

中華民國第 58 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

第二名

032814

家家有污水槽，溪水環境更美好

—開發智慧型家庭污水處理槽系統設計之研究

學校名稱：臺中市立溪南國民中學

作者： 國二 林俐妤 國一 劉慧真 國二 廖佳琳	指導老師： 胡啟有
---	------------------

關鍵詞：家庭污水、家庭污水處理槽、
標準活性污泥法

摘要

本研究以**家庭污水**做為研究對象，根據專家說明，污水處理效果要好，需精確掌握好氧菌的數量及停留於污水槽內的時間，藉助科技輔助，設計一套**智慧型家庭污水處理槽系統**，藉此**遠端監控**家中排放的污水處理狀況。

研究結果顯示：

- 1、能建置一套有效能的智慧型家庭污水處理槽系統。
- 2、能提供使用者利用手機來遠端監控家中戶外之家庭污水處理槽系統。
- 3、能讓使用者利用手機來了解家庭污水排放水質數據是否符合排放標準。
- 4、能提供家庭污水二次再利用之系統建立。
- 5、能建立一套節約能源的智慧型家庭污水處理槽系統。

期望藉著**家家有【智慧型家庭污水處理槽系統】**的理念推廣，並**傳達守護河川**的環保概念，呼籲更多人關心水的關係變化並珍惜水資源。

壹、研究動機

近年來，水資源污染的問題日益嚴重，相關的媒體報導引起許多人關注，其中最嚴重的就是**民生用水污染**，許多的家庭、工廠都直接將廢水**排放到河川**，造成河川污染或優養化，雖然政府持續推動公共污水下水道工程，但根據內政部營政署統計，**105年整體污水處理率卻只有53%**(如圖 1-1 所示)，而其他的污水都去哪了呢?就連我們居住的台中市，**污水處理率也只有50%**(如圖 1-2 所示)，推動這項政策顯然對政府來說力不從心，而政府平均每年投入之經費超過百億元，這些龐大的經費，做出來的成效卻十分緩慢，對政府來說再怎麼努力也無法立即抑止河川或溪流嚴重污染的現象。我們是不是應該想辦法停止人對自然的破壞、對資源的濫用，現在人們可以使用的水已經越來越少了，在這看似平靜的生活中，水卻一直在無形之中默默的被浪費，缺水的危機對人類來說越來越不可忽視，要怎麼節約用水，是一個值得深入探討的問題。

年別	整體污水處理率(%)				污水處理量(萬噸/年)
	合計	公共污水下水道普及率	專用污水下水道普及率	建築物污水處理設施設置率	
101 年底	62.99	32.10	15.15	15.74	106,937
102 年底	66.62	35.14	14.80	16.67	110,004
103 年底	48.91	26.57	10.16	12.18	115,889
104 年底	51.15	28.35	10.19	12.62	121,522
105 年底	53.35	29.95	10.29	13.12	134,318
105 年底較 104 年底 增減百分比(點)	2.20	1.60	0.10	0.50	10.53

圖 1-1

▲取自於內政部營建署—污水下水道配管概況

年別	整體污水處理率(%)				污水處理量(萬噸/年)
	合計	公共污水下水道普及率	專用污水下水道普及率	建築物污水處理設施設置率	
總計	53.35	29.95	10.29	13.12	134,318
新北市	78.45	50.10	20.86	7.49	48,706
臺北市	81.07	76.44	2.74	1.90	34,584
臺中市	50.30	5.31	22.92	22.07	1,179
臺南市	40.94	14.46	11.52	14.96	3,320
高雄市	36.92	16.97	4.44	15.51	5,705
臺灣省	58.29	39.11	5.44	13.75	33,855

圖 1-2

▲取自於內政部營建署—污水下水道污水處理率

我們的家鄉烏日是一個以農業為重的小鎮，最近都有溪水被污染的報導。我們經過田野調查，發現家鄉的河川污染嚴重，其污染來源竟然是家庭生活所排放的廢水，且還有農民將溪水引至農田灌溉，讓我們不禁擔心水質問題，因此去參訪污水處理廠、訪問市售家庭污水處理槽、上網及到台中國圖找尋資料，經解說發現整個台中烏日地區的污水並沒有排放到污水處理廠處理，而且因污水下水道接管率不高，以鄉村及偏遠山區更為嚴重，並無像市區家庭有家庭污水處理統一收集的處理機制，直接排放到河川，不但造成了河川污染、惡臭、水質優養化，藻類、浮游生物、植物、水生物和魚類衰亡甚至絕跡的污染現象，連我們的農作物都無法避免被污染。

根據行政院環境保護署(2005)和石淑宜的資料統計，每人每日平均生活污水排放量為200~250公升，這些污水都直接排放到河川，可想而知，河川沒污染是不可能的，若能把這些污染留在自家處理再排放，或許河川就會減少一項污染源，經過處理的水若重複再利用，也能減少用水量，延續每一滴水的生命。也因為我們學校的電腦課從一年級就開始教C語言程式設計；二年級教APP Inventor 程式設計；理化則是教pH 酸鹼質和氧化還原，讓我們在污水處理槽上增加智慧型監控系統更能得心應手。

貳、研究目的

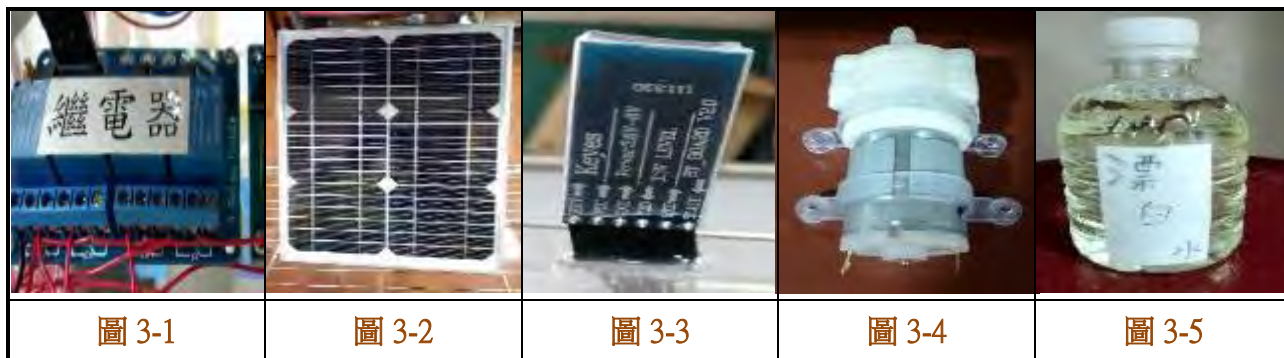
本研究將針對家庭污水處理進行研究，其研究目的如下：

1. 建置一套有效能的智慧型家庭污水處理槽系統。
2. 提供使用者可利用手機來遠端監控家中戶外之家庭污水處理槽系統。
3. 使用者可利用手機來了解家庭污水排放水質數據是否符合排放標準。
4. 提供家庭污水二次再利用之系統建立。
5. 建立一套節約能源的智慧型家庭污水處理槽系統。

作品與教材相關性：

1. 南一版 社會一上第五課水文
2. 翰林版 自然與生活科技三下第五課地球的環境
3. 電腦課 一下 C 語言程式設計
4. 電腦課 二上 APP Inventor 程式設計

參、研究設備與器材



繼電器	太陽能板	藍牙模組	抽水馬達	漂白水
				
圖 3-6 濁度感測器	圖 3-7 溫度感測器	圖 3-8 氧化還原感測器	圖 3-9 pH 感測器	圖 3-10 Arduino 面板
				
圖 3-11 蠕動馬達	圖 3-12 打氣馬達	圖 3-13 水管	圖 3-14 連接用彎管	圖 3-15 壓克力板
				
圖 3-16 單芯線	圖 3-17 杜邦線	圖 3-18 水管	圖 3-19 複式顯微鏡	圖 3-20 好氧菌
				
圖 3-21 矽利康	圖 3-22 壓線鉗	圖 3-23 焊槍	圖 3-24 熱熔槍	圖 3-25 膠條
				
圖 3-26 3D 列印機	圖 3-27 雷射雕刻機	圖 3-28 燒杯	圖 3-29 pH7 校正液	圖 3-30 pH4 校正液
				
圖 3-31 太陽能板控制器	圖 3-32 電瓶	圖 3-33 沐浴乳	圖 3-34 洗衣粉	圖 3-35 洗碗精
				

肆、研究過程與方法

一、文獻探討

(一)、家庭污水來源、成分及危害

來源：

- 1.廚房用水: 烹調廢油、蔬菜洗劑
- 2.清潔打掃: 洗衣精、漂白劑、清潔劑、排泄物(排放至化糞池)

成分：病菌、懸浮物質、消耗氧量的有機物、氮、磷

危害：河川污染、水質優養化、藻類大量繁殖



圖 4-1 廚房用廢水



圖 4-2 洗衣機排放的廢水



圖 4-3 排放至水溝



圖 4-4 排放至水溝



圖 4-5 河川污染，水質優養化

(二)、國家制定之排放標準

依中華民國 103 年 1 月 22 日行政院環境保護署環署水字第 1030005842 號令規定，家庭污水排放標準如表 4-1：

表 4-1 家庭污水排放標準

項目	限值
懸浮固體物(SS)	小於 30 mg/L
大腸桿菌群	小於 200000 CFU/100mL
生化需氧量(BOD)	小於 30 mg/L
化學需氧量(COD)	小於 100 mg/L

(三)、烏日區溪南地區河川之田野調查

這次的田野調查是因為我們的家鄉「烏日」是一個農業鄉鎮，因本地的地勢較低，境內為有許多溪流，如五福溪、番仔園圳等溪流流貫於烏日區，因此烏日地區有許多河川，可供農民用來灌溉農田，所以我們決定調查這些河川是否有家庭廢水的排入。

五福溪和番仔園圳是烏日地區兩條流域面積比較大的溪流，為了更加了解溪流裡到底有哪些污染源，我們實地調查。這次的調查有一部份也是因為福田污水處理廠的副廠長曾和我們介紹過，烏日區的家庭廢水並沒有由他們處理，為此追尋烏日地區生活污水之流向(如圖 4-6 所示)，也讓我們知道家庭污水對大自然所造成的影響!



圖 4-6 生活污水之流向

經過這次的烏日溪南地區河川之田野調查後，我們發現這兩條溪有許多家庭排放出來的污水和大家使用過後隨手亂丟的垃圾以及外來物種的破壞，使這兩條溪受到不少的污染。經過番仔園圳和五福溪的路上我們發現有一些大小不一的水管，看起來似乎像是家庭廢水排放的水管，這兩條溪的水質看起來也十分混濁，聞起來有一點惡臭，表示污染十分嚴重，而且許多原本生長在這兩條溪裡的小生物也漸漸的消失(如圖 4-7、4-8 所示)。

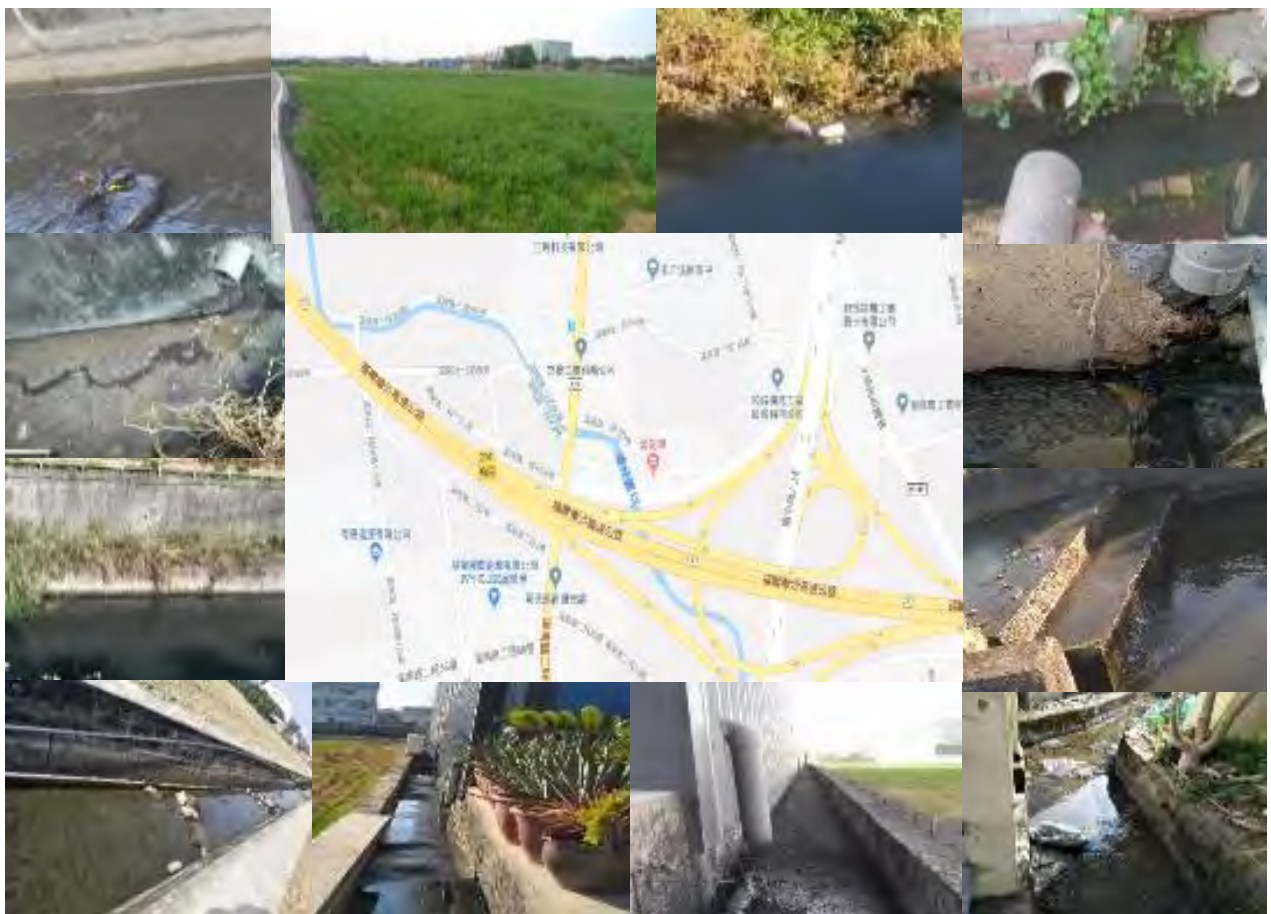


圖 4-7 番仔園圳 家庭污水排放之田野調查



圖 4-8 五福溪 家庭污水排放之田野調查

(四)、福田污水處理廠之待解決問題

1、福田污水處理廠介紹(取自台中市福田水資源中心官網)

<http://www.topid.net/incdesign2009/cocomagnolia/index-2.asp>

「福田污水處理廠」位於台中市南區綠川與旱溪會合處北岸，福田二街南側及福田路東側，面積約 13.6 公頃，是台中市第一座公共下水道污水處理廠，主要功能在於將污水轉化為清水。本中心污水收集範圍包括林森路、梅川、英才路、力行路、進德路及建國路所圍成之市街，以家庭生活污水之收集為主，受益面積共 463 公頃，受益人口約 23 萬人，能改善台中市綠川、梅川、柳川、旱溪下游等河川之水質。

2、台中南區福田污水處理廠民生用水之處理流程

1.原污水抽水站：生活污水經由污水下水道系統匯集至本中心後，必須先利用重型抽水機具，將埋設於地下之下水道所匯集的污水抽至較高的地面，已產生位差，而使污水得以自動流入後續的各項處理設施，再排放入河川。



圖 4-9

<p>2.攔污柵：此設施是污水處理的第一站。污水自抽水站送至此站後，先篩除較大型的雜物，再進入沉砂池。</p>	 <p style="text-align: center;">圖 4-10</p>
<p>3.沉砂池：讓污水中較重的粗粒物質沉降至池底，以初步去除污水中的砂粒，或其他比重較大的可沉澱污染物，並保護後續處理設施免受到磨蝕。</p>	 <p style="text-align: center;">圖 4-11</p>
<p>4.初沉池：進入此站的污水裡仍有固體雜質，因此初沉池仍是利用重力沉降原理，以較長的沉澱時間，進一步沉降去除更微小的懸浮微粒或浮渣，以減輕後續處理之負荷。</p>	 <p style="text-align: center;">圖 4-12</p>
<p>5.曝氣池：污水中除了固體雜質外，尚含有許多有機污染物質，也是惡臭的來源，要如何處理才能有效去除呢？看看池中「撲！撲！」的氣泡！本中心主要是採用「活性污泥法」，也就是利用微生物來分解污水中的有機物質，以達到水質淨化的效果。此一曝氣池中所培養的微生物(包含纖毛蟲、鞭毛蟲、細菌等 20~30 種以上的微生物)，是以有機物為食物的「好氧菌」，當池中打入充足的空氣時，可促使微生物群與污泥結合，進行需氧的代謝作用，分解有機物質。分解後的有機物與微生物混合形成膠羽狀污泥，然後送至二級沉澱池，繼續將此污泥與清水分離。</p>	 <p style="text-align: center;">圖 4-13</p>

