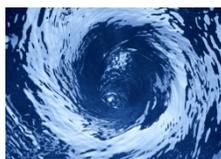
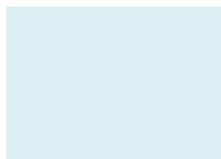
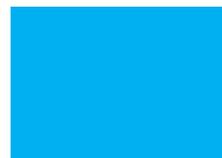
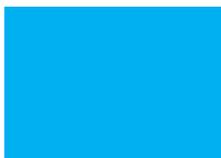
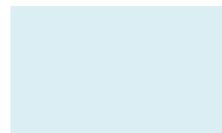




东丽海水淡化反渗透膜及其应用

田华



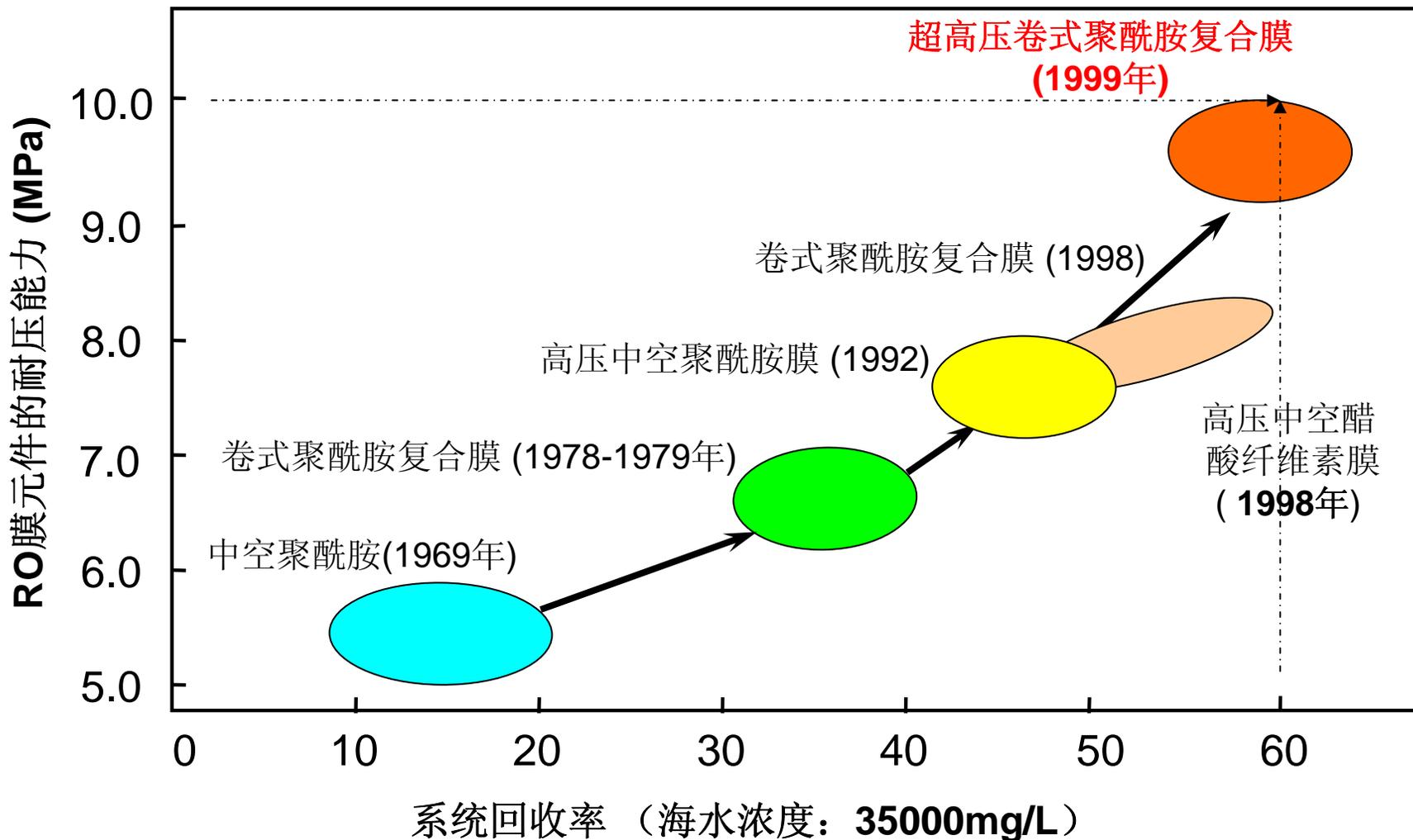
- ➡1. 东丽海水淡化反渗透膜技术简介
- ➡2. **BCS**两段法海水淡化系统简介
- ➡3. 东丽海水淡化反渗透膜全球应用业绩

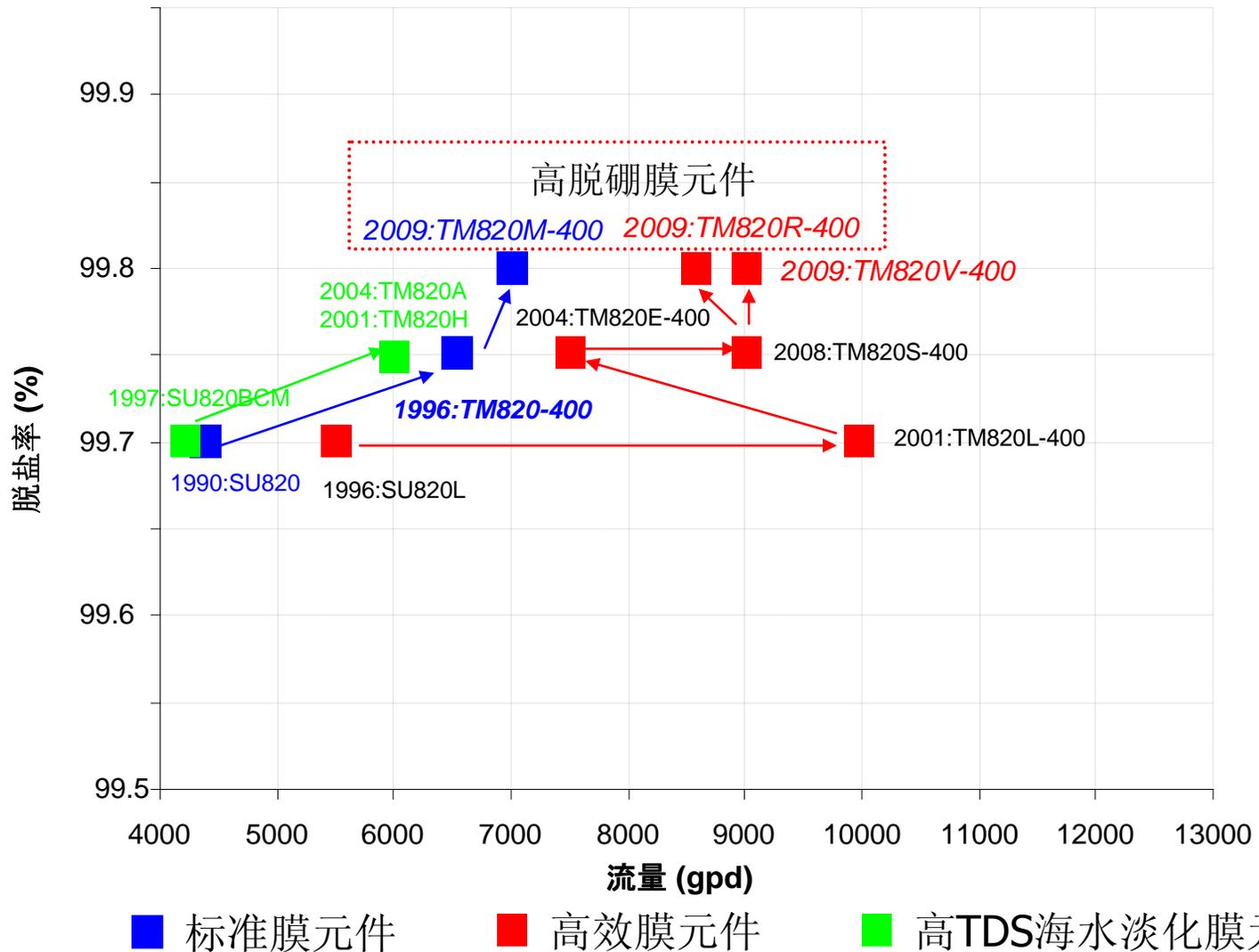


1.东丽海水淡化反渗透膜技术简介

- ➡1.1 东丽海水淡化反渗透膜技术的发展
- ➡1.2 反渗透脱硼技术
- ➡1.3东丽海水淡化反渗透膜一览表







世界上硼元素水质标准 / 要求值 (饮用水)

| | | | 1990 | 1993 | 1996 | 1997 | 1998 | 2000 | 2001 | 2004 | 2007 | |
|-------|------|-----|-------------------------|------|------|------|------|-----------------|------|-----------|--------------------|--|
| 硼元素标准 | | WHO | 0.3mg/l | | → | | | 0.5mg/L (指南) | → | | 0.5mg/L (正式规定.) | |
| | | | ×1,000m ³ /d | | | | | | | | | |
| 世界 | 西班牙 | 42 | 没有限制 | | | | | → 1.0mg/L | | | | |
| | 特立尼达 | 136 | 没有限制 | | | | | → | | | | |
| | 以色列 | 272 | | | | | | 0.4mg/L | | → 0.3mg/L | | |
| | 新加坡 | 136 | | | | | | 1.0mg/L | | → | | |
| | 阿联酋 | 227 | | | | | | 1.0mg/L | | → | | |
| | 美国 | | | | | | | 1.5mg/L | | → | | |
| 日本 | 冲绳 | 40 | 没有限制 | | | | | → | | | | |
| | 福冈 | 50 | | | | | | 1.5mg/L | | → | | |

