

# 中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 生活與應用科學(一)科

(鄉土)教材獎

032813

「你是我最甜蜜的量子糾纏，讓我們還給這世界一彎乾淨的河水吧!」-物聯網智慧濾水裝置

學校名稱：新竹縣立東興國民中學

作者：  國二 盧禹安  國二 陳三一	指導老師：  黃錫裕  李易儒
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：幾丁聚醣、物聯網、水質過濾

# 摘要

工廠所排放至河川中的工業廢水會對我們身體健康造成危害。本研究是提出一款具備自動替換濾心功能並結合 IoT 概念的濾水裝置，本設備是從化學、硬體與軟體三個面向進行整合。首先我們以具備高孔洞性的海藻酸鈉晶球，固化可用於吸附重金屬離子的吸附劑-幾丁聚醣<sup>[1]</sup>，製作出一款適配於我們濾水裝置的濾心，能在軟硬體兼備下藉 EDTA 脫附而達到自動替換濾心的功能。本設備嵌入具高度自動化的程式，能在無人操作情況下，實現自動監測及水質分析，此外，以簡單可視化的網頁的方式呈現給使用者瀏覽。本設備的硬體則是與軟體搭配而成的高客製化成品，相較於目前市面上的現成硬體，擁有更小的體積及更低廉的價格，且能針對本研究的需求，作到最佳化的設計。

## 壹、研究動機

物聯網就像量子糾纏一樣，無論兩個物體相隔多遠，只要他們處在糾纏態上，我們只需要改變其中一件物體，另外一樣物體就能以極快的速度跟著它一起改變。無論兩個東西相隔多遠，只要它們連接上了網路，我們只需要對一個物體下達指令，和它連接的另外一個物體就能以極快的速度執行這項指令，這是物聯網帶來的創新，是過去千百年來人類未曾料想過的科技。

我生活在新竹這座城市，對工業污染有很深刻的印象，特別是其中的水污染。在我小學的時候，我曾和家人一起去香山濕地遊覽。我在溼地裡玩得很盡興，但是回去後的那天晚上簡直是個噩夢。那天晚上我的腳感到非常的癢，我媽告訴我說這是因為香山濕地地處香山工業區的排水口，工業區裡的重金屬廢水順著河流就來到了香山濕地。等到當天深夜，身旁的家人都已沉沉睡去，剩下我一個人因為腳癢得受不了而難以入眠，我清楚記得我當時躺在床上，看著窗外天真的想著到底要如何解決這個重金屬污染的問題。多年之後，現在的我憑藉著自己的努力考上數理資優班，得到進行獨立研究的機會，我希望透過自己的力量，嘗試去解決這個我從小就一直想要解決的河川重金屬問題。

## 貳、文獻探討

### 一、化學層面：

#### (一)幾丁聚醣簡介：

幾丁聚醣是一種無毒性、生物可分解性、具功能性的生物高分子，它是由存在於真菌、昆蟲及甲殼類體內的幾丁質經過 N-去乙酰化(N-deacetylation) 反應而成。

[2]

#### (二)幾丁聚醣在各方面的應用：

由於幾丁聚醣具備生物可分解性，其可被人體血清內的溶菌酵素（lysozyme）所分解。藉由改變幾丁聚醣的官能基數目及種類，可以調控其生物可分解性。另外，幾丁聚醣可吸附油脂、膽固醇，在降低血漿及肝臟中膽固醇的效果高於其他膳食纖維。由於幾丁質與幾丁聚醣可被化學改質，因此幾丁聚醣類物質及其相關衍生物的可能應用領域非常廣泛，包括：重金屬吸附劑、染料吸附劑、抑菌劑。<sup>[2]</sup>

### (三)幾丁聚醣吸附重金屬離子的能力：

幾丁聚醣可吸附金屬的特性早在 1970 年就開始被證實。近年來許多學者致力於探討幾丁聚醣以及其衍生物對於重金屬的吸附行為。它可有效的從水溶液中吸附銀、鎘、砷、金、鉛、銅、鎳、鉻、汞。<sup>[2]</sup>

### (四)幾丁聚醣吸附重金屬離子的作用機制：

由於幾丁聚醣具有羥基（-OH）、乙醯胺基（-NHCOCH<sub>3</sub>）、胺基（-NH<sub>2</sub>）與孔洞性，可透過化學鍵結的方式對重金屬離子進行吸附。關於幾丁聚醣的官能基，雖然羥基（-OH）對於吸附金屬也有貢獻，但是一般認為主要與金屬作用的反應性基團是胺基（-NH<sub>2</sub>）。<sup>[2]</sup>

### (五)海藻酸鈉晶球固化幾丁聚醣方式：

在文獻<sup>[2]</sup>的研究中，作者透過將交聯過後的幾丁聚醣粉末均勻的包埋於海藻酸鈉膠球內，製備成含幾丁聚醣藻酸膠球（AGCC），並應用於移除水中的二價汞離子。該款 AGCC 膠球的吸附平衡時間  $\leq 100$  分鐘，並取得 667 mg Hg<sup>2+</sup> / g 的吸附能力。

### (六)脫附：

脫附(desorption)是吸附的逆過程。是指將已被吸附並達到飽和的物質從吸附劑中析出，使吸附劑得以再生的操作過程。<sup>[6]</sup>

## 二、硬體層面：

### (一)NodeMCU-32S：

基於 ESP-32S 設計的開發版。ESP-32 由樂鑫公司研發，內建兩顆 Xtensa 32 位元 LX6 微處理器，工作時脈達到了 160MHz，並提供 448 KB ROM 和 520 KB SRAM<sup>[3]</sup>，相比 Arduino 傳統的 Atmel AVR 系列晶片提供了更為強勁的效能。

### (二)BC26：

基於聯發科設計的 MT2625 晶片，是國內一款非常常見的 NB-IoT 模組。支援台灣大多數電信商提供的 NB-IoT 頻段，並可透過 UART 的方式以 At command 執行 TCP/IP 協議的傳輸。

## 三、軟體層面：

### (一)UDP 傳輸協議：

使用者資料報協定（User Datagram Protocol）是一個定位於傳輸層的通信協議<sup>[3]</sup>。其具有不需要建立連接就能傳送訊息的優點，在一個伺服器需要接入來自大量客戶端傳送的訊息時，解決了 TCP 協議在一對多時的連接數量限制。

## (二)線性回歸:

線性迴歸 (linear regression) 是利用稱為線性迴歸方程式的最小平方函數對一個或多個自變數和應變數之間關係進行建模的一種迴歸分析，被歸類在監督式學習的範疇裡。這種函數是一個或多個稱為迴歸係數的模型參數的線性組合。只有一個自變數的情況稱為簡單迴歸，大於一個自變數情況的叫做多元迴歸<sup>[3]</sup>。

## (三)Arduino Software IDE

Arduino Software IDE 提供一個將程式碼轉換為 Arduino 機械碼，已在任何燒錄了 Arduino 的 Bootloader 晶片上運行。Arduino Software IDE 使用的是一種與 C 語言和 C++相仿的程式語言，提供給不熟悉程式設計的人們使用。<sup>[3]</sup>

## (四)IoT:

物聯網為一種計算裝置、機械、數位機器相互關聯的系統，具有通過網路傳輸數據的能力。物聯網之架構大致上可分為感知層、網路層以及應用層，本研究主要針對感知層(水體之相關狀態資訊檢查)以及網路層(透過網路的方式將資料傳遞出來)進行相關的研究與實作，並最終將其整合至應用層面(濾水裝置組成的監測器系統)。

<sup>[3]</sup>

# 參、 研究目的

## 一、 化學層面(濾心製作)

(一)以線性回歸方式來訓練 TDS 值與重金屬濃度間的模型

(二)以線性回歸方式來訓練自製 TDS 感測器以建立感測模型

(三)不同樣態的幾丁聚醣製備與其吸附重金屬離子效用探討

方案一:幾丁聚醣晶球的製備及其吸附重金屬離子效用探討

方案二:固化幾丁聚醣在不同型態下的製備及其吸附重金屬離子效用探討

(四)探討 EDTA 做為螯合劑能否對濾心進行脫附作用

## 二、 硬體層面

(五)自製濾水裝置各版本間之差異及演變

(六)第一代自製濾水裝置-ATX 之效能探討

(七)第二代自製濾水裝置-ITX 之效能探討

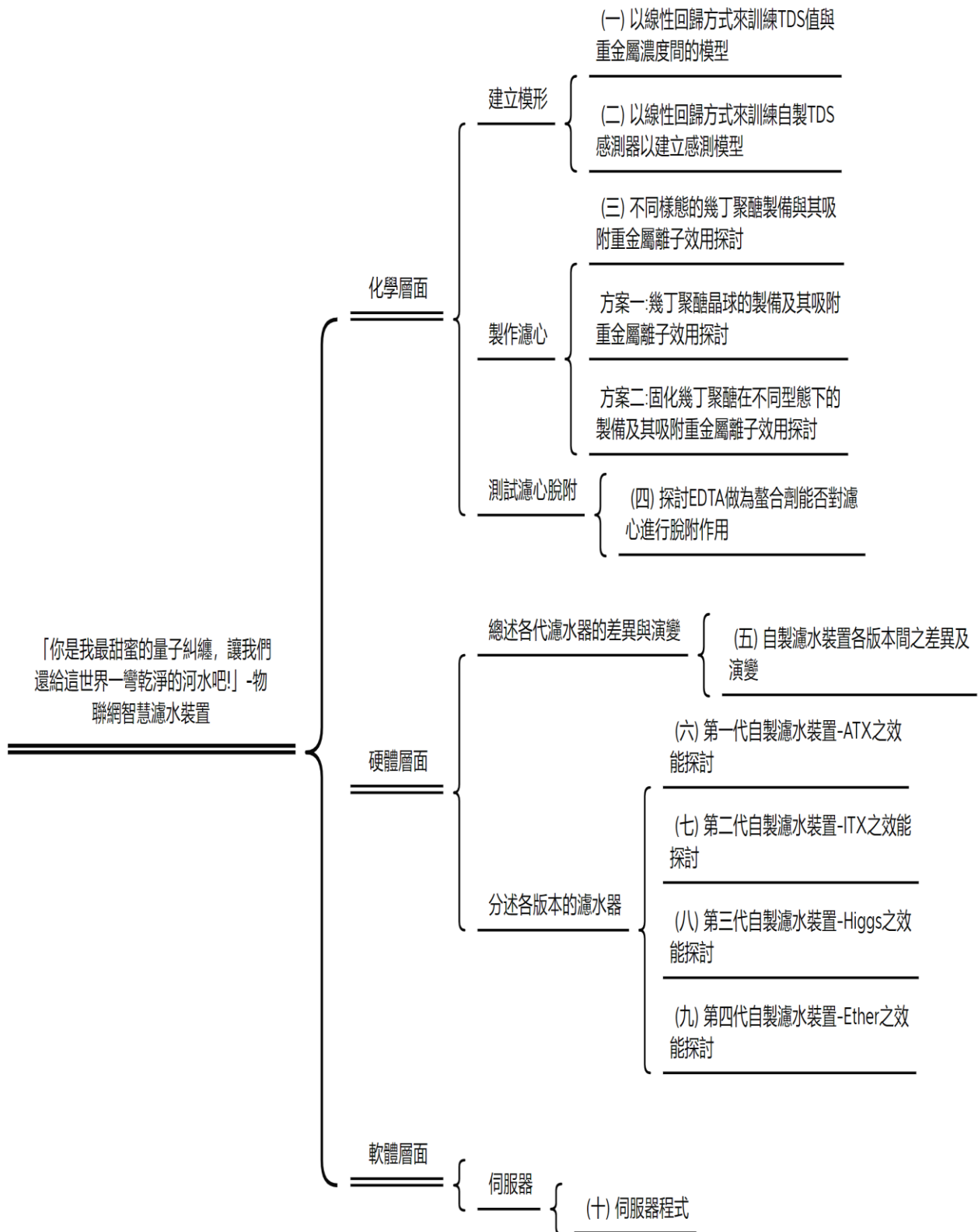
(八)第三代自製濾水裝置-Higgs 之效能探討

(九)第四代自製濾水裝置-Ether 之效能探討

## 三、 軟體層面

(十)伺服器程式

# 研究架構圖



## 肆、 研究設備及器材

本實驗所用之研究設備與器材，如下表 4.1 所示：

表 4.1、研究設備及器材

濾心製作			
化學藥品		製作器具	
幾丁聚醣	氫氧化鈉	針筒	22G 針頭
醋酸	95%乙醇	培養皿(直徑 12cm)	
EDTA	95%京尼平	磁力攪拌機	+74
硫酸銅			

濾水裝置硬體			
傳感器相關設備		硬體及材料	
TDS sensor	溫度傳感器	壓克力板	電源供應器
流量計	電磁閥	杜邦線	
Aduino UNO R3	Wemos D1 mini	螺絲、螺帽不等	
繼電器	光學電壓傳感器	碳棒	

## 伍、 研究過程及結果：

一、以線性回歸來訓練 TDS 值與重金屬濃度間的模型

(一)研究目的:透過訓練 TDS 值和重金屬濃度間的模型，可以幫助我們用蒐集到的水質資料來去推測實際的重金屬溶解量。

(二)研究方法：

1. 將 10、20、40、60、80、100mg 的硫酸銅完全溶解至 100ml 的水裡。
2. 使用 TDS 筆逐一測量每種濃度下硫酸銅水溶液的 TDS 數值。
3. 將得到的數據使用 Excel 軟體建立 TDS 數值-硫酸銅濃度的線性模型，如下表 5.1 及圖 5.1 所示。

離酸銅溶液	100 ppm	200 ppm	400 ppm	600 ppm	800 ppm	1000 ppm
TDS(平均)	157.5	192	264	326	377.5	435.5

(三)研究結果:

