

經濟部能源局廣告

LED照明節能應用技術手冊

經濟部能源局指導
財團法人台灣綠色生產力基金會編印

中華民國一百零一年十二月

目 錄

目 錄.....	I
圖 目 錄.....	III
表 目 錄.....	VII
第一章 前 言.....	1
第二章 國內 LED 照明應用概況	3
2.1 國內照明用電分佈概況.....	4
2.2 政府推動 LED 照明應用現況及作法.....	5
第三章 新型 LED 節能照明產品介紹	16
3.1 發光二極體 LED 的發光原理與其構造.....	16
3.2 發光二極體 LED 基本特性.....	18
3.3 LED 照明光源基本理論.....	23
3.4 LED 種類與用途.....	31
第四章 全球 LED 相關標準推展概況	37
4.1 台灣 LED 標準發展概況.....	37
4.2 美國 LED 標準發展概況.....	40
4.3 日本 LED 標準發展概況.....	42
4.4 韓國 LED 標準發展概況.....	46
4.5 中國 LED 標準發展概況.....	47
第五章 LED 照明選用原則與注意須知	50
5.1 LED 室內照明應用的設計通則.....	50
5.2 商業空間的 LED 照明燈具選用及施工.....	57
5.3 居家住宅空間的 LED 照明設計選用考慮.....	63
5.4 大面積辦公場所均勻配光的燈具選用與照明設計.....	72
5.5 LED 燈管與平板 LED 燈具的比較.....	75
5.6 LED 照明設備的選購與維護保養注意事項.....	81
第六章 用電場所照明規劃與設計之建議	84
6.1 商業空間照明設計.....	84
6.2 量販店及超級市場照明規劃設計.....	88

6.3 飯店空間照明設計.....	92
第七章 國內照明節能潛力分析.....	101
7.1 國內未來重點技術推動策略概況.....	101
7.2 我國節能照明重點發展時程.....	102
7.3 LED 照明節能燈具優勢條件及對節能推廣之影響.....	103
第八章 國內 LED 照明節能案例介紹.....	108
8.1 LED 照明節能燈具汰換實測分析.....	108
8.2 國內 LED 照明節能案例介紹.....	117
第九章 結語.....	125
參考文獻.....	127
編後語.....	129
附錄-常用照明名詞解釋.....	130

圖 目 錄

圖 2.1-1 建築分類能源大用戶用電分佈比例(%)統計	4
圖 2.1-2 大用戶各型式燈具裝置容量比例統計圖	4
圖 2.2-1 我國 LED 照明光電產業鏈	6
圖 2.2-2 全球 LED 照明光電產業市場規模預測	7
圖 2.2-3 LED 路燈照明應用於澎湖縣示範道路實景	8
圖 2.2-4 T-BAR 型 LED 照明燈具	13
圖 2.2-5 LED 用環氧樹脂常用組成物	14
圖 2.2-6 常用 LED 白光形成製作方式	15
圖 3.1-1 LED 的發光原理與構造	17
圖 3.2-1 LED 照明產品應用於橋樑實照圖	19
圖 3.2-2 LED 及 CFL 與白熾燈生命週期環境衝擊評估比較	20
圖 3.2-3 2003 至 2015 年 LED 發光效率/價格演進圖	21
圖 3.2-4 美國能源部 LED 照明節能預測圖	22
圖 3.3-1 LED 照明系統整體構成元件示意圖	25
圖 3.3-2 影響 LED 照明系統效率主要因素分析	26
圖 3.3-3 傳統高輝度 LED 元件	26
圖 3.3-4 LAMINA LED 光源模組	27
圖 3.3-5 LED 各部位散熱比例圖	28
圖 3.3-6 LED 接面溫度對光亮度及使用壽命	29
圖 3.3-7 具備特殊配光透鏡的 LED 光源	30
圖 3.3-8 以調整 LED 角度及位置達到照明效果的 LED 路燈	30
圖 3.4-1 直管型 LED 燈源	31
圖 3.4-2 平板型 LED 燈源	32
圖 3.4-3 球泡型 LED 燈源	32
圖 3.4-4 投射型 LED 燈源	33
圖 3.4-5 逃生避難指示型 LED 燈源	33
圖 3.4-6 戶外投射型 LED 燈源	34

圖 3.4-7 農漁業用 LED 燈源.....	34
圖 3.4-8 漁船作業採用 LED 燈源實照	35
圖 3.4-9 家用型 LED 閱讀檯燈	35
圖 4.3-1 日本 L 型燈口的直管型 LED 兩端實體照	43
圖 4.3-2 日本 LED 照明標準分類項目	46
圖 4.5-1 大陸 LED 照明標準層級分類	48
圖 4.5-2 兩岸 LED 照明標準論壇	49
圖 5-1 天然光與 LED 燈源應用於室內照明	51
圖 5.1-1 平板 LED 燈盤已開始應用於室內照明	54
圖 5.1-2 可調變色溫之 LED 燈泡	55
圖 5.2-1 LED 光源及燈具可以提供商業空間的基礎照明	58
圖 5.2-2 採用 LED 的重點照明可以突顯商品價值與吸睛效果	59
圖 5.2-3 利用近距離 LED 燈可以增加商品的價值感	59
圖 5.2-4 利用 LED 裝飾照明可以增加建物的價值感	60
圖 5.2-5 各種目前常用的 LED 燈具	61
圖 5.2-6 複合式餐廳採用 LED 裝飾照明燈具	63
圖 5.3-1 LED 居家照明應用成為新焦點	65
圖 5.3-2 客廳照明採用 LED 光源形成視覺美感	66
圖 5.3-3 餐廳照明採用 LED 光源形成視覺美感	67
圖 5.3-4 閱讀檯燈是兼顧照明與視力保健最重要的照明工具	68
圖 5.3-5 臥室照明採用 LED 燈源	69
圖 5.3-6 廚房照明採用 LED 燈源	70
圖 5.3-7 浴室照明採用 LED 燈源	70
圖 5.3-8 樓梯照明採用 LED 燈源	71
圖 5.3-9 門廊梯間照明採用 LED 燈源	71
圖 5.4-1 良好的辦公室照明是提升工作效率的基本要求	73
圖 5.4-2 辦公式照明採用 LED 光源實景	73
圖 5.5-1 螢光燈與 LED 燈管光學特性比較圖	77
圖 5.5-2 市售 LED T-BAR 燈具配光曲線圖	77
圖 5.5-3 燈具立體圖及燈具輸出配光曲線	78

圖 5.5-4 燈具配光曲線與等照度圖(左:LED、中:T5、右:T8).....	79
圖 5.5-5 燈具性能評估空間示意圖	79
圖 6.1-1 展示空間採用 LED 光源形成照明層次.....	84
圖 6.1-2 戶外採用 LED 光源形成照明層次.....	86
圖 6.1-3 服飾店採用 LED 光源形成照明層次.....	87
圖 6.2-1 超市全採 LED 光源實景	89
圖 6.3-1 飯店走廊及大廳採用 LED 光源實景	94
圖 6.3-2 飯店大廳採用天然光及 LED 燈源.....	97
圖 6.3-3 採用 LED 燈具餐廳空間示意圖	99
圖 6.3-4 採用 LED 燈具餐廳空間示意圖	99
圖 6.3-5 全採 LED 燈具飯店空間示意圖	100
圖 7.3-1 大用戶各型式燈具裝置容量比例統計圖	105
圖 7.3-2 大用戶鹵素燈泡改採 LED 燈泡之節能潛力	105
圖 7.3-3 大用戶白熾燈泡改採 LED 燈泡之節能潛力	106
圖 8.1-1 照度計與交流數字鉤表實際量測示意圖	109
圖 8.1-2 燈體溫度、照度與耗電實際量測圖	110
圖 8.1-3 LED 平板型光源外觀及照度測試實照	111
圖 8.1-4 AR111 型 LED 光源外觀及照度測試實照.....	112
圖 8.1-5 E27 型 LED 光源外觀實照	113
圖 8.1-6 LED 光源外觀及耗電測試實照	114
圖 8.1-7 LED 光源外觀及照度測試實照	115
圖 8.2-1 照明改善後燈具實照	117
圖 8.2-2 辦公室照明改善後實照	118
圖 8.2-3 LED 直管型光源實體照	118
圖 8.2-4 商店照明改採 LED 平板型光源實體照	119
圖 8.2-5 條型 LED 光源實體照	120
圖 8.2-6 轉運站全般照明改善後實照	121
圖 8.2-7 梯間照明改善前後對比照	122
圖 8.2-8 辦公區照明改善後實照	122
圖 8.2-9 酒店照明改善後實照	123

圖 8.2-10 門市照明改善後實照124

表 目 錄

表 2.1	政府歷年推動 LED 照明節能應用一覽表	3
表 2.2-1	我國近期推動 LED 產業相關政策	10
表 3.4-1	LED 照明節能產品應用範圍一覽表	36
表 4.1-1	我國近年有關 LED 光源之標準制定	39
表 4.2-1	UL 提出的相關 LED 照明安全規範	40
表 4.2-2	美國能源之星「固態照明要求」對應的相關規範	41
表 4.3-1	日本四大團體照明用白色 LED 量測標準	42
表 4.3-2	IEC TC-34 與 LED 標準關聯對應表	45
表 5.1-1	LED 光源產品與各種光源的比較	53
表 5.5-1	LED 燈管特性比較表	76
表 5.5-2	燈具特性分析比較表	78
表 5.5-3	各類燈具整體性能效益評估表	80
表 5.6-1	定期清掃間隔建議時程	83
表 5.6-2	不同光源最經濟清掃的預估時間	83
表 7.2-1	照明技術發展時程	103
表 7.3-1	常用光源(球泡型)汰換參照表	104
表 8.1-1	某辦公室汰換 LED 節能燈具效益一覽表	111
表 8.1-2	某百貨公司汰換 LED 節能燈具效益一覽表	112
表 8.1-3	某商用桌燈汰換 LED 節能燈具效益一覽表	113
表 8.1-4	某國際飯店汰換 LED 節能燈具效益一覽表	114
表 8.1-5	某家庭浴室汰換 LED 節能燈具效益一覽表	115

第一章 前言

台灣地區天然資源蘊藏貧乏，99%能源仰賴進口。政府面對地球氣候暖化，為善盡地球村公民的責任，於全國能源會議結論提出加強推動節約能源及提高能源使用效率，具體抑低溫室氣體排放量的行動方案。台灣地區環境特殊，四面環海，溫室效應造成環境的衝擊，尤其是海平面上升對本島之影響，更需我們關切。全台到處可見百貨、飯店及超市照明場所，仍大量使用低效率、壽命短，且非常耗電之白熾燈及鹵素燈源。照明產品隨著近代科技進步，在光源、燈具、控制、設計上已大幅提升效率，加上節能管理指標與政策訂定，擴大節能改善空間。特別如新世代綠色環保光源 LED 燈，已可取代白熾燈及鹵素燈，節能達 50% 以上。

現代照明技術無論在光源與設備上皆有重大的進步，照明改善投資少、回收快，且效果顯著。故無論新舊旅館大樓或百貨業者，都值得立即針對照明用電及品質提升加以重視；並開始著手評估改善工程，必可節省照明電費 30~50% 不等的效益。而照明產業若能整合一系列各類型照明新產品，配合輔導來教育國人及消費者，由家庭、公司做起，推廣至全國全面擴大照明節能，將可全面降低國內照明耗電，並提升日常生活環境照明品質。藉由製造商提供節能照明產品，並鼓勵消費者以新省能產品取代傳統照明設備，可達到節約能源之效果及保護環境之最終目的。

財團法人台灣綠色生產力基金會（以下簡稱本會）受經濟部能源局委託，進行現場節能輔導時，了解國內工商各行業能源管理者及業者急需 LED 照明節能新世代光源技術、選購及維護等參考資料。本會乃委請國內 LED 照明燈具及光源上有長期精闢分析與研究的專家學者，台灣科技大學電機工程研究所蕭教授弘清撰稿，並配合本會節能技術服務資料，彙編成此「LED 照明節能應用技術手冊」。

本手冊介紹 LED 照明基本原理、種類與選用、日常維護及節能應用與案例等內容，提供各能源用戶參考，而遺誤掛漏，必所難免，尚請學者先進，賜予指正為禱。

第二章 國內 LED 照明應用概況

本章主要介紹台灣地區照明耗能概況與政府推動 LED 照明應用現況及措施，使讀者了解未來國內推動 LED 照明應用技術之主要方針及節能潛力與市場規模。如表 2.1 可知政府針對 LED 照明應用推展計畫上積極地協助 LED 業者降低成本，健全標準與規範，並兼顧財政負擔及不良產品的影響，先由戶外照明（號誌燈、LED 路燈、景觀燈）推動，再擴及室內照明（LED 室內燈具），同時建立相關標準與政府部門使用規範，另利用 ESCO 機制，創造使用者、業者雙贏，亦減少政府財務負擔，用以循序漸進方式推動，並帶動產業健全發展，進而提高 LED 照明應用於市場上的滲透率與普及性。

表 2.1 政府歷年推動 LED 照明節能應用一覽表

執行年度	計畫內容	具體或預計成效
民國 96 年	LED 交通號誌燈節能計畫	100 年已完成全國號誌燈 100% 使用 LED 交通號誌燈。與傳統號誌燈比較，每年可省 2.47 億度電、減少 CO ₂ 排放共 15.51 萬噸。
民國 97 年	LED 照明標準訂定	率先制定全世界第 1 個 LED 路燈標準(公布 CNS 15233「發光二極體道路照明燈具」國家標準)。
民國 98 年	LED 道路照明示範計畫	換裝 5,350 盞 LED 路燈，經由實際測試結果顯示，節能可達 60%，每年可節省道路照明用電約 303 萬度，減少 CO ₂ 排放量達 1,854 公噸。
民國 99 年	LED 照明標準訂定	經濟部標準檢驗局完成 CNS 15436「安定器內藏式發光二極體燈泡（一般照明用）－安全性要求」、CNS 15437「輕鋼架天花板（T-bar）嵌入式發光二極體燈具」及 CNS 15438「雙燈帽直管型 LED 光源－安全性要求」3 種國家標準之制定作業。
民國 100 年	高效率道路照明燈具示範計畫	預期換裝約 6,000 盞以上之水銀路燈，估計每年可節約 394 萬度電，減少 2,500 公噸的 CO ₂ 排放。
民國 101 年	LED 路燈節能專案示範計畫	期望在 2018 年底前，將全國總計達 81.5 萬盞(占全部路燈 51.9%)之水銀燈全數汰換，屆時預計將可節電達 5.18 億度，減少 CO ₂ 排放 31.7 萬公噸。

資料來源：本手冊研究整理(101.10)

2.1 國內照明用電分佈概況

2.1.1 建築分類大用戶之照明用電分佈比例現況

由非製造業查核申報之用電分佈比例統計【1】，如圖 2.1-1，可知照明耗電占比中，以航空站、百貨公司最高(因商業照明需求)。

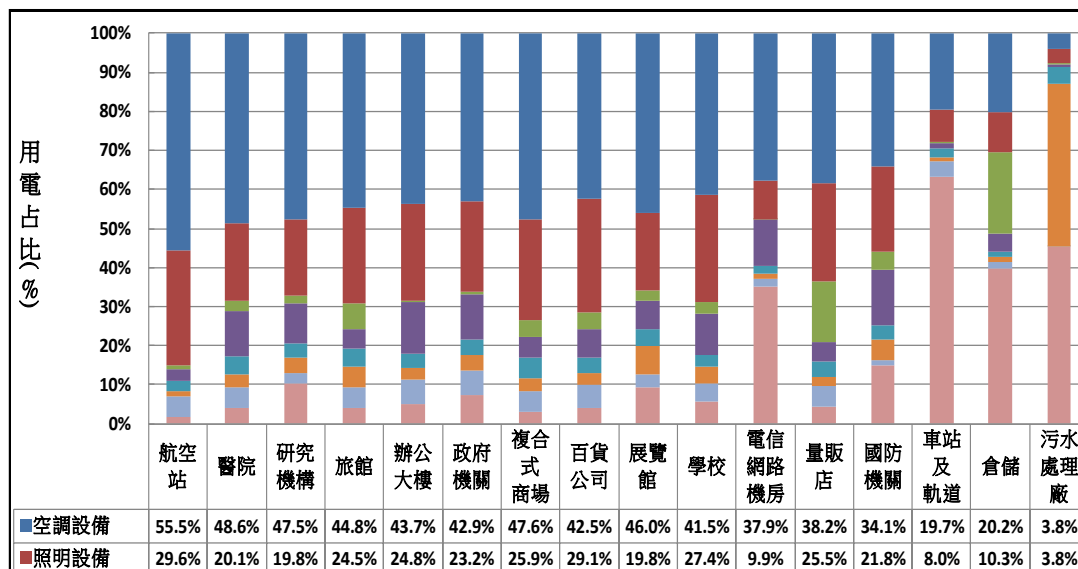


圖 2.1-1 建築分類能源大用戶用電分佈比例(%)統計

2.1.2 建築分類能源大用戶照明使用量及功率(kW) 比例現況

依 2010 年統計資料，照明用電占建築整體用電約 6~34%，日光燈更占總照明燈具裝置容量 78.3%，如圖 2.1-2 所示，可知提升日光燈具用電效率及如何淘汰白熾燈及鹵素燈之重要性。

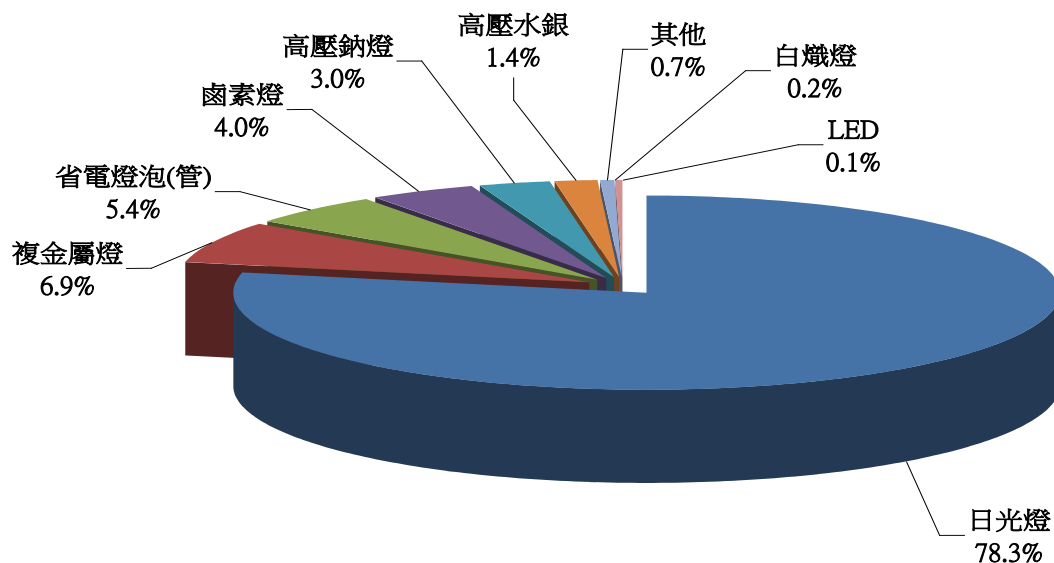


圖 2.1-2 大用戶各型式燈具裝置容量(kW)比例統計圖

2.2 政府推動 LED 照明應用現況及作法

2.2.1 國內 LED 照明產業概況

1.LED 照明產業概述

LED(發光二極體 Light Emitting Diode，簡稱 LED)是由半導體材料所製成之發光元件，元件具有兩個電極端子，在端子間施加電壓，通入電流，經由電子電洞之結合，可將能量轉換以光的形式激發釋出。LED 產業鏈上游包括光源磊晶(Epi/Chip)，中游包括封裝與模組(Package/Module)，下游則為燈具及應用(Lighting/Application)。

LED 早期以指示光源應用為主及一些特殊應用如軍事、隔離的工業照明等，在這些場合的應用主要係利用 LED 的可靠性，降低維護費用，補償 LED 照明的高成本。近年來，由於 LED 效率和亮度不斷提高，且製造成本持續降低，配合 LED 所具有的壽命長、安全性高、發光效率高(低功率)、色彩豐富、驅動與調控彈性高、體積小、環保等特點，使得 LED 在一般照明市場應用得以大幅度擴張，帶動其市場需求成長。

2.LED 照明產業發展現況

我國 LED 照明光電產業供應鏈完整(如圖 2.2-1)，目前上游光源廠商計 40 餘家、中游模組 90 家、下游燈具應用六百餘家，晶電公司為目前全球最大高亮度 LED 晶粒廠商。LED 光源產量全球第 1，產值第 2(占 16%)，背光模組產值亦為全球第 1。推估 101 年照明光電產值約 25 億美元，LED 照明產品 72%為外銷，主要出口地為中國。

發展優勢：

台灣在半導體產業、面板產業及 ICT 等產業群聚效應之影響，加上產量具備經濟規模，累積了許多 LED 光電產業相關技術能量，包括光源產品的製造、相關生產設備與檢測設備，例如台灣領先全

球運用有機金屬化學氣相沉積法(MOCVD)多片數磊晶成長機台進行生產。此外，台灣 LED 照明光電產業以中小企業居多，所以經營的手法與產能調控靈活，能夠迅速反應市場需求，因應不同客戶條件開發客製化商品，因此在全球 LED 照明市場規格混沌不明之際，反而取得市場優勢。

關鍵瓶頸：

我國光源磊晶技術相對落後歐、美、日等先進廠商，加上國際大廠掌握技術專利，影響我國產品進入先進國家市場，且市場高度集中於中國。此外，缺少銜接光源與照明之標準化模組大廠，燈具/應用廠商規模小，產品開發能力低，缺乏品牌與通路，致使競爭力不足。

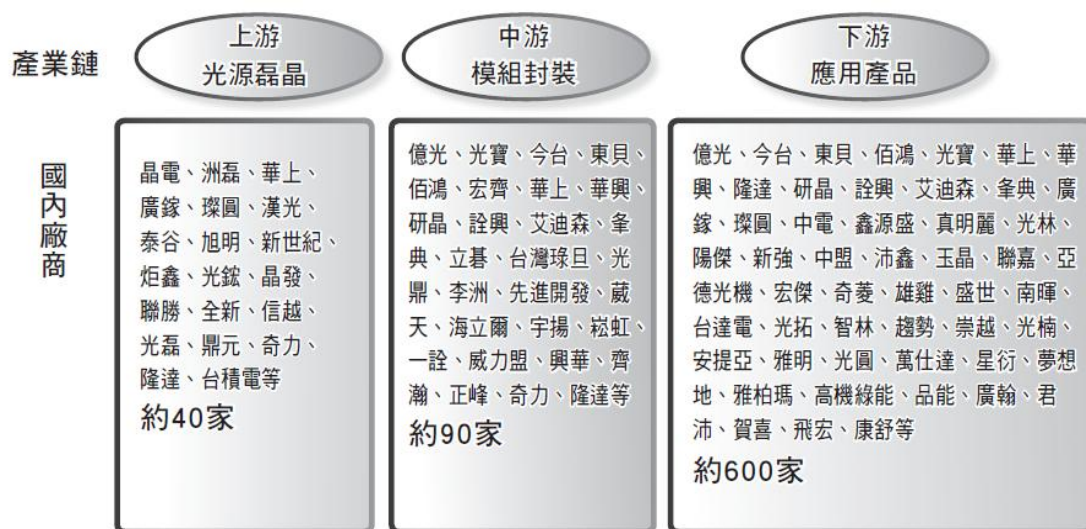


圖 2.2-1 我國 LED 照明光電產業鏈【22】

3.LED 照明產業未來趨勢

各國將 LED 照明光電列為節能減碳主要議題，並以國家計畫推動，從歐洲、美國、日本等先進國家至其他已開發與開發中國家均

在大力推動。在市場應用方面，LED 應用在照明領域趨向多元化發展，包含一般照明及低溫、汽車照明等，應用範圍不斷擴大，預計至 104 年全球 LED 照明光電市場規模將達 827 億美元。

【2】

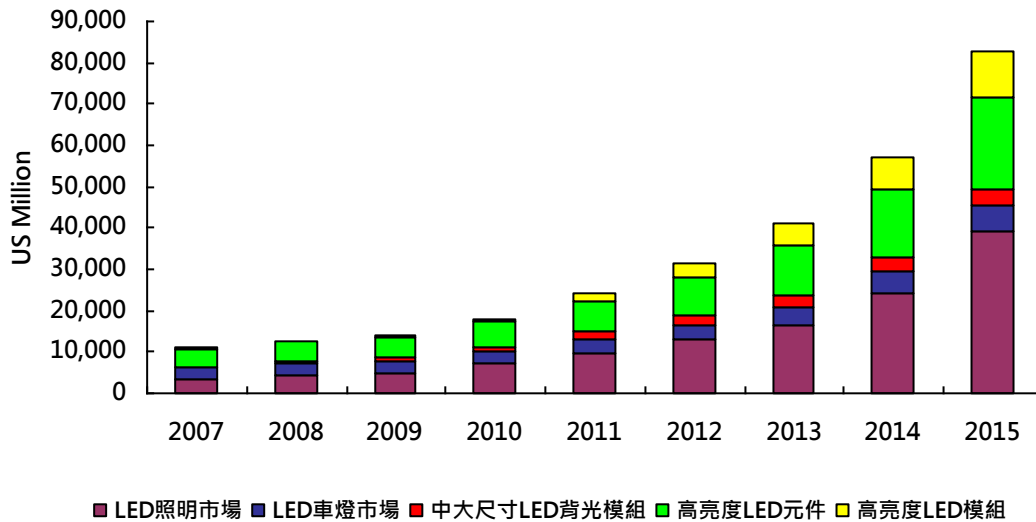


圖 2.2-2 全球 LED 照明光電產業市場規模預測

2.2.2 政府推動 LED 照明應用現況及作法

行政院於 98 年「綠色能源產業旭升方案」計畫書中將 LED 照明產業列為能源光電雙雄之一，並規劃藉由擴大內需策略輔導臺灣 LED 照明產業。因此，經濟部能源局推動一系列 LED 照明節能應用政策，以扶植 LED 節能照明國內應用市場，並提升臺灣 LED 照明產品水準，創造產業發展及節約能源雙贏的局面。

在戶外部分，能源局於 98 年至 100 年推動「LED 交通號誌燈汰換計畫」，以部分補助之精神協助各地方政府完成全臺 69.67 萬盞 LED 交通號誌燈換裝，並要求廠商應提供 3 年以上的保固。全國完成換裝後，每年約節省 2.47 億度電，減少 15.51 萬公噸二氧化碳排放，並為

LED 號誌燈產業創造新臺幣約 14 億元產值。

在路燈產品部分，能源局於 98 年推動「LED 道路照明示範計畫」，在各縣市計 47 個示範地點，以 LED 路燈汰換耗能之水銀路燈，共投入新臺幣 1.3 億經費，完成 5,350 盞 LED 路燈設置，每年可節約用電 234 萬度電。完成後，高達 89% 受訪民眾認為 LED 路燈有改善鄰近地區整體景觀；81% 民眾認為有改善鄰近地區夜間安全性。

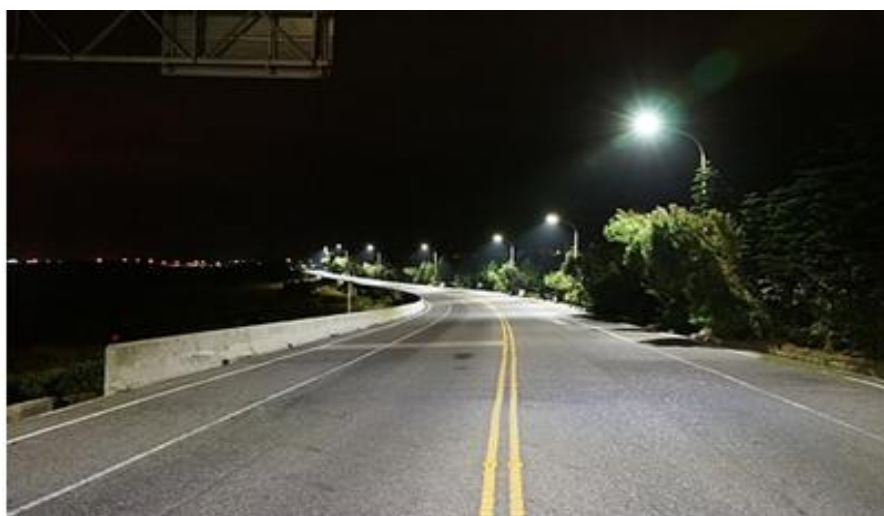


圖 2.2-3 LED 路燈照明應用於澎湖縣示範道路實景【23】

為推動臺灣成為高值化 LED 燈具製造基地，能源局於 100 年再投入新臺幣 1.2 億經費推動「高效率道路照明節能示範計畫」。與前期計畫不同之處，本次示範案大幅提高燈具的效率規定，採用目前 CNS15233 效率等級最高之 LED 路燈，並要求燈具保固年限 3~5 年，期望藉由示範案的帶動，全面提升國內 LED 路燈的效率水準，為進軍國際市場奠定基石。

在室內照明部分，能源局已制定室內燈具之節能標章。獲得節能標章認證的產品，可納入「機關優先採購環境保護產品辦法」的採購項目，且「機關綠色採購推動方案」要求所有政府機關與公營企業，於採購指定項目產品時，至少半數需採購經政府驗證之環保產品，而節能標章產品即符合此一要求。

目前不同廠牌燈具，並無共通介面標準，導致燈具維修更換困難。為因應 LED 照明產業發展需求，政府目前規劃水銀路燈全面汰換政策，將由技術面及經濟面雙管齊下推動水銀路燈全面汰換為高效率路燈。在技術面，能源局將推動路燈規格化，以統一 LED 路燈電源供應器規格為目標，降低設置障礙；在經濟面，規劃採用如節能績效保證服務方式(ESCO)，由政府與使用者共同分攤置換 LED 路燈成本，藉此增加公部門、地方政府採用 LED 路燈意願，預期可帶動 LED 照明產業新臺幣 86 億元以上產值。

臺灣 LED 光源產量全球第一，具發展 LED 照明產業優勢，我國政府將全面推動 LED 照明節能政策，以節約臺灣照明用電，並響應全球節能減碳政策，積極發展綠能產業，開創 LED 照明新世紀。

【17】

2.2.3 未來政府推動 LED 照明措施及方針

我國促進 LED 照明發展之政策主要始於 2007 年經濟部工業局推動為期 4 年的「白光 LED 照明產業發展輔導計畫」，並進行相關稅收優惠政策。能源局也分別在 2009 年、2011 年啟動高效率 LED 路燈示範計畫。2009 年 4 月 23 日宣布啟動之「綠色能源產業旭昇方案」，其主要目標係推動 LED 照明的研發與產業發展工作。2012 年起啟動「三城萬盞」計畫，帶動國內 LED 內需並扶植產業。我國近年來推動 LED 產業之相關政策如表 2.2-1 所示。

另行政院核定於「經濟景氣因應方案」七大策略「助產業」項下「全臺設置 LED 路燈」的「擴大設置 LED 路燈節能專案計畫」，同意在中央特別統籌分配稅款項下匡列支應新臺幣 20 億元預算，在 101 年度汰換 25 萬盞水銀路燈。

