_2 + 2H_2O$—— $4Mn(OH)_3 + 8CO_2$

(2) 导致铁污染的可能原因

(a) 氯类杀菌剂在水体中与亚铁离子（Fe^{2+}）相遇形成三氯化铁（$FeCl_3$）；

(b) 铁（Fe^{3+}）与硅（Si）反应形成的硅酸铁；

(c) 二价铁水源与 H_2S 水源混合，产生难溶的硫化铁；

(d) 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。

(3) 铁氧化物的防治

(a) 处理富含亚铁离子（Fe^{2+}）和锰离子（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；

(b) 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；

(c) 在预处理系统中加混凝剂也可部分除去亚铁离子（Fe^{2+}）；

(d) 部分阻垢剂可以防止铁污染，可以向相关阻垢剂厂商咨询；

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

前提条件：水中含氧量（DO）<0.5mg/L,pH<6

亚铁离子（Fe^{2+}）<4mg/L，

锰、铁离子、铝离子<0.05mg/L。

7.4.5 余氯

复合膜和芳香聚酰胺膜对游离氯较为敏感，大于 0.1mg/L 的游离氯就能使它性能恶化。而醋酸纤维类膜对游离氯的耐受力较强，可达 0.5~1.0mg/L。

由于不仅是自然水中会存在游离氯，为了对系统的原水进行杀菌，会在系统的进水添加氯化杀菌剂，通常后续如有活性炭过滤，可以保证其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活性余氯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，也可将活性余氯消除。

第六章　反渗透单元设计

第一节　反渗透和纳滤的基本原理和概念

反渗透和纳滤是一个利用半透膜从溶液中分离出溶剂和溶质的过程。半透膜只允许溶剂和极少部分溶质通过，同时截留绝大部分的溶质。要了解反渗透和纳滤是怎样工作的，首先必须要了解自然渗透过程。

值得注意的是，虽然许多溶剂能被应用于反渗透过程，但反渗透最主要的应用还是在以水为溶剂的溶液系统，因此以下所有的论述和讨论都是在基于水溶液系统上的。

1.1　渗透

渗透是一个水通过半透膜从低浓度溶液流向高浓度溶液的自然过程。

图示 5 的容器由半透膜分为左右两个隔室，在其左边加入浓溶液，右边加入稀溶液。由于两侧溶剂（即水）化学势的差别，水分子将从稀溶液中通过半透膜不断流向浓溶液，因而在两侧液面形成高度差；直到液柱产生的压力大小刚好能阻止水分子的净流入，进出半透膜的水分子达到动态平衡。此时两侧液面的高度差就是浓溶液和稀溶液在该平衡状态浓度下的渗透压差；而当稀溶液为纯溶剂（即纯水）时，两侧液面的高度差就是浓溶液在该平衡状态浓度下的渗透压，请见图 6。

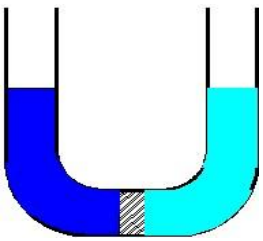


图 5

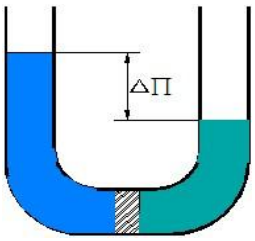


图 6

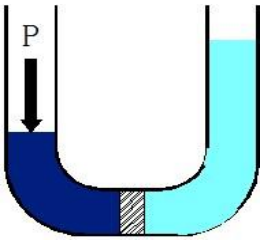


图 7

溶液的渗透压可以通过 van't Hoff 方程式进行估算：

$$\prod = RT\sum Ci \qquad \text{式 6-1}$$

式中：∏----渗透压，KPa；

R----常数，取 8.314 kPa Ł/（K ₥ol）；

∑Ci----各离子的量浓度总和，mol/L；

T----热力学温度，K。

从式 6-1 可以看出，渗透压是溶液浓度的函数，溶液浓度越高，其渗透压就越大。

值得注意的是，渗透压是溶液的一种性质，与膜无关。不同种类的溶液其渗透压是不一样的。例如在反渗透计算时，我们常常用 NaCl 溶液来进行估算，一般 1mg/L 的 NaCl 约产生 69Pa 的渗透压。但高分子有机物产生的渗透压却要低得多，如 1mg/L 的葡萄糖产生的渗透压约只有 13.8Pa。

反渗透和纳滤都属于渗透膜范畴，渗透压在膜的传质过程中起着极其重要的作用。

1.2 反渗透

反渗透就是在浓溶液侧施加大于溶液渗透压的压力，迫使水分子逆向（与自然渗透方向相反）通过半透膜进入稀溶液的过程，故在有些文献中也将“反渗透”称为“逆渗透”，请见图7。

由于在反渗透过程中，浓溶液侧的水分子通过半透膜流向稀溶液，而绝大部分溶质（溶解性固体）却无法透过膜，被截留下来。故浓溶液被进一步浓缩或者说脱水，稀溶液被稀释纯化或者说脱盐。而浓缩与脱盐也是当今反渗透膜应用的两大方向。

实际应用中，由于反渗透膜组件及膜片本身对水的流动具有阻力，故施加在反渗透膜上用于实现反渗透过程的压力远高于溶液的渗透压。例如：苦咸水在 1500ppmTDS 浓度时的渗透压约为 15 psi，但其操作压力可能需要 150～300psi；海水在 35000ppmTDS 浓度时的的渗透压约为 350psi，而其操作压力可能需要 800～1200psi。由此可见，反渗透膜系统的驱动压力有很大一部分是用来克服膜组件及膜片本身对水的阻力；特别是对于低含盐量水源时，这种现象将更加的明显。因此对于反渗透系统来讲，选择合适的膜元件是非常重要的。

1.3 反渗透和纳滤机理

虽然目前反渗透的应用已经相当成熟，但关于反渗透的透过机理业界却一直没有统一的定论。有许多的模型都被用来描述反渗透的过程，他们都基于不同的假设条件也有不同的复杂程度。其中就包括溶解扩散模型、优先吸附毛细孔流模型、氢键模型以及后来提出的干闭湿开模型等等。而最早由 Lonsdale 等人提出的溶解扩散模型也被视为解释反渗透膜传质过程最重要的模型,它基本上可以定量的描述水和盐透过膜的传递；其中膜对水的透过能力可由下式确定：

$$Jv=Pnet\cdot Kw/\delta \qquad \text{式 6-2}$$

其中：

$$Pnet=Pf-Pp-\Delta P/2-\Delta\prod \qquad \text{式 6-3}$$

式中：Jv----膜的透水能力（即：膜的水通量）；

Kw----膜对水的特性常数；

δ----膜的厚度；

Pnet----净驱动压力；

Pf----给水侧压力；

Pp ----产水侧压力；

ΔP ----水流经膜的压力损失(压差)；

Δ∏----膜两侧的渗透压差；

在式 1-2 中以 A= Kw/δ 代替，得：

$$Jv=Pnet\cdot A \qquad \text{式 6-4}$$

式中：A----膜对水的传递系数；

而反渗透膜对盐并不能做到真正意义上的完全脱除，其盐的透过能力及其影响因素可由下式：

$$Jsi=\Delta Csi \cdot Ksi/\delta \qquad \text{式 6-5}$$

其中：

$$Csi=Cmi-Cpi \qquad \text{式 6-6}$$

式中：Jsi----膜对某一种离子的盐通量；

Ksi----膜对某一种离子的透过系数；

ΔCsi----某一种离子在膜两侧的浓度差；

Cmi----某一种离子在膜表面的浓度；

Cpi----某一种离子在产水侧的浓度；

在式 1-5 中以 Bi= Ksi/δ 代替，得：

$$Jsi= \Delta Csi \cdot Bi \qquad \text{式 6-7}$$

式中：Bi----膜对某一种离子的传递系数；

对于不同的膜，有不同的水和盐透过系数，即 Kw 和 Ksi 值，对于给定的膜，Kw 和 Ksi 是温度的函数,对于某些聚酰胺膜他们也与溶液的 pH 值有关。

由式 6-4 可以看出，在反渗透工艺中，膜的透水能力（即：水通量,$L/m^2 \cdot h$）与作用于膜上的净驱动压力成正比，与膜片的厚度成反比。

由式 6-7 可以看出，在反渗透工艺中，膜对某一种离子的透盐率（即：盐通量,$mg/m^2 \cdot h$）与膜两侧溶液的浓度差成正比，与膜片的厚度成反比，与压力无关。

因此在系统运行中保持回收率不变，增加运行压力将增大系统产水量而不改变透盐量，从而使得系统的脱盐率增加；而在系统运行时给水浓度增加将导致系统净驱动压力下降，最终导致产水量和系统脱盐率的下降。

第二节 基本术语和定义

为了更好的了解和应用反渗透和纳滤过程，有必要了解以下基本术语和定义：

2.1 死端过滤/错流过滤

一般人们所理解的过滤过程是进水垂直的通过过滤膜，留下颗粒和悬浮物质在膜片上，对于整个过滤系统只有一个进水流和一个出水流，这就是我们所讲的死端过滤（请见图 8）。死端过滤意味着所有的截留物质将在膜表面不断的累积，如果不对其进行定时的清除或清洗,这样的过滤过程将在所有的过滤通道被截留物堵死后停止。现在超滤系统大多都是采用这种过滤形式，只不过在运行一段时间后会进行水力的冲洗或化学的清洗以对其过滤能力进行恢复。

反渗透过程则是采用的另外一种过滤方式，即：错流过滤。在错流过滤中，进水水流切向的（平行的）而非像死端过滤一样垂直的通过膜表面；水和极少部分的溶质透过膜作为产水流出，而绝大部分的溶质和部分的水直接排出（请见图 9）。因此错流过滤有一个进水流和两个出水流，即：产水流和浓水流。

浓水流是错流过滤和死端过滤的本质区别，它的出现意味着大部分的颗粒和悬浮物将被排

出，而不是全部被留在膜表面。另外，由于错流过滤的主体水溶液流动方向是与膜表面平行的切向方向，因而能起到冲刷膜表面的作用，所以错流过滤能有效减少膜表面的浓差极化以及污染和结垢现象的发生。当然冲刷的效果是与冲刷的水流量有关系的，这就是为什么反渗透设计导则中有膜元件最小浓水流量要求的原因。

理论上错流过滤是连续过滤过程，但实际上它也并不能完全阻止膜表面的污染和结垢，故过滤膜依然需要做定期的离线清洗以恢复其通量。

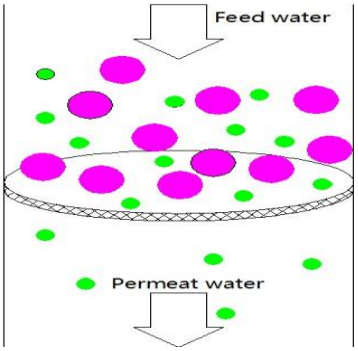


图 8 死端过滤

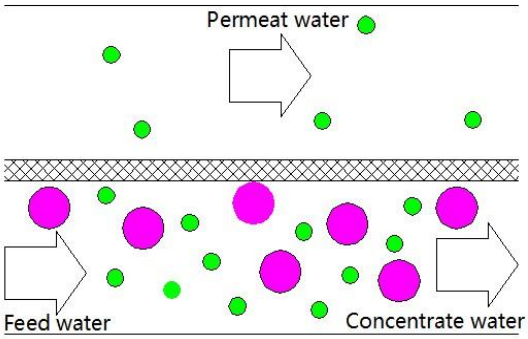


图 9 错流过滤

2.2 回收率

指将系统进水转化为产水的比例。常规单只膜元件的回收率根据进水水质的不同由海水的最高约 12%到 RO 产水的最高约 30%不等。而常规 RO 系统的回收率也根据系统的规模和原水水质由 30%～90%不等。回收率的计算公式如下：

$$R\%=Fp/Ff\times100\% \qquad \text{式 6-8}$$

式中：Ff----膜（系统）的进水流量（m^3/h）；

Fp----膜（系统）的产水流量（m^3/h）；

R----膜（系统）的回收率（m^3/h）；

一旦系统的回收率确认，即可大致推算出 RO 系统对原水含盐量的浓缩倍数，而浓缩倍数也被称为 RO 系统的浓缩因子。如，假设 RO 对 TDS 完全脱除，对于回收率为 75%的系统，相当于将 RO 的进水含盐量浓缩 4 倍，即浓缩因子为 4。了解系统的浓缩因子对我们理解浓水侧结垢与污染是相当有帮助的。系统浓缩因子的计算公式如下：

$$CF=1/(1-R)=Ff/Fc \qquad \text{式 6-9}$$

式中：CF----浓缩因子；

Fc----系统的浓水流量（m^3/h）；

常规系统回收率及对应的浓水倍数请见下表：

表 7 常规系统回收率及对应的浓水倍数

R%	10	15	30	50	75	80	85	90	95
CF	1.11	1.18	1.43	2	4	5	6.67	10	20

由此可见，原水的浓缩倍数随着回收率增加而升高，且当回收率大于 75%时，浓缩倍数的升高趋势变得更快更明显。

高的回收率意味着少的浓水排放量，但过高的回收率将带来产水水质的下降。由式 6-7 可以看出，增加系统回收率将增加膜两侧的浓度差从而导致产水含盐量的增加；同时由式 6-4 也可以看出，回收率的增加也将导致系统的净驱动压力下降，最终导致系统产水量的下降，而要维持相同的产水量必须要增加系统的运行压力。

回收率不是反渗透膜的性质，而是设计者对产水水质要求以及浓水流量大小权衡的结果。回收率的上限是由原水结垢的趋势和膜表面浓差极化的趋势两个因素所决定。

因此，在设定系统回收率前，必须确认难溶盐（如：$CaCO_3$、$CaSO_4$、$BaSO_4$、$CrSO_4$、SiO_2 等）是否会在膜表面结垢。常规当溶液中难溶盐的离子积大于其溶度积时沉淀有可能从溶液中析出，而保证不形成沉淀的最大浓水浓度所对应的回收率即为系统回收率的上限。至于另一个限制回收率的因素浓差极化，请见本手册其他相关章节。

2.3 脱盐率/透盐率

脱盐率指反渗透膜允许水分子透过的同时阻止盐分透过的能力；简单的讲，即：将进水中的盐分脱除的百分比。而透盐率则刚好相反，指透过反渗透膜的盐分占进水盐分的百分比。

常规对于脱盐率有以下三种表述和计算方式：

(1)表观脱盐率

指将 RO 系统的进水含盐量作为计算依据所得出的脱盐率。其计算公式如下：

$$SR=(Cf-Cp)/Cf\times100 \qquad \text{式 6-10}$$

式中：SR----脱盐率；

Cf----系统进水含盐量，ppm；

Cp----系统产水含盐量，ppm；

表观脱盐率由于其计算方法简单因此目前被很多人所接受，更有甚者直接将其当作了系统脱盐率。但是由于其仅把系统进水含盐量作为计算依据，使得他的计算结果与实际具有很大的偏差,特别是对于高回收率系统。如，采用 6 芯膜组件，两段式 2:1 排列，回收率 75%的系统；其第二段的进水含盐量已经近乎是原水含盐量的 2 倍，此时用式 6-10 来计算脱盐率其偏差可想而知。

(2)系统脱盐率

指将 RO 系统的平均进水含盐量作为计算依据所得出的脱盐率。其计算公式如下：

$$SR\%=(Cfa-Cp)/Cfa\times100 \qquad \text{式 6-11}$$

式中：Cfa----系统平均进水含盐量，ppm；

系统平均进水含盐量计算方法为：

$$Cfa=Cf/R\times\ln1/(1-R) \qquad \text{式 6-12}$$

也可通过下式进行粗略计算：

$$Cfa=(Cf+Cc)/2\times100 \qquad \text{式 6-13}$$

式中：Cc----系统浓水含盐量，ppm；

由于系统脱盐率引入了系统平均进水含盐量的概念，即，考虑了回收率对系统内部膜元件进水含盐量的影响，因此它的计算结果较表观脱盐率更接近实际、更能真实的反映膜元件

对进水含盐量的脱除。

(3)标准化脱盐率

由于反渗透膜的脱盐率受到温度、进水 PH、操作压力及进水浓度等运行条件的影响；因此，为了对比不同运行条件下的系统脱盐率有必要将由式 6-11 得到的数据进行标准化。有关标准化脱盐率的详细计算方法请见本手册“数据记录与标准化”章节。

计算出脱盐率后，再根据脱盐率和透盐率的概念，不难得出系统透盐率的计算公式：

$$SP\%=100-SR\% \qquad \text{式 6-14}$$

式中：SP----透盐率；

值得注意的是，反渗透膜对气体的脱除率为零。如：二氧化碳、硫化氢、二氧化硫、氨气及氧气等都能轻易的透过反渗透膜。而对不同的溶质反渗透膜有着不同的脱除率，常规其对离子的脱除规律如下：

- 高价离子的脱除率高于低价态离子；
- 由于在水环境中，所有的金属阳离子都是以水合金属离子存在的，对于同价离子其水合半径越大其脱除率越高；如：Al^{3+}〉Fe^{3+}〉Ca^{2+}〉Cr^{2+}〉Li^{+}〉Na^{+}〉K^{+}；
- 离子的离解程度；一般离子的离解程度越高，脱除率越高；如：弱酸在高 pH 条件下比在低 pH 条件下更易被去除；

反渗透膜对有机物的去除率一般低于无机物，其对有机物的脱除有如下规律：

- 对分子量大于 100 的有机物有很高脱除率，一般有机物分子量越大脱除率越高。；
- 分子的分支程度；一般有机物的分子支链越多，脱除率越高。如：反渗透膜对异丙醇的脱除率高于对丙醇的脱除率；
- 分子的极性；一般分子的极性越大，脱除率越低。如：反渗透对有机物的脱除率高于其对水分子的脱除率。

2.4 通量

膜通量是指单位时间通过单位膜面积的水量，常规表示单位有 L/m^2 ћ 和 GFD。由式 6-4 可以看出膜通量与系统的净驱动压力成正比。通量是由设计者根据原水水质情况进行的选择。高的膜通量意味着快的膜污染速率以及高的操作压力。

各家膜元件厂商在其设计导则中根据不同的原水进水水质对膜通量都有一定的推荐范围，这些都是基于膜元件厂商长期的实际运行经验，对系统的设计非常有实际指导作用。东丽膜元件的设计导则请见附件 6-1。

一般来讲，RO 膜进水的 SDI 值是选择系统膜通量的一个重要参数，关于 SDI 的测量方法在前面的章节中已经有过论述，在此不再熬述。常规对于反渗透系统来讲，进水 SDI 值必须小于 5，否则将意味着系统将遭受悬浮物和胶体快速的污堵。另外需要注意的是，SDI 与浊度并没有什么明显的联系，常规浊度越高意味着 SDI 值也越高，但是反过来低的浊度并不一定意味着一定有低的 SDI 值。

为了对比不同膜元件的产水能力，一些文献中提到了“特定通量(Specific Flux)”这么一个概念。指的是单位压力条件下系统的膜通量，其计算方式如下：

$$SF=Jv/P \qquad \text{式 6-15}$$

式中：SF----特定通量；

P----系统运行压力；

在膜元件对比中，高的特定通量意味着在相同的操作压力下有更高的膜通量，或者说在相同的膜通量下需要的操作压力更低。

2.5 浓差极化因子

指膜表面的溶液浓度与溶液主体浓度的比值，是量化的浓差极化（关于浓差极化的概念及危害请见本手册其他相关章节）。

浓差极化因子越大，则表面膜结垢和污染的趋势越大。当在膜表面溶液难溶盐的离子积超过其溶度积时沉淀就有可能形成。常规根据进水水质的不同，膜系统对 Beta 值的要求也有不同，一般可接受的 Beta 值最大是 1.2。各家膜元件厂商也把 Beta 值作为其设计报警值放在了他们的软件中。

Beta 值并不是膜的性质，而是设计者通过对系统设计的选择，他是系统产水速度（即：膜通量）的函数。Beta 值的变化最直接影响的就是系统的膜通量和脱盐率；因为 Beta 值的增加将增大膜表面的渗透压，从而减少系统的净驱动压力，最终降低系统的产水量；同时 Beta 值的增加也将增大系统的浓度差，从而增大膜的透盐率，最终降低系统的产水水质。而且，Beta 值的变化对膜通量和脱盐率的影响在高 TDS 的情况下比在低 TDS 的情况下更加的明显。

事实上，只要反渗透系统在产水，浓差极化现象就会存在，因此浓差极化不可避免的。但是，我们可以通过一些方法来降低浓差极化的影响，如：

- 遵守膜元件厂商设计导则中推荐的单支膜元件最小浓水流量及回收率可以减少浓差极化的影响。
- 通过段间增压或增加产水背压阀避免前段产水通量过大从而降低前段的 Beta 值；
- 通过增加后段的压力容器数量可以降低前段的运行压力和膜通量，从而降低前段的 Beta 值。

第三节 系统的组成和配置

反渗透和纳滤系统的核心是反渗透和纳滤膜元件，一个系统往往需要多支膜元件才能满足人们对产水水量和回收率的要求。这些膜元件是怎样组成一个系统的呢？在本节中我们将讨论这个问题。

3.1 单膜组件系统

将膜元件装入压力容器中即构成了一个膜组件。常规的压力容器一般可以容纳 1～6 支膜元件，目前一个压力容器最多可以容纳 8 支膜元件。由一个膜组件构成的系统即为单膜组件系统（请见图 10）。单膜组件系统是最小最基本的膜系统，所有大型的复杂的膜系统都以它为基础，且对于单膜组件系统设计所必须的所有条件大型系统必须同时满足，如：

- 膜元件的最大回收率；
- 膜元件的最大给水流量；
- 膜元件的最小浓水流量；
- 膜元件的平均通量；
- 首支膜元件的最大通量；
- 压力容器的最大压差；
- 膜元件的最大压差；
- 产水端背压。

单膜组件系统通常使用在产水量要求较小的系统。受到安装场地等因素的限制一般压力容器中安装 1～2 支膜元件，从而导致单膜组件系统的回收率不会太高，因为成本通常不是这样的小型系统需要考虑的。但如果需要提高回收率到 50%或者更高，则需要将部分的浓水回流到高压泵前再次进入反渗透系统进行处理，但这样做将导致系统的进水含盐量增加，并最终导致系统产水水质的变差以及更高的系统能耗。

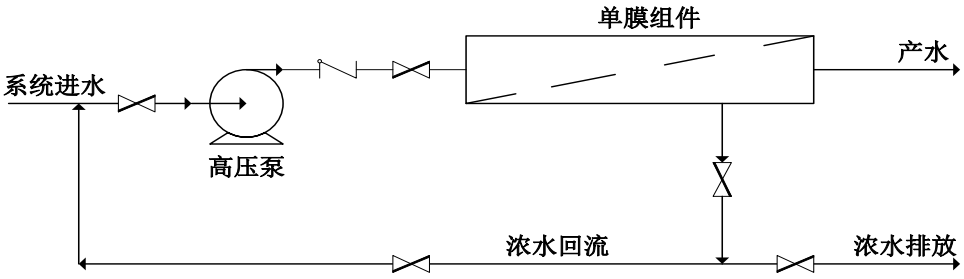


图 10 单膜组件系统

3.2 单段系统

将二个或多个膜组件并联即为单段系统。单膜组件系统可以看成最简单的单段系统，而单段系统也可以看成是由两个或多个单膜组件系统将进水管、产水管以及浓水管连接至主管构成（请见图 11）。

同单膜组件系统一样，单段系统受制于膜组件内膜元件串联数量的限制，其系统回收率对于苦咸水一般不高于 60%，而对于海水一般不高于 45%。值得注意的是，单支膜元件的回收率在压力容器中是不相等的，这主要是由于各支膜元件在压力容器中的进水水量、进水含盐量以及污染程度的不同造成的。

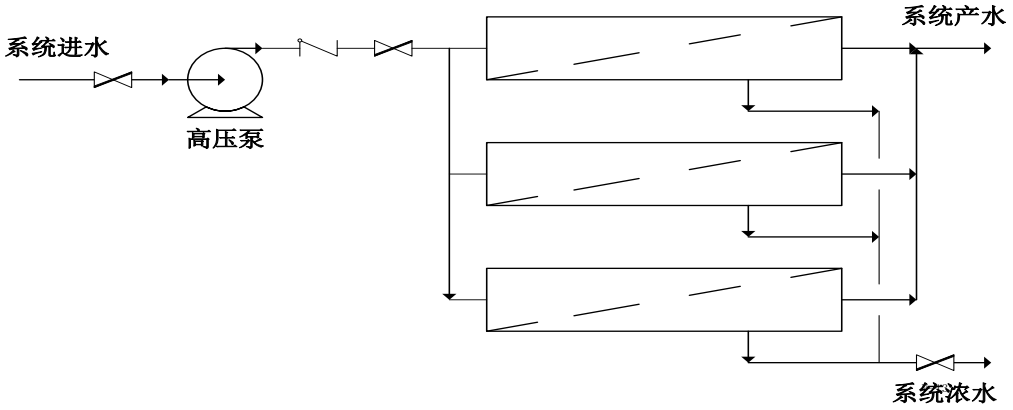


图 11 单段系统

3.3 多段系统

将二个或多个单段系统串联起来，前段膜组件的浓水作为后段膜组件的进水，即为多段系统；段的数量即为原水流经串联膜组件的数量（请见图 12）。 由于多段系统意味着可以串联更多的膜元件，所以多段系统可以实现更高的系统回收率。常规前段膜组件的数量要多于后段的膜组件，这主要是为了保证每段内各压力容器处于大致相同的流动状态，因为前段系统的产水减少了后段系统的总进水量。

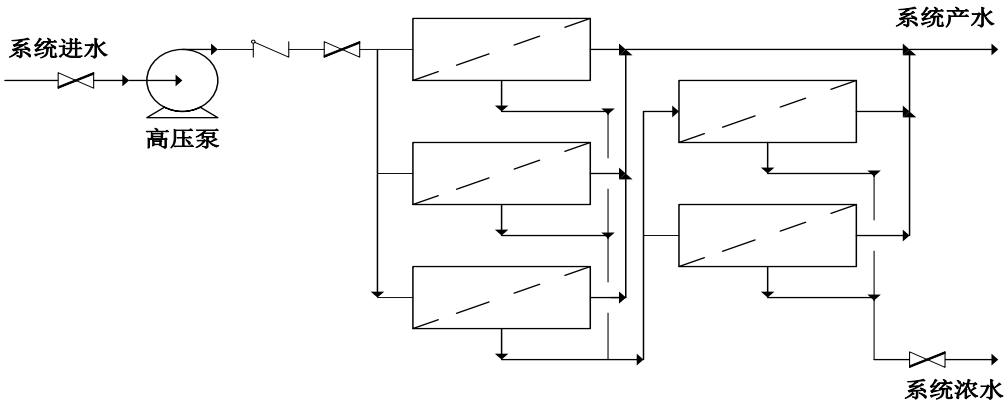


图 12 多段系统

对于多段系统各段的膜组件的数量，目前工程应用最多的是经典的两段式 2:1 排列,使用 6 芯的压力容器来实现 75%的回收率。而这主要是基于以下的假设和计算：

首先认为 6m 长的膜组件大致可以实现 50%左右的回收率；设系统进水流量为 Ff，则对于两段系统第一段的产水流量为 0.5Ff，第二段的产水流量为 0.25Ff，通过式 6-8 计算得到系统回收率为 75%。此时第一段和第二段的每个膜组件的进水流量都为 0.5Ff，这也保证了每个压力容器内的水力条件大致处于相同的状态。因此，当常规使用 6 芯压力容器时，前后段的排列比通常都在 2:1 左右，如：对于三段系统通常会采用 4:2:1 排列。同样的方法不难推算出，当使用 4 芯或者更短的压力容器时，膜组件的排列比应该较 2:1 减少，即后段膜组件的数量会较使用 6 芯压力容器时要更多。

事实上,系统的回收率与给水水质甚至与给水温度都是密切相关的，如果原水水质较好，如：

水源为未受污染的井水或软化水时，或许 5m 长的膜组件就可以实现 50%的回收率；如果原水已经是反渗透产水的话，将可以用更短的膜组件实现更高的回收率。

对于苦咸水系统，在不采用浓水循环时，串联膜元件的数量与回收率之间的关系大致如下表：

表 8 串联膜元件数量与回收率关系

串联膜元件的数量	2	4	6	10	12
系统回收率%	20～30	40～47	50～60	65～72	70～80

3.4 多级系统

将一套反渗透系统的产水经过另一套反渗透系统再次处理，即为多级系统；最终的产水由原水透过几次反渗透膜获得，即为几级（请见图 13,两级四段系统）。多级系统的应用是为了获得更好的出水水质，如：为了满足纯水系统中对产水电导率的要求和海水淡化系统中对产水硼含量的要求，一般会采用两级反渗透；两级反渗透系统也是目前工程应用得最多的多级系统。如果要获得更高的出水水质，如：要求系统产水电导率小于 0.2μs/cm，这时仅仅依靠增加反渗透的级数已经没有太大的帮助，系统必须加上其他后处理措施，目前已经应用得相当成熟的后处理工艺主要有混床以及 EDI 等。

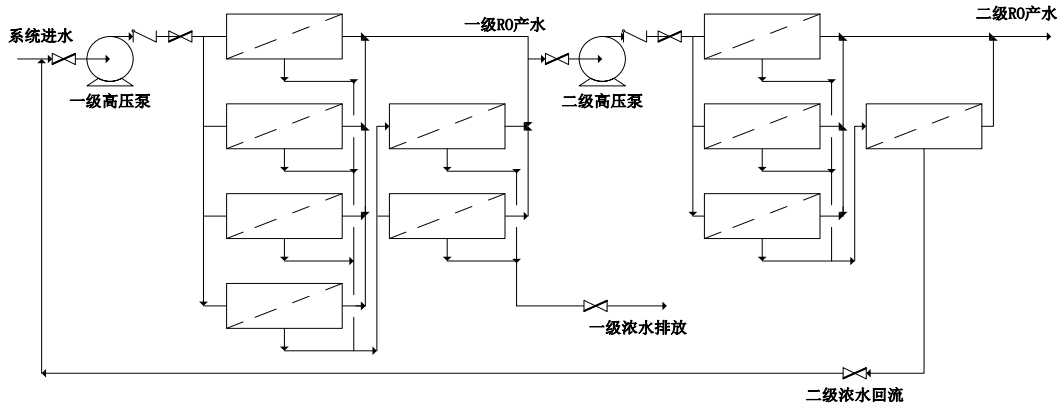


图 13 两级四段系统

二级反渗透的设计与一级相比有一些不同。由于进水的水质相当好，几乎可以忽略污染和结垢对它的影响，其单支膜元件的回收率最高可以达到 30%，这就意味着它可以使用更短的串联膜元件长度实现更高的系统回收率；对于膜元件的选择，二级反渗透需要的是大的膜通量，因为不同膜元件间细微的脱盐率差距对于低含盐量进水的二级反渗透系统产水来讲已经不是很敏感了。另外通过简单的计算不难看出，即使是二级反渗透的浓水水质也会大大的优于一级反渗透的进水，因此二级反渗透系统的设计往往主动的将其浓水回流到一级反渗透的高压泵前以提高整个系统的回收率。

对于两级反渗透系统级间的连接，有以下三种方式：

- 在级间设置中间水箱并设置二级高压泵对二级反渗透系统供水；
- 不设置中间水箱，设置二级高压泵；直接将一级反渗透产水管引至二级高压泵入口对二级系统进行供水；

- 不设置中间水箱和二级高压泵，两级系统的推动压力都由一级高压泵供给。

第一种方式由于其控制操作简单，是目前应用得最多的一种方式；而第二种方式则对两级系统流量的平衡以及高压泵的连锁控制有一定的要求，这种方式目前在国内也有很多的应用，但大都为小型反渗透系统；对于第三种方式主要应该考虑的是保证前后系统的压力梯度、各级段产水流量的控制以及防止背压的产生。虽然使用第三种方式可以省去中间水箱和二级高压泵，但同时它也需要更大功率的一级高压泵以及更高压力等级的压力容器和管阀件。目前这种方式在国内应用较少。

第四节 系统的设计步骤

通过前面几节的介绍，我们对反渗透的基本原理和概念有了初步的了解，下面将要介绍的是如何来具体的设计反渗透系统。

4.1 设计基础资料的收集

在进行系统设计之初，必须尽量多的了解与设计相关的信息，否则后续的设计将会是无的放矢。系统设计基础资料及原水水质分析报告是设计反渗透系统的基础，且资料越全，系统的设计将更有针对性、更加的合理；附件 6-2 与附件 6-3 就是典型的系统设计基础资料表和原水水质分析报告表。

特殊情况下，实在无法提供详细的系统基础设计资料及原水水质分析报告，仅仅需要对系统做出估算时，也至少必须了解以下信息才能进行初步设计。

(1) 原水含盐量以及对于产水水质的要求

是反渗透系统设计最关键的参数，直接决定了系统的工艺及膜元件型号的选择，如：是采用一级系统还是二级系统、是否需要在高 pH 条件下实现对硼的高脱除、是选择苦咸水膜元件还是海水膜元件等等；

(2) 原水类型及预处理类型

虽然没有原水水质分析报告直接，但原水类型与预处理类型也一定程度的反应了原水水质情况，它对于膜元件类型及相关设计参数的选择是很有帮助的。

东丽膜设计导则将原水类型共分为 5 大类，分别是：RO 产水、井水、地表水、海水及三级处理废水。而预处理类型主要指是传统预处理以及 MF/UF 预处理。

(3) 设备出力及系统设计温度

设备出力直接影响了膜元件数量的选择以及配套设备的选型。而系统设计温度直接影响了高压泵的选型，同时也对系统的脱盐率和回收率有一定的影响。

4.2 系统的初始设计

(1) 选择膜元件类型及具体型号

根据原水水质或原水及预处理类型，选择合适的膜元件类型及具体型号。选择方法可参见本手册中“反渗透膜产品选用指南”。

(2) 膜元件数量的确认

对于膜元件数量的确认，实际工程应用中存在着很多的误区；如：部分的客户将一支 8 寸

膜产水 1m^3/h、一支 4 寸膜产水 0.25 m^3/h 作为他们确认膜元件数量的依据。然而，如果正确的方法是这样的话，为什么还会有膜元件类型的差别？为什么相同类型的膜元件还会有膜面积的差别呢……？到底如何才能正确的确认系统膜元件的数量呢？

首先，根据原水的水质选择合适的膜平均通量 Jv。东丽反渗透膜在不同的原水类型及预处理条件下的膜通量推荐值请见“东丽膜元件设计导则”。

然后根据膜通量和已选择膜元件型号的膜面积计算单支膜元件产水量，即：

$$Qv=Jv\times S \qquad \text{式 6-16}$$

式中：S----单支膜元件的膜面积，m^2；

Qv----单支膜元件产水量, m^3/h；

最后根据系统出力和单支膜元件产水量确认系统膜元件数量。

$$M=Q/Qv \qquad \text{式 6-17}$$

式中：M----（单套）系统膜元件数量；

Q----（单套）系统出力, m^3/h；

(3) 段数和压力容器数量的确认

- 根据原水水质确定合适的系统回收率；然后根据系统回收率确认需要串联膜元件的数量（参见表 8）；
- 结合需要串联膜元件的数量确认压力容器中安装膜元件的数量 Md 和系统的段数。

  例如：若需要串联 12 支膜元件，选择 6 芯的压力容器需要 2 段，而选择 4 芯的压力容器则需要 3 段；
- 由系统膜元件数量以及压力容器中安装膜元件的数量确认压力容器数量；

$$Mp=M/Md \qquad \text{式 6-18}$$

式中：Md----压力容器中安装膜元件数量；

Mp----压力容器的数量。

(4) 膜组件的排列组合

决定膜元件的排列组合通常有以下四个因素：

- 保持给水在系统内每个压力容器中处于基本相同的流动状态

  使系统的运行更加均衡，防止某一段的通量过大或者过小造成偏流的现象。
- 单支膜元件的回收率

  单支膜元件的回收率也常以浓水与产水流量比的形式出现，有关回收率的概念和意义请参见本手册 6.2。
- 膜元件最大给水流量

  过大的给水流量将增加膜元件的压差，可能造成膜元件的机械损伤。东丽反渗透膜元件根据原水水质的不同，对膜元件最大给水流量的要求也不同，具体请见东丽膜元件设计导则。
- 膜元件最小浓水流量

  对膜元件浓水流量的进一步要求，使给水在膜元件内有合适的紊流状态，减少浓差极化。东丽反渗透膜元件根据原水水质的不同，对膜元件最小浓水流量的要求也不同，具体请见东丽膜元件设计导则。

4.3 系统设计的优化和确认

举例说明：出力 50m^3/h 系统，膜通量选取 20L/m^2 h，单支膜元件面积为 37.2m^2,系统回收率为 75%，采用 6 芯压力容器。

请计算以上系统的膜元件数量、膜组件数量及系统排列方式。

(1) 手动初步优化

- 根据式 6-16 计算单支膜元件产水量为：20×37.2=744L/h=0.744 m^3/h；
- 根据式 6-17 计算系统膜元件数量为：50÷0.744=67.2≈67 支；
- 由表 6-2 得，要实现 75%的系统回收率，需要串联 12 支膜元件，当选用 6 芯膜壳时，系统共 2 段；
- 根据式 6-18 计算系统需要的压力容器：67÷6=11.17≈11 支；故系统实际所需的膜元件数量为：11×6=66 支；
- 由 6.3.3 可知，对于 6 芯膜组件通常采用 2:1 的排列。即系统的排列方式为：11×（2/3）:11×（1/3）=7.3:3.6≈7:4。

(1) 软件模拟优化

要更进一步的优化系统，计算每一支膜元件的运行情况并验证其是否满足膜元件设计导则的要求是一个比较复杂的过程，而膜设计软件无疑为系统的优化提供了很大的便利。

膜设计软件的作用主要如下：

- 确认系统的初始设计是否违背膜设计导则的要求；
- 模拟和估测系统运行状况，如：系统压差、流量平衡、产水水质……；
- 寻求最优化的设计方案，如：对比同一个系统在不同设计条件下的运行状态……；
- 相关辅助设备参数的计算，如：高压泵扬程、系统加药量……；
- 建立设计库及水质库。

东丽于2011年下半年全新推出了DS2.0版膜设计软件，较原版软件具有更友好的操作界面、更全面强大的功能以及更详细的计算结果输出，其具体的使用方法请见下节。

第五节　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 TDS2.0）进行反渗透系统设计的方法。

5.1　东丽反渗透设计软件安装要求

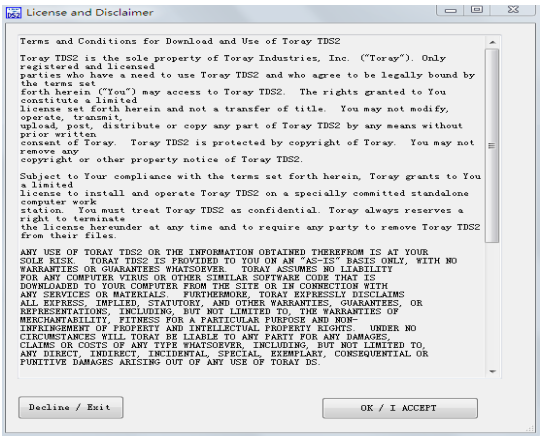
(1)操作系统

本软件适用于 WINDOWS98 或以上的操作系统。

(2)安装方法

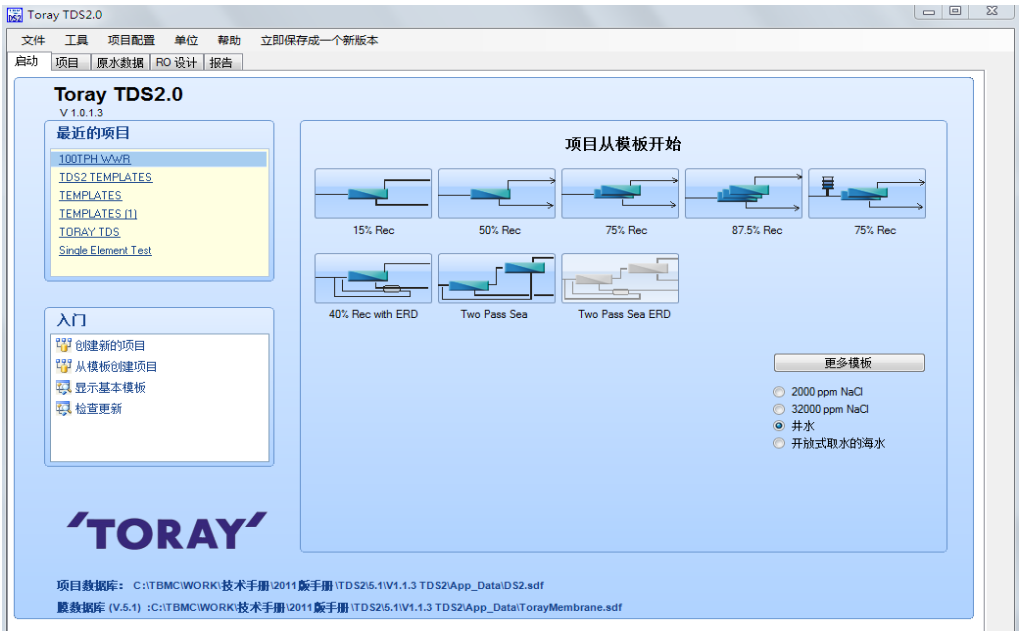
安装前，应关闭所有其他应用软件，双击 TDS2.0，运行软件安装，点“中文简体”，选“OK/ I ACCEPT”接受免责声明，点“Next”进入安装路径，进而完成安装。



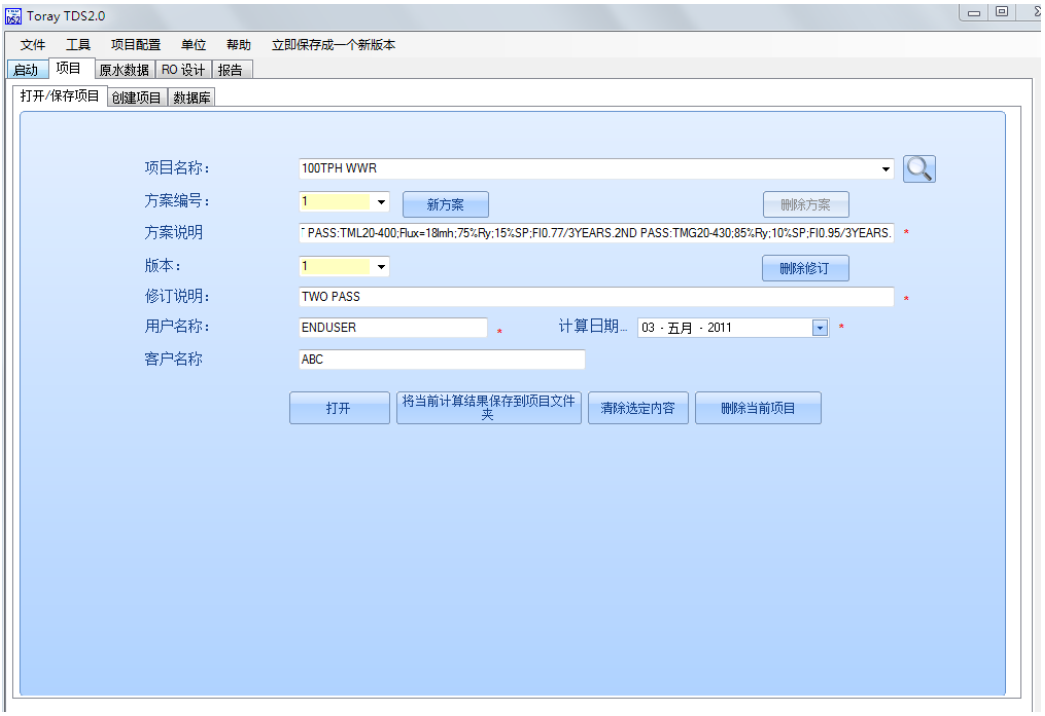


5.2　软件的启动与项目的建立

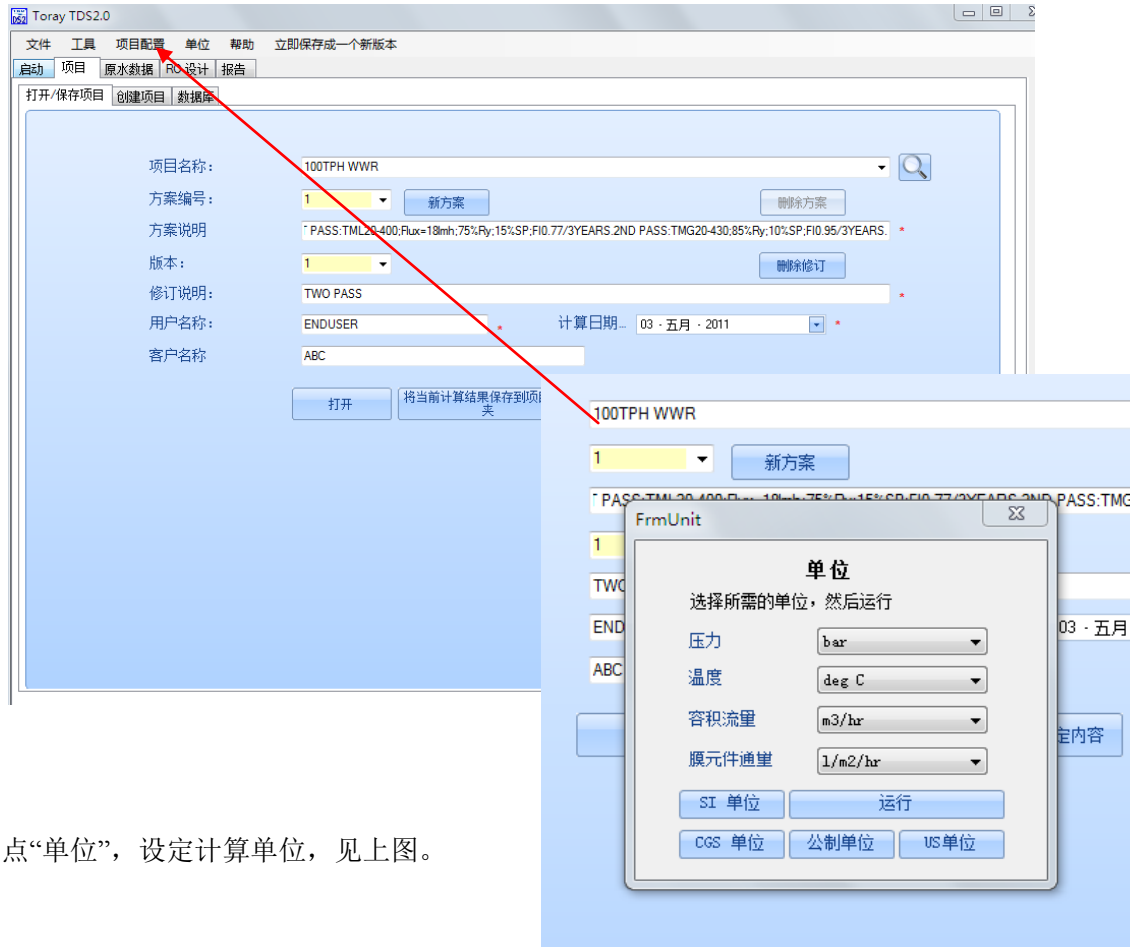
双击 TorayDS2.0，启动东丽 RO 设计软件，见下图。



启动界面上可以打开最近项目； 针对新建项目，也可以从项目模板开始。



点“项目”，在界面上新建设计，新建项目包括如下信息：项目名称、方案说明、用户名称、客户名称等等。见上图。



点“单位”，设定计算单位，见上图。

点“工具”，在下拉菜栏中可以打开设计导则。



创建项目时，需要输入如下图所示信息，“*”为必须输入信息。输入完毕，点“创建项目”完成设置，弹出“打开/保存”界面。



项目名称：工程项目名称

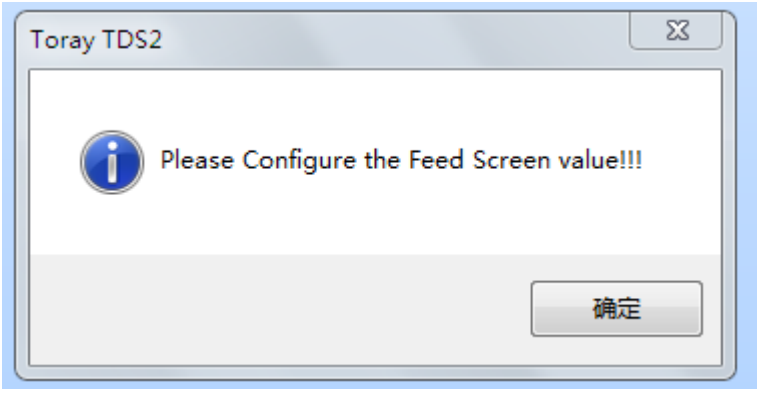
用户名称：最终用户名称

客户名称：设计计算用户

工程师：设计者

备注：所需要的补充说明

在上“打开/保存”界面，点“将当前计算结果保存到项目文件夹”，弹出输入原水水质的对话框，如下图所示：



继而从原水水质输入开始进行 RO 设计。

5.3 系统设计

(1)项目说明

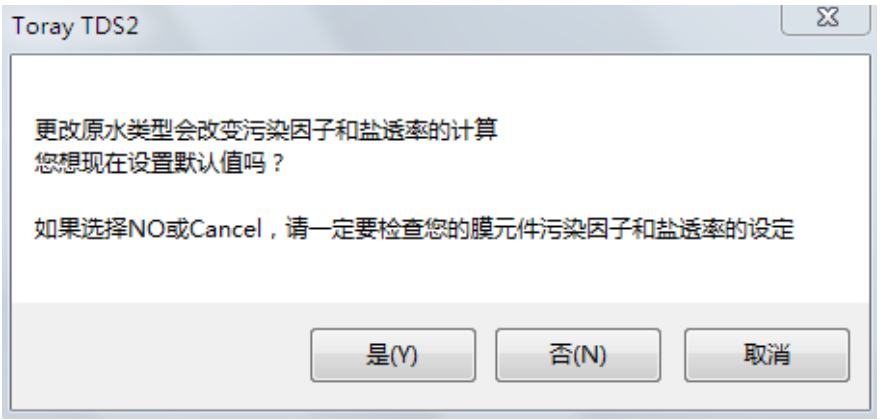
本项目中反渗透进水为经 UF 预处理后的地表水，进水 TDS 为 700mg/L 左右，要求产水量为 600m^3/h，共分为 4 列，单列产水 150m^3/h，产水 TDS 小于 10mg/L。反渗透进水水质参数见下表：

RO 进水水质参数

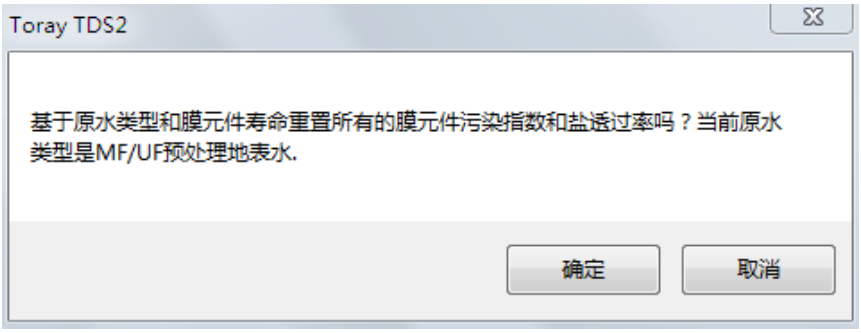
项目	浓度（mg/L）	项目	浓度（mg/L）
Ca^{2+}	68	SO_4^{2-}	185
Mg^{2+}	31	NO^{3-}	11
Na^{+}	115	F^{-}	0
K^{+}	3	B	0
Ba^{2+}	0.3	SiO_2	2.5
Sr^{+}	1.6	PO_4^{3-}	0
NH^{4+}	0.35	温度	20℃
Fe	0.1	pH	7.5
HCO^{3-}	215	SDI	<3.0
Cl^{-}	120	COD_{Cr}	<12

(2)原水类型选择

项目创建完毕后，进入原水水质输入界面。首先选择原水类型，本方案原水为经过 UF 预处理的地表水，选择“MF/UF 预处理地表水”，弹出以下对话框：



提示改变原水类型会更改污染因子和透盐率。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“是”以默认值登入，反之点“否”。最后弹出如下确认对话框，点“确定”进行确定。



(3)原水水质输入

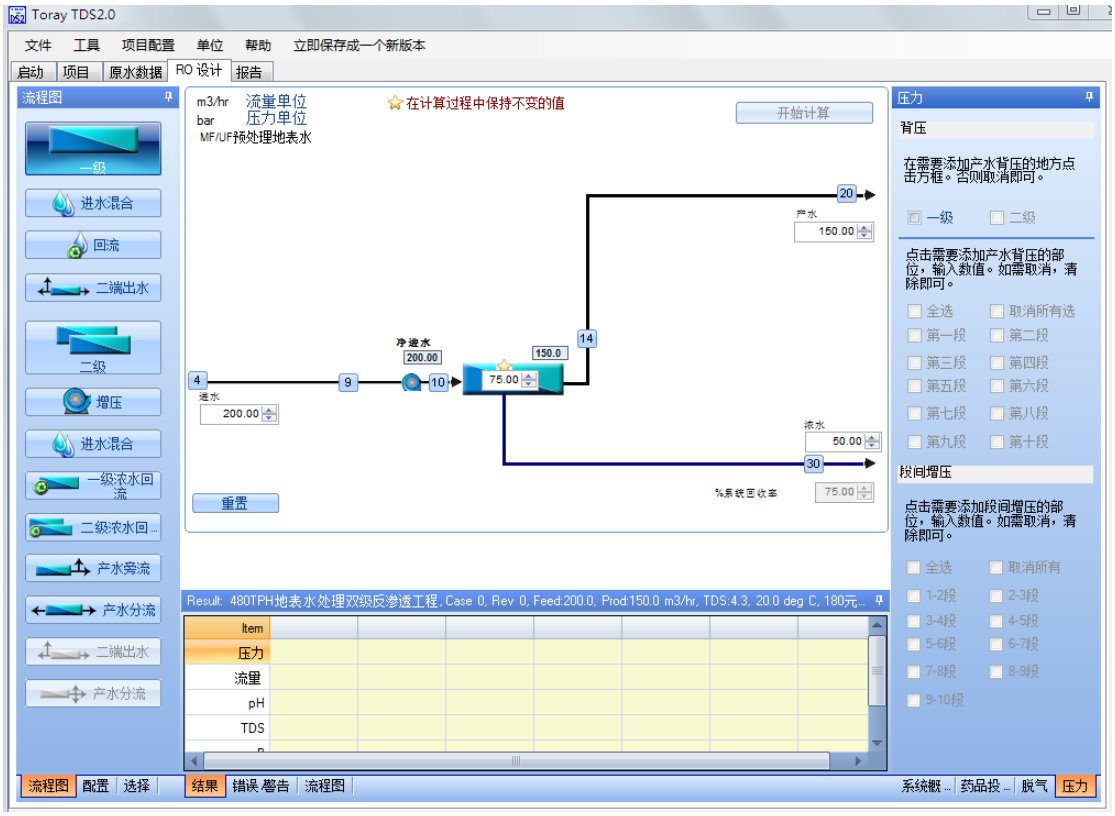
在如下原水水质栏输入水质具体数据，见下图：



在右侧表格中输入离子浓度，在左侧“pH”和“温度”栏输入相应值。如果离子不平衡，则可以选择以硫酸镁或氯化钠平衡，一般选择氯化钠。如果不知道原水详细水质，仅知道原水TDS，此时也可以选择“以 NaCl”计，在弹出对话框内填入相应的 TDS 即可。

原水水源可以是多种，明确其中一种水源的比例后，即可进行混合计算。

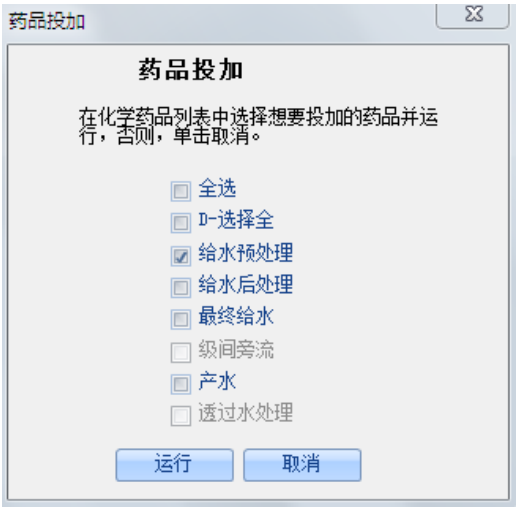
水质输入完毕，点“RO 设计”进入 RO 设计界面。见下图：



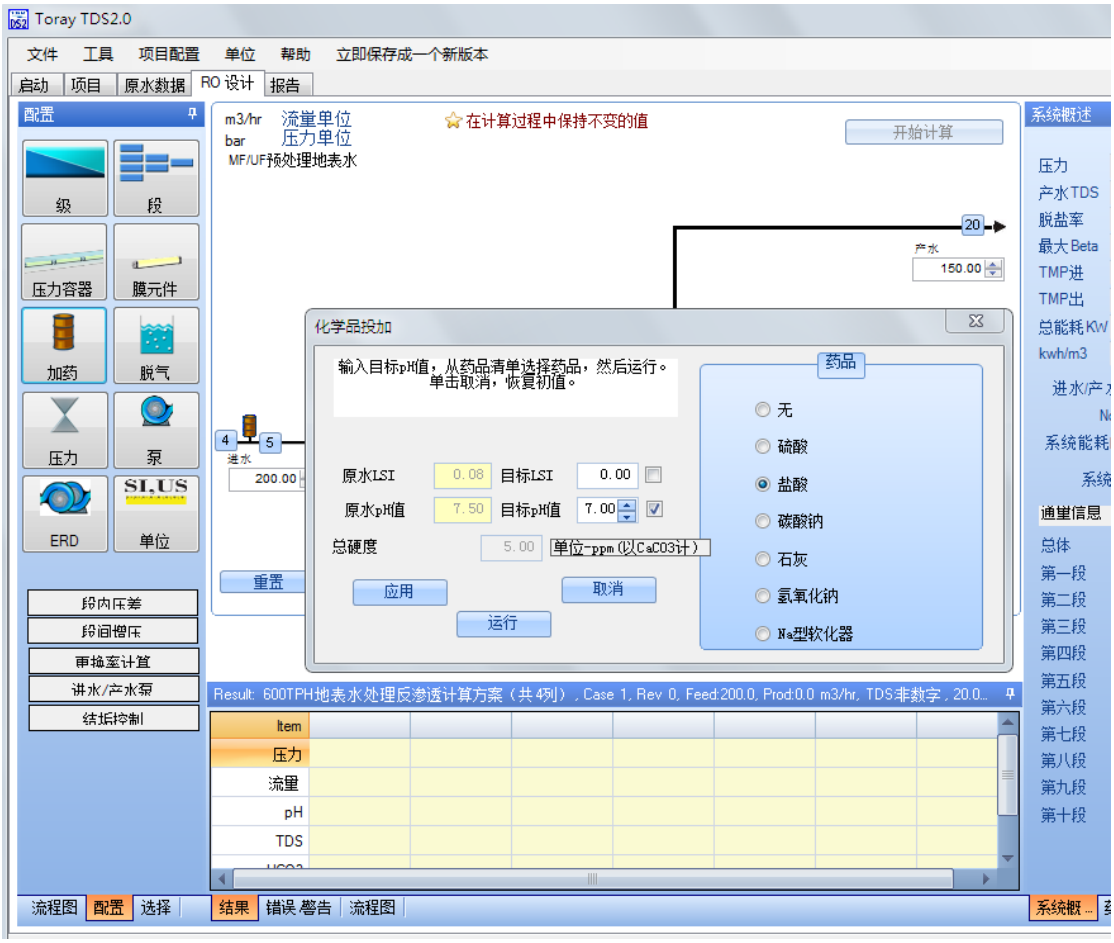
(4)预处理加药等

在设计界面上左侧，选择“一级”，输入产水水量与回收率，见下图：

软件左下角的“配置”选择“加药”，弹出如下对话框：



在需要投加药品的位置的方框内画“√”，如本计算中拟在给水预处理中投加盐酸，在“给水预处理”框内画上“√”，然后点“运行”。



在设计界面点加药点符号“  ”，在目标 pH 值栏内输入具体数值，在右侧选中所需加入的药品，本案选择“盐酸”，然后点“应用”，软件开始计算，最后点“运行”退出加药对话框。也可以通过目标 LSI 设定计算加酸量。

(5)RO 设计

在设计界面左下角点“选择”，在弹出的如下界面中进行膜元件型号选择，对段内进行设计。

膜元件类型：在下拉菜单中选择采用的膜元件，或在左侧膜元件菜单中选择对应的型号；

确定段数：点总段数增加或减少总段数；

容器中膜元件数：输入单支压力容器内所填装的元件数；

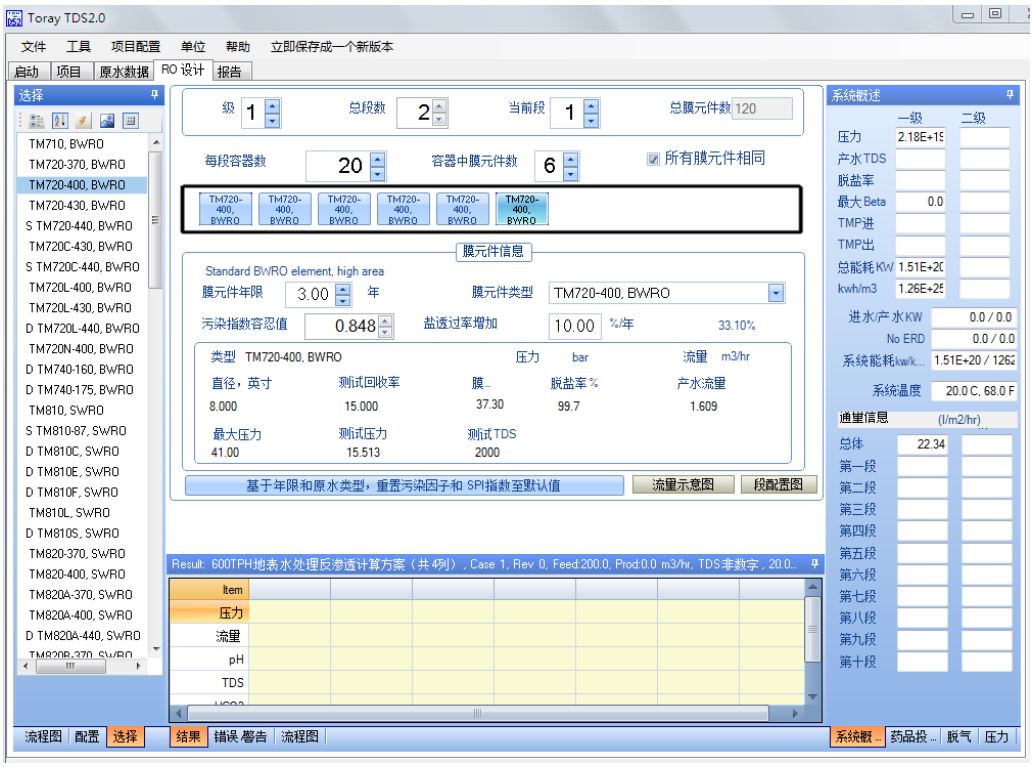
压力容器内膜元件是否相同：如相同在框内画上“√”，若采用膜元件混装，可以在压力容器不同部位选择不同的膜元件；

膜元件年限：选择模拟计算的运行寿命；

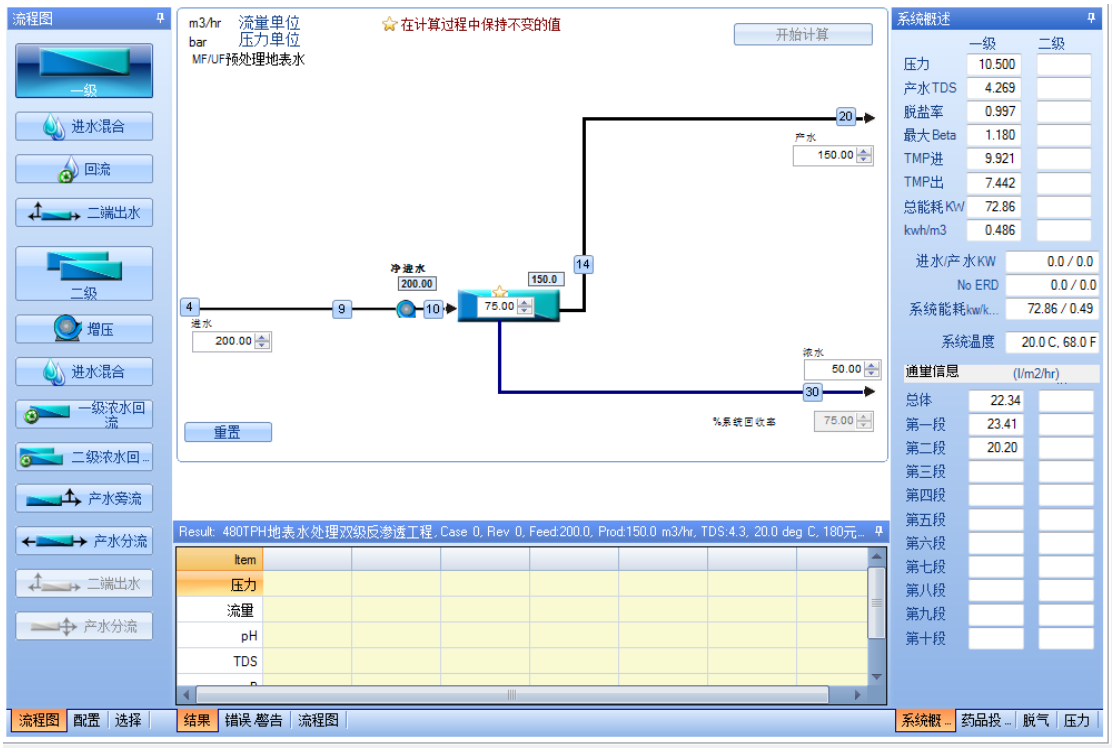
污染指数容忍值：默认登录或输入对应年限下的污染指数；

盐透率增加：默认登录或输入盐透率变化值。

输入完毕设计界面如下图所示：



界面右侧显示系统平均通量值。在上图点“流量示意图”或在软件左下角点“流程图”或“配置”，切换到计算界面，如下图：

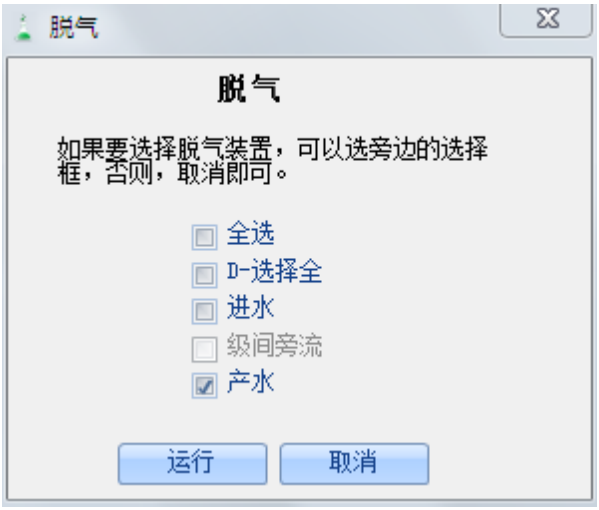


在上图中点“开始计算”，软件界面右侧显示“系统概述”与“通量信息”。在系统概述中包含进水压力、产水 TDS、系统脱盐率、最大 Beta 值、总能耗；在“通量信息”中显示系统通量、一二段通量信息。

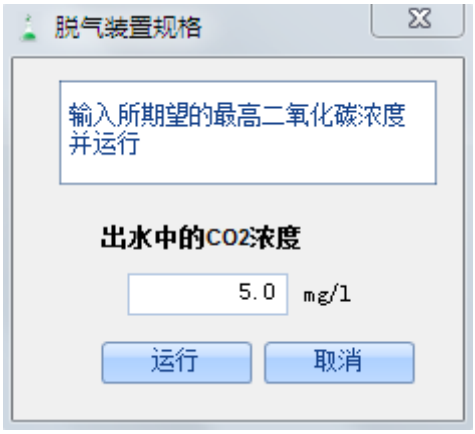
(6)后处理加药或脱气

在配置中选择“加药”或在软件右下角选择“药品投加”，可以对后处理进行加药选择。在“产水”框内画上“√”，在设计界面点加药点符号“ ”，在目标 pH 值内输入 pH 值，在右侧选中所需加入的药品，本案选择“石灰”，然后点“应用”，软件开始计算，最后点“运行”退出加药对话框。

在配置中选择“脱气”或在软件右下角选择“脱气”，可以对后处理进行脱气计算。在“产水”框内画上“√”。



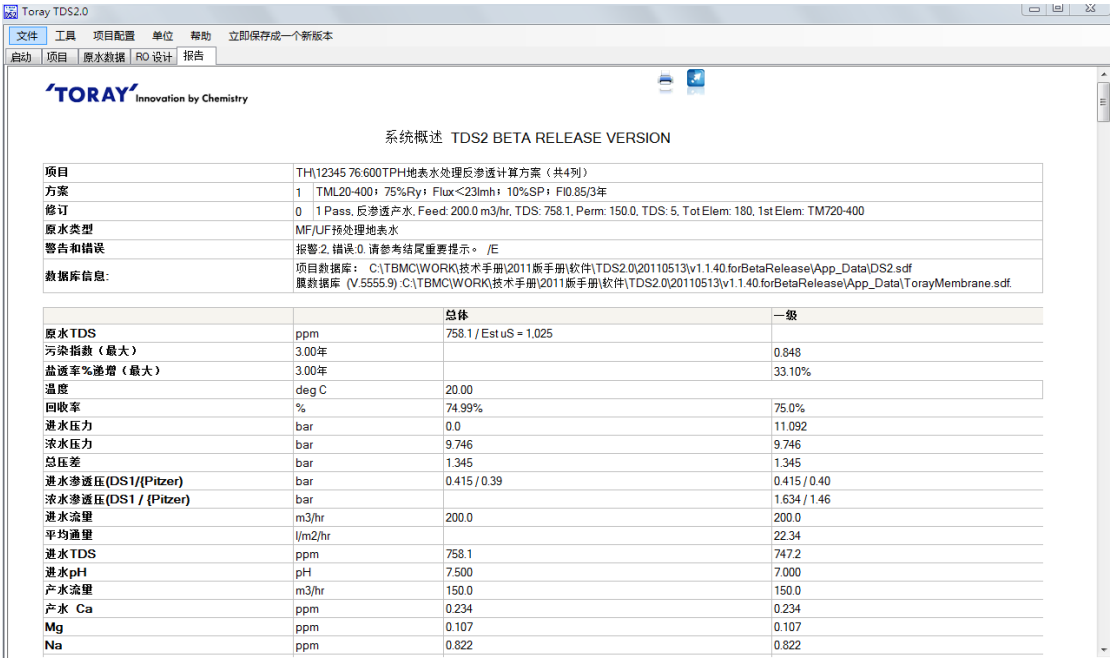
在设计界面点脱气符号“ ”，在脱气塔规格中输入所期望的游离二氧化碳残余值，然后点“运行”，软件开始计算，最后点“运行”退出对话框。



在双级 RO 中，常对“级间旁流”（即一级 RO 产水）进行相关后处理，如加碱或脱气。每一次更改设计后，需要点“开始计算”运行设计结果。

(7)运算设计结果

在设计界面左上角点“报告”，软件显示设计计算书，见下图：


Toray TDS2.0

文件 工具 项目配置 单位 帮助 立即保存成一个新版本

启动 项目 原水数据 RO 设计 报告

TORAY Innovation by Chemistry

系统概述 TDS2 BETA RELEASE VERSION

项目	TH\12345 76.600TPH地表水处理反渗透计算方案（共4列）
方案	1 TML20-400；75%Ry；Flux<23lmh；10%SP；FI0.85/3年
修订	0 1 Pass, 反渗透产水, Feed: 200.0 m3/hr, TDS: 758.1, Perm: 150.0, TDS: 5, Tot Elem: 180, 1st Elem: TM720-400
原水类型	MF/UF预处理地表水
警告和错误	报警:2, 错误:0. 请参考结尾重要提示。 /E
数据库信息:	项目数据库： C:\TBMC\WORK\技术手册\2011版手册\软件\TDS2.0\20110513\v1.1.40.forBetaRelease\App_Data\DS2.sdf 膜数据库 (V.5555.9) :C:\TBMC\WORK\技术手册\2011版手册\软件\TDS2.0\20110513\v1.1.40.forBetaRelease\App_Data\TorayMembrane.sdf.

