

2011 TOYOTA 環保高峰會

「綠校園改造王」創意綠改造成果報告書

改造主題：「中流底注、覆水能收」

參賽學校：國立龍潭農工

隊伍名稱：省水三友

小組成員：呂美震 0912-474543

羅翊祥 0973-529110

邱盈凱 0938-171732

指導老師：王政瑜 0939-749690

目 錄

一、創意綠改造執行方案介紹	
(一)綠改造方案簡介-----	1
(二)改造動機說明-----	1
(三)綠改造創意說明-----	1
二、執行過程紀錄	
(一)綠改造計畫說明-----	2
(二)綠改造執行時程表-----	3
(三)綠改造執行步驟說明-----	4
(四)綠改造過程花絮-----	6
三、執行成果呈現及說明	
(一)改造執行成果說明-----	7
(二)改造前後對照說明-----	8
(三)執行效益評估報告-----	9
四、執行花費項目(詳見附件一)-----	12
五、指導老師證明(詳見附件二)-----	13
六、參賽隊伍附件資料	
(一)減少抽水馬達運轉節能分析-----	14
(二)調節降溫省電節能分析-----	15

一、 創意綠改造執行方案介紹

(一) 綠改造方案簡介

此次的綠校園改造方案主要是要妥善的運用活動中心因地下水位而自然產出的地下水，而運用這些地下水的項目包括：

1. 活動中心噴霧系統調節室內溫度用水
2. 活動中心建築物外牆擋陽植物的澆灌用水
3. 活動中心周遭植物澆灌溉用水



圖一、活動中心蓄水池

而為了使這些回收再利用的地下水更有效使用，我們更設計了太陽能--水、電控制電路，使整個回收水系統的運用更為節能、環保達到實質的節能減碳效益。本次改造除了 TOYOTA 所獎勵的改造經費外，我們也運用學校現有的資源進行整合，使整個改造計畫更有環保效益，也讓全校同學在使用活動中心時更了解學校是一個很有綠色、節能觀念的新校園。

(二) 綠改造動機說明

我們在二年級上體育課時無意間發現活動中心旁邊有一個水管一直將水排到水溝，而且排了很久才停止，心想又沒有下雨這些水到底是從哪裡冒出來的，而且這麼多的水直接排到水溝裡面不是很浪費嗎？過沒多久指導老師王老師在上課時宣布 TOYOTA 正在舉辦一個綠校園改造的活動詢問大家要不要參加，經過半天的考慮及在強烈環保意識的驅使下，我們決定參加綠校園改造計畫來改造學校的活動中心。



圖二、地下水排水至水溝

(三) 綠改造創意說明

創意是人類與科技進步的泉源，本次綠校園改造題目「中流底

注、覆水能收」就是一個創意的開端，「中流」的意思就是中水也就是回收水、「底注」也就是從地下室下方蓄水池將水抽出注入地面蓄水池、「覆水」代表這原來直接排到排水溝的地下水，被我們回收再利用，「能收」利用太陽能光電板發電使我們可以收集電能作為電路控制使用與運用。而在題目訂定後我們便開始腦力激盪包括：

