

以倒極/電透析法去除水中氯化銨鹽之可行性研究

陳煜斌¹ 林秀雄¹ 吳志翔¹ 甘其銓² 莊世享³ 萬孟璋^{1*}

¹ 嘉南藥理大學環境工程與科學系

² 嘉南藥理大學溫泉產業研究所

³ 水工社企業有限公司

摘要

本研究針對現行產業於實廠建置氨氮處理設備時，為解決場地空間不足及降低處理時程等問題，採用電透析法及倒極電透析法針對廢水中產生的氨氮進行處理之可行性評估。研究結果顯示：pH 值為 7 以上時，有較佳的去除表現，當 pH 值低於 7 以下去除效率較無明顯之效果。電透析法可在 30 分鐘後即可對水中氨氮達到去除的效果，當流速越快去除效果越差，反之流速越慢去除效果越好，故流速與去除率成反比。此外，在不同 pH 值之試驗中可驗證：pH 值增加去除效率亦隨之升高，反之當 pH 值下降去除效率亦隨之下降；且水中氨氮去除率增加，產水之導電度亦隨之下降。再者，在不同起始氨氮濃度中，以電透析法法去除水中氨氮之最佳去除效率為 71%（ NH_4^+ 離子濃度為 1,600 mg/L、pH=8 及流速=3 L/min），相同條件下亦可得倒極電透析法去除水中氨氮之最佳去除效率為 72%，故以倒極電透析法去除水中氨氮只比單以電透析法增加些微之去除效益，整體經濟效益不大。

關鍵詞：電透析、倒極電透析、氨氮、pH 值、氯化銨

*通訊作者：嘉南藥理大學環境工程與科學系。

Tel:+886-6-266-0615

Fax:+886-6-366-2668

Email: peterwan@mail.chna.edu.tw

壹、緒言

近年來，隨著工業化與經濟的發展，造成各項人為汙染不斷影響台灣的自然生態環境，而其污染的主要來源為：家庭汙水、工業廢水、農業灌溉廢水、養殖畜牧廢水、及科學園區廢水等為主。然而，大多廢汙水雖經妥善處理，卻無法有效去除放流水中的氨氮成分；且經排放至河川及湖泊等管道，造成水體氨氮汙染有逐漸嚴重之趨勢。

水體中的氨氮是指以氨（ NH_3 ）或銨（ NH_4^+ ）離子形式存在的化合氨。氨氮是各類型氮中對環境危害影響最大的，是水體受到污染的指標，濃度過高的氨氮會對於環境的生物，有著不同程度的影響。氨氮與COD一樣，也是水體中的主要耗氧汙染物，氨氮氧化分解消耗水中的溶解氧，使水體發黑發臭。氨氮中的非離子氨是引起水生生物毒害的主要因子，對水生生物有較大的毒害，其毒性比銨鹽大幾十倍。此外，水中含氨氮濃度過高時亦會對

水生動物產生毒性，在氧氣充足的情況下，氨氮可被微生物氧化為亞硝酸鹽氮，進而分解為硝酸鹽氮，其氧化的過程同時亦消耗水中的氧氣，造成溶氧降低（林永倫，2007）。再者，亞硝酸鹽氮亦可與蛋白質結合生成亞硝胺，具有致癌和形成畸型嬰兒的作用。

當淨水系統中含有高濃度的氨及有機氮時，添加過量的氯，則會與氯產生一氯氨、二氯氨、三氯氨，主要依據不同的pH值影響其在水中之比例，一般較多以一氯氨及二氯氨兩種形式存在；除了影響淨水消毒效果之外，亦會增加氯的添加量造成淨水過程中成本之支出（林永倫，2007）。同時，氨氮亦是水體中的營養素，濃度過高之廢水排入水體使其養分過盛，造成大量藻類水生植物大量繁殖同時也大量消耗水中溶氧，使水體呈現優養化（曾建貴，2001）。

人類活動是水體中氮的重要來源，主要有下列

管道：(1) 工業廢水和生活汙水未經處理直接進入河道或水體；(2) 汙廢水處理廠放流水：現行汙廢水處理廠（包括生活汙水和工業廢水）所採用之處理流程，其放流水中仍含有相當數量的氨氮及硝酸鹽等，當其排入水體，即成為藻類的營養基質；(3) 農業汙染源，包括肥料、農業和動物糞便等；人工合成的化學肥料和農藥是水體中氮元素的主要來源；此外，畜牧養殖業的廢水中富含動物的排泄物，氮含量亦相當高；(4) 各種滲出水的入侵：垃圾滲出水中亦含有高濃度的氨氮，如果不妥善處理或者出現意外事故，亦會經過地表逕流進入地表水體或造成地下水的汙染。

