

目錄

目錄	1
前言	4
第一章 綠色照明潮流下的照明設備趨勢	6
1.1 綠色照明之特色	6
1.2 照明設備之節能趨勢	7
第二章 照明的基本概念	10
2.1 自然光	10
2.2 光的基本特性	11
2.3 光的基本量測	12
2.4 視覺與色彩的基本知識	18
2.5 照明燈具的基本特性	20
第三章 各種常用人工光源介紹	25
3.1 白熾燈泡	25
3.2 石英鹵素燈	26
3.3 螢光燈	28
3.4 緊密型螢光燈 (compact fluorescent lamp)	31
3.5 安定器內藏型螢光燈泡比燈泡省電情形	34

3.6 高強度放電燈 (high intensity discharge lamp, HID)	35
3.7 複金屬燈 (metal halide lamp, MHD).....	37
3.8 高壓鈉氣燈 (high pressure sodium vapor lamp, HPS)	
.....	39
第四章 新型節能照明產品	44
4.1 電子安定器.....	44
4.2 高效率螢光燈.....	48
4.3 T5 系列螢光燈	51
4.4 奈米光觸媒燈管.....	53
4.5 冷陰極燈(CCFL).....	54
4.6 發光二極體(LED).....	56
4.7 陶瓷複金屬放電燈.....	61
4.8 無電極電磁感應燈(Electro-magnetic induction lamp)	66
第五章 照明節能產品選購原則與維護管理	71
5.1 光源的選用準則.....	71
5.2 選擇照明燈具的考量.....	76
5.3 照明設備的維護保養與汰換.....	77
5.4 合理照明系統之經濟選擇.....	80
第六章 照明設備之能源效率規範	81

6.1 美國建築照明之節能規範概要.....	81
6.2 日本採用之照明能源消費係數(CEC/L).....	83
6.3 新加坡單位面積照明用電密度 (unit power density, UPD)	85
6.4 台灣綠建築之照明系統節能評估法.....	86
6.5 我國之燈管環保標章規格標準及節能標章能源效率基準	87
第七章 各類型建築照明選用及設計原則.....	89
7.1 商業展示空間照明選用及設計原則.....	89
7.2 辦公室空間照明選用及設計原則.....	96
7.3 學校空間照明選用及設計原則.....	102
7.4 家居照明選用及設計原則.....	108
第八章 結語.....	116
編後語.....	118

前言

台灣地區天然資源蘊藏貧乏，99 %能源仰賴進口。政府面對地球氣候暖化，善盡地球村公民的責任，於全國能源會議結論提出加強推動節約能源及提高能源使用效率，具體抑低溫室氣體排放量的行動方案。台灣地區環境特殊，四面環海，溫室效應造成環境的衝擊，尤其是海平面上升對本島之影響，尤值得我們關切。

現代照明技術無論在光源與設備上皆有重大的進步，照明改善投資少、回收快，且效果顯著。故無論新舊大樓或工廠業者，都值得立即針對照明用電及品質提昇加以重視；並開始著手評估改善工程，必可節省照明電費 5~30% 不等的效益。而照明產業若能整合一系列各類型照明新產品，配合輔導來教育國人及消費者，由家庭、公司做起，推廣至全國全面擴大照明節能，將可全面降低國內照明耗電，並提昇日常生活環境照明品質。藉由製造商提供節能產品，並鼓勵消費者以新省能產品取代傳統設備，可達到節約能源之效果及保護環境之最終目的。

財團法人台灣綠色生產力基金會（以下簡稱本會）受經濟部能源局委託，進行現場節能輔導時，了解國內工商各行業能源管理者及業者急需「照明節能產品應用手冊」新世代光源、技術與選購及保養的參考資料。

照明隨著近代科技進步，在光源、燈具、控制、設計上已大幅提升效率，加上節能管理指標與政策訂定，擴大節能改善空間。如綠色環保光源 T-5 & T-8 三波長燈管、省電燈泡、陶瓷複金屬燈、LED 燈等，都可取代白熾燈及鹵素燈，節能達 50% 以上。本會乃委請國內此系統設備推廣上有專精的專家學者，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，彙編成此一技術手

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

第一章 綠色照明潮流下的照明設備趨勢

美國環境保護署(Environmental Protection Agency, EPA) 於 1991 年 1 月首先提出「綠色照明」(Green Lights)及「綠色照明工程」(Green Lights Programs)的概念，目標為減少能源消耗、改善照明品質、提高視覺照度目標和透過提升光源演色性來達到更舒適的優質光環境。今日「綠色照明」被定義為：通過科學的照明設計，採用效率高、壽命長、性能穩定且又安全的照明電器產品（包含電光源、燈用電器附件、燈具、配線器材，以及調光控制和調控光器件），以創造一個環保、高效、舒適、人性化、安全、經濟的現代化照明。

歐盟於 2003 年發佈綠色法規 WEEE 和 RoHS 指令(簡稱綠色雙指令)，WEEE 指令主要為了防止廢電子及電器設備中的有害物質污染環境，並促進廢電子及電器產品的再使用、回收以減少環境中的廢棄物；RoHS 指令在限制電子及電器設備中使用有害物質，並促進廢電子電器設備的回收及處理以合乎環境要求，照明燈具同樣也被列入應該管制的項目。

1.1 綠色照明之特色

綠色照明是 90 年代初國際上對採用節約電能、保護環境的照明系統的形象性說法。實施綠色照明計畫旨在發展和推廣高效率照明，逐步取代傳統的低效率照明，節約照明用電，建立高品質高效率、經濟舒適、安全可靠、有益環境，藉以改善與提升人們生活品質、提高工作效率、保護身心健康的照明光環境，以滿足經濟發展、生活水準提昇，減少環境污染。

1991 年兼顧環保與節能的綠色照明設計觀念提出之後，全球各重要照明學術研討會、展覽會，焦點均集中在新節能技術的引進，結合電子安定器與光源體的高效能照明設備，提高發光效率及使用光源

的使用壽命，並朝高演色性的光源發展更是一致的共識；改進燈具的設計來兼顧整體空間配光，兼顧眩光防制的優良辦公室照明設備也成為世界照明工程主流；而燈光控制、天然採光與節能觀念的配合則已進入建築設計與電子微電腦控制的整體照明系統規劃中。

台灣落實綠色照明採用效率高、壽命長、安全、性能穩定的照明電器產品就成為台灣必然要發展的方向，其方式主要包括有：

1. 採用高效節能的電光源(節能標章光源)
2. 採用高效節能照明燈具(節能標章燈具)
3. 採用高效節能的燈電器附件(電子安定器)
4. 採用各種照明節能的控制設備或器件
5. 樹立並落實全民綠色照明理念認知

1.2 照明設備之節能趨勢

在節能減碳成為全球正視焦點與努力發展方向下，各行業的照明省能改善提案內容也陸續推出，在多年結合學術界及產業界進行照明省能改善方向的研究及推廣有許多策略及成效，經證實可獲得省能及改善照明品質效益，其中可自行優先檢討照明品質升級改善的重點項目為：

1. 照度合理化檢討並適度減光。
2. 日光燈採用電子式安定器。
3. 採用省電燈泡取代白熾燈泡。
4. 採用高效率三波長日光燈。
5. 採用新型高效率 T8/T5 三波長燈管 + 電子式安定器之 OA 燈具。
6. 採用高效率照明燈具。

7. 優先採用取得節能標章的高效率光源、燈具。
8. 採用自動點滅器及時間控制器。
9. 定期清洗更換燈罩。
10. 電梯照明及通風扇控制。
11. 走道部份採用跳盞點燈。
12. 利用自然採光。

以上這些省能改善項目，都是產品及技術性成熟的項目，照明改善，投資少、回收快，尤其在改善優質光環境、提升生活品質更是無可取代的效益。藉由製造商提供節能產品，並鼓勵消費者以新省能產品取代傳統設備，達到節約能源之效果及保護環境應該是全民應加以重視並落實的無悔方向。

照明用電屬於無季節性差別的用電，故檢討照明節能新技術及合理照明工程規劃，在兼顧照明品質之下，有效降低能源需求，應是符合節約能源的趨勢及方向。照明工程應該自設計與建之始，即有長遠的整體規劃；如果是既有大樓的照明改善，則也應朝向兼顧照明與節能的綠色照明時代趨勢。在世界性的能源危機之後，對照明設計重新檢討的影響，北美照明學會(IESNA)照明設計手冊中之照度建議值，在不降低照明品質的要求下，而適度調低了照度建議值，減少能源的浪費與開始高效率燈具的研發來進行節約能源。彙整北美照明學會與日本照明學會的研究成果及照明節能的建議，大致上共推薦了七種照明節能方法與策略如下：

- (1) **符合工作要求的照度水準**：依工作場所與作業需求之不同，訂定適合其工作的照度水準，所有空間維持一定的平均照度要求，並且力求配光的均勻，而要求高照度的場所，可儘量採用局部照明。

- (2) **使用高效率的光源**：使用整體燈具效率高的照明新設備，例如包括安定器的能源耗損在內的螢光燈和其他放電燈，其發光效率比白熾燈效率高，壽命長；LED 產品也將逐漸進入室內外的生活環境應用。傳統光源中，消耗電功率較高的光源其發光效率也較高，特別是採用發光效率高且具有均勻配光曲線的照明燈具，可使照明器具間的安裝距離拉大，避免有照度分佈不良的情況。
- (3) **照明器具的選擇**：應當採用器具效率高、清掃和更換燈管容易的照明器具。採用設計不合理的照明器具和使用方法不當，是造成不舒服眩光的原因。
- (4) **天然光的利用**：天然光線之高演色性與明亮的優點仍是人工光源難以取代的，因此設置大小適當的窗戶可兼顧居住者和工作者的精神和生理上必需的採光、通風與節能。
- (5) **對照明環境的考慮**：不論是天然光或人工光源，室內牆壁可以採用明亮系列的顏色來裝飾，以增加反射光，提高室內照度水準，而且照明品質也因反射而呈現較佳的感覺。
- (6) **有效的配線設計**：適當的配線及自動開關設計可配合天然採光而適度關掉靠窗邊燈具或並用自動調光。近年來調光型電子安定器配合適當的光感應接收器，已可自動控制室內照度水準；而街燈、庭院燈則可採用自動開關器和定時開關。
- (7) **易於維護管理的設計**：由於光源和照明器的污染，使光通降低，這是造成能源浪費的原因。因而換下壽命到期、光通量降低的光源是重要的事。設計時，應採用維護管理容易的照明方式、照明器具和光源，將可減少維修的人力工作，間接也是發揮節能的效果。

第二章 照明的基本概念

本章主要介紹攸關照明節能技術中常見、而與照明工程較為息息相關的專有名詞及計算單位，其定義與影響應先有概念性的認知與了解，才能有效掌握照明設計之重點，進而設計安裝高品質之照明光環境，並有助於能源用戶與照明廠商間正確相互溝通彼此需求，而順利進行節能改善。

2.1 自然光

如果我們試著提升一個物體的溫度，它將開始釋放熱射線能量(紅外)，在更高的能量與溫度，它將開始發射人眼所會查知的光。光以一定波長和頻率的電磁波形式傳送放射能量，因此光是電磁波的一種物理現象與輻射能，宇宙間隨時充斥各種不同頻率與波長的輻射能，這些輻射能傳播的速度均相同，大約為每秒**300,000**公里。當光穿透眼睛時，被轉換成為神經的刺激並產生可看到之感覺。在整個目前為人類所認識與測量得之寬廣頻譜範圍內，能夠為人的肉眼所感應而產生視覺效果的可見光範圍非常狹窄，僅為波長介於**380奈米**(紫色光)(1奈米 nano-meter = 10^{-9} 米)至**760奈米**(紅色光)的電磁波，在此可見光的範圍內，眼睛對於不同波長的感覺敏銳程度也有所差別，其中以波長**550奈米**的黃綠光，對眼睛的感受最為明亮而深刻，如圖2.1所示。

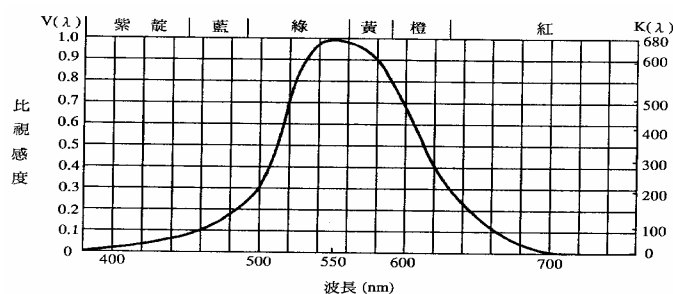


圖 2.1 人眼視覺感度(比視感度曲線)與波長的關係

2.2 光的基本特性

光波不過是光源發出的電磁波中很小一部分，人的眼只能接收從 380nm~780nm 的可見光波，人眼接收這種光波，就發生視覺，收到 760nm 左右波長的光波，就發生紅色的視覺，波長短些為橙色，由此而黃、綠、藍綠、藍，到波長最短的光波就生紫色的視覺，波長、振幅與頻率等參數關係如圖 2.2 所示。倘使各種波長都有，面分佈的方式和太陽的輻射相似就生白色的視覺。

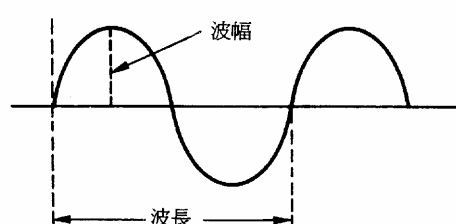


圖 2.2 波長、振幅與頻率的關係

頻率 (frequency)係指在單位時間內完成振動(或振盪)的次數或週數。通常用符號 f 表示，等於週期 T 的倒數，即 $f=1/T$ ，單位為赫茲[Hz]。各種電磁波的頻率範圍如圖 2.3 所示。

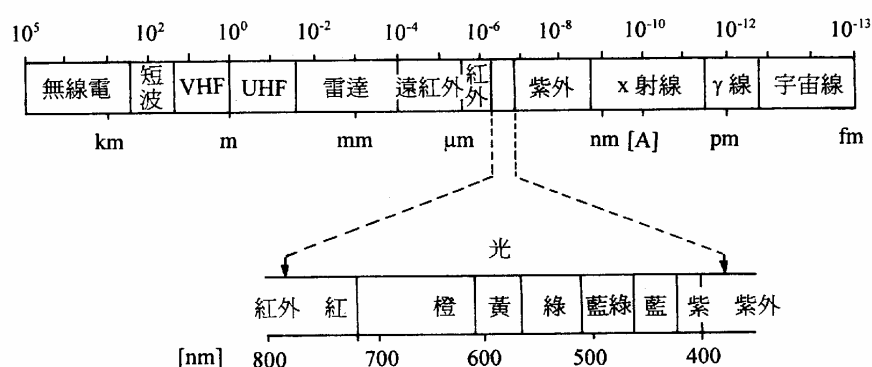


圖 2.3 各種電磁波的頻率範圍

表 2.1 電磁輻射與光波之波長範圍

電磁輻射種類	波 長 範 圍	
無線電波	0.1m 以上	
紅外線	780nm 以上	
可見光	紅	640~780nm
	橙	590~640nm
	黃	550~590nm
	綠	492~550nm
	藍	430~492nm
紫	380~430nm	
紫外線	10nm 以上，380nm 以下	
X 線	0.005nm 以上，100nm 以下	
<i>g</i> 線	0.0005nm 以上，0.1nm 以下	
宇宙線	比 <i>g</i> 線更短	

電磁輻射與光波之波長範圍如表 2.1，敘述分別如下：不可見光 (**invisible radiation**) 為電磁輻射中波長小於 380nm 的電磁輻射包括紫外線、*x* 射線、*r* 射線、宇宙線；波長大於 780nm 的電磁輻射有紅外線、無線電波等等。它們與光的性質相同，均為電磁輻射的一種，只是由於波長不在可視範圍內，故人眼是看不見的，所以稱之為不可見光。

至於波長在 380 nm 以下的部分稱為紫外線 (**ultraviolet radiation, UV**)，太陽輻射中之紫外線會被臭氧吸收，其波長 280nm 以下部分則無法到達地上。紫外線依其波長分為各種波長帶，波長 315~400 nm 部分稱為近紫外線，波長 280~315 nm 部分稱為中紫外線，280 nm 以下部分稱為遠紫外線；波長 290~320nm 之紫外線與健康有深切之關係，而稱為健康線。

2.3 光的基本量測

對光環境的各種特性，進行數值化的量測稱為測光(**photometry**)，其中最常使用者為照度、輝度及光強等。

(1) **光強度 (luminous intensity)** 又稱為發光強度、光度或光強，點光源在某方向的光強，符號為 I ，單位是坎德拉[cd]。定義為光源在這一方向上立體角內發射的光通量與該立體角之商，光強常用於說明光源和照明燈具發出的光通量在空間各方向或在選定方向上的分布密度。1 坎德拉等於 1 流明每球面度。光度單位燭光的大小是根據某溫度的黑體光度來定義，該溫度的黑體當作測光一次標準器使用，任意光源的光度的大小，只依照與此標準器的直接或間接比較測定而求得。如此未知的測光量按照與測光量已知的一次標準器，或與由此誘導數值的二次標準器比較來求，現在的測光技術能作十分精密的測定，以往皆使用此種方法。測光時使用眼睛比較時，稱為視感測光，使用物理性的受光器比較時，稱為物理測光，明視覺效應與暗視覺效應影響眼睛所見的有效能量如圖 2.4 所示。

