

臺南市 109 年度國中學生獨立研究競賽作品

作品名稱：智慧淨水系統

編號：

作品名稱：智慧淨水系統

摘要

本研究為製作濾水器，主要的目標是「智慧」及「環保」，本研究小組想製作出符合智慧，環保的濾水器，可以浮在水池上依照需求自動淨水，減少換水的次數及人力，結合 Arduino 板的指令，達成智慧這部分。本裝置能檢測酸鹼值，最大的亮點便是這個濾水器可能藉由酸鹼值測量結果做出決策，進而進行酸鹼處理以將水過濾，並結合環保，選用回收再利用的材料，是一個具有智慧的淨水器。

壹、研究動機及目的

一、研究動機

現今水污染問題日益嚴重，時不時就會有水資源受到污染的問題（5、7、11），就連學校的池塘有時也會受到污染（圖一），因此如何有效濾水就成為關鍵的問題，所以我們開始思考如何做出能加強淨水效率的濾水系統。

由於大部分的淨水裝置都是定點型淨化（1、2、9、10、13），我們認為這樣有少部分的水無法順利淨化，於是我們思考到如果讓它浮在水面上淨化的可行性，如此一來就可以解決濾水器只能在單一地點淨水而需靠人力移動的問題，另外如果濾水器在經過每個地方不停的濾水，這樣會耽誤到整體濾水的時間，於是我們想到可以利用檢測的方式來控制是否濾水以增加濾水效率。我們透過跟老師的討論後，我們發現可以使用 Arduino 來結合整體濾水系統進行濾水（8）。



圖一：學校池塘

二、研究目的

本研究目的是設計結合檢測水質及淨水功能的飄浮式淨水器，可以再細分為以下幾個研究問題：

- (一)探討運用 Arduino 製作 pH meter 自動檢測酸鹼性可行性為何?
- (二)探討淨水系統的可行性為何?

(三)探討可自動檢測並加以淨化的濾水器可行性為何?

(四)探討使濾水器浮在水面上的可行性為何?

貳、文獻探討

一、濾材之探討

(一)活性碳

活性碳(activated carbon)是黑色粉末狀或顆粒狀的碳物質，過濾原理是「吸附」雜質。

人類利用活性碳淨化水質，最早是源於木炭的運用，最久可以追溯自西元 450 年前，腓尼基人將飲用水儲存在燒焦的木製桶裡，以確保商船在海上行駛時船員飲水無虞。活性碳真正大規模運用於淨水用途，則可始於 1950 年代，活性碳可算是發展相當成熟的淨水濾材(2)。

活性炭在結構上由於微晶碳是不規則排列，在交叉連接之間有具有高度發展的孔隙構造，其結構為碳形成的六環物堆積而成。在活化時會產生碳組織缺陷，因此它是一種多孔碳，堆積密度低，比表面積大(6)。

為很廣泛使用的淨水器濾材，它由於六環碳的不規則排列，造成了活性碳多微孔結構及高表面積的特性，每一公克的活性碳就有如好幾個籃球場的面積，影響活性炭吸附性的主要因素就取決於內部孔隙結構的發達程度。因為這特性所以它能夠讓污染物如農藥、臭味、餘氯等有足夠空間吸附在上面，而達到過濾效果(2、6、9)。

常用於吸附水中有機物，如農藥、三鹵甲烷、臭味分子等，由於活性碳的表面積大，因此自來水水中的氯氣也會與碳表面反應而降低(1)。

活性碳濾芯對於淨水器而言，扮演非常重要的角色，要可以吸取化學物質、有機污染源、異色、異味等，或者放在淨水器最後一道甜化水質(1、9、10、13)。

(二)草泥丸

在尋找中和鹼性水質的材料時水族館老闆向我們推薦了「草泥丸」。「草泥丸」採用近似圓設計，分粗、細兩種顆粒，當多個個體聚集在一起的時候，只有球體能得到最大的空隙，這個空隙是底床的呼吸通道。球體體積越小，相對表面積越大，與水體交融的界面也就越大。

用途

- 1.軟化水質：甚至對於極為惡劣的水質亦能提供理想的 pH 酸鹼值。
- 2.補充水中微量元素：包含多種有機物，列如腐植酸、黑褐素和微量元素。
- 3.改變惡劣水質：以自然的方式足以調整改變最為惡劣的水質。
- 4.平衡 PH 值：由於含有自然成分，保證正確的 pH 酸鹼值平衡，若水中含有過量的酸，可以減少酸的含量。(14)

(三)麥飯石

1. 吸附力強：麥飯石作為觸媒劑和水作用時，有很強的吸附力。
2. 溶出礦物質：礦物質是人體不可缺少的微量元素，它們對維持生命的飲料水是非常重要的，這一事實隨著近年來對礦物質的研究，已逐漸被人們所認識。在飲料水中含有適量的礦物質，可以

改善水質，也有抑制細菌和吸附有機物質的作用。因此，當將麥飯石投入水中時，可將水中的游離氯和雜質、有機物、雜菌等吸附、分解，而供給水中的礦物質。因此，能防止水腐敗，得到優質水。

3. 靜菌狀態：細菌類的活動被抑制，處於靜止狀態。所謂制菌作用是使細菌類的增殖停止的作用。
4. 調整水質：以鐵，鎂，氟等礦物質而論，當水中不存在時它則溶出，相反，水中存在過多時它則吸附。這種作用與 PH 有關，除了過於酸性和過於鹼性的水以外，往淨水中投入麥飯石，在多數情況（鹼性）時採用投入方式，在少數情況（酸性）時採用循環方式可使水接近中性。而且，使水在麥飯石層循環幾次後，即使是水量較大，也能調節 PH。
5. 使水中溶解氧量豐富：麥飯石對需氧生物體能起到非常有效的作用。（9、10、14）