		总体	一级
原水TDS	ppm	758.1 / Est uS = 1,025	
污染指数（最大）	3.00年		0.848
盐透率%递增（最大）	3.00年		33.10%
温度	deg C	20.00	
回收率	%	74.99%	75.0%
进水压力	bar	0.0	11.092
浓水压力	bar	9.746	9.746
总压差	bar	1.345	1.345
进水渗透压(DS1/(Pitzer)	bar	0.415 / 0.39	0.415 / 0.40
浓水渗透压(DS1 / (Pitzer)	bar		1.634 / 1.46
进水流量	m3/hr	200.0	200.0
平均通量	l/m2/hr		22.34
进水TDS	ppm	758.1	747.2
进水pH	pH	7.500	7.000
产水流量	m3/hr	150.0	150.0
产水 Ca	ppm	0.234	0.234
Mg	ppm	0.107	0.107
Na	ppm	0.822	0.822

在上图设计计算书中，可以看到原水 TDS 与产水 TDS、进水压力及压差、系统通量等。

产水流量	m3/hr	150.0	150.0
产水 Ca	ppm	0.234	0.234
Mg	ppm	0.107	0.107
Na	ppm	0.822	0.822
K	ppm	0.0359	0.0359
Ba	ppm	0.001	0.001
Sr	ppm	0.0055	0.0055
NH4	ppm	0.0042	0.0042
Fe	ppm	0.0	0.0
HCO3	ppm	2.058	2.058
CO3	ppm	1.24E-05	1.24E-05
CO2	ppm	29.58	29.58
Cl	ppm	0.736	0.736
SO4	ppm	0.431	0.431
NO3	ppm	0.150	0.150
F	ppm	0.0	0.0
Br	ppm	0.0	0.0
PO4	ppm	0.0	0.0
SiO2	ppm	0.0327	0.0327
B	ppm	0.0	0.0
产水TDS	ppm	4.618 / uS = 9.5	4.618 / uS = 9.5
产水pH	pH	5.090	5.172

在上图设计计算书中，可以看到产水流量、每种离子进水及产水含量等参数。

浓水B	ppm	0.0	0.0
浓水pH	pH	7.565	7.565
浓水流量	m3/hr	50.03	50.03
浓水TDS	ppm	2,976 / uS = 3,613	2,976 / uS = 3,613
浓水饱和度	LSI / SDSI	-0.473 / -0.536	1.108 / 1.032
浓水饱和度	CaSO4 / SrSO4 %	3.1% / 5.7%	24.9% / 32.6%
浓水饱和度	BaSO4 / SiO2 %	1559.0% / 2.2%	10046.2% / 8.6%
皮埃尔溶解度	Calcite/Dolomite	17% / 8%	610% / 10,884%
皮埃尔溶解度	CaSO4/SrSO4	4% / 5%	26% / 30%
主要高压泵 KW	KW	76.97	76.97
能耗	kWh/m^3	0.513	0.513

在上图设计计算书中，可以看到浓 pH 值、难溶盐饱和度、能耗等参数。

对 TDS≤10,000mg/L 的苦咸水而言：

LSI≥0，说明碳酸盐结垢，加酸或投加相关阻垢剂；

对 TDS≥10,000mg/L 的苦咸水及海水而言：

S&DSIc≥0，说明碳酸盐结垢，加酸或投加相关阻垢剂；

如果难溶盐饱和度大于 100%，说明其浓水侧结垢，需要采取诸如投加阻垢剂等措施，如本计算中上图所示 LSI=1.108，BaSO4 饱和度达到 1559%，说明碳酸钙、硫酸钡在浓水侧已经结垢。

同时，软件计算了主要高压泵能耗及吨水能耗。

在段数据中，显示了膜元件型号和数量、产水量、进水压力、浓水与产水比、浓水流量、Beta 系数等。

段数据	级1	第一段	第二段
第一支膜元件类型		TM720-400	TM720-400
最后一支膜元件类型		TM720-400	TM720-400
所有膜元件	180	120	60
总压力容器数	30	20	10
每个压力容器的膜元件		6	6
进水流量	m3/hr	200.0	95.52
产水流量	m3/hr	104.5	45.49
平均通量	l/m2/hr	23.34	20.33
浓水流量	m3/hr	95.52	50.03
进水压力	bar	11.092	10.411
膜元件压差	bar	0.680	0.665
段间增压	bar	0.0	0.0
管道损失	bar	0.0	0.0
净压（增压泵压力-管道压差）	bar	0.0	0.0
浓水压力	bar	10.411	9.746
产水压力	bar	0.0	0.0
进水TDS	ppm	747.2	1,562
产水TDS	ppm	3.394	7.428
第一支膜元件			
进水流量	m3/hr	10.000	9.552
产水流量	m3/hr	0.913	0.812
产水TDS	ppm	2.536	5.191
通量	l/m2/hr	24.47	21.76
最后一支膜元件			
产水流量	m3/hr	0.827	0.700
产水TDS	ppm	4.707	10.822
浓水/产水 比	ratio	5.775	7.143
浓水流量	m3/hr	4.776	5.003
净驱动压	bar	9.488	8.015
Beta系数		1.179	1.147

需要特别注意的是：

段内平均通量：小于设计导则推荐值

浓水与产水比：大于设计导则推荐值

浓水流量：大于设计导则推荐值

Beta 系数：小于设计导则推荐值，一级反渗透系统最大浓差极化因子为 1.20，二级反渗透系统最大浓差极化因子为 1.70。

化学品

原水的预处理盐酸, 16.01 mg/l, 68.22 kg/day
级间 氢氧化钠, 23.75 mg/l, 85.50kg/day

报警

1浓水Davis指数=1.09 警告-Davis指数（SDSI)大于0需投加阻垢剂
2浓水中BaSO4饱和度=8491.19 警告-浓水中硫酸钡超出饱和度

错误

如上图所示计算书中体现出系统所加药品名称和剂量。同时，对系统设计的报警及错误进行了提示。另外，在详细报告中，给出了段内每一支膜元件详细运行情况，见下两图：

级内膜元件详细信息1

级 1 段 1	第一支膜元件	第二支膜元件	第三支膜元件	第四支膜元件	第五支膜元件
膜组件	TM720-400	TM720-400	TM720-400	TM720-400	TM720-400
面积 m2 / 英寸直径	37.30 / 8	37.30 / 8	37.30 / 8	37.30 / 8	37.30 / 8
寿命	3	3	3	3	3
SPI %/yr	10	10	10	10	10
SPI应用	33.10	33.10	33.10	33.10	33.10
污染	0.848	0.848	0.848	0.848	0.848
进水流量(m3/hr)	10.000	9.087	8.191	7.312	6.449
透过水流量(m3/hr)	0.913	0.896	0.879	0.863	0.846
浓水流量(m3/hr)	9.087	8.191	7.312	6.449	5.603
通量(l/m2/hr)	24.47	24.02	23.58	23.14	22.68
Beta系数	1.133	1.139	1.147	1.155	1.166
进水压力(bar)	11.092	10.934	10.796	10.675	10.571
压差(bar)	0.157	0.138	0.121	0.104	0.0879
浓水压力(bar)	10.935	10.796	10.675	10.571	10.483
透过水压力(bar)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
压力_进水(bar)	0.454	0.499	0.554	0.622	0.708
压力_浓水(bar)	0.456	0.506	0.566	0.641	0.737
压力_产水(bar)	0.0014	0.0015	0.0017	0.0019	0.0023
净压力(bar)	10.501	10.299	10.103	9.909	9.707

级1 段 1	第六支膜元件
膜组件	TM720-400
面积 m2 / 英寸直径	37.30 / 8
寿命	3.000

上图包含了膜元件型号、SP、FI、流量、通量、压力等参数。

产水ppm 级 1 段 2	第一支膜元件	第二支膜元件	第三支膜元件	第四支膜元件	第五支膜元件
Ca	0.272	0.311	0.359	0.420	0.500
Mg	0.124	0.142	0.164	0.192	0.228
Na	0.955	1.092	1.261	1.475	1.755
K	0.0417	0.0476	0.055	0.0643	0.0765
Ba	0.0012	0.0014	0.0016	0.0019	0.0022
Sr	0.0064	0.0073	0.0085	0.0099	0.0118
NH4	0.0049	0.0056	0.0064	0.0075	0.0089
Fe	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HCO3	2.218	2.441	2.701	3.077	3.534
Cl	0.854	0.977	1.129	1.320	1.571
SO4	0.501	0.573	0.662	0.774	0.922
NO3	0.175	0.200	0.231	0.270	0.321
F	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Br	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SiO2	0.0379	0.0425	0.0481	0.0551	0.0637
PO4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CO3	1.28E-05	1.55E-05	1.90E-05	2.47E-05	3.26E-05
CO2	29.38	29.27	29.30	29.20	29.29
pH	5.133	5.175	5.218	5.275	5.333
TDS	5.191	5.840	6.627	7.666	8.994

产水ppm 级 1 段 2	第六支膜元件

上图包含了膜元件产水水质具体数值。

(8)计算报告的输出与打印

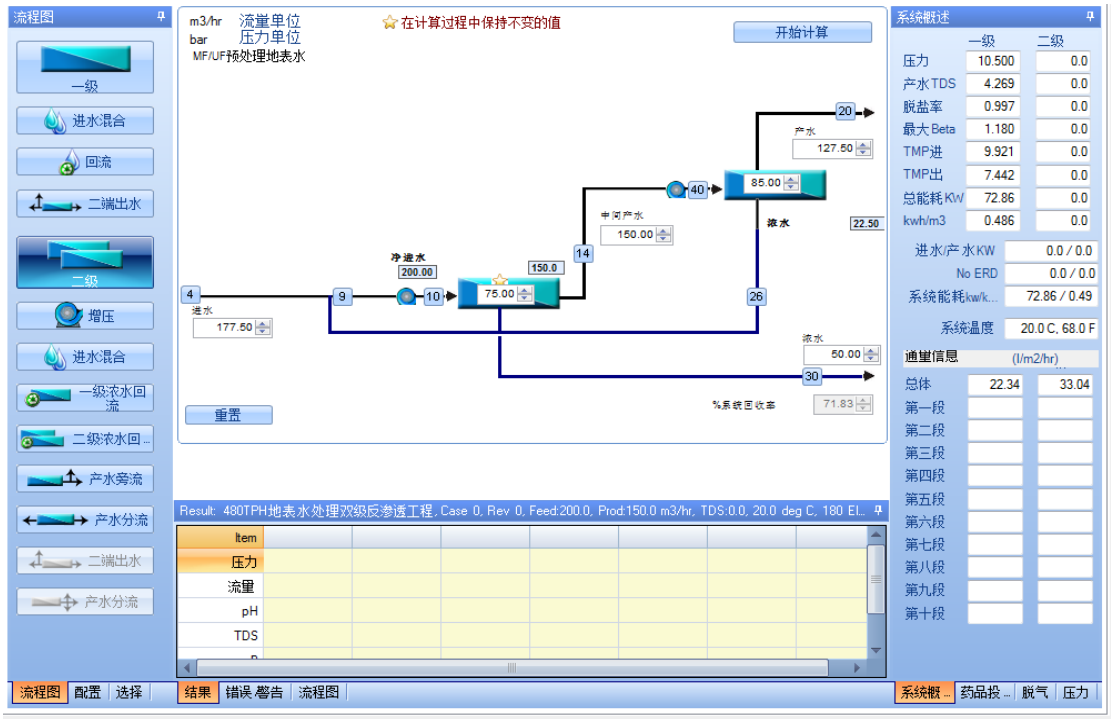
在报告界面上，点“ ”，可以把当前报告进行打印或转为 PDF 等文档；

在报告界面上点“ ”：可以把当前报告转为 htm、mht、html、txt 等文档；

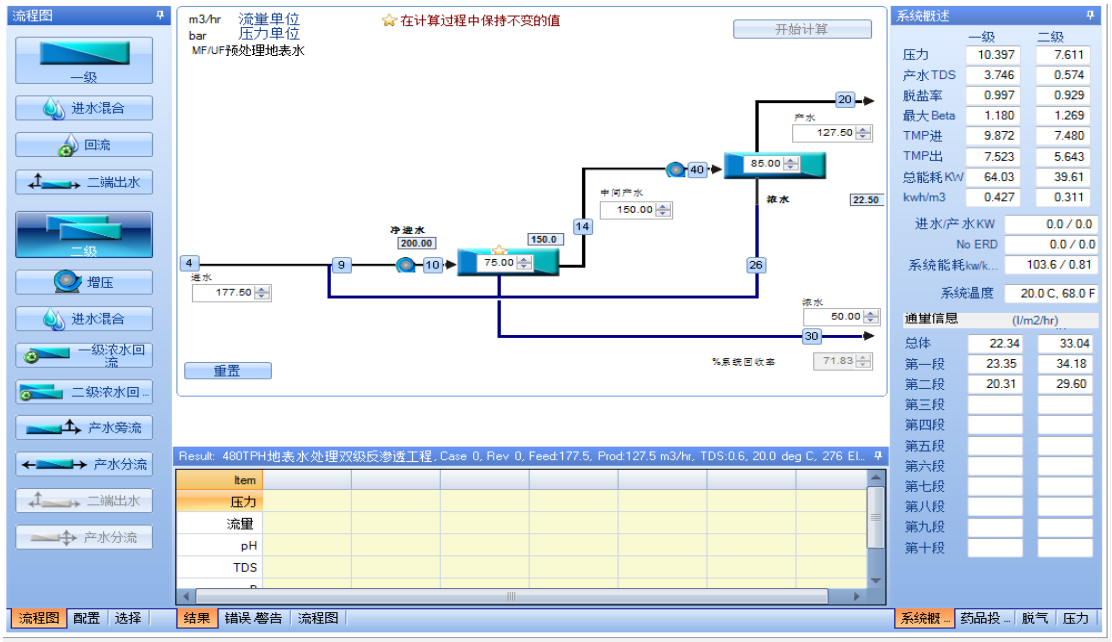
点“工具”，在下拉菜单中点“导出到 Excel”，可以把当前计算导出到 Excel 中。

(9)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。在设计界面左下角点“流程图”，在左侧选择“二级”。在弹出的双级 RO 流程图中进行流量与回收率的设定，如本计算方案中，一级 RO 产水 150m^3/h，一级 RO 回收率为 75%，二级 RO 回收率为 85%。设定完成后如下图所示：



按前面所述步骤分别完成一级反渗透系统和二级反渗透系统的膜元件选型与段内设计。



在上图中点“开始计算”，软件界面右侧显示“系统概述”与“通量信息”。在系统概述中包含一级 RO 和二级 RO 的进水压力、产水 TDS、系统脱盐率、最大 Beta 值、总能耗；在“通量信息”中显示各级系统通量、一二段通量信息。

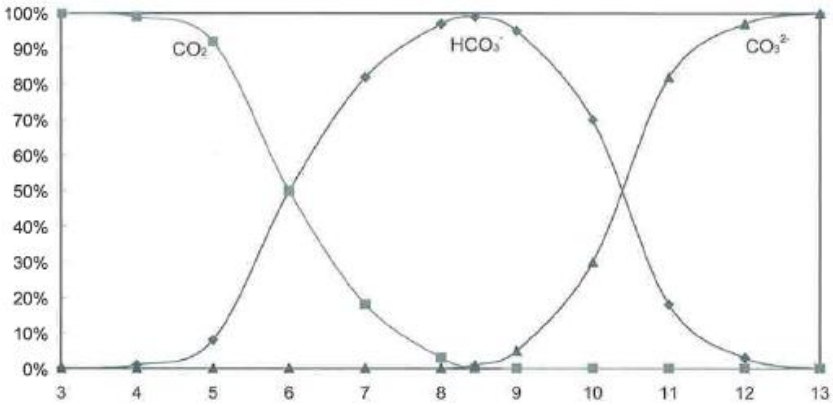
需要注意的是：二级 RO 设计时，膜元件年限及污染指数需要人为设定。

二级 RO 的进水一般需要脱除游离二氧化碳，常采用投加 NaOH 和脱气塔脱气方式。

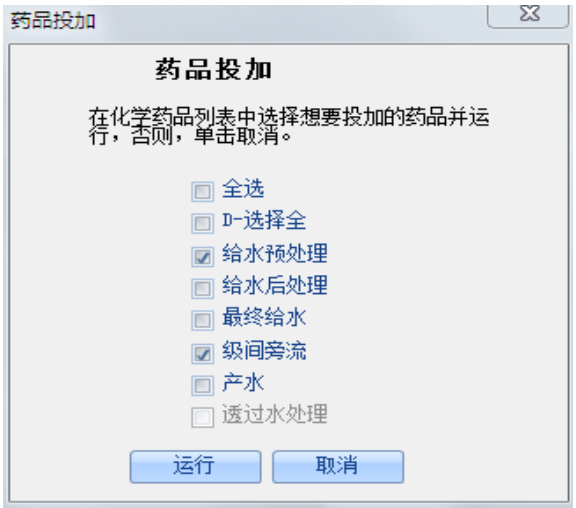
由于反渗透膜不能脱除溶解性气体，所以 RO 产水中 CO_2 的含量基本上和进水相等，但是 HCO^{3-}、CO_3^{2-}能被 RO 膜脱除掉，这样，水中的 CO_2、HCO^{3-}、CO_3^{2-}平衡就会被破坏：

$$CO_2 + H_2O \rightarrow HCO_3^- + H^+$$

由于 RO 进水含有 CO_2，所以 RO 产水 pH 值一般都比进水低，当进水碱度及 HCO^{3-}含量高时，其 pH 下降更大。当 pH 小于 8 时，水中 HCO^{3-}、CO_3^{2-}开始转为 CO_2，当 pH 小于 4 时，水中 HCO^{3-}、CO_3^{2-}全部转为 CO_2。因此，在二级 RO 进水中，通过投加 NaOH 可以 CO_2 使转为可以被 RO 膜脱除掉的 HCO^{3-}、CO_3^{2-}，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。



在软件界面选择“配置”，在左侧选择“加药”按钮，在弹出的对话框中对加药点进行选择。如本例中对一级 RO 预处理加酸，二级 RO 进水（选择级间旁流）加碱。



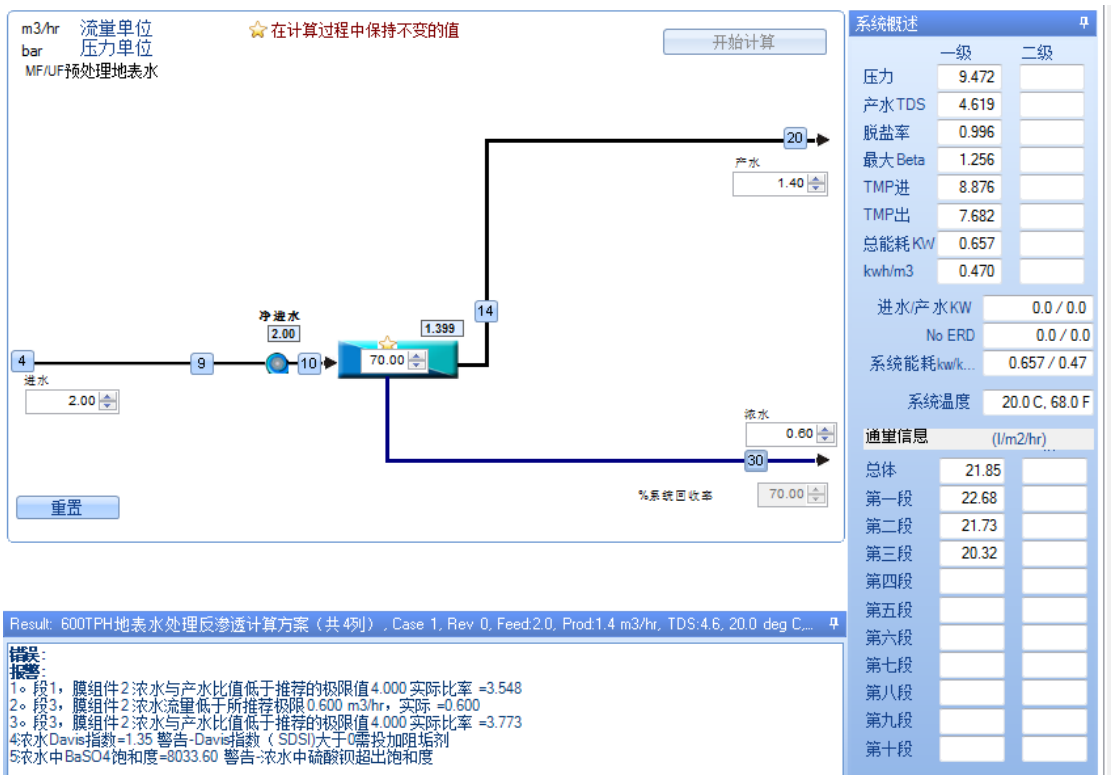
在上图中点“运行”退出对话框。

在设计界面点加药点符号“ ”，在目标 pH 栏内输入 pH 值，在右侧选中所需加入的药品，本案中分别选择“盐酸”和“氢氧化钠”，然后点“应用”，软件开始计算，最后点“运行”退出加药对话框。

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。运算结果输出打印与一级 RO 设计类似。

(10)浓水循环系统的设计

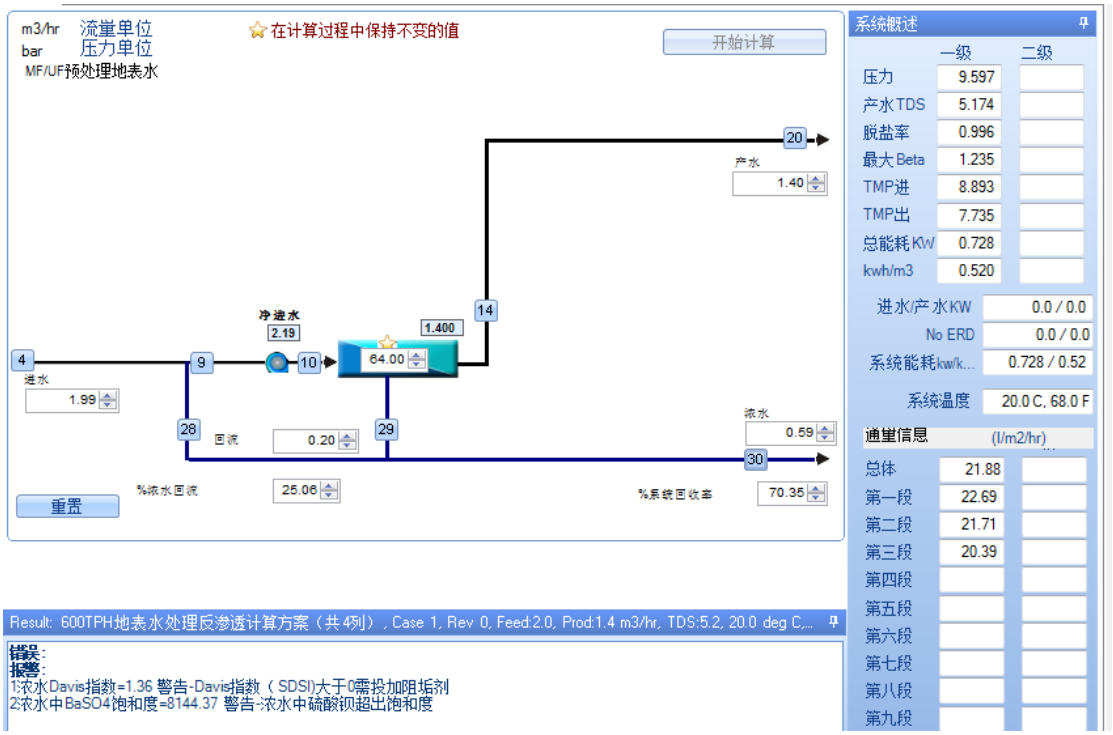
在大多数小型系统中，为了提高系统回收率，又要使系统浓水流量满足设计导则，常常采用浓水循环回流的方法。在下图中我们可以发现，段 1 和段 3 浓水流量小于设计导则推荐值，提示错误与报警。



此时，可以在系统回收率不变情况下，采用浓水回流方式进行优化设计。

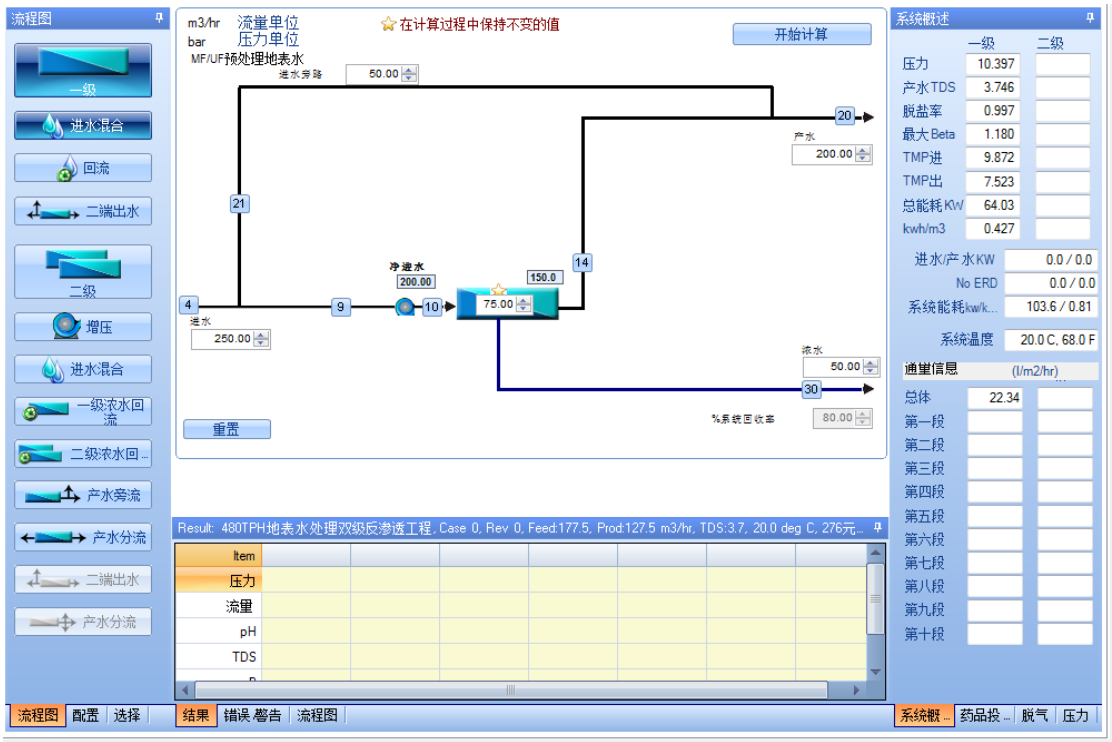
在“流程图”的左侧菜单中点“回流”，流程图将显示出回流设计示意图。

在流程图中，设定浓水回流量或回流百分比，同时，在保证系统回收率条件下，需要适当降低膜组件回收率，如在本例中，原膜组件回收率为 70%，此时系统回收率与膜组件回收率相等，为了增大浓水流量，浓水回流 0.2m^3/h，此时，膜组件回收率为 64%，而系统回收率则不低于 70%。设定完成点“开始计算”。从界面底部的“错误/报警”可以看出有关浓水流量及浓水与产水比过小等报警已经消除掉。见下图：



(11)勾兑混合计算

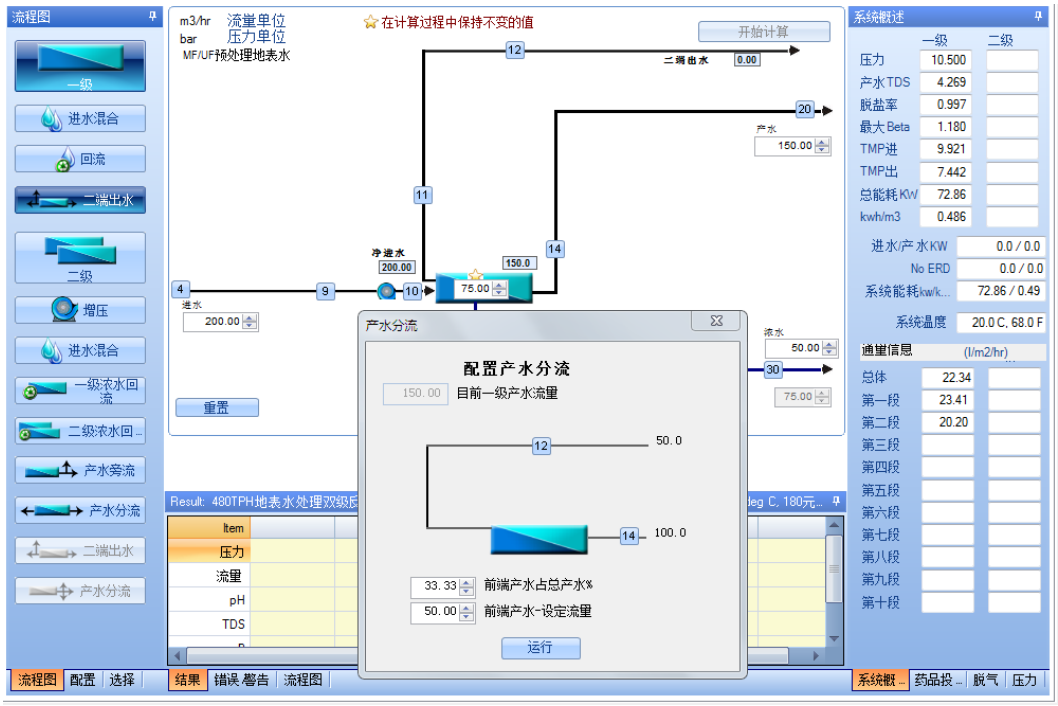
在设计中，可以对原水及产水进行勾兑计算。



在上图中，完成 RO 设计计算后，点左侧在 RO 设计主界面左侧上的“进水混合”，设定进水旁路的流量，最终的产水量为 RO 产水与预处理旁流流量总和，水质也为混合后的总体水质。

(12)两端出水计算

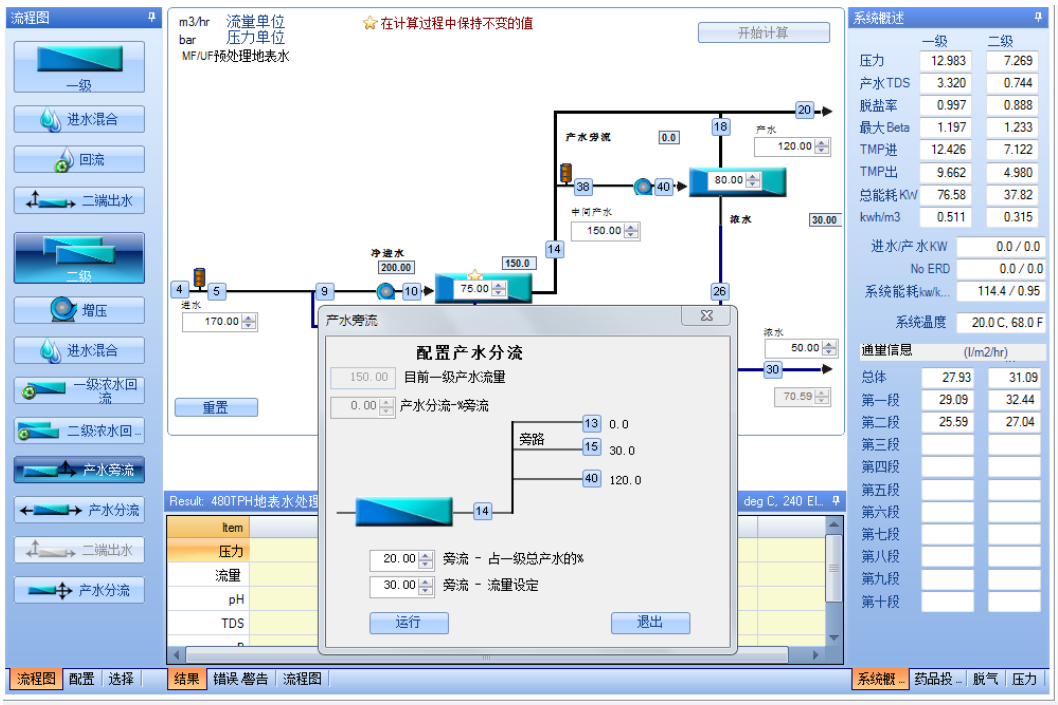
对于 RO 系统，由于进水渗透压不断增大，而净驱动压不断降低，故压力容器前端膜元件产水水质优于后端膜元件。此时，可以采用两端出水方式把前端好的水质优先排出系统。



在上图中，点 RO 设计主界面左侧上的“二端出水”，在弹出的对话框中设定前端出水的流量或所占百分比，然后点“运行”，在最终报告中将分别显示前端出水分流的流量与产水 TDS。

(13)双级 RO 产水旁流混合计算

对于双级 RO 系统，可以对一级 RO 产水与二级 RO 产水进行勾兑计算。



在上图中，点左侧 RO 设计主界面左侧上的“产水旁流”，在弹出的对话框中设定一级 RO 旁流流量或所占百分比，然后点“运行”，在最终报告中将分别显示混合后的流量与产水水质。

另外，产水分流可以对一级 RO 部分产水进行分流设计计算，方法与上类似。

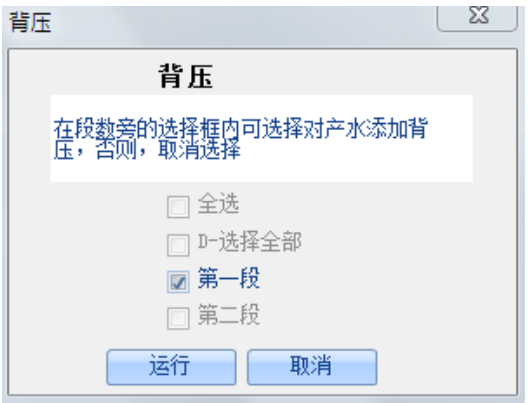
(14)段间增压与背压

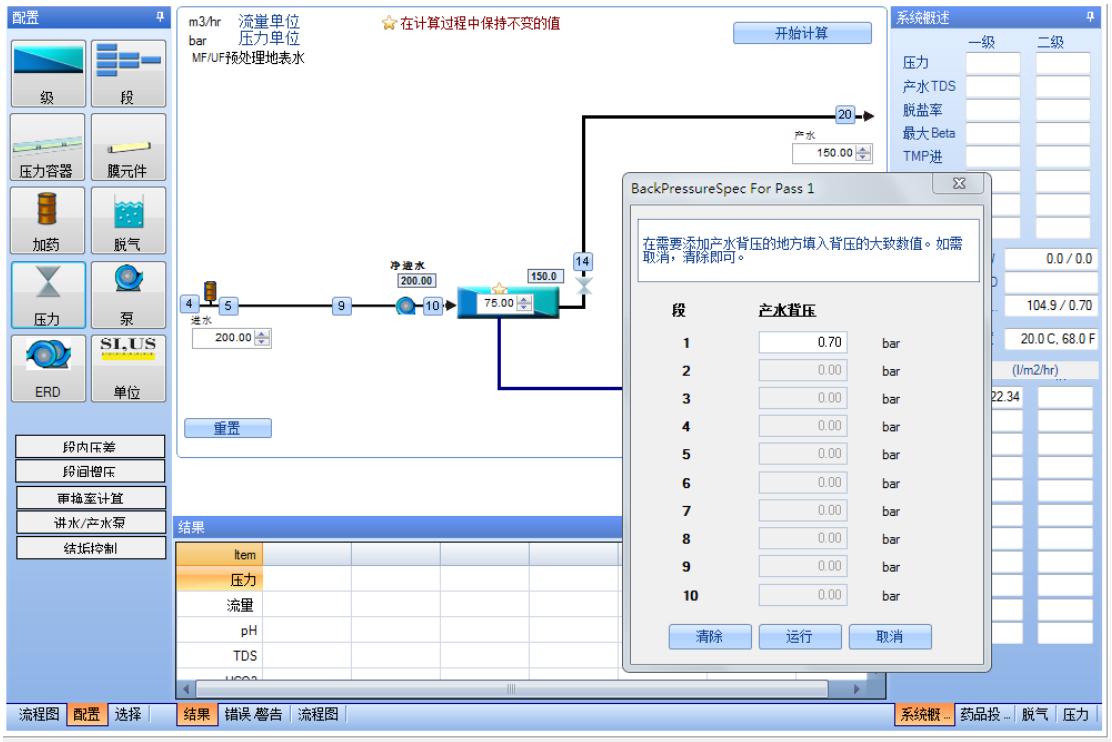
对于高含盐量的原水，为了平衡各段回收率与通量，常用段间增压与产水背压方式进行平衡优化。



在上图中，点右下角“配置“，在左侧菜单选择“段间增压”，在弹出的对话框中，输入段间增压数值，点“运行”退出对话框。切换到“流程图”，点“开始计算”，软件自动计算段间增压后的计算结果。在右侧菜单中显示出段间增压后一二段的平均通量。

当采用背压方式进行平衡时，选择“配置”中的“压力”，在弹出的如下对话框中选择需要背压的部位，如下图所示选择第一段背压，点“运行”退出对话框。





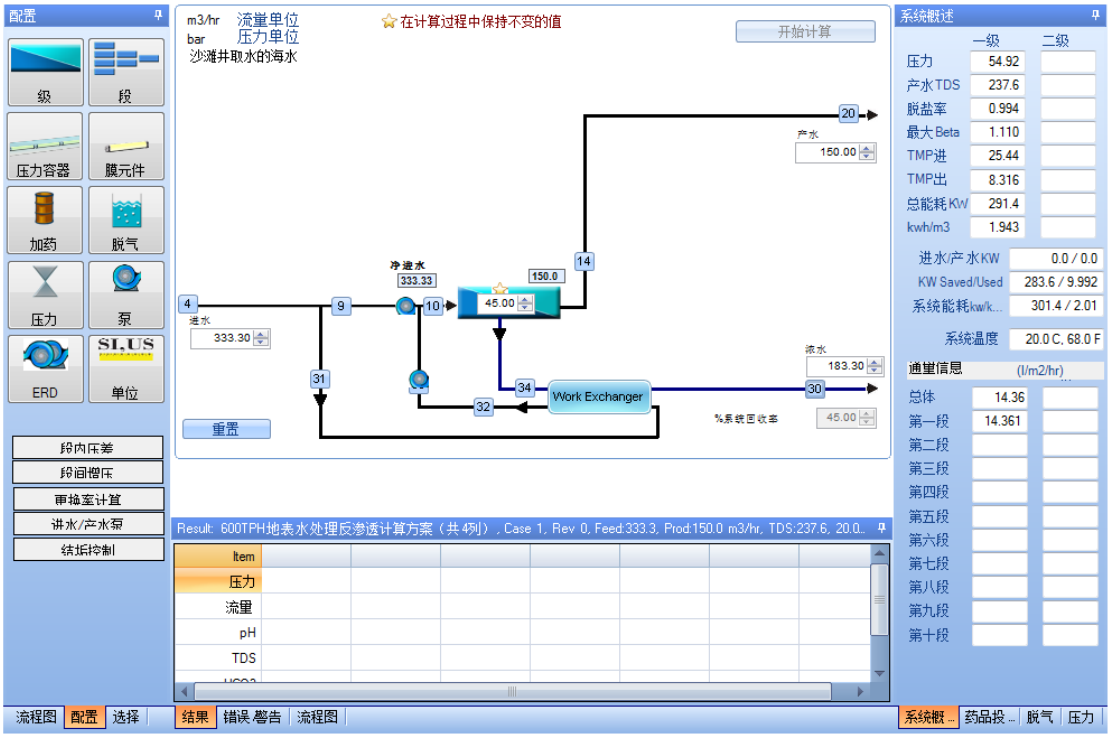
如上图所示，在流程图上点“ ”，弹出产水背压设置对话框，在对话框中输入具体数值，点“运行”退出对话框，最后运行计算。

(15)其它功能－能量转化装置

本软件融合了能量转化器，在诸如海水淡化及高含盐量苦咸水淡化系统中，可以计算能量转化器能耗。在“配置”中点“ERD”菜单，弹出如下所示菜单。



如上图所示，可以选择 ERD 类型，可以对 ERD 效率等参数进行设定。点“保存”退出对话框如下：



点“开始计算”后，软件开始模拟计算，在右侧系统概述中，可以看到节省的能量以及吨水能耗。

(16)其它功能－更换率计算

本软件可以进行膜元件更换率计算，在“配置”中点“更换率计算”菜单，弹出如下所示对话框。



可以选择温度或年限进行更换率计算。膜元件更换方式可从前端替换或从后端替换两种方式。设定膜元件更换率后，软件自动计算每年替换的膜元件数量、使用寿命等参数。可以把相关的结果导入到 Excel 中。

第六节　设计应用举例

现以某锅炉补给水项目举例如下：

6.1　设计第一步，设计基础资料的收集

由客户填写的系统设计基础资料表和原水水质分析报告表如下：

(1)设计基础资料表

资料整理号：_____ 记录日期：_____年 ___月____日	联系人：_____ E-mail: _____ 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^3/h)：_____80_____ 期望产水水质（如电导率 μs/cm）：_____＜10μs/cm^2_____ 期望回收率（%）：_____75%_____ 期望使用膜元件种类：_____BWRO_____ 压力容器最大容许长度：_____6m_____ RO 产水用途：_____作为混床进水_____	
水源概况： □海水（明渠流）　□海水（沙滩井）　□地下水或深井水 ■地表水（江、河、湖泊、水库）　□市政污水处理水　□工业废水处理水 □其它水源_____ 水温情况：冬季_____℃　夏季 _____℃　平均_____℃　设计___25___℃	
预处理概况： 添加药剂：□混凝剂　□助凝剂　■杀菌剂　■还原剂　■阻垢剂　□酸碱液 SDI_{15} 测定值：＜3 预处理设备名称及流程：预处理采用混凝澄清+斜板沉淀+盘式过滤器+UF	
后处理设备及流程：RO 产水作为初级除盐水，进入混床进行精除盐 系统运行方式：■连续　□断续	
其他要求及说明： 希望系统进行保守设计，为防止每年春季开河时，水质突然变差给系统带来的冲击。	

(2)原水水质分析报告表

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：原水为河水			
水温：__27__℃ pH 值：__7.265__导率（μs/cm）：__150.7__			
离子成分组成（ppm）：			
钙离子(Ca^{2+})	14.83	碳酸根(CO_3^{2-})	-
镁离子(Mg^{2+})	2.6	碳酸氢根(HCO_3^-)	40.76
钠离子(Na^+)	8.53	氯离子(Cl^-)	7.65
钾离子(K^+)	3.26	硫酸根(SO_4^{2-})	16.7
钡离子(Ba^{2+})	-	硝酸根(NO_3^-)	12.2
锶离子(Sr^{2+})	-	亚硝酸根(NO_2^-)	0.378
铵离子(NH_4^+)	-	氟离子(F^-)	-
铁离子(Fe^{3+})	0.11	磷酸根(PO_4^{3-})	-
锰离子(Mn^{2+})	-	硼(B)	-
铜离子(Cu^{2+})	-	二氧化硅(SiO_2)	8.04
锌离子(Zn^{2+})	-	游离氯	-
铝离子(Al^{3+})	0.051	二氧化碳(CO_2)	3.38
其它离子			
其它指标（ppm）：			
总溶解固体(TDS)	104.4	生物耗氧量(BOD)	-
总有机碳(TOC)	-	化学需氧量(COD)	5.8
总硬度	0.954（mmol/L）	碳酸盐硬度	0.668（mmol/L）
非碳酸盐硬度	0.286（mmol/L）	总碱度	0.668（mmol/L）
浊度(NTU)	6.15	悬浮固体(SS)	12.8
污染指数(SDI_{15})	-	细菌总数(个/ml)	-
感观指标			
色度	-	异味	无味
水生物	-		

6.2 设计第二步，系统的初始设计

(1)选择膜元件类型及具体型号

根据设计基础资料表中“水源概况”，由于本系统原水水源为地表水且含盐量较低，故选择苦咸水膜元件 TM720-400（单支膜面积为 37.3 m^2）；

(2)膜元件数量的确认

(3)根据设计基础资料表中“预处理概况”，查找膜设计导则，在 SDI＜3 的地表水为水源的情况下，膜设计通量范围为 23～29 L/m^2 ħ；由于客户需要保守设计，故暂时选取平均膜通量为 24 L/m^2 ħ；

(4)根据式 6-16 计算单支膜元件产水量为：24×37.3=895.2L/h≈0.895 m^3/h；

(5)根据式 6-17 计算系统膜元件数量为：80÷0.895=89.4≈89 支；

(6)由表 6-2 得，要实现 75%的系统回收率，需要串联 12 支膜元件，当选用 6 芯膜壳时，系统共 2 段；

(7)根据式 6-18 计算系统需要的压力容器：89÷6=14.8≈15 支。故系统实际所需的膜元件数量为：15×6=90 支；此时可由前述公式反推系统实际平均膜通量为：80÷（90×37.3）≈23.8 L/m^2 ħ；

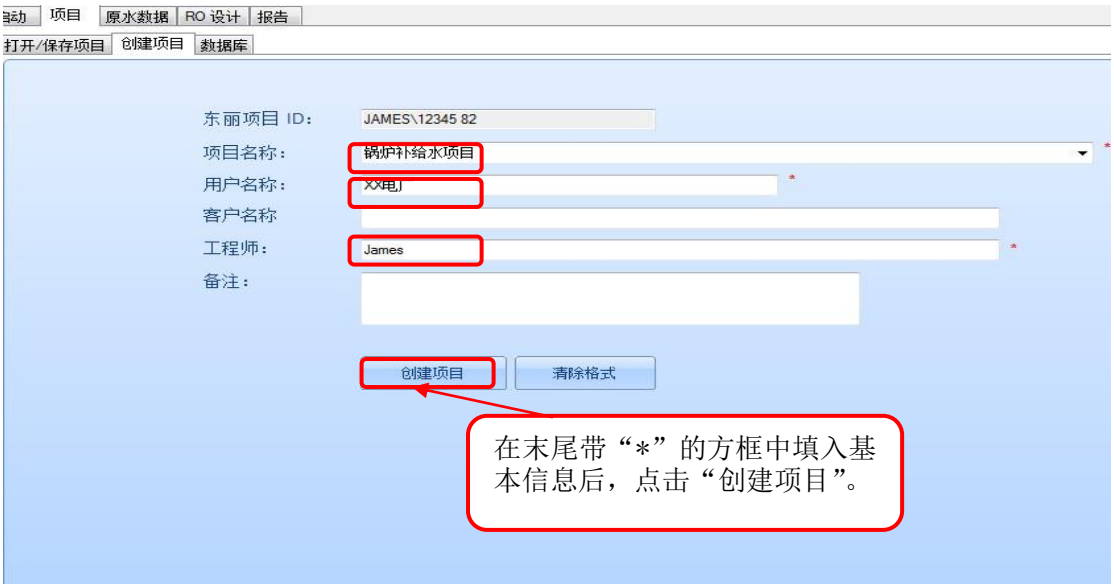
(8)由 6.3.3 可知，对于 6 芯膜组件通常采用 2:1 的排列。即

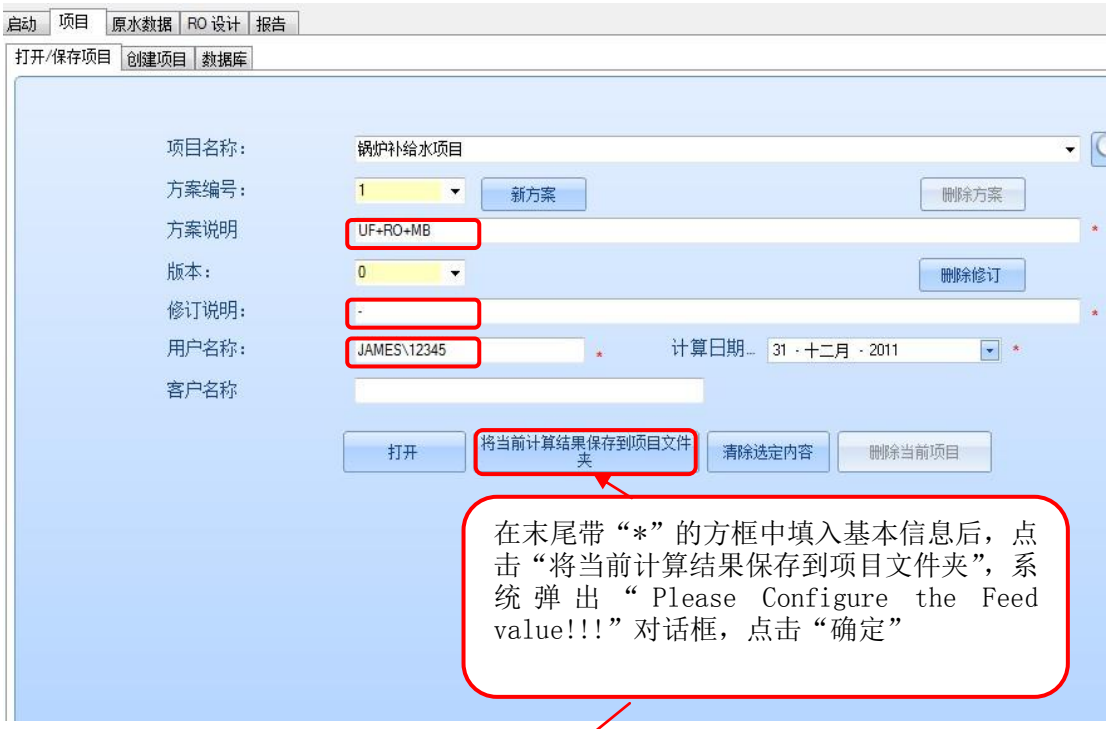
(9)15×（2/3）:15×（1/3）=10:5

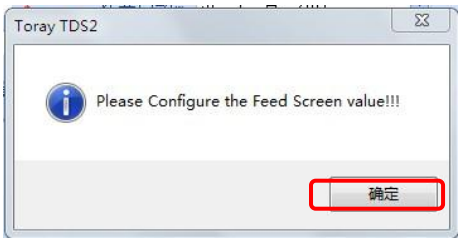
6.3 设计第三步 系统的优化和确认






项目
原水数据
RO 设计
报告
打开/保存项目
创建项目
数据库
东丽项目 ID:
JAMES\12345 82
项目名称:
锅炉补给水项目
用户名称:
XX电厂
客户名称
工程师:
James
备注:
创建项目
清除格式
在末尾带“*”的方框中填入基本信息后，点击“创建项目”。


启动
项目
原水数据
RO 设计
报告
打开/保存项目
创建项目
数据库
项目名称:
锅炉补给水项目
方案编号:
1
新方案
删除方案
方案说明
UF+RO+MB
版本:
0
删除修订
修订说明:
-
用户名称:
JAMES\12345
计算日期...
31 · 十二月 · 2011
客户名称
打开
将当前计算结果保存到项目文件夹
清除选定内容
删除当前项目
在末尾带“*”的方框中填入基本信息后，点击“将当前计算结果保存到项目文件夹”，系统弹出“Please Configure the Feed value!!!”对话框，点击“确定”


Toray TDS2
Please Configure the Feed Screen value!!!
确定



进入“原水数据”对话框后，依次根据原水信息表及原水分析表填入：

(1)原水信息

根据设计基础资料得知，本系统水源为“MF/UF 预处理地表水”；且只有一种原水水源；

(2)进水参数

根据设计基础资料得知，本系统设计温度为 25℃，原水 PH 为 7.26；

“TDS”（溶解性固体总含量）和“Est uS”（电导率）数值框会在填好“离子”（包括阳离子和阴离子）对话框后自动计算并显示；

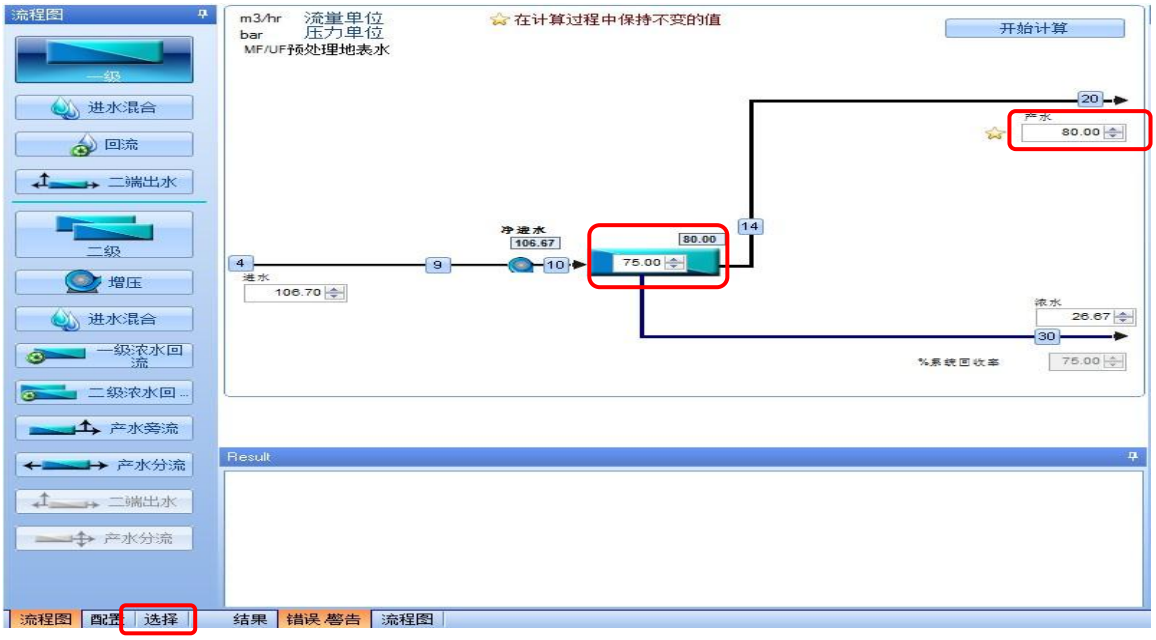
如果没有详细原水分析数据，只知道原水含盐量时，也可以点击“以 NaCl 计 TDS”输入进行近似估算；

(3)离子

将原水分析表中各离子含量数据分别填入“离子”对话框中的“阴离子”和“阳离子”数据框；

(4)离子平衡

自然界中水的阴阳离子是平衡的，但经常由于原水离子分析的不全面和测量误差导致原水水质报告表中阴阳离子失衡，因此我们需要人工添加入离子对其进行平衡；常规我们选择“以 NaCl 平衡”。在进行离子平衡后我们点击“RO 设计”进入 RO 设计界面，如下图：



根据原始设计信息，在“产水”方框中填入产水量为 80 m^3/h，在“回收率”方框中填人 75%；点击位于左下角的“选择”进入系统详细设计界面，如下图：



根据系统的初始设计，依次填写相关信息：

(1)选择“膜元件型号”

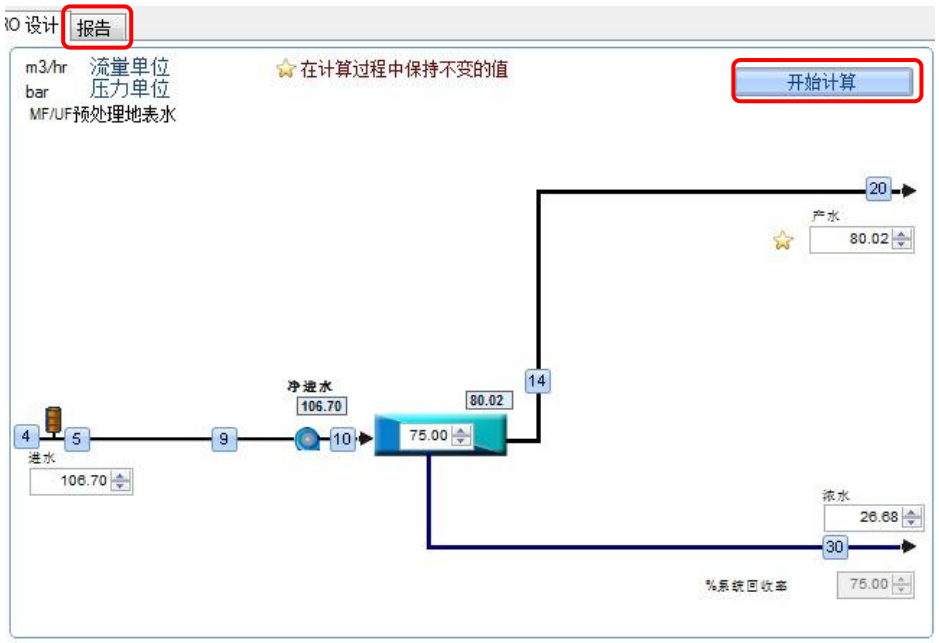
本系统选择 TM720-400 型膜元件；若本系统都采用相同的膜元件的话请勾选“所有膜元件相同”和“All Stages the same”以防止个别膜元件错选从而导致最终计算错误；

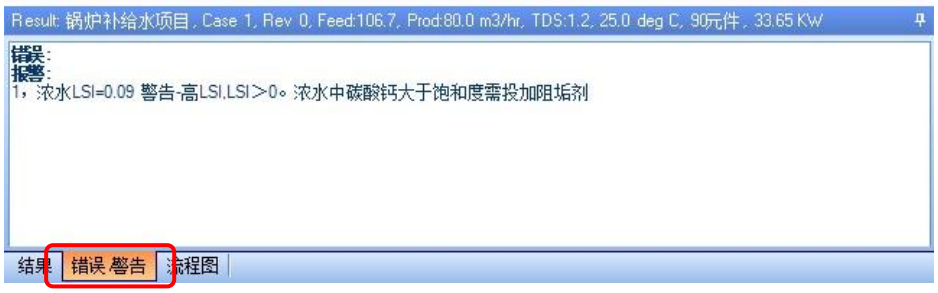
(2)填入“级”和“段”信息

本系统采用 6 芯压力容器，采用 15：10 排列；

(3)选择“膜元件年限”和“污染指数容忍值”

参数“膜元件年限”的意义在于推测膜系统的性能参数随使用时间的变化；无数的实际案例证明，膜元件的性能随使用时间的增加在逐步的衰减，只是由于实际运行状况的不同，程度不同而已；参数“膜元件年限”的设置使得膜计算软件的计算结果更具有实际的指导意义。根据客户期望使用膜系统的时间，选择使用年限。对于“污染指数容忍值”，如果您对此不是很了解的话建议使用系统默认值，此时请点击“基于年限和原水类型、重置污染因子和 SPI 指数至默认值”。完成后点击“流量示意图”返回上一界面，如下：





点击“开始计算”后再点击“错误报警”查看系统运行情况。在报警方框中显示“……。浓水中碳酸钙大于饱和度需要投加阻垢剂”；表示系统有碳酸钙结构的风险，需要加入阻垢剂进行阻垢，而关于阻垢剂的型号和药剂量请咨询相关阻垢剂厂商。最后点击位于左上角的“报告”，查看系统的详细运行情况。

系统报告的输出及分析介绍请见本章第五节设计软件使用指南。

TORAY

附件 6-1　东丽膜元件设计导则

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 三级处理	
参数	说明	单位	低 pH	高 pH	井水 软化水	MF/UF 低 SDI	传统 过滤	沙滩井		明渠流		MF/ UF	传统 过滤
								低 SDI	高 SDI	低 SDI	高 SDI		
给水SDI_{15}	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/				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） 低温苦咸水
	TMH20A-430			
超低压	TMG20-400		TMG20-370	低含盐量（TDS＜2000mg/L） 低温苦咸水
	TMG20-430			
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
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	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：

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。

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。

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。

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。

附件 6-2　系统设计基础资料表

资料整理号：_____ 记录日期：_____年 ___月____日	联系人：_____ E-mail: _____ 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^3/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： □海水（明渠流）　□海水（沙滩井）　□地下水或深井水 □地表水（江、河、湖泊、水库）　□市政污水处理水　□工业废水处理水 □其它水源_____ 水温情况：冬季_____℃　夏季 _____℃　平均_____℃　设计_____℃	
预处理概况： 添加药剂：□混凝剂　□助凝剂　□杀菌剂　□还原剂　□阻垢剂　□酸碱液 SDI_{15} 测定值：_____ 预处理设备名称及流程：_____	
后处理设备及流程：_____ 系统运行方式：□连续　□断续	
其他要求及说明：_____	

附件 6-3　原水水质分析报告表

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^{2+})		碳酸根(CO_3^{2-})	
镁离子(Mg^{2+})		碳酸氢根(HCO_3^-)	
钠离子(Na^+)		氯离子(Cl^-)	
钾离子(K^+)		硫酸根(SO_4^{2-})	
钡离子(Ba^{2+})		硝酸根(NO_3^-)	
锶离子(Sr^{2+})		亚硝酸根(NO_2^-)	
铵离子(NH_4^+)		氟离子(F^-)	
铁离子(Fe^{3+})		磷酸根(PO_4^{3-})	
锰离子(Mn^{2+})		硼(B)	
铜离子(Cu^{2+})		二氧化硅(SiO_2)	
锌离子(Zn^{2+})		游离氯	
铝离子(Al^{3+})		二氧化碳(CO_2)	
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_{15})		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。

第七章　反渗透膜元件的安装、操作与维护

第一节　膜元件安装

1.1　安装前准备工作

(1) 在经过预处理的进水进入膜元件前，确保管道系统和压力容器中没有灰尘、油脂、金属残余物、有机沉淀物等。此项检查在膜元件更换过程中也被证明同样有效。

(2) 核实进水水质满足系统要求。

(3) 用合格的预处理产水冲洗系统大约 30 分钟。

(4) 拆除压力容器两端的端板，检查压力容器内部。如果必要，机械性地清洗。

备注：为防止膜元件被外来污染物污染，使用旋转刷或拖把并用预处理过的水冲洗压力容器是十分有效的方法。

(5) 将带有 O 型圈的产水适配器安装到膜元件浓水端一侧的产水端口中。使用甘油润滑所有接触部分。应根据如下注释确定是否需要使用止推环。

带有止推环	不带止推环
TM-系列 8 寸膜元件	其他尺寸膜元件

确认已经安装了用于吸收 TM-系列 8 寸膜元件轴向推力的止推环（这是压力容器的一个配件），它会传递来自于浓水侧膜元件的轴向推力（这是安装的首支膜元件）。

(6) 带有 O 型圈的产水适配器可以在这一步插入浓水侧产水管。在重新连接管路之前，如果在最后一步完成此项工作可以将泄漏的风险降到最低。

(7) 根据压力容器的安装指导手册，将浓水侧的端板安装好，并装好定位环。

说明：为了便于最终控制膜元件安装，可以在装端板前拆掉密封圈。在拆除端板时端板密封圈存在额外的阻力，这种方式便于确认膜元件的完全插入。

除了压力容器的产水适配器，所有需要的其它配件都在膜元件包装箱中。产水适配器和止推环在压力容器的包装中。当订购压力容器时，请确认需要安装的膜元件型号。

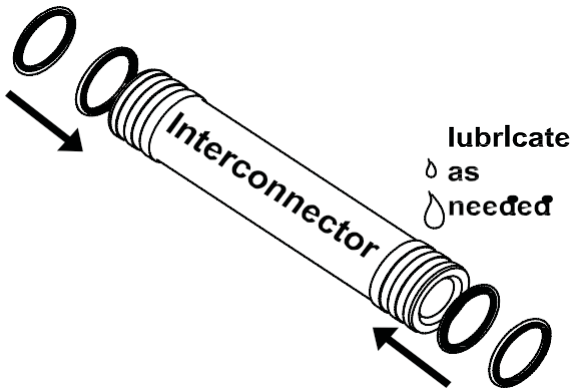
1.2　拆开膜元件包装

(1) 打开膜元件包装箱，取出膜元件和零部件。零部件在包装箱中用小塑料袋单独包装。将空包装箱放在一边。

(2) 根据下表所列内容准备必要的零部件。

零部件名称	需要数量
浓水密封圈	每支膜元件 1 个
O 型圈	每支膜元件 4 个
开式产水适配器	每支压力容器 1 个
闭式产水适配器	每支压力容器 1 个
产水连接管	膜元件数量-压力容器数量

(2) 在膜元件连接件上装上 O 型圈，安装时涂上甘油润滑，并小心的安装防止 O 型圈被刮损。在插入产水管之前，将组装好的适配器放在一个干净的地方，。

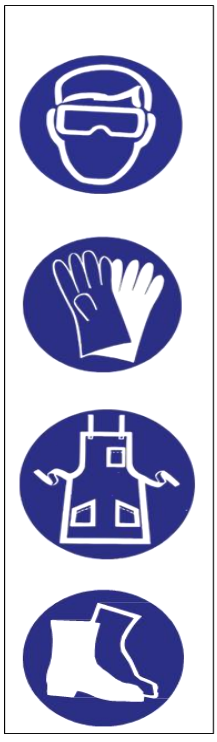


(3) 打开包装袋前的安全须知：

新膜元件的包装中含有大约 0.5-1.0%浓度的亚硫酸氢钠或者是带有吸氧剂的氯化钠溶液。请勿吞食。此溶液对皮肤和眼睛有刺激作用。请准备必要的劳保用品。膜元件外壳为 FRP，请当心玻璃钢纤维。具体细节，请参考亚硫酸氢钠的 MSDS（物质安全资料表）。

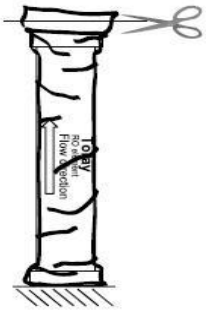
(4) 剪开膜元件的包装袋，并准备装填，请参考如下示意图。

为了方便确定方向和说明，东丽膜元件在外壳内有箭头标示方向。此箭头并不表示为必须遵守的安装方向。



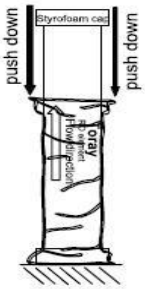
1.

从膜元件顶部剪开包装袋。

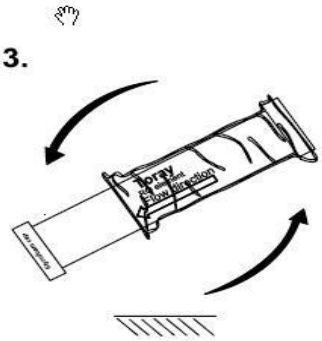


2.

退下包装袋至泡沫保护盖上部。

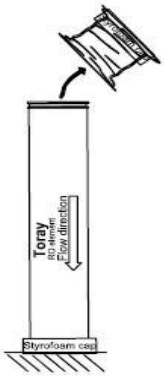


3.



翻转膜元件，使其立在泡沫保护盖上。

4.

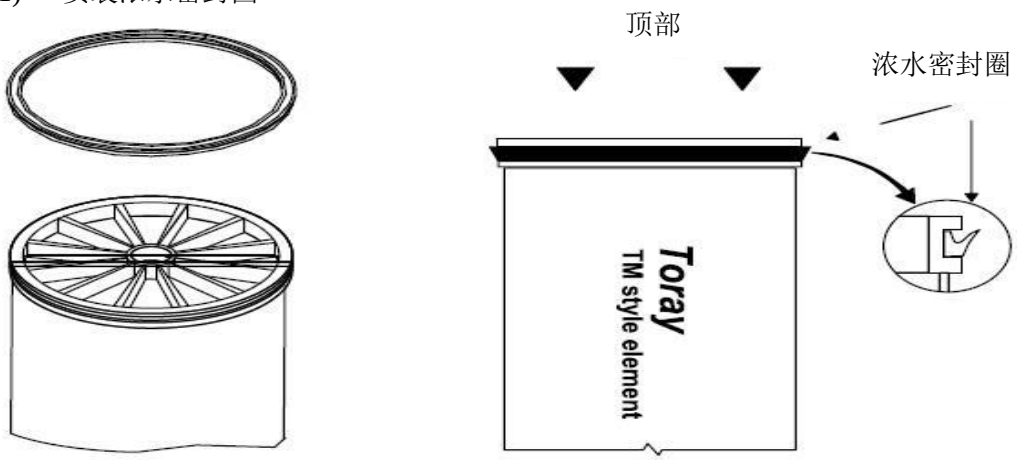


去除顶部的泡沫保护盖和包装袋。

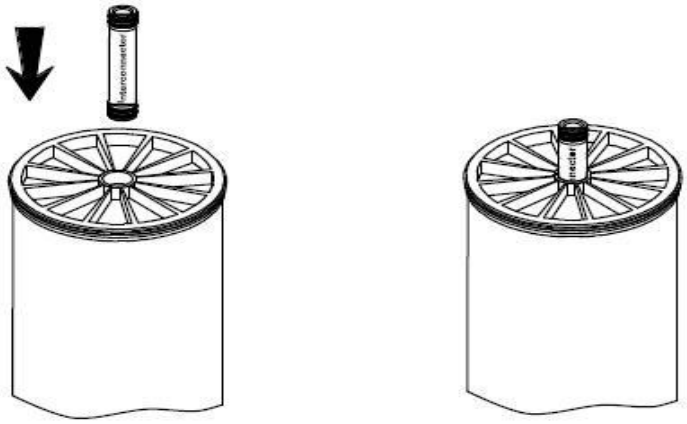
说明：包装袋由对氧气有非常高的隔离效果的材料制成，这样可以延长保存液的保存时间。如果包装袋只从一端剪开，可以保存起来，以备膜元件需要保存和运输时使用。

1.3 膜元件和零部件的组装

(1) 安装浓水密封圈



(2) 安装膜元件连接件，并用甘油做必要的润滑。



(3) 膜元件的装填

a 此项工作最好由两人完成。

b 如图所示，确认 V-型浓水密封圈的位置以及方向。

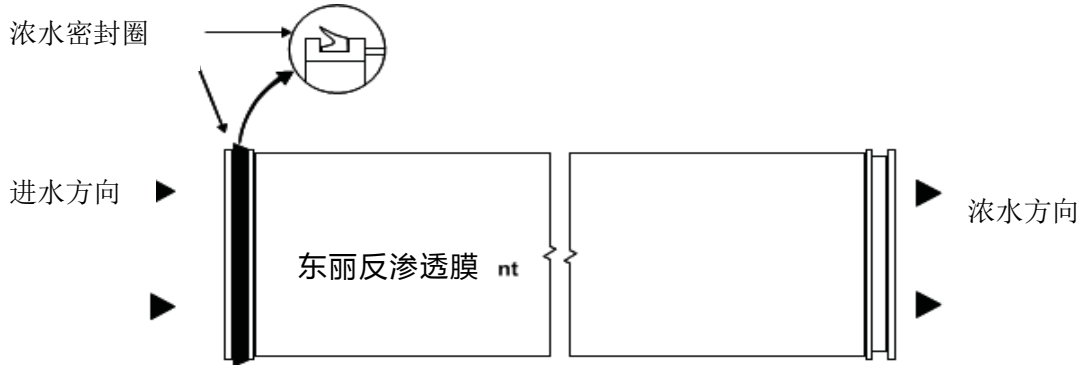


图 14 浓水密封圈方向

备注：每支膜元件的浓水端不得安装浓水密封圈。

c 打开 RO 压力容器的进水端。如果现场条件允许，在打开膜元件包装前，可以先拆除每个压力容器的锁定装置完成准备工作。

d 用水和甘油润滑 RO 压力容器内部。这样便于膜元件的安装，尤其是比较长的压力容器。每支压力容器大约需要 100ml 甘油。如果甘油的粘度太高，可以用干净的水稀释，以保证充分浸润。短时间内打开和封闭压力容器，将外界物质、灰尘和脏东西进入压力容器的可能性降到最低。使用拖把或者类似的工具可以润滑整支压力容器。

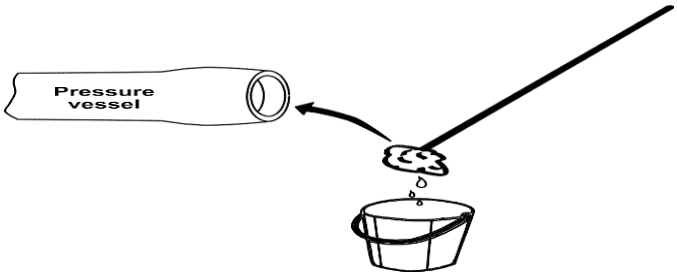


图 15 甘油润滑

e 用甘油润滑完浓水密封圈和压力容器内壁后，从压力容器进水端装入膜元件至约 2/3 位置（参见图 16）。小心平稳地装入膜元件，特别是第一支膜元件。

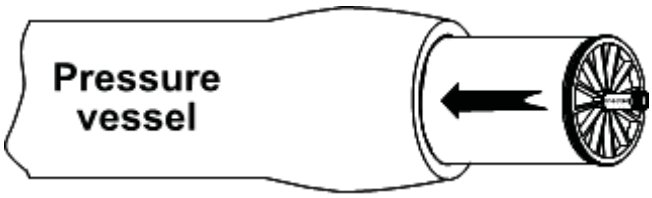


图 16 从压力容器进水端装入膜元件

f 如第一支装入的膜元件一样，安装浓水密封圈。如图 17 所示，用膜元件适配器连接两支膜元件。部分装入的膜元件由人配合固定在原位。平稳用力地推动两支进入压力容器，让他们保持一条直线，避免对膜元件适配器或浓水密封圈造成损伤。

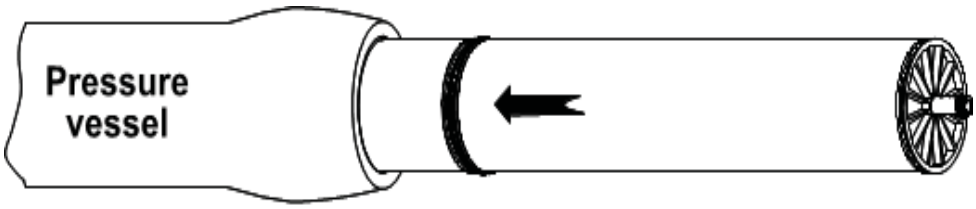


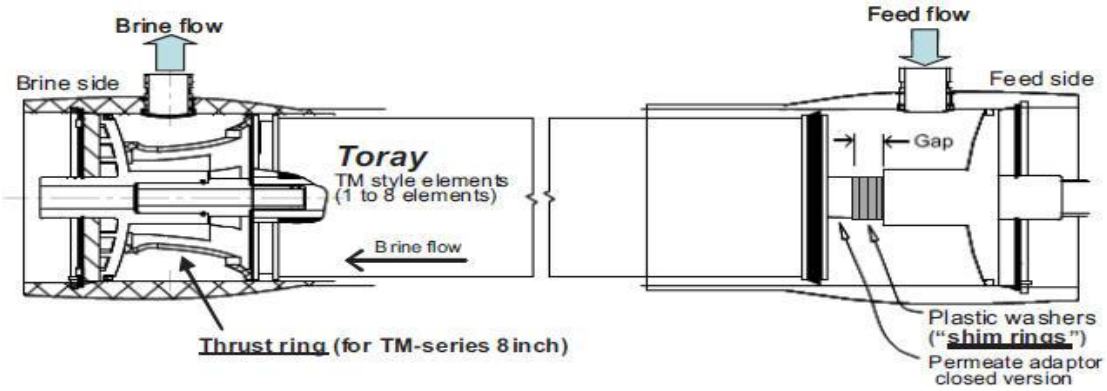
图 17 用膜元件适配器连接两支膜元件

g 重复以上步骤，将膜元件逐支装入压力容器。

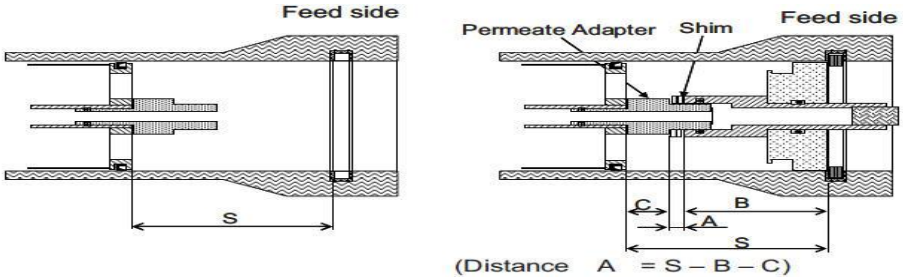
h 当最后一支膜元件装入后，装入由压力容器厂家提供的产水适配器。

i 将最后一支膜元件推动入位，确保装入的第一支膜元件产水适配器已经紧密连接。

j 为了避免产水密封圈过早的损坏，请确保膜元件在轴向方向不能移动。对于端板产水管，请使用由压力容器生产商提供的产水适配器。使用由压力容器制造商提供的垫片填充依然存在的间隙和公差。



k 当所有的膜元件装填完毕后，计算“A”值。如果“A”值比压力容器厂家提供的垫片厚度大，使用垫片填充过大的间隙。剩余的间隙应小于垫片厚度。如果产水管连接在压力容器的进水侧，那么产水适配器的机械分离风险会非常高。



说明：对于产水管路的安装位置，压力容器的浓水侧比进水侧更合适。不用的产水端口最好用由压力容器制造商提供的闭式产水适配器塞住。这将会最大限度的避免产水和浓水的“短路”。

l 安装进水侧端板，并连接配套管路系统。确保所有压力容器的端板密封圈都已安装。

1.4 装填过程记录

每支东丽膜元件都有一个唯一的序列号，通过它可以追溯每支膜元件的产地和出厂检测数据。建议在装填过程中记录膜元件的序列号，并注明他们的确切安装位置。绘制一张类似如下列表的“膜元件安装位置图”。这样便于在运行监控和故障分析时，对压力容器和膜元件的辨识。

压力容器编号 (注明位置)	浓水	膜元件 SN 号 12345677	其它膜元件 SN 号 …..	膜元件 SN 号 1234556	进水

压力容器编号 (注明位置)	浓水	膜元件 SN 号 12345677	其它膜元件 SN 号 …..	膜元件 SN 号 1234556	进水

(增加其它压力容器).

可以通过电子表格非常容易地制成类似的表格。

1.5 初次启动检查

系统管路连接完毕后，请按照本章第三节的要求，执行初次启动检查顺序。

第二节 膜元件拆卸

如果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。对于侧开口和多开口的的压力容器，拆除产水管路即可满足要求。

(2) 拆去压力容器两端的端板。

(3) 从进水端向浓水端推膜元件，直至浓水端露出膜元件。

(4) 小心地从压力容器浓水端拖出膜元件。确保这支膜元件和压力容器中的膜元件处于一条直线，不要让连接件和/或产水管承受膜元件的重量，避免适配器、产水管或浓水密封圈破损。

(5) 从进水端再次推动膜元件，直至后面的膜元件完全出现在浓水侧。保持 4 中的操作条件。

(6) 拔出后面的膜元件并并使之与压力容器中的膜元件分离。保持 4 中的条件，直至后面的膜元件被拆除。

(7) 除去膜元件上的产水连接管。

(8) 重复以上步骤，如果必要，可以用推杆比如塑料管来推动膜元件。

说明：如果可以确定膜元件的重新安装时间，可以直接将它们装入干净的塑料袋中。对于需要重新安装的膜元件请参看 RO 膜元件的安装。作为工业废弃物处置废弃膜元件时，请遵守当地法律。

第三节 RO 系统启动检查

3.1 试运行前检查

(1) 在安装膜元件和将水引入 RO 系统之前，请确认所有配件都已经拧紧（特别是卡箍接头和压力容器的端盖），所有仪表和部件都能正常工作，而且进水满足已安装膜元件的要求。需要特别检查如下项目：

- 系统洁净度，根据膜元件安装要求，清洗需要清洗的地方。
- 污染指数（SDI15）
- 浊度（NTU）
- 去除余氯及其他氧化剂
- 亚硫酸氢钠浓度（如果用于去除余氯）
- 如果二氧化氯用于原水的消毒，为了可靠的去除氧化剂，强烈建议采用投加亚硫酸氢钠和活性炭的组合工艺。经验表明在这种条件下，只投加亚硫酸氢钠不能满足。
- 原水预处理系统中投加的絮凝剂，特别是阳离子型或非离子型絮凝剂。
- 保安过滤器必须不含表面活性剂、润滑剂和织物护理剂。请合理的订购它们，或，如

果不确定，请根据保安过滤器制造商的指导手册适当地冲洗它们。

- 在 RO 膜元件安装和将经过预处理的进水输送至压力容器之前，确认所有的灰尘、油脂、油以及金属残余物等杂质已从管道系统中去除。如果有必要，在安装膜元件前，先清理并冲洗管道及压力容器，然后再安装膜元件。膜元件安装及试车前的清理详细介绍，参见膜元件安装。

(2) 膜元件安装完毕后，排出管道系统的空气，包括集水管和 RO 压力容器，用经过预处理的原水低压冲洗至少 1 小时，浓水阀门全部打开。注意不要超过允许的流量和压差范围。

在排气过程中，由于“气水混合”流动条件，最初的水流速度非常高。最好低流量启动系统，以免排气过程中的任何冲击。浓水管出水后，建议增加冲洗流量以有效地排出气体。

在以排气为目的的冲洗过程中，重复启动和关闭系统几次是有效的办法。持续不断的增加冲洗压力可以使空气体积变小，然而，在关机过程中，空气体积恢复正常，在下次冲洗时非常容易排出。每支压力容器的流量应该遵循如下数据：

8”容器: 40 l/min (11gpm)

4”容器: 10 l/min (3 gpm)

如果排气过程中的流量不能确定，目标压力值为 0.1MPa 或更低。

在冲洗过程中，打开产水阀门并保持产水侧不产生背压非常重要。浓水压力应该总是高于产水侧压力以避免产生背压问题。详细的冲洗过程说明，请参见冲洗步骤。

冲洗过程中，每支压力容器或单支膜元件的压降务必保证不能超过以下数值：

表 9 压降极限值

膜元件型号 TM	每支压力容器	每支膜元件
8”	0.4 MPa (60psi)	0.15 MPa (22psi)
4”	0.4 MPa (60psi)	0.15 MPa (22psi)

(3) 系统排气完成后，可以根据设计运行参数开始初次试运行。特别注意检查和调整以下参数到设计值：

- 产水流量
- 回收率
- 操作压力

最后试运行评测前，系统至少运行 1 小时并检查产水水质。在试运行过程中，排掉产水和浓水。如果系统有浓水循环管路，不要启动此项功能。

(4) 按照如下要求检测产水水质和系统性能：

- 检测每支压力容器的产水电导率。如果产水电导率高出预计值很多，检查 O 型圈和浓水密封圈等配件，如果必要进行更换。记录所有的数据和采取的措施。
- 应认真记录启动后 1、24、48 小时的数据。这些数据将被用来作为标准化时的标准数据。

- 进水：进水压力、温度、TDS（电导率）、pH、污染指数（SDI15）、浊度（NTU）、余氯（检测不到）
- 段间压差
- 浓水：浓水流量，TDS（电导率）、pH
- 产水：每段产水流量和系统产水流量，每支压力容器和系统产水 TDS（电导率）
- 如果条件允许，建议取水样进行单个离子的检测
- 典型的数据记录表参见运行监控部分。
- 在投加 $NaHSO_3$ 去除余氯的系统中，务必确保任何时候浓水中的 HSO_3 浓度不得低于 0.5 mg/l。

3.2 日常操作中的定期启动校验

(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) 在产品水水质达到要求之前，将其排掉。

(7) 尽量避免频繁地启停系统。

3.3 启动过程参数

在 RO 系统启动过程中，必须遵守以下参数。RO 系统必须按照这些参数进行设计和控制。

(1) 在启动过程中，压力增加速度<0.1MPa(15psi)/秒

(2) 进水流量增加<最终流量的 5%/秒

(3) 产水压力低于浓水压力，特别是在启动过程中的冲洗阶段。

注意：特别是在使用超低压型号的膜元件时，单纯靠安装止回阀来防止背压是不够的。务必确保在冲洗过程中产水管线确实无压力，并且产水压力始终低于浓水压力，或将产水管线和浓水管线连在一起排放以实现两个管道的静压相等。

3.4 高压泵（HPP）启动程序

请注意东丽并不承担任何水泵设备及其操作方面的责任。对于特定的水泵型号，请参考相

关技术手册或咨询水泵供应商。这里提供的信息仅供参考。关于能量回收装置（ERD），请联系 ERD 供应商。

本节根据水泵的种类，介绍了典型的启动过程。RO 系统通常都会选用以下四种高压泵中的一种。

(1) 装有恒定转速电机的活塞 （位移） 泵系统（图 18）

① 打开浓水控制阀 VB，打开到大约 50%的开启度；

② 打开安全循环阀 VR；

③ 关闭给水压力控制阀 VF（如果已经安装）；

④ 启动高压泵 （HPP）；

⑤ 缓慢打开阀 VF ，直到浓水流量达到设计值时，关闭阀 VR；

⑥ 直到浓水流量开始减小时，关闭阀 VB，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。

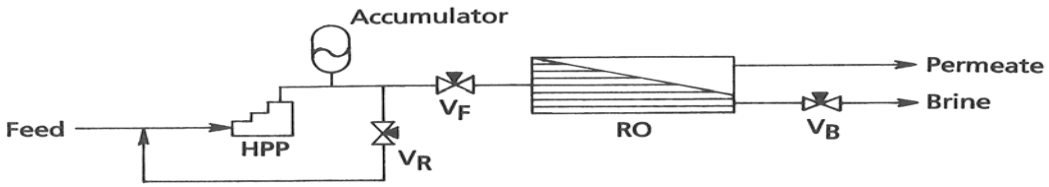


图 18 恒定转速电机的活塞（位移）泵系统

(2) 装有恒定转速电机的离心式水泵系统（图 19）

① 打开浓水控制阀 VB，打开到大约 50%的开启度；

② 打开最小流量阀 VM；

③ 关闭给水压力控制阀 VF（如果没有安装阀 VM ），节流到最小流速；

④ 启动高压泵（HPP）；

⑤ 慢慢打开阀 VF ，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 VM （如果已经安装）；

⑦ 直到浓水流开始减小时，关闭阀 VB，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。

备注：为了避免浓水流量过大，应在一开始的时候将浓水阀门设置在截留位置。

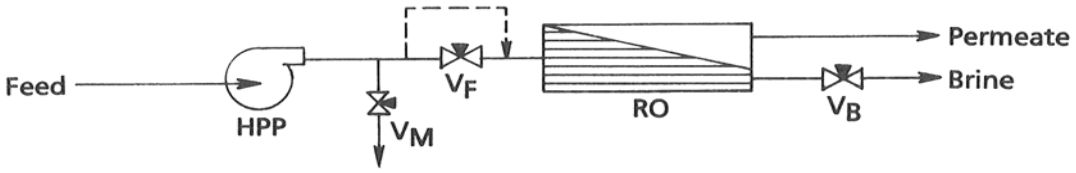


图 19 恒定转速电机的离心式水泵系统

(3) 装有恒定转速电机和软启动器的离心式水泵系统 (图 20)

① 打开浓水流控制阀 VB;

② 节流给水压力控制阀 VF 到大约 10%的开启度;

③ 启动高压水泵（HPP）;

④ 慢慢打开阀 VF ，直到盐水流达到设计值 ;

⑤ 直到盐水流开始减小时，关闭阀 VB。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。

备注 A：如果最初发现浓水流量过大（观察压差ΔP），浓水流量控制阀 VB 就应该被提前设置在截流位置;

备注 B：为了避免过大的给水流速，给水阀 VF 从一开始就应该设置在截留位置。

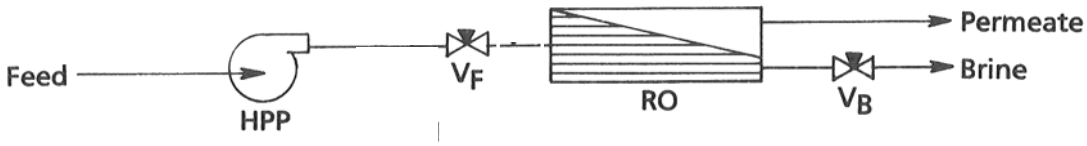


图 20 恒定转速电机和软启动器的离心式水泵系统

(4)装有变频调速电机的离心式水泵系统（图 21）

① 打开浓水流量控制阀 VB;

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 VB， 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。

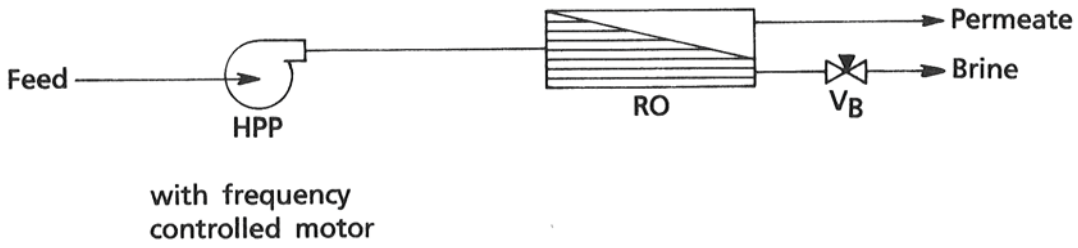


图 21 变频调速电机的离心式水泵系统

注释：Feed：给水，Pemeate：透过水，Brine：浓水； 图 18–图 21 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。

第四节 RO 系统关机注意事项

(1) 在 RO 系统停机时，用高品质的进水在低压条件下冲洗系统，确保浓盐水从压力容器中完全排出。

(2) 在废水回用的 RO 系统中，应该用 RO 产品水替代 RO 进水冲洗系统。

(3) 在高 pH 进水的 RO 系统中，比如 pH 为 10 的二级进水，可以用不含 NaOH 的一级 RO 产水或二级 RO 产水做为冲洗用水。

(4) 冲洗水中不得含有任何氧化剂并且 pH 范围为 3-8.5.

