

南 華 大 學  
歐 洲 研 究 所  
碩 士 論 文

路燈節能之研究-以雲林縣為例

A Study on Electronic Energy Saving on Street Light -- In

The Case of Yunlin County of Taiwan

研 究 生：黃耀煌撰

指 導 教 授：王思為博士

中華民國一百零二年十月三十一日

南 華 大 學

( 歐洲研究所 )

碩 士 學 位 論 文

路燈節能之研究-以雲林縣為例

A Study on Electronic Energy Saving on Street Light -- In

The Case of Yunlin County of Taiwan

研究生：黃耀煌

經考試合格特此證明

口試委員：鍾志明

蔡育仁

王忠為

指導教授：王忠為

系主任(所長)：鍾志明

口試日期：中華民國 102 年 10 月 31 日

論文名稱:路燈節能之研究-以雲林縣為例

頁數:103 頁

校所組別:南華大學 歐洲 研究所 碩士班

畢業時間及提要別:一百零二學年度第一學期碩士論文提要

研究生:黃耀煌

指導教授:王思為 博士

## 中文摘要:

氣候變遷全球暖化，台灣在推動節能減碳運動以及第四座核能發電廠續建爭議下，電力需求與節能成了社會議題，以現在的 LED 照明科技技術，照明用電的部分是可以節省的。經濟部能源局推展全臺灣路燈更換 LED 路燈計畫已經有些時日，然而雲林縣內的路燈仍然使用高耗能高故障率的傳統路燈，致使路燈經常故障夜間照明不足，年維修率可高達 34.9%。至於目前全臺灣路燈究竟消耗多少電力資源以及 LED 路燈究竟能帶來多少節能效益，本研究將現有資料分析統計，推估全臺灣路燈數量，發現全臺灣目前路燈年耗電量為 33.2 億度，年消耗台灣電力公司的發電成本 55.7 億元。將雲林縣內的路燈如果更換為 LED 路燈加以研究，分析 LED 照明之效率，探討已經使用 LED 路燈案例的實際效益，並以斗六市與德國布林庫姆城市(Brinkum City)使用 LED 路燈情形進行比較，本研究推估雲林縣如果使用 LED 路燈的節能效益可達 68.8%，年節省電能約 80 百萬度，斗六市可達 68.9%，年節省 7.43 百萬度，使用 LED 路燈不但能節能，更可增添夜間市容美觀，並帶來更多觀光人潮，也可降低因為夜間燈光不足或故障時所產生的夜間犯罪之比率；本研究在進行資料分析時發現，現行的台電路燈包燈用電計費方式不合時宜，可能會影響推動雲林縣 LED 路燈的節能計畫。

關鍵詞：路燈電力、路燈計費、路燈分析、發光二極體路燈、台灣路燈。

Title of Thesis : A Study on Electronic Energy Saving on Street Light – In The Case of Yunlin County of Taiwan

Name of Institute: Institute of European Studies, Nan Hua University

Graduate Date: October, 2013

Degree conferred: Master Degree

Name of Student: Huang, Yao-Huang

Advisor: Dr. Wang, Szu-Wei

### **Abstract:**

Due to the climate of the Earth was changed and the affection of global warming today, the movement from energy saving and reducing carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emission promotion, and the argument of building the fourth nuclear power plant in Taiwan, the need of electricity power and the movement of energy saving has become a hot social issues. The present technology of LED (Light Emitting Diode) lighting and the electricity power consumption of lighting can be saved. However, Yunlin County is still using the high energy consumption and high failure rate street lights, as the plan of all street lights changing to LED light in Taiwan which propagated by the Bureau of Energy, Ministry of Economic Affairs of Taiwan for years. It makes the street lights out of function frequently and the road illumination is insufficient, and the annual repair rate is up to 34.9%. As to how much the power consumption of all street lights in Taiwan and how many benefits that LED street lights can bring for us will be discussed in this research with the available information, which can find that the electricity power consumption of all street lights is 3.32 billion kw/hr. per year. It charges the cost of Taiwan Power Company to generate electricity energy about 5.57 billion NT dollars per year. In this research, we will evaluate the energy saving rate by changing all the street lights to LED ones in Yunlin County, it will be saved up to 68.8% and 80 million kw/hr. per year. The energy saving rate of Douliu City will be evaluated up to 68.9% and 7.43 million kw/hr. per year. In the end, by adopting the LED street lights can not only save energy but also make the city more beautiful in the night and also attract more visitors to come; besides, it reduces the criminal rate which is caused by the light out of order or insufficient illumination. In this research, we have found the charge rate and the range of street lights in number per month is improper. That might obstruct the propagation from using LED street lights in Yunlin County.

Key words: Street Light Power, Street Light Bills, Street Light Analysis

# 路燈節能之研究-以雲林縣為例

A Study on Electronic Energy Saving on Street Light - In The Case of  
Yunlin County of Taiwan

## 目 錄

中文摘要	I
Abstract	II
目錄	III
表目錄	V
圖目錄	VI
第一章 緒論	1
第一節 研究動機與目的	1
第二節 研究方法與架構	5
第三節 研究範圍與限制	8
第四節 文獻探討	11
第二章 國內路燈與照明用電之節能計畫	25
第一節 傳統光源與 LED 光源之特性比較	25
第二節 國內路燈電力能源使用現況	30
第三節 國內路燈節能計畫與發展現況	33

第四節 台灣節能照明政策與規範-----	41
第五節 歐盟節能政策-----	42
<b>第三章 雲林縣路燈電力能源消耗之統計與分析 -----</b>	<b>46</b>
第一節 認識路燈 -----	46
第二節 LED 路燈與傳統路燈之耗電比較-----	51
第三節 雲林縣路燈種類及規格統計 -----	52
第四節 雲林縣路燈消耗電力情形 -----	54
第五節 城市路燈改成 LED 路燈與環境之影響 -----	78
<b>第四章 結論與建議 -----</b>	<b>85</b>
第一節 結論 -----	85
第二節 建議 -----	88
<b>參考文獻 -----</b>	<b>90</b>
<b>附錄一 -----</b>	<b>96</b>
<b>附錄二 -----</b>	<b>100</b>

## 表目錄

表 1·常用路燈光源特性比較表	29
表 2· 2013 年台灣路燈電力消耗評估表	33
表 3· 2013 年台灣路燈電費評估表	50
表 4·雲林縣公有路燈數量調查統計表	53
表 5·雲林縣各鄉鎮市公所 100 及 101 年度公有路燈電費支出統計表	55
表 6·雲林縣各鄉鎮市公有路燈消耗電力以數量推估表	57
表 7·雲林縣路燈電力消耗統計以電費推估表	58
表 8·住宅用戶每度電平均售價統計表	61
表 9·雲林縣路燈更換 LED 路燈電力消耗評估表	61
表 10·雲林縣路燈維修綠統計表	62
表 11·斗六市路燈種類數量維修統計表	80
表 12·斗六市路燈更換為 LED 路燈之節能效益分析表	81
表 13·台灣電力公司包燈用電計費表	82
表 14·表燈用電電價表	82

## 圖目錄

圖 1·研究架構流程圖	7
圖 2-1·忠孝路 LED120W 路燈	38
圖 2-2·海山西路 LED120W 路燈	38
圖 2-3·文心公園 LED100W 路燈	38
圖 2-4·介壽公園 LED100W 路燈	38
圖 2-5·國聯五路 LED120W 路燈	39
圖 2-6·壽豐路 LED120W 路燈	39
圖 2-7·集集火車站 LED120W 路燈	39
圖 2-8·高雄科技大學 LED120W 路燈	39
圖 2-9·慈雲路 LED120W 路燈	40
圖 2-10·中正路 LED120W 路燈	40
圖 2-11·中橫一路 LED150W 路燈	40
圖 2-12·國際路 LED150W 路燈	40
圖 2-13·楠梓加工區 LED150W 路燈	41
圖 2-14·西湖休息站 LED200W 路燈	41
圖 4-4-1·雲林縣斗六市雲林路二段照片 1	63
圖 4-4-2·雲林路二段照片 2	64
圖 4-4-3·雲林路與大學路口照片	64

圖 4-4-4·大學路三段轉彎處照片	-----65
圖 4-4-5·大學路三段 2 處照片	-----65
圖 4-4-6·大學路三段一處路口照片	-----66
圖 4-4-7·大學路二段照片 1	-----66
圖 4-4-8·大學路二段照片 2	-----67
圖 4-4-9·大學路一段一處路口照片	-----67
圖 4-4-10·臺大醫院斗六分院門前道路照片	-----68
圖 4-4-11·斗六體育館附近照片	-----68
圖 4-4-12·雲林路三段路燈多處損壞照片	-----69
圖 4-4-13·明德北路路邊行人路燈不亮照片	-----69
圖 4-5-1·Brinkum 已裝設 LED 路燈停車場 1 照片	-----75
圖 4-5-2·Brinkum 已裝設 LED 路燈停車場 2 照片	-----75
圖 4-5-3·Brinkum City 已裝設 LED 路燈夜間照片	-----76
圖 4-5-4·Brinkum City 已裝設 LED 路燈白天照片	-----76

# 第一章 緒論

## 第一節 研究動機與目的

### 一、研究動機

世界各國在氣候變遷全球暖化的情形下，各國政府在 1992 年通過聯合國氣候變遷架構公約(UNFCCC)，聯合國成員於西元 1997 年在日本東京簽署「京都議定書」(Convention on Climate Change)，<sup>1</sup>協議各國控制全球二氧化碳排放量，世界各國也紛紛響應，推動各種節能政策，發起減碳愛地球運動，在此目標下由全世界共同來守護這個地球。台灣雖然不是聯合國成員，但台灣四面環海，溫室效應造成的環境衝擊，以海平面的上升對本島之影響最受關注，同時台灣經濟部能源局也紛紛推出許多節能政策，環保局也發起全民節能減碳運動。

台灣資訊工業發展帶動民生科技進步，生活輔助及各種民生活動都仰賴充足的能源，才能持續以及不斷的創新與發展，然而台灣可開發的天然資源蘊藏貧乏，99%能源仰賴進口，<sup>2</sup>相互比較各種能源，電能可以稱為現代化生活最安全、穩定、容易使用的能源，也因為它的便利性，人類各種活動對電能的需求也相對的提高，隨著科技的發展，電能已經是人類活動不可欠缺的主要能源。由於電能難以直接獲得，並且不易儲存，目前使用的電力能源均需以其他方式的能源轉換而來，在台灣核四廠問題爭議不斷的時，更促使我們思考如何節省電能並自我要求減少二氧化碳的排放量，提升我國的競爭力與國際形象。

---

<sup>1</sup> 聯合國氣候變遷架構公約(United Nations Frameworks Convention on Climate Change)，約有一萬名代表、觀察員和新聞記者參加了 1997 年 12 月日本京都主辦的這次舉世矚目的盛大聚會。會議協商一致決定（第 1/CP.3 號決定）通過一項議定書，規定工業化國家到 2008 年至 2012 年之間使它們的全部溫室氣體排放量與 1990 年相比至少削減 5%。引自 <http://taiwanpedia.culture.tw/web/content?ID=100662>

<sup>2</sup> 經濟部能源局，《LED 照明節能應用技術手冊》。台灣：財團法人台灣綠色生產力基金會，2012，頁 1。

在地球暖化、氣候變遷、能源耗竭等問題之後，伴隨著環保問題，節能減碳運動，目前先進國家都積極開發新能源，鼓勵使用綠能(Green Resource)，<sup>3</sup>在蘇聯車諾比(Chernobyl)與日本福島縣(Fukushima)核電廠爆炸之後，核能的安全與污染受到嚴肅的檢視與質疑，人們開始懷疑核能的安全與拒絕核能，甚至拒絕使用核能來發電，核能發電產生的污染和危害環境的程度已經超過人類能夠容許的範圍，但是文明世界的你我對於電能卻是十分的依賴，因此各國在開發綠能與節能減碳運動計畫中，如何避免電能的浪費？成了保護地球環境與永續發展的一個重要議題。

在目前國內的節能計畫中，看著交通號誌燈已經全面更換成 LED 號誌燈，相信節能效果應該是肯定的，也有部分路燈已經更換成 LED 路燈。LED 產業號稱為我國科技工業的四大產業之一，目前 LED 應用在照明的技術，普遍已經相當成熟，品質亦相當穩定，在台灣電力公司提高電價費率以及政府高喊節能口號與核四問題爭議不斷的時，我們似乎可以冷靜地思考，如何來節省電能的浪費？路燈是工作時間相對較長的耗電產品，基於安全與人民不定時使用道路的權力，路燈不能不亮，但是目前路燈大部分採用高耗電的水銀路燈，消耗著高額的電力能源，目前已經有許多城市改用節能 LED 路燈的例子，其效果似乎已經受到了某種程度的肯定，然而我們竟然還在使用這種高耗能高故障率的路燈，為了探究原因，因此投入路燈耗能的研究，希望得知 LED 路燈在節能減碳上能有多少貢獻，對雲林縣又能有多少貢獻？並積極響應推動各種節能減碳運動。

## 二、研究大綱

基於上述研究動機，本研究將研究目的歸納依條例分述如下：

### (一) 瞭解國內節能計畫中有關路燈部分的規劃以及執行情形

---

<sup>3</sup> 本研究所指的綠能意思為低污染符合環保定義，可永續利用的自然能源。

由於國內響應節能減碳運動已經有些時日，經濟部能源局也有推動 LED 路燈的更換計畫，爲了瞭解計畫中是否有對路燈的規畫情形，因此探究國內外節能政策與減碳運動實施狀況，探討我國節能減碳政策，以及各縣市節能減碳計畫中，目前實施內容有關路燈部分之規劃與執行情形。

我國新能源政策於 100 年 11 月 3 日公布，以「確保核安、穩健減核、打造綠能低碳環境、逐步邁向非核家園」作爲總體能源發展願景與推動主軸，且在確保不限電、維持合理電價、達成國際減碳承諾等 3 大原則下，積極實踐各項節能減碳與穩定電力供應 2 大配套措施。以確保不限電、維持合理電價、達成國際減碳承諾。並積極實踐各項節能減碳與穩定電力供應措施。並進一步推動節能減碳，打造綠能環境，全力推動再生能源、穩定電力供應及降低碳排放，以期逐步邁向非核家園的目標。<sup>4</sup>

## (二) 瞭解歐洲國家節能概況與使用 LED 路燈的實際效果

歐洲國家大多數爲已開發國家，隨著歐盟的成立，歐洲國家如同一個生命共同體，最先注重環保議題，也最早推動節能減碳運動，其能源政策也相對帶來整體高電價，但歐洲地區已開發城市的節能減碳運動的實施也相對較爲廣泛與落實，因此調查外國節能減碳施行狀況，首要探究歐盟能源政策與 LED 路燈的使用情況與其效益，從探討歐洲國家實際使用 LED 路燈的實例成果，用以檢視斗六市目前路燈使用現況，推估斗六市路燈改成 LED 路燈後之預期效果。

歐盟於 2006 年 3 月 8 日公布的「永續、競爭及安全的歐洲能源政策」，亦稱「綠皮書」中呼籲積極推動並建立歐洲共同能源政策。<sup>5</sup>爲了達成能源節能短期目標，即在 2020 年減少全球 30% 溫室氣體排放，亦即在 2020 年完成溫室氣

<sup>4</sup> 行政院，《新能源政策》，2011 年，引自  
<http://www.ey.gov.tw/policy4/cp.aspx?n=E4707ED5C6C73F4B>

<sup>5</sup> Communication From the Commission to the European Council and the European Parliament—An Energy Policy for Europe, Brussels ,COM , 2007

體排放降低 20%、改進 20%的能源效率、提升再生能源使用率 20%等三大目標；並進而達到 2020 年能源儲蓄率 20%的中心目標，並且改善能源安全和能源的競爭性，並降低成本。長期的目標是到 2050 年低於 1990 水準把溫室氣體散發物降低到 80-95%，在同時獲得時提供並且保持的競爭性。而其長期性的目標則是期望到 2050 年時，能達到溫室氣體排放遠低於 1990 年時期相比 80-95%的水準，並在此同時得以保持穩定的競爭性。<sup>6</sup>

### (三) 瞭解雲林縣路燈規格與維護情形

爲了分析雲林縣路燈的耗電情形，需要統計雲林縣目前路燈之規格與數量，以便做精確的計算與比較分析，並調查雲林縣內路燈的規劃與維護管理情形，作爲節能減碳改善計畫分析之依據。

### (四) 統計分析雲林縣路燈的消耗電力情形

爲了將雲林縣路燈耗電的情形作爲研究改善之目標，依據雲林縣各鄉鎮市之台灣電力公司路燈收費情形，統計雲林縣路燈之年消耗電力情況，用以分析雲林縣路燈的改善可能之節能減碳效益，將來亦可作爲節能計畫之參考。

### (五) 比較 LED 路燈與傳統路燈的特性，了解耗能情形與產品差異

研究我國 LED 照明工業發展現況，探討 LED 路燈各種電學特性，以及研究台灣現階段使用之路燈的電學特性與耗電情形，比較兩者之間的差異，作爲節能減碳運動之研究分析，提供可能方案與建議之依據。

### (六) 評估雲林縣路燈如改成 LED 路燈之預期效果

本研究最終目的在探討雲林縣路燈在節能減碳運動中可能之貢獻，推估雲林縣路燈改成 LED 路燈後可帶來的節能減碳效益，評估雲林縣路燈改成 LED 路燈之良窳，可做爲將來市政推動之節能參考。

---

<sup>6</sup> 同註 5。

## 第二節 研究方法與架構

### 一、研究方法

本研究採文獻分析法、比較研究法、調查統計法、探討雲林縣路燈消耗電力的情形，討論如果雲林縣路燈更換為 LED 路燈在節能與減少二氧化碳排放量的貢獻度與可行性。

#### (一) 文獻分析法

本研究需要瞭解國內外各種節能政策與實施成果，檢視其中是否有路燈節能之規劃，分析實施案例成果中 LED 路燈是否帶來預期的效益，以及目前國內路燈耗電情形與雲林縣路燈耗電及計費情形為何？並瞭解雲林縣是否有 LED 路燈之節能規劃；另外從文獻中探討路燈的各種特性，如外觀、光線、耗電以及壽命等，並從文獻及報導分析 LED 路燈之發展過程以及它的特性為何？現在的 LED 照明應用技術為何？是否有相關之研究可供參考？以探討 LED 路燈之可能帶來的節能效益與優缺點。

#### (二) 比較研究法

本研究在分析傳統路燈與 LED 路燈的特性差異時使用比較研究法，從文獻中分析得來的各種傳統路燈的特性，再將各種路燈與 LED 路燈進行特性比較，找出傳統路燈的缺點，作為改善的要點；以及從文獻中分析 LED 路燈的特性與目前技術層面的發展為何？探討雲林縣路燈如果改為 LED 路燈，將可帶來多大的節能效益，以及城市之間採用 LED 路燈的效果比較，本研究採用比較研究法較能凸顯兩者之間的差異。

#### (三) 調查統計法

本研究為了瞭解雲林縣路燈的年耗電情形，需調查雲林縣各鄉鎮市公所，

每年的電費支付情形，以及調查各鄉鎮市公所列管的路燈種類與數量以及維修情形，本研究調查範圍自民國 100 年至 101 年，因目前尚無統計資料可供參考，本研究自調查所得之資料自行統計平均，以瞭解雲林縣路燈耗電情形。

## 二、研究架構

本研究探討雲林縣路燈在節能減碳運動的目標下，評估使用 LED 路燈可能帶來的節能效益，過程中分別採用上述三種研究方法：文獻分析、比較研究、調查統計等，將所得結果在本研究最後進行總結討論，研究的流程與架構如圖

1：



圖 1：研究架構流程圖

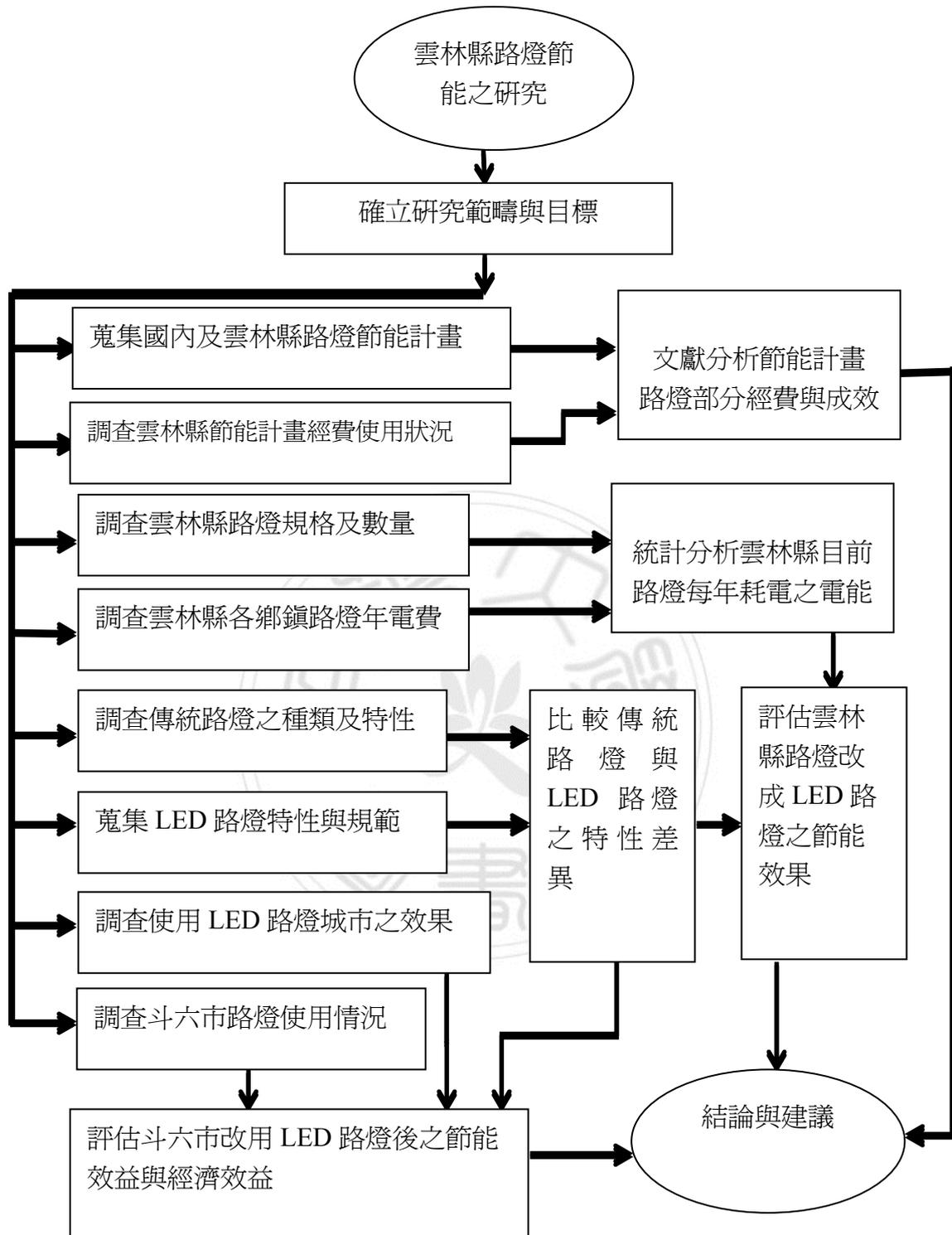


圖 1：研究架構流程圖

資料來源：本研究繪製

### 第三節 研究範圍與限制

本研究之研究範圍主要是研究雲林縣路燈照明用電是否有更有效的節能方式，檢視目前國內 LED 路燈之推動情形，以及 LED 照明發展之現階段技術，統計分析雲林縣縣內路燈規格與數量以及所消耗的電力，探討有效的節能方案，藉此瞭解 LED 路燈以及傳統路燈之特性，探討在能源消耗與壽命上的差異，將雲林縣斗六市路燈與已使用 LED 路燈的城市經驗及效果做比較，評估雲林縣如更換 LED 路燈在節能減碳上之貢獻與預期效果，研究範圍與限制依不同的探討內容分述如下：

#### 一、國內有關路燈節能計畫之文獻探討

回顧國內目前的能源政策，檢視目前國內照明電力的使用狀況，探討有關路燈的節能政策以及全台灣路燈的消耗電力情形，研究範圍著重在國內有關路燈的部分。

#### 二、雲林縣節能計畫以及所花經費之文獻探討

檢視雲林縣節能減碳運動之文獻，探討有關路燈的節能計畫，瞭解雲林縣路燈是否已經進入規劃，是否有 LED 路燈之更換計畫，研究範圍完全在只有在雲林縣的文獻資料，因為部分所需資料尚無公開，亦無統計報告可查詢，本研究僅能將調查結果與蒐集的資料彙集統計分析。

#### 三、調查已經使用 LED 路燈城市之效果

調查目前已經使用 LED 路燈之城市，探討其使用後的實際效果，了解 LED 路燈之實際效益，作為本研究之比較參考，本研究將需要調查的城市放在國內市鎮以及歐洲的城市，若該城市 LED 路燈資料未有文獻公開討論，或者該城市與廠商之間有簽保密協定，亦難以獲得研究所需的效果資訊，如能配合當地有

關單位實施田野調查可獲得更為深入的資訊作為本研究分析統計，因此依使用 LED 路燈的城市效果調查結果報告，均獲得較為好的正相關的資料，可能之負面效果資料目前尚無研究報告可供分析，故本研究之結果報告亦有未盡詳盡之偏差的可能。

#### 四、電力能源之研究以及台灣電力公司路燈電費之計費探討

探討路燈消耗電力能源之原理，電力能源的轉換理論，電能的計算方法，電費的計費方式，台電路燈電費的收費標準以及每度電之發電成本與二氧化碳之排放量之關係，研究範圍主要在路燈電力能源的探討，其他非電力能源或非使用於路燈的電力能源部分則未進一步加以探討。

#### 五、LED 路燈與傳統路燈之特性比較研究

探討 LED 路燈之各種特性與傳統路燈的特性，在節能減碳目標下比較 LED 路燈與目前傳統路燈燈具之光源效率、消耗功率以及使用壽命等，在節能減碳運動與經濟價值上研究兩者之差異，以瞭解 LED 路燈之優勢，研究範圍主要著重在耗電與壽命，其他特點雖有描述僅做為比較，至於 LED 的發光效率與技術，以及 LED 路燈的壽命，因為技術仍然在持續發展進步中，僅能從公開文獻中獲得，或是從路燈廠商的規格特性資料表中取得，以此資料作為研究可能有落後時效之可能，以及目前尚無負面研究報告，本研究在資料分析中有其限制。

#### 六、統計雲林縣路燈年耗電情形

為了統計雲林縣路燈的年耗電情形，需要各鄉鎮市公所提供路燈電費資料，以及各鄉鎮市公所管理之路燈的規格種類，以及路燈不同種類數量的資訊，在調查雲林縣各鄉鎮市公所路燈的電費支出情形時，若無公開資料可供查詢而以親自至相關單位調查，可能會因為涉及業務機密而無法獲得，若從台灣電力公司調查可能也會遇到相同的情形而無法獲得研究所需的資料，雖然電費的計

