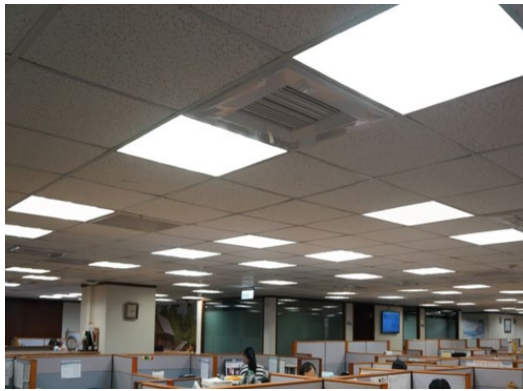


# 產業照明系統節能技術手冊

## (109 年版)



委託單位：經濟部能源局  
執行單位：工業技術研究院  
綠能與環境研究所  
撰寫人：劉旻忠

# 目錄

\_Toc55830840

第一章、照明系統理論.....	1
一、照明基本目的與常識.....	1
二、常見光源介紹 .....	13
三、LED 照明特性與技術發展 .....	20
四、LED 照明系統節能方法介紹 .....	22
第二章、照明應用場域規範.....	26
一、照明設計方法與通則.....	26
二、辦公室照明規範指引.....	34
三、工廠照明規範指引.....	38
第三章、照明應用場域實例介紹.....	47
一、辦公室場域應用實例.....	47
二、工廠場域應用實例.....	52
第四章、照明法規與驗證.....	65
一、照明相關法規介紹.....	65
二、照明檢驗介紹 .....	72

## 圖目錄

圖 1. 優良工作照明目的與結果關係圖.....	3
圖 2. 電磁波的種類與範圍.....	4
圖 3. 各種光之強度對波長關係圖.....	4
圖 4. 常見光源的色溫.....	5
圖 5. 各種光源之平均演色評價數和效率之關係.....	6
圖 6. 高壓鈉光燈配光曲線.....	7
圖 7. 正確的燈具安裝應避免發生強烈的輝度照射到眼睛.....	9
圖 8. 眩光種類示意圖.....	10
圖 9. 不同眩光照片.....	10
圖 10. 台北市西門町新舊區.....	11
圖 11. 工廠中空壓站燈具安裝的位置產生強烈眩光.....	11
圖 12. 小瓦特 LED 點光源裝飾街景.....	12
圖 13. 室內球場選用面光源與點光源的差異性.....	12
圖 14. 照明系統整體效率.....	12
圖 15. 各種常見光源發光效率比較.....	13
圖 16. 白熾燈照片.....	14
圖 17. 鹵素燈照片.....	14
圖 18. 水銀燈照片.....	15
圖 19. 不同管徑螢光燈照片.....	16
圖 20. 三波長燈管 FL40DEX 照片.....	17
圖 21. 省電燈泡照片.....	18
圖 22. 石英複金屬燈照片.....	18
圖 23. 高壓鈉氣燈照片.....	19
圖 24. 白光 LED 照片.....	20
圖 25. 歐洲照明協會戰略藍圖.....	21
圖 26. 智慧照明系統架構示意圖.....	22
圖 27. 照明控制與節能關係.....	23
圖 28. 時間排程示意圖.....	24
圖 29. 移動感測示意圖.....	24
圖 30. 晝光利用示意圖.....	25
圖 31. 遠端遙控操作介面.....	25
圖 32. 情境控制示意圖.....	25
圖 33. 依照明設計流程.....	28
圖 34. 照明設計概念流程.....	29
圖 35. 照明器具形狀和其配光分類.....	30
圖 36. 照明設計流程.....	31

圖 37. DIALux EVO 模擬圖 .....	33
圖 38. Kruthof 曲線圖 .....	35
圖 39. R1-R15 色樣 .....	35
圖 40. 中國時報辦公室所使用之 LED 與省電燈泡比較 .....	47
圖 41. 中國時報辦公室換燈前照片 .....	48
圖 42. 中國時報辦公室燈座換燈前後照片 .....	48
圖 43. 中國時報辦公室換燈後照片 .....	48
圖 44. U 化學公司辦公室 (改裝前) .....	49
圖 45. U 化學公司辦公室 (改裝後) .....	49
圖 46. 漢鐘精機辦公室改善後照片 .....	50
圖 47. 蘭德威克市議會 Bowen 圖書館 .....	50
圖 48. 蘭德威克市議會 Bowen 圖書館置換 LED 燈照片 .....	51
圖 49. 圖書館所換 LED 燈後走廊照片 .....	51
圖 50. Chep 大型倉庫改善高架燈後照片 .....	52
圖 51. Chep 大型倉庫改善高架燈後照片 2 .....	53
圖 52. 中鋼機械 A 廠房結合自然光與人造光源照片 .....	53
圖 53. 中鋼機械 B 廠房結合自然光與人造光源照片 .....	54
圖 54. 中鋼機械 C 廠中間氣樓亦增加採光照片 .....	54
圖 55. 中鋼機械 C 廠中間氣樓亦增加採光照片 .....	55
圖 56. 裝卸碼頭使用 130W LED 後照片 .....	55
圖 57. 倉庫使用 130W LED 後照片 .....	56
圖 58. 廠房區域置換為 LED 平板燈後照片 .....	56
圖 59. 倉庫區置換為 LED 燈後照片 .....	57
圖 60. 照明更新後耗能比較 .....	58
圖 61. 德高集團倉庫儲存區照明改善後照片 .....	58
圖 62. 德高集團的多層辦公室照明改善後照片 .....	59
圖 63. Tauro Blu LED 高棚燈照片 .....	60
圖 64. 食品工廠內原裝設 400W 金屬鹵素燈照片 .....	61
圖 65. 食品工廠內更換為 LED 燈照片 .....	61
圖 66. Chamaeleon LED 燈照片 .....	62
圖 67. Chamaeleon LED 燈處於電氣開關室的待機和全功率模式 .....	62
圖 68. Haigh's Chocolates 使用 Tauro Black LED 高棚燈照片 .....	63
圖 69. 條碼掃描工作照片 .....	63
圖 70. Chocolates Mile End 所使用 Tauro Black LED 線性高棚燈 .....	64
圖 71. Haigh's Chocolates 所使用 Cascade LED 低棚燈 .....	64
圖 72. Haigh's Chocolates 所使用 Noctua 40W LED 前投式泛光燈 .....	64
圖 73. Haigh's Chocolates 所使用 Sky line 30W 平板燈 .....	64
圖 74. 工研院「LED 照明測試實驗室」全光束積分球照片 .....	72

圖 75. 工研院「LED 照明測試實驗室」LMT 配光曲線量測儀照片 ..73	
圖 76. 光型示意圖.....75	

## 圖目錄

表 1. 常見人照光源之演色性、評價與應用.....6	
表 2. 各種光源效率.....8	
表 3. 早期旭光高頻螢光燈特性與效率比較.....16	
表 4. 一般燈管與三波長燈管比較.....17	
表 5. 各種螢光燈管光效率與壽命比較表.....17	
表 6. 建築物照明用電基準.....27	
表 7. 照明方式.....29	
表 8. 最大輝度比.....30	
表 9. 常用之光源和特徵.....30	
表 10. CNS-12112 辦公室照明基準.....34	
表 11. CNS-12112 陶瓷、玻璃工廠照明基準.....39	
表 12. CNS-12112 水泥、混凝土、磚工廠照明基準.....39	
表 13. CNS-12112 化學藥品、塑膠、橡膠工廠照明基準.....39	
表 14. CNS-12112 電氣工業照明基準.....40	
表 15. CNS-12112 食品工業照明基準.....40	
表 16. CNS-12112 金屬鑄造廠照明基準.....41	
表 17. CNS-12112 皮革工業照明基準.....41	
表 18. CNS-12112 金屬工作及處理照明基準.....42	
表 19. CNS-12112 鋼鐵工業照明基準.....42	
表 20. CNS-12112 紡織工業照明基準.....43	
表 21. CNS-12112 車輛製造照明基準.....43	
表 22. CNS-12112 木業家具製造照明基準.....44	
表 23. 我國照明產品強制性與自願性制度.....65	
表 24. 我國 LED 照明產品國家標準現況.....67	
表 25. 螢光燈管節能標章能源效率基準.....68	
表 26. 緊密型螢光燈管能源效率標示值及實測值之基準值.....70	

# 第一章、照明系統理論

## 一、照明基本目的與常識

### ● 照明的目的

早期人類作息跟隨著太陽光的變化日出而做日落而息，由於火的應用，提供夜間與暗處的照明，促使人類邁入另一個文明的起點，而照明的技術也隨著科技發展與時俱進。後來愛迪生成功長時間點燃燈泡後，透過電力提供照明成為主流技術，其後螢光燈及水銀燈等氣體放電燈類大幅提升了照明的能源使用效率，多樣化的照明光源隨著時間推進，效率亦隨之不斷提升與進步，圖 1 為不同光源隨時間發光效率的演進，並且分別在不同的應用領域各擅勝場；近年來固態照明技術異軍突起，其性能遠超越傳統的鎢絲燈與氣體放電燈，且其發光效率仍持續快速攀升中，如圖 2 所示，LED 不但發光效率遠高於氣體放電燈，更具有多種色溫、體積小、易於調光、壽命長及節能環保的優點，已全面掀起了第四波的照明演進。

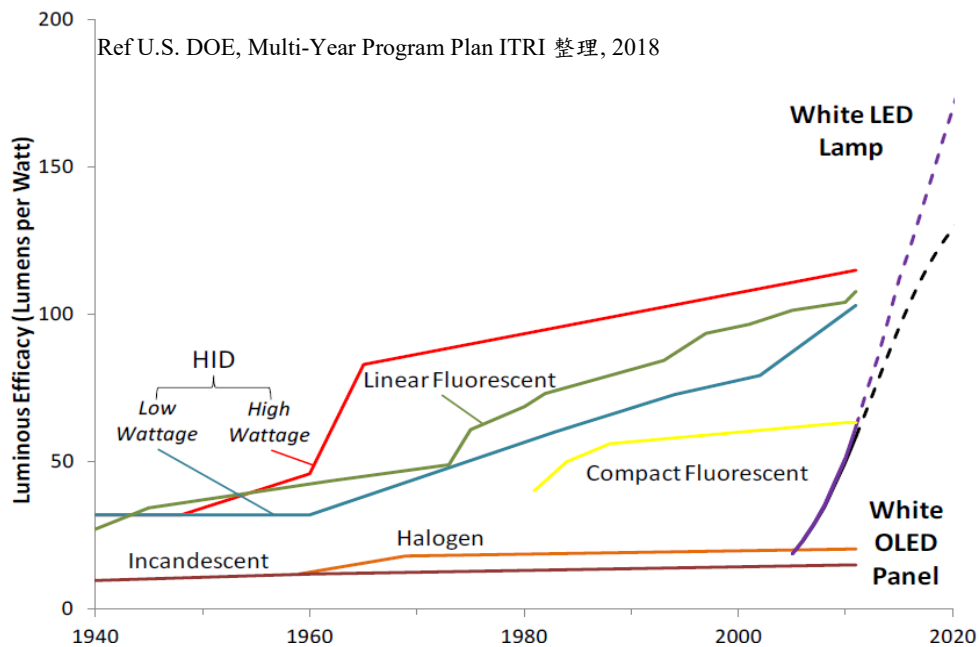
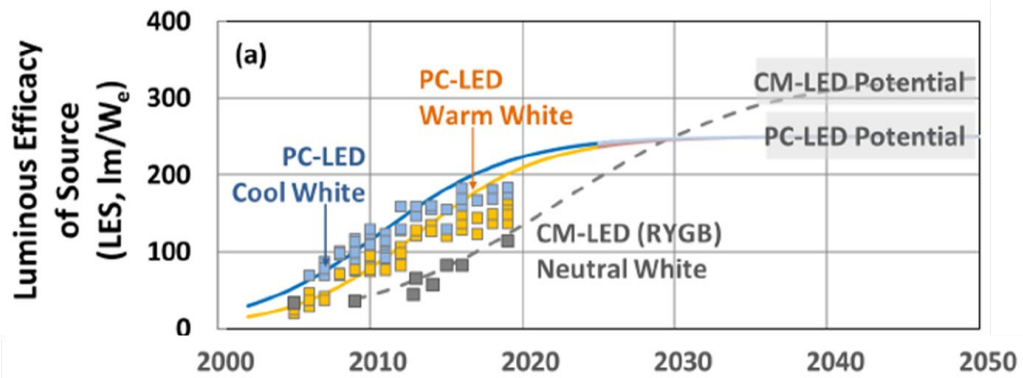


圖 1. 人工光源發光效率的演進



資料來源：2019 DOE SSL R&D Plan

圖 2. LED 發光效率進展與預估

根據調查，民國 105 年我國照明用電約 229 億度，占全國總用電的 9%，其中工商照明主力產品 T8-T9 直管螢光燈用電占 22.7%，T5 直管螢光燈用電占 42.9%；LED 照明用電占比 18.24%。現階段 T8-T9 發光效率值偏低（40-60 $lm/W$ ）、含汞量高（15mg），且影響尖峰用電，宜優先淘汰。2016 年美國能源部固態照明技術報告顯示，2015 年冷白光 LED 燈具平均發光效率達 116  $lm/W$ ，遠超越 T5 螢光燈具；美國 DOE 預估 2020 年燈具發光效率將提升至 169  $lm/W$ ，2025 年燈具最佳 LED 燈具效率達 203  $lm/W$ ，與現有燈具平均效率（約為 55  $lm/W$ ）相較，利用固態照明光源取代傳統光源，將可有效降低照明用電量。

由於 LED 的發光效率遠高於傳統光源，在能源已成為全球性議題的今日，其節約能源的潛力成為眾所矚目的焦點。美國能源部(DOE)固態照明 2018 建議的研究課題報告預估，2025 年 LED 封裝效率達 237 $lm/W$ ，如圖 1.1.2 所示[1]，LED 燈具效率可達 180 $lm/W$ ，LED 照明燈具已具備全面取代傳統照明燈具之優勢。美國能源部(United States Department of Energy, DOE)估計到 2035 年，LED 可為照明減少 75%的用電量，，2012 年歐盟提出的能源效率指令(Energy Efficiency Directive)，建立對於會員國具有強制性的指令，各會員國必須落實至國家法規中，以幫助歐盟在 2020 年達到 20%的節能目標，照明產品一直是能源效率指令中，重點規範產品之一，預估至 2030 年每年節能量可達 151 TWh，未來歐洲對於高效能節能照明產品需求將持續成長。

綠色照明(Green Lights)源於 1991 年美國環保署，旨在鼓勵用戶安裝高效節能照明產品，減少照明的用電；並建立高品質、高效率、經濟舒適、安全可靠、有益環保、保護身心健康的照明環境。1992 美國環保署、能源部門、公私營單位與廠商負共同推動能源之星計畫；其中照明相關方案包含綠色照明、建築物、照明設備、緊急出口照明

燈等四項。全球綠色照明的市場需求，加速 LED 照明產品進入成熟期，透過節能策略推進 LED 照明全面普及，為我國必要措施。其次，LED 優越的調控性能，搭配物聯網風潮，智慧照明系統為下一階段照明科技的藍海商機，市調機構樂觀預估市場持續成長，成本高、回收年限長為推動的最大阻力。

辦公室與工廠為產業最常見的兩種照明應用場域，其照明主要還是以確保安全、舒適與提升工作效率為主，其目的與產生效果如下圖 1 優良工作照明目的與結果關係所述。

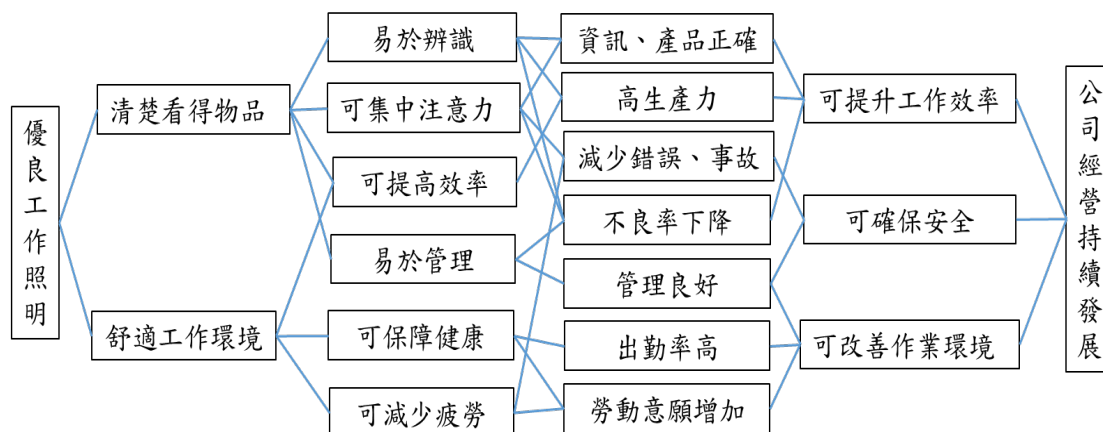


圖 1. 優良工作照明目的與結果關係圖

良好的照明與工作效率、成本和維護費等有密切關聯，如何在這當中求其最佳效益，讓勞資雙方達到雙贏效益方為上策，規劃採用高效率及長效型之照明設備才是照明應用最佳的選擇。

### ● 照明基本常識

電磁波涵蓋的範圍很廣，波主要的類與波長關係如圖 2 所示，而眼睛所能見的範圍很小僅可見光部分，可見光是波長介於 380nm ~ 780nm，以顏色來區分時主要可分為紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫等，圖 3 為日光、燭光、螢光燈、鹵素燈與 LED 等，常見不同光源波長對強度之光譜圖，日光包含範圍很廣，由紫外光到紅外光皆有，而一般人造光源主要是給視覺反應，還是以可見光為主。

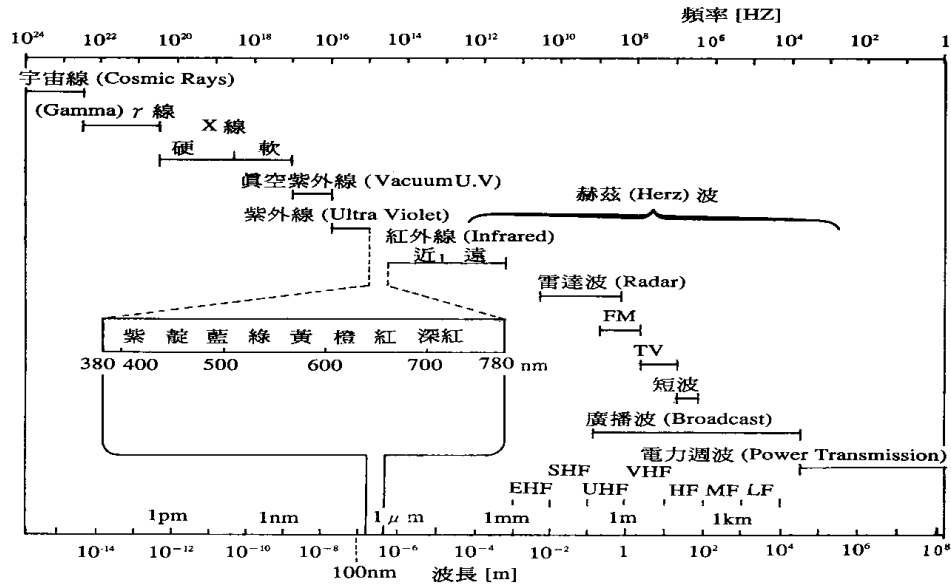


圖 2. 電磁波的種類與範圍

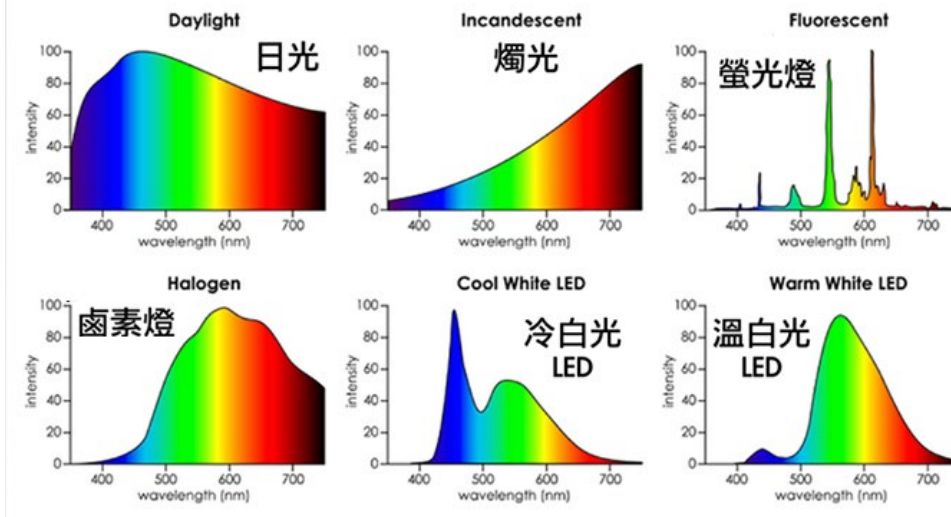


圖 3. 各種光之強度對波長關係圖

光照除了讓眼睛看清楚事物外，對生物體來說可以直接影響到生命晝夜節律系統，影響生物的生理時鐘變化，亦會影響心率和核心體溫、皮質醇產生與刺激等。光源亦可作為生物體之神經刺激物，用來改變警覺與認知的機能程度，可用於改變如沮喪與睡眠障礙等問題，也間接牽動著血壓、血糖、學習特性與內分泌變化等。照明光環境對晝夜節律、特性與認知機能、身體機能協調與平衡等，都有直接或間接的影響，這些都是生活環境當大量使用人造光源作照明時應該被仔細考慮的。