（四）珊瑚砂

珊瑚砂為珊瑚或貝殼碎片，具持續釋放碳酸鈣的特性，顆粒大小不等，規格多種多樣。珊瑚砂最大的特點是微孔豐富，適宜大量的生化細菌生存，可作鋪設濾材

珊瑚砂由於含鹼性物質，經過其過濾的 pH 值一般為 7.0~8.5，不斷釋放的鈣離子、鎂離子能為海水生物生存提供較高的硬度和穩定的酸鹼度，因而適合用於養殖海水魚的海水過濾系統中。使用 8—16 個月後需要更換。由於含豐富的孔隙結構，還可作為生物過濾系統的載體，大量培養硝化細菌。屬海洋天然濾材，最大的特點是微孔豐富，適宜大量的生化細菌生存，可作為下（內）層鋪設濾材。（9、10、14）

（五）白棉

一般人稱過濾綿都應該是指白綿，這算是最常見的第一層濾材，主要用於阻擋殘餌及魚隻排泄物等物理髒汙，讓腐生菌可以在此繁殖分解，此部分需要時常的清洗及更換。（9、10、14）

二、Arduino 之探討

Arduino 是一家製作開源硬體和開源軟體的公司，同時兼有專案和用戶社群，該公司負責設計和製造單板微控制器和微控制器套件，用於構建數位裝置和互動式物件，以便在物理和數位世界中感知和控制物件。該專案的產品是按照 GNU 寬通用公共許可證 (GPL) 或 GNU 通用公共許可證 (GPL) 許可的開源硬體和軟體分發的，Arduino 允許任何人製造 Arduino 板和軟體分發。Arduino 板可以以預裝的形式商業銷售，也可以作為 DIY 套件購買。

Arduino 電路板設計使用各種微處理器和控制器。這些電路板配有一組數字和類比 I/O 引腳，可以連接各種擴充板或麵包板（封鎖板）和其他電路。這些電路板具有串列埠，包括某些型號上的通用串列匯流排 (USB)，也用於從個人電腦載入程式。微控制器通常使用 C/C++ 程式語言。除了使用傳統的編譯工具鏈之外，Arduino 專案還提供了一個基於 Processing 語言專案的整合式開發環境。

Arduino 專案始於 2003 年，適用於初學者愛好者的此類裝置的常見範例包括簡單機器人、恆溫器和運動檢測器（8）。

三、酸鹼值之探討

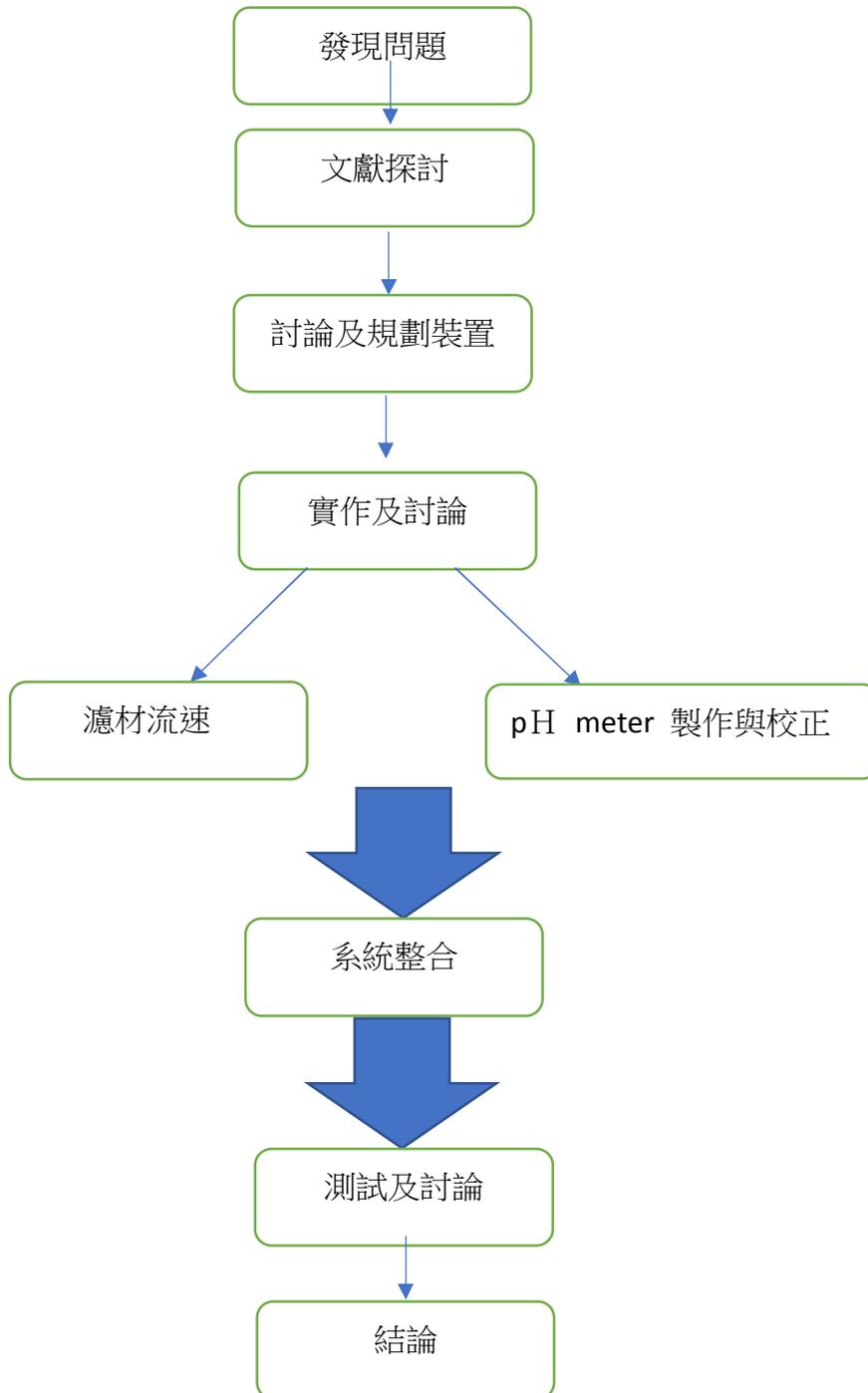
pH，亦稱 pH 值、氫離子濃度指數、酸鹼值標值，是溶液中氫離子活度的一種標度，也就是通常意義上溶液酸鹼程度的衡量標準。這個概念是 1909 年由丹麥生物化學家瑟倫·索倫森提出的。「pH」中的「H」代表氫離子 (H^+)，而加在無量綱量前面表示該量的負對數。