我國水中氨氮的汙染除了養殖畜牧廢水外，主要來自工業廢水，其中又以高科技產業因使用大量的含氮化學藥品，光電業及科學園區之氨氮排放量占產業氨氮總排放比率之34%，事業單位實有必要減少其排放量並納入管制。目前，光電業及科學園區之氨氮管制，依既（新）設業者，規範不同限值及緩衝期。其中，新設業者之限值為20 mg/L，自發布日起施行；既設業者第一階段之限值為75 mg/L，自102年7月1日施行；提出削減計畫者延後至104年1月1日施行。第二階段因須配合改善廢（污）水處理設施，給予較長緩衝期，惟最遲至106年1月1日應符合30 mg/L。

目前去除氨氮的主要方法有：物理法、化學法及生物法。物理法包含：逆滲透法、蒸餾法及土壤灌溉等處理技術；化學法包含：離子交換發、氨吹脫法、折點加氯法、焚化法、化學沉澱法、催化裂解法、電滲析法及電化學等處理技術；生物法包含：藻類養殖法、生物硝化法及固定化生物技術等處理技術。各項技術於實場應用時皆有其優勢及劣勢。鄭幸雄，2011將目前常用於廢水除氮之程序比較如表1所示。

表1 目前常用廢水除氮程序比較（鄭幸雄，2011）

技術方法	優點	缺點
傳統生物脫硝硝化	異營性脫硝菌微生物馴養容易	缺乏碳原系統需要添加有機碳源；脫硝污泥生成量大；曝氣成本高
厭氧氨氧化	汙泥需氧量低；負荷去除量大；操作成本較低	技術專利屬他國研究團隊；國內技術有待扶持工程化
離子交換法	快速方便	費用昂貴；再生後會有濃排汙染廢液；處理水量有限
折點加氯法	反應快速；操作技術層次較低	加藥費用；有機廢水會有三氯甲烷產生
氣提法	廢棄以硫酸溶液吸收，可回收硫酸銨；技術門檻低；不需反洗或再生；無生物處理之毒性影響	加藥費用大；動力消耗高；高濃度氨氮才符合經濟效益；高 pH(~11) 及長時間曝氣才能有效的去除

本研究針對現行產業於實廠建置氨氮處理設備時，為解決場地空間不足及降低處理時程等問題，採用電透析法（Electro-Dialysis，簡稱ED）針對廢水中產生的氨氮進行處理之可行性評估。電透析是利用正極及負極之間所產生之電動勢來驅動溶劑透過電透析薄膜（Electrodialysis Membrane）以達到污染物自本體分離之目的。電透析分離裝置如圖1所示，廢水自槽底加入電透析分離槽中，槽左右兩端各有陽電極板（Anode）及陰電極板（Cathode）。陽離子透析薄膜（Cation Permeable Membrane）及陰離子透析薄膜（Anion Permeable Membrane）交互並排安裝在槽中，廢水中之陽離子只能透過陽離子透析薄膜，但被陰離子透析薄膜所阻攔；陰離子只能透過陰離子透析薄膜，但被陽離子透析薄膜所阻攔。所以廢水中陰陽離子將受分離並分別集中在透析薄膜之間之空間內（周珊珊，2005）。

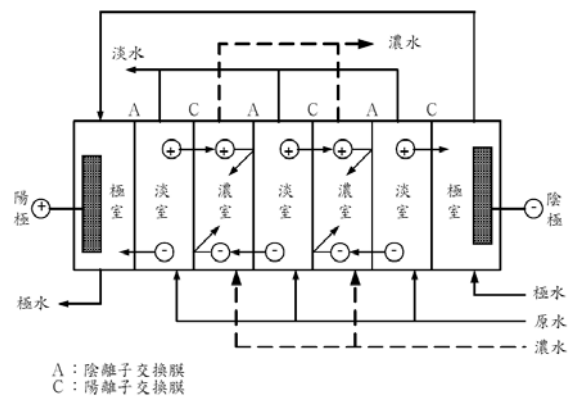


圖1 電透析分離陰陽離子示意圖（周珊珊，2005）

前期研究顯示，電透析法目前已成功商業化運用於多項工業用途，例如：高鹽度地下水（林朝香，1997）、河川水（梁德明，2004）與半鹹水淡化脫鹽處理（林正欣，1999）等。此外，隨著具有高選擇性、低電阻、熱穩定性、化學穩定性和機械性能較好的新型離子交換膜的出現，電透析在食品、醫藥和化工領域皆有廣闊之應用（黃維局等，2008）。爰此，本研究為檢示不同之操作參數及條件對於電透析法應用氨氮去除之效益評估，設定不同的操作電壓、pH值及水樣流速，分析氨氮之去除之效率，並探討電透析法去除不同pH值下，水中氨氮之最適化操作條件，主要針對下列一項進行探討：(1) 驗證電透析法去除水中氨氮之最適化操作條件，如：電壓、pH值及水樣流速等。(2) 驗證倒極式電透析法去除水中氨氮之最適化操作條件，如：電壓、pH值及水樣流速等。(3) 完成電透析法去除水中氨氮之可行性評估。。