- 照度

物體或被照面上被光源照射所呈現的光亮程度，稱為照度，符號為E，單位為勒克斯(Lux)，被照面的照度越高，則越容易清楚辨識環境。

- 色溫

色溫(Color Temperature)，是將一標準黑的鐵(例如鐵)加熱，溫度提升某一程度時，顏色開始由深紅→淺紅→橙黃→白→藍白→藍，逐漸改變，利用這種光色變化的特性，某光源的光色與黑體的光色相同時，既將黑體當時的絕對溫度稱為該光源之色溫度。它的定義是：當光源所發射的光顏色與「黑體」在某一溫度輻射的光顏色相同時，這時黑體的溫度稱為該光源的色溫度，簡稱色溫，單位為 Kelvin (K)表示，圖 4 為常見光源所對應的色溫，色溫越高偏向青藍色，色溫越低則偏向橘紅色。

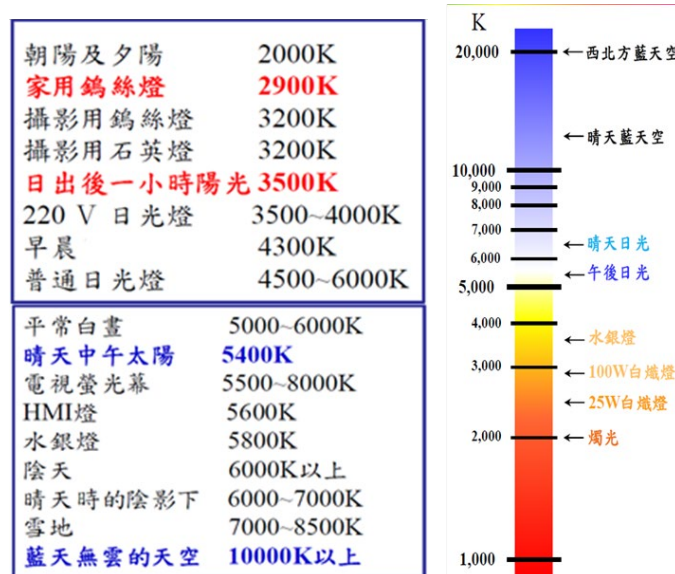


圖 4. 常見光源的色溫

- 演色性

演色性 (Color Rendering)是指物體在不同光源照射下所產生色彩之變化，定義上為光源對被照物色彩表現能力，光源照射有彩色物體時，其色彩與基準光源所見之色彩相同程度，以 0~100 呈現，而 100 為理想值，此變化可區分為三種：(1)、色度轉移 (Colorimetric Shift)，(2)、適度的色彩變化 (Adaptive Color Shift)、及(3)、綜合色彩變化 (Resultant Color Shift)。其定義如下：

(1)、色度轉移是指一物體分別在一標準光源和另一非標準光源照射下所產生之色度轉移。

(2)、適度的色彩變化是指物體在光源照射下，人類對色彩感覺舒適與否，所引發之視覺色彩差異。

(3)、綜合色彩變化是指色度轉移和舒適色彩變化兩者合併所產生之差異。也可言之物體在標準和非標準光源特定照射情況下，所產生舒適色彩之差異。

演色性佳的光源，例如自然光，在其照射下，物體的色彩最為真實，否則就會對所看到的物體顏色產生偏差。光源的演色性程度是指色彩顯現的真實度。評價時，所代表的指數稱之為「平均演色性評價數」(Ra)。簡言之 (Ra) 是物體呈現色彩真實度的指數。常見光源其演色性與應用列於表 1，而各種光源之平均演色評價數和效率之關係如下圖 5 所示。

表 1. 常見人照光源之演色性、評價與應用

指數(Ra)	演色性評價	一般應用	燈源
90~100	優良	需要色彩精確比對與檢核之場所。	鹵素燈、白熾燈、三波長燈管、LED
80~89		需要色彩正確判斷即討好表觀之場所	複金屬燈、省電燈泡、LED
60~79	普通	需要中等演色性之場所。	螢光燈、LED
40~59		演色性要求較低，但色差不可過大。	LED
~39	較差	演色性不重要，明顯色差亦可接受。	水銀燈、鈉燈

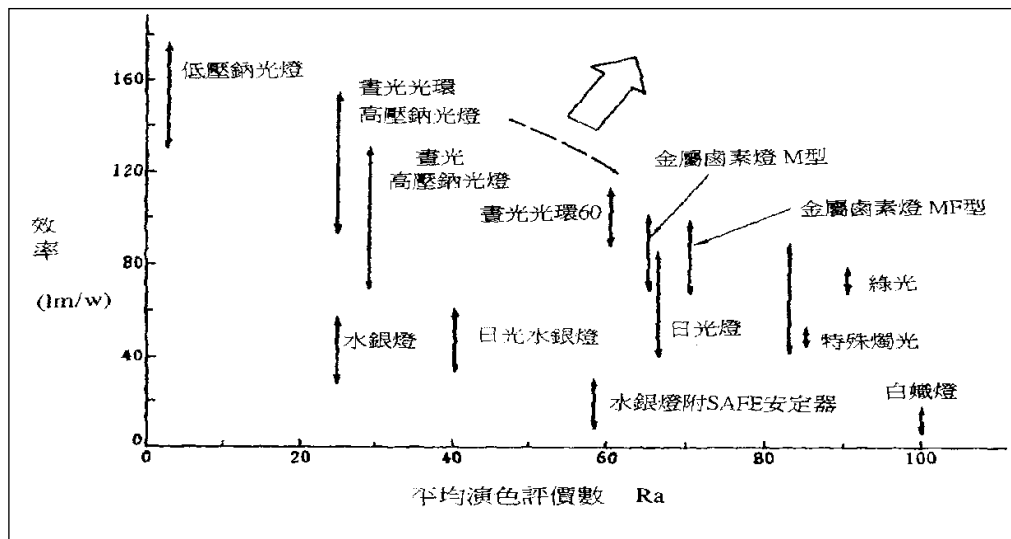


圖 5. 各種光源之平均演色評價數和效率之關係

• 照明名詞定義

- 1、光通量（光束）（Luminous Flux）是光源放射光能時，人類眼睛經視覺神經(Optic nerve)可感受到光的部分，稱之為光束或光通量，其代號是 F，單位是流明（Lumen）或 lm，演算式是： $F = 4\pi I_0 (lm)$ ， $I_0$  = 光源在各方向之平均光度。
- 2、光度（Luminous Intensity）是一光源向任一方向發射，在單位立體角內所產生的光束數，即稱該光源在此方向上之光度。簡稱為單位立體角內之光束密度，其代號是 I，單位是燭光（Candela）或 Cd，1Cd 相當於燃 7.776 克/小時發出之光。
- 3、照度(Illumination)是單位面積上所射入的光束數量，其代號是 E，單位是勒克司（Lux）或 Lx。演算式是：

$$E = \frac{F}{A} = \frac{I}{D^2} \quad \text{或} \quad Eh = \frac{I \cos \theta}{D^2}$$

E = Lx， F = 射入光束， D = 直徑

4、配光均勻度(Uniformity)是光輸出在空間的分佈，稱之為配光均勻度。光線分佈越均勻，視覺的感受越舒適，越不會造成眼睛的疲勞。配光均勻度主要的定義是室內最低照度除以平均照度，其值介於 0 與 1 之間，一般優質的照明建議至少 0.8。

$$\text{照度均勻度} = \frac{\text{最低照度}}{\text{平均照度}} \geq 0.80$$

5、亮度 (Luminance Radiance) 是物體的明亮程度，與物體表面向肉眼方向放射的光束密度高低有關，該光束密度之高低即是該物體表面之亮度，其代號是 L，演算式是： $L = F / S$ ，F = 發光面之反射光束 (lm)，S = 面積 ( $m^2$ )。

$$L = \frac{lm}{m^2} = \text{rlx}。$$

6、配光曲線是依燈具之構造型式而異，該曲線係代表燈具在各方向之光度高低，依公式  $E = \frac{F}{A} = \frac{I}{D^2}$  計算，並以照度記在燈具四周離光源中心等距離 D 處測得 E，再計算得 I，在通過燈軸之垂直平面內，繪製該配光曲線如下圖 6 所示。

燈泡：HF400PD (24,000 lm)

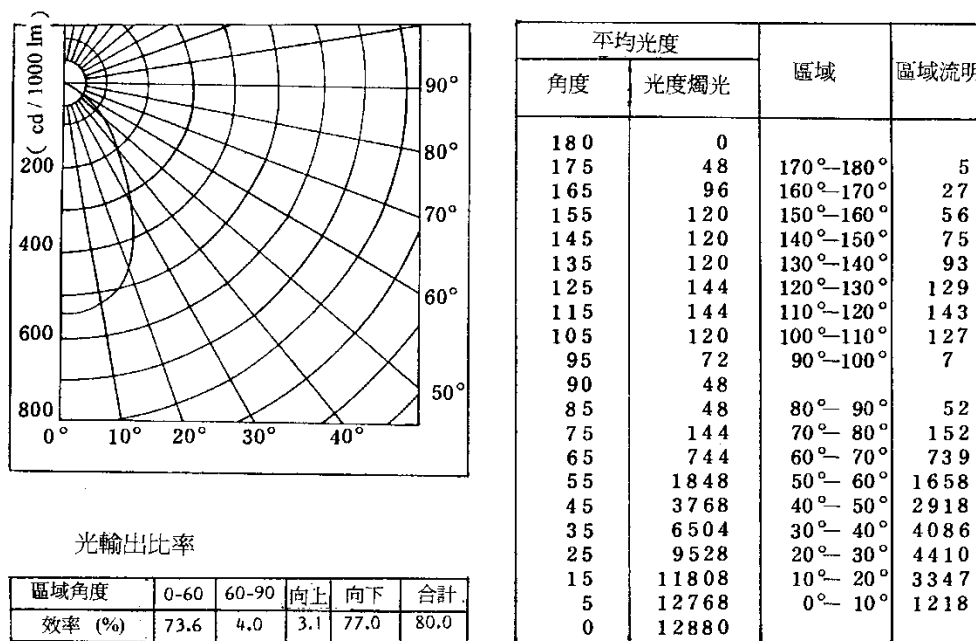


圖 6. 高壓鈉光燈配光曲線

7、光源效率，定義為光源所發出光的流明數除以其耗電量所得之值，常見光源之光源效率如表 2 所示，此處我們將之區分為傳統燈具光源與新世代燈具光源二類，照明於人類的應用中，除了講求光源能源效率外，還需要著

重其光源壽命的長短，光源品質的好壞，影響人類工作效率的高低，再加上價格的高低，個人對燈光色溫、演色性、燈具的外觀、燈具反射效率等，作出綜合評論，雖然傳統燈具光源有著被新世代 LED 光源燈具逐漸替代，但不同光源有其特性與優點，依目的需求可以做最大效益之搭配。

$$\text{光源效率 (lm /W)} = \frac{\text{流明 (lm)}}{\text{耗電量 (W)}} \quad (\text{lm / w})$$

表 2. 各種光源效率

種	類	效率(lm/w)
燈 具 光 源	白熾燈泡 (已逐步淘汰)	10~15
	石英鹵素燈	20~25
	SL 省電型螢光燈泡	40~60
	水銀燈 (已逐步淘汰)	40~65
	普通日光燈管 (已逐步淘汰)	40~70
	PL 型日光燈管	70~85
	PLC 型日光燈管	70~85
	複金屬燈	80~90
	三波長自然色日光燈管	80~96
	高壓鈉光燈(演色性差)	130
	低壓鈉光燈(演色性差)	200
	T-5	80~90
	無極燈	80~85
	LED	100-160
.....		

8、光束法：作業平面之平均照度可依下式求得：

$$E = \frac{F \cdot N \cdot U \cdot M}{A}$$

E = 平均照度 (lx)

A = 面積 m<sup>2</sup>

F = 燈具光束 (lm)

N = 燈具數

U = 照明度

M = 維護係數。

9、照明率 (Coefficient of Utilization) 是指到達工作面之流明數對燈具中燈管所輸出總流明數之比率。其大小與燈具效率、配光曲線、燈具高度、房間比率以及物體反射率等皆有關，各型燈具之照明率亦可自廠家所提供該型燈具之照明率對照表中查得。

- 燈具為直接照明者，房間比例 = (長×寬)/((長+寬) × 架設高度)
- 燈具為間接照明者，房間比例 = 3 × (長×寬)/(2 × (長+寬) × 架設高度)

10、維護係數 (Maintenance Factor) 是廠房、房屋及燈具新舊的問題。初期計算照度時，應計及上述減光因數。也就是應依據燈具型式和廠房、房屋環境估算其維護係數，使未來照明運作更為有效。

維護係數 = 設備確保應有照度 (E<sub>t</sub>) / 初期照度 (E<sub>i</sub>)

『良』的維護係數 = 0.65~0.75 (環境大氣清潔)

『中』的維護係數 = 0.55~0.65 (環境大氣欠佳)

『劣』的維護係數 = 0.45~0.55 (環境大氣甚差)

11、輝度 (Brightness 或 Luminance) 是光源在某一方向的光度 / 該方向之光源體投射面積所得之商，即為光源在該方向上之輝度，演算式是：

$$B(\text{nit}) = \frac{I(\text{candle, cd})}{A(\text{m}^2)} \quad , \quad B = \text{輝度} \left( \frac{\text{Cd}}{\text{m}^2} \right), \quad S = \text{面積} (\text{m}^2), \quad I = \text{燭光} (\text{Cd})$$

光 (Cd)。是指光源體在某一方向上，每單位投影面積所發出的光度，單位為 cd/m<sup>2</sup>，輝度是用來評估光源或發光點之光亮程度，光度越高的光源如 400/1000 瓦之點光源，其產生的輝度也越高，眼睛感覺越刺眼；如果是 1~18 瓦之點光源或是 14~28 瓦的線光源，就不會有刺眼的感覺。因此，輝度是用來評估發光體對眼睛之刺激程度，如圖 7。

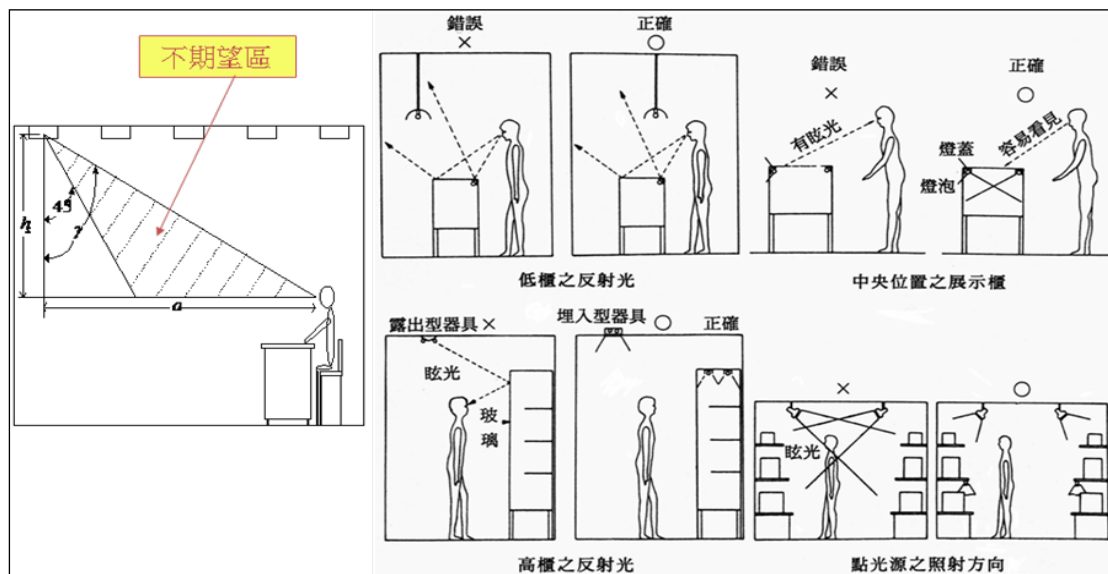


圖 7. 正確的燈具安裝應避免發生強烈的輝度照射到眼睛

12、眩光（Glare）是使人不舒服的光照，乃雜散光線 對眼睛刺激，產生視景對比下降、不舒服，乃至短暫失能的照明，當直接或經由反射看到燈具、窗戶等輝度極高的光源，或者在視野中出現強烈的輝度對比時，就會感受不舒服的感覺就是眩光，眩光種類主要有直接眩光、反射眩光與背景對比眩光，圖 8 為眩光種類示意圖，直接眩光為直接或餘光目視光源，輝度大且讓人刺眼而不舒服，人眼直接眩光區自垂直面 45~85 °；反射眩光為表面反射光源而產生；背景對比眩光則為主題較暗而背景太亮而產生，背景光線對比過強烈，圖 9 為不同眩光之照片。UGR 統一眩光值（unified glare rating）是評價室內照明不舒服眩光常用量化指標，量測照明裝置光照對於人眼引起不舒服感之主觀反應結果，其中  $E_b$  為眼睛在背景上的照度(不包括眩光源)， $L_i$  為輝度， $\omega_i$  眩光源第  $i$  部分的立體角， $P_i$  眩光源第  $i$  部分的位置。

$$UGR = 8 \log_{10} \left( \frac{0.25\pi}{E_b} \right) \sum_{i=1}^n \frac{(L_i^2 \times \omega_i)}{P_i^2}$$



圖 8. 眩光種類示意圖



圖 9. 不同眩光照片

台灣早期設計照明系統時，往往忽視了輝度對眼睛的影響，如圖 10 是台北市西門町新舊街區都有嚴重的眩光反應，圖 11 是工廠中空壓站燈具安裝的位置不佳，而產生的眩光。適度輝度可以帶來很好視覺效果，如圖 12 是以小瓦特 LED 點光源非常成功的做為城市夜景美化的案例，不但省電壽命又長，遠優於傳統燈具作裝飾；圖 13 是室內球場選用點光源與面光源的差異性，選手會發現打球時面對強烈點光源會刺眼，亦即良好的照明設計對球場球隊的勝負也有著關鍵性的影響力。



圖 10. 台北市西門町新舊區



圖 11. 工廠中空壓站燈具安裝的位置產生強烈眩光



圖 12. 小瓦特 LED 點光源裝飾街景

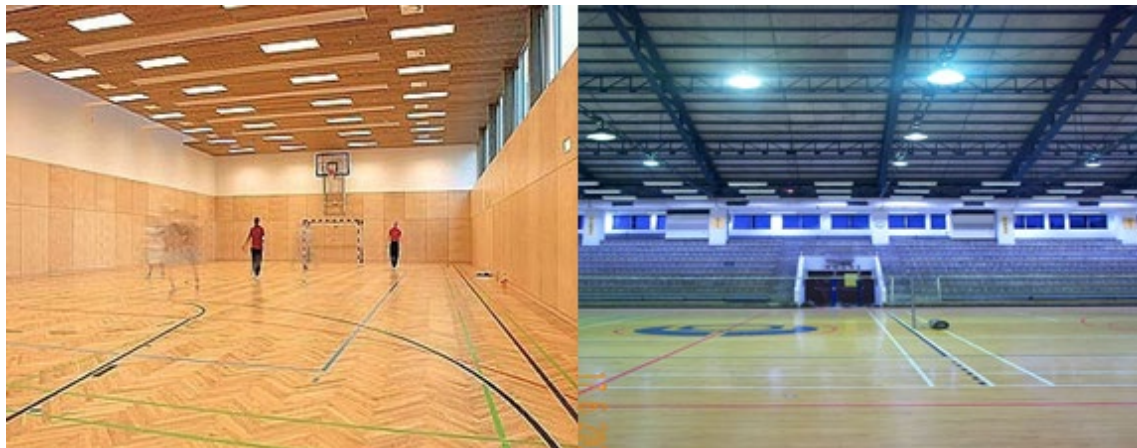


圖 13. 室內球場選用面光源與點光源的差異性

13、照明系統整體效率 (Efficiency of Light System) 是指由光源效率、燈具效率、生理效率、心理效率所組合而成的照明系統整體效率，如圖 1-20。

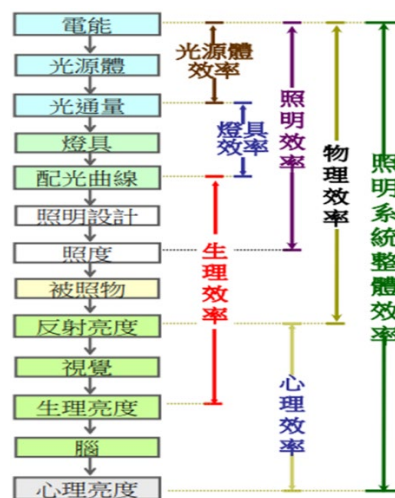
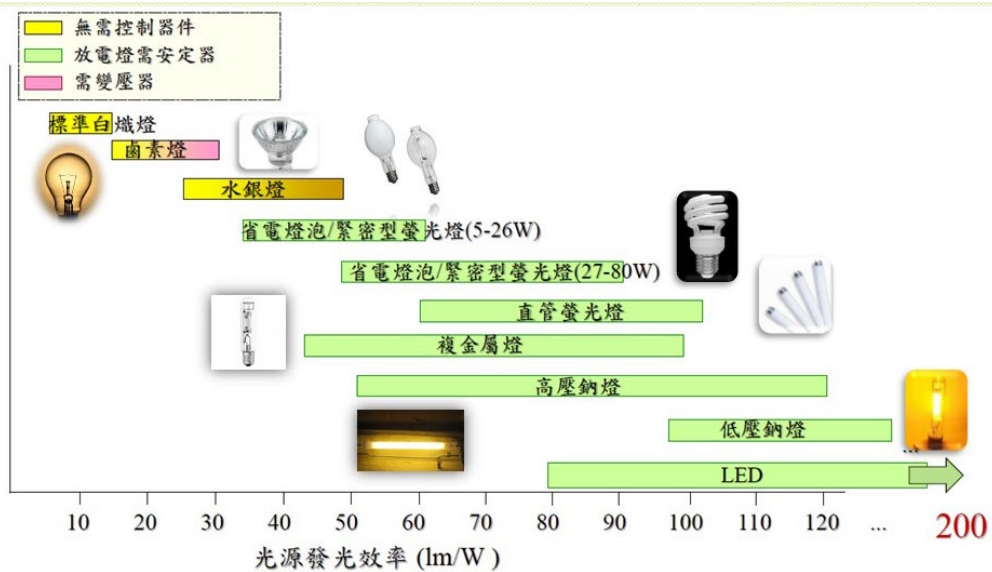