<p>6.二級沉澱池：將曝氣池所產生的膠狀污泥在此沉澱收集，當污泥沉澱過後，混濁的污水就由濁轉清了!上層較澄清的水將送至加氯消毒池消毒，下層的污泥則大部份送回曝氣池再利用，少部份剩餘的污泥則須經過後續的處理(濃縮、消化、脫水等方式)，使污泥達成減量、安定及安全之效果。</p>	 <p style="text-align: center;">圖 4-14</p>
<p>7.加氯消毒池：經二級沉澱池處理後的水，在此加入次氯酸鈉進行消毒，槽池內設置繞流牆以增加接觸時間，以充分達到消毒、除臭的效果，消毒過的水，以符合放流水排放標準，可放入河川，或回收供公園綠地灌澆，以及地面清洗之用；若再經過高級處理，則可回收利用的範圍就更廣了。</p>	 <p style="text-align: center;">圖 4-15</p>

以上資料整理自台中市福田水資源中心官網
<http://www.topid.net/incdesign2009/cocomagnolia/index-2.asp>

(五)、市售家庭污水處理槽之待解決問題

1、市售家庭污水處理槽介紹

市面上已有販售家庭污水處理槽，來處理我們家庭所產生出來的廢水，(如圖 4-16 所示)。

經過這次的電話及郵件詢問老闆，老闆告訴我們市售的污水處理槽都是**環保署規定**的標準設計家庭污水處理槽，大多都把家庭污水處理槽分為四槽，一、二槽為厭氧濾床槽，主要是利用厭氧微生物進行大量厭氧消化，來降低污泥的產生，第三槽為接觸曝氣槽，功能主要是利用好氧微生物幫助水裡剩餘的有機物質能夠得到分解，使氨氣被氧化，第四槽為沉澱、消毒槽，讓懸浮物沉入池底，上面乾淨的水溢流入消毒池，經過氯片消毒後排放。



圖 4-16
 取自於台淞企業有限公司

市售的污水處理槽雖然解決了福田污水處理廠**廠腹地大、用電量高及人力、建設成本高等問題**，但卻沒有良好的**養菌環境及控制系統**，其待解決問題及缺點如表 4-2，於是我們結合了市售家庭污水處理槽和福田污水處理廠的優點，改善其缺點，期待設計出**高效能及節能的智慧型監控家庭污水處理槽系統**。

表 4-2 市售家庭污水處理槽待解決問題及缺點

項次	問題及缺點	解決之道
1	自然殺菌生菌分解速度較慢	分解微生物菌種是由本地培養，有效和有益的微生物所組合而成，用於降解各種類型的生物廢物降解。所以沒辦法解決。
2	無監控系統可了解污水處理狀況	利用家庭污水處理槽，配合感測器及監控系統，可以隨時知道污水處理狀況，還能知道最後排放的水是否符合排放標準。

二、研究架構圖：

本研究將依照參訪及文獻探討，建置一套能**監控**又能**節約能源**的**智慧型**家庭污水處理槽系統，並加以測試**驗證**，其研究架構圖(如圖 4-17 所示)：

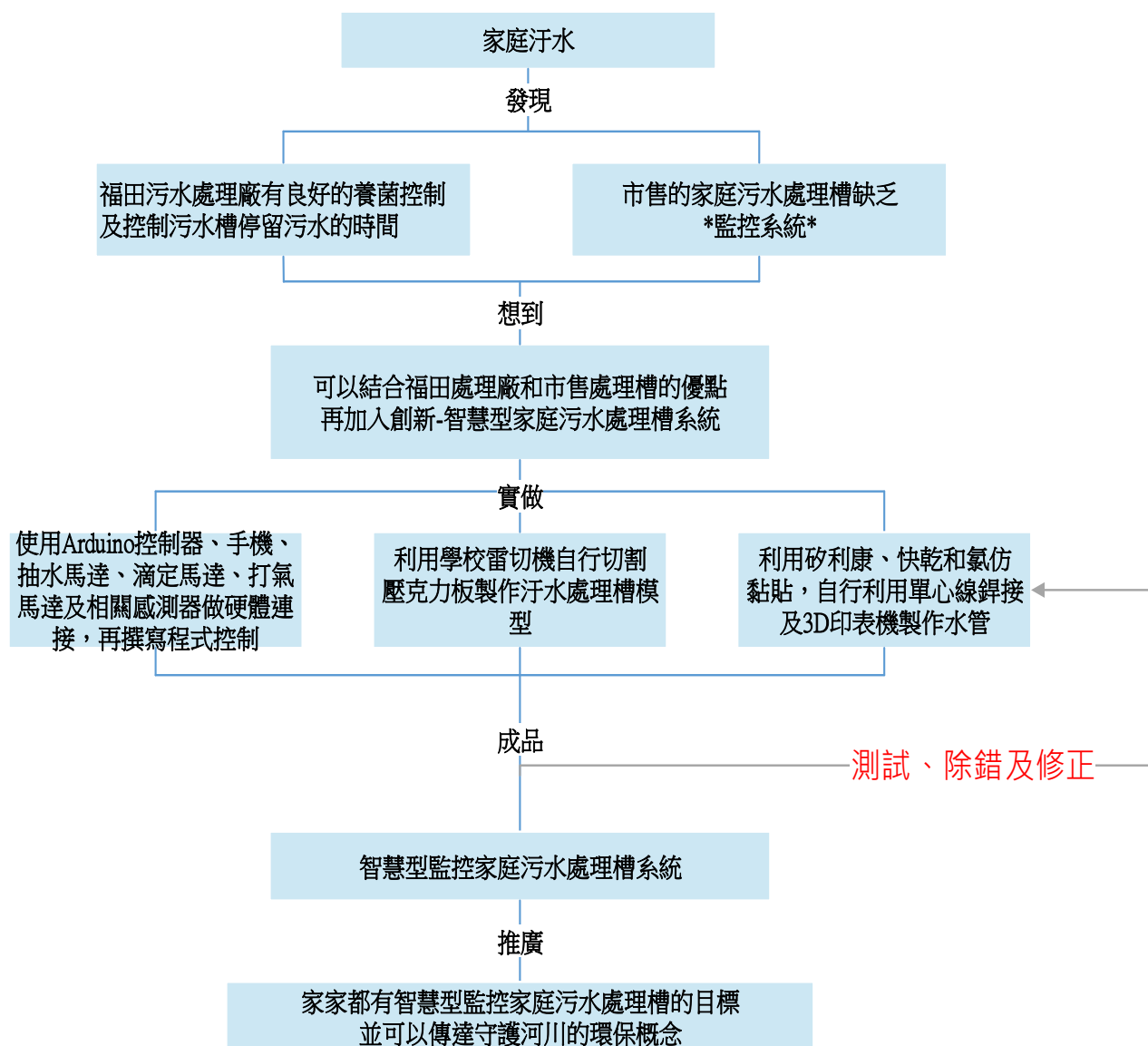


圖 4-17 研究架構圖

三、系統分析設計

經過參訪中的訪談與問答及資料蒐集，我們發現到我們的家鄉烏日區大部份的廢水都排放到溪流或水溝，如果要這些廢水全部都流至污水處理廠處理後在排放，所耗費的心力、時間和金錢是如此的龐大，因此會有一些廢水排放到溪流或許是無法避免，如果在家庭廢水排放到溪流前，我們可以先進一步的處理它，便能減少廢水中的一些雜質或懸浮微粒有害有機物質，那麼就能降低污染源，或許是我們對待家鄉最好的方法。我們分析了福田污水處理廠和小型的家庭市售污水處理槽的處理方式，再加上我們的想法，將其優缺點加以比較，如表 4-3 所示。

表 4-3 福田污水處理廠、市售污水處理槽和智慧型家庭污水處理槽之優缺比較表

污水處理 方式 比較種類	福田污水處理廠	市售污水處理槽	智慧型家庭污水處理槽
智慧型監控	有中控中心控制但不可遠端 監控	無	可藉手機監控水質，隨 時了解污水處理狀況
佔地面積	需很大面積	所需面積小	所需面積小
用電量多	需很大用電	市電供電	太陽能供電
普遍性	都市用戶	戶戶皆可用	戶戶皆可用
養菌控制	較佳	無	較佳
人力管理成本	高	低	低
建設成本	高	低	中
二次利用	須到廠取用	無	直接取用
抗災性	無，因管線複雜，不易恢復	良好	良好

根據專家羅毅平先生所述，污水處理效果要好，需精確掌握好氧菌及厭氧菌的數量及污水停留在污水槽的時間，因此依據上表及專家意見，而設計了一套【智慧型家庭污水處理槽系統】，讓家庭污水在排放之前先經過處理，再利用溫度計、氧化還原計(ORP)、濁度感測器、酸鹼度計(pH)，透過手機 APP 監控家中家庭污水的污染程度是否有符合國家排放標準，就以進一步精確控制好氧菌及厭氧菌的數量及污水停留在污水槽的時間，其詳細系統設計如下說明：

(一)可行性分析

依據參考文獻分析，再徵詢**污水處理專家羅毅平先生**，發現設計兼具**福田污水廠**及**家庭污槽**的優點，再加上**智慧型監控系統**，開發**智慧型家庭污水處理槽系統**是可行的。

(二)系統功能需要分析

智慧型家庭污水處理槽系統，將依照上述分析設計系統需求如下：

1. **污水處理槽體模型及居家模型**：依環保署規定之污水處理槽，設計成 **1：15** 縮小比例的污水處理槽體模型，並加上居家模型，以便**系統模擬及測試**。
2. **電力系統**：電力系統採**太陽能發電**，以節約能源。
3. **通訊系統**：藉由手機 APP 程式對污水處理槽機電系統進行**控制**及**顯示槽中水質數據**。
4. **污水處理槽機電控制**：藉助 Arduino 控制器進行**運算控制**，控制所需設備如下：
 - (1)**調整攪拌槽抽水馬達**：是為了要提供**厭氧菌**及**好氧菌**有不間斷的**食物來源**，必須**定時**且**緩慢**地將**攪拌調整槽**內的污水抽至**厭氧濾床池**。
 - (2)**曝氣打氣馬達**：因好氧菌需大量的**氧氣**才能存活，所以利用曝氣馬達 24 小時打氧，使空氣均勻分布達到完全曝氣的效果，給予好氧菌足夠的氧氣生存。
 - (3)**污泥回抽馬達**：若**濁度高於 45NTU**，將在沉澱池內以**百分 0.03 到 0.05** 的比例，回抽部分污泥到曝氣池內，以提供**控制好氧菌數量**，以利進行**好氧代謝作用**，使水中有機物質(污水)減少，降低**濁度、BOD 及 COD** 的含量。
 - (4)**污泥丟棄馬達**：將沉澱池底部多餘的污泥，抽出污水槽外丟棄或當做**植物肥料用土**，以免久而久之塞住污水槽。
 - (5)**蠕動馬達**：因污水內含**有害微生物和細菌**，利用蠕動馬達定時定量將**次氯酸鈉**滴入污水，以降低**大腸桿菌數**，也可避免滴入過多的氯導致生態的破壞，以達到排放之標準。
 - (6)**花圃灑水抽水馬達**：主要透過馬達**定時控制**，將放流池的水抽至家中的**花圃灌溉**，達到**二次水資源再利用**。
 - (7)**沖洗廁所馬桶抽水馬達**：主要透過馬達控制，將放流池的水抽至家中的廁所，當**沖洗馬桶**使用，達到**二次水資源再利用**，以節約水資源。

(三)系統流程程式描述

系統程式分二部份，一份為 **Arduino 控制器上的程式**，是使用 Arduino 官方工具撰寫，另一個為 **手機 App 程式**，則利用 MIT APP Inventor 程式工具撰寫，其系統流程程式描述圖(如圖 4-18 所示)。

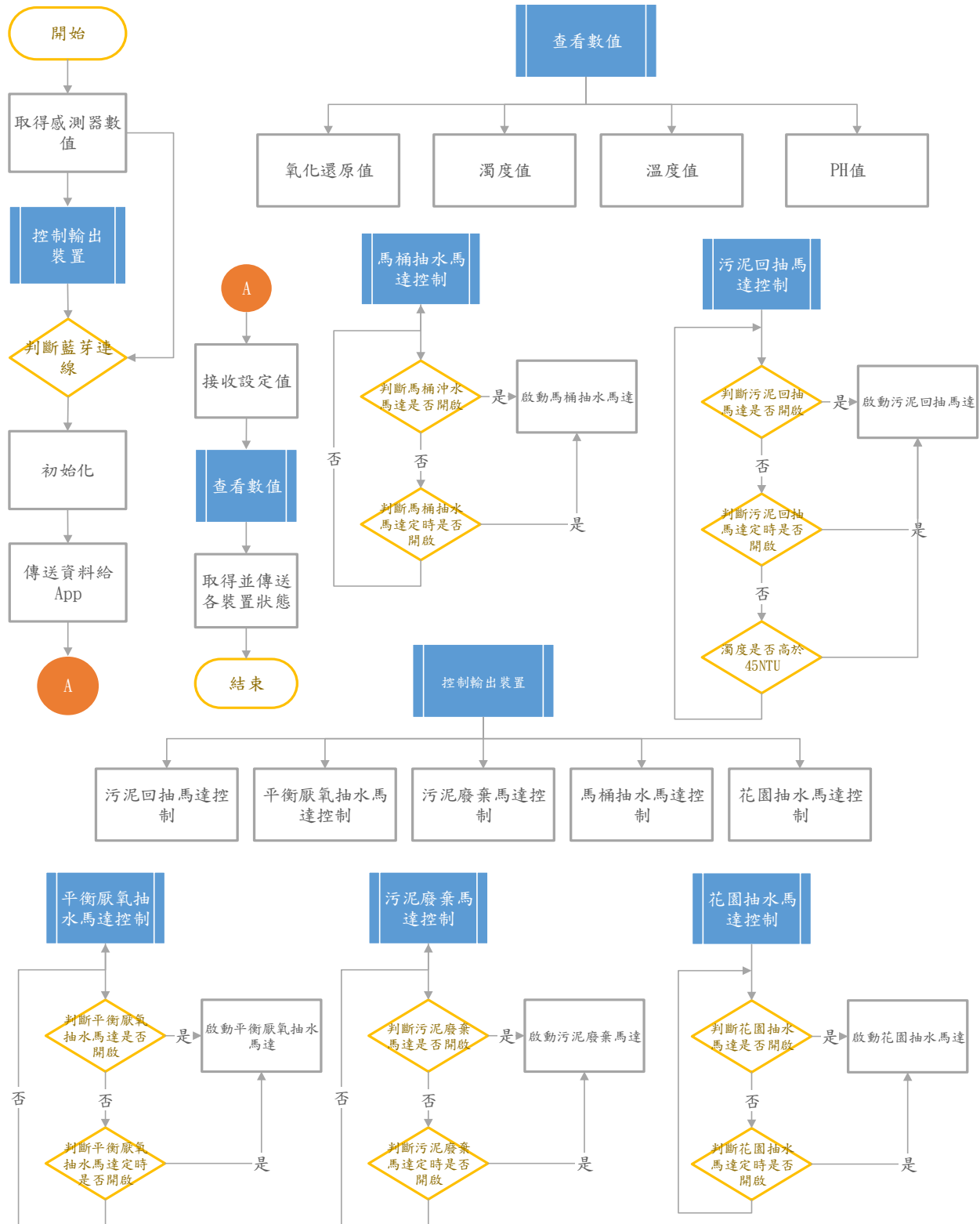


圖 4-18 系統流程程式描述圖

(四)系統硬體設計

【智慧型家庭污水處理槽系統】，使用 Arduino 作為核心，配合氧化還原感測器、pH 計感測器、濁度感測器及溫度感測器，將測量到的值，經由藍芽模組傳送至手機或平板 App 程式，再由 Arduino 程式定時抽水、打氣、回抽污泥及滴入次氯酸鈉，另外若濁度高於 45NTU 就會將污泥以百分 0.03~0.05 比例回抽至曝氣池，提供菌種，協助分解有機質，以降低濁度、BOD 及 COD，再利用太陽能板發電作為整個處理槽的供電來源，節約能源。

