

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 105 年 8 月

目 錄

目 錄	I
圖 目 錄	V
表 目 錄	IX
第一章 前 言	1
第二章 LED 照明產品介紹	3
2.1 LED 照明不能不知的詞彙	3
2.1.1、綠色照明 green lights	3
2.1.2、視覺作業 visual task	4
2.1.3、光通量 luminous flux	4
2.1.4、光通量維持率 luminous flux maintenance	4
2.1.5、發光強度 luminous intensity	4
2.1.6、色溫 colour tmperature	5
2.1.7、顯色指數 colour rendering index(演色性)	5
2.1.8、照度 illuminance	6
2.1.9、平均照度 average illuminance	6
2.1.10、輝度 luminance.....	6
2.1.11、燈具遮光角 shielding angle of luminaire	6
2.1.12、眩光 glare	7
2.1.13、統一眩光值 unified glare rating(UGR)	7
2.1.14、維護係數 maintenance factor	7
2.1.15、全般照明 general lighting.....	8
2.1.16、局部照明 local lighting	8
2.1.17、重點照明 accent lighting.....	8
2.1.18、光源的發光效率 luminous efficacy of a light source	8
2.1.19、燈具效率 luminaire efficiency	9
2.1.20、燈具效能 luminaire efficacy	9
2.2 LED 的發光原理與其構造	9
2.3 LED 基本特性	11
2.4 LED 照明光源基本理論	15
2.4.1、LED 之優缺點	15

2.4.2、LED 照明系統架構.....	17
2.4.3、LED 光源及 LED 光源模組	18
2.4.4、LED 驅動電源.....	20
2.4.5、LED 散熱設計	20
2.4.6、燈具光學設計	22
2.5 白光 LED 之種類與優勢	23
2.6 LED 光源種類	25
2.6.1、球泡型 LED 燈源	25
2.6.2、投射型 LED 燈源	26
2.6.3、直管型 LED 燈源	27
2.6.4、平板型之 LED 燈源.....	28
2.6.5、逃生避難方向指示型之 LED 燈源	28
2.6.6、其他照明節能產品應用之 LED 燈源.....	29
第三章 國內 LED 照明應用概況.....	33
3.1 我國能源政策與綠能產業發展	35
3.2 國內照明用電概況	36
3.3 推動 LED 照明應用現況及作法.....	39
3.3.1、國內 LED 照明產業概況.....	39
3.3.2、政府推動 LED 照明應用作法	41
3.3.3、未來政府推動 LED 照明措施及方針.....	42
第四章 LED 相關標準及標章推展概況.....	45
4.1 國內 LED 照明標準及專利技術之推展措施.....	46
4.2 有關環保標章相關之規定與政府部門使用規範	50
4.2.1、國家節能減碳總目標.....	51
4.2.2、我國環保標章制度	51
4.2.3、機關優先採購環境保護產品辦法	53
4.2.4、綠色採購產品範圍	53
4.3 我國 LED 照明產品能效基準現況	54
4.4 節能標章有關 LED 之相關規定.....	56
4.4.1、道路照明燈具節能標章能源效率基準與標示方法	57
4.4.2、室內照明燈具節能標章能源效率基準與標示方法	61
4.4.3、發光二極體燈泡節能標章能源效率基準與標示方法修正規定	66
4.4.4、發光二極體平板燈具節能標章能源效率基準與標示方法	67

4.4.5、天井燈節能標章能源效率基準與標示方法.....	75
4.4.6、出口標示燈與避難方向指示燈節能標章能源耗用基準及標示方法....	77
第五章 住辦大樓 LED 照明選用原則與注意須知.....	79
5.1 LED 照明節能方法與基本原則.....	80
5.1.1、充分認識光環境的需求作照明質量的規劃設計.....	82
5.1.2、選用適當演色性、色溫的舒適LED 光源.....	83
5.1.3、高效率、低眩光的LED 燈具.....	84
5.1.4、調光控制與開關迴路的設計.....	85
5.2 居家住宅空間的 LED 照明設計選用考慮.....	87
5.2.1、客廳及起居室燈光設計方法.....	89
5.2.2、餐廳燈光設計方法.....	90
5.2.3、書房照明設計原則.....	91
5.2.4、臥室照明設計原則.....	92
5.2.5、廚房照明設計原則.....	93
5.2.6、浴室照明設計原則.....	94
5.2.7、門廊、樓梯間照明設計原則.....	95
5.3 大面積辦公場所均勻配光的燈具選用與照明設計.....	96
5.3.1、辦公照明設計與照明品質考量.....	96
5.3.2、辦公大樓 LED 照明燈具的要求.....	97
5.3.3、辦公大樓的照明控制方法.....	98
5.4 LED、燈管燈具與 LED 平板燈具的比較.....	99
5.4.2 LED、燈管燈具與 LED 平板燈具的比較.....	104
5.5 LED 照明設備的選購與維護保養注意事項.....	105
第六章 商業空間照明規劃與設計之建議.....	108
6.1 商業空間照明設計通則.....	108
6.1.1、商業展示空間照明設計的重要特性.....	108
6.1.2、商業展示空間的照明設計要旨.....	109
6.1.3、照明設計的藝術性表達手法.....	111
6.2 商業空間的 LED 照明燈具選用及施工.....	112
6.2.1、商業展示空間的照明設計原則.....	113
6.2.2、商業空間之 LED 照明設計的選用原則與施工須知.....	116
6.3 量販店及超級市場照明規劃設計.....	120
6.3.1、量販店及超級市場常見在照明設計上應注意須知.....	120

6.3.2、賣場照明系統結構須知	121
6.3.3、理想賣場照明規劃設計重點	121
6.3.4、賣場照明系統規劃設計應注意事項	122
6.3.5、賣場照明節能規劃設計建議	122
6.4 飯店空間照明設計	125
6.4.1 飯店照明設計重點建議	125
6.4.2、飯店內部區域照明設計規劃須知	128
第七章 國內照明節能潛力分析	134
7.1 國內未來重點技術推動策略概況	134
7.2 我國節能照明重點發展時程	135
7.2.1、節能照明管理系統	135
7.2.2、LED 照明技術	135
7.3 LED 照明節能燈具優勢條件及對節能推廣之影響	137
7.3.1、LED 照明設備	137
7.3.2、改採 LED 照明節能燈具對於國內耗電之影響	138
7.3.3、鹵素燈泡改採 LED 燈泡之節能潛力分析	139
7.3.4、白熾燈泡改採省電燈泡或 LED 燈泡之節能潛力分析	140
7.3.5、LED 照明產業之市場潛力分析	140
第八章 國內 LED 照明節能案例介紹	142
8.1 LED 照明節能燈具汰換實測分析	142
8.1.1、量測方法	142
8.1.2、量測案例	143
8.1.3、量測結果	144
8.1.4、小結	150
8.2 國內 LED 照明節能案例介紹	151
第九章 結語	159

圖目錄

圖 2.1-1 檯燈主照射區為主要視覺作業漫射燈光四周為次要視覺作業	4
圖 2.1-2 發光強度分佈示意圖	5
圖 2.1-3 色溫示意圖	5
圖 2.1-4 拿燈光的顯色性來加入對比讓你更有購買慾	6
圖 2.1-5 燈具遮光角示意圖	7
圖 2.2-1 發光二極體	9
圖 2.2-2 LED 的發光原理與構造	10
圖 2.3-1 LED 照明產品應用於橋樑實照圖	11
圖 2.3-2 LED 及 CFL 與白熾燈生命週期環境衝擊評估比較	13
圖 2.3-3 2003 至 2015 年 LED 發光效率/價格演進圖	14
圖 2.3-4 美國能源部 LED 照明節能預測圖	15
圖 2.4-1 LED 照明系統整體構成元件示意圖	17
圖 2.4-2 影響 LED 照明系統效率主要因素分析	18
圖 2.4-3 傳統高輝度 LED 元件	18
圖 2.4-4 Lamina LED 光源模組	19
圖 2.4-5 LED 各部位散熱比例圖	21
圖 2.4-6 LED 接面溫度對光亮度及使用壽命	21
圖 2.4-7 具備特殊配光透鏡的 LED 光源	22
圖 2.4-8 以調整 LED 角度及位置達到照明效果的 LED 路燈	23
圖 2.5-1 LED 用環氧樹脂常用組成物	24
圖 2.5-2 常用 LED 白光形成製作方式	24
圖 2.6-1 球泡型 LED 燈源	25
圖 2.6-2 LED 燈絲燈	26
圖 2.6-3 投射型 LED 燈源	26
圖 2.6-4 投射型 LED 照明產品應用實照圖	27
圖 2.6-5 直管型 LED 燈源	27
圖 2.6-6 平板型 LED 照明產品應用實照圖	28
圖 2.6-7 逃生避難指示型 LED 燈源	28
圖 2.6-8 戶外投射型 LED 燈源	29
圖 2.6-9 漁船作業採用 LED 燈源應用實照圖	30
圖 2.6-10 農業用 LED 燈源應用實照圖	30
圖 2.6-11 LED 閱讀檯燈	31

圖 2.6-12 LED 智慧照明	31
圖 2.6-13 LED 燈光治療黃疸症嬰兒	32
圖3.2-1 建築物用途分類近年單位面積耗電需量密度變化	37
圖 3.3-1 我國 LED 照明光電產業鏈	40
圖 3.3-2 LED 路燈照明應用於澎湖縣示範道路實景	41
圖 4.1-1 T-bar 型 LED 照明燈具	46
圖 4.1-2 LED 相關國家標準圖	47
圖 4.2-1 環保標章	53
圖 4.4-1 高能源效率產品之辨識-節能標章	57
圖 4.4-3 LED 平板燈具之距高比試驗示意圖	70
圖 4.4-4 LED 平板燈具發光面	72
圖 4.4-5 LED 平板燈具之亮度平均值量測示意圖	74
圖5-1 天然光與LED 燈源應用於室內照明	82
圖5.1-1 LED 平板燈已開始應用於室內照明	85
圖5.1-2 可調變色溫之LED 燈泡	86
圖5.2-1 LED 居家照明應用成為新焦點	88
圖5.2-2 客廳照明採用LED 光源形成視覺美感	90
圖5.2-3 餐廳照明採用LED 光源	91
圖5.2-4 閱讀檯燈是兼顧照明與視力保健最重要的照明工具.....	92
圖5.2-5 臥室照明採用LED 燈源	93
圖5.2-6 廚房照明採用LED 燈源	94
圖5.2-7 浴室照明採用LED 燈源	94
圖5.2-8 樓梯照明採用LED 燈源	95
圖5.2-9 門廊梯間照明採用LED 燈源	95
圖5.3-1 良好的辦公室照明是提升工作效率的基本要求.....	97
圖5.3-2 辦公室照明採用LED 光源實景	97
圖5.4-1 螢光燈與LED 燈管光學特性比較圖	100
圖5.4-2 市售LED T-BAR 燈具配光曲線圖	101
圖5.4-3 燈具立體圖及燈具輸出配光曲線.....	101
圖5.4-4 燈具配光曲線與等照度圖(左:LED、中:T5、右:T8).....	102
圖5.4-5 燈具性能評估空間示意圖	103
圖 5.5-1 營業廳使用 LED 可調光照明	107
圖6.1-1 展示空間採用LED 光源形成照明層次	109

圖6.1-2 通道採用LED 光源形成照明導引的作用	110
圖6.1-3 戶外採用LED 光源形成照明層次	112
圖6.1-4 服飾店採用LED 光源形成照明層次	112
圖6.2-1 LED 光源及燈具可以提供商業空間的基礎照明	114
圖6.2-2 採用重點照明可以突顯商品價值與吸睛效果	115
圖6.2-3 利用 LED 燈可以增加商品的價值感	115
圖6.2-4 利用LED 裝飾照明可以增加吸睛效果或氛圍	116
圖6.2-5 各種目前常用的LED 燈具	117
圖6.2-6 用餐區聚光燈是常用的重點照明燈具	118
圖6.2-7 複合式餐廳採用LED 照明燈具	119
圖6.3-1 超市採用LED 光源實景	121
圖6.3-2 賣場改採用LED 光源實景	124
圖6.4-1 飯店大廳採用LED 光源實景	126
圖6.4-2 飯店大廳採用天然光及LED 燈源實景	129
圖6.4-3 飯店大廳接待櫃檯使用 LED 可調光照明	130
圖6.4-4 飯店大廳顧客休息區採用 LED 燈源實景	130
圖6.4-5 餐廳空間採用LED 燈具實景	132
圖6.4-6 飯店客房空間採用 LED 燈具實景	133
圖7.3-1 大用戶各型式燈具裝置容量(kW)比例統計圖	138
圖 7.3-2 大用戶鹵素燈泡改採LED 燈泡之節能潛力	139
圖 7.3-3 大用戶白熾燈泡改採LED 燈泡之節能潛力	140
圖8.1-1 照度計與交流數字鉤表實際量測示意圖	142
圖8.1-2 燈體溫度、照度與耗電實際量測圖	144
圖8.1-3 LED 平板型光源外觀及照度測試實照	145
圖8.1-4 AR -111 型LED 光源外觀及照度測試實照	146
圖8.1-5 E27 型LED 光源外觀實照	147
圖8.1-6 LED 光源外觀及耗電測試實照	148
圖8.1-7 LED 光源外觀及照度測試實照	149
圖8.2-1 照明改善後燈具實照	151
圖8.2-2 辦公室照明改善後實照	152
圖8.2-3 LED 直管型光源實體照	152
圖8.2-4 商店照明改採LED 平板型光源實體照	153
圖8.2-5 條型LED 光源實體照	154

圖8.2-6 轉運站全般照明改善後實照	155
圖8.2-7 梯間照明改善前後對比照	156
圖8.2-8 辦公區照明改善後實照	156
圖8.2-9 酒店照明改善後實照	157
圖8.2-10 門市照明改善後實照	158

表 目 錄

表 2.6-1 LED 照明節能產品應用範圍一覽表	32
表3.1 政府歷年推動LED 照明節能應用一覽表.....	34
表 3.2-1 建築物用途分類近年單位面積耗電需量密度變化	36
表3.2-2 建築物用途分類電力流向	38
表 3.3-1 我國近期推動 LED 產業相關政策.....	43
表 4.1-1 我國已公告照明相關產品之 LED 相關國家標準	48
表 4.1-2 我國已公告照明用元件與模組之 LED 相關國家標準	49
表 4.1-3 我國已公告控制裝置之 LED 相關國家標準	50
表 4.1-4 我國已公告照明用元件與模組之 LED 相關國家標準	50
表 4.1-5 我國已公告智慧照明系統之 LED 相關國家標準	50
表 4.3-1 我國 LED 照明產品能效基準現況	55
表 4.3-2 LED 燈泡 MEPS(強制性) 發光效率基準表	56
表 4.4-1 LED 道路照明燈具之能源效率	58
表 4.4-2 氣體放電燈道路照明燈具之能源效率	58
表 4.4-3 吸頂、嵌頂或懸吊式 LED 室內照明燈具發光效率基準	64
表 4.4-4 具向上光輸出之懸吊式 LED 室內照明燈具發光效率基準	64
表 4.4-5 LED 色溫分類	65
表 4.4-6 吸頂、嵌頂或懸吊式非 LED 室內照明燈具發光效率基準	65
表 4.4-7 具向上光輸出之懸吊式非 LED 室內照明燈具發光效率基準	65
表 4.4-8 發光二極體燈泡節能標章能源效率基準	66
表 4.4-9 發光二極體平板燈具節能標章能源效率基準	69
表 4.4-10 LED 平板燈具之亮度量測位置	73
表 4.4-11 LED 平板燈具亮度限制基準	74
表 4.4-12 天井燈節能標章能源效率基準	76
表 4.4-13 天井燈節能標章光束維持率基準	76
表 4.4-14 出口標示燈與避難方向指示燈能源耗用基準	77
表5.1-1 LED1 光源產品與各種光源的比較	84
表5.4-1 LED 燈管特性比較表	100
表5.4-2 燈具特性分析比較表	102
表5.4-3 各類燈具整體性能效益評估表.....	104
表5.5-1 定期清掃間隔建議時程	106

表5.5-2 不同光源最經濟清掃的預估時間.....	107
表7.2-1 智慧照明管理系統技術發展時程.....	136
表7.2-2 LED 照明技術發展時程.....	136
表 7.3-1 常用光源(球泡型)汰換參照表.....	137
表8.1-1 某辦公室汰換LED 節能燈具效益一覽表.....	145
表8.1-2 某百貨公司汰換LED 節能燈具效益一覽表.....	146
表8.1-3 某商用桌燈汰換LED 節能燈具效益一覽表.....	147
表8.1-4 某國際飯店汰換LED 節能燈具效益一覽表.....	148
表8.1-5 某家庭浴室汰換LED 節能燈具效益一覽表.....	149

第一章 前言

照明為人類基本需求，與人的生活息息相關，因此也成為全球主要耗能來源之一，全球照明市場發展主要受經濟成長、人口成長、相關產業發展之影響。照明為住商領域除空調之外另一主要耗電設備，近年來因固態照明技術發展迅速，燈具效率相較於傳統照明有顯著之提升，為照明節電創造了廣大機會。

隨著全球能源價格高漲及替代照明技術快速發展，使各類替代光源市場滲透率成長，帶動整體光源平均銷售單價成長。而未來在全球環保節能趨勢不斷高漲之下，照明趨勢將朝省能源產品發展，且在固態照明技術不斷進步之下，有機會取代傳統光源成為主流。照明市場發展與全球經濟成長有連動關係，經濟成長越快，對照明的需求就越大，近年來環保節能意識高漲，使得各國政府積極推動使用發光效率較好的光源。因此推動高效率固態照明科技研發，除有益於國內節能減碳工作之外，也肩負著扶植產業永續發展重要任務。

自2009年起全球主要經濟體如歐洲、澳大利亞、紐西蘭、加拿大及美國等，推動減少使用乃至最終停止生產、禁用白熾燈泡的節能政策；這也意味著點亮世界120年的傳統燈泡，將吹起「熄燈」號，同時宣告了LED（發光二極體）照明新世代的來臨。現代LED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。故無論新舊大樓或建築物，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，必可節省照明用電30~50%不等的效益。LED照明產業若能整合一系列各類型LED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LED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LED照明產品，並鼓勵消費者以新省能LED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。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，本手冊於2012年初版發行，出版後獲得各界人士之肯定。由於照明技術演進，出現許多新的LED照明應用、永續照明、智慧控制等新的技術與LED照明觀念，各界都期待更新，此「LED照明節能應用技術手冊」之增修工作經洽請台灣LED照明產業聯盟宋福生副執行長，針對新型之LED相關產品、新式節能照明燈源進行介紹及相關LED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。

未來仍應視實際需要，繼續補充修訂以臻完善，並懇請各界先進不吝指正、賜教及建議，俾使本手冊更加充實完備。

第二章 LED 照明產品介紹

你可能聽過的照明詞彙，就是那幾種照明方式，其實除此之外，照明行業專用的照明詞彙還有很多，本章主要介紹LED照明行業比較常用的專業詞彙和注釋、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。

自從愛迪生發明了白熾燈，掀開了人類電光源照明史的第一頁，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，照明技術效率的提高和成本的降低，企業和政府的投資升級以降低運營成本和減少碳排放。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LED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。現在許多照明系統依賴於基本的控制，如夜間調光和自動關閉。利用LED技術可降低成本，提高用電效率和照明品質。

2.1 LED 照明不能不知的詞彙

2.1.1、綠色照明 green lights

綠色照明內涵包含高效節能、環保、安全、舒適 4 項指標，不可或缺。高效節能意味著以消耗較少的電能獲得足夠的照明，從而明顯減少電廠大氣污染物的排放，達到環保的目的。安全、舒適指的是光照清晰、柔和及不產生紫外線、眩光等有害光照，不產生光污染。

2.1.2、視覺作業 visual task

在工作和活動中，對呈現在背景前的細部和目標的觀察過程。視覺作業又分為主要視覺作業和次要視覺作業，依視覺停留的區域而定。

2.1.3、光通量 luminous flux

根據輻射對標準光度觀察者的作用匯出的光度量。單位為流明(lm)， $1\text{lm}=1\text{cd}/1\text{sr}$ 。



圖 2.1-1 檯燈主照射區為主要視覺作業漫射燈光四周為次要視覺作業

2.1.4、光通量維持率 luminous flux maintenance

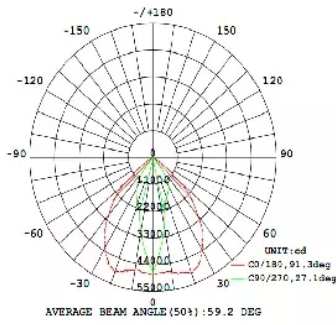
光源在給定點燃時間後的光通量與其初始光通量之比。

2.1.5、發光強度 luminous intensity

發光體在給特定方向上的發光強度是該發光體在該方向的立體角元 $d\Omega$ 內傳輸的光通量 $d\Phi$ 除以該立體角元所得之商，即單位立體角的光通量。單位為坎德拉(cd)， $1\text{cd}=1\text{lm}/\text{sr}$ 。