圖 14. 照明系統整體效率

## 二、常見光源介紹

在既有建築物照明與設施上，仍看得到各種傳統人工光源如白熾燈、螢光燈、鹵素燈、鈉光燈、複金屬、水銀燈等，其效率、演色性、色溫、壽命等光電特性較目前先進光源 LED 燈比較差很多。但藉由瞭解各人工光源之發光原理、特性及效率，有助於未來多樣性的應用，圖 15 為各種常見光源發光效率比較。



Ref. U.S. DOE, Multi-Year Program Plan (2012)

圖 15. 各種常見光源發光效率比較

### ● 白熾燈

白熾燈構造上為一玻璃球內抽真空後，填充氬氣和氮氣，以抑制與減緩燈絲之蒸發損耗，為最早成熟的電光源，通上電流加熱燈絲，利用物體受熱發光的原理發光，溫度高達攝氏 2,700°C，而發出光與熱，圖 16 為白熾燈照片，白熾燈泡可以算是點光源，因此在配光時相當容易，雖然壽命不長僅約 1,200 小時，但因其為連續光譜且偏紅色光，演色性佳(Ra 100)，光衰現象不明顯，色溫度低使人有溫暖感覺，但發光效率偏低僅 8~15 lm/W，是屬於低發光效率光源。其主要演色性佳、可立即起動、安裝及使用容易、價格便宜、不需安定器、可連續調光、光束衰減少、不受環境溫度影響等特性（參考文獻：照明系統 Q&A 節能技術手冊）。



圖 16. 白熾燈照片

- 石英鹵素燈

鹵素燈是由耐高溫的石英管、鎢絲、鉬箔、燈帽所組成，內部填充高壓氬氣與微量之碘或溴等鹵素所構成，圖 17 為鹵素燈照片。一般白熾燈泡之點燈過程中，鎢絲在高溫中蒸發附著於玻璃內壁，產生黑化現象而使光亮逐漸降低，鹵素燈泡就防止黑化而開發之燈泡，鹵素燈泡內部有微量之鹵素氣體，藉著鹵素循環作用，減輕燈泡的光束衰減和壽命與黑化現象，並保持初期之發光效率。其壽命長，相當於一般白熾燈泡的 2~3 倍。發光效率 11.4 lm/W ~30 lm/W，體積比白熾燈泡小，光源小而集中，配光設計容易，光束衰減小，壽命終了時光輸出仍高達初光束之 90%，並且由於採用石英玻璃製成，因此有極強的耐熱衝擊性（參考文獻：照明系統 Q&A 節能技術手冊）。



圖 17. 鹵素燈照片

- 水銀燈

高壓水銀燈泡是由兩只主要電極與兩只補助電極所組成，管中封入適量水銀及惰性氣體，補助電極連接有電阻與其他端之主電極連接成一通路。當電壓加在於兩主電極之時，兩電極間距離很大而無法產生放電，同時相同電壓也加在補助電極與相鄰之主電極間，在其間產生輝光放電，此時為限制補助電極之放電電流，接有電阻 R（約 25 k $\Omega$ ），輝光放電後，兩主電極間電場不斷的擴展，最後達到主電極端，這時之電流是依靠安定器來加以限制，因電流不斷增加，主電極之溫

度漸升而發出電子，終於自輝光放電而移轉為弧光放電，由於惰性氣體之弧光放電，發光管之溫度隨之而上昇，水銀漸漸蒸發，水銀蒸氣壓也漸漸提高，數分鐘後全變為水銀蒸氣之穩定放電，圖 18 為水銀燈照片。高壓水銀燈可靠性高、用途廣泛、符合經濟效益、壽命長，而且點燈發光穩定，即使在電源稍微有變動的地區，亦有出色的功能表現。

不需要使用起動器點燈，所以線路簡單且安裝容易，具有極高可靠性，故使用在室內或戶外同樣有其多方面適用性，配合正確額定電流的水銀燈安定器點燈，可延長點燈壽命。白色光對景色較不重視的地方，可以採用光強的清光型高壓水銀燈泡，若需要更佳合理演色性的地方可以採用螢光型高壓水銀燈泡。其發光效率約 36~59lm/W，但因環保汞與效率而漸漸被取代（參考文獻：照明系統 Q&A 節能技術手冊）。



圖 18. 水銀燈照片

#### ● 螢光燈

圖 19 為不同管徑螢光燈照片，螢光燈(俗稱日光燈)當燈起動時，燈絲會先加溫約 1~2 秒，以使燈絲溫度提高，以釋放電子，接著高電壓會施加在兩個電極之間，使充入氣體和水銀氣體傳導電流而產生放電，此流動之電子(電流)會激發氣態水銀原子而發出紫外線，由於玻璃燈管內壁有塗一層螢光粉，此螢光粉在紫外線照射下會發出可見光。充入氣體(氬氣或是氬氣與氦氣的混合氣體)也會放電發光，但是所發出的只有微量之藍光，而且只有在沒有塗佈螢光粉的燈管才可看得到，此藍光約只佔螢光燈總發光量的 3%，另外 97%的光來自於螢光粉發光。傳統螢光燈基本點燈線路動作順序為電源電壓加至點燈管中雙金屬片使其接合，電流經電源→安定器→鎢絲→點燈器→鎢絲→電源回路，完成預熱，電子待發，點燈器雙金屬片彈開，安定器感應數百伏特高壓，電流經電源→安定器→日光燈→電源之主放電回路點亮而點亮（參考文獻：照明系統 Q&A 節能技術手冊）。



圖 19. 不同管徑螢光燈照片

高頻螢光燈與一般螢光燈不同點為高頻燈管充入氣體及燈絲設計與一般螢光燈不同，可承受高頻及高壓的衝擊，故適用於電子安定器，不易黑化及可延長壽命。效率高、可以製成任何顏色、輝度低、壽命長、發熱低、省電、光束變動穩定、形體優美，表 3 為早期旭光高頻螢光燈特性與效率，T8、T5 燈管較 T9 燈管效率(lm/W)高（參考文獻：照明系統 Q&A 節能技術手冊）。

表 3. 早期旭光高頻螢光燈特性與效率比較

項目 種類	燈管尺寸 mm		消耗 功率		初光束 lm		效率 lm/W		壽命 h	燈帽
	管徑	管長	W	DEX	WEX	DEX	WEX			
FHF 18 (T9)	29.0	580	18	1,400	1,500	77.8	83.3	8,000	G13	
FHF 38 (T9)	29.0	1,198	38	3,400	3,650	89.5	96.0	10,000	G13	
FHF 32 (T8)	25	1,198	32	3,000	3,200	94.0	100.0	12,000	G13	
FHF 45 (T8)	25	1,198	45	4,230	4,500	94.0	100.0	12,000	G13	
FL 14 (T5)	16.0	549	14	1,100	1,200	78.6	85.7	20,000	G5	
FL 28 (T5)	16.0	1,149	28	2,400	2,600	85.7	92.8	20,000	G5	

註：DEX 三波長域晝光色（色溫 6500K）、WEX 三波長域白色（色溫 4000 K）

參考資料：旭光照明型錄 2005 年全產品型錄

三波長高演色性型螢光燈是採用高效率稀土螢光體，以光的三原色藍色(452 nm)、綠色(543nm)、紅色(611 nm)三個光譜組合而成，演色性佳(Ra>85)的白光色，可使被照物顏色顯得更鮮艷、真實，發光效率高，明亮感也增高，表 4 為一般燈管與三波長燈管比較，三波長燈管亮度較一般燈管高（124%），圖 20 為早期東亞照明之三波長燈管 FL40DEX 照片（參考文獻：照明系統 Q&A 節能技術手冊）。

表 4. 一般燈管與三波長燈管比較

項目 \ 品種	一般品種 FL20D/18	省電燈管 FL40D/38	三波長燈管 FL40DEX/38
消耗電力(W)	18 W	38 W	38 W
光輸出(lm)	1,150	2,730 (100%)	3,400 (124%)
效率(lm/W)	63.9	71.8	89.5
色溫度(K)	6,700 K	6,700 K	6,700 K
演色性(Ra)	69	69	85
壽命(h)	7,500	10,000	10,000

參考資料：東亞照明型錄 2005~2006 年綜合型錄



圖 20. 三波長燈管 FL40DEX 照片

T5 螢光燈管，由於光源截面積的縮小，使光的投射擴散或集中角度能控制得更好，使燈具的器具效率更高，使燈具在相同的光擴散性及眩光控制下，其燈具的厚度能真正減低，達到 6 公分以下，燈具的體積縮小減少原材料的使用，因此比 T8 與 T9 更被重視與發展，發光效率更提升到 100 lm/W~105 lm/W，光輸出穩定光衰最低，10,000 小時光輸出仍保持在 92%。T5 燈管直徑減少 40%，燈管水銀劑約為傳統燈管的 20%，即水銀污染僅有原有的 20%，如加上壽命增加 2.5 倍，以相對比例而言，水銀的量僅有傳統燈管的 8%，所以 T5 的 8% 水銀污染比傳統燈管的水銀汞污染大幅減少，且因採用傳統回收處理容易較不易造成汞污染危害，表 5 為各種螢光燈管光效率與壽命比較表(參考文獻：照明系統 Q&A 節能技術手冊)。

表 5. 各種螢光燈管光效率與壽命比較表

燈管	一般燈管	三波長	T5燈管
光效率(lm/W)	60	85	104
壽命(h)	6,000	8,000	>16,000

緊密型螢光燈管加上安定器內藏型或外加組合型，市面上都簡稱為省電燈泡，圖 21 為省電燈泡照片，其點燈壽命更持久，達 6,000 小時以上；亮度高，發出全光束高，光線柔和不刺眼，更省電；外型輕巧美觀；不閃爍、保護眼睛視力健康。其發光效率約 40~90 lm/W，一個 17 W 球型省電燈泡，其發出全光束在 680 lm 以上，相當於一個 60 W 傳統白熾燈泡之全光束 570 lm，所以省電燈泡消耗電力較白熾燈泡小很多，即可發出與傳統白熾燈泡相同之光束（參考文獻：照明系統 Q&A 節能技術手冊）。



圖 21. 省電燈泡照片

- 石英複金屬燈

石英複金屬燈(Crystal Metal Halide Lamps)是氣體放電燈的一種，具有高演色性、良好的發光效率及壽命長等優點，由硬質外管、石英玻璃發光管、主電極、起動電阻補助電極及支架所構成，圖 22 為石英複金屬燈照片。在石英玻璃發光管內封入金屬鹵化物，作為發光物質，在高溫及高壓之水銀電弧中，金屬鹵化物分解為金屬原子與鹵元素，並使金屬原子產生特有光譜而發光；至低溫之管壁時，金屬再與鹵化物結合而成金屬鹵化物，金屬鹵化物循環，可改善發光演色性。

石英複金屬燈與大多數氣體放電燈一樣，呈現負電阻的電氣特性，點亮前燈管兩電極間有極高的電位梯度，所以驅動石英複金屬燈的安定器，必須具備限制燈管電流以及高電壓點燈的兩個基本功能。在相同的流明下，一個石英複金屬燈相當於 45 個白熾燈的壽命，標準的石英複金屬燈發出白色光，其色溫從 3,200 K 到 4,000 K，演色性 Ra 從 65 到 70，石英複金屬燈發光效率是白熾燈的 3~5 倍，並且減少能源浪費與熱的損失，發光效率約 70~110 lm/W



圖 22. 石英複金屬燈照片

- 高壓鈉氣燈（高壓鈉燈）

高壓鈉氣燈泡採用具有優良耐熱性、耐鈉性與透光性之鋁瓷發光管，在其管內封入鈉、水銀和氙氣，利用高壓鈉蒸氣放電而發光之燈泡，此型燈泡在起動時必須要有一個電子起動器給燈泡起動所需要的瞬間脈衝電壓，圖 23 為高壓鈉氣燈照片。電源加入時，脈波造成氙氣的游離，發出暗淡青白色光，游離的正負粒子以及再結合時所放出的能量，造成水銀的放電，發光顏色立刻呈較亮的青白色，這些都是瞬間的變化，大約 10 秒金屬鈉就跟著融解、放電、發出單色黃色光，鈉蒸氣壓逐漸升高，光色也逐漸增強而轉白，大約 5 分鐘就達成穩定的放電狀態，發出高壓鈉氣燈固有的金白色光，因此電源中斷之後的再起動時間很短，僅需 1 分鐘便能再點亮，3-4 分鐘即趨於穩定。

高壓鈉氣燈是 HID 放電燈泡中效率最高，發光效率約 82.5~130 lm/W，發出以黃澄為主的金白色光，在這光源的照射下，可以有限度地分辨物體顏色，採用具有優良耐熱、耐鈉以及透光性之鋁瓷發光管，點燈安定而可靠；燈泡內部保持高真空，僅約需 2 分鐘短時間，即可達成再起動點燈（參考文獻：照明系統Q&A 節能技術手冊）。

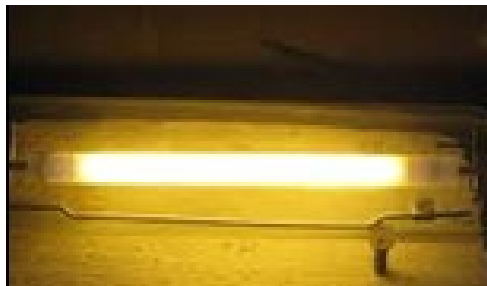


圖 23. 高壓鈉氣燈照片

- 白光 LED

白光 LED 主要可以分為單晶型和多晶型兩種類型。多晶型使用兩個或兩個以上的互補雙色 LED 或把 3 原色 LED 作混光而形成白光，採用多晶型的產生白光的方式，因為不同的色彩 LED 驅動電壓、發光輸出、溫度特性及壽命各不相同，因此在使用多晶型 LED 的方式產生白光，比單晶型 LED 產生白光的方式複雜，也使得多晶型 LED 的成本亦較高。單晶型即一單色 LED 加上相應的螢光粉，採用 LED 發光激發螢粉發光，常採用兩種方式，一種是藍光 LED 激發黃色螢光粉產生白光，另一種是紫外光 LED 激發 RGB 三波長螢光粉產生白光，市面上最常用藍光 LED 激發黃色螢光粉來產生白光，圖 24 為其中一種白光 LED 照片。

在 2000 年時，白光 LED 的光效已達 25 流明/瓦，這一指標與鹵鎢燈相近；2012 年，白光 LED 的光效已達 120 流明/瓦，白光 LED 作家用照明光源開始推廣普及。到 2020 年時，LED 的光效達到 200 流明/瓦。普通照明用的白熾燈和鹵鎢燈雖價格便宜，但相較白光 LED 光源下，光效低、壽命短、維護工作量大，但若用白光 LED 作照明，不僅光效高，而且壽命長（連續工作時間 10000 小時以上），幾乎無需維護。LED 光源具有使用低壓電源、耗能少、適用性強、穩定性

高、響應時間短、對環境無污染、多色發光等的優點，被認為是它將不可避免地現有照明器件。高功率白光 LED 應用於日常照明用途，其實在環保光源日益受到重視後，已經成為開發環保光源的首要選擇。但實際上白光 LED 仍有許多技術上的瓶頸尚待克服，已有相關改善方案，用以強化白光 LED 在發光均勻性、封裝材料壽命、散熱強化等各方面設計瓶頸，進行重點功能與效能之改善。



圖 24. 白光 LED 照片

### 三、LED 照明特性與技術發展

現今照明主流是高亮度白光 LED，已商品化的白光 LED 多是以藍光單晶片加上 YAG 黃色螢光粉混合產生白光，一般照明和特殊照明均可使用 LED 燈，與螢光燈相比，LED 燈不含汞、白光 LED 燈壽命長（元件可達數萬小時）、相對用電少。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(100~160 lm/W)，實驗室晶片發光效率已可大於達到 250 lm/W；LED 光的演色性好、光譜窄，無需過濾可直接發出有色可見光，目前世界各國仍持續加緊提高 LED 光效方面的研究。

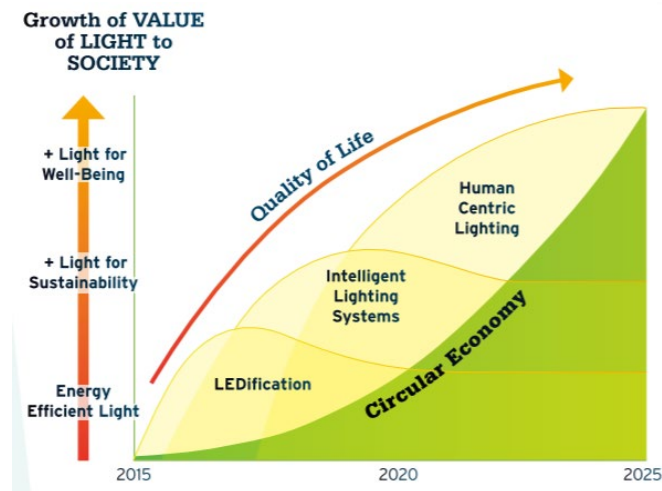
在用電量方面，單顆 LED 功率自小瓦數 50mW 至大瓦數 1W 以上，採直流驅動，反應速度快，可在高頻操作同樣照明效果的情況下，用電量是白熾燈泡的 1/8，螢光燈管的 1/2，甚至更小。LED 照明產品為現階段最為看好的全球照明光源之新興節能產品，現階段 LED 燈泡的整體發光效率可達 100~160，已逐漸取代傳統照明市場。LED 照明光源若能夠持續降低，則可普及到一般家庭照明。成本的下降為普及化的主要因素；在發光成本上，2001 年白光 LED 的成本約 1 美元/lm，2016 年已降至 0.0068 美元/lm，其競爭優勢非常顯著且逐步深入至一般家庭。

LED 的發光效率遠高於傳統光源，其節約能源的潛力成為眾所矚目的焦點。美國能源部(United States Department of Energy, DOE)估計到 2035 年，LED 可為照明減少 75%的用電量，照明產品一直是能源效率重點規範產品之一，預估至 2030 年每年節能量可達 151 TWh，未來歐洲對於高效能節能照明產品需求將持續成長。我國能源轉型白皮書設定 2025 節能目標中，2017 至 2025 年能源密集

度年均改善 2.4%，電力密集度年均改善 2%，2025 年強制性能源效率規範涵蓋率達 45%，照明為推動項目之一。

依據美國能源部(DOE) 2017 年 LED 技術發展評估(U.S. DOE. Solid-State Lighting 2017 Suggested Research Topics Supplement: Technology and Market Context September 2017)，在 2018 年 LED 燈具效率達 133lm/W，預計 2020 年 LED 燈具效率將達 169 lm/W，而 2025 年 LED 燈具效率將達 203 lm/W。

依據美國能源部(DOE) 2017 年固態照明研究建議項目報告(資料來源：美國能源部(DOE) 2017 DOE SSL R&D Plan)，未來照明技術發展方向，將朝照明性能和設計、聯網照明以及生理反應(建康和生產力)等三方向，而歐洲照明協會(Lighting Europe)也於 2016 年正式對外發佈以 2025 年為戰略目標的產業發展藍圖，如圖 26 所示，提到未來將以提升生活品質及循環經濟兩大發展主軸，使照明將帶來幸福感、健康及友善環境等正向回饋，過程包括 LED 照明產品普及、智慧照明系統(Intelligent Lighting Systems)的應用和實現以人為本(Human Centric Lighting)的照明三個發展階段。



資料來源：Lighting Europe Annual Report 2018.