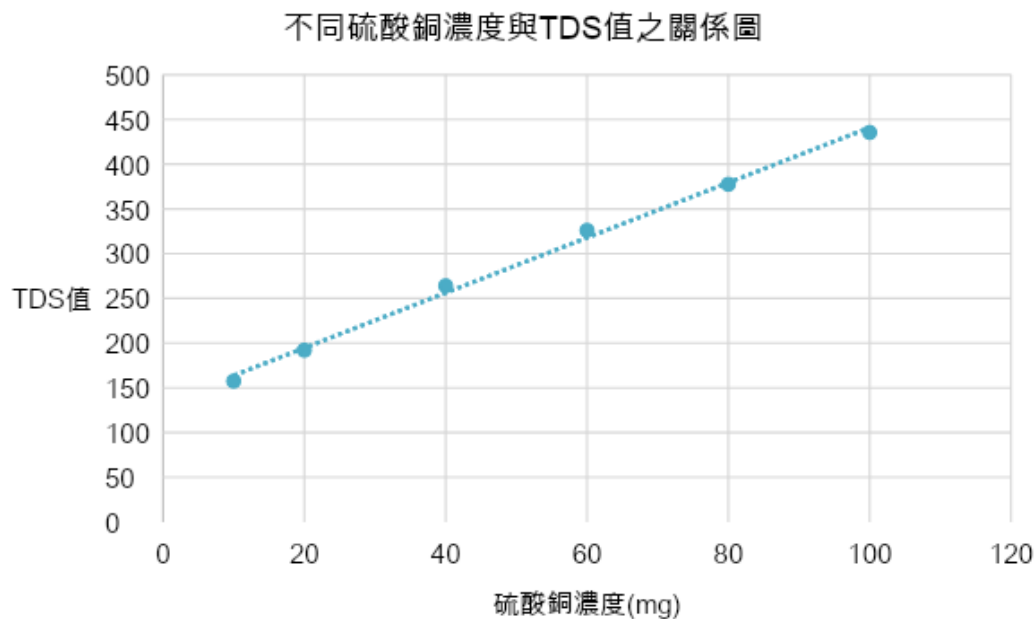


圖 5.1、不同硫酸銅濃度與 TDS 值之關係圖

$$\text{公式: } y = 0.308x + 132.93 \quad R^2 = 0.9964$$

(四)討論:因本研究製作的濾水裝置，皆是以 TDS 數值做為判斷水質的標準，為了讓後續使用濾水裝置過濾資料的使用者能大致得知監測水體中的重金屬離子含量，我們建置這個模型，讓使用者能進行轉換。惟此模型在面對各種不同重金屬離子溶液時，轉換的準確度可能不高，因為我們僅以硫酸銅的數據為建模的依據。但我們認為此模型套用於各種不同重金屬離子溶液時，還是能提供給使用者作為吸附效果大略參照之用。

## 二、以線性回歸來訓練自製 TDS 感測器以建立感測模型

(一)研究目的:有鑑於現有市售 TDS 感測器的體積都過於龐大，我們想利用石墨電極，結合 555 計時器和能讓 ADC 轉換 IC 的 16-bit 的 ADS-1115 來自製一款 TDS 感測器，感測器原理的電路圖，如下圖 5.2 所示。但即便我們的感測器是使用高精度的 ADC 轉換器，但仍需提供一個演算模型來做為轉換水質測量的數值之用。因此，我們想要透過線上監控學習中的多元線性回歸模式，透過蒐集自製感測器蒐集到在一已知 TDS 數值與溫度的水溶液下，所感測到的電壓值，建立一套測量水質地演算法模型。

(二)研究方法:

1. 配製各種不同 TDS 值、不同溫度的硫酸銅溶液，分別測量 TDS 值和溫度。
2. 將兩根直徑 3mm 石墨棒以 0.95mm 的間距來擺放，以做為電極之用，如

下圖 5.3 所示。

3. 將電極沒入溶液約 1cm，開始讀取電壓。
4. 將讀取到的電壓每秒測量 100 次，取其平均值並記錄之。
5. 重複第 2~第 4 步驟，直到每種溶液都測得其平均數值。

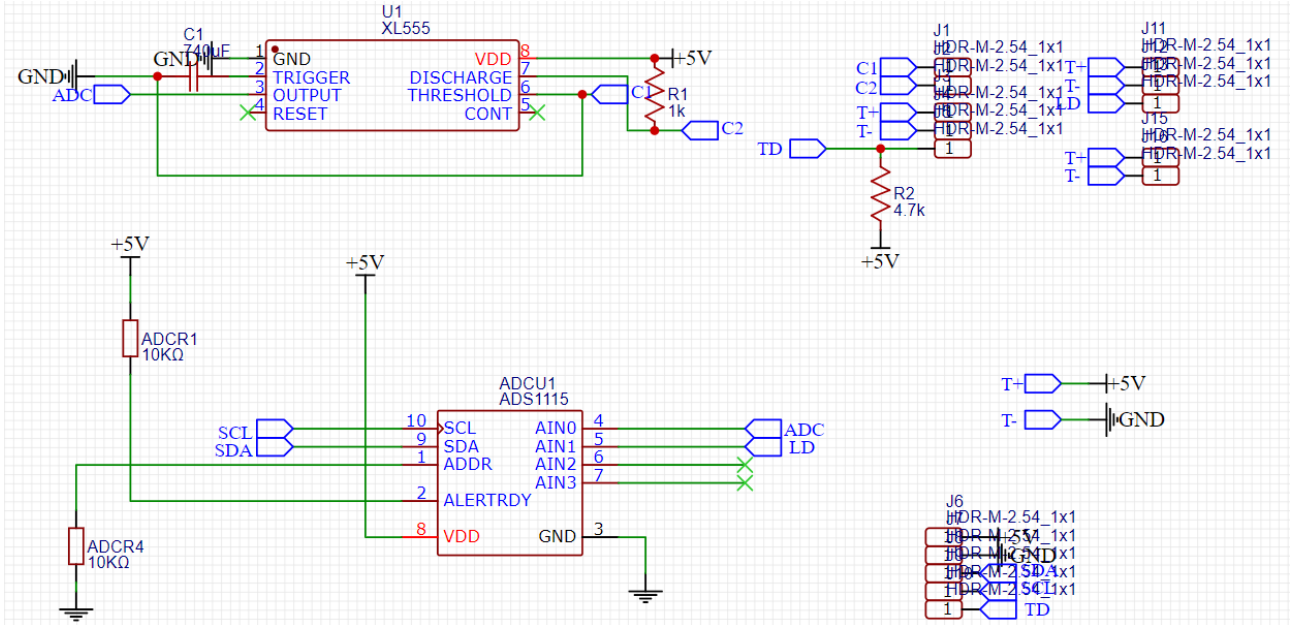


圖 5.2、自製 TDS 感測器原理電路圖

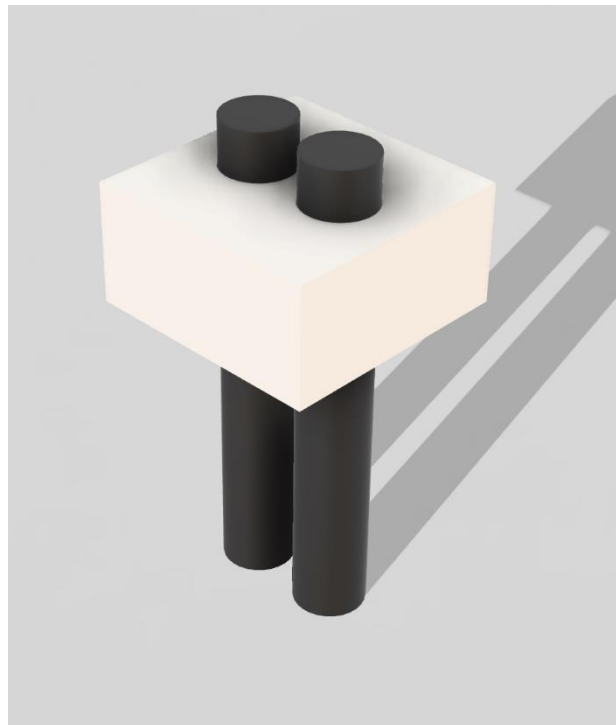


圖 5.3、自製 TDS 感測器電極示意圖



### 三、不同樣態的幾丁聚醣製備與其吸附重金屬離子效用探討

#### 方案一:幾丁聚醣晶球的製備及其吸附重金屬離子效用探討

(一)研究原理:在眾多文獻中幾丁聚醣被證實是一種能吸附重金屬離子的吸附劑。這此方案我們想嘗試先將幾丁聚醣溶解後，透過高分子間交聯作用製成晶球，直接做為濾心之用。

(二)研究配方:2%、3%、4%、5%的幾丁聚醣-醋酸水溶液

(三)研究方法:

1. 以 2%醋酸水溶液配置 2%、3%、4%、5%的幾丁聚醣-醋酸水溶液。(因幾丁聚醣須在酸性的環境下才能被溶解，故以醋酸水溶液作為溶解劑之用)
2. 配置幾丁聚醣晶球交聯作用之水溶液，其中含純水 406.4g、40g 氫氧化鈉(NaOH)以及 53.6g 的乙醇( $C_2H_5OH$ )。
3. 將幾丁聚醣-醋酸水溶液裝入 22G 的針筒後，將樣本擠出呈顆粒狀滴入交聯液中，並靜置 15 分鐘，進行第一次的交聯作用。
4. 將經第一次交聯作用後的幾丁聚醣晶球以純水洗去殘留的交聯液，將幾丁聚醣晶球再置入 0.01M 的京尼平溶液進行交聯反應，靜置 48 小時。(注意:經第一次交聯作用後的幾丁聚醣晶球誤必要徹底洗淨，否則殘留的交聯液與重金屬汗水接觸後，可能使濾心和汗水因此變成深褐色的)
5. 將第二次交聯作用後的幾丁聚醣晶球以清水洗淨，再置入純水中並存放於 4°C 的冰箱中進行保存。(注意:不能忽略此過程，否則濾心會因過度脫水而無法使用，或因接觸到環境中的微生物導致幾丁聚醣晶球的濾心腐壞發出惡臭，而濾心甚至會被腐壞分解成液體)
6. 配置用來模擬工業汗水的 1%硫酸銅水溶液 16ml，測量 TDS 值後，再取 8 公克幾丁聚醣晶球放入濾心進行 15 分鐘的水質過濾程序。
7. 實驗過程圖片:



圖 5.4 裝有交聯液的培養皿

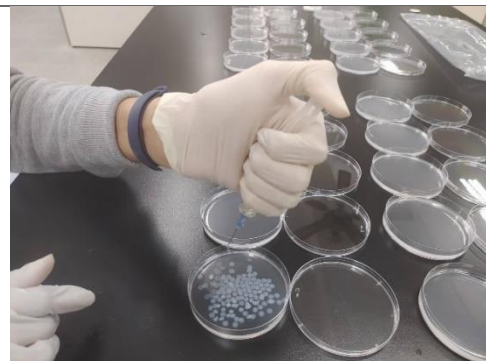


圖 5.5 用針筒將 CS 滴入 SHS 過程



圖 5.6 幾丁聚醣溶液與氫氧化鈉溶液反應形成水膠圓珠過程



圖 5.7 將圓珠倒入沖茶袋清洗

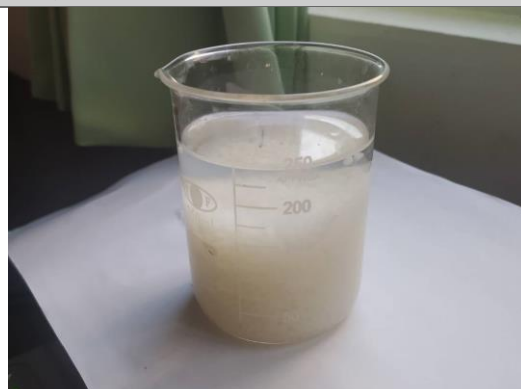


圖 5.8 將圓珠放入京尼平水溶液

#### (四) 研究結果:

1. 晶球製作: 僅 2% 的幾丁聚醣溶液可以用針筒製成顆粒狀晶體樣本，故本實驗就以製作 2% 的幾丁聚醣晶球為測試樣本。
2. 吸附效果: 原模擬工業汙水為 9700ppm，以 8g 的幾丁聚醣晶體濾心吸附 15 分鐘後降為 6540ppm，濾心共吸附 3160ppm 的重金屬銅離子。
3. 吸附曲線: 其濾心吸附重金屬銅離子的結果，如下圖 5.9 所示。

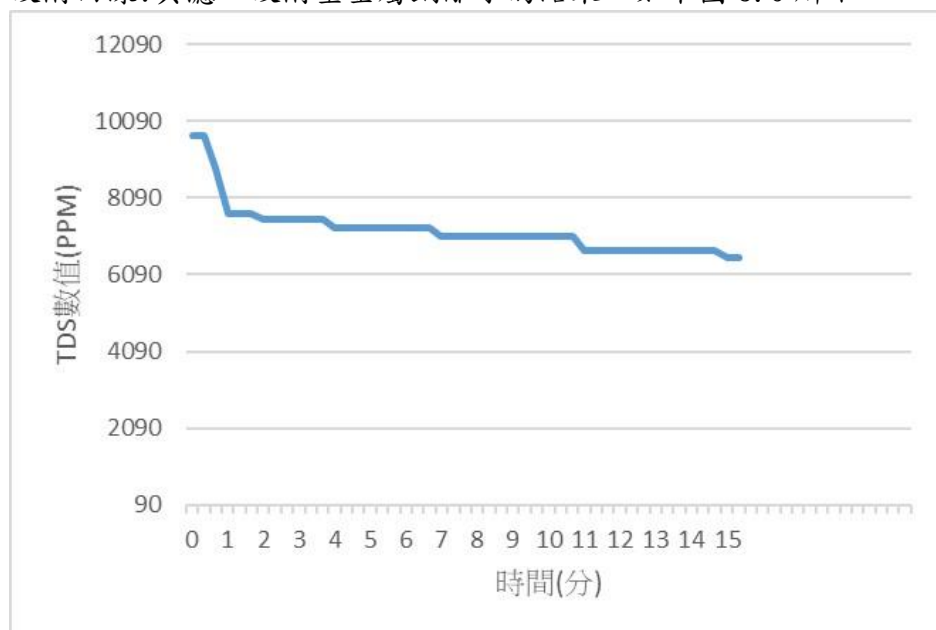


圖 5.9、自製感測器其 TDS 數值與吸附時間的變化圖

## (五)研究討論:

在此實驗中我們製造的濾心，由於幾丁聚醣水溶液的高黏滯性，導致僅 2%濃度的幾丁聚醣水溶液才能用針筒做成晶球狀，其他比例都無法進行晶球的製作，因此缺陷而影響到本款濾心的吸附能力有限。其次，觀察濾心吸附時間的變化圖，我們發現到這款濾心在初始時便能大量吸附重金屬銅離子，之後的過濾時間都僅趨於緩慢的吸附作用。經由這項觀察發現，我們推論本款濾心的吸附作用僅發生在濾心的表層上，而處在濾心內部的幾丁聚醣晶球無法與模擬的工業汗水接觸而促發吸附作用。而這正顯示要提升吸附效能就要增加濾心與工業汗水接觸的表面積，而一般要提高物體表面積的作法，有將晶球微形化及晶球多孔化等兩種方式。

