

Electropure

EDI

中文

说明书

2004 年 12 月

目 录

第 1 章 EDI 技术介绍	4
1.1EDI 描述.....	4
1.2EDI 的优点	4
1.3 电除盐过程	4
1.4EDI 技术概述	5
1.5EDI 过程细节	6
1.6 污染物对除盐效果的影响	8
1.7 术语汇编.....	8
第 2 章：组件简介.....	11
2.1EDI 的应用范围及技术要求	11
2.2EDI 组件使用指南	12
2.3 组件重组.....	12
第 3 章 运行条件.....	13
3.1 标准运行条件	13
3.2 给水要求.....	13
第 4 章 运行参数及影响	14
4.1 供电电压.....	14
纯水质量与电压的关系	14
电流与给水电导率的关系	14
稳定运行状态.....	14
4.2 离子性质.....	15
离子大小	15
离子电荷	16
离子相对树脂的选择系数	16
大而弱电离子（二氧化硅，硼，二氧化碳）	16
4.3 温度	17
压力损失与温度的关系	17
水质与温度的关系（操作条件的重新调节）	17
电阻率仪表的温度补偿	18
4.4 流量	18
压力损失与流量的关系。	18
极水压力损失.....	18
浓水压力损失.....	19

给水-纯水的压力损失:	19
出口压力损失对水质和内部泄露的影响	19
4.5 给水电导率	20
纯水水质（设计流量和最大流量）	20
4.6 优化运行条件	20
第 5 章 系统设计	22
5.1 EDI 系统保护和控制	22
5.2 EDI 给水处理	22
5.2.1 活性炭	22
5.2.2 软化器	23
5.2.3 沉淀物过滤器	23
5.2.4 除气装置	23
5.2.5 反渗透系统	23
5.3 EDI 系统组成	23
第 6 章 安装注意事项	27
6.1 安全	27
6.2 组件搬运安装	27
6.3 组件方向	27
6.4 管件的连接	27
6.5 接地	27
6.6 电源连接和接线	27
6.7 螺母扭力	28
6.8 清洗外部	28
第 7 章 组件的清洗及维护	29
第 8 章 系统运行操作	30
8.1 组件启动	30
8.2 开机	31
8.3 关机	31
附录 1 浓水侧结垢酸清洗工艺	33
辅助设备和消耗品:	33
配方 1:（药品彻底混合）	33
配方 2:（药品彻底混合）	33
配方 3:（药品彻底混合）	33

附录 2: 淡水侧有机物污染的表面活性剂清洗.....	34
<u>注意:</u>	34
<u>流程:</u>	34
附录 3: 重新设置 XL 系列 EDI 模块螺栓扭力矩.....	35
附录 5: 模块是再生过程	36

第 1 章 EDI 技术介绍

1.1 EDI 描述

EDI 技术是二十世纪八十年代以来逐渐兴起的净水新技术，进入 2000 年以来已经在北美及欧洲占据了相当一部分的超纯水市场。EDI 可以代替传统的离子交换 (MB-DI) 技术，生产质量稳定的去离子水。与混合离子交换装置不同之处在于 EDI 系统不需要化学再生，也无须因为补充树脂或者化学再生而停机。因此, EDI 产水水质稳定。同时，也最大限度地降低了设备投资和运行费用。

通常把 EDI 与反渗透及其他的净化装置结合在一起从水中去除离子。EDI 组件可连续地生产超纯水，电导率高达 $18.2 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ 。EDI 既可以连续地运行也可以间歇性地运行。

1.2 EDI 的优点

和传统离子交换 (DI) 相比 EDI 所具有的优点:

- I EDI 不需化学再生
- I EDI 再生时不需要停机
- I 提供稳定的水质
- I 能耗低
- I 运行费用低

1.3 电除盐过程

EDI 技术是将两种已经很成熟的水净化技术— 电渗析和离子交换技术相结合。通过这样的技术更新，溶解的盐可以在低能耗的条件下被去除，且不需要化学再生，并生产出高质量的除盐水。

EDI 除盐是在电压作用下使离子从淡水水流进入到邻近的浓水水流。EDI 与电渗析不同，它在淡水室中充填离子交换树脂，而树脂的存在可以大大地提高离子的迁移速度。在此，树脂的作用是离子的导体而不是离子交换源，其工作状态是连续稳定的。

1.4 EDI 技术概述

图 1 表示了 EDI 工作过程。

电除盐将离子交换树脂填充在阴、阳离子交换膜之间形成 **EDI 单元**，又在这个单元两边设置阴/阳电极，在直流电作用下，将离子从其给水(通常是反渗透纯水)中进一步清除。

离子交换膜和离子交换树脂的工作原理相近,可以使特定的离子迁移。阴离子交换膜只允许阴离子透过，不允许阳离子透过；而阳离子交换膜只允许阳离子透过，不允许阴离子透过。

在 EDI 组件中将一定数量的 EDI 单元罗列在一起，使阴离子交换膜和阳离子交换膜交替排列,并使用网状物将每个 EDI 单元隔开，形成浓水室。EDI 单元中间间隔为淡水室。在给定的直流电的推动下，给水通过淡水室水中的离子穿过离子交换膜进入到浓水室去除而成为除盐水；通过浓水室的水将离子带出系统，成为浓水。

EDI 组件将给水分成三股独立的水流：

1. 纯水(最高利用率为 99%)
2. 浓水(5-10%，可以用于 RO 给水)
3. 极水(1%，排放)

极水先经过阳极区再流入阴极区。极水可从电极区携出电解产生的氯气、氧气和氢气体。

1.5 EDI 过程细节

一般城市水源中存在钠，钙，镁，氯化物，硝酸盐，碳酸氢盐，二氧化硅等溶解物。这些化合物由带负电荷的阴离子和带正电荷的阳离子组成。通过反渗透 (RO) 的处理，98% 以上的离子可以被去除。另外，原水中也可能包括其它微量元素、溶解的气体（例如 CO₂）和一些弱电解质（例如硼，二氧化硅），这些杂质在工业除盐水中也必须被除掉。