2000年以后，硼元素的水质标准变得越来越严格。



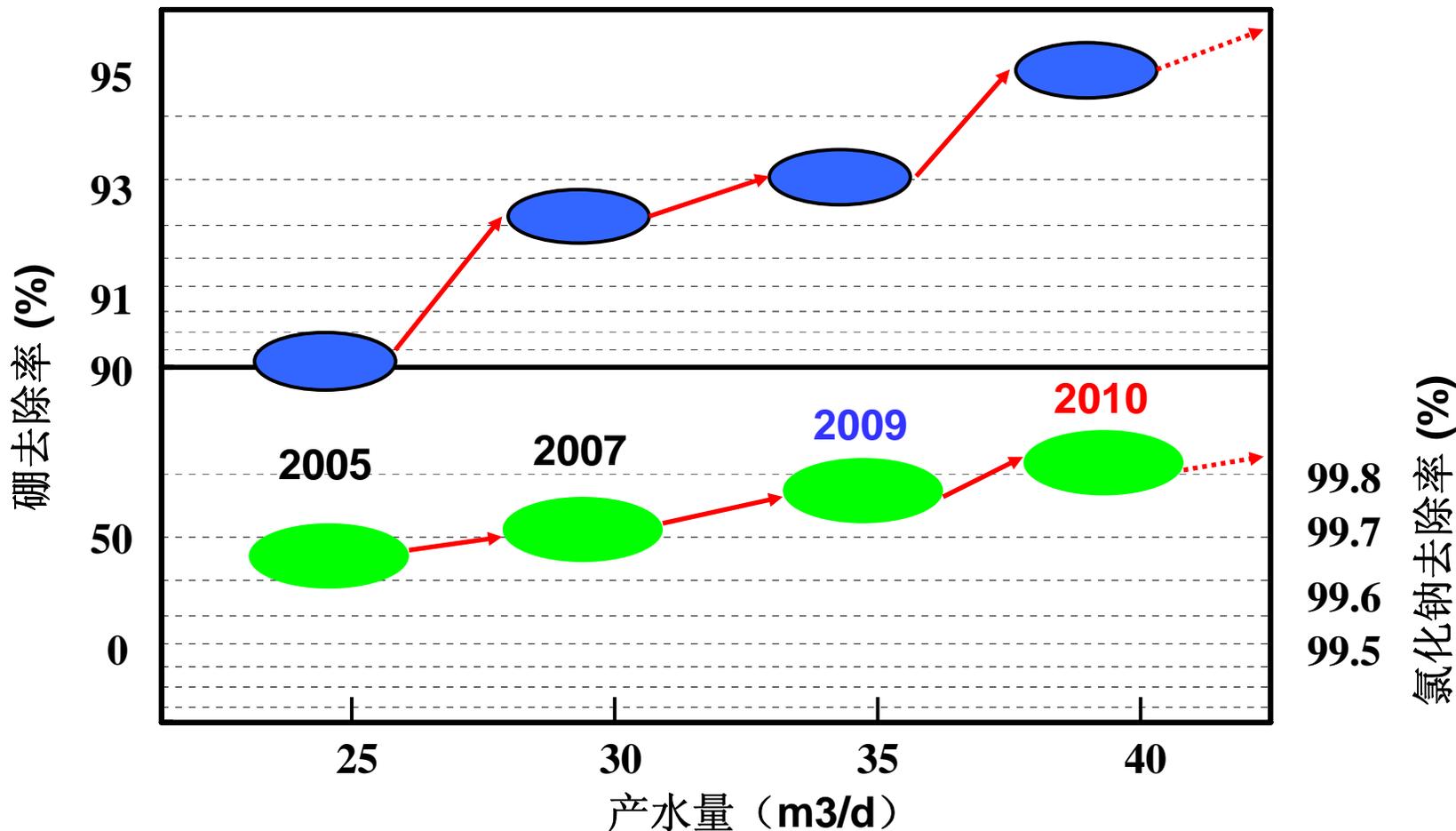
海水淡化膜对硼的去除率发展

| | | 1990 | 1993 | 1997 | 1998 | 2000 | 2003 | 2009 |
|-------|-----|---------|---------|------|---------|------|------|-----------------------------|
| 硼标准 | WHO | 0.3mg/l | | | 0.5mg/l | | | 新标准 |
| | 日本 | | 0.2mg/l | | 1.0mg/l | | | |
| Toray | | | 80~90% | | 91~93% | | | 95% <i>TM820M/TM820R</i> |
| A | | | 75~80% | | | | | 93% |
| B | | | | | 88% | | | 93% |

测试条件: 32,000 ppm-NaCl, 5mg/l硼, 5.5 MPa, 25 °C



海水淡化膜脱硼技术演变和趋势

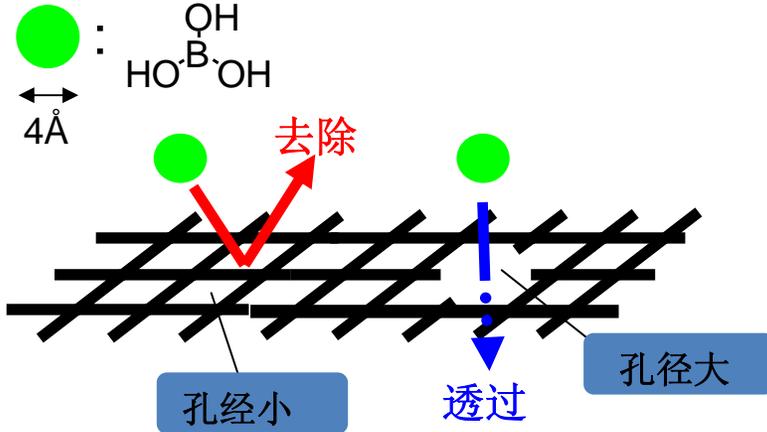


东丽一直致力于海水淡化膜脱硼研究

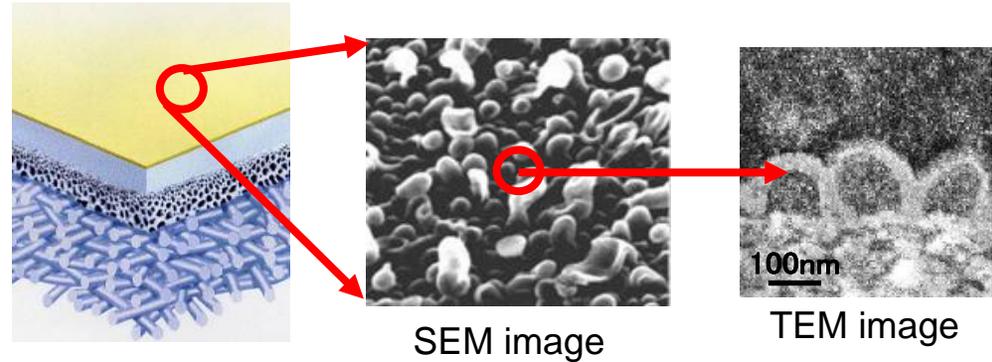


反渗透膜脱硼机理

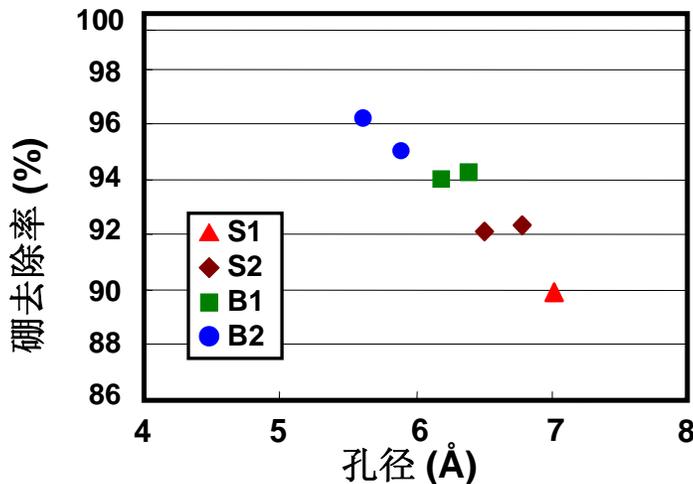
1. 硼元素去除机理



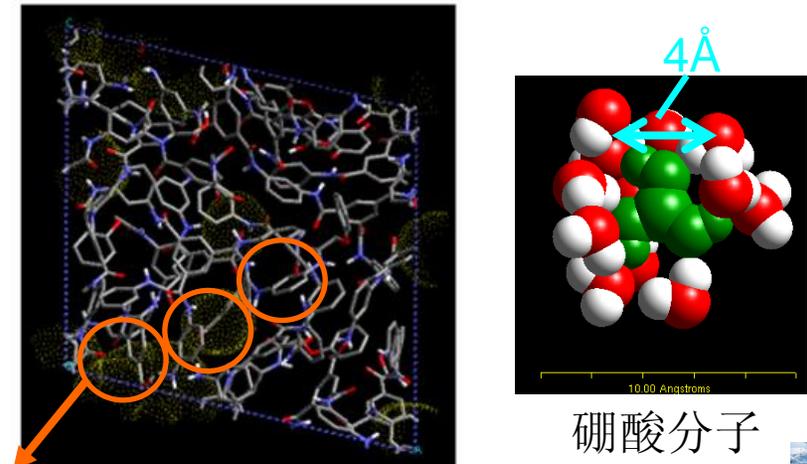
2. RO膜的微细构造



3. RO膜的孔径*)与硼去除率的相关性



4. 分子动力学模拟进行孔径解析



Pore size sphere : Estimated as **5.0-7.0Å**

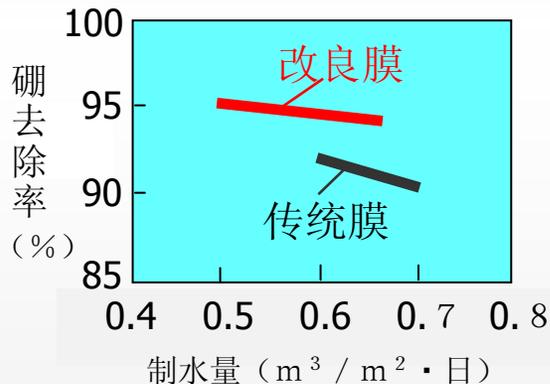
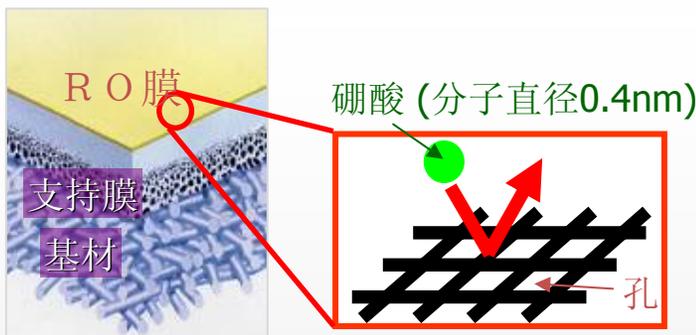
*)根据阳电子湮灭时间测定法得到的数据