(2) **光通量** 眼睛對光線感覺多寡的尺度並作為計測光線能量的專有名詞稱為光通量 (**luminous flux**)，亦稱為光束，是按照國際約定的人眼視覺特性評價的輻射通量。光通量的單位是流明，符號為 lm。如 $P_l(W/nm)$ 為輻射的分光功率分布，則光通量 F 為分光功率分布曲線 P_l 與標準比視感度曲線 $V(l)$ 相乘的曲線 $P_l V(l)$ 與 x 軸間所圍面積。關連物理量的能量[W]與感覺量光通量[lm]的比例常數 $K_m[lm/W]$ 為最大視感度。如給 K_m 之值，光通量單位流明的大小明確確定。就任意的輻射通量，欲知其光通量的值，直接測定積分值 或測定輻射束的分光分布曲線 P_l ，數值積分就可以。而輻射通量使用 W 的單位。現在一般使用的 K_m 之值，約 680lm/W。

$$\Phi = K_m \int_0^{\infty} P(l) V(\lambda) d\lambda \quad (2.1)$$

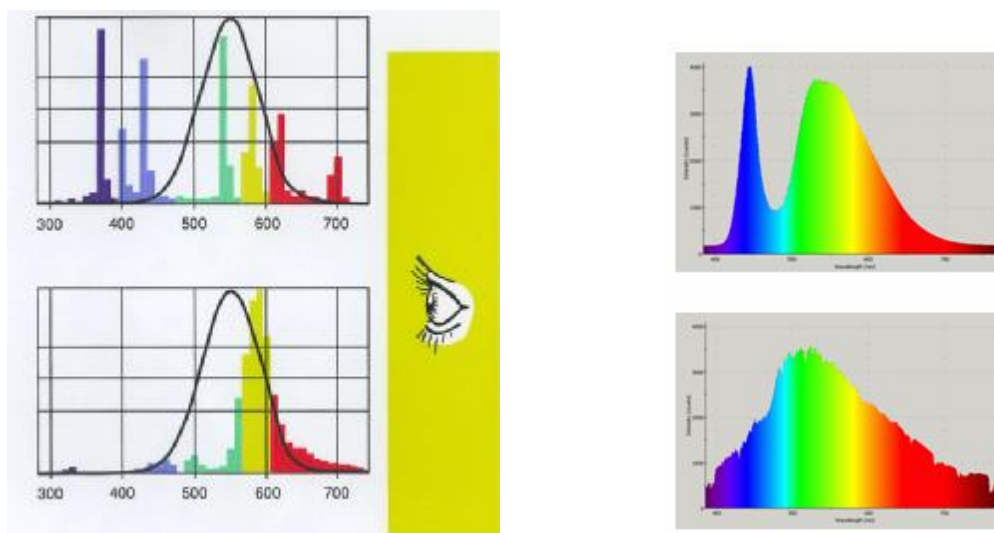
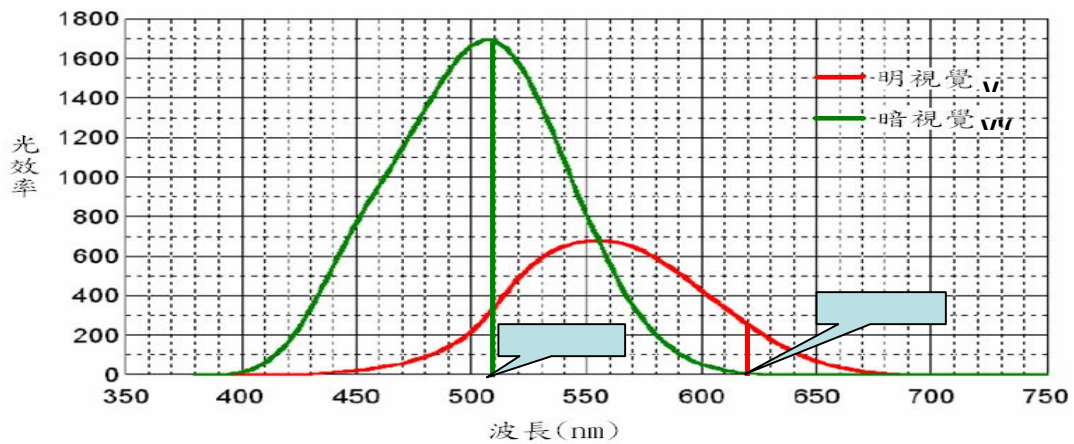


圖 2.4 明視覺效應與暗視覺效應影響眼睛所見的有效能量

光通量在國際單位制和我國規定的計量單位中，它是一個導出單位。1 流明是發光強度為 1 坎德拉的均勻點光源在 1 球面度立體角內發出的光通量。在照明工程中，光通量是說明光源發光能力的基本量。例如，一只 40 瓦白熾燈發射的光通量為 470 lm；一只 40

瓦螢光燈發射的光通量約為 2800 lm，比白熾燈多 6 倍多。

(3) **流明 (lumen ; lm)**：光通量的單位。均勻發光強度的 1 燭光(坎德拉)的點光源，在單位立體角內所發射的光通量為 1 流明；或者所有距此光源均為單位距離處的單位面積上所接受的光通量為 1 流明。

光源所發散之輻射通量按波長測定時，下列(2.2)式之積分值乃光源所發散之光之全量，而稱為光源所發散之全光通量(**total flux**) (F_0)，如下式所示：

$$F_0 = 680 \int_{l=380}^{780} V_l P_l dl \quad [\text{lm}] \quad (2.2)$$

式中， P_l ：波長 l 之輻射通量；

V_l ：比視感度係數。

(4) **輝度 (luminance)**：光源或受照物體反射的光線進入眼睛，在視網膜上成像，使我們能夠識別它的形狀和明暗。視覺上的明暗知覺取決於進入眼睛的光通量在視網膜物像上的密度—物像的照度。這說明，確定物體的明暗要考慮兩個因素：• 物體(光源或受照體)在指定方向上的投影面積——這決定物像的大小；• 物體在該方向上的光強—這決定物像上的光通量密度。根據這兩個條件，我們可以建立一個新的測光量—輝度，如圖 2.5 所示。

輝度是一單位表面在某一方向上的光強密度。它等於該方向上的光強與此面在這個方向上的投影面積之商，以符號 L 表示。輝度的單位在照明應用工程中是非常的繁多，但其法定單位是坎德拉每平方米 [cd/m^2]。例如，太陽的亮度達 $2 \times 10^9 \text{ cd}/\text{m}^2$ ，白熾燈的亮度約為 $(3 \sim 5) \times 10^6 \text{ cd}/\text{m}^2$ ，普通螢光燈的亮度只有 $(6 \sim 8) \times 10^3 \text{ cd}/\text{m}^2$ 。

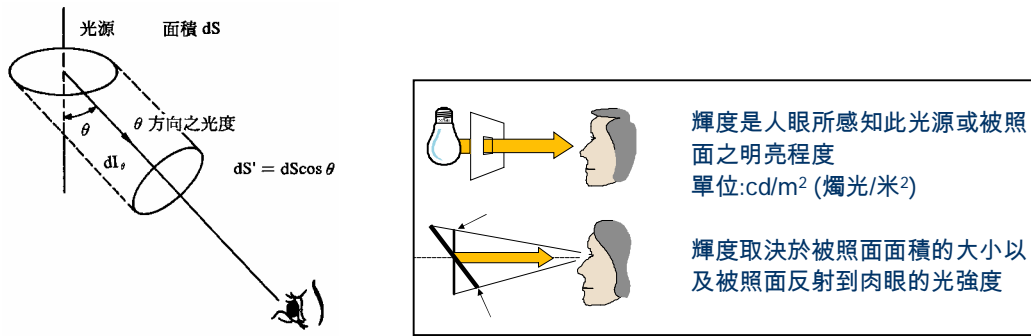


圖 2.5 眼睛視覺與輝度的關係

(5)照度 (illuminance)：照度是受照射平面上接受的光通量的面密度，符號為 E 。若照射到表面一圓面的光通量為 dF ，該面圓的面積為 dA ，則該點被照面之照度 E 為，

$$E = \frac{dF}{dA} \quad [\text{lux}]. \quad (2.3)$$

照度的單位是勒克斯，符號 lux。1 勒克斯等於 1 流明的光通量均勻分布在 1 平方米表面上所產生的照度，即 $1 \text{ lux} = 1 \text{ lm/m}^2$ 。勒克斯是一個較小的單位，例如，夏季中午日光下，地平面上照度可達 10^5 lux ；在裝有 40 瓦白熾燈的書寫台燈下看書，桌面照度平均為 200~300 lux；月光下的照度只有幾個 lux。照度的英制單位是英尺燭光，符號為 f_c 。目前只有美國等極少數的國家還沿用英制單位，英尺燭光又稱為英尺坎德拉，為照度之單位，指距離一燭光之光源一呎，其面上之照度。

$$1 f_c = 1 \text{ lm/ft}^2 = 10.764 \text{ lux}。 \quad (2.4)$$

照度平方反比定律 (inverse-square law)：光強 I [cd] 的均勻點光源置於半徑 R [m] 的球中心時，球面上所有點的照度 E 為，

$$E = \frac{F}{A} = \frac{4\pi I}{4\pi R^2} = \frac{I}{R^2} \quad [\text{lux}] \quad (2.5)$$

即球面上的照度比例光源的光強，而與距離的平方成反比例。同樣一個的點光源，某方向的光強如為 I [cd]時，對 R [m]距離的光方向，垂直面上的照度為，此稱為照度平方反比定律，為有關照明基本定律之一。

$$E_n = \frac{I}{R^2} \quad [\text{lux}] \quad (2.6)$$

而為了測量被照面上的光亮程度即照度，常採用照度計 (illuminance meter)，照度計一般可分為馬克倍斯(Macbeth)照度計、簡易照度計、光電池照度計、光電元素數位照度計等，其中光環境測量常用的物理測光儀器是光電池照度計，如圖 2.6 所示，其電流計經校正後直接以照度為其刻度。普通照度的測定範圍為 0~300 lux，但加灰色濾光板後可提高其測定範圍，誤差為 $\pm 10\%$ 。但光電池的初期效果以及受經年變化等之影響，應常常與標準照度計校正以期準確，因通常以白熾電球校正，故在照度測定時，如光源係他種光源者，測定結果應乘預先查得的係數，光電池如加特殊濾光板，而使其光系感度接近人的肉眼感覺時，其誤差可大為改善至百分之一以內。

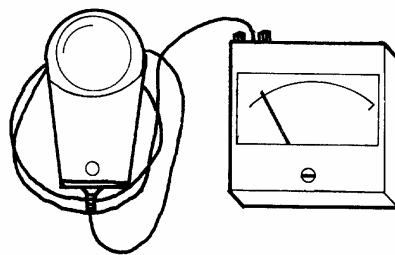


圖 2.6 光電池照度計

光學計算上所需要的參數稱為光學參數，照明工程學上有關光學參數及其單位之關係如圖 2.7 所示。光源照射到物體的光亮程度為照

度；眼睛感受到光源直接的明亮程度是輝度，光源在不同方向的光輻射能量稱為光度，光束光能量會在物體上因透過率、反射率、吸收率及物體表面的材質呈現不同的亮度，稱為亮度(物體表面)；這也影響到光源所發出的能量並未能全部在物體上呈現照亮效果，有些能量在燈具內就因折射、反射及被材料吸收，造成有效光輻射能量降低；再加上被照物體條件，則有效能量就更低了。

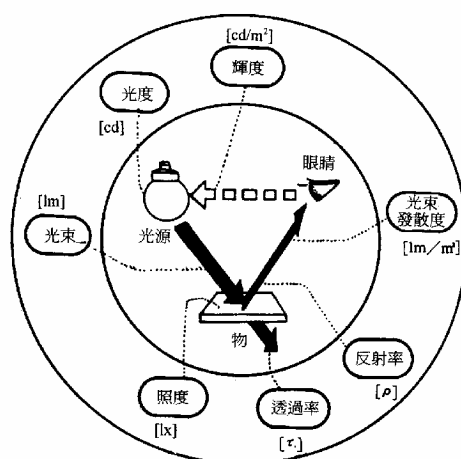


圖 2.7 測光量單位關係

2.4 視覺與色彩的基本知識

宇宙中的物體，能自行發光的稱為光源。如太陽、流星、或物體撞擊產生的火花等都是屬於自然光源。然而人類的照明活動，不是完全靠自然光源供給。因此，夜間或特殊場所就必須大量地使用人工光源，如蠟燭、燈泡、螢光燈、水銀燈、霓虹燈等人工光源所發出的光線，又稱人工光源。

這些光源發出的光之顏色稱為光源色，如太陽光、燈泡、螢光燈等光源色，在感覺上似乎都是相同的白色光，但如果仔細觀察，即可發現燈泡的光有偏黃的感覺，螢光燈的光有偏青白的感覺，而不同於

太陽光。而霓虹燈的光，則是光源本身即有特定的顏色，投射在物體上即呈現明顯的色彩，一般做為裝飾之用。

人們經常認為太陽光是無色的或是單純的白色，西元 1666 年，英國物理學家牛頓(Isaac Newton, 1642~1727)，發現白光(太陽光)並不是人們所認為最單純的光線，而白光分解出來的色光，才是不可再行分解的單色光線。

因光波之刺激而產生之一種視覺現象。依化學、物理、生理及心理之觀點各具不同之定義，基本上是人眼辨別不同波長光波的一種視覺特性。一般將顏色大致分為有彩色及無彩色兩類，另依色相、彩度及明度等三屬性作為顏色之表示方法。顏色來自於光波長的不同，可見光包括的不同波長如表 2.2 所示。

表 2.2 光波的顏色與波長範圍

顏色	波長[nm]	範圍[nm]
紅	700	640~780
橙	620	600~640
黃	580	550~600
綠	510	480~550
藍	470	450~480
紫	420	400~450

太陽光在早晨給人的感覺是乾淨清爽，中午時則刺眼明亮，到了傍晚則呈現昏黃偏紅的感覺。人工照明也利用不同的發光原理而生產出各種不同光色之燈泡或燈管，照明學上以光源所發出的光線顏色與黑體在某一絕對溫度下輻射出來的光線顏色相同時，便以黑體當時之溫度稱為光源之色溫度(**color temperature**)，而以絕對溫度 **K(Kelvin)** 來表示。例如白熾電燈泡的色溫為**2700 K**，給人的感覺是溫暖；而中午時刻北邊晴朗的天光接近**6500 K**，明亮而開朗；因此適當選用不同

色溫度之光源，在房間表現出來之感受均不同。居家照明夏天不妨裝上**6500 K**的光源；冬天換上**2800-4000 K**的光源，創造舒適的生活空間。而學校教室照明人力不足，以採用**4500-6000 K**的日光燈管為宜。

光源對於被照物顏色所呈現之效果稱為演色性（**color rendering**），也就是物體在燈光下的顏色與在太陽光線下作比較，物體顏色的逼真程度。另一種定義法為物體其色彩與陰天晝光下所看見之色彩相同程度，稱為該光源之演色性，演色性越高，色彩越逼真。但太陽光一天之中時時刻刻顏色效果均在改變，於是以太白熾燈泡作比較基準，稱為100 % 相對演色性評價係數（**Ra**），評價係數越高，光源的表現效果越逼近自然顏色。我們晚上到夜市看水果攤，常看到鮮綠的番石榴與鮮豔紅潤的大蘋果，但買回家後之感受完全不一樣，就是販賣業者以高演色性之燈泡加強視覺效果以刺激消費者之購買慾，達到行銷目地，因此居家或教室以採用高演色性之燈泡或燈管為宜。

2.5 照明燈具的基本特性

照明的目的為以能舒適地看清楚視對象，提高工作效率為優先。如事務所、辦公室、學校、工廠、交通及住宅之工作活動部份與裝飾照明等均以明視為良好照明條件，其條件與要求如表2.3所示。

光源發光後，其輸出光線向四面八方投射出去，照射到被照面上，產生視覺效果，因此人們就可看清楚周圍事物，故要清楚辨識環境的首要條件就是被照面上應有充份的照度。但是向上投光至天空或天花板上之光通量或光輸出能量，並未能在桌面上產生閱讀所需之視覺效果。即使在室內，吊燈投光至天花板後再反射到桌面，也會因增

表 2.3 良好照明之要點

項目	明視照明	氣氛照明
1.照度	經濟許可範圍內儘量以高照度為準	照度視需要而定，不一定要高照度
2.均齊度	儘可能要求均齊度	照度著重要點配置，顯著處照度要高，周圍較為暗
3.眩光度	儘可能減至最小程度(含直射光源及反射光源)	視場所而定，必要時利用適度之眩光以達成氣氛要求
4.方向性	手部不造成陰影之情況下，作適當之擴散光配置	強調立體感，必要時須要求強烈之方向性
5.光質及光色	與晝光儘可能相近，並要求不產生紫外線及熱線	配合室內裝修及裝璜材料，選擇適當光色之光源。室內反射光及合成之色感須能充分表現出來
6.燈具之型式及配置	燈具之設計應單純化，視覺上應求明快舒適，並須滿足2,3,4項之要求	考慮2,3,4項要求，選擇間接、半間接、直接之照明方式。以配合改變室內之高度及寬度之感覺
7.效率及經濟性	以經濟性高效率燈具為主	配合實際狀況，以氣氛要求優先並配合經濟性要求
8.點滅及調光	居於經濟觀點而言，須能簡易操作開關控制點滅	為配合氣氛效果變化，須能充分操作點滅及調光功能

加距離而大幅減低照度。為提高光源投射到視覺主要目標的有效光輸出，增加照度並減少可能之眩光刺激，就需要靠燈具的設計來配合了。

燈具的主要功能有：

- (1). 視場所的功能與用途，有效的利用光能，使光的分佈合理。
- (2). 防止或限制眩光，保護視力。
- (3). 提高光源輸出的利用率，取得節能效益。
- (4). 外表美觀，能美化環境，創造人工照明光效的環境需求。
- (5). 保證使用安全，防止發生事故，如防火、防爆。
- (6). 保護光源，免致受損，且能防濕、防潮、防水等。

照明燈具是控制光源發出的光輸出方向，並對光通量再分配到主要照明環境的裝置，它包括光源、電源連接的照明用部件與燈具本體，照明燈具簡稱為燈具，它能改變光源光通量的空間分佈或光譜分佈。要獲得舒適的人工光效環境，就必須適度調整光源輸出光的投射方向，因此採用適當的燈具乃照明設計成功的重要因素。

光源對各方向之光度分布，依光源種類、形狀、構造等大有不同。光源安裝在照明燈具時依燈具之形狀等，其光度之分布情形更為複雜。各光源或照明燈具在空間內之光度分布狀態，即某一方向之光通量所發散之程度稱為配光或光分布。國際上對於照明器具的分類主要是藉配光曲線(luminous intensity distribution)來分類。

照明燈具的投光分佈特性一般用其周圍空間的光強度分佈，將其配光以曲線表示者稱為配光曲線如圖2.8。配光曲線分為水平及垂直面配光曲線兩種。燈具的配光曲線是表示燈具的發光強度在空間分佈狀況，所以又稱光強度分佈曲線。大部份燈具的形狀是以它的軸線而構成對稱旋轉體，所以它們的發光強度在空間分佈也是和軸線對稱的。因此，只需通過燈具軸線的一個截面上的配光曲線，就能說明該

