

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 工程學(二)科

佳作

052410

太陽能電磁機

學校名稱：大興學校財團法人桃園市大興高級中等學校

作者： 高三 蔡文瑋 高三 鍾嘉沅	指導老師： 蔡福君 陳雅芬
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：電磁線圈、發電機、電動機

摘要

在現今以綠能為主流的時代，而其中就包含了太陽能發電，但因傳統的太陽能發電只能有陽光出現時所產出的熱能才能使其發電，然而在夜晚時因熱能不足而無法運作，儘管所發出的電極為可觀，但相對所產出的電量極為不穩定。相較之下，太陽能發電機在陽光較弱時也可運作。假設將太陽能發電機運用在一般家庭上，只需要家中微弱的光源就能讓太陽能發電機產生電能，如果能充分運用平時家中消耗的光源來提升綠色能源的增加，對能源危機有正面的幫助，雖然其裝置所產出的電量較小，但僅需要微弱的光源即可使其運作，這樣類永動的概念所產出的而外電能，能加以運用會有很多而外的附加價值。

壹、研究動機

現代石油預計能使用的量，在今後 20 年左右全球石油總產量開始持續下降，科學家預計全球石油量將會在一百年以內完全耗盡，所以全球開始尋找和研究綠能，然而綠色能源以太陽能發電效率最高，但有很多缺陷，為了彌補太陽能板發電上受限太陽光照射問題導致效率不足，因此我們改造並調整成太陽能發電機，用於補足石油能源的浩劫，以電動機線圈所流動的電流方向特性，再應用小功率太陽能板發電功效，將結合運用漆包線及發電機概念透過相斥原理，在陽光照射太陽能板時，在因發出的電與磁鐵產生磁力線切割形成感應電流因高速旋轉藉此發電。目前市面上的發電機裝置，還沒有能依靠太陽為動能的發電機裝置，如果能由這次的專題研究中，探討出以太陽能來提供發電機所需動能，再藉由發電機機構來產生更多的綠色能源。

貳、研究目的

目前在文獻相關探討中我們能找到資料，大多發電機機構還是仰賴汽柴油為大部分發電機驅動燃料，我們發現太陽能發電機可在高轉速下旋轉發電，我們透過微小軸承的作用讓太陽能發電機接近零阻力，並在最高低轉速下穩定旋轉發電，同時我們模擬太陽能板比較嚴苛的條件下進行運轉測試，條件如轉速的快慢所發出的電量與光源遠近影響效能，而在光源照射的入射角是否會引響發電機正反轉運作功能，這些嚴苛的測試條件下我們運用鏡子讓渙散的光源能更加集中，在我們需要的投射角度上讓太陽能電機運轉效率更加提高，同時能有效

的控制太陽能電機正反轉運作的功能，讓太陽能電機在一般室內或夜晚時段能正常運轉發電，提高再生能源的可用度。

參、使用的器材與材料

一、設備使用介紹

製作太陽能發電機所使運用到的設備，有剪刀、鋁管、尖嘴鉗、焊接工具、斜口鉗、三秒膠、延長線、砂輪機、3D 列印機。接下來使測試太陽能發電機所使用的器具，有打火機、鹵素燈、紅光雷射(雷射筆)、轉速器、蠟燭等等設備的使用方式，如下所示。

1. 剪刀：使用來剪裁砂紙。
2. 鋁管：用來支撐六面太陽能板。
3. 尖嘴鉗：使漆包線折出所需的造型。
4. 焊接組：焊接太陽能板連接線路。
5. 斜口鉗：使用來剪裁漆包線所需使用的長度。
6. 三秒膠：加固 3D 列印支架，使支架不易斷裂。
7. 延長線：提供電源，使工具啟動。
8. 砂輪機：裁切鋁管所需的長度。
9. 3D 列印機：列印出本體支架與固定太陽能板支架。
10. 三用電錶：測量太陽能發電機選轉發電，發出的電量。
11. 打火機：實驗照射太陽能發電機，是否能運轉。
12. 鹵素燈：實驗照射太陽能發電機，是否能運轉。
13. 白熾燈：實驗照射太陽能發電機，是否能運轉。
14. 轉速器錶：測量出太陽能發電機最高轉速與最低轉速。
15. 蠟燭：實驗照射太陽能發電機，是否能運轉。
16. 風力測量器：測量輔助動能風量。
17. 雷射筆(紅色)：實驗照射太陽能發電機，是否能運轉。
18. 鐵尺：測量燈光照射距離。

19. 階梯鑽頭：組裝 3d 列印裝置用。

20. 光源測試器：測量照射亮度

二、使用材料介紹

設計太陽能發電機所使用的相關材料有，細頭釘子、漆包線 0.15、漆包線 0.6、太陽能板、釹鐵硼磁鐵、絕緣膠帶、微軸承、砂紙、3D 列印塑料及鐵絲等等製作材料，大部分主體及固定支架設計都使用 3d 列印繪圖製作，以達到客製化模組方式組裝，以下是我們製作材料介紹。

1. 細頭釘子：使用在發電機最前端，減少摩擦。
2. 漆包線 0.15：發電機內部主要漆包線使用及測試。
3. 漆包線 0.6：發電機內部主要漆包線使用及測試。
4. 太陽能板：微小型太陽能板，吸收陽光轉換成電能。
5. 釹鐵硼磁鐵：增加磁場效率。
6. 絕緣膠帶：做細部間隙填補。
7. 微軸承：讓太陽能發電機在旋轉發電時，不受摩擦力引響
8. 砂紙：3d 列印整修用。
9. 3D 列印塑料：主體支架及整體設計材料。
10. 鐵絲：發電機增加磁場效率。
11. 螺絲螺帽組：製作可調式支架。

肆、研究過程或方法

一、研究設計流程

剛開始和老師討論後，分析本專題將會面臨到的技術問題及一些專業問題，我們就擬定研究開發策略計劃如圖4.1所示，各項開發工作及日程則由實驗記錄本進行記錄由於開發當中會有不可預期的問題產生，所以零件的設計變更及修正應再所難免。



圖 4.1 太陽能發電機設計構想流程圖

二、 文獻探討

我們在實驗過程使用了高一物理課教的法拉第原理此定律得知，於 1831 年由麥可·法拉第發現，約瑟·亨利則是在 1830 年的獨立研究中比法拉第早發現這一定律，故這個定律被命名為法拉第定律(1)。由法拉第電磁感應定律因電路及磁場的相對運動所造成的電動勢，是發電機背後的基本現象。當永久性磁鐵相對於一導電體運動時反之亦然，就會產生電動勢。如果電線這時連著電負載的話，電流就會流動，並因此產生電能，把機械運動的能量轉變成電能，例如圖 4.2 所示的鼓輪發電機(2)及如圖 4.3 法拉第定律方程式。法拉第定律除了推導出磁場改變時所產生的感應電動勢，當導線換成封閉迴路時，可產生感應電流(3)；感應電流在磁場中也會感受到磁力，甚至會因為焦耳定律產生熱，而印證能量守恆定律(4)(5)。而日常見的电磁感應是導線在磁場中切割磁力線，可 $\mathcal{E} = \vec{l} \cdot \vec{v} \times \vec{B}$ 用來表示， \mathcal{E} 為感應電動勢， l 為電流長度向量， v 為速度， B 為磁場(6、7)。因我們是要讓門多西諾發電因此我們在纏繞線圈時注意了纏繞方向，纏繞完成後我們並開始使用鹵素燈、白熾燈、蠟燭以上三種不同光源，對門多西諾進行最高轉數與最低轉數、光源較低是否能旋轉發電、光源遠近是否會引響門多西諾的轉速以上四種因光源的因素進行實驗。

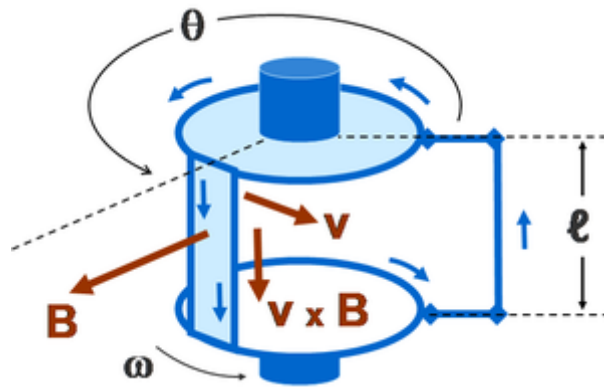


圖 4.2 鼓輪發電機圖及工程事(13)

$$\begin{aligned}\mathcal{E} &= -\frac{d\Phi_B}{dt} = Brl \frac{d\theta}{dt} \\ &= Brl\omega\end{aligned}$$

如圖 4.3 法拉第定律方程式

三、 研究過程

(一)構想設計結構圖

我們由手繪設計圖方式和 3D 列印技術作了一番比較後，經過多次的錯誤修正把相關的零件設計位置條配好幾次做細部分類，形成一個概念發想結構圖如圖 4.4 所示，圖中顯示了本專題所必須使用的各項技術及細部的感應元件位置。太陽能發電機是由中間轉子接受光線照射產生電流，電流經過線圈再流回太陽能板產生磁場，這個磁場跟轉子底部固定磁鐵正、負極磁場發生相吸及相斥的現象，造成轉子再接受陽光照射下不斷旋轉，能讓轉子在微弱光線下就能產生動能，就需要依賴 3D 列印技術來不強設計上的特殊角度，讓磚子上太陽能板能在低成成本的考量下，使中心轉子設計接近於圓形狀態，這樣轉子在任何轉動方向下都能受光良好，同時在太陽能板背後的線圈纏繞能更加緊密，能大大提升轉子轉動效能，同時下方磁鐵設計還能依照轉子高度做微調整，使底部磁場效果更加提升，讓而底座我們設計為可調整成垂直或水平兩種效果，讓太陽能發電機能在不同的情境條件下達到最好的狀態，透過太陽能發電機的高轉速特性，我們在兩端加裝了磁鐵座，讓太陽能發電機在高與低轉動的過程中就能無時無刻產生電源，經過小組分析討論後設計概念圖如 4.5 所示。