系統由 1 個 Arduino 控制面板、1 個 DS18B20 溫度感測器、1 個水濁度感測器、1 個 pH 酸鹼值感測器、1 個 ORP 氧化還原感測器、1 個 HC-05 藍牙模組、1 個蠕動馬達、1 個打氣馬達、5 個抽水馬達、2 組四路繼電器、一組太陽能發電面板及一台平板或手機所組成(如圖 4-19 所示)。

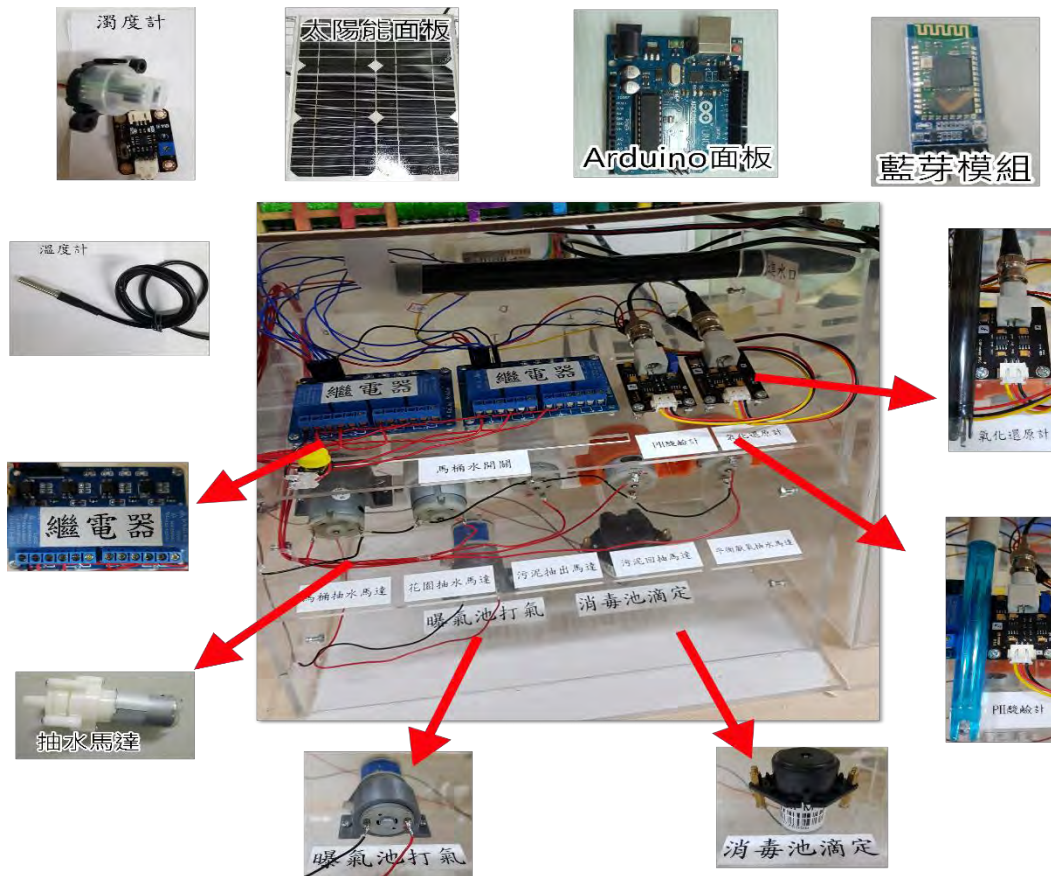


圖 4-19 系統設計硬體構造圖

1. **Arduino 控制器**：其產品型號為 Arduino UNO R3 標準版，是易用型開源控制器，可以使用類 C 的程式語言快速開發，且容易理解使用，其輸入電壓 6V-12VDC，輸出電壓 3.3VDC 及 5VDC；可負責接收感應器的數值，經過運算及判斷，輸出致動馬達，並可藉由藍芽傳輸數據。

2. **DS18B20 溫度感測器**：屬不銹鋼管封裝防水型溫度計，可**防水防潮防生鏽**，可偵測水中的溫度，工作溫度可在-55 度 C~+125 度 C，精度在-10°C~+85°C 的範圍內：±0.5 °C，工作電壓範圍：3.0V~5.5V。
3. **濁度感測器**：工作電壓：5VDC，模擬輸出 0-4.5V，可測量水中的混濁度，**若濁度過高就進行污泥回抽，提高好氧菌數量，以降低濁度。**

根據飆機器人-普特公司企業有限公司網站，所述混濁值以”度”為單位，在 1L 的水中含有 1mg 的 SiO₂(1NTU=1mg/L 的白陶土懸浮體)，產生的混濁程度即為 1 度，也稱 1NTU。(http://www.playrobot.com/water/1605-air-ge-turbidity-sensor.html)
4. **pH 酸鹼值感測器**：工作電壓：5VDC，測量範圍：0-14PH，精度：±0.1pH(25°C)，可測量水中酸鹼值，以了解**水中水質酸鹼**狀況。
5. **氧化還原感測器**：工作電壓：5VDC，測量範圍：-2000mV—2000mV，精度：±10mV(25 °C)，可測量污水內的耗氧量，**若電位在 300mv-450mv，水質穩定；低於 200mv，表示水質惡化。**
6. **藍芽模組**：工作電壓：3.6-6V，接收有效距離 10 公尺，作為 Arduino 跟手機 APP 之間的數據傳輸。
7. **蠕動馬達**：工作電壓：12V，工作流速：1.2ml/min-90ml/min，可定時定量將**次氯酸鈉**滴入水中，以降低水中的**大腸桿菌數**。
8. **打氣馬達**：工作電壓：6-12V，風量：2(L/min)，可定時在曝氣池打氣，提供好氧菌足夠的**氧氣**進行消化作用。
9. **繼電器**：輸出驅動能力：250VAC-10，工作電壓：5V，可透過 Arduino 傳出控制訊號，控制抽水馬達和蠕動馬達以及打氣馬達的啟動。
10. **太陽能板**：20W 多晶材質，最大輸出電壓 18V，最大工作電流 1.11A，可將太陽光通過光生伏打效應轉成電能作為處理槽的整體供電來源。
11. **太陽能控制器**：需搭配 12V，7AH 蓄電池，並提供具有過充/過放、超載等保護措施，且可由面板觀看蓄電池充放電狀態、負載工作狀態及太陽能板供電狀況，藉此以控制蓄電池充電，再以蓄電池的電力，提供給系統使用。
12. **污水槽槽體**：是依環保署規定之污水處理槽，設計成 1：15 縮小比例的模擬污水處理槽體，槽體模型是利用**本校之雷射雕刻機**，切割壓克力設計而成的，而塑膠管線，則利用本校之**3D 列印機**製作而成的。

完整系統硬體作品圖如下所示：

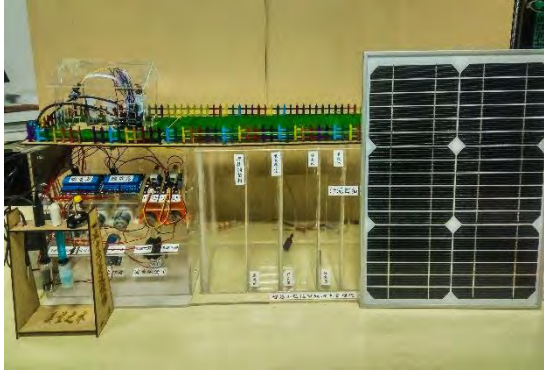


圖 4-20 作品完整正面圖

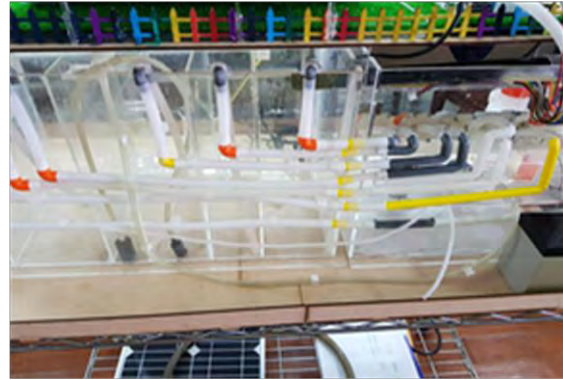


圖 4-21 3D 列印水管管線

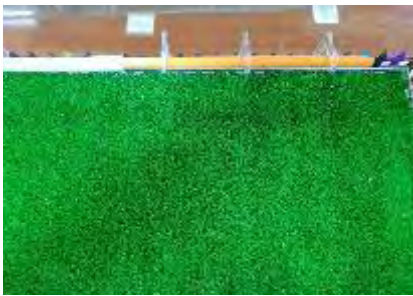


圖 4-22 花園灌溉管線



圖 4-23



圖 4-24 太陽能控制器

Arduino 控制面板及藍芽模組放置區

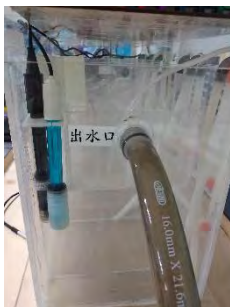


圖 4-25 出水口

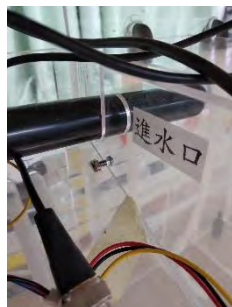


圖 4-26 進水口



圖 4-27 控制器展示架



圖 4-28 太陽能板

(五)系統實施

1.系統運作方式

依照家庭污水處理槽系統運作概念圖(如圖 4-29 所示)，將污水處理槽加上機電控制系統，其系統運作方式(如圖 4-30 所示)：

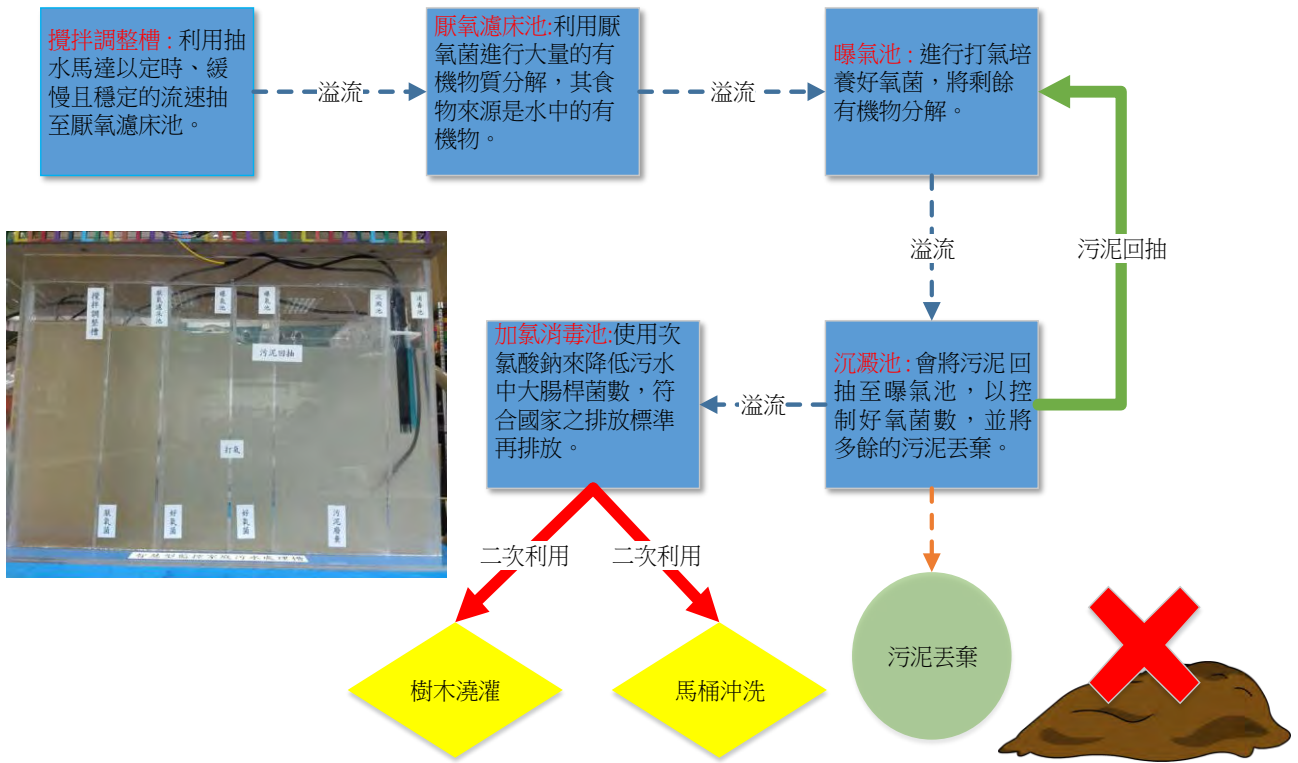


圖 4-29 家庭污水處理槽系統運作概念圖

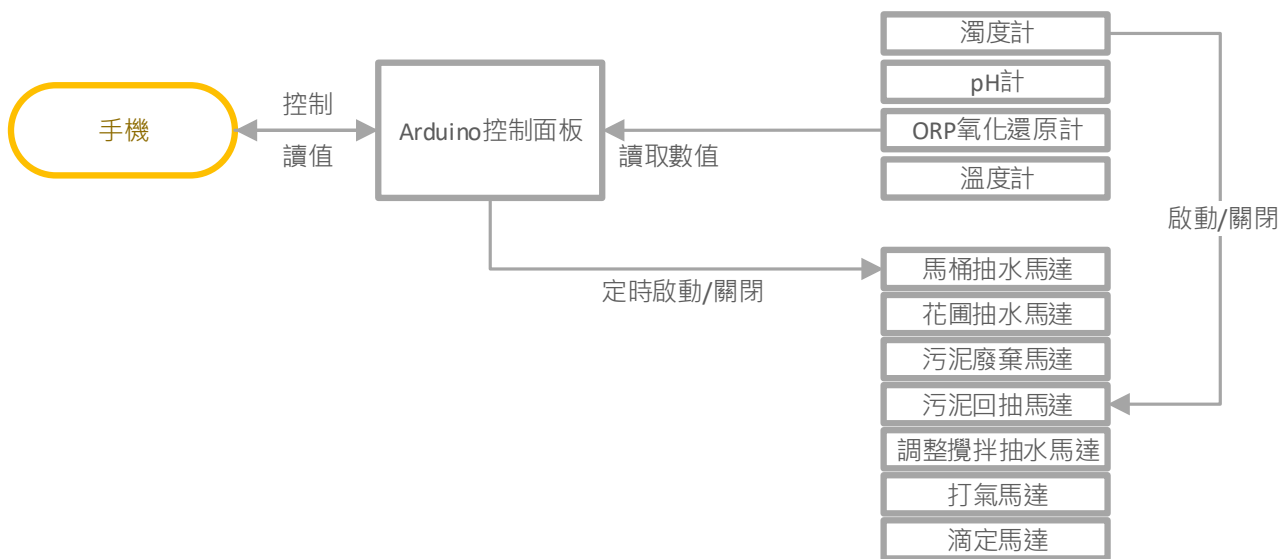


圖 4-30 系統運作圖

2.系統測試

(1)單元測試

感測器測試：

將以家庭常見的污染來源，**洗碗精**、**洗衣粉**、**沐浴乳**、**漂白水**做為測量對象，以了解家庭常見的污染來源的各項數值。

另外將針對本次實驗所使用的感測器，進行單元測試，測試是否具有**測量功**

能，各項感測器測試步驟如下：

pH 感測器校準：

目前需要做校準為 pH 感測器，因此先進行 pH 值校正。利用 pH 4.0 與 pH 7.0 校正液進行校正，先倒各 50ml 校正液在燒杯裡，再利用 pH 計測量，若測量值不符合，就轉動可變電阻以精準校正。

