

# 默克純水報 H<sub>2</sub>O 教室

## 親愛的純水用戶：

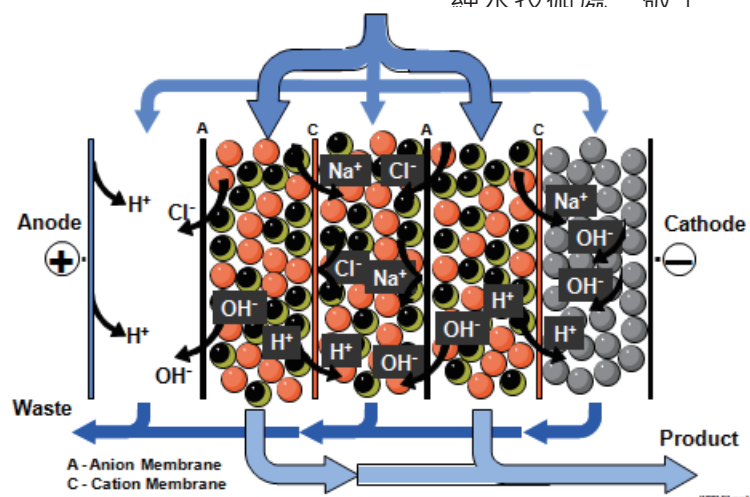
您好。

在上一期純水報中，我們討論感應耦合電漿光學放射光譜儀 (Inductively coupled plasma optical emission spectrometry, ICP-OES)，除簡介其原理之外，更針對水的純度對此分析方法影響的重要性加以說明，並探討哪些水中污染物會影響其分析實驗結果。

此期的純水報，我們將討論另一水純化系統很常見且重要的技術：連續電子式去離子裝置 (Electrodeionization, EDI)。與逆滲透技術 (Reverse Osmosis, RO) 串連組合，EDI 在水純化技術的市場上越來越具有重要的地位。EDI 模組利用選擇性陰離子或陽離子通透膜，陰陽電極組成的電場以及可持續通電再生的離子交換樹脂，可以有效去除進水中的有機性及無機性的離子。若以逆滲透水做為進水，EDI 可以產製比阻抗值 >10 MΩ .cm、低有機物含量的水。

此篇文章中，我們將仔細介紹 EDI 的技術，下一片文章，則將進一步說明 RO-EDI 水的各種應用，以及利用 RO-EDI 做為造水系統的優點分析。再次感謝您的閱讀，也希望此篇文章對您的實驗或研究有很大的幫助！

台灣默克  
默克密理博事業體  
純水技術處 敬上



## 第十四期

### 「連續電子式去離子裝置 (Electrodeionization, EDI) 技術的說明」<sup>1</sup>

2013. 11. 01

#### EDI 概述

##### ● EDI 的基本原理

在電透析 (electrodialysis) 的過程中，其離子交換作用，係利用數個陽離子及陰離子選擇性通透膜相間而成的空間來進行 (圖 1)。陰離子可以通過陰離子通透膜，卻被陽離子通透膜攔截；相反的，陽離子可以通過陽離子通透膜，卻被陰離子通透膜攔截。因此，即生成了去離子 (產水) 的區塊及濃縮 (排放水) 的區塊。在產水及排放水區塊的兩端，則各為陰陽電極，當兩側電極通電後產生的電場，則會吸引相反電性的離子移動；同時在通電的過程中，水分子會被解離，產生氫離子和氫氧離子。

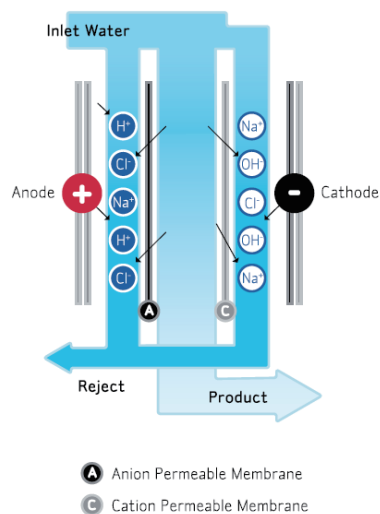


圖 1 電透析的原理

##### ● EDI 模組

首次用 EDI 技術及裝置進行去離子，是在西元 1955 年由 Walters 所記載。而 1957 年，陰陽離子選擇性通透膜之間填充離子交換樹脂的電透析裝置，甚至得到了美國的專利。圖 2 顯示第一個被實驗室使用的 EDI 模組，其內部的排列架構。