費方式與統計方法並不困難，如引用不正確的資料作為研究，如此可能會影響到本研究的信度與效度。

## 七、歐洲已使用 LED 路燈城市與雲林縣斗六市之差異探討

探討德國(Germany)下薩克森邦(Lower Saxony)之布林庫姆(Brinkum)城市使用 LED 路燈之實際效果，並將下薩克森邦或布林庫姆與雲林縣斗六市做比較，探討斗六市路燈更換成 LED 路燈後之各種可預期之優缺點，雖然該城市可能與斗六市有很大的差異性，但是居民在夜間需要路燈照明的需求，整體上是一樣的，所以無關城市大小、人口密度，LED 路燈與以前使用的傳統路燈對居民的影響皆會有相同之差異效果，然而可能文化背景或國情因素不同，在調查資料上的引用或調查方法的設計可能需要加以分析判斷較為合宜，避免不當的引用調查資料或調查所得的資料不適合本研究參考分析，然而路燈的電能消耗是完全理性單一的理論，使用的效果定義均是相同邏輯，不會因為地點不同，或文化不同而有所差異。

全球暖化及全球能源消耗不斷增加的危機，使得各國政府無不極力積極投入人力及資源，並透過立法推動能源使用的積極目標。其中又以照明的耗能對全球能源與環境有著極大的影響力，以 2005 年為例，在全球能源的消耗中，照明就佔了 19%，而全球每年花費在照明上的費用高達 4600 億美金。這樣的龐大支出只肇因於大部分只使用無效率的白熾燈泡，為了改善並對照明節能產生最大效能，澳洲政府於 2012 年以宣布全面禁用白熾燈泡。

歐盟在環保節能領域上，一直以來皆處於領先的地位，過去所推行的「歐盟危害物質禁用指令」(Restriction of the use of certain hazardous substance in electrical and electronic equipment, RoHS)，這幾年也陸續被世界各國製造所遵

循，對生態環境上也給予有效的貢獻。<sup>1</sup>歐盟也訂定於 2008 年前辦公室與路燈將陸續改成節能燈泡，全面汰換白熾燈；並於 2009 年底前進一步普及於一般家庭，逐步禁止生產與使用白熾燈泡。據估計，在 2010 年歐盟禁售白熾燈的情況每年將可減少 2000 萬公噸碳排放量。2007 年歐洲照明聯盟成員（Aura Lighting Group、BLV Licht- und Group、GE Lighting、Narva、Osram、Philips Lighting、Sylvania Lighting International）協議以 2 年為一個階段，共分 5 個階段從最高瓦數（100W 以上）但低效率的燈具朝向低瓦數（25W 以下）低效率的燈具做管制淘汰。這項協議預計在第五階段 2017 年～2018 年達成。<sup>2</sup>該項協議目標為朝向降低 60% 碳排放量而努力，屆時將有助於實現歐盟 2020 年碳排放總量比 1990 年降低 20% 的協議目標。

#### 第四節 文獻探討

本研究主要研究的變項是雲林縣的路燈，其中包含各種不同類型的路燈，在這些次變項之中，都可以是本研究的自變項，但本研究主要探討 LED 路燈能帶來的最大節能效益為何？因此這些次變項以 LED 路燈為主要研究對象，節能以及各種效益如耗電量、電費以及二氧化碳排放量等為探討的依變項，在自變項的文獻探討，主要在國內 LED 路燈的推動情況以及各種路燈的特性介紹，而可參考的依變項的文獻探討則著重在 LED 路燈的實施案例的效果分析，在國外方面歐洲隨著歐盟的成立其立法之能源政策也是影響 LED 路燈推動的重要因素，可做為國內推廣節能減碳運動的比較參考，逐將有關之節能政策加以介紹，探討他律的自變項是否對節能減碳運動產生影響，將相關文獻探討列舉如下：

---

<sup>1</sup> 歐洲照明公司聯盟（European Lamp Companies Federation, ELC）

《The European lamp industry's strategy for domestic lighting: frequently asked questions & answers on energy efficient lamps》，2007。引自

[http://www.elcfed.org/documents/071120\\_ELC%20FAQ%20on%20domestic%20lighting.pdf](http://www.elcfed.org/documents/071120_ELC%20FAQ%20on%20domestic%20lighting.pdf)

<sup>2</sup> 同註 1。

## 一、歐洲推展節能減碳相關之能源政策：

歐洲地區自歐盟成立以來許多國際性共同討論的議題因此得以快速推廣，尤其在環境變遷、地球暖化、能源危機等重大議題上也能有更快速的因應之道，雖然歐盟(European Union)對歐洲該地區已經針對能源政策立法實施多年，並使歐洲演變成一個共同體的概念，導入強制性和全面性的歐洲能源政策，包含於 1952 年 7 月 23 日生效的歐洲煤炭與鋼鐵聯盟(European Coal and Steel Community)。2007 年歐盟里斯本條約(EU Treaty of Lisbon)包含能源供給及變化之能源政策團結事宜，已經使得會員國為共同市場概念自願合作成為一個共同體，首批提案協商通過，發展一個共同的能源政策，變遷世界中的能源(Energy for a Changing World)之議題建議，主要包括：<sup>3</sup>

1. 與 1990 年相比，到了 2020 年從主要能源的溫室氣體排放至少減少 20%，以接續京都議定書之於 2020 年已開發國家達到減少 30% 為目標。
2. 與 1990 年相比，到了 2050 年減少到 95% 的碳排放量。
3. 到了 2020 年使用的燃料中生物燃料至少占達 10% 以上。
4. 能源供給與能源公司的發電業務應從其分佈網路拆離，以增加市場競爭力。
5. 包含俄羅斯在內，改善歐盟鄰國的能源關係。
6. 歐洲能源技術策略計畫(European Strategic Energy Technology Plan)發展領域，包含再生能源、節約能源、低耗能建築、第四代核反應器、潔淨的煤炭、碳的捕捉技術等的發展。
7. 發展非洲與歐洲的能源合作夥伴關係，幫助非洲「蛙跳(leap-frog)」

---

<sup>3</sup> Proposals of Energy policy of the European Union from Wikipedia, the free encyclopedia, from [http://en.wikipedia.org/wiki/Energy\\_policy\\_of\\_the\\_European\\_Union](http://en.wikipedia.org/wiki/Energy_policy_of_the_European_Union)

到低碳技術與幫助開發非洲大陸做爲一個可持續的能源供應商。

其中許多相關的建議都目的在限制全球溫度變化不超過 2°C 以避免全球變暖，由於全球在這方面的努力極爲輕微，因此這可能是無法達成的目標，然而歐盟可能被迫接受這樣的一個全球性目標。自從 2007 年以來，歐洲能源部門爲了到 2050 年減少 95% 的碳排放量，將不得不修改其能源政策示範模式，在現階段的策略能源技術計畫（Strategic Energy Technology Plan）能源方面要求電力產出來自可再生能源，雖然在不同的國家有不同的目標，在 2010 年電力產出已經達到平均 22% 的電力產出來自可再生能源，歐盟委員會已經提議在這個方面要從今天的 7% 到 2020 年達 20% 的目標。<sup>4</sup>

由於歐盟這樣一個組織使得在歐洲已開發國家面臨不能再過度使用資源，必須縮減無法再生能源資源的使用以減少碳排放量，以及盡可能使用再生能源，以及從事低耗能的經濟活動與生活，因此在 1997 年京都議定書簽署之前，有些歐盟成員國已經開始徵收能源稅或稱綠色稅制，進行減碳保護環境，另外隨著石油、煤、天然氣等化石能源逐漸枯竭，節能減碳，推動再生能源以及能源多元化等問題開始受到全球性的重視，歐洲國家在 1990 年即開始透過租稅或非稅行措施，以求達到節能環保之目標，當經濟合作暨發展組織(OECD) 要求其會員國採用租稅形式，以充分反映能源使用與環保之外部成本，當部分會員國仍在猶豫時，以歐盟會員國爲主之北歐國家已開始實施。而各國間之課稅項目、課徵基礎與課徵稅目並不一致，茲分述如下：<sup>5</sup>

1、從課稅項目分類：有從油品、煤氣、天然氣及電力等能源課稅；亦有從上述能源之含碳量課徵 CO<sub>2</sub> 稅。<sup>6</sup>

2、從課徵基礎分類：有從價課徵（以能源之「單位熱值與含碳量」爲基

---

<sup>4</sup> 同註 3。

<sup>5</sup> 黃得豐，〈歐洲能源稅概述〉，《能源報導》，2012 年 5 月，頁 33。

<sup>6</sup> 同前註。

礎而從量課徵，如此則稅額與能源價格高低並無直接關係，既可避免遭受能源波動之影響，又不會影響物價波動)；亦有從量課徵(可透過價格政策對非再生之化石能源，及可再生之綠能課徵不同稅率，讓資源移轉到更佳之處，既可促進節能減碳與環境保護，又可加速替代能源或綠能開發，以降低溫室效應並有助於經濟與環保之永續發展)。<sup>7</sup>

3、從課徵稅目分類：則有各國分別使用之特別銷售稅、增值稅、能源稅、礦物油稅、電力稅、CO<sub>2</sub> 稅或氣候變遷稅等。<sup>8</sup>

加稅是一種提高使用者使用成本的一種抑制作法，以減少使用來避免不當的浪費，這可能只是一個治標的方式，但另一個可能的思維為，如果成本高於負荷，即將從事的經濟活動將被迫尋求可能替代的能源，否則該經濟活動即將因成本大於利潤而因此被迫停止，所以尋找新的能源即成了加稅行為可能產生的新動力，否則加稅只會減緩經濟活動與成長，台灣在各方面的資源也都加了營業稅，但這與歐盟的能源稅仍有些不同，而台灣在燃油方面附加的燃料稅與空污稅等附加稅則與歐盟之能源稅較為類似，而台灣在電力方面除了營業稅之外並無能源稅之類似附加稅，但是台灣為一小島資源有限，大部分的能源都仰賴進口，台灣從傳統加工業到科技加工業，仍然只是一個代工市場，仰賴電力十分吃重，歐洲實施能源稅之方式是否可在台灣施行仍是需要詳細研究的議題，但可供我國能源政策參考。

## 二、國內推展 LED 路燈的相關文獻探討：

有關國內LED路燈推展的情形，以縱向搜尋分析，經濟部能源局有最多的報導，依《LED照明節能應用技術手冊》所整理之〈政府歷年推動LED照明節能應用一覽表〉發現我國政府於2007年開始規劃「LED交通號誌燈節能計畫」

---

<sup>7</sup> 同註5。

<sup>8</sup> 同註5。

已經於 2011 年完成全國號誌燈 100%使用LED交通號誌燈，2009 年規劃「LED 道路照明示範計畫」換裝 5,350 盞LED路燈，2011 年規劃「高效率道路照明燈具示範計畫」預計換裝約 6000 盞以上之水銀路燈為LED路燈，2012 年規劃「LED 路燈節能專案示範計畫」期望在 2018 年底將全國總計達 81.5 萬盞(占全部路燈 51.9%)的水銀燈全數汰換成LED路燈，預計將可節電達 5.18 億度，減少二氧化碳CO<sub>2</sub> 排放 31.7 萬公噸。<sup>9</sup>

參考《LED照明節能應用技術手冊》(2012)該文獻指出我國政府LED照明應用節能計畫的推展從 2007 年開始，在 2008 年政府「加強地方建設擴大內需方案」，台中市、基隆市、嘉義市等，共申請裝設LED路燈約 1 萬盞，其中台中市共裝設 7,698 盞。2009 年能源局推動「LED道路照明示範計畫」，在國內各縣市 47 個示範地點設置LED路燈。2012 年行政院核定於「經濟景氣因應方案」七大策略「助產業」項下「全台設置LED路燈」的「擴大設置LED路燈節能專案計畫」，支應新台幣 20 億元預算，在 2012 年以LED路燈汰換 25 萬盞水銀路燈，加上同年「101 年LED路燈節能示範計畫」以及「LED路燈示範城市計畫」等 3 項計畫，總投入經費約 24.24 億元，可換裝約 32.6 萬盞LED路燈，至於「擴大設置LED路燈節能專案計畫」執行對象涵蓋全國 5 個直轄市與 11 個縣政府，另外基隆市、新竹市、嘉義市納入「LED路燈示範城市計畫」即「三城萬盞計畫」，至於偏遠及離島地區則納入「101 年LED路燈節能示範計畫」辦理，澎湖縣已設置完成。<sup>10</sup>

由此文獻探討可以略知國內目前有哪些LED路燈的規劃，包括名稱、時間與設置地點，另外對於新竹市於 99 年完成 609 盞LED路燈裝設，預計於 2014

<sup>9</sup> 經濟部能源局，〈政府歷年推動LED 照明節能應用一覽表〉，《LED 照明節能應用技術手冊》，台灣：財團法人台灣綠色生產力基金會，2012，頁 3。

<sup>10</sup> 同註 2，頁 7-11。

年前完成全市 3 萬 5 千盞的LED路燈更換，<sup>11</sup>迄 2013 年 6 月 17 日為止，新竹市所辦理的「101 年度LED路燈示範城市計畫」工程，已施作完成 6,418 盞，實際進度為 86.36%，較預定進度超前約 3%，離目標 7,432 盞已接近完成，除此之外尚未探討其他縣市設置LED路燈的文獻報導，而雲林縣目前尚無設置LED路燈的相關文獻可供探討。

### 三、各種路燈特性的探討：

關於路燈特性的研究探討，僅能從文獻去作探討，有關路燈簡略的介紹有黃立堅〈照亮回家的路－認識路燈〉《能源報導》(2002) 介紹內容包含：1·路燈的外觀，2·路燈的供電與控制方法，3·路燈的消耗電力與電費問題等探討，可供本研究參考，至於詳細介紹路燈光源的發光原理以及特性，在經濟部能源局專書《照明系統 Q & A 節能技術手冊》(2008)有詳細介紹，<sup>12</sup>雖然科技不斷進步，但是該書所介紹的傳統路燈光源，因為變化性不大，許多原理、數據等還具有相當的準確性足供參考；但在LED光源的部分，因為研究時期距今已經 5 年，所探討的LED路燈光源之原理及特性尚可參考，而在LED光源驅動技術、壽命、效率等科技已經有新的技術發展，故加上《LED節能照明應用技術手冊》(2012)的文獻分析以及產業專業報導文獻分析如《LEDinside》、<sup>13</sup>《FET電子工程專輯》、《新電子雜誌》等可以補足，至於探討的內容於本研究內容中在予以詳述。

在燈具特性探討的同時發現LED路燈的省電節能以及無毒等特性，受到我國以及全世界重視與使用的情形，可能與世貿組織(WTO)的貿易障礙規定，環

<sup>11</sup> 電子工程專輯，〈Cree 與新竹市政府簽署 LED 城市計畫合作備忘錄〉，《電子工程專輯》，16/06/2011，引自 [http://www.eettaiwan.com/ART\\_8800644991\\_480702\\_NT\\_4a6c36ef.HTM](http://www.eettaiwan.com/ART_8800644991_480702_NT_4a6c36ef.HTM)

<sup>12</sup> 經濟部能源局，《照明系統 Q & A 節能技術手冊》，台灣生產力基金會，2008。

<sup>13</sup> LEDinside---全球市場調查研究機構 TrendForce 旗下的 LEDinside 部門，專門探討全球有關 LED 發展資訊與研究。

保例外條款有關，也就是「基於環保考慮，可對進出口品課徵環保稅」，<sup>14</sup>「據此，歐盟已發布的環保三指令，除了規定電器電子產品回收及禁止使用有毒物質（如鉛、鎘及汞）之外，也要求能源使用產品需滿足生態設計（EUP）<sup>15</sup>的要求，否則可限制其進口。」<sup>16</sup>如此一來有毒產品就不能在國際市場上流通，同時生產國的國際形象也會受到影響，各國都不敢大意，雖然我國不屬聯合國會員國，但是我國產業亦是以貿易經濟為主體，LED又是我國科技四大產業之一，因此對LED路燈的推動應該更為積極。

#### 四、LED 路燈節能減碳效益以及其他效果的探討：

有關 LED 路燈的節能減碳效益之文獻探討，其中包含 LED 的特性與傳統路燈特性的比較性質之文獻，在《LED 照明節能應用技術手冊》亦有探討，內容包含〈全球 LED 照明的選用原則與注意須知〉、〈用電場所照明規劃與設計之建議〉、〈國內 LED 照明節能案例介紹〉等，均可提供本研究相當多的節能效果之資訊。為了分析雲林縣路燈的耗電情形，以及比較不同路燈之節能效益，本研究必須了解照明燈具在電學上的探討，電能的計算與計費，因此需要研究台灣電力公司對國內路燈的計費方式，以及路燈消耗電力的電學及光學理論，方能分析路燈的使用條件與特性需求，統計路燈耗能情形與節能效益，以及電能對二氧化碳的排放影響，雖然這個技術部分在燈具特性探討時亦有部分討論，但本小節有比較整體性的探討整理如下：

##### 1. 經濟部能源局表示：(聯合新聞網 2012 年 2 月 28 日)

<sup>14</sup> 行政院研究發展考核委員會，〈京都議定書對我國能源使用及產業發展之影響〉，《我國節能減碳政策檢討與規劃》台灣：行政院研究發展考核委員會(2008)，頁 10-11。

<sup>15</sup> 歐盟在環境保護方面的努力一向引領全球，也是台灣電機電子產業銷售之重要參考指標與依據，繼 2005 年及 2006 年生效執行的 WEEE 指令與 RoHS 指令，規定銷至歐盟的電子電機產品必須符合高回收率及無害物質的要求，亦令台灣電機電子產業在綠色環保產業革新之後產品的設計與生產，必須注意到耗能產品生態化設計(EuP)指令，更將產品之設計概念往前推至『搖籃到墳墓』地球耗能之全面性思維，對台灣電機電子產業的衝擊更遠大於前兩個指令。引自 <http://www.eup.org.tw/Intro/eup.jsp>

<sup>16</sup> 同註 16。

「全台目前近一百萬盞水銀路燈，明年中前，四分之一將由節能LED路燈取代；一年可省下 24 億元電費、近兩千四百萬的維修費用」。<sup>17</sup>該新聞指出單純更換全台灣省 25%的路燈，一年就可以省下 24 億元以及 2400 萬的維修費用，該報導並無詳細說明數據資料是如何獲得？以及依據何種統計資訊？本研究在研究內容中也不再對此文獻內容重複敘述，但此文獻資料可供讀者參考比對傳統路燈與LED路燈的耗電與維修費用之差異。

2. 《LED 照明節能應用技術手冊》(2012)敘述我國使用 LED 路燈節能效益之情況：

經濟部能源局自民國 96 年起，以專案計畫方式協助各地方政府以LED交通號誌燈取代傳統白熾燈交通號誌燈，2011 年全國公路及市區道路系統「已 100%使用LED交通號誌燈，LED交通號誌燈節電達 85%，估計每年節省用電 2.47 億度，減少 15.51 萬公噸二氧化碳排放」，<sup>18</sup>該報導文獻省電效益達 85%這是非常可觀的數據，本研究認為應該是白熾燈與LED燈的耗電差別，其中還沒有提到以前支出的龐大維修費用，因為交通號誌燈不是用來作為路燈的路面照明，本研究也不多加探討，但節能效益的統計可為本研究讀者參考。

配合政府加強地方建設擴大內需方案，2009 年能源局推動的「LED道路照明示範計畫」，換裝 5,350 盞LED路燈，每年可節約用電 234 萬度，高達 89%受訪的民眾認為LED路燈有改善鄰近地區整體景觀；81%民眾認為有改善鄰近地區夜間安全性。<sup>19</sup>經測試結果顯示，節能可達 60%，每年

---

<sup>17</sup> 〈全台四分之一路燈將改LED 年省24億電費/再生能源多元發展經濟部釋出多項獎勵方案台北報導〉《聯合新聞網》2/28/2012，引自  
<http://big5.chinaneews.com:89/tw/2012/02-28/3702649.shtml>

<sup>18</sup> 同註 2，頁 7。

<sup>19</sup> 同註 2，頁 8。

可節省道路照明用電約 303 萬度，減少二氧化碳排放量達 1,854 公噸。<sup>20</sup> 如此看來 234 萬度應該是推估值，因為實測值為 303 萬度相差有 69 萬度之差距，至於實測值為何能節省如此多的電量，可能還有其他的因素，例如使用比預定更小消耗功率的LED路燈，或者換裝的盞數可能比原來預估的還要多，因此造成省電效益的增加，且報導中亦無二氧化碳排放係數的說明與依據，本研究以此數據反向推算一度電二氧化碳的排放係數為 0.612 公斤/度。本研究對此部分也不再加以探討，但節能效益數據部分可以提供讀者與本研究分析參考。

2012 年「LED路燈節能專案示範計畫」，將全國 81.5 萬盞(占全部路燈的 51.9%)之水銀燈全數汰換，可節省 5.18 億度電，減少二氧化碳排放 31.7 萬公噸。<sup>21</sup>執行「擴大設置LED路燈節能專案計畫」，汰換 25 萬盞水銀路燈，預計節省 1.1 億度電，減少 6.7 萬公噸二氧化碳排放量，再包含「LED路燈示範城市計畫」等 3 項計畫，換裝約 32.6 萬盞LED路燈，節省 1.43 億度電，減少 8.75 萬公噸二氧化碳排放量。<sup>22</sup>

從以上文獻分析得以了解我國內 LED 路燈應用於道路照明以及交通號誌燈改用 LED 燈的節能效果，已經有相當大的節能效益數據，可提供本研究在節能效益部分之參考與研究。

### 3. LEDinside 發表文獻：〈改用 LED 路燈或街燈，預估全球前 12 大城市可省下 85%的能源〉(2012 年 6 月 20 日)

「採用試驗方案城市的居民表示，LED路燈讓民眾感到更安全並且改

---

<sup>20</sup> 〈公共建設 廣採 LED 照明〉，《中時電子報》，2011 年 10 月 26 日，引自 <http://tw.news.yahoo.com/%E5%85%AC%E5%85%B1%E5%BB%BA%E8%A8%AD-%E5%BB%A3%E6%8E%A1led%E7%85%A7%E6%98%8E-213000385.html>

<sup>21</sup> 同註 2，頁 3。

<sup>22</sup> 同註 2，頁 10。

善了能見度，目前照明在全球約占了 19%的用電量，如果全球採用的照明系統效率比現有提昇一倍，就可說是相當於移除了歐洲一半的用電量及排熱量，日前一項全球性的獨立試驗已成立，LED路燈最大可以節省 85%的能源」。<sup>23</sup>該內容指出LED路燈至少可以節能 50%，最高可達 85%，該內容數據可供本研究參考，也可作為讀者的比較。

「這項測試結果同時也展示，試用城市的居民，傾向於使用LED路燈或街燈，並且希望能夠多鋪設以達到環境效益。在加爾各答、倫敦、雪梨、多倫多，66%到 90%的回覆者表示支持在城市中廣泛鋪設LED街道路燈，因為此舉可以改善能見度與安全性。飛利浦照明全球公共與政府事務總監指出，全面轉換成最新的節能LED燈產生的益處，不但包含能節省能源、減少二氧化碳的排放量還能將城市的環境轉換得更好。我們相信徹底實行鋪設LED燈可以創造一個給民眾、旅客，適宜居住及旅遊的環境。印度一家業主也對外表示，使用LED照明對於居民的好處是明顯的，現在買家可以清楚的分辨出綠色和藍色，營業額也因此增加了不少」，<sup>24</sup>此文獻描述LED路燈不但能節能減碳之環保效益，同時也有改善路燈燈光的功能運用，使環境變得更好，亦能提高城市整體的經濟效益與居民的滿意度，此文獻分析與本研究之預期結果效益有正相關，提供本研究明確的研究方向。

#### 4. 黃彥霖：《LED 照明與傳統燈具對閱讀績效影響之探討—碩士論文》(2011)

此文獻結論摘要「就人因的角度來思考，更換器具是否會對工作績效造成影響才是重點，因此，本研究的重點在探討不同的燈源(傳統燈和LED燈)之下，是否會對人眼辨別度、閱讀績效(正確率、速度)、人眼疲勞度，

---

<sup>23</sup> Ivan,〈改用LED 路燈或街燈，預估全球前 12 大城市可省下 85%的能源〉，《LEDinside》，2012 年 6 月，引自 <http://www.ledinside.com.tw/knowledge/20120620-21679.html>

<sup>24</sup> 同註 23。

產生不同的結果。在本研究中辨別度及閱讀績效(正確率及速度)上，沒有的顯著差異，也就是說，不管是在那一種類的燈源之下，人眼在觀察事物或者閱讀文章上是沒有影響的，並不會因為不同種類及顏色的燈源，而使人眼在判讀目標物之時產生了不同的理解。在疲勞度方面，本實驗中可以得知，在白的光源之下，不管是LED白光或者傳統白光對於人眼在疲勞度上是沒有差別的，而在黃色的光源之下，不管是LED黃光或者是傳統黃光皆會產生影響」。<sup>25</sup>該研究指出LED燈光並不會影響閱讀也不會造成比傳統燈光更加疲勞的影響，但是該研究文獻認為黃色燈光易造成疲勞的結果，本研究從其他文獻分析若將黃光的照度提升應該不會有視覺疲勞的影響，該研究的影響可能來自黃色燈光照度<sup>26</sup>不足，以及黃光情境容易帶來心境上的放鬆而影響疲勞的感受，雖然本研究不在這個層面多做探討，但LED 更容易控制燈光的光色，<sup>27</sup>效果應該遠大於傳統燈具。

5. LEDinside<sup>28</sup>發表文獻：〈電價高昂為歐洲LED照明市場營造有利成長條件〉  
(2012年5月30日)

「根據 TrendForce 旗下研究部門 LEDinside 的『2011~2015 歐洲 LED照明市場報告』，歐洲 LED照明市場發展快速，除了與歐洲民眾環保節能觀念有關，另一個重要的因素是歐洲高電價帶來的節能產品誘因。」<sup>29</sup>此文獻指出歐洲人因為電價高，並了解LED節能效果佳，因此更換照明燈具意願高，證明LED的正面效率，LEDinside 亦指出，「電價高昂對於LED照明是相當重要的動力，以一顆能夠取代傳統 40 瓦白熾燈泡的 7 瓦

<sup>25</sup> 黃彥霖，《LED 照明與傳統燈具對閱讀績效影響之探討》，高雄：義守大學工業與管理學系碩士論文，2011。

<sup>26</sup> 照度(LUX)：單位面積上的光通量(光束)。

<sup>27</sup> 光色即燈光的色溫單位為(K)，一般而言黃光的色溫在 3000K 左右白光的色溫在 6000K 左右。

<sup>28</sup> LEDinside---全球市場調查研究機構 TrendForce 旗下的 LEDinside 部門，專門探討全球有關 LED 發展資訊與研究。

<sup>29</sup> LEDinside，〈電價高昂為歐洲 LED 照明市場營造有利成長條件〉，《電子工程專輯》，2012 年 5 月 30 日，引自 [http://forum.eettaiwan.com/FORUM\\_POST\\_1000039174\\_1200232300\\_0.HTM](http://forum.eettaiwan.com/FORUM_POST_1000039174_1200232300_0.HTM)

LED球泡燈為例，若每天點 8 小時計算，一個月(31 天)後每月能省下超過 8 度電(千瓦小時)的電量，若以EU-27 的電價計算，代表一顆LED燈泡每月在電費上將比傳統白熾燈省下約 2 美元。因此高電價可說是促使歐洲 LED照明進展繼日本後也加快的重要因素之一」。<sup>30</sup>如此推論本研究認為也沒有什麼問題，電費確實會令消費者核算經濟效益的差別而選用LED燈來省電，減少電費的支出。