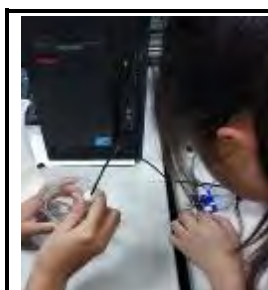


圖 4-31 感測器校正



圖 4-32 感測器校正

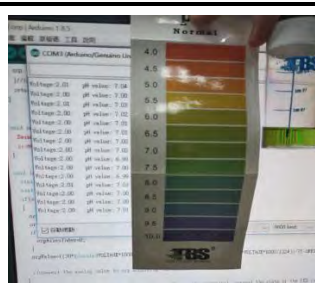


圖 4-33 pH7 校正

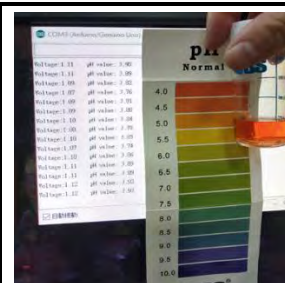






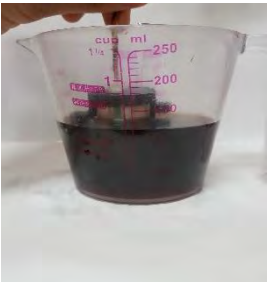


圖 4-34 pH4 校正

pH 感測器及氧化還原感測器測量：

<p>1. 以 100 毫升的水加入 20 毫升的洗碗精，再利用 pH 感測器及 ORP 氧化還原計測量其值。</p>	<p>2. 以 100 毫升的水加入 20 公克的洗衣粉，再利用 pH 感測器及 ORP 氧化還原計測量其值。</p>		
<p>圖 4-35 洗碗精 (pH)</p>	<p>圖 4-36 洗碗精(ORP)</p>	<p>圖 4-37 洗衣粉 (pH)</p>	<p>圖 4-38 洗衣粉(ORP)</p>
<p>3. 以 100 毫升的水加入 20 毫升的沐浴乳，再利用 pH 感測器及 ORP 氧化還原計測量其值。</p>	<p>4. 以 100 毫升的水加入 20 毫升的漂白水，再利用 pH 感測器及 ORP 氧化還原計測量其值。</p>		
<p>圖 4-39 沐浴乳(pH)</p>	<p>圖 4-40 沐浴乳(ORP)</p>	<p>圖 4-41 漂白水(pH)</p>	<p>圖 4-42 漂白水(ORP)</p>
<p>5. 以 100 毫升的水加入 20 毫升的醬油，再利用 pH 感測器及 ORP 氧化還原計測量其值。</p>	<p>6. 以 100 毫升的水加入 20 毫升的沙拉油，再利用 pH 感測器及 ORP 氧化還原計測量其值。</p>		

			
圖 4-43 醬油(pH)	圖 4-44 醬油(ORP)	圖 4-45 沙拉油(pH)	圖 4-46 沙拉油(ORP)

濁度感測器及溫度感測器測量：則以依照文獻資料，以**沙拉油、醬油、清水、洗碗精、沐浴乳、漂白水及洗衣粉**做為測試對象。

1.以 100 毫升的水加入 20 毫升的沙拉油及醬油，以濁度感測器測量其值		2.以溫度感測器測量 53 度及 30 度 100ml 的清水	
			
圖 4-47 沙拉油	圖 4-48 醬油	圖 4-49 53 度熱水	圖 4-50 30 度常溫水
3.以 100 毫升的水加入 20 毫升的洗碗精及沐浴乳，以濁度感測器測量其值		4.以 100 毫升的水加入 20 毫升的漂白水及 20 克的洗衣粉，以濁度感測器測量其值	
			
圖 4-51 洗碗精	圖 4-52 沐浴乳	圖 4-53 漂白水	圖 4-54 洗衣粉

馬達測試：本次實驗所使用馬達有三種，分別為**抽水馬達、打氣馬達及蠕動馬達**，並利用控制器驅動**繼電器**控制馬達開關，經實驗動作無誤。

藍芽通訊測試：本次實驗透過手機的藍芽和控制器上的藍芽模組，進行資料交換，經實驗動作無誤(如圖 4-55、4-56 所示)。

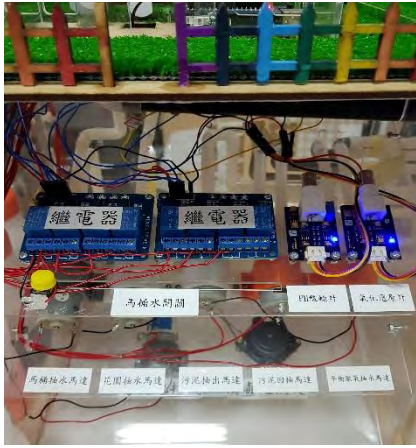


圖 4-55 測試

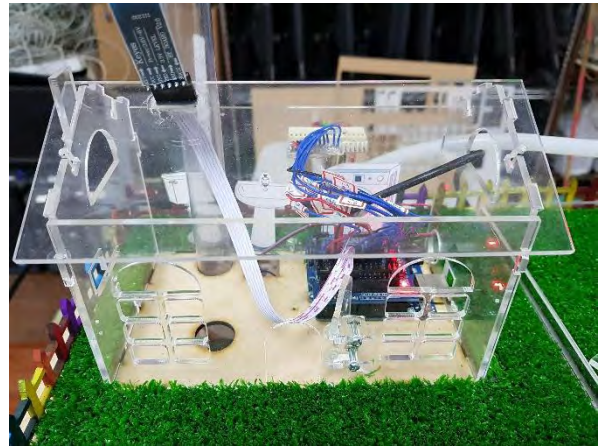


圖 4-56 藍芽通訊測試

太陽能電源系統測試：目前測試系統均以電腦 USB 所提供的電源 5V 或電池盒 9V，進行各項系統單元測試，但因提供**工作電壓不夠統一及顧及環保節約能源**，特設置**太陽能供電系統**，其系統說明如下：

- **太陽能板：**此次實驗的太陽能板採用 20W 多晶的材質，最大輸出電壓 18V，最大工作電流 1.11A，可將太陽光通過光生伏打效應轉成電能作為處理槽的整體供電來源，不過若單純在系統上直接接上太陽能板，沒有經過處理有會**電壓過大或過少的不穩定電壓**，因此，需要透過**太陽能控制器及蓄電池**來穩定電壓。
- **太陽能控制器：**需搭配 12V，7AH 蓄電池，並提供具有過充/過放、超載等保護措施，且可由面板觀看蓄電池充放電狀態、負載工作狀態及太陽能板供電狀況，藉此以**控制蓄電池充電**，再以蓄電池的電力，提供給系統使用，這樣可避免在太陽光過大時，電壓電流上升，太陽光較小電壓電流下降的**不穩定電壓**。
- **蓄電池：**主要是存放太陽能充電的多餘電力，以備沒有太陽光供電可使用。

在實驗過程，若直接將太陽板直接到污水槽系統使用，發現系統常常不能動作，因此經過上網找資料，只要在污水槽系統和太陽板之加入太陽能控制器及蓄電池，電壓即可穩定輸出。經測試後電力系統可穩定提供 DC 12V 的輸出電壓，並將輸出電壓提供給污水槽系統使用，其功能測試無誤。

(2)整合測試

手機與控制器傳輸測試：利用手機 APP 讀取感測器各項數據，經多次修正測試，經實驗測試無誤(如圖 4-57 所示)。



圖 4-57 手機 APP 程式數據顯示圖

(3)測試與驗收

在單元測試及整合測試完成，請樂高機器人社伙伴多次測試及細微修正，發現 3D 列印機所列印的彎管會有漏水現象及管線安排有些錯誤，再重新修改 3D 列印密度，重新列印彎管，再逐一進行程式除錯及邏輯錯誤的修正，經過多次測試及修正後，則再恢復預期效果(如圖 4-58 所示)



圖 4-58 3D 列印機列印的彎管照片圖

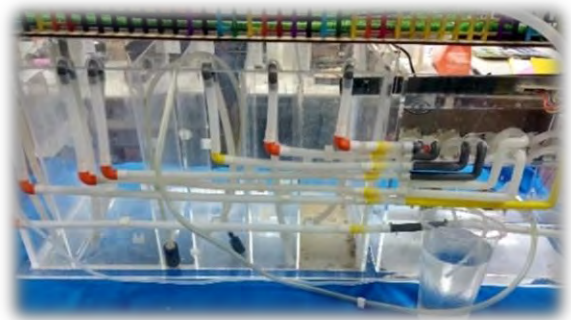


圖 4-59 配管設計照片圖

伍、研究結果與討論

一、建置一套有效能的智慧型家庭污水處理槽系統。

系統在**污水處理專家羅毅平先生**的指導下，進行系統分析、功能需要分析、單元測試、整合測試等一連串測試，最後在**測試與驗收**完成後，本系統可在遠端利用手機觀察污水處理槽的水質狀況，藉由馬達抽水有效**控制污泥回抽**，**營造好氧菌培養的良好環境**，並**控制污水停留在污水槽時間**，增加**好氧菌分解及消毒的時間**，讓有機有害物質得完整被分解及消毒，使污水中的有機有害物質，得以分解完成，而好氧菌的照片如圖 5-2 所示。因此，**智慧型家庭污水處理槽系統是具有高效能分解有害有機物質的系統。**

不過在這測試驗證過程中，發生用 3D 印表機**自製的水管**、雷射切割機製作的**壓克力箱接縫處漏水**，造成我們實驗上的困擾，雖然有經過修補，仍有許多的問題，但在實際應用上，將系統套用在實際市售家庭污水槽上，應該可避免類似問題發生。

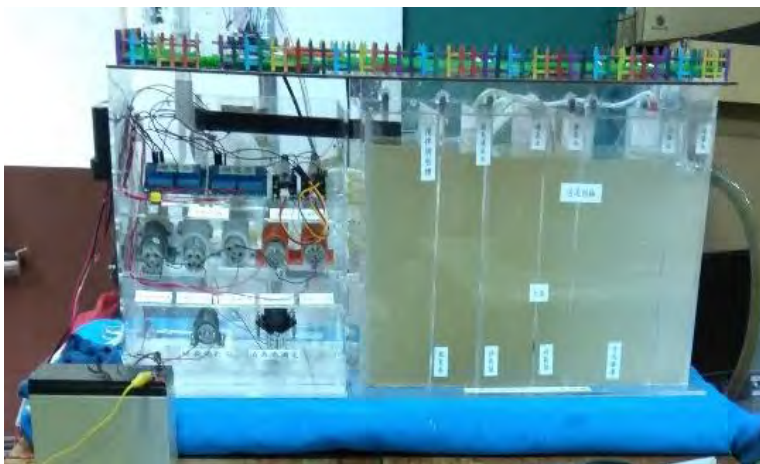


圖 5-1 智慧型家庭污水處理槽系統



圖 5-2 好氧菌照片圖

二、提供使用者可利用手機來遠端監控家中戶外之家庭污水處理槽系統。

本系統控制器是建置家中，通常污水槽都設備房子戶外，不超出 20 公尺，經過實測可以達到 **70 公尺**(已達走廊走長度極限)，都還可以控制到系統，因此使用**藍芽系統**就足夠，且若是較遠的距離，則需採用 WI-FI 方式；圖 5-3 則為手機實際控制畫面，藉由手機連結及程式的控制，可方便遠端監控家中戶外之家庭污水處理槽系統，也更能了解家中污水排放的狀況，以免成為污染河川的幫兇。其 Arduino 之程式碼如下，手機 APP 碼式如圖 5-4 所示。



圖 5-3 手機控制畫面

Arduino 程式碼

```
SoftwareSerial BT(4, 5);  
void setup() {  
  Serial.begin(9600);  
  BT.begin(9600); }  
void SendData() {  
  static unsigned long sendTime = millis();  
  if(millis() >= sendTime) {  
    sendTime += 1000;  
    sprintf(sendData, "%d °C,%d.%d,.....");  
    dataLength = 0;  
    while(sendData[dataLength] != '\0') dataLength++;  
    BT.write(dataLength);  
    BT.write(sendData);  
    Serial.println(sendData);  
  }  
}
```

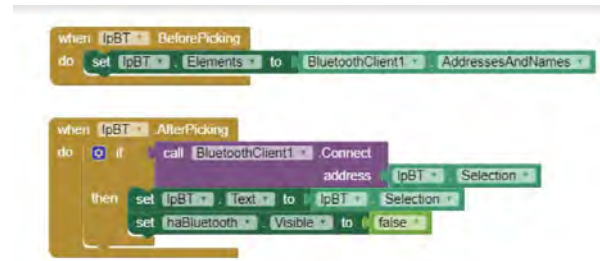


圖 5-4 手機 APP 程式碼

三、使用者可利用手機來了解家庭污水排放水質數據是否符合排放標準。

本系統會將污水槽中的溫度、pH 值、氧化還原值及濁度值，顯示在手機中，若發現排放水質數據有異常，可加強**控制污泥回抽及污水停留時間**，就可恢復預期的效果。

(一)pH 感測器：

1. Arduino 程式碼：

```
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)  
{  
  Serial.print("Voltage:");  
  Serial.print(voltage,2);  
  Serial.print("    pH value: ");  
  Serial.println(pHValue,2);  
  digitalWrite(LED,digitalRead(LED)^1);  
  printTime=millis();  
}
```

2. APP 程式：

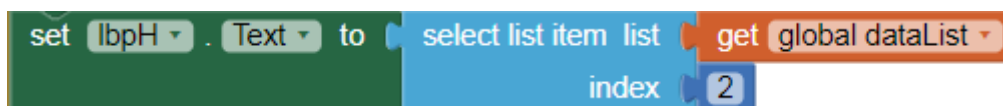


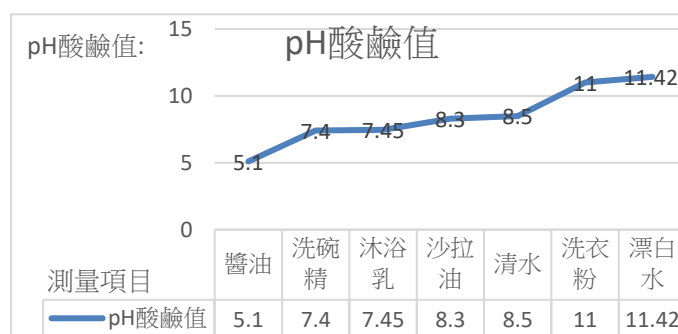
圖 5-5 pH 計之手機 APP 程式碼

- 實驗結果顯示：漂白水屬最鹼性，洗碗精、沐浴乳接近中性。
- pH 值由酸到鹼排序：醬油 > 洗碗精 > 沐浴乳 > 沙拉油 > 清水 > 洗衣粉 > 漂白水

表 5-1 各類溶液的酸鹼值統計表
(100ml 水 20 克實驗物質)

名稱：	pH 酸鹼值：
醬油	5.1
洗碗精	7.4
沐浴乳	7.45
沙拉油	8.3
清水	8.5
洗衣粉	11
漂白水	11.42

圖 5-6 各類溶液的酸鹼值折線圖



(二)氧化還原 ORP 感測器：

1. Arduino 程式碼：

```
static unsigned long orpTimer=millis();
static unsigned long printTime=millis();
if(millis() >= orpTimer)
{
    orpTimer=millis()+20;
    orpArray[orpArrayIndex++]=analogRead(orpPin);
    if(orpArrayIndex==ArrayLenth) {
        orpArrayIndex=0;
    }
    orpValue=((30*(double)VOLTAGE*1000)-(75*avergearray(orpArray,
    ArrayLenth)*VOLTAGE*1000/1024))/75-OFFSET;
}
if(millis() >= printTime)
{
    printTime=millis()+800;
    Serial.print("ORP: ");
    Serial.print((int)orpValue);
    Serial.println("mV");
    digitalWrite(LED,1-digitalRead(LED)); } }
```

2. APP 程式：

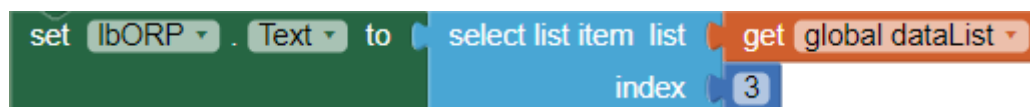


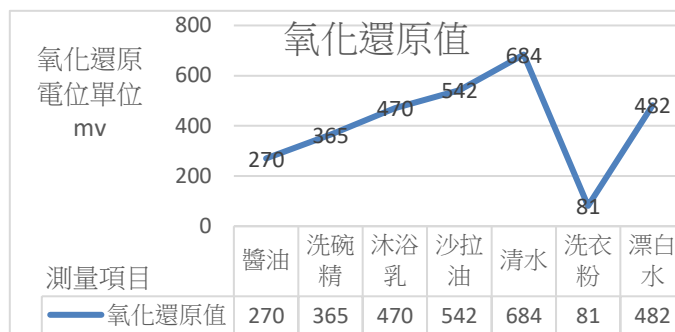
圖 5-7 ORP 感測器之手機 APP 程式碼

- 實驗結果顯示：依表 5-2 所示，清水的氧化還原電位高，表示水質淨化機制負荷小，水質穩定；而醬油氧化還原電位較低，水質淨化機制失去平衡，可能是有水質惡化的情形。
- 氧化還原電位由高到低：：清水>沙拉油>漂白水>沐浴乳>洗碗精>醬油>洗衣粉
- 說明：氧化還原電位為正數時，代表氧化；電位為負數時，代表還原。

