

中華民國第 64 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

032815

科技農夫出任務-智能農田灌溉系統

學校名稱：雲林縣私立正心高級中學(附設國中)

作者： 國一 林家睿 國一 王鼎元 國一 林守謙	指導老師： 林俊杰
---	------------------

關鍵詞：物聯網、智慧農業、地下水

作品名稱：科技農夫出任務-智能農田灌溉系統

摘要

當全球受極端氣候影響之際，大家都得面臨各種面向的衝擊。我們所在縣市的農田灌溉水源主要取自濁水溪、清水溪，根據行政院農業委員會-農田水利署網站提供的資料，全縣並開鑿地下水井約 459 口，平均每年用水量約 15 億立方公尺，其中取自地下水約 2 億立方公尺。

我們發現學校附近農田，是屬於灌溉渠道的末端，所以，在枯水期時，會大量地抽取地下水來使用，如此恐會導致地層下陷的情況發生。本作品將探討農業使用地下水灌溉所面臨的問題，並提出以科技為基礎的解決策略。改善農業抽取地下水，而導致地層下陷的問題，以確保農業與環境間的永續發展。

壹、前言

一、研究動機

根據經濟部水利署監測濁水溪沿岸，彰化縣、雲林縣與嘉義縣地層下陷情形，近年來下陷面積有逐漸擴大的跡象，如圖 1.所示，高鐵行經彰化縣溪州鄉、雲林縣土庫鎮與元長鄉、嘉義縣溪口鄉與鹿草鄉等處，都屬於顯著下陷區域。又上述的三個縣市的農業面積相當大，但部分鄉鎮因屬非灌溉區，僅能抽取地下水使用。所以，我們將對於農田使用地下水，提出有效的科技管理策略。

根據水利署監測資料顯示，如圖 2.、3.、4.所示，全臺顯著下陷面積 620.6 平方公里（年平均下陷速率超過 3 cm/yr）。彰化地區目前顯著下陷面積 25.9 平方公里；嘉義地區目前顯著下陷面積 241.1 平方公里；雲林地區目前顯著下陷面積 247.7 平方公里。其中，雲林縣顯著下陷面積較 111 年 239.5 平方公里增加，年下陷速度約 7 公分。於枯水期間各監測站地下水位最大洩降約為 4 至 15 公尺。以雲林縣為例，其地層下陷情況以高鐵沿線虎尾、土庫、元長及北港較為嚴重。在極端氣候越來越嚴峻之下，地面水資源無法支持產業所需，農民因耕作及生計所需，勢必尋求抽取地下水因應，但可能導致地層下陷問題，對於高鐵的行車安全與高科技產業廠房亦可能造成嚴重經濟威脅。

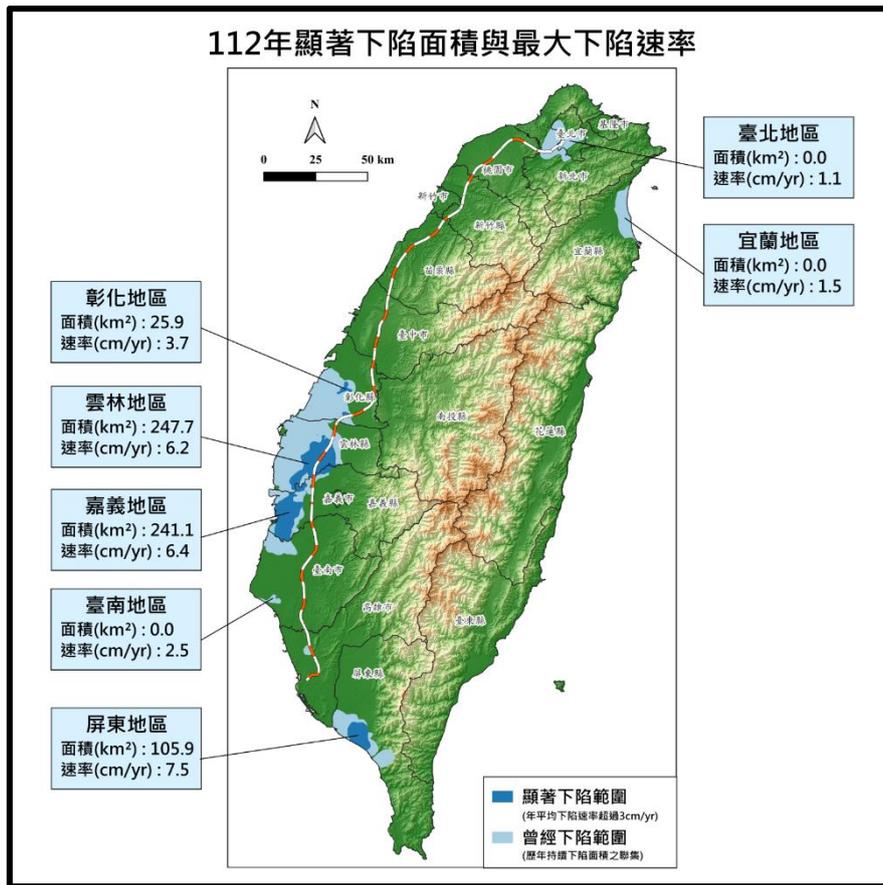


圖 1. 112 年顯著下陷面積與最大下陷速率分析圖 (圖表引用：水利署統計資料)

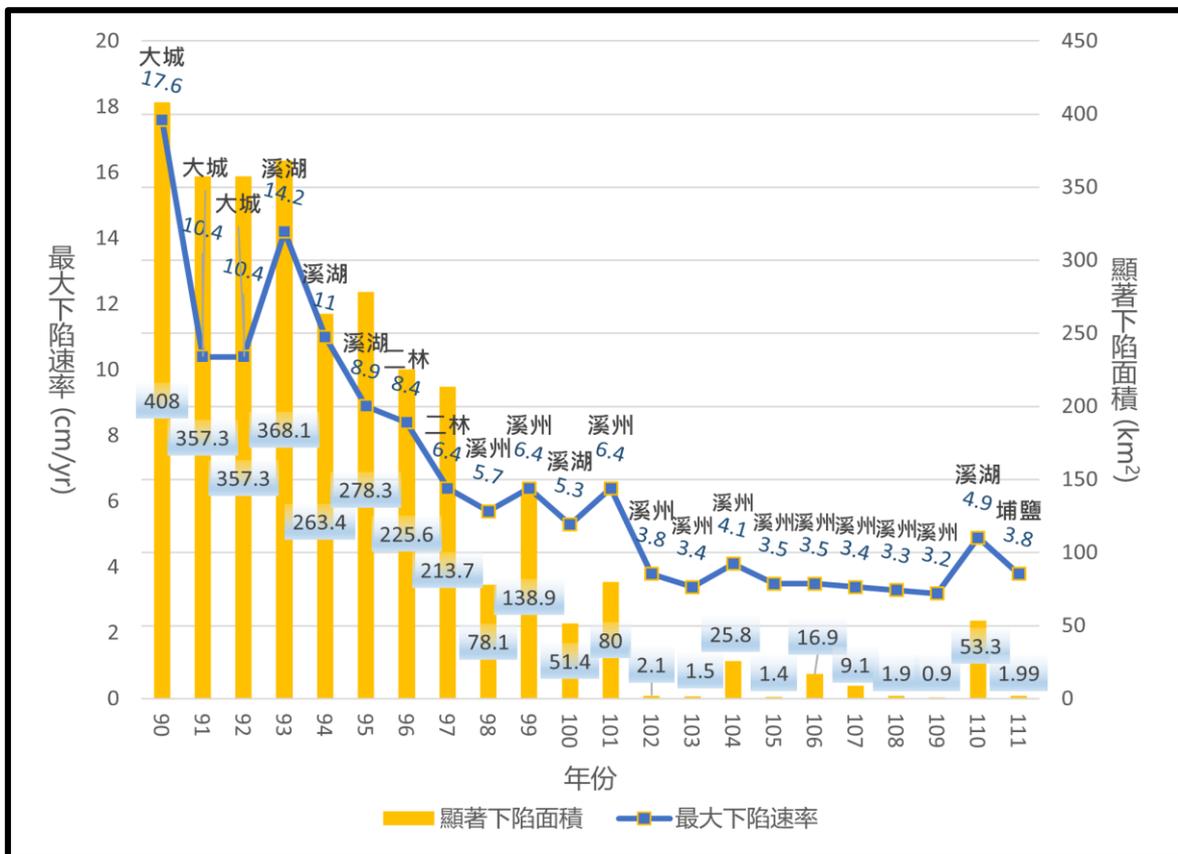


圖 2. 彰化縣地層下陷速率、下陷量、下陷面積分析圖 (圖表引用：水利署統計資料)

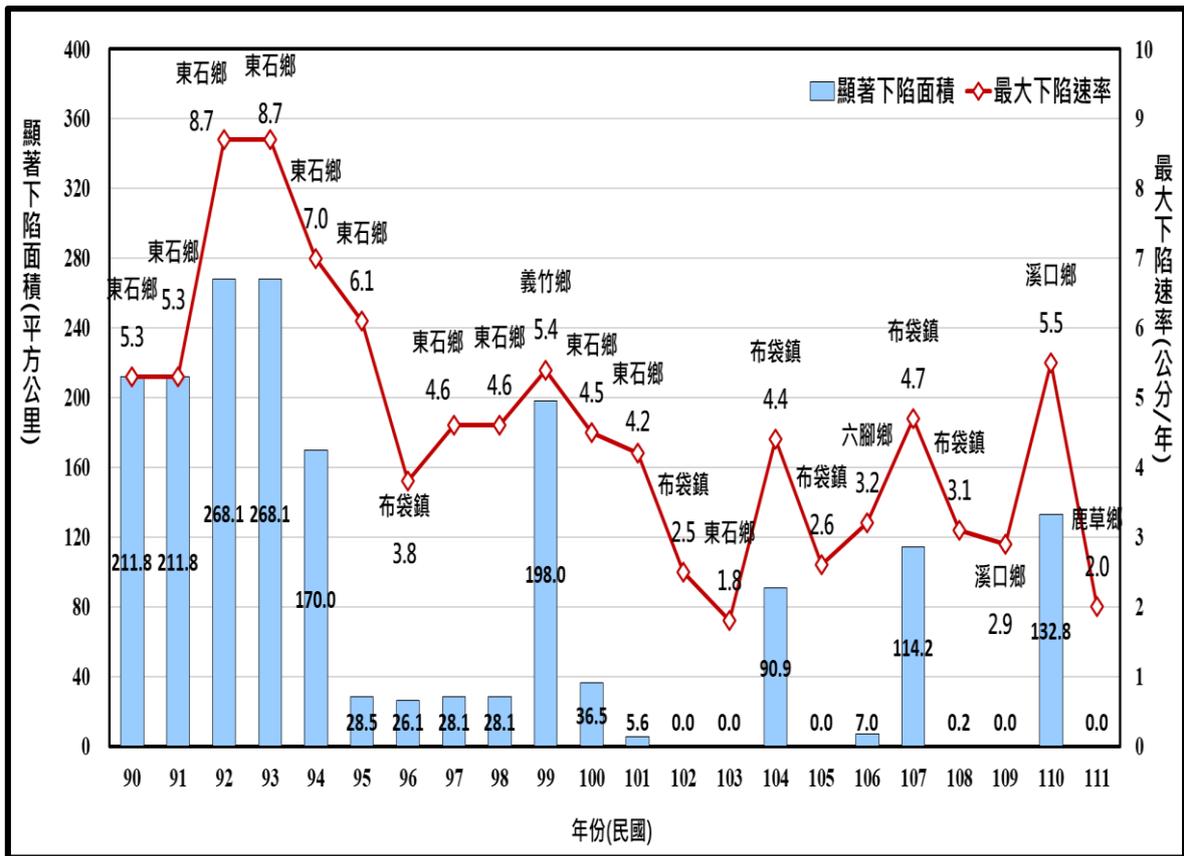


圖 3. 嘉義縣地層下陷速率、下陷量、下陷面積分析圖 (圖表引用：水利署統計資料)

