

【發明說明書】

【中文發明名稱】 現地電解之地下水整治工法

【英文發明名稱】 A Groundwater Cleanup method by in-situ electrolysis

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種地下水之處理方法，且特別是有關於一種現地處理受污染地下水之電解方法。

【先前技術】

【0002】 長久以來，含氯系有機溶劑即為地下水中最常見之有機污染物，如三氯乙烯及四氯乙烯等含氯脂肪族碳氫化合物(Chlorinated Aliphatic Hydrocarbons, CAHs)。二十多年來，美國約有80%的超級基金場址(Superfund sites)及超過3,000個國防部隸屬單位(Department of Defense, DOD)場址中，皆可發現這兩種污染物的蹤跡。而在台灣，如桃園縣美國無線電公司(RCA)地下水之含氯溶劑(包括氯乙烯、1,1-二氯乙烯、1,1-二氯乙烷、順-1,2-二氯乙烯、1,1,1-三氯乙烷、三氯乙烯、四氯乙烯等污染)污染場址，高雄縣大寮鄉義仁村赤崁福德爺廟之地下水井含三氯乙烯污染及高雄台塑林園廠氯乙烯污染等，都可發現CAHs的存在。要去除這些地下水含氯系有機溶劑污染物所需耗費的時間難以估計，且要將這些污染場址之環境水準提昇至國家管制標準所需耗費的金額也將十分龐大，以美國之污染場址估算，總金額往往高達數十億美金。

【0003】 CAHs 因其低水溶性及高沸點之特性，而被分類為最難去除的污染物之一；尤其當它以比水重之非水溶相液體(Dense Nonaqueous-Phase Liquid, DNAPL)污染源存在於地下環境時，其處理上之困難程度往往更高。在過去10至15年間，「抽出處理法」(Pump & Treat processes)已證明並不能迅速、經濟且有效地處理DNAPL污染問題。而近年來新興的一些污染源整治技術(Source Remediation Technologies)，如界面活性劑或乙醇沖排法(Surfactant or Alcohol Flooding)及現地熱處理法(In Situ Thermal Treatment)等，對於一些DNAPL污染場址，已證明能有效地移除大量污染源，亦能降低污染源之污染釋放量。應

用電化學技術處理地下水污染物為一新穎的整治工法，主要藉由氧化機制可對水中、大氣中、土壤中難降解有機物，經由直接氧化或間接氧化的方式移除，如利用 O_2 在陰極還原為 H_2O_2 ，隨後生成OH radical，將污染物氧化分解。有時為加速OH radical之生成，常在液體中加入少量 Fe^{2+} ，使其產生類似Fenton的反應，此技術又稱為電化過氧分解(electrochemical peroxidation)。

【0004】 另一方面化石能源即將面臨耗竭短缺的窘境，全球亦遭逢前所未見的氣候變遷的衝擊與溫室暖化的危機，節能減碳已成為近期之潮流趨勢，世界各國莫不以發展綠色能源科技取代傳統能源為要項，台灣位於日照量充足的亞熱帶地區，非常適合發展太陽能發電系統，若能應用太陽能做為電化學處理系統的趨動電力，則實務之應用面更廣，且處理整治之操作成本可能更低廉。因此，本系統中係利用太陽能板將太陽能轉為電能，以電池儲存電能兼具穩壓的功能，直接以直流電輸出，提供電化學處理系統電力來源，進行地下水含氯有機物等污染之降解作用。國內外有許多因工廠運作的溶劑洩漏或有害事業廢棄物的不當處置，而造成地下水污染問題。例如，含氯有機物(三氯乙烯或四氯乙烯等含氯脂肪族碳氫化合物(Chlorinated Aliphatic Hydrocarbons；CAHs)即是地下水中最常見之有機污染物。含氯有機物因其低水溶性及高沸點之特性，而被歸類為最難去除的污染物之一。特別是當含氯有機物以比水重之非水溶相液體(Dense Nonaqueous-Phase Liquid；DNAPL)污染源型態存在於地下水中時，去除含氯有機物之困難程度更為增加，且所需之時間及成本亦難以估計。

【0005】 土壤地下水污染物而言，一般依照處理技術與處理場址的關係可分為三類。第一類為現地(in-situ)處理技術，指未經過開挖污染土壤程序，直接在現地進行污染物之處理。第二類為現場(on-site)處理，即經過開挖程序後直接在現場處理。第三類為離場(ex-situ)處理，即開挖受污染土壤後將土壤運離處理場址再進行處理。

【0006】 地下水整治技術中，現地處理技術因其在經濟面的優勢及對場址的低破壞性，具有高度商業化潛力及技術性應用。其中，針對地下水整治技術中，

傳統整治工法主要以抽取處理法(Pump and Treat)為主，其缺點為處理時需抽取過量地下水，但因地下含水層質地之非均質性，某些區域污染物無法順利抽出處理。以物理性整治工法而言，土壤氣體抽除法(Soil Vapor Extraction)廣受採用。但土壤氣體抽除法僅限於處理土壤中揮發性物質，抽出之污染氣體仍須再進一步處理。另外結合空氣注入法(Air Sparging)雖然同時可處理土壤與地下水之揮發性有機污染物，但仍限於土質較疏鬆區域，對於質地緊密之土壤處理效果不佳。以化學性整治工法而言，現地化學氧化法(In Situ Chemical Oxidation)近年來極為普遍，雖然可達到快速降解地下污染物的目的，但由於一般需添加化學藥劑如雙氧水(H₂O₂)、芬騰試劑(Fenton Reagent)、過硫酸鹽藥劑(Persulfate)等，因此若大量添加所費不貲。而生物性整治工法雖然被認為是最符合生態且有效之處理方法，但缺點為處理時間過長(長達數年之久)，無法滿足實際需求。

【0007】 電動力(Electrokinetics, EK)復育技術是近年來新崛起且極具發展潛力的處理方法，其主要優點為：(1)可以在異質性高且滲透性低之土壤介質中產生均勻之電滲透流；(2)可以控制電滲透流之流動方向；(3)對污染物的去除效率良好；(4)具有相當高的經濟效益；(5)可同時與其他整治技術整合使用；以及(6)可適用之污染物類型十分廣泛。然而，目前電動力技術多應用於處理土壤重金屬污染物，甚少應用於地下水污染物處理，亦無應用於地下水整治。目前所常見的處理方式是將電極放入受污染的土壤以及地下水中，通電過後可以使污染的土壤及地下水中的污染物因為電的異性相吸的原理將土壤及地下水中的污染物吸引至電極附近並加入藥劑將污染物溶於藥品中，最後再將含有土壤及地下水污染物的污水抽至地面做污水處理，將污水處理乾淨之後再次回到系統中循環。

【發明內容】

【0008】 本發明的一目的在於提供一種現地處理地下水之電解方法，利用特定結構之電解裝置深入污染物深度，鄰近污染物範圍，直接現地降解地下水污染物。另一目的在於提供一種現地處理地下水之電解方法，其具有降低處理成本、無二次污染防制的問題以及對處理場址具有低破壞性之優點。

【0009】 本發明之又一目的在於提供一種現地處理地下水之電解方法，其所使用之電解裝置具有方便攜帶，容易伸入處理場址之反應井中之優點，其適用於2吋以上井管之設置，且亦無設置深度的限制。根據本發明之上述目的，提出一種現地處理地下水之電解方法。在一實施例之現地處理地下水之電解方法中，包含下列步驟。提供電解裝置，電解裝置包含第一多孔電極管、第二多孔電極管、第一絕緣件以及第二絕緣件。第一多孔電極管具有相對之第一頭部及第一尾部。第二多孔電極管設置於第一多孔電極管內且具有相對之第二頭部及第二尾部。第一絕緣件設置於第一頭部及第二頭部之間。第二絕緣件設置於第一尾部及第二尾部之間。設置電解裝置於場址之井管中，其中場址之地下水流經井管。進行驅動步驟驅動電解裝置處理地下水，以使地下水之含氯有機物產生電解反應。