RO 纯水(EDI 给水)电阻率的一般范围是 0.05-0.25 MΩ·cm, 即电导率的范围为 20-4 μS/cm。根据应用的情况，去离子水电阻率的范围一般为 2-18.2 MΩ·cm。

EDI 除盐过程，将水中离子和离子交换树脂中的氢氧根离子或氢离子交换，然后使这些离子迁移进入到浓水中。这就是 EDI 除盐过程。

以上交换反应发生在组件的淡水室中，在淡水室中，阴离子交换树脂中的氢氧根离子 (OH⁻) 同水中阴离子（例如氯化物中的 Cl⁻）交换；阳离子交换树脂中的氢离子 (H⁺) 同水

中的阳离子（例如钠 Na^+ ）交换。

被交换的离子再在直流电作用下沿着树脂球的表面迁移，通过离子交换膜进入浓水室。

在图 1 中，离子交换膜用竖线表示，并标明它们允许通过的离子种类。这些离子交换膜是不允许水穿过的。因此，它们可以隔绝淡水和浓水水流。

带负电荷的阴离子（例如 OH^- 、 Cl^- ）被阳极（+）吸引。这些离子通过阴膜，进入到邻近的浓水室中，而邻近的阳膜不充许其通过，这些离子即被阻隔在浓水中。淡水中的阳离子（ H^+ 例如 Na^+ ）被阴极吸引，通过阳离子交换膜进入到邻近的浓水中；而邻近的阴离子交换膜不充许其通过，这些离子即被阻隔在浓水中。

在浓水中，来自两个方向的离子维持着电中性。同时，电流量和离子迁移量成正比。电流量由两部分组成，一部分源于被去除离子的迁移，另一部分源于水本身电离为 H^+ 和 OH^- 离子的迁移。

当水流经纯水室和浓水室时，离子从淡水室中渐渐地进入到邻近浓水室中，而被浓水带出 EDI 组件。

在较高的电压梯度作用下，水会电解产生大量的 H^+ 和 OH^- 。这些就地产生的 H^+ 和 OH^- 对离子交换树脂实行连续再生。因此，EDI 组件中离子交换树脂不需要用化学物质再生。

EDI 给水的预处理是 EDI 实现其最优性能和减少设备故障的首要的条件。给水里的污染物会对除盐组件有负面影响，增加维护量并降低膜组件的寿命。

EDI 组件中的离子交换树脂可以分为两部分，一部分称为工作树脂，另一部分称抛光树脂，二者的界限称为工作前沿。工作树脂主要起导电作用，而抛光树脂在不断交换和被连续再生。工作树脂承担着除去大部分离子的任务，而抛光树脂则承担着去除象弱电解质等较难清除的离子的任务。

对浓水而言，在工作树脂区水电导率与 RO 纯水相当，相对较低，而在抛光区，其电导则成倍地增长。对纯水而言，在工作树脂区电导率与 RO 纯水相当，由于树脂的增导电效应，电导率较高，而在抛光区，其电导率则成倍地降低。因此，在工作树脂区，大部分电压施加与浓水，纯水室的电压梯度不高，而在抛光区，部分电压施加于淡水区，其电压梯度较高，

有利于弱电解质的离解和清除。同时，此处水的电离率也较高，树脂处于较高的活化状态。

1.6 污染物对除盐效果的影响

对 EDI 影响较大的污染物包括硬度（钙、镁）、有机物、固体悬浮物、变价金属离子（铁）、氧化剂（氯、臭氧）以及二氧化碳（CO₂）。

设计 RO/EDI 系统时应在 EDI 的预处理过程除掉这些污染物。给水中这些污染物的浓度限制见 3.3 节。在预处理中降低这些污染物的浓度可以提高 EDI 性能。其他有关 EDI 设计策略将在本手册其它部分详述。

氯和臭氧会氧化离子交换树脂和离子交换膜。引起 EDI 组件功能减低。氧化还会使 TOC 含量明显增加。氧化副产品会污染离子交换树脂和膜，降低离子迁移速度。另外，氧化作用使得树脂破裂，通过组件的压力损失将增加。

铁和其它的变价金属离子可对树脂氧化起催化作用，永久的降低树脂和膜的性能。

硬度能在反渗透和 EDI 单位中引起结垢。结垢一般在浓水室膜的表面发生，该处 pH 较高。此时，浓水入水和出水间的压力差增加，电流量降低。EDI 组件设计采取了避免结垢的措施。不过，使入水硬度降到最小，将会延长清洗周期。

悬浮物和胶体会引起膜和树脂的污染和堵塞，树脂间隙的堵塞导致 EDI 组件的压力损失增加。

有机物被吸引到树脂和膜的表面导致其被污染，使得被污染的膜和树脂迁移离子的效率降低，膜堆电阻将增加。

二氧化碳有两种效果。首先，CO₂ 和 Ca²⁺、Mg²⁺ 形成碳酸盐类结垢，这种垢的形成与给水的离子浓度和 pH 有关。第二，由于 CO₂ 的电荷变化与 pH 值有关，而其被 RO 和 EDI 的去除都依赖于其电荷。因此，它的去除效率是变化的，即使较低的 CO₂ 都能显著的降低产品水的电阻率。

1.7 术语汇编

- Ⅰ 阳离子：一种带有一个或更多正电荷的离子（原子、或者原子团）例如 Na⁺、NH₄⁺、和 Ca²⁺。
- Ⅰ 阴离子：一种带有一个或更多负电荷的离子（原子、或者原子团），例如 Cl⁻、OH⁻ 和 SO₄²⁻。
- Ⅰ 阳极：带正电的电极。
- Ⅰ 阳极电解液：阳极区水，包括阴离子和聚集在阳极的气体。