表 5-2 各類溶液的氧化還原電位值統計表





名稱：	氧化還原電位(mv)
醬油	270(pH 5.1)
洗碗精	365(pH 7.4)
沐浴乳	470(pH 7.45)
沙拉油	542(pH 8.3)
清水	684(pH 8.5)
洗衣粉	81(pH 11)
漂白水	482(pH 11.42)

圖 5-8 各類溶液的氧化還原值折線圖



(三)濁度感測器：

因在研究過程中，是沙拉油、醬油及清水做為測試對象，但看不出濁度的差異性及其參考價值，為了呈現其差異性，特以使用過後的咖啡粉，作為實驗對象，並以 10、20、30、40、50 克加入 400ml 的清水中攪拌如圖 5-9 至 5-12 所示，測量其數據如表 5-3 所示。

以濁度感測器測量 10 克的咖啡渣。	以濁度感測器測量 20 克的咖啡渣。	以濁度感測器測量 30 克的咖啡渣。	以濁度感測器測量 40 克的咖啡渣。
			
圖 5-9 10 克咖啡渣	圖 5-10 20 克咖啡渣	圖 5-11 30 克咖啡渣	圖 5-12 40 克咖啡渣

1. Arduino 程式碼：

```
vNTU = analogRead(A0) / 1024.0 * 5.0 + 0.03;
NTU = (-1120.4 * vNTU * vNTU) + (5742.3 * vNTU) - 4352.9 - 365.61;
Serial.println(NTU);
delay(1000);
```

2. APP 程式：

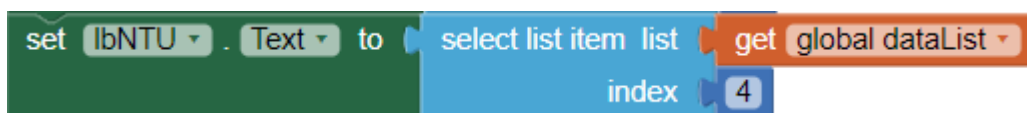


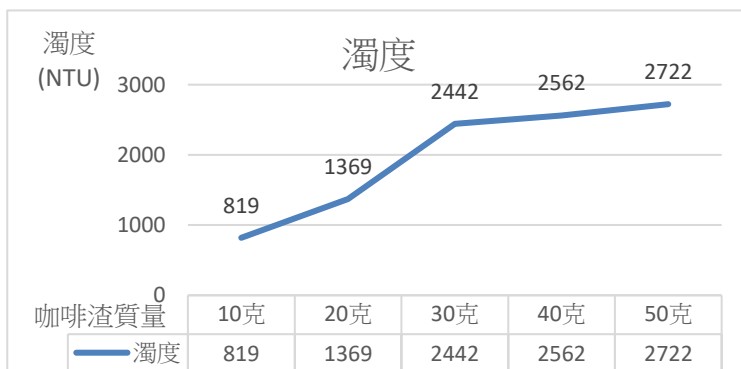
圖 5-13 濁度感測器之手機 APP 程式碼

3. 實驗結果顯示：加入愈多咖啡渣，水質會愈混濁。
4. 濁度由混濁到清澈排序：50 克咖啡渣 > 40 克咖啡渣 > 30 克咖啡渣 > 20 克咖啡渣 > 10 克咖啡渣
5. 說明：濁度越高，水質越混濁；濁度越低，水質越清澈。

表 5-3 各類溶液的濁度值統計表

咖啡渣質量	濁度
10 克	819
20 克	1369
30 克	2442
40 克	2562
50 克	2722

圖 5-14 各類溶液的濁度值折線圖



綜合各項感測器測量統計數據表如表 5-4 所示：

表 5-4 綜合各項感測器測量各類溶液統計數據表(100ml 水 20 克實驗物質，以 5:1 方式實驗)

感測器種類 感測數值	pH 感測器	ORP 氧化還原計(mV)	濁度感測器 (NTU)	溫度感測器 單位(度)
醬油	5.1	270	2435	31
洗碗精	7.4	365	0	32
沐浴乳	7.45	470	2755	33
沙拉油	8.3	542	0	36
清水(53 度)	8.5	684	0	53
清水(34 度)	8.5	684	0	34
洗衣粉	11	81	2972	35
漂白水	11.42	482	0	33

四、提供家庭污水二次再利用之系統建立。

本於節約用水及資源再利用的精神，本系統也設計花圃灌溉系統及廁所馬桶沖水系統，可便將污水槽中的放流池的水，在單元測試、整合測試後，確定馬達和手機連線控制無誤，則可利用馬達將水抽至花圃灌溉及廁所馬桶沖水，其控制



圖 5-15 馬桶抽水系統 圖 5-16 花圃灌溉系統

可利用**手機設定**花園定時澆水，廁所馬桶則按**手機控制開關**，即可沖水，如圖 5-15 及圖 5-16 所示。

1. Arduino 程式碼：

```

void Motor_Control(byte pin, int num) {
  if(motorInterval[num] == 0) {
    digitalWrite(pin, 1);
    motorMode[num] = 2; }
  else if(motorInterval[num] == 255) {
    digitalWrite(pin, 0);
    motorMode[num] = 1;
  }
  else if(num == 2) {
    if(motorInterval[num] == hour) digitalWrite(pin, LOW);
    else digitalWrite(pin, HIGH);
    motorMode[num] = 0;
  }
  else {
    if(millis() -
    motorTime[num]>motorInterval[num] * 1000)
    {
      digitalWrite(pin, 1-digitalRead(pin));
      motorTime[num] = millis();
    }
    motorMode[num] = 0; } }

```

2. APP 程式：

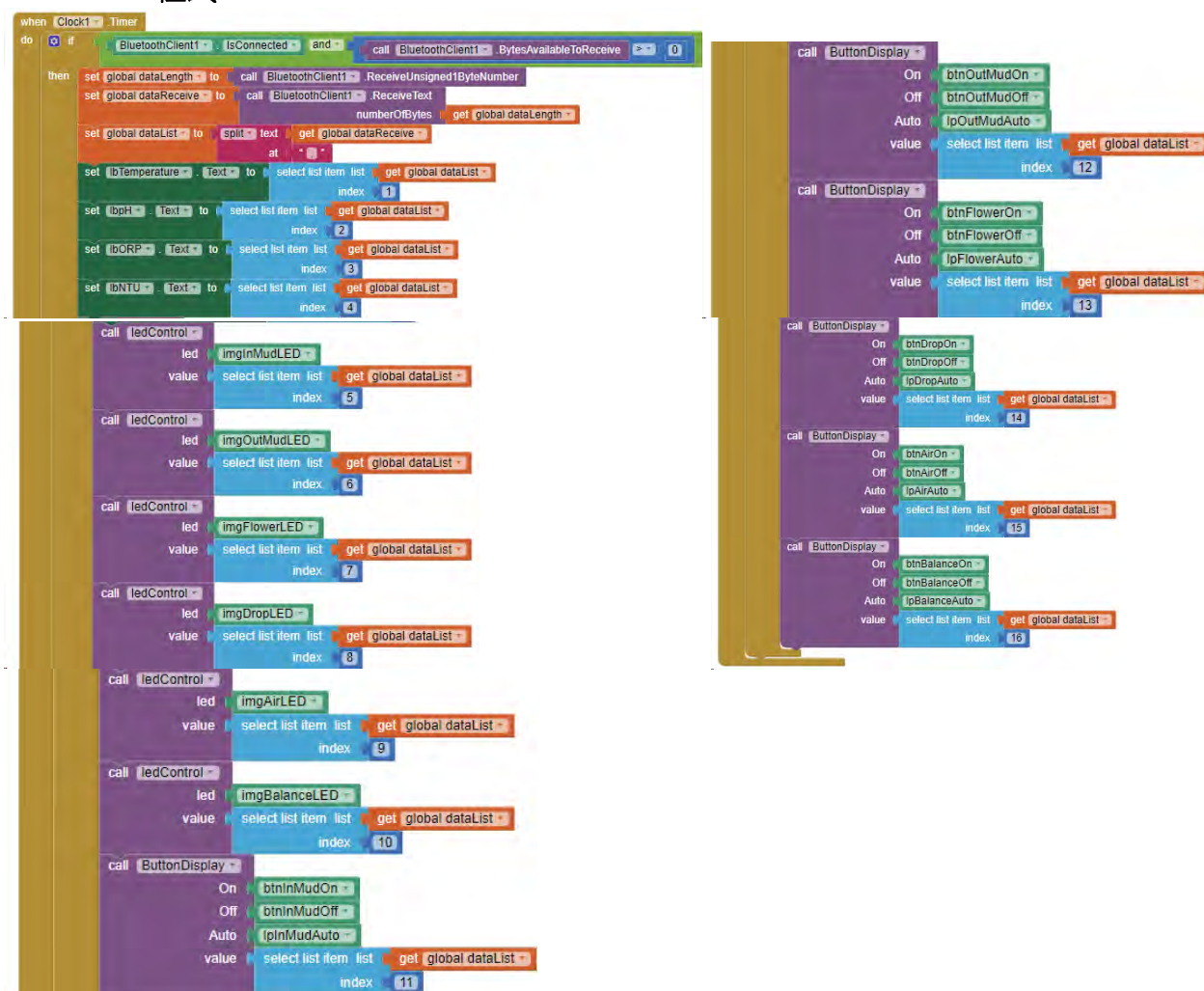


圖 5-17 抽水馬達控制之手機 APP 程式碼

五、建立一套節約能源的智慧型家庭污水處理槽系統

本系統需要使用到許多馬達、控制器等電源，因此為**節約能源**，特別建置了太陽能供電系統**自給自足**，在實驗過程中，若直接將**太陽板直接到污水槽系統**使用，發現系統常常不能動作，因此經過上網找資料，只要在污水槽系統和太陽板之間加入**太陽能控制器及蓄電池**，即可產生穩定的輸出電壓。經測試後電力系統可穩定提供 **DC 12V 的輸出電壓**，並將輸出電壓提供給污水槽系統使用，其功能測試無誤，**達到預期效果**。



圖 5-18 太陽能供電系統圖

期望家家戶戶都能建置本系統，顧及環境的差異性，所以需考慮**鄉村及偏遠山區**用電不易，特建置**太陽能控制系統**，萬一在災害發生時，**無市電可用**時，本系統一樣能**正常運作**。

陸、結論

為了深入且廣泛的探討研究主題及了解問題及能找出適當的解決方法，我們走訪了家鄉附近的溪流做**田野調查**找出問題，也前往【**福田水資源回收中心**】請教**副廠長**及**污水處理專家羅毅平先生**(污水廠操作管理員)，了解汙水處理場的廢水實際處理過程。

在聽取各專家建議後，我們運用現代科技及身旁現有工具，利用**雷射切割機**自行切割透明的壓克力板製作出透明的**1:15**比例的家庭污水處理槽，並加入溫度、氧化還原、濁度、pH 酸鹼度的感測器、抽水馬達、蠕動馬達、打風馬達及 Arduino 和藍芽模組，還有利用太陽板發電系統等設備，來**監控且檢測處理槽內的水質**及解決**市售家庭污水處理槽**和**大型汙水處理廠**的問題，於是設計成了【**智慧型家庭污水處理槽系統**】。

讓使用者能夠隨時隨地透過藍芽模組連接手機的 APP 程式**自動監控**汙水處理槽內的汙水處理現況，維持**好氧菌及厭氧菌優良的生存環境**，並提供家庭處理廢水的一項工具，讓經過處理的水**二次再利用**，作為**灌溉花圃與沖洗馬桶**之用途，也避免廢水未經處理直接排放至河川及溪流，造成**水源的汙染及水質優養化**之問題，讓家鄉的水更清澈，並降低**大型汙水處理廠**所耗費的**金錢、電力能源及時間**等問題，也解決了**鄉村及偏遠山區**家庭汙水處理不易的問題。

這一個【**智慧型家庭污水處理槽系統**】，能讓家庭汙水處理過後再排放，降低河川或溪流的汙染程度，也能夠使**每個家庭取用再生水更便利**，也提高家庭汙水的處理率，讓人類所

用過的每一滴水都能夠重複再利用，延續每一滴水的生命，並且推行家家都有**智慧型家庭污水槽系統**的目標，讓家庭廢水得到再次**利用節省水資源及傳達守護河川的環保概念**。

建議政府在未來可以讓每個家庭都建置「**智慧型家庭污水處理槽系統**」，透過系統的**物聯網裝置**，將系統**水質數值**回傳到雲端，讓政府透過雲端的大數據，了解**家庭生活用水及排放狀況**，以作為**政府制定政策之重要依據**。

柒、參考資料及其他

- 一、內政部營建署(2017)。下水道系統之規劃與建設。取自
<https://www.cpami.gov.tw/filesys/file/chinese/statistic3/05-105.pdf>
- 二、污水處理廠。水資源局過濾工程。取自
<http://www.yjes.tc.edu.tw/river/r35.htm>
- 三、行政院環保署（2017）。放流水標準。取自
<http://law.moj.gov.tw/LawClass/LawContent.aspx?PCODE=O0040004>
- 四、台淞企業有限公司。家庭污水處理槽。取自
<http://www.lucky.tw/frp168/Index.asp?ID=1&ID2=1>
- 五、台中市福田水資源中心。福田水資源簡介。取自
<http://www.topid.net/incdesign2009/cocomagnolia/index-2.asp>
- 六、家庭污水防治 大家一起來。家庭用水量。取自
http://enews.open2u.com.tw/~noupd/book_up/2605/13912.htm
- 七、家庭污水防治 大家一起來。家庭廢水的成分。取自
http://enews.open2u.com.tw/~noupd/book_up/2605/13912.htm
- 八、張大偉、許南山、游日發、林信賢（2015）。生活污水對農業環境之衝擊與其淨化技術。取自
http://doie.coa.gov.tw/upload/irrigation_master/20150820145245-生活污水對農業環境之衝擊與其淨化技術.pdf
- 九、莊順興（2015）。水質指標說明與應用。取自
<https://www.moeaidb.gov.tw/iphw/epc/service/training/P150602.pdf>
- 十、飆機器人。濁度定義。取自
<http://www.playrobot.com/water/1605-air-ge-turbidity-sensor.html>
- 十一、飆機器人。pH 感測器介紹。取自
<http://www.playrobot.com/water/703-analog-ph-meter-kit.html>

十二、BuyIC。濁度感測器介紹。取自

http://www.buyic.com.tw/product_info.php?products_id=6677

十三、UCI 電子。ORP 感測器介紹。取自

<http://goods.ruten.com.tw/item/show?21801530412940>

捌、附錄

完整的 Arduino 程式碼及手機 APP 程式碼，將放置**實驗日誌**。

下列為系統之部份 Audino 程式碼

```
void GetData() {
    phArray[phArrayIndex++] = analogRead(PH_PIN);
    if (phArrayIndex == ArrayLenth) phArrayIndex = 0;
    phValue = 3.5 * (averagearray(phArray, ArrayLenth) * 5 / 1024) + phOffset;
    orpArray[orpArrayIndex++] = analogRead(ORP_PIN);
    if (orpArrayIndex == ArrayLenth) orpArrayIndex = 0;
    orpValue=((30*(double)5*1000)-(75*averagearray(orpArray, ArrayLenth)*5*1000/1024))/75-
    orpOffset;
    ntuArray[ntuArrayIndex++] = analogRead(NTU_PIN);
    if (ntuArrayIndex == ArrayLenth) ntuArrayIndex = 0;
    vNTU = averagearray(ntuArray, ArrayLenth) / 1024.0 * 5.0;
    vNTUC = vNTU + ntuOffset;
    NTU = (-1120.4 * vNTUC * vNTUC) + (5742.3 * vNTUC) - 4352.9;
    if(NTU < 0 ) NTU = 0;
    else if(NTU < 0 && vNTUC <= 2.5) NTU = 3000; }
void GetTemperature() {
    dtTemper.requestTemperatures();
    temper = dtTemper.getTempCByIndex(0);
}
```