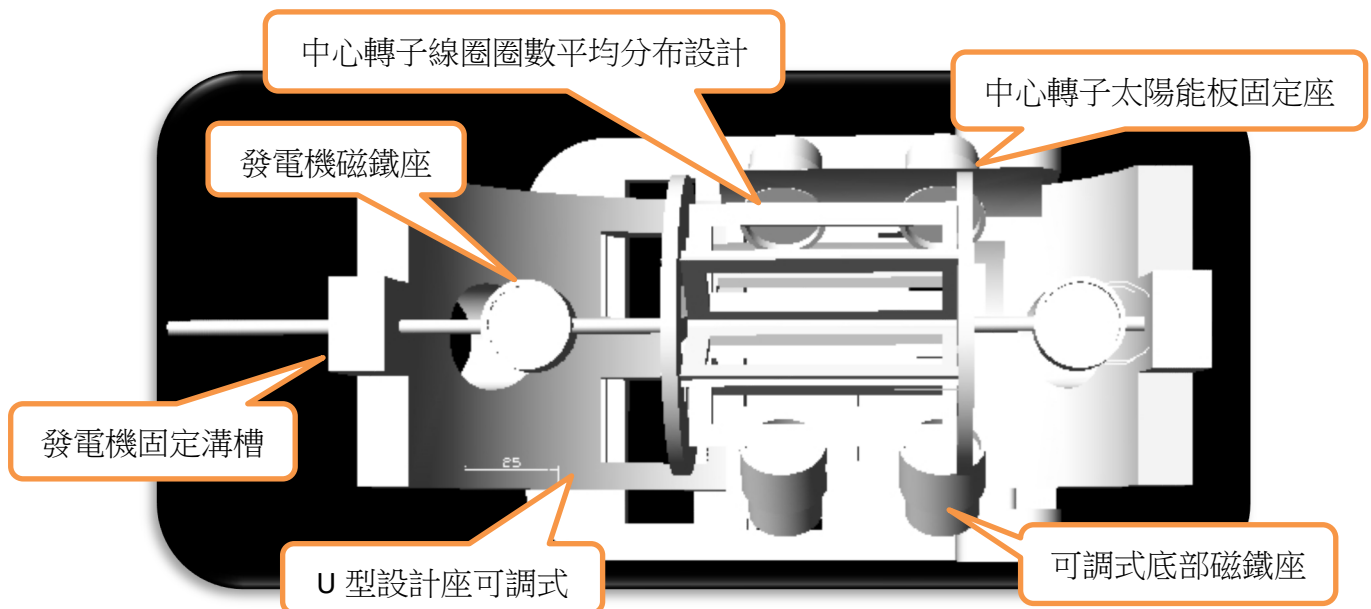


圖 4.4 機構設計俯視概念圖

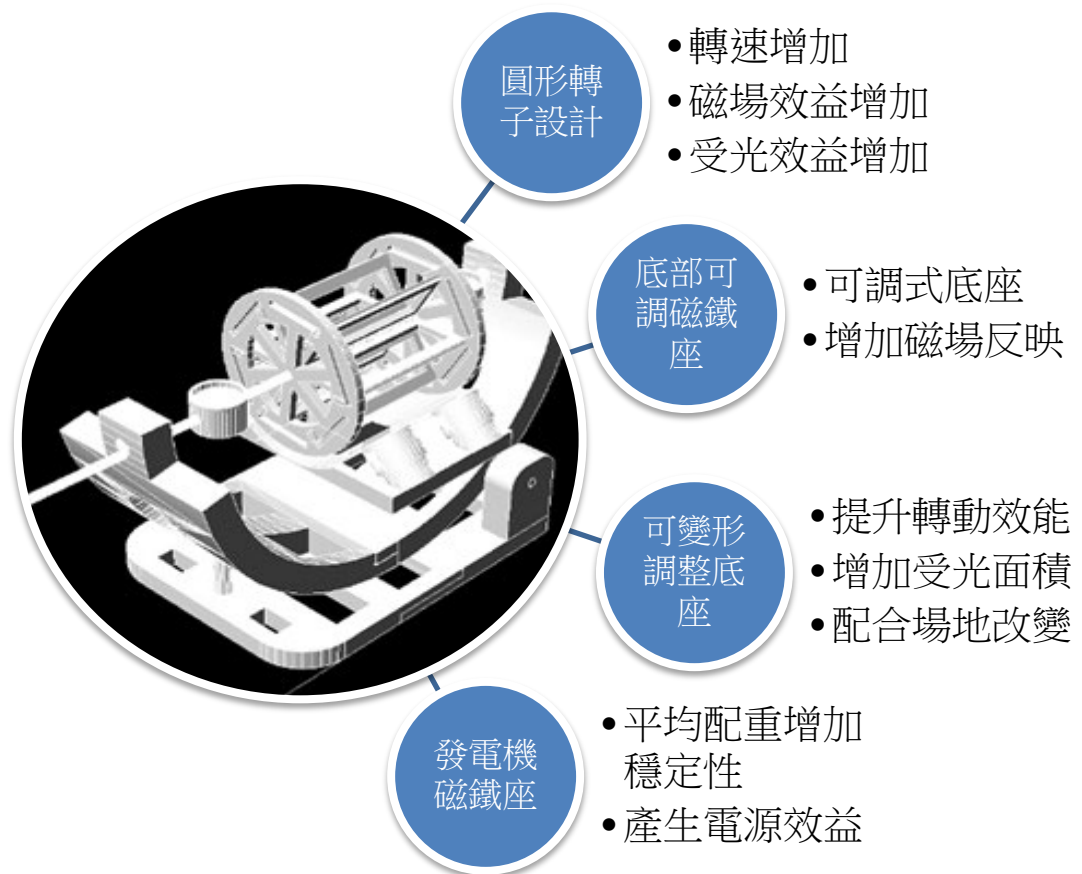


圖 4.5 設計概念完成分析圖

(二) 線圈設計構想測試

在研究過程中，我們先使用 0.6mm 的漆包線測試纏了五十圈與六十圈的線圈來做基礎測試如圖 4.6 所示，測量通電時磁場強度比較。實驗過程中我們知道兩者的差異及特性，不但會引響到太陽能板在旋轉發電時的效率，也會因重量過重而無法旋轉發電。



圖 4.6 線圈 60 圈與 50 圈

(三)、線圈粗細的實驗

由實驗過程中為了讓太陽能發電機能達到最高轉速，因此我們選用 0.25mm 與 0.15mm 的漆包線圈，為了能在中心主體上纏繞更多圈數，在兩種漆包線圈各纏繞 300、400、600、800 及 1000 圈以上的相關測試，實驗到最後階段我們將漆包線纏繞了 6000 圈如圖 4.7 所示，在實驗過程中，我們發現漆包線圈 6000 圈磁場效率很高，但在整體運作過程中穩定性太差重量也太高，後續我們將漆包線圈以 5000、4000 到 3000 圈中的測試，以 3000 圈中運轉穩定性是最高如圖 4.8 所示，最後中心轉子我們選用 3000 圈作為設計。



圖 4.7 漆包線 3000 圈圖



圖 4.8 漆包線 6000 圈圖

(四)光源測試中心轉子最低運轉穩定性

接下來動態測試我們拿蠟燭、鹵素燈、白熾燈以上三種不同光源進行動態實驗，對各纏繞共 3000 圈的 0.25mm 與 0.15mm 的中心轉子進行實驗，首先我們在封閉無燈光房間內點蠟燭光源為 31.5 w/m^2 如圖 4.9 所示，選用 0.25mm 漆包線圈纏繞 3000 圈，距離太陽能發電機 5cm 的距離進行動態測試如圖 4.10 所示，測量到的轉速為 22.1rpm，同時再選用 0.15mm 漆包線圈纏繞 3000 圈，距離太陽能發電機 5cm 的距離進行動態測試如圖 4.11 所示，測量到的轉速為 82.9rpm，在測試過程中能得知使用 0.15mm 漆包線圈纏繞 3000 圈的轉動效率最高，在密閉沒有光線的條件下，中心轉子轉速可達 82.9rpm 穩定運轉。



圖 4.9 蠟燭光源數值



圖 4.10 使用 0.25mm 漆包線測試

接續將蠟燭依照不同距離 10cm、20cm、30cm 離測量出太陽能發電機運轉最低速度，蠟燭距離 20cm 及光源 14.2 w/m^2 的測試條件下，太陽能發電機運轉轉速能到達 18.8rpm 如圖 4.12 所示，當蠟燭到達 30cm 距離測試條件下，太陽能發電機就停止運轉。



圖 4.11 使用 0.15mm 漆包線測試

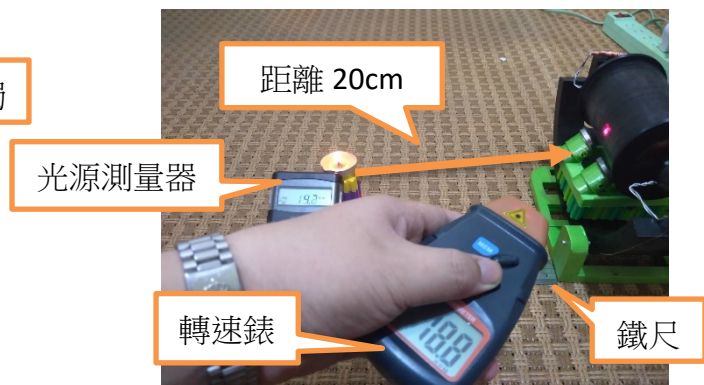


圖 4.12 蠟燭距離 20cm 漆包線 0.15mm 測試

(五)光源測試中心轉子最高運轉穩定性

這次測試我們使用一班家庭中常見的鹵素燈進行測試，測試條件在封閉無燈光房間內點亮鹵素燈光源為 966.4w/m^2 如圖 4.13 所示，選用 0.25mm 漆包線圈纏繞 3000 圈，距離太陽能發電機 110cm 的距離進行動態測試如圖 4.14 所示，測量到的轉速為 264.1rpm ，同時再選用 0.15mm 漆包線圈纏繞 3000 圈，距離太陽能發電機 5cm 的距離進行動態測試如圖 4.15 所示，測量到的轉速為 1015rpm 是目前在室內狀態測量到的最高轉速。



圖 4.13 鹵素燈光源數值



圖 4.14 使用 0.25mm 漆包線測試

在模擬測試過程中，依照不同距離 10cm 、 20cm 、 30cm 離測量出太陽能發電機運轉最高速度，在鹵素燈泡距離 20cm 及光源 530.8 w/m^2 的測試條件下，測的發電機轉速到達 822.3rpm 如圖 4.16 所示，由於鹵素燈泡光源較強，在室內燈具懸掛上方就能帶動太陽能發電機依照距離遠近還是會影響轉速快慢。