- | 阴极：带负电的电极。
- | 阴极电解液：阴极区水，包括阳离子和聚集在阴极的气体。
- | 浓水：(1) 通过浓水室并汇集了离子的水流；(2) 通过电极并汇集了电解质的水流。二者可以被汇集在一起，也可以被独立流出。
- | 电导率：水的电导能力，取决于水中离子的浓度和水的温度。
- | DC 电压：直流电压。
- | 电极液：通过两个电极区的水流。
- | 给水：进入 EDI 组件的水，它被分为淡水、浓水和极水。EDI 给水一般是反渗透给水。
- | GPM (gpm)：加仑/每分，流量单位。1.0 gpm = 227 L/H, 4.4 gpm = 1.0m³/hr。
- | 离子交换膜：一种包含离子交换团的树脂，有选择地允许阳离子或阴离子透过。
- | 离子交换树脂：一种包含离子交换团的树脂，有选择地将水中的阴离子或阳离子用 OH⁻ 或 H⁺ 交换。
- | 兆欧：(megohm.cm, MΩ.cm)电阻率的度量单位，水的纯度的表示方法之一，在 25℃ 时，绝对纯水的电阻率为 18.24 MΩ.cm 。
- | pH：氢离子 (H⁺) 摩尔浓度的负指数。PH 值范围为 0~14。水在 pH 值为 0~7 时呈酸性，在 pH 值为 7 时呈中性，在 pH 值为 7~14 时呈碱性。
- | 极化：水在电流的作用下被分成 H⁺和 OH⁻。在淡水室，当离子浓度较低时较多的水分子被电离，以保证一定的电流量。极化经常引起 pH 值的波动。EDI 是利用水的极化来再生离子交换树脂的。
- | PPM：一百万分之一。1ppm = 1 毫克/升。
- | 电阻率：水对电流阻碍能力的电度量，该值随着离子浓度的降低而增大。
- | 盐：一种化合物，是阴离子和阳离子的结合物。
- | TOC：有机碳的总数。水样里的有机物含量的量度，该值随着离子浓度的降低而增大。
- | 供电电压：直流电施加于每个组件的阳极和阴极，该值与组件型号直接相关。
- | 电流值：通过每个组件的直流电流。该电流值的大小取决于反渗透给水总中离子的浓度、水利用率、水分解的数量、与组件型号基本无关。
- | 组件电阻：供电电压除以电流值。
- | 供电要求：电源需要提供必要的电流和电压。单位为 kw/gpm。

- | 电效率：理论上迁移离子需要的电流除以实际电流。
- | 给水流：进入淡水室转变成产品水的水流，也可以包括进入浓水室和电极室中的给水。
- | 淡水流：从淡水室流出的产品水。
- | 浓水流：从离子聚集的浓水室流出的废水，一般占给水的 5%—10%。
- | 电极水流：从阳极和阴极室流出的废水。一般不超过给水的 1%。
- | 回收率：产品水流量除以整个的给水流量。如果考虑到浓水返回前置 RO，回收率一般为 99%，如果浓水被排放，回收率可为 90%—95%。

第 2 章：组件简介

2.1 EDI 的应用范围及技术要求

超纯水经常用于微电子工业、半导体工业、生物制药业和实验室。EDI 纯水也可以作为制药蒸馏给水，食物和饮料生产用水，发电厂的锅炉补给水，以及其它应用纯净水的工业。

以下是一些与 EDI 有关的水质要求：

表一 半导体工业用水水质要求：

Test	Units	Attainable	Acceptable	Alert	Critical
Resistivity ,25°C	MΩ.cm	18.2	18.2	17.9	17.5
Silica ,dissolved	ppb	<0.2	<1	<3	<10
Boron	ppb				

表二 发电厂锅炉补给水水质要求

Test	Units	Typical
Resistivity ,25°C	MΩ.cm	10~13
Silica,total	ppb	10~20

表三 制药工业用水水质要求（对于注射用水、WFI、USP 规定使用蒸馏或反渗透为最终净化手段，EDI 可以作为预处理）：

Test	Units	USP23 limits
Conductivity , 25°C	μs/cm	< 1.3(stage 1)
pH		5.0-7.0

表四 一般蒸馏水水质要求：

Test	Units	Typical
Resistivity ,25°C	MΩ.cm	< 2

2.2 EDI 组件使用指南

Grant 使用的组件和其它的 EDI 组件相比，设计有下列优势：

- I 使并排排列的管线连接更简单
- I 体积小,重量轻
- I 所以水路均在一侧
- I 防水电接头

GRANT EDI 组件单件流量范围从 0.5 gpm 增加到 10 gpm。每个组件都有一个推荐的流量范围。组件并行排列可以产生一个几乎无限规模的系统。根据给水和运行的条件，组件可生产出电阻率达 10-18.2 MΩ·cm 之纯水。

表五 XL 系列组件的流量范围

型号	流量 (GPM)	流量 (m ³ /hr)	电压 (V,DC)	长度 (宽 9",高 22")
XL-100	1/4 - 3/4	0.05-0.2	30-60	6"
XL-200	1/2 - 3/2	0.1-0.3	60-120	7"
XL-300	1 1/2 - 4	0.3-0.9	100-160	9"
XL-400	3 - 7	0.7-1.5	150-250	11"
XL-500	6 - 10	1.3-2.3	200-350	14"

2.3 组件重组

XL 系列为一次性装置。

第3章 运行条件

3.1 标准运行条件

EDI 组件运行结果取决于各种各样的运行条件，其中包括系统设计参数。

用于测试组件的水经活性炭、精密过滤器和反渗透渗透处理，TDS=2.5—4.0 ppm；测试电压和流量按表五各组件范围中间值。

3.2 给水要求

以下是保证 EDI 正常运行的最低条件。为了使系统运行结果更佳，系统设计时应适当提高。

- I 给水：RO 纯水，一般水的电导率为 4-30 uS/cm。
- I pH：6.0—8.0（最佳电阻率性能对应的 pH 范围为 7.0—9.0。但是，在此 pH 条件下，硬度不能太高）
- I 温度：5-35°C（60-95 °F）
- I 进水压力：最大为 4bar（60psi），最小为 1.5bar(25psi).
注意：组件压力损失取决于流量。
- I 出水压力：浓水和电极水的出口压力必须低于产品水的出口压力。
- I 硬度（以 CaCO₃ 计）：最大为 1.0 ppm，建议采用 0.1 ppm
- I 有机物：最大为 0.5 ppm TOC，建议值为零
- I 氧化剂：最大为 0.05 ppm (Cl₂)，0.02 ppm (O₃)，建议两者都为零。
- I 变价金属：最大为 0.01 ppm Fe。
- I 二氧化硅：RO 纯水中一般为 0.05-0.15ppm
- I 二氧化碳 CO₂ 的总量：二氧化碳含量和 pH 值将明显影响产品水电阻率。