分析第一種作法，若要將晶球微型化，則需要使用更細的針頭，但礙於幾丁聚醣高黏滯性的特質，我們無法用此方式來製作晶球。而若以第二種作法，將晶球做多孔化處理，目前可以選擇的方式為冷凍乾燥法或使用膨發槍來製作，但前者需專業的儀器才能進行，而後者不僅要專業儀器且製作過程十分危險，稍有不慎，將導致所有的實驗研究都功虧一簣，與指導老師多次商討後，確認這兩種方法對我們而言，並不可行，但為了做出更高吸附性的幾丁聚醣濾心，於是朝向變更我們濾心的樣態及配方。

方案二:固化幾丁聚醣在不同型態下的製備及其吸附重金屬離子的效用探討

(一)研究原理: 為改善幾丁聚醣晶球的吸附能力不佳的缺點，我們需要一個具高吸附量的濾心材質，並考量此濾心要能易於進行量產的這項要求，我們就必須找到新方法來進行濾心的製作。而環視各項高分子材質的特性後，發現海藻酸鈉晶球的高孔洞性特質能讓工業汗水在通過濾心內部時，重金屬離子被其內部的幾丁聚醣粉末吸附住，這樣的特性將改善濾心表面積不足的窘境，也簡化製程的複雜性，得以提高商業化大量生產的效率及其可行性。

(二)研究配方: 2%海藻酸鈉水溶液 96ml 中混合 4g 的幾丁聚醣。

(三)研究方法:

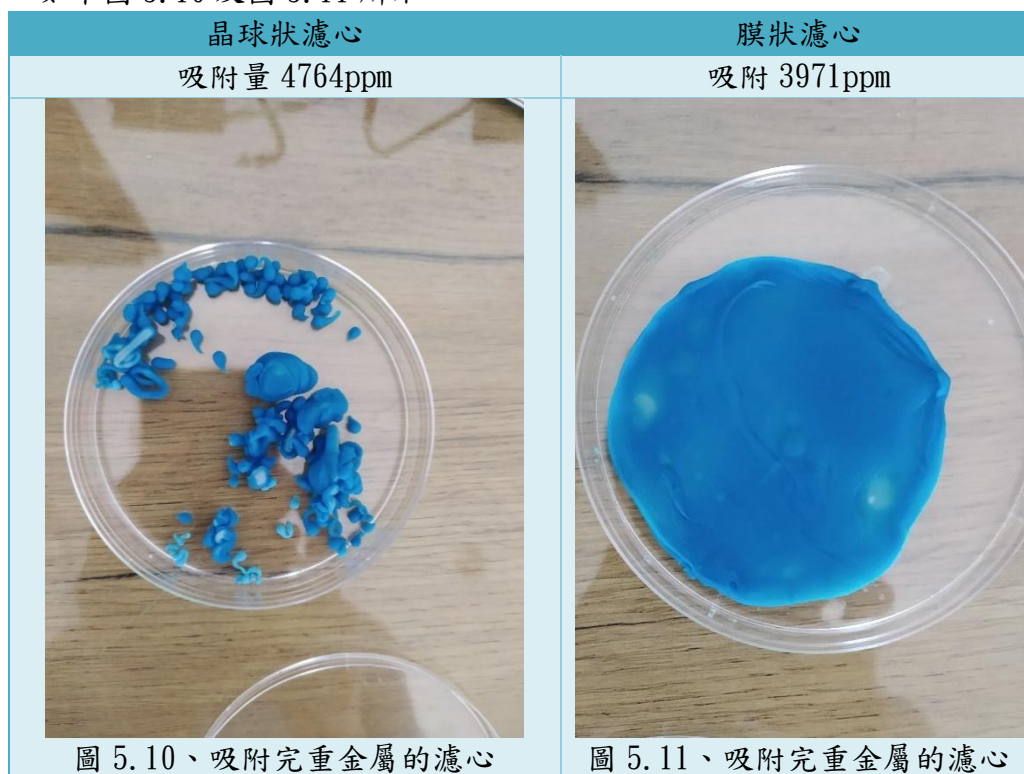
1. 將幾丁聚醣粉末 30g 加入 150ml 0.01M 的京尼平溶液中，進行 8 小時的交聯反應。
2. 將交聯後的幾丁聚醣連同京尼平溶液用濾紙加以分離，再用純水沖洗多次過，置於鐵盤中，放入烤箱烘烤至其乾燥。
3. 將 2%海藻酸鈉水溶液 96ml 混合 4g 的幾丁聚醣，經充分攪拌後盡量使幾丁聚醣粉末在海藻酸鈉溶液裡均勻分布。
4. 配置 5%的乳酸鈣水溶液做為交聯液。
5. 取 8 毫升的海藻酸鈉-幾丁聚醣混合溶液，將此樣本擠出呈顆粒狀滴入

裝有乳酸鈣水溶液的培養皿中，進行交聯作用 15 分鐘，做出晶球狀濾心。

6. 取 8 毫升的海藻酸鈉-幾丁聚醣混和溶液倒入培養皿中，使其均勻分散在培養皿內，再倒入乳酸鈣水溶液進行 15 分鐘的交聯作用，製成膜狀濾心。

(四)研究結果:

兩種不同樣態的濾心，經過濾模擬工業汙水後，其吸附完後的濾心狀況，如下圖 5.10 及圖 5.11 所示。



- (五)研究討論:利用海藻酸鈉固化幾丁聚醣的樣本來進行重金屬離子吸附力測試，與單一幾丁聚醣晶球比較後，確認有更好的吸附效果。此外，比較不同濾心型態差異，想得知表面積對吸附效能的影響，經由實驗結果得知表面積的影響卻未如我們原先所預想的顯著，雖然膜狀濾心所測得的吸附效能確實低於晶球狀濾心，但我們認為可能原因是膜狀濾心未完全沒入水體中，而導致這樣的實驗結果，但我們也發現這兩款濾心間卻也未呈現出明顯的吸附量差距，因此我們這推論這款材質的濾心表面積不會明顯影響到其吸附效能。而這款易於生產的濾心形狀，也剛好符合我們能提高生產效能的目的。

#### 四、探討 EDTA 做為螯合劑能否對濾心進行脫附

- (一) 研究原理:為減少更換濾心的次數，我們想要研究一種方法可以透過遠端操控或是內建程序控制程式的裝置來進行濾心更換。於是我們應用化學反應中脫附作用的方式，使用強螯合劑 EDTA 來將濾心內部所吸附的重金屬離子



取出，並存放於特別建置的容器內，減少人員替換濾心所耗費的人力資源，並讓濾水裝置的維護過程能更加便捷。

(二) 研究配方:0.001M EDTA 水溶液<sup>[5]</sup>

(三) 研究方法:

1. 透稀釋的方式，配置出 0.001M 的 EDTA 水溶液。
2. 將研究三中所製作出的濾心用於過濾汗水水體，以進行吸附重金屬離子，而後分別測量在進行脫附作用前不同濃度的 EDTA 水溶液其 TDS 數值。
3. 將吸附重金屬離子的濾心取 1 公克放入 2 毫升的 EDTA 水溶液中，靜置 15 分鐘，使其進行脫附作用。
4. 量測脫附作用後 EDTA 水溶液的 TDS 數值，並比較脫附作用前後的 TDS 數值差異。

(四) 研究結果:

量測在進行脫附作用前後 EDTA 水溶液的 TDS 數值，進行比較如表 5.2 所示。

表 5.2、脫附作用前後 EDTA 水溶液的 TDS 數值差異表

脫附前	脫附後
65ppm	0ppm
差異:65ppm	

(五) 研究討論:藉由強螯合劑 EDTA，由於螯合劑具強大的鍵結效用，可從幾丁聚醣的結構上取出重金屬離子，進而達成可重複使用濾心的效果，本實驗證實採用強螯合劑的脫附方法，是可以達到濾心自潔的目的。

## 五、自製濾水裝置各版本間之差異及演變

本實驗研究的自製濾水裝置是採滾動式修正方式來研發，故自製濾水裝置演變至今已從第一版代號 ATX、第二版代號 ITX、第三版代號 Higgs，修正改良至目前的第四版代號 Ether，而其各版本間的差異及演練過程，列於下表 5.3 中。

表 5.3、自製濾水裝置各版本間之差異及演變表

版本	代號	特點	說明
1	ATX	材質	壓克力
		體積	大(台式電腦主機)
		功能	循環過濾、遠端控制
		通訊	WeMos-D1/WiFi/http
		定位	濾水裝置
		發展重點	最初始的濾水裝置，僅具備基礎的過濾及遠端控制功能，為後續自製濾水裝置的研發奠定基礎

		缺點	容易漏水、體積太大
2	ITX	材質	光固化樹脂
		體積	中等(1000 張 A4 紙)
		功能	循環過濾、遠端控制
		通訊	WeMos-D1/WiFi/http
		定位	濾水裝置
		發展重點	將濾水裝置進行改良，將其功能程度提升，並試著縮小整體尺寸
		缺點	無法長期防水
3	Higgs	材質:	光固化樹脂
		體積	小(鉛筆盒)
		功能	閘門式過濾、遠端控制
		通訊	WeMos-D1/WiFi/http
		定位	實現不同架構的過渡產品
		發展重點	將循環過濾模式改為閘門過濾模式，將其功能程度又升高一個等級，實現水箱和濾心的融合的同時降低內部管線的長度以避免出現漏水。
4	Ether	材質	光固化樹脂
		體積	小(筆筒)
		功能	閘門式過濾、遠端控制、自動替換濾心、部分能源自給、自動水質監測並分析、公開透明化的平台資訊資料
		通訊	BC26/NB-IoT/UDP
		定位	一套區域濾水裝置(的一台濾水裝置)
		發展	將濾水裝置發展成真正的物聯網智慧濾水裝置，並搭建一套系統能串聯多個濾水裝置並同時分析整體水體的水質。並加入 NB-IoT 的功能讓各濾水裝置間的協調性提升;加入小型水力發電機能自行提供部分的電力來源;在算法部分，則是整合伺服器，以達到監測並判斷水質的功能，並可根據現況自動對濾水裝置下達相對應的處置指令。

## 六、第一代濾水裝置-ATX

- (一)設計理念:當時我們並不具備任何設計濾水裝置的相關資訊，僅按照我們的構想，透過自己的能力試著將濾水裝置製作出來。
- (二)發想過程:我們遇到的第一個問題，是該以甚麼樣的方式製作濾水裝置。我原本想要使用 3D 列印的方式做為解決方案，卻因為 3D 列印機的字印尺寸不夠大而無法實現。後來我上網查到可以透過雷射切割壓克力的方式，將壓克力片組裝成箱子，於是我便透過 RDWork 這個軟體自行繪製圖檔並交給代工，製作出了濾水裝置的結構。再來我又發現一個問題，那就是濾心裝設的地點處載一個十分尷尬的位置，濾心必須要傾斜放置才能讓水流過去，但濾心一旦傾斜會讓拆裝過程十分麻煩。於是我父母的一位朋友給我一個建議，建議我使用一個轉盤，讓濾心的角度可以隨著轉盤的位置改

變，這樣便解決了難以拆裝濾心的問題。

### (三)濾水流程:

當汙水流進濾水裝置時會先流入上水箱並透過內建的 TDS 和溫度感測器進行水質檢測，若水質符合標準則透過出水口將水排出，而若不符合則經由左側出水口進入濾心模塊進行過濾。當水過濾完則會流入下水箱，再透過抽水馬達抽回上水箱，重複進行水質檢測並按需求決定是否需要在次過濾，達到循環過濾的效果，如下圖 5.12 所示。

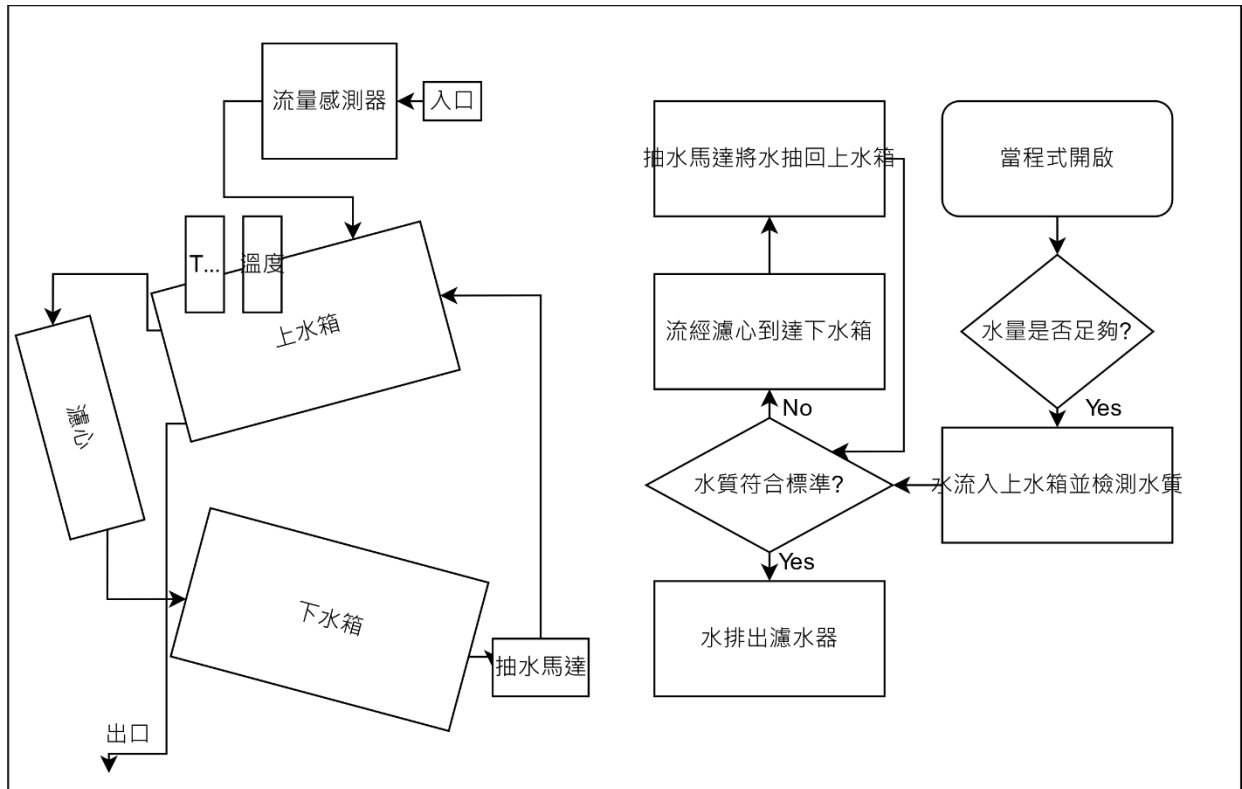


圖 5.12、濾水裝置的結構和過濾流程

### (四)硬體結構:

首先是背板的部分，由於背板上須預留裝上水箱的孔位和支撐的腳架，每片背板我是以 5 塊壓克力板由螺絲固定拼裝而成，總共用了兩塊背板，在兩塊背板之間間隔裝設上、下水箱，而兩塊背板之間是透過底部戶相連通之用於支撐的腳架作固定和連接。再來是上下水箱的部分，每個水箱都設有數量不等的進、出水口，分別向左、右側傾斜。由於上下水箱處於 2 塊背板之間，我只需再用四塊壓克力板並將他們黏上矽利康後就能將其組裝。我在上水箱的上方預留 3 個孔位、右方留 1 個、下方再留兩個，依序分別用做進水口、TDS 感測器、溫度感測器、下水相連接上水箱的水管孔、上水箱進入濾心模塊的出水口、上水相連接外界的水管孔之用；而我在下水箱的左右兩側各留一個孔，依序做為濾心模塊進入下水箱的入水口和抽水馬達將水輸送至上水箱的出水口。此外我將濾心模塊放置

