

## 中文摘要

2021 年因全台久旱不雨，導致各地水庫蓄水量告急，政府不得不實施分區「供五停二」的民生限水措施。為求於限時供水期間盡量降低對水用戶日常生活和經濟活動影響，為水用戶研擬一種最佳供水策略此乃本計畫主要研究目標。本計畫共包含三個部份：

1. 創新設計一套以儲水水塔為圓心 3000 公尺半徑內水用戶可於任何地點隨時均可透過智慧手機、藍牙無線界面和 LoRa 無線界面在遠端無線遙控供給抽水幫浦工作電源開始運轉。當水塔內的水位達設定之最高水位，電子控制盒立即切斷抽水幫浦工作電源停止運轉。

2. 在停止供水期間，抽水幫浦若持續運轉勢必導致內部溫度開關重復執行開與關動作，因此縮短抽水幫浦和周邊元件的使用壽命，本計畫提出兩種非侵入式“無水自我斷電”保護方法，一是在水塔內進水管入水口處裝設一組水探測電極棒；二是在抽水幫浦入水側管線外側裝設一塊微波雷達模組偵測自來水管線無供水。

3. 以一個星期作為抽水幫浦預約起動設定周期，水用戶只須按照政府公告限時供水時間透過智慧手機人機界面預約設定抽水幫浦開始啟動運轉的時間(無須設定停止時間)，再透過藍牙無線界面下載給電子控制盒內的單晶片儲存於記憶體和初始化 DS1302 電子時鐘模組，即完成預約設定抽水幫浦啟動運轉工作。

**關鍵字:** 水位探測電極棒，LoRa 無線界面，微波雷達模組，非侵入式，限時供水。

## Abstract

In 2021, due to prolonged droughts and no rains across Taiwan, the reservoirs in various regions are in urgent need of water storage. The government has to take turns to implement the "five stop and two" measures to limit water for the people's livelihood. In order to minimize the impact on the daily life and economic activities of water users during the limited time water supply period, the main research goal of this project is to develop an optimal water supply strategy for water users. This project consists of three parts:

1. This project innovatively designed a set of water storage towers as the center of the circle within a radius of 3000 meters, users can at any time through the smart phone, Bluetooth wireless interface and LoRa wireless interface at the remote wireless remote control to supply the working power of the pumping pump to start operation.

2. When the water supply stopped, if the pumping pump continues to operate, it will cause the internal temperature switch to perform on and off actions repeatedly, thus shortening the service life of the pumping pump and surrounding components. This plan proposes two non-intrusive "non-water self-power-off" protections Methods: One is to install a set of water detection electrodes at the water inlet of the water tower; the other is to install a microwave radar module outside the water inlet pipeline of the pumping pump to detect that there is no water supply in the tap water pipeline.

3. Take one week as the scheduled start-up cycle of the pumping pump. Water users only need to make an appointment to set the start-up time of the pumping pump through the smart phone man-machine interface in accordance with the government's announcement of the limited-time water supply time (there is no need to set the stop time). Then through the Bluetooth wireless interface, the single chip download the setting time to the electronic control box is then stored in the memory and the DS1302 electronic clock module is initialized to complete the scheduled setting of the pumping pump to start operation.

**Keywords:** water level detection electrode, LoRa wireless interface, microwave radar module, non-invasive, limited time water supply

## 一、前言



圖 1 每人每日自來水用水量統計圖表

如圖 1 台灣地區近年來的自來水供水品質常因夏季暴雨集中、春冬乾旱等氣候變異，使得新興工業區需水殷切而顯得急迫。本計劃研究既希望在一般家庭供、排水系統既有機構組成基礎之下，結合最新電子電路技術和無線通信科技，企圖設計製作出一套同時具備水塔液位與水質渾濁連續檢測、控制和異常警示功能的新型水塔液位控制裝置，除可徹底解決國內長期以來存在全國分區輪流或全區定時停止供水和依區內用水狀況定量定時供水嚴重影響民生用水問題之外，更希望透過本計劃創新設計之水塔清洗機構，可即時發現水塔塔底存在過多污泥，且可在不中止供水給水用戶條件下，完成清除水塔污泥的工作