通常情況下 ($25^{\circ}C$ 左右)，當 pH 小於 7 的時候，溶液呈酸性，當 pH 大於 7 的時候，溶液呈鹼性，當 pH 等於 7 的時候，溶液為中性 (11)。

最方便又擁有足夠準確度檢測酸鹼值的方式是運用 pH meter。工業在線 pH 複合電極採用低阻抗敏感玻璃膜製成，能應用於各種條件的 pH 測量，具有回應快，熱穩定性好的特點：有良好的再現性，如果搭配 Arduino 就可以長期在線檢測，在電腦螢幕看到即時的酸鹼度變化。

參、研究過程與方法

一、研究架構



圖二 研究架構圖

二、研究過程



圖三 研究過程

(一)發想

研究者認為最近水污染的議題日益嚴重，並看見文獻提出運用一些簡單的積體電路也許能達到自動淨水的方法（而研究者學校的池塘最近也在進行換水作業，我們預設的情境在混濁的池塘，研究者希望可以透過此設計來美化池塘讓魚類及水中植物有更好的生存空間，並透過自動淨水裝置來替代人工換水，節省時間及人力也讓視覺上有更好的享受（1、2、5、7、8、10）。

(二) 規劃整體濾水器構造

此淨水器的大方向為智慧，研究者想做出一個能夠自動濾水，自身具有判斷能力進而對裝置下指令的濾水器，在文獻探討以後，我們發現主要的一般水源污染為「酸鹼值」以及「濁度」兩種依變項（5、7）。在研究者調查之後發現「濁度」一般來說處理方式較為簡單，濾材也費用較低，「酸鹼值」則較難調控，濾材費用也較高（1、4、9、10、14）。因此研究者決定以「酸鹼值」來當作需要智慧檢測的項目，讓淨水的酸鹼值調控更為經濟、有效。

研究者想到可讓淨水裝置自然飄浮在水面上，增加淨水的效率，進而將此想法當作我們整個模型的大方向，為了提倡環保我們選用不要的寶特瓶當作研究者裝置之一，將淨水系統浮在水面上。

結合智慧這件事情，研究者選擇了 Arduino 這個裝置來實踐，因為它不會很難學，連接也不會很繁複，又可以根據程式指令達到研究者想要的自動檢測及淨水。

(三) 學習 arduino 的用法

藉由視頻「懶番茄」學習 arduino 的各種知識及操作方法，並透過學校老師的指導，利用 arduino 當作我們整個裝置的運行系統，達成智慧濾水器的功效（8、12）。

(四) 選擇濾材

上網搜尋各種濾材，參考別人的科展報告及論文中使用的濾材，親自進行實驗之後，根據濾水效率及其他原因考量，選出適當的濾材，分別是：白棉，麥飯石，珊瑚砂，活性炭，草泥丸（1、2、6、9、10、12、13、14）。

(五)進行實驗測試

為了瞭解每個濾材的濾水效率，研究者做了實驗測試已選出適當的濾材及適當的擺放位置將所有濾材放入濾水器中後，再進行測試以及效正 pH meter，將 pH meter 連接電腦並放入試劑進行酸鹼測試並效正。

(六)組裝模型及 Arduino 裝置

確定好每一個材料後，便開始進行模型製作，包括放入濾材，製作寶特瓶竹筏，連接 Arduino 裝置及 pH meter，水管連接等。

(七)完成及測試

裝置完成後，實際濾水一次，檢測其功能並解決在檢測過程中所發現的問題。

三、研究器材

電腦	鋁罐
	
2 公升寶特瓶	椰子殼活性碳
	
草泥丸	白棉



600 毫升寶特瓶



塑膠管



珊瑚砂



麥飯石



封箱膠帶



熱融槍



悍接工具



逆止閥



Arduino uno 板



5V 抽水泵



戳刀



美工刀



剪刀



水管



塑膠盒



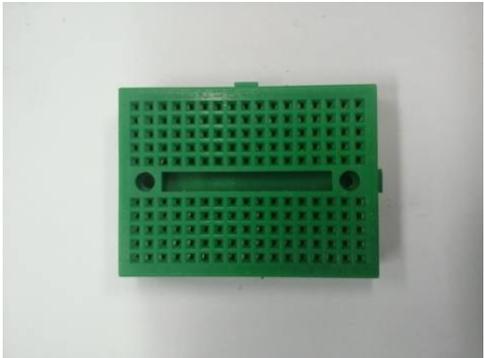
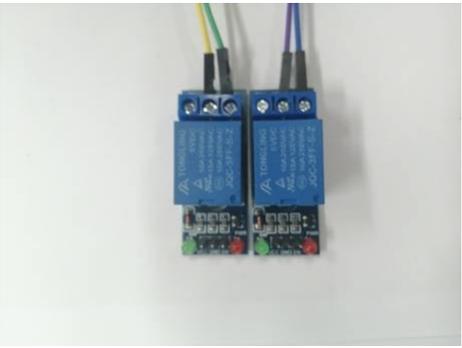
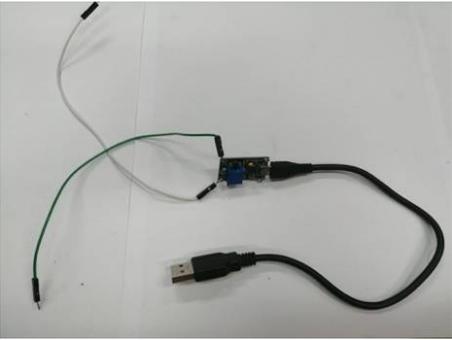
行動電源