圖 25. 歐洲照明協會戰略藍圖

## 四、LED 照明系統節能方法介紹

智慧照明系統示意圖如圖 26 所示，而 LED 智慧照明系統是由 LED 照明產品、感測器(Sensor)、通訊技術與控制系統等整合實現，將照明設備、資訊管理平台與感測裝置，透過網路加以連結，可依人體心理/生理或環境等需求，自動調控照明設備之光色、明暗及開關狀態等相關參數，以塑造合宜及舒適之照明環境，亦可發揮網路無遠弗屆之特點，即時進行遠端監控，使照明系統變得更加聰明，更符合人性化與使用需求，照明感測器主要分成環境感測與人員感測，環境感測器主要是針對環境中溫度、照度、自然光強度等的偵測，常見的有光敏感測器、溫度感測器等；而人員感測器則是偵測人員位置、數量、活動狀態等狀態，常見的有紅外線感測器、超音波感測器、聲控感測器、微波感應感測器等。

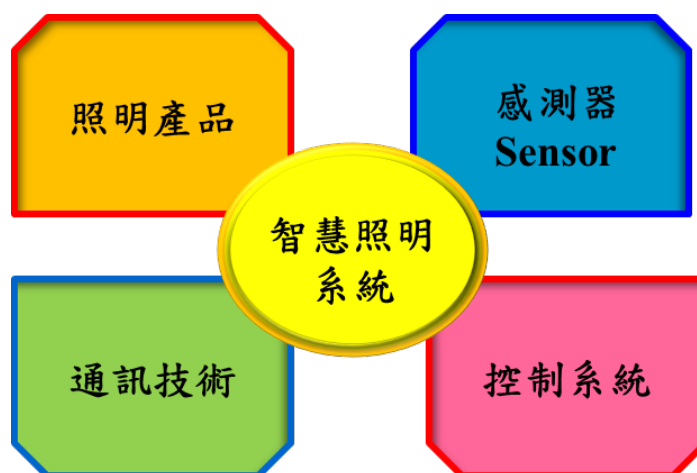


圖 26. 智慧照明系統架構示意圖

智慧照明通訊技術主要區分為有線及無線通訊技術。有線通訊技術，設備之間用物理線（同軸線纜、光纖等）相連，因需要布線作業，在既有的建築物中不易施作，也增添未來維護困難。且其中部份模組損壞可能影響整體系統運作，擴增移動性亦較差。然而有線通訊遠比無線通訊抗干擾性強、穩定性高、具保密性、傳輸速率快、頻寬無限大等優勢，能提供更可靠及安全的通訊品質。常見的有線通訊技術包括 Konnex (KNX)、數位可定址照明控制介面 (Digital Addressable Lighting Interface, DALI)、電力線通訊 (Power-line communication, PLC)、乙太網路供電 (Power over Ethernet, PoE)、C-bus 等。無線通訊技術最大的優點為安裝簡易、連接方便、隨身控制、操作易上手、全自動組網及拓展性強等。但目前技術成熟度相對較低，具有穩定性差、抗干擾能力弱、組網複雜及技術難度大等缺點。常見的無線通訊技術包括 ZigBee、藍芽 (Bluetooth) / 藍牙低功耗 (Bluetooth Low Energy, BLE)、Wi-Fi、Z-wave、EnOcean、低功率廣域網路 (Low-Power Wide-Area Network, LPWAN) 等。照明通訊技術選擇視應用層面，採用不同的通訊技

術，宜採用穩定性好、安全度高產品需考量應用場域狀況（位置、環境、區區域面積大小等大小等）區域面積大小等，目前各種通訊標準和協定，各具優缺點，何者為主導暫無定論。

至於照明控制系統，硬體種類上可以分為自動開關（如光感測開關）、照明管理系統、時控開關、延遲與人體感應開關、調光/調色溫等，圖 27 為照明控制與節能關係，初期照度調整可節省燈具壽命初期耗電量，並達到壽命期間之空間恆照度；配合時間設定避免能源疏忽造成電力浪費，並節省人力；佔據感知則為：在非固定使用時間或非頻繁使用區域，須留意鄰近空間干擾問題，且有效利用晝光，但需留意輻射熱之隔離。適度善用照明控制，不僅可以帶來方便與舒適生活，亦可以獲得有效節能效果。

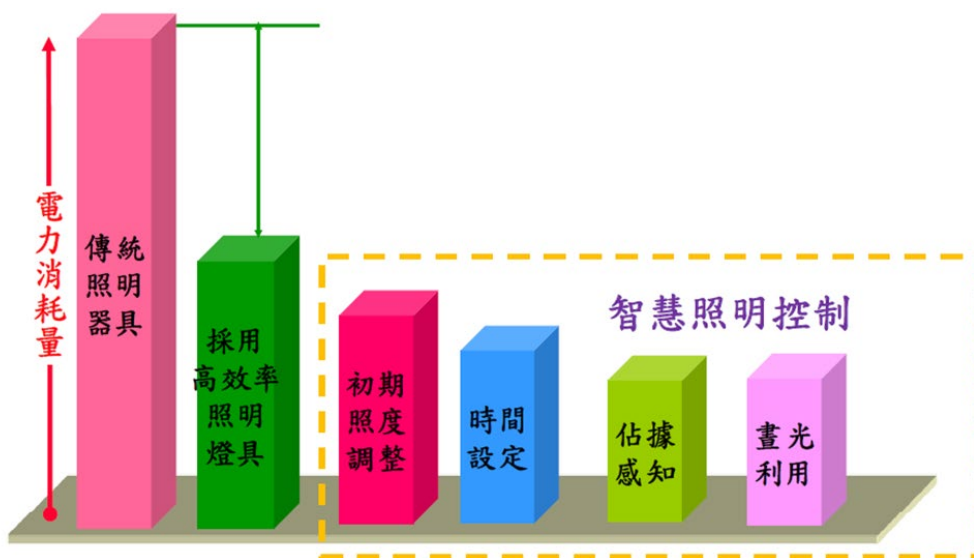


圖 27. 照明控制與節能關係.

功能主要有以下幾種：

- 照明排程管理：根據系統中預設時程設定，控制照明設備定時開關。
- 機動調節管理：依臨時需要做機動調整。
- 群組/模式控制：依不同空間使用目的，以變控制模組及模式方式控制。並可以無人方式，管理照明系統，節省管理成本。
- 日照特性分析：透過感測器將日照參數輸入系統進行分析，使照明設備與日照及周遭環境做最佳配合，以提昇照明系統效能。
- 電力監控：結合照明、空调用電之電力監控及需量控制器，可抑低尖峰用電及減少用電超約費用。
- 無線遙控操作：利用無線遙控裝置，配合臨場燈光控制之方便性。
- 整合保全系統配合特殊情況控制照明環境

常用智慧照明控制方式有時間排程、移動感測、晝光利用、遠端控制與情境控制等。

- 時間排程：排定照明使用時程，可以節省管理人力，亦可以除去忘記關燈之可能性，達到節能效果，圖 28 為時間排程示意圖。

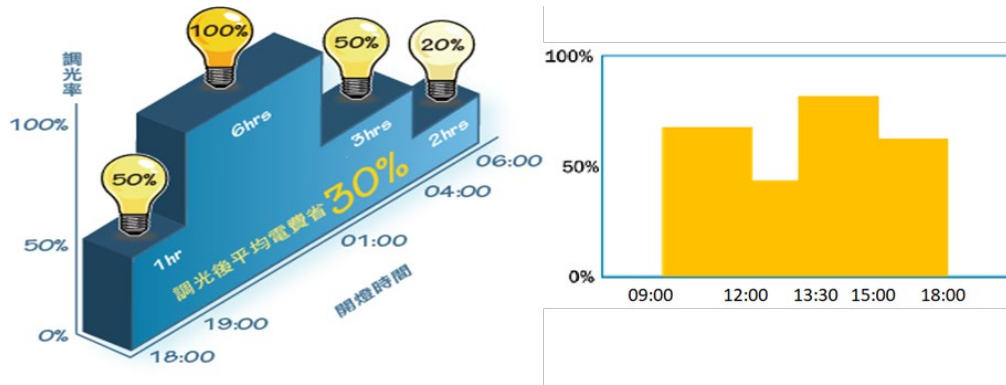


圖 28. 時間排程示意圖

- 移動感測：搭配感測器來偵測人員/車輛是否在場，來對於照明設備調整 ON/OFF 或調光，圖 29 為移動感測示意圖。

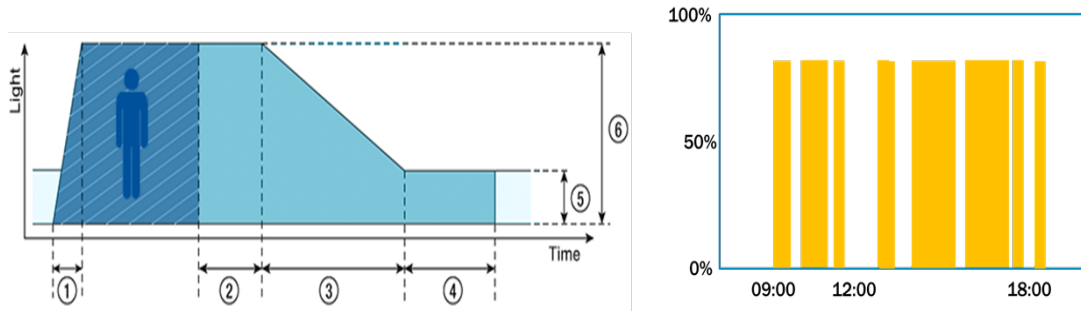


圖 29. 移動感測示意圖

- 晝光利用：一般晝光利用開窗面與室外光環境相互整合，亦可利用室內裝修之反射率提高室內照明效果，亦會受到室內天花板形狀上的影響，圖 30 為 晝光利用示意圖。

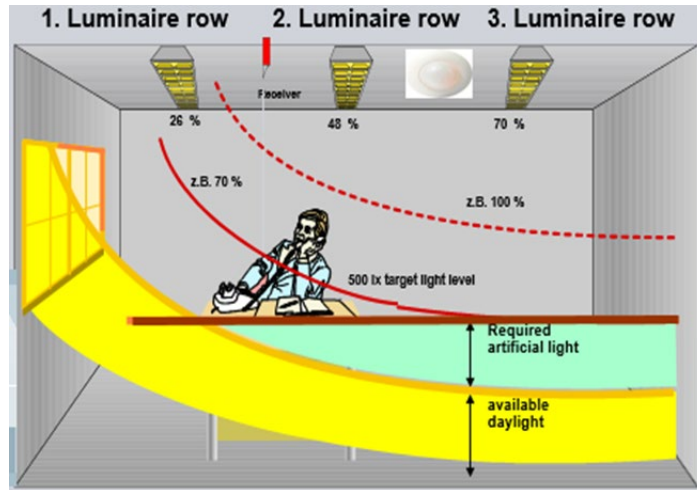


圖 30. 晝光利用示意圖

- 遠端控制：可藉由連上網路之電腦、手持裝置(ipad、手機)等進行即時控制及監視燈光使用狀況，亦可以因應需求進行燈光調整，圖 31 為其中一種遠端遙控操作介面。



圖 31. 遠端遙控操作介面

- 情境控制：依照所需情境打造適合照明，提供優質舒適視覺光環境，例如在一個會議室中你可能會想要各種不同的個別狀態形成一種組合或各自進行不同的工作，圖 32 為情境控制示意圖。

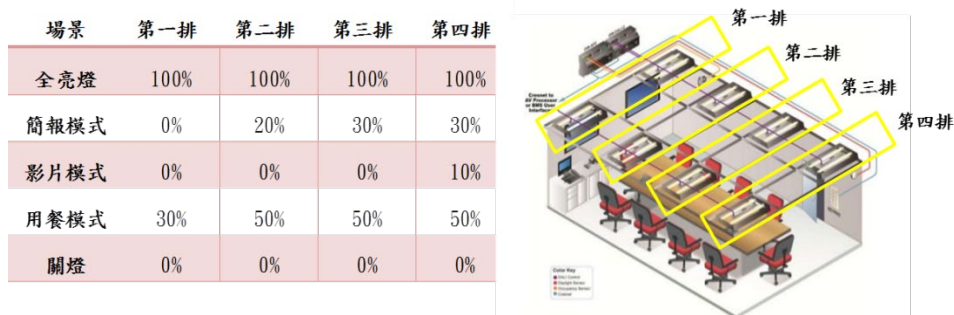


圖 32. 情境控制示意圖

## 第二章、照明應用場域規範

### 一、照明設計方法與通則

工作場所良好之照明設施可提供良好之作業可見度，亦為方便及舒適地進行作業之不可缺少之必要條件。為利照明於質和量上達到環境之需求，其應滿足下列之要求：

1. 視覺舒適度，使人感到舒適。
2. 視覺效能，能迅速而準確地完成視覺作業，甚至能使人於較差之環境及長時間作業中亦能達成。
3. 視覺安全性，能看清周圍環境並察覺危險。為滿足上揭條件要求，應注意所有影響光環境之相關參數，影響光環境之主要參數包含輝度分佈、照度、眩光、光之方向性、光線和表面之顏色特性、閃爍、自然光、維護。

#### ● 照明節能設計原則

照明節能最重要的是提升照明效率，照明效率提升即可以減少燈具使用量，用電量跟著減少，同時也可以減低購置成本和維護成本。照明效率的提升可由光源、燈具及照明管理等著手。

##### 1. 選用高效率節能光源

開發效率更高的光源一直是照明技術中不斷進行的工作，目前世界各地將開發的重點著重高燈源發光效率、高演色性、燈管壽命長與不含破化環境物質如含汞等特性之光源發展。其中以 LED 光源為最重要主流產品，具有體積小、反應速度快、可靠度佳及壽命長等優點，經過長時間的研發，LED 光源的效率、體積及壽命均大幅改進。目前白光 LED 達 200 Lm/W 以上，LED 燈具市面上亦出現了 160 Lm/W 的產品。

##### 2. 選用高效率、長效燈具

燈具效率高或低對於節能的功效影響非常大，因此停用高耗能燈具（例如白熾燈（效率 10 流明/W）），燈具的維護也是一項重要因數，燈具經過長時間使用後，表面上會堆積灰塵，影響其折射與反射的效率。因此，適時的清潔不但可以維持燈具效率，也可以維持照明品質。台灣目前在燈具方面僅有 CNS 國家標準對於室內用燈具作安全性規範，但日本則因應節約照明能源制定了照明器具管理細則與效率標準。

##### 3. 照明節能管理系統

照明節能升照明設備的效率是不足的，必須更積極管理照明設備，以達成更大的整體效率提升。照明管理系統是利用自動化的方式控制照明相關設

備，以提供適切的照明環境，透過照明管理系統，可以達成許多用人工操作不易達成的工作，進一步提升效率到人工控制所不易到達的目標，若能搭配日光使用，節能效果將大幅提升。

根據國際照明委員會 CIE (International Commission On Illumination)所提出照明節能原則如下：

1. 依工作需要，決定照度標準
2. 照度需求下，利用節能照明設計
3. 演色性考量下，使用無眩光高效燈具
4. 室內使用高反射材料。
5. 處理照明與空調之間熱
6. 設置節能管理設備
7. 配合利用人工照明與自然採光。
8. 定期清潔維護照明器具。

在建築物照明用電基準（Lighting Power Density ,LPD）方面，每單位面積供應電源量的建築物照明用電基準，已廣泛在美、日、新、澳洲等眾多國度施行。北美照明學會(IESNA)推行依據 ASHRAE/IESNA 90.1-2016 標準，依不同場域有不同基準值，如表 6 所示，計算公式為照明區域內的照明用電量除以照明區域面積，其單位為  $W/m^2$

表 6. 建築物照明用電基準

Automotive facility 自動化工作區	0.82 (W/ft <sup>2</sup> ) 8.8 (W/m <sup>2</sup> )	Library 圖書館	1.18 (W/ft <sup>2</sup> ) 12.7 (W/m <sup>2</sup> )
Convention center 會議中心	1.08 (W/ft <sup>2</sup> ) 11.6 (W/m <sup>2</sup> )	Manufacturing facility 製造工廠	1.11 (W/ft <sup>2</sup> ) 11.9 (W/m <sup>2</sup> )
Courthouse 法院	1.05 (W/ft <sup>2</sup> ) 11.3 (W/m <sup>2</sup> )	Motel 汽車旅館	0.88 (W/ft <sup>2</sup> ) 9.5 (W/m <sup>2</sup> )
Dining: bar lounge/leisure 餐飲：酒吧酒廊/休閒	0.99 (W/ft <sup>2</sup> ) 10.7 (W/m <sup>2</sup> )	Motion picture theater 動態影像劇場	0.83 (W/ft <sup>2</sup> ) 8.9 (W/m <sup>2</sup> )
Dining: cafeteria/fast food 餐飲：餐廳/快餐	0.90 (W/ft <sup>2</sup> ) 9.7 (W/m <sup>2</sup> )	Multifamily 公寓	0.60 (W/ft <sup>2</sup> ) 6.5 (W/m <sup>2</sup> )
Dining: family 餐飲：家庭	0.89 (W/ft <sup>2</sup> ) 9.6 (W/m <sup>2</sup> )	Museum 博物館	1.06 (W/ft <sup>2</sup> ) 11.4 (W/m <sup>2</sup> )
Dormitory 宿舍	0.61 (W/ft <sup>2</sup> ) 6.6 (W/m <sup>2</sup> )	Office 辦公室	0.90 (W/ft <sup>2</sup> ) 9.7 (W/m <sup>2</sup> )
Exercise center 運動中心	0.88 (W/ft <sup>2</sup> ) 9.5 (W/m <sup>2</sup> )	Parking garage 停車場	0.25 (W/ft <sup>2</sup> ) 2.7 (W/m <sup>2</sup> )
Fire station	0.71 (W/ft <sup>2</sup> )	Penitentiary	0.97 (W/ft <sup>2</sup> )

消防局	7.6 (W/m <sup>2</sup> )	監獄	10.4 (W/m <sup>2</sup> )
Gymnasium 體育館	1.00 (W/ft <sup>2</sup> ) 10.8 (W/m <sup>2</sup> )	Performing arts theater 藝術表演劇院	1.39 (W/ft <sup>2</sup> ) 15.0 (W/m <sup>2</sup> )
Health-care clinic 保健診所	0.87 (W/ft <sup>2</sup> ) 9.4 (W/m <sup>2</sup> )	Police station 警察局	0.96 (W/ft <sup>2</sup> ) 10.3 (W/m <sup>2</sup> )
Hospital 醫院	1.21 (W/ft <sup>2</sup> ) 13.0 (W/m <sup>2</sup> )	Post office 郵局	0.87 (W/ft <sup>2</sup> ) 9.4 (W/m <sup>2</sup> )
Hotel 飯店	1.00 (W/ft <sup>2</sup> ) 10.8 (W/m <sup>2</sup> )	Religious building 宗教建築	1.05 (W/ft <sup>2</sup> ) 11.3 (W/m <sup>2</sup> )
Retail 零售	1.40 (W/ft <sup>2</sup> ) 15.1 (W/m <sup>2</sup> )	Transportation 運輸站	0.77 (W/ft <sup>2</sup> ) 8.3 (W/m <sup>2</sup> )
School/university 學院/大學	0.99 (W/ft <sup>2</sup> ) 10.7 (W/m <sup>2</sup> )	Warehouse 倉庫	0.66 (W/ft <sup>2</sup> ) 7.1 (W/m <sup>2</sup> )
Sports arena 體育場	0.78 (W/ft <sup>2</sup> ) 8.4 (W/m <sup>2</sup> )	Workshop 工作室	1.20 (W/ft <sup>2</sup> ) 12.9 (W/m <sup>2</sup> )
Town hall 市政廳/大會堂	0.92 (W/ft <sup>2</sup> ) 9.9 (W/m <sup>2</sup> )		

圖 33. 依照明設計流程

照明設計概念流程主要如圖 33 所示，於管理面上要求具有明視性、安全性、立體表現、舒適度及符合環保規範，於技術面上，則要針對該照明系統，分別規劃計算出：

1. 照明計算包含平均照度、照度分佈、輝度比、眩光限制、演色性及色溫等。
2. 照明方式為採用何種光源、何種燈具、配置方式及照明控制方式。
3. 耗電計算為照明單耗 (W/m<sup>2</sup>) 是否符合國家標準、是否符合節能規範。
4. 維護保養為選用長效型或短效型燈具、高空或近距照明、確實可行的保維護保養。

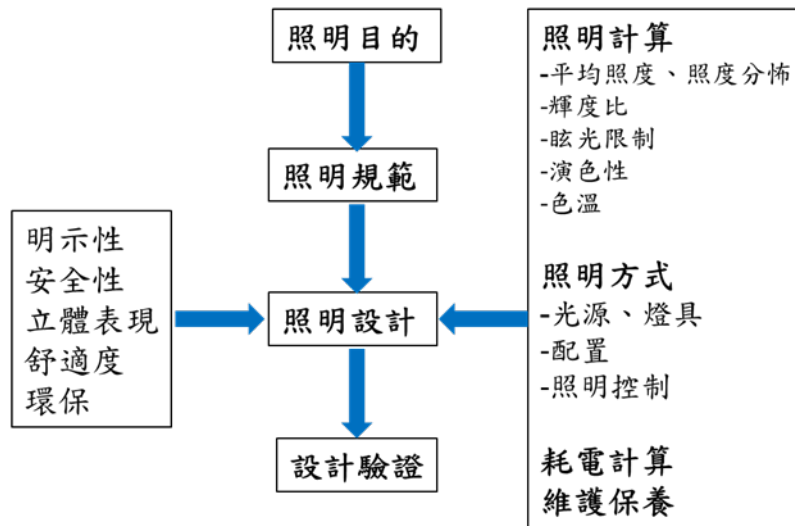
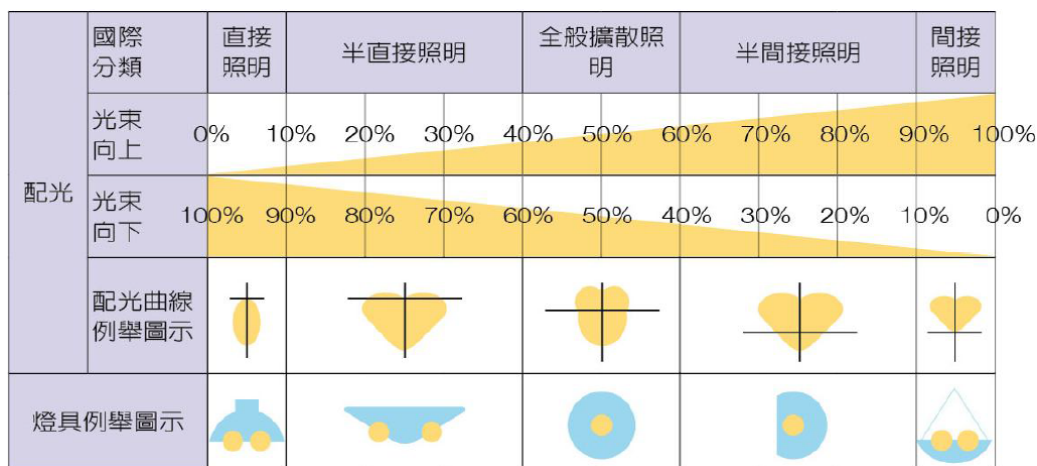


圖 34. 照明設計概念流程

照明方式大致可分為全般照明、局部照明及補充照明，其目的與優缺點列於表 7，照明器具依其使用分類及配光形狀，主要可分為直接照明，半直接照明，全般擴散照明，間接照明，半間接照明等五種，如圖 35 所示，工場、辦公室和特殊場所之照明設計可選擇全般且直接照明方式，遇有高照度要求之工作環境，採局部照明併用方式設計。全般及局部照明併用之場合或工作場所，邊緣區域的亮度不足容易造成眼睛疲勞、心理不適，工作效率降低者，設計時可採用下表 8 最大揮度比例數值作最適化調整。

表 7. 照明方式

照明方式	目的	優點	缺點
全般照明	照明範圍內得到均勻照度。	光線充足、舒適，不易疲勞。	若需高照度要求時，稍不經濟。
局部照明	僅對物體做小範圍照明。	小範圍照明高，甚為經濟。	因局部照明，周圍光線不足，眼睛容易疲勞。
補充照明	均勻照度範圍內，再對局部範圍提高照明。	對物體有良好照明。且周圍光線均勻，不易疲勞。也很經濟。	配置較繁雜。



參考資料：綠色照明宣導應用手冊

圖 35. 照明器具形狀和其配光分類

表 8. 最大輝度比

( 美國 IES 標準 )