圖 4.15 使用 0.15mm 漆包線測試

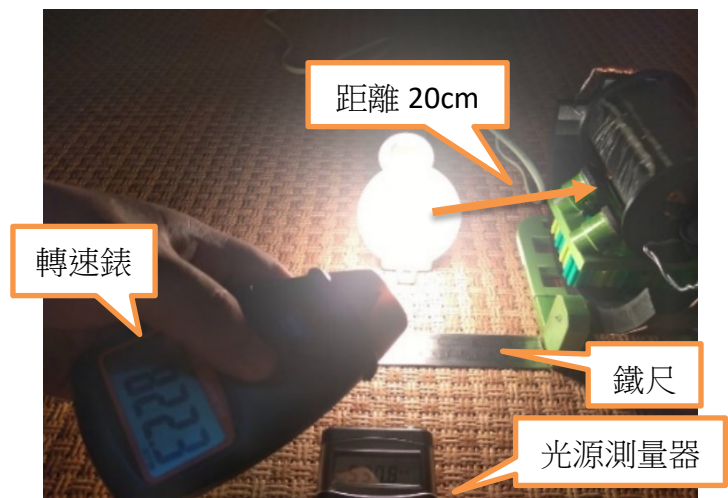


圖 4.16 鹵素燈距離 20cm 漆包線 0.15mm 測試

(六)以白熾燈測試中心轉子運轉穩定性

在實驗過程中為了能讓太陽能發電機在一般室內環境條件下就能啟動，因此我們再取白熾燈泡進行測試，白熾燈泡他的光源比鹵素燈泡低，比較接近市面上省電燈泡光源亮度，依照不同距離 10cm、20cm、30cm 距離測量，實驗中取距離 20cm 白熾燈泡亮度為 3.7 w/m^2 轉速為 82.7rpm 為光源最低狀況下如圖 4.17 所示，太陽能發電機還是能正常運轉。

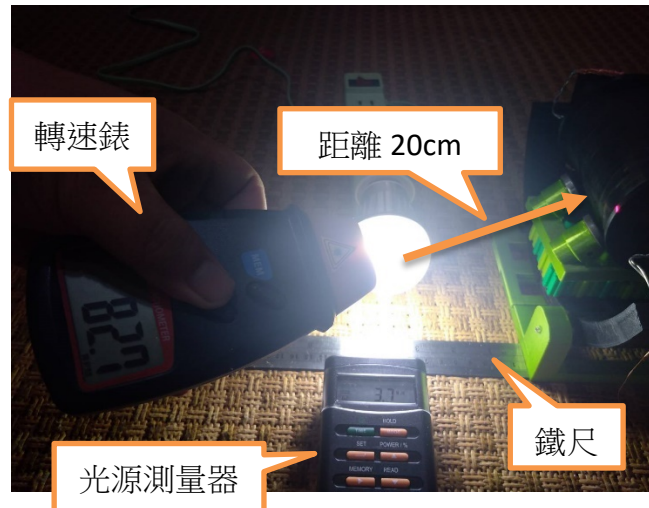


圖 4.17 白熾燈泡 20cm 測試

我們再依照不同情境條件進行 20cm、30cm 測量，取距離 30cm 光源 4.0 w/m^2 條件下轉速可達 30.6rpm 的運轉速度如圖 4.18 所示，由多樣的測試過程中得知白熾燈泡與市面上省電燈泡照射的條件下，太陽能發電機運轉流暢度是能達到居家條件上的使用。

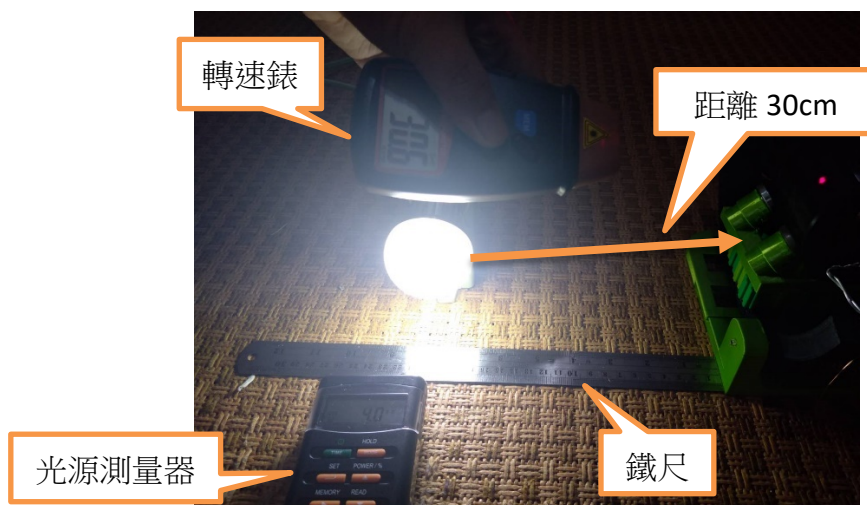


圖 4.18 白熾燈泡 30cm 測試

(七) 太陽能發電機外罩及光源集中設計

由於實驗過程中都是在封閉無燈光房間下進行測試，然而在一般室內條件下光源的影響會由 360 度的狀況下影響太陽能發電機，我將太陽能發電機增加外圍保護罩如圖 4.19 所示，能避免上方及後方角度的光源影響太陽能發電機轉動效率，再左右兩邊無太陽能板故不影響發電機轉動效率問題，同時能更加準確控制太陽能發電機正反轉的功能，讓光源能更加集中照射在中心太軸的陽能板上。

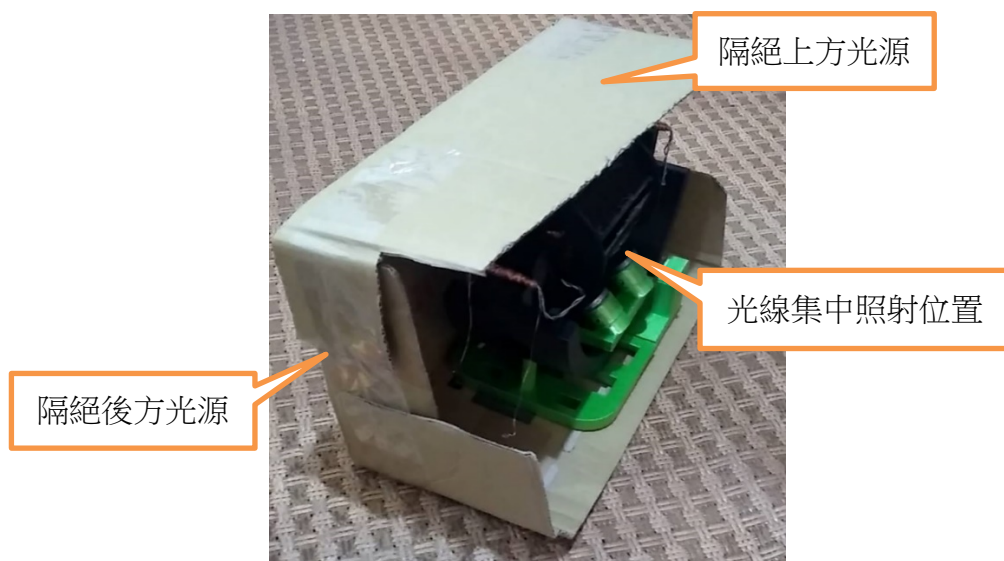


圖 4.19 太陽能發電機保護罩

同時我們想再增加光源折射功能，讓光源在照射時的過程中能更加集中在中心轉子太陽能板上，我們使用鏡子搭配鋁膠帶運用兩者的特性配合如圖 4.20 所示，使用鹵素燈泡距離 10cm 測量光源可到達 1430 w/m^2 提升 500 w/m^2 以上，使光線的折射能更加集中在我們想要的位置上，能更準確控制太陽能發電機正反轉功能，同時對照射的光源不容易渙散。



圖 4.20 光源集中設計

(八) 太陽能發電機電量測量

發電機設計我們使用自製發電機，我們再兩邊各設計一組小型發電機，我的發電效率會同時增加一倍，在線圈纏繞上我們使用 0.6mm 線圈一邊各纏繞 500 圈，在不同測試情境下我們還是取一般室內比較常見的光源設備，我使用蠟燭、鹵素燈、白熾燈以上三種不同光源進行實驗，由最低光源蠟燭 40 w/m^2 距離 10cm 進行測試，再透過鏡子及鋁膠帶反射的特性讓發電機轉速到達 20.2rpm 如圖 4.21 所示，測量到的直流電壓在 2.5V 的數值並使用橋式整流使交流電轉化成直流電，同時測量到的電流 0.11A 安培如圖 4.22 所示，目前測試過程中穩定平均最低發電量為單一邊發電裝置產生的電量。

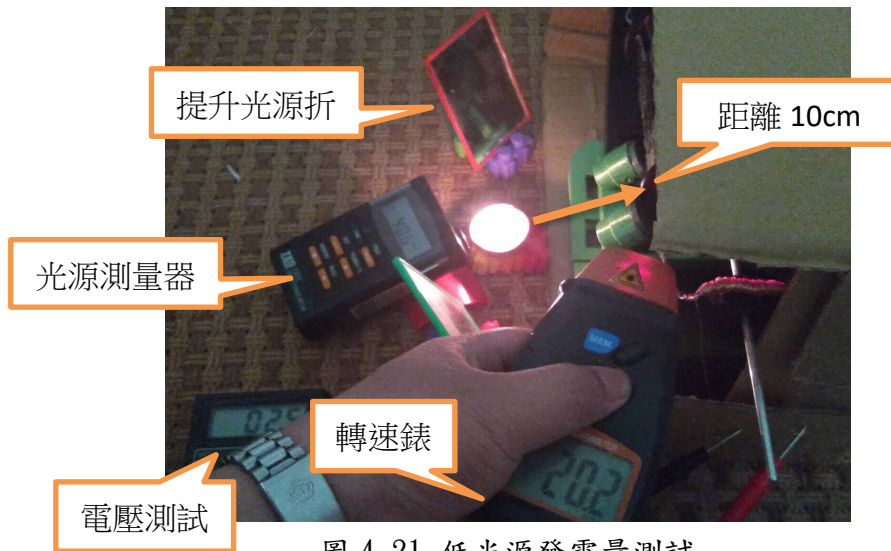


圖 4.21 低光源發電量測試

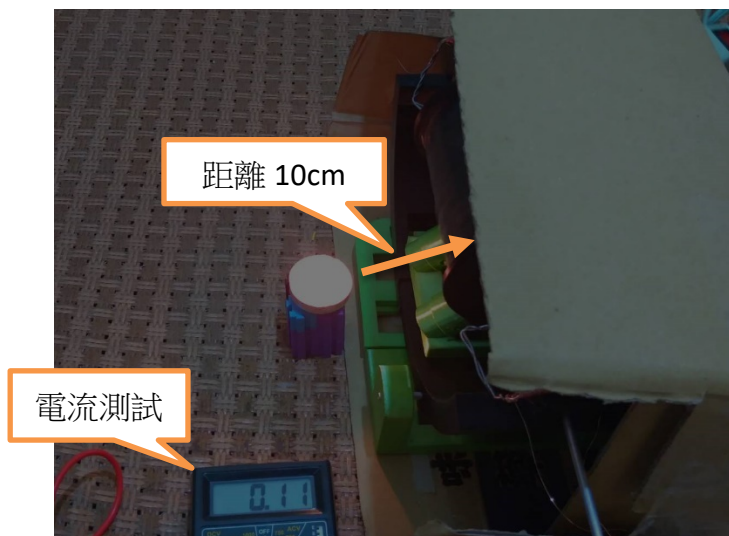


圖 4.22 蠟燭電流測試

再由白熾燈泡將測試距離條件設定與蠟燭一樣，在距離 10cm 的條件下進行測試，光源測試條件為 9.7 w/m^2 測得轉速 135.1rpm 的數值，一樣使用光源集中裝置鏡子及鋁膠帶讓光源照射條件提高，測得直流發電機發電量為 2.88V 伏特如圖 4.23 所示，並使用橋式整流裝置將交流電轉化成直流電，接續測量發電電流 0.43A 安培如圖 4.24 所示，以白熾燈泡與市面上省電燈泡照射的條件下測試過程中穩定平均值。

