

LED 室外照明之現況調查與性能實驗研究



內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 97 年 12 月

LED 室外照明之現況調查與性能實驗研究

委託者：國立台北科技大學

研究主持人：陳瑞鈴組長

協同主持人：周鼎金教授

研究員：陳鼎周 陳紹興

研究助理：周宜靜

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 97 年 12 月

ARCHITECTURE AND BUILDING RESEARCH
INSTITUTE
MINISTRY OF THE INTERIOR
RESEARCH PROJECT REPORT

**A Study of Investigation and Performance Experiment
of LED Luminaries for Outdoor**



BY
CHEN, Ruei- Ling
CHOU, Ding-Chin
December, 2008

目次

表次	III
圖次	VII
摘要	XI
第一章 緒論	1
第一節 研究動機與目的	1
第二節 研究方法與流程	2
第三節 工作項目與具體成果	4
第四節 執行進度	5
第二章 相關文獻蒐集與整理	7
第一節 LED 相關理論	7
第二節 相關檢驗標準	13
第三節 LED 戶外照明之相關資料	23
第三章 案例調查與分析	61
第一節 LED 路燈案例調查與分析	61
第二節 建築景觀照明案例調查與分析	81
第四章 實驗室測試與分析	95
第一節 實驗室測試說明	95
第二節 測試內容與分析	98

第三節	LED 路燈應用比較之電腦模擬與分析	•111
第五章	結論與建議	• 113
第一節	結論	• 113
第二節	建議	• 113
附錄一	期初簡報記錄及處理情形	• 115
附錄二	期中簡報記錄及處理情形	• 119
附錄三	期末簡報記錄及處理情形	• 123
附錄四	第一次座談會議記錄	• 129
附錄五	第二次座談會議記錄	• 133
參考書目		• 137

表次

表 2-1	人工光源發光方式	8
表 2-2	LED 特性與相關產品思考方向	9
表 2-3	常見光源之特性比較	10
表 2-4	白光 LED 燈具與傳統日光燈具、水銀燈具及 T5 燈具比較	10
表 2-5	制定 LED 標準之組織	14
表 2-6	CIE LED 照明相關之技術委員會	15
表 2-7	日本 LED 使用標準及引用之規範	16
表 2-8	台灣 LED 標準制定時程	19
表 2-9	色溫分級	21
表 2-10	市區平均道路照度	23
表 2-11	巷道平均照度	23
表 2-12	人行平均道照度	24
表 2-13	明暗均勻度	24
表 2-14	各區域照度	24
表 2-15	照明環境之建議照明基準	25
表 2-16	燈具之型式	26
表 2-17	維護係數	28

表 2-18	路燈燈桿高度與桿距間隔關係	29
表 2-19	各種路燈光源比較	32
表 2-20	市區平均照度標準	33
表 2-21	陽傑科技戶外 LED 路燈產品種類規格	36
表 2-22	戶外 LED 路燈外觀及配光曲線	36
表 2-23	陽傑科技 LED 路燈安裝高度之中心最大照度	36
表 2-24	鑫源盛科技戶外 LED 路燈產品種類規格	37
表 2-25	鑫源盛科技戶外 LED 路燈外觀及配光曲線	38
表 2-26	鑫源盛科技 LED 路燈安裝高度之中心最大照度	38
表 2-27	佰鴻工業戶外 LED 路燈產品種類規格	39
表 2-28	佰鴻工業戶外 LED 路燈外觀及配光曲線	39
表 2-29	佰鴻工業 LED 路燈安裝高度之中心最大照度	40
表 2-30	中盟光電戶外 LED 路燈產品種類規格	41
表 2-31	中盟光電戶外 LED 路燈外觀及配光曲線	41
表 2-32	中盟光電 LED 路燈安裝高度之中心最大照度	41
表 2-33	沛鑫半導體戶外 LED 路燈產品種類規格	41
表 2-34	沛鑫半導體戶外 LED 路燈外觀及配光曲線	42
表 2-35	照明設施設計建議表	44
表 2-36	景觀照明用光源特性	47

表 2-37 景觀照明燈具用途分類	48
表 2-38 依高度分類	49
表 3-1 案例實測結果統計	73
表 3-2 案例前後二次實測結果統計	75
表 3-3 LED 路燈與高壓鈉路燈實測結果統計	78
表 3-4 各種路燈光源比較	79
表 4-1 光譜分析實驗用燈具一覽表	104
表 4-2 各種 LED 燈具進行光譜分析情形	105
表 4-3 LED 路燈、直管燈 CIE 色座標圖	107
表 4-4 LED 條型投光燈其分別在紅、綠、藍及白光模式之 CIE 色座標圖	109
表 4-5 光衰衰減百分比表	110
表 4-6 高壓鈉燈、LED 和水銀燈之光源比較表	111



圖次

圖 2-1	LED 發光原理圖	7
圖 2-2	大陸 LED 相關標準圖	17
圖 2-3	台灣 LED 標準制訂流程圖	18
圖 2-4	單側排列	27
圖 2-5	雙側交錯排列	27
圖 2-6	雙側相對排列	27
圖 2-7	中央分隔帶排列	27
圖 2-8	台灣地區路燈市場規模圖	31
圖 2-9	台灣地區 LED 路燈滲透率預估	34
圖 2-10	幕牆燈應用例	56
圖 2-11	幕牆燈應用例	56
圖 2-12	幕牆燈應用例	56
圖 3-1	照度測點位置及範圍	65
圖 3-2	中國科技大學 LED 路燈	67
圖 3-3	中國科技大學實測現場	67
圖 3-4	中國科技大學夜間點燈實況	67
圖 3-5	中國科技大學夜間實測現場	67
圖 3-6	政治大學 LED 路燈實測現場	68

圖 3-7	台灣大學 LED 路燈實測現場	69
圖 3-8	交通大學實測現場	70
圖 3-9	交通大學夜間實測現場	70
圖 3-10	中和市公所實測現場	72
圖 3-11	實測現場	76
圖 3-12	高壓鈉路燈	76
圖 3-13	夜間實測現場	76
圖 3-14	實測現場	77
圖 3-15	高壓鈉路燈	77
圖 3-16	夜間實測現場	77
圖 3-17	Conсорci Forum	83
圖 3-18	Conсорci Forum	83
圖 3-19	Conсорci Forum 夜間照明	84
圖 3-20	測量位置示意圖	84
圖 4-1	配光曲線實驗室空間與儀器設備配置示意圖	95
圖 4-2	燈具配光曲線測定儀	96
圖 4-3	光源量測用電源供應器設備	96
圖 4-4	配光曲線系統之全光通量計算示意圖	97
圖 4-5	配光曲線圖	98

圖 4-6 直射水平面照度 98

圖 4-7 實驗照片 98

圖 4-8 實驗照片 98

圖 4-9 配光曲線圖 99

圖 4-10 直射水平面照度 99

圖 4-11 實驗照片 99

圖 4-12 實驗照片 99

圖 4-13 配光曲線圖 100

圖 4-14 直射水平面照度 100

圖 4-15 實驗照片 100

圖 4-16 實驗照片 100

圖 4-17 配光曲線圖 101

圖 4-18 直射水平面照度 101

圖 4-19 實驗照片 101

圖 4-20 實驗照片 101

圖 4-21 配光曲線圖 102

圖 4-22 直射水平面照度 102

圖 4-23 實驗照片 102

圖 4-24 實驗照片 102

圖 4-25	配光曲線圖	103
圖 4-26	直射水平面照度	103
圖 4-27	實驗照片	103
圖 4-28	實驗照片	103
圖 4-29	光譜分析儀	104
圖 4-30	LED 路燈光譜能量分布圖	106
圖 4-31	LED 直管燈光譜能量分布圖	107
圖 4-32	LED 條型投光燈分別在紅、綠、藍光模式時組合之光譜能量分布圖	107
圖 4-33	LED 條型投光燈在白光模式時之光譜能量分布圖	108

摘要

關鍵詞：LED 照明、戶外路燈、建築景觀照明

發光二極體(LED)是目前熱門又引人注目之光源，在節能與環保之趨勢下，LED 成為未來照明應用之重要之光源，也是政府政策推動之重要產業。

由於 LED 之省電與模式變化等特性，目前應用於戶外路燈、建築景觀照明之實例漸漸增多，國內相關產業與設計單位，對於 LED 燈具應用於室外照明之技術需求也日益迫切。但是目前對於國內 LED 燈具應用於室外照明之功效，包括照度、輝度、發光效率、光衰等性能，尤其節能之效益究竟如何，並未有相關調查資料可供規劃與研發之參考。另外，對於使用於室外照明之 LED 燈具，其光學性能如何？一般廠商資料尚付之闕如，因此不利於 LED 照明之應用。

由於目前國內對於 LED 照明尚未建立量測標準與規範，本計畫蒐集國內外相關資料，瞭解目前國外已經建立或國內研擬中之規範，藉由本所性能實驗中心照明實驗室之已經建置之儀器，測量並分析 LED 燈具之性能，一方面檢討分析 LED 燈具之性能，一方面能作為本所後續進行 LED 燈具性能檢測業務之準備。

本研究重點列舉如下：

1. 收集國內外LED照明之研發現況與相關檢測標準。
2. 實際選定相關案例，調查與分析LED室外照明之現況與性能。
3. 選樣測量LED室外照明燈具之配光曲線、發光效率等光學性能。

ABSTRACT

keywords : LED lighting, road lighting, landscape lighting

Currently, light emitting diode (LED) is a hot and noticeable light source. In a tendency of energy saving and environment protection, LED will be an important light source for lighting application in the future, so it became an important industry for the government promotion policy.

LED lighting has characteristics of energy saving and rapid response, so there are some cases in road lighting and landscape lighting that used LED lighting. The technological guidance of LED lighting for outdoors lighting is an urgent demand. But it is short of the performance of LED lighting that used at outdoor lighting, such as illuminance, luminance, lighting efficiency, and light loss, especially concern with the benefit of energy saving that could provide a reference for lighting design and development.

Due to the LED lighting measurement standards are under planning, so this project to collect relative reference and measurement codes first, then to test LED lighting performance by lighting laboratory equipment at ABRI building performance experiment group. This purpose is aim to analyze the performance of LED lighting and prepare to set up the measurement procedures of LED lighting performance.

Research contents include:

- 1.To collect LED lighting correlation data and measurement standards.
- 2.To investigate and analyze LED outdoor lighting environment at present.
- 3.To test the prototype LED lighting luminaires performance for lighting distribution and lighting efficiency.

第一章 緒論

第一節 研究動機與目的

一般建築物之耗能，照明約佔 30%，因此照明節能在節能推動中為重要項目。由於 LED 的使用壽命長、低功率及耗電量低，因此 LED 照明的發展已逐漸成為全球追逐的潮流，成為新一代受到矚目的照明光源。

在國際環保節能減碳之趨勢下，LED 照明之研發，是歐美等先進國家之重要政策，並將 LED 列為未來之照明主流，有鑑於此，而本所人工光及自然光實驗室已建置完成，期望能開始參與 LED 之研究，能提供研究檢測與應用性成果。

目前 LED 應用於室內照明之相關技術與產品尚未成熟與普及，目前主要以建築景觀照明與路燈為主。例如，日本愛知博覽會之長久手日本館，原設計之建築景觀照明手法以 35.40kw (400w×47+200w×83) 之燈具來呈現，改採用 LED 之建築景觀照明手法，降低至 6.33kw (620 個 LED) 省電 82%¹。至於道路照明，在台大校園裝設 LED 路燈，以獲得相同地面照度，原採用 250w 高壓鈉燈，採用 LED 預估 2007 年可以省電 71%²。因此，可以知道 LED 應用於建築景觀照明與路燈具有節能之效益。

因此本年度計畫，針對戶外照明之建築景觀照明與路燈之應用，進行研究。目前國內有關 LED 之研究計畫，主要針對光源之封裝與散熱等為主，經濟部能源局委託工研院³，進行低眩光之 LED 燈具開發，並進行 LED 之應用示範計畫。總體而言，LED 因為是新興之光源，有關研究不多。因此，本計畫主要目的之一，首先蒐集資料與進行現況調查，瞭解目前之研究現況，以及照明之應用情形，供研究與設計之參考。

至於 LED 之性能實驗部分，有關之檢測標準尚在研擬中，本計畫一方面蒐集國際上已有之性能檢測等資料，一方面，先針對建築景觀照明主要採用之投射燈與路燈之燈具，利用照明實驗室之設備，進行配光曲線與發光效率之測量，一方面作為案例調查之檢討，一方面推廣本所對於 LED 燈具之性能檢測能力，與對於 LED 之性能實驗部分之需求與重要性。

1 Katsuyuki Egawa, 2005 World Exposition, Aichi, Japan Pavillon Project, Journal of The Illuminating Engineering Institute of Japan, No.10, 2005.

2 黃秉鈞, 2006.12, LED 照明時代已來臨, 科儀新知, 第二十八卷第三期。

3 工業技術研究院, 2007.03, 高效率照明-LED 照明系統開發與應用推廣計畫, 經濟部能源科技發展計畫。

第二節 研究方法與流程

一、研究方法

(一) 資料收集法

1. 蒐集國內外有關 LED 照明之研發資料。
2. 蒐集國內外有關 LED 照明之相關檢測標準。

(二) 調查法

1. 實際調查國內 LED 室外照明之使用現況。
2. 實際測量國內 LED 室外照明之使用性能。

(三) 實驗法

實際測量 LED 室外照明燈具之光學性能。

(四) 專家意見收集法

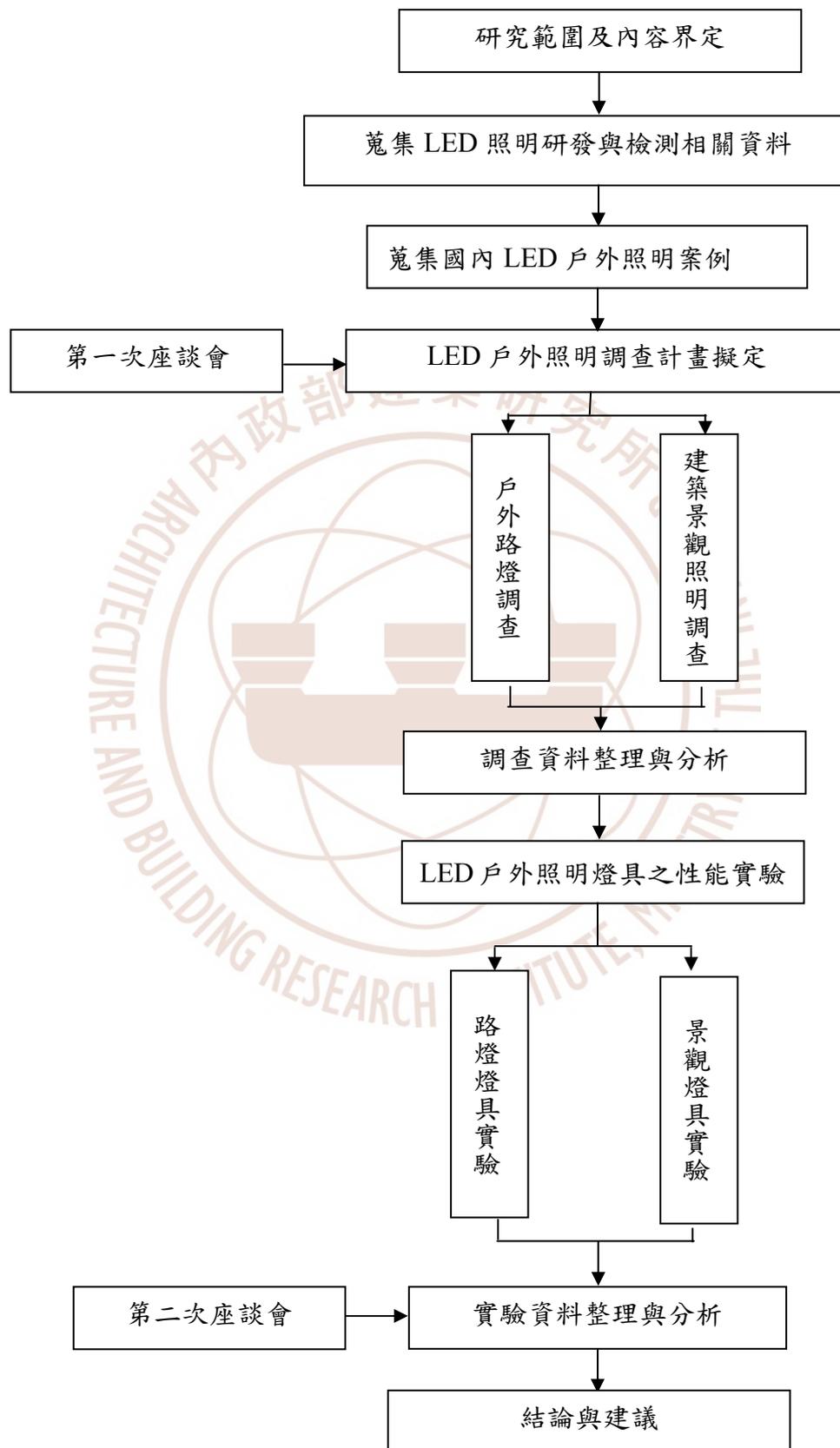
舉辦座談會或訪談專家學者，獲得相關資訊，以利計畫之進行。

(五) 比較分析法

綜合資料蒐集、調查、實驗內容，歸納分析 LED 室外照明之現況與後續研發建議。

二、研究步驟

本研究之研究流程如下：



第三節 工作項目與具體成果

本研究計畫預期將完成以下之工作項目與具體成果：

- 一、彙整LED照明性能之檢驗標準。
- 二、彙整LED室外照明之應用技術資料，可供相關人員之參考。
- 三、瞭解LED室外照明之應用現況，分析實際應用之成效供規劃設計之參考。
- 四、實際現場測量LED戶外路燈與建築景觀照明之燈具，分析檢討其光學與節能等性能。
- 五、實驗室測量LED戶外路燈與建築景觀照明性能之成果，作為後續進行LED燈具性能檢測驗證業務之參考。



第四節 執行進度

本計畫之進行項目與執行進度，如下表所示。

工作項目	2008 年										備註
	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	
蒐集 LED 照明相關資料											
蒐集 LED 照明相關案例與選定調查案例											
第一次專家座談會											97/4/3 舉行
LED 戶外路燈與建築景觀照明調查準備											
LED 戶外路燈與建築景觀照明調查與分析											
LED 戶外路燈與建築景觀照明性能實驗準備											97/8/19 期中 報告
LED 戶外路燈與建築景觀照明性能實驗與分析											
第二次專家座談會											97/10/17 舉行
綜合結論與期末報告撰寫											97/11/28 期末 報告
預定進度 (累積數)	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %	



第二章 相關文獻蒐集與整理

第一節 LED 相關理論

一、LED 光源的歷史發展⁴

可見光 LED 是由哈薩亞克(Nick Holonyak, Jr.)於 1962 年所發明。紅色發光二極體在 1964 年出現，為最先出現的 LED 光源。LED 初始的研發技術是藉由磷砷化鎵(GaAsP)所產生紅光，發光率為 0.1m/w。緊接著出現黃色 LED，一直到 1994 年藍色和綠色 LED 才陸續研製成功。白色 LED 則是由日本的 Nichia 公司(日亞)開發完成。

早期 LED 利用其固有的特點廣泛的應用於信號燈、顯示幕、指示燈、景觀照明等領域，但由於其亮度不足、價格比一般傳統燈具昂貴等條件限制下，以至於 LED 無法廣泛的應用在照明市場上。

近幾年技術經過改良，提高其發光效率，再加上 LED 光源所具有耗電量小、發熱量少、耐天候、耐震、壽命長等優點，有別於傳統光源，優異的特點使得 LED 成為新一代的光源趨勢。

二、LED 光源的發光原理

目前被視為將取代傳統光源成為未來照明趨勢的 LED(發光二極體)，LED 是將電能轉換成光。同時具備一正極一負極的二極體的特性，LED 如果要發光必須從正極通電才行，LED 再給予直流電的時候會穩定發光，如果是接上交流電時，LED 則會呈現閃爍的型態。發光原理是外加電壓，在半導體內正負極 2 個端子施加電壓，在電流通過的時候使電子與電洞相結合時，剩餘的能量便以光的形式釋放。主要是由 PN 結晶片、電極和光學系統所組成。

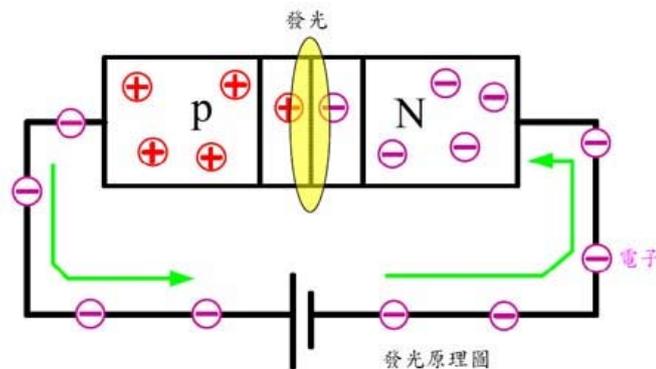


圖 2-1 LED 發光原理圖

資料來源:彭耀祈，淺談發光二極體大型顯示器技術 (上)

表 2-1 人工光源發光方式

人工光源發光方式	基本原理	應用說明	優點	缺點
白熱燈	於燈絲兩端通電，使其溫度上昇而放出電磁波。	鎢絲燈泡、鹵素燈泡。	成本低，演色性及暖色性佳。	燈體溫度高、耗電、壽命短、體積大且易破碎。
放電燈	燈內部空間通電，使其內部之氣體游離放電而產生光。	日光燈、水銀燈、高壓鈉氣燈、冷陰極管。	成本低，效率佳。	光源為閃爍光源，燈管含汞，回收不易，體積大，易破碎。
固態光源	電子激發化合物半導體發射光子。	LED，固體雷射。	體積小，低電壓操作，效率優。	光效率及演色性較差。

資料來源:黃登昱，國小教室中弱視兒童個人 LED 輔助照明燈具設計之研究

三、LED 光源的優點與應用範圍⁵

(一)發光效率高

經過十年的技術改良，LED 其發光效率有明顯的提升。以傳統光源來看，白熾燈、鹵鎢燈的發光效率為 12-24 流明/瓦，螢光燈發光效率為 50-70 流明/瓦，鈉燈發光效率為 90-140 流明/瓦，大部份的耗量變成熱量耗損。LED 經過改良後，其發光效率將達到 50-200 流明/瓦，且 LED 的單色性好、光譜窄，不需要經過過濾就可以直接發出有色可見光。目前世界各國對於 LED 光效提升的部份皆在不停研究當中，相信在不久的將來其發光效率將會更高。

(二)耗電量少

LED 單管功率為 0.03-0.06 瓦，採用直流驅動，單管驅動電壓 1.5-3.5 伏，電流 15-18 毫安培，由於其反應速度快，因此可在高頻操作。以同樣的照明效果情形下來看，LED 的耗電量為白熾燈的八分之一，螢光燈的二分之一。

(三)壽命長

根據文獻顯示 LED 的壽命較一般鹵素燈長五倍，平均壽命達 10 萬小時。LED 燈具的使用壽命更可長達 5-10 年，大大降低換燈具的麻煩，同時使得維修費用減少。

(四)安全性

由於 LED 為冷光源、發熱量低、無輻射熱，因此可以安全觸摸不會有傷害，並且可以準確的控制其光型和發光角度，無眩光且光色較為柔和，同時不含會危害人健康的汞和鈉元素。

(五)環保

LED 為全固體發光體，不易破碎，耐震耐撞，可回收。同時可以減少家用和商用的溫室氣體排放量，若取代傳統的鹵素燈，每個 LED 在生命週期中將可以減少一公噸的溫室氣體排放量，當中的環保效益將是不可言喻。

表 2-2 LED 特性與相關產品思考方向

LED 特點	LED 照明燈具開發之應對思考方向	實際應用產品領域
<ul style="list-style-type: none"> · 長壽命 · 防潮 · 耐震 · 堅固 	<ul style="list-style-type: none"> · 困難危險不易執行更替維護區域之照明器具 · 很高的地方、水中、戶外、地底等區域使用之照明器具 	<ul style="list-style-type: none"> · 建築外牆裝飾燈具 · 水池地底投射燈具 · 園藝景觀燈具 · 廣告招牌投光燈
<ul style="list-style-type: none"> · 重量輕 · 體積小 · 省能源 	<ul style="list-style-type: none"> · 狹小區域空間之投光照明器具 · 搭配室內裝潢同時考量配光需求 · 設備儀器等內部空間之照明 · 對熱敏感之空間場所照明 · 行動式照明光源應用器具 · 單體光源小可開發多樣化之大小組合光 	<ul style="list-style-type: none"> · 博物館投射燈 · 維修照明燈 · 室內照明燈 · 廚房燈 · 櫥櫃燈 · 古董藝品美術品之投光器具
<ul style="list-style-type: none"> · 聚光佳 · 定向光束 · 配光變化容易 	<ul style="list-style-type: none"> · 光束投射方向角度一致性，簡化照明器具主體之構造，器具之反射集光散光構造更簡單，總器具效益可達 100%適合提供全照明功能 · 光色多變且快速可調，商業應用多元化 	<ul style="list-style-type: none"> · 薄型檯燈 · 薄型 T-BAR 燈具 · 招牌廣告燈箱 · 舞台燈
<ul style="list-style-type: none"> · 低電壓 · 點燈起動快速 	<ul style="list-style-type: none"> · 交流電力供應不易之場所 · 危險感電場所 	<ul style="list-style-type: none"> · 手電筒 · 維修燈 · 地底燈 · 水中燈 · 戶外景觀燈
<ul style="list-style-type: none"> · 單一狹窄波長 	<ul style="list-style-type: none"> · 警示、警告、預警功能訴求之器具 	<ul style="list-style-type: none"> · 交通號誌 · 道路警示

· 高輝度	· 道路指標 · 航障燈 · 煞車燈
-------	--------------------------

資料來源：黃登昱，國小教室中弱視兒童個人 LED 輔助照明燈具設計之研究

表 2-3 常見光源之特性比較

光源種類	發光效率(lm/w)	壽命(khrs)	色溫(K)	演色性(CRI)
白熾燈	6~16	0.5~1	2700~3000	100
鹵素燈泡	18~30	1~3	2900~3200	100
省電燈泡	38~60	3~10	2700~7000	80~85
PLC 燈	50~90	6~10	2700~6500	80~90
螢光燈	T9	50~95	5~10	60~95
	T8	80~95	8~15	
	T5	90~105	10~20	
高壓鈉燈	45~125	16~24	2000~2500	25~85
複金屬燈	45~115	7.5~20	3100~5500	80~95
水銀燈	25~65	16~24	3300~5700	20~50
白光 LED 燈	35~50	20~50*	3200~7500	60~80

備註：業者型錄資料，國際上壽命驗證標準仍制定中

資料來源：李麗玲，建築物照明節能基礎，2006.7，領航綠建築雜誌，台灣綠建築協會

表 2-4 白光 LED 燈具與傳統日光燈具、水銀燈具及 T5 燈具比較

	目前現況(2008 年)				2009 年	2010 年
	傳統螢光燈管	傳統水銀燈炮	T5 螢光燈管	白光 LED (70lm/w)	白光 LED (80lm/w)	白光 LED (100lm/w)
燈管	18w×4 支	200 w×1 支	14 w×4 支	12 w×4 支	12w×4 支	12w×4 支
安定器／電源供應器	安定器	安定器	安定器	電源供應器	電源供應器	電源供應器
全光束 (lm)	4600	12000	5400	3360	3840	4800

總消耗 功率 (w)	92	235	66	56	55	54
燈具光 輸出比 (%)	58	60	70	80	80	80
有效光 束流明 (lm)	2668	7200	3780	2808	3072	3780
燈具發 光效率 數 (lm/w)	29	31	57	50	55	70

資料來源:經濟部技術處林清海，LED 產業標準及專利策略交流研討會

- 1.2008 年 LED 發展效率國內產業水準約為 70lm/w，整體燈具發光效率約 50 lm/w，較一般傳統螢光燈、水銀燈（29、31 lm/w）的發光效率高。
- 2.至 2009 年 LED 發光效率（55 lm/w）將接近 T5 的螢光燈具（57 lm/w），2010 年將可全面取代螢光燈管。（林清海，2008）

四、LED 目前現況⁶

LED 之所以受到廣泛青睞的原因在於它具有光效高、低功耗、維護成本低、尺寸小、抗衝擊和抗震能力強，點光源發光特性、無紅外線和紫外線輻射、熱量低等明顯優勢。對於照明設計而言，高亮度 LED 的開發和應用，帶來了嶄新的設計方法。由於 LED 光源的尺寸比傳統光源的尺寸小得多，輪廓照明、照明燈具的隱藏都成為可能。LED 可以說是“永久”的光源，典型白熾燈的壽命只有 1000-2000h，而 LED 理論上可達 10 萬小時。這種光源可以直接與燈具整合，不用擔心光源的更換問題。

目前已研發採用白色 LED 作為路燈的光源。另外，白光 LED 特別適用於孔間發光的場合，可以在城市景觀照明中使用。過去 10 年來，LED 在顏色種類、亮度和功率都發生了極大的變化。LED 應用在城市室內外照明中發揮著傳統光源無可比擬的作用。LED 壽命長達 10 萬小時，意味著每天工作 8h，可以有 35 年免維護的理論保障。低壓運行，幾乎可達到 100% 的光輸出，調光時低到零輸出，可以組合成千上萬種光色，而發光面積可以很小，能製作成 1mm²。經過二

次光學設計，照明燈具達到理想的光強分布。快速發展的 LED 技術將為照明設計與應用帶來嶄新的可能性，這是許多傳統光源所不可能實現的。

但是，目前 LED 光源的壽命還不能達到所標出的 10 萬小時，實際壽命約在 5 萬小時左右，這主要與其散熱方面的問題有關。在很小的空間裡，隨著功率的加大，半導體元件就會過熱。再者，白色 LED 如要達到普通燈泡所具有的亮度，目前成本還過高。



第二節 相關檢驗標準

為了加速 LED 照明的進展，世界各國皆極力制訂 LED 產品相關標準。早期照明光源的光度與色度量測標準適合一般傳統光源，但是 LED 之外型、光學特性以及電氣特性都與傳統的燈源有極大的不同。這使得 LED 缺乏具有公信力的檢驗標準。

目前 LED 的相關檢驗標準制定主要是由各個國家分別所訂定，可以區分為五大類，分別為國際標準、地區標準、國家標準及團體標準與行業標準等。但是這五類標準並不是針對 LED 的所有零組件作一個完整的統一規範，而是只針對某些 LED 的特性需求進行規範訂定，如電器特性、光源特性、材料等不同需求。

一、LED 世界各地標準制定組織與型態⁷

國際電工委員會(IEC)、國際照明委員會(CIE)及國際標準組織(ISO)為規模較大的三大組織，是由世界各個國家的成員所組成，相關規範會有較多的國家一起制定與遵守其要求。

國際電工委員會(IEC) 認定 LED 為會發光的電氣元件，因此對 LED 所訂定的規範為 LED 電器特性範圍，比較注重電氣及安全性之考量。

國際照明委員會(CIE)，主要則是針對 LED 的光源特性做規範，目前尚未針對高功率的 LED 制定相關標準。

國際標準組織(ISO)，則是對於 LED 的相關材料、製程、產品、系統及服務等擬定標準。

歐洲標準化委員會(CEN)是由歐盟各國獨自成立的地區性標準，其訂定的標準包含 LED 相關材料、產品及系統等大部分 LED 產品所會遇到的狀況。

團體與行業的標準，則是為北美照明協會(IESNA)、固態照明科技聯盟(ASSIST)、優力安全認證標準(UL)這三個組織。

北美照明協會(IESNA)，是由 DOE(美國能源部)召集 CIE、IEC、ANSI、IESNA、NEMA、NIST 及 CSA 與 UL 等官方及民間標準機構，配合能源之星標準，制定 LED 的相關性能標準和量測方式的標準，

美國能源局在 2007 年 9 月 12 日發布 ENERGY STAR 固態照明燈具規範，其燈具規範分成二個階段，第一階段規定光效最高只需要達到 35lm/w，第二階段的光效則必須提昇至 70lm/w。