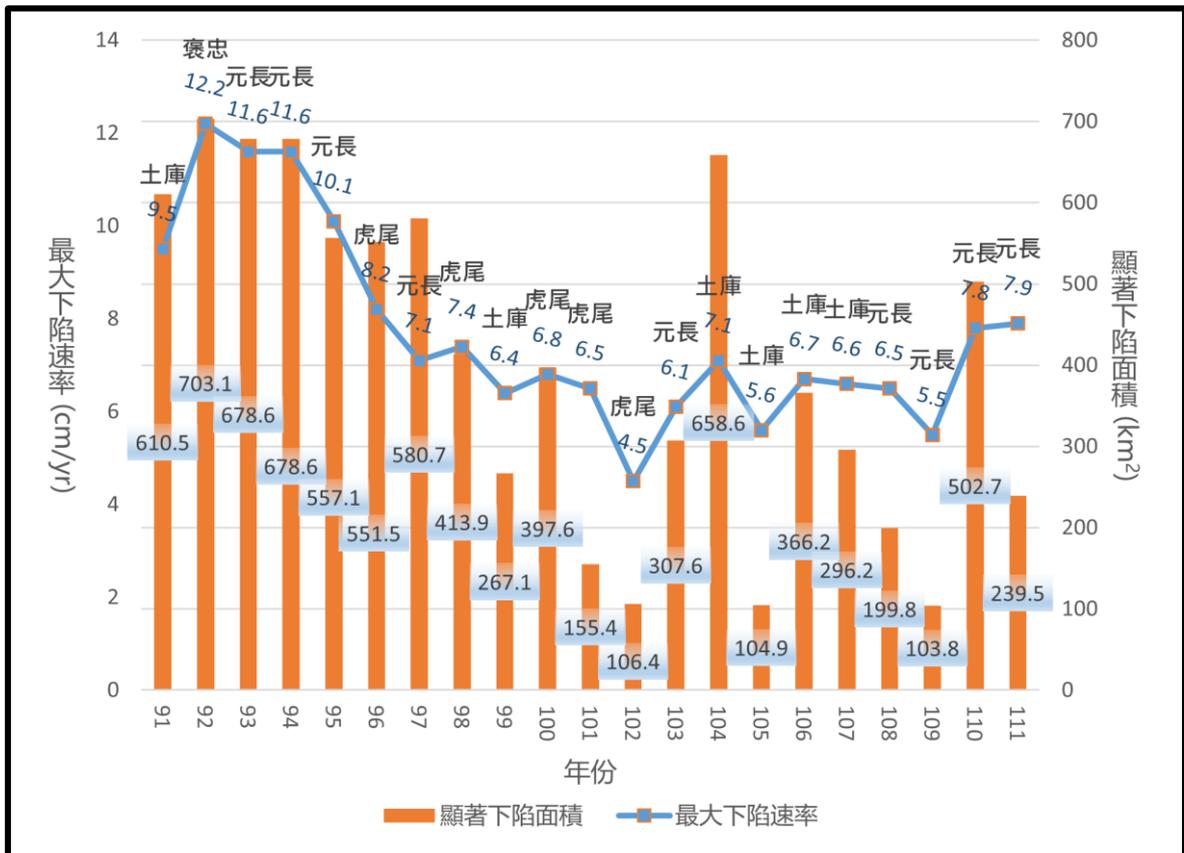


圖 4. 雲林縣地層下陷速率、下陷量、下陷面積分析圖 (圖表引用：水利署統計資料)

我們認為地下水是人類的第二水庫，於枯水期時，抽取水供農田使用是必要的，但應該珍惜使用，而不要浪費，造成了環境的失衡。

針對以上的描述，我們認為抽取起來的地下水，應該珍惜使用。所以，我們的構想是把抽取起來的地下水先儲放在儲水槽中，再依各農田的需求，利用水管或輸水帶配送過去農田。或者，農夫也可在農田裡放置一個大水塔，將地下水源先儲存起來，依需求調節使用，就不必大量抽取地下水來支應，也不會造成過度的地下水資源的浪費。

我們所在縣市的主要農業用水主要來自濁水溪與清水溪，再引水到八卦池分水，經由灌溉渠道分送到七個主要灌溉區域。

在灌溉渠道末端，灌溉用水比較難到達的地區，會開鑿地下水井來抽水供農民使用。抽起來的地下水再由灌溉渠道來分送出去。在灌溉渠道中，再利用擋水板來控制水的流向，但仍會有部分的水流過去擋水板側，而造成浪費。

水利署管理處的灌溉渠道設計是，需要用水的農田，再拿擋水板來擋住，讓水位上升，水就能流進農田中。但如此一來，下方的水流量就會變得很小。有時農夫們也會因為搶水，而造成紛爭。灌溉渠道也會因為雜草或垃圾而影響水的流速。如果，抽起來的地下水，一直流到灌溉渠道末端，水都沒被農夫引入農田中，就會流向市區的水溝，而造成浪費資源，我們把現況調查整理說明如圖 5.所示。

現況調查說明圖片



將濁水溪引水到八卦池分水，經由灌溉渠道分送到主要灌溉區域。

圖片引用：<https://www.ltn.com.tw/>(自由時報電子報網站)



枯水期時，抽取地下水供農民使用。



管理員利用擋水板控制水的流向。



需要用水的農田必須擋水。



水道所堆積的垃圾影響水流。



圖 5. 農田灌溉用水現況調查圖片說明 (圖表引用：作者自行拍攝)

二、研究目的

我們的研究目的為應用「物聯網」的科技理念，有效率地使用地下水資源。並且以「機電整合」為技術主軸，管理農田與地下水使用情形。

在水資源開發日益困難下，我們希望能利用科技輔助農業，更利用遠端科技有效掌控各灌溉系統水源水量，以適時在乾旱時期採取節水措施，讓農地在用水的同時，也創造了更有效能的水資源利用，以確保地下水資源永續利用，方能讓農業永續發展。

貳、研究設備及器材

項目	使用研究設備與器材	數量
設備	個人電腦	1
器材	ESP32 開發板	1
	ESP32 擴充板	1
	ESP32 繼電器	1
	水位感測器	2
	加壓馬達	1
	沉水馬達	1
	抽水馬達驅動繼電器	1
	供水電磁閥	4
	變壓器	1
	水力發電機	2
	手動開關	1
	遮斷開關	4
	燈條、風扇	1
	線材、管材	1
工具	三用電錶	1
	Microsoft Excel	1
軟體	Arduino IDE 開發程式	1

表 1. 研究設備及器材 (圖表引用：作者自行設計)

參、研究過程或方法

一、研究方法

我們利用資訊科技結合物連網、感測器與控制電路，整合成一個農田灌溉用水節能系統，來讓經濟與環境間能取得一個平衡點。藉由科技實驗模型輔具的專題製作與推動，來讓農業經濟與環境資源達到共好的雙贏社會目標。

我們的智能農田灌溉系統策略分為兩大主軸：

(一)抽取地下水的管控：

- 1.偵測儲水槽水位。
- 2.放水時的發電狀況。
- 3.以 Line Notify 網路通知地下水及發電狀況訊息。

(二)各區農田用水管控：

- 1.偵測農田水位狀況。
- 2.偵測農田濕度狀況。
- 3.以 Line Notify 網路通知農田用水狀況訊息。

我們的發想是藉由科技實驗輔具的設計，來維護水資源。我們所設計的實驗模型，結合智慧科技與 Wi-Fi 網路，不只會偵測到的地下水與農田用水的狀況，也能避免浪費抽取的地下水，而影響永續的環境資源，亦能由 Line Notify 群播功能發出農田用水狀況訊息，也能藉由把水配送出去時，藉由水輪機來做水力發電與儲能，朝智慧能農之目標前進。我們將此專題製作，整理出來如圖 6.所示之魚骨圖，來說明功能與目標。

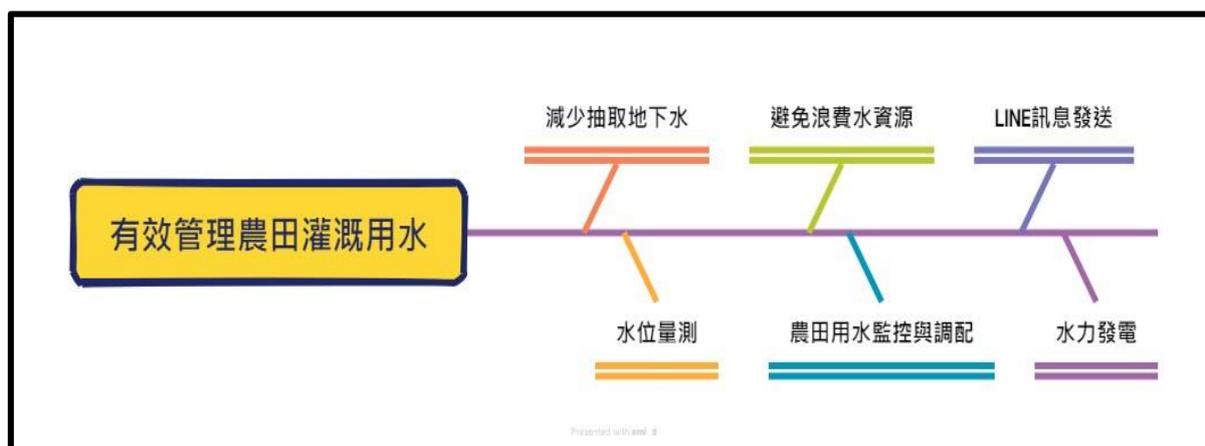


圖 6：智能農田灌溉系統魚骨圖 (圖表引用：作者自行設計)

