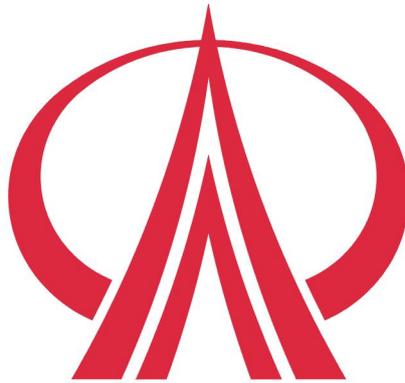


能源與材料科技系 實務專題論文

燈具應用技術與評估

初稿



修 平 科 技 大 學

指導老師：施榮安 老師

班級	學號	姓名
能材三甲	BB103004	李怡萱
能材三甲	BB103009	徐沛均
能材三甲	BB103012	陳鈺修
能材三甲	BB103015	賴相丞
能材三甲	BB103047	張傑勝

中華民國 105 年 5 月 31 日

致謝

首先誠摯感謝指導老師 施榮安老師以及基本電學實習指導老師 陳正宗老師和儲能技術指導老師 歐崇仁老師的實驗實做上的正確指導 黃鵲容老師在專題期間給予意見及關心，讓我們能夠更快速的進入狀態及解決問題，讓我們獲取更充分的知識，學習到更多東西，讓我們專題更快速地完成。

誠心感謝這次專題成果發表的各位口試委員認真的聆聽我們小組所發表的專題成果，也在這過程中給予我們許多的珍貴意見，讓我們小組得以進行記錄，並針對不足的內容進行修改，使得我們的論文搞得更加完善。

感謝同組的各位同學們，因有大家的相互幫忙，配合我們之間的分工合作，才能使我們能夠快速的完成這項專題，雖然在製作專題過程中，容易產生一些意見上的分歧及瓶頸，但是我們仍會一起討論及尋找老師做詢問，這才得以讓我們的專題可以順利成功的完成。

摘要

現在日光燈管技術已相當純熟，耗電量也比以前的鎢絲燈低很多，我們透過測量兩種不同的燈管，測得照度且計算出能量與耗電量相互比較。

自愛迪生發明了電燈後，人類開始依賴它，從最早期的鎢絲燈，到現在的省電燈泡、日光燈，每個產品的耗電量、轉換效率都不一樣，如何使用最少量的電，來發揮出最佳功耗，並比較出最為節能的燈具來做廣泛的應用。

節能減碳是在我們這世代將會遇到的議題，如何有效的讓電器產品更省電，並發揮更大的節能作用以及不失他的方便性，是此次我們實驗的研究及目的。

目錄

一、緒論	7
1-1 研究背景	7
1-2 研究目的	9
二、文獻探討	10
2-1 日光燈介紹及原理	10
2-1-1 LED 介紹	12
2-1-2 T5 燈管介紹	13
2-2 LED 發光原理	14
2-2-1 T5 發光原理	15
2-3 LED 及 T5 燈管之比較	16
2-3-1 LED 及 T5 燈管碳排放量比較之分析	17
三、研究方法	18
3-1 研究材料	18
3-2 實驗建置工具	21
3-3 實驗場地	22
3-4 教室及量測位置示意圖	23
3-5 實驗流程	30
3-6 燈具測試	31
五、結論	34
參考文獻	35

圖目錄

圖 2- 1 LED 燈管	12
圖 2- 2 T5 燈管	13
圖 2- 3 LED 發光波長範圍	14
圖 3- 1 照度器	19
圖 3- 2 耗電器	19
圖 3- 3 LED 燈條	20
圖 3- 4 T5 燈條	20
圖 3- 5 Microsoft Excel 計算式.....	21
圖 3- 6 台灣電力公司電價圖.....	33
圖 3- 7 修平科技大學 B320 電機實驗室	22
圖 3- 8 教室場地示意圖	23
圖 3- 9 單盞 LED 量測角度示意圖	24
圖 3- 10 LED 七個不同角度直線分佈圖	26
圖 3- 11 T5 七個不同角度直線分佈圖	26
圖 3- 12 實驗流程.....	30
圖 3- 13 LED 開器 T5 關閉	31
圖 3- 14 T5 開啟 LED 關閉	31
圖 3- 15 LED 及 T5 教室位置圖	32

表目錄

表 1- 1 台灣電力公司電價表.....	8
表 2- 1 LED 及 T5 比較.....	16
表 2- 2 兩燈管年碳排放之比較.....	17
表 3- 1 實驗器材.....	18
表 3- 2 LED 各七個亮光角度之數據.....	25
表 3- 3 T5 各七個亮光角度之數據.....	25
表 3- 4 LED&T5 使用型號 EA 100 的耗電器所測各項耗電數據.....	33

一. 緒論

1-1 研究背景

照明燈具乃照明應用設計之主體，是構成優質照明光環境的要件；供應端足夠燈具應用參數的提供和使用端正確照明燈具的選擇，不僅可達到照明最佳化設計；滿足不同場合合宜的光度要求，且可因降低眩光、增加燈具利用率，更加符合人因及節能訴求。

基於國際照明燈具相關量測規範標準與日演進，而坊間照明燈具光度規格除光通、配光曲線外，其他應用參數多未臻完備，為協助業界提昇照明燈具量測技術能力，與先進國家同步，建立合時合宜照明燈具規格。歷年台電的根據，台電公司指出假設台灣計畫在 2025 年成為「非核家園」，完全不使用核能發電，預估 2014 年後，電力備用容量率將低於目前政府核定的 15%，短期內難以藉由替代能源供電，將大幅增加缺電風險，因此造成現在的電費大幅上漲，從 2012 年到 2014 年，平均電價由 2.7222 上漲至 3.0705，漲幅高達 1.4%。若台灣繼續使用核能，核電廠運作將會釋出輻射線和高溫，造成環境長期的汙染且在過程中產生的高溫將使用海水來降溫，造成海洋的環境的破壞。正因現在能源的缺乏，所以決定從節約電力這裡著手，於 2014 年到 2016 年平均電價由 3.0705 下降至 2.6159，下降幅度達 1.9%，很明顯的節能照明燈具能節約電力。

表 1-1 台灣電公司電價表

時間電價

住商型簡易時間電價

單位：元

分 類				夏 月 (6/1 至 9/30)	非夏 月 (夏月以外 時間)	
基本電費	按 戶 計 收		每戶每月	75.00		
流動電費	週 一 至週 五	尖峰時間	07:30~22:30	每 度	4.19	4.01
		離峰時間	00:00~07:30 22:30~24:00		1.71	1.65
	週六、週日 及離峰日	離峰時間	全 日		1.71	1.65
	每月總度數超過 2,000 度之部分		每 度	加 0.91		

- ❖ 各類電價依營業稅法相關規定均內含 **5%**營業稅，用戶電費總金額按上表核定單價計算。
- ❖ 依法免計營業稅用戶每月應繳總金額為電費總金額除以 **1.05**。

1-2 研究目的

在全球上約 70 億人口中，人們共同生活在一塊土地上，而周遭的資源不斷得消耗，我們的日常生活都依賴地球的礦物資源所產生的能源，但是天然資源有限，終究會消耗殆盡。

在眾多節能的概念和方法中，照明與人類的生活密不可分，而目前市面上被廣泛使用的燈管就是 LED 燈管和 T5 燈管，透過基礎的實驗來探討 LED 及 T5 燈管的能源轉換效率，並計算出燈管之碳排放量，整理出兩者燈具數據之比較。

市面上也有不少已採用 LED 照明來代替螢光燈，且相信未來有一天 LED 將會取代所有的日光燈和省電燈泡，但是 LED 的價格偏高、散熱器也過大、演色性差及發光功率仍待加強。