## 二、研究過程與方法

圖 2 是典型包含自來水公司自來水管路、進水管路一次側、抽水幫浦、進水管路二次側、儲水塔和供水管路等單元的家用供、排水系統。為了解決地處自來水管線末端衍生之自來水壓力不足問題，水用戶通常會在住宅的地面樓層自行加裝一台抽水幫浦，抽取自來水管線上水壓力不足的自來水，再經由抽水幫浦加壓後經由進水管路注入水塔儲存。當建築物內不同樓層用水器具需要用水時，再由水塔透過預先佈置於建築物內部之出水管路取得所需之自來水。

圖 3 是兩種典型家用水塔外觀機構照片和抽水幫浦電源控制迴路。圖 3(c) 指出傳統透天厝水用戶裝置在地面樓層的抽水幫浦電源控制電路組成，主要受控於兩個機械式開關：第一個是輔助開關，目的是提供抽水幫浦緊急斷電以便維修人員維修水電設備，在大部份時間這個開關都是處於閉合狀態；第二個是水塔液位調節開關或極限開關，受控於水塔內的上、下極限浮球，當水塔內的水位下降至下極限浮球以下，極限開關接點轉為閉路狀態，接通抽水幫浦電源使其開始運轉。當水塔內的水位上升上、極限浮球以上時，極限開關接點轉為開路狀態，抽水幫浦因為斷電而停止繼續運轉。

如圖 4 所示，水塔內還裝設有一個大浮球，其目的在於控制是否允許被抽水幫浦加壓後的自來水注入水塔內儲存。若在水用戶端的自來水管線內的水壓足以直接注入水用戶的水塔，當水塔內的水位低於最大下限值，大浮球會下降且帶動連桿打開進水控制閥門讓自來水直接注入水塔；相反的，當水塔內的水位高於最小上限值，大浮球會上升且帶動連桿關閉進水控制閥門，阻止自來水注入水塔。