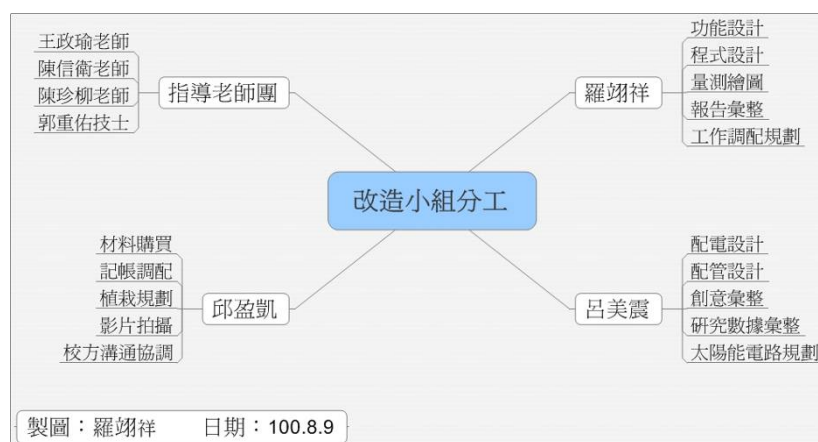
1. 如何利用這些回收再利用的「中水」？
2. 如何減少電力的支出？空調的電力？抽水馬達的電力？
3. 要種植哪些植物？要種在哪裡？如何灌溉？
4. 噴霧冷卻系統要如何安裝？地下水會不會阻塞噴霧頭？如何處置？
5. 太陽能板要如何運用？鉛酸電池要多大容量？
6. 活動中心的可否形成一個簡易的能源循環？

許多的問題都一再的思索、討論、絞盡腦汁找出有創意的解決方法，是本次參賽最辛苦部分、也是收穫最多的地方。

二、執行過程紀錄

(一) 綠改造計畫說明

1. 團隊分工



圖三、改造小組團隊分工

- A. 指導老師：由於本次的改造計畫需用到工科與農科的專業知識，我們請王老師邀請農科、食品加工科的老師及電機技師

進行指導作業，其中包括如何進行百香果及爬牆虎的種植、施肥方式及澆灌的方式等、如何裝設微霧系統、太陽能電力系統、水管管線配置等等改造計畫。

- B. 羅翊祥：對於電腦軟體的運用非常有興趣主要工作包括微霧系統配管與繪圖、改造前後比較及溫溼度控制程式編寫。
- C. 呂美震：由於家中經營水電工程，對於配電、配管方面有實務經驗，並且太陽能電路規劃有獨特的見解。
- D. 邱盈凱：擅長溝通協調且非常有創意，而對於物品採購非常用心，並且能爭取學校現有資源，提供設備加入改造計畫中。


2. 改造區域：活動中心及週遭環境

3. 改造期間：100年8月1日至100年8月30日

4. 使用素材：配管水管管材、植物(百香果、爬牆虎)、瓜網、噴護系統、單晶片、感測器、計時器、SSR、太陽能板、鉛酸電池…等材料。

(二) 綠改造執行時程表

日期 工作項目	8月				
	第一週	第二週	第三週	第四週	第五週
	1-6	7-13	14-20	21-27	28-30
現況調查	■				
規劃改造項目	■	■			
材料物品採購		■	■	■	
擋陽植物種植		■	■		
水電管路調整			■	■	
太陽能光電系統自動控制			■	■	
自動灌溉控制			■	■	

噴霧系統裝設					
報告撰寫					
影片製作					

表一、綠改造執行時程表

(三) 綠改造執行步驟說明

1. 活動中改造前使用電、用水調查

- A. 用電方面主要分成冷氣空調、照明用電、抽水機用電三部份。
- B. 活動中心在早期設計時是以地下水供水為主，包括廁所用水及清潔用水均為地下水。
- C. 活動中心飲水機用水，學校依法規規定使用自來水。
- D. 活動中心地下水蓄水池共 2 個，一個於地下室下方；一個於活動中心後方。

2. 改造經費的調配(細項如附件一)

- A. 植栽盆子、植栽樹苗、瓜網、安全螺絲共計花費 5550 元。
- B. 噴霧系統共計花費 16000 元。
- C. 太陽能灌溉系統相關材料共計花費 5736 元。
- D. 配電配水管線材料共計 2714 元。
- E. 太陽能系統由使用學校 96 年購置生活科技的設備，為學校現有教學資源，部分管材由電機科提供。

3. 擋陽植栽種植

- A. 使用學校落葉堆肥作為種植的土壤介質。
- B. 使用黃豆渣作為植物的肥料。(未來可用食品科的食物廢渣)
- C. 使用瓜網讓百香果攀藤形成遮蔽面，避免太陽直接照射到活動中心。