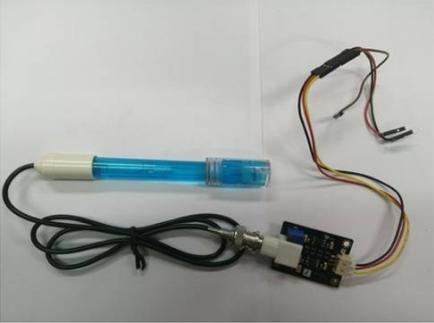


電氣膠帶



燒杯

	
<p>麵包板</p>	<p>繼電器</p>
	
<p>杜邦線</p>	<p>DC 升壓器</p>
	
<p>PH meter 感測器</p>	<p>pH meter 校正試劑 (左為中性, 右為酸性)</p>

	
<p>投影筆</p>	
	

四、實驗一：pH meter 製作與校正

(一) 實驗步驟：

1. 將 pH meter 感測器組裝並連接電腦
2. 將酸性指示劑倒入燒杯，並將 pH meter 放入燒杯中
3. 觀察其酸鹼度變化，若有誤差則在程式碼中 offset 調整
4. 以蒸餾水清洗 pH meter 和燒杯
5. 將中性校正液倒入燒杯，並將 pH meter 探頭放入燒杯中
6. 觀察其酸鹼變化，若有誤差則調整 pH meter 感測器電阻大小
7. 以蒸餾水清洗 pH meter 和燒杯

五、實驗二：濾材測試

為了確認鋁材的濾水效果及速度，研究者用了五種濾材進行實驗，分別是白棉、活性炭、麥飯石、草泥丸、珊瑚沙。

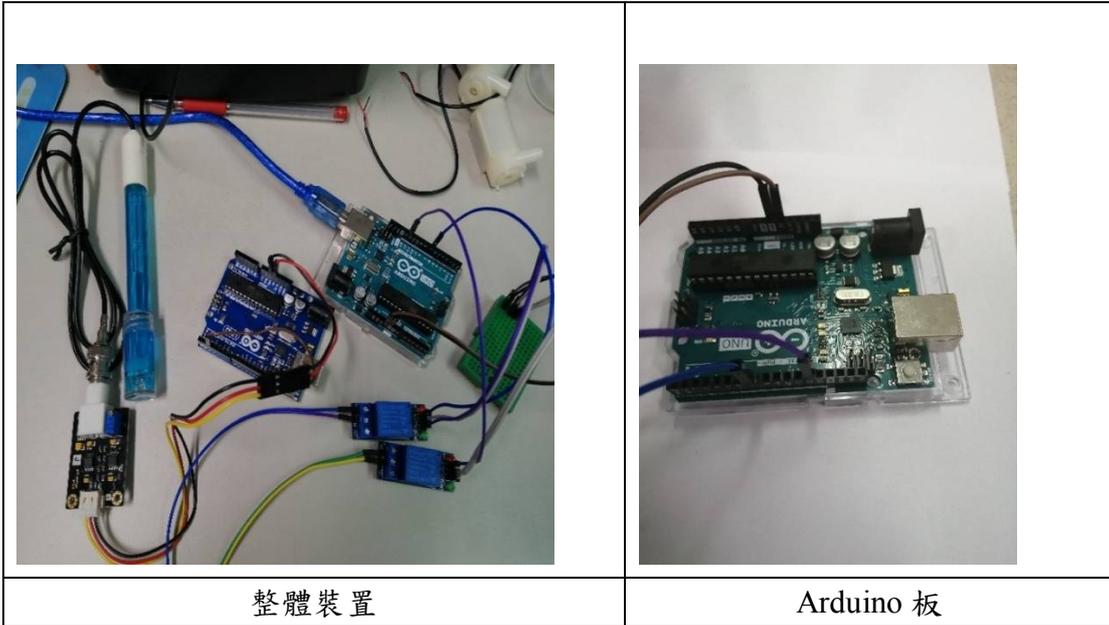
研究者用了寶特瓶一個簡易的濾水器，在不同的寶特瓶中分別放入濾材，並在瓶蓋上穿了一個洞使水可以流出，觀察各種濾材的過濾速度及水質。

(一) 實驗步驟：

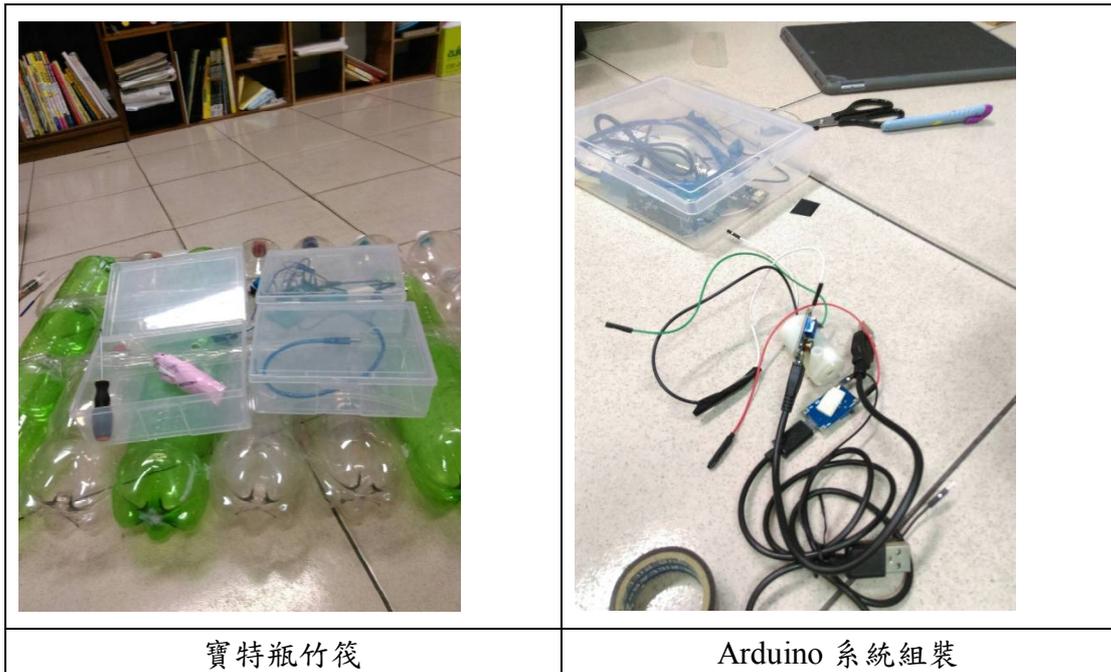
1. 在瓶中塞入少許白棉，放入濾材
2. 加入混著的水，讓濾材過濾
3. 以投影筆照射並觀察其濾水狀況、記錄。