我們主要利用 ESP32 主控板、水位感測器模組、供水電磁閥、控制電路，製作一套「有效率的地下水抽水機」，並搭載具有「水力發電機」的功能。製作過程中，能即時偵測儲水槽水位外，還能達到水力發電的效果，並藉由 Line Notify 網路功能，提供管理者

與農夫間，隨時可目前地下水與農田用水的狀況。

其次，在各區農田水管控方面，我們利用抓取網路時間，來做為分區供水的依據，並且可以避免浪費水資源的情況發生。我們發現學校附近的農田主要種植稻田、芋頭、柚子及柳丁，這些農作物的用水狀況有所不同，如果能有效地做好調節與分配，將能有效地利用水資源。

尤其水稻田與芋頭田，需要的水量相當多。柚子與柳丁主要於開花時，需要大量的水源，再利用程式設計，進行各區農田的供水時間分配，再將水源直接配送進入農田裡。除了有效地利用水資源，還能減少農夫的工作量。

我們學校附近的農田範圍，長約四百公尺、寬約三百公尺，也有一個地下水抽水站，在枯水期時，農民為了需要水源，水利管理處會固定在每週的兩天，抽地下水來供農民使用，從早上八點抽到下午五點。我們認為地下水是人類的另一個重要水庫，如此，大量抽取地下水，對於環境會有重大影響。

我們想來製作一個模擬這區農田的實驗模型，利用電磁閥來控制每一個農田的用水。因為，我們發現在這個農田範圍中，所種植的農作物有柳丁、柚子、芋頭、水稻。需要水的時機各有不同。如果農田的水如果都足夠，就不要再抽地下水起來，有效地達到永續且節約地下水資源的功能。

我們將用兩個大水槽來模擬運作，一個模擬裝地下水，另一個裝由地下水抽起來的供水塔。再依時間與各農田的需求，配合繼電器與電磁閥來控制用水。當供水塔的水位低於設定的值時，電路會啟動抽取地下水來補足，進而有效地管控地下水的 استخدام情形。

二、 研究過程

由於目前於各區農田所設置的地下水抽取站，無法有效地控管地下水的 استخدام情形，我們是利用資訊科技課堂中所學的程式設計原理，搭配相關感測器來完成這個作品，可以控制抽取地下水的量、與利用水輪機做水力發電。雖然無法達到廣大區域的農田，但如果是小範圍的農田，效果應該是很好的。我們能從中能學習到資訊科技運用到農業相關知識，讓我們獲益良多，並且能有效率地管理農田用水狀況。

況且，地下水抽取站未具有 Wi-Fi 網路功能，我們利用 ESP32 開發板，搭配 Wi-Fi 網路功能，利用 Line Notify 群播訊息功能，就能即時地將地下水及各區農田用水訊息傳送給群組中的人，大家能藉由這套科技輔具，進而能更力有效率地使用地下水，並且珍惜水資源。

本作品將以 ESP32 開發板為核心，搭配水位感測器模組、抽水馬達、水輪發電機、供水電磁閥等，將物聯網的概念導入智慧農業中。能測得的農田與地下水的用水狀況，也會即時地藉由 Line Notify 群播訊息功能，傳送給群組中的每個人。

針對這個作品主題的研究過程，我們是先將每個獨立功能先實作出來，再整合成一個完整系統。如此的製作過程可以減少錯誤的發生，才不會發生嚴重問題，以減少除錯時間，分別說明如下。

(一) 儲水槽與地下水水位偵測電路

我們利用水位計控制器來偵測儲水槽與地下水的水位，儲水槽的水位如果達最短的探針，即表示為高水位，可正常供水至農田；水位如果達中的探針，表示儲水槽的水位已下降，必須請地下水的沉水馬達抽水上來；水位如果降至最長的探針時，表示水位過低，系統會暫停運作。

另外，地下水的水位如果達最短的探針，即表示為高水位，可正常抽取地下水至儲水槽；水位如果達中的探針，表示地下水的水位已下降，必須注意；水位如果下降至最長的探針，表示地下水水位過低，必須等待大地再涵養一陣子後，地下水水位有回升，才會再抽取，以避免超抽地下水，導致地層下陷情況發生。



圖 7：儲水槽與地下水儲水槽水位實體圖 (圖表引用：作者自行拍攝)

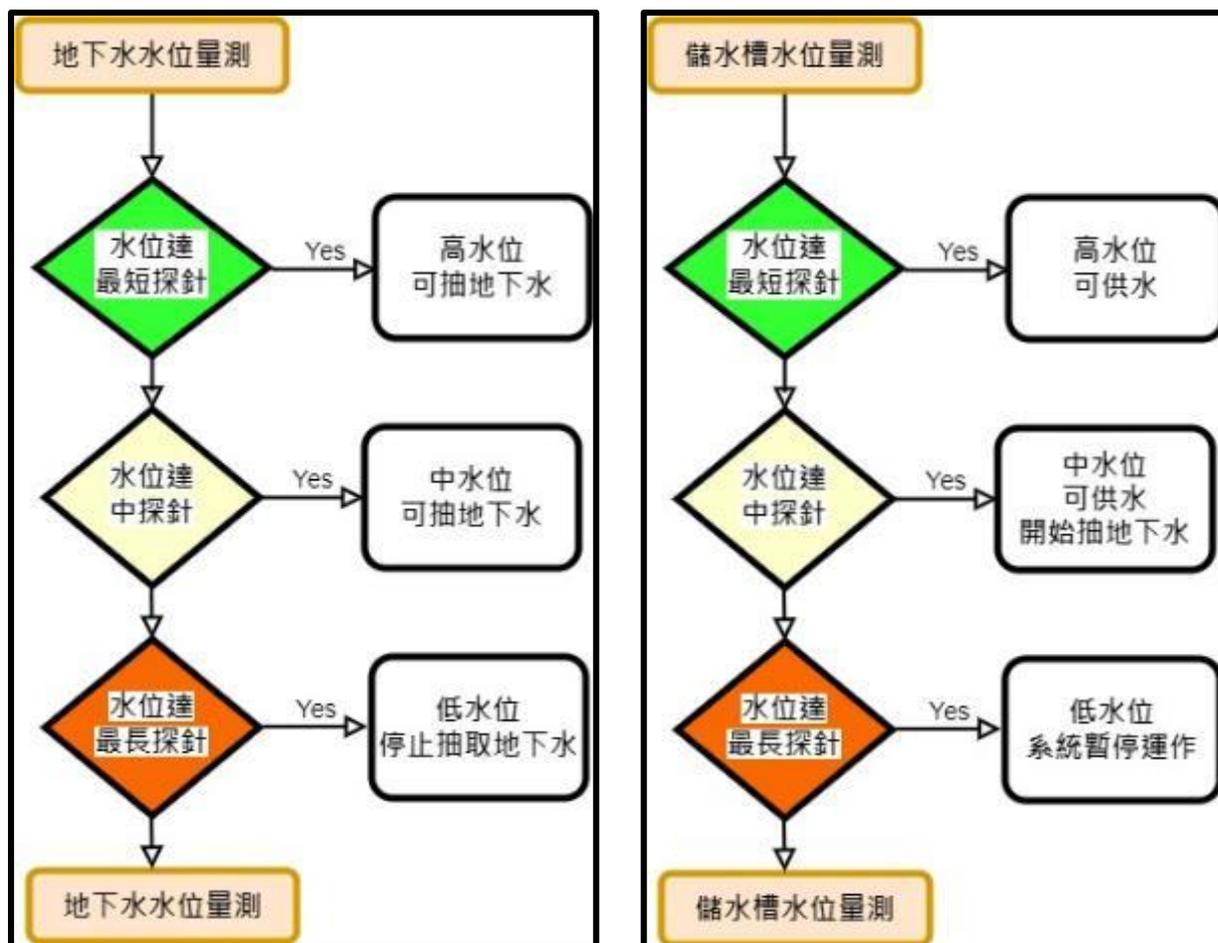


圖 8：儲水槽與地下水水位偵測流程圖（圖表引用：作者自行設計）

(二) 農田供水控制電路

我們的作品將模擬設置學校附近常見的水稻田、芋頭田、柚子田與柳丁田四個農田種類，目前實驗階段，以抓取網路時間來控制電磁閥是否供水，其功能正常，也能將動作訊息以 Line Notify 的方式傳送到群組中。

我們買了四個供水電磁閥，透過控制電路來輸配水源。如果農夫不需要用水，也可以利用手動將進水開關關起來，就會停止供水到農田的動作。如果，農夫在額外的時間需要供水，也可以透過手動開關來控制。

以下是控制電磁閥的片段程式與運作狀況。屆時除了以時間來控制農田供水外，我們還會加入依農田的屬性來控制供水。水稻田與芋頭田需要大量的水源，會再依其農田水位來做為供水條件判斷。柚子田與柳丁田屬於旱作，就以土壤的濕度來做為供水條件判斷。來讓所抽取出來的地下水做最好的利用，不致於浪費資源。

```
20240220-JHS-Smart-ALL

if (timeClient.getFormattedTime() == "09:30:00") {
    digitalWrite(4,HIGH);

    clientSecure.connect("notify-api.line.me",443);
    String data = "message="+URLencode(String("系統訊息：【水稻田】【第一次-開始自動供水】!").c_str());
    clientSecure.println("POST /api/notify HTTP/1.1");
    clientSecure.println("Host: notify-api.line.me");
    clientSecure.println("Authorization: Bearer "+String("04mCAF3Lq3lqg0xyloGNXyHbBK7CVP2MonzwHFZSl rw"));
    clientSecure.println("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded");
    clientSecure.print("Content-Length: ");
    clientSecure.println(data.length());
    clientSecure.println();
    clientSecure.println(data);
    clientSecure.stop();

} else if (timeClient.getFormattedTime() == "09:32:00") {
    digitalWrite(13,HIGH);

    clientSecure.connect("notify-api.line.me",443);
    String data = "message="+URLencode(String("系統訊息：【芋頭田】【第一次-開始自動供水】!").c_str());
    clientSecure.println("POST /api/notify HTTP/1.1");
    clientSecure.println("Host: notify-api.line.me");
    clientSecure.println("Authorization: Bearer "+String("04mCAF3Lq3lqg0xyloGNXyHbBK7CVP2MonzwHFZSl rw"));
```

圖 9：農田供水控制片段程式 (圖表引用：作者自行設計)



圖 10：ESP32 電腦控制電磁閥供水控制電路 (圖表引用：作者自行拍攝)