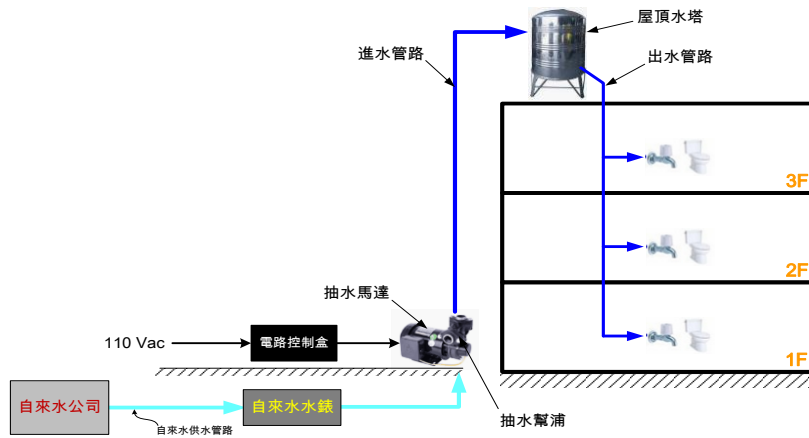


圖 2 典型透天厝家用自來水供、排水系統組成

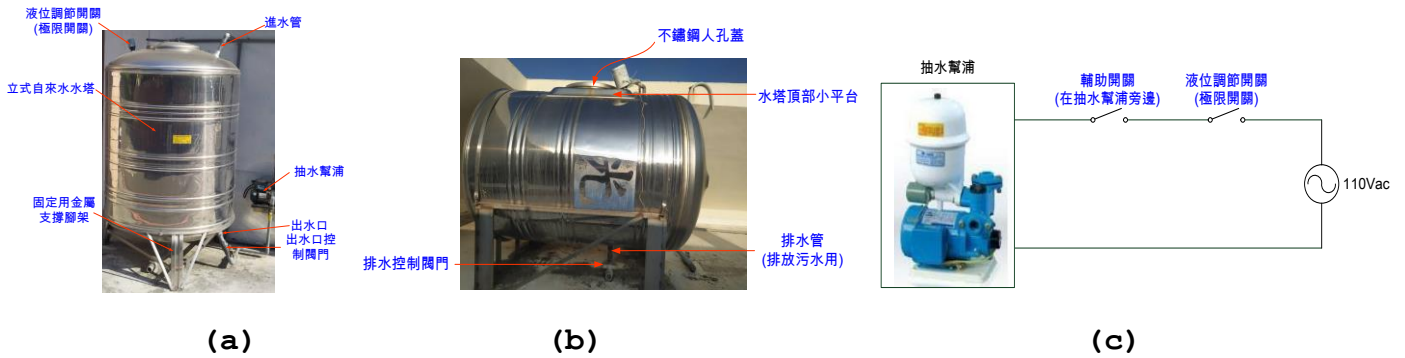


圖 3 (a) 立式水塔外觀照片 (b) 臥式水塔外觀照片 (c) 抽水幫浦的電源控制迴路

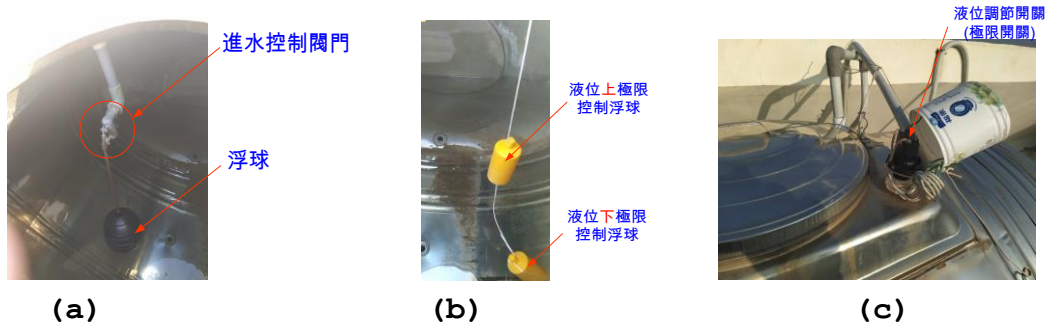


圖 4 零組件裝置位置與其外觀照片 (a) 進水控制閥門 (b) 上、下極限浮球 (c) 極限開關

### 三、新型可連續執行水塔液位檢測、控制裝置機構和電子控制電路設計

圖 5 為本計畫針對各地政府公告實施輪流供水或限時供水時，在不增加水用戶家中水塔數量條件下，水用戶可以利用智慧手機透過藍牙無線界面（如圖 5 (b) 所示，由智慧手機內的藍牙模組與外部一片藍牙模組組成）、LoRa 無線界面（由如圖 5 (b) 所示之遙控端 LoRa X 模組與如圖 5 (c) 所示之接收端 LoRa G 模組所組成），強制閉合圖 5 (a) 中的極限開關 SWa 接點，促使交流電源外加給抽水幫浦（注意：圖 5 (a) 中的輔助開關 SWb 接點，在常態下會被設定處於閉合狀態的）。當裝置在水塔旁邊的系統控制器內的單晶片 (PIC16F1823) 透過串列埠接收到水用戶從智慧手機傳來的強制閉合極限開關控制命令，單晶片立即將其數位輸出腳 RC0 由低電壓準位轉為高電壓準位，直流繼電器線圈被激磁促使圖 5 (a) 中的開關接點 x1、x2 轉為閉合，抽水幫浦開始運轉抽水。在自來水公司供水期間，若抽水幫浦持續對自來水管路抽水、加壓和對水塔補充水，當水塔內的水液位上升到觸及短路最高水位電極棒兩端節點時，即圖 5 (c) 中的節點 c、d，單晶片立即將其數位輸出腳 RC0 由高電壓準位轉為低電壓準位，