第 4 章 运行参数及影响

4.1 供电电压

电压是使离子从淡水进入到浓水的推动力。同时,局部的电压梯度使得水电解为 H^+ 和 OH^- 并使这些离子迁移, 由此实现组件中的树脂再生。

纯水质量与电压的关系

获得高质量的纯水对应着一个最佳电压。若低于此电压, 在产品水离开组件前, 因推动力不足, 部分离子将不能迁移入浓水室, 而残留于纯水中。若高于此电压, 多余的电压将电解水, 从而增大电流。同时引起离子极化并产生反向扩散, 降低产品水的电导率。

电流与给水电导率的关系

当给水的电导率为 5-8 $\mu S/cm$ 在。给定电压下, XL 组件的一般电流为 2-3 A。

电流与离子迁移数量基本上成正比, 这些离子包括给水中杂质离子, 如 Na^+ 、 Cl^- , 也包括由水电解产生的 H^+ 、 OH^- 。水的电离速率取决于就地电压梯度, 因此施加于淡水室的电压较高时, H^+ 、 OH^- 迁移量也大。

一部分电流与给水的离子含量 (TDS) (ppm) 或者电导率 ($\mu S/cm$) 成正比。

另一部分的电流随电压增加而非线性地增加。

在每个组件建议的电压范围内, 最佳电压取决于给水电导率 and 水的回收率。给水中较多的离子迁移流量和较高的水回收率使得离子在浓水室中高度浓缩, 这将降低膜堆的电阻, 膜堆电阻的降低将使最佳电压降低。

稳定运行状态

运行条件改变后, 组件将需要运行 8-24 个小时才能达到稳定状态。稳定状态是指进出组件的离子达到物料平衡。

如果电压降低或给水离子浓度增加，树脂将会吸收多余的离子。在这种状态下，离开组件的离子数将小于进入组件的离子数。最后达到新的稳定状态时离子迁移速率和给水离子相协调。此时，离子交换树脂的工作前沿将向出水端移动。

如果电压升高或给水离子浓度减少，树脂将会释放一些离子进入浓水，离开组件的离子数将大于进入组件的离子数。最后达到新的稳定状态时离子迁移速率和给水离子相协调。此时，离子交换树脂的工作前沿将向给水端移动。

进出组件的离子达到物料平衡是判断 EDI 组件是否处于稳定运行状态的有效手段。

4.2 离子性质

EDI 从水中去除离子的能力与离子的特性有关。与传统混床一样，树脂对某种离子的吸收能力与离子的大小、水合度以及树脂类型有关。

在 EDI 中，离子的电荷数量更为重要,因为它是推动离子沿着树脂表面迁移并透过膜的原动力。

离子大小

以下是在 25°C 的溶液中离子的有效尺寸。其中包括了水合分子。离子的有效尺寸越大，离子扩散速率越低，越难以被 EDI 除去。另外，离子有效尺寸越大，电荷越分散，越不易被树脂吸收。

表六 水合离子大小

Ionic Radius, Å	Cations	Anions
<3.0	K ⁺ , NH ₄ ⁺	Cl ⁻ , NO ₃ ⁻
3.5		OH ⁻ , F ⁻
4.0-4.5	Na ⁺	SO ₄ ⁻ , CO ₃ ²⁻
6.0	Li ⁺ , Ca ²⁺ , Fe ²⁺	
8.0-9.0	H ⁺ , Mg ²⁺ , Fe ³⁺	

离子电荷

离子所带电荷越多，使之通过离子交换膜需要供给的电压越大，因为，这些离子有较高的水合度，而较大并较重的离子扩散速度也较慢。

离子相对树脂的选择系数

下面的表格显示了离子相对树脂的选择性。这是离子被树脂吸收强度的一种量度，较强的选择性使之不易从混床或 EDI 泄露出来。

表七 离子交换树脂对离子的选择性系数

Cation	Selective Coefficient	Anion	Selective Coefficient
Li ⁺	0.8	HSiO ₃ ⁻	
H ⁺	1.0	F ⁻	0.1
Mg ⁺	1.2	HCO ₃ ⁻	0.5
Na ⁺	1.6	OH ⁻	0.6
Ca ²⁺	1.8	Cl ⁻	1.0
NH ₄ ⁺	2.0	NO ₃ ⁻	3.3
K ⁺	2.3	I ⁻	7.3

大而弱电离子（二氧化硅，硼，二氧化碳）

在常见的 pH 值和一般的运行条件下，二氧化硅 (SiO₂)，硼 (H₃BO₃) 和二氧化碳 (CO₂) 都带有较弱的负电荷。因此，它们不易被树脂吸收，而电压对它们迁移几乎没有推动力。

为了有效地除掉这些离子，要使用其他的系统战略。增加给水的 pH 值（注意先除硬），使之电荷增加，也就增加了它们被除去的可能性。在 RO 之前或之后，CO₂ 可作为气体被除

去。硅酸 (H_2SiO_3) 的 PK_1 是 9.77; 硼酸的 PK_1 是 9.28; 碳酸的 PK_1 是 6.35, 所以, 在稍高的 pH 值时, 碳酸氢盐离子能被除去; 而除去二氧化硅和硼就必需使 pH 值大于 10。

4.3 温度

压力损失与温度的关系

压力损失与温度有关, 主要是由于水粘性的改变. 下面的表格显示了在不同温度下水的粘度。压力损失的增加或减少和水的粘度成比例关系。

表八 水的粘度与温度的关系

Temp. °C	Viscosity
5	1.51
15	1.14
20	1.00
25	0.89
30	0.80
35	0.72

水质与温度的关系 (操作条件的重新调节)

