

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

高職組 電子、電機及資訊科

最佳(鄉土)教材獎

091001

環保小園丁

學校名稱：國立龍潭高級農業工業職業學校

作者：	指導老師：
職二 林子傑	黃家朋
職二 張賢誠	沈天和
職二 林佳寶	
職二 蔡武安	

關鍵詞： 逆滲透(RO)、單晶片、太陽能

環保小園丁

壹、摘要

陽光、空氣、水是構成生命的三要素，人們以萬物的主宰自居，為追求生活的舒適，不斷的破壞生態，大自然在面對人類的無情也開始反撲，如：氣候異常，發生所謂的聖嬰現象。為延續後代子孫的生存空間，人類必須自我反省，珍惜有限的資源。其中水資源是我們研究探討的重點，人們飲用水早期取得於山泉水、井水，但隨著工業的發展，污染的問題越來越嚴重，廠商也發展出各類的飲水設備，其中逆滲透過濾（RO）飲水機是學校最喜歡安裝的機種，希望獲得最乾淨的飲用水。當同學們補充大量的飲用水時，那飲水機將排放掉大量的廢水，若能加以回收，應用於澆花、沖廁所....等，這樣不就更加環保嗎？因此開始規劃研究太陽能驅動飲水機及其排放廢水的再生應用。

貳、研究動機

在某天晚上放水煮開水時發現：逆滲透過濾（RO）飲水機正在製水且同時排出廢水，如圖一所示，其廢水量相當大（逆滲透過濾（RO）飲水機其動作原理（註一）是將原水加壓，經過逆滲透過濾膜，即產生逆滲透作用，可將水中雜質如：重金屬、有機物、無機鹽.....等過濾濃縮而排掉變成廢水），於是激發我研究探討相關廢水的問題，尤其是在學校時人數眾多，累積排放掉的廢水量可能相當驚人，若加以充分應用，如澆花、沖廁所.....等，這樣不就更加環保嗎？於是利用課餘時間向科主任請教相關問題，主任建議我可組隊朝科學展方面發揮，因此邀集了好朋友開始規劃相關議題，如何發展廢水再生應用，正式啟動了我們「環保小園丁」的計劃。



圖一 逆滲透過濾（RO）飲水機排放廢水

參、研究目的

在充分研究探討後發現上述構想是可行的，並徵得科主任的同意，以科辦公室外的飲水機、花臺、廁所及操場花園為實驗模擬場地，除了被動消極的收集廢水外，應該積極的朝能源再生方面發展，考慮加入太陽能發電（註二）來提供電能，使逆滲透過濾（RO）飲水機更加環保，不需要額外再浪費電能，達到零負擔無污染的環保飲水機。