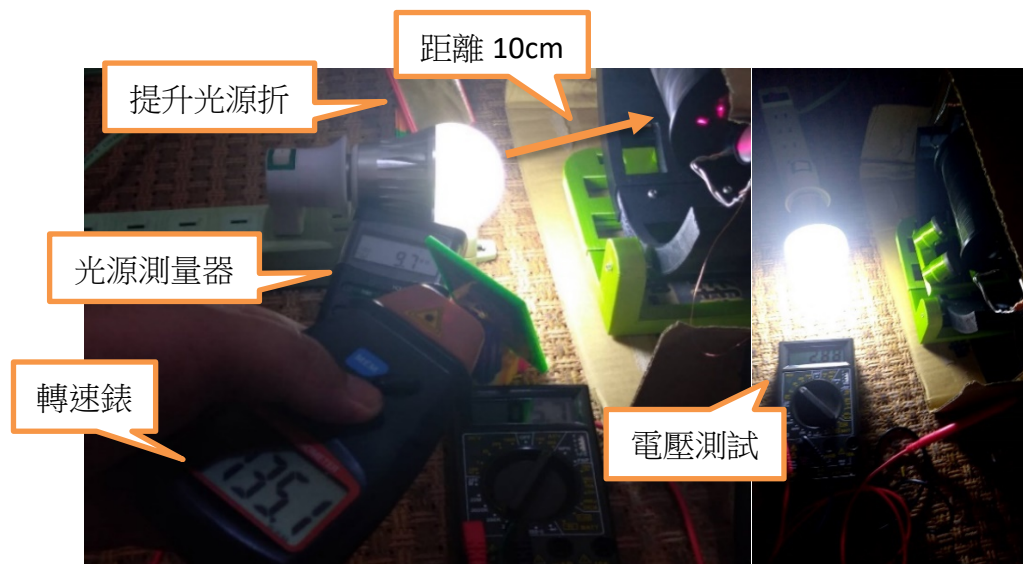


圖 4.23 白熾燈泡發電量測試

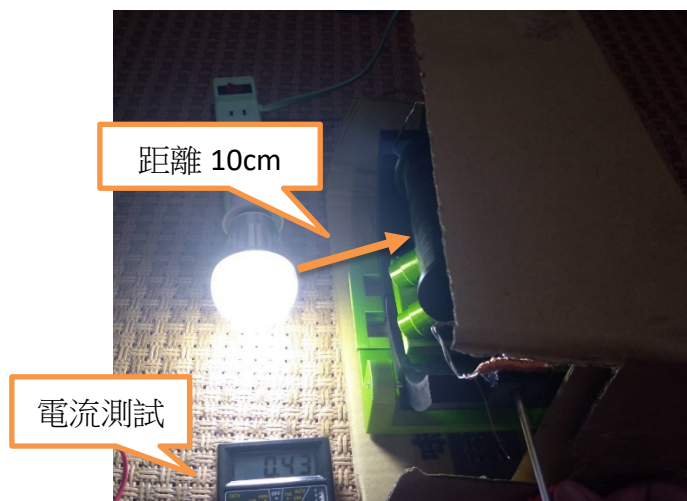


圖 4.24 白熾燈泡電流測試

後續以光源度最高的鹵素燈泡進行發電量測試，測試條件以光源距離發電機 10cm 距離進行，測得光源條件為 1100 w/m^2 轉速達 875.9rpm 的狀態，再透過鏡子及鋁膠帶反射的特性讓發電機直流電壓達到 5.7 V 伏特的數值如圖 4.25 所示，並在使用橋式整流使交流電轉化成直流電，在發電機上測量到電流為 1.53A 安培如圖 4.26 所示，目前測試過程中穩定平均最高發電量效率最穩定數值呈現，測量數據為單一側發電裝置發電量。

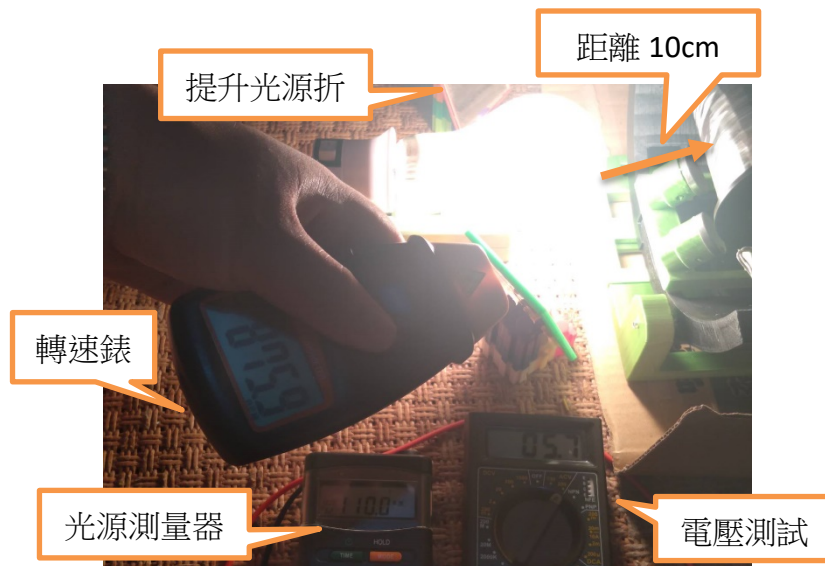


圖 4.25 高光源發電量測試

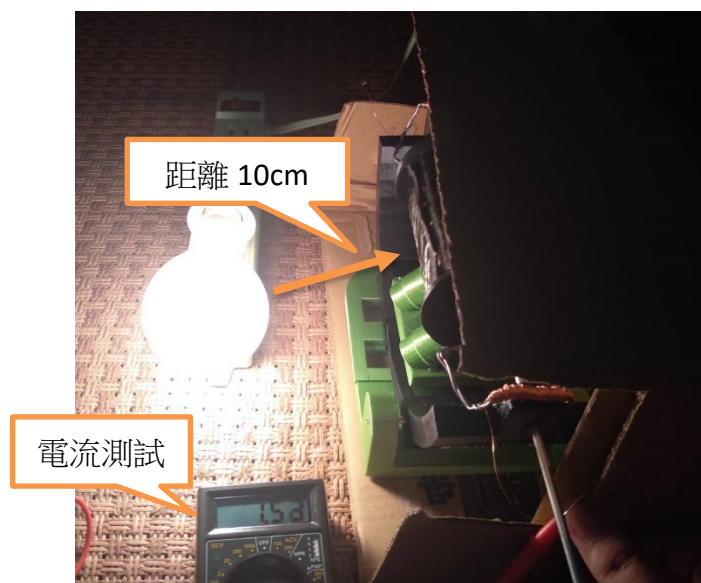


圖 4.26 鹵素燈泡電流測試

伍、研究結果

一、光源及轉速測試比較

由實驗過程中得知光源照射距離是否會引響太陽能發電機的轉速，我們使用了鹵素燈、白熾燈、蠟燭三種不同光源，分別在距離 10cm、20cm、30cm 照射太陽能發電機進行測試如表 5.1 所示，在下表中蠟燭最低光源 14.2 w/m² 時，太陽能發電機還是能持續低速穩定運轉，然而在夜間環境有開夜燈習慣的室內情境，太陽能發電機還是能持續運轉，同時太陽能發電機不受到天候的影響，只需要室內環境有到達最低光源啟動條件，同時上午時段可將太陽能發電機放在有陽光能照射的位置，太陽能發電機就能持續運作。

表 5.1 不同光源距離遠近測驗表

	距離與光源分析					
	10cm	光源	20cm	光源	30cm	光源
鹵素燈	1015rpm	1100 w/m ²	875rpm	530.8 w/m ²	822.3rpm	511 w/m ²
白熾燈	135.1rpm	9.7 w/m ²	82.7rpm	3.7 w/m ²	30.6rpm	4.0 w/m ²
蠟燭	20.2rpm	40 w/m ²	18.8rpm	14.2 w/m ²	0rpm	0 w/m ²

二、蠟燭測試分析

使用常見的燭光來模擬測試低光源條件在實驗中，我們使用蠟燭分別在距離 5cm、10cm、20cm、30cm 四個不同距離，對太陽能發電機進行照射，並測量轉速、光源亮度、電壓、電流、電功率，是否會因照射距離的遠近而有所差距如表 5.2 所示。在數據中得知，蠟燭在距離 10cm 時轉速、光源亮度、電壓、電流、電功率是最穩定的，如果再把光源拉近到 5cm 雖然功率是最高，但在安全顧慮上還是取 10cm 為穩定發電值，蠟燭光源超過 30cm 以上就很難再測量到，太陽能發電機最低運轉條件蠟燭為 14.2 w/m² 能產生 0.024W 的功率，如果能將微弱的光源產生的電量存下來使用，對日常生活中能源的消耗也是大大的降低。

表 5.2 蠟燭測試分析表

	測量距離 5CM	測量距離 10CM	測量距離 20CM	測量距離 30CM
轉速	82.9rpm	20.2rpm	18.8rpm	0 rpm
光源	31.5 w/m ²	40 w/m ²	14.2 w/m ²	0 w/m ²
電壓	2.4V	2.5V	1.1V	0V
電流	0.2A	0.11A	0.02A	0A
電功率	0.48W	0.275W	0.024W	0W

三、鹵素燈測試分析

目前家用室內燈比較常見的為鹵素燈在實驗中，然而我們使用鹵素燈作為測量分別在距離 5cm、10cm、20cm、30cm 四個不同距離，對太陽能發電機進行照射，測量其數值如轉速、光源亮度、電壓、電流及電功率，是否會因照射距離的遠近而有所差距如表 5.3 所示。在數據中得到，鹵素燈為運轉效率最高的光源，在鹵素燈在距離 5cm 時轉速、光源亮度、電壓、電流、電功率可到達 10.27W 是最高的，然而到達距離 30cm 時鹵素燈光源 511 w/m² 轉速可達到 806RPM 功率可達 6.12W 的發電功率。目前大部分工業區室內場所還是選用鹵素燈作為照明設備，如果可以將平時無意間消耗的光能，透過太陽能發電機來節約能源的輔助，對能源危機有正面的提升。

表 5.3 鹵素燈測試分析表

	測量距離 5CM	測量距離 10CM	測量距離 20CM	測量距離 30CM
轉速	1015rpm	875.9rpm	822.3rpm	806 rpm
光源	966.4 w/m ²	1100 w/m ²	530.8 w/m ²	511 w/m ²
電壓	6.5V	5.7 V	5.4V	5.1V
電流	1.58A	1.53A	1.22A	1.20A
電功率	10.27W	8.721W	6.58W	6.12W