直流繼電器線圈失磁促使開關接點x1、x2 轉為分斷，抽水幫浦停止運轉。

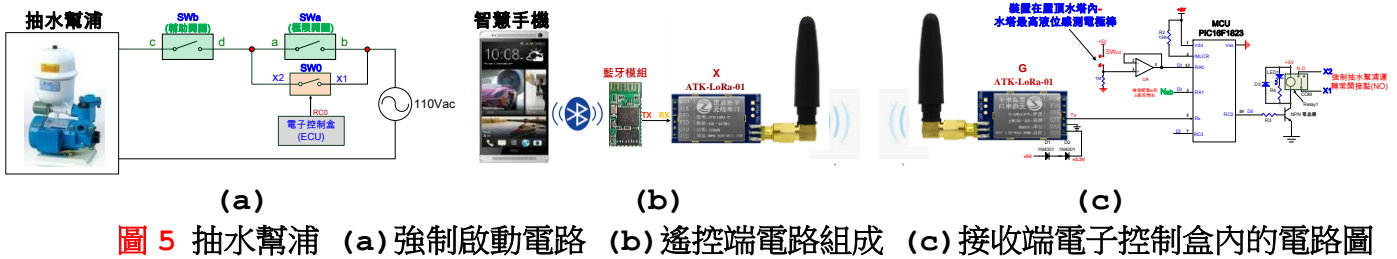


圖 5 抽水幫浦 (a) 強制啟動電路 (b) 遙控端電路組成 (c) 接收端電子控制盒內的電路圖

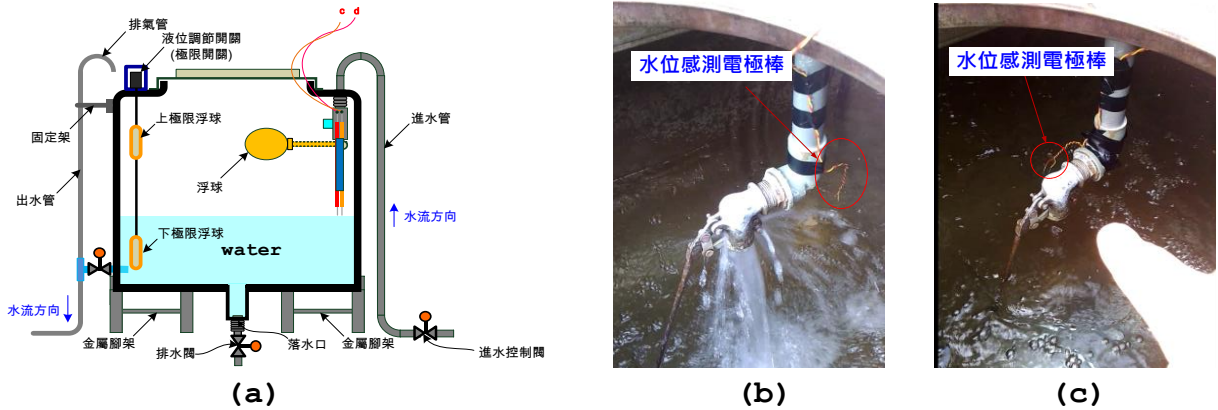


圖 6 在水塔內佈置“水位感測電極棒”的情形

圖 6 (a) 是在水塔內裝置一組水位感測電極棒示意圖。圖 6 (b) 是將水位感測電極棒固定在水塔進水管路出水口處，如圖所示因會有部份自來水濺到極棒且殘留在極棒上，造成系統控制器出現誤判情況。圖 6 (c) 則是變更水位感測電極棒裝置位置後，發現明顯改善且不再有水滴残留情形，表示水位感測電極棒是可以準確判定水塔水液位已經上升到設定最高水位位置，若是，則停止抽水幫浦繼續運轉。圖 7 (a) 是裝置在水用戶側用於發射強制抽水幫浦開始運轉的信號發送端電子控制盒完成後的實體雛型外觀照片，信號發送端電子控制盒的電路圖設計如圖 7(b) 所示。圖 7 (b) 是裝置在水塔旁邊的接收端電子控制盒完成後的實體雛型外觀照片，接收端電子控制盒對應的電路圖設計如圖 6 (c) 所示。

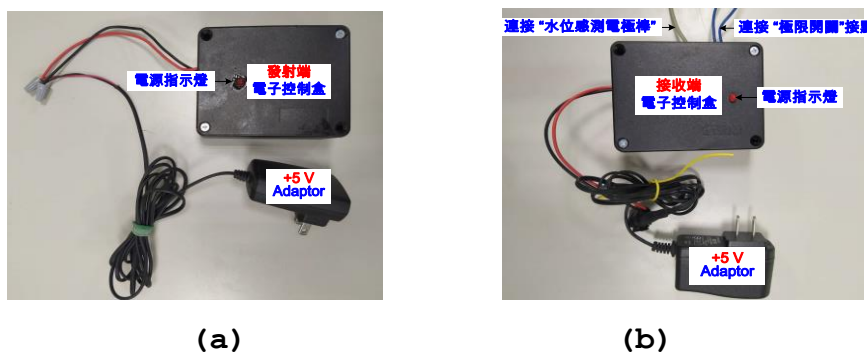


圖 7 為執行抽水幫浦強制啟動抽水功能，完成後的控制電路雛型 (a) 發射端 (b) 接收端

為達成水用戶得以透過智慧手機強制啟動抽水幫浦運轉的目的，如圖 8 所示，在政府公告供水時間內，智慧手機須先與發射端電子控制盒內的藍牙模組建立連線。水用戶在智慧手機螢幕上按下代表開始強制抽水幫浦運轉的圖案，這時，智慧手機透過藍牙無線界面從發射端電子控制盒向接收端電子控制盒內的單晶片以無線下達強制閉合極限開關接點的控制命令，要求啟動抽水幫浦，從自來水管路開始抽水，補充水塔儲備用水。當裝置在水塔內的水位感測電極棒感測到水塔內的水液位已經上升到短路水位電極棒兩個接點時，接收端的電子控制盒內的單晶片一方面會立即命令切斷極限開關接點，另一方面也會透過接收端電子控制盒內的LoRa無線界面向發射端電子控制盒回傳水塔水液位已滿的