二、文獻探討

2-1 日光燈介紹及原理

是一種照明裝置，屬於弧光燈的一種。它使用電力在氫或氖氣中激發水銀蒸氣，形成電漿並發出短波紫外線，紫外線被磷質吸收後，磷會發出可見的光以照明，這樣發出可見光的方式屬於螢光。

一般的螢光管以玻璃製造，在兩端裝有插口以連接電源及固定螢光管的位置。與電燈泡不同，螢光管必須設有安定器，與啟動器配合產生讓氣體發生電離的瞬間高壓。

近年來發展出將燈管、安定器、啟動器結合在一起，取代了原有的白熾燈泡，配合使用白熾燈燈座的改良型螢光燈泡，稱為省電燈泡，可以在不更換燈具基座的情況下，直接取代白熾燈使用。

螢光管內充滿了低壓氫氣或氫氖混合氣體及水銀蒸氣，而在玻璃螢光管的內側表面，則塗上一層磷質螢光漆，在燈管的兩端設有由鎢製成的燈絲線圈。當電源接通後，首先電流通過燈絲加熱並釋放出電子，電子會把管內氣體變成電漿（plasma），並令管內電流加大，當兩組燈絲間的電壓超過一定值之後燈管開始產生放電，使水銀蒸氣發放出短波紫外線，螢光管內側表面的磷質螢光漆會吸收紫外線，並釋放出較長波長的可見光。發出的光線顏色由磷質成份的比例控制，而玻璃管則避免有害的紫外線及其他有害物質如水銀洩漏出來。

螢光管的放電電流與導通電阻之間存在一個正反饋關係：當更多電流流進螢光管後使得更多氣體被離子化，使得管內的導通電阻不斷降低，如此便會令更多電流入螢光管內。如果將螢光管直接接到固定電壓的電源，螢光管將會因電流不斷上升而很快被燒毀，因此需要以一個輔助電路控制進入螢光管的電流在一固定水平，而這個電流控制電路通常被稱為安定器。傳統安定器實際上是一個電感，當導通電阻降

到很低的時候，安定器固定的感抗和銅耗使導通電流近似於定值，開始穩定工作。傳統安定器需搭配一個稱為啟動器（**Starter**，俗稱「士達他」、「跳泡」）的小元件才能使燈絲間的壓差達到使螢光管足以放電的程度，最新的電子式安定器則不需要啟動器，因為啟動工作已被包含在安定器內。

2-1-1 LED 介紹

LED 的學理名稱是正式發光二極體，是一種半導體固體發光器件，固體半導體晶片作為發光材料，透過環氧樹脂封裝，在半導體中通過載流子發生複合放出過剩的能量而引起光子發射，不存在燈絲發光易燒、熱沉積、光衰等缺點，直接發出紅、黃、藍、綠、青、橙、紫、白色的光。LED 照明產品就是利用 LED 作為光源製造出來的照明器具。LED 被稱為第四代照明光源或綠色光源，具有節能、環保、壽命長、體積小等特點，可以廣泛應用於各種指示、顯示、裝飾、背光源、普通照明和城市夜景等領域。近年來，世界上一些經濟發達國家圍繞 LED 的研製展開了激烈的技術競賽，比方說美國從 2000 年起投資 5 億美元實施國家半導體照明計畫，歐盟也在 2000 年 7 月宣佈啟動類似的彩虹計畫，無不希望能夠將舊時代的白熾燈泡掃除掉。

在業界有人稱 LED 光源為長壽燈，意為永不熄滅的燈。由於 LED 體積小、響應快、壽命長，LED 燈具抗震動性好且小，可以提高汽車有限空間的利用率，尤其是在節能問題上，LED 成為前照燈新光源的不二之選。目前石油價格飛速上漲，當我們在前照燈上使用普通燈泡時，每個所需的功率為 55-60 瓦，而使用 LED 後可能只要 3-5 瓦，這樣就節省了許多能源和消耗。



圖 2-1 LED 燈管

2-1-2 T5 燈管介紹

1999 年，中國上海首度推出高功率 T5 日光燈管，上海的 T5 日光燈管採用固態汞製造，非常環保。雖然生產技術很成熟，但是當時使用的機器設備是由老舊的傳統 T9 機器所生產，燈管品質未臻完美。2000 年 3 月，由台灣製造所製造，全世界最新最先進的電腦控制自動化 T5 日光燈生產線，同年 9 月正式產出高品質 T5 日光燈管。台灣製造或台商在大陸製造之自動化 T5 日光燈生產線，幾年來，已經有 20 條以上的自動化生產線在大陸運轉。這些自動化 T5 燈管生產線提高了中國大陸 T5 燈管的品質，使中國大陸成為 T5 日光燈管的世界工廠。而台灣僅有一條老舊的人工式生產線在生產小功率 T5 日光燈管 (4W, 6W, 8W, 13W, 14W)，而大功率 T5 燈管卻無法生產。

T5 管內在磷的表面加上了一層薄膜，這層薄膜防止汞被磷吸收，因此 T5 管使用的汞較少，同時也防止了因為磷吸收了汞後效率降低，所以 T5 管在長期使用後光度比較穩定，在工作經過其壽命的 40% 後，光度也只有 5% 的下跌。

T5 由於直徑比較小，故使用的玻璃、螢光粉和汞都較傳統的 T8、T9 節省，可以說是目前最省電也相對環保的照明工具，但缺點是價格較高（但仍比 LED 便宜很多很多）。

T5 燈管功率因數達到 95% 以上，意思是安裝節能燈可以更有效的使用電，提高用電率，相對的也更省電了。

T5 日光燈最好是採用預熱型啟動電子安定器，但仍有些產品採用傳統的電感式鎮流器或是瞬時啟動無預熱型電子安定器，此類產品較為耗電、易產生閃爍，而且也使螢光燈的壽命縮短。



圖 2-2 T5 燈管

2-2 LED 發光原理

LED 燈會因為二極晶圓製造過程中所添加的金屬元素不同、成分比例不同，而發出不同波長的光、以波長在 470nm 發藍光、530nm 發綠光、570nm 發黃光和 630nm 發紅光(如下圖所示)其中又以藍光與綠光價格較高，因為藍綠光的特殊金屬在晶圓磊晶需成長在藍寶石上，故每顆藍綠光 LED 晶片都是由藍寶石製成。而 LED 依其亮度可區分為一般亮度的傳統 LED（主要由 GaP、GaAsP 等材料製成的 LED），高亮度的 LED（主要由 AlGaAs 材料構成）及超高亮度 LED(InGaAlP、InGaN 等材料構成)。