表 2.2-1 我國近期推動 LED 產業相關政策

推動政策	內容
白光 LED 照明產業發展輔導計畫	以發展白光 LED 元件及照明應用產業為主軸，協助廠商建立研發相關應用的關鍵性零元件及核心技術，提升 LED 照明產業的技術自主性及產品競爭力。
稅收優惠政策	LED 企業可得到政府的一定稅收優惠。例如，企業股東可以獲得抵減所得稅的優惠，同時以補助研發經費的方式，鼓勵企業進行產業技術研發工作。
高效率 LED 路燈示範計畫	以專案計畫方式協助各地方政府以 LED 交通號誌燈取代傳統白熾燈交通號誌燈。
綠色能源產業旭升方案	2012 年政府已針對綠色能源產業旭升方案編 46 億元經費，包括太陽光電產業 6.5 億元、LED 照明產業 4.3 億元、風力發電產業 0.8 億元、能源資通訊產業 1.3 億元、生質燃料產業 1.5 億元、氫能與燃料電池產業 3.7 億元、電動車輛產業 14 億元及能源國家型科技計畫前瞻科技研究 13.9 億元。
三城萬盞計畫	經濟部宣布，將全力扶植台灣 LED 產業，2012 年起將率先啟動「三城萬盞」計畫，優先汰換基隆市、新竹市與嘉義市境內水銀路燈。預估，2018 年底前可望汰換台灣過半數水銀路燈，一舉帶動逾新台幣 64 億元的 LED 產值。

【18】

執行「擴大設置 LED 路燈節能專案計畫」後，101 年度完成汰換 25 萬盞水銀路燈，預計可以節省 1.1 億度電，減少 6.7 萬公噸二氧化碳排放，相當於 172 座大安森林公園碳吸附量，帶動 32.5 億元 LED 路燈產值。

為落實「經濟景氣因應方案」，貫徹節能減碳、扶植綠能產業以及協助改善景觀，經濟部自 101 年起以部分補助結合節能績效保證模式推動包括「LED 路燈示範城市計畫」、「101 年 LED 路燈節能示範計畫」與「擴大設置 LED 路燈節能專案計畫」等 3 項計畫，總共預計投入經費約 24.24 億元，可換裝約 32.6 萬盞 LED 路燈，節約 1.43 億度電，減少 8.75 萬公噸二氧化碳排放，預計帶動 44.81 億元的相關產值。

關於「擴大設置 LED 路燈節能專案計畫」執行對象涵蓋全國 5 個直轄市與 11 個縣政府，另外基隆市、新竹市、嘉義市納入「LED 路燈示範城市計畫」、至於偏遠及離島地區則納入「101 年 LED 路燈節能示範計畫」辦理。

【19】

2.2.4 政府針對 LED 照明標準及專利技術之推展措施

台灣 LED 產業面對大陸與韓國的威脅，因應之道在於廠商需提供高性價比(CP 值)產品，並提高 LED 照明產品品質與穩定度；同時應在技術研發上更加積極努力，提供更具彈性與多樣化高品質的 LED 照明產品與其競爭。另外，LED 產業上中下游的整合與資訊交換相當重要，對於產品設計、消費者需求與技術進展應有透明有效率的合作機制，並鼓勵 LED 產業與照明廠異業結盟。在政府綠能產業旭升方案的規畫下，運用「技術突圍」、「關鍵投資」、「環境塑造」、「出口轉進」及「內需擴大」等五大總體驅動力來協助廠商發展 LED 照明技術；亦積極與中國大陸進行搭橋計畫，協助兩岸廠商進行垂直整合與戰略合作，鞏固我國 LED 產業的出口。

另對於 LED 關鍵技術專利由國際大廠交叉掌握，廠商面臨專利訴訟等議題進行討論。針對相關問題，經濟部也委由工研院於 100 年 9 月設立智財銀行(IP BANK)，成立「反訴型基金」，協助台灣廠商迎向國際專利戰，並於未來協助各產業提前進行關鍵專利佈局。

台灣是世界最早推出 LED 路燈標準的國家，在相關單位共同努力之下，標準檢驗局已完成 49 項 LED 相關國家標準制訂，包含電子元件 15 項、戶外顯示用 7 項、交通號誌及資訊看板用 4 項、照明相關產品 10 項、控制裝置 1 項及照明用元件及模組 12 項，進度居國際領先地位。相關單位亦繼續維持此量能，積極進行照明標準制定工作，以建構產業發展環境，確保 LED 產品品質。

經濟部標準檢驗局業已完成 CNS 15436「安定器內藏式發光二極體燈泡（一般照明用）－安全性要求」、CNS 15437「輕鋼架天花板（T-bar）嵌入型發光二極體燈具」及 CNS 15438「雙燈帽直管型 LED 光源－安全性要求」3 種國家標準之制定作業，並由經濟部於 99 年 11 月 18 日正式公告。LED 照明為綠色能源之主力產業，為落實政府節能減碳政策，並加速 LED 照明產業之發展，經濟部標準檢驗局亦於 101 年 01 月 31 日正式制定公告 CNS 15529「發光二極體元件之環境及耐久性試驗法」等 4 種國家標準。此次制定公告之 4 種國家標準分別為 CNS 15529「發光二極體元件之環境及耐久性試驗法」、CNS 15530「照明用發光二極體系統之環境試驗法」、CNS 15531「發光二極體晶粒之品質試驗法」及 CNS 15532「發光二極體元件之靜電放電試驗法」。其中，CNS 15529 規定 LED 元件之環境及耐久性試驗法，包含溫度循環、機械衝擊、振動、高溫高濕及耐濕性等各項試驗；CNS 15530 規定照明用 LED 系統之環境試驗法，包含溫度循環、振動及高溫高濕等各項試驗；CNS 15531 規定 LED 晶粒之品質試驗法，包含光學特性、靜電放電耐受、矽控整流器效應篩選及電極或接合強度等各項試驗；CNS 15532 則規定 LED 元件之靜電放電試驗法，包含人體放電模式及機器放電模式等靜電放電試驗。

標準檢驗局藉由相關標準，除有益於 LED 製造商透過嚴謹的試驗以確保 LED 晶粒、元件及系統等品質外，更有助於照明燈具之安全性與品質達到國際水準。藉由國家標準之發布，將有助於落實政府節能減碳政策並加速 LED 照明產業之發展。

標準檢驗局在 97 年起率先制定全世界第 1 種 LED 路燈標準，成功引領國內 LED 產業在戶外照明領域蓬勃發展。與戶外照明相比，在一天的生活當中，使用室內照明的場所較多且時間較長，若能以耗電量低的 LED 作為照明光源，除可發揮龐大的節能效益外，更可為產業創造無限之商機，有鑑於此，標準檢驗局已制定 7 種以室內

照明為主之國家標準，包含 1 種 LED 燈具標準、2 種 LED 光源標準及 4 種 LED 環境及耐久性試驗標準。

在燈具標準方面，傳統 T-bar 燈具以螢光燈管為光源，常用於辦公場所及大空間之室內照明，CNS 15437 適用於以 LED 為光源之 T-bar 燈具，涵蓋安全性、電磁相容性、配光及發光效率等試驗及要求。在光源標準方面，鑑於省電燈泡及螢光燈管為室內照明中最常用的光源，為免於換裝不慎所造成之危險，標準檢驗局分別制定 CNS 15436（適用於 LED 省電燈泡）及 CNS 15438（適用於 LED 燈管）等 2 種國家標準，包含十餘種與安全相關之試驗與要求，確保使用安全。

【20】



圖 2.2-4 T-bar 型 LED 照明燈具 【39】

2.2.5 LED 光源之種類與國際主要大廠的優勢

實用白光 LED 的分類主要可依白光的發光原理區分為：

1. 擬似白光 LED：利用藍光 LED 與黃色螢光體所構成，由互補原理產生白光，這種型式的白光 LED 結構非常單純，而且發光效率很高，因此被當作小型 LCD 的背光光源，能廣泛應用在行動電話；缺點是紅色成份的強度較弱。

2. 近紫外白光 LED：由可產生近紫外光的 LED，配合可產生 RGB 三種色光的螢光體兩者組合而成，由於它是利用 RGB 三種顏色混合變成白光，所以色再現性很高。但由於紫外光會使封裝樹脂與螢光體劣化等考量，因此必需另外開發抗紫外光的樹脂與螢光體。

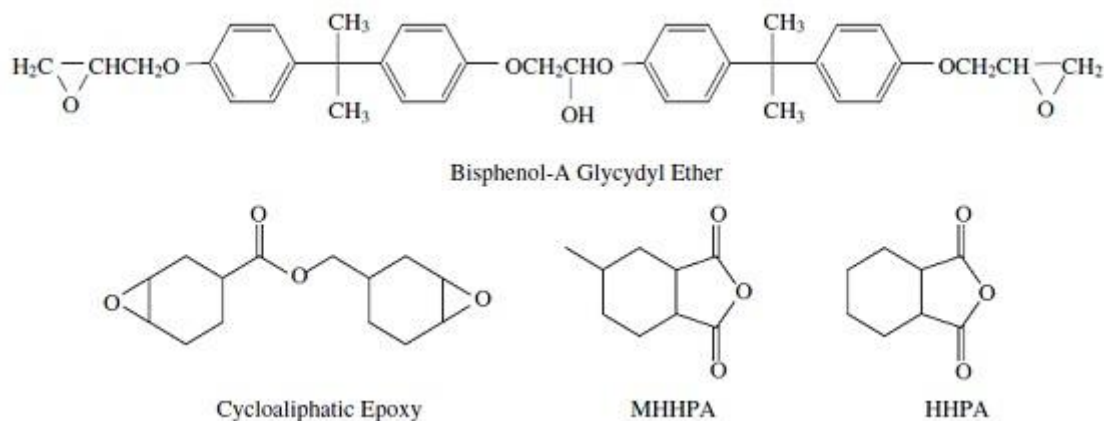


圖 2.2-5 LED 用環氧樹脂常用組成物【21】

3. 單體 RGB 白光 LED：單體 RGB 三色 LED 混色成白光，可針對各單體 LED 設計散熱結構，因此較容易獲得高輸出效果。不過 RGB 單體 LED 的晶片，物理上彼此相隔，所以必需設計專用的導光路，使 RGB 單體 LED 的光線能均勻混色變成白光，才能避免背光照明模組變厚。
4. 一體化 RGB 白光 LED：一體化 RGB 可直接混色變成白光，所以沒有專用導光路與背光照明模組厚度限制等困擾，不過施加的電流量受到限制，不易獲得高輸出效果。

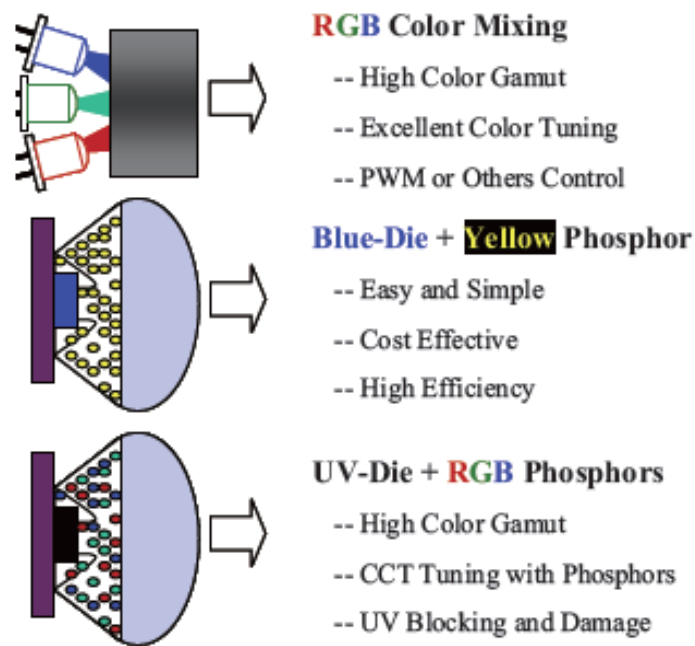


圖 2.2-6 常用 LED 白光形成製作方式【12】

目前全球高亮度 LED 主要廠商包括有 Nichia，Orsam，Matsushita，Lumileds，Toyota Gosei，Stanley，Toshiba，Citizen 等。在市場競爭力與定位方面，Nichia，Toyota Gosei，Cree 在藍光、白光等高階技術領先；而歐美大廠 Lumileds，Osram 則在垂直整合上最完備，由於 LED 具有在照明、大型看板、車用等多方面應用的發展，因此市場趨勢、行銷通路及上游原材料的掌握將是廠商致勝的關鍵。

【22】

第三章 新型 LED 節能照明產品介紹

自從愛迪生發明了白熾燈，掀開了人類照明史的第一頁，隨著科技的發展，從日光燈到節能燈，從水銀燈到高壓鈉燈、複金屬燈等氣體放電燈的相繼問世，以及 LED 新光源的推出，照明領域取得了一個又一個的進步。由於絕大多數光源受電極的限制，在製作和使用壽命方面都有很大的局限性；大批的照明科技研發人員只能從傳統的電光源著手，以尋求新的突破。然而，研製高光效、高節能、長壽命、健康、環保的新光源、對應配套的電源控制器與燈具一直是照明科技人員孜孜不倦的追求目標。

本章主要介紹 LED 照明產品的發光基本原理與其構造，並概略性的介紹現階段市面上所出產且已有一定穩定性之 LED 照明節能產品。俾使能源用戶及使用端了解未來推動 LED 照明節能產品應用之主要替代對象及節能潛力。

3.1 發光二極體 LED 的發光原理與其構造

發光二極體 LED 乃是應用半導體 PN 接合面發光原理製成的；早於 1964 年即成功製成紅色發光二極體 LED，但直到 1994 年才由日本 Nichia 公司（日亞）陸續成功開發出綠色、藍色與白光 LED。

LED 是將微小的半導體晶片被封裝在潔淨的環氧樹脂物中，當兩端加上順向電壓，電子經過該晶片時，帶負電的電子移動到帶正電的電洞區域並與之複合，電子和電洞消失的同時產生光子。電子和電洞之間的能量（帶隙）越大，產生的光子的能量就越高，其能量分佈在可見光的頻譜範圍內，以藍色光、紫色光攜帶的能量最多，橘色光、紅色光攜帶的能量最少，不同的半導體材料具有不同的帶隙，從而能

夠發出不同顏色的光，再利用不同的螢光粉可以將光顏色轉變成演色性更高、更舒適的色光(參照圖 3.1-1)。

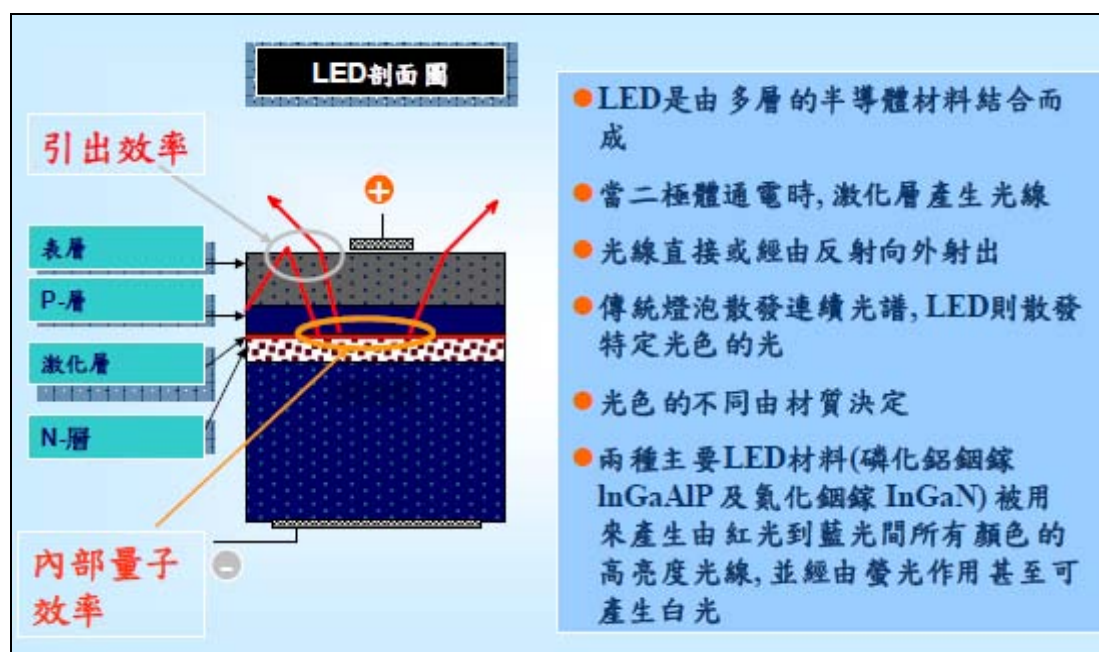


圖 3.1-1 LED 的發光原理與構造

近年來，半導體發光材料與製造工藝的不斷進步，加上新材料(氮化物晶體和螢光粉)的開發和應用，各種顏色超高亮度 LED 有突破性的進展，其發光效率提高了近 1000 倍，並實現了可見光波頻段的所有顏色，尤其超高亮度白光 LED 的研發成功，使 LED 應用領域可成功進入高效率照明光源市場，因為高亮度 LED 將是人類繼愛迪生發明白熾燈泡後，最偉大的發明之一。

LED 固有的特點如省電、壽命長、耐震動，回應速度快、冷光源等特點，廣泛應用於指示燈、信號燈、顯示幕、景觀照明等領域，在我們的日常生活中處處可見，如家用電器、電話機、儀表板照明、汽車防霧燈、交通信號燈等。目前 LED 照明光源的主流是高亮度的白光 LED，已商品化的白光 LED 多是二波長，即以藍光單晶片加上

YAG 黃色螢光粉混合產生白光，廣泛應用於 LED 背光源等市場。室內照明則會以無機紫外光晶片加紅、藍、綠三顏色螢光粉混合產生白光的三波長白光 LED 來取代螢光燈、緊湊型節能螢光燈泡。由於目前價格已趨近市場可接受範圍，故現階段已可作為通用光源之推廣及應用。

LED 光源在照明領域的應用，是實現綠色照明環保節能概念的新希望，未來發展和推廣高效、節能 LED 照明器具，節約照明用電，進而建立一個優質、經濟、舒適、安全可靠、有益環境的照明系統，將是世界性的潮流趨勢。

3.2 發光二極體 LED 基本特性

白熾燈、鹵素燈光效只有 15~25 lm/W，螢光燈 90~100 lm/W，鈉燈系列 90~140 lm/W，尤其是白熾燈等電熱性光源，大部分的用電變成熱量損耗。LED 經過幾十年的技術改良，市售 LED 產品之發光效率已達(80~100 lm/W)，實驗室晶片發光效率已可達到 254 lm/W 階段；其光的演色性好、光譜窄，無需過濾可直接發出有色可見光。目前，世界各國均加緊提高 LED 光效方面的研究，在不遠的將來，其發光效率將會大大的提高。

而在用電量方面，單顆 LED 功率自小瓦數 50mW 至大瓦數 1W 以上，採直流驅動，反應速度快，可在高頻操作。可內置於微處理系統而控制發光強度，調整發光方式，實現光與藝術結合。同樣照明效果的情況下，用電量是白熾燈泡的 1/8，螢光燈管的 1/2。就橋樑護欄燈為例，同樣效果的一支日光燈 40W，而採用 LED 每支的功率只有 8W，而且可以全彩變化。



圖 3.2-1 LED 照明產品應用於橋樑實照圖

LED 如果散熱處理良好，理論上半導體發光蕊片平均壽命可達 10 萬小時；而 LED 燈具使用壽命也可達 5~10 年，可以大大降低燈具的維護費用，避免經常更換燈具之支出。

LED 為全固體發光體，不含汞、鈉元素等可能危害健康的物質，耐震、耐衝擊，不易破碎，廢棄物可回收而沒有污染。光源體積小，可以隨意組合，易開發成輕便薄短小型照明產品，也便於安裝和維護。雖然 LED 光源要比傳統光源貴一些，但是使用一年時間的節能效益，可收回光源的投資，從而可獲得 1~3 年中每年數倍的節能淨收益。

根據美國能源署最新報告《LED 製造與性能》指出，LED 燈泡相較於螢光燈泡(CFLs)具較低環境衝擊力。該報告將此三種產品從其生命週期的開端至尾端來做比較，包括其製造、運輸、使用與報廢階段對於環境衝擊的差異，並呼應前一篇相關研究《LED 生命週期對能源與環境衝擊之評估》結論指出，CFLs 與 LED 具類似能源消耗，在使用階段所需的電力相較於白熾燈顯著較少，白熾燈在整個生命週期都耗損最多能源，而此三種產品相較於製造及運輸，在使用時是消耗最多能源的階段。然而，在產生相同亮度的標準下，相較於 CFLs 需消耗 15 瓦及白熾燈 60 瓦，LED 僅需消耗 15 瓦，並在圖 3.2-2 裡

15 項環境衝擊中的 14 項具最佳環境友善。其他重要的發現如下：

螺旋式螢光燈泡相較於 LED，除垃圾掩埋對土地的負擔外，在其他各項評估項目均具稍大的環境衝擊。LED 鋁散熱片在製造過程的能源與資源消耗，造成對土地較大的衝擊。

在五年內，根據近期的技術改善趨勢，未來 LED 燈泡的環境衝擊較現在的產品將更大幅度降低。

隨著市場從使用白熾燈到節能燈泡的轉變，並為消費者與企業節省花費，LED 及 CFLs 預期將能夠為我們減少許多對於環境的負擔。



圖 3.2-2 LED 及 CFL 與白熾燈生命週期環境衝擊評估比較【6】

目前半導體照明主要以光色照明和特殊照明為主，隨著電價調漲後，將向一般室內照明擴展。近幾年內，半導體照明市場將廣泛應用在各種信號燈、景觀照明、櫥窗照明、建築照明、廣場和街道的美化、家庭裝飾照明、公共娛樂場所美化和舞臺效果照明等領域。從成本來講，目前 LED 照明設備價格略微高於螢光燈，要想將室內 LED 照明

應用於家庭和辦公室的主要照明，必須在降低購置成本和提高發光效率上取得較佳的突破。由於照明成本估算除了應包括電光源的初始成本，還涉及電光源所消耗的能源成本、光源無法正常工作時更換電光源所需的人工成本、以及電光源更換的平均週期。客觀評估，LED 性能要提高而成本要下降，使整個性能價格比值可以在傳統光源系統的 3 倍以上，才較容易產生取代傳統光源的效果及一般大眾之選購意願。

LED 照明產品為現階段最為看好的全球照明光源之新興節能產品，現階段 LED 燈泡的整體發光效率可達 80~100 lm/W(白熾燈泡發光效率為 15~25 lm/W)，已具有取代傳統照明市場實力；唯需待製程成本下降時方能有較大之競爭優勢。從發光效率來看，LED 照明光源在照明市場早可開始普及化，未來產品市售價格若能夠持續降低，則可普及到一般家庭照明。成本的下降為普及化的主要因素，未來如何能快速降低製造成本將是關鍵；在發光成本上，2001 年白光 LED 的成本約 1 美元/lm，2012 年已可降至 0.006~8 美元/lm，其未來競爭優勢非常顯著且可逐步深入至一般家庭。

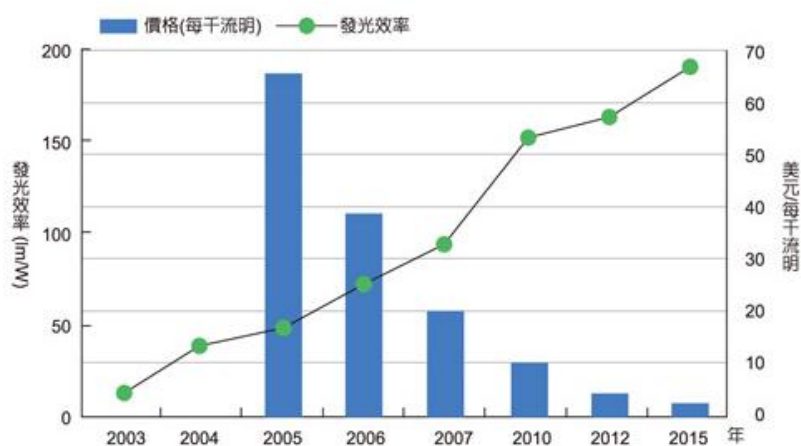


圖 3.2-3 2003 至 2015 年 LED 發光效率/價格演進圖

【22】

日前美國能源部(DOE)亦於 2012 年「固態照明(Solid-State Lighting)在一般照明應用的節能潛力」報告中指出，2030 年美國 LED 照明的普及可將能源消耗節省近半，預期 2010 至 2030 年期間所節省的累計電量將達 2,700 TWh(兆瓦小時)，這相當於省下 2,500 億美元的開銷，也等同於 18 億噸的二氧化碳排放量。到了 2030 年，LED 普及所節省的年度能源將達 297 TWh，可為 2,400 萬戶家庭提供電力。以目前的能源價格來計算，預期 2030 年可省下 300 億美元的開銷。根據報告，省下的能源可在 2030 年將二氧化碳排放量降低 2.1 億噸。報告並預期，到了 2020 年，LED 燈泡與照明設備將滲透入商業與戶外應用，並在 2020~2030 年期間在住宅、工業、商業與戶外應用市場普及。此外，若以流明-小時(lumen-hours)來計算，到了 2020 年 LED 照明在一般應用市場的普及率將達 36%，並於 2030 年攀升至 74%。【15】

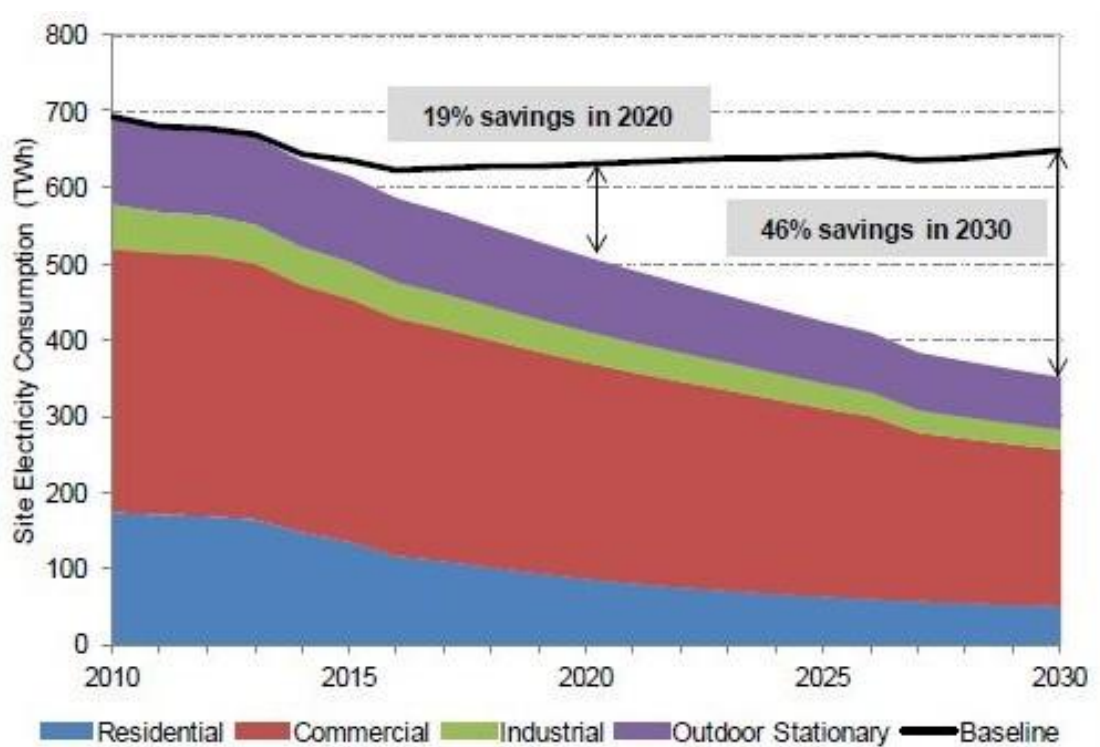


圖 3.2-4 美國能源部 LED 照明節能預測圖

3.3 LED 照明光源基本理論

3.3.1 LED 之優缺點：

近年來，由於 LED 製造成本持續降低，且效率和亮度不斷提高，配合 LED 所具有的壽命長、安全性高、發光效率高（低功率）、色彩豐富、驅動與調控彈性高、體積小、環保等特點，使得 LED 在一般照明市場應用得以大幅度擴張，帶動其市場需求成長。除了我們熟知的各種電子產品上面的 LED 指示燈外，LED 螢幕、LED 照明、液晶螢幕用的 LED 背光源、手機上按鍵的 LED 背光、新世代的 OLED 螢幕、PLED 螢幕等等各式各樣關於 LED 的應用正逐漸穩定的發展中，部份領域的 LED 應用因為市場發展趨於成熟，普及的速度開始加快，也無形中創造出驚人的商機。就市售之 LED 優缺點分析如下：

優點：

1. 節能：

目前市售白光 LED 光源產品發光效率可達 80~100 lm/W 以上，已經高於大多數放電光源，更遠高於傳統白熾燈，而且目前 LED 光源效率仍持續提升當中。目前試驗性的大功率白光 LED 晶片發光效率已達 186 lm/W；低功率白光 LED 晶片發光效率更達 240 lm/W 以上。

2. 搭配性：

單顆白光 LED 驅動電壓約 3.2~3.5V，因此 LED 照明產品可輕易搭配太陽能等再生能源電力系統。

3. 耐久性：

LED 光源壽命在額定的操作條件下可達 3 萬小時以上，長壽命的優點可以減少燈具產品的維護費用。

4. 環保：

LED 不含汞，而且光源不會產生輻射與過量的電磁波。並且針對 LED 與省電燈泡的碳足跡進行評估，LED 產品的碳足跡遠低於省電燈泡，是真正的綠色光源。

5. 多樣化：

LED 體積小，燈具設計靈活，可以配合應用產品的各種造型，以薄形及輕量化設計。LED 晶片幾近為點狀光源，可輕易利用封裝技術縮小 LED 出光角度以增強其輝度，使人眼容易察覺、分辨 LED 所顯現的圖樣、顏色，經過特定光學封裝的 LED，具有指向性強的特性，適合應用在強調特徵的區域照明。

6. 調光容易：

LED 可使用直流電源驅動，也可以使用脈波亮度調變控制驅動 (PWM)，不管是任何一種方式，都可以任意調整 LED 驅動電流，來對 LED 進行調光。和市售的放電燈光源比較，LED 調光方式更加簡易。

缺點：

1. 光源未標準化：

LED 光源並未具有標準化的產品，若 LED 損壞，使用者往往無法購得適當的替代品進行更換。

2. 價格高於市售放電光源產品：

目前 LED 燈具產品，以相同光輸出流明值比較，其價格大約是市售放電光源產品的 2~5 倍以上，價格因素，造成使用者對採用 LED 燈具產品的意願較低。

3.3.2 LED 照明系統架構

LED 照明系統由 LED 光源、LED 驅動電路、控制系統、反射罩或透鏡等二次光學機構、散熱機構所構成，如圖 3.3-1 所示。LED 光源如同螢光燈、複金屬燈、省電燈泡般，是負責提供光線輸出的光源體；LED 驅動電路，是將市電或其他來源提供的電力，轉換成適合驅動 LED 的電壓或電流，提供 LED 適當的電力。控制系統主要控制 LED 光源的亮度、顏色等功能；二次光學機構則是透過折射或反射的原理，將 LED 光源所發出的光線投射到適當的照明空間，或者變成特殊的光線輸出角度，達到聚光或散光等功能。散熱機構則是藉由導熱機構及散熱機構，將 LED 光源所發出的熱傳導至外界環境。