於一塊可調整角度的板子上，並將該塊板子延伸在濾水裝置背板的左側。我設計的濾心背被裝在一個塑膠調味罐中，罐子的下端接被挖空，改裝上 3D 列印的水管轉接頭，此罐子可打開以便裝入濾心。

#### (五) 電路：

在這裡我用到了檢測水質的 TDS 和溫度感測器、計算水流量的流量感測器、控制水流進出的電磁閥和繼電器、供應電源的 110V to 12v 電源供應器和 12v 轉 11v 及 12v 轉 5v 的降壓模塊還有將水抽回上水箱的沉水馬達以及 Arduino Uno R3 及 D1 mini 主機板和麵包板及杜邦線等。

首先電源供應器輸出的 12v 電流會先分別轉成 11v 和 5v，11v 的電流供應給 Arduino 主機板，而 5v 則供應給沉水馬達(會先經過繼電器)和 TDS 感測器作使用，此外還有直接來自電源供應器的 12v 電流供應給電磁閥(同樣經過繼電器)。當水流經位於上水箱的入水口，會激發水流感測器發出訊號，水流感測器將會開始計算收到的脈衝數(45 個脈衝=100 毫升液體流過)，當累計收到 45 個脈衝後會關閉位於入水口的電磁閥。再來位於上水箱 TDS 感測器和溫度感測器(作為 TDS 感測器的溫度補償)會開始蒐集訊號，當 TDS 感測器經過溫度補償後得出的 TDS 值大於我們設定的標準，位於濾心上端連接上水箱的電磁閥將會開啟，汙水將瀆水箱流進濾心模塊進行過濾。1 分鐘後，所有汙水都已流進濾心過濾模塊，這時濾心上端的電磁閥將會關閉，位於下水箱的沉水將啟動以便汙水由下水箱流回上水箱，並透過上水箱中 TDS 感測器再次檢測水質，若水質符合我們設定的排放標準則將上水箱通向外界的電磁閥開啟，淨化後的汙水將流出濾水裝置，否則若水質仍然不符合排放標準則繼續重複進行過濾直到符合排放標準。

#### (六) 軟體：

自製濾水裝置第 1~3 代的內部程式的運作流程，如下圖 5.13 所示。



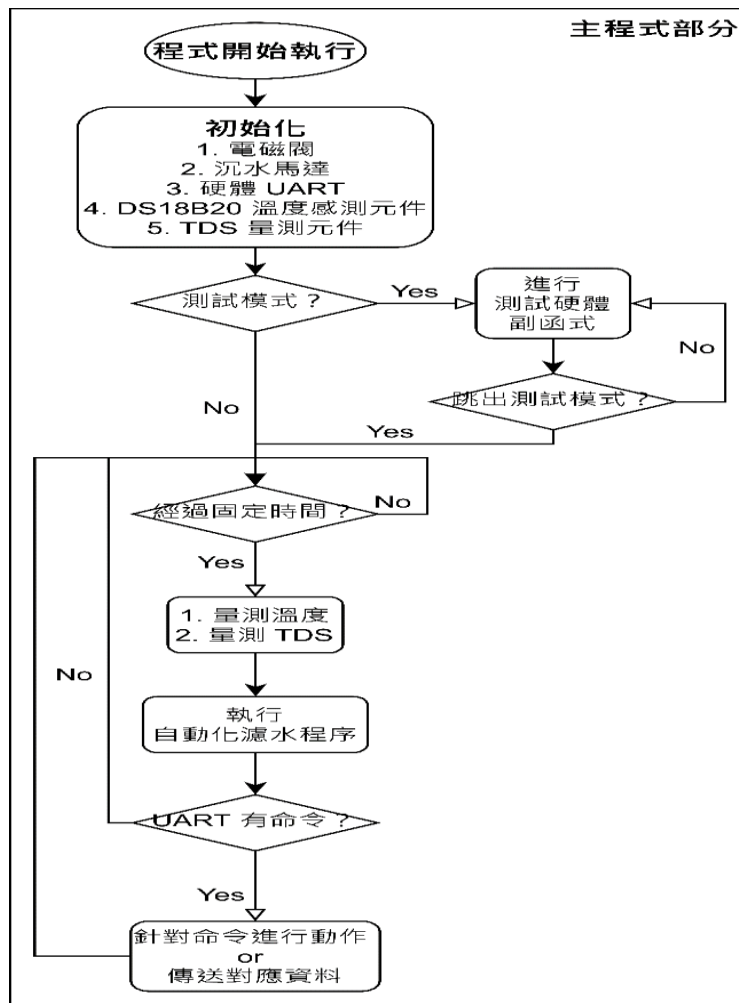


圖 5.13、1~3 代自製濾水裝置的程式流程圖

(七)運作測試:在我把水倒入濾水裝置內以測試它的效能之後，我發現了一些問題。第一個是我透過壓克力組裝而成的水箱很容易漏水，即便我使用矽利康填補縫隙後仍然會有不足的地方需要做補強。再來是它的過濾速度實在太慢了，因為濾水裝置整體做的比較龐大，管線也比較複雜，光是濾一次水可能就得花個 2、3 分鐘了，因此我們後續有必要對於濾水裝置的防水性和管線設計做更多改良，實體外觀如下圖 5.14、及圖 5.15 所示。

(八)功能:

1. 循環過濾:系統會自動偵測並檢驗水質是否符合標準，若水質不符合標準則會重複進行過濾直到水質符合標準為止。
2. 遠端控制:透過 D1 mini 連上 wifi 並以 http 協議傳輸指令。

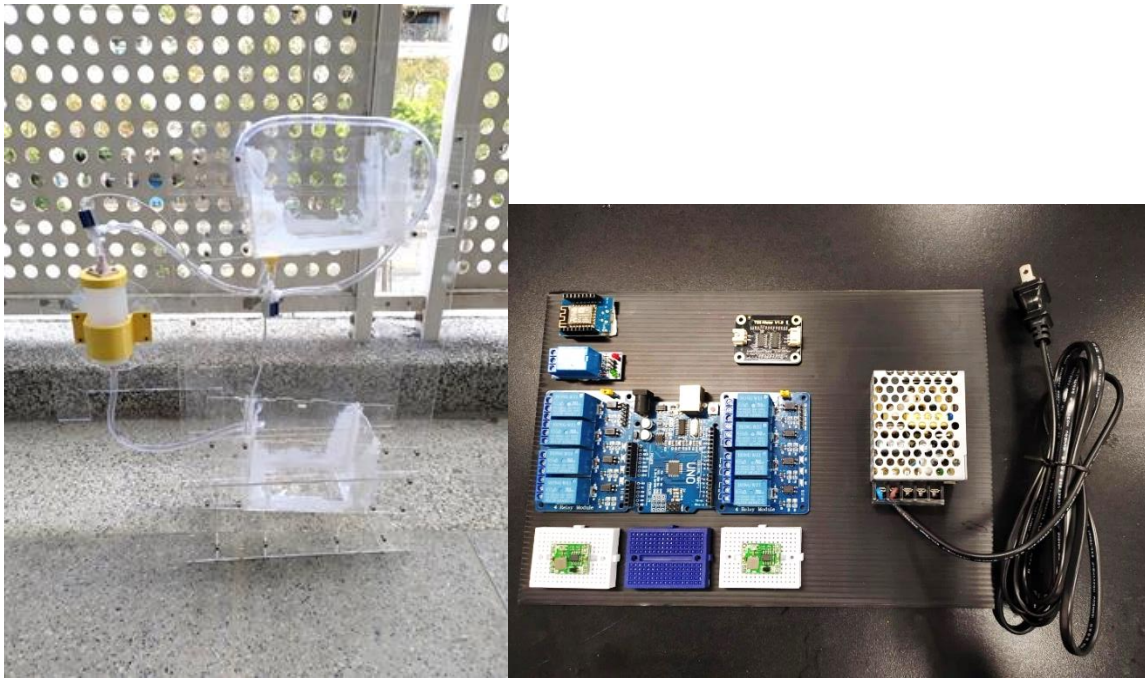


圖 5.14、將濾水裝置的結構組裝好，並使用矽利康進行填封(左圖)

圖 5.15、濾水裝置的電路圖，尚未接上線(右圖)

## 七、第二代濾水裝置-ITX

- (1) 設計理念:為了針對第一代 ATX 濾水裝置的防水性不佳及體積過大的問題做改善，我想在保留過濾架構的前提下嘗試將體積縮小，並使用 3D 列印方式來製作濾水裝置。
- (2) 發想過程:有次我為了方便維修 ATX 濾水裝置上的電路，將 ATX 的所有電子模組黏貼在一塊 A4 尺寸的瓦楞版上，方便維修時的拆裝。在檢修完電路後，我對著貼有模組的瓦楞板背面思考:如果我將濾水裝置的那些水箱放在背面，會怎麼樣?就是因為這個不經意的想法，促成了 ITX 濾水裝置的製作。ITX 保留了 ATX 的程式和架構以及電路布局(除了因為體積的緣故將流量感測器去除，改成定時關閉和開啟)，唯一不同的地方在於呈現的方式不一樣，ITX 將水箱之類的東西縮小並改變形狀，在透過 3D 列印的方式一個一個印出來再組裝在一起，使整體體積只有大約 1000 張 A4 紙的大小，卻具有 ATX 的循環過濾能力。
- (3) 運作測試:

再我將 ITX 濾水裝置裝水進行運作測試，發現雖然過濾時間縮短到了 120 秒以內，但是漏水的問題還是存在。這是因為水箱這些部件通過 3D 打印屬於一個空腔的結構，必須要將其剖半才能印出來，而將被剖半的膜型黏合時容易產生縫隙導致漏水。雖然我可以透過熱熔槍讓它短時間暫時堵住，但是這種方法並不能長久。於是往後我們必須找到一個可以長久解決漏水問題的方法，其實體外觀如圖 5.16 及圖 5.17 所示。



圖 5.16、第 2 代濾水裝置的正面

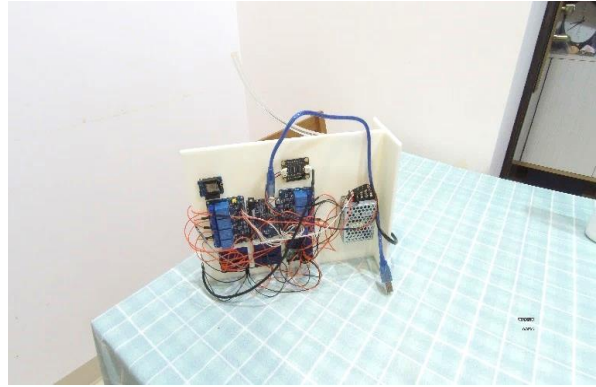


圖 5.17、第 2 代濾水裝置的背面

### 八、第三代濾水裝置-Higgs.

(一)設計理念:為了要降低循環管線的複雜度和取代馬達,我提出了一個命名為閘門式過濾的設計,它的原理是將水箱和濾芯及感測器裝再同一個模塊裡,若流進模塊裡的水水質沒問題的話可以直接流出去,但若水質不符合標準則會透過將出水口關閉來讓汙水留在模塊裡和濾芯接觸,直到水質符合標準才會將出水口打開並讓水流出去。此外這種閘門式設計還可以整合一項自動過濾的功能,原理是透過化學脫附濾心來讓濾心裡的重金屬離子轉移出來,這個過程會透過程式逕行自動控制。

(二)發想過程:有一天晚上我和家人去吃烤鴨,在等烤鴨上桌前我在思考要如何在簡化我的過濾流程,當時我腦中突然閃過一幅濾心漂浮在水箱裡的畫面,而就是這幅畫面讓我得到一個思路,那就是把濾心、水箱、感測器整合在一起。後來我將我的想法話成設計圖,經過不斷修改後,設計出了第三代濾水裝置。

(三)濾水流程:當程式開始執行時,會先測量 TDS 值,若水質不符合標準,則會關閉出水口,而若水質符合標準,會先檢測是否需要更換濾心,若需要更換濾心的話,則會先關閉進出水口,再開啟 EDTA 的進出水口,直到更換濾心完畢再關閉 EDTA 的進出水口,最後再開啟進水口;而若不需要更換濾心的話則會直接開啟出水口,如圖 5.18 所示。