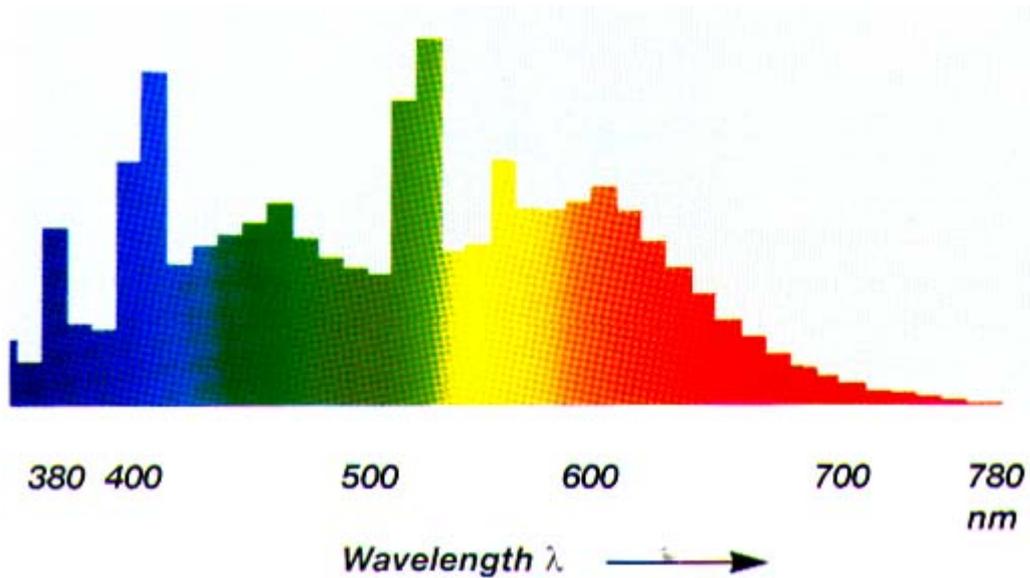


圖 2- 3 LED 發光波長範圍

2-2-1 T5 發光原理

T5 日光燈管口徑 5/8 英吋 (16mm)。相對於傳統 T9 日光燈管口徑 9/8 英吋 (=2.9 公分)，或 T8 日光燈管口徑 8/8 英吋 (=2.6 公分)，T5 日光燈管口徑較細小，但其發光效率卻高於 T9 與 T8 燈管。T5 必須專門使用電子式安定器。迨至 1994 年，飛利浦推出高功率 T5 日光燈管，德國歐司朗、美國 GE、日本各廠相繼加入高功率 T5 日光燈管開發的行列並推出產品。從此，T5 日光燈管正式登上 21 世紀照明產品之主流地位。1999 年，中國上海首度推出高功率 T5 日光燈管，上海的 T5 日光燈管採用固態汞 T5 日光燈管之演進 T5 燈管水銀劑約為傳統燈管的 20% (T9)，即水銀污染僅有原有的 20%。

T5 由於直徑比較小，故使用的玻璃、螢光粉和汞都較傳統的 T8、T9 節省，可以說是目前最省電也相對環保的照明工具，但缺點是價格較高（但仍比 LED 便宜很多很多）。傳統 T8 功率因數只有 50%，T5 燈管功率因數達到 95% 以上，意思是安裝節能燈可以更有效的使用電，提高用電率，相對的也更省電了。

2-3 LED 及 T5 燈管之比較

最近幾年來，LED 燈乘著『光電科技』引領風騷。LED 燈雖然很省電，這是日本 LED 推廣協會預測的，若 LED 燈想取代 T5 日光燈，至少五年內是絕對不可能的，除非 T5 日光燈的業者不想做了。目前，High Power LED 的光效可達到 100 lm/w (每瓦可產生 100 lumen 的光)，但價格很貴，一支 28W 的 T5 燈管的亮度抵得過 25 顆-40 顆 1W 的 LED 的亮度，以目前的價格來算，使用 LED 的成本比 T5 燈管貴約五十倍。LED 在進步，T5 燈管也在進步。新的 T5 奈米陶瓷電極燈管已經問世，燈光更亮，光效更高，使用壽命更長，T5 燈管在點燈開關不耐操的缺點與其它缺點都得到改善。目前，T5 日光燈管不論在光效、演色性、價格、用途、使用壽命都優於 LED 燈。

表 2- 1 LED 及 T5 比較

燈 管	LED 燈管	T5 燈
管 光 效 率	3-5W	100 lm/w
壽 命	2 萬小時	1 萬小時

2-3-1 LED 及 T5 燈管碳排放量比較之分析

T5 使用固態汞，其最佳工作溫度約為攝氏 35 度，LED 一般用估算方法測铝基板背面溫度，控制在 60-85 度。若以理論值來計算實驗室的燈管連續使用 1 年來計算碳排放量

台灣電力公司 104 年數據顯示為 1 度電產生 0.487(公斤/度)的碳排放量。

T5 燈管年碳排放量計算: $56W \times 365 \text{ 天} \times 12 \text{ 小時} / 1000W \times 0.487(\text{公斤/度}) = 119.5$

LED 燈管年碳排放量計算: $40W \times 365 \text{ 天} \times 12 \text{ 小時} / 1000W \times 0.487(\text{公斤/度}) = 83.7$

表 2- 2 兩燈管年碳排放量之比較

燈管	瓦數	年碳排放量(公斤)
LED 燈管	40W	83.7
T5 燈管	56W	119.5

三、研究方法

3-1 研究材料

表 3- 1 實驗器材

名稱	型號	廠商	規格	數量
LED 燈管	無	Philips	20.00W*1(容量規格)	X1
T5 燈管	無	Philips	56.00W*1(容量規格)	X1
照度計	Testo 545	Testo	0560 0545	X1
耗電器	EA 100	EHOME	32kbyte(記憶容量規格)	X1