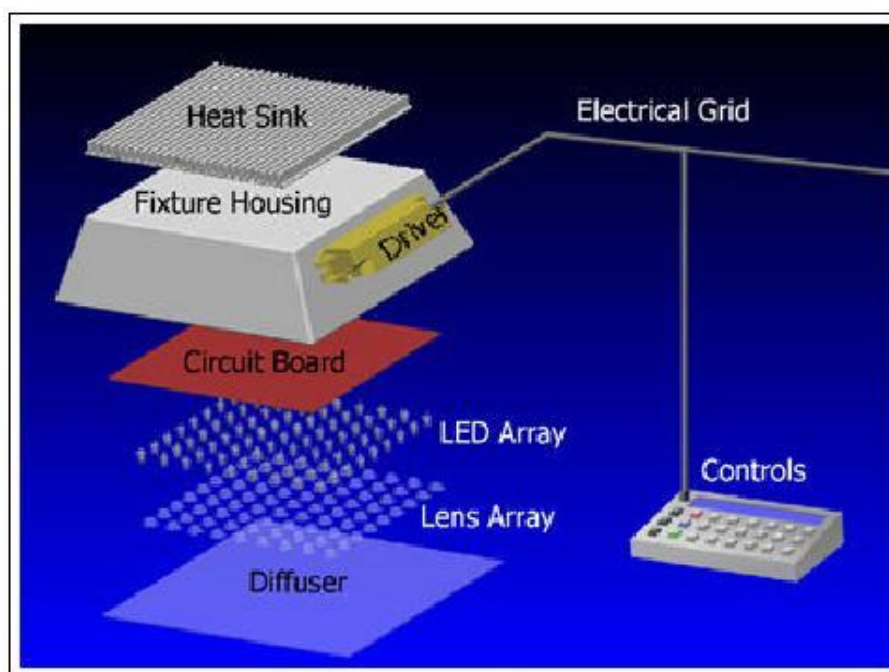


圖 3.3-1 LED 照明系統整體構成元件示意圖

市電進入 LED 燈具後，必須以電源供應器將市電轉換成適合驅動 LED 的電源，LED 受到驅動所發出的光再經過二次光學元件做配光分佈後，再傳遞到照明空間(如圖 3.3-2 所示)。因此，高效率的 LED 燈具，其關鍵在於高發光效率的 LED 光源、高效率的 LED 驅動電源以及高轉換效能的光學設計。

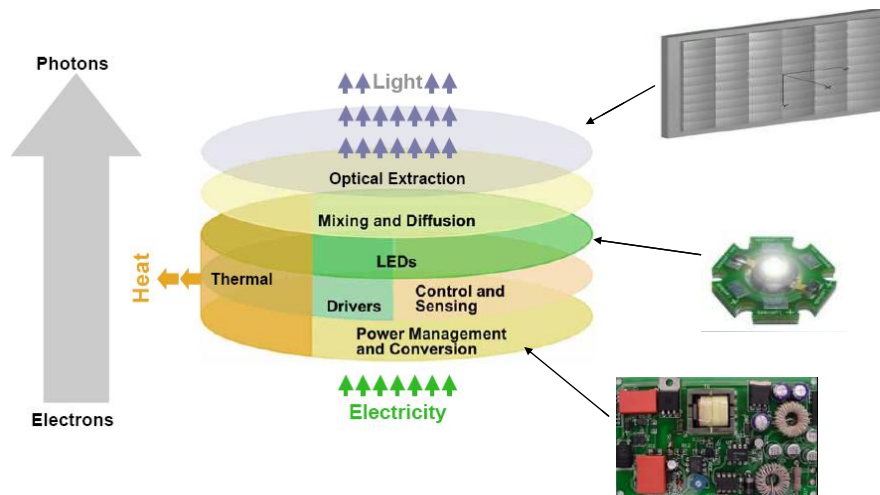


圖 3.3-2 影響 LED 照明系統效率主要因素分析

3.3.3 LED 光源及 LED 光源模組

LED 在進入照明應用以前，大多作為指示性用途，如電子儀器顯示燈、陣列型字串排列以及交通號誌燈等應用，因此在提升 LED 的性能方面的研究大多以提高 LED 的亮度為主。而此時所使用的 LED 大多為高輝度、高指向性的 LED，如圖 3.3-3 所示。



圖 3.3-3 傳統高輝度 LED 元件

但是對照明應用領域，光源所發出的光通量為照明設計最重要的參數，近年來研發單位及光電產業逐漸認知增強 LED 的亮度已無法滿足照明的需求，要將 LED 推展至一般照明勢必增加 LED 所發出的光通量。目前針對照明應用開發的高亮度 LED 光源，除了提供亮度規格外，也提供 LED 所發出光通量 (lm) 以及發光效率 (lm/W) 等

參數，以供照明產業應用之依據。一般常用的省電燈泡或螢光燈管可發出一千至數千流明，要將 LED 導入照明應用必須提高單顆 LED 及整個發光模組的光通量。目前提高單顆 LED 光通量的方式，是提升 LED 的驅動電流密度來增加 LED 的操作功率，然而增加驅動電流密度會大幅提昇 LED 晶片溫度而嚴重降低其壽命，為了避免 LED 的溫度過高而嚴重降低壽命，傳統砲彈型的封裝方式已無法滿足大功率 LED 的需求，而必須採用高導熱性的封裝設計。

為了導入照明應用，除了不斷提升 LED 的發光效率以及降低光源成本外，模組化已成為另一項 LED 照明的重要技術，利用模組化技術可減少 LED 產品的生產程序，有效整合 LED 光源和燈具，是介於光源和燈具之間的橋樑。光源模組技術是在單一基板上放置數個 LED 晶片以獲得更高的照明光通量，雖然使用大面積的 LED 晶片也能夠增加 LED 的驅動功率，卻會降低發光效率而造成光損失；利用數顆小面積的 LED 晶片組成光源模組可將發光效率的損失降至最低。雖然將 LED 光源模組化可以提升照明光通量，但是在單一基板上放置大量的 LED 晶片也產生相當多的熱源，為了迅速排除 LED 產生的熱，光源模組中 LED 晶片的基板都必須使用高導熱係數材料，如 Lamina 所推出的 LED 光源模組。



圖 3.3-4 Lamina LED 光源模組【30】

3.3.4 LED 驅動電源

LED 電源供應器設計主要提供 LED 燈板穩定及高品質的電源，由於 LED 的電氣特性類似於二極體，LED 發光亮度與所驅動電流成正比，但 LED 的溫度特性猶如負電阻特性，溫度越高，相對的電阻特性愈低，因此如以定電壓提供 LED 電源時，將會造成溫度提升後 LED 電流劇增，使得 LED 晶片損壞，因此，LED 燈具的驅動電路，應該具備定電流的控制功能，亦即 LED 產品內部用來提供 LED 電流所使用的電路，必須能在不同環境條件下，提供恆定電流來驅動 LED 光源。除了提供穩定電流源給 LED 負載使用之外，LED 內部的驅動電路對於負載變動時也能提供平衡或保護動作。

3.3.5 LED 散熱設計

2012 年 LED 元件本身的量子效率約 40%(160 lm/W)，亦即輸入的能量約有 40% 轉化為光能，其餘 60% 則會變成熱，若這些廢熱如果無法適時排除，將會使 LED 溫度過高，進而影響其發光效率及使用壽命。圖 3.3-6 所示為 LED 晶片界面溫度對 LED 發光亮度及使用壽命的影響。圖中可看出晶片界面溫度愈高，其發光亮度及使用壽命均相對地呈線性衰減，即溫度升高不僅會造成亮度下降，而且會加速 LED 元件的損壞。據 LED 廠商資料的分析，LED 故障之原因大約有 70% 係起因於溫度過高，並且溫度每升高 20°C，故障發生率就會提高一倍。因此，對 LED 燈具而言，如何將 LED 產生的廢熱快速傳導至外界環境，避免因過熱而加速燈具中光源老化、損壞，已成為 LED 燈具設計的主要課題。

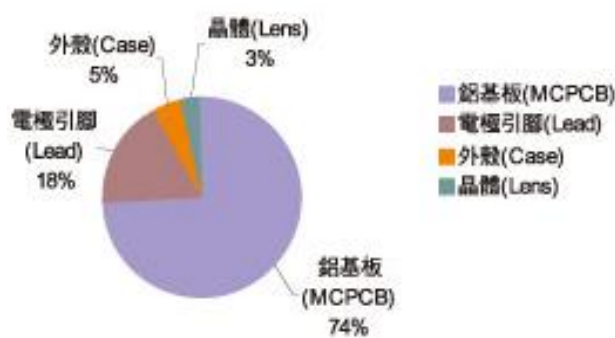


圖 3.3-5 LED 各部位散熱比例圖

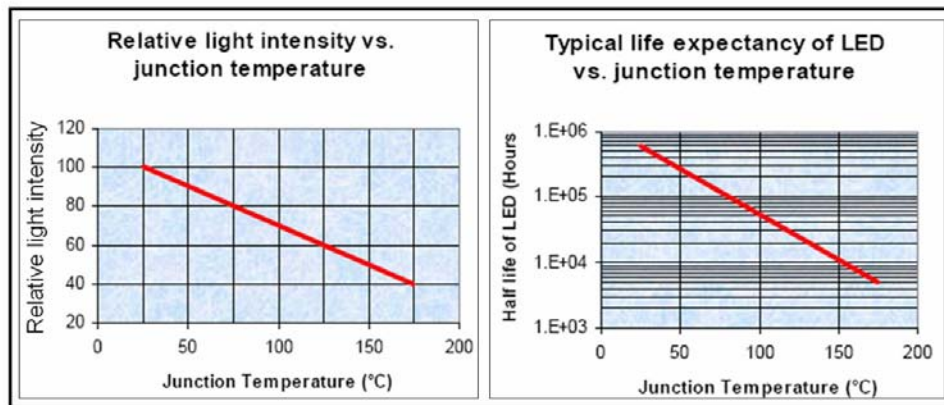


圖 3.3-6 LED 接面溫度對光亮度及使用壽命

因此，為防止 LED 燈具內部的 LED 元件因高溫產生失效或快速光衰的現象，必須特別注重 LED 燈具的散熱設計。大多數的 LED 燈具散熱裝置的設計手法，主要是增加散熱面積、提升散熱氣流的流暢度、使元件溫升分佈均勻、以及降低 LED 元件至外界環境間的熱阻等方面著手。目前的所有 LED 燈具產品在散熱處理器的設計上，大致可以歸納為鋁擠型散熱、鰭片型散熱以及熱管結合型散熱等方式，而其中以鋁擠型散熱方式佔多數，大多是散熱器外露於燈具外觀件，此方式的優點為在散熱器採用鋁擠型製造，容易量產，生產成本可以較為低廉，但是鋁擠型的散熱器大多應用在低功率的 LED 產品上。在處理大功率 LED 燈具（如 LED 路燈）的散熱時，由於重量成為燈具必須考量的因素，也因此在高瓦特數的產品中，普遍採用鰭片式散熱器，或是採用應用導熱管結合燈具外殼散熱的方式來設計。

3.3.6 燈具光學設計

傳統光源大至可分為點狀、直管以及環形光源，燈具必須應用反射板或光學透鏡進行二次光學設計來達到燈具所需要的照明效果，但是反射板以及光學透鏡則會吸收部分的光，降低燈具效率。LED 燈具為了符合照明配光需求，一般透過透鏡(Lens)、反射罩、擴散板做二次光學設計，達到法規或照明產品的配光需求，如圖 3.3-7 中的 LED 路燈所採用的 LED 光模組，在 LED 前方加裝了具備特殊的透鏡，使其具備路燈所需之特殊方向性的配光曲線。

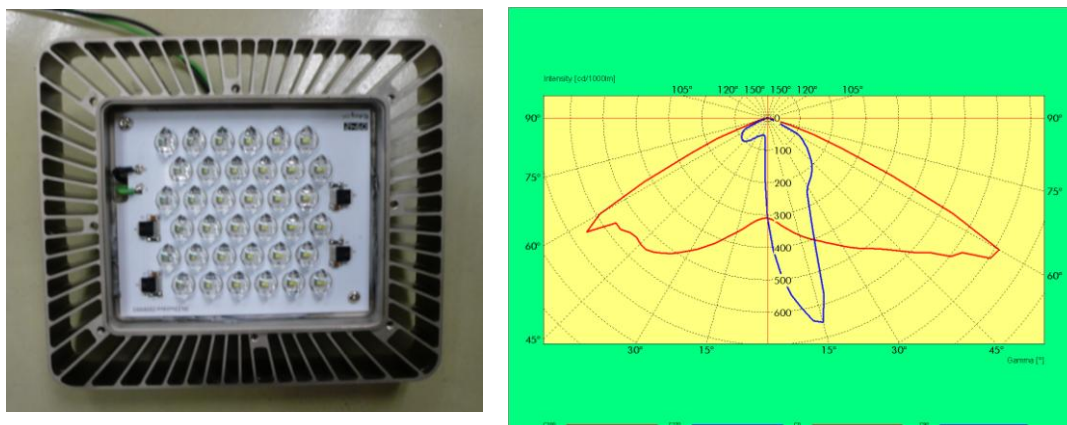


圖 3.3-7 具備特殊配光透鏡的 LED 光源

而 LED 和市售傳統光源不同處在於市售 LED 光源經過封裝後，本身已具備特殊方向性的配光曲線，使用 LED 作為燈具主要光源時，若充分應用 LED 本身所具有的配光進行設計，可將二次光學的使用降至最低，大幅提高燈具效率，並達到最佳的照明效果及節約能源的目的，如部分 LED 路燈，會使用燈具本體調整 LED 的擺放角度及位置，使 LED 路燈的配光符合光學需求。如圖 3.3-8 中的 LED 路燈產品，變更燈具中 LED 模組的擺放角度，來達到 LED 路燈所需要的配光需求。



圖 3.3-8 以調整 LED 角度及位置達到照明效果的 LED 路燈

【21】

3.4 LED 種類與用途

3.4.1 直管型 LED 燈

如圖 3.4-1 所示，發光二極體(LED)可組裝做成 T5 或 T8 型直管燈，且可以直接替代其原有螢光燈管；不需更換燈具，可直接替換螢光燈管，其電源供應器為內置型；與市面上另一種外置型之直管型 LED 燈具不同，其壽命也約略短於外置型，故在選用直管型 LED 燈源時，若考量不改變原有室內裝潢，可採用電源供應器內置型之 LED 直管型燈源。唯在安裝上需先行移除原有之螢光燈源安定器，且需注意燈具外殼是否有接地措施，以防止工安意外發生。



圖 3.4-1 直管型 LED 燈源

3.4.2 平板型之 LED 燈源

平板型 LED 燈源近來於市面上持續上市(如圖 3.4-2 所示)，且一般民眾之採購意願持續上升，尤其台灣在面板製程及應用技術上已相當成熟，故其光源在一般商場及較需直下式之光源場所能夠供給足夠且明亮的效果，唯因其燈具外型及 LED 光源特性影響，無法像傳統螢光燈具有著較佳的配光曲線及其光均勻度。



圖 3.4-2 平板型 LED 燈源

3.4.3 球泡型 LED 燈光源

近期來最為廣受大眾關注的球泡型 LED 燈源，由於在各 LED 燈源大廠的持續努力與競爭下，使得其售價與通路能夠更接近於一般民眾，進而提升了 LED 燈光源於家用及一般商用之滲透率。目前市面上主要球泡燈體以 E27 及 E14 燈座為主，因其使用範圍較為廣泛，且替代性和換裝便利性較佳，故為 LED 燈源之首選。



圖 3.4-3 球泡型 LED 燈源

3.4.4 投射型 LED 燈源

一般商業及室內家用裝置裝潢投射燈具主要以 MR16、AR111、PAR30 及 PAR38 系列為大宗，其使用型式與情形依現場需求而有所不同；現階段 LED 照明燈源種類繁多，且大多能夠取代上述之燈源類型。在應用現況上，PAR30 及 PAR38 型投射光源與傳統光源之投

射角度、演色性、色溫及光通量幾無差異，唯其裝置方式與傳統型略為不同；主要差異在於 LED 型 PAR 系列燈具之電源供應器採用內置型，而傳統燈原則必須預留空間來放置其電源供應器(外置型)，故 LED 燈源除了可減低其照明的耗電量外，亦可增加其空間使用之靈活與方便性。另在 MR16 及 AR111 型之 LED 燈源，因其燈體體積較小，故在電源供應器上均採用外置型式為主。



圖 3.4-4 投射型 LED 燈源

3.4.5 其他類型之 LED 燈源

目前市面上其他較為廣泛使用 LED 燈源之照明型式如販售最早且廣為使用的逃生避難指示燈具，因其善用 LED 光源高輝度低耗電等特性，使得該產品之應用相對成功且無可比擬取代。

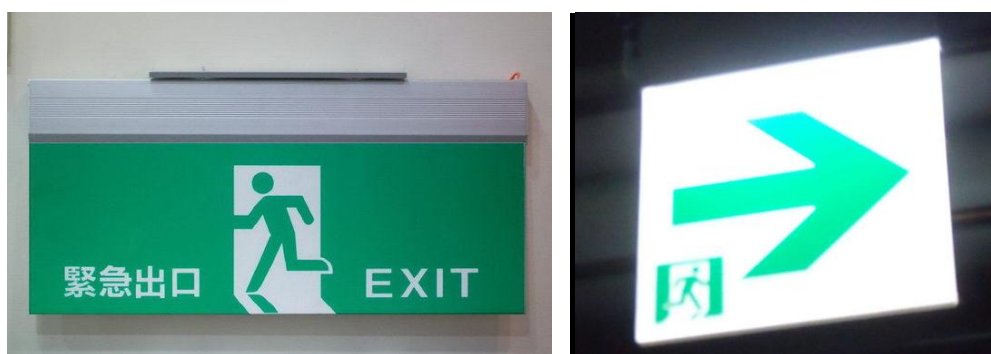


圖 3.4-5 逃生避難指示型 LED 燈源

另在戶外投射及造景燈部分，因有先期政府大力推動與支持產業發展的優勢下，逐步從路燈的研發量產，進而將技術轉移為戶外投射及防水景觀燈的產品開發，此類型產品有著良好的散熱和防水特性，在壽命上也相對比起傳統其他類型光源來得持久，因此採用該類型產品除了可減低夜間照明的耗能外，亦可減少其人工換裝及維修成本。

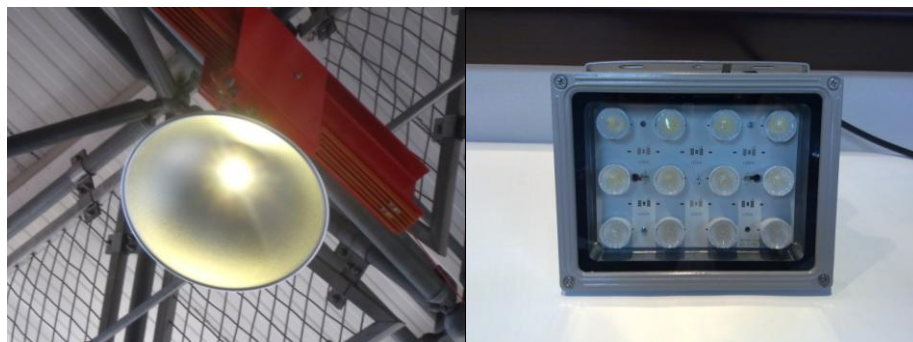


圖 3.4-6 戶外投射型 LED 燈源

近年來除了將 LED 光源應用於取代傳統光源上之技術研究外，亦有多數廠家企業專心致力於農漁業用的專用照明領域；傳統漁民出海作業為吸引魚群聚集，多數使用水銀燈或複金屬燈，此種類型燈源之耗電量頗大，在其耗電快速消耗同時，亦減少了其作業時間，在分秒必爭的漁業特殊工作環境中，實屬可惜；因此，專門為漁業需求量身訂製的漁業用 LED 燈源燈具便孕育而生了。其特性有別於傳統燈源之耗電需求外(耗電量極小)，更加强深海魚種所可視波長之特性(藍光尤佳)，尤其漁業用 LED 燈源其於水面下之穿透力更勝於傳統燈源，故在其使用上已逐漸被一般漁業從業者所接受。



圖 3.4-7 農漁業用 LED 燈源【34】



圖 3.4-8 漁船作業採用 LED 燈源實照【24】

在農業用途上，LED 燈源照明因其低耗電及搭配其可調整光波(尤其以紅光及藍光波長對植物生長最為有益)、角度、明暗等需求而廣為歡迎，特別應用於高單價之經濟作物最為常見；在溫室植栽上亦相當普遍。



圖 3.4-9 家用型 LED 閱讀檯燈

表 3.4-1 LED 照明節能產品應用範圍一覽表

戶外照明	如隧道燈、路燈、街燈等
消防照明	如緊急照明及出口指示燈等
娛樂用照明	如聚焦燈、舞台的天幕燈或 LED 光條
機械影像/檢查	手術燈及醫療檢查用燈
家用照明	閱讀檯燈、神明燈及圓形燈
手持式照明	如手電筒及礦工燈
展示用照明	LED 冷凍/藏櫃光源
景觀照明	如庭園路燈、感應探照燈、階梯燈、陽台燈等
商業替代光源	如嵌燈、投射燈、珠寶燈、吊燈等
招牌字型燈	招牌及廣告看板

第四章 全球 LED 相關標準推展概況

由於 LED 欲從高輝度應用跨入高照度應用，技術門檻極高，產業界咸都積極的建立產業之標準，目前看來，美、日、韓、台灣及大陸等地區國家標準與產業標準所形成之聯集，大致已拼湊完成一個標準藍圖，不過由於 LED 光源應用於照明燈具使用中除涉及光學性能外，還有其燈具電源的特性、溫度(散熱)特性和器具安全特性等，因此若能透過業界共識，達到大家都認同的標準，則未來在推動這些新產品時，才能更順利導入消費市場。

4.1 台灣 LED 標準發展概況

由於台灣 LED 產業發展起步較早，因此早在 77 年就已有針對發光二極體(指示用)及其量測法發布二項 CNS 標準，並於 89 年間公告 12 項發光二極體應用於交通號誌之 CNS 標準，當時在台灣 CNS 標準中與 LED 相關者已達 34 項，而這些標準主要涉及的範圍可大致分為六大類，包括交通號誌與看板資訊、戶外顯示看板、通信用發光二極體、LED 磊晶，晶粒封裝、指示型 LED 以及自動控制用紅外線發光二極體等。

現階段制定標準相關單位與台灣 LED 業界廠商共同建立 17 項 LED 標準，業已完成 LED 相關標準草案制定階段性任務，並送交至經濟部標檢局進行後續審查，預計將陸續完成國家標準制定公告(詳見表 4.1-1)。另外，由於台灣為國際間少數擁有 AC LED 技術的國家，因此亦邀請相關業者，共同制定出 6 項針對 AC LED 標準。

98 年初經濟部標檢局相繼公告 5 項 LED 國家標準，其餘 12 項 LED 標準草案，由經濟部標檢局進行審查程序後再公告，依時程於 99 年 6 月、12 月分兩批次完成公告。

除了上述草案之外，標檢局亦正進行 LED 模組安全性檢測標準，以及 LED 燈泡之安全性及性能量測等標準，也於 99 年 11 月完成。

並於 99 年 1 月底召開「研討 LED 燈管國家標準制定可行性方向會議」，針對可替換 LED 燈管標準制定進行討論，釐清方向並由經濟部技術處委託工研院綠能所進行初步研究報告評估。

而最先公告的 CNS 15233 發光二極體道路照明燈具國家標準，除了於 97 年 12 月於台北市建立「LED 路燈照明國家標準示範區」採用「LED 照明標準及品質研發聯盟」廠商開發的 LED 路燈產品外，標準更於 98 年 7 月公告將 CNS 15233「發光二極體道路照明燈具」(已於 101 年 1 月修訂)產品增列為台灣正字標記品目。

正字標記認可試驗室受理產品抽樣檢驗，以提供自願性產品服務。目前正式公告認可的四家法人試驗室為：財團法人金屬工業研究發展中心區域研發服務處(中區)電氣安全實驗室、財團法人台灣大電力研究試驗中心照明實驗室、財團法人工業技術研究院量測技術發展中心光電測試實驗室及財團法人台灣電子檢驗中心，授予執行標準檢驗局正字標記廠商抽樣檢驗的業務。【33】

LED 路燈廠商申請正字標記過程，業者需先將產品送交標準檢驗局所指定之試驗室測試(上述所列之法人試驗室)，取得合格之試驗報告，且其品管系統經評鑑符合 CNS 12681(ISO 9001)後，再正式向標準檢驗局提出申請。

在 AC LED 方面，工業技術研究院電光所自 97 年起即開始與美國 NIST 合作進行 AC LED 元件量測方法研究，次年，於國際照明委員會(CIE)及 SPIE 會議分別發表其建議之量測方法，並於同年 5 月發表「AC LED 元件光學與電性量測」標準草案，。

另外在模組量測部分，工業技術研究院電光所亦於 98 年 9 月舉辦「標準化 AC LED 量測標準座談會」並將上述標準草案由技術處送交標檢局進行審查，並於 100 年 8 月公告制定標準。

表 4.1-1 我國近年有關 LED 光源之標準制定

標準總號	標準類號	標準名稱	公告日期	種類
15233	C4504	發光二極體道路照明燈具	101/01/26	修訂
15529	C3232	發光二極體元件之環境及耐久性試驗法	101/01/31	制定
15530	C3233	照明用發光二極體系統之環境試驗法	101/01/31	制定
15531	C3234	發光二極體晶粒之品質試驗法	101/01/31	制定
15532	C3235	發光二極體元件之靜電放電試驗法	101/01/31	制定
15509	C4522	發光二極體晶粒之加速壽命評估法	100/10/25	制定
15510	C4523	發光二極體元件及模組之加速壽命評估法	100/10/25	制定
15449	C4512	發光二極體投光燈具	100/10/19	制定
15448	C3231	發光二極體模組之熱阻量測法	100/10/19	制定
15489	C3230	發光二極體晶粒之光學與電性量測法	100/09/29	制定
15490	C4521	發光二極體光源系統之量測法	100/09/29	制定
15456	C4517	交流發光二極體元件之光學及電性量測法	100/08/10	制定
15447	C4518	交流發光二極體模組之光學及電性量測法	100/08/10	制定
15438	C4511	雙燈帽直管型 LED 光源-安全性要求	99/11/18	制定
15437	C4510	輕鋼架天花板(T- bar)嵌入型發光二極體燈具	99/11/18	制定
15436	C4509	安定器內藏式發光二極體燈泡(一般照明用)-安全性要求	99/11/18	制定
15357	C4507	一般照明用 LED 模組-安全性規範	99/05/18	制定
15250	C3223	發光二極體模組之光學與電性量測方法	98/01/22	制定
15249	C3222	發光二極體元件之光學與電性量測方法	98/01/22	制定
15248	C3221	發光二極體之熱阻量測方法	98/01/22	制定
15247	C3220	照明用發光二極體元件與模組之一般壽命試驗方法	98/01/22	制定

【20】

4.2 美國 LED 標準發展概況

美國在制定 LED 標準規範方面，起步較早，發展很快，而且 LED 量測標準主要著眼於未來固態照明市場之發展及應用，其主導單位為美國能源局(DOE)。由於美國政府認為現有傳統照明之量測標準並不適用於新光源，加以節能環保政策的推動，美國對於導入節能固態照明產品的態度也相對開放，因此近年來在推動 LED 量測標準十分積極。

目前由美國政府號召重要之相關單位，分別包括國際電工委員會(IEC)、國際照明委員會(CIE)、北美照明委員會(IESNA)、美國電器用品生產者協會(NEMA)、美國國家標準(ANSI)、美國國家標準與技術研究所(NIST)、優力安全認證公司(UL)以及加拿大標準協會(CSA)等單位召開會議，檢測現階段之 LED 量測標準及方法，並找出不足之處，搭配能源之星(Energy Star)提出的固態照明燈具規範，分別針對不同之相對應的工業測試標準，陸續推出相關的量測標準的方式，如固態照明之安規、產品壽命、光學量測、色度(Chromaticity)、電源供應(Power Supply)等等。

表 4.2-1 UL 提出的相關 LED 照明安全規範

標準編號	標準名稱	適用範圍	
傳統光源	UL 153	Portable Electric Luminaries	移動式燈具
	UL 48	Electric Signs	電子招牌
	UL 588	Seasonal and Holiday Decorative Products	季節性裝飾產品
	UL 1838	Low Voltage Landscape Lighting Systems	低電壓景觀照明系統
	UL 2108	Low Voltage Lighting Systems	低電壓照明系統
	UL 2388	Flexible Lighting Products	可撓式燈具
	UL 1786	Nightlights	小夜燈
	UL 1993	Self-Ballasted Lamps and Lamp Adapters	自整流燈及其燈座
	UL 879A	Outline of Investigation for LED Kits	LED 器具概述
UL 1598	Luminaries	燈具	
UL 8750	Outline of Investigation for LED Light Sources for Use in Lighting Products	LED 燈具概述 (安規標準)	

【25】

表 4.2-2 美國能源之星「固態照明要求」對應的相關規範

Reference Standards and Test Procedures		
Organization	Identifier	Description
ANSI	ANSI C82.XXX	<i>Electronic Drivers for LED Devices, arrays, or systems (In development).</i>
ANSI	ANSI C78.377A	<i>Specifications for the Chromaticity of Solid State Lighting Products (In development).</i>
ANSI	ANSI C82.77 - 2002	Harmonic Emission Limits – Related Power Quality Requirements for Lighting
ANSI	ANSI/IEEE C62.41 - 1991	Recommended Practice for Surge Voltages in Low-Voltage AC Power Circuits
ANSI/UL	ANSI/UL 153 - 2005	Portable Electric Luminaires
ASTM	ASTM E 283 - 2004	Restricted air movement
CIE	CIE Pub. No. 13.3 - 1995	Method of Measuring and Specifying Color Rendering of Light Sources
FCC	FCC 47 CFR	Electromagnetic interference
IESNA	IESNA LM-16	Correlated Color Temperature
IESNA	IESNA LM-58	Color Rendering Index and Correlated Color Temperature
IESNA	IESNA LM-79	<i>Approved Method for the Electrical and Photometric Testing of Solid-State Lighting Devices (In Development)</i>
IESNA	IESNA LM-80	<i>Lumen Depreciation of LED Light Sources (In Development)</i>
NFPA	NFPA 70 - 2005	National Electric Code
UL	UL 1012 - 2005	Power Units Other Than Class 2
UL	UL 1310 - 2005	Class 2 Power Units
UL	UL 1598 - 2004	Luminaires
UL	UL 1838 - 2002	Low Voltage Landscape Lighting Systems
UL	UL 1994 - 2005	Luminous Egress Path Marking Systems

其實美國能源局亦早在 2008 年就已正式對外提出能源之星固態照明燈具標準之規範【26】，根據規範將燈具發光效率分為兩階段，第一階段最高光效需達到 35 lm/W；第二階段則必須達到 70 lm/W 水準，其照明燈具泛指住商用一般照明燈具，如廚房櫥櫃燈、檯燈、嵌燈、戶外步道燈、戶外洗牆燈等。此標準除了已於 2008 年 9 月正式生效外，美國能源局也於 2009 年 12 月公佈 LED 燈的整體標準。