項次	環 境	辦公室	工 場
1	工作物與鄰近之較暗週邊	3 : 1	3 : 1
2	工作物與鄰近之較明週邊	1 : 3	1 : 3
3	工作物與較遠之更暗表面	5 : 1	10 : 1
4	工作物與較遠之更亮表面	1 : 5	1 : 10
5	燈具 ( 窗口或天窗 ) 與鄰接之表面		20 : 1
6	正常視野內之任何處所		40 : 1

#### 4. 光源及燈具之選擇照明方式

光源之種類甚多，常用之光源和特徵如表 9。

表 9. 常用之光源和特徵

	白熾燈	鹵素燈	螢光燈	LED燈泡/管/平板
發光效率 (lm/W)	10-15	20-25	40-100	85-150
色溫 (K)	2000-2900	3000-3200	3000-6000	1,700-10,000
顯色指數 (Ra)	100	95-99	75-90	70-99
頻閃(電源穩定)	無頻閃	無頻閃	有可察覺頻閃	無(高頻電源)
光生物安全性	紅外線熱傷害	紅外線熱傷害	UV-B紫外線	
壽命(小時)	1,000	1,500 - 2,500	3,000 - 20,000	10,000-60,000

通常以選擇效率高壽命長之燈具為原則，至於燈具是用來保護並置放光源燈泡(管)及其附屬設施，依工作場所燈具概分為屋內型，屋外型，耐震型，耐蝕型等。基於省電之立場，宜採高效率容易維護之燈具。一般放電之燈泡(管)需要用安定器來點燈，而適當的安定器可以避免點燈不良，燒毀等不必要之事故。

## 5. 照明改善執行作法

照明設計流程如圖 36 所示（參考文獻：我國辦公室高效率照明指引手冊），照明設計須先掌握照明之目標，依照目的決定照度，決定燈具後，依照照度需求決定燈具數量，並進行模擬，其流程如圖所示。

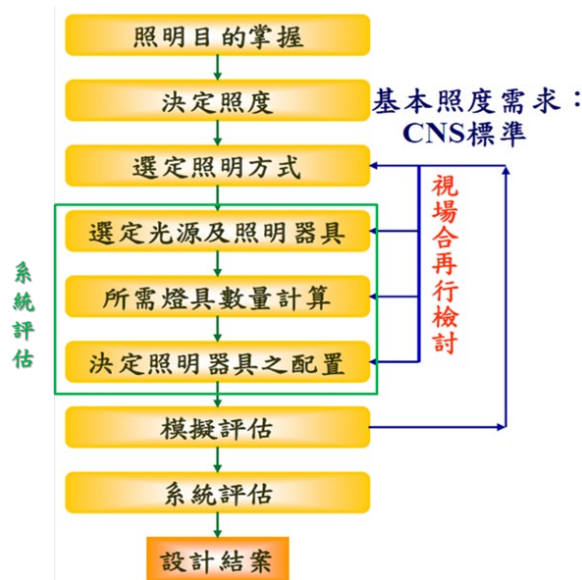


圖 36. 照明設計流程

進行照明改善工程有正規法、模擬法、1 對 1 置換法，3 種模式可選擇：

### 1. 正規法：

- a、照明目的掌握 - 例如辦公室，空間為 12m\*9m\*3m
- b、決定照度，例如： 500 lux
- c、選定照明方式，例如：直接照明
- d、選定光源及照明器具，例如： LED 平板燈，燈具符合作業要點要求
- e、所需燈具數量計算：對於一般室內照明設計最主要的指標即為照度，因此在計算燈具數目時，即以空間之平均照度能夠滿足規範作為主要目標，辦公室空間為 12m\*9m\*3m，平均照度為 500lux 為基準來計算，其計算方法如下：

- 室指數之計算：首先以  $RI = \frac{X \times Y}{(X + Y)h}$  計算各辦公室空間之室指數。

X：辦公室的長度（m），12m。

Y：辦公室的寬度（m），9m。

h：燈具光源至作業面之高度（m），2.15m。

依範例計算室指數為2.39

- 照明率之決定：反射率高之場所維護係數訂為0.7。
- 維護係數之決定：對於燈具維護係數之決定，將本指引之辦公室歸類為良好環境屬空氣清淨，含塵量少之場所，其維護係數訂為0.8。
- 照度目標與燈具光通量：依照辦公室照度規範，一般（非供精細工作）辦公室之照度標準從500 lux~750 lux，故將辦公室照度目標設定為500 lux，至於每盞燈所發出之流明數，則依照燈具額定或測試所得光通量輸入。
- 計算所需燈具：將所有參數條件代入，即可算出需要裝置燈具數量。

$$N = \frac{A \times E}{F \times U \times M}$$

以燈具光通量 3000 Lm 為例

A：為室內面積 108 (m<sup>2</sup>)

E：為平均照度 500 (lux)

F：為每盞燈具所發出之光通量 3000 (lm)

U：為燈具照明率 0.7

M：表燈具之維護係數 0.8

N：代表燈具數(盞)=32 盞

- f、決定照明器具配置：在節能標章基準中，要求 LED 平板燈距高比需在 1.2 以上，亦即安裝時 S/MH 大於 1.2，以裝置高度 3 m，扣除工作面高度後為 2.15 m，兩燈間隔需小於 2.58 m。照明器具配置須依現場狀況決定，計算及模擬結果可供參考，燈具數量可能增加或減少。

## 2. 模擬法

模擬評估以照明模擬軟體進行分析，例如使用 DIALux EVO，此軟體目前為免費軟體，操作簡單，可做精確的照度計算及分析。模擬軟體之操作請參照 DIALux EVO 模擬軟體之操作介面，模擬結果燈具計算需 32 盞，但模擬時考量天花板及安裝位置，模擬結果僅需 30 盞即達到需求。

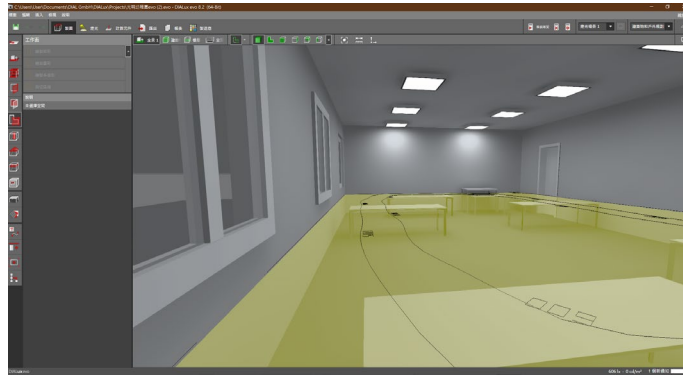


圖 37. DIALux EVO 模擬圖

## 3. 1 對 1 置換法

最常用於辦公室進行照明改善，通常採用 1 對 1 置換方式，故為維持應有照度水平，應留意燈具之整體光輸出，當燈具發光效率越高，燈具所需功率就應往下降，當燈具效率提高時會造成整體平均照度提高，因整體流明數需求相同，所以可寫成

$$L1 \times W1 = L2 \times W2$$

L：燈具發光效率

W：燈具功率

當燈具發光效率提升，若置換原本燈具，將會提升原本設計之平均照度，因此若需維持原有照度，則燈具所需功率就應往下降。原辦公室燈具為 T5 14 W 燈管，每盞燈具有 3 支燈管，燈具額定功率為 48 W，燈具額定光通量為 2400 lm，燈具發光效率為 50 lm/W。欲更換 LED 平板燈，經計算燈具發光效率為 100 lm/W 時，燈具額定功率為 24 W 即足夠維持原有效能，因此可選定燈具額定功率為 25 W，燈具額定光通量為 2500 lm 之燈具替換。

## 二、辦公室照明規範指引

超過 70%的人每天在辦公場域內，時間超過 6 小時，辦公場域是從事各種形式作業與活動的場所，例如文書處理、與人溝通、思考策劃、視覺相關作業等，空間上大可以容納數百人，小則可以到單人環境，每種辦公場域對於工作型態、使用工具與設備都可能有所不同，藉由自然光與人造光源所塑造出來的光環境，會直接影響到辦公者視覺感觀、情境感受與工作表現。

辦公場域照明之光環境可從照度、色溫、演色性、眩光、節能與人因照明等考量設計與建置準則，並且善用自然光、照明節能技術與智慧控制，將可以達到優質之智慧健康照明，此準則不僅可作為相關場域建置之參考，更為了辦公室智慧照明典範場域建置作準備，預計 108 年 9 月完成典範場域選址，而在 108 年 12 月完成辦公室智慧照明典範場域建置先期規畫。

### ● 照度準則

照度直接影響到視覺感官感受，當照度不夠時，會造成人眼易於疲勞，但若照度過高時，則會增加眼睛負擔，亦會浪費照明能源，因此光環境中適當照度可以增加視覺滿意度與提升工作效率，亦可以保護眼睛健康。

1. 國內辦公場域照度主要依據 CNS 12112 室內工作場所照明，如表 10 所示，
2. 表所示為對於其中室內、作業或活動內所需之維持照度。
3. 照度明暗對比強烈時易造成眼睛疲累，因此水平照度分佈均勻，是必須重視，最小照度與平均照度比值建議大於 0.8。

表 10. CNS-12112 辦公室照明基準

室內、作業或活動種類	維持照度 (Lux)	UGR <sub>L</sub>	Ra
(1) 文件處理、影印、計算等	300	19	80
(2) 書寫、打字、閱讀、資訊處理	500	19	80
(3) 工程製圖	750	16	80
(4) CAD 工作站	500	19	80
(5) 討論、會議室	500	19	80
(6) 接待櫃台	300	22	80
(7) 檔案室	200	25	80

### ● 色溫準則

色溫對人體的視覺感知與心理感受有直接關係，亦跟人的認知、喜好與經驗有關連，荷蘭學者 Kruithof 研究顯示，人們長期生存的環境，其光源的舒適感會影響到人的生理狀況，並於 1941 年繪製 Kruithof 曲線圖，如圖 38 所示，呈現了人體舒適程度和照度、色溫的相關性，一般來說低色溫呈現偏橘紅色，使人暖和、溫定與放鬆的感覺，而高色溫呈現偏藍白色，亦使人專注，且讓人亢奮，由圖上

顯示，低色溫搭配低照度、高色溫搭配較高照度時，光環境會使人感覺較高舒適度，因此可視辦公室工作特性、需求與使用者喜好而調整光環境。

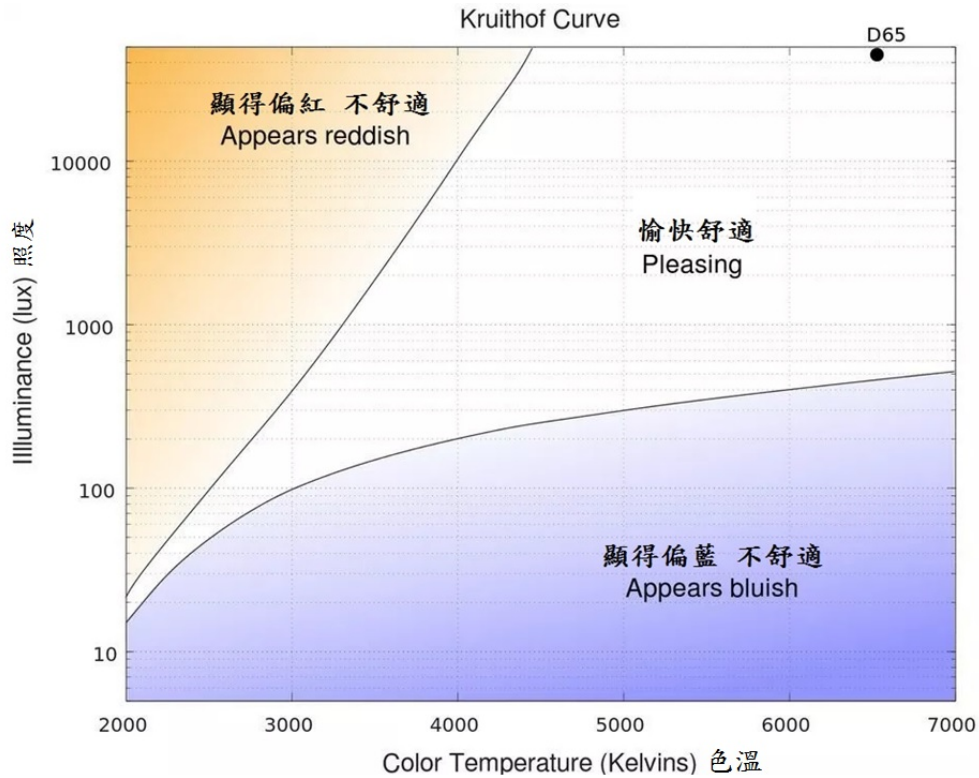


圖 38. . Kruithof 曲線圖

● 演色性準則

一般選擇光源演色性時建議 80 以上，但若工作與顏色有密切相關者，建議選擇光源之演色性宜大於 90 以上。演色性是由光源依規定照射到八個色樣上，逐一作比較並量化其數值 (R1~R8)，加總後平均而得，當時在制定演色性時，並未將飽和紅色、飽和黃色等較顯眼的顏色加入演色性中，故日後才又多制定了 R9~R15，圖 39 為 R1-R15 色樣。而目前常用的白光 LED 是由藍光激發黃色螢光粉，雖然可以擁有高演色性，但是對部分鮮豔顏色呈現較差，例如紅色(R9)，因此在需要強調鮮豔顏色的辦公空間時，就必須多注意光環境中 R9~R15 的表現。

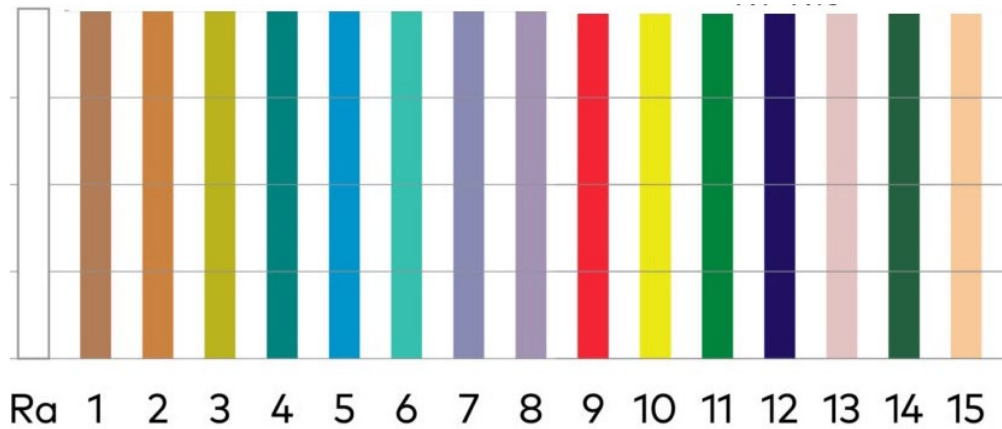


圖 39. R1-R15 色樣

## ● 眩光準則

眩光為使人不舒服的光照，國際規範 IESNA RP-1-2004 有針對辦公場域照明進行探討，UGR 統一眩光值 (unified glare rating) 是評價室內照明不舒適眩光常用量化指標，量測照明裝置光照對於人眼引起不舒適感之主觀反應結果。

1. 國內辦公場域眩光要求，亦是依據 CNS 12112 室內工作場所照明，其中室內、作業或活動之眩光限制如，如表 7 所示。
2. 表所示。辦公環境內(除了接待櫃臺與檔案室)與教育建築內不同狀況之眩光限制，UGR 都要求不超過 19。
3. 設計與建置辦公場域之光環境時，必須盡可能降眩光(包含低直接眩光、反射眩光與對比眩光)及陰影問題的發生。
  - 直接眩光常為使用開放式燈具或光源時所產生，可以藉由使用較低亮度光源、燈具設計或適度加入格柵、檔板、濾光片、鏡片等方式，減少直接眩光對眼睛的影響。
  - 反射眩光通常是光源投射於高反光的材質上所產生，所以可以採用低光澤表面材質，減少反射的影響，當無法避免光澤表面反射時，則可考慮使用低亮度光源或間接照明來降低反射的強度。
  - 對比眩光常與光源的分佈有關，對比眩光可以藉由增加周邊環境的亮度或降低光源亮度來達成減少之效果。
  - 辦公場域環境陰影過多時會分散注意力，陰影的產生可能是燈具間隔太遠或燈具出光角度過窄，亦可能是辦公場域內屏風或物體，擋住部分光照所致，可以多利用間接照明方式，來減少陰影產生。

## ● 照明節能準則

辦公室(Office) LPD 指標為  $8.5\text{W}/\text{m}^2$ ，期望可以以更低的空間耗電量，提供相同空間照明需求，未來辦公室智慧照明典範場域之 LPD 預期可以小於等於 4。施作方法可依循北美照明學會與日本照明學會推薦之照明節能方法，並且結合辦公場域現況，作照明節能技術選擇如下。(參考依據：經濟部能源局 107 年發光二極體先進照明推廣補助計畫公告)

1. 符合辦公場域之工作性質與場域要求之照度
2. 使用高效率的光源、電源控制器與照明系統
  - 高效率光源之燈具方面，可以參考經濟部能源局 108 年發光二極體先進照明推廣補助計畫公告，選用高效率照明產品與系統：
    - LED 燈具發光效率  $\geq 140\text{lm}/\text{W}$ ，且測試值須在標示值 95% 以上。
    - LED 燈具演色性指數 ( $R_a$ )  $\geq 80$ ，且  $R_9 > 0$ ；實測  $R_a$  值不得低於額定值減去 3。
    - LED 燈具功率之實測值不得超過標示值 110%。
    - LED 燈具功率因數  $\geq 0.9$ ，且測試值須在標示值 95% 以上。
3. 優先採用效率高、清掃和更換燈具容易的低眩光照明光源。
4. 適度結合自然光與人造光的應用
  - 當有窗、門或開口可導入自然光時，可以考量採光位置、照度分佈與時間，可搭配感測器(如日光感測器)偵測，結合自然光與人造光源作照度恆定的光環境應用，
5. 採用較明亮的室內建材與器具
6. 有效配線與易於維護管理的設計

7. 適時、適度調整光源強度與減少無謂的照明浪費
  - 辦公場域可以依工作作息作燈光的開啟與關閉。
  - 但必須考量加班、特殊需求與維護等狀況下，能方便對光源操控。
8. 適度使用自動照明控制

使用感測器作為信號採集和機電轉換的器件，感測器有很多種類包含光敏感測器、紅外線感測器、超音波感測器、溫度感測器與聲控感測器等，可以依價錢、功能、特性與應用條件作適當選擇，配合控燈迴路、元件或系統，達到自動照明開關、控制與調節的效果。

### ● 人因照明建議準則

照明引發的視覺舒適度與安全性，是人因照明所關注的重點之一，目前國際上在 LED 照明領域的研究，在不犧牲照明品質的前提下，實現節約能源，提升照明環境的舒適性、安全性和健康性，針對使用者的需求和所處環境設計合理的光環境，因此人因照明是在節能的同時，兼顧安全、環保、健康和舒適。

1. 符合照明規範下，依需求給予適度與適當之照度與色溫，使視覺感受滿意與舒服。
  - 照度方面

照度增加可以提高工作視覺滿意度，但若照度過亮時，隨著照度增加，視覺感受滿意度則是下降。照度所需數值亦跟工作性質與工作者年齡有直接關係，通常較困難、精密或精細之視覺性工作、年紀較長的生理狀況下，需要較高的照度。
  - 色溫方面

色溫的選擇必須依照工作環境、使用狀況與工作特性作適度調整，適當色溫才能營造適宜的光環境，而直接影響視覺感受、心理與情緒，低色溫會使人擁有溫暖、輕鬆、平靜、穩定、溫馨、安詳等感受，使用低色溫光源可達到放鬆、舒壓與休憩等效果；高色溫光源，會讓人感覺到緊張、清涼、活躍、精神振奮等感受，使用高色溫光源，則可以達到專注與警覺等效果。
  - 情境應用

因應不同辦公場域的應用，給予合宜的色溫與照度

    - i. 一般辦公室情境：以中色溫（4000K）開始考量，色溫越高越能專注，但相對越容易疲勞。
    - ii. 討論會議情境：以高色溫光環境為主之專注光環境，適合使用於會議討論。
    - iii. 簡報會議情境：由於注意力集中於簡報的放映，因此會使用較低照度光環境，主要為舒適低眩光光環境。
    - iv. 柔和交流情境：以較低色溫與照度呈現柔和放鬆光環境，適合柔性討論交流。
2. 結合生理時鐘與晝夜節律變化-需要對於不同對象、不同時間、不同場景，提供健康光環境。
  - 改善照度並參照日夜節律作光環境調整，可以改善精神、心理與睡眠狀況，進而直接影響身體健康。
  - 因應辦公場域作息，早上剛開始與午休後可以採用高色溫與較高照度以提振精神，下班前與夜晚則逐漸降低照度與採用暖色溫，以舒緩身體與精神疲勞。

### 三、工廠照明規範指引

任何工廠企業生產運作中，照明都是非常重要的關鍵，工廠照明規範涉及到勞動生產效率、產品質量、員工人身安全等重大事項，在燈具佈置或改造的過程中，必須加以重視，為員工創造良好的工作環境，提供合乎標準規範的工廠照明光環境。

工業廠房按其建築結構型式，可分為單層工業建築和多層工業建築。多層工業建築的廠房絕大多數見於輕工、電子、儀表、通信、醫藥等行業，此類廠房樓層一般不是很高，其照明設計與常見的科研實驗樓等相似，多採用格柵燈、平版燈、嵌燈等，螢光燈與 LED 光源照明方案。機械加工、冶金、紡織等行業的生產廠房一般為單層工業建築，並且根據生產的需要，更多的是多跨度單層工業廠房，即緊密平行佈置的多種寬度廠房，各廠房視需要可相同或不同。單層廠房在滿足一定建築模數要求的基礎上，視工藝需要確定其建築寬度、長度和高度。廠房的高度低的一般 5~6m，高的可達 30~40m，甚至更高。廠房的寬度和高度是廠房照明設計中考慮的主要因素。工廠照明通常採用裝在屋架上的燈具來實現。