四、白熾燈測試分析

使用白熾燈最為測試光源，目前一般小家庭都會使用省電燈泡，選用白熾燈最接近市面上省電燈泡光源照射，我們分別在距離 5cm、10cm、20cm、30cm 四個不同距離，對太陽能發電機進行照射，並測量轉速、光源亮度、電壓、電流、電功率，是否會因照射距離的遠近而有所差距如表 5.4 所示。在數據中得知白熾燈的光源照射是偏低，與蠟燭光源的照射度相近，我們取距離 5cm 時轉速 164.1rpm、光源亮度 10.2 w/m²及電功率 1.116W 是最高的，到達距離 20cm 時，因白熾燈光源雖比蠟燭亮但光源比鹵素燈低，因此距離到 20cm 測到轉速達到 82.7rpm、有明顯下降趨勢光源亮度 3.7 w/m²、電功率 0.4W，然而在測量過程中白熾燈的發電功率比蠟燭好。

表 5.4 白熾燈測試分析表

	測量距離 5CM	測量距離 10CM	測量距離 20CM	測量距離 30CM
轉速	164.1rpm	135.1rpm	82.7rpm	30.6rpm
光源	10.2 w/m ²	9.7 w/m ²	3.7 w/m ²	4.0 w/m ²
電壓	2.79v	2.88V	2.4V	2.5V
電流	0.4A	0.43A	0.22A	0.16A
電功率	1.116W	1.2384W	0.528W	0.4W

五、發電效率分析

本次實驗過程中，我們取距離太陽能發電機 10CM 距離為分析條件，距離 10CM 所測量到數據為運轉穩定性高，分別在蠟燭、鹵素燈、白熾燈所照射的亮度來對應其數據，太陽能發電機最後線圈纏繞我們由實驗過程中得知，在纏繞 3000 圈的中心轉子靈敏度效果最好，不管在重量或磁場表現及運轉穩定度。

然而在三種反差很大的光源照射下，對太陽能發電機運轉發電功率落差也很大，針對蠟燭及白熾燈兩者差異相對小，由實驗數據中在相同距離 10CM 時分析出轉速、光源亮度、電壓、電流、電功率的數據，以鹵素燈表現最為良好如表 5.5 所示，電功率可到達 8.721W 的功率，在透過我們的存電裝置，已經能為 LED 的照明設備提供啟動電源，無形之中能達到免費的能

源取用。然而在光源條件欠缺的狀況下以白熾燈為例，白熾燈為家中常見的省電燈泡，他的光源會比鹵素燈來的低很多，在光源達 9.7 w/m^2 時所發出的功率為 1.238W ，在透過時間小時的換算一天或一星期存下來的電量也是很可觀，太陽能發電機如果出外露營或戶外活動時也能由營火來提供光源，讓太陽能發電機正常運轉，以蠟燭測試光源在 40 w/m^2 就能產生 0.275W 的功率，在任何地方都是能提供緊急用電的設備。

表 5.5 以距離 10CM 分析表

	3000 砸線圈(蠟燭)	3000 砸線圈(鹵素燈)	3000 砸線圈(白熾燈)
距離	10CM	10CM	10CM
轉速	20.2rpm	875.9rpm	135.1rpm
光源	40 w/m^2	1100 w/m^2	9.7 w/m^2
電壓(V)	2.5V	5.7 V	2.88V
電流(A)	0.11A	1.53A	0.43A
功率(W)	0.275W	8.721W	1.238W

六、最高與最低發電功率比較分析

為了能比較分析太陽能發電機高低差發電效率，我們將三種光源製作成表格分析比較，由表格分配過程中得到鹵素等為太陽能發電機高低發電效率最好，可達到 10.27W 至 6.12W 之間，最低發電效率為蠟燭，發電量只能在光源接近的距離能產生電源，發電效率只有達到 0.48W 至 0W 之間，在白熾燈發電功率也最接近蠟燭，但整體發電效能比蠟燭來的好，發電效率可達到 1.23W 至 0.4W 之間，用於一般室內省電燈泡都是能使用，同時與太陽能板做比較，在白熾燈發電量就能勝過太陽能板的發電量如表 5.6 所示，蠟燭發電量較弱於太陽能板，但在不受環境及天候影響蠟燭發電條件也會勝過，太陽能板直接發電來的好，太陽能板直接發電有太多外在環境影響，如果透過太陽能發電機只要在室內就能輕送儲備電源。

表 5.6 高低電功率分析表

	蠟燭		鹵素燈		白熾燈		太陽能板
	高轉速	低轉速	高轉速	低轉速	高轉速	低轉速	規格 100*28mm
電壓	2.4V	0	6.5V	5.1V	2.88V	2.5V	5.5V
電流	0.2A	0	1.58	1.20A	0.43A	0.16A	0.06A
電功率	0.48W	0	10.27W	6.12W	1.2384W	0.4W	0.33W
區間	0.48W 至 0W		10.27W 至 6.12W		1.23W 至 0.4W		0.33*(2)=0.66W

在發電量透過進一步計算，蠟燭最高發電功率為 0.48W 將其電源儲存一天下來可得到 11.52W 的電能，在透過時間計算一星期後可得到 80.64W 的電能，這微不足道的電能儲存下來的能透過緊急備用電源的規劃加以應用，同時在省電燈泡白熾燈也能產生而外電能，在日常生活當中白熾燈最高可產生 1.23W 的電能，經過一天的儲存量可達到 29.52W 長時間下來，一星期又可以存到 206.64W 的電量，比太陽能板直接發電的電量來的高上一倍，太陽能板一星期只能儲存電量最高達 110.88W 的發電量，還必須受到天候及環境的影響，然而發電效率最高的鹵素燈泡可到達 1.23W 的電量一星期下來，還可儲存電量達 1.7 度電能以上，已可做夜間照日明設備或緊急備用電源的使用。

表 5.7 時間產生功率分析表

	蠟燭		鹵素燈		白熾燈		太陽能板
	最高	最低	最高	最低	最高	最低	0.33*2
1 小時	0.48W	0	10.27W	6.12W	1.23W	0.4W	0.66W
1 天	11.52W	0	246.48W	146.88W	29.52W	9.6W	15.84W
1 星期	80.64W	0	1725.36W	1028.16W	206.64W	67.2W	110.88W

七、發電機構比較分析

發電機測試然而我們發電機使用自製發電機，在太陽能發電機左右兩旁各裝設一組發電機構，我們使用 0.6mm 漆包線纏繞 550 圈圍一邊發電機設計，兩邊發電機加總 1100 圈的圈數，讓發電效能可以提高同時還能在運轉的過程中更加平穩，同時在發電機輸出端加裝橋式整流器讓交流電能透過橋式整流器轉換為直流電，在實驗過程中分別使用鹵素燈、白熾燈、蠟燭三種不同光源照射太陽能發電機，測量左右兩邊所發出的電是否因照射距離與使用不同光源照射而有所差距如表 5.8 所示。在實驗數據中發現，使用鹵素燈、白熾燈、蠟燭三種光源，分別在距離 5cm、10cm、20cm、30cm 四個不同距離，左右兩旁發電機所發出的電都相差不大。

表 5.8 發電機構功率分析

	蠟燭		鹵素燈		白熾燈	
	左	右	左	右	左	右
距離 5CM	0.5W	0.48W	10.27W	10.27W	1.0W	1.11W
距離 10CM	0.24W	0.27W	8.72W	8.71W	1.26W	1.23W
距離 20CM	0.02W	0.02W	6.58W	6.58W	0.47W	0.52W
距離 30CM	0W	0W	2.12W	2.10W	0.43W	0.4W

八、底座磁場測試

底座磁場測試，使用一般磁鐵與釹鐵硼磁鐵的磁力比較，為了讓太陽能發電機運轉效能良好，我們使用釹鐵硼磁鐵搭配我們獨特設計，透過 3D 列印我們將釹鐵硼磁鐵擺放角度實體化，經過多次測試角度最佳角度落在 40 至 45 度之間，經過多次實驗後取 45 度為最佳角度，同時配合我們轉子設計接近於圓形的設計，在旋轉發電過程中，比較不容易被上方轉子吸附帶走的狀況，經過多次實驗比較釹鐵硼磁鐵磁場效果比一般磁鐵來的強如表 5.9 所示，讓發電機轉子提升轉動效率。

表 5.9 一般磁鐵與釹鐵硼磁鐵比較

	一般磁鐵				釹鐵硼磁鐵			
	90 度	45 度	40 度	30 度	90 度	45 度	40 度	30 度
磁力強度	佳	良	佳	佳	特優	特優	特優	特優
磁力圈強度	弱	良	良	佳	優	特優	特優	特優
轉子靈敏度	尚可	良	良	佳	良	特優	優	優

討論

在自製的太陽能發電機發出的電量可提供簡易緊急照明設備所需電量，而我們將太陽能發電機因旋轉產生的磁力線切割進行發電，但因太陽能發電機所發出的電較小無法直接帶動電器用品。為了讓太陽能發電機能不受無陽光時或陽光較弱時也能旋轉發電，因此我們將太陽能發電機進行改良。

透過許多文獻發現，為了太陽能發電機能在微小的光源下也可旋轉電，我們發現太陽能板數目與線圈纏繞圈數與粗細會引響到太陽能發電機的迴轉效率，但因考慮到完成後的總重量會過重，所以我們使用了六面太陽能板與八片太陽能板，與使用 0.25mm 與 0.15mm 漆包線個纏繞 3000 圈並進行實驗。

在經過討論後，我們決定使用蠟燭、鹵素燈、白熾燈三中不同發光體，分別對太陽能板進行照射；便進行各一小時對太陽能板照射，紀錄測量各自之數據進行推測一天至一周的發電量進行比較。

在實驗中發現，磁鐵的擺設角度與擺放數量是會引響太陽能發電機旋轉效率，因許多其它製作者拍攝引片中磁鐵擺設大多都是平躺數量一顆，而我們為了讓提高太陽能發電機旋轉效率，因此我們將磁鐵擺設角度放置 30 度、40 度、45 度、90 度四種不同角度與數量使用四顆進行實驗。

陸、結論

由實驗中得知，讓太陽能發電機在低光源環境條件下能保持運作，主要因素是由漆包線圈粗細及緊密度與太陽能板數量有相所關聯。我們使用六片小尺寸的太陽能板，在擺放距離趨近於圓形，當太陽能電機運轉過程中能讓光線更平均照射在太陽能板上，讓光線照射時不會產生照射死角的問題。