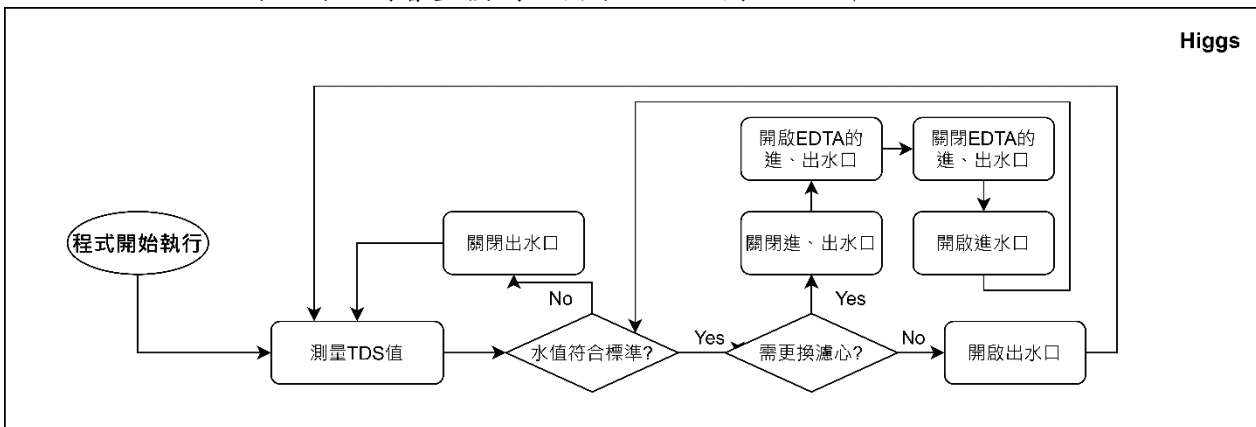


圖 5.18、第 3 代濾水裝置的過濾流程圖

(四)硬體結構:

本裝置的硬體結構，如圖 5.19 所示。



圖 5.19、第 3 代濾水裝置的硬體結構示意圖

## 九、第四代濾水裝置-Ether

(一)設計理念:這款濾水裝置在過濾的基礎上增加了更多關於監測的設計，目的是為了讓它可以被經由連結搭建成一整套的系統。最為我們發展的最後一個版本的濾水裝置，我們也讓它變的更加完善、更具實際執行的可能性。

(二)發想過程:為了讓第四代濾水裝置發展更加的成熟，我將它加入了一部水力發電機，讓其在進行過濾時可以利用水流來提供一部份運轉所需要的電力；並且將以往僅能提供 WiFi 連接的 D1 mini 模塊換成了支援 NB-IoT 的 BC26 模塊，讓濾水裝置的部屬更加的靈活並且得以運用在野外。此外為了提供濾水裝置更高的整合度，我們自己設計了電路板，用以讓濾水裝置維持在小巧的空間並壓低成本。

(三)硬體結構:

1. 核心模塊:可容納 300 公克的濾材，並且預留了自製 TDS 感測器、溫度感測器和光學感測器的放置位置，如圖 5.20 所示。

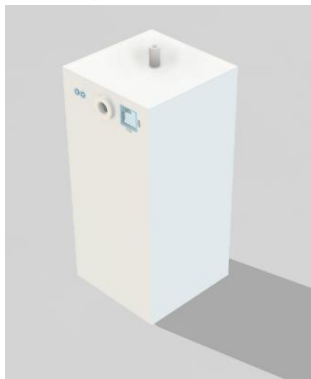


圖 5.20、第 4 代濾水裝置核心模塊渲染圖(左) /外型實體照(右)

2. EDTA 模塊:用於盛放 EDTA 溶液。模塊被設計為兩個開口，這樣不僅方便填充/取出內容物，放置在濾水裝置時也可以將另一個開口接到外殼上，這樣的設計可以讓我們不必打開濾水裝置就能直接在外殼注入取出 EDTA 溶液。此外，在製作 EDTA 模塊時我偶然發現纏繞多圈的電膠布可以很好的防止漏水，如圖 5.21 所示。



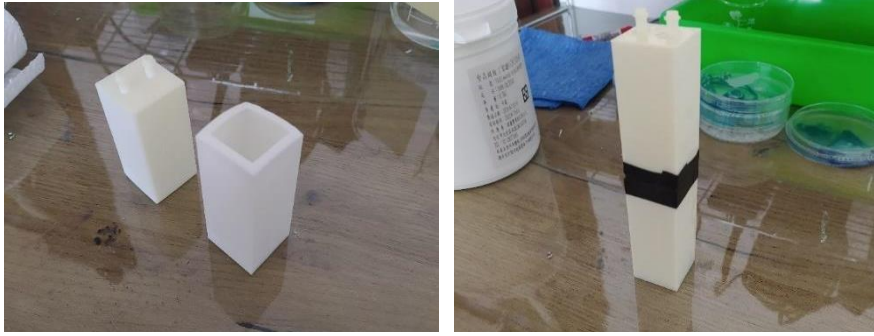


圖 5.21、第 4 代濾水裝置 EDTA 模塊組裝前(左)/組裝後(右)

3. 水力發電機模塊:裝在濾水裝置入水口，可供應濾水裝置一部份的能源，其外型如下圖 5.22 所示。



圖 5.22、第 4 代濾水裝置的水力發電模塊(加上自製轉接器)

#### (四) 電路

1. 電源供應模塊:此模塊有我自己參考許多升壓/降壓模塊在將其整合而成。該模塊具有兩個功能，第一個功能是将 12V 電壓輸出成 12V、5V、3.3V，第二個功能是将 Type-C 接口輸入的 5V 升壓成 12V 來提供給功能一使用，如下圖 5.23。

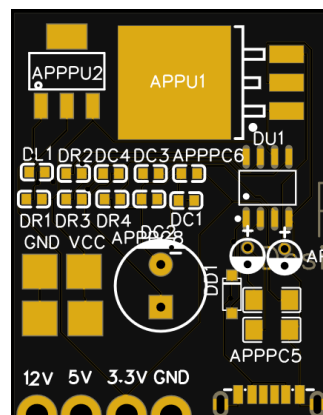


圖 5.23、電源供應模塊實體照(左)/ 電源供應模塊 Lay-out 圖(右)

2. 感測器整合模塊:此模塊整合了溫度感測器、自製 TDS 感測器和市售 TDS 感測器和光學電壓感測器等 4 種感測器接口以供使用，如下圖 5.24 所示。

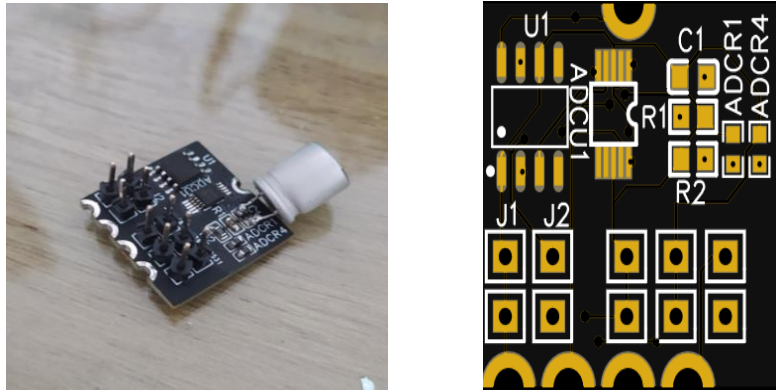


圖 5.24、感測器整合模塊實體照(左)/ 感測器整合模塊 Lay-out 圖 (右)

3. 繼電器模塊:此模塊提供 4 個 5V 繼電器，並將需要連接電磁閥的引腳接出，如下圖 5.25 所示。

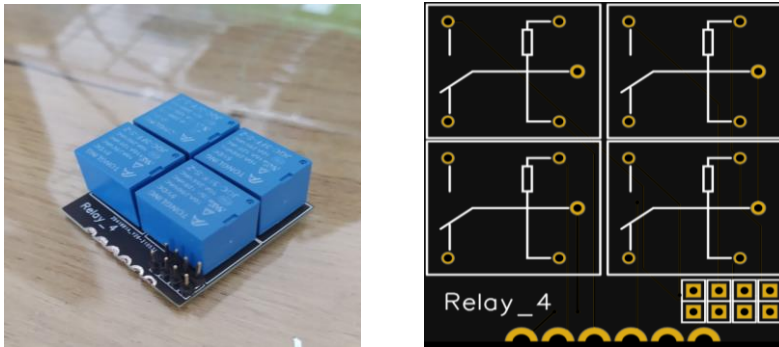


圖 5.25、繼電器模塊實體照(左) / 繼電器模塊 Lay-out 圖(右)

4. NB-IoT 模塊:此模組的電路圖取自國產 DSI2598 開發版，因為那塊的開發版使用的是 STM32 核心，我們無法直接使用，因此我們只能以它的原理圖製作一塊不含微處理器版本，如圖 5.26 所示。

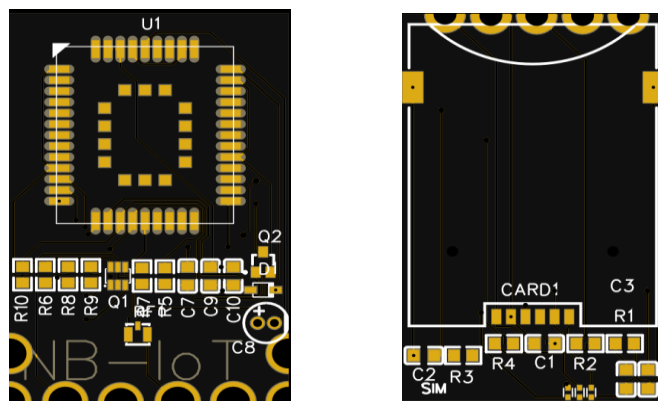


圖 5.26、NB-IoT 模塊 Lay-out 圖(左) / Sin 卡模塊 Lay-out 圖(右)

5. 將各模組進行整合:透過一塊擴充版，將各個模組進行連接，如圖 5.27 所示。

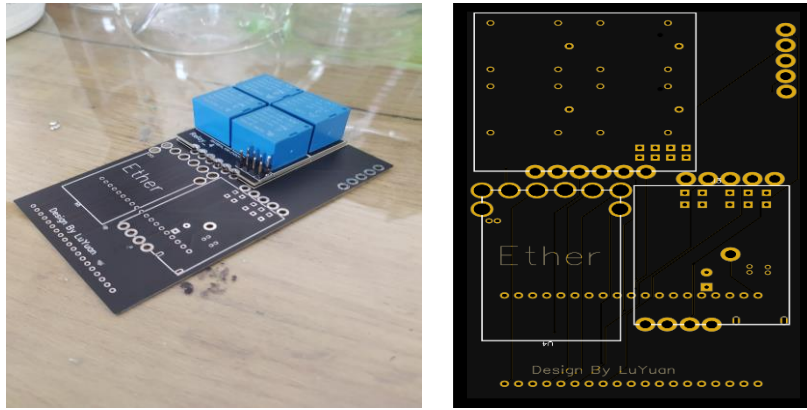


圖 5.27、自製擴充版實體照(左) / 自製擴充版 Lay-out 圖(右)

(五)感測器及用途:

1. 自製 TDS 感測器:用於量測 TDS 數值(每 20 秒上傳一次)
2. DS18B20 感測器:用於量測水溫(每 20 秒上傳一次)
3. OPT101 光照感測器:用於測量水體的顏色及混濁程度(每 20 秒上傳一次)

(六)運作測試:以人工添加硫酸銅水溶液的方式模擬濾水裝置在野外所處的水質環境，並觀察濾水裝置彙整出的吸附曲線。

在模擬環境中，我設定 TDS 標準值為 200ppm，在前 5 分鐘的時候我都給予濾水裝置 TDS 小於 200ppm 的硫酸銅水溶液，直到第 6 分鐘時我在 5 秒內倒入少量 TDS 超過 200ppm 的汗水，並在隨後恢復給予濾水裝置 TDS 小於 200ppm 的硫酸銅水溶液，整個過程一共持續了 15 分鐘。

分析得到的吸附曲線，在我給予濾水裝置 TDS 值小於 200ppm 的汗水時，濾水裝置測出來的數值大略都在 200ppm 以下浮動，但當我倒入 TDS 值大於 200ppm 的硫酸銅水溶液時，吸附曲線卻快速的上升，並在隨後以一定的速率下降，我們可以看出這時一定發生了循環過濾，因為我倒入 TDS 值大於 200ppm 的硫酸銅水溶液的時間不超過 5 秒，這樣一點點的水量是不可能使 TDS 值高於 200ppm 將近 1 分半的時間。所以這個實驗證明了當我們的濾水裝置在遇上 TDS 值高於設定標準的汗水時會啟動循環過濾模式，如圖 5.28。