【0010】 本發明一實施例，上述含氯有機物包含三氯乙烯。依據本發明一實施例，在進行上述驅動步驟時，並未加入化學藥劑於地下水中。

【0011】 依據本發明一實施例，上述現地處理地下水之電解方法更包含利用供電裝置電性連接電解裝置。

【0012】 依據本發明一實施例，上述供電裝置包含太陽能發電單元或電池。

【0013】 依據本發明一實施例，上述驅動步驟之驅動電壓係2.5伏特至5伏特，以及驅動時間係100分鐘至20天。依據本發明一實施例，上述第一多孔電極管之材質包含鉑、金或鉑鈦合金。

【0014】 依據本發明一實施例，上述現地處理地下水之電解方法，其中第二多孔電極管之材質包含鉑、金或鉑鈦合金。

【0015】 依據本發明一實施例，上述第一多孔電極管與第二多孔電極管之間具有距離，且距離係0.3公分至0.5公分。

【0016】 依據本發明一實施例，上述第一絕緣件更包含絕緣部以及保護部。絕緣部設置於第一頭部及第二頭部之間。保護部連接絕緣部，且保護部蓋設於第一頭部上及第二頭部上。

【0017】 本發明之現地處理地下水之電解方法係利用特定結構之電解裝置來處理受含氯有機物污染之場址，並於井管內直接對含氯有機物進行現地處理。其中，本發明之現地處理地下水之電解方法所使用之電解裝置可深入污染物深度，鄰近現地污染物範圍，直接降解地下水污染物。因此，本發明之現地處理地下水之電解方法不須將污染地下水抽出地面處理，可降低處理成本。此外，本發明之現地處理地下水之電解方法可視需要而添加適合的化學藥劑(如催化劑、反應劑或電解質等)，以加速電解的過程以及時間。

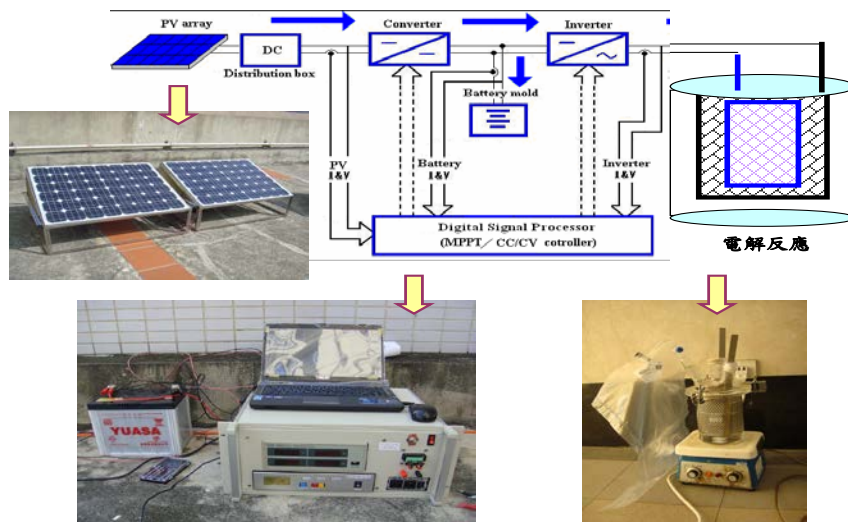
【0018】 另外，本發明之現地處理地下水之電解方法中，其所使用之電解裝置係為包含二絕緣件以及二多孔電極管之模組化電解裝置，裝置體積小且輕巧，故具有方便攜帶，容易伸入處理場址之反應井中之優點，且適用於2吋以上井管之設置，亦無設置深度的限制。

【0019】 本發明實施例中所使用之藥品包括硫酸鈉(歐洲PANREAC Chemicals，分析試藥級，純度99.00%)、氯化鈉(Sigma-Aldrich，分析試藥級，純度99.00%)、超高純度氮氣(錦德氣體，99.999%)，空氣產自於天鵝牌無油式空壓機。實驗所需之溶液皆以二段水(電阻值達18.0 MΩ-cm)來配製，二段水取自於Milli-Q system (Millipore, Tk-10, USA)。

【0020】 本發明結合太陽能供電與電化學處理技術，所提出之太陽能動力電解系統配置，單元包括太陽能板、轉換器、電池、雙極式電極處理系統等元件。本發明所使用的系統裝置主要包含太陽能動力系統與電解處理系統兩大部分：
(1)太陽能動力系統採用2片100 W太陽能板，預估最大電壓25.38伏特、電流7.89安培，具變頻器、升降壓穩壓器、蓄電池配備，以微處理機進行直流/交流輸出電壓/電流控制。
(2)電解處理系統採用非分離式4孔口反應槽，其容積為1 L，反應槽頂部有4孔口，供工作電極與輔助電極安裝、氣體釋壓口、採樣口等用途，4孔口皆進行密封，氣體釋壓口外接採氣袋可同步收集氣體樣品，反應槽底部以磁石攪拌避免氣泡累積於電極表面。二極式電極皆設計為三環柱狀白金鈦網電極，三環柱狀電極長度12 cm，工作電極由直徑8 cm、6 cm、4 cm 三個4 μm白金鈦網

並聯組成，輔助電極由直徑7 cm、5 cm、3 cm 三個4 μm 白金鈦網並聯組成，且輔助電極可直接嵌入工作電極，電極間距僅1 cm，並以鐵弗龍套環固定，避免電極接觸造成短路。

實驗裝置示意圖



操作方式

【0021】 配製TCE濃度0.5至20 mg/L溶液模擬受污染之地下水，添加少量 Na_2SO_4 作為支持電解質，操作採用定電壓電解，工作電極電位由太陽能能源調整器控制，再並聯及串聯三用電表量測過程中反應器電壓及電流之變化，每組實驗反應時間以360 min或480 min為原則，進行過程中每0、5、15、30、60、180、360、420及480 min取樣一次，採集之樣品利用氣相層析儀分析殘留之TCE濃度，並確認TCE降解過程生成中間產物的情形。

樣品分析方法

【0022】 過程中係以密閉式採集方式取樣，以20cc玻璃注射筒插入電解槽中抽取電解水樣，將100 μL 採集樣品加入25%的鹽水中，以鹽析法降低水中的溶解度以釋出有機物。利用固相微萃取(SPME)方式進行樣品前處理，由GERSTEL MPS2自動進樣系統進樣，以SUPELCO 100 μm 之Fiber插入上機瓶，以頂空法在32 $^{\circ}\text{C}$ 下頂空吸附20 min，在

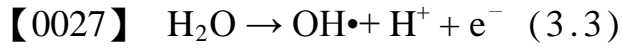
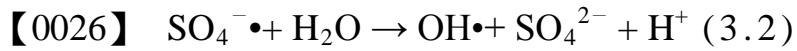
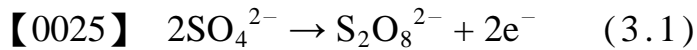
250 °C 的汽化管下脫附 5 min，以載流氣體氮(N₂)導入層析管柱內進行分析。樣品上機以氣相層析儀/微量電子捕捉偵測器(GC/ μ ECD)進行樣品TCE濃度定量分析，GC機型為 Agilent 6890N，其溫度參數Inlet：230°C、偵測器：250°C、管柱：Agilent DB-624(30.0m、320 μ m、1.80 μ m)、流速：1 mL/min、升溫 35 °C 停留 4.0 min，以 5 °C/min 升溫至 100 °C，再以 30 °C/min 升溫至 220 °C，最後停留 1 min。偵測器 μ ECD 針對水中含鹵素有機物有極高的靈敏度，主要分析的物種有 VC、DCE、DCM、Tra-DCE、Cis-DCE、TCE、PCE，依 GC/ μ ECD 分析設定條件得知各種含氯化合物的滯留時間約為 DCE：8.10 min、DCM：9.22min、Tra-DCE：9.87min、Cis-DCE：12.07min、TCE：15.42min、PCE：18.83min。樣品分析前先釋入空白水樣分析，以確保儀器設備干擾降到最低；並執行標準品查核分析確認檢量線的校正準確性，每 10 筆樣品分析後執行檢量線之查核，完成樣品分析後再執行檢量線之查核。