运行中有一个最佳温度。

当温度增加到接近 35°C 时, 由于离子“泄漏”的增加, 产品水水质将降低。该现象源于离子交换膜对离子的吸收率的降低。

- 2 可以通过增加电压使离子更迅速地进入浓水。

当温度降低时, 产水的表观水质可以得到改善。其中有电阻仪温度补偿的错误的原因; 也有由离子交换树脂对离子吸收率增强的原因。但是, 如果温度进一步降低, 离子通过膜的扩散能力会按指数规律降低, 因此使水质下降。

- 2 在较低的温度下, 可以降低电压以节省能源。
- 2 在更低的温度下, 为了继续有效地电解水, 需要更高的电压。

电阻率仪表的温度补偿

电阻率 / 电导率测量的标准温度为 25°C。在较高的温度下，因为离子的迁移加快，含有离子的水的电导率增高。对于超纯水，较高温度时，水分解出来的 H⁺和 OH⁻的量更多，电导率增高。

自来水和反渗透水的电导率随温度变化率大约为 2%/°C。超纯水电阻率的变化率约为 5-7%/°C。因此如果工作温度不是 25°C，温度补偿很重要。

较热纯水的电导是很难准确测量的。

表九 不同温度下纯水电阻率

Temperature °C	Resistivity MΩ·cm
15	31.8
25	18.2
35	11.1

4.4 流量

压力损失与流量的关系。

有三种膜压力损失需考虑：

1. 纯水对给水的压降
2. 浓水出口对入口的压降
3. 极水出口对入口的压降

每个水流的流量增加均会使该水流的压降增加。

极水压力损失

在每个组件流量为 0.05 gpm (11 lph) 时，压力损失大致是 20 psi。如果压力损失大于该值，极水入水处可能有异物堵塞。由于每个组件只有一个阳极/阴极对，该流量与组件的尺寸以及型号无关。

浓水压力损失

浓水流量与系统设计、运行设置和组件本身有关。浓水流量大致与组件里的单元数量成正比。减小浓水流量，可以提高水利用率，此时，浓水压力损失减小。

如果在运行期间浓水的压力损失增加，则需要清洗组件，或可能是浓水进口有异物。浓水进水需经过精滤。

表十给出了两个新组件的压力损失。

表十 组件的压力损失

Model Number	Number of cells	Flow (GPM) Concentrate	Initial Press Drop (psi)
XL-100	6	0.05	4-3
		0.10	6-8
		0.20	12-14
XL-400	32	0.25	3-4
		0.50	6-8
		0.75	12-14

给水-纯水的压力损失：

对每个膜组件，压力损失随流量的增加而增加，如上所述，压力损失将随水温的降低而增加，

对一个新组件，在流量下限（例如给 XL-500 的 6 gpm），最初的压力损失将接近 10 psi (0.7Kgf/cm^2)；当流量增加时，压力损失也增加，可以高达 25 psi (1.7bar)。

压力损失和流量增加接近正比。

值得注意的是以上讨论的是组件前后的压力损失，如果管道选用不当，压力的管道损失也可能是非常可观的。

出口压力损失对水质和内部泄露的影响

为了保证内部泄漏不影响纯水水质，纯水出口压力应当比浓水和极水出口压力要高。因此，

任何内部泄漏将会稀释浓水，而不是离子泄漏到纯水中。

浓水出口应当没有任何的背压。设计系统时，应选用足够粗的管子和尽量短的流程。将浓水送到反渗透入口时最好使之先进入一个储水罐，然后再用泵打入反渗透给水。

4.5 给水电导率

纯水水质（设计流量和最大流量）

纯水水质取决于组件从淡水室中除去离子的能力，单位时间内给水离子总量过高通常会导致较低的纯水水质，无论对强电解质（NaCl）还是弱电解质（二氧化硅，碳以及碳酸盐），均如此。

过高的给水离子总量将导致两个结果，第一是在 EDI 组件内部树脂工作界限向出水端迁移，这导致抛光树脂量减小，因此引起弱电解质清除率减低。第二是引起组件电流量增加。

降低给水电导率，有助于改善二氧化硅的去除。

增加给水的电导率将增加电流量。

4.6 优化运行条件

如上所述，在出水水质中，树脂的工作界限的位置是很重要的。为了得到最高电阻率和最低二氧化硅含量的水，则必须由较大量的抛光树脂。为此：

- I 产品水流速应该在给定范围的下限。
- I 电压应该在给定范围的上限。
- I 浓水流量应为给定范围的上限。
- I 二氧化碳的含量应该被尽量减小。
- I pH 值接近上限

如果较低质量的纯水也能满足要求，为节约能量，可以：

- I 提高产品水流速
- I 降低电压

I 降低浓水流量以提高水利用率

第 5 章 系统设计

给水预处理对 EDI 极其重要。组件的寿命，性能及维修量都取决于给水中的杂质含量，预处理对 EDI 成功的重要性和对反渗透成功的重要性一样。参考 EDI 给水的具体要求。

如果给 EDI 提供较好的预处理水，组件的清洗频率将会降低。

5.1 EDI 系统保护和控制

为了保护 EDI 组件，使之有较长的使用寿命，一些系统保护是必要的。最关键的保护是当没有水流量时，要断电停机。否则，会对 EDI 组件造成致命的破坏。以下是 EDI 正常运行的必要条件：

- I 极水流量超过最小值
- I 浓水的流量超过一最小值
- I 反渗透运行正常
- I 反渗透纯水的电导率低于允许最大值
- I 温度在限制范围之内
- I 预处理正常（没有警告提示）