30°×90°的光束角

发光强度分布图



AA1图图

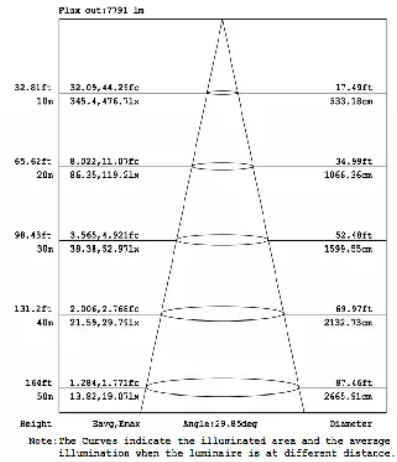


圖 2.1-2 發光強度分佈示意圖

2.1.6、色溫 colour temperature

色溫是表示光源光色的尺度，當光源的色品與某一溫度下的黑體的色品完相同時，該黑體的絕對溫度為此光源的色溫。亦稱“色度”。單位為 K (Kelvin)。

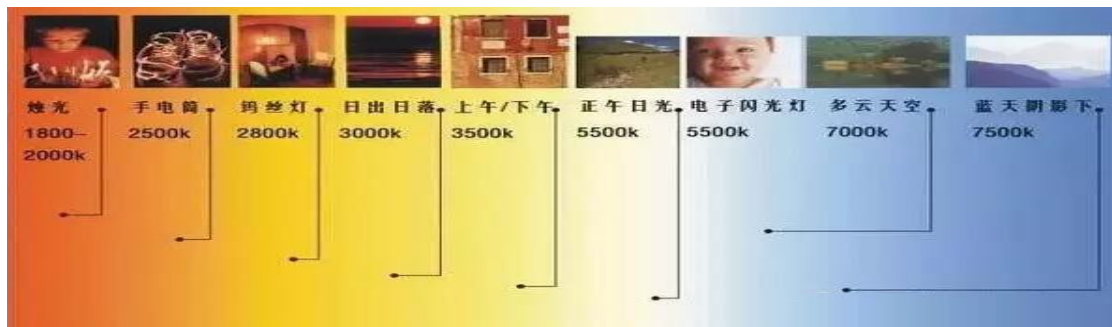


圖 2.1-3 色溫示意圖

2.1.7、顯色指數 colour rendering index(演色性)

光源對物體顏色呈現的程度，也就是顏色逼真的程度。光源對國際照明委員會 (CIE) 規定的第 1-8 種標準顏色樣品顯色指數的平均值。通稱顯色指數，符號是 Ra。



圖 2.1-4 拿燈光的顯色性來加入對比讓你更有購買慾

2.1.8、照度 illuminance

照度是表示單位面積內所射入光能量，光照強度是指單位面積上所接受可見光的能量，簡稱照度，為物理術語，用於指示光照的強弱和物體表面積照明程度的量，單位為勒克斯(lx)， $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$ 。

2.1.9、平均照度 average illuminance

就是光照射規定表面上各點的照度平均值。

2.1.10、輝度 luminance

從某一方向所看到光線的強度。也就是單位面積對某一方向反射光之強度。度 則是表示眼睛從某一方向所看到物體的反射光的強度。單位為坎德拉每平方米(cd/m^2)。由公式 $L = d^2\Phi / (dA \cdot \cos\theta \cdot d\Omega)$ 定義的量，式中 $d\Phi$ --包含給定方向的立體角 $d\Omega$ 內傳播的光通量 (lm) ；

dA --包括給定點射束截面積 (m^2) ；

θ --射束截面法線與射束方向間的夾角。

2.1.11、燈具遮光角 shielding angle of luminaire

光源出光口平面與剛好看不見發光點的視線之間的夾角。

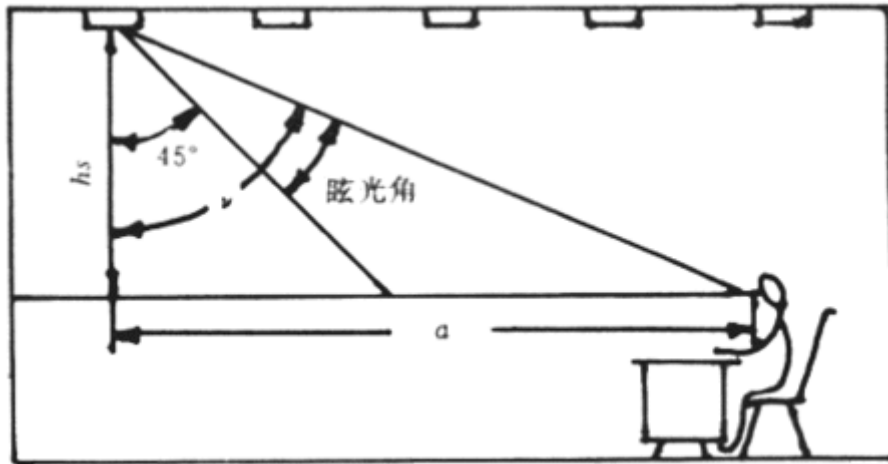


圖 2.1-5 燈具遮光角示意圖

2.1.12、眩光 glare

由於視野中的亮度分佈或亮度範圍的不適宜，或存在極端的對比，光源對視覺產生的刺眼現象。以致引起不舒適感覺或降低觀察細部或目標的能力的視覺現象，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 $45^{\circ}\sim 85^{\circ}$ 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，眩光的產生通常為光源亮度、位置、大小、數量以及與背景亮度比共同作用的結果。

2.1.13、統一眩光值 unified glare rating(UGR)

國際照明委員會（CIE）用於度量處於視覺環境中的照明裝置發出的光對人眼引起不舒適感主觀反應的心理參量。

2.1.14、維護係數 maintenance factor

照明裝置在使用一定週期後，在規定表面上的平均照度或平均亮度與該裝置在相同條件下新裝時在同一表面上所得到的平均照度或平均亮度之比。

照明系統久經使用後，作業面上的照度之所以會降低，是由於光源本身的光通輸出減少，燈具材質的老化引起透光率和反射率的下降

以及環境塵埃對燈具和室內表面的污染造成燈具光輸出效率和室內表面反射率的降低等原因。（註：在造成光損失的諸多因素中，有些可通過清潔燈具和室內表面或更換光源等維護方式得以復原，稱為可恢復損失因素，而另外一些因素，則涉及燈具，安定器的變質或損耗，除非更換燈具等，否則不可能復原，稱為不可恢復光損失因素。）

2.1.15、全般照明 general lighting

全般照明也稱為“背景照明”或者“環境照明”，是一個照明規劃的基礎，指的是充滿房間的非定向照明，為空間房間中所有活動創造一個普遍充足的照明基礎。

2.1.16、局部照明 local lighting

局部照明為滿足室內某些部位的特殊需要，在一定範圍內設置照明燈具的照明式。通常將照明燈具裝設在靠近工作面的上方。局部照明方式在局部範圍內以較小的光源功率獲得較高的照度，同時也易於調整和改變光的方向。局部照明方式常用於下述場合，例如局部需要較高照度的，由於遮擋而使一般照明照射不到某些範圍的，需要減小工作區內反射眩光的，為加強某方向光照以增強建築物的質感。但在長時間持續工作的工作面上僅有局部照明容易引起視覺疲勞。

2.1.17、重點照明 accent lighting

為提高指定區域或目標的照度，使其比周圍區域突出的照明。它通常被用於強調空間的特定部件或陳設，例如建築要素、構架、衣廚、收藏品、裝飾品及藝術品，博物館文物等。

2.1.18、光源的發光效率 luminous efficacy of a light source

代表光源將所消耗之電能轉換成光之效率。光源發出的光通量除以光源功率所得之商，光源效率(lm/W)= $\text{流明}(\text{lm})\div\text{用電量}(\text{W})$ 。單位為流明每瓦特(lm/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。

2.1.19、燈具效率 luminaire efficiency

在規定的使用條件下，燈具發出的總光通量與燈具內所有光源發出的總光通量之比，也稱燈具光輸出比。

2.1.20、燈具效能 luminaire efficacy

在規定的使用條件下，燈具發出的總光通量與其所輸入的功率之比。單位為流明每瓦特(lm/W)。

2.2 LED 的發光原理與其構造

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，發光二極體 LED 乃是應用半導體 PN 接合面發光原理製成的；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。由電致固體發光的一種半導體器件作為照明光源的燈。



圖 2.2-1 發光二極體

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 2.2-2)

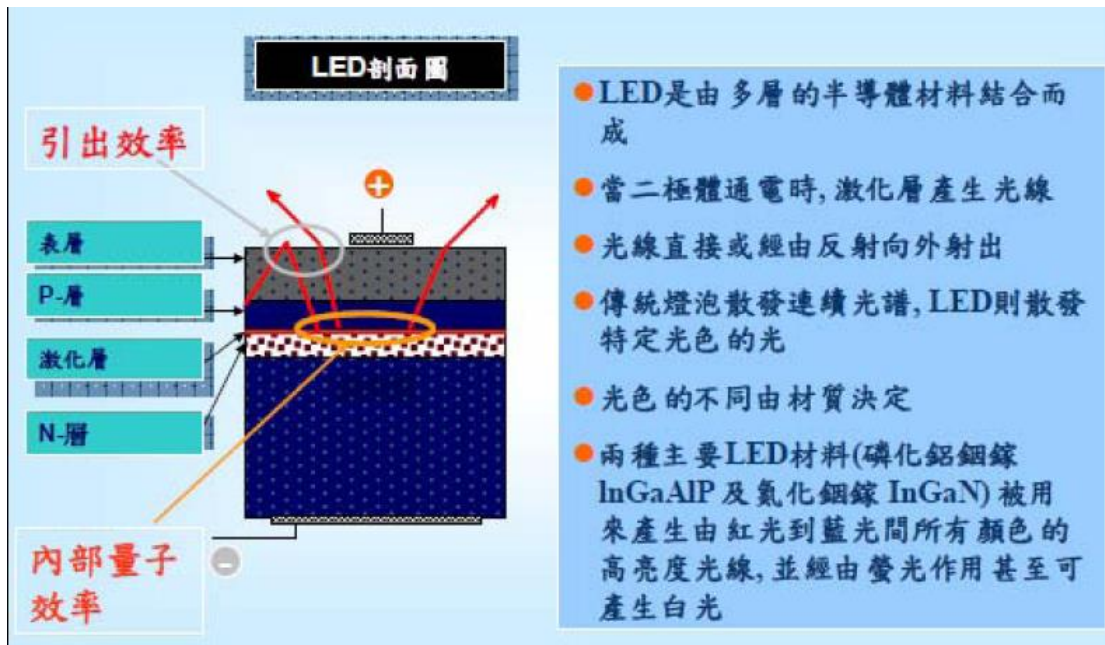


圖 2.2-2 LED 的發光原理與構造

半導體發光材料與製造工藝的不斷進步，加上新材料的開發和應用，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。

2.3 LED 基本特性

白熾燈、鹵素燈光效只有 15~25 lm/W，螢光燈 60~100 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(100~130 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 2.3-1 LED 照明產品應用於橋樑實照圖

LED 如果散熱處理良好，理論上半導體發光芯片平均壽命可達 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 2.3-2 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。自 2011 年《中國逐步淘汰白熾燈路線圖》提出後，LED 行業掀起了一波投資風暴，導致了如今仍是一個產能過剩的行業。雖然現在 LED 燈泡在照明市場的滲透率超過 30%，但由於產能過剩導致 LED 照明產品供過於求，很多 LED 企業的利潤都在逐年縮水。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。2016 年 10 月 1 日起，中國大陸將會禁止銷售白熾燈。白熾燈的退出，無疑將為 LED 企業帶來更多的市場空間。隨著市場從使用白熾燈泡到 LED 燈泡的轉變，並為消費者與企業節省花費，LED 燈泡預期將能夠為我們減少許多對於環境的負擔。

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。



圖 2.3-2 LED 及 CFL 與白熾燈生命週期環境衝擊評估比較

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，2016 年已可降至 0.0068 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。

在歐美市場方面，高效率已經是可接受，並成為很多採購方青睞的選項之一。DLC 於 2016 年發佈了照明技術要求 4.0 草案，對燈具、光源發光效率作了進一步的修訂。高效率 LED 打造成 LED 燈具、照明系統，也有整體效率 150 lm/W 的規格，COB 產品更容易實現高光效，預期 DLC4.0 法案推出後將對 COB 完全符合並超過 DLC 最新技術規範 V4.0 在 130 lm/W~150 lm/W 的高效率要求。這個會在 2017 年會生效的規定，將有助於未來 LED 照明市場的拓展。預估，到了 2020 年，全球 LED 照明市場當中已經從過去的 150 lm/W，進步到 220 lm/W 這樣水準的超高效產品。

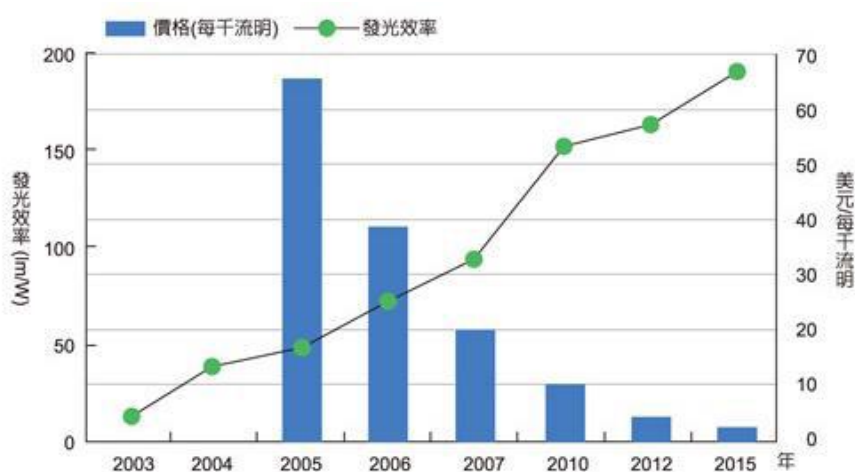


圖 2.3-3 2003 至 2015 年 LED 發光效率/價格演進圖

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%。

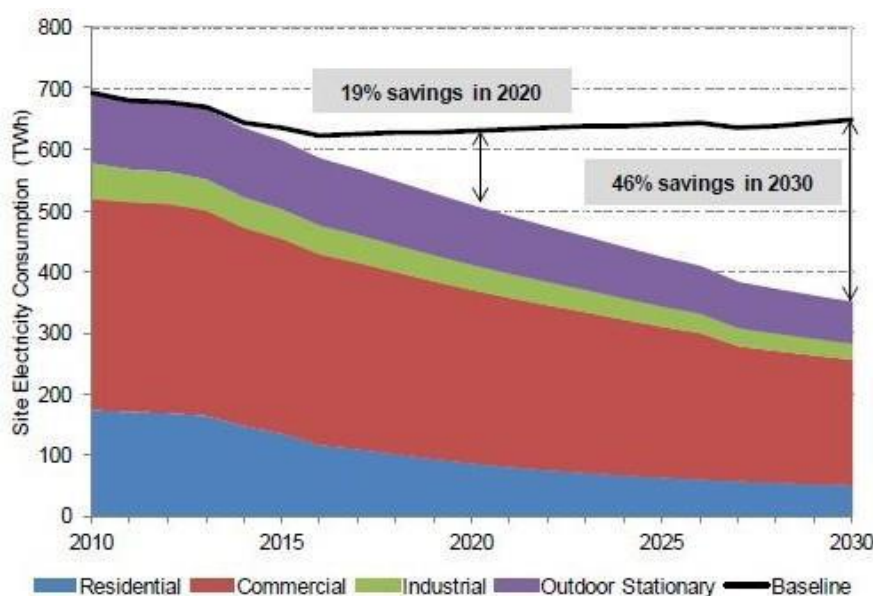


圖 2.3-4 美國能源部 LED 照明節能預測圖

2.4 LED 照明光源基本理論

2.4.1、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。

2.4.2、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 2.4-1 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。

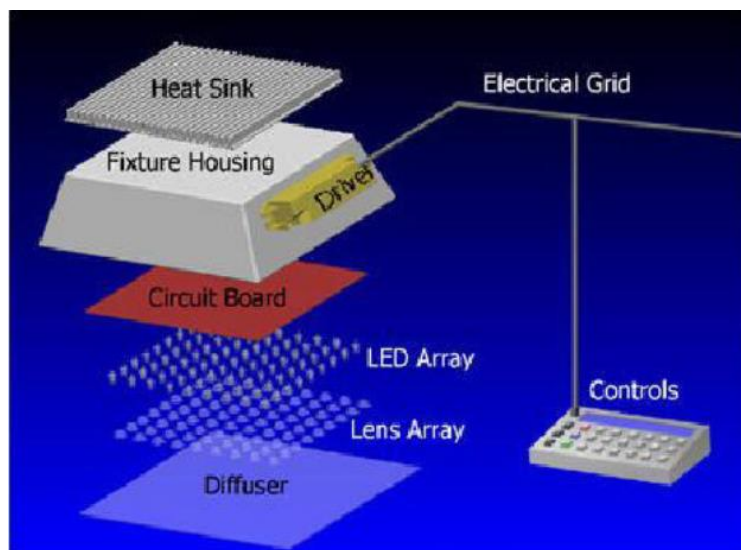


圖 2.4-1 LED 照明系統整體構成元件示意圖

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 2.4-2 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。

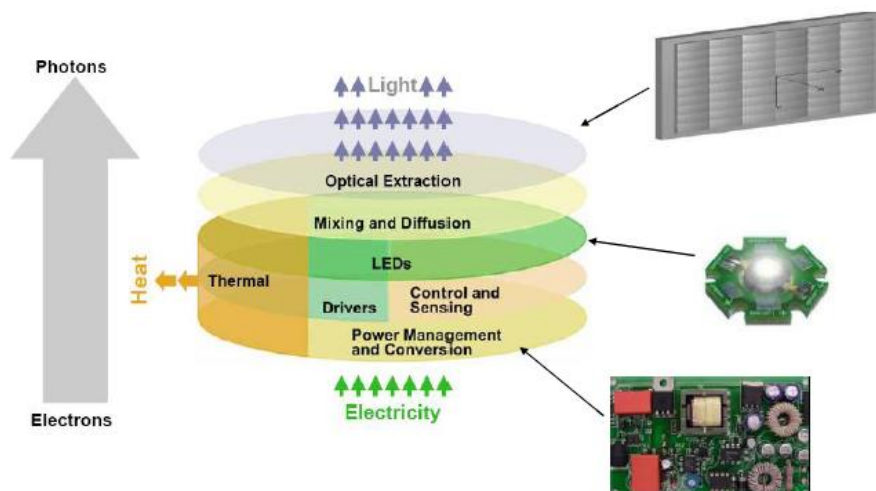


圖 2.4-2 影響 LED 照明系統效率主要因素分析

2.4.3、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 2.4-3 所示。



圖 2.4-3 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 2.4-4 Lamina LED 光源模組

2.4.4、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。

2.4.5、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 2.4-6 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。

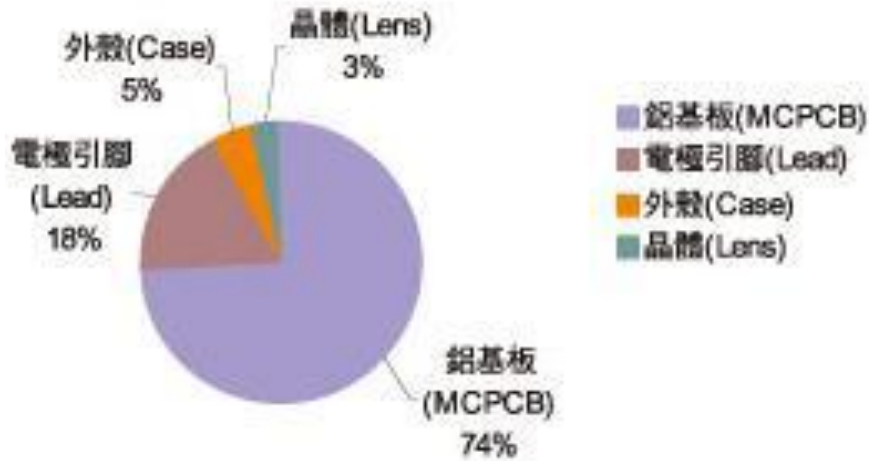


圖 2.4-5 LED 各部位散熱比例圖

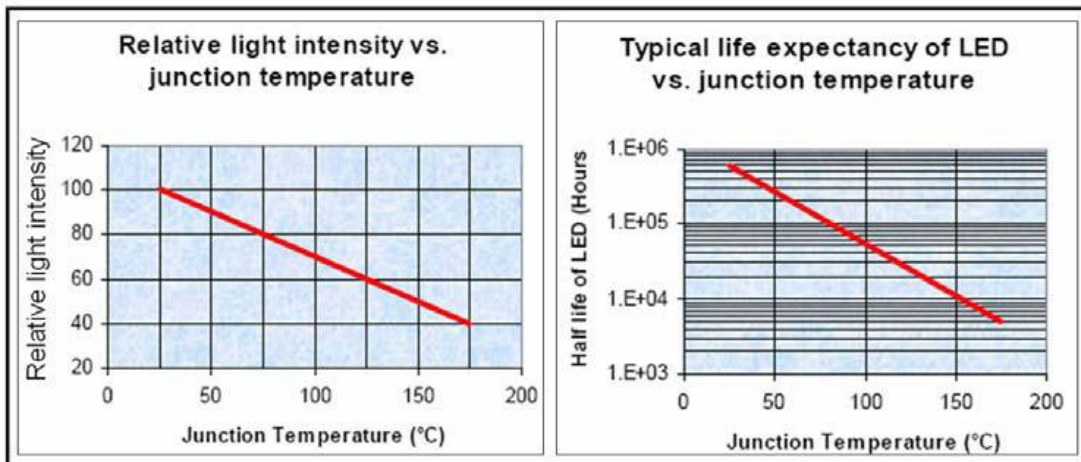


圖 2.4-6 LED 接面溫度對光亮度及使用壽命

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。

2.4.6、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 2.4-7 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。

