

臺灣 LED 交通號誌燈節能應用分析

The Analysis of Energy-saving Application in LED Traffic Lights of Taiwan

鄭名山¹、李麗玲²、李清然、陳世溥、黃素琴、郭玉萍、楊明儒、楊可歆³、吳孟勳
Ming-Shan Jeng, Li-Ling Lee, Ching-Ran Lee, Shih-Pu Chen, Su-Chin Huang, Yu-Ping Kuo,
Ming-Ru Yang, Ko-hsin Yang, Meng-Hsun Wu

財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所
Industrial Technology Research Institute
Green Energy and Environment Research Laboratories

¹E-mail: msjeng@itri.org.tw

²E-mail: L.L.Lee@itri.org.tw

³E-mail: yangkohsin@itri.org.tw

摘要

近年全球暖化現象使能源議題備受關注，在資源逐漸枯竭的環境條件下，節約能源的研究具有非常重要的現實意義。照明用電量占我國總用電量約 13.5%，是相當大的比重，我國政府制定節能政策時，考量全臺環境、國家標準與廠商能量，採漸進式的策略，規劃由戶外照明至室內照明的汰換計畫據以執行且已收成效，本文即是以經濟部能源局推動 LED 交通號誌燈汰換計畫作為討論主軸，針對汰換計畫中降低能源需求與提高能源利用效率的策略，進行節能減碳成效分析。

關鍵字詞：LED、LED 交通號誌燈、節能減碳、能源效率

Abstract

In recent years, the energy issue has been widely noticed. Human beings start being suffering by calamities due to Greenhouse and Global Warming effect. Under the circumstance of the gradual depletion of resources, we do not have excess resources can be wasted; the research of how to save energy and improve energy efficiency has very important realistic meaning. Traffic lights stand in every corner of every street, and it's closely related to everyone. With the improvement of technology research and development, the use of energy-saving products to reduce the power consumption becomes a viable approach. High-efficiency LED traffic light is the best choice to replace traditional incandescent signal light. The paper shows how "LED Traffic Lights Energy-saving Project" become a model of energy saving. In addition, the corresponding recommendations are suggested when the time to execute these kinds of replacement projects in view of how to raise the energy efficiency.

Keywords: LED, LED traffic light, Energy saving, Carbon reduction, Energy efficiency

1. 前言

速推展能源技術服務業落實節能減碳」[1]一文，內容提及世界各國若即時開始推廣提高能效的措施，未來 15 年全球能源消耗量至少可以減少 50%。參與研究的杜克能源公司總裁羅格也提出新的論述：“提高能效”將繼煤炭、天然氣、核能和再生燃料之後，成為第 5 種“發電燃料”。這第 5 種發電燃料的概念是以“能源生產力”為基礎，而所謂的能源生產力，是指單位能源使用後所創造出來的新價值，其價值越高，就代表能源使用效率越高。

專家學者認為能源生產力的說法，其實更能有效地表現“降低能源需求”與“提高能源效率”之間的平衡，至於如何有效提高能源生產力，則須透過節能技術的改善與提高能效的政策推動等方式，逐步地達到能源需求增長率趨緩的目標。

相較於傳統光源，LED 具有省電、輕巧、壽命長、驅動電壓低、耐震性佳等眾多優點，將其應用於長時照明，取代耗能燈源，如白熾燈、鹵素燈及水銀燈等，正是提高能源生產力的最佳表現，亦為節能政策推動的核心主軸。

2. 主要內容

我國國家節能減碳目標是自 97 年起，未來 8 年每年提高能源效率 2% 以上，使能源密集度於 2015 年較 2005 年下降 20% 以上；藉由技術突破及配套措施，讓 2025 年較 2005 年再下降 50% 以上。目前照明用電約占我國總用電量的 13.5%，已成為重點節能項目之一，行政院於 98 年 4 月通過「綠色能源產業旭升方案」[2]，將 PV 及 LED 列為重點推動產業，同年 11 月頒布施行綠能產業旭升方案行動計畫，透過技術突圍、關鍵投資、環境塑造、擴大內需及出口轉進 5 大策略，引領臺灣產業朝向低碳化及高值化發展，期能使臺灣發展成為能源技術及生產大國[3]。

經濟部能源局本於此目標，在推動節能設備產業發展與促進投資策略下，規劃以公共建設率先推廣普及應用，選定單一設施進行全面汰換，擴大內需並帶動產業投資，在促進國內 LED 照