反渗透膜脱硼性能的改善：

——高脱盐、高通量

新技术的要点：精密分子设计 · 纳米加工技术使膜构造致密化



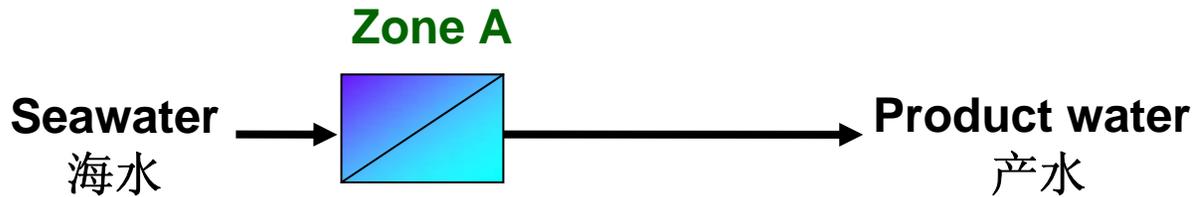
新技术的要点：亲水性改性设计保证水通量

TBMC正采用上述技术制造所有反渗透膜元件

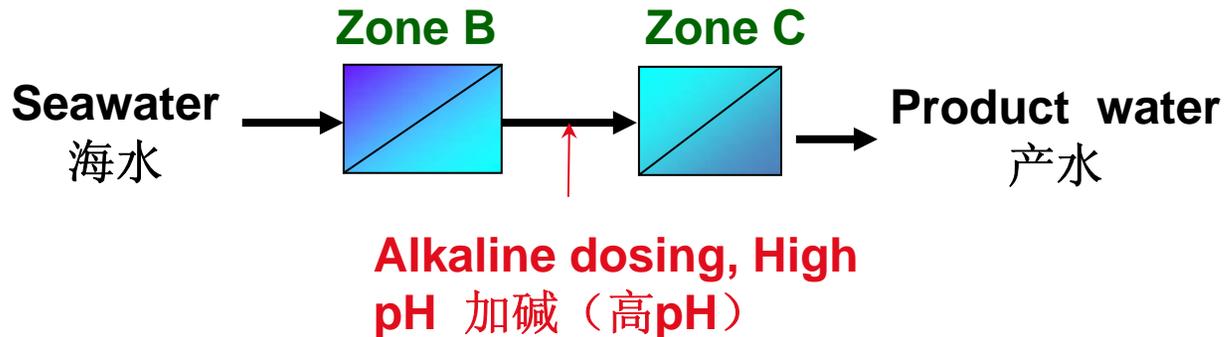


海水淡化系统中高脱硼反渗透膜的应用

单级高脱硼反渗透海水淡化



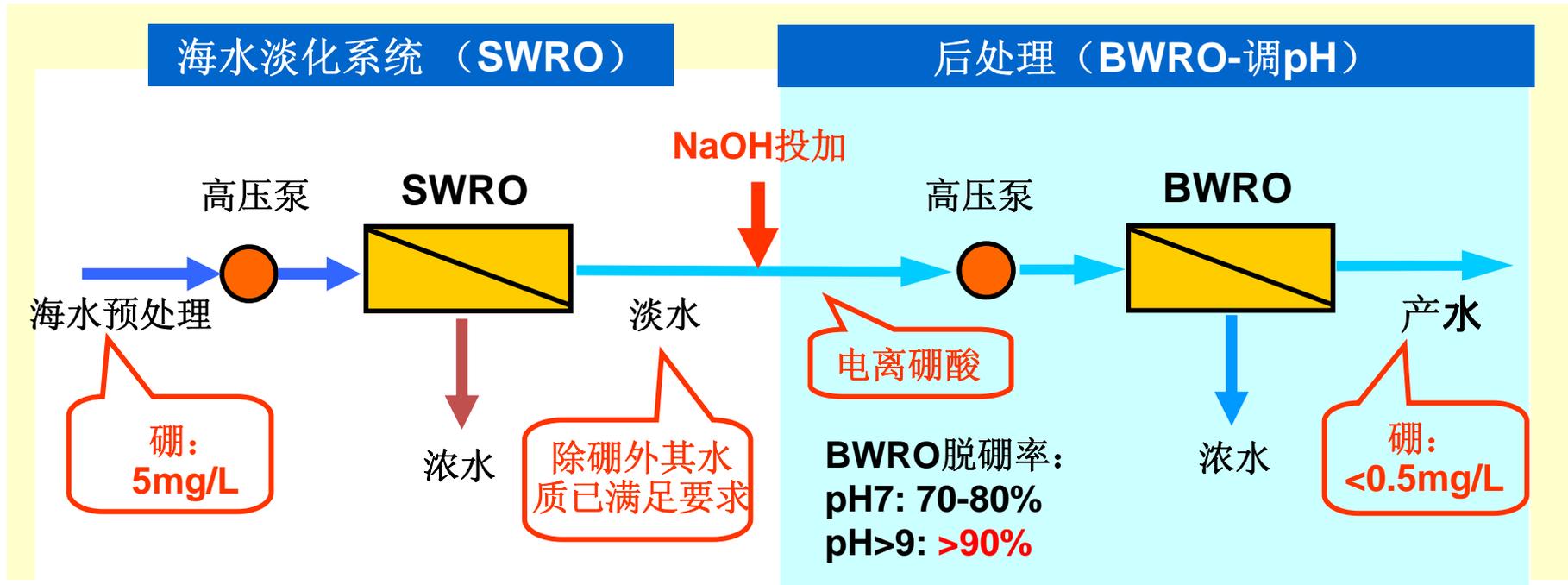
二级高脱硼和高产水量反渗透海水淡化工艺



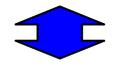
东丽脱硼海水淡化RO膜产品一览表

| Zone | Element Name /膜型号 | Specification/ 规格 | | | Features/特征 |
|------|----------------------|-------------------------|--|---------------------------|--|
| | | TDS Rej /脱盐率. (%) | Water Productivity /产水量 GPD (m3/d) | Boron Rej /硼脱除率 (%) | |
| A | TM820R-400 | 99.80 | 8,500 (32.2) | 95 | High Boron Rejection/高脱硼率 |
| | TM820M-400 | 99.80 | 7,000 (26.5) | 95 | |
| | TM820A-400 | 99.75 | 6,000 (22.7) | 93 | |
| B | TM820C-400 | 99.75 | 6,500 (24.6) | 93 | High Boron Rejection/高脱硼率 |
| | TM820E-400 | 99.75 | 7,500 (28.3) | 91 | High Water Productivity/高产水量 |
| | TM820V-400 | 99.80 | 9,000 (34.1) | 92 | |
| C | TM720C-430 | 99.2 | 8,800 (33.3) | 95 | High Boron Rejection/高脱硼率 High Water Productivity/高产水量 Alkaline Tolerance/高耐碱(pH 10) |





在高pH下硼浓度可以通过BWRO进一步降低。



- 高pH操作条件下导致:
1. 碱化学品的消耗;
 2. 降低膜元件寿命;
 3. 结垢。

高脱硼海水淡化膜可以降低SWRO后续流程负荷。



单级SWRO产水硼浓度（计算值）

水质更差 ↓

| 海水 (温度、TDS、硼浓度) | SWRO产水硼浓度 (mg/L) | | | |
|----------------------------|------------------|-----|-----|-----|
| | 膜元件硼脱除率 | | | |
| | 90% | 95% | 97% | 99% |
| 日本 (25°C, 3.5%, 5mg/L) | 1.5 | 0.9 | 0.4 | 0.2 |
| 东南亚 (32°C, 3.5%, 5mg/L) | 1.6 | 1.0 | 0.5 | 0.2 |
| 中东 (38°C, 4.5%, 7mg/L) | 3.0 | 2.0 | 1.1 | 0.4 |

TM820R/M系列

计算条件：7支膜元件/芯，14lmh，25°C，pH8.0，800psi，3.5 L/min，40%Ry，3年。



日本标准 (<1.0mg/L)



WHO 标准 (<0.5mg/L)

在高含硼海水地区，即使使用高脱硼膜元件，也需要辅助手段降低产水中硼浓度。

TM820M使某些地区单级SWRO脱硼满足饮用水要求！



| Zone | Element Name /膜型号 | Specification/ 规格 | | | Features/特征 |
|------|----------------------|-------------------------|--|---------------------------|-------------------------------------|
| | | TDS Rej /脱盐率. (%) | Water Productivity /产水量 GPD (m3/d) | Boron Rej /硼脱除率 (%) | |
| A | TM820R-400 | 99.80 | 8,500 (32.2) | 95 | High Boron Rejection/高脱硼率 |
| | TM820R-440 | 99.80 | 9,400 (35.6) | 95 | |
| | TM820M-400 | 99.80 | 7,000 (26.5) | 95 | |
| | TM820M-440 | 99.80 | 7,700 (29.1) | 95 | |
| | TM820A-370 | 99.75 | 5,600 (21.2) | 93 | |
| | TM820A-400 | 99.75 | 6,000 (22.7) | 93 | |
| | TM820A-440 | 99.75 | 6,500 (24.6) | 93 | |
| B | TM820C-370 | 99.75 | 6,000 (22.7) | 93 | High Boron Rejection/高脱硼率 |
| | TM820C-400 | 99.75 | 6,500 (24.6) | 93 | |
| | TM820E-400 | 99.75 | 7,500 (28.3) | 91 | |
| | TM820E-440 | 99.75 | 8,250 (31.2) | 91 | |
| | TM820S-400 | 99.75 | 9,000 (34.1) | 90 | High Water Productivity/高产水量 |
| | TM820S-440 | 99.75 | 9,900 (37.5) | 90 | |
| | TM820V-400 | 99.80 | 9,000 (34.1) | 92 | |
| | TM820V-440 | 99.80 | 9,900 (37.5) | 92 | |

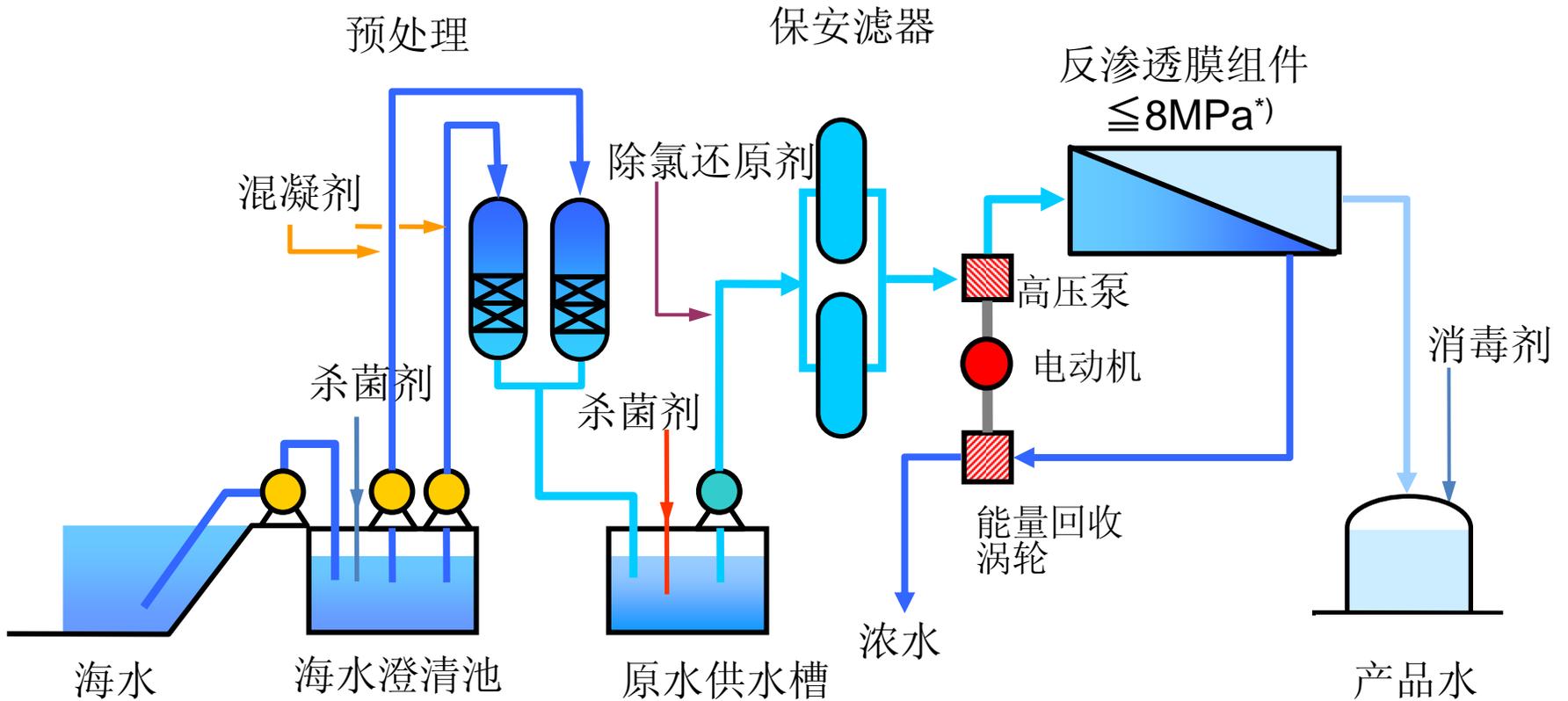


2.BCS两段法海水淡化系统简介

- ➡2.1 常规反渗透海水淡化工艺流程
- ➡2.2 东丽两段法（BCS）海水淡化工艺
- ➡2.3 BCS用海水淡化膜元件特点
- ➡2.4 BCS的优势
- ➡2.5 BCS的应用