(5) 确保膜元件在停机过程中始终处于湿润状态、被适当的杀菌并且采取了必要的防冻措施。

(6) 确保在停机过程中可以监控保存液的温度和 pH。

(7) 注意在任何情况下都要保证产水背压不得超过 0.05MPa。产水背压是指产品水的压力分别减进水压力和浓水压力。

如果几台 RO 装置的产水管汇入产水总管，在切换过程中，需要特别注意。在每台 RO 装置上必须单独安装合适的配件比如止回阀和安全阀。

(8) 膜元件在任何条件下，都不得接触含有余氯的水。任何这种接触都可能造成膜元件不可恢复的损伤，通常导致的后果是透盐率的增加。

(9) 在如下的的操作中必须格外小心以免余氯的接触。

- RO 装置前的管道或预处理设备的消毒
- 清洗或储存液的配制
- 必须确保在 RO 系统的进水中不得还有任何剂量的余氯
- 如果 RO 进水中含有余氯，必须通过投加亚硫酸氢钠（SBS）去除，并考虑到充分的接触时间以保证完全的去除余氯

4.1 短期停机

定义：短期停机是指 RO 装置停机时间大于一天，但少于 4 天，RO 膜元件仍装在系统中。按照如下步骤准备每台 RO 装置的停机工作：

(1) 用进水冲洗 RO 装置，同时排掉系统中的空气。

(2) 当压力容器都灌满水后，关闭阀门。

(3) 每 24 小时重复上述步骤。

有关冲洗的详细介绍请参见冲洗步骤。

4.2 长期停机

定义：长期停机是指 RO 装置停止运行的时间大于 4 天，而且膜元件仍装在系统中。

按照如下步骤准备每台 RO 装置的停机工作：

情况 1：用进水冲洗 RO 装置。有关冲洗的详细介绍请参加 冲洗步骤。每两天（48 小时），

用进水冲洗系统 0.5-1 小时，同时排掉系统的空气。当压力容器都灌满水后，关闭阀门。

情况 2：如果没有进水可以用来冲洗 RO 装置，按照以下操作进行：

(1) 将用 RO 产水配置的 500 (最大 1000) mg/lSBS 溶液作为保存液注入 RO 装置，并循环 0.5-1 小时。

(2) 当 RO 装置已经被此溶液灌满（务必确认已经完全灌满），关闭所有阀门将此溶液保存在 RO 装置中。

(3) 定期检测 RO 系统中保存液的 pH，确保 pH 不要降到 3 以下。

(4) 如果现场无法检测保存液的 pH，请用新配置的溶液重复步骤(1)和(2)。

-如果温度低于 27℃（80℉），每 30 天更换一次。

-其他条件下，每 15 天更换一次。

备注：SBS 溶液与外部空气（氧气）的任何接触，都会使 SBS 氧化为硫酸盐，并且 pH 持续下降。当所有的 SBS 被消耗完，剩余的氧气将不会被反应掉，这样会导致微生物滋生。

第五节 反渗透系统冲洗步骤

冲洗是一种去除污染物的简单方法。在低压、大流量条件下用大量的进水冲洗可清洁膜元件表面。在显著的性能下降之前，冲洗对于清除轻度有机物污染是有效的。在 RO 系统关闭之后，最好进行几小时的的冲洗，利用浸泡效果使污染层从膜表面分离。

具体冲洗操作条件如下：

表 10 冲洗操作条件

冲洗用水	● 经过预处理的进水或 RO 产水 ● 在污水回用 RO 装置中，应该用 RO 产水替代 RO 进水作为冲洗用水 ● 在高 pH 进水的 RO 系统中，比如 pH 为 10 的二级进水，可以用不含 NaOH 的一级 RO 产水或二级 RO 产水作为冲洗用水。 ● 冲洗水中不得含有任何氧化剂并且 pH 范围为 3-8.5
压力	低压（0.1-0.2MPa）(15-30psi)
流量	最好大流量 每支压力容器的压差最大不超过 0.2MPa
每支压力容器的最大流量	8 寸膜元件：200l/min(53gpm) 4 寸膜元件：50l/min(13gpm)
温度	＜40℃（104℉）
时间	0.5-1.0 小时

注意：在冲洗过程中，打开产水侧阀门并保证不发生产水侧背压非常重要。浓水压力应该始终高于产水侧压力避免产生产水背压问题。分段冲洗。不要循环使用冲洗水。

第六节 反渗透膜元件停机维护与保存

将膜元件保存在洁净的环境中，以保证膜元件的性能并避免微生物滋生。

6.1 停机维护注意事项

(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：5~35℃，pH 值范围：3-8.5

(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其它氧化剂。

6.2 反渗透膜元件保存

为了防止在保存期间膜表面上微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定的溶液中。

(1) 新膜元件

通常，膜元件应该在出厂包装条件下保存或运输，不要装入压力容器中，只有在系统启动前，才开始安装膜元件。好的保存条件有助于抑制保存过程中的微生物生长。请按照如下条件保存膜元件。

- 将膜元件保存在阴凉干燥的室内，并避免阳光直射。
- 避免冻结，并且温度不超过 35℃ 。如果环境温度降至 0 ℃ 以下，请用隔热材料覆盖包装箱或者提高储存室的温度。
- 新膜元件在出厂时保存在浓度为 0.5-1%的亚硫酸氢钠($NaHSO_3$)或带有吸氧剂的氯化钠溶液中。
- 新膜元件装在氧气不能透过的特殊塑料袋中，并且经过抽真空处理，然后装在纸箱中。只有在安装膜元件前才能打开纸箱。用过的包装袋和吸氧剂可以作为市政废弃物处置。

(2) 使用过的膜元件

- 如果从压力容器中取出膜元件保存或运输，它们应保存在 500 – 1000 ppm 的亚硫酸氢钠溶液中。需要使用食品级亚硫酸氢钠和高品质的水配制保存液。通常也可以使用 $Na_2S_2O_5$，它与水反应生成亚硫酸盐：$Na_2S_2O_5 + H_2O ==> 2NaHSO_3$
- 使用软水、不含余氯的水，最好是 RO 或 NF 的产水配制溶液。膜元件在保存液中浸泡约一小时后，取出膜元件并装入可以隔绝氧气的包装袋中。密封并在袋子上做好标签，注明封装日期。东丽出售这种可以隔绝氧气的包装袋。
- 当膜元件被保存和重新封装后，其保存条件与新膜元件相同。
- 当使用过的膜元件需要寄回东丽时，在拆除膜元件之前请联系东丽的工作人员或代理商。

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

1.1　引言

反渗透膜表面容易被悬浮物，胶体和盐垢污染。在反渗透系统之前，要对原水进行预处理，以尽可能地避免膜表面的污染。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染起到非常重要的作用。 一旦预处理过的原水中具有较高的 SDI15（即使在允许的范围内）值，随着运行时间的增加，反渗透膜表面的污垢将会导致膜元件性能的下降，原水水质的巨大波动或者错误的系统操作同样可以导致上述问题的出现。

膜表面污染会导致系统性能下降，例如，较低的产水流量和/或较高的溶质透过率和/或原水和浓水之间的压差增大等。

图 22 说明了膜元件在实际运行中产水流量会随着时间的增加而降低，定期的清洗可以最大程度的恢复系统的性能。在大多数情况下，污垢的去除将会暂时缓解系统性能下降的趋势，正如图中“锯齿”模式所阐述的。

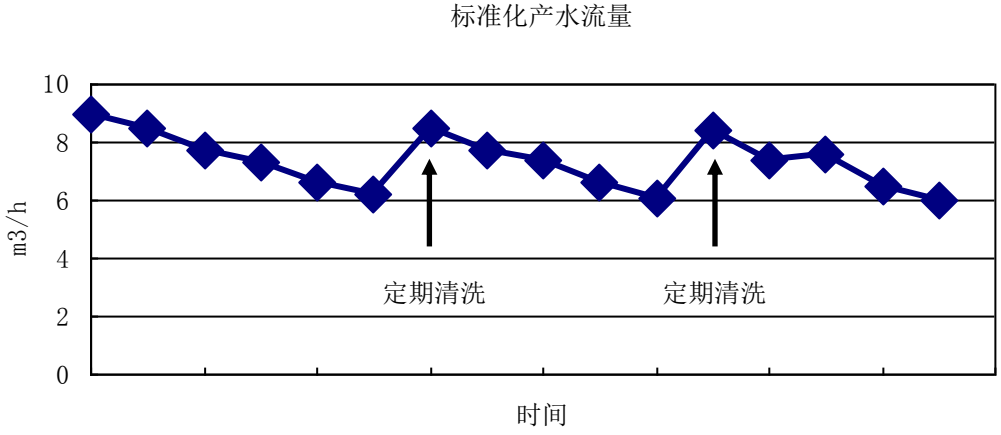


图22 膜污染对产水流量的影响

1.2　反渗透系统清洗说明

(1) 清洗时间的确定

为了使清洗工作取得最好的效果，膜元件必须在大量污垢产生前进行清洗。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。

膜系统清洗条件

- 系统某段的进水和浓水的压差上升到初始压差值的 150％
- 标准化的产水量降低了 10%
- 标准化的盐透率增加了 20%

有些情况下，称量膜元件的重量可以方便快速的确定膜是否被污染，如果膜元件重量比新

膜重量大很多，此时可以确定污染已经发生。

膜元件的粗略重量如下：

4 英寸膜元件，大约重 4 千克

8 英寸膜元件，膜面积 400 平方英尺　大约重 15 千克

8 英寸膜元件，膜面积 440 平方英尺　大约重 16 千克

(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 测试膜片上的残留物进行化学分析。

在不能采用化学分析的情况下，可以根据 SDI 测试膜片上残留物的颜色、粘稠度等对污垢进行区分判别。例如，褐色的残留物一般为铁污垢；白色或米色残留物则可能是硅、砂质粘土、钙垢等；晶状体外形残留物是无机胶体、钙垢的一个特征；生物污垢或有机污垢除了有气味外，通常还呈现为粘稠状。

(3) 清洗程序的选择

当确定了膜表面的污染物类型后，就必须选择相应的清洗程序。如果认为污垢是金属氢氧化物，比如：氢氧化铁或者钙垢，那么可以采用柠檬酸清洗；如果确定污垢为有机物或者微生物，那么建议使用碱性清洗方法。

(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格网中。在许多案例中，清除膜污染需要采用几种连续的清洗方法。交替使用几种化学清洗方法比单独使用一种清洗方法更加有效。

1.3 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可参考第七章的第五节内容

1.4 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 11 清洗注意事项

化学清洗	
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^3/hr 每支4英寸压力容器：1.8-2.3m^3/hr
清洗液温度	在pH2-10的范围内,最高温度不超过45℃，其他情况下最高温度不超过35℃
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

说明:

(1) 在冲洗程序中,一定要确保产水阀打开,防止系统背压对膜造成物理损坏

(2) 确保整个操作过程中浓水压力大于产水压力,防止系统背压对膜造成物理损坏

表 12 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：2-4 温度<35℃	(1) 2.0%柠檬酸 （最好浸泡过夜） (2) 1.0%$Na_2S_2O_4$ (3) 0.5%磷酸
金属氧化物（如铁、铝等）	1.0%$Na_2S_2O_4$溶液	温度<35℃	(1) 0.5%磷酸 (2) 2.0%柠檬酸
不溶于酸的垢（CaF_2、$BaSO_4$、SrSO4、$CaSO_4$）	0.1%NaOH溶液+ 1.0%Na_4EDTA溶液	pH值：11-12 温度<30℃	SHMP浓度1%
无机胶体（如淤泥）	0.1%NaOH溶液+ 0.025%Na-SDS	pH值：11-12 温度<30℃	
硅垢	0.1%NaOH溶液+ 0.025%Na-SDS	pH值：11-12； 温度<30℃；	0.1%NaOH溶液+ 1.0%Na_4EDTA溶液
微生物	0.1%NaOH溶液+ 0.025%Na-SDS	pH值：11-12 温度<30℃	0.1%NaOH溶液+ 1.0%Na_4EDTA溶液
有机物	0.1%NaOH溶液+ 0.025%Na-SDS 通常作为第一步清洗	pH值：11-12； 温度<30℃；	0.2%HCl溶液 通常作为碱洗后的第二步清洗

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；Na4EDTA 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

2.1 柠檬酸清洗程序

(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。

(2) 清洗溶液的配制

- 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 11）。

- 溶解柠檬酸

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_3)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_4OH) 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_4OH）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

(4) 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。

(5) 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。

(6) 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^3（18℃）
主要成分：	$(HOOCCH_2)_2C(OH)COOH$
安全性防范：	有刺激性，较低的潜在危险性

2.2 十二烷基磺酸钠(Na-SDS)清洗剂清洗程序

(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) 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。

(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。

(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。

2.3 六聚偏磷酸钠+盐酸的清洗程序

(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。

(2) 浓度为 1%的 SHMP 溶液的配制

- 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 11）。

- 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。

- 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。

- 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) 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。

(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。

(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/cm3(20℃)

注意：

- 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;。
- 一旦眼睛接触到药品，立即用大量的清水清洗眼睛并就医;
- 应该避免与皮肤长期接触，避免吸入粉尘;
- 在使用之前熟悉供应商的 MSDS。

2.4 反渗透/纳滤膜元件的消毒方法

膜系统中如果存在细菌活动，容易导致膜受到微生物污染。生物污染会导致其他腐殖质富集在膜表面引起膜性能的下降，比如产水量降低，运行压力增加，脱盐率降低等，当系统出现上述情况时，很有可能是发生了微生物污染，此时应该对系统进行清洗（参考表 12 中相应清洗方法），同时采取杀菌消毒。合适的杀菌剂需要与膜材料兼容，能发挥较快的杀菌消毒的作用，还不能进入到产品水中影响产水质量，以下列举了一些常用的杀菌消毒的溶液，对于特殊的杀菌药剂需要遵循相关药剂厂家的技术指导。

(1) 甲醛消毒

为了避免细菌的繁殖，建议将使用过的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，由碳酸氢纳（$NaHCO_3$）溶液将 pH 值调节到 6-8。

上述方法是一种较为有效的消毒方法，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 72 小时，否则可能会导致产水流量大大降低。

(2) 过氧化氢，亚硫酸氢钠消毒

过氧化氢以及亚硫酸氢钠消毒应用如下表所示。在系统停机状态下，膜元件可以浸没在这些消毒溶液中。

表 13 过氧化氢以及亚硫酸氢钠消毒应用

消毒溶液	浓度 （ppm）	持续时间（hr）	适用膜片类型
过氧化氢（H_2O_2）	2,000 – 10,000	1	除了800系列外
亚硫酸氢纳	500 – 1,000	没有限制	所有东丽膜产品

说明:

- 与消毒溶液的接触时间不能超过持续时间，避免性能下降；
- 使用过氧化氢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；
- 该应用中的过氧化氢必须用小于 0.2ppb 的去离子水配制；
- 用来配制消毒溶液的水，必须没有游离氯或其它氧化剂；
- 在用过氧化氢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；
- 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。

(3) DBNPA 杀菌消毒

DBNPA(2，2-二溴-3-氰基丙酰胺)是一种高效的非氧化性杀菌剂，在夏季微生物生长繁殖较快，一般投加浓度在 10-30mg/L，投加频率维持 3-5 天一次，在冬季可以适当减少。杀菌剂投加方式分为间歇投加和连续投加，间歇投加的时间在 30 分钟到 3 小时。具体的投加方案由系统实际进水中细菌微生物浓度决定。

第三节　反渗透清洗系统的设计

3.1　典型清洗系统流程

图23是典型的清洗系统流程图

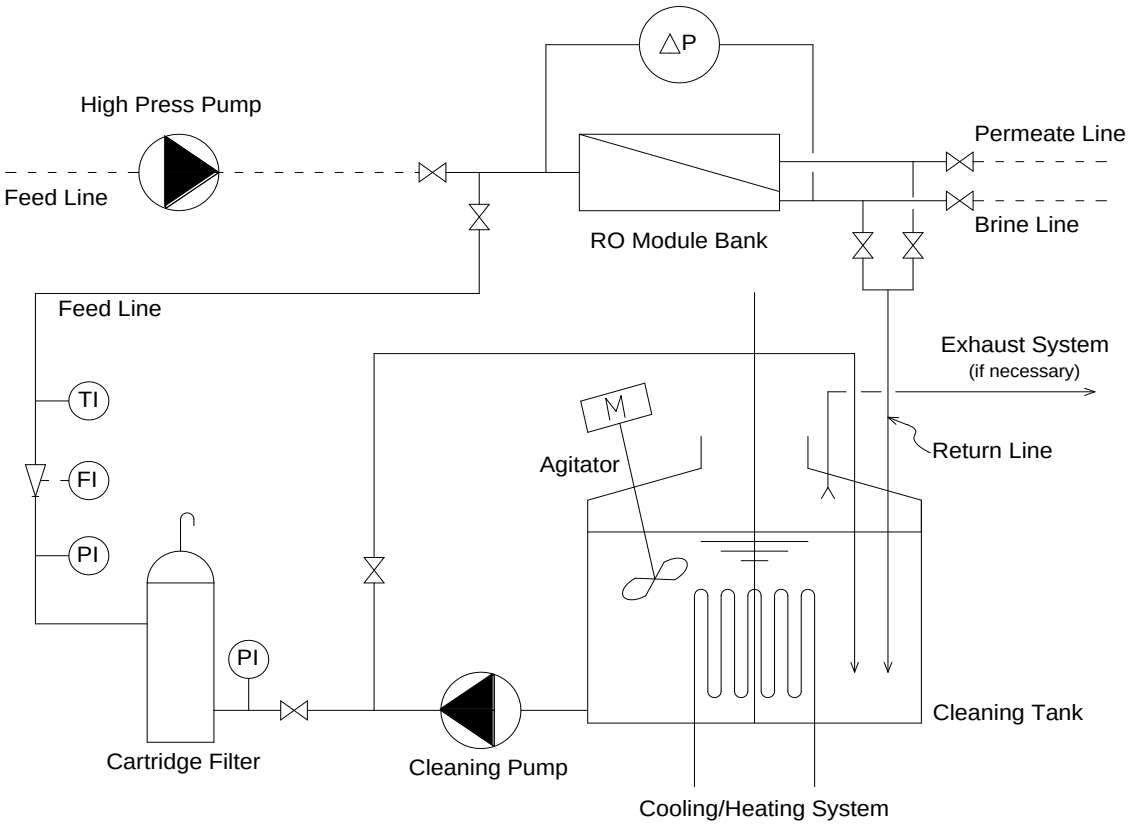


图23 清洗系统的典型流程图

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；
Catridge Filter	保安过滤器；	Cooling/Heating-System	冷却/加热系统

注意：

- 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；
- 清洗水箱的设计必须能够充分排水；
- 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；

- 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；
- 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。

3.2 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。

3.3 清洗泵的确定

(1) 流量：每支 8 英寸容器压力容器 6-9m³/h；每支 4 英寸容器压力容器 1.8-2.3m³/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

1.1　反渗透系统运行监控

反渗透系统性能及运行监控是确保系统运行安全、高效的基本前提，定期完备的运行数据记录是系统进行故障诊断、处理及进行质保的条件。

(1)　监控

运行数据的记录和记录周期请见表 14—表 17。

表 18 总结了定期进行典型的水质分析条目。

表 19 总结了定期进行的系统维护方面的条目。

(2)　定期检测和检测点

正常情况下，当进水的水质和运行参数（比如：压力，温度，压差，回收率）保持不变的情况下，那么产水流量和产水水质应该在±5%范围内变化，不能有大幅度波动或变化的趋势。

如果运行参数发生了变化，为了使运行数据与标准值进行比较以判断系统的运行状态，应该对运行数据进行标准化。标准化的频率取决于进水水质和运行条件的变化频率和幅度。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。

日常运行记录

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。

表 14 日常运行记录

运行参数	影响性能的关键参数
产水水质	进水水质(目前的各种离子含量) 进水水源的组成(单种水源的水质和组成) 进水 PH 进水温度 进水压力，浓水压力及每段的产水压力 回收率
产水流量	原水水质(总离子，胶体，悬浮物及结垢倾向)(SDI15 数值) 进水温度 进水压力，浓水压力及每段的产水压力 回收率

(

(3) 系统性能的标准化：

标准化日常运行参数是有效评估系统的运行性能的一种必要和必须的手段。

标准化就是设置了一个标准的测试条件（标准化=有效对比日常的运行参数）以方便对比现

在的运行性能参数与初始性能参数。

标准化的数值可以评估现在的运行性能及参数与设计性能是否一致。如果系统运行性能和参数发生偏离，标准化数值可以帮助去纠正系统的运行参数。

东丽的标准化软件“TorayTrak”可以从下列网址进行下载安装：

下载地址：http://www.toraywater.com/application/page.aspx

标准化软件的使用方法和步骤见本章节第(7)部分。

(3) 预防措施和监控运行数据的有效信息：

每日的运行参数监控和记录为评估 RO 系统的性能提供了坚实的基础。

通过标准化运行参数快速判断系统发生的不正常的运行趋势，可以及时采取必要措施以有效避免膜元件及系统的其他组成发生破坏和损伤。

- 系统维护导则(包括化学清洗)请见反渗透化学清洗单元；
- 系统故障诊断及处理见系统故障诊断及处理章节；
- 典型的系统性能变化表现见本章第二节：典型性能变化及对策；
- 为了评估系统的实际状况和尽早的判断系统的趋势，标准化系统运行参数使之变成一个系统化图形监控表格(P203 反渗透系统的典型检测图)，是标准化的一个优点。

对于某些大型项目和特殊应用，关于装置监控范围和频率的特殊条件和要求请咨询东丽公司。

(5)反渗透系统运行参数和记录

表 15　A：软化水或井水（SDI<2；最大值 3；NTU<0.3；最大值 0.5）

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	总硬度		X,		X
6	进水 pH 值	X	X	X	
7	进水 SDI15		X		
8	进水温度	X(3)	X		X(3)
9	进水压力	X	X,		X
10	进水中余氯浓度	X(4)	X(4)		X(4)
11	进水 ORP	X	X		
12	浓水中过量的 HSO^{3-}		X		X
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(7)		X	
16	每段压力容器的压差	X	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(5)	X		X(5)
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		
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	
28	浓水压力	X	X		
29	浓水压力-产水压力	X	X		X

注意：一旦是氯化过的原水，那么浓水中过量的 HSO_3^- 浓度要大于 0.5ppm。

注释：

- 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；
- 防止发生大的波动；
- 防止发生大的波动或者有加热交换系统；
- 如果进水中检测有余氯，那么必须马上停止系统并且没有余氯的水源进行冲洗（最好有进水排污阀门）；
- 压力波动超过 0.5MPa 或者产水管路或自动阀门关闭会提高水锤伤害的危险；
- 推荐进行单个离子的水质分析，然后对比项目设计数据。需要分析的典型水质项目如表 18 所示。
- 防止发生大的波动或者有加酸系统。

表 16：自来水或井水（SDI<3；最大值 4；NTU<0.3；最大值 0.5）

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	X	
4	进水的电导率	X(2)	X		
5	进水 pH 值	X(3)	X		X(3)
6	进水 SDI15		X	X	
7	进水浊度（NTU）	X		X	
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 ORP	X	X		
12	浓水中过量的 HSO^{3-}		X(8)		X
13	阻垢剂添加量		X		X(8)
14	进水中单个离子的浓度			X(6)	
15	浓水电导率		X		
16	浓水 pH 值	X(3)	X		
17	每段压力容器的压差	X	X		X
18	浓水流量	X	X		X
19	总产水电导率	X	X		X
20	每支容器产水电导率			X	
21	产水压力	X(7)	X		X(7)
22	总产水流量	X	X		X
23	每段压力容器产水流量		X		
24	产水单个离子浓度			X(6)	
25	总的回收率		X		X
26	每段压力容器的回收率			X	
27	标准化盐透率			X	
28	标准化产水流量			X	
29	浓水压力	X	X		
30	浓水压力-产水压力	X	X		X

注意：一旦是氯化过的原水，那么浓水中过量的 HSO_3^- 浓度要大于 0.5ppm。

注释：

- 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；
- 防止发生大的波动；
- 防止发生大的波动或者有加酸系统；
- 防止发生大的波动或者有加热交换系统；
- 如果进水中存在余氯的可能。如果进水中检测有余氯，那么必须马上停止系统并且没有余氯的水源进行冲洗（最好有进水排污阀门）；
- 推荐进行单个离子的水质分析，然后对比项目设计数据。需要分析的典型水质项目如表 18 所示；
- 压力波动超过 0.5MPa 或者产水管路或自动阀门关闭会提高水锤伤害的危险；
- 记录每日系统阻垢剂消耗量，与每日总的进水流量分开。

表 17：地表水/污水回用（SDI<4；最大值 5；NTU<0.3；最大值 1.0）

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	X	
4	进水的电导率	X	X		
5	进水 pH 值	X	X		X
6	进水 SDI15		X	X	X
7	进水浊度（NTU）	X	X		X
8	进水温度	X	X		X
9	进水压力	X	X		X
10	进水中余氯浓度	X	X		X
11	进水 ORP	X	X		
12	浓水中过量的 HSO^{3-}		X		X
13	阻垢剂添加量		X		X
14	进水中单个离子的浓度			X(2)	
15	浓水电导率		X		
16	浓水 pH 值	X	X		
17	每段压力容器的压差	X	X		X
18	浓水流量	X	X		X
19	总产水电导率	X	X		X
20	每支容器产水电导率			X	
21	产水压力	X	X		X
22	总产水流量	X	X		X
23	每段压力容器产水流量		X		
24	产水单个离子浓度			X(2)	
25	总的回收率		X		X
26	每段压力容器的回收率			X	
27	标准化盐透率			X	
28	标准化产水流量			X	
29	浓水压力	X	X		
30	浓水压力-产水压力	X	X		X

注意：一旦是氯化过的原水，那么浓水中过量的 HSO_3^- 浓度要大于 0.5ppm。

注释：

- 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；
- 推荐进行单个离子的水质分析，然后就结果对比项目设计数据。需要分析的典型水质项目如表 18 所示；

表 18 典型水质分析项目

序号	项目	项目	单位及符号	给水
1	电导率（__℃）	(μS/cm)	X(1)	X
2	总溶解固体	(TDS)	X	X
3	pH	(-)	X	X
4	氯离子	(Cl^-)	X(1)	X
5	硝酸根	(NO_3^-)	X	X
6	碳酸氢根	(HCO_3^-)	X(1)	X
7	硫酸根	(SO_4^{2-})	X	X
8	磷酸根	(PO_4^{3-})	X	
9	氟化物	(F^-)	X	
10	钠离子	(Na^+)	X	X
11	钾离子	(K^+)	X	X
12	铵根离子	(NH_4^+)	X	
13	钙离子	(Ca^{2+})	X(1)	X
14	镁离子	(Mg^{2+})	X(1)	X
15	锶离子	(Sr^{2+})	X	
16	钡离子	(Ba^{2+})	X	
17	铁离子	(Fe^{3+})	X	
18	锰离子	(Mn^{2+})	X	
19	二氧化硅	(SiO_2)	X	X
20	硅酸根	(SiO_3^-)	X	X
21	硼	(B)	X(2)	X(2)
22	化学耗氧量	COD	X	
23	生物耗氧量	BOD	X	
24	总有机碳	TOC	X	X
25	二氧化碳	(CO_2)	X	
26	微生物	(unit/cc)	X	
27	硫化氢	(H_2S)	X	
28	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。

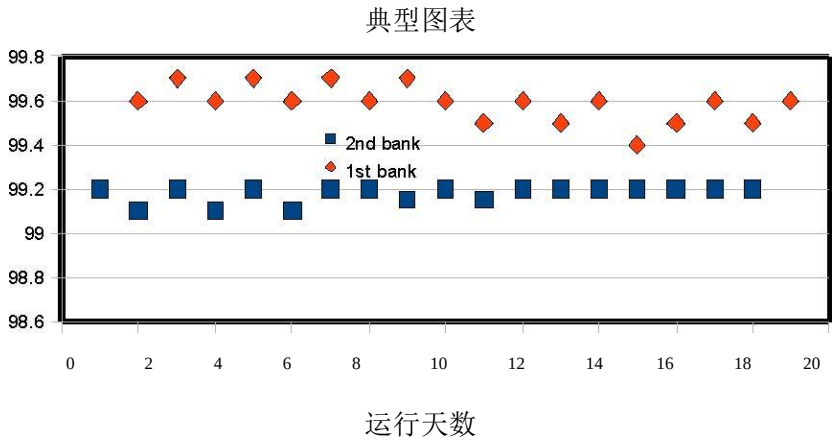
- 这些数据是合格的反渗透系统设计所需要的最少信息，未被分析的离子将不应用于系统结垢的可能性计算；
- 如产水有特殊要求的数据。

表 19： 反渗透系统维护记录条目

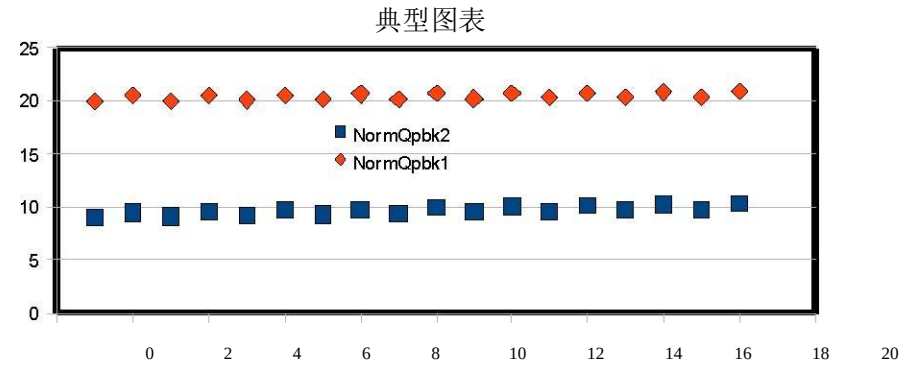
条目	检修频率及操作程序
(1)仪器仪表 压力传感器&压力显示器 系统控制装置 安全停机装置	根据工程系统制造商提供的维修手册，应定期校准和维护。
(2)保安过滤器滤芯更换 仅用不含表面活性剂和纺织助剂的经过冲洗的滤芯	记录滤芯更换日期，更换前和更换后的压差，记录滤芯尺寸、材质和保安过滤器使用过程。
(3)反渗透系统清洗 作为最低的要求，应该记录下列事项： 清洗液的类型和浓度； 清洗过程中的条件（预先设定温度，流量，PH 值，电导率）	按照系统制造商提供的维修手册进行操作。 东丽的化学清洗导则请见手册化学清洗部分内容。
(4)停机时的膜保护 记录系统保护方法，保护液的浓度。记录停机前的运行数据，记录停机和保护过程中的操作监控。	按照系统制造商提供的维修手册进行操作。 东丽的膜元件保护导则请见手册停机期间膜元件的保护和保存内容。
(5)预处理操作参数 RO 系统的性能在很大程度上取决于预处理系统的正常运行。	余氯浓度； 段间增压泵增压压力； 所有化学品的消耗量； 校准校核测量仪表和仪器。
(6)维护日志	记录日常维护、机械故障和膜元件更换或改变膜元件的位置情况。

(6) 反渗透系统的典型检测图

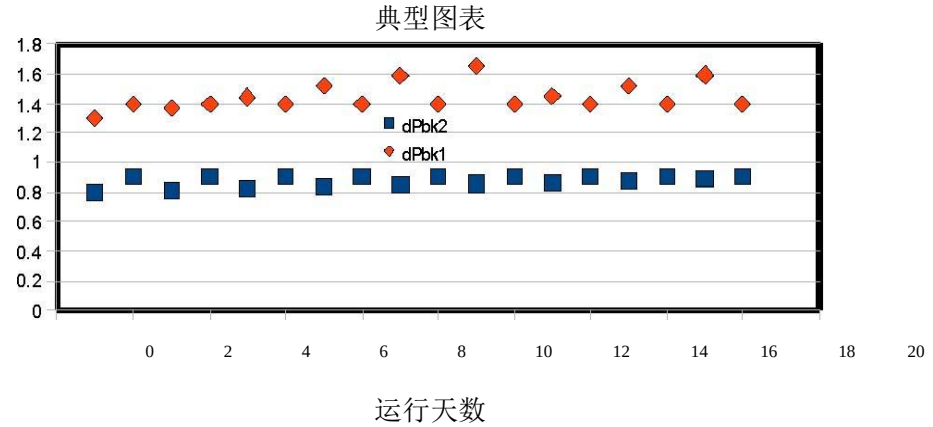
标准化脱盐率：



标准化产水流量：



压差：



建议每日进行检测以观测系统变化趋势。从上述图表中，反渗透系统性能没有发生变化。

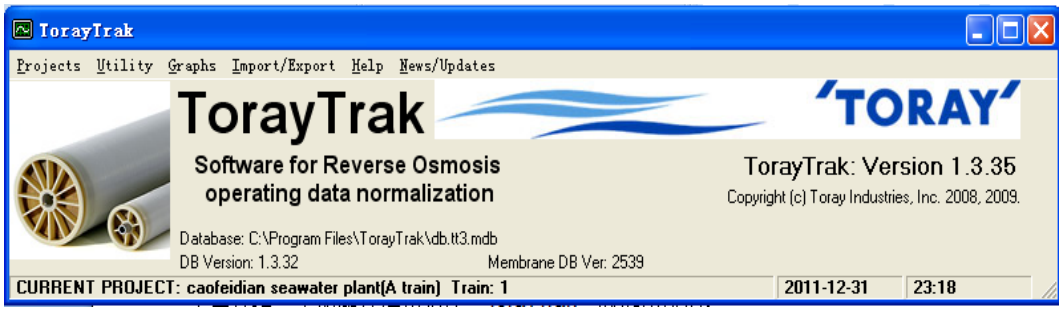
(7) 东丽标准化软件“TorayTrak”

为了更容易的对系统数据进行标准化处理，东丽开发了“TorayTrak”标准化软件。“TorayTrak”标准化软件可以从网站自由下载安装。

下载网址： **www.toraywater.com**

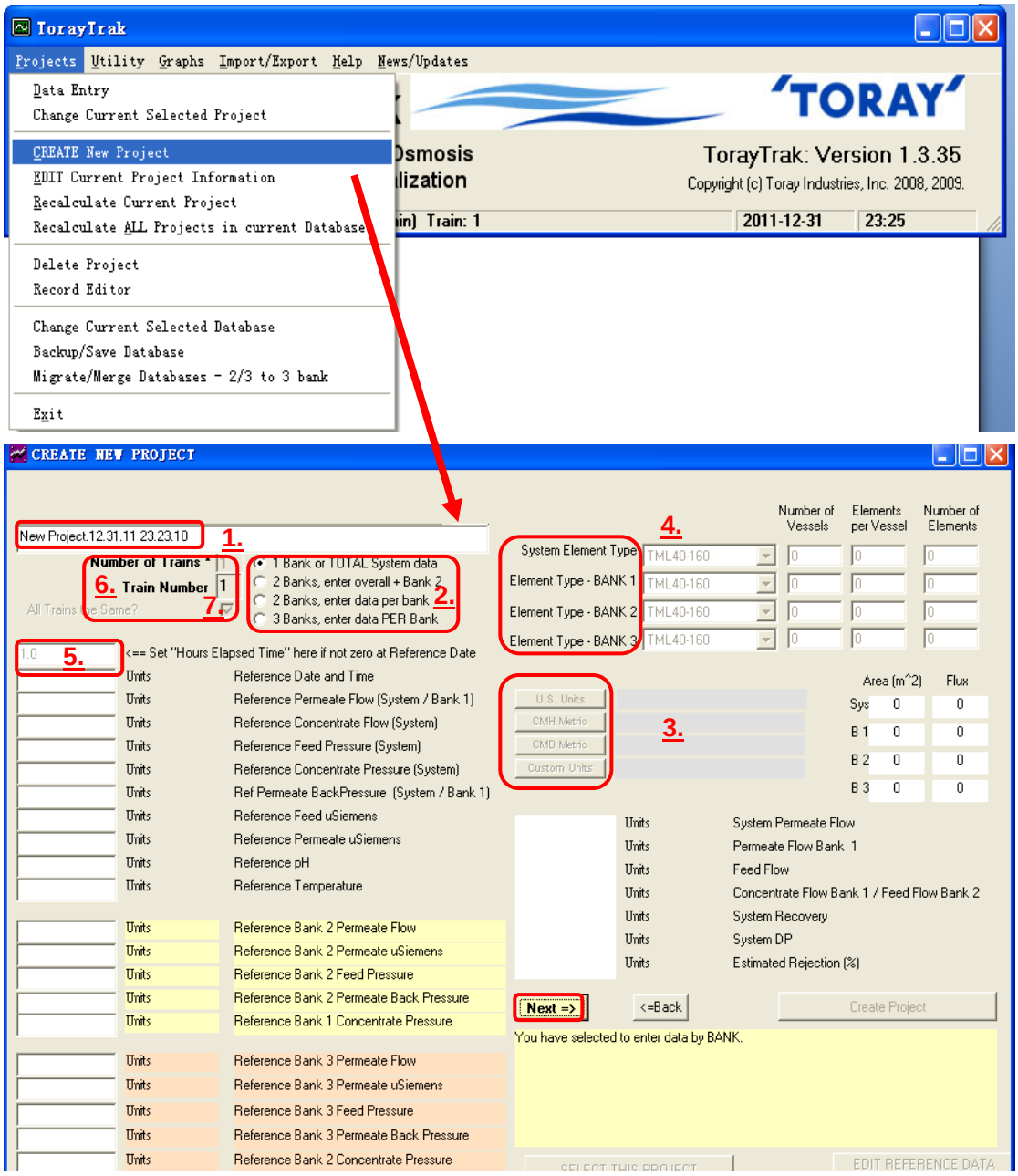


下面介绍一下东丽标准化软件“TorayTrak”的使用方法：



反渗透系统运行数据的标准化基于用 Excel 表格记录的反渗透系统运行参数记录。系统的 Excel 数据记录表格范例见附表 9-1。

(1) 创建新项目



①输入项目名称并点击“Next”按钮；

②设置段数并点击“Next”按钮；

③选择常用的单位并点击“Next”按钮；

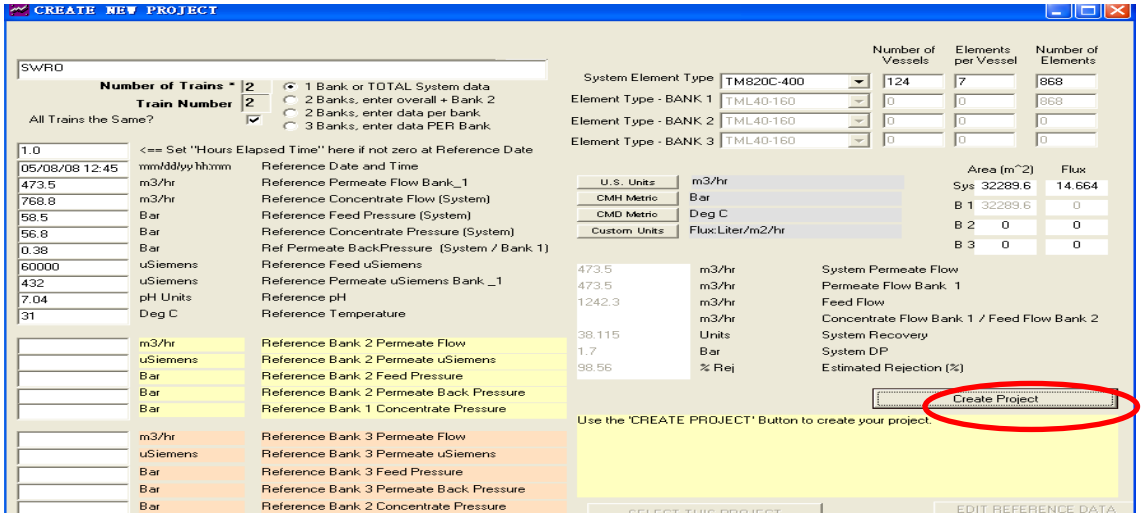
④输入膜元件数量和压力容器数量并点击“Next”按钮；

⑤输入起始数据（进行标准化的基础数据）并点击“Next”按钮；

⑥输入装置的列数并点击“Next”按钮；

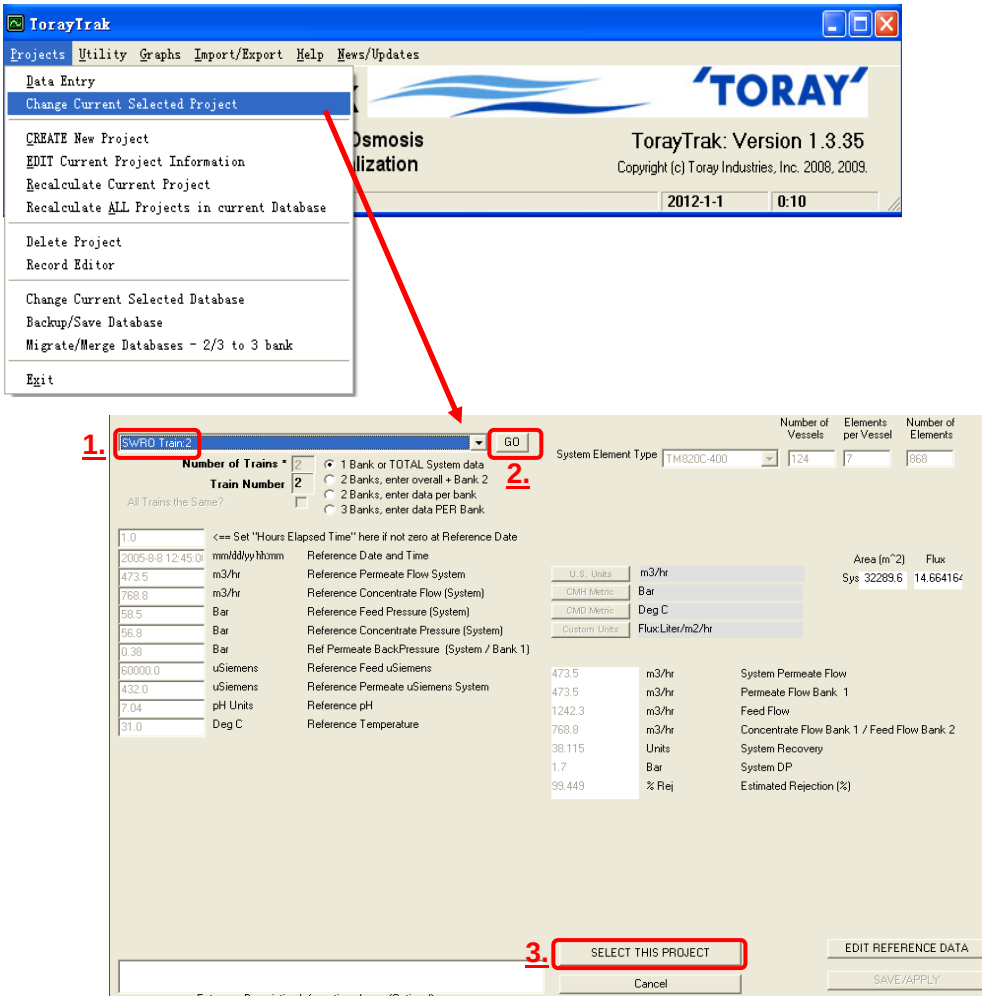
⑦进行检查，是否所有的列的运行状况一致。

如返回上一级菜单，请点击“Back”按钮。



当所有的数据完全输入后，点击“Create Project”按钮创建新项目。

(2)选择项目

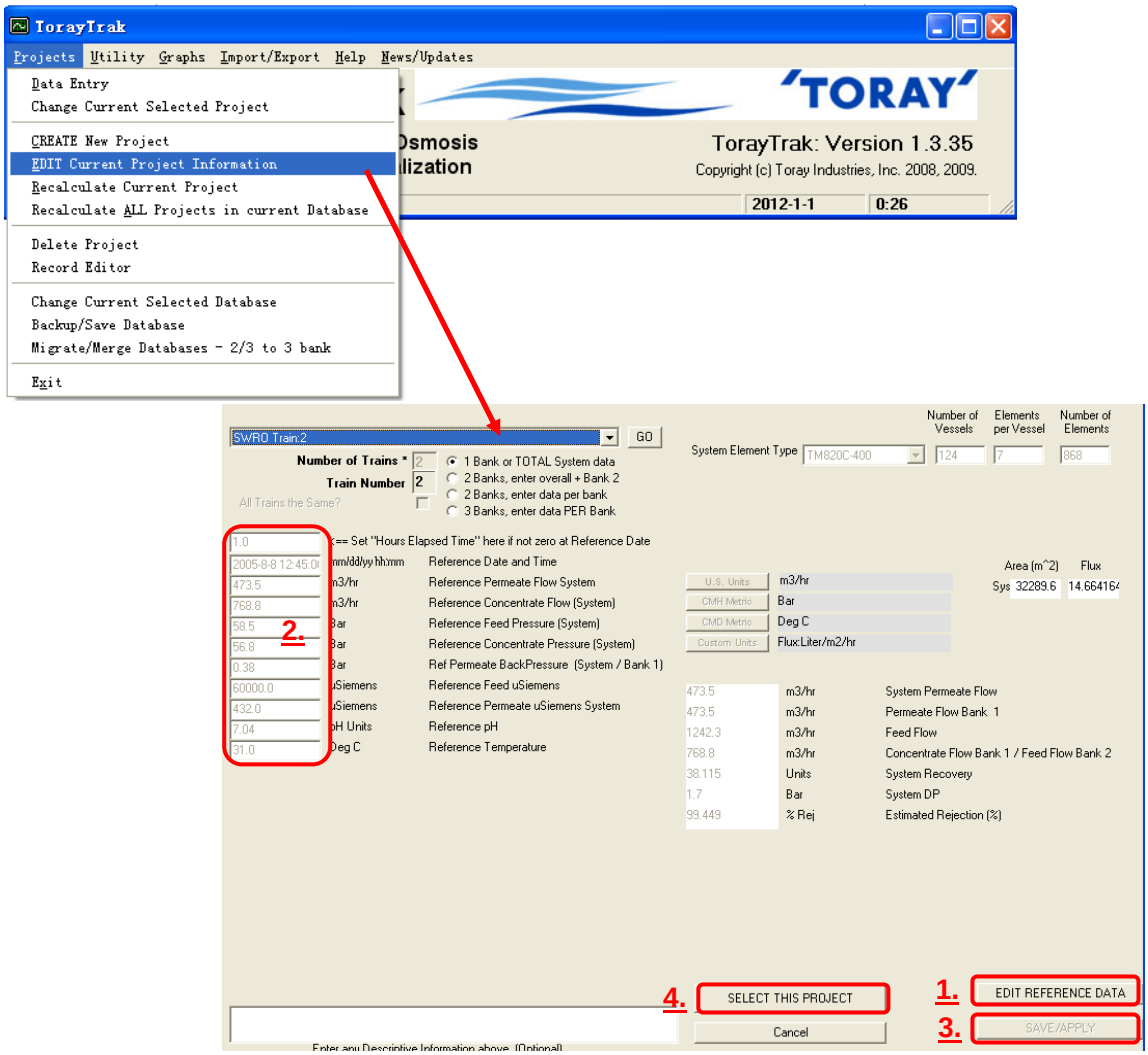


①选择项目名称；

②点击“GO”按钮；

③点击“SELECT THIS PROJECT”按钮。

(3)编辑当前项目信息(编辑系统起始数据)



①点击“EDIT REFERENCE DATA”按钮；

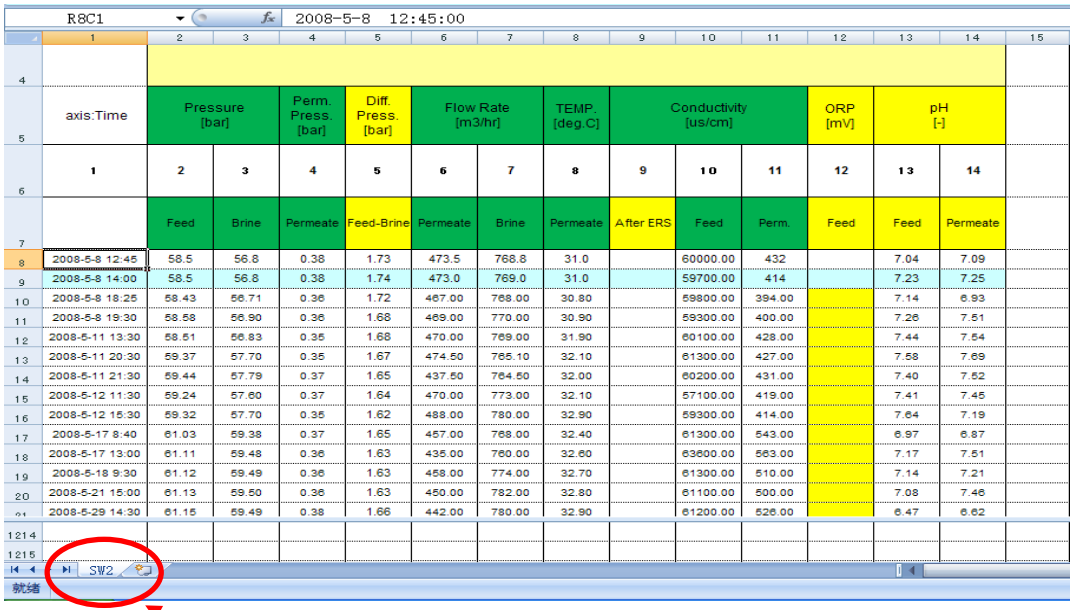
②输入新的运行数据；

③点击“SAVE/APPLY”按钮，对新的运行数据进行保存；

④点击“Select this PROJECT”

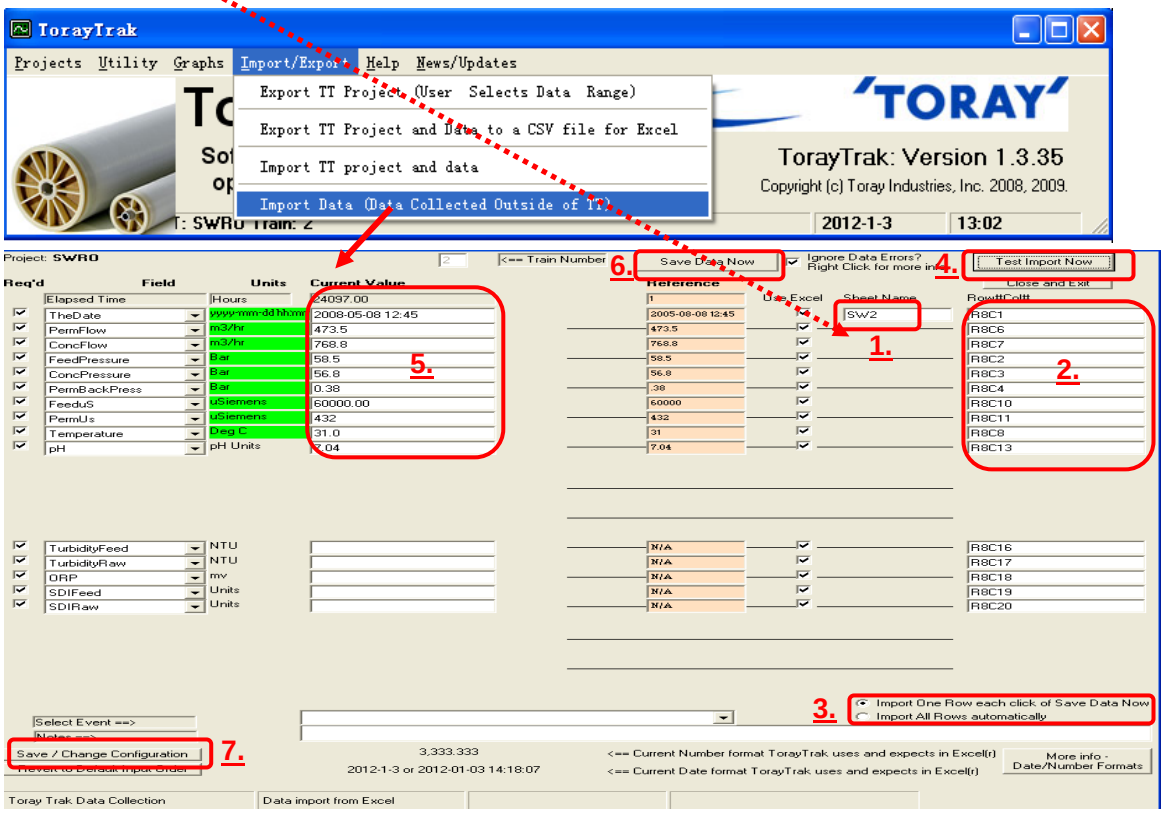
(4)从 Excel 运行数据记录表格输入运行数据

打开反渗透系统运行 Excel 运行数据记录表格。



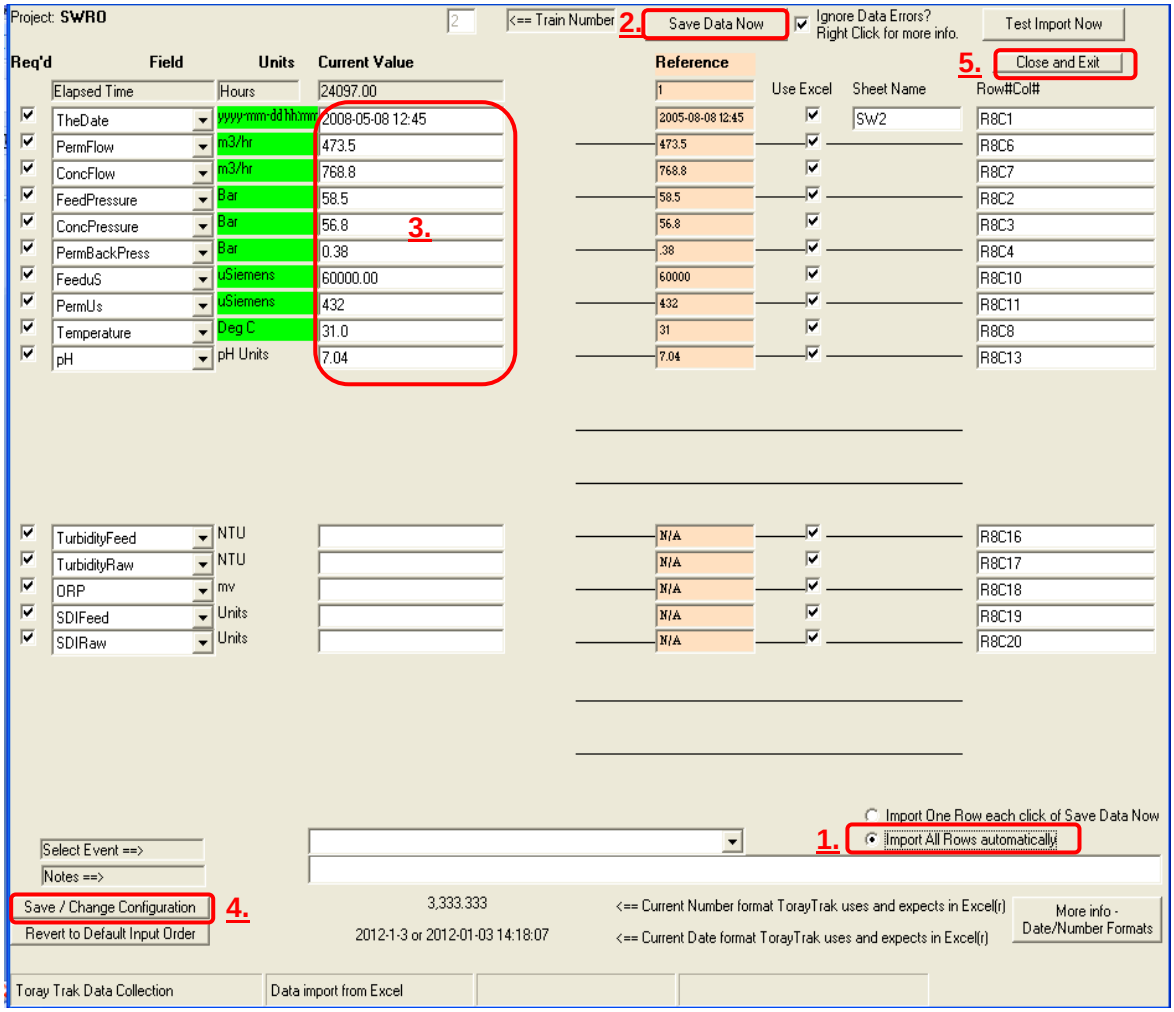
	axis:Time	Pressure [bar]		Perm. Press. [bar]	Diff. Press. [bar]	Flow Rate [m3/hr]		TEMP. [deg.C]	Conductivity [us/cm]		ORP [mV]	pH [-]	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		Feed	Brine	Permeate	Feed-Brine	Permeate	Brine	Permeate	After ERS	Feed	Perm.	Feed	Feed	Permeate
8	2008-5-8 12:45	58.5	56.8	0.38	1.73	473.5	768.8	31.0		60000.00	432		7.04	7.09
9	2008-5-8 14:00	58.5	56.8	0.38	1.74	473.0	769.0	31.0		59700.00	414		7.23	7.25
10	2008-5-8 18:25	58.43	56.71	0.36	1.72	467.00	768.00	30.80		59800.00	394.00		7.14	6.93
11	2008-5-8 19:30	58.58	56.90	0.36	1.68	469.00	770.00	30.90		59300.00	400.00		7.26	7.51
12	2008-5-11 13:30	58.51	56.83	0.35	1.68	470.00	769.00	31.90		60100.00	428.00		7.44	7.54
13	2008-5-11 20:30	59.37	57.70	0.35	1.67	474.50	765.10	32.10		61300.00	427.00		7.58	7.69
14	2008-5-11 21:30	59.44	57.79	0.37	1.65	437.50	764.50	32.00		60200.00	431.00		7.40	7.52
15	2008-5-12 11:30	59.24	57.60	0.37	1.64	470.00	773.00	32.10		57100.00	419.00		7.41	7.45
16	2008-5-12 15:30	59.32	57.70	0.35	1.62	488.00	780.00	32.90		59300.00	414.00		7.64	7.19
17	2008-5-17 8:40	61.03	59.38	0.37	1.65	457.00	768.00	32.40		61300.00	543.00		6.97	6.87
18	2008-5-17 13:00	61.11	59.48	0.36	1.63	435.00	760.00	32.60		63600.00	563.00		7.17	7.51
19	2008-5-18 9:30	61.12	59.49	0.36	1.63	458.00	774.00	32.70		61300.00	510.00		7.14	7.21
20	2008-5-21 15:00	61.13	59.50	0.36	1.63	450.00	782.00	32.80		61100.00	500.00		7.08	7.46
	2008-5-29 14:30	61.15	59.49	0.38	1.66	442.00	780.00	32.90		61200.00	526.00		6.47	6.62

按下列方法进行数据输入：第一种方法（输入一条运行数据）



①输入 Excel 表格名称；
②输入 Excel 数据位置，例如：R8C1;
③点击选择一条数据（Import One Row each click of Save Data Now）;
④点击“Test Import Now”按钮；
⑤Excel 表格数据被自动输入标准化软件；
⑥点击“Save Data Now”按钮；
⑦点击“Save/Change Configuration”按钮。

第二种方法：输入整个 Excel 文件中的运行数据：



①点击选择一条数据（Import All Rows automatically）；

②点击“Save Data Now”按钮；

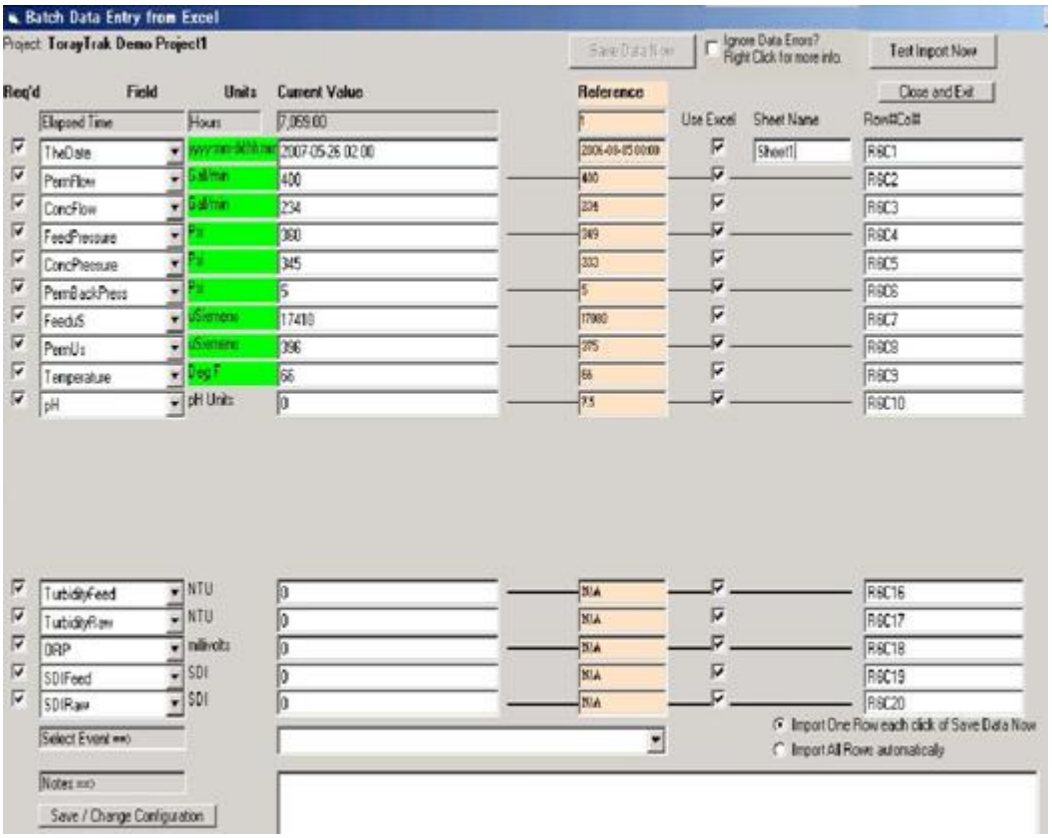
③Excel 表格数据被自动输入标准化软件；

④点击“Save/Change Configuration”按钮;

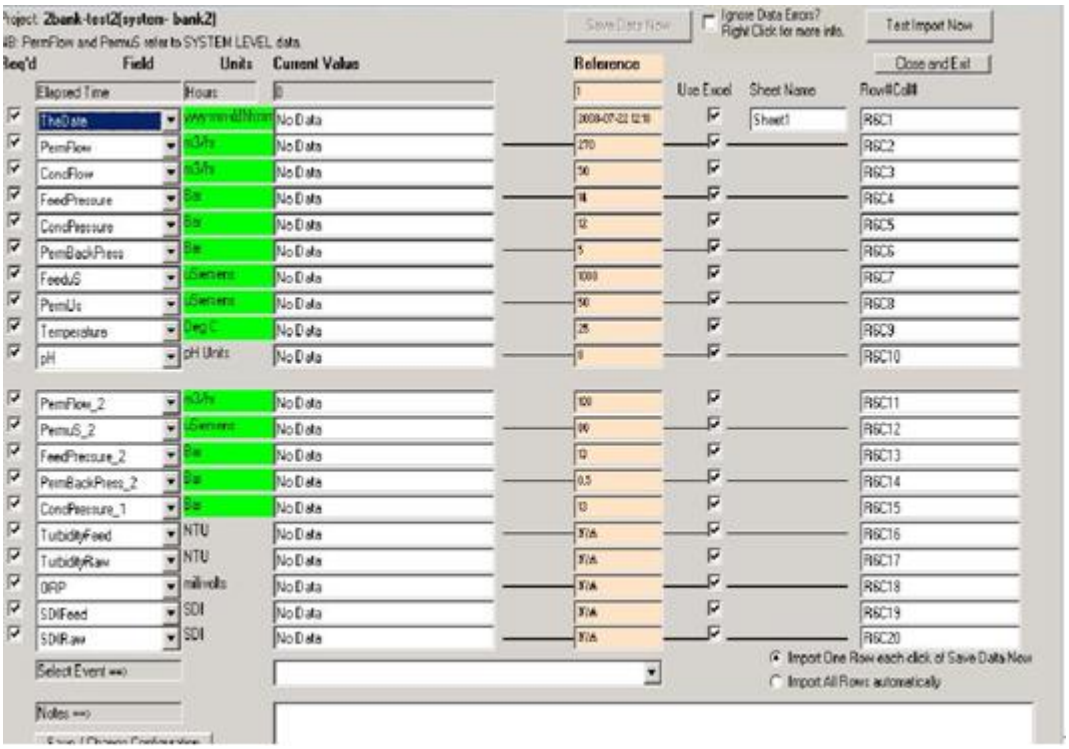
⑤点击“Close and Exit”按钮，退出运行数据输入。

一段式装置数据输入方法：

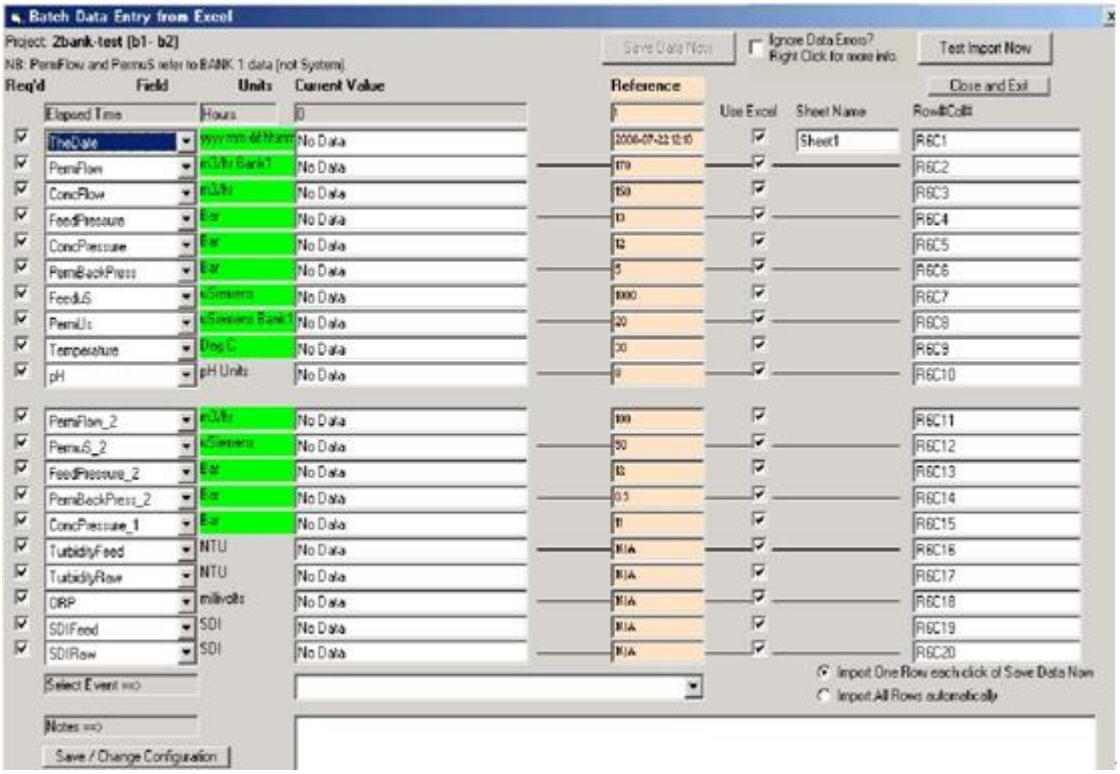
绿颜色数据是用来进行标准化计算的数据



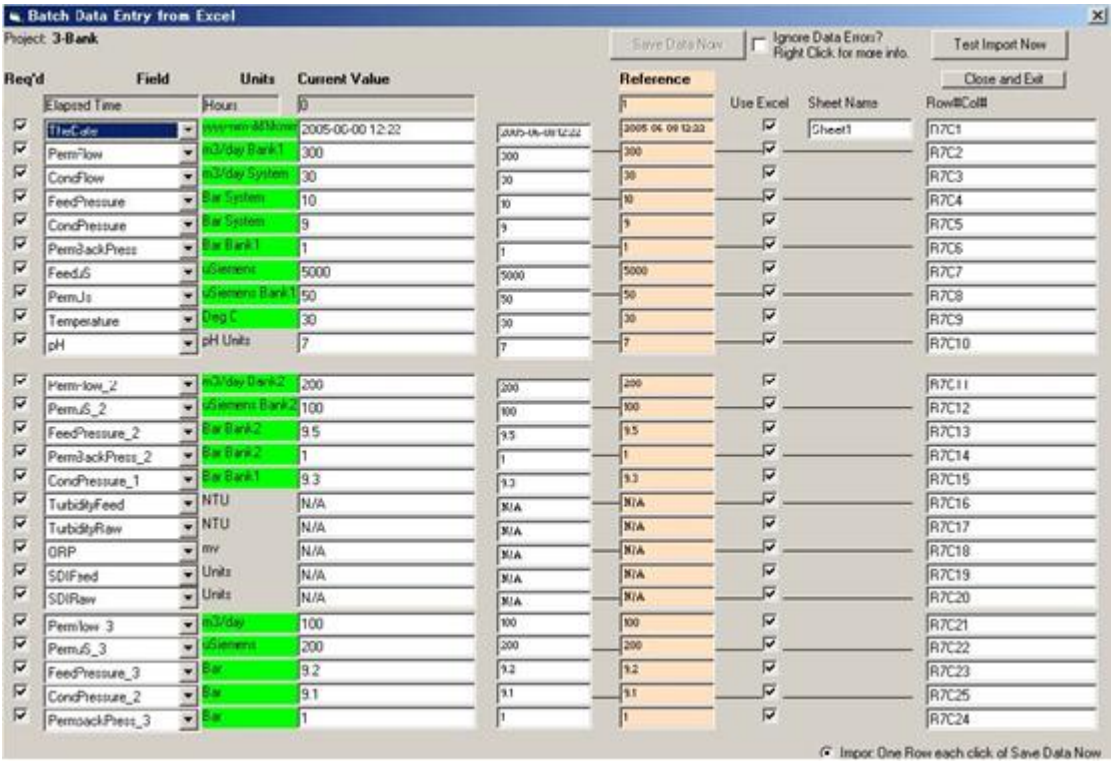
二段式装置数据输入方法（二段法系统）：



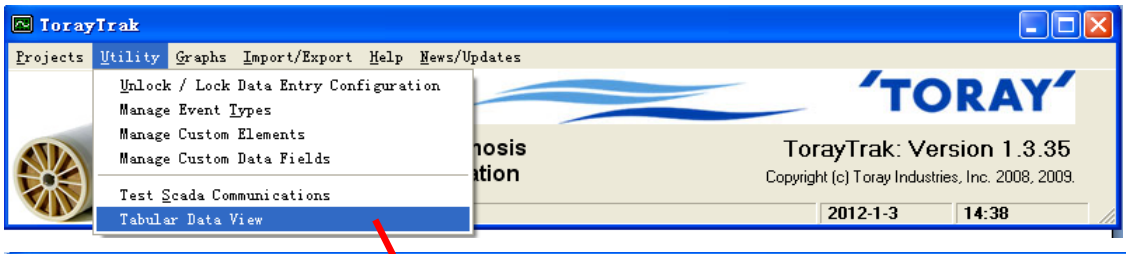
二段式装置数据输入方法（一段二段数据分别输入系统）：

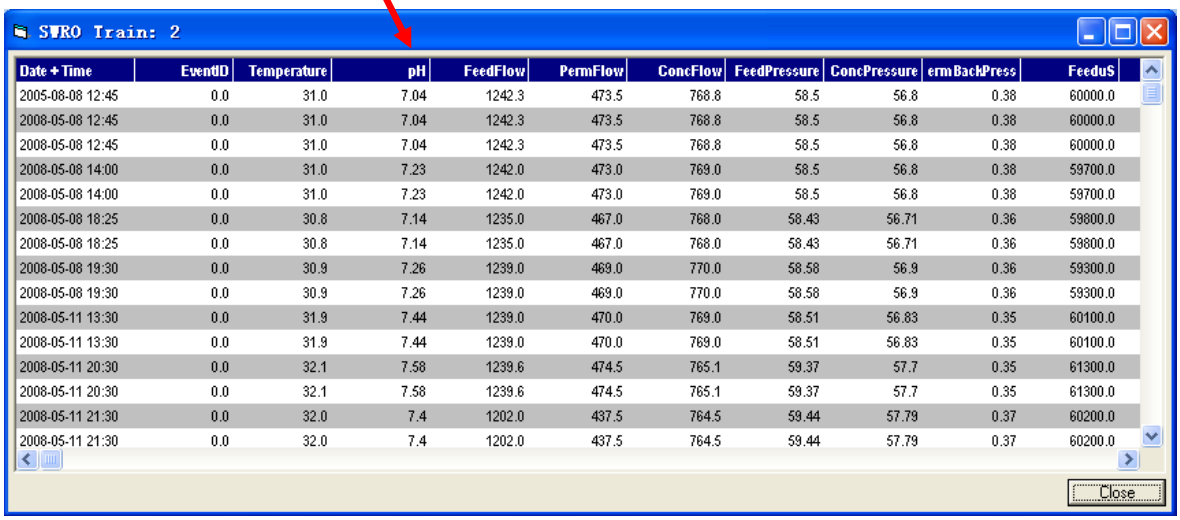


三段式装置数据输入方法（一段二段三段数据分别输入系统）：

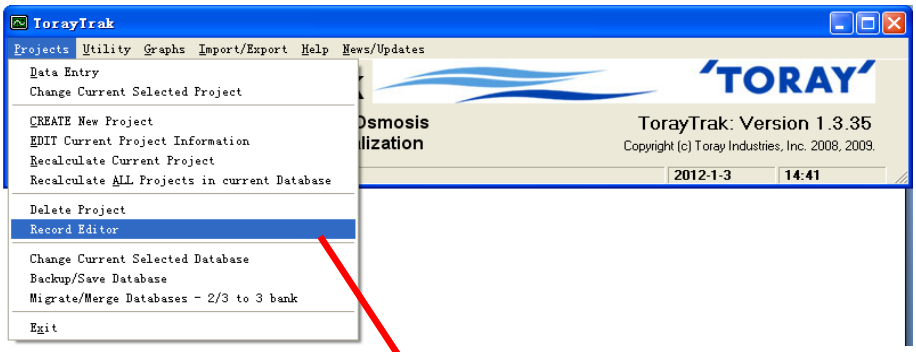


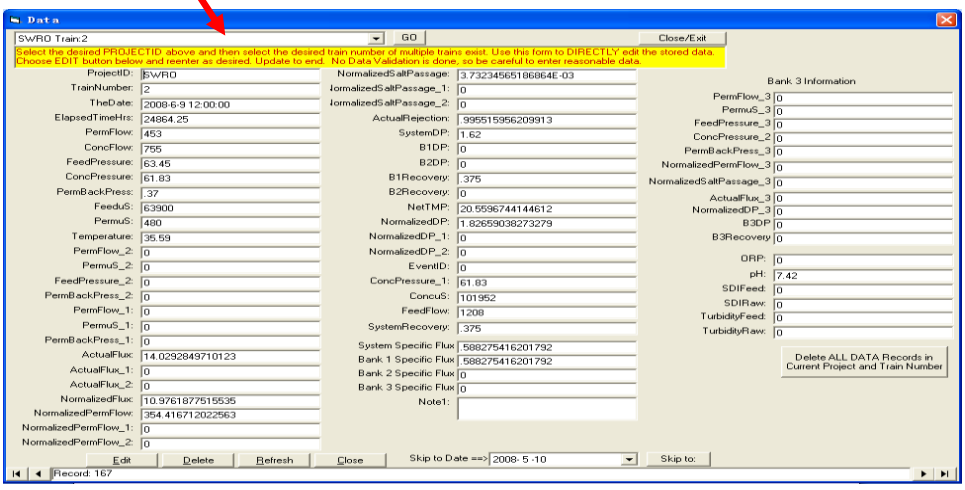
(5)进一步数据输入：



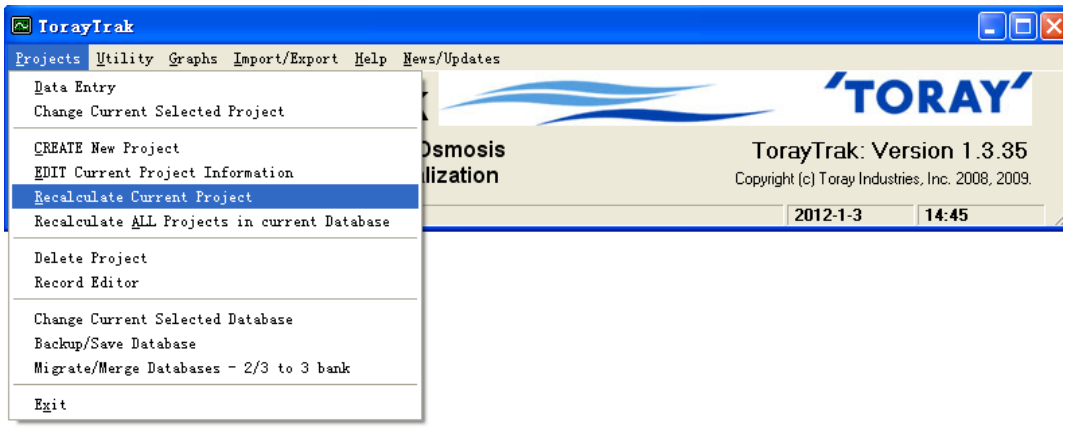


(6)编辑数据输入（记录编辑器）

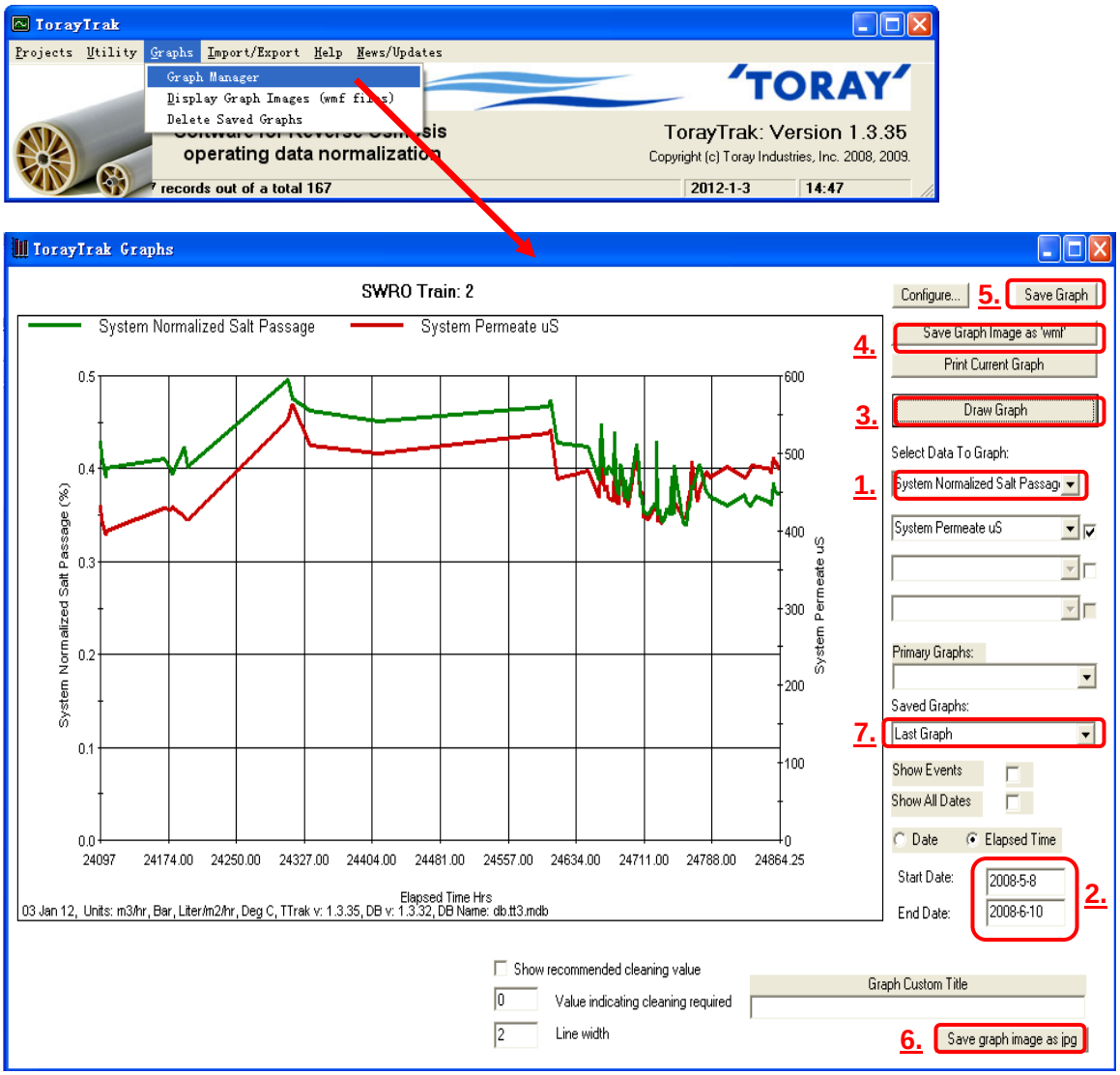




(7)重新计算：



(8)创建系统趋势图：



①选择条目(标准化产水流量，标准化盐透率，标准化压差等等)；

②选择标准化时段（开始—结束）；

③点击“Draw Graph”进行画图；

④点击“Save Graph as wmf”，将形成的图片以wmf格式进行存储。数据将保存在TorayTrak文件夹。路径为：\\ Program Files\TorayTrak Chart # .wmf #: 0~9。