工廠照明應遵循下列一般原則進行設計。

#### ● 照明方式的選擇

1. 對於照度需求與要求較高，工作位置密度不大，單獨採用一般照明不適合的場所宜採用混合照明。
2. 對作業照度要求不高，或當受生產技術條件限制，不適合裝設局部照明，或採用混合照明不合理時，宜單獨採用一般照明。
3. 當工作區需要高於一般照明照度時，可採用分區一般照明，當分區一般照明不能滿足照度要求時應增設局部照明，而在工作區內不應只裝設局部照明。

#### ● 照度準則

正確明視程度係受到物體大小、亮度、亮度對比、時間、年齡及視力等之影響，因此設定最低照度是需要的。依據照 CNS12112 室內工作場所照明 101 版規定，要求工場內最低維持照度，以確保作業安全。工場與廠房部分則有陶瓷、玻璃工廠、水泥、混凝土、磚工廠、化學藥品、塑膠、橡膠、電氣工業、食品工業、金屬鑄造廠、皮革工業、金屬工作及處理、鋼鐵工業、紡織工業、車輛製造等，其照明準則，請參考表 11-表 22 資料：

表 11. CNS-12112 陶瓷、玻璃工廠照明基準

室內、作業或活動種類	$\overline{E_m}$ (lux)	$UGR_L$	$R_a$
(1) 烘乾區	50	28	20
(2) 準備、一般機械工作	300	25	80
(3) 上釉、翻轉、擠壓、塑型、上光、玻璃吹製	300	25	80
(4) 碾磨、雕刻、玻璃磨光、精密零件成型、玻璃器件製造	750	19	80
(5) 裝飾工作	500	19	80
(6) 光學玻璃碾磨、水晶手作拋光雕刻、一般產品工作	750	16	80
(7) 精密工作，例：裝飾研磨、手工噴繪	1,000	16	90
(8) 人工寶石製造	1,500	16	90

表 12. CNS-12112 水泥、混凝土、磚工廠照明基準

室內、作業或活動種類	$\overline{E_m}$ (lux)	$UGR_L$	$R_a$
(1) 烘乾區	50	28	20
(2) 材料準備、窯燒及攪拌工作	200	28	40
(3) 一般機械工作	300	25	80
(4) 粗胚成型	300	25	80

表 13. CNS-12112 化學藥品、塑膠、橡膠工廠照明基準

室內、作業或活動種類	$\overline{E_m}$ (lux)	$UGR_L$	$R_a$
(1) 遙控操作處理裝置區	50		20
(2) 人工處理裝置區	150	28	40
(3) 經常有人工作的處理裝置區	300	25	80
(4) 精確測量室、實驗室	500	19	80
(5) 藥品生產	500	22	80
(6) 輪胎生產	500	22	80
(7) 顏色檢查	1,000	16	90
(8) 切割、組裝、檢驗	750	19	80

表 14. CNS-12112 電氣工業照明基準

室內、作業或活動種類	$\overline{E}_m$ (lux)	$UGR_L$	$R_a$
(1) 線纜製造	300	25	80
(2) 纏線			
— 大線圈	300	25	80
— 中線圈	500	22	80
— 小線圈	750	19	80
(3) 線圈浸漬	300	25	80
(4) 電鍍	300	25	80
(5) 組裝工作			
— 粗糙，如：大變電器	300	25	80
— 中等，如：配電盤	500	22	80
— 細密，如：電話	750	19	80
— 精細，如：量測儀器	1,000	16	80
(6) 電子工作室、測試室、調整室	1,500	16	80

表 15. CNS-12112 食品工業照明基準

室內、作業或活動種類	$\overline{E}_m$ (lux)	$UGR_L$	$R_a$
(1) 釀酒工作場區、防腐及巧克力工廠清洗、裝桶、清潔、過濾、剝皮、熬煉，製糖廠工作場區，未加工菸草乾燥、發酵室	200	25	80
(2) 產品沖洗、碾磨、混合、包裝	300	25	80
(3) 屠宰工作場區、製乳廠、砂糖精製廠	500	25	80
(4) 蔬果切割與分類	300	25	80
(5) 熟食生產廚房	500	22	80
(6) 雪茄、香菸生產廠區	500	22	80
(7) 玻璃器皿檢查、產品控制、整理、分類	500	22	80
(8) 實驗室	500	19	80
(9) 顏色檢查	1,000	16	90

表 16. CNS-12112 金屬鑄造廠照明基準

室內、作業或活動種類	$\overline{E}_m$ (lux)	$UGR_L$	$R_a$
(1) 人行地道、地窖	50	28	20
(2) 平台	100	25	40
(3) 備砂區	200	25	80
(4) 更衣室	200	25	80
(5) 鎔爐、攪拌廠區	200	25	80
(6) 鑄造區	200	25	80
(7) 澆鑄物取出區	200	25	80
(8) 機械鑄造	200	25	80
(9) 手工及核心鑄造	300	25	80
(10) 壓鑄	300	25	80
(11) 製模	500	22	80

表 17. CNS-12112 皮革工業照明基準

室內、作業或活動種類	$\overline{E}_m$ (lux)	$UGR_L$	$R_a$
(1) 染缸、桶、窖	200	25	40
(2) 去肉、刮削、研磨、 皮革磨光	300	25	80
(3) 馬具工作、機器製 鞋、縫紉、拋光、成 形、切割、穿孔	500	22	80
(4) 分類	500	22	90
(5) 皮革染色(機械)	500	22	80
(6) 品質管制	1,000	19	80
(7) 顏色檢查	1,000	16	90
(8) 製鞋	500	22	80
(9) 手套製作	500	22	80

表 18. CNS-12112 金屬工作及處理照明基準

室內、作業或活動種類	$\overline{E_m}$ (lux)	$UGR_L$	$R_a$
(1) 開口壓鑄鍛造	200	25	60
(2) 滴鍛、焊接、冷成型	300	25	60
(3) 粗糙和一般性加工， 誤差 $\geq 0.1$ mm	300	22	60
(4) 精細加工、削磨，誤 差 $\leq 0.1$ mm	500	19	60
(5) 劃線、檢查	750	19	60
(6) 線、管拉製成形	300	25	60
(7) 金屬薄板加工 $\geq 5$ mm	200	25	60
(8) 金屬薄板加工 $< 5$ mm	300	22	60
(9) 工具、切割設備製造	750	19	60
(10) 組裝			
— 粗糙	200	25	80
— 中等	300	25	80
— 細密	500	22	80
— 精細	750	19	80
(11) 電鍍	300	25	80
(12) 表面塗裝	750	25	80
(13) 工具、模板、夾具製 作、精細機械、微型 機械	1,000	19	80

表 19. CNS-12112 鋼鐵工業照明基準

室內、作業或活動種類	$\overline{E_m}$ (lux)	$UGR_L$	$R_a$
(1) 手動操作的生產工廠	50	28	20
(2) 臨時手動操作的生產工 廠	150	28	40
(3) 連續手動操作的生產工 廠	200	25	80
(4) 鋼版貯藏	50	28	20
(5) 熔爐	200	25	20
(6) 粉碎、捲繞機、剪切線	300	25	40
(7) 控制台、控制盤	300	22	80
(8) 試驗、量測及檢驗	500	22	80
(9) 人行地道彎曲部分、地 窖等	50	28	20

表 20. CNS-12112 紡織工業照明基準

室內、作業或活動種類	$\overline{E}_m$ (lux)	$UGR_L$	$R_a$
(1) 浸泡、大包開封工作區	200	25	60
(2) 梳理、清洗、熨燙、繪製、上塗料、紙卡裁剪、前紡、黃麻及大麻織品	300	22	80
(3) 紡紗、編股、纏繞、編織	500	22	80
(4) 縫製、精緻編織、刺繡	750	22	90
(5) 手工設計、繪製圖樣	750	22	90
(6) 完工、染色	500	22	80
(7) 烘乾室	100	28	60
(8) 自動織物印刷	500	25	80
(9) 挑選、整修	1,000	19	80
(10) 顏色檢查、織物控制	1,000	16	90
(11) 織補	1,500	19	90
(12) 製帽	500	22	80

表 21. CNS-12112 車輛製造照明基準

室內、作業或活動種類	$\overline{E}_m$ (lux)	$UGR_L$	$R_a$
(1) 車體組立作業	500	22	80
(2) 塗裝、噴塗、拋光	750	22	80
(3) 塗裝：潤色、檢驗	1,000	16	90
(4) 車內裝飾製作(手工)	1,000	19	80
(5) 成品檢查	1,000	19	80

表 22. CNS-12112 木業家具製造照明基準

室內、作業或活動種類	$\overline{E_m}$ (lux)	$UGR_L$	$R_a$
(1) 自動處理，如：烘乾 夾板製造	50	28	40
(2) 蒸氣窖	150	28	40
(3) 鋸木架	300	25	60
(4) 在家具工作台之作 業、膠合、組裝	300	25	80
(5) 磨光、塗裝、細木工	750	22	80
(6) 木工機械工作，如： 旋轉、刻槽、修整、 凹凸隼、開槽、切割、 鋸、齒	500	19	80
(7) 膠合板木材選擇、模 型、鑲嵌	750	22	90
(8) 品質管制	1,000	19	90

● 色溫準則

低色溫使人暖和、溫定與放鬆感覺，而高色溫呈現偏藍白色，易於專注，易讓人亢奮，低色溫搭配低照度、高色溫搭配較高照度時，光環境會使人感覺較高舒適度，因此可視廠房與工作特性與需求而調整光環境。

● 演色性準則

工廠照明之演色性可依工作性質作選擇 若於特別要求且價格可接受的狀況下，一般選擇光源演色性時建議 80 以上，但若工作與顏色有密切相關者，建議選擇光源之演色性宜大於 90 以上，CNS12112 室內工作場所照明亦有演色性之規範，如表表 11-22 所示。

● 眩光準則

國內不同廠房與工作性質之眩光要求，CNS 12112 室內工作場所照明，其中室內、作業或活動之眩光限制，亦是使用 UGR 統一眩光值 (unified glare rating) 作量化指標如，如表 11-22 所示。

● 照明節能準則

1. 日間採光以自然採光為主 (80%)，近距照明為輔 (20%)。夜間採光以近距

照明為主（80%），半腰照明為輔（20%），強化『長效型自然採光』設計原則，採用大面積透光板採光設計，替代使用有價能源照明，達到晴天廠房內未點燈情況下，新設廠房地面照度達到 500+/-50 Lux 間，廠房設置十年內地面照度仍達 400 Lux 以上之需求，以符合勞工安全作業環境。新建廠房採光除屋頂採光要求外，亦須強化南北側向牆面採光設計，廠房採光必須優先選擇『採光線不採陽光』之設計。廠房辦公室建築物請優先考慮南北坐向，朝南、朝北的建築物較東西向建築物可節省冷氣用電。

註：參考國內外各鋼鐵廠多已達到日間不點大燈的要求，國內如中鴻、裕鐵鋼廠，國外如日本住友集團。

2. 照明新規劃思維是大量採用近距照明燈具，使人員工作環境的照度(如地面、桌面)達到 300~500Lux，並符合工安的要求，而高空照度維持約 50~100Lux，節省高空不需要的照度而達成減少 50%以上的照明能源浪費。
3. 公司內部(如擴建單位、運轉、維護單位、倉庫)採購燈具備品時，必須採購符合燈源發光效率 90 lm/W 以上，燈具能源效率 80 流明/W 以上之要求。
4. 倉儲單位採購照明燈具備品時，必須選購發光效率 >80lm/W 之能力，避免大燈小用現象，如現場單位經常發生於樓梯口處、廠房 2 米高處、廠房 4 米高處裝置。
5. 燈具備品供應請規劃達成種類多元化、公司零庫存化(以多家廠商倉庫為庫存)、各單位叫貨及時送達化…等機制。
6. 工廠生產指示盤、建築物高度指示燈、煙囪高度指示燈、逃生指示燈、火警監視指示燈、控制室盤面指示燈、電氣室指示燈…等，規劃設計時必須符合『高效率、長效型燈具』，以選用 LED 燈具原則；舊廠現有部份可予以更新為 LED 燈具。
7. 廠房、休息室等非連續生產用電場所，相關設施可規劃依時序、感測器作照明關閉切換或電源關閉，以節省待照明電力。

#### ● 工廠照明燈具

工廠照明設計，事關生產效率、生產質量和員工安全，進而影響企業存續。因此，作為企業主，切不可對生產工廠的照明馬虎大意。在依環境條件選擇燈具時在安全考量下，需注意環境溫度、濕度、振動、污穢、塵埃、腐蝕、有爆炸和火災危險等情況。以下分三種環境條件來選擇燈具。

##### 1. 一般性工業廠房

在正常環境中一般採用開放式燈具。含有大量塵埃，但無爆炸和火災危險的場所，宜採用防塵型(IPSX 級)燈具。

##### 2. 多塵環境廠房

對於多塵環境或存在導電性灰塵的一般多塵環境，宜採用塵密型(IP6X 級)燈具。對導電纖維(如碳素纖維)環境應採用 IP65 級燈具。對於經常需用水沖洗的燈具應選用不低於 IP65 級燈具。

### 3. 無塵室

無塵室是工廠內部需要嚴格控制環境條件的區域。照明的主要作用是使工作活動清晰可見，從而形成安全、舒適、有效的工作條件。照明系統不能影響生產過程，亦不能影響該區域清潔與空氣流動。該系統必須易於維護。大面積的無塵室主要建立在半導體工業、電子工業、計算機工業和航空工業等領域，在醫藥、食品和飲料業也會使用到生物無塵室，其照明方案要求較高的照明等級。若對光譜沒有特殊要求，當使用高演色性的中性白光。對於局部照明也應該有相同的要求，並要更好的避免眩光。

用無塵室的燈具應使用細線電纜，任何氣流的改變都是應該避免的。大面積的隱藏燈具或者表面佈燈都應該予以避免。燈具必需細，寬度小於懸頂支架之間的距離。在無塵室要求中等灰塵度(1000 或者更高)時，可以使用隱藏式燈具。無論安裝封閉式燈具還是開放式燈具，都應該保證空氣通過濾光器而不通過燈具。為了避免妨礙作業系統，設計簡潔也是很重要的。應當注意仔細的使用正確燈具以避免眩光，保證良好的照明效果。

## 第三章、照明應用場域實例介紹

本產業照明手冊主要著眼於產業常見之辦公室與工廠照明，因此應用實例方面是以辦公室與工廠照明為主要對象。

### 一、辦公室場域應用實例

#### 1. 中國時報的辦公室 (Ref: <http://www.trend-lighting.com/shop/blog2.php?id=81>)

更新辦公區燈具要跟原來 3500K 的省電燈泡色溫相近，採用 20W LED 燈泡冷白加暖白混和使用。原本辦公室的每一組燈具需要 75W 的省電燈泡五顆才夠亮，只要 20W LED 球炮燈，圖 40 為本案所使用之 LED 與省電燈泡比較圖。為營造出更貼近自然的光線，同時使用黃光跟白光去調整，圖 41-43 分別為本場域之換燈前照片、燈座換燈前後照片與換燈後照片，整體省電 70%。



項目	20W LED 燈泡 比較之燈具	75W 省電燈泡 目前使用燈具
使用時間	12 小時	12 小時
所需燈具顆數	4	5
燈具消耗功率	20W	75W
年消耗電量	313 度	1643 度
年消耗電費	\$1224	\$6424
節省電費(年)	<b>\$6424-\$1224=\$5200</b>	

註: 計算方式以每日點亮時間:  
一年365天, 台電營業用電非夏月701~1500度級距之加總電價平均計算約3.91元/度。

圖 40. 中國時報辦公室所使用之 LED 與省電燈泡比較

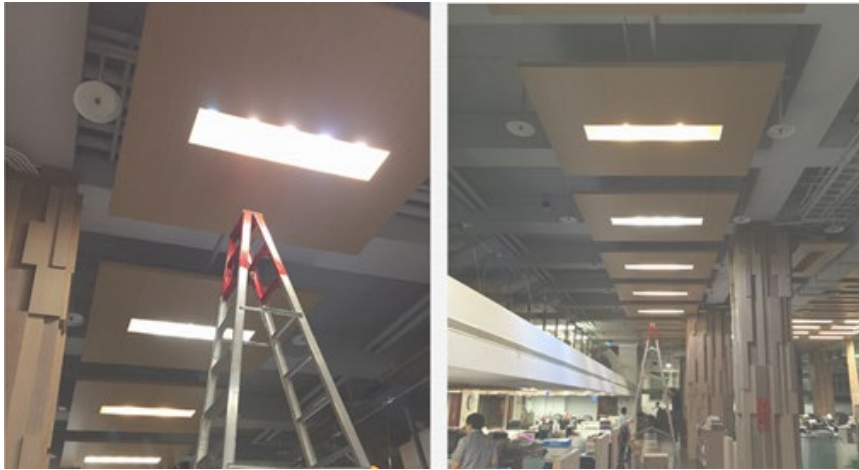


圖 41. 中國時報辦公室換燈前照片



圖 42. 中國時報辦公室燈座換燈前後照片



圖 43. 中國時報辦公室換燈後照片

## 2. U 化學公司辦公室

辦公室為大樓之 5-6 樓，總面積為 700 坪 (2314.053 m<sup>2</sup>)，將場域內所有 T5 燈具，更換為有 CNS 及節能標章之 LED 燈具，改善燈具數 500 盞，每盞 60\*60 公分，內含三支 T5 燈管，每支 14W，原燈具總功率為 23100W，其建築物照明用電基準 LPD 為 9.982 W/m<sup>2</sup>，年度用電 57750 元，依據辦公室尺寸模擬計算，原燈排列位置以一對一置，換 30W LED 平板燈，即可滿足桌面照度 500 Lux，改善後總功率為 15000W，LPD 為 6.482W/m<sup>2</sup>，年節省電量 20,250 年，節能 35.06 %，圖 44-45 分別為本場域之換燈前後照片。



圖 44. U 化學公司辦公室 (改裝前)



圖 45. U 化學公司辦公室 (改裝後)

### 3. 漢鐘精機辦公室

(Ref:冠大照明，辦公室實例)

將螢光燈置換成 60\*60 cm LED 平板燈、120\*20cm LED 平板燈、120\*60cm LED 平板燈、6 吋 LED 筒燈，共 379 盞，圖 46 為辦公室改善後照片，改造前耗電 44755W，改造後耗電 12128W，每月平均節費 53204 元，節能省電 73 %。



圖 46. 漢鐘精機辦公室改善後照片

### 4. 蘭德威克市議會 Bowen 圖書館

(Ref:<https://www.ecovantage.com.au/randwickcc-bowen-library-case-study/>)

位於 Maroubra 的 Lionel Bowen 圖書館和社區中心包括圖書館，社區活動室和辦公室，進行減少整體能源消耗，並改善社區圖書館空間和理事會辦公室的照明質量。另一個挑戰是要在數小時內完成升級，以最大程度地減少對圖書館，社區活動室和辦公室的日常活動造成的干擾。

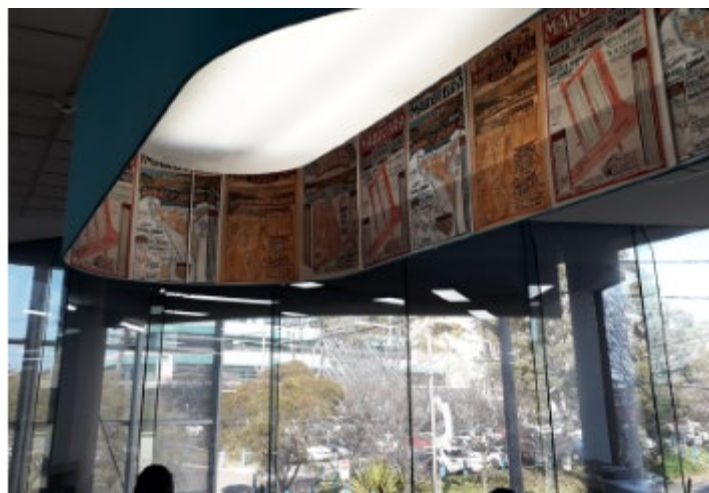


圖 47. 蘭德威克市議會 Bowen 圖書館

圖 47 為蘭德威克市議會 Bowen 圖書館照片，首先在圖書館的地板上安裝了一個測試區域，並從公眾和圖書館員工那裡獲得了反饋，以確保選擇合適的產品，在非常積極的響應之後，完整的安裝在數小時外完成，以確保忙碌的日

常活動不會受到干擾。為確保在各個空間始終滿足理事會要求，並採用了靈活的產品選擇方法。



圖 48. 蘭德威克市議會 Bowen 圖書館置換 LED 燈照片



圖 49. 圖書館所換 LED 燈後走廊照片

除了改善照明效果外，通過整個綜合大樓內升級一千多個 LED 照明燈，還降低了能源消耗和成本，圖 48 為圖書館所置換 LED 燈照片，圖 49 為圖書館所換 LED 燈後走廊照片。

，每年可節省 248 噸二氧化碳。重要的是，所有舊的日光燈管和其他燈，其中許多含有汞和其他有毒元素，都從垃圾填埋場轉移並回收利用。

照明昇級的主要優勢：

- 通過政府獎勵計劃獲得的\$ 33,000 的回扣。
- 總共 1,073 盞燈被節能 LED 取代。
- LED 的使用壽命更長，預計每年可節省 7760 美元的維護成本
- 能源使用減少了 74%，預計每年節省 63,890 美元電費

## 二、工廠場域應用實例

### 1. Brambles 的子公司 Chep

(Ref : <https://www.ecovantage.com.au/chep-case-study/>)

Chep 是 Brambles 的子公司，是一家大型托盤供應商，擁有澳大利亞範圍內的服務和分銷中心網絡。2016 年針對位於悉尼 Erskine Park 大型工廠之外部照明作改善，主要目標是提高夜間托盤的裝卸和運輸安全性，利用安裝新的燈桿，以及使用 LED 燈與不對稱防眩光透鏡組合，使得外部庭院照明能耗降低約 40%。Chep 亦加入其他能效舉措，包括：

