中華民國第55屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組　生活與應用科學科

第一名

080804

智慧開關-以水量變化操作槓桿擺動之應用

學校名稱：新北市五股區德音國民小學

作者：	指導老師：
小五 徐楷媛 小四 張睿芸 小五 溫芷萱 小六 李柔嫻 小四 范妤涵	張永康 許慧嫻

關鍵詞：槓桿、介質虹吸、自動澆水

得獎感言

原本，我們和大部分人一樣，覺得科學是枯燥的、複雜的、理論的；但是經過了近一年多來參與科展的日子，我們改變了自己的想法。

一開始的時候，我們看到在學校的走廊、庭院或家中陽台種植的植物，雖然看來賞心悅目，可是照顧起來很麻煩。有時候一、兩天忘了澆水，錯過最佳澆水的時間，植物就會變得奄奄一息。

在和老師討論過之後，發現以自然課學習過的毛細現象、虹吸原理與連通管原理為基礎；再結合簡單機械的單元、運用槓桿原理，就可以解決這個問題；在獲得老師的支持之後，我們就開始了這一趟科學之旅。

摸索的過程中，慢慢的體會到辛苦與挑戰，尤其在進行實驗時，必須很有耐心的觀察實驗的變化與記錄實驗的數據，而在分析這些數據時，剛開始都看不出來有什麼差別；經過幾次失敗與討論改進後，才能弄懂一些奧妙。在進入製作智慧開關的階段時，因為機器的骨架是由角鐵製作的，所以有時會被角鐵割傷；最後只好戴上工作手套來保護自己，以免受傷。過程中，解決了這個問題後，又出現另一個問題；更無奈的是：為了要解決後面的問題，還要回頭去調整、修改，這種連帶相關的問題解決，是令我們最討厭，也是最煩人的事情。

也正因如此，所以在完成設計和組裝之後，心裡感到特別有成就感；不只是因為在事賽中得獎，獲得評審的肯定；更因為在研究的過程中，我們有許多特別的經驗；第一次自己組裝機器、認識了很多本來不認識的工具，發現自己解決問題的感覺真棒!

這都要感謝張永康老師和許慧嫻老師的指導與夥伴們的努力，讓大家可以在小學階段，就站上全國性的舞台；就像是為金色童年增添一筆絢爛的色彩；另外，在校內展覽的時候，許多老師和同學們認真地聽我們的說明與講解，也提出他們的疑問和建議；集合大家的智慧，讓我們能創作出名符其實的『智慧開關』。德音國小沈玉芬校長和謝嘉睿主任特地南下為我們加油打氣，也讓我們覺得無比溫暖。

我們期待這部訴求環保、不浪費、全自動化、不用消耗其他能源與具有智慧的設備，可以應用在更多方面；也讓我們的努力更有意義與價值。

研究近一年的時間，出發前師生共同合影，然後到台南展現成果。

準備好了，明天就要在此向評審解說智慧開關的研究內容與價值。

在這個畫面出現的剎那，簡直讓我們驚喜的跳離地球數十公分高呢！

摘　要

本研究是製作一部環保、全自動運轉與依照天氣變化可開啟或關閉的澆水開關。

研究從如何把主開關與槓桿結合在一起，使得擺動槓桿就能帶動主開關一起動作；接著研究槓桿左邊該掛上多少的重量，才能夠確實讓主開關開啟，讓水經由主開關流出，分成左右兩邊，左邊是主要應用的出水口，右邊是控制用的，它會把水引到槓桿右端的裝水容器中，使槓桿右端的重量大於左端而讓主開關關閉，水停止流出；接著再研究右端裝水容器中的水，如何減少而使重量變輕小於槓桿的左端，讓主開關自動開啟，繼續下一個循環讓水流出來。

研究發現介質虹吸原理，能夠控制主開關在晴天、陰天、雨天不同天氣，以不同的時間啟動主開關，完成一部具有智慧澆水的自動裝置。

壹、研究動機

在學校的走廊、庭院或家中的陽台種些植物，令人賞心悅目，可是照顧起來很麻煩。有時候一、兩天忘了澆水，錯過最佳澆水的時間，植物就會變得奄奄一息。

為了解決這個問題，我們找自然老師討論過，只要整合過去在三年級下學期，學過水的變化，知道水會蒸發變成水蒸氣；在四年級下學期學到水的移動，了解毛細現象、虹吸原理與連通管原理；六年級下學期簡單機械的單元，槓桿原理的應用正符合我們的需求，應用這些單元就能著手設計。

我們期待能夠設計一部訴求環保、不浪費、全自動化、不用消耗其他能源與具有智慧可以在晴天、陰天、下雨天時，啟動澆水時間會不同的澆水開關。其功能也能應用在屋頂的灑水降溫或是其他用水處，是多功能性的。

貳、研究目的

一、　探討泥土與水量變化的特性

（一）瞭解單位泥土所需的水量是多少毫升。

（二）瞭解單位泥土回到乾燥需要多久的時間。

二、普查分析市面上各種水開關的特點

三、討論製做節能使用的智慧型開關

（一）探討打開開關的最佳配重是多少

（二）探討關閉開關的最佳配重是多少

（三）探討B端水量變化開啟與關閉水開關的最佳重量範圍

（四）探討B端水量減少的時間(間隔時間)

（五）探討B端水量增加的時間(澆水時間)

（六）探討槓桿做動順暢迅速之需求

四、改進第一代智慧型開關配重的穩定與B端裝水容器的缺失

五、改進第二代智慧型開關槓桿變形與運作空間不足的缺失

六、改進第三代智慧型開關無法完全關閉與B端裝水容器的缺失

參、研究設備與器材

一、研究設備

	名　　稱	數量		名　　稱	數量	備註
1	電腦	3 台	2	鋸條	5 條	
3	數位相機	2 台	4	鑽頭	5 支	
5	印表機	1 台	6	美工刀	3 支	
7	電鑽	1 支	8	直尺	2 支	
9	老虎鉗	2 支	10	三角板	2 塊	
11	梅花版手	2 支	12	膠台	1 台	
13	手工鋸	1 支	14	工作桌	1 個	
15	量筒	6 個	16	剪刀	6 把	
17	磅秤	1 個	18	活動板手	1 支	
19	燒杯	20 個	20	水管剪刀	1 支	

二、研究器材

	名　　稱	數量		名　　稱	數量	備註
1	厚紙板	3 個	2	墊片	20 片	
3	膠帶	6 捲	4	鐵絲	2 公尺	
5	掃把柄	1	6	木條	2 支	
7	塑膠繩	5 公尺	8	軸承	2 個	
9	珍珠板	2	10	牙條	1 支	
11	海綿	1	12	3mm 螺帽	16 個	
13	鐵罐	15	14	3mm 螺絲	16 個	
15	角鐵	6 公尺	16	6mm 螺帽	4 個	
17	8mm 螺帽	30	18	6mm 螺絲	4 個	
19	8mm 螺絲	30	20	水管大	1 支	
21	寶特瓶	8 個	22	束帶	100 條	
23	角鋼	1 支	24	紙杯	2 個	
25	布條	20 條	26	水管小	3 條	
27	泥土	一堆	28	塑膠條	1 支	

肆、文獻探討

本研究參考各界的相關資料後，分別對泥土溼度、自動澆水器與介質虹吸原理三方面進行探討。

一、泥土溼度

植物成長所需要的因素有陽光、空氣、水與土壤；而水與土壤需要多少的量最為適合呢?在「找出最適合植物生長的泥土濕度」的實驗上提到，適合蕃茄生長的濕度是50%(周志文，102)，在「土壤水分對植物生長之影響」提到田間容水量

為30% ，而永久萎凋點為15% ，則植物可以生長在16% 、17% 、18% .....一直到30% 的含水量（林靖惠，99）。

綜合以上這些研究發現，大都是泥土中含有多少百分比的水量適合種植，卻沒有每天消耗掉多少水分或是需要補充多少水分的研究，因此我們需要在這方面加以思考研究，找出最佳數量，做為種植與省水成效上所需濕度的依據。