另外，美國能源局又於 2009 年 7 月通過 LED 產品標準【29】，針對使用 LED 為光源的燈具做更明確規範，也針對 LED 替換市場，明確規範包括不同燈座規格的 LED 燈效率必須等於或高於能源之星規範中的白熾燈規格，並至少要有 6000 小時的壽命等要求；而此項標準則是從 2010 年 8 月開始發生規範效用。

4.3 日本 LED 標準發展概況

過去日本對發展 LED 產業相當積極，除了專利的佈局及策略上之運籌帷幄外，就連 LED 產品標準及量測規範的統籌規劃及推動也是跑在各國前頭，顯見其對搶奪固態照明市場之企圖心。而該國對於 2006 年推出之修訂版的 LED 量測標準中，也詳細訂定了白光 LED 的規格，以標準 LED 做為量測的比較標準。

相較於其他國家，日本 LED 產業發展迅速，為了解決市場雜亂無序的情形，由日本四大團體，既日本電球工業會(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)早於 2004 年便成立「LED 照明推進協議會(JLEDS)」，統籌規劃並推動制定 LED 產品標準與量測規範，並於同年底即完成「照明用白光 LED 量測標準」，這項 LED 量測標準曾於 2006 年 3 月進行修改，目前經 JIS 審核，自 2007 年 7 月起成為日本工業標準(JIS)。

表 4.3-1 日本四大團體照明用白色 LED 量測標準

標準訂定機構	標準
JIES	JIES 009
JCIE	JCIE S001
JIL	JIL 9003
JEL	JEL 311

註：日本電球工業會與日本照明器具工業會於 101 年 11 月 8 日決定，將於 2013 年 4 月 1 日整合；未來新名稱是「日本照明工業會」，後續標準亦將逐步整合公告之。

【25】

然而，在這項標準訂定並修改後，原本市場預期日本會持續訂定一連串的相關配套標準，以順利推動 LED 產業發展，但近一、二年來日本在 LED 相關標準方面卻遲遲沒有推出新規範。面對市場產品不斷推陳出新，卻苦無新規範來做為市場秩序的現象，不少日本業者都認為，日本照明市場目前已呈現「無秩序」的狀態。

為了改善上述之情況，並配合目前 LED 照明在日本當地市場快速普及的情況，日本電球工業會(JELMA)亦於 2010 年 10 月就直管型 LED 燈制定了一份「L 型燈口的直管型 LED 燈系統(普通照明用)」(JEL801:2010)標準。

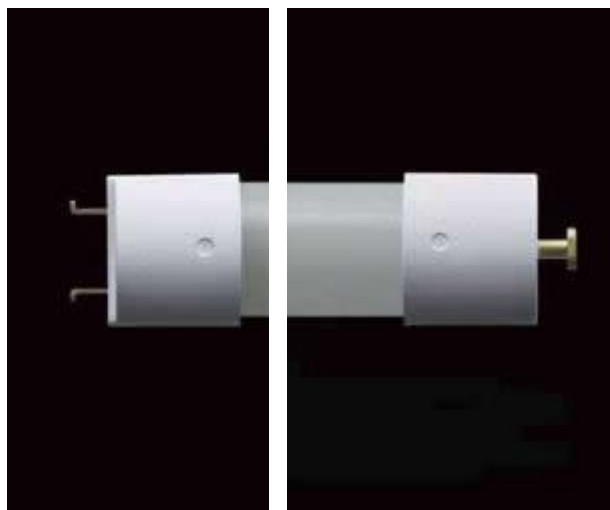


圖 4.3-1 日本 L 型燈口的直管型 LED 兩端實體照

目前的直管型 LED 燈中，較為突出的是以垂直照度較高，不亞於螢光燈為賣點的產品。此次標準以螢光燈做為模擬對象，對於直管型 LED 燈管之要求與直管型螢光燈相同，而且使用上與螢光燈無差異為考慮的重點。

舉例來說，對用於替代 40W 級螢光燈的產品，制定了晝光色直管型 LED 燈的光通量必須達到 2300 lm 以上，演色指數達到 80 以上，以及在燈管發光角度 120 度的範圍內，光通量不超過整體的 70% 等規定。

JEL801 不僅對燈管本身，而且也對使用直管型 LED 燈的照明系統制定了標準。系統上的特點大至分為四項，第一，電源電路設置在燈管外側，向燈管供給直流電，意即，燈管單體省去了電源電路，變為直流驅動；第二，採用 L 型燈口；第三，燈座可以更換；第四，燈管從一側的端面進行供電(單側供電)。

外置電源電路的最大原因是為了提高直管型 LED 燈的發光效率，現階段要通過 LED 燈達到不低於 40W 級直管型螢光燈的亮度及效率。將電源電路改為外置方式，是考慮到這樣可增加燈管內的光學設計自由度，提高亮度及效率。

而將具備 L 型燈口的燈座改為可更換的設計，是為了長期使用照明器具也可確保高安全性。不論哪種光源，燈座長期使用後都避免不了劣化。將燈座改為可更換的設計後，便可確保照明器具能夠長期使用。

改為單側供電是為了提高更換 LED 燈時的安全性。在 LED 燈的兩端設置電極的話，即使將單側電極接入燈口時，徒手接觸另一側電極時也會發生觸電。而通過將電極集中在一側，便可避免這種觸電危險。另外，直管型螢光燈雖然在兩端都有端子，但這種燈在兩端電極都接入燈口時才會通電，因此不用擔心發生觸電。

由於直管型 LED 燈存在掉落的危險，因為傳統螢光燈中的 40W 的產品只有 200g，而市面上的直管型 LED 燈中有重量超過 600g。LED 發熱會導致燈管彎曲，使用過程中還可能發生熱收縮，伴隨著掉落的危險。不制定標準的話，在長期使用 LED 燈管時就會讓消費者擔心。

因此，此次的標準對熱收縮及撓曲進行了規定。與使用玻璃的螢光燈相比，大多使用樹脂材料的 LED 燈容易受到熱收縮及撓曲的影響。

目前日本在白光 LED 制定的相關標準包括有日本工業規格，該規範內容包含 LED 測光方式、LED 模組用控制裝置性能要求和一般照明用 LED 模組安全規格等等。

日本電球工業協會規範，則包括 LED 光源製品之正確使用方法及標示方法、燈泡型 LED 燈的型式、附 L 型 PIN 燈頭 GX16T-5 直管型 LED 燈泡系統(一般照明用)以及燈泡類之燈頭、燈座及其標準尺寸等。而且日本電球工業協會亦針對 LED 球泡燈推出性能標示等指南。

而日本電球工業會制定的 LED 照明相關規格則有 4 項，主要是定義 LED 照明形式及標示方式，以及 LED 照明與傳統照明間的相容性等。因 LED 照明在重量、電路系統需求等均不同於傳統照明，若不制定相容性規格，在使用時易造成 LED 照明本身的損壞，甚至是發熱、起火等危險。

日本的 LED 照明相關規格，主要參考國際標準 IEC 制定，這些標準規範了 LED 照明在各種環境下，使用的安全性以及演色性、亮度、壽命等，排除安全性及性能未達規範之 LED 照明產品，以能完全取代白熾燈泡等傳統照明燈具為目標。

表 4.3-2 IEC TC-34 與 LED 標準關聯對應表

標準訂定機構	標準
IEC TC-34	IEC 60838-2-2: Miscellaneous Lampholders - Part 2-2: Particular requirements - Connectors for LED Modules.
IEC TC-34	IEC 61347-2-13: Lamp controlgear - Part 2-13: Particular requirements for d.c. or a.c.supplied electronic controlgears for LED modules.
IEC TC-34	IEC 62031 LED modules for general lighting - Safety specifications.
IEC TC-34	IEC 62384: Performance of controlgear for LED modules d.c. or a.c. supplied electronic controlgears for LED modules - Performance requirements.
IEC	IEC 60825-1 Safety of laser products
CIE IEC	CEI IEC 62471 Photobiological safety of lamps and lamp systems

(註：CIE 組織於 1997 年發表的 CIE 127 標準，為國際最早制定的 LED 量測標準，其中針對單顆 LED 的光度量測作定義廣為 LED 業者採用。至於，在 IEC 中對應 LED 照明研究的是 TC-34，相關的 LED 標準如表 4.3-2 所示。)

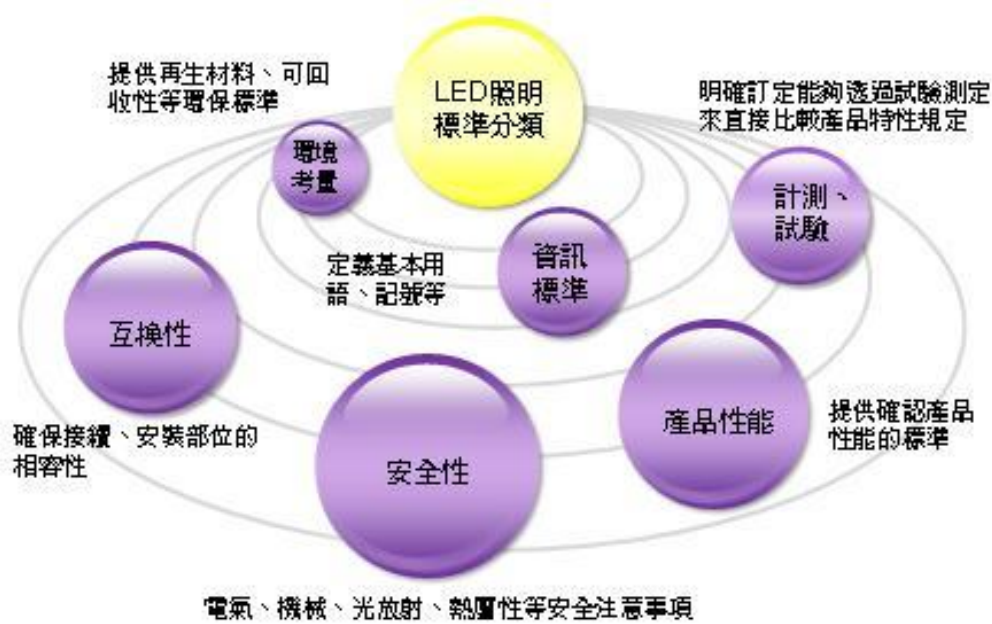


圖 4.3-2 日本 LED 照明標準分類項目

除此之外，在推動國際標準方面，目前日本仍由政府主導，期望達成標準國際化。政策方面日本與 IEA/APP 合作，技術層面則與 IEC/CIE 共同合作。在推動標準國際化的同時，日本政府也針對長期風險提供資金供給之支援。【27】

4.4 韓國 LED 標準發展概況

韓國政府因看好 LED 照明產業之發展，為能確保固態照明產品之可靠性，並維繫品質，制定一系列與確保可靠性質相關的 LED 照明標準；並於 2009 年 3 月便開始執行。

在韓國電器產品安全認證標準為知識經濟部標準院於 1963 年導入的「KS 認證標準」，因應 SSL 照明興起，相隔 47 年後，KS 標準首次進行修改，加入關於 LED 照明部分，同時也將過去的環保標準提高到國際水平，以便對應電子電器產品迴圈利用法及廢電子電器指令(Directive on Waste Electrical and Equipment, WEEE)。

KS 認證標準為韓國產業標準(Korean Industrial Standards)簡稱，相當於日本 JIS 標準。KS 標準是按照產業標準化法制定的工業品標準規格。在這次修訂中除了增減部分品質管理條文外，亦調整審查標準及改善認證系統等。而此次新增加了 LED、充電電池、有機 EL 及顯示器部件等 48 項新產品。

目前 KS 認證標準在制定時主要是依據南韓電器電子試驗研究院(KETI)、南韓電磁波(EMC)研究所(ERI)、南韓產業技術試驗院(KLT)以及南韓照明技術研究所(KILT)的實驗數據為主要參考資料。

雖然 KS 為韓國國內所制定標準，但放眼國際 LED 照明市場，則必須與國際接軌，所以韓國政府積極在國際電氣標準會議(IEC)之「照明領域(IEC TC 34)國際標準化會議」中提議將該國 LED 照明標準作為 IEC 國際標準化規則的草案。且提出處理 LED 照明產品性能及安全要求事項，並新設「LED 領域技術委員會」(IEC TC 34/SC 34E)。

【33】

4.5 中國 LED 標準發展概況

中國目前以 LED 光源作為新興綠色環保照明產業，目前面臨的最大困擾就是國家標準和行業標準缺失，以致市場混亂。中國政府近幾年來積極推動固態照明產業發展，日前已可看到，涵蓋 LED 材料、晶片、器件及相關檢驗方式等領域的 9 項行業標準已獲工業和資訊化部批准發布，並於 2010 年 1 月 1 日正式實施。之後，中國國家標準化管理委員會也頒布了「中華人民共和國國家標準批准發布公告 2009 年第 15 號(總第 155 號)」。公告顯示，此前由全國照明電器標準化技術委員會主導的 6 項 LED 相關標準送審稿通過審批，成為國家標準。加上此前公告的兩項強制性國家標準，共計 8 項，而這 8 項標準也從 2010 年 5 月開始陸續實施。

大陸 LED 標準有 3 種分類方式，分別為使用範圍、效力強度及種類。依照使用範圍可分成國家標準、行業標準、地方標準和企業標準，其中以國家標準層級最高，在大陸的任何地區任何產業內均適用；依照效力強度，可分為強制性標準、推薦性標準及指導性技術文件，其中強制性標準具有法律屬性，效力最強；依照種類的不同，則可分為基礎標準、產品標準、方法標準、工藝設備標準、安全標準及環境標準，共 6 種。

6 種大陸 LED 標準中，以安全標準最為重要，因安全標準關係到使用者在使用 LED 產品時安全是否受到保障，故安全標準通常是強制性國家標準。

大陸雖將安全標準設定在最高層級，但若比較大陸與日本的 LED 安全標準數量比重，可發現遠比日本來得低，而台灣也面臨到相同狀況。究其原因，在於目前兩岸 LED 照明發展以公共工程用為主，對於性能有較高的要求，故著重在產品性能標準，反觀日本則是著重在發展家庭用及企業用 LED 照明，故大多有安全標準作為配套。



圖 4.5-1 大陸 LED 照明標準層級分類【27】

目前除了工業和資訊化部批准發布並已經正式實施的9項基礎標準外，國家標準化管理委員會也頒布了由全國照明電器標準化技術委員會主導的6項LED照明相關標準，加上此前訂定的兩項強制性國家標準，共計8項有關LED照明的相關標準，並以照明產品為主要規範對象。

中國科技部聯合信息產業部所成立的「半導體照明標準工作指導委員會」，在2008年9月通過7項半導體照明技術電子行業標準審定，主要以LED元件相關的標準為主。

另外，2010年1月工業和資訊化部半導體照明技術標準工作組又發布了（半導體光電子器件功率發光二極體空白詳細規範）等9項半導體照明行業標準。除上述國家及行業標準外，廣東、深圳、山西等地方政府也相繼推出一系列地方標準引導LED產業發展。

目前兩岸LED照明標準項目雖多，但較為混亂，使得低價低品質的產品有機會進入市場，現階段兩岸有意推動制定共通標準，此標準必須以提高品質，並與國際標準接軌為目標，才能帶來更多商機。

【8】



圖 4.5-2 兩岸 LED 照明標準論壇【32】

第五章 LED 照明選用原則與注意須知

LED 照明是節能減碳的有效途徑，但在室內應用時應依據照明光環境的需求而有所斟酌及選用適當的燈具，才能發揮節能的目的是。本章主要就室內照明採用 LED 燈具時在規劃設計與施工及維護等重點做介紹，並以住宅、商業及辦公大樓的 LED 照明規劃設計為例，說明適用 LED 照明設備的選用原則，以兼顧提供舒適的照明品質及高效率節電功能。

5.1 LED 室內照明應用的設計通則

不論晝夜、室內外、城鄉等生活環境差異，照明已是生活上的絕對必需品；慎選正確的照明用電節能設備與運用技術成為關鍵要項。生活舒適要求導向高照度需求，也增加了燈具的裝置數量與用電量，因此節約能源的規劃需兼顧合理照明品質的舒適性與實務面。室內照明設計引進 LED 光源及燈具，從設計之始就應充分運用 LED 光源與燈具特色來規劃兼顧節能與視覺需求的照明及控制系統，正確的使用照明習慣及定期做好燈具的維修，確保舒適的照明環境。

照明工程最好在大樓設計興建之始，即參與及作長遠的系統規劃；如果是既有大樓的修繕或更新，則更應該及時引進新的照明節能技術及改善方案。在照明節能的規劃上，北美照明學會與日本照明學會推薦七種照明節能方法與基本原則如下：

(1) 符合工作要求的照度水準：參照國家標準，依工作與視覺需求選定適當的照度水準，維持視覺環境一定的平均照度要求，並且力求配光的均勻，以產生舒適的視覺效果；而要求高照度的場所，則可採用局部照明。

(2) 使用高效率的光源與電源控制器：LED 光源的演色性略低於白熾燈，但高色彩飽和度卻可彌補而產生明亮吸睛的視效；而高發光效率及長壽命，最符合室內照明節能的需求。LED 光源均使用更省電

的電子電路技術，其安定器的省能效果更佳。

(3) 照明器具的選擇：優先採用器具效率高、清掃和更換燈容易的低眩光照明器具。2012 年的 LED 燈具所產生的熱量已大幅降低，光衰與空調用電均降低，不舒服眩光也由光學設計改善；達到可維持高亮度輸出與延長燈管壽命目標。

(4) 天然光的利用：適當開窗採光與通風，可引進適量的天然光，發揮一定的照明節能成效。



圖 5-1 天然光與 LED 燈源應用於室內照明【38】

(5) 採用明亮的室內建材：室內牆壁採用明亮系列的顏色來裝飾，增加反射光，可呈現較佳的視覺感覺與降低照明用電。

(6) 有效的配線設計：利用光感應接收器搭配自動開關與規劃適當的配線迴路，可配合天然採光而控制靠窗邊燈具的點滅操作，自動控制室內照度水準。而室外燈、庭院燈和安全照明設備，可採用定時開關自動控制；為了防止忘記關燈，還可採用帶標誌的開關。

(7) 易於維護管理的設計：定期、主動的燈具清潔維護，更換光衰已達經濟壽命的光源燈管是維持優良照明品質的必要例行工作。因此應選擇維護管理容易的照明方式、照明器具和光源，來減少維修的人力工作。

因此，使用 LED 照明設備時應特別考慮：(1)充分認識光環境的需求作照明質量的規劃設計；(2)選用適當演色性、色溫的舒適 LED

光源；(3)高效率、低眩光的 LED 燈具；(4)調光控制與開關迴路的設計；(5) 光源燈管、燈具、安定器的汰舊換新與定期查修維護工作等。

5.1.1 節能 LED 照明設計的起步-先了解光環境需求

照明工程設計應優先思考光環境的預定功能，訂定優先達到的照明效果與目標，才開始進行照明設計規劃。辦公場所要的是舒適而明亮的照明光環境以提高工作效率，營業場所則強調高照度與高演色性來刺激顧客的購買慾，旅館及餐廳要讓使用者有溫馨而祥和的感覺。有關合適照度基準的建議，各國間會因地區性及國民生活習性而略有不同；我國則以參考國家標準(CNS)或北美照明學會(IESNA)的標準來選定照度建議值規範，雖然白天可以引進天然採光，但規劃時應以無天然採光的夜間需求來作規劃設計。

5.1.2 選用適當演色性、色溫的舒適 LED 光源

LED 光源的演色性、色溫度、壽命，攸關照明品質與整體的感受，參見表 5.1-1，使用時應優先考慮：

- (1)效率與壽命：發光效率常以 lm/W 表示，表示輸入 1 瓦特的用電，可以發出多少流明(lumen)之光通量（稱為光束）。光源之效率與壽命都會在製造廠之型錄及外包裝上列出，應選擇發光效率高且壽命長，又可以兼顧換裝費用低廉者，未來室內照明以螢光燈及 LED 燈最為符合節能與環保。
- (2)光色（色溫度 K）：光色一般稱為色溫，一般而言，色溫低於 5000K 者為暖色系，給人較溫暖而休閒的氛圍環境；反之色溫高於 5500K 為冷色系，會產生清涼而較具活潑的感覺，故應隨環境氣氛要求與照度高低而選擇適當色溫的 LED 光源。
- (3)演色性：演色性是以較接近自然陽光分布的白熾燈泡作基準（100%），其他光源對於同一物體不同顏色的表現，經加權平

均所計算得出之傳真度稱為為相對演色性評價係數(Ra 或 CRI)，所以選用 Ra 值愈高的光源，對於色彩的表現愈鮮豔，但價格也愈貴，Ra 在 80 以上稱為高演色性光源，發光分布接近太陽光色，色調自然，可以達到色澤鮮麗的效果，提高物品之價值感與鮮度感。適用於室內光環境，尤其住商、醫療場所。

新一代 LED 光源已有球泡燈(替代白熾燈及螢光省電燈泡)、燈管(替代螢光燈管)及平板 LED 燈盤上市供選擇，目前低色溫的發光效率較高色溫的光效約低 20 %，但已達 75(LED 球泡燈)~120 lm/W(高色溫 LED 燈管)，高過傳統螢光燈省電燈泡及 T5 燈管，沒有汞污染問題，無論在發光效率、演色性及色溫多樣性上，均符合環保及節能的要求，自然是照明光源選擇上的優先對象。但 2012 年標準檢驗局尚未公告為應施檢驗品目，選購上只能加強要求廠商保固，未來納入應施檢驗後將可以有較可靠的權益保障。

表 5.1-1 LED 光源產品與各種光源的比較

光源種類	效率(lm/W)	演色性(Ra)	色溫度(K)	使用壽命(小時)
白熾燈泡	15	100	2700	1,000~5,000
鹵素燈	25	100	3000	2,000~5,000
螢光省電燈泡	60	85	4000	5,000~6,000
高演色性 T5 螢光燈	90-100	85	2700	15,000~20,000
LED 球泡燈	80-100	80-85	4000	25,000~30,000
LED 燈管(暖色)	75-90	80-85	3000	25,000~30,000
LED 燈管	100-120	80-85	6500	25,000~30,000
複金屬燈	90	65~85	3000~4700	10,000~20,000

註:表格內容為參照各家廠商型錄整理。

5.1.3 高效率、低眩光的 LED 燈具

照明燈具可透過折射或反射而令光束最有效率地到達被照目標上，燈具的反射材料之反射係數越高，被照面的照度也越高。但直接或間接進入觀測者眼睛的強光，將會形成刺眼的眩光。一般常以輝度(光源體單位發光面積的光強度， cd/m^2)來評量發光體對於人體眼睛刺眼眩光的程度，發光光度越高、或發光體對眼睛的投影面積越小者，輝度值越高，對眼睛的刺激與不舒服也越高，例如晚上來車的遠光燈、直射太陽光，都是輝度偏高而刺激眼睛不舒服。但被照面合理範圍內的輝度較高，則可以產生更明亮的突出效果。商業賣場的展售架上，重點照明均採高輝度聚光之照明燈具，珠寶店中常以鹵素燈來突顯珠寶與名錶的價值感，可採用同色溫的 LED 投射燈或球泡燈取代鹵素燈泡；辦公室等大面積場所之基礎照明則應選擇光投射範圍廣、配光均勻、低輝度之照明燈具，目前無論螢光燈或 LED 燈管均設計格柵板反射鏡面型 OA 燈具；平板 LED 燈盤(圖 5.1-1)則已經利用燈罩來擴散投光而減少眩光，都已經降低眩光光害，可獲得良好的照明品質。

照明器具本體均為金屬或塑化材質構成，內部零組件材料之電氣絕緣難免受到周圍環境溫度及污染而產生劣化，將會影響用電安全及可能之電線走火等意外事故。國際照明器具工業協會在 1994 年訂出器具更換時限及耐用限度建議表，建議燈具適當更換時限宜在 8~10 年，使用期限約 15 年。

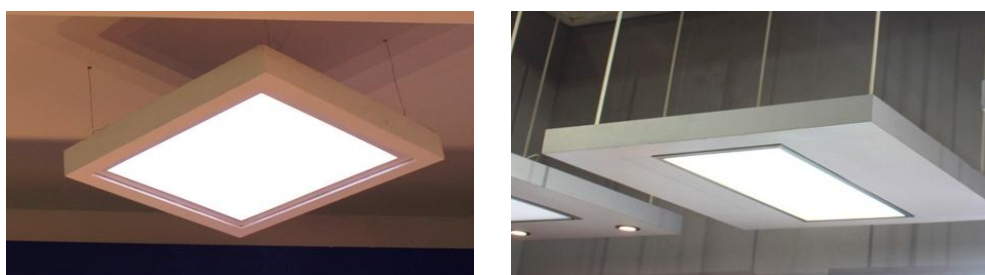


圖 5.1-1 平板 LED 燈盤已開始應用於室內照明

5.1.4 調光控制與開關迴路的設計

LED 照明均為電子式驅動器，用於室內均是直接接上市電(台灣電力公司)，而在 LED 光源內則有直流點燈 LED 及交流點燈 LED 兩種不同設計及產品選項，雖然均可供室內外環境使用，但交流點燈 LED 會有低頻(120 Hz)的微量閃爍存在，因此不宜作為閱讀照明。而直流點燈 LED 之電子驅動器因高頻點燈，輸出光較穩定而不易閃爍，對保護視力很有幫助。LED 光源屬固態半導體發光，可高頻切換開關而不影響其壽命，特別適合於開關次數頻繁的場所。

現階段 LED 球泡燈大多固定出光(無調光功能)，但燈管及平板燈均都設計成可調光，LED 的發光控制電路本就具有調光的可能，因此調光對於 LED 高效率化是未來必然趨勢，可作為選用上的考量因素之一。尤其未來要提升照明的附加價值，會走向符合人因工程的智慧照明，可調光、可變色溫的模擬全日光 LED 照明將會是未來照明主流方向，更將加速淘汰傳統光源。



圖 5.1-2 可調變色溫之 LED 燈泡【37】

LED 照明較傳統光源大幅省電，為了外銷美國而必須符合美國能源部的性能要求，因此功率因數及電流諧波等電氣要求與表現上，

均遠勝過螢光省電燈泡及螢光燈管(包括 T5 燈管)，替代傳統光源的不利因素只剩下價格與可靠度了，對節能推廣是一大利多。

目前 LED 的發光結構體與電子安定器間的組合方式繁多、且尚未整合統一，也未公告為應施檢驗項目，但整合成整燈燈具仍須通過標準檢驗局檢驗合格(CNS14335)、貼有合格標誌。

台灣地區低壓配電住宅以單相 110V 或單相三線式 110/220V 電源，其他用電則以三相四線 220/380V 以上供電。但照明設備則大都是 110V 及 220V 的電壓規格。消耗電功率相同下，220V 的燈具電流會較 110V 的燈具小，也較不會引起線路過載的電線走火問題，因此一般學校或辦公大樓等大面積或公共場所等固定在天花板上的高空燈具宜採用 220V 的規格，而一般人手容易觸及的檯燈或立燈等，則以 110V 為宜。

至於各分路的燈具負載分配以令各分路負擔平衡為原則，並兼顧空間的可能作業型態而調整各開關的控制燈具對象。例如靠窗戶的燈具可由一個開關控制，靠走廊幾乎完全無天然光線可言的區域之照明燈具屬一個迴路，室內中間的燈具一個迴路，則可以配合室外陽光而作必要的人工燈光控制，且每個開關的電流宜小於 **3.0-5.0** 安培，符合所有低壓開關之規格額定。最後再由總開關箱內的一個分路無熔絲開關來供電該光環境作控制與保護即可。

配線分路及幹線電流設計與導線選用息息相關，LED 照明以 **15A** 分路為宜，並依法規之規定，最好不要超過 **80%** 的負載，因此分 **110V** 電路以 **1200VA**，於 **220V** 電路以 **2,400VA** 程度為限度較妥。

配電線路的綜合功率因數在 80 % 以上時，電流會較小而達到用電安全的目的。目前 LED 燈具大都可達到此要求；而 LED 球泡燈則因實務考量而大都僅約 60% 左右；用在公共場所如旅館、辦公場所等並不適合，用在住宅卻無妨，這主要是因為住宅採單相三線式 110/220V 電源，不會有電流諧波造成電線走火的危險。

5.2 商業空間的 LED 照明燈具選用及施工

大商場、量販店、專賣店、超市等商業場所，集合了休閒、娛樂、購物的功能，照明設計需要更多的吸睛能力與氣氛呈現，良好的照明設計可以讓建築與室內環境更為舒適、完整、和諧。

5.2.1 商業展示空間的照明設計原則

商業照明必須提供明亮的視覺環境，良好的照明設計首應確立室內空間的風格與特色，用照明來塑造商業展示主體形象，商業展示的發展帶動了照明設計的發展，而照明設計則豐富了商業展示空間的內涵。

生動的展示空間比大眾媒體廣告更直接與富有感受力，利用娛樂色彩的環境、氣氛和商品陳列、促銷活動等來吸引顧客注意力，可提高對展品的記憶及購買意願。商品銷售行為中，必須敏感地抓住消費者的心理，滿足顧客的慾望，也就是以顧客為主體來設計照明。

好的商業場所照明系統規劃，講求配合消費者消費行為，除提供舒適的購物照明品質環境外，更需重視高效率照明設備的節電功能，尤其利用 LED 新光源所構成的照明系統之結構、照明設計、照明光源產品及燈具選用方法、相關之節能規範概要、照明控制方式選定、照明設備的維護保養與汰換、及照明改善整體節約能源效益等，均為必須分別考量的重點。

商業場所照明的目的在於把商品價值顯示出來，巧妙地利用光做必要的照明效果可襯托商品使之更為顯眼，讓燈光引導顧客的眼睛注視到商品上。良好的商業場所照明須靠空間協調與均勻的視覺光環境，來產生舒適感及生理和心理要求，以引起買者的興趣。所使用的照明器具，除外形要求美觀之外，更重要的作用是展現出良好的演色性，以使商品看起來真實，提高商品價值感與顧客購買慾。

商業場所照明可分為一般照明、重點照明和裝飾照明三部分構

成。這三部分的構成比例適當，就能得到良好的照明效果。

(1) 一般照明(基礎照明)

商業場所為求節能，一般係以明亮優先的全般照明為主，但容易產生平淡感與刺眼眩光，無法創造出舒適與適當的商業照明光環境。營業場所以產品銷售為主要目標，高照度水準予人明亮的舒適感，安全兼具買氣如圖 5.2-1 所示；低照度光環境，可減少照明支出，但不利於業績，故要求統一商業場所的合理照度，頗有困難及難以執行之處。照度基準可以按新版的中華民國國家標準(CNS)，以基本的照度營造均勻的視覺光環境；目前 LED 燈具的效率已略超越包括 T5 在內的所有螢光燈具，因此以均勻配光的吸頂或吊掛式 LED 燈具來汰換廣泛使用的 T8 或 T9 螢光燈具，可大幅減少電力浪費，並降低電費支出。



圖 5.2-1 LED 光源及燈具可以提供商業空間的基礎照明

(2) 重點照明(局部照明)

要在均勻的基本照度環境中襯托與突顯出主要商品，增加顧客的購買慾望，就必須利用近距離的層板燈或以投射燈來加強商品照明。但原則上照度水準的協調視商品的種類、形狀、大小、展出方式等而