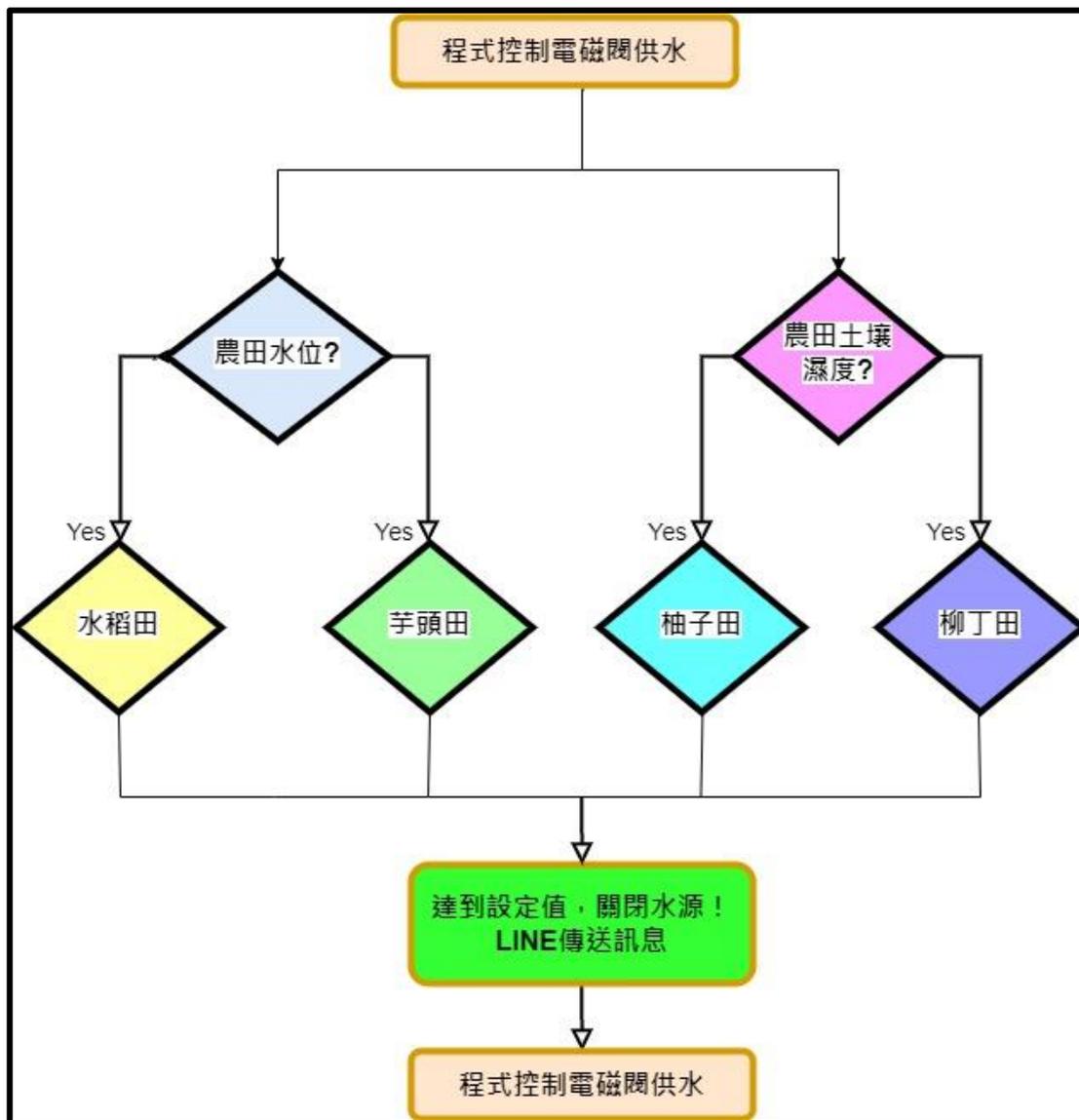


圖 11：農田供水控制程式流程圖（圖表引用：作者自行設計）

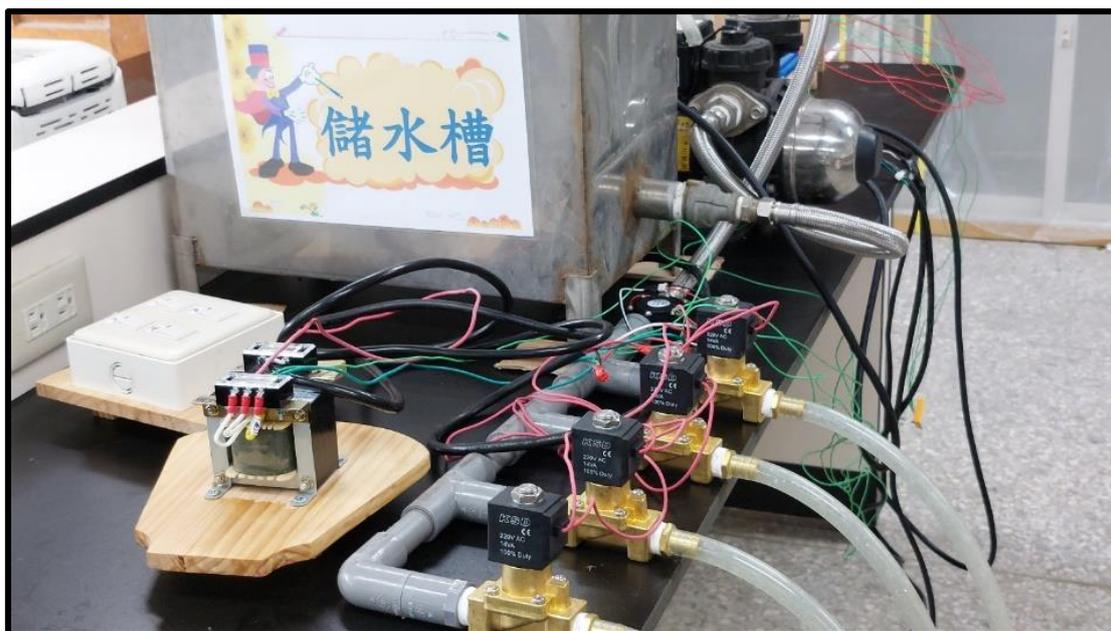


圖 12：電磁閥供水硬體架構（圖表引用：作者自行拍攝）

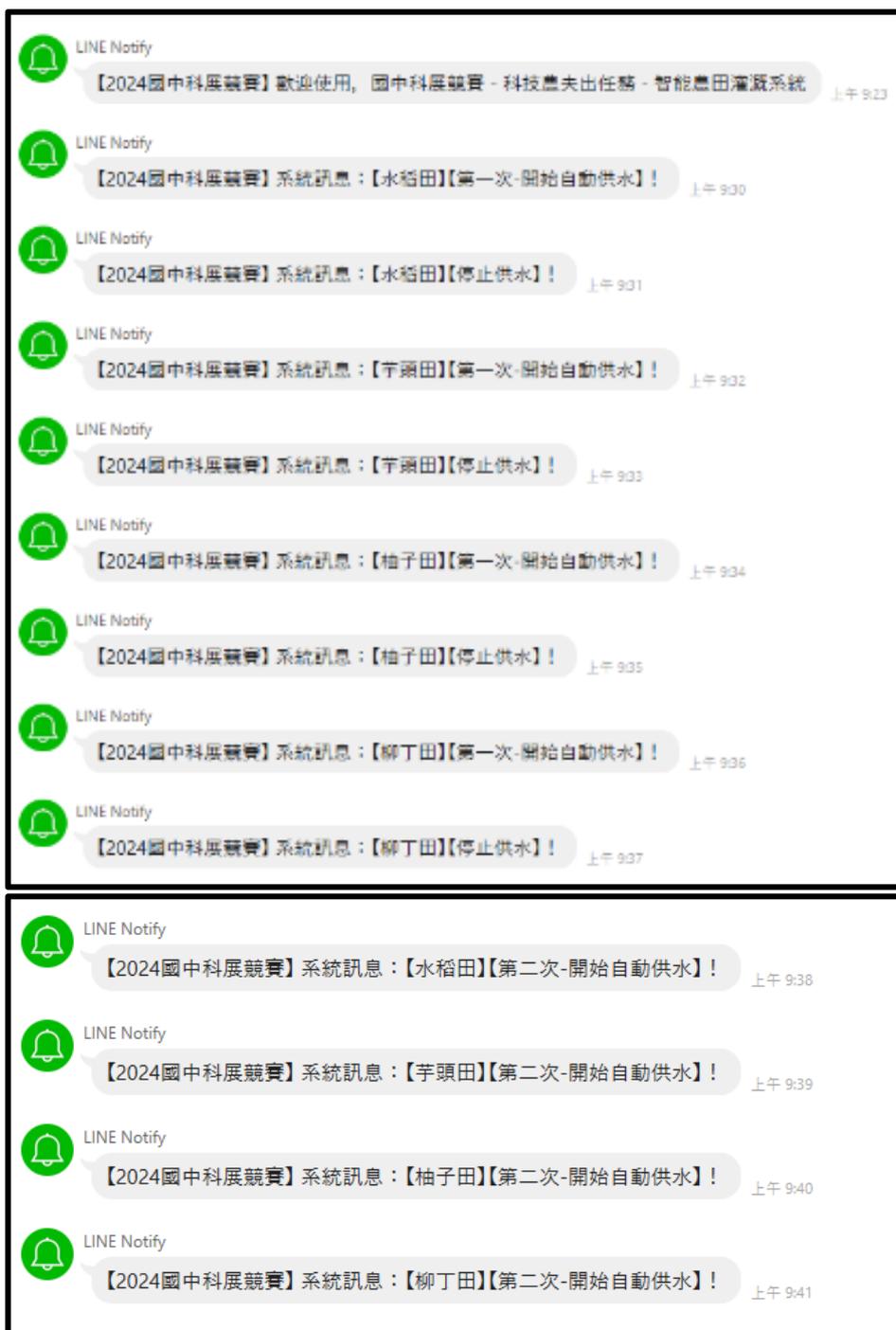


圖 13：農田供水訊息傳送 (圖表引用：作者自行設計)

(三) 抓取網路時間控制電路

我們想利用物聯網的科技觀念，以時間管理的方式，依各不同屬性的農田來進行供水。如果供水已達到標準時，就停止供水，以及避免浪費地下水。我們將採具有 Wi-Fi 網路功能的開發板。先抓取 NTP 網路時間伺服器的資料，來做為各區農田供水之依據。

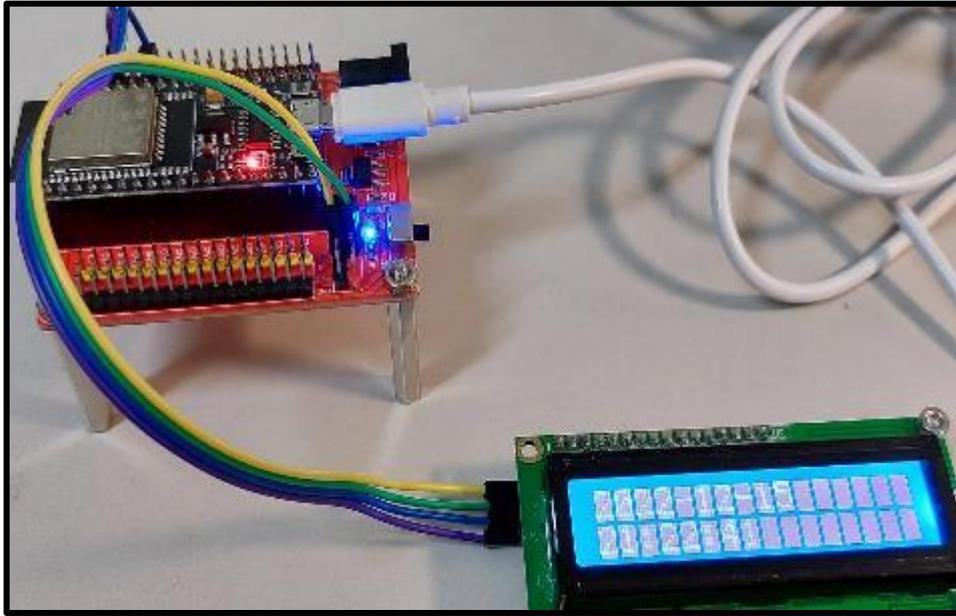


圖 14：抓取 NTP 網路時間伺服器資料 (圖表引用：作者自行拍攝)