訊息，當智慧手機接收到此一訊息就會立即在螢幕中間區域顯示抽水幫浦停止運轉圖案，顯示抽水幫浦的總共抽水運轉時間 [5, 7, 8]。

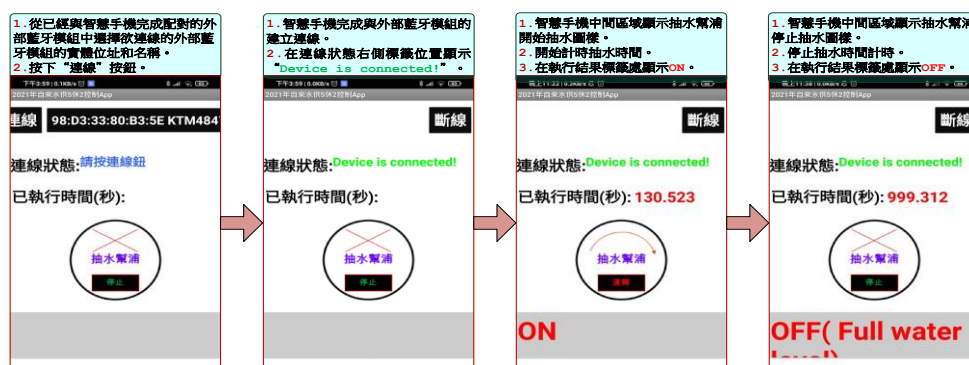


圖 8 智慧手機對接收端電子控制盒下達強制抽水控制命令和接收到已完成訊息的過程

#### 四、實驗與討論

為實現新型水塔供水系統在各地政府公告停水之前，水用戶得在以水塔為圓心 3 公里半徑範圍內利用智慧手機透過無線遙控接收端電子控制盒強制閉合極限開關啟動抽水幫浦運轉將水塔補滿水備用的工作。為實現此一目標，必需開發下列三個軟體程式：第一是裝置住宅最高樓層或水塔旁邊的接收端電子控制盒內的單晶片程式；第二個是智慧手機擷取網路時間再下載給單晶片和電子時鐘模組的應用程式 (App)；第三個是智慧手機預約設定抽水幫浦啟動運轉時間的應用程式 (App)，三個程式的軟體工作流程圖規劃與設計分別簡單說明如下：

##### (1) 接收端電子控制盒內的單晶片軟體工作流程圖規劃

圖 9 (a) 是裝置在水塔旁邊接收端電子控制盒內的單晶片 (PIC16F1824) 的串列接收中段服務程式的工作流程圖。當單晶片從串列接收腳 Rx 接收到的第一個字元是 'T' 時，中斷服務程式才會繼續往下執行，否則，就會一直等待直到接收到 'T' 字元。如果接收到的第一字元是 'T' 時，則連續接收七個字元，然後命令變數 sign=1，回到圖 9 (b) 之主程式執行。在單晶片主程式中，當變數 sign=1，則比對之後接收到的字串內容，如果是 "TURN:ON1"，則命令 RC0=1，強制水塔極限開關接點閉合；如果是 "TURN:OFF"，則命令 RC0=0，強制分斷水塔極限開關接點 [9, 10]。