由美國企業聯盟所組成的固態照明科技聯盟(ASSIST)，其所提出的標準範疇

主要是針對 LED 的使用壽命試驗規範為擬定內容。

優力安全認證(UL)的成員是為優力安全認證公司，其標準範疇主要是針對 LED 的產品及材料之安全性進行研究。

表 2-5 制定 LED 標準之組織

全名	成員	標準範疇	標準層級分類
國際電工委員會 (IEC)	各國家	LED 電器特性	國際標準
國際照明委員會 (CIE)	各國家	LED 光源特性	國際標準
國際標準組織 (ISO)	各國家	LED 相關材料、製程、產品、系統、服務等	國際標準
歐洲標準化委員會(CEN)	歐盟各國	LED 相關材料、產品、系統等	地區標準
日本工業標準 (JIS)	日本	LED 光源、電器、相關材料、產品、系統等	國家標準
北美照明學會 (IESNA)	北美照明學會	LED 照明光源特性	團體標準
固態照明科技聯盟(ASSIST)	美國企業聯盟	LED 壽命試驗	團體標準
優力安全認證標準(UL)	優力安全認證公司	LED 產品及材料之安全性	行業標準

資料來源:工研院黃勝邦，LED 產業標準及專利策略交流研討會

針對 LED 之特殊性，國際照明學會(CIE，Commission Internationale De L'Eclairage)提出『CIE-127Measurement of LED』，導入平均發光二極體發光強度(Average LED Intensity)之方式來量測 LED 之光強度。然而，隨著高功率、高亮度 LED 的發展，各種不同封裝形式與應用之增加，CIE-127 已無法充分作為選用 LED 時之依循準則。有鑑於此，CIE 於其組織下成立多個技術委員會，針對 LED 需求之規範，目前國際照明協會針對 LED 照明應用所進行的技術委員會如下表所示。

表 2-6 CIE LED 照明相關之技術委員會

TC1-62	LED 光源演色性
TC2-45	LED 光強度量測-CIE127 量測修正
TC2-46	LED 光強度量測之 CIE/ISO 標準
TC2-50	LED 模組及 LED 陣列光學特性量測
TC2-58	LED 放射輝度量測
R4-22	LED 號誌燈量測
TC6-55	LED 對人體安全性評估方式

資料來源:工研院郭玉萍、林士凱、李宏俊、李麗玲，LED 照明產品現況及發展趨勢

除了 CIE，日本、美國、韓國、大陸等國家亦紛紛制訂符合其國內需求之相關 LED 規範。美國 ASSIST 在 2005 年 2 月發布了 LED 壽命以及量測的建議書，建議了照明用 LED 壽命定義為光衰達 70% 的時間；而裝飾以及指示用 LED 壽命定義為 50% 光衰時間。

二、亞洲各國對於 LED 標準制訂的現況⁸

亞洲各國對於 LED 的標準訂定狀況也有所不同。以下針對亞洲各國對於 LED 標準制訂的現況作一說明。

參與制定日本 LED 標準之組織為，日本電球工業會(JEL)、日本照明學會(JIES)、日本照明委員會(JCIE)及日本照明器具工業會(JIL)等四個組織所組成，這四個組織在 2004 年 6 月 9 日成立日本 LED 照明推進協議會(JLEDS)。

2004 年 6 月成立的日本 LED 照明推進協議會(JLEDS)，主要工作為統籌規劃與推動制定 LED 產品的標準與量測規範，積極進行白光 LED 產品與量測規範的制定，企圖以 LED 標準搶攻 LED 固態照明市場的先機。日本 NECA(社團法人日本電氣制御機器工業會)於 2004 年 1 月制訂「工業用 LED 球」標準，詳細規範 LED 球之性能規格與試驗方法，包含 LED 球之光性電性及耐環境等試驗。2004 年 11 月日本已制訂完成『照明用白光 LED 測光方法通則』，制定白光 LED 與白光 LED 模組全光束的量測方法，作為照明學會、日本照明工業會、日本照明器具工業會、日本電球工業會之共同規範，此二份標準之制訂已成為 LED 性能試驗標準往前躍進一大步。

目前日本針對白光 LED 制訂的相關標準包括有測光方式、裝置性能及模組安全性等方面；在指示用及顯示器 LED 規格化的標準方面，則有 JEITA 推出相關之規範。除此之外，日本也遵照國際標準規範 ISO 及 CIE 兩大組織所訂定的量測方法，以做為 LED 產品品質的把關門檻。⁹

表 2-7 日本 LED 使用標準及引用之規範

標準編號	規範內容
JIS C 8152	照明用白光 LED 測光方式通則
JIS C 1609	照度計
JIS Z 8113	照明用語
JIS Z 8120	測色標準 Illuminant(標準光)標準光源
JIS Z 8724	色的測定方法-光源色
JIS Z 8725	光源的演色性評鑑方法
JIS Z 8728(ISO/CIE 10527)	CIE 測色標準
TS C 8153	照明用白光 LED 裝置性能要求
JEL 811	照明用白光 LED 模組安全性要求
ISO/CIE 23539	Photometry-The CIE system of physical photometry
CIE 127	Measurement of LEDs

資料來源:郭子菱，國際 LED 照明規範及標準推動產業發展

大陸標準制訂的現況分為兩個層級，第一層為半導體照明技術領域產品門類基礎標準，主要內容為型號的命名與術語等。第二層則是根據產品結構的特點與產業鏈上的產業材料設備做區分，六個門類的通用標準分別為外延片通用標準、晶粒通用標準、LED 元件通用標準、LED 模組通用標準、相關材料通用標準與其他通用標準。

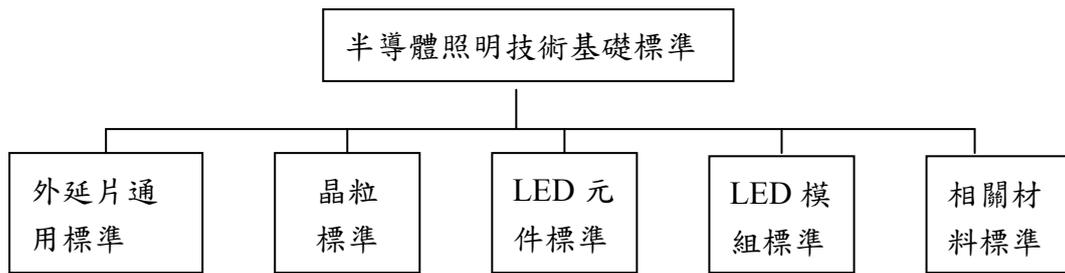


圖 2-2 大陸 LED 相關標準圖

資料來源：許家銘，LED 標準推動機制與政策

2005 年 11 月信息產業部成立「半導體照明技術標準工作組」，結合其他地方政府、產業聯盟與協會，共同架構半導體照明技術標準體系，其技術規範包含 LED 磊晶片、晶粒、元件、模組及 LED 相關材料與照明應用等產品。

此外，2007 年「國家半導體照明工程研發及產業聯盟」成立「聯盟標準化協調推進工作組」，其工作內容主要為負責協調中國的 LED 標準進度。預計 2008 年年底正式通過由「全國照明電器標準化技術委員會」所提出的普通照明用 LED 國家標準及行業標準。

韓國 LED 的標準發展現況為，2007 年 8 月韓國科技標準局(KATS)為了協助次世代 LED 照明產業的未來發展，支援產業界所開發的 LED，宣佈未來三年內將建立 15 項韓國國家標準。韓國國家標準預定產出的 15 項 LED 項目分別為，LED 用語、替代鹵素燈之 LED 燈、LED 安全性、LED 緊急照明、LED 顯示板、LED 劣化與加速壽命試驗、照明用白光 LED 與 LED 模組安全要求事項、照明用白光 LED 與 LED 模組性能試驗方法、LED 局部照明、高功率 LED 指示看板性能標準、車輛照明用 LED 試驗方法、LED 光源視覺評價之評估方法、LED 路燈及代替日光燈之 LED 燈與高效率 LED 照明檢測儀器工具。

三、台灣 LED 標準現況¹⁰

由於 LED 已成為未來的明日之星，除了上述所說的歐、美、日、韓以及中國大陸各國正積極投入 LED 照明技術與標準擬定外。台灣 LED 產業雖然蓬勃發展，為 LED 產品的輸出大國，但是缺乏產業的應用標準及測試規範，各家 LED 製造商之產品規格標示仍有很大的落差，進而造成產品選用上的困難，亦降低國內 LED 廠商之國際競爭力。為掌握 LED 於照明應用規範的脈動，工業技術研究

院已著手進行 LED 照明器具相關國家標準草案研究，藉由國際 LED 領導廠商之產品規格分析、國際協會間 LED 相關量測規範蒐集與比對，並積極參與照明相關研討會掌握最新訊息，透過與國內 LED 業者溝通以研擬出一份適用於國內並與國際標準接軌的 LED 量測規範與草案。

經濟部技術處更於 95 年 7 月特別為業界打造「白光 LED 政策性項目」，冀望藉由制定 LED 的標準，整合上中下游的廠商，共同建立 LED 產業應用標準與測試規範及光源失效分析模式，以便於加速產業的蓬勃發展和提升國內 LED 的品質與良好的效率。至今已產出數篇 LED 的標準草案，將陸續提出 17 份 LED 標準草案。

LED 標準制訂的流程大約可以分為四個階段，在第一階段的時候成立 LED 照明標準與品質研發聯盟，第二階段藉由各公會協會舉辦座談會和透過網站搜集四面八方的意見，第三階段由經濟部技術處舉辦公聽會，經由公聽會共同制訂產業標準，最後再由經濟部標準檢驗局擬定出標準，同時間透過華聚基金會推動兩岸標準。

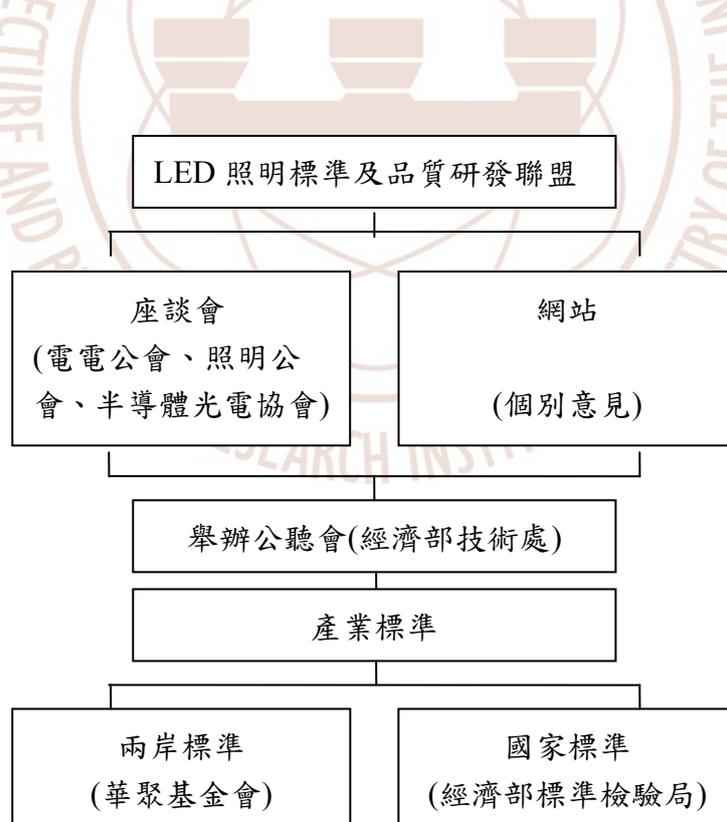


圖 2-3 台灣 LED 標準制訂流程圖

資料來源:經濟部技術處林清海，LED 產業標準及專利策略交流研討會

表 2-8 台灣 LED 標準制定時程

	項目	草案 發表	徵求 意見	共同 討論	提案	CNS 完成 制定
A	1.壽命測試標準 2.元件光電量測標準 3.模組光電量測標準 4.元件熱阻量測標準 5.LED 路燈標準	2008/05	2008/06	2008/07	2008/09	2009/03 公佈
B	1.系統光學量測標準 2.元件模組環境測試標準 3.晶粒品質驗證標準 4.晶粒性能之量測標準	2008/09	2008/10	2008/11	2009/01	2009/07 公佈
C	1.LED 系統散熱量測標準 2.LED 系統電源量測標準 3. LED 元件ESD量測標準 4.投光照明燈具標準 5.T -Bar 照明燈具標準	2008/12	2009/01	2009/03	2009/05	2009/03 公佈
D	1. LED 系統環境測試驗證 2. LED 元件加速測試規範 3. LED 晶粒加速測試評估技術	2009/03	2009/04	2009/05	2009/07	2010/01 公佈

資料來源:經濟部、LEDinside

經濟部技術處於 96 年推動成立「LED 照明標準及品質研發聯盟」並透過經濟部業界科專計畫執行 LED 標準制訂，至今已產出數篇 LED 的標準草案。並於「LED 產業標準及專利策略交流研討會議」會中發表 5 篇 LED 相關標準草案供外界參考，5 篇草案分別為 LED 元件光學與電性量測標準草案、LED 模組光學與電性量測標準草案、LED 熱阻量測標準草案、LED 元件與模組一般壽命試驗標準草案及發光二極體道路照明燈具標準草案。以下將與本計畫相關的發光二極體道路照明燈具標準草案做介紹：

一、適用範圍

本規範適用於戶外使用之發光二極體道路照明燈具(以下簡稱 LED 路燈)，包含電源供應器、散熱裝置、光學設計及相關機械結構，本規範道路使用之道路照明燈具。

1.絕緣電阻

量測方法：將所有帶電部分扭合與非帶電金屬(外殼材料為合成樹脂者，用導電金屬包覆)間，以 DC500V 絕緣電阻計測定兩端子與非帶電間絕緣電阻。

規格：其絕緣電阻需 $5M\Omega$ 以上。

2.絕緣耐電壓

量測方法：絕緣電阻試驗後，隨後進行此項試驗，於帶電部與非帶電金屬部施加 1500V 測試電壓 1 分鐘。

規格：須能耐施加之電壓 1 分鐘，漏電流需小於 10mA 且無異狀。

3.枯化點燈

LED 路燈持續點燈，累積點燈時間 1000 小時。枯化點燈後以配光曲線測燈具之光通量，此乃燈具之初始光通值。枯化點燈後之光通量須在點燈前光通量 97%以上(含)。

4.基本特性

量測方法：LED 路燈於輸入端子間施加額定輸入頻率(60Hz)之額定電壓，待穩定後量測燈具之總消耗功率、功率因數和色溫。

規格：PF ≥ 0.9 ，在標示值 95%以上，總電路功率需在廠商標示值 $\pm 10\%$ 。

LED 光源之色溫不得高於 7100K，其色溫分級如下表。

表 2-9 色溫分級

Nominal CCT	CCT(K)
2700 K	2725 ± 145
3000 K	3045 ± 175
3500 K	3465 ± 245
4000 K	3985 ± 275
4500 K	4503 ± 243
5000 K	5028 ± 283
5700 K	5665 ± 355
6500 K	6530 ± 510

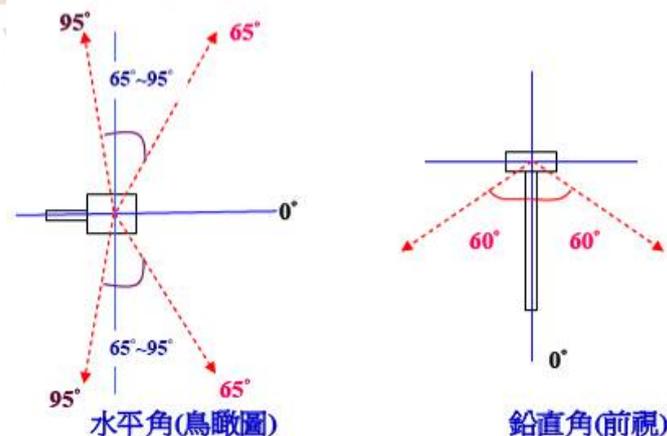
5. 配光特性

量測方法：LED 路燈依下圖設置燈具量測方位，施加額定電壓，利用配光曲線量測設備測定燈具之光度分布曲線與總光輸出。

規格：LED 燈具光度分佈須符合二方向遮蔽型之要求，其光度值如下表，所示 LED 路燈總發光效率需 $\geq 45\text{lm/w}$ 。

二、光度要求值

	鉛直角 90° 水平角 90°	鉛直角 80° 水平角 90°	鉛直角 60° 水平角 65°-95°
光度(cd)/燈具光通量(klm)	10 以下	30 以下	180 以上



6. 溫度循環

量測方法：在開機狀態下從室溫上升至 $50 \pm 3^\circ\text{C}$ ，停留 12 小時之後，降溫至 $-10 \pm 3^\circ\text{C}$ ，停留 12 小時，再升至室溫，為一循環，重複兩次，而升降溫速度為 $0.5\text{-}1^\circ\text{C}/\text{分鐘}$ 。

規格：LED 路燈必須在環境 $-10\text{-}50^\circ\text{C}$ 下正常動作，且所有元件均不得有裂痕或其

他物理性的損害。

7.耐濕開關試驗

量測方法：LED 路燈於環境溼度 90-98%RH 下，額定電壓通電，以 15 分鐘點燈 75 分鐘關燈之頻率持續測試 20 天。

規格：LED 路燈必須在環境溼度 90-98%RH 下正常動作，且所有元件均不得有裂痕或其他物理性的損害。

8.耐久性試驗

量測方法：LED 路燈必須在通電及 $60\pm 3^{\circ}\text{C}$ 之環境溫度下能連續工作 360 小時。

規格：LED 路燈必須在通電及 $60\pm 3^{\circ}\text{C}$ 之環境溫度下能連續工作 360 小時，且 LED 路燈之光通量不得低於初始光通量之 90%。

9.開關試驗

量測方法：LED 路燈額定電壓通電，以 2 分鐘點燈 3 分鐘關燈之頻率進行 1200 次開關。

規格：試驗後正常動作，且所有元件均不得有裂痕或其他物理性的損害。

10.突波保護試驗

量測方法：依照 CNS14676-5 [電磁相容—測試與量測技術—第 5 部：突波免疫力測試] 的規定，施加一具有 $1.2/50\ \mu\text{s}$ 開路電壓波形及 $8/20\ \mu\text{s}$ 短路電流波形之組合波試驗，其開路試驗電壓為 4KV，切換電極極佳重複試驗三次。

規格：試驗後能正常動作。

11.電磁雜訊試驗

量測方法：LED 路燈依照 CNS13438 之測試方法試驗。

規格：符合 CNS13438ClassA 規定。

12.防塵防水試驗

量測方法：依 CNS14165 電器外殼保護分類等級的規定，對 LED 路燈進行試驗。

規格：燈具需符合 CNS14165 IP65 規定。

電源供應器外置式，則至少需符合 IP54 要求。

第三節 LED 戶外照明之相關資料

一、道路的分類與路面照度標準

(一)設計規範及準則

道路照明設計應依據以下規範：

1. 「路燈設計規定」-經濟部（1986）
2. 「交通工程手冊」-第七章道路照明 交通部（1980）
3. 市區道路工程規劃及設計規範之研究- 第十九章 市區道路照明設計 內政部營建署（2002）
4. 國家標準(CNS)總號 10779-道路照明
5. 國家標準(CNS)總號 15015-戶外景觀照明燈具

(二)照度標準

市區道路及巷道之照明輝度及照度應符合表 2-10、表 2-11 之規定；人行道之照度原則上參考表 2-12 之規定，然實際設計仍須視當地情形而定。

表 2-10 市區平均道路照度（單位：勒克斯(lux)）

道路分類		條件	商業區		住宅區	
			瀝青路面	水泥混凝土路面	瀝青路面	水泥混凝土路面
市區	幹道		30	20	15	10
	輔助幹道		22.5	15	10.5	7
	其他道路		15	10	7.5	5
郊區	幹道		30	20	15	10
	輔助幹道		15	10	7.5	5
	其他道路		15	10	7.5	5

資料來源:工研院張學智、黃勝邦、朱慕道，LED 路燈的設計

表 2-11 巷道平均照度（單位：勒克斯(lux)）

區域分類	商業區	住宅區
照度	6	4

資料來源:工研院張學智、黃勝邦、朱慕道，LED 路燈的設計

表 2-12 人行平均道照度 (單位：勒克斯(lux))

道路分類 \ 條件	道路分類	要維持之最低平均照度基準
與道路接鄰之人行道	商業區	10
	住商混合區	6
	住宅區	2
不與道路接鄰之人行道	公園道路	5
	隧道	43 (參考用)
	斑馬線 (交叉口)	3
	梯道	6

資料來源:工研院張學智、黃勝邦、朱慕道，LED 路燈的設計

市區道路照明之明暗均勻度應符合表 2-13 之規定。

表 2-13 明暗均勻度

道路分類	最低照度/平均照度
幹道	大於 1 : 3
其它道路	大於 1 : 4

資料來源:工研院張學智、黃勝邦、朱慕道，LED 路燈的設計

表 2-14 各區域照度

照明的對象(區域)		平均照度(勒克斯, lx)	照度基準(勒克斯, lx)	均勻度(參考)
聯外道路	外邊	10	7-15	Emin/Emax \geq 1/16
	社區內幹線	7		
社區出入口		標誌 指標板	10 100	70-150 -
通道	步道	5	1-10	Emin/Emax \geq 1/20
	綠廊道	3	1-10	Emin/Emax \geq 1/40
	休閒步道	3	1-10	Emin/Emax \geq 1/40
一般場所		5	1-10	-
公共廣場	中央區	5	1-10	-
	遊戲區	3	1-10	-
	休閒區	3	1-10	-
	運動區	20	5-30	-
階梯	門口階梯	3	-	-
	戶外階梯	5	3-15	-

自行車道	5	-	-
停車場	10	5-30	-
住宅 公設 區	走廊、階梯	-	75-150
	旋轉階梯	50	30-75
	中庭	3	2-5
社區中心	10	-	-

資料來源:CNS15015

表 2-15 照明環境之建議照明基準

光環境類型	場所	建議性項目			省能源	其他
		照明率 ⁽¹⁾	向上光束比	眩光		
照明環境 I 類 (荒野)	自然公園 鄉野田園	可以提高照明率之燈具作選定目標。 開發高照明率之燈具。	0%	安裝高度： (a)4.5m 以下者，鉛直角 85 度方向之光度 2500cd 以下； (b)4.5m-6m 者，鉛直角 85 度方向之光度 5000cd 以下； (c) 6m-10m 者，鉛直角 85 度方向之光度 12000cd 以下。	效率系統 ⁽²⁾ 200w 以上者 60lm/W 以上 200w 以下者 50lm/w 以上	如對居住者、天象觀測者、生物體有影響時，必須個別加燈罩或遮光板。
照明環境 II 類 (郊外)	鄉村區 郊外區		1-5%			
照明環境 III 類 (地方都市)	地方型都市 大都市圈內之週邊		0-15%			
照明環境 IV 類 (大型都市)	都市中心區		0-25%			
<p>註⁽¹⁾照明率：燈具使用於照明範圍內之有效光束與光源之全光束之比。 燈具效率：燈具輸出之光束/使用在此燈具光源之全光束。 註⁽²⁾光源系統效率：光源之全光束(lm)點燈裝置上全部耗費電功率(w)</p>						

資料來源:CNS15015

照明主體照度與環境生態應符合以下二點，並依據照明主體之照明需求選擇適宜之照明演色性，以低耗能並不致對動物生息造成衝擊之燈具為原則：

- 1.道路照明應依據照明主體及照度需求，決定燈具流明與間距、高度等，使發揮應具之照明效果。
- 2.除確保照明主體所需照度與有效範圍外，應調整照明角度與範圍，避免過照眩光、過度漫射光或閃爍，影響鄰近地區動物憩息。

(三)燈具之選擇

1.燈具光度分佈

燈具依其對眩光之影響可區分為以下三種：

- (1)遮蔽型：其最大光度之涵蓋範圍為 0 度~65 度。
- (2)半遮蔽型：其最大光度之涵蓋範圍為 0 度~75 度。
- (3)無遮蔽型：其最大光度之涵蓋範圍為 0 度~90 度。

(資料取自內政部營建署「市區道路工程規劃及設計規範之研究」(2002)編撰)

2.燈具之型式及使用

燈具之型式及使用應符合表 2-16 之規定。

表 2-16 燈具之型式

道路分類	眩光容許度	燈具型式	
		優先	尚可
幹道	少許	遮蔽型	半遮蔽型
其它道路	容許	遮蔽型或半遮蔽型	無遮蔽型

資料來源:工研院張學智、黃勝邦、朱慕道，LED 路燈的設計

(四)照明設施之佈設方式

1.設置位置

- (1)通常佈設於公共設施帶，或中央分隔帶上。
- (2)在交叉路口地區，得設於交通島上。

2.排列方式

通常街道照明設施排列方式有以下五種，其中 W 表路權寬度(公尺)，S 表裝設間隔(公尺)。

(1)單側排列，如圖 2-4 所示。

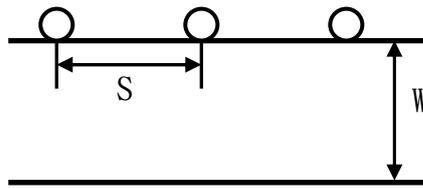


圖 2-4 單側排列

(2)雙側交錯排列，如圖 2-5 所示。

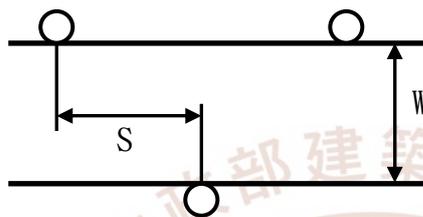


圖 2-5 雙側交錯排列

(3)雙側相對排列，如圖 2-6 所示。

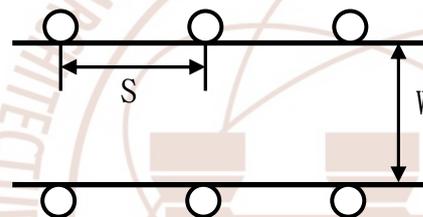


圖 2-6 雙側相對排列

(4)中央分隔帶排列，如圖 2-7 所示。

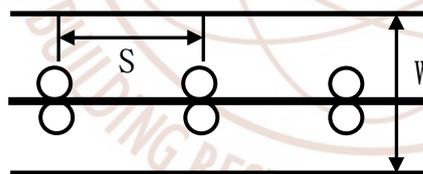


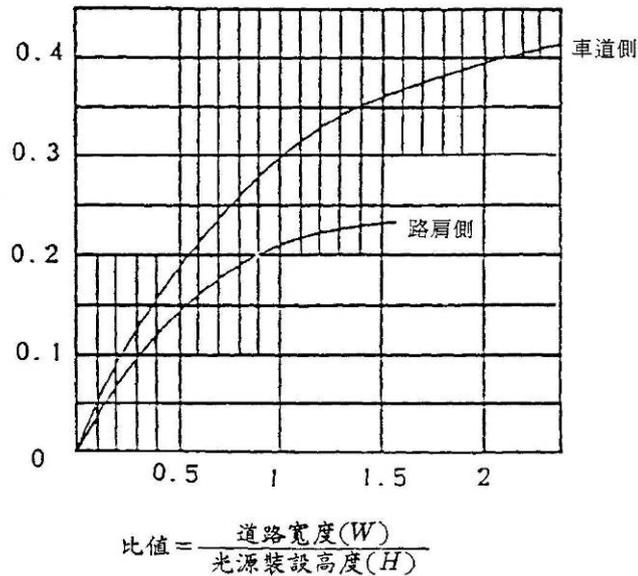
圖 2-7 中央分隔帶排列

3.排列方式之選擇原則

- (1)車道寬度較窄之道路及一般巷道，得以單側排列設置之。
- (2)車道寬度較寬之道路，得以相對排列設置之。
- (3)一般幹線道路得以交錯排列設置之。
- (4)如中央分隔帶寬度足夠時，得於中央分隔帶排列設置之。
- (5)車行箱涵內，得採用交錯排列或相對排列。

(五)燈具使用照明率 (Coefficient of Utilization ,CU)

燈具照明率與路寬、裝設高度及光線照射類型等因素有關，其數值為 0.2 至 0.4 為較佳。



(六)維護係數(Maintenance Factor, MF)

其值視養護程度及使用環境而定，依表 2-17 選用適當值計算。

表 2-17 維護係數

交通量 (台/日)	市區道路	郊區道路
15,000 以上	0.6	0.65
7,000~15,000	0.65	0.7
7,000 以下	0.7	0.75

資料來源:工研院張學智、黃勝邦、朱慕道，LED 路燈的設計

(七)路燈高度與桿距間隔

道路路燈高度與桿距間隔標準可參考表 2-18 規定，然設計者應視當地之實際狀況加以調整。表 2-18 中 W 表路權寬度，H 表裝設高度，S 表裝設間隔。

表 2-18 路燈燈桿高度與桿距間隔關係 (單位：公尺)

燈具 燈柱排列	遮蔽型		半遮蔽型		無遮蔽型	
	裝設高度 (H)	裝設間隔 (S)	裝設高度 (H)	裝設間隔 (S)	裝設高度 (H)	裝設間隔 (S)
單側排列	1.0W 以上	3H 以下	1.2W 以上	3.5H 以下	1.4W 以上	4H 以下
雙側交錯排列	0.7W 以上	3H 以下	0.8W 以上	3.5H 以下	0.9W 以上	4H 以下
雙側相對排列	0.5W 以上	3H 以下	0.6W 以上	3.5H 以下	0.7W 以上	4H 以下
中央分隔帶排列	1.0W 以上	3H 以下	1.2W 以上	3.5H 以下	1.2W 以上	4H 以下

註：W 為路寬

資料來源：工研院張學智、黃勝邦、朱慕道，LED 路燈的設計

(八)路燈照明計算公式

$$\frac{F}{S} = \frac{W \times E}{N \times CU \times MF}$$

式中：

E：平均照度，以勒克斯為單位

F：光源全光束，以 lm 為單位

N：照明設施排列係數，單側或雙側交錯=1，雙側相對或中央分隔帶排列=2

CU：燈具使用照明率，由 W/H 查曲線表而定，約在 0.2~0.4 之間，(單側排列之照明率在路寬等於燈具高度時應在 0.3 以上)。

MF：維護係數，參考表 2-17。

S：燈具間距，以公尺為單位

W：道路路寬，以公尺為單位

二、LED 路燈設計相關重點¹¹

為了將 LED 光源應用在路燈的領域之中，其輸出光型設計一定要能符合上述路燈的相關規定，根據張學智等人在「LED 路燈的設計」一文當中以使用傳統燈具光源及常見的 8 公尺寬的市區住宅區瀝青道路為例，需要的照度約是 7.5lux，明暗均勻度是 1：4，選用遮蔽式燈具與單側式排列，燈具高度約要在 8 公尺以上，間距設為 24 公尺，查表 CU 值為 0.3，MF 值為 0.7，燈具懸臂的長度約為 2 公尺。

經過計算之後，燈具所需要的光通量流明值約是 6,860lm。如果換算成 LED 光源的話，假設 LED 的效率是 60lm/w，以 3w 的 LED 來說就需要 38 顆。

在路長方向的全發散角經計算約為 112 度；路寬方向需要的傾角經計算約為 14 度，全發散角則約需要 50 度。

但是對於 LED 光源來說，CU(燈具使用照明率)與 MF(維護係數)的計算則有不同的方式。

以 CL(燈具使用照明率)來說，需要視光源端的光學設計效果而定，依設計的光型計算投射在路面上的光通量比率來決定該燈具的 CU，一般來說未經處理的 LED Lambertian 光源在 10m 高的位置對 8m 寬 30m 長的路面來說，其照明率大約是 35%左右，這樣的結果代表還是有很多的光照射到了路面以外的地方形成浪費，所以利用光學元件加以調整光型使輸出光能盡量投射在路面上才能達成較好的節能效果。

以 MF(維護係數)來說，要視 LED 光源在長期使用後整體燈具輸出會形成的光衰來決定，目前定義 LED 光源壽命的標準是衰減為 70%的時間，所以對 LED 路燈燈具的 MF 來說可以將其定為 0.7。

為了希望在所照明的道路上能有均勻的光照度分佈，就需要利用光學元件來調整 LED 輸出的光型，相較於使用二次光學的元件，在 LED 封裝體上來達成這樣的目標，更能減少燈具的體積、重量及成本，是在實作上較希望的方式。利用 LED 封裝體上的 LENS 將 LED 輸出的光型從 Lambertian 分部調整為非對稱型的光型分佈。使用傳統的軸對稱型 LENS 無法達成這個目的，為了達成這個目標，設計出非軸對稱型的封裝 LENS 是必要的。