(四) 水輪發電機

當儲水槽的水經由管線配送到各區農田時，在出水口加裝水輪發電機，藉由水位的高低落差來發電，並將電力儲存起來供照明使用。圖片中是我們在學校實驗測試的結果。量測出來的平均電壓為 11.3V，量測出來的平均電流為 0.23A，發電電功率為 2.599W，可以點亮 LED 燈條與風扇。



圖 15：水輪發電機實體架構與綠能應用 (圖表引用：作者自行拍攝)

肆、研究結果

我們的作品想法是，所抽取的地下水先存放儲水槽中，各區農田需要用水時，再由控制電路與管線來配送過去。

再將水配送到各區農田時，將利用水輪發電機來進行水力發電，並且儲能。另外，在儲水槽上方鋪設太陽能板，並將水輪發電機與太陽能板的電力儲存下來，可以供附近道路照明使用，下圖是我們作品的成果展示圖。



圖 16：智能農田灌溉系統作品成果展示圖（圖表引用：作者自行拍攝）

我們認為如果依各農田不同的屬性，依時間合理分配地下水，搭配流速與管徑的關係來計算出流量，如此，可讓地下水做最有效的利用。

我們可以透過以下公式數學公式輕鬆計算流量、流速和管徑之間的關係：

- 流量（單位為 LPM）= 管截面積 × 流速
- 管截面積 = $ID^2 \div 4 \times \pi$ （ID 為管內徑， π 為 3.14）

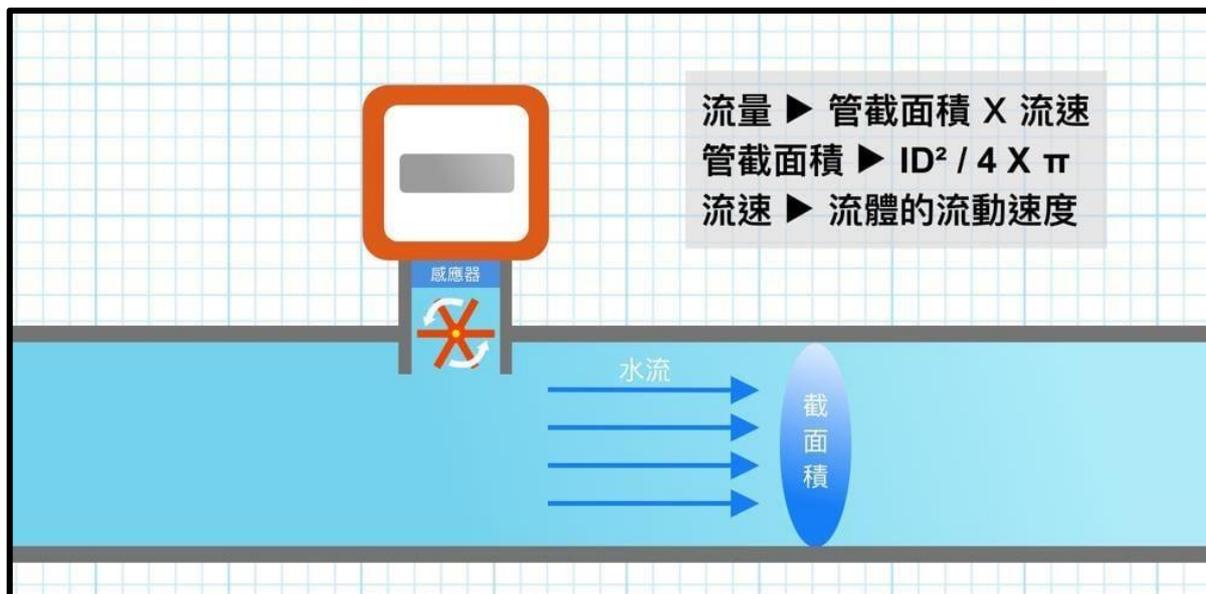


圖 17：計算流量、流速和管徑之間的公式與示意圖

(引用自：和旺昌噴霧股份有限公司-技術文件)

例如，有一個內徑為 2 吋的管道，流速為 1 m/s，我們就可以推演計算其流量為多少？經計算之後，2 吋管道的內徑 (ID) 約為 51mm，將其代入管截面積公式 (管截面積 = $ID^2 \div 4 \times \pi$)，計算出管截面積為 0.002041785 m²。推導過程如下：

$$\begin{aligned} \text{管截面積} &= ID^2 \div 4 \times \pi = 51^2 \div 4 \times 3.14 \\ &= 2601 \div 4 \times 3.14 = 2041.785 \text{ mm}^2 \\ &= 2041.785 \text{ mm}^2 \div 1000000 \\ &= 0.002041785 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

接著，將管截面積與流速代入流量公式 (流量 = 管截面積 × 流速)，得到流量為 122.5 L/min (LPM, Liter per Minute, 每分鐘幾公升)，所以，代表每分鐘可供水約 122 公升。推導過程如下：

$$\begin{aligned} \text{流量} &= \text{管截面積} \times \text{流速} \\ &= 0.002041785 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m/s} \\ &= 0.002041785 \text{ m}^3 / \text{s} \\ &= 0.002041785 \text{ m}^3 / \text{s} \times 1000 \times 60 \quad (1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ 公升}, 1 \text{ min} = 60 \text{ sec}) \\ &= 122.5 \text{ L/min (LPM)} \end{aligned}$$

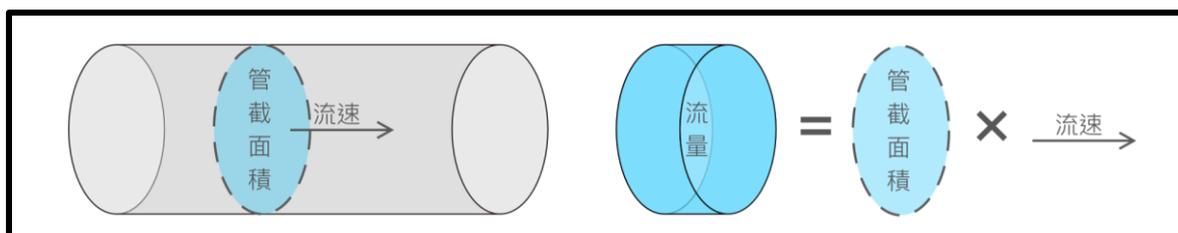


圖 18：計算流量示意圖說 (引用自：和旺昌噴霧股份有限公司-技術文件)

藉由上述的公式，我們利用 Microsoft Excel 軟體試算整理出以下表格，當僅知道流量、流速或管徑中的兩個數據時，仍可透過下方的對照圖，推算出第三個數據。例如，若已知流速和管徑的數據，可以使用整理出來的對照表找出對應的流量。透過這些數據，便能推算出各農田需要多少供水時間與水量，進而達到有效控管地下水，讓抽取出來的地下水都做了最妥善的利用。

LPM	名稱	4 分管	6 分管	1 吋管	1-1/4 吋管	1-1/2 吋管	2 吋管	2-1/2 吋管
	近似管內徑 (mm)	16	20	25	31	40	51	68
流速 m/s	0.1	1.2	1.9	2.9	4.5	7.5	12.3	21.8
	0.15	1.8	2.8	4.4	6.8	11.3	18.4	32.7
	0.2	2.4	3.8	5.9	9.1	15.1	24.5	43.6
	0.3	3.6	5.7	8.8	13.6	22.6	36.8	65.3
	0.5	6.0	9.4	14.7	22.6	37.7	61.3	108.9
	1	12.1	18.8	29.4	45.3	75.4	122.5	217.8
	2	24.1	37.7	58.9	90.5	150.7	245.0	435.6
	3	36.2	56.5	88.3	135.8	226.1	367.5	653.4
	4	48.2	75.4	117.8	181.1	301.4	490.0	871.2
	5	60.3	94.2	147.2	226.3	376.8	612.5	1,089.0
	6	72.3	113.0	176.6	271.6	452.2	735.0	1,306.7
	7	84.4	131.9	206.1	316.8	527.5	857.5	1,524.5
	8	96.5	150.7	235.5	362.1	602.9	980.1	1,742.3
	9	108.5	169.6	264.9	407.4	678.2	1,102.6	1,960.1
	10	120.6	188.4	294.4	452.6	753.6	1,225.1	2,177.9
	15	180.9	282.6	441.6	678.9	1,130.4	1,837.6	3,266.9
	20	241.2	376.8	588.8	905.3	1,507.2	2,450.1	4,355.8

表 2：流量、流速、管徑經公式試算後的對應表 (圖表引用：作者自行試算)

伍、討論

一、為何不設計一個介面程式，讓農夫利用手機自動控制供水或供水時間？

使用 MQTT 技術是可以做到利用手機來控制供水與否，但當初考量是擔心農夫間會因此而發生搶水的情況，所以，經討論後，這一功能就暫時研發。另外，如果使用介面程式來即時設定自動供水時間，以目前的技術也是做得到的，但與老師討論後，依我們國中生程式設計能力可能還無法達到，建議對智慧農業有興趣的研究者，可以繼續延伸發展與研究。

二、這個系統適合應用在廣大範圍農田嗎？

本作品的應用情境構想是以大口徑的水管供水至農田，適合用在小範圍的農田區域。在我們學校旁的農田區域範圍約寬 300 公尺、長 400 公尺，經換算後約為 12 公頃的農田，是能應用至實際場域的。只要再增加儲水槽來當中繼站，就能擴大供水範圍，只是水管或水帶的成本會增加，但能夠達到減少使用地下水的浪費。

我們學校旁的農田區域，如圖 19.所示，地下水抽水站在紅色區域左側的大馬路旁邊。



圖 19：學校旁的農田區域衛星地圖 (引用自：Google Maps)

三、此作品為何目前沒有辦法將水輪發電機所發的直流電轉成市電？

我們有量測過水力發電的電流約 0.2 安培，但在戶外，把水力發電裝置改成並接方式，再由大口徑水管轉小口徑水管來增加水的壓力，一顆水力發電裝置全速運轉可達 1 安培，如果，並聯 8 個水力發電裝置，全速運轉就能達到 8 安培的電流量，扣掉轉換市電的耗損，也是能成功做到將直流電轉交流電。