貳、研究方法與設備

一、研究設備與材料：

實驗藥品：氯化銨（Ammonium chloride, NH_4Cl ）試藥級、氨水（25-32%）、鹽、氫氧化鈉（98%），MERCK。pH校正液：pH4.01±0.02；pH 7.00±0.02（25℃），Suntex instruments CO.。

實驗設備：酸鹼度計（pH meter）：9P-ULTRAMETER III /U.S.A。導電度計（Conductivity meter）：9P-ULTRAMETER III /U.S.A，檢測範圍0~200 ms/cm。離子層析儀（Ion Chromatography）：型號Dionex ICS-2500，用於檢測水中陽離子濃度，管柱型號CS12A。天平：廠牌OHAUS，型號AR2140，最大秤重為200g，精確度可達0.001g。倒極電透析（EDR）試驗機：由水工社企業有限公司提供；EDR組裝極段為一級三段共有20對膜，設定電壓值為0~20 V，產水量最大為5.2 min/L，其設備包括：2個10L的桶子、調整流量之流量計、電透析器及左右兩邊的極板等，如圖2(A)及2(B)所示。



(A) EDR試驗機組 (B) 電透析器
圖2 倒極電透析（EDR）試驗機組

離子交換薄膜：產品型號和名稱分別為S-2525 聚乙炔異相陽離子交換膜及M-2525 聚乙炔異相陰離子交換膜，在外觀上陽、陰膜平整光潔，厚薄均勻，具有柔軟性，且無機械損傷，無針孔及無油污。物理特性及規格如表2，而陽、陰離子膜的主要技術參數如表3所示。

表2 陰陽離子交換膜之物理特性

項目	厚度 (mm)	厚度極限偏差 (mm)	有效面積 (mm ²)
測值	0.42	±0.04	200×400

表3 陰陽離子交換膜之主要技術參數

試驗項目	單位	指標	
		陽膜	陰膜
含水率	%	35-50	30-45
交換容量 ≥	mol/kg	2.0	1.8
膜面電 ≤	Ω.cm ²	11	12
選擇透過率 ≥	%	90	89
脫鹽率（一次） ≥	%	18	18

二、電透析試驗：

本研究主要針對倒極電透析技術去除水中不同pH氨氮之操作效能，探討各操作參數，如： NH_4^+ 濃度、流速、pH 值等參數對 NH_4^+ 去除效率之影響。本研究亦進行了倒極及未倒極試驗之比較，務以更有效率的操作方式去除水中之 NH_4^+ 離子。

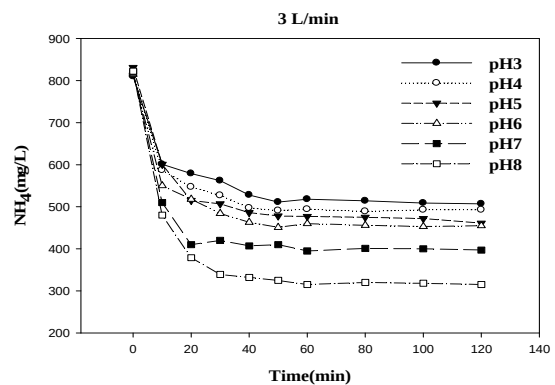
實驗樣品以氯化銨配製，濃度分別為：800 ppm及1,600 ppm，進行不同pH值（3, 4, 5, 6, 7, 8）及不同流速（3 L/min及5 L/min）之氨氮去除試驗，實驗時間為120分鐘，每10分鐘採樣一次，並觀察水中導電度之變化；若進行倒極試驗，在第30分鐘時實施倒極，同時於實驗過程中觀察水中導電度之變化。採樣後之數據依標準氨氮分析方法-離子層析法進行檢測，以了解pH值及流速大小對電透析處理氨氮廢水之影響，並求得最佳操作條件。