D. 使用「重點漫灌」方式能使植栽土壤有效吸收水分減少澆灌用水，如右圖所示。

E. 使用單晶片控制澆灌的時間與水量達到省水效益。

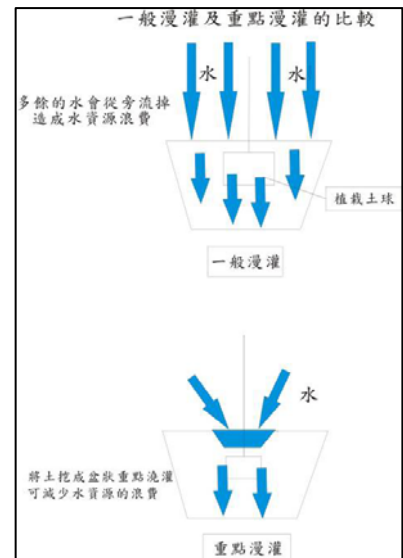
4. 單晶片電路設計與程式撰寫

A. 電源與控制電路的設計。

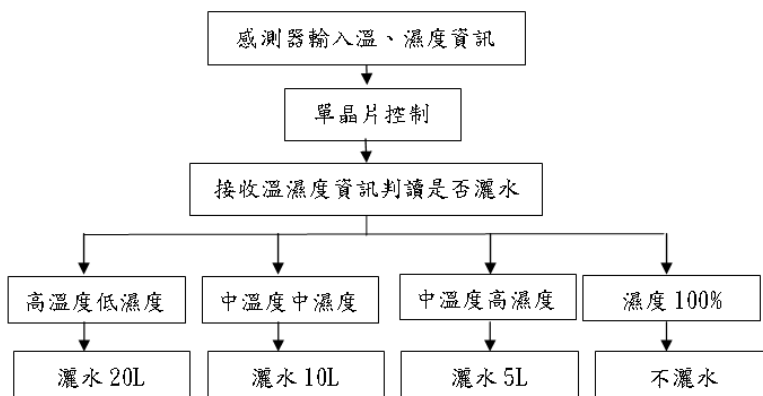
B. 感測器與 LCD 的安裝。

C. 判斷溫溼度調節澆灌的水量。

D. 單晶片程式流程圖如下



圖四、漫灌方式比較圖



圖五、溫濕度控制程式流程圖

5. 水電管線的修改

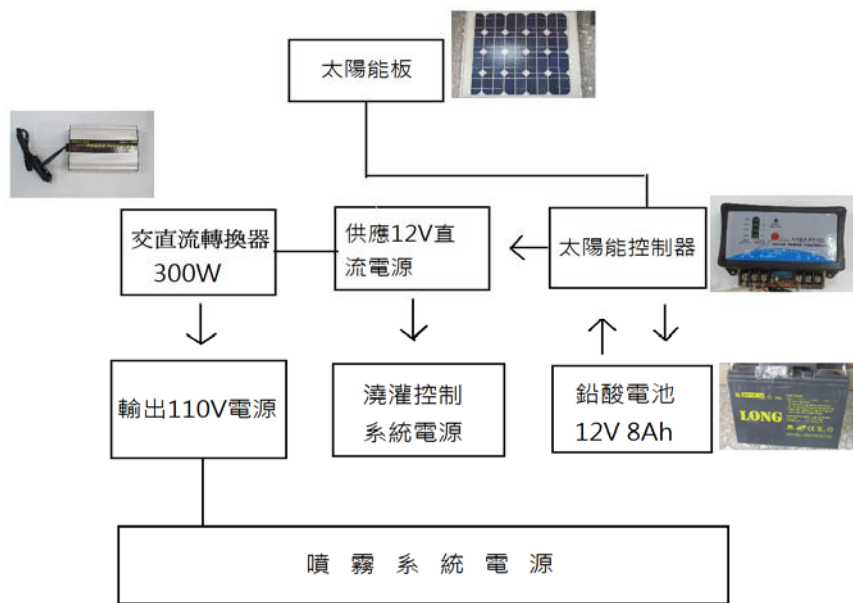
A. 修改現有管線，原本地下室蓄水池的水直接排入水溝的地下水，改道活動中心後方的蓄水池回收再利用。