永續產業發展雙月刊於 2009 年發表了『加明產業發展的同時也落實能源節約，其節約效益肯定了“降低能源需求”與“提高能源效率”的成果，更進一步驗證了國內 LED 照明節能技術的精進與政策制定方向的正確性。

「LED 交通號誌燈節能專案計畫」的前身是 92 年「LED 交通號誌燈節能示範計畫」[4]，資料顯示 92 年示範計畫共換裝 13.2 萬盞號誌燈，實測 LED 號誌燈換裝白熾燈號誌燈的結果，其節能率可達 85% 以上，年省約 0.5 億度電，以當時參與的 6 市政府決標金額與台電公司 94 年 4 月新修訂之路口包燈制計費方式估算（每路口每月最高收費 435 元；或每路口最大耗用電力以 1.2 元/瓦計），計畫投資回收年限約 4 年，基於上述背景，工業技術研究院研究團隊續協助能源局研擬「LED 交通號誌燈節能專案計畫」[5]，採購符合國家標準的交通號誌燈，於 3 年間將全國交通號誌燈全部更新為 LED 號誌燈，此一規劃得確保產品品質並兼顧後續維護等全面考量，亦符合國家節能減碳政策方向。

與傳統白熾燈泡相比，LED 交通號誌燈具有四大優點：

- (1) 壽命長 5 倍以上，減少維修成本，且 LED 不含汞，更環保。
- (2) 用電量僅約為白熾燈十分之一，節能效益高。
- (3) LED 交通號誌燈顏色純正，且輝度、聚光指向等特性遠優於白熾燈，可大幅改善在西曬及雨霧等天候中駕駛人之辨視度，提高行車安全。
- (4) LED 機械強度高，耐碰撞及耐強震，可靠性佳。

依民國 96 年 8 月各縣市政府統計資料顯示，我國交通號誌燈總數約為 69.67 萬盞，其中已有 35.32 萬盞（50.7%）為 LED 號誌燈，尚有 34.35 萬盞（49.3%）待汰換，其中省道所轄交通號誌燈由交通部編列預算辦理汰換，餘 24.34 萬盞交通號誌燈，列屬於本項計畫之汰換範圍，行

車號誌燈約 23.26 萬盞，行人號誌燈約 1.08 萬盞，計畫設定目標如下：

- (1) 全面更換國內交通號誌燈，節約公共設備用電。
- (2) 提升號誌系統可靠度及用路安全性。
- (3) 建立臺灣 LED 交通號誌科技化形象。
- (4) 促進 LED 號誌燈產業發展。

從今日來看，研究團隊早在 10 年前便針對傳統白熾燈號誌燈的耗能情形進行評估，自 92 年示範計畫的推行至 97 年規劃的全面換裝計畫，全面汰換目標雖明確，然而研究團隊評估一般塑膠燈箱使用壽命約為 3 年，最終採用舊品優先更換的作法，設定計畫開始實施後 3 年始完成白熾燈號誌燈全面更換作業，藉以控管不致發生未達使用年限即提前報廢的情形，另規範取而代之的 LED 交通號誌燈須至少保固 3 年以上，使汰換計畫得以在完成後發揮最大效益。

由換裝計畫的推動方式可以得知，即便是已經發展成熟的產品，仍需要導入時間，而政府機關規劃辦理相關計畫時，亦需要配合國家標準的制定，考量廠商在技術面上的研發實力與量產能力是否足以乘載此類全面汰換的大型公共建設計畫，在在都是計畫順當執行的重要指標。

以 LED 交通號誌燈節能應用分析的角度來說，若大膽以交通號誌燈作為能源生產力的評量單位，傳統白熾燈號誌燈為 LED 交通號誌燈取代後，其創造出來的新價值包含：提高能效、降低能源耗損、提升用路人行車安全、減少廢棄白熾燈泡所造成的環境污染等，於此同時產業因之發展茁壯，社會增加就業機會，使確實達到產業活絡的目標，此一計畫的施行成效正如同 LED 本身特性，耗電量低但辨識度高，「LED 交通號誌燈節能專案計畫」成為此類節能汰換計畫的成功案例。

3. 結果與討論

為確保計畫執行順當，績效目標達成，除全國交通號誌燈須全數汰換之外，針對節電量、減

碳量與節約費用部分，均設定量化評估基準，俾利績效追蹤評量。

3.1 節電量評估基準：

依每年度最後實際完成換裝量統計，作為目標達成基準（如表 1）。

表 1 LED 交通號誌燈節電量計算表

項目	燈號		行人交通號誌燈	
	白熾燈	LED燈	白熾燈	LED燈
平均消耗功率(W)	135	12	75	7
每盞燈年點燈時數	365天×24時/天/3=2,920小時		365天×24時/天/2=4,380小時	
安裝數量(盞)	232,649		10,755	
節能量(度)	0.836		0.032	
含省道及直轄市安裝數量(盞)	331,508		11,988	
含省道及直轄市節能量(度)	1.191		0.036	