六、實驗三：智慧淨水系統整合

(一) Arduino 板連接繼電器、DC 升壓板、焊接電線、連接抽水機



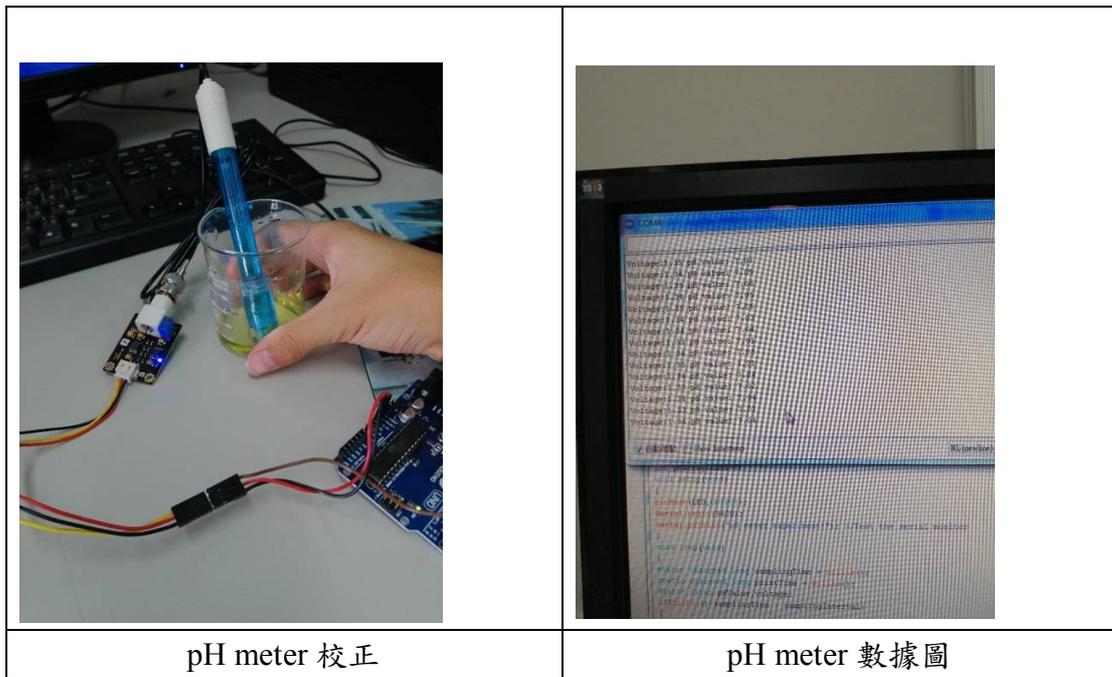
(二) 系統整合



肆、結果與討論

一、實驗一：pH meter 製作與校正結果

1. 以 Arduino uno 板能成功連結 pH 感測器，並將即時將檢驗結果顯示在序列埠，採樣間隔為 20ms，每 800ms 更新實驗數據。



pH meter 校正

pH meter 數據圖

2. 經由測試後，我們發現此 pH meter 測量出來的值與現實約多出 0.8，因此在程式碼上做了校正。

表一：自製 pH meter 校正實驗

項目	中性	酸性
試劑酸鹼值	7.00	4.01
調整前	7.80-7.85 間	4.81-4.85 間
調整後(-0.8)	7.00	4.00

```

/*
# This sample code is used to test the pH meter V1.1.
# Editor : YouYou
# Date : 2014.06.23
# Ver : 1.1
# Product: analog pH meter
# SKU : SEN0161
*/
#define SensorPin A2 //pH meter Analog output to Arduino Analog Input 0
#define Offset 0.00 //deviation compensate
#define LED 13
#define samplingInterval 20
#define printInterval 800
#define ArrayLenth 40 //times of collection
int pHArray[ArrayLenth]; //Store the average value of the sensor feedback
int pHArrayIndex=0;

```

```

/*
# This sample code is used to test the pH meter V1.1.
# Editor : YouYou
# Date : 2014.06.23
# Ver : 1.1
# Product: analog pH meter
# SKU : SEN0161
*/
#define SensorPin A2 //pH meter Analog output to Arduino Analog Input 0
#define Offset 0.8 //deviation compensate
#define LED 13
#define samplingInterval 20
#define printInterval 800
#define ArrayLenth 40 //times of collection
int pHArray[ArrayLenth]; //Store the average value of the sensor feedback
int pHArrayIndex=0;
void setup(void)
{
pinMode(LED,OUTPUT);
Serial.begin(9600);
Serial.println("pH meter experiment!"); //Test the serial monitor
}

```

0.00



二、實驗二：濾材測試結果

1. 濾材實驗一

表二：濾材實驗一結果

	白棉	活性炭	珊瑚砂
流速	第二	第三	第四
水質	2(較混濁)*	4(乾淨)	3(乾淨)

(廷得耳效應光帶清晰程度)			
---------------	--	--	--

*廷得耳效應光帶清晰程度分為 1-5 等級，數值越小代表光帶愈清楚。

2. 濾材實驗二

將從文獻中談到調控水質酸鹼的濾材進行測試。

表三：濾水器實驗二

	麥飯石	草泥丸
流速	第四	第一
水質 (廷得耳效應光帶清晰程度)	4(乾淨)	4(乾淨)

