

## 影响 EDI 出水水质的因素分析

孙国业 曹子友

(长春生物制品研究所 长春 130062)

**摘要** 通过原水反渗透后再接电去离子(EDI)装置的产水过程,考察操作电压、进水流量、水质等因素对 EDI 产水水质的影响。结果表明,降低进水的电导率、适当的膜堆操作电压及加大进水流量都可提高产水水质。

**关键词** 电去离子 反渗透 电渗析 离子交换 高纯水

电去离子(Electrodeionization,简称EDI)技术是将两个成熟的水净化技术—电渗析和离子交换相结合的一种新型膜分离技术,通过这种革命性的技术,用较低的能源成本就能去除溶解盐,而且不需要化学再生;它能产生好几个兆欧( $M\ \Omega \cdot cm$ )电阻率的高质量纯水,且能够连续稳定大流量的生产。其主要特点:①EDI不需要酸碱化学试剂用于再生(就像离子交换系统DI的树脂再生),实现清洁生产;②EDI再生时不需要关闭设备;③EDI模块在市场上每单位流量中最小、最轻,因此EDI趋于紧凑;产品水水质稳定一致;④所需能源少;⑤资金的使用经济—节约运行费用。

### 1 EDI(电去离子)的基本原理

电去离子(EDI)工艺采用一种离子选择性膜和离子交换树脂夹在直流电压下两个电极之间(阳极(+)和阴极(-)),在两极间的直流电源电场从RO预处理过的水中去除离子,其工艺原理示意图(见图1)。在电

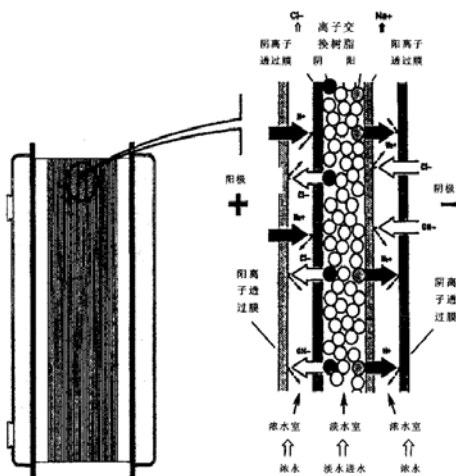


图1 EDI(电去离子)工艺原理示意图

渗析器的淡水室填充阴、阳混合离子交换树脂,将电渗析和离子交换置于一个容器中而使两者有机地结

合为一体。水中离子首先因交换作用而吸附于树脂颗粒上,然后在电场作用下经由树脂颗粒构成的“离子传输通道”迁移到膜表面并透过离子交换膜进入浓室,存在于树脂、膜与水相接触的扩散层中的极化作用使水解离为 $H^+$ 和 $OH^-$ ,它们除部分参与负载电流外大多数对树脂起再生作用,从而使离子交换、离子迁移、电再生三个过程相伴发生,相互促进,实现连续去除离子的过程。

### 2 纯水产生的装置与流程

纯水的产生装置:预处理系统:由原水水箱、多介质过滤器、活性炭过滤器、精密过滤器组成;反渗透系统:由高压水泵、RO(反渗透)膜组件、纯水箱组成;后处理系统:由纯水输送泵、EDI(电去离子)系统、精密过滤器、纯水输送泵组成(见图2)。

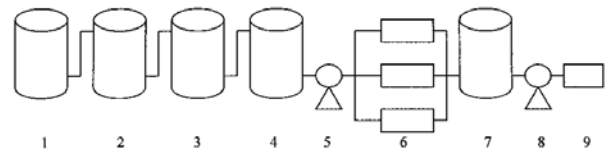


图2 生产工艺流程图

1 原水水箱,2 多介质过滤器,3 活性炭过滤器,4 精密过滤器,5 高压水泵,6 RO(反渗透)膜组件,7 纯水箱,8 纯水输送泵,9 EDI(电去离子)系统

多介质过滤器由无烟煤、0.6~0.8mm石英砂等组成;炭用椰壳活性炭;RO(反渗透)膜采用美国海德能公司的芳香族聚酰胺复合膜;EDI(电去离子)采用Electropure公司XL-500组件。