要設計出這樣的非對稱光型分布有很多方法，首先第一個可用的方法就是只用封裝的 LENS 來達成這樣的光型分佈，如此的設計目標對應到 LENS 身上就會使得 LENS 本身在兩個方向上分別具有不同的曲面特性。在路長方向上的設計就會具有外凸內凹的特色使得中央強度較強的光束能向大角度方向傳播，而向大角度方向發散的光則能向小角度的方向來收斂。在路寬方向上的設計則有所不同，為了要將光束作一角度的傾斜，利用晶片上方傾斜的折射面或是彎曲的傾斜折射面來調整光束的傾角會是可行的方法，也能利用傾斜曲面來調整路寬方向的光發散角度，使設計更佳完善。將兩個方向的特性曲面融合在一起就可以得到所需要的 LENS 曲面。

另一個設計方式就是將路寬方向的傾角利用燈具的設計來達成，也就是說在封裝單體輸出的光型部分只考慮路長方向的光分佈與路寬方向的發散角，路寬方向的傾角就利用燈具傾斜成想要的角度來達成。這是個比較容易達成的方式，只需要在 LENS 的兩軸向上各自使用想要的曲面去處理想要的光分佈，可以降低設計的難度。

LED 光源的光學特性不同於傳統使用在路燈上的水銀燈，與其比較起來 LED 光源具有更寬廣的揮灑空間，利用封裝的 LENS 就可以將光型調整成想要的形狀，輕巧的體積重量可以提供更大的機構設計空間，除了顯示的應用之外未來更可以應用在照明的領域上，為未來提供更節能環保的新光源。

三、戶外路燈

根據文獻顯示，城市道路照明是 LED 應用的重要領域之一。大陸許多城市都在啟動 LED 路燈示範工程，台灣也將在未來幾年內用 LED 替換傳統光源。LED 有與一般路燈光源不同的光源特性，在色度學和光度學方面對道路照明標準制定有許多值得探討的地方。

(一)LED 路燈在台灣地區的市場規模¹²

根據經濟部能源局統計，台灣地區在 2004 年時的路燈數量已經達到 130 萬盞水準。LEDinside 預估 2008 年台灣地區路燈市場規模約 140 萬盞，其中高壓鈉燈的比重約佔 41%，水銀燈的比重約佔 52%。雖然高壓鈉燈與水銀燈的演色性都是很好，但是高壓鈉燈的光源效率約為 100lm/w，仍然是現階段發光效率最高的照明工具。根據台灣地區路燈市場規模(Figure-1)調查，2003 年以後可以明顯觀察到相較於其他照明工具，高壓鈉燈佔路燈市場的比重不斷增加。至於 LED 路燈雖然在這兩年來受到很大的矚目，但其比重仍然在 1% 以下，2007 年全台灣 LED 路燈裝置量估計僅有 2-3 千盞左右。

LEDinside 預估 2008-2012 年台灣地區的 LED 路燈年複合成長率將會高達 113%，而 LED 路燈在 2010 年以後將會大量的普及在國人的生活周圍。

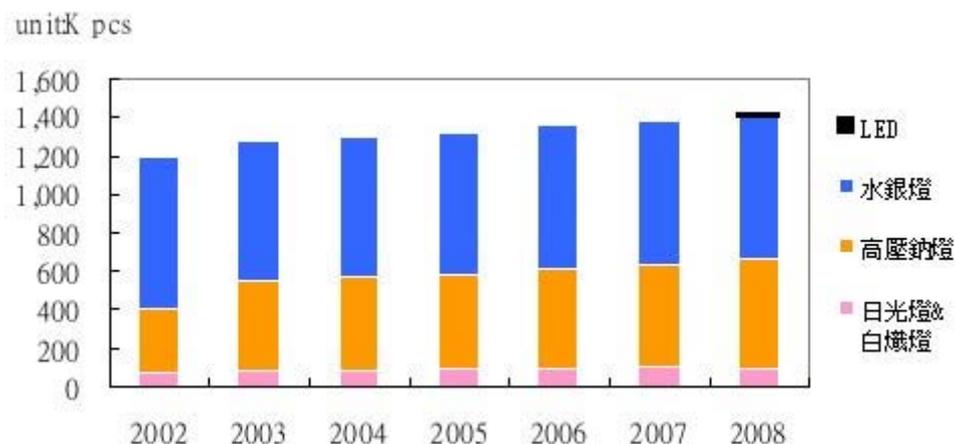


圖 2-8 台灣地區路燈市場規模圖

資料來源: LEDinside

表 2-19 各種路燈光源比較

型式	光源效率 (lm/w)	平均壽命(小 時)	特性	使用範圍
白熾燈泡	8-18	1000	安裝及使用容 易，立即可以 啟動，成本低	住宅之基本照明 及裝飾性照明
高壓水銀燈泡	40-61	1000-12000	效率高，壽命 長，適當的演 色性	住宅區之公共照 明，運動場工廠
高壓鈉燈泡	68-150	8000-10000	效率高，壽命 長，光輸出穩 定	道路，隧道等公共 照明，投光照明， 工業照明，植栽照 明
LED 燈泡	70-80	30000-50000	效率高，壽命 長，光輸出穩 定，演色性高	住宅之基本照 明，裝飾性照明， 道路，隧道等公共 照明，工業照明

資料來源: LEDinside

(二)標準未制定使得 2008 年 LED 路燈滲透率偏低¹³

由於 LED 路燈的標準尚未明確的被規範出來，以至於相關政府單位在採購上仍無所適從。因此使得 LED 路燈到目前為止都還是雷聲大雨點小的狀態，儘管 LED 的發光效率已普遍提升至可以商品化的標準。

再加上，LED 要將 220V 轉換成 10 幾伏特的電壓其所需花費的變壓設備費用十分昂貴，此外目前 LED 路燈的維修費用比高壓鈉燈高出數倍，也是地方政府單位有疑慮之處。目前路邊所看到的 LED 路主要為安裝於捷運周圍、公園或是校園等非主要幹道，這些 LED 路燈大多為示範性質，高度大多僅有 3.5 米高，

(三)LED 發光效率仍有待業界提升¹⁴

LED 不如預期快速成長的原因，除了 LED 的標準尚未制定出來之外，目前現階段 LED 的發光效率不足也是影響 LED 路燈無法普及使用的原因。

今年 4 月份工研院規劃 LED 路燈照明規範草案擬訂 12 項量測標準，然而通過工研院量測的業者僅少數幾家。其中發光效率和配光特性成為目前業界普遍尚未突破的難關。由於溫度上升、電源供應、燈罩等都是光源消耗的影響因素，工

研院希望 LED 路燈發光效率至少要在 45lm/w 以上，才能達到取代水銀燈的效能，因此，LED 光源的發光效率必須在 70~80lm/w 左右，才能使燈具發揮 45lm/w 的效率，但符合量測結果的業者實際仍在少數。

此外，以目前經濟部所規定的市區平均照度標準來看，目前 LED 路燈平均照度約 20-25 lux，因此僅能夠適用於市區以及郊區等非主要幹道。預估至 2010 年當 LED 發光效率普遍提升至 100lm/w 時，屆時照度將提升至 30lux 以上才有辦法支援主要道路的標準。

表 2-20 市區平均照度標準

道路分類	條件	商業區		住宅區	
		瀝青路面	水泥路面	瀝青路面	水泥路面
市區	幹道	30	20	15	10
	輔助幹道	22.5	15	10.5	7
	其他道路	15	10	7.5	5
郊區	幹道	30	20	15	10
	輔助幹道	15	10	7.5	5
	其他道路	15	10	7.5	5

資料來源：經濟部、LEDinside

(四)2010 年 LED 路燈市場將快速起飛¹⁵

節能趨勢下，經濟部能源局主導「585 白熾燈汰換計畫」，預期以 5 年時間，逐步推動國內白熾燈汰換為省電燈泡或其他高效率燈具。由於白熾燈平均使用壽命(約 500-1000 小時)約只有省電燈泡(約 3000-6000 小時)的 1/3 至 1/6，而同樣照度的白熾燈比省電燈泡耗電 5 倍以上；因此能源局已將照明能源效率納入管理，預計於 2008 年年底公告白熾燈能源效率標準，並擬於 2012 年施行，屆時不符標準規定之白熾燈將無法再進口或製造銷售。

而目前路燈中，白熾燈與日光燈估計仍有 9.6 萬盞，佔所有路燈比重比率約 7%，而在白熾燈汰換計畫下，不具效率的白熾燈將首先被淘汰更換為 LED 路燈。

而目前 LED 光源效率普遍留在 70~80 lm/w 水準，預估至 2010 年將會提升至 100lm/w，因此在 LED 發光效率提升加上政府政策推動下，LEDinside 預估 2008-2012 年台灣地區 LED 路燈年複合成長率高達 113%，2012 年 LED 路燈滲透率將有機會超越 10%的水準。

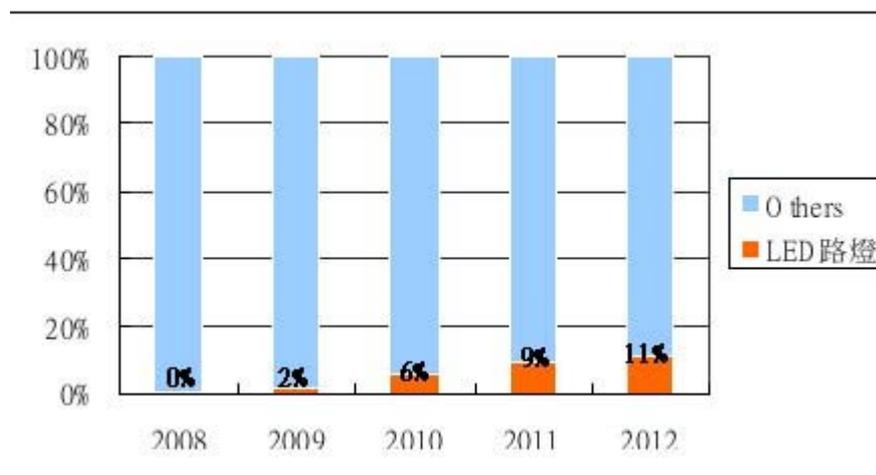


圖 2-9 台灣地區 LED 路燈滲透率預估

資料來源: LEDinside

(五)LED 戶外照明現場調查檢測規範¹⁶

中國大陸廈門市夜景工程建設領導小組組織廈門市光電專家編寫了 Q/XMGD01-2005《廈門市夜景工程施工質量驗收技術要求》，以產品生產、採購招標和工程施工入手，保證夜景工程的質量。

依據 Q/XMGD01-2005 的技術要求，廈門市產品質量檢驗所配置了 LED 光電色測試系統、光衰試驗裝置、安全性檢驗裝置、防水試驗裝置和環境試驗裝置等，並於 2005 年 11 月完成計量認證申報及檢查認證工作。

(六)LED 器件部件的質量檢測¹⁷

考慮到夜景工程應用的特殊性，Q/XMGD01-2005 規定的 LED 器件部件質量檢測項目除了 LED 的光、電、色、熱性能，即正向電壓、反向電流、平均發光強度、半強角度、波長、光譜輻射帶寬、光通量、顯色指數、色溫 and 光衰外，還重點包括了產品的外觀、光色參數一致性、電源適應性(電壓、頻率)、環境適應性(高溫、低溫、溼熱)、耐久性、安全性和電磁兼容性等，使檢測項目更具針對性。

光色參數一致性是指單個樣品測試值與樣品平均測試值之比，它直接關係到夜景照明的均勻和美觀程度。Q/XMGD01-2005 規定，在輸入額定電流的情況下，同色同功率的 LED 平均發光強度一致性為 $\pm 15\%$ ，光通量、半強度角、光譜輻射帶寬及白光 LED 色溫的一致性均為 $\pm 10\%$ 。

光衰、環境適應性和耐久性檢驗也是夜景照明 LED 質量測評的關鍵項目，它直接關係到夜景照明的效果和使用壽命。對於光衰的檢測，

Q/XMGD01-2005 規定 LED 點亮 1000h 後，單色 LED 的平均發光強度不小於原值的 80%。對於環境適應性的檢測，Q/XMGD01-2005 規定 LED 在工作高溫、貯存高溫、工作低溫、貯存低溫和恆定溼熱的條件下，經過規定的試驗時間後，產品應能正常工作，其外觀和功能應符合完好標準的要求。對於 LED 進行連續 7 個周期的試驗(每個周期為 24 小時)，在每周期中，前 21 小時按額定電壓的 1.1 倍施加於 LED 上，其餘的 3 小時斷開電源，經耐久性試驗後，產品應能正常工作，其外觀、功能和安全性應符合完好標準的要求。

(七)道路照明廠商

道路照明目前有新強光電、中盟光電、陽傑科技、泰沂光電、鈺璽、鑫源盛、光林、佰鴻等廠商均有生產 LED 路燈。以下針對陽傑科技、鑫源盛、沛鑫、佰鴻及中盟光電等五家廠商做介紹：

1. 廠商名稱：陽傑科技股份有限公司

江陵科技集團從 1986 年起，就開始致力於新能源的研究開發，專業技術開發出多樣具有環保、節能之新產品，旗下之陽傑科技更為目前世界上提供商用微米級散熱技術的唯一領導者。

陽傑科技將原僅應用於太空與軍事上的高成本先進散熱科技—迴路熱管技術，成功發展並改良，獲得全世界多國專利。

因應環保、省電、節能的潮流，陽傑科技亦與台灣大學新能源中心合作，成功利用迴路熱管(LHP)結合 LED 燈的專利組合，開發出高瓦數、高流明數的 LED 路燈、投射燈與可 DIY 的高科技太陽能路燈等多項產品。

產品優勢

- (1)壽命超過50,000小時。
- (2)只需100w，便達到4000lm。
- (3)與水銀燈相比省電達75%。
- (4)3年內成本可回收。
- (5)獨家太空先進科技處理散熱。
- (6)符合聯合國綠色環保規定。
- (7)獨步技術輕量化。

表 2-21 陽傑科技戶外 LED 路燈產品種類規格

編號	燈具光通量 (lm)	輸入功率 (w)	產品壽命 (hrs)	防水等級	操作環境溫度	備註
1	1,680	25	>50,000	>IP65	-30~+40°C	
2	1,890	25	>50,000	>IP65	-30~+40°C	
3	6,720	100	>50,000	>IP65	-30~+40°C	
4	7,560	100	>50,000	>IP65	-30~+40°C	
5	10,000	150	>50,000	>IP65	-30~+40°C	
6	11,300	150	>50,000	>IP65	-30~+40°C	

資料來源：陽傑科技股份有限公司網站

表 2-22 戶外 LED 路燈外觀及配光曲線

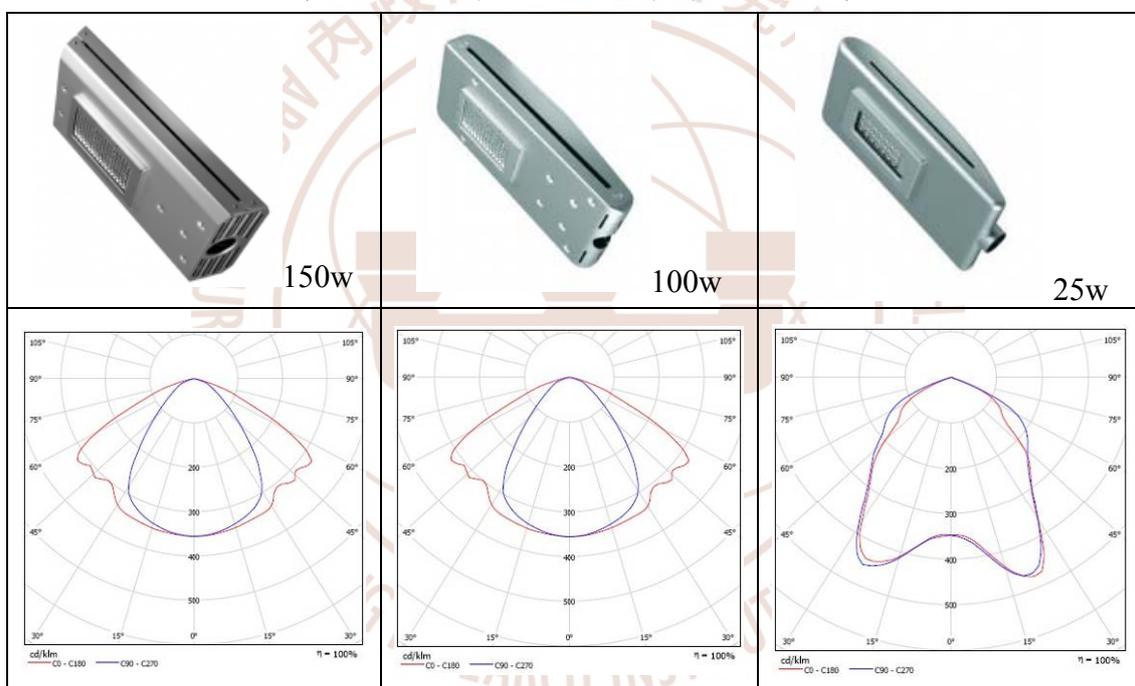


表 2-23 陽傑科技 LED 路燈安裝高度之中心最大照度(lux)

安裝高度(m)	中心最大照度(lux)			
	25w	25w(超亮)	100w	150w
3.5	43	49	-	-
4	33	37	-	-
5	17	19	-	-
6	15	17	-	-
7	-	-	42	46
8	-	-	30	37

9	-	-	25	27
10	-	-	21	22
11	-	-	17	18
12	-	-	14	15

資料來源：陽傑科技股份有限公司網站

2.廠商名稱：鑫源盛科技科技股份有限公司

產品優勢

(1)擁有多種系統散熱方法專利佈局

A.自然散熱方法：採用超導熱傳均溫，熱交換散熱結構向下朝向地面，完全避免落塵堆積導致毀損。

B.強制氣冷方法：採用高信賴性動力氣流風扇驅動，達成 $0.08^{\circ}\text{C}/\text{w}$ 超低熱阻50000hr長壽命低光衰。

C.液態冷卻方法：採用燈體與散熱結構分離方法，將熱源導至戶外，徹底防止室內溫室效應，節能減排。

(2)模組化核心設計強化競爭力，擁有多樣化可大量生產製造與高質量標準；低成本之市場優勢。

(3)超導熱散熱技術運用，15000小時連續點燈測試光衰 $< 8\%$ 。

(4)散熱結構及氣流向下設計，唯一可完全避免長時間落塵堆積影響

(5)通過SGS 鹽霧、震動測試、IP 65防塵防水等級，可對應任何嚴苛使用環境。

(6)擁有美國、中國、日本、台灣等發明專利及全球PCT 137國國際發明優先專利權。

表 2-24 鑫源盛科技戶外 LED 路燈產品種類規格

編號	燈具光通量 (lm)	輸入功率 (w)	產品壽命 (hrs)	防水等級	操作環境溫度	備註
1	>1,800	40	>50,000	IP65	-30~+60°C	
2	>2,400	60	>50,000	IP66	-30~+60°C	
3	>4,500	100	>50,000	IP66	-30~+60°C	
4	>6,000	150	>50,000	IP66	-30~+60°C	
5	>8,000	200	>50,000	IP66	-30~+60°C	

資料來源：鑫源盛科技股份有限公司網站

表 2-25 鑫源盛科技戶外 LED 路燈外觀及配光曲線

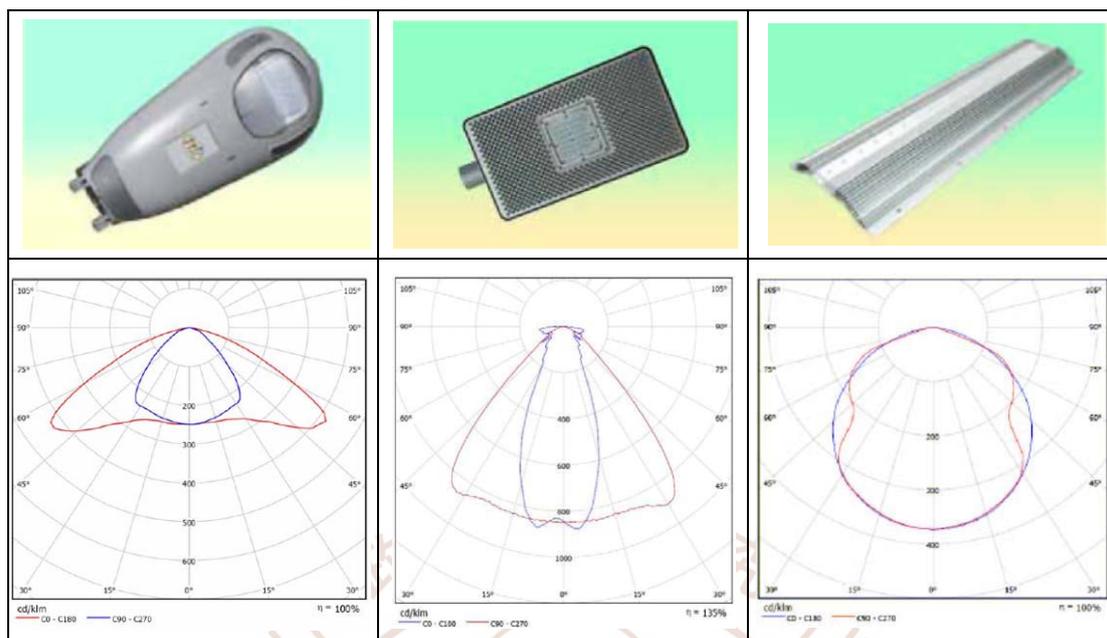


表 2-26 鑫源盛科技 LED 路燈安裝高度之中心最大照度(lux)

安裝高度(m)	中心最大照度(lux)				
	40w	60w	100w	150w	200w
3	>60	>80			
6		>40	>60		
10				>30	>50

資料來源：鑫源盛科技股份有限公司網站

3.廠商名稱：佰鴻工業股份有限公司

產品特色

- (1)極佳導熱組裝：確保 LED 燈源銅材底座到散熱器的溫差在 5°C。
- (2)熱導管與鰭片之散熱組合：利用熱導管的超快速導熱能力及超大表面積鋁鰭片與空氣的對流散熱原理，將 LED 產生的熱快速且有效的帶開，讓 LED 結溫保持在 80°C 以下，確保 LED 路燈壽命在 25,000 小時以上。
- (3)提高照射之均勻性：專利 Lens 設計封裝，取得寬角度低眩光的配光，提高 LED 路燈之照射範圍內之均勻度($E_{min}/E_{avg}>0.5$)。

表 2-27 佰鴻工業戶外 LED 路燈產品種類規格

編號	燈具光通量 (lm)	輸入功率 (w)	產品壽命 (hrs)	防水等級	操作環境溫度	備註
1	1,650	30	>20,000	IP65	-30~+40°C	高亮度
2	1,980	30	>20,000	IP65	-30~+40°C	超高亮度
3	3,300	60	>20,000	IP65	-30~+40°C	高亮度
4	3,960	60	>20,000	IP65	-30~+40°C	超高亮度
5	5,500	100	>20,000	IP65	-30~+40°C	高亮度
6	6,600	100	>20,000	IP65	-30~+40°C	超高亮度
7	8,250	150	>20,000	IP65	-30~+40°C	高亮度
8	9,900	150	>20,000	IP65	-30~+40°C	超高亮度
9	11,000	200	>20,000	IP65	-30~+40°C	高亮度
10	13,200	200	>20,000	IP65	-30~+40°C	超高亮度

資料來源：佰鴻工業股份有限公司網站

表 2-28 佰鴻工業戶外 LED 路燈外觀及配光曲線

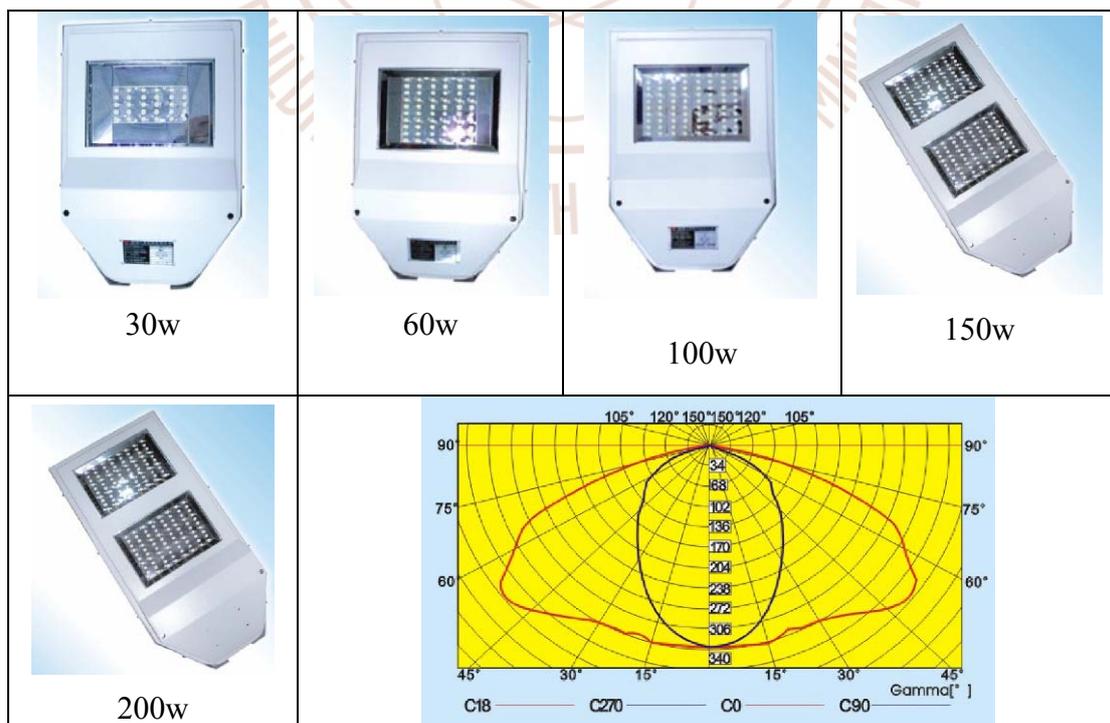


表 2-29 佰鴻工業 LED 路燈安裝高度之中心最大照度(lux)

安裝高度 (m)	中心最大照度(lux)									
	30w 高亮	30w 超高	60w 高亮	60w 超高	100w 高亮	100w 超高	150w 高亮	150w 超高	200w 高亮	200w 超高
4	35	50	-	-	-	-	-	-	-	-
5	22	32	44	57	-	-	-	-	-	-
6	15	22	32	40	-	-	-	-	-	-
7	11	16	21	29	40	47	58	68	77	91
8	-	-	17	22	30	36	44	52	59	69
9	-	-	-	-	24	28	35	41	47	55
10	-	-	-	-	19	23	28	33	38	44
11	-	-	-	-	16	19	23	27	31	36
12	-	-	-	-	13	16	19	23	26	31

資料來源：佰鴻工業股份有限公司網站

4.廠商名稱：中盟光電股份有限公司

產品特色

(1) 光學

對稱與非對稱交錯二次光學設計，在燈具水平安裝下可將光線適當分配於道路與人行道，符合 IESNA 道路照明規範，亮度損失低於 10%。

(2) 電路設計

採高功因交換式電源搭配分散定電流輸出設計，由 8 路獨立定電流模組各自供給一組光源，解決電流源大小均勻性的問題。除了直流轉交流維持 94% 的最佳電源模組設計外，同時加上過溫保護裝置，當光模組溫度超過攝氏 70 度，則會自動調降電流保護燈具與光輸出品質。

(3) 散熱

最佳化散熱模組設計，使用時最高溫與最低溫相差在攝氏 2 度之內，確保 LED 不因熱分布不均而引響光源品質。晶片結點溫度為攝氏 75 度(環境溫度為攝氏 30 度無風)，確保 LED 長壽命特色。

(4) 機構設計

LED 光源採模組化設計，四個模組可局部更換。掀蓋式電源盒設計，增加組裝與維修方便性，燈具本身達到 IP65 的防塵防水等級。

表 2-30 中盟光電戶外 LED 路燈產品種類規格

編號	燈具光通量 (lm)	輸入功率 (w)	產品壽命 (hrs)	防水等級	操作環境溫度	備註
1	5,000~7,000	120	>20,000	IP65	-30~+50°C	

資料來源：中盟光電股份有限公司網站

表 2-31 中盟光電戶外 LED 路燈外觀及配光曲線

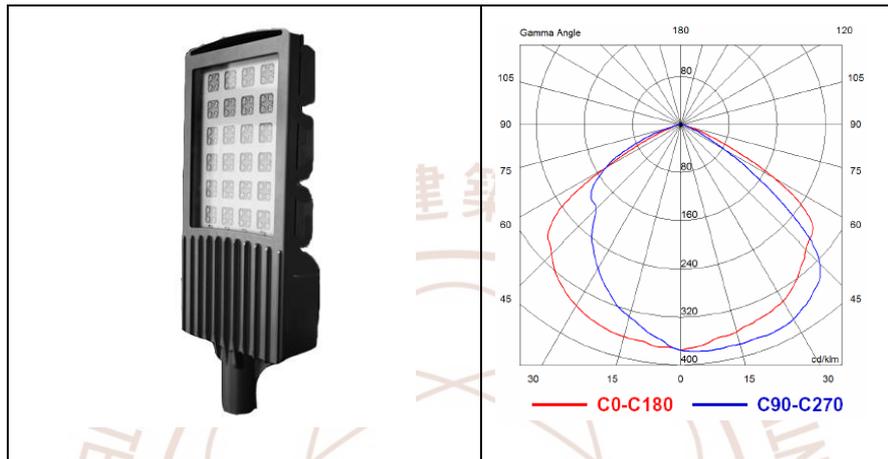


表 2-32 中盟光電 LED 路燈安裝高度之中心最大照度(lux)

	中心最大照度(lux)
安裝高度(m)	120w
6	43
8	24
10	16

資料來源：中盟光電股份有限公司網站

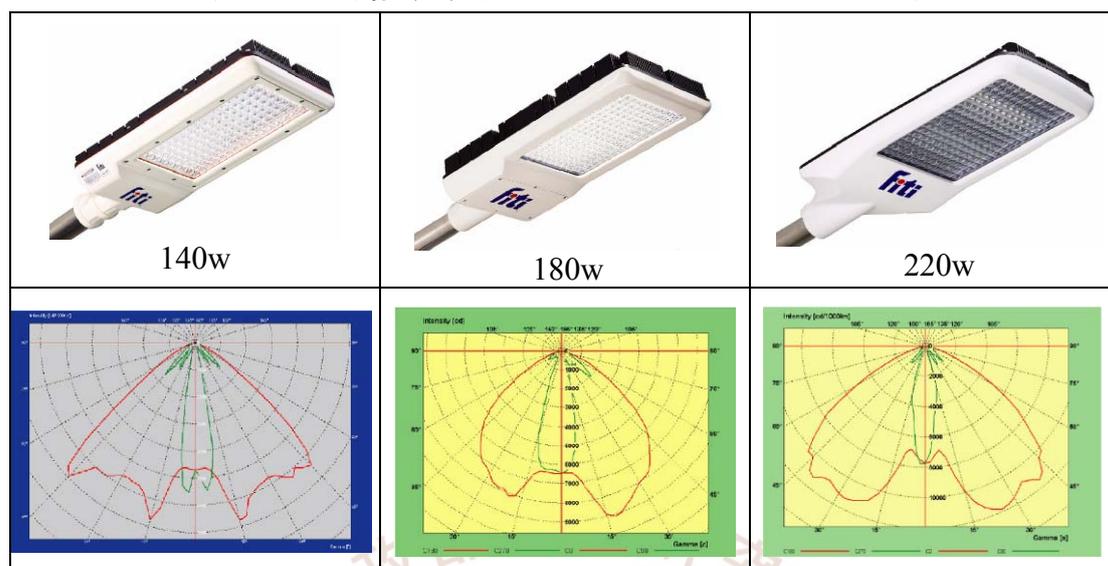
5.廠商名稱：沛鑫半導體工業股份有限公司

表 2-33 沛鑫半導體戶外 LED 路燈產品種類規格

編號	燈具光通量 (lm)	輸入功率 (w)	產品壽命 (hrs)	防水等級	操作環境溫度	備註
1	>7,000	140	>50,000	IP65	-40~+50°C	
2	>10,000	180	>50,000	IP65	-40~+50°C	
3	>16,000	220	>50,000	IP65	-40~+50°C	

資料來源：沛鑫半導體股份有限公司網站

表 2-34 沛鑫半導體戶外 LED 路燈外觀及配光曲線



四、建築景觀照明概說

隨著都市生活型態的改變，人們的日常作息不再是傳統的日出而作日落而息，在 24 小時營業的便利商店在都市中普遍存在之後，都市的活動逐漸朝著 24 小時連續運轉的方向發展，夜間景觀照明也逐漸受到重視。

景觀照明是室外照明與景觀的結合，與都市的建築風貌、空間的特性、文化背景分不開。其中照明是夜間景觀的諸多特性之一，照明的特性包含了美學與技術兩方面，故照明不再狹隘的只是方便夜間的活動，而是更進一步去塑造都市夜間璀璨的光環境。