由於此EDR薄膜所承受之電壓值範圍為：每一對薄膜可承受0.6V~1.0V，薄膜總數為20對；為了避免薄膜受損，故電壓值設定範圍可為10V~20V；此外，前期研究顯示：電壓的大小對電透析效益影響很大，電壓越大去除效率越好，反之電壓越小去除效率越差，故本實驗模組設定最大承受電壓為20V。

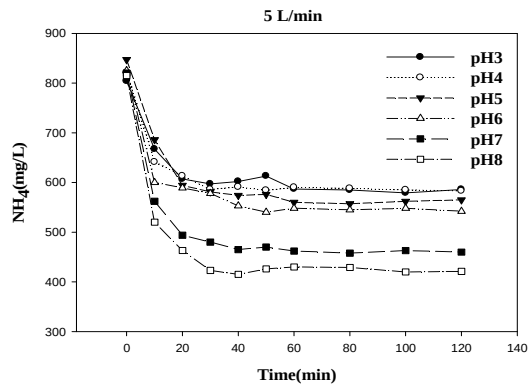
參、結果與討論

一、電透析法去除水中氨氮之試驗

在 NH_4^+ 離子濃度為800 mg/L的試驗中，由圖3(A)、圖3(B)可驗證：在不同pH值，水中 NH_4^+ 離子濃度會隨著時間增加而減少，產水約在10分鐘就已有去除氨氮之效果，且隨著時間的增加，水中氨氮濃度亦隨之降低；反應時間在30分鐘時，氨氮去除能力已達到平衡。此外，在不同pH值之條件下，較高的pH值（7, 8）有較佳的去除效果，故當pH值高於7時有較穩定的去除效果。



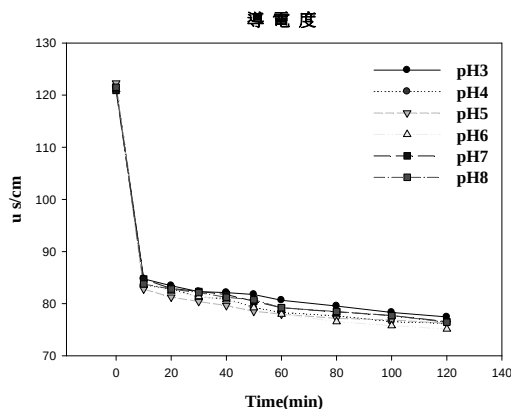
(A) 流速為3 L/min



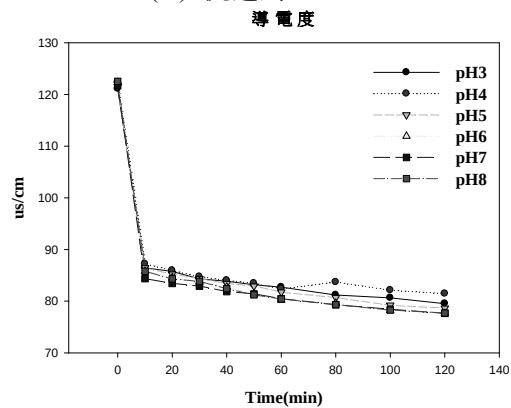
(B) 流速為 5 L/min

圖3 濃度為 800 mg/L，不同流速下，不同 pH 值之電透析處理效益

導電度通常用來表示水中導電物質的多寡，在 NH_4^+ 離子濃度為 800 mg/L 時，原水之導電度為 121.6~122.3 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 。由圖4可以顯示：在不同的流速下，於第10分鐘後產水之導電度趨於平衡，導電度降低表示水中可傳導電流之物質減少，通常是水中之陰陽離子；亦代表本研究水樣中之 NH_4^+ 離子已由電透析去除。此外，無論 pH 值高低，最終產水之導電度皆趨近於相同，顯示電透析法已達處理極限。