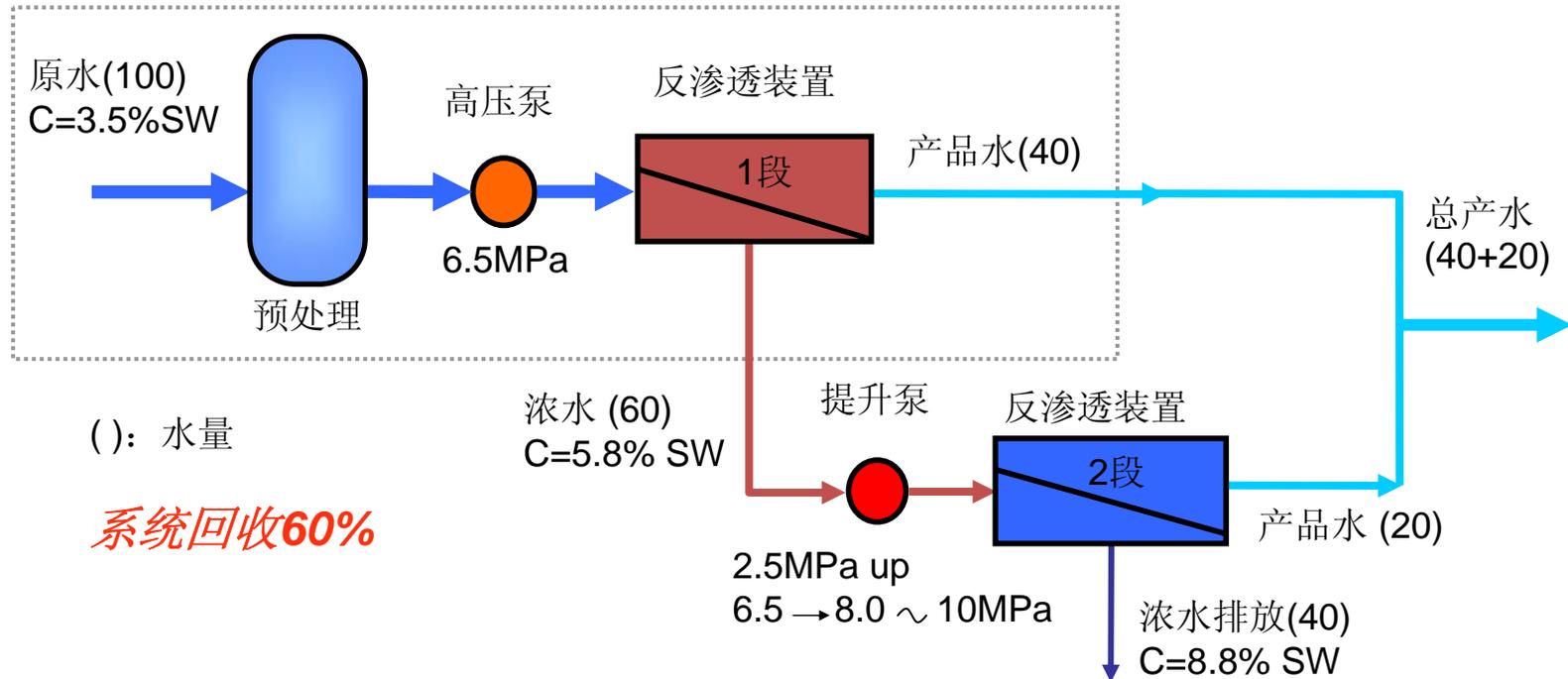
常规海水淡化工厂工艺流程图



*) 仅限于卷式反渗透膜元件

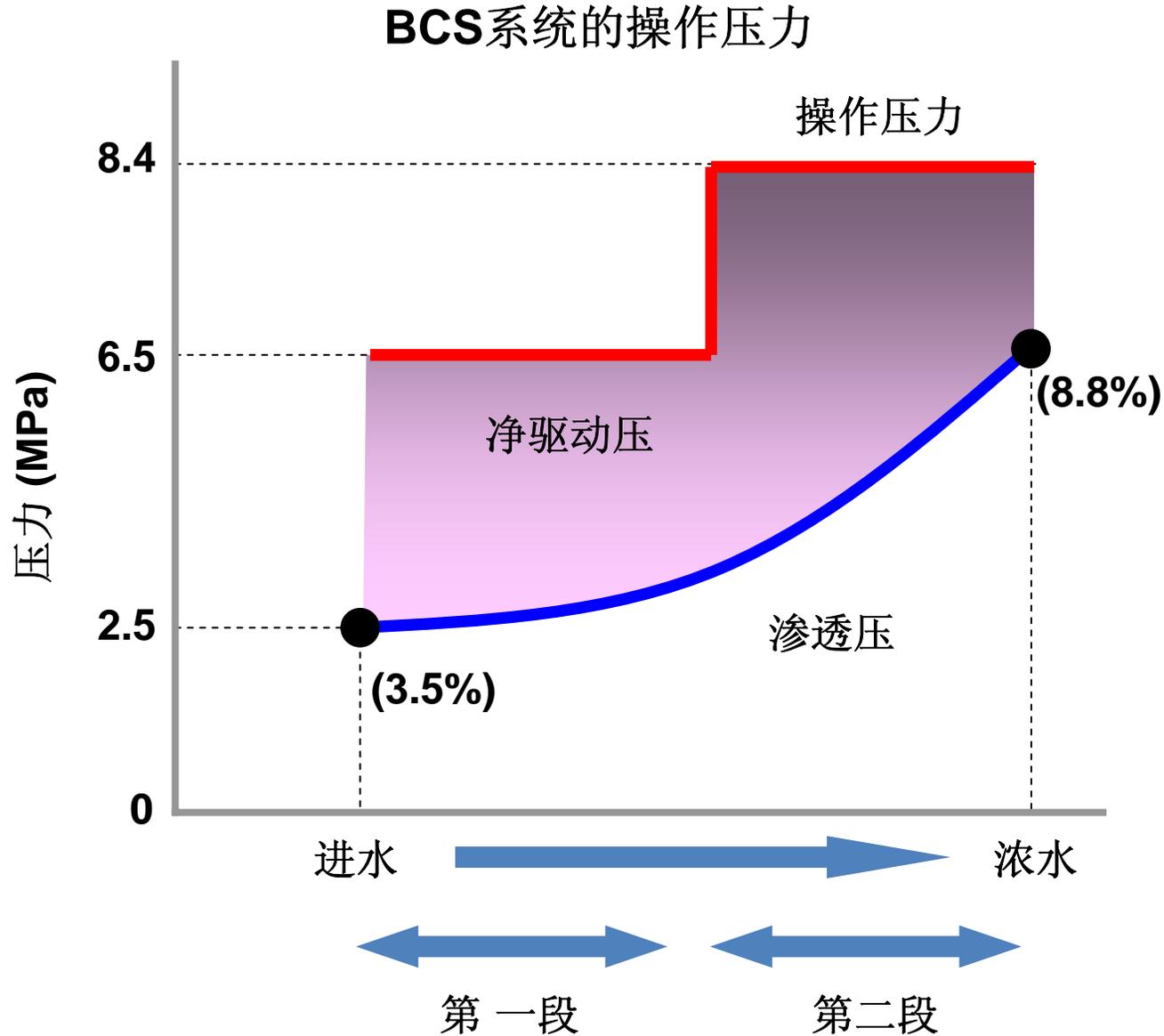


东丽两段法海水淡化系统工艺流程 (BCS: Brine Conversion System)



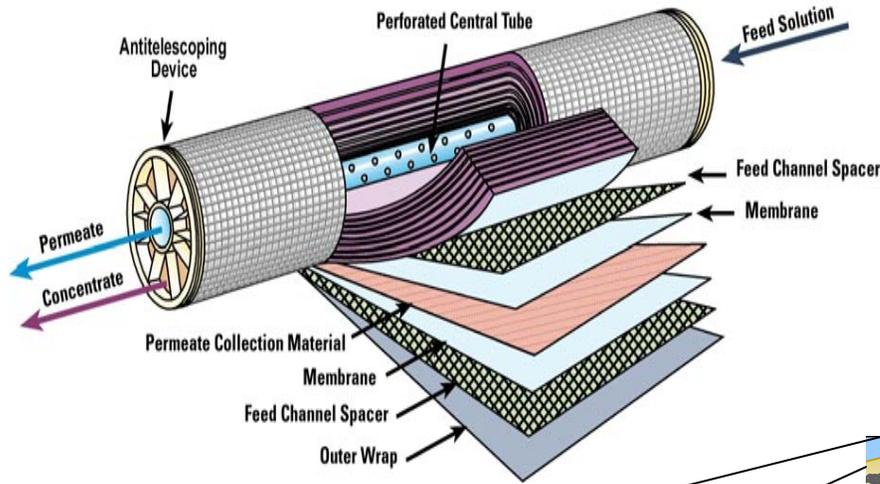
东丽公司专利技术： 专利号： **CN302294(1997), AU691649(1998), KR204608(1999),
USP6187200(2001), CA216033(2001), EP(granted 2002)**
Pending: **JP, RC**





用于两段法的超高压海水淡化膜元件

反渗透膜元件结构



海水淡化最大操作压力

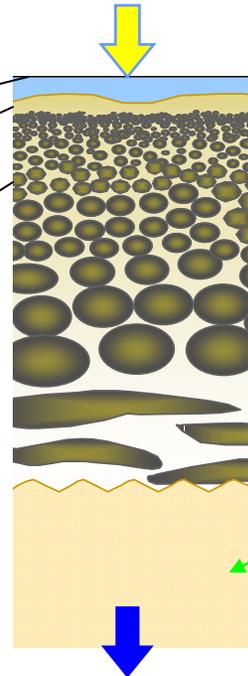
TM820C/A : 8.3 MPa

TM820E/M/R : 8.3 Mpa

TM/SU-820BCM : 10 Mpa

海水

反渗透膜的结构

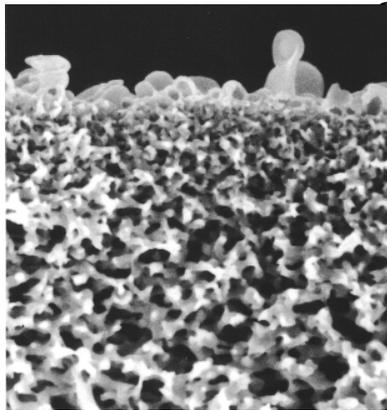


超高压脱盐层
交联芳香族聚酰胺
0.3μm

支撑层
聚砜
45μm

基层
无纺布
100μm

既抗高压
又保通量



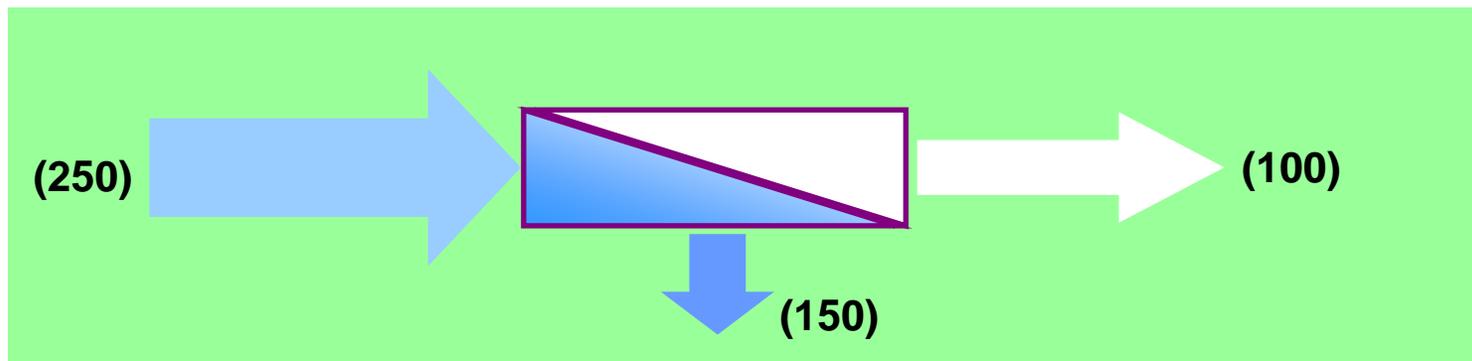
RO膜的放大图
(UHR-FE-SEM) x 50,000

产品水

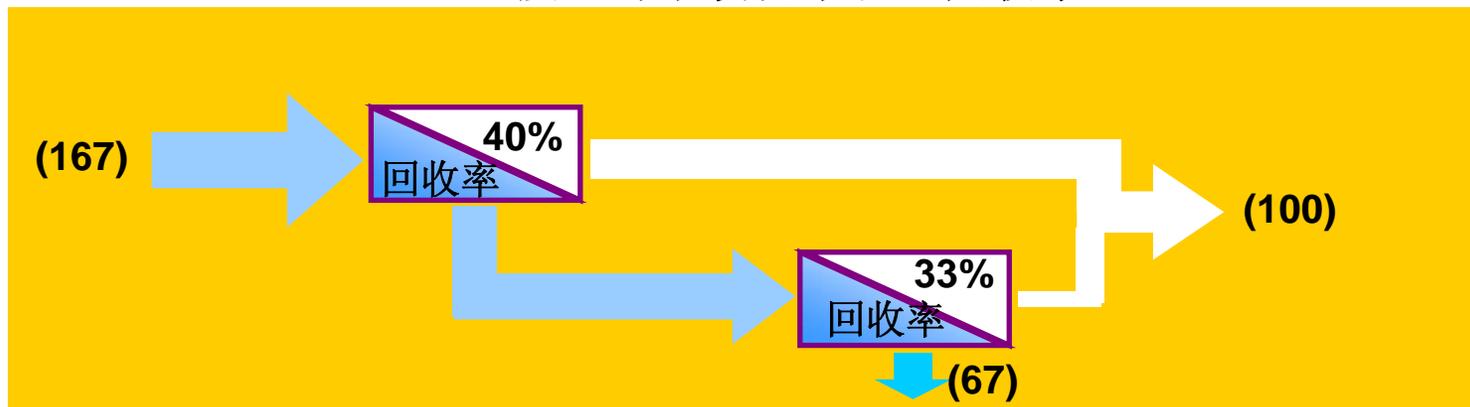


两段法海水淡化的水量平衡图 (): 水的流量

常规海水淡化系统 (回收率 40%)