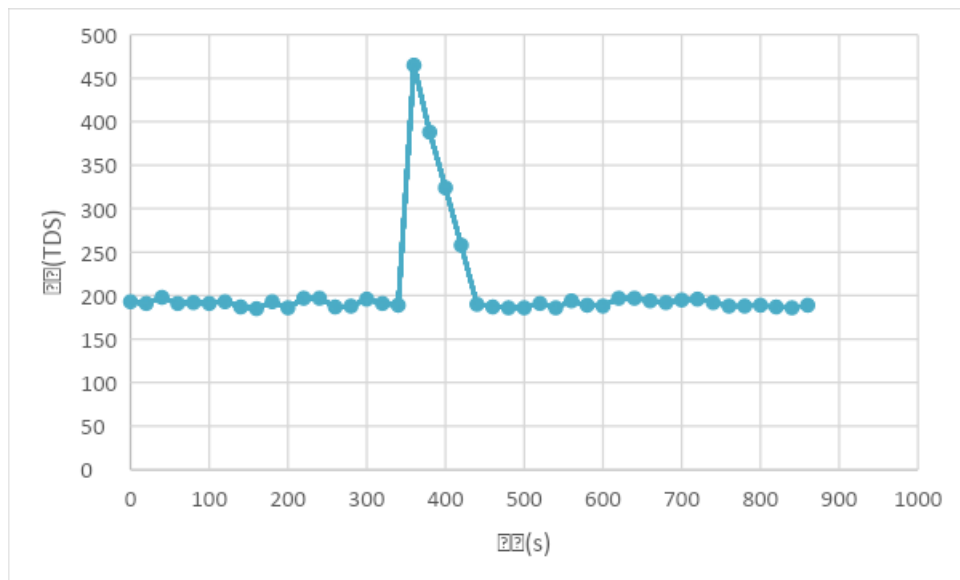


圖 5.28、自製濾水裝置在不同時間下 TDS 值的變化圖

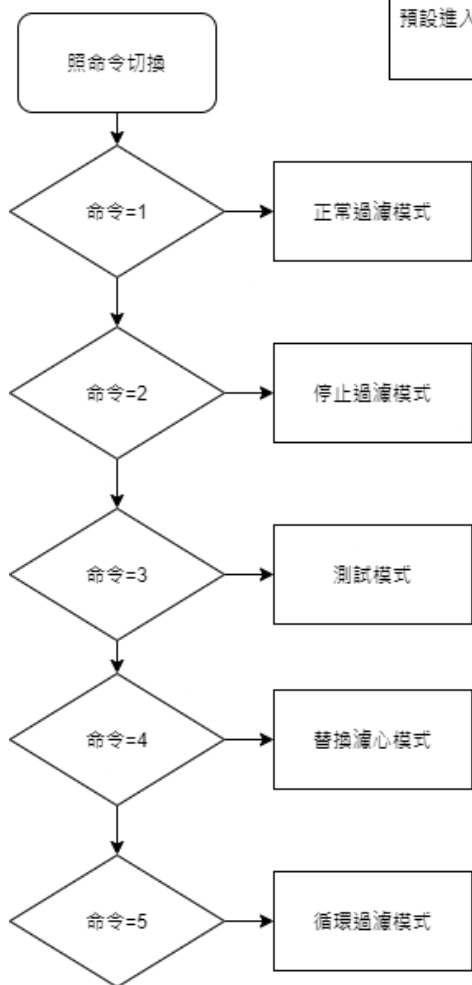
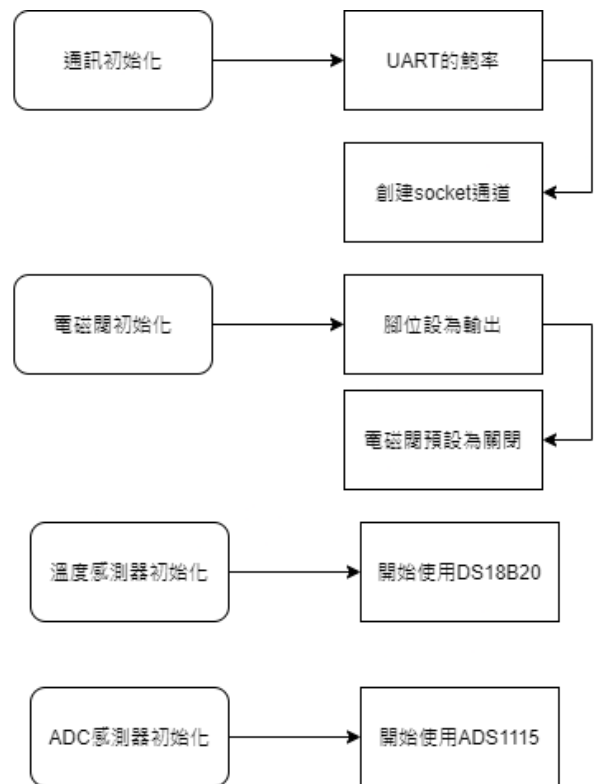
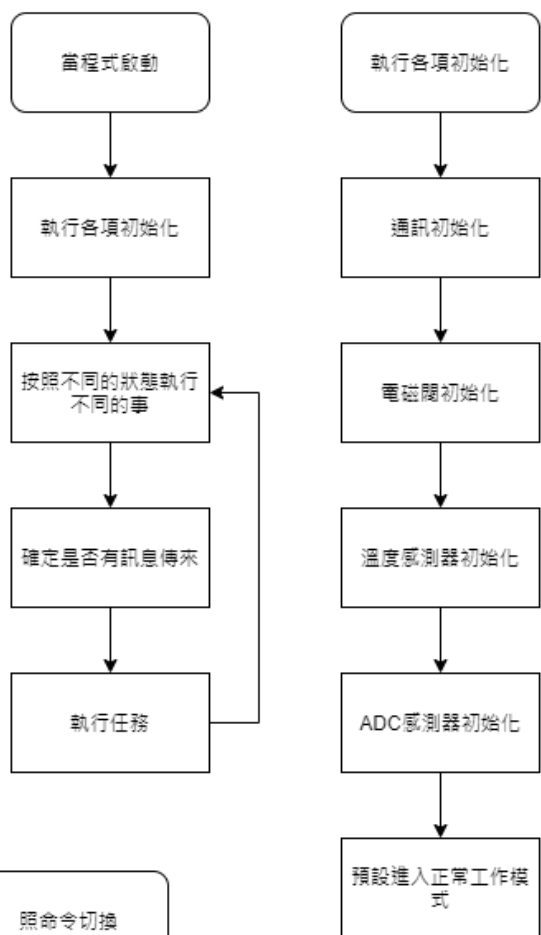
(七)功能:

1. 自動替換濾心:系統自動計時讓 EDTA 對濾心進行脫附
2. 部分能源自給:當濾水裝置過濾時，水流會帶動發電機產生能源
3. 自動水質監測並分析:結合伺服器使用，伺服器會自動將監測到的水質進行分析。
4. 清楚公開的資料平台:每一台伺服器都是一個資料平台，專門設計給社會大眾用簡單清楚的方式瀏覽資料。

(八)軟體:

第四代自製過濾器的內部程式的運作流程，如下圖 5.29 所示。





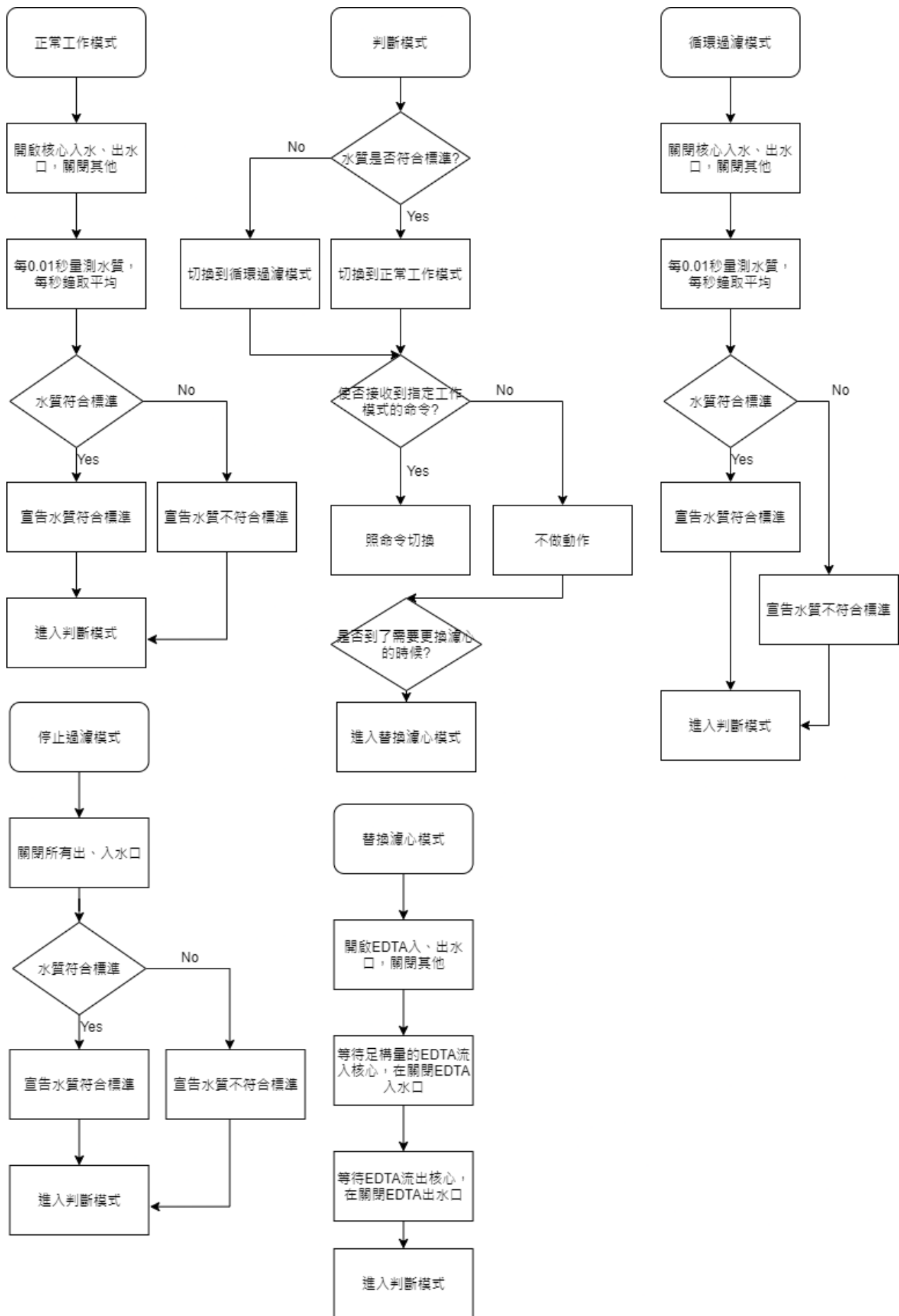


圖 5.29、第四代過濾器軟體程式運作流程圖

## 十、伺服器程式

本研究針對內部的軟體程式，反覆進程式撰寫及功能測試探討，分別針對運作流程及所設定之功能討論述明如下：

### (一) 流程圖：

本裝置系統的內部運作的程式邏輯圖，如下圖 5.30 所示。

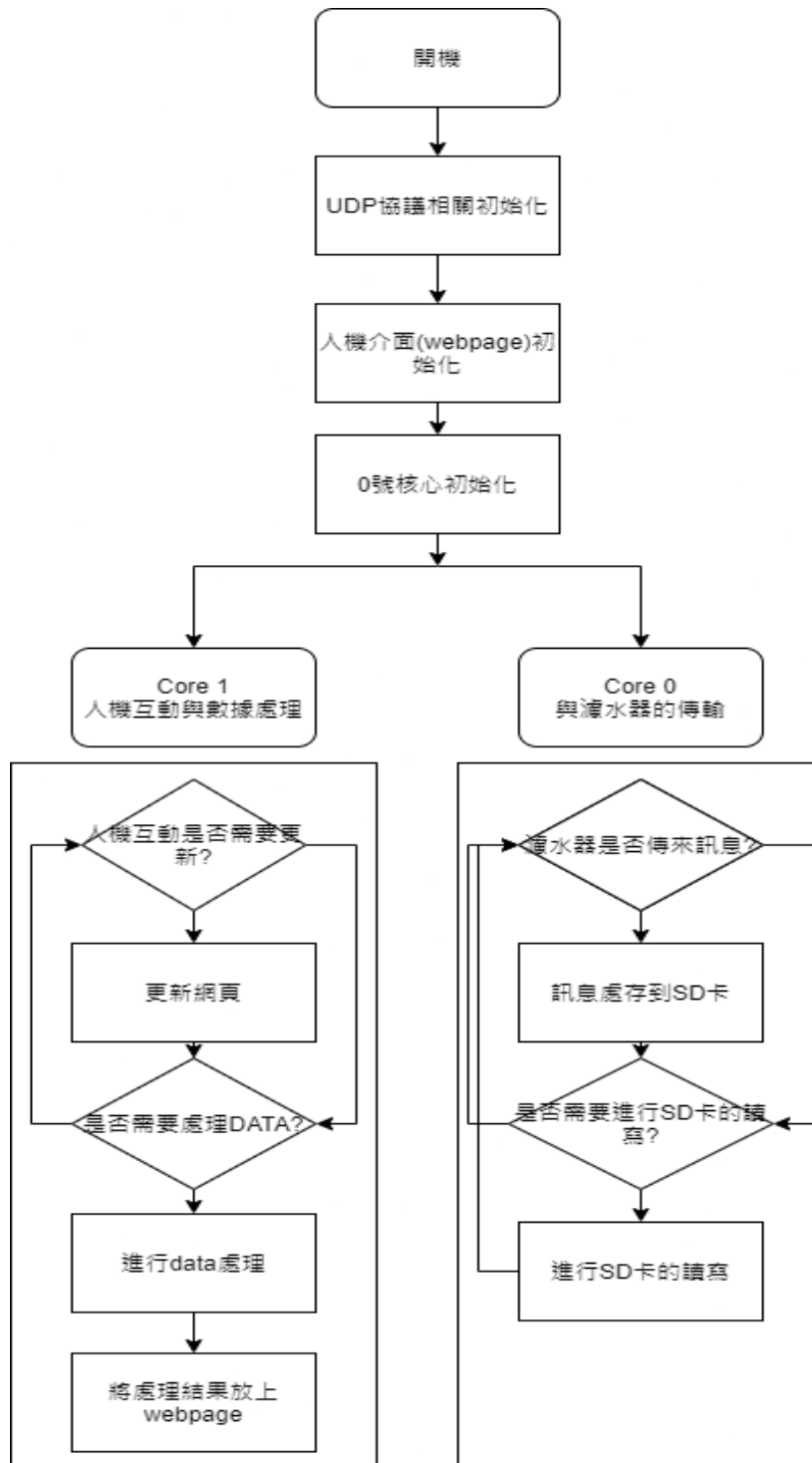


圖 5.30、內部程式運作邏輯之流程圖

## (二)功能說明:

1. 運作過程簡述:當 Sever 開機後，會先執行各種模塊的初始化設定，像是將我們使用的 BC26 晶片設定鮑率並連接到網路上和查詢分配到的 IP、以及替架設人機介面(網站)初始化相關的參數、設定另外一個核心應執行的副函式(因為我們使用的核心是 ESP32，內鍵兩顆 ARM 處理器)。設定完程式後，再來的流程會分為兩顆核心進行，一顆處理器主要負責將數據顯示在網頁上還有分析濾水裝置傳來的水質資訊;而另一顆處理器則是負責接收濾水裝置傳來的資訊和將這些資訊儲存在 SD 卡裡。以下是對不同功能做詳細的講解:
2. 性能問題:基於 Arduino 來架設伺服器或許會被人認為並非是一個好方法，因為傳統上大多數 Arduino 使用的開發版是基於 Atmel 的 Atmega 系列核心，在記憶體和處理核心上的表現皆比較差。因此我們選擇了 ESP32 這個核心，不但擁有 Xtensa 雙核心，也擁有 448KB 的 ROM 和 520KB 的 SRAM，在性能上較傳統的 AVR 晶片來的更好。
3. 數據處理:由於水質的數據在濾水裝置上已經計算好了，在 Server 上的數據處理僅為了判斷水質的趨勢進而提醒可能存在的污染源，因此數據處理的週期被定在每 2 小時、6 小時、12 小時和 24 小時做一次數據處理。數據處理的內容，是基於每當濾水裝置因為偵測到水質不合格而啟動循環過濾時，皆會向伺服器發送一個訊息，數據處理就是統計出這些訊息是否在一段時間內連續且密集的產生，若發生這種情況我們就可以合理的懷疑該段時間發生了水污染進而導致水質的提高，以上是我們數據處理的算法概念。
4. 數據儲存:因為我們建立的是伺服器，核心內建的空間難以滿足我們的儲存需求，因此我們透過使用 SD 卡函式庫來將 SD 卡作為額外的儲存空間來存放資料。而數據的存放方式我們則是透過建立二維的陣列，讓不同的濾水裝置各自有對應且獨立的訊息和水質參數的存放空間。
5. 與濾水裝置的傳輸:伺服器和濾水裝置間的傳輸是基於 UDP 協議，優點是兩者通訊時不需建立連接，避免了 TCP 協議只能容許和 5 個客戶端連線的問題，在處理一對多的情況下較為有利。但由於我們設想伺服器會最多需要接收 30 台客戶端發送的資料，這麼多台客戶端同時向一個伺服器發送訊息，極有可能產生數據丟包的情況。為了盡量減低這種情況的發生，我們單獨將處理器的一顆核心分配給接收訊息的程式，以避免當有訊號傳入時處理器正在處理別的程序而造成訊息被丟包。況且每台濾水裝置被設定每隔 20 秒向伺服器發送一次水值訊息，傳送的密度夠高的同時若是損失一、兩筆數據也無傷大雅。以上是伺服器與濾水裝置傳輸方法。

6. 人機介面:將會以網站的方式呈現，目的是顯示濾水裝置傳來經過分析的數據。人機介面的設計僅具備顯示數據功能，而不具備輸入指令的功能，因為我們將該介面的使用者定義為非相關專業領域的一般社會人士，為了能盡量讓所有人都可以輕鬆地訪問數據，人機介面的設計理念為方便、簡易。我們設計的人機介面上會顯示濾水裝置的數量、傳送過來的水質資訊(透過 google 提供的 API，將以圖表的方式呈現，使用者可以自由查看不同時間範圍內數據)、還有在某段時間內可能有水汙染狀況發生得提示(是否可能有水汙染發生油數據分析算法得知，此處以文字的方式顯示)。而為了讓介面使用起來更為簡便，所有的資訊都將顯示在 index 上面而不會有過多的分頁，此外一個伺服器將只被允許與 30 個濾水裝置的連接。

## 陸、 結論:

本實驗研究嘗試將高分子化學與機電整合這兩個領域進行統整研發出的創新濾水系統裝置，搭配軟體程式的邏輯控制能力與硬體所提供的外在環境，將高分子化學的科學知識應用於製作一款可自動替換濾心的濾水裝置，另外，若配合我們設計建置好物聯網伺服器後，則可以實現自動化水質監測在分析後自行啟動相關的處置功能，並可以將每台濾水裝置所蒐集到的各地水資源相關資料，形成大數據的資料庫、經彙整後置於公開的網頁，提供社會大眾查詢，可以真的讓社會大眾看見及感受到各濾水裝置設定地點最即時的水質變化情形，讓我們得以獲得永續乾淨的水資源。

## 柒、 參考資料及其他

- 一、 Gotoh, T.; Matsushima, K.; Kikuchi, K.-I. Chemosphere 2004, 55, 135
- 二、 含幾丁聚醣吸附劑的製備與特性研究：重金屬移除 2008
- 三、 <https://zh.wikipedia.org>
- 四、 McKay, G.; Blair, H. S.; Findon, A. Ind J Chem 1989, 28A, 356.
- 五、 W.S. Wan Ngah, C.S. Endud, R. Mayanar: Removal of copper(II) ions from aqueous solution onto chitosan and cross-linked chitosan beads
- 六、 <https://baike.baidu.com/item/%E8%84%B1%E9%99%84>

## 【評語】 032813

1. 本研究利用幾丁聚醣高分子可吸附貴重金屬的特性來做污染過濾水質實驗，自製 TDS 檢測機，結合判斷邏輯電路，讓水質過濾到標準 TDS 值以下，並可以自動脫附重金屬並且上傳水質資料。研究探討項目多，部份項目在過往已有完整研究，或市場上也有效能好的產品，建議收斂研究主題，針對具特色之項次，與過往的研究或成品進行比較，進行嚴謹之探討，以提升作品的創新性與效能。
2. 訓練 TDS 值與重金屬濃度間的模型主要為線性回歸。
3. 自動脫附重金屬換濾心是很好的概念，但是要兼顧到脫附當下的出水的處理，這些廢水是否可以再使用，是否會存在二次污染等問題。

## 作品簡報

「你是我最甜蜜的量子  
糾纏，讓我們還給這世  
界一灣乾淨的河水吧！」

-物聯網智慧濾水裝置



# 研究目的

## Part 01

### 化學層面(濾心)

製作濾水器的濾心

---

- 1) 以線性回歸方式來訓練TDS值與重金屬濃度間的模型
- 2) 以線性回歸方式來訓練自製TDS感測器以建立感測模型
- 3) 不同樣態的幾丁聚醣製備與其吸附重金屬離子效用探討  
方案一:幾丁聚醣晶球的製備及其吸附重金屬離子效用探討  
方案二:固化幾丁聚醣在不同型態下的製備及其吸附重金屬離子效用探討
- 4) 探討EDTA做為螯合劑能否對濾心進行脫附作用

## Part 02

### 硬體層面

設計濾水器的硬體

---

- 5) 自製濾水裝置各版本間之差異及演變
- 6) 第一代自製濾水裝置-ATX之效能探討
- 7) 第二代自製濾水裝置-ITX之效能探討
- 8) 第三代自製濾水裝置-Higgs之效能探討
- 9) 第四代自製濾水裝置-Ether之效能探討

## Part 03

### 軟體層面

撰寫伺服器的軟體

---

- 10) 伺服器程式

化學(濾心)、軟體、硬體

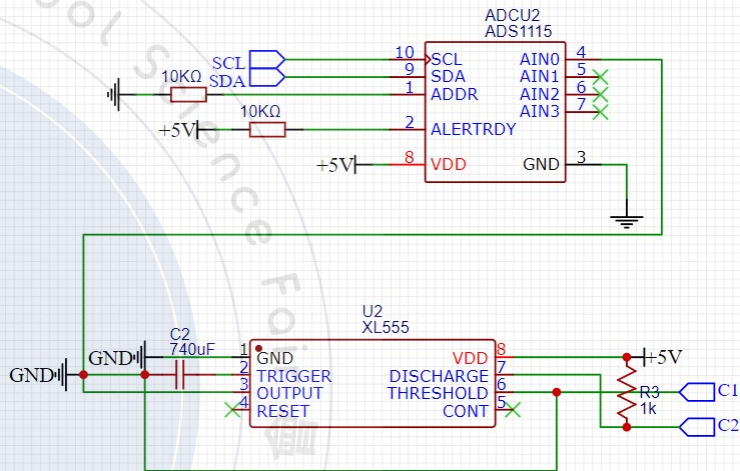
研究方式

### 實驗名稱

訓練TDS值與重金屬濃度間的模型

### 實驗方式

- 1) 配置各種不同濃度的硫酸銅水溶液(本實驗以硫酸銅10、20、40、60、80、100mg溶解至100ml水裡為例)。
- 2) 用TDS感測器分別測量不同濃度的硫酸銅水溶液對應到的TDS數值，進行3重複取平均後記錄
- 3) 使用Excel軟體將硫酸銅水溶液的濃度和TDS值製作成一元線性回歸模型。



自製TDS感測器 原理圖

### 實驗名稱

訓練自製TDS感測器以建立感測模型

### 實驗方式

- 1) 配置各種不同濃度的硫酸銅水溶液，並以市售TDS筆測量各種濃度所對應到的TDS值和溫度，將數值記錄。
- 2) 使用自製TDS感測器，測量各種不同濃度及溫度的硫酸銅水溶液，將得出的電壓記錄。
- 3) 使用Excel軟體將硫酸銅水溶液的溫度和TDS值做為自變數，並將自製TDS感測器得出的電壓數值做為應變數，以Excel製作二元線性回歸模型。

電路說明:自製TDS感測器由16-bit ADC轉換器和一個Timer組成。Timer的用途是做為一個偵測器，通過分辨水體不同大小的電阻值來給出不同的電壓，而ADC轉換器的目的則是為了讀取偵測器的電壓。我們分別用了ADS1115和555Timer這兩顆IC，ADS1115提供了16 bit的轉換精度，使感測器測量得以更加準確。

濾心配方

2%、3%、4%、5%幾丁聚醣溶液

交聯液配方

400.6g 水、40g NaOH、53.6g乙醇

製作方式

- 1) 以1.5%醋酸水溶液溶解幾丁聚醣，配置不同濃度的幾丁聚醣溶液
- 2) 將不同濃度的幾丁聚醣溶液取8ml，分別裝入針筒中，一滴滴入交聯液中，交聯15分鐘並洗淨
- 3) 將濾心泡入0.01M的京尼平溶液中交聯8hr

實驗結果

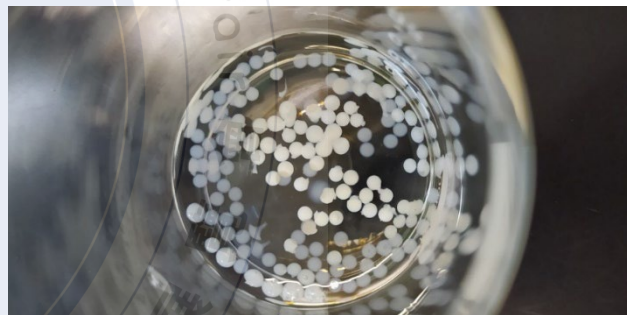
僅2%幾丁聚醣溶液能被裝入針筒，其餘的因為太濃稠而無法從針筒中滴出來

吸附效能

將濾心放入16毫升1%硫酸銅溶液中吸附15分鐘，共吸附3160ppm的重金屬離子。



濾心製作過程



濾心交聯時的樣子



吸附硫酸銅前的濾心



吸附硫酸銅後的濾心

# 固化幾丁聚醣在不同型態下的製備及其吸附重金屬離子的效用探討

濾心配方

250g的2%海藻酸鈉溶液固化10g幾丁聚醣

交聯液配方

5%乳酸鈣水溶液

製作方式

- 1) 取10g交聯過的幾丁聚醣粉末，加入2%海藻酸鈉溶液至250g，充分攪拌溶液。
- 2) 取上述的混和液8ml裝入針筒中，一滴滴入交聯液中，交聯15分鐘並洗淨。
- 3) 將步驟一的混和液取8ml倒入培養皿中，再倒入8ml交聯液中等待15分鐘交聯並洗淨。