B. 建構澆灌管線，利用回收水自動化澆灌擋陽植物。

6. 太陽能儲電系統建置

A. 利用太陽能板將電力存入鉛酸電池作為澆灌系統與噴霧系統電源使用。

B. 太陽能系統電力傳輸方塊圖如下所示。



圖六、太陽能系統電力傳輸方塊圖

(四) 綠改造過程花絮

經過了一個月的改造活動一開始覺得自己像忍者龜進出蓄水池，量測 2 個蓄水池的蓄水容量(長 x 寬 x 深)，緊接著在種植百香果及爬牆虎等擋陽植物時我們又覺得自己像一個綠色生態設計師，而在修正活動中心水電管線時覺得自己是一個水電技師，在設計自動化控制時覺得自己像程式設計師，在施作噴霧系統時絕得自己彷彿在雲端，在進行採購時覺得一個頭兩個大，好像錢會不夠用時時考慮調整如何運用改造費用，並且尋找學校資源協助。這樣的校園改造活動是就讀龍潭農工「綜合」高中很有 Fu 的經驗，一項「綜合」性的學習經驗，難得的綠化改造經驗。

而整個改造計畫最令我們擔心的事就是學校活動中心的補強工程，幾乎到了 8 月 27 日內部才完成整修，我們有只能緊鑼密鼓的進行各項裝設作業才能在期限前完成各項作業，直到 8 月 30 日改造計畫只有百香果攀爬的瓜網因活動中心外的鷹架尚未拆除而無法掛上，但我們已裝設好掛環等待鷹架拆除後即可掛上。

三、 執行成果呈現及說明

(一) 改造執行成果說明

從回收到再利用，改造計畫包括了四個主要成果：

1. **中水回收再利用**：將原本直接排到水溝的活動中心地下水(中水)經由更改配管線路回收再利用，作為(1). 活動中心廁所馬桶及小便斗用沖水使用、(2). 活動中心打掃清潔用水、(3). 活動中心擋陽植物自動澆灌用水、(4). 活動中心周遭植物澆灌使用。
2. **植物擋陽降溫度**：本次改造計畫種植擋陽植物包括百香果及爬牆虎共十一盆，由於目前都僅是 100 公分左右的小樹苗，今年或許無法立即達到遮蔽擋陽的功能，但假以時日百香果成長攀爬佈滿了瓜藤，必能達到擋陽的效果，減少活動中心內體育組辦公室太陽直接曝曬的程度，降低室內溫度達到節能減碳的成效。瓜網也可擋到一台冷氣室外機提升冷房效益。在爬牆虎的部份將直接攀爬於活動中心外牆在夏天時枝葉茂盛可以擋陽，在冬天時枝葉枯萎建築物又可曬到太陽達到活動中心溫度調節的效益。
3. **太陽能儲電運用**：建置太陽能儲電系統，分別供應噴霧系統及自動化澆灌系統交、直流電源。供應自動化澆灌系統直流電每日依溫、溼度起閉電磁閥控制澆灌水的流量多寡，僅使用極少部分用電；供應噴霧系統交流用電此部份耗電量較大，17Ah 的蓄電池不考慮損失下約可使用噴霧系統 6 個小時，而活動中心每週集會約 2 小時，只要夏天太陽光照射充裕，儲電是足夠供應噴霧系統的電力使用，達到夏日降溫的效益。反之冬天雖然日照效果差儲電量少，但同時也無須使用噴霧系統電力，達到儲電系統在不同季節的不同的運用。
4. **噴霧吸收熱能**：噴霧系統主要的目的是透過噴出的細微霧狀水氣