在實驗過程中讓我們得知，蠟燭、鹵素燈、白熾燈三中不同發光體，分別對太陽能板進行照射得到數據，使用蠟燭照射太陽能板一小時最高發電量達到 0.48W 則最低發電量為 0W；鹵素燈照射太陽能板一小時最高發電量達到 10.27W 則最低發電量為 6.12W；白熾燈照射太陽能板一小時最高發電量達到 1.23W 則最低發電量為 0.4W。

我們經過反覆測試磁鐵擺設角度 30 度、40 度、45 度、90 度四種不同角度安裝在太陽能發電機底部並進行測試，磁鐵擺放角度為 45 度效果最佳，且釹鐵硼磁鐵優於一般磁鐵安裝了對邊四顆釹鐵硼磁鐵，讓太陽能發電機磁場反映能夠增加，這樣運轉效能也大大提升很多。

因此在太陽能發電機低轉速 82.9rpm 運轉下，發電電壓能達到 0.11A 低頻率的發電效率，使太陽能發電機在一般室內場所就能提供微弱的電源，然而在 164.1rpm 高轉速下，能達到更加穩定運轉效能，發電電壓可達到 15.3A 的高效能發電，如果能將這項設備運用在一般長時間必須供應電源設備上，或透過儲存裝置將電能儲備下來給緊急救援裝置使用，能大大節省電源的不必要的消耗。

參考資料來源

1. Tai Chow (Author)(2005) 書籍參考 2021 年 4 月 22 日擷取電磁理論導論
2. 大衛·J·格里菲思(2017) 書籍參考 2021 年 4 月 30 日擷取電動力學導論第 3 版
3. 2021 年 6 月 1 日擷取科學 online。
<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=2448>
4. David J. Griffiths (2017) 書籍參考 2021 年 6 月 1 日擷取《Introduction to Electrodynamics》
5. 大衛·J·格里菲斯(2018) 書籍參考 2021 年 5 月 0 日擷取電動力學導論(翻譯版)
6. David J. Griffiths (2012) 書籍參考 2021 年 5 月 16 日擷取**電動力學導論(簡體版)**
7. 皮爾遜(2014) 書籍參考 2021 年 5 月 20 日擷取電動力學導論(簡體版)

【評語】 052410

本作品應用門多西諾電機(Mendocino motor)概念設計太陽能發電機。門多西諾電機是一種以太陽能為動力的磁懸浮電動機，它最早是由美國發明家拉里·斯普林(LarrySpring)於1992年發明。作者自行設計磁懸浮電動機，並以蠟燭、鹵素燈、白熾燈三種不同光源進行動態實驗，並對纏不同圈數漆包線的電動機進行最高轉數與最低轉數、能旋轉發電最低光源、光源遠近對發電的影響等測試。測試結果發現使用0.15mm漆包線圈纏繞3000圈的轉動效率最高。

門多西諾電機已有市售類似商品，其結構包含太陽能板，故白天由太陽能板受光進行光電轉換產生電能，利用電磁轉換使門多西諾電機轉動。本作品強調於夜晚時，利用燈光促使門多西諾電機轉動，再利用磁電轉換發電，惟室內燈光照射門多西諾電機懸浮轉動產生電能需儲能裝置配合儲存所發電能。

本作品自製太陽能發電機，相當用心處理一些條件，例如透過微小軸承的作用讓太陽能發電機接近零阻力，同時作者運用鏡子讓渙散的光源能更加集中，也在需要的投射角度上讓太陽能電機運轉效率更加提高，有效控制太陽能電機正反轉運作的功能，

讓太陽能電機在一般室內或夜晚時段能正常運轉發電，這些都有利於提高再生能源的可用度。未來仍有可改進空間，例如作者宜計算所使用鹵素燈及白熾燈的功率，並與門多西諾電機產生功率比較，估算其發電效率。另由於鹵素燈會產生紫外線，一般家庭較少用鹵素燈，建議未來針對 LED 燈進行試驗。另外，亦可考慮使用室內弱光下效率更高之太陽能板進行實驗。

作品簡報

作品名稱：太陽能電磁機

- 組別：H0905
- 科別：工程學科（二）

前言：研究問題

研究動機

1. 傳統太陽能板容易受天氣引響，且發電較不穩定。

2. 現今有許多綠能發電，而綠能發電容易受氣候引響。

3. 陽光入射角會引響太陽能板發電效益。

4. 因小型太陽能板發出的電量有限制，發出的電最高只達到0.33W。

研究目的

1. 使太陽能發電機在陽光較弱時就可運作。

2. 改造並調整太陽能電磁機，用於補足氣候引響的限制。

3. 使其運用在一般家庭上，只需要家中微弱的光源就能產生電能。

4. 為提高室內發電效益，透過機構的轉換增設發電機，提高發電效能。

問題

改善

研究設計流程



太陽能發電機設計構想流程圖

研究方法

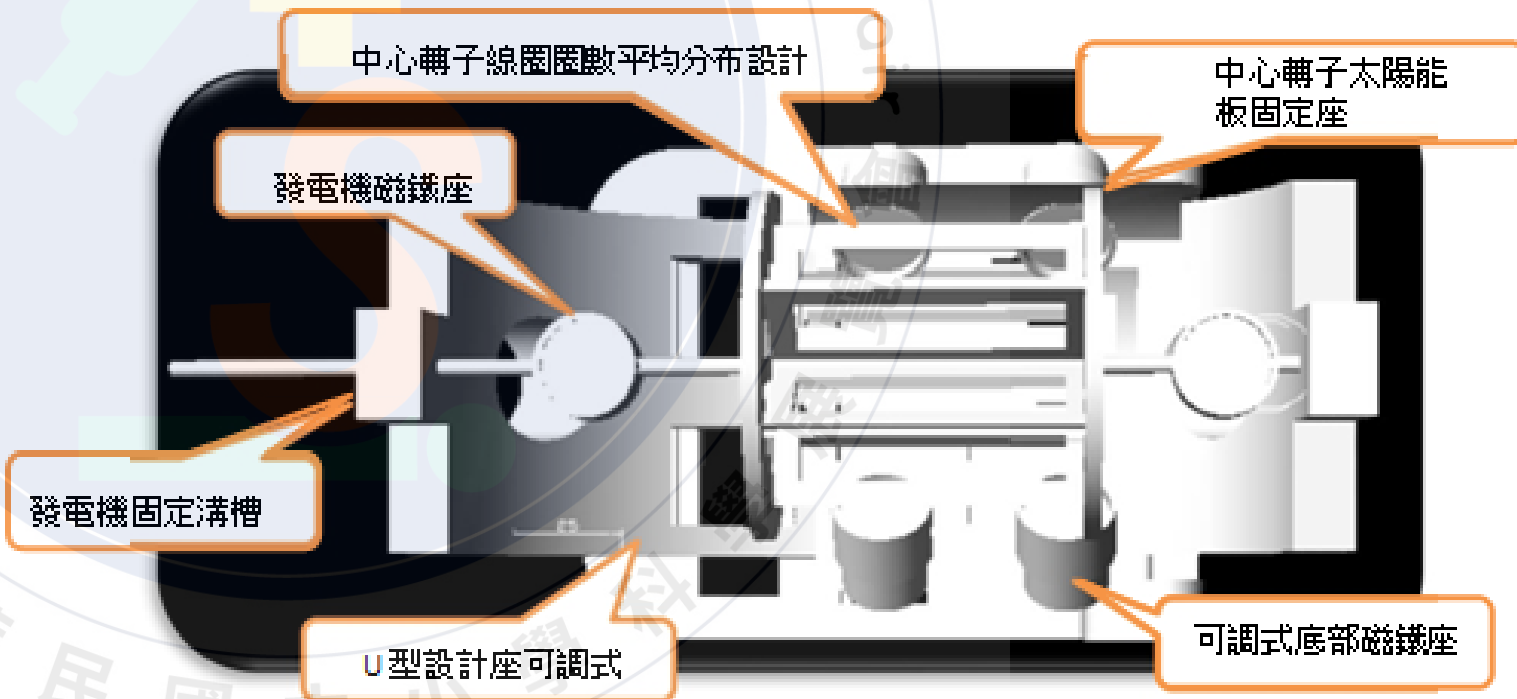
構想設計結構圖 (俯視圖)

特色
實用

發電機磁鐵座

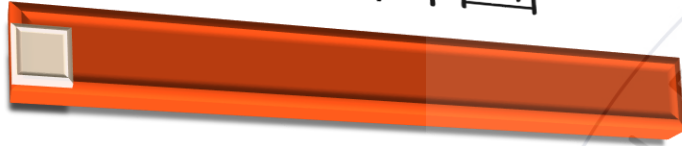
U型設計座可調式

可調式底部磁鐵座



機構設計俯視概念圖

機件分析圖



- 圓形轉子設計
- 底部可調磁鐵座
- 可變形調整底座
- 發電機磁鐵座
- 發電效率提升
- 兩側獨立發電機設計



圓形轉子設計

- 轉速增加
- 磁場效益增加
- 受光效益增加

底部可調磁鐵座

- 可調式底座
- 增加磁場反映

可變形調整底座

- 提升轉動效能
- 增加受光面積
- 配合場地改變

發電機磁鐵座

- 平均配重增加穩定性
- 產生電源效益

鹵素燈測試分析：(距離 5cm、10cm、20cm、30cm)

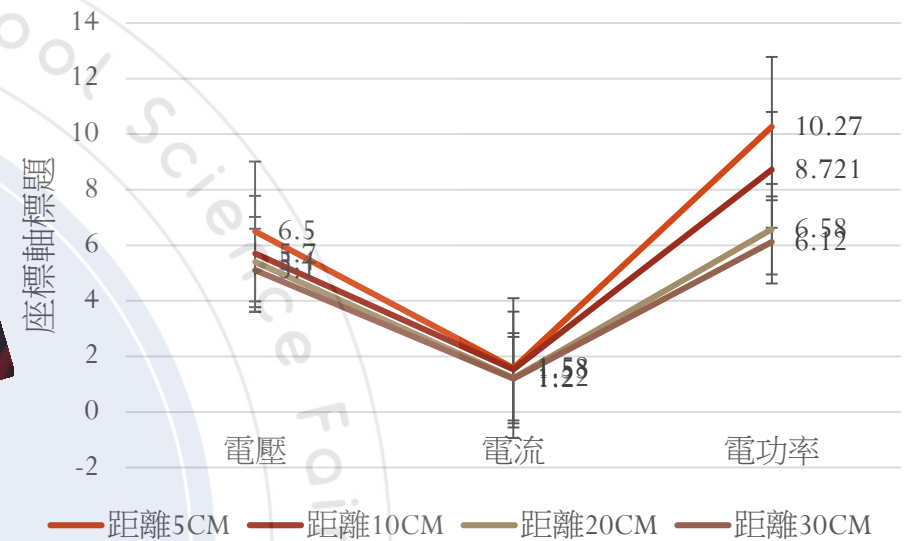
鹵素燈測試分析表

	測量距離 5CM	測量距離 10CM	測量距離 20CM	測量距離 30CM
轉速	1015 rpm	875 rpm	822 rpm	806rpm
光源	966 w/m ²	1100 w/m ²	530 w/m ²	511 w/m²
電壓	6.50 V	5.70 V	5.40 V	5.10 V
電流	1.58 A	1.53 A	1.22 A	1.20 A