燈具發光強度在空間分佈的狀況，這種配光稱為對稱配光，如圖2.8所示。也有一些燈具的形狀是不對稱的，而需透過燈具軸線的幾個截面上來測量配光曲線，才能說明該燈具的發光強度在空間的分佈狀況，這種配光稱為非對稱配光。配光曲線上的每一點，表示燈具在該方向上的發光強度。因此，知道燈具對稱計算點的投射角 α ，便可查到相對應的發光強度 I_{α} 。為便於比較，配光曲線都是假定光源的光通量為 **1000 lm** 來量化繪製的。實際光源發出的光通量不是 **1000 lm** 時，在配光曲線上查出的發光強度應加以修正，即乘以實際光源發出得光通量與 **1000** 之比。然後，再利用距離平方反比定律，即可求出點光源在計算點上所形成的照度。

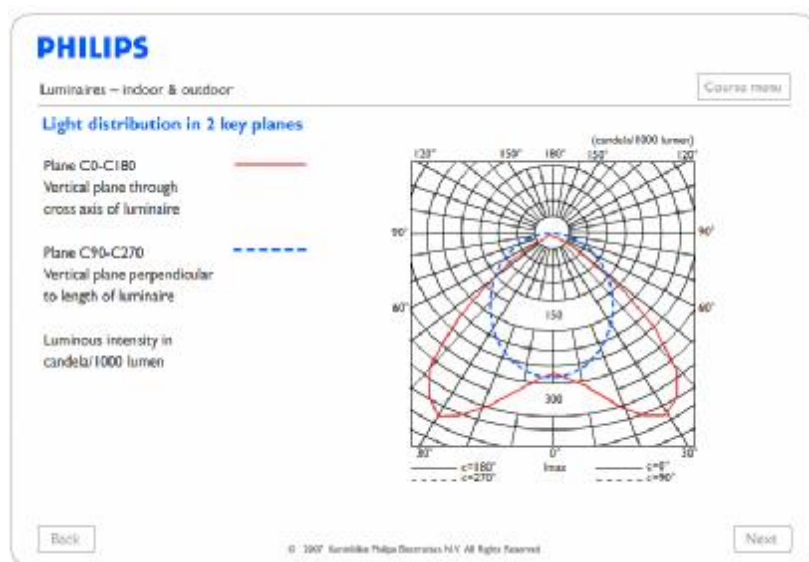


圖 2.8 燈具的配光曲線

根據國際分類，燈具依其投光及燈具本體反射板設計，其產生之照明效果迥異，照明器具之配光方式可依其向上光通量與向下光通量的百分比，區分為五種如圖 2.9 所示：

- (1) 直接照明，向下光束佔 **90~100%**，向上光通量佔 **0~10%**。
- (2) 半直接照明，向下光束佔 **60~90%**，向上光通量佔 **10~40%**。

(3) 全般擴散照明，向上光通量占40~60%，向下光通量占10~40%。

(4) 半間接照明，向下光束佔10~40%；向上光束佔60~90%。

(5) 間接照明，直接向下光束佔0~10%；向上光束佔90~100%。

照明器具的發光效率是照明燈具輸出的光通量 f 與光源輸出光通量 f_s 之比，一般照明燈具的材料有冷軋壓鋼板、鋁板、黃銅板、玻璃、合成樹脂及其它材料，因此為提高照明燈具效率，應選用材質反射率較高而吸收率較低的材料。

配	國際分類	直接照明	半直接照明		全般擴散照明		半間接照明		間接照明			
	向上光束	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	向下光束	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
光	配光曲線											
實例	電燈泡及水銀燈器具											
	日光燈器具											

圖2.9 室內燈具的分類依光能量分佈的比例而定

第三章 各種常用人工光源介紹

凡可發出光線照耀周圍環境供人們辨識之物質均可稱之光源，天然光源如太陽光、月球反光、燃燒火光、雷電光、螢火蟲之螢光等，均屬之。而人工光源主要有燃燒燈如瓦斯、蠟燭等，與電燈兩大類，電燈依發光原理之不同可粗分為電熱發光之白熾燈、放電燈管如日光燈及水銀燈類、弧光放電之弧光燈如探照燈等，再利用各種不同設計與添加物而生產出各類照明光源供人類應用。

3.1 白熾燈泡

白熾燈泡為一玻璃球內抽真空後，充填氬氣和氮氣以抑制燈絲之蒸發，為最早成熟的電光源，構造簡單，利用物體受熱發光的原理，通上電流加熱燈絲，溫度高達攝氏 2700 度而發出光與熱。

白熾燈別稱為鎢絲燈(示意圖如圖 3.1)，或俗稱燈泡。白熾燈為最早成熟的人工電力光源，構造簡單，利用物體受熱發光的原理發光，與以相同原理發光的鹵素燈合稱熱光燈。處於點燈狀態中的燈絲溫度可達 2700⁰C，其外殼亦是處於高溫，故遇到急驟冷卻如沾水等狀況，燈殼便會破裂。

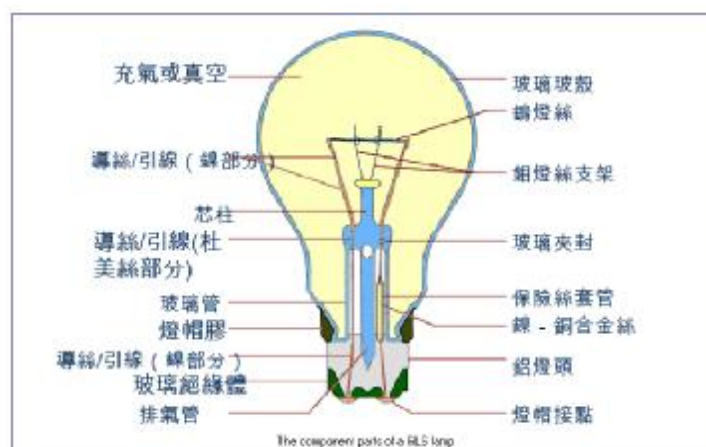


圖 3.1 一般照明用燈泡的構造

白熾燈發光效率隨著光源的瓦數提高而增加，構造簡單，不需要複雜的設備就能調光，且由於是點光源，配光亦是相當容易。雖然壽命不長，僅約 1000 小時，但光衰現象不明顯。色溫度低，可使人有溫暖的感覺，且演色性佳(Ra=100)，對於營造氣氛頗有幫助，此乃因為其光譜的波長分布為連續且多分布於長波的紅色光部分，對於暖色系的顏色有較好的展現。

白熾燈泡之優點包括：演色性佳、立即起動、安裝及使用容易、價格便宜、可連續調光、光束衰減少、不受環境溫度影響等；但因為發光效率低，且熱量形成冷氣負載，故美國能源政策法案(Energy Policy Act, EPACT) 於 1995 年 10 月 31 日以後就開始執行停售低光效的鎢絲燈泡。

台灣地區由能源局推動之 585 白熾燈泡落日計劃，預計在 2012 年前完成，儘管某些鎢絲燈被限制使用，仍可由現有其它光效符合規定的光源加以取代：

- (1)普通鎢絲燈泡(A lamps)以螺旋型燈頭的安定器內藏型螢光燈泡(CFL)或精緻型螢光燈(SL 或 PL-E)取代。
- (2)PAR 型鎢絲燈以 PAR 型鹵素燈取代。

3.2 石英鹵素燈

即在鎢絲燈管內封入惰性氣體及微量碘、溴等鹵素物質(如圖 3.2 所示)。本類型燈泡之發光效率較高，如 100W 之燈泡其效率可達 18.0(lm/W)，使用壽命為一般燈泡之兩倍，可達 2000 小時。如唯鹵素燈種在調暗的情況下無法達到鹵鎢循環的必要溫度，易生黑化現象，故須至少每周開至全亮數小時以利鹵鎢作用清潔燈壁。



圖 3.2 石英鹵素燈泡

石英鹵素燈又稱為鹵鎢燈，是由耐高溫的石英管、鎢絲、鉬箔、燈帽及內部的高壓氬氣與微量的溴或碘等鹵素所構成(如圖 3.3 所示)。其中鉬箔用以擔任導入線之功能。燈帽係採用耐高溫(250⁰C)之黏著劑，此與一般電燈泡不同。而雙燈頭之長形管只宜水平點燈。石英鹵素燈內部有微量的鹵素氣體，藉著鹵素循環作用，減輕燈泡的光束衰減和壽命末期的黑化現象，並保持初期的發光效率。

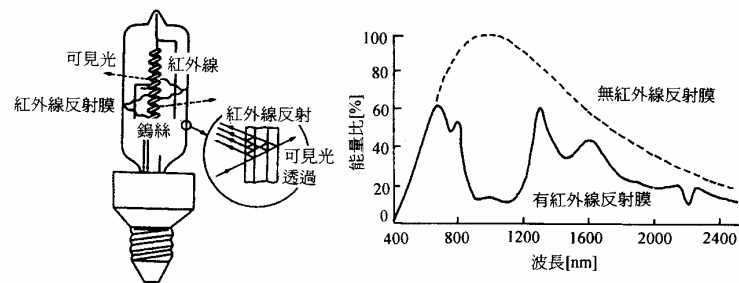


圖 3.3 附帶紅外線反射膜之鹵素燈泡及其分光分布

石英鹵素燈泡的優點有：

1. 壽命長，相當於一般白熾燈泡的 2~3 倍。
2. 發光效率高，超過 20 lm / W 比一般白熾燈泡更省電。
3. 體積只有同瓦數白熾燈泡的 1 / 200，配光設計容易。
4. 光束衰減小，壽命終了時光輸出仍高達初光束之 90 % 。
5. 採用石英玻璃製成，有極強的耐熱衝擊性。

石英鹵素燈泡使用時注意事項：

1. 安裝石英鹵素燈泡時，請將電源關掉，並利用塑膠套保護燈泡玻殼清潔，不要用手觸摸，如不慎觸摸，請用酒精擦拭乾淨。
2. 石英鹵素燈泡使用耐高溫的石英玻璃製成，如沾到手或油污，將使石英玻璃失去光澤，變成白濁色而減低光度，縮短壽命，甚至玻殼破裂。
3. 石英鹵素燈泡點燈時，封口處的溫度不可超過 350 度，否則會縮短鹵素燈泡的壽命，故鹵素燈具通風散熱必須良好。
4. 石英鹵素燈泡點燈時，避免冷氣直接吹向燈泡。
5. 石英鹵素燈泡點燈中，避免受到衝擊或震動。
6. 石英鹵素燈泡點燈中或剛熄燈後，因燈泡溫度仍然很高，絕對不可用手去觸摸。

3.3 螢光燈

螢光燈之發光原理是利用管內低壓水銀蒸氣之放電，發出紫外線，以激發管壁上之螢光物質而發出可見光之照明器具。由於螢光燈的發光效率高，較白熾燈省電，而且在螢光燈下不會有灼熱感，故為非常優良之照明光源。

螢光燈亦即俗稱的日光燈，其燈管通常含鈉或鉛製成的玻璃管，兩端電極為鎢絲塗上電子放射物質(鋇、鋇、鈣等氧化物)，管壁塗有螢光體以作為發光材料及決定光色，管內封入少量水銀使之成為低壓蒸氣(1 Pa = 0.008 Torr)作為放電主體(如圖 3.4)。另外加入氬氣(3~400 Pa)以利放電。(註：1 Torr = 1 mmHg = 133.3pa)

當兩端電極通電後所產生的放射電子，衝擊到低壓水銀蒸氣，即發出波長僅為 253.7 nm 之紫外線，此一紫外線即激發管壁上之螢光

物質而產生可見光(400~700 nm)。燈管之構造一般為細長管狀，如圖 3.4 所示。管內壁漆塗螢光物質，兩端封入電極。電極一般以鎢線圈塗佈放射物質之熱電極為主；特殊者亦有採用鋼或鎳製成之陰冷極。

螢光燈的基本構件為一玻璃管，根據瓦數與設計的不同而有不同的管徑與長度；管壁內塗佈粉狀螢光，管內抽真空並填充低壓水銀蒸氣與少量惰性氣體；燈管兩端各有一電極，以燈頭封住並連接電力迴路，燈頭型式亦依迴路類型而定；迴路上須包含一個安定器，輔助管理與規範螢光燈的操作。

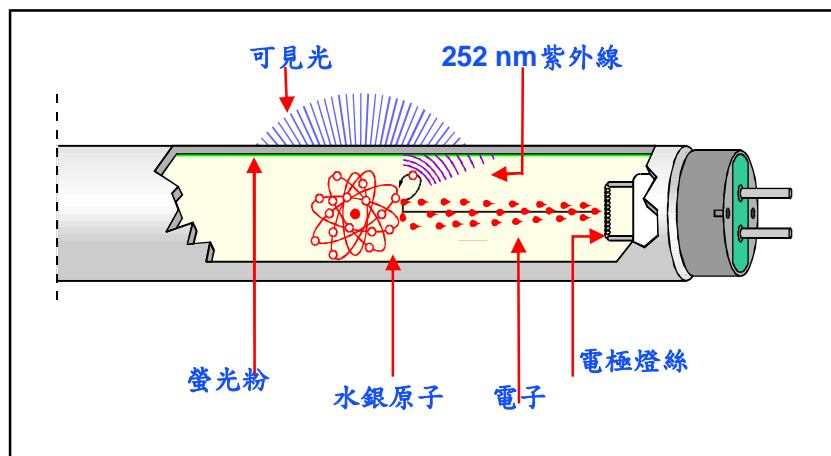


圖 3.4 螢光燈之構造

螢光燈一般適用於住宅(房間)、辦公室、商店之全面照明。螢光燈之效率，當周圍溫度在 $15\sim 25^{\circ}\text{C}$ 時，可提高水銀蒸氣壓力，增加紫外線，故發光效率最高，其壽命為 10000 小時。通常白色螢光燈之效率高於晝光色螢光燈。螢光燈每瓦光束輸出約在 50~60 lm 左右。

螢光燈的光屬擴散性，適合寬廣的空間照明，較不易產生刺眼之眩光，不易產生陰影。螢光燈的優點包括：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、形體優美等。現今已有多種光色可供選擇，更有接近太陽光色能呈現自然顏色之三

波長域螢光燈管的問市。高溫度及塵埃之場所，對於瞬間起動式日光燈有不良影響。

將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，就形成**高頻螢光燈燈管**，適用電子安定器，且不易黑化及長壽命。T8 燈管使用高頻電子式安定器，節能效果更高使消耗瓦數(包括安定器損失)再降低為 16W、32W、50W。操作電流亦降低光效可達 104 lm/W，高頻燈管特性比較表如表 3.1。

通常普通的寬帶螢光燈的演色性和發光效率是互相牽制的，為得到優良的演色性就要降低發光效率，高發光效率燈的顏色質量就差些。而於 1974 年研製成功的三基色窄帶螢光燈亦是所謂之**三波長型螢光燈**，突破了這種制約，是一種發光效率與顏色質量俱優的節能新光源，發光效率達 90 lm/W，演色性指數也在 85 以上。新型螢光燈用的窄譜帶螢光粉是用活性鋁酸鹽和稀土元素製造的，在理想的三基色波長：橙紅(611nm)、綠(543nm)、藍(450nm)附近有很窄的峰值輻射帶。這種螢光粉將紫外線轉換成可見光的效率高，能經受更高的紫外線強度，所以三基色螢光燈比標準螢光燈管徑(38mm)減少 1/3，為 26mm。同時，消耗功率也減少 10%，但輸出光通量不變。現在，歐美、日各國已經大量生產這種新型螢光燈來替換原有的標準螢光燈，雖然燈的成本稍高，但節電效果好，演色質量有顯著改善。

三波長陽光燈管是採用最高效率稀土螢光體，並集中了對人類肉眼色覺識別能力最佳的(光的三原色) 藍色(452nm)、綠色(543nm)、紅色(611nm)三個狹窄光譜組合起來的一種效率既高、演色性(Ra > 85)又佳的白光色，它具有物品的顏色顯得更鮮艷、真實，發的光效率又高，明亮感也增高的威力。三波長型螢光燈適合各種場合來使用。例如，辦公室、商店、學校、醫院、高級住宅、飯店、照相攝影、百貨公司、銀行等，一般燈管與三波長陽光色燈管比較表如表 3.2。

- (1).使用三波長(陽光色)燈管,其亮度較一般燈管高，達到 120%，
使用環境若不夠亮，改用三波長即可提高亮度。
- (2).使用三波長燈管演色性較高，人的氣色會較好看。

表 3.1 高頻燈管特性比較

種類	項目	燈管尺寸 (mm)		燈管 功率 (W)	燈管 電壓 (V)	燈管 電流 (mA)	初光束(Lm)		效率(Lm/W)		壽命 (Hrs)	燈帽
		管徑	管長				DEX	WEX	DEX	WEX		
FHF 18 (T9)		29.0	580	18	59	350	1400	1500	77.8	83.3	8000	G13
FHF 38 (T9)		29.0	1198	38	108	415	3400	3650	89.5	96.0	10000	G13
FHF 32 (T8)		25.5	1198	32	140	270	3000	3200	94.0	100.0	12000	G13
FHF 45 (T8)		25.5	1198	45	110	425	4230	4500	94.0	100.0	12000	G13
FL 14 (T5)		17.0	549	14	86	165	1100	1200	89.0	96.0	15000	G5
FL 28 (T5)		17.0	1149	28	170	170	2400	2600	96.0	104.0	15000	G5

註：DEX 三波長域晝光色 (色溫 6500K)

WEX 三波長域白色 (色溫 4000K)

表 3.2 一般燈管與三波長陽光色燈管比較

品種 項目	一般燈管 FL20D/18	一般燈管 FL40D/38	三波長燈管 FL40DEX/38
消耗電力	18W	38W	38W
光通量(lm)	1130	2750(100%)	3300 (120%)
效率	62.8	72.4	86.8
色溫度	6200K	6200K	6200K
演色性	74	74	85

3.4 緊密型螢光燈 (compact fluorescent lamp)

緊密型螢光燈最大的特色正如其名所指，體型緊湊小巧，7W 及

9W 燈長度僅 18cm。1980 首先推出 PL 燈種，故現今通稱為 PL 螢光燈。最早旨在家用以節約能源，並提供較長的使用壽命。緊密型螢光燈應用雙塗層三波長螢光，演色優良，有多種尺寸及光色種類，廣受設計界歡迎，因而提供廠商開發較大尺寸 PL 燈的商機。

緊密型螢光燈為螢光燈的種類，亦稱作“單口型螢光燈”。基本的發光原理與螢光燈相同，也是一種低壓水銀放電燈，在燈管的兩端各有一個密封電極，管內充填水銀蒸氣，與少量氬氣用以幫助點燈，管壁內側塗布一層螢光粉；點燈時燈管兩側電極加上電壓而放電，使氣體中的水銀蒸氣受到激發放出的紫外線，此紫外線再激發螢光粉而發光。