我們有做過實驗，12 伏特的直流電壓，轉成 110 伏特的交流電壓，其電流最少要 0.5 安培，能讓家用小電風扇運轉。但建議將所發的電直接拿來做應用，才不會造成在直流與交流轉換過程中能源耗損。

但如果，這套設備移到室外，重新配裝水管，水力發電裝置所發的電，就能成功轉成市電，再供給加壓馬達與沉水馬達來使用，就能達到永續能源的目標。

四、此作品真的能保護地下水嗎？

我們認為可以保護地下水，雖然是以水管的方式把水配送到農田裡，所花的成本較高。水管壞了，可以修整。如果，超抽地下水，讓地層下陷了，就回不去了。其實地下水抽水站內部有一個沉水馬達，我們認為如果能搭配感測器來做監控，一定能有效控管地下水的的使用。

五、此作品呼應了聯合國 SDGs 永續發展目標共三項目標

- (一) 永續城市與社區(SDGs-11)：減少城市與環境間的影響與衝擊，以達到共好的永續目標。我們認為大量取抽地下水，會影響地層下陷，如果，要擁有一個永續的城市，對於地下水的的使用應該珍惜與妥善控管。
- (二) 氣候行動(SDGs-13)：建構完備減緩調適行動，以因應氣候變遷及其影響。面臨近年來的極端氣候，枯水期的時間會變得更長。所以，抽取地下水供農田使用的機率會更高，以致於必須採取有效控管水資源的行動。
- (三) 夥伴關係(SDGs-17)：有效推動淨零綠生活，同心協力促進永續願景。結合科學、科技和創新，達到知識共享與合作的目標。



圖 20：本作品對應聯合國 SDGs 永續發展三項目標 (圖表引用：天下雜誌)

六、此作品的優點與缺點評估：

(一)對環境永續的優點評估：

- 1.能提升地下水使用效率，讓抽取出來的地下水都能輸到農田裡，供農夫使用。
- 2.使用物聯網科技監測農田狀況，依監測數值供水，避免浪費水源。
- 3.減少人力成本發展智慧農業，可以減少農夫巡田的時間，農田監測與供水狀況，會以 Line Notify 傳送到群組中。
- 4.發展綠能發電與儲能，當儲水槽開始供水時，透過水輪發電機來發電與儲能。

(二)對環境永續的缺點評估：

- 1.無法即時設定供水時間，本作品的供水時間已寫入程式中，如果要更改供水時間，必須修正程式。如果，設計一個介面程式來設定供水時間是做得到的，但依我們國中生的程式設計能力，應該會花很多時間在設計介面程式上。
- 2.由於我們的實際應用構想是以大口徑的水管供水至農田，所以，比較適合用在小範圍的農田區域。
- 3.可能會因水的流速而影響水輪發電機發電效能。
- 4.輸送地下水的水管會因太陽曝曬容易脆化，或因外力而造成損壞，維護成本較高。

陸、結論

我們認為農夫在枯水期時，使用地下水來種植是必要的。但農夫為了生計，對於超抽地下水而導致地層下陷這件事，是比較無感的。因為，如果農田因超抽地下水，而導致農田地層下陷一公分，對農夫的影響或許不大。但對於高鐵的行車安全與高科技廠房而言，對於地層下陷這件事，是非常在意的，也是政府部門極積想解決的問題。

本作品以節省地下水資源為主軸，並結合物聯網科技，輔以發展智慧農業，為主要競爭優勢。可實際應用在約長 300~500 公尺、寬 100~200 公尺區域農田範圍，能有效地控管地下水的使用情況。就農田水利局所管轄的地下水抽水站而言，結合物聯網科技、程式設計及控制電路之技術，就能把所抽取的地下水做最好的利用，來解決灌溉用水的問題，以及減少農夫的工作負擔，能把所抽取的地下水做最好的利用，避免水資源的浪費與地層下陷的問題發生。

另外，每當農田灌溉時，只要有水流經水輪發電機，就會產生電力，能供相關設備使用，

以達到有效利用能源的目標，每個地下抽水站就形同是一個小型的水力發電場。

我們利用了科技輔具來解決農業灌溉用水的問題，將可以有效地控管地下水的使用情況，我們的作品將帶給農民們能夠更精準地掌握農田的用水狀況，讓農民感受前所未有的便利與效率。我們將現代科技與農業巧妙地結合，使得整個農業生產過程多了一些智慧科技的光芒。雖然看似微小，然而卻為台灣農業的蓬勃發展帶來了的改變，為實現能源的最大化利用和環境的持續保護來努力。

柒、參考文獻資料

- 慧手科技-徐瑞茂、林聖修(2021)。輕課程 Arduino 智慧生活基礎應用-使用圖控化 motoBlockly 程式語言。臺北：台科大出版社。
- 徐瑞茂、林聖修(2021)。輕課程用 Arduino 輕鬆入門 物聯網 IoT 實作應用：使用圖形化 motoBlockly 程式語言。臺北：台科大出版社。
- 趙英傑(2021)。超圖解 ESP32 深度實作超圖解。臺北：旗標出版社。
- 尤濬哲(2021)。IoT 物聯網應用-使用 ESP32開發版與 Arduino C 程式語言(第二版)。臺北：台科大圖書。
- 和旺昌噴霧股份有限公司-技術文件，（<https://www.lorric.com/tw/>）。
- 水利署-地層下陷監測資訊整合服務系統，（https://landsubsidence.wra.gov.tw/water_new/SubsidenceOverview/SubIndex/10009）。

【評語】 032815

1. 本作品使用水位偵測器，欲解決農田抽取地下水的問題，將地下水資源依照農田需求進行有效的分配使用，符合鄉土教學之理念，值得肯定。
2. 本作品構想明確、實驗方法符合科學精神，實驗結果展現其實用價值。
3. 水資源除依需求預估進行智慧分配外，不足的部分仍需人力介入進行調控。若能搭配其他偵測方法，提升自動化程度，可讓作品更完整。

作品簡報

科技農夫出任務

智能農田灌溉系統



摘要

當全球受極端氣候影響之際，大家都得面臨各種面向的衝擊。我們所在縣市的農田灌溉水源主要取自濁水溪、清水溪，根據行政院農業委員會-農田水利署網站提供的資料，全縣並開鑿地下水井約459口，平均每年用水量約15億立方公尺，其中取自地下水約2億立方公尺。

我們發現學校附近農田，就是屬於灌溉渠道的末端，所以，在枯水期時，會大量地抽取地下水來使用，可能導致地層下陷的情況發生。

本作品將探討農業灌溉用水面臨的問題，並提出以科技為基礎的解決策略。改善農業抽取地下水，而導致地層下陷的問題，以確保農業與環境的永續發展。

壹、研究動機

根據經濟部水利署監測濁水溪沿岸，彰化縣與雲林縣地層下陷情形，近年來下陷面積有逐漸擴大的跡象，高鐵行經彰化縣溪州鄉、雲林縣虎尾鎮、土庫鎮與元長鄉，都屬於顯著下陷區域，其中以雲林縣年下陷速度約7公分最為嚴重。

又彰化縣與雲林縣的農業面積相當大，但部分鄉鎮因屬非灌溉區，僅能抽取地下水使用。所以，我們將對於農田使用地下水，提出有效的科技管理策略。

在極端氣候越來越嚴峻之下，地面水資源無法支持產業所需，農民因耕作及生計所需，勢必尋求抽取地下水因應，但如果因超抽地下水，而導致地層下陷問題，對於高鐵的行車安全與高科技產業廠房亦可能造成嚴重威脅。

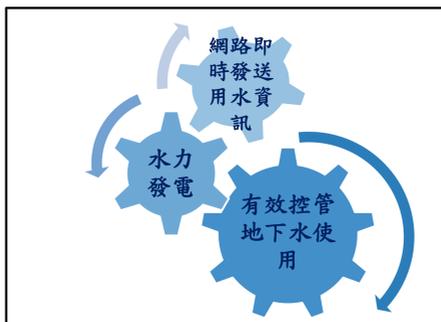
研究目的

我們的研究目的為應用「物聯網」的科技理念，有效率地使用地下水資源。並且以「機電整合」為技術主軸，管理農田與地下水使用情形。

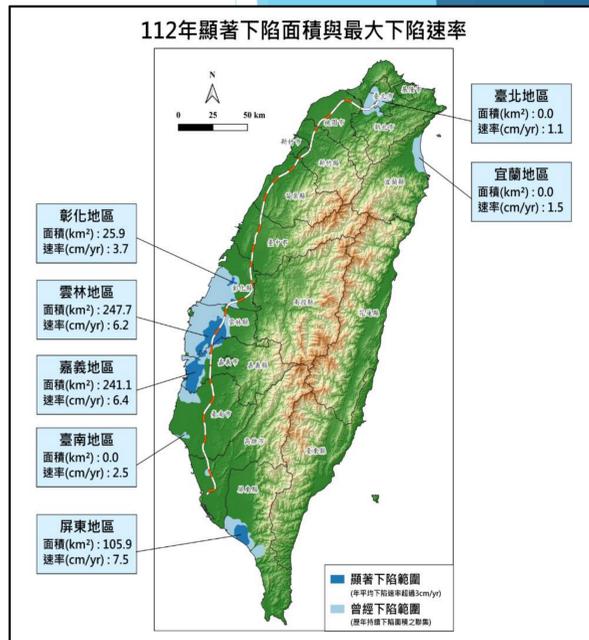
在水資源開發日益困難下，我們希望能利用科技輔助農業，更利用遠端科技有效掌控各灌溉系統水源水量，以適時在乾旱時期採取節水措施，讓農地在用水的同時，也創造了更有效能的水資源利用，確保水資源永續利用，方能讓農業永續發展。

貳、研究設備及器材

項目	使用研究設備與器材	數量
設備	個人電腦	1
	ESP32開發板	1
	ESP32擴充板	1
	ESP32繼電器	1
	水位感測器	2
	加壓馬達	1
	沉水馬達	1
	抽水馬達驅動繼電器	1
	供水電磁閥	4
	變壓器	1
	水力發電機	2
	手動開關	1
	遮斷開關	4
	燈條、風扇	1
	線材、管材	1
器材	三用電錶	1
工具	Microsoft Excel	1
軟體	Arduino IDE開發程式	1



作品構想圖
(圖表引用：作者自行設計)



112年顯著下陷面積與最大下陷速率分析圖
(圖表引用：水利署統計資料)



雲林縣、彰化縣地層下陷速率、下陷量、下陷面積分析圖

(資料參考：水利署統計資料)