肆、研究設備及器材

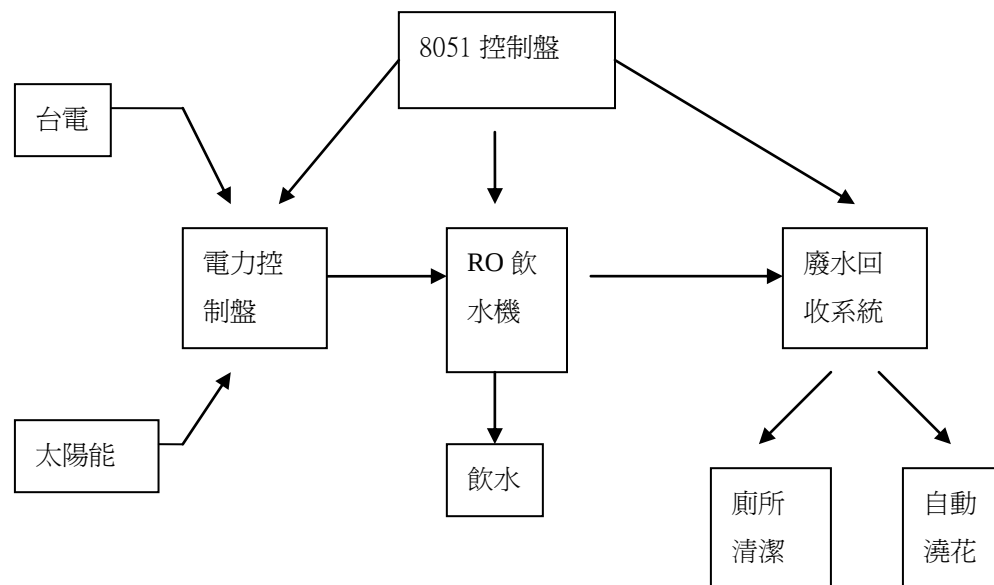
本實驗所需設備以科內現有設備支援，詳列如下所示：

- 1.筆記型電腦
- 2.印表機

- 3.量杯
- 4.數位照相機
- 5.8051 模擬器
- 6.8051 燒錄器
- 7.電壓表、電流表、瓦時表、電力分析儀
- 8.水錶
- 9.廁所自動感應沖水器
- 10.太陽能發電系統
- 11.接地電阻測試器

伍、研究過程或方法

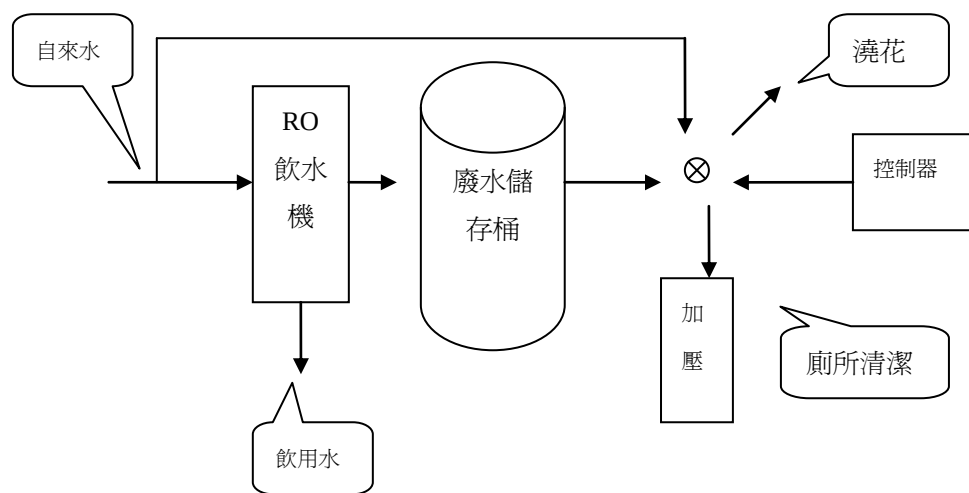
我們藉由應用電機專業課程所學的的相關知識，如：室內配線、工業配線、水工配管、電子實習、微電腦控制.....等課程知識；發揮學以致用的精神，實踐了我們「環保小園丁」的計劃，以節約能源的觀點，研究改良設計零負擔的太陽能（發電）驅動式逆滲透過濾（RO）飲水機及其排放廢水的再生應用，以電機科辦公室四周的現有建築物狀態規劃園藝自動灌溉噴水系統及廁所小便池自動沖水系統。研究團隊以個人專長及興趣任務分組方式分工合作，由二位同學負責資料收集及系統設計，規劃架構如圖二所示。



圖二 環

保小園丁系統架構

另外兩位進行飲水機管線變更施工、控制器製作，管路設計如圖三所示，安裝廢水回收系統，配置自動化澆花灌溉系統，廁所感應自動沖水系統，水源自動切換系統，實際成品如圖四所示。