緊密型為八十年代初期才出現於市面。與一般螢光燈相比，緊密型螢光燈的管徑較小，且為了有效縮小體積燈管折成 U 型，最早的形式僅有一折，現在最多到達三折(如圖 3.5 所示)。緊密型螢光燈的技術關鍵在於燈管彎折發生的問題，由於彎曲時可能會導致燈管內的電子流不順暢，因此克服此一問題之後便可增加燈管的折數，達到小型化，但其會提高燈管的輝度。

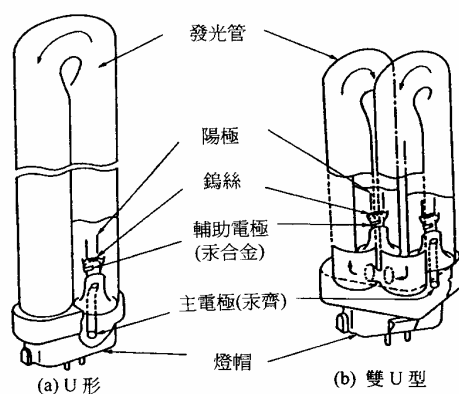


圖 3.5 緊密型螢光燈管之構造

緊密型螢光燈發展時，三波長螢光粉技術已經成熟，所以一般而言其演色性都較好，且色溫度較多樣，發光效率直追三波長螢光燈。

由於光通量高，體積較螢光燈小，因此配光時比長管狀的傳統型螢光燈有利。

緊密型螢光燈由 2~4 支燈管(T4~T6)平行並列或彎折成 U 形，長度依瓦數及構造而定瓦數有 5~55W 光通量範圍在 250~4800lm 預熱起動型使用單一燈頭燈頭形狀主要為雙針型並包含起動器四針型燈頭適用於電子式安定器快速起動亦可調光安定器。平均演色指數 81~85 緊密型螢光燈燈種有小型與大型之分；大型(18W 以上)壽命 8000 小時，小型 5000 小時，尺寸愈小光效愈低。

將安定器內藏與螢光燈結合在一起就成為**安定器內藏型螢光燈泡(compact self-ballasted fluorescent lamp)**俗稱省電燈泡，因為與普通燈泡(白熾燈)的發光原理不同，在相同的光通量輸出時，用電量只有普通燈泡的 1/3 左右而得名。

安定器內藏型螢光燈泡依外形來分，可分為球形燈泡螢光燈及圓筒形燈泡螢光燈兩種，外形如圖 3.6 所示，而其中球形燈泡螢光燈又依其發光管之不同，可分為雙 U 形及發光管分離形。安定器內藏式螢光燈泡特別設計和傳統燈泡相同可直接替換的 E27 燈帽，是消費者最廣泛使用的商品。

依 2010 年 1 月 1 日生效之「安定器內藏式螢光燈泡能源效率基準」，外型區分有罩及無罩兩種。市售樣式有球型、螺旋型、2U、3U 等，其中以螺旋型麗晶燈最暢銷。其主要優點：

- (1). 電費省 80%，壽命長 5 倍。
- (2). 20W 電子麗晶燈 = 100W 白熾燈泡亮度。
- (3). 重量輕僅 120~135 g 是一般省電燈泡的 1/4 倍。
- (4). 發光效率高，是一般省電燈泡的 2.5 倍。
- (5). 演色性佳，光衰低，光色柔美不閃爍。
- (6). 造型新穎美觀，亮度足，適合家庭美術燈具及一般賣場，辦

公室輔助照明之嵌燈使用。



圖 3.6 安定器內藏型螢光燈泡

3.5 安定器內藏型螢光燈泡比燈泡省電情形

一個 16W 省電燈泡，其發出全光束在 700 Lm 以上，相當於一個 60W 傳統白熾燈泡之全光束。所以省電燈泡消耗電力祇需傳統白熾燈泡的 1/4 消耗電力，即可發出與傳統白熾燈泡相同之光束，故省電可達 3/4。

經濟效益：(一度電以 3.3 元計算)

(1).60 W 傳統白熾燈泡點燈 6000 hr 所消耗電力為：

$60\text{ W} \times 6000\text{ hr} \div 1000\text{ W} = 360\text{ kW-hr} = 360\text{ 度}$ ，而 60W 傳統白熾燈泡每個壽命只 1200 hr 左右，點燈 6000 hr 需用 5 個傳統白熾燈泡。

(2).16 W 省電燈泡點燈 6000 hr 所消耗電力為：

$16\text{ W} \times 6000\text{ hr} \div 1000\text{ W} = 96\text{ kW-hr} = 96\text{ 度}$

16 W 省電燈泡點燈壽命在 6000 hr 以上。

使用每粒省電燈泡可省電為：

$$(360 \text{ 度} \times 3.3 \text{ 元/度} - 96 \text{ 度} \times 3.3 \text{ 元/度}) + (13 \text{ 元} \times 5 \text{ 個} - 250 \text{ 元} \times 1 \text{ 個}) \\ = (\text{白熾燈泡電費} - \text{省電燈泡電費}) + (5 \text{ 個白熾燈泡費用} - 1 \text{ 個} \\ \text{省電燈泡費用}) = 686 \text{ 元}$$

2. 安定器內藏型螢光燈泡之優點

- n 點燈壽命更持久，6000 小時以上。
- n 亮度高，發出全光束高。
- n 光線柔和不刺眼。
- n 更省電。
- n 外型輕巧美觀。
- n 不閃爍、保護眼睛。

3. 使用安定器內藏型螢光燈泡應注意以下幾點：

- ü 不可使用裝有調光開關的燈具。
- ü 電源電壓要穩定，且應與燈泡的標稱額定電壓相符。
- ü 更換省電燈泡時，應避免手握燈管，並注意斷電後再更換。
- ü 不適用在開、關頻繁的場所。
- ü 不要使用在高溫及較潮濕的地方。
- ü 密閉且散熱不良的燈具不適合安裝。

3.6 高強度放電燈 (high intensity discharge lamp, HID)

HID 燈為高壓水銀燈、高壓螢光水銀燈、複金屬燈、高壓鈉氣燈、氙氣燈等高輝度放電燈具之總稱。HID 燈之特徵為發光管單位面積之電力密度在 $3\text{W}/\text{cm}^2$ 以上之放電燈，每燈之總光通量較大，且因發光部接近於點光源，最適於高天花板及屋外等須高效率照明使用，HID 燈之特性及用途如表 3.3 所示。

HID 光源的共同特性包括：起動與再起動耗時較久；輻射能量

光譜組成包括由金屬發出的線性或帶狀光譜，以及螢光塗層發出的少量連續光譜，演色性普遍介於不良到中等之間。

目前複金屬燈及高壓鈉燈已開發出演色較優良的燈種；一般為雙泡殼型，即包含一小型發光內管(弧光管)，再以外泡包覆於中央，外泡材質可過濾部份內管產生的紫外線；單泡殼型，因其紫外線輻射特性，主要用於複印或其它光化學用途，亦用於夜間景觀或建築立面照明。

表 3.3 HID 燈之特性及用途

光源種類	光通量 [lm]	發光效率 [lm/W]	色溫度 [K]	平均演色性指數[Ra]	壽命 [h]	用途
高壓水銀燈 400W	20,500	51	5,800	23	12,000	公園、廣場、庭園燈。
高壓日光水銀燈 400W	22,000	55	4,100	44	12,000	道路、廣場、高天花板工廠、商店街。
複金屬燈 400W	30,500	76	5,000	65	12,000	廣場、體育館、高天花板工廠、商店街。
高演色複金屬燈 400W	19,000	48	5,000	92	6,000	美術館、門廳、高天花板工廠、體育館。
高壓鈉氣燈 400W	50,000	125	2,100	28	12,000	道路、廣場、高天花板工廠。
氙氣燈 400W (標準白色光源)	13,000	27	5,900	94	5,000	色彩鑑定、攝影用。

高壓水銀燈泡(mercury vapor lamp, MV)即汞燈，也是所謂汞氣弧燈，係利用水銀蒸汽中之放電現象的電氣發光。常溫下之水銀蒸氣壓非常低，故為使其容易起動，而一旦開始放電後水銀將漸漸蒸發而其壓力漸昇，其弧光將集中在管中心，即管電壓、輝度、效率等亦提高。水銀蒸氣壓影響其分光功率分布的狀況，即 0.01 mmHg 低壓水銀燈時，紫外線以 254nm 最強。蒸氣壓在 1 氣壓即高壓水銀燈時，可見光波在 356~577nm 增加甚多，而紫外線則迅速減少至幾乎消失

殆盡。水銀蒸氣壓 20 氣壓以上，即在超高壓水銀燈時，光系全面的擴展部份連續起來，一般而言，水銀蒸氣壓與電流密度愈高光色將愈呈白色。由於高壓水銀燈的演色性差而且發光效率也不佳，已被列入漸減產的名單，未來將由複金屬燈、高壓鈉燈與 LED 取代。

3.7 複金屬燈 (metal halide lamp, MHD)

複金屬燈亦稱為金屬鹵化物燈，是高壓水銀燈添加鹵化金屬，依用途變換為適合之光能分布，使用於一般照明用外，可利用為複寫用，光化學用，植物育成用，漁業用等光源。

實際應用上多半選擇鹵化金屬中，在可見光譜中發光效率較高者。燈之動作中，鹵化金屬之一部分或全部蒸發依賴放電中溫度之解離，結合平衡，在約 6000 K 弧中心部，大約全部解離為金屬原子與鹵原子，以持有金屬原子之發光，分子之發光與在稍離開中心之低溫部份放射出來。

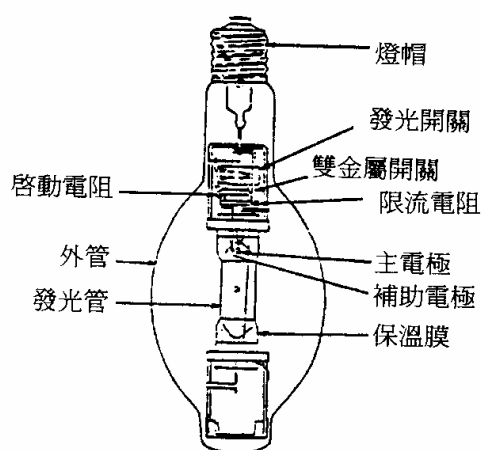


圖 3.7 複金屬燈之構造

圖 3.7 為一般照明用複金屬燈構造之一例，發光管為石英玻璃，兩端為純鎢或滲入之鎢製棒，以鎢製線圈紮成之電極。因動作溫度高

之關係，設計比高壓水銀燈小型，並在電極周邊之石英外壁設有氧化物之保護膜，管內封入水銀外，鹵化金屬與啟動用瓦斯。

外泡玻璃種類有清玻璃、螢光塗層及鋁反射塗層。清光型可提供較大的光輸出量，適用於具有控光設計的燈具；螢光型的燈泡可提供較均勻的亮度及較暖的光色，所塑造的光影效果亦較柔和；應用鋁反射塗層可製成 R 及 PAR 燈，提供投射照明光源的新選擇。

複金屬水銀燈係由硬質外管、石英玻璃發光管、主電極、起動電阻補助電極及支架所構成。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之光譜而發光。及至低溫之管壁時，金屬再與鹵化物結合而成金屬鹵化物，這就是複金屬水銀燈最大之特點金屬鹵化物循環機理之利用以改善演色性。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。

複金屬水銀燈之優點：

1. 壽命長：在相同的流明下，一個複金屬燈相當於 45 個白熾燈的壽命。
2. 光色自然：標準的複金屬燈發出白色光，其色溫從 3200K 到 4000K 演色性從 65 到 70。
3. 效率高：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。
4. 小型化：複金屬燈弧光放電管長小於 1 英吋，其所產生之光束相當於 84 英吋長高輸出型螢光燈所發出之光束。
5. 多樣化：複金屬燈瓦特數從 32W~2,000W，光束從 2,000~210,000

lumens 寬廣的範圍，包含所有室內、室外各種場所均能適用。

複金屬水銀燈的分類

1.水銀燈安定器型複金屬水銀燈光源內附啟動器

為了使具有較高起動電壓的複金屬水銀燈，能夠順利起動而可靠的工作，日本系統複金屬水銀燈泡，內部附有起動裝置，所以僅搭配水銀燈安定器就能使用；所以舊有之水銀燈具，若要改善演色性及效率，換上日本系統複金屬水銀燈泡就能輕易達成目的。

2.專用安定器型複金屬水銀燈泡

起動複金屬水銀燈泡必須使用較高的電源電壓（例如 380V）或採用一些特殊起動裝置，例如安定器二次無負荷電壓比水銀燈高，在安定器中設置產生高壓脈衝裝置，採用雙金屬片或半導體起動器等，作為複金屬水銀燈泡的高壓起動器。製成複金屬水銀燈專用安定器，搭配歐美規格複金屬水銀燈。

複金屬水銀燈泡適用場所：

- (1). 賣場、百貨公司、辦公大樓、商業空間之基本與重點照明。
- (2). 展覽館、體育館、室內外運動場、植物栽培、戶外投光照明。
- (3). 公園綠地、廣場、建築景觀照明、工廠、停車場、遊樂區。

3.8 高壓鈉氣燈 (high pressure sodium vapor lamp, HPS)

高壓鈉氣燈之特性為：發光管為鋁陶製品，不受高壓鈉氣(100 mmHg)侵蝕。起動電壓甚高，需藉專用安定器產生數千伏特之脈波電壓來起動。燈光為黃色，屬於連續光譜。一般型高壓鈉氣燈之分光分布。

高壓鈉氣燈平均演色性指數為 $Ra=28$ ，改善後之演色性可達 $Ra=60\sim 85$ 左右。發光效率約在 $100\sim 150\text{ lm/W}$ 之間。色溫度約 2100K 。高壓鈉氣燈之構造如下：硬質玻璃外管多為清光型，管內抽成真空。靠近燈帽處之除氣圈即為壽命週期內之真空補助劑。金屬支架亦兼具導電之功能。發光管由半透明之複結晶氧化鋁所製成。其兩端各有一個放電用電極，並以鈮(Nb)金屬管穿過氧化鋁，自管端引出，管內除了金屬鈉之外還充入水銀與氙氣(Xe)，有時以氙氫混合氣取代氙氣。而脈衝電壓產生器係裝在燈泡內或安定器內。有關高壓鈉氣燈之構造詳如圖 3.8。

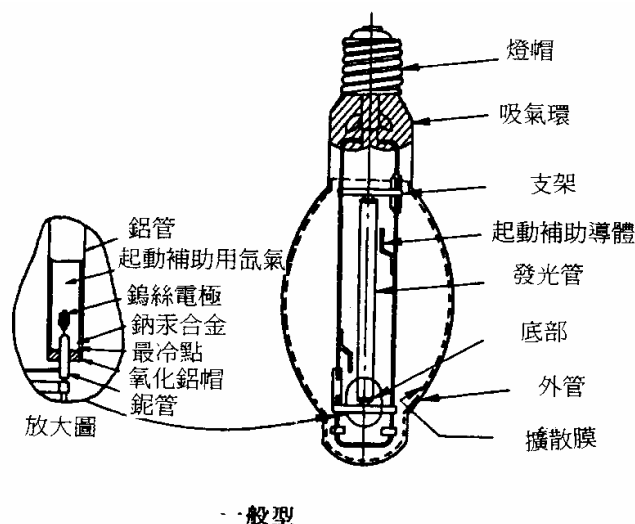


圖 3.8 高壓鈉氣燈之構造

高壓鈉氣燈泡，係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。

電源 ON 時，脈波立刻造成氙氣的游離，發出暗淡的青白色光，而游離的正負粒子以及再結合時所放出的能量很快就造成水銀的放電，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

秒左右金屬鈉就跟著融解、放電、發出單色黃色光，然後鈉蒸氣壓逐漸升高，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 HPS 固有的金白色光，起動時間要比水銀燈快些，且由於發光管的氣壓比水銀燈低，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。

高壓鈉氣燈的優點如下：

- (1). 高光源效率最佳。
- (2). 富於節約能源、經濟效益。
- (3). 具有金黃略帶白色光，光色穩定。
- (4). 安定點燈可靠，壽命長。
- (5). 絕佳的光量維繼性。
- (6). 再點燈起動時間短。
- (7). 高壓鈉氣燈是 HID 放電燈泡中效率最高，以 SON-400W 為例，效率高達 130 lm/W，約有水銀燈 2 倍以上的高效率省電。
- (8). 卓越的性能，以較少燈數可以獲得相同的照明水準，達成節約能源的經濟效益。
- (9). 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，帶來溫暖感覺之照明。
- (10). 採用具有優良耐熱、耐鈉以及透光性之鋁瓷發光管點安定可靠，使其保有絕佳的光束維繼性和長壽命。
- (11). 燈泡內部高真空，約需 2 分鐘短時間，即可達成再起動點燈。

高壓鈉氣燈的分類

目前常用的高壓鈉氣燈有以下三種：

- (1)標準型：演色性差，平均演色指數只有 22，色溫 1900~2100K。
。由於壽命長(24,000 hrs)光效高(125~150 lm/W)，主要用於停車場、街道、建築景觀等戶外照明，以及對演色性較不注重的

工廠與儲藏空間；又因金黃光色對眼睛較為舒適，多用於高速公路。

(2)演色改良型：增加鈉氣氣壓可以增加在光譜紅色區域的輻射，改善演色性，平均演色指數提高至 60~70，色溫 2500K，唯壽命與光效均低於標準型。

(3)白色高壓鈉燈：色溫增加至 2700~2800K，平均演色指數在 70。室內常用瓦數有 35、50、100 W。白色高壓鈉燈光效是白熾燈系光源的 3~4 倍。壽命將近 5 倍，兩者色溫接近，可用以取代原白熾光源的用途。

鈉氣燈泡安裝注意事項：

- (1). 請選用和燈泡相搭配同品類適當的安定器點燈。
- (2). 燈泡外邊使用的點燈起動器，必須合乎規格要求。
- (3). 電源之正極 (+) 須經由安定器，接線到燈泡之中央導電片。
- (4). 額定電壓 $\pm 6\%$ 為適用範圍。壓高或過低時，均會導致燈泡早期壽命或不亮。