在這 EDI 模組中，混床式陰陽離子交換樹脂可增加選擇性通透膜之間的離子移動性，並促進離子的移動。經電解水所產生的氫離子與氫氧根離子則可以將離子交換樹脂持續不斷的再生。因此，EDI 技術可說是結合了電透析及離子交換的技術，藉此持續地產製純水。EDI 通常與逆滲透技術一起串連使用。做為進水前處理的 RO 膜可去除許多鹽類與其他不純物，而所產製的 RO 水則當做 EDI 的進水。

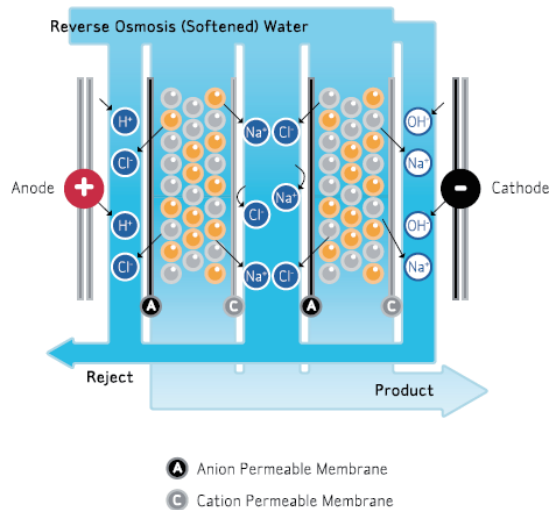


圖 2 第一代 EDI 模組的示意圖

整體來說，EDI 的設計可以產製在 25°C 下，比阻抗值約 5~15 MΩ.cm 左右的高品質純水。雖然 EDI 技術已被使用多年，但在設計上仍有一些缺點。舉例來說，若進水中含有高濃度的鹼金屬離子 (如 >300 ppm 的 CaCO<sub>3</sub>)，則必須加裝軟水機將硬水軟化，否則，EDI 模組濃縮區塊中，於靠近陰離子選擇性通透膜那一側將會有明顯的碳酸鈣 (CaCO<sub>3</sub>) 沉澱。另外，氫氧根離子產生造成陰極表面的酸鹼值增加 (>10.5)，此現象同樣造成陰極表面產生 CaCO<sub>3</sub> 沉澱。陰極附近的氫氧根離子會將所有可溶的二氧化碳 (CO<sub>2</sub>) 皆轉換成碳酸根 (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) 離子。

另外，如果進水中含有鈣離子，也會造成陰極上有碳酸鈣沉澱，進而造成電流無法流通，而使得電解水停止，造成離子交換樹脂無法持續再生，進而停止產製純水。

EDI 模組對於進水中 CO<sub>2</sub> 含量很敏感，而且整個裝置的電阻值 (electrical resistance) 相當高，換句話說，整個 EDI 模組需要消耗相當高的電能。同時，如果系統中沒有裝置恰當的軟水設備，並且加以適當的維護，則將在排放水區塊以及陰極產生碳酸鈣沉澱，造成系統停止運轉。

圖 3 說明了第二代 EDI 模組 (Elix) 的設計。與圖 2 的設計主要有兩點不同：首先在排放水區塊添加混床式離子交換樹脂，第二點則是在陰極進行活性碳塗佈。

這些設計上的改良，使得新 EDI 模組消耗的電能可以大幅降低，這主要是因 EDI 模組的電阻值有效地降低，並且改善了弱電性離子由產水區塊移除到排放水區塊的速率。

EDI 模組在陰極做活性碳塗佈的改良設計，使其對於進水硬度的要求更為寬鬆，並不需要對於進水做軟化處理。在陰極做活性碳塗佈可使陰極的表面積提高二十倍，這將使在陰極表面產生的氫氧根離子可以快速的擴散。因此，pH 值將由原先的 10.5 降至 8.5，同時，因為經逆滲透膜處理前進水的鈣離子若已低於 300 ppm，則進水不需特別加裝軟水機。