圖 3- 1 照度器



圖 3- 2 耗電器



圖 3- 3 LED 燈條



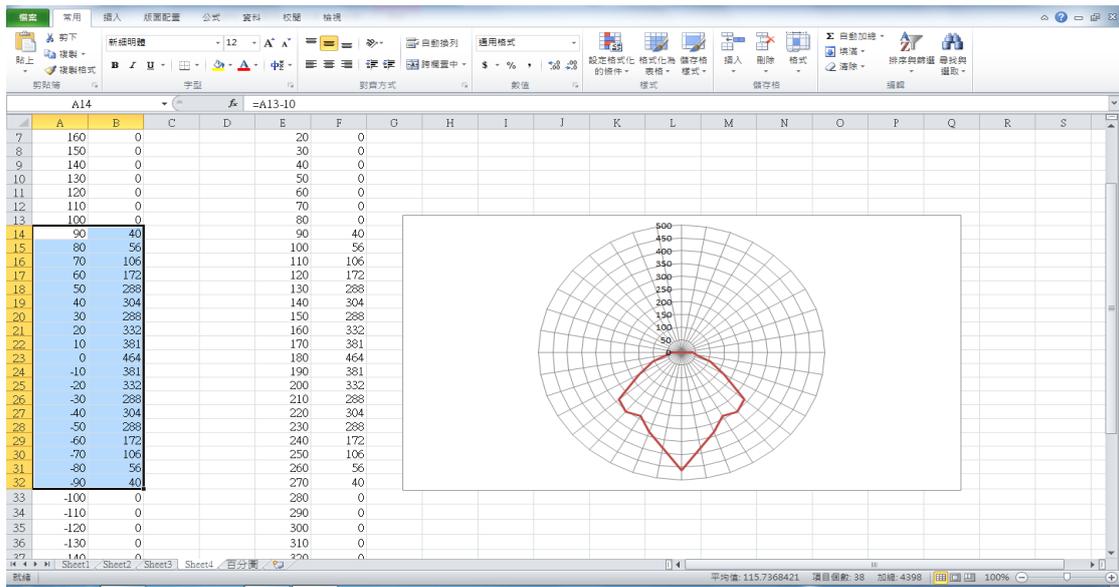
圖 3- 4 T5 燈條

3-2 實驗建置工具

軟體的部分是使用 Microsoft Excel 來繪製圖形及計算式，參考台灣電力公司電價表並帶入計算，將總耗電量算出。

內容：

步驟一：利用 Microsoft Excel 計算出 LED 及 T5 的雷達分布圖



步驟二：用 Microsoft Excel 計算出 LED 及 T5 的照度積分圖

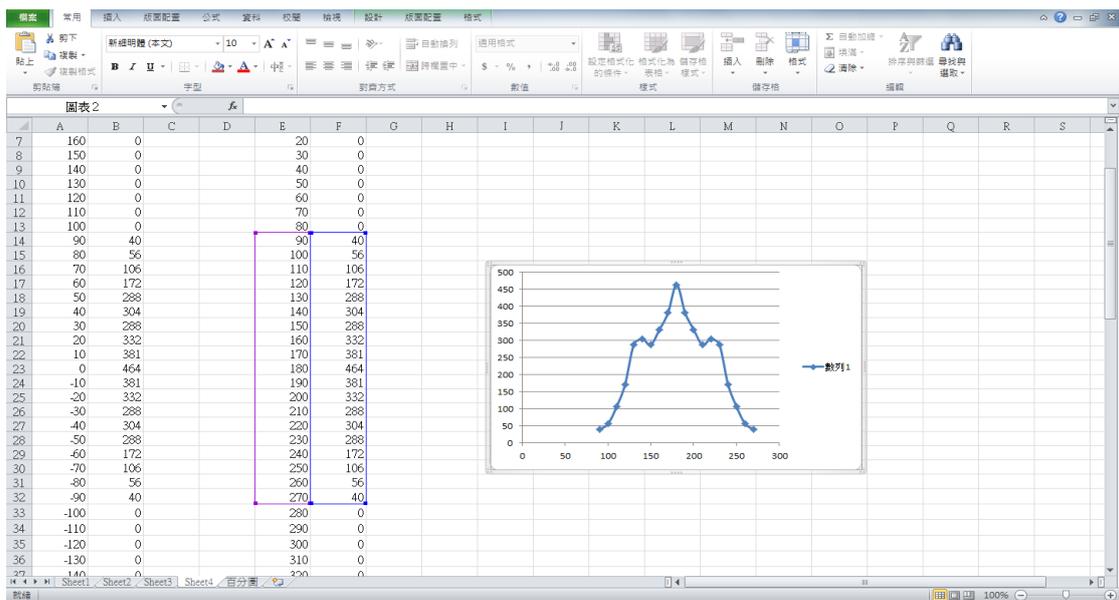


圖 3-5 Microsoft Excel 計算式

3-3 實驗場地

因學校電機科教室有完善的燈具設備，因此將 B320 教室作為本次專題實驗場地。



圖 3-7 修平科技大學 B320 電機實驗室

3-4 教室及量測位置示意圖

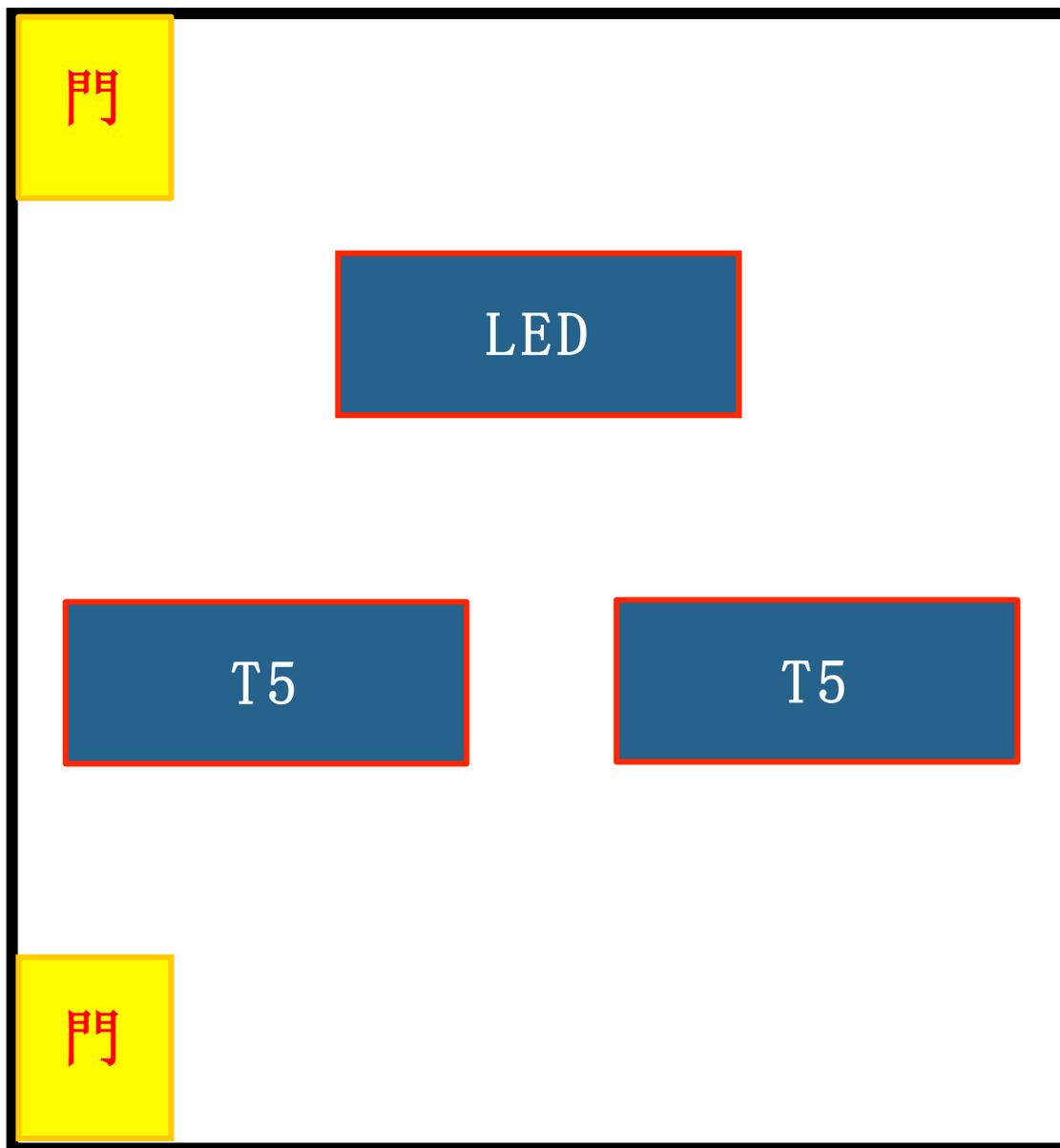


圖 3-8 教室場地示意圖

燈光角度測量操作流程：

以兩繩固定於一平面將照度計放置於正中心點 1.5m 垂直距離，在空間上 X 軸與 Y 軸以每 5 度及 10 度進行照度的測量，最後每一個角度取出最大值，就是所需的數據。