鈉氣燈泡使用注意事項：

- (1). 安裝或取下燈泡時，必須確認先關閉電源。
- (2). 使用前預防燈泡表面受到刮傷或撞擊。
- (3). 使用中避免燈泡被水濺到或接觸到低溫物體。
- (4). 起動時間-----燈泡於開始起動至完全點亮約需 3 至 8 分鐘。
- (5). 燈泡內部係高真空狀態，處理燈泡廢棄時，務必在容器內處置，避免玻璃碎片飛散受傷。
- (6). 如泡殼破裂，不可以繼續使用，必須立即關閉電源，予以更換。
- (7). 請務必依照注意事項安裝使用，以避免不當的使用，而造成之損害。

高壓鈉氣燈泡適用場所：

- (1). 街道、隧道、高速公路、交流道。
- (2). 機場、公園、工廠、停車場、遊樂區。
- (3). 運動場、植物栽培、戶外投光照明。

第四章 新型節能照明產品

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

4.1 電子安定器

由於自 1940 年代以來，氣體放電燈(如日光燈、水銀燈、鈉氣燈...等)的發光效率遠高於傳統白熾燈，而成為照明界的主力光源，因此用來點燈及穩定電流發光的安定器就成為照明的重要零組件。所謂安定器乃是一種由電機電子零件所構成的點燈裝置，使用於，其功用為提供一高壓以起動點亮燈管，點燈後再降低電壓而改以提供燈管穩定的工作電流，在台灣稱為使電流安定下來，故稱為安定器；而大陸則因為將電流鎮壓下來而稱為鎮流器。以構成元件來分為以線圈及矽鋼片組成的電感安定器，最便宜經濟也使用最廣泛；另一主力則是以電感、電容、電阻、變壓器及電晶体等電子零件組成的電子安定器

一般傳統矽鋼片低頻率安定器因使用市電 60 Hz 之電源，產生每秒 120 次之閃爍，雖然不一定會為一般成人所感覺，但對於視覺較為敏銳的中小學生而言，卻是不可忽視的不良現象。此外，傳統低頻安定器的鐵損與發光損失大約為燈管額定功率的 25% 左右，形成不經濟的耗電。又因功率數低，以致於配電線路的電流上升，造成電線的

過負荷與損失，對於自主能源短缺的台灣地區而言，頗不適合。

電子安定器是基於長久以來配合日光燈管發光所用傳統安定器之缺失，而運用成熟的電力電子技術，開發適合於螢光燈管特性的照明組件。其主要原理，先將 60 Hz 的市電整流、濾波後，變成為直流，再利用電路學上的振盪原理設計振盪電路，產生超過 30-50 kHz 的高頻交流電源，經穩定電路後供給日光燈管點燈，如果再加上變頻變壓 (VVVF) 設計，則可成為可調光式電子安定器。

電子安定器若以搭配燈管的特性及起動方式來分，可分為(1)預熱起動型：先預熱燈絲一段時間，然後起動點亮燈管；(2)瞬時起動型：電源接通後瞬間起動點亮燈管免用起動器。由於受法規的限制，目前 25W 以下的氣體放電燈的功率因數大致上均在 30%~60%間，屬於低功因安定器；但大瓦數(35W 以上)或安定器非內藏式者，常採功率因數大於 90%設計。以點燈數量來分，則有(1)單燈型：一個安定器點一支燈管；(2)雙燈型：一個安定器點二支燈管；(3)三燈型：一個安定器點三支燈管，及(4)四燈型：一個安定器點四支燈管等，以 40W×2 型燈具傳統式與電子式安定器比較表如表 4.1。

電子安定器主要特點在於減少燈光不穩定的閃爍及節約能源，由於採高頻點燈，輸出光波非常穩定而不易閃爍，且當電源電壓變動或燈管處於低溫時，也不容易閃爍，對保護視力很有幫助。再因高頻點燈技術，變壓器體積及損失大幅減少，比傳統安定器可省電 25% 以上；可聽雜音低；重量輕、外觀體積可變化彈性大；安全性高又兼可調光。目前也都有安全保護設計，包括：

- (1)具過電流保護功能。(電源端加裝保險絲)
- (2)具過溫度保護功能。(主要發熱源加裝復歸式溫度開關)
- (3)具燈管異常檢出抑止保護功能。(當燈管漏氣或壽命末期)

時，安定器自動截止工作，且必須等燈管更換完之後，再開關電源時安定器才能重新工作點燈)，而大樓採用電子式安定器其年節電金額統計表如表 4.2。

表 4.1 以 40W 2 燈 115V 做比較

安定器種類 項目	傳統式安定器 點燈頻率 50~60Hz	電子安定器 點燈頻率 20~60 kHz	省電比
燈管消耗電力 (輸出光束相同)	76W	68W	10%
安定器電力損失	21W	10W	52%
燈具總消耗電力	97W	78W	19.5%
每套燈具節省電力 19W，省電比 19.5%			

註：燈管在高頻中點燈效率可提升 8%~14%

表 4.2 大樓如採用電子安定器其年省電費金額統計表

品 種	消費電力(W)		每年節省金額 (元)
	一般型 安定器	電子式 安定器	
20W 3 燈 220V	75	54	151,767
32W 2 燈	115V	97	209,583
	220V	94	187,902
32W 3 燈	115V	145	289,080
	220V	135	216,810
40W 2 燈	115V	97	137,313
	220V	94	115,632
40W 3 燈	115V	145	216,810
	220V	135	144,540

註：年省電金額是使用 500 台燈具，一年點燈 4380 小時。

每度電費是依一般商業大樓 3.3 元為基準。

電子安定器目前已經是成熟的節能產品(參考圖 4.1)，其通用採購規範應特別注意：

- (1) 採用不可含毒性化學物質的材料。如 PCB
- (2) 電源端總電流諧波失真小於 15%，提高用電品質。

- (3) 無載輸出電壓 50V 以下，換修光源安全。
- (4) 符合 FCC Part 18 具 EMI 防止干擾之功能設計。
- (5) 具燈管異常檢知保護功能，燈管壽命時不閃爍、保護照明。
- (6) 具過電流保險絲保護功能。
- (7) 具過熱溫度保護功能，安全無慮。
- (8) 具並聯點燈功能，一燈不亮時，另一燈點燈正常。
- (9) 功率因數 98 % 以上，提高設備使用率，經濟、省電。
- (10) 燈管電流波高率 1.4 以下，延長燈管使用壽命。
- (11) 燈具內部配線採用防錯型公母端子，施工容易。
- (12) 點燈時間小於 3 秒。
- (13) 燈具點燈噪音 20dB 以下。
- (14) 燈具有雷擊保護迴路設計。
- (15) 防感電保護迴路設計。
- (16) 正常使用保證一年，保固三年(光源除外)。

而在使用上，電子安定器應特別注意下列事項：

- (1) 安裝時燈具與電子安定器都必須確實接地。
- (2) 電子安定器無防水功能，故必須安裝在燈具內，不能使用在多潮濕之場所，以免絕緣不良，造成漏電或短路。
- (3) 適用燈具週溫 10°C ~ 40°C。
- (4) 適用電源電壓為銘板標示之輸入電壓值 $\pm 6\%$ 。
- (5) 必須使用銘板上所指定之燈管，以免燈管提早黑化壽命。
- (6) 在活電作業下，更換燈管還是不亮時，請務必將電源開關關閉 5 秒，讓保護動作復歸後再送電，以確認安定器是否故障，以免造成誤判。

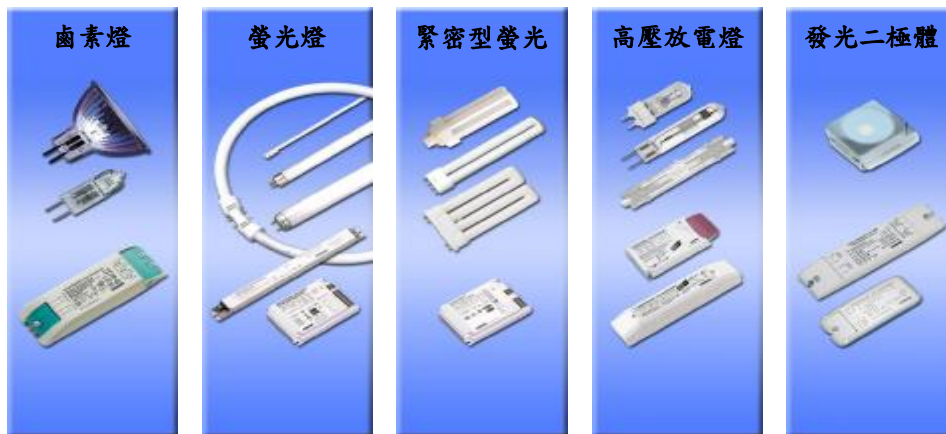


圖4.1 各類型電子安定器

4.2 高效率螢光燈

目前辦公室採用光源方面以直型螢光燈居多，管徑從 T12/38 mm，T10/32 mm，T9/29 mm，T8/25.5 mm，T5/15.5 mm，螢光燈管管徑一路縮小；而光源效率由 60 lm/W 提高到 104 lm/W，節省電力 40%，而燭光燈管外型尺寸之演變如表 4.3。

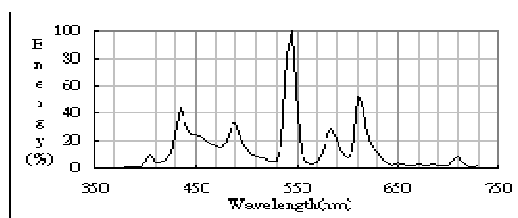
表 4.3 螢光燈管外型尺寸之演變

		T5	T8	T12
燈管直徑				
燈管長度	2 ft	549 mm	590 mm	590 mm
	3 ft	849 mm	895 mm	895 mm
	4 ft	1149 mm	1199 mm	1199 mm

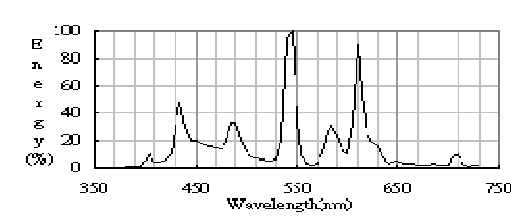
一般型燈管大多採用鹵磷酸鈣螢光粉製造，由於價格相當便宜，所以在國內外銷售量佔燈管類 80%，其缺點發光效率、演色性、壽命、光束維持率均偏低。三波長燈管採用最高效率的稀土類螢光粉，集中

了對人類肉眼色覺識別能力最佳的藍色(435 nm)、綠色(543 nm)、紅色(611nm)三個狹窄光譜組合起來的一種效率既高、演色性又佳的白光色，是業者極力推廣的產品，如圖 4.2。其特點：

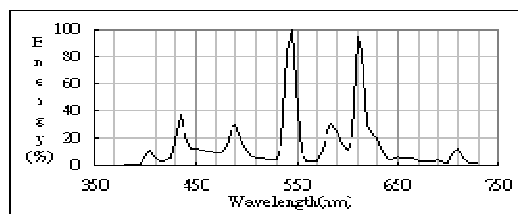
- (1)天然光線：接近太陽光，不傷眼，色調自然，氣氛溫馨。
- (2)高演色性：色澤鮮麗，提高物品之價值感與鮮度感。
- (3)高亮度：比一般型燈管亮度增加 30% 以上。
- (4)效率好：可省電 5% 以上。
- (5)壽命長：平均壽命 10000 小時以上。



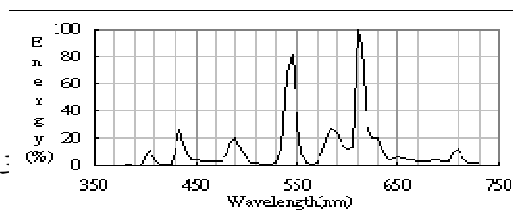
光色有透明、白色、涼爽等感覺的特質
適用於餐廳、嬰兒房、店舖及夏季之照明



能使物體看起來更美、更接近自然光
適用於住宅、店舖、辦公室



具有緩和舒適的光色，更接近自然光
適用於住宅、店舖、旅館、辦公室



與電燈泡同光色，具有暖和舒適的光色
適用於住宅、店舖、旅館及冬季之照明

圖 4.2 各種色溫螢光燈管的頻譜能量分佈

經濟部能源局為推廣高效率螢光燈管，訂定有螢光燈管節能標章能源效率基準如表 4.4 所示。能夠獲得「節能標章」認證的產品絕對是讓消費者買的放心用的安心的產品。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，消耗較少的能源及負

表 4.4 32W 以上之螢光燈管節能標章能源效率基準

燈管類型	效率基準	
	發光效率	演色指數
燈泡色(L-EX ; 2600-3150K) 溫白色(WW-EX ; 3200-3700K) 白色色(W-EX ; 3900-4500K)	≥ 96 lm/W	≥ 80
晝白色(N-EX ; 4600-5400K) 冷白色(CW-EX ; 4600-5400K)	≥ 92 lm/W	≥ 80
晝光色(D-EX ; 5700-7100K)	≥ 90 lm/W	≥ 80

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。採用 T8 高效率燈管具高演色性 Ra85 以上且高頻點燈，光線自然柔和不閃爍、保護視力；與舊型 T9 燈管的效率、壽命、節電等均有大幅性能上的提升，如表 4.5~4.6 所示。

表 4.5 T8/32W 高效率型高頻環保燈管與電子安定器之特點

品 種	傳統安定器	電子安定器	高效率電子安定器
	40W 2 燈	40W 2 燈	32W 2 燈
消耗電力(W)	97	78	68
輸出光束(Lm)	6000	6000	6200
適用燈管	FL40N-EX/38	FHF38NEX	FHF32NEX
省電比	100	119	130

電子安定器 15 年以上使用壽命設計，和傳統安定器相當

表 4.6 T8/45W 高輸出型高頻環保燈管與高輸出型電子安定器

品 種	傳統安定器	電子安定器	高輸出型電子安定器
	40W 3 燈 220V	40W 3 燈 220V	45W 2 燈 220V
消耗電力(W)	135	115	99
輸出光束(Lm)	8400	8400	8460

適用燈管	FL40/38	FHF38	FHF45EX
省電比(%)	100	115	126

T8/45W 高輸出型高頻環保燈管是 2008 年開始由日本大力推廣的螢光燈管，效率並不輸 T5，更重要的是不需更換燈具，其主要適合之使用場所包括：

- (1) 需要高照度之場所：百貨公司、大賣場、年長者之閱讀場所。
- (2) 挑高之場所：燈具按裝高度在四米以上之場所。
- (3) 局部高照度之場所：生產線之品管。
- (4) 配合政府政策使用省能照明器具之場所：任何場所均適用。

4.3 T5 系列螢光燈

1995 年首次展出燈管管徑為 5/8 吋(16 mm)的 T5 超細管徑螢光燈樣品，T5(16mm)燈管較 T8(26mm)直徑減少 40%，光效高達 104 lm/W，其特性對比如表 4.7 所示。由於具有光效高、演色性好、光衰小、壽命長、配合電子安定器點燈無頻閃等的特點，加以燈管所注入的含汞量明顯少於市售的 T8、T12 等螢光管，成為符合節能與環保的綠色光源產品。T5 燈管分為高效率型及高輸出型兩種，高效率型包含 14W、21W、28W、35W；高輸出型包含 24W、39W、49W、54W、80W 等，是目前最節能與最環保的燈管，市場前景廣闊，其特點包括：

- (1) 使用高效率三波長螢光粉，演色性佳。
- (2) 超高發光效率，較低的能源消耗(最高可達 110 lm/W)。
- (3) 燈具厚度減低到 6 公分以下，體積縮小而減少原材料的使用。
- (4) 光源截面積小，光束投射控制性佳，燈具的器具效率更高。
- (5) 若每 3 小時開關一次，使用平均壽命高達 15,000 小時。
- (6) 光輸出穩定，光衰最低，10,000 hrs 之光輸出仍保持在 92%。

- (7) 採固態汞每支約 3 mg，大幅減少廢棄燈管對環境的污染。
- (8) 最高光束輸出之周溫比傳統燈管高 10°C，適合台灣地區。
- (9) 較細支燈管提供光源設計者更大自由之設計空間。
- (10)較細支燈管提供光源設計者更大自由之設計空間。

T5 燈管直徑約小於 T8 及 T12 燈管，電極接腳間距也縮短，燈管長度也略短於 T8 及 T12 燈管(差異表如表 4.7)，也因此 T5 型螢光燈無法直接應用於 T8 及 T12 型原有的燈座及安定器。因此在替換原有燈管時，需將整個燈具替換成 T5 系統，如此一來消費者所需支付的成本也相對較高，原來主要是應用於新的建築物；但近年來則開始廣泛應用於照明節能改善工程中。

表 4.7 T5 和 T8 螢光燈管主要差異點

管徑	燈管電力 (W)	全光束 (lm)	燈管效率 (lm/W)	管長 (mm)	燈腳
T5	14	1,270	90.7	550	G5
	21	1,970	93.8	850	G5
	28	2,720	97.1	1150	G5
	35	3,430	98.0	1450	G5
T8	18	1,450	80.6	580	G13
	30	2,450	81.7	895	G13
	32	3,100	96.9	1198	G13
	58	5,200	89.7	1500	G13

目前 T5 燈管採固態汞合金，每支僅約 3 mg 水銀劑量，約為傳統燈管的 20%，符合歐盟 RoHs 的要求，恒溫狀態下是固態的方式存在，僅有在燈管高電壓激發的狀態下是呈氣態的。只要燈管一破裂，水銀合金一接觸常溫，即呈固態，所以 T5 燈管的水銀污染，事實上是不存在的。加上壽命約為傳統 T9 燈管的 2.5 倍，以比例而言水銀的量僅有傳統燈管的 8 %。目前國內每年市場消耗的燈管約為 8,000

萬支，雖然國內已開始回收處理螢光燈管，但傳統液汞污染分佈範圍廣，使用 T5 的 8 % 水銀用量比傳統燈管改進很多。職是之故，T5 燈管成為替代傳統日光燈管的最有利產品，也是在室內照明應用中最有效的節能及環保產品。表 4.8 為目前常用各種規格螢光燈管的發光效率與壽命的比較。

表 4.8 目前常用螢光燈管的發光效率與壽命比較

燈管	一般燈管	三波長	T5 燈管
發光效率	60 lm/W	85 lm/W	110 lm/W
壽命	6,000 小時	8,000 小時	16,000 小時以上

4.4 奈米光觸媒燈管

光觸媒材料主要為 TiO₂ 銳鈦礦結晶，藉著紫外線照射在光觸媒表面產生電子電洞對，遇空氣及水則產生氫氧自由基(·OH)，可氧化分解有機物，還原無機物，可供作殺菌劑使用；並可分解空氣中有害廢氣臭味達到淨化空氣的目的，亦可分解水中有害溶劑及還原金屬，達到淨化水質之目的。因此光觸媒燈管係在三波長燈管外表鍍上一層二氧化鈦薄膜，利用 400nm 以下波長紫外線照射，使其產生殺菌、除臭、自淨化、親水性等四大功能，已成為 21 世紀居家環境淨化、空氣處理、水處理方面，與生活品質改善不可或缺之產品。