隨著都市型態和生活作息時間的改變，景觀照明逐漸的受到重視，照明的功能也不再侷限於單純的以安全照明為主，夜間照明轉變成為具有裝飾效果和美化環境的功能。

既然良好的夜間景觀照明有助於提升都市景觀與環境的美感，因此在規劃設計時，必須考量對象、環境的不同，夜間景觀照明的設計原則亦應有所不同，周鼎金於《台北市強化史蹟夜景照明設備及夜貌設計》中提出戶外夜間景觀照明須注意的原則，除了需注意不同燈源使用方式外，還包括以下幾點：

1. 應與歷史空間夜景照明能夠搭配。
2. 針對不同的戶外空間功能需求，提供照度與光色。
3. 戶外空間夜景照明應能表現出夜景風貌。
4. 不應對人與附近居民形成光干擾。

- 5.應注意燈具的安裝位置避免易遭人為破壞。
- 6.應注意燈具易於維護與保養。

除此之外肖耀乾在《城市夜景照明規劃設計與實錄》中也提出以下的七點作為夜間景觀照明的基本原則：

1.景觀的整體性

事先做好夜間照明整體規劃，不能單考慮一個對象物，同時要考慮周圍其他景物及環境的情況，具備整體感，才能創造協調氣氛。

2.景觀的層次感

設計者要了解對象物的特徵、功能、風格、歷史背景、表面材料及環境等，並確定主景與次景關係，以塑造兩者間的層次感，而層次感的建立則可藉由虛實、明暗、輕重等多種手法呈現。確定主從關係後，以突出重點的方式對主景做結構或裝飾細部的照明，來突顯對象物的特徵。

3.施工品質的要求

夜間照明的照度或亮度水平、照明光源、燈具和電器控制設備與系統應該嚴格依照相關標準規範進行設計、施工和驗收。

4.慎選光色

使用光色要慎選，光色一般都具有強烈的感情特徵，能產生某種情緒。需根據對象物的表面材質做合理的光色使用與搭配，以利於表現其對象物特徵、營造氣氛、提高照明效果。同時，應做到清楚對象物的亮度和顏色與周圍環境的差別，才能達到協調感。一般而言，對於紀念性公共建築、辦公大樓或風格獨特的對象物的景觀照明以莊重、簡明、樸素為主調，不宜使用光色，必要時也只能局部使用彩度低的光色照射；對商業和文化娛樂對象物可適當選用光色照明，彩度可提高一點，有利於創造輕鬆、活潑、明快的彩色氣氛。

5.隱密性

燈的擺設位置應該盡量避開人的視線，因為擺放位置不當會為周圍環境和行人帶來視覺上的干擾。當條件不允許時，燈必須外露時，應該研究和設計燈的固定支架或燈柱，支架或立柱的外型、高低和色彩應該和對象物協調一致。

6.節約能源

夜間景觀照明需要消耗可觀的電能，可藉由選擇合理的照度標準，使用節能的光源燈具和控制系統，利用分級控制，區分平日與節日的照明效果。工程方面應該選擇技術成熟、安全可靠的照明器材，以利維修管理。

7.防止造成光污染

設計不當的夜間景觀照明形成的光污染好比噪音一樣會影響人的休息和健康，同時破壞環境景觀，故在進行照明設計時，應避免越亮越好的作法。

我國對於夜間景觀照明的設計目前並沒有一套完整的標準，相關的內容則散見於各有關的規範中，例如行政院營建署在「市區道路人行道設計手冊」中對於人行道照明設施設計的相關建議。

表 2-35 照明設施設計建議表

設計因子	設計考量因素	設計建議
照明設施位置	照明設施設置位置不得妨礙行人通行 燈柱、基座不得侵入人行道設計通行淨寬 人行道照明設施位置應避免干擾鄰近建築使用，特別是避免對住宅區夜間休息造成干擾	建議照明設施可設於鄰接綠帶、退縮設施帶等不影響人行的位置 照明設施避免過於接近大型喬木，以免燈光被樹葉所遮蔽
照明設施高度	照明設施高度應使受照區照度均齊度提高 以照明目的設定合理之燈具高度	建議人行道柱形燈具高度在 4.0 公尺~4.5 公尺，矮型燈具則在 0.75 公尺~1.0 公尺
照明設施間距	柱形燈具與喬木列於同一直線上，建議每兩株喬木之間距，設置一燈具	柱型燈具間距宜考慮燈具支配光曲線，建議間距為 12~16 公尺

照明設施材料選擇	<ul style="list-style-type: none"> · 採用高照明效率之燈具 · 依據環境色調、性質活動、土地使用等因素，選定光源色溫 · 照明設施高度越接近使用者活動高度，應有防撞、防破壞設計 · 照明設施能源可考慮部份採用再生能源 	<ul style="list-style-type: none"> · 建議燈具平均壽命不低於 8000 小時 · 建議商業區或主要幹道採用高演色性 70~80 之燈具，其他地區為 50~60 · 燈具配光曲線宜配合人行道空間形式，避免過多光度分布於非人行範圍，以提高燈具使用效率 · 柱形燈具宜設置反射罩，避免光線全面漫射，造成能源浪費 · 燈具宜設有防眩光設計
照明設施附屬	<ul style="list-style-type: none"> · 建議燈具可以與其他附屬設施整合設計包括：資訊標誌系統、垃圾箱等 · 附屬設施可與燈具主體一體設計 	<ul style="list-style-type: none"> · 活動式廣告或其他設施附掛於燈柱上，應預留固定配件
照明設施照度	<ul style="list-style-type: none"> · 依不同的人行道使用訂定合理的照度 · 依照明表現功能訂定合理的照度值 	<ul style="list-style-type: none"> · 建議住宅區人行道照度 3~5lux，一般道路人行道照度為 5~10lux，商業區或主要幹道人行道照度為 10lux，犯罪率高或安全性需要加強的地區，照度可以依需要增加 · 建議人行道照明之夜間平均照度應以 5lux~15lux 為原則 · 避免燈具全面性漫射造成光汙染 · 避免人行路徑中照度差過大，使行人眼睛不適。建議一般人行幹道或商業區均齊度在 0.25~0.33 間，住宅區為 0.167 · 建議燈具的採用應考量其演色性
照明設施維護	<ul style="list-style-type: none"> · 公共區域燈具應有自動啟閉設計，如：以日光感應器控制啟閉 · 燈具應選容易拆換、單元組合、備品易取得者 · 建議燈具的維護更新，應以整區一齊更新為原則，以確保發光效率 	<ul style="list-style-type: none"> · 地區照明燈具應以規格化、模塊化設計為原則 · 燈具宜做防塵設計，並有定期的清洗計畫，以免空氣汙染，降低燈具發光效率

資料來源：行政院營建署，2003，《市區道路人行道設計手冊》。

台北市政府台北市公園開發都市設計準則中，第十一條提到：公園應有適當之夜景照明設施，並依下列規定設置：

1.公園戶外公共空間之照明，應符合國家標準（CNS）總號 12112，類號 Z1044 之照度標準，並規劃適當之配置方式，遮光角度及遮隔形式；步道或階梯與周邊環境之明暗比不得大於一比三。

照明設施平均照度應符合下表所列標準

項目	步道	階梯	活動廣場、遊戲場	一般性區域
照度[lux]	5	7	20	3

2.公園戶外公共空間之照明，其燈光及演色性以符合下表所列標準為原則：
燈光及演色性之標準

項目	色溫	演色性 (Ra) 值
活動廣場、遊戲場	大於 2500K	大於 40
其它區域	大於 4000K	大於 60

3.公園之園區照明設計，應考量不同物種之棲息特性及夜行生物之棲息場所，營造不同物種生物之生存環境。

4.為塑造特殊夜間照明效果而於植栽旁設置投射照明燈具時，應考量整體美觀，並加強安全防護。

(一)建築景觀照明設備特性

1.光源

在建築景觀照明所使用的光源，依不同類型照明設計的特性而使用不同的燈具，搭配使用各種光源，其常用的光源比較如下表。目前 LED 燈發光效率已經較白熾燈及鹵素燈為佳，目前在實驗室開發中的高效率 LED 燈發光效率仍逐漸增加中。

表 2-36 景觀照明用光源特性

光源種類特性	LED 燈	白熾燈	鹵素燈	螢光燈	水銀燈	複金屬燈	高壓鈉燈	省電燈泡
發光效率 (lm/w)	30~40	15~20	20~25	60~90	48~60	70~90	90~120	25~55
起動時間	瞬間	瞬間	瞬間	預熱型 2~2s 瞬間型 瞬間	5min	5min	起動時間 5min 在起動 1~2 min	瞬間
經濟壽命 (h)	50000~10000	1000~1500	1500~2000	5000~10000	6000~12000	6000	3000~10000	4000~6000
演色性 (Ra)	尚佳(白光 85)，目前改善中	良好 (100)	良好 (100)	尚佳 (85)，經改善者優良	演色性差(36)	高演色型較佳	不良(28)	尚佳(85)

2. 景觀照明燈具

人的視覺並不會直接接觸到光源，而是利用燈具來欣賞光源。所以，燈具是聯繫光源與視覺的媒介，能夠讓建築、雕塑、水景、植物及其它景物完美的結合起來，豐富夜晚的空間色彩與環境氣氛，創造夜晚的環境特性（王曉燕，2000）。

燈具之選擇應配合其光源之特性，合乎使用目的的構造及機能，因燈具會影響照度的分佈、眩光、觀賞品質以及維護管理的維修問題。由景觀的角度來看，燈具也是一種造型物體，在日間被觀賞的時間比夜間時較久，必須考慮到日間配合週邊景觀的整體視覺效果，因此在燈具選擇也顯得更加重要。燈具除了把光線投射到物體之外，具有物理和使用上的雙重要求。其既是光源的保護構件，並藉由其形狀、色彩、量體等因素重塑光的整體形象，同時和周圍環境景觀做完美的結合，以豐富都市夜晚的空間色彩、氣氛，突顯都市夜晚的空間特色。

燈具依其功能區分主要類別如下表所示。此外依其高度可分為四種照明方式（周鼎金、陳燧宗，1994）：

- 一、高柱之照明方式。
- 二、一般高度照明方式。
- 三、低高度照明方式。
- 四、低位置、地中埋設照明方式。

表 2-37 景觀照明燈具用途分類

類型	功能	高度 [m]	適用空間
長柱燈	滿足步道廣場的照明需求，需有良好的配光，使光線均勻的投射於地面	3~12	步道、廣場
庭園燈	以創造幽靜舒適的空間氣氛為主，造型上力求美觀新穎，並與周圍景物空間性質相協調。	1.2 以下	庭園、公園、綠地
草坪燈	放置於草坪邊緣，以烘托草坪的寬廣，造型多樣。草坪燈具色彩不宜過多，需與草坪色調協調。	0.3~1	草坪
地底燈	安置於地平面中，主要作用為引導視線和提醒注意。	地面 以下	步道、人行道、 地面有高低差變化之處。
水底燈	配合水景創造出特殊氣氛。	水中	水景
投光燈	投射式照明，光線分布廣，可用來將建築外觀或樹型、雕塑等物件打亮，利用明暗陰影的對比，創造出特殊氣氛。	0.3 以下	建築外觀、樹木、雕塑等
輪廓燈	用來勾畫建築輪廓，具備導向性強的焦點性和地標作用。	建築 表面	建築外觀、步道等

表 2-38 依高度分類

照明方式	主要特點
高柱照明方式 (高度：15-25m)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 使用於廣場中央，象徵性景觀的形成，對都市美感有很大的貢獻。 2. 照明效率之提升，經濟之考量。 3. 使用升降方式，在地上維護較容易。 4. 此種照明用於獨特立方式之陳設較少，整個廣場的整體利用效率較高。
一般高度照明方式 (高度：4-12m)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 高度 3-4 倍間隔之配置，可得到延續空間的光與美感之呈現。 2. 使用標準的照明器具。 3. 個性化的燈具和高效率的燈具比較容易使用。 4. 光線強度的控制較容易。
低高度照明方式 (高度：1-4m)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 人性化的近距離位置擺設，使人有親身感受光的機會與溫暖。 2. 維護管理的工作較容易。 3. 光線和影像的呈現，在廣場內部的效果很好。 4. 燈具的種類與形狀富變化。
低位置、地中埋設 (高度：0.8-1m)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 造成光之視覺重點。 2. 地面上的色澤較真實，感覺較安定。 3. 易於管理維護燈具。 4. 較容易引人注意，具有誘導入口或通道的效果。

資料來源：周鼎金、陳燧宗，1994

3. 照明方式

在選擇照明手法時，一定要從藝術的角度加以詳細考慮，並且每一細微處皆表現出其特點，讓景觀照明得到充分的評價與欣賞。在照明設計中十分重要的一點，即是將設計手法同其他技巧結合使用，避免單一方式進行，以創造出更具特色、美麗的夜間景觀。

(1)點的照明：

由於「點」的光源本身即是一種外觀照明工具，可直接用來裝飾物體，讓物體的立面產生星光般的感覺。以往在節慶時總是可以看到建築物張燈結綵的燈具使用方式，也是點照明的運用。

(2)線的照明：

線型光源使建築物的外觀照明使用方式多了一種選擇，也可稱為“輪廓照明”。線型光源多是用來勾勒建築物的輪廓線或是天際線，目前多採用防水日光燈、霓虹燈、冷極管、光纖、光管等燈具做線型照明。使用上通常需要考慮建築物的高度及光源的輝度，必要時需在建築物上作細部處理來藏燈，以免破壞建築物的日間景觀。

(3)面的照明：

面的照明有兩種使用方式，泛光照明與透光照明。泛光照明的使用在於強調物體的造型或特色，而透光照明是採用內部透光的方式來襯托出物體的能量及張力。此兩種照明方式主要是依物體材質透光與否來決定，如果是實牆則採用泛光來表現，如果是玻璃帷幕則可利用內部透光來表現。

設計景觀照明時，並無一固定模式，應盡量使用多樣化的手法，並依據對象物的功能屬性，特徵，風格、周圍環境條件、觀看夜間景觀的最佳視點和視距的基礎上，來規劃景觀照明。

(4)夜間照明光源運用技巧

光從單純地滿足夜間空間功能要求，到決定夜間空間環境的質量，其景觀照明已經不再僅是照亮環境，還要富有藝術性，讓觀賞者產生美的感受。此種改變，讓光的運用由被動變為主動，由單純功能取向發展為裝飾性功能，故提供舒適夜間空間的前提，是塑造舒適的視覺環境。下面就基本用光技巧提出說明，以提供建立良好的視覺環境（肖輝乾，1999）：

1.突出主光，兼顧輔助光

夜間景觀照明不是要全部景物皆照的一樣亮，應該用主光突出重點地方，用輔助光照明其他次要地方，使照明富有層次感。主光與輔助光的比例一般為3：1，即能產生注視焦點，並把整體形象展現出來。

2.掌握好光源方向

照明的光束不能垂直照射物的被照面，而是傾斜入射到被照面上，以便表現表面材質的特徵和質感。被照面為平面時，入射角一般為60°-85°；被照面有較

大凹凸部份，入射角取 0° - 60° ，才能形成適度陰影和立體感；若要重點呈現被照面的細部特徵，入射角取 80° - 85° 為宜。

3. 重複運用光源

在空間環境中，利用水平或垂直方向有規律的重複光源，使照明富有韻律和節奏感。例如橋樑或長廊的夜間照明，可利用這種手法創造出透視感強，富有韻律和節奏感的照明效果。

4. 適當應用逆光和背景光

逆光是從對象物背面照射的光線，逆光可將對象物和背景分開，形成輪廓清晰的三維立體剪影效果。

(二) LED 燈在建築景觀照明應用現況

LED 燈目前在景觀照明的應用主要有以下的幾種類型：

1. LED 投光燈
2. LED 輪廓燈
3. LED 光柱
4. LED 地底燈
5. LED 圖元燈
6. LED 地板燈
7. LED 燈串

1. LED 投光燈

項次	名稱	外觀	規格
1	小型投光燈		燈座：MR-16 尺寸：直徑 100*149mm 電壓：DC12V
2	高功率投光燈		防水等級: IP65 光角度: 8~120 度 訂做的矩陣模組排列

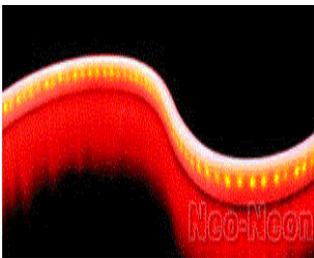
3	線型洗牆燈		<p>顏色範圍：紅、綠、藍三原色連續地變換 輸出不同亮度 光束發散角度：25° 光線照射距離：20m 外殼材質：鋁合金</p>
4	大型投光燈		<p>光源：大功率 LED LED 顏色、數量：Red12 Green12 Blue12 光束發散角度：25° 光線照射距離：20m 外殼材質：鋁合金</p>
5	投光燈		<p>室內及室外皆可使用 鋁合金外殼， 防護等級 IP67 高功率 LED 36 顆 光束發散角度：15° 或 45°</p>
6	投光燈		<p>防護等級 IP67 功率小於 12w 光束發散角度：窄角或中角配光</p>
7	投光燈		<p>產品規格： 燈體：高壓鑄鋁合金成型 表面處理：靜電粉體耐候烤漆處理 燈罩：抗冷熱耐候玻璃 適用光源：30 w 封裝 LED 燈 發光顏色：RGB 全彩、紅光、黃光、綠光、藍光、正白光、暖白光等顏色 使用電壓：110V/220V 60Hz 防護等級：IP 65</p>
8	洗牆燈		<p>發光顏色：紅、黃、綠、藍、正白、全彩 操作電壓：110/220V 60Hz 防護等級：IP65 光源：18w LED</p>

			尺寸:長 90cm*寬 6cm*高 7.5cm
--	--	--	-------------------------

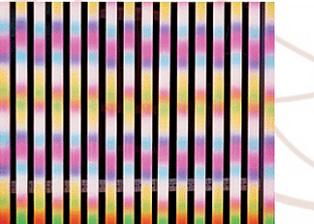
2.輪廓燈(直線型)

項次	名稱	外觀	規格
1	變色管		<p>功能描述</p> <p>定色：紅，綠，黃，藍，紫，青，白等</p> <p>變色：顏色變換</p> <p>光通量:124LM</p> <p>工作環境溫度:-20°C~+45°C</p> <p>工作環境濕度:0-95%</p> <p>防護等級: IP65</p>
2	LED 燈條		<p>鋁合金外殼，燈體本身絕緣</p> <p>防護等級 IP66</p> <p>高功率 LED 18 顆，</p> <p>發光角：15° 或 45°</p> <p>防護等級:IP66</p> <p>耗電量：17-25w</p>
3	變色管		<p>LED 變色管以 LED 作為發光源，投射出一束發光角度為 100° 的光束到 PC 圓管的內表面，經過多次反射和折射透出外壁形成混色光。</p> <p>功能描述</p> <p>定色: 紅，綠，黃，藍，紫，青，白等單色</p> <p>變色：顏色變換</p>
4	高壓-麗得單色管		<p>產品技術規格：0.5m 1m</p> <p>工作環境溫度：-20°C~+45°C</p> <p>工作環境濕度：0-95%</p> <p>防護等級：IP65</p> <p>輸入電壓：220V</p> <p>工作電流：0.02A</p> <p>最大功耗：4.4w 8.8w</p> <p>光管材料：乳白色 PC (抗 UV)</p>

輪廓燈(曲線型)

項次	名稱	外觀	規格
1	輪廓燈		透過微電腦控制器的控制，LED 輪廓燈能夠根據您的喜好顯示各種顏色的效果。LED 輪廓燈，放置在特製的鋁制軌道中，外面套 PC 外套，能夠顯示柔和的燈光，由於緊湊的燈距和紅、綠、藍的特別結構，RGB 型輪廓燈能夠與霓虹燈很好的結合，並且能夠呈現不同的顏色。 單位:m
2	軟性輪廓燈		LED 燈距：40mm 每米功率：7.5w 防護等級：IP65 輸入電壓：AC110-220V 開關電源：5V30A/10m

輪廓燈(直線組合式)

項次	名稱	外觀	規格
	直線組合式		防護等級：IP44， •輸入: DC12V •工作溫度: -20°C ~ +45°C •最大功率: 16.8w •尺寸: L1000 x W50 x H75mm •外殼顏色: milky white 智慧型 LED 線型燈可以由電腦控制組成一個模擬的 LED 顯示幕，這個顯示屏的尺寸為 16X16=256 個象素(每個智慧管有 16 個象素)，模擬的顯示幕可提供多種顏色：紅色、黃色、藍色、綠色、白色、墨綠色、紫色及灰度變化。這個顯示幕可以顯示任何字母(文字)或者圖片。

3.LED 光柱

項次	名稱	外觀	規格
1	LED 光柱		規格 定色：紅，綠，黃，藍，紫，青，白等單色顯示 變色：16.7million 顏色變換 單向慢速流動 雙向慢速流動 滾動追逐（來回滾動） 滾動顏色（來回掃描） 多彩追逐

4.幕牆燈

項次	名稱	外觀	規格
1	幕牆燈		特性：以紅、綠、藍三種顏色的 LED 作為發光源，配合電腦控制能進行顏色變幻，色彩追逐，過渡漸變，灰度變化和七色變化 定色：紅，綠，黃，藍，紫，青，白等單色
2	幕牆燈		特性：以電腦控制可線上播放信號。還可編輯和擺放靜態圖片，二 D，三 D 動畫以及即時新聞和重要通告。 LED 數量：2304PCS(R1152、G576、B576) 光通量：380lm 防護等級：IP65 最大功率：175w 結構尺寸：L600*W600*H120mm



圖 2-10 幕牆燈應用例
資料來源：力德光電



圖 2-11 幕牆燈應用例
資料來源：力德光電

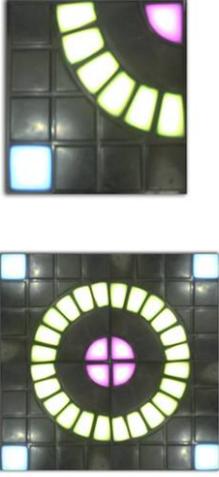


圖 2-12 幕牆燈應用例
資料來源：力德光電

5.圖元燈

項次	名稱	外觀	規格
1	圖元燈		發光角度: 110°*45° 發光強度: 5.0cd 額定功率: 0.6w 額定電流: 0.12A 額定電壓: DC5V 可變化顏色: Full color 防護等級: IP65 使用壽命: 100,000 hours 溫度範圍: -20°C +60°C ~ +60°C

6.地底燈

項次	名稱	外觀	規格
1	地底燈		燈座：MR-16 尺寸：直徑 100*93mm 電壓：DC12V
2	地底燈		以紅、綠、藍三色 LED 為基本光源， 可透過微電腦控制調控。 顏色範圍：通過 RGB 混合變化色彩 16.7x10.6 光束角度：30° 防水等級：IP65 外殼：鋁合金 / 不銹鋼
3	地底燈		規格 顏色範圍：通過 RGB 混合，變化色彩 16.7 × 10.6 光源：高亮度彩色 LED 光束角度：30° 防水等級：IP67
4	LED 地磚 燈		尺寸：200*200*45mm 色彩模式：RGB 電壓：110V

7.水底燈

項次	名稱	外觀	規格
1	水底燈		尺寸：直徑 260*H65mm 色彩模式：RGB 電壓：110V LED 數量：69PCS
2	水底燈		可搭配調光器使用成 RGB 全彩效果，適合於室內、戶外各種社區、公園、庭園、遊樂區、水池照明、游泳池、噴水池情境使用，依照客戶使用狀況，可選擇 RGB 全彩、紅光、黃光、綠光、藍光、正白光、暖白光等顏色 燈體：鋁合金一體成型 反射器：高級鋁板表面陽極處理 使用光源：60w 單顆封裝 LED 使用電壓：110V/220V 60Hz 防護等級：IP 68
3	游泳池燈		額定電壓：12V DC 額定功率：25 Watts 防水等級：IP68 顏色範圍：紅、綠、藍三原色連續地變換 輸出不同亮度 光源：超高亮 LED 外殼材質：不銹鋼
4	水底燈		顏色範圍：紅、綠、藍三原色連續地變換 輸出不同亮度 光源：大功率 LED 光束角度 25° 外殼材質：不銹鋼 / 鋁合金 / 鋁合金

8.燈串

項次	名稱	外觀	規格
1	網燈		LED 網燈系列可以用於小型房間裝飾，還可以用於裝飾晚會、舞台背景，還可以放於建築物外牆裝飾樓梯、櫥窗、樹木還有酒店旅館及其他商業櫥窗。 LED 燈炮：120 燈 單組會跳動，不帶跳機 色彩模式：R/G/Y/B/W/RGYB
2	窗簾燈		控制模式：隔串跳 燈距：10cm 串距：15cm 單組(3m/1 組)不帶跳機 色彩模式：R/Y/G/B/W/BW/RGYB
3	星星燈		LED 數量：100 燈 單組(10m/1 組)不帶跳機 色彩模式：R/G/Y/B/BW/RGYB

4 陳俊源，2005.06，發光二極體(LED)光源特性於產品設計之應用研究-以燈具產品為例，碩士論文，實踐大學工業產品設計學系碩士在職專班，台北。

5 王美倫，2005.06，台灣LED產業發展之策略分析，碩士論文，國立交通大學管理學院碩士在職專班科技管理組，台北。

6 郝洛西，2005.10，城市照明設計，遼寧科學技術出版社。

- 7 許家銘，LED標準推動機制與政策，2008年07月14日，取自
http://tech.digitimes.com.tw/print.aspx?zNotesDocId=0000097564_BLJ6JC6B5N5LYB752JVRR
- 8 許家銘，LED 標準推動機制與政策，2008 年 07 月 14 日，取自
http://tech.digitimes.com.tw/print.aspx?zNotesDocId=0000097564_BLJ6JC6B5N5LYB752JVRR
- 9 郭子菱，2008.07，國際LED照明規範及標準推動產業發展，光連雙月刊No.76，台北。
- 10 許家銘，LED 標準推動機制與政策，2008 年 07 月 14 日，取自
http://tech.digitimes.com.tw/print.aspx?zNotesDocId=0000097564_BLJ6JC6B5N5LYB752JVRR
- 11 張學智、黃勝邦、朱慕道，2008.01，LED 路燈的設計，2007 年台灣照明學會年會手冊暨論文集，台北。
- 12 LEDinside，2008 年台灣 LED 路燈市場發展現況，2008 年 07 月 14 日，取自
<http://www.ledinside.com/en/node/6697>。
- 13 LEDinside，2008 年台灣 LED 路燈市場發展現況，2008 年 07 月 14 日，取自
<http://www.ledinside.com/en/node/6697>。
- 14 LEDinside，2008 年台灣 LED 路燈市場發展現況，2008 年 07 月 14 日，取自
<http://www.ledinside.com/en/node/6697>。
- 15 LEDinside，2008 年台灣 LED 路燈市場發展現況，2008 年 07 月 14 日，取自
<http://www.ledinside.com/en/node/6697>。
- 16 田力軍，2007.9，LED 夜景照明工程的質量檢測與評估，現代顯示，總第七十九期。
- 17 田力軍，2007.9，LED 夜景照明工程的質量檢測與評估，現代顯示，總第七十九期。

第三章 案例調查與分析

第一節 LED 路燈案例調查與分析

一、LED 路燈國內案例

	廠商	地點	功率	照片
一	陽傑科技股份有限公司	台北縣政府	150w LED 路燈	
二	陽傑科技股份有限公司	台灣大學	100w LED 戶外照明燈	
三	陽傑科技股份有限公司	宜蘭羅東鎮公所	100w LED 戶外照明燈	
四	陽傑科技股份有限公司	南投縣政府	100w LED 戶外照明燈	

	廠商	地點	功率	照片
五	陽傑科技股份有限公司	台北大學	100w LED 路燈	
六	陽傑科技股份有限公司	政治大學	100w LED 路燈	
七	陽傑科技股份有限公司	交通大學	150w LED 路燈	
八	陽傑科技股份有限公司	育達商業技術學院	150w LED 路燈	

	廠商	地點	功率	照片
九	中國電器股份有限公司	中國科技大學新竹校區	36 w LED 路燈	
十	鑫源盛科技股份有限公司	高雄市自由一路	150w LED 路燈	
十一	鑫源盛科技股份有限公司	台北縣中和市公所	150w LED 路燈	
十二	鑫源盛科技股份有限公司	嘉義大學	150w LED 路燈	

二、LED 路燈國外案例

	廠商	地點	功率	照片
一	鑫源盛科技股份有限公司	中國南京湯山 LED 封裝廠	60/100w LED 街燈	
二	鑫源盛科技股份有限公司	廣東東莞市	200w LED 路燈	
三	鑫源盛科技股份有限公司	中國蘇州昆山高新工業園區	150w LED 路燈	
四	鑫源盛科技股份有限公司	江蘇省常州樣板工程	LED 路燈	

三、LED 路燈案例調查與分析

就現有已安裝之 LED 路燈之地點而言，其包括了部分都市地區的主要幹道，政府機關之廣場步道，捷運站出入口之人行步道，以及校園園區道路及停車場等場所，有鑒於一般道路交通流量大、危險性高，或安裝地點之光環境複雜、光害嚴重，實際量測不易、分析條件不足，因此本研究所考慮案例對象即以學校校園及政府機關為主，包括中國科技大學新竹校區、台灣大學、政治大學、交通大學及中和市公所等五處，安裝時間至今大約在 1~2 年之間，其使用場所性質可分停車場 1 件、人行步道 2 件、校園道路 1 件。

在照度量測方面，以路燈光源正下方為基準點，分別朝光源前方及左（右）以 1 公尺為單位，作為測量點，如圖 3-1 所示，照度計測量高度為離地 15 公分處，量測範圍則以現場可量測之實際範圍，若有明顯之步道寬度即以此為量測極限，若屬停車場、廣場並無明顯使用範圍者，則以燈桿高度之二倍距離為量測極限，量測路燈之選擇以路燈環境避免周遭光害產生為主，本計畫並依審查委員之意見，另針對中國科技大學新竹校區及交通大學二處案例進行第二次之追蹤量測，與前次測量時間約 3~4 個月之久，藉以了解 LED 路燈使用之衰減情形。同時本計畫亦量測中國科技大學新竹校區內傳統光源之高壓鈉燈路燈計二盞，其目的在於比較 LED 路燈與傳統光源之差異性。所有案例之實測結果分別如下說明：

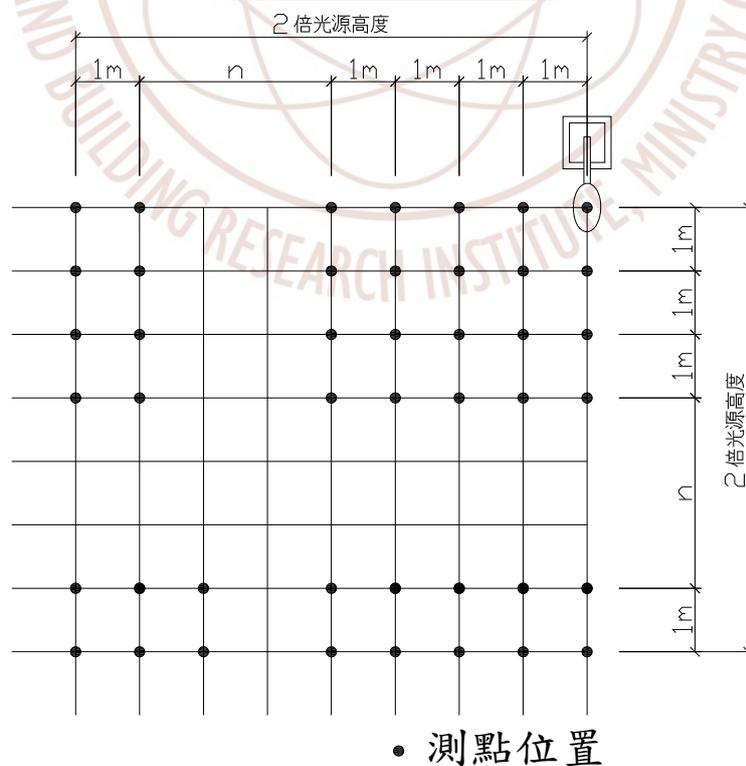


圖 3-1 照度測點位置及範圍

依據 CNS5065-C3069 照度測定法 6.1 規定：「照度測定點之決定方法為...，室外時為地板或地面上 15cm 以下，...」考量本計畫所有案例，地面材質或為瀝青、水泥、泥土、草皮等表面凹凸不一，影響水平面之準確性，因此在量測高度的選擇方面以離地 15 公分為原則。