結果與討論

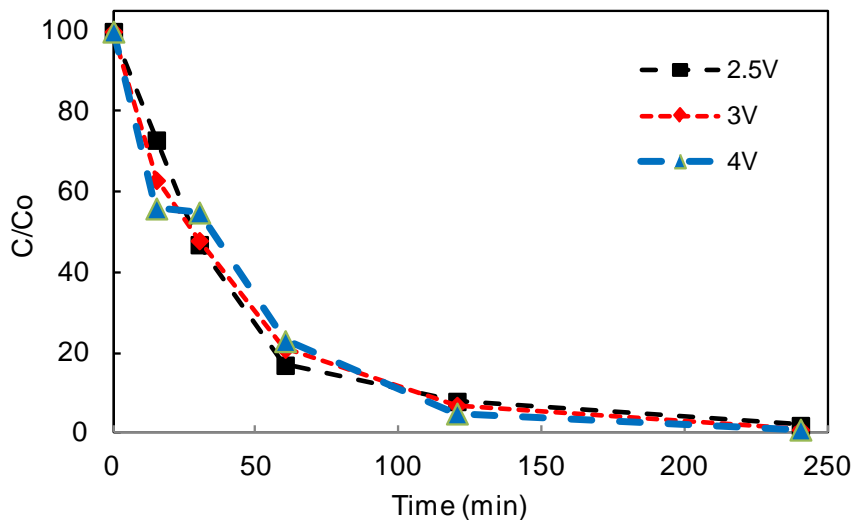
【0023】 探討不同操作電壓對 TCE 降解的影響

【0024】 本研究配製 TCE 濃度 10 mg/L 溶液進行電解實驗，為確認 TCE 降解脫氯效果，支持電解質避免選用 KCl，另為盡可能符合地下水現況，即使採用極低電解質濃度會導致電解反應效率較差，因此選用 0.002M Na₂SO₄ 電解質濃度作為實驗條件，進行不同定電壓參數對 TCE 降解影響的比較。實驗結果發現，操作電壓 2.5 V、3 V 及 4 V 電解 4 小時，三氯乙烯殘餘率僅為 2%、1% 及 1%，如圖 2 所示。操作電壓控制在 2.5 V 以上，即可將反應器中三氯乙烯幾乎完全降解，主要原因可能與電化學觸發生成之 OH 自由基有關。操作電壓 2.5 V 以上可以啟動 S₂O₈²⁻/SO₄²⁻ 氧化還原媒子之生成，再藉由 S₂O₈²⁻/SO₄²⁻ 氧化還原媒子分解水形成 OH 自由基，使其進行間接氧化降解 TCE，如反應式(3.1)

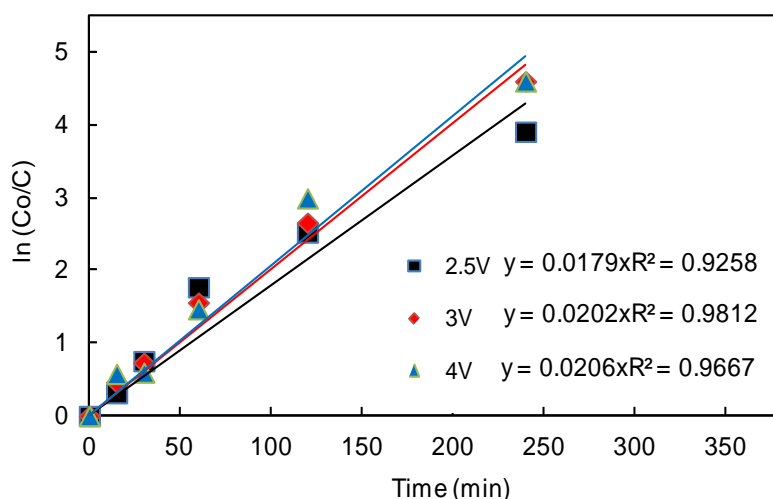
及(3.2)所示。操作電壓控制在3 V以上，可直接電解水生成OH自由基，如反應式(3.3)所示。



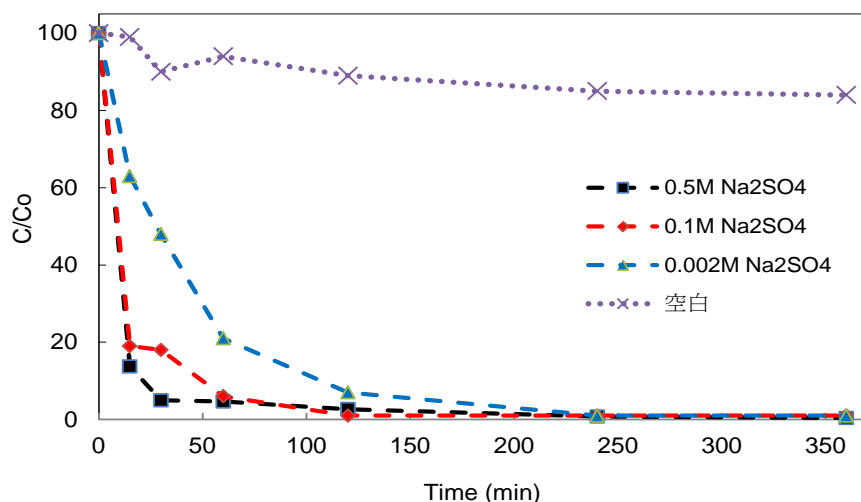
【0028】 圖1顯示操作電壓2.5 V、3 V及4 V之TCE一階降解反應速率，數據於 $\ln(C_0/C)$ vs. t 圖中呈現良好的線性關係($R^2 > 0.9$)，顯示TCE降解反應符合一階反應動力，電壓3 V及4 V之降解反應速率相當，皆略高於電壓2.5 V之降解反應速率，主要原因為操作電壓3 V以上可直接電解水生成OH自由基，因而加速TCE降解反應速率。



【0029】 圖 1 在不同定電壓條件下於0.002M電解液(Na_2SO_4)中TCE之降解情形



【0030】 圖2 於0.002M電解液(Na_2SO_4)中不同定電壓之TCE一階降解反應



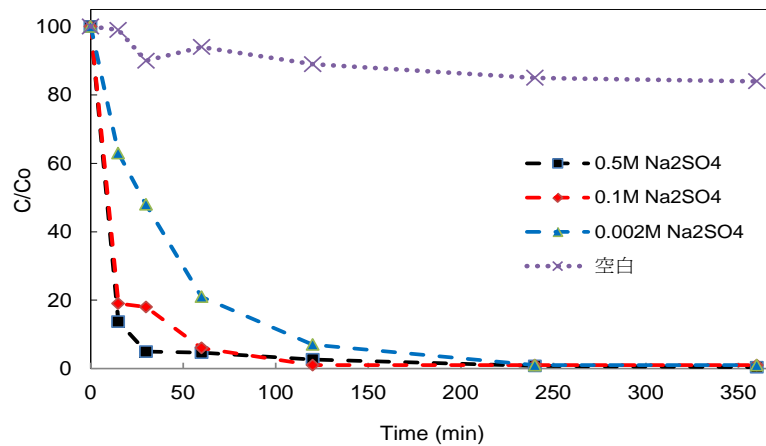
【0031】 圖3探討不同電解質濃度對TCE降解的影響

【0032】 為瞭解不同電解質濃度對TCE降解的影響，配製了0.5 M、0.1 M、0.002 M Na_2SO_4 電解質濃度進行電解實驗，採用定電壓3 V之操作條件電解360 min，並加入空白實驗進行比對。