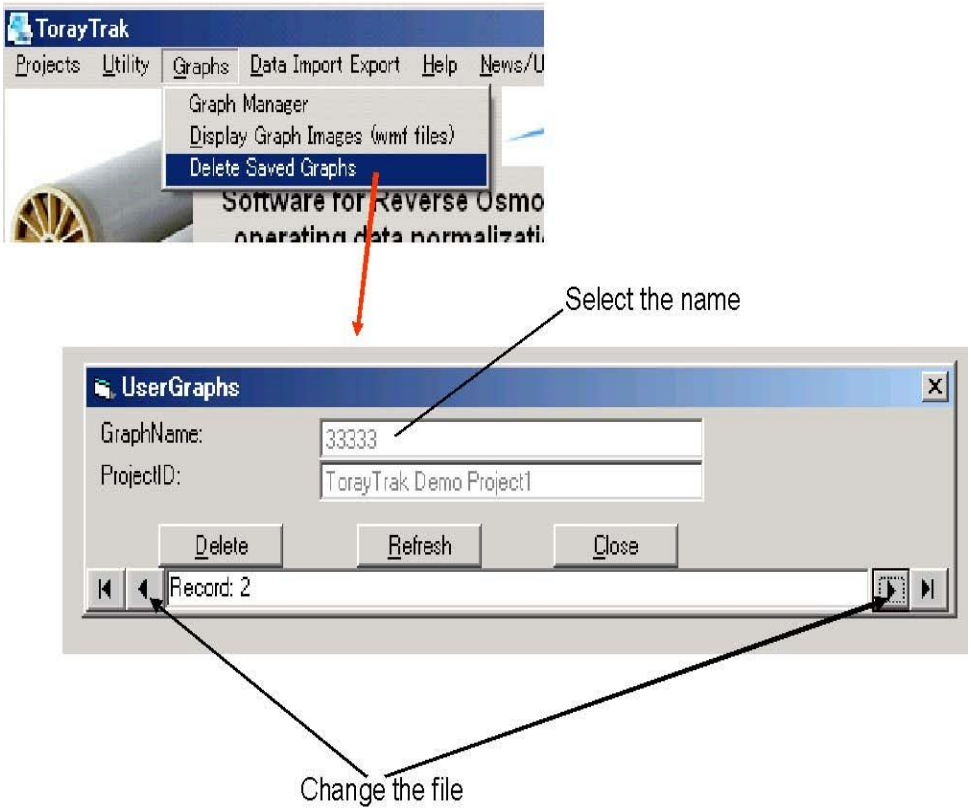
备注：本路径仅能保存10个文件，如果创建了第11个文件，那么会覆盖一个旧文件。

⑤保存形成的趋势图；

⑥点击“Save Graph as jpg”会形成jpg格式文件；

⑦选择需要保存的数据。

(9)删除保存的趋势图



第二节 反渗透系统故障快速诊断与排除

2.1 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。

2.2 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

(1)标准化的产水流量（NPFR）下降， 第一段压力容器

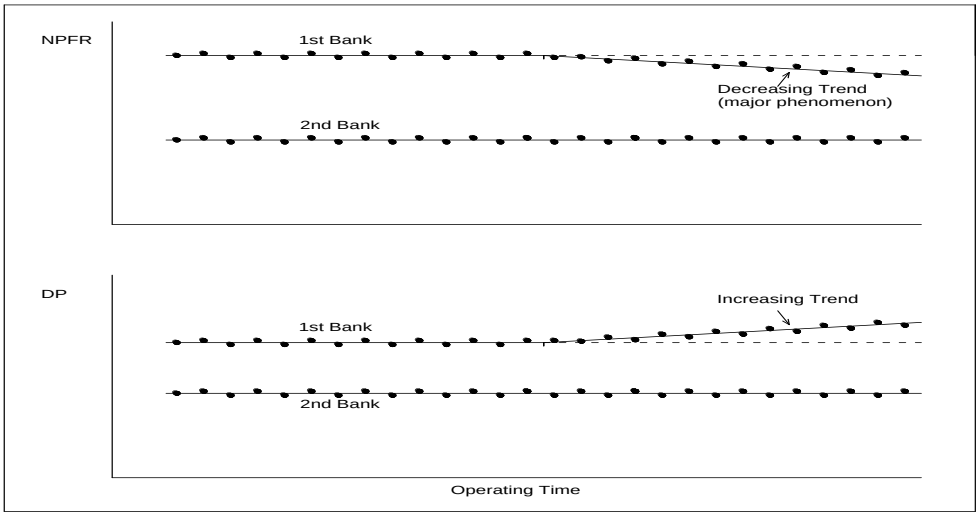


图 24 第一段压力容器 NPFR 下降

注释：

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

Inceasing Trend：上升趋势

表 20 第一段压力容器 NPFR下降的原因及对策

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 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，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，优化预处理系统，校验保安过滤器

(2)标准化的产水流量（NPFR）下降， 最后一段压力容器

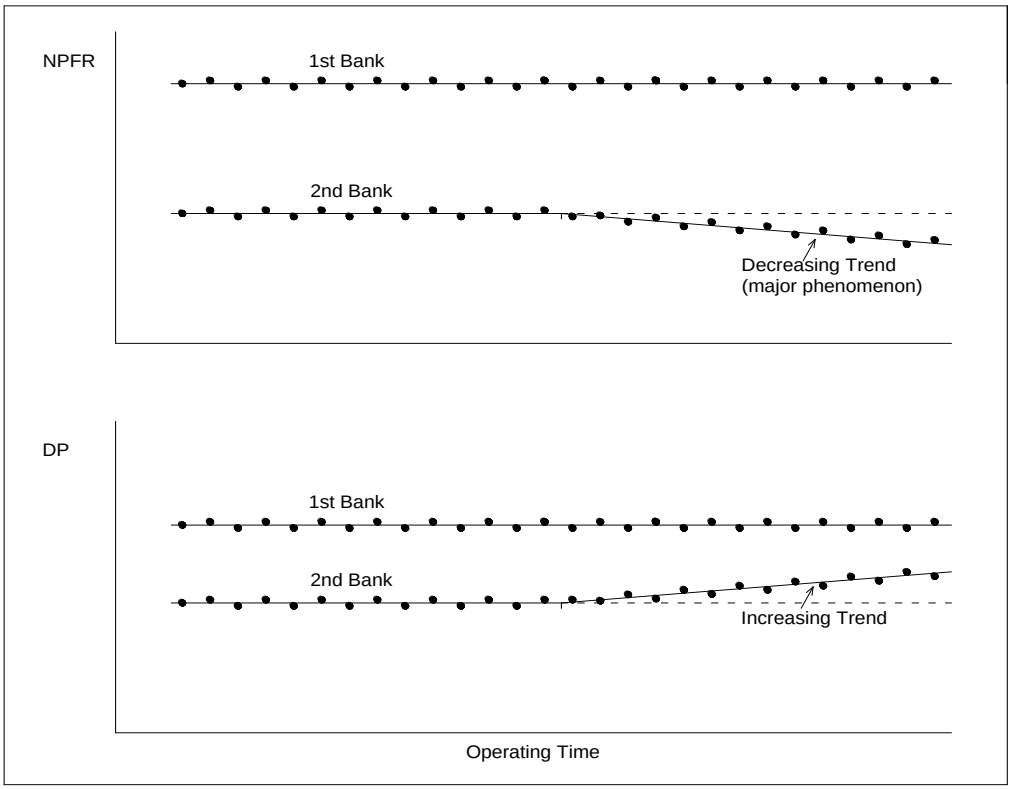


图 25 最后一段压力容器 NPFR下降

注释：

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

Inceasing Trend：上升趋势

表 21 最后一段压力容器 NPFR 下降的原因及对策

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 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，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，优化预处理系统，校验保安过滤器

(3) 标准化的盐透过率（NSP）上升，几乎所有的压力容器

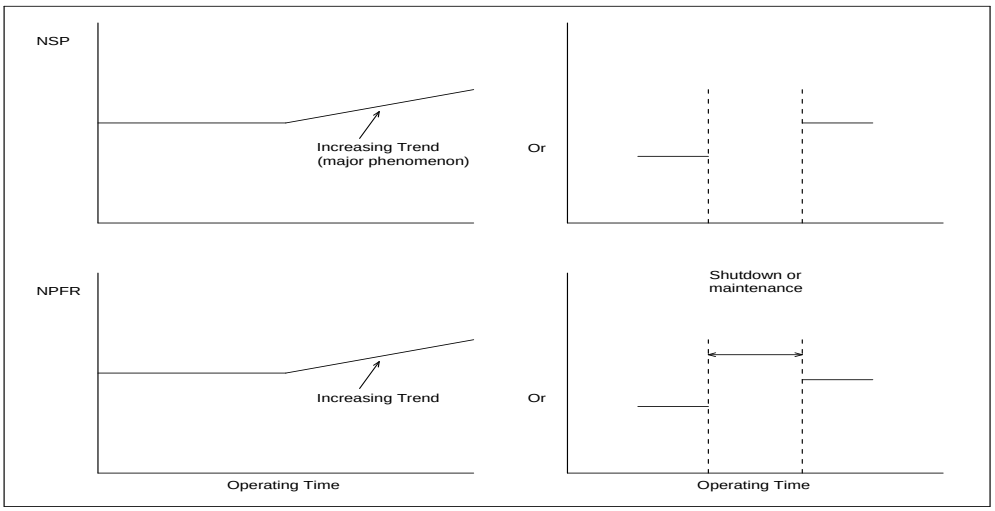


图 26 几乎所有压力容器 NSP上升

表 22几乎所有压力容器 NSP上升的原因及对策

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

(4)标准化的盐透过率（NSP）上升，部分压力容器

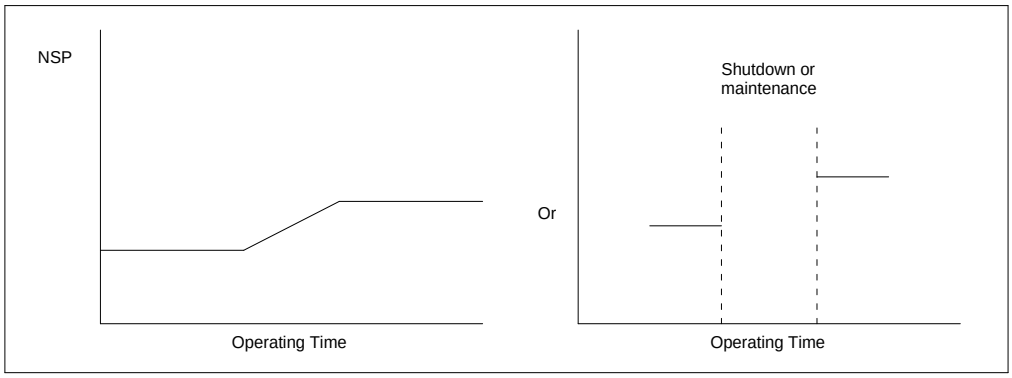


图 27 部分压力容器 NSP上升

表 23 部分压力容器 NSP上升的原因及对策

潜在原因	对策
机械渗漏或损伤： 产水连接管的 O 型圈受损坏过高的给水流速和过大的压差产生的“水锤”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

(5) 标准化的产水流量（NPFR）下降，几乎所有的压力容器

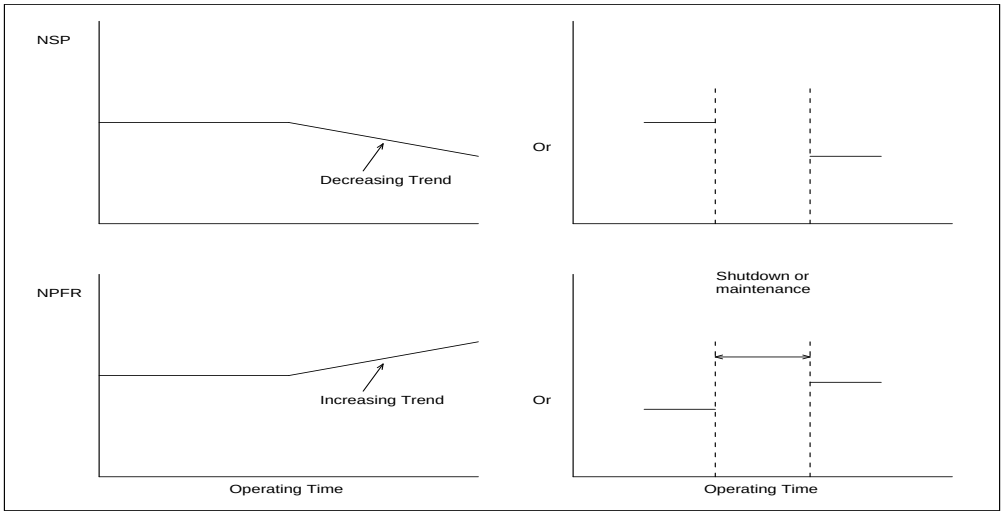


图 28 几乎所有压力容器 NPFR下降

表 24 几乎所有压力容器 NPFR下降的原因及对策

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。

(6)压差（DP）升高

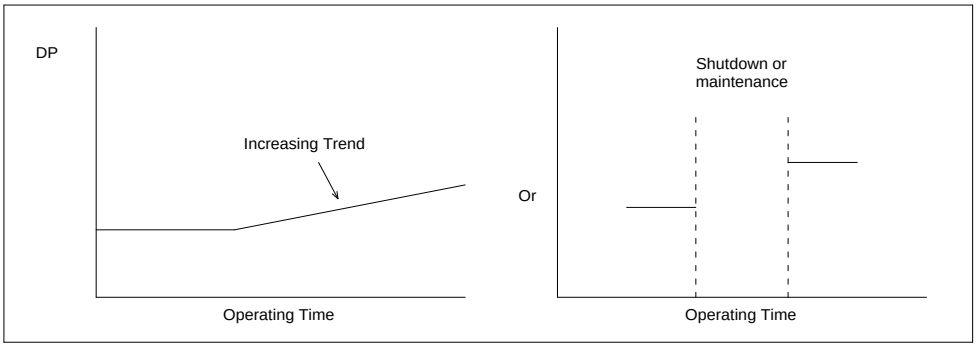


图 29 DP升高

表 25 DP 升高的原因及对策

潜在原因	对策
污垢堵塞	参考(1)和(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。

2.3 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	下降	增加	运行时间、进水温度、进水水质	清洗，更换
	渗漏		增加	下降	下降	振动、背压、冲击	清洗，更换
	O 型圈泄漏		增加	下降	下降	振动、冲击、变质老化	更换 O 型圈
	浓水密封圈泄漏		下降	下降	下降	变质老化、容器粘着	更换密封圈
	中心管损坏		增加	下降	下降	过大的压差、高温	更换膜元件
	变形		下降	下降	增加	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	增加	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）		下降	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	增加	下降	下降	季节变化、泵效率	调整压力，冷却降温
		低	下降	持平	增加	季节变化、加热器	调整压力，加热器
	压力变化	高	增加	增加	下降	泵、阀门	调整压力
		低	下降	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	增加	进水量、阀门	调整进水量
		过小	下降	下降	下降	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	下降	下降	下降	水质确认	调整压力
		低	增加	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 Cl2、H2O2)		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。

第三节　常用的故障检测方法

3.1　定位泄漏点

在系统出现脱盐率下降的情况下，进行故障排除的第一步就是要确定泄漏点的位置。

系统脱盐率下降主要有如下情况：

- 部分压力容器脱盐率下降；此时需要能够准确找到故障压力容器的位置；
- 如是整体的脱盐率下降，需要判定是压力容器均匀下降还是局限于压力容器前端或者末端脱盐率下降。

以上情况都需要对系统的压力容器进行检测，查看系统压力容器产水的电导率分布及。因此需要能够测定每个压力容器产水的TDS、电导率或者其他水质相关情况。

下图表现了如何寻找故障压力容器的示意图（图30）：

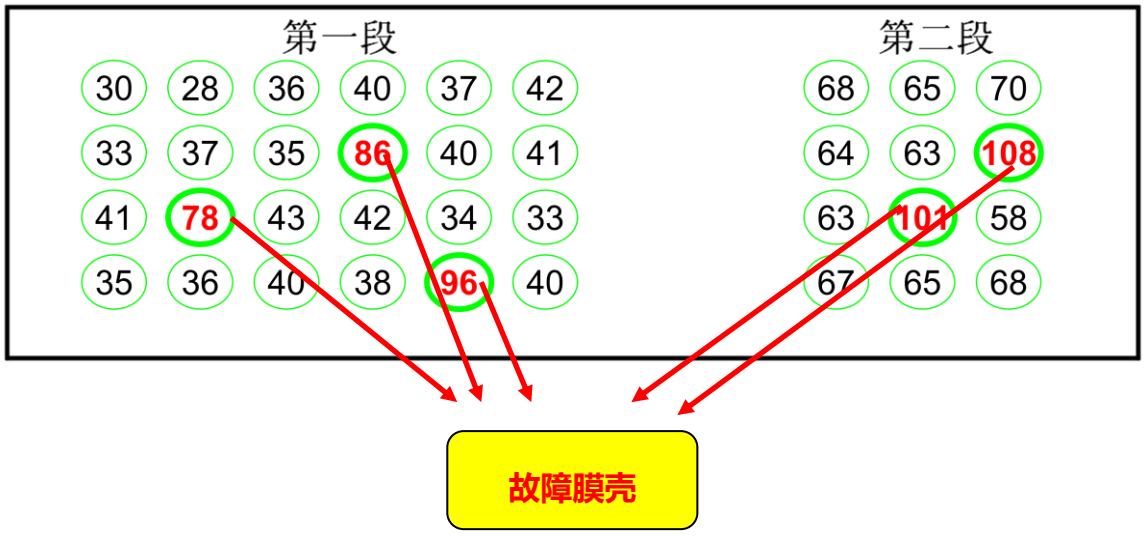


图30：定位泄漏点

备注：绿圈代表每个压力容器的产水电导率。

3.2　探针法测试压力容器

通过定位泄漏点寻找到故障压力容器后，或者需要判定压力容器内部脱盐率是均匀下降或者是局部下降，都可以通过探针法测试压力容器进行在线检测膜元件的性能或者安装情况。

探针法测试压力容器采用1/4英寸直径的塑料管，从膜壳的一端插入整个压力容器的产水中心管内，如下图（图31）所示：

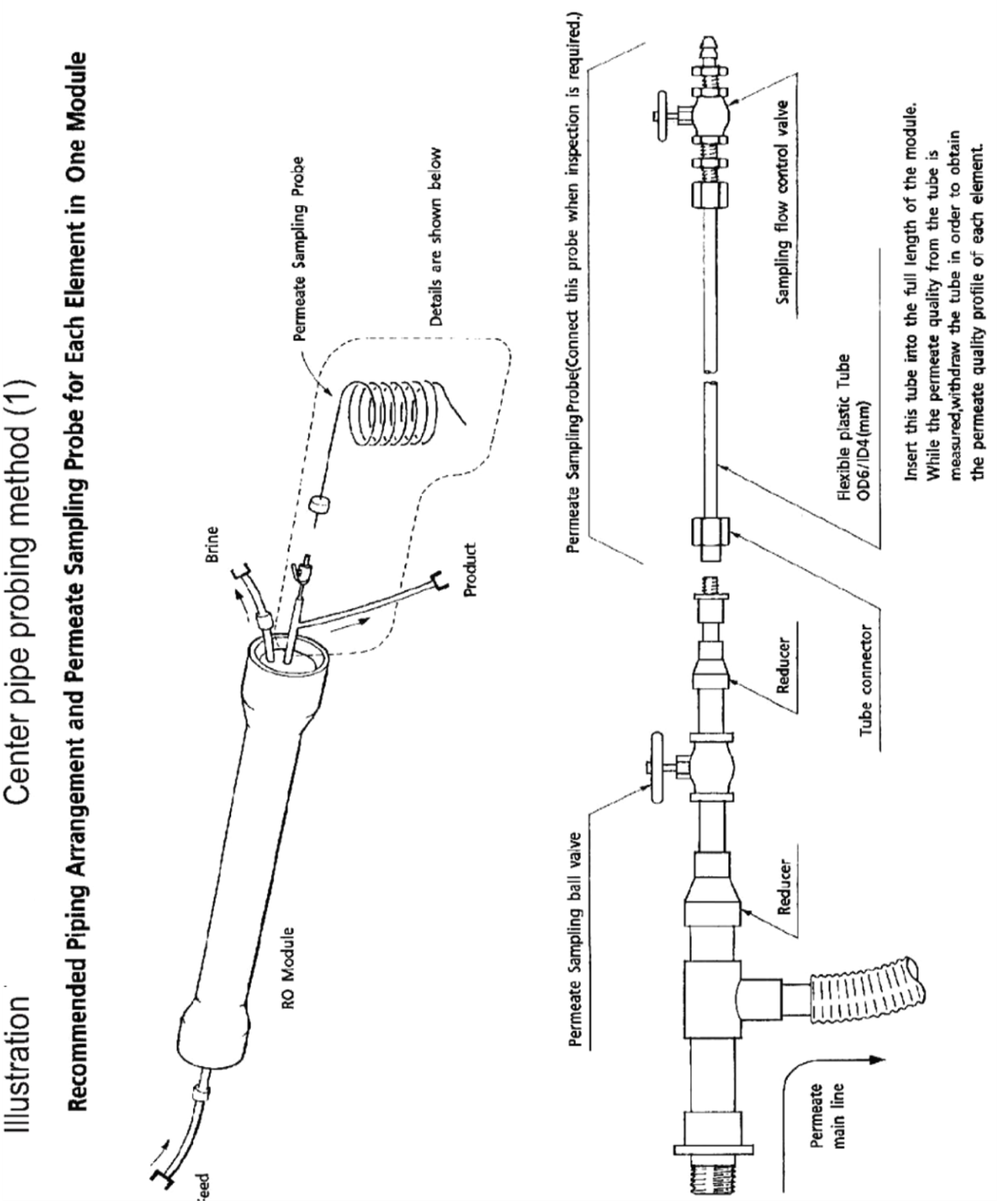


图 31：探针测试法示意图

当将塑料管完全插入压力容器中心产水管后，启动反渗透系统。在系统达到稳定运行后，大概在塑料管出水3-5分钟后，开始对塑料管出水进行数据测定，可以用便携式电导率仪进行产水测定。

测定的位置按下图所示，可以测定不同位置的产水电导率，从而判定故障膜元件的位置或者故障发生的位置。

对整个压力容器测试完毕后，对测定的电导率数值进行整理，可以用Excel软件进行趋势图整理，查看数值的突变点从而判定故障位置。见（图32）

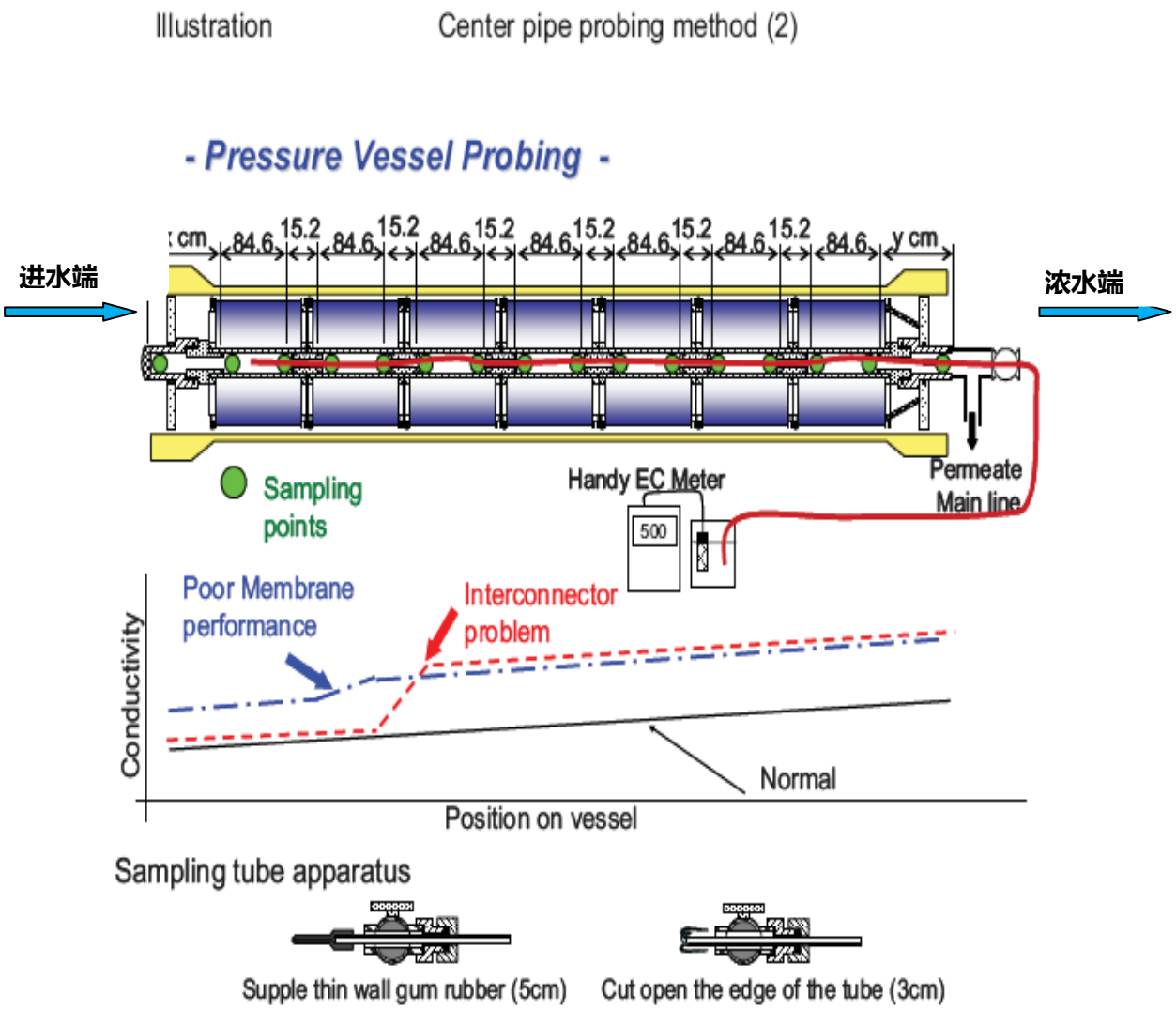


图 32：探针法测试压力容器的位置示意图

附件9-2 反渗透系统及膜元件故障调查表

（东丽公司使用栏）资料登记号	记录日期： 年 月 日
技术支持：□ 有 □ 无 检测要求：□ 有 □ 无 其它要求： 回复情况：	公司名： 联系人： Tel: Fax: 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^3/h)： 产水水质（μS/cm）： 运行压力（MPa）： 目前产水量(m^3/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^3/h）： 透过水量（m^3/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^3/h）： 测定 SDI15 值： 故障发生 时间： 年 月 日 给水水量（m^3/h）： 透过水量（m^3/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^3/h）： 测定 SDI15 值：	
化学清洗概况：□ 有 □ 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：021-54891886；传真：021-54890098）

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、专题研讨、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320,000m^3/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

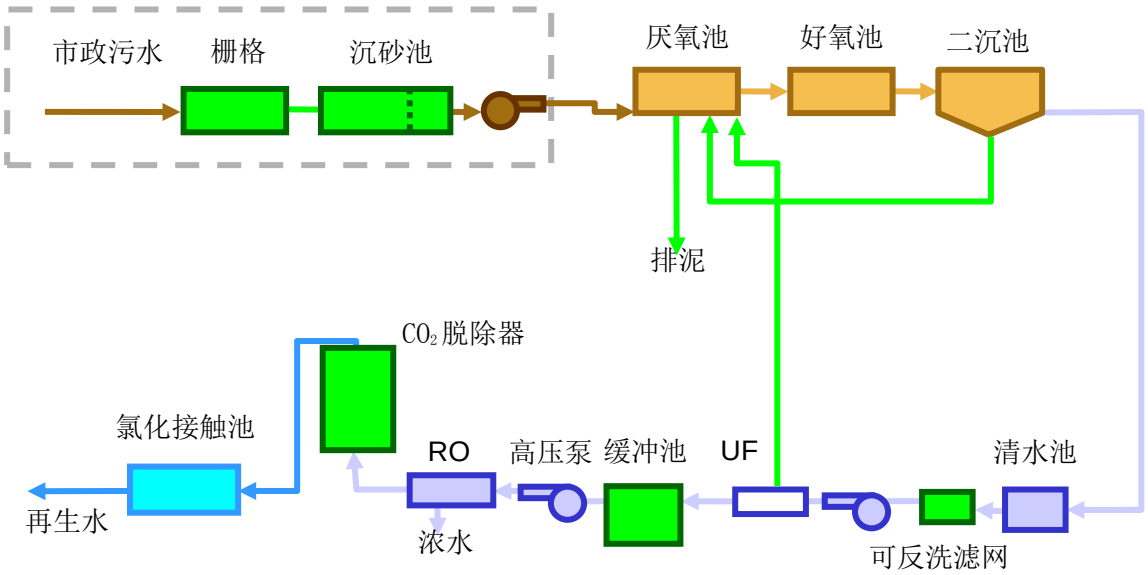


图 2　科威特 SULAIBIYA 的污水回用处理系统基本流程

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380,000m^3的污水处理，产生320,000m^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 m^3/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 136,000m3/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^3/d）的海水淡化工厂；



图 1 Trinidad 海水淡化系统地理

1.1 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^3/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^3/d系统，每月产品水测试的TDS平均在30mg/左右。

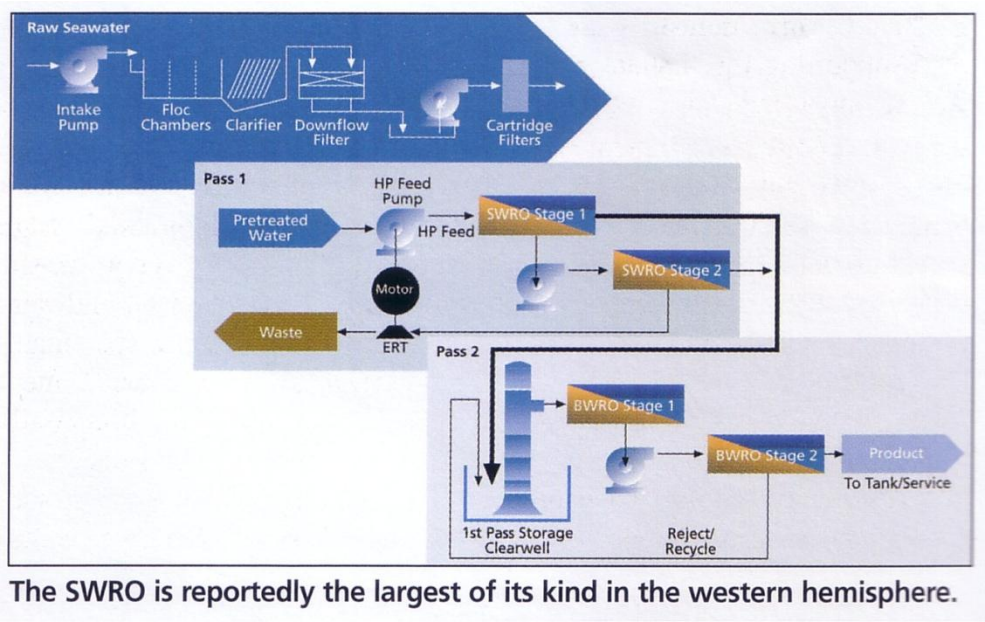


图 2 Trinidad 海水淡化系统流程

1.2 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；

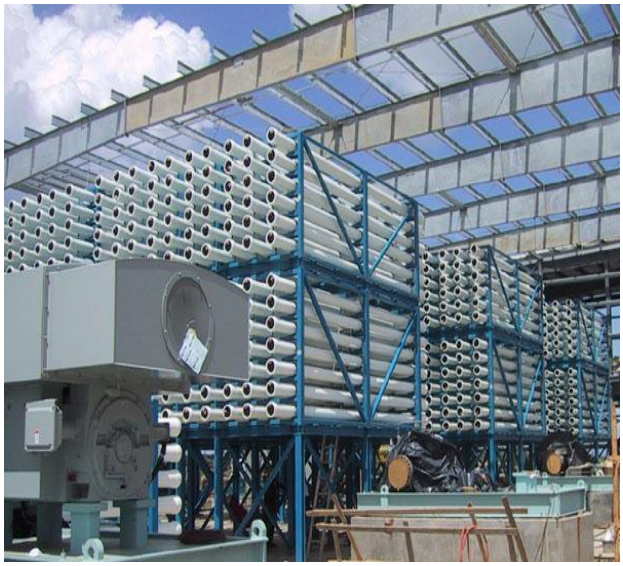
(2)介质过滤器的尺寸；

(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)助滤剂（阴离子聚合物）投加量对于二级出水过滤效果的依据。



1.3 絮凝、沉降

中试研究选用一个相对高的无机絮凝剂（$FeCl_3$）来中和表面的电荷，开始时的絮凝药剂为6mg/L（Fe）和1mg/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。

1.4 一级海水淡化系统

表 1

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	μs/cm	52033	30000

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6.3MPa(900psi)，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8.3MPa(1200psi)，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。

1.5 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%。

1.6 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_2	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

1.7 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^3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^3。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



图 1　新加坡 TUAS 海水淡化系统地理位置

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度。一般海水中硼浓度为 4～7mg/L，与通常的地下水相比硼的浓度要高出 10～50 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 0.5mg/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 1～3mg/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 Kurihara1 ,Chowa Kuniyoshi2,Toru Yamazato1,Hiromu Takeuchi2

（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）

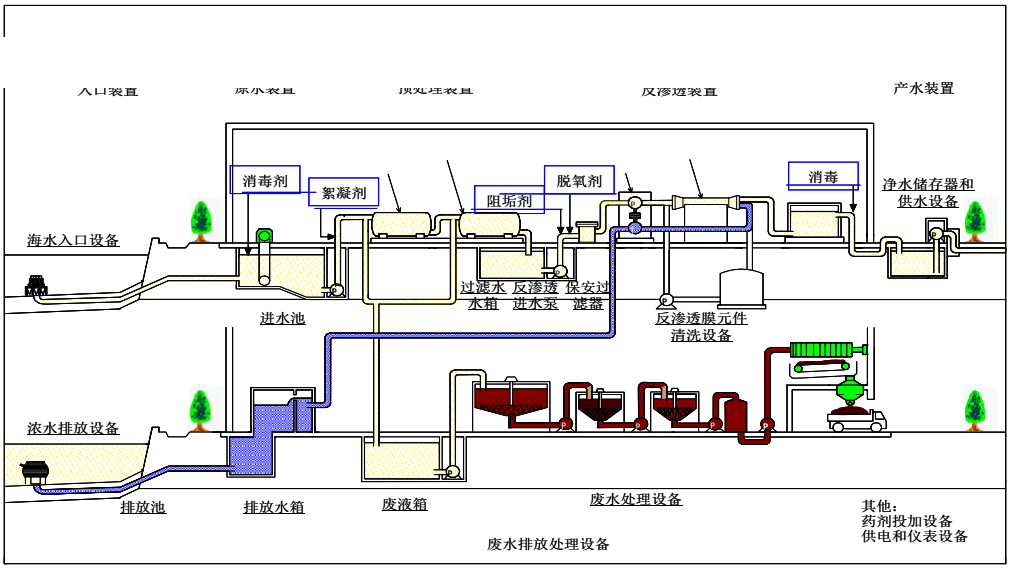


图 1　冲绳海水淡化厂工艺流程图

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－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^3/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％。

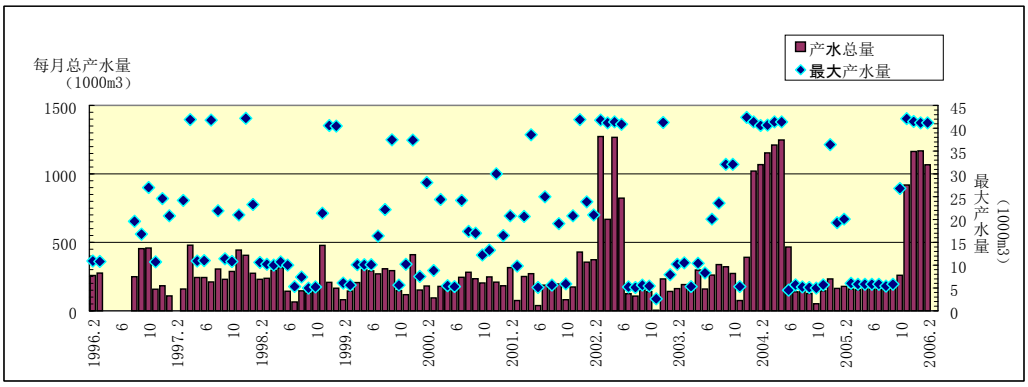


图 2 十年中产水量的变化

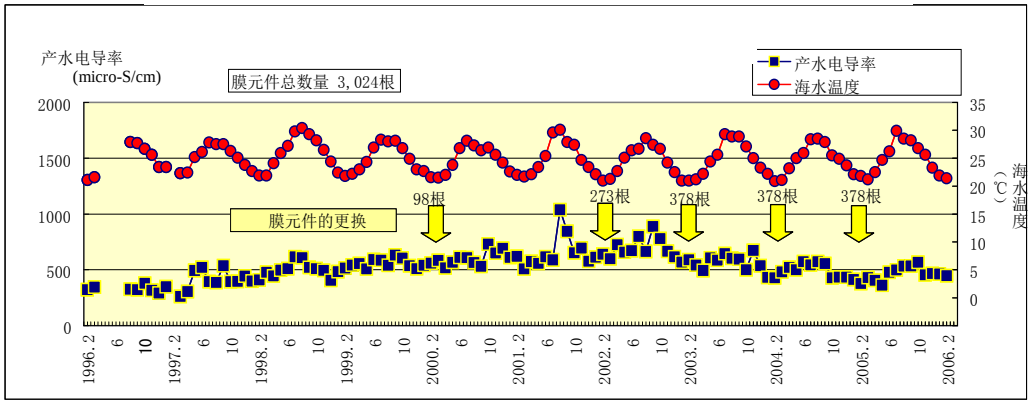


图 3 十年中水量和水温的变化

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^3/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范围之间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13C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^3，需要进一步改善技术工艺而降低成本。

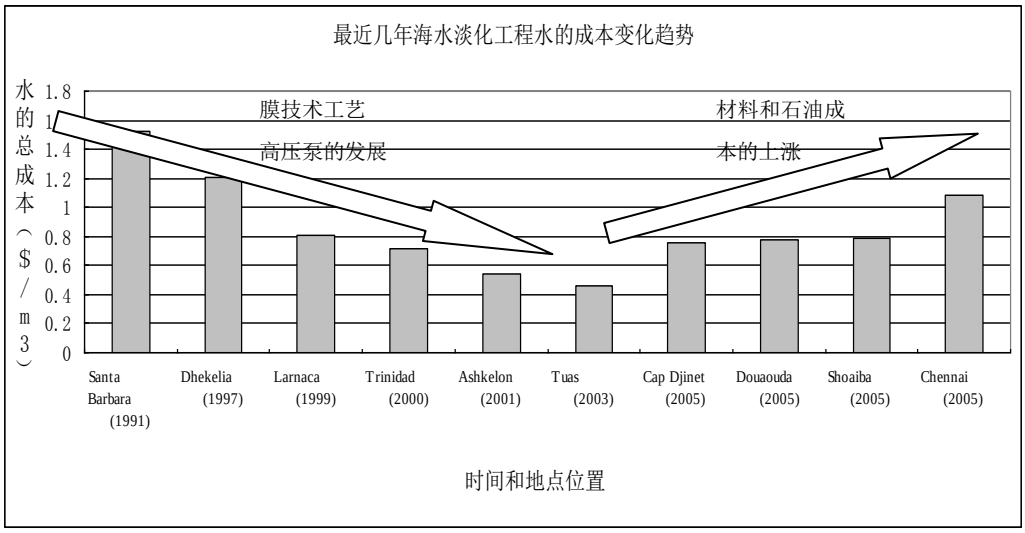


图 1 最近几年海水淡化工程水的总成本变化趋势

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。

表 1. 主要膜厂家的海水淡化膜系列产品

膜厂家类型	Toray*	Dow	Hydranautics
节能低压型	TM820L (2000) SU-820L (1996)	SW30XLE-i SW30 series	SWC5 (2005)
节能高脱盐型	TM820E (2004)	SW30HRLE-i	SWC3+
标准型	TM820 (2001) 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 (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13C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。

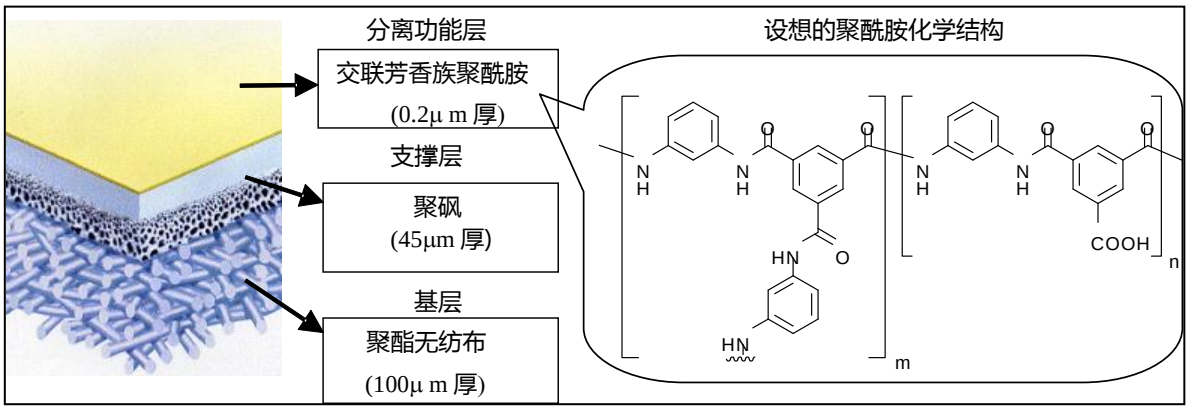


图 2 聚酰胺复合反渗透膜结构和设想的聚酰胺层的化学结构

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（m3/m2/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：25C；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τ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τ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τ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ΔR的电子层，与靠经验决定的ΔR值为0.166nm一致[15]。

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

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22Na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 13C 核磁共振(NMR)光谱

通常，很难区别固态的13C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13C周围的1H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

4.1 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。

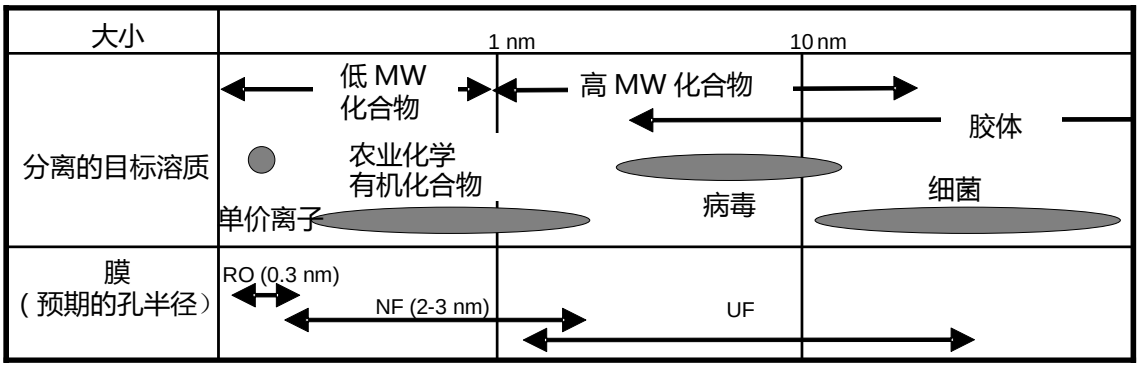


图 3 膜分离的目标溶质和预期的膜孔半径大小

PALS测量是在低于20nm的范围内完成的。既然这样，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。

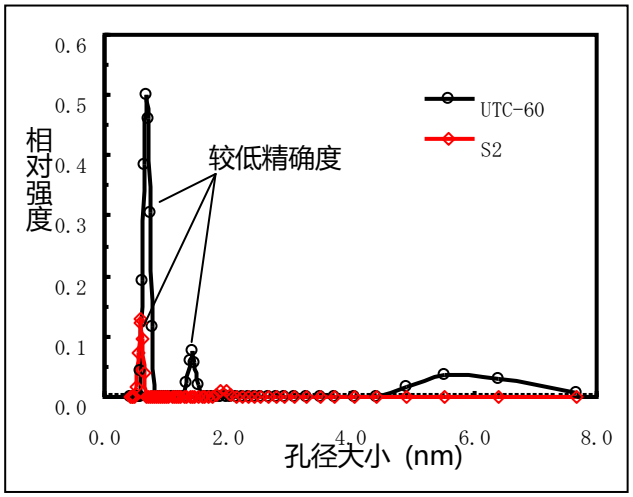


图 4 UTC-60 和 S2 孔径分布图

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 τ4（ns）	孔径大小 D4（nm）	峰强度 I4（%）
S1 （n＝1）	2.81	0.702	2.1
S2 （n＝2）	2.47	0.650	2.2
	2.65	0.678	2.5
B1 （n＝2）	2.41	0.640	2.0
	2.28	0.620	3.3
B2 （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τ4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。

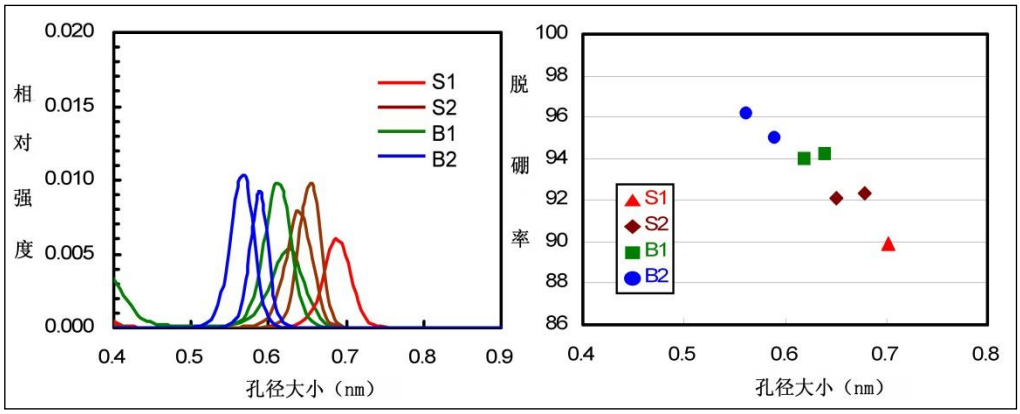


图5 海水淡化膜的孔径分布　　图6 测量的孔径大小和脱硼率之间的关系

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13C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。

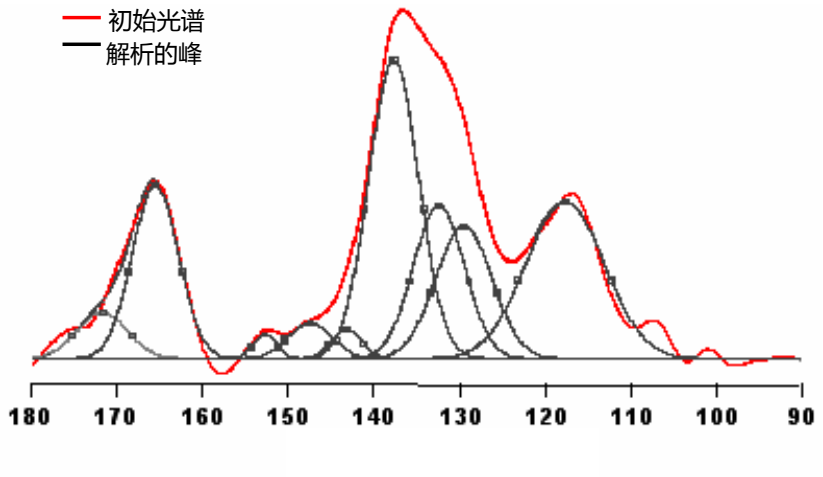


图 7 S2 膜聚酰胺层的 DD/MAS 核磁共振光谱

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、羧基团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13C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13C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 s tructure 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)Kirkegaad 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 红海岸 SHUAIBAH 3 期扩建反渗透海水淡化厂的两年运行历史

作者：Syoichiro Goto, Takao Uete, Takuro Shishiyama, Satoshi Shimoyama, Yoshinari Fusaoka, Tadahiro Uemura and Marzoug Al-Osaimi

译者：东丽先端材料研究开发（中国）有限公司 水处理研究所

1 摘要

直到今天，热蒸馏法仍然是中东地区海水脱盐淡化的主要技术，主要由于该技术所带来的高产水水质，颇多的稳定运行记录及实际运行中的经验积累。然而，围绕引入更多反渗透系统以此来节约能源，降低产水费用的激烈争论依然存在。在红海岸地区，第一座大型海水反渗透海水淡化厂是在1986年引入的SWCC's Jeddah 水厂，采用中空纤维-三醋酸纤维素（CTA） 海水反渗透膜。根据以往发表的报告来看，这座水厂已经成功运行了20多年。

Shuaibah 3期扩建反渗透海水淡化厂使用了卷式聚酰胺（PA）海水反渗透膜，设计能够达到150,000m^3/d的产水量。这是在红海岸建立的第一座使用卷式PA膜的大型海水淡化厂。该厂自2009年12月开始商业运行，到目前已成功运行了14个多月并在2011年9月将达到22个月。该厂的成功运行对于在红海地区推广海水淡化反渗透技术具有重要的里程碑意义。

这片文章将介绍该厂所有的稳定运行历史，并从运行历史中显示了稳定运行条件下优异的产水水质和水量。同时也将介绍具体的运行经验，包括为建立最合适的离线清洗（CIP）方法及运行状况监测手段而在现场进行的密集测试。

该厂的设计和运行是基于最新的海水反渗透膜技术。这些方面也将会作为重要因素而进行强调。该厂的海水原水水质并不像常规的反渗透海水淡化厂的水质条件，如高TDS (大于 42,000mg/L)，高硼浓度及高水温（最高35摄氏度）。同时，该厂的出水水质要求非常苛刻，如要求产水含硼浓度小于<0.5mg/L，TDS<35mg/L 及Cl-<20mg/L。此外，该厂经济方面的因素同样是一个很大的挑战。

这片报告中也涵盖了对满足这些要求所带来的挑战所取得的成就，如（1）新开发了高脱硼率，高水通量的海水反渗透膜，（2）达到高回收率（41.5%），（3）达到高产水流量（14.2lmh），（4）第2级BWRO在高pH条件下的高脱盐率等。

该水厂有单独开放海水取水管路，采取了间歇式加氯，三氯化铁混凝联合多介质过滤，及保安过滤器作为RO的前处理措施。这些传统预处理方式在红海地区的处理效果及在高级海水反渗透技术中运用的可行性将进行介绍。

2 介绍

Shuaibah 3期扩建反渗透海水淡化厂是红海岸第一座使用PA膜的大型反渗透厂。该厂位于Jeddah，Saudi Arabia以南100KM，主要用于给Jeddah, Makkah 和 Taif市提供饮用水并且它的产量为150,000m^3/d。

2.1 工艺介绍

Shuaibah 3期扩建反渗透海水淡化厂开放式地从海水中取水，并引入反渗透海水淡化厂。以下是该工程的主要系统。

- 取水系统
- 预处理系统
- 反渗透系统
- 后处理系统

图1是Shuaibah 3期扩建反渗透海水淡化厂的工艺流程图。工艺设计为150,000 m^3/d产水量的饮用水制造。每一项单元系统简述如下。

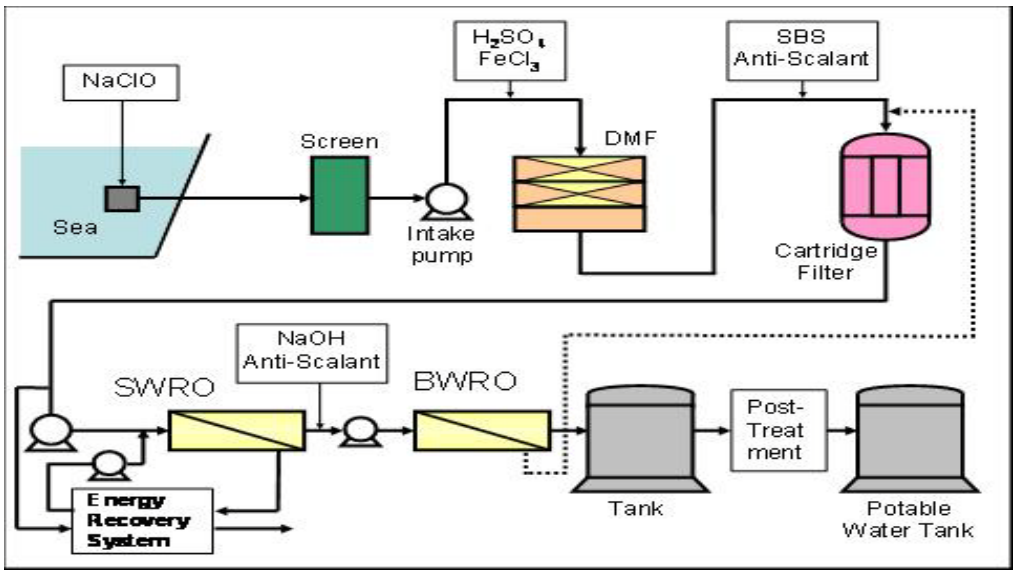


图 1 Shuaibah 3 期扩建反渗透海水淡化厂的工艺流程图

2.1.1 取水系统

开放性海水引入系统从MSF取水点附近取海水并通过泵引入前处理系统。间歇的通过计量泵加入次氯酸钠以防止下游管线和设备的生物滋长（一周一次）。并设有格栅和移动式栅栏来去除海水中的粗大颗粒物质和碎屑。两台海水泵为双重媒介过滤器Dual Media Filter (DMF) 提供海水，并且还有一台备用。在DMF前投加三氯化铁混凝剂。投量根据海水流速按比例调节。同时，在DMF前通过添加硫酸来控制海水的pH，海水管线上安装了静态混合器使海水中添加化学物质与海水充分混合。

2.1.2 预处理系统

双重媒介过滤器(DMF)（水平压力式）来去除淤泥，悬浮物和有机物。在该水厂中，同时安装有32套双重媒介过滤器 (DMF)，一般开启其中的30套，还有两套备用。在双重媒介过滤器 (DMF)后，有10组5um孔径的保安过滤器。通常9组运行，1组备用。间歇性地添加SBS来防止自由氯进入RO膜系统，并且在保安过滤器前连续添加阻垢剂。

2.1.3 反渗透系统

反渗透是海水淡化工程中关键性部分。Shuaibah 3期扩建反渗透海水淡化厂设计为包含SWRO和BWRO的全二级法海水淡化工艺。在BWRO过程中，通过在高pH条件下运行来进行脱硼。SWRO的回收率是41.5%，BWRO的回收率是90%并且总回收率达到39%。BWRO的浓水回收进入SWRO的进水。

SWRO一共有10列，每一列SWRO包含有189组压力容器，每一组压力容器包含有7根RO膜元件，因此在整个SWRO系统中共有13,230根RO膜元件。BWRO同样有10列，每一列BWRO包含有69组压力容器（49-20分布，两段系统），每组压力容器包含有7支膜元件，因此总体有4,830支BWRO膜元件。SWRO系统产水通量为14.2 lmh，BWRO系统产水通量为32.7 lmh。氢氧化钠和阻垢剂在BWRO前投加。

2.1.4 后处理系统

该工艺主要是通过在BWRO出水中添加熟石灰、二氧化碳和次氯酸钠改善出水水质使之达到饮用水的标准。

2.2 海水及水质要求

2.2.1 海水水质

通过预处理的海水水质情况在表1中给出。高水温(35℃)及高TDS（44,460mg/L）对于工程设计是一个很大的难点和挑战。

表1 预处理后的海水水质

组分	单位	数值
温度	℃	25-35
pH	-	8.25
Ca	mg/L	480.6以CaCO3计
Mg	mg/L	1485
Na	mg/L	14074
K	mg/L	390
Ba	mg/L	0.05
Sr	mg/L	0.05
Cl	mg/L	25044
Sulphate	mg/L	2750
Nitrate	mg/L	0.7
Bicarbonate	mg/L	152

组分	单位	数值
F	mg/L	1.4
Si	mg/L	0.6
B	mg/L	5.5
TDS	mg/L	44,460
SDI（15min）	-	<4.0（100% of the time）

2.2.2 RO 产水水质要求

RO产水水质条件非常苛刻，如下所示。

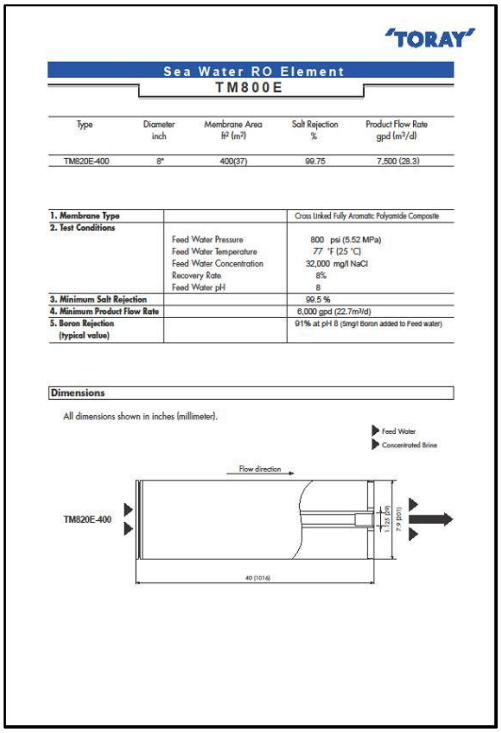
TDS < 35mg/L, Cl < 20mg/L，硼< 0.5mg/L。

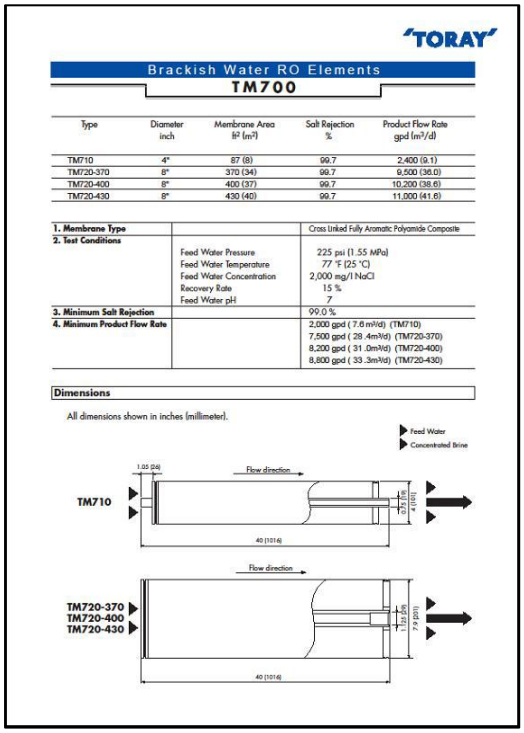
考虑到这些因素，RO系统设计时非常小心谨慎。

2.3 RO 膜性能规格

表2中给出了该RO工程中所使用的膜的性能规格（SWRO，BWRO）。使用的膜为卷式聚酰胺膜。SWRO膜元件同时具有高脱盐率和高产水量的特点，BWRO膜具有在高pH条件下高脱盐率的特点。

表 2 SWRO (TM820E-400) and BWRO (TM720-430) 反渗透膜的性能规范





3 结果和讨论

3.1 运行历史

以下总结了Shuaibah 3期扩建反渗透海水淡化厂截至到商业运行前的运行历史。

2009年4月开始试运行，一周的性能测试后进行了一个月可靠性测试，接着持续

进行了一天的可靠净产水能力测试，并确认具有良好的水质和充足的水量。2009年11月17日，开始商业运行。商业运行以后，为了降低操作压差，间隔进行SWRO的在线化学清洗CIP。化学清洗条件通过在现场的中试装置进行摸索（如2.3章节所示）。自商业运行开始，系统运行一直很稳定（如2.2章节所示）。

表 3 运行历史

年份	月/日	事件记录
2009	2 月/21 日	RO 元件安装开始
2009	4 月/25 日	试运行开始
2009	10 月/5-11 日	性能测试
2009	10 月/12 日-11 月 11 日	可靠性测试
2009	11 月 16 日	可靠净产水能力测试
2009	11 月 17 日	商业运行开始

3.2 运行结果

3.2.1 海水水质

下图所示的是海水的温度，电导率，浊度及SDI数值。海水（SWRO进水）水温在25-35 ℃之间，电导率在58,000到60,000us/cm之间。海水的SDI数值（保安过滤器之后）小于2，说明预处理系统运行良好。

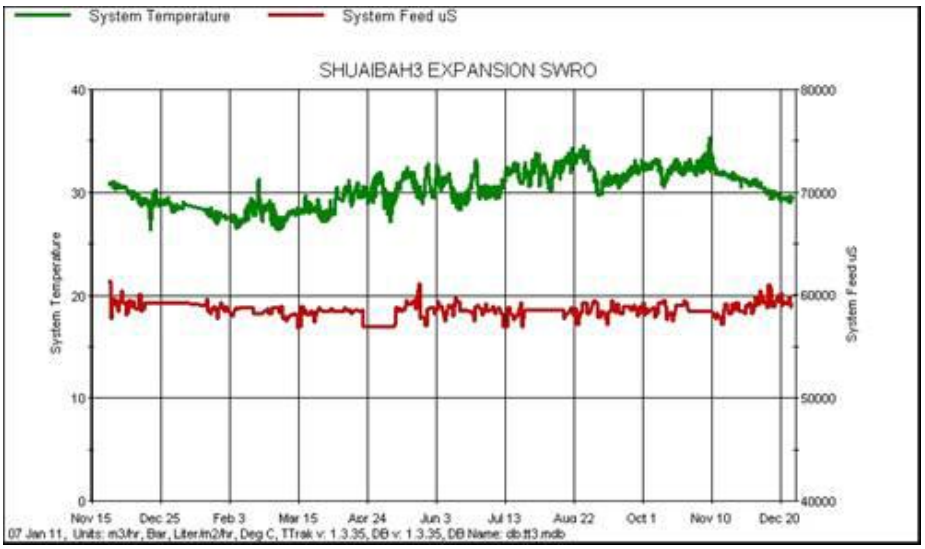


图 2 海水水温及电导率（SWRO 进水）

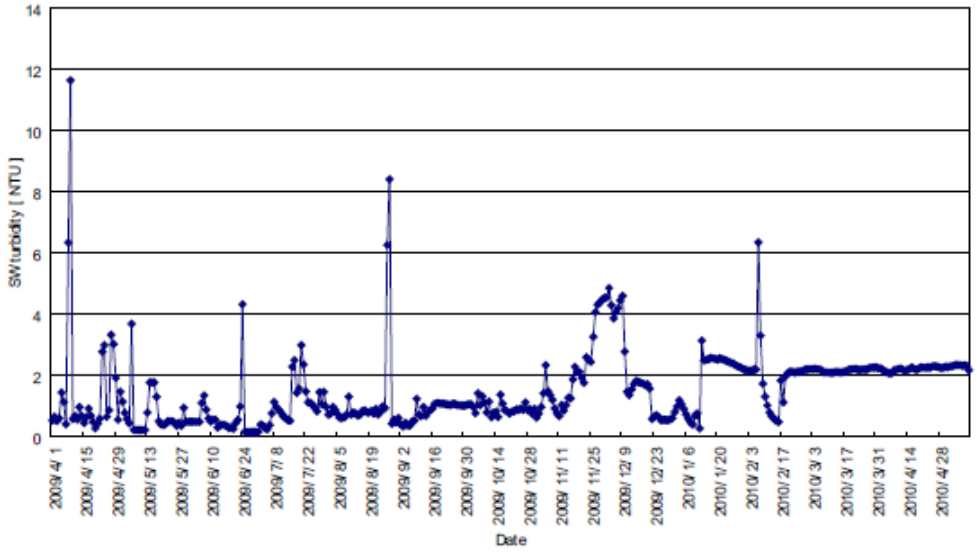


图 3 海水浊度

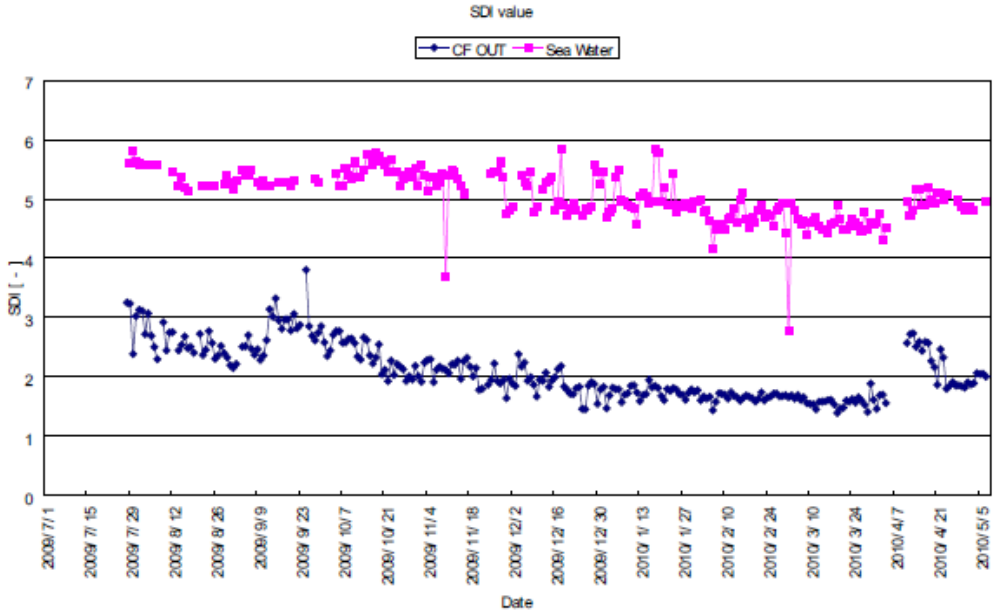


图 4 海水 SDI

3.2.2 RO 运行效果

图5是SWRO实际的产水流量和产水电导率。产水流量能稳定地达到设计值（每一列为700m^3/h，尽管不是完全连续运行），且产水电导率保持在500us/cm左右，说明产水水质很好。

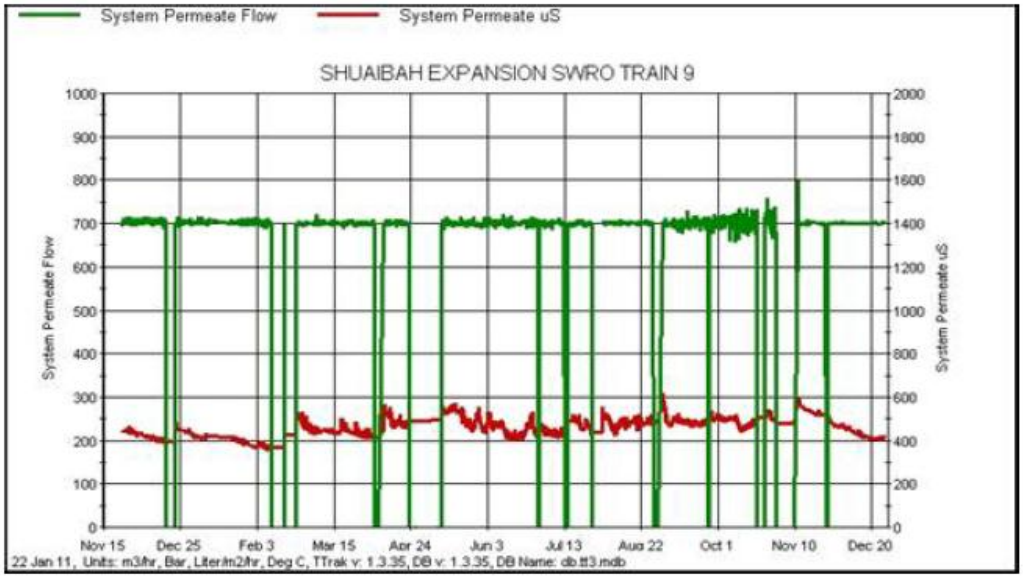


图 5 SWRO 的出水流速（m^3/h）及电导率（us/cm）

下图所示是 SWRO 的回收率和系统产水通量。SWRO 运行中一直维持在设计时的挑战性高回收率（41.5%）和高系统通量（14.2lmh）条件下。

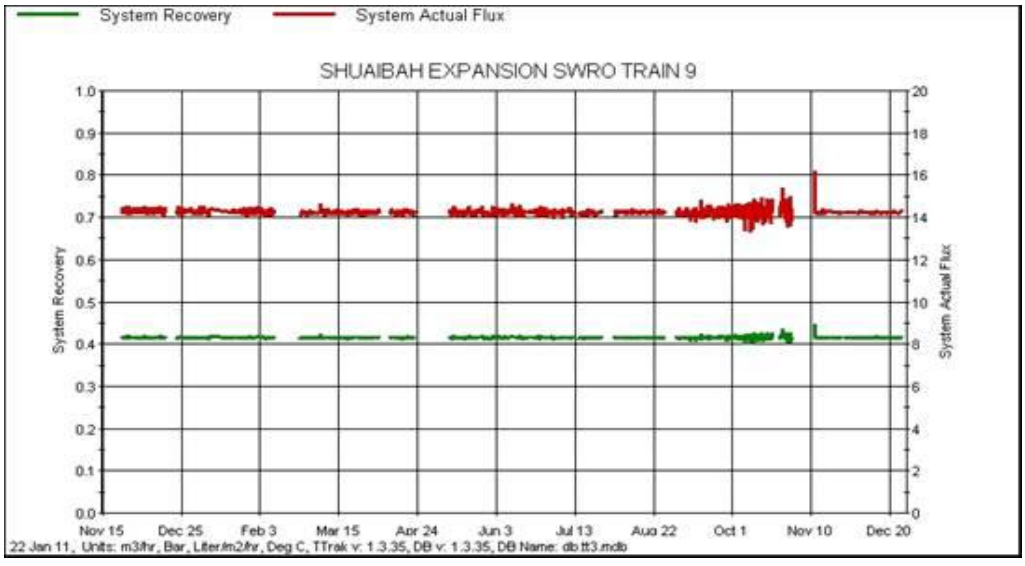


图 6 SWRO 的系统回收率及通量 [lmh]

对于 RO 运行效果趋势的检验，标准化方法一直很有效的，通常被使用。在这个工程中，采用了对应于 ASTM，并通常被东丽 RO 膜所使用的标准化程序“Toray Trak”。下图所示是标准化产水流量和标准化盐透率。在 1 年的运行过程中，标准化产水流

量和标准化盐透率几乎保持稳定。

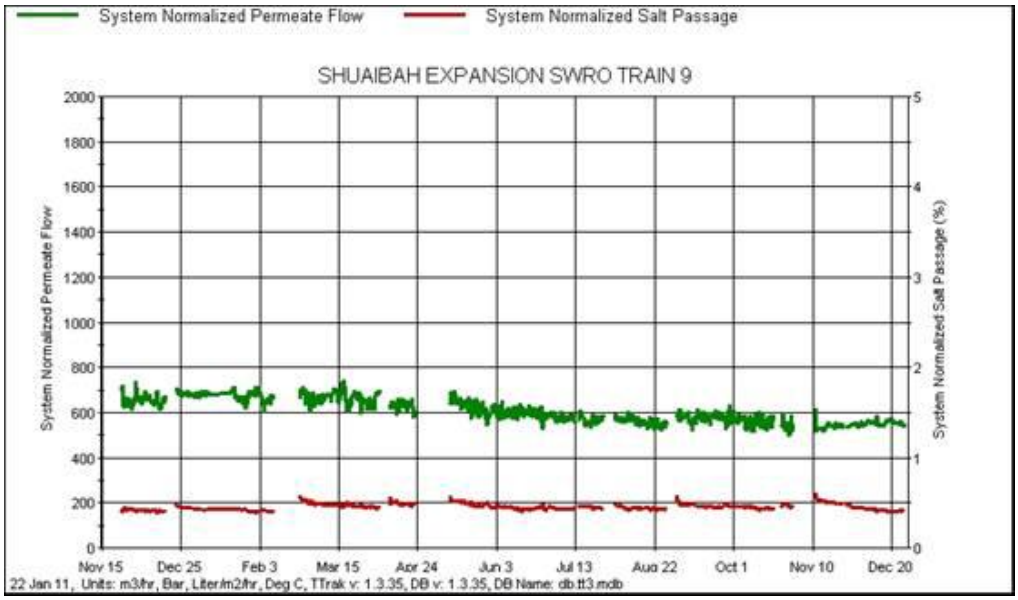


图 7 SWRO 的标准化出水流速和标准化盐透率

下图所示的是标准化压差（Normalized Differential Pressure, NDP)。在间隔的在线清洗（Clean In Place）时期内标准化压差保持在低水平。现在间隔已经大于 6 个月，只进行冲洗对于降低压差同样有效。

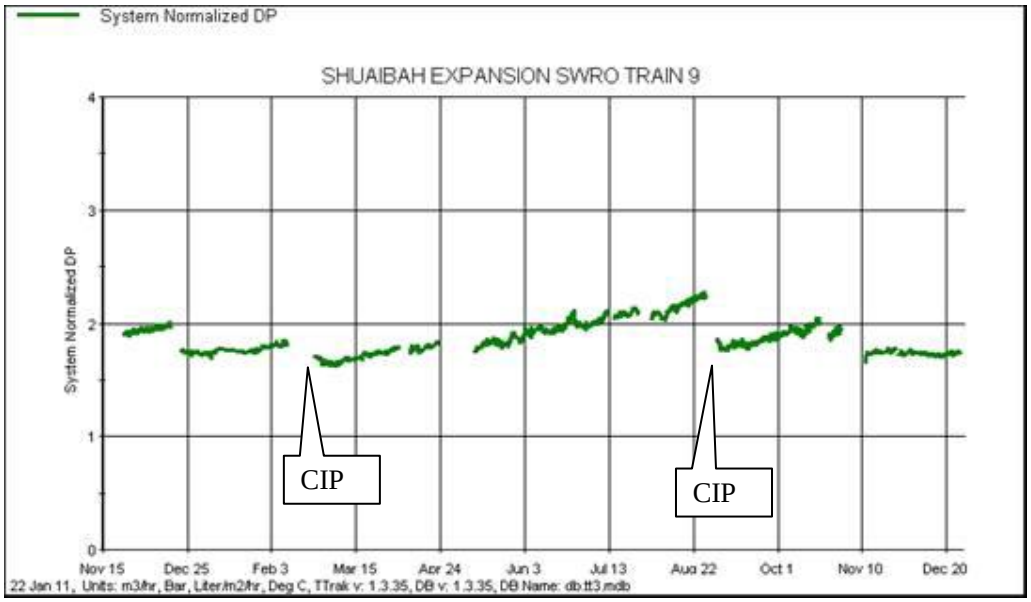


图 8 SWRO 的标准化压差

下图所示是 BWRO 的实际产水流量和产水电导率。系统能够稳定的达到设计时的产水流量（每列 630m^3/h，未完全连续运行），且产水电导率维持在 15us/cm 优于要求水质指标（TDS<35mg/L, Cl<20mg/L）。



图 9 BWRO 的出水流量及电导率

对于硼浓度，通过人工进行检测。下图所示是 BWRO 的产水硼浓度数据。显示浓度为 0.2-0.3mg/L 优于要求（<0.5mg/L）。

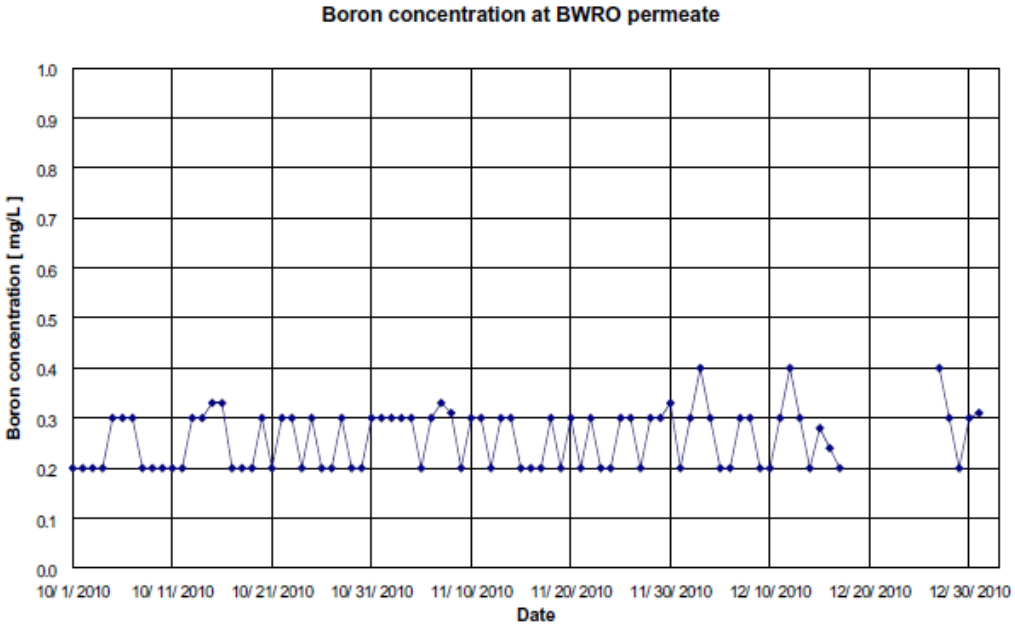


图 10 BWRO 的出水硼离子浓度

下图所示是 BWRO 的回收率和系统通量。BWRO 运行过程中保持设计回收率(90%)和系统通量(32.7lmh)。

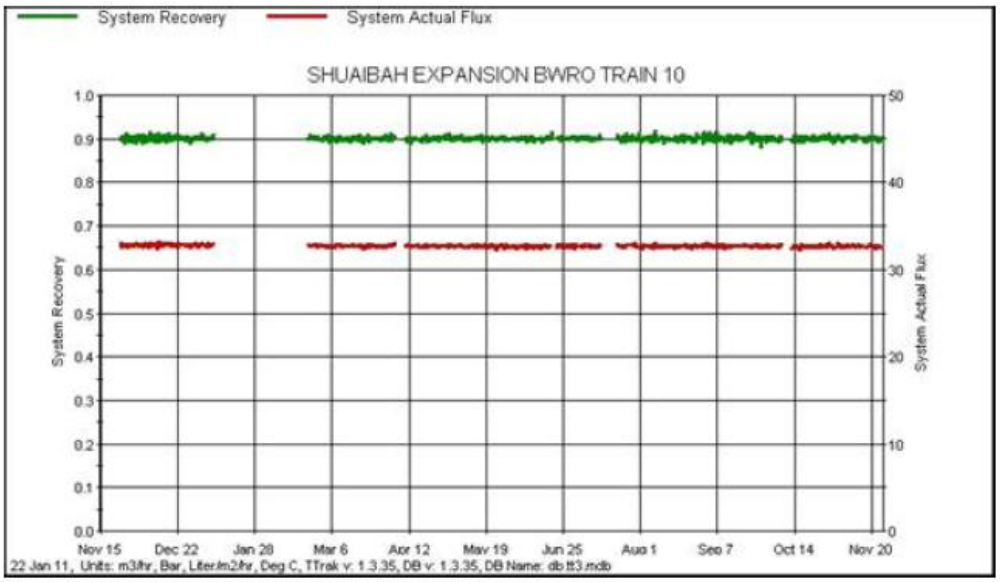


图 11 BWRO 的回收率和系统流量 [lmh]