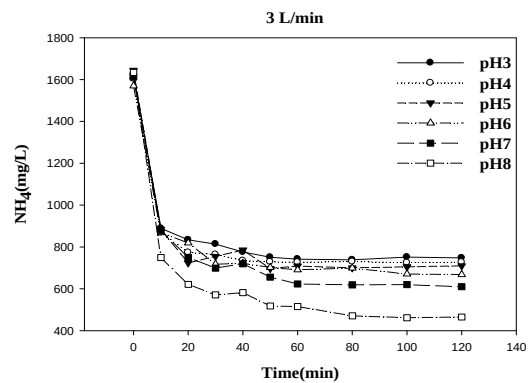
(A) 流速為 3 L/min



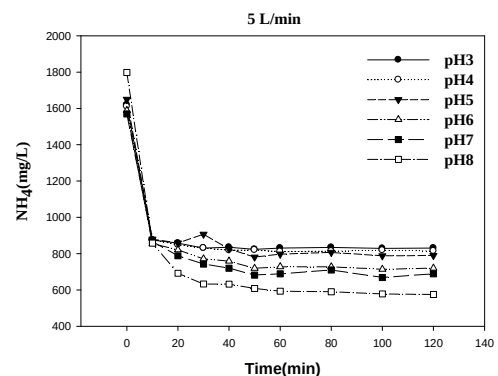
(B) 流速為 5 L/min

圖4 濃度為 800 mg/L，不同流速下，不同 pH 值之產水導電度變化

在 NH_4^+ 離子濃度為 1,600 mg/L 的試驗中，由圖 5(A)、圖 5(B)可驗證：在不同 pH 值，水中 NH_4^+ 離子濃度亦隨著時間增加而減少，產水約在 10 分鐘就已有去除氨氮之效果，且隨著時間的增加，水中氨氮濃度亦隨之降低；反應時間在 30 分鐘時，氨氮去除能力已達到平衡。此外，在不同 pH 值之條件下，較高的 pH 值 (7, 8) 有較佳的去除效果，且當 pH 值高於 7 時有較穩定的去除效果。再者，圖 6 顯示了在 NH_4^+ 離子濃度為 1,600 mg/L 時，不同流速下，不同 pH 值之產水導電度變化，原水之導電度為 978.3~991 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ，其變化與 NH_4^+ 離子濃度為 800 mg/L 時相同，均達最終之處理極限。

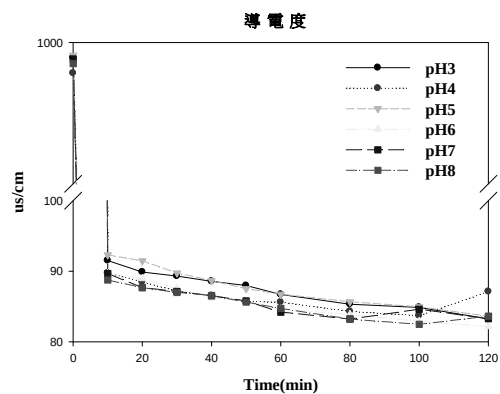


(A) 流速為 3 L/min

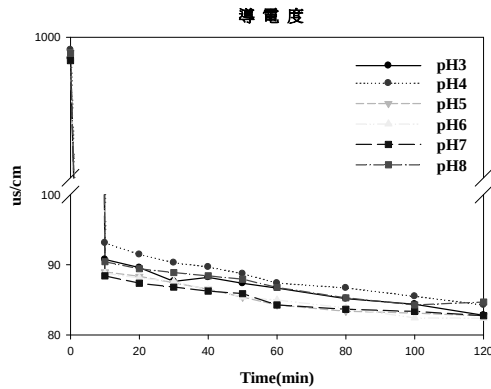


(B) 流速為 5 L/min

圖5 濃度為 1,600 mg/L，不同流速下，不同 pH 值之電透析處理效益



(A) 流速為 3 L/min



(B) 流速為5 L/min

圖6 濃度為1,600 mg/L，不同流速下，不同pH值之產水導電度變化

表4顯示了在不同濃度、不同pH值及不同流速下，以電透析法去除水中氨氮之比較，在低濃度的試驗中，最佳的去除效率為62%，實驗條件為：pH=8及流速=3 L/min；相同的實驗條件亦顯示在高濃度的試驗中，最佳的去除效率可達71%。此結果可驗證：在以氯化銨為原水之氨氮溶液中，較高的pH值及較低的流速具有較佳的去除效果。

表4 不同濃度、不同pH值、不同流速下，以電透析法去除氨氮之比較

去除率 (%)	NH ₄ ⁺ 離子濃度為 800 mg/L		NH ₄ ⁺ 離子濃度為 1,600 mg/L	
	流速 3 L/min	流速 5 L/min	流速 3 L/min	流速 5 L/min
pH值				
3	27	37	54	49
4	39	28	55	49
5	45	33	56	52
6	44	34	57	54
7	51	43	62	56
8	62	47	71	65