- 優化費率以檢查其能源供應商是否向他們收取正確的網絡費率
- 測量和驗證通過升級空氣壓縮機而節省的能源
- 方便報價安裝太陽能

Chep 大型倉庫改善高架燈來實現，24 小時運行節能效益更高，置換高架燈 153 盞，將原有金屬鹵化物 424W（包括鎮流器），換成高架 LED 120W 燈，圖 50、51 為大型倉庫改善高架燈後的照片，更換後節能達 70%，除了顯著減少照明能源消耗外，通過安裝持久的 LED 並提供 35,000 小時/7 年的大量保修，Chep 還能夠降低其持續的照明維護要求，新的 LED 燈亦提供了其他好處，例如提高了照明強度以及根據需要打開和關閉的能力，而無需等待燈源冷卻。

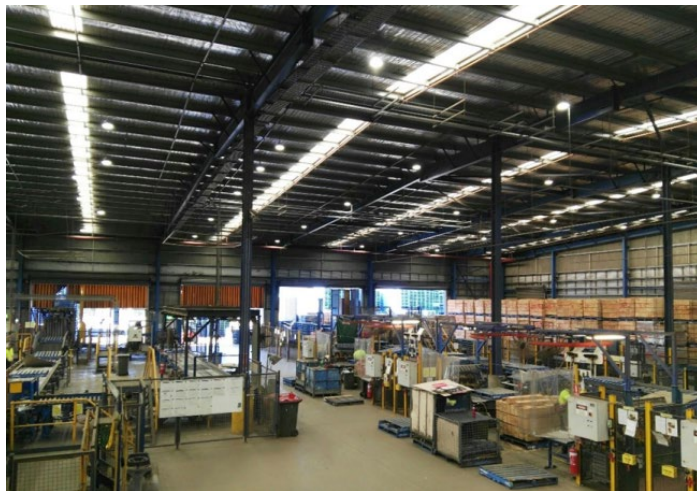


圖 50. Chep 大型倉庫改善高架燈後照片



圖 51. Chep 大型倉庫改善高架燈後照片 2

## 2. 中鋼機械公司廠房

中鋼機械公司接收原來台機公司的廠房，改造後 A、B 廠房日間自然採光地面照度分別為 500 及 1100Lux，日間點大燈時，圖 52、53 分別為 A 與 B 廠房，結合自然光與人造光源後的照片，地面照度分別為 540 及 1130Lux，可見廠房仍以自然採光為主。



圖 52. 中鋼機械 A 廠房結合自然光與人造光源照片



圖 53. 中鋼機械 B 廠房結合自然光與人造光源照片

中鋼機械公司接收原來台機公司的廠房，圖 54、55 分別是改造後 C、D 廠房日間自然採光的狀況，廠房中間氣樓也增加採光，可補強、平均地面的照度。



圖 54. 中鋼機械 C 廠中間氣樓亦增加採光照片

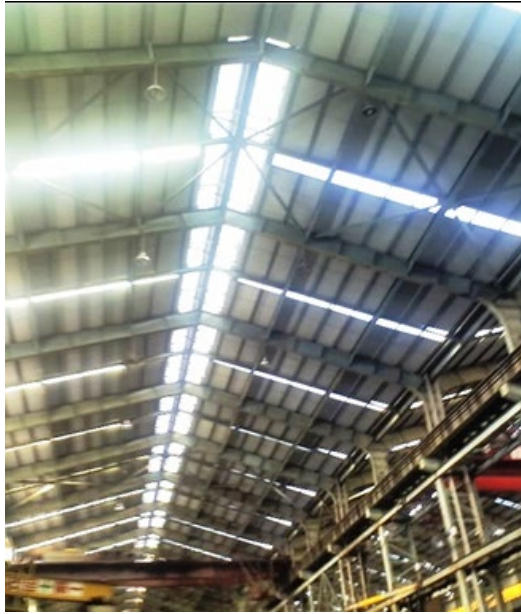


圖 55. 中鋼機械 C 廠中間氣樓亦增加採光照片

## 5. Acer 大型倉庫和廠房

(Ref: <https://www.ecovantage.com.au/acer-case-study/>)

Acer 位於 Homebush 的大型倉庫和廠房進行節能照明昇級，倉庫和裝卸碼頭之 100 多盞燈，使用 130W LED 取代 400W 金屬鹵素高棚燈，圖 55 與 56 分別為為裝卸碼頭與倉庫置換成 130W LED 燈後照片。倉庫天窗亦提供充足的自然光；另外一些區域，新的高架上裝有組合式日光/傳感器，當環境光線充足或空間不足時，該傳感器會自動停用燈光。



圖 56. 裝卸碼頭使用 130W LED 後照片



圖 57. 倉庫使用 130W LED 後照片

在廠房區域，大多數原配件都是嵌入式螢光燈，考慮到磁性鎮流器，每個配件使用 88 瓦功率（即 2 x 36W 燈管+ 2 x 8W 鎮流器），這些被替換為每個配件僅消耗 24 瓦的 LED 平板燈，為了最大限度地提高最終用戶的舒適度，安裝了帶有內置防眩光擴散器的 LED 平板燈，圖 57 為廠房區域置換為 LED 平板燈後照片。



圖 58. 廠房區域置換為 LED 平板燈後照片

總共對 426 個燈具進行升級，估計可將 Acer 的照明能耗降低 76%，並且由於五年保修，Acer 便會放心，未來幾年內不必更換燈，亦不需定期更換燈罩/燈管。這有助於減少隨著時間推移而增加的成本，尤其是在高吊頂倉庫區域，因為這些區域需要特殊的設備才能進入，照明燈估計每年總共節省超過 3 萬美元。

## 6. 集成技術服務 (ITS)

(Ref: <https://www.ecovantage.com.au/warehouse-lighting/>)

集成技術服務 (ITS) 全國性的 ATM 服務提供商，對其總部倉庫和辦公室設施進行照明升級。在倉庫中原使用 31 個 400W 金屬鹵素燈來照亮空間，主要在高天花板入口區域，將 400W 的燈替換為 135W 的 LED 矮棚燈，而在天花板水平較低的夾層區域，使用更低瓦數之 90W LED 矮棚燈來替換現有燈具。

倉庫的其他部分，將原先螢光燈管都用 LED 燈管進行了改裝，圖 59 為倉庫區置換為 LED 燈後的照片，使得每支燈管的功耗從 36W 降低到 15W，也避開原先燈具使用鎮流器的耗能，不僅減少了能源使用，而且延長燈管的預期壽命。



圖 59. 倉庫區置換為 LED 燈後照片

節約能源成效很好，照明升級後降低了倉庫的能耗，由第一筆賬單表明能耗已經減少了一半，圖 60 為照明更新後耗能比較，而該賬單甚至還沒有涵蓋升級以來的整個期間。LED 燈具有超過 50,000+小時的預期使用壽命，他們將不再需要經常更換燈具。

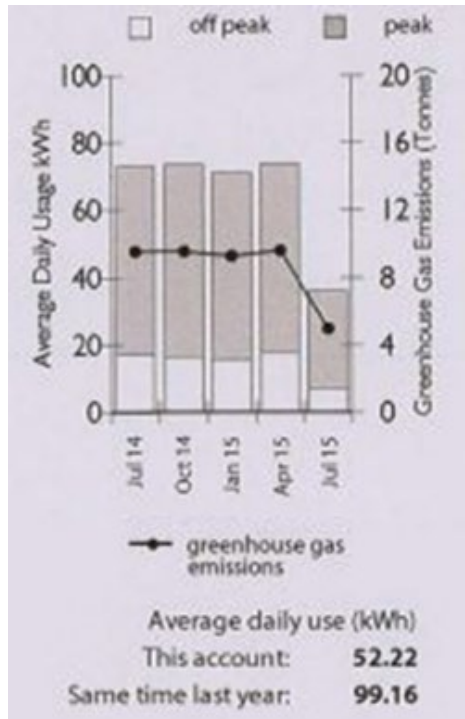


圖 60. 照明更新後耗能比較

## 7. 德高集團

(Ref:<https://www.ecovantage.com.au/?s=JCDecaux>)

德高集團為街頭家具和運輸廣告的全球領導者，德高集團（JCDecaux）在新南威爾士州亞歷山大市的辦公室和倉庫，進行節能照明升級。倉庫需要新的高架照明佈置，以替換現有的螢光燈管，包括位於倉庫後方一個照明不足的儲存區，圖 61 為倉庫儲存區照明改善後照片。



圖 61. 德高集團倉庫儲存區照明改善後照片

德高集團的多層辦公室照明改善要求一對一更換所有嵌入式 T8 燈具，原燈具每個磁性鎮流器配件的功耗為 88 W，更換 28W LED 平板燈，可節省大量耗電，圖 62 為德高集團的多層辦公室改善後照片，其中簡報室需要高 CRI LED 照明，以準確描繪其產品所能看到的自然光，並且為了承受設備的清潔和街道家具的安裝，所有配件均達到 IP65 防潮和防塵的防護等級。

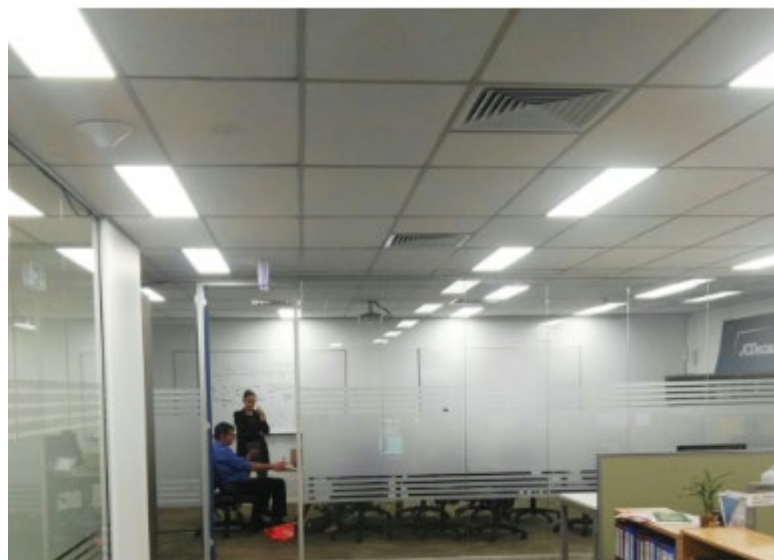


圖 62. 德高集團的多層辦公室照明改善後照片

照明改善總共更換了 147 個燈具，照明能耗降低了 77%，每年節省了 79 噸二氧化碳排放，估計 JCDecaux 在一年的時間裡將節省 \$ 27,000 的能源和維護費用，估計總使用壽命將節省 \$ 369,000。

## 8. 新南威爾士州中部海岸的食品製造廠

(<https://www.enlighten.com.au/case-study/food-manufacturing-facility>)

位於新南威爾士州中部海岸的食品製造廠每天 24 小時營業，分為三個生產班次，生產 150 多種不同形式的產品。在辦公室區域內，早期使用雙 T8 36W 螢光燈管燈具，後來使用單支 28W T5 燈具取代，照明能源成本約佔該站點總用電量的 12%，其後該公司工程團隊對各種高架照明技術進行了試驗。結果總結如下：

高棚照明技術	瓦數	問題
圓頂形 LED 照明	100/150/200 瓦	沒有所需的光輸出。電源故障很常見
離子燈(Plasma Lamp) (替換 4x400w 燈)	780 瓦	太亮，影響操作員的視力。
無極燈	200 瓦	良好的光輸出，顏色和強度。功耗比 LED 高。

考慮到現場環境工作溫度高達攝氏 60 度，具有有效內部熱管理的高棚燈具是關鍵的性能要求，Tauro Blu LED 高棚燈是很好的選擇，圖 63 為 Tauro Blu LED 高棚燈照片。接著進行了一對一的替換試驗，在倉庫和食品生產區域將 400W 金屬鹵素燈，替換為 3 個模組（135W）Tauro Blu LED 燈，通過放置在與外部電源測量能耗，並測量工作平面上的光輸出，圖 64 為工廠內原裝設 400W 金屬鹵素燈照片，圖 65 為食品工廠內更換為 LED 燈照片，結果如下：

工作面的平均照度	> 200 勒克斯
平均降低每個配件的能耗	305 瓦 (69%)



圖 63. Tauro Blu LED 高棚燈照片

根據使用和照明的特定領域，使用不同鏡頭選項。Tauro Blu 燈具的靈活性允許在所有區域提供一致的照明解決方案，並能夠根據天花板高度或特定應用改變透鏡。

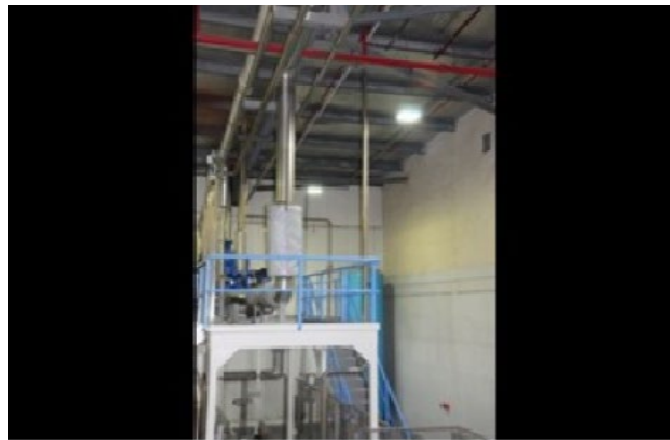


圖 64. 食品工廠內原裝設 400W 金屬鹵素燈照片

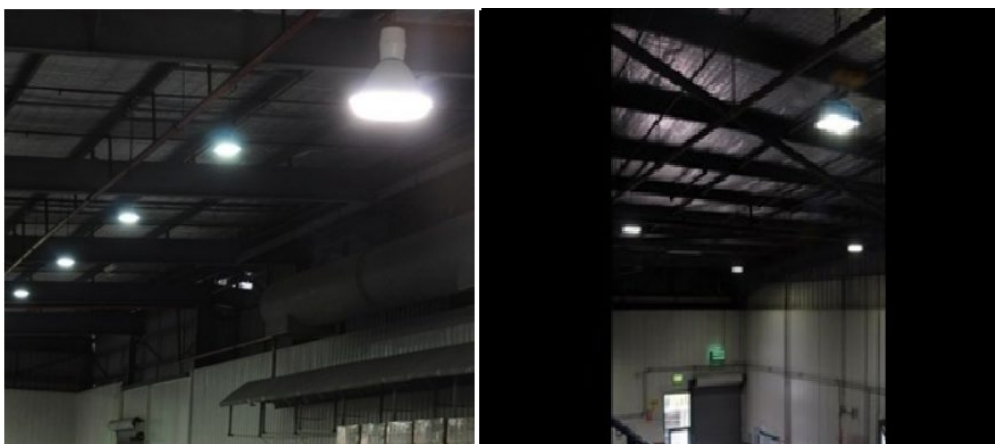


圖 65. 食品工廠內更換為 LED 燈照片

在電氣開關室、備件儲存區和維修通道中，安裝了 166 個標準和 56 個應急 Chamaeleon LED 燈，圖 66 為 Chamaeleon LED 燈照片，以替換現有的螢光燈管照明。燈的雙電路設計，允許在某個區域未被使用時傳送待機（平均 8.5W）光，一旦通過微波傳感器檢測到有人存在，該燈就會增加到全光輸出（平均 30W）。當更換原先無控件的雙 36W T8 螢光燈時，Chamaeleon LED 燈可節省多達 93% 的能源，圖 67 為 Chamaeleon LED 燈處於電氣開關室的待機和全功率模式。



圖 66. Chamaeleon LED 燈照片

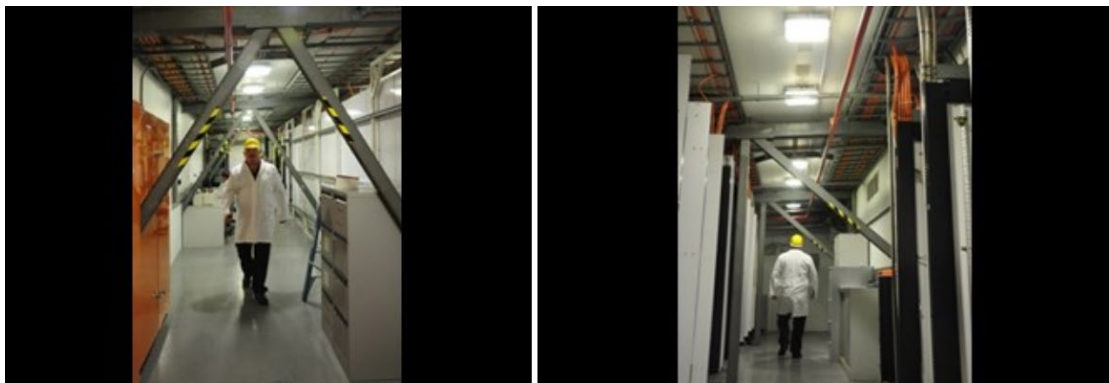


圖 67. Chamaeleon LED 燈處於電氣開關室的待機和全功率模式

經 Tauro Blu 高棚和 Chamaeleon 燈具的引入，包括安裝和能源顧問在內投資 340,000 美元，卻每年節省約 14.3 萬美元，節省超過 700,000 kWh 的電能。

## 9. Haigh 的 Chocolates Mile End 工廠

(Ref: <https://www.enlighten.com.au/case-study/haigh-s-chocolates>)

Haigh's 是澳大利亞最古老的家族巧克力生產商之一，他們僱用 600 多人，致力於高級巧克力製作。Haigh's Chocolates 希望提高其員工的照明質量和安全性，同時還希望減少其在南澳大利亞州 Mile End 工廠的能源消耗，針對發貨前儲存產品和原材料的地方，進行照明改善，低效的照明燈可佔總能源消耗的 50% 以上，實際上沒有製造設備的倉庫會消耗很多照明能源。

效率低的 250W 和 400W 金屬鹵素燈經常安裝在錯誤的位置，這些燈產生 15% 至 30% 的熱能而浪費電能，Haigh's Chocolates 使用 Tauro Black LED 高棚燈，圖 68 為使用 Tauro Black LED 高棚燈照片，可以減少 63% 的能源消耗，並且可以提高員工的照明質量和安全性，可以輕鬆實現高質量的垂直照明，從而有助於準確的條碼掃描和更安全的機器操作，圖 69 為條碼掃描工作照片。安裝的設備包括：

- 66 個 Tauro Black LED (30W, 90W, 180W) 線性高棚燈，燈具如圖 70 所示
- 在包裝工作台上方懸掛了 2 個 Cascade LED 低棚燈，燈具如圖 71 所示
- 在建築物外部安裝了 6 個 Noctua 40W LED 前投式泛光燈，燈具如圖 72 所示
- 5 個 Sky line 30W 平板燈用於辦公室和休息區，燈具如圖 73 所示。



圖 68. Haigh's Chocolates 使用 Tauro Black LED 高棚燈照片



圖 69. 條碼掃描工作照片

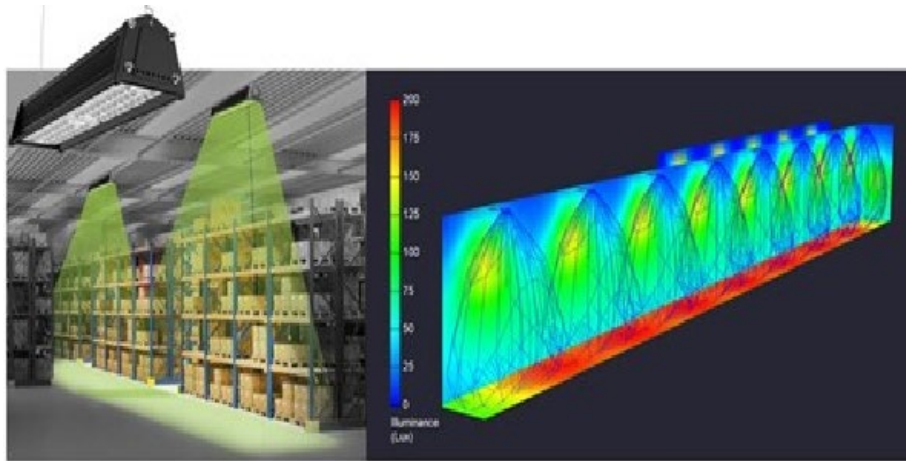


圖 70. Chocolates Mile End 所使用 Tauro Black LED 線性高棚燈



圖 71. Haigh's Chocolates 所使用 Kascade LED 低棚燈



圖 72. Haigh's Chocolates 所使用 Noctua 40W LED 前投式泛光燈



圖 73. Haigh's Chocolates 所使用 Sky line 30W 平板燈

# 第四章、照明法規與驗證

## 一、照明相關法規介紹

隨著照明技術進步與使用普及化後，為保護消費者權益，並確保節能效益，因此建立強制性檢驗制度與相關規範，以維持照明市場秩序與使用平衡，原傳統照明產品檢驗標準與制度已相當完整，目前我國照明檢驗制度如表 23 所示。照明產品組件主要涵蓋光源、安定器或電源供應器與燈具三大類，目前市售常用產品組件都已制定完整國家標準，以作為產品檢驗之依據。

照明產品以應用場域分類，可區分為室內與戶外兩大類，戶外燈具主要以路燈(氣體放電式路燈與 LED 路燈)為主，其產品檢驗要求依據路燈主管權責機關之規定。室內照明產品因使用對象以一般消費大眾為主，此類產品可在消費市場零星採購，為保護消費者消費權益與安全，對主要室內照明燈具產品均列為強制檢驗品目。

經濟部能源局與相關單位，為有效達到產品能效管理，配合產品檢驗制度，依序訂定各類照明產品最低能源效率基準(MEPS)與能效分級制度，搭配標準檢驗局驗證登錄制度強制實施(白熾燈除外)。另外，制定「節能標章」分級，鼓勵製造廠商生產高效率照明產品，以提升我國照明能源效率，並透過宣導與獎勵方式鼓勵消費者選購節能標章產品，以降低照明能源之使用量。