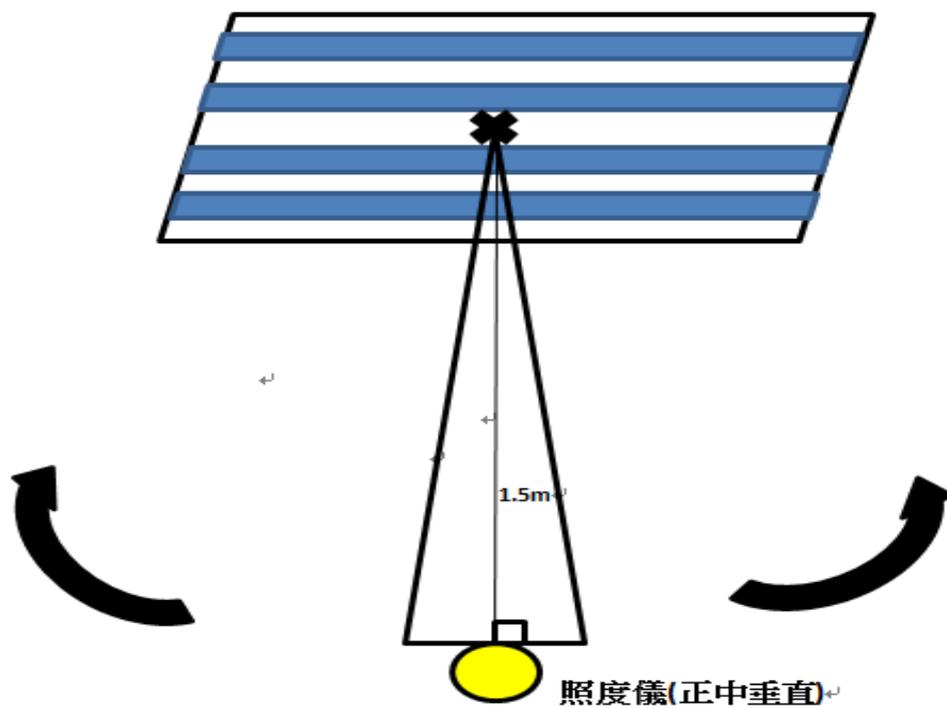


圖 3-9 量測角度示意圖

表 3- 2 LED&T5 每 10 度各亮光角度之數據

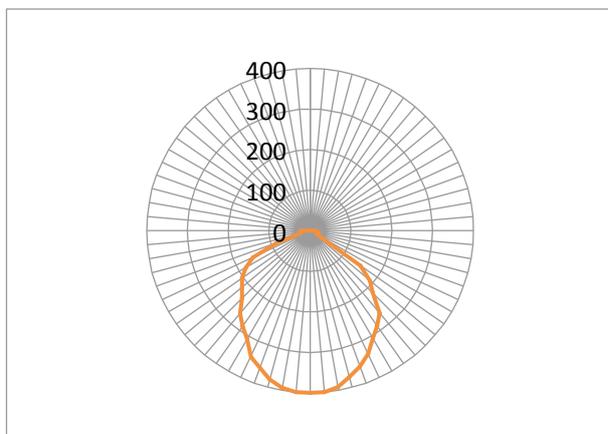
LED/X 軸 (Lux), 10 度	-90°	-80°	-70°	-60°	-50°	-40°	-30°	-20°	-10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
LED/Y 軸 (Lux), 10 度	15	15	14	21	150	240	306	338	383	400	370	335	304	233	140	27	25	23	14
T5/X 軸 (Lux), 10 度	-90° <th>-80°</th> <th>-70°</th> <th>-60°</th> <th>-50°</th> <th>-40°</th> <th>-30°</th> <th>-20°</th> <th>-10°</th> <th>0°</th> <th>10°</th> <th>20°</th> <th>30°</th> <th>40°</th> <th>50°</th> <th>60°</th> <th>70°</th> <th>80°</th> <th>90°</th>	-80°	-70°	-60°	-50°	-40°	-30°	-20°	-10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
T5/Y 軸 (Lux), 10 度	14	17	20	60	205	260	274	286	330	464	319	275	288	257	238	211	100	29	26
LED/X 軸 (Lux), 10 度	-90° <th>-80°</th> <th>-70°</th> <th>-60°</th> <th>-50°</th> <th>-40°</th> <th>-30°</th> <th>-20°</th> <th>-10°</th> <th>0°</th> <th>10°</th> <th>20°</th> <th>30°</th> <th>40°</th> <th>50°</th> <th>60°</th> <th>70°</th> <th>80°</th> <th>90°</th>	-80°	-70°	-60°	-50°	-40°	-30°	-20°	-10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
T5/Y 軸 (Lux), 10 度	40	56	106	172	288	304	288	332	381	464	381	332	288	304	288	172	106	56	40

表 3- 3 LED&T5 每 5 度各亮光角度之數據

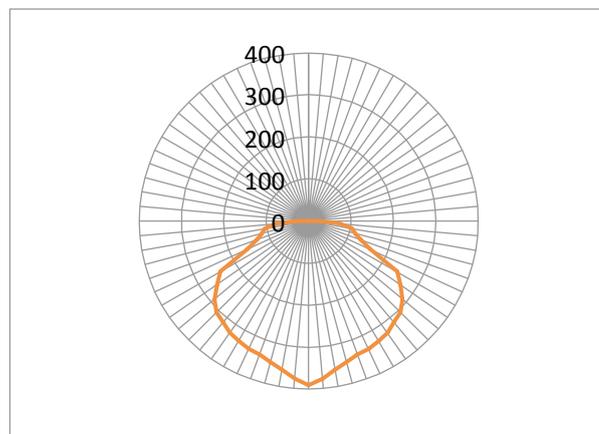
LED/X 軸 (Lux), 5 度	-90°	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	-45°	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	0°
LED/Y 軸 (Lux), 5 度	20	23	23	24	89	154	182	204	218	235	266	288	309	343	360	380	393	399	400
T5/X 軸 (Lux), 5 度	-90° <th>-85°</th> <th>-80°</th> <th>-75°</th> <th>-70°</th> <th>-65°</th> <th>-60°</th> <th>-55°</th> <th>-50°</th> <th>-45°</th> <th>-40°</th> <th>-35°</th> <th>-30°</th> <th>-25°</th> <th>-20°</th> <th>-15°</th> <th>-10°</th> <th>-5°</th> <th>0°</th>	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	-45°	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	0°
T5/Y 軸 (Lux), 5 度	15	15	22	18	20	16	30	150	192	216	265	286	308	335	357	373	391	399	400
LED/X 軸 (Lux), 5 度	-90° <th>-85°</th> <th>-80°</th> <th>-75°</th> <th>-70°</th> <th>-65°</th> <th>-60°</th> <th>-55°</th> <th>-50°</th> <th>-45°</th> <th>-40°</th> <th>-35°</th> <th>-30°</th> <th>-25°</th> <th>-20°</th> <th>-15°</th> <th>-10°</th> <th>-5°</th> <th>0°</th>	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	-45°	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	0°
LED/Y 軸 (Lux), 5 度	25	75	105	115	130	160	241	264	290	307	314	324	329	336	337	348	360	376	391
T5/X 軸 (Lux), 5 度	-90° <th>-85°</th> <th>-80°</th> <th>-75°</th> <th>-70°</th> <th>-65°</th> <th>-60°</th> <th>-55°</th> <th>-50°</th> <th>-45°</th> <th>-40°</th> <th>-35°</th> <th>-30°</th> <th>-25°</th> <th>-20°</th> <th>-15°</th> <th>-10°</th> <th>-5°</th> <th>0°</th>	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	-45°	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	0°
T5/Y 軸 (Lux), 5 度	22	24	26	27	27	114	173	216	231	247	265	275	278	281	289	315	335	385	379
LED/X 軸 (Lux), 5 度	-90° <th>-85°</th> <th>-80°</th> <th>-75°</th> <th>-70°</th> <th>-65°</th> <th>-60°</th> <th>-55°</th> <th>-50°</th> <th>-45°</th> <th>-40°</th> <th>-35°</th> <th>-30°</th> <th>-25°</th> <th>-20°</th> <th>-15°</th> <th>-10°</th> <th>-5°</th> <th>0°</th>	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	-45°	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	0°
LED/Y 軸 (Lux), 5 度	30	38	48	51	71	95	123	157	183	220	262	287	283	344	360	374	399	407	408
T5/X 軸 (Lux), 5 度	-90° <th>-85°</th> <th>-80°</th> <th>-75°</th> <th>-70°</th> <th>-65°</th> <th>-60°</th> <th>-55°</th> <th>-50°</th> <th>-45°</th> <th>-40°</th> <th>-35°</th> <th>-30°</th> <th>-25°</th> <th>-20°</th> <th>-15°</th> <th>-10°</th> <th>-5°</th> <th>0°</th>	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	-45°	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	0°
T5/Y 軸 (Lux), 5 度	17	17	20	21	70	109	170	180	224	228	243	255	263	265	256	272	289	344	379
LED/X 軸 (Lux), 5 度	-90° <th>-85°</th> <th>-80°</th> <th>-75°</th> <th>-70°</th> <th>-65°</th> <th>-60°</th> <th>-55°</th> <th>-50°</th> <th>-45°</th> <th>-40°</th> <th>-35°</th> <th>-30°</th> <th>-25°</th> <th>-20°</th> <th>-15°</th> <th>-10°</th> <th>-5°</th> <th>0°</th>	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	-45°	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	0°
LED/Y 軸 (Lux), 5 度	30	38	48	51	71	95	123	157	183	220	262	287	283	344	360	374	399	407	408
T5/X 軸 (Lux), 5 度	-90° <th>-85°</th> <th>-80°</th> <th>-75°</th> <th>-70°</th> <th>-65°</th> <th>-60°</th> <th>-55°</th> <th>-50°</th> <th>-45°</th> <th>-40°</th> <th>-35°</th> <th>-30°</th> <th>-25°</th> <th>-20°</th> <th>-15°</th> <th>-10°</th> <th>-5°</th> <th>0°</th>	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	-45°	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	0°
T5/Y 軸 (Lux), 5 度	30	38	48	51	71	95	123	157	183	220	262	287	283	344	360	374	399	407	408