二、自動澆水器

為了能夠輕鬆且不中斷的照顧植物，引發各界研究許多種不同的自動澆水器。在「 讓水均衡一下---定時定量自動灑水器」的實驗中得知，運用虹吸原理是可以成功的引水（沈宜君，92），在「盆栽妙管家--自動澆水器」的實驗當中運用了毛細現象來引水澆花，毛細現象除了可以引水外，也可以減少原儲水桶內的水，這原理正好可以摹擬植物缺水的土壤（楊俊元，99），香港馬鞍山靈糧小學：運用槓桿原理、閉合電路和壓力，成功製造出自動定時澆水器（黃觀齡，93）。

綜合以上這些研究發現，利用家中不用的材料結合毛細現象做澆花器雖然可行，但並不適用於室外植物。台灣天氣陰晴不定，每種植物所需的水量不一，而且此設計的澆水範圍是受限的，根據上述研究上的缺點，本研究加以改進後來設計我們的智慧型開關。

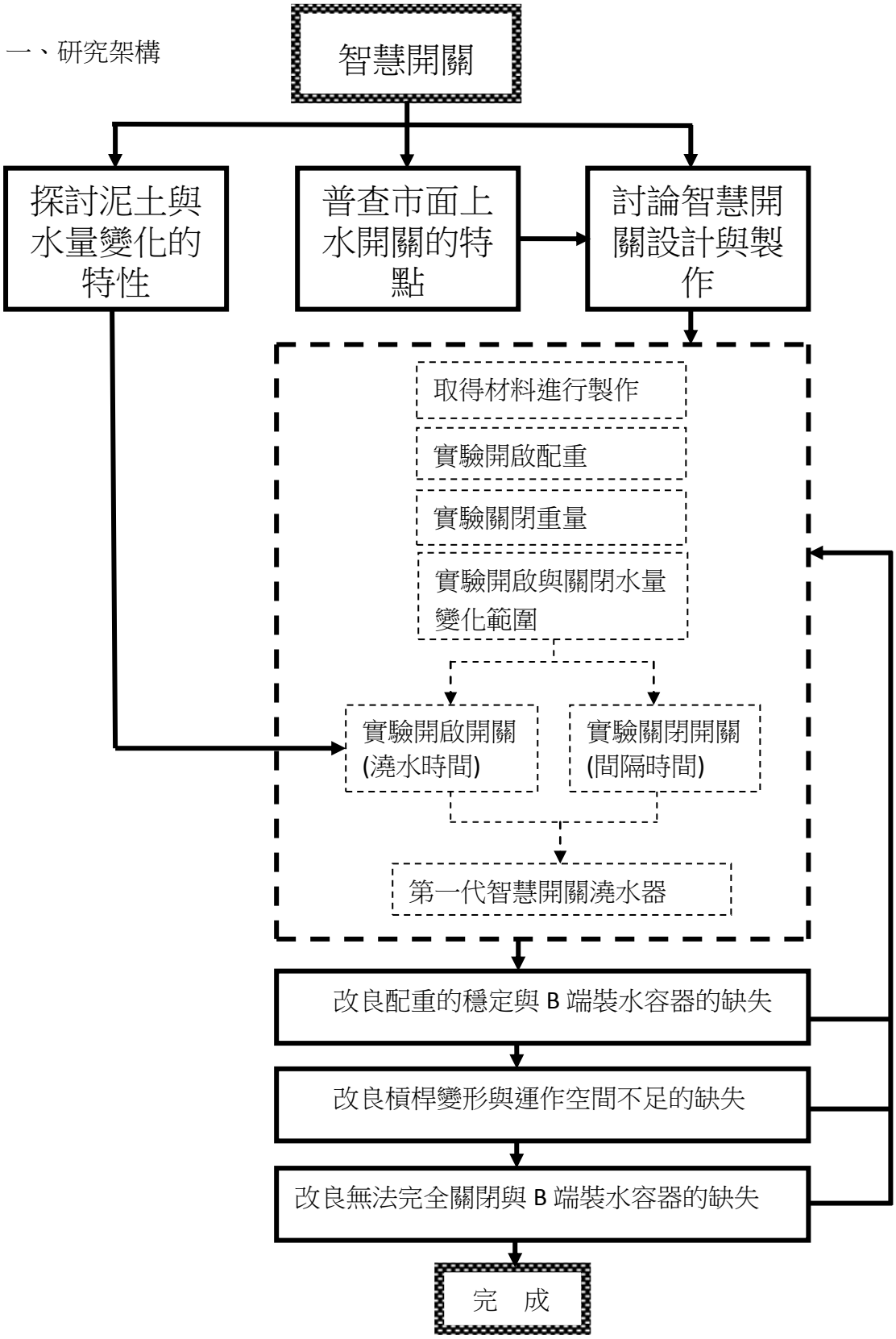
三、介質虹吸原理

介質虹吸不同於一般的虹吸原理，是介質虹吸的吸入端要靠介質的毛細現象將水往上吸，越過頂端後利用水分子間的拉力將水不斷的往下流。在「介質虹吸的運用---超慢速點滴加水器」（黃紹瑜…，95）上提到，介質虹吸的應用流速非常的穩定且緩慢，不會賭堵塞通路，成效相當好。在「滴水不漏—節能環保自動澆花器」提到使用抗菌抹布為介質製作澆花器效果良好（何瑞娟…，98）。

綜合以上這些研究發現，介質虹吸原理的應用，在掌握相關的因素下，就能發揮它的特點。只可惜上述這些研究對介質虹吸的應用，只是在於植物的澆水，本研究期望透過介質虹吸原理可以擴展到控制智慧開關的機器上。

伍、研究過程與結果

一、研究架構



二、探討泥土與水量變化的特性

（一）瞭解單位泥土所需的水量是多少毫升

為了瞭解一般泥土在澆水時，需要多少的水量最適合，避免不必要的浪費或是淹死所種的植物；我們在校園中取一些泥土進行實驗。

圖 1-1 泥土溼度測量

1、實驗步驟

（1）依次取500立方公分校園花圃中的泥土，並用土壤溼度計測試泥土濕度，如圖1-1所示，確定泥土的乾濕程度，以符合泥土乾燥的要求。

（2）分別加入100、110、120、130、140 ml的水量，用土壤濕度計測量找出適合植物生長的濕度，如圖1-2所示。

圖 1-2 泥土溼度測量

2、實驗結果

水量 / 數值	100ml	110 ml	120 ml	130 ml	140 ml	備註
	5	5.5	6.8	7	9	
數值：1-3 需要澆水 ,4-7 合適 8-10 太濕了						

3、研究分析

從此實驗測試了解，500 立方公分加入 100ml 的水濕度測試的數值是 5，110ml 為 5.5，12ml 為 6.8，130ml 為 7，140ml 為 9。土壤溼度計指示說明，最適合植物成長的數值範圍應介於 4~7 之間，雖然 100ml~130ml 的水量，都是適合植物成長的範圍內，我們取最大值主要是增加植物吸水時間以及減少澆水不浪費水資源。