定，應和店內基礎照明平衡與協調，原則上亮度比宜在 1：3~10 的範圍內，以避免強烈對比所產生的刺眼眩光。重點照明的要點是：

- A. 以高亮度光源突出商品表面的光澤。
- B. 以強烈的定向光突出商品的立體感和質感。
- C. 利用投射光突出特定的部位和商品。

常見的商業場所之重點照明如珠寶名錶店的投射燈、百貨公司高價名牌服飾、飲食場所熱食區的高溫燒烤食物等等如圖 5.2-2 所示；過去常用鹵素燈泡或小功率複金屬燈，利用高演色性及近距離投光來產生局部照明效果如圖 5.2-3；未來可以採用低色溫、高演色性 LED 燈具來取代，不但節能，又可避免習用光源燈具的高溫所帶來的火災疑慮，現代的 LED 光源在局部照明已完全可取代常用的鹵素燈及複金屬燈。



圖 5.2-2 採用 LED 的重點照明可以突顯商品價值與吸睛效果

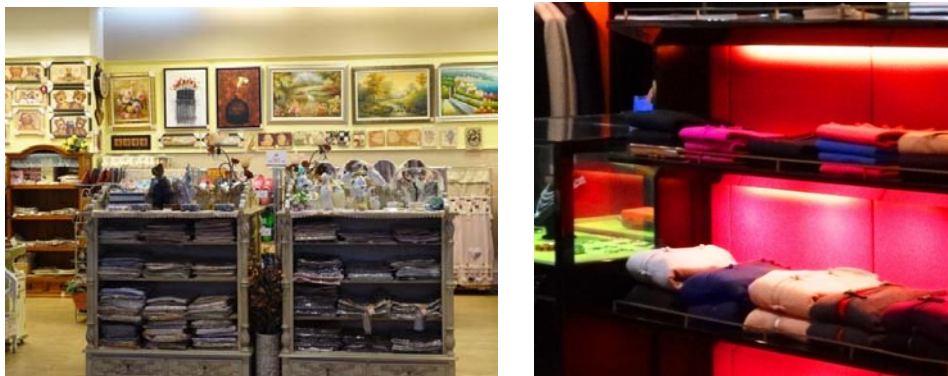


圖 5.2-3 利用近距離 LED 燈可以增加商品的價值感

(3) 裝飾照明

裝飾照明常用來強化光環境的氣氛或另類視覺效果，例如美術化的照明器具外形設計，裝飾性圖案的輪廓照明曲線（建築外牆或屋頂面的輪廓線和圖案化的招牌文字），產生富有朝氣的吸睛效果或特殊氛圍，因此利用光纖、光導管及 LED 燈條(燈帶)可以作為文字及圖案照明設計，LED 平板燈盤或照明燈箱則可以做為背光顯示應用，或者結合 LED 與家具設計等，都可以創造出裝飾照明的特色。由於 LED 可以調光及混色控制，LED 照明多彩多樣化的變化，未來的潛力最大。



圖 5.2-4 利用 LED 裝飾照明可以增加建物的價值感

5.2.2 商業空間之 LED 照明設計的選用原則與施工須知

商業展示空間的環境基礎照明在於提供整體的基本視覺要求，一般來說，為強調低眩光的舒適視覺，常採用隱蔽式的燈槽或鑲嵌燈具；過去使用螢光層板燈具作間接照明，以緊湊型螢光燈或螢光省電燈泡做為筒燈或投射燈，雖然 LED 燈管與球泡燈仍價格高於螢光燈，但節電效益已可平衡投資與回收，因此只要慎選高效率及均勻配光良好的 LED 燈具，以可產生充分而節能的基礎照明。例如百貨公司的基礎照明可以採 LED 燈管取代螢光燈管，以 LED 球泡燈來取代螢光筒燈、省電燈泡與鹵素燈泡；即使常用的 AR-111 鹵素投射燈，

現在已開始由 LED 光源的 AR-111 來取代了，不但光效及演色性相接近，更重要的是大幅降低冷氣空調負荷，如圖 5.2-5 所示為各種目前常用的 LED 燈具。



圖 5.2-5 各種目前常用的 LED 燈具

其他的基礎照明如後勤辦公空間、走道、倉庫與停車場等等，在照明需求上均屬於基礎照明範圍，以 LED 燈管照明燈具、LED 球泡燈或 LED 投射燈為主要照明燈具最為適合，當然在規格種類上宜簡化，以減少庫存產品的種類及數量。停車場、倉庫庫房等場所，對照明的光色及演色性要求可較低(CRI > 70 即可)，基本上只要能滿足行車及停車要求的照度即可。近年來對於停車場的照明設計轉為能調光，白天的停車場考慮引進自然光(採光井、採光窗、導光管或光纖)，晨昏開始補充人工光源，夜間自然是開燈，而深夜則可減半點燈或只留部分車道燈，其餘加設紅外線感應自動點滅，達到分時控制的節能目標。以前使用螢光燈，以全亮和全關較方便；但若改用 LED 燈具，原本就具備調光功能，只要在裝設時選用具調光功能，配合時段控制設定；或者用普通型 LED 燈具配合紅外線感應裝置，就可達成停車場的照明控制。

百貨公司電梯間營業時間內幾乎常亮狀態，以省電的 LED 球泡燈或投射燈最適合；而深夜可採定時關燈設定控制，或叫車點燈控制，凡是點滅頻繁的照明場所，以 LED 最為適合，可以避免傳統光源易受頻繁點滅控制而傷害燈管壽命的缺失。

重點照明是為了強調、突出展示物，在基礎照明上再針對一些重點商品（如新產品、經典或特價商品等）設計特色化的展示性照明，使整個照明效果呈現層次感。配合展示商品的種類及經常性更新，燈具位置應具有可調性，因此容易安裝施工及拆卸的高演色性軌道投射燈可能是其最常見的形式，不論是展品尺寸、空間位置變化等，均可適應不斷更新展示要求。另外，洗牆燈、聚光燈等也是常用的重點照明燈具。LED 光源的洗牆燈、投射燈、跑馬燈等，自 2007 年即開始應用於戶外裝飾及廣告燈類之輝度顯示；2012 年的 LED 燈具光輸出流明數、光強度、高演色性(CRI > 80)等，均已具備經濟的投射要求，已可勝任室內外重點照明應用。

裝飾照明大多僅是提供視覺與空間裝飾，因此大多在燈具本身的造型及氛圍表達上下功夫。傳統的裝飾燈具，有其歷史記憶和風格，如水晶吊燈代表豪華、典雅、端莊的西方風格；而紙質木格紋的落地燈則蘊涵典雅、寧靜、靈性的東方風格。LED 的輕薄短小優點，可以讓燈具設計更為多樣化，發光方式由傳統手動到電腦程式自動控制，可產生色彩、照度等有規律地動態變幻，讓燈光色彩及光影變化產生的特殊裝飾效果；因此在燈具表面材質選擇及裝飾效果配合，可以創造商業空間無窮的變化，為營業空間加分。。

而在設計及施工上，商業展示空間照明需要兼顧水平面照度與垂直面照度分布，以展示水平擺置的商品及立面吊掛的服飾或圖畫等文宣廣告。傳統照明設計常用下射式緊湊型螢光燈或是高強度氣體放電燈（HID 燈）；利用 LED 的指向性光源特色，可以投射到特定立面或水平被照面，形成良好的垂直面照明效果來強化商品或被照物體特

色，塑造展示主體。



圖 5.2-6 複合式餐廳採用 LED 裝飾照明燈具【38】

5.3 居家住宅空間的 LED 照明設計選用考慮

現代人每天經過了快節奏、長時間的緊湊工作之後，最渴望的就是能擁有一個輕鬆、愉悅、溫馨的休閒環境。因此居家照明設計時，應本著舒適、安全、適用、經濟的原則，根據不同功能區域的不同作用、特點和需求對照明產品進行選擇和裝飾，從而營造一個溫馨優雅的家居照明環境。照明對於營造家庭氣氛猶如畫龍點睛，既可以讓您的居室寧靜而舒適，也可以浪漫而親密，又可以愉悅而喜慶。

目前室內常用的照明方式可分為五種：

1. 直接照明：

90%-100%光線由燈具直接射出，照明效率高，具有強烈的明暗對比，可突出工作面在整個環境中的主導地位，但是容易產生直接眩

光，並不適合住宅居家照明。

2. 半直接照明：

半直接照明方式是半透明材料製成燈罩罩住光源上部，60%-90%以上的光線集中射向工作面，10%-40%光線經半透明燈罩向上漫射，其光線比較柔和。這種燈具常用於較低的房間的一般照明。由於漫射光線能照亮平頂，使房間頂部高度增加，因而能產生較高的空間感。

3. 間接照明：

間接照明方式是將光源遮蔽或光源燈泡設在燈槽內，利用平頂反射間接產生照明的方式，其中 90%-100%的光通量通過天棚或牆面反射作用於工作面，10%以下的光線則直接照射工作面，常用於商場、服飾店、會議室等場所。

4. 半間接照明：

半間接照明係把半透明的燈罩裝在光源下部，60%以上的光線射向平頂，形成間接光源，10%-40%部分光線經燈罩向下擴散。這種方式可使較低矮的房間有增高的感覺，也適用於住宅中的小空間部分如門廳、走道及服飾店等，通常在學習的環境中採用這種照明方式，最為相宜。

5. 漫射照明方式：

漫射照明方式，是利用燈具的折射功能來控制眩光，將光線向四周擴散漫射。大體上是經平頂反射與燈下格柵擴散；或用半透明燈罩全部封閉光源體而產生漫射，漫射照明的光均勻性佳，視覺舒適，適於臥室。

住宅照明規劃端視空間的用途與活動型態而定，對於玩電玩和看電視的共用客廳空間要的是一般性照明，在氣氛營造下，以提供基礎照明為原則；而閱讀或者家庭主婦縫補衣服等需高度視力工作，就須有充分而明亮的功能性照明；起居室宜有調光功能來調適心情與滿足

閱報或品茗等休閒活動需求如圖 5.3-1。照明燈具的選擇與佈置攸關生活的便捷性和視覺效果，也緊密關係到節能及安全性。



圖 5.3-1 LED 居家照明應用成為新焦點

5.3.1 客廳及起居室燈光設計方法

客廳是住宅中活動時間較長而且活動類型較多的場所，舉凡待客、看電視、讀書、聽音樂或者僅僅是放鬆自己，需要高質量的照明而且還要兼顧美觀及易於控制。

客廳的光源以自然採光的窗口或人工光源為主，客廳的主體照明宜來自高處，主要光源不宜太強，照度應均勻，一般以天花板吸頂燈的直接照明，或層板燈為基礎照明、加上輔助的裝飾照明(如水晶燈、美術燈)居多，符合自然的陽光印象。利用反光燈槽或層板燈處理的散射光線有較好的裝飾效果和照明功能，使天花板面有均勻的反光，天花板有如亮度適宜的大面積擬日的間接光源，使客廳處於一片柔和的光明之中，營造出舒適宜人、生動活潑的客廳照明與感受氛圍。

都會內的住宅空間有限，客廳兼俱聊天、讀書、寫作、看電視、也可能包括用餐，功能多，需要結合美學的高質量照明，客廳的主體照明光線應柔和而在 200 Lux 左右，對於天花板較低的客廳，宜選用吸頂燈或嵌燈、層板間接燈設計；天花板較高的客廳，則可選用吊燈，光源應選用節能型螢光燈或 LED 燈具。

閱讀區域可以採局部照明方式，書寫和閱讀區域 0.75m^2 工作面照明的基準要求為 500 Lux ，我們可以使用桌燈和落地燈等，而周圍則應配合使用柔和的不同光色來強化居室氛圍。

往昔住宅內的牆壁繪畫，常採用低壓鹵素燈進行重點照明，現在可使用 LED 的投射燈來節能；起居室裏如設有酒吧間，可採用 LED 聚光投射燈，加強直射點的立體感和優雅感，配合可調光燈具來加強重點照明。隱藏或細膩處所如木櫃內，可採用迷你型 LED 燈具進行重點照明，從純粹的實用到藝術的美感，讓客廳充滿生活的多樣性。

主體照明和局部照明燈應分別用開關進行控制，而且開關應具備指示燈發光裝置。



圖 5.3-2 客廳照明採用 LED 光源形成視覺美感【36】

5.3.2 餐廳燈光設計方法

餐廳照明首應創造愉悅且其樂融融的氛圍，為家具、餐桌擺設和食物增添光彩，增強食慾。結合一般照明、功能任務照明和重點照明來適當調整用餐氣氛，正餐、家庭聚會、家務活動，可以通過由調光器控制的各種照明場景創造輕鬆、優雅的格調。餐廳的整體照明要求首重演色性高、色調柔和、寧靜，主要的燈光宜集中在餐桌，加重清楚地看到食物與用餐人的面部表情，可以輕鬆愉悅地進行交談。燈具的造型、顏色要與周圍的環境和餐桌、椅子、食具等相匹配，構成一種視覺上的美感。



圖 5.3-3 餐廳照明採用 LED 光源形成視覺美感【38】

餐廳內的主燈往往是餐桌正上方的主照明燈具，應能夠提供桌面的功能照明和桌子中心的重點照明。光線集中在餐桌上，可以強調用餐感覺；周圍環境照明與柔和的壁燈可營造明亮、溫暖的氣氛。餐廳旁的繪畫或裝飾物可嘗試用聚光燈重點照明來強調。低壓鹵素燈嵌入式筒燈過去常做為桌面上方的補充性燈光，提供桌面上餐具之重點照明，但鹵素燈泡會有高溫及爆裂的危險，最不建議在餐桌上方使用，改用 LED 球泡燈或 LED 投射燈是最佳的選擇。酒櫥書櫃內的小鹵素燈有高溫起火危險，更適合用 LED 來提供豐富、溫暖的背景光與視覺需求，宜選用高演色性、暖色系列之低色溫光源，搭配調光器可使餐桌功能結束，變成休閒品茗喝咖啡休閒場景，讓空間發揮最高效能。

5.3.3 書房照明設計原則

書房照明要營造柔和的氛圍，可設計功能照明來滿足閱讀、書寫和電腦工作，注意焦點集中在桌面書本或文件，使閱讀容易並且減緩

疲勞；房間的周邊環境應有一定量的基礎照明來避免極強烈的對比和干擾性眩光，獎品和照片等有紀念意義的物品則使用重點照明。

書房的基礎照明，可選用造型簡潔的吸頂燈安裝在房頂中央，光線明亮均勻，無陰影。書桌上或電腦桌上照度應充足(照度在 500 Lux 以上)，光線明亮，並且沒有眩光與閃爍如圖 5.3-4 所示。閱讀光源最好從後方高於頭部的角度照射過來最為適宜，燈光不可直接照射螢幕，以避免反射眩光。



圖 5.3-4 閱讀檯燈是兼顧照明與視力保健最重要的照明工具

5.3.4 臥室照明設計原則

臥室重在提供寧靜休閒的氛圍，創造柔和、輕鬆、浪漫等氣氛，使人有安全、舒適感，滿足梳妝、著裝或睡前閱讀的需求。宜根據居住者的年紀、生活方式，採用一般照明和重點照明相結合的方法來進行燈光的佈置。適當配合調光控制，可以使臥室能靈活地運用燈光來滿足各種心理需求和視覺感受。

傳統上住宅主臥室總體照明通常選用乳白色的磨砂玻璃吸頂燈，使用各種各樣的美術燈具、天花板吸頂燈、花燈、吊線燈、嵌入式筒燈或者是壁燈，來提供足夠的人工光來供活動照明，一般的照度應在 75-100 Lux 左右，配合可調光開關來營造溫馨浪漫的氣氛；用

於床頭閱讀的照度應在 300 Lux 左右。梳粧檯、衣櫃和床周圍的閱讀照明需要明亮的光線，宜選用接近自然光色的光源。兒童臥室的照明應該柔和明亮，以可調光的彩色燈具作為裝飾照明，避免使用裸露的光源，否則眩光會影響兒童的視力。採用的燈具配電佈線要安全，開關的設置要方便實用。

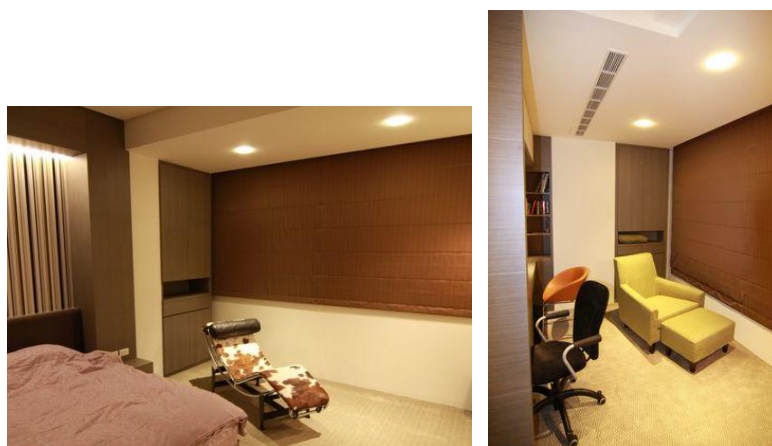


圖 5.3-5 臥室照明採用 LED 燈源【36】

5.3.5 廚房照明設計原則

廚房需要一個無陰影的常規照明，要照亮水平工作面與垂直工作面，以方便在櫥櫃中尋找物品。廚房照明要考慮到視覺舒適及烹煮作業的功能性，天花板燈具照明基本上可以照亮整個廚房區域，但若使用單一燈源則會有人體陰影而妨礙視覺。在料理台、洗滌盆上方，可利用局部功能光源(方便準備與烹調食物)，用以提供並加強照明效果；在洗碗盤時就不會有感到過暗的視覺感產生。

廚房的整體照明照度應該在 200 Lux 以上，燈具布設以簡潔、乾淨、明亮、方便控制操作為主。在洗滌處和爐臺位置，採用單獨附有加裝透明玻璃的嵌入式筒燈或近距離 LED 投射燈，可以最高效率地提供充足的工作照明，操作台面上的照度應該在 500 Lux 以上。廚房有大量的油煙，因此燈具的選擇要簡單、方便拆卸、易於清洗。櫥房

立櫃的部內和櫃下照明均可以設置 LED 迷你燈具來進行重點照明，可以給櫥房增加溫暖舒適的氛圍。



圖 5.3-6 廚房照明採用 LED 燈源【36】

5.3.6 浴室照明設計原則

浴室需要明亮、柔和、無陰影的照明，創造輕鬆、閑靜的風格，因此常用天花板吸頂燈具來提供一般照明，供洗澡及浴室內一般照明之需，搭配鏡前燈和化妝燈提供明亮而均勻的光亮，作為化妝、刮鬍子等細膩工作，可以利用 LED 的輕巧不佔空間優勢，裝設在鏡子左右兩邊，提供對稱均勻的燈光。

都會區內浴室內附設廁所馬桶，夜間往往有急需點燈的要求，因此選用可以快速點燈的 LED 最符合高演色性、低色溫、可快速點燈而不影響光源壽命的需求。浴室燈具處於潮濕環境，需有防水功能，並且所有電器設備一定要裝設在附有漏電斷路器的配電迴路上。



圖 5.3-7 浴室照明採用 LED 燈源【36】

5.3.7 門廊、樓梯間照明設計原則

門廊、樓梯間常因惡劣的可視條件而發生諸多意外事件，因此需要特殊的關注與考量，要有正確、充足且無眩光的照明；門口走廊處利用明亮、高演色性光源來營造好客的氛圍也是非常重要的。門廊、樓梯間常採兩地(異地)控制照明，並不屬於長時間使用，但應優先考慮光源產品不受點滅頻繁時影響亮度及壽命。因此，LED 燈是很好的選擇，尤其樓梯需要良好明亮、均勻的照明，樓梯照明應比走廊更明亮，以保證每一級臺階都可被清晰地照亮；並避免使用聚光燈，否則會產生陰影。



圖 5.3-8 樓梯照明採用 LED 燈源



圖 5.3-9 門廊樓梯間照明採用 LED 燈源【36】

5.4 大面積辦公場所均勻配光的燈具選用與照明設計

都市中的辦公大樓已成為現代化的指標，照明則是影響辦公大樓內上班氣氛與作業活力的關鍵，夜間的大樓景觀照明也成為共同營造城市夜景景觀的要角。辦公大樓上班工作時間長，因此大樓之照明規劃應考慮節約能源與照明品質的舒適性。重點在於選用高效率省電照明燈具，利用有效率的照明設計方法及控制系統，正確的使用照明習慣及定期維護燈具，才能確保舒適的照明光環境。因此選用舒適而高效率的光源、不閃爍且低眩光燈具的安裝、開關迴路的設計、日光的採光設計及自動調光控制等等，均攸關整體照明的品質。過去是以螢光燈為主力，近年來因 LED 的價格下降與效率提升，開始了均勻配光與優良 LED 燈具的需求，結合電子安定與 LED 光源體的優良高效能辦公室照明設備具有高演色性及均勻配光，容易加入微電腦控制，合理而高效率的照明品質兼顧環保與節能，值得長時間點燈的辦公照明設計重視。

5.4.1 辦公照明設計與照明品質考量

辦公室內的照明以提供桌面作業為主，舉凡一般文字書寫、電腦文書作業、會議諮詢、公務洽商等等，需要有良好的照明環境以保護視力健康。就心理方面而言，良好的辦公照明品質，可使上班族感到神清氣爽，心情愉快；所以營造一個優良的工作環境，使光線充足且柔和，可令人精神奕奕，而能提高工作效率與企業形象如圖 5.4-1。優良的辦公場所照明，基本上應包括：

- (1) 充足而舒適照度與配光均勻的要求
- (2) 眩光防制水準的特殊要求
- (3) 光線需穩定與發光源應無閃爍的要求
- (4) 合理節約能源與電費的支出



圖 5.4-1 良好的辦公室照明是提升工作效率的基本要求

5.4.2 辦公大樓 LED 照明燈具的要求

能源短缺與電價合理化提升將是未來台灣必須面對的真相，LED 光源及 LED 高效率節能燈具成為照明領域的節能新焦點，目前市面上已有通過節能標章認證的 LED 室內照明燈具，選擇上有所遵循，其效率甚至已超越 T5 螢光燈具效率，國內許多新建的辦公大樓已紛紛採用 T5 螢光燈具或直接裝設 T5 或 T8 的 LED 燈具了，但若以環保的永續經營概念來說，自然是直接採用 LED 燈具較為一勞永逸。而目前的辦公室用 LED 燈具主要是以 LED 燈管直接取代既有螢光燈具中的螢光燈管；或整個更換為 LED 燈管的新燈具；2011 年以來，也有業者開發平板 LED 燈盤，內部直接用模組化 LED 發光引擎裝置於燈具底板，外加燈罩而成，也是採整燈更換。



圖 5.4-2 辦公式照明採用 LED 光源實景

辦公大樓在光源的選擇上，以高演色性(Ra >80)與高光效為主，5000K-6500K 的 LED 燈管發光光譜分布是對人類肉眼色覺識別最佳而接近太陽光色，可以產生色澤鮮麗的視覺效果，光效達到 120 lm/W 以上，平均壽命超過 25,000 小時，因此採用高演色性、適當色溫的 LED 燈具已成為辦公照明節能新選項，加上使用高頻電子安定器與脈波調變技術(PWM)做為燈光控制，可以達到智慧調光需求，目前雖然是單一色溫燈管，但已開始有業者研製可以配合季節變化而自動變色溫的 LED 燈管與照明設備，於春秋天發出 4,200K 至 5,000K 的冷白光，產生明亮開朗的氣氛，夏天調整為 5,000K 至 6,500K 的晝光色燈管，產生清涼的環境；冬天改為 3,000K 至 4,000K 的暖白光色，將更可以營造溫馨而祥和的空間。2012 年高效率 LED 燈管尚未由標檢局公告為應施檢驗品目，選用時宜加強業者的保固責任，而燈具則可參考經濟部能源局節能標章產品選擇。

5.4.3 辦公大樓的照明控制方法

大樓的照明控制方法大體上可分為(1)室內大面積辦公場所，(2)公共空間如走廊、洗手間等場所，(3)夜間景觀照明來設計。一般常用的控制方式不外有：

1. 配合時序控制器(timer)：

於預定的時間自動地對照明環境作模式切換明滅控制，可避免因忘記關燈而浪費電能，以上下班、午休時段、夜間景觀照明之自動點滅照明應用最多。

2. 配合晝光感知器：

當陽光充足明亮時，可自動調降靠窗 LED 燈具的輸出亮度或直接關閉燈具，但電路設計需採平行靠窗方向來配置，較適合於辦公場所靠窗側燈具、靠窗走廊、採光井、夜間室外景觀燈等的

自動控制。

3. 利用熱感開關裝置：

在辦公大樓的小型會議室、會客室、廁所....等場所，由熱源感知器檢測空間內人體溫度，當室內沒人時自動關燈，可避免浪費能源，已廣泛使用於國內。

4. 使用紅外線感知器：

常態下較少人員之場所可使用附加感知器之自主控制型燈具，自動控制燈具之明滅，當感測到有人接近時，自動點亮燈具；於人員離開後，經過預設定時間而自動熄滅燈具。

5. 整體群控式照明控制系統：

採照明中央監控系統、二線式或 DALI 照明控制系統等，可機動配合辦公大樓作息變動需求，來加以監控管理，而節約照明用電 30 % 以上。

5.5 LED 燈管與平板 LED 燈具的比較

LED 光源具備高光效(lm/W)、低能耗、多光色與長壽命等多項特點，LED 屬於指向性光源，LED 燈具欲使用於大面積照明時須搭配良好之光學設計，進而達到所需之照明品質與效率。目前常用的 LED 燈具主要分為 LED 燈管燈具及平板燈盤兩大類，底下就燈具結構特性與照明效果來比較。

5.5.1 LED 燈管與燈具光學特性

1.LED 燈管構造與特性

LED 燈管係將小體積之點光源由點而線組合，成為一種線光源，模組大多以 T8 或 T5 燈管方式呈現，就其結構與電氣特性而言，市售產品主要可分為以下兩類，其特點如表 5.5-1 所示：

- (1)內置驅動電路(Driver Inside)：燈管結構包含驅動電路，可沿用既有燈具本體，小幅修改線路，即可直接替換 T8 螢光燈管，發光效率略差，便利性高、初期安裝成本低；但其經濟壽命略短。
- (2)外加驅動電路(Driver Outside)：燈管需外接驅動電路點燈，通常搭載全新燈具呈現，燈具內含燈管專用電氣迴路，燈具整體電氣特性與發光效率較佳，使用壽命相對較長，但初期投資成本較高。

表 5.5-1 LED 燈管特性比較表

	形式一	形式二
驅動電路	內置型	外置型
燈具本體	沿用既有燈具	新燈具
電氣迴路	小幅修改	新配置
發光效率	略差	較佳
初期成本	較低	較高
經濟壽命	略短	較長

2.LED 燈具特性

長久以來，消費者使用習慣對螢光燈管較為熟悉，故 LED 應用也以採燈管模式對於使用者具有一定程度的熟悉感。如圖 5.5-1 所示傳統螢光燈(T8/T5) 為 360°全周發光，LED 燈管則大都為 120°單向朗伯特(Lambertian)出光。大多數廠商為了降低生產成本皆將自家公司 LED 燈管搭配既有傳統螢光燈具上市，或直接用 LED 燈管汰換螢光燈管，燈管出光無法切合燈具配光曲線，失去 LED 燈具應有之優勢。雖然 LED 光源之發展突飛猛進，然而燈具之應用觀念則尚待更新，故 LED 燈管應搭載專屬其特性之照明燈具。

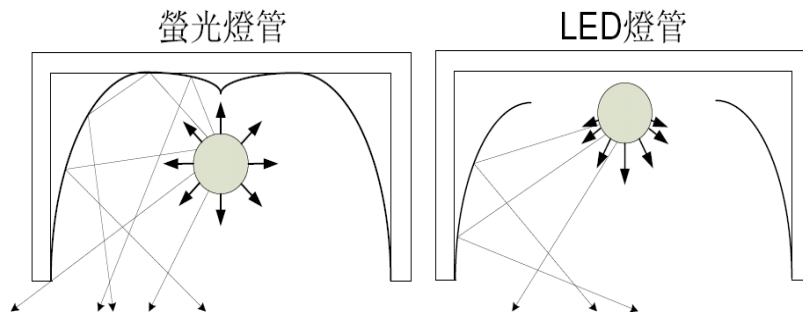


圖 5.5-1 螢光燈與 LED 燈管光學特性比較圖

由於 LED 燈管單向發光之因素，故 LED T-BAR 燈具通常具備較佳之出光效率(L.O.R>85 %)，其光束利用率較傳統螢光燈具提升 20 % 以上；然而採用傳統螢光燈具組裝而成之配光曲線將如圖 5.5-2 所示，其光型通常呈現角度窄小且中央光強度過高之特性，故單一燈具之有效照射範圍過度集中。對於商辦照明這類的大面積空間，其工作面除需充足照度外更得兼顧配光之均勻性，若採用此類燈具進行設計，則需縮減燈具安裝間距，致使空間整體燈具數量大幅提高，也造成照明品質與耗電量無法同時並重之缺憾。

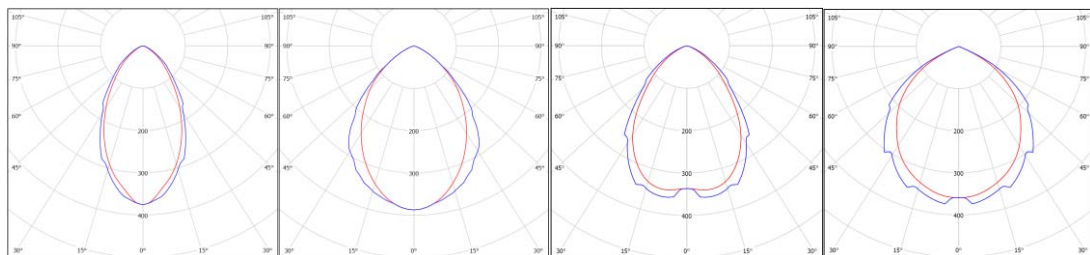


圖 5.5-2 市售 LED T-BAR 燈具配光曲線圖

圖 5.5-3 為採用 3 只 LED 燈管進行大面積均勻配光設計之燈具，利用反射率 82 %之鏡面鋁板材質重新設計反射罩所得到之 LED 燈具，並搭配 12 組防眩光格柵鋁片，燈具模擬之配光曲線如圖 5.5-3 所示，燈具出光效率 L.O.R 可達 91.8 %，且符合均勻配光曲線之能量分佈，整體照明器具效率為 70.6 lm/W，整體燈具耗能含驅動電路共 58.5 W。

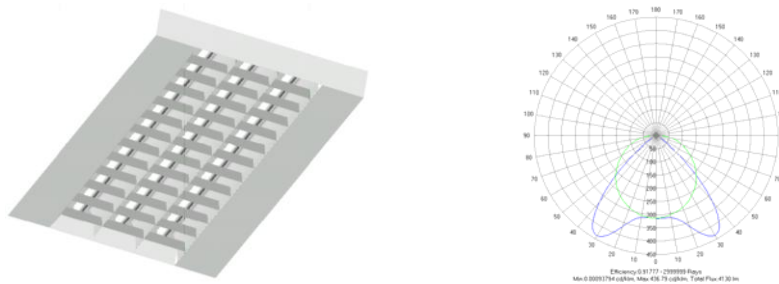
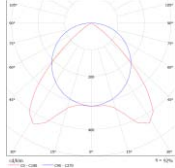
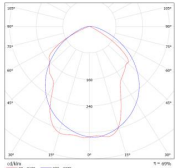
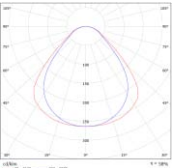