目前利用光觸媒製成燈具應用產品則以殺菌、除臭為主要訴求，氫氧自由基會直接穿透細菌之細胞膜，使細胞質流失，進而將細胞核氧化而殺死葡萄菌、大腸菌、霉菌等細菌。也有利用玻纖布製作套管進行奈米微粒 TiO₂ 鍍膜，結合近紫外線(365nm) 製成光觸媒鍍膜玻纖套管空氣清淨燈，經驗証具有廢氣處理能力及殺菌效果，用於室內環境，可獲得高品質室內空氣品質與照明應用，適用於醫院、學校、

戲院、飯店、辦公等公共場所；並可供一般使用有機溶劑之產業及醫藥、生化、食品、化妝品等產業，進行有機廢氣分解與殺菌之功用；也適合使用於半導體、光電產業。

4.5 冷陰極燈(CCFL)

冷陰極螢光燈管(Cold Cathode Fluorescent Lamp)簡稱 CCFL 如圖 4.3 所示，是在螢光燈內部封入微量的水銀與惰性氣體，當在管子上加高壓時，氣體電離並被電子衝擊而產生 253.7nm 紫外線 (UV)光，UV 光激勵內部磷光粉塗層，產生可見光，屬於低壓水銀放電燈。點燈的穩定時間要 3 至 5 分鐘，於環境溫度 25°C 點燈時，瞬間光輸出為穩定時約 70%，30 秒後可達 90%。由於冷陰極燈管不使用燈絲，故無燈絲燒斷或摔斷問題，因此有非常可靠的使用壽命，在實用範圍內使用時，冷陰極燈管的發光效率最高。冷陰極燈管可製成各種光色，但 LCD 背光所使用的冷陰極燈管，因全彩色的要求，均使用稀土類三基色螢光粉，目前冷陰極燈管是液晶 LCD 顯示器背光和電腦、圖文掃描...等最佳光源。

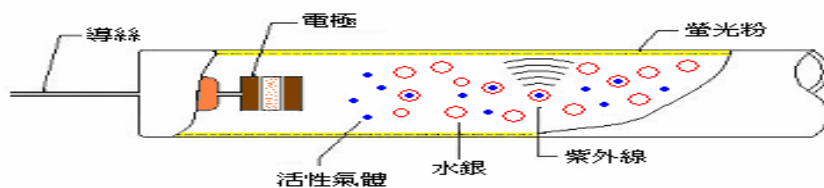


圖 4.3 冷陰極燈管之結構

冷陰極螢光燈管 CCFL 由於小形、輕量化、重量輕，可以引導至燈具的輕薄短小化，而在光學特性上沿續螢光燈管的優異特性，包括：

- (1) 極佳的白光源，光學特性佳，容易調光而變化亮度
- (2) 高效率與低消費電力(電源輸入到燈光輸出)
- (3) 點燈回路簡單，點滅特性佳，可瞬時點燈

- (4) 電氣特性穩定及控制操作容易
- (5) 低發熱量，長壽命可達 50,000~70,000 hrs
- (6) 輝度高，外形容易變更可彎曲成 L 型、U 型、W 型等
- (7) 耐震性、耐衝擊性佳，配線容易；整體系統低成本化

由於冷陰極燈管產品特性差異小、信賴性高、使用高演色性及高發光效率的三波長螢光粉，最適用於彩色液晶 LCD 顯示器的背光系統，例如筆記型電腦、數位照相機、液晶顯示器、平面電視機、手掌式電動玩具...等資訊產品作為背光源；此外冷陰極燈管具有安定的光譜分佈，適用於電腦掃描器及傳真機用 CCD 彩色系統的光源、汽車內計器類儀錶的照明、超薄型燈箱、誘導體、指示燈照明、室內裝飾用照明、條碼機識別光源及其它各種顯示器用光源。

消防出口燈及緊急照明燈具(如圖 4.4 所示)需經常 24 小時點燈，CCFL(冷陰極管)作為消防器材上之指示燈，可瞬間點燈，亮度高、清楚而效果佳，電路採切換電源設計，從 90V-265V 均可共用，具有高穩壓功能，較傳統螢光燈可省電達 66% 以上，而耐用壽命達 50,000 小時以上如表 4.9 所示。而配用鎳氫電池，即使充電 500 次後，尚有 80% 左右的容量，壽命可達到 5 年以上，改善了一般鉛酸電池 2 年必須更換之缺失，幾乎免維修，減少可觀的電費及維修費用。目前冷陰極螢光燈管緊急出口照明燈具高節能、高環保、高壽命、高品質、高信賴、易維護、易施工、美觀耐用、短小輕薄的革命性產品特色；質感美觀，亮度又符合 CNS 與消防法規標準要求，絕對是最佳明智的選擇方案之一。只要 CCFL 能克服長管化之後所帶來的運送安全性及環保問題，仍能有應用的市場及前景。



圖 4.4 緊急出口指示燈

表 4.9 傳統與冷陰極螢光燈管緊急出口照明燈具優劣點比較表

項目	傳統緊急出口照明燈具	新式 CCFL 緊急出口照明燈具
消耗功率	偏高，60W、40W、17W	較低，18W、12W、6.6W
輸入電壓	110V/220V	90V~265 V 共用電子式安定器
燈管壽命	短，3,000hrs~7,000hrs	50,000hrs(亮度衰減 50%)
光源	輝度低	輝度高，可穿透濃煙可視距離長
厚度	5cm~10 cm	2-3 cm
美觀	有待改善	優
施工	施工費高	厚度薄、易施工
維修	一年須更換 1 支燈管	近乎免維修
電池	鉛酸電池 2 年須更換	鎳氫電池壽命 3-5 年以上

4.6 發光二極體(LED)

應用半導體 PN 接合面發光原理製成的 LED 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，當兩端加上正向電壓，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，桔色光、紅色光攜帶的能量最少而呈現白光偏藍的顏色，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 4.5)。

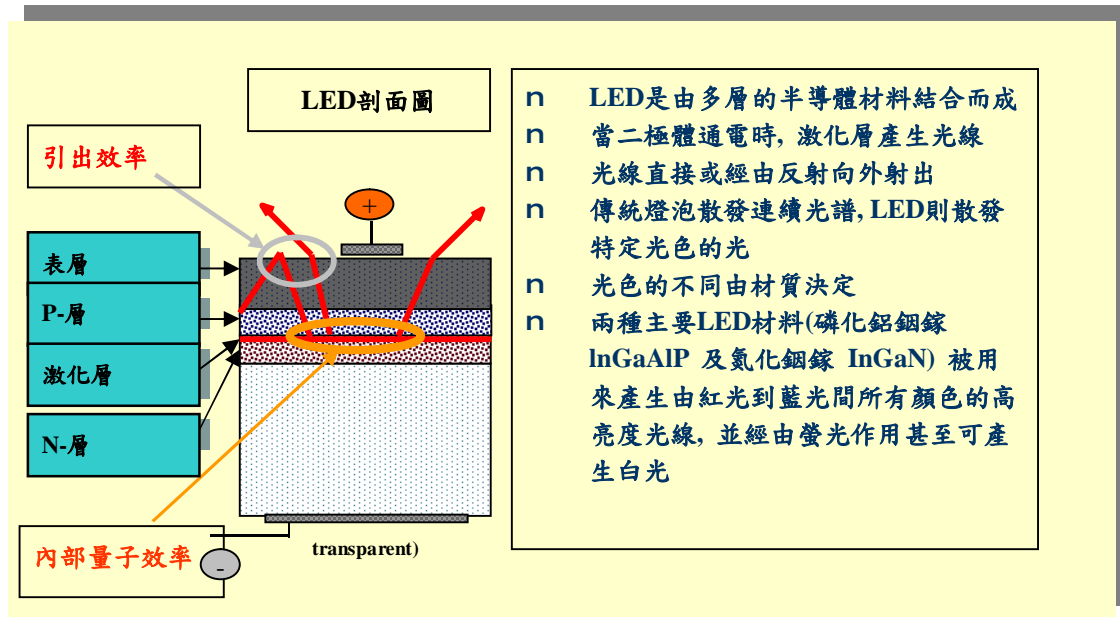


圖 4.5 LED 的發光原理與構造

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

LED 固有的特點如省電、壽命長、耐震動，回應速度快、冷光源等特點，廣泛應用於指示燈、信號燈、顯示幕、景觀照明等領域，在我們的日常生活中處處可見，如家用電器、電話機、儀錶板照明、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。未來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 將有機會取代螢光燈、緊湊型節能螢光燈泡。由於目前價格仍偏高的限制，暫時無法作為通用光源推廣應用。

然而 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，因此發展和推廣高效、節能 LED 照明器具，節約照明用電，可建立一個優質、經濟舒適、安全可靠、有益環境的照明系統。

4.6.1 LED 光源的基本特徵

白熾燈、鹵鎢燈光效只有 12~24 lm/W，螢光燈 50~70 lm/W，鈉燈系列 90~140 lm/W，大部分的用電變成熱量損耗。LED 經過幾十年的技術改良，而市售之發光效率已達(80~110 lm/W)，實驗室發光效率已可達到 100-200 lm/W 階段；其光的單色性好、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有更大的提高。

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。

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

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 光源要比傳統光源昂貴，但是用一年時間的節能收回光源的投資，從而可獲得 4-9 年中每年數倍的節能淨收益期。

目前半導體照明主要以光色照明和特殊照明為主，以後將向一般照明擴展。近幾年內，半導體照明市場將廣泛應用在各種信號燈、景觀照明、櫥窗照明、建築照明、廣場和街道的美化、家庭裝飾照明、公共娛樂場所美化和舞臺效果照明等領域。從成本來講，目前 LED 照明設備尚很難取代螢光燈，要想將白光 LED 應用於家庭和辦公室的主要照明，必須在降低成本和提高發光效率上取得新的突破。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，才容易產生取代傳統光源的效果。

白光 LED 後續最為看好的是全球照明光源替換市場，2009 年白光 LED 燈泡的整體發光效率已可達 70 lm/W(白熾燈泡發光效率為 15 lm/W)，但真正具有取代傳統照明市場實力仍需待白光 LED 發光效率提升到如日光燈的 80-120lm/W 時方有競爭機會。從發光效率來看，白光 LED 一旦超過 60lm/W 後(相當於 20W 日光燈)，在照明市場便可開始普及化，若能將效率提升至 80 lm/W，則將普及到一般家庭各式燈具。成本的下降為普及化的另一因素，未來如何能快速降低成本也是關鍵，在發光成本上，2001 年白光 LED 的成本約 1 美元/lm，2002 年已降至 0.1 美元/lm，未來若能將成本降至 0.01 美元/lm，競爭優勢將更顯著而可普及至一般家庭。

4.6.2 白光 LED 之種類與國際主要大廠的優勢

實用白光 LED 的分類主要可依白光的發光原理區分為：

- (1) 擬似白光 LED：利用藍光 LED 與黃色螢光體所構成，由互補原理產生白光，這種型式的白光 LED 結構非常單純，而且發光效率很高，因此被當作小型 LCD 的背光光源，能廣泛應用在行動電話；缺點是紅色成份的強度較弱。
- (2) 近紫外白光 LED：由可產生近紫外光的 LED，配合可產生 RGB 三種色光的螢光體兩者組合而成，由於它是利用 RGB 三種顏色混合變成白光，所以色再現性很高。但由於紫外光會使封裝樹脂與螢光體劣化等考量，因此必需另外開發抗紫外光的樹脂與螢光體。
- (3) 單體 RGB 白光 LED：單體 RGB 三色 LED 混色成白光，可針對各單體 LED 設計散熱結構，因此較容易獲得高輸出效果。不過 RGB 單體 LED 的晶片，物理上彼此相隔，所以必需設計專用的導光路，使 RGB 單體 LED 的光線能均勻混色變成白光，才能避免背光照明模組變厚。
- (4) 一體化 RGB 白光 LED：一體化 RGB 可直接混色變成白光，所以沒有專用導光路與背光照明模組厚度限制等困擾，不過施加的電流量受到限制，不易獲得高輸出效果。

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。

4.7 陶瓷複金屬放電燈

高強度氣體放電燈(high intensity discharge lamp, HID)是電光源產品中重要的一員，利用多種金屬鹵化物循環原理，改善演色性及光色，為了要保持色溫的穩定性和一致性，遂有集複金屬燈的良好光色性能和鈉燈優秀的發光效率于一身的光源-陶瓷複金屬燈(ceramic metal halide lamp, CMH 或 CDM)誕生。近年來研發出以多種金屬鹵化物與陶瓷燒結而成放電管，這種陶瓷放電管複金屬燈泡光色穩定，不會造成色差，為辦公大樓之公共空間、百貨商場、賣場等商業空間，基本照明與重點照明最佳光源。主要可分為石英複金屬燈及陶瓷複金屬燈兩大系列。

4.7.1 石英複金屬燈的特性

複金屬燈放電管的管壁材料對其性能具有重要的影響，通常放電管的管壁材料採用石英管，在高溫工作狀態下鈦或其它稀土元素材料和石英管殼會產生反應，在管殼上形成稀土金屬元素的矽酸鹽和矽的鹵化物，造成金屬元素的減少，使顏色產生漂移，並影響管殼的透明度。分離出來的 Si 元素會融解于鎢電極中，使電極的發射性能變壞。此外，由於過剩的鹵素，使放電困難，並產生有害的鹵鎢循環，腐蝕電極，使管壁發黑，引起光衰。另外，有些金屬離子（如鈉離子）在燈的壽命燃點過程中逐漸地透過管壁滲漏，也會使燈的光電性能變壞。由於上述原因限制了石英管複金屬燈性能及壽命的提升，故傳統採用石英材質內管之複金屬燈泡(MQL, HQI, MHN)，於點燈時會有嚴重的光色偏差問題，燈管內部的鹵化物如最重要的鈉元素，點燈時會隨著石英內管游移不定，導致光色偏差與損失，整體效果不佳。

歸納起來石英複金屬燈有以下特性：

- (1) 影響石英複金屬燈色溫差因數：燈管電壓、點燈角度，燈體內鹵化物情況與周圍環境等。
- (2) 為保證石英複金屬燈的色溫和壽命，電源電壓要求在短時間內變動不得超過 5%，長期變動不得超過 3%。較大的電壓變化會縮短光源的壽命、顏色的偏移與色溫差。
- (3) 石英複金屬燈單個光源在使用過程顏色的差異和逐漸漂移是正常現象，特別是對於低色溫（如 3000K）更為明顯；以鈉鈣為主的複金屬燈泡，色溫在 4000K 左右，色溫偏差是 $\pm 300\text{K}$ ，很容易讓人看到色溫的差異；在 5000K 時，人的眼睛對色溫感覺下降，使人感覺色溫的一致性有所改善。
- (4) 廠家生產石英複金屬燈，出廠時點燈老煉一般只有 30 分鐘之內；但石英複金屬燈在點燃 100 小時之後，色溫等光學特性才可相對穩定。
- (5) 考慮光源的壽命，最好每周至少將石英複金屬燈關燈一次。
- (6) 為了確保光源的色溫一致性，同一回路上並聯的光源不超過 4 個，以減少電壓變化所造成的影響。

4.7.2 陶瓷複金屬燈的開發

由於多晶氧化鋁（PCA）陶瓷材料及其與金屬封接技術的突破，可成功地製造出陶瓷放電燈外殼(如圖 4.6)，避免了燈內金屬材料的損失，而且電弧管尺寸可以控制得非常精確，因此光電性能一致性和穩定性好，允許更高電弧溫度，其性能明顯地優于以石英玻璃殼的複金屬燈，1994 年成功首創採用陶瓷材料作外殼之陶瓷複金屬燈，成為電光源發展歷史上一個重要的里程碑。

美國 GE 照明以獨特 3 片陶瓷材料設計、製造出的全新陶瓷複金屬燈(CMH)，不但解決了傳統石英內管複金屬燈嚴重色差問題，其燈管壽命、發光效率與品質穩定度更勝於第一代 5 片內管的陶瓷燈(CDM)。較少的陶瓷片代表較少的封接點，因此也提高了產品穩定度，提高品質信賴度。

CMH 陶瓷燈結合了複金屬燈與高壓鈉之技術，採用原高壓鈉燈陶瓷材料之內管，能讓燈管在較高熱溫下運作管內的金屬鹵化物劑，減低複金屬內金屬鹵化物因高溫點燈所產生之化學的變化，提供近似低瓦複金屬 Arc-streamer 之發光效率。穩定的鹵化物，提供了光色之穩定與一致性，因此稱為無色偏之陶瓷複金屬(constant color CMH)，成為低耗能、高效率、絕佳演色性及幾無色偏之產品。以 150W 雙頭陶瓷複金屬燈為例，於燈點 2,000 小時後光束維持率超過 90%，平均額定壽命達 15,000 小時，為傳統石英內管(MQI, HQI, MHN)壽命的 2.5 倍長，發光效率更高達 95 lm/W 以上。適用於需要長時間點燈的場所，例如零售賣場、服飾店、展示中心等，均是最理想的應用光源，不但大量節省電費開銷，更減低更換燈管所需的麻煩與龐大費用。



圖 4.6 陶瓷複金屬與電子安定器

GE 照明的 CMH 現今有單頭、雙頭、PAR20、PAR30、PAR38、橢圓球形、JC 豆形與 T 形管狀燈泡，35 瓦、70 瓦和 150 瓦等規格，適合各種類形的燈具。Constant Color CMH 對於新裝設和代替市場均是理想的產品，可運用於展示中心和建築物外觀照明。其中單頭插入式 CMH，由於體積小、亮度高、無點燈方向限制，非常適合於搭配精巧燈具，運用於屋外庭園壁燈、草坪步道燈或建築物外觀之重點照明，營造出絕佳氣氛。CMH 市場於未來 3 年內將以平均每年 40% 幅度成長，也是符合節能與高效的綠色光源。