步驟五: 使用 Microsoft Excel 繪製出 LED 及 T5 的角度照度雷達圖。

圖 3- 10 LED X 軸的 10 度與 5 度不同角度雷達圖

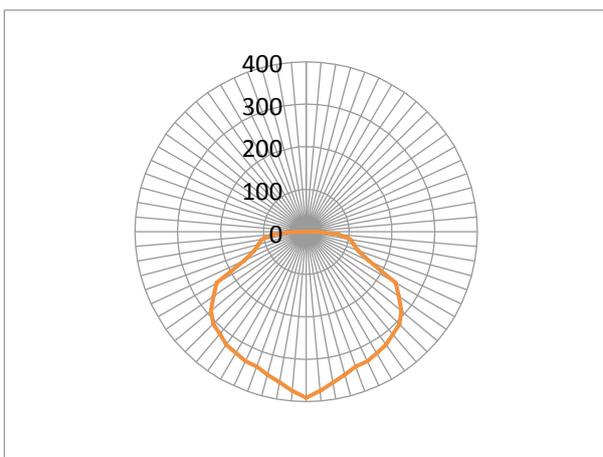


(5 度)

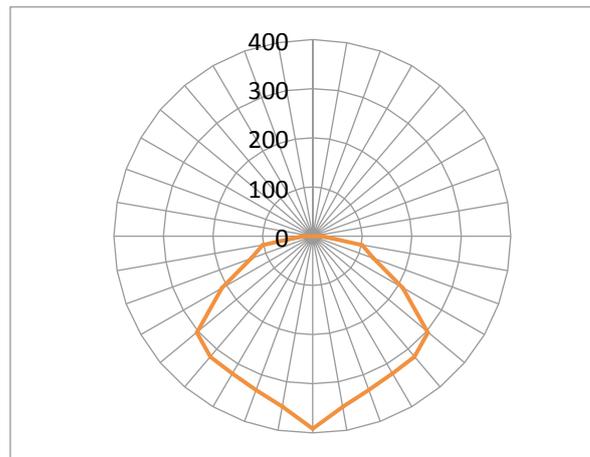


(10 度)

圖 3- 10 LED Y 軸的 10 度與 5 度不同角度雷達圖

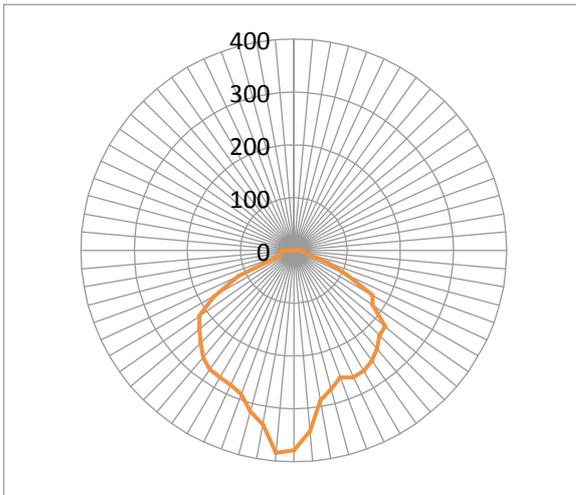


(5 度)

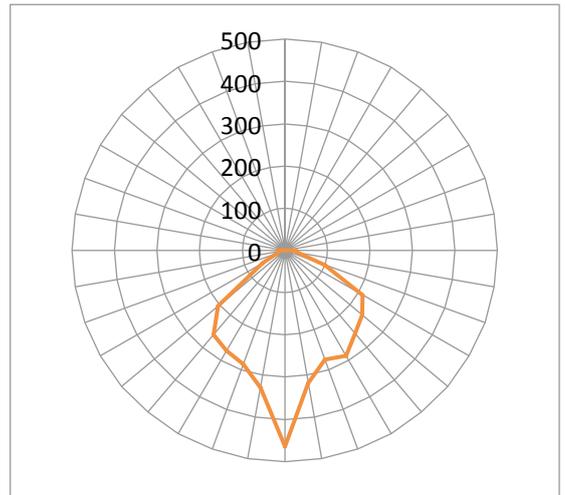


(10 度)

圖 3-11 T5 X 軸的 10 度與 5 度不同角度雷達圖

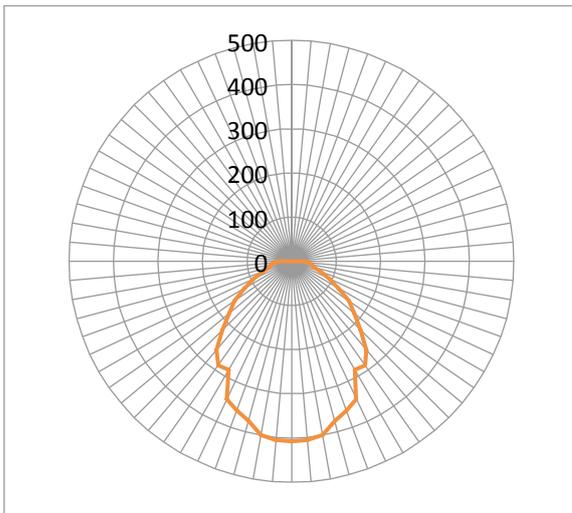


(5 度)

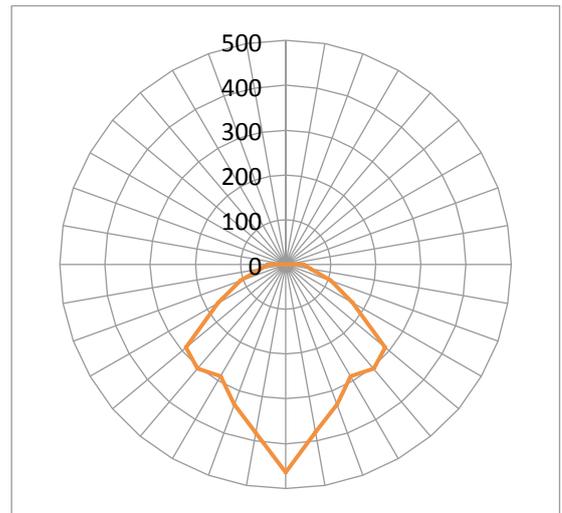


(10 度)

圖 3-11 T5 Y 軸的 10 度與 5 度不同角度雷達圖



(5 度)



(10 度)