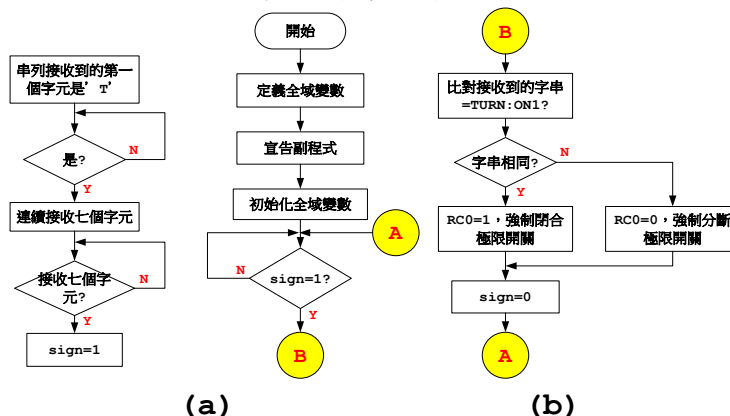


圖 9 接收端電子控制盒單晶片軟體工作流程圖 (a) 串列接收中斷副程式 (b) 主程式

##### (2) 智慧手機“網路(現在)時間”擷取軟體工作流程圖規劃和設計

如圖 10 所示，首先把智慧手機和發射端電子控制盒內的藍牙模組建立連線。智慧手機應用程式 (App) 只須透過 Clock1 物件的方法就能擷取到現在的網路時、分、秒等時間。當操作者按下智慧手

機人機界面上的“**網路時間設定 DS1302\_RTC**”按鈕之後，智慧手機就會透過藍牙無線界面將以‘T’字元開頭和後面的時、分、秒共 6 個字元一起傳給 DS1302 電子時鐘模組 (RTC) 作為計時暫存器的初始值，後續只要 DS1302 電子時鐘模組不斷電，則 DS1302 的計時時間應該會一直與網路時間同步。

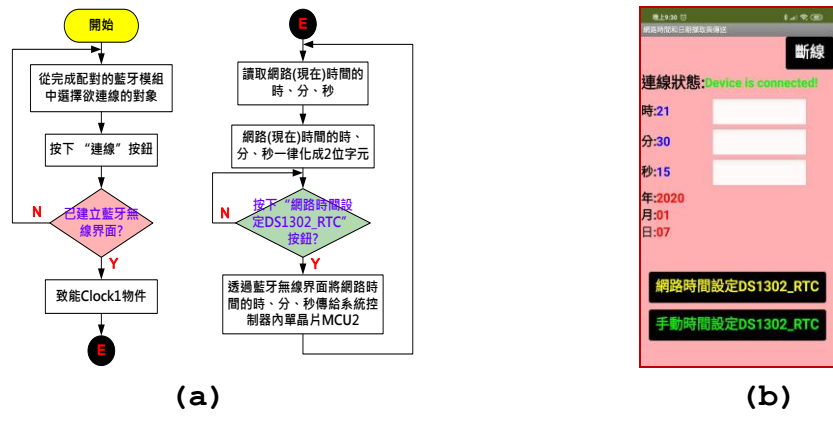


圖 10 智慧手機擷取“網路時間” (a)軟體工作流程圖 (b)人機操作界面

**(3) 預約設定啟動抽水幫浦運轉時間的智慧手機應用程式軟體工作流程圖規劃和設計**

如圖 11 所示，在新型水塔供水系統中，水用戶只要依照政府公告限時供水或輪流供水時間，以一個星期作為周期，水用戶只要在智慧手機人機界面上預約設定強制啟動抽水幫浦開始運轉抽水的時間 (注意：不需預約設定抽水幫浦停止抽水的時間)。智慧手機再透過藍牙無線界面和 LoRa 無線界面以無線方式將水用戶對抽水幫浦預約運轉時間傳送給裝置在水塔旁邊的接收端電子控制盒內的單晶片儲存在 EEPROM。除非水用戶重新透過智慧手機修改預約設定內容，再下載到接收端電子控制盒預約執行，否則供水系統就會一直按照這個預約設定時間執行抽水幫浦啟動的。