表 23. 我國照明產品強制性與自願性制度

類型	品目	標準檢驗局		能源局		
		國家標準	驗證登錄(強制性)	最低能源效率基準(MEPS)(強制性)	能效分級(強制性)	節能標章
光源	白熾燈	◆		◆		
	螢光燈管	◆	◆	◆		◆
	緊密型燈管	◆	◆	◆		◆
安定器	螢光燈管 安定器	◆	◆	◆		◆
光源 (含電 源供 應器)	省電燈泡	◆	◆	◆	◆	◆
	LED 燈泡	◆	◆	◆		◆
	LED 燈管	◆	◆	◆		

燈具	室內燈具 LED 平板燈 天井燈	◆ (安規/電 磁雜訊)	◆ (不含性能)			◆
	氣體放電式 路燈	◆				◆
	LED 路燈	◆				◆
	LED 燈管	◆ (多款)	111 年起			

近幾年各國政府積極推動節能照明，對於照明產品發光效率要求越來越高，例如美國加州率先禁止銷售不符合新標準規格之白熾燈泡政策，該項規定要求在 2018 年 1 月 1 日後製造的白熾燈發光效率必須達到 45lm/W，預計其他州將於 2020 年時全面跟進。歐盟 2018 年 5 月生態設計法律草案提出，將在 2020 年前有效禁止鎢鹵素和緊湊型螢光燈(俗稱省電燈泡)作為光源，並要求所有光源的最低發光效率要求為 85lm/W。因此本計畫持續強化節能照明法規、標準與政策剖析，藉此掌握全球節能照明政策發展趨勢，作為我國未來政策推動參考依據。

基於 LED 燈具與系統優點，使得使用滲透率日益增加與普及，我國 LED 照明產品國家標準制定現況如表 24 所示，市場常用產品之國家標準都已齊備，其中 LED 燈管之安規與性能標準屬較新公告標準，因市售 LED 燈管供電各廠家設計有不同，因此制定了四款 LED 燈管安全性標準，未來將 LED 燈管列為強制檢驗時，須依各家設計採用適宜標準規範。依照表 23 所示，目前我國市售 LED 燈泡與 LED 燈具均為標準檢驗局公告之強制驗證登錄品目，LED 燈具要求進行燈具安規(CNS14335)與電磁雜訊(CNS14115)檢驗，但對於燈具性能與光生物安全並未強制檢驗，容易造成民眾對 LED 節能與安全性的疑慮，市售產品性能落差相當大，發光效率範圍介於 80 到 150 lm/W。

表 24. 我國 LED 照明產品國家標準現況

標準號碼 (最新日期)	標準名稱	適用範圍
CNS 15233 (101/7/26)	發光二極體道路照明 燈具 <b>擬修訂</b>	適用於戶外使用，以 LED 為光源之道路照明燈具，包含控制裝置、散熱裝置、光學元件及相關機械結構。
CNS 15437 (103/9/29)	輕鋼架天花板(-Bar) 嵌入型發光二極體燈 具 <b>修訂中</b>	適用於室內，供一般照明用途之輕鋼架天花板嵌入型發光二極體燈具。
CNS 15497 (105/11/23)	發光二極體投光燈具 <b>修訂中</b>	本標準適用於戶外及室內使用，以發光二極體為光源之投光燈具，包含其控制裝置、散熱裝置、光學元件及相關機械結構。
CNS 15436 (101/11/15)	安定器內藏式發光二 極體燈泡(一般照明 用)-安全性要求	具整合穩定操作裝置之發光二極體燈泡 [相對應標準 IEC 62560]
CNS 15630 <b>(108/07/12)</b>	一般照明用安定器內 藏式 LED 燈泡 (供應 電壓大於 50 V)-性 能要求	安定器內藏式 LED 燈泡之性能要求，包含所需之 試驗條件及試驗法。 [參考標準 IEC 62612]
CNS 16047 (107/06/20)	室內一般照明用 LED 平板燈具 <b>修訂中</b>	適用於頻率 60Hz、額定交流電壓不超過 250V 之 室內一般照明用 LED 平板燈
CNS 16048 (107/06/20)	讀寫作業檯燈	適用於頻率 60Hz、額定交流電壓不超過 250V，使 用 LED 或螢光燈為光源之讀寫作業檯燈。
CNS 15438 <b>(108/09/24)</b>	雙燈帽直管型 LED 光 源-安全性要求	本標準適用於直管型、作為一般照明使用、兩端各 配備 1 只 G5 或 G13 燈帽之 LED 光源。本標準不 適用於配備 G10q 或其他種類燈帽之 LED 光源， 亦不適用於非直管型之 LED 光源。
CNS 15829 (104/09/23)	用於替換螢光燈管之 雙燈帽 LED 燈管-安 全性	配備 G5/G13 燈帽之雙燈帽 LED 燈管，用於 <b>取代 使用相同燈帽之雙燈帽螢光燈管</b> ，規定在安全性、 互換性及換裝作業之要求，並提供符合性評估所需 之試驗法與試驗條件。 [相對應國際標準 IEC 62776 : 2014]

CNS 15983 (108/01/16)	G5/G13 雙燈帽整合型 LED 燈管—安全規定	配備 G5/G13 燈帽之雙燈帽整合型 LED 燈管，用於具備 G5/或 G13 燈座且無安定器之燈具，規定其安全性及可互換性之要求及查核其符合性之試驗條件與試驗方法。 [參考國際標準 IEC 62771:2014]
CNS 62931 (108/01/16)	配備 GX16t-5 燈帽之 LED 燈管之安全性	針對一般照明用非整合型 LED 燈管，規定在安全性、互換性之要求下，並提供符合性評估所需之試驗方法與試驗條件。 [相對應國際標準 IEC 62931:2017]
CNS 16027 (108/05/27)	雙燈帽 LED 燈管—性能要求	配備 G5/G13 燈帽之雙燈帽整合型 LED 燈管，規定性能要求。 [參考 IEC 62722-2-1:2014]

#### 4. 螢光燈管螢光燈管

依據節能標章”螢光燈管節能標章能源效率基準與標示方法修正”，節能標章能源效率基準如表 25 所示，其中晝光色(D)是指 5,700K~7,100K，冷白色(CW)及晝白色(N)為 4,600K~5,400K，白色(W)為 3,900K~4,500K，溫白色(WW)：3,200K~3,700K，燈泡色(L)：2,600K~3,150K。

表 25. 螢光燈管節能標章能源效率基準

螢光燈管尺寸	光源色/發光效率(lm/W)		
	晝光色(D)	冷白色(CW) 晝白色(N)	白色(W) 溫白色(WW) 燈泡色(L)
95 公分以上	95.0	99.0	101.0
65 公分以上、 小於 95 公分	90.0	92.0	95.0
小於 65 公分	88.0	90.0	92.0

### 5. 安定器內藏式螢光燈泡

依據節能標章”修正安定器內藏式螢光燈泡節能標章能源效率基準”，安定器內藏式螢光燈泡（省電燈泡）泡能源效率標示值及實測值不得小於表 26 基準值，其平均演色性指數應於 80.0 以上，1000 小時之光束維持率應於 90.0% 以上。

表 安定器內藏式螢光燈泡能源效率標示值及實測值之基準值

分類	標示功率範圍	發光效率(lm/W)
無罩	功率 < 10W	60.0
	10W ≤ 功率 < 15W	62.0
	15W ≤ 功率 < 25W	64.0
	25W 功率 < 55W	66.0
	55W ≤ 功率	68.0
有罩	功率 < 20W	50.0
	20W ≤ 功率	60.0

### 6. 緊密型螢光燈管

依據節能標章”緊密型螢光燈管節能標章能源效率基準及標示方法”，緊密型螢光燈管能源效率標示值及實測值應大於表 27 基準值，緊密型螢光燈管光源色區分依 CNS 10839 螢光燈管之色度分類規定為晝光色(D：5700~7100K)、燈泡色(L：2600~3150K)、晝白色(N：4600~5400K)、冷白色(CW：4600~5400K)、白色(W：3900~4500K)、溫白色(WW：3200~3700K)燈管之發光效率比照燈泡色(L)燈管規定。發光效率(lm/W)為燈管全光束與燈管功率之比，燈管全光束與燈管功率之測試方法依 CNS14576 緊密型螢光燈管(一般照明用)規定試驗。額定消耗電功率未列於表內者，以同一類別之鄰近較大發光效率者為基準。發光效率檢測時如 CNS 14576 表 3 無相關試驗用安定器可供測試使用者，可採用適用之安定器進行試驗。平均演色性指數應於 80.0 以上。1,000 小時之光束維持率應於 90.0% 以上。

表 26. 緊密型螢光燈管能源效率標示值及實測值之基準值

類別	額定消耗電 功率(W)	管徑區分	能源效率基準 (lm/W)	
			晝光色(D)	燈泡色 (L)
雙管(P型、PX型)	低於 6	一般型、細管型(S)	50.0	52.0
	6 ~ 7	一般型、細管型(S)	55.0	58.0
雙管(P型、PX型) 四管(D型、DX型、 M型、W型) 六管(T型、TX型)	10	一般型、細管型(S)	61.0	64.0
	9、13	一般型	61.0	64.0
		細管型(S)	69.0	73.0
	11	一般型、細管型(S)	79.0	85.0
	14 ~ 26	一般型	62.0	66.0
		細管型(S)	68.0	73.0
雙管(P型、PX型)	27	一般型、細管型(S)	69.0	73.0
四管(D型、DX型、 M型、W型)	27	一般型、細管型(S)	59.0	63.0
雙管(P型、PX型) 四管(D型、DX型、 M型、W型) 六管(T型、TX型)	28 ~ 30	一般型、細管型(S)	72.0	76.0
雙管(P型、PX型)	高於 30	一般型、細管型(S)	79.0	85.0
四管(D型、DX型、 M型、W型)六管(T 型、TX型)	高於 30	一般型、細管型(S)	73.0	77.0

### 7. 發光二極體燈泡

依據“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”，

1. 發光二極體燈泡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。

額定色溫(K)	發光效率(lm/W)
二千七百、三千、三千五百	一百一十點零
四千、五千、六千五百	一百一十五點零

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。

#### 8. 發光二極體平板燈具

依據節能標章”發光二極體平板燈具節能標章能源效率基準與標示方法修正規定”，發光效率實測值之計算，採四捨五入取至小數點後第一位，並依下式計算：光效率實測值(lm/W)=(實測總光通量(lm))/(實測總輸入功率(W))。

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：

- (1) 中低色溫(小於 5000K)者，應在一百三十點零(lm/W)以上。
- (2) 高色溫(5000K 以上)者，應在一百四十點零(lm/W)以上。

#### 9. 天井燈

依據節能標章”天井燈節能標章能源效率基準與標示方法”，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)

能源效率實測值應在標示值之 95%以上，且符合下列規定：

- (1) 燈具總光通量低於 20,000lm 者，應在 110.0(lm/W)以上。
- (2) 燈具總光通量 20,000lm 以上者，應在 80.0(lm/W)以上。

#### 10. 筒燈暨嵌燈

依據節能標章”筒燈暨嵌燈節能標章能源效率基準與標示方法”，其能源效率基準：

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，且實測值應在一百一十點零(lm/w)以上。

#### 11. 辦公室及營業場所燈具

依據節能標章”辦公室及營業場所燈具節能標章能源效率基準與標示方法”，能源效率基準：

1. 發光效率實測值依下式計算，經四捨五入取至小數點後第一位：  
實測發光效率(lm/W)=(燈具總輸出光通量(lm)/燈具總輸入功率(W))
2. 發光效率實測值應在標示值 95%以上，且實測值須符合下列規定：
  - (1) 格柵燈具及平板燈具發光效率應在 100.0(lm/W)以上。
  - (2) 其他燈具如天井燈、筒燈/嵌燈及中東型燈、山型燈、工事燈、層板/支架燈等開放型燈具發光效率應在 120.0(lm/W)以上。

## 二、照明檢驗介紹

在注重環保趨勢下，耗電量小、耐用持久的 LED 已取代傳統燈具成為市場主流，但面對市場上琳瑯滿目、規格不一的 LED 燈具，LED 燈泡外盒上所標示的演色性、光通量、色溫、光效等，以 CNS 國家標準為例，政府現已強制 LED 燈泡需通過 CNS 認證，符合各項安全、性能與壽命等國家標準，才能上市販售。除了 CNS 標章。

工研院「LED 照明測試實驗室」也是 MIT 微笑標章、LED 路燈國家標準、LED 節能標章、TAF 認證、美國能源之星、與日本 JET 認證實驗室，更是全台首座獲得國際電工委員會 (IEC) 獲得所頒布「CBTL 國際標準認證」的 LED 檢測實驗室，協助台灣廠商取得國際標準認證，將台灣優質產品推向國際。

### ● 光源體特性量測：

圖 74 為工研院「LED 照明測試實驗室」全光束積分球照片，以全光束積分球及光譜分析設備，可提供各類光源特性量測，包含光輸出、光譜分析、色座標、色溫及演色性等，其光譜量測範圍 200~1000nm，量測最大光源尺寸為 48 inches，最大光源功率為 4000W。

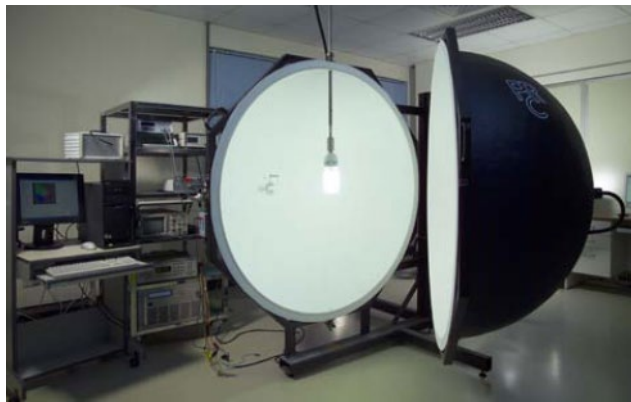


圖 74. 工研院「LED 照明測試實驗室」全光束積分球照片

### ● 配光曲線量測

配光曲線儀可以量測照明燈具空間中，各方向光強度分佈特性與數據之設備，可提供燈具精確可靠的光學數據資料給照明設計之選用燈具參考，圖 75 為工研院「LED 照明測試實驗室」LMT 配光曲線量測儀照片，此為目前全球多數國家級實驗室所選用之設備，可提供一般照明及 LED 各類燈具之配光曲線量測，光通道長度最長達 31M，可提供高光度投光燈配光量測，並設置各類分析軟體，可提供燈具效率、Polar diagram、Cartesian diagram、Intensity(cd)、眩光等各類測試。本設備光具有高精度之測試探頭，視效函數精確度  $f1' \leq 1\%$ ，量測燈具

最大橫向(長)尺寸為 1.6M、縱向(高)尺寸為 0.7M、重量為 50Kg(含治具)。

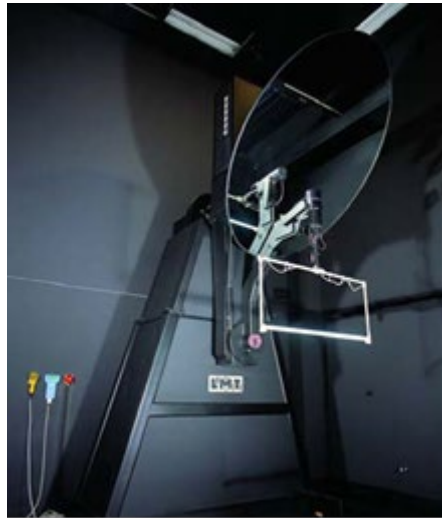


圖 75. 工研院「LED 照明測試實驗室」LMT 配光曲線量測儀照片

● **安定器性能檢測：**

利用電力分析儀、示波器、高壓絕緣測試儀與雷擊測試等量測設備，可分析傳統式與電子式安定器之電氣特性，包含輸入電壓、輸入電流、輸入功率、功率因數、輸入電流諧波失真、陰極預熱特性、輸出電壓、輸出電流、輸出工作頻率、燈管電流波高率、絕緣電阻、絕緣耐電壓、雷擊、安定器光效因數 (BEF) 等。

- 絕緣電阻之最高電壓輸出為 1kV，最大電阻值 9.999GΩ。
- 絕緣耐電壓之最高電壓輸出為 5kV。
- 雷擊電壓最大值為 4kV。

● **能源效率基準**

依據節能標章”室內照明燈具節能標章能源效率基準與標示方法修正規定”，對於室內用燈具有以下之試驗條件及方法：

1. 配光：依據國際照明委員會標準(以下簡稱 CIE)70、84 及 121 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：
  - (1) 發光二極體(以下簡稱 LED)：依據 CNS 15437 「輕鋼架天花板(T-bar)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) 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)天花板反射係數為零點五。
  - (2)牆面反射係數為零點五。
  - (3)地面反射係數為零點二。
  - (4)室內環境模擬係數為長度 4H、寬度 3H(H 為高度)。

4. 可調光/可調整色點之燈具，其試驗條件與方法同 CNS 16027 G5/G13 雙燈帽 LED 燈管或 CNS 15630 可調光/可調整色點之安定器內藏式 LED 燈泡之要求。
5. 閃爍：依據 CIE TN 006:2016 試驗。

12. 共通性要求：

1. 實測總輸入功率應在額定總輸入功率正負百分之十以內，其計算採四捨五入取至小數點後第一位。
2. 功率因數實測值應大於或等於零點九零，且在標示值百分之九十五以上，其計算採四捨五入取至小數點後第二位。
3. 演色性實測值應大於或等於八十點零，且不得低於標示值減三，其計算採四捨五入取至小數點後第一位。
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應小於或等於十九點零，其計算採四捨五入取至小數點後第一位。
6. 光型：
  - (4) 圖 76 左圖中  $C=0^\circ$  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  $0^\circ$  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。
  - (5) 圖 76 左圖中  $C=0^\circ$  至  $C=180^\circ$  之平面；其二分之一最大光強度之角度  $\Theta_1$  及  $\Theta_2$  均在三十八度以上，且總合在八十度以上。
  - (6) 圖 76 右圖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。
  - (7) 前述光通量實測值之計算，採四捨五入取至小數點後第一位。
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。  
向上光束比=(燈具向上光通量( $90^\circ$  以上))/燈具總輸出光通量 $\times 100\%$
8. 實測總光通量應在額定總光通量百分之九十至百分之一百二十之間，其計算採四捨五入取至整數位。
9. 光束維持率實測值之計算，採四捨五入取至小數點後第一位，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以上。
10. 光生物安全性須符合 CNS 15592 「無風險等級」類別。
11. 燈具不分光輸出頻率，皆須符合閃爍指數(Flicker index, FI)小於或等於零點零二，閃爍百分比(Percent flicker, PF)小於或等於百分之二。(四)能源效率基準：發光效率實測值，其計算採四捨五入取至小數點後第一位。發光效率實測值依下列公式計算後，其實測值應在一百二十五點零(lm/W)以上，且

在標示值百分之九十五以上。

$$\text{發光效率實測值(lm/W)} = (\text{實測總光通量(lm)}) / (\text{實測總輸入功率(W)})$$

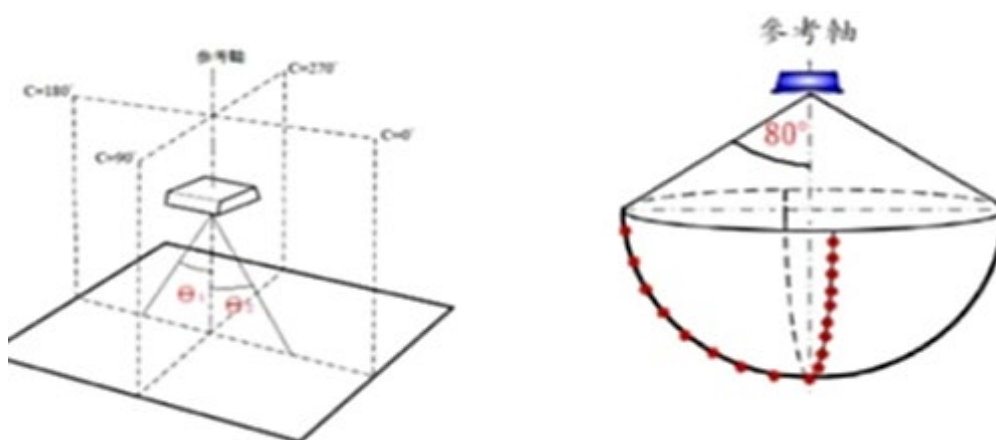


圖 76. 光型示意圖

13. 燈具節能標章能源效率標示，應符合下列規定：

- (一) 節能標章使用者之名稱及地址需清楚記載於產品或包裝上。
- (二) 節能標章使用者若為代理商時，其製造商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額定之功率、總光通量、演色性指數、色溫、發光效率、功率因數、光生物安全、閃爍指數及閃爍百分比。

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

14. 螢光燈管

能源效率測試條件與方法應符合 CNS 六九一規定，並使用符合 CNS 六九一規定之試驗用安定器進行測試；如無法依該規定使用試驗用安定器進行測試者，始得使用 CNS 一三七五五驗證登錄合格之電子式安定器進行測試，且測試報告應載明使用安定器之廠牌、型式及型號。

● 安定器內藏式螢光燈泡（省電燈泡）

安定器內藏式螢光燈泡能源效率之測試條件及方法應符合「CNS 14125」規範內容要求。

● 緊密型螢光燈管

緊密型螢光燈管能源效率之試驗條件及方法依 CNS14576 規範

- 發光二極體燈泡

發光二極體燈泡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。

- 發光二極體平板燈具

發光二極體平板燈具能源效率試驗條件及方法，依 CNS 16047 規定試驗。配光方面依國際照明委員會標準 70、84 及 121 規定試驗，且曲線量測之測試角度間距在二點五度以下。而可調光/可調整色點平板燈具之試驗條件與方法同 CNS 15630 可調光/可調整色點安定器內藏式 LED 燈泡規定。

- 天井燈

天井燈能源效率及其相關性能之試驗條件與方法如下：

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。

- 辦公室及營業場所燈具

辦公室及營業場所燈具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 2.5° 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。

6. 距高比：試驗方法如附件一。

7. 亮度平均值：試驗方法如附件二。

8. 閃爍：依據 CIE TN 006:2016 試驗。