【0033】 圖2顯示空白實驗因缺乏電解質傳遞電子，TCE降解效率較差僅達16%，其他實驗組別TCE降解效率皆可達99%以上。其中以0.5M電解質濃度實驗組之TCE降解效率最佳，於30 min內已達95%，360 min內可達TCE完全降解。不同電解質濃度之比較結果符合預期，

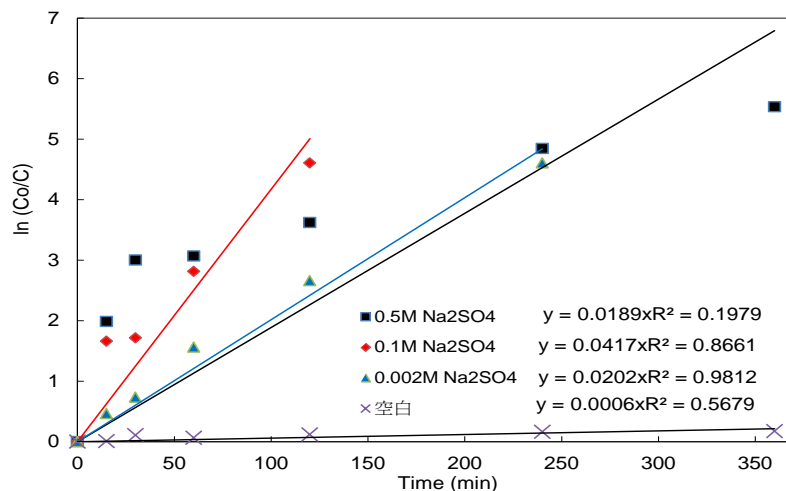
添加高濃度電解質有利於反應器中電解氧化還原反應之進行，即使將電解質濃度降至0.002M，亦可獲致滿意之TCE降解效率。

【0034】 圖3顯示0.5 M、0.1 M、0.002 M Na_2SO_4 電解質濃度之TCE一階降解反應速率，除空白實驗外，其他組別實驗數據於 $\ln(C_0/C)$ vs. t圖中呈現良好的線性關係($R^2 > 0.86$)，顯示TCE降解反應符合一階反應動力，一階反應速率隨著電解質濃度增加而增加。於低電解質濃度0.002 M Na_2SO_4 溶液中，以3V定電壓電解操作，較近似地下水天然情況，TCE降解之一階反應速率約為 0.02 min^{-1} 。



【0035】

【0036】 圖3在不同電解質濃度條件下以3V定電壓電解TCE之降解情形

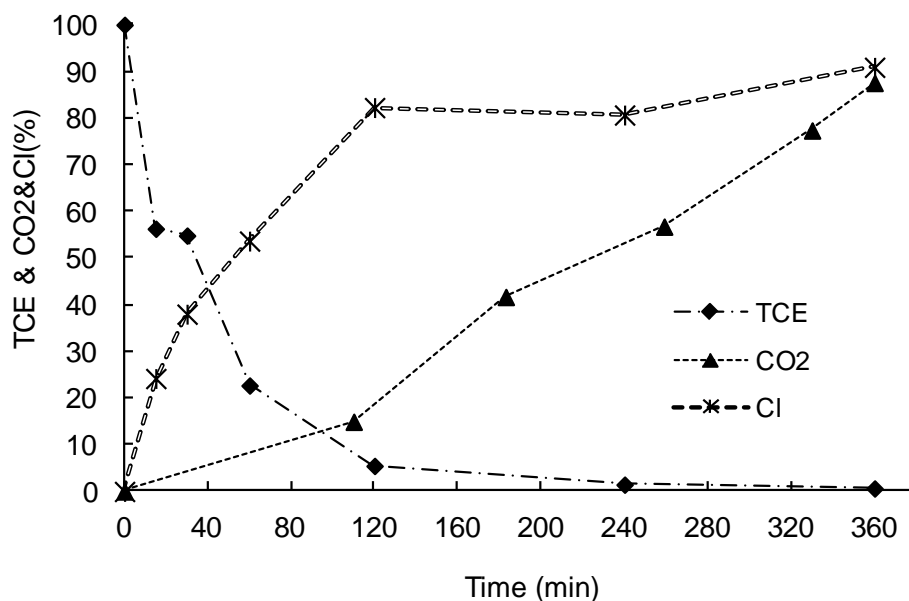


【0037】

【0038】 圖4以3V定電壓電解於不同電解質濃度之TCE一階降解反應

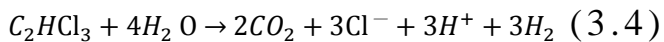
【0039】 探討TCE降解過程中的產物生成

【0040】 一般利用生物降解TCE機制，會還原脫氯生成氯乙烯，每莫爾TCE降解會釋放出2莫爾氯離子，還原脫氯率為67%。本發明於電解過程中採集之樣品除分析TCE濃度外，亦同時利用離子層析儀分析樣品的氯離子濃度。若TCE完全還原脫氯，每莫爾TCE降解會釋放出3莫爾氯離子，因此測得之氯離子濃度轉換為還原脫氯率，以利進行氯離子的質量平衡計算。圖5顯示實驗終了TCE的降解率幾近於100%，氯離子生成轉換的TCE還原脫氯率為91%，一般分析數據的誤差介於10%~15%之間，因此可視為TCE完全脫氯。



【0041】 樣品GC/ μ ECD分析亦同步針對TCE降解中間產物VC、DCE、DCM、Tra-DCE、Cis-DCE進行檢測，但皆未測得任何TCE降解的中間產物，另一方面經由收集反應器的產氣，以CO₂氣體偵測器可測得CO₂的生成，獲致三氯乙烯可藉由電解機制礦化的佐證。若TCE完全礦化，每莫爾TCE降解會生成2莫爾CO₂，因此測得之CO₂濃度轉換為礦化率，以利進行碳原子的質量平衡計算。圖5顯示實驗終了TCE的降解率幾近於100%，CO₂生成轉換的TCE礦化率為88%，仍在一般

合理的實驗分析數據誤差範圍，因此可視為TCE完全礦化。反應式(3.4)為依TCE完全脫氯及完全礦化假設之理論平衡反應式，電解TCE會有產氫作用，且實驗終了溶液pH會有大幅度下降，本發明研究測得電解實驗前之溶液pH為6.28及電解實驗後之溶液pH為3.76，亦支持藉由電化學反應機制可將TCE完全脫氯及完全礦化的論點。以下的化學式則說明了上述的論點：



【圖式簡單說明】

【0042】 為讓本發明之上述和其他目的、特徵、優點與實施例能更明顯易懂，所附圖式之說明如下：

【0043】 第1圖係繪示依照本發明一實施例之一種現地處理地下水之電解方法的流程圖。

第2A圖係繪示依照本發明一實施例之一種現地處理地下水之電解方法所使用之電解裝置的剖面示意圖。

第2B圖係繪示依照本發明一實施例之一種現地處理地下水之電解方法所使用之電解裝置設置於場址的剖面示意圖。

第3A圖係為在固定硫酸鈉之濃度為0.002M下，三氯乙烯之比率隨時間變化的曲線圖。

第3B圖係為在固定輸入電壓為3伏特下，三氯乙烯之比率隨時間變化的曲線圖。

第3C圖係為地下水之三氯乙烯之比率隨時間變化的曲線圖。

第3D圖係為上游井管與下游井管之地下水之三氯乙烯之濃度隨時間變化的柱狀圖。

【實施方式】

【0044】 以下配合本發明之實施例詳細說明本發明之技術內容、構造特徵、所達成目的及功效。

【0045】 請參照第1圖，第1圖係繪示依照本發明一實施例之一種現地處理地下水之電解方法100的流程圖。在一例子中，現地處理地下水之電解方法100適用於處理受含氯有機物污染之場址。在一示範例子中，含氯有機物包含三氯乙烯。