步驟六：最後使用 Microsoft Excel 繪製出 LED 及 T5 的積分百分比

圖

圖 3- 11 LED X 軸的 10 度與 5 度積分百分比圖

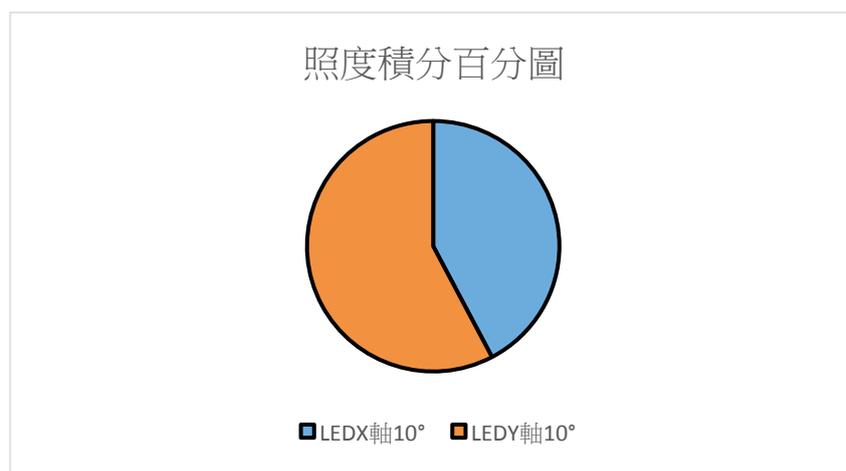


圖 3- 11 LED Y 軸的 10 度與 5 度積分百分比圖

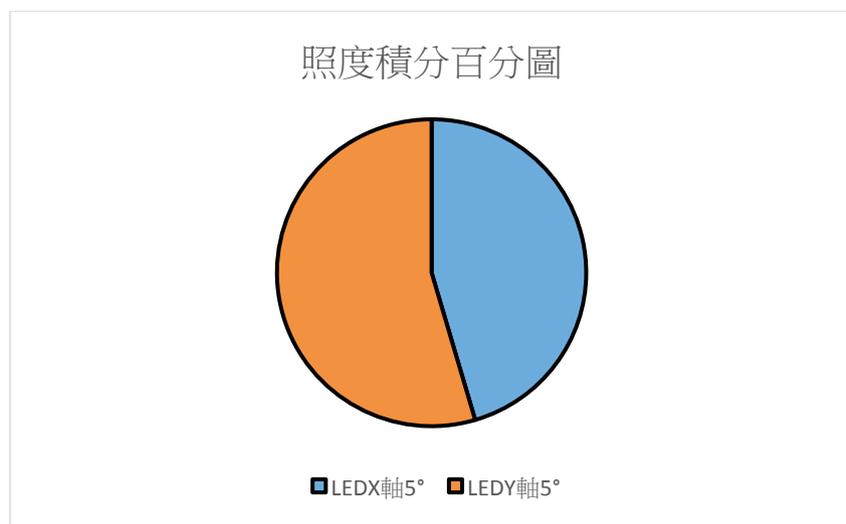


圖 3- 11 T5 X 軸的 10 度與 5 度積分百分比圖

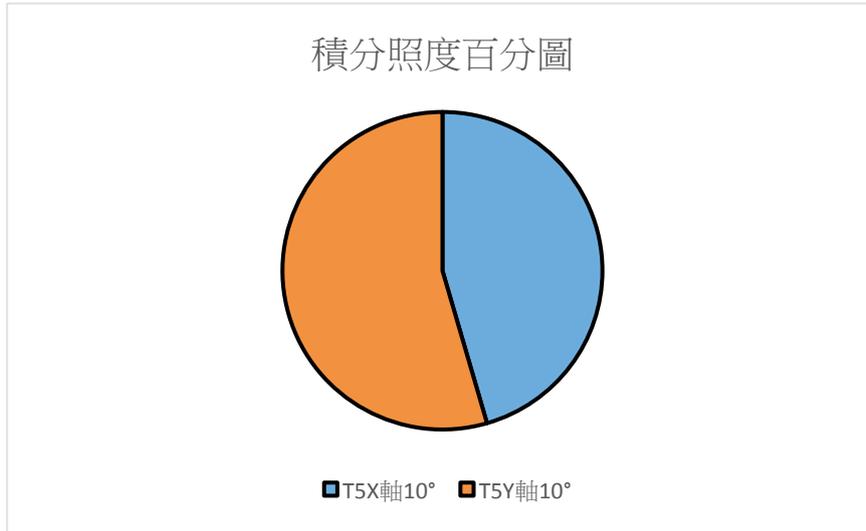
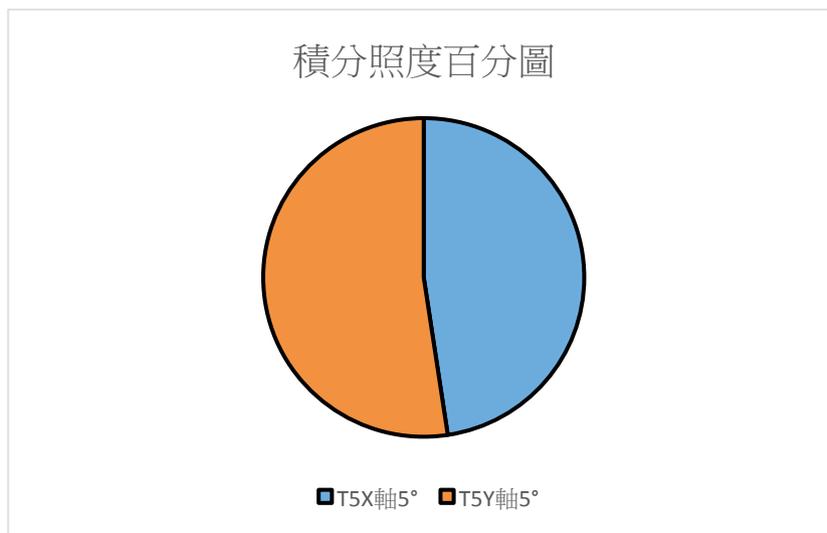


圖 3- 11 T5 Y 軸的 10 度與 5 度積分百分比度圖



3-5 實驗流程

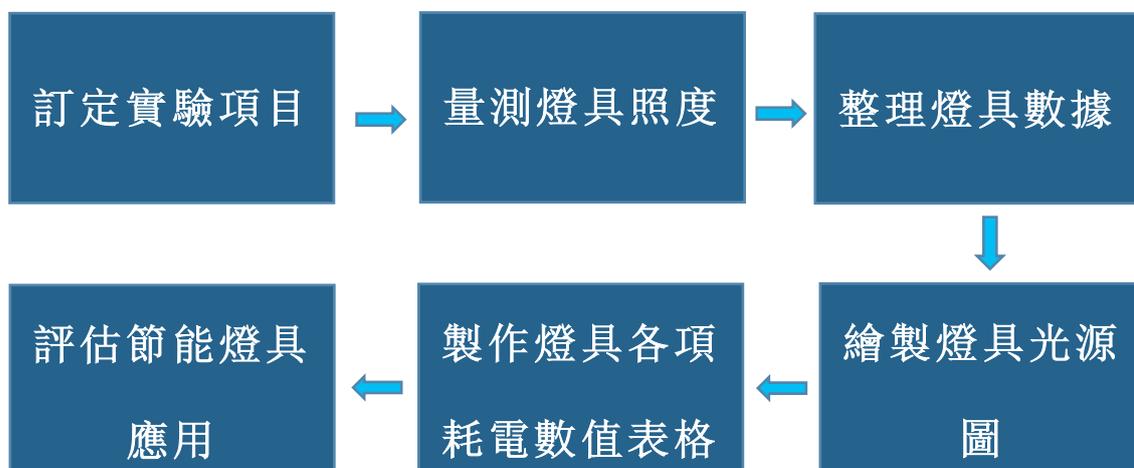


圖 3-12 實驗流程

3-6 燈具測試

測試步驟

1. 測試 LED 時，將其餘燈全部關閉，打開 LED 後等待 15 分鐘，以兩繩固定於一平面將照度計 Testo 545 放置於正中心點 1.5m 垂直距離，在空間上 X 軸與 Y 軸以每 5 度及 10 度進行照度的測量。
2. 測試 T5 時，將其餘燈全部關閉，打開 T5 後等待 15 分鐘，以兩繩固定於一平面將照度計 Testo 545 放置於正中心點 1.5m 垂直距離，在空間上 X 軸與 Y 軸以每 5 度及 10 度進行照度的測量。