圖 5.5-3 燈具立體圖及燈具輸出配光曲線

表 5.5-2 與圖 5.5-4 所示為重新設計之 LED T-BAR 燈具與市售知名大廠所開發之 T5 與 T8 螢光燈具作為對照組綜合分析，由 3 組燈具之等照度圖評比其均勻照射區域 ($>0.5 E_{\max}$) 面積，其中 LED 燈具約為 $8.97 \text{ m}^2 (E_{\max}=350 \text{ Lux})$ 、T5 燈具僅約 $4.9 \text{ m}^2 (E_{\max}=613 \text{ Lux})$ 、T8 燈具則約 $6.21 \text{ m}^2 (E_{\max}=660 \text{ Lux})$ 。藉由光學評估可知，經重新光學設計之反射罩可大幅提昇有效照射範圍；市售雖然也取得節標產品的參照 T5 或 T8 燈具，僅於正下方得到最大照度，而工作面之照度分布將劇烈衰減。因此 LED 燈具必須有其專屬照明設計之燈具，產生類似蝙蝠翼狀(batwing)的配光曲線，才可以發揮真正節能減碳的目的。

表 5.5-2 燈具特性分析比較表

照明品質	LED 燈具	T5 燈具	T8 燈具
配光曲線			
初始光通量 (lm)	$1,500 \times 3 = 4,500$	$2,550 \times 3 = 7,650$	$3,350 \times 3 = 10,050$
燈具效率 (%)	91.8	69	58
有效光通量 (lm)	4,131	5,279	5,829
燈具耗電量 (W)	$16 \times 3 + 10.5 = 58.5$	$28 \times 3 + 6 = 90$	$36 \times 3 + 12 = 120$
照明器具效率(lm/W)	70.6	58.7	48.6

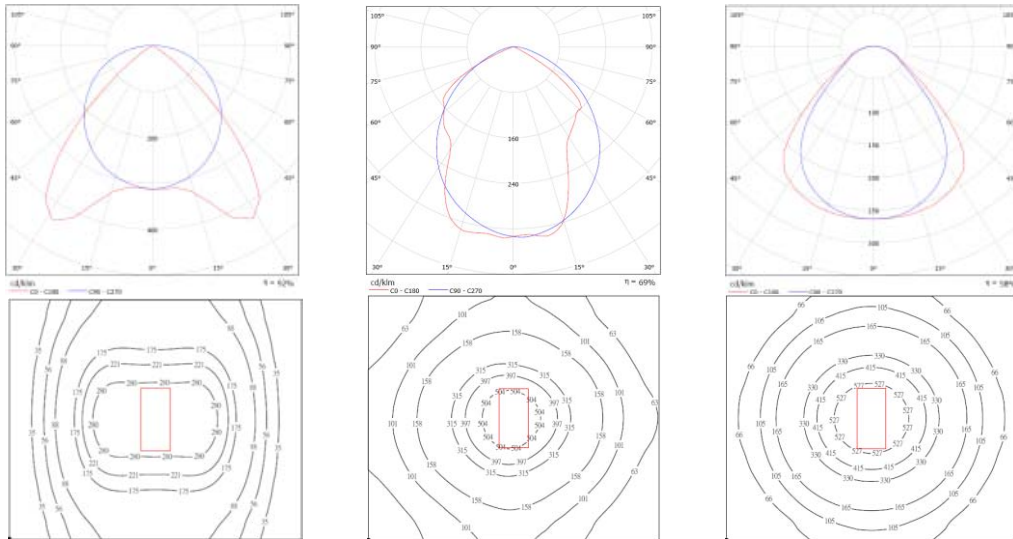


圖 5.5-4 燈具配光曲線與等照度圖(左:LED、中:T5、右:T8)

藉由一個樓板面積為 146.64 m^2 的辦公室作為模擬環境，如圖 5.5-5 所示共安裝 18 盞燈具，燈具安裝間距採 $S_a=3.6 \text{ m}/S_b=2.4 \text{ m}$ 之排列。其照明品質整體效能如表 5.5-3 所示，其中 LED 燈具為 541 Lux(均勻度 0.697/用電密度 $7.37 \text{ (W/m}^2\text{)}/\text{UGR 眩光 18}$)、T5 燈具為 695 Lux(均勻度 0.581/用電密度 $11.08 \text{ (W/m}^2\text{)}/\text{UGR 眩光 15}$)、T8 燈具則為 769 Lux(均勻度 0.592/用電密度 $14.73 \text{ (W/m}^2\text{)}/\text{UGR 眩光 17}$)。

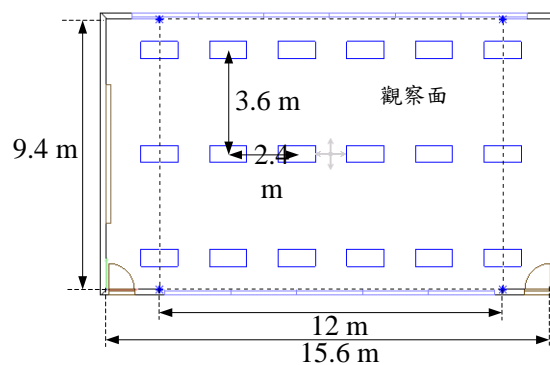


圖 5.5-5 燈具性能評估空間示意圖

一般而言，辦公室或學校教室照明之照度規範大多訂定為 500 Lux，然而以 LED 燈具的照明均勻度與單位用電密度表現最佳，在相同燈具數量之條件下，T8 燈具之耗電量比 LED 燈具多出 1 倍。

近年來空間對比均勻度（最小照度/平均照度）逐漸受到重視，由於 LED 燈具可輸出均勻配光曲線，對比均勻度可達到 0.593，提供整體空間相當舒適之照明光環境。對照之 T5 與 T8 螢光燈具，由於其輸出配光不佳，為了追求良好之照明均勻度，反而必須過度設計與裝設燈具數量，往往使得空間照度偏高，產生照明耗電量增加之情況。因此 LED 照明燈具的選擇應考慮具有均勻配光之 LED 燈具，才能提供良好之照明品質，並達到節能減碳之功效。

表 5.5-3 各類燈具整體性能效益評估表

	照明品質參數	LED 燈具	T5 燈具	T8 燈具
觀察面	平均照度(Lux)	541	695	769
	最小照度 (Lux)	377	404	455
	最大照度(Lux)	638	975	1,001
	最小/平均	0.697	0.581	0.592
	最小/最大	0.593	0.414	0.455
	用電密度(W/m ²)	7.37	11.08	14.73
	統一眩光等級(max)	18	15	17

5.5.2 LED 燈管與平板 LED 燈具的比較

平板 LED 燈係在燈盤底板上裝設 LED 發光模組及驅動電路，因此其發光的配光曲線仍是朗伯特(Lambertian)出光的圓形，經過燈罩後的配光曲線也是朗伯特(Lambertian)圓形出光，因而應用此 LED 燈具在大面積照明時，將會產生和前述 T5 及 T8 螢光燈具同樣的問題，即配光的不均勻，也會造成單位用電度偏高的不合理現象，目前市場上的平板燈都只能做到朗伯特(Lambertian)出光，如果要使用在大面積，必須將裝燈高度提高，才能提升照度均勻度，但又將平均照度拉低，無法符合基本照度要求，這種照明參數間的互相牽制

衝突，造成 LED 平板燈盤只能使用在小區域局部照明，並不適合使用在大面積的均勻照明。此外，目前 LED 平板燈盤一體成型，內部的零組件故障或損壞，缺乏零組件更換的維修概念設計，也缺乏零組件備品概念，只能整燈換新，並不符合環保的要求。相對之下，LED 燈管的故障更新較為容易，現階段的 LED 照明燈具仍以 LED 燈管型式的燈具較為方便與較具優良的照明品質。

5.6 LED 照明設備的選購與維護保養注意事項

LED 照明產品雖然壽命較長，但燈具很容易受環境影響而積塵髒污；天花板、牆壁的顏色、反光條件與積塵等也會影響被照面之照度，拉低整體光環境的照明效果；必須透過定期勤加清潔與整理，以維持燈具之高發光效率與被照面之實質照度。至於清掃燈具之的間隔週期，可參考下表 5.6-1，表 5.6-2 所示為國內外諸著名照明專業廠家實驗與評估其產品後所建議之定期清掃週期間隔。

燈具內的光源自然有其壽命，過去更換螢光燈管，LED 照明產品則會受到燈具內結構的不同，而有其維護方式。LED 球泡燈都是燈泡內含發光模組及安定器，不論是光源或安定器的損壞，都是整個燈泡汰換，這並非真正的環保設計。LED 燈管則分為電路內藏型及外置型兩大類，內藏型如同於 LED 球泡燈一般，無法僅更換故障的發光模組或安定器電路板；外置型則係將發光模組及電路分開，類似傳統的螢光燈管與安定器，可以僅更換故障零組件，對於目前相對較為短命的電路板更換或因應 LED 發光效率的提升而有升級發光模組的需求，電路外置型絕對是較為符合環保的方式，但這有賴於照明產業加速模組化、規格化的腳步，才能落實綠能環保的 LED 照明。至於平板型 LED 燈盤，則在燈具內部是平板的發光模組，最好也能將電路

單獨分立成模組化零組件，才有利於維護保養；目前產業界尚未認真思考此一問題，只為搶先機的思考邏輯，並不實際也對消費者不合理。

總之，LED 燈具的選用及安裝應考慮未來清潔燈具、光源燈管換裝之方便性。基本上，照明燈具的維護與汰換可循下列重點參考辦理：

- (1) 定期擦拭燈具、光源燈管，以避免污染物之累積而降低燈具之照明效率，並依環境落塵量多寡來決定燈具之清潔週期(1 個月~1 年)。
- (2) 由於光源的自然光老化會使照明品質降低，但同時更換也不符合例行性經常費的編列，因此宜分批更換光源，以維持應有亮度及節約電能，並可節省燈管更換之人工費用。
- (3) 照明產品或光源燈管之經濟壽命係指新燈管使用至光束衰減為額定輸出光束 70 % 的時間(稱為 L_{70})，超過經濟壽命之光源，不僅光束輸出劇降，照明效率不佳且浪費電能，因此宜參考光源廠商之產品型錄，在燈管經濟壽命將至之前，定期分批更換光源燈管，即便此時 LED 燈管尚可點燈，但並不適合仍作原用途，例如室內閱讀光源，最好替換下來改作為其他非閱讀之用例如走廊或其他處所。
- (4) 更換期限(年) = 燈管經濟壽命(小時) / 每年點燈時數。例：一般辦公場所每年點燈時數約 2,500 小時，LED 燈管經濟壽命約 30,000 小時，則 LED 燈管更換期限約 4 至 8 年，若 LED 燈管光衰嚴重或不亮時，則可提早更換。

但以目前 LED 的發展進程來看，幾乎每年光效有 10 % 提升空間、而價格又降 10%，因此在 2015 年前，業界反而認為可能 3 年後，消費者就會因可以用較 3 年前更低的價格買到更亮 30% 的 LED 新光源，因而加速汰換舊有 LED 照明產品，反而更節能。因此 LED 產業的模組化及規格標準化的工作才是未來 3 年內迫切整合的要務。

表 5.6-1 定期清掃間隔建議時程

場所	乾拭	水洗
多塵埃的地方	1 星期	4 星期
少塵埃的地方	2 星期	8 星期
塵埃極少的室內	4 星期	16 星期

表 5.6-2 不同光源最經濟清掃的預估時間

周圍環境	清掃容易度	LED 球泡燈	LED 燈管	螢光燈
清潔	容易	5-15 個月	4-10 個月	2-6 個月
	普通	15-20 個月	8-12 個月	6-9 個月
	困難	20-25 個月	12-15 個月	9-12 個月
普通	容易	3-10 個月	3-8 個月	2-5 個月
	普通	10-12 個月	6-9 個月	5-7 個月
	困難	12-15 個月	8-10 個月	7-9 個月
非常易污染	容易	2-6 個月	2-5 個月	1-4 個月
	普通	6-9 個月	3-6 個月	4-6 個月
	困難	9-12 個月	6-9 個月	6-8 個月

第六章 用電場所照明規劃與設計之建議

本章主要舉例用電場所照明佔比較高之量販店及超市、百貨門市、旅館與飯店照明系統，進行合宜的節能規劃設計，選擇可配合消費者消費行為之 LED 理想燈源，除提供舒適的照明品質環境外，並需重視照明設備之合理選用、高效率及節電功能等。

6.1 商業空間照明設計

6.1.1 商業展示空間照明設計的重要特性

1. 裝飾性與藝術表達：

商業展示空間（百貨門市、量販店、超市、飯店、旅館等）照明設計上需要更多的裝飾性與藝術表達，使得建築與室內環境更為協調及美觀。

2. 營造空間氣氛及強化環境特色：

光伴隨人類初始至今，人們已習慣於在有光線的空間區域活動，光讓整個世界生動起來，讓人感覺到希望與溫暖，因此空間照明設計需有營造空間氣氛、強化環境特色的功能。

3. 塑造商業展示主體形象：

商業展示空間的照明不僅是用來照亮商品，尚需確定整個展示空間的室內設計風格與特色、塑造商業展示主體形象。



圖 6.1-1 展示空間採用 LED 光源形成照明層次【36】

6.1.2 商業展示空間的照明設計要旨

1. 表達展品的形象特色：

商業展示空間是以招徠顧客、詮釋展品、宣傳主題為意圖的，所以其整個室內照明設計需要有個性化、風格化的特色手法。

2. 吸引顧客的注意力：

由於商業展示空間很明確，照明系統產生的明亮奪目的光線，重要的一個意圖是招徠顧客或吸引消費者視線。

3. 重點商品特色化的展示性照明：

通常對商業空間內所有的商品須都能提供有效的基礎照明，再針對一些重點商品（如新產品、經典產品或特價商品等）設計出整體層次感與特色化的展示性照明。

4. 導引和照明的作用：

作為商業展示空間照明設計應為消費者的參觀路線富有導引和照明的作用，並為其後的購買行為提供合適的作業照明。如果條件允許，可以考慮透過直接引入自然光來增加室內的採光，這樣既經濟環保，光線也自然柔和。

5. 垂直面照明效果：

商業展示空間照明與其他類型建築照明，主要區別在於展示商品針對垂直面及水平面來進行考慮。因此，在照明設計上要避免過度集中下的投射光，如鹵素燈源的下射式照明，以免光束很容易但過度集中在水平面上；改用下照式 LED 燈源能形成足夠多的漫反射光，反而可產生良好的垂直面照明效果。

6. 品牌形象藝術性表達：

商業展示空間照明設計除了需要考慮功能性以外，更需要突出照明設計的藝術性表達，以此來強化環境特色，塑造展示主體形象，進

而達到吸引消費之目的。【11】

6.1.3 照明設計的藝術性表達手法

分層次照明的設計原則能讓人更容易理解照明設計，並落實照明所需要的整體性和美學效果。表達手法如下：

1.首先是環境光層次：

環境照明的任務是為室內空間提供需求光源，使人能在空間中活動，滿足基本的視覺辨識要求。對於商業展示空間來說，為強調展示空間本身的設計風格與特色，其環境照明一般採用隱蔽式的燈槽或鑲嵌燈具；而 LED 球泡燈和(條)帶型 LED 燈也因其較高的光效和較佳的可塑性而成為首選。有些展示空間如首飾展示空間為取得較佳的投射效果，刻意加大環境光源與重點照明的對比度，以此來強調商品、營造氣氛。

2.重點照明層次：

顧名思義，重點照明是強調、突出作用的，其主要目的是為了照亮物品和展示物，如藝術品、裝飾品、商品展示和標識等。目前具有可調光性之 LED 投射及軌道燈是其最常見的形式，LED 光源除了具有可調光性外，亦易於搭配展場空間上的位置及裝飾變化。另外，LED 光源之洗牆燈及聚光燈等也是常用的重點照明燈具。



圖 6.1-2 戶外採用 LED 光源形成照明層次【35】

3.作業照明層次：

因環境場所、工作性質的不同，對燈具和照度也有不同的要求，如專業畫室要求照度較高且柔和，不能產生眩光，對燈具的演色性也有較高的要求；而停車場、倉庫及庫房等場所，則對照明的光色要求較不高，其基本的原則是在滿足作業要求的前提下，盡可能減少能耗。就商業展示空間來說，其作業照明主要是考慮商品貨物的儲存、清潔工作、銷售等作業的順利進行。在很多此類空間的設計中，經常是在櫃檯的上方設置造型特別鮮明的 LED 吊燈，既便於作業，又能配合展示空間的特點，同時也為顧客提供了一定的導引功能。

4.裝飾照明層次：

裝飾照明，主要是以吸引消費者目光為目的，關於商業展示空間的裝飾照明，主要的重點如下：

- (1).燈具本身的空間造型及其照明方式；
- (2).光源本身的色彩及光影變化所產生的裝飾效果；
- (3).燈光與空間和商品材質配合所產生的裝飾效果；
- (4).其他特殊的、新穎的先進照明技術的應用所帶來的與眾不同的裝飾效果。

【11】



圖 6.1-3 服飾店採用 LED 光源形成照明層次

6.2 量販店及超級市場照明規劃設計

6.2.1 量販店及超級市場常見在照明設計上應注意須知

台灣地區量販店及超級市場賣場燈具形式及排列方式大致相同，如賣場照明採用 40 W、20 W 日光燈、省電燈泡及複金屬燈為主，招牌採用複金屬燈及鹵素燈投射燈。但由量販店進入室內停車場照明單位面積耗電 DUI 值約為 19~26 W/m²，各集團量販店賣場照度高達約 750~1,000 Lux，照明耗電大。經歷年能源輔導現場照明評估【3】，目前量販店及超級市場照明現況有七大缺失如下：

1. 密閉房舍建築，過度裝潢而減少開窗；造成天然採光不足，因此只好過度仰賴人工照明，增加照明的用電量。
2. 過度強調視覺效果與顧客心理導向，而大量使用便宜之螢光燈及鹵素燈做商品展示重點照明，此種光源光效低，電力損失偏高。
3. 整個營業空間常採用全般式照明設計與配置照明設備，無法突顯主要展示商品。
4. 對於照明設備的品質缺乏認識，且以價格考量，而使用低效率的放電燈光源及傳統鐵磁式安定器，電力損失偏高又有閃爍問題，此在許多量販店及超級市場中仍屬常見的型態。
5. 裝設便宜且低演色性的螢光燈，不利營業氣氛的營造。
6. 量販店電扶梯區採光足，但無合理配合採光來控制點燈數量。
7. 缺乏照明系統的控制觀念，偏高的照明水準是否可於適度時段做適度的降低照度水準，向來缺乏檢討與建議，形成能源不必要的浪費。

6.2.2 賣場照明系統結構須知

以一般性商品銷售為主之量販店(或超級市場)，其照度水準較高，容易與人明亮的舒適感，吸引買氣；而較低照度的超級市場，或許基於營運成本考量，減少照明支出，但若參考顧客流量，則照度也隱約與營業額有關聯，故量販店的照度若要訂定一個合理的數值，顯然尚有困難及難以執行之處。



圖 6.2-1 超市全採 LED 光源實景

對既有照明系統照度及用電量偏高者，為省電及延長照明燈源壽命，目前已有多數廠商採行 LED 照明光源，降低照明供電用量，約可減少 50% 以上的照明用電，設備約 1~2 年半就可回收，值得業者自行評估參考。

6.2.3 理想賣場照明規劃設計重點

理想量販店及超級市場賣場的照明規劃設計，應該兼顧營業需求及節能，故應朝向適度之天然採光，以減低人工照明的能源消耗：

1. 天然採光設計：採光井與玻璃帷幕牆的設計，均可以產生必須的天然光線照明效果，但應隔離太陽輻射熱，以免增加冷氣負荷。

2. 輻射熱的隔離：可以使用隔熱玻璃、窗簾及室外遮陽篷，以減低輻射熱進入室內，增加空調負荷。
3. 挑高樓層與通風空調規劃：加速空氣之對流，以減少熱負荷之累積，適度降低環境溫度，可以延長燈具及光源壽命。
4. 照明光源的審慎選擇：配合營業需求及商品特色，選擇省能高效率的 LED 照明光源，搭配高性能電子驅動器，可以發揮高照明品質的效果，並兼顧節能及電費支出。

6.2.4 賣場照明系統規劃設計應注意事項

隨著社會經濟的變化，必須敏感地抓住消費者的心理，滿足顧客的欲望，也就是以顧客為主體來設計照明。講求配合消費者消費行為，除提供舒適的購物照明品質環境外，亦需重視照明效率及節電功能。因此照明應注意事項為照明節能有關之消費行為分析、照明結構、照明狀況、照明光源及燈具選用方法、光源的選用準則、燈源的使用、照明燈具的考量、建築照明之節能規範概要、理想賣場照明規劃設計、照明控制方式、照明設備的維護保養與汰換、及照明改善整體節約能源效益等。

6.2.5 賣場照明節能規劃設計建議

1. 適度引進天然採光：

理想量販店及超級市場營業場所的照明規劃設計，應該兼顧營業需求及節能，故應該朝向適度引進天然採光、採光井與玻璃帷幕牆的設計，均可以產生必須的天然光線照明效果，以減低人工照明之需求。利用照度開關，配合自然採光，節約照明用電。依 CNS 標準【4】停車場一般照明為 75 Lux，故建議白天採光情況甚佳，可裝設照度控制開關，於白天 08:00 至 16:00 可關燈，利用自然採光，減少燈具燈管損耗及照明用電，全年晝光利用率應可達 65%。

2.採用新世代高效率環保光源與燈具：

- (1) 配合營業需求及商品特色，審慎選擇省能高效率的 LED 照明光源，搭配高性能電子驅動器，可以發揮高照明品質的效果，減少燈具的需求，並兼顧節能及電費支出。如採用 LED 燈具，將可節省照明用電 50% 以上。
- (2) 依 CNS 照度標準合理化檢討匹配合適之 LED 高效率日光燈管，效率高，比傳統螢光燈約高 5~20 % 以上、演色性好（平均演色性 $R_a=85$ ，普通螢光燈 $R_a=80$ ），可以達到高演色性及色澤鮮麗的效果，提高物品之價值感與鮮度感，且平均壽命可達 30,000 小時以上。新型之 LED 燈管，其燈管效率已達 80~100 lm/W，比傳統螢光燈管 80 lm/W，又提高 20 % 以上。
- (3) 賣場日光燈具採逐步汰舊換新方式，將傳統式 OA 發光燈具以高功率電子式 LED 燈具取代，可減少照明耗電約 50 % 以上，並降低空調負荷。
- (4) 基礎照明則應採高效率 LED 型照明燈具，以平板型 LED 燈具或低眩光 LED 燈管燈具為佳，既可以產生足夠的照度與視覺感，又可以遮蔽刺眼眩光，最為適宜。
- (5) 商品重點照明使用之鹵素燈可以小瓦數 LED 燈取代，LED 燈耗電量為鹵素燈的 1/10，平均壽命為 8 倍。LED 燈光源壽命長（30,000 小時）比傳統的石英鹵素燈提升了 50%~90 %；發光效率更高（ >80 lm/W），其光效比鹵素燈、白熾燈提升了 6 到 9 倍，是一種集優秀的光色性能和高發光效率於一身的新型光源；LED 燈源從使用起，直到使用壽命終結(L_{70})，其色溫變化在 200 K 之內，可穩定地輸出；LED 燈源的流明維持率在 90 % 以上，光源幾何尺寸更緊湊，由於其發光體積小，更有利燈具的設計，對燈光的控

制亦更為方便。小瓦數 LED 燈在商業照明運用可省電 50 % 以上，且光源更加搶眼出色。

- (6) 目前 LED 發光效率約 80~100 lm/W，已可取代傳統光源日光燈，目前價格逐漸趨近於市場可接受值，因此照明應用設計時，亦可當做全般照明使用，目前 LED 應用於各色各樣商品陳列，大部份以局部輔助照明為主，外牆招牌用 LED 省電、醒目、安全又長壽命；賣場外牆輪廓照明是應用 LED 色彩多變化、高輝度展示應用的最佳場所。

3.燈具吊掛高度與燈具選用：

- (1) 燈具吊掛高度在 4m 以下者：可採用平板型 LED 燈具，但目前國內的量販店基於成本考量，大部份均為無格柵板的開放型螢光燈具，造成眩光光害並非良好的照明品質
- (2) 燈具吊掛高度 4m 以上者：原採用低輝度高瓦特複金屬燈，現已可改採用新光源 LED 燈（在照明環境不變，光源數量不變下），可減少燈具數量投資及維護費，並可節電 50 % 以上，光效增強 37 % 以上。LED 燈壽命平均可達 3 萬小時，減少燈管更換次數，更環保，更節能。其他可節省之費用諸如更換零件費用、維修人工費用等，以及減少工時中斷，進而提高經濟效益等等。【5】

6.3 飯店空間照明設計

照明設計為飯店工程興建中不可或缺的部分。本節綜合光源和照明燈具，對於飯店照明設計中之重點、區域場所的照明需求、光源和照明燈具的應用等做敘述探討。

6.3.1 飯店照明設計重點建議

飯店通常分為商務型和旅遊渡假型，商務型飯店通常都設在商業活動發達的都會區中，接待的是商務旅行的顧客，突顯著重於辦公、會議、商務宴會等功能導向；旅遊渡假型飯店通常則設在旅遊景點附近，特別強調的是渡假和休閒功能。從建築照明特點來看，飯店內部和外部基於功能所劃分的各類型空間，大致相同。因此，從飯店照明的需求角度，照明節能設計重點如下：

1. 普遍採用暖白色的光源

無論何種類型的飯店，營造出親切、溫馨和友善的氣氛，應該是其共同的訴求，而色溫 3000K 的光源所提供的照明環境，便能夠強化飯店的此一特性。

- (1) 基於人的視覺對色彩的溫度知覺和空間感的研究，色溫偏向橙或黃的色調相對於色溫偏向藍或紫色的色調，橙或黃色較使人感覺溫暖，感覺與我們較親近。
- (2) 這樣的視覺呈現，在心理層次的意涵等同於親切、溫馨、友善。

2. 不同類型光源的色溫具體分析

- (1). 以鹵素燈和 LED 燈為例。一只標示為 2700K 的鹵素燈和一只標示為 2700K 的 LED 燈，它們的色溫表現或許相近，但對光色的顯現即色溫感覺依然有些微的差異：由於它們的光譜組成不同，鹵素燈所散發出的光澤類似水彩顏料的鈷黃或鎘黃，色調均勻；而 LED 燈發出的光澤類似金黃，色彩有些清透。
- (2). 照明設計要有針對性地選擇光源類型，在色溫相同的條件下，要審慎考量在光通量、平均壽命上是否節能、便於維護。
- (3). 對飯店而言，節能和方便維護十分重要，目前 LED 型光源的

平均壽命約 3 萬小時（而鹵素燈只有它的十分之一），可以減少維修成本。

- (4). 關於節能和燈源壽命的問題，就目前國內的情形來看，可以結合天然採光來節約；並滿足顧客活動對於亮度的要求，而透過智慧控制系統則可適時地進行調光，以目前 LED 燈技術已可取代多種燈源並兼顧節能之功效。

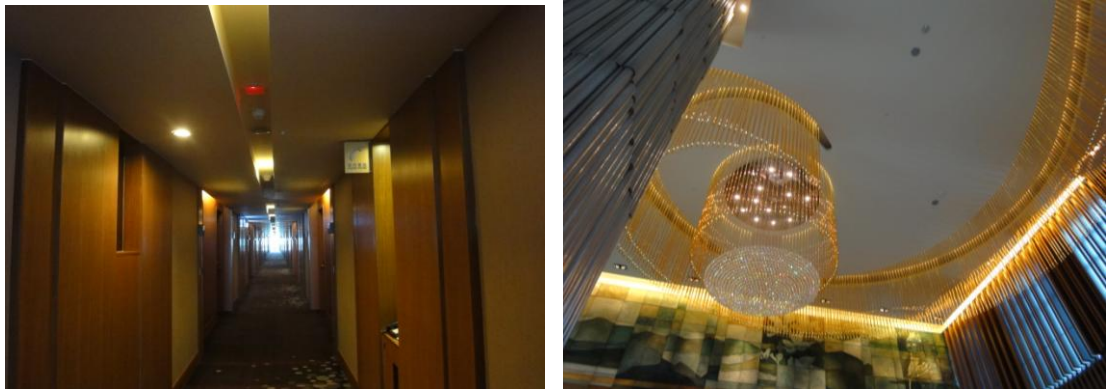


圖 6.3-1 飯店走廊及大廳採用 LED 光源實景

3. 色溫與照度的關係

利用照度和色溫的匹配關係，可細緻地營造適宜的空間氣氛。一般來說，色溫和照度應成正比例的搭配，即高照度、高色溫；反之亦然。國內飯店照明設計的習慣經常如此，色溫很高，但照度又普遍偏低，經常陷入“陰沉”的氣氛中。在照明的設計領域中，應多加的注意及重視。

4. 盡可能不採用間接照明方式

層板燈的設計目前已在各類型商業空間照明中被廣泛地使用，甚至有些泛濫。隨著光源、照明燈具製造技術的發展，採用直接照明的方式已經能夠避免不舒適眩光對於視覺的傷害，所以，除非裝潢特殊性的要求，否則，就應避免採用光效浪費嚴重且不便於維護的各類型層板燈源。

5.使用同樣色溫的光源

同一種場所區域，採用色溫一致的光源，可令光源在使用環境的色調一致。就飯店的照明設計而言，由於強調的不是衝突和特異性，所以，和諧的色調才符合飯店的特性。國內有些專業的照明室內設計公司，在這一論點上依然還有許多不同見解。比如說，某飯店內的設施項目及服務品質等方面均十分優異，但照明要是有下列問題：例如有的客房用冷白色光源；有的客房既有暖白色的光源，又有冷白色的光源，必然使人感覺到不舒適。

6.選用光通量高的照明光源與燈具

- (1). 選用經過改良設計、光通量高的照明燈具。實務面上經常碰到如下情況，原本光源所標示的總光通量很高，但由於選用了光輸出效率低的燈具，結果所呈現出的照度和實際完成以後，用照度計測量的結果相去甚遠。
- (2). 當對燈具廠商所提供有關照明燈具之效率參數、配光曲線等產生懷疑時，可委託有相關檢測設備的單位，進行驗證。

7.選擇合適的配光方式

針對飯店不同場所區域內的空間配置，應就配光曲線的光強分布、中心光強和半光強點等配光參數應加以區別，以避免交互干擾下的光通量損失。

- (1). 譬如，飯店大廳通常位於建築的裙樓層，天花板通常都很高，挑高 6m 以上是很常見的，因此選用光束角小、投光距離長的 LED 照明燈具，才不致於產生天花板很亮，而地面活動範圍卻亮度不足的窘境。
- (2). 反之，若在客房等天花板較低的區域使用這樣的配光方式，則可能呈現出地板很亮，而垂直面照度卻嚴重不足等問題。