參、研究過程及方法

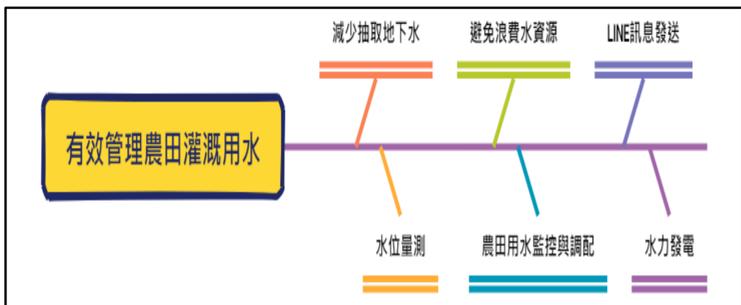
我們的智能農田灌溉系統策略分為兩大主軸：

(一)抽取地下水的管控：

- 1.偵測儲水槽水位。
- 2.放水時的發電狀況。
- 3.以Line Notify網路通知地下水及發電狀況訊息。

(二)各區農田用水管控：

- 1.利用程式控制合理分配水源。
- 2.農夫可手動控制供水與否。
- 3.以Line Notify網路通知農田用水狀況訊息。



智能農田灌溉系統魚骨圖(圖表引用：作者自行設計)

研究過程一：儲水槽與地下水水位偵測

我們利用水位計控制器來偵測儲水槽與地下水的水位，儲水槽的水位如果達最短的探針，即表示為高水位，可正常供水至農田；水位如果達中的探針，表示儲水槽的水位已下降，必須請地下水的沉水馬達抽水上來；水位如果降至最長的探針時，表示水位過低，系統會暫停運作。

另外，地下水的水位如果達最短的探針，即表示為高水位，可正常抽取地下水至儲水槽；水位如果達中的探針，表示地下水的水位已下降，必須注意；水位如果下降至最長的探針，表示地下水水位過低，必須等待大地再涵養一陣子後，地下水水位有回升，才會再抽取，以避免超抽地下水，導致地層下陷情況發生。



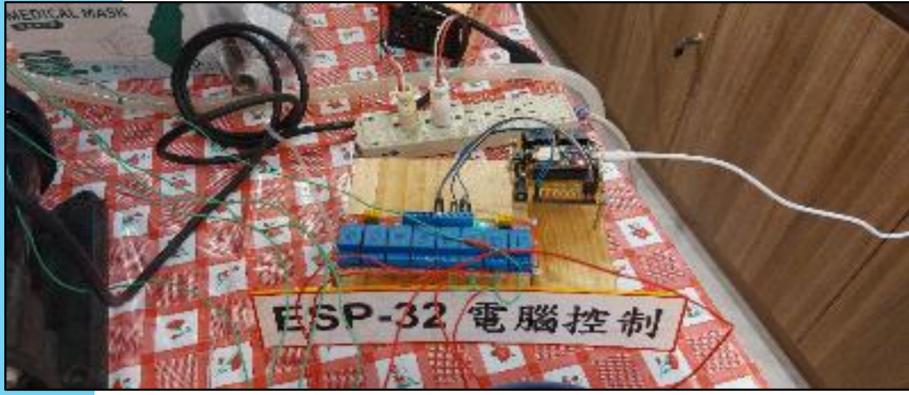
儲水槽與地下水儲水槽水位實體圖 (圖表引用：作者自行拍攝)

研究過程二：農田供水控制電路

我們的作品將模擬設置學校附近常見的水稻田、芋頭田、柚子田與柳丁田四個農田種類，目前實驗階段，以抓取網路時間來控制電磁閥是否供水，其功能正常，也能將動作訊息以Line Notify的方式傳送到群組中。

我們買了四個供水電磁閥，透過控制電路來輸配水源。如果農夫不需要用水，也可以利用手動將進水開關關起來，就會停止供水到農田的動作。如果，農夫在額外的時間需要供水，也可以透過手動開關來控制。

以下是控制電磁閥的片段程式與運作狀況。屆時除了以時間來控制農田供水外，我們還會加入依農田的屬性來控制供水。水稻田與芋頭田需要大量的水源，會再依其農田水位來做為供水條件判斷。柚子田與柳丁田屬於旱作，就以土壤的濕度來做為供水條件判斷。來讓所抽取出來的地下水做最好的利用，不致於浪費資源。

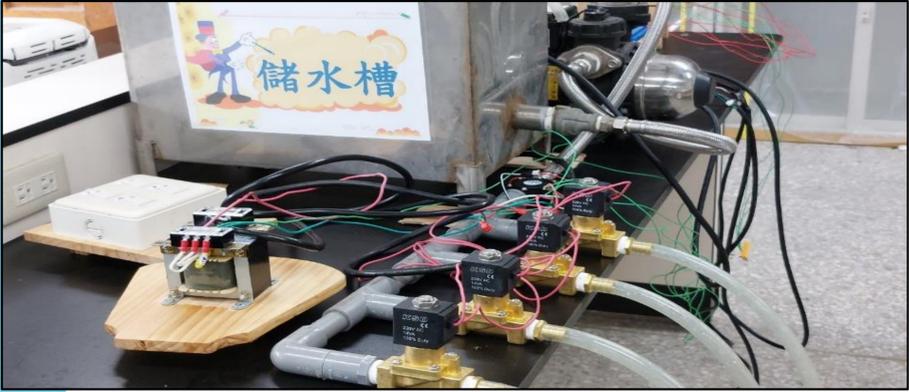


```

if (timeClient.getFormattedTime() == "09:30:00") {
    digitalWrite(4,HIGH);

    clientSecure.connect("notify-api.line.me",443);
    String data = "message="+URLencode(String("系統訊息：【水稻田】【第一次-開始自動供水】！"));
    clientSecure.println("POST /api/notify HTTP/1.1");
    clientSecure.println("Host: notify-api.line.me");
    clientSecure.println("Authorization: Bearer "+String("O4mcAF3Lq31q0xy1oGNyHbEK7CVP2MonzwHFZS1rw"));
    clientSecure.println("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded");
    clientSecure.println("Content-Length: ");
    clientSecure.println(data.length());
    clientSecure.println();
    clientSecure.println(data);
    clientSecure.stop();
} else if (timeClient.getFormattedTime() == "09:32:00") {
    digitalWrite(13,HIGH);

    clientSecure.connect("notify-api.line.me",443);
    String data = "message="+URLencode(String("系統訊息：【芋頭田】【第一次-開始自動供水】！"));
    clientSecure.println("POST /api/notify HTTP/1.1");
    clientSecure.println("Host: notify-api.line.me");
    clientSecure.println("Authorization: Bearer "+String("O4mcAF3Lq31q0xy1oGNyHbEK7CVP2MonzwHFZS1rw"));
    clientSecure.println("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded");
    clientSecure.println("Content-Length: ");
    clientSecure.println(data.length());
    clientSecure.println();
    clientSecure.println(data);
    clientSecure.stop();
}
    
```



農田自動灌溉實體圖與程式片段說明 (圖片引用：作者自行拍攝、截圖)

研究過程三：水輪發電機

當儲水槽的水經由管線配送到各區農田時，在出水口加裝水輪發電機，藉由水位的高低落差來發電，並將電力儲存起來供照明使用。圖片中是我們在學校實驗測試的結果。量測出來的平均電壓為11.3V，量測出來的平均電流為**0.23A**，發電電功率為2.599W，可以點亮LED燈與風扇。



水輪發電機實體圖與綠電應用示例 (圖片引用：作者自行拍攝)

肆、研究結果

我們的作品想法是，所抽取的地下水先存放儲水槽中，各區農田需要用水時，再由控制電路與管線來配送過去。

再將水配送到各區農田時，將利用水輪發電機來進行水力發電，並且儲能。另外，在儲水槽上方鋪設太陽能板，並將水輪發電機與太陽能板的電力儲存下來，可以供附近道路照明使用，下圖是我們作品的成果展示圖。

我們認為如果依各農田不同的屬性，依時間合理分配地下水，搭配流速與管徑的關係來計算出流量，如此，可讓地下水做最有效的利用。

我們可以透過以下公式數學公式輕鬆計算流量、流速和管徑之間的關係：

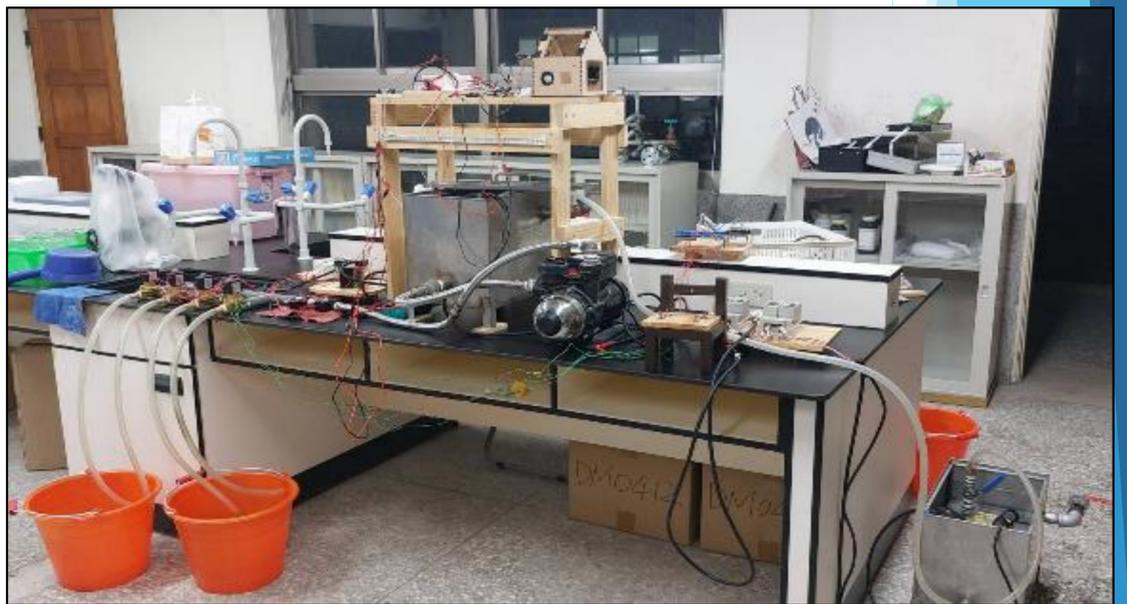
■ 流量 (單位為 LPM) = 管截面積 × 流速

■ 管截面積 = ID² ÷ 4 × π (ID為管內徑, π為3.14)