### 3 结果与分析

#### 3.1 原水电导率产水水质的影响

在进水流量为120L/h时,改变原水电导率则得到出水电导率与原水电导率的关系曲线(见图3)。

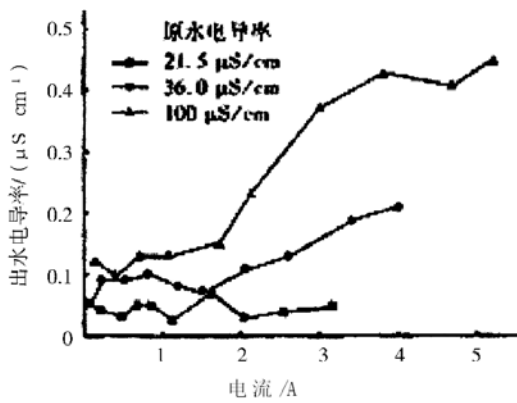


图3 原水电导率对产水水质的影响

由图3可看出,在相同的操作电流下,随着原水电导率的增加则EDI出水的电导率也增加。因为原水电导率低则离子的含量也低,同时低离子浓度使得在淡室中树脂和膜的表面上形成的电势梯度也大,这导致水的解离程度增强,极限电流增大,产生的 $H^+$ 和 $OH^-$ 的数量较多,使填充在淡室中的阴、阳离子交换树脂的再生效果良好。

从图3还可看出,在原水电导率为 $21.5 \mu S/cm$ 时,随着操作电流的增大而EDI出水的电导率一直很小( $0.1 \sim 0.05 \mu S/cm$ ),这是因为原水电导率越小则水解离越剧烈,产生的 $H^+$ 和 $OH^-$ 也越多,树脂再生的效果就越好(使其保持良好的交换性能)。当操作电流继续升高时, $H^+$ 和 $OH^-$ 除用于再生树脂外还用于负载电流,故淡水室中的水解离程度继续增大,使得离子交换与树脂的再生逐渐达到平衡,产水电导率趋于稳定。因此,原水电导率是影响产水水质的重要因素之一。

从图中还可知,无论进水含盐量高或低,二级五段的EDI设备对其都有很好的脱盐效果(脱盐率 $> 99\%$ ),出水的电导率能够达到高纯水标准(电导率 $< 1 \mu S/cm$ )。

### 3.2 流量对产水水质的影响

有三种模块压力降需要考虑:进水与产水;浓水的进口与出口;极水的进口与出口。当流过它们的流量增加时,这些流体上的压力降也会增加。压力降就是在模块的进口和出口处的接头附近测量出来的。当原水流量分别为 $60 L/h$ 、 $80 L/h$ 、 $100 L/h$ 及 $120 L/h$ 时,EDI出水的电导率随操作电流的变化(见图4)。

不同进水流量时EDI出水的电导率随操作电流变化很小,这是因为在电路上,淡室中的溶液相与树脂相是并联关系,由于所填充的离子交换树脂的导电能力远高于电渗析产水,因此树脂相电阻成为淡室电阻大小的决定因素。离子传输主要通过树脂

相进行,而在一定的淡水流量范围内流量对树脂相电阻影响很小,故膜堆总电流不发生明显变化,产水电导率变化也很小,因此进水流量对水解离程度的影响很小。

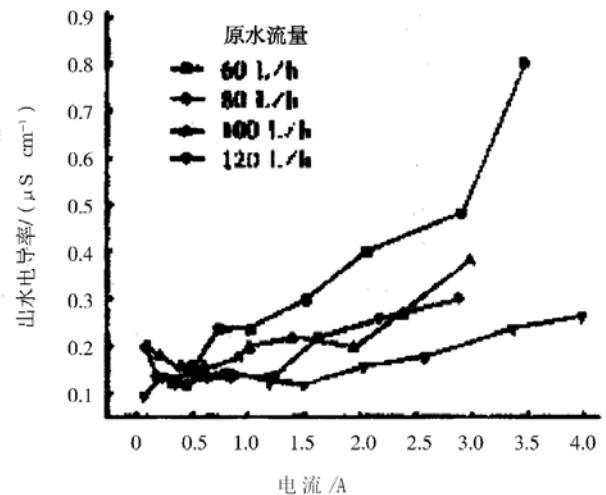


图4 流量对出水电导率的影响

### 3.3 操作电压对产水水质的影响

电压是将混合的离子从进水流中推向浓水流的驱动力。要获得最高质量的水,就要设定一个理想的电压值。比这个电压值低,就没有足够的驱动力在淡水流出模块之前驱动离子经过淡水室的树脂床,然后穿过离子选择性膜;比理想值高时,则过压的产生将使过多的水发生裂解,并因此产生过强的电流,而且还将导致离子的极化作用,发生反扩散现象,这就会降低成品水的电阻率。当原水导率为 $21.5 \mu S/cm$ 、流量为 $120 L/h$ 时EDI出水电导率与操作电压的关系(见图5)。