8.光源的演色指數需求

- (1). 在國內的照明之設計實務上，一直對於演色性都不太重視，通常只強調在有辨色要求的場所才需要高演色指數之光源。但一般在人與人有較多接觸的場所，尤其是飯店，顧客能夠呈現出健康的膚色是非常重要的。
- (2). 演色性較好的光源，在同樣的條件下，可以在較低的照度產生足夠之視覺辨識效果，這並非強調演色性可以替代一部分照度，而是在視覺上可以有較清晰之效果。

6.3.2 飯店內部區域照明設計規劃須知

1.大廳空間

大廳空間主要有三部分的照明區域，分別是入口和前廳區域的照明。櫃台及顧客休息區的照明。飯店大廳作為該空間連續性的整體概念，從照明方式的角度分析，入口和前廳部分應同於大廳而採一般照明或全般照明；櫃台和顧客休息區照明則是局部照明。這些照明應該保持色溫的一致性，三個區域的照明通過亮度對比，可使飯店大廳這類公共空間，形成富有情趣的、連續且有起伏的明暗層次，從整體上營造出親切的氣氛。

(1) 入口處和前廳。照度要求：設計照度應達到 500Lux。色溫要求：2700~3000K 左右。色溫太低，空間感會顯得狹小；色溫太高，空間則缺乏親切感，且有雜亂喧鬧感，直接降低顧客的安逸與舒適感。演色性要求：Ra>85。較高的演色性，能清晰地顯現接待人員與顧客的膚色和各種表情，給顧客留下深刻且受重視的第一印象。關於配光設計：挑高若超過 6m，在天花板採用 LED 光源配合窄光角度的照明燈具，提供連續的、均勻的亮度。由於發光源不在人體的視野範圍內，所以燈具可以是開放式的。假設天花板到地面的距離是 6m，那麼它的配光曲線中心光源，應該不低於 500Lux；若挑高不超過 6m，

可以考慮採用帶狀或條狀 LED 型式燈源。用光影對比塑型：參酌歐美飯店照明設計的經驗，在入口處和前廳區域設計不同角度的投光燈，若以顧客進入飯店大門的方向為縱軸，那麼就可以在橫軸的兩端設計側光源，與天花板形成某一特定角度投向入口區域，這將有助於飯店接待人員、行李員以及顧客的形體表達，凸顯出立體感。

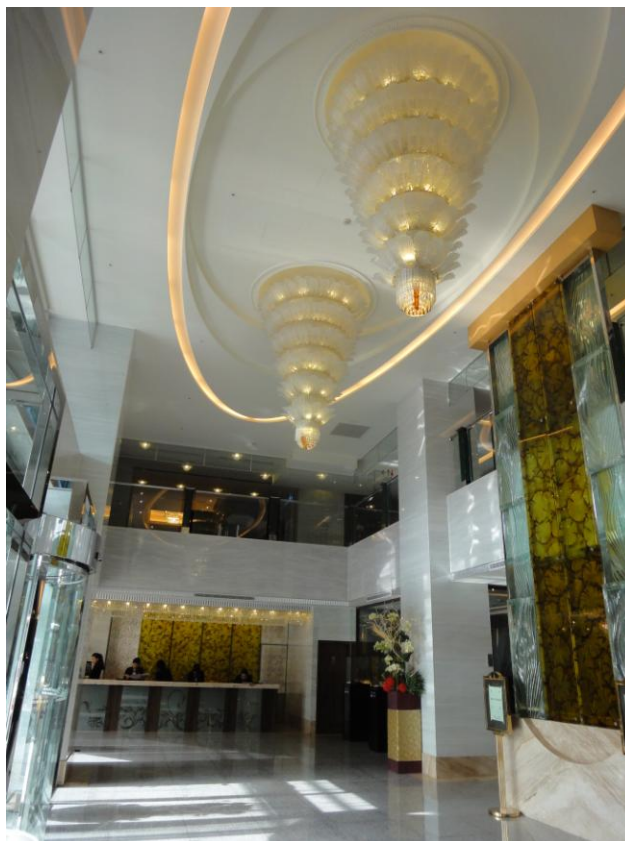


圖 6.3-2 飯店大廳採用天然光及 LED 燈源

(2) 櫃台。照度要求：一般以 300~500Lux 較高的亮度，突顯出櫃台的重要性，把顧客的視線很快地引向此處，另外，它還便於接待人員登記和收付款等工作處理。色溫要求：3000K 左右，盡可能與入口處和前廳保持一致性，進一步強化親切感的氛圍。演色性要求： $Ra > 85$ 。一方面是因為顧客和接待人員在櫃檯有較近距離的接觸，故需要健康自然的膚色呈現；另一方面，亦需要清楚地辨認所需的各種證件。

(3) 顧客休息區。照度要求：一般以 300~500Lux。照度太高，人體的視覺感較不安穩；照度太低，又顯得昏暗。色溫要求：3000K 左右。演色性要求：Ra>85。

2.餐廳

餐廳是飯店重要的照明區域。一般飯店通常設有中式餐廳和西式餐廳，這兩種類型的餐廳，由於在功能、用途上的差異，所以在照明設計上就要分別對待。

(1) 中式餐廳：常用於商務的或其他較為正式的宴會，所以照明的整體氣氛應該是謹慎、隆重、親切與友好的，它的照度要求，相較於西式餐廳，要高出許多；照度應該是均勻的，少有亮度對比所帶來的情緒變動；點狀式光源、條帶狀式光源或各種型式的 LED 燈源，均可滿足其良好的照明要求；為了使菜餚的質量和色調能夠顯現得更為生動好看，進而引起食慾，餐桌桌面的照明便是重點，最好用演色性高的光源在餐桌上方設置重點照明，若不能在每一個餐桌上方提供重點照明，那餐廳的一般照明的照度值就要設計得偏高些。另外，要對配光呈現給予高度關注，以使照明富有立體感。在餐廳照明設計實務中，我們用壁燈或若干 LED 投光燈來加以修正一般照明的平面化，強化照明對人的形體尤其是臉部表情和輪廓的呈現。

照度要求：一般照明的照度以 200Lux 為基準，重點照明則以 300~500Lux 左右為準，作為補充的側光源可採用 LED 光源，其中心光強度約在 150Lux 左右。色溫要求：3000K 左右，並且要求光色的統一與協調。演色性要求：Ra>90。

(2) 西式餐廳：西式餐廳常用於非正式的商務聚餐，或者是就用餐人之關係較熟悉和密切的用餐場所，所以它照明的整體氣氛應該是溫馨而富有情調的；一般而言，相較於中式餐廳照度水平會低許多；另外，由於用餐的非正式性，所以它可以不要求對於人的臉部和表情的照明需求；但餐桌桌面的重點照明依然要令菜餚生動亮眼，並且要

讓用餐者方便取用，所以它的演色性相對重要。

照度要求：一般照明的照度以 50~100Lux，重點照明 100~150Lux，若有側光源，可採用 LED 光源的光束到達被照明物後，加以中心光強之光源補足。色溫要求：3000K 左右，並且要求光色統一協調。演色要求：Ra>90。



圖 6.3-3 採用 LED 燈具餐廳空間示意圖【9】



圖 6.3-4 採用 LED 燈具餐廳空間示意圖

3. 客房空間

飯店客房應該像家一樣呈現出寧靜、安逸和親切感；此乃是客房空間之典型需求基礎。

(1) 照度要求：一般照明以 50~100Lux 為基礎，客房的照度較低些，用以呈現靜謐、休閒甚至慵懶的特點；但局部照明，比如梳化妝鏡前的照明，床頭閱讀照明等應提供足夠的照度，這些區域可以 300Lux 的照度提供；最易被忽略的是辦公桌的書寫照明，目前也有飯店提供書寫檯燈（通常是用裝飾性立燈代替）給住房顧客。

(2) 色溫要求：在臥房用 3500K 以下的光源，在浴室用 3500K 以上的光源。在臥房需要暖色系光源，在浴室則需要高色溫光源，用以顯現其清潔和乾爽度。

(3) 演色性要求：宜 $Ra > 90$ 。較好的演色性，能使客人增加自信，感覺舒適良好。



圖 6.3-5 全採 LED 燈具飯店空間示意圖【10】

4.小結

人們在選擇飯店時通常是基於整體形象、舒適、設施、位置、星級和價格等因素，每一家飯店的形象都有其獨特之處，並努力於將其特性傳遞給顧客。照明設計強化了飯店的特點與形象。因此，選用合理節能的照明光源對於飯店來說極為重要。【31】

第七章 國內照明節能潛力分析

整個世界的趨勢，照明科技將圍繞者「省能」、「環境保護」與「優質光環境社會」等三個課題，繼續研發新技術與建立舒適環境。整體照明系統發展方向，應結合「技術研發」、「人才培訓」、「產品驗證」與「前瞻研究」等做全盤性考量。故本章將概略敘述我國 LED 產業之推動策略與節能潛力分析。

7.1 國內未來重點技術推動策略概況

基本上從技術面、法規面、驗證檢測面、產品面與教育推廣面等構面切入，以系統性提供照明節能技術之完全解決方案。策略上，將開發商業用照明燈具與配合之控制系統，以汰換目前傳統白熾燈、鹵素燈以及水銀燈等低效率燈具，節能潛力在 30~75%。其次，積極發展 LED 照明光源，LED 為 21 世紀最被看好的光源，利用它效率高、體積小、豐富顏色、反應快、控制容易以及壽命長等優點，目前應用在投射、標示、戶外景觀、建築物及商品照明已經展現優勢。

以現階段 LED 光源取代鹵素燈以及白熾燈等，已可達到 70% 以上的節能效益，不過要達到這項訴求唯一要克服的是成本。另建立白光 LED 光源技術，從高功率大面積場合以及環保兩方向著手，以奠定照明節能基礎。此外，為減少電能使用，應加強晝光照明利用以及太陽光電照明等新能源照明技術，並配合奈米技術來提升照明器具的效能與人性化應用。

照明燈具的造型、結構與材質將影響未來燈具設計的方向，更是創造視覺景觀效果的核心所在。因應 LED 照明產品的多樣化，彈性生產將有助於生產線之機動性，少量而多樣化的生產模式，利用自動化與生產流程彈性化，配合物料管理系統，以配光曲線導向之電腦化設計及模擬，將可改良燈具配光性能，提升競爭力。由於照明系統受人類心理、生理以及照明器具的物理效率之綜合影響，所以節能空間

非常高；國外在能源限制下，由法令限制照明能源的使用，仍能擁有良好照明效果與光環境，關鍵之一為照明設計的能力；因此，將照明設計推廣、人才教育及驗證納入體系，以提升國內照明水準品質及效率，為照明系統節能重要一環。推動具體策略與措施，包含研發、自願、強制以及誘發性措施等。

7.2 我國節能照明重點發展時程

7.2.1 短程計畫(2009 年-2015 年)

近程計畫重點有優質照明教育推廣及高效率照明系統技術、高效率室內用 LED 照明燈具設計開發、晝光照明系統研發及標準研訂、陶瓷複金屬燈技術、高效率白光 OLED 光源、泛用型複金屬燈電子式安定器開發、高性能複金屬燈電子式安定器與量測技術、LED 照明系統發光效率達 120 lm/W、LED 元件及照明模組實用化等。

7.2.2 中程計畫(~2020 年)

中程計畫的研發項目包含建置國內照明設計環境、晝光照明控制系統應用推廣、晝光照明節能評鑑技術、推廣高效率照明及照明專業技師認證；照明用白光 OLED 系統技術及應用；智能化低眩光燈具；LED/OLED 產品標準與驗證、LED 照明晶片發光效率 200 lm/W；實現照明整體系統產品效率目標 150 lm/W。

7.2.3 長程計畫(~2025 年)

在 2025 年之後，照明系統與元件技術在法規標準的限制下，將達到晶片光源發光效率 250 lm/W。因此，研究的方向以節能、環保、滿足使用者便利為主，高效率舒適照明系統；無汞燈、白光 LED/OLED 照明；網路控制、高效率智能化控制系統，商用太陽光電照明系統應用，推廣新能源照明、以及人因工程照明系統示範推廣等。

表 7.2-1 照明技術發展時程【7】

目前(2009)	短程(~2015)	中程(~2020)	長程(~2025)
1.高效率照明技術			
無汞光源發光效率45 lm/W	無汞平面光源發光效率100 lm/W	節能無汞面光源發光效率150lm/W	環保平面光源發光效率220lm/W，壽命30,000小時
數位調光電子安定器	<ul style="list-style-type: none"> • 泛用型HID燈電子安定器，效率92% • 智能化數位式控制 	高效率智能化電子安定器	低成本、智能化照明控制系統
高效率燈具	低眩光高效率燈具：效率90%、UGR19	平面照明產品技術	優質高效率燈具
2.LED 照明系統			
白光LED 光源光效120 lm/W	白光LED 光源光效170 lm/W、壽命30,000小時	白光LED 光源光效180 lm/W	白光LED 光源光效250 lm/W
LED照明光電模組及燈具	<ul style="list-style-type: none"> • 標準化光電模組：室內用、屋外型 • 高可靠度驅動電源：壽命35,000小時 • 節能優質LED照明燈具 	<ul style="list-style-type: none"> • 低成本高效能燈具 • 模組化照明系統 	<ul style="list-style-type: none"> • 節能、環保 • LED照明系統
LED照明標準	<ul style="list-style-type: none"> • LED照明標準：模組、路燈、顯示幕 • 國際認證實驗室 	LED照明產品標準	
LED照明示範推動	<ul style="list-style-type: none"> • LED 照明產品節能標章 • LED 道路照明示範 	LED照明應用普及化	
3.晝光照明及能效管制			
白光LED 光源光效120 lm/W	白光LED光源光效170 lm/W、壽命30,000小時	白光LED光源光效180 lm/W	白光LED光源光效250 lm/W
LED照明光電模組及燈具	<ul style="list-style-type: none"> • 標準化光電模組：室內用、屋外型 • 高可靠度驅動電源：壽命35,000小時 • 節能優質LED照明燈具 	<ul style="list-style-type: none"> • 低成本高效能燈具 • 模組化照明系統 	
LED照明標準	<ul style="list-style-type: none"> • LED照明標準：模組、路燈、顯示幕 • 國際認證實驗室 	LED照明產品標準	

7.3 LED 照明節能燈具優勢條件及對節能推廣之影響

7.3.1 LED 照明設備

LED 照明發展至今，除了公共照明應用外，也應用在一般家庭照明，市面上已經開始流通許多商業與家用之 LED 節能燈具，價格略比一般傳統光源要高，但具備相當的節能效益。在節能環保的前提下，替換目前所使用的鹵素燈泡、白熾燈泡或是省電燈泡，將是 LED 照明節能燈具的未來優勢。

目前一般商業室內照明，主要仍以鹵素燈泡與省電燈泡為主，LED 燈泡仍屬少數。以目前市場上的 LED 燈泡為比較基礎，比較相近亮度的鹵素燈泡、省電燈泡與 LED 燈泡，LED 燈泡的發光效率最好，每瓦發光效率可達到 80 至 100 流明以上，其次是省電燈泡，一般產品每瓦可達到 60 流明，至於發光效率最差的鹵素燈泡，發光效率僅為每瓦 15 流明。另外壽命方面，鹵素燈泡的壽命約為 2,000 小時，省電燈泡可達到 6,000 至 10,000 小時，LED 燈更可高達到 30,000 小時，壽命為省電燈泡的 3~4 倍(如表 7.3-1 所示)。單就省電角度來看，LED 燈確實比鹵素燈泡與省電燈泡更加節省能源。

表 7.3-1 常用光源(球泡型)汰換參照表

光源類型	LED 燈泡	省電燈泡	鹵素燈泡
耗功(W)	8	13	42
流明(lm)	650	780	1050
色溫(K)	2700	2700	2700
演色性(Ra)	85	84	100
壽命(h)	30,000	8,000	2,000
電源(V)	110	110	110
燈座型式	E27	E27	E27

國內各式商業場所在初期照明設計規劃時，常因考慮燈具光衰、灰塵覆蓋造成亮度降低及燈具配光效果等因素，故燈具在使用上容易過量設計。例如百貨公司，因商品陳列密集，店內又採全般照明設計(1000Lux 以上)，故日光燈具在排列方式上相當密集，以致實測店內初期照度高達 1200~1500Lux，約過量 20~50%(照明用電 20~50%浪費)。在不影響照明需求使用條件下，適當汰換為 LED 節能照明燈具以降低店內照度及照明用電，而後隨照度降低再調整照明輸出，可控制賣場照度達合理範圍，以減少不必要之能源消耗。

7.3.2 改採 LED 照明節能燈具對於國內耗電之影響：

依 2011 非生產性質行業能源查核年報資料統計，照明用電占建築整體用電約 6~34%，如圖 7.3-1 所示，可知提升照明用電效率之重要性。

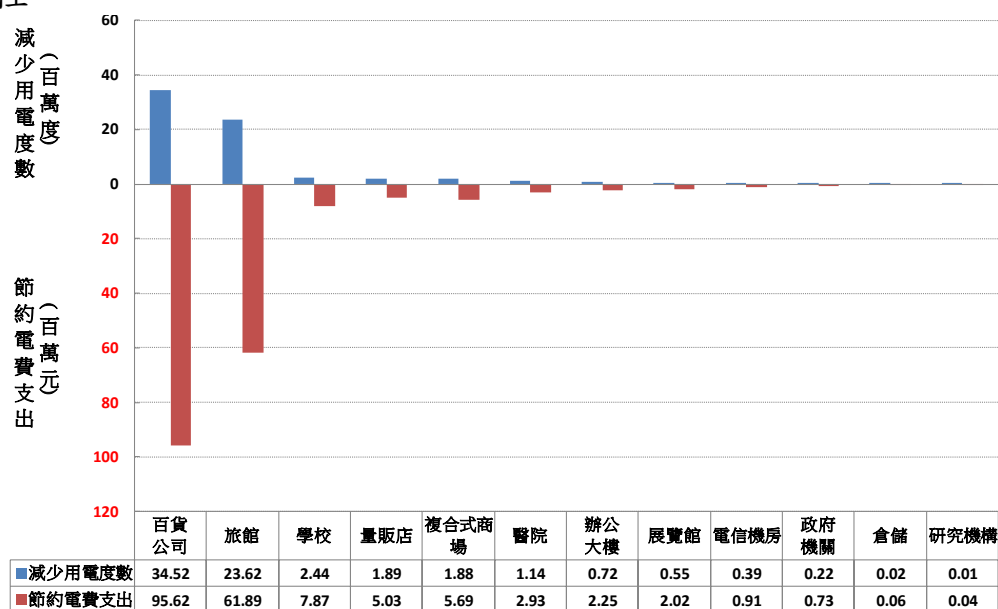


圖 7.3-1 大用戶各型式燈具裝置容量(kW)比例統計圖

7.3.3 鹵素燈泡改採 LED 燈泡之節能潛力分析：

根據 2011 非生產性質行業能源查核年報資料統計如圖 7.3-2 可知鹵素燈泡占總照明燈具裝置容量 4%，因 LED 有省電、壽命長及體積小等優點，若能多採用 LED 燈泡，整體可節約照明用電 6,700 萬度電、節約電費支出 18,300 萬元，其又以百貨公司之節能潛力最大。

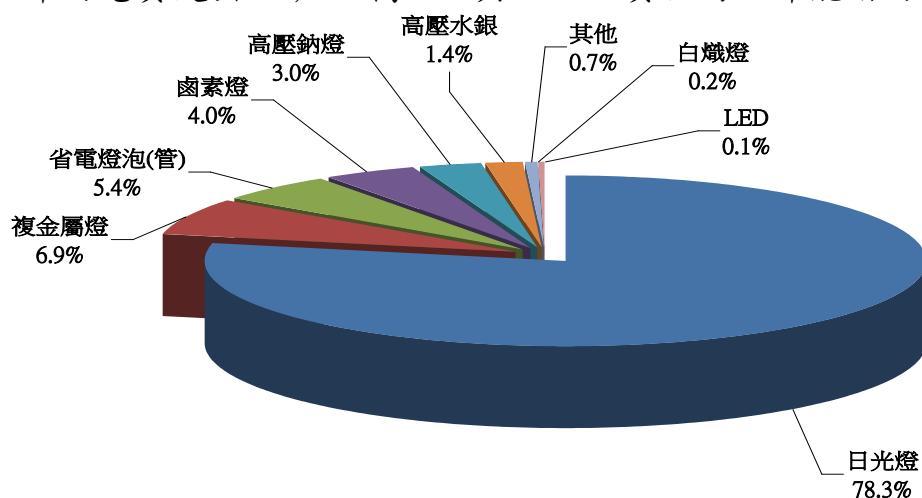


圖 7.3-2 大用戶鹵素燈泡改採 LED 燈泡之節能潛力

7.3.4 白熾燈泡改採省電燈泡或 LED 燈泡之節能潛力分析:

根據 2011 非生產性質行業能源查核年報資料統計可知白熾燈泡占總照明燈具裝置容量 0.2%，因先進國家紛紛訂定淘汰白熾燈泡時程，我國於 2010 年公告 7 種行業禁用 25W 以上白熾燈泡及 2012 年底停止販售 25W 以上白熾燈泡，若能採用省電燈泡或 LED 燈泡，則整體可節約照明用電 5 百萬度電、節約電費 1 千 2 百萬元，其中又以旅館節能潛力最大，如圖 7.3-3。

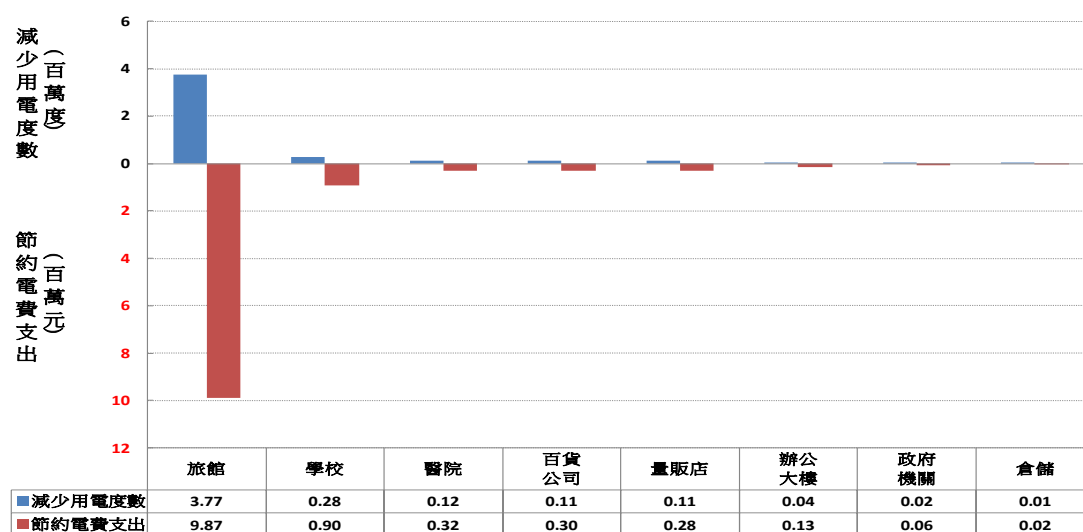


圖 7.3-3 大用戶白熾燈泡改採 LED 燈泡之節能潛力【1】

7.3.5 LED 照明產業之市場潛力分析

台灣 LED 照明產業，經過 30 多年的努力，目前成為世界產量第一，產值達千億，尤其是在 LED 磊晶及封裝上，因擁有完整的產業鏈及優秀專業人才，已是全球最主要的供應國家之一，總計 2011 年 LED 照明市場，全球規模已成長至 154 億美元，LED 亦正式跨入照明主流市場。

工研院研究報告指出，發光二極體（LED）屬於冷發光，具有耗電量低，約為白熾燈泡的八分之一、日光燈的二分之一，元件的壽命長（在 3 萬小時以上），是日光燈的 10 倍，且不需要暖燈時間，另有反應速度快的優點，再加上體積小、耐震動、適合量產，容易滿足應

用上的需求，可製成極小或陣列式元件，為全球照明產業研發的重點。

隨著 LED 發光效率不斷提升，LED 已迅速進入照明市場，早期由於 LED 發光效率較低、色暈問題嚴重與演色性過低等問題，以小型投射燈為開發對象，由於 LED 的發光特性與傳統光源的發光特性大不相同，以致於廠商皆致力於 LED 光源二次光學元件開發；隨著發光效率不斷提升、成本不斷降低，製程品質也不斷提升的情況下，LED 有了切入照明市場的空間。

目前 LED 已普遍使用於日常生活中各種資訊、通訊、消費性電子產品指示器與顯示裝置上，成為日常生活中不可或缺重要元件；2009 年全球金融海嘯，降低了消費者消費能力，使得 LED 整體市場成長停頓，工研院 IEK 推估自從 2010 年全球經濟逐漸復甦後，在照明與中大尺寸背光模組等新應用市場帶動之下，2010 年全球 LED 市場規模約達 96 億美元左右，較 2009 年成長 38%。而我國 2011 年 LED 產業較 2010 年成長 30% 左右，產值約達新台幣 1,171 億元左右，正式突破千億大關，為我國 LED 產業開啟新頁。

台灣 LED 照明光電產業具有低成本、高品質的競爭優勢，率先進入中大尺寸背光模組、照明等新興市場，以致促成台灣產業規模。成長率高於全球平均值。各國對於傳統光源的汰換政策，除了直接為 LED 照明創造需求市場外，間接也達到教育消費者，對照明節能與使用高效率燈具觀念，有助於 LED 照明市場發展。除了政策的推動外，LED 照明應用上不斷展現其長壽命與多光色的優勢，在戶外照明、替代市場與商業照明應用領域，快速的成長，亦成為帶動台灣 LED 照明光電市場的最大動力來源。

在全球對於 LED 一片看好的熱潮下，台灣有愈來愈多廠商投入 LED 照明光電產業，且積極進行擴廠與研究開發，預期將帶動臺灣產業規模，統計 2010 年台灣 LED 照明光電產業全年投資額包含海外投資，高達 350 億元，產值約達 1,677 億元。【28】

第八章 國內 LED 照明節能案例介紹

本章主要舉例介紹各類型建築物照明系統常用之節能措施計算案例，讓用戶及業者了解學習未來如何自行計算評估省電效益、投資費用及簡易回收年限。

8.1 LED 照明節能燈具汰換實測分析

為使國內商業及家庭能源用戶了解 LED 照明替代傳統燈源之節能效益，特取樣 5 種不同場域處所進行 LED 照明與傳統照明之比較實驗量測。量測方法主要針對商業賣場及旅館進行量測其原有照明燈具耗電量及實測照度，與汰換為 LED 光源燈具之運用情形，探討商業賣場、旅館、辦公場所及家用照明之節能潛力分析，量測結果分別說明如下。

8.1.1 量測方法：

測試儀器：日本 HIOKI-3169 電力分析儀。

日本 HIOKI-3280-20 交流數字鉤表。

日本 TESTO-540 照度計。

OPTEX 紅外線溫度計。

量測紀錄點：如圖 8.1-1 所示。

測試方式：暫態測試，於儀表數據顯示負載較穩定狀態下，以照度計與交流數字鉤表實際量測 LED 照明節能燈具汰換原有光源之耗能及照度結果。

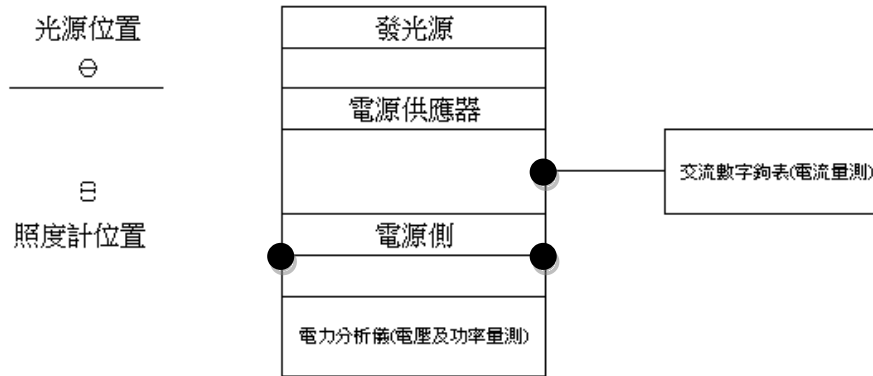


圖 8.1-1 照度計與交流數字鉤表實際量測示意圖

8.1.2 量測案例：

- 1.某辦公室：原先於會議室採用 T8-40W×3 之 OA 傳統燈具，改以 LED 直管型及平板型燈具，進行耗電及照度實測。
- 2.某百貨公司：原投射照明採用 AR111 型之 50W 鹵素光源，改以同型之 LED 燈具做替代，進行耗電及照度實測。
- 3.某商用桌燈：原先採用 E27 型 13W 之省電燈泡，改以同型 8W 之 LED 燈泡取代，進行耗電及照度實測。
- 4.某國際飯店：原先走道燈源採用 MR16 型之鹵素光源，改以同型之 LED 燈源做替代，進行耗電及照度實測。
- 5.某家庭浴室：原先採用 E27 型 13W 之省電燈泡，改以同型 8W 之 LED 燈泡取代，進行耗電及照度實測。

8.1.3 量測結果：

量測結果如表 8.1-1~5 所示，某辦公室其原有之傳統 T8-40W×3 OA 型燈具，經以 LED 燈具汰換後，實測照度及耗電狀況，在不低於原有之照度的測試標準下，實試結果可得出 58~68%之節電率；某百貨公司其原有之 AR111 型 50W 鹵素光源投射燈具，經 LED 燈具汰

換與實測照度及耗電後，在不低於原有之照度的測試標準下，實試結果可得出約 83%之節電率；某商用桌燈及家用照明其原有之 E27 型 13W 省電燈泡，經 LED 燈源汰換與實測照度及耗電後，在不低於原有之照度的測試標準下，實試結果可得出約 38%之節電率；某國際飯店其走道及房間照明採用 MR16 型 50W 鹵素光源投射燈具，經 LED 燈具汰換與實測照度及耗電後，在不低於原有之照度的測試標準下，實試結果可得出約 90%之節電率。由上述量測結果可知，在不影響其原有之照度及品質下，若能使用 LED 節能燈具進行汰換更新工程，所產生之節能效益將十分可觀。