(一)實測案例一

案例名稱：中國科技大學新竹校區

測量日期：97.5.18

地點：停車場

LED 路燈廠商：A 公司

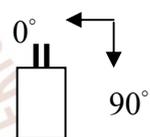
光源瓦數：36w (採太陽+風力發電)

燈具高度：380cm

水平面照度 (lx)

測量高度：離地 15cm

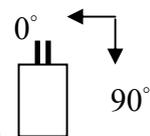
8m	7m	6m	5m	4m	3m	2m	1m	0m	
0.40	0.62	0.84	1.40	2.46	4.65	8.29	12.7	15.3	0m
0.53	0.65	0.87	1.48	2.69	4.46	7.95	11.7	13.8	1m
0.54	0.65	0.87	1.47	2.45	3.97	6.32	8.51	9.8	2m
0.50	0.65	0.78	1.27	1.76	2.99	3.95	5.25	5.73	3m
0.48	0.60	0.69	1.13	1.39	1.95	2.73	3.16	3.60	4m
0.47	0.55	0.65	0.93	1.19	1.46	1.76	2.24	2.39	5m
0.43	0.52	0.54	0.80	0.85	1.06	1.20	1.51	1.56	6m
0.42	0.42	0.46	0.56	0.68	0.81	0.92	1.00	1.05	7m
0.35	0.40	0.41	0.49	0.54	0.67	0.75	0.77	0.78	8m



燈具輝度 (cd/m²)

測量高度：離地 150cm

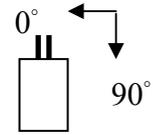
9m	8m	7m	6m	5m	4m	3m	2m	1m	0m
308	389	591	830	1347	1964	—	—	—	—



測量日期：97.9.11（第二次測量）

水平面照度（lx）

測量高度：離地 15cm



	8m	7m	6m	5m	4m	3m	2m	1m	0m	
0.51	0.63	0.84	1.39	2.38	4.29	7.28	11.5	13.3	0m	
0.53	0.64	0.84	1.34	2.35	3.90	6.69	9.94	11.50	1m	
0.53	0.65	0.91	1.36	2.16	3.41	5.46	7.03	7.44	2m	
0.50	0.60	0.79	1.08	1.55	2.38	3.28	4.28	4.36	3m	
0.49	0.59	0.75	1.06	1.34	1.75	2.29	2.58	2.61	4m	
0.49	0.54	0.60	0.79	0.99	1.23	1.45	1.66	1.81	5m	
0.45	0.49	0.51	0.56	0.65	0.66	0.71	0.73	0.69	6m	
0.41	0.46	0.48	0.51	0.56	0.59	0.58	0.53	0.54	7m	
0.24	0.26	0.28	0.33	0.36	0.38	0.39	0.39	0.44	8m	



圖 3-2 中國科技大學 LED 路燈



圖 3-3 中國科技大學實測現場



圖 3-4 中國科技大學夜間點燈實況



圖 3-5 中國科技大學夜間實測現場

(二)實測案例二

案例名稱：政治大學

測量日期：97.7.21

地點：人行步道

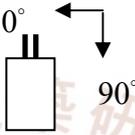
LED 路燈廠商：B 公司

光源瓦數：25w

燈具高度：300cm

水平面照度 (lx)

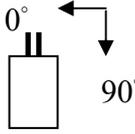
測量高度：離地 15cm



4m	3m	2m	1m	0m	
8.74	19.7	33.5	48.0	53.8	0m
8.60	18.9	32.2	44.9	48.5	1m
6.22	13.7	23.3	33.4	35.3	2m
4.94	9.8	16.5	21.3	22.0	3m
3.47	5.44	8.14	10.6	10.9	4m

燈具輝度 (cd/m²)

測量高度：離地 150cm



8m	7m	6m	5m	4m	3m	2m	1m	0m	
310	536	666	1050	2800	—	—	—	—	0m

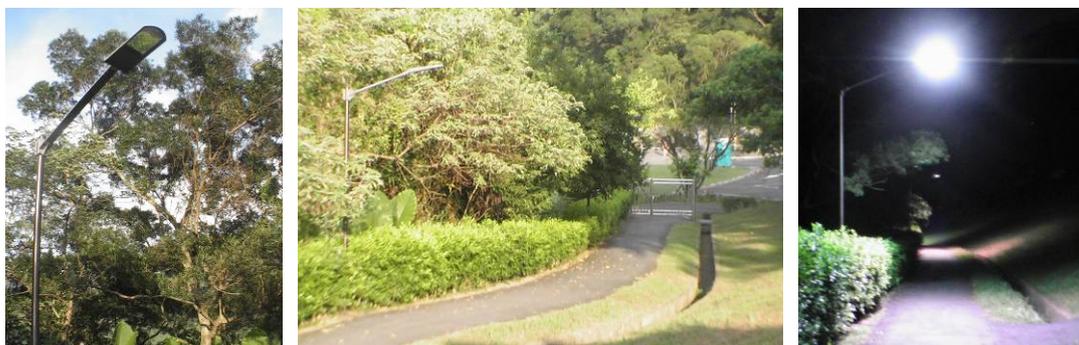


圖 3-6 政治大學 LED 路燈實測現場

(三)實測案例三

案例名稱：台灣大學

測量日期：97.7.25

地點：道路

LED 路燈廠商：B 公司

光源瓦數：100w

燈具高度：520cm

水平面照度 (lx)

測量高度：離地 15cm

	8m	7m	6m	5m	4m	3m	2m	1m	0m	
	13.2	18.6	31.2	31.2	48.7	75.6	107	132	142	0m
	13.6	20.8	32.3	32.6	48.6	71.5	104	127	138	1m
	13.1	20.5	28.9	29.8	43.8	64.8	90.1	111	119	2m
	11.7	17.6	25.3	26.2	36.6	52.7	71.5	82.8	90.5	3m
	9.1	14.1	19.5	14.1	29.6	39.6	50.5	56.7	59.8	4m
	7.29	9.3	13.0	8.03	19.4	25.7	30.2	33.8	36.3	5m
	4.54	5.65	7.33	7.86	10.0	12.7	13.8	15.3	16.0	6m
	2.07	2.31	2.91	3.53	3.79	4.11	4.53	4.83	5.45	7m
	1.05	1.18	1.47	1.68	1.71	1.87	3.52	4.03	3.75	8m

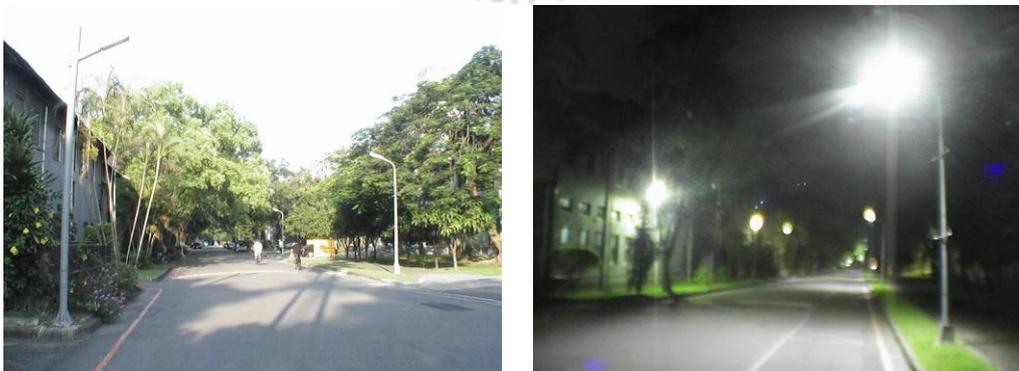
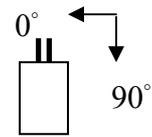


圖 3-7 台灣大學 LED 路燈實測現場

(四)實測案例四

案例名稱：交通大學

測量日期：97.7.30

地點：停車場

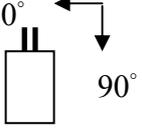
LED 路燈廠商：B 公司

光源瓦數：150w

燈具高度：900cm

水平面照度 (lx)

測量高度：離地 15cm



	9m	8m	7m	6m	5m	4m	3m	2m	1m	0m	
	13.5	15.4	18.9	22.5	23.8	24.9	26.4	30.4	31.3	33.7	0m
	13.4	15.2	18.6	21.1	23.6	24.1	24.5	27.2	29.4	32.8	1m
	12.7	14.9	17.8	20.5	22.9	22.9	23.1	24.6	25.2	28.8	2m
	11.3	13.4	16.2	19.5	21.2	21	21.5	24.1	25.2	25.2	3m
	10.5	12.7	15.7	18.2	19.6	19.8	21	24.7	25.7	25.3	4m
	9.7	11.2	14.9	16.3	17.5	17	18.6	22	22.6	24.8	5m



圖 3-8 交通大學實測現場

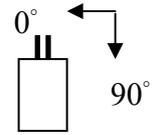


圖 3-9 交通大學夜間實測現場

測量日期：97.10.30（第二次測量）

水平面照度（lx）

測量高度：離地 15cm



	9m	8m	7m	6m	5m	4m	3m	2m	1m	0m	
	11.7	13.8	16.8	21.2	23.3	24.1	24.7	27.4	30.5	31.9	0m
	11.9	13.7	16.6	20.1	23.2	23.8	23.9	26.2	28.5	31.4	1m
	11.2	13.5	16	19.4	22.4	22.7	22.6	23.9	24.8	28	2m
	10.6	12.9	15.3	18.5	20.9	20.9	21.1	23.6	24.2	24.9	3m
	9.8	11.8	14.1	17	18.8	18.5	18.7	21.8	23.9	23.2	4m
	9.06	10.6	12.6	15	16.3	15.8	16.2	18.3	20	19.7	5m
	8.01	9.1	10.7	12.7	13.6	13.4	13.6	15.3	16.1	16.1	6m
	7.12	7.51	9.2	10.7	11.3	11.1	11.1	12.8	13.2	13	7m
	5.97	6.96	7.82	9.01	9.2	9.03	9.22	10.3	10.4	10.1	8m
	5.3	5.72	6.48	7.33	7.51	7.51	7.53	8.31	8.5	8.09	9m

(五)實測案例五

案例名稱：中和市公所

測量日期：97.9.10

地點：停車場

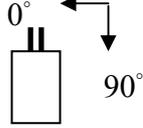
LED 路燈廠商：C 公司

光源瓦數：150w

燈具高度：500cm

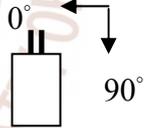
水平面照度 (lx)

測量高度：離地 15cm

7m	6m	5m	4m	3m	2m	1m	0m	
15.3	24.2	42.2	72.4	115	143	170	133	0m
11.1	15.8	28.8	54.8	95.5	142	157	171	1m
8.8	11.0	16.4	33.2	67.7	104	133	139	2m

燈具輝度 (cd/m²)

測量高度：離地 150cm

11m	10m	9m	8m	7m	6m	1m	0m	
1280	1860	2280	3073	5890	10180	-	-	0m

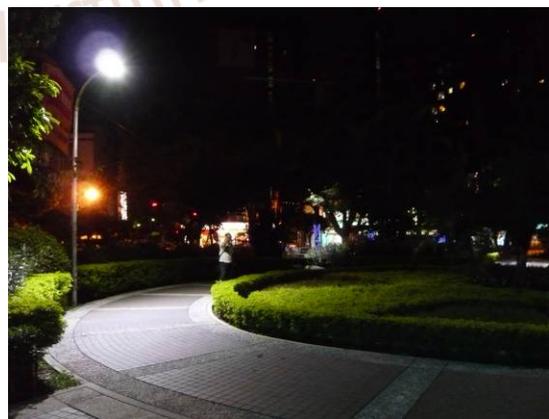


圖 3-10 中和市公所實測現場

四、案例實測結果分析

根據表 3-1 得知，光源下方照度大於 100 lux 以上者共有二處 (No.3、No.5)，其特徵為燈具高度皆為 5 公尺左右，光源瓦數在 100~150w 之間，光源下方照度在 30~50 lux 者共有二處 (No.2、No.4)，其光源瓦數分別為 25、150w 搭配燈具高度分別為 3、9 公尺而異，另有光源下方照度低於 20lux 以下者計一處，其光源瓦數搭配 3.8 公尺之燈具高度與其他案例比較結果略顯偏低。

表 3-1 案例實測結果統計

案例編號	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	
名稱	中國科大	政大	台大	交大	中和市公所	
地點	停車場	人行步道	道路	停車場	人行步道	
光源瓦數(W)	36	25	100	150	150	
燈具高度(cm)	380	300	520	900	500	
相鄰路燈間距(cm)	1750	3100	2900	1000	1800	
光源下方照度	15.3	53.8	142	33.7	133	
A	平均照度	5.90	29.68	63.35	—	—
	均齊度	0.24	0.33	0.12	—	—
B	平均照度	2.41	21.67	33.91	20.84	101.00
	均齊度	0.14	0.16	0.03	0.46	0.16
備註：						
1. 照度單位：Lux						
2. 均齊度 = 最小照度 / 平均照度						
3. A 之選取範圍 (長、寬) 約等於燈桿高度						
4. B 之選取範圍 (長、寬) No.1 為 800 cm×800 cm；No.2 為 400 cm×400 cm； No.3 為 800 cm×800 cm；No.4 為 900 cm×500 cm； No.5 為 500 cm×200 cm						

資料來源：本研究自行整理

在平均照度方面之檢討，No.1 之案例，由於其安裝地點為校園停車場，現場並無明顯之使用界限，因此以其燈具高度 3.8 公尺分別選取 4×4 公尺及 8×8 公

尺二者選取範圍來檢討；No.2 之案例，由於其安裝地點為人行步道，同時配合及現場環境極限，以燈具高度 3 公尺分別選取 3×3 公尺及 4×4 公尺二者選取範圍來檢討；No.3 之案例為校園園區道路，配合其現場環境極限，以燈具高度 5.2 公尺分別選取 5×5 公尺及 8×8 公尺二者選取範圍來檢討；No.4 之案例為校園停車場，考慮其現場環境極限，以 9 公尺之燈具高度選取 9×5 公尺之範圍來檢討；No.5 之案例為廣場公園內之人行步道，考慮其步道寬度，以 5 公尺之燈具高度選取 5×2 公尺之範圍來檢討。

案例 No.1 之現場實測結果，由於此路燈採用太陽光加風力發電作為其電源之供應，在發電能力之考量下，僅搭配以 36w 之 LED 燈，未來 LED 路燈之發光效率 (lm/w) 若能在提升的話，則戶外路燈太陽光加風力發電搭配 LED 照明將更符合環保、節能趨勢發展，而在此案照度實測值實屬偏低，而在光衰檢討部分，經過近四個月後之追蹤量測(如表 3-2)，其平均照度衰減約 15%，應可進一步檢討，但是均齊度在 0.24~0.13 之間，則屬尚可。

案例 No.2 之現場實測結果，由於其人行道路寬度約 2 公尺而已，對應於實測結果所呈現之數值，就步道使用範圍而言，其平均照度及均齊度方面皆屬合理。

案例 No.3 之現場實測結果，其平均照度值令人滿意，但均齊度之表現差強人意，顯示其燈具之 LED 光學構造所產生之配光分佈，有進一步檢討的空間。

案例 No.4 之現場實測結果，此次量測範圍受限於現場環境因素，僅以使用範圍來分析計算，而所得之數值結果，其平均照度值尚可，但均齊度令人滿意，平均照度若推算至本研究設定之選取範圍（燈具高度×燈具高度）時，有偏低之可能性，並經第二次量測後印證之(如表 3-2)，而在光衰檢討部分，經過三個月後之追蹤量測，其平均照度衰減約 6%。

案例 No.5 之燈現場實測結果，由於其人行道路寬度約 2 公尺而已，在平均照度方面偏高，而均齊度則偏低有待檢討。

表 3-2 案例前後二次實測結果統計

案例編號		No.1		No.4	
名稱		中國科大		交大	
地點		停車場		停車場	
光源瓦數(w)		36		150	
燈具高度(cm)		380		900	
量測日期		97.5.18	97.9.11	97.7.30	97.10.30
光源下方照度		15.3	13.3	33.7	31.9
A	平均照度	5.90	5.00	—	15.69
	均齊度	0.24	0.27	—	0.36
B	平均照度	2.41	2.02	20.84	19.55
	均齊度	0.14	0.12	0.47	0.46
備註：					
1. 照度單位：lux					
2. 均齊度 = 最小照度 / 平均照度					
3. A 之選取範圍（長、寬）約等於燈桿高度					
4. B 之選取範圍（長、寬）No.1 為 800 cm×800 cm；No.4 為 900 cm×500 cm					

資料來源：本研究自行整理

五、LED 光源路燈與傳統光源路燈之比較

本計畫挑選中國科技大學新竹校區二盞高壓鈉燈路燈，進行照度實測，其所使用方法與量測範圍皆同於量測 LED 路燈之案例，藉以比較 LED 光源與傳統光源路燈其在光環境表現之差異性，實測結果如下所示：

地點一：中國科技大學新竹校區健心館後側停車場

測量日期：97.10.31

光源瓦數：400w 高壓鈉燈

燈具高度：600cm

水平面照度 (lx)

測量高度：離地 15cm

	9m	8m	7m	6m	5m	4m	3m	2m	1m	0m	
	2.76	3.92	4.85	7.49	9.92	12.8	13.5	16.1	16.5	19.1	0m
	2.35	3.16	4.14	6.73	9.27	10.7	11.3	13.2	15.8	17.4	1m
	2.24	2.98	3.43	5.24	7.25	8.38	9.51	10.7	12.9	14.1	2m
	1.55	1.54	2.61	4.17	5.71	6.18	7.17	8.49	9.4	10.4	3m
	0.48	1.61	2.13	2.93	4.07	4.72	5.35	6.11	7.41	8.72	4m
	0.06	1.29	1.55	2.25	2.87	3.46	3.35	4.47	5.16	6.02	5m
	0.08	0.51	1.25	1.61	2.09	2.51	2.73	3.25	3.54	4.58	6m

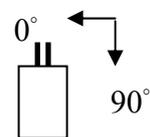


圖 3-11 實測現場



圖 3-12 高壓鈉路燈



圖 3-13 夜間實測現場

地點二：中國科技大學新竹校區安以軒面前道路

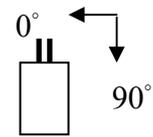
測量日期：97.10.31

光源瓦數：150w 高壓鈉燈

燈具高度：375cm

水平面照度 (lx)

測量高度：離地 15cm



	8m	7m	6m	5m	4m	3m	2m	1m	0m	
0.65	0.97	3.28	9.03	13.2	19.2	30.1	40.5	31.5	0m	
0.44	0.56	2.17	7.55	11.8	18	25.3	32.5	34.9	1m	
0.32	0.48	1.57	5.81	9.26	12.3	18.5	21.7	24.5	2m	
0.29	0.43	0.71	4.04	7.26	9.42	12.4	14.7	15.8	3m	
0.13	0.29	0.49	2.88	4.57	6.81	7.69	9	9.9	4m	
0.05	0.13	0.26	2.64	3.81	4.76	5.25	5.51	6.27	5m	
0.05	0.12	0.22	1.42	2.17	3.15	3.69	3.92	4.21	6m	
0.04	0.11	0.18	0.29	0.71	1.76	2.49	2.51	2.63	7m	
0.05	0.08	0.1	0.12	0.27	1.24	1.5	1.6	2.21	8m	
0.02	0.03	0.04	0.03	0.04	1.04	1.26	1.32	1.44	9m	



圖 3-14 實測現場



圖 3-15 高壓鈉路燈



圖 3-16 夜間實測現場

LED 路燈及高壓鈉路燈之實測結果整理如表 3-3 所示，在光源下方照度及平均照度方面，案例 No.1-1、No.1-2 等二盞傳統光源路燈之照度值表現皆遠不如 LED 光源，經實際訪查後得知，此二盞路燈建置至今已逾九年，包括燈具本身效率及光源使用壽命造成之光衰現象，卻有導致此等結果呈現之可能性，尤其是 LED 路燈之案例其皆為近 1~2 年內建置完成，在立足點相同之情況下當然無法比較；在均齊度方面，案例 No.1-1、No.1-2 兩盞傳統光源路燈其均齊度分別為 0.26、0.2，表現較為穩定，而 LED 路燈之案例之均齊度範圍則在 0.36~0.12 之間，起伏較大。

表 3-3 LED 路燈與高壓鈉路燈實測結果統計

案例編號	No.1	No.2	No.3	No.4	No.1-1	No.1-2
名稱	中國科大	政大	台大	交大	中國科大	中國科大
地點	停車場	人行步道	道路	停車場	道路	停車場
光源種類	LED	LED	LED	LED	高壓鈉燈	高壓鈉燈
光源瓦數(w)	36	25	100	150	150	400
燈具高度(cm)	380	300	520	900	375	600
光源下方照度	15.3	53.8	142	31.9	31.5	19.1
平均照度(lux)	5.90	29.68	63.35	15.69	17.63	7.89
均齊度	0.24	0.33	0.12	0.36	0.26	0.2
備註：						
1. 平均照度之選取範圍（長、寬）約等於燈桿高度						
2. 均齊度 = 最小照度 / 平均照度						

資料來源：本研究自行整理

目前 LED 光源效率普遍留在 40~80 lm/w 水準，與其他傳統路燈光源比較(如表 3-4)，高於白熾燈泡、高壓水銀燈泡甚多，與複金屬燈或高壓鈉燈泡等高壓氣體放電燈(HID)之光源效率比較，則仍無法取代，而在平均壽命方面，LED 之 30,000~60,000 小時之特點，則為其他光源無所項背，目前 LED 路燈售價從 20w 的六千多元到 150W 的三、四萬元，與其他傳統光源數千元之售價，在價位方面若欲取得同等之競爭地位，則有待時間之考驗。

表 3-4 各種路燈光源比較

型式	光源效率(lm/w)	平均壽命(小時)
白熾燈泡	8~18	1,000
高壓水銀燈炮	40~61	1,000~12,000
複金屬燈	66~108	4,000~10,000
高壓鈉燈泡	68~150	8,000~16,000
LED 燈泡	40~80	30,000~60,000

資料來源:本研究自行整理

根據黃秉鈞教授在「LED 照明世紀以來臨」之簡報中針對 400W 水銀燈改為 100W LED 路燈所做的省電效益分析來看可得到以下結果，

- 每盞省電量: $400\text{w}-100\text{w} = 300\text{w}/\text{盞}$
- 每天省電量(12 小時運轉): $300\text{w}\times 12\text{h} = 3.6 \text{度(kwh)}/\text{天}$
- 每天節省電費: $2.6 \text{元}/\text{度(台北)}\times 3.6 \text{度}/\text{天} = 9.36 \text{元}/\text{天}$
- 每年省電: $9.36 \text{元}/\text{天} \times 365 \text{天} = 3,416 \text{元}(107 \text{USD}/\text{年})$

六、小結

1. 由於溫度上升、電源供應、燈罩等都是光源消耗的影響因素，LED 光源的發光效率必須在 70~80lm/w 左右，才能使燈具發揮 45lm/w 的效率，2008 年 LED 發展效率國內產業水準已逐步達到約為 70lm/w 的目標，整體燈具發光效率約 45~50 lm/w，以達到替換水銀燈的水準及階段。
2. 目前行政院經濟部所規定的市、郊區道路及人行道之照度，其中道路部分依其性質分類及所在條件，商業區平均照度需在 30~10 lux 之間，住宅區平均照度需在 15~5 lux 之間，人行道部分則在 10~2 lux 之間；道路照明之均齊度部份，幹道部分須大於 1/3 (>0.33)，其他道路則需大於 1/4 (>0.25)，以本計畫調查結果顯示，各廠商 LED 路燈之平均照度要達到建議值，並不困難，但均齊度部分，則因 LED 本身指向性的特色以及各廠商光學設計之水準參差不齊，而有較大的討論空間。
3. 在 LED 路燈實測現場，由於受到地形、地物、交通流量及光害嚴重等因素干擾，對於照度的測點數、各測點之間距，皆無法明文硬性規定及執行驗收，導致計算平均照度及均齊度時易受影響而有所偏頗，因此建議針對上述二項指標之評估時，可於設計階段要求配光曲線進行電腦軟體模擬試算，施工安裝後，於驗收階段及每隔三個月，實際量測 LED 路燈光源正下方之照度值，藉以評

估其光源衰減率。

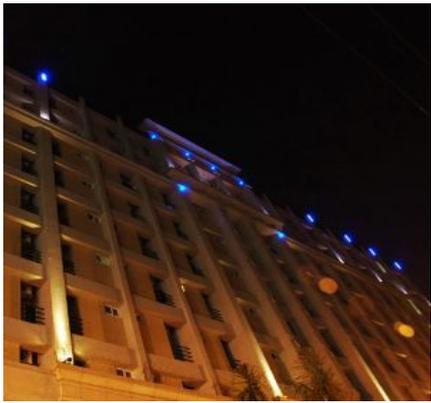
- 4.目前 LED 光源效率為 70~80 lm/w，與其他傳統路燈光源比較（如表 3-3），高於白熾燈泡、高壓水銀燈泡甚多，若能夠一舉解決現今所存在的許多限制與問題，包括高瓦數之總光通量、配光特性之光學設計、燈具散熱設計、燈具本身及使用後維修之高成本，在許多研究報告中所預估的 2010 年 LED 光源效率將會提升至 100lm/w 的預期目標下，台灣地區 LED 路燈在政府政策推動下，取而替代為最新之節能光源指日可待。



第二節 建築景觀照明案例調查與分析

一、LED 景觀照明國內案例

	廠商	地點	功率	照片
一	智林企業股份有限公司	國泰金控企業總部	25w 全彩 LED 投射燈	
二	智林企業股份有限公司	台新金控企業總部	50w 全彩 LED 投射燈	
三	智林企業股份有限公司	統一夢時代購物中心	3w 全彩 LED 可控線型燈	
四	智林企業股份有限公司	高雄電影圖書館	50w 全彩 LED 投射燈+ 30w 全彩 LED 線型投射燈	

	廠商	地點	功率	照片
五	智林企業股份有限公司	中壢元智大學旁的元智生活會館	32wLED 高亮度 白光 投射燈條	
六	聖光科技有限公司	台北內湖東京企業總部	LED 投射燈條	
七	飛利浦股份有限公司	新光摩天大樓	LED 燈泡	

二、LED 景觀照明國外案例(資料來源:Lighting Design Yearbook2006 PHILIPS)

案例名稱:Conсорci Forum

Passeig de Taulat 176, 巴塞隆納(Barcelona)/西班牙

委託單位:Conсорci Zona Franca

設計師:Josep Lluís Mateo, MAP Arquitectos, 巴塞隆納(Barcelona)/西班牙

照明設計:Elias Gomez、ARUP, 馬德里(Madrid)/西班牙

飛利浦燈具:TBS400、FBS145、TMS122、LEDline²、Decoflood

飛利浦光源:PL-C、TL5; LuxeonTM LEDs, 紅色、黃褐色、綠色與藍色, Lumileds



圖 3-17 Consorci Forum

Conсорci Forum 大樓高聳於巴塞隆納市區，彷彿一座佇立於都會中的新燈塔。「Forum 2004 活動」為巴塞隆納北區重新注入活力，而 Consorci Forum 大樓雄偉的建築和 LED 照明的外觀，創造了一個全新的景點。



圖 3-18 Consorci Forum

Conсорci de la Zona Franca 辦公大樓的建築形式，是由多個疊在一起的幾何立體所構成的。這棟總樓面面積達 16000 平方公尺的建築物高度超過 90 公尺，

從巴塞隆納北區的大部分地方都能夠一眼看到這棟大樓。這個特色激發出設計師的靈感，透過外部照明的安裝，來創造出都市中佇立一座燈塔的特殊意象。



圖 3-19 Consorci Forum 夜間照明

使用 LED line² 燈具搭配上 Luxeon™ LED 的技術，來創造兩種明顯不同的效果。在面對城市的建築物外部，建築物之間放置高達 10 公尺、多種顏色的光源，代表 Forum 2004 具有的多種文化。建築物上方有兩層玻璃覆蓋著，周圍使用發光冷白光 LED line² 燈具，創造出燈塔的效果。

在結合了視覺感強烈的建築物本身，和先進的照明解決方案之後，Consorci Forum 大樓成了地平線上獨一無二的新地標，不但有助於該地區的再造，也讓它再次成為巴塞隆納都會生活不可或缺的一部份。

三、案例調查計畫

本研究為了解 LED 燈應用於建築景觀照明的使用現況，採用現場量測的方式，測定建築物夜景照明的輝度分布，測量的方法係從與建築物屋頂成 45 度角的位置（圖 3-20），以輝度計量測夜間建築物表面的輝度分布。測量結果如下：

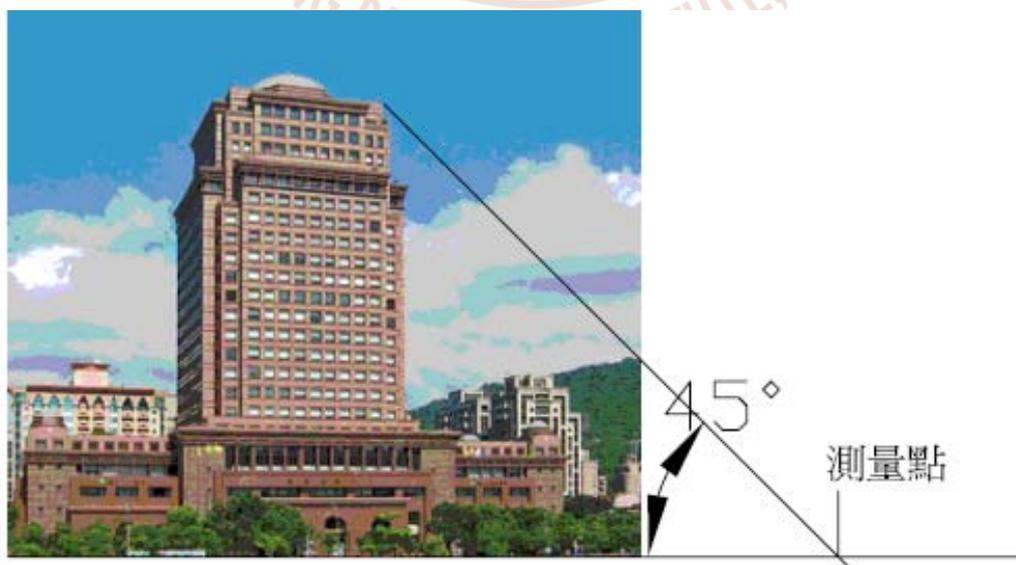
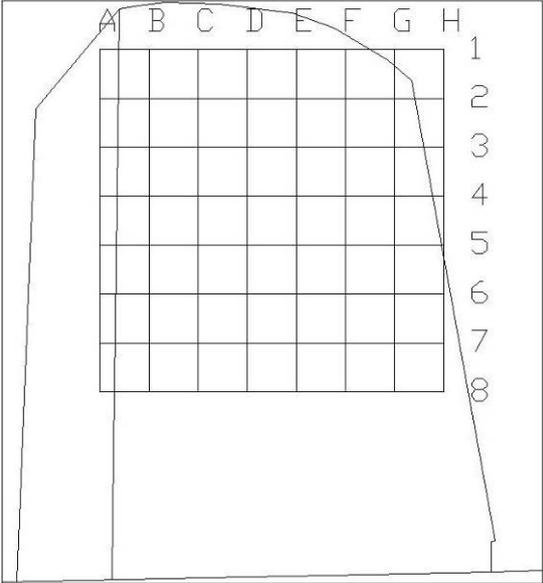


圖 3-20 測量位置示意圖

(一)實測案例一

東京企業總部(內湖)

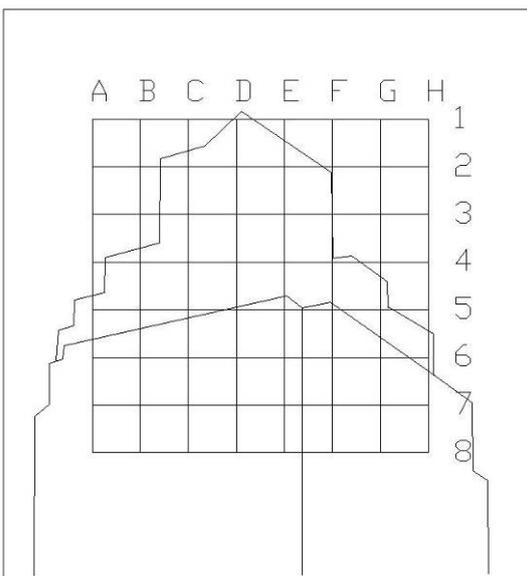
東京企業總部採用 LED 圖元燈的照明方式，外牆面的平均輝度和傳統投光式照明的投光面平均輝度不能相提並論，但由於圖元燈本身的輝度大，可視距離並沒有受到太大的影響，而點點的 LED 圖元燈也像漂浮在空間中，在夜空中整個建築物具有一種寧靜的美感。