相對石英複金屬燈，陶瓷複金屬燈有以下特性及優點：

- (1) 放電管體積小，發光體亮度高，且鈉金屬不會透過陶瓷管遷移到放電管外。
- (2) 陶瓷管在高溫下之化學穩定性較好，即使出現鋁金屬元素也不會影響鎢電極的性能（因為鋁很難溶解於鎢），使燈具有更長的壽命。
- (3) 陶瓷管的幾何尺寸精度高，發光體小，有利於燈具的設計，對燈光的控制就更方便。無論電燈位置的變化及電源電壓的變化，點燈發光過程與壽命期間內，燈的色溫穩定、變化很小（在 $\pm 200\text{K}$ 之間），燈光性能一致性佳，解決了石英複金屬燈的色差和色溫的漂移問題。
- (4) 電弧管可工作在更高的溫度，電弧內有更多的金屬原子受激發，產生更好的演色性與更高的發光效率。管壁溫度的高低與色溫差成反比，但與演色性成正比；管壁溫度越高，演色性越好。陶瓷複金屬燈的電弧管管壁溫度可以達到 1150 度，而石英複金屬燈的電弧管管壁溫度只能達到 800 度左右，所以陶瓷複金屬燈的演色性(Ra 80-90)遠優於石英複金屬燈。石

英複金屬燈由於其最大管壁溫度只能達到 800 度，故色溫差也大於陶瓷複金屬燈。

- (5) 穩定的光輸出與光源壽命長（15000 小時），比石英複金屬燈提升了 30%—50%。在眾多小功率光源中，陶瓷複金屬燈的流明輸出是最高的，在壽命初期的流明輸出就比一般的石英複金屬燈要高 10-20%，並一直維持這樣的光源輸出水準直到壽命結束。陶瓷複金屬燈的流明維持率在 80% 以上，遠優於石英複金屬燈的 60-65%。
- (6) 發光效率更高 (>90 lm/W)，儘管鹵素燈和白熾燈具有優秀的演色性，但是熱能散失嚴重、壽命較短，顯然不是一種理想的綠色照明產品。而陶瓷複金屬燈的高光效可以比鹵素燈、白熾燈提升了 4-9 倍，光色性能又遠勝過石英複金屬燈，是一種集優秀的光色性能和高發光效率于一身的新型光源。

4.7.3 陶瓷複金屬燈與電子式安定器之配合及頻閃效應

電光源給人類帶來光明，但由於電光源的閃爍，也給人類帶來了新的視覺危害，閃爍的產生一部份是因為光源的發光特性所致，例如鎢絲電熱發光就較少閃爍的發生；另一部份是因為電源頻率低所導致而稱為頻閃效應。氣體放電燈必須使用電感安定器起動所不可避免的存在的閃爍現象，只能盡量控制好供電電壓允許偏差（如同一回路上並聯的光源不多於 4 個等）、頻率允許偏差、電源諧波以及三相電壓允許的不平衡率等來減少。

改進電光源頻閃的根本技術對策，是提升驅動光源的電功率頻率，使其達到 20 kHz 以上。目前最為可靠與經濟、也最為有效的途徑，是選擇具有交流-直流-交流（AC-DC-AC）頻率變換功能的新型電力電子轉換電路，或稱為變頻技術。現今的電子技術在低功率的

HID 電子安定器中把交流-直流-交流頻率變換功能應用得很完善。高功率 HID 電子安定器暫時還存在有音頻共振問題。所以在低功率的 HID 燈具中，現今多數廠家建議用戶使用電子安定器，以便改善光源的頻閃效應。

小型陶瓷複金屬燈除了發光性能優越及外型精巧之外，搭配電子式安定器提效率減少重量體積，已廣泛應用在一般室內外照明與汽車上，而且還能與超高壓放電燈泡同時推廣運用於液晶投影光源，因此市場年成長率高於 10%。近三年來，陶瓷複金屬燈電子安定器產品已趨成熟，國內少數廠商也開始小批量生產。對於電子式安定器而言，輕薄短小需求與降低成本同等重要，技術朝著瞬間再啟動、調光、數位控制等功能發展，廣泛拓展新用途為產品趨勢，雖然有 LED 燈具被賦予未來希望，但於歐洲及澳洲等先進地區，因陶瓷複金屬燈符合中間視覺的路燈特性遠勝過高壓鈉燈，而已被廣泛用來作為路燈光源，逐步淘汰部份高壓鈉燈。

4.8 無電極電磁感應燈(Electro-magnetic induction lamp)

傳統電光源都是由密封玻璃外殼和電極(燈絲)組成，電能通過接腳進入燈泡內部電極並轉換為可見光。傳統光源其使用壽命很大程度取決於玻璃殼內的電極，電極材料在電場的作用下會產生濺射，致使電極衰老、玻璃殼發黑，加之玻璃殼材料和電極材料的膨脹係數不同，引起的慢性漏氣使傳統光源的使用壽命難以提高。

早在 90 多年前，就已經發明完整的高頻無電極電磁感應燈理論，但直到 20 世紀 90 年代後期，由於新技術的發展突破，才使高頻無電極電磁感應燈有可能進入商品領域。荷蘭飛利浦 (Philips)、美國的奇異公司 (GE)，德國的歐司朗 (Osram)，日本的松下 (National)

多年來一直致力於無電極電磁感應燈的研究開發。飛利浦在 1991 年宣佈研製成功 55W 無電極電磁感應燈，在其後的五年裏，又相繼研製出 85W 和 165W 無電極電磁感應燈。

而高頻無電極電磁感應燈簡稱高頻無極燈，是綜合電力電子學、氣體電漿學、磁性材料學等領域的技術研製開發出來的新產品。藉由高頻感應磁場的方式將能量耦合到燈泡內，使燈泡內的氣體雪崩電離形成電漿(plasma，大陸稱為等離子體)，氣體電漿受激發，當原子返回基態時自體輻射發出 254 nm 波長的紫外線，燈泡內壁的螢光粉受紫外線激發而發出可見光。

高頻無電極電磁感應燈系統是由激勵電源、高頻耦合器和燈泡三部分組成。激勵電源產生一個 250 kHz-2.65 MHz 頻率範圍(依燈種類而定)的交變高頻電流，當高頻電流通過高頻耦合器時，產生一個高頻電磁場。再由套在燈管外面的一對磁芯在燈管內形成感應電流，從而在放電區產生交變磁場，根據法拉第電磁感應定律，變化的磁場即產生一個垂直於磁場變化的電場，使燈泡內部放電空間的電子被電場加速，當能量達到一定值時，電子與泡殼內的低壓汞和惰性氣體的混合蒸氣分子發生碰撞，使混合氣體雪崩電離形成電漿，電漿受激原子返回基態時，自發射出紫外光，它激發燈泡壁上的螢光粉轉化為可見光。

與傳統的電光源相比，這種無電極的能量耦合方式徹底擺脫了傳統電光源中的電極對燈壽命的影響，使得這種新光源的壽命和性能有了革命性的提高，而成為繼第一代白熾燈(鎢絲發光)，第二代(有電極氣體放電燈)之後的第三代(無電極氣體放電燈)新光源。

因為高頻無電極電磁感應燈採高頻點燈，強烈的電磁干擾會對人體健康和安全的，對鄰近其他用電設備的工作，對無線電通信構成威

脅。因此電磁相容(EMC)就成為技術與驗證的核心議題，一方面要求燈管在所處環境內具有抵抗外來電磁干擾能力(EMS)；另一方面要求燈管對處於同一電磁環境內的其他裝置不產生超過規定限度的電磁干擾(EMI)。故高頻無電極電磁感應燈在設計與發展方向是必須滿足一些重要技術要求。EMC 主要可分為傳導干擾和輻射干擾，傳導干擾從電源介面進出，輻射干擾則主要從電路的耦合天線向外傳播。各國對 EMC 標準都有規定，但指標大同小異。例如中國、歐州等地區低端的傳導干擾抑制範圍為 9 kHz 至 30 MHz；而北美加拿大則為 500 kHz~30 MHz。

理論上，高頻無電極電磁感應燈(如圖 4.7)的壽命可長達 6 萬~10 萬小時，但必須達成某些物理條件，包括在設計的額定功率範圍之內，採用的零組件必須符合設計要求，特別是關鍵性零組件的溫度特性和耐壓特性更應重視；燈管及整體系統必須有良好散熱，使工作環境溫度和濕度在規定的範圍之內；燈泡的製造技術和光衰特性符合長壽要求；電路設計應使包裝外殼內的溫度低於 65°C 以下，(環境溫度 T=25°C)。



無電極電磁感應燈(極光燈 SOLARA)以高頻(250 kHz)電磁感應技術將能量耦合到燈泡內，在燈管內產生電磁波使離子震盪，完成能量轉換而發出可見光。

因不使用傳統光源中的鎢絲(或電極)，可避免傳統光源電極損耗的問題，因此具有長

圖 4.7 無電極電磁感應燈

目前的無電極電磁感應燈主要特色與競爭優勢有：

- (1) 長壽命：一般光源因電極燈絲故障而造成整燈報廢的失效率在 40~60% 以上；無電極電磁感應燈管採用無燈絲的架構，沒有燈絲易斷、電子粉易發射完、燈管電極處易發黑等減少壽命的現象，壽命明顯增長，且又能適合於特定有振動的場所。另採用硬性玻璃燈管，保持長期氣密性，並使用特製的汞合金及輔助汞齊技術，在 250 kHz 高頻電流的作用下，光衰率有較大的降低，燈管壽命能超出十萬小時。電路方面，可結合高可靠的 IC 晶片、電解電容、驅動功率晶體與優質的電磁材料，無論初始導磁率、飽和磁通密度、高頻磁損耗，磁溫曲線性能等均超出普通電子安定器。整體系統壽命相當於普通節能燈的 10-15 倍、高強度氣體放電燈的 10-12 倍以上，可謂是照明光源產品的「長壽王」。
- (2) 無閃爍：閃爍長期潛移默化危害人的視力，造成近視，另據英國劍橋大學醫學研究中心 S.A.Waling 博士和國際照明委員會 J.schanda 教授指出這種光度的波動即閃爍，還會引起偏頭痛疾病，故存在一定的光污染。一般電子安定器採用 20-60 kHz 頻率，無電極電磁感應燈工作頻率達 250 kHz 左右，故基本上可達到恒光通的輸出與很低的光通量波動，減少閃爍發生，保護視力，實在是一種健康、舒適的理想光源。
- (3) 節能：我國資源相對不足的國家，照明耗電大體占全國總發電量的 10-12%，故照明節能具有重大意義，經濟部能源局正竭力提倡使用高節能、高效率的產品。無電極電磁感應燈大多採用 APFC 電路，功率因數達 0.99，整燈輸入電流小，因此可減小輸入導線的線徑，減少輸配電設備的投資，無形中節省國家

電能。另屬於高光效達 80 lm/W，也接近複金屬燈、高壓鈉燈的光效，故無電極電磁感應燈綜合效率、綜合節能指數均相關傑出，可滿足綠色照明的要求，目前在日本最常用於隧道內。

- (4) 燈管功率範圍廣：普通螢光燈小於 80W，適用於小功率的住商民用；高強度氣體放電燈則適合做超出 100W 大功率的光源，較適合室外及公共場所的使用。無電極電磁感應燈的額定功率則可以從 70W 到 400W，適合應用的範圍更廣，能適用室內外。
- (5) 高演色性：因採用三波長螢光粉，演色指數超出 80 以上，便於在光照下還原事物的原色，提高事物顏色的解析度，故更有利於應用在商場、學校等公共場所及家庭，對視力有一定的保護功能。
- (6) 另外，無電極電磁感應燈的抗干擾、成本低、重量輕、自身功耗小、無噪音、瞬間點燈、低含汞量、防眩光等特點都具有顯著的優勢，實現健康環保的綠色照明希望。

第五章 照明節能產品選購原則與維護管理

因為各種光源具有獨自之特徵，所以如果能適當選擇燈具來搭配光源，對於營業所需之照明目的及氣氛經營，甚至節能都有很大之影響。因此對於自光源的選擇通則、燈具的搭配、電源控制與調光、自動點滅節能設計及例行性的維護管理等，均與整體照明節能效益息息相關，而值得專章介紹。

5.1 光源的選用準則

依據光源種類特性，選擇光源之方法大略可依循幾個主要方向，對於光源及燈具的選擇特性可參考表 5.1。

(1) 選擇光源效率高與壽命長的光源

光源之效率常以(lm/W)表示，代表輸入 1W 之電力，可以發出多少流明(Lumen)之光線（稱為光束）。光源之效率與壽命都會在製造廠之型錄上列出，基於經濟及維護的考量，選用發光效率高且壽命長，又可以兼顧換裝費用低廉者，應是特別重要的考量，目前仍以螢光管最為實用與普遍。以螢光燈效率高低作為比較原則，其中大瓦特數(40W)較小瓦特數的燈管(20W)效率高；直管比環管效率高；省電燈管(精緻型或緊湊型省電燈泡)中，燈管外型螺管型(或稱冰淇淋形狀者)較多角轉彎或急轉彎的 U 型及 PL 燈管效率高。超級市場自以 40W、110W 長直管為最佳之光源。而現行取得節能標章螢光燈管要求發光效率需達 90 lm/W，而平均演色性 $Ra \geq 80$ ，自是高性能的指標。

2. 配合照明光環境需求選用適用光色（色溫K）的光源

一般而言，色溫低於 5,000K 者為暖色系；反之色溫高於 5,500K 為冷色系，它影響了使用場所的氣氛，應隨照度高低而適當地變化。

台灣為亞熱帶氣候，目前國內超級市場賣場照度都已提高至 1,000 lux 以上，因此宜選擇色溫 5,500K 為宜。若選擇暖色系色溫 4,000K 以下者，會有燥熱之感覺，需降低冷氣溫度來克服，但也因而較為耗電。但熱食區可用暖色系光源來產生溫暖之感覺。

表 5.1 光源與燈具的選擇各種光源的特性

光源種類	效 率 (lm/W)	演 色 性 (Ra/CRI)	色 溫 度 (K)	經濟壽命 (小時)
白熾燈泡	15	100	2,700	1,000
普通螢光燈	70	50	5,000	5,000
高演色性螢光燈	80-120	65-90	3,000~6,500	8,000
T5 螢光燈	80-120	65-90	3,000~6,500	20,000
PL 型螢光燈	85	85	3,000	5,000
燈泡型螢光燈	60	85	4,000	5,000
鹵素燈	25	100	3,000	2,000
高壓鈉燈	180	20	15,000	12,000
複金屬燈	90	65-90	3,000~4,700	6,000
水銀燈	65	50-60	3,000~4,000	12,000
低壓鈉燈	200	-	15,000	10,000
LED	80-100	60-80	3,000~8,000	30,000

3. 優先選擇高演色性(Ra)的自然色彩光源

演色性是光源對於物體自然顏色顯現的傳真程度，因 2856K 的白熾燈泡連續光譜分布較接近自然陽光的分布而被選擇作為比較的基準(100 %)，其他光源對於同一物體不同顏色的表現傳真度，經加

權平均所計算得出者稱為相對演色性評價係數(Ra)，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，超級市場以銷售商品為主，自然以 Ra 在 80 以上為佳。一般以功能區別，室內 Ra=85 以上、室外 Ra=70 以上，既可以充分產生購買誘因，也可以降低投資費用，因此對商品與非商品區所使用的照明光源應有所區分。

4. 適當的輝度顯示

輝度是用以評量發光體或被照面對於人體眼睛刺眼眩光的比較參數，發光光度越高者、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。晚上怕來車的遠光燈、喜歡看日出卻又不敢直視太陽，都是輝度偏高而刺激眼睛不舒服的案例。但是被照面所呈現的輝度較高，則可以產生更明亮的突出效果。實用上的考量，重點照明均採高輝度聚光之照明燈具，如珠寶店中以鹵素燈來突顯珠寶與名錶的價值感。基礎照明則應採高效率低輝度之照明燈具，自然以格柵板反射鏡面型螢光燈具為佳，既可以產生足夠的照度與輝度，又可以遮蔽刺眼眩光，最為適宜；超級市場燈具設計原則，燈具吊掛 4m 以下者，應可採用鏡面反射型 OA 螢光燈具，可惜目前國內的部分超級市場基於成本考量，常採用無格柵板的開放型燈具，造成眩光光害，並非良好的照明品質。燈具吊掛 4m 以上者，則應採用低輝度高瓦特複金屬燈，可減少燈具數量投資及維護費。

為因應節能減碳的潮流，全世界之光源製造廠均積極研製高效率光源及節能燈具，目前市面上所販售之光源，均是經過省電設計之節能光源，包括精緻型螢光燈管與省電燈泡。精緻型螢光燈管與省電燈泡比傳統式白熾燈泡確實省電 60~70%，但不一定比直管型螢光燈省電，只是其可沿用原來白熾燈泡之燈座，方便又兼顧燈具觀瞻美感。精緻型螢光燈管與省電燈泡都是螢光燈，由於是荷蘭 Philips 公司所最早研發成功，故有時亦稱為 PL 燈，但目前種類與外觀繁多，可視

需要而安裝，運用上極為方便。精緻型螢光燈管之特性與發光效率(不含安定器)如表 5.2 所示。

表 5.2 精緻型螢光燈管之特性(不含安定器)

種類		額定 電壓 (V)	燈管 電力 (W)	尺寸(mm)		燈管 電流 (A)	全光束(lm)		額定 壽命 (h)
形 狀	型式			管徑	管長		燈泡色	晝白色	
單	FPL28EX	100	28	20	322	0.435	2100	2100	7500
U 型	FPL30EX	100	30	24	275	0.620	2000	2000	7500
	FPL36EX	200	36	20	410	0.435	2900	2900	7500
雙	FDL13EX	100	13	16.7	112	0.300	800	800	7500
U 型	FDL18EX	100	18	16.5-17.5	118-125	0.375	1070	1070	7500
	FDL27EX	200	27	16.5-17.5	16.5-139	0.615	1550	1550	7500

註：色溫度：燈泡色(L)2,800K，晝白色(N)5,000K

市面上所謂陽光燈管、太陽神螢光燈管都是製造商自己命名之螢光燈管，正式之學名是三波長域發光螢光燈管，型名以”EX”為代號。此種燈管之特徵是燈管效率高，比傳統螢光燈約高 5-10% 以上、演色性好（三波長螢光燈平均演色評價數 $R_a=84$ ，普通螢光燈 $R_a=60$ ）。其燈管發光分布是對人類肉眼色覺識別最佳的光的三原色（紅、藍、綠），接近太陽光色，色調自然，因此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。平均壽命可達 10,000 小時以上。最近新型 T8/45W 之三波長域發光螢光燈管，其燈管效率已達 96~120 lm/W，比傳統螢光燈管 84 lm/W，又提高 20% 以上。