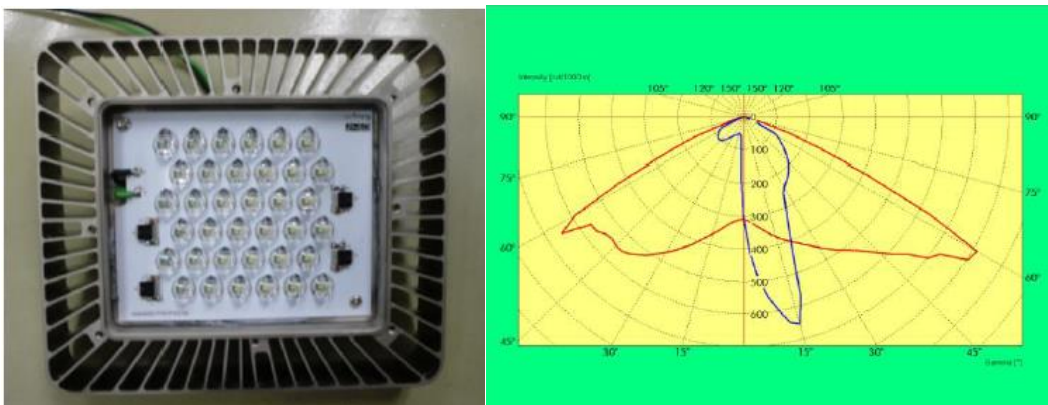


圖 2.4-7 具備特殊配光透鏡的 LED 光源

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 2.4-8 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 2.4-8 以調整 LED 角度及位置達到照明效果的 LED 路燈

2.5 白光 LED 之種類與優勢

實用白光LED的分類主要可依白光的發光原理區分為：

- 一、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。
- 二、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。
- 三、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。
- 四、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。

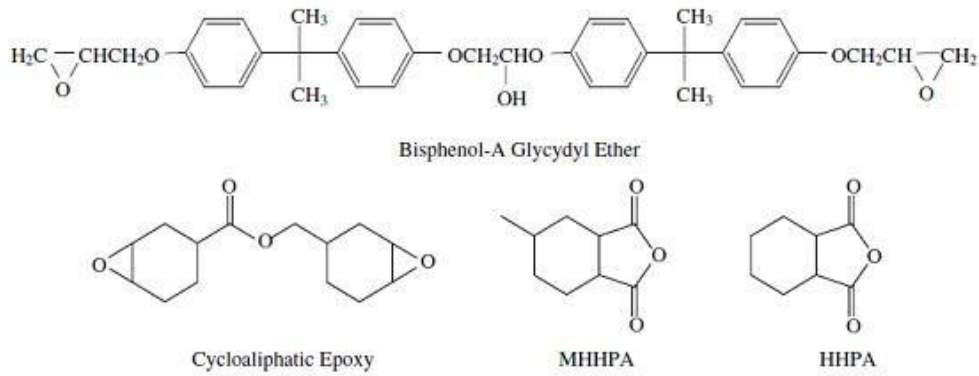


圖 2.5-1 LED 用環氧樹脂常用組成物

目前全球高亮度 LED 主要廠商包括有 Nichia，Osram，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。

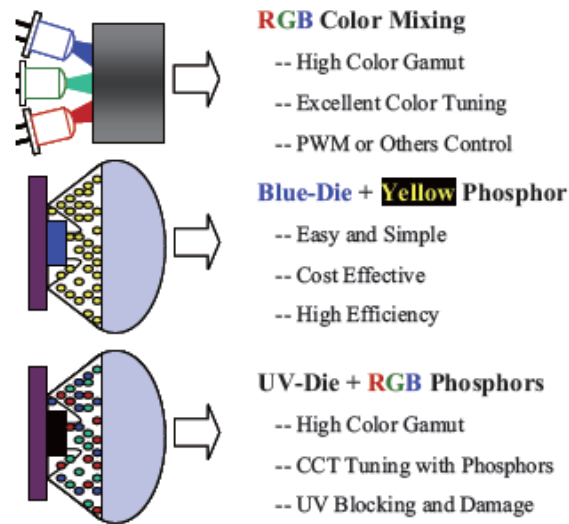


圖 2.5-2 常用 LED 白光形成製作方式

2.6 LED 光源種類

2.6.1、球泡型 LED 燈源

由於長期受傳統燈具對消費者的使用習性影響深遠的背景下，目前白熾燈正逐漸退出市場，LED 燈泡的廣泛使用已成趨勢。使得沿襲了白熾燈外觀結構和介面的 LED 球泡應運而生。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 2.6-1 球泡型 LED 燈源

LED 燈絲燈，從外形上來看，就是模仿白熾燈的形態而用 LED 製造的產品，它的最大優點是既擁有傳統白熾燈的“形”，又兼顧了 LED 照明的“神”，能滿足部分消費者的需求及契合消費者的“懷舊情懷”。

近幾年以 LED 燈絲為光源的蠟燭燈、水晶燈、球泡燈開始大量生產且被越來越多的消費者所接受；再到 2014 年部分國家禁售 60W 與 40W 白熾燈實質性進入執行階段，市場需求快速升溫以及技術的創新力度在逐年加大，與其他 LED 產品相比，燈絲燈具有全角度發光、造型懷舊簡潔大方、光效更高，更加節能等優勢。無怪乎 LED 燈絲燈能異軍突起，成為夜空中最亮的星。



圖 2.6-2 LED 燈絲燈

2.6.2、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 2.6-3 投射型 LED 燈源



圖 2.6-4 投射型 LED 照明產品應用實照圖

2.6.3、直管型 LED 燈源

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 2.6-5 直管型 LED 燈源

2.6.4、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 2.6-6 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及光均勻度。



圖 2.6-6 平板型 LED 照明產品應用實照圖

2.6.5、逃生避難方向指示型之 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方向指示燈具，因其善用 LED 光源高輝度、低耗電及長壽命等特性，可減低照明的耗能亦可減少其人工換裝維修成本，使得該產品之應用相對成功且無可比擬取代。

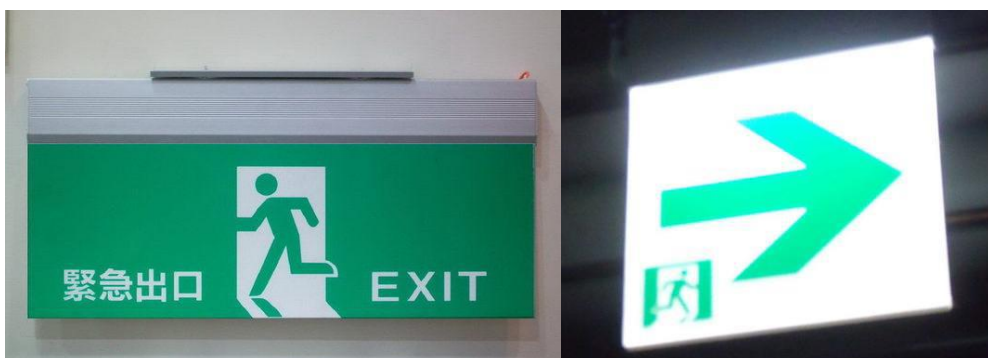


圖 2.6-7 逃生避難指示型 LED 燈源

2.6.6、其他照明節能產品應用之 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 2.6-8 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；漁民出海作業為吸引魚群聚集，傳統上大多數使用水銀燈，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 燈源集漁燈具便孕育而生了。其特性有別於傳統燈源之耗電需求外(耗電量極小)，更加強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 2.6-9 漁船作業採用 LED 燈源應用實照圖

先進 LED 栽種照明系統，與現代農業的發展息息相關，LED 光源已在設施種植領域（比如溫室補光、植物人工光生產、都市農業）、害蟲防治領域（燈光誘蟲）、畜禽養殖領域、水產與漁業領域、其他農業領域等均有所應用。

在農業用途上，LED 燈源照明因其低耗電及搭配其 LED 單色光可組合、節能、冷光源、可控性好、壽命長，優勢明顯，為現代農業應用提供了機會，而廣為歡迎，LED 在農業領域應用傾向于關注具有高附加值，比如育苗、觀賞性花卉、中草藥等高經濟作物，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 2.6-10 農業用 LED 燈源應用實照圖

在一些精細作業及特別需要使用眼力的場所可採用一般照明加上局部照明方式，例如：設計室、製圖室...等必須要有較高之照度者，可將辦公室基本照明設計改為 500~750 Lux，並使用 LED 閱讀檯燈補強工作桌照度至 1,500 Lux。



圖 2.6-11 LED 閱讀檯燈

在照明產業，LED 燈可運用智慧照明早已隨處可見，人們並不陌生。例如手機可透過數位控制，控制燈泡亮度、明滅，而若干空間的照明設備運用紅外線偵測，當有人進入時，立即自動開啟；所有人都離開時則自動關閉。

真正的智慧照明根本無須人為控制，便可精準感知周遭情境、訊號變化，自動進行合宜的調整。甚至不同人進入裝置智慧照明的空間，可根據其狀態，釋放不同的光線。當下智慧照明技術仍屬萌芽期，智慧照明將躍居未來主流發展趨勢。

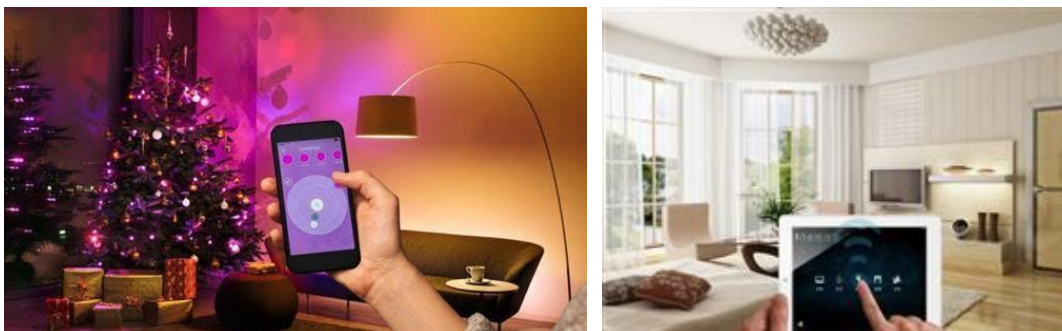


圖 2.6-12 LED 智慧照明

LED 燈可運用於光治療，如嬰兒可以適量的藍光照射治療黃疸症，嬰兒便不需要忍受如太陽等強光照射。



圖 2.6-13 LED 燈光治療黃疸症嬰兒

表2.6-1 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

第三章 國內 LED 照明應用概況

全球氣候變遷與溫室效應日益顯著，對人類生活環境造成嚴重威脅。因此，國際間因應氣候變遷，由「京都議定書」到「哥本哈根協定」，已有多項國際協議，代表了全球努力對抗地球暖化，台灣天然資源不足，環境承載有限，在考量能源安全、經濟發展、及環境永續間均衡之情況下，行政院於2008年頒行「永續能源發展綱領」，提出具體目標及政策方針，住商領域除空調之外，照明為另一主要耗電設備，近年來因LED固態照明技術發展迅速，燈具效率相較於傳統照明有顯著之提升，期許在兼顧能源安全、經濟發展與環境保護的情況下，能減少溫室氣體排放，以維繫能源安全與環境永續發展的目標，為照明節電創造了廣大機會。

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、節能潛力與市場規模。如表 3.1 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（LED號誌燈、LED路燈、LED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3.1 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
2007年	LED 交通號誌燈節能計畫	2011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。
2008 年	LED 照明標準訂定	率先制定全世界第 1 個 LED 路燈標準(公 CNS15233 「發光二極體道路照明燈具」國家標準)。
2009 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。
2010 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。
2011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,估計每盞可節約 394 萬度電,減少 2,500 公噸的 CO ₂ 排放。
2012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。
2012年	擴大設置LED路燈專案計畫	5個直轄市及11個縣市運用中央統籌分配稅款新臺幣16.9億元汰換21萬盞LED路燈
2012年	LED路燈節能示範計畫	偏遠及離島地區運用能源研究發展基金新臺幣2.7億元汰換2.1萬盞LED路燈
2012~2014年	LED路燈示範城市計畫	基隆市、新竹市及嘉義市運用台電公司補(捐)助款新臺幣5.88億元汰換5.3萬盞LED路燈
2015年	智慧節電計畫	促使民眾節電觀念與行為改變,辦理「節電計畫推動」及「節電成效激勵」工作由中央特別統籌分配稅款支應
2015年	大學校院圖書館智慧照明研究示範計畫	大學校院圖書館先進照明節能方案,整合智慧控制與高效率燈具,建立智慧照明研究應用實例由能源研究發展基金支應
2015~2016年	水銀路燈落日計畫	經由節能績效保證模式規劃以節能LED路

執行年度	計畫內容	具體或預計成效
		燈全面汰換全國水銀路燈，由中央特別統籌分配稅款支應新臺幣54.9億元汰換69.2萬盞LED路燈
2016年	發光二極體先進照明推廣補助計畫	藉由照明用電密度限制及智慧照明控制規格要求，以高效率低眩光LED照明燈具進行鄉(鎮、市、區)公所之室內照明節能示範建置(以下簡稱示範系統)，促進先進照明技術與產品之應用所需經費由能源研究發展基金支應。

資料來源：本手冊研究整理

3.1 我國能源政策與綠能產業發展

臺灣地區自產能源相當匱乏，逾98%之能源自國外進口，針對滿足民生基本需求、兼顧環境保護與經濟發展、考量社會正義與跨世代公平原則，為有效推動推動綠能產業發展，2009年4月行政院核定「綠能產業旭升方案」，遴選LED照明與太陽光電作為發展重點，行政院於2012年10月2日核定「能源發展綱領」，揭示未來國家能源發展方向，期能增加再生能源之供給量，提高能源使用效率，減少對能源之需求，建立國內綠能使用環境。並於2012年召開「能源政策會議」以推動「綠色能源產業躍升計畫」，集中資源推動太陽光電、LED照明光電、風力發電、能源資通訊等四項主軸產業，以我國LED元件優勢，配合突破性創新技術，確保LED照明核心技術與專利，開發全球LED照明市場；擴大內需並研擬法規、標準、標章、補助等各項制度，鼓勵LED技術與優良之LED照明產品開發。

為落實節能減碳，並兼顧扶助LED照明產業之目的，行政院核定推動辦理全臺設置LED路燈措施，經濟部自2008年起，以能源基金補助地方政府試辦LED路燈設置計畫。2012年政院拿出16.9億元統籌分配款，支援各地換裝28.4萬盞；2014年通過的第二波換裝計畫，可動用經費高達54.9億元，全台全面換裝LED路燈，讓水銀路燈走入台灣照明歷史，在2016年時將使我國成為全球換裝LED路燈比例最高國家。

3.2 國內照明用電概況

由政府起帶頭示範作用，推動政府機關及學校四省專案計畫，並引領全民共同落實節能減碳工作，由於節約用電管理面措施多已採行，依據非生產性質行業查核申報之建築物用途分類近幾年單位面積耗電需量密度變化如圖3.2-1，雖然單位面積耗電需量密度有逐年下降趨勢，由於預算編列不易，以致老舊照明設備汰換率偏低，自LED照明技術進入應用市場以來，LED對傳統照明行業的生態造成了巨大的衝擊，LED照明發光效率至少提升50%，LED照明燈具對於節電仍有極大影響。

LED照明技術具有節能、環保、體積小及控制性佳、光色豐富等特點。LED燈具技術正日新月異的在進步，它的發光效率正在取得驚人的突破，價格也在不斷的降低。一個白光LED燈具進入家庭的時代正在迅速到來。

表 3.2-1 建築物用途分類近年單位面積耗電需量密度變化

建築物用途分類	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年
學校	30.99	31.09	30.22	29.30	29.29
辦公大樓	47.91	45.39	43.95	43.88	42.60
醫院	44.05	42.67	42.04	41.32	42.67
量販店	62.01	65.16	57.31	56.09	55.77
百貨公司	83.25	82.39	80.46	77.15	77.79
旅館	51.89	51.65	49.62	49.73	49.70
政府機關	46.15	46.41	44.20	44.59	41.54
電信網路機房	169.14	153.35	152.79	155.29	151.28
研究機構	81.57	80.29	79.90	73.19	70.70
展覽館	62.13	55.39	55.39	56.50	52.06
複合式商場	78.18	72.52	69.81	66.89	68.17
倉儲	46.12	44.05	51.68	42.57	43.59

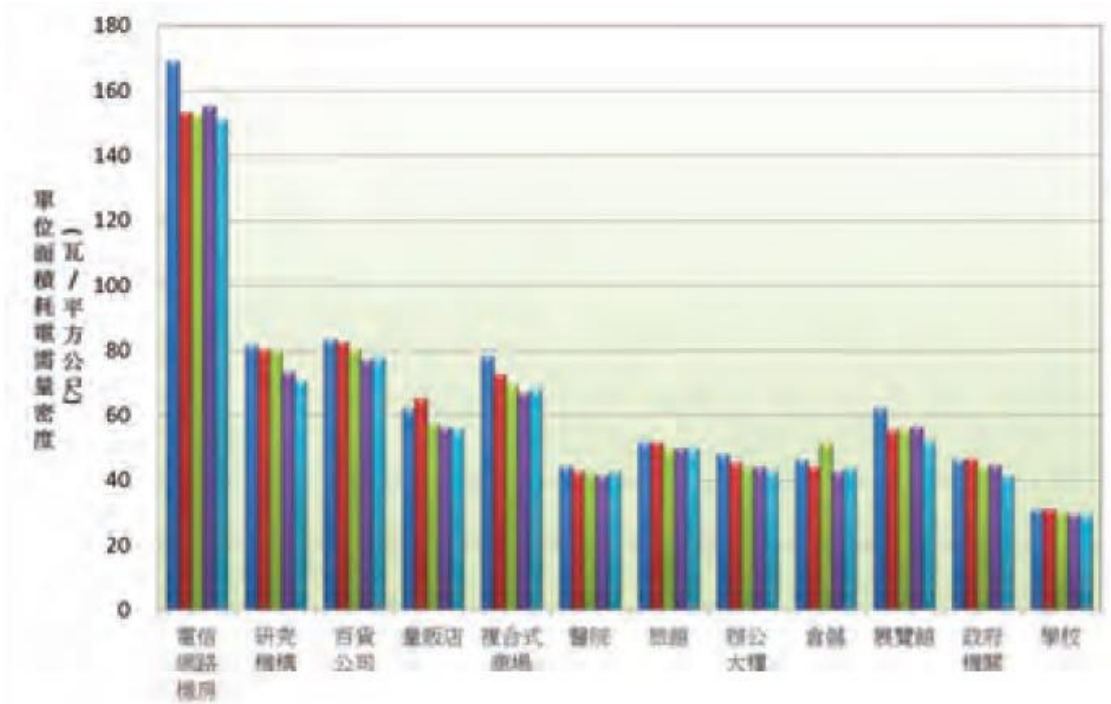


圖3.2-1 建築物用途分類近年單位面積耗電需量密度變化

國內照明用電之調查結果顯示，全國各類照明光源之總用電量達264億度，約佔全國總發電量12%，因此照明節能為施行節能政策之主要對象。依據非製造業查核申報之建築物用途分類電力流向如圖3.2-2可知，住商部分除電信網路機房外以百貨公司、複合式商場最高，照明系統發光效率提升，使照明用電相對減少。

目前國內照明普遍存在之不理想現象包括：

一、照明系統平均能源效率偏低：

目前國內照明器具老舊高耗能光源與燈具之用量仍可觀，以國內之技術水準而言，成熟之LED 照明燈具技術已可達80lm/W以上。有效提升燈具用電效率及以LED照明燈具汰換鹵素燈減少照明用電。