下图是 BWRO 的标准化产水流量及标准化盐透率。尽管是在高 pH 的运行条件下，标准化产水流量和盐透率在一年多的运行中维持稳定。

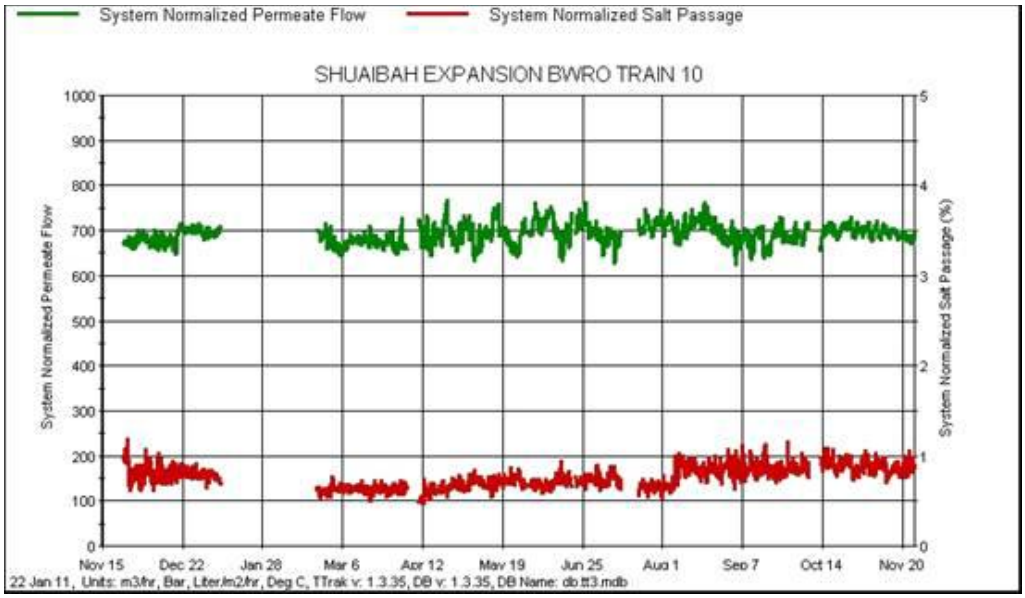


图 12 BWRO 的标准化产水流量和盐透率

下图所示是 BWRO 的标准化压差。没有 CIP 但是 NDP 仍然维持稳定。

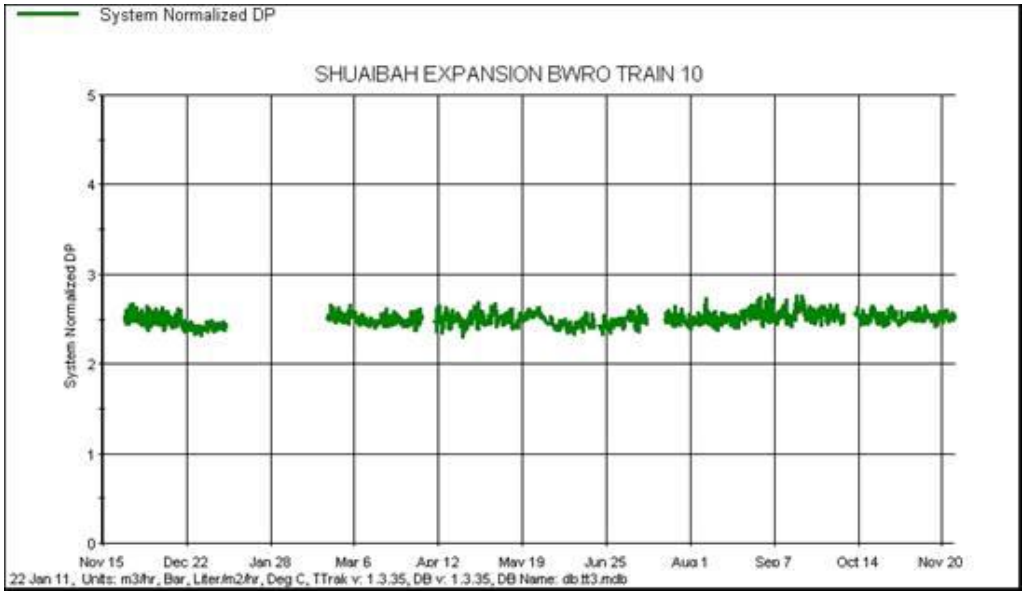


图 13 BWRO 的标准化压差

3.3 在线清洗（CIP）问题

当标准化压差升高或标准化产水流量降低时，CIP 对于恢复系统运行性能很重要。在该工程中，现场设置了在线清洗中试装置便于清洗测试，可获得有效的 CIP 清洗条件。

测试前，对已经运行了 3 个月的 SWRO 元件进行了测试。根据测试，产水流量下降和压差上升主要集中在压力容器的前端膜元件。从解剖的膜来看，膜表面有轻微的膜污染（如图 14 所示），并且这些污染物从灰分和 FT-IR 分析来看主要是有机物和微生物。

由于主要污染物是有机物，因此 CIP 的测试条件主要在碱性清洗条件下进行。表 4 所示是现场运用中试装置测试的清洗条件。表 5 为清洗结果。清洗是否有效主要通过清洗后的元件重量来判断。通过该测试发现对污染物最有效的去除条件是：

- 高温
- 组合表面活性剂
- 反复的冲洗
- 逆向流清洗

根据以上的结果，以下的条件被应用在 Shuaibah 3 期扩建反渗透海水淡化厂 SWRO 清洗过程中。

过程　　步骤 1　用 BWRO 产水反复冲洗

步骤 2　用 1%的 EDTA 清洗（35-40℃）

步骤 3　用 2%的柠檬酸清洗（35-40℃）



图 14 解剖的膜表面及污染物质照片

表 4 SWRO 膜元件的清洗条件

	Data Number	Note	Cleaning Condition
Reference Data Collection	R1	New RO Element	
	R2	7 months Operation	
Chemical Cleaning Test	C1	Current CIP condition	EDTA1% > Citric Acid 2%
	C2	High Temperature	EDTA1% > Citric Acid 2%, 40 deg C
	C3	High pH	EDTA1% (pH12) > Citric Acid 2%
	C4	Long Time Soaking	EDTA1% > Citric Acid 2%, 6hr Soaking
	C5	Combination of Detargent	EDTA1%+DSS0.3% > Citric Acid 2%
	C6	SBS Effect	SBS 0.1% > Citric Acid 2%
	C7	NaOH Effect	NaOH (pH11.5) > Citric Acid 2%
Phisical Cleaning Test	P1	Normal Flushing	Flushing by Product Water
	P2	Repeat Flushing	Repeat Flushing by Product Water
	P3	Seawater Flushing	Recirculation by Seawater
	P4	Suction Back	Suction Back
	P5	Reverse Flow	Reverse Direction Flushing
Confirmation Test	Z1	Combination of P2 and C2	Repeat Flushing > EDTA 1% > Citric Acid, 40 deg C

表 5　清洗测试结果

Data	Condition	Element Weight	Foulant weight (at Autopsy)		Salt Rejection	Product Flow	DP (at 59bar)
		[kg]	[g/leaf-surface]		[%]	[gpd]	[mbar]
			(wet)	(dry)			
R1	New RO Element	14.6			99.8	7400	470
R2	7 months Operation	17.1	6.29	0.66			
C1	Current CIP condition	15.6			99.77	5700	480
C2	High Temperature	15.5	2.40	0.24	99.81	5200	490
C3	High pH	15.7			99.77	5300	510
C4	Long Time Soaking	15.6			99.79	5400	535
C5	Combination of Detargent	15.4	5.16	0.37	99.72	5800	495
C6	SBS Effect	15.9			99.79	5100	360
C7	NaOH Effect	16.0			99.77	5000	370
P1	Normal Flushing	16.8			92.60	5000	325
P2	Repeat Flushing	15.4	7.45	0.95	99.71	4800	420
P3	Seawater Flushing	16.9			99.78	5700	300
P4	Suction Back	15.8			99.81	5500	730
P5	Reverse Flow	15.4	6.04	0.62	99.82	6100	470
Z1	Combination of P2 and C2	15.3			99.76	6000	300

4　结论

Shuaibah 3 期扩建反渗透海水淡化厂是红海岸第一座使用聚酰胺膜的大型反渗透海水淡化工程（150,000m^3/d）。从 2009 年 11 月 17 日开始的为期一年多的商业运行，系统保持优异的产水水质和稳定运行状态。

RO 膜的品质（不仅包括 SWRO 也包括 BWRO），RO 系统的设计以及 RO 的预处理系统都促使了该工程的成功稳定运行。这将会是扩大反渗透技术在海水淡化中选择和应用的重要里程碑。

5　感谢

我们感谢 SWEC 公司(Shuaibah Water & Electricity Company)允许这些数据公开。

第七节 最新的高性能反渗透膜研发成果

作者：Masahiro Henmi*, Masahiro Kimura*, Masahide Taniguchi*,
Takao Sasaki*, Tadahiro Uemura*
(*Research Associate, Laboratories - Toray Industries, Inc. - Japan)
译者：东丽先端材料研究开发（中国）有限公司 水处理研究所

1 摘要

反渗透膜（RO）是解决世界水危机问题的最有力的工具之一。东丽在缩合聚酰胺上采用分子设计开发了用于海水和苦咸水淡化的高性能 RO 膜，这种膜对比于传统反渗透膜来说，能在不利的条件下（低压、低温或高温、大量污染物质等）生产具有合适水质和水量的优质产水。

在以前的论文中，采用正电子束法的正电子湮灭时间的光谱分析（PALS）实验研究测定出了海水淡化 RO 膜的膜孔径尺寸。由此得出膜孔大小和 RO 膜对硼的去除特性显示出相关性。进行膜表面形态学分析是为了获得影响膜的透水性的参数。透视电子显微镜法（TEM）分析能精确预测 RO 膜表面的褶皱构造，而且获得了可预测 RO 膜内部结构、膜表面面积和膜厚度的新参数。这说明 RO 膜的透水性决定于膜的表面形态。

通过这些研究，获得了用来预测 RO 膜物理化学和化学特性的结构分析的有效工具。本论文中讨论了新型 RO 膜的研发方向及其工作参考。

有效地使用高性能 RO 膜的进一步研究也在进行当中，在不久的将来它将用于处理各种温度和盐度的水。考虑到避免膜污染而推荐合适的通量，能推测出高通量膜适合于低温和低盐度，高脱盐率膜适合于高温和高盐度。

2 介绍

2.1 节约能源和改善水质的需求

人口激增和人类工业活动引起了水资源的大量消耗和水污染。由于膜技术在低能耗条件下能提供高品质水，因此被认为是解决这些问题的最有力工具之一。尤其在脱盐淡化水领域，RO 膜不仅被广泛应用于海水淡化，而且也应用于苦咸水淡化，包括工业和污水回用。今天膜的商业市场已经快速而广泛地扩展到世界各地。

由于海水的可用性，已成为最重要的水资源之一。世界各地有许多大型反渗透海水淡化厂运营着。节约能量和改善水质是反渗透法海水淡化的两大主题。在节约能源方面，这 40 年来，反渗透法海水淡化厂的平均能耗已被减至五分之一（MacHarg, 2007），主要原因是由于膜、泵、能量回收装置的卓越技术革新。然而，为了进一步降低能耗，仍然需要更先进的技术发展。在水质方面，由于实验室动物的经口实验显示硼具有再生性毒性（WHO, 2004），故其浓度的标准已受到重视（Taniguchi, et al., 2001,2004; Fukunaga, et al., 1997）。在海水中硼以硼酸的形式存在，它的浓度为 4-7mg/L，含量是地表水的二十倍甚至更高。由于下述原因对 RO 膜来说去除

硼有一定难度。首先，硼以硼酸的形式存在，硼酸分子的尺寸很小，很难通过膜孔径截留得以去除；第二，由于硼酸的酸离解常数是 9.14-9.25，在 pH7-8 的天然海水中不发生电离化，当 pH 达到 9 或更高后，发生离解（Rodriguez, et al., 2001; Hyung, et al., 2006），在中性条件下由于硼酸和膜间的电子排斥力致使硼去除率不高。WHO 建议到 2008 年底硼的含量应低于 2.4mg/L，然而实际上每个厂家的产品水中的硼浓度值主要与系统设计、水的使用和国家的政策等有关。

虽然，理想的海水 RO 膜应该具有高透水性和高的溶质去除性能。通常透水性增加和溶质脱除率降低有一个逆向权衡，如图 1 所示。聚合物之间的空间形成了 RO 膜上的孔，膜孔的尺寸和数量决定着 RO 膜的性能。也就是说，水中溶质的去除决定于膜孔尺寸，透水性决定于膜孔的数量。为了获得更优的性能，RO 膜的分子结构和溶质传输机理的科学研究是必需的。

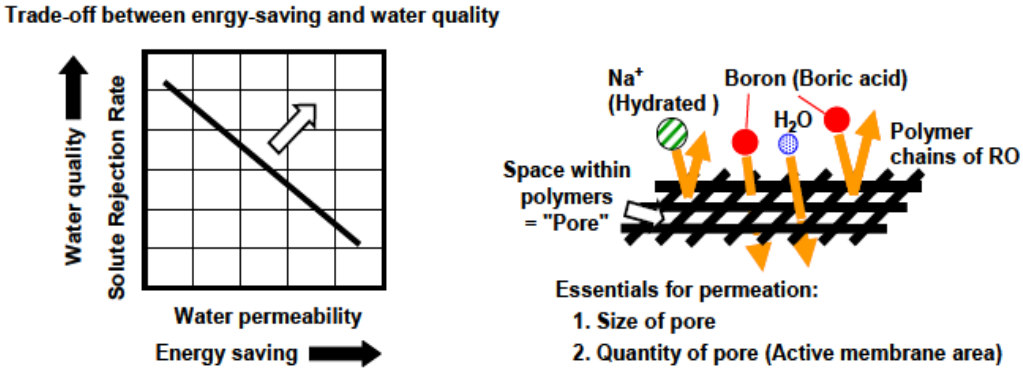


图 1 RO 膜性能改善的概念

随着可持续水资源利用需求的增长，污水再利用处理厂的数量逐年增加。污水脱盐的操作压力比海水淡化低很多。因此，利用污水有助于节约能源。在污水再利用处理厂，污水首先通过生物处理，例如活性污泥法、膜生物反应器法（MBR），生物处理后的水再进入 RO 膜处理。在 RO 膜工艺中，稳定运行是最重要事项之一。有许多操作问题曾被报道，尤其是膜污染问题占总问题的 80%。为了避免膜污染，必需考虑以下事项：（1）低污染特性 RO 膜；（2）RO 膜前充分的预处理；（3）RO 膜适宜的清洗操作。

膜污染现象分为化学污染和生物污染。化学污染由有机物吸附到 RO 膜表面引起，例如腐殖物质和 RO 进水中的表面活性剂。水源不同，腐殖物质和表面活性剂的化学结构多种多样。然而，它们均有疏水基团和离子基团。由于 RO 膜的材质通常为聚酰胺，也具有疏水和离子基团，因此能与腐殖物质和表面活性剂发生强烈的相互作用。如果发生生物污染，可能发生下述问题：（1）由于疏水或静电作用的微生物吸附；（2）进水中养分充足，微生物繁殖；（3）生物代谢物质的沉积。其中问题（1）是可逆过程，问题（2）和（3）是不可逆过程，其通过化学清洗无法去除。因此防止 RO 膜被污染，控制问题（1）是非常重要的。而且在该领域开发低污染 RO 膜是有必要的。

2.2 RO 膜的结构分析

由于交联芳香族聚酰胺在物质去除性和操作耐久性方面显示了优异的性能（Petersen, 1993），因此成为复合 RO 膜的分离功能层中最常见的材质。复合 RO 膜通常由三部分构成，即分离功能层、聚砜多孔支持层和聚酯无纺布基层，见图 2 所示。在分离功能层中，交联芳香族聚酰胺形成了反渗透功能的半透膜。其它两层的作用是在操作压力下，支撑分离功能层的结构，且无半透膜特性。因此，RO 膜的功能取决于交联芳香族聚酰胺的物理化学特性。

近来，采用正电子湮灭时间光谱法（PALS）分析复合海水膜分离功能层的膜孔尺寸，每种膜的膜孔尺寸范围约在 5.6-7.0Å。分离功能层孔径范围被认为是 RO 膜特性的表征。而且，RO 膜孔径和硼渗透性具有一定相关性。显然，孔径增大，硼渗透性增加。因此，分离功能层的孔径被认为是 RO 膜控制溶质去除特性的主要因素之一（Kurihara, 2006a, 2006b; Tomioka, 2006）。

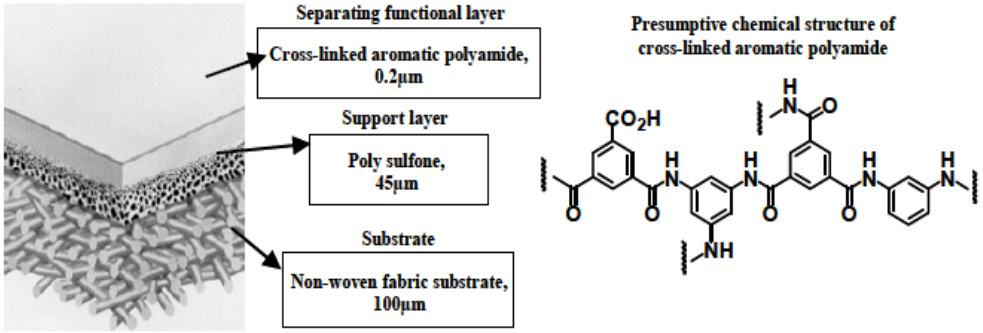


图 2 复合 RO 膜结构和交联芳香族聚酰胺化学结构

基于由 C13 核磁共振研究结果建立的化学结构的分子动力学数学模型，从初始结构计算最优化模型，并包含预计的水量。为了解析聚合物模型中的孔径，采用康纳利曲面计算（Connolly surface calculation）脱水优化聚合物模型。计算结果显示孔径约为 6-8 Å，这与正电子湮灭时间光谱法（PALS）分析测试结果基本一致。因此，证实了聚合物动力学模型的可靠性。比较 RO 膜孔径和典型去除物质大小，并考虑其水合状态，例如：硼酸和钠离子，见图 3 所示。钠离子具有强水合性，而硼酸在中性 pH 范围几乎不水合。因此，RO 膜孔径与水合钠离子近似，但稍大于非水合态的硼酸。这就是为何硼的渗透性大于 NaCl 的渗透性的原因。膜孔和溶质（包括水合态物质）间尺寸稍有差异时会主导去除特性。

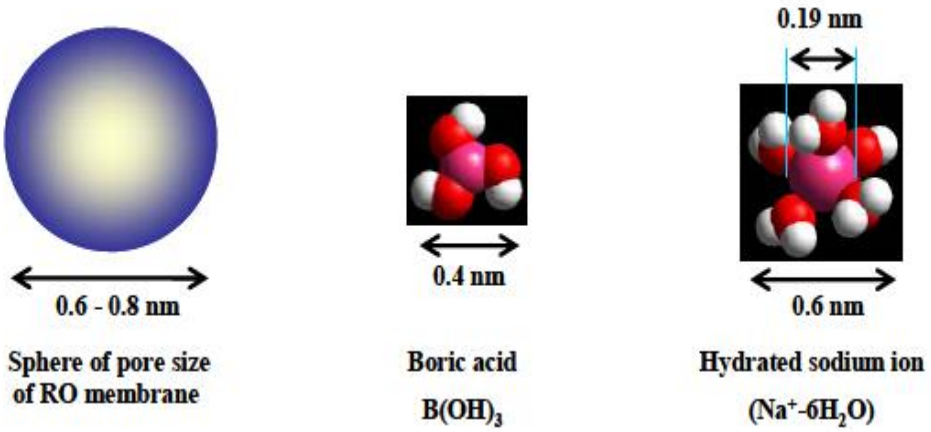


图 3 RO 膜孔径和典型去除物质比较

通过膜孔尺寸分析，大大推进了与 RO 膜物质去除特性有关的膜面结构研究。随后又进行了透水性研究。在这个研究中，还将讨论膜表面形态学分析结果和应用该研究成果的新型节能、高脱硼膜的开发及其使用业绩。

2.3 RO 膜表面形态学分析

根据过去的膜表面形态学研究得知，RO 膜表面分离功能层材质是交联芳香族聚酰胺，呈现褶皱结构，我们可以大胆推测该结构将有助于 RO 膜的透水性能。然而，传统的 SEM 分析方法只显示出表面信息，如图 4（左图）给出的表面形态。但我们不清楚这种结构对膜的分离特性有何作用。为了获得更为可靠地信息，需要更为精确的分析手段用于解析褶皱构造。

通过特定的预处理方法保持构造的稳定性，再加上透视电子显微镜（TEM）方法被采纳用来分析 RO 膜表面褶皱构造，如图 4 的右图，给出了一个定量化的表面形态。根据这个图像，由于褶皱结构内部被证明类似洞穴，因此这种结构对透水性的贡献被认可。通过这个分析，获得了预测内部结构、膜表面面积（由突起脊线长度表示）和膜厚度的新参数（Kurihara, 2008）。通过比较不同透水性的膜、大表面面积的膜或具有更薄的厚度的膜拥有更大的透水性，据此膜面褶皱的形态与膜的透水性的相关性被确认了。

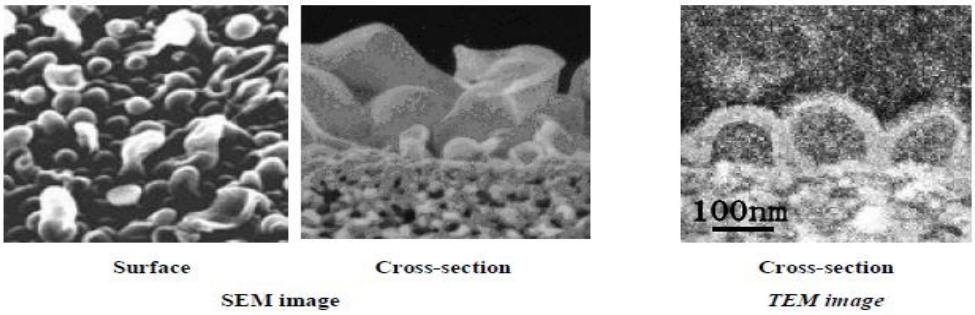


图 4 膜面形态的图像（传统 SEM 和经过特殊处理的 TEM 图像）

因此，通过膜孔尺寸和膜面形态学的研究，大大推进了有关于 RO 膜溶质去除性与透水性能的研究。本文讨论了运用该研究成果的新型节能型、高脱盐膜，及其

应用。

3 结果和讨论

3.1 节能和高脱盐海水反渗透膜

通过上述研究，为了开发创新性反渗透膜，必须采用能控制 RO 膜物理、化学性的特殊分子设计方法。在此基础上，东丽开发了用于海水淡化工艺，具有高脱盐性能的 RO 膜元件。RO 膜元件系列见表 1。TM820A 具有 93%硼去除率和高脱盐率。TM820C，TM820E 和 TM820S 均具有高脱硼率和高产水性能。TM720C 由于具有碱耐久性，通常用于多阶段工艺的第二级。最近，具有高脱盐率和高产水量的 TM820R 研发成功并上市，已被工程验证拥有高性能并稳定运行。作为下一目标，具有超高脱盐率的 TM820K 和更低能耗膜 TM820L 已发布。下一部分将讨论这些膜的应用研究。

表 1 东丽海水 RO 膜的产品系列

时期	产品	规格*			特征
		TDS rej.（%）	产水量（GPD,（m^3/d））	硼去除率（%）	
现在	TM820A	99.75	6,000（22.7）	93	高脱硼率
	TM820C	99.75	6,500（24.6）	93	节能 高脱硼率
	TM820E	99.75	7,500（28.0）	91	
	TM820S	99.75	9,000（34.1）	90	
	TM720C	99.2	8,800（33.3）	94	耐碱（pH10）
新产品	TM820K	99.86	6,400（24.2）	96	极高脱盐率
	TM820R	99.80	9,400（35.6）	95	标准型
	TM820L	99.80	13,500（51.1）	92	高节能

*测试条件：除 TM720C: 进水 NaCl 32,000mg/L，硼 5mg/L，温度 25℃，pH 6.5，操作压力 5.52MPa，流量 80L/min，回收率 8%； TM720C: NaCl 1,500mg/L，硼 5mg/L，温度 25℃，pH 10，操作压力 1.03MPa，流量 80L/min，回收率 15%.

3.2 高性能海水淡化 RO 膜的应用研究

东丽海水淡化 RO 膜元件近期发展和将来研发方向如图 5 所示。基于利用基础研发的结果，东丽已经成功开发同时具有高产水量和高脱盐率的 RO 膜。随后，为了有效地将高通量膜和高脱盐率膜用于不同温度和不同盐度的水，采用计算设计表（表 2），进行了相关研究。在海水淡化 RO 操作中，由于快速通量而引起膜污染现象，因此通常设置推荐通量值来保持稳定运行。在这种情况下，为了避免膜壳中进水端元件的污染，其最大通量通常低于 30LMH。在这个限制条件下，通过合适的操作压力使膜元件充分工作。通过计算，根据进水水质，选择出适宜的海水淡化膜种类，见图 6。蓝线代表高通量型膜的边界线，红线代表标准型膜的边界线。

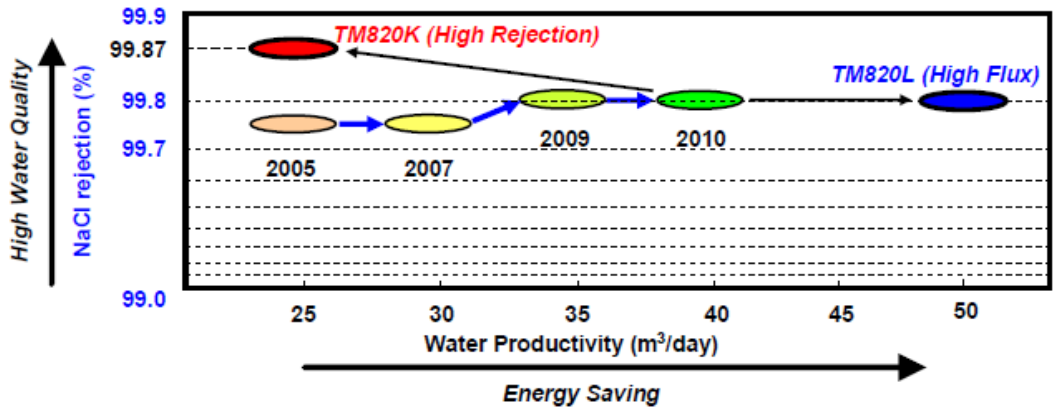


图 5 海水淡化 RO 膜元件近期发展和将来研发方向

表 2 目标元件的计算条件和规格说明书

设计条件	
回收率（%）	40
膜壳中元件数量	7
平均通量（LMH）	16
极限条件	
进水端最大通量（LMH）	＜30

目标膜元件	NaCl 脱盐率（%）— 通量（GPD）
TM820L（高通量）	99.80 — 13,500
TM820R（标准）	99.80 — 9,400
TM820K（高脱盐率）	99.87 — 6,000

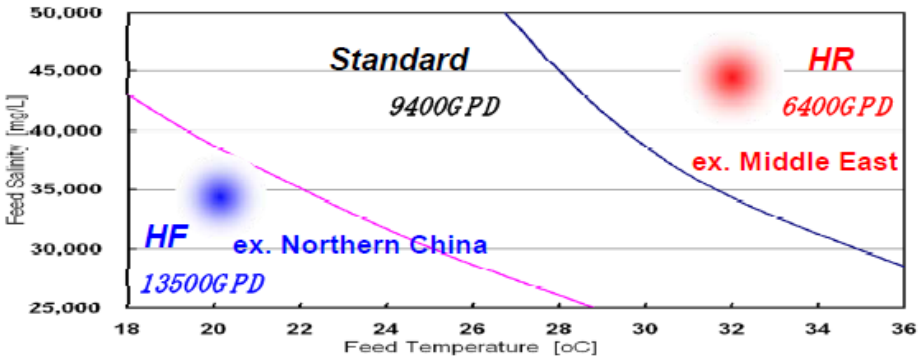


图 6 各种温度和盐度进水的海水淡化 RO 膜的适宜种类

这样可以看出，高通量膜适合于低温和低盐度，高脱盐膜适合于高温和高盐度。假定两个海域，一个是中国北部海域，另一个是中东海域，运行条件推算见表 3。在中国北部海域，高通量膜比标准膜显示出更低的操作压力。在中东海域，高脱盐膜在合适的通量下，产水盐度更低，而标准膜的进水端膜元件通量已超限。因此，对应于各种进水，这两种海水淡化膜是有用的。

表 3 假设海域运行条件估算

进水	中国北部海域（20℃,35,000mg/L）		中东海域（30℃,45,000mg/L）	
SWRO 种类	TM820L（High Flux）	TM820R Standard	TM820K（High Rejection）	TM820R Standard
进水端元件通量（LMH）	29.0	25.0	25.4	31.6
操作压力（bar）	47	51	67	60
产水盐度（mg/L）	175	127	154	367

3.3 低污染 RO 膜

通过在膜表面增加亲水性，开发了用于污水回用的低污染 RO 膜 TML20 系列。像传统 RO 膜一样，TML20 具有同水平的纯水透水性，而且在操作过程中保持透水性的同时，其低污染特性能有效避免化学和生物污染。

为了评价其对微生物的污染特性，某种疏水微生物和其他亲水微生物的吸附特性被测试，结果见图 7。疏水微生物与传统 RO 膜强烈吸附，引起 RO 膜的生物污染。如果采用 TML20 抗污染膜，疏水性微生物的吸附性很低，低于传统 RO 膜的十分之一。

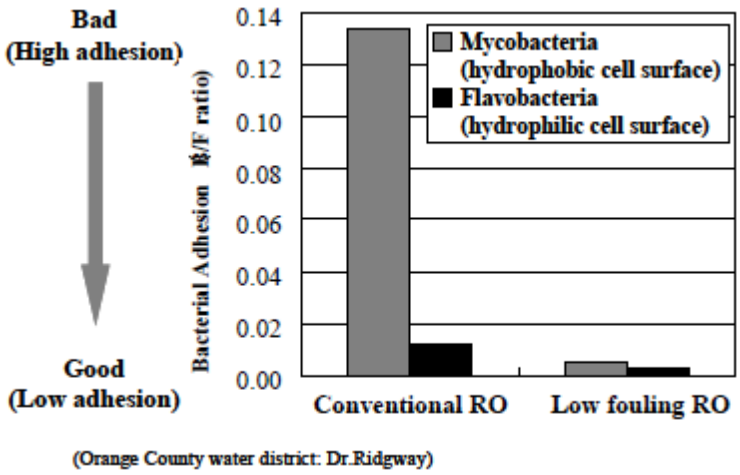


图 7 通过生物测定的抗污染性评价

4 最近淡化技术的主题

RO 膜技术创新的进一步研究仍在进行当中，其中一些是为了更好地理解 RO 膜的传输机理和膜性能控制。相信在不久的将来，一定会生产出具有理想特性的先进的反渗透膜。

水孔蛋白和纳米碳管被认为是具有先进特性的新型 RO 膜的基本材质，因此对其的研究利用将成为下一代 RO 膜的新挑战。另外正渗透（forward osmosis: FO）作为解决能源消耗问题的候选工艺之一，也吸引了许多关注。然而，这些研究均处于初始阶段，需要化大量时间、努力才能取得大的突破性进展。随着时间推移 RO 膜必将成为水处理最重要的技术之一，并需要继续研究。

5 结论

在反渗透海水淡化中，节约能源和溶质去除一直是最重要因素，然而，由于溶质去除与产水特性存在一个背离平衡，其同时满足较为困难。为了获得更优异性能的新型反渗透膜，对复合 RO 膜的聚酰胺进行了结构分析。通过膜孔孔径和形态学分析，在 RO 膜溶质去除性和透水性相关方面的研究取得了很大的进展。因此获得了评价 RO 膜物理、化学特性的有效工具。

使用这些研究成果，一种新型节能和高脱盐膜 TM820R 成功开发，其同时具有溶质高去除率和高产水性。TM820R 的高性能已经在实际项目中运用并证明，并稳定运行。

我们下一目标的膜的应用性研究是具有超高脱盐率的 TM820K 和更低能耗膜 TM820X。为了避免膜污染而考虑推荐通量，高通量膜适合于低温和低盐度，高脱盐膜适合于高温和高盐度。

对于污水再利用处理，通过进行膜表面改性，开发了低污染 RO 膜元件 TML20。TML20 具有优异的抗生物污染特性。

RO 膜被认为是水处理的最重要的技术之一。东丽将通过不断努力和研发新型膜技术为解决水问题而做出更大的贡献。

6 致谢

TEM, PALS 和固态 C13 核磁共振由东丽研发中心测试，并且感谢 Masuda A.先生，Ishida H.博士和 Hosomi H.先生的讨论和建议。同时感谢先端工业科学和技术国家研究所的 Suzuki R.博士和 Ohdaira T.博士对 PALS 测试的指导。

7 参考文献

1. Taniguchi M. Kurihara M. and Kimura S., Boron reduction performance of reverse osmosis seawater desalination process, J. Membrane Sci., 183 (2001) 249-257, *idem*, 259-267.
2. Taniguchi M., Fusaoka Y., Nishikawa T. and M Kurihara, Boron removal in RO seawater desalination, Desalination, 167, (2004), 419-426.
3. Fukunaga K., Matsukata M., Ueyama K. and Kimura S., Reduction of boron concentration in water produced by a reverse osmosis sea water desalination unit, Membrane, 22 (1997) 211-216.
4. Guidelines for Drinking Water Quality, 3rd ed., WHO (2004).
5. Rodriguez M., Ruiz A. F., Chilon M. F. and Rico D. P., Influence of pH in the elimination of boron by means of reverse osmosis, Desalination, 140 (2001) 145-152.
6. Henmi M., Tomioka H. and Kawakami T., Performance advancement of high boron removal seawater RO membranes, IDA World Congress on Desalination and Water Reuse, Maspalomas, Gran Canaria, Spain, 21-26 October, 2007, MP07-038.
7. Petersen R. J., Composite reverse osmosis and nanofiltration membranes, J. Membrane Sci., 83 (1993) 81-150.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. Hirose M., Minamizaki Y. and Kamiyama Y., The relationship between polymer molecular structure of RO membrane skin layers and their RO performances, J. Membr. Sci., 123 (1997) 151-156.8. Kirkegaad P. and Eldrup M., POSITRONFIT: A versatile program for analyzing positron lifetime spectra, Computer Physics Communications, 3 (1972) 240-255.10. Provencher S. W., CONTIN: A general purpose constrained regularization program for inverting noisy linear algebraic and integral equations, Computer Physics Communications, 27 (1982) 229-242.
12. Kurihara M., Henmi M., Tomioka H. and Kawakami T., Advancement of RO membrane for seawater desalination and wastewater reclamation., Oral presentation in the ICOM 2008, Hawaii, 13-18 July.

第八节 高耐久性低污染 RO 膜及其应用

作者：朱列平，王丽华，黄圣散，杨瑜芳，杉田 和弥，木村 将弘
(Toray Industries,Inc.)
译者：东丽TARC水处理研究所

摘要:

凭借公司所拥有的纳米技术优势，东丽已成功研制出具有高通量，高脱盐和高抗污染性能的耐久性 RO 膜，新型 RO 膜对酸、碱和余氯都具有更高的化学耐久性能。

新型 RO 膜利用东丽独有的分子设计和界面聚合技术，使膜的亚纳米级细孔结构更稳定。由于新型 RO 膜具有更高的化学耐久性和分离性能，能更好地应用于水质较差苦咸水和污水处理工艺中，甚至化学清洗更频繁的处理系统中。

通过膜片酸、碱浸泡实验和膜元件化学强化清洗实验确认了新型 RO 膜优异的化学耐久性能。同时，通过对污水回用系统二沉池出水进行的中试运行考察，进一步验证了东丽高耐久性低污染RO膜在pH1-13范围内化学强化清洗后，仍能保持着非常稳定的高脱盐率。

Ⅰ．前言

近年来，面临世界水资源短缺问题，RO 膜广泛用于水处理工程。RO 膜不仅能满足水质需求的安全性，而且能实现低能耗下的高透水量[1]。为扩大 RO 膜市场应用，确保不同原水条件下的高品质产水，提高膜化学耐久性和使用寿命尤其重要。

众所周知，中国可用水资源量仅为世界平均水平的四分之一，由于水资源的短缺，近几年水价持续上涨，因此，水回收利用的需求也在增加。尤其，RO 膜用于污水回用的项目数量也在飞速地增长。但 RO 膜在使用过程中，由于预处理的不当导致 RO 进水无法满足进水要求或者浓水侧容易发生生物污染 [2]，使得膜易受到严重污染。为维持 RO 膜的性能，不得不采用化学药剂进行清洗，但化学药剂的频繁使用会影响膜的耐久性能。

为满足要求，东丽通过控制膜孔径的大小在亚纳米级别 [3]，使 RO 膜在条件变化的情况下孔径结构能够保持稳定。提高 RO 膜耐久性两个关键技术点如下。

(1) 功能层基本结构稳定化－分子设计技术

利用透射电子显微镜（TEM）分析显示，在 RO 膜的聚酰胺功能层形成分布有褶皱，褶皱具有孔隙结构。东丽在过去曾经采用正电子湮灭时间光谱法（PALS）和分子动力学模型方法控制孔径大小，成功地研发出具有高脱硼率的 RO 膜。这次研发深化了分子动力学模拟分析，从多元（孔径，容积，数量）角度对细孔结构进行了解析。通过本解析技术对周围环境变化时所造成的细孔构造变化进行预测，采用分子设计技术成功开发出细孔结构不随周围环境变化的稳定的架桥聚酰胺基本功能层。

(2) 功能层立体结构稳定化－精密界面聚合技术

东丽利用温度调制差示扫描热分析法（TMDSC）成功地对聚酰胺功能层立体结构稳定性进行定量测试。基于 TMDSC 的分析数据，东丽引入精密界面聚合技术，使聚酰胺功能

本文为 2013 年国际脱盐协会会议专题论文，版权为国际脱盐协会(IDA)所有，未经许可，不得翻录。

层的立体结构稳定化，实现化学清洗条件下对化学药剂具有高耐久性的新型聚酰胺功能层。东丽已成功研发出具有高通量，高脱盐率，高有机物去除率同时对化学药剂具有高耐久性的新型 RO 膜。通过实验室的膜片酸、碱浸泡实验和膜元件化学强化清洗实验，新型 RO 膜的优异性能已经得到验证。同时，采用实际市政污水回用项目 MF 出水作为 RO 进水的中试规模试验也同步进行。

II. 实验对象和方法

2.1 实验对象

现有低污染膜元件 TML20N-400 被选择用来和新型耐久性膜元件进行对比，两款膜元件拥有相同的膜面积和给水流道宽度。两款膜元件的技术参数如表 1 所示。

表1　实验膜元件的技术参数和特点

膜元件型号	脱盐率 SR(%)	产水量 gpd(m^3/d)	有效膜面积 (m^2)	给水流道宽度 (mil)	特点	化学清洗 pH范围
TML20N-400	99.7	10,200(39.0)	400(37)	34	低污染	1-12
TML20D-400	99.8	10,500(39.8)	400(37)	34	耐久性低污染	1-13

标准评价条件：2000mg/L NaCl, 225psi, 25℃, pH7,回收率15%

2.2 实验方法

2.2.1 RO 膜片酸碱耐久性实验

高耐久性低污染 RO 膜片和现有低污染 RO 膜片浸泡在强碱（pH13 氢氧化钠）强酸（pH1 盐酸）溶液中，考察化学强化清洗条件下性能变化。实验过程如下所述。

RO 膜片浸泡在不同 pH 条件下 → RO 膜片标准性能测试

RO 膜片（TML20N 和 TML20D 膜片）取自解体膜元件。首先对新膜片进行标准评价，然后分别在膜片浸泡 1、3、8、15 天后对膜片进行标准性能评价。RO 膜片标准性能评价条件如下所示：

①标准评价溶液：1500mg/L NaCl 溶液

②压力：1.5MPa

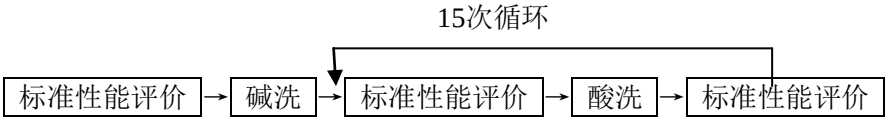
③温度：25.0±0.5deg.

④pH：7.0±0.2

⑤浓水流量：3.5L/min

2.2.2 RO 膜元件酸碱联合清洗实验

模拟现场实际清洗方法，新型高耐久性低污染 RO 膜元件和现有低污染 RO 膜元件分别进行酸碱联合清洗。实验过程如下所述。



碱洗条件：NaOH 溶液（pH13），循环浸泡 16hr

酸洗条件：HCl 溶液（pH1）循环 1hr

RO 膜元件标准性能评价条件如下所示：

①标准评价溶液：2,000mg/L NaCl 溶液

②压力：1.55MPa

③温度：25.0±0.5deg.

④pH：7.0±0.2

⑤回收率：15%

2.2.3 清洗后 RO 膜片低污染性能测试

经过极端 pH 条件下浸泡 15 天后的膜片再使用非离子表面活性剂（Triton X-100）进行低污染实验。实验过程如图 1 所示，主要包括膜片浸泡和低污染性能测试。低污染性能测试的测试方法如图 2 所示。在这实验中，如果污染后的通量衰减率和纯水冲洗后通量衰减率越小，表明 RO 膜片的低污染性能越好。

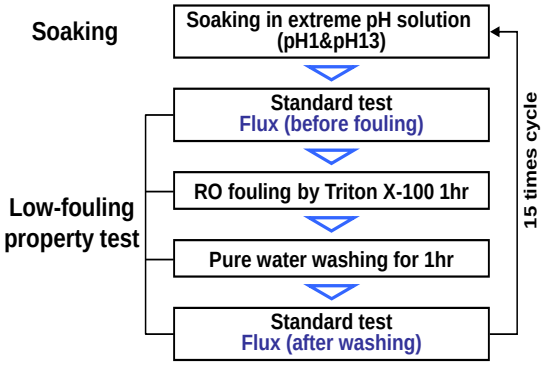


图1　实验流程

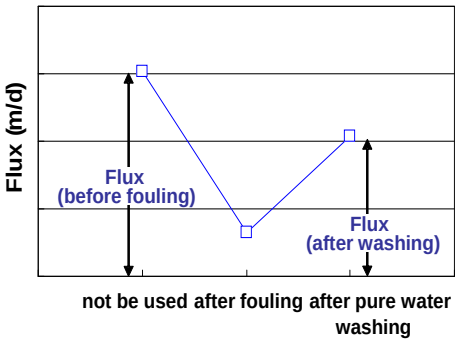


图2　低污染性能测试方法

图2试剂污染后的通量衰减率和经过纯水冲洗后通量衰减率的计算方法如下。

污染后膜通量衰减率=（新膜初始通量-污染后膜片通量）/新膜初始通量

纯水冲洗后通量衰减率=　（新膜初始通量--纯水冲洗后通量）/新膜初始通量

2.2.4 中试运行条件

中试装置设置在一个国家级经济技术开发区的污水回用项目现场，该回用项目采用 MF+RO 双膜法处理系统，产水量达到 20,000m3/d。

中试运行工艺流程和运行条件分别如下图 3 和表 2 所示。中试现场 RO 进水为 MF 产水。试验采用 TML20D-400 东丽新型高耐久低污染 RO 膜元件。单个压力容器内装有 6 支 8 英寸高耐久低污染 RO 膜元件，膜面积共计 222m^2。在 RO 系统连续运行期间，产水流量和浓水流量分别控制在 4.3m^3/h 和 3.7m^3/h。RO 预处理中投加防止 RO 膜氧化的 SBS（亚硫酸氢钠）和阻垢剂。

同时，为模拟实际 RO 膜化学清洗条件，现场在线化学清洗的主要步骤如下：

①碱洗：NaOH（pH=13.0）+0.025%Na-SDS 溶液，浸泡过夜 16h，温度=25-30℃

②酸洗：HCl（pH=1.0）溶液，浸泡 2h，温度=25-30℃

碱和酸浸泡前后，进行循环以保持有效清洗浓度，使污染物从膜面去除。

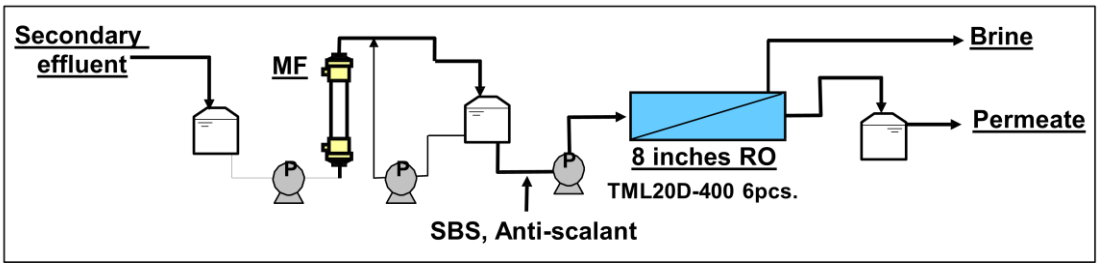


图3 中试运行工艺流程图

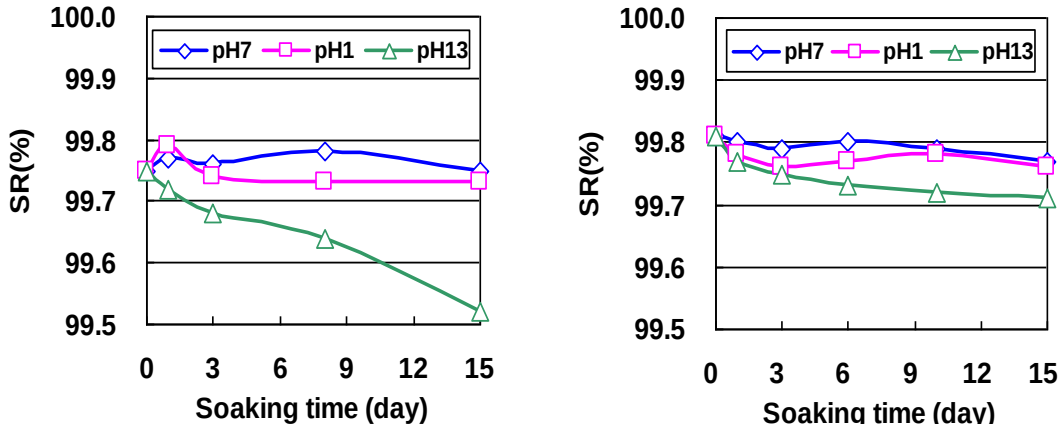
表2 中试RO运行条件

RO膜元件型号	TML20D-400
每支膜元件有效膜面积	37m^2
总有效膜面积	37*6=222 m^2
RO运行通量	18.9LMH
RO产水流量	4.2m^3/h
RO浓水流量	3.7 m^3/h
回收率	53%
SBS投加量	3ppm
阻垢剂投加量	3ppm

III. 实验结果与讨论

3.1 RO 膜片酸碱耐久性实验

在要求的浸泡时间内对 RO 膜片进行性能测试。随着浸泡时间的增加脱盐率（SR）下降。RO 膜的脱盐率变化如下图 4 所示。



(a) TML20　　(b) TML20D

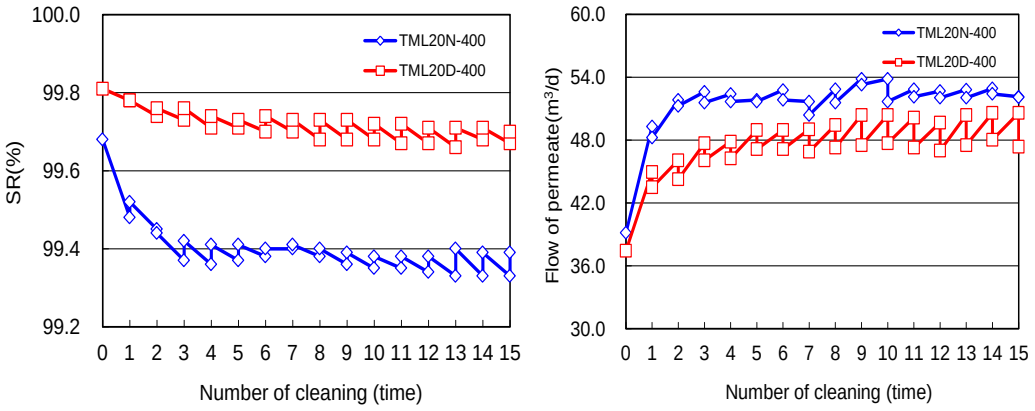
图4 不同浸泡时间RO膜片脱盐率的变化

从图 4 测试结果可以看出，在 pH7 和 pH1 的浸泡条件下两款膜性能保持稳定。但在 pH13 浸泡条件下，高耐久低污染 RO 膜脱盐率变化比现有的低污染 RO 膜小。东丽现有低污染 RO 膜可以耐受 pH1-12 清洗，而新型高耐久性 RO 膜可以在 pH1-13 的范围使用。对于碱洗，高耐久低污染 RO 膜（TML20D）可耐受的碱浓度是现有低污染 RO 膜（TML20）的 10 倍。在不造成膜片性能衰减的情况下，可使用高浓度碱液提高

污染膜元件的化学清洗效果。

3.2 RO 元件化学强化清洗实验

经过 15 周期酸碱联合化学强化清洗后，RO 膜元件的脱盐率和产水量变化如图 5 所示。



(a) 脱盐率　　(b) 产水量

图5 强化化学清洗后RO膜元件的脱盐率和产水量变化

从图 5 可以看出，经过 15 周期酸碱联合化学强化清洗后，新型高耐久性低污染 RO 膜元件（TML20D-400）和现有的低污染 RO 膜元件（TML20N-400）的脱盐率分别为 99.71%和 99.38%。TML20N-400 膜元件的透盐率比是 TML20D-400 膜元件的 2 倍。高耐久性低污染 RO 膜元件（TML20D-400）的性能明显优于现有的低污染 RO 膜元件（TML20N-400）。

在实际工程应用中，RO 膜元件的设计通量和系统流量控制恒定，膜进水压力随系统运行变化而变化。化学强化清洗前后膜元件在相同通量条件下膜性能测试结果通过东丽 RO 设计软件计算。根据东丽反渗透设计指导，低污染反渗透膜元件在污水处理和再利用系统中通常使用的通量范围为 13-19LMH。以最大通量（19LMH）作为一个例子，相同通量条件下化学强化清洗前后膜元件性能结果如图 6 所示。

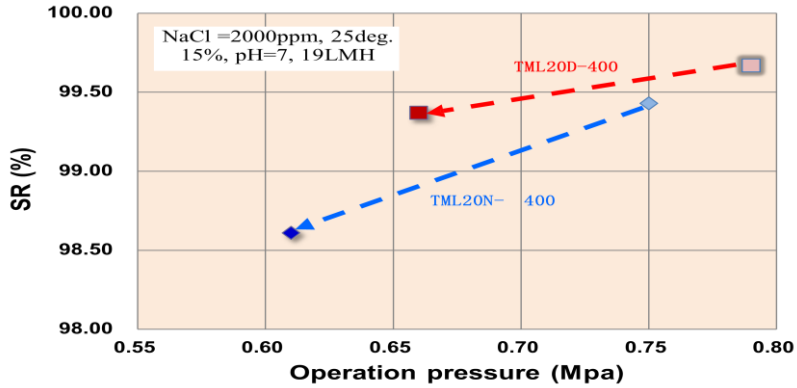


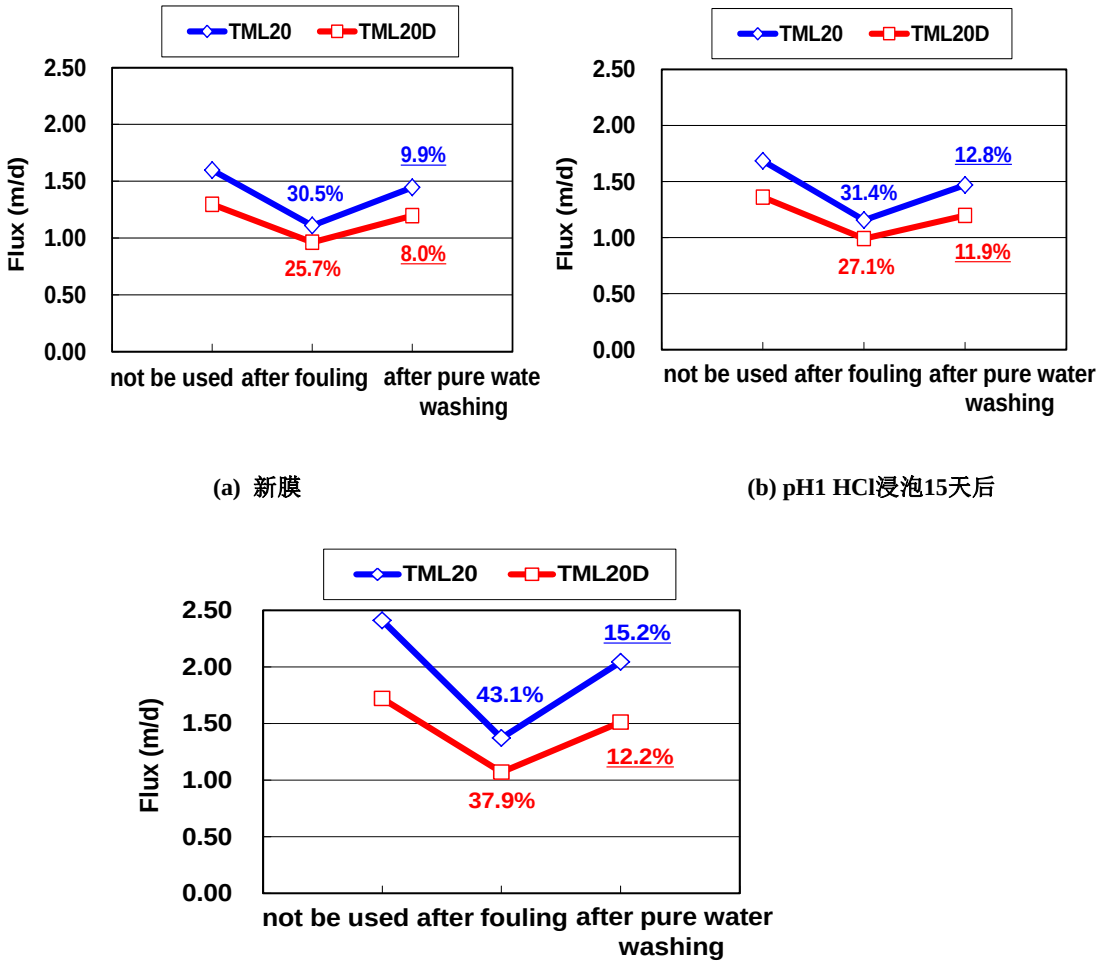
图6 相同通量下化学强化清洗前后膜元件性能变化
（浅色点代表初始性能；深色点代表清洁后的性能）

根据图 6 结果所示，当实际工程运行中 RO 膜以 19LMH 恒定通量运行时，高耐久低污染 TML20D-400 膜元件的脱盐率明显高于当前的低污染反渗透膜元件 TML20N-400。强化清洗后 TML20D- 400 的操作压力从初始的 0.8Mpa 变为 0.65Mpa，

而 TML20N- 400 操作压力从 0.75Mpa 降至 0.60Mpa。两款膜元件的操作压力差别不大，且在实际的工程运行中操作压力及能耗都要更低。膜元件经过 15 次酸碱联合清洗后，TML20D-400 的脱盐率变化和操作压力变化程度都要小于 TML20N-400，尤其是脱盐率变化更小。TML20D-400 膜元件性能相对更稳定，脱盐率能保持在 99.0%以上。在化学强化清洗后仍表现出优异的性能，表明高耐久低污染 RO 膜更耐化学清洗。

3.3 化学强化清洗前后膜低污染性能变化

随着化学清洗次数的增加，膜低污染分离层可能被破坏，膜元件性能会变差。因此，膜元件通过极端 pH 条件清洗（pH1 和 pH13）确认膜低污染性能的变化。膜低污染性能测试结果如图 7 所示。



(a) 新膜

(b) pH1 HCl浸泡15天后

(c) pH13 NaOH 浸泡 15 天后

图7 酸碱浸泡清洗后膜抗污性能变化

百分比%：污染后膜通量衰减率=（新膜初始通量-污染后膜片通量）/新膜初始通量

百分比%：纯水冲洗后通量衰减率= （新膜初始通量--纯水冲洗后通量）/新膜初始通量

从图 7（a）中可以看出，TML20D 新膜污染后通量衰减率和纯水冲洗后通量衰减率都要小于 TML20 膜，TML20D 低污染性能比 TML20 的更好。经过 pH1 盐酸浸泡 15 天后，两款膜污染后通量下降率和纯水冲洗后通量衰减率比新膜增加不明显，所以

强酸对两款膜低污染性能影响不大。

经过 pH13 氢氧化钠浸泡 15 天后，两款膜纯水通量都有明显提高。因此污染后及纯水冲洗后通量衰减率明显增大，结果表明强碱对膜低污染性能影响大于强酸。从图 7 中 TML20D 低污染性能测试结果可知，新膜及酸、碱浸泡后膜的纯水冲洗后通量衰减率分别为 8.0%、11.9%和 12.2%，通量没有显著的变化，也表明极端 pH 条件清洗对膜的低污染分离层没有明显的损伤。

3.4 化学耐久性中试确认

为确认高耐久低污染 RO 膜的化学耐久性，在约 9 个月的连续中试运行中，每 2～3 周进行一次碱(pH13)和酸(pH1)联合在线清洗，总共进行了 14 次化学强化清洗。

连续运行中 14 次化学清洗前后系统标准化脱盐率及标准化产水量变化如图 8 所示。14 次化学清洗后系统标准产水量增加约 25%，而系统标准化脱盐率仅从 99.0%下降至 98.6%，中试结果表明高耐久低污染 RO 膜具备非常强的化学耐久性能。

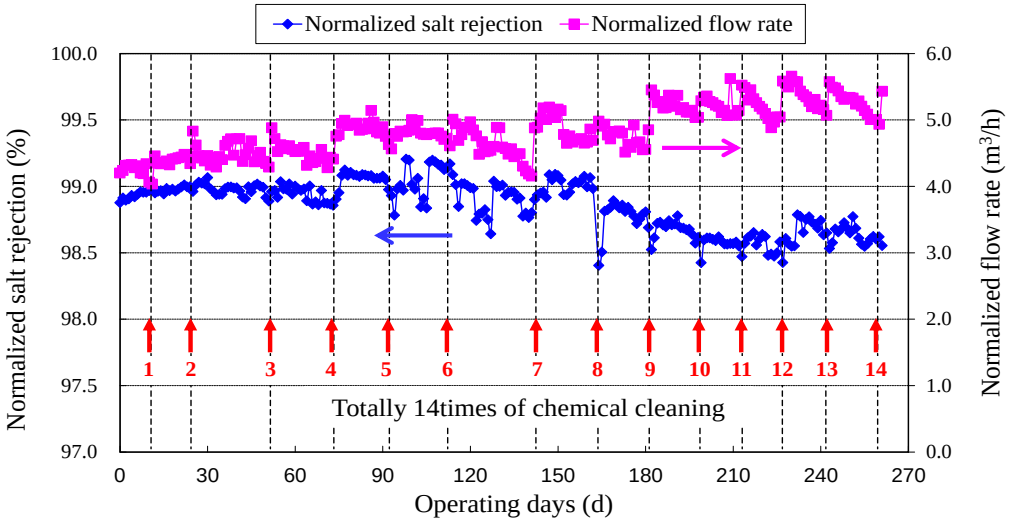


图8 中试化学清洗前后膜性能标准化结果

同时，对中试系统 RO 进水 TOC、产水 TOC 及 TOC 去除率变化进行确认，其结果如图 9 所示，中试运行期间进水 TOC 稳定在 4.3~5.6mg/l，TOC 去除率较高，平均去除率约 96%，且化学强化清洗前后的 TOC 去除率变化不明显，进一步表明低污染 RO 膜的高化学耐久性。

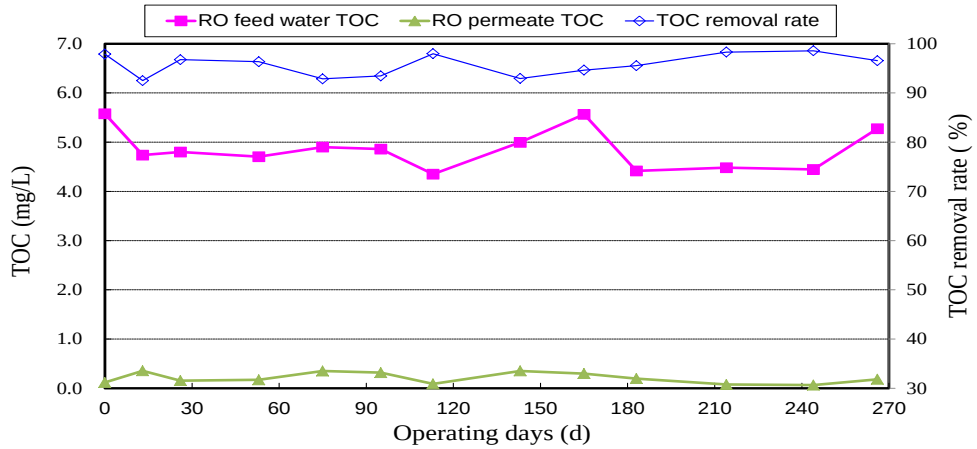


图9 中试运行进水TOC、产水TOC及TOC去除率变化

Ⅳ. 结论

凭借东丽公司独有的分子设计和界面聚合技术，具有稳定的亚纳米级细孔结构的高耐久 RO 膜被开发成功，其技术被用于当前的耐久性 RO 膜产品。通过小试和中试的测试，结果表明东丽高耐久低污染 RO 膜不仅具备突出的脱盐性能，而且有非常强的化学耐久性能，另外，低污染性能测试结果也进一步证明了其高化学耐久性。高耐久低污染 RO 膜适合当前中国污染严重的地表水处理系统及复杂的污水处理及回用工程，也能适用于更恶劣的水质和系统运行环境。

Ⅴ. 参考文献

1. K.Košutić, B.Kunst. RO and NF membrane fouling and cleaning and pore size distribution variations. Desalination, Volume 150, Issue 2, 2002(11), Pages 113-120.

2. Wui Seng Ang, Alberto Tiraferri, Kai Loon Chen, Menachem Elimelech. Fouling and cleaning of RO membranes fouled by mixtures of organic foulants simulating wastewater effluent. Journal of Membrane Science, Volume 376, Issues 1-2, 2011(7), Pages 196-206.

3. Toray develops durable RO membrane. Membrane Technology, Volume 2011, Issue 6, 2011(6), Page 2.

第九节 百万吨级 SWRO 项目中化学药剂投加对触发生物污染的机理研究

作者：Yohito Ito, Shigehisa Hanada, Tamotsu Kitade, Yuji Tanaka and Masaru Kurihara (Toray Industries,Inc.)
译者：东丽TARC水处理研究所

摘要：

本项目的研究目的是建立一种生态友好型的无生物污染的 SWRO 反渗透工艺，该工艺可以适用于各种海水水质的百万吨级规模的反渗透海水淡化项目。

为了达成适合百万吨级的 SWRO 项目的工艺设计，若干中试规模的 UF-RO 装置通过化学药剂添加与否来比较其运行数据，从而研究了化学药剂投加对于反渗透膜生物污染的影响。RO 运行压差数据及改进型生物生长速度监测指标（modified Biofilm Formation Rate，mBFR）清楚的表明了：不仅是 NaClO 包括亚硫酸氢钠的投加都会触发 RO 膜生物污染。此外，这些化学药剂似乎对生物污染有着协同作用。这些化学药剂投加的影响之大以至于可以加重即使是深层海水水质的生物污染。

化学药剂的投加反而加重 RO 膜生物污染的机理通过微生物学进行了科学阐明。在众多的评价海水水质的指标中如 SDI，TEP，LC-OCD 测定的生物聚合物，只有 mBFR 可以合理解释并预测反渗透系统压差的变化结果。这个结论预示我们必须注意提高对于溶解性易生化降解有机质的去除。

通过对世界各地的海水水质中微生物学性能特征的指标分析，针对原海水的生物污染指标被确认建立。无化学药剂添加的海水预处理工艺也得到确立。对于采用较为干净的海水水源的 SWRO 系统，最小化添加化学药剂可以保证 RO 低污染稳定运行。而对于高污染海水，对于新的候选工艺，已经开始了实验室规模的验证。

Ⅰ．前言

1.1 基础背景

目前，对于环境保护有了更深的关注，而对于海水淡化厂采用化学药剂处理后海水的排放对生态环境的影响也得到了很大的关注[1]。因此，反渗透脱盐项目的化学药剂投加量应该尽可能少一些。

另一方面，海水淡化（SWRO）工艺所面临的一个最严重的问题就是生物污染—生物量的过量增殖—影响了海水淡化厂的产水量及运行成本。据统计有 40%的 SWRO 项目面临生物污染问题，而在中东，这一比例则高达 70% [2]。因此对于开发一种低成本并能最大限度降低生物污染的进水预处理工艺有强烈的需求。

很多报告中普遍作为一种杀菌剂的余氯的投加，也是一种生物污染的起因[3-6]。细菌的数量在亚硫酸氢钠（sodium bisulphate，SBS）添加后急剧增长。有报道认为，在余氯添加进 RO 进水后，其氧化了水中有机物，诸如天然有机物（NOM）和微生物，

本文为 2013 年国际脱盐协会会议专题论文，版权为国际脱盐协会(IDA)所有，未经许可，不得翻录。

而产生了更易被微生物同化利用的有机物质。也有另外一种解释即微生物暴露在余氯中意外或者应激性产生了胞外聚合物（extracellular polymeric substances ，EPS）所产生的抵抗保护作用，而造成了生物污染。然而，我们也观察到了奇特的现象，即 SBS 的消耗量随着反渗透运行时间而增长，同时 RO 浓水中分离出了硫氧化兼性自养型细菌，表明了 SBS 本身也是一种生物污染的触发源[6]。不过，没有任何可以定量描述化学药剂投加对于生物污染影响的可适用实际工程设计指导的数据。同时，对于余氯投加和 SBS 投加或者它们的协同作用等都不清楚。为了建立一种最大限度降低生物污染的预处理工艺，有必要阐明化学药剂投加对于生物污染的影响和机理。

1.2 研究目的

本研究的目的是建立一种生态友好型的无生物污染的 SWRO 工艺，其可以适用于各种海水水源包括污染的海水。这个工艺非常具有重要性和必要性，因为对于百万吨级反渗透膜系统，每天化学药剂的添加和排放，以及由于频繁化学清洗液的排放对于环境污染的影响是非常巨大的。为了达成这个目标，以下几个方面必须进行研究：

1) 化学药剂投加对于生物污染程度的影响机理与验证，以及在微生物学的指导下，科学的设计进水及预处理系统；
2) 海水微生物污染指标体系的建立；
3) 开发出适应于污染海水的可以去除溶解性可生化有机物质的无化学药剂添加的新反渗透预处理工艺。

II. 研究方法

2.1 中试场所

中试装置位于日本高知县室户市县立深海实验室，因为在这个地方两种海水的水源都可以获得：即开放式海水取水和深层海水取水。开放式取水点就位于离实验室不远的地方。深海取水口位于距海岸 2，650m 的 330m 水深的地方。

由于室户的沟槽地形，在深海水取水点存在一个持续上向式海流，这意味着该取样点的水质由于地质结构的原因，事实上拥有与 500-1000m 更深层海水相同的水质。两种取水点水质见表 1 所示：

表1 年度原海水水质数据

项目 (单位)	表层海水	深层海水
取水点	海岸 5 m，1 – 2 m 深	海岸 2650 m，330 m 深
水温 (℃)	16.1 – 24.9	8.1 – 9.8
pH	8.1 – 8.3	7.1 – 7.9
含盐量 (%)	33.7 – 34.8	34.3 – 34.4
溶解氧 (ppm)	6.4 – 9.5	4.1 – 4.8
NO_3-N (μM)	0.0 – 5.4	12.1 – 26.0
PO_4-P (μM)	0.0 – 0.5	1.1 – 2.0
SiO_2-Si (μM)	1.6 – 10.1	33.9 – 56.8

2.2 UF-RO 中试试验

通过三套 UF-RO 系统同步考察化学药剂投加对于生物污染的影响，即通过有无加氯－脱氯加药系统进行试验研究。

3 套中试系统流程如图 1 所示，其中：系统 X 采用深层海水作为系统进水的原海水。而系统 Y 和系统 Z 则采用表层海水作为系统进水原海水。系统 Z 则持续添加了 1mg/L 的余氯。原水持续流入装有四支 UF 膜组件的单元内（HFU-1010， 东丽， 面积： $7m^2$/组件），从而去除原水中的悬浮物质。操作通量设为 2.5 $m^3/m^2/d$。通过定期进行 300mg/L 余氯浓度的化学强化反洗（Chemical Enhanced Backwash，CEB）以去除粘附在膜组件上的污染物。UF 处理水进入装有一支 4 英寸 RO 膜元件的单元内（TM810C，东丽，膜面积：$7m^2$/元件）。系统 Z 在预处理水进入 RO 前还要添加 2.4mg/L 的亚硫酸氢钠（Sodium bisulfite ， SBS）以脱除余氯。本研究中，余氯和 SBS 都是连续性的添加在系统 Z 中以进行区别研究。RO 系统的通量和回收率分别被设定为 17.6LMH 和 6.6%。

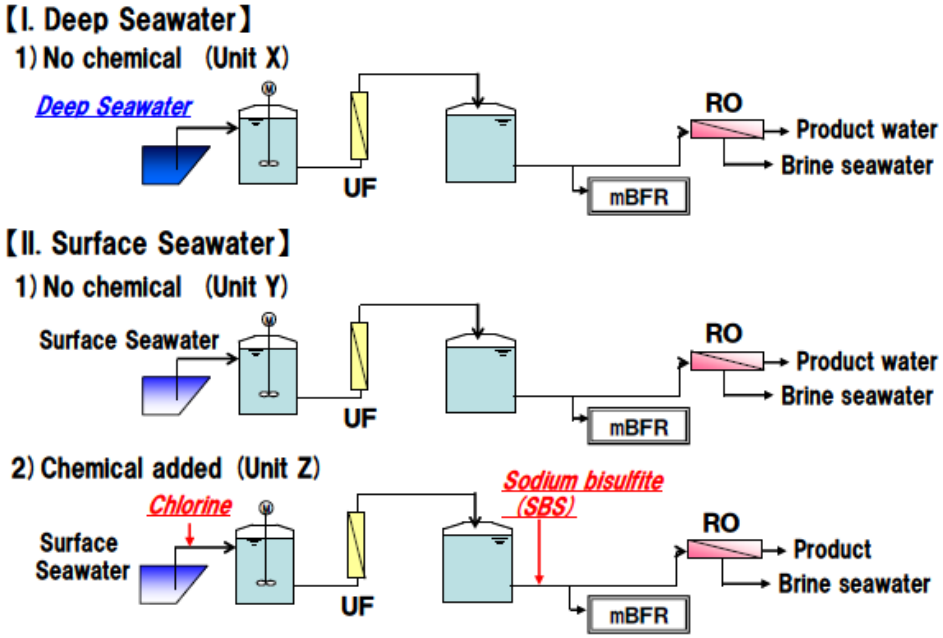


图1 3套同步评价的中试系统流程示意图

2.3 mBFR 测试

为了评价 RO 进水的生物污染性能，生物膜生长监测器被安装在反渗透高压泵进水前的支路管道上，如图 2 所示。最初生物膜监测设备是被 KIWA 所开发安装在玻璃或者特氟龙环内作为微生物生长基体并通过超声波设备以收集生物膜来评价生物膜增长速率（BFR）的[7]。 不过经过前期的检验发现，通过手动消毒棉签擦拭的方法相比超声波的方法可以有更高的样品回收效果。同样为了增加初始方法中采用相同的单一的生长载体所带来的试验可靠性和灵敏度，我们采取了如图 2 所示的改进方案。

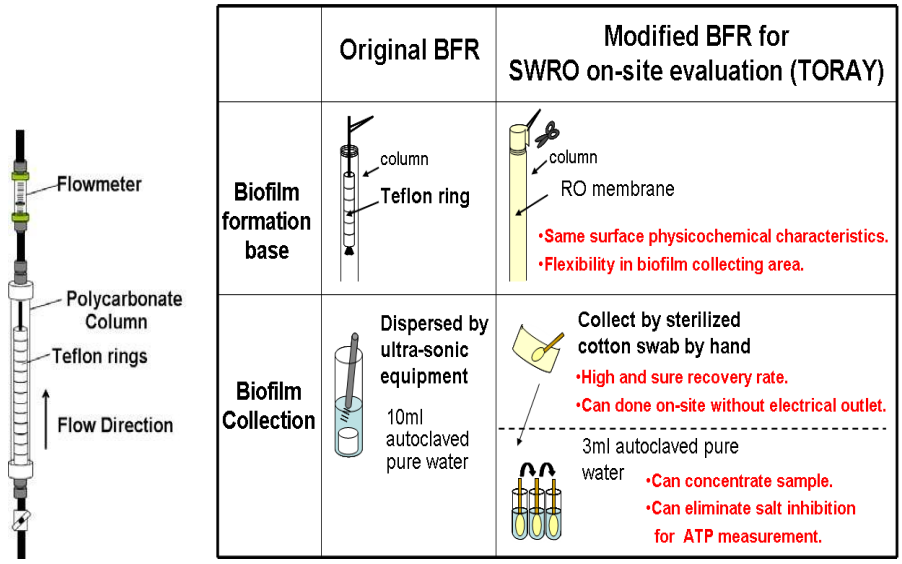


图2 BFR测试方法中生物膜生长监测设备及其改进设备的示意图

测试柱内径为 2.7cm，长度 60cm，通过软管和系统的分支管路进行连接并以 7.2L/min 的流量收集水样。生物膜的生长基体，是一张与 RO 膜元件内部相同的 RO 膜片，被安装在一个载体内，RO 膜片被裁成 4-4.5cm 以使其三磷酸腺苷（Adenosine triphosphate，ATP）产量可以被检测到。便携式分析设备 Lumitester（注册商标）C-100（龟甲万公司的产品）和试剂包 CheckLite 250Plus (龟甲万公司的产品)被用来进行 ATP 含量测定。RO 膜片上沉积物质被消毒棉签擦拭干净然后转移至 1ml 去离子水中溶解。然后，将消毒棉签再次浸入 1ml 去离子水中进行多次提取。之后 100 微升预处理好的提取液被转移至另外一台 Lumitester（注册商标），100 微升的 ATP 测试试剂被添加至其中，20s 后，再将 100 微升的荧光试剂加入其中，用 Lumitester 测试分光度。通过擦拭区域 ATP 总量，可以换算出单位面积的 ATP 含量。测试一般进行 2 次，取平均值。mBFR 值通过生物质含量和接触时间的线性关系中获得。

2.4 分析方法

SDI15 的测试依据水质标准分析方法用标准的亲水性 0.45 μ m 滤膜进行[ASTM，D4189 – 07]。TEP 的分析依据 Villacorte et al [8]中所建立的方法。生物聚合物的分析采用 LC-OCD 分析中的有机碳作为指标[9]。LC-OCD 的测试在样品预处理后由海外的 DOC-LABOR (德国)进行。

III.结果

3.1 3 套有/无化学药剂投加的超滤运行对比

UF 单元的跨膜压差 TMP 如图 3 所示。图中可知，深层海水水质要远好于有/无加氯-脱氯系统的两套装置进水。因为春季来临，在产水通量恒定的条件下，表层海水的两套 UF 单元 CEB 频率不得不提高，表明了季节因素可能会影响到表层海水的

水质。在试验过程中，UF 单元的通量恒为 2.5 $m^3/m^2/d$，这对于 X，Y 和 Z 三套系统都没有问题。

3.2 有/无化学药剂投加的 UF-RO 的 RO 运行结果对比

图 4 展示了 3 套系统中，RO 运行 DP 和生物膜监测器内 RO 膜片上 ATP 含量随时间变化的趋势。无化学药剂投加的两套系统（X 和 Y），RO 进水-浓水压差 DP 在运行中几乎不变。mBFR 值也非常低（表 2 和表 3）。深层海水的 mBFR 值在试验中低于 2，并且如同从 UF 运行结果和温度数据的估计一样，深层海水的生物污染潜能被确认确实很低。Y 系统的 mBFR 值也不很高，表明了试验期间该地区的表层海水比较干净。

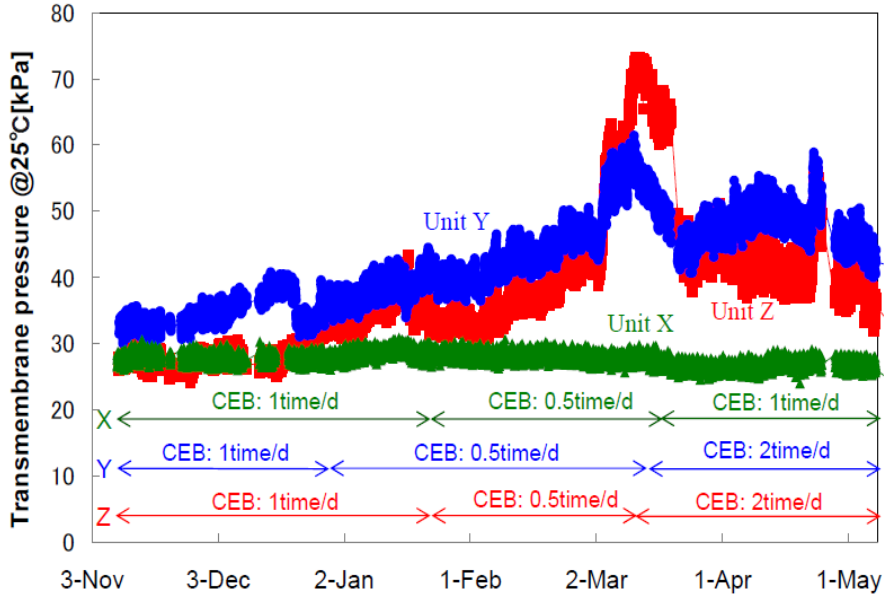


图3 UF单元的跨膜压差（TMP）变化趋势

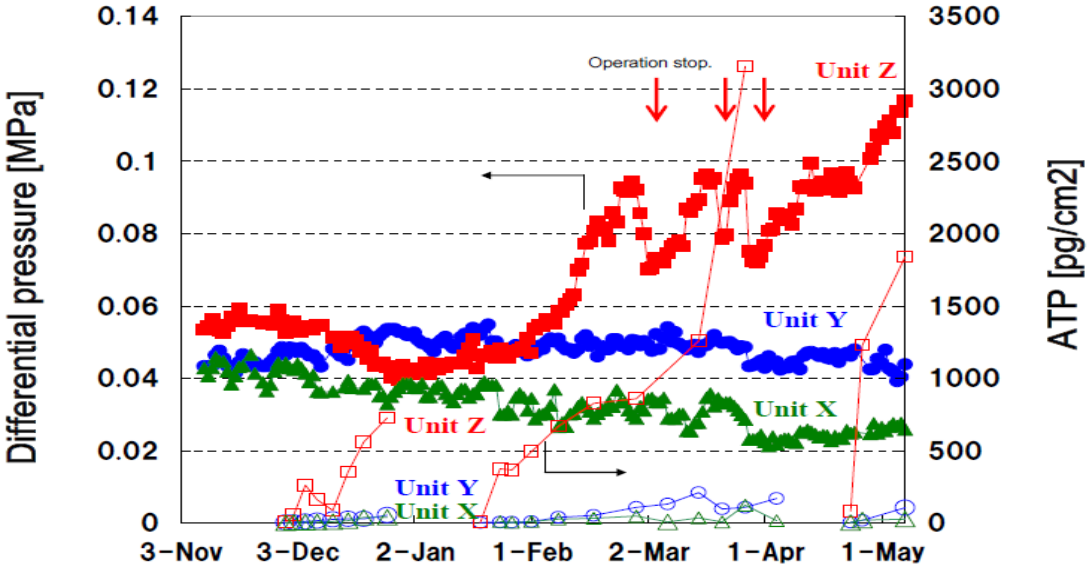


图4 RO进水-浓水压差DP及生物膜监测器上ATP的累积量

另一方面，对于 Z 系统来说，RO 进水-浓水 DP 在运行 90 天后急剧上升（图 4 所示）。BFR 值也 10 倍于其它两套系统，这个结果重现了多次（图 4，表 2 和 3）。这些结果清楚的表明了化学药剂投加对于生物污染的负面效果。从 mBFR 值中也可以得到。例如，基于 Y 和 Z 系统的 BFR 值，间歇投加时的 BFR 可以确认化学药剂投加的状况。

Y 和 Z 两套具有相同进水条件的同步系统的结果表明，对于较高水质的海水来说，少量的化学药剂投加也会带来破坏性的后果。系统 Z 的 mBFR 值和 UF 的 TMP 似乎有一定的关系。在 3 月初的启动时加氯后过滤阻力增加和 mBFR 值同时增加表明了季节变化，微生物的活性增加同样可以影响表层海水。

3.3 RO 进水水质的对比

如图 4 所示，mBFR 可以预测 RO 的 DP 增长趋势。其它的 RO 进水水质特征也进行了分析，但是只有 mBFR 可以解释 RO 的运行结果（表 2 和表 3）。尤其是，3 套系统进水中 SDI，TEP 以及 LC-OCD 生物聚合物指标值几乎完全一致。一直以来，反渗透预处理工艺技术研究开发的重点主要关注了颗粒和胶体物质的有效去除上面，然而试验的结果表明我们必须也要关注溶解性易生化有机物的去除。

表 2 RO 进水水质的对比（Nov.-Feb.）

	Chemical addition	Temp. [℃]	pH	ORP	SDI	TOC [mg/L]	LC-OCD Biopolymer [ppb-C]	TEP (>0.4) [mgXeq/L]	TEP (0.05-0.4) [mgXeq/L]	mBFR [pg/cm²/d]	Total Cell [10³/mL]
Deep Seawater	No	15 (13-18) N=63	7.9 (7.7-8.0) N=64	238 (190-325) N=27	1.2 (0.2-1.8) N=3	1.3 N=1	18 N=1	<0.02 N=1	0.15 N=1	1.4 (1.2-1.6) N=2	2.0 N=1
Surface Seawater	No	19 (16-23) N=63	8.2 (8.2-8.4) N=64	247 (152-339) N=26	1.9 (1.7-2.3) N=3	2.0 (1.6-2.4) N=2	74 (50-97) N=2	<0.02 N=2	0.17 (0.15-0.18) N=2	2.3 (1.8-2.8) N=2	4.3 N=1
	NaClO And SBS	19 (16-23) N=63	8.3 (8.2-8.4) N=63	205 (165-286) N=27	1.4 (1.3-1.5) N=3	2.4 (2.0-2.7) N=2	76 (50-101) N=2	<0.02 N=2	0.16 (0.12-0.2) N=2	26 (26-26) N=2	1.8 N=1

表 3 RO 进水水质分析 (Mar. –May.)