「歐洲LED照明企業對LED的應用更為嚴謹、科學，從燈源的選擇來說，LED元件的色溫、亮度要一致、發光角度要固定。LEDinside調查，通常在室內照明的色溫部分，歐洲照明比較喜好暖白偏黃的色溫，居家用的照明色溫通常喜歡 2500~2700K之間；若是在商業照明的部分則以 3000K左右的色溫為大宗，但是商業照明所需要的演色性較高，通常需要到 80 以上」。<sup>31</sup>此部分文獻補充了黃彥霖(2011)論述的黃光對閱讀疲勞影響之探討，除了黃光容易令人放鬆之外，另一部分應該是燈光的演色性<sup>32</sup>所造成的因素。在演色性的部分，一般照明燈具的光源而言，黃光的演色性比白光來得低；在光通量部分以LED燈為例，黃光的照度也比白光較低，因此在光線不足的情況下閱讀確實容易疲勞，然而該研究指出對閱讀的理解沒有影響，本研究認為是因為該研究用來做測試閱讀的內容大概只有黑色文字與白色紙張，不包含有顏色圖片的閱讀內容，因此只要能清楚分辨字體的模樣，自然不會影響閱讀的理解差異，雖然該研究結果這個部分不在本研究的討論範圍，但這也說明了LED燈的高演色性之特性，可以使夜間路燈的燈光更具備看得清楚的特性，使LED路燈優於傳統光源之路燈。

---

<sup>30</sup> 同前註。

<sup>31</sup> 同註 29。

<sup>32</sup> 演色性(CRI)：燈光所能反應物體表面顏色的指數。

6. 在 2011 年光電週，〈Cree與新竹市政府簽署LED城市計畫合作備忘錄〉<sup>33</sup>  
(2011 年 6 月 16 日)

新竹市於民國 99 年完成 609 盞LED路燈裝設，許明財市長表示：「我們希望透過『LED城市計畫』與其他城市互相觀摩學習，除降低都市環境污染，減少溫室氣體排放外，同時帶動關聯產業的發展、增加就業人口並使民眾習慣於低碳生活，提高城市認同感，讓新竹市成為世界的宜居城市。」<sup>34</sup>根據新竹市工務處土木科長曾嘉文報告，「99 年安裝完成的 609 盞LED路燈估計每年節省電能 24 萬 4,513 千瓦小時，減少二氧化碳排放 1 萬 5,160 噸、節省電費 53 萬 1,360 元」。<sup>35</sup>該文獻描述「新竹市於今年十月十日更將進一步展現其低碳樂活城的地位，Cree「LED城市計畫」正式啟動以來，在參與城市的回饋報告中顯示，LED照明能在不同的建設中為城市節省百分之五十到八十的能源。」<sup>36</sup>該文獻提供了新竹市LED路燈的節電效果情形，同時也說明了LED路燈可創造的其他好處。

7. 能源局報導：〈LED 道路照明產品應用〉《能源報導》(2011-05 月)

為了探討路燈的耗電情形與估計雲林縣路燈的耗電與節能對比研究，探討全台灣省的路燈種類及數量，在此文獻得知「我國路燈的數量根據民國 98 年調查資料顯示共約有 157 萬盞，其中水銀路燈約占 51.8%、鈉燈約占 35.2%、複金屬燈 2.9%、螢光燈 9.3%，而LED路燈僅約占 0.8%，雖然近幾年因鈉燈設置的比例逐漸增加，水銀燈有逐漸減少的趨勢，但仍然維持在相當高的比例。」<sup>37</sup>此路燈統計數據已經過了四年，與今日的實際情形可能有所不同，然而近年亦無新統計資料可提供參考，此民國

<sup>33</sup> 同註 12。

<sup>34</sup> 同註 12。

<sup>35</sup> 同註 12。

<sup>36</sup> 同註 12。

<sup>37</sup> 黃素琴、鄭名山，〈LED 道路照明產品應用〉，《能源報導》，(2011 年 05 月)，引自 <http://energymonthly.tier.org.tw/outdatecontent.asp?ReportIssue=201105&Page=8>

98 年的數據仍可提供本研究用以統計現在全台路燈的耗電情形做為路燈比例之參考，或作為統計雲林縣路燈的耗電情形及LED路燈的效益分析等研究與全國情形之比較。

#### 8. 沈世宏：「節能路燈應由台電來換」

「油電雙漲後，台電營運效能受外界關注，環保署長沈世宏今天點名台電應負責將各鄉鎮市的路燈更換為節能高效燈泡，因為省下的電力，每年可減少發電燃料成本約新台幣 600 億元。他解釋，台電過去對各鄉鎮市路燈電費只收成本費用，幾乎是虧本補貼各鄉鎮市來點燈，但若改用省電燈泡，就可省下 60%電費，預估台電每年可省下一個發電廠的發電量，也就是可減少外購發電燃料費用 600 多億元，藉此鼓勵節能產業發展，提升綠色經濟。」<sup>38</sup>

從環保署長沈世宏這段短文，我們發現台電一直說虧錢，要漲電價，要蓋核四，卻如此的浪費公帑，各縣市路燈如此浪費電力支出，消耗台電的電力發電成本，單獨從省下來的年發電成本 600 億元而言，就是一個可觀的數字，如果台電對路燈的收費只收成本，那麼也還不至於虧錢，如果路燈換成 LED 路燈因此台電成為最大的受益者，那麼台電有必要主動更換路燈，如果受益的不只有台電還有各縣市政府，那麼各縣市政府路燈管理單位為了減少資源的浪費也應該提出更換要求或計畫，以減少國家資本與能源的浪費，這篇文獻引發的省思正是本研究所要探討的議題。

---

<sup>38</sup> 〈沈世宏：節能路燈應由台電來換〉，《大紀元報導》，2012 年 6 月 24 日，引自 <http://tw.news.yahoo.com/%E6%B2%88%E4%B8%96%E5%AE%8F-%E7%AF%80%E8%83%BD%E8%B7%AF%E7%87%88%E6%87%89%E7%94%B1%E5%8F%B0%E9%9B%BB%E4%BE%86%E6%8F%9B-075705726.html>

## 第二章 國內路燈與照明用電之節能計畫

### 第一節 傳統光源與 LED 光源之特性比較

#### 一、 什麼是 LED

LED(Light-Emitting Diode)<sup>1</sup>中文名稱叫做發光二極體，是使用半導體材料加化學元素III-V族（如：磷化鎵(GaP)、砷化鎵 (GaAs)等）製成的固態發光元件，其原理是利用半導體材料介面電子與電洞不平衡的情況下，對此半導體施加電流，透過電子與電洞的結合，過剩的能量會以光的形式釋出，達成發光的效果，也是一種將電能轉換為光能的電子元件，此化合物半導體發出來的光屬於冷性發光，半導體的壽命在正常驅動下長達十萬小時以上。<sup>2</sup>

LED因材料的不同，其二極體內中電子、電洞所佔的能階也有所不同，能階的高低差影響結合後光子的能量而產生不同波長的光也就是不同顏色的光，如紅、橙、黃、綠、藍或不可見光等。<sup>3</sup>

目前可見光已普遍應用在生活中多項產品如：手機、PDA產品的背光源、資訊與消費性電子產品的指示燈、工業儀表設備、汽車用儀表指示燈與煞車燈、大型廣告看板、交通號誌等。不可見光的應用主要分為二種：短波長紅外光應用在無線通訊用(如IrDA模組)、遙控器、感測器；長波長紅外光則用在短距離光纖中通訊用光源。<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> Ivan,〈什麼是 LED?〉,《LEDinside》,2010年1月8日,引自  
<http://www.ledinside.com.tw/knowledge/20100108-27.html>

<sup>2</sup> 同前註。

<sup>3</sup> 同前註。

<sup>4</sup> 同前註。

## 二、 傳統光源

自古以來光能都以熱能的方式來呈現，如同太陽的光和熱同時並存，所以火炬、燃油燈都是以燃燒來產生光的照明燈具，但在愛迪生發明電燈之後，人類改用電來發光，其原理還是以高溫燃燒的方式來做電能與光能的轉換，也就是由高熱產生光，以目前漸漸走入歷史的白熾燈最具代表、後來研發的水銀燈、鈉燈、複金屬燈等其原理亦大致相同，在發光的同時亦需要高溫，所以發光也產出相當高的熱能發散，這種情形在只需照明的情況下，所產生的熱能是很麻煩的附屬品，把這個熱能直接排放到空氣中，往往造成使用照明空間室溫的上升，這個現象在溫帶、熱帶以及亞熱帶國家經常造成使用者的困擾，這個熱能若不能加以利用而直接散發到空氣中也是一種能源的浪費，也會造成溫室效應。

室內照明常使用的螢光燈雖然改變了發光的方式，在照明的同時產生較少的熱能，但是利用電子束打在螢光粉上而發光的原理，還是會有動能轉換時的熱量產生，時間久了發光效率也大幅降低、而且螢光材料裡面含有汞(俗稱水銀)重金屬成分等有毒物質，暴露在環境下嚴重危害人體生命安全，因此在許多的新型照明光源燈具的開發下，也已漸漸走入歷史。

室外路燈照明爲了讓路面空間照明更亮，夜間用路者能看得更清楚，使用高流明值高照度的水銀燈，其原理是利用燈內的水銀汽化來發光，<sup>5</sup>爲了讓水銀汽化，需要高溫；讓汽化的水銀蒸氣穩定放電之弧光放電需要相當高的溫度，所以水銀燈發光的同時亦產生高溫，因爲水銀燈的光電轉換效率低，<sup>6</sup>即每瓦流明值低，爲了得到較高的照度，需使用大消耗功率的水銀燈，所以消耗的電力驚人；另外還有高壓鈉燈、<sup>7</sup>複金屬燈<sup>8</sup>其發光原理與水銀燈類似，都需要將水

---

<sup>5</sup> 經濟部能源局，《照明系統Q&A節能技術手冊》，台灣生產力基金會，2008，頁44。

<sup>6</sup> 同前註，頁45。

<sup>7</sup> 同前註，頁53。

<sup>8</sup> 同前註，頁50。

銀加熱到高壓高溫而達到汽化，只是燈管內的添加物有些不同，以不同的添加物介質來放電發光，添加的還是高危險性的劇毒物質，雖然發光效率比水銀燈好，啓動時間也比前者快很多，但是仍屬於大功率高消耗電力的燈具，其消耗的電力遠遠超過同等照度的LED燈，而且其啓動速度遠遠不及LED的奈秒啓動速度。<sup>9</sup>

### 三、 將 LED 光源與傳統光源進行比較

LED最大的特點在於：無須暖燈時間(idling time)、反應速度快(4~9 奈秒, 約  $4 \times 10^{-9}$  秒)、體積小、用電省、耐震、安全、污染低、適合量產，具高可靠度，容易配合應用上的需要製成極小或陣列式的元件。<sup>10</sup>

傳統光源（螢光燈）的特性在與LED光源的特點比較下，除了沒有LED特點的優勢之外，最大的問題在於：1·燈具具有毒性、2·使用時產生高溫、3·消耗高額電力、4·危險。傳統光源中除了白熾燈比較不具毒性之外，其他傳統光源，水銀燈、螢光燈、鈉燈、複金屬燈等，均具有以上之 4 大缺點，雖然白熾燈比較不具毒性，但是因為它發光效率最低，在歐盟、加拿大、美國、澳洲等先進國家已經在 2012 年全面淘汰不使用甚至已經禁賣，<sup>11</sup>其他傳統路燈光源因為會產生高溫，大都採用玻璃製品，碰撞或倒地容易破裂而釋放出有毒物質、汞或鹵化物，因此使用上具有危險性，而且使用時要避免被燈具高溫或輻射熱燒燙傷，新聞也時常報導因為傳統燈具破裂或高溫而產生火苗引起火災，目前傳統光源有漸漸被LED光源取代的趨勢。

本研究將傳統路燈與LED路燈之優劣特性彙整比較，將重要特點比較項目

<sup>9</sup> 黃得豐，〈歐洲能源稅概述〉，《能源報導》，2012 年 5 月，第四章。

<sup>10</sup> Ivan ，〈LED 優點及產業分類〉，《LEDinside》，2009 年 6 月 23 日，引自 <http://www.ledinside.com.tw/knowledge/20090623-10167.html>

<sup>11</sup> 〈因應節能減碳，各國從 2009 年開始陸續停止生產、禁用白熾燈泡，點亮 120 年的傳統燈泡，即將吹響「熄燈」號，宣告了 LED (發光二極體) 照明新世代的來臨〉，《中央社》2009 年 1 月 29 日，引自 <http://tw.myblog.yahoo.com/jw!TevtOfafGRTxSxBPI..w9Ggbhls-/article?mid=251>

繪製成比較表（表 1）。除了比較表所揭露之特性，目前 LED 路燈之發光效率，<sup>12</sup>已經大幅提高超過 2010 經濟部能源局公告之 130 lm/W 效率，根據工研院綠能所揭露的 LED 發光效率，其中 HVLED<sup>13</sup> 實驗室已經可以到達 170 lm/W，<sup>14</sup>目前試驗性的大功率白光 LED 晶片發光效率已達 186 lm/W，低功率白光 LED 晶片發光效率已達 240 lm/W，<sup>15</sup>實驗室晶片發光效率已經可以達到 254 lm/W，<sup>16</sup>目前有廠商已經發表 161 lm/W 發光效率之 LED 燈產品，<sup>17</sup>以目前技術看來 LED 發光效率已經遠遠超過傳統路燈燈具發光效率最高的高壓鈉燈<sup>18</sup>而且又沒有鈉燈的高溫，LED 的光線又有極佳的演色性，<sup>19</sup>與均勻照度<sup>20</sup>的特性，壽命大約是高壓鈉燈的 4~5 倍，<sup>21</sup>以目前 LED 的技術分析，LED 路燈已經足以取代高壓鈉燈，這表示 LED 已經是最省電的路燈照明光源，也可能是未來照明的主流產品。

---

<sup>12</sup> 發光效率—每瓦特(Wattz)電力所能產生的光通量(Luminous)，單位 lm/W。同註 2，頁 34。

<sup>13</sup> HVLED—Driven by High Voltage LED，高電壓驅動之發光二極體。資料來源：工研院綠能所，〈台灣 LED 照明產業現況〉，《全臺 LED 路燈設置與推動情形》，2012。

<sup>14</sup> 工研院綠能所，〈台灣 LED 照明產業現況〉，《全臺 LED 路燈設置與推動情形》，2012。

<sup>15</sup> 經濟部能源局，《LED 照明節能應用技術手冊》。台灣：財團法人台灣綠色生產力基金會，2012，頁 23。

<sup>16</sup> 同前註，頁 18。

<sup>17</sup> 林苑卿，〈高功率 LED 廣視角燈泡勢起〉，《新電子雜誌》，315 期，2012 年 6 月，頁 33~38。

<sup>18</sup> 經濟部能源局，《照明系統 Q & A 節能技術手冊》，台灣生產力基金會，2008，頁 36。

<sup>19</sup> 演色性—光源對物體顏色呈現的程度，單位為 CRI(Colour Rendering Index)或簡稱(Ra)，以百分比表示。資料來源：經濟部能源局，《LED 照明節能應用技術手冊》。台灣：財團法人台灣綠色生產力基金會，2012，頁 30。

<sup>20</sup> 照度(Intensity of Illumination)—被照的物體表面，每單位面積所接受之光通量，單位為(Lux)。資料來源：經濟部能源局，《LED 照明節能應用技術手冊》。台灣：財團法人台灣綠色生產力基金會，2012，頁 20。

<sup>21</sup> 經濟部能源局，《照明系統 Q & A 節能技術手冊》，台灣生產力基金會，2008，頁 35~36。

表 1：常用路燈光源特性比較表

各種路燈光源燈具特性比較表							
參數/種類	高壓水銀燈	高壓鈉燈	石英複金屬燈	陶瓷複金屬燈	螢光燈(三波長)	螢光燈(省電型)	LED燈
品牌規格	飛利浦N400	旭光SON400	飛利浦400WBU	奇異E40	旭光HFH45T8	東亞FL40DT8	鍊德RKS36-120
光束(lm)	22000	48000	32500	41500	4230	2730	12840
消耗電力(W)	400	400	395	400	45	38	120
效率(lm/W)	55	117.5	82.2	103.7	94	71.8	107
演色性(CRI)	50	25	75	80	85	69	90
壽命(h)	12000	12000	10000	20000	12000	10000	50000
毒性物質	水銀	鈉、水銀	水銀、金屬鹵化物	水銀、鈉金屬鹵化物	水銀、螢光粉	水銀、螢光粉	無
燈管溫度(C)	高溫：600°	高溫：450°	高溫：800°	高溫：1150°	中低溫：50--75°	中低溫：50--70°	低溫：0° --常溫
亮燈時間	3--8分鐘	3--8分鐘	3--15分鐘	3--15分鐘	1-3秒	2--3秒	4--9/奈秒(1/10 <sup>9</sup> )
參考資料:							
	1. 旭光照明型錄2005年全年產品型錄，P29~31。						
	2. 飛利浦光源產品型錄2007~2008年綜合型錄P2~P22。						
	3. 東亞照明型錄2005~2006年綜合型錄P369~P370。						
	4. 複金屬燈特性研究，宋明俊，中山大學碩士論文(2000-06)P8.P23.P40。						
	5. LED道路照明應用，經濟部能源局能源報導(2011-05)。						
	6. 鍊德科技2012年路燈型錄，LITEK120WLED路燈。						
	7. LED照明節能應用技術手冊，2012。						
	8. 照明技術Q&A節能技術手冊，2008。						

資料來源：本研究整理

## 第二節 國內路燈電力能源使用現況

### 一、民國 100 年台灣電力能源供需狀況

根據經濟部能源局每年能源供需概況統計研究報告書，可清楚看出國內對於電力需求明顯逐年增加，以 100 年能源供需概況在電力部分，100 年年度平均每人用電增加 1.77%，統計概況揭露如下：<sup>22</sup>

- (一) 100 年總毛發電量為 252,172.9 百萬度，較上年（247,049.0 百萬度）增加 2.07%；其中抽蓄水力發電占 1.15%，火力發電占 78.59%，核能發電占 16.70%，慣常水力、地熱、太陽能、風力、生質能及廢棄物發電占 3.56%。
- (二) 100 年台電公司火力發電廠燃料耗用量為 27,473.2 千公秉油當量，較上年（26,452.3 千公秉油當量）增加 3.86%；其中煤炭占 59.76%，柴油占 0.18%，燃料油占 6.87%，液化天然氣占 33.19%。
- (三) 100 年電力各部門消費量之百分率如下：能源部門自用占 7.94%，工業部門占 52.75%，運輸部門占 0.50%，農業部門占 1.13%，服務業部門占 19.35%，住宅部門占 18.34%；而與上年消費量比較，則其增減情形如下：能源部門自用增加 0.13%，工業部門增加 2.92%，運輸部門增加 3.33%，農業部門增加 4.23%，服務業部門減少 0.21%，住宅部門增加 2.28%。
- (四) 100 年平均每人用電量為 10,494.7 度，較上年（10,312.6 度）約增加 1.77%。

### 二、國內路燈照明用電分析

由於國內建設發展不斷，道路需求不斷地規劃增加，根據國內研究報告，長久以來少有研究精確統計台灣的路燈數量以及追蹤路燈所消耗的能源統計，至於路燈到底消耗了多少電力？可由台灣電力公司統計全台路燈用電即可得知，但是目前台電並無路燈消耗電力之統計數據，本研究從現有路燈數量統計資料中整理分析全台路燈消耗電力的情形，推估所得 2013 年全台路燈數量總數

<sup>22</sup> 經濟部能源局，〈100 年能源供需概況研究報告〉，2013 年 3 月 14 日，引自 [http://web3.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/content/ContentLink.aspx?menu\\_id=378](http://web3.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/content/ContentLink.aspx?menu_id=378)

為 201.8 萬盞，統計全台路燈所消耗的電力，得知路燈消耗的電力能源十分驚人，年耗電量已經超過 3.47 億度，所消耗台電的發電成本為 85 億元，二氧化碳的年排放量約為 211.5 萬公噸，分析如下：

(一) 根據能源局統計，由非製造業查核申報之用電分佈比例統計，可知照明耗電比中，以航空站、百貨公司最高(因商業照明需求)，在建築分類能源大用戶照明使用量及功率比例現況中，依 99 年統計資料，照明用電占建築整體用電約 6~34%，目前日光燈更占總照明燈具裝置容量 78.3%。<sup>23</sup>這個照明用電佔建築整體用電的比例 6~34%範圍也太大了，應該也只是推估值，以照明用電可達建築整體用電的 34%的比例，照明用電這個部分是現階段可以立即做節能規劃改善的部分，從日光燈佔總照明燈具裝置容量的比例 78.3%，可以了解日光燈的普及率相當高，在路燈的種類螢光燈部分除了最近幾年新建的公園有使用螢光省電燈泡之外幾乎都是使用日光燈，在LED燈未應用在照明之前日光燈是最普及的省電燈具，所以有一部分的路燈也是採用日光燈。

(二) 根據中研院綠能所〈全台LED路燈設置與推動情形〉研究報告指出，據民國 98 年調查資料顯示共約有 157 萬盞，其中水銀路燈約占 51.84%、鈉燈約占 35.22%、複金屬燈 2.93%、螢光燈 9.25%，而LED路燈僅約占 0.77%，其中水銀燈路燈占 51.84%；<sup>24</sup>依經濟部能源局 2012 年表示，全台目前近一百萬盞水銀路燈，本研究推估 2013 年為 1,036,800 盞水銀路燈(參考表 2)，路燈的每日使用時間長達 10-12 小時，用電時間占全日比例 41.67%~50%，從路燈的數量以及路燈的工作時間，可推算路燈消耗的電能占照明用電比例也是相當高。

<sup>23</sup> 經濟部能源局，〈LED 照明節能應用技術手冊〉。台灣：財團法人台灣綠色生產力基金會，2012，頁 4。

<sup>24</sup> 經濟部能源局，〈全台 LED 路燈設置與推動情形〉，12/24/2012，引自 [http://web3.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/news/News.aspx?kind=1&menu\\_id=41&news\\_id=270](http://web3.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/news/News.aspx?kind=1&menu_id=41&news_id=270)  
1

- (三) 根據經濟部能源局報導：「2004 年全台路燈約 130 萬盞，2008 年統計約 140 萬盞」；<sup>25</sup>2009 年中央研究院綠能所統計：「全台路燈數量為 157 萬盞」。<sup>26</sup>依中研院綠能所研究報告及經濟部能源局公告「台灣路燈數量統計數據」，從 2008 年到 2009 年的增加速率為每年 17 萬盞，若從 2004 年到 2009 年增加 27 萬盞的速率為每年 5.4 萬盞，因 2009 年之後就沒有路燈數量的統計資料，本研究將兩者平均每年也有 11.2 萬盞的路燈增加，故自 2009 年的 157 萬盞路燈持續增加到 2013 年路燈總數估計有 201.8 萬盞。
- (四) 根據中研院綠能所研究報告及經濟部能源局公告「台灣路燈數量統計以及各種路燈數量占比」<sup>27</sup>以及台灣電力公司 2012 年發電成本：「2009 年每度電為 1.68 元」、<sup>28</sup>「2012 年台電全系統發電成本為每度電為 2.45 元」，<sup>29</sup>以台電自行公告之發電成本每度電 2.45 元計算，本研究依不同路燈燈具之耗電量與推估之 2013 年全台路燈總數（以 200 萬盞計算），統計推估 2013 年路燈消耗電力的情況，目前路燈之年耗電量應已超過 34.7 億度，年消耗台灣電力公司發電成本超過 85 億元，依經濟部能源局公告(2008 年)：台灣電力公司發一度電所排放之二氧化碳為 0.638 公斤，以此數據計算年度二氧化碳排放量統計約超過 221.3 萬公噸，經濟部能源局採用發電二氧化碳排放係數本研究推算為 0.612 公斤/度，這兩筆數據的不同對本研究的影響沒有太大的差異，本研究不再加以分析，詳細統計計算參照表 2；台灣路燈電力消耗評估表。

---

<sup>25</sup> 同註 24。

<sup>26</sup> 同註 24。

<sup>27</sup> 同註 24。

<sup>28</sup> 呂啓元，〈台電公司購電價格合理化之評析〉，國家政策研究基金會，2012 年 10 月 26 日，引自 <http://www.npf.org.tw/post/3/11536>

<sup>29</sup> 台灣電力公司全系統發電成本圖片說明，引自 [http://www.taipower.com.tw/content/new\\_info/images/%E5%85%A8%E7%B3%BB%E7%B5%B1%E8%88%87%E6%A0%B8%E8%83%BD%E7%99%BC%E9%9B%BB%E6%88%90%E6%9C%AC%E8%B6%A8%E5](http://www.taipower.com.tw/content/new_info/images/%E5%85%A8%E7%B3%BB%E7%B5%B1%E8%88%87%E6%A0%B8%E8%83%BD%E7%99%BC%E9%9B%BB%E6%88%90%E6%9C%AC%E8%B6%A8%E5)

表 2：2013 年台灣路燈電力消耗評估表

台灣路燈電力消耗評估表						
路燈種類	水銀燈	鈉燈	複金屬燈	螢光燈	LED燈	合計
數量占比	51.84%	35.22%	2.93%	9.25%	0.77%	100%
數量評估	1,036,800	704,400	58,600	185,000	15,400	2,000,000
額定功率(W)	400	400	250	40	120	
消耗功率(W)	440	440	275	44	120	
每日使用時數(hr)	12	12	12	12	12	
年耗電量(度-kw/hr)	1,998,120,960	1,357,519,680	70,583,700	35,653,200	8,094,240	3,469,971,780
年發電成本(元)	4,895,396,352	3,325,923,216	172,930,065	87,350,340	19,830,888	8,501,430,861
二氧化碳排放量(kg)	1,274,801,172	866,097,556	45,032,401	22,746,742	5,164,125	2,213,841,996

資料來源：本研究整理。

說明：1．本評估表僅以本研究保守推估 2013 年之全台路燈數量 200 萬盞作為評估。

2．各種類別路燈數量占比，根據 2009 年中研院綠能所統計。<sup>30</sup>

3．發電成本依台電自行公告之全系統發電成本為每度電 2.45 元。<sup>31</sup>

4．二氧化碳排放量以每發電一度所排放之二氧化碳為 0.638 公斤為計算標準。<sup>32</sup>

### 第三節 國內路燈節能計畫與發展現況

照明用電占臺灣耗電比例極高，改善並提升照明器具的能源利用效率，對於節能減碳帶來明顯的節能效益，目前對於路燈之節能減碳計畫大部分都是以高效率LED光源路燈燈具來替換原來的效率低高耗電的路燈燈具，原因是LED路燈的技術成熟且效率最高。經濟部能源局自民國 98 年起，以專案計畫方式協助各地方政府以LED交通號誌燈取代傳統白熾燈交通號誌燈，替換的號誌燈總數達 69.67 萬盞，於 100 年 9 月底全數完工，估計每年節省用電 2.47 億度，工研院綠能所在 2012 年「全台LED路燈隊動情形」書中揭露LED交通號誌燈省電 85%以上。在能源局的推動下，台灣已成為僅次於新加坡，全世界第二個將交

<sup>30</sup> 黃素琴、鄭名山，〈LED 道路照明產品應用〉，《能源報導》，(2011 年 05 月)，引自 <http://energymonthly.tier.org.tw/outdatecontent.asp?ReportIssue=201105&Page=8>。

<sup>31</sup> 台灣電力公司全系統發電成本圖片說明，引自 [http://www.taipower.com.tw/content/new\\_info/images/%E5%85%A8%E7%B3%BB%E7%B5%B1%E8%88%87%E6%A0%B8%E8%83%BD%E7%99%BC%E9%9B%BB%E6%88%90%E6%9C%AC%E8%B6%A8%E5%8B%A2%E5%9C%96.txt](http://www.taipower.com.tw/content/new_info/images/%E5%85%A8%E7%B3%BB%E7%B5%B1%E8%88%87%E6%A0%B8%E8%83%BD%E7%99%BC%E9%9B%BB%E6%88%90%E6%9C%AC%E8%B6%A8%E5%8B%A2%E5%9C%96.txt)