二、照明用電密度(Lighting Power Density, LPD)偏高：

目前國內LPD平均值約為28W/m²，遠高於紐西蘭、澳洲、日本等國，台灣LED照明技術發展迅速，LED照明燈具效率之提升，顯然LED照明對節電仍有極大貢獻。

表3.2-2 建築物用途分類電力流向

建築物用途分類	空調設備	照明設備	冷凍冷藏設備	插座用電(事務設備)	送排風設備	給水污水設備	電梯設備	其它設備
學校	45.72	26.38	3.42	8.34	2.58	3.64	3.73	6.18
辦公大樓	48.30	20.51	1.13	9.46	4.39	3.22	6.76	6.23
醫院	49.65	17.88	4.12	6.41	5.46	3.53	5.28	7.67
量販店	40.04	20.64	17.13	3.04	4.41	3.29	5.96	5.47
百貨公司	44.60	28.23	4.30	4.80	4.60	3.22	5.47	4.79
旅館	46.19	21.03	7.29	3.65	4.73	4.82	5.51	6.78
政府機關	43.08	18.63	1.70	9.24	4.43	3.91	6.69	12.31
車站及軌道	19.12	7.28	0.33	1.87	3.27	1.82	3.62	62.68
電信網路機房	37.87	7.98	0.07	5.77	1.18	1.27	1.72	44.15
國防機關	36.01	21.46	6.66	10.38	3.52	3.81	1.49	16.68
研究機構	42.97	13.05	7.32	6.80	4.09	2.94	1.63	21.21
展覽館	52.28	20.58	1.80	6.66	2.92	2.85	2.69	10.22
複合式商場	40.67	28.06	3.71	2.44	3.89	4.54	7.12	9.58
汙水處理廠	4.55	3.45	0.04	0.53	4.71	52.91	0.04	33.76
倉儲	31.62	16.44	10.13	3.97	1.34	1.34	1.20	33.96
航空站	47.14	28.21	0.96	5.88	9.14	2.64	2.80	3.23
其他	29.39	19.21	12.53	3.35	5.15	3.92	2.72	23.72

註：統計期間為 2014 年 1 月至 12 月。

3.3 推動 LED 照明應用現況及作法

3.3.1、國內 LED 照明產業概況

一、 LED照明產業概述

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。LED照明技術具有節能、環保、體積小及控制性佳、光色豐富等特點。近年LED技術迅速提升，發光效率已超過現有主流光源，是21世紀全球綠色照明希望，2011年日本311大地震以及節能減碳政策加速市場滲透率大增，目前我國將LED照明列為新興綠色能源產業重點項目。依據工研院產業經濟與趨勢研究中心報告資料顯示，國內住家照明主流產品為安定器內藏型螢光燈泡，在商業照明系統中仍以螢光燈具與鹵素燈為主，隨著LED照明技術日趨成熟且成本大幅下降，以LED照明燈具汰換鹵素燈減少照明用電，預期LED照明將快速普及。

二、 LED照明產業發展現況

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。在LED元件產值成長帶動下，配合政府持續推動LED照明內需市場，與外銷市場成長。LED照明成長率高，未來市場規模大，我國在LED元件具有基礎，宜積極投入LED照明市場，為協助國內產業發展LED照明業務，已推出號誌燈、路燈示範及LED燈泡補助計畫。2014年制定LED燈泡MEPS及節能標章基準，2015年公告LED平板燈節能標章，執行天井燈節能標章制定及其節能標章基準能效研擬。

我國LED照明光電產業供應鏈完整(如圖3.3-1)，累計廠家已超過800家，採行垂直分工模式，絕大部分廠商僅經營產業鏈之一部分。上游磊晶、晶粒性能與品質優異，以GaN與AlGaInP晶粒為主要產品。由於廣泛使用於背光與照明產品，所以SMD元件成為國內封裝廠主力產品，部分技術優異廠商則具備高功率元件製造能力。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。

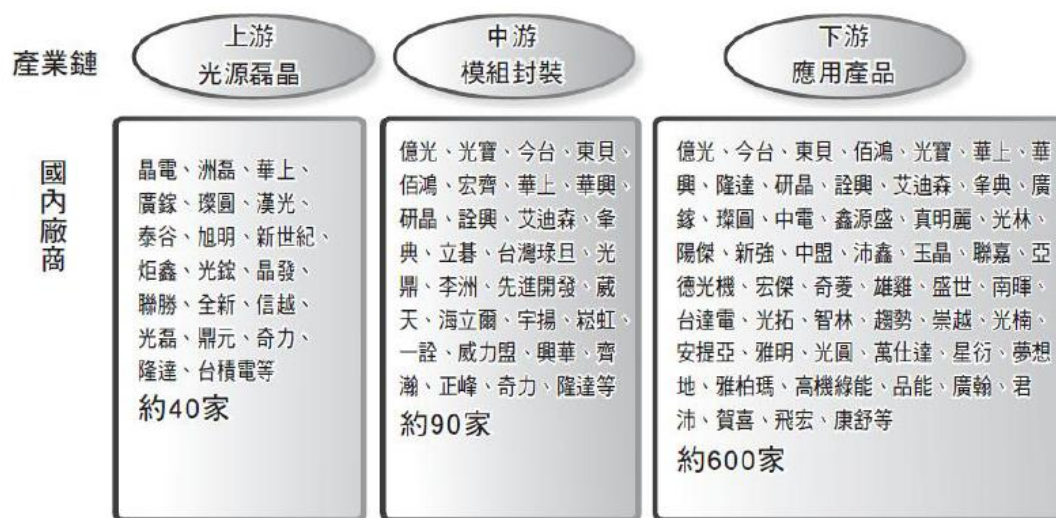


圖 3.3-1 我國 LED 照明光電產業鏈

三、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。

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。

3.3.2、政府推動 LED 照明應用作法

行政院於 2009 年推動「綠色能源產業旭升方案」，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台灣 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 2009 年至 2011 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台 69.67 萬盞 LED 交通號誌燈換裝。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 2009 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。為推動臺灣成為高值化 LED 燈具製造基地，能源局於 2011 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。

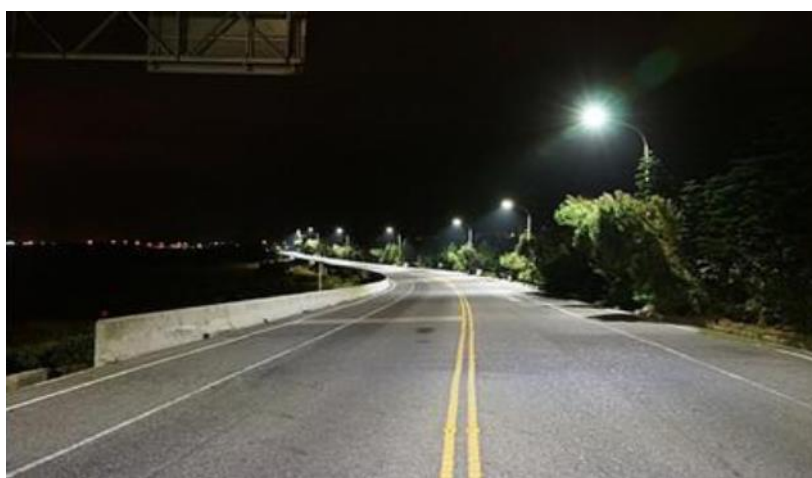


圖 3.3-2 LED 路燈照明應用於澎湖縣示範道路實景

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。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，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。

3.3.3、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「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 3.3-1。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」，在中央特別統籌分配稅款項下匡列新臺幣 20 億元預算支應 2012 年汰換 25 萬盞水銀路燈。執行「擴大設置 LED 路燈節能專案計畫」後，2012 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，並帶動 32.5 億元 LED 路燈產值。

2014 年通過的水銀路燈落日計畫，規劃經由節能績效保證模式全台全面換裝 LED 路燈，由中央特別統籌分配稅款支應，以節能 LED 路燈全面汰換全國水銀路燈，可動用經費高達 54.9 億元汰換 69.2 萬盞 LED 路燈，讓水銀路燈走入台灣照明歷史，2016 年汰換完成時將使我國成為全球換裝 LED 路燈比例最高國家。

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 2016 年起辦理「發光二極體先進照明推廣補助計畫」藉由照明用電密度限制及智慧照明控制規格要求，以高效率低眩光 LED 照明燈具進行鄉(鎮、市、區)公所之室內照明節能示範建置(以下簡稱示範系統)，促進先進照明技術與產品之應用所需經費由能源研究發展基金支應。

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。

表3.3-1 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。

推動政策	內容
LED路燈示範城市計畫	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。
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。
大學校院圖書館智慧照明研究示範計畫	大學校院圖書館先進照明節能方案，整合智慧控制與高效率燈具，建立智慧照明研究應用實例由能源研究發展基金支應
水銀路燈落日計畫	經由節能績效保證模式規劃以節能LED路燈全面汰換全國水銀路燈，由中央特別統籌分配稅款支應新臺幣54.9億元汰換69.2萬盞LED路燈
發光二極體先進照明推廣補助計畫	藉由照明用電密度限制及智慧照明控制規格要求，以高效率低眩光LED照明燈具進行鄉(鎮、市、區)公所之室內照明節能示範建置(以下簡稱示範系統)，促進先進照明技術與產品之應用所需經費由能源研究發展基金支應。

資料來源：本手冊研究整理

第四章 LED 相關標準及標章推展概況

由於LED從輝度應用跨入高照度應用，技術門檻極高，產業界成都積極的建立產業標準，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LED新產品時，才能更順利導入照明消費市場。

另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，經濟部也委由工研院於2011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67項LED相關國家標準制訂，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。

標章本質上是一種經濟工具，以鼓勵事業單位於產品之原料取得、製造販賣、使用及廢棄之產品生命週期過程中，能夠降低環境之污染及節省資源之消耗，促進廢棄物之減量及回收再利用，同時喚醒消費者慎選可回收、低污染、省資源之產品，以維護環境品質。

本章將就目前台灣地區節能減碳技術研發方向、技術推動與發展時程，以及配合技術發展所必須推廣應用政策工具與做法。主要介紹LED相關標準及標章之規定與政府部門使用規範，創造使用者、業者雙贏，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。

4.1 國內 LED 照明標準及專利技術之推展措施

由於台灣 LED 產業發展起步較早，因此早在1988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2000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。

2009年初經濟部標準檢驗局相繼公告5項LED國家標準，其餘12項LED標準草案，由經濟部標準檢驗局進行審查程序後再公告，依時程於2010年6月、12月分兩批次完成公告。除了上述草案之外，標準檢驗局亦正進行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2010年11月完成。

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，並由經濟部於2010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。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。



圖 4.1-1 T-bar 型 LED 照明燈具

現階段制定標準相關單位與台灣 LED 業界廠商共同建立多項 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，陸續完成國家標準制定公告(詳見表 4.1-1~5)。標準檢驗局已完成 67 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、室內指示 2 項、照明用元件及模組 19 項、照明相關產品 12 項、控制裝置 3 項及智慧照明 5 項，(詳如圖 4.1-1 LED 相關國家標準圖)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 照明產品品質。

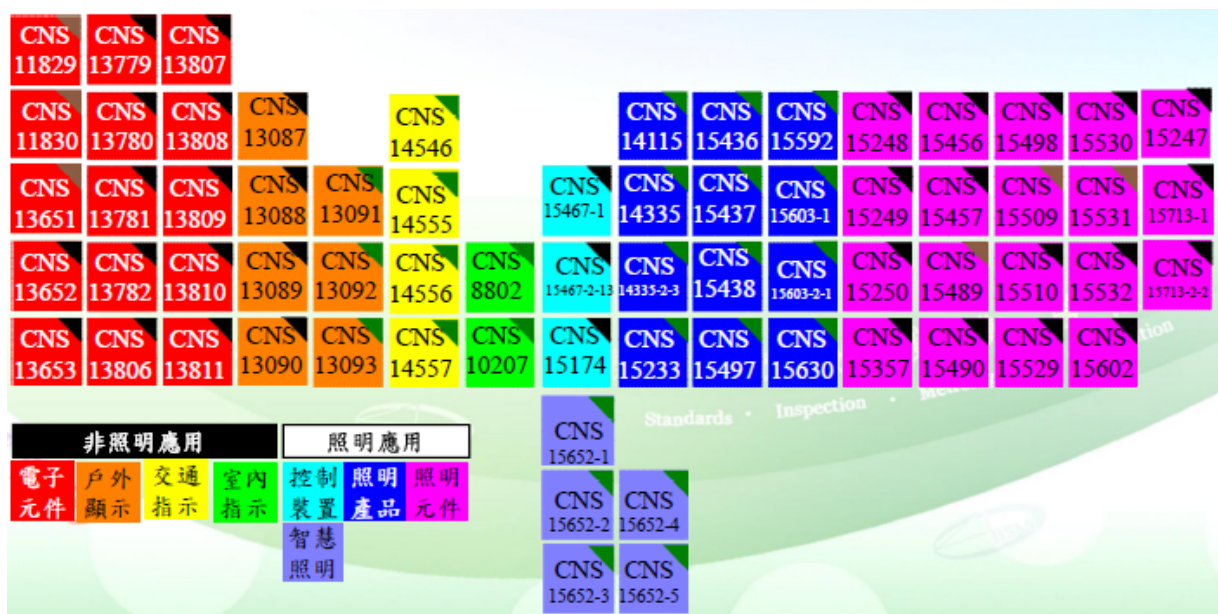


圖 4.1-2 LED 相關國家標準圖

標準檢驗局在 2008 年率先制定全世界第 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，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。

表4.1-1 我國已公告照明相關產品之LED相關國家標準

照明相關產品

總號	標準名稱	最新日期
14115	電氣照明與類似設備之射頻擾動限制值與量測方法	2009.3.4
14335	燈具安全通則	1999.8.4
14335-2-3	燈具-第2-3部:道路及街道照明用燈具之安全規定	2009.11.9
15233	發光二極體道路照明燈具	2010.11.12
15436	安定器內藏式LED燈泡(一般照明用)- 安全性要求	2012.11.15
15437	輕鋼架天花板(T-bar)嵌入型發光二極體燈具	2010.11.18
15438	雙燈帽直管型LED光源- 安全性要求	2010.11.18
15497	發光二極體投光燈具	2011.10.19
15592	光源及光源系統之光生物安全性	2012.11.15
15603-1	燈具性能-第1部:一般性要求	2012.11.15
15603-2	燈具性能-第2-1部: LED燈具之個別規定	2012.11.15
15630	一般照明用安定器內藏式LED燈泡(供應電壓大於50V)- 性能要求	2012.11.29

經濟部標準檢驗局亦於2012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。

表4.1-2 我國已公告照明用元件與模組之LED相關國家標準

照明用元件與模組

總號	標準名稱	最新日期
15456	交流發光二極體元件之光學與電性量測法	2011.8.10
15457	交流發光二極體模組之光學與電性量測法	2011.8.10
15489	發光二極體晶粒之光學與電性量測法	2011.9.29
15490	發光二極體光源系統之量測法	2011.9.29
15498	發光二極體模組之熱阻量測法	2011.10.19
15509	發光二極體晶粒之加速壽命評估法	2011.10.25
15510	發光二極體元件及模組之加速壽命評估法	2011.10.25
15529	發光二極體元件之環境及耐久性試驗法	2012.1.31
15530	照明用發光二極體系統之環境試驗法	2012.1.31
15531	發光二極體晶粒之品質試驗法	2012.1.31
15532	發光二極體元件之靜電放電試驗法	2012.1.31
15602	一般照明用LED模組-性能要求	2012.11.15
15713-1	雜類燈座-第1部-一般要求及試驗	2014.2.27
15713-2-2	雜類燈座-第2-2部-個別規定-LED模組用連接器	2014.2.27

表4.1-3 我國已公告控制裝置之LED相關國家標準

控制裝置		
總號	標準名稱	最新日期
14115	LED 模組之交、直流電源電子式控制裝置-性能要求	2008.3.28
15467-1	光源控制裝置-第 1 部:通則及安全性規定	2012.11.15
14567-2-13	光源控制裝置-第 2-13 部: LED 模組之用直流或交流電子式控制裝置之個別規定	2012.11.15

表4.1-4 我國已公告照明用元件與模組之LED相關國家標準

照明用元件與模組		
總號	標準名稱	最新日期
15247	照明用發光二極體元件與模組之一般受命試驗方法	2009.1.22
15248	發光二極體元件之熱阻量測方法	2009.1.22
15249	發光二極體元件之光學與電性量測方法	2009.1.22
15250	發光二極體模組之光學與電性量測方法	2009.1.22
15357	一般照明用LED模組-安全性規範	2010.5.18

表4.1-5 我國已公告智慧照明系統之LED相關國家標準

智慧照明系統		
總號	標準名稱	最新日期
15652-1	智慧照明系統-第1部:系統功能	2013.3.29
15652-2	智慧照明系統-第2部:廣域網路介面	2013.3.29
15652-3	智慧照明系統-第3部:場域網路介面	2013.3.29
15652-4	智慧照明系統-第1部:場域網路設計指引	2013.3.29
15652-5	智慧照明系統-第1部:照明設備	2013.3.29

4.2 有關環保標章相關之規定與政府部門使用規範

我國發展節能減碳科技肩負著強化我國節能減碳成效，以及扶植相關產業發展之雙重任務，因此一方面持續發展科技之外，也需要相關單位配套之推廣政策，相輔相成。

減少人類對於環境的破壞行為為訴求，以減少過度生產與消費之生活型態而造成對環境的衝擊，並且推行「綠色消費」概念，環保標章運動因應而生且蓬勃發展。

在配套推廣政策方面，主要藉由耗能設備效率標準與指標、工業耗能查核、耗能產業設備效率指標、節能技術服務等措施等，來推廣各項節能減碳科技，擴大應用內需市場，建立節能減碳產業發展基礎。

4.2.1、國家節能減碳總目標

緩和與適應氣候變遷是全球人類所必須共同面對的議題，國際間因應氣候變遷，已有多項國際協議，我國雖非締約國，但政府亦宣示減量目標與期程。行政院藉由政策全面引導低碳之經濟發展，並形塑節能減碳社會，經濟部於2010年4月彙整完成國家節能減碳總計畫，並於2010年5月11日行政院核定，國家節能減碳總目標為：

- 一、 節能目標：自2008年起8年，每年提高能源效率2%以上，使能源密度於2015年較2005年下降20%以上；藉由技術突破及配套措施，2025年較2005年下降50%以上。
- 二、 減碳目標：於2020年全國二氧化碳排放量回到2005年排放量，於2025年全國二氧化碳排放量回到2000年排放量。

為達國家政策所訂定相關節能目標，必須進行各產業高效率節能技術研發與推廣應用。

4.2.2、我國環保標章制度

1970年代歐美國家興起環保運動，推行「綠色消費」概念，減少過度生產與消費之生活型態而造成對環境的衝擊，環保標章運動因應而生且蓬勃發展。環保署為順應世界環保趨勢，特參考國際先進國家實施環保標章之經驗及國內標章制度，於1992年推動環保標章制度，環保標章是依據ISO-14024環保標章原則與程序而定，其目的是鼓勵那些對於環境造成較少衝擊的產品與服務，透過生產製造、供應及需求之市場機制，驅動環境保護潛力。為達成其效用，我國環保標章只頒發給同一類產品中，前20%~30%環保表現最優良的產品，標示環保標章圖樣，供民眾採購辨識，透過環保標章制度，鼓勵廠商設計製造產品時，考量降低環境之污染及節省資源之消耗，促進廢棄物之減量及

回收再利用，同時喚醒消費者慎選可回收、低污染、省資源之產品，以提昇環境品質。

除環保標章制度外，為配合政府綠色採購需求，於 2000 年建立第二類環境保護產品證明機制，針對非環保署公告之產品環保標章規格標準項目，經認定產品或其原料之製造、使用過程及廢棄物處理，符合再生材質、可回收、低污染或省資源者，予以核發第二類環境保護產品證明，提供政府機關及民眾更多環保產品選擇性。對於廠商申請部分乃成立單一窗口，處理環保產品審查、驗證等工作，提供廠商更簡便之申請途徑。

環保署為強化後市場追蹤查核，於民國 2011 年 3 月函頒「行政院環境保護署環境保護管理作業規範」，明訂查核工作，包括查核生產現場、販售場所管理情形及產品抽樣檢驗，如有不符合規定時，將請廠商限期內提出說明和改善計畫、且改善期間不得使用環保標章。2012 年 6 月環保署函頒「行政院環境保護署環境保護產品驗證機構管理要點」，以遴選、管理驗證機構，執行受理申請、審查、核發證書及追蹤管理等驗證業務，2014 年 9 月函頒修正「行政院環境保護署綠色消費暨環境保護產品推動使用作業要點」