【評語】 032814

1. 該作品為一遠端監控進行智慧型家庭污水處理槽系統之開發，透過 Arduino 與各感測器與污水處理設備之整合達成可行性評估。
2. 作品中之自製汙水槽，透過 Arduino 結合感測器量測 pH 值及厭氧菌的濃度進行致動器的控制，透過藍芽傳到手機 APP，APP 也是作者透過 MIT APP inventor 自己撰寫。
3. 此外提出自動化控制及維持好氧菌及厭氧菌優良的生存環境，並提供家庭處理廢水的一項工具，讓經過處理的水二次再利用。
4. 惟實際汙水處理面對的髒污用水以及尺度大小與現在的試驗設施比較更為複雜及繁複，本研究未來可以再往大尺度的方向前進。

壹、研究動機

近年來，水資源污染的問題日益嚴重，相關的媒體報導引起許多人關注，其中最嚴重的就是**民生用水污染**，直接將污水**排放到河川**，造成河川污染或優養化，根據內政部營政署統計，105年整體污水處理率卻只有**53%**，就連我們居住的台中市污水處理率也只有**50%**，經過**福田污水處理廠**專家解說下，台中烏日地區的污水並沒有排放到污水處理廠處理，而且因**污水下水道接管率不高**，以**鄉村及偏遠山區**更為嚴重，並無像市區家庭有家庭污水處理統一收集的處理機制，直接排放到河川，不但造成了河川污染、惡臭、水質優養化，藻類、浮游生物、植物、水生物和魚類衰亡甚至絕跡的污染現象，連我們的**農作物都無法避免被污染**。

我們是不是應該想辦法停止**人類對自然的破壞**、對資源的濫用，現在人們可以使用的**水已經越來越少了**，在這看似平靜的生活中，水卻一直在無形之中默默的被浪費，缺水的危機對人類來說越來越不可忽視，要怎麼**節約用水**，**減少污染**，是一個值得深入探討的問題。

貳、研究目的

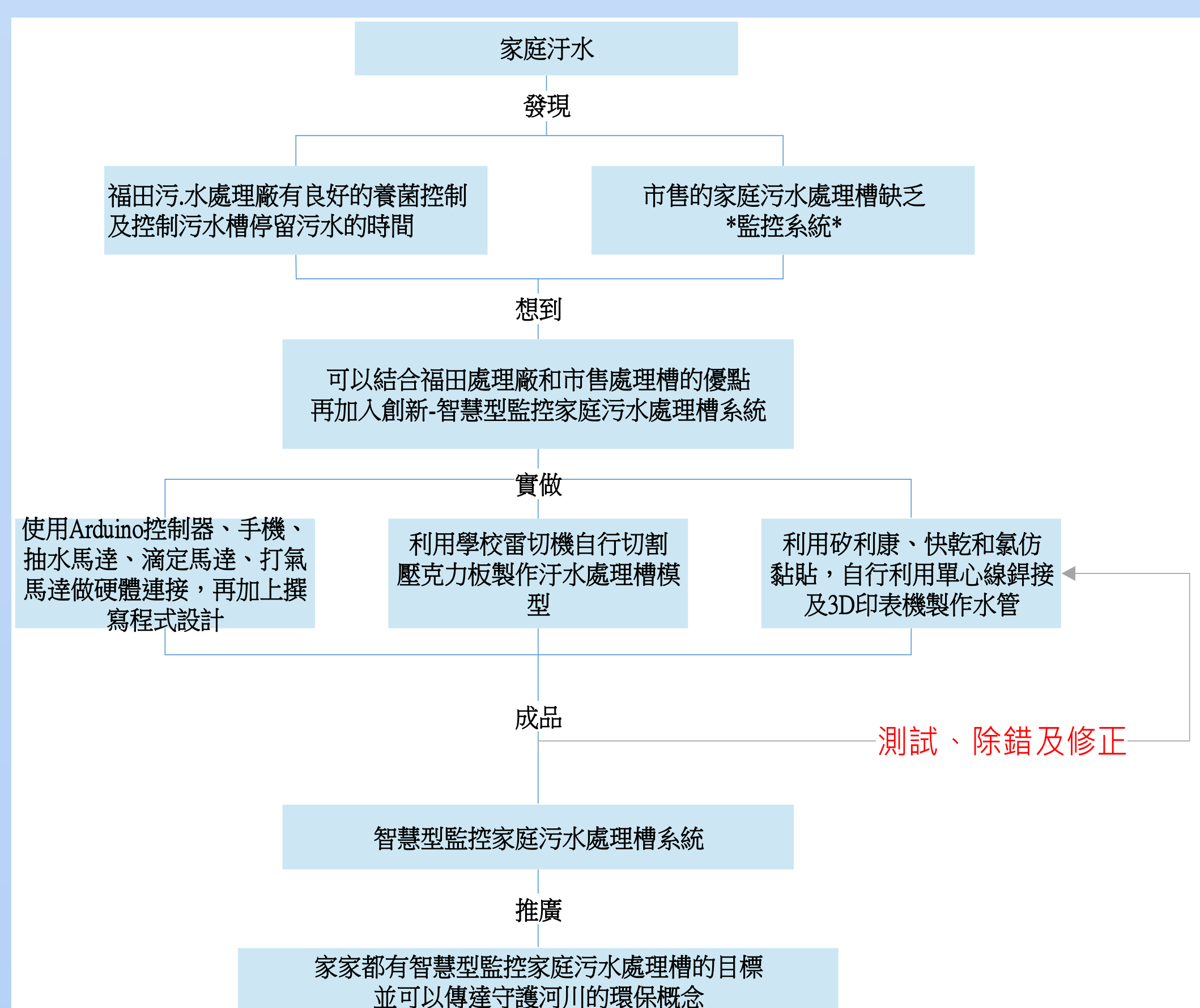
1. 建置一套有效能的智慧型家庭污水處理槽系統。
2. 提供使用者可透過手機來遠端監控家中戶外之家庭污水處理槽系統。
3. 使用者可利用手機來了解家庭污水排水水質數據是否符合排放標準。
4. 提供家庭污水二次再利用之系統建立。
5. 建立一套節約能源的智慧型家庭污水處理槽系統。

作品與教材相關性：

1. 南一版 社會 一上 第五課 水文
2. 翰林版 自然與生活科技 三下 第五課 地球的環境
3. 電腦課 一下C語言程式設計
4. 電腦課 二上APP Inventor程式設計

參、研究方法

本研究將依照**參訪及文獻探討**，建置一套能**監控**又能**節約能源**的**智慧型家庭污水處理槽系統**，並加以**測試驗證**，其研究架構圖如下：



根據田野調查，發現到我們的**家鄉烏日區**有部份的家庭廢水都排放到溪流或水溝，如果在家庭廢水排放到溪流前，我們可以**先進一步的處理它**，便能減少廢水中的一些雜質或懸浮微粒等有害有機物質降低污染源。我們分析了**污水處理廠**和**市售家庭污水處理槽**的處理污水方式，再加上我們的想法，將其**優缺點**加以比較，如下表所示。

福田污水處理廠、市售污水處理槽和智慧型家庭污水處理槽之優缺比較表

比較種類	污水處理種類	福田污水處理廠	市售污水處理槽	智慧型家庭污水處理槽
智慧型監控		有中控中心控制但不可遠端監控	無	可藉手機監控水質，隨時了解家庭污水處理狀況
佔地面積		需很大面積	所需面積小	所需面積小
用電量多		需很大用電	市電供電	太陽能供電
普遍性		都市用戶	戶戶皆可用	戶戶皆可用
養菌控制		較佳	無	較佳
人力管理成本		高	低	低
建設成本		高	低	中
二次利用		須到廠取用	無	直接取用
抗災性		無，因管線複雜，不易恢復	良好	良好

根據專家羅毅平先生所述，污水處理效果要好，需**精確掌握好氧菌的數量**及**污水停留在污水槽的時間**，因此依據上表及專家意見，而設計了一套**【智慧型家庭污水處理槽系統】**，並透過手機APP監控家中家庭污水的污染程度是否有符合**國家排放標準**，其詳細系統分析設計如下說明：

(一)可行性分析

依據**參考文獻**分析，再徵詢**污水處理專家羅毅平先生**，發現設計兼具**污水廠及家庭污水槽**的優點，再加上**智慧型監控系統**，開發**智慧型家庭污水處理槽系統**是可行的。

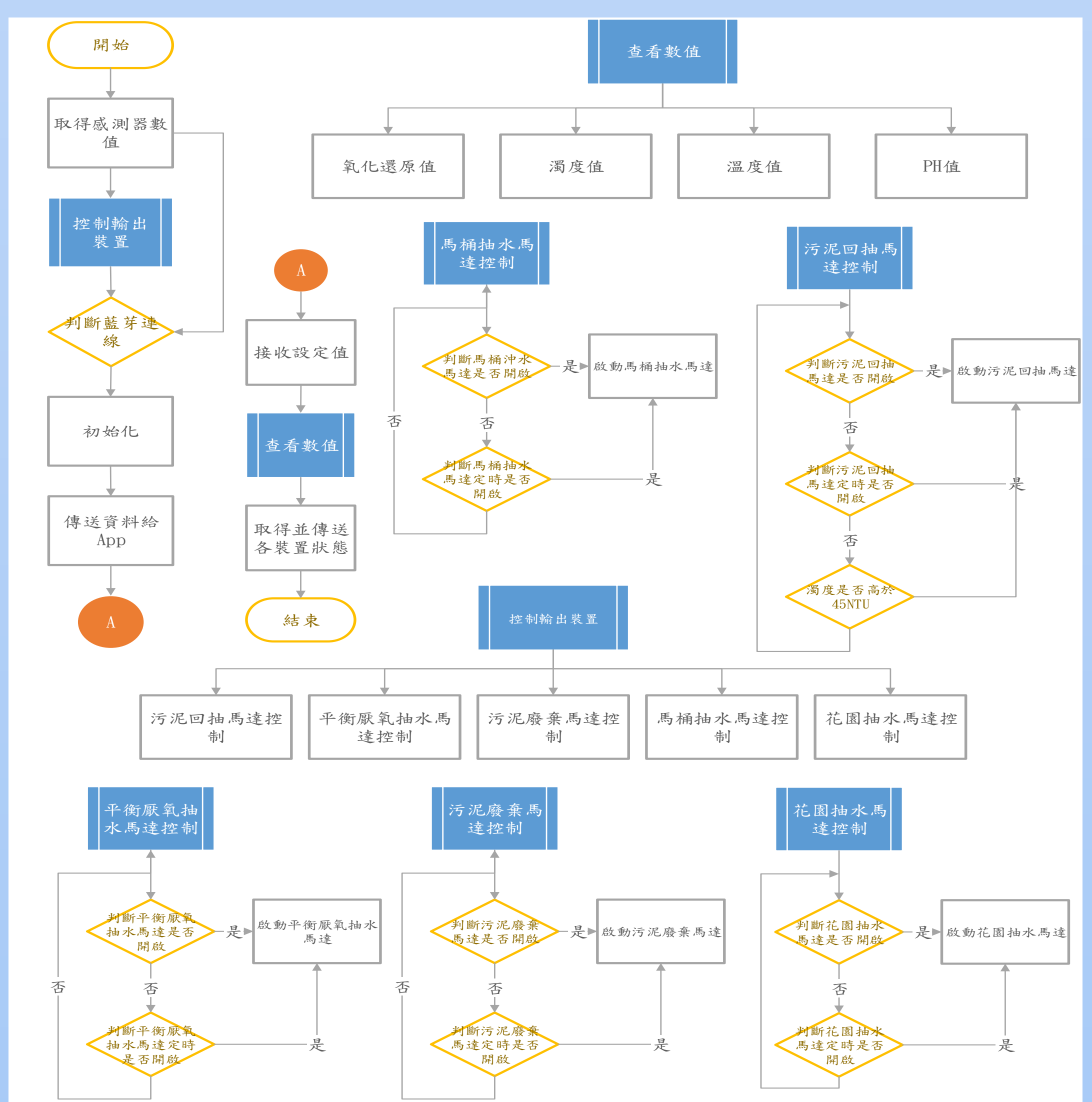
(二)系統功能需要分析

智慧型家庭污水處理槽系統，將依照上述分析設計系統需求如下：

1. 污水處理槽體模型及居家模型：依環保署規定之污水處理槽，設計成**1:15**縮小比例的污水處理槽體模型，並加上居家模型，以便**系統模擬及測試**。
2. 電力系統：電力系統採**太陽能發電**，以節約能源。
3. 通訊系統：藉由手機APP對污水處理槽機電控制進行**聯絡控制**及**顯示槽中水質數據**。
4. 污水處理槽機電控制：其藉由Arduino控制器進行**運算控制**，控制所需設備如下：
 - (1)調整攪拌槽抽水馬達：是為了要讓**厭氧菌**及**好氧菌**有不間斷的**食物來源**，必須**定時**且**緩慢**地將**攪拌調整槽**內的污水抽至**厭氧濾床池**。
 - (2)曝氣打氣馬達：因好氧菌需大量的**氧氣**才能存活，所以利用曝氣馬達24小時打氣，使空氣均勻分布達到完全曝氣的效果，給予好氧菌足夠的氧氣生存。
 - (3)污泥回抽馬達：若**濁度高於45NTU**，將沈澱池內部回抽**百分0.03到0.05**的部分污泥到曝氣池內，以**控制好氧菌數量**，以利進行好氧代謝作用，使水中有機物質減少，同時也降低**濁度、BOD及COD**的含量。
 - (4)污水丟棄馬達：將沉澱池底部多餘的污泥，抽出污水槽外丟棄或當做**植物肥料用土**，以免久而久之塞住污水槽。
 - (5)滴定馬達：因污水內含有害微生物和細菌，利用蠕動馬達定時定量將**次氯酸鈉**滴入污水，以降低**大腸桿菌數**，也可避免滴入過多的氯導致生態的破壞，以達到排放之標準。
 - (6)花園灑水抽水馬達：主要透過馬達**定時控制**，將放流池的水抽至家中的**花園灌溉**，達到**二次水資源再利用**。
 - (7)沖洗廁所馬桶抽水馬達：將放流池的水抽至家中的廁所，當**沖洗馬桶**使用，達到二次水資源再利用，以**節約水資源**。

(三)系統流程程式描述

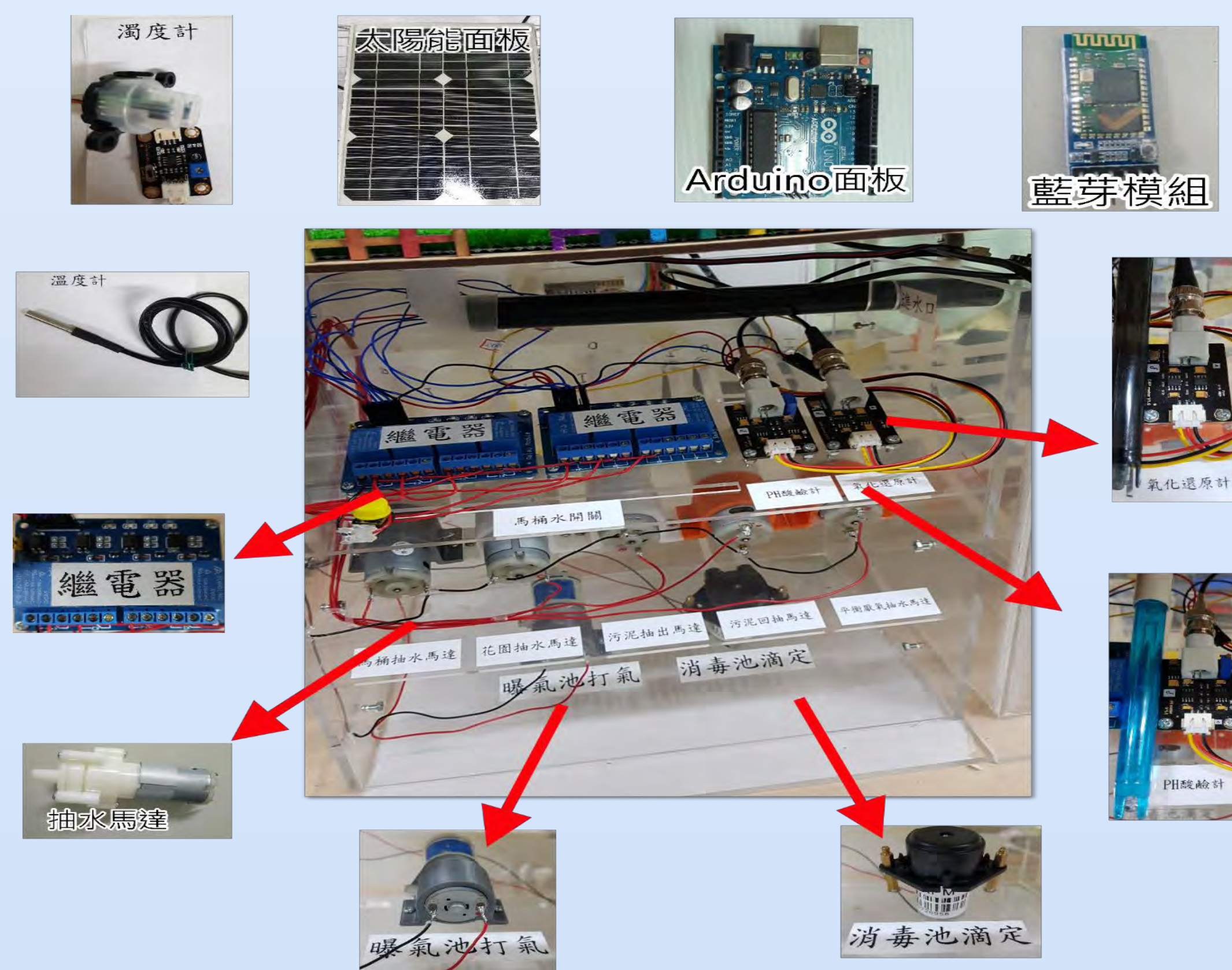
系統程式分二部份，一為**Arduino控制器上的程式**，是利用Arduino IDE官方程式工具撰寫，另一個為**手機App程式**，則利用MIT APP Inventor程式工具撰寫，其系統流程程式描述圖如下所