Merck Millipore 對此陰極活性碳塗佈更申請了美國的專利。雖然這項活性碳陰極塗佈大幅度地改善了以往的 EDI 技術 (如圖 2)，然而，仍然存在著三個主要的缺點：(1) 進水中 CO<sub>2</sub> 含量最多不能超過 40 mg/L (2) 該流體流路設計是無法放大規模的，而且以流速而言，每一個模組都是獨立的系統。(3) 通入的電流雖然經過全球性優化，但仍需於 EDI 模組中自行調節。

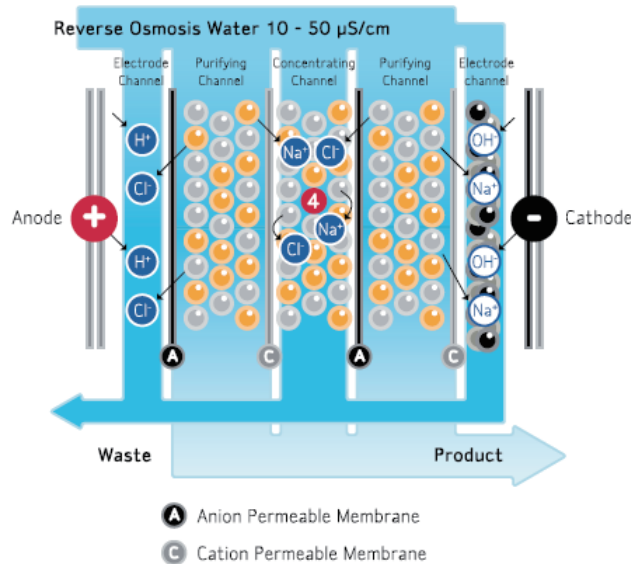


圖 3 改良後的 EDI 模組

#### ● 改良式的分段式電極

圖 4 說明第三代最新的 EDI 模組設計，此設計改善了前面所提到的問題。此第三代設計中不但保有第二代 EDI 模組的改良部分 (如圖 3)，更增加了兩項第二代 EDI 所沒有的特點：(1) 每一個區間皆有一指定的流速，而當不同的區間平行放置時，就組成了 EDI 的模組。(2) 兩端電極放置的方向與液體流動方向垂直，而如圖 4 所示，電極被次區間 (sub-compartment) 來區隔，形成了分段式的電極。此新的 EDI 模組出廠時，有專門的廠內實驗設計來完成其品質的認證與確效，且離子重量平衡 (ionic mass balance) 是其中一項重要的參數。

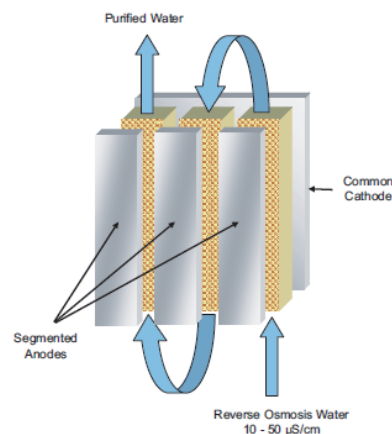


圖 4 分段式電極 EDI 模組設計示意圖

此項新設計的主要優點為具備可擴充性，例如即使 EDI 20 及 EDI 100 所需的進水及電源條件相同，但是產水量是不同的。

此分段式電極的概念 (如圖 4) 以最適當的直流電將水中的離子去除，並可同時有效的再生離子交換樹脂。此設計亦申請專利。當純化的水流經次區間 (sub-compartment) 時，所需的電流較小。分段式電極的另一個優點，是進水中允許有較高含量的 CO<sub>2</sub> (最多可達 65 mg/L)，而不會影響產水的品質。

備註：

1. 資料來源: Millipore The R&D Notebook - RD010



[www.merck-millipore.com](http://www.merck-millipore.com)

Merck Millipore is a division of 