實驗結果

2款型態不同的濾心接成功製作出來。

吸附效能

將2款濾心放入16毫升1%硫酸銅溶液中吸附15分鐘，步驟2的晶球狀濾心吸附了4764ppm的重金屬離子，步驟3的膜狀濾心則吸附了3991ppm的重金屬離子。



吸附硫酸銅後的晶球狀濾心

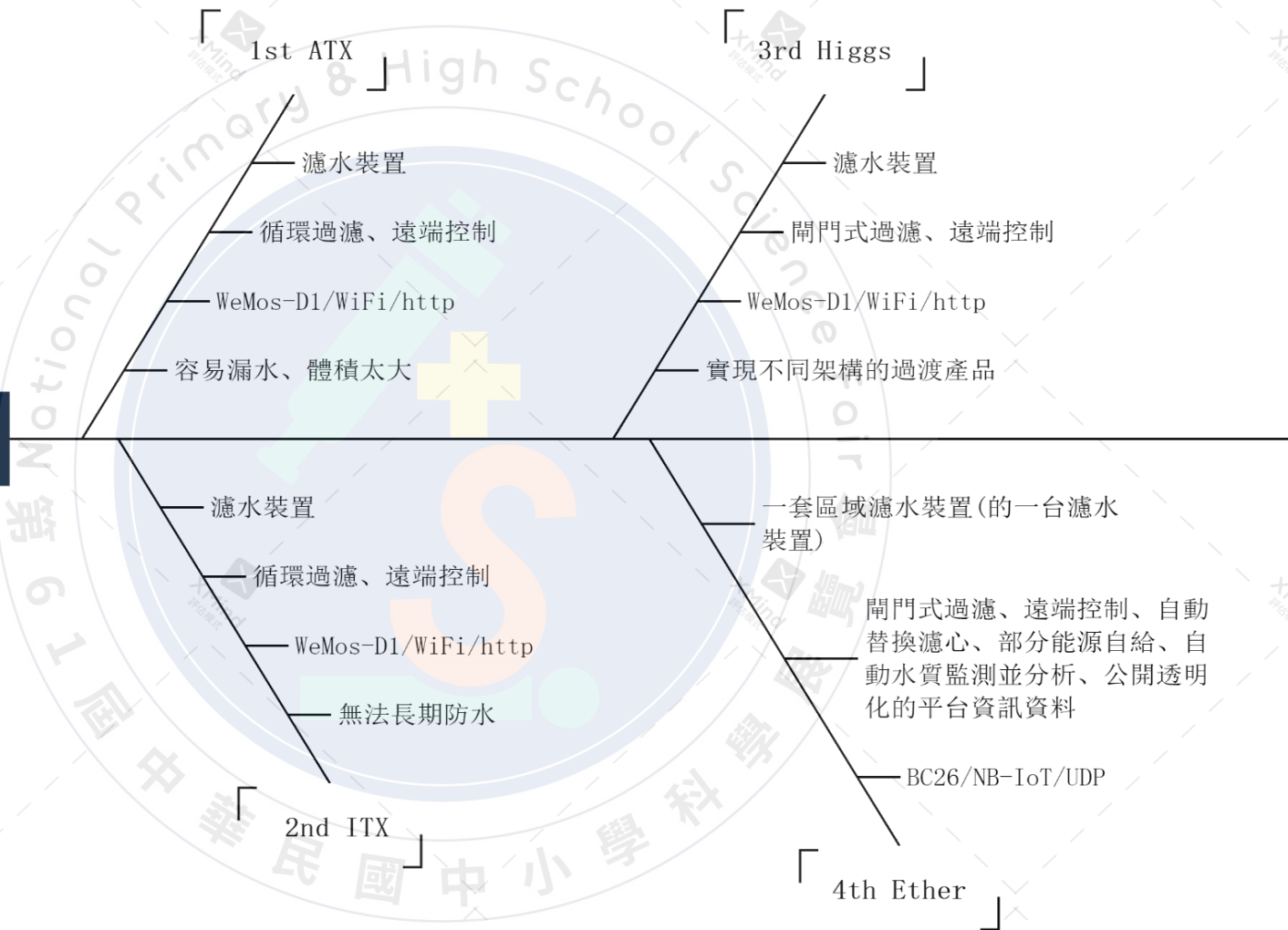


吸附硫酸銅後的膜狀濾心

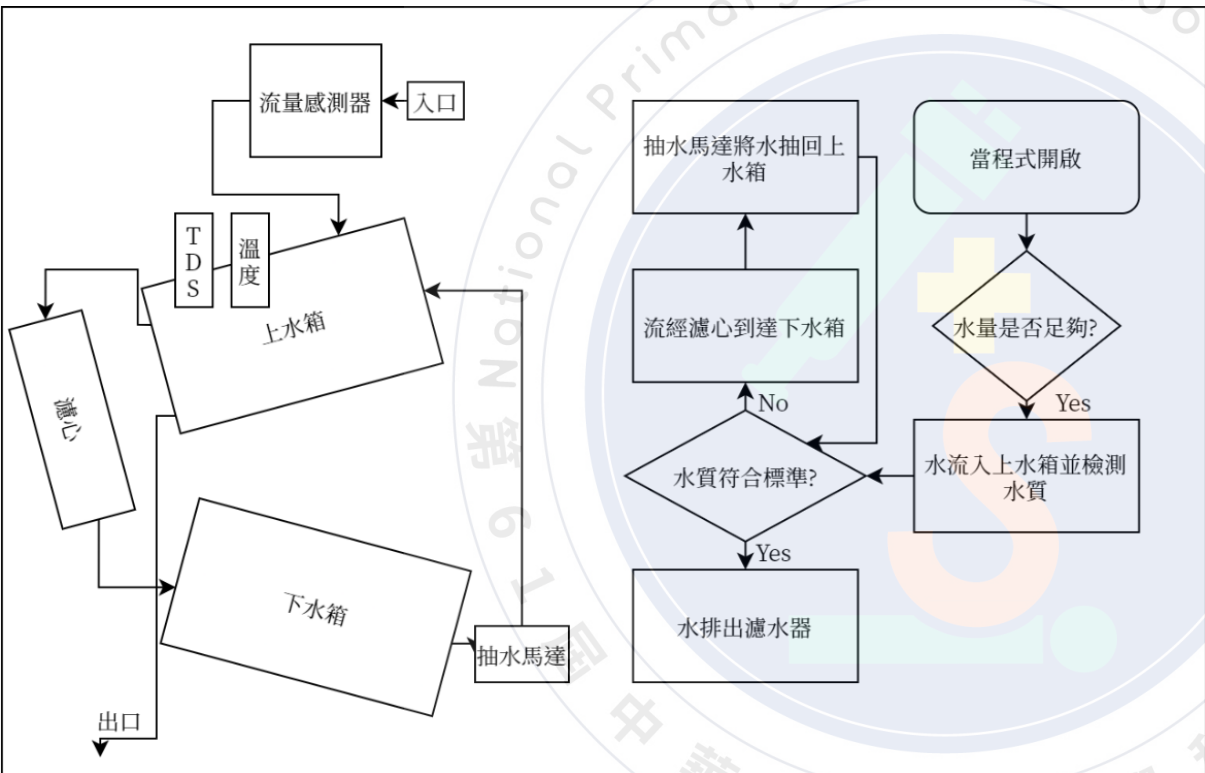


硬體

## 濾水器發展的演變



# 第1代ATX&第2代ITX濾水器



濾水裝置的結構和過濾流程



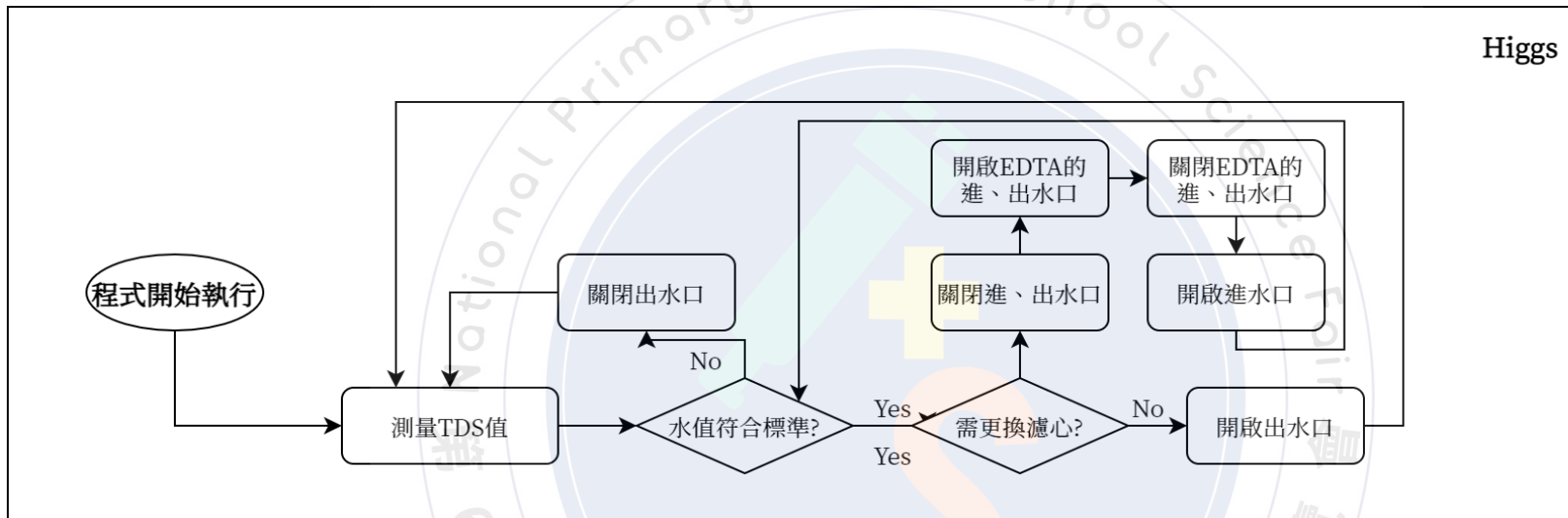
ATX濾水器結構



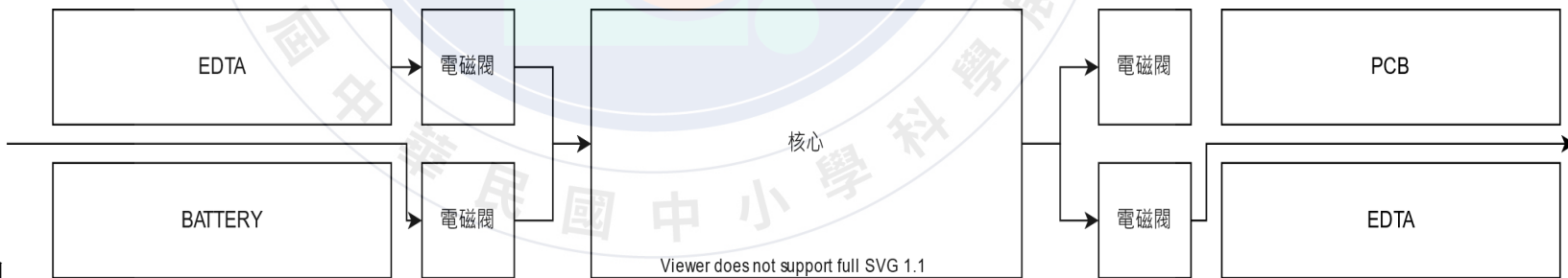
ATX&ITX電路布局



ITX濾水器結構



第3代濾水裝置的過濾流程圖

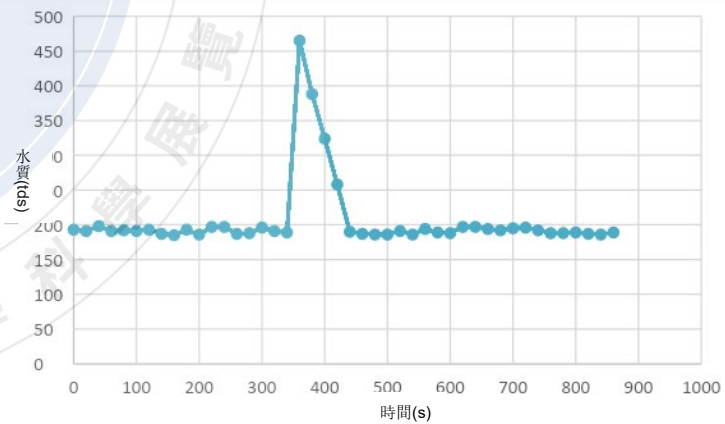
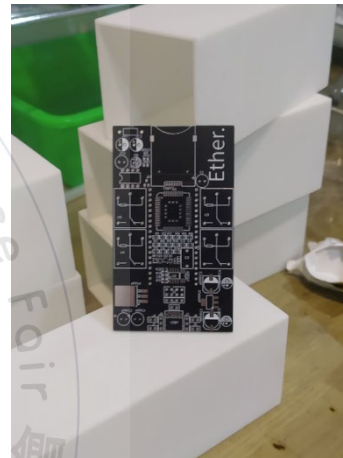
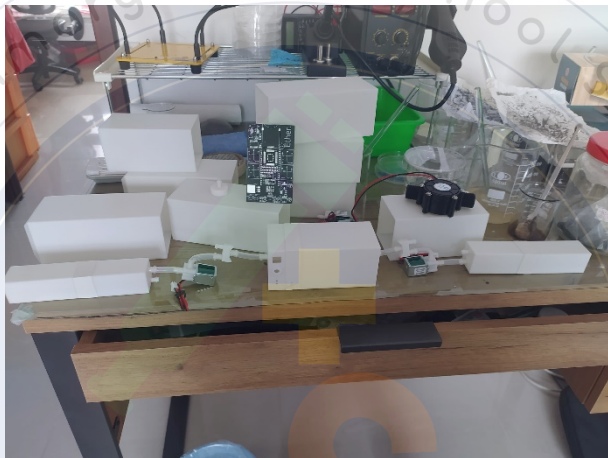
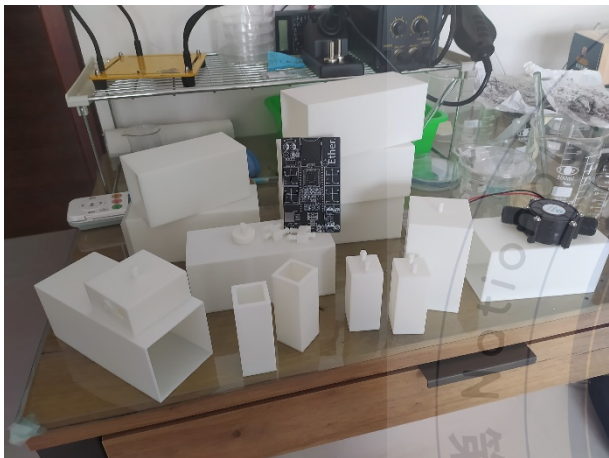


第3代濾水裝置的硬體結構示意圖



# 硬體

## 第4代Ether濾水器



### 01 整合大量數據

通過事先將濾水器建檔和約定好傳輸協議，可藉由UDP協議的方式接入大量來自不同位置的濾水器回傳數據。

### 02 自動進行分析

通過比較濾水器傳來的”循環過濾提示”訊息在一段時間內的密度，可判斷出哪個時段、哪個地點可能存在水汙染並事先做出預警。此外，伺服器也會透過濾水器傳來的訊息，判斷濾水器是否存在故障或需要更換濾心，並自動做出提示。

### 03 以簡單的方式呈現

伺服器不但具有處理並分析濾水器訊息的功能，同時也具備架設網站的功能，濾水器運作的狀態、發送的訊息和分析的資訊皆會透過網站的方式讓所有瀏覽它的人知悉，便於讓社會大眾看見及感受到各濾水裝置設定地點最即時的水質變化情形

# 伺服器

# 參考資料

- 一、Gotoh, T.; Matsushima, K.; Kikuchi, K. - I. Chemosphere 2004, 55, 135
- 二、含幾丁聚醣吸附劑的製備與特性研究：重金屬移除 2008
- 三、<https://zh.wikipedia.org>
- 四、McKay, G.; Blair, H. S.; Findon, A. Ind J Chem 1989, 28A, 356.
- 五、W.S. Wan Ngah , C.S. Endud, R. Mayanar: Removal of copper(II) ions from aqueous solution onto chitosan and cross-linked chitosan beads
- 六、<https://baike.baidu.com/item/%E8%84%B1%E9%99%84>

# 結論

本實驗研究嘗試將高分子化學與機電整合這兩個領域進行統整研發出的創新濾水系統裝置，搭配軟體程式的邏輯控制能力與硬體所提供的外在環境，將高分子化學的科學知識應用於製作一款可自動替換濾心的濾水裝置，另外，若配合我們設計建置好物聯網伺服器後，則可以實現自動化水質監測在分析後自行啟動相關的處置功能，並可以將每台濾水裝置所蒐集到的各地水資源相關資料，形成大數據的資料庫、經彙整後置於公開的網頁，提供社會大眾查詢，可以真的讓社會大眾看見及感受到各濾水裝置設定地點最即時的水質變化情形，讓我們得以獲得永續乾淨的水資源。