3.2 減碳量計算基準：

依據經濟部能源局公告 99 年度電力排放係數（每度電排放的二氧化碳： $\text{CO}_2/\text{度}$ ）0.612 公斤[6]計算，以每年度最後實際完成換裝量及其節電量計算減碳效益，作為目標達成基準。

3.3 節約費用計算：

節約費用分為節約維修費用與節約電費兩大部分計算，兩大費用皆以最後實際完成換裝量統計。

(1) 節約維修費用評估基準考量燈箱使用情形與年限，傳統白熾燈號誌燈之燈箱一般是採用塑膠燈箱，若使用 LED 交通號誌燈，其燈箱一般搭配使用鋁合金燈箱。塑膠燈箱因長期受風吹日曬等氣候影響，一般使用壽命約 3 年左右即出現劣化情形，在任何維修更換的情形下都會加速燈箱碎裂而需全部汰換，以一般塑膠燈箱使用壽命約 3 年之情形下，本計畫規劃 3 年完成全面換裝工作，既可避免使用年限未屆滿之浪費，加計保固 3 年所節約之維修費用甚為可觀。

(2) 節約電費計算基準依據臺灣電力公司公佈之交通號誌燈收費方式計算之。

3.4 非量化效益：

非量化效益以民眾使用滿意度及道路安全提升成效評量之。

4. 結論

本計畫自 98 年起實施以降，至 100 年 9 月 30 日，全國公路及市區道路系統已 100% 使用 LED 交通號誌燈，LED 交通號誌燈每盞耗電量僅 12 瓦，相較於傳統交通號誌燈耗電 135 瓦，其節能比例高達 85% 以上，以全國 69.67 萬 LED 交通號誌燈計算節能效益，每年可節省 2.47 億度電，相當於 67,708 個家庭用電量；並減少二氧化碳排放共 15.12 萬噸，相當於 389 座大安森林公園吸收量。

LED 交通號誌燈壽命長，搭配鋁合金燈箱，可延長燈箱使用壽命，減少維護頻率，在至少保固 3 年的條件下，以傳統白熾燈交通號誌燈平均每盞每年編列的維修費 333 元計算，每年可節省的號誌燈維修費用共計新臺幣 1.14 億元（如表 2）。

表 2 節省維修費用估算

光源類型	白熾燈	LED 燈
每年需編列維修費(元)	333	0
總安裝數量(盞)	343,496	
每年節省維修費(元)	(333-0)×343,496=114,384,168	

電費節約部分，由於交通號誌燈為公共設施用電，故台電採包燈電價收費，因 LED 交通號誌燈較傳統號誌燈省電 85% 以上，且其收費方式係以每路口最大使用瓦數計算，每一路口之電價（以標準路口計算約 131 元）較傳統白熾燈號誌燈以路口計費之電價（每一路口約 490 元）相比，可節省 73% 之電費。特別值得注意的是，依據白熾燈號誌燈每月每路口 490 元之計費方式，可估算出每度電約為 1.1 元（表 3），然而此一數據遠低於台電發電成本 1.67 元（單位：度電），事實

上已不能忠實反應發電成本，且近年來電價計費方式逐次調漲，是以計算成本效益時，與路口計費方式的電價進行比較並無意義，而應該回歸與一般電價進行比較，約為第 5 年可回收，即便是以發電成本相較，亦可於第 6 年回收（表 4、表 5），減少地方政府的財政負擔。

表 3 以路口計費方式之省電效益估算

白熾燈號誌燈每路口每月 435 元，以一個路口 4 顆 135W 燈泡計算：

每年耗電量=135×4×24×365÷1000=4730 度

平均電費=(435×12)÷4730=1.1 元/度

燈號 項目	行車交通號誌燈		行人交通號誌燈	
	白熾燈	LED 燈	白熾燈	LED 燈
平均消耗功率(W)	135	12	75	7
總安裝數量(盞)	331,508		11,988	
每盞燈年點燈時數	2,920 小時		4,380 小時	
每年耗電量(度/年)	1.31	0.12	0.04	0.004
電費計費方式(元/度)	1.1	1.2	1.1	1.2
每年電費(億元/年)	1.441	0.144	0.044	0.005
年省電費(億元/年)	1.34			