EDI by Grant 系统原理图表示了 EDI 设计原理。对于多组件系统，该原理图同样适用，只是将组件并联供水供电，其余部分的构思相同。

5.2 EDI 给水处理

5.2.1 活性炭

除掉氯和氯消毒副产物，以保护反渗透膜、离子交换树脂和离子交换膜。活性炭还可以除去很多的有机物和杀菌剂以免这些化合物透过反渗透进入 EDI。

通常可以使用颗粒状活性炭（GAC）。但是在给水被有机污染物高度污染的情况下，有必要使用其它除有机物设施。

5.2.2 软化器

为防止在反渗透和 EDI 结垢，需要从给水中除去硬度 (Ca^{+2} 、 Mg^{+2})。软化可以提高反渗透系统水利用率和提高给水 pH 值，并因此使反渗透和 EDI 更有效地去除碳酸盐和硅。软化还可以除掉铁和其它过渡金属，从而保护反渗透膜和 EDI 组件。

软化不是必须要有的设施，可以用阻垢剂解决硬度在反渗透膜上结垢的问题。但是，使用阻垢剂将增加反渗透纯水的硬度，给 EDI 带来压力。

5.2.3 沉淀物过滤器

为防止反渗透膜被堵塞，给水需除去不溶物质。

5.2.4 除气装置

为了得到高电阻率的纯水，气体应该从给水中被去除。其中， CO_2 的去除尤其重要。 CO_2 含量低时 EDI 组件会更有效地去除二氧化硅。除气装置可用气体转移膜除气器。该装置最好放置在反渗透之后，也可以放在反渗透之前。

5.2.5 反渗透系统

除掉大部分溶解盐类。在正常运行前提下反渗透可以有效的除去高达 99% 的离子和有机物。

反渗透将给水分成反渗透纯水和浓水，只有反渗透纯水才能进入 EDI。

反渗透刚刚开机几分钟内水质很差，这一部分水不能进入 EDI。

5.3 EDI 系统组成

压力表

测定 RO 和 EDI 水的运行压力。运行压力范围请参见技术要求。

流量计

测量纯水、浓水、极水流量。

水质监视器

测量并显示来自反渗透和 EDI 的水质，反渗透水一般用电导率测量，或用 TDS(ppm)来表示，EDI 纯水一般用电阻率来表示。水质监视器作为系统保护装置的一部分，可以提供给水超标，纯水超标信号，以便实施报警和保护。