，如下圖 3-13 及圖 3-14 所示。

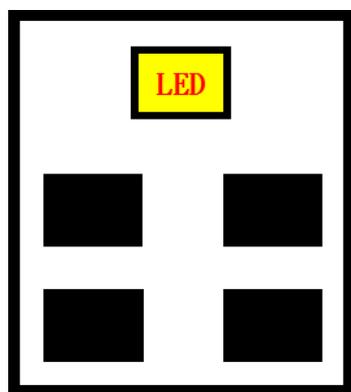


圖 3-13 LED 開器 T5 關閉

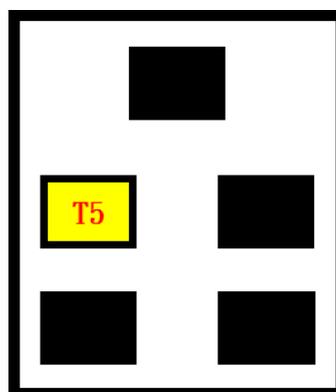


圖 3-14 T5 開啟 LED 關閉

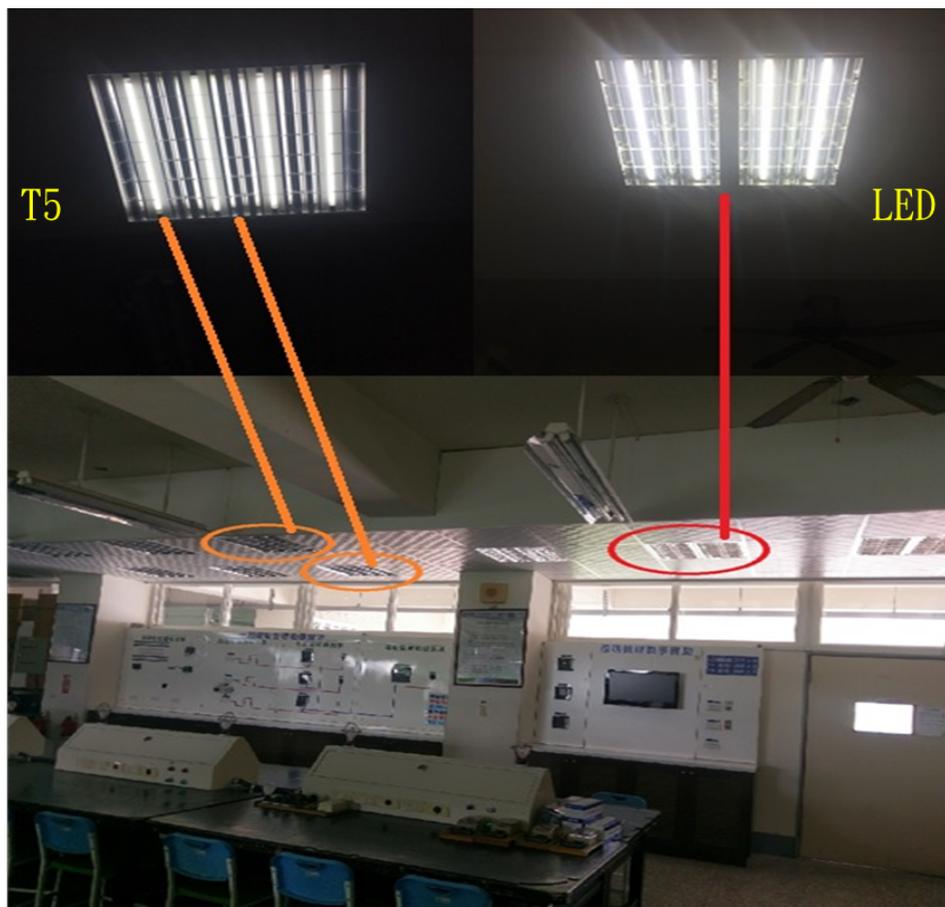


圖 3- 15 LED 及 T5 教室位置圖

3. 理論數值計算台電電費

圖 3-6 台灣電力公司電價圖

每月用電度數分段		夏 月 (6月1日至9月30日)	非夏月 (夏月以外時間)
120度以下部分	每度	1.63	1.63
121~330度部分		2.38	2.10
331~500度部分		3.52	2.89
501~700度部分		4.61	3.79
701~1000度部分		5.42	4.42
1001度以上部分		6.13	4.83

表 3- 4 LED&T5 台電電費使用率

LED	$40W \times 12 \text{ 小時} \times 365 \text{ 天} / 1000W \times 4.83 \text{ 元} = 846.2 \text{ 元}$
T5	$56W \times 12 \text{ 小時} \times 365 \text{ 天} / 1000W \times 4.83 \text{ 元} = 1184.7 \text{ 元}$

五、結論

以實驗結果測得照度相較下 T5&LED 以每 5 度&10 度揚角進行 x 軸與 y 軸之測量, 以數據進行積分分別得到 15024 與 16981 個單位, 所的實驗結果來看 LED 的積分照度較大。

再因考量碳排放量和電費上都是 LED 較為節能, 再者 LED 及 T5 使用壽命分別為 2 萬小時及 1 萬小時以及燈具使用 LED 又可為不衰變燈具所以可以不必考量光度的衰變變化使 LED 成為較為節能之燈具

參考文獻

1. T5 燈管-維基百科，搜尋：T5 維基媒體基金會註冊商標，最後修訂(2017/3)

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%9E%A2%E5%85%89%E7%87%88>

2. 螢光燈-維基百科(2010/7)

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%9E%A2%E5%85%89%E7%87%88>

3. LED 燈-維基百科

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%9E%A2%E5%85%89%E7%87%88>

4. T5 日光燈管之演進(2011/5)

<http://lipton0731.pixnet.net/blog/post/27549925->

[t5%E6%97%A5%E5%85%89%E7%87%88%E7%AE%A1%E4%B9%8B%E6%BC%94%E9%80%B2](http://lipton0731.pixnet.net/blog/post/27549925-t5%E6%97%A5%E5%85%89%E7%87%88%E7%AE%A1%E4%B9%8B%E6%BC%94%E9%80%B2)

5. 發光二極體-維基百科(2015/3)

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%99%BC%E5%85%89%E4%BA%8C%E6%A5%B5%E7%AE%A1>

6. LED 發光原理

<http://www.iaa.ncku.edu.tw/~cywen/labs/sciedu/NewEnergy/LED2.html>

7. 台灣電力公司歷年電價表(101/12)-台電公司

<http://teachertpc.pixnet.net/blog/post/45183617-%e6%9c%80%e>

[6%96%b0%e9%9b%bb%e5%83%b9%e8%a1%a8-%28%e5%af%a6%e6%96%bd%e6%9c%9f%e9%96%93%3a101.06.10-101.12.09%29](http://www.ledinside.com.tw/knowledge/20121022-23498.html)

8. LED 重要性能指標 (2012/10)

<http://www.ledinside.com.tw/knowledge/20121022-23498.html>

9. 能量轉換-MBA 智庫百科 (2016/1)

<http://wiki.mbalib.com/zh-tw/%E8%83%BD%E9%87%8F%E8%BD%AC%E6%8D%A2>

10. 功率因數-維基百科 (2017/4)

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%8A%9F%E7%8E%87%E5%9B%A0%E6%95%B0>