表 4 計畫五年本益比

效益計算基準	年省電費 (億元/年)	省維護費 (億元/年)	投資金額 (億元)	五年 益本比
平均電價(2.5元/度)	3.08	1.14	18.537	1.14
發電成本(1.67元/度)	2.05			0.86
路口計費(1.2元/度)	1.34			0.67

表 5 第六年後之年本益比

效益計算基準	年省電費 (億元/年)	省維護費 (億元/年)	更新費用 (億元/年)	年益本比
平均電價(2.5元/度)	3.08	1.14	2.03 (附表4)	2.08
發電成本(1.67元/度)	2.05			1.57
路口計費(1.2元/度)	1.34			1.22

傳統白熾燈號誌燈在部分元件損壞、西曬、陽光直射及雨霧等情況下，其燈號辨識度大幅降低，容易影響駕駛人的判斷力與行車安全；LED 號誌燈因其燈色清晰、明亮且光學指向性強，辨識距離比白熾燈號誌燈長，加之之穿透性強，可有效改善西曬、目眩及豪大雨、霧時的號誌辨識度，確實提升用路人與

行車安全性，大幅改善上述情況。

除此之外，LED 號誌燈的故障率低，即便號誌燈內部分 LED 損壞，LED 不亮之數量在不過燈面總數量的 10%以內，仍不影響用路人判讀號誌，亦提供維修單位較充裕的時間備料整修，維持路口交通秩序順暢。

白熾燈號誌燈因為含汞，在報廢時若處理不當容易造成環境污染，此一全面換裝顯示我國致力於節能與環保的永續規劃與推動決心，而行人倒數計時顯示器（小綠人） [7]更成功地為我國 LED 交通號誌燈建立國際知名度，小綠人搭配倒數計秒功能使行人能夠輕易地判斷通過時間，減少穿越路口之安全顧慮，創造了更友善的道路環境，在生活中也增添了小小趣味，全面換裝後，我國成為全球第二個公路及市區道路系統全面使用 LED 交通號誌燈國家。

本項計畫投注資金直接產生 13.208 億元產業效益，計畫辦理後產生的經濟規模配合國家標準修訂與計畫保固條款，使號誌燈產品品質獲得全面提升，不再因為削價競爭或低價策略而使產品品質受到影響，號誌燈產品生命週期由導入期進入成長期，燈具生產成本下降為國內業者帶來更大的利潤空間，透過汰換計畫廠商亦獲得建置實績，成為拓展國際市場的良好基礎，大幅提升我國相關產業的競爭實力。

本計畫之成功推動不但完成計畫初始設定目標，形塑臺灣成為全球 LED 交通號誌燈的展示國，顯示我國經濟實力與科技進步，並落實節約能源政策，收節能實質效益，提高行車及行人安全，並藉由全國換裝促進內需，帶動產業投資，展現我國 LED 照明光電產業的實力，增進國際市場競爭優勢，創造政府及產業共榮景象，營造我國注重節能環保之國際形象。

5. 誌謝

本研究由財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所研究團隊規劃、統籌辦理之，在經濟部能源局的大力支持與推廣下，計畫始能順利進行，特此致上感謝之意。

6. 參考文獻

1. 李龍堯，『加速推展能源技術服務業落實節能減碳』，永續產業發展雙月刊，第 45 期，第 68~75 頁，2009。
2. 行政院經濟建設委員會，綠色能源旭昇方案（<http://www.cepd.gov.tw/m1.aspx?sNo=0012523>）
3. 行政院經濟建設委員會，促進產業發展，我國產業發展及政策，六大新興產業，綠色能源（<http://www.cepd.gov.tw/m1.aspx?sNo=0013928>）
4. 經濟部能源局，舊期刊物，2004 年 06 月能源報導—封面故事—交通安全的新法寶—LED 號誌與太陽能標記（<http://energymonthly.tier.org.tw/outdatecontent.asp?ReportIssue=200406&Page=5>）
5. 經濟部能源局，能源法規，節約能源，LED 交通號誌燈節能專案計畫補助作業要點（http://web3.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/content/Content.aspx?menu_id=1062）
6. 經濟部能源局，宣導推廣，溫室氣體，100 年我國電力排放係數，歷年電力排放係數（http://web3.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/content/SubMenu.aspx?menu_id=114）
7. 維基百科，行人倒數計時顯示器（<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%A1%8C%E4%BA%BA%E5%80%92%E6%95%B8%E8%A8%88%E6%99%82%E9%A1%AF%E7%A4%BA%E5%99%A8>）