鹵素燈測試圖



(鹵素)四種不同距離發電量

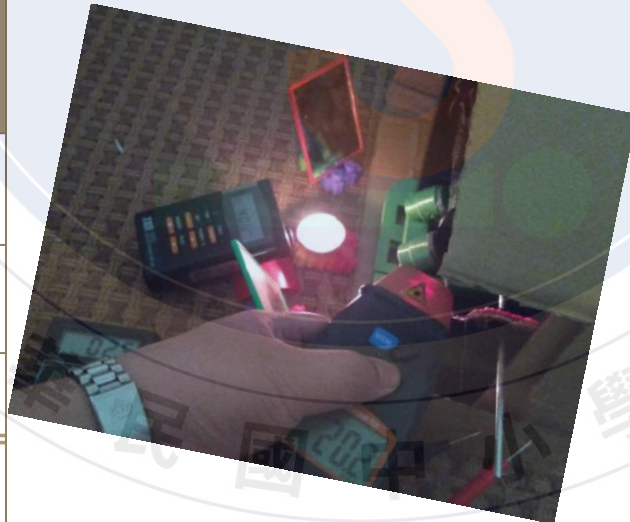


蠟燭測試分析：(5cm、10cm、20cm、30cm)

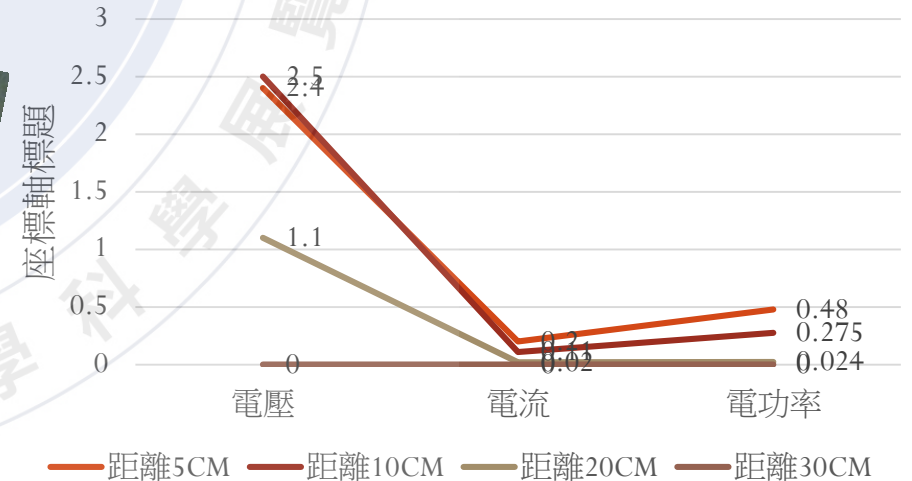
蠟燭測試分析表

	測量距離 5CM	測量距離 10CM	測量距離 20CM	測量距離 30CM
轉速	82 rpm	20 rpm	18 rpm	0 rpm
光源	31 w/m ²	40 w/m ²	14 w/m ²	0 w/m²
電壓	2.40 V	2.50 V	1.10 V	0 V
電流	0.20 A	0.11 A	0.02 A	0 A

蠟燭測試圖



(蠟燭)四種不同距離發電量



研究結果

白熾燈測試分析：(5cm、10cm、20cm、30cm)

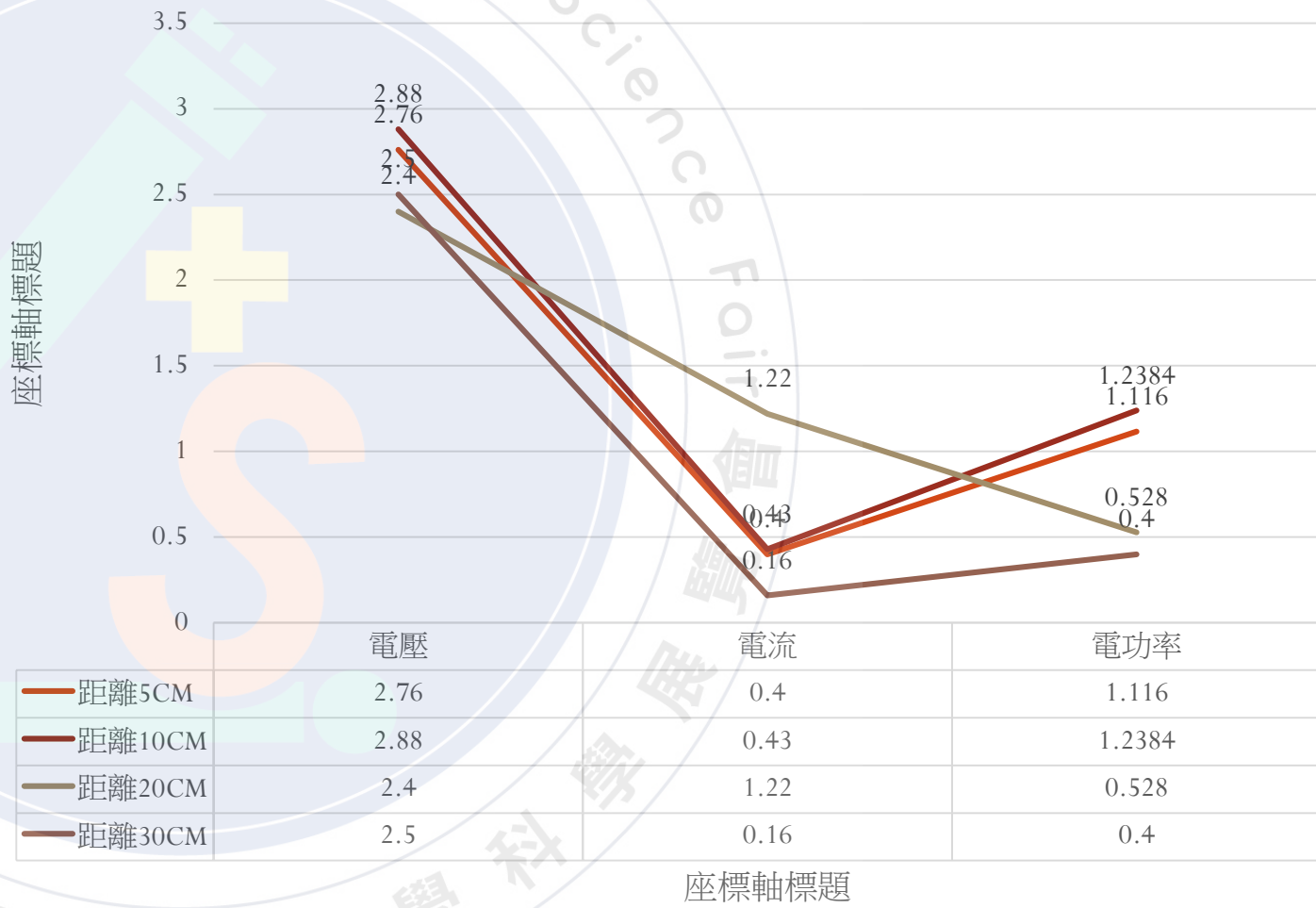
白熾燈測試分析表

	測量距離 5CM	測量距離 10CM	測量距離 20CM	測量距離 30CM
轉速	164 rpm	135 rpm	82rpm	30 rpm
光源	10 w/m ²	9 w/m ²	3 w/m ²	4 w/m ²
電壓	2.79 v	2.88 V	2.40 V	2.50 V
電流	0.40 A	0.43 A	0.22 A	0.16 A



白熾燈測試圖

(白熾)四種不同距離發電量



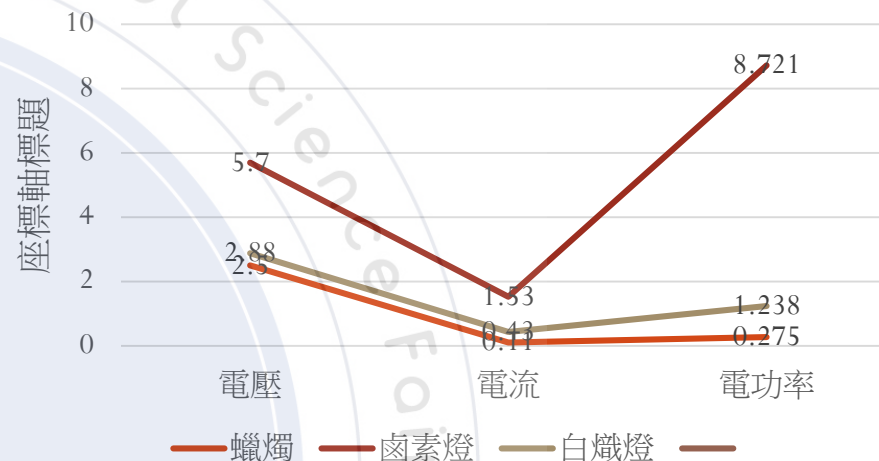
距離5CM 距離10CM 距離20CM 距離30CM

發電效率分析：(轉速、光源、電壓、電流、電功率)

距離 10CM 分析表

	3000 砸線圈(蠟燭)	3000 砸線圈(鹵素燈)	3000 砸線圈(白熾燈)
距離	10CM	10CM	10CM
轉速	20 rpm	875 rpm	135 rpm
光源	40 w/m ₂	1100 w/m ₂	9 w/m ₂
電壓(V)	2.50V	5.70 V	2.88V
電流(A)	0.11A	1.53A	0.43A
功率(W)	0.27W	8.72W	1.23 W

三種光源照射發電機發電量

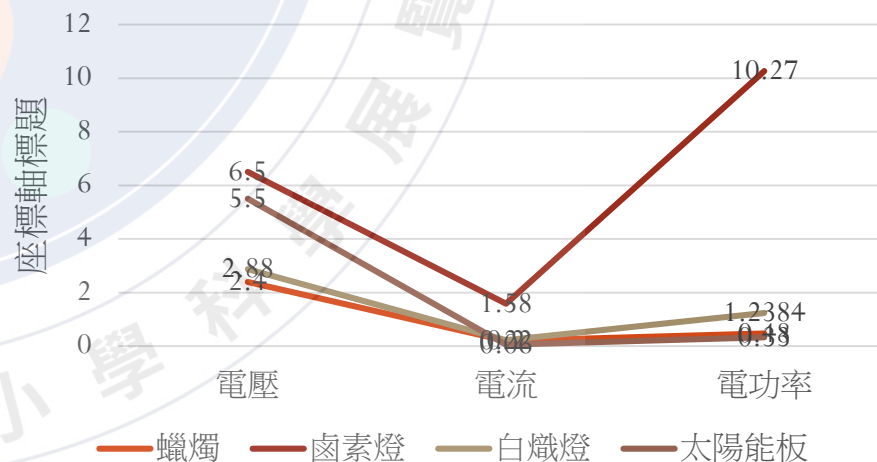


最高與最低發電功率比較分析：(蠟燭、鹵素燈、白熾燈)