<sup>32</sup> 經濟部能源局所公告：發電的二氧化碳排放係數為 0.638 公斤 CO<sub>2</sub>/度 (2007 年 7 月 17 日)。

通號誌燈全部改換成LED號誌燈的國家。<sup>33</sup>

至於我國在 LED 路燈的推動發展現況，本研究收集至目前國內有關 LED 路燈大型計劃，有以下發展近況逐筆摘要如下：

- 一、能源局統計指出，LED固態照明器具具有節能、高發光效率、無汞、使用壽命長、容易調光與色溫調控等特性，可取代傳統白熾燈泡及鹵素燈泡，成爲下一世代的主要照明器具。在此同時，能源局也積極推動LED路燈示範計畫，2008 年政府「加強地方建設擴大內需方案」，補助縣市政府換裝 LED路燈，包含台中市、台中縣、基隆市、嘉義市等，共計申請裝設LED路燈約 1 萬盞，其中台中市共裝設 7,698 盞，後續有基金會捐贈陸續增設至約 9,000 盞。<sup>34</sup>
- 二、經濟部於 2009 年度撥款 1.3 億元，進行「LED道路照明節能示範」，共補助 47 個示範案，換裝 5,350 盞LED路燈，以取代原有之水銀燈。經由實際測試結果顯示，節能可達 60%，每年可節省道路照明用電約 303 萬度，減少二氧化碳排放量達 1,854 公噸，由於節能成效顯著，能源局計畫繼續推動高效率道路照明燈具示範計畫，同年在國內預計換裝約 6,000 盞以上之水銀路燈。<sup>35</sup>
- 三、對於後續LED路燈設置推廣之作法，能源局將自 2012 年起於 3 年期間內，以節能績效保證專案（ESCO）模式建立示範城市，由示範城市運用ESCO 模式將該市水銀路燈全數換裝爲LED路燈，預定換裝數量 6.8 萬盞。能源局 101 年推動LED路燈節能專案示範計畫，編列新臺幣 1.8 億元預算，協助地方政府以ESCO模式建立示範案，並提供LED路燈設置成本部分補助，由示

<sup>33</sup> 曹逸雯，〈全國交通號誌燈改裝 LED 燈完成 每年可節省用電 2.47 億度〉，《NOWnews 今日新聞網》，2011 年 12 月 16 日，引自 <http://www.nownews.com/2011/12/16/320-2767325.htm#ixzz2XnUTFjjP>

<sup>34</sup> 經濟部能源局，〈LED 照明節能應用技術手冊〉。台灣：財團法人台灣綠色生產力基金會，2012，頁 8。

<sup>35</sup> 同註 30。

範案執行單位以ESCO模式辦理，預定換裝數量約 1.9 萬盞。能源局預期藉由採用節能績效保證服務方式(ESCO)，由政府與使用者共同分攤置換LED路燈成本，可增加公部門、地方政府採用LED路燈意願，帶動LED照明產業創造新臺幣 64 億元以上產值。台灣能源局釋出 20 億台幣擴大設置LED路燈節能專案計劃，預計將於 2013~2014 年間替換 25 萬盞LED路燈。能源局期望在 2018 年底前，將全國總計達 81.5 萬盞之水銀燈全數汰換，屆時預計可節電達 5.18 億度，降低CO2 排放 31.7 萬公噸。<sup>36</sup>

四、根據LEDinside 報導 2013 年台灣推動「5 都 11 縣」換裝 25 萬盞LED路燈，台灣市場的LED路燈設置計畫，台北市已於 2012 年底標出約 1.8 萬盞台北市LED路燈，並在 2012 年於金門安裝 3000 盞暖色性LED路燈。<sup>37</sup>

五、LEDinside調查，根據行政院核定「擴大設置LED路燈節能專案計劃，5 都 11 縣將向能源局申請補助經費，預計共換裝約 25 萬盞LED路燈，其中，台北市在 2012 年釋出 3 萬多盞LED路燈標案需求，根據規畫，台北市共有 15 萬盞路燈中，有 7 萬盞為水銀路燈，此次共申請到 2.5 億元補助，並預計將於 2014 年底前，將水銀路燈全面換裝成LED路燈，在換裝完成後每年將可節省用電約 4,292 萬度及節省電費約 7,342 萬元。據規畫，高雄市申請到能源局 5 億元補助，將劃分 5 個工程案進行開標，總計約達 6 萬盞，預計將於 2013 年 6 月完成施作，規劃以各行政區公所為中心，週邊區域先行設置LED路燈，並考量市區的人口密集以及照度不足街巷道等地點進行設置。另外，新北市則爭取到經濟部能源局補助 3.3 億元，日前決定將再自籌近 3.5 億餘元，預計在 2013 年 6 月底前，將轄下 21 個區共 4 萬 2092 盞

<sup>36</sup> 經濟部能源局發言人：王副局長運銘，〈政府推動LED 照明應用示範計畫 成效有目共睹〉，《節約能源區－新聞中心》，2012 年 7 月 11 日，引自 <http://www.energypark.org.tw/news/news/upt.asp?onYear=2012&onMonth=7&onDate=2012/7/11&p0=697>

<sup>37</sup> Ivan，〈2013 年台灣推動「5 都 11 縣」換裝 25 萬盞LED 路燈標案市場分析 (一)〉，《LEDinside》，2013 年 1 月 4 日，引自 <http://www.ledinside.com.tw/outlook/20130104-24616.html>

水銀路燈換成LED路燈，目前新北市僅有泰山區以中央補助 500 萬元試辦，將 260 盞水銀路燈更換為LED路燈，平均每兩個月可節省約 10 萬元電費，預計未來新北市還有近 6 萬盞水銀路燈將陸續汰換。<sup>38</sup>

六、台灣這次五都 11 縣的LED路燈專案計劃之外，偏遠及離島地區納入「2012 年LED路燈節能示範計畫」，儘管規模僅約 2.3 萬盞，金門首批LED路燈標案，2012 年已完成安裝 3000 盞暖色系路燈，整燈的發光效率可達 100 lm/W。另有納入「LED路燈示範城市計劃」的基隆市、新竹市、嘉義市，其標案規模約達 5.3 萬盞，但 2012 年先提撥 2.4 億元，預計將分 3 年分階段執行完畢，但目前進度落後預期。至於新竹市部分，新竹市政府與美商科銳(Cree Inc.)於 2011 台北國際光電周期間簽署「LED城市計畫合作備忘錄」，將新竹市納入推動此國際性LED照明節能計畫之新成員。備忘錄由新竹市長許明財與Cree美國總部副主席暨LED組件總經理Norbert Hiller親自簽署，表示Cree將與新竹市政府持續互相交流，並協助新竹市以透過創新LED照明技術，讓市民享受更節能省電的高生活品質。新竹市於民國 99 年完成 609 盞LED路燈裝設，預計於 2014 年前完成全市 3 萬 5,000 盞的LED路燈更換，並於舊城區內建置省電路燈。根據新竹市工務處土木科長曾嘉文報告，99 年安裝完成的 609 盞LED路燈估計每年節省電能 24 萬 4,513 千瓦小時，減少二氧化碳排放 1 萬 5,160 噸、節省電費 53 萬 1,360 元。新竹市自 100 年十月十日起更將進一步展現其低碳樂活城的地位，Cree「LED城市計畫」正式啟動以來，在參與城市的回饋報告中顯示，LED照明能在不同的建設中為城市節省百分之五十到八十的能源。<sup>39</sup>

<sup>38</sup> 經濟部能源局發言人：王運銘副局長，〈政府推動LED照明應用示範計畫 成效有目共睹〉，《節約能源區－新聞中心》，2012 年 7 月 11 日，引自 <http://www.energypark.org.tw/news/news/upt.asp?onYear=2012&onMonth=7&onDate=2012/7/11&p0=697>。

<sup>39</sup> 電子工程專輯，〈Cree 與新竹市政府簽署 LED 城市計畫合作備忘錄〉，《電子工程專輯》，16/06/2011，引自 [http://www.eettaiwan.com/ART\\_8800644991\\_480702\\_NT\\_4a6c36ef.HTM](http://www.eettaiwan.com/ART_8800644991_480702_NT_4a6c36ef.HTM)

根據以上文獻得知我國能源局預計於 2018 年底前，將全台灣省的水銀路燈全數汰換成 LED 路燈，本研究在探討路燈數量時發現，目前(2013 年)全台灣省水銀路燈的數量應該有 103.68 萬盞，以後可能會以 LED 路燈取代而逐漸減少，經濟部能源局統計的數字以 2009 年的統計資料為根據，本研究以 2013 年為推估標準，如果依能源局 2009 年的統計比例，本研究以水銀路燈數量 103.68 萬盞與 LED 路燈節能效益 70%計算，屆時(2018 年)應該可以節省年耗電量 14 億度，可節省年發電成本 34.27 億元，參考表 1。

本研究調查 LED 路燈使用情況時，得知目前已經有許多私人企業已經使用 LED 光源來改善照明耗電、高溫與頻繁維修的情形；路燈方面：國內許多縣市也都有意願採用 LED 路燈，有部分已經換裝完成，有部分還在等下一次的經費申請，在政府 LED 路燈推廣計畫未實現以前，以及還沒有經費補助的情況下，已經有縣市政府以區域測試性質的先行使用 LED 路燈，可見 LED 路燈的節能效益非常肯定，全國縣市政府都有意願投入路燈節能計畫，雖然在 2012 年起除了花蓮縣<sup>40</sup>之外也有其他縣市爆發 LED 採購弊案，<sup>41</sup>但是可以確定的是 LED 路燈確實能為節能減碳帶來巨大的貢獻，根據能源局推廣政策以及國內 LED 路燈大廠表示，國內已經有許多採用 LED 路燈的案例，據調查滿意度均非常高，採用後的效果亦十分受到肯定，本研究搜尋網路資訊有關國內 LED 路燈案例，全台灣實例相當多，僅揭露部分案例之地點、照片以及路燈的消耗功率數、高度、照度、安裝時間，提供參考分別紀錄如下。

---

<sup>40</sup> 〈花蓮 LED 路燈採購弊案〉，《聯合報》，2013 年 3 月 21 日，引自

<http://www.ehlg.gov.tw/post/index-1.asp?m=99&m1=13&m2=37&gp=&sid=&keyword=&id=241>

<sup>41</sup> 〈高市 LED 採購爆弊 兄弟檔官員被搜〉，《中國時報》，2013 年 5 月 25 日，廉政署中部調查組辦理中部地區相關弊案，無意間監聽趙文男、趙建喬疑似介入總工程費五億元的高市水銀路燈汰換 LED 工程案。引自 <http://news.chinatimes.com/politics/50207743/112013052500094.html>

1. 宜蘭縣蘇澳鎮忠孝路 120W/ 8M/ 48~54LUX/ 2011-11(圖 2-1)
2. 宜蘭縣蘇澳鎮海山西路 120W/ 8M/ 48~54LUX/ 2011-11(圖 2-2)

	
<p>圖 2-1：忠孝路 LED120W 路燈 資料來源：賀喜能源股份有限公司 <a href="http://www.leadray.com/Templates/pic/m/leadray-led%20street%20light-Zhongxiao%20Road.jpg">http://www.leadray.com/Templates/pic/m/leadray-led%20street%20light-Zhongxiao%20Road.jpg</a></p>	<p>圖 2-2：海山西路 LED120W 路燈 資料來源：賀喜能源股份有限公司 <a href="http://www.leadray.com/zh-TW/case/-/68.html#">http://www.leadray.com/zh-TW/case/-/68.html#</a></p>

3. 台中市文心公園 100W/ 8M/ 36~42LUX/ 2010-06 (圖 2-3)
4. 台北市介壽公園 100W/ 6M/ 48~60LUX/ 2010-12 (圖 2-4)

	
<p>圖 2-3：文心公園 LED100W 路燈 資料來源：賀喜能源股份有限公司 <a href="http://www.leadray.com/Templates/pic/m/leadray-led%20street%20light-Fulfillment%20Amphitheatre%20Park.jpg">http://www.leadray.com/Templates/pic/m/leadray-led%20street%20light-Fulfillment%20Amphitheatre%20Park.jpg</a></p>	<p>圖 2-4：介壽公園 LED100W 路燈 資料來源：賀喜能源股份有限公司 <a href="http://www.leadray.com/zh-TW/case/-/16.html#">http://www.leadray.com/zh-TW/case/-/16.html#</a></p>

5. 花蓮縣國聯五路 120W/ 7M/ 60~70LUX/ 2011-09 (圖 2-5)

6. 花蓮縣壽豐路 120W/ 6M/ 70~80LUX/ 2011-07 (圖 2-6)

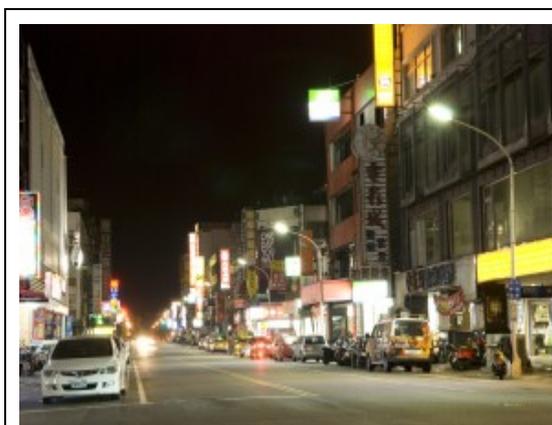


圖 2-5：國聯五路 LED120W 路燈  
資料來源：賀喜能源股份有限公司  
<http://www.leadray.com/Templates/pic/m/leadray-led%20street%20light-Guolian%205th%20Rd..jpg>

圖 2-6：壽豐路 LED120W 路燈  
資料來源：賀喜能源股份有限公司  
<http://www.leadray.com/Templates/pic/leadray-led%20street%20light-Shoufeng%20Rd.-1.jpg>

7. 南投縣集集鎮集集火車站 120W/ 7M/ 90~100LUX/ 2010-03 (圖 2-7)

8. 高雄市科技大學 120W/ 6M/ 60~70LUX/ 2011-10 (圖 2-8)

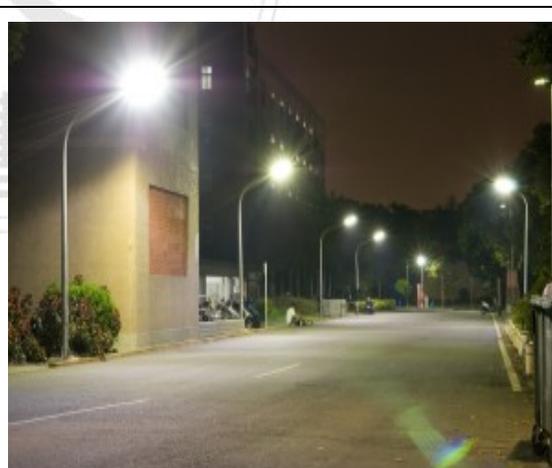


圖 2-7：集集火車站 LED120W 路燈  
資料來源：賀喜能源股份有限公司  
<http://www.leadray.com/Templates/pic/leadray-led%20street%20light-Jiji%20Train%200Station.jpg>

圖 2-8：高雄科技大學 LED120W 路燈  
資料來源：賀喜能源股份有限公司  
<http://www.leadray.com/Templates/pic/m/leadray-led%20street%20light-First%20University%20of%20Science%20and%20Technology-1.jpg>

9. 新竹市慈雲路 120W/ 8M/ 42~48LUX/ 2009-11 (圖 2-9)

10. 新竹市中正路 120W/ 8M/ 42~48LUX/ 2009-11 (圖 2-10)



圖 2-9：慈雲路 LED120W 路燈  
資料來源：賀喜能源股份有限公司  
<http://www.leadray.com/Templates/pic/m/leadray-taiwan-led%20street%20light-Ciyun%20Rd..jpg>

圖 2-10：中正路 LED120W 路燈  
資料來源：賀喜能源股份有限公司  
<http://www.leadray.com/Templates/pic/m/taiwan-leadray-led%20street%20light-Zhong%20Cheng%20Rd.-1.jpg>

11. 台中市台中港中橫一路 150W/ 10M/ 45~54LUX/ 2010-05 (圖 2-11)

12. 桃園縣國際路 150W/ 9M/ 48~55LUX/ 2012-02 (圖 2-12)

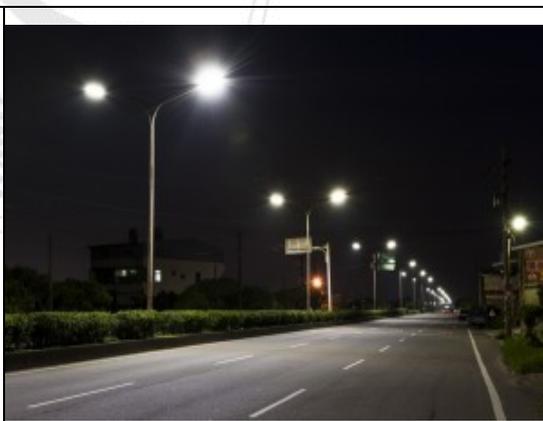


圖 2-11：中橫一路 LED150W 路燈  
資料來源：賀喜能源股份有限公司  
<http://www.leadray.com/Templates/pic/m/leadray-led%20street%20light-taizhonggang.jpg>

圖 2-12：國際路 LED150W 路燈  
資料來源：賀喜能源股份有限公司  
<http://www.leadray.com/Templates/pic/leadray-led%20street%20light-Guoji%20Rd-1.jpg>

13. 高雄市 - 楠梓加工區-第二園區 150W/ 8M/ 50~75 Lux/ 2011-01(圖 2-13)

14. 苗栗縣 - 高公局西湖休息站 200W/ 12M/ 58~68Lux/ 2009-11 (圖 2-14)

	
<p>圖 2-13：楠梓加工區 LED150W 路燈 資料來源：賀喜能源股份有限公司 <a href="http://www.leadray.com/zh-TW/case/-/57.html#">http://www.leadray.com/zh-TW/case/-/57.html#</a></p>	<p>圖 2-14：西湖休息站 LED200W 路燈 資料來源：賀喜能源股份有限公司 <a href="http://www.leadray.com/zh-TW/case/-/38.html#">http://www.leadray.com/zh-TW/case/-/38.html#</a></p>

#### 第四節 台灣節能照明政策與規範

台灣經濟部能源局於 2008 年 3 月 28 日提出了一項節能照明政策，計劃以 5 年時間全面汰換白熾燈泡，2008 年底前將公告白熾燈能源效率標準，2010 年開始執行白熾燈禁止生產的政策；並於 2012 年全面禁止白熾燈泡的製造銷售與進口。公家機關則率先於 2009 年起禁用白熾燈。據能源局估計，台灣年平均照明用電約為 260 億度，約佔總用電量的 12%，未來若全面採用高效能照明，節能的潛力將可達 30%~80%。目前能源局業已將照明節能效率納入管理，並規劃一系列照明效率及 LED 應用示範計畫。<sup>42</sup>

國內政府依據 2007 年「加強政府機關及學校節約能源措施」帶頭汰換白熾燈桿採用高效能燈具，另外對於某些特定用戶，如飯店、旅館、住家、農業、市場、醫院等白熾燈使用率高的場所，也積極鼓勵推動汰換白熾燈，改用省電燈具。

<sup>42</sup> 台灣光電科技工業協進會〈主要國家照明節能政策與規範標準〉，2008 年，引自 [http://www.pida.org.tw/report/html/member/2008\\_q2\\_ch\\_01.pdf](http://www.pida.org.tw/report/html/member/2008_q2_ch_01.pdf)

台灣政府不僅致力於停用發光效能較低的白熾燈的停用，更進一步推廣省電效果比節能燈泡更好的LED的使用。並針對戶外使用之高度在 8 米以下的LED路燈制訂出如色溫與功率因數等基本特性與配光特性的規格，以及開關、溫度循環、耐久性、枯化點燈等試驗之方法與最低要求。並且爲了推廣LED的使用，能源局也提出 1 億 3 千萬元新台幣的預算，用來購買千多盞LED燈，工地方政府申請裝設並宣導LED的優點。<sup>43</sup>除了一般照明外，台灣政府也已於 2009 年將交通號誌大致換爲LED燈，其用電量僅約傳統用電量的 1/8，壽命更長，並可節約維修與替換費用。目前約仍有 40 幾萬盞交通號至依舊使用傳統光源，能源局估計到 2025 年時，一旦住商部門、交通號誌、建築、景觀照明及非主要道路水銀燈與一般照明全面汰換成LED燈時，節能總量屆時將可達 44 億 8 千萬度，並減少 280 萬噸的碳排放量。<sup>44</sup>

## 第五節 歐盟節能政策

歐洲自早期成立歐洲共同體至今，歷經數次統合擴大爲歐洲聯盟，成員國已達 27 個，如今的歐盟已漸漸地以貿易實體轉成經濟和政治聯盟。隨著歐盟一體化進程步伐加快，歐盟目前是全球能源消費的第 2 大區，僅次於美國，但由於石油和天然氣等傳統能源相對匱乏，歐盟的能源進口量居世界第 1，超過 50%的能源需求要通過進口來滿足。面對國際能源爭奪正熾，全球能源需求量大增，能源價格暴漲，以及氣候暖化壓力劇增等種種因素，使歐洲正面臨前所未有的嚴厲挑戰。<sup>45</sup>

爲因應這些嚴峻挑戰，歐盟於 2006 年 3 月 8 日公布「歐洲永續、具競爭力

<sup>43</sup> 同註 42。

<sup>44</sup> 同註 42。

<sup>45</sup> 經濟部能源局，〈歐盟節能政策〉，2008 年 9 月，引自

<http://energymonthly.tier.org.tw/outdatecontent.asp?ReportIssue=200809&Page=30>

及安全的能源策略」，亦稱為「綠皮書」。綠皮書中呼籲積極推動建立歐盟共同能源政策，強調在保證能源的供應安全、增強競爭力和推動可持續發展三大目標之間謀求平衡，同時應從六個方面優先進行，包括：建立內部統一的天然氣和電力市場，以提高競爭力；保證內部市場供應安全以及成員國間的團結；針對整個歐盟內的不同能源進行討論，包括成本以及對氣候變化的影響，使歐盟的能源結構符合安全、有競爭力和持續發展的目標；制訂能源技術策略計畫，以歐洲技術平台為依托，對歐洲技術資源進行最佳配置；為因應氣候暖化提出到 2020 年實現節約能源 20% 及採用一個長程的再生能源路線圖，以積極推動清潔和可再生能源市場化進程；及統一對外能源政策。<sup>46</sup>

這份綠皮書代表著歐洲形成共同能源政策的一個重要里程碑，它除了將原本歐盟各國分歧的能源政策加以整合成一個共同的策略外，並開啓了後續推動能源領域相關措施的共同諮商之門，並成為之後在 2006 年春季歐盟理事會公布的歐盟新的能源政策基礎。<sup>47</sup>

歐盟必需立刻行動來達到永續、安全且具競爭性的能源。1952 年的煤與鐵條約以及 1957 年歐洲原子能共同體條約，皆是歐盟創始國對能源有共同目標所設立的條約，現今能源市場及地緣政治的考量皆比以往變化很多，因此要歐盟需提出更強而有力的行動方案以達成永續、安全且具競爭性的能源。<sup>48</sup> 歐盟對進口能源的依存度愈來愈高，今日歐盟所消耗能源中 50% 是仰賴國外進口，依此趨勢發展，至 2030 年時將會有 65% 是依賴國外進口。而天然氣對進口的依存度將會從 57% 成長至 84%，石油則是從 82% 成長至 93%。然而石油與天然氣的供應商是否有意願來增加投資，以因應如此龐大的需求卻是充滿了未知數。」這也透

---

<sup>46</sup> 同註 45。

<sup>47</sup> 同註 45。

<sup>48</sup> Communication From the Commission to the European Council and the European Parliament—An Energy Policy for Europe, Brussels, COM, 2007

露了能源供給的高度風險。<sup>49</sup>

根據 1996 年聯合國氣候變化「政府間氣候變遷研究小組」(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 之預估，認為若要在 21 世紀末將二氧化碳濃度穩定在工業革命前的兩倍 (550 ppm)，則目前全球排放量必須削減一半。但在 1992 年簽訂「氣候變化綱要公約」後，全球二氧化碳濃度仍在不斷上升，原公約減量目標普遍認為並未被會員國認真執行，而在國際上引起極大的爭議，於是形成制定具有法律力的議定書的共識。<sup>50</sup>

歐盟於京都議定書中具體承諾將在 2012 年時減少 8% 的溫室氣體排放 (以 1990 年之數據為基準)。此後在許多重要國際會議中，歐盟積極推動會員國對京都議定書內容的認可；至 2005 年 2 月 16 日，京都議定書所載明的各項規範及內容正式開始在歐盟生效。為達成京都議定書之協議和鼓勵大眾參與，歐盟執委會於 2005 年 6 月提出了「用較少的資源做更多的事」的能源效率綠皮書，其主要目的為利用有效節約能源方式，實現歐盟在 2020 年要節省 20% 能源 (以 1990 年的標準) 的目標。歐盟目前能源進口依存度約 50%，每年能源消費成長幅度約 1~2%，依此速度到 2030 年，歐盟能源依賴進口程度將增加至 70%，天然氣的依賴度則達到 80%。<sup>51</sup> 歐盟充分運用歐盟現有法令及工具，特別是在交通運輸、熱產出及住商建築部門，並確實落實已有的能源方案執行，這將使歐盟節省其中 10% 的能源耗用；其二是思考及推動新的法令及措施，並由所有政府機關、部門、產業及民眾共同來執行，以達成另外 10% 的節能目標。<sup>52</sup>

其中能源效率行動計畫具體措施包括了歐盟執委會針對能源效率行動計畫的具體措施提出最佳的成本效益比，並列出優先項目包括：1、提高能源使用效

---

<sup>49</sup> 同上註。

<sup>50</sup> 京都議定書，〈UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE〉，引自 [http://www.tri.org.tw/unfccc/download/unfccc\\_e.pdf](http://www.tri.org.tw/unfccc/download/unfccc_e.pdf)

<sup>51</sup> 同註 45。

<sup>52</sup> 同註 45。

能。從 2007 年開始，進行符合生態的設計需求之能源標章制度的更新。<sup>53</sup>2、2009 年將擴大建築物能源效率指令的範圍，並於評估後提出適用於新、舊建築物之最低效能標準。3、提高能源轉化效能，以減少能源損失。4、限制相關的運輸成本。運輸部門消耗近 20% 的初級能源，同時也是能源消費增長速度最快的部門。

並針對企業在能源效率方面的投資提供融資及優惠財務誘因，包括呼籲銀行界提供適合中小型企業及能源服務公司融資的機會，以鼓勵採用能源效率節省方案。另一方面，提高能源效率意識，透過會員國間以及社區教育機構所發展的社區方案，對產業及公共設備的能源管理員進行教育訓練計畫，及針對初級、次級及職業教育活動的教學輔助等。加強適應和發展國際夥伴關係，包括召集歐洲最大及最先進城市的市長共同建立一個永久的交換網路，以促進最佳的實例運用及改進都會環境（特別是運輸部門）的能源效率。促進歐盟國家做出更明智的能源生產與利用，以協助達成能源政策目標，徹底改變歐盟的能源景觀。<sup>54</sup>

歐盟陸續推出能源綠皮書、能源效率綠皮書及能源效率行動計畫，從統一內部市場、提高能源效率，及強化管理措施等方面設定嚴格的目標並積極執行，期望達成設定的目標。如果前述目標得以實現，對降低歐盟能源進口依賴，促進能源供應安全，及緩和全球暖化的問題均具有實質的助益。<sup>55</sup>