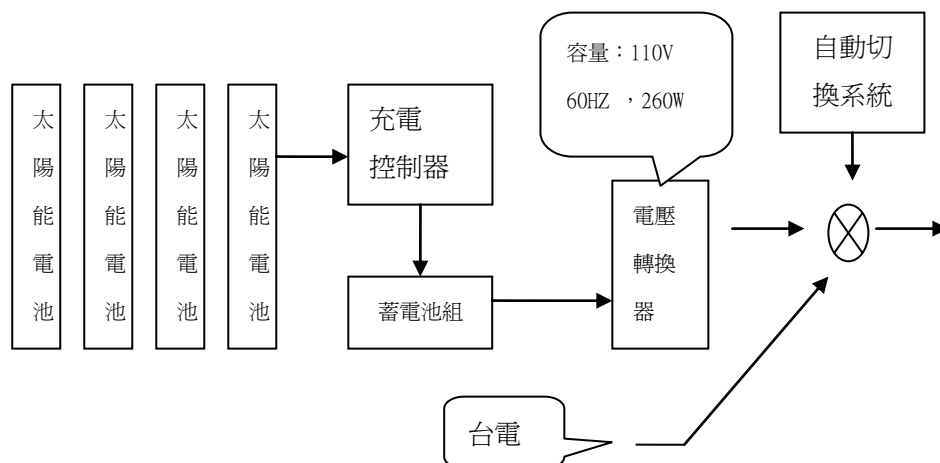
圖三 系統配管方塊圖





圖四 實際管線施工成品圖

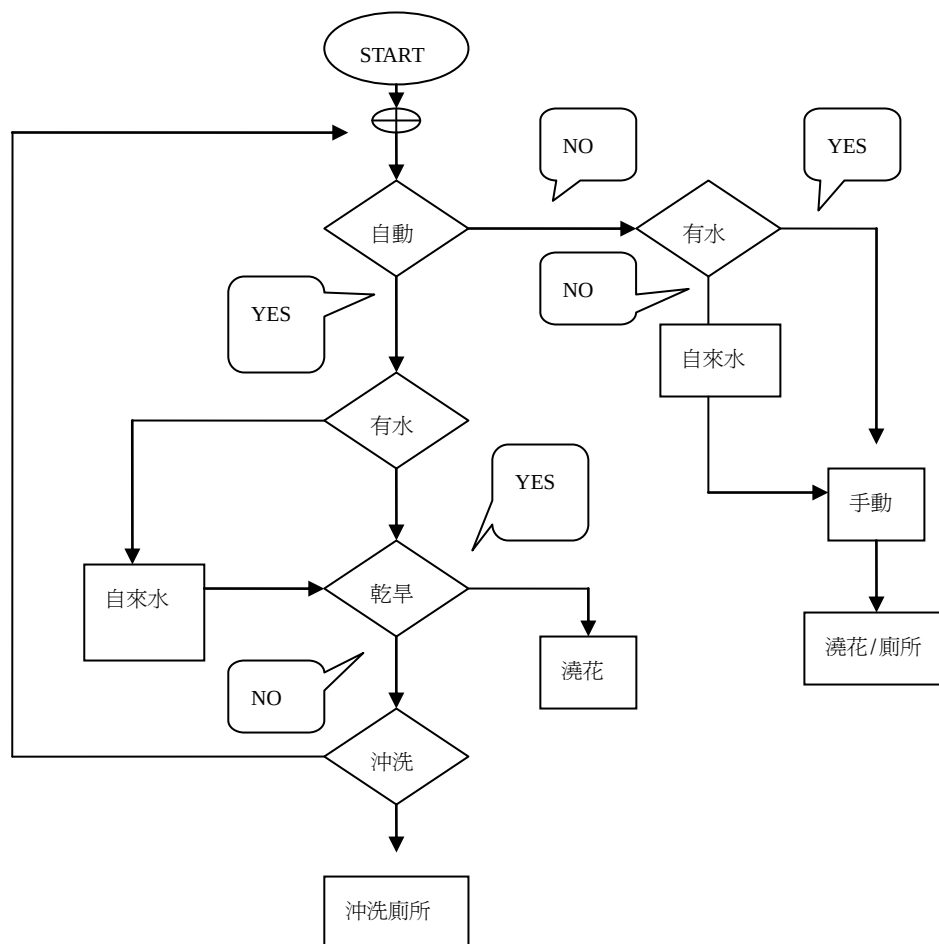
太陽能發電（本科 96 年優質化採購設備）因受天候因素影響，為提升系統的穩定度，擬規劃雙電源系統，以太陽能發電系統為主（容量為：110V，60HZ，260W，類似正弦波）（註三），而台電電力為輔，且自動切換（註四），如圖五所示。