二段法海水淡化系统 (回收率 60%)

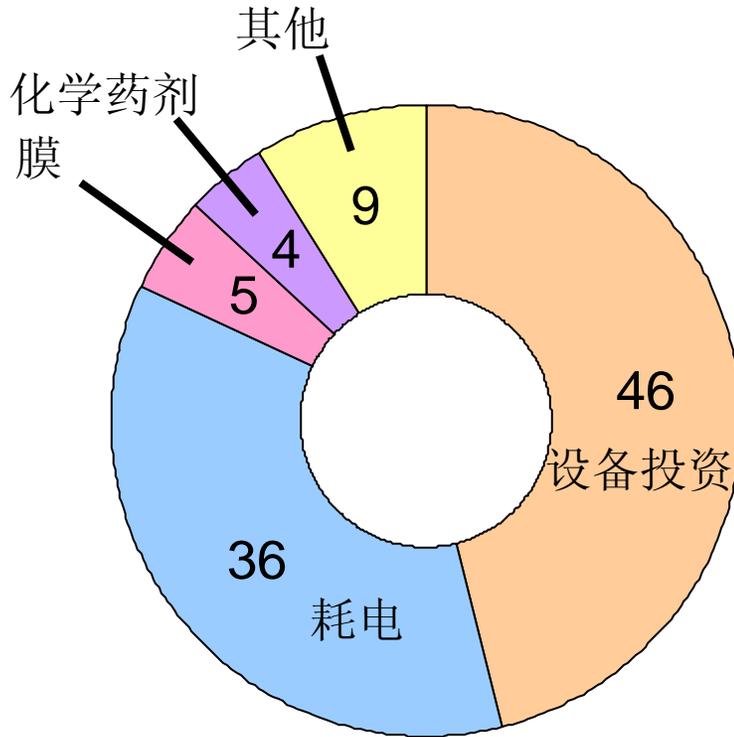


海水流量 : 2/3

排放水流量 : 少于 1/2

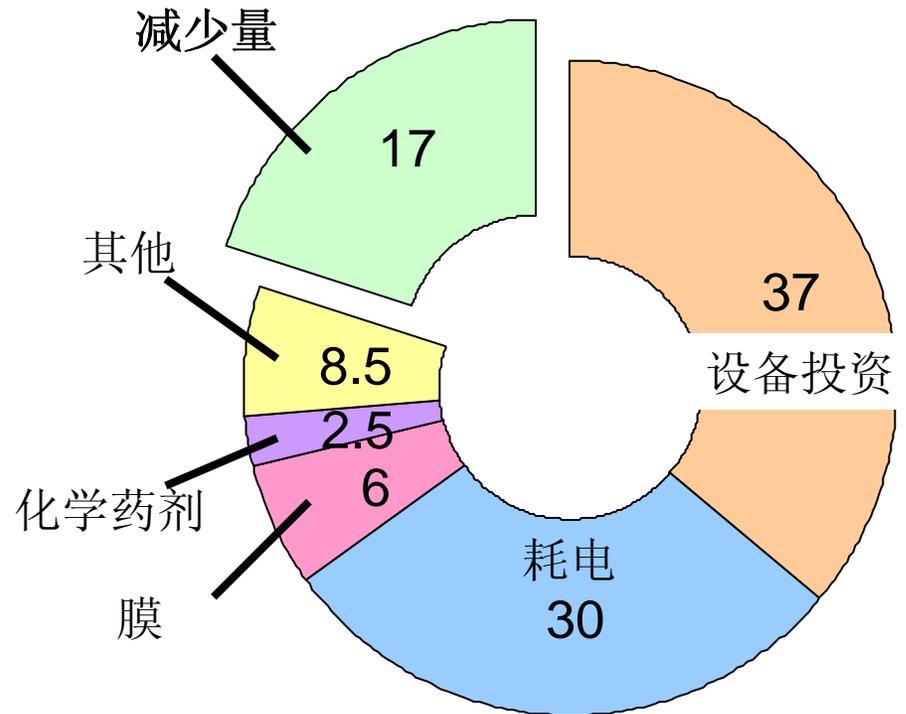


一段法与两段法制水成本比较



常规一段法

回收率：**40%**，
操作压力：**6.5MPa**



两段法

回收率：**60%**
操作压力：**6.5/8.4MPa**



两段法反渗透海水淡化系统的优势

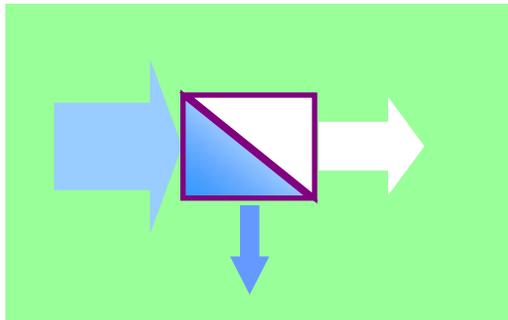
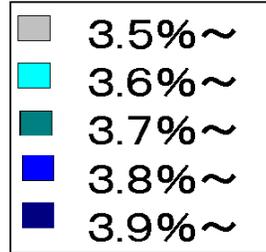
| 项 目 | 与一段法比较 |
|--|---|
| <p>经济性:</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 海水进水量 (2) 预处理水量 (3) 化学药剂的耗费 (4) 工厂的占地面积 (5) 工厂的总成本 (6) 运行和维护费用 (7) 总成本 | <ul style="list-style-type: none"> (1) 降低33% (2) 降低33% (3) 降低33% (4) 降低30%以上 (5) 降低15 - 25% (6) 降低10 - 15% (7) 降低15 - 20% |
| <p>环境方面:</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 海水取水 (2) 浓水排放 (3) CO₂ 气体 (节省能源) | <ul style="list-style-type: none"> (1) 减少33% (2) 减少50%以上 (3) 减少10 - 15% |



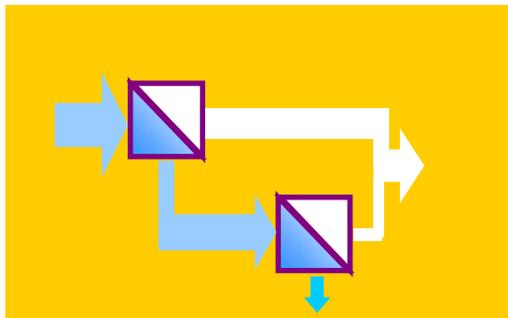
浓水排放的环境影响

高含盐浓水排放毫无疑问会对环境和海洋生物造成影响,BCS的浓水含盐量更大,其影响更大吗?

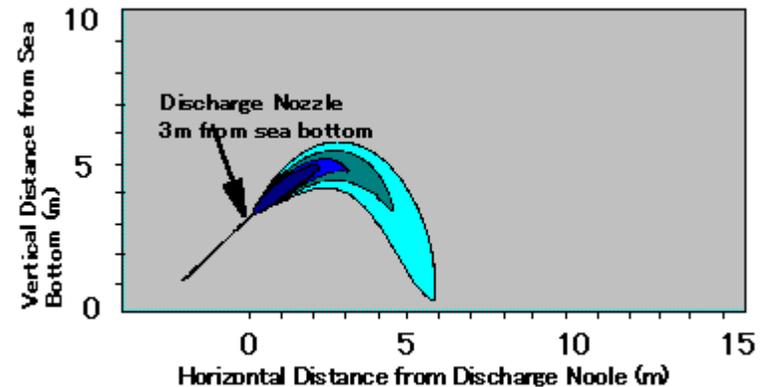
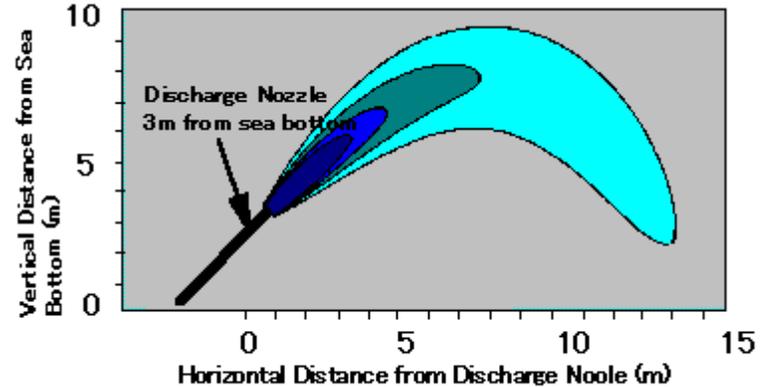
BCS的高TDS浓水扩散面积小,其盐分总量小。