【0046】 請一併參照第1及2A圖。第2A圖係繪示依照本發明一實施例之一種現地處理地下水之電解方法100所使用之電解裝置200的剖面示意圖。在方法100中，步驟110係提供電解裝置200。電解裝置200包含第一多孔電極管210、第二多孔電極管220、第一絕緣件230以及第二絕緣件240。如第2A圖所示，第一多孔電極管210具有第一頭部210a以及第一尾部210b，且第一尾部210b與第一頭部210a之位置係位在第一多孔電極管210之相對二端。在一例子中，第一多孔電極管210的長度係大約1公尺。第一多孔電極管210中設有許多微孔，且這些微孔之平均孔徑可約略4微米。在另一例子中，第一多孔電極管210整體外觀係略呈圓管狀。

【0047】 在一例子中，第一多孔電極管210可以是多孔電催化惰性電極管，亦即當電解裝置200進行電解操作時，第一多孔電極管210不會因此被消耗。在一示範例子中，第一多孔電極管210的材質可以包含鉑、金或鉑鈦合金。其中，爲了節省材料成本並且在電解操作時具有電催化效果，第一多孔電極管210可以在多孔鈦網管的表面鍍上鉑、金或鉑鈦合金，以形成多孔電催化惰性電極管。

【0048】 如第2A圖所示，第二多孔電極管220具有第二頭部220a以及第二尾部220b，且第二尾部220b與第二頭部220a之位置係位在第二多孔電極管220之相對二端。在一例子中，第二多孔電極管220的長度係大約1公尺。第二多孔電極管220中同樣設有許多微孔，且這些微

孔的平均孔徑可為約略4微米。在另一例子中，第二多孔電極管220整體外觀係略呈圓管狀。另外，第二多孔電極管220設置於第一多孔電極管210內。在一示範例子中，第一多孔電極管210的管口直徑係大約42公釐，且第二多孔電極管220的管口直徑係大約35公釐。由於第二多孔電極管220的管口直徑小於第一多孔電極管210，所以第二多孔電極管220可設置於第一多孔電極管210中。

【0049】 在一例子中，第二多孔電極管220可以是多孔電催化惰性電極管，亦即當電解裝置200進行電解操作時，第二多孔電極管220不會因此被消耗。在一示範例子中，第二多孔電極管220的材質可以包含鉑、金或鉑鈦合金。其中，為了節省材料成本並且在電解操作時具有電催化效果，第二多孔電極管220可以在多孔鈦網管的表面鍍上鉑、金或鉑鈦合金，以形成多孔電催化惰性電極管。

【0050】 如第2A圖所示，第一絕緣件230設置於第一頭部210a以及第二頭部220a之間，且第二絕緣件240設置於第一尾部210b以及第二尾部220b之間。在一例子中，第一絕緣件230或第二絕緣件240的材質可以包含聚四氟乙烯(俗稱鐵氟龍)。第一絕緣件230以及第二絕緣件240至少具有多種效果，詳述如後。

【0051】 首先，如第2A圖所示，由於第二多孔電極管220設置在第一多孔電極管210內，且第二多孔電極管220之第二頭部220a鄰近第一多孔電極管210之第一頭部210a，第二多孔電極管220之第二尾部220b鄰近第一多孔電極管210之第一尾部210b。因此，當第一絕緣件230設置於第一頭部210a以及第二頭部220a之間，且第二絕緣件240設置於第一尾部210b以及第二尾部220b之間時，第一絕緣件230以及第二絕緣件240係分別處於第一多孔電極管210以及第二多孔電極管220之頭尾二端，因此第一多孔電極管210之中間端與第二多孔電極管220之中間端不會相互接觸，避免第一多孔電極管210以及第二多孔電極管

220的相互直接電性連接而造成短路。在一例子中，爲了加強絕緣效果，電解裝置200包含數個絕緣套環250，這些絕緣套環250設置於第一多孔電極管210之中間端以及第二多孔電極管220之中間端之間。

【0052】 另外，第一絕緣件230以及第二絕緣件240亦可用來控制第一多孔電極管210與第二多孔電極管220之間的距離。概言之，由於第一絕緣件230設置於第一頭部210a以及第二頭部220a之間，且第二絕緣件240設置於第一尾部210b以及第二尾部220b之間。所以，第一絕緣件230以及第二絕緣件240之厚度將和第一多孔電極管210與第二多孔電極管220之間的距離具有正相關之關係。在一例子中，第一絕緣件230以及第二絕緣件240之厚度大略在0.3公分至0.5公分，以使第一多孔電極管210與第二多孔電極管220之間的距離也約略在0.3公分至0.5公分。一般，當第一多孔電極管210與第二多孔電極管220之距離越小時，則電解裝置200的電解效果越好。但是當第一多孔電極管210與第二多孔電極管220之距離小於0.3公分時，則電解裝置200各個構件的公差過小而不易製作。另一方面，若是第一多孔電極管210與第二多孔電極管220之距離大於0.5公分，則電解效果變低，並且將同時導致電解裝置200的尺寸變大，而產生了不易攜帶或不易在小尺寸反應井現地處理地下水污染物之缺點。

【0053】 如第2A圖所示，在一例子中，第一絕緣件230可包含絕緣部231以及保護部232。絕緣部231設置於第一頭部210a及第二頭部220a之間。絕緣部231主要可用來避免第一多孔電極管210以及第二多孔電極管220的直接電性連接，並且可用來控制第一多孔電極管210與第二多孔電極管220之間的距離。保護部232連接絕緣部231。在一例子中，保護部232係略呈圓柱型，且保護部232遠離第一頭部210a及第二頭部220a之處具有倒角結構232b，方便使用者攜帶握持。在另一例子中，保護部232之直徑係相同或略大於第一多孔電極管210之管口直

徑。保護部232可用來保護第一頭部210a以及第二頭部220a，以避免第一頭部210a以及第二頭部220a受碰撞而受損。

【0054】 請參照第2B圖，第2B圖係繪示依照本發明一實施例之一種現地處理地下水之電解方法100所使用之電解裝置200設置於場址900的剖面示意圖。一般，電解裝置200需要以電力做為能源才能進行電解操作。在一例子中，以第一電線260之一端電性連接第一多孔電極管210，第一電線260之另一端電性連接供電裝置280，且以第二電線270之一端電性連接第二多孔電極管220，第二電線270之另一端電性連接供電裝置280。在一例子中，如第2A圖所示，由於第二多孔電極管220位在第一多孔電極管210中，因此可透過在保護部232鑿設穿孔232a，藉以使第二電線270可通過穿孔232a而與位在第一多孔電極管210中的第二多孔電極管220電性連接。在另一例子中，供電裝置280包含太陽能發電單元或電池。在一示範例子中，太陽能發電單元透過太陽光所產生之電能可儲存於電池中，再由電池供電予電解裝置200。

【0055】 請再參照第1及2B圖，步驟120係將電解裝置200設置於場址900之井管910中，其中場址900之地下水920流經井管910。在一例子中，電解裝置200整體沉浸於地下水920之液面下。在進行步驟120之後，進行驅動步驟130，藉以驅動電解裝置200來對地下水920進行處理。其中，電解裝置200會與地下水920之含氯有機物產生電解反應。在一例子中，若是地下水920之含氯有機物為三氯乙烯，電解反應後之產物為氯離子、氫離子、二氧化碳以及水。換言之，三氯乙烯之污染物在經過電解反應後，形成對環境無害之二氧化碳以及水。在一例子中，驅動步驟130中使用之驅動電壓係2.5伏特至5伏特、以及驅動時間係100分鐘至20天。