建築外觀		輝度分布						
								
輝度 cd/m ²	A	B	C	D	E	F	G	H
1	1.35	0.24	1.25	0.22	1.23	0.24	1.23	-
2	1.25	0.26	1.26	0.25	1.13	0.26	1.15	-
3	0.34	0.26	0.25	0.23	0.33	0.26	0.34	-
4	1.34	0.35	1.16	0.44	1.35	0.28	1.32	-
5	0.23	0.32	0.23	0.23	0.22	0.32	0.32	-
6	1.36	0.23	1.41	0.25	1.36	0.34	1.41	0.26
7	0.25	0.24	0.26	0.34	0.22	0.36	0.24	0.24
8	1.45	0.38	1.47	0.38	1.34	0.31	1.35	0.22
項目	平均輝度 cd/m ²		最大輝度 cd/m ²		背景輝度 cd/m ²		平均輝度比	
數值	0.63		1.48		0.023		27.4	

(二)實測案例二

新光摩天大樓

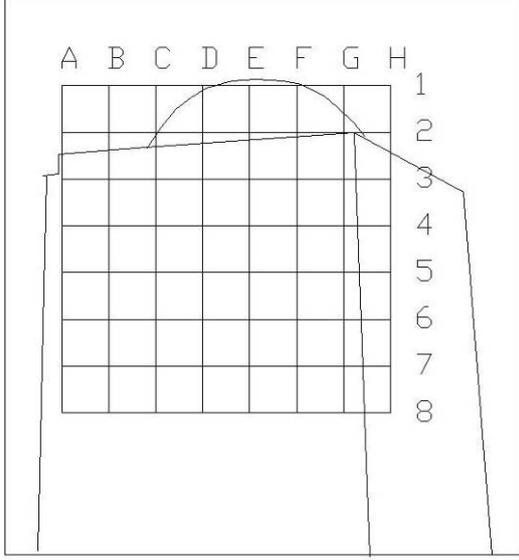
新光摩天大樓採用投光燈和輪廓燈並用的方式，整體的平均輝度和最大輝度相當突出，可視距離相當遠，和新光摩天大樓的地標特性相當吻合。

建築外觀		輝度分布							
									
輝度 cd/m ²	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	-	-	12.45	11.43	14.35	-	-	-	
3	-	-	4.67	6.54	7.56	-	-	-	
4	-	14.59	12.43	8.86	9.45	-	-	-	
5	7.63	13.54	13.84	14.45	13.34	14.67	10.34	-	
6	12.42	7.95	4.34	3.25	3.21	5.35	11.34	12.32	
7	0.37	0.36	0.36	0.38	0.39	0.34	0.36	0.37	
8	0.36	0.38	0.35	0.37	0.38	0.35	0.37	0.35	
項目	平均輝度 cd/m ²		最大輝度 cd/m ²		背景輝度 cd/m ²		平均輝度比		
數值	6.25		14.67		0.096		65		

(三)實測案例三

國泰金融大樓

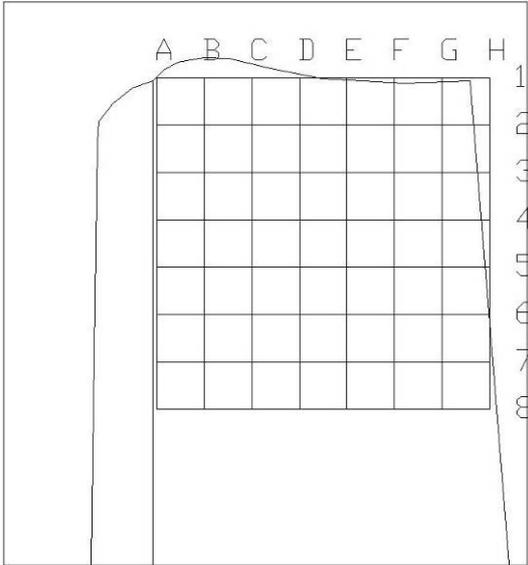
國泰金融大樓採用輪廓燈勾勒建築物的屋頂輪廓並組成特色的光頂，在輪廓燈本身輝度相當高，因此可視距離也相當遠，和投光照明比較，具有用電量低、輝度比大的優點。

建築外觀		輝度分布						
								
		輝度 cd/m^2	A	B	C	D	E	F
1	-	-	-	-	12.43	11.34	-	-
2	-	-	-	0.15	0.45	0.63	0.45	-
3	20.24	21.34	20.32	19.45	23.33	22.23	20.45	8.43
4	12.23	0.23	0.32	0.33	18.45	16.34	13.34	0.32
5	0.22	0.24	0.32	0.33	0.22	0.34	0.14	0.14
6								
7								
8								
項目	平均輝度 cd/m^2			最大輝度 cd/m^2	背景輝度 cd/m^2		平均輝度比	
數值	4.64			23.33	0.074		62.7	

(四)實測案例四

台新金控大樓

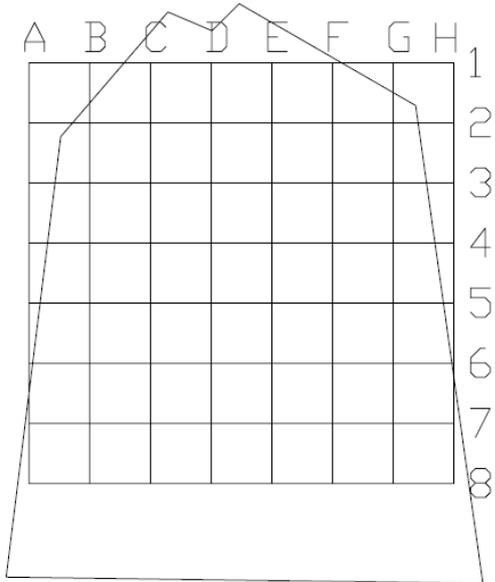
台新金控大樓照明手法和國泰金融大樓一樣，也是採用輪廓燈勾勒建築物的輪廓，在輪廓燈本身輝度高的特性下，可視距離也相當遠，與投光照明比較，具有用電量低、輝度比大的優點。

建築外觀		輝度分布							
									
輝度 cd/m ²	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	32.23	36.56	52.45	81.65	88.45	88.54	94.23	-	
2	0.25	0.26	0.43	0.32	0.32	0.23	0.43	-	
3	0.16	0.17	0.15	0.21	0.22	0.21	0.24	-	
4	0.16	0.15	0.17	0.19	0.18	0.21	0.25	-	
5	0.17	0.15	0.18	0.23	0.16	0.16	0.18	74.24	
6	0.18	0.13	0.17	0.19	0.19	0.14	0.16	72.43	
7	0.15	0.17	0.19	0.17	0.16	0.15	0.15	70.12	
8	0.16	0.16	0.15	0.18	0.19	0.16	0.17	75.45	
項目	平均輝度 cd/m ²		最大輝度 cd/m ²		背景輝度 cd/m ²		平均輝度比		
數值	12.93		94.23		0.08		161.63		

(五)實測案例五

統一國際大樓

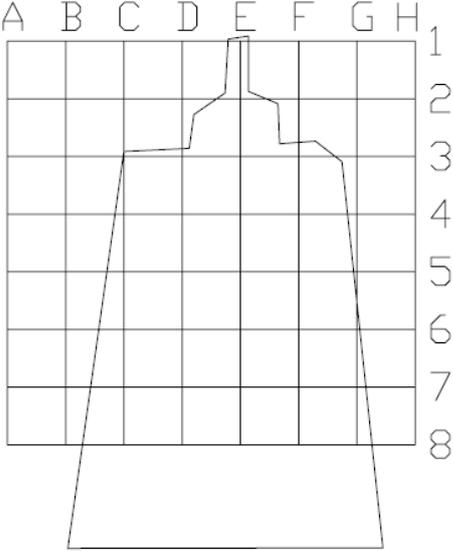
統一國際大樓的夜景照明較為複雜，主要分成屋頂的 LED 輪廓燈和屋頂區的造型投光燈、外牆設有動態的 LED 燈條，建築物底層另外有傳統的投光式燈光，外牆的 LED 燈條隨著時間呈現顏色和波動的輪替，使燈光的變化更為活潑。

建築外觀		輝度分布						
								
輝度 cd/m ²	A	B	C	D	E	F	G	H
1	-	-	5.65	1.24	1.20	8.40	-	-
2	-	3.32	3.13	1.35	1.12	6.24	1.22	-
3	-	4.14	3.75	1.42	1.22	1.56	1.25	-
4	-	1.16	1.15	1.49	1.48	1.66	1.35	-
5	-	1.32	1.48	1.53	1.65	1.55	1.46	-
6	1.18	1.45	1.46	1.54	1.85	1.50	1.65	1.25
7	1.35	1.72	1.45	1.88	1.92	1.62	1.88	1.24
8	1.13	1.46	1.45	2.24	1.88	1.75	1.90	1.68
項目	平均輝度 cd/m ²		最大輝度 cd/m ²		背景輝度 cd/m ²		平均輝度比	
數值	1.96		8.40		0.07		4.28	

(六)實測案例六

101 大樓

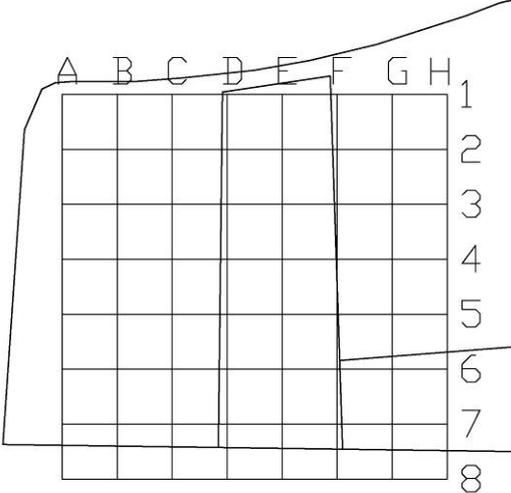
101 大樓的夜間景觀照明也有多種型態，本次調查主要的項目為高塔區及建築物輪廓燈，另外 101 大樓外牆窗戶也設有景觀燈光，以彩虹七種顏色為主題，每天更換一種顏色，如星期一是紅色、星期二是橙色…等，在特殊的節日時，會以節慶為主題在外牆以燈光表現特殊的文字或圖形。

建築外觀		輝度分布						
								
輝度 cd/m ²	A	B	C	D	E	F	G	H
1	-	-	-	-	76.25	-	-	-
2	-	-	-	-	32.20	-	-	-
3	-	-	1.12	1.42	1.23	0.21	-	-
4	-	-	1.35	1.49	1.42	1.45	-	-
5	-	-	1.40	1.53	1.49	1.45	15.25	-
6	-	-	12.65	11.54	14.50	12.55	14.20	-
7	-	-	1.80	1.88	1.54	1.54	7.45	-
8	-	-	1.60	1.45	1.88	1.88	4.20	-
項目	平均輝度 cd/m ²		最大輝度 cd/m ²		背景輝度 cd/m ²		平均輝度比	
數值	4.24		76.25		0.06		17.9	

(七)實測案例七

高雄大立伊勢丹百貨

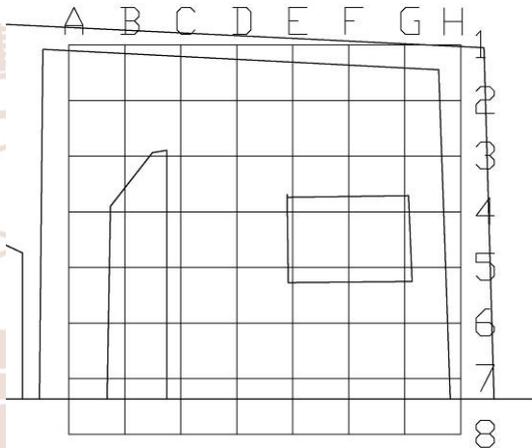
大立伊勢丹百貨在高雄市五福三路及中華路圓環的外觀也是採用 LED 的夜間照明，透過光色的變化和圖案的組合形成極富特色的立面造型。然而由於鄰近街道的道路照明，使得周圍環境的輝度較大，因此整體的輝度對比降低，景觀照明的效果也就減弱了。

建築外觀		輝度分布							
									
		輝度 cd/m ²	A	B	C	D	E	F	G
1	0.45	0.65	1.65	7.64	7.45	1.86	2.23	2.35	
2	4.25	2.26	1.15	8.42	8.22	3.28	2.56	2.15	
3	3.65	5.66	3.52	9.32	9.54	3.45	2.89	3.55	
4	5.53	6.67	6.65	13.45	10.78	6.62	4.33	4.56	
5	3.24	5.62	6.52	12.32	11.52	8.25	5.35	6.46	
6	4.12	5.52	5.55	10.42	11.20	9.65	8.56	8.25	
7	5.14	5.68	6.25	9.25	10.55	30.45	25.45	10.52	
8									
項目	平均輝度 cd/m ²		最大輝度 cd/m ²		背景輝度 cd/m ²		平均輝度比		
數值	8.42		30.45		0.18		5.56		

(八)實測案例八

高雄統一夢時代購物中心

統一夢時代購物中心的入口以線型LED燈搭配LED顯示幕和投光式廣告箱形成入口的夜間景觀，動態的LED顯示幕也有廣告的效果，在鄰近區域建築物棟距較遠，以及建築物自道路邊緣退縮的影響，建築物的LED照明在夜空中顯得相當明顯，也成為本區域的主要夜間景觀。

建築外觀		輝度分布						
								
		輝度 cd/m ²	A	B	C	D	E	F
1	1.35	1.15	0.85	0.72	0.84	0.68	0.23	0.15
2	3.55	3.64	4.25	5.32	4.42	3.78	3.55	0.12
3	4.55	4.26	4.23	5.25	6.58	6.55	5.56	0.16
4	5.53	23.27	6.65	7.54	32.43	34.25	25.45	0.24
5	3.24	25.24	6.52	8.42	23.25	35.52	26.53	0.26
6	4.12	26.55	6.72	9.25	10.25	6.68	4.52	0.13
7	5.14	28.82	7.54	8.32	8.52	7.42	5.75	0.14
8								
項目	平均輝度 cd/m ²		最大輝度 cd/m ²		背景輝度 cd/m ²		平均輝度比	
數值	9.84		35.52		0.18		54.6	

四、案例實測結果分析

(一)LED 建築景觀照明的特點主要有兩項：

1.光源小、輝度高，由上述實測案例可知，最大輝度可達 94，平均輝度比達 161.63，顯示 LED 之高輝度特性。

2.調控性能佳：透過微電腦控制器的控制，LED 燈能夠顯示各種顏色的效果。及動態的單向慢速流動、雙向慢速流動、滾動追逐（來回滾動）、滾動顏色（來回掃描）、多彩追逐，並且能夠呈現不同的顏色。

因此在照明的應用上可以呈現多種不同的效果。

(二)LED建築景觀照明特性：

由上述的案例分析可以得知：LED燈應用於建築景觀照明的方式，以點狀照明（東京企業總部）及線狀照明為主。

由於LED燈本身為體型小兼具有高輝度以及良好的光色及點滅控制特性，因此揚棄傳統投光式照明，將光線投射在建築物表面，經由外牆材料的反光特性去呈現建築物的夜間風貌，在傳統的投光式照明中，光源和燈具只是提供光線並適當的投射到建築的表面。

LED燈照明方式，卻是將LED燈本身作為建築景觀照明的主要元素，除了提供建築物輪廓、外型的特性外，由於良好的光色調控特性，LED建築景觀照明更提供了動態的照明趣味。例如世貿展覽館的入口帷幕，夜間的燈光變化更提供了一種與建築物白天完全不同的風格。

(三)LED建築景觀照明節能特性：

LED建築景觀照明的節能特性，不在於發光效率的高低，而是由於照明方式的改變自然的減少用電量。以東京企業總部為例，利用LED燈的高輝度特性，在建築物外牆上設置矩陣式的點狀光源，用電量極少但卻可以塑造建築物多變的夜間景觀。如果採用傳統投光式的照明，由於建築物外表面積巨大，加上外牆材料反射率的折減，投光燈所需消耗的電量將數以倍計。

由案例來看：LED建築景觀照明主要以點狀及線狀照明為主，LED燈都是直接照明，發揮本身高輝度的特性，因此用電量自然減少。



第四章 實驗室測試與分析

第一節 實驗室測試說明

本研究計畫之實驗主要是使用內政部建築研究所性能實驗中心環境設備館四樓之配光曲線實驗室，進行相關之實驗工作。

配光曲線實驗室之空間與儀器設備之配置如下圖所示，包括配光曲線儀器室、量測光通道、電源供應及解析電腦控制室等；參照 CNS 標準採用氣冷式空調主機系統作為實驗室內部之設計標準，此外為了確保室內環境之穩定條件（溫度範圍： $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、濕度範圍： $55\pm 5\%$ ），將送風側的部份採用空調箱恆溫恆濕設備，以便於進行相關檢測服務作業，且符合未來申請實驗室認證之需求。

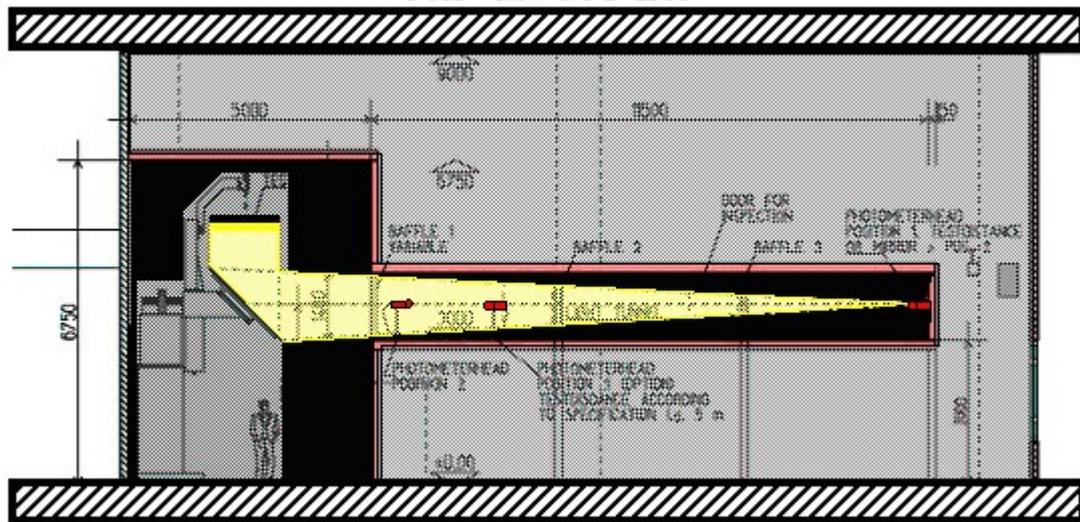


圖 4-1 配光曲線實驗室空間與儀器設備配置示意圖

資料來源：內政部建築研究所

配光曲線實驗室概略說明如下：

配光曲線測定儀

一、儀器功能：

1. 燈泡、燈管配光曲線特性之測定
2. 燈具效率之測定
3. 燈泡及燈具發光效能之測定

二、儀器量測項目：

1. 各式燈具-室內、室外、街道、隧道、運動場、工廠及 LED 燈
2. 各式光源-螢光燈、鹵素燈、日光燈、氣體放電燈、LED 燈

三、設備規格：

1. 配光儀

- (1) 測試距離：15m/25m
- (2) 最大荷重：50kg
- (3) 測試件最大尺寸：長 1.6m、寬 0.8m
- (4) 測試件功率：0-3000w
- (5) 旋轉軸定位精度： $\leq 0.1^\circ$

2. 感測頭

- (1) 型式：半濾鏡式
- (2) 集光角度： $\pm 35^\circ$
- (3) 測光比對： $V(\lambda) = f1' \leq 0.5\%$
- (4) 量測解析度：0.00001 lm
- (5) 量測範圍：0.00001 lm-200,000 lm

四、適用法規：

CIE 121-1996、CIE70-187、CIE84-1989、CIE69-1987、(CEN)EN13032-1：2004E、BS 5225 part1。

五、檢測服務項目：

1. 光強度 measurement of photometric quantity (Luminous Intensity)
2. 光通量、照度分布及光度分布
3. 電性資料 (電流、電壓、功率) electrical measurements
4. 光源特性 (角度、光度距離) measurement of geometric quantities



圖 4-2 燈具配光曲線測定儀

資料來源：本研究拍攝



圖 4-3 光源量測用電源供應器設備

資料來源：本研究拍攝

五、全光通量量測

主要量測原理係利用測角儀(goniometer)掃描燈源(具)整個空間球殼各角度之光強度，再予以累加，求得待測燈源(具)全光通量。

$$\Phi = 2\pi r^2 \sum_{i=1}^m \overline{E}_i [\cos\theta_{i-1} - \cos\theta_i] \quad (1)$$

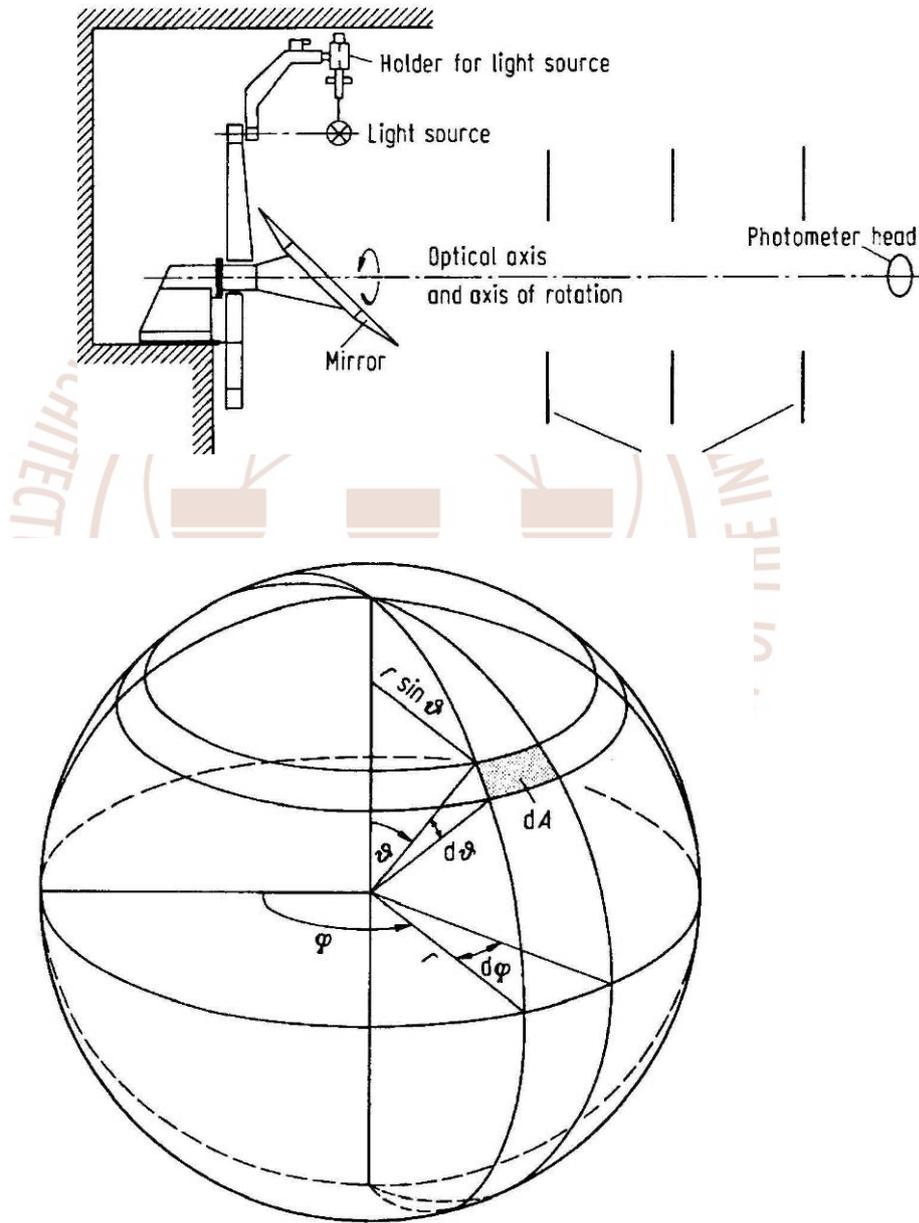


圖 4-4 配光曲線系統之全光通量計算示意圖

第二節 測試內容與分析

(一)實測案例一

實驗日期：97 年 7 月 17 日

溫度/溼度：25±1°C/65±5%

測試設備：GO-DS1600

一、光源(Lamp)數據比較

	廠商數據	實測數據
廠牌型號	某廠牌 HR101-A1	某廠牌 HR101-A1
燈座	鋁擠材、表面陽極處理	鋁擠材、表面陽極處理
種類	LED	LED
功率	10 w	13.9 w
光通量	750 lm	466.8 lm
尺寸	高:80 mm 直徑:103 mm	高:80 mm 直徑:103 mm
電源	110V 60Hz 0.3A	110.01V 60Hz 0.218 A

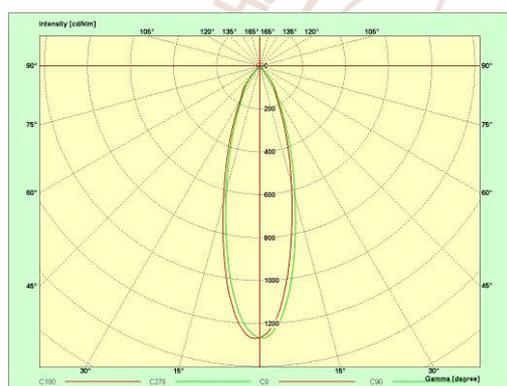


圖 4-5 配光曲線圖 資料來源:本研究



圖 4-6 直射水平面照度資料來源:本研究



圖 4-7 實驗照片 資料來源:本研究



圖 4-8 實驗照片 資料來源:本研究

(二)實測案例二

實驗日期：97年7月18日

溫度/溼度：25±1°C/65±5%

測試設備：GO-DS1600

一、光源(Lamp)數據比較

	廠商數據	實測數據
廠牌型號	某廠牌 HR102-B1	某廠牌 HR102-B1
燈座	鋁擠材、表面陽極處理	鋁擠材、表面陽極處理
種類	LED	LED
功率	10 w	13.8 w
光通量	750 lm	423.38 lm
尺寸	高:80 mm 直徑:103 mm	高:80 mm 直徑:103 mm
電源	110V 60Hz 0.3A	110.01V 60Hz 0.216 A

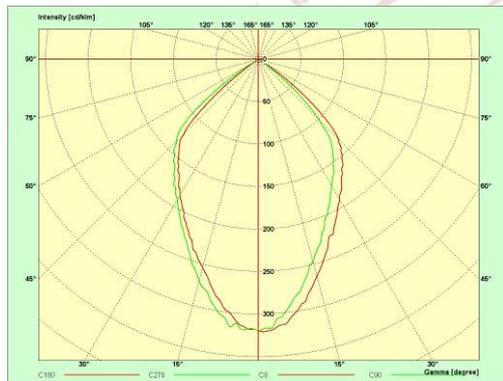


圖 4-9 配光曲線圖

資料來源:本研究

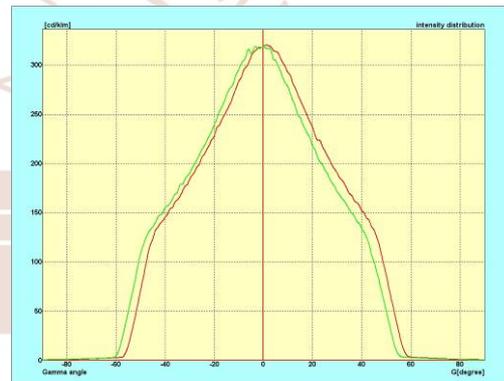


圖 4-10 直射水平面照度

資料來源:本研究



圖 4-11 實驗照片

資料來源:本研究



圖 4-12 實驗照片

資料來源:本研究

(三)實測案例三

實驗日期：97 年 8 月 13 日

溫度/溼度：25±1°C/65±5%

測試設備：GO-DS1600

一、光源(Lamp)數據比較

	廠商數據	實測數據
廠牌型號	某廠牌	某廠牌
種類	LED	LED
功率		9.3 w
光通量		390.78 Lm
尺寸	長:91.23 mm 寬:91.23 mm 高:80.87 mm	長:91.23 mm 寬:91.23 mm 高:80.87 mm
電源	110V 60Hz	110.04V 0.168 A

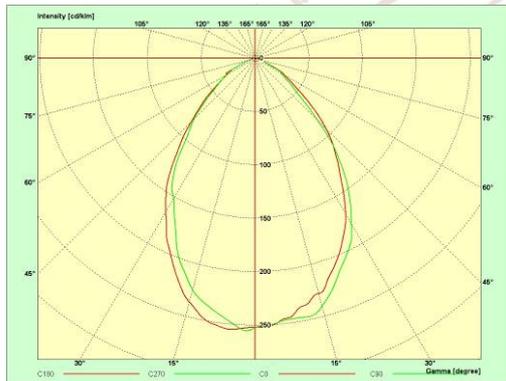


圖 4-13 配光曲線圖

資料來源:本研究

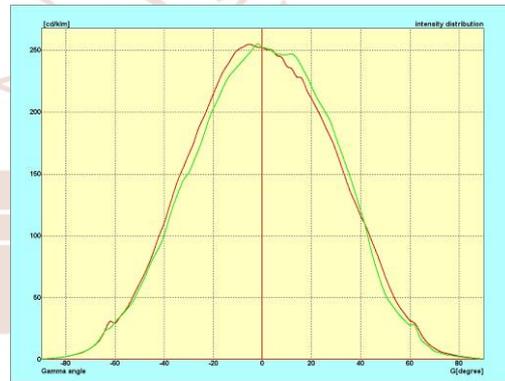


圖 4-14 直射水平面照度

資料來源:本研究



圖 4-15 實驗照片

資料來源:本研究



圖 4-16 實驗照片

資料來源:本研究

(四)實測案例四

實驗日期：97年8月14日

溫度/溼度：25±1°C/65±5%

測試設備：GO-DS1600

一、光源(Lamp)數據比較

	廠商數據	實測數據
廠牌型號	某廠牌 BIRLBN1	某廠牌 BIRLBN1
種類	LED	LED
功率		8.4 w
光通量		401.15 lm
尺寸	高：139.17 mm 直徑：55.62 mm	高：139.17 mm 直徑：55.62 mm
電源	110V 60Hz	109.99V 0.145 A

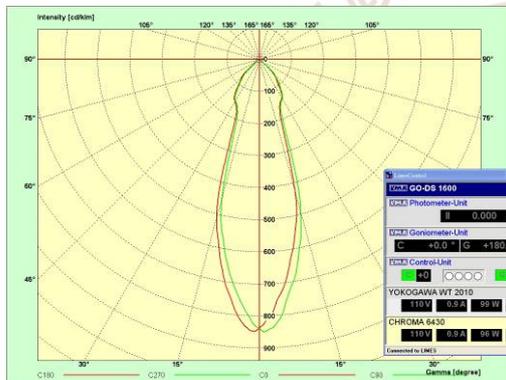


圖 4-17 配光曲線圖

資料來源：本研究

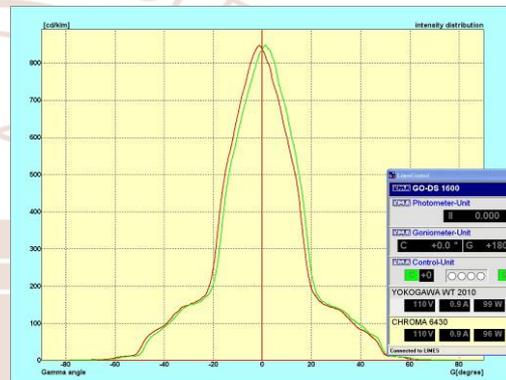


圖 4-18 直射水平面照度

資料來源：本研究



圖 4-19 實驗照片

資料來源：本研究



圖 4-20 實驗照片

資料來源：本研究

(五)實測案例五

實驗日期：97 年 8 月 14 日

溫度/溼度：25±1℃/65±5%

測試設備：GO-DS1600

一、光源(Lamp)數據比較

	廠商數據	實測數據
廠牌型號	某廠牌 CR-GF04LRGB/3w	某廠牌 CR-GF04LRGB/3w
種類	LED	LED
功率	8 w	16.3 w
光通量		259.48 lm
尺寸	長：400 mm 高：65 mm 直徑：80 mm	長：400 mm 高：65 mm 直徑：80 mm
電源	110V 60Hz	110.04V 0.296A