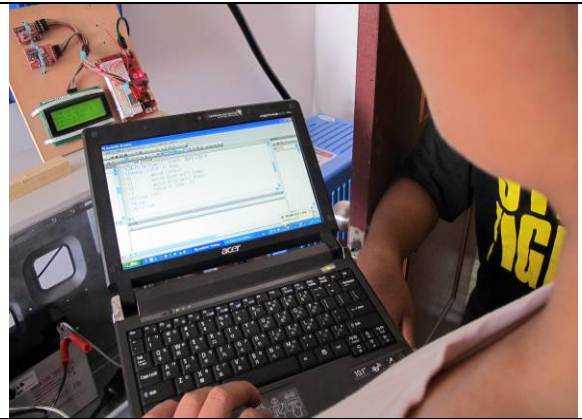
快速蒸發，達到吸收熱量降低活動中心室內溫度的效果，若活動中心使用冷氣也可減少冷氣電力的消耗達到較佳的冷房效益。

(二) 改造前後對照說明

活動中心改造前	活動中心改造後
	
<p>1. 活動中心地下水直接排入水溝</p>	<p>1. 將地下水管路改至後方蓄水池</p>
	
<p>2. 活動中心直接曝曬於太陽下</p>	<p>2. 利用瓜網擋陽降低室內溫度</p>
	
<p>3. 太陽能儲電系統安裝前</p>	<p>3. 太陽能儲電系統安裝前</p>



4. 單晶片控制系統安裝前



4. 單晶片控制系統安裝與測試



5. 自動灌溉系統安裝前



5. 自動灌溉系統安裝後



6. 噴霧系統安裝前



6. 噴霧系統安裝後噴霧情形

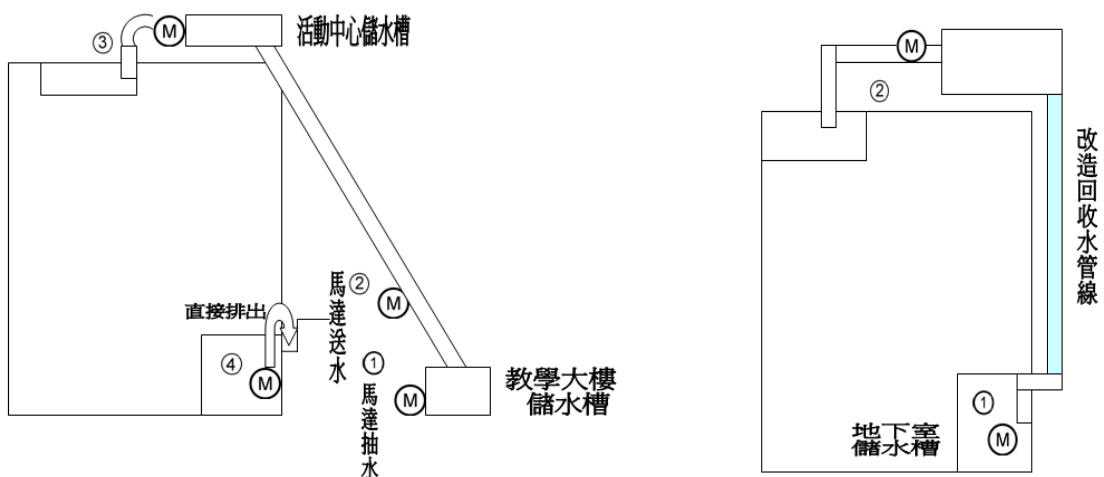
(三) 執行效益評估報告

在今天的活動中心改造方案中，我們主要的效益包括省水、抽水馬達省電及調節降溫省電三個部份，雖然有些部份無法有明確的量測，但在我們也依所觀察到的現象有去推估所達到的各項效益，為了使效益分析更均一化我們分析都將轉換成減少多少度的用電。