	Chemical addition	Temp. [℃]	pH	ORP	SDI	TOC [mg/L]	LC-OCD Biopolymer [ppb-C]	TEP (>0.4) [mgXeq/L]	TEP (0.05-0.4) [mgXeq/L]	mBFR [pg/cm²/d]	Total Cell [10³/mL]
Deep Seawater	No	14 (13-16) N=43	7.9 (7.7-8.0) N=43	187 (103-395) N=17	0.4 N=1	1.8 N=1	-	-	-	1.4 N=1	-
Surface Seawater	No	18 (16-20) N=43	8.2 (8.1-8.4) N=43	167 (83-342) N=18	2.2 (2.1-2.4) N=2	1.4 N=1	48 N=1	<0.02 N=1	0.17 N=1	7.3 N=1	-
	NaClO And SBS	18 (16-20) N=43	8.2 (8.2-8.4) N=43	156 (92-273) N=18	2.4 (2.3-2.5) N=2	1.5 N=1	42 N=1	<0.02 N=1	0.11 N=1	106 N=1	-

3.4 SBS 对于生物污染的影响

化学药剂投加对于生物污染的影响又深入研究了：1）对系统 Z 停止余氯投加

（SBS 仍然以 1mg/L 继续投加）。2）启动余氯投加（1mg/L）和 SBS（2.4mg/L）投加进深层海水进水的系统 X。系统 Y 的运行条件维持不变（无化学药剂投加）。系统 Y 的 mBFR 值在此期间为 29 pg-ATP/cm^2/d，如图 5 所示，约是 5 月份（7 pg-ATP/cm^2/d）的 4 倍。这个结果可以水温升高解释：8 月份表层海水水温为 30 摄氏度。

在图 5 中，可以看到，少量的 SBS 单独添加即可加速微生物繁殖增长促使 mBFR 升高至 60 pg-ATP/cm^2/d，为系统 Y 的 2 倍还高。容易想象 SBS 的过量添加会导致高生物污染风险的运行，就如现场试验所展示的那样[6]。

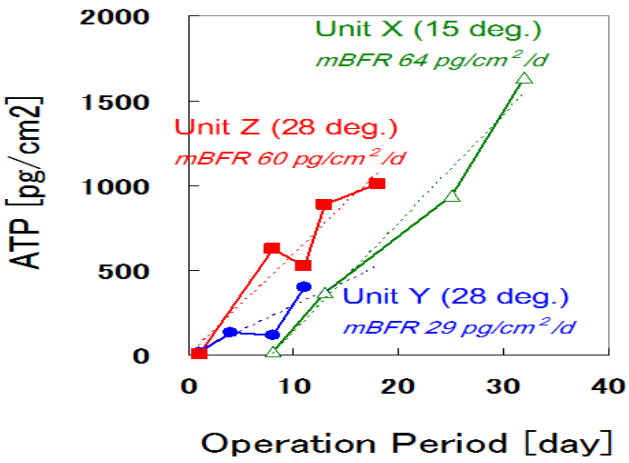


图5 膜面生物膜生长监测器上ATP增量

然而有趣的是，系统 X 的 mBFR 值相对于 5 月份增长了 46 倍（表 3）。深层海水水质水温全年几乎都是恒定不变的，表明了余氯和 SBS 投加是导致 mBFR 值跳跃的诱因。即使水质较好的深层海水仍然会因为化学药剂投加的影响使运行恶化。

通过比较系统 X 和系统 Z13 度的温度差别，余氯投加对于生物污染的影响可以估计出来。目前的数据很难断定 1）单独的余氯投加是否具有负面影响或者 2）余氯投加和 SBS 投加是否有协同作用。

不过，下面的观察似乎表明余氯的投加和 SBS 的投加对于生物污染可能具有协同作用。

有些反渗透海水淡化项目在余氯投加的条件下有很低的生物污染趋势。

在连续投加余氯和 SBS 的反渗透海水淡化项目 RO 浓水中分离出的硫氧化杆菌属类细菌具有兼性自养菌的特征，其在中等浓度的（数据未知）含量的有机物和硫代硫酸钠条件下具有很高的生长速率。

海水水样的分子生物学分析表明微生物菌群结构在加氯-脱氯条件下会发生急剧变化。

3.5 海水生物污染指标的发展

通过分析世界各地的海水水样的水质，生物污染指标被建立了起来。考虑到中试试验结果，海水水质的生物学特征进行了总结。

Ⅳ. 后续的课题研究

对应于特定海水水质的无化学添加的海水预处理工艺正在建立起来。而对于百万吨级的 SWRO 系统的预处理系统可以如图 6 所示。

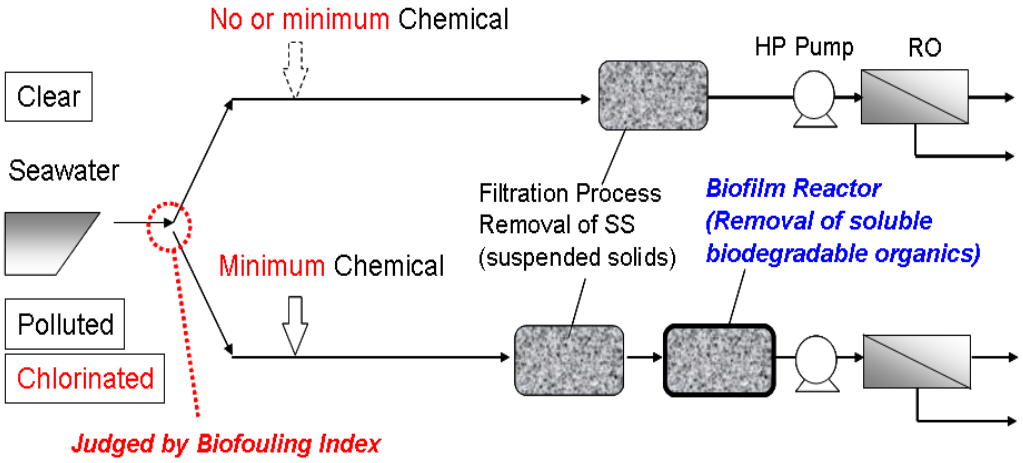


图6 百万吨级SWRO脱盐项目的预处理设计概念

海水水质可以通过评价生物污染指标进行。对于干净的海水水源，带简单的悬浮固体去除设备的预处理，比如砂滤或者 UF 加精密过滤器，即使不加或者微量的化学药剂投加应该就可以满足低污染运行的要求。

对于高污染的地区的海水，预处理工艺具备去除溶解性易生化降解有机物是非常有必要的。这种新的候选工艺已经处于小试阶段。

Ⅴ. 结论

化学药剂投加，不仅是次氯酸钠包括 SBS 的投加都会触发生物污染。这些化学药剂对于生物污染似乎还有协同作用。

这些化学药剂投加的影响很大，以至于直接增加了海水的生物污染潜力，即便海水水源是清洁的深层海水。

在 RO 进水水质指标中，只有 mBFR 这个指标可以预计 RO 膜的进水-浓水 DP 的增长，3 套 UF-RO 的 SDI，TEP 浓度指标都几乎完全一致，不能解释 RO 运行结果的差异性。

可以区别海水生物污染的指标已经建立起来了，它可以从生物污染潜力方面将水质区分开来，并且已经在世界各地的海水水源中完成了分析检测。适应于高污染海水的预处理工艺已经开发并开始了小试规模的研究。

VI. 致谢

这项研究得到了日本科技促进协会的资助（百万吨级水处理项目，世界顶级创新科技 R&D 基金项目）。我们向提供支持的高知县深海试验室表达我们的致谢。

VII. 参考文献

1 Sabine Lattemann, Thomas Höpner, Environmental impact and impact assessment of seawater desalination, Desalination, 220, (2008), 1-15.

2 Dr. Khedr, et al., Membrane fouling problems in reverse osmosis desalination applications, Desalination & Water Reuse, vol. 10/3, (2000), 259-267.

3 J. S. Baker et al, Biofouling in membrane systems – A review, Desalination, 118, (1998), 81-90.

4 Mohamed O. Saeed et al, Biofouling in a seawater reverse osmosis plant on the Red Sea coast, Saudi Arabia, Desalination, 128, (2000), 177-190.

5 A. B. Hamida and I. Moch, Jr., Desalination & Water Reuse, 6/3, (1996), 40-45.

6 Takuhei Kimura, Yohito Ito and Yuichiro Nakaoki, Innovative biofouling prevention on seawater desalination reverse osmosis membrane, International Desalination Association, (2001)

7 Dick van der Kooij, Harm R. Veenendaal, Cynthia Baars-Lorist, Daan W. van der Klift and Yvonne C. Drost, Biofilm formation on surfaces of glass and Teflon exposed to treated water, Water Research, 29, (1995), 1655-1662.

8 Loreen O. Villacorte, Maria D. Kennedy, Gary L. Amy, Jan C. Schippers, Measuring exopolymer particles (TEP) as indicator of the (bio)fouling potential of RO feed water, Desalination and Water Treatment, 5, (2009), 207-212.

9 Stefan A. Huber, Andreas Balz, Michael Abert, Wouter Pronk, Characterisation of aquatic humic and non-humic matter with size-exclusion chromatography e organic carbon detection e organic nitrogen detection (LC-OCD-OND), Water Research 45, (2011), 879-885.

10 Y. Takahashi, Hiroshi X. Chiura, Minoru Ijichi, Yohito Ito, Shigetosi Hanada, Kazuhiro Kogure, Chemical operation shifts microbial community structure in seawater desalination process, IDA World Congress on Desalination and Water Reuse 2013, submitted

第十节　百万吨级海水淡化系统的低压反渗透膜

作者：Masahiro Henmi, Masahiro Kimura, Takao Sasaki, Masaru Kurihara
(Toray Industries,Inc.)
译者：东丽TARC水处理研究所

摘要：

反渗透（RO）膜被广泛应用于海水淡化及污水回用中。自 2000 年以来，一些大型 RO 项目（100,000m3/day）被陆续建成。在不久的将来，由于水污染及水资源不足，将会对更大的项目提出要求。对于大型项目尤其是超大型（1,000,000m3/day）项目，能源的高效利用是不可或缺的。百万吨级水系统由 FIRST 计划资助，FIRST 计划是一个在日本启动和推进中的前沿研究和开发项目，该计划总计包括 8 大课题，其中含有 5 项核心技术和 3 项系统运行技术。而高效反渗透膜的研发是作为 1,000,000m3/day 的 SWRO 项目中的一项关键核心技术。

在以往的研究中，通过正电子湮没寿命谱（PALS）与正电子束法研究得到 SWRO 膜的孔径，也揭示了 RO 膜孔径与硼去除性能间的相关性。通过形态学分析可以获得影响膜透水性的一些参数。同时，通过透射电子显微镜（TEM）分析，对 RO 膜表面褶皱进行精确测定，并获得膜内部结构，膜表面面积及膜厚度的新表征参数。结果表明，RO 膜的透水性能取决于膜表面结构。为获得膜面结构和膜片性能之间的相关性，还采用 TEM 断面扫描技术将真实 RO 膜结构的 TEM 照片与显微结构的精确化定量分析相结合。通过这些研究，从结构分析的角度获得了可定量分析 RO 膜物化和化学性能的实用手法。

本文对新型高效 RO 膜及其性能进行说明。同时为更加有效利用所研发的新型高效 RO 膜，针对不同温度和盐度条件下的 RO 进水，实施了多项实际案例研究。考虑到为避免 RO 膜快速污染所设定的运行通量建议值，采用新型高效 RO 膜，RO 系统在运行过程中可以降低 20-30%的能耗。

Ⅰ．前言

人口爆炸和人类的工业活动已经导致水资源的巨大消耗和水污染，因此确保水资源的数量和质量已成为当今世界上的最严峻问题之一，尤其是在欧洲、美国、中国、中东以及北非。另一方面，由于膜技术可以提供高质量和可持续的水供应，被认为是本世纪不可缺少的技术之一，特别在脱盐领域内，RO 膜被广泛的应用于海水淡化、苦咸水淡化包括工业以及生活污水回用方面。在海水淡化反渗透（SWRO）系统中，降低能耗和水质的提高是最受关注的两个主要方面。在节能方面，SWRO 项目的平均能耗在过去的 40 年里被削减到了之前的 1/5，现在的能耗约为 2-3kWh/m3[1,2]。

本文为 2013 年国际脱盐协会会议专题论文，版权为国际脱盐协会(IDA)所有，未经许可，不得翻录。

在 20 世纪 90 年代，大型海水和苦咸水淡化厂开始采用 RO 膜，RO 膜的市场也是不断增长。“百万吨级水系统”由 FIRST（全球领先的科学技术研究开发基金计划）计划资助，在日本这是一个前沿研究和开发项目。本文将重点聚焦百万吨级水系统中反渗透膜的开发及其在节能方面的表现，同时也介绍了一些膜及其工艺在日本的研究情况。

Ⅱ．百万吨级水项目

2.1 百万吨级水系统的目标

在世界上各种各样的环境问题中，水资源问题比如水资源短缺和水污染，与食品供应和能源问题并列为主要的挑战。为解决这些问题，正在开发和应用可使海水转变为淡水或污水经处理后可循环再利用的水处理系统。自 2000 年以来，淡水产量为 100,000m3/day（可供 400,000 人使用）的大型项目陆续被建立。但是在不久的将来，水问题的持续恶化将会对更大的项目提出更高的要求（图 1）。

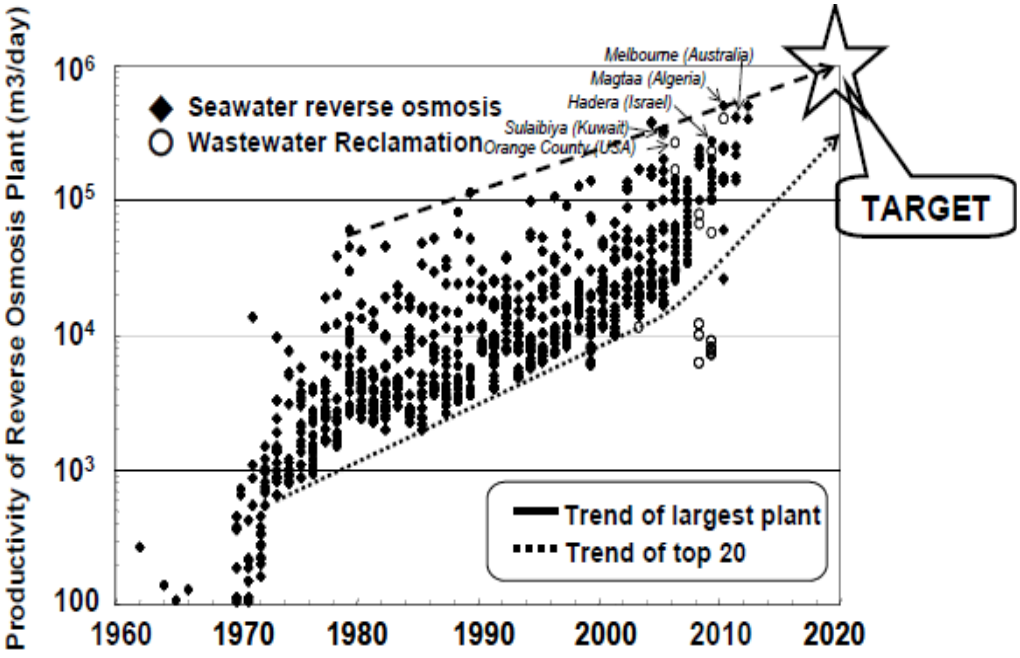


图1 世界上排名前20的海水反渗透项目和污水回用反渗透项目的趋势图
斜体字表示一些大型反渗透项目所处的位置和国家

这推动了新的水处理系统的发展，同时随着大型项目的建立也会伴随着很多问题，如它们对环境的破坏以及大量能源的消耗。“百万吨级水系统”项目认为还有很大的改善空间，以及大型项目中所使用的每个部分的最佳设计方面也存在很多改进之处。与小项目相比，在大型项目中更有可能通过各部分的有效叠加来达到最佳规划。这种布局可以降低项目的总占地面积，从而可以提高能源利用率和降低对环境的影响。因此，这就需要超大型项目（1,000,000m3/day）的技术不但发展。在百万吨级水系统中，SWRO（1,000,000m3/day）以及污水回用项目（100,000m3/day）是目前正在研究和探讨的重点。研究经费来源于首相内阁府中被称作 FIRST 的先端技术支持

计划，它为百万吨级水系统的研究开发提供 4300 万美元的资金支持[1,3]。

2.2 FIRST 计划

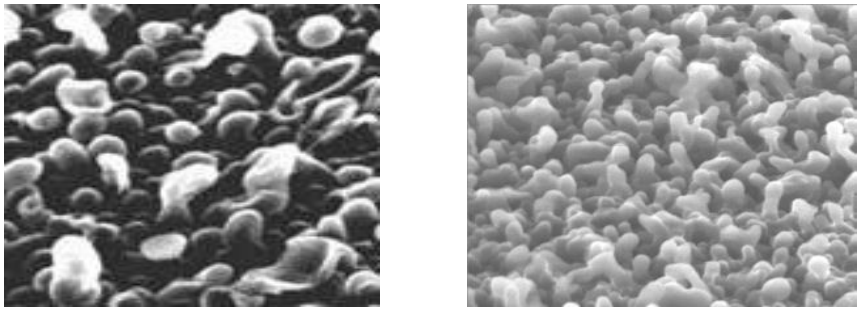
FIRST 计划是一项覆盖各个研究领域的先进投资计划，并且为基础研究提供多级支持，旨在产生新的知识开不断在新课题方面进行研究开发，及实施短期的应用考察。该计划的目标是在大约 5 年的时间内开发出世界领先的技术。科技政策委员会（CSTP）从日本候选的技术人员中选择 30 位核心技术人员并给予这些被选定的人员 15 亿日元至 50 亿日元的经费以支撑他们的项目。新能源产业技术综合开发机构（NEDO）作为运行支持机构，通过 FIRST 计划来为百万吨级水系统提供支援。NEDO 主要进行项目进度确认、知识产权、资产管理、信息管理、人事管理、公共信息、合约、监督等。

百万吨级水系统关于膜元件的目标是推动开发具备世界一流水准的低压海水淡化反渗透膜元件的核心技术，及提高这项技术的应用规模的方法。尽管传统 SWRO 需要大约 56-70kgf/cm2 的操作压力，百万吨级水系统的目标是降低 10kgf/cm2 操作压力以达到低压海水淡化。

2.3 高效膜、大尺寸膜元件及组件

对于超大型项目（1,000,000m3/day），降低反渗透海水淡化中的能耗是非常必要的，因为超大型项目的建设会引起高能源消耗和高环境影响。因此为降低百万吨级水系统中海水淡化反渗透的能耗，而开发高效膜、大尺寸膜元件及组件。从以往膜元件及组件尺寸的增加的设计趋势来看，16 英寸以及 24 英寸的元件和组件被认为是最佳的设计。通过使用大尺寸元件及组件的电脑模拟考察进水流量和产水流量的一致性，为降低能耗从而研究 16 英寸及 24 英寸的反渗透膜元件和中空纤维反渗透膜组件结构优化的必要性。

虽然理想的 SWRO 膜应该同时兼有高渗透性能和高的溶质去除性能，但是通常透水性能的增加和溶质去除率的降低之间存在一个平衡关系。然而，当 RO 膜中的膜孔（聚合物之间的空间）被呈现出时，RO 膜的性能必定被它的尺寸和数量所控制。也就是说，水中的溶质通过膜孔的尺寸被去除，同时透水性能被膜孔的数量所决定。为了得到更优异的性能，关于 RO 膜的分子结构和溶质传质机理的研究是非常必要的。为开发高效膜，也就是跟传统膜（2005 年传统 SWRO 膜的脱盐率为 99.7%，产水量为 25m3/day）相比，不仅有更高的水通量还有更高的脱盐率的膜，有必要去定量的研究膜微观结构和膜性能之间的相关性。过去关于膜表面形态的研究表明，RO 膜表面为分离功能层（材料是交联的芳香族聚酰胺）表面覆盖有突起的结构，这种结构的假设将很大程度上限制 RO 膜的透水性能。然而，传统的 SEM 分析在外观上只能给出有限的信息（图 2 左），它不能完全说清这种结构如何影响膜性能。为得到可靠的信息，需要对褶皱结构进行更多准确的测定。在本文中，改进后的处理方法可以在湿态下观测到膜表面的褶皱结构。



Conventional **Modified Treatment**

图 2 传统 SEM 和特殊处理后的膜表面褶皱结构示例

反渗透膜经过特殊的处理来保存膜孔结构从而通过透射电子显微镜（TEM）的分析得到一个清晰的褶皱结构的断面图，如图 3 所示（左），并且实现表面形态的定量化。由图像可知，褶皱结构的内部被证实是一个类似洞穴的结构，这种结构对透水性的贡献是积极的，因为透水性会随着膜表面积的增加而增加，并且这个面积随着这种类洞穴褶皱结构数量的增多而增加。图 3（右）显示的通过 STEM-EELS 进一步分析的元素映射图像，它可以精确确认聚酰胺结构。

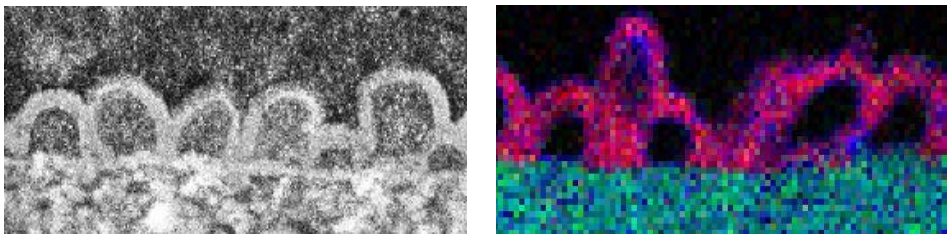


图 3 加入特殊处理后的 TEM（左）和 STEM-EELS（右）的褶皱结构图

通过这种分析，可获得内部结构测定的新参数-膜表面积（利用褶皱结构的周线长度）和膜厚度[4,5]。通过不同透水性能的膜的比较可知，更大的膜表面及更薄的膜厚都表现出更高的透水性。此外，类洞穴褶皱结构的数量可影响膜表面积以及就如上所述的那样影响透水性。因此，这就揭示了褶皱结构的形态和膜透水性之间的关系。然而，为获得膜面结构和膜片性能之间相关性，还需要对 RO 膜在运行中的实际结构进行观察。在百万吨级水系统中，对于先进结构的观测，通过建立一个纳米级缩进装置将需要比较的膜片湿润制作成纳米级别压片的预处理是必要的。在这项研究中，采用 TEM 断面扫描技术将真实 RO 膜结构的 TEM 照片与显微结构的精确化定量分析相结合（（图 4）。通过提高分析单独褶皱结构的精确度，成功揭示出膜性能和及其结构之间的关系。利用这些相关性，在这项研究中通过追求极限的膜微观结构，不仅可以最大程度的提高膜透水性能，还能提高脱盐性能[6]。

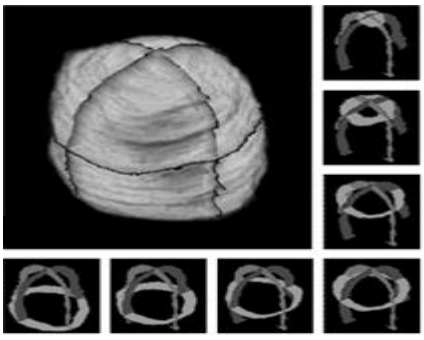


图 4 TEM-X 线断层摄影技术下 RO 膜微观结构

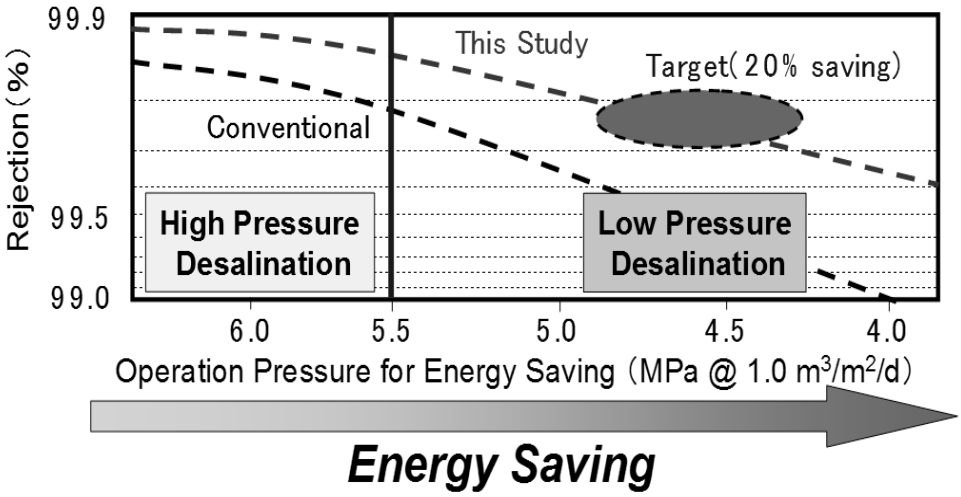


图 5 SWRO 膜性能的最新进展

2.4 高效反渗透膜的节能评价

图 5 描述的是 SWRO 膜的最新进展。在海水淡化 RO 系统的常规设计中，最佳的操作条件（包括膜使用）必须根据要求的成本、出水水质和进水水质来选择。RO 过程大致可分为三组，如图 6 所示，也就是单级单段 RO，两段 RO 和多级 RO。

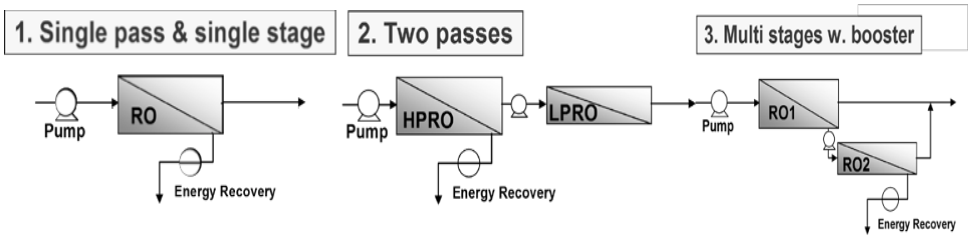


图 6 典型海水 RO 系统的流程图

在这些创新性研究成果的基础上，通过这些基础研究，可以实现高产水量和高溶质去除共存。随后，研究如何有效将高通量高脱盐的膜应用到不同温度和盐度条件下的 RO 进水中，并进行模拟计算。在 SWRO 运行中，由于过高的运行通量会引起膜污染，所以为了保持稳定运行通常会设定一个建议值。在这个项目中，为避免首支 RO 膜元件的污染，最高通量设定为 30LMH。在这个边界条件下，元件必须在适当的操作压力下运转。通过模拟计算，选定了在特定进水水质条件下最适宜的 SWRO 膜型号，并且分析了其对于降低能耗的影响（降低 20-30%）。

一般情况下，高通量的膜适用于低温低盐的条件，高脱盐的膜适用于高温高盐的条件。此外，也将在中国北部和中东的海域评估该 RO 膜的运行前景。在中国北部海域的项目中，与传统的膜相比，高通量膜由于具备更高的通量而使得操作压力更低。

Ⅲ. 致谢

这项研究受到日本学术振兴委员会（JSPS）的资助，具体通过科技政策委员会（CSTP）发起的“全球领先的科学技术研究开发基金计划（FIRST）”来操作实施。同时，笔者非常感谢栗原优博士指导下的百万吨级水系统项目。TEM、PALS 和固态 13C NMR 技术由东丽研究中心支持完成，感谢 Masuda A.，Ishida H.博士和 Hosomi H.先生的讨论和建议。并且我们同样感谢国家产业技术综合研究所的 Suzuki R.博士和

Ohadaira T.博士关于 PALS 测试的指导。

Ⅳ. 参考文献

[1] M. Kurihara, Membrane Research for Water Treatment Facing the Age of Global Mega Competition & Collaboration, in: Oral presentation in Project Leader's Summit at IWA-ASPIRE 2011, Tokyo, 3 October, 2011.
[2] D&WR 16 (2) (2006) 10–22.
[3] B. McCann, T. Asano, in: Water 21 -Magazine of the International Water Association, December 2011, p. 59.
[4] M. Kurihara, M. Henmi, H. Tomioka, T. Kawakami, Advancement of RO membrane for seawater desalination and wastewater reclamation, in: Oral presentation in the ICOM 2008, Hawaii, 13–18 July, 2008.
[5] T. Uemura, K. Kotera, M. Henmi, H. Tomioka, Membrane technology in seawater desalination: history, recent developments and future prospects, Desalin. Water Technol. 33 (2011) 283–288.
[6] M. Kurihara, Japan's Water R&D Projects Sponsored by Government, in: Oral presentation in APDA/ JDA Joint Conference 2012, Tokyo, 15–17 February, 2012.

第十一节 东丽新型苦咸水淡化 RO 膜

作者：Hideo Iwahashi, Masahide Taniguchi, Yohito Ito, Tomohiro Maeda, Yoshihisa Fujii, Patrick Linke, Hamad Ali J. Al-Thani, Mohammed Albeldawi
(Toray Industries,Inc.)
译者：东丽TARC水处理研究所

摘要:

采用 RO 膜的水处理技术被认为是解决世界水资源短缺问题的最有效措施之一。RO 膜技术已经被广泛应用于海水淡化，苦咸水脱盐，污水回用等领域。随着 RO 膜市场的不断增长和原水水质的多样性，迫切要求性能更好的 RO 膜产品，即需要进一步强化和提高 RO 膜的脱盐性能，透水率，抗污染性和化学耐久性等。

在本研究中，用于苦咸水淡化处理的具有创新性的聚酰胺复合材料 RO 膜被研发成功，通过对 RO 膜聚酰胺层的褶皱结构和孔径结构的基础分析研究来实现。褶皱结构通过精确控制界面缩聚工艺来改性，该工艺是建立在结构设计的基础上，同时采用先进的透射电子显微镜（TEM）技术进行定量的结构分析。孔径结构受到分子设计的控制，分子设计是在分子动力学（MD）模型分析的基础上实现的，孔径结构有助于提高溶质去除，透水性和化学耐久性。同时，为了更进一步降低膜的污染性，通过在聚酰胺层引入交联亲水性共价键合聚合物对膜表面进行改性。

通过小试和现场中试实验对研发成功后的 RO 膜元件进行性能检验，结果显示该新型 RO 膜元件表现出优异的脱盐性能，非常强的抗污染性，及在强化的化学清洗条件下的高化学耐久性能。这种新型 RO 膜元件能够广泛适用于高污染地表水处理和复杂的污水回用系统。

I. 前言

1.1 RO 膜技术趋势

由于人口增长和工业规模的迅速发展，水资源短缺和水污染等国际性问题变得越来越严重。目前，水危机是最迫切需要解决的全球性问题之一[1，2]。由于能够以合理的价格下提供高品质的水，采用膜技术的水处理工艺被认为是最具有前景的处理技术之一。在脱盐领域，RO 膜已经获得非常广泛的应用。早在 1950 年，RO 膜的原理就被提出，此后在全球范围内被广泛地进行研究。从 80 年代开始，交联芳香族聚酰胺 RO 膜被制造出来，并被工业化生产应用于超纯水的制备。近几年，RO 膜技术在性能方面得到了非常显著的提高，并已经被广泛应用于多种水处理系统中，如海水淡化，苦咸水淡化和污水回用等领域。由于 RO 膜的不断推广及所处理对象的多样化，需要进一步提高脱盐性能以获得更高品质的产水，及提高透水性能以降低运行能耗。同时，对 RO 膜化学清洗的耐久性和使用寿命的要求也在提高。

1.2 研究目的

交联芳香族聚酰胺膜材料是最流行的 RO 膜材料，因为它在运行中具有良好的脱盐性能和耐久性能[3]。聚酰胺复合 RO 膜结构如图 1 所示。聚酰胺 RO 膜一般包括三层，聚酯无纺布基层，多孔性聚砜支撑层和交联芳香族聚酰胺分离功能层。无纺布基层和多孔性支撑层这两层不起去除作用，但为分离功能层承受运行压力提供支撑强度

本文为 2015 年国际脱盐协会会议专题论文，版权为国际脱盐协会(IDA)所有，未经许可，不得翻录。

的作用。另一方面，交联芳香族聚酰胺层则起着为 RO 膜选择透过溶质的作用。因此，聚酰胺 RO 膜的性能取决于聚酰胺层的孔径，物理和化学性质。为了研发性能更好的 RO 膜，通过基础分析方法来揭示结构因素对膜性能的影响是非常重要的。

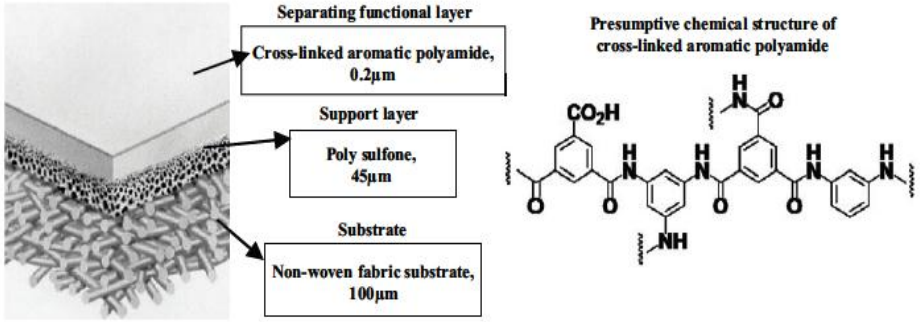


图 1 聚酰胺复合 RO 膜结构和聚酰胺层的化学结构

II. 研究方法

聚酰胺层通过界面缩聚技术制备在聚砜支撑层上，同时聚酰胺层的表面形态在缩聚过程中会形成褶皱。水和原液中的溶质会从小孔隙中通过，小孔隙是由褶皱结构中聚酰胺分子链间形成的。在这假设模型中，褶皱结构和孔径结构会大大有利于提高膜性能。

对复合材料RO膜的分离功能层中的褶皱结构的形态分析是通过先进的TEM技术来实施的。通过 TEM-EELS 对 RO 膜横截面的基础分析显示，聚酰胺分子不存在于褶皱里，在褶皱表面大约 20nm 厚度的地方才是真正的分离功能层。另外，对准备好的膜片样品进行特殊化处理后，使用 TEM 断面扫描技术，可以定量分析出功能分离层的表面积和厚度。通过不同透水性 RO 膜之间的形态比较，表面积大的或者厚度小的膜片具有更高的透水性，这些结果使得能够获得有用的结构参数以控制膜性能。

为了获得关于褶皱结构和膜片性能之间相关性的更精确的信息，观测实际运行中的 RO 膜片的真正形态是非常有必要的。对于先进的结构观测，将需要比较的膜片湿润制作成纳米级别压片的预处理是必要的。在这项研究中，采用 TEM 断面扫描技术将真实 RO 膜结构的 TEM 照片与显微结构的精确化定量分析相结合（图 2）。

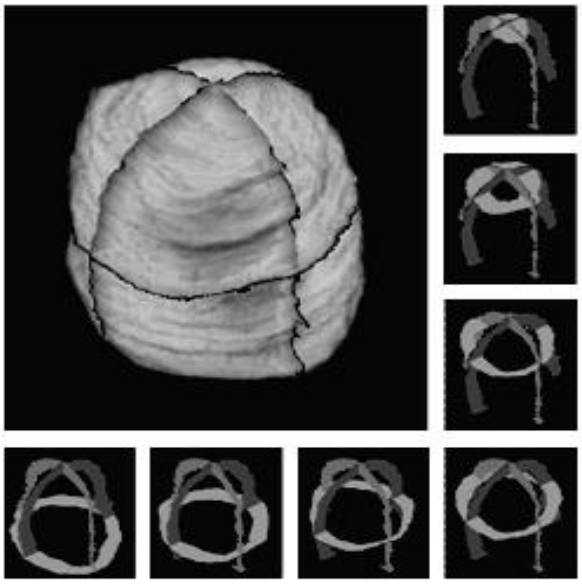


图 2 TEM 断面扫描技术获得的 RO 膜褶皱结构的显微照片

关于孔径结构，在我们之前的工作中分离功能层的孔径大小已经通过 PALS 的方法测量出，测试结果显示每个观测到的 RO 膜的孔径范围在 0.56-0.70nm，同时 RO 膜孔径大小与溶质透过性能的相关性已被解释。显然地，随着孔径的变大溶质透过性增加。这就表示分离功能层的孔径大小是影响控制 RO 膜溶质去除性能的主要因素之一[6，7]。通过 13C 核磁共振（NMR）研究确定化学结构基础，在此基础上进行分子动力学模拟来测量分离功能层的孔径结构。Connolly 表面计算结果显示孔径大小被估测出在 0.6-0.8nm 之间，与 PALS 分析法测量结果较接近。通过 RO 膜孔径和典型的去除物质的大小的比较，如硼酸和纳离子，可以通过计算它们迁移出的水合状态来比较大小。RO 膜孔径大小和水合钠离子几乎一样，但略大于非水合的硼酸。这就解释了为什么硼的透过性要大于 NaCl 的原因。只要孔径和物质大小有一点不同，包括水合状态的不同，就肯定会影响去除性能[8-10]。

在这研究中，对分子动力学模型进行深度分析，对聚酰胺孔径结构如大小、容量、数量、电荷和水分子形态的多样测试结果如图 3 所示。这些测试结果可以使我们预测出在不同环境下孔径结构的不同变化。

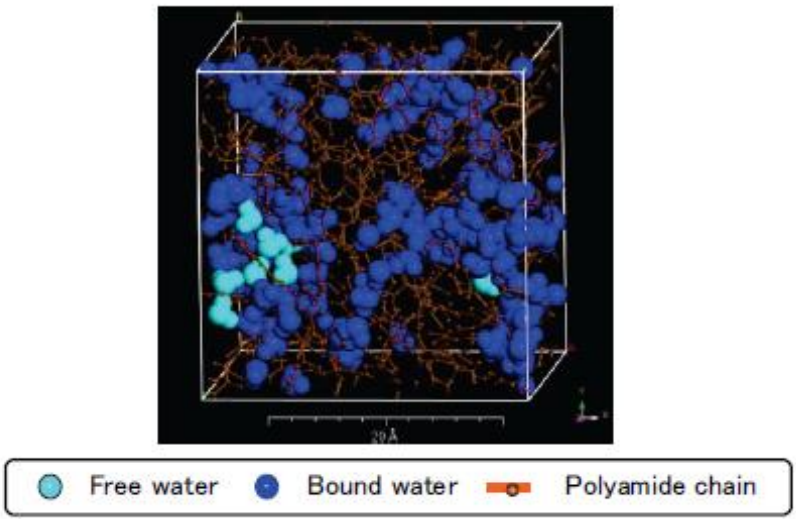


图 3 聚酰胺和水分子的分子动力学模型分析

进一步，通过温度调制差示扫描量热法（TMDSC）对分离功能层进行结构分析也研究被提出，通过该方法能展示聚酰胺高级结构对于孔径结构稳定性的影响。

III. 结果和讨论

根据上述测试的结果，聚酰胺层的结构控制是提高 RO 膜性能的关键。在 PALS 和 MD 模型的方法分析孔径结构的基础上，更加细化聚酰胺的分子设计。新的分子构化可以使孔径大小调整至更接近亚纳米级别水平，有助于可以在变化情况下保持基本结构的稳定。

另外，根据 TEM 方法测试 RO 膜表面的形态结果，即表面积大和厚度小透水性好，在此基础上使用界面缩聚作用力精密地控制褶皱结构的成型。改良后的缩聚工艺对聚酰胺的高级分子结构有着重要的影响，能够使结构稳定，避免在 RO 膜清洗条件下受到化学药剂的影响。

新的聚酰胺 RO 膜在通过精确控制褶皱和孔径结构后制备出来，这些膜的性能已被测试。通过 RO 膜片酸碱浸泡实验和 RO 膜元件强化清洗实验，新 RO 膜的良好性能已经得到验证。8 英寸膜元件的实验结果如图 4 所示。改进型 RO 膜的初始脱盐率

高于常规的 RO 膜。在经过 20 周期酸碱清洗后，改进型 RO 膜展现出比常规膜更高的脱盐率。然后膜元件再经过 1000ppmhr 余氯量接触，常规膜元件性能下降明显。之后膜元件再经过酸碱清洗 1 周期，常规膜元件的脱盐率大幅度下降。而改进型 RO 膜在恶劣的化学清洗条件下还能表现出良好的性能。

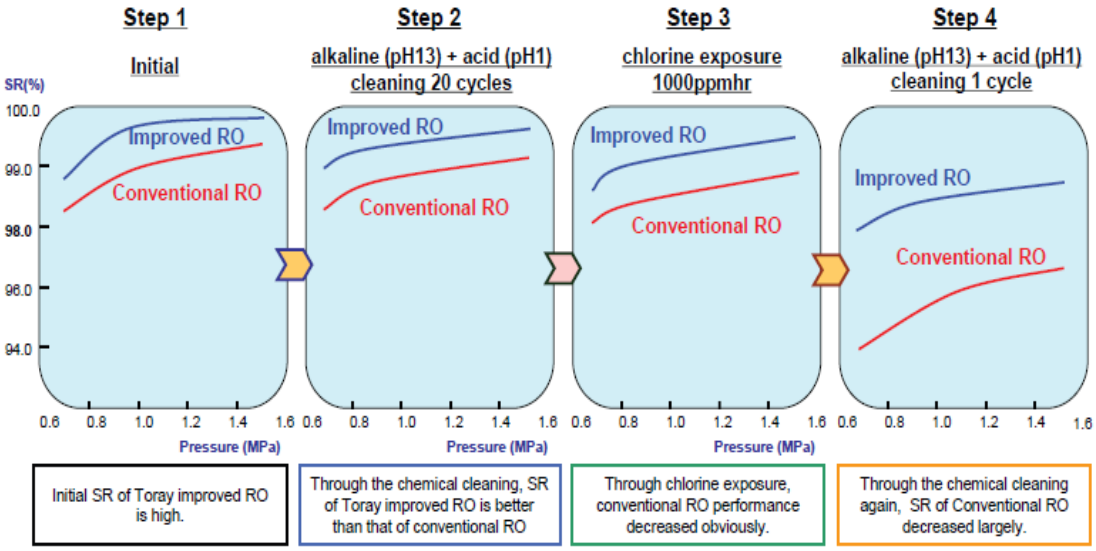


图 4 改进型 RO 膜元件的化学耐久性

东丽苦咸水 RO 膜元件的产品性能参数如表 1 所示。TM720D 膜元件在脱盐率，产水量和化学耐久性等性能上均高于常规膜元件产品的性能。另外，一款用于废水回用的抗污染 RO 膜元件 TML20D 也被研发出来，该膜元件的表面经过改性研发。为了控制膜表面的污染，在聚酰胺层上被引入了交联亲水性共价键合聚合物。TML20D 具有和 TM720D 同等水平的产水量，也具有在运行过程中保持高产水量，耐化学和生物污染的抗污染性能。更进一步，节能型膜产品 TMG20D 的开发是下一阶段的目标。

表 1 东丽 BWRO 膜元件的产品性能参数

产品	性能参数		测试条件		特点
	脱盐率 (%)	产水量 (gpd)	原水浓度 (mg/L NaCl)	操作压力 (psi)	
TM720-440	99.7	11,300	2,000	225	标准性能
TM720D -440	99.8	12,100	2,000	225	高脱盐率 高产水量 化学耐久性
TMG20-440C	99.5	11,300	500	110	节能型
TMG20D-440	99.7	13,200	2,000	150	节能型 化学耐久性
TMH20A-440C	99.3	12,100	500	100	节能型
TML20D-400	99.8	10,500	2,000	225	高脱盐率 化学耐久性 抗污染性

改进型 RO 膜元件 TML20D 的性能在市政污水回用的中试项目中也得到了体现。该污水回用项目采用 MF+RO 膜集成工艺，RO 产水量达到 20，000m3/d。单个压力容器内装有 6 支 8 英寸 TML20D 膜元件，合计 222m2 的膜面积。在 RO 膜连续运行中，

产水和浓水流量分别控制在 4.3m3/h 和 3.7m3/h。在 RO 前处理中投加有亚硫酸氢钠防止 RO 膜氧化，同时投加阻垢剂。

在连续 9 个月的中试运行期间，每 2-3 周实施一次 pH13 碱+pH1 酸的强化化学清洗，总计 14 次的化学清洗。

图 5 显示的是 RO 膜在现场运行中，随着运行时间及化学清洗前后，标准化脱盐率和标准化产水量的变化数据。根据结果显示，在经过 14 次强化化学清洗后，标准化的产水量上升约 25%，而标准化的系统脱盐率仅从 99.0%下降至 98.6%，说明耐久性抗污染 RO 膜元件的优异性能在中试运行中得到了验证。

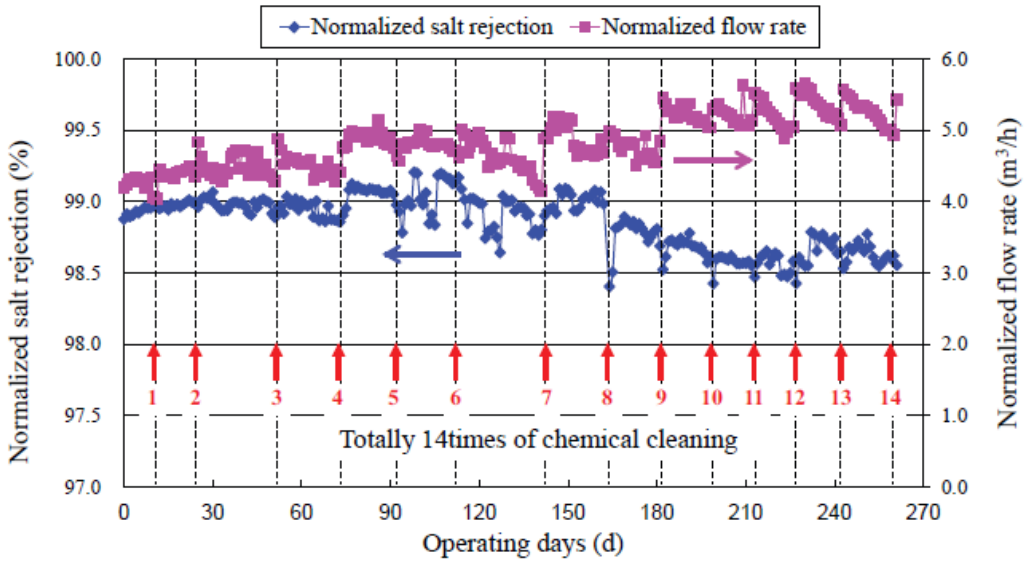


图 5 中试现场 RO 膜标准化性能随运行时间的变化

IV. 结论

为了能够开发出具备更优异性能的新 RO 膜，对聚酰胺复合材料 RO 膜的结构进行分析。本研究通过对 RO 膜聚酰胺层的褶皱结构和孔径结构的分析，对 RO 膜的各种性能包括脱盐率，透水性和化学耐久性进行了深度的改进。此外，用于表征 RO 膜的物理和化学性能的有效评价方法也得到建立。

通过利用基础结构分析方面的知识和水准，具有高脱盐率，高透水性和强化学耐久性的新型 RO 膜已被成功研发出来，这是通过采用东丽专利的分子设计和界面缩聚技术来控制膜片的结构来实现的。同时，通过在污水回用中试现场的测试，新型 RO 膜元件在经过长时间运行和化学清洗的条件下，仍能保持优异的脱盐性能。这种新型 RO 膜元件能够广泛适用于高污染地表水处理和复杂的污水回用系统，即使这些项目的原水水质污染较重而可能需要频繁实施化学清洗。

RO 膜仍然会继续作为水处理领域最重要的技术之一。东丽有信心通过膜技术对解决水处理问题做出重要贡献，并为之继续进行更深层次的研发。

V. 致谢

感谢东丽研发中心提供的 TEM，PALS 和固态的 13C 核磁共振（NMR）光谱，同时感谢 Masuda A 先生，Ishida H 教授和 Hosomi H 先生的讨论和建议。最后我们也要感谢国立高级工业科学和技术研究院 Suzuki R 教授和 Ohdaira T 教授提供的 PALS 测量的使用指导。

VI. 参考文献

1. The United Nations World Water Development Report 4, Volume 1, Managing Water under Uncertainty and Risk, UNESCO (2012)

2. The United Nations World Water Development Report 2014, Water and Energy, Volume1, UNESCO

3. Petersen R. J., Composite reverse osmosis and nanofiltration membranes, J. Membrane Sci., 83 (1993) 81-150.

4. T. Uemura, K. Kotera, M. Henmi, H. Tomioka, Membrane technology in seawater desalination: history, recent developments and future prospects, Desalination & Water Treatment. 33 (2011) 283–288.

5. Nakatsuji K., Sasaki T., Tomioka H., Kimura M., Henmi M. and Masuda A., Progress of RO membrane Technology Based on Morphology Analyses., Oral presentation in the ICOM 2011, Amsterdam, 23-29 July.

6. 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.

7. 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.

8. 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.

9. Henmi M., Tomioka H. and Kawakami T., Performance advancement of high boron removal seawater RO membranes, IDA World Congress on Desalination and Water Reuse, Maspalomas, Gran Canaria, Spain, 21-26 October, 2007, MP07-038.

10. Kurihara M., Henmi M., Tomioka H. and Kawakami T., Advancement of RO membrane for seawater desalination and wastewater reclamation., Oral presentation in the ICOM 2008, Hawaii, 13-18 July.

第十二节 改进型 RO 系统在阿拉伯海湾高温高浓度海水淡化中的应用

作者：Hideo Iwahashi, Masahide Taniguchi, Yohito Ito, Tomohiro Maeda, Yoshihisa Fujii, Patrick Linke, Hamad Ali J. Al-Thani, Mohammed Albeldawi
(Toray Industries,Inc.)
译者：东丽TARC水处理研究所

摘要：

在中东，采用反渗透膜的海水淡化设施的规模在稳步增长。与热法海水技术相比，SWRO 工艺具有低能耗、低成本、占地面积小的优点，因此被认为是一种可靠稳定的海水淡化技术。然而，中东地区的很多国家在阿拉伯海湾的海水淡化中面临很多困难，因为那里海水的 TDS 浓度和最大水温均比其他地区要高。对于反渗透膜技术来说，这是一项挑战，这是由于处理高 TDS 的海水需要更高的操作压力，并且高的操作温度可能会导致膜脱盐性能下降和使用寿命缩短。在过去的十年中，在上述这种苛刻条件下还能具备高性能和高耐久性的改进型 SWRO 膜被研制成功，从而使这些困难得到解决。

卡塔尔国家食品安全计划（QNFSP）是为了食品的可持续安全所制定的一项国家计划，其目的是提高供应链效率和推广先进技术，与卡塔尔国家规划 2030 相吻合。为了通过建设公共工业基础设施减少环境影响和降低成本，这个计划将确认直流工业冷却水脱盐处理后作为供水的潜在可行性。在卡塔尔一个工业城市的公共冷却水系统的一个项目中，确定使用高效 SWRO 膜技术和低环境影响前处理系统来处理这种水。该冷却水具有高盐度（约 46,000mg/L）和高温（高达 45℃）的特点。采用先进的 SWRO 膜技术和一种环境友好型的生物强化前处理工艺（BEP）进行了中试实验，以证明其可行性和海水淡化效率。

在改进型反渗透膜的开发过程中，为了得到高脱盐率的功能层结构，卓越的膜聚合设计技术被应用于分离层上，并且采用各种领先的分析技术如正电子淹没寿命谱（PALS）和透射电子显微镜（SEM）等来进行膜定量评价。此外，纺织和纤维技术用于实现优异的韧性和更长的使用寿命。

本文进行了改良型 RO 膜和 BEP 工艺的中试验证，实验表明，该 RO 膜和 BEP 工艺在处理能力和截留率方面都表现出卓越的性能并成功实现长期稳定运行。在中试实验中，重点关注的一个方面就是 RO 膜的生物污染。除传统的污泥密度指数（SDI15）外，生物污染通过先进的监控技术和定点安装改进型生物生长速度监测指标（mBFR）来表征，mBFR 的结果表明 RO 膜并没有发现明显的微生物污染趋势。

Ⅰ．前言

1.1 背景介绍

在中东和北非地区，人口的急速增长和工业事业的急剧扩大造成人们对于海水淡化需求的显著增加。膜技术，特别是 SWRO 技术，在可预见的未来里被公认为是海水淡化最合适的技术，因为它们使得低成本低能耗的提供高品质的水成为可能。虽然阿拉伯海湾国家历来使用低效的热法脱盐技术作为生产饮用水的主要工艺，但这一处理工艺正在转变中。这是由于 SWRO 技术可以解决阿拉伯海湾的 3 大主要技术难题：高盐、高污染（高有机物含量）和高温。

本文为 2015 年国际脱盐协会会议专题论文，版权为国际脱盐协会(IDA)所有，未经许可，不得翻录。

本项目旨在将 SWRO 技术应用到一个新的水平的进水温度和盐度中，使得与工业部门协同改善环境和经济表现变得可能。本项目使用对于高温和高运行压力下均具有耐久性的改进型 RO 膜技术进行公共工业冷却水的 SWRO 海水淡化。这种改进型 SWRO 技术还利用了低环境影响的生物加强型前处理技术。本文重点介绍改进型 SWRO 膜的性能，同时我们会在一份单独的文章中详细讨论生物加强型前处理系统的性能。

1.2 卡塔尔国家食品安全计划（QNFSP）

卡塔尔政府颁布的卡塔尔国家食品安全计划（QNFSP）制定了一个全国性食品可持续安全的总体计划。水，也就是能源，是该计划的主要方面。该计划的国内农业生产部分的重点是灌溉水资源管理特别是地下淡水资源当前枯竭状况的逆转。该解决方案需要国家地下水蓄水层的人工存储和补给以及通过海水淡化供给水资源不足。为了可持续发展和环境友好型海水淡化系统，QNFSP 探究从直流工业海水冷却系统中淡化工业冷却水的可能性。在卡塔尔的一些工业城市中，如拉斯拉凡工业城（RLIC），那里有很多卡塔尔的能源密集型工业项目集中，海水被大量的用于冷却。

QNFSP 规划的指导思想是减少对环境和经济的影响。海水淡化形成直流冷却水系统提供潜在的环保以及经济效应因为它能够通过与基础设施的协同作用冲淡浓水排放减少投资和操作成本。在 RLIC，典型的冷却排污水中含有高的 TSD（总固体含量，约 46,000mg/L）和高温（高达 45℃），这就导致反渗透海水淡化厂处理这种水的技术和商业可行性方面的疑虑的产生。为了解决这些问题，其中包括一些不常见的降解和污染物，在 RLIC 我们进行了处理能力为 16.8m3/d 的实验室规模的实验来验证先进的海水淡化系统的性能。该项目由日本公司（东丽和三菱）和 QNFSP 联合主导，日本经济产业省（METI）和日本驻多哈大使馆支持，并与卡塔尔石油/RLIC 当局及卡塔尔通用电气水务公司（Kaharmaa）密切合作进行。

1.3 高温高盐领域中改进型 SWRO 膜的最新技术进展

平板复合式反渗透膜的结构如图 1 所示。复合反渗透膜由三层组成，即分离功能层、聚砜多孔支撑层和聚酯无纺布。功能层由交联的芳香族聚酰胺制成，这是一种为了达到卓越的渗透性和盐/有机物截留性能而采用的最普遍的材料[1]。其他两层起到支撑功能层用以应对高操作压力的条件的目的。为了获得可以用于如上提到的中东地区的严苛条件下的 SWRO 膜，使用基本技术条件辅以最新的科学分析技术，并且最后通过修改制造工艺研究开发出改进型 SWRO 膜。

在海水淡化的应用中，SWRO 膜暴露在很大的渗透压下，并且渗透压随着海水盐浓度的增加而增加，这就导致高的操作压力，特别是在中东。SWRO 膜就是为了这种高压力的操作条件而生，但是由于 RO 膜表面的压实会导致膜的使用寿命缩短，因为支撑层聚合物物质的性质，这种趋势在高温的条件下更为明显。

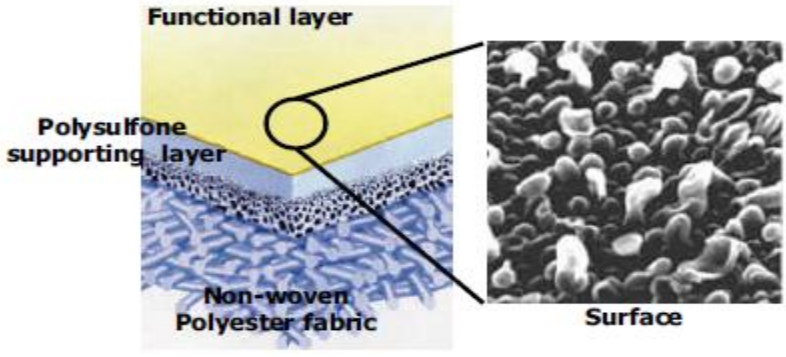


图1 平板复合反渗透膜的结构图

为了提高物理耐久性，通过东丽公司在纤维纺织上的迁移积聚技术和渗透间隔的凹槽宽度变窄使得无纺布的强度得以改善。SWRO 膜在高温高压的操作条件下的断面结构如图 2 所示，跟传统的 SWRO 膜相比，因为耐久性的改善，改进型的 SWRO 膜变形较小，提高了稳定性。



传统SWRO膜 **改进型SWRO膜**

图2 在高温高压的操作条件下的SWRO的断面结构

虽然理想的 SWRO 膜应该同时兼有高渗透性能和高的溶质去除率性能，但是渗透性能和溶质截留率之间存在一个平衡关系。在上述提到的严苛的操作条件下，当 RO 进水温度越高时，盐透过膜的扩散能力会提高并且在进水中含有很高的 TDS 浓度，故会导致高的盐透过率。因此，这样的 SWRO 膜需要具有高脱盐率的性能。针对这个问题，基于功能层结构的控制来实现膜性能的改善：（1）孔径大小（2）膜孔数量（3）表面积（4）膜厚（5）化学性能[2]-[4]。

近年来，RO 孔径分析的诀窍是通过使用正电子湮没寿命谱（PALS）观察分离功能层。这项技术表明现研究的 SWRO 膜材料的每一个功能层的膜孔径均在 0.56-0.7nm 内，并且这些膜孔与硼透过率密切相关。研究表明分离功能层的膜孔径被认为是主要影响因素之一，尤其是对于硼。通过膜孔径的分析和评价从而研制出有着高截留性能的创新的反渗透膜。

对于水透过性能的改善，为了同时得到高通量和高截留的性能，需要有更大孔隙率和表面积。最近，先进的测试方法可以检测出在湿态条件下膜表面的突起结构[5]。图 3 是扫描投射电子显微镜-电子能量损失谱（STEM-EELS）下的元素映射图像，这可以确认聚酰胺功能层的精确位置[5]，并且可以估算膜厚度和表面积。

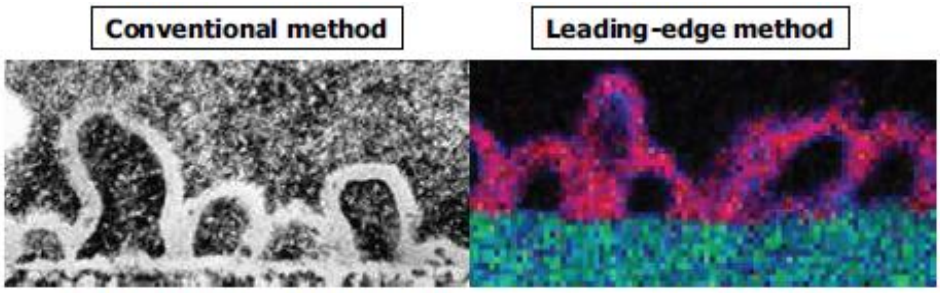


图3 TEM和STEM-EELS下的膜表面突起结构图示例

所以，世界上针对不同性质的海水的高性能的 SWRO 膜基本都是利用膜聚合技术并辅以分析技术如 PALS 和 TEM 等来评价膜性能而研制出的。

Ⅱ．研究内容

2.1 RLIC 中试实验的流程图

为了评价改进型 SWRO 膜，在卡塔尔的 RLIC 市使用实际排放的冷却水进行评价实验。中试实验的流程图如下图 4 所示，冷却排污水的详细介绍、主要设备及操作条件如表 1 所示。冷却水是从 RLIC 工厂的排放口引出。在前处理工序之前加入亚硫酸

氢钠（SBS），控制其投加量以保持恒定的 ORP 值。这个 SWRO 系统与前处理工序（包括生物强化前处理工序（BEP）及之后的保安过滤器）联用。RO 包含 7 支 TM810 型号（适用于 RLIC 高温高压操作条件的改进型 SWRO 膜元件）的元件，平均流量为 13.0LMH，回收率为 35%。

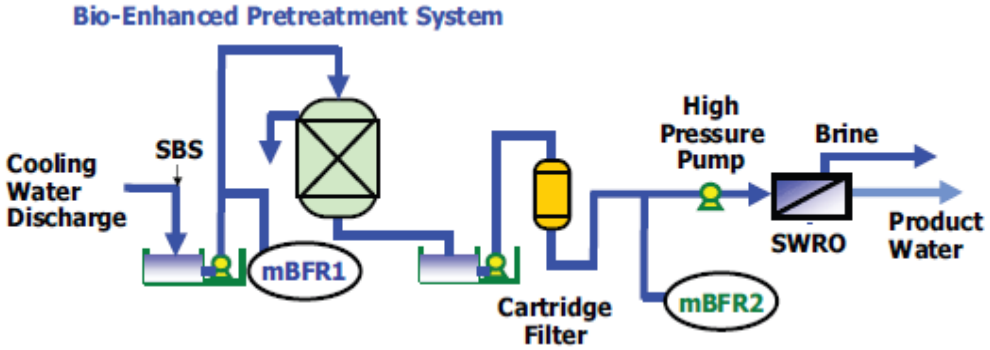


图4 RLIC中试实验的流程图

表1 冷却水的详细信息及主要设备和操作条件

冷却水	
温度	35-42℃（RO进水：36-43℃）
pH	7.9~8.3
TDS	45,000-47,000 mg/L
硼	5.1-6.1mg/L
ORP	约为200mV（加入SBS后）

保安过滤器	
材质	聚丙烯
过滤流速	10μm
BEP（生物强化前处理）	
媒介	砂
过滤流速	10-12m/hr

SWRO	
型号	TM810V
数目	7支（串联）
平均流量	13.0LMH
产水量	16.8m^3/day
回收率	35%
调节pH	无
阻垢剂	无

2.2 改进型生物生长速度监测指标（mBFR）

降低 RO 系统生物污染的关键在于选择一个适当的生物膜监控技术和应用有效的前处理方式。尽管以前尝试过各种不同的方法，然而现在并没有一个通用的方法可有效评估微生物。SDI 是当前唯一标准的方法，但是众所周知它并不能给出生物污染潜在风险的准确信息。为了评价生物污染风险，我们采用应用于苦咸水或饮用水监测中的 mBFR 应用于该中试实验中。mBFR 测试如图 5 所示。为评价进水（冷却排污水）和前处理后的水的生物污染潜在风险，mBFR 被安装在图 4 中的前处理工序进水处和 SWRO 进水处。mBFR 设备中装有很多含 RO 膜片的圆柱，每个圆柱进行定期取样，通过测定三磷酸腺苷（ATP）来评价微生物在膜表面的情况。通过 ATP 和接触时间的线性关系的斜率可以得到 mBFR 值。

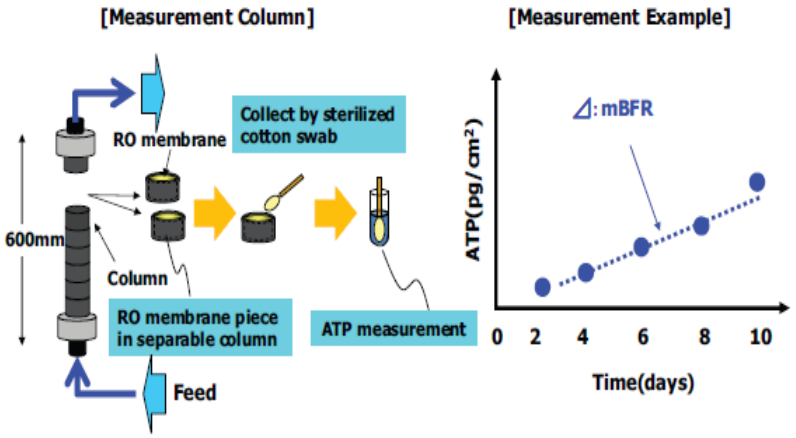


图5 改进型微生物生长速率检测器结构及计算方法

Ⅲ. 实验结果

3.1 BEP 系统性能

冷却排污水和前处理后出水的 mBFR 值如表 2 所示。在运行过程中，所有前处理后的水的 mBFR 值均小于冷却排放水的 mBFR 值的 1/10，并且降至 10pg/cm2/day（SWRO 可稳定运行的限值）以下。在运行过程中，BEP 工艺透过水的 SDI15 也很稳定（约 4.0）。所以，SWRO 的压差（=进水压力-浓水压力）没有上升并保持稳定（图 6），这表明 BEP 可以成功地运行并保证 SWRO 不产生任何污染包括生物污染。

表2 冷却排放水和前处理后的水的mBFR值 [单位]pg/cm^2/day

周期	2013年7月-8月	2013年8月-9月	2013年10月-11月
水温	>40℃	>40℃	35-40℃
mBFR1	84	86	46
mBFR2	6	3	2

3.2 SWRO 性能

改进型 SWRO 的进水压力、压差和水温如图 6 所示，进水和 SWRO 产水的电导率、TDS 和硼浓度分别如图 7 和图 8 所示。这表明改进型 SWRO 膜运行相当稳定和成功。

为有效地评价系统性能，将实际获得的运行数据进行标准化，换算成标准条件下（进水压力 800psi，水温 25℃，NaCl 浓度 32,000mg/L，硼浓度 5mg/L，pH=8，回收率 8%）的数据并且将这些数据跟初始条件下的产品性能进行对比。关于标准化，透水和透盐率在考虑浓差极化理论的条件下进行计算，这在之前的文章中有提到[8]，并且标准化数值是在同样的理论下使用得到的透过性能进行模拟。改进型 SWRO 膜的标准化后的相对产水量如图 9 所示，标准化后的脱盐率和脱硼率如图 10 所示。从图 9 可以看出，在高温和高压的操作条件下，改进型 SWOR 的相对产水量保持在设计值。脱盐率和脱硼率表现出众，并优于膜标称值。所以，这表明相对产水量、脱盐率和脱硼率均很稳定，即使没有清洗，系统仍连续运行四个月。

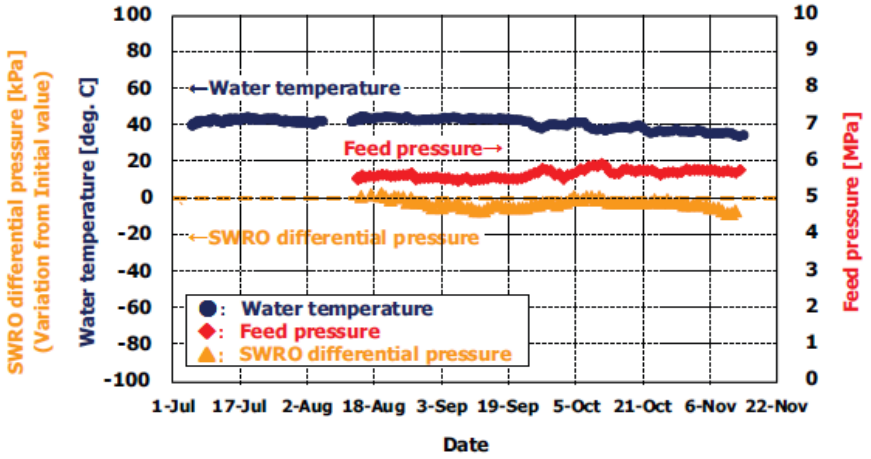


图6 进水压力、压差和水温

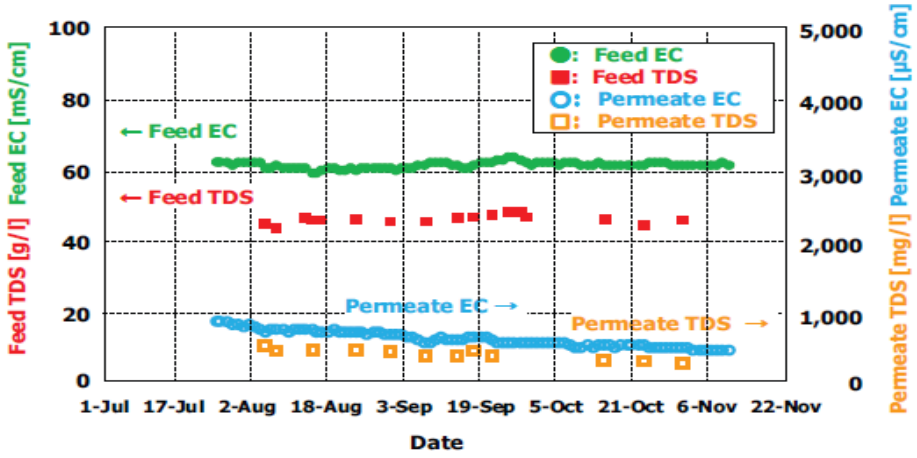


图7 SWRO进水和产水的电导率、TDS

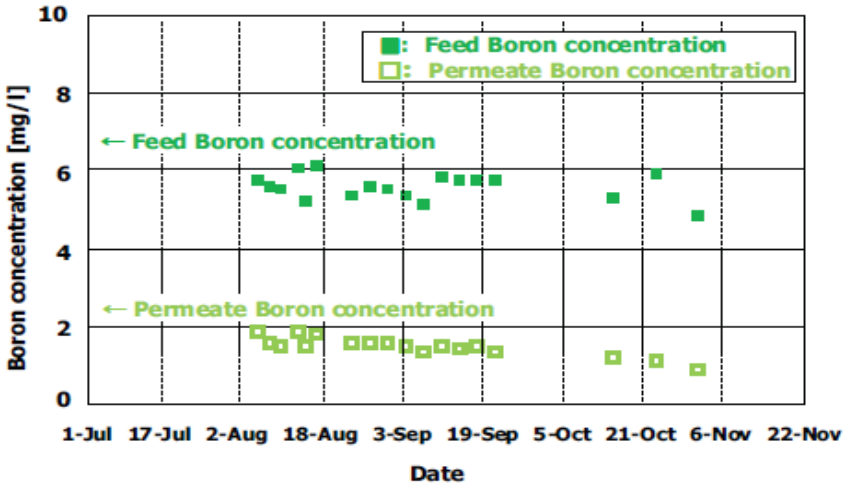


图8 SWRO进水和产水的硼浓度

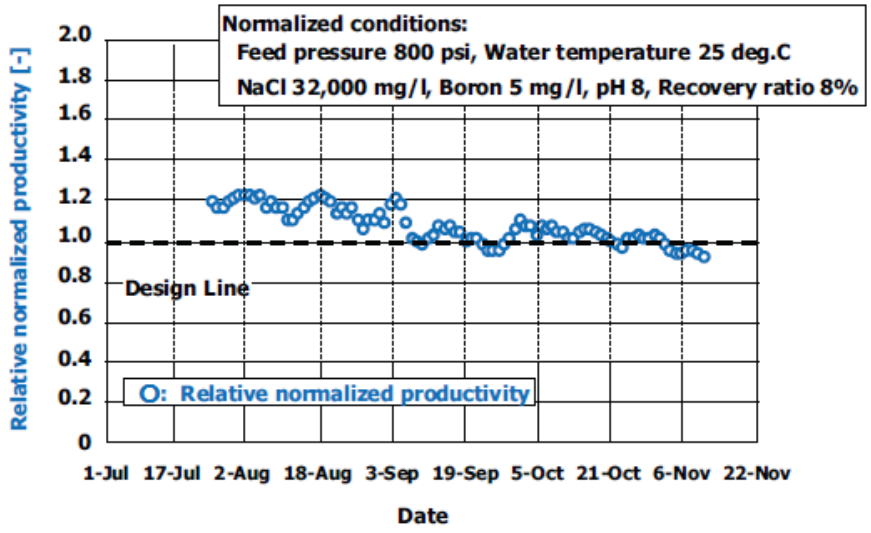


图9 改进型SWRO膜的标准化产水量相对值

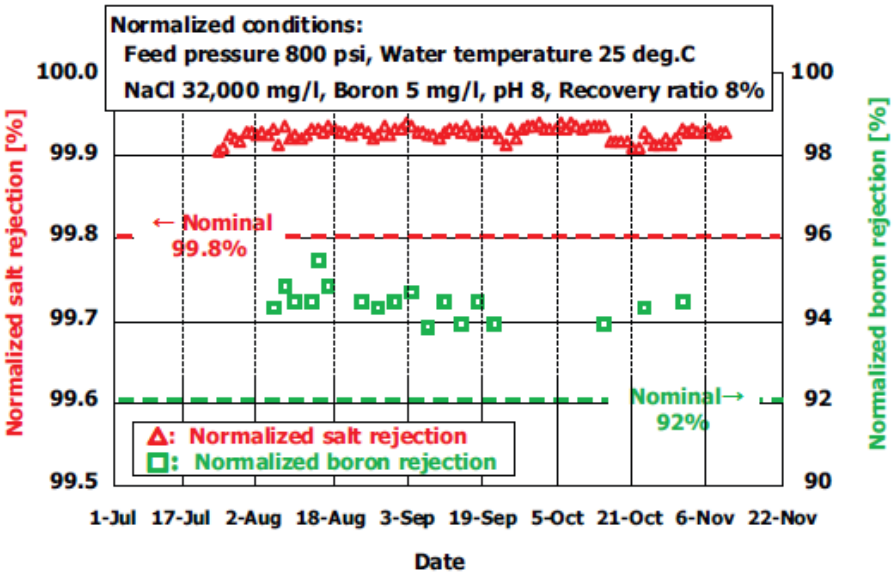


图10 改进型SWRO膜的标准化脱盐率和脱硼率

Ⅳ. 结论

世界上各种可处理不同性质海水的高性能 SWRO 膜均是通过膜聚合技术和纺丝技术并辅以新型分析技术如 PALS 和 TEM 等研究开发出的，包括适用于中东这种高盐高温的海水条件下的新改进型 SWRO 膜。

这种新改进型 SWRO 膜应用于严苛的温度和盐度条件下来淡化含高 TDS（约 46,000mg/L）和高温（高达 45℃以上）的冷却排污水。在这个项目中，中试实验结果证明了其在阿拉伯海湾地区严苛的海水淡化中的适用性。

中试实验中 SWRO 膜的各种性能参数包括产水量、脱盐率和脱硼率均保持稳定并高于标称值。

在运行过程中，冷却排污水和经过 BEP 前处理后的水都使用 mBFR 进行测试，并且 BEP 前处理后出水的 mBFR 值均小于冷却排污水的 1/10，小于 10pg/cm2/day（SWRO 可稳定运行的限值）。这些结果均表明 BEP 工艺的成功运行及对 mBFR 的有效抑制。

高效 SWRO 技术可以降低环境影响同时降低操作和投资成本，这种淡化高温海水

的能力可以应用于工业直流冷却水基础设施。因此这种技术可对国家或地区水和食品安全计划的可持续性做出重要贡献。

Ⅴ．参考文献

[1] Petersen R. J., “Composite reverse osmosis and nanofiltration membranes”, Journal of Membrane Science 83 (1993) p81-150.

[2] 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.

[3] 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.

[4] 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.

[5] Kurihara M., and Hanakawa M., “Pursuit and progress of future membrane technology”, Oral presentation in IDA World Congress on Desalination and Water Reuse (2013) TIAN 13-418.

[6] Takeuchi K., Ito Y., Tokunaga K., Nagai M. and Iwahashi H., “The study of environmentally friendly pretreatment system”, Desalination and Water Treatment 51 (2013) p1874-1880.

[7] Ito Y., Hanada S., Kitade T., Tanaka Y. and Kurihara M., “Clarification of impact of biofouling triggered by chemical addition for designing of mega-ton SWRO plant”, Oral presentation in IDA World Congress on Desalination and Water Reuse (2013) TILAN13-062.

[8] Taniguchi M., Kurihara M. and Kimura S., “Behavior of a reverse osmosis plant adopting a brine conversion two-stage process and its computer simulation,” Journal of Membrane Science 183 (2001) p249–257.