*廷得耳效應光帶清晰程度分為 1-5 等級，數值越小代表光帶愈清楚 (15)。

實驗結果發現，根據上表，我們發現，草泥丸濾水效率最快水質也很不錯，白棉是過濾快但是水質最差，活性碳速度為第二，珊瑚砂，麥飯石濾水速率相同

右圖是我們在做濾材的實驗，實驗中我們發現，過濾中如果白棉塞得越緊實就會過濾更久，若要用活性碳要使用白棉塞住口，防止濾材流失。

所以我們決定濾材擺放順序為白棉、活性碳、麥飯石、珊瑚沙，草泥丸則用來降低 pH 值，麥飯石則用來升高 pH 值。

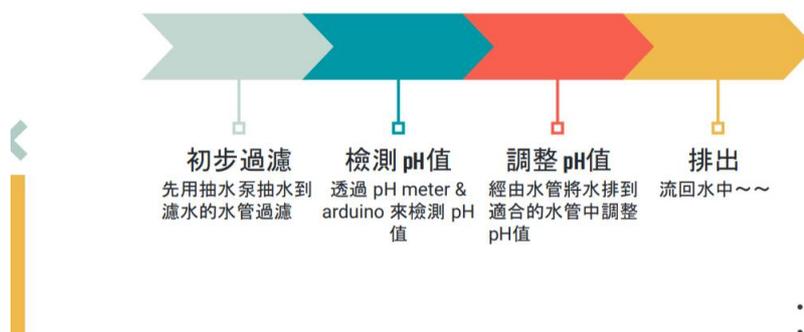
三、實驗三：智慧淨水系統整合結果

(一) 淨水過程

首先水會藉由抽水機抽入淨水裝置中，流入第一個淨水器(圖 4-1(濾材含白棉，珊瑚砂，麥飯石，活性碳)先進行初步過濾，接著流入 pH 檢測器進行酸鹼值檢測，若檢測結果水中太多酸，則流入加鹼的濾水器，若檢測結果水質太鹼，則流入加酸的濾水器，若水質呈中性，水則會沿著水管流回水中，水過濾完成後，再流回水中

.....

■ 淨水過程



.....

圖 4-1 濾水器裝置圖

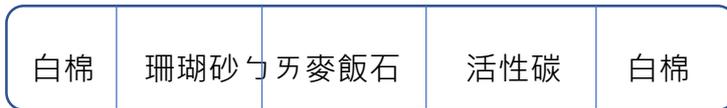


圖 4-2 濾水器實際圖



圖 4-3 寶特瓶竹筏



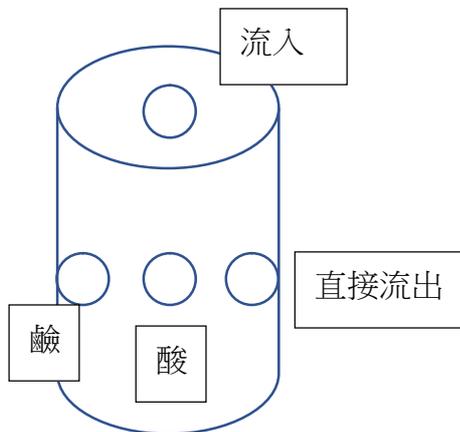
圖 4-4 arduino

圖 4-5 調酸及調鹼濾水器



圖 4-6 pH meter 和 鋁罐

圖 4-7 鋁罐示意圖



(二) 設計圖

1. 裝置說明：

- (1). **寶特瓶竹筏**：本裝置的特色之一便是能夠浮在水面上，研究者選用兩公升的寶特瓶當作竹筏，寶特瓶夠輕，又可以承載整個裝置，在水中的濾水效率也相對較快，因此研究者經測試後使用 18 個寶特瓶，3 乘以 6 的方式做出一個竹筏，負責承載裝置及讓裝置浮在水面上。
- (2). **Arduino 裝置**：本濾水器的綠水動作皆為 arduino 所控制，將程式碼輸入電腦再回傳到 Arduino 版上，arduino 所控制的部分包含抽水泵的抽水、判斷要將經過 pH 檢測器檢測完的水流到酸性的濾水器或鹼性的濾水器斗動作皆為 arduino 所控制，並透過麵包板及繼電器與電線的連接，完成整個系統裝置的運行，這些電路都會放在塑膠盒中，以達到防水的效果。共四個塑膠盒，中間用戳刀穿洞使電路完整連接。

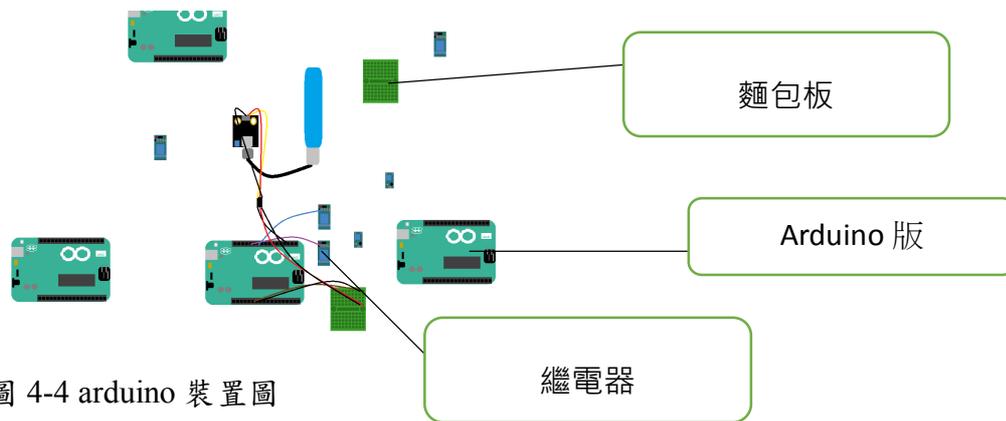


圖 4-4 arduino 裝置圖

- (3). **pH 檢測器**：放在鋁罐中，當水流入鋁罐時，便會開始檢測其酸鹼度。
- (4). **塑膠管**：進行初步濾水時的濾水器，其中的濾材有：白棉，活性碳，麥飯石及珊瑚砂，初步將水中的雜質過濾，以免影響後面的濾水作業。
- (5). **水管**：讓水在裝置間流通及使水流回水中。
- (6). **抽水機（馬達）**：使水流動的動力，將水抽入淨水系統中。
- (7). **600 毫升寶特瓶**：為酸鹼濾材的濾水器，降酸的濾材為草泥丸，降鹼的濾材為 a 麥飯石
- (8). **行動電源**：本裝置的電力來源，共三個。
- (9). **逆止閥**：我們發現水可能會有逆流的問題，所以我們運用逆止閥連接水管，防止水逆流。
- (10). **鋁罐**：放置 pH meter 的容器，也是讓 PH meter 方便檢測水質的地方，水會流入鋁罐中，PH meter 會進行檢測，再進行判斷要流往哪一條水管。鋁罐共挖四個洞(參見圖 4-7)，一個流往調酸寶特瓶，一個流往調鹼的寶特瓶，一個直接流出，還有另一個是讓水進到鋁罐內。