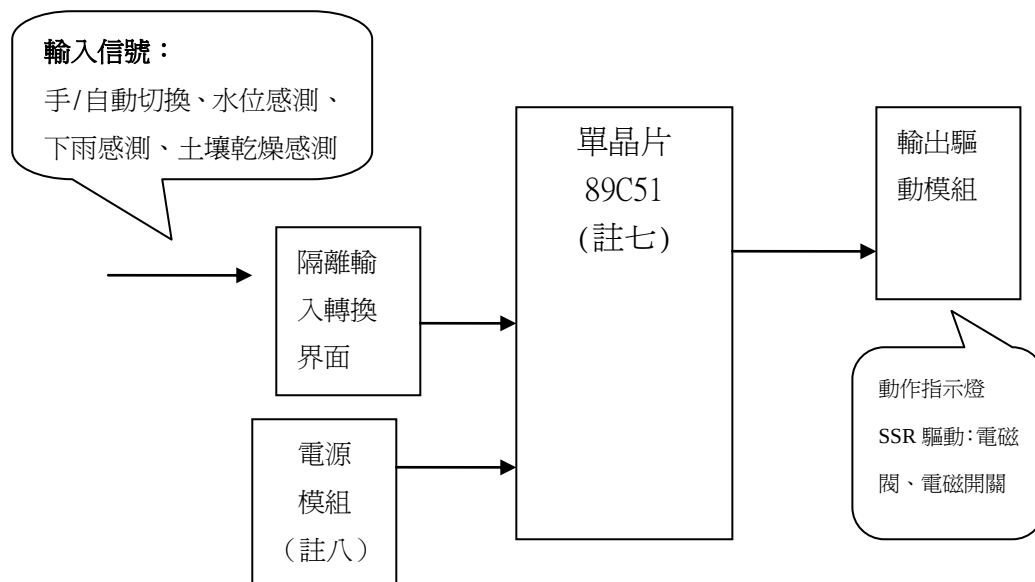
圖五電源系統架構

廢水回收系統分為手動及自動兩種操作模式，如圖六所示。



圖六 廢水回收系統架構

主控制器電路以 8051 單晶片設計（註五），系統方塊圖如圖七所示，搭配土壤乾燥度偵測器（註六），實驗測試如圖八所示。



圖七 控制器-8051 系統方塊圖



圖八 製作控制電路及實驗測試

當完成上述硬體實驗設施後接下來開始系統整合測試，待運轉正常後接下量測相關實驗數據，如圖九所示。





圖九 量測飲水機廢水率及消耗功率值

陸、研究結果

考量水是具有不可壓縮特性，因此測試條件定為當壓縮馬達停止動作後，排空廢水管內積水，利用保特瓶開始取水，如圖四所示，當儲水桶壓力下降到額定值，飲水機啟動製水，廢水開始累積，直到壓縮馬達停止動作（壓力桶儲存額滿為止），廢水回收也停止，以量杯測量上述兩種水量值。為提升數據的準確性採用統計方式取平均值，得廢水率為 66.5%，如表一所示。定義：

$$\text{廢水率}\eta = \frac{\text{廢水量}}{\text{取水量} + \text{廢水量}} * 100\%$$

$$\text{廢水量 } T = \frac{\eta * Q(\text{取水量})}{1 - \eta} = f(Q)$$

表一 飲水機水值及消耗功率量測

取水容量 (L)	製水時間 (M)	累積廢水量 (L)	廢水率	電壓 (V)	電流 (A)	消耗功率 (W)	備註
2.05	15 : 30	3.95	65.8%	119.9	0.35	30.0	PF=0.72
1.82	14 : 20	3.75	67.3%	120.0	0.35	30.0	PF=0.71
2.10	16 : 05	4.15	66.4%	119.9	0.34	29.5	PF=0.72