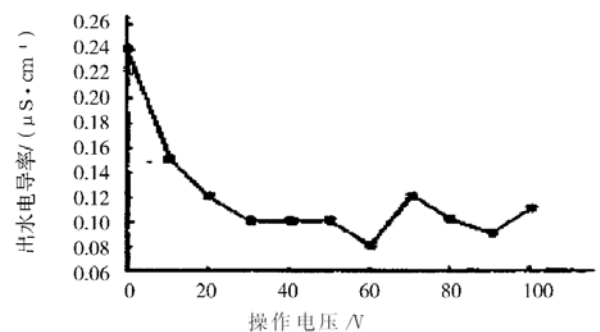


图5 操作电压对出水电导率的影响

由图5可知,EDI出水水质与操作电压密切相关。操作电压过小则不足以在纯水排出之前将离子从淡室移出,电渗析过程和树脂电再生过程都比较微弱,此时主要进行的是离子交换过程。随着操作电压的增大则水解离程度增大、树脂的再生效果好,使得淡水的电导率下降,当操作电压增加到一定程度时离子交换过程与树脂的再生过程达到平衡,产水电导率进一步下降并趋于稳定。但操作电压过大

将引起过量的水电离和离子反扩散而降低产水水质。所以,建议 EDI 在适当的电压下运行。

#### 4 结语

提高 EDI 膜堆的操作电压可得到高质量的纯水,但从提高膜堆电流效率的角度出发则操作电压不宜太高;EDI 膜堆进水电导率越低(即预处理效果好)则 EDI 产水的电导率越低,产水水质越好;另外适当增

加进水流量即增加隔室流速可提高产水水质。

#### 参考文献

- 1 Michael J Snow Electropure EDI OEM Engineering Manual, Electropure Environmental Technology Co., Ltd, 2005
- 2 CPA 反渗透膜技术参数,海德能公司,美国,2002
- 3 15T/H 一级反渗透水处理系统使用说明,恒通水处理工程有限公司,上海,2002

## The factors analysis of impacts the EDI product quality water

Sun Guoye Cao Ziyou

(Changchun Institute of Biological Product, Changchun 130062)

**Abstract** The process of product water by reverse osmosis - electrodeionization (RO - DEI) system, we discover that a number of factors influence the quality water, such as the voltage of operation, feed flow, water quality and so on. From which we can see that lowering feed conductivity, properly voltage of operation, increasing the feed flow can enhance the quality of water.

**Key words** Electrodeionization Reverse osmosis Electrodialysis Ion - exchange High purity water

(下接第 32 页)

MS3100 灵敏度的不足,其甲霜灵、克百威(呋喃丹)、毒死萆等农药的最低检出限达到 ppb 级,精密度和线性良好,表明国产气相色谱 - 质谱联用仪能够满足蔬菜中该类农药的定性定量分析。

对于其它农药的分析,该方法未做验证,有待进行下一步研究。

#### 参考文献

- 1 潘灿平,王利敏,孔祥雨. 凝胶色谱净化 - 毛细管气相色谱

谱法测定黄瓜、番茄和青椒中 15 种有机磷农药,色谱, 2002, 20 (6): 565 ~ 568

- 2 Commission Decision 93/256/EEC, Laying down the methods for detecting residues having a hormonal or thyrostatic [J]. O.J. 1993, 14 (118): 4
- 3 陈正夫、周亚康等编著. 环境激素的分析与评价,北京:化学工业出版社,2004

## Determination of pesticide residue with homemade GC - MS3100 GC - MS

Liu Gengtao Zhang Wei

(Mass Spectrometry Laboratory of East & West Analytical Instrument, Inc., Beijing 100025)

**Abstract** A simple and sensitive method for determination of pesticide residue with homemade GC - MS3100 is introduced. The samples are extracted and purified with solid phase extraction cartridges, which are produced by our laboratory. The extractive efficiency is higher with small background interference. The test indicates that the method is very suitable for analyzing metalaxyl, carbofuran and chlorpyrifos etc. in vegetable. The method is satisfied with fast speed, good detection limit and wide linear range.

**Key words** Gas chromatography - mass spectrometer (GC - MS) Pesticide residue Homemade instrument