1. 在省水方面：我們將地下室儲水槽（長 350 公分x寬 320 公分x深 50 公分）約 5.6 噸的地下水回收再利用，儲存於活動中心後方地下水儲水槽中（長 720 公分x寬 200 公分x深 70 公分）約 10m³的容量，以今年六月份觀察到兩次排水來算，保守估計每月排放 2 次 5.6 噸的水，一年約回收 134.42 噸，提供活動中心清潔灌溉用水使用。

2. 在抽水馬達省電方面：

改造前活動中心用水需要四顆抽水馬達來輸送，如下圖七左所示：



圖七、抽水馬達改造前後使用情形

第①顆馬達：將地下水由 30 公尺深的地底抽出儲於教學大樓儲水槽。

第②顆馬達：由教學大樓儲水槽輸送至活動中心後儲水槽。

第③顆馬達：由活動中心後儲水槽送至頂樓水塔供水。

第④顆馬達：將地下室儲水槽水抽出直接排至排水溝。

改造後只要地下室儲水槽供水期間就可減少第①、②顆兩顆馬達的運轉如上圖七右所示。

分析電費節省：在活動中心地下室蓄水池排水管路修正後，整個地下水供水系統可以減少了兩個馬達運轉，其中包括 30 公尺位能上升送水與 30 公尺平移送水的馬達耗電。而我們假設電能轉換到水位提升的消耗的能量，有 70% 能量轉換效率，經計算後一年約可回收地下

水 134 公噸的水，減少抽水馬達運轉用電約 17.42 度，詳細分析如附件說明。

3. 在調節降溫省電方面：在擋陽植物部份省電的部份，從內政部建築研究所實驗證明，屋頂適度綠化的頂樓

住戶，夏季的用電量比沒綠化的住戶

省 40%，而我們擋住活動西曬牆面部份可達到溫度調節、節省冷氣

電費效益。在噴霧系統調節室內溫度悉收活動中心室內熱能部份，

每小時共吸收 3040 Kcal 經以大同箱型冷氣 TC-3K 型號，10.0KW

(9,000Kcal/hr)推算，大約每小時可節省 3.37 度電。目前活動中

心日、夜校各種集會每年約使用冷氣約 100 小時，因此可省電約 337

度電，也可達到快速降溫的功效

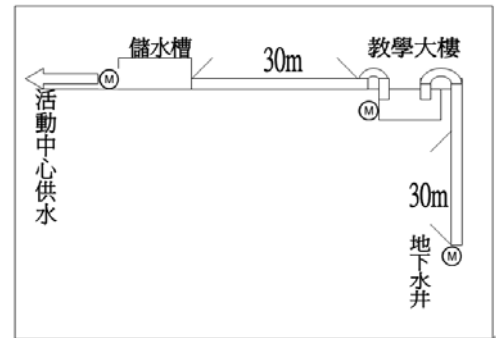
當然準確的耗電量應裝設電表量測，希望有機會能進一步的學

習與分析，或許學弟妹未來可以將這個改造計畫繼續延伸達到更

好的改造效益。

四、執行花費項目(詳見附件一)

五、指導老師證明(詳見附件二)



圖七、原供水系統輸送情形

【附件一】執行花費項目列表

類別	項目	單價	數量	總價	備註
硬體改造費	噴霧系統	16000	1	16000	
執行材料費	植栽盆子(大)	150	11	1650	
	植栽一批	1300	1	1300	百香果、爬牆虎
	瓜網	1300	1	1300	
	螺絲、螺絲套筒組	1300	1	1300	
	不銹鋼角鋼	2136	1	2136	
	電磁閥 2分 12V	250	2	500	
	SSR	300	2	600	
	交直流轉換器	1300	1	1300	
	鉛酸電池	1200	1	1200	
	Ro 管 4分牙轉 2分	1100	1	1100	
	水電線材一批			1614	
				30000	
合計					30000
指導老師簽名					