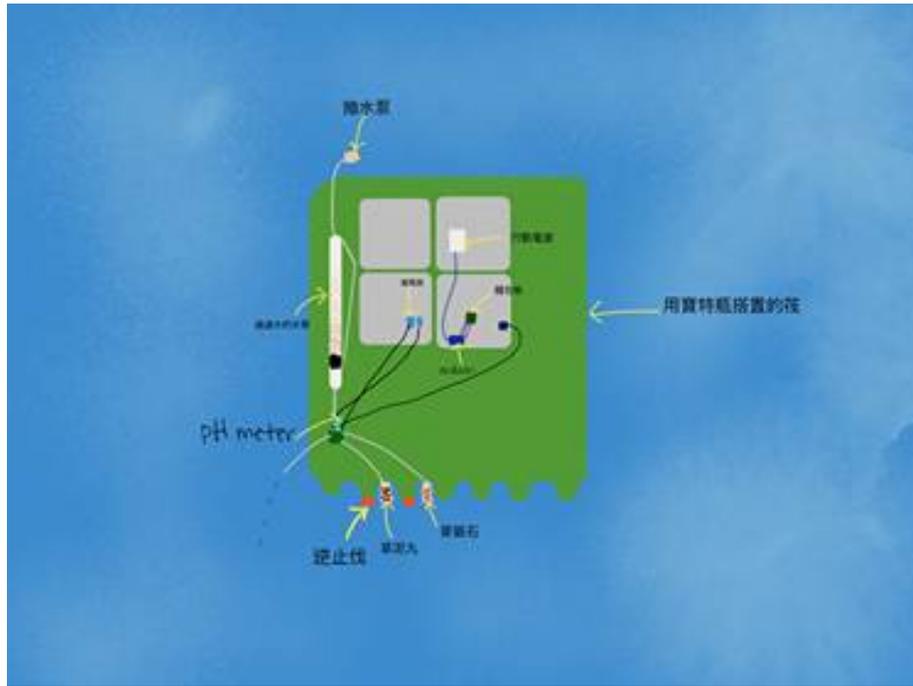


圖 4-8 濾水裝置整體設計圖



圖 4-9 裝置放入水池

「智慧淨水系統」會漂浮在池塘中，藉由抽水幫將水吸入淨水系統則開進行濾水作業，在系統中共進行兩次過濾。

伍、結論

經過實驗及測試後，研究者成功做出了「智慧淨水系統」，這個淨水器達到了研究者原先預期要擁有的功能，相信可以自動濾水這件事，可以解決生活中換水的麻煩，也因為本研究使用環保材料，回收再利用，讓這個世界更美好。

這個淨水器有許多的優點，智慧便是這個裝置的一大亮點，透過 Arduino 系統的控制，成功達到自動濾水的功能，arduino 板透過電腦上傳的程式，執行抽水，判斷酸鹼值等功能，這個淨水器還有判斷的功能，因為我們的濾水器要檢測的項目是酸鹼值(pH 值)，因此當水經由 pH meter 測量後，arduino 板會根據結果判斷水要流往哪一個濾水器，整個濾水系統都交由 arduino 來控制，是一台充滿智慧的濾水器，會自己做判斷並下指令。

另一個優點便是可以浮在水面上，我們要解決的根本問題是要減少換水的時間及次數，因此讓裝置浮在水面上，能增加濾水效率，抽水機可以直接從水裡抽水上來過濾，不用大費周章另外倒水進去濾水，也可以過濾到人到不了的位置，例如池子中央，這個設計讓濾水工作更加方便。

最後一個優點是所有的材料都是環保的材料，例如承載裝置的竹筏，便是利用寶特瓶製成，寶特瓶夠輕，可以浮在水面上，正好達成我們要讓莊指浮在水面上的想法。放 pH meter 的鋁罐以及放置濾材的瓶子全部都是回收再利用，符合環保理念。

在作品完成後我們發現這個濾水器在濾水都是隨波逐流，看濾水器飄到哪裡就抽哪裡的水，較缺乏效率，若可以設計能夠偵測水質的裝置，偵測到水質不乾淨的地方，便過去進行過濾，這樣一來也增加了濾水效率，智慧這層面又提升了一個階層。

另外在能量的部分我們目前實使用行動電源，供給量有限，未來可以利用再生能源代替，例如太陽能，將太陽能板也加入裝置，利用太陽能產生的電力當作整個裝置的能量來源，更能達到環保的理念。

最後一點便是現在的裝置我們較不能及時掌握水質情況，或者濾水器情況，像是需要更換濾材之類的，若以後能利用藍芽或 Wi-Fi 的方式將資料即時傳回我們的手機，便能即時掌握資訊，更能增加濾水的效率，有什麼問題也能即時得知。