(四)系統硬體設計

【智慧型家庭污水處理槽系統】，使用**Arduino**作為核心，配合**氧化還原計、pH計、濁度感測器及溫度感測器**，將測量到的值，經由**藍芽模組**傳送至手機或平板App程式，再由Arduino程式**定時抽水、打氣、回抽污泥及滴入次氯酸鈉**，另外若濁度高於**45NTU**就會將污泥以**百分0.03~0.05**回抽至曝氣池，提供菌種數量，協助分解有機物質，以降低濁度、BOD及COD，再利用太陽能板發電作為整個處理槽的供電來源。其系統由1個Arduino控制面板、1個DS18B20溫度感測器、1個水濁度感測器、1個pH酸鹼值感測器、1個ORP氧化還原感測器、1個HC-05藍芽模組、1個蠕動馬達、1個打氣馬達、5個抽水馬達、2組四路繼電器、一組太陽能發電面板及一台平板或手機所組成。

系統硬體作品圖如下所示：



Arduino控制器：是易用型開源控制器，可負責接收感應器的數值，經過運算及判斷，輸出致動馬達，並可藉由藍芽模組傳輸數據。

DS18B20溫度感測器：屬不銹鋼管封裝防水型溫度計，可防水防潮防生銹，可偵測水中的溫度，工作溫度可在-55度C~+125度C。

濁度感測器：工作電壓：5VDC，模擬輸出0-4.5V，可測量水中的混濁度，若濁度過高就進行污泥回抽，提高好氧菌數量，加速分解，以降低濁度。

pH酸鹼值感測器：可測量水中酸鹼值，以了解水中水質酸鹼狀況。

氧化還原感測器：測量污水內的耗氧量，若電位在300mv-450mv，水質穩定；低於200mv，水質惡化。

藍芽模組：作為Arduino跟手機APP之間的溝通。

蠕動馬達：工作流速1.2ml/min-90ml/min，可定時定量將次氯酸鈉滴入水中，以降低水中的大腸桿菌數。

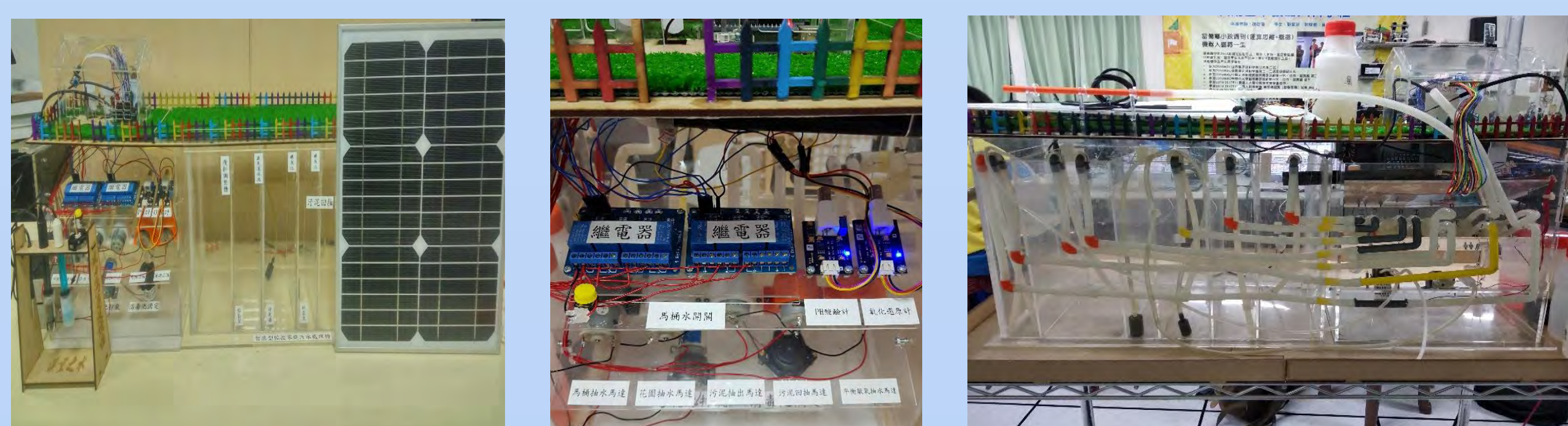
打氣馬達：風量2(L/min)，定時在曝氣池打氣，提供好氧菌足夠的氧氣進行消化作用。

繼電器：透過Arduino傳出的訊號，控制抽水馬達和蠕動馬達以及打氣馬達的啟動。

太陽能板：將太陽光通過光生伏打效應轉成電能作為處理槽的整體發電來源。

太陽能控制器：具有過充/過放、超載等保護措施，直觀的充電狀態、蓄電池狀態、負載工作狀態，用來控制太陽能充電。

污水槽槽體：是依環保署規定之污水處理槽，設計成1:15縮小比例的模擬污水處理槽體，槽體模型是利用本校之雷切機，切割壓克力設計而成的，而塑膠管線，則利用本校之3D印表機製作而成的。



▲作品完整正面圖

▲控制器展示架

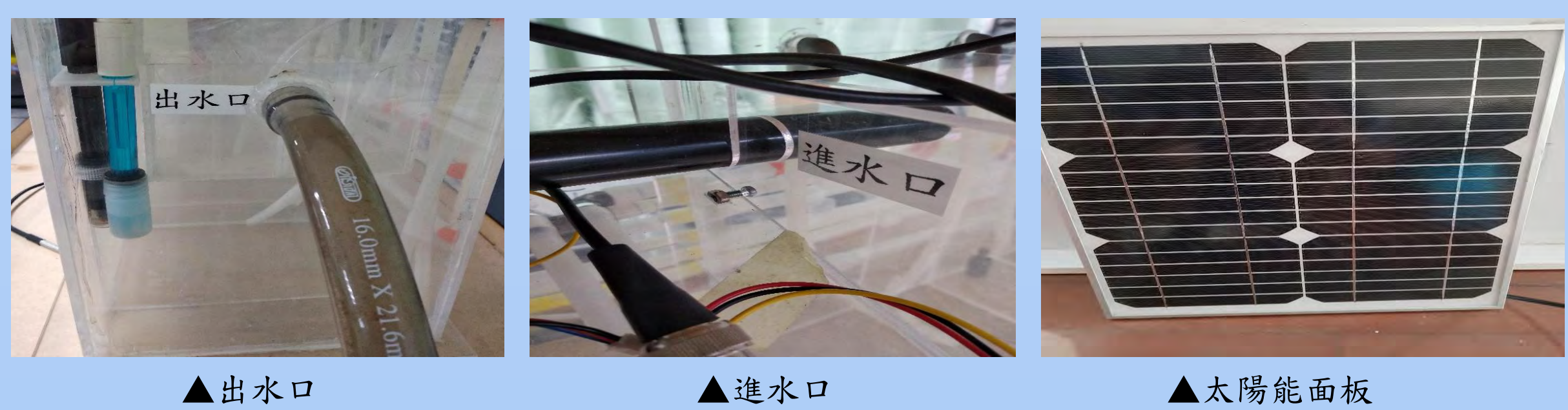
▲3D列印水管管線



▲花園灌溉管線

▲Arduino控制器及藍芽模組放置區

▲太陽能控制器



▲出水口

▲進水口

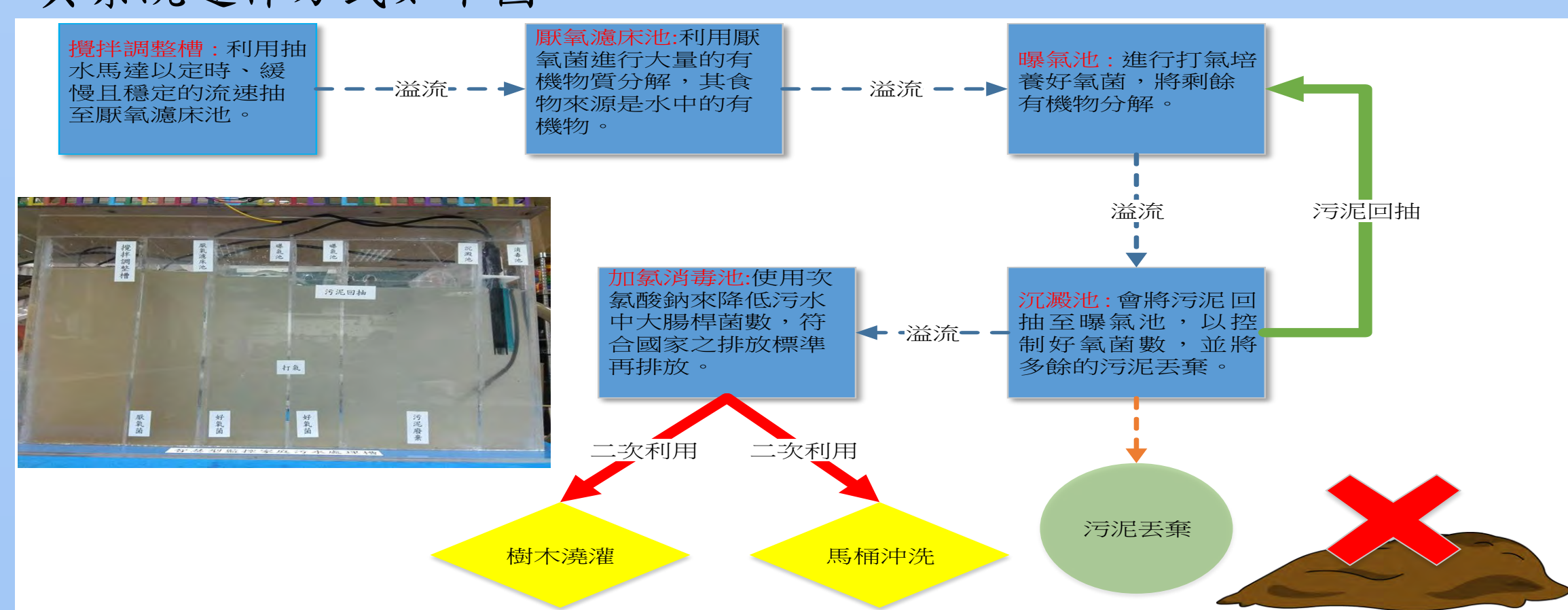
▲太陽能面板

(五)系統實施

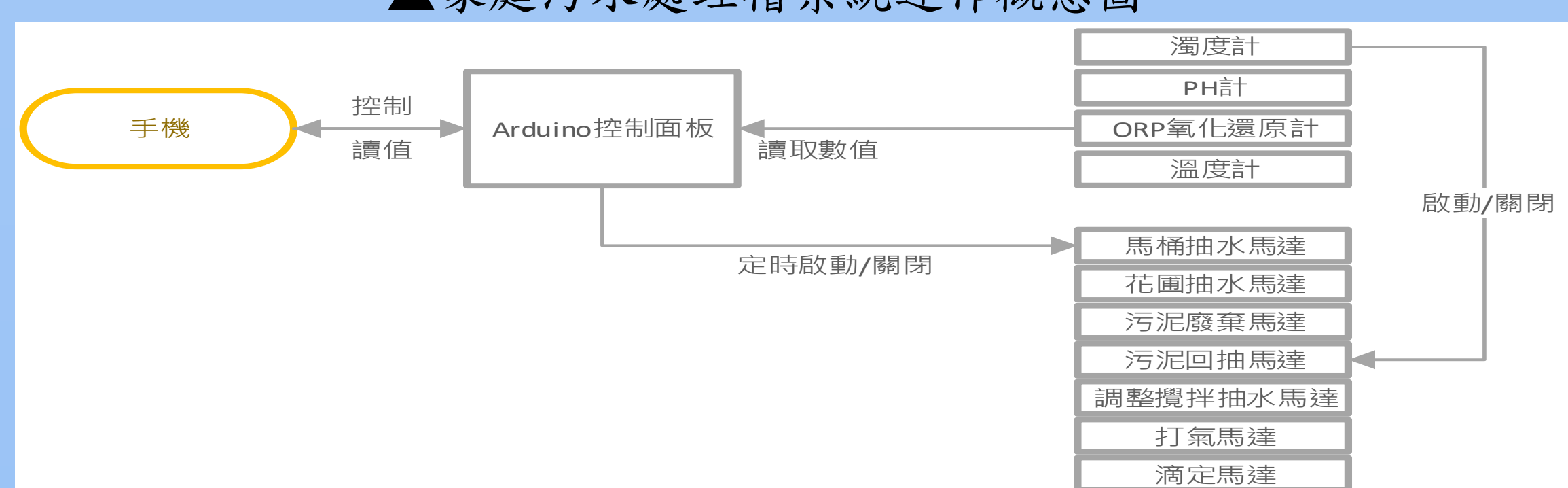
1. 系統運作方式

依照家庭污水處理槽系統運作概念圖，將污水處理槽加上機電控制，

其系統運作方式如下圖：



▲家庭污水處理槽系統運作概念圖



▲系統運作圖

2. 系統測試

1. 單元測試

感測器測試：

將以家庭常見的污染來源，**洗碗精**、**洗衣粉**、**沐浴乳**、**漂白水**、**醬油**及**沙拉油**做為測量對象，以了解家庭常見的污染來源的各項數值。

另外將針對本次實驗所使用的感測器，進行單元測試，測試是否具有**測量功能**，各項感測器測試步驟如下。

pH感測器校準：

目前需要做校準為pH感測器，因此先進行pH值校正。利用**pH 4.0**與**pH 7.0**校正液進行校正，先倒各50ml校正液在燒杯裡，再利用pH計測量，若測量值不符合，就轉動**可變電阻**以精準校正。



pH感測器及氧化還原感測器測量：

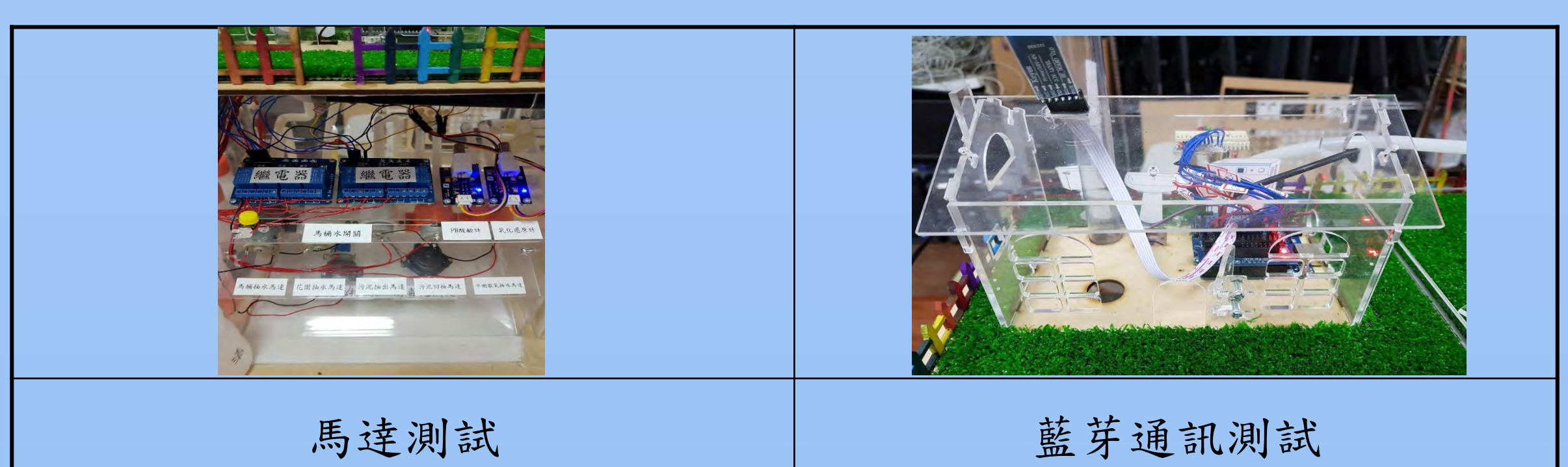
1. 以100毫升的水加入20毫升的 洗碗精 ，再利用pH感測器及ORP氧化還原計測量其值。	2. 以100毫升的水加入20公克的 洗衣粉 ，再利用pH感測器及ORP氧化還原計測量其值。
洗碗精 (pH)	洗碗精 (ORP)
3. 以100毫升的水加入20毫升的 沐浴乳 ，再利用pH感測器及ORP氧化還原計測量其值。	4. 以100毫升的水加入20毫升的 漂白水 ，再利用pH感測器及ORP氧化還原計測量其值。
沐浴乳 (pH)	沐浴乳 (ORP)
5. 以100毫升的水加入20毫升的 醬油 ，再利用pH感測器及ORP氧化還原計測量其值。	6. 以100毫升的水加入20毫升的 沙拉油 ，再利用pH感測器及ORP氧化還原計測量其值。
醬油 (pH)	醬油 (ORP)
	沙拉油 (pH)
	沙拉油 (ORP)

