

十步法设计反渗透系统

Dow Water Solutions

®™Trademark of The Dow Chemical Company ("Dow") or an affiliated company of Dow

系统设计的前提条件



- 原水水质、性质、变化以及来源
- 预处理、预处理产水水质
- 反渗透部分的需求
 - 产水量
 - 产水水质
 - 回收率
 - 运行条件、可操作性
 - 系统现场空间
 - 化学清洗要求，是否热杀菌
- 项目预算

系统设计导则



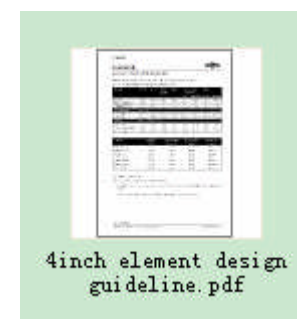
系统中的每支元件均在某一限制范围内运行

- 尽可能减小浓差极化的影响
 - 产水流量最大值
 - 单支元件回收率最大值
 - 浓水流量最小值
- 避免膜元件的物理损坏
 - 给水流量最大值
 - 给水压力最大值
 - 允许压降最大值

系统设计导则



- 影响限制值的因素
 - 给水水质及污染程度
 - 膜元件有效膜面积
 - 膜元件的结构（浓水流道宽度等）
- 水质分类
 - RO产水
 - 井水
 - 地表水+微超滤预处理
 - 地表水+传统预处理
 - 废水
 - 海水



十步法设计反渗透系统



1. 确定产水量和回收率，考察给水水质和产水水质
2. 选择级数，画系统配置流程图
3. 选择膜元件型号
4. 设定平均通量
5. 计算所需膜元件数
6. 确定压力容器长度，计算所需压力容器数
7. 选择段数
8. 确定各段压力容器数量比
9. 平衡各段产水流量
10. 分析并优化该反渗透系统

第一步 – 输入信息



- 需要的产水量
 - 决定膜元件尺寸和数量
- 需要的产水水质
 - 决定膜元件选择, 系统配置, 回收率
- 指定的给水水质
- 系统回收率
- 关注初期投资或运行费用

关注初期投资或运行费用



- 关注初期投资
 - 尽量提高平均通量
 - 减少膜元件和压力容器数
- 关注运行费用
 - 降低系统平均通量
 - 增加膜元件和压力容器数
 - 选用低压膜

给水水质的影响



- TDS

- 膜元件选择
- 回收率
- 产水量分配
- 给水压力

- 结垢趋势

- 回收率

- 污染趋势

- 系统配置
- 回收率
- 膜元件选择
- 膜元件数
- 段数
- 单支压力容器内的元件数

系统回收率



- 海水淡化对回收率的限制
 - 高TDS导致高渗透压
 - 限制回收率35% ~ 55%
- 苦咸水处理对回收率的限制
 - 回收率通常为70% ~ 85%
 - 高硬度，高难溶盐导致结垢
 - 通过软化和投加阻垢剂可以提高回收率
 - 高污染导致污堵，要求低回收率
- 产水水质要求对回收率的限制
 - 回收率越低，产水水质越好

第二步 – 系统流程



- 通常都是连续过程
- 间歇运行一般在食品和医药等领域的特种分离过程中采用
- 对于小型商业系统，或者特种分离浓缩系统，可以考虑浓水循环的运行模式
- 为了进一步改善水质，在医药，半导体等行业中通常采用两级系统

第三步 – 选膜



依据以下信息选择膜元件型号

- 系统规模
- 给水TDS
- 给水的污染趋势
- 需要的产水水质
- 对能耗的要求

依据系统规模



- 膜元件直径
 - 2.5 inch < 200 l/h
 - 4 inch < 2.3 t/h
 - 8 inch > 2.3 t/h
- 膜元件长度
 - 通常为40英寸，1.016米
 - 个别小型系统有21英寸，14英寸的产品