（二）瞭解單位泥土回到乾燥需要多久的時間

澆濕的泥土要經過多久的時間才會變成乾的呢?設計實驗觀察其改變的時間。

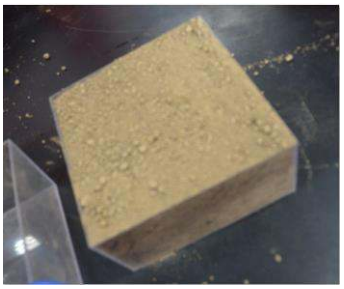


圖 2-2-1　500 立方公分的乾泥土

1、實驗步驟

（1）取五組 500 立方公分的乾泥土，如圖 2-2-1 所示。

（2）秤重為750克重，如圖2-2-2所示。

（3）分別澆上 130 ml 的水量，如圖 2-2-3 所示。

（4）放置於學校走廊上，觀察記錄其外觀溼度與重量的變化，如圖 2-2-4 所示。

（5）觀察天數，何時重量會接近原本的乾泥土。

圖 2-2-2 秤重

圖 2-2-3 澆上 130 ml 的水量

圖 2-2-4 外觀溼度與重量的變化

2、實驗結果：以下數據資料為五組實驗後之平均值，單位:　g　。

天數	1 天	2 天	3 天	4 天	5 天	6 天	7 天	8 天	9 天	10 天
平均	880	877	871	871	868	867	865	863	860	855
天數	11 天	12 天	13 天	14 天	15 天	16 天	17 天	18 天	19 天	20 天
平均	853	848	843	837	835	831g	825	824	820	816
天數	21 天	22 天	23 天	24 天	25 天	26 天	27 天	28 天	29 天	30 天
平均	812	808	803	801	797	791g	790	787	784	781g
天數	31 天	32 天	33 天	34 天	35 天	36 天	37 天	38 天	39 天	40 天
平均	778	776	773	769	764	761	756	754	752	750

3、研究分析

（1）從以上的實驗可知，在 500 立方公分的泥土中，加水 130ml 後，到第 22 天平均每一天蒸發掉(880-816)/19=3.36 克重的水量，如圖 1-3-1 所示。

（2）到第 38 天後平均每一天蒸發掉(880-752)/38=3.4 克重的水量，如圖 1-3-2 所示。

（3）30x500x1000=15000000 立方公分的土地，如果要為持相同的溼度，需要的水量是 15000000 / 500=30000，30000x3.4=102000ml 的水量，也就是 102 公升的水量。

(圖 1-3-1)

(圖 1-3-2)

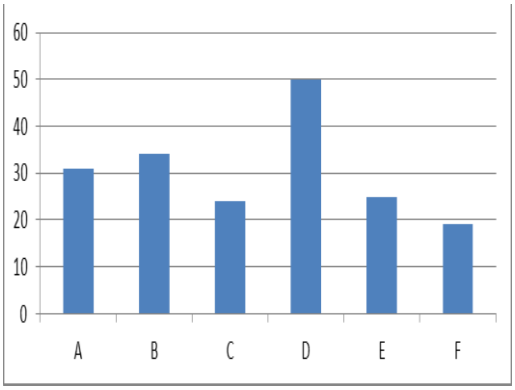
(二)普查分析市面上各種水開關的特點

市面上各種水開關，有不同的特色，我們必須選出一種最適合製做智慧澆水的開關。而啟動開關是運用槓桿原理，因此在選擇開關時，在開關旋轉的方向必須是上下控制的，我們以此先決條件做選擇。

表 2-1 分析市面上常見的水開關

面向 / 型式	開關照片	開關方式	操作是否簡單	啟動力的大小	出水量	開關價錢	評分
A		2	4	6	10	9	31
B		5	6	7	10	6	34
C		8	5	4	5	2	24
D		10	10	10	10	10	50
E		5	5	5	5	5	25
F		2	2	6	3	6	19

評分標準說明	
0~2 完全不適合	3~5 還算適合
6~8 適合	9~10 非常適合



從上表分析發現，D 型式的水開關分數最高，並可結合槓桿操作啟動上下開關的方向，因此 D 型式最適合製作智慧水開。

四、討論製做節能使用的智慧型開關

有了智慧型開關想法開始，我們實驗過泥土的需水量，分析了市面上的水開關，接著我們試著把智慧開關的想法用圖畫出來，如圖 4-0-1 所示。

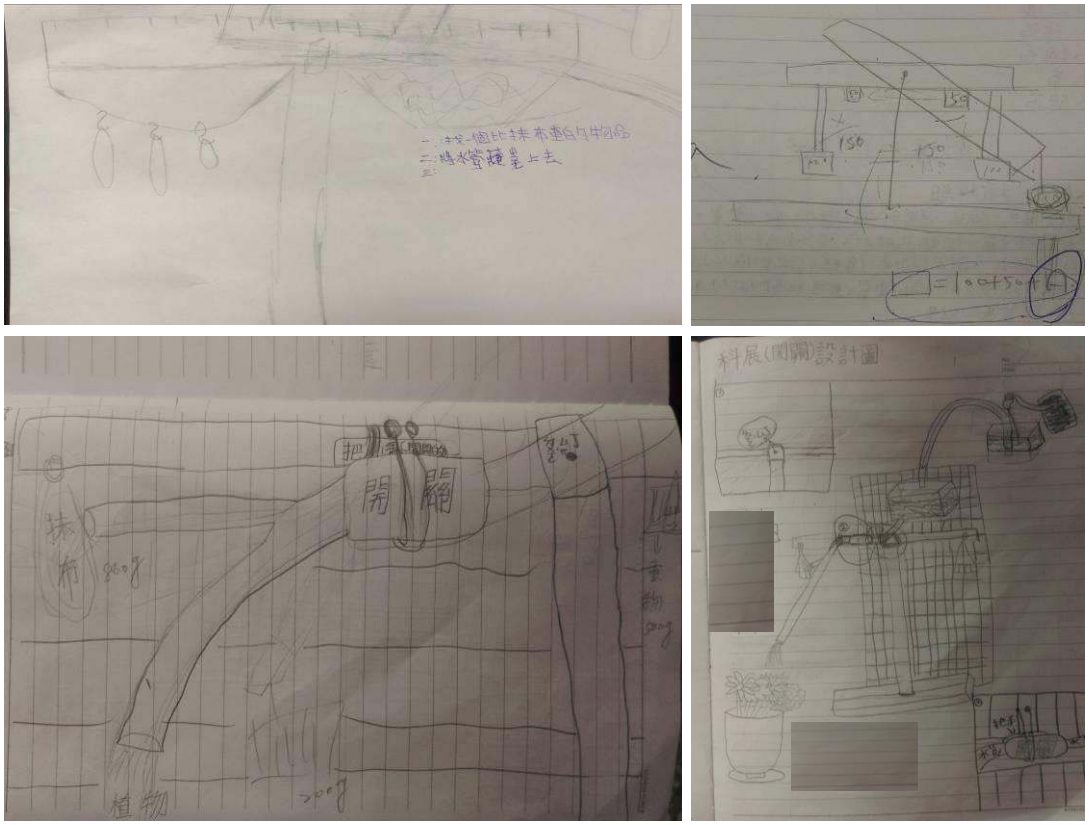


圖 4-0-1 智慧開關示意圖

為了能夠清楚的說明我們的構想，我們將想法再用電腦畫出來，如圖4-0-2、圖4-0-3、圖4-0-4所示，這三張圖分別是開啟、半關閉與完全關閉的示意圖。在這個設計中，水開關必須透過槓桿來操作。當槓桿支點左邊較低時，表示開關被打開，而為了方便說明，之後我們都會把它稱為A端配重(槓桿支點左邊)，另一端為B端裝水容器(槓桿支點右邊)。

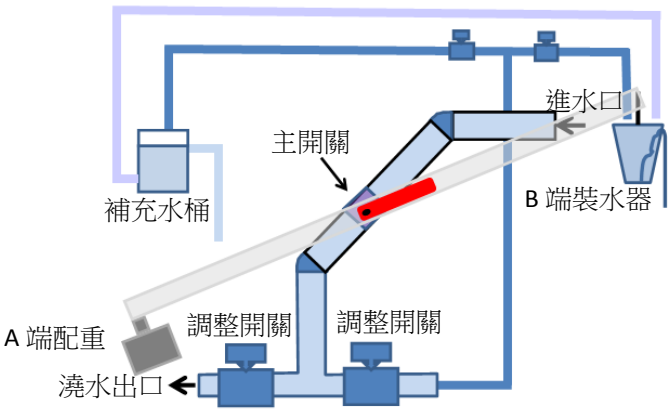


圖 4-0-2 智慧開關開啟示意圖

如圖 4-0-2 所示，當 A 端配重大於 B 端裝水容器時，智慧開關就會自動開啟，水會從上方進水口處進入，經過主開關再到底部後，分成左右邊兩條水管。

左邊水管是主要的出口，大部分的水會經過此出口，進行澆水。

右邊水管為控制此機器的水管，水經過右邊調整開關後，往上方再分成兩條，一條直接進入 B 端裝水容器，另一條進入補充水桶。補充水桶內的水位較 B 端裝水容器低，故能儲存水量，多餘的水從上方另一條水管流出亦可進行澆水利用。