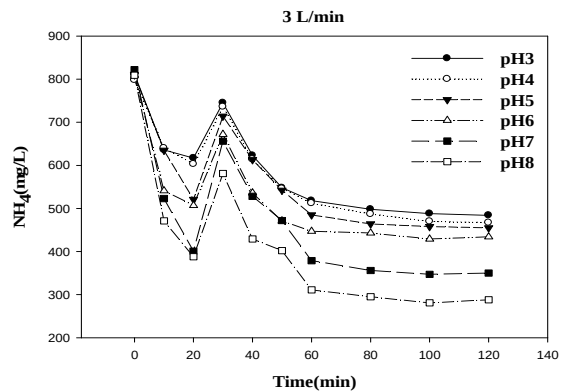
二、倒極電透析法去除水中氨氮之試驗

在前述之實驗中可以明顯的驗證，在不同濃度、不同pH值及不同流速下，以電透析法去除水中氨氮已達其處理極限；且在第30分鐘時，電透析技術對氨氮去除效果已趨於平衡，故選在第30分鐘以倒極電透析法增加去除效益。

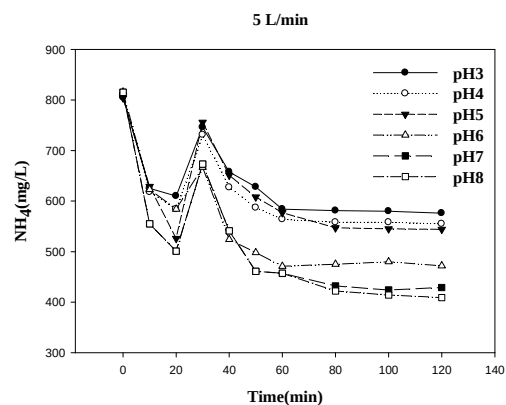
倒極電透析技術（Electro-Dialysis Reversal, EDR）則是將電透析處理技術作進一步修正，利用直流電正負極和內部導流的切換能自動清洗離子交換膜表面上的結垢，大幅度地改善積垢問題，延長薄膜使用壽命，可增加電透析系統的操作穩定性，並減少化學藥劑的

使用量（游朝裕，2008）。

在NH₄⁺離子濃度為800 mg/L的試驗中，由圖7(A)、圖7(B)可驗證：在不同pH值，水中NH₄⁺離子濃度會隨著時間增加而減少，但在第30分鐘倒極時產水品質變差，其主要原因是EDR屬於單向電透析，在倒極時電流轉換使電透析器中的離子交換，故發生產水中氨氮濃度瞬間上升。經過40分鐘後，產水中氨氮濃度逐漸下降，在第80分鐘時產水中濃度趨於平衡。此外，不管流速為3 L/min或5 L/min，pH值為8時具有最好的氨氮去除效果，當pH值為7時亦有較接近的去除效果。



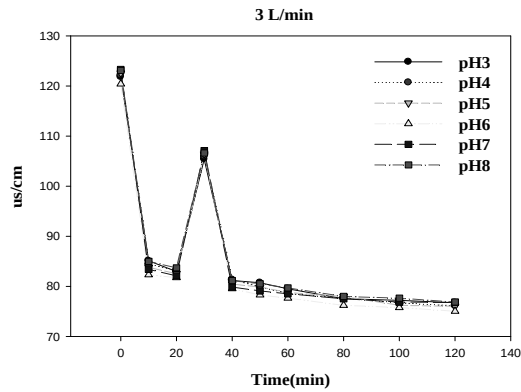
(A) 流速為3 L/min



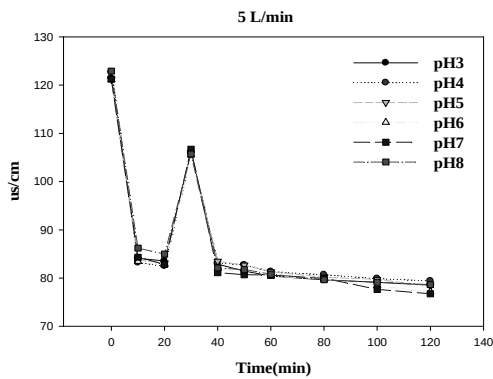
(B) 流速為5 L/min

圖7 濃度為800 mg/L，不同流速下，不同pH值之倒極電透析處理效益

在NH₄⁺離子濃度為800 mg/L時，原水之導電度為120.4~123.1μs/cm。由圖8所示，無論pH值高低，流速快慢，產水之導電度皆趨於相同；在第10分鐘時產水之導電度達到平衡，在第30分鐘倒極時有明顯上升，於第50分鐘時下降且趨於平衡。當導電度降低表示水中可傳導電之離子減少，NH₄⁺離子之去除率也隨下降。