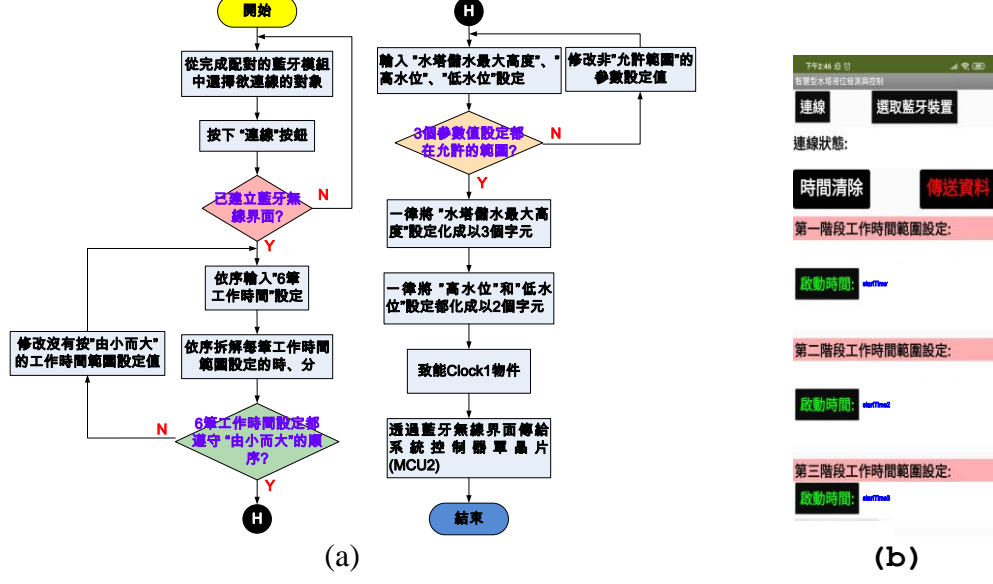


圖 11 智慧手機預約設定啟動抽水幫浦時間 (a)軟體工作流程圖 (b)人機操作界面規劃

**六、結論**

建立一套水塔液位檢測單元實驗模型，實驗研究選定的水壓力感測器輸入水壓力或液位高度和輸出類比電壓的關係；建立一套立式水塔清洗裝置實驗模型，探討使用手動和水質自檢測控制方法如何起動水塔清洗裝置，可在不中止水用戶供水情況下，亦可清除沉墊在水塔底部的污泥；建立一套抽水幫浦電源開關功能自檢測電路實驗模型，藉以實驗觀察在電源開關閉合起動抽水幫浦瞬間，開關接點

能否如預期般地完成閉合動作，若開關發生閉合故障，故障指示燈亮和蜂鳴器發出音響警示水用戶及時維修。

## 參考文獻

- [1] 經濟部水利署(107年)，自來水用水量統計，取自 <https://www.wra.gov.tw/>。
- [2] 經濟部水利署，水利法規查詢系統，自來水停止及限制供水執行要點，取自 <http://wralaw.wra.gov.tw/wralawgip/>。
- [3] App Inventor 官方網頁，取自 <http://appinventor.mit.edu/>。
- [4] HC-06 模組產品規格書，2011年12月5日，取自 <http://www.wavesen.com/>。
- [5] 蔡宜坦 著(2014)，超圖解 App Inventor 2 手機程式設計教本，台北市：旗標圖書。
- [6] ATK-LORA-01 無線串口模組用戶手冊，取自 <http://club.digiic.com/>。
- [7] ATK-LORA-01 無線串口模組 AT 指令集，取自 <https://world.taobao.com/>。
- [8] 單晶片 PIC16F1823 資料手冊，<http://www.microchip.com/>。
- [9] 單晶片 PIC16F883/887 資料手冊，<http://www.microchip.com/>。
- [10] 沙子口街道限時供水 水質渾濁 倒掉可惜又不忍喝(2015年11月26日)，社會，取自 <https://kknews.cc/society/>。
- [11] 戴任詔 編譯(2018)，機電整合，新北市：高立圖書。



行政院科技部補助專題研究計畫  成果報告  
 期中進度報告

限時供水期間最佳水塔補充儲水策略研究和非侵入式無水自動斷電裝置開發

計畫類別： 個別型計畫  整合型計畫

計畫編號：MOST 111-2622-E-270-001

執行期間：111 年 06 月 01 日至 112 年 05 月 31 日

執行機構及系所：建國科技大學電機系

計畫主持人：紀捷聰

共同主持人：

計畫參與人員：紀孟欣

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告  完整報告

本計畫除繳交成果報告外，另須繳交以下出國心得報告：

- 赴國外出差或研習心得報告
- 赴大陸地區出差或研習心得報告
- 出席國際學術會議心得報告
- 國際合作研究計畫國外研究報告

處理方式：除列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年  二年後可公開查詢

中 華 民 國 112 年 05 月 31 日

## 科技部補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文：已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利：已獲得 申請中 無