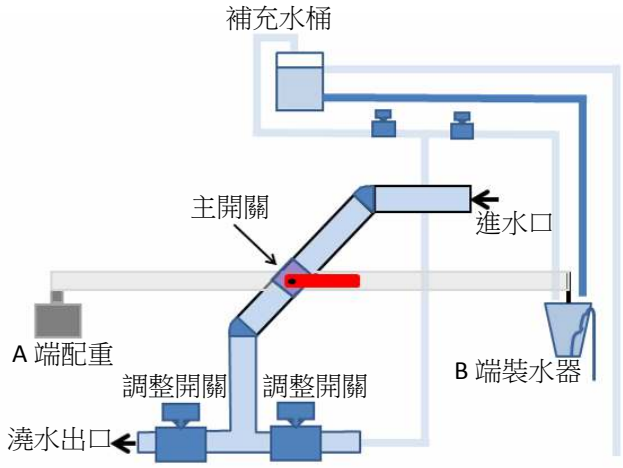


圖 4-0-3 智慧開關半關閉示意圖

當進入 B 端裝水容器的水，重量大於或等於 A 端配重時，智慧開關會呈現半關閉狀態，如圖 4-0-3 所示，從入口處進入的水量經過主開關時變少了，水只會從底部左邊澆水出口經過；右邊控制機器的水管，即沒有水出來。

此時 B 端裝水容器的水位比補充水桶低，補充水就會流入 B 端裝水容器，使得 B 端裝水容器的重量夠大，足以讓槓桿順利擺動而關閉主開關，如圖 3-0-4 所示。

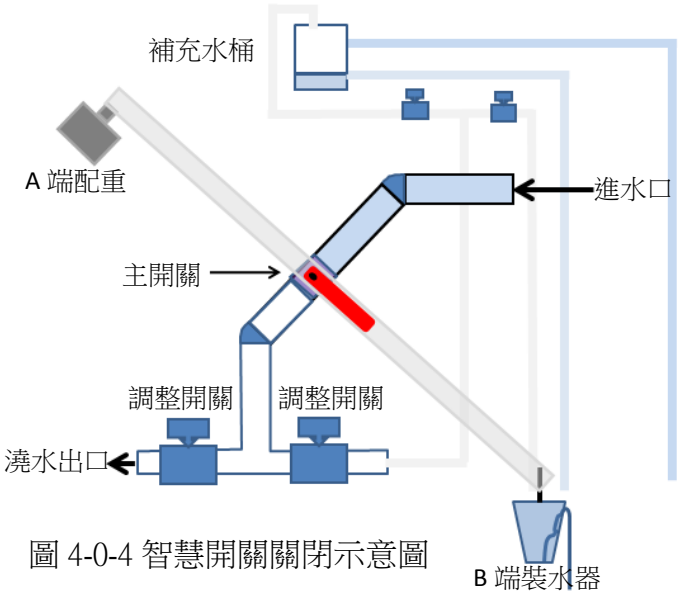


圖 4-0-4 智慧開關關閉示意圖

當智慧開關如圖 4-0-4 所示完全關閉時，從入口處進入的水就會被擋在主開關之前，完全被關閉。

B 端裝水容器裝滿的水，經過介質虹吸作用，會依照天氣的不同而慢慢的蒸發掉。

當 B 端裝水容器內的水重量小於 A 端配重時，智慧開關又會自動的開啟，如圖 4-0-2 所示。

然後我們開始尋找可用的材料，依序到水電行買開關、水管、接頭、….等材料，也到五金行買些螺絲螺帽，材料如圖 4-0-5 所示。經過幾次的學習與嘗試之後，終於依照圖 4-0-6 將開關組裝完成。

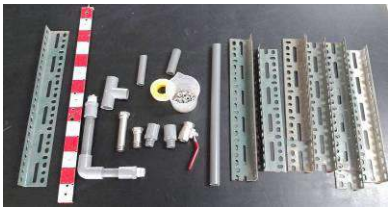


圖 4-0-5 製造智慧開關的材料

圖 4-0-6 智慧開關組裝的過程

在完成智慧型開關的結構之後，我們開始要探討智慧型開關的動作，並且實驗各項數據，以求得最精準的動作。如下各項實驗項目:

（一）探討打開開關的最佳配重是多少

在槓桿A端(左端)要用多少的力才能始開關開啟呢?以下實驗來了解。

1、實驗步驟

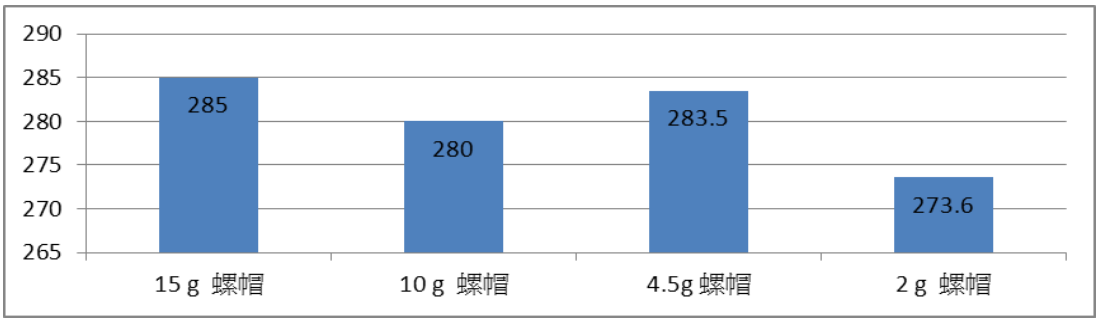
（1）用長約 30 公分的鐵絲，分別綁上數個螺帽，掛在槓桿尾端的孔上。

（2）螺帽重量為 15g 、10g 、 4.5g 、 2g 。

（3）紀錄螺帽的總重量，最後算出平均。

2、 實驗結果

次數 / 項目	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	備註
15g 螺帽	285	285	285	285	285	285	285~273.6 爲開啓重量的範圍
10g 螺帽	270	290	300	260	280	280	
4.5g 螺帽	283.5	288	279	292.5	274.5	283.5	
2g 螺帽	274	286	266	274	268	273.6	



1、研究分析

（1）由以上實驗數據得知，啟動開關重量需要 285g，而一顆 12mm 的螺帽重 15g，誤差較大，為求得較精準的重量，將螺帽改小。

（2）從以上的實驗中，我們分析要確實將開關打開，必須選用最大的重量 300g 外，還要加上保險重量 50g 才能夠確實保證可以開啟，否則有可能會卡住。

（3）經由分析討論後，最後決定在 A 端掛上 350g 重。

（二）探討關閉開關的最佳配重是多少

經由前面的實驗後，在 A 端我們掛上 350 克重的物體，而在 B 端應該要多少的重量才能關閉呢?