我國環保標章制度的三項重要法規如下：

一、「行政院環境保護署環境保護產品申請審查作業規範」

內容摘要：對環保標章提出明確的定義，並且針對標章使用之審議與管理、廠商申請條件與審核內容、取得標章廠商所應注意之權利與義務做說明。

二、「行政院環境保護署綠色消費暨環境保護產品推動使用作業要點」

內容摘要：規範環境保護產品之審查及管理、提出申請及執行單位之權利與義務、取得證明書廠商應遵守之事宜。

三、「行政院環境保護署綠色消費暨環境保護產品審議會設置要點」

內容摘要：對審議委員會組成、權責、辦理項目做說明。



圖 4.2-1 環保標章

4.2.3、機關優先採購環境保護產品辦法

行政院環境保護署為配合資源永續利用的環保國際潮流，鼓勵國內之綠色生產及綠色消費，經多年的溝通與協調，於「政府採購法」中加入第九十六條之「綠色採購條款」，除明定產品種類、優惠比率、優先採購方式外，並訂定相關獎勵規範，以鼓勵機關落實綠色採購。

行政院自 2009 年度起，依據「機關優先採購綠色產品辦法」，全面推動機關綠色採購推動方案。要求全國所有公務機關與公營事業優先採購環保產品，並逐年訂定目標加以管考。期望透過政府機關的龐大採購力量，優先購買對環境衝擊較少之產品，以鼓勵綠色產品的生產並帶動綠色產品消費風氣，達到環境保護的效益。

4.2.4、綠色採購產品範圍

依「機關優先採購環境保護產品辦法」條文內容（第二條、第三條、第四條、第六條），將環境保護產品分為如下三類，此三類皆可納入綠色採購指定項目：

第一類產品：取得行政院環境保護署認可之環保標章使用許可以及取得與我國達成相互承認協議之外國環保標章使用許可者。

第二類產品：非屬環保署公告之環保標章產品項目之產品，經環保署認定符合再生材質、可回收、低污染或省能源條件，並發給證明文件者。

第三類產品：指該產品經相關目的事業主管機關認定符合「增加社會利益或減少社會成本」之產品，並發給證明文件者。

節能標章產品屬於第三類產品。依據此一辦法，節能標章產品列為認可之環保產品之一。若產品為環保產品可允許有百分之十以下之價差作為鼓勵。

經濟部能源局基於對耗能產品能源效率提昇的重視，並為落實全國能源會議結論具體行動方案，自 2001 年度起，正式啟動「節能標章」認證機制，為國內節能產品建立驗證標示，激勵廠商生產高能源效率產品，並鼓勵消費者選購節能產品，此制度可在「政府」、「產業界」及「消費者」間形成良性互動，創造「三贏」局面，並達到節約能源及抑低二氧化碳排放的效益。

4.3 我國 LED 照明產品能效基準現況

我國由於自產能源缺乏，能源進口依存度高達98%，加上近年來國民生活水準日益升高，耗能產品使用量大幅增加，使得國內能源需求量相對加大，在面臨國際溫室氣體減量的環保壓力下，唯有節約能源並提昇能源使用效率才能兼顧國家經濟發展、能源穩定供應及地球環境之保護，以利國家之永續發展。

因應傳統化石燃料逐漸耗竭、國際間溫室氣體減量的環保壓力、以及高能源價格時代的來臨，先進國家，甚至大部分開發中國家，皆以提升耗能產品能源使用效率及執行節能標章制度，作為節能及環境保護的主要策略之一，相關部門依「能源管理法」規定訂定國家能源效率標準逐年汰換老舊設備器具，針對我國LED照明產品能效基準現況如表4.3-1。

表4.3-1我國LED照明產品能效基準現況

品目	標準檢驗局		能源局	
	標準	驗證登錄	MEPS	節能標章
LED 燈泡	◆	◆	◆	◆
室內燈具 (LED平板燈) (LED 天井燈)	◆ 安規/電磁雜訊	◆ 不含性能		◆ ◆ ◆
LED路燈	◆			◆

新世紀之節能消費觀念中，對於選購產品的依據，除了品牌、品質、價格等因素外，更須加入使用期間的能源費用，才是完整的消費成本考量，建構國內高能源效率之消費環境，引導消費者優先選用，進而積極鼓勵廠商研發生產高能源效率產品為使國內使用能源之設備及器具能源效率能達到國際標準，並防止國外低效率產品輸入我國，除依「能源管理法」規定訂定國家能源效率標準逐年汰換老舊設備器具，2014年制定LED燈泡MEPS(強制性能效基準)，標準檢驗局引用並將LED燈泡公告為應施檢驗品目之範圍，在滿足民眾生活舒適與確保經濟發展需求下，能源有效利用、耗能系統效能提升等，政府在制定經濟發展政策時最高指導原則。

- 一、本基準適用之安定器內藏式發光二極體燈泡（以下簡稱 LED 燈泡）應符合中華民國國家標準 CNS 15630 規範，並經本部標準檢驗局公告為應施檢驗品目之範圍者。但其額定演色性指數（CRI）在九十五以上者，不適用本基準。
- 二、LED 燈泡之發光效率應達附表基準之數值以上。
- 三、LED 燈泡之實測輸入功率計算至小數點後第一位數，小數點後第二位數即四捨五入；實測光通量計算至整數位，小數點後第一位數即四捨五入；發光效率計算至小數點後第一位數，小數點後第二位數即四捨五入。

表4.3-2 LED燈泡MEPS(強制性) 發光效率基準表

發光效率 基準 (流明/ 瓦， lm/W)	非指向型			指向型	
	額定光通量 大於 200 (lm)	額定光通量 200 (lm)以 下，大於 50(lm)	額定光通量 50 (lm)以 下	燈泡出光面 實測最大外 型尺寸大於 50.8公厘 (mm)	燈泡出光面 實測最大外 型尺寸50.8 公厘(mm)以 下
額定色溫 2700k 3000k 3500k	70.0	65.0	40.0	60.0	55.0
額定色溫 4000k 5000k 6500k	75.0	70.0	40.0	65.0	60.0

4.4 節能標章有關 LED 之相關規定

節能標章產品代表著高能源效率，亦即代表著在同樣功能條件的使用狀態下，消耗較少的能源、負擔較低的能源費用，尤其對於高耗能、長期使用或使用壽命長的產品項目，將有著更顯著的差異。

由經濟部能源局除依「能源管理法」規定訂定國家能源效率標準逐年汰換老舊設備器具外，在節能獎勵與宣導部分，主導建立自發性節能標章認證制度，建構國內高能源效率之消費環境，引導消費者優先選用，進而積極鼓勵廠商研發生產高能源效率產品為使國內使用能源之設備及器具能源效率能達到國際標準，防止國外低效率產品輸入我國。

經濟部能源局基於對LED照明產品能源效率提昇的重視，2012年起道路照明燈具率先公告將LED路燈納入節能標章基準，2013年室內燈具亦將LED光源納入節能標章基準，2014年制定LED燈泡節能標章基準，2015年制定LED平板燈節能標章基準，2016年制定LED天井燈節能標章基準，2016年10月11日公告修正LED燈泡節能標章基準，並自2017年3月1日生效執行。



圖 4.4-1 高能源效率產品之辨識-節能標章

為肯定省能技術於產品之應用、循以市場誘因導向的機制，激勵廠商投入高能源效率產品的開發；積極推動「節能標章」之認證，受理廠商自願性的申請，經審核確認符合標準者，授與「節能標章」於產品之張貼使用。

4.4.1、道路照明燈具節能標章能源效率基準與標示方法

一、道路照明燈具申請節能標章認證，其適用範圍、能源效率試驗條件與方法及能源效率值應符合下列規定：

(一) 適用範圍：本項產品為符合中華民國國家標準CNS 9118道路照明燈具或CNS 15233發光二極體道路照明燈具規範之道路照明燈具。

(二) 能源效率試驗條件及方法：道路照明燈具之發光效率測試設備為測角光度計，其測試條件及方法應符合「國際照明委員會標準CIE 70規範內容之要求，配光曲線量測之測試角度間距應為2.5度以下，道路照明燈具發光效率(流明/瓦，Lm/W)之計算方式為燈具總輸出光量(流明，Lm)除以燈具總輸入功率(瓦，W)。

(三) 道路照明燈具能源效率基準：

1. 道路照明燈具能源效率應符合下列基準規範：

(1) 發光二極體(LED)道路照明燈具之能源效率及其它規格特性應符合下列規定：

表4.4-1 LED道路照明燈具之能源效率

燈具分類		基準規範		
燈具功率	色溫分類 ^{#1}	初始發光效率 ^{#2} (流明/瓦, lm/W)	光束維持率 ^{#3} (3000小時)	其它
全功率	高色溫	≥ 85.0	不得低於 95.0%	功率因數 ≥ 0.90 防塵防水： IP65、IP66 照度均勻度 ^{#4} ≥ 0.33
	中色溫	≥ 75.0		
	低色溫	≥ 75.0		

註1：色溫分類依中華民國國家標準CNS 15233之規定。

註2：初始發光效率為燈具經過1000小時枯化點燈後所測得之發光效率值。

註3：光束維持率試驗依中華民國國家標準CNS 15233第6.10節規定。

註4：照度均勻度=最低照度/平均照度。

- (2) 氣體放電燈道路照明燈具能源效率及其它規格特性應符合下列規定：

表4.4-2 氣體放電燈道路照明燈具之能源效率

燈具分類		基準規範		
燈具功率 ^{#1}	色溫分類	初始發光效率 ^{#2} (流明/瓦, lm/W)	光束維持率 ^{#3} (3000小時)	其它
全功率	5000K 以上	≥ 75.0	不得低於 85.0%	功率因數 ≥ 0.90 防塵防水： IP65、IP66 照度均勻度 ^{#4} ≥ 0.33
	低於 5000K 3500K 以上	≥ 75.0		
	低於 3500K	≥ 85.0		

註1：燈具功率=燈泡功率+安定器消耗功率。

註2：初始發光效率為燈具經過100小時枯化點燈後所測得之發光效率值。

註3：光束維持率試驗應於氣體放電燈具完成枯化點燈後，在常態下持續點燈，於3000小時後(不含枯化點燈之100小時)以配光曲線量測設備測定其光通量值。

註4：照度均勻度=最低照度/平均照度。

- (3) 前揭照度均勻度應依據下列方式執行模擬：

- (a) 照度均勻度之模擬應以DIALux 4.8版以上軟體，利用測角光度計測試所得副檔名為IES之檔案，帶入DIALux軟體內，模擬燈具使用於道路時之照度分佈狀況。

(b) 照度均勻度之模擬應由檢測機構於燈具檢驗後實施，並將模擬結果報表一併檢附於燈具檢驗報告之附件內，同時需檢具該燈具之IES檔案供驗證。

(c) 報表應呈現計畫日期、照明器具表、測光結果、照度曲線資料表、等照度圖(照度)及參數設定情形等資訊。

(4) 道路設置參數之設定原則：

(a) 發光二極體 (LED) 燈具維護係數：0.7

(b) 氣體放電燈燈具維護係數：0.6

(c) 道路寬度：

發光二極體 (LED) 燈具額定功率 < 100W：6M。

發光二極體 (LED) 燈具額定功率 \geq 100W：8M以上。

氣體放電燈燈具額定功率 < 135W：6M。

氣體放電燈燈具額定功率 \geq 135W：8M以上。

(d) 線道數量：2

(e) 覆蓋層：R3

(f) 柏油均勻度潮濕車道：W3

(g) 觀察員的平均年齡：23

(h) 照度種類：ME4a

(i) 網格點：20 × 12

(5) 燈具設置參數：

燈具安裝高度：

發光二極體 (LED) 燈具額定功率 < 100W：6M。

發光二極體 (LED) 燈具額定功率 \geq 100W：8M以上。

氣體放電燈具額定功率 < 135W：6M。

氣體放電燈具額定功率 \geq 135W：8M以上。

(a) 與工作面距離：

發光二極體（LED）燈具額定功率 $< 100\text{W}$ ：6M。

發光二極體（LED）燈具額定功率 $\geq 100\text{W}$ ：8M以上。

氣體放電燈具額定功率 $< 135\text{W}$ ：6M。

氣體放電燈具額定功率 $\geq 135\text{W}$ ：8M以上。

(b) 每一支燈桿上的燈具數量：1

(c) 兩支燈桿間之距離：

發光二極體（LED）燈具額定功率 $< 100\text{W}$ ：24M。

發光二極體（LED）燈具額定功率 $\geq 100\text{W}$ ：32M以上。

氣體放電燈具額定功率 $< 135\text{W}$ ：24M。

氣體放電燈具額定功率 $\geq 135\text{W}$ ：32M以上。

(d) 縱向位移：0M。

(e) 燈桿與燈具之距離：2M。

(f) 燈具傾斜度：0或15度。

(g) 燈桿與道路之間距：0.5M。

(h) 燈具排列方式：單側排列下方。

(i) 燈具安裝高度與兩燈桿間之距離應為1：4設定，燈具安裝高度可自行增加，但需為整數，如8M、9M、10M...等，兩燈桿間之距離則應同時調整為32M、36M、40M...依此類推。

(四) 申請道路照明燈具節能標章認證，應提出同一燈具符合中華民國國家標準CNS 9118道路照明燈具或CNS 15233發光二極體道路照明燈具之完整測試報告。

(五) 申請道路照明燈具節能標章認證，系列產品之認定原則參照中華民國國家標準CNS 15233發光二極體道路照明燈具附錄A「系列型式之認定原則及試驗要求」加以認定系列。

二、前點節能標章能源效率之標示，應注意下列事項：

- (一) 標章使用者之名稱及地址需清楚記載於產品或包裝上。
- (二) 標章使用者若為代理商，其製造者之名稱及地址需一併記載於產品或包裝上。
- (三) 產品型錄上應標示產品之色溫、燈具分類及能源效率值。
- (四) 產品初始發光效率及光束維持率之實測值計算至小數點後第一位數，小數點後第二位數即四捨五入。
- (五) 產品照度明暗均勻度計算至小數點後第二位數，小數點後第三位數即四捨五入。

4.4.2、室內照明燈具節能標章能源效率基準與標示方法

一、室內照明燈具(以下簡稱燈具)節能標章認證之適用範圍、能源效率試驗條件及方法、能源效率基準，應符合下列規定：

(一)適用範圍：符合中華民國國家標準(以下簡稱CNS)14335與14115之燈具。但檯、桌、床邊、落地燈具或經濟部能源局認定不適用者，不在此限。

(二)能源效率試驗條件及方法：

1.配光：依據國際照明委員會標準(以下簡稱CIE)70、84及121試驗，且曲線量測之測試角度間距在二點五度以下。

2.色溫與演色性：

(1)發光二極體(以下簡稱LED)：依據CNS 15437「輕鋼架天花板嵌入型發光二極體燈具」試驗。

(2)螢光燈管：依據CNS 691「螢光燈管(一般照明用)」試驗。

(3)安定器內藏式螢光燈泡：依據CNS 14125「安定器內藏式螢光燈泡(一般照明用)」試驗。

(4)緊密型螢光燈管：依據CNS 14576「緊密型螢光燈管(一般照明用)」試驗。

(5) 高壓鈉氣燈泡：依據CNS 15049「高壓鈉氣燈泡」試驗。

(6) 光源無CNS規定者，採用類似光源規定為之。

3. 統一眩光指數：依據CIE 117試驗，其試驗條件使用係數如下：

(1) 天花板反射係數為0.5。

(2) 牆面反射係數為0.5。

(3) 地面反射係數為0.2。

(4) 室內環境模擬係數為長度4H、寬度3H(H為高度)。

(三) 共通性要求：

1. 功率實測值計算至小數點後第一位數，小數點後第二位數四捨五入進位，且實測總輸入功率在額定總輸入功率正負百分之十以內。

2. 功率因數實測值大於或等於零點九零，且在標示值百分之九十五以上，並計算至小數點後第二位數，小數點後第三位數四捨五入進位。

3. 演色性實測值大於或等於八十點零，且不得低於標示值減三，並計算至小數點後第一位數，小數點後第二位數四捨五入進位。

4. 光源為LED時，特殊演色評價指數R9大於零。

5. 統一眩光指數實測值小於或等於十九點零，並計算至小數點後第一位數，小數點後第二位數四捨五入進位。

6. 光型：

(1) 圖一中 $C=0^\circ$ 至 $C=180^\circ$ 之平面，參考軸為通過燈具發光面中心點，且與發光面垂直之軸線；參考軸鉛直角 0° 之光強度為該平面最大光強度之零點六五倍至零點八五倍。

(2) 圖一中C=0°至C=180°之平面；其二分之一最大光強度之角度 θ_1 及 θ_2 均在三十八度以上，且總合在八十度以上。

(3) 圖二中參考軸立體角八十度內累積光通量在總光通量百分之八十以上。但具向上光輸出之燈具，不在此限。

(4) 前目光通量實測值計算結果採小數點後第一位數四捨五入進位法計之。

7. 具向上光輸出之懸吊式燈具之向上光束比，依下列公式計算後，在百分之七至百分之十四之間。

$$\text{向上光束比} = \frac{\text{燈具向上光通量}(90^\circ\text{以上})}{\text{燈具總輸出光通量}} \times 100\%$$

(四) 能源效率基準：發光效率實測值計算至小數點後第一位數，小數點後第二位數四捨五入進位。實測發光效率依下列公式計算後，其計算值在能源效率基準(如附表)以上，且在標

$$\text{實測發光效率}(\text{lm/W}) = \frac{\text{燈具總輸出光通量}(\text{lm})}{\text{燈具總輸入功率}(\text{W})} \times 100\%$$

二、 燈具所使用之光源及安定器屬節能標章公告規定者，應取得節能標章認證。但該光源及安定器類別範圍無有效獲證產品可供使用時，不適用之。

三、 廠商申請燈具節能標章時，應檢具下列安規文件：

(一) 燈具屬輕鋼架天花板嵌入型 LED 燈具，檢具符合 CNS 15437 「輕鋼架天花板嵌入型發光二極體燈具」測試報告。

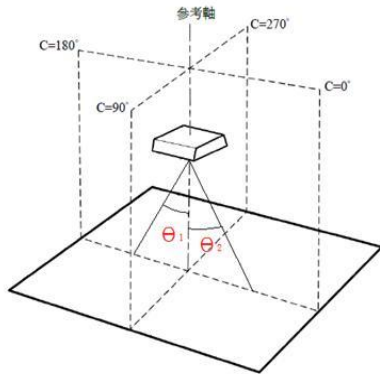
(二) 光源屬雙燈帽直管型 LED，檢具符合 CNS 15438 「雙燈帽直管型 LED 光源-安全性要求」測試報告。

(三) 光源屬感應式螢光燈，檢具符合 CNS 15535 「感應式螢光燈—安全性要求」測試報告。

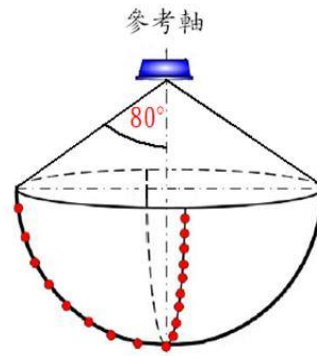
(四) 其他經節能標章審議會決議應檢具之安規文件。

四、燈具節能標章能源效率標示，應符合下列規定：

- (一)燈具或包裝上清楚載明標章使用者名稱及住址。
- (二)燈具型錄上清楚載明燈具之色溫及發光效率。



圖一



圖二

五、廠商於中華民國一百零二年十二月二十日至一百零三年七月三十一日，辦理室內照明燈具節能標章驗證之續約及新案申請者，得以本能源效率基準與標示方法中華民國九十七年十一月十七日發布之規定申請驗證。但其節能標章使用證書有效期限至中華民國一百零三年七月三十一日止。

表4.4-3 吸頂、嵌頂或懸吊式LED室內照明燈具發光效率基準

色溫分類	發光效率基準(lm/W)
2700K、3000K、3500K、4000K、4500K	≥ 80.0
5000K、5700K、6500K	≥ 85.0

表4.4-4 具向上光輸出之懸吊式LED 室內照明燈具發光效率基準

色溫分類	發光效率基準(lm/W)
2700K、3000K、3500K、4000K、4500K	≥ 70.0
5000K、5700K、6500K	≥ 75.0

表4.4-5 LED色溫分類

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

表4.4-6 吸頂、嵌頂或懸吊式非LED室內照明燈具發光效率基準

燈具分類	發光效率基準(lm/W)	
燈具最長邊尺寸大於 30公分、65公分以下	2600K 以上，低於 3150K 3200K 以上，低於 3700K 3900K 以上，低於 4500K	≥ 64.0
	4600K 以上，低於 5400K	≥ 62.0
	5700K 以上，低於 7100K	≥ 60.0
燈具最長邊尺寸大於 65公分	2600K 以上，低於 3150K 3200K 以上，低於 3700K 3900K 以上，低於 4500K	≥ 74.0
	4600K 以上，低於 5400K	≥ 72.0
	5700K 以上，低於 7100K	≥ 70.0