---

<sup>53</sup> 同註 45。

<sup>54</sup> 同註 45。

<sup>55</sup> 同註 45。

### 第三章 雲林縣路燈電力能源消耗之統計與分析

#### 第一節 認識路燈

隨著時代的前進，大眾用電需求日趨提高，不僅居家照明要有適當之明亮度，連戶外路燈之夜間照明設置，亦成爲生活照明講究且重要的一環。路燈對維護夜間居家安寧、防範宵小及強化民眾行的安全，甚至夜間環境裝飾等均是極爲重要的角色。因此，路燈的設置，成爲各級地方政府重要的行政業務，甚至還與都市景觀規劃都牽連在一起。無論都會、鄉間、高速公路、省道、縣道或街頭巷尾，均配合民眾的需求，設置大大小小、高高低低，不同款式的路燈。根據能源局能源月刊報導(2002-05)與本研究調查分析整理，將路燈分成外觀、控制、電費、角色等四個部分，分成以下四個特色標題介紹：

##### 一、各種樣式的路燈桿

路燈組成分成兩個部分「路燈桿」、「燈具」二者，路燈桿可分二類：

第一類「路燈附掛於電桿者」，係指路燈「用電設備」附掛於台電的電桿上照明，乃利用台電的電桿，將路燈裝於電桿上，後來由於考量工程人員登桿作業之工作安全，乃要求各路燈主管機關自備路燈桿裝設。現在於郊區或較小巷弄，仍偶可看到此類附掛之裝置。<sup>1</sup>

第二類是「在獨立的桿子上裝設路燈」，此類裝燈方式約可分 4 種：<sup>2</sup>

(一) 木桿式：木質路燈桿高約 7 公尺，此種方式以郊區或產業道路居多，因木質電桿取得不易，且易有腐蝕之弊病，故已甚少使用。

(二) 水泥桿式：水泥路燈桿高約 7 公尺，此種裝桿方式，設置在郊區或非主要

<sup>1</sup> 黃立堅，〈照亮回家的路—認識路燈〉，《能源報導》，2002 年 5 月，引自 <http://energymonthly.tier.org.tw/outdatecontent.asp?ReportIssue=200205&Page=14>

<sup>2</sup> 同前註。

道路較多。

(三) 鐵桿式：鐵質路燈桿高約 7~12 公尺，上端向路中心彎曲約 90 度。此種裝置目前使用最多，常設置於高速公路或主要道路（包括橋樑）之單側或兩側或由中間分隔島向兩側道路照射，每隔 20~30 公尺連續排列設置。

(四) 其它：公園或運動場所，甚至學校或私人場所等較大的空間內，爲了觀瞻或其它特殊需求，常見特殊造型之路燈如景觀燈。至於狹隘巷弄內，因礙於環境因素而無法栽桿時，亦有將路燈用電設備裝設於住戶牆壁上照明。

## 二、 路燈燈具光源分類、開關控制與電氣特性

路燈燈具也有很多種，早期大都採白熱燈、日光燈或水銀燈等燈具，照明效率較差。<sup>3</sup>後來科技進步，爲了達成經濟效益，大部份均已改裝爲高功率水銀燈或鈉氣燈爲主，近年來因爲我國半導體工業發達帶動照明工業蓬勃發展，因此才有高效率之LED路燈的問世，對於目前路燈的供電系統與控制狀況可以有以下三點分別敘述：

(一) 路燈的電源係由台電供應，「鄉間道路」所裝設之零散路燈，以單相 110/220 伏特供電；「市、街等主要道路」連續排列之路燈，設置專用變壓器，以單相 220 伏特供電；「橋樑」之路燈，需設置專用變壓器，以單相 220 伏特或三相四線 220/380 伏特供電；「高速公路」之路燈，以三相四線式 220/380 伏特供電。<sup>4</sup>

(二) 爲了維護路燈之供電安全，每盞路燈或連鎖路燈群，均裝設有適當的保護設備。一般鄉間零散之路燈，係以「自動點滅器」保護。在市區、工業區、橋樑、高速公路之路燈，大都以「電磁開關 (magnetic switch)」配合專用

---

<sup>3</sup> 同註 1。

<sup>4</sup> 同註 1。

變壓器來保護。至於路燈的點滅控制方式也有好幾種方式，常見鄉間零散之路燈，裝設了自動點滅器單獨控制，每一自動點滅器僅可控制一至三盞路燈。郊區或工業區連續整排之路燈，裝置「自動點滅器」或「時控開關（time switch）」配合電磁開關控制。市、街連續整排之路燈，時控開關係設置於台電服務中心或服務所，並以該時控開關控制第一具電磁開關，其後，同一路燈線所裝設之各電磁開關均為連動，並配合各專用變壓器連鎖控制路燈的點和滅。<sup>5</sup>

(三) 路燈每天點滅時間的控制，鄉間零散路燈及郊區連續排列分區控制之路燈開關時間，係利用自動點滅器之感光效果並藉大自然之明暗度來控制路燈的點和滅。至於市、街連續整排同時點、滅之路燈開關時間，係由台電調度人員於每年年初在裝設之時控管開關，由電腦設定程式，輸入中央氣象局所頒每天日出、日落時間，自動控制路燈之點和滅。<sup>6</sup>

### 三、 路燈的電費

每天與我們生活的路燈，究竟耗用多少電力？須支付多少電費給電力公司？依目前各路燈主管機關最常申請的路燈容量為每盞高功率水銀燈 400W，如以每晚六時點亮至次日清晨六點熄滅，連續使用 12 小時為例，經估算該盞路燈耗電量約為 5 度。但是，如將全省路燈容量加總合計，路燈的耗電量是相當驚人的。依台電電價表規定，路燈適用電價係以包燈核定電費五折計收。每月電費係依據所申請之路燈容量為計算標準。如以一盞高功率水銀燈 400W 為例，該盞路燈每月需繳交電費約為新台幣 165 元。<sup>7</sup>

據台電 2002 年資料顯示，每年路燈所收電費高約新台幣 20 億元，<sup>8</sup>以目

<sup>5</sup> 同註 1。

<sup>6</sup> 同註 1。

<sup>7</sup> 同註 1。

<sup>8</sup> 同註 1。

前的路燈數量以及使用燈具耗電狀況統計，依據工研院綠能所 98 年統計國內路燈約為 157.27 萬盞，其中高壓鈉燈 55.38 萬盞占 35.22%；複金屬燈 4.60 萬盞占 2.93%；水銀燈 81.53 萬盞占 51.84%；螢光燈 14.55 萬盞占 9.25%；LED 燈 1.21 萬盞占 0.77%，<sup>9</sup>因為路燈用電許多均採行包燈制，即台灣電力公司對此種計費方式的路燈，沒有設置獨立之電表統計路燈實際耗電資訊，因此對全台灣路燈之實際耗電情形亦無法精確統計。

本研究發現，台灣電力公司之路燈電費包燈制，以路燈額定耗電之級距來進行收費，公有路燈再採公告電價之 50% 收費，這種方法無法顯現出路燈實際耗電的情形，僅以各種路燈燈具製造商標示的額定耗電值分別套入不同的收費級距，以各級距的路燈數量來統計路燈電費，如果路燈故障不亮或斷路依然收費，路燈的點亮工作時間亦不固定，大致在每日下午 6 時至清晨 6 時，因地區以及季節不同，點燈以及關燈的時間會因為日照時間不同而有所差異，大約在 10 至 12 小時之間，依台灣電力公司公告之包燈制收費標準計費，這樣難以估計路燈之耗電量，如果能精確分類統計每一種路燈之額定耗電功率之數量，再以每日點燈時間加以計算，這樣所得的數據應該比較接近實際值。本研究根據經濟部能源局路燈數量統計，分析歷年全台灣路燈評估之數量，截止至 2009 年路燈數量統計為 157 萬盞，估計每年至少有 10 萬盞路燈的成長速度，以此比例推估至 2013 年全台目前的路燈數量應超過 200 萬盞，本研究依 2009 年-2012 年工研院綠能所統計報告之各種路燈數量比例，以目前包燈制計費的標準估計，目前台灣路燈的年電費已經超過約 88.19 億元，年消耗台電發電成本應超過 85 億元，詳細統計參照表 3；台灣路燈電費評估表。

<sup>9</sup> 低碳永續家園資訊網，〈設備節能：節能路燈推廣行動〉，引自 <http://lcss.epa.gov.tw/LcssViewPage/PrjDetail.aspx?actmain=c&gpname=5E27F7D41769D394C9406E330A5FF6C7&id=21&prjname=DBAF67B15E9DCCD649010A7F1C09203DEE14D922D41AB789424CC5B10DC67AEE&area=602081B5DBDB9A7CA908E6FFB88D4822C22628B3A4B4EB556FB2FD98D61AB9>

表 3：2013 年台灣路燈電費評估表

台灣路燈電費評估表						
路燈種類	水銀燈	鈉燈	複金屬燈	螢光燈	LED燈	合計
數量占比	51.84%	35.22%	2.93%	9.25%	0.77%	100%
數量評估	1,036,800	704,400	58,600	185,000	15,400	2,000,000
額定功率(W)	400	400	250	40	120	
消耗功率(W)	440	440	275	44	120	
每日使用時數(hr)	12	12	12	12	12	
年耗電量(度-kw/hr)	1,998,120,960	1,357,519,680	70,583,700	35,653,200	8,094,240	3,469,971,780
年耗發電成本(元)	4,895,396,352	3,325,923,216	172,930,065	87,350,340	19,830,888	8,501,430,861
年消耗電費	5,091,600,384	3,459,223,872	148,333,008	99,269,520	20,658,792	8,819,085,576

資料來源：本研究整理

說明：

1. 本評估表僅以 2013 年推估之全台路燈數量 200 萬盞作為評估。
2. 年耗發電成本以 2012 年台灣電力公司公告之發電成本每度電 2.45 元計費。
3. 年消耗電費計費方式參考台電 101 年 6 月 1 日起實施之包燈制公告電價計費標準。

#### 四、路燈的重要角色

路燈的設置關係夜間行車安全，社會治安，並兼顧市容美化，是各級政府機關市政建設重要一環，雖然在大部分的人都進入夢鄉安睡的時候，它還是克盡職責的照亮這片大地，但它消耗的龐大電力資源，在現今電力能源開發不易，以及氣候變遷全球暖化能源耗竭的情況下，我們也應該為它量身訂做合適節能的產品功能。

## 第二節 LED 路燈與傳統路燈之耗電比較

根據經濟部能源局「LED照明節能應用技術手冊」，介紹目前LED發光效率已經可達每瓦 170 流明，LED業者也已經能生產 161 流明瓦的高效率產品，依 98 年工研院統計：國內路燈約為 157.27 萬盞，其中高壓鈉燈 55.38 萬盞占 35.22%；複金屬燈 4.60 萬盞占 2.93%；水銀燈 81.53 萬盞占 51.84%；螢光燈 14.55 萬盞占 9.25%；LED燈 1.21 萬盞占 0.77%。目前路燈使用的傳統形燈具也分有許多種類，發光效率也都不盡相同，而且都沒有目前LED的發光效率高，有部分演色性也遠低於LED光源，參照表 7；各種光源燈特性分析比較，目前LED光源的演色性已經可高達 95%以上。<sup>10</sup>

本研究發現LED設計用來當路燈的光源，因為LED出光均勻，照明均勻度(照度均勻度)可達 0.697，<sup>11</sup>對比均勻度可達 0.593，<sup>12</sup>每瓦發光效率高已經可達 254 lm/W，是目前最省電、照射面積最大、光線最均勻的路燈光源。

根據工研院「全臺 LED 路燈設置推動情形」101 年研究報告指出，將水銀路燈更換成 LED 路燈，可節能 60%以上，本研究認為此數字應該還可以提高，以 400W 水銀燈為例：

水銀燈的發光效率約為 55 lm/W，假設沒有其他損耗光通量應為 22000 流明，如以相同出光量(即光通量)，若 LED 採用每瓦 161 流明效率只需要 136 瓦，節能效率為 66%；若考慮演色性、炫光指數以及平均照度，以 LED 161 lm/W 之發光效率只要 91W，節能效率為 77.5%。

<sup>10</sup> Lextar 新聞中心，〈隆達電子發表高演色性、高效率 LED 照明模組產品〉，2012 年 4 月 2 日，引自 <http://www.lextar.com/?sn=58&lang=zh-TW&c=&n=92>

<sup>11</sup> 照度均勻度=最低照度/平均照度，〈道路照明燈具節能標章能源效率基準與標示方法〉，100 年 4 月 25 日公告，101 年 1 月 1 日起生效，引自 <http://www.energylabel.org.tw/applying/efficiency/upt.asp?cid=35>

<sup>12</sup> 對比均勻度=最小照度/最大照度，資料來源：經濟部能源局，〈LED 照明節能應用技術手冊〉。台灣：財團法人台灣綠色生產力基金會，2012，頁 79~80。

本研究發現已有業者以 100 lm/W 之發光效率，發表 100W 之 LED 路燈已經可以完全取代 400W 之水銀路燈之實測報告，如此情況計算其解能效益為 75%。<sup>13</sup>

單純從消耗功率來看就有這麼大的省電效率，本研究再從燈具的壽命來分析，以水銀燈為例：

水銀燈壽命為 6000~10000 小時，LED 壽命為 50000~100000 小時，若以最保守估計：LED 路燈的壽命至少為水銀路燈的 5 倍，可想而知可減少 80% 的維修工資成本，另外一個觀點：路燈故障而尚未維修的機率也降到原來的 20%，如此推估這樣一來現在路燈不亮的盞數應該只剩下原來的 20%，維修工作的壓力也變得輕鬆許多，路燈故障許久沒能及時維修的情形也會大大的減少，道路也因此減少許多暗區而變的明亮安全。

### 第三節 雲林縣路燈種類及規格統計

#### 一、雲林縣各鄉鎮公有路燈數量統計

根據雲林縣各鄉鎮公所提供之資料筆者彙總統計，雲林縣 20 鄉鎮路燈數量為 126205 盞，其中數據可能還有部分未能實際加以統計，例如東勢鄉數量僅為 1789，可能有漏查的可能性存在；虎尾鎮，北港鎮，西螺鎮路燈數量剛好為千整數的情形，可能也有虛報的情形；另外還有高速公路上的路燈及省道公路上的路燈均不屬雲林縣鄉鎮公所管轄，台灣電力公司斗六所礙於公務保密不能提供其路燈的種類數量資訊，本研究所調查的路燈數量結果應低於實際數量，即使本研究將各鄉鎮市公所提供的資料加以統計，亦不是精確的數值，故此路燈數量統計為低估之數據。

<sup>13</sup> 〈公共建設節能風 LED 路燈報到〉，《自由時報—電子報》，2007 年 6 月 21 日，引自 <http://www.libertytimes.com.tw/2007/new/jun/21/today-e4.htm>

依各鄉鎮公所提供之數據，本研究統計路燈數量情形如表 4；雲林縣公有路燈數量統計表。

表 4：雲林縣公有路燈數量調查統計表

鄉鎮市公所	公有路燈數量	鄉鎮市公所	公有路燈數量
斗六市	11709	虎尾鎮	11000
林內鄉	5500	土庫鎮	6688
莿桐鄉	6579	元長鄉	7195
斗南鎮	5772	褒忠鄉	3274
大埤鄉	5018	西螺鎮	6000
古坑鄉	6200	二崙鄉	6391
北港鎮	8000	崙背鄉	4207
水林鄉	7602	東勢鄉	1789
口湖鄉	5082	四湖鄉	5685
四湖鄉	5685	麥寮鄉	6514
總計	126205		

資料來源：雲林縣各鄉鎮公所，本研究彙整

## 二、依消耗電力之規格分類統計

根據雲林縣各鄉鎮公所提供之路燈資料中，同種類路燈分有許多不同的耗電規格，因從各鄉鎮市公所收集的資料中，未能將同一種類不同規格耗電量的燈數加以區別，而同一類型路燈又分出多種耗電規格，因此在本研究統計不同規格的數量時僅以數量最多的為代表，在雲林縣 20 鄉鎮市路燈總數量 126205 盞中，統計歸納敘述如下：

1. 水銀燈：1000W/ 500W/ 400W/ 250W/ 200W/ 100W/ 80W 多種規格之水銀路燈，總共 40,625 盞，以 400W 之數量最多。

2· 鈉氣燈：400W/ 300W/ 250W/ 150W 三種規格之鈉氣燈路燈，總共 7,282 盞，以 250W 之數量最多。

3· 螢光燈：85W/ 75W/ 40W 三種螢光燈路燈，共 78,288 盞，以 40W 的數量最多。

4· LED 燈：150W/ 120W/ 60W/ 21W 四種 LED 路燈，總共 10 盞。

本研究在分析雲林縣路燈調查資料中發現，雲林縣並無使用複金屬燈之數量報告，本研究推測可能公所管理人員未能加以分類而歸類為水銀燈或者鈉氣燈；除此之外，雲林縣的 LED 路燈數量非常的少，公有路燈部分全縣僅有 10 盞實驗性質的裝設，因耗電量與螢光燈較為接近，本研究在統計路燈的耗電量時，將 LED 路燈歸類在螢光燈的數量，這樣也不會影響雲林縣路燈種類的比例，本研究統計雲林縣各類型路燈的占比為：水銀路燈占 32.19%，鈉氣路燈占 5.77%，螢光路燈占 62.04%，LED 路燈占 0.0079%，該比例值將被用來做雲林縣路燈耗電與節能的統計分析。

#### 第四節 雲林縣路燈消耗電力情形

##### 一、雲林縣各鄉鎮市路燈電費支付情形

本研究根據各鄉鎮市公所提供之兩年來路燈電費支付情形加以統計，100 年雲林縣各鄉鎮市公所路燈年電費合計為 103,865,742 元，101 年為 104,237,828 元，兩年年電費平均值為 104,051,785 元，各鄉鎮市路燈年電費支出情形彙整統計表格揭露如表 5；雲林縣各鄉鎮公所 100 及 101 年度 公有路燈電費支出統計表。

表 5：雲林縣各鄉鎮公所 100 及 101 年度 公有路燈電費支出統計表

雲林縣路燈年電費統計表			
鄉鎮市別	100年電費支出	101年電費支出	平均年電費
斗六市公所	\$10,545,643	\$10,503,852	\$10,524,748
虎尾鎮公所	\$5,708,012	\$5,883,210	\$5,795,611
元長鄉公所	\$4,877,750	\$4,982,540	\$4,930,145
麥寮鄉公所	\$12,437,740	\$12,437,740	\$12,437,740
口湖鄉公所	\$6,259,050	\$6,342,730	\$6,300,890
台西鄉公所	\$5,464,290	\$5,442,194	\$5,453,242
斗南鎮公所	\$3,765,182	\$3,769,049	\$3,767,116
大埤鄉公所	\$3,930,420	\$4,021,200	\$3,975,810
東勢鄉公所	\$1,773,955	\$1,672,379	\$1,723,167
褒忠鄉公所	\$2,797,704	\$2,797,704	\$2,797,704
西螺鄉公所	\$4,832,453	\$4,950,541	\$4,891,497
水林鄉公所	\$7,386,495	\$7,330,305	\$7,358,400
土庫鎮公所	\$3,481,115	\$3,511,625	\$3,496,370
二崙鄉公所	\$4,973,808	\$4,892,072	\$4,932,940
莿桐鄉公所	\$4,040,709	\$4,229,369	\$4,135,039
林內鄉公所	\$3,091,330	\$3,002,318	\$3,046,824
四湖鄉公所	\$4,116,586	\$4,116,586	\$4,116,586
崙背鄉公所	\$2,847,515	\$2,752,166	\$2,799,841
古坑鄉公所	\$4,339,604	\$4,515,606	\$4,427,605
北港鎮公所	\$7,196,381	\$7,084,642	\$7,140,512
合計	\$103,865,742	\$104,237,828	\$104,051,785

資料來源：雲林縣各鄉鎮市公所提供，本研究彙整

## 二、雲林縣路燈耗電情形分析

本研究在統計雲林縣路燈種類規格時發現，水銀路燈有多種不同的耗電功率，額定功率的範圍從 80W 到 1000W，水銀燈數量最多的額定功率為 400W，因蒐集之各鄉鎮市公所提供的資料，部分無法明確辨認各種功率規格的數量，即使採用同一種類同一功率最多的為代表，亦未能實際反映該種路燈規格確切的耗電量。本研究以該路燈種類中同一規格數量占比最多的為消耗功率數值作為推估，所得之年耗電統計數值可能有誤差的情形，因此將各種類別的路燈數量占比，以金額推估雲林縣路燈耗電，以水銀燈的數量反推估水銀路燈的平均

耗電功率，得水銀路燈的平均耗電功率為 300W，故由路燈總數量以及年電費總金額兩方面來推估雲林縣路燈的耗電量，所得統計數字加以平均，得雲林縣路燈之年耗電量為 92,367,308 度，本研究分析統計整理如下：

(一)依雲林縣公所提供之路燈總數為 126205 盞，數量可能為低估值，若不考慮國道高速公路，以及省道公路路燈，故本研究統計之路燈數量並非雲林縣境內所有路燈總數量，因此本研究僅依雲林縣所管理之路燈加以分析，若將此數值依工研院綠能所「全臺 LED 路燈推動情形」統計台灣目前使用之各種路燈比例 (2012)，計算雲林縣路燈之年耗電量可能不適合，本研究蒐集之路燈種類資料中，亦不含工研院統計之複金屬燈，又因雲林縣為農業縣，產業道路居多，且產業道路大多使用螢光日光燈，另雲林縣尚未正式使用 LED 路燈，目前所裝設之 LED 路燈為試驗性質，數量比例遠遠不及工研院統計之數字，故將 LED 路燈歸類在螢光燈部分加以統計，所得螢光燈統計數量為 78298 盞占比例 62.04%，水銀燈 40,625 盞占 32.19%，鈉氣燈 7282 盞占 5.77%，以此比例推估雲林縣公有路燈年耗電數值為 102,153,964 度，台電應收取的年電費為 129,976,561 元，年消耗台電發電成本 250,277,212 元，詳細統計參照表 6：

表 6：雲林縣各鄉鎮市公有路燈消耗電力以數量推估表

雲林縣路燈消耗電力評估表--以數量評估				
路燈種類	水銀燈	鈉氣燈	螢光燈	合計
數量占比	32.19%	5.77%	62.04%	100%
數量評估	40,625	7,282	78,298	126,205
額定功率(W)	400	250	40	
消耗功率(W)	440	275	44	
每日使用時數(hr)	12	12	12	
年耗電量(度-kw/hr)	78,293,251	8,771,203	15,089,510	102,153,964
年耗發電成本(元)	191,818,464	21,489,448	36,969,300	250,277,212
年消耗電費	99,753,206	9,216,427	21,006,928	129,976,561

資料來源：本研究統計彙整

說明：

1. 本評估表以目前雲林縣內鄉鎮公所公有路燈數量 126205 盞作為評估。
2. 發電成本依台灣電力公司揭露，每度電的發電成本為 2.45 元計算。
3. 電費以台灣電力公司公告(101 年 6 月 1 日起實施)路燈包燈制電費之公有路燈收費標準計價。

(二) 依雲林縣年電費推估雲林縣路燈耗電情形，因為雲林縣路燈電費大部分都採包燈制，以 101 年度雲林縣路燈全年電費統計表為評估依據，電費為 104,237,828 元，台電依公有路燈電費減收辦法規定，<sup>14</sup>公有路燈為公告價格的 50%收費，<sup>15</sup>所以實際電費應為 208,475,656 元，因本研究調查資料水銀燈部分不同規格的數量統計未能詳盡，依此電費數據反向推估水銀燈的平均耗電功率，所得平均額定功率為 300W；台灣電力公司在路燈包燈制的收費計費標準採額定功率計費，未能反應路燈的實際耗電量，而在傳統路燈的電源轉換效率約 50%~90%，若以高功率因數 0.9 評估，<sup>16</sup>實際耗電功率應該至少增加 10%為總耗電功率，以此數據換算雲林縣路燈消耗電力為每年 82,580,651 度，年消耗發電成本為 202,322,596 元，因為路燈包燈制計費採級距功率數量計費，並非真實消耗功率，採計的功率值比實際值低，

<sup>14</sup> 台灣電力公司，《電價表》，台灣：經濟部，2012 年 12 月 13 日，頁 1。

<sup>15</sup> 台電公司 92~100 年度以法律或行政命令減收項目合計數。引自 <http://www.taipower.com.tw/upfile/file/92100yeaercommit.pdf>

<sup>16</sup> 功率因數 (Power Factor, 簡稱 PF)，又稱功率因子，是交流電力系統中特有的物理量，是一負載所消耗的有功功率與其視在功率的比值[1]，是 0 到 1 之間的無因次量。引自 [http://www.aitek.tw/BIG5/appliance\\_PF.asp](http://www.aitek.tw/BIG5/appliance_PF.asp)

級距範圍達 100W，落入此範圍以最低值計費，因此以此方式推估之耗電量應屬低估值，詳細計算情形如下表，表 7。

表 7：雲林縣路燈電力消耗統計以電費推估表

雲林縣路燈電力消耗統計--以電費推估表				
路燈種類	水銀燈	鈉氣燈	螢光燈	合計
數量占比	32.19%	5.77%	62.04%	100%
數量統計	40,625	7,282	78,298	126,205
電費評估	75,585,162	9,216,427	21,006,928	105,808,517
額定功率(W)	300*	250	40	
消耗功率(W)	330	275	44	
每日使用時數(hr)	12	12	12	
年耗電量(度-kw/hr)	58,719,938	8,771,203	15,089,510	82,580,651
年發電成本(元)	143,863,848	21,489,448	36,969,300	202,322,596

資料來源：本研究分析統計  
說明：

1. 本評估表以 2012 年雲林縣統計之路燈年電費 104,237,828 元為依據，評估水銀路燈之平均消耗功率，表中電費評估 105,808,517 為最接近值。
2. 電費評估以台電公有路燈包燈制電費計算。
3. 發電成本以台灣電力公司 2012 年公告之全機組發電成本每度電 2.45 元計算。
4. 水銀燈之耗電功率以電費大於實際電費而最接近實際電費為標準之額定功率。
5. \* 為推估值。

本研究將兩種推估情形之消耗電力值加總平均為 92,367,308 度，每年消耗我國發電成本 226,292,904 元，二氧化碳的排放量為 5,893 公噸，計算方式與使用參數如下：

第一種由路燈總數量推估值，所得年耗電量為 102,153,964 度

每年消耗我國發電成本 250,277,212 元

第二種由路燈年電費總額推估，所得年耗電量為 82,580,651 度

每年消耗我國發電成本 202,322,596 元

雲林縣路燈年消耗電量加總平均為：

$$(102,153,964 + 82,580,651) / 2 = 92,367,308 \text{ (度)}$$

雲林縣路燈年消耗我國發電成本加總平均為：

$$(250,277,212 + 202,322,596) / 2 = 226,292,904 \text{ (元)}$$

雲林縣路燈所造成的二氧化碳的年排放量為 5,893 公噸

$$92,367,308 \text{ (度)} \times 0.638 \text{ (公斤/度)} = 58,930,342 \text{ (公斤)}$$

以上數值為本研究推估值，尙未能真實顯示實際之耗電情形，若要得知實際耗電情形只能由台灣電力公司內部統計分析路燈的實際用電才可得知，台電目前本身又無這方面的評估資料可供查詢，在沒有確切之各種規格路燈數量統計的形況下，加上台電又不願意提供雲林縣路燈各種收費級距下的統計數量予以協助，本研究由電費反推估或是由燈具總數量來推估消耗電情形均會有很大的誤差，即使將兩者加總平均，僅能縮小推估值的誤差範圍，仍不能準確推估實際值，即使台電能提供更精確的收費級距之路燈數量，仍然有其他因素可能造成誤差，例如電路本身耗損、級距費率計費誤差、數量統計誤差以及路燈故障長久未維修等，都可能造成推估值的誤差，除非台電能以表燈用電的方式，在路燈的輸入電力之前加上電表，然後以各電表統計消耗電力則能精確反應路燈實際消耗的電力能源數據。