1、實驗步驟

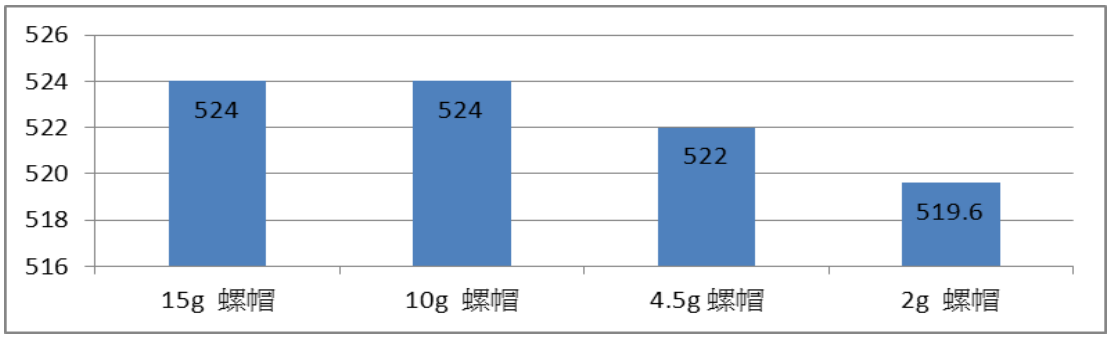
（1）用長約 30 公分的鐵絲，分別綁上數個螺冒，掛在槓桿尾端的孔上。

（2）螺帽重量為 15g 、 10g 、 4.5g 、 2g 。

（3）紀錄螺帽的總重量，最後算出平均。

2、實驗結果

實驗次數 / 實驗項目	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平 均	備註
15g 螺帽	515	530	500	545	530	524	522. 4g 爲全部平均的重量
10g 螺帽	520	560	500	510	530	524	
4.5g 螺帽	522	540	531	513	504	522	
2g 螺帽	528	532	508	512	518	519.6	



3、研究分析

（1）從以上的實驗可知，要每次順利的關上開關，除了要用最大的重量 560g 以外，還要加上保險重量 50g。

（2）因此掛於 B 端要關閉開關的重量為 610 克重。

（三）探討 B 端水量變化開啟與關閉水開關的最佳重量範圍

經由前面兩個實驗後，我們知道 B 端沒有掛重物時，A 端要開啟開關要 350 克；當 A 端掛上重量後，B 端要掛 610 克重才能關閉，接著我門就在 B 端用水的重量改變試試看，開關可以開啟或關閉的範圍是多少?

1、實驗步驟

（1）將已完成開啟的配重物(350 公克螺帽)固定在槓桿 A 端末端。

（2）用鐵絲綁住免洗杯掛在 B 端，慢慢的加水，觀察需水多少公克重？才可啟動關閉開關，如圖 4-3-1 所示。

圖 4-3-1 加水情形

（3）當開關完全關閉時，將免洗杯和水整個拿去秤重，然後再掛回 B 端。

（4）用小水管將免洗杯中的水慢慢抽到燒杯中，如圖 4-3-2 所示，直到 A 端的重量將開關打開為止，在用磅秤秤燒杯中水的重量。

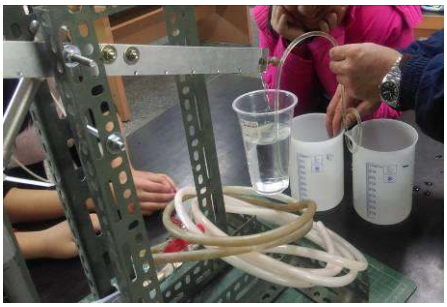
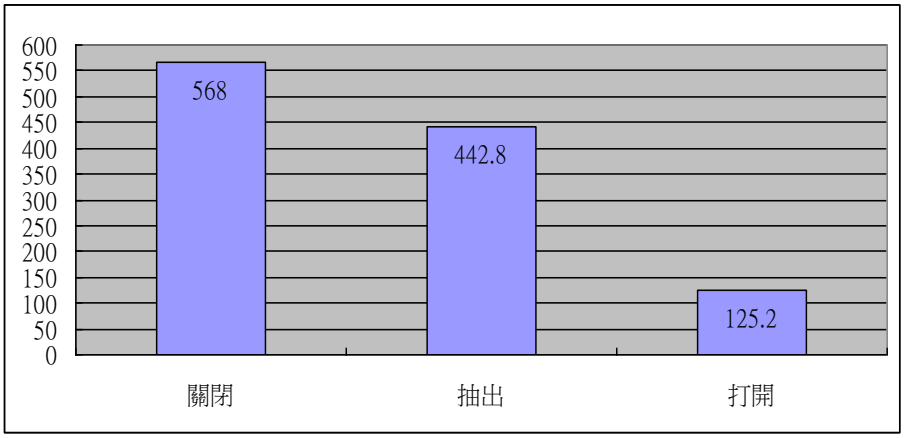


圖 4-3-2 將水抽出情形

2、實驗結果

實驗次數 實驗項目	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
啓動開關關閉之水重量	570	550	585	615	520	568
抽出免洗杯中水的重量	450	425	455	488	396	442.8
啓動開關在打開之水重量	120	125	130	127	124	125.2



3、研究分析

（1）從以上的實驗可知，要關上開關，平均水的重量要 568 克重。

（2）平均將水抽出 442.8 克重後，剩下 125.2 克重的水，開關就會打開。

（3）水的平均變化量為 568 ~ 125.2 克重的範圍，就能開啟或關閉主開關。

（四）探討 B 端水量減少的時間(間隔時間)

從前一個實驗我們可以知道，B 端水量的變化在 568 ~ 125.2 克重的範圍，就能開啟或關閉水開關，為了方便觀察與實驗，我們將變化範圍改成 600~120 克重之間。接這我們就要進行實驗，如何讓水量在 12 小時的時間內，從 600 克重減少到 120 克重。

方法一 ：點滴的方式

從大家的討論中，我們決定用點滴的方式進行，結果發現點滴速度太快，不到兩個小時就滴完了，若是在調整慢一點，結果會越來越慢，最後停止。因此點滴的方式不行，我們必須尋找其他方式。

方法二 :水的蒸發方式

有人提出利用水蒸發的方式，而且為了增加蒸發的表面積，我們把布的一端放入水中，利用毛細現象將水往上吸後蒸發，如圖 4-4-1 所示。實驗發現水量在一天的時間中減少約為 115ml，為了有更多的數據可以參考，我們又分別設計如圖 4-4-2 與 4-4-3 的實驗觀察。

圖 4-4-1 水以毛細現象方式蒸發

圖 4-4-2 毛細現象方式蒸發

圖 4-4-3 水以毛細現象方式蒸發

其結果也是一天(24 小時)的時間，只能減少一百多毫升的水量，這無法符合我們的使用。雖然這個實驗還無法得到我們所要的水量減少範圍，但在這個過程中無意間卻讓我們發現如圖 4-4-4 的這種滴水的現象，經過查證此種現象為介質虹吸原理。

圖 4-4-4 水以布為介質滴水的情形

方法三 :介質虹吸方式

從前面的實驗過程發現介質虹吸現象後，我們便利用這種方式設計實驗觀察是否可以達到我們的目的。實驗設計如下:

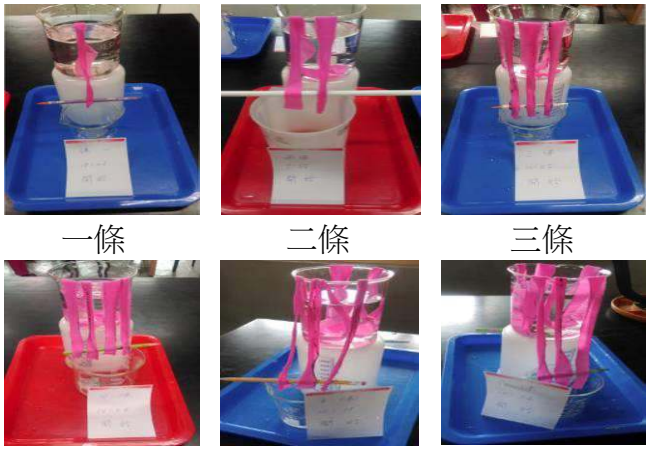


圖 4-4-5 介質虹吸實驗

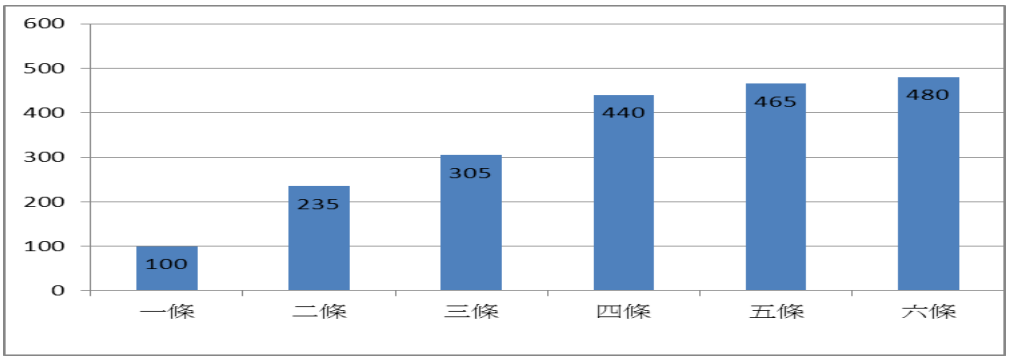
1、實驗步驟

（1）燒杯內裝 600cc 的水量，分別放入一~六條長 30 公分，寬 2 公分的抹布，測量燒杯內抹布的滴水速度，如圖 4-4-5 所示。

（2）觀察 6 小時內在燒杯內的抹布多寡，是否影響滴水速度?

2、實驗結果

布條數量 / 項　目	一條	二條	三條	四條	五條	六條
10:00~13:30	540cc	440cc	380cc	240cc	230cc	220cc
13:30~15:00	520cc	400cc	325cc	190cc	175cc	140cc
15:00~16:00	500cc	365cc	295cc	160cc	135cc	120cc
六小時內減少數量	100cc	235cc	305cc	440cc	465cc	480cc



3、研究分析

（1）從以上的實驗可知，藉由兩條布條進行介質虹吸者，在六小時減少 235 克重，如果進行 12 小時，最為接近 480 克重，可以達到我們的目的。

（2）介質虹吸的作用是否受到天氣不同會影響，我們也希望用實驗證明。

實驗 4-1 探討介質虹吸作用在陰天、晴天與室內、室外時的結果

1、實驗步驟

（1）燒杯內裝 1000cc 的水量，放入兩條長 30 公分，寬 2 公分的布，測量燒杯內布的滴水速度。

（2）五組同時進行測試，如圖 4-4-6、4-4-7 所示。

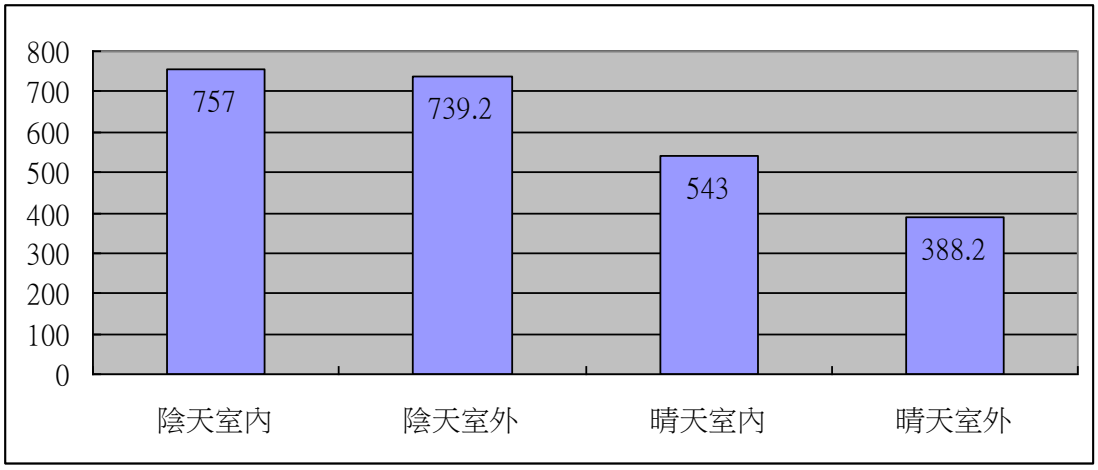
圖 4-4-6 介質虹吸於陰天進行實驗

圖 4-4-7 介質虹吸於晴天大太陽下進行實驗

2、實驗結果

次數 組別	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	備註
陰天室內	782	771	734	723	775	757	
陰天室外	746	752	710	732	756	739.2	
晴天室內	555	535	540	537	548	543	
晴天室外	401	386	377	396	381	388.2	

註：在 6 個小時後觀察剩下的水量為多少 ml



3、研究分析

（1）以上實驗可知，陰天於室內與室外，水的蒸發沒有很顯著的差別，但是晴天時，在室外水分蒸發明顯多於室內，主要是受到太陽光照射，溫度較高。

（2）晴天時天氣溫度較高，水蒸發相對就較快，而陰天的天氣溫度較低，水蒸發就較慢。

（3）依實驗數據可知，在大太陽下六小時水量減少 1000-388.2=611.8 克重，因為 B 端水量的變化在 568 - 125.2=442.8 克重的範圍，就能開啟或關閉水開關，所以智慧開關在 6 小時以內就會開啟一次；在陰天時六小時水量減少 1000-739.2=260.8 克重，智慧開關大約需要 11 小時才會開啟一次。

（五）探討 B 端水量增加的時間(澆水時間)

為了瞭解每次澆水的時間與實際的出水量，我們設計了以下兩個實驗來證明:

實驗 5-1 了解開關最大的出水量是多少?

1、實驗步驟

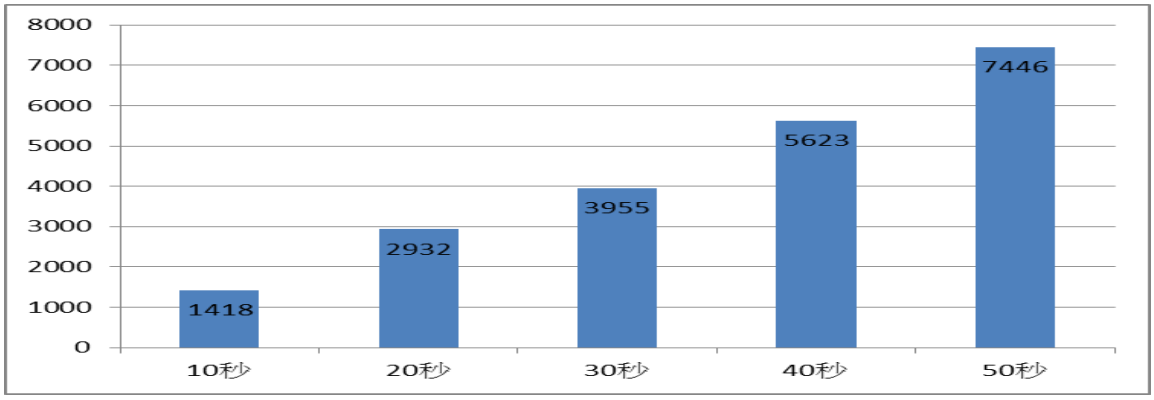
（1）把開關打開到出水最大量處。

（2）用水桶裝水，計時 10 秒鐘。

（3）再用 500ml 的量筒測量水桶中的水量，做成紀錄最後算出平均。

2、實驗結果

次數 項目	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平 均	備註
10 秒鐘	1355	1485	1380	1435	1435	1418	
20 秒鐘	2910	2930	2910	2960	2950	2932	
30 秒鐘	3970	3960	3915	3850	3950	3935	
40 秒鐘	5210	5155	5830	5870	6050	5623	
50 秒鐘	7360	7260	7580	7520	7510	7446	



3、研究分析

（1）從以上的實驗可知，智慧開關 1 秒鐘平均最大出水量 141.8ml。

（2）每增加 10 秒鐘，出水量都呈協直線的增加。

（3）如前面實驗 30x500x1000=15000000 立方公分的土地，如果要為持相同的溼度，需要的水量是 102000ml 的水量，則 102000 / 141.8=719 秒，約 11 分鐘的時間。