表4.4-7 具向上光輸出之懸吊式非LED室內照明燈具發光效率基準

燈具分類	發光效率基準(lm/W)	
燈具最長邊尺寸大於 30公分、65公分以下	2600K 以上，低於 3150K 3200K 以上，低於 3700K 3900K 以上，低於 4500K	≥ 54.0
	4600K 以上，低於 5400K	≥ 52.0
	5700K 以上，低於 7100K	≥ 50.0
燈具最長邊尺寸大於 65公分	2600K 以上，低於 3150K 3200K 以上，低於 3700K 3900K 以上，低於 4500K	≥ 64.0
	4600K 以上，低於 5400K	≥ 62.0
	5700K 以上，低於 7100K	≥ 60.0

4.4.3、發光二極體燈泡節能標章能源效率基準與標示方法修正規定

一、申請發光二極體（以下簡稱LED）燈泡節能標章認證之適用範圍、能源效率試驗條件及方法、能源效率基準，應符合下列規定：

- (一) 適用範圍：符合經濟部標準檢驗局所訂之「應施檢驗安定器內藏式發光二極體（LED）燈泡商品之相關檢驗規定」，規格為額定頻率六十赫茲、額定電壓大於單相交流五十伏特及單相交流三百伏特以下之非指向型LED燈泡。但燈帽型式LED燈泡以B型或E型為限。
- (二) 能源效率試驗條件及方法：依據中華民國國家標準（以下簡稱CNS）15630「一般照明用安定器內藏式LED燈泡（供應電壓大於50V）－性能要求」試驗。
- (三) 能源效率基準：
 - 1. 演色性指數實測值大於或等於八十點零，且在標示值百分之九十五以上。
 - 2. 特殊演色評價指數（R9）大於零。
 - 3. 發光效率實測值依實測光通量初始值除以實測輸入功率初始值公式計算；其計算結果大於或等於下表所列額定色溫分別對應之值，且在標示值百分之九十五以上。

表4.4-8 發光二極體燈泡節能標章能源效率基準

額定色溫(K)	發光效率(lm/W)
2700、3000、3500	110.0
4000、5000、6500	115

- 4. 光束維持率實測值：
 - (1) 測試一千小時，在百分之九十七點零以上。
 - (2) 測試三千小時，在百分之九十五點零以上。

5. 顏色偏移實測值：依據國際照明委員會標準1976

(u,, v,) diagram計算。

(1)測試一千小時， $\Delta u,, v$,小於或等於零點零零五。

(2)測試三千小時， $\Delta u,, v$,小於或等於零點零零七。

6. 演色性指數、發光效率及光束維持率實測值、實測光通量及輸入功率初始值計算至小數點以下第一位，小數點以下第二位四捨五入；顏色偏移實測值計算至小數點以下第三位，小數點以下第四位四捨五入。

7.光生物安全性應為「無風險等級」類別。

二、前點節能標章能源效率標示，應依下列規定辦理：

(一) 標章使用者名稱及住址清楚記載於LED燈泡或包裝上。

(二) LED燈泡包裝上清楚載明廠牌及型號、產地、額定電壓、額定頻率、額定功率、額定演色性指數、額定光通量、額定發光效率、額定色溫及光生物安全等級（無風險）。

4.4.4、發光二極體平板燈具節能標章能源效率基準與標示方法

一、申請發光二極體平板燈具(以下簡稱平板燈具)節能標章驗證之適用範圍、能源效率試驗條件與方法及能源效率基準，應符合下列規定：

(一)適用範圍：除檯、桌、床邊及落地燈具外，符合下列規格之平板燈具：

1. 依中華民國國家標準(以下簡稱CNS)一四三三五及一四一一五規定，或經相關主管機關所認可者。

2. 發光面由擴散部件或導光板組成，其屬圓形者，直徑應在三十公分以上；其屬矩形者，最小邊長在三十公分以上。

3. 最大厚度不超過七十公釐。

(二)能源效率試驗條件及方法：

1. 配光：依國際照明委員會標準七〇、八四及一二一規定試驗，且曲線量測之測試角度間距在二點五度以下。
2. 色溫與演色性：依CNS一五四三七規定。
3. 距高比：試驗方法如附件一。
4. 亮度平均值：試驗方法如附件二。

(三)共通性要求：

1. 實測總輸入功率(W)計算至小數點後第一位，第二位四捨五入後，應在額定總輸入功率 $\pm 10\%$ 以內。
2. 功率因數實測值計算至小數點後第二位，第三位四捨五入後，應大於或等於零點九零，且在標示值百分之九十五以上。
3. 實測總光通量(lm)計算至整數位，小數點後第一位四捨五入後，應在額定總光通量百分之九十以上。
4. 演色性實測值計算至小數點後第一位，第二位四捨五入後，應大於或等於八十點零，且不得低於標示值減三。特殊演色評價指數R9大於零。
5. 各平面距高比計算至小數點後第二位，第三位四捨五入後，應大於或等於一點二零。
6. 光束維持率實測值計算至小數點後第一位，小數點後第二位四捨五入後，應符合下列規定：
 - (1)測試一千小時，光束維持率實測值應在百分之九十七點零以上。
 - (2)測試三千小時，光束維持率實測值應在百分之九十五點零以上。

7. 亮度平均值應低於亮度限制基準(如附表)。
8. 最大厚度應包含外部控制裝置，並計算至小數點後第一位，第二位四捨五入。但外部控制裝置分離者，得不納入厚度。

(四)能源效率基準：

1. 發光效率實測值依下式計算，並計算至小數點後第一位，第二位四捨五入。發光效率實測值(lm/W)=(實測總光通量(lm))/(實測總輸入功率(W))
2. 發光效率實測值應在標示值百分之九十五以上，且符合下列規定：

表4.4-9 發光二極體平板燈具節能標章能源效率基準

額定色溫(K)	發光效率(lm/W)
中低色溫(小於5000K)	90.0
高色溫(5000K以上)	95.0

- 二、 廠商申請平板燈具節能標章時，應檢具該燈具符合CNS 14335及CNS 14115規定之測試報告，及節能標章審議會決議之必要文件。
- 三、 節能標章能源效率標示，應依下列規定辦理：
 - (一) 標章使用者名稱及住址清楚記載於產品或包裝上。
 - (二) 產品型錄上應標示產品之色溫、光通量、演色性、發光效率及平面距高比(C=0°-C=180°、C=90°-C=270°)。

附件一:距高比試驗方法:

一、量測圖中，C 每間隔 2.5° (即 $C=0^\circ+m\times 2.5^\circ$ ； $m=0,1,2,\dots,143$)與 γ 每間隔 2.5° (即 $\gamma=0^\circ+n\times 2.5^\circ$ ； $n=0,1,2,\dots,35$)交點之光強度。

(一) 光強度具有旋轉對稱分佈之燈具。

1. 計算各別 γ 角度下， $C=0^\circ$ 至 $C=357.5^\circ$ 之光強度平均值。
2. 依前項所得光強度平均值，代入式(1)與式(2)，分別找出最接近 $0.5I_0$ 的2 個角度與 $0.25I_0$ 的2 個角度。

$$I(\gamma_{1/2}) \times \cos^3(\gamma_{1/2}) = 0.5I_0 \dots \dots \dots \text{式(1)}$$

$$I(\gamma_{1/4}) \times \cos^3(\gamma_{1/4}) = 0.25I_0 \dots \dots \dots \text{式(2)}$$

3. 利用最接近 $0.5I_0$ 的2個角度，並使用內插法計算 $1/2$ 的照度時對應之角度 $\gamma_{1/2}$ ；利用最接近 $0.25I_0$ 的2個角度，並使用內插法計算 $1/4$ 照度時對應之角度 $\gamma_{1/4}$ 之角度。

4. 距高比依下式計算：

$$1/2 \text{ 照度時對應角度之距高比} = 2\tan(\gamma_{1/2})$$

$$1/4 \text{ 照度時對應角度之距高比} = \sqrt{2}\tan(\gamma_{1/4})$$

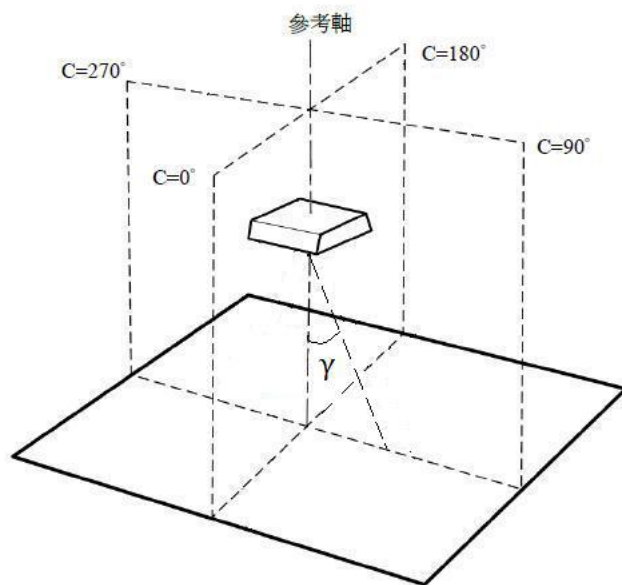


圖 4.4-3 LED 平板燈具之距高比試驗示意圖

(二) 光強度於 $C=0^\circ-C=180^\circ$ 平面與 $C=90^\circ-C=270^\circ$ 平面，兩面對稱分佈之燈具。

1. 計算各別 γ 角度下， $C=0^\circ-C=180^\circ$ 之光強度平均值。
2. 計算各別 γ 角度下， $C=90^\circ-C=270^\circ$ 之光強度平均值。
3. 利用最接近 $0.5I_0$ 的2個角度，並使用內插法計算 $1/2$ 的照度時對應之角度 $\gamma_{1/2}$ ；利用最接近 $0.25I_0$ 的2個角度，並使用內插法計算 $1/4$ 照度時對應之角度 $\gamma_{1/4}$ 之角度。
4. 距高比依下式計算：

$$1/2 \text{ 照度時對應角度之距高比} = 2\tan(\gamma_{1/2})$$

$$1/4 \text{ 照度時對應角度之距高比} = \sqrt{2}\tan(\gamma_{1/4})$$

附件二:亮度平均值試驗方法：

一、計算LED平板燈具發光面的面積A，如圖4.4-4之典型燈具發光面所示。

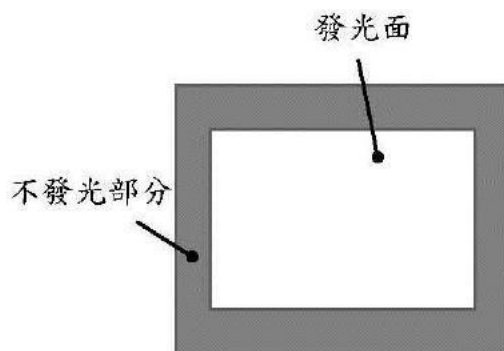


圖 4.4-4 LED 平板燈具發光面

依照表 4.4-10 LED 平板燈具之亮度量測位置，將量測所得光強度數值計算下述平面之亮度平均值，橫向平面(C=0°與 C=180°)、縱向平面(C=90°與 C=270°)和 45°方向平面(C=45°、C=135°、C=225°、C=315°)，水平平面定義如圖 2 所示；垂直夾角(γ)包含五個角度， $\gamma=45^\circ$ 、 $\gamma=55^\circ$ 、 $\gamma=65^\circ$ 、 $\gamma=75^\circ$ 和 $\gamma=85^\circ$ ，計算所得之 15 個光強度算術平均值須符合表 4.4-11 LED 平板燈具之亮度限制值基準之要求，亮度平均值按照下列公式計算：

$$L(\gamma)_{av} = \frac{I(\gamma)_{av}}{A \times \cos(\gamma)}$$

二、亮度平均值計算至整位數，小數點後第一位四捨五入。

表4.4-10 LED平板燈具之亮度量測位置

γ角度	C平面	光強度平均值I
45°	C=0°-C=180°	I為C=0°-C=180°平面於γ=45°之光強度平均值
	C=90°-C=270°	I為C=90°-C=270°平面於γ=45°之光強度平均值
	C=45°-C=225°與 C=135°-C=315°	I為C=45°-C=225°平面與C=135°-C=315°平面於γ=45°之光強度平均值
55°	C=0°-C=180°	I為C=0°-C=180°平面於γ=55°之光強度平均值
	C=90°-C=270°	I為C=90°-C=270°平面於γ=55°之光強度平均值
	C=45°-C=225°與 C=135°-C=315°	I為C=45°-C=225°平面與C=135°-C=315°平面於γ=55°之光強度平均值
65°	C=0°-C=180°	I為C=0°-C=180°平面於γ=65°之光強度平均值
	C=90°-C=270°	I為C=90°-C=270°平面於γ=65°之光強度平均值
	C=45°-C=225°與 C=135°-C=315°	I為C=45°-C=225°平面與C=135°-C=315°平面於γ=65°之光強度平均值
75°	C=0°-C=180°	I為C=0°-C=180°平面於γ=75°之光強度平均值
	C=90°-C=270°	I為C=90°-C=270°平面於γ=75°之光強度平均值
	C=45°-C=225°與 C=135°-C=315°	I為C=45°-C=225°平面與C=135°-C=315°平面於γ=75°之光強度平均值
85°	C=0°-C=180°	I為C=0°-C=180°平面於γ=85°之光強度平均值
	C=90°-C=270°	I為C=90°-C=270°平面於γ=85°之光強度平均值
	C=45°-C=225°與 C=135°-C=315°	I為C=45°-C=225°平面與C=135°-C=315°平面於γ=85°之光強度平均值

圖 4.4-5 LED 平板燈具之亮度平均值量測示意圖

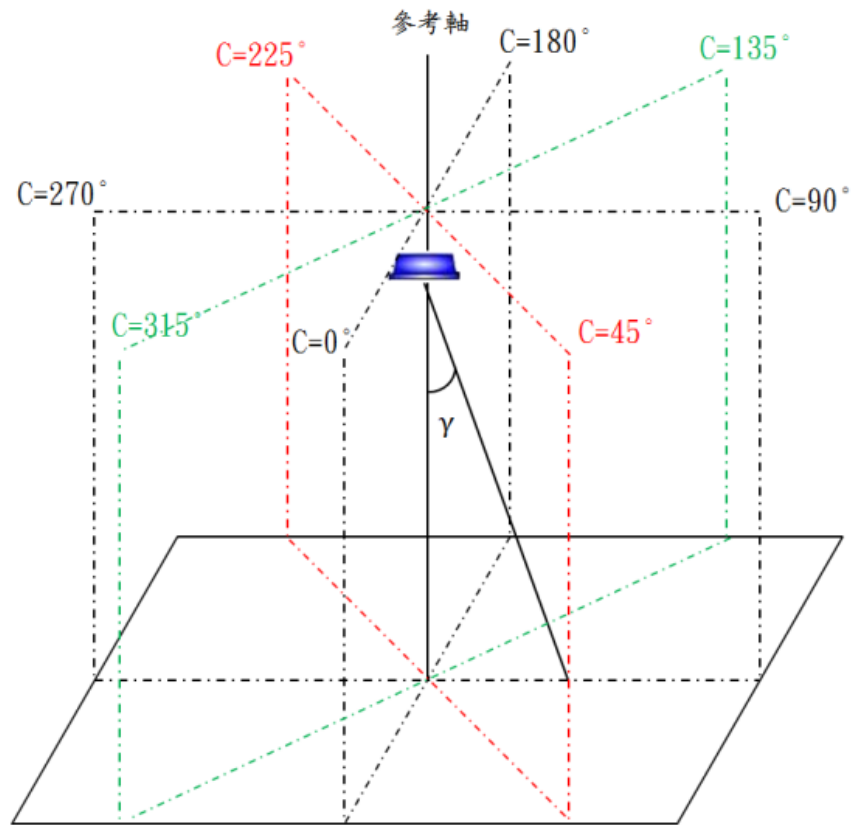


表 4.4-11 LED 平板燈具亮度限制基準

γ 角度	亮度限值 (cd/m^2)
45°	34900
55°	17000
65°	7000
75°	3260
85°	3260

4.4.5、天井燈節能標章能源效率基準與標示方法

一、申請天井燈節能標章之產品適用範圍、能源效率及其相關性能之試驗條件與方法、能源效率基準及其他共通性要求，應符合下列規定：

(一)適用範圍：

1. 指一般下照式之懸吊型或吸頂型並經本局認可之燈具，且其額定總光通量應大於4000流明(lm)。
2. 應符合中華民國國家標準CNS 14335及CNS 14115規定。

(二)能源效率及其相關性能之試驗條件與方法：

1. 配光應依國際照明委員會標準(International Commission on Illumination，以下簡稱CIE)70、84及121試驗，且曲線量測之測試角度間距應在2.5度以下。
2. 色溫與演色性：
 - (1) 發光二極體(以下簡稱LED)光源天井燈應依CNS15437「輕鋼架天花板嵌入型發光二極體燈具」試驗。
 - (2) 安定器內藏式螢光燈泡光源天井燈應依CNS 14125「安定器內藏式螢光燈泡(一般照明用)」試驗。
 - (3) 螢光燈管光源天井燈應依CNS691「螢光燈管(一照明用)」試驗。
 - (4) 高壓鈉氣燈泡光源天井燈應依CNS15049「高壓鈉氣燈泡」試驗。
 - (5) 光源無CNS標準之天井燈者，經本局就上開(1)至(4)之國家標準擇一認可後準用並試驗。

(三)天井燈能源效率基準：

1. 能源效率實測值依下式計算並經四捨五入後，計算至小數點後第一位數：
能源效率實測值(lm/W)=實測總光通量(lm)/實測總輸入功率(W)

2. 能源效率實測值應在標示值之95%以上，且符合下列規定：

表4.4-12 天井燈節能標章能源效率基準

燈具總光通量(lm)	發光效率(lm/W)
低於20,000lm	110.0 (lm/W)以上
20,000lm以上	80.0 (lm/W)以上

(四)其他共通性要求：

1. 實測總光通量(lm)應在額定總光通量之90%以上，總光通量實測值經四捨五入後，計算至整數位。
2. 實測總輸入功率應在額定總輸入功率之110%以下，功率實測值經四捨五入後，計算至小數點後第一位數。
3. 實測功率因數應在0.90以上，功率因數實測值經四捨五入後，計算至小數點後第二位數。
4. 實測光束維持率應符合下列規定，光束維持率實測值經四捨五入後，計算至小數點後第一位數：

表4.4-13 天井燈節能標章光束維持率基準

燈具分類	測試時間(小時)	光束維持率實測值
LED燈具	1000	97.0%以上
	3000	95.0%以上
非LED燈具	1000	90.0%以上
	3000	85.0%以上

二、節能標章產品之標示，應符合下列規定：

- (一)燈具本體或包裝上清楚載明標章使用者名稱及地址。
- (二)標章使用者若為代理商，其製造者之名稱及地址須一併記載於燈具本體或包裝上。
- (三)燈具本體或包裝上清楚載明燈具之額定色溫、額定演色性、額定光通量及額定能源效率。

4.4.6、出口標示燈與避難方向指示燈節能標章能源耗用基準及標示方法

一、出口標示燈與避難方向指示燈申請節能標章認證，其適用範圍、能源耗用試驗條件與試驗方法及能源耗用基準規定應符合下列規定：

(一) 適用範圍：本項產品適用於符合內政部消防署之出口標示燈與避難方向指示燈認可基準或其後續修訂標準之出口標示燈與避難方向指示燈。

(二) 試驗條件：

1. 室內溫度在 20°C 至 27°C 之間，且無風狀態下進行。
2. 試驗電壓變動範圍為±0.5%以內與試驗頻率為 60 赫茲(Hz)且變動範圍為±0.5%以內，電源電壓總諧波失真不得超過 3%。

(三) 試驗方法：依上述試驗條件設定後，量測產品之輸入電流與輸入功率（單位：瓦特，W）。

(四) 能源耗用基準：

1. 出口標示燈與避難方向指示燈實測之輸入功率應符合下表之規定：

表4.4-14 出口標示燈與避難方向指示燈能源耗用基準

燈具等級	輸入功率實測值及標示值
A 級	6.0 W 以下
B 級	4.0 W 以下
C 級	3.0 W 以下

2. 上表燈具等級依內政部消防署之出口標示燈與避難方向指示燈認可基準或其後續修訂標準之分類方式。

二、前點節能標章能源耗用之標示，應注意下列事項：

- (一)標章使用者之名稱及住址須清楚記載於產品或包裝上。
- (二)標章使用者若為代理商，其製造者之名稱及地址須一併記載於產品或包裝上。
- (三)產品或產品型錄上應標示產品功率（瓦特，W）。
- (四)產品之實測輸入功率，計算至小數點後第一位，小數點後第二位四捨五入。