高低電功率分析表

	蠟燭		鹵素燈		白熾燈		太陽能板
	高轉速	低轉速	高轉速	低轉速	高轉速	低轉速	規格 100*28mm
電壓	2.40 V	0	6.50 V	5.10V	2.88V	2.50V	5.50V
電流	0.20 A	0	1.58 A	1.20 A	0.43 A	0.16 A	0.06 A
電功率	0.48 W	0	10.27 W	6.12W	1.23 W	0.4W	0.33 W
區間	0.48W 至 0W		10.27W 至 6.12W		1.23W 至 0.4W		0.33*(2)=0.66W

作品機件與太陽能板發電比較表



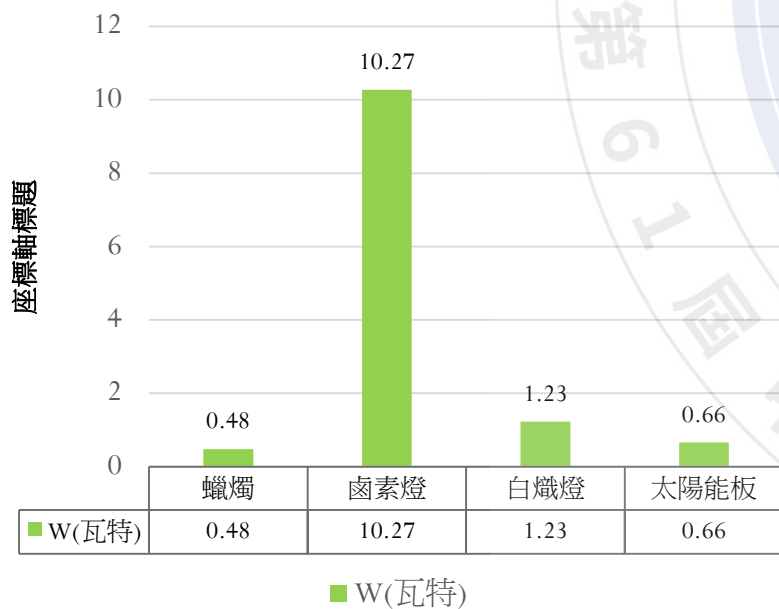
測試存電量

時間產生功率分析表

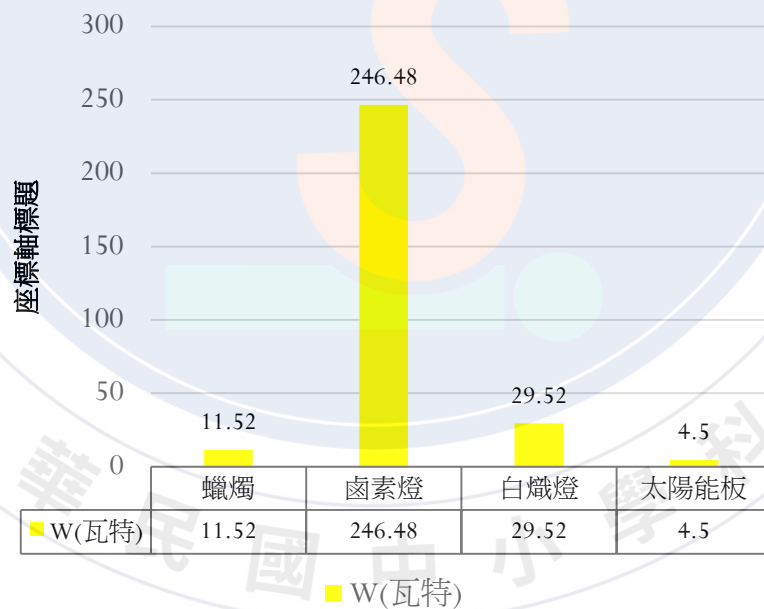
	蠟燭		鹵素燈		白熾燈		太陽能板
	最高	最低	最高	最低	最高	最低	0.33*2
1 小時	0.48 W	0	10.27 W	6.12 W	1.23 W	0.40 W	0.66 W
1 天	11.52 W	0	246.48 W	146.88 W	29.52 W	9.60 W	15.84 W
1 星期	80.64 W	0	1725.36 W	1028.16 W	206.64 W	67.20 W	110.88 W

太陽能板一星期最高發電量，只達到110.88W。

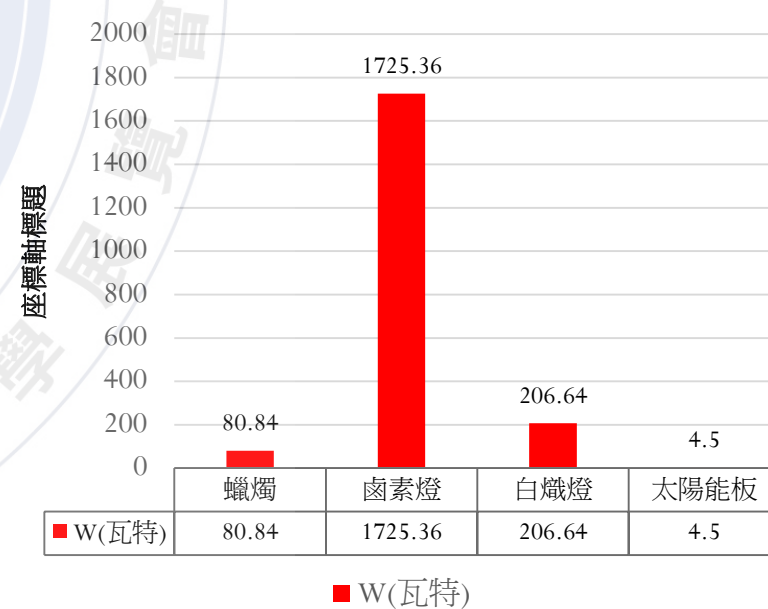
發電1小時



發電1天



發電1星期



太陽能發電機與太陽能板比較

距離與光源分析

	10 cm	光源	20 cm	光源	30 cm	光源
鹵素燈	1015 rpm	1100 w/m ₂	875 rpm	530 w/m ₂	822 rpm	511 w/m ₂
功率	8.72 W		6.58 W		6.12 W	
白熾燈	135 rpm	9 w/m ₂	82 rpm	3 w/m ₂	30 rpm	4 w/m ₂
功率	1.23 W		0.52 W		0.4 W	
蠟燭	20 rpm	40 w/m ₂	18 rpm	14 w/m ₂	0 rpm	0 w/m ₂
功率	0.27 W		0.02 W		0 W	
	功率	光源	功率	光源	功率	光源
	5.5V*0.06A= 0.33 W	(鹵) 1100w/m ₂	5.5V*0.06A= 0.33W	(鹵) 530w/m ₂	5.5V*0.06A= 0.33 W	(鹵) 511w/m ₂
太陽能板 (2片)	5.5V*0.06A= 0.33 W	(白) 9w/m ₂	5V*0.06A= 0.30W	(白) 3w/m ₂	4.1V*0.06= 0.24W	(白)4w/m ₂
	3.1V*0.06A= 0.18 W	(蠟) 40w/m ₂	1.7V*0.02= 0.03W	(蠟) 14w/m ₂	0V*0A= 0W	(蠟) 0w/m ₂

太陽能最大發電不及於相同，我們太陽能發電機發電量差距勝多。

發電機構比較分析：(鹵素燈、白熾燈、蠟燭)

發電機構功率分析

以我們最低功率蠟燭所產出的電，趨近太陽能板發點上限。

	蠟燭		鹵素燈		白熾燈		太陽能板(2片)		
	左	右	左	右	左	右	鹵素	白熾	蠟燭
距離5CM	0.50W	0.48W	10.27W	10.27W	1.00W	1.11W	0.66W	0.66W	0.564W
距離10CM	0.24W	0.27W	8.72W	8.71W	1.26W	1.23W	0.66W	0.66W	0.36W
距離20CM	0.02W	0.02W	6.58W	6.58W	0.47W	0.52W	0.66W	0.60W	0.068W
距離30CM	0.00W	0.00W	2.12W	2.10W	0.43W	0.40W	0.66W	0.492W	0.00W

底座磁場測試：(一般磁鐵與釹鐵硼磁鐵)

一般磁鐵與釹鐵硼磁鐵比較

	一般磁鐵				釹鐵硼磁鐵			
	90度	45度	40度	30度	90度	45度	40度	30度
磁力強度	佳	良	佳	佳	特優	特優	特優	特優
磁力圈強度	弱	良	良	佳	優	特優	特優	特優
轉子靈敏度	尚可	良	良	佳	良	特優	優	優

釹鐵硼磁鐵擺放45度，其磁場面積較為廣。

結論

1. 在實驗過程中可得知，因在距離10CM使用蠟燭照射太陽能發電機發電量達到0.275W，白熾燈發電量達到1.238W，鹵素燈發電達到8.721W，有此可知鹵素燈為其產電功率最為可觀。
2. 在實驗中得知，太陽能板發電所發出的電達到0.33W，而我們使用家中的最常見的省電燈泡(白熾燈)，也可使太陽能發電機其運轉發電，發出的電量可達到1.23W且直接大於太陽能板發電所發出的電。
3. 因此在太陽能發電機低轉速 82.9rpm 運轉下，發電電壓能達到 0.11W 低頻率的發電效率，一星期發電量達到1.7度電。並且其底座設計成U型方便切換橫躺式與直立式，且將磁鐵底座製作成可調式可增加磁鐵效應，且中心軸採用堅固且較輕的鋁管。
4. 本次研究設計將太陽能發電機融入建築物中，以窗邊架設白天能以太陽光運作，而到夜晚則是以室內燈持續運作，達到建築與能源的互相結合，透過低成本的材料達到客製化。

參考資料

- 1. [Tai Chow](#) (Author)(2005) 書籍參考 2021 年 4 月 22 日擷取電磁理論導論
- 2. 大衛·J·格里菲思(2017) 書籍參考 2021 年 4 月 30 日擷取電動力學導論第 3 版
- 3. 2021 年 6 月 1 日擷取科學 online <https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=2448>
- 4. [David J. Griffiths](#) (2017) 書籍參考 2021 年 6 月 1 日擷取《Introduction to Electrodynamics》
- 5. 大衛·J·格里菲斯(2018) 書籍參考 2021 年 5 月 10 日擷取電動力學導論(翻譯版)
- 6. [David J. Griffiths](#) (2012) 書籍參考 2021 年 5 月 16 日擷取電動力學導論(簡體版)
- 7. 皮爾遜(2014) 書籍參考 2021 年 5 月 20 日擷取電動力學導論(簡體版)