回收率 : 40%
浓水排放浓度: 5.8%



回收率 : 60%
浓水排放浓度: 8.8%



在日本爱媛工厂进行的中试概况



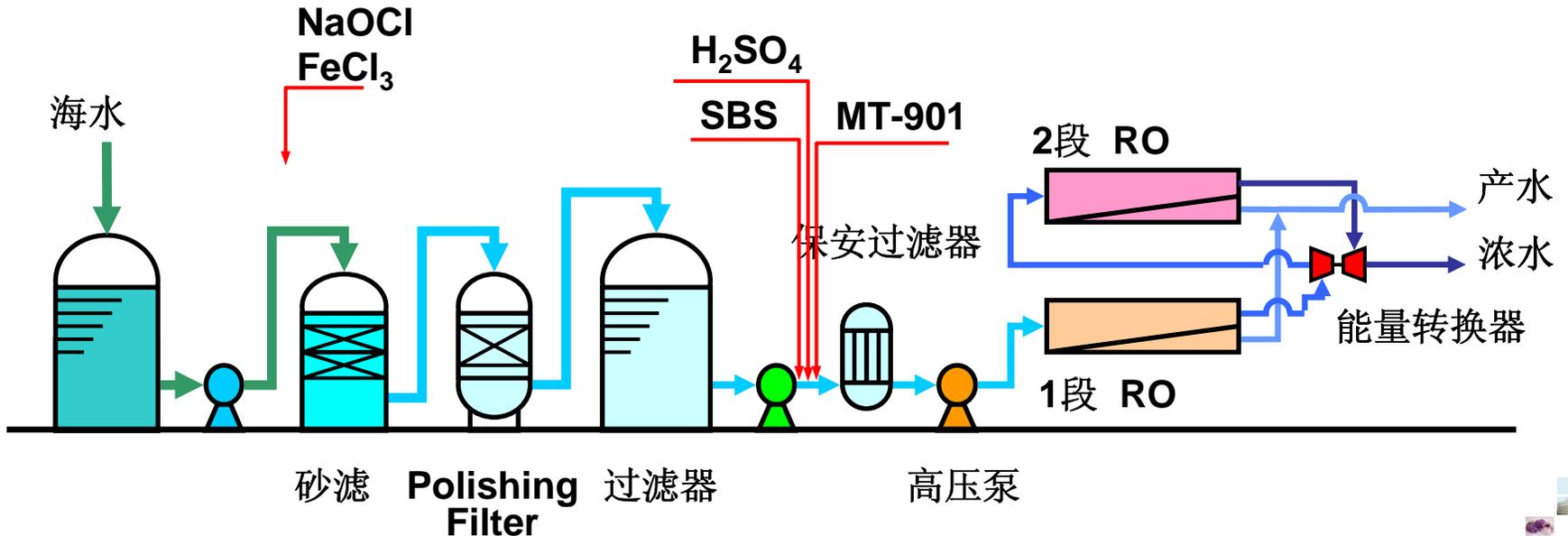
产水量 : 210m³/d



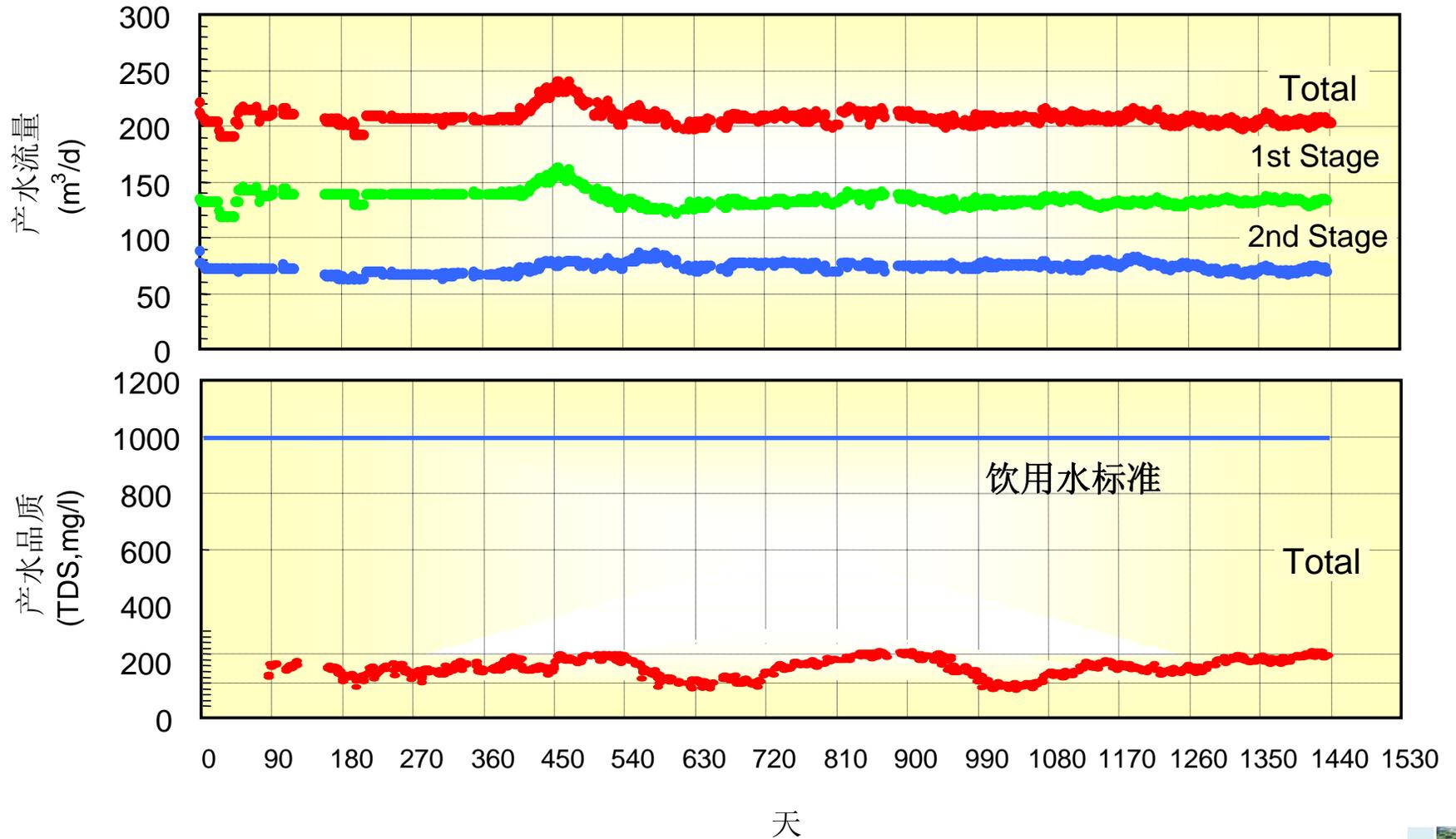
一级及二级RO系统



能量转换器



日本中试工厂运行结果



东丽——全球海水淡化反渗透膜领导者

3. 东丽海水淡化反渗透全球应用业绩

- ➡ 3.1 全球海水淡化大项目一览表
- ➡ 3.2 全球最大的海水淡化项目——Magtaa项目
- ➡ 3.3 非洲最大的海水淡化项目——Hamma项目
- ➡ 3.4 东南亚最大的海水淡化项目——Tuas项目
- ➡ 3.5 浙江玉环电厂海水淡化项目
- ➡ 3.6 长期稳定运行案例介绍



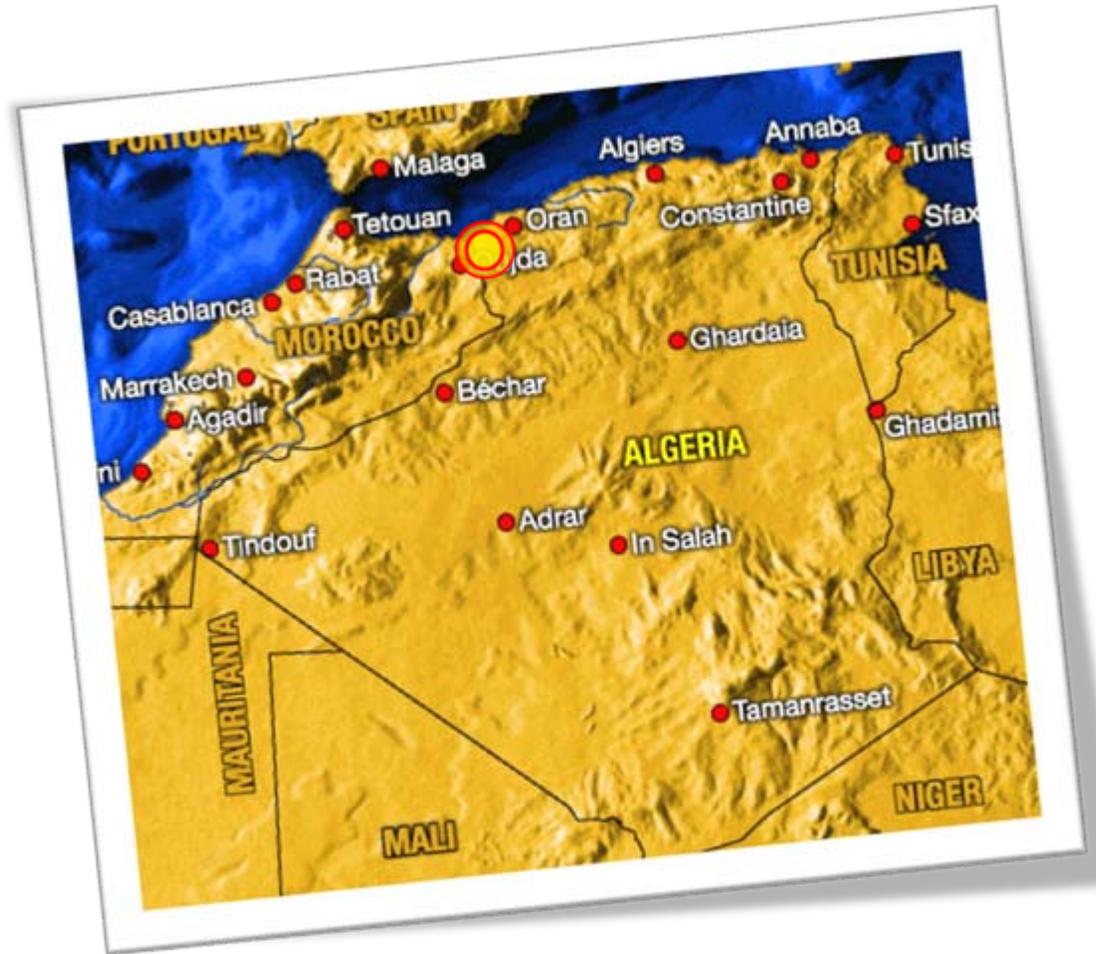
东丽是世界大型海水淡化项目的三大主要供应商之一

截止2010年4月

| | Country | Location | Capacity (m3/d) | Operation Year | Membrane Manufacturer |
|----|-------------------|-----------------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| 1 | Algeria | Magtaa | 500,000 | 2011 | Toray |
| 2 | Australia | Wonthaggi (Melbourne) | 411,000 | 2011 | not fixed yet |
| 3 | Israel | Ashkelon | 330,000 | 2005 | Dow |
| 4 | Israel | Hadera | 274,000 | 2009 | Dow |
| 5 | Australia | Sydney | 250,000 | 2010 | Dow |
| 6 | Spain | Torre Vieja | 240,000 | 2008 | Dow |
| 7 | Saudi Arabia | Jeddah III | 234,000 | 2010 | SW Toyobo/BW Toray |
| 8 | Bahrain | Al Dur | 218,000 | 2011 | Toray |
| 9 | Saudi Arabia | Shuqaiq | 216,000 | 2008 | Toyobo |
| 10 | Saudi Arabia | Rabigh | 205,000 | 2008 | Toyobo |
| 11 | Algeria | Hamma | 200,000 | 2008 | Toray |
| 11 | Algeria | Mostaganem | 200,000 | 2010 | Dow |
| 11 | Algeria | Souk Tleta | 200,000 | 2010 | Nitto/Hydranautics |
| 11 | Algeria | Beni Saf | 200,000 | 2008 | Nitto/Hydranautics |
| 11 | Algeria | Honaine | 200,000 | 2010 | Nitto/Hydranautics |
| 11 | Algeria | Tennes | 200,000 | 2011 | Nitto/Hydranautics |
| 17 | Spain | Aguilas | 181,000 | 2008 | Dow |
| 18 | UAE | Fujairah | 170,000 | 2003 | Nitto/Hydranautics |
| 19 | Australia | Perth II | 153,000 | 2011 | Dow |
| 20 | Australia | Adelaide | 150,000 | 2010 | Nitto/Hydranautics |
| 20 | Saudi Arabia | Shuaiba | 150,000 | 2009 | Toray |
| 22 | Australia | Cape Preston | 144,000 | 2010 | Dow |
| 23 | Spain | Valdelentisco | 140,000 | 2007 | Dow |
| 24 | Trinidad & Tobago | Point Lisas | 136,000 | 2002 | Toray |
| 24 | Singapore | Tuas | 136,000 | 2005 | Toray |
| 24 | UAE | Fujairah 2 | 136,000 | 2010 | Toray |
| 24 | Kuwait | Shuwaikh | 136,000 | 2010 | Toray |
| 24 | Australia | Perth | 136,000 | 2006 | Dow |
| 29 | Australia | Gold Coast | 132,500 | 2008 | Nitto/Hydranautics |
| 30 | Saudi Arabia | Yanbu | 128,000 | 1998 | Toyobo |



业主: Tahlyat Myah Magtaa
 SpA (AEC和凯发集团合资公司)
 地点: Wahran, Algeria
 项目启动: October 2008
 完成时间: Q3 2011
 投资成本: \$468M
 水量: 50万吨/天
 工程公司: Hyflux