【0056】 在一例子中，現地處理地下水920之電解方法100之驅動步驟130中，也可加入排除加入化學藥劑於地下水920的實驗中。本現

地處理地下水之電解方法100在無須添加額外化學藥劑(如催化劑、反應劑或電解質等)時,仍可具有使地下水900之含氯有機物產生電解反應之效果。因此,現地處理地下水之電解方法100無二次污染防治的問題,且對處理場址900具有低破壞性之優點。

【0057】 在現地處理地下水920之電解方法100中,係利用特定結構之電解裝置200來處理受含氯有機物污染之場址900,並於井管910內直接對含氯有機物進行現地處理。所使用之電解裝置200係為包含二絕緣件(即第一絕緣件230與第二絕緣件240)以及二多孔電極管(即第一多孔電極管210與第二多孔電極管220)之模組化電解裝置,故具有方便攜帶,容易伸入處理場址900之反應井管910中之優點。此外,電解裝置200可適用於2吋以上井管910之設置,且亦無設置深度的限制。其中,現地處理地下水920之電解方法100所使用之電解裝置200可深入污染物深度,鄰近現地污染物範圍,直接降解地下水920之含氯有機物。因此,現地處理地下水920之電解方法100不須將地下920水抽出地面處理,可降低處理成本。

【0058】 以下列舉一實施例子,藉此證明本發明實施例之現地處理地下水之電解方法,確實具有處理並降解含氯有機物之效果。

【0059】 在進行實施例之測試之前,需先確認電解裝置電解之效果。首先,在純水中加入硫酸鈉以及三氯乙烯,以形成測試液。三氯乙烯之濃度係10毫克/升至13毫克/升。硫酸鈉主要是用來作為電解質,故可使用較低的濃度。接著,提供電解裝置,電解裝置之詳細結構已於前面段落介紹,故不再贅述。接著,在固定硫酸鈉之濃度為0.002M下進行不同的輸入電壓(分別為2.5伏特、3伏特及4伏特)測試,以及在固定輸入電壓為3伏特下進行不同的硫酸鈉之濃度(分別為0.002M、0.1M及0.5M)測試。請參照第3A及3B圖,第3A圖係為在固定硫酸鈉之濃度為0.002M下,三氯乙烯之比率隨時間變化的曲線圖,以及第3B圖係為在

固定輸入電壓為3伏特下，三氯乙烯之比率隨時間變化的曲線圖。如第3A及3B圖所示，在100分鐘內皆可將水中三氯乙烯之比率電解至原濃度之20%以下，且當電壓或硫酸鈉之濃度較高時，電解效率較高。另外，當經過300分鐘後，水中三氯乙烯已被完全電解去除。

【0060】 在確定電解裝置具備電解三氯乙烯之效果後，再進一步以實際受到三氯乙烯污染之地下水(三氯乙烯之濃度為250微克/升)進行測試。在進行測試地下水時，直接將電解裝置設置於地下水中，其中在地下水中不需加入硫酸鈉，這是因為地下水本身含有微量電解質，故無需加入硫酸鈉作為電解質之用途。之後，進行驅動步驟，此驅動步驟使用3伏特、4伏特與5伏特的電壓分別進行測試。所得之結果請參照第3C圖，第3C圖係為地下水之三氯乙烯之比率隨時間變化的曲線圖。由第3C圖可知，地下水之三氯乙烯之比率隨著處理時間的增加而逐漸減少。其中，所使用的電壓分別為3伏特時，大約經過60分鐘的時間可去除45%之三氯乙烯，若是使用的電壓分別為4伏特或5伏特時，大約經過60分鐘的時間可去除70%之三氯乙烯。由此可見，電解裝置確實可電解地下水之三氯乙烯。

【0061】 在經過上述測試後，確定電解裝置可電解地下水中之三氯乙烯。接著，再選定某三氯乙烯污染場址，並將電解裝置設置於場址之上游井管中，電解裝置的設置深度為10公尺，並且以3伏特之電壓驅動電解裝置並進行約20天的測試。其中，除了測量上游井管中之三氯乙烯濃度外，還同步地測量下游井管之三氯乙烯濃度。請參照第3D圖，第3D圖係為上游井管與下游井管之地下水之三氯乙烯之濃度隨時間變化的柱狀圖。從結果可知，隨著電解時間的增加，上游井管與下游井管之地下水之三氯乙烯濃度皆降低。由此可見，本發明實施例之現地處理地下水之電解方法，確實具有處理並降解含氯有機物之效果。

【0062】 雖然本發明已以實施方式揭露如上，然其並非用以限定本發明，在本發明所屬技術領域中任何具有通常知識者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作各種之更動與潤飾，因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【符號說明】

【0063】

- 100 方法
- 110、120、130 步驟
- 200 電解裝置
- 210 第一多孔電極管
- 210a 第一頭部
- 210b 第一尾部
- 220 第二多孔電極管
- 220a 第二頭部
- 220b 第二尾部
- 230 第一絕緣件
- 231 絕緣部
- 232 保護部
- 232a 穿孔
- 232b 倒角結構
- 240 第二絕緣件
- 250 絕緣套環
- 260 第一電線
- 270 第二電線
- 280 供電裝置

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種現地處理含污染源地下水之電解方法，其係包括下列步驟：

提供一電解裝置；

提供電源予該電解裝置；

設定該電源之電壓於一預定範圍；以及

設定電解反應於一預定速率。

【第2項】 如專利範圍第1項所述之現地處理含污染源地下水之電解方法，其中，該電解裝置之材質包含鉑、金或鉑鈦合金。

【第3項】 如專利範圍第1或2項所述之現地處理含污染源地下水之電解方法，其中，該電源係包含一太陽能發電單元或一電池。

【第4項】 如專利範圍第1項所述之現地處理地下水之電解方法，其中，該預定電壓係2.5伏特至5伏特。

【第5項】 如專利範圍第4項所述之現地處理地下水之電解方法，其中，該預定電壓係2.5伏特、3伏特、4伏特至5伏特。

【第6項】 如專利範圍第1項所述之現地處理地下水之電解方法，其中，電解反應的生成物含有氨。

【第7項】 如專利範圍第1項所述之現地處理地下水之電解方法，其中，還包括了加入電解質，以加速電解反應速率。

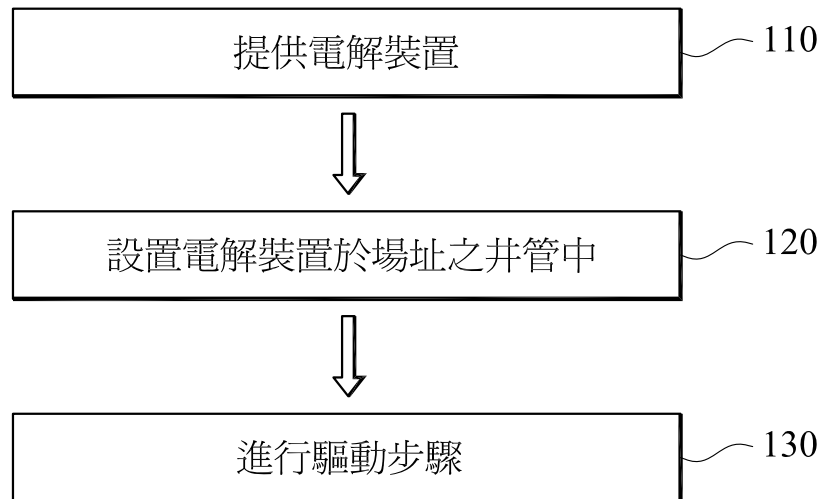
【第8項】 如專利範圍第2、4或6項所述之現地處理地下水之電解方法，其中，還包括了加入電解質，以加速電解反應速率。