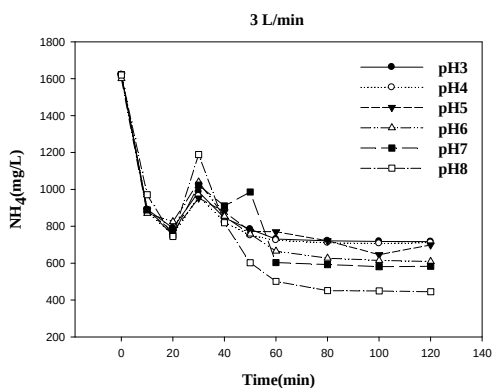
(A) 流速為 3 L/min



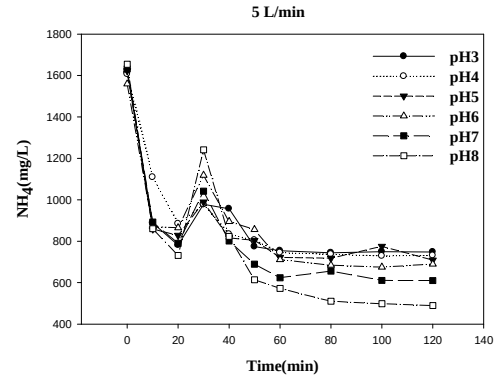
(B) 流速為 5 L/min

圖8 濃度為800 mg/L，不同流速下，不同pH值之產水導電度變化

在 NH_4^+ 離子濃度為 1,600 mg/L 的試驗中，由圖 9(A)、圖 9(B)可驗證：在不同 pH 值，水中 NH_4^+ 離子濃度會隨著時間增加而減少，但在第 30 分鐘倒極時 NH_4^+ 離子濃度上升，經過 40 分鐘後，產水中氨氮濃度逐漸下降，在第 80 分鐘時產水中濃度趨於平衡；且不管流速為 3 L/min 或 5 L/min，pH 值為 8 時仍具有最好的氨氮去除效果。此外，圖 10 顯示了在 NH_4^+ 離子濃度為 1,600 mg/L 時，不同流速下，不同 pH 值下，倒極電透析法之產水導電度變化，原水之導電度為 976~988.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，其變化與 NH_4^+ 離子濃度為 800 mg/L 時相同，導電度隨去除率之上升而降。

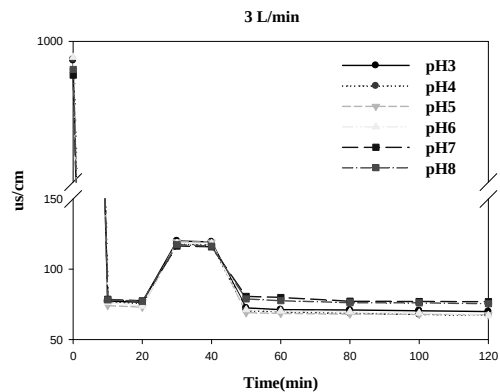


(A) 流速為 3 L/min

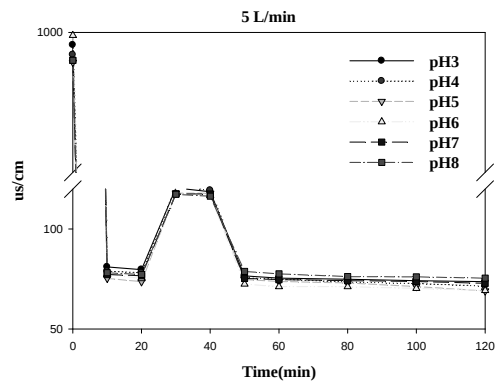


(B) 流速為 5 L/min

圖9 濃度為1,600 mg/L，不同流速下，不同pH值之電透析處理效益



(A) 流速為 3 L/min



(B) 流速為 5 L/min

圖10 濃度為1,600 mg/L，不同流速下，不同pH值之產水導電度變化

表 5 顯示了在不同濃度、不同 pH 值及不同流速下，以倒極電透析法去除水中氨氮之比較，在低濃度的試驗中，最佳的去除效率為 64%，實驗條件為：pH=8 及流速=3 L/min；相同的實驗條件亦顯示在高濃度的試驗中，最佳的去除效率可達 72%。此結果可驗證：在以氯化銨為原水之氨氮溶液中，較高的 pH 值及較低的流速具有較佳的去效果。此外，將表 5 之數據與表 4 進行比較，可證明以倒極電透析法去除水中氨氮只比單以電透析法增加些微之去除效益，整體經濟效益不大。

表5 不同濃度、不同pH值、不同流速下，以導極

電透析法去除氨氮之比較

去除率 (%) pH值	NH ₄ ⁺ 離子濃度為 800 mg/L		NH ₄ ⁺ 離子濃度為 1,600 mg/L	
	流速 3 L/min	流速 5 L/min	流速 3 L/min	流速 5 L/min
3	40	28	56	53
4	41	31	56	55
5	44	32	56	55
6	46	42	61	56
7	57	47	64	62
8	64	54	72	70