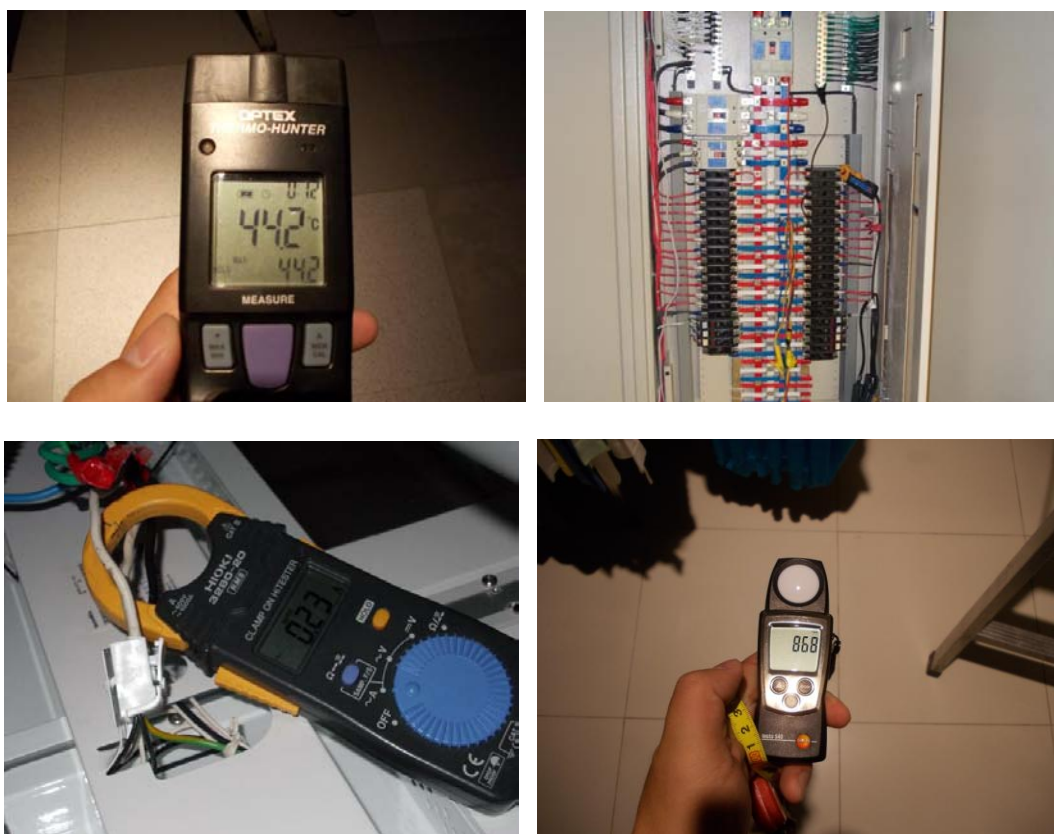


圖 8.1-2 燈體溫度、照度與耗電實際量測圖

表 8.1-1 某辦公室汰換 LED 節能燈具效益一覽表

廠牌	某 N 牌	某 A 牌	某 T 牌
燈具型式	T8×3 直管型	T8×3 直管型	平板型
規格耗電(W)	18×3	15×3	11×4
輸出流明(lm)	1,230×3	1,200×3	950×4
額定照明效率(lm/W)	68	80	86
壽命(h)	30,000	25,000	50,000
演色性(Ra)	75	80	80
實測方式	以 LED 燈具裝置於原 OA 燈具位置進行實測		
實測照度(Lux)	298	368	397
實測耗電(W)	38.1	40.2	50
實測發光效率(Lux/W)	7.8	9.2	7.9

註：原傳統 T8-40W×3 型之 OA 燈具因非新品，故其輸出耗電值約為 120W；另 LED 燈源壽命為廠商提供資料。



圖 8.1-3 LED 平板型光源外觀及照度測試實照

表 8.1-2 某百貨公司汰換 LED 節能燈具效益一覽表

光源型式	某 P 牌鹵素燈	某 E 牌 LED 燈
燈具型式	AR111	AR111
色溫(K)	2700	2700
投射角度	24°	30°
規格耗電(W)	50	10
輸出流明(lm)	1,250	850
額定照明效率(lm/W)	25	85
使用壽命(h)	3,000	30,000
演色性(Ra)	100	80
實測方式	以 LED 燈具裝置於原燈具位置進行實測	
實測照度(Lux)	1,122	1,987
實測耗電(W)	50	8.4
實測燈體溫度(°C)	126~134	46~50

註:原 P 牌 AR111 型之鹵素燈具因非新品,故可能影響其輸出流明與耗電值。另此實測基準依百貨業較為著重之色溫及投射角度為其初始樣本選取標準。



圖 8.1-4 AR111 型 LED 光源外觀及照度測試實照

表 8.1-3 某商用桌燈汰換 LED 節能燈具效益一覽表

光源型式	鹵素燈泡	省電燈泡	LED 型燈泡
燈具型式	E27	E27	E27
規格耗電(W)	28	13	8
色溫(K)	2700	2700	2700
輸出流明(lm)	345	715	650
額定照明效率(lm/W)	12.3	55	81.2
使用壽命(h)	2,000	4,000	40,000
演色性(Ra)	100	80	80
實測方式	以 LED 燈具裝置於原燈具位置進行實測		
實測照度(Lux)	885	937	1,067
實測耗電(W)	26.3	12.1	7.7
實測燈體溫度(°C)	76~88	61~65	40~47

註:原 0 牌 E27 型之鹵素燈泡具因非新品,故可能影響其輸出流明與耗電值;另 LED 燈源壽命為廠商提供資料。



圖 8.1-5 E27 型 LED 光源外觀實照

表 8.1-4 某國際飯店汰換 LED 節能燈具效益一覽表

光源型式	鹵素光源	LED 型光源
燈具型式	MR16	MR16
規格耗電(W)	50	5
輸出流明(lm)	1,250	300
額定照明效率(lm/W)	25	60
投射角度	36°	36°
色溫(K)	2700	2700
使用壽命(h)	4,000	25,000
演色性(Ra)	100	80
實測方式	以 LED 燈具裝置於原燈具位置進行實測	
實測照度(Lux)	358	504
實測耗電(W)	50	4.8
實測燈體溫度(°C)	110~126	55~64

註:原 0 牌 MR16 型之鹵素燈具因非新品，故可能影響其輸出流明與耗電值；另 LED 燈源壽命為廠商提供資料。



圖 8.1-6 LED 光源外觀及耗電測試實照

表 8.1-5 某家庭浴室汰換 LED 節能燈具效益一覽表

光源型式	省電燈泡	LED 型光源
燈具型式	E27	E27
規格耗電(W)	13	8
輸出流明(lm)	715	650
額定照明效率(lm/W)	55	81.2
色溫(K)	2700	2700
使用壽命(h)	6,000	30,000
演色性(Ra)	80	80
實測方式	以 LED 燈具裝置於原燈具位置進行實測	
實測照度(Lux)	82	153
實測耗電(W)	13	8
實測燈體溫度(°C)	75~81	51~59

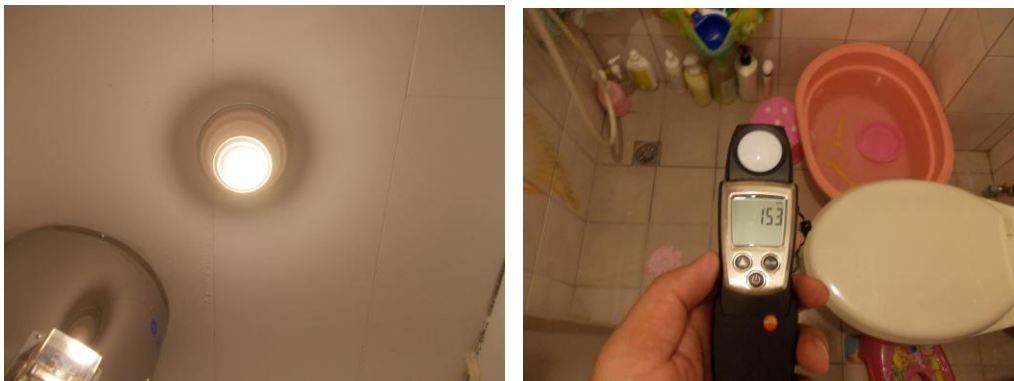


圖 8.1-7 LED 光源外觀及照度測試實照

8.1.5 小結

1. 由上述 5 種類型場所實測結果可知，在不影響其原有之照明環境下，若能使用 LED 節能燈具進行汰換更新工程，所產生之節能效益將可高達 36~90%，在抑低尖峰需量及照明用電量方面有相當大之效益。
2. 在相同照明環境需求下，若欲更換較為節能之光源照明，則必須先行確認替代之 LED 光源與先前所使用的光源有下述的一致性：如燈座型式、輸入電源電壓值、色溫(即光源原先色彩呈現方式，如白光或黃光)。並以求得與原光源之相同照度為前提，則必須將替代光源之流明數(lm)做為選用基準。(最好略大於原光源之流明值，並搭配 CNS 照度標準參考)
3. 商業場所在初期照度設計過大及照明用電偏高狀況下，若能適當調降照度及耗電至合理範圍，則可減少不必要之能源消耗及降低電費支出。
4. 在 LED 節能燈具現場實測中發現，不同發光燈源所散發出之燈體溫度明顯不同(如鹵素燈約 76~137°C、省電燈泡約 61~81°C、LED 燈則為 40~64°C)；若室內照明改為 LED 光源，推估可減低其原室內場所之熱負荷。
5. LED 超明亮光源，反應速度只需微秒。且較省電，耗電量更小，低電量、低電流即可啟動、節能和壽命長，目前 LED 產品在品質及價格上已具競爭性，且有很多商家已採用，故逐步汰換為 LED 燈具，將可大幅減少電費支出。
6. 高效能照明設備以高發光效率 LED 光源，配合高反射係數材料研發新燈具，可使照明燈具效率提升，加上節能設備如晝光感知器、紅外線感應及調光裝置等，若採用 LED 照明光源則可降低電能消耗，大幅提升照明燈具整體發光效率。

8.2 國內 LED 照明節能案例介紹

案例【01】照度合理化檢討

說明	某財團法人教育訓練中心之裝飾鹵素燈具。
改善前	使用 MR16 型鹵素燈具，年耗電量約為： 16 顆 x50Wx15 時 x350 日=4200 度。
改善後	更新全區裝飾燈，由 MR16 型鹵素燈改為 GU10 型 LED 燈泡。年耗電量約為： 16 顆 x5Wx15 時 x350 日=420 度。
節能成效	每年節省耗電：4200 度-420 度=3780 度。 每年節省 CO ₂ 排放約：2.31 公噸。



圖 8.2-1 照明改善後燈具實照

案例【02】辦公室日光燈改採用 LED 直管型光源

說明	某購物中心辦公大樓 T12 40W 日光燈管更換為 LED 23W 燈管。
改善前	辦公區原照明燈具為使用 T12 40W 日光燈管並使用鐵心式安定器。
改善後	原 T12 40W 日光燈管與鐵心式安定器更換為 LED 23W 燈管與外置式電源驅動器，並依據 CNS 辦公室照度標準，滿足人員工作需求並降低辦公區照明耗電量。
節能成效	<p>各辦公室照明使用時間 07:30~19:30，故每日最少為 12 小時。</p> <p>每一組 LED 燈每年可節省： $(40W-23W) \div 1000 \times 12 \text{ 小時} \times 365 \text{ 天} = 74.46 \text{ 度}$。</p> <p>辦公區共 5928 組，年電力節約量： $5928 \times 74.46 \text{ kWh} \div 1000 = 44.1 \text{ 萬度}$。</p> <p>每年可 CO₂ 減量： $(441,398.88 \text{ 度} \times 0.612 \text{ kg CO}_2 / \text{度}) \div 1000 = 270.13 \text{ 公噸(Tons)}$</p>



圖 8.2-2 辦公室照明改善後實照

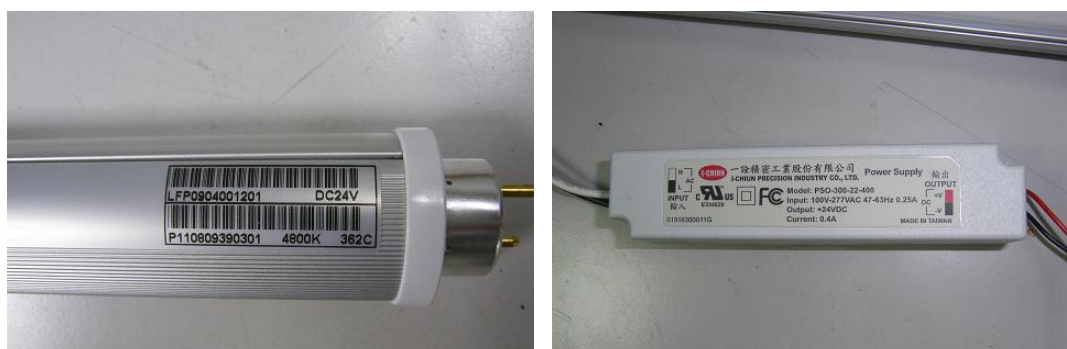


圖 8.2-3 LED 直管型光源實體照

案例【03】採用 LED 平板型 OA 燈具

說明	某國營企業複合商店照明由 T8 改為 LED 燈。
改善前	原複合商店內裝設的 T8 燈具(每組耗電約為 20W×4)年用電度數約為 1,357 度。
改善後	更換為 LED 燈具(每組耗電約為 11W×3)，年用電度數降為 306.6 度，較原先 T8 燈具節省 77%的耗電量。
節能成效	以目前使用之 T8 燈具為準，改換 LED 燈具每一盞每年可節省用電量 77%。原複合商店內裝設的 T8 燈具 30 盞，每年節省用電約 31,512 度,減少排放 20 噸 CO ₂ 。



圖 8.2-4 商店照明改採 LED 平板型光源實體照

案例【04】間接照明採用 LED 條型燈源

說明	某商業銀行敦南分行間接照明燈具 40W 共 246 盞，點燈 11 小時改為 LED 照明燈具。
改善前	原層板燈間接照明燈具為 40W，以單一迴路 0.8A 計： $115 \times 0.8 \div 1000 \times 11 \times 246 = 249$ 度/年。
改善後	改採 LED 層板燈：長 120cm 以 0.1A 計： $115 \times 0.1 \div 1000 \times 11 \times 246 = 31$ 度/年
節能成效	照明使用時間 08:30~19:30，故每日最少為 11 小時。 舊燈具-新燈具=節省度數，每年可節省： 249 度/年- 31 度/年= 218 度/年。 每年可 CO ₂ 減量： $(218 \text{ 度} \times 0.612 \text{ kg CO}_2/\text{度}) \div 1000 = 0.13$ 公噸(Tons)



圖 8.2-5 條型 LED 光源實體照

案例【05】全般照明改採 LED 燈源

說明	某轉運站採用 LED 燈：將複金屬燈、PL 燈改為 LED 燈。
改善前	原站內主要燈源採用 70W 複金屬燈、42W-PL 燈及 35W-PAR 燈。
改善後	原 70W 複金屬燈汰換為 22W-LED 燈，溫度由 90 度降為 30 度，照度提升 10%。原 42W-PL 燈汰換為 18W-LED 燈，溫度由 65 度降為 30 度，照度提升 30%。原 35W-PAR 燈汰換為 18W-LED 燈，溫度由 130 度降為 30 度，照度提升 80%。
節能成效	$(70-22)W \times 120 \text{ 盞} \times 24 \text{ 時} \times 365 \text{ 天} / 1000 = 50,457 \text{ 度/年}$ (約 30.88 公噸 CO ₂) $(42 \times 2 - 18)W \times 120 \text{ 盞} \times 24 \text{ 時} \times 365 \text{ 天} / 1000 = 69,379 \text{ 度/年}$ (約 42.46 公噸 CO ₂) $(37 - 18)W \times 30 \text{ 盞} \times 24 \text{ 時} \times 365 \text{ 天} / 1000 = 4,468 \text{ 度/年}$ (約 2.73 公噸 CO ₂) 合計 76.07 公噸 CO ₂ 每年可 CO ₂ 減量： $(441,398.88 \text{ 度} \times 0.612 \text{ kg CO}_2/\text{度}) \div 1000 = 270.13 \text{ 公噸(Tons)}$



圖 8.2-6 轉運站全般照明改善後實照

案例【06】辦公區及梯間照明改採 LED 光源燈具

說明	內湖某資通股份有限公司於辦公區導入 LED 燈具，樓梯間照明由 30W 環狀燈管換裝 7W LED 燈泡。
改善前	辦公區燈具每盞耗電量約(傳統燈具 T8-20W×4 燈)92W，共 3732 盞。年耗電量約為:98.8 萬度。 原樓梯間 21 盞 30W 環型燈管，年耗電量約為:5518 度。
改善後	辦公區導入 LED 平板型照明燈具，1 組耗電約 45W，年節能度數約：50.5 萬度。 原梯間 30W 環型燈管更換為 7W LED 燈泡，年約省 4231 度用電。
節能成效	辦公區節能效益： 12 小時(工時)×240 天(工作天)× 3732 盞× (92W-45W) =50.5 萬度。 減少 CO ₂ 排放： 0.612(電力排放係數)× 505,163.52 度/年=309,160kg=309.2 公噸。 梯間照明節能效益： (30W -7W)×21 盞×365 天×24 小時=4231 度。 減少 CO ₂ 排放： 4,231×0.612=減少 2.6 噸 CO ₂ 排放。

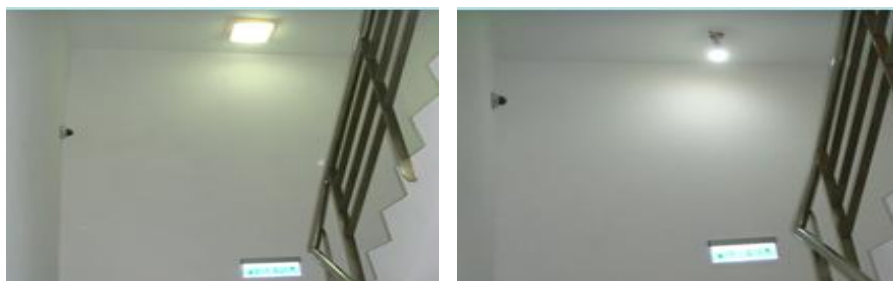


圖 8.2-7 梯間照明改善前後對比照



圖 8.2-8 辦公區照明改善後實照

案例【07】飯店照明改善工程

說明	某國際知名酒店照明節能改善工程。
改善前	全館使用 10Wx2 傳統型緊急逃生指示燈。 客房內投射照明使用 50W 鹵素燈具。 游泳池內使用 250W 水底燈。
改善後	全館 10Wx2 緊急逃生指示燈改為 LED 2W 燈具。 客房內 50W 鹵素燈改為 LED 6W 燈具。 游泳池 250W 水底燈改為 15W LED 景觀燈具。
節能成效	改為節能燈具，每年可節能計算式： $[(20-2) \times 40 \text{ 組} + (50-6) \times 1950 \text{ 組} + (250-15) \times 6 \text{ 組}] \times 12 \text{ hr} \times 365 \text{ 天} \div 1000 = 676,245 \text{ 度。}$ 每年抑低 CO ₂ 之排放量計算： $676,245 \times 0.000623 = 421 \text{ 公噸}$

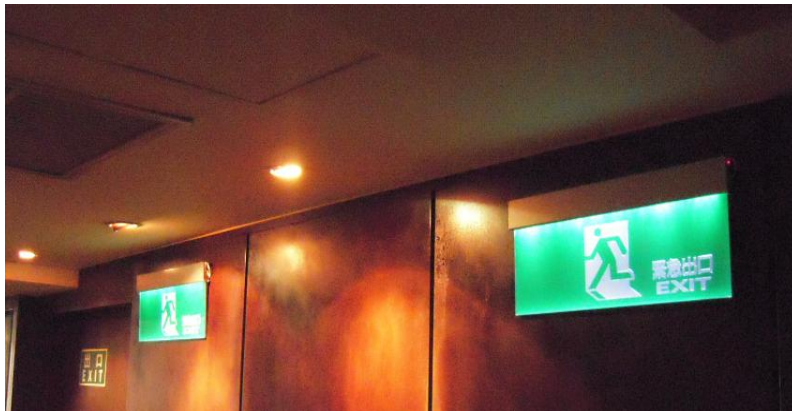


圖 8.2-9 酒店照明改善後實照

案例【08】改善門市照明工程

說明	某知名鞋業門市照明改善工程。
改善前	全店投射照明使用 50W 鹵素杯燈，水晶吊燈使用鎢絲燈泡。
改善後	用 7W-LED 取代鹵素燈，單顆耗電從 50W 降至 7W。 水晶吊燈使用之尖燈，以 5W-LED 取代舊式 40W 鎢絲燈泡。
節能成效	$(50W-7W) \times 51 \text{ 顆} \times 11\text{hr/日} \times 30 \text{ 天/月} \times 12 \text{ 月/年} = 8,684.28 \text{ 度/年}$ 。 $8,684.28 \times 0.000623 = 5.41 \text{ 公噸之 CO}_2 \text{ 排放量}$ 。



圖 8.2-10 門市照明改善後實照

第九章 結語

電氣化照明工程與產業已有百年的歷史，比起高科技電子產業，照明產業只是點燈發光的傳統產業，卻涵蓋各職種的專業人才，並影響視力健康而與人體工學息息相關。節約能源與環境保護所衍生的綠色照明成為照明產業的主流趨勢。

照明設計在台灣向來被歸類為建築與電機配電工程中的一環，攸關照明品質的眩光與閃爍根本向來乏人研究與探討，正確的照明規劃及照明產品使用是息息相關的因果，未來除了照明專業人員的養成外，嚴格建立驗收規範並確實執行驗收工作，才能有效營造優良照明環境。這有賴於政府與民眾建立照明正確認識，除了透過節能宣導、照明與相關學刊雜誌的廣泛推動認識優良照明品質的水準要求，加強真正教育消費者認識照明的重要性，整個照明產業的市場未來均賴建築師、電機技師、照明設計等專業人員的專業結合才能營造優質光環境。

照明燈具的選擇固然是消費者主觀決定，但政策則應該明確關注在能源效率與環保要求的目標，主管單位在政策上需要明確地獎勵開發節能照明產品設計，優良照明燈具，需要強制的標準規範及完整的檢驗監督制度，並透過公平的罰則來建立公平的市場秩序與經營環境。LED 光源可以應用到的產品非常廣泛，適合就優點特性全方位開發包括生物、農業、民生照明及其他有待開發的市場，台灣未來要主導 LED 光源的開發尚有許多困難，因此宜著重在已開發光源的特性改良與配合 LED 產業的開發與研究，設計節約能源的新型式 LED 照明產品，與高效長壽型電源驅動器匹配設計同時進行。因應自動調光與節能的照明管理系統趨勢，調光型電源驅動器將會是未來的主流產品，有效提昇電源驅動的產品壽命週期至最少大約 8 年以上的穩定度，將是有效落實節能政策成敗的關鍵。

由前述章節介紹，可了解隨近代省電又環保之光源發展，現在照

明市面上最熱門節能產品 LED 照明燈具，加上照明控制器及自然採光應用，整體可節約照明用電達 50% 以上。台灣目前照明用電占建築整體用電約 6~34%，未來綠色節能光源及控制設備大量生產，價格降低及配合政策推動後，其投資回收年限可降至 1~3 年內，相信將可全面大量採行。

民國 100 年統計，非生產性質行業(包含服務業、政府機關及學校)能源查核用戶(契約容量 800 kW 以上者)約 1,421 筆，總用電量約達 145 億度電，總電費 418 億元，平均每度電約 2.87 元。若日後透過能源查核服務，加強重點推廣能源大用戶採行綠色照明節能，以照明占 30% 計，預估全面推動汰舊換新提高普及率至 50% 以上，減少鹵素燈、白熾燈、普通日光燈使用，則可獲得可觀的照明節約用電約 21.75 億度電，約 62.42 億元，以平均 3 年回收計算，則可產生約 187 億元之市場經濟效益。由各用戶節約能源使用成本降低，可提升經營利潤，加強市場競爭力，對國家整體節約能源及抑低二氧化碳目標之推動上，將會有具體貢獻。

參考文獻

- 【1】經濟部能源局，2011年非生產性質行業能源查核年報，2011年。
- 【2】經濟部，綠色能源產業旭升方案行動計畫書核定本，2009年。
- 【3】經濟部能源局，產業節約能源技術服務訪測服務報告，2011年。
- 【4】標準檢驗局，室內工作場所照明標準(CNS 12112)，2012年。
- 【5】蕭弘清教授，從綠色照明潮流探討照明省能新方向，2007年。
- 【6】U.S. Department of Energy,“Life-Cycle Assessment of Energy and Environmental Impacts of LED Lighting Products Part 2: LED Manufacturing and Performance” 2012。
- 【7】經濟部能源局，能源產業技術白皮書，2010年。
- 【8】PIDA，LED市場與產業應用暨標準發展年鑑，2011年。
- 【9】億光(EverLight)光源產品型錄，2011年。
- 【10】飛利浦(Philips)光源產品型錄，2012年。
- 【11】宋福生/商業空間的照明設計，台灣照明公會組長，2007年。
- 【12】孫慶成 陳志宏/LED的發展與照明技術應用趨勢，2011年。
- 【13】U.S. Department of Energy,“Life-Cycle Assessment of Energy and Environmental Impacts of LED Lighting Products Part I: Review of the Life-Cycle Energy Consumption of Incandescent, Compact Fluorescent, and LED Lamps” 2012。
- 【14】U.S. Department of Energy,“LED LUMINAIRE LIFETIME: Recommendations for Testing and Reporting: Solid-State Lighting Product Quality Initiative” 2011。
- 【15】U.S. Department of Energy,“Energy Savings Potential of Solid-State Lighting in General Illumination Applications 2010 to 2030” 2010。
- 【16】TRI，最受矚目的LED產業市場發展與契機深入剖析，2010年。
- 【17】經濟部能源局網站，2011年。
- 【18】清華大學能源產業科技策略研究中心網站，2012年。
- 【19】行政院經濟建設委員會網站，2012年。
- 【20】標準檢驗局，國家標準檢索服務系統網站，2012年。

- 【21】工業技術研究院，材料與化工研究所網站，2011年。
- 【22】工研院，產業經濟與趨勢研究中心網站，2012年。
- 【23】台達電子網站，2012年。
- 【24】方銘川教授，成功大學網站，2012年。
- 【25】工業技術研究院，量測技術發展中心網站，2012年。
- 【26】U.S. Department of Energy,“ENERGY STAR® Program Requirements for Solid State Lighting Luminaires” 2008。
- 【27】日本電球工業協會& DIGITIMES網站，2012年。
- 【28】工研院，機械與系統研究所網站，2012年。
- 【29】U.S. Department of Energy,“ENERGY STAR® Program Requirements for Integral LED Lamps Partner Commitments”2010。
- 【30】博鑫科技網站，2012年。
- 【31】劉金山產品經理，上海天燦寶照明電器有限公司網站，2010年。
- 【32】潘如珮，華聚產業共同標準推動基金會，2012年。
- 【33】PIDA，LED市場與產業應用暨標準發展年鑑，2012年。
- 【34】張仲良助理教授，國立屏東科技大學生物機電系，2012年。
- 【35】林龍億，財團法人台灣綠色生產力基金會，2012年。
- 【36】洪繼隆 黃郁祐，亞澧先進照明股份有限公司，2012年。
- 【37】日商夏普(SHARP)LED光源產品，2012年。
- 【38】袁宗南博士，袁宗南照明設計事務所，2012年。
- 【39】士榆電機有限公司LED光源產品，2012年。

編後語

財團法人台灣綠色生產力基金會(簡稱綠基會),主要任務是配合國家能源政策,執行經濟部能源局委辦之各項節約能源技術服務計畫。藉由檢測、診斷找出產業、住商及政府機關部門能源使用缺失,尋找節能機會(政策、技術、設備、管理),對能源用戶提供能源效率評估及改善規劃、製程、操作等服務工作外,亦製作節約能源海報、貼紙及出版各種節能成果專刊、節能技術手冊,而推廣節約能源的觀念。

此「LED 照明節能應用技術手冊」之編撰,期望利用技術手冊進行相關節能產品推廣,及藉由手冊中相關 LED 光學原理及照明器具特性等,提供使用者對傳統燈具節能選擇之替代方向,並針對新型之節能燈具發光二極體 LED 相關產品、新式節能照明燈源進行介紹與相關 LED 設備國外照明設備能源效率規範,提供使用者節能燈具汰換或選購之方向,最後根據不同的場所之燈具擺設及燈具選擇方式進行建議,提供各類型建築物 LED 照明設計之參考。

本手冊的編撰是由台灣科技大學電機工程研究所蕭教授弘清主筆,及本會林昆郁工程師配合協助實際相關節能案例實際量測、資料收集、彙整、編排、增修和校對後聘請四位諮詢委員台北科技大學建築系周教授鼎金、台灣經濟綜合研究院楊顧問正光、美商奇異國際股份有限公司鄭經理偉樟及台灣區照明燈具輸出業同業公會宋組長福生為審查委員,審核後送經濟部能源局核准,才得以印製完成,倉促間內容不免有所疏漏和缺失,還望產、官、學界的各位先進不吝指教匡正,得以使本手冊更形充實和完備。

最後,在實際案例取樣量測過程中,感謝新光三越百貨股份有限公司范文興課長鼎力協助,提供場地及設備,使得案例量測得以順利完成,特此致上萬分謝意。

附錄-常用照明名詞解釋

名稱	符號	單位	說明
光束(光通量) Luminous Flux	Φ	流明 lm (lumen)	發光源每秒鐘所發出的光能量之總和，簡單的說就是發光量。
光度 Luminous Intensity	I	燭光 cd (candela)	光的強度，在某一特定方向角內所放射光的光能量。
照度 Illuminance	E	勒克司 lm/m ² (lux)	單位面積內所射入光能量，也就是光束除以面積(m ²)所得到的值，用來表示某一場所的明亮度。
輝度 Luminance	L	nt (cd/m ²) Stilb (cd/cm ²)	從某一方向所看到物體反射光線的強度。也就是單位面積對某一方向反射光之強度。照度是表示單位面積內所射入光能量，輝度則是表示眼睛從某一方向所看到物體的反射光的強度。
平均壽命	h (時間)	-	指一批燈泡點燈至 50%之數量損壞不亮時之時數。
經濟壽命	h (時間)	-	在同時考慮燈泡之損壞以及光束輸出衰減之狀況下，其綜合光輸出至一特定比例之時數。此比例在一般用於室外之光源為 70%，用於室內之光源如日光燈則為 80%。
發光效率 Luminous efficacy	η	流明每瓦 [lm/W]	代表光源將所消耗之電能轉換成光之效率。 光源效率 (lm/W)=流明 (lm)÷用電量 (W) 也就是每一瓦電力所發出光的量，其數值越高，表示光源的效率愈高。
眩光 glare			光源對視覺產生的刺眼現象。眩光會影響視覺功效，並刺激眼睛造成不適，造成眼睛疲勞。直接

			眩光(direct glare)為光源或燈具發出過度的光線直射人眼，自垂直面 45°~85°進入人眼；間接眩光或反射眩光(reflected glare)通常為光滑平整的表面對入射光線的鏡反射或半鏡反射，例如深色大理石檯面映現燈具反射的光點。眩光的產生通常為眩光源亮度、位置、大小、數量以及與背景亮度比共同作用的結果。
演色性 Color rendering	<i>Ra/CRI</i>		光源對物體顏色呈現的程度稱為演色性 CRI (或 Ra)，也就是顏色逼真的程度。演色性高的光源對顏色的表現較好。演色性高低關鍵在於該光線之分光特性。
色溫		K (Kelvin)	色溫是表示光源光色的尺度，表示單位是 K (Kelvin)。色溫度在 3,000 K 以下時，光色就開始有偏紅的現象如蠟燭，白熾燈泡，給人一種溫暖的感覺。色溫度超過 5,000 K 時顏色則偏藍光，如晝光色螢光燈，給人是一種清冷的感覺。
配光曲線 Candlepower Distribution Curves		cd/1000 lm	配光曲線係以極座標 (Polar Diagram) 表示燈具發光強度分佈之情形，測量通過燈具中心在各個角度方向上的發光強度。
DUI		W/m ²	單位面積用電需量強度。
L ₇₀			電子產品的壽命是以壞掉來評判，但 LED 是一種壽命很長的光源，可使用很久都不會壞。但光通量的輸出卻會隨著時間而衰減，因此通常用光衰至 70% 所需的時間來定義 LED 光源的壽命。