第十三节 改进型生物生长速度监测设备及其作为 RO 系统运行和优化的指标

作者：Yohito Ito, Seiko Kantani, Tomohiro Maeda, Kenichi Okubo, Masahide Taniguchi (Toray Industries,Inc.)
译者：东丽TARC水处理研究所

摘要：

反渗透工艺可以从各种各样的水源中获得高质量的淡水资源，其中基于全球淡水资源需求量的不断增长，反渗透膜在海水淡化中的应用正变得越来越重要。而反渗透应用最主要的关注点就在于膜污染，尤其是生物污染（微生物在膜面的沉积及其生物膜的生长），不仅降低了产水水质，还会导致 RO 工艺产水量的下降。而降低微生物污染风险的关键在于选择合适的生物膜监测技术，并在早期采取恰当的措施进行控制。不过在反渗透应用工艺中并没有一种通用的评价生物污染特征的监测设备。

文章描述了一种创新型的生物监测工具—改进型生物生长速度监测指标（mBFR），适用于反渗透系统包括海水淡化系统（seawaterRO，SWRO）中生物学指标的检测。mBFR 设备由可分离不透光的塑料短环衔接组成，在每个短环柱内安装了 RO 膜切片；可定期采集或者添加一定数量测试环单元到现有测试环上。这种新方法可以一天内确认生物膜的增量，客服了现存方法需要定期取样才能量化测试的弊端。新方法使“脱离现场”异地测试成为可能。其所用的 RO 膜片还可以用以进行清洗实验或其它分析。

改进的 mBFR 可用于各种类型的商业化反渗透工厂或者中试工程中以进行预处理效果诊断和/或工艺优化。这些应用项目证明了对于目标水质的特定生物污染用 mBFR 设备进行评价是成功的，mBFR 作为 RO 系统的监测传感器是可行的。该文介绍了这种改进型 mBFR 的特征及其如下的应用案例：

UF 处理地表水的高性能论证：无药剂投机的情况下，可削减 80-90%的生物污染潜能。

与 RO 膜压差检测联动的杀菌剂投加量的优化。

海水淡化中的加氯-还原强化杀菌的风险评估。

上述案例最终证明了 mBFR 是一种可靠的工具，它可以评价 RO 进水的生物污染潜能，并对严重的生物污染事故作出预警。基于 mBFR 的数据积累建立了 SWRO 工厂的化学清洗指导方针。根据我们的经验，较高的 mBFR 值经常导致更快的生物污染（DP 的增加）。mBFR 值低于 10pg-ATP/cm2/d 应该是 SWRO 系统进水水质所应达到的奋斗目标。

Ⅰ．前言

反渗透工艺可以从各种各样的水源中获得高质量的淡水资源，其中基于全球淡水资源需求量的不断增长；反渗透膜在海水淡化中的应用正变得越来越重要。而反渗透应用最主要的关注点就在于膜污染；尤其是生物污染（微生物在膜面的沉积及其生物膜的生长）。据统计，世界上有 40%的海水淡化反渗透系统都面临着生物污染的问题，而在中东，更是达到了 70%的比例。生物污染指的是生物膜在反渗透膜面的一种有害沉积和生长。生物膜是一种表面附着在它们的副产物胞外聚合物组成的粘液层表面相

本文为 2015 年国际脱盐协会会议专题论文，版权为国际脱盐协会(IDA)所有，未经许可，不得翻录。

关的微生物及其细胞的集合体。生物污染不仅影响产水水质，而且影响产水水量，并导致 RO 水处理工艺成本上升。

降低微生物污染风险的关键在于选择合适的生物膜监测技术，并在早期采取恰当的措施进行控制。不过在反渗透应用工艺中并没有一种通用的评价不同生物污染特征的监测设备，甚至并没有一种普遍意义的评价生物污染的标准化指标。淤泥淤积指数（SDI）和改进型结垢指数（MFI）是目前唯一的标准方法。但是，他们不能提供有关生物污染的真正潜力的准确信息。例如，即使 RO 给水 SDI 低于 2.5 这样一个对于 SDI 指标已经很好的数据，系统仍然会有生物污染。其中一个原因就是这些方法忽略了物质粒径小于 0.45 微米可能造成污染的事实。还有其他的分析方法，如生物可同化有机碳(AOC, Assimilable Organic Carbon)，其具有评价靶向水的生物污染风险的潜力[2]。但是，AOC 指标在评价一些其它的 RO 工厂进水时也有一些困难。例如，似乎没有可靠的明确的手段储存海水样品。因为保存采样后没有可靠的和明确的手段。因为 AOC 指标测试应尽快进行，以防止样品的恶化，然而，AOC 测量需要洁净的分析实验室的环境以及很熟练的操作技能，这将是 AOC 指标应用的巨大障碍，特别是要收集位于世界各地的 RO 工厂的基础数据。

这项研究的目的是建立一个简单，可靠的生物污染潜力量化 / 预测工具，它可以很容易地在所需的 RO 设备进行的，以方便故障诊断和工艺优化。为了实现这一目标，我们采取了 BFR 监测技术重新审视生物膜形成速度[3]，它由 Kiwa 研究和咨询中心开发，修改了原来的方法的一些缺点，以改善现场工艺工程师和操作人员对 RO 设备的测量能力。

II. 材料和方法

BFR 是一种测量生长在玻璃/特氟隆环表面的生物膜的工具，生物膜作为时间的函数可以测试每天每平方厘米的表面上以皮克（10-12g）计的三磷酸腺苷（ATP）的量，如图 1 所示：

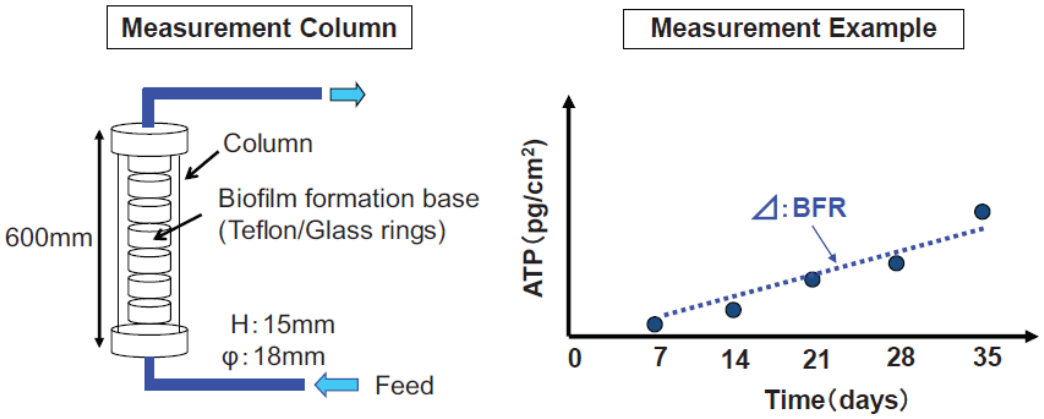


图1 BFR测试流程示意图

在这项研究中，改进的生物膜监测方法和生物膜收集方法的开发是为了改善原有 BFR 测试的工作量，移动性和灵敏度，使得现场工作更方便，更有价值的适用于更多反渗透装置。

改进型 BFR（mBFR）测试容器由可分离不透光的塑料短环衔接组成，在每个短环柱体内安装了 RO 膜切片，如图 2 所示，这使得量少易损的生物膜携带更加容易。

生物膜生长载体从玻璃/特氟隆环变为 RO 膜切片以模拟具有 RO 元件内膜表面上完全相同的物理化学性质和粗糙度，从而提高生物膜生长环境的可靠性。这些膜切片

还可用于化学清洗试验或必要时的如监测氧化剂的偶然泄漏等事故分析。

可定期采集或者添加一定数量环柱体到现有环柱体上。生物膜测试环的一个改进就是实现了“手动添加测试环单元”，使得生物膜取样和 ATP 的测试能够在一天内用最少的样品完成测试，克服了现存方法中需要周期性采集和测试生物膜的缺点。该方法也使离线异地 ATP 量化测试成为可能，但监测环柱体需要保存在冷冻的盒子内，详细信息将在后面章节中阐述。

相对原有方法中生物质的收集和提取方法所使用的超声波设备，新方法改用消毒棉签擦拭反渗透膜表面，确保生物质完全回收。这一改进节约了样品测试用量，简化了测试步骤。将收集的生物膜分散在装有消毒水的试管中，并使用便携式分析设备 Lumitester（注册商标）C-100（龟甲万公司的产品）的 ATP 试剂进行 ATP 含量测定。由于更高的生物膜回收效率，检测灵敏度高于原始方法 10 倍以上，如图 3 的右侧图表所示。

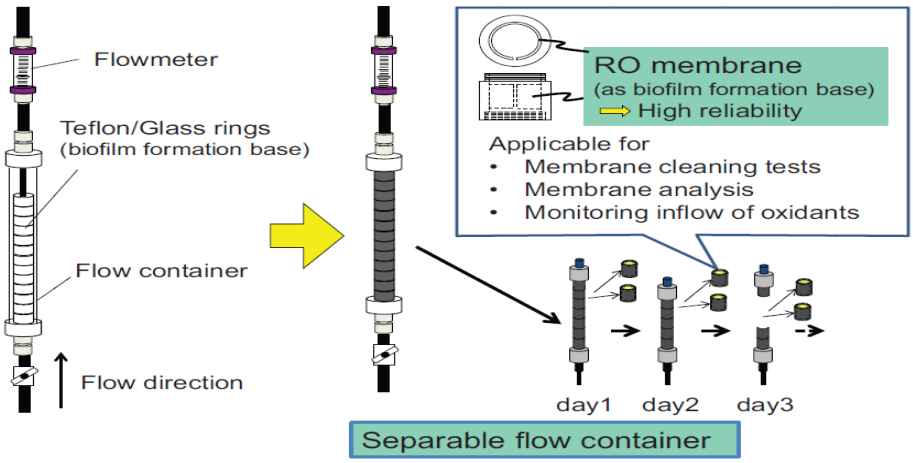


图2 改进型的BFR监测环柱体

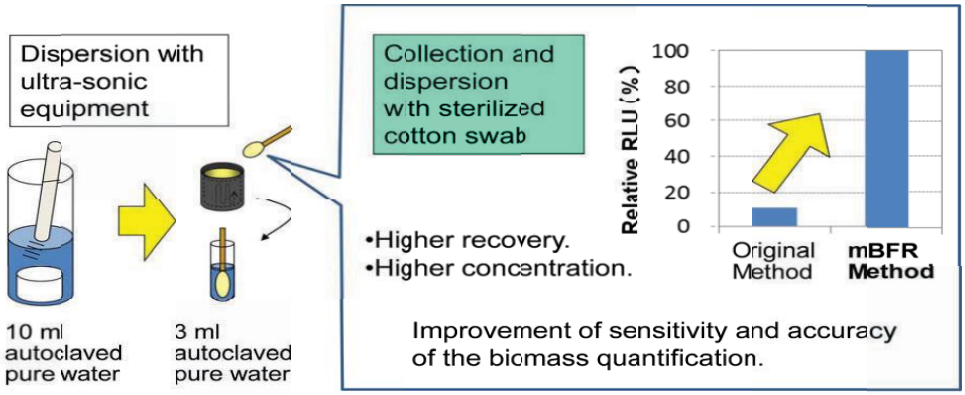


图3 改进型的BFR生物膜采集方法

III. 结果与讨论

3.1 mBFR 作为 RO 系统水质传感器的验证

为了确认 mBFR 对水质响应灵敏度，用已知浓度的乙酸钠加入到图 4 中左图所示的 mBFR 监测单元内的海水里面，图 4-a 中清楚显示了该生物膜的生长速率和乙酸钠投加量之间的相关性。从 mBFR 监测值和 AOC 投加量的关系，以 AOC 投加量（80μg-C/L）的浓度考虑，显示了线性相关性，如图（4-b）所示，从中我们可以确认，mBFR 可以在非常低的有机碳的浓度范围适用于海水水质的量化。这种相对较低的

mBFR 值相比其他研究[4]可能的原因在于乙酸钠给药量或者是在微生物的特性（例如海洋细菌和淡水细菌）或营养成分的差异。

mBFR 值和 RO 进水－浓水差压增加（生物污染）的控制措施之间的关系通过平行的超滤+反渗透试验装置（分别是 RO 进水乙酸钠投加量为 500 和 0μg-C/L 的平行装置）进行评价。从图（4-c）可以看出，两套装置的 RO 进水的 mBFR 值分别为 10pg-ATP/cm^2/d 和 100pg-ATP/cm^2/d，即 RO 生物污染趋势存在明显区别。从这个结果，我们已经证实，mBFR 的测定值可以不仅用于 RO 进水水质生物学指标的量化也可以作为生物污染的风险评估。

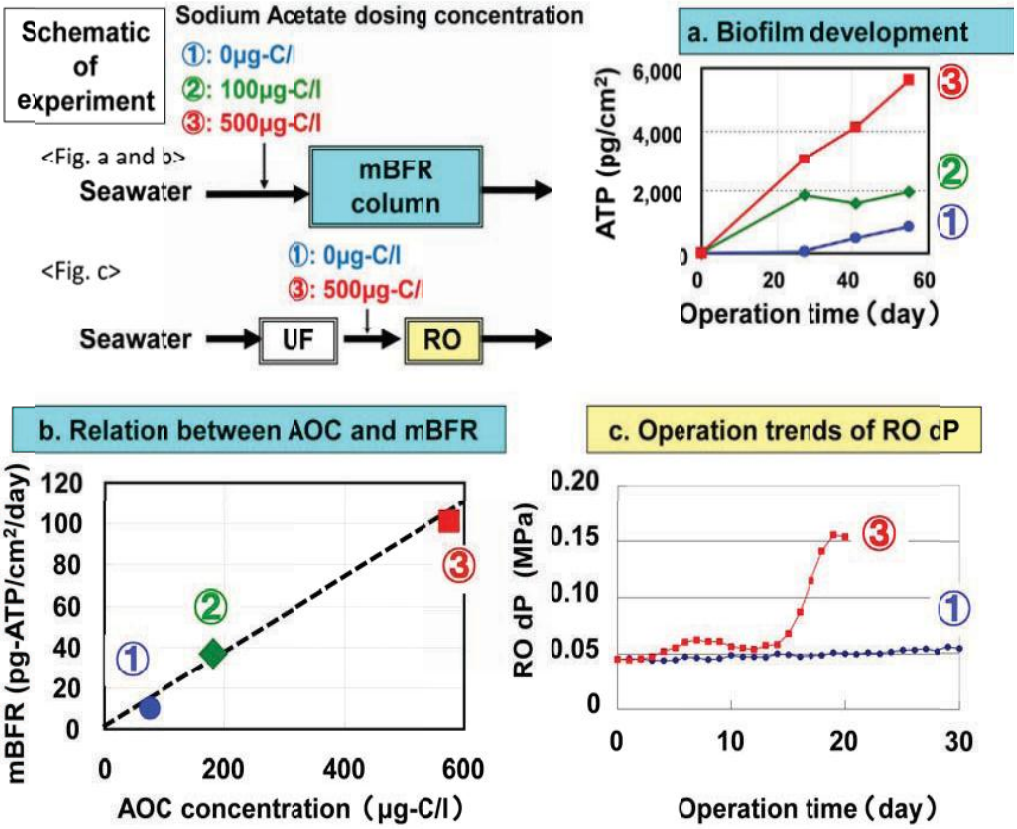


图4 mBFR作为水质监测传感器的验证

3.2 mBFR 作为水质传感器的可行性案例

mBFR 可以考虑 mBFR 应用在反渗透脱盐工厂的两个主要类型可以是：

水质传感器

RO 监测器

mBFR 作为“水质传感器”具体实施方案的实例如下：

合适的预处理工艺设计

反渗透海水淡化厂诊断

生物污染与从其它污染类型的鉴别

RO 生物污染预测

3.2.1 连续加氯和脱氯对反渗透系统生物污染的影响

在海水作为相同进水，通过运行两套中试规模的 UF-RO 单元在有和没有加氯/脱氯预处理条件下，调查了化学添加对生物污染的影响。为了评估 RO 进水海水的生物

污染潜力，mBFR 监测单元被分别安装在两套中试系统高压泵的上游的支管上采集海水。1mg/L 余氯含量被连续添加到 1 号装置中的表层海水中。原海水被送入含有 4 支 UF 膜组件的超滤装置中（HFU-1010，东丽），以去除海水中的悬浮固体。操作通量设置为 2.5$m^3/m^2/d$。化学强化反洗(CEB)通过添加余氯 300mg/L 被周期性进行以去除堵塞在膜面的污染物。UF 处理水被输送到装有一支 4 英寸反渗透膜元件 RO 单元内（TM810C，东丽）。亚硫酸氢钠以 2.4mg/L 浓度连续添加至 1 号装置的 RO 之前以进行脱氯。RO 单元的通量和回收率被设定在 17.6LMH 和 6.6%。无化学物质添加到 2 号装置的海水中，这些试验的结果如下所示（图 5）。

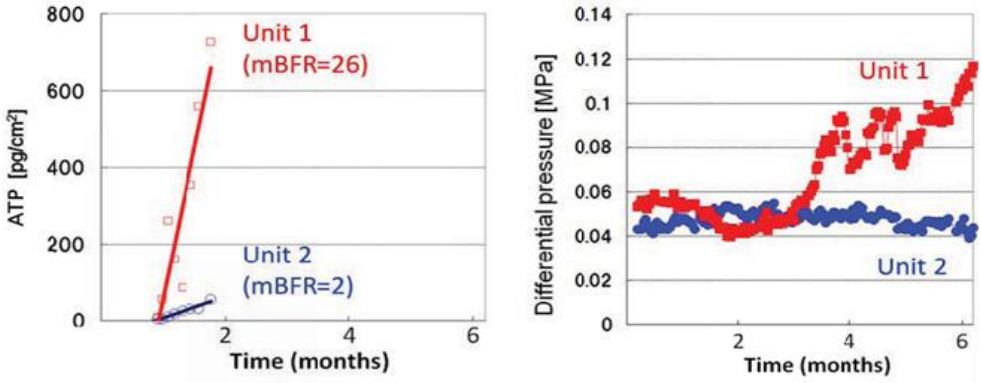


图5 加氯－脱氯对生物膜生长及RO生物污染对影响

左图 5 表明 1 号装置内 RO 进水 mBFR 值比 2 号装置高得多。右图表明了 RO 膜压差与 mBFR 值的大小对相关性。通过比较这些图，则可以看出，mBFR 可用作预警指示。这些结果不仅清楚地表明了连续加氯－脱氯对生物污染的负面影响，而且表明 mBFR 作为反渗透生物污染预警和指示的可靠性。

3.2.2 评价超滤预处理反渗透生物污染抑制潜力

超滤膜对生物污染的抑制潜力通过湖水（滋贺县，夏天）和海水（爱媛，冬季）项目试验进行了评价。这些水分别用 UF 组件（HFU-1010，东丽）进行简单的死端过滤中试。操作通量都是 2.0$m^3/m^2/d$，气洗反冲时间分别设置为 2.5 小时。

每套装置都的生物膜形成速度的结果见图 6 所示。超滤产水的 mBFR 值分别降低到的超滤进水的 7%（湖水）和 20%（海水）。从结果可知，HFU 超滤膜具有很高的生物污染抑制能力。结果还表明，自然水源中作为生物膜发展的来源的不仅是细菌本身而且包含微生物基质或生物膜絮体，似乎主要存在于颗粒状或胶体形式（>0.01 微米）。结果证明了，基于进水水质，单超滤过程可以作为必要和充分的 RO 系统预处理设备。

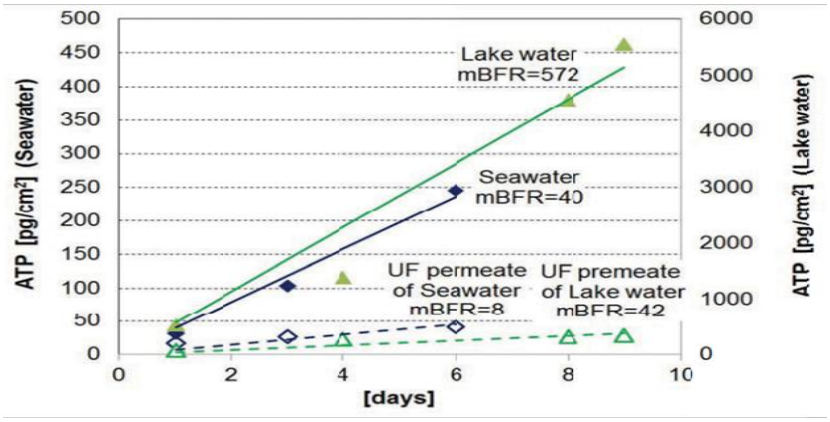


图6 UF预处理对于缓解生物污染的影响

3.3 mBFR 作为 RO 监测器的可行性案例

mBFR 为“RO 膜监测器”的具体实施案例如下：

有效的杀菌剂和 / 或化学清洗的方案选择

化学药剂投加量的优化

RO 膜运行状况的监测（例如，监控氧化剂的意外流入事故）

3.3.1 RO 杀菌剂投加的优化

一旦 RO 进水的生物污染风险较高，为保证连续正常的产水，反渗透系统中需要采取诸如化学清洗和/或消毒剂的投加等预防措施。而所选择的化学药剂或它们的适用条件的有效性，则可以直接由测试药剂注入点下游管路支路上采样点的 mBFR 值进行表征。药剂投加条件的优化可以通过测试平行装置的 mBFR 值的浓度进行优化，如图 7 中所示可以很容易的进行。例如，如果你打算控制 RO 进水低于 10pg-ATP/cm^2/d，也可以是从图 7 的左图判断。则 DBNPA 的最佳给药浓度应为约 20mg/L。

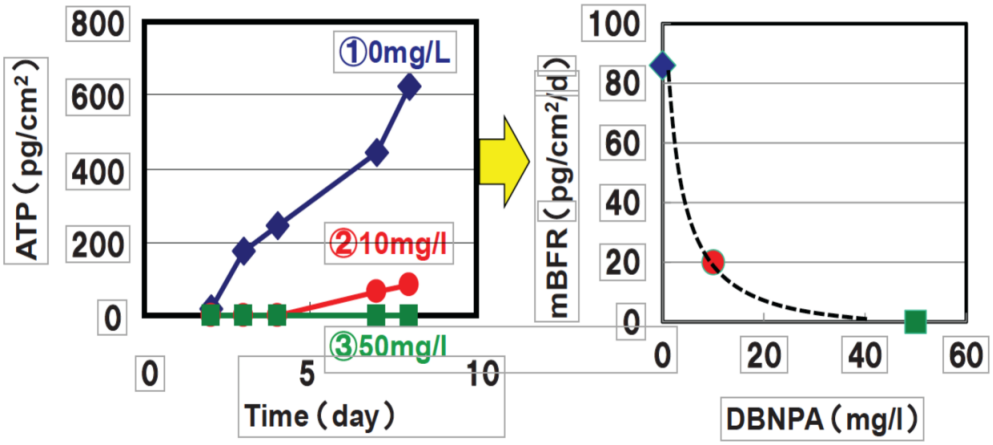
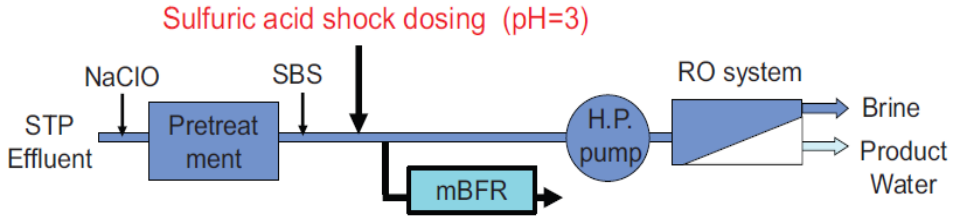


图7 RO杀菌剂投加量的优化

另外一个案例介绍的是市政污水回用反渗透装置采用硫酸冲击式投加进行杀菌消毒。通过并行测试与不同的消毒频率条件下 mBFR 监测值，每 3 天一小时的冲击式加药成为最佳的消毒条件。杀菌剂投加条件的有效性通过由实际反渗透装置监测的 mBFR 进行确认。从图 9 中可以看出。RO 进水压力趋势是在 1h/3d 硫酸冲击式投加条件下运行稳定，而停止投加杀菌剂则压力开始上升。



硫酸冲击式投加频率	1h/d	1h/3d	-
mBFR [pg/cm^2/day]	<1	<1	57

图8 污水回用RO工艺流程及其mBFR确认杀菌剂投加频率的优化结果

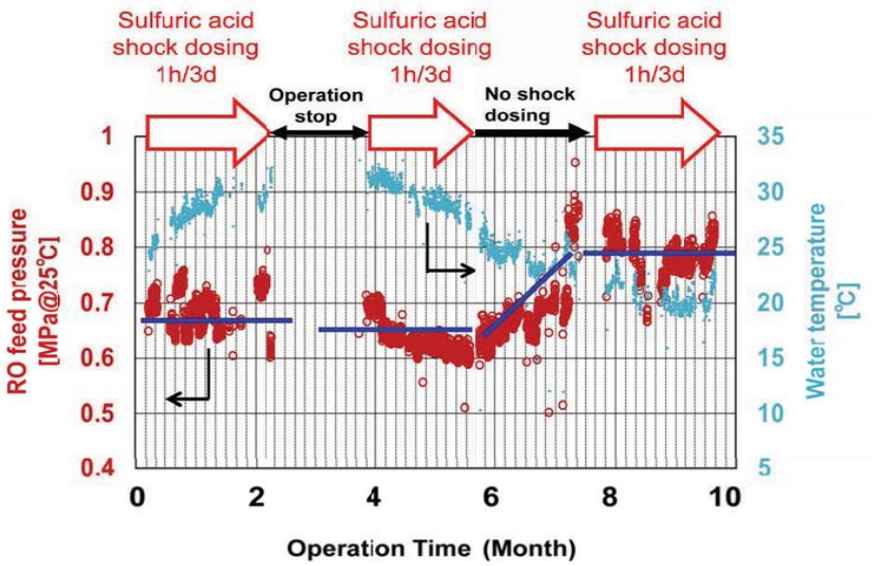


图9 基于mBFR的杀菌剂投加优化效果的验证

3.4 离线异地量化测试生物质的验证

原有生物膜监测方法中的主要缺点是：不仅需要定期对生物膜进行采样，而且需要定期进行生物膜对量化测试才能获得 BFR 数据。因此，监测期间生化分析接到样品的操作人员决定了数据的有效性及可靠性。此外，由于必须在每个采样周期准备并所必需的 ATP 的定量化学试剂，从而增加了试剂保存的污染风险，降低量化测试的精度，或由于无效的 ATP 定量测试频率增加导致试剂的浪费。

我们通过改变生物膜监测柱的设计改善，“手动添加测试环”让生物膜在环单元上生长，克服了这个缺点，如图 10 所示。定期（例如，每两天）添加一定数量（通常为两个或三个）的测试环到现有的测试环上（螺纹连接）。生物膜监控的最后一天之后，所有的生物膜同时采样并进行 ATP 的量化测试，而这些都可以一次性完成。相较于周期性 ATP 定量分析，周期型安装一定单位的测试环即便对于非技术人员来说也不会那么困难。

这种新方法也使得 ATP 的异地量化测试成为可能。在监测生物膜的最后一天，将所有测试环进行采样，拆除，密封，并转移至实验室或其它地方以减少现场作业。

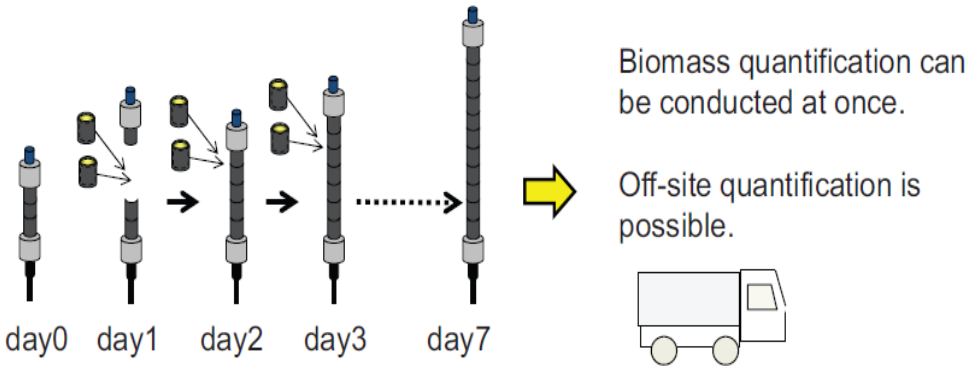


图10 mBFR测试中“单元测试环模式”的价值

不同的获取方式下 mBFR 值对比结果见表 1。可以看出，定期拆卸和定期安装测试环两种模式所得到的 mBFR 值没有明显差异。mBFR 值在 4℃下 1 天之后保留了约 95%，4℃下 3 天后保留了 70%。这些结果表明，在现场真实的 mBFR 值可以通过一

定的换算系数修正异地生物膜量化测试结果进行确定。

表1 不同应用方式下mBFR值对比结果

Column operation mode	Quantification of biofilm ATP	mBFR (relative)
Periodical detachment (two columns)	Within 15min after each sampling day	100
Periodical connection (two columns)	Within 15min after sampling, all at once	100
Periodical connection (two columns)	After 1 day preservation at 4 deg.C	96
Periodical connection (two columns)	After 3 days preservation at 4 deg.C.	69

3.5 SWRO 反渗透进水的生物污染潜能指标

mBFR 监测工作效率和移动测试的改良使得现场的测试工作更加容易，从而使得 mBFR 数据的累积更加快速。基于反渗透进水的 mBFR 数据和系统操作数据的汇总，SWRO 进水化学清洗频率指导方针得以建立，如图 11 所示。没有数据表明在水质 mBFR 数据在 1-120 pg-ATP/cm^2/d [5]时生物污染的状况。尽管 6 套装置的规模，设计和运行工况不同，但是它们运行的 mBFR 数据可以直观测试。数据表明，要想让装置运行时远离生物污染，这个 mBFR 临界值应该在 10 pg-ATP/cm^2/d 以下。另一方面，当 mBFR 数据大于 10 pg-ATP/cm^2/d 时，会导致系统生物污染进而实施频繁当化学清洗，因此在大规模的海水淡化工厂中应该避免这种情况的发生。

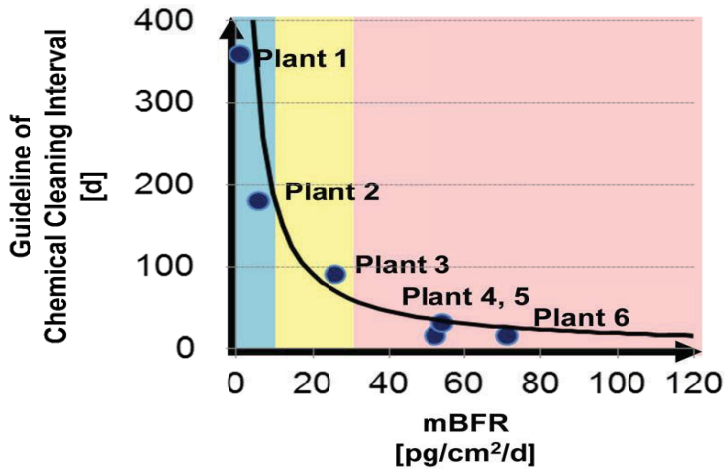


图11 mBFR在SWRO工厂化学清洗频率的指导作用

Ⅳ. 结论

一种简单而可靠的生物污染预测工具 mBFR 被开发出来，使得反渗透现场工作更加容易，并带来了诸多有益的应用价值。

这种 mBFR 设备由可分离不透光的内有 RO 切片的塑料短测试环衔接组成，在每个短环柱体内安装了 RO 膜切片；可通过拆卸或者安装一定数量的测试环单元进行取样。这样的改进使得对生物膜的量化测试可以一次性完成，客服了原有方法需要定期取样才能量化测试的弊端。这种新方法使得离线异地测量成为可能。并且在 4℃下拥有良好得样品保存效果。

生物膜的生长从玻璃 / 特富龙环上变成了在 RO 膜切片上生长。保证了生物膜和 RO 膜元件内生物膜生长环境相同的表面特性和粗糙度，而 RO 膜切片还可用于化学清洗试验或者其它类型的分析。生物质的收集和提取方法也从原来的使用超声波方法改变为手动用消毒棉签进行擦拭，使得 RO 切片生物膜的提取更加完全彻底。得益于这种高回收率的样品回收方法，RLU 测试灵敏度相对原来有了 10 倍左右的提高。

该 mBFR 监测设备应用到了各种中试及商业化海水淡化工厂的诊断及工艺优化，其有益效果得到了确认。

UF 在不同水源预处理工艺中展示了对于缓解生物污染的高性能，在没有化学药剂投加的条件下，UF 去除了约 80-90%的生物污染潜能。

杀菌剂投加条件的优化可以通过安装了 mBFR 测试单元和不同化学药剂投加量的平行装置进行实施。基于实际 RO 系统的 mBFR 值实施不同杀菌剂方案的效果在市政污水回用反渗透工厂进行了验证。

基于海水淡化工厂不断累积的 mBFR 数据及反渗透运行数据的汇总，RO 系统化学清洗频率指导方针得以建立。依据运行经验，mBFR 数据应该保持在 10pg-ATP/cm^2/d 以下，应该才可以避免海水淡化反渗透进水生物污染事故的发生。

Ⅴ．参考文献

1.GamalKhedr,M.,“Membranefoulingproblemsinreverseosmosisdesalinationapplications,”Desalination&WaterReuse10(3),(2000)8–17.

2.VanderKooij,D.,“Assimilableorganiccarbonasanindicatorofbacterialregrowth,”JournaloftheAmericanWaterWorksAssociation84(2),(1992)57–65.

3.VanderKooij,D.,Veenendaal,H.R.,Baars-Lorist,C.,VanderKlift,D.,andDrost,Y.C.,“Biofilmformationonsurfaceofglassandteflonexposedtotreatedwater,”WaterResearch,Vol.29,No.7,(1995)1655-1662.

4.VanderKooij,D.,Vrouwenvelder,J.S.,andVeenendaal,H.R.,“Kineticaspectsofbiofilmformationonsurfacesexposedtodrinkingwater,”Wat.Sci.Tech.,Vol.32,No.8,(1995)61-65.

5.Vrouwenvelder,J.S.andVanderKooij,D.,“Diagnosis,predictionandpreventionofbiofoulingofNFandROmembranes,”Desalination,Vol.139(2001)65-71.

第十四节　海水淡化反渗透膜氧化的定量化分析

作者：Kazuya Sugita, Yoshinari Fusaoka, Kenji Kotera, Koji Fujiwara, Tadahiro Uemura (Toray Industries,Inc.)
译者：东丽TARC水处理研究所

摘要:

近年来，由于高效节能及高质量产水，反渗透膜技术已被广泛应用于世界各地的海水淡化厂，并已成为主要的海水淡化方法。

由于海水淡化厂反渗透系统（SWRO）的性能受海水温度和盐度波动的影响较大，要确保系统稳定运行，需确认故障原因并建立相应的对策措施。目前反渗透膜故障原因主要有机械损伤，悬浮物影响的污堵，膜污染及化学污染引起的性能下降，而其中膜氧化故障使得膜性能不能恢复，在运行中应避免发生。

膜氧化判断广泛采用显色方法，也称 Fujiwara 试验，但这种判断方法与膜评价结果可能不一致，且很难定量化判断氧化程度。而膜表面化学组成的变化被认为可定量化判断氧化的新指标。膜的表面分析技术—光电子能谱 ESCA（XPS）分析被普遍应用。由次氯酸盐引起的膜氧化是典型膜氧化原因，首先通过 ESCA 分析确认膜表面氯元素变化，但氧化海水淡化膜表面氯元素的含量很低，与实际氧化程度不成正比。而溴元素的含量却发现升高，因此，溴元素含量变化作为判断海水淡化膜氧化程度的指标，并通过各种氧化药剂进行相关试验分析。

根据试验分析，随着膜与氯接触时间的增加，ESCA 分析膜表面的 BR / C 也增加，溴元素是膜氧化过程的主要反应物，通过本研究发现，通过高灵敏度分析，溴元素结合能与 RO 膜性能之间有明显的相关性。此外，本方法还能用于检测 RO 进水中可能引起膜氧化的污染物质以及判断可能发生氧化的位置。

Ⅰ. 引言

1.1 以往的反渗透膜氧化研究

2000 年后 [1]，反渗透膜技术发展快速，海水淡化反渗透（SWRO）方法引起了人们的关注。但实际运行中，污染，结垢和膜性能下降时常发生。目前反渗透海水淡化膜主要采用聚酰胺复合膜，膜氧化认为是海水淡化厂主要故障原因之一[2]。 判断氧化主要采用 Fujiwara 试验，但不能定量化判断氧化程度[3]。在最近的研究报道中，Suzuki 等[4]通过 RBS（Rutherford Backscattering）测试发现在运行了三年的海淡膜表面存在溴元素，此外，Lauren Valentino 等通过对海水中接触氯胺的反渗透膜进行 RBS 测试， 获得膜表面溴元素含量与膜性能之间的相关性[5]。而 Young-Nam Kwon 等也已发现 pH 对溴在纳滤膜表面反应的影响[6]。

本文 ESCA 分析为定量判断膜氧化分析方法，并分析氧化程度与膜性能之间关系。

1.2 RO 膜结构

复合 RO 膜通常由三层组成，即分离功能层，聚砜多孔支撑层和聚酯无纺布基层。如图 1 所示。对于分离功能层中，交联芳香族聚酰胺是最常用的作为反渗透功能的半透膜材料，它们表现出优异　　溶质去除性能和耐久性。而其他两层作用是在操作压力下，起着支撑分离功能层的作用，且无半透膜特性。因此，反渗透膜的性能取决于交联芳香聚酰胺的理化性质和化学性质。

本文为 2015 年国际脱盐协会会议专题论文，版权为国际脱盐协会(IDA)所有，未经许可，不得翻录。

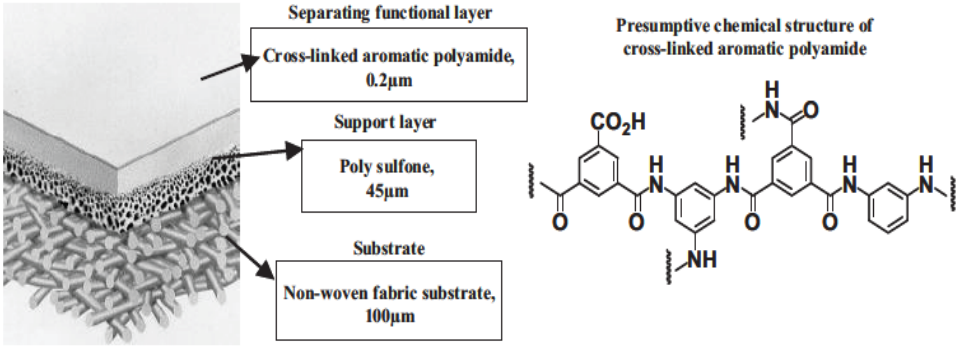


图 1 复合反渗透膜结构和具有分离功能层的交联 polyamide.聚酰胺化学结构

1.3 膜氯氧化机理

交联芳香聚酰胺的氯化降解机理如图 2 所示。氯（Cl）与聚酰胺反应，进入聚酰胺化学结构中，聚酰胺膜孔径由于酰胺键断裂而增大，从而导致膜性能下降。

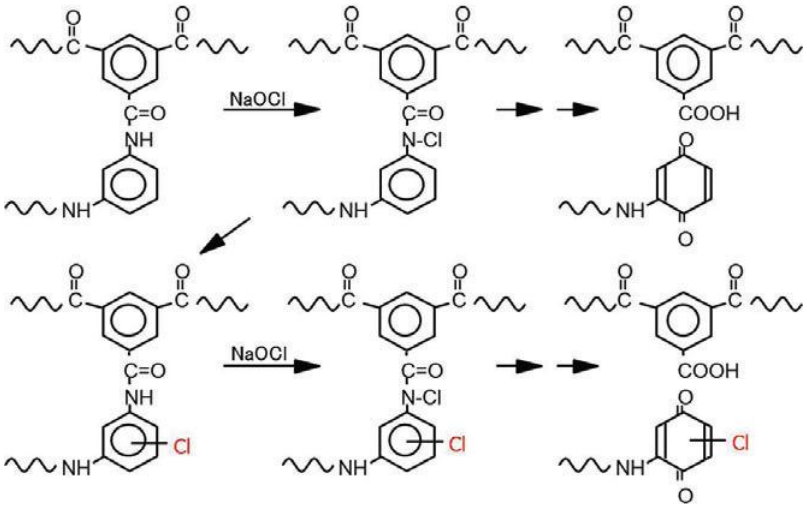


图 2 芳香族聚酰胺膜氯氧化机理（j-y.Koo 等）

Ⅱ．研究背景

显色方法也称 Fujiwara 试验广泛应用于 RO 膜氧化判断。但这种判断方法与膜评价结果可能不一致，且很难定量化判断氧化程度。对于膜表面分析技术，ESCA 被用于返送 RO 膜及氧化 RO 膜片分析。

2.1 RO 膜

(1)现场运行后返送 RO 膜

对经过七个月运行的海水淡化膜元件进行解剖，剪取平板膜样品并按以下步骤及条件清洗。

	清洗液	pH	温度	方法
步骤 1	1%EDTA	11.5	室温	浸泡
步骤 2	0.2%草酸	2.0	室温	浸泡
步骤 3	1%十二烷基硫酸钠	-	室温	棉球表面擦拭
步骤 4	无	-	室温	纯水冲洗

2) Oxidized RO membrane

（2）氧化反渗透膜片

对东丽 TM820V-440 新膜元件解剖，并对膜片不同的氯接触量获得氧化 RO 膜片，具体如图 3 所示

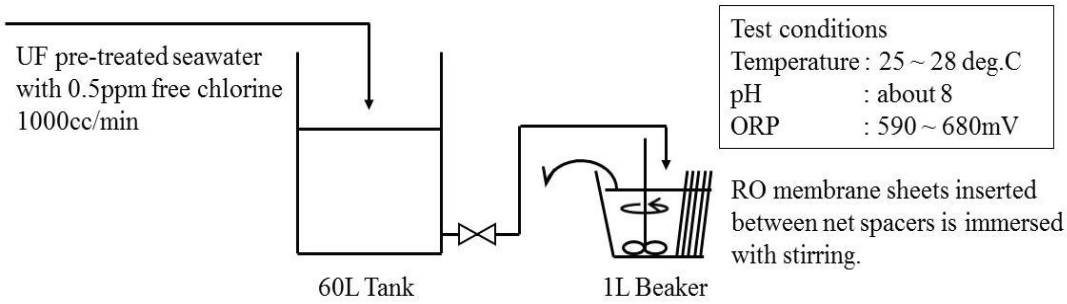


图 3 氯接触试验装置的流程图

2.2 反渗透膜性能评价

渗透膜性能采用以下条件通过膜片评价装置错流方式评价测试。

给水：NaCl 32000mg / L，温度：25° C，pH 为 7.0，操作压力 5.5MPa，浓水流量 3.5L/min

2.3 分析方法

（1）Fujiwara 试验

剪取一定大小的膜片并放入测试管内，再加入一定量 KOH 和吡啶溶液浸泡放置 2-3h。

（2）光电子能谱(ESCA)

ESCALAB220iXL（VG Scientific）与单色 Al Kal,2 源光谱仪用于 XPS 测量。典型的测量条件的选择是 X 射线电子束直径 1mm，10 kV 20mA 的 X 射线，光电子 90o 进入样品表面扫描。窄扫描和光电子结合能(BE)是通过调整 C 1s 峰最低的组件校准到 284.6ev。

Ⅲ. 结果与讨论

3.1 返送 RO 膜 ESCA 分析

返送反渗透元件 NaCl 脱盐率：99.76%，脱硼率：89.0%，钙镁去除率：99.97%，同时由于膜产水流量的增加，膜怀疑已被氧化。然而与膜性能评价结果判断不同，膜片 Fujiwara 测试结果呈阴性，说明膜未被氧化。进一步对膜片进行 ESCA 分析，Cl / C 和 O / C 比例增加，且 Br / C 和 I/ C 作为新的成分被检测出，具体结果见如图 4 和表 1 所示， ESCA 分析结果可作为潜在的氧化判断指标。

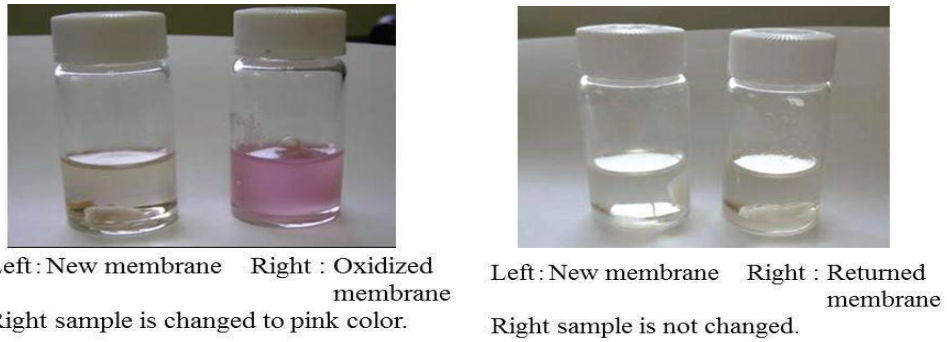


图 4 Fujiwara 测试结果

表 1 光电子能谱分析（原子比基于碳原子）

	C/C	N/C	O/C	Cl/C	Br/C	I/C
新膜	1.000	0.169	0.203	ND	ND	ND
返送膜	1.000	0.167	0.275	0.001	0.004	0.001

3.2 不同氧化接触时间对 RO 性能影响的研究

为确认氧化剂接触时间对聚酰胺功能层的组分变化影响，氯接触时间和膜性能之间相关性被作为模拟试验进行考察。ESCA 分析结果与氯接触时间如表 2 所示。硼去除率、通量以及绿接触时间之间关系见图 5 所示。脱硼率随接触时间和通量的增加而减小。Br/C 与脱硼率及通量变化关系如图 6 所示。

表 2 光电子能谱分析（原子比基于碳原子）

	C/C	N/C	O/C	Cl/C	Br/C	I/C
0	1.000	0.169	0.203	ND	ND	ND
0.5ppm*3hr	1.000	0.171	0.235	ND	0.008	ND
0.5ppm*22hr	1.000	0.174	0.234	ND	0.015	ND
0.5ppm*52hr	1.000	0.179	0.229	ND	0.027	ND

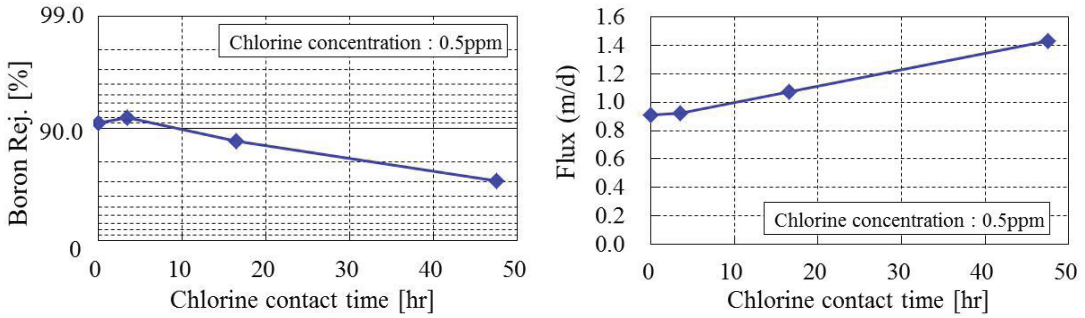


图 5 氯接触量对脱硼率及通量影响

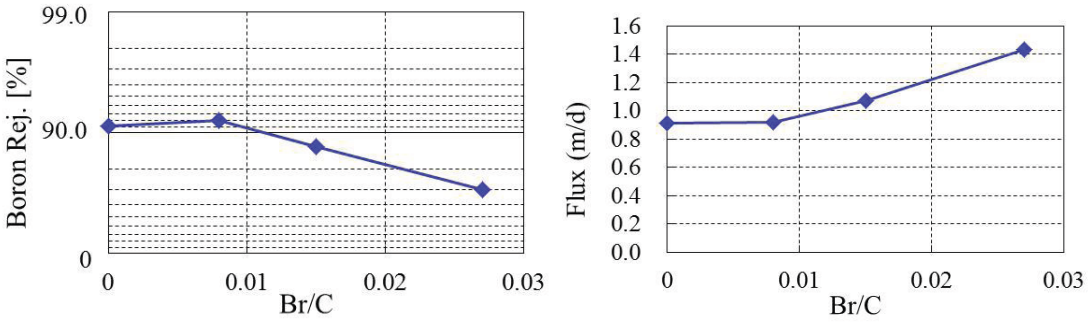


图 6 Br/C 比对脱硼率及通量的影响

根据表 2 结果，随着氯接触时间的增加，O/C 和 Br/C 比都增加， 且相同接触时间 Br/C 比增加程度大于 O/C 比。其次，在新膜中未检测到氯元素，且氯接触膜后膜片中也未检测出氯元素。这些结果表明由于溴的氧化能力比氯高[7]，在海水中余氯易与溴化物反应生成次溴酸。

表 3 反应速率和平衡常数

反应	速率/平衡常数
$HOCl + Br^- \rightarrow HOBr + Cl^-$	$k = 1.55\times10^3 M^{-1}s^{-1}$
$HOCl + Org.C \leftrightarrow Cl\text{-}Org.C / Org.Cox + Cl^-$	$k = 2.2\times10^4 M^{-1}s^{-1}$
$HOBr + Org.C \leftrightarrow Cl\text{-}Org.C / Org.Cox + Br^-$	$k = 6.6\times10^7 M^{-1}s^{-1}$
$HOBr \leftrightarrow OBr^- + H^+$	pKa = 8.8
$HOCl \leftrightarrow OCl^- + H^+$	pKa = 7.5

因此，膜表面的溴化反应是主要膜氧化反应，根据图 6 结果，Br/C 比与脱硼率及通量有很好的相关性。ESCA 对溴的检测灵敏度很高，Br/C 比可作为 RO 膜氧化判断指标，因此 ESCA 分析可作为合适的分析方法用于膜氧化定量化判断，通过 ESCA 定量分析膜表面 Br/C 比判断实际运行中膜氧化的程度。这一方法有助于海水淡化系统现场运行问题对策建立。

3.3 返送 RO 膜的 ESCA 分析

现场运行五个月后膜性能下降，膜元件被返送回进行解剖分析，返送膜与新膜比较膜性能明显下降，SP 比是新膜的 3.2 倍，BP 比是 3.4 倍，具体结果如表 4 所示。由于膜性能下降是由典型的氧化剂接触引起，膜表面进行 ESCA 分析，其结果见表 5 所示。ESCA 结果显示膜表面存在 Br/C 键，而没 Cl/C 键，且 O/C 比含量增加，与模拟测试的结果一致。同时，Br/C 比与膜性能变化相关性结果也与模拟试验结果相似。因此，Br/C 比方法可作为判断膜氧化程度。

表 4 运行后反渗透膜元件性能

	标准性能 1)			SP 比 2)	产水量比 3)	BP 比 4)
	脱盐率(%)	通量(m/d)	脱硼率(%)	[-]	[-]	[-]
新膜	99.91	0.77	（95.0）	-	-	-
返送膜	99.72	0.78	83.2	3.17	1.01	3.36

1）标准性能测试条件

进水压力 5.5MPa；测试液：海水；25deg.C　pH8.0　回收率 8%。

2）SP（透盐率）比=（100 –返送脱盐率（%）/（100–新膜脱盐率(%)）

3）产水量比=（返送时的产水量）/（出厂时的产水量）

4）BP（透硼率）比=（100 -返送脱硼率(%)）/（100–新膜脱硼率(%)）

表 5 光电子能谱分析（原子比基于碳原子）

	C/C	N/C	O/C	Cl/C	Br/C	I/C
新膜	1.000	0.172	0.183	ND	ND	ND
返送膜	1.000	0.162	0.275	ND	0.032	0.002

Ⅳ．结论

通过对海水淡化 RO 膜性能变化与氯接触量关系模拟试验分析，确认 ESCA 分析方法作为定量判断 RO 膜氧化的可行性，其结果表明膜表面 Br/C 比与膜性能变化有明显相关性。

ESCA 分析方法能定量判断膜氧化程度，该方法可用于海水淡化厂膜氧化分析，有助于解决海水淡化 RO 膜系统运行中存在的问题。

Ⅴ．参考文献

1. Water Desalination Report 50, 38 (2014) 1-3.

2. Tadahiro Uemura, Masaru Kurihara, Chlorine Resistance of Reverse Osmosis Membranes andChanges in membrane structure, Bulletin of the Society of Sea Water Science, Japan, 57 (2003) 498-507.

3. T. A. Seta and M. O. Schultze, Determination of trichloroethylene, trichloroacetic acid andtrichloroethanol in urine, Anal. Chem., 28, 10 (1956) 1625-1629.

4. Suzuki T, Tanaka R, Tahara M, Niinae M, Lin Lin and Orlando Coronell, Membrane

symposium preprint, 26 (2014) 12-14.
5. Lauren Valentino, Tennie Renkens, Thomas Maugin, Jean-Philippe Croue, and Benito J. Marinas,Changes in physicochemical and transport properties of a reverse osmosis membrane exposed to chloraminated seawater, Environ. Sci. Technol., 49 (2015) 2301-2309
6. Young-Nam Kwon, Rastko Joksimovic, In-Chul Kim and James O. Leckie, Effect of bromide on the chlorination of a polyamide membrane, Desalination, 280 (2011) 80-86.
7. Miche`le B. Heeb, Justine Criquet, Saskia G. Zimmermann-Steffens, Urs von Gunten,Oxidative
treatment of bromide-containing waters: Formation of bromine and its reactions with inorganic and organic compounds - A critical review, Water Research, 48 (2014) 15-42.

第十五节　东丽膜产品应用最新进展-东丽株式会社新闻稿

15.1　日立和东丽强强联合,就“百万吨淡水项目”与沙特阿拉伯的海淡公司等缔结备忘书

2015 年 5 月 28 日

2015 年 5 月 5 日，日立制作所株式会社（执行社长兼 COO：东原敏昭/下略，日立）和东丽株式会社（代表董事社长：日觉昭广/下略，东丽）作为百万吨淡水的团队，同沙特阿拉伯王国（下略，沙特）的海淡公司 Saline Water Conversion Corporation(下略,SWCC)，和该国的水能源关联公司的 Abunayyan Trading Company Limited(下略，ATC),关于高效率大型海淡项目“百万吨淡水项目”的实验认证，在沙特的首都利雅得缔结备忘书。

2015 年 5 月 19 日，在大仓宾馆（东京都港区）召开的第 15 回日本-沙特商务会议（日本-沙特建交 60 周年纪念典礼）上，向以两国政府为首的关联人员报告了关于已缔结备忘书的事项。

该备忘书里确定了由 SWCC,百万吨淡水团队，ATC 相互合作推进实施认证活用“百万吨淡水项目”的技术。今后旨在通过本验证，以节省能源，降低环境负荷，降低成本来实现由海水转化成 100 万吨/日规模的淡水“百万吨淡水项目”的初期实际应用。

“百万吨淡水项目”旨在推进世界领先的尖端研究，是日本内阁府的综合科学技术会议创立的“最尖端研究开发支援计划”所采纳的 30 个研究课题之一。本项目具备国际竞争力，而且构筑了由日本来主导 21 世纪所追求的的节省能源，降低环境负荷，降低成本的大规模海淡项目的基础技术，以解决世界水问题为基本概念，日立和东丽等企业和大学等 31 个组织从 2009 年到 2013 年的 5 年间合作研究开发，达成了研究目标。

“百万吨淡水项目”的研究中，为了实现 21 世纪所追求的节省能源，东丽开发了全球第一款低压海水淡化反渗透膜和生物友好的 RO 前处理的监视技术；日立开发了将 RO 膜压力容器用二段分开配置建立高效率化单独项目和在超大型项目建设中必要的膜组件工法。这些先进技术组合到一起，与以往的项目来比最大可以节省 20%的能源，降低环境负荷。拥有世界最大海淡市场的沙特的 SWCC 和 ATC 对这些技术非常有兴趣，由此达成了在沙特进行实验认证的可能。

日立和东丽就“百万吨淡水项目”预定从 2015 年 11 月起在 SWCC 的指定地点进行小型实验性认证（产水能力 500 吨/日）。另外，日立和东丽受国立研究开发法人新能源.产业技术综合开发机构（下略：NEDO）之托，作为平成 26 年度“国际能源消费效率化等技术.项目试验认证事业”的一项在 2016 年 3 月前进行认证前的调查，旨在今后进行大规模的试验认证事业。

日立和东丽强强联合，日立的水处理设备技术能力，东丽的水处理膜技术相结合共同合作对“百万吨淡水项目”进行实验认证和实际应用，为 21 世纪的水问题解决共同努力。

15.2 日本东丽拟与沙特企业组建合资公司生产反渗透膜组件

2014 年 7 月 18 日

据中化新网 2014 年 2 月 27 日讯 日本东丽工业公司近日表示，计划与沙特 Abunayyan 控股公司在沙特达曼组建一家名为东丽中东膜产品公司（TMME）的水和污水处理技术合资企业。Abunayyan 将提供水、电力和能源应用一体化解决方案。合资公司计划投资逾 8000 万美元，生产和销售水处理膜以及提供技术服务。东丽工业旗下东丽欧洲膜产品公司将持有合资企业 50%股权，Abunayyan 公司将持有剩余 50%股权。

据称，TMME 将建设一座采用东丽工业公司技术的世界级生产厂，预计 2015 年开始生产反渗透膜组件。达曼新工厂投产后，东丽工业将拥有 4 个反渗透膜组件生产基地，其他三个分别是东丽美国膜产品公司、东丽蓝星膜产品公司和东丽日本爱媛工厂。

东丽工业公司称，组建 TMME 的目的是为了抓住中东和北非快速增长的市场机遇。中东和北非地区对大规模海水脱盐和污水循环利用项目的膜产品需求将有较快增长，以应对该地区水资源的缺乏。

15.3 东丽脱离“自我”走向世界，收购美韩 2 个公司并启动合作

2014 年 7 月 18 日

东丽一直以来以碳纤维等独创技术开拓了市场，而最近正在加速“脱离自我主义”，动用将近 1 千亿日元收购了韩国纤维及水处理膜巨头、美国碳纤维制造商 2 个公司并开始了合作运营，以囊括高性能的产品到通用型的产品，压倒性的世界市场占有率为武器来开拓新兴国家市场。那么解除大型 M&A（合并与收购）封印的日觉昭宏社长流派的速度化经营能不能够有所成效呢？

针对水处理需求

7 月 9 日，东丽的日觉社长在已收购的韩国子公司“Toray Chemical Korea”（旧熊津化学）的经营发表会上强调了“从到 2020 年为止的长期规划来看，扩大规模的主战场是海外。特别指出韩国是重要基地”。收购的企业在家用净水器用的水处理膜上很强，与在海水淡化等工业用膜方面强大的东丽是互补的关系。简单计算的话，东丽的水处理膜（反渗透膜）的世界市场占有率大约为 30%，与“第一的美国陶氏化学并驾齐驱”。所以，收购企业有助于开拓随着在东南亚等地越来越多中等收入家庭的出现而增长的家用净水器市场。

并且，东丽化学掌握着特殊的涤纶短纤维生产技术。该纤维是纸尿布中无纺布的原料，拥有对肌肤触感优良的特征。去年 6 月，东丽在印度尼西亚的工厂开始生产专门用于纸尿布的聚丙烯长纤维无纺布，面向新兴国家的纸尿布材料的增长需求而进行的产品种类强化也是指日可待的。

虽然乍一看是东丽突然收购了韩国的企业，但实际上两家公司的关系得追溯到 40 年前了。东丽化学以前叫“第一合织”，原本是韩国三星集团旗下纤维部门。东丽公司在设立的时候就向他们提供了制造聚酯纤维方面的技术指导。1990 年代第一合织因为三星集团的业务重组等原因被分割后，在 08 年被东丽旗下的部门子公司化了。这次的并购就是利用了长久以来维持的人际关系来进行的。

东丽长年秉持着独立创业的理念，在碳纤维和水处理膜的研究开发上已经持续了近 50 年左右。该理念也就是前社长，现在担任经团联会长的榊原定征会长所坚持的“技术革新”。与行业尖端企业共同开发新素材的战略已经在和美国波音、服装巨头优衣库的合作关系上取得了明显的成效。



记者见面会上的日觉昭宏社长（左）和东丽尖端素材的李泳官会长（9
日 首尔市）

“日觉流”的投资理念

日觉社长在以榊原会长所建立的技术实力为核心的同时，把开拓新兴国家等有成长空间的市场作为优先课题。在上任第二年的 2011 年就果断提出了“到 2020 年左右销售额倍增到 3 万亿日元”的高目标。要打开新兴国家的市场，只有自己的高性能产品是远远不够的，日觉社长说：“备齐能够大量生产的通用型产品对我们来说也是不可或缺的”。来弥补不足部分的方法就是 M&A（合并与收购）。

收购美国碳纤维巨头卓尔泰克（ZOLTEK）的原因也同上文所述一致。不仅仅是要把碳纤维的世界出货份额提高 2 成到 3 成而已，而是要获得通用型产品。

东丽的碳纤维不仅在用于美国波音客机和壳牌石油的压力容器等高性能产品上拥有优势，而且在汽车方面也和德国戴姆勒合作，研究如何应用于车身制造之中。但是因为和其他公司一起开发东丽在名古屋市内设有汽车零部件的开发基地“自动汽车中心”。今年春天就在该中心与国内外汽车制造商的开发负责人一起开始了对使用 ZOLTEK 制碳纤维的汽车零部件的研发。



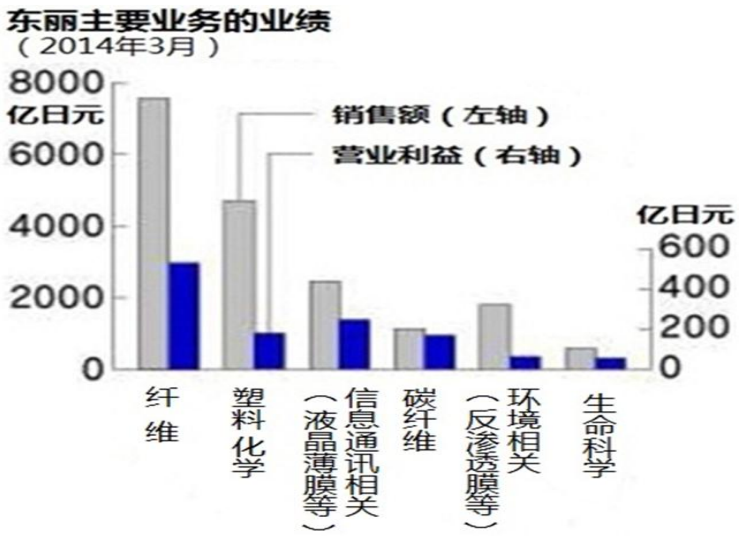
（注）2013年日本经济关于水处理膜，反渗透膜的推算

成本较高，所以现在基本上以开发高级跑车类为主。

如果使用成本较低的 ZOLTEK 制的汽车零部件的话，就有可能早日开拓汽车领域；也就可能把市场从以 500 万日元为对象的高级车扩展到 100 万日元的普通车了。

“在日本制造高尖端的产品，在海外扩大销售量是跨国经营的基本思路。”日觉社长在韩国的记者见面会上这样说道。虽然已经在合并收购上投入了 1 千亿日元，但是在到 2016 年为止的新中期规划中还确保了另外 2 千亿日元的投资额度。

日觉社长说：“东丽在技术开发和培养人才上花了长时间才取得了市场占有率首位的宝座。所以今后的并购也是，只投资能与自己的技术取得相得益彰效果的项目。”就这样在与欧美大企业愈演愈烈的竞争之中，来考验通过 M&A 战略加快成长速度的日觉流的本事吧。



15.4 东丽开发成功在 1．0ＭＰａ压力下运行且节能约 30%的 RO 膜

2014 年 7 月 18 日

东丽开发了可以在 1.0ＭＰａ低压运行且节能约 30%的“超低压耐久性反渗透 RO 膜”。该新膜通过控制细小孔径不仅能维持化学耐久性，而且提高了 1.5 倍的透水性能。主要用于苦咸水淡化和污水再利用等领域。计划在 2014 年年中推向市场，并将在中国，印度等为代表的亚洲以及欧美各地推广。

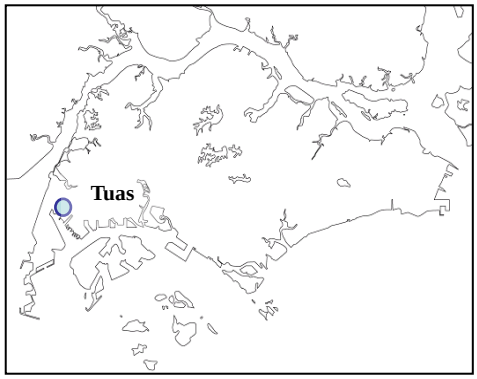
新款膜进一步缩小了用于保持耐久性和去除性能的细孔孔径，使之形成即使外部环境发生变化，细孔构造也很难变化的分离机能层，且对酸碱，微量氯等化学药剂拥有高耐久性。

通过控制架桥聚酰胺分子间的相互作用，扩大了一般水分子无法透过的聚酰胺分子间的细微空隙，并增加了透水性的细孔数，以此实现了在低压运行下的高透水性的突破。

15.5 东丽获得亚洲最大海水淡化项目反渗透膜订单

2012 年 2 月 10 日

东丽株式会社



<工厂位置>

东丽株式会社（总部位于日本东京中央区，社长为日觉昭广。以下简称为“东丽”)今天宣布已经取得了新加坡 Tuaspring 海水淡化项目反渗透膜元件的订单。该项目产水量为每天 318,500 立方米（即 84MGD），这也使之成为亚洲除中东地区以外最大的海水淡化工厂。Tuaspring 是新加坡凯发集团(Hyflux)的全资子公司，该公司赢得了这个新加坡最大规模的海水淡化项目 25 年的 DBOO 权（包括设计、建造、拥有以及运营)，项目位于新加坡的 Tuas，毗邻 SingSpring 海水淡化工厂。东丽计划于 2012 年提供海水淡化反渗透膜元件，Tuaspring 海水淡化工厂将于 2013 年投入运行。

新加坡为了建立一个可持续水供应体系，制定了国家四大水喉的供水政策，即雨水收集、境外购水、再生水及海水淡化。根据政策，新加坡政府正在积极实现 66%的国土能够进行雨水收集，并且促进再生水的使用（目前 30%已使用的水被回收利用）， 还要加强海水淡化项目的建设，以减少对其邻国马来西亚的进口依赖，该境外购水协议将于 2061 年到期。

东丽为新加坡主要的膜法水处理项目提供了反渗透膜产品，包括在 Tuas 的 SingSpring 海水淡化工厂（从 2005 年开始运行，产水量为每天 136,400 立方米），樟宜的中水回用工厂（从 2010 年开始运行，水量为每天 228,000 立方米），目前是新加坡最大的中水回用项目。在新加坡，东丽反渗透膜的市场份额已达到了 60%，Tuas II 期项目的订单使东丽的反渗透膜在新加坡的市场份额会攀升至 70%。东丽愿进一步协助并确保新加坡能始终拥有高质量的水资源。

受全球水资源短缺加剧及对水资源环境保护政策的刺激，目前全球的反渗透膜市场年增长率超过 10%。除了包括从海水和苦咸水淡化获取饮用水和工业用纯水等现有的一些应用外，反渗透膜还被用于城市污水和工业废水的再生处理。一些地区对反渗透膜的需求很可能保持稳步增长的态势，主要包括北美，欧洲，中东，北非和中国，而在包括印度和拉美在内的新兴国家需求也有望扩大。

东丽于 1968 年开始研究反渗透膜，目前通过自主研发，已拥有全系列膜产品，包括反渗透膜（RO）、纳滤膜(NF)、超滤膜（UF）和微滤膜(MF)。东丽的核心技术包括有机合成化学、高分子化学、生物技术以及纳米技术，基于这些核心技术的世界一流水处理技术将会为东丽持续地在不断增长的全球市场中赢取订单。

2011 年 4 月东丽推出中期规划“AP-G 2013”，正在实施绿色创新业务的扩展，旨在解决全球包括环境、资源以及能源相关问题，水处理业务被定位于该项目的核心领域之一。东丽旨在通过加强和扩大其全球的销售网络，改进和增强生产设施和能力，加强和发展新技术和产品来巩固其作为领先的水处理业务的公司地位。

15.6 东丽的《细孔控制反渗透膜的开发和工业化》获颁“2010 年度高分子学会奖”

2011 年 5 月 27 日

东丽株式会社

东丽株式会社(总公司位于东京都中央区，社长日觉昭广，以下简称“东丽”)就《细孔控制反渗透膜的开发和工业化》的成果获得了社团法人高分子学会颁发的「2010 年度高分子学会奖(技术)」。5 月 26 日在所召开的会员大会(大阪国际会议中心)举行了表彰仪式。本次受表彰的“细孔控制反渗透膜的开发和工业化”在技术上有独创性和革新性，社会意义重大，对市场未来发展具有影响效果等方面获得高度评价。

社团法人高分子学会是，旨在发展高分子科学和技术基础研究及其实际应用，促进学术文化发展的学术团体。「高分子学会奖」是该学会所举办的评奖活动，用以表彰在高分子科学、技术(包含工学、工业化技术)方面有独创性且能拥有优秀业绩的研究和技术，分「技术」和「科学」两个方面表彰。

世界人口激增和产业发展等原因造成的水资源不足和水污染等水环境问题在全球范围都越发深刻严重，需要高技术含量的水处理技术以确保安全安心且充足的水资源。反渗透膜水处理技术作为可以在低环境负荷下廉价供给高质量产水的水处理技术被广泛应用。近年，对于节能(高透水性)和高水质(高去除性)这两个对立的市场需求正在增多。针对这样的市场需求，东丽专注于反渗透膜为核心的分离机能层的构造分析，通过精密控制「褶皱构造」和亚纳米级的「细孔构造」，成功开发出高透水性和高去除性兼备的细孔控制反渗透膜。

该反渗透膜实现了极佳的透水性能和针对硼等离子的高效分离性能，作为节能型高脱盐反渗透膜正在被世界各国的水处理项目所采用。世界最大的 Magtaa 海水淡化项目（阿尔及利亚）中也采用这款膜产品。该反渗透膜正作为东丽膜事业的主力产品不断扩大其市场占有率。

东丽的细孔控制反渗透膜的开发和工业化打破了长久以来分离膜常识中关于透水性和去除性能的二律背反之矛盾冲突，对今后高分子工业的发展有着很大的贡献并令人期待，因此获得了本次的「高分子学会奖」。

东丽以“Innovation by Chemistry”的社训为原点，通过不断研发绿色创新性尖端材料，为解决越发重要的地球环境问题和资源能源问题，为实现可持续社会发展做贡献。

15.7 东丽反渗透膜相继获得中国海水淡化项目订单

－随着 TBMC 合资公司的启动，加快了在中国水处理业务的扩大－

2011 年 2 月 24 日

东丽株式会社

东丽株式会社(总公司位于东京都中央区，社长日觉昭广，以下简称“东丽”)最近在中国的青岛（山东省青岛市）以及曹妃甸（河北省唐山市）的海水淡化项目上相继获得了反渗透膜的订单。两个项目的产水量合计已达到 15 万m^3／天，分别计划在年内开始运行。特别是青岛海水淡化项目，产水量达到 10 万m^3／天，为目前中国最大规模，也是首次作为生活饮用水的海水淡化项目。

这两个海水淡化项目的概况如下：

青岛海水淡化厂（山东省青岛市）（产水量：10 万m^3／天、投产预定：2011 年）。这是百发公司（Befesa，总部西班牙）与青岛市政府合资在青岛市胶州湾建设的国内最大的反渗透膜法海水淡化项目。生产水主要提供给面临严重缺水的拥有 750 万人口的青岛市民作为生活饮用水。这也是中国首次将淡化水作为生活饮用水的大型项目。



＜海水淡化厂位置＞

曹妃甸海水淡化厂（河北省唐山市）（产水量：5 万m^3／天、投产预定：2011 年）。曹妃甸是位于唐山市郊外的中国最大规模的工业开发区。这个海水淡化项目是由唐山市曹妃甸发展投资集团与阿科林公司的地区总部（Aqualyng、总部挪威・UAE）共同投资，由杭州水处理技术研究开发中心有限公司（总部：浙江省杭州市）负责建设。产水必须满足国家饮用水水质标准，主要用于工业开发区的工业用水和部分生活饮用水。

随着中国经济的飞速发展和工业化的进程，水的使用量也大幅增加。特别是城市的人口增加导致水需求激增，北方地区的干旱影响等造成供水不足的问题。在这种状况下，采用水处理膜技术进行海水淡化及污水资源化再利用已成为一种发展趋势，中国的 RO 膜市场正以年率 20%以上的速度高速成长。

东丽采用独特的高功能 RO 膜技术积极开拓中国市场，目前为止已获得宁夏煤化工废水回用项目（7.8 万 m^3／天）及天津泰达污水再利用项目（3.0 万 m^3／天）等业绩。为了响应中国不断增长的水处理膜市场的需求，2009 年 7 月东丽与中国蓝星（集团） 股份有限公司成立合资企业、也是国外公司第一家 RO 膜的制膜和膜元件卷制的本地化工厂「蓝

星东丽膜科技（北京）有限公司」（略称：TBMC），从今年开始形成规模化生产，并建立稳定的产品供给体制，这是东丽的先进的水处理膜技术与蓝星集团的强大的销售渠道的双赢合作，必将促进中国水处理业务的高速发展。

东丽的水处理事业在公司今后的“绿色创新事业”战略扩大领域里占据了主要地位，一方面通过全球销售体制的扩充和强化，另一方面不断改善和提高生产体制和能力，再加上新技术新产品的不断开发，东丽公司一定能成为全球膜事业的领先者。

15.8 高耐久性反渗透膜开发成功

－采用独特的分子设计・界面聚合技术，实现亚纳米级细孔构造的稳定化－

2011 年 2 月 21 日

东丽株式会社

东丽株式会社(总公司位于东京都中央区，社长日觉昭广，以下简称“东丽”)采用独特的纳米技术，在维持高水平的脱盐率和透水性的膜基本性能的情况下，对膜清洗时使用的酸、碱、余氯等化学品的耐久性有了明显的改善，开发成功「高耐久性反渗透（RO）膜」。本产品在膜受到污染时能反复清洗并能维持高性能，对于原水水质比较差特别是清洗频率比较高的苦咸水淡化及污水再利用领域非常适合。今后该产品将面向市场急速扩大的欧美、以中国为主的亚洲、印度等地积极展开。

反渗透（RO）膜技术作为解决世界性水问题的新技术在全球的水处理项目中得到广泛采用。该技术的普及应用得益于膜基本性能即提供高品质产水的脱盐性能以及实现节能的透水性能的不断改善。另外，近年来随着 RO 膜技术的用途不断扩大，处理对象的原水种类也越来越多，为了保证长期稳定地提供高质量的产水，对膜性能的稳定性，特别是药剂清洗后性能变化的控制要求越来越高。

针对上述市场现状，东丽利用自己独特的亚纳米（Å＝100 亿分之 1m）精度的细孔径控制技术，使细孔构造稳定化而不受周围环境影响。成功研制了能维持优异脱盐性能和透水性能，同时扩大了药品清洗时的 pH 范围、大幅改善了对微量余氯等氧化剂的耐久性的高耐久性 RO 膜。

开发成功的「高耐久性反渗透膜」的技术要点有以下两点。

１．功能层基本构造稳定化　－分子设计技术－

RO 膜的核心即分离功能层是由拥有细孔构造的架桥聚酰胺组成的，到目前为止，东丽采用了正电子湮灭寿命光谱分析测量方法和分子动力学模拟法对以孔径为中心的细孔构造进行了解析，通过控制细孔径而开发成功高脱硼 RO 膜。这次的研发深化了分子动力学模拟分析，从多元（孔径、容积、数量）角度对细孔构造进行了解析。通过本解析技术对周围环境变化时造成细孔构造的变化进行预测，采用分子设计技术开发成功细孔构造不随环境变化的稳定的架桥聚酰胺基本功能层。

２．功能层立体构造的稳定化　－精密界面聚合技术－

东丽采用温度调制式差示扫描热分析（TMDSC）方法，对分离膜功能层的架桥聚酰胺的立体构造的稳定性成功地进行了定量测试。从本测试中获得的信息为基础，创造出能够使分离功能层的架桥聚酰胺立体构造稳定化的界面聚合技术，实现了对酸、碱、微量余氯具有优异耐久性的分离功能层。

东丽融合了自有的核心技术如有机合成化学、高分子化学、生物化学技术和纳米技术、已成功开发出高脱硼 RO 膜及低污染 RO 膜技术，并实现产业化。其独特的尖端材料技术受到全世界的好评。这次高耐久性 RO 膜的开发成功，会加快产品在不同用途的应用，必将为解决地球规模的水问题做出更大的贡献。

15.9 东丽举行在新加坡的水处理技术的研发中心

「Toray Singapore Water Research Center (简称：TSWRC)」的启动仪式

2010 年 6 月 29 日

东丽株式会社



(从左起)
NTU 校长 Prof. Su Guanping
EDB　Yeoh 副次官
MEWR 大臣 Dr.Yaacob
东丽　榊原会長兼 CEO
亚洲・太平洋水论坛　森会長
国土交通省　三日月副大臣

东丽株式会社于 2010 年 6 月 29 日在「2010 新加坡国际水周(SIWW2010)」会场内的东丽展位上举行了在新加坡的水处理技术研发中心「Toray Singapore Water Research Center (简称：TSWRC)」的启动仪式。

仪式上，新加坡环境·水资源省(MEWR：Ministry of the Environment and Water Resources)的大臣 Dr. Yaacob Ibrahim，公益事业厅(PUB：Public Utilities Board)的 Khoo Teng Chye 长官，经济开发厅(EDB：Economic Development Board)的 Yeoh Keat Chuan 副次官，日本亚太水论坛会长森喜朗前首相，国土交通省的三日月副大臣，日本驻新加坡大使山中先生等来宾到场祝贺，东丽会长兼 CEO 榊原定征，常务董事兼水处理·环境事业本部长阿部晃一，董事兼研究本部长出口雄吉等相关者出席仪式。

TSWRC 作为东丽应用水处理膜的水处理技术的研究·开发中心，2009 年 8 月在新加坡·南洋理工大学(Nanyang Technological University，以下「NTU」)的南洋环境·水研究所(Nanyang Environment & Water Research Institute，以下「NEWRI」)内成立。成立之前于 2009 年 6 月与 NTU 签订了有关共同研究的备忘录(MOU)，和作为废水处理技术的国际权威的 NTU 的 Ng Wun Jern 教授等一起，致力于膜利用水处理技术为核心的研究开发。还与 PUB 在 2007 年 12 月签订共同研究的备忘录(MOU)，共同进行了使用 PVDF 中空丝 UF 膜组件和 16 英寸直径的大型 RO 膜组件的生活污水再利用的中试试验。

TSWRC 今后将更加强化现在推进的与 PUB 的共同研究，预定实施 MBR 和 RO 膜的组合技术在生活污水再利用的中试试验。还将利用 NTU 的见习制度与大学加深合作，在 2015 年将研究人员体制扩大为 50 人，计划将 TSWRC 作为继日本，中国以后水处理技术

的主力研究 开发基地重点发展。

东丽从 1968 年开始 RO 膜的研究以来，持续 40 年以上致力于水处理膜的研究 开发。现在是世界上唯一一家自主研发、生产、销售全系列水处理膜产品，包括反渗透(RO)膜，纳滤(NF)膜，超滤(UF)膜，精密过滤(MF)膜的制造商。凭借有机合成化学，高分子化学，生物技术，纳米技术为基础的核心技术，东丽公司的水处理膜作为尖端材料在世界上广受好评。在新加坡 Tuas 海水淡化项目(产水量 13.6 万 m^3/天)中使用的高硼素去除 RO 膜，和 Changi 生活污水再利用项目(产水量 22.8 万 m^3/天)中使用的低污染 RO 膜等，这些运用纳米控制技术的尖端材料所生产的高功能膜在大型项目中被广泛采用。

东丽在日本 韩国 中国 美国 新加坡设置研发基地来构筑全球性研究 开发体制，水处理技术方面现在由日本 中国 新加坡的三极体制推进研究 开发。TSWRC 的研发工作的启动，更加速了水处理技术的全球性研究 开发，进一步强化将世界最高水平的「水处理膜及其利用技术」作为支柱产业的本公司水处理业务的影响力。