以電力分析儀量測飲水機加壓馬達消耗電功率為 30W，煮沸加熱器消電功率 794W。搭配科內現有師生人數 119 人，依據醫學專家建議（註九），每人每天飲水量 2400 毫升以上（另外還須要考慮個人體重及運動量），扣除睡眠時間八小時，在校時間十小時，約三分之一課程在科館上，按比例推估每人每日在科辦所需之飲水量為 500 毫升，因此換算飲水機廢水排放量為 115.5 公升。

灌溉實驗花園位於操場旁，應用水位落差壓力來驅動旋轉噴灑器，不需要消耗加壓電力，水柱以拋物線射出，射程約 3 公尺，灑水面積約 28.26 平方公尺，平均每分鐘流量約 8 公升，灑水量為：0.28 公升/平方公尺（因儲存桶水位高低略有不同），足以提供早晚各一次 12 分鐘噴灑作業（實際乃依據泥土的乾燥度、溫度及風速而定）。接下來考慮應用於廁所清潔，自動感應沖水器採用兩段式沖洗，每次使用水量約為 0.5 公升（電光牌參考水壓：1Kg/cm²，2.9 公升（註十）），推估可使用 231 人次，不足部份由自來水供應。澆花噴水量以偵測土壤乾燥度而定，觀察量測實驗數據（一公尺長度電阻值 kΩ）如表二所示：

表二 土壤乾燥度量測實驗數據

氣象條件 觀察位置		降 雨 : 20mm 溫度 : 27	降雨:0mm 溫度 : 28	降雨:0mm 溫度 : 28	降雨:0mm 溫度 : 29	降 雨 : 12mm 溫度 : 28	降 雨 : 11mm 溫度 : 29
砂坑	5cm	22	23.5	35	40	24	21
	10cm	13	13	13	14	13	12
	15cm	9		13			
草地	5cm	8.5	9	9.5	11	10	9
	10cm						
	15cm						
噴嘴下方 (榕樹)	5cm	5	8.6	11	14	9	6.5
	10cm	4	5				4
	15cm						
備註 (日期)		5/7	5/9 (雨後 2 日)	5/13	5/14	5/19	5/20

上述實驗數據提供土壤乾燥偵測器逆向追蹤電阻的變化，做為判斷系統是否繼續澆水之依據，防止植物發生凋萎（註十三）。

其次就電能方面：太陽能發電容量約 2 度電（260W*10 小時*效率/1000，依天候因素而不同），約可應付飲水機製水所需之電力，若發電容量不足時自動切換到台電供電，以維持系統正常運作。

柒、討論

目前飲水機廢水排放量推估約為 115.5 公升，由於瞬間排放量較小，以一般市售水錶量測時無法轉動，如圖四所示，因此只能量測回收出水量，確實進水量待購買精密儀器再測量。其次考慮管線成本，本整合廁所清潔輸水管路及預備澆花清水管路（廢水缺水時），藉由逆止閥及電磁閥自動切換，無需另外架設第三輸水管線。若以 8051 控制器經由電磁閥會自動切換供應，相較於傳統舊系統作法，每日可節省用水量約 230 公升（115.5*2）。

其次就電能方面：太陽能發電容量約 2 度電（本科 96 年優質化採購設備，原本僅應用於夜間路燈照明，260W*10 小時*效率/1000），約可應付飲水機製水所需之電力，但是加熱器部分容量太大（794W）擬以台電供應，若天候因素而發電容量不足時電力盤會自動切換到台電供電，以維持系統正常運作。