實驗 5-2 了解 B 端裝水容器開關角度與裝水時間的關係

1、實驗步驟

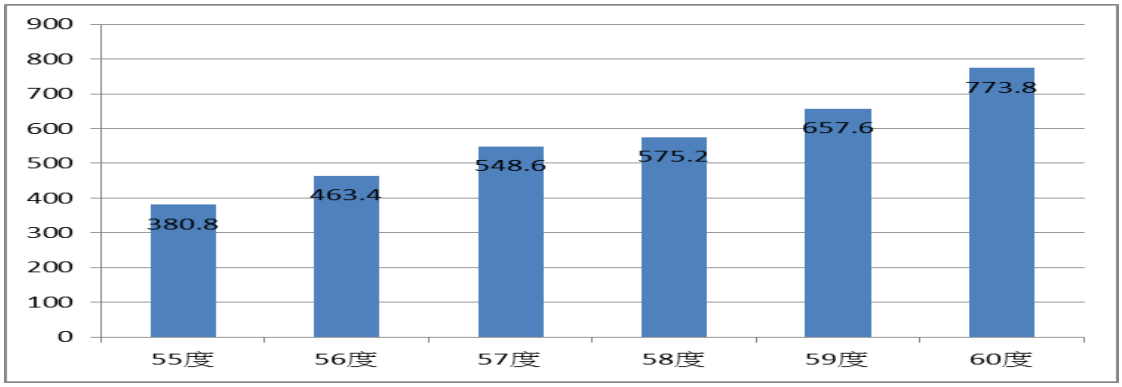
（1）把開關分別調整到 20、25、30、35、40、45、50、55、60 度。

（2）當開關打開時開始計時，到開關關閉時停止計時。

（3）觀察不同角度的時間，做成紀錄最後算出平均。

2、實驗結果

次數 / 項目	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平 均	備註
55 度	356	368	372	388	420	380.8	單位: 秒
56 度	480	477	425	463	472	463.4	
57 度	536	568	546	555	538	548.6	
58 度	576	582	539	587	592	575.2	
59 度	625	641	682	672	668	657.6	
60 度	735	792	768	749	825	773.8	
61 度	∞	∞	∞	∞	∞	∞	



3、研究分析

（1）從以上的實驗可知，B 端開關角度 55 度時，澆水時間為 381 秒。

（2）B 端開關角度在 60 度時，澆水時間為 773.8 秒。

（3）最佳加水時間因泥土維持濕度的需水量與智慧開關的出水量，以 30X1000X1000 立方公分的泥土，一天澆水兩次，一次需要約 6 分鐘的時間，也就是 360 秒，最佳角度約為 55 度。

（4）B 端開關角度在 61 度時，澆水時間為 ∞ ，表示水無法從此開關流出來。

（六）探討槓桿做動順暢迅速之需求

經由前面數個實驗後，我們討論槓桿做動要確實順暢的話，必須符合以下幾個條件:

1、槓桿擺動角度要在 20 度~負 20 度之間。

2、調整開關設置處要方便操作且不會妨礙到槓桿的運作。

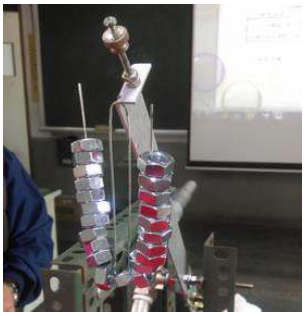
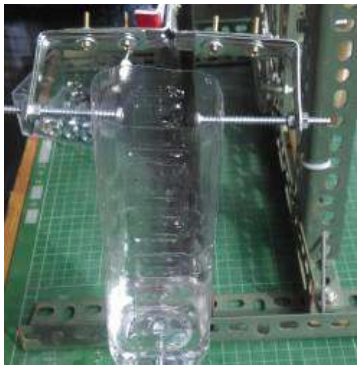
3、A 端的配重要固定，盡量不要晃動。

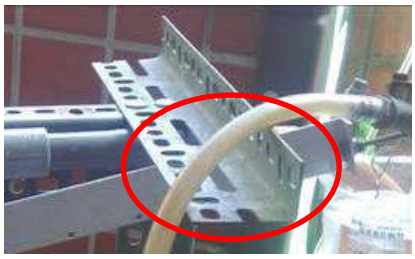
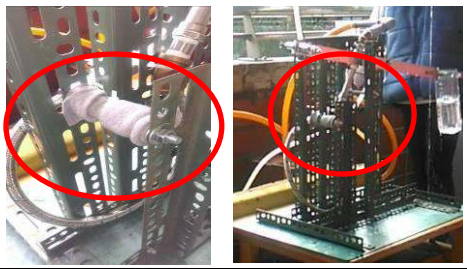
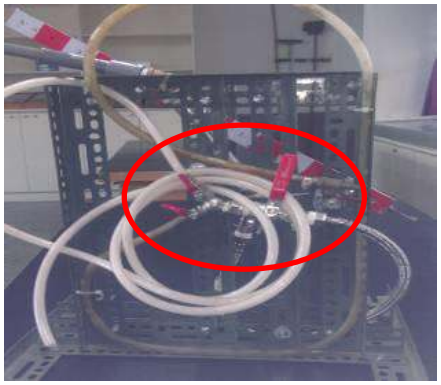
4、B 端的裝水容器距離支點的距離要固定。

5、槓桿強度要夠，不能有任何變形。

五、改進第一代智慧型開關配重的穩定與 B 端裝水容器的缺失

從前面討論中我們發現第一代智慧開關，在操作上有些小問題，為解決這些問題，我們分析討論後，提出以下缺點並改進：

問題一	解決方式
槓桿 A 端配重物穩定度不夠影響啟動開關的瞬間如下圖所示。 	在槓桿的後端處鑽孔，直接用螺絲與螺帽鎖起來固定
問題二	解決方式
B 端接水容器未固定如下圖所示，當水量變重時水杯位移，導致重量不一致前後差距甚大，無法取得精準的實驗數據 	用 L 型鐵片固定於槓桿 B 端，再把寶特瓶固定於鐵片上，如下圖所示。 

問題三	解決方式
限制槓桿角度的地方，強度不夠且美觀不足，如下圖所示。 	將限制設計改在另一端，並且用螺絲螺帽與布包起來減少噪音，如下圖所示。 
問題四	解決方式
調整開關設在槓桿底部，造成操作不便的情形，如下圖所示。 	將調整開關改到側邊，如下圖所示。 

經過改造後的智慧開關澆水器，我們稱它為第二代的智慧開關澆水器如圖4-5-1，其性能是否一切正常，我們還要實際運作一段時間觀察。

圖4-5-1完成的第二代智慧開

六、改進第二代智慧型開關槓桿變形與運作空間不足的缺失

第二代智慧開關澆水器經過一段實際運作後，我們還發現以下缺失待改進:

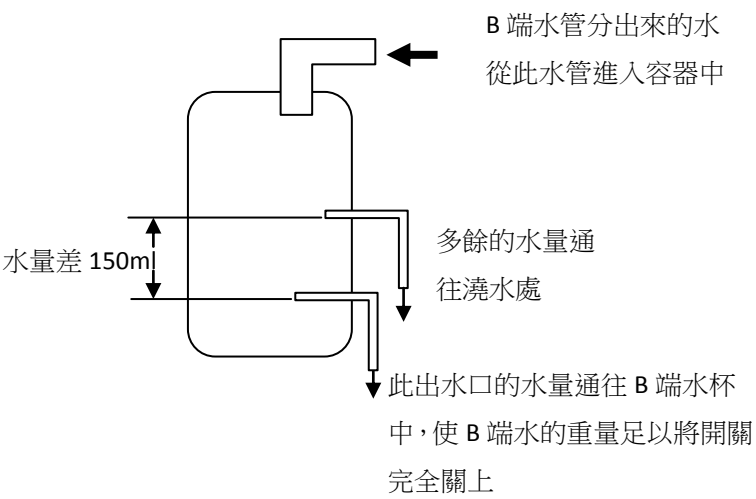
問題一	解決方式
槓桿的強度不夠，運作時會變形，如下圖所示。 	將原先如圖 5-2 所示的槓桿，換成如下圖所示的槓桿。
問題二	解決方式
槓桿的支點與水開關之間的空間不足，導致槓桿運作時會歪斜如下圖所示。 	將槓桿支點的空間變大，如下圖所示。