註：列表品項由執行隊伍自行增減。

【附件二】創意綠改造執行指導老師證明書

茲證明本校綜合高中三年丁班學生參與「2011 TOYOTA環保高峰會—綠校園改造王」競賽，於8月30日前執行創意綠改造完成，並由本人王政瑜負責指導該計畫執行完成，特此證明。

參賽學生名冊：呂美震
羅翊祥
邱盈凱

指導老師簽章：王政瑜



學校證明單位蓋章：

請蓋學校承辦
相關業務單位
之戳章

中 華 民 國 1 0 0 年 8 月 2 9 日

六、 參賽隊伍附件資料

1. 減少抽水馬達運轉節能分析

1 度電=1KWh=3,600,000 J

抽水 1 公噸的水時所需的能量：

(1)上升時所需能量 $1000 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N} \times 30 \text{ m} = 294000 \text{ J}$

(2)水平輸送所需能量 $1000 \text{ kg} \times 30 \text{ m} = 30000 \text{ J}$

假設電能轉換到水位提升的能量，有 70% 能量轉換效率（如下

大井泵浦工業股份有限公司資料推估，實際效率與泵浦新舊、規格會有差異）

型式	口徑 Inch (mm)	頻率 Hz	輸出 W	電壓 V	揚程 m	揚水量 L/min	外部尺寸 外徑 × 高度 D × H mm	電纜線 C × mm ² × m	包裝尺寸 L × W × H mm	重量 kg
PW100 PW100R	1" (25)	60	100	110 220	6	80	155 x 228	3C × 0.75 × 4	180 × 180 × 260	4.2
PW250	1½" (32)	60	250	110 220	10	150	163 x 350	3C × 1.25 × 5	200 × 170 × 342	6.1
PW400	2" (50)	60	400	110 220	9	260	183 x 390	3C × 1.25 × 5	200 × 182 × 400	8.2
PW500R	2" (50)	60	500	110 220	12	220	185 x 400	3C × 2 × 5	230 × 195 × 410	8.5

參考資料：大井泵浦工業股份有限公司。

1 公噸的水所傳輸需的電能為

$(294,000 + 30,000) \div 0.7 = 462,857 \text{ J} = 0.13 \text{ 度電}$

以活動中心一年回收 134 公噸的水，減少抽水馬達使用電能共計約 17.42 度。

※準確的耗電量應裝設電表量測※

2. 調節降溫省電節能分析

a. 噴霧系統裝設與設定：

(1) 共裝設 20 個微霧噴嘴

(2) 每一個噴嘴頭噴出水量為 20 cc/min。

b. 假設條件分析：

(1) 一節課（50 分鐘）熱量吸收分析

(2) 假設室溫 30°C 使用

(3) 噴水：停噴時間為 1：3 （保護加壓馬達）

一節課噴 12.5min

一個噴嘴頭一節課所用的水量：20 cc/min X 12.5 min=250 cc

安裝 20 噴嘴頭一節課所用的水量 250 cc X 20 個=5000 cc

微霧蒸發前吸收的熱量：5000cc X 1 X (100-30) =350000cal

微霧蒸發吸收的熱量：5000cc X 538=2690000 cal

【538cal 為水的汽化熱】

實際吸收的熱量：350000cal+2690000 cal=3040000cal

=3040 Kcal

以大同箱型冷氣 TC-3K 型號，10.0KW(9,000Kcal/hr)推算，大約每小時可節省 3.37 度電。

C. 綠建築參考資料

綠化建築解析／綠牆綠屋頂 好比城市的冷氣

【聯合報／記者鄭朝陽】

因應節能減碳的需求，綠化建築物屋頂、外牆是公認有效的降溫藥方。但兩種綠化作法不同，前者已有多國納入政策推動，後者雖然不斷有人創新植生技術，但要達到節能減碳，效果還無定論。