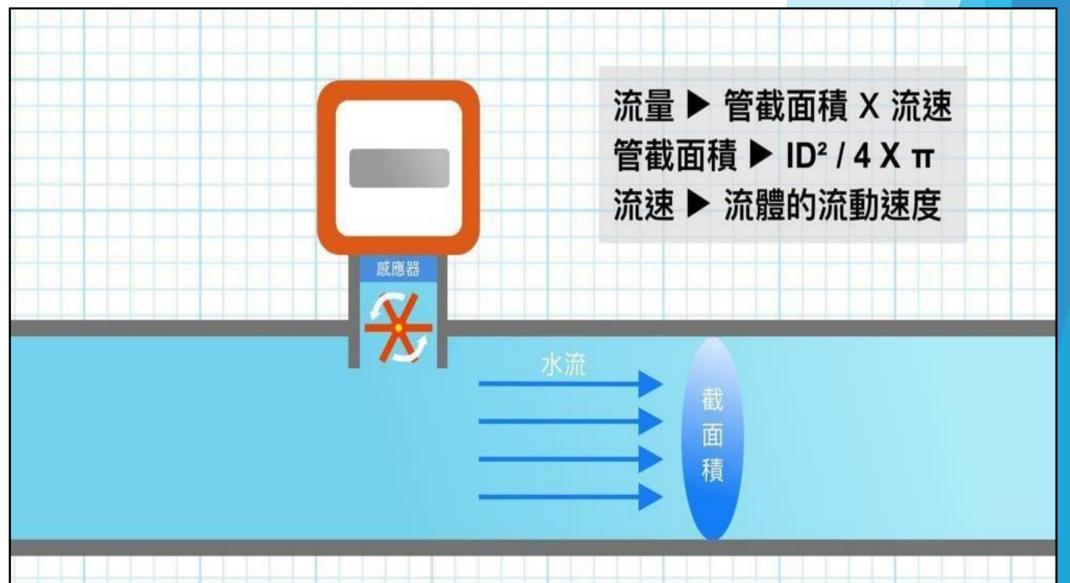
例如，有一個內徑為 2-1/2 吋的管道，流速為 20 m/s，我們就可以計算其流量為多少？

經計算之後，2-1/2 吋管道的內徑 (ID) 約為 68mm，將其代入管截面積公式 (管截面積 = ID² ÷ 4 × π)，計算出管截面積為 0.00362984 m²。

接著，將管截面積與流速代入流量公式 (流量 = 管截面積 × 流速)，得到流量為 4,355.8 L/min (LPM, Liter per Minute)，所以，每分鐘可供水約4.3噸。

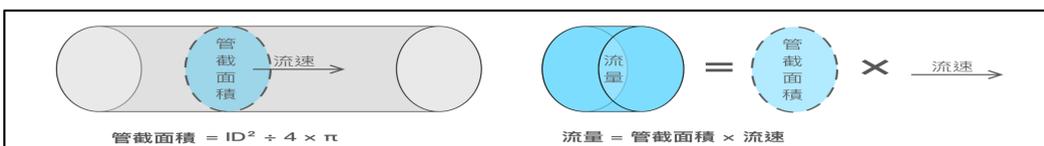


智能農田灌溉系統全景圖 (圖片引用：作者自行拍攝)



計算流量、流速和管徑之間的公式與示意圖

(圖片引用：和旺昌噴霧股份有限公司-技術文件)



藉由上述的公式，我們利用Microsoft Excel軟體試算整理出以下表格，當僅知道流量、流速或管徑中的兩個數據時，仍可透過下方的對照圖，推算出第三個數據。例如，若已知流速和管徑的數據，可以使用整理出來的對照表找出對應的流量。透過這些數據，便能推算出各農田需要多少供水時間與水量，進而達到有效控管地下水，讓抽取出來的地下水都做了最妥善的利用。

伍、討論

一、為何不設計一個介面程式，讓農夫利用手機自動控制供水或關水時間？

使用MQTT技術是可以做到利用手機來控制供水與否。另外，如果使用介面程式來即時設定自動供水時間，以目前的技術也是做得到的，但與老師討論後，依我們國中程式設計能力可能還無法達到，建議對智慧農業有興趣的研究者，可以繼續延伸發展與研究。

二、這個系統適合應用在廣大範圍農田嗎？

本作品的應用情境構想是以大口徑的水管供水至農田，適合用在小範圍的農田區域。在我們學校旁的農田區域範圍約寬300公尺、長400公尺，經換算後約為12公頃的農田，是能應用至實際場域的。只要再增加儲水槽來當中繼站，就能擴大供水範圍，只是水管或水帶的成本會增加，但能夠達到減少使用地下水，以及避免浪費。

三、此作品為何目前沒有辦法將水輪發電機所發的直流電轉成交流電？

我們有量測過水力發電的電流約0.2安培，但在戶外，把水力發電裝置改成並接方式，再由大口徑水管轉小口徑水管來增加水的壓力，一顆水力發電裝置全速運轉可達1安培，如果，並聯8個水力發電裝置，全速運轉就能達到8安培的電流量，扣掉轉換市電的耗損，也是能成功做到將直流電轉交流電。

但考量到直流電轉交流電會有嚴重的耗損，建議直接將直流電12伏特拿來直接利用，用來點亮LED燈照明，或農田資材室的通風扇使用，就能達到永續能源的目標。

四、此作品真的能保護地下水嗎？

我們認為可以，雖然是以水管的方式把水配送到農田裡，所花的成本較高。水管壞了，可以修整。如果，超抽地下水，讓地層下陷了，就回不去了。

五、此作品呼應了聯合國SDGs永續發展目標共三項目標

(一) **永續城市與社區(SDGs-11)**：減少城市與環境間的影響與衝擊，以達到共好的永續目標。我們認為大量取抽地下水，會影響地層下陷，如果，要擁有一個永續的城市，對於地下水的利用應該珍惜與妥善控管。

(二) **氣候行動(SDGs-13)**：建構完備減緩調適行動，以因應氣候變遷及其影響。面臨近年來的極端氣候，枯水期的時間會變得更長。所以，抽取地下水供農田使用的機率會更高，以致於必須採取有效控管水資源的行動。

(三) **夥伴關係(SDGs-17)**：有效推動淨零綠生活，同心協力促進永續願景。結合科學、科技和創新，達到知識共享與合作的目標。



本作品對應聯合國SDGs永續發展三項目標 (圖表引用：天下雜誌)

六、此作品的優點與缺點評估：

(一)對環境永續的優點評估：

- 1.能提升地下水使用效率，讓抽取出來的地下水都能輸到農田裡，供農夫使用。
- 2.使用物聯網科技監測農田狀況，依監測數值供水，避免浪費水源。
- 3.減少人力成本發展智慧農業，可以減少農夫巡田的時間，農田監測與供水狀況，會以Line Notify傳送到群組中。
- 4.發展綠能發電，當儲水槽開始供水時，透過水輪發電機來發電供農民運用。

(二)對環境永續的缺點評估：

- 1.無法即時設定供水時間，本作品的供水時間已寫入程式中，如果要更改供水時間，必須修正程式。
- 2.由於我們的實際應用構想是以大口徑的水管供水至農田，所以，比較適合用在小區域範圍的農田區域。
- 3.可能會因水的流速而影響水輪發電機發電效能。
- 4.輸送地下水的水管會因太陽曝曬容易脆化，或因外力而造成損壞，維護成本較高。



本作品優點與缺點自我評估 (圖表引用：作者自行設計)

陸、結論

我們認為農夫在枯水期時，使用地下水來種植是必要的。但農夫為了生計，對於超抽地下水而導致地層下陷這件事，是比較無感的。因為，如果農田因超抽地下水，而導致農田地層下陷一公分，對農夫的影響或許不大。但對於高鐵的列車安全與高科技廠房而言，對於地層下陷這件事，是非常在意的，也是政府部門極積想解決的問題。

本作品以節省地下水資源為主軸，並結合物聯網科技，輔以發展智慧農業，為主要競爭優勢，能有效地控管地下水的使用情況。結合物聯網科技、程式設計及控制電路之技術，就能把所抽取的地下水做最好的利用，來解決灌溉用水的問題，以及減少農夫的工作負擔，能把所抽取的地下水做最好的利用，避免水資源的浪費與地層下陷的問題發生。

另外，每當農田灌溉時，只要有水流經水輪發電機，就會產生電力，能供相關設備使用，以達到有效利用能源的目標，每個地下水抽水站就形同是一個小型的水力發電場。

我們利用了科技輔具來解決農業灌溉用水的問題，將可以有效地控管地下水的使用情況，我們的作品將帶給農民們能夠更精準地掌握農田的用水狀況，讓農民感受前所未有的便利與效率。我們將現代科技與農業巧妙地結合，使得整個農業生產過程多了一些智慧科技的光芒。雖然看似微小，然而卻為台灣農業的蓬勃發展帶來了的改變，為實現能源的最大化利用和環境的持續保護來努力。

柒、參考文獻資料

- 慧手科技-徐瑞茂、林聖修(2021)。輕課程 Arduino智慧生活基礎應用。臺北：台科大出版社。
- 徐瑞茂、林聖修(2021)。輕課程用Arduino輕鬆入門物聯網IoT實作應用。臺北：台科大出版社。
- 趙英傑(2021)。超圖解 ESP32 深度實作超圖解 Arduino互動設計入門。臺北：旗標出版社。
- 尤濬哲(2021)。IoT物聯網應用-使用ESP32開發版與Arduino C程式語言(第二版)。臺北：台科大圖書。
- 和旺昌噴霧股份有限公司-技術文件， (<https://www.lorric.com/tw/>)。
- 水利署-地層下陷監測資訊整合服務系統， (https://landsubsidence.wra.gov.tw/water_new)。

LPM	名稱	4 分管	6 分管	1 吋管	1-1/4 吋管	1-1/2 吋管	2 吋管	2-1/2 吋管
	近似管內徑 (mm)	16	20	25	31	40	51	68
流速 m/s	0.1	1.2	1.9	2.9	4.5	7.5	12.3	21.8
	0.15	1.8	2.8	4.4	6.8	11.3	18.4	32.7
	0.2	2.4	3.8	5.9	9.1	15.1	24.5	43.6
	0.3	3.6	5.7	8.8	13.6	22.6	36.8	65.3
	0.5	6.0	9.4	14.7	22.6	37.7	61.3	108.9
	1	12.1	18.8	29.4	45.3	75.4	122.5	217.8
	2	24.1	37.7	58.9	90.5	150.7	245.0	435.6
	3	36.2	56.5	88.3	135.8	226.1	367.5	653.4
	4	48.2	75.4	117.8	181.1	301.4	490.0	871.2
	5	60.3	94.2	147.2	226.3	376.8	612.5	1,089.0
	6	72.3	113.0	176.6	271.6	452.2	735.0	1,306.7
	7	84.4	131.9	206.1	316.8	527.5	857.5	1,524.5
	8	96.5	150.7	235.5	362.1	602.9	980.1	1,742.3
	9	108.5	169.6	264.9	407.4	678.2	1,102.6	1,960.1
	10	120.6	188.4	294.4	452.6	753.6	1,225.1	2,177.9
	15	180.9	282.6	441.6	678.9	1,130.4	1,837.6	3,266.9
	20	241.2	376.8	588.8	905.3	1,507.2	2,450.1	4,355.8

流量、流速、管徑經試算後的對應表 (圖表引用：作者以Excel軟體試算)



學校旁的農田區域衛星地圖 (引用自：Google Maps)