控制中心

提供包括启动和人工运行在内的系统控制。可以直接控制电源，使其达到最佳状态。

如果 EDI 流量过低，应当有关闭电源

在反渗透的电导率上升到高于一定值时，EDI 停机，发出警报，并将反渗透水排放。

当 EDI 给水或纯水压力过高时，泻流电磁阀启动，将水排放，报警。

电源

是一个直流电源，配有电压调节装置，电压表和电流表。同时应当配备限流装置。

为保护 EDI 组件，当流经任意一个 EDI 组件的水流量低于某一点时，应关闭电源。

流量开关

如果流入 EDI 组件的浓/极水流量过低，流量开关会控制系统关闭。

EDI 组件

为二级除盐设施，EDI 将反渗透纯水分为两股水流，EDI 纯水和 EDI 浓水，另外有一小部分 EDI 极水 (0.05gpm)流入下水道。

将 EDI 并联运行。可取得更大流量，

EDI 浓水可回送到反渗透给水中，或回收作为其它用途。也可以排至下水道

在此，浓水不需要循环，因此系统更简单。

EDI 纯水压力应比 EDI 浓水压力高，这样可以防止浓水在 EDI 组件内倒流。

使用了针阀和转子式流量计来控制纯水、浓水和极水的流量。

应将浓水和极水的出口压力降到最小。

排气体口

电极废水中包含水和气体，气体包括 Cl_2 、 H_2 和 O_2 ，需被安全地排放出去。

注意 H_2 的爆炸极限是 4% (v/v),因此气体必需被正确的稀释，一般的安全的界线在 1% 下。

第 6 章 安装注意事项

6.1 安全

请在安装前读懂本手册的安全部分。特别值得注意的是 EDI 设备是一个水电并存系统。另外极水气体包含危险气体。

6.2 组件搬运安装

搬动组件时不能让水道管或电连接着力，也不要让两端面罩着力。

不要将组件的前端和后端同时固定，因为这样会影响组件螺丝松紧读数。压坏组件的硬件。

6.3 组件方向

组件应垂直安装。如果组件以水平位置安装，在间隔室，气体会被封住，将影响离子的去除。

6.4 管件的连接

标准组件为给水和纯水提供了 1 寸内丝 (FPT) 管件，这些连接部分的材质由聚矾制成，

在安装前应将内、外丝保护好。将管件与组件连接时，应用扳手卡住组件上的管件，以免其在扭力作用下损坏。

6.5 接地

组件本身通过电源线接地。组件中所有的导电部分一起接地到连接线的绿线上。该线的接地应由一个有资格的电工技术人员来完成。

由于水也导电，电流可通过水接地，应该在各个给水和出水水流安装三通，将一个导体通过三通与水流接触，并把该导体接地。

如果水流接地不当可能引起电导率和电阻率读数不准。

6.6 电源连接和接线

直流供电需要适当地接到组件的阳极和阴极上，阳极为 (+)，吸引阴离子，阴极为 (-)，吸引阳离子

阴极 (-) 为黑色

阳极 (+) 为红色或者白色

地线为绿色

组件和供电之间的连接是防水的镀金连接件。电源的绿线 (0)，黑线 (-) 和白线 (+) 应当被接地和连接到直流电源。

6.7 螺母扭力

组件在出厂以前，螺母已扭好。组件在安装后，运行之前应当将螺母紧度再次调整到 20 ft-lbs，最大不超过 25 ft-lbs。紧螺母程序可参考附录。

6.8 清洗外部

如果组件外部需要清洗，请仅使用温和的清洁剂水溶液，不可使用溶剂。

为了防止触电，在清洗之前，要确定电源已断开。

第 7 章 组件的清洗及维护

- I 在运行中，如果将较差的给水引进组件，或者电源不足，就会增加维修工作量。
- I 给水中主要引起结垢的是 TOC，硬度和铁
- I 给水硬度较高将引起离子交换膜浓水侧结垢，而使纯水水质降低。同时给水硬度，溶解的 CO₂ 和高 pH 会加速结垢。可以用适当的酸溶液清洗污垢。清洗过程请参考附录
- I 给水中的有机物污染，会在离子交换树脂和离子交换膜表面形成薄膜，将严重影响离子迁移速率，从而影响纯水水质。当发生此现象时，纯水室需用适当的清洗剂清洗。有机物清洗过程请参考附录。
- I 如果 EDI 组件在无电或给电不足的情况下运行，交换床内离子处于离子饱和状态，纯水的纯度会降低。为了再生离子交换树脂，需将水流通过组件，并慢慢增加电源供应电压，使被吸附的离子迁移出系统。树脂再生时，组件将通过比正常运行更多的电流。
- I 警告：如果电源没有过电流保护，注意不要超过电源的供电容量。
- I 电极连接器应该定期检查，以防由周围条件引起腐蚀或松弛，以免增加电阻，阻碍电流渡过，导致纯水水质下降。
- I 一段时间后，需重新设置螺帽松紧度。螺帽太紧将导致膜堆的变形，太松将导致内、外部泄漏。最大的扭力为 25ft-lbs。旋转螺母应参考附录。
- I 若膜外部需要清洗请注意以下几点：
 - 禁止使用丙酮或其他溶剂。
 - 当电源开启时禁用水。
 - 擦洗时使用潮湿的布，可浸少量清洁剂。
 - 注意保护安全标签

第 8 章 系统运行操作

8.1 组件启动

在电源供电前的水路查漏中，尽可能让少量的水通过组件，通过的水越多，启动时再生过程就越长。

- 1) 应完成所有的机械、水道管和电连接。
- 2) 准备好数据表格和运行记录本，记录起始数据和任和观察到的现象。
- 3) 慢慢地向系统中注水，使空气被排出。对浓水、纯水和极水管道实行脉冲供水以进一步从水道管系统中排出空气。管路应当没有可以封住空气的死角。在启动时除去空气很重要，因为组件里的一些气体会阻止组件获得正常水流量。
- 4) 对管道查漏并修复。
- 5) 尽快启动电源供电。如果在供电前，过量的水被送到组件中，系统将需要用较长的时间再生组件内熟知。
- 6) 检查并调整使极水、浓水和纯水达设计范围。
- 7) 检查极水、浓水和纯水的压力损失是否大致正确，检查纯水出口压力是否大于浓/极水的出口压力。
- 8) 检查组件的初始电流，初始电流要高于正常运行电流。电流在一小时内会降到正常值，多个组件并联时，两个组件的初始电流应当近似。
- 9) 检查浓水离子浓度，如果组件以 90% 的回收率运行，那么浓水离子浓度约是给水离子浓度的 10 倍。检查组件进出离子的物料平衡。如果正在再生，则排出离子数多于进入离子数；如果给电不足则出少进多。
- 10) 检查所有开关装置、流量传感器，以确定设置正确且正确信号被送到控制中心。
- 11) 大约一小时之后，纯水电阻率应当达到要求。在启动过程中，如果引入过多的离子，那么有可能要进行再生循环以达到水质要求。

8.2 开机

- 1) 通读以上关于 EDI 的设计与使用说明书，并正确控制及显示面版的内容。
- 2) 在运行 EDI 之前，先 RO 系统稳定运行一段时间，待水质稳定并能满足 EDI 入水要求之后，再准备 EDI 的开机。
- 3) 将入水调节阀完全打开，检查管路及电路连接是否已准备好，将电导率仪设定在 $40\mu\text{s}/\text{cm}$ ，电阻率仪设定在 $10\text{M}\Omega.\text{cm}$ 位置，将电压调节钮旋到“0”。
- 4) 将浓水和极水调节钮缓慢旋开。
- 5) 将 EDI 控制电源 (SYSTEM POWER) 打开，开机运行 RO 系统。
- 6) 观察 EDI 入水的电导率，超过设定值时自动排放。水质合格后入水电磁阀打开，排水电磁阀关闭。
- 7) 调节入水压力在 35psi 左右，极水流量至 0.05gpm，浓水流量至 0.5 gpm。当 EDI POWER 指示灯亮时，慢慢调节“电压调节”钮至 250V。观察纯水的产量及出水水质，水质超过设定值时，超标排放电磁阀自动打开，出水量约为 4.2 gpm。
- 8) EDI 运行一个小时之后，水质应趋于稳定，记录电压、电流、进出水水质和产品水、浓水、极水的流量以及运行时间。
- 9) 运行中如果出现过载保护，按下复位开关重新工作；如果频繁出现过载保护，应停机仔细检查，并对运行参数做适当调整。

8.3 关机

将“电压调节”旋至“0”，关闭系统控制电源 (SYSTEM POWER)。

注意安全混合酸液的步骤，先加水后加酸。

酸洗流程：

- ü 测量并记录通过极水室和浓水室的水流量和压力降。
- ü 直排口（极水室与浓水室出水口）通向一个大小合适的耐酸废液回收池。
- ü 将泵的入口连接到装满上述一种清洗液的 5 加仑塑料箱里。
- ü 用泵使清洗液循环清洗 EDI160 秒，然后停泵用清洗液浸泡 EDI5 分钟以上。
- ü 当 EDI 内清洗液消耗完时再次启动泵清洗。
- ü 避免将空气抽入 EDI 中。
- ü 在清洗箱中装满去离子水，然后用泵来冲洗残留的清洗液。
- ü 更换箱中去离子水，直到冲洗出水的 TDS 降至 5ppm 以下，pH 在日常运行的范围内。此时测定并记录压力降，流量、pH 和 TDS。
- ü 将清洗临时管路断开，恢复原样。
- ü 在再生模式下运行 EDI，直到离子进出平衡。
- ü 在标准模式下运行 EDI，直到出水品质恢复到正常水平。

附录 1 浓水侧结垢酸清洗工艺

建议：通过软化，尽可能减小给水的硬度，以最大限度减少 EDI 系统浓水侧的结垢。

注意：酸及阻垢剂的添加导致硬度和 CO₂ 穿过 RO 的量增加。它们会顺流至 EDI 内，软化方式的另外好处是从 RO 给水中除去了铁，延长了 RO 的寿命并防止了其对 EDI 的污染。