綠藤爬屋 室溫降 8 度

最近台北市政府輔導傳統成功市場，讓原本的鐵皮屋爬滿綠藤，市場內的夏季室溫從近 40℃ 降至 32℃，少了悶熱，攤販和買菜的民眾都明顯感受舒適多了。

內政部建築研究所實驗證明，屋頂適度綠化的頂樓住戶，夏季的用電量比沒綠化的住戶省 40%。以一戶 40 坪的頂樓住宅為例，夏季每月可減少空調電費 2600 元，減排二氧化碳 515 公斤，擴大到全台的頂樓住戶，每個月就能省下 1 億多元電費，減碳成效也相當可觀。

建研所代理所長陳瑞鈴指出，這次實驗是把盆栽擺設在屋頂平台，盆栽占屋頂平台面積的一半，選的植栽是遮陽效果較佳的闊葉喬木。除了遮陽效果能省電，綠化還可減輕酸雨與紫外線對屋頂防水層與牆面劣化。

闊葉喬木 遮陽大功臣

陳瑞鈴指出，陽光的能量分布，可見光占 40~45%，紅外線占 53~59%，紫外線的百分比只有個位數。要隔熱就得想辦法阻絕產生熱能的紅外線，濃密的樹葉對紅外線的反射能力高達 80~90%，樹葉吸收的熱量可透過水分的蒸散而降低，因此樹葉的溫度通常低於氣溫 3 至 4℃，樹蔭下更涼爽，因此有樹冠的闊葉喬木就是遮陽功臣。

建築師林尚毅表示，只要防水、排水處理得好，屋頂花園、農園的確有很好的隔熱效果，但得選擇枝葉茂密樹木，一般草花作用不大。



建築物立體綠化有不錯的隔熱效果，節能減碳效益大，但是專家主張，多年生的「爬牆虎」等蔓藤植物比人工植生環保。圖／聯合報資料照片

林尚毅說，要適合樹木生存，綠屋頂的覆土層得達到一定的厚度，才能讓樹木的根部伸展，因此，屋頂樓板的載重設計必須考慮這項需求。

建築綠牆 可隔熱降溫

顧慮防水和載重，建物立體綠化正朝「薄層綠化」趨勢發展。綠屋頂強調質量輕、成本低、維護少的綠化技術；而綠牆則以各種草本或蔓藤植物，達到建築隔熱降溫、淨化空氣汙染及生態跳島等改善都市生態環境的目的。

今年登場的上海世博會主題館，在東西向外牆立面各做出 5000 平方米的垂直生態綠牆，創下世界紀錄。它利用綠化和隔熱外牆，在夏季阻隔太陽熱輻射，冬季則形成保溫層。夏季的綠牆溫度比玻璃帷幕牆要低 2°C 左右，室內溫度可以降到 5°C，整體耗能比一般玻璃帷幕牆的建築物少 4 成。

今年開幕的台中市勤美誠品綠園道，用 3000 多個植生盒裝置輕質土壤與肥料，培育 14 萬株植栽，由工人逐一掛到牆上，號稱每天可以吸收 200 公斤的二氧化碳，夏天更可省 30% 空調電力。

開幕在即的台北花博也展示這類立體植栽工法，一旦技術成熟，將推廣全市。不過，成大建築研究所教授林憲德認為，這些植生「綠牆」只是浪費水資源，意義不大。

林憲德說，目前戶外綠牆多半採用存活數月的草花，景觀效果大於節能。他認為，綠化外牆應該採用耐旱的多年生蔓藤植物（如爬牆虎）。

綠牆主角 蔓藤類最好

台大園藝系教授許榮輝也認為，傳統的蔓藤類植物就能當綠牆主角，不必大費周章搞綠牆。

文化大學景觀系兼任副教授鄭文隆持不同看法。他說，綠牆技術不斷創新，採用的植栽已從短期的草花轉為多年生的植物，都在創新技術的培養下，能拋頭露面成為戶外綠牆主角。



台北市政府輔導傳統的成功市場鐵皮屋頂改種草花，既美觀又能降低室內溫度。圖／產發局提供