【第9項】 如專利範圍第7項所述之現地處理地下水之電解方法，其中，該電解質包括了硫酸鈉(Na_2SO_4)。

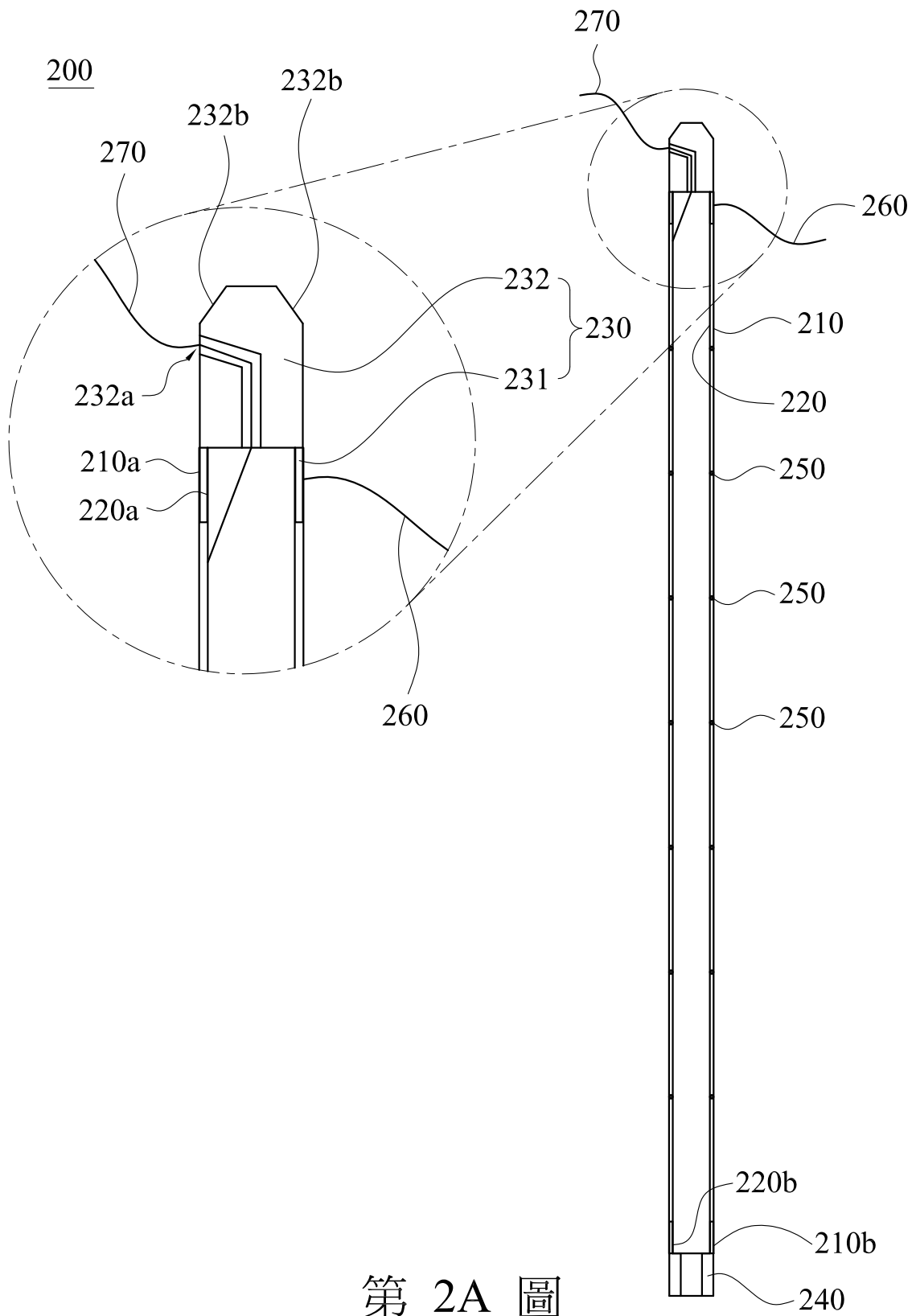
【第10項】 如專利範圍第8項所述之現地處理地下水之電解方法，其中，該電解質包括了硫酸鈉(Na_2SO_4)。