第五章 住辦大樓 LED 照明選用原則與注意須知

為了符合全球趨勢、節能、新能源發展、綠色環保及降低二氧化碳的排放，LED照明在下個世代是一個前景被看好的產業。LED照明應用發展至今，技術已經逐漸成熟，各項LED照明取代式光源與燈具已經逐漸齊備，未來只要等成本與售價降低，LED照明技術滲透率將會急遽上升。隨著社會對於節能減排的要求不斷提高，在照明領域，LED幾乎已經成為必然選擇。目前LED的技術和市場已經日趨成熟，然而，LED照明技術與傳統發光技術迥異，因此在應用上應該要有更先進之設計方式，才能完全發揮LED照明技術優勢。

以現在最夯的「綠建築」概念來觀察，這股環保、節能風潮，除重視建築本身的節能與環保設計方案外，建築本身的照明耗能，也是綠建築列入重點能耗改善的項目之一！而導入耗能更低的LED照明光源，可積極有效地改善建築的照明能耗。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，才能發揮節能的目標。綠建築在照明方面有幾個重要的指標。首先，建築是否可以善用自然光，利用建築本身的結構變化或自動控制設計，達到引入自然日照到室內空間，自然可以用原有的照明搭配自然光輔助，原有照明所消耗的能耗即可達到一定比例的減省。但使用大幅自然光也並非綠建築指標獲得高分的關鍵，除善用自然光外，建築的照明應用還須考慮能否進行照度調整、搭配使用節能措施等項目，達到綠建築的照明能耗改善要求。

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 照明節能方法與基本原則

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。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。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。但LED照明光源畢竟不似傳統鈉燈、鹵素燈、白熾燈發展這麼多年，LED照明光源還算相當新穎的照明技術，多數業者與終端使用者還在學習、理解新光源的特性與使用方法，尤其是LED照明元件為高效能的點狀光源，如何滿足用戶已經習慣的傳統照明型態，同時善用LED新光源的元件優勢，成為空間光源設計與綠建築照明能耗改善的重要設計議題。

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。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：

一、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。

二、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。

三、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。

四、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。

五、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。

六、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。

七、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。



圖5-1 天然光與LED 燈源應用於室內照明

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、充分認識光環境的需求作照明質量的規劃設計

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：

一、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。

二、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。

三、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LED燈泡(替代白熾燈及螢光省電燈泡)、雙燈帽直管型LED燈管(替代螢光燈管)及LED平板燈上市供選擇，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燈泡)~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。2014年標準檢驗局將LED燈泡公告為應施檢驗品目，納入應施檢驗後，對消費者可以有較可靠的權益保障。

表5.1-1 LED1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	6500	5,000~6,000
高演色性T5 螢光燈	90-100	85	6500	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	5700	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；LED 平板燈(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 LED 平板燈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

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 (CNS14335) 檢驗合格。

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 燈泡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 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：

一、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。

二、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。

三、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。

四、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。

五、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 5.2-1。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5.2-1 LED 居家照明應用成為新焦點

5.2.1、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的間接照明為基礎照明、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5.2-2 客廳照明採用LED光源形成視覺美感

5.2.2、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5.2-3 餐廳照明採用LED 光源

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。

5.2.3、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 5.2-4 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5.2-4 閱讀檯燈是兼顧照明與視力保健最重要的照明工具

5.2.4、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5.2-5 臥室照明採用LED 燈源

5.2.5、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。櫥房立櫃的內部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5.2-6 廚房照明採用LED 燈源

5.2.6、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5.2-7 浴室照明採用LED 燈源

5.2.7、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。

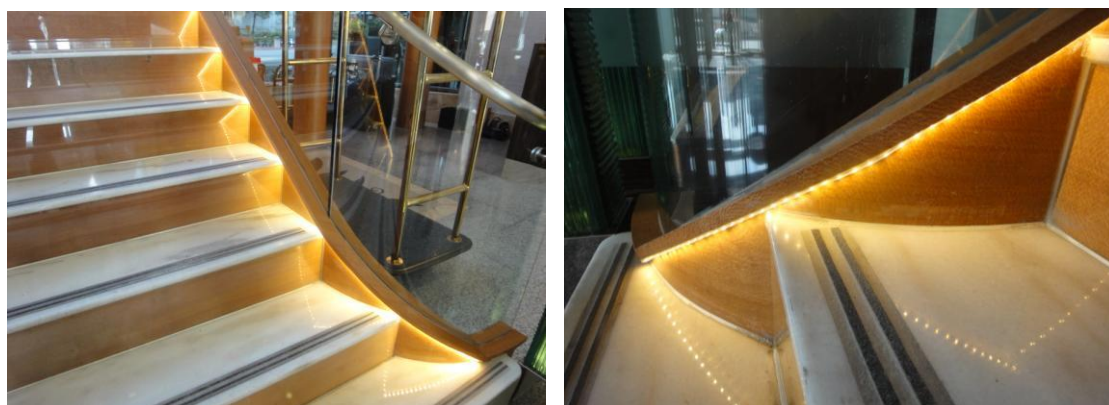


圖5.2-8 樓梯照明採用LED 燈源



圖5.2-9 門廊樓梯間照明採用LED 燈源

5.3 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。

5.3.1、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：

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



圖5.3-1 良好的辦公室照明是提升工作效率的基本要求

5.3.2、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 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 LED 平板燈，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5.3-2 辦公室照明採用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，夏天調整為晝光色的 5,000K 至 6,500K，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。時至 2016 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。

5.3.3、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：

- 一、室內大面積辦公場所。
- 二、公共空間如走廊、洗手間等場所。
- 三、夜間景觀照明。

一般常用的控制方式不外有：

(一)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。

(二)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。

(三)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。

(四)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。

(五)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，加以監控管理，以節約照明用電30% 以上。

5.4 LED、燈管燈具與 LED 平板燈具的比較

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LED平板燈兩大類，下面就燈具結構特性與照明效果來比較。

5.4.1 LED 燈管與燈具光學特性

一、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5.4-1 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5.4-1 LED 燈管特性比較表

	型式一	型式二
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

二、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。

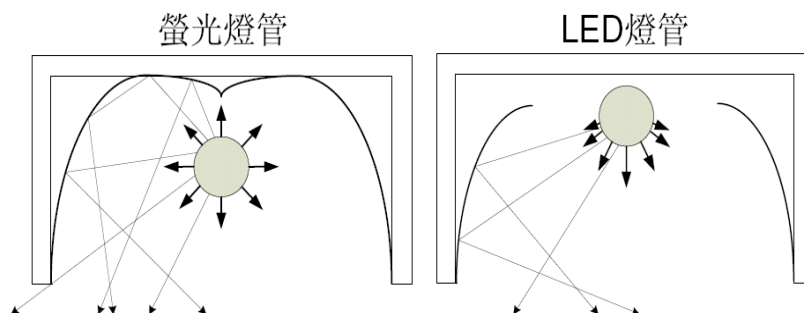


圖5.4-1 螢光燈與LED 燈管光學特性比較圖

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 5.4-2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。對於辦公室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。

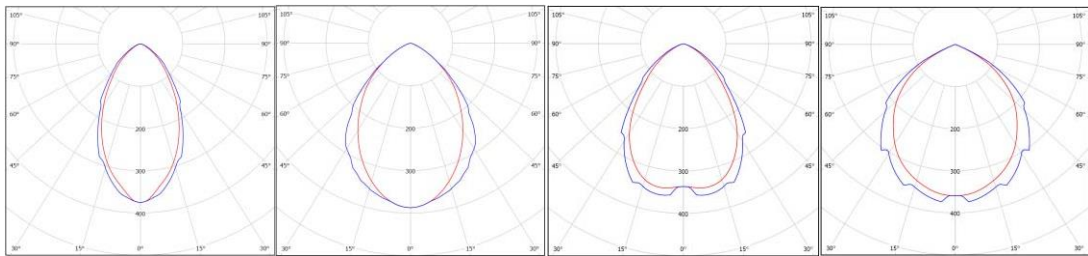


圖5.4-2 市售LED T-BAR 燈具配光曲線圖

圖5.4-3 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 5.4-3 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70.6lm/W，整體燈具耗能含驅動電路共58.5 W。

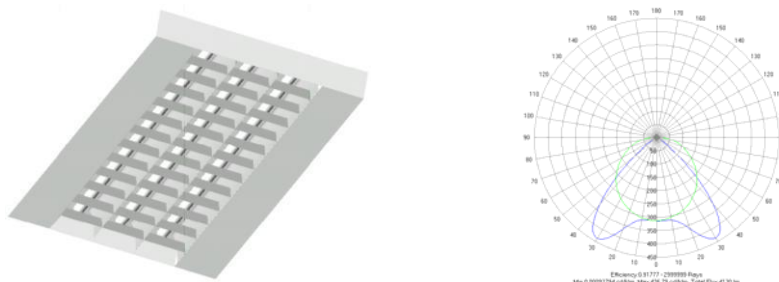
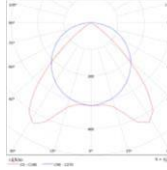
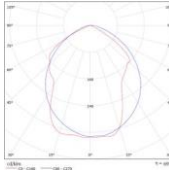
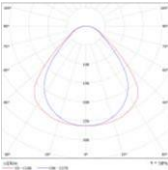


圖5.4-3 燈具立體圖及燈具輸出配光曲線

表5.4-2 與圖5.4-4 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 m^2 ($E_{max}=350 \text{ Lux}$)、T5 燈具僅約 4.9 m^2 ($E_{max}=613 \text{ Lux}$)、T8燈具則約 6.21 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5.4-2 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

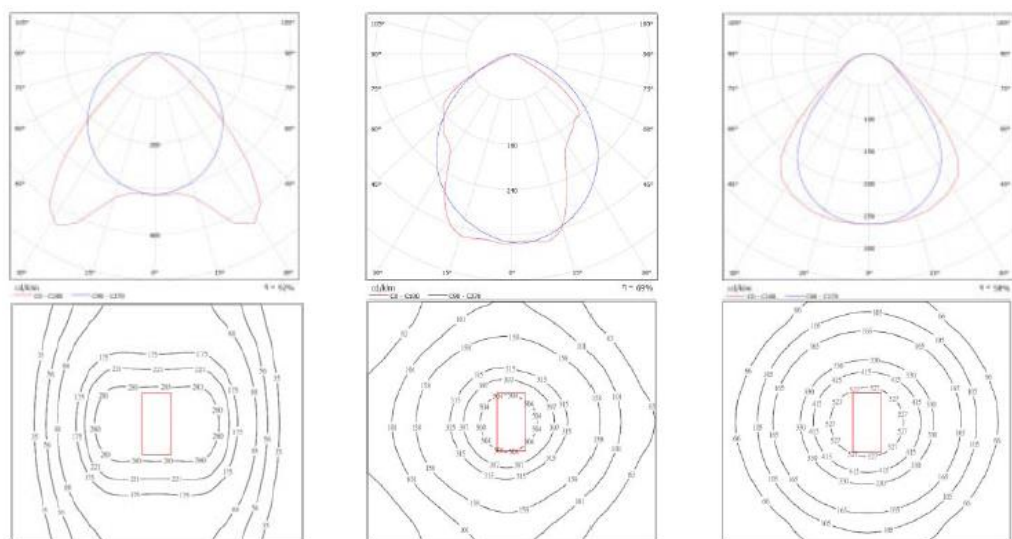


圖5.4-4 燈具配光曲線與等照度圖(左:LED、中:T5、右:T8)

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 5.4-5 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 $7.37 \text{ (W/m}^2)$ / UGR 眩光 18)、T5 燈具為 695 Lux(均勻度 0.581/用電密度 $11.08 \text{ (W/m}^2)$ / UGR 眩光 15)、T8 燈具則為 769 Lux(均勻度 0.592/用電密度 $14.73 \text{ (W/m}^2)$ / UGR 眩光 17)。

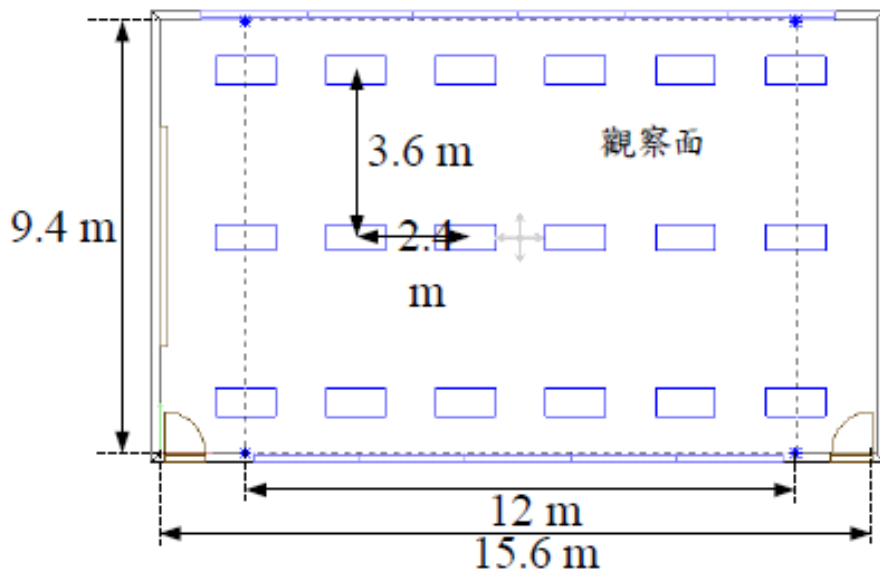


圖 5.4-5 燈具性能評估空間示意圖

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5.4-3 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

5.4.2 LED、燈管燈具與 LED 平板燈具的比較

LED 平板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 LED 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。

5.5 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 燈泡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燈泡一般，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LED 平板燈，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 L70)，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 5.5-1 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5.5-2 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



圖 5.5-1 營業廳使用 LED 可調光照明

第六章 商業空間照明規劃與設計之建議

針對顧客群、消費特徵、逗留時間和購買結果進行綜合研究分析，以此來判斷這種照明環境能否讓顧客產生購買欲望，從而促進和提升商業銷售業績，好的照明設計除了要因人而異外，還應當因環境而不同。比如可以根據空間環境的差異自動控制或調節燈光，來達到人們最舒適的感官和心理需求。我們在一家大型商場內同時看到一間兒童服裝店和一間中老年服裝店，你認為這兩家店的照明環境應該是一致的，還是不同的？當然應該是不同的。因為兒童服裝店和中老年人服裝店針對的客戶群體是不同的，老人和小孩對照明環境的適應度、心理需求以及色彩需求等等都有明顯差異的，人的特徵不同導致對環境的感官也不同，所以兩種場所的光環境也應當是有所區別的。在做飯店的設計時，首先想到的是將空間分為接待、會議、客房、餐飲等幾個不同類型，然後根據這幾個類型分別予以設計。燈光不只是照度、色溫、顯色性等這些硬性指標，它還與心理、環境與意境等因素有無形的關聯，是商業效果的驅動性因素之一。

本章主要舉例商業空間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 商業空間照明設計通則

6.1.1、商業展示空間照明設計的重要特性

一、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。

二、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。

三、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

6.1.2、商業展示空間的照明設計要旨

一、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。

二、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。

三、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。

四、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。

五、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。

六、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。



圖6.1-2 通道採用LED光源形成照明導引的作用

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：

一、首先是環境光層次：

環境照明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。

二、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。

三、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。



圖6.1-3 戶外採用LED 光源形成照明層次

四、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。



圖6.1-4 服飾店採用LED 光源形成照明層次

6.2 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。

6.2.1、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。

一、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6.2-1 LED 光源及燈具可以提供商業空間的基礎照明

二、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6.2-2 採用重點照明可以突顯商品價值與吸睛效果



圖6.2-3 利用 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6.2-4 利用LED 裝飾照明可以增加吸睛效果或氛圍

6.2.2、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 LED 燈泡仍價格高於螢光燈，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 燈泡來取代螢光筒燈、省電燈泡與鹵素燈泡；即使常用的 MR-16 及 AR-111 鹵素投射燈，現在已開始由 LED 光源的 MR-16 及 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6.2-5 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 燈泡或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 燈泡或投射燈最適合；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。



圖6.2-6 用餐區聚光燈是常用的重點照明燈具

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6.2-7 複合式餐廳採用LED 照明燈具

6.3 量販店及超級市場照明規劃設計

6.3.1、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40W、20W 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。各集團量販店包含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評估，以目前量販店及超級市場照明現況有七大缺失如下：

- 一、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。
- 二、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。
- 三、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。
- 四、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。
- 五、裝設便宜且低演色性的螢光燈，不利營業氣氛的營造。
- 六、量販店電扶梯區採光足，但無配合採光來控制點燈數量。
- 七、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。

6.3.2、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6.3-1 超市採用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。

6.3.3、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：

一、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。

二、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。

三、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。

四、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。

6.3.4、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。

6.3.5、賣場照明節能規劃設計建議

一、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%。

二、採用新世代高效率環保光源與燈具：

- (一)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。
- (二)依 CNS 照度標準合理化檢討匹配合適之高效率 LED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 Ra=85，普通螢光燈 Ra=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。
- (三)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。
- (四)基礎照明則應採高效率 LED型照明燈具，以LED 平板型燈具或低眩光 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。
- (五)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，LED 燈光源壽命長平均壽命(30,000小時)，比傳統的石英鹵素燈提升了12倍；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，直到壽命終結(L70)，其色溫變化在 200K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。

(六)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。

三、燈具吊掛高度與燈具選用：

(一)燈具吊掛高度在4m 以下者：可採用LED 平板型燈具，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。

(二)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。



圖6.3-2 賣場改採用LED 光源實景

6.4 飯店空間照明設計

照明設計為飯店空間中扮演著重要的角色，在實現功能的基礎上，是氛圍營造、視覺的效果是相當重要的。由於室內人工照明是酒店設計的重點，燈光在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。

6.4.1 飯店照明設計重點建議

飯店通常分為商務型和旅遊度假型，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；旅遊度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：

一、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。

(一) 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。

(二) 這樣的視覺呈現，在心理層次的意涵等同於親切、溫馨、友善。

二、不同類型光源的色溫具體分析

(一) 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

或鎊黃，色調均勻；而 LED 燈發出的光澤類似金黃，色彩有些清透。

- (二) 照明設計要有針對性選擇光源類型，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。
- (三) 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。
- (四) 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6.4-1 飯店大廳採用LED 光源實景

三、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。

四、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。

五、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。

六、選用光通量高的照明光源與燈具

(一)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。

(二)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。

七、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。

(一)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。

(二)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。

八、光源的演色指數需求

(一)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。

(二)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。

6.4.2、飯店內部區域照明設計規劃須知

一、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。

(一)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。

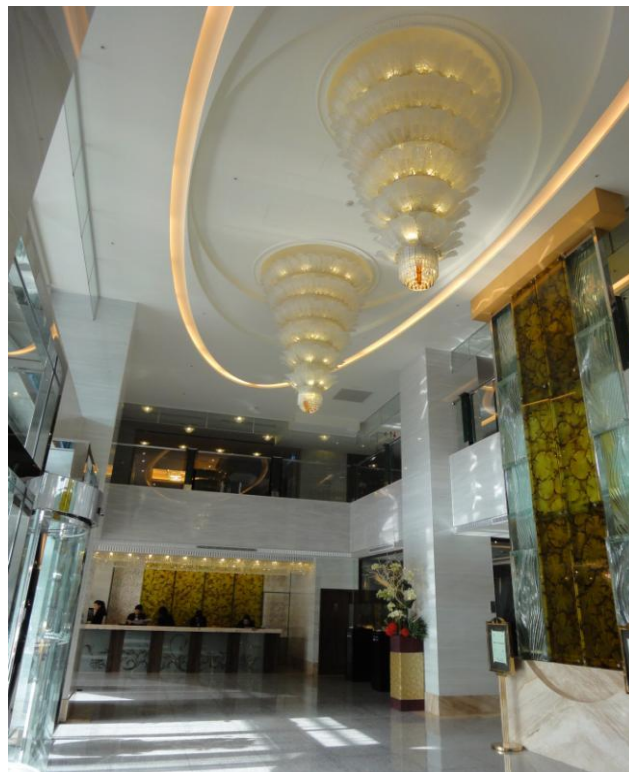


圖6.4-2 飯店大廳採用天然光及LED燈源實景

(二)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。



圖6.4-3 飯店大廳接待櫃檯使用 LED 可調光照明

(三)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。



圖6.4-4 飯店大廳顧客休息區採用 LED 燈源實景

二、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。

(一)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。

(二)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6.4-5 餐廳空間採用LED 燈具實景

三、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。

(一)照度要求：

一般照明以50~100Lux 為基礎，客房的照度較低些，用以呈現靜闐、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。