本研究想要從路燈耗電額定功率來推估雲林縣路燈實際消耗電力的情形，雖然以此方法統計消耗電力精確度幾乎可以達到 95%，但在欠缺精確規格數量的統計數字情況下，本研究在調查、分析、統計、推估、驗證、平均的操作過程，最後所得之全雲林縣鄉鎮市公所管轄之公有路燈耗電情形為年耗電 92,367,308 度，從雲林縣使用的路燈種類數量分析，與全國路燈數量統計以及各類型路燈數量占比比較，雲林縣使用的路燈比例最多的為螢光日光燈，故雲林縣路燈耗消電力能源的情形屬於偏低的情況，這可能是因為雲林縣境內大部分是農村道路，有些路段甚至都沒有設置路燈，而農用道路或村際聯絡道路所使用的大都是功率 40W 的螢光日光燈，這比起城市內所用的大部分是功率 400W 的水銀燈耗電相差 10 倍，每盞有 360W 之耗電差異，所以雲林縣路燈耗電的情形遠不及其他縣市來得嚴重，但是相對的就是路面照明光線比較不足，故障維修的機率特別高，居民用戶就必須忍受燈光不足帶來的不便與恐懼。

### 三、雲林縣路燈全面改爲 LED 路燈之比較

雲林縣目前歸縣內公所管轄的公有路燈總數量爲 126,205 盞，年消耗電費爲 104,467,671 元，本研究根據調查統計資料，以單一鄉鎮爲例加以分析，此路燈總數應爲低估值，例如漏報燈數或未報與台電計算電費，本研究認爲調整爲增加 5%爲 132,515 較爲合理之數據，因此年消耗電費統計也有低估的情形。

台灣目前市售之 LED 路燈規格中，已經有廠商實測報告指出，使用 LED100W 路燈已經可以完全取代水銀路燈 400W，如此情形計算其節能效率達到 75%，以 LED100W 路燈取代 250W 鈉氣燈節能效率 60%，根據業者報告螢光燈 T8 型 4 尺日光燈額定功率 40W，消耗功率實爲 45W，以目前 LED18W 燈管取代的節能效率爲 60%，本研究從雲林縣 126205 盞公有路燈調查資料中，統計目前雲林縣各種類型路燈之比例爲：水銀路燈占 32.19%，鈉氣路燈占 5.77%，螢光路燈占 62.04%，LED 路燈占 0.0079%，若將雲林縣公有路燈全數以 LED 路燈替換傳統路燈，水銀燈 400W 以 LED120W 取代，鈉氣燈 250W 以 LED100W 取代，日光燈 40W 以 LED18W 取代，可得總節能效率 70.6%，以 126,205 盞路燈的年總耗電量 102,153,964 度計算，則可節能 72,091,314 度電力，每年可節省台電發電成本 176,623,718 元，比目前雲林縣繳給台電的年電費多了 72,385,890 元，若以民國 101 年住宅用戶平均用電每度 2.72 元計算(參見表 8：住宅用戶每度電平均售價統計表)，則可年省下 196,088,373 元，詳細統計分析表如表 9：雲林縣路燈更換 LED 路燈之電力消耗評估表。

表 8：住宅用戶每度電平均售價統計表

項目	101 年	100 年	99 年	98 年	97 年
家庭用每度電平均售價(元)	2.72	2.76	2.76	2.73	2.58
消費者物價指數(100 年=100)	101.93	100.00	98.60	97.66	98.51
平均每戶家庭每月用電量(度)	293	307	304	306	308
平均每戶家庭每月電費支出(元)	797	845	838	836	796
每戶家庭電費支出佔消費支出比率(%)	1.31*	1.39	1.43	1.42	1.35

資料來源：台灣電力公司

<http://www.taipower.com.tw/content/govern/govern01.aspx?MType=5>

表 9：雲林縣路燈更換 LED 路燈電力消耗評估表

雲林縣路燈更換LED路燈電力評估表				
路燈種類	水銀燈	鈉氣燈	螢光燈	合計
數量占比	32.19%	5.77%	62.04%	100%
數量評估	40,625	7,282	78,298	126,205
額定功率(W)	400	250	40	
消耗功率(W)	440	275	44	
每日使用時數(hr)	12	12	12	
年耗電量(度-kw/hr)	78,293,251	8,771,203	15,089,510	102,153,964
年耗發電成本(元)	191,818,464	21,489,448	36,969,300	250,277,212
年消耗電費	199,506,413	22,764,932	42,013,856	264,285,201
LED路燈節電效率	73.3%	64.4%	60.0%	70.6%
LED路燈節省電量	57,388,953	5,648,655	9,053,706	72,091,314
以發電成本計費	140,602,934	13,839,205	22,181,580	176,623,718
以住宅用電計費	156,097,951	15,364,341	24,626,080	196,088,373

資料來源：本研究整理

說明：

1. 本評估表（表 9）以目前雲林縣內鄉鎮公所公有路燈數量 126,205 盞作為評估。
2. 水銀燈 400W 以 LED120W 替換-省電效率 73.3%，鈉氣燈 250W 以 LED100W 替換-省電效率 64.4%，螢光燈 40W 以 LED18W 替換-省電效率 60%。
3. 路燈電費計費方式參考台電 101 年 6 月 1 日起實施之包燈制公告電價計費標準，以及台電減收項目公告。
4. 台灣電力公司公告：2012 年住宅用戶每度電平均售價為每度 2.72 元。
5. 台電發電成本每度 2.45 元(2012)。

除了減少電力耗損節省能源之外，LED路燈的壽命可長達 5 萬小時，平均約為現在使用路燈燈具的 5 倍，<sup>17</sup>也就是每一盞LED路燈可以使用的時間等於 5 盞傳統水銀路燈的時間，從燈具成本來計算LED燈的合理價格可以等於 5 盞傳統水銀路燈燈具的價格，但是LED路燈可減少 4 次的燈具更換施工費用，由於LED燈不確定因素所造成的年故障率極低，根據LED路燈製造大廠賀喜能源(Leadray)實施案例實際統計結果表示，路燈的第一年故障率約千分之三，第二年的故障率可能更低，況且目前LED路燈的保固期 5 年，與傳統路燈燈具幾乎沒有保固的情況下(有些有提供一年保固)，是否可以讓使用者安心許多；然而目前雲林縣路燈的年維修更換率，本研究根據雲林縣各鄉鎮市路燈維修狀況，統計全雲林縣路燈年度維修百分比，將 100 年度與 101 年度平均，得年度維修率為 26.78%，但是仍然有非常多的路燈損壞許久未能及時修護，詳細統計情形如表 10：雲林縣路燈維修統計表，相形之下LED路燈更省下一大筆維護費用與燈具費用，而且減少許多因為維修時或照明故障時所造成的交通事故的機會，如此多的好處以至於各縣市都踴躍申請補助。

表 10：雲林縣路燈維修率統計表

雲林縣路燈維修率統計表					
鄉鎮市別	年維修率	路燈盞數	鄉鎮市別	年維修率	路燈盞數
斗六市公所	22.95%	11,709	西螺鄉公所	30.00%	6,000
虎尾鎮公所	25.00%	11,000	水林鄉公所	21.00%	7,602
元長鄉公所	19.60%	7,195	土庫鎮公所	16.67%	6,688
麥寮鄉公所	33.90%	6,514	二崙鄉公所	29.00%	6,391
口湖鄉公所	23.00%	5,082	莿桐鄉公所	25.00%	6,579
台西鄉公所	26.00%	6,000	林內鄉公所	20.00%	5,500
斗南鎮公所	34.50%	5,772	四湖鄉公所	38.50%	5,685
大埤鄉公所	34.00%	5,018	崙背鄉公所	35.00%	4,207
東勢鄉公所	23.00%	1,789	古坑鄉公所	23.50%	6,200
褒忠鄉公所	24.50%	3,274	北港鎮公所	36.00%	8,000
合計	26.78%	126,205			

資料來源：雲林縣各鄉鎮市公所提供，本研究整理

<sup>17</sup> 經濟部能源局，《照明系統 Q&A 節能技術手冊》，台灣生產力基金會，2008，頁 37~94。

#### 四、雲林縣斗六市夜間照明與環境現況

雲林縣雖然為農業縣人口不多，經濟活動並不頻繁，斗六市為雲林縣首都，縣政府所在地，人口數 107,015 人，占雲林縣 20 鄉鎮總人數 714,245 人的 15%，<sup>18</sup>目前為雲林縣最大最繁榮的城市；儘管如此，斗六市路燈至今尚未加入節能減碳運動的行列，目前仍然使用高耗電低效率的傳統水銀燈路燈，本研究調查斗六市的路燈數量與維修情形時，發現斗六市的路燈損壞的數量相當多，斗六市的外環道路與近郊道路以及夜間經常有人使用的戶外公共場所，許多地點是無燈光的黑暗區，本究認為有改善的必要性，舉出部分路段與地點供參考比較：

1. 斗六市雲林路二段台大醫院附近，路燈已經有數盞不亮，形成黑暗路段，這條路位於斗六市內屬於中心位置連接斗南以及省道的主要道路，在位於斗六市中心位置附近的台大醫院西側有如此黑暗的路段已經維持多日，可見維修工作仍未落實。

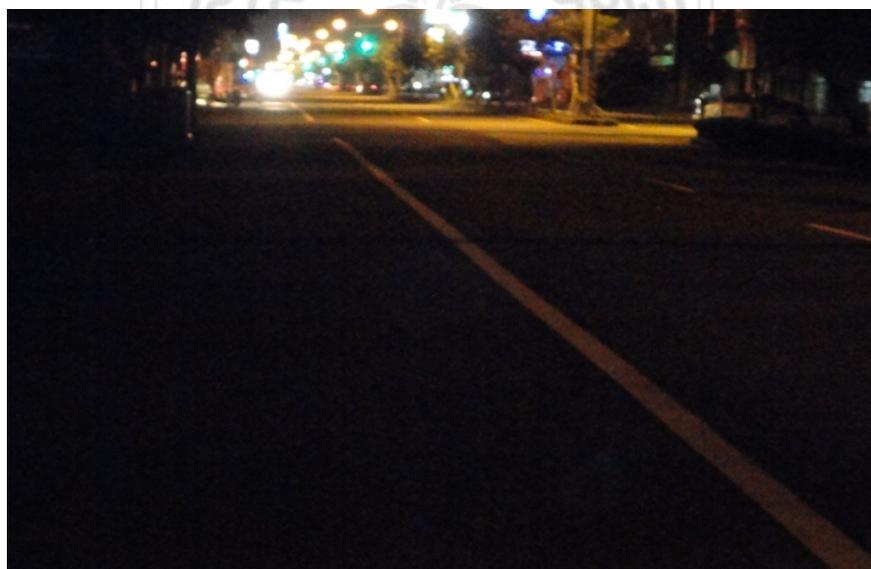


圖 4-4-1：雲林縣斗六市雲林路二段照片 1

資料來源：本研究拍攝(2013-05)

<sup>18</sup> 根據內政部截至 100 年 8 月底統計，雲林縣共 20 鄉鎮市、387 個村里、6,414 鄰，231,204 戶，總人口數為 714,245 人。以斗六市的人口最多有 107,015 人，其次為虎尾鎮 70,119 人，人數最少為褒忠鄉 14,058 人。

- 斗六市雲林路二段 2 處，路燈所能照射的範圍太小了，加上對向車道的路燈已經損壞，形成一片黑暗，容易造成交通事故或成為治安的死角。



圖 4-4-2：雲林路二段照片 2

資料來源：本研究拍攝(2013-05)

- 斗六市雲林路與大學路口，路口部分還有路燈，但是路口附近竟然黑鴉鴉一片，行經此處的車輛容易發生交通事故。



圖 4-4-3：雲林路與大學路口照片

資料來源：本研究拍攝(2013-05)

4. 大學路三段轉彎處路燈已經損壞，路口交會處一片漆黑，容易造成交通事故。



圖 4-4-4：大學路三段轉彎處照片

資料來源：本研究拍攝(2013-05)

5. 大學路三段一側出口，此處為大學路鄰近雲林路二段的出口，交通頻繁，在夜裡仍然有許多車輛行人出入，但是能見度很低，若有行人出入恐易釀成交通意外。



圖 4-4-5：大學路三段 2 處照片

資料來源：本研究拍攝(2013-05)

6. 大學路三段文化中心出口附近，路口燈光不足，已有路燈損壞，加油站周圍的路燈已經損壞，使得加油站的燈光變成明亮動人，這時如果走出文化中心或是走在附近的道路上可能會覺得有些恐怖。



圖 4-4-6：大學路三段一處路口照片

資料來源：本研究拍攝(2013-05)

7. 大學路二段，路中與路邊一片漆黑，路邊的行人路燈已經全數不亮，僅靠車燈能見度不高，如果慢車道有人騎腳踏車或行人，易發生危險。

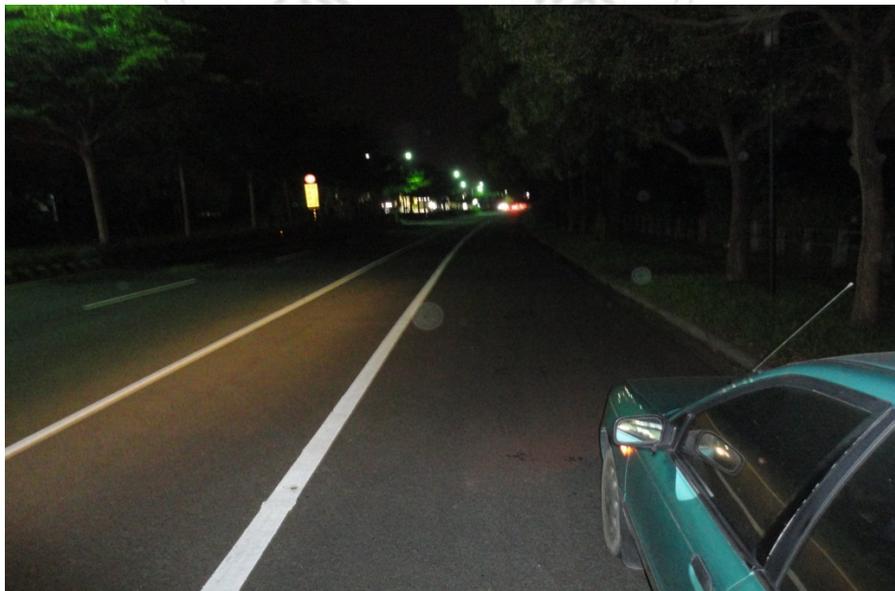


圖 4-4-7：大學路二段照片 1

資料來源：本研究拍攝(2013-05)

8. 大學路二段另一處也是一片漆黑，路邊人行路燈全數不亮，如果車輛燈光不足容易撞到路邊停放的車輛，機車騎士行經此處要十分小心，行人腳踏車就更危險了，不是撞到路邊停放的車輛，就是行經此處閃躲障礙物而偏離路肩被快車道的車輛撞倒，十分危險。



圖 4-4-8：大學路二段照片 2

資料來源：本研究拍攝(2013-05)

9. 大學路一段路口，接近文化路口附近，路口路燈已經不亮了，叉路口邊的行人路燈也不亮，行車至此十分危險，如果從此處岔路口行駛至大學路可能很困難，因為沒有交通號誌燈，夜間要小心車輛追撞。



圖 4-4-9：大學路一段一處路口照片

資料來源：本研究拍攝(2013-05)

10. 斗六台大醫院分院前面道路，形成許多暗區。白天雖然因為公園路樹而顯得綠意盎然，但晚上因為沒有行人路燈顯得十分恐怖，是否因為響應節能減碳關掉了路燈，還是路燈的設置不足，使得公園及道路形成許多治安的死角，況且該公園內是整片的停車場，如果夜間取車或行駛至此停車，都會令單身女子感到恐怖。



圖 4-4-10：臺大醫院斗六分院門前道路照片  
資料來源：本研究拍攝(2013-05)

11. 斗六體育館附近道路，似乎太暗了，走起路來很危險可能會踢到不明突起物，或路邊的路障車輛。



圖 4-4-11：斗六體育館附近照片  
資料來源：本研究拍攝(2013-05)

12. 雲林路三段路燈損壞多處未能及時修復，該路段為連接斗南以及省道的主要道路，路燈損壞數量多且久日未能修復形成路面及路邊黑暗，是否令機車騎士對路面的掌握感到困難呢？



圖 4-4-12：雲林路三段路燈多處損壞照片

資料來源：本研究拍攝(2013-05)

13. 明德北路路邊路整排行人路燈不亮，道路路燈也部分故障不亮造成路邊黑暗，人行道上形成治安死角，如果夜間有住戶要到棒球場散步，可能會因此把作罷，以免發生危險

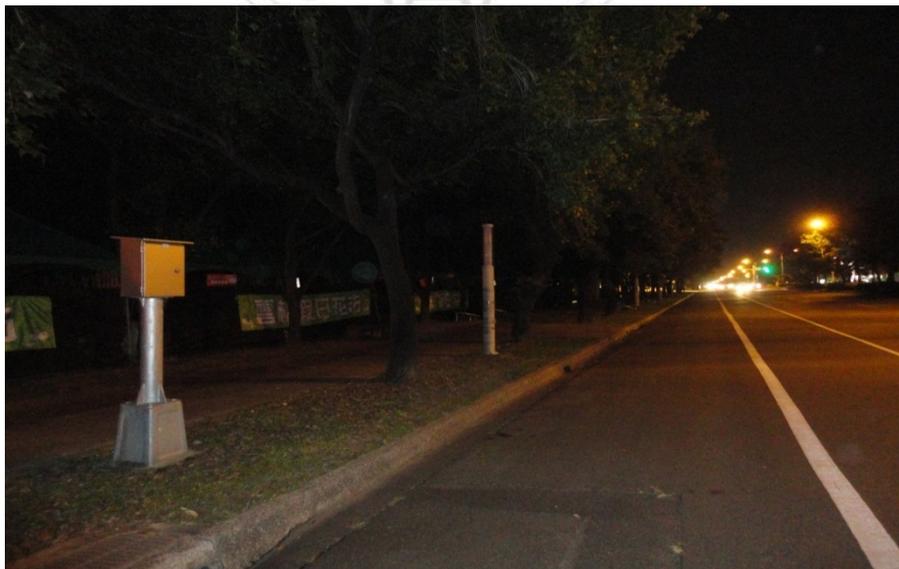


圖 4-4-13：明德北路路邊行人路燈不亮照片

資料來源：本研究拍攝(2013-05)

## 五、雲林縣節能減碳計畫與執行成效

### (一) 雲林縣電能節能計畫與執行現況

雲林縣為農業縣，在節能減碳計畫與實施現況中，目前在電能上的節約實施，本研究調查，根據執行結果成效報告書，收集些許相關成果，有 99 年度舉辦「雲林縣減碳宣導推動計畫」，<sup>19</sup>100 年度繼續前一活動更名為「雲林縣推廣全民節能減碳運動計畫」，<sup>20</sup>推廣低碳家園活動，鼓勵民眾參與並做電表登錄做為比賽，在推廣活動中有關電能部分統計數據僅有「民眾降低用電約 11% 的降低成效」之敘述，目前雲林縣尚無路燈用電之節能規劃，關於節能減碳推廣活動成效結果，摘要內容揭露如下：

1. 減碳運動期間至學校辦理【水電錶單兌換宣導品】活動，<sup>21</sup>成功收集電錶 1,820 筆水錶 234 筆，並協助其建檔至 Ecolife 綠網部落格，透過水電錶號填寫，自我檢視該月份用水電量的增減狀態，並配合用水用電統計，粗略分析並進行自我檢核，瞭解參與成員之省電意識。根據計畫執行期間抽樣 50 筆水錶及 50 筆電錶單分析，較去年同時期月份之用電用水度數之差異，皆有普遍下降之趨勢。<sup>22</sup>
2. 活動內容中有關節電部分提出幾項指標，<sup>23</sup>包括減少不必要的用電與照明、使用節能冰箱冷氣與燈泡、以及調整冷暖氣至適當溫度等。
3. 依推廣計畫在電的節約提出宣導內容，<sup>24</sup>包括選購節能冷氣、溫度設定、加裝遮陽設備、室內改用節能燈泡等共 22 項內容。
4. 在推廣活動執行成果中有關節能設施部分，有些社區公共空間照明所使用的電力，原為臨近住戶提供，後來改裝設小型太陽能後，透過 LED 省電的特性，

<sup>19</sup> 雲林縣環境保護局，《雲林縣 99 年減碳宣導推動計畫期末報告書》，2010。

<sup>20</sup> 雲林縣環境保護局，《100 年度雲林縣推廣全民節能減碳運動計畫期末報告書》，2011。

<sup>21</sup> 經濟部能源局，《照明系統 Q & A 節能技術手冊》，台灣生產力基金會，2008，頁 5。

<sup>22</sup> 經濟部能源局，〈100 年能源供需概況研究報告〉，2013 年 3 月 14 日，引自 [http://web3.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/content/ContentLink.aspx?menu\\_id=378](http://web3.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/content/ContentLink.aspx?menu_id=378)，頁 5。

<sup>23</sup> 同前註，頁 201。

<sup>24</sup> 同前註，頁 206~207。

直接提供公共空間夜間照明使用，並裝設自動開關，天色昏暗時點燈，夜間 12 時即關閉。

本研究綜合調查資料結果顯示，目前雲林縣尚無有關路燈之節能規畫，但有部分鄉鎮有自行裝設試驗性的採用節能LED路燈，雲林縣節能減碳運動主要實施的節能部分活動比例幾乎很少，但在節省水資源以及減碳生活方面有較多的活動，電力能源的節省只有配合台電的節電比賽統計數據；而在能源局的太陽能發電補助措施下，雲林縣政府自數年前擬定縣內畜牧業能夠推展綠能與環保並行共進的經營策略，目前在雲林縣二崙鄉有在雞舍屋頂裝置太陽能電板 66.67 平方公尺每年可發電 12 萬度；在東勢鄉有光電豬舍發電容量為 1000 千瓦，每年輸出電力逾 130 萬度。<sup>25</sup>

## (二) 雲林縣節能減碳運動之投入現況

本研究根據雲林縣環保局揭露之雲林縣節能減碳運動計畫成果報告書，追溯至民國 99 年有「雲林縣減碳宣導推動計畫」活動，100 年有「雲林縣推廣全民節能減碳運動計畫」，依推動計畫成果報告書之規劃，摘要分別敘述如下：

### (1) 99 年減碳宣導推動計畫期末報告基本摘要內容

計畫名稱：99 年雲林縣減碳宣導推動計畫<sup>26</sup>

期程：99 年 10 月 22 日至 100 年 04 月 21 日止

經費：新台幣參佰零貳萬元整

內容摘要：

此計畫著重宣導民眾重視全球暖化問題，由民眾響應節能減碳行動，藉由舉辦 21 場校園低碳飲食宣導活動及 3 場次民眾登錄綠網參加節能減碳日誌活動，並協助雲林縣內一級單位及鄉鎮村里辦公室維護更新綠網部落格，透過各

<sup>25</sup> 陳文樹，〈雲林縣太陽能「光電雞舍」與「光電豬舍」〉，《能源報導》，2012 年 5 月，頁 19~22。

<sup>26</sup> 同註 21，頁 1。

項作業之辦理喚起民眾對此議題之注意，並希望將此議題轉化為實際的行動，  
以使其更加生活化，深植其影響力。

(2) 100 年度推廣全民節能減碳運動計畫期末報告內容摘要

計畫名稱：100 年度雲林縣推廣全民節能減碳運動計畫<sup>27</sup>

期程：100 年 09 月 01 日至 100 年 11 月 30 日止

經費：新台幣貳拾玖萬玖仟元整

計畫目標：

推動政策，協助本縣落實並參與節能減碳活動，進而達到全民節能減碳的目的，並養成日常生活節能減碳之習慣。

執行工作內容：<sup>28</sup>

本研究發現，自環保署 97 年 8 月開始推動「節能減碳十大無悔措施」<sup>29</sup>邀請民眾上網簽署減碳宣言，並開設個人減碳部落格號召更多人加入節能減碳行列，讓減碳成為全民新生活運動，雲林縣為落實此運動，繼 99 年宣導活動，在 100 年續推展「雲林縣推廣全民節能減碳運動計畫」，繼續推動宣導節能減碳政策，令社會大眾可以透過更實際且具體化作為來參與這項全民行動，從雲林縣內已推行之節能減碳運動看來，大部分民眾皆相當落實及配合，成效亦相當卓著；但從經費看來民眾節省的電力也不容小覷，除了民眾積極節能減碳改變生活習慣與態度外，在電力能源的節約上行政機關應有更積極作為帶頭推動與節能減碳政策，例如率先更換最節能照明燈具，令社會大眾可以透過政府單位行政機關的實際效果，更積極主動來融入這項幾乎是全世界的大行動，共同努力完成這個守護地球的使命。

## 六、國外城市(歐洲)路燈改成 LED 路燈之成效與現況

根據LEDinside研究指出(2012-06-20)：全球改用LED路燈或街燈，預估全球前 12 大城市可省下 85%的能源，全球許多國家都已經注意到路燈消耗電力驚

---

<sup>27</sup> 同註 22，頁 1。

<sup>28</sup> 同註 22，頁 2。

<sup>29</sup> 同註 21，頁 2。

人，紛紛推動改用LED路燈的節能政策，根據採用試驗方案城市的居民表示，LED路燈讓民眾感到更安全並且改善了能見度，目前照明在全球約占了 19%的用電量，如果全球採用的照明系統效率比現有提昇一倍，就可說是相當於移除了歐洲一半的用電量及排熱量。日前一項全球性的獨立試驗已成立，LED路燈最大可以節省 85%的能源。這項測試結果同時也展示，試用城市的居民，傾向於使用LED路燈或街燈，並且希望能夠多鋪設以達到環境效益。這項為期兩年半的全球計畫，在十二個城市內包含美國紐約、英國倫敦及印度加爾各答等地的十五個地點試用了LED路燈，探究LED街道路燈的使用比率及加裝LED街道路燈對城市的影響。<sup>30</sup>

根據試驗結果 LED 路燈使用超過 6000 小時的故障率小於 1%，調查中顯示，在加爾各答、倫敦、雪梨、多倫多等城市，66%到 90%的回覆者表示支持在城市中廣泛鋪設 LED 街道路燈，因為此舉可以改善能見度與安全性。氣候集團 (Climate Group) 執行長 Mark Kenber 表示，LED 照明、光源在全球城市中的占有率勢必會提高，所有的公共燈具，路燈和公共建築的燈具都應該換成 LED 燈，並且訂立目標在 2020 年，所有的公共燈具都是採用 LED 光源。

歐洲部分以工業大國德國推廣使用LED路燈的情形最為普及，配合LED路燈的推廣Philip推出CityTouch，<sup>31</sup>讓使用者透過管理介面更容易監控整個城市的所有照明系統，CityTouch還可以通過即時狀態報告每個照明燈具的維護狀況做監控管理。目前為止，CityTouch已經被歐洲大型照明運營商廣泛使用。<sup>32</sup>

本研究透過賀喜能源股份有限公司協助，得知該公司已經與歐洲最大的電力公司E-ON於德國Brinkum City<sup>33</sup>合作進行LED路燈計畫，在德國下薩克森州