圖式

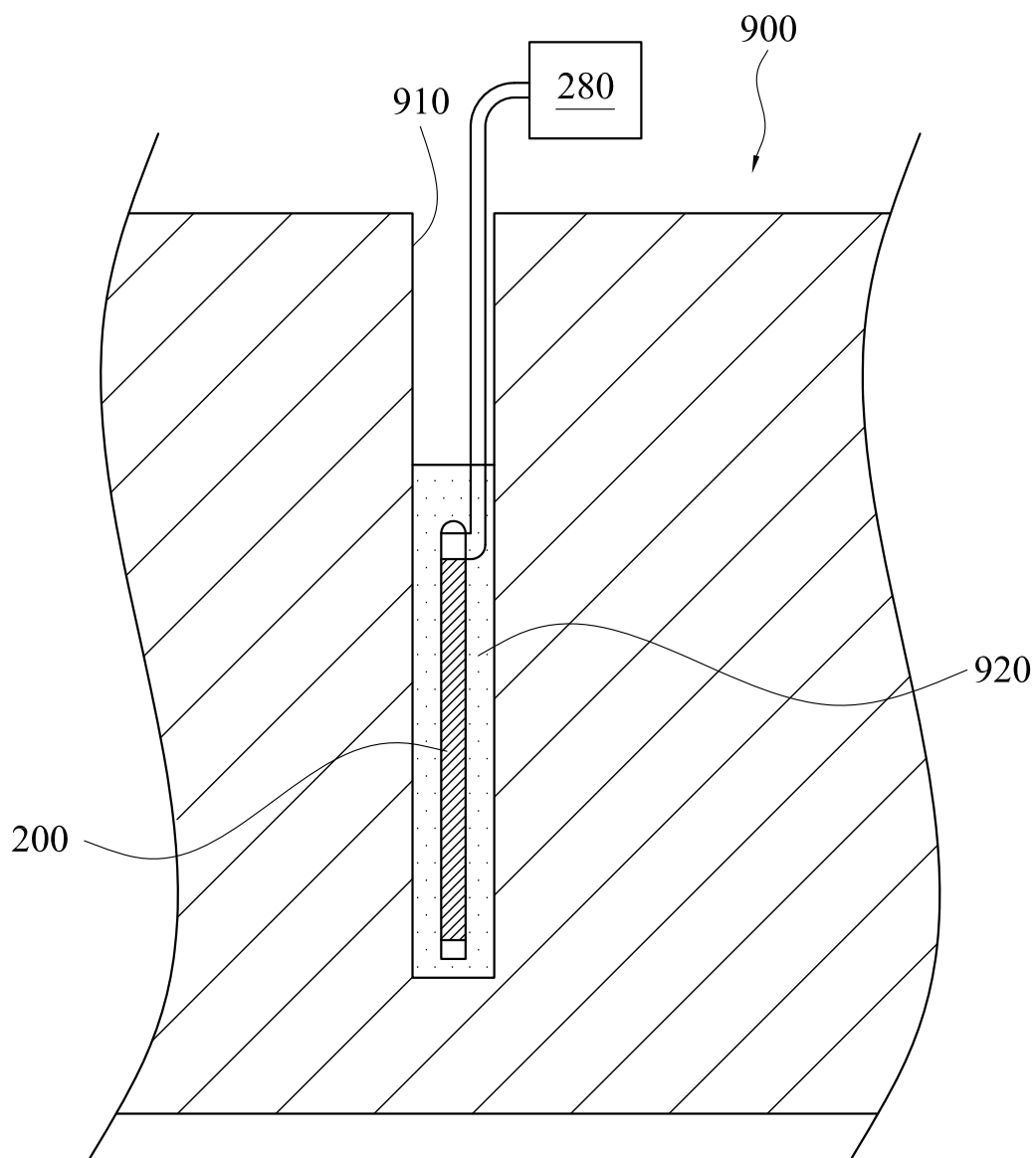
100



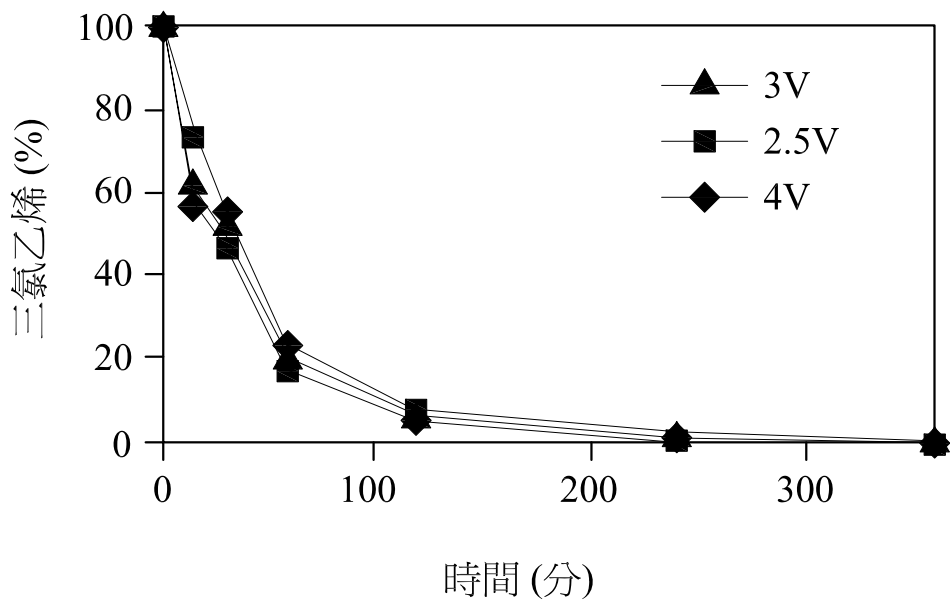
第 1 圖



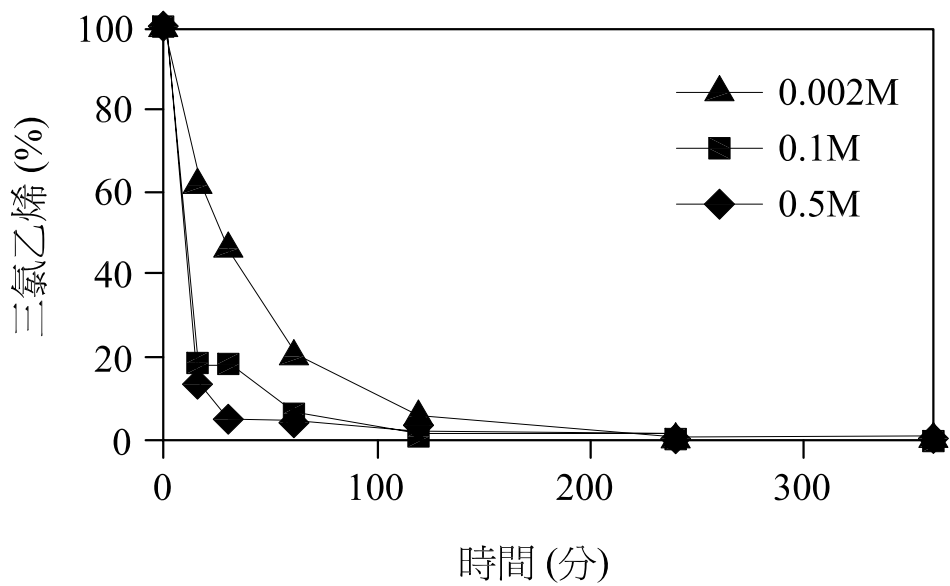
第 2A 圖



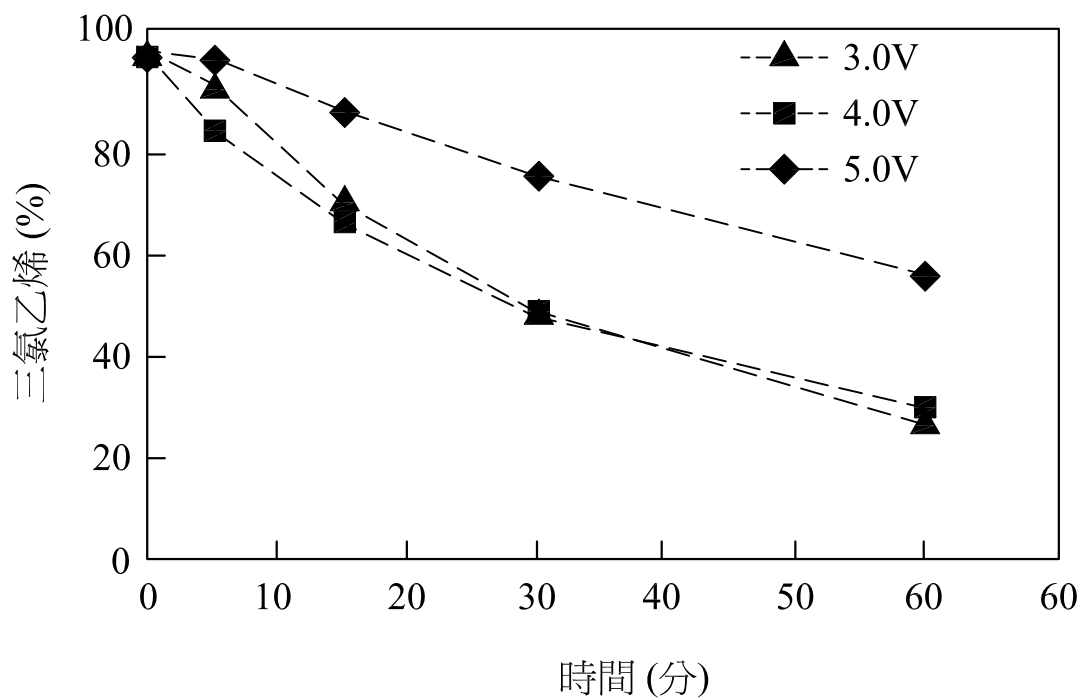
第 2B 圖



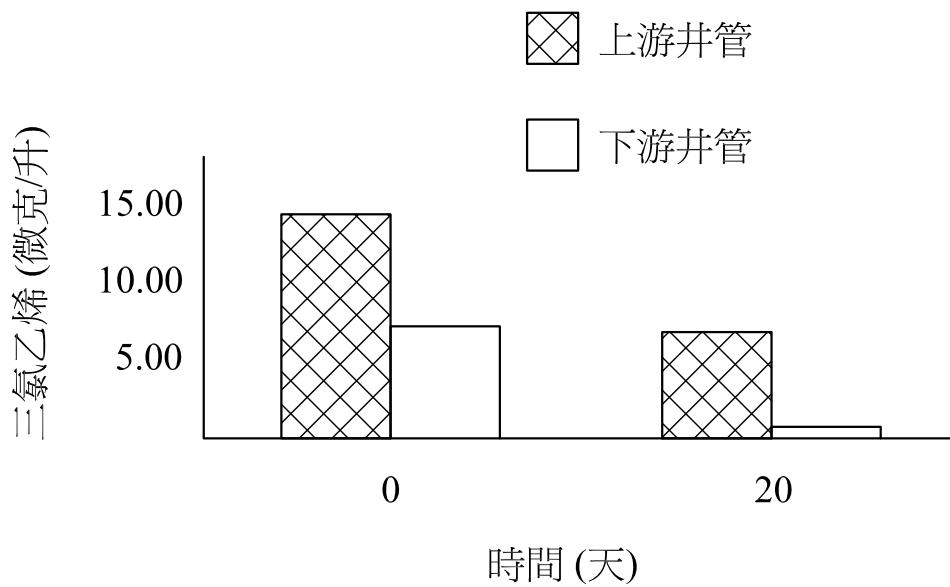
第 3A 圖



第 3B 圖



第 3C 圖



第 3D 圖