(二)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。

(三)演色性要求：

Ra>90 較好的演色性，能使客人增加舒適感覺良好。



圖6.4-6 飯店客房空間採用 LED 燈具實景

四、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，針對顧客群、消費特徵、逗留時間和購買結果進行綜合研究分析，在做設計時，首先想到的是將空間分為接待、會議、客房、餐飲等幾個不同類型，不同的功能空間會要求有不同的環境氣氛，燈光在高級商務酒店空間中扮演著重要的角色，在實現功能的基礎上，是氛圍營造、視覺的效果是相當重要的，然後根據這幾個類型分別予以設計，只有正確處理好以上各要素，才能提升照明品質，獲得理想的光環境，從而促進和提升銷售業績。

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」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。照明為住商領域主要耗電設備，近年來因固態照明技術發展迅速，燈具效率相較於傳統照明有顯著之提升，為照明節電創造了廣大機會。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

LED照明應用發展至今，技術已經逐漸成熟，各項照明取代式光源與燈具已經逐漸齊備，未來只要等成本與售價降低，LED照明技術滲透率將會急遽上升。然而，LED照明技術與傳統發光技術迥異，因此在應用上應該要有更先進之設計方式，才能完全發揮LED照明技術優勢。國內先進照明技術發展，分為以系統化技術為主智慧照明管理與高效率光源燈具之固態照明技術兩部分，智慧照明管理系統如表7.2-1所示，LED照明技術整理如表7.2-3所示，分別說明如下：

7.2.1、節能照明管理系統

照明管理系統重點有：

一、照明管理系統技術開發：

建立系統化網絡控制平台，並研發光環境設計與控制技術，賦予照明管理系統全面性資訊整合與決策能力，同時能符合未來國內照明空間用電密度之法規限制。

二、照明器具控制技術研發：

研發安定器數位定址調光技術，並開發可調控燈具，使照明設備能貫徹執行管理系統之調控指令。

7.2.2、LED 照明技術

LED 照明技術推動重點有：

一、高性價比光源模組關鍵技術：

以建立專利LED元件與模組封裝技術為主，協助產業突破國際專利

約束，增加與國外交互授權談判籌碼，包含大面積Si基板 LED、光電熱控整合之單一封裝光引擎以及R2R面光源封裝為主要目標，開發關鍵元件模組技術與其製程及設備。

二、智慧型高值化LED照明系統：

人因照明系統及利基型應用兩大方向，以人因、農漁業照明基礎研究搭配智慧型資訊回授調控來加值系統，同時開發低成本通訊協定，差異化的設計，藉以提高系統的性價比。

三、固態照明產業環境建構：

以示範案領頭推廣，並降低導入LED照明技術之初期成本。

表7.2-1 智慧照明管理系統技術發展時程

技術項目	短程(~2015)	中程(~2020)	長程(~2025)
照明管理系統技術	發展情境照明管理系統	發展節能照明管理系統	發展人因照明管理系統
光環境設計技術	高效率光環境演算技術	環境機動式光環境設計技術	人因互動式光環境設計技術

資料來源：工研院整理，2013年12月

表7.2-2 LED照明技術發展時程

技術項目	短程(~2015)	中程(~2020)	長程(~2025)
光引擎關鍵技術	<ul style="list-style-type: none"> 高整合光引擎封裝 R2R 面光源封裝 全積體化驅動電路 光引擎製程與設備開發 	<ul style="list-style-type: none"> 高可靠度、高性價比光引擎照明技術 光引擎系統效率 200Lm/W 	<ul style="list-style-type: none"> 智慧化泛用型光引擎設計平台 固態照明半導體製程整合
智慧型高值化LED照明系統	<ul style="list-style-type: none"> 低色偏、低眩光自我補償調控燈具 低成本高可靠之照明用通訊協定 	<ul style="list-style-type: none"> 開發智慧型光環境調控技術 人性化LED照明系統 	<ul style="list-style-type: none"> 智慧型人性化照明系統示範應用
固態照明產業環境建構	<ul style="list-style-type: none"> 建立固態照明ESCO模式 固態照明示範應用與推廣計畫 	<ul style="list-style-type: none"> 推動固態照明普及率 50% 	<ul style="list-style-type: none"> 建立人性化照明產品測試驗證能力

資料來源：工研院整理，2013年12月

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，鹵素燈泡與其它光源比較，此光源使用壽命短且發光效率低(僅 15~25 lm/W)僅高於白熾燈泡，增加空調負荷及人力更換成本。各主要先進國家已於 2009 年起陸續禁售或禁用白熾燈泡，歐盟根據節能法規研議 2018 年淘汰鹵素燈泡使用於照明用途。

以目前市場上與鹵素燈泡比較相近亮度的省電燈泡與LED 燈泡為比較，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3,000 至 6,000 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

7.3.2、改採 LED 照明節能燈具對於國內耗電之影響

依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。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。

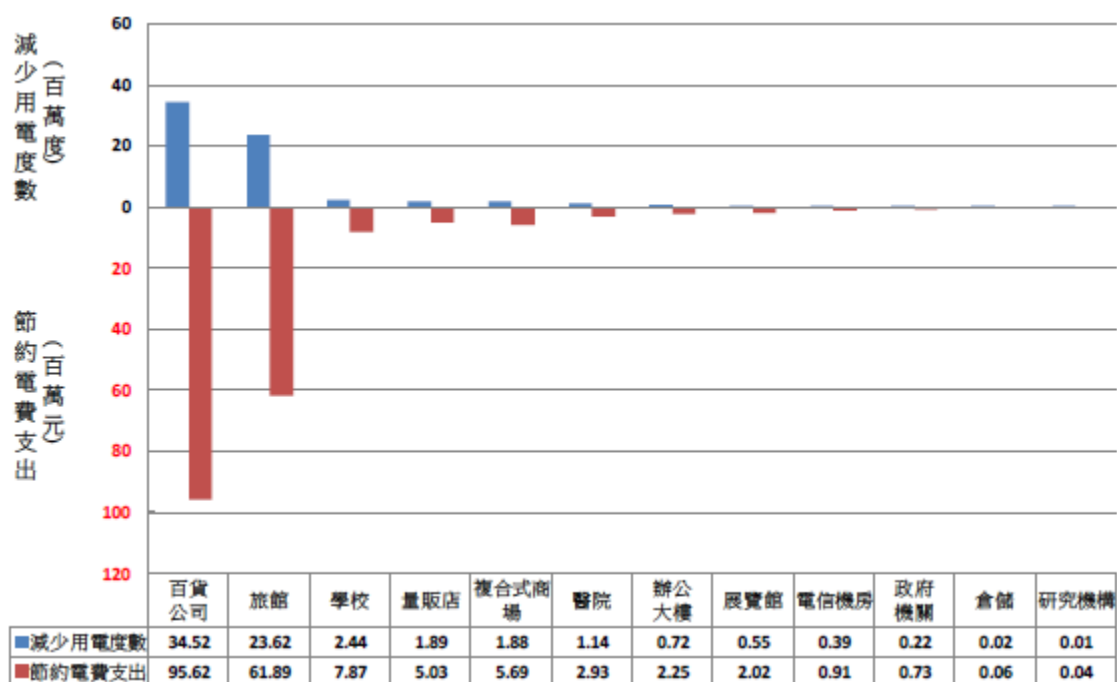


圖7.3-1 大用戶各型式燈具裝置容量(kW)比例統計圖

7.3.3、鹵素燈泡改採 LED 燈泡之節能潛力分析

根據非生產性質行業查核申報資料庫統計，如圖 7.3-2 可知鹵素燈泡占總照明燈具裝置容量 4%，鹵素燈泡之主要使用燈具型式為 AR111 及 MR16 等，共計 55.2 萬盞，年總用電量達 1.41 億度，以餐館、百貨公司、服飾品零售店、旅館等為主要使用鹵素燈之行業別用戶。

因 LED 有省電、壽命長及體積小等優點，實地量測 50W-AR111 鹵素燈汰換成 LED 燈，其照度提升 77%，耗電減少 83%。50W-MR16 鹵素燈汰換成 LED 燈，其重點照度提升 41%，耗電減少 90%。

2010~2014 年百貨公司及旅館使用 AR111 及 MR16 型之 LED 燈逐年增加，已成為未來之照明趨勢。2016 年 10 月 1 日公告規定並納管 20 類服務業，擬於 2017 年 7 月 1 日正式實施汰換鹵素燈泡規定。若落實目前 20 類服務業「汰換鹵素燈」節能規定，預計可減少照明用電 1.21 億度、抑制尖峰用電 23.8MW，帶動照明產值達 1.7 億元，其又以百貨公司之節能潛力最大。

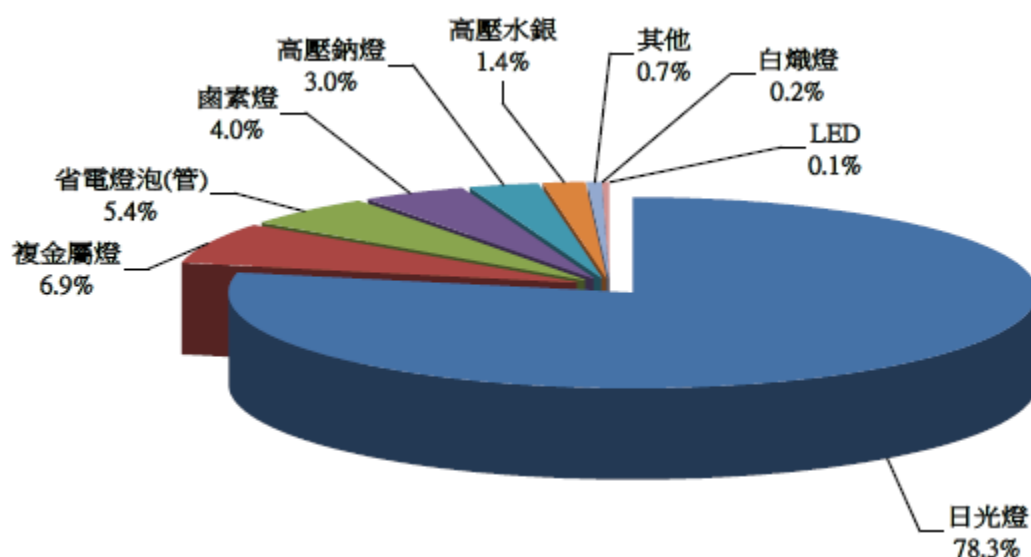


圖 7.3-2 大用戶鹵素燈泡改採 LED 燈泡之節能潛力

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%，各主要先進國家(澳洲、加拿大、紐西蘭、歐盟、美國、韓國等)已於 2009 年起陸續禁售或禁用白熾燈泡。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。

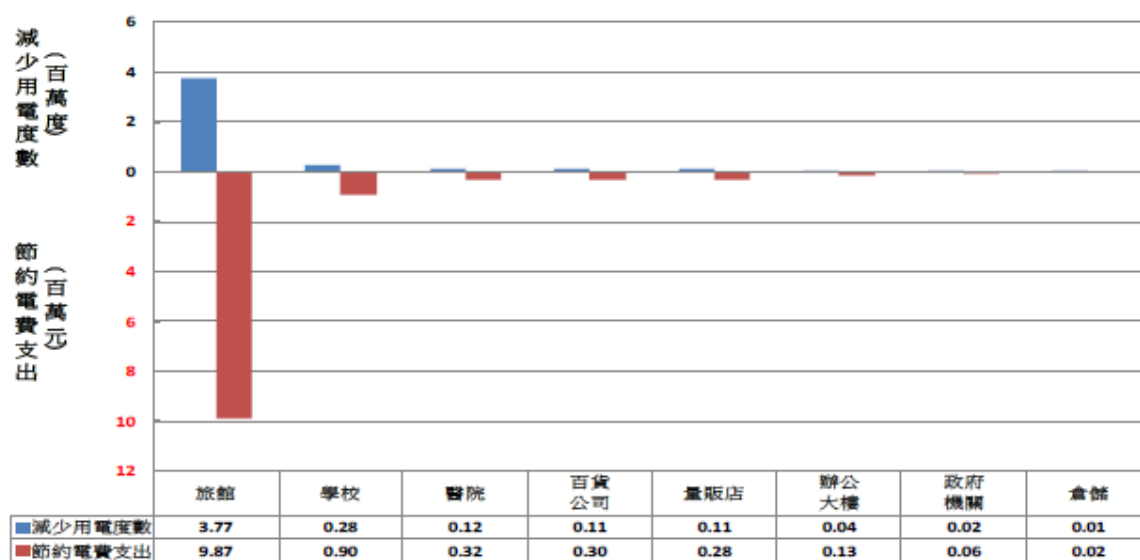


圖 7.3-3 大用戶白熾燈泡改採 LED 燈泡之節能潛力

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，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，LED 亦正式跨入照明主流市場。在各國政府政策催化與全球節能環保意識抬頭下，照明設備產業以 LED 為成長主力。台灣照明設備產業產值，近年受惠 LED 在照明市場上應用擴增，激勵照明設備業 2014 年產值升至 150 億元、年增 12.2%；2015 年續升至 164 億元。LED 照明設備（包含 LED 燈泡/燈條及 LED 燈具）走勢逐年攀升，且年

增幅度都達二位數表現，2015 年躍升至 92 億元，占整體照明設備業產值比重突破 5 成。

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，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。

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。

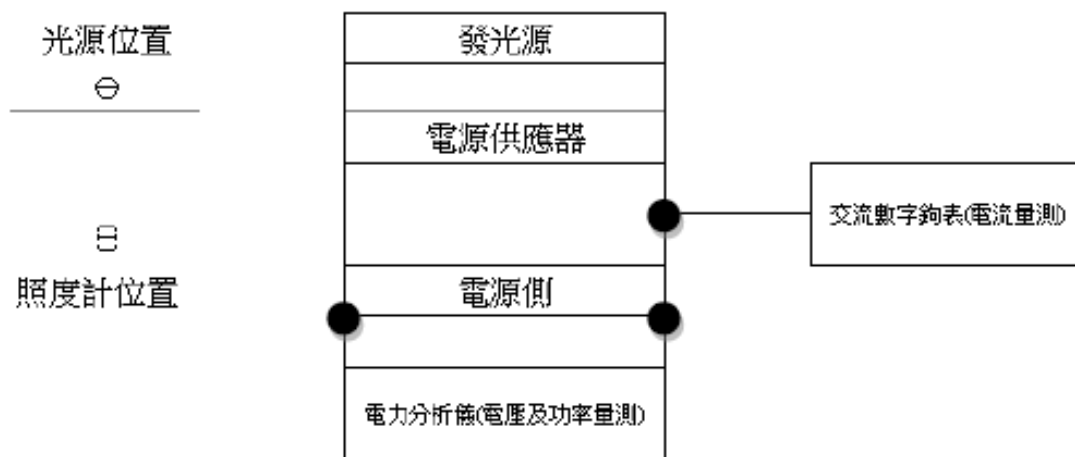


圖8.1-1 照度計與交流數字鉤表實際量測示意圖

8.1.2、量測案例

一、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。

二、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。

三、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。

四、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。

五、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	AR-111	AR-111
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 AR-111 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 AR -111 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O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 O 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

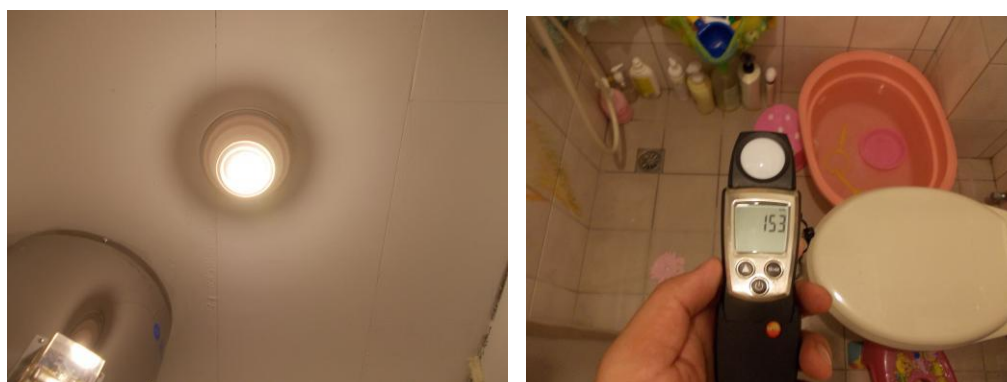


圖8.1-7 LED 光源外觀及照度測試實照

8.1.4、小結

- 一、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。
- 二、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)
- 三、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。
- 四、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。
- 五、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。
- 六、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 MR16 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： $(40W-23W) \div 1000 \times 12 \text{ 小時} \times 365 \text{ 天} = 74.46$ 度。辦公區共5928 組，年電力節約量： $5928 \times 74.46 \text{ kWh} \div 1000 = 44.1$ 萬度。 每年可CO₂ 減量： $(441,398.88 \text{ 度} \times 0.612 \text{ kgCO}_2 / \text{度}) \div 1000 = 270.13$ 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： $(218 \text{ 度} \times 0.612 \text{ kgCO}_2/\text{度}) \div 1000 = 0.13$ 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： $(441,398.88 \text{ 度} \times 0.612 \text{ kgCO}_2/\text{度}) \div 1000 = 270.13 \text{ 公噸(Tons)}$

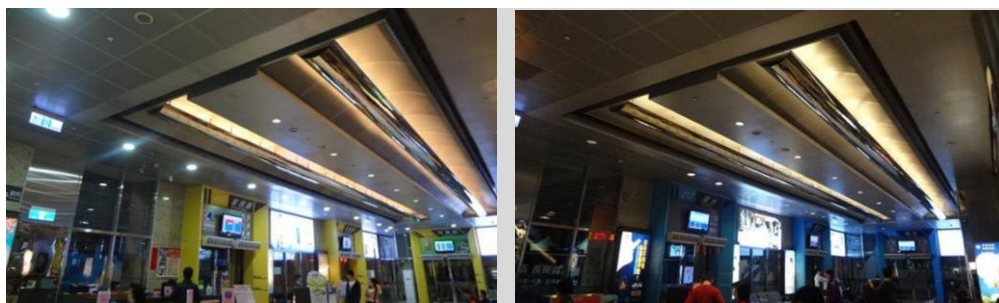


圖8.2-6 轉運站全般照明改善後實照

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。

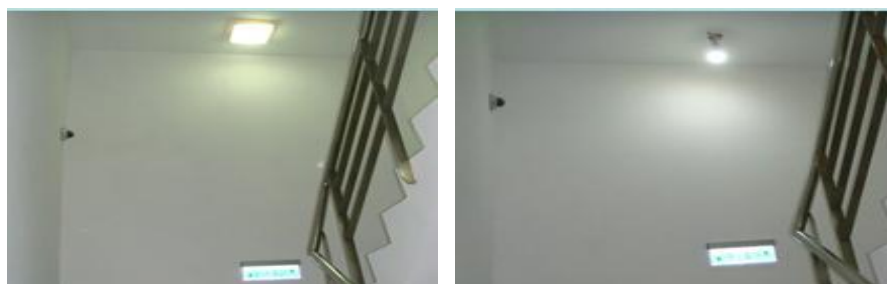


圖8.2-7 梯間照明改善前後對比照



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： $676,245 \times 0.000623 = 421 \text{ 公噸}$

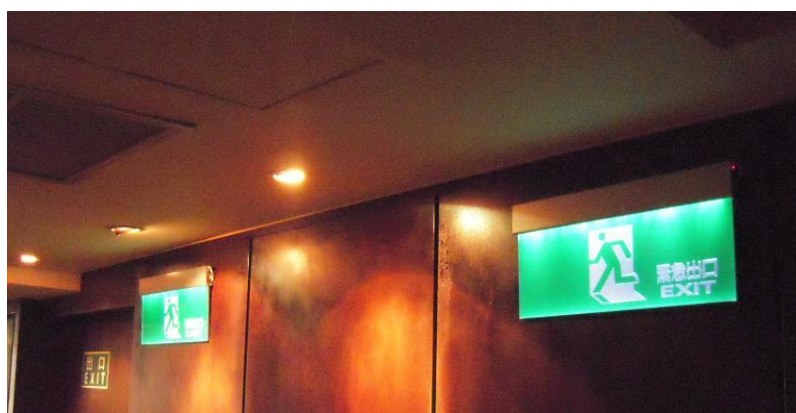


圖8.2-9 酒店照明改善後實照

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。

2015年非生產性質行業能源查核年報統計，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1,427 筆，總用電量約達149 億度，總電費511 億元，平均每度電約3.43 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22.35 億度電，約76.66 億元，以平均3年回收計算，則可產生約230 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。
- 【40】 宋福生，連鎖企業提昇照明使用效率技術與案例，台灣LED照明產業聯盟副執行長，2013年。
- 【41】 經濟部能源局，2015年非生產性質行業能源查核年報，2015年
- 【42】 經濟部能源局，104年年報，2015年
- 【43】 行政院環保署網站，2016年。
- 【44】 經濟部能源局節能標章全球資訊網站，2016年。
- 【45】 行政院環保署綠色生活資訊網站，2016年。
- 【46】 財團法人台灣綠色生產力基金會節能服務網站，2016年。