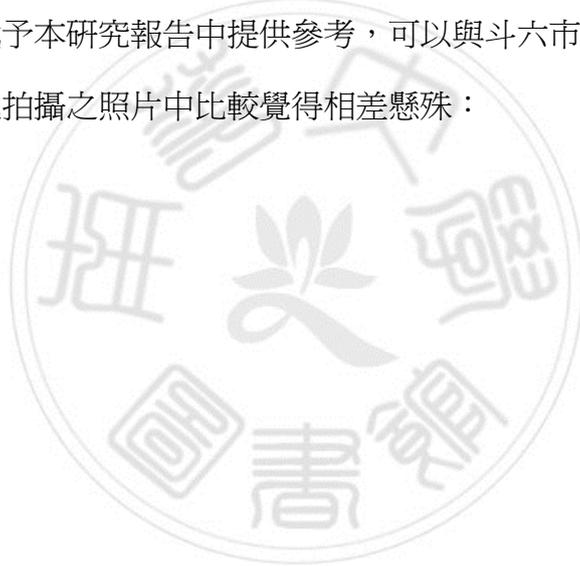
<sup>30</sup> Ivan,〈改用LED路燈或街燈，預估全球前12大城市可省下85%的能源〉，《LEDinside》，2012年6月，引自<http://www.ledinside.com.tw/knowledge/20120620-21679.html>

<sup>31</sup> CityTouch 為飛利浦公司研發的燈光監控系統產品之名稱。

<sup>32</sup> 功率因數 (Power Factor, 簡稱 PF)，又稱功率因子，是交流電力系統中特有的物理量，是一負載所消耗的有功功率與其視在功率的比值[1]，是 0 到 1 之間的無因次量。引自[http://www.aitek.tw/BIG5/appliance\\_PF.asp](http://www.aitek.tw/BIG5/appliance_PF.asp)

<sup>33</sup> 布林庫姆(Brinkum)，位於德國下薩克森州的西北方，大約在埃姆登(Emden)的東南方，距離埃

(Niedersachsen)的布林庫姆城市(Brinkum City)已經裝設許多LED路燈，而且效果非常好，在路燈裝設 3 個月之後，根據公司所做的一份調查資料顯示，居民對於將以前使用的路燈改為LED路燈之後的效果感到滿意的有 90%，希望將所有路燈全數更換成LED路燈的有 96%，在 6 個月之後透過合作公司對Brinkum裝設LED附近居民做 100 份隨機滿意度訪問調查資料顯示，對於將路燈改成LED路燈的政策感到肯定的有 96 份，對於現在已使用的LED路燈產品效果感到滿意的有 71 份，表示不滿意或普通的調查資料中有 28 份表示希望多裝一些地點，有 12 份表示應該改變燈光色溫或照度，根據此結果顯示整體滿意度達到 88.25%，<sup>34</sup>本研究將Brinkum裝設LED路燈的部分地區及路段的圖片，包含路燈功率、高度、以及安裝完成日期，賦予本研究報告中提供參考，可以與斗六市的街景路燈相互比較，本研究從兩地拍攝之照片中比較覺得相差懸殊：



---

姆登(Emden)機場約 33.5 公里。全城市面積 5.51 平方公里，人口數 649 人， 男性 337 人，女性 312 人，人口密度為 118 人/平方公里，截至 2008 年 12 月 31 日統計，人口數為 638 人。  
<sup>34</sup> 資料來源：賀喜能源股份有限公司提供，<http://www.leadray.com/zh-TW/page/contact.html>

1. 德國 Brinkum City 功率 120W/ 高度 8M/ 日期 2012-10



圖 4-5-1：Brinkum City 已裝設 LED 路燈停車場 1 照片

資料來源：賀喜能源股份有限公司

<http://www.leadray.com/Templates/pic/leadray-led%20street%20light-Overseas%20-%20Europe%20-%20Brinkum%20City%20in%20Germany-1.jpg>

2. 德國 Brinkum City 功率 120W/ 高度 8M/ 日期 2012-10



圖 4-5-2：Brinkum City 已裝設 LED 路燈停車場 2 照片

資料來源：賀喜能源股份有限公司

<http://www.leadray.com/Templates/pic/leadray-led%20street%20light-Overseas%20-%20Europe%20-%20Brinkum%20City%20in%20Germany-3.jpg>

3. 德國 Brinkum City 功率 120W/ 高度 8M/ 日期 2012-10



圖 4-5-3：Brinkum City 已裝設 LED 路燈夜間照片

資料來源：賀喜能源股份有限公司

<http://www.leadray.com/Templates/pic/leadray-led%20street%20light-Overseas%20-%20Europe%20-%20Brinkum%20City%20in%20Germany-2.jpg>

4. 德國 Brinkum City 功率 120W/ 高度 8M/ 日期 2012-10



圖 4-5-4：Brinkum City 已裝設 LED 路燈路段的白天照片

資料來源：賀喜能源股份有限公司

<http://www.leadray.com/Templates/pic/leadray-led%20street%20light-Overseas%200-%20Europe%20-%20Brinkum%20City%20in%20Germany-8.jpg>

白天街景的拍攝可以讓讀者看到 LED 路燈的外觀形狀，而夜間的拍攝則可看到 LED 路燈燈光的照射效果，在德國布林庫姆市鎮的照片中，圖 4-5-4 可看到清楚的 LED 路燈的外觀，雖然有些距離但是可以清楚辨別外觀十分輕巧，在選擇 LED 路燈時，除了消耗功率與發光效率之外，外觀也是很重要的選擇考量因素，不討喜的外觀會影響市容美觀，另外它的重量也很重要，笨重的燈具會考驗路燈桿的支撐受力是否足夠，颱風地震是否會造成路燈桿的傾斜倒塌，除此之外它的性能是否可以耐得住酷冷與酷熱的天氣等，這些都是目前更換時要考慮的因素。

在夜間拍攝的照片中，圖 4-5-1、圖 4-5-2、圖 4-5-3 都可以看得出 LED 路燈所照射的光線特色，它與昏黃的傳統路燈比較起來，照射的地面變得清晰明亮又不刺眼，而且光線的照度顯得十分均勻，兩燈燈光相接的地方不易顯現出暗區，汽車以及人體身上的衣著顏色變得清晰可辨，這些差別就是燈光的照度均勻度以及色溫與演色性的差別，一般太陽光的色溫大概在 5000K 左右，但太陽光的演色性是百分之百，因為演色性就是針對太陽光為比較基礎，圖片中傳統的路燈光線為黃色燈光，色溫大概在 3000K 左右，根據「照明系統 Q & A 節能應用技術手冊」的燈具介紹內容判斷應該屬於鈉氣燈或是複金屬燈，而鈉氣燈的演色性非常低只有 25%，因此在燈光下看到的物體顏色都是黃黃的，難以辨別物體外表的顏色差異，如果在燈光下兩輛車型相同而顏色不同又相近的汽車就不容易區別，同理也難以分辨同種人身體上的膚色，但是從 LED 路燈的燈光照射下，是沒有白天那麼清楚明亮，但是也顯得清晰、均勻、溫和、充足與安全的感覺，這可能也是 LED 路燈受居民喜愛的因素之一。

## 第五節 城市路燈改成 LED 路燈與環境之影響

### 一、LED 路燈與環境之影響

城市是人口最為密集的地方，也是夜間活動最頻繁的地方，夜間照明成為城市非常重要的指標，人類在夜間活動需要有充足的光線，才可以充分運用視覺的感受來分辨物體，控制行為從事活動，若沒有視覺的輔助人往往難以駕馭周遭的事物，因而會產生不確定、懷疑甚至恐懼等負面心態，因此人們喜歡在明亮的地方從事活動。因此，全球有許多城市因為夜間照明具有特色，因此而增加各種經濟活動，帶來更多的經濟效益的案例不勝枚舉，如果法國艾菲爾鐵塔在夜間沒有燈光照射它，那麼乘船夜遊法國塞納河，兩岸就沒有美麗的風景可以欣賞。

根據飛利浦照明全球公共與政府事務總監指出，全面轉換成最新的節能 LED 燈產生的益處，不但包含能節省能源、減少二氧化碳的排放量還能將城市的環境轉換得更好。我們相信徹底實行鋪設 LED 燈可以創造一個給民眾、旅客，適宜居住及旅遊的環境。<sup>35</sup>印度一家業主也對外表示，使用 LED 照明對於居民的好處是明顯的，現在買家可以清楚的分辨出綠色和藍色，營業額也因此增加了不少。在已經使用 LED 路燈的城市報告中，所有的資料均顯示 LED 路燈讓居民感到更安心，在夜間可以看得更清楚，道路也變的安全了，因此更願意外出從事活動，在許多熱帶地區的人，因為酷熱的天氣白天無法在室外活動，到了夜裡天氣轉涼了卻因為戶外沒有燈光照明而不敢出門，因此到了夜裡也是會聚集到燈光充足的地方從事一般的活動，而 LED 路燈正因為它明亮、照度均勻、不常罷工，因此讓人們感到喜歡、信賴；根據黃彥霖在「LED 照明與傳統燈具對閱讀績效影響之探討」中指出：「不管是在哪一種類的燈源之下，人眼在觀察事物上或者閱讀文章上是沒有影響的，而在黃色的光源之下，在視覺疲勞度方面是有影響

---

<sup>35</sup> 同註 30。

的」，<sup>36</sup>這在本研究文獻探討內容中已經有討論，是演色性與照度的關係，也能印證本研究的觀點，這也正是 LED 路燈大部分的使用都是採用白光或接近白光的原因。許多研究報導皆表示使用 LED 燈並不會帶來任何環境負面的影響，反而會增加正面的效益，例如燈光明亮了、市容變漂亮了、室溫變低了、冷氣變涼了、遊客變多了、生意變好了、電費減少了、夜間犯罪率減少了等，都是使用 LED 可帶來的正面效果。

斗六市為雲林縣人口最密集的城市，雖然斗六不是一個夜間活動頻繁的城市，但比起縣內其他市鎮，斗六市還是夜間活動最頻繁的城市，因此夜間路燈照明還是非常重要的，因為在夜間還是有許多人潮進出斗六市或是在斗六市內活動，那麼在斗六市活動或服務人群而夜歸的人，路燈可能是唯一堅持陪伴他們回家的朋友，看到其他城市路燈紛紛更換 LED 路燈，享受到 LED 路燈帶來的種種好處，節能還能減少二氧化碳的排放量，在響應節能環保運動的同時，不禁令人思考「斗六市還在等甚麼？」

## 二、LED 路燈與能源消耗之差異

### （一）斗六市的路燈種類占比

本研究從調查資料中分析斗六市使用的路燈種類與數量，統計各種路燈種類占比，水銀燈 500W 與 400W 合計 2,397 盞，水銀燈 300W 計 2,187 盞，鈉氣燈 400W 與 250W 合計 2,000 盞，螢光燈 40W 計 5,125 盞；水銀燈的年維修率 100 年與 101 年平均為 14.5%，鈉氣燈的年維修率為 11.7%，螢光燈的年維修率為 34.9%，平均維修率為 22.95%；詳細統計如表 11，斗六市路燈種類數量維修表。

---

<sup>36</sup> 黃彥霖，〈LED 照明與傳統燈具對閱讀績效影響之探討〉，高雄：義守大學工業與管理學系碩士論文，2011。

表 11：斗六市路燈種類數量維修統計表

斗六市路燈種類數量維修統計表					
路燈種類	水銀燈	水銀燈	納氣燈	螢光燈	合計
數量占比	20.47%	18.68%	17.08%	43.77%	100%
數量統計	2,397	2,187	2,000	5,125	11,709
額定功率(W)	400	300	250	40	
消耗功率(W)	450	338	282	45	
每日使用時數(hr)	12	12	12	12	
年維修百分比	14.50%	14.50%	11.70%	34.90%	22.95%

資料來源：斗六市公所提供，本研究整理

## (二) 斗六市路燈耗電節能分析

根據斗六市公所提供的路燈數量及各類型路燈數量維修統計資料，本研究加以分析，如斗六市路燈換成 LED 路燈將可節省年耗電量為 7,752,940 度；節能效益為 69%，這些電力如果以一般住宅平均用電計費，每度電 2.72 元則可節省新台幣 21,087,996 元，等同於可節省台電發電成本 18,087,996 元，金額比 2012 年斗六市繳給台電的年電費多出 8,490,850 元，年減少二氧化碳的排放量為 4,946 公噸，統計分析情形參見表 12，斗六市路燈更換為 LED 路燈之節能效益分析表。

表 12：斗六市路燈更換為 LED 路燈之節能效益分析表

斗六市路燈更換為LED路燈之節能效益分析表					
路燈種類	水銀燈400W以上	水銀燈300W	納氣燈	螢光燈	合計
數量占比	20.47%	18.68%	17.08%	43.77%	100%
數量統計	2,397	2,187	2,000	5,125	11,709
額定功率(W)	400	300	250	40	
消耗功率(W)	440	330	281	44	
每日使用時數(hr)	12	12	12	12	
年維修百分比	14.50%	14.50%	11.70%	34.90%	
年耗電量(度-kw/hr)	4,619,175	3,161,438	2,461,433	987,696	11,229,743
年耗發電成本(元)	11,316,979	7,745,524	6,030,512	2,419,854	27,512,870
年消耗電費	4,459,402	2,768,260	2,531,150	1,375,025	11,133,837
LED路燈節電效率	73%	70%	64%	60%	69.0%
LED路燈節省電量	3,371,998	2,213,007	1,575,317	592,617	7,752,940
以發電成本計費	8,261,395	5,421,867	3,859,528	1,451,913	18,994,702
以住宅用電計費	9,171,834	6,019,379	4,284,863	1,611,919	21,087,996

資料來源：本研究整理

說明：

- 甲、本評估表以目前斗六市內公所公有路燈數量 11709 盞作為評估。
- 乙、水銀燈 400W 以 LED120W 替換-省電效率 73%，水銀燈 300W 以 LED100W 替換-省電效率 70%，納氣燈 250W 以 LED100W 替換-省電效率 64%，螢光燈 40W 以 LED18W 替換-省電效率 60%。
- 丙、計費方式參考台電 101 年 6 月 1 日起實施之包燈制公告電價計費標準，以及台電減收項目公告。
- 丁、台灣電力公司發電成本為每度電 2.45 元(2012)。
- 戊、住宅用電電價每度電 2.72 元(2012)。

因目前斗六市路燈計費方式多採包燈制，將 100W 以上的燈具換裝更省電的 LED 路燈還有可能省下電費，但是螢光燈 40W 型路燈如換裝 LED 18W 路燈，在今日台灣電力公司公告路燈包燈制的計費方式之下，18W LED 路燈與 40W 螢光燈路燈每月電費的收費均相同，參考表 13，台灣電力公司包燈用電計費表，如此計費方式實屬不合理，既然花錢換裝更省電的 LED18W 路燈，卻在繳交給台電的電費中並無差別的情形之下，市公所怎麼會願意花錢去做圖利台電的事情，而且路燈的額定功率計費級距相差 100W，依包燈用電的計費方式，消耗功

率 100W 與 199W 的包燈費用相同，而且用電越多電費比例越少，使用者怎麼會在電費上斤斤計較節能減碳呢？這跟一般百姓表燈用電的計費方式，參考表 14，台灣電力公司包燈用電計費表，用電越多電費比例級距越貴的情形剛好相反，台電包力用電的計費方式也是一樣，因此台電的計費方式，應該在政府推動全台路燈更換 LED 路燈之前就應該修正了，至少可以修正到合理的範圍鼓勵大眾節能減碳，而不是拼命提高電價，也提高了人民的痛苦指數。

表 13：台灣電力公司包燈用電計費表

分類	容量	單位	單價
電燈	100 瓦以下	每月每盞	111.79 元
	超出 100 瓦，每超出 100 瓦	每月每盞	加 90.15 元
註：1．電燈容量在 100W 以下者，按 100W 電價 40%計收 2．日夜供電者按上表加倍計收			

資料來源：台灣電力公司 101 年 6 月 10 日起實施

表 14：表燈用電電價表

表燈用電				
(一)非時間電價				
	分類	分類夏月 (6月1日至9月31日)	非夏月 (夏月以外時間)	
非營業用	120 度以下部分 每度	2.1 元	2.1 元	
	121~330 度部分 每度	3.02 元	2.68 元	
	331~500 度部分 每度	4.39 元	3.61 元	
	501~700 度部分 每度	4.97 元	4.01 元	
	701 度以上部分 每度	5.63 元	4.5 元	
	營業用	330 度以下部分 每度	3.76 元	3.02 元
331~700 度部分 每度		4.62 元	3.68 元	
701 ~1500度部分 每度		5.48 元	4.31 元	
1501度以上部分每度		5.92 元	4.64 元	

資料來源：台灣電力公司 101 年 6 月 10 日起實施

### (三) 斗六市各類路燈維修管理分析

在使用 LED 路燈之後除了節省龐大的電力支出之外，路燈故障率也大幅減少，至少前兩年故障率都可降低至千分之三，第三年之後未有統計資料暫時不加以評估，僅以壽命 5 萬小時估計 LED 路燈可用 11 年，根據新電子雜誌報導「LED 照明驅動器設計翻新」，<sup>37</sup>目前 LED 使用的電解質電容壽命僅有 5000 小時，難以與 LED 的長效性匹配，因此 LED 晶片未損壞之前，驅動電路就已經故障造成 LED 燈不亮，現階段已經開始使用無電容器元件之驅動設計，推估未來將能實現 5 萬小時的驅動電路，以目前的技術階段已經能達到 2 萬 5 千小時，儘管如此已經能達到水銀燈或鈉氣燈的兩倍壽命，也就是每一盞 LED 路燈等於兩盞水銀燈的使用時間，如此一來至少可以節省 1.5 次的更換燈具的維修費用，但 LED 在驅動電路損壞之後如果未將 LED 晶片模組燒毀，只要更換驅動電路器就可以繼續使用，所以 LED 發光晶片的部分，仍然可以繼續使用長達 5 萬小時，如果發生故障的時間在使用燈具很久之後，例如 20,000 小時之後，LED 燈的光通量可能會有些許衰減，一般稱為光衰，根據「新電子科技雜誌」陳文成在「LED 路燈節能效益大增」論文指出：「2008 年至 2011 年在國科路 LED 街燈實驗段 3 年照度測量資料，3 年照度維持率為 86%」，<sup>38</sup>表示 3 年光衰 14%，目前的技術應該更好，光衰值在 LED 晶片散熱控制得宜的情況下可以更小。

至於螢光燈部分，螢光燈包括 T5、T6、T8、T9、T10 之日光燈管，或螺旋燈泡皆是螢光燈，但目前道路使用的螢光燈大部分是 T8 或 T9 的日光燈管，他最大的問題是經常損壞，年維修率達到 34.9%，還有照度嚴重不足。依據節能技術手冊揭露，螢光燈的壽命達 10,000 小時，<sup>39</sup>這個數字應該包含 T5 一併評估的均值，單純從一般 T8 型燈管評估，壽命不及 6,000 小時，如以斗六市

<sup>37</sup> 林苑卿，〈LED 照明驅動器設計翻新〉，《新電子科技雜誌》，第 315 期，2012 年 6 月，頁 36~38。

<sup>38</sup> 陳文成，〈LED 路燈節能效益大增〉，《新電子科技雜誌》，第 315 期，2012 年 6 月，頁 47-48。

<sup>39</sup> 經濟部能源局，〈照明系統 Q & A 節能技術手冊〉，台灣生產力基金會，2008，頁 42~43。

(2011-2012)年維修率 34.9%的數字計算，日光燈管的平均壽命只有 2,851 小時，當然這可能是因為它安裝在室外，屬於燈具工作在比較惡劣的環境，但從產品使用面調查得知目前日光燈管壽命的品質良率也有相同的趨勢。<sup>40</sup>以目前 LED 4 尺 T8 燈管(與日光燈 4 尺 T8 型燈管相同外型)的壽命大約在 26,280 小時到 35,000 小時之間，在 T8 型 LED 燈管同樣會發生驅動電路先故障的情形之下，故保守估計還是在 2 萬 5 千小時左右，這樣 LED 的壽命幾乎是目前斗六市使用的一般螢光燈管壽命的 9 倍，換裝設 LED T8 燈管型路燈之後第一年維修率大概在 0.5% 左右，<sup>41</sup>如使用整盞模組化戶外型路燈，則前兩年年維修率可以控制在 0.3% 以內，<sup>42</sup>如果維修時僅更換驅動電路器，以目前 LED 燈驅動電路器的最低要求壽命約 6000 小時，根據 LEDinside 研究指出，6000 小時故障率在 1% 以內，大約 1.5 年才需要更換，但是壽命也比目前的螢光日光燈管要長 2 倍，因此 LED 燈管型路燈的維修率，最高也只有目前的一半。如果改用戶外型模組化 LED 18W 路燈，或採用新型的驅動設計 LED 路燈，則 LED 路燈的五年內年維修率應該不超過 0.3% 或者會低很多。

---

<sup>40</sup> 本研究訪問雲林地區一般水電工程公司，以及使用日光燈管數量較多的用戶，得到相同的答案，「依經驗判斷日光燈管的壽命大概在 1 年左右，即使沒有壞掉也變得不夠亮而需要更換」-每天使用 14 小時每月休四天，「用比較久的約 6-7 千小時，也有不到半年就壞掉的(約 2500 小時)」。

<sup>41</sup> LED 照明製照商，旭程光電科技股份有限公司經理張均程表示，該公司 LED 燈管產品一年內故障率約千分之五。

<sup>42</sup> LED 照明事業通路商「伊光電企業社」經理余枝清表示，根據廠商透露 LED 路燈保固期間內的年故障率約 0.3%，雖然製照商能提供保固五年，但是本身也要評估故障率才能確保該產品是不是能賺錢，品質不良的產品在市場上沒有競爭力，路燈的品質要求比一般的室內燈具要高出很多。

## 第四章 結論與建議

### 第一節 結論

全球暖化氣候變遷，在聯合國京都議定書的協議之下，從歐盟開始世界各國紛紛發起各種節能政策與活動，目前照明在全球約占了 19% 的用電量，<sup>1</sup> 如果全球採用的照明系統效率提昇一倍，就等於移除了歐洲一半的用電量及排熱量。近幾年各國政府及產業投入不少資源，進行各項 LED 照明的應用產品開發，其中 LED 路燈更以示範推廣的方式，分別於各地設置大小規模不等的示範系統，美國計劃在 5 年內將美國洛杉磯現有的 14 萬盞路燈改換成 LED，美國能源部更在各城市建立數十件大小規模的示範案例，並進行經濟效益評估分析。歐洲地區以德國為例，也有各種小型的 LED 路燈示範案進行中，裝設總量約數千盞，預估 2013 年全球 LED 路燈將新增至 600 萬盞。亞洲中國大陸於 2009 年開始推動「十城萬盞」計畫，近期則有十二五計畫，均有針對 LED 路燈規劃示範推廣方案。<sup>2</sup>

綜合調查資料結果顯示，2013 年台灣推動「5 都 11 縣」換裝 25 萬盞 LED 路燈，「擴大設置 LED 路燈節能專案計畫」，5 都 11 縣將向能源局申請補助經費，預計共換裝約 25 萬盞 LED 路燈，台灣這次五都 11 縣的 LED 路燈專案計畫之外，偏遠及離島地區納入「2012 年 LED 路燈節能示範計畫」，儘管規模僅約 2.3 萬盞，金門首批 LED 路燈標案，2012 年已完成安裝 3000 盞暖色系路燈，整燈的發光效率可達 100 lm/W。新竹市於民國 99 年完成 609 盞 LED 路燈裝設，預計於 2014 年前完成全市 3 萬 5,000 盞的 LED 路燈更換，目前雲林縣尚無有關路燈之節能規畫，但有部分鄉鎮裝設試驗性的 LED 路燈，除此之外查無雲林縣

<sup>1</sup> Ivan,〈改用 LED 路燈或街燈，預估全球前 12 大城市可省下 85% 的能源〉，《LEDinside》，2012 年 6 月，引自 <http://www.ledinside.com.tw/knowledge/20120620-21679.html>

<sup>2</sup> 黃素琴、鄭名山，〈LED 道路照明產品應用〉，《能源報導》，(2011 年 05 月)，引自 <http://energymonthly.tier.org.tw/outdatecontent.asp?ReportIssue=201105&Page=8>

任何 LED 路燈之規劃與報導。

本研究統計台灣國內路燈之數量，推估 2013 年全台目前的路燈數量應超過 200 萬盞，估計目前台灣路燈的年電費已經超過約 88.2 億元，年消耗台電發電成本應超過 85 億元，年耗電量應已超過 34.7 億度，年度二氧化碳排放量統計約超過 221.4 萬公噸。

統計雲林縣現有路燈各種規格數量，雲林縣公所提供之路燈總數為 126205 盞，本研究根據各鄉鎮市公所提供之兩年來路燈電費支付情形加以統計，100 年雲林縣各鄉鎮市公所路燈年電費合計為 103,865,742 元，101 年為 104,237,828 元，兩年年電費平均值為 104,051,785 元，推估年耗電情形為 92,367,308 度，二氧化碳的排放量為 58,930 公噸。若雲林縣公有路燈全數以 LED 路燈替換傳統路燈，可得總節能效率 70.6%，以年總耗電量 102,153,964 度計算，則可節能 72,091,314 度電力，每年節省台電發電成本 176,623,314 元，比 2012 年雲林縣繳給台灣電力公司的路燈電費高出 72,385,890 元，若以 2012 年住宅用戶平均用電每度 2.72 元計算，則可年省下 196,088,373 元，年減少二氧化碳排放量 45,994 公噸。斗六市路燈如果換成 LED 路燈將可節省年耗電量為 7,752,940 度；節能效益為 69%，這些電力如果以一般住宅平均用電計費，每度電 2.72 元則可節省新台幣 21,087,996，等同於可節省台電發電成本 18,994,702 元，比 2012 年斗六市繳給台電的年電費高出 8,490,850 元，年減少二氧化碳的排放量為 4,946 公噸。

現階段的 LED 路燈之發光效率已經超過 100 lm/W 之發光效率，已經可以使用低於 100W 之 LED 路燈取代 400W 之水銀路燈，節能效益超過 75%。將傳統光源的特性與 LED 光源的特性比較，發現傳統光源最大的缺點在於：1· 燈具具有毒性、2· 使用時產生高溫、3· 消耗高額電力、4· 危險。使用 LED 燈並不會帶來任何環境負面的影響，反而會增加正面的效益，例如：燈光變得更明亮、城市市容變漂亮、室溫變低感覺冷氣變涼、消費人群遊客數量變多生意變好、電費減少以及犯罪率減少等效果。

本研究發現，台灣電力公司之路燈電費包燈制，以路燈額定耗電之級距的數量來進行收費，公有路燈再採公告電價之 50%收費，這種方法無法由電費顯現出路燈實際耗電情形，必要時由台灣電力公司內部自行分析電力輸出資訊，再行統計才可能獲得路燈實際耗電情形，並且發現台電的路燈包燈制電價，用的越多越便宜，以及省電也不能省電費的情形，對於全台推展節能 LED 路燈可能是一種阻礙。政府在推動全臺 LED 路燈節能計畫之前，就應該有相關的配套措施，對於台電的包燈用電計費情形是否疏忽而未調整或故意不調整，目前尚未知悉，但本研究認為應該提出檢討改進。