整体概况

| | | | |
|-------|--------------------------|--------|---------|
| 总产水量 | 200,000m ³ /d | 工程公司 | GE |
| 运行日期 | Feb.2008 | RO膜供应商 | 东丽 |
| 给水TDS | 37,000~40,000 mg/L | 能量回收 | ERI PX |
| 产水TDS | <65mg/ L | 系统回收率 | 42% |
| 项目投资 | \$2.5亿 | 给水温度 | 15~27°C |
| 运行费用 | \$0.82/m ³ | 运行压力 | 69 bar |





预处理

- 絮凝
- 折板沉淀器
- 双层重力过滤器



RO膜组

- 9组
- TM820E-400
- 19,280支



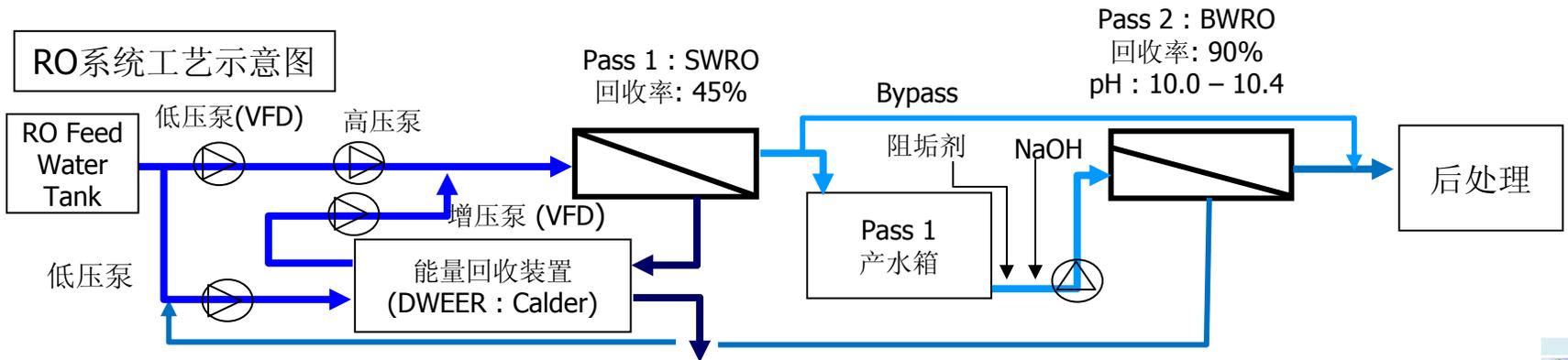
后处理

- 矿化
- 调pH

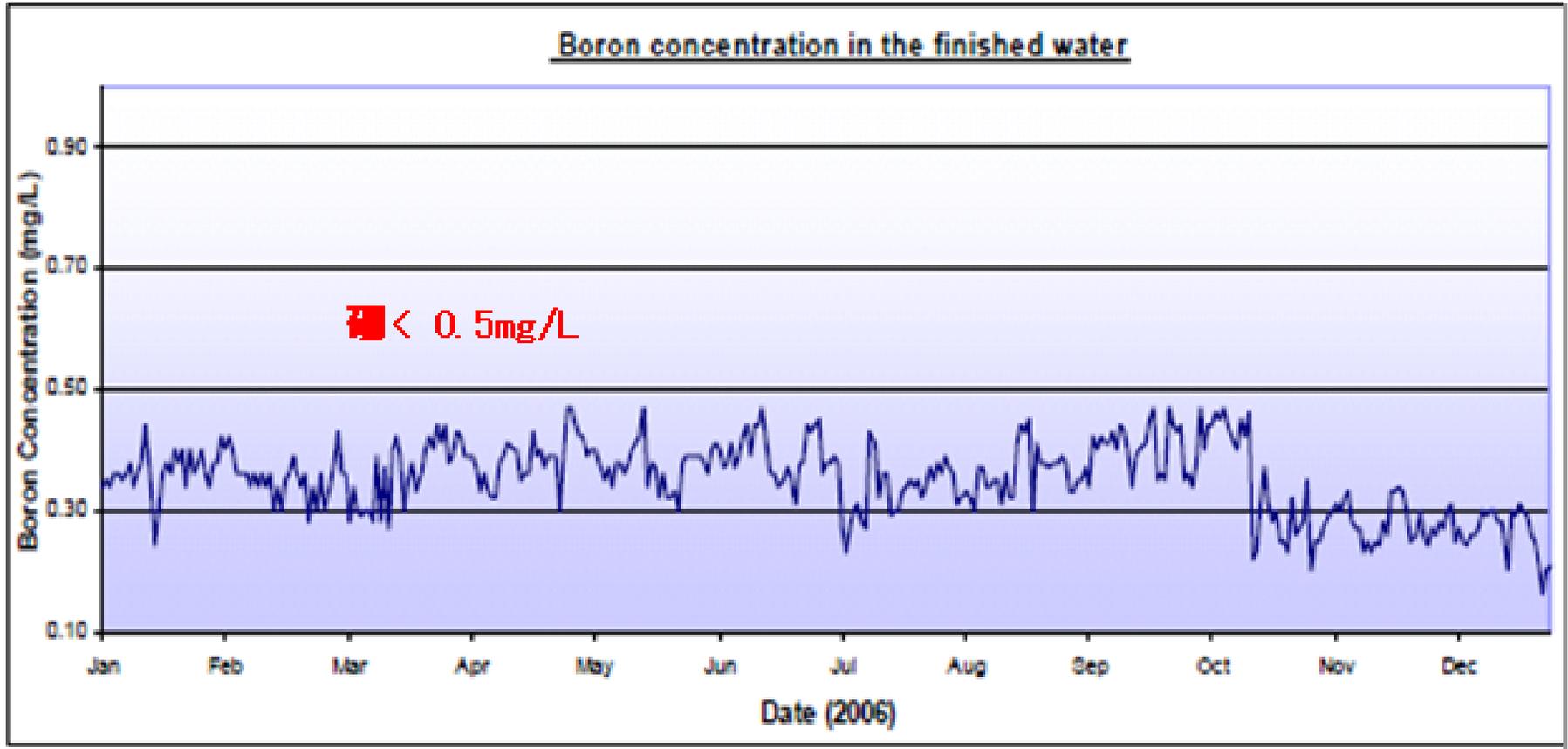




- ◆ 规模：136,000m³/d
- ◆ 膜型号
 - 1st Pass：TM820H-400B
 - 2nd Pass：TM720-430
- ◆ 硼的饮用水标准：<0.5mg/L
- ◆ 回收率
 - 1st Pass：45%
 - 2nd Pass：90%

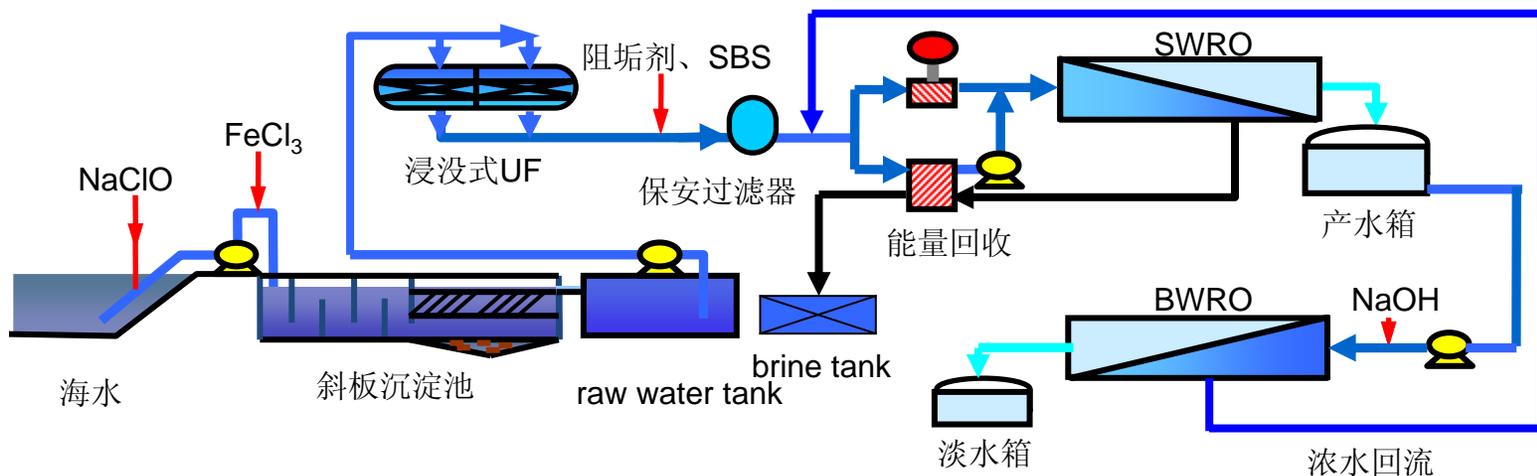




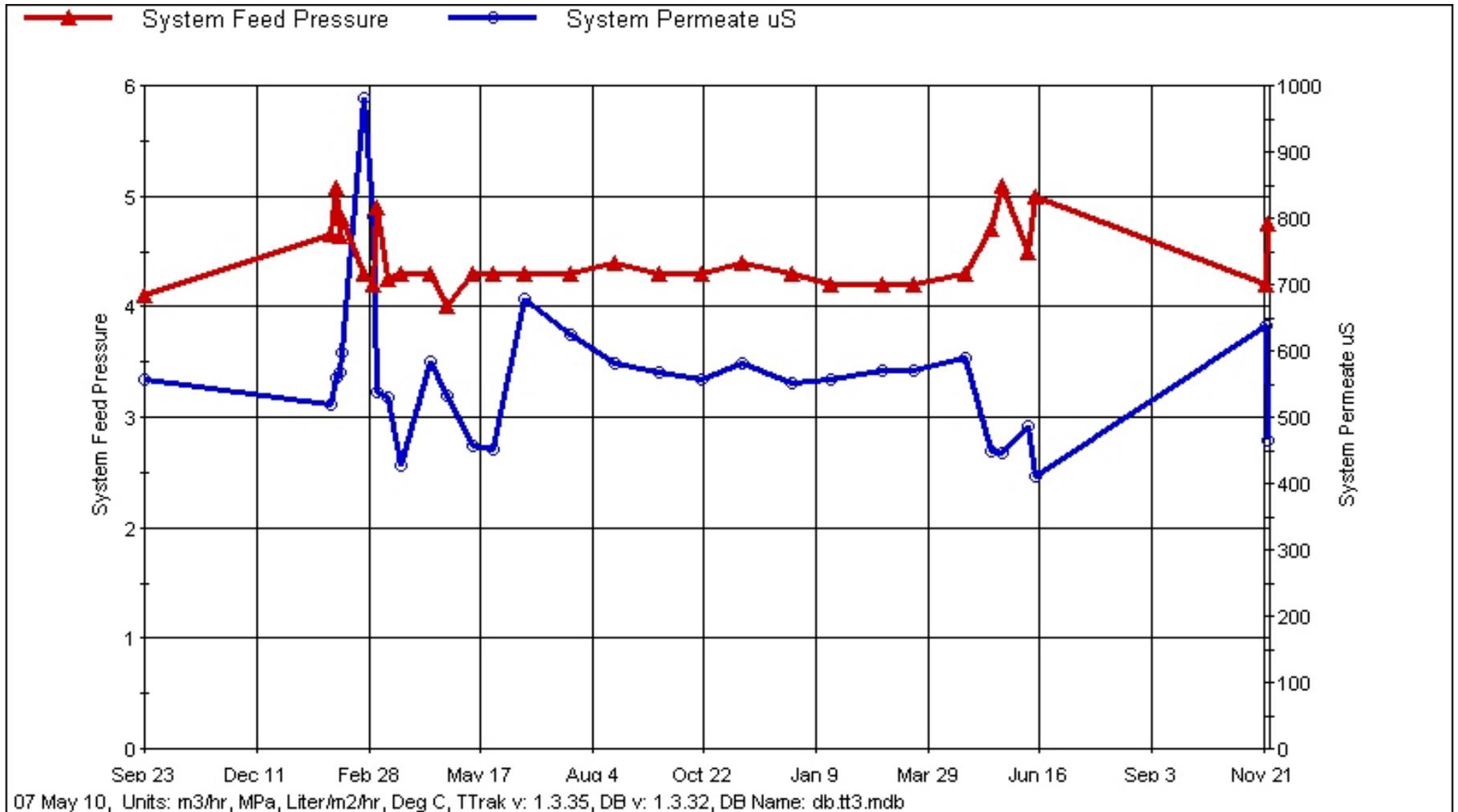




- ◆ 规模：346,000m³/d（6列）
- ◆ 膜型号
 - 1st Pass：TM820E-400
 - 2nd Pass：TM720-430
- ◆ 回收率
 - 1st Pass：45%
 - 2nd Pass：85%