技轉：已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

缺水問題未來勢必是國人每年必須面對的問題，及早找到因應對策是有迫切性的。在限時供水期間，本計畫提出不增加水塔數量，水用戶可選擇採用強制或預約設定抽水幫浦啟動抽水。創新設計以非侵入式微波雷達或水探測電極棒及時感測自來水管線無供水，延長抽水幫浦和周邊元件使用壽命。累積參與本計畫師生和合作企業人員軟、硬體實做經驗，有助於提升合作企業技術能量與新產品研發實力。在不同實驗條件下，對實驗模型機構與電路進行參數測量、記錄和分析。實驗結果顯示本計劃不僅可以解決時下自來水公司分區限時供水、輪流供水和用戶無法自行彈性設定抽水幫浦工作時間的問題，且具在不中止用戶用水情況下完成清洗水塔工作的優點。本計劃具有低成本的特點，符合預期設計目標。

## 科技部補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期：112年05月31日

科技部補助計畫	計畫名稱：限時供水期間最佳水塔補充儲水策略研究和非侵入式無水自動斷電裝置開發 計畫主持人：紀捷聰 計畫編號：MOST 111-2622-E-270-001 領域：生產自動化		
研發成果名稱	限時供水期間最佳水塔補充儲水策略研究和非侵入式無水自動斷電裝置開發 <b>Research on the Best Water Strategy for Time-limited Water Supply and Development of Non-intrusive Water-free Automatic Power-off Device</b>		
成果歸屬機構	建國科技大學	發明人 (創作人)	紀捷聰
技術說明	<p>缺水問題未來勢必是國人每年必須面對的問題，及早找到因應對策是有迫切性的。在限時供水期間，本計畫提出不增加水塔數量，水用戶可選擇採用強制或預約設定抽水幫浦啟動抽水。創新設計以非侵入式微波雷達或水探測電極棒及時感測自來水管線無供水，延長抽水幫浦和周邊元件使用壽命。累積參與本計畫師生和合作企業人員軟、硬體實做經驗，有助於提升合作企業技術能量與新產品研發實力。在不同實驗條件下，對實驗模型機構與電路進行參數測量、記錄和分析。實驗結果顯示本計劃不僅可以解決時下自來水公司分區限時供水、輪流供水和用戶無法自行彈性設定抽水幫浦工作時間的問題，且具在不中止用戶用水情況下完成清洗水塔工作的優點。本計劃具有低成本的特點，符合預期設計目標。</p>		

	<p>In the future, the water shortage problem is bound to be a problem that the people of the country must face every year, and it is urgent to find countermeasures as soon as possible. During the time-limited water supply period, the plan proposes not to increase the number of water towers, and water users can choose to start pumping with mandatory or scheduled pumping pumps. The innovative design uses non-intrusive microwave radar or water detection electrode rod to sense the lack of water supply in the tap water pipeline in time, prolonging the service life of the pump and peripheral components. Accumulated experience in software and hardware of teachers and students participating in this project and cooperative enterprise personnel will help to enhance the technical capabilities and new product research and development capabilities of cooperative enterprises. Under different experimental conditions, the parameters of the experimental model mechanisms and circuits are measured, recorded and analyzed. Experimental results show that this plan can not only solve the problems of limited time supply of water supply companies in different districts, rotating water supply and users' inability to flexibly set the working time of pumps, but also has the advantage of completing the cleaning of water towers without suspending users' water use. The plan has the characteristics of low cost and meets the expected design goals.</p>
<p><b>產業別</b></p>	<p>自動控制、智慧家庭、工業產品控制應用</p>
<p><b>技術/產品應用範圍</b></p>	<p>建立一套水塔液位檢測單元實驗模型，實驗研究選定的水壓力感測器輸入水壓力或液位高度和輸出類比電壓的關係；建立一套立式水塔清洗裝置實驗模型，探討使用手動和水質自檢測控制方法如何起動水塔清洗裝置，可在不中止水用戶供水情況下，亦可清除沉墊在水塔底部的污泥；建立一套抽水幫浦電源開關功能自檢測電路實驗模型，藉以實驗觀察在電源開關閉合起動抽水幫浦瞬間，開關接點能否如預期般地完成閉合動作，若開關發生閉合故障，故障指示燈亮和蜂鳴器發出音響警示水用戶及時維修。</p>

<b>技術移轉可行性及預期效益</b>	<p>除了與經費支援本計畫執行之合作廠商詳細討論未來本計畫所研發出相關技術如何進一步朝商品化的目標邁進事宜。在不影響本計畫合作廠商權益前提下，也積極與鄰近之自動化設備製造商接洽，洽談本計畫所研發一種創新連續水塔液位檢測、控制與故障智慧警示裝置研究開發相關技術移轉的可能性，並對合作公司的每年獲利做出貢獻。</p>
---------------------	--

註：本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。