TSWRC 的概要如下

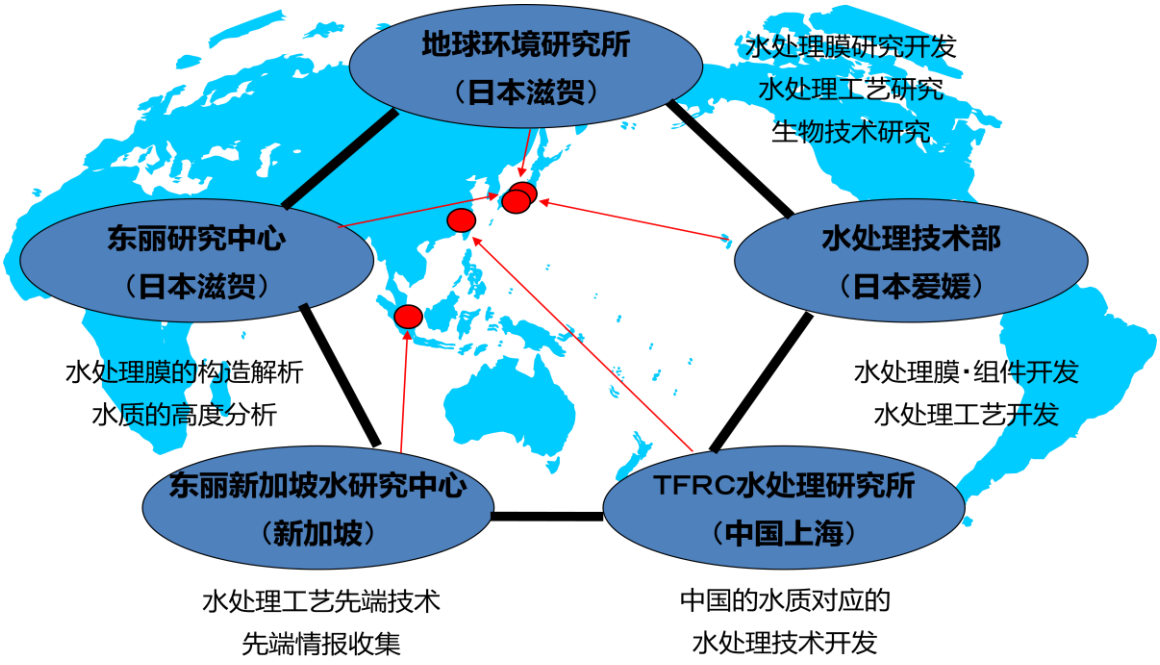
【东丽新加坡水处理研发中心概要】

名　称　：Toray Singapore Water Research Center(简称：TSWRC)
代表者　：所長(非常勤)　植村忠广(东丽(株)理事)
所在地　：南洋理工大学　南洋环境・水研究所(NEWRI)内
(Nanyang Environment & Water Research Institute,
Nanyang Technological University)
设　立　2009 年 8 月
研究内容　东丽水处理膜及其周边技术作为中心的应用研究 技术开发。
与废水处理技术领域的国际权威 NEWRI 的所长 Prof. Ng Wun Jern 等团队的共同研究作为基盘。

TSWRC 的目标和期待的成果：

目标		期待的成果
1	水处理创新技术的开发，人才培养	・通过 NTU 共同研究获得尖端技術、尖端情报 ・通过东丽技术人员（共同研究者）的当地派遣实现全球化人才的培养 ・强化当地采用的技术者的技术能力、培养人材
2	开发・事业推进的效率化（通过海外合作得到人材培养和有效利用、获得市场情报）	・通过活用优秀大学的专家提升东丽的技术开发力 ・通过获得客户，市场的要求趋势和情报，开发有成效的技术 ・通过东丽技术人员的驻在，推进东丽和东丽亚洲公司（略称：TAS）的合作
3	PUB、专家、构筑水处理相关企业间的信赖关系	・构筑和业内专家、实力人士的良好商业合作关系 ・通过进行中试试验建立东丽水处理技术的实绩 ・通过和 PUB、专家的合作提升东丽的影响力 ・通过东丽技术人员和 TAS 的合作，切实强化紧密的沟通和信赖关系

【东丽集团的水处理技术的研究、开发体制】



通过各个研究机构的相互协助，有效促进研发，情报收集和新技术推广

15.10 在北九州市开设先进的水循环系统的技术研发运行验证-新技术发信基地「水广场」

2010 年 2 月 26 日

东丽株式会社

日本北九州市，独立行政法人新能源・产业技术综合开发机构(NEDO)，株式会社日立工业设备技术和东丽株式会社共同在北九州市开设从先进的水循环系统的研发到运营管理经验技术的积蓄，再到向国内外推广和信息发布，技术普及为目的的「水广场」。

2010 年 2 月 26 日为在本项目的实施时促进互相合作，北九州市和 NEDO 签署了备忘录，另外北九州市和株式会社日立工业设备技术及东丽株式会社之间各自缔结基本契约。

1.背景

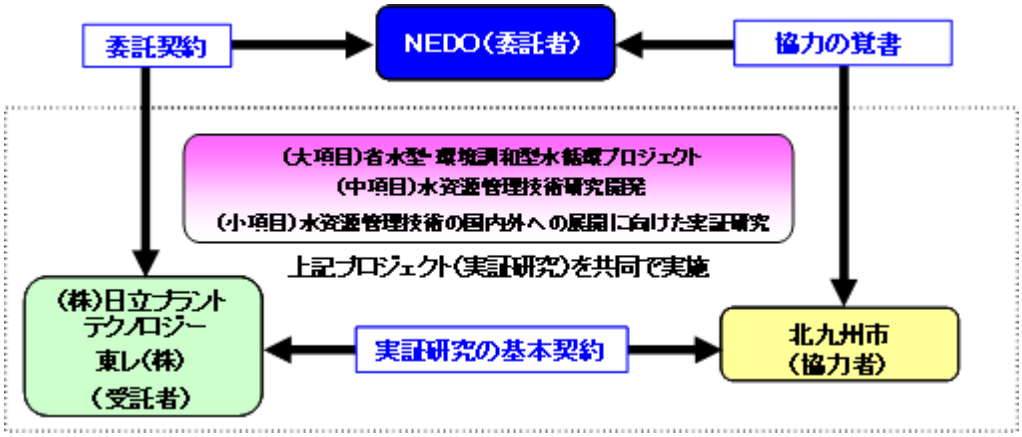
世界的淡水资源的分布受地域差异性影响很大，而且绝对储量也不大，加上人口增加，经济发展，城市化进程等因素，全世界的水资源供应非常窘迫。另外以发达国家为中心的持续扩大经济・产业活动，伴随着大量的能源消费，温室效应气体排出量的增大和资源枯竭的担忧也在日益扩大。

为解决世界水・能源问题，需要推进污水再利用等的水循环利用和大幅度的节能。开发和普及新材料，运行管理技术，经营管理手法成为迫切任务。然而现实是这些经验技术分散在各个国家，自治团体和企业中间，需要今后通过政府和民间团体，企业间的合作谋求集结共赢。

2.备忘录・基本契约缔结的主旨

北九州市作为环境示范城市旨在 2050 年将削减二氧化碳排放量的在市内达到 50％的目标，在亚洲地区达到 150％。市政污水方面，积极致力于推进节能和国际技术合作。今后拟通过提升市政污水再利用率和产学官联合，推进研究开发，建立低碳社会，增进社会活力。

北九州市为了顺利有效地推动这项工作，构筑旨在解决世界水・能源问题的「节水型・环境协调型水循环系统」，与在国内外推进开展产业振兴的 NEDO 缔结了互相合作的备忘录。同时，和从 NEDO 接受设施建设・验证研究的推进等业务委托的株式会社日立工业设备技术及东丽株式会社也签订了基本合作契约。(图 1)



(图 1)北九州市、NEDO、株式会社日立工业设备技术、东丽株式会社之间的关系

3.备忘录・基本契约缔结的签署人

北九州市：市長　北桥健治

NEDO：理事　和坂贞雄

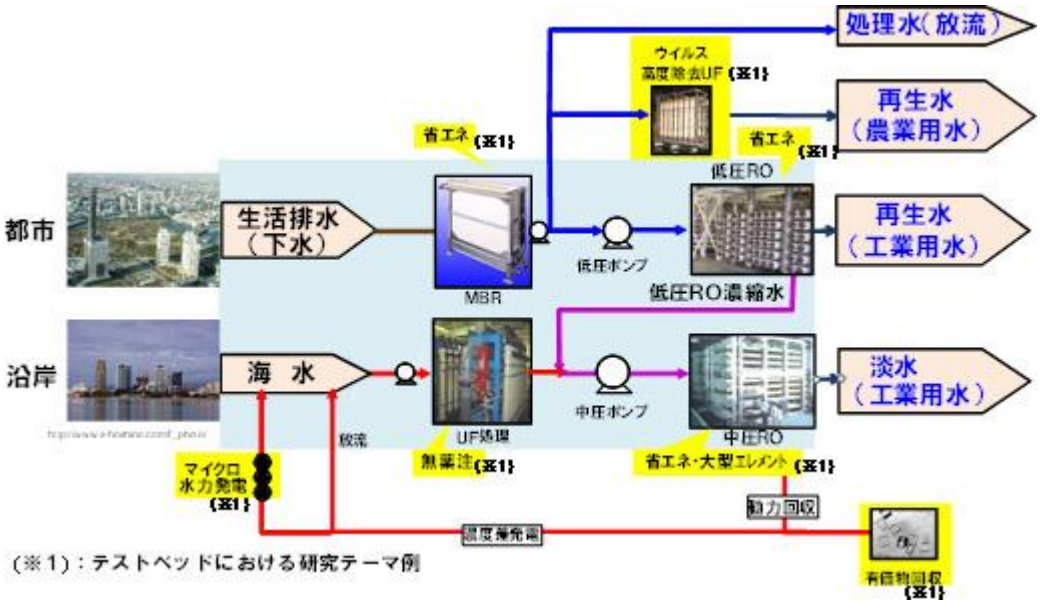
株式会社日立工业设备技术：执行社长　住川雅晴

东丽株式会社：社長　榊原定征

4.「水广场」的验证研究概要

(1)目的

为构筑通过节能来调和环境的水循环系统，向国际社会的普及促进做贡献。通过海水淡化和市政污水再利用的技术融合，建设由低成本 低动力的新型水系统的示范设备，及同时进行复数的新技术验证的实验场所所构成的「水广场」(图 2)，官民联合旨在开发持续性的水处理技术，积累运行管理经验，向国内外进行信息发布 技术普及等。



(图 2)「水广场」的全体系统构成

(2)验证研究内容

接受 NEDO 委托的株式会社日立工业设备技术及东丽株式会社与北九州市相互合作、进行了如下的研究开发。

- 以水广场为蓝本，试行官民合作的运营管理
- 以水广场为展示室向国内外发布信息，普及技术
- 研究运用验证研究成果的产业化

(3)主要任务分配

＜北九州市＞

场地使用

供给原水和接受废水排放

发布研究成果和接待来访

其他推进验证研究的必要事项

＜株式会社日立工业设备技术，东丽株式会社＞

水广场和关联设施的建设

设施运行・维护管理、供给产水

发布研究成果和接待来访

其他推进验证研究的必要事项

(4)研究场所

北九州市「日明净化中心」内(占地面积：约 5,000m^2)

(5)研究期间

2009 年 10 月 29 日～2014 年 3 月 31 日

(北九州市的协力期间　2010 年 2 月 26 日～2014 年 3 月 31 日)

(6)推进体制

设置由北九州市、NEDO 及 2 家民间公司，再加上专家等的第三方参加的「(暂称)验证研究推进会议」，使验证研究顺利有效进行。

5.「水广场」验证研究的特征

1）融合海水淡化和市政污水再利用处理系统，建设国内最大规模的节能型水处理项目

设置运营验证先进水循环系统的「示范项目」和进行多种水处理要素技术研究的「实验基地」。另外具备接受参观者，和向国内外信息发布的功能。进行实际规模运行的「示范项目」和「实验基地」的设施都属日本国内首次。

＜示范项目＞

（1）利用 MBR(※2)と RO 膜(※3)处理市政污水制造再生水的同时，由于这时产生的 RO 膜的浓缩水与海水淡化过程相结合使其盐分浓度被稀释，使系统全体的能源消耗量的大幅降低［目标：节能约 30％(与过去相比)］。

（2）产水能力约为 1,400m^3/天［来自市政污水的产水量(原水约 1,550m^3/天)：约 1,000m3/天，来自海水的产水量(原水约 500m^3/天)：约 400m^3/天］。正研究把处理水作为近邻工厂的工业用水。

(※2)MBR：Membrane Bioreactor 的简称。膜分离活性污泥法。

(※3)RO 膜：Reverse Osmosis 的简称。反渗透膜

＜实验基地＞

由企业提供泵和膜组件等装置设备，成为各种水处理要素技术的开发、验证的共用空间。

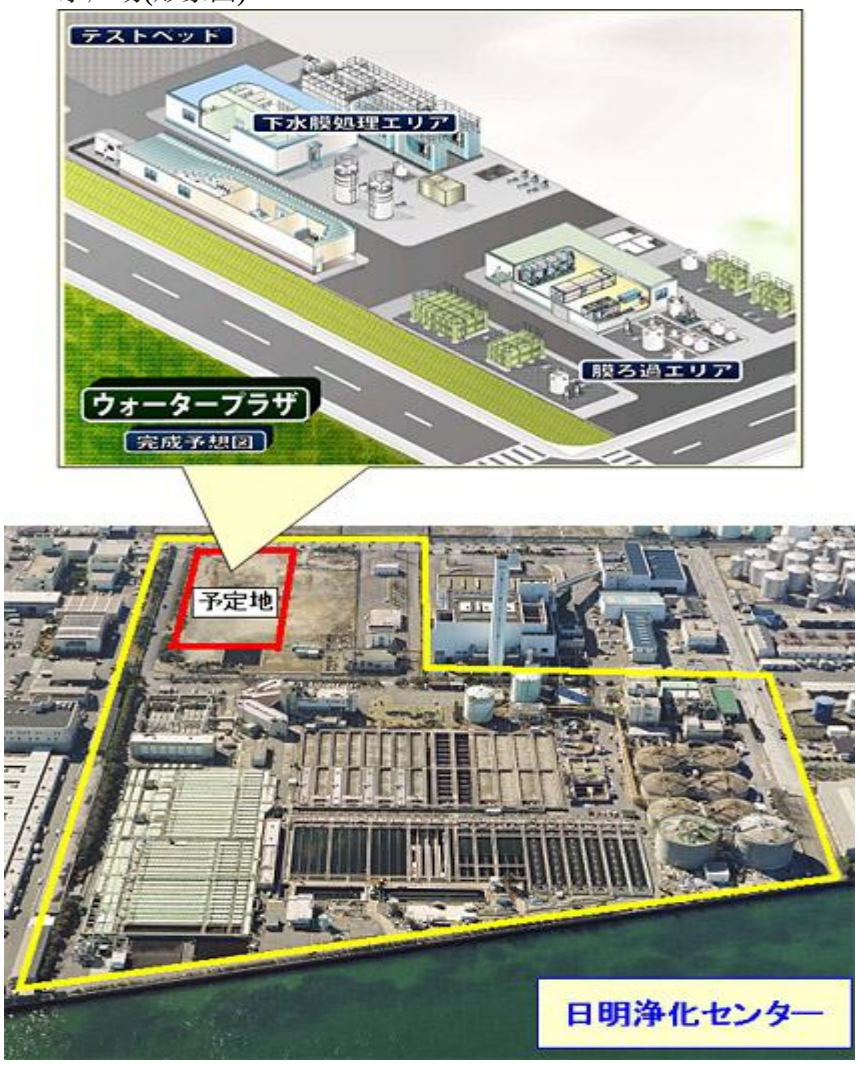
2）成为研究开发水务的经验技术的典型事例

地方政府，国家，民营企业将从生活污水及海水节能且低成本进行高质量的再生水的生产到向用户供给等的经营管理，充分运用各自的优势合作实施完成「国内首次」的创举，相信不久的将来新的水务模式即将构筑成型。

3）成为开展新水务模式的展示厅

通过利用先进技术，在新的运营体制下构筑运用水循环系统，可以向国内外广泛地发布信息。同时致力于污水处理的高度化和再生水利用，面向海外的进修生等实施 OJT 进修以促进技术普及。

水广场(形象图)



15.11 东丽反渗透膜连续获得海水淡化大型项目订单

2009 年 12 月 24 日

东丽株式会社

东丽株式会社反渗透（ＲＯ）膜事业最近连续获得巴林和西班牙的大型海水淡化项目的订单。两个项目的合计产水量为 31.7 万ｍ^3/天，都将在 2010 年计划投产。特别是巴林的 Al Dur 海水淡化项目，是继 Magtaa 海水淡化项目（阿尔及利亚，产水量 50 万ｍ３/天）以后获得的又一个大型项目。

这次获得的项目概况如下，括号内（国名、产水量、投产预定日期）。

(1)Al Dur 海水淡化项目

（巴林、　21.8 万ｍ^3／天、2011 年预定投产）

(2)Campo de Dalias 海水淡化项目

（西班牙、　9.9 万ｍ^3／天、2010 年预定投产）

合计产水量：　31.7 万ｍ^3／天



(1)Al Dur 海水淡化项目是根据法国的 GDF Suez S.A. 公司与巴林水电力厅签订的 20 年供水、供电协议，在巴林南部建设的该国最大规模的独立海水淡化和发电项目（IWPP）中的膜法海水淡化厂（发电容量：1,234MW）。Suez 集团的 Suez Environment 的子公司得利满(Degremont)负责工厂建设。东丽反渗透膜也是首次在巴林的大型海水淡化项目中得到采用。从产水规模上讲，该项目仅次于不久前发表的 Magtaa 海水淡化项目（阿尔及利亚，产水量５０万ｍ^3／天），成为东丽在中东的最大海水淡化业绩。

（2）Campo de Dalias 海水淡化厂是位于西班牙南部的 Almeria　的大型膜法海水淡化项目。由 UTE 联合体（法国威立雅集团的 Veolia Water Solutions & Technologies Ib érica 和 Veolia Agua,Sando Construcciones, Inypsa and Montajes El éctricos Crescencio P érez 等）与业主签订了 15 年的ＤＢＯ（设计・建设・运行）协议。东丽的反渗透膜大量应用在西班牙的海水淡化项目，这次是规模最大的项目。

ＲＯ膜市场受到世界水资源不足及水资源确保要求的影响，正以超过 12%的年增长率不断扩大，而且海水淡化项目的规模也呈现年率 30%的增大趋势。从地域来讲，今后南北美、欧洲、中东、北非、澳洲、中国为中心的地区将成为增长的热点，从用途来讲，海水淡化、苦咸水淡化再加上锅炉补给水等工业用途将会有很大的增长空间，另外城市污水再利用的新市场的需求也非常引人瞩目。

在这样的业绩背景下，东丽在海水淡化领域的业绩按照产水量累计统计已超过 380 万

m^3/天，是这个行业的领先者，相当于 1500 万人口的生活饮用水。随着膜项目规模的不断扩大，今后在膜行业的市场竞争会越来越激烈。另外，东丽在城市污水再利用方面拥有全世界最大的膜法项目使用业绩，Sulaibiya（（32 万m^3/天、科威特）、污水再利用领域的业绩按照产水量累计超过 120 万m^3/天，在海水淡化・污水再利用两大领域处于世界领先地位。

为了对应今后不断扩大的市场需求，东丽在去年对现有的日本爱媛工厂和东丽美国公司（简称：TMUS）的ＲＯ膜元件生产设备进行了扩容。明年 7 月将在北京市（中国）与中国蓝星集团成立合资公司，即蓝星东丽膜科技（北京）有限公司（简称：TBMC），专门从事 RO 膜及膜元件生产和销售。2010 年 4 月计划开始生产。通过这一连串的扩容和新建，东丽集团的 RO 膜元件的生产能力比 2007 年 3 月扩大了将近 4 倍。

东丽将继续扩大在中东、北非地区、地中海区域的反渗透市场，而且正积极开拓南北美、中国、大洋洲等地区的市场。

15.12 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 500,000m^3/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 330,000m^3/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 100,000m^3/d、200,000m^3/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 200,000m^3/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^3/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^3/d，抗污染反渗透膜元件合计产水量超过 1,200,000m^3/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

15.13 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）。新公司的注册资本金为 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。

RO 膜元件

NF 膜元件

浸没式 MF / UF 膜组件

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：

生产设备：RO 膜制膜设备以及自动卷膜机

动工：2009 年 8 月 ； 运作开始预定：2010 年 4 月

场所：北京市顺义区天竺空港工业区

设备投资额： 约 5 亿元（约 75 亿日元）

占地面积：26,300 平方米

职工人数：180 人

15.14 东丽在新加波设立“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^3/d)，Tuas 地区的亚洲最大的膜法海水淡化项目(13.6 万 m^3/d)，以及最近开始的 Changi 生活污水再利用项目(23 万 m^3/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^3/d）；changi 生活污水再利用项目（23 万 m^3/日）。另外，中国的天津泰达废水再利用项目（3 万 m^3/d），澳大利亚的 Queensland 州的大型生活污水再利用项目（6.6 万 m^3/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。

第十六节　专题研讨

16.1　专题一：反渗透系统新膜投运注意事项

亲爱的客户， 您的系统是否要赶在农历新年之前投运？您对于反渗透膜安装运行是否有诸多疑问和困扰？为了保障您的 RO 系统顺利投运，可参考以下步骤。

反渗透膜安装前，您需要确保：

预处理系统调试完毕， SDI15≤5；

加药系统调试完毕，并投加正常；

反渗透系统的管道、膜壳经合格的预处理产水冲洗，无颗粒、焊渣等杂质；

反渗透膜壳无油脂类污染；

系统的检测仪表（压力表，电导率仪，pH 计，温度计，ORP 仪，流量计等）可正常使用。

按照使用说明完成反渗透膜元件安装后，您需要尽快通水进行试运行：

水质监测：每 8 小时或 12 小时检测一次 SDI15 值及 ORP 仪读数或余氯检测，确保进水水质符合 RO 运行要求。

运行参数调整：依据设计参数，调整产水量和回收率，同时对计量仪表（流量计和电导率仪等）进行校核。

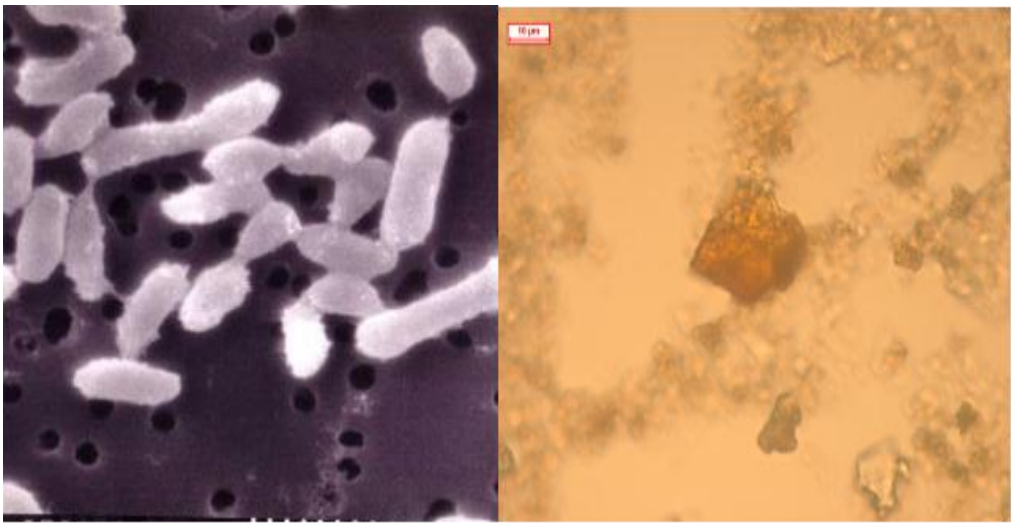
系统稳定运行后 1 小时、24 小时、48 小时的运行数据（运行压力、温度、电导率、PH 值、流量、时间等）是系统性能标准化的基础，尤其单支膜壳的产水电导率是系统投运的重要参数，需要进行详细记录并长期保存。

具体操作说明请参考相关反渗透膜产品技术手册。

16.2 专题二：如何控制微生物污染

惊蛰过后，天气渐暖，各地尤其南方温度上升较快，大地一片春意融融。

在享受春天带来的生活便利和美好感受的同时，环保达人们需要开始关注因高温而滋生的微生物了，避免其对反渗透膜元件等造成污染而影响水处理系统的正常运行。



膜表面的厌氧性硫酸还原菌　　膜表面的生物菌团

微生物包括细菌、藻类、真菌及其芽孢、孢子和病毒等，微生物在水中含量非常巨大，合适条件下可以在反渗透膜表面大量新陈代谢，形成微生物膜。

在反渗透膜的各种污染中，微生物污染是最为严重的，具有如下特点：

微生物生长迅速，一旦膜表面出现细菌群落，很快会生成粘泥膜，造成系统进水压力升高、压差增大、产水量降低。一般首支膜污染较严重，膜面及流道污染会同时发生。

微生物污染清洗困难，生物粘泥膜不溶于酸，难溶于碱，即使频繁冲洗也不能被去除。

目前防止反渗透膜微生物污染的方法主要靠预处理阶段降低可生化性有机物及杀菌。常规的杀菌方法包括加氯或次氯酸盐、臭氧、紫外线等。也可利用 DBNPA 或异噻磋啉酮等非氧化性杀菌剂对反渗透系统进行冲击式杀菌。

当反渗透系统发生微生物污染后，要及时进行杀菌以及化学清洗，防止微生物大量繁殖。为防止微生物产生抗药性，要不定期改变杀菌剂种类以及杀菌方式。

16.3 专题三：反渗透系统氧化事故的发生与预防

近期地下水污染、黄浦江死猪事件等，引起人们对于水环境的普遍忧思。对于城市污水和工业废水排放，发达国家的做法是将废水首先经过物化和生物降解，然后经反渗透膜处理后用高压泵打入地下保持地下水位，或者打入水库与天然水混合成为自来水的间接水源。而国内在保护水资源、净化处理污染水源问题上，还有很长的路可走。为保障人们的安全用水，解决这些问题也已迫在眉睫。

近十年，反渗透膜产品已经大量用在地表水、中水、废水处理及海水淡化、纯水超纯水制造领域。熟悉反渗透膜技术的人都知道，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。同时不断提升反渗透膜的抗氧化能力也成为膜厂家追求技术创新、提升膜元件性能的一个重要举措。氧化会导致反渗透膜元件性能不可恢复的大幅降低，主要表现是脱盐率降低和产水量增加。为了保证系统的脱盐率，通常只能更换膜元件。那么造成氧化的原因是什么？如何预防发生氧化事故？接下来和大家分享一些经验。

（一）几种常见氧化现象及其原因

1、余氯攻击：含氯杀菌剂投加在系统进水中，经过预处理未完全消耗掉，进入反渗透系统。

2、微量余氯与来水中的重金属离子如：Cu2+、Fe2+以及 Al3+等在聚酰胺脱盐层发生催化氧化反应。

3、水处理过程中使用了除余氯以外的氧化性杀菌剂，如二氧化氯、高锰酸钾、臭氧、双氧水等。残余氧化剂进入到反渗透系统造成膜的氧化破坏。

（二）如何预防发生氧化？

1、确保反渗透进水中不含余氯：

a 在反渗透进水管路中安装在线 ORP（氧化还原电位）仪表或余氯检测仪表，通过投加还原剂如亚硫酸氢钠，实时检测确保进水中不含余氯。

b 对于水源为达标排放废水、系统以超滤作为预处理的，一般会采取加氯的方式控制超滤的微生物污染。这种运行状况下应采用在线仪表和定期离线测定相结合的方式，检测水中的余氯和 ORP。

2.反渗透清洗系统应与超滤清洗分开，避免超滤系统的余氯泄漏到反渗透系统。

3.反渗透系统的杀菌工艺应选用异噻锉啉或 DBNPA 等非氧化杀菌剂。

16.4 专题四：高水温条件下的系统维护

夏天来了，越来越热啦！反渗透膜是不是跟环保达人们一样怕热呢？这次咱们就来探讨一下水温上升会给膜系统维护带来哪些问题，一起来看看吧~

首先，当水温升高后，在一些恒流量运行的系统中，我们会发现系统脱盐率有所下降。这是由于水温升高导致粘度下降而使水通量上升，如果继续保持恒流量运行，就会造成生产同样流量的水所需操作压力降低，操作压力降低就会造成脱盐率下降，后续脱盐设备的再生周期也会同时缩短。要维持系统脱盐率不变，就要采取恒压运行，但此时产水量会有所上升，而且随着温度的上升，产水量会不断增大。所以，在高水温条件下，对于系统性能的维护需要根据实际需求进行相应的调节。

然而，高水温对系统维护带来的问题绝不仅仅是这些，更大的危险来自于微生物污染。夏天的水温大多在 15°~30℃，而这个温度也是大多数细菌生长的适宜条件。随着水温上升，细菌代谢速率和生长速率都会相应提高。

微生物一旦进入 RO 系统，将借助 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，微生物繁殖迅速，几天之内便可在 RO 膜表面形成生物膜层，致使 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，业界称之为“望远镜”现象。

当发生了微生物污染，就要及时采取措施，对系统进行化学清洗，推荐的清洗药剂如下：

污染物	首选化学清洗剂	清洗条件	备选化学清洗液
微生物	0.1%NaOH溶液+ 0.025%Na-SDS	pH值：11-12 温度<30℃	0.1%NaOH溶液+ 1.0%Na_4EDTA溶液

16.5 专题五：及时的化学清洗是保证系统稳定运行的必要条件

反渗透系统会随着使用周期的延长逐渐出现污堵，该如何解决这些问题呢，让我们来关注这一期的蓝星东丽特讯吧

反渗透系统会随着使用周期的延长逐渐出现污堵：诸如压力的上升，压差的上升，产水水质的恶化-脱盐率下降，以及产水流量的下降等。反渗透系统的性能需要依靠化学清洗来恢复。因此化学清洗的效果直接影响到膜元件本身性能的恢复以及能否长期有效满足运行条件。而影响清洗的效果取决于清洗方法的选择。

膜系统清洗时机的选择（均与初始运行状况进行比较）

- 系统某段的进水和浓水的压差上升到初始压差值的 150％
- 标准化的产水量降低了 10%
- 标准化的盐透率增加了 20%

一般采用下列步骤来判断清洗的方法：

1 判断污染物种类；

2 依据性能表现判断污染程度；

3 采取有针对性的清洗方法：包括清洗药剂，清洗液浓度，清洗液温度，清洗的时间等等；

需要特别注意的事项

1 满足上述任意一项化学清洗条件即需要进行清洗。及时的清洗有助于膜系统稳定运行，并能降低运行成本。从运行经验来讲，尽量不要让压差超过 3bar 再清洗，避免污染物积累过多很难洗下来，甚至污染过重造成膜元件不可逆损伤。

2 详细记录每次清洗的方法，清洗条件以及清洗前后的运行数据。（常规清洗方法及药剂选择可参考东丽技术手册）包括清洗水温，清洗药剂浓度，pH 控制，循环浸泡时间；清洗前后的各段压差，水量，产水水质变化。针对性药剂的选择建议通过水质分析进行判断。冬季时，清洗液加温系统的有效性也会影响清洗的效果，建议采用加温速度快的方式，避免冲洗时水温温差过大，无法连续冲洗。

3 清洗时进膜压力建议不超过 0.2MPa；

4 化学清洗后的冲洗步骤比较重要，将影响清洗效果；

建议冲洗要完全。即膜装置浓水排放口的电导不超过清洗水电导的 1.5 倍或近似相同即冲洗完成。

注意冲洗水的水温与清洗水温不要过大。建议温差低于 5 摄氏度，避免二次污染。

5 化学清洗完成后必须对清洗系统进行冲洗；

冲洗的效果参考第 4 点中所述：检测电导值。由于大部分系统的清洗装置是 UF

和 RO 共用，尤其需要注意氧化性药剂泄露。

6 建议碱洗后进行一遍酸洗，可有效提高产水水质；

对于二段无机结垢，建议先进行酸洗，再碱洗。避免结垢物因冲洗划伤膜表面，造成不可逆的物理损伤。

7 苛刻条件（非常规污染物）的清洗建议提前咨询 TBMC 技术部门.

16.6 专题六：低温对 RO 系统的影响及应对方法

1、低温对 RO 系统性能的影响

温度的变化对 RO 膜性能的影响主要表现在水通量和脱盐率两个方面；常规时温度每变化 1 度，产水量改变约 3%，这主要是因为水的粘度变化造成，（更高的水温）低的水粘度更利于水流透过膜，即：水通量随着温度的降低而降低。

同时，水温的降低将使得系统的脱盐率升高（膜元件类型不同，升高幅度不同），这意味着产水水质的提高。

注：以上讨论温度对膜系统的影响都是指在相同操作条件下

即：在相同的原水含盐量、PH、系统操作压力及回收率等。

2、如何避免低温对 RO 系统的影响

根据以上，低温对 RO 系统的影响主要是水通量降低引起的系统出力的不足。那么该如何避免呢？常规来讲主要有以下几种方式：

(1)提高原水水温

既然低的水温造成 RO 系统水通量的降低，那么解决这个问题最直接的方法就是提高原水水温。最常见的做法是通过在管道（如：使用板式换热器等）或在预处理水箱（如:使用蒸汽盘管加热等）对原水进行加热。这种方法比较适用于水处理系统厂区或附近存在热源的情况。

对原水的加热应注意加热点位置的选取，现实工程中经常遇到由于预处理流程长或 RO 系统前序水箱置于室外等原因造成加热的原水水温再次降低的情况。

(2)通过提高系统操作压力来弥补系统产水的不足

由于 RO 膜系统的水通量随着操作压力的升高而升高，故在冬季水温过低时，可以通过提高高压泵的操作压力来提高系统产水量。建议使用变频泵，通过调节泵电机的转速来达到保证 RO 系统在不同温度下出力平衡的目的。使用变频泵其他的优点还包括:节能、增加系统操作弹性及系统软启动等。

(3)使用低压（大通量）RO 膜元件

长期通过增加系统操作压力来平衡系统产水必然将增加系统能耗，此时可通过选用低压（大通量）RO 膜元件来降低系统操作压力，同时也避免 RO 系统长期在超高压甚至是极限压力下运行。目前东丽已经研发出超低压和极超低压系列 RO 膜元件，可以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。

值得注意的是 RO 系统的设计应该综合考虑系统运行的温度范围，在充分考虑低温因素的同时也应该注意到在高温情况下系统性能的变化，如：很多系统在夏季由于水温的升高会出现膜通量（系统出力）增大，脱盐率下降等现象。此时则应该根据终端用户对产水水量和水质的要求对系统做出调整。

3、低温条件下 RO 膜的保存

RO 膜的保存应避免冻结。一旦膜元件结冻，将有可能对膜元件的性能造成不可逆的损伤。另，对于未拆封新膜元件，如果环境温度有可能降至 0 ℃以下，请用隔热材料覆盖包装箱或者提高储存室的温度。

16.7 专题七：反渗透膜元件的更换

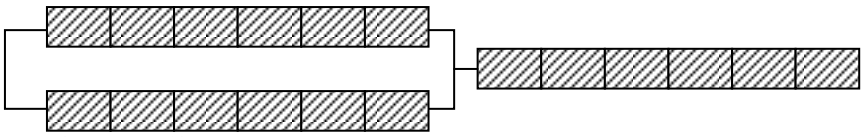
当反渗透膜元件发生了氧化、背压和机械性等不可恢复性的损坏，或者随着使用年限增长产生性能的自然衰减时，反渗透系统通过在线、甚至离线的化学清洗仍无法满足系统的脱盐率和产水量的要求，我们认为就需要进行膜元件的更换。

通过对反渗透膜进行性能评价，可以确定一个经济安全的膜元件更换方案。反渗透膜元件的性能评价可以通过在线的探针或离线的平台测试来确认系统中每一支膜元件的性能现状。

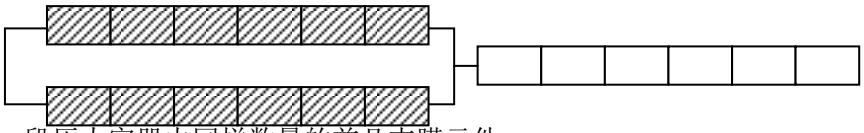
通常一个水处理系统的更换计划会在 3~5 年内完成，每一年可以通过性能评价来确定更换部分膜元件，以保证水处理系统优异的性能表现。如果不是进行逐年的更换，而是选择在 3~5 年后进行全部更换，虽然更换的膜元件数量一致，但对于每一年系统的维护可能会花费更多的药剂与其他成本。所以我们推荐水处理系统进行每一年的部分更换计划。

几种典型的更换方案：

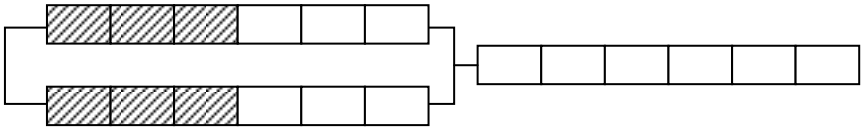
(1)更换单组全部膜元件



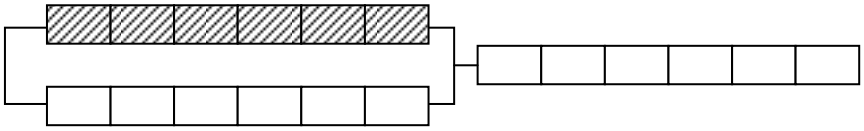
(2)更换某一段全部膜元件



(3)更换某一段压力容器内同样数量的前几支膜元件



(4)更换某压力容器内全部膜元件



如果有足够多的新的膜元件可供替换，第一种方案肯定是最佳的选择；第二和第三种方案相对来说比较经济与安全，尽管新旧膜元件之间存在着压力降的不同，但是如果系统流量保持平衡，对整个系统不会产生不利影响；采用第四种方案的情况下，使用旧膜元件的压力容器比使用新膜元件的压力降较高，因此每次调整之后旧膜元件的回收率会比正常情况下高，这样可能会导致新问题的出现，如新膜元件容易污堵。

16.8 专题八：反渗透膜清洗系统的设计指南

在正常使用过程中，反渗透膜元件会受到无机盐垢、微生物、胶体颗粒和不溶性有机物质的污染，继而可能出现以下情况：

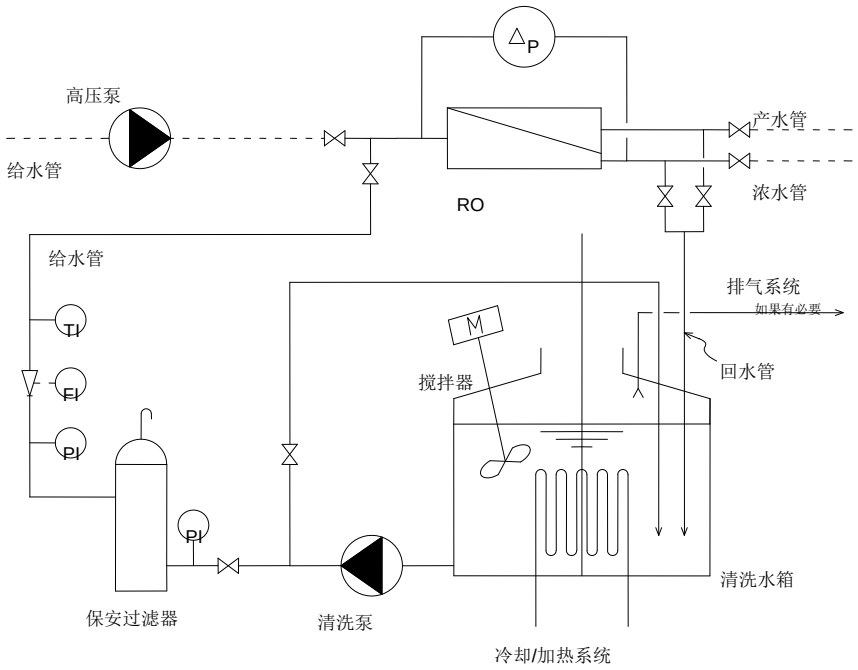
-标准化压差上升 15%

-标准化产水量降低 10%以上

-标准化透盐率增加 5%以上

当系统出现这些情况时，一般就会认为系统需要进行膜元件的清洗。

由于清洗液 pH 值范围可能在 1~13 之间，因此清洗系统应采用耐腐材料建造，典型的清洗系统流程图如下：



下面介绍清洗系统中最主要的清洗水箱和清洗水泵的设计方法

(1)清洗水箱的设计：

清洗水箱大小=所有压力容器的体积+清洗液循环管路的体积+溢流裕度，根据长期的计算验证，最终可简化为根据膜支数以及污染程度来确定清洗水箱的大小

①对于一般污染情况：每支 4040 膜元件需配置 10 升清洗液，每支 8080 膜元件需配置 40 升清洗液；

②对于严重污染情况：每支 4040 膜元件需配置 15 升清洗液，每支 8080 膜元件需配置 60 升清洗液。

(2)清洗水泵的设计

A、流量

①对于一般污染情况：每支 4 英寸压力容器 1.5 m³/h，每支 8 英寸压力容器 6 m³/h；

②对于严重污染情况：每支 4 英寸压力容器 2.2 m³/h，每支 8 英寸压力容器 9 m³/h。

B、压力

泵的扬程范围为 10m~20m，其压力仅需达到足以补充进水至浓水的压力损失即可，不会产生明显的渗透产水，这样可以最大限度的减低污垢再次沉淀到膜表面

案例：比如一套 10 支压力容器，每支含 6 芯 8 英寸膜元件的系统

清洗水箱大小为 40×10×6/1000=2.4m3，考虑一定的溢流裕度，所以应选择 2.5 m3 的耐腐蚀水箱作为清洗水箱。

清洗水泵流量为 6×10=60m³/h，压力为 10m~20m。清洗水泵的材质至少是 316 不锈钢或非金属聚酯复合材料。

注意事项：

-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；

-清洗水箱的设计必须能够充分排水；

-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；

-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；

-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。

16.9 专题九：RO 系统停机保存方法

反渗透系统投运后由于生产计划原因会遇到停机的状态，停机情况下对膜系统的处置会影响到膜元件的性能及寿命。以下将介绍常见的几种停机保存方法。

一 停机维护的注意事项:

1. 关机前，需要使用处理过的反渗透产品水冲洗系统；
2. 膜元件需始终保持湿润状态；
3. 为防止细菌在压力容器内滋生，要进行消毒处理；
4. 由于运行会导致膜元件污染，建议保存之前需要进行化学清洗，减少因停机造成污染的扩大以及细菌生长的速度；
5. 压力容器内膜元件保存时的条件：温度范围 5~35℃；pH：3~8.5；
6. 保存液推荐采用酸性的亚硫酸氢钠（SBS）溶液。配置保存液的水中必须保证不能含有残留的游离氯或其他氧化剂。

二 停机的次序：

1. 正确的停机是保持膜元件性能的另一个至关重要的因素。

通过避免过高的进水/浓水流量（导致过大的压降）、水力冲击（虹吸现象可能造成的）或者压力降低速度过快对膜元件的损伤非常重要。强烈建议尽量减少系统的停机频率。

2. 进水阀门和浓水阀门的关闭次序

系统设置需与启动时相反；注意不超过压差 0.2MPa 的限值；产水背压限值 0.05MPa；

三 短期停机：

短期停机指 RO 装置停机时间大于一天，但少于 4 天，RO 膜元件仍装在系统中。

操作方法：

1. 用冲洗水冲洗 RO 系统，同时排出系统中的空气。

冲洗水温度: 5 – 35℃

pH 范围: 3 – 8.5

海水 RO 系统 ： 经过预处理的进水(不含余氯)

苦咸水 RO 系统 ：RO 产水(不含任何化学品)

2. 当压力容器被充满后，关闭阀门。

3. 每 24 小时重复冲洗 1~2 小时。

特别注意：在冲洗时，不要超出背压限值(0.5 kg/cm2)；打开产水侧阀门是比较好的防止背压的方法。

四 长期停机

长期停机是指 RO 装置停止运行的时间大于 4 天，而且膜元件仍装在系统中。

按照如下步骤准备每台 RO 装置的停机工作：

1．定期冲洗

冲洗水温度: 5 – 35℃

pH 范围: 3 – 8.5

海水 RO 系统 ：经过预处理的进水(不含余氯)

苦咸水 RO 系统 ：RO 产水(不含任何化学品)

每 48 小时重复冲洗 2 小时以上。

2．用 SBS 溶液保存(如果情况 1 的条件不具备)

(1)用 RO 产水冲洗 RO 装置

(2)用 500 – 1000 mg/l SBS 溶液冲洗（通过循环）

(3)当 RO 装置已经被此溶液灌满（务必确认已经完全灌满），关闭所有阀门将此

(4)溶液保存在 RO 装置中。

(5)请用新配置的溶液重复步骤(1)和(2)。

特别注意：

1）在冲洗时，不要超出背压限值(0.5 kg/cm2)；打开产水侧阀门是比较好的防止背压的方法。

2) 如果温度低于 27℃，每 30 天更换一次。

3) 如果温度高于 27℃，每 15 天更换一次。

4) 在任何时间，应确保保护液的 pH 值在 3 以上。通常建议每周~每半个月复测一次 pH；

16.10 专题十：反渗透系统污染的简易判断方法

在反渗透系统运行过程中，脱盐率和产水量的下降是最常见的故障，膜元件进水流道的堵塞并伴随着组件压差的增加是另一类典型的故障。如果脱盐率和产水量较平缓地下降，这就表明系统存在正常的污堵，它可以通过恰当和定期的化学清洗来解决。而快速或突然的性能下降表明系统有缺陷或误操作，必须尽早采取相应的措施。

在反渗透系统中存在的潜在问题，通过监视产水流量，盐透过率（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，以防止系统发生重大事故。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。

膜污染是一个十分棘手的问题，它不但会造成系统的产水量降低，脱盐率下降，同时会增加系统操作压力，间接造成运行成本增加。常见的膜污染物包括有机物/胶体污染，微生物污染，无机结垢污染等。通过目测膜元件的外观和称重可以得出有关污堵或结垢故障的信息，本文主要介绍如何快速判断污染物类型，以便选择合适的解决方案。

有机物/胶体污染：进水中有机物吸附在元件膜表面，会造成通量的损失，常发生在系统第一段，造成产水量下降，一段压差增加，打开一段膜壳进水侧，会发现膜元件端面有粘稠状污染物。

微生物污染：常发生在系统第一段，造成产水量下降，脱盐率下降，一段压差增加，打开一段膜壳进水侧检查，会发现粘稠状污染物，并伴有腥臭味。生物污堵严重时会引起膜系统前段压降的显著增加，对进水水流产生极高的阻力，容易造成膜元件进水端产生望远镜现象，而在浓水端发生格网冲出现象。

絮凝剂/阻垢剂污染：当聚合有机阻垢剂与多价阳离子如铝或残留聚合阳离子絮凝剂相遇时，将会形成胶状沉淀，严重污染前段的膜元件。常发生在系统第一段，造成产水量下降，一段压差增加，对于聚铝类污染，保安过滤器滤芯以及膜端面上会存在黄色。

无机垢类污染：结垢是微溶或难溶盐类的沉淀或沉积的水化学问题，一般出现在未设置恰当的预处理而且回收率偏高的系统。结垢常发生在系统的最后一段，造成压差增加，产水量下降。打开二段膜壳会发现有大量结晶物沉积在膜壳适配器以及膜元件上。

由于污染物种类较多，本文仅介绍了几种常见易辨别的污染物，针对复杂的污染物，可以联系相应的检测机构进行分析，寻找解决方案。



膜端面生物污染



适配器表面结垢



适配器表面有机物/胶体



膜元件高压差致使格网冲出

16.11 专题十一：RO 系统运行数据标准化的意义

1、 总则

反渗透系统运行数据标准化是指设置了一个标准的测试条件（标准化=有效对比日常的运行参数）以方便对比现在的运行性能参数与初始性能参数。

标准化的数值可以评估现在的运行性能参数与设计性能是否一致，如果系统运行性能和参数发生偏离，标准化数值可以帮助去纠正系统的运行参数。

标准化数值一般包括标准化产水量，标准化脱盐率，标准化压差。

2、反渗透系统运行数据标准化的理由及意义

反渗透系统的运行表观性能受进水水质组成、进水压力、温度和回收率的影响，可能会呈现不同的表观性能数据。例如：进水温度每降低 1℃，产水量就会降低约 3%，这属于正常现象，而不是系统的故障表象。

下图所示为脱盐率变化的情况：

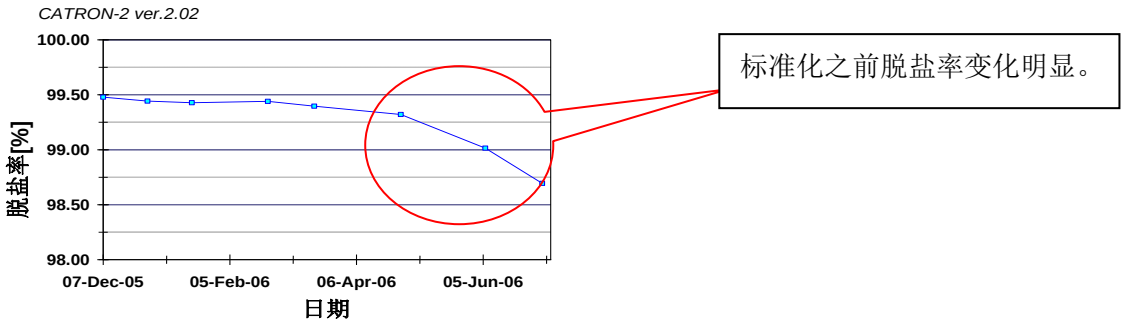


图 1：表观脱盐率变化图表

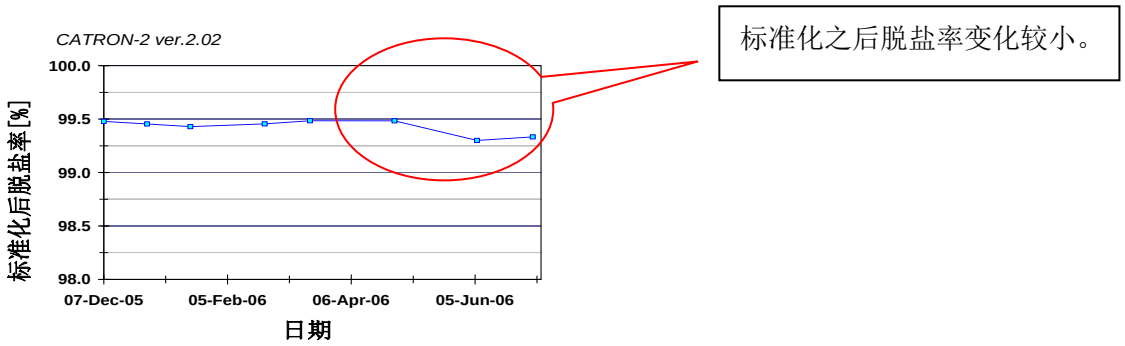


图 2：标准化脱盐率变化图表

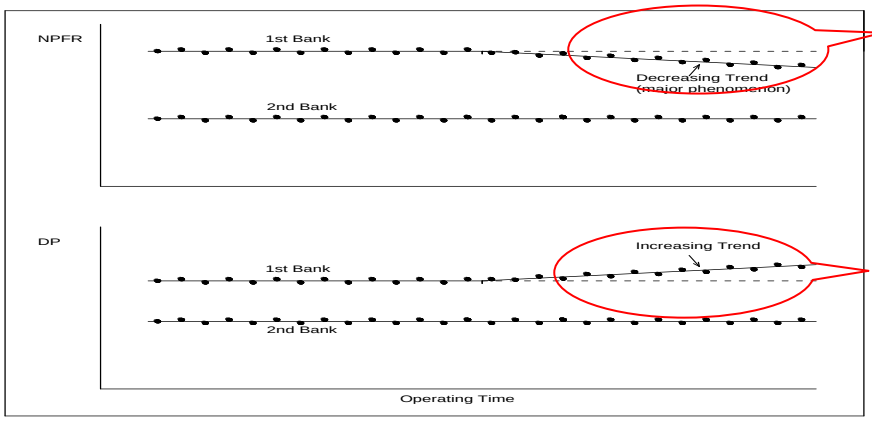
如上图所示，表观脱盐率有了很多变化，但是标准化后脱盐率没有较大变化，说明系统依然是正常系统，出现的脱盐率变化也是正常现象。

为了区分这类正常现象与系统性能真正发生的变化，就应当对所实际测量的产水流量、脱盐率及压差数值进行标准化，以发现系统的真实性能与系统基准性能的对比关系，从而尽早地发现系统的变化趋势。

如果判断系统发生不正常的运行趋势，就要及时采取必要措施以有效避免膜元件及系统发生破坏和不可逆的损伤。同时标准化的数据参数也是判断是否需要进行

化学清洗的更准确的条件。

例如：下图为一个标准化的产水流量和压差的变化图：



标准化后一段的产水量有较为明显的下降。

标准化后一段的压差有较为明显的上升。

从上图可以看出，一段的标准化产水量由明显降低，同时一段的压差有明显的上升，

那么如下是推荐的下降原因及对策：

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
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
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

可以看见，通过标准化的数据，就可以更明显的判断系统发生的真实状况，以便尽早的发现和解决问题，保持系统的长期稳定运行。

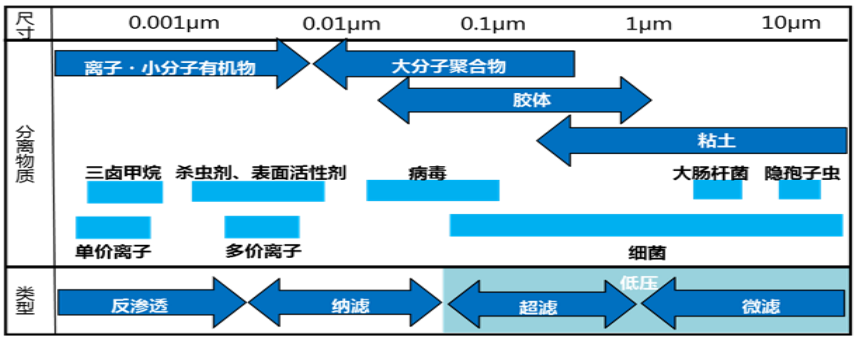
3、反渗透系统运行数据标准化的方法及步骤

反渗透系统运行数据标准化的依据有两个：一是系统的基准性能，二是系统的每日运行参数记录。同时需要使用膜元件厂家提供的标准化软件。东丽为了方便用户对数据进行标准化处理，专门制作了专业标准化软件 TorayTrak 软件。

16.12 专题十二：市政饮用水用什么膜

2012 年 7 月，我国开始强制执行最新《生活饮用水卫生标准》，检测指标从原来的 35 项(1985 年版)增加到 106 项，接轨国际通用水质标准。新检测指标中，微生物类从 2 项增加到了 6 项；对消毒剂的使用要求也更严格了，补充了臭氧消毒、二氧化氯消毒等检测项目。毒理指标由原来的 15 项增加至 74 项，不但增加了镍、铊、锑、铍等重金属指标，还增加了大量农药检测指标，如乐果、毒死蜱、敌敌畏等。

新国标的出台必将推动我国饮用水水质的提高，并进一步促进我国供水行业净水工艺的改进。市政自来水厂的传统工艺包括药剂混合-沉淀-滤料过滤-杀菌，这些工艺可以去除悬浮杂质、部分大分子有机物、细菌、病毒等物质，但对于一些更细小的无机、有机物质就需要在市政领域增加新型工艺——膜法处理。目前膜法处理主要包括微滤、超滤、纳滤及反渗透。如何选择适当的处理工艺，我们首先需要了解下各种膜的主要特点



项目	反渗透	纳滤	超滤
孔径（nm）	0.3-0.7	1-5	1-100
运行压力（Bar）	8-60	3.5-10	1-3
截留盐分 %	98-99.7	20-90	0
截留病毒	完全	完全	部分
截留细菌	完全	完全	较完全

通过对各种膜主要特点的分析，我们得出以下几点结论：

首先，反渗透膜工艺可以除去水中病毒、细菌及绝大部分盐分，产水质量最好，由于反渗透运行压力较高会导致运行成本较高，但高品质的出水用于勾兑可以适当减少工程规模；其次，超滤及微滤对细菌的去除并不完全，但是能够去除水中的悬浮物、胶体等杂质从而大幅度的改善水质，在水源水质较好，硬度不高的地区，使用超滤或微滤膜是比较经济务实的方法；纳滤膜在保留了反渗透膜优点的基础上，

降低了运行压力，软化水质去除病毒细菌的同时保留适量对人体有益的微量元素，其产水水质从口感、安全及健康的角度和运行经济性的角度平衡，是较为适用于市政饮用水处理的一种方式，尤其是对于水源受到轻度污染或者硬度较高的地区。

所以目前在市政饮用水处理工艺中有两种较为常见的膜法工艺设计 1、将纳滤产水与超滤产水按照适当的比例进行勾兑后得到最终的市政饮用水；2、将反渗透产水与传统工艺产水按照适当的比例进行勾兑后得到最终的市政饮用水；这两种工艺方法都可以在项目建设成本、运行成本及产水品质三方面找到一个较为完美的平衡点，是未来市政饮用水工艺路线的主要发展方向。

东丽是世界上唯一的自主开发生产全系列水处理分离膜的公司，在市政饮用水获得广泛关注和发展的大环境下，东丽膜也推出了适合市政饮用水项目的 TMN 系列纳滤膜，TMN 膜是东丽公司最新研制开发的超低压型芳香族聚酰胺复合纳滤膜，它具有超低的运行压力；高通水量以及最佳脱盐率。其中 TMN20H-400 膜元件适合于以地表水或井水为水源的市政用水的硬度软化、色度净化等深度处理，是专门设计用于脱除盐分、硝酸盐、杀虫剂、除草剂、THM 前驱物质等有机化合物、细菌和病毒类物质。目前 TMN20H-400 膜元件已经在内蒙古鄂尔多斯市达拉特旗市政饮用水一期项目（100,000m3/d）及陕西榆林小纪汗煤矿矿井水深度软化处理一期项目（8,000 m3/d）等取得了相关业绩。

我们期望在不远的将来能够为我国的市政饮用水工程，关系到人民生活质量的事业中贡献出更多的力量，为了更多的人能够喝上安全、健康的高品质饮用水而努力！

16.13 专题十三：怎样选择合适的反渗透膜产品

膜产品的选择归根到底是根据原水水质以及客户对膜处理工艺和产水水质的要求来确认的。而膜元件的种类和型号的也是根据以上要求来设定的。

选择合适的膜产品首先要了解目前膜元件的种类。目前来讲市场上的反渗透膜元件大致分为两大类，即：苦咸水膜元件和海水淡化膜元件。而常规以原水含盐量 10,000ppm 做为其使用界限，即：当原水含盐量大于 10,000ppm 时建议使用海水淡化膜元件，反之，则建议使用苦咸水膜元件。这主要是因为，当含盐量大于 10,000ppm 时，特别是对于高回收率系统，原水通过反渗透膜浓缩后,其所需的推动压力由于渗透压的增加可能超过常规苦咸水膜元件的极限操作压力。

而在以上两大类中膜元件中，根据其各种产品特点的不同其中又有细分。以东丽膜元件型号为例，苦咸水膜元件包括：高脱盐膜（高化学耐久性）膜元件、超低压/极超低压膜元件及抗污染膜元件。而海水淡化膜元件主要包括：标准高压型膜元件、高脱硼膜元件、节能型膜元件及高通量膜元件。具体如下：

高脱盐膜元件：适合于常规苦咸水、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。其中东丽 TM7 系列膜元件测试脱盐率达到 99.7%。而其更新换代产品 Tough 系列则历史性的将常规苦咸水膜元件的脱盐率提高到 99.8%，与此同时还具有高产水量、耐化学清洗及一定程度的余氯攻击的特点，故也称为高化学耐久性膜元件。

超低压/极超低压膜元件: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 0.76/0.69Mpa，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。

抗污染膜元件: 适合于有较严格的预处理、但给水中仍含有有机物等污染物的领域。近期东丽推出了高化学耐久性抗污染膜元件使其性能在老 TML 系列膜元件上得到全面提升。

标准高压型膜元件：它具有世界最高水准的耐压能力，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。

高脱硼膜元件：具有世界最高水准的脱硼率和脱盐率，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。如：东丽 TM820M 和 TM820R 系统测试脱硼率达到行业最高的 95%，而系统测试 NaCl 脱盐率均达到了行业最高的 99.8%。

节能型膜元件：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。如 TM820V 适合于低温海水以及高浓度苦咸水的淡化处理，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。

在了解完以上膜元件具体细分类型后就可以根据原水水质以及客户对膜处

理工艺和产水水质的要求来选择合适的膜元件型号，最后根据系统出力要求选择膜元件的尺寸（4 英寸或 8 英寸）及膜面积就可以选出符合您要求的膜元件。关于膜面积和流道宽度的选择，取决于原水类型以及预处理的精度，一般来讲，对于干净的原水或严格的预处理如 UF/MF，可以选择 400 平方英尺或以上的膜元件，反之，对于水质相对较差的原水或预处理采用多介质的工艺，可选择 400 平方英尺以下的膜元件。以此类推，流道宽度的选择就比较简单了，大膜面积(430/440ft^2)对应小流道宽度(28mil)，反之小膜面积(365/370ft^2)对应大流道宽度(34mil)。而 400ft^2 膜元件既可以用 31mil 也可以 34mil 的流道宽度。详细的内容可参考膜厂家的技术手册有关膜产品选用指南的章节。

简单举例如下：

电厂锅炉补给水系统原水为含盐量为 1000ppm 的水库水，系统出力 100T/H，系统处理工艺为 UF+RO+MB。请问如何选择膜元件？

答：原水含盐量为 1000ppm，故选择苦咸水膜元件。RO 系统作为 MB 的一级脱盐系统，为减轻混床负荷，对 RO 系统产水水质有较高的要求，故选择高脱盐型膜元件。系统出力为 100T/H，故选择 8 英寸膜元件。水源为水库水，稳定且使用 UF 作为预处理，故可以选择中等流道宽度(31mil)的膜元件。综上本系统建议使用 TM720DA400 型膜元件。

16.14 专题十四：反渗透系统仪表校正

为了实现反渗透系统的长期稳定运行，有必要监控反渗透系统的各类运行参数，以确保这些参数在反渗透系统运行许可的范围内。各类仪表在使用过程中均存在不同程度的偏差或故障，会影响我们获取参数的准确性，因此在使用过程中，我们必须对所使用的各类仪表定期做校正。那么，反渗透系统有哪些常用仪表？如何发现运行中的仪表需要校正？发现问题仪表后该如何进行校正呢？

请参考以下内容:

1、反渗透系统常用监控数据及常用仪表种类

反渗透系统通过仪表可监控的常用数据主要分为：温度、压力、流量以及水质参数

(1)温度：温度表按测温方式可分为接触式和非接触式两大类。一般的反渗透系统通常检测进水的温度，防止温度过高或过低对反渗透运行造成不利影响，通常反渗透系统的进水温度范围在 1~45℃。

(2)压力：压力检测仪表根据使用方式可分为压力传感器和现场压力表，主要用于检测反渗透系统的各类泵前后压力、膜系统的运行压力（包括进膜压力，各级/段的进水压力、浓水压力以及产水压力等）、反渗透前保安过滤器的压差、能量回收装置的管道压力等。压力范围则需要根据反渗透系统的具体情况进行选择。

(3)流量：流量计有很多种类，反渗透系统常用的流量计主要有电磁流量计、涡轮流量计、转子流量计、超声波流量计等，主要用于监测反渗透系统的进水、产水及浓水的运行情况是否正常。

(4)水质参数监控仪表主要有：在线 SDI、浊度仪、ORP 仪、余氯仪、电导率仪、pH 计以及其他种类的监控仪表。在线监控仪表的准确与否是确保进水水质突变时我们能够及时发现并调整系统运行参数的关键。水质监控仪表主要用于进水水质监控、产水水质（主要是电导率）监控等。

2、如何发现运行中的仪表需要校正

一般反渗透系统调试阶段，各类仪表都会经过专业人士的校正，可以达到使用要求，但是经过一段时间的使用后，由于各种原因，仪表或多或少都会出现测量偏差，严重的会影响到设备的正常运行。因此在运行中发现仪表故障尤为重要。在以下情况中，需要考虑仪表校正：

(1)在线水质监控仪表在使用过程中监控到突变，经检验并非进水条件发生突变的；

(2)在线压力仪表突变且经过排除并没有由于运行原因造成压力波动的原因的；

(3)流量计流量发生波动，且可以排除设备出现流量变化的；

(4)现场仪表（不能上传到中控室的），需要定期巡检，发现突变或没有示数的。

3、如何进行仪表校正

为了保证反渗透系统的长期稳定运行，除了在运行过程中进行监控以外，还需要对各类仪表制定完善的定期维护与校正计划，确保各类仪表的运行误差在许可的范围内。各类仪表的校正需要专业人员按照相关手册的要求进行，包括清洗，

消毒，必要零部件的更换，操作参数的改变等，并且保留校正记录。

16.15 专题十五：反渗透膜系统对预处理的要求

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。作为一种纯物理的脱盐工艺，由于反渗透膜元件的结构、材质等条件的限制，反渗透系统对预处理有较高的要求。在工艺设计时，根据原水水质的不同，需要有针对性地选取不同的预处理工艺，来保证反渗透进水水质合格，减少对反渗透膜的污堵、结垢，防止反渗透膜脱盐率、产水率的降低，尤其是针对目前水资源匮乏、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。总所周知，反渗透系统运行失败，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。下面我们来大致了解下反渗透进水水质指标和相应的预处理工艺：

序号	项目	控制标准	相应的预处理工艺
1	温度	1-45℃	换热器
2	pH	2-11	投加酸、碱调节 PH
3	SDI 值	＜5	多介质过滤器、超滤、微滤
4	浊度	＜0.2NTU	混凝沉淀、多介质过滤器、超滤、微滤
5	颗粒物质	＜5 μm	保安过滤器
6	油和脂	未检出	核桃壳过滤器、吸油毡、气浮
7	COD	＜1.5mg/L	混凝沉淀、生化法、活性炭过滤器、MBR
8	余氯	＜0.1mg/L	投加还原剂、活性炭过滤器
9	二氧化硅	浓水中不析出	石灰软化、离子交换、适当提高水温、专用阻垢剂
10	铁、铝及锰离子	＜0.05mg/L	曝气氧化+锰砂过滤器

如果上述指标某一项或几项不达标时，会导致反渗透系统出现结垢、金属氧化物污染、胶体污染、有机物及微生物污染，降低反渗透系统的产水量及产水品质，增加运行能耗及成本，甚至会导致膜元件不可逆的物理、化学损伤。因此我们在前期工艺设计时，应当结合原水水质，选取有效的预处理工艺，保证后期反渗透系统的稳定运行。

16.16 专题十六：干式膜元件和湿式膜元件的区别

目前市场成熟的卷式反渗透膜元件产品中，从膜元件的保存形式上主要分为两种，一种是湿式膜元件，二是干式膜元件。关于两种膜元件的特点各有说法，本文就两种膜元件的形成和优缺点进行浅析。

1、 湿式膜元件和干式膜元件的产生原因

1） 质量管理体系及理念的差异：湿式膜元件基本上是由于生产厂商执行的质量体系为全量检测，要求每支出厂的膜元件都要进行标准溶液检测，只要通过标准测试的膜元件才能作为合格产品出货。而干式膜元件厂家执行的是产品抽检体系，每个批次的膜元件进行抽检标准溶液测试，抽检后的膜元件为湿式膜元件，未检测的膜元件为干式膜元件。

2） 使用膜片的区别：常规的芳香族聚酰胺反渗透复合膜片的制造工艺大同小异，即把聚酯无纺布作为结构强度基层，在无纺布上预先涂敷一层高透水性微孔聚砜作为支撑层，然后通过界面重缩合法形成超薄膜的分离功能层，一般为湿膜。如需要干膜，还需将湿膜片进入干燥单元。因此，干膜片与湿膜片的区别在于干膜片是湿膜片经烘干制成。

3） 膜元件卷制过程的区别：湿式膜元件使用的膜片为湿膜片，干式膜元件使用的膜片为干膜片。两者的卷制工艺流程没有明显差异。但干式膜元件经标准溶液测试后即成为湿式膜元件，一般不会再进行膜元件的干燥。

2、 湿式膜元件与干式膜元件的优缺点对比

湿式膜元件的优点：

1） 湿式膜元件一般每支膜元件出厂前都进行过膜元件的性能检测，都能保证每支出厂膜元件的性能达到了标准，杜绝了瑕疵膜元件产品的出厂；

2） 湿式膜元件初始性能优越，现场安装后经过简单的冲洗即可达到膜元件的最好性能，节省启动时间和冲洗水源；

3） 湿式膜元件的反渗透基本性能一般优越于干式膜元件，即膜元件的脱盐率和产水量稍具优势。

湿式膜元件的缺点：

1） 湿式膜元件需要用保护液或者其他防护措施，膜元件需要始终保持湿润状态及保持膜元件不发生微生物污染。

2） 由于膜元件是湿润状态，冬季冰点以下的运输最好使用保温车辆运输或者到达目的地后需要在冰点以上的场所内进行保存。

干式膜元件的优点：

1） 干式膜元件的制造技术和设备相对复杂一些，但干式膜元件不用保护液或者其他特殊防护措施，重量轻，运输费用相对较低，膜元件存放时间较长。

2） 干式膜元件由于没有湿润，冬季冰点以下运输不用特殊车辆，运输方便，同时对保存场所的条件要求也低。

干式膜元件的缺点：

1） 膜元件出厂前采用抽检，不能保证每支出厂的膜元件的性能都能达到标准，出厂的膜元件有瑕疵的存在可能性。

2） 膜元件装入系统后初期性能偏低，需要长时间浸泡和冲洗，膜元件性能才能逐步达到最佳状态，浪费时间和冲洗水源；

3） 膜元件的反渗透基本性能，即产水量和脱盐率相对湿式膜元件一般稍低。

第十七节　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：

17.1　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。

17.2　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。

17.3　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%。

17.4　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。

17.5　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 0.7kg/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℃（95°F）或低于 0℃（32°F）。

17.6 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。

17.7 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。

17.8 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。

第十八节　东丽反渗透膜元件的质量认证

18.1　蓝星东丽反渗透膜及反渗透膜元件的质量管理体系认证证书



CCCI

质量管理体系认证证书

注册号：02114Q11697R1M

兹证明

蓝星东丽膜科技（北京）有限公司

组织机构代码：69080482-2
注册地址：中国·北京市·顺义区裕安路 28 号院 1 幢
办公/生产地址：中国·北京市·顺义区裕安路 28 号院

质量管理体系符合标准

GB/T 19001-2008/ISO 9001:2008

认证范围如下：

反渗透膜及反渗透膜元件的制造及售后服务

本证书有效期自 2014 年 12 月 19 日至 2017 年 12 月 18 日
删减组节参见组织的质量手册。
认证范围涉及法律法规要求的行政许可、资质许可、强制性认证的，证书与资质共同使用有效。
在获证后持续受年度审核的情况下，与年度监督保持通知一并使用有效。
可到国家认证认可监督管理委员会官方网站（www.cnca.gov.cn）上查询。

华夏认证中心有限公司
总经理：
地址：北京市海淀区知春路环中路 211 号太极大厦
http://www.ccci.com.cn
颁证日期：2014 年 12 月 19 日

CNAS
体系认证
CNAS C021-Q

IAF

18.2 蓝星东丽反渗透膜及反渗透膜元件的环境管理体系认证证书



CCCI

环境管理体系认证证书

注册号：02114E10765R1M

兹证明

蓝星东丽膜科技（北京）有限公司

组织机构代码：69080482-2
注册地址：中国·北京市·顺义区裕安路 28 号院 1 幢
办公/生产地址：中国·北京市·顺义区裕安路 28 号院

环境管理体系符合标准

GB/T 24001-2004/ISO 14001:2004

认证范围如下：

反渗透膜及反渗透膜元件的制造及相关管理活动

本证书有效期自 2014 年 12 月 19 日至 2017 年 12 月 18 日
认证范围涉及法律法规要求的行政许可、资质许可、强制性认证的，证书与资质共同使用有效。
在正常接受年度审核的情况下，与年度监督保持通知一并使用有效。
本证书信息可在国家认证认可监督管理委员会官方网站（www.cnca.gov.cn）上查询。

华夏认证中心有限公司
中国北京市朝阳区北辰东路环中路 211 号太极大厦
http://www.ccci.com.cn

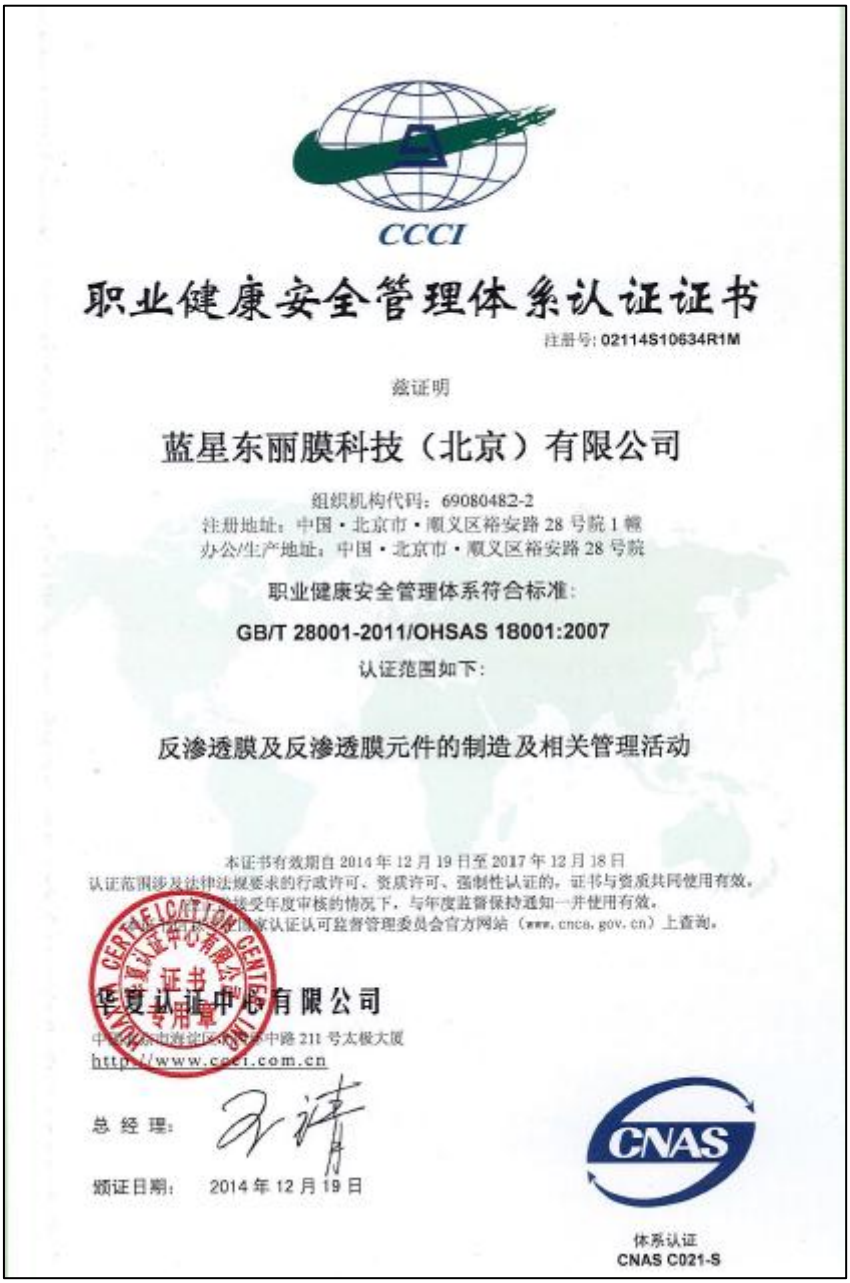
总经理：

颁证日期：2014 年 12 月 19 日

CNAS
体系认证
CNAS C021-E

IAF

18.3 蓝星东丽反渗透膜及反渗透膜元件的职业健康安全管理体系认证证书



CCCI

职业健康安全管理体系认证证书

注册号: 02114S10634R1M

兹证明

蓝星东丽膜科技（北京）有限公司

组织机构代码：69080482-2
注册地址：中国·北京市·顺义区裕安路 28 号院 1 幢
办公/生产地址：中国·北京市·顺义区裕安路 28 号院

职业健康安全管理体系符合标准：

GB/T 28001-2011/OHSAS 18001:2007

认证范围如下：

反渗透膜及反渗透膜元件的制造及相关管理活动

本证书有效期自 2014 年 12 月 19 日至 2017 年 12 月 18 日
认证范围涉及法律法规要求的行政许可、资质许可、强制性认证的，证书与资质共同使用有效。
在接受年度审核的情况下，与年度监督保持通知一并使用有效。
国家认证认可监督管理委员会官方网站（www.cnca.gov.cn）上查询。

华夏认证中心有限公司

http://www.ccci.com.cn

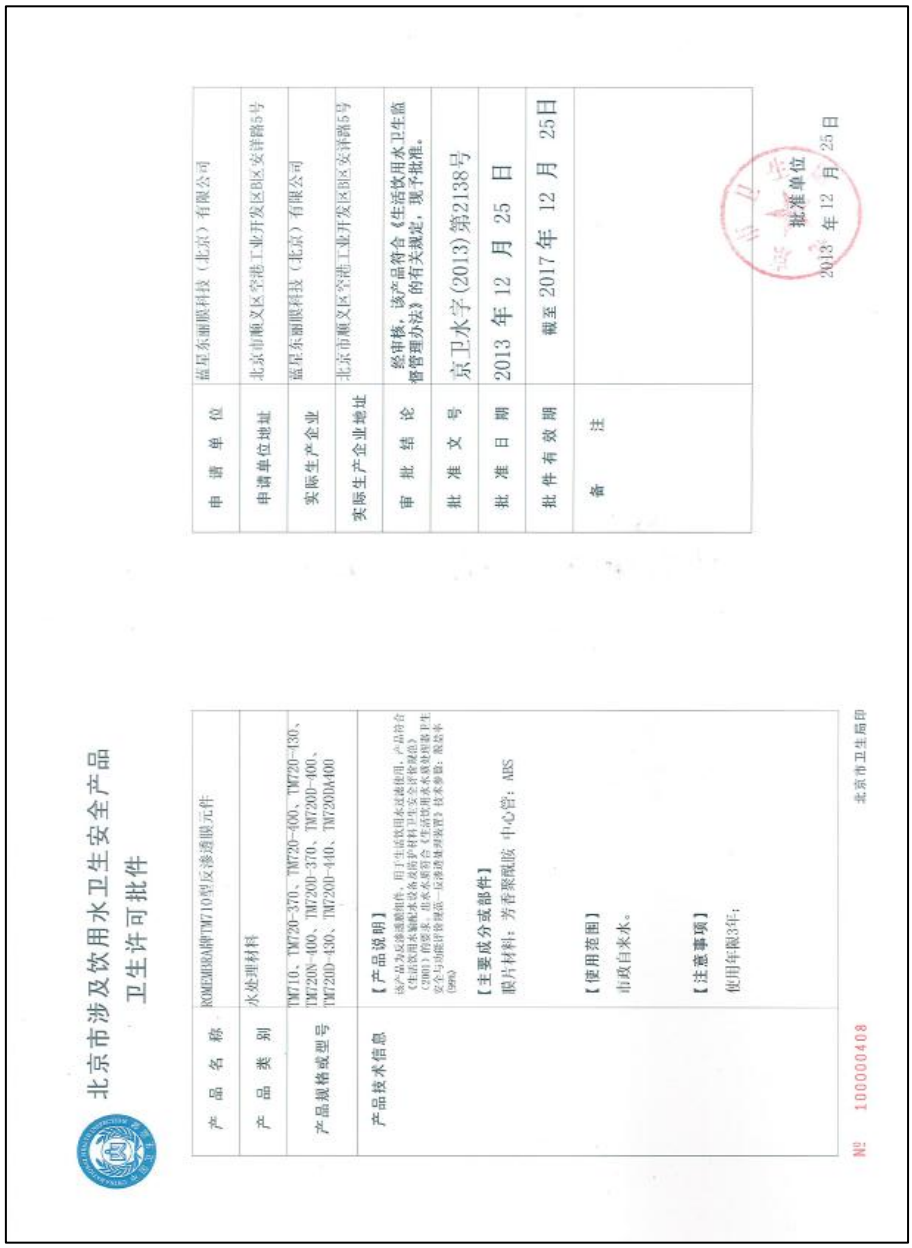
总经理：

颁证日期：2014 年 12 月 19 日

CNAS

体系认证
CNAS C021-S

18.4 东丽反渗透膜元件的涉水证明



北京市涉及饮用水卫生安全产品
卫生许可批件

产品名称	ROMEMBRANA牌TM710型反渗透膜元件
产品类别	水处理材料
产品规格或型号	TM710、TM720-370、TM720-400、TM720-130、TM720N-400、TM720D-370、TM720D-400、TM720D-430、TM720D-410、TM720DA400
产品技术信息	【产品说明】 该产品为反渗透膜组件，用于生活饮用水或直接饮用，产品符合《生活饮用水输配水设备及防护材料卫生安全评价规范》(2001)的要求，出水水质符合《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)与《饮用净水水质标准》(CJ94-2005)。 【主要成分或部件】 膜片材料：芳香聚酰胺 中心管：ABS 【使用范围】 市政自来水。 【注意事项】 使用年限3年；

申请单位	益星东丽膜科技（北京）有限公司
申请单位地址	北京市顺义区空港工业开发区B区安详路5号
实际生产企业	益星东丽膜科技（北京）有限公司
实际生产企业地址	北京市顺义区空港工业开发区B区安详路5号
审批结论	经审核，该产品符合《生活饮用水卫生监督管理办法》的有关规定，现予批准。
批准文号	京卫水字(2013)第2138号
批准日期	2013 年 12 月 25 日
批件有效期	截至 2017 年 12 月 25日
备注	

批准单位
2013 年 12 月 25 日

№ 100000408 北京市卫生局印