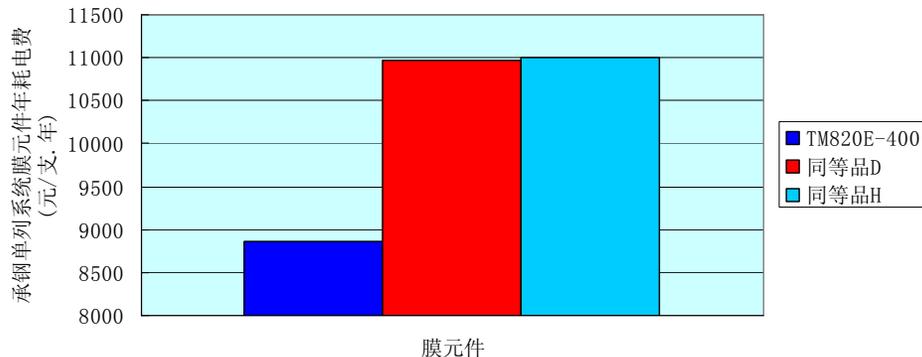
操作压力与产水水质



东丽膜元件突出优势：低能耗

| 日期 | 系统 | 膜元件型号 | 进水温度 (°C) | 电导率 (µs/cm) | | 压力 (MPa) | | 流量 (m3/h) | | 能耗 (Kwh/m3) |
|-----------|-----------|--------------|-----------|-------------|-------|----------|------|-----------|--------|-------------|
| | | | | 进水 | 产水 | 进水 | 浓水 | 产水 | 浓水 | |
| 2010-5-25 | 3#/ Toray | TM820E-400 | 23 | 39,660 | 196 | 4.17 | 4.08 | 233 | 290 | 3.26 |
| 2010-5-25 | 1#/ DOW | SW30HRLE-400 | 23 | 39,660 | 209 | 4.18 | 4.02 | 165 | 275 | 3.88 |
| 2010-5-20 | 5#/ DOW | SW30HRLE-400 | 22 | 40,400 | 210.9 | 4.97 | 4.88 | 170.88 | 277 | 4.54 |
| 2008-3-13 | 4#/ Toray | TM820E-400 | 19.9 | 43,900 | 570 | 4.18 | 4.05 | 195.26 | 275.9 | 3.23 |
| 2008-3-13 | 1#/ DOW | SW30HRLE-400 | 21.3 | 43,900 | 514 | 5.10 | 4.98 | 198.19 | 284.62 | 3.95 |
| 2008-3-13 | 3#/ HY | SWC5 | 19.9 | 43,900 | 505 | 4.95 | 4.83 | 233.46 | 277.52 | 3.36 |

玉环电厂单列系统膜元件年耗电电费



系统能耗 = $(F_p \times F_f) / (K \times E_p \cdot E_m)$, (kwh) ;

Pf: 操作压力 (bar);

Ff: 进水流量 (m3/h) ;

Ep : 泵效率;

Em : 马达效率 (假设 $E_p \cdot E_m = 80\%$)

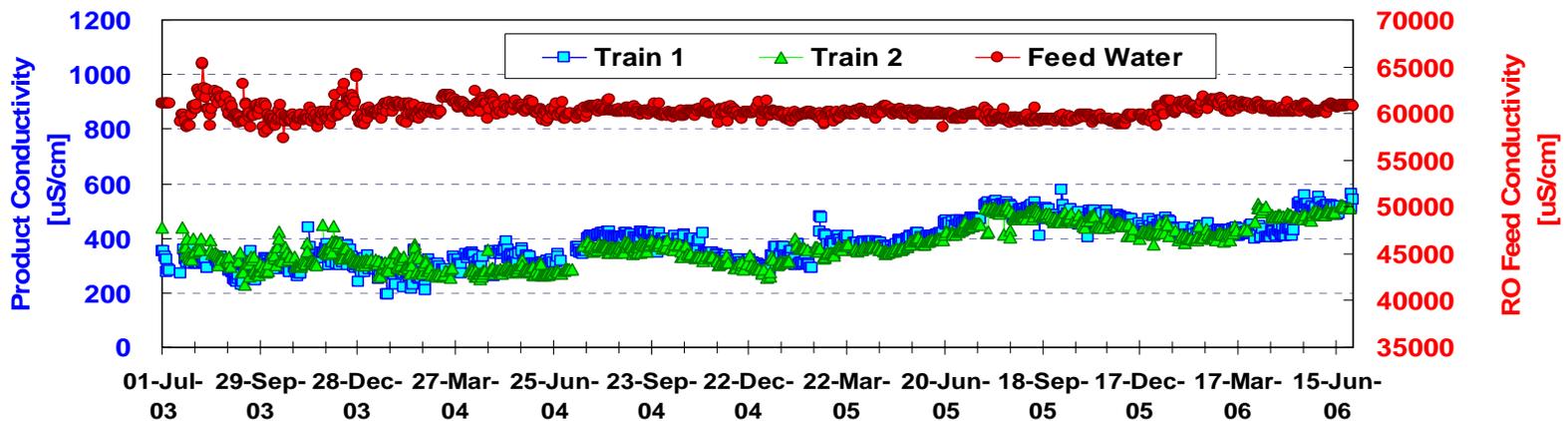
K : 单位换算因子 (这里 $K = 35.9$)



Alicante/西班牙海水淡化项目



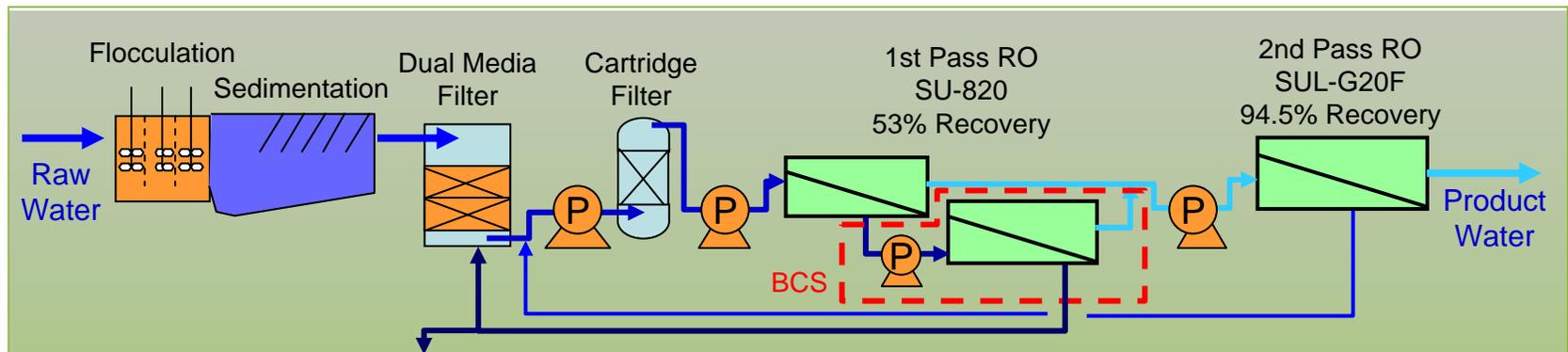
- ◆ 规模:49,000m³/d
- ◆ 2003年7月投产
- ◆ 连续运行至今无更换
- ◆ 系统脱盐率99.3%



Point Lisas/多巴哥海水淡化项目



- ◆ 规模：136,000m³/d
- ◆ 2002年3月投产
- ◆ 膜型号：一级SU-820
二级SUL-G20F
- ◆ 回收率：一级53%
二级94.5%
- ◆ 全球最大规模的浓水二段法系统
- ◆ 二级系统用来提供低含盐透过水

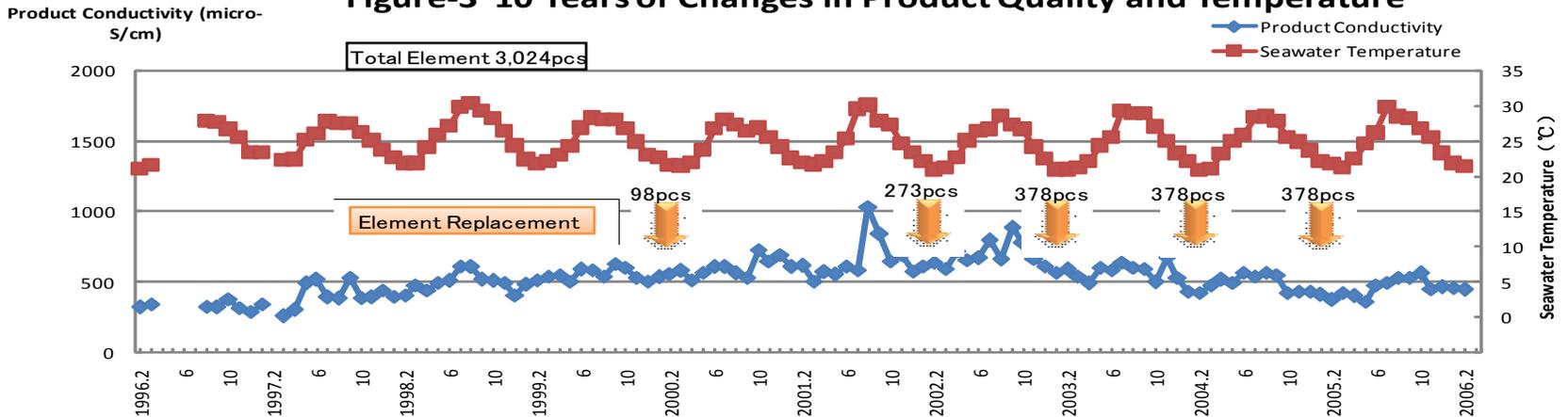


冲绳/日本海水淡化项目



- ◆ 规模:40,000m³/d (total)
(东丽和日东电工)
- ◆ 1997年投产
- ◆ 阶段性更换时继续采用东丽膜
- ◆ 最低的膜更换率 (年平均**5.0%**), 至今仍有**35%**的膜在使用
- ◆ 系统脱盐率**99.2%**

Figure-3 10 Years of Changes in Product Quality and Temperature



总结:

1. 现阶段，东丽是全球前**30**大海水淡化项目的三大主要供应商之一。和污水回用项目一样，大型海水淡化项目主要为政府项目，大多经过长时间的技术及商务论证，严格选定设备及元件供应商，并对长期稳定运行要求较高。
2. 世界第一大海水淡化项目、非洲第一大海水淡化项目及东南亚第一大海水淡化项目均选用东丽海水淡化膜元件。客户的选择是对东丽产品的认可和信任。
3. 依赖持续改进的全球研发实力，东丽成功将纳米技术应用到高脱硼海水淡化膜元件的开发，并在世界范围内创造多个长期稳定运行的典范案例。





Thanks for your attention! Any question, please!