濁度感測器及溫度感測器測量：則以依照文獻資料，以**沙拉油**、**醬油**及**清水**、**洗碗精**、**沐浴乳**、**漂白水**和**洗衣粉**做為測試對象。

1. 以100毫升的水各加入20毫升的 沙拉油 及 醬油 ，以濁度感測器測量其值。	2. 以溫度感測器測量53度及30度100ml的 清水 。
沙拉油	52度熱水
醬油	30度常溫水
3. 以100毫升的水各加入20毫升的 洗碗精 及20毫升的 沐浴乳 ，以濁度感測器測量其值。	4. 以100毫升的水各加入20毫升的 漂白水 及20公克的 洗衣粉 ，以濁度感測器測量其值。
洗碗精	漂白水
沐浴乳	洗衣粉

馬達測試：本次實驗所使用馬達有三種，分別為**抽水馬達**、**打氣馬達**及**蠕動馬達**，並利用控制器驅動**繼電器**控制馬達開關，經實驗動作無誤。

藍芽通訊測試：本次實驗透過手機的藍芽和控制器上的藍芽模組，進行資料交換，經實驗動作無誤。



馬達測試

藍芽通訊測試

太陽能電源系統測試：

目前測試系統均以電腦USB所提供的電源5V或電池盒9V，進行各項系統單元測試，但因提供**工作電壓不夠統一及顧及環保節約能源**，特設置**太陽能供電系統**，在實驗過程，若直接將**太陽能板直接到污水槽系統**使用，發現系統常常不能動作，因此經過上網找資料，只要在污水槽系統和太陽能板之加入**太陽能控制器及蓄電池**，電壓即可穩定輸出。經測試後電力系統可穩定提供**DC 12V的輸出電壓**，並將輸出電壓提供給污水槽系統使用，其功能測試無誤。

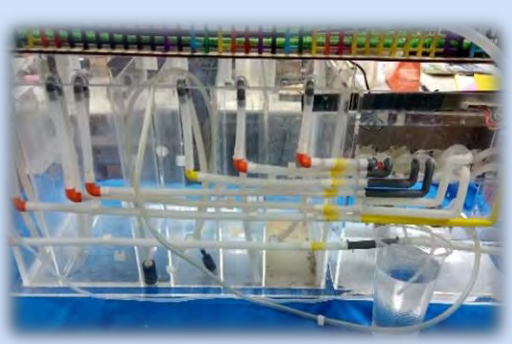
2. 整合測試

手機與控制器測試：利用手機APP讀取感測器各項數據，經多次修正測試，經實驗測試無誤，如右圖所示。



3. 測試與驗收

在單元測試及整合測試完成，請樂高機器人社伙伴多次測試及細微修正，發現3D印表機所列印的彎管會有**漏水現象及管線安排**有些錯誤，再重新修改為3D列印密度，重新列印彎管，再逐一進行**程式除錯及邏輯錯誤**的修正，經過多次測試及修正後，則再恢復預效果。



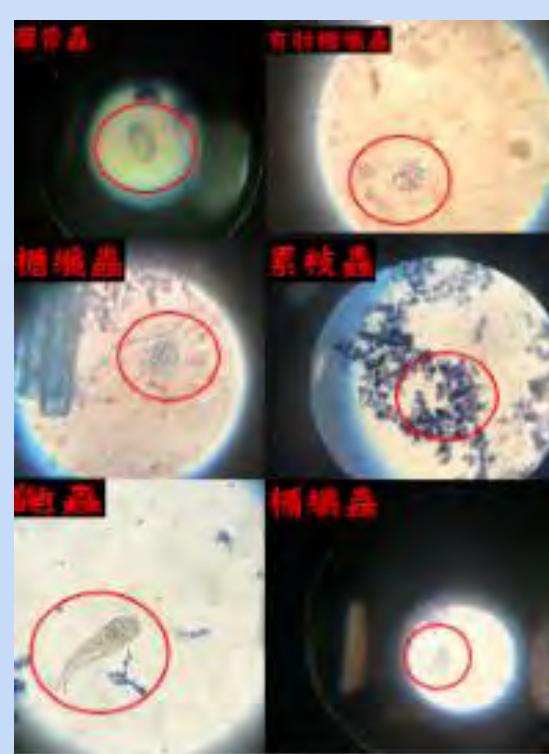
▲ 3D印表機列印的彎管

▲ 配管設計

肆、研究結果與討論

一、建置一套有效能的智慧型家庭污水處理槽系統

系統在**污水處理專家羅毅平**的指導下，進行**系統分析、功能需要分析、單元測試、整合測試**等一連串測試，最後在測試與驗收完成後，本系統可在遠端利用手機觀察污水處理槽的水質狀況，藉由馬達抽水有效控制污泥回抽，營造**好氧菌培養的良好環境**，並控制**污水停留在污水槽時間**，增加好氧菌分解及消毒的時間，讓有機有害物質得完整被分解及消毒，因此**智慧型家庭污水處理槽系統**是具有高效能分解有害有機物質的系統。

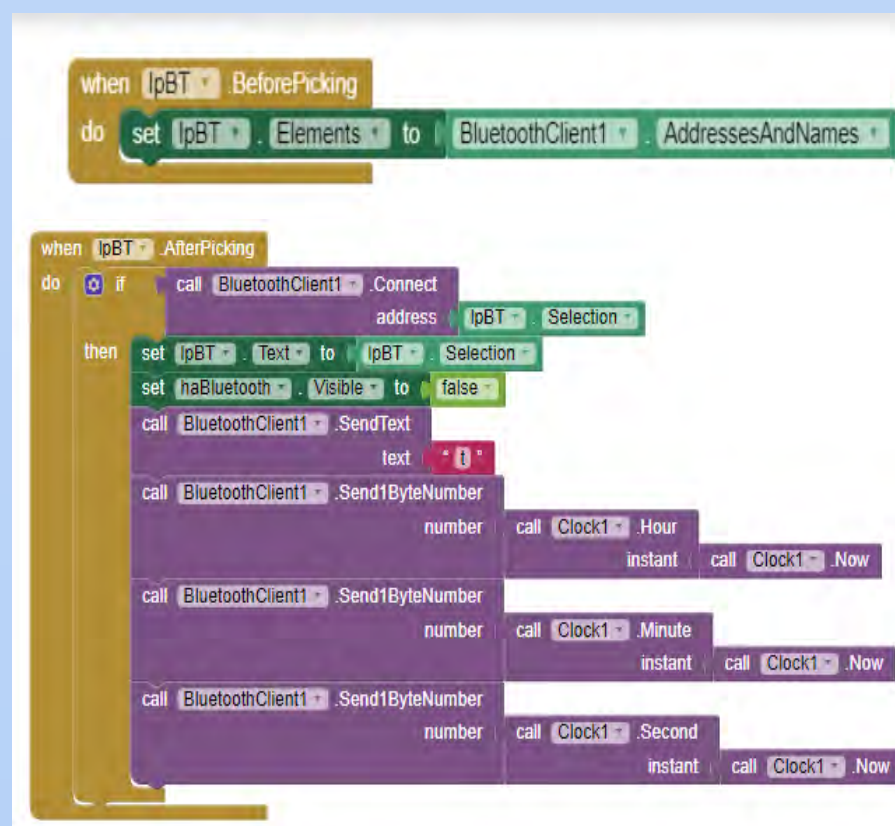


▲ 好氧菌照片圖

二、提供使用者可利用手機來遠端監測家中戶外之家庭污水處理槽系統

遠端監測家中戶外之家庭污水處理槽系統，也更能了解家中污水排放的狀況，以免成為污染河川的幫兇。藍芽之**Arduino與手機APP程式碼**如下。

```
Arduino程式碼
SoftwareSerial BT(4, 5);
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  BT.begin(9600);
}
void SendData() {
  static unsigned long sendTime = millis();
  if(millis() >= sendTime) {
    sendTime += 1000;
    sprintf(sendData, "%d °C,%d.%d,.....");
    dataLength = 0;
    while(sendData[dataLength] != '\0') dataLength++;
    BT.write(dataLength);
    BT.write(sendData);
    Serial.println(sendData);
  }
}
```



▲ 手機APP程式碼

三、使用者可利用手機來了解家庭污水排放水質數據是否符合排放標準

本系統會將污水槽中的**溫度、pH值、氧化還原值及濁度值**，顯示在手機中，若發現排放水質數據有異常，可加強**控制污泥回抽及污水停留時間**，就可恢復預期的效果。

(一)pH感測器：

名稱	pH 酸鹼值
醬油	5.1
洗碗精	7.4
沐浴乳	7.45
沙拉油	8.3
清水	8.5
洗衣粉	11
漂白水	11.42

▲ 各類溶液的酸鹼值統計表



▲ 各類溶液的酸鹼值折線圖

實驗結果顯示：**漂白水屬最鹼性，洗碗精、沐浴乳接近中性。**

pH值由酸到鹼排序：

醬油 > 洗碗精 > 沐浴乳 > 沙拉油 > 清水 > 洗衣粉 > 漂白水

(二)氧化還原ORP感測器：

名稱	氧化還原電位(mV)
醬油	270(pH 5.1)
洗碗精	365(pH 7.4)
沐浴乳	470(pH 7.45)
沙拉油	542(pH 8.3)
清水	684(pH 8.5)
洗衣粉	81(pH 11)
漂白水	482(pH 11.42)

▲ 各類溶液的氧化還原值統計表



▲ 各類溶液的氧化還原值折線圖

實驗結果顯示：

清水的氧化還原電位高，表示**水質淨化機制負荷小**，水質**穩定**；而醬油氧化還原電位較低，**水質淨化機制失去平衡**，可能是有**水質惡化**的情形。

氧化還原電位由高到低：

清水 > 沙拉油 > 漂白水 > 沐浴乳 > 洗碗精 > 醬油 > 洗衣粉

(三)濁度感測器：

咖啡渣質量	濁度
10克	819
20克	1369
30克	2442
40克	2562
50克	2722

▲ 各類溶液的濁度值統計表



▲ 各類溶液的濁度值折線圖

實驗結果顯示：加入愈多**咖啡渣**，水質會愈**混濁**。

濁度由混濁到清澈排序：**50克咖啡渣 > 40克咖啡渣 > 30克咖啡渣 > 20克咖啡渣 > 10克咖啡渣**

四、提供家庭污水二次再利用之系統建立

本於**節約用水及資源再利用**的精神，本系統也設計**花園灌溉系統及廁所馬桶沖水系統**，可便將污水槽中的**放流池**的水，在單元測試、整合測試後，確定馬達和手機連線控制無誤，則可利用馬達將水抽至花園灌溉及廁所馬桶沖水，**馬桶抽水系統** **花園灌溉系統**其控制可利用**手機設定**花園定時澆水，廁所馬桶則按**手機控制**關閉，即可沖水。



▲ 馬桶抽水系統

▲ 花園灌溉系統

五、建立一套節約能源的智慧型家庭污水處理槽系統

本系統需要使用到許多馬達、控制器等電源，因此為**節約能源**，特別建置了**太陽能供電系統自給自足**。經測試後電力系統可穩定提供**DC 12V的輸出電壓**，並將輸出電壓提供給污水槽系統使用，其功能測試無誤，**達到預期效果**。



▲ 太陽能供電系統圖

伍、結論

為了深入且廣泛的探討研究主題及了解問題，且能找出適當的解決方法，我們走訪了家鄉附近的溪河做**田野調查**找出問題，也前往**【福田污水處理廠】**，了解污水處理場的廢水實際處理過程。在聽取各專家建議後，加入感測器和馬達等設備，來**監控且檢測處理槽內的水質**及解決**市售家庭污水處理槽和大型污水處理廠**的問題，於是設計成了**【智慧型家庭污水處理槽系統】**。讓使用者能夠隨時隨地透過藍芽模組連接手機的APP程式**自動監控**污水處理槽內的污水處理現況，並讓經過處理的水**二次再利用**，作為**灌溉花園與沖洗馬桶**之用途，也避免廢水未經處理直接排放至河川及溪流，造成**水源的污染及水質優養化**之問題，讓家鄉的河川變更清澈，並降低大型污水處理廠所耗費的**金錢、電力能源及時間**等問題，也解決了**鄉村及偏遠山區**家庭污水處理不易的問題。

讓人類所用過的每一滴水都能夠**重複再利用**，延續每一滴水的生命，並且讓家庭廢水得到再次**利用節省水資源及傳達守護河川的環保概念**。**建議政府**在未來可以讓每個家庭都建置「**智慧型家庭污水處理槽系統**」，透過系統的**物聯網裝置**，將系統**水質數值**回傳到雲端，讓政府透過雲端的大數據，了解家庭生活用水及排放狀況，以作為政府制定政策之重要依據。

完整的系統運作影片，可供參考，

其連結下所示：<https://goo.gl/oWuCa4>



▲ 實驗影片連結QR code

陸、參考資料及其他

- 一、內政部營建署(2017)。下水道系統之規劃與建設。取自 <https://www.cpami.gov.tw/filesys/file/chinese/statistic3/05-105.pdf>
- 二、污水處理廠。水資源局過濾工程。取自 <http://www.yjes.tc.edu.tw/river/r35.htm>
- 三、行政院環保署(2017)。放流水標準。取自 <http://law.moj.gov.tw/LawClass/LawContent.aspx?PCODE=00040004>
- 四、台淞企業有限公司。家庭污水處理槽。取自 <http://www.lucky.tw/frp168/Index.asp?ID=1&ID2=1>
- 五、台中市福田水資源中心。福田水資源簡介。取自 <http://www.topid.net/incdesign2009/cocomagnolia/index-2.asp>
- 六、家庭污水防治 大家一起來。家庭用水量。取自 http://enews.open2u.com.tw/~noupd/book_up/2605/13912.htm
- 七、家庭污水防治 大家一起來。家庭廢水的成分。取自 http://enews.open2u.com.tw/~noupd/book_up/2605/13912.htm
- 八、張大偉、許南山、游日發、林信賢(2015)。生活污水對農業環境之衝擊與其淨化技術。取自 http://doie.coa.gov.tw/upload/irrigation_master/20150820145245-生活污水對農業環境之衝擊與其淨化技術.pdf
- 九、莊順興(2015)。水質指標說明與應用。取自 <https://www.moeaidb.gov.tw/iphw/epc/service/training/P150602.pdf>
- 十、颯機器人。濁度定義。取自 <http://www.playrobot.com/water/1605-air-ge-turbidity-sensor.html>
- 十一、颯機器人。pH感測器介紹。取自 <http://www.playrobot.com/water/703-analog-ph-meter-kit.html>
- 十二、BuyIC。濁度感測器介紹。取自 http://www.buyic.com.tw/product_info.php?products_id=6677
- 十三、UCI電子。ORP感測器介紹。取自 <http://goods.ruten.com.tw/item/show?21801530412940>