辅助设备和消耗品：

- 2 一台泵：流量 0.5gpm(0.114m³/hr)，压力 30psi(21m)，耐酸。
- 2 两个塑料容器：5-10 加仑。
- 2 塑料管件/管。
- 2 下述方案中的一个。

配方 1：(药品彻底混合)

这是一个简单、安全、商用的方案。一份用无机酸、有机酸和螯合剂配制的 2% 酸度的溶液。

- | | | |
|------------------------|-----|----|
| 2 去离子水 | 5.0 | L |
| 2 清力公司 Diamite LpH 清洗液 | 125 | ml |

配方 2：(药品彻底混合)

这是一个仅使用有机酸的方案。一份 5% 弱酸溶液，pH 约为 9。

- | | | |
|--------|-----|---|
| 2 去离子水 | 5.0 | L |
| 2 柠檬酸 | 250 | g |

配方 3：(药品彻底混合)

这个方案配制一份 2.5% 的强酸溶液，再加入一种非离子表面活性剂以协助除垢。这是三个方案中最强有力的一种。

- | | | |
|------------------|-----|----|
| 2 去离子水 | 5.0 | L |
| 2 37% 分析纯 HCl 溶液 | 350 | ml |

附录 2：淡水侧有机物污染的表面活性剂清洗

注意：

有机物清洗液必须是单一的非离子表面活性剂，例如：

2	去离子水	5.0	L
2	Triton X (罗门哈斯), 或其它商用等价物	100	ml

流程：

推荐：通过 RO 和 RO 预处理系统，最大程度减少入水 TOC，使 EDI 内树脂的有机物污染降到最小。

建议：在控制系统设计中采用三通阀门来避免清洗时用手断开 EDI 的管路。

- ü 断开淡水进水口和产品水出水口管路连接。
- ü 将一台化工输送泵的出口连接到淡水入水口，调整流量为 0.5gpm，压力为 30psi。
- ü 将泵的入口连接到一个装满 5 加仑 (19 升) 100 °F (38 摄氏度) 非离子表面活性清洗剂的箱子上。
- ü 将产品水出口连接到清洗箱里。
- ü 用泵使清洗液循环清洗 EDI 60 秒，然后停泵用清洗液浸泡 5 分钟以上。
- ü 当 EDI 内清洗液消耗完时再次启动泵清洗。
- ü 在清洗箱中装满 100 °F 的去离子水，打开泵将残余的清洗液冲清洗干净。
- ü 让至少 20 加仑室内温度的水循环冲洗 EDI。如果冲出液 TOC 高于系统要求值，重复这一步骤。
- ü 淡水入水口和产品水出水口恢复清洗前的连接。
- ü 运行系统 4 个小时，使清洗液全部排出。

附录 3：重新设置 XL 系列 EDI 模块螺栓扭力矩

螺栓扭力矩对 EDI 模块很重要。它不仅关系到维持内部压力以保证出水水质，而且关系到防止 EDI 模块的内部和外部泄露。

- ü 必须在 EDI 安装完之后，使用之前重新设置螺栓扭力矩。通常在产品水水质下降时要观察螺栓扭力矩。至少每三个月检查一次螺栓扭力矩，必要时做调整。
- ü 下面是一个重新设置螺栓扭力矩用的插图。依图均匀的调整螺栓扭力矩，消除局部应力。每个膜块共有 19 根螺栓，需要一个 9/16"（14.3mm）的六角形扳手。
- ü 依图示数字顺序将螺栓拧紧，每次增加的扭力矩都不要超过 2 尺磅（0.276kgf-m），直到所有的螺栓扭力矩都设置在 20 尺磅（2.76kgf-m）。
- ü 有机的杀菌剂可以用，但需要较长的冲洗时间，以除尽 TOC。
- ü 甲醛效果不错，但它是致癌物。
- ü 氧化剂会损坏模块，应避免使用。
- ü 避免使用热溶液（80-90 摄氏度），否则会损害阳基阴离子交换树脂和交换膜。

图 3 调整次序

附录 5：模块是再生过程

当一个模块内部的树脂被离子消耗尽的时候，需要再生。这种情况可能在清洗、停机或者模块电压过低或被关闭时发生。

再生过程将树脂中多余的离子带出模块，使模块在稳定状态下运行。

再生过程通过在短时间内大幅度地改变系统参数将树脂中多余的离子带出模块——给水离子浓度会降低，电场驱动力将增加，多余的离子将从淡水室迁移到浓水室。

Module	Regeneration Feed flow gpm(m ³ /hr)	Regeneration Concentrate Flow gpm(Lph)	Regeneration Recovery (90% normal)	Regeneration Voltage
XL-100	0.25(0.05)	0.05(10)	80%	80
XL-200	0.50(0.11)	0.10(25)	80%	150
XL-300	1.5(0.35)	0.30(70)	80%	220
XL-400	3.0(0.7)	0.60(140)	80%	280
XL-500	6.0(1.3)	1.20(270)	80%	400

1. 按上述设置模块的给水流量（模块流量的最低限）。按上述设置浓水流量（给水流量的 20%），这样回收率将是 80%。设置极水流量为 0.05gpm。将电压如上表设置，或者将供给电源设置为通常的 150%-200%。运行模块---浓水侧的 TDS 将非常高。
2. 当浓水侧的 TDS 下降到小于 100ppm(200 μ s/cm) 时，减少浓水流量为上述设置的 1/2。其它设置不变。这样会使浓水侧的 TDS 增加一倍。
3. 当浓水侧 TDS 下降到小于 80ppm(160 μ s/cm)时，将总给水流量降至通常的流量。其它设置不变。
4. 在运行 1 个小时后，将供给电源的电压设置在日常操作值上（这一点非常重要）。将浓水侧流量设置为日常操作值（给水的 10%）。极水流量在整个过程中是相同的。
5. 运行 EDI：模块应当被充分再生，出水水质恢复日常水平。

注：以上仅为参考，可根据实际情况调整。