在本研究中如果將雲林縣內的公有路燈改成 LED 路燈，每年將可為台電節省發電成本 176,623,314 元，在不改變雲林縣路燈的收費金額的情況下等同於每年為台電帶來 176,623,314 元的利潤，比現階段 2012 年雲林縣繳給台灣電力公司的路燈電費還要高出 72,385,890 元，相同的情形在斗六市路燈更換為 LED 路燈的計畫，可節省台電發電成本 18,087,996 元，金額比 2012 年斗六市繳給台電的年電費多出 8,490,850 元，也就是斗六市如果不改變路燈，繼續使用傳統路燈而上繳相同的電費給台灣電力公司，這樣的情形台電將因為斗六市不換 LED 路燈而每年損失 18,087,996 元，匪夷所思的是在本研究結論的情況下，台灣電力公司不節省浪費的資源，反而有變相鼓勵公有路燈，以及包燈包力用電的客戶多多用電，然後又提高一般窮苦平民百姓的電價，高喊電力不夠，要蓋第四座核能發電廠，又處理不了核廢料？實在令納稅人感覺到說不出的苦。所以在台灣「油電雙漲」後，環保署長沈世宏說：「台電應負責將各鄉鎮市的路燈更換為節能高效燈泡，因為省下的電力，每年可減少發電燃料成本約新台幣 600 億元，」。他解釋：「台電過去對各鄉鎮市路燈電費只收成本費用，幾乎是虧本補貼各鄉鎮市來點燈，但若改用省電燈泡，就可省下 60%電費，預估台電每年可省下一個發電廠的發電量，也就是可減少外購發電燃料費用 600 多億元」，這樣的情形根本研究的研究結果相同，本研究認為路燈如果更換為 LED 路燈，最大的受益者應該是

台灣電力公司，當然平民百姓也會因為 LED 各方面的效果都更好而因此受益，鄉鎮市公所這些屬於政府機構的公家單位也減少維修費用與稅收的支出，全球也因為節能減碳而受益，所以本研究支持環保署長沈世宏的看法，認為路燈要換成最節能的 LED 路燈應該由台灣電力公司主動來換。

## 第二節 建議

筆者研究路燈在節能減碳運動中可能的方向與其效益分析，需要調查雲林縣內路燈的實際耗電情形與路燈統計數量，以及各種路燈的特性規格，用以分析目前路燈的消耗電力情形，以及將目前能取得的各種不同類型的路燈產品，在電力消耗、環保、安全、壽命、效果等方面的比較，找尋最好的方案提供節能減碳運動的參考，為了求得最精確的比較數據，需要使用精確的路燈規格數量以及路燈電費來分析，雖然各規格數量未能達到百分之百的正確，但是以此資料作為研究並不會影響結果與推論，況且目前 LED 路燈的各種相關技術與規範仍然在進步當中，科技的進步應該是把產品越做越好，而目前使用的路燈燈具特性已然固定，將來若使用更好的 LED 路燈相較之下，對比效果應該是越來越大，等於差別效益越明顯，而對於本研究結論的一致性並無影響，因此以本研究結論之推論情形，以節能減碳為目的，路燈應該越早更換成 LED 路燈越好，不但可避免不必要的能源浪費，亦可減少公帑的浪費，減緩地球暖化，又可使大家都能在夜間享受到路燈的光明，減少恐懼與危險，除了所需經費之外，無發現不更換的理由。

由於路燈是由縣市公所管理，路燈的電費的亦由公所支付，雖然如此，如果為了減少電力能源的浪費，即使台電主動要求更換 LED 路燈，仍然需要鄉鎮市公所同意，因為更換後雙方都有得到好處，因此路燈的節能減碳計畫，將傳統路燈更換為 LED 路燈的經費，應該由台灣電力公司與各鄉鎮市公所共同來負擔較為合理，政府機關經費全數來自國庫與稅收，路燈管理者不必自付盈虧，即使浪

費也比較沒有感覺，至於台電雖然為國營企業，但是仍然有盈虧之壓力，這麼明顯的效益差別實在找不出什麼理由不積極進行更換，是否台電夜間的發電量有過剩而需要消耗掉來達成平衡？對於夜間離峰時間所發出來過多的電力如何來平衡，應由台電的發電與供輸配電系統技術來克服，不應該把設備與技術不足的部分轉價給平民百姓，讓百姓對此浪費資源的行為負責實在不合理。本研究發現如果路燈改成 LED 路燈，目前公有路燈用電計費方式將不合時宜，路燈包燈制用電之計費級距必須調整，不合理的電費收費級距誤差，將會導致路燈管理單位更換更省電的節能燈具的意願，這將會影響到路燈節能減碳的計畫與效果。

本研究在研究過程中受到的最大限制為資料的調查與研究方法，本研究未能參與路燈更換為 LED 路燈的個案計畫，以便能縱向追蹤研究，從個案分析、計畫、實施、到結果檢討評估，以獲得更為正確且即時的資料來做分析、研究、推論、評估甚至檢討，如能實際參與整個個案的研究更可充實本研究的不足，目前有很多的 LED 廠商都有與本研究類似的企劃報告，讀者可在閱讀本研究之同時相互比較，增進對本研究之了解，或以電子工程領域的實驗科學方式進行研究，應可獲得更為精湛的結果。

## 參考文獻

### 一、官方資料

工研院綠能所，《全臺 LED 路燈設置與推動情形》，2012。

行政院研究發展考核委員會，《我國節能減碳政策檢討與規劃》台灣：行政院研究發展考核委員會，2008。

雲林縣環境保護局，《雲林縣 99 年減碳宣導推動計畫期末報告書》，2010。

雲林縣環境保護局，《100 年度雲林縣推廣全民節能減碳運動計畫期末報告書》，2011。

經濟部能源局，《LED 照明節能應用技術手冊》，台灣：財團法人台灣綠色生產力基金會，2012。

經濟部能源局，《照明系統 Q & A 節能技術手冊》，台灣，2008。

### 二、學位論文

林士凱，《辦公室照明燈具與效能研究》，台北：國立台灣科技大學電機工程系碩士論文，2009。

黃彥霖，《LED 照明與傳統燈具對閱讀績效影響之探討》，高雄：義守大學工業與管理學系碩士論文，2011。

### 三、專業雜誌

李至欣、廖慧宜、李翎竹，〈談歐洲離岸風電躉購電價制度〉，《能源報導》，2012 年 7 月，頁 12~15。

林苑卿，〈高功率 LED 廣視角燈泡勢起〉，《新電子雜誌》，315 期，2012 年 6 月，頁 33~35。

林苑卿，〈LED 照明驅動器設計翻新〉，《新電子科技雜誌》，第 315 期，2012 年 6 月，頁 36~38。

林常平、陳貽評，〈家庭電費計價簡介〉，《能源報導》，2012 年 6 月，頁 5~7

馬公勉，〈太陽能發電與碳權交易〉，《能源報導》，2012 年 7 月，頁 4~7。

陳文成，〈LED 路燈節能效益大增〉，《新電子科技雜誌》，第 315 期，2012 年 6 月，頁 45-48。

陳立閔，〈LED 照明開發難度加倍〉，《新電子科技雜誌》，第 315 期，2012 年 6 月，頁 49~52。

陳文樹，〈雲林縣太陽能「光電雞舍」與「光電豬舍」〉，《能源報導》，2012 年 5 月，頁 19~22。

黃得豐，〈歐洲能源稅概述〉，《能源報導》，2012 年 5 月，頁 33-39。

劉秀容，〈新能源政策與減碳目標〉，《能源報導》，2012 年 7 月，頁 8~11。

Brian Johnson/James Lee，〈LED 取代型燈泡壽命更長〉，《新電子科技雜誌》，第 319 期，2012 年 10 月，頁 77-79。

#### 四、網路文獻

王珮華，〈公共建設節能風 LED 路燈報到〉，《自由時報－電子報》，2007 年 6 月 21 日，引自

<http://www.libertytimes.com.tw/2007/new/jun/21/today-e4.htm>

王鴻國，〈沈世宏：節能路燈應由台電來換〉，《大紀元報導》，2012 年 6 月 24 日，引自

<http://tw.news.yahoo.com/%E6%B2%88%E4%B8%96%E5%AE%8F-%E7%AF%80%E8%83%BD%E8%B7%AF%E7%87%88%E6%87%89%E7%94%B1%E5%8F%B0%E9%9B%BB%E4%BE%86%E6%8F%9B-075705726.html>

王運銘，〈政府推動 LED 照明應用示範計畫 成效有目共睹〉，《節約能源區－新聞中心》，2012 年 7 月 11 日，引自

<http://www.energypark.org.tw/news/news/upt.asp?onYear=2012&onMonth=7&onDate=2012/7/11&p0=697>

台灣電力公司，《電價表》，台灣：經濟部，2012 年 12 月 13 日，引自

<http://www.taipower.com.tw/>

台電公司 92~100 年度以法律或行政命令減收項目合計數表，引自

<http://www.taipower.com.tw/upfile/file/92100yeaercommit.pdf>

台灣電力公司全系統發電成本圖片說明，引自

[http://www.taipower.com.tw/content/new\\_info/images/%E5%85%A8%E7%B3%BB%E7%B5%B1%E8%88%87%E6%A0%B8%E8%83%BD%E7%99%BC%E9%9B%BB%E6%88%90%E6%9C%AC%E8%B6%A8%E5%8B%A2%E5%9C%96.txt](http://www.taipower.com.tw/content/new_info/images/%E5%85%A8%E7%B3%BB%E7%B5%B1%E8%88%87%E6%A0%B8%E8%83%BD%E7%99%BC%E9%9B%BB%E6%88%90%E6%9C%AC%E8%B6%A8%E5%8B%A2%E5%9C%96.txt)

李義、吳江泉、廖志晃，〈高市 LED 採購爆弊 兄弟檔官員被搜〉，《中國時報》，2013 年 5 月 25 日，引自

<http://news.chinatimes.com/politics/50207743/112013052500094.html>

呂啓元，〈台電公司購電價格合理化之評析〉，國家政策研究基金會，2012 年 10 月 26 日，引自網址：<http://www.npf.org.tw/post/3/11536>

低碳永續家園資訊網，〈設備節能：節能路燈推廣行動〉，引自

<http://lcss.epa.gov.tw/LcssViewPage/PrjDetail.aspx?actmain=c&gpname=5E27F7D41769D394C9406E330A5FF6C7&id=21&prjname=DBAF67B15E9DCCD649010A7F1C09203DEE14D922D41AB789424CC5B10DC67AEE&area=602081B5DBDB9A7CA908E6FFBAB88D4822C22628B3A4B4EB556FB2FD98D61AB9>

曹逸雯，〈全國交通號誌燈改裝 LED 燈完成 每年可節省用電 2.47 億度〉，《NOWnews 今日新聞網》，2011 年 12 月 16 日，引自

<http://www.nownews.com/2011/12/16/320-2767325.htm#ixzz2XnUTFjjP>

黃立堅，〈照亮回家的路—認識路燈〉，《能源報導》，2002 年 5 月，引自

<http://energymonthly.tier.org.tw/outdatecontent.asp?ReportIssue=200205&Page=14>

黃素琴、鄭名山，〈LED 道路照明產品應用〉，《能源報導》，2011 年 05 月，引自

<http://energymonthly.tier.org.tw/outdatecontent.asp?ReportIssue=201105&Page=8>

黃台中，〈公共建設 廣採 LED 照明〉，《中時電子報》，2011 年 10 月 26 日，引自

<http://tw.news.yahoo.com/%E5%85%AC%E5%85%B1%E5%BB%BA%E8%A8%AD-%E5%BB%A3%E6%8E%A1led%E7%85%A7%E6%98%8E-213000385.html>

電子工程專輯，〈Cree 與新竹市政府簽署 LED 城市計畫合作備忘錄〉，《電子工程專輯》，2011 年 6 月 16 日，引自

[http://www.eettaiwan.com/ART\\_8800644991\\_480702\\_NT\\_4a6c36ef.HTM](http://www.eettaiwan.com/ART_8800644991_480702_NT_4a6c36ef.HTM)

經濟部能源局，〈全台 LED 路燈設置與推動情形〉，2012 年 12 月 24 日，引自

[http://web3.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/news/News.aspx?kind=1&menu\\_id=41&news\\_id=2701](http://web3.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/news/News.aspx?kind=1&menu_id=41&news_id=2701)

經濟部能源局，〈100 年能源供需概況研究報告〉，2013 年 3 月 14 日，引自

[http://web3.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/content/ContentLink.aspx?menu\\_id=378](http://web3.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/content/ContentLink.aspx?menu_id=378)

經濟部能源局，〈「電費折扣獎勵節能措施」及實施成效〉，2013 年 3 月 14 日，引自

[http://web3.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/content/ContentLink.aspx?menu\\_id=378](http://web3.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/content/ContentLink.aspx?menu_id=378)

楊竣傑、陳家倫、邱立雅，〈花蓮 LED 路燈採購弊案〉，《聯合報》，2013 年 3 月 21 日，引自

<http://www.ehlg.gov.tw/post/index-1.asp?m=99&m1=13&m2=37&gp=&sid=&keyword=&id=241>

劉俐珊，〈全台四分之一路燈將改 LED 年省 24 億電費/ 再生能源多元發展

經濟部釋出多項獎勵方案台北報導》，《聯合新聞網》，2012年2月28日，引自 <http://big5.chinanews.com:89/tw/2012/02-28/3702649.shtml>

韓婷婷，〈因應節能減碳，各國從2009年開始陸續停止生產、禁用白熾燈泡，點亮120年的傳統燈泡，即將吹響「熄燈」號，宣告了LED(發光二極體)照明新世代的來臨〉，《中央社》2009年1月29日，引自 <http://tw.myblog.yahoo.com/jw!TevtOfafGRTxSxBPI..w9Ggbhls-/article?mid=251>。

韓青秀，〈Cree與新竹市政府簽署LED城市計畫合作備忘錄〉，《科技商情》，2011年6月16日，引自 [http://www.digitimes.com.tw/tw/dt/n/shwnws.asp?CnId=13&id=0000237378\\_TR44UXY96LKSXG9NNWY72&ct=1](http://www.digitimes.com.tw/tw/dt/n/shwnws.asp?CnId=13&id=0000237378_TR44UXY96LKSXG9NNWY72&ct=1)。

Corrinelin，〈戶外照明換裝潮來臨〉，《LEDinside》，2013年5月3日，引自 <http://www.ledinside.com.tw/outlook/20130503-24616.html>。

DisplaySearch，〈2014年照明取代背光成LED第一大應用〉，《電子工程專輯》，2013年4月23日，引自 [http://www.eettaiwan.com/articleLogin.do?artId=8800684161&fromWhere=/ART\\_8800684161\\_480702\\_NT\\_466dfeb9.HTM&catId=480702&newsType=NT&pageNo=null&encode=466dfeb9](http://www.eettaiwan.com/articleLogin.do?artId=8800684161&fromWhere=/ART_8800684161_480702_NT_466dfeb9.HTM&catId=480702&newsType=NT&pageNo=null&encode=466dfeb9)。

Ivan，〈LED優點及產業分類〉，《LEDinside》，2009年6月23日，引自 <http://www.ledinside.com.tw/knowledge/20090623-10167.html>

Ivan，〈什麼是LED？〉，《LEDinside》，2010年1月8日，引自 <http://www.ledinside.com.tw/knowledge/20100108-27.html>

Ivan，〈改用LED路燈或街燈，預估全球前12大城市可省下85%的能源〉，《LEDinside》，2012年6月，引自 <http://www.ledinside.com.tw/knowledge/20120620-21679.html>

LEDinside，〈電價高昂為歐洲 LED 照明市場營造有利成長條件〉，《電子工程專輯》，2012 年 5 月 30 日，引自

[http://forum.eettaiwan.com/FORUM\\_POST\\_1000039174\\_1200232300\\_0.HTM](http://forum.eettaiwan.com/FORUM_POST_1000039174_1200232300_0.HTM)

Lextar 新聞中心，〈隆達電子發表高演色性、高效率 LED 照明模組產品〉，2012 年 4 月 2 日，引自 <http://www.lextar.com/?sn=58&lang=zh-TW&c=&n=92>

Wikipedia, Proposals of Energy policy of the European Union, the free encyclopedia, 2013/10/5, from

[http://en.wikipedia.org/wiki/Energy\\_policy\\_of\\_the\\_European\\_Union](http://en.wikipedia.org/wiki/Energy_policy_of_the_European_Union)



## 附錄一

### 雲林縣節能減碳推廣活動成效結果

雲林縣為農業縣，在節能減碳計畫與實施現況中，目前在電能上的節約實施，本研究調查，根據執行結果成效報告書，收集些許相關成果，有 99 年度舉辦「雲林縣減碳宣導推動計畫」，100 年度繼續前一活動更名為「雲林縣推廣全民節能減碳運動計畫」，推廣低碳家園活動，鼓勵民眾參與並做電表登錄做為比賽，在推廣活動中有關電能部分統計數據僅有「民眾降低用電約 11% 的降低成效」之敘述，目前雲林縣尚無路燈用電之節能規劃，關於節能減碳推廣活動成效結果，摘要內容揭露如下：

(一) 減碳運動期間至學校辦理【水電錶單兌換宣導品】活動，成功收集電錶 1,820 筆水錶 234 筆，並協助其建檔至 Ecolife 綠網部落格，透過水電錶號填寫，自我檢視該月份用水電量的增減狀態，並配合用水用電統計，粗略分析並進行自我檢核，瞭解參與成員之省電意識。根據計畫執行期間抽樣 50 筆水錶及 50 筆電錶單分析，各月份用水用電情況較去年同時期月份之用電用水度數之差異，得知經該計畫宣導省水節電觀念後，民眾用水用電量有普遍下降之趨勢，其 99 年 12 月至 100 年 02 月期間用電總計共 44318 度，較同時期 98 年 12 月至 99 年 02 月份期間用電總計共 49982 度降低用電量約 11%，用水部分 99 年 12 月份用水總計共 1740 度，較同時期 98 年 12 月份用水總計共 1862 度降低用水量約 7%。

(二) 活動內容中有關節電部分提出以下 5 項指標：

- 1.減少不必要的照明。
- 2.減少不必要的用電，如待機用電。
- 3.使用高能源效率的冰箱、冷氣機。

4.改用省電燈泡、LED 燈。

5.調高冷氣機的溫度或調低暖氣機的溫度，避免過冷或過熱的空調。

一、依推廣計畫在電的節約提出之宣導內容如下：

1.選購高 EER 冷氣機，EER 值愈高，則冷氣機愈省電，一般而言 EER 值每提高 0.1，就可節約 4%冷氣機用電。

2.冷氣溫度設定範圍以 26-28°C 為宜，每二週清洗空氣過濾網一次。

3.冷氣房內配合電風扇使用可使冷氣分佈較為均勻，並可降低電力消耗。

4.下班前三十分鐘可先關掉壓縮機(由冷氣改為送風)，以減少耗電。

5.在東西向開窗處，應裝設百葉窗或窗簾，以減少太陽輻射熱進入室內，降低空調用電量。

6.冷氣區域應與外氣隔離且門窗應緊閉，以免冷氣外洩或熱氣侵入增加空調負荷。

7.連續假日或少數人加班盡量不開中央空調，以免主機低負載、低效率、高成本運轉。

8.冰水及冷氣送風系統加裝變頻器控制空調量，以節約空調耗電。

9.基礎照明應配合照度標準要求，選用適當高效率電子式安定器日光燈具，可較傳統式安定器日光燈具省電 30%以上。

10.採用省電燈型燈管(泡)，較傳統白熾燈省電約 60%以上。

11.天花板及牆壁應儘可能選用反射率較高之乳白色或淺色系列，以增加光線之漫射效果，進而減少所需之燈具數量。

12.走廊及通道等照度需求較低之場所，可設定隔盞開燈或減少燈管數；須高照度的場所，採用一般照明加局部照明方式補強照度。

13.養成隨手關燈之習慣。

14.配合晝光感知器，當太陽光線足夠時，可自動地調降靠窗燈具的亮度或關閉燈具。

15.裝設熱感應開關在會議室沒人時自動關燈，既方便又可減少照明用電。

- 16.定期擦拭燈具、燈管，避免污染物降低燈具之照明效率。
- 17.定期分批更換燈管，可維持應有亮度及節約電能，並可節省燈管更換之人工費用。
- 18.檢討各環境照度是否適當及照明開燈數量是否合理。
- 19.選用符合節能標章之冷氣機、電冰箱、除濕機及乾衣機等家電產品，可節省用電。
- 20.長時間不使用電器設備時應切掉電源，減少待機損失。
- 21.選購具有省電功能之辦公事務機器，通常可在持續 15 分鐘未使用時，自動進入省電狀態。
- 22.定期檢討合理契約容量訂定值，及抑低尖峰用電需量之可行性。

二、在推廣活動執行成果中有關節能設施部分，有些社區公共空間照明所使用的電力，原為臨近住戶提供，後來改裝設小型太陽能後，透過 LED 省電的特性，直接提供公共空間夜間照明使用，並裝設自動開關，天色昏暗時點燈，夜間 12 時即關閉，有幾個示範點成果記錄如下：

1.數位生活館（位於雲林縣林內鄉林北村）

於 97 年設置太陽能光電板 10 瓦，裝設省電燈泡 23W\*3 顆 \*7 小時 \*30 天 = 14,490W = 14.5 度電(每月)

LED 燈泡 2.8W\*5 顆 \*7 小時 \*30 天 = 2,940W = 2.9 度電(每月)

年減少 CO<sub>2</sub>：(14.5-2.9)\*0.638Kg\*12 月=89 Kg

2.練仙台照明（位於雲林縣林內鄉林北村）

於 97 年設置太陽能光電板 10 瓦，省電燈泡 23W\*5 顆 \*7 小時 \*30 天 = 24,150W = 24.2 度電(每月)

LED 燈泡 2.8W\*5 顆 \*7 小時 \*30 天 = 2,940W = 2.9 度電(每月)

年減少 CO<sub>2</sub>：(24.2-2.9)\*0.638Kg\*12 月 =163 Kg

### 3.六支菸寮（位於雲林縣林內鄉林北村）

於 98 年設置太陽能光電板 10 瓦，省電燈泡 23W\*2 顆 \*7 小時 \*30 天 = 9,660W =9.6 度電(每月)

LED 燈泡 2.8W\*5 顆 \*7 小時 \*30 天 = 2,940W = 2.9 度電(每月)

年減少 CO<sub>2</sub>： (9.6-2.9)\*0.638Kg\*12 月=51 Kg

### 4.御香園（位於雲林縣林內鄉林北村）

於 100 年設置太陽能光電板 100 瓦，預計將 T8 燈改爲 LED 燈預計 13 組。

本研究綜合調查資料結果顯示，目前雲林縣尚無有關路燈之節能規畫，但有部分鄉鎮有自行裝設試驗性的採用節能 LED 路燈，雲林縣節能減碳運動主要實施的節能部分活動比例幾乎很少，但在節省水資源以及減碳生活方面有較多的活動，電力能源的節省只有配合台電的節電比賽統計數據；而在能源局的太陽能發電補助措施下，雲林縣政府自數年前擬定縣內畜牧業能夠推展綠能與環保並行共進的經營策略，目前在雲林縣二崙鄉有在雞舍屋頂裝置太陽能電板 66.67 平方公尺每年可發電 12 萬度；在東勢鄉有光電豬舍發電容量爲 1000 千瓦，每年輸出電力逾 130 萬度。

## 附錄二

### 雲林縣節能減碳運動之投入現況

本研究根據雲林縣環保局揭露之雲林縣節能減碳運動計畫成果報告書，追朔至民國 99 年有「雲林縣減碳宣導推動計畫」活動，100 年有「雲林縣推廣全民節能減碳運動計畫」，依推動計畫成果報告書之規劃，摘要分別敘述如下：

#### (三) 99 年減碳宣導推動計畫期末報告基本摘要內容

計畫名稱：99 年雲林縣減碳宣導推動計畫

期程：99 年 10 月 22 日至 100 年 04 月 21 日止

經費：新台幣參佰零貳萬元整

內容摘要：

此計畫著重宣導民眾重視全球暖化問題，由民眾響應節能減碳行動，藉由舉辦 21 場校園低碳飲食宣導活動及 3 場次民眾登錄綠網參加節能減碳日誌活動，並協助雲林縣內一級單位及鄉鎮村里辦公室維護更新綠網部落格，透過各項作業之辦理喚起民眾對此議題之注意，並希望將此議題轉化為實際的行動，以使其更加生活化，深植其影響力。

各項執行內容條列如下：

1. 雲林縣轄內綠網部落格節能減碳資訊維護管理與更新，含縣內一級單位、各鄉鎮市公所及 40 個村里部落格。
2. 推動民眾用電用水自我管理，至少新增電錶登錄 3,000 筆及至少新增水錶登錄 2,000 筆。
3. 推廣低碳生活，辦理乙場次低碳飲食博覽會，進行校園低碳飲食宣導 20 場次，並製作電台廣播帶及電視廣告帶，各進行播放達 400 檔次及 1,000 檔次。
4. 辦理全民節能減碳推廣運動，動辦理方式以自行車減碳宣導活動為主。
5. 製作節能減碳宣導品 5,000 份；海報 400 份；布條 30 條。

6. 辦理綠網登錄參與節能減碳活動日誌說明活動，全縣至少辦理 3 場次，參與人次達 400 人以上。
7. 辦理雲林縣節能減碳成果相關形象媒體製作。
8. 推動參與環保署節能減碳行動標章徵選活動，達成至少 2 家通過行政院環境保護署審核。
9. 協助規劃至少 10 處看板、電子牆、跑馬燈等醒目處投放節能減碳重要指標。
10. 節能減碳媒體新聞稿採寫宣導，平面媒體達 5 則以上，網路媒體刊登達 20 則以上。

#### (四) 100 年度推廣全民節能減碳運動計畫期末報告內容摘要

計畫名稱：100 年度雲林縣推廣全民節能減碳運動計畫

期程：100 年 09 月 01 日至 100 年 11 月 30 日止

經費：新台幣貳拾玖萬玖仟元整

主要執行工作內容條列如下：

1. 辦理雲林縣內村里宣導會 4 場次，說明會每場參與人數至少 30 人，且協助縣民上網更新部落格資訊、簽署節能減碳無悔措施、登錄水電表號。
2. 依照環保署 100 年度節能減碳行動標章徵選活動方式，已輔導本縣轄內林內鄉林北社區發展協會提出申請參與評審作業。

計畫目標：

本計畫執行預達成目標依合約內容共有以下 4 點：

1. 因應行政院環境保護署年度推動政策，向鄉鎮市公所、村里等宣導活動辦理方式與相關規定，協助本縣落實並參與節能減碳活動，進而達到全民節能減碳的目的。
2. 鼓勵本縣縣民上網更新部落格資訊、簽署節能減碳無悔措施、登錄電錶號、辦理節能減碳宣導相關活動，並透過綠網登錄參與相關節能減碳活動。
3. 推動縣內民間團體踴躍參與環保署節能減碳行動標章徵選活動，提昇民間團體綠網參與度。

4. 全民了解國家減碳目標並養成日常生活節能減碳之習慣。

執行工作內容：

1. 辦理本縣村里宣導說明會 10 場次，鼓勵本縣縣民上網更新部落格資訊、簽署節能減碳無悔措施、登錄水電表號、辦理節能減碳宣導相關活動。上述說明會每場參與人數至少 30 人，並於會議提供便當(或餐點)及茶水。
2. 提供諮詢服務，協助解答鄉鎮市公所、村里綠網使用及活動辦理相關問題。
3. 依照環保署 100 年度節能減碳行動標章徵選活動方式，輔導本縣轄內民間團體至少 1 個提出申請參與評審作業。
4. 協助申辦本縣轄內鄉鎮市區、村里補助作業，共計補助 6 個鄉鎮市區及 368 個村里，並彙整轄內補助各鄉鎮市區、村里執行節能減碳宣導工作成果。