經過改造後的第二代智慧開關澆水器，我們稱它為第三代的智慧開關澆水器，其性能也是需要實際運作一段時間觀察。

七、改進第三代智慧型開關無法完全關閉與 B 端裝水容器的缺失

第三代智慧開關澆水器經過實際測試後，我們還發現以下缺失待改進:

<table>
<tr><th>問題一</th><th>解決方式</th></tr>
<tr><td>當 B 端水量開始啟動開關後，卻發現 B 端出水口已經被關閉，但澆水的出水端還是有水流出，開關無法完全關閉。</td><td>在進入 B 端裝水容器的水管上，分出一條水管並且加上調整開關，如圖所示。
 </td></tr>
<tr><td colspan="2">此分出來水管的水要注入另一個容器中，此容器 的裝水量要剛好等於能夠完全關避開關所需的水量。

 </td></tr>
<tr><th>問題二</th><th>解決方法</th></tr>
<tr><td>B 端出水的水管水龍頭穩定度不夠，導致接水容器需常調整與移位，如下圖所示。
 </td><td>將 B 端出水的水管直接固定在槓桿上，可以隨著槓桿動作，如下圖所示。
 </td></tr>
</table>

經過三代的改良後，智慧開關終於可以正常運作了，其外觀如圖 4-7-1 所示。

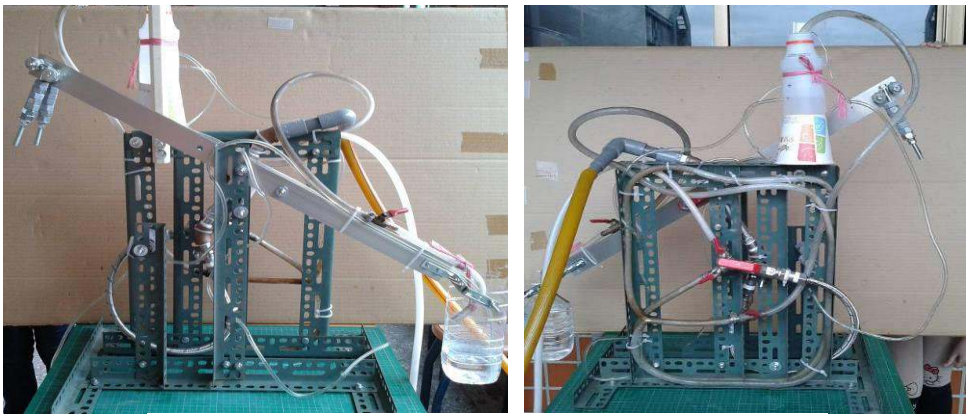


圖 4-7-1 測試成功的智慧型開關正面與背面圖

陸、研究討論

一、每一種植物在成長時，所需要的水分都不相同，在「土壤水分對植物生長之影響」研究中提到「植物可以生長在 16% 、17% 、18% .....一直到 30% 的含水量」是適合植物生長。但在「找出最適合植物生長的泥土濕度」的實驗的結果得知，「適合蕃茄生長的濕度是 50%」(周志文，97)。當找到適合植物成長的平均濕度後，本研究認為在一般的天氣裡，每 500 立方公分的泥土，每天大約會消失 3.4ml 的水量，因此如果要維持濕度每天就要補充 3.4ml 的水量。

二、「在讓水均衡一下：定時定量自動灑水器」(沈宜君，民 92) 的研究中它的優點是澆水後多餘水分可以回收再次澆水，不浪費多餘水資源。但在實驗中並未看到如何處理回收水的水中雜質，此雜質會堵住水管，影響澆水的出水量，或甚至無法澆水。除此之外澆水範圍受限。本研究設計的智慧型開關運用的是棉布吸水特性，以介質虹吸原理的蒸發與滴水作用，控制機器動作。當機器的水開關開啟時，進行澆水；當澆水已達植物所需的水量時，水會自動關閉。

三、我們常常看到許多研究實驗運用介質虹吸原理來澆花，例如「滴水不漏~節

能環保自動澆花器」(何瑞娟，民 98)、「介質虹吸的運用－超慢速點滴加水器」(黃紹瑜，民 97)等，在研究中也嘗試運用不同材質當做介質，從中找出各種不同介質的引水速率，而這些引水速率並無法使用於大面積的植栽。

我們的研究利用介質虹吸原理當介質，將 B 端的水引出去，B 端的水量會減少，加上 B 端毛細現象將水往上吸後蒸發，相對重量減輕的原理，操做槓桿的擺動來啟動開關，成功的設計出不需用任何能源即能啟動開關的智慧型裝置。

柒、研究結論

綜合以上所有實驗的結果，我們的結論是：

一.在泥土與水量變化的特性上

500立方公分的乾泥土需要130ml的水量就可以全部濕潤，之後每天大約會消失3.4ml的水量，因此如果要維持濕度每天就要補充3.4ml的水量。

二、市面上開關的特性，以D種最適合做為智慧開關使用，如表2-1所示。

三、在製作智慧開關的實驗上

（一）槓桿B端裝水容器中的水重量在125.5g時，主開關會開啟；重量730g時，主開關會關閉。

（二）B端水量減少的時間(間隔的時間)晴天為5小時20分、陰天為11小時，雨天不會澆水。

（三）B端水量增加的時間(澆水的時間)，一天澆水兩次，一次需要6分鐘的時間，也就是360秒。

四、為了使智慧開關發揮最大效益，我們經過了三代的實際運作，根據運作的缺點進行改進，終於完成在晴天、陰天、下雨天時，澆水時間會不同的智慧開關。

五、智慧開關的應用，在連接市面上販售的各式灑水器，就能在農田間進行疏菜園和果園的自動澆水；若連接鐵皮屋頂的噴水裝置，就能降低屋內的溫度；若連接在公園或遊樂景點的噴水池設備，就能依照其設定噴水；或是其它跟水有關的自動化設施，或許都可以配合使用。不管如何的應用，智慧開關的特點為不使用電力，不用使用其它能源，完全自動化的運轉。

六、在進行智慧開關的實際運轉時，搬運過程很耗費體力與容易弄上搬運者，因此如何改進智慧開關的尺寸、減小重量與美化外表，讓使用者更方便與安全，是我們可以繼續延伸探討與研究的。

捌、參考資料

一、找出最適合植物生長的泥土濕度http://www.cpc.edu.hk/EEA_2012/2.pdf。

二、網路資料中華民國第四十九屆全國中小學科展作品說明書：滴水不漏~節能環保自動澆花器，中華民國九十八年。

三、中華民國第 50 屆中小學科學展覽會作品說明書：澆花點滴，中華民國九十九年。

四、中華民國第 50 屆中小學科學展覽會作品說明書：植物？動物？動植物！－植物自我照護系統，中華民國九十九年。

五、中華民國第 43 屆中小學科學展覽會作品說明書：盆栽妙管家--自動澆水器，中華民國九十九年。

六、中華民國第 43 屆中小學科學展覽會作品說明書：讓水均衡一下：定時定量自動灑水器，中華民國九十二年。

七、黃觀齡、張槐、伍霆熹、傅掉楠、林詩敏、楊智斌： 93年 ，香港，亞太科學教育論壇，第五期，第三冊，馬鞍山靈糧小學。

【評語】080804

1. 表達能力優，口條佳。

2. 能運用科學原理做出智慧開關的效果，頗具研究精神。

3. 建議在水源流量的控制上再繼續努力，使更加完善。