依据给水TDS



- < 1000 ppm
 - NF, XLE, LE, LP, TW30, BW30
- < 5000 ppm
 - BW30
- 5000 – 10000 ppm
 - BW30, SW30XLE
- 10000 – 30000 ppm
 - SW30, SW30XLE
- 30000 – 50000 ppm
 - SW30HR, SW30HRLE, SW30XLE

依据给水污染趋势



- 标准元件给水流道宽度：28 mil
- 对于污染水，选用更宽的给水流道元件：34 mil的
BW30-365； BW30-365 FR； BW30-400/34i；
BW30-400/34i FR； SW30HR-320
- 采用抗污染膜元件： BW30-365 FR； BW30-400
FR； BW30-400/34i FR

依据产水水质和能耗的需要



- 各种膜的脱盐率及过程能耗

- NF270

- NF200

- NF90

- XLE

- LE

- BW30

- SW30XLE

- SW30HR/SW30HRLE



增大

特殊应用



- Full-Fit膜元件
- HSRO – 热消毒膜元件
- SG – 半导体级膜元件

<http://www.dow.com/liquidseps/service/tpsg.htm>

第四步 – 系统平均通量



- 依据以下信息，设定系统平均通量
 - 中试数据
 - 工程经验
 - 根据水源和系统设计导则



- 对初期投资和运行费用的关注取舍

第五步 – 膜元件数



$$N_E = \frac{Q_P}{f \cdot S_E}$$

N_E	膜元件数
Q_P	系统的设计产水流量
f	平均通量
S_E	所选膜元件的有效膜面积

第六步 – 压力容器数



单支压力容器内的膜元件数

- 通常是6芯装
- 7芯或8芯装的优点
 - 初期投资更低
 - 在相同段数的情况下，得到更高的回收率
- 5芯以下的优点
 - 段间压降小
 - 清洗效果更好
 - 空间上更紧凑



$$N_V = \frac{N_E}{N_{EpV}}$$

N_V	压力容器数
N_E	膜元件数
N_{EpV}	单支压力容器内的膜元件数

第七步 – 段数



- 系统的回收率越高，原水水质越差，需要串联的膜元件越多
- 根据串联的膜元件数需要和单支压力容器内装的膜元件数，计算得到段数

Number of stages of a brackish water system

System Recovery (%)	Number of serial element positions	Number of stages (6-element vessels)
40 – 60	6	1
70 – 80	12	2
85 – 90	18	3

第八步 – 压力容器数量比



$$R = \left[\frac{1}{(1 - Y)} \right]^{\frac{1}{n}}$$

R	段间压力容器数量比
Y	系统回收率
n	段数

典型的R值:

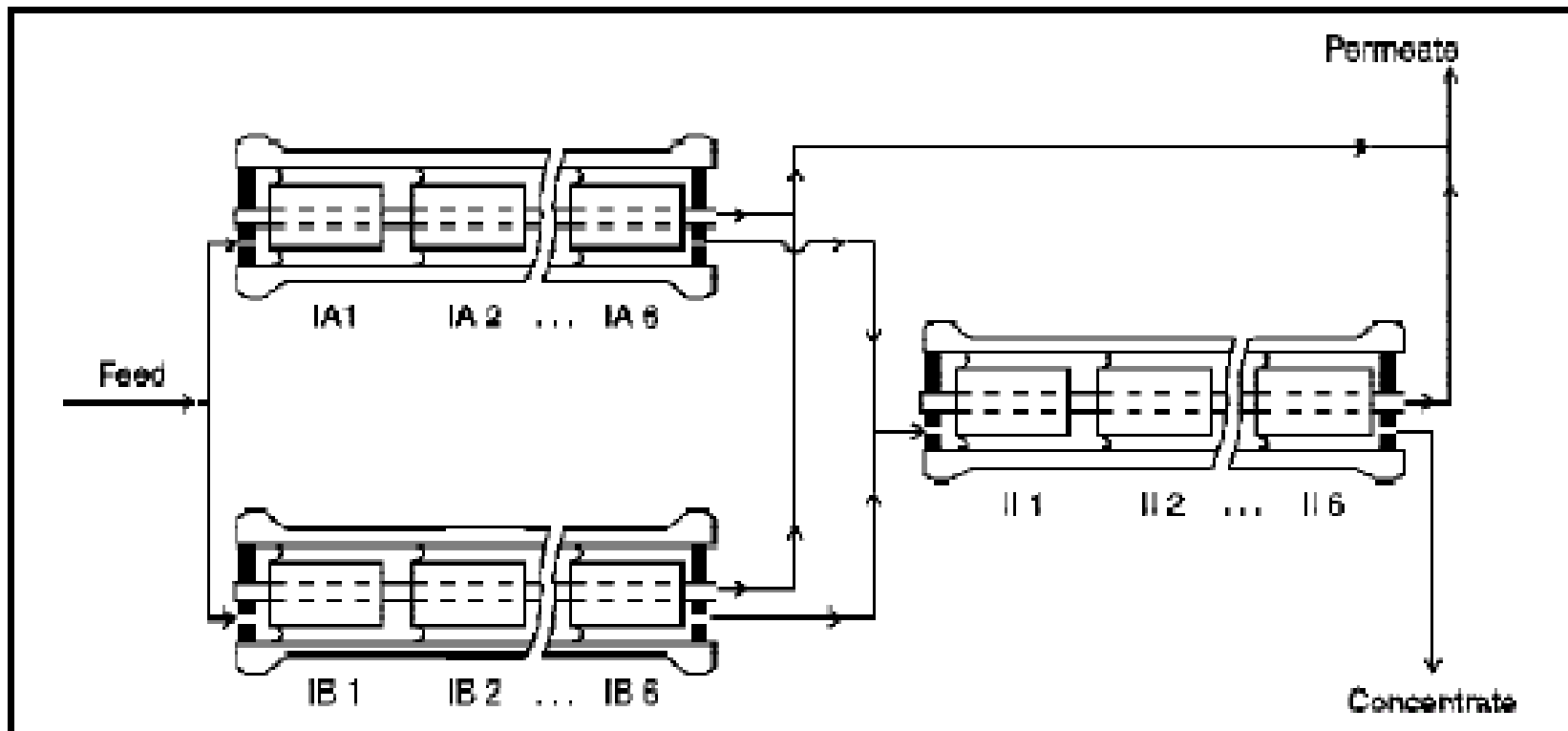
6芯装苦咸水系统	2
6芯装海水系统	1.5

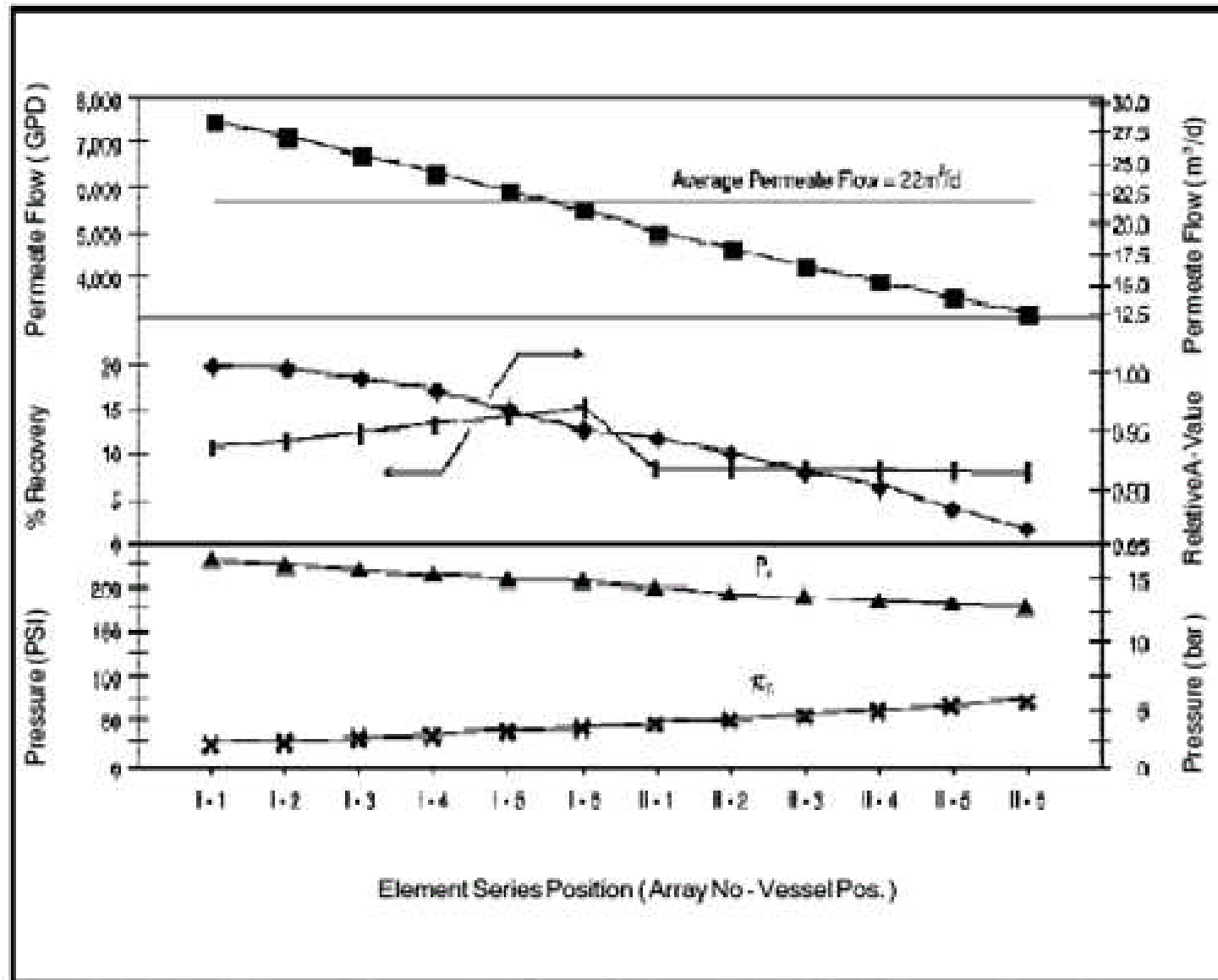


两点注意

- 第一段的给水流量不能超出限制
 - 通常为8 – 12 m³/h
- 最后一段的浓水流量不能低于限制值
 - 通常 > 3.6 m³/h

第九步 - 平衡产水流量







- 影响产水量平衡的因素
 - 系统回收率过高
 - 原水含盐量高
 - 第一段选用了低压膜
 - 原水温度高
- 为什么要平衡产水流量
 - 避免首支膜元件产水量过大
 - 降低第一段的污染速度
 - 提高后面膜元件的使用效率
 - 改善产水水质



平衡产水流量的方法

- 段间设置增压泵
- 第一段产水侧增加背压阀
- 在前端配置低产水量的膜元件，在后端配置高产水量的膜元件

第十步 – 分析优化系统设计



- 使用ROSA软件分析优化系统设计
- 污堵因子的意义

FF=1.0 膜元件在标准条件下的性能
FF=0.85 膜元件标准性能的85%

BW 初始FF=1.0 3年后FF=0.85
SW 初始FF=1.0 3年后FF=0.7

极限设定



- 预测高压泵所需最大压力
 - 在最低的温度下计算
 - 取最大的给水TDS值
 - 设定最低的污堵因子
- 预测系统最大的透盐率
 - 在最高的温度下计算
 - 取最大的给水TDS值
 - 设定污堵因子为1.0



陶氏化学水处理产品事业部

<http://www.filmtec.com>

<http://www.dowwatersolutions.com>