由上述實驗數據換算製作每公升淨水消耗電能為：

$$\frac{\text{消耗功率}(W) * \text{時間}(M)}{\text{取水量} * 1000 * 60} = \frac{30 * 15}{2 * 1000 * 60} = 0.0375 \text{ 度電}$$

本系統因遷就於科辦公室現有的飲水機、自動感應沖水器、及部分花臺皆在同一樓層，且回收池水位較低需加壓設備（抽水機容量 1/6 馬力）而消耗電力，因此系統規劃供水以操場澆花為優先，當有過剩廢水（高水位）才應於廁所清潔，否則由清水直接注入廁所儲存桶，以保留回收池儲存空間（廢水隨時在累積），於是系統整體經濟效益才能達成最佳化。

捌、結論

本系統經由構思到實際實驗測試，實驗數據資料顯示每天可節省電能約 2 度電，自來水 230

公升，以投資成本來分析而言，增加額外材料六仟餘元（大部以科內限有實習材料製作），每月可節省經費 205 元，如表三所示，若在教學區加以推廣大範圍實施時，只需要另外增加管線材料，其餘設備不變，但是其回收量將倍增，因此成本效益將會更加顯著。

表三 飲水機回收效益估算

品名	每日回收量	合計回收總量	節省金額	備註
水	230 公升	4600 公升	41.4 元	9 元/度（註十一）
電能	2 度	60 度	163.8 元	2.73 元/度（註十二）

本系統在現階段已具有初步成效，未來將進一步研究探討其他項目回收資源，如：地下室滲水蓄水池、雨水、盥洗用水、冷氣機凝結水.....等，以提高回收總量，將來可應用到大水量的廁所馬桶清潔，甚至緊急消防救災上，另外建議應該修改相關建築物法令，將衛生下水道配管迴路分類，增加環保回收排放管路，使廢水回收率增加，環保明天會更好。

玖、考資料及其他

註一、長江飲水機企業有限公司。<http://www.ewater.com.tw>。（檢索日期 2008/03/01）

註二、賴耿陽。太陽能基礎與應用。第一版。台北市 復漢。頁 227-243。民 90。

註三、羅煥茂。電力電子理論與實務。第一版。台北市 固特。頁 50-60。民 86。

註四、職訓局。「室內配線丙級技術士檢定」。第 00700-930301-10 期（2005 年 11 月 29 日）。頁 73-83。

註五、賴麒文。C 與 8051 單晶片軟體設計基礎篇。第一版。台北市 文魁。11-2-11-3。民 92。

註六、睿意科技。<http://www.aviosys.com.tw>。（檢索日期 2008/03/08）

註七、吳一農。8051 單晶片實務與應用。第一版。台北市 台科大。頁 3-8-3-39 民 94。

註八、鄧明發。微電腦專題製作應用電路。第一版。台北市 知行。頁 105-108。民 91

註九、愛捷科技股份有限公司。<http://www.aizia.com.tw>。（檢索日期 2008/03/01）

註十、振吉電化廠電光股份有限公司。<http://www.chenchi-tenco.com.tw>。（檢索日期 2008/03/01）

註十一、台灣省自來水公司。<http://www.water.gov.tw>。（檢索日期 2008/03/26）

註十二、台灣電力公司。<http://www.taipower.com.tw>。（檢索日期 2008/03/26）

註十三、郭周武。土壤肥料。第一版。台南市 復文。頁 127-135。民 95。

【評語】 091001

1. 本作品利用太陽光電發電系統補助驅動逆滲透過濾飲水機，並將其排放廢水回收再利用，符合環保節能趨勢，具參考與應用價值。
2. 能將學校所習得之知識與技能充分應用至本作品之研製上，並實際應用在校園內。
3. 作品的呈現欠完整，功能與效益不易確認；各零組件功能規格適切性宜再檢討。