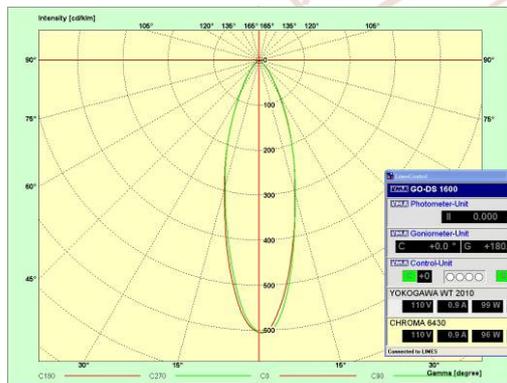


圖 4-21 配光曲線圖

資料來源：本研究

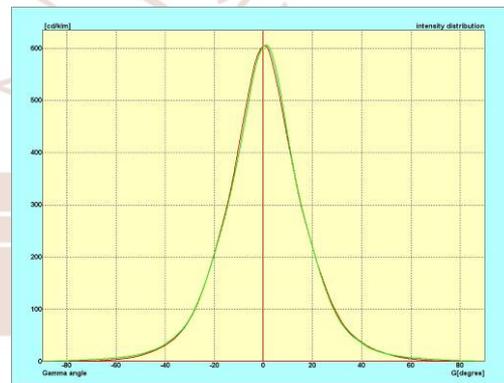


圖 4-22 直射水平面照度

資料來源：本研究



圖 4-23 實驗照片

資料來源：本研究



圖 4-24 實驗照片

資料來源：本研究

(六)實測案例六

實驗日期：97年8月15日

溫度/溼度：25±1°C/65±5%

測試設備：GO-DS1600

一、光源(Lamp)數據比較

	廠商數據	實測數據
廠牌型號	某廠牌	某廠牌
種類	LED 路燈	LED 路燈
功率	94.6 w	98.8 w
光通量		5070.75 lm
尺寸	長：650 mm 寬：210 mm 高：120 mm	長：650 mm 寬：210 mm 高：120 mm
電源	110V 60Hz	109.96V 0.910 A

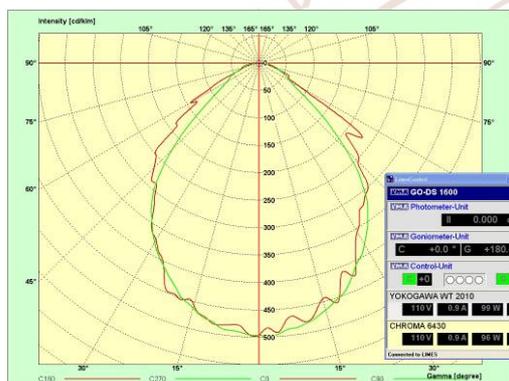


圖 4-25 配光曲線圖

資料來源：本研究



圖 4-26 直射水平面照度

資料來源：本研究



圖 4-27 實驗照片

資料來源：本研究



圖 4-28 實驗照片

資料來源：本研究

光譜分析

本研究選用白光 LED 路燈、白光直管燈及紅綠藍三色混光 LED 條型投光燈共三盞，利用光譜測定儀(圖 4-29)進行光譜分析，燈具與光譜分析測定儀之間距為 25cm，有關 LED 光源燈具之規格如表，其實驗結果說明如下：



圖 4-29 光譜分析儀

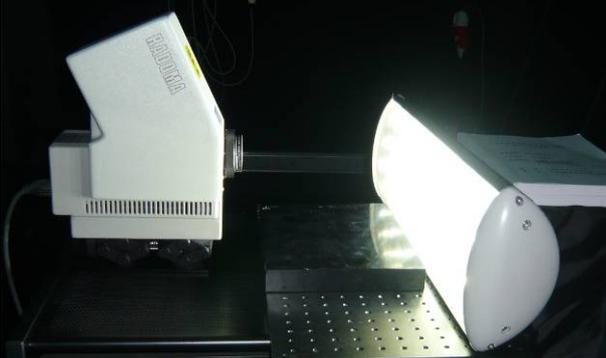
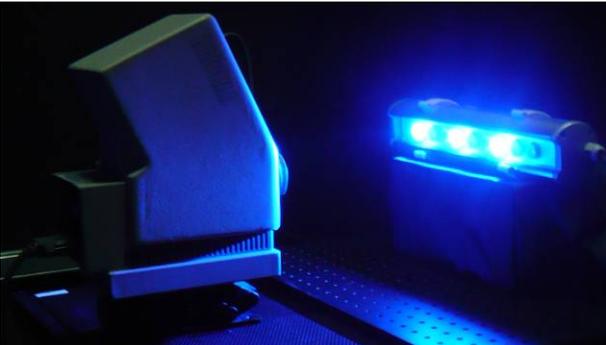
表 4-1 光譜分析實驗用燈具一覽表

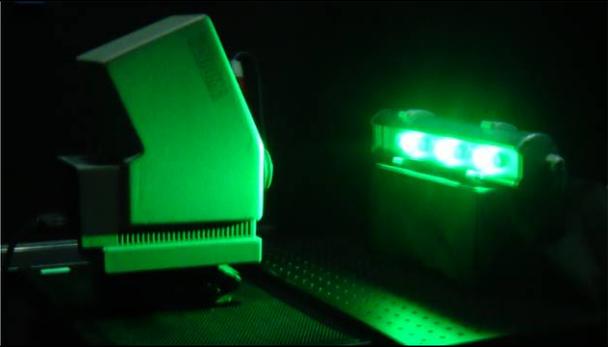
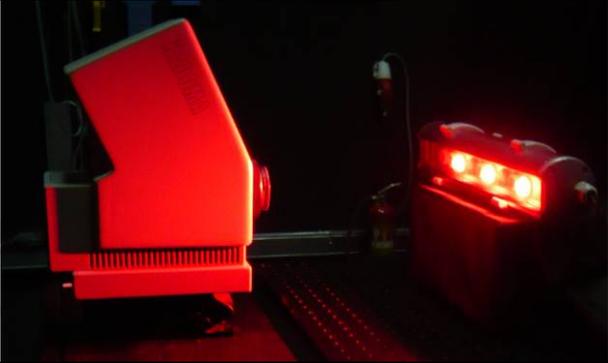
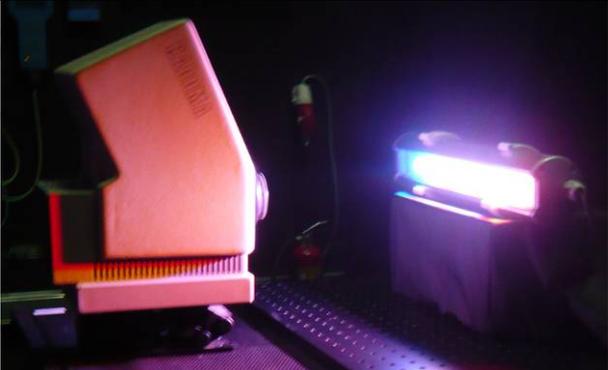
燈具名稱	LED 路燈	LED 直管燈	LED 條型投光燈
光源	LED	Φ5mm LED 共 326pcs	LED
消耗功率	98.8w	18w	16.3w
光源尺寸	長 650mm、 寬 210mm、 高 120mm	長 1195mm、 直徑 29mm	長 400 mm、 高 65 mm、 直徑 80 mm
光色	白光	白光	紅綠藍三色混光
圖例			

資料來源：本研究自行整理

白光LED路燈其光譜能量分佈主要在波長449nm(藍光)及551nm(綠光)二個區段如圖所示，CIE光色座標為 $x=0.3164$ 、 $y=0.3376$ ，如圖所示，演色性CRI=76.3；白光直管燈其光譜能量分佈主要在波長459nm(藍光)及556nm(綠光)二個區段左右，如圖所示，CIE光色座標為 $x=0.3056$ 、 $y=0.3206$ 如圖所示，演色性CRI=83.2；紅綠藍三色混光LED條型投光燈由於其可以設定12組切換模式，包含紅、綠、藍及白光等，因此分別實測其單一色光及混光後之光譜分佈，其中藍光光譜光譜能量分佈主要在波長457nm附近區段，CIE光色座標為 $x=0.1445$ 、 $y=0.0436$ ，綠光光譜光譜能量分佈主要在波長520nm附近區段，CIE光色座標為 $x=0.1744$ 、 $y=0.6810$ ，紅光光光譜光譜能量分佈主要在波長634nm附近區段，CIE光色座標為 $x=0.6862$ 、 $y=0.3096$ ，至於混光後之白光其光譜能量分佈主要在波長457nm(藍光)、520nm(綠光)及634nm(紅光)等三個區段之組合，CIE光色座標為 $x=0.2452$ 、 $y=0.1869$ ，如圖所示。

表 4-2 各種 LED 燈具進行光譜分析情形

1.LED 路燈進行光譜分析情形	
2.LED 直管燈進行光譜分析情形	
3.LED 條型投光燈切換至藍光模式時，進行光譜分析	

<p>4.LED 條型投光燈切換至綠光模式時，進行光譜分析</p>	
<p>5.LED 條型投光燈切換至紅光模式時，進行光譜分析</p>	
<p>6.LED 條型投光燈切換至白光模式時，進行光譜分析</p>	

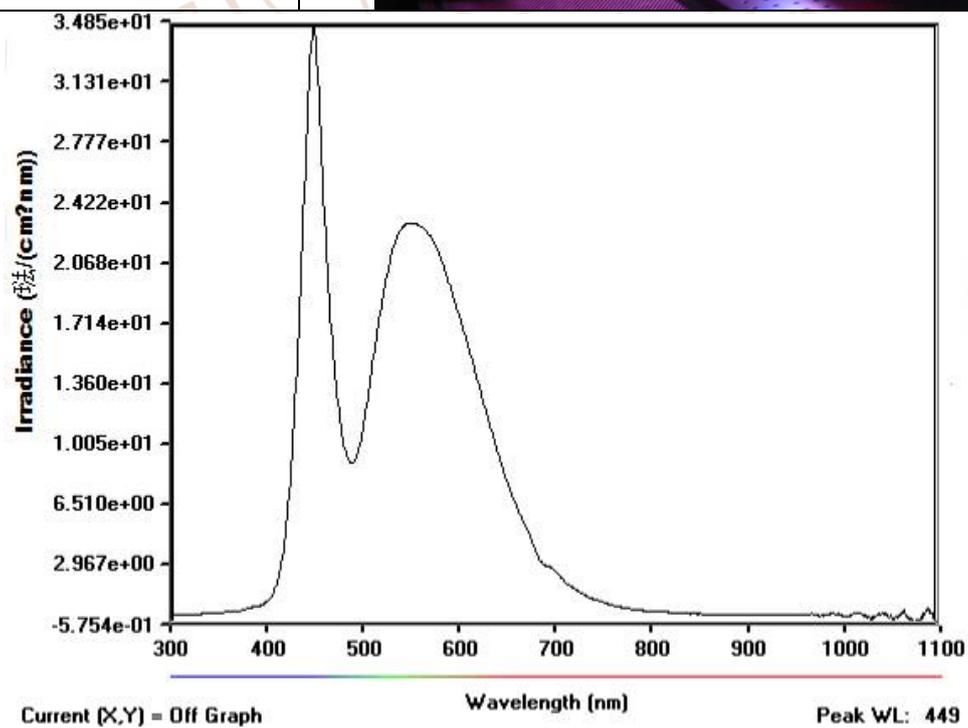
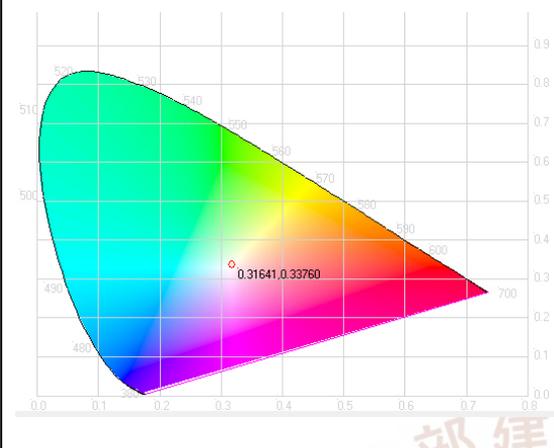
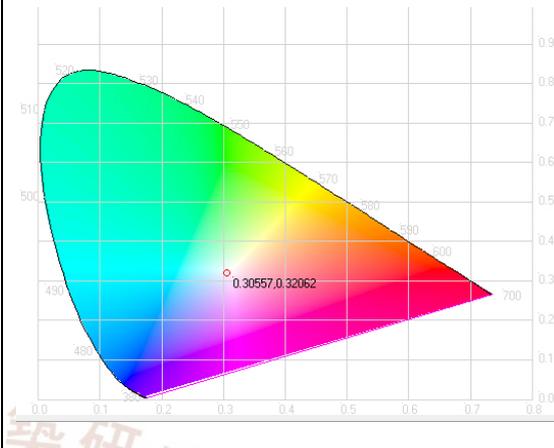


圖 4-30 LED 路燈光譜能量分布圖

表 4-3 LED 路燈、直管燈 CIE 色座標圖

LED 路燈		LED 直管燈	
			
光色座標	$x=0.3164$ $y=0.3376$ $u'=0.1972$ $v'=0.4734$	光色座標	$x=0.3056$ $y=0.3206$ $u'=0.1960$ $v'=0.4627$

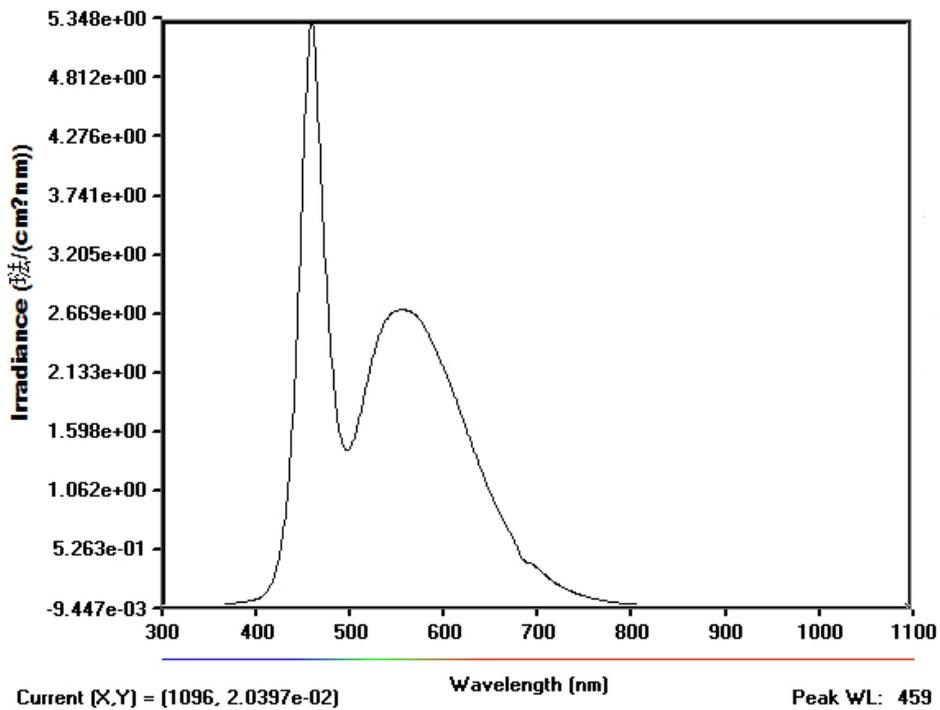


圖 4-31 LED 直管燈光譜能量分布圖

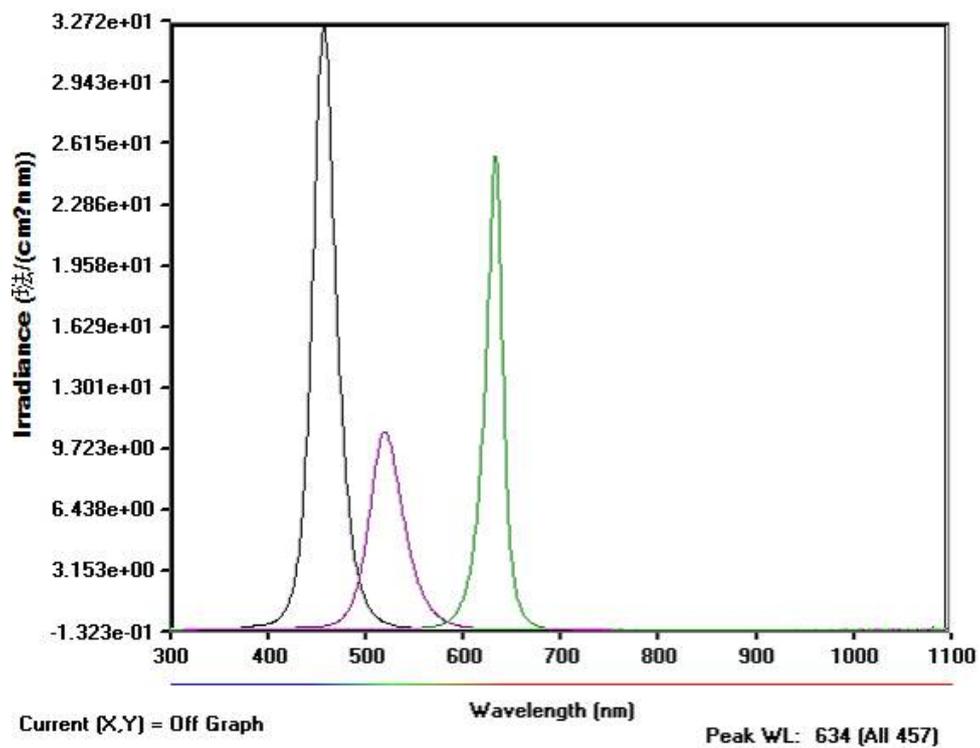


圖 4-32 LED 條型投光燈分別在紅、綠、藍光模式時組合之光譜能量分布圖

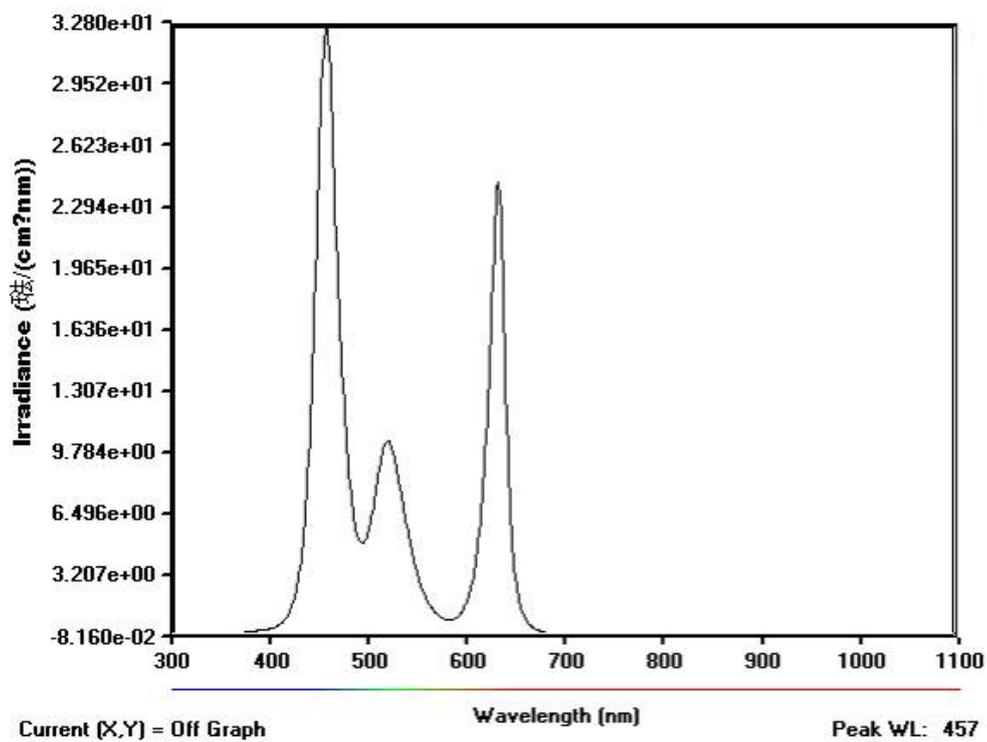
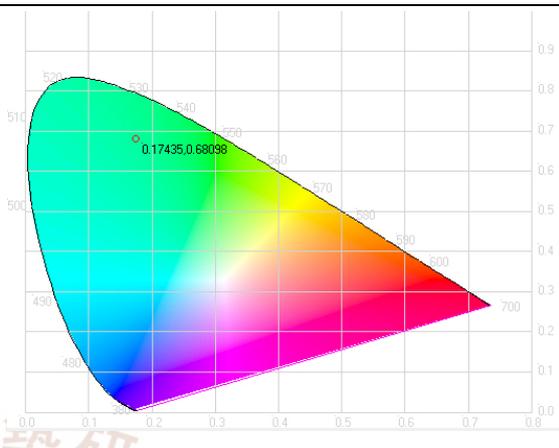
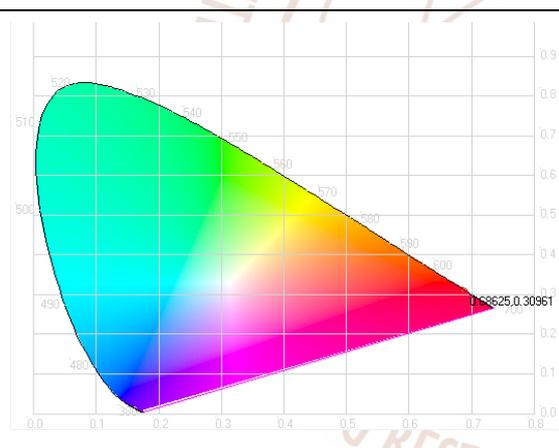
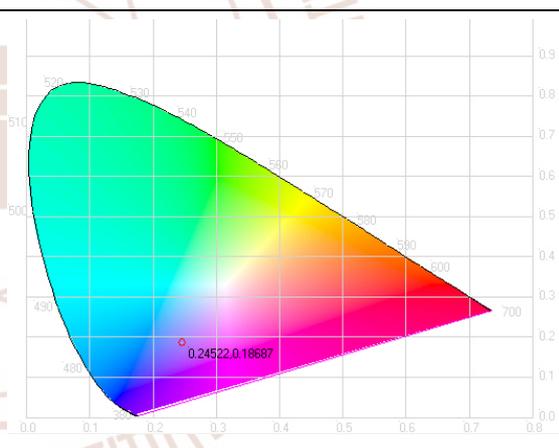


圖 4-33 LED 條型投光燈在白光模式時之光譜能量分布圖

表 4-4 LED 條型投光燈其分別在紅、綠、藍及白光模式之 CIE 色座標圖

藍光模式		綠光模式	
			
光色座標	$x=0.1445$ $y=0.0436$ $u'=0.1787$ $v'=0.1213$	光色座標	$x=0.1744$ $y=0.6810$ $u'=0.0644$ $v'=0.5663$
紅光模式		白光模式	
			
光色座標	$x=0.6862$ $y=0.3096$ $u'=0.5138$ $v'=0.5215$	光色座標	$x=0.2452$ $y=0.1869$ $u'=0.2080$ $v'=0.3648$

光衰檢測實驗

1.方法：將 LED 路燈連續點燈，每兩天固定時間檢測各測點之照度值，將長期累積之數值分析其光衰。

2.照度量測儀器：依據 CNS5119(照度計)標準之照度計 MINOLTA-1M，為我國 CNLA 認證之 AA 及校正件。

編號	名稱	數量	量測項目	儀器照片
1	MINOLTA-1M	1	照度	

3.量測時間

燈具	開始量測時間	結束量測時間	燈具照片
LED 路燈	97年10月1日 07:00 P.M.	97年11月29日 08:00 P.M.	

4.檢測項目：

LED 路燈之照度量測：

LED 路燈於 97 年 10 月 1 日中午 12:00 開始點燈，使用一台 MINOLTA-1M，連續點燈一個月以上，每兩天檢測各點之照度值。

表 4-5 光衰衰減百分比表

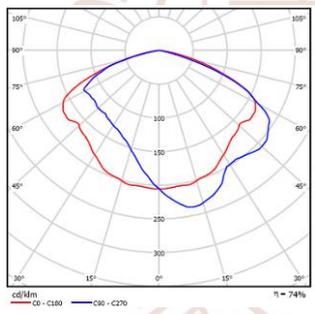
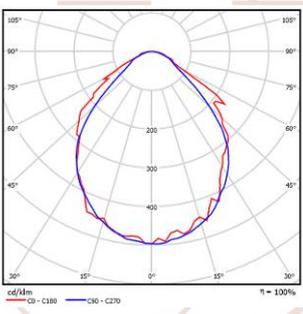
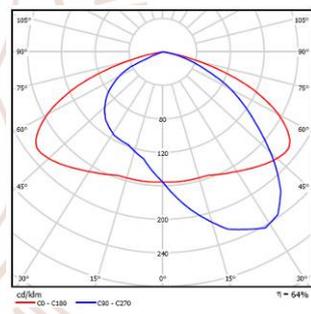
項目	初始照度(lux)	1000 hr 之照度(lux)	衰減百分比(%)
測點 1	403	400	0.7%
測點 2	399	398	0.3%
測點 3	368	361	1.9%
測點 4	364	360	1.1%
平均照度	383.5	379.75	1%

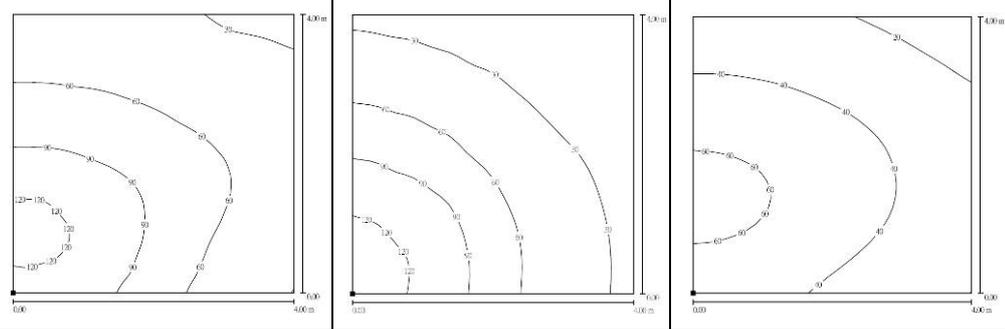
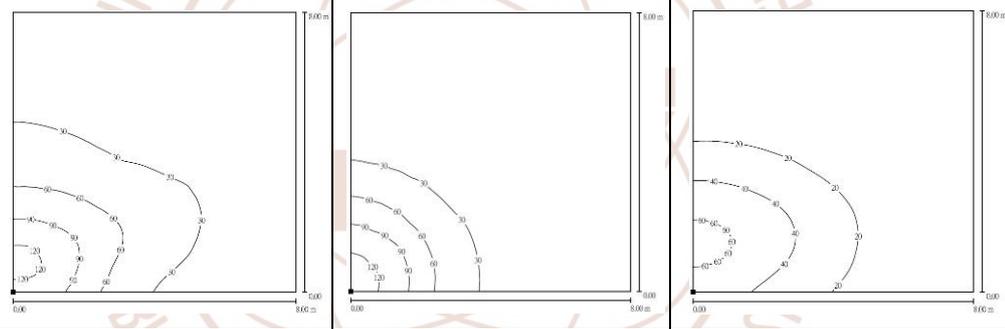
經過 1000hr 之紀錄，檢視 LED 路燈在光衰減特性。燈具本身溫度大約介於 46.9°C-49.1°C，累積點燈 1000hr 後，各測點的光通量及平均照度均在點燈前光通量 97% 以上。

第三節 LED 路燈應用比較之電腦模擬與分析

本研究進行使用 DIALux 軟體電腦模擬，利用燈具之 IES 檔，進行高壓鈉燈、LED 和水銀燈之路燈模擬，分析其燈具效率、平均照度、均齊度等，如表 4-6 所示。

表 4-6 高壓鈉燈、LED 和水銀燈之光源比較表

	高壓鈉燈	LED	水銀燈
燈具型號	Philips 201 Family SGS201 TP PC P1 1xSON-PP100w	某廠牌	Philips Selenium SGP340 FG TP P2 1xHPLN125w/ 542
燈具照片			
配光曲線圖			
光通量 (lm)	10200	5071	6200
功率 (w)	114	100	136.5
光源系統效率 (lm/w)	89.47	50.71	45.42

<p>選取範圍 4m×4 m</p> 	<p>平均照度 (lx)</p> <p>67</p>	<p>平均照度 (lx)</p> <p>52</p>	<p>平均照度 (lx)</p> <p>40</p>
<p>最小照度</p>	<p>25</p>	<p>9.7</p>	<p>13</p>
<p>最大照度</p>	<p>129</p>	<p>134</p>	<p>65</p>
<p>均齊度</p>	<p>0.37</p>	<p>0.19</p>	<p>0.32</p>
<p>選取範圍 8m×8 m</p> 	<p>平均照度 (lx)</p> <p>28</p>	<p>平均照度 (lx)</p> <p>17</p>	<p>平均照度 (lx)</p> <p>15</p>
<p>最小照度</p>	<p>2.23</p>	<p>0.36</p>	<p>0.76</p>
<p>最大照度</p>	<p>129</p>	<p>134</p>	<p>65</p>
<p>均齊度</p>	<p>0.08</p>	<p>0.02</p>	<p>0.05</p>

備註：光源系統效率：光源之全光束 (lm) / 點燈裝置上全部耗電功率 (w)。

資料來源:本研究自行整理

第五章 結論與建議

第一節 結論

一、本研究分析LED路燈與傳統光源之發光效率，可知LED路燈發光效率比水銀燈高，比高壓鈉燈低，對於道路照明的節能改善而言，目前取代水銀燈是可行的，尚無法取代高壓鈉燈。

二、LED路燈在平均照度可達道路照明標準，但是在均勻度比傳統路燈差。目前行政院經濟部所規定的市、郊區道路及人行道之照度，其中道路部分依其性質分類及所在條件，商業區平均照度需在30~10 Lux之間，住宅區平均照度需在15~5 Lux之間，人行道部分則在10~2 Lux之間；道路照明之均齊度部份，幹道部分須大於1/3 (>0.33)，其他道路則需大於1/4 (>0.25)，以本計畫調查結果顯示，LED路燈之平均照度可達道路照明標準，但均齊度部分，則因LED本身指向性的特色以及各廠商光學設計之水準參差不齊，而有較大的改善空間，因此LED燈具研發應加強燈具配光曲線之模擬與實測，使LED燈具配光能符合道路照明標準。

三、LED 建築景觀照明方面，由於 LED 本身具有光源小、輝度高特性，以及良好的調控性能及顏色變化效果，因此在景觀照明的應用上可以呈現多種不同的效果。所以 LED 建築景觀照明，利用 LED 之高輝度以色彩變化之特性，可取代傳統投光式照明來達節能目標。

四、經濟部技術處已製定 LED 相關標準草案，目前已在經濟部標準檢驗局國家標準技術委員會召開公聽會審議中。本所性能實驗中心之配光曲線實驗室，主要針對全光通量、燈具效率，進行配光曲線量測，可協助業界對於燈具光學部份之驗證。

第二節 建議

一、在節能減碳風潮下，台灣地區已有許多 LED 路燈之案例，後續仍需長時間實測追蹤其實際效果，供有關單位參考。

二、LED 應用於道路照明，仍應符合道路照明相關標準，因此對於 LED 路燈之配光分佈，相關廠商仍應研發燈具之光學性能以符合道路照明之標準。

三、LED 路燈由於配光特性，不具向上光束，因此符合避免光污染之要求，但是 LED 建築景觀照明，由於 LED 之直接輝度及色彩多變，未來有關單位應建立相關規範，以避免都市之景觀衝擊與光污染。