陸、參考文獻

1. 方培安 (2013)。使用不同介質的表面下流動式人工濕地去除金屬加工業廢水有機物和營養鹽之研究 (未發表的碩士論文)。臺南市：嘉南藥理科技大學環境工程與科學系。
2. 黃文彬 (2019 年 4 月 9 日)。全國高級中學小論文健康護理類【炭為觀止-木炭與竹炭之探討】。取自 <https://www.shs.edu.tw/works/essay/2011/03/2011032220371196.pdf>
3. 懶番茄工作室 (2019 年 4 月 9 日)。Arduino 系列基礎實戰教材【Arduino 教學】。取自 <http://www.lazytomatolab.com/>
4. MERCK (2019 年 5 月 10 日)。電子報專區【濁度的定義與影響】。取自 <http://www.milliq.com.tw/2336/%E7%AC%AC%E4%B8%89%E5%8D%81%E4%BA%8C%E6%9C%9F-%E6%BF%81%E5%BA%A6%E7%9A%84%E5%AE%9A%E7%BE%A9%E8%88%87%E5%BD%B1%E9%9F%BF>
5. 湖西國小 (2019 年 4 月 5 日)。湖西國小自然科學習加油站【水污染的來源及危害】。取自 http://163.28.10.78/content/primary/nature/ph_hs/phnet/overview/s4/h431-3.htm
6. 許馨勻 (2019 年 4 月 8 日)。泛科學【活性碳濾芯大解密】。取自 <https://pansci.asia/archives/130360>
7. 鄭靜琪 (2019 年 4 月 6 日)。國家地頻道【看見水污染】。取自 <https://www.natgeomedia.com/e-mag/environment/content-457.html>
8. 吳忻廷 (2017)。Arduino 連上網好好玩！手機遠端遙控。即時監測。雲端智慧通知。臺北市：旗標出版社。
9. 金門地區教育處 (2019 年 4 月 8 日)。深斯熟「濾」【科展作品】。取自 <https://science.km.edu.tw/storage/media/2040/5caaf23fae780.pdf>
10. 嘉義市教育處 (2019 年 4 月 8 日)。水質檢測 DIY 與自製濾水器的探究【科展作品】。取自 <http://case.cy.edu.tw/mediafile/4220012/knowledge/391/674/850/2011-6-27-14-9-35-nfl.pdf>
11. 行政院環境保護署 (2019 年 4 月 6 日)。全國環境水質監測資訊系統【相關詞彙定義】。取自 <https://wq.epa.gov.tw/Code/Business/Vocabulary.aspx>

12. 創客智造 (2019 年 10 月 16 日)。Arduino 溶液檢測傳感器-Analog pH Meter Pro 模擬 pH 計專業版【教學資料】。取自 <https://www.ncnynl.com/archives/201606/88.html>
13. 黃浚、連芸晨、范晉睿 (2005)。咖啡王子一號店～研製咖啡渣活性碳。全國第 52 屆中小學科展生活與應用科學科。
14. 老爹孔雀魚 (2020 年 7 月 16 日) 請問黑土 泥炭土 草泥丸【論壇討論】。取自 <http://www.guppytaiwan.com.tw/thread-123086-1-1.html>
15. 陳紀全 (2020) 高中化學講義。臺北市：建興文化事業出版社。

柒、附件

一、抽水泵程式碼

```
/*
# This sample code is used to test the pH meter V1.1.
# Editor : YouYou
# Date : 2014.06.23
# Ver : 1.1
# Product: analog pH meter
# SKU : SEN0161
*/

#define SensorPin A2 //pH meter Analog output to Arduino Analog Input 0
#define Offset -0.80 //deviation compensate
#define LED 13
#define samplingInterval 20
#define printInterval 800
#define ArrayLenth 40 //times of collection
int pHArray[ArrayLenth]; //Store the average value of the sensor feedback
int pHArrayIndex=0;
int relay1 = 12;//繼電器 1 的開與關
int relay2 = 7;//繼電器 2 的開與關
void setup(void)
{
pinMode(LED,OUTPUT);
Serial.begin(9600);
Serial.println("pH meter experiment!"); //Test the serial monitor
}
void loop(void)
{
static unsigned long samplingTime = millis();
static unsigned long printTime = millis();
static float pHValue,voltage;
if(millis()-samplingTime > samplingInterval)
{
pHArray[pHArrayIndex++]=analogRead(SensorPin);
if(pHArrayIndex==ArrayLenth)pHArrayIndex=0;
voltage = avergearray(pHArray, ArrayLenth)*5.0/1024;
pHValue = 3.5*voltage+Offset;
```

```

samplingTime=millis();
}
if(millis() - printTime > printInterval) //Every 800 milliseconds, print a numerical, convert the state of the
LED indicator
{
Serial.print("Voltage:");
Serial.print(voltage,2);
Serial.print(" pH value: ");
Serial.println(pHValue,2);
digitalWrite(LED,digitalRead(LED)^1);
printTime=millis();

```

二、PH meter 程式碼

```

/*
# This sample code is used to test the pH meter V1.1.
# Editor : YouYou
# Date : 2014.06.23
# Ver : 1.1
# Product: analog pH meter
# SKU : SEN0161
*/
#define SensorPin A2 //pH meter Analog output to Arduino Analog Input 0
#define Offset-0.8 //deviation compensate
#define LED 13
#define samplingInterval 20
#define printInterval 800
#define ArrayLenth 40 //times of collection
int pHArray[ArrayLenth]; //Store the average value of the sensor feedback
int pHArrayIndex=0;
void setup(void)
{
pinMode(LED,OUTPUT);
Serial.begin(9600);
Serial.println("pH meter experiment!"); //Test the serial monitor
}
void loop(void)
{
static unsigned long samplingTime = millis();

```

```

static unsigned long printTime = millis();
static float pHValue,voltage;
if(millis()-samplingTime > samplingInterval)
{
pHArray[pHArrayIndex++]=analogRead(SensorPin);
if(pHArrayIndex==ArrayLenth)pHArrayIndex=0;
voltage = avergearray(pHArray, ArrayLenth)*5.0/1024;
pHValue = 3.5*voltage+Offset;
samplingTime=millis();
}
if(millis() - printTime > printInterval) //Every 800 milliseconds, print a numerical, convert the state of the
LED indicator
{
Serial.print("Voltage:");
Serial.print(voltage,2);
Serial.print(" pH value: ");
Serial.println(pHValue,2);
digitalWrite(LED,digitalRead(LED)^1);
printTime=millis();
}
}
double avergearray(int* arr, int number){
int i;
int max,min;
double avg;
long amount=0;
if(number<=0){
Serial.println("Error number for the array to avraging!/n");
return 0;
}
if(number<5){ //less than 5, calculated directly statistics
for(i=0;i<number;i++){
amount+=arr[i];
}
avg = amount/number;
return avg;
}else{
if(arr[0]<arr[1]){
min = arr[0];max=arr[1];

```