研究，屏東科技大學環境工程與科學系碩士論文。

黃維菊 (2008)。膜分離技術概論，北京：國防工業出版社，132-143。

游朝裕，(2008)。倒極式電透析處理方法對工業廢水處理之研究，朝陽科技大學環境工程與管理系碩士論文。

鄭幸雄，(2011)。高科技廢水氨氮去除技術介紹，南部科學工業園區台南園區環工中心廢(污)水處理防制技術宣導說明會。

肆、結論

由本實驗結果得知，電透析法可在 30 分鐘內即可對水中氨氮達到去除效果，當流速越快去除效果越差，故流速與去除率成反比，本研究於流速在 3 L/min 時去除率最好。此外，在不同 pH 值之試驗中可驗證：pH 值增加去除效率亦隨之升高，反之當 pH 值下降去除效率亦隨之下降；且水中氨氮去除率增加，產水之導電度亦隨之下降。

在不同起始氨氮濃度中，以電透析法法去除水中氨氮之最佳去除效率為 71% (NH₄⁺離子濃度為 1,600 mg/L、pH=8 及流速=3 L/min)，相同條件下亦可得以倒極電透析法去除水中氨氮之最佳去除效率為 72%，故以倒極電透析法去除水中氨氮只比單以電透析法增加些微之去除效益，整體經濟效益不大。此外，本研究證實以氯化銨為原水之氨氮溶液中，使用電透析法將只能達成約七成之去除率，顯見整體效益仍可藉由更換電透析膜或改變陰離子成分取得進一步之提升。

參考文獻

林正欣、林東源、陳伯榕，(2000)。電透析法對澎湖地區地下半鹹水淡化之研究，*鑛冶*，44(1)，113-117。

林永倫，(2011)。南坎溪上游氨氮污染源之調查及整治規劃，東南科技大學防災研究所碩士論文。

林朝香，(1997)。地下鹼水以電透析除鹽，*工業節水技術系列之合理用水與造水技術研討會論文集*。

周珊珊、梁德明、莊世享，(2005)。螺絲業廢水處理及水處理案例介紹，*螺絲世界雙月刊*。

曾建貴，(2001)。水平流式生物濾床行硝化脫氮之

The Feasibility Study of Ammonium Chloride Removal in Aqueous Solution using Electro-Dialysis Process

I Pin Chen¹ Shiow Shyung Lin¹ Chih Hsiang Wu¹ Chi Chuan Kan²
Shih Shing Chuang³ Meng Wei Wan^{1*}

¹Department of Environmental Engineering & Science,

²Institute of Hot Spring Industry,

Chia-Nan University of Pharmacy and Science, Tainan, Taiwan 71710, R.O.C.

³Shell Kwong Sir Enterprise CO., LTD, Tainan City 71746 Taiwan, R. O. C.

Abstract

In recent years, the ammonium in waste effluent concentration has attracted global attention. In present, various techniques have commonly used to remove ammonium or nitrogen from wastewater. In this study, the small scale electric dialysis (ED) equipment has established in the application of ammonium removal by using self-prepared ammonium solution. Some control facts that affect the removal efficiency were carefully examined in this laboratory simulation, including and pH, concentration and flow rate.

Experimental results indicated that adjusting pH could affect significantly the removal efficiency of ammonium chloride. The pH values equal to 7 or higher illustrated better removal performance. While the pH is below than 7, the following removal efficiency decreased clearly. Moreover, in 30 minutes, the electric dialysis could reach the obvious removal of ammonium. The removal effect was decreased while the flow rate increased, whereas the slower flow rate illustrated better removal efficiency. The best result was achieved at low rate at 3L/min. Therefore, at various initial ammonium concentrations, the best removal efficiency of 1600 ppm solution was 72%, while the best removal efficiency of 800 ppm solution was 70.

In the experiment of electric dialysis reversal (EDR), the treatment efficiency decreased at first 30 minutes, and slowly came back after 50 minutes. The conductivity followed the direct proportional to the removal efficiency. The best condition was achieved up to 72% removal efficiency at EDR experiment under the flow rate = 3 L/min, and pH = 8.

Keyword: ED, EDR, Ammonium Removal, Ammonium Chloride, pH

*Corresponding Author: Associate Professor of Environmental Engineering & Science, Chia-Nan University of Pharmacy and Science, Tainan, Taiwan 71710, R.O.C.

Tel: +886-6-266-0615

Fax: +886-6-366-2668

Email: peterwan@mail.chna.edu.tw