四、建議後續研究加入生命週期成本評估，供相關單位參考。



附錄一、期初簡報記錄及處理情形

發言人	問題	處理情形
張建築師金壽 (中華民國建築師公會全國聯合會)	1.其研究報告希望能有明確的結論有助建築實用面,LED室內部份的應用較為重要。	1.謝謝指正,本研究以戶外照明為主。
王總幹事榮吉 (台灣省建築材料商業同業公會聯合會)	1.期望建立LED之檢驗標準,俾供我國LED產業公會、協會檢驗參考依據。 2.國內建築景觀及公共領域之路燈,若研究結果適合採用LED,應有明確省電之數據及光學性能數據,俾供運用及推廣。	1.謝謝寶貴意見。 2.謝謝指正。
宋專員福生 (台灣區照明燈具輸出業同業公會)	1.台灣LED產業之產量佔世界第一,但產值仍佔世界第二。 2.LED產品目前在輝度之應用如交通號誌看板等應用相當普遍,但照明上之應用為照度應用不論室外、戶外照明並無法得到相當之應用成果,國內廠商針對這方面已投入相當資源,應可配合提供相當之產品樣品來源。 3.以LED為光源之路燈,建築立面景觀燈具之光學技術資料在全世界並無提供,藉本次計畫將LED燈具之技術資料建立,並提供建築師採用應用於建築設計上。 4.LED是否有省電可藉本計畫同時做電學與光學之量測與現有路燈做	1.謝謝寶貴意見。 2.謝謝寶貴意見。 3.謝謝寶貴意見。 4.謝謝指正,已納入研究內容。

	一比對。	
王主任文伯	1.雖然 LED 應用於室內照明之相關技術與產品尚未成熟與普及，但業界已將 LED 照明應用於建築景觀與路燈，並吸引社會大眾的注意，因此本計畫做 LED 室外照明之現況調查與性能實驗研究，供以後進行 LED 燈具性能檢測驗證業務參考，在市場上有其必要性。	1.謝謝寶貴意見，已納入研究內容。
林教授憲德	1.建研所研究 LED 產品之目的與能源局、標檢局之任務有所重複，應慎重檢討，LED 之效益品質在電機界，研究成果甚多，而且結論明確，本研究不應重複研究，應該加強建築應用。	1.謝謝指正。
陳教授寒濤 (書面意見)	1.本計畫之主要目的之一在於探討 LED 之節能效益如何?故本計畫之研究重點應在於其散熱問題，而非燈具之配光曲線等光學性能。	1.謝謝指正。
楊教授冠雄	1.本計畫可充分呼應世界上對於 LED 應用之潮流，極具意義。建議在進行本研究時，除了其輝度之應用外，對於其做為照度運用時之演色性等問題，及配光曲線等做一併考量，可作為實際工程應用之重要參考。	1.謝謝寶貴意見，已納入研究內容。
蕭教授弘清	1.預定之工作目標明確，也大致符合目前 LED	1.謝謝寶貴意見。

	<p>之技術發展。</p> <p>2.預定進行配光曲線之量測驗證，但經費中似乎未列入燈具費用(價格不菲)應先規劃購置燈具經費。</p> <p>3.宜加各種光源之經濟效益評估，尤其在配光曲線效率，針對LED之配光曲線型態可進一步探討其應用在各種路寬之適用範圍。</p> <p>4.可多加台灣目前各個正在使用LED路燈之效益評估，光衰調查及原因探討，非常有意義。</p> <p>5.資料收集可納入到大陸去開會收集資料，較容易進入標準探討。</p> <p>6.建議增加第三階段之工作，利用台南實驗室進行LED燈具之配光曲線量測與燈具之原始設計，封裝技術之印證及相關軟體模擬準確度探討，供燈具開發參考。</p>	<p>2.謝謝指正。</p> <p>3.謝謝指正，已納入研究內容。</p> <p>4.謝謝指正，已納入研究內容。</p> <p>5.謝謝寶貴意見。</p> <p>6.謝謝寶貴意見。</p>
<p>建研所陳組長瑞玲</p>	<p>1.本案主要呼應行政院公部門節能，彙整LED照明燈具之發光效率及光源品質資料，供具體參考。</p> <p>2.請執行單位將各種光源之照明耗能列入分析比較，俾供節能設計參考。</p>	<p>1.謝謝寶貴意見。</p> <p>2.謝謝指正，已納入研究內容。</p>



附錄二、期中簡報記錄及處理情形

發言人	問題	處理情形
<p>王總幹事榮吉 (台灣省建築材料商業同業公會聯合會)</p>	<p>1.建請能將此研究 LED 照明與性能之實驗研究，發展成國內 LED 公(協)會之檢驗標準或基準。</p> <p>2.目前國內對 LED 有許多不當使用及擴大不實的現象，未來之現況調查，請能詳實呈現。</p>	<p>1.謝謝寶貴意見。</p> <p>2.遵照辦理，已將詳情呈現於報告中。</p>
<p>宋專員福生 (台灣區照明燈具輸出業同業公會)</p>	<p>1.LED 室外照明燈具之光學特性及電氣特性與現況大致符合，普遍不如業者宣稱之效果。</p> <p>2.光學特性資料可提供業者作下階段改善之根據，如路燈之均齊度方面無法達到使用者之需求，可作為日後國家標準訂定之參考。</p> <p>3.目前國家標準對於 LED 之量測尚未有統一之方式，本案之實測資料可提供參考數據。</p> <p>4.LED 在建築景觀上使用於情境照明之應用，可達到相當好之效果；在能源效率部分建議可與傳統投光燈來比較，探討是否可得到較佳之省電效果。</p>	<p>1.謝謝寶貴意見。</p> <p>2.謝謝寶貴意見。</p> <p>3.謝謝寶貴意見。</p> <p>4.遵照辦理，已納入報告書中。</p>
<p>陳教授寒濤 (書面意見)</p>	<p>1.P21.量測方法:以熄燈 15 分鐘開燈 75 分鐘的量測方法是否符合實際的使用情況？建議每天點燈 8 小時，持續至少 1 個</p>	<p>1.謝謝指正。</p>

	<p>月，使用幾瓦(W)的 LED 路燈進行實驗，建議也能說明清楚。</p> <p>2.P42 表 2-2.3 為何不將一般的省電燈泡也列入比較？</p> <p>3.使用高瓦數的 LED 燈時，可能需要使用風扇來進行散熱，此時風扇所消耗的電量是否也應列入考慮，而不能只考慮 LED 所耗費的電量。</p>	<p>2.遵照辦理，已納入報告書中。</p> <p>3.謝謝指正。</p>
<p>蕭教授弘清</p>	<p>1.本計畫在對照廠商型錄資料/實測比對，顯現目前 LED 燈具光學效果實測與理論或廠商宣稱效果有極大落差，對於未來應用面政策輔導與推廣具極大價值，建議擴大量測驗證廠商宣稱與實際落差，以供未來改善及新政策研究之參考。</p> <p>2.未來建議在判定 LED 燈具規範時，參照傳統燈具作眩光等級分數，以利應用選擇參考。</p> <p>3.現場量測建議每月或每 2 個月追蹤量測以資瞭解真正實況，以免廠商吹噓過頭與誤導。</p> <p>4.座談會內容極具參考價值，充分顯現技術上瓶頸與未來改進方向。</p> <p>5.未來評比不同光源建議將 LED 與複金屬燈作對比評比，來檢討 LED 之競爭力及未來改進目標。</p>	<p>1.謝謝寶貴意見。</p> <p>2.謝謝指正。</p> <p>3.遵照辦理，已納入報告書中。</p> <p>4.謝謝寶貴意見。</p> <p>5.遵照辦理，已納入報告書中。</p>

<p>建研所陳組長瑞玲</p>	<p>1.路燈架設高度差異對戶外照明效果影響很大，請執行單位補充相關數據資料，俾供實際運用參考。</p> <p>2.P68 表 3-1 編號 No.5 燈具(高度 12M)照度量測數據是否有誤？請說明。</p> <p>3.建議 LED 燈照明發光效率評比對象應提升，至少應與複金屬燈評比，以符合節能水準。</p> <p>4.戶外景觀燈之現場調查部分應再加強，例如 101 大樓之 LED 燈調查結果建議可納入。</p> <p>5.本案 LED 燈具調查項目建議包括價格、汰換或維修成本、演色性光源品質等項目，俾供參考。</p>	<p>1.遵照辦理，已納入報告書中。</p> <p>2.謝謝指正，報告書已修正。</p> <p>3.遵照辦理，已納入報告書中。</p> <p>4.謝謝指正，已列入報告書中。</p> <p>5.遵照辦理，已納入報告書中。</p>
-----------------	---	---



附錄三、期末簡報記錄及處理情形

發言人	問題	處理情形
<p>王總幹事榮吉 (台灣省建築材料商業同業公會聯合會)</p>	<p>1.LED 室外照明之現況調查均以北部地區學校或民間建築物為大宗，建議能加入中南部地區，及部分代表性之公共建築物，以利應用參考。</p> <p>2.請補充國外之 LED 室外照明之應用現況，俾供參考。</p> <p>3.請列舉國際上 LED 之檢驗基準或規範，以作為未來 CNS 檢驗標準之參考依據。</p>	<p>1.遵照辦理，已補充於報告書中。</p> <p>2.遵照辦理，已納入報告書中。</p> <p>3.遵照辦理，已納入報告書中。</p>
<p>宋專員福生 (台灣區照明燈具輸出業同業公會) (書面意見)</p>	<p>1.根據美國能源部在 2007 年所作的固態照明展望中指出，至 2010 年 LED 冷白光發光效率可達 140~150Lm/W，而暖白光可達 100~110 Lm/W。當 LED 超過 100Lm/W 後，LED 燈具的發光效率也將可以提升至 80Lm/W，屆時在電費成本上，將比省電燈泡更具有優勢。台灣與日本 LED 廠大量擴產的情況下，LED 價格預估將有大幅降價空間，使得終端市場的 LED 燈具價格下滑，提高消費者對 LED 燈具的接受度。</p> <p>2.近幾年中國大陸方面如北京、常州、蘇州等許多城市如火如荼都在啟動 LED 路燈示範工程，</p>	<p>1.謝謝寶貴意見。</p> <p>2.謝謝寶貴意見。</p>

	<p>台灣也計畫在未來幾年內可考慮用 LED 替換傳統光源。LED 與一般使用傳統光源的路燈具有不同的光源特性，對道路照明標準制定有許多值得探討的地方。目前 LED 光源效率普遍留在 70Lm/W 水準，與其他傳統路燈光源比較，若能夠解決現今所存在的許多限制與問題，包括高瓦數之總光通量、配光特性之光學設計、燈具散熱設計、燈具本身及使用後維修之高成本，預估在 2010 年 LED 光源效率將會提升至 100Lm/W 的預期目標下，台灣地區 LED 路燈在政府政策推動下，取而替代為最新之節能光源將指日可待。</p>	
<p>陳教授寒濤 (書面意見)</p>	<p>1.P78；五.小結第 4 項：表 3-2 應改為表 3-3。整體而言，安裝 LED 路燈是否有比傳統路燈還要節能，若有，可以節省多少電量，建議能加以說明。</p> <p>2.P125-P126:參考文獻，建議不要將參考文獻分成”中文書目”、”外文書目”及”網路”，部份中文書目及外文書目缺少卷次 (Volume) 及頁數 (Page) 。</p>	<p>1.謝謝指正，已補充於報告書中。</p> <p>2.謝謝寶貴意見。</p>
<p>陳教授又升 (書面意見)</p>	<p>1.本研究收集市面 LED 燈具數量眾多，資料豐</p>	<p>1.謝謝寶貴意見。</p>

	<p>富，值得肯定。</p> <p>2.建議加入生命週期成本評估，使研究成果更具說服力。</p> <p>3.增加 LED 燈具之配光曲線特性之燈具設計建議。</p>	<p>2.謝謝寶貴意見，將列入後續研究計畫參考。</p> <p>3.謝謝寶貴意見，已補充於報告書中。</p>
<p>楊教授冠雄 (書面意見)</p>	<p>1.LED 照明為目前我國發展重要策略之一，然而由於缺乏一套完整之檢測標準，因此於應用上尤未能普及化，本計畫之完成於此方面已邁出重要的一步，本研究之成果極為豐碩良好。</p>	<p>1.謝謝寶貴意見。</p>
<p>蕭教授弘清 (書面意見)</p>	<p>1.有關期中報告之建議事項已於期末報告中適當納入研究，並有具體的研究成果呈現，內容詳盡，與預定目標符合。</p> <p>2.本期末報告初稿中，有部分待修正、釐清或進一步說明之處：</p> <p>(1)部分表格未有標號，且表格切割分屬不同頁而呈現不完整，宜重新調整排版；第 21 頁之配光量測圖建議重畫，使之清楚。</p> <p>(2)第四章第三節宜更名為「LED 路燈應用比較之電腦模擬與分析」。</p> <p>(3)單位不一致，同樣照度之單位，有 LUX, Lux, lx, lux,應統一。流明有 lm, Lm,小時有 Hr, hr, h 等不同表示法，消耗電功率單位有 W,w，均宜統一。所</p>	<p>1.謝謝寶貴意見。</p> <p>2.</p> <p>(1)謝謝寶貴意見，配光量測圖已修正。</p> <p>(2)謝謝寶貴意見，遵照辦理。</p> <p>(3)謝謝指正，遵照辦理。</p>

	<p>有文字統一為標楷體；英文為 Times New Roman。</p> <p>(4)LED 壽命長達 10 萬小時，但第 11 頁倒數第 3 行卻只有 10 小時，而且 10 萬小時僅是理論推測數據，至今全世界沒有人證實過，建議以日本公佈之實際上的 3 萬至 5 萬小時為宜；且 LED 發展日新月異，3 萬小時大約可用 7-8 年，過了 5 年就成為遠落後市場新產品最新高效率之水準，LED 燈具設計超過 3 萬小時根本就不切實際，這也是日本之所以鎖定 3-5 萬小時的原因。</p> <p>(5)第 52 頁第 2 行有高達 1600 多萬種顏色，會不會太誇張？單位 MM，請一律更正為 mm，意義差太多了。</p> <p>(6)第三章測量照度之高度為離地 15 公分，不太符合實際。應該是路面上的照度或輝度才是正確，但已沒有時間重做，宜作補充說明。表 3-1 中宜補充說明燈桿間之距離，尤其正確評比各種光源之路燈經濟效益時，應該是要以一段(例如 400 公尺)作整體評估才會充分反映經濟性差異，單比抽樣區間是不太客觀與公平的。</p> <p>(7)第 87 頁第 3 與第 4</p>	<p>(4)謝謝指正，已修改於報告書中。</p> <p>(5)謝謝指正，遵照辦理。</p> <p>(6)謝謝指正，已補充於報告書中。</p> <p>(7)謝謝指正。</p>
--	---	--

	<p>行的最大與平均數值似乎不太合理。105 頁有作電腦模擬分析，但沒有任何文字作進一步說明敘述，有不完整的感覺。</p> <p>(8)第五章結論與建議同樣有突然結束、不完整的遺憾，建議做較完整的說明與總結。</p>	<p>(8)謝謝指正，已做修改。</p>
<p>建研所陳組長瑞玲</p>	<p>1.本研究案結論明確，有關 LED 室外照明功效與傳統燈具比較應以具體數據呈現或明列，可使研究成果更具應用價值。</p>	<p>1.謝謝寶貴意見。</p>





附錄四、第一次座談會議記錄

第一次專家座談會—LED 室外照明諮詢會議

一、開會時間：九十七年四月三日（星期四）上午九時三十分

二、開會地點：台北科技大學設計館二樓 252 室

三、主 席：周鼎金 教授 記錄：周宜靜

四、出席單位及人員：

- | | | |
|----------------|-----|-------|
| ● 中國電器股份有限公司 | 馮文信 | 協理 |
| ● 台灣區照明燈具公會 | 宋福生 | 高級專員 |
| ● 台灣飛利浦股份有限公司 | 張嘉倫 | 副理 |
| ● 光環境設計應用中心 | 鮑達芄 | 專案經理 |
| ● 美商奇異國際股份有限公司 | 鄭偉樟 | 經理 |
| ● 雄雞有限公司 | 徐嘉志 | 經理 |
| ● 原長企業股份有限公司 | 鄒志兆 | 主任 |
| ● 周祖珍建築師事務所 | 周祖珍 | 建築師 |
| ● 內政部建築研究所 | 蔡介峰 | 助理研究員 |
| ● 內政部建築研究所 | 呂文弘 | 副研究員 |
| ● 內政部建築研究所 | 徐虎嘯 | 副研究員 |
| ● 內政部建築研究所 | 高嘉隆 | 副研究員 |

五、會議內容：

馮文信：

1. LED 燈具散熱條件要好，否則光衰就會比較嚴重。
2. LED 最大的價值為色相及輝度。輝度方面，最成熟的應用為紅綠燈和警示燈部份。
3. 道路照明應配合道路安全，符合道路照明的相關規範。
4. LED 現場量測有背景光問題，應注意如何處理技術性問題，如照度、輝度等問題。

宋福生：

1. LED 室外照明分為道路照明及戶外景觀照明兩大類。
2. 道路照明目前有新強光電、中盟光電、陽傑科技、泰沂光電、鈺璽、鑫源盛、光林、佰鴻等廠商均有生產 LED 路燈。
3. 景觀照明燈部份，目前做建築立面 LED 燈具有 PHILIPS、OSRAM、GE、宏齊、金龍、雄雞、艾迪森、中盟、南暉、品能、海立爾、力耀等廠商均有生產。
4. 在應用 LED 路燈方面全世界均屬於測試安裝為主，目前在國內陽傑裝設在碧潭路段，在板橋新站也有一區域採用 LED 路燈之應用。反觀在建築立面景觀照明方面案例，國內外均有許許多多之案例。台北市小

巨蛋、中正紀念堂(台灣民主紀念館)等，在橋樑照明如竹北斜張橋、苗栗、南投、高雄等地均有橋樑採用 LED 景觀照明。

5. 道路照明有行人安全考量應遵守現行規定，LED 燈具應依產品特性去開發適合之燈具。

張嘉倫：

1. LED 向上光源是很均勻的，不像傳統燈光照下面很亮，但上面不亮，所以很適合 30m、40m 建築順著外觀向上投光。
2. 照明設計應考量整體規劃，如配合都市計畫。
3. 飛利浦路燈現況有發表歐洲帶回台灣做示範的 LED 路燈，瓦特數 36W 高度 4.5m，且地面照度達到人行照度符合美國標準。
4. 以國家安全標準來看，建議目前的 LED 路燈不適合運用在道路照明(車輛方面)，人行方面是可行的，因為目前 LED 路燈的均勻度、輝度是不符合規定。景觀效果已漸漸成型。

鮑達芄：

1. 路燈現況使用情形
 - (1) 分享捷運劍潭站景觀燈換裝前與換裝後的燈光效果。
 - (2) 採購單位以省電效率(比現況省電 30%)、光源發光效率、光衰值(三年不低於 30%)、燈具壽命(三年不換裝光源)、燈具防護等級(IP65)CNS 標準頒布之規範。
 - (3) 提供台北捷運局採購標書做為參考用。
2. 建築景觀燈
 - (1) 目前使用的燈具型式有兩種。分別為投光燈(線型投光、筒型投光)、裝飾燈(線型光源、點光源裝飾燈)。
 - (2) 目前業主使用 LED 燈具的需求誘因
 - a. 省電效率：比傳統光源省電 30% 以上。
 - b. 燈光效果：比傳統燈光較舒適，情境效果較好。
 - c. 燈具壽命：比傳統燈高一倍以上壽命。
 - d. 造型佳：比傳統燈具小，工業設計造型較時尚。

鄭偉樟：

1. LED 日新月異很快，台灣做 LED 路燈的廠商很多，建議下一次座談會可邀他們以及工研院的一併參加。
2. 建議可蒐集現今國內的 LED 廠商資料，同時可以去現場參觀。
3. 由於 LED 無業界共通標準，所以若路燈燈具壞掉，無法拿 A 廠牌去換 B 廠牌的燈具，這是目前的一個問題。
4. 散熱問題是因為追求亮度，因為 LED 原本只用在指示光源，但目前運

用在照明上，為了追求亮度，追求效率，故散熱問題變大。

徐嘉志：

1. 半導體公司不懂照明，所以在照度輝度上不懂得如何運用。我認為目前的 LED 不應排進現規範裡面。因為道路照明要考慮到安全方面，如何運用 LED 的照明特性去做出適合的燈具，這是目前半導體不懂的部份，故在安全考量上會有疑慮。
2. LED 的光衰問題，建議一年測試一次。

鄒志兆：

1. LED 路燈比較的問題點，從維修問題來看，是否一定要買一樣的光源同樣的廠商來替換。
2. 台中中港路的興富發大樓整個外牆用 LED 線型燈具。

六、主席結論：

本次諮詢座談會敬邀各位業界先進，提供對於 LED 室外照明的相關實驗操作的建議，承辦單位將彙整各位先進之意見，作為日後實驗計畫與計畫書編撰之重要參考方向，以納入未來研究計畫中。

七、散會：中午十二時三十分。





附錄五、第二次座談會議紀錄

第二次專家座談會－LED 室外照明諮詢會議

一、開會時間：九十七年十月十七日（星期五）下午二時三十分

二、開會地點：台北科技大學設計館二樓 252 室

三、主 席：周鼎金 教授 記錄：周宜靜

四、出席單位及人員：

- | | | |
|----------------|-----|-------|
| ● 中國電器股份有限公司 | 馮文信 | 協理 |
| ● 台灣區照明燈具公會 | 宋福生 | 高級專員 |
| ● 台灣飛利浦股份有限公司 | 張嘉倫 | 副理 |
| ● 台灣歐司朗股份有限公司 | 胡宗賢 | 專案經理 |
| ● 多鎂光電科技股份有限公司 | 何松濤 | 總經理 |
| ● 光環境設計應用中心 | 鮑達芄 | 專案經理 |
| ● 東亞電機股份有限公司 | 王健全 | 董事長 |
| ● 美商奇異國際股份有限公司 | 鄭偉樟 | 經理 |
| ● 雄雞有限公司 | 徐嘉志 | 經理 |
| ● 鑫源盛科技股份有限公司 | 彭依彧 | 副理 |
| ● 內政部建築研究所 | 蔡介峰 | 助理研究員 |

五、會議內容：

馮文信：

LED 室外照明目前可分三類主要市場。

- 1.道路照明：LED 之光形必須符合道路安全規範，牽涉較廣。政府各單位已投入大筆經費探討中，建議不於納入本計劃中。
- 2.景觀照明和建築照明：目前市場已廣泛採用 LED 為替代光源，並具極大省能與景觀美觀效益，建議本計劃可在此領域之應用現況做調查分析其省電效益(相對於傳統光源)，景觀效益及民眾觀感等方面做調查彙整缺失，提供未來設計參考。

宋福生：

- 1.LED 室外照明之應用在路燈上應該要以用路人之安全為主，目前尚無法在規範上有所突破(標準局正在進行研訂中)，如以節能減碳之考量 LED 應用於大樓建築外觀照明及景觀照明上可得到相當之節能效果。
- 2.LED 應用於廣告招牌上取代霓虹燈，利用 LED 高輝度低照度、低電壓安全性高，可控制性高，是項十分有前瞻性之應用方向。
- 3.在光害方面亦是 LED 應用將來要特別注意到的部份，LED 方向指示性光源對人們眼睛之眩光影響是未來要考量的指標。將來是否有訂定相關法規限制 LED 之輝度值。
- 4.LED 用於交通號誌在白天輝度上不夠，而晚上使用則過亮，應加上控

制系統夜晚減光，避免浪費能源。

張嘉倫：

- 1.須思考道路照明法規及實況比較。
- 2.節能議題須思考真實消耗性。
- 3.評估整體委管的成本負擔。
- 4.考量環境影響(設備材料可否回收)。

胡宗賢：

- 1.道路照明先題條件是使用環境的差異，亦即路面寬度及設置條件(燈具高度、範圍、平均照度)在在都是必須考慮的，並非考量光源而已，一個有效均一性的規範才是用路人所需要的。
- 2.建築物與景觀照明採用 LED 燈具在各種不同的需求下有效符合減少光害並不減損外觀的美感呈現，其點如下：
 - (1)投射照明：低 LOR(高指向性)可有效利用能量並且 LER 光色的高飽和度可使設計有效呈現美觀。
 - (2)輪廓照明：低亮度(流明)高輝度，在夜間可有效減少不必要的光投射到夜空中影響其他生物的活動。
 - (3)指示照明:同上意見。

何松濤：

- 1.如果 LED 要取代傳統照明，那麼必須尊重人性的習慣和照明等變化。除了亮度，光分佈也要均勻。光的配光也要符合現場的需求和舒適感(要回歸到需求面)。
- 2.LED 目前沒有標準規範，如果以一個 10W 的 LED 燈具，那麼可以有很多的做法，(1)1W×10pcs，(2)3W×3pcs，(3)10W×1pcs。就算以 1W×10pcs 來製作，1W 光源的廠商光效率也會有不同，光學設計每家也不同，所以製造出來的燈具發光效率也不同。如此消費者很難有一個標準來依循。

鮑達芄：

- 1.道路照明：LED 光源的應用
這兩年來參與過“台灣”“中國北京”公共工程道路建設，發覺過去的傳統路燈取代 LED 光源的必要性還不是很適合。希望製造廠商從道路照明法規來了解道路照明，從車輛、人的視覺安全的需求做研發考量，應該會有很好的發展。
- 2.街道照明：LED 光源的應用
街道的燈光與都市景觀風格有息息相關，例如：台北市的中山北路與愛國東路街道有非常不一樣的風格，大致以燈桿造型為主體，光源為

配角來營造夜間氛圍，以 LED 光源來做街道照明應用是很適合的。

王健全：

- 1.道路照明量測應做模擬照度計算(由 IES 檔經電腦估算)，再規範某一長度(如 H:L=1:4)範圍。道路量測與估算差異，再經時間做光衰測試。但必須先把道路標地物設計：一般小型道路、一般市區道路、一般公路、高速公路，因功能使用性差異而異。除測平均照度，更需最小/最大/平均之比較。
- 2.LED 之發展充滿無限希望，應用在景觀照明，可多元化使用，應多注意於環境光污染之影響。
- 3.LED 可提供環境色彩變化的樂趣，但應控管顏色改變所造成之影響。
- 4.LED 燈具使用材料之規範應限定。
- 5.LED 之應用，尚需 5-10 年研究發展。
- 6.依使用者需求，擬定相關規範。
- 7.LED DRIVER 必須嚴格規範，以避免與 LED 模組壽命之差異，造成產品品質差異。

鄭偉樟：

- 1.建議路燈規範以能符合道路安全規範為主軸，可以使用各種不同的光源來達到共同的目的，不必要訂定不同的規範因不同的光源而不同。
- 2.景觀照明因不若路燈有安全性的考量，可推廣 LED 景觀燈，利用其容易控制的方便，達到節能減碳的目的。
- 3.建築景觀照明利用 LED 輪廓照明可以取代以往用大功率投光燈具節省大量的電力消耗。

徐嘉志：

- 1.依據 CNS5065 照度測定法，平均照度的測定需測 100 點以上，請依此規範測定，明暗對比 1:4 或 1:3 的優良明暗對比。主要道路以人的角度來訂定規範才合理。
- 2.建議以 CNS9118、12112、15015 為依據來訂定道路照度標準。
- 3.LED 室外照明的規範以高輝度極高彩度為主要特色，以場地的地景特色來看景觀的需求。特色性的照明品質，發揮燈具小但是特色性高的優點。
- 4.LED 應用建築照明的效果及特色是容易有效率及省能的多變化色彩的效果，使得控光及彩度變化多多應用。
- 5.建築的多變化性景觀是可以大力應用的，可以大力運用在建築的外觀及需求。
- 6.LED 在情境的表現是很值得推廣的。

彭依彧：

- 1.以目前工研院的「LED 路燈照明規範草案」中提到，主要在於強調燈具效率 45lm/w，而不專注於 LED 單體的效率。
- 2.用於道路上主要應放在平均照度與均勻度，根據不同燈具類型(全遮蔽型、半遮蔽型、無遮蔽型)中，不同型式所要求的燈高與燈距比例，以適用於道路照明。
- 3.凸顯 LED 的優點，光衰小、演色性高、壽命長等優點，因為演色性高所以分辨性較高，不需要如同鈉燈一樣需要那麼的亮，我們也應該要檢討道路是否需要那麼的亮，我們並非要在於道路上看書，所以只要能清楚分辨道路與移動物體就可以了，多餘的光只是多餘的浪費，是否只要適當的照明即可。

六、主席結論：

本次諮詢座談會敬邀各位業界先進，提供對於 LED 室外照明的相關建議，承辦單位將彙整各位先進之意見，作為日後編撰修正期末報告書之重要參考方向。

七、散會：下午四時三十分。



參考書目

中文書目

- 1.肖耀乾，1999，城市夜景照明規劃設計與實錄，中國建築工業出版社，北京。
- 2.郝洛西，2005.10，城市照明設計，遼寧科學技術出版社。
- 3.田運宜，2005.07，觀察2005北美照明展(上)LED燈具迭有進展，新電子科技雜誌。
- 4.黃秉鈞，2006.12，LED照明時代已來臨，科儀新知，第二十八卷第三期。
- 5.田力軍，2007.9，LED夜景照明工程的質量檢測與評估，現代顯示，總第七十九期。
- 6.陳定紅，2006.12，光環境的營造-全球飛利浦LED趨勢與應用分享，第三屆台灣建築論壇-共築生命空間。
- 7.工業技術研究院，2007.03，高效率照明-LED照明系統開發與應用推廣計畫，經濟部能源科技發展計畫。
- 8.李宏俊、郭玉萍，2008.01，台灣民主紀念園區及台中中山公園LED照明示範推動，2007年台灣照明學會年會手冊暨論文集，台北。
- 9.張學智、黃勝邦、朱慕道，2008.01，LED路燈的設計，2007年台灣照明學會年會手冊暨論文集，台北。
- 10.郭玉萍、林士凱、李宏俊、李麗玲，2008.01，LED照明產品現況及發展趨勢，2007年台灣照明學會年會手冊暨論文集，台北。
- 11.經濟部技術處林清海，2008.05，LED標準推動政策與機制，LED產業標準及專利策略交流研討會，台北。
- 12.工業技術研究院黃勝邦，2008.05，綜論LED標準制訂現況，LED產業標準及專利策略交流研討會，台北。
- 13.蔡增光，2008.05，台灣LED產業標準草案簡介，LED產業標準及專利策略交流研討會，台北。
- 14.張聖懿，2004.07，太陽能光電系統結合發光二極體之規劃設置研究-以立德管理學院景觀照明設施為例，碩士論文，立德管理學院資源與環境管理研究所，台北。
- 15.陳俊源，2005.06，發光二極體(LED)光源特性於產品設計之應用研究-以燈具產品為例，碩士論文，實踐大學工業產品設計學系碩士在職專班，台北。
- 16.王美倫，2005.06，台灣LED產業發展之策略分析，碩士論文，國立交通大學管理學院碩士在職專班科技管理組，台北。
- 17.黃登昱，2007.07，國小教室中弱視兒童個人LED輔助照明燈具設計之研究，碩士論文，明志科技大學工業管理研究所，台北。

外文書目

- 1.Katsuyuki Egawa, 2005 World Exposition, Aichi, Japan Pavillon Project, Journal of The Illuminating Engineering Institute of Japan, No.10, 2005.
- 2.F.K.Yam, Z. Hassan, Innovative advances in LED technology, Microelectronics Journal., 2005.
- 3.N. Narendran, Y. Gu, J.P. Freyssinier, H. Yu, L. Deng, Solid-state lighting:failure analysis of white LEDs, Journal of Crystal Growth ,.2004.
- 4.Bin-Juine Huang, Po-Chien Hsu, Min-Sheng Wu, Chun-Wen Tang, Study of system dynamics model and controlof a high-power LED lighting luminaire, Energy ,2007.
- JM Gaines, Modelling of multichip LED packages for illumination , Lighting Res. Technol.2006.

網路

- 1.彭耀祈，知識天地：淺談發光二極體大型顯示器技術（上），取自 <http://www.fpd.edu.tw/newsDetail.do?id=1375>。
- 2.呂文弘，配光曲線實驗室簡介，建築研究簡訊第 52 期《大事紀要》，取自 <http://www.abri.gov.tw/utcPageBox/CHIMAIN.aspx?ddsPageID=CHIMDCA&EprHadDBID=38&DBID=691>。
- 3.廣州聯譜電子科技有限公司，LED 投光燈相關資料，取自 <http://www.up-led.com/0004.html>。
- 4.LEDinside，2008 年台灣 LED 路燈市場發展現況，2008 年 07 月 14 日，取自 <http://www.ledinside.com/en/node/6697>。
- 5.許家銘，LED 標準推動機制與政策，2008 年 07 月 14 日，取自 http://tech.digitimes.com.tw/print.aspx?zNotesDocId=0000097564_BLJ6JC6B5N5LYB752JVRR。

LED 室外照明之現況調查與性能實驗研究

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：台北縣新店市北新路三段 200 號 13 樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：陳瑞鈴、周鼎金等編

出版年月：九十七年十二月

版(刷)次：初版

工本費：

GPN：

ISBN：978-986-01-7383-3



GPN :

ISBN : 978-986-01-7383-3