螢光燈管自 T10 進化到 T9、T8，管徑愈小，其發光效率愈高，使用汞的含量越低，更加符合環保的要求。所以如果採 T8-32W 是比原來 T9-38W，可以節省燈管耗電 6W 左右，亦可以達到原來 T9-38W 之螢光燈管出之光束。但這些螢光燈最好使用高頻電子安定器來搭配，更能增加其出光束。

高效率螢光燈之選用，應參考光環境的目的需求，就超級市場的

商品展示而言，自以高演色性的節能標章螢光燈管為宜，最能產生足夠的照度，又節省電能及電費。國內氣候一般選用 5,000K 至 6,500K 的晝光色燈管，可產生清涼的環境，對於吸引顧客上門及安全感與信賴感的建立，將有顯著的幫助。

對於高輸出型螢光燈管與一般燈管比較表如表 5.3，螢光燈管的主要分類方法如下：

- (1) 依燈管形狀區分 (直管、環管、各式各樣節能燈管)
- (2) 依燈管直徑區分 (T12, T9, T8, T5)
- (3) 依燈管消耗電功率區分 (110W, 55W, 38W, 32W, 28W.....)
- (4) 依相對演色性評價係數(CRI, Ra) (100, 95, 90, 85, 80, 65,...)
- (5) 依色溫度區分 (2800K, 3000K, 4000K, 5000, 6500K,.....)
- (6) 依燈光色澤色彩區分 (WW, W, CW, D,.....)
- (7) 啟動方式區分 (預熱型、快速點燈型、瞬間型、冷陰極、無極燈)

表 5.3 高輸出型螢光燈管與一般燈管之比較

光源別		燈管功率 (W)	燈管電流 (A)	初光束 (lm)	色溫 (K)	發光效率 (lm/W)	演色性 (Ra)	管徑 (mm)	全長 (mm)
新產品	T8 45W 高頻三波 長燈管	45	0.425	4500	2700	100	85 三波長域	25.5	1198
				4500	4100	100			
				4500	5000	100			
				4230	6500	94			
現用品	T9 40W FL 40/38	38	0.415	3200	2700	84	74	29	1198
				3200	4100	84			
				3000	5000	79			
				2800	6500	74			

5.2 選擇照明燈具的考量

照明燈具的主要功能是改變由光源所發出的光之前進方向，使之投射到待照射的被照面上，並且可以控制眩光的量，使視覺舒適。因此燈具的分類就是以光束在空間的分佈(即配光曲線)來區分。而將使用某種光源在此照明器具內所發出之光束(光線)，可以達到主要被照物表面的百分比稱為燈具效率或器具效率，代表評估此照明器具的光學投射性能(與燈具反射、折射角設計、表面處理及反射面之材質等有關)。燈具效率愈高愈好，表示可以在被照物表面上產生光亮的效果越高。依據燈具的配光曲線，室內照明燈具的分類可分為五大類如圖 5.1 所示。同樣裝燈高度下，直接照明的燈具效率最高，照射面積窄，眩光也最強；間接照明效率較差，但照射面積較寬，光分佈最均勻，眩光也最少，視覺也最舒服。換言之，燈具效率及視覺舒適度是互相需作協調，才得獲得既實用又經濟的照明，其關鍵就在於端視光環境的作業性質與需求而定。商業場所，照度明亮優先，燈具效率優先考慮；居家照明則著重舒適溫暖，間接照明適合。

配	國際分類	直接照明	半直接照明		全般擴散照明		半間接照明		間接照明		
	向上光束	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
向下光束	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
光	配光曲線										
實	電燈泡及水銀燈器具										
例	日光燈器具										

圖 5.1 室內燈具的分類

照明器具之壽命受其使用電氣絕緣材料之劣化情形所決定，有時外觀仍新，但內部使用之電氣絕緣材料受到周圍環境溫度及污染情形而產生劣化，將會影響用電安全及可能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，一般建議適當更換燈具的時限宜在 8~10 年，使用期限約 15 年。

5.3 照明設備的維護保養與汰換

螢光燈管固然壽命較長，燈管點用時間較久，然燈具會因結構特性而很容易積塵髒污，影響整體發光效率與照明效果。大氣中塵埃的多寡因環境、時間、天候等而不同，塵埃較少的場所其照度的減低略與日數成直線比例；而在多塵埃的地方則成為指數曲線或飽和曲線。由此可知因積塵而損失的光束是極為嚴重的事。在設計時，設計人員係將此一影響以積塵減光補償係數來考慮。如果勤加清潔與整理，則此補償係數可取較高之數值，換言之，即提高燈具之發光效率與被照面之實質照度。

除了燈具本身以外，天花板、牆壁的積塵與顏色、反光條件等也影響被照面之照度。被照面之照度可經周圍牆壁的噴漆，燈具的清掃以及光源的換新而提高，可見燈具的清掃是值得予以重視的。光源的積塵除了減低照度外，並且嚴重地影響燈管的啟動特性，故應勤加清掃。螢光燈具形體大，清掃較不容易，故在設計照明之初即應該把日後的維護考慮在先，燈具的安裝應考慮清潔燈具、燈管與換裝燈管之方便性。至於清掃燈具之的間隔週期，可參考表 5.4 及 5.5 所示之國內外知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。

表 5.4 定期清掃間隔

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 不同光源最經濟清掃的預估時間

周圍環境	清掃容易度	白熱電球	螢光燈	HID 燈
清潔	容易	5-15 個月	2-6 個月	3-10 個月
	普通	15-20 個月	6-9 個月	10-12 個月
	困難	20-25 個月	9-12 個月	12-15 個月
普通	容易	3-10 個月	2-5 個月	3-6 個月
	普通	10-12 個月	5-7 個月	6-9 個月
	困難	12-15 個月	7-9 個月	9-12 個月
非常易污染	容易	2-6 個月	1-4 個月	2-5 個月
	普通	6-9 個月	4-6 個月	5-7 個月
	困難	9-12 個月	6-8 個月	7-9 個月

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、燈管，以避免污染物之累積而降低燈具之照明效

率，並依不同光源及落塵量多寡來決定燈具之清潔週期(1 個月~1 年)與預估最經濟清掃時間(如圖 5.2)。

- (2) 由於燈管的自然老化與發光衰退，故辦公場所宜分批更換燈管，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) 燈管經濟壽命係指新燈管使用至光束衰減為原有光束 70% 的時間，超過經濟壽命之燈管，不僅燈管光束輸出劇降，照明效率不佳且浪費電能。最好參考光源廠商之產品型錄，在燈管經濟壽命將至之前，定期分批更換燈管，即便此時燈管尚可點燈，亦請更換為宜。如此約可節省電能 17 %。

更換期限(年) = 燈管經濟壽命(小時) / 每年點燈時數。

例：一般超級市場每年點燈時數約 3,600 小時，螢光燈管經濟壽命約 6,500~8,000 小時，則燈管更換期限約 2 年。若燈管光衰嚴重或不亮時可提早更換。注意瞬間起動型電子安定器，燈管無燈絲，燈管老化或不亮時，安定器仍持續耗電，故需加強檢查與更新。

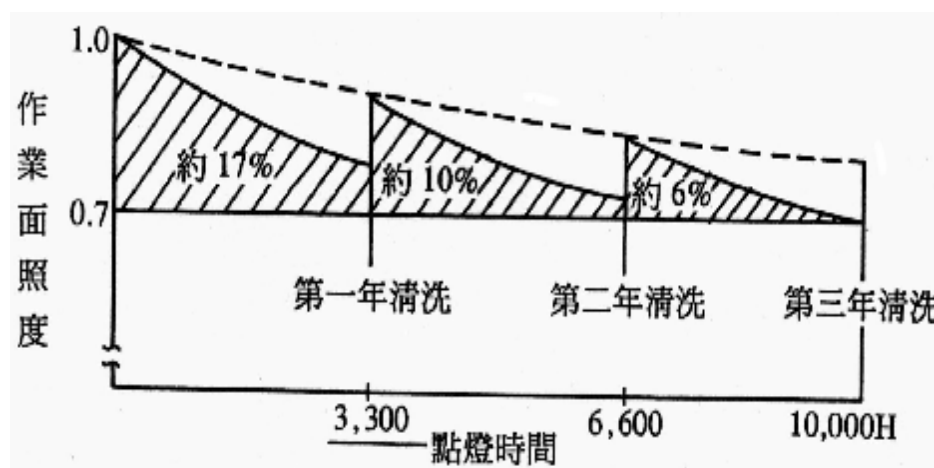


圖 5.2 清洗燈具灰塵與照度的影響

5.4 合理照明系統之經濟選擇

照明設計的原則，應首重在不損失照明品質之下，才將照明之耗電量降至最低，以達節約能源之目的。因此一般訂定合理的照度需求下，再比較照明設備的用電量，而以單位面積之用電密度來評估照明設計的耗能基準，較為簡易可行。若將辦公場所內照明器具之總能耗電量（W）除以空間面積（ m^2 ），可得單位面積照明用電密度（unit lighting power density, 簡稱 UPD）。利用用電密度來做為照明能源消耗的評估準則，可以瞭解室內照明耗電量是否合理。

被照面的照度越高，則越容易辨識環境與幫助閱讀。依照工作需求所需的最低照度，可參照中國國家標準（CNS12112）或國際的照度基準，但依據歐美及日本相關照明學會的研究心得與建議，讀書寫字最舒適的照度為 1000-2000 lux；如果難以達到此最舒適照度，則長時間精細作業如閱讀寫字時，維持眼睛不疲勞的最低要求應有 500lux 以上。

辦公大樓的大面積公共場所室內照明應以 500 lux 的基準來設計，以減少個別檯燈的使用。若依長時間閱讀寫字視力作業照度需求，則一般辦公場所、學校教室的照度應維持在 500 lux 以上，而用電密度 UPD 則應低於 $20W/m^2$ ，才符合具有優良照明品質、又節約能源的綠色照明目標。但事實上新建辦公場所之設計目標可能達到此 500 lux 要求，一般舊有建築約只有 300 lux 左右，事實上均難稱高照明品質的環境。在台灣雖有城鄉差距，但在學校照明則已大都能有此高標準，部份偏遠地區則仍待加強改善。

第六章 照明設備之能源效率規範

由於綠色節能環保意識抬頭及全球化趨勢，目前大部分國家多已將照明設備之能源效率納入規範管理，而建築物整體之節能設計及規範，也開始能源效率管理的概念並建立規範管理，例如綠建築的節能規範。其中美國、日本、新加坡、香港等先進國家更對照明用電效率，訂有規範指標及基準值。其管理規範與指標架構除了日本與美國有顯著的不同外，新加坡、香港等國之規範大致以美國 ASHRAE90.1 之規範系統為基本架構。故本章將概略介紹美國、日本與台灣對於建築物照明節能設計之規範及架構。

6.1 美國建築照明之節能規範概要

美國能源主管機關為能源部，美國照明節能規範主要係依據美國聯邦能源部建築節能計畫之標準與指導方案(Building Standards & Guide-lines Program, BSGP)所建立，其主要之節能標準為美國冷凍空調學會與照明學會所共同制定之 ANSI/ASHRAE/IES 90.1-2004 (Energy Efficient Design of New Buildings Except Low-rise Residential Buildings)。美國各州政府則以 ANSI/ASHRAE/IES 90.1-2004 為基準，訂定各州的節能法規，因此美國各州對於照明規範雖然不盡相同，惟基本上仍應要符合基準之要求。

照明節能的基準要求係採以規定照明功率密度 LPD (lighting power density, W/m^2)基準值之方式如式(6.1)，再依據實際建築空間使用類型以面積檢核方式或是採用逐室空間檢核方式，檢核其是否超過各該基準值。

照明功率密度(LPD)計算式如下：

$$\text{照明功率密度(LPD)} = \frac{\text{照明器具用電(W)}}{\text{房間面積(m}^2\text{)}} \quad (6.1)$$

ASHARE 90.1 在照明設計方面強制之規定包括：

- (1) 照明之控制
- (2) 雙座電線，二燈具共用一個安定器
- (3) 室內照明用電耗能標準
- (4) 照明器具之用電耗能標準
- (5) 室外照明器具標準

照明耗電規範之建築面積法(building area method, ASHARE 90.1-2001)要求各照明光環境的用電標準(建築面積法)，如零售業(Retail)空間之照明電力負載以 20W/m² 標準設計。ASHARE 90.1 亦有個別空間法之照明電力標準，使較大之建築有設計上的彈性。

6.2 日本採用之照明能源消費係數(CEC/L)

日本在 1993 年 7 月 29 日頒布之「有關建築物內能源使用之合理化」法令，並自 1994 年 8 月 1 日執行，有關建築物照明節能規範則以日本照明學會及照明學者所訂出照明能源耗費係數 CEC/L (coefficient of energy consumption for lighting)作為建築物照明設計之規定。CEC/L 定義如下：

$$\begin{aligned} \text{CEC/L} &= \frac{\text{全年照明設備實際消耗能源量}}{\text{標準全年照明設備消耗能源量(kcal/年)}} \\ &= \frac{(\sum E_T) \times 2550(\text{kcal})}{(\sum E_s) \times 2550(\text{kcal})} \\ &= \frac{[\sum(W_T \times A \times T \times F/1000)] \times 2550(\text{kcal})}{[\sum(W_s \times A \times T \times Q_1 \times Q_2/1000)] \times 2550(\text{kcal})} \quad (5.2) \end{aligned}$$

E_s ：各室之照明設備耗費電量基準 (kWh) /年

E_T ：各室實際的照明設備耗費電量 (kWh) /年

W_s ：照明消耗功率基準 (每單位面積) (W/m^2)

W_T ：照明設備實際消耗功率 (W/m^2)

A ：各室之地板面積

T ：各室全年間照明點燈時間

Q_1 ：依照明設備之種類產生修正常數

Q_2 ：依照明設備之照度產生修正常數

F ：依照明設備控制系統等產生之修正常數

日本有關建築物節約能源措施方面，新法規定除原有之空調設備外，以政令追加其它耗能設備，其中包括照明設備、機械換氣設備、熱水供給設備及電梯設備等，分別制定其能源消費係數(CEC)判斷基準，促進建築物進一步節約能源。建築物的 CEC/L 基準值如表 6.1。

對於特定建築物則追加辦公室、商店、旅館、學校、醫院診療所等類建築。因此基於以上省能源法之規定，對於特定建築物於 1993 年 11 月 1 日以後的建築執照申請，必須提出省能源計畫書(包含計算書)。建築物的 CEC/L 值必需符合表 6.1 的要求。

表 6.1 建築物的 CEC/L 基準值

單 位	一般基準值	獎勵基準值
事務所、學校、醫院	$CEC/L \leq 1.0$	$CEC/L \leq 0.9$
飯店、商店	$CEC/L \leq 1.2$	$CEC/L \leq 1.1$

飯店、商店的判斷基準值特別規定為 1.2，主要是考慮到這些建築物的照明必須為顧客創造一種舒適明亮的照明環境。當建築物滿足 CEC/L 基準值時，根據節能、再利用支持法，其照明設備系統中的高效率照明設備可以享受低利貸款，以鼓勵建築物採用高效率照明設備。

6.3 新加坡單位面積照明用電密度 (unit power density, UPD)

若將照明區域內之照明用電量 $Q[W]$ 除以照明區域面積 $A[m^2]$ ，即得單位面積照明用電密度 $UPD=Q/A[W/m^2]$ ，簡稱 UPD。因此利用此評估方法可瞭解此一照明區域之照明用電量是否合理。此綜合評估方法，適用於採用全面照明方式者，整個照明區域要求均一照度之條件。表 6.2 係新加坡規定單位面積照明用電密度 UPD，可供照明設計檢討用電量之參考。

表 6.2 新加坡照明用電密度 UPD 值之標準

使用型態	UPD $[W/m^2]$
辦公室	20
教室	20
禮堂/講堂	25
商店/超級市場/百貨店	30
餐廳	25
大廳	10
樓梯	10
停車場	5
工廠	20
倉庫	15
走廊	20

6.4 台灣綠建築之照明系統節能評估法

台灣綠建築照明系統之節能評估法係以提高燈具效率與照明功率密度為主，其照明系統合格判斷如下式所示：

$$EL = IER \times IDR \times (1.0 - b_1 - b_2 - b_3) \quad (6.3)$$

式中所有居室燈具效率係數 IER 與主要作業空間照明功率係數 IDR：

$$\begin{aligned} IER &= (\sum n_i \times w_i \times B_i \times C_i \times D_i) / (\sum n_i \times W_i \times B_i \times r_i) \\ IDR &= \sum sw_j / (\sum UPD_j \times A_j) \end{aligned} \quad (6.4)$$

其中 EL：照明系統節能效率，無單位

IER：所有居室燈具效率係數，無單位

IDR：主要作業空間照明功率係數，無單位

n_i ：某 i 類燈具數量。

w_i ：某 i 類燈具之功率(W)

r_i ：某 i 類光源之效率比

B_i ：安定器效率係數

C_i ：照明控制係數

D_i ：燈具效率係數

β_1 ：20.0x 再生能源節能比例 R_r

β_2 ：建築能源管理系統效率

β_3 ：如光導管、光纖集光裝置等其他特殊採光照明節能優待係數，由申請者提出計算值，經認定後採用之。

sw_j ：主要作業空間之照明總功率(W)，為該空間燈具功率之和，主要作業空間型態。

A_j ：主要作業空間樓地板面積(m^2)

UPD_j ：主要作業空間照明功率密度基準。

IER 為實際總用電功率與總用電功率基準之比，IDR 為主要作業空間之設計照明功率密度與照明功率密度基準之比。綠建築之照明評估範圍係以照明水準較具共同標準之供公眾使用之空間為限，至於儲藏室、停車場、倉庫、樓梯間、茶水間、廁所等非居室空間，與住宅、宿舍、療養院、旅館客房等屬於私人生活氣氛之住宿空間，以及開刀房、工廠生產線、實驗室、音樂廳、娛樂場所、展覽場、商場等商業展示及特殊照明需求之空間，並不列入評估範圍。

6.5 我國之燈管環保標章規格標準及節能標章能源效率基準

照明產品自 2000 年施行驗證登錄制度已達 6 年時間，包含螢光燈管、安定器內藏式螢光燈泡、螢光燈管用安定器（包含電子式與傳統式）與燈具等產品均需檢驗合格，並在經濟部標準檢驗局登錄完成取得證書，方可進行進口及出廠作業。驗證登錄之檢驗方法乃是採用型式驗證之方式，此種試驗方式大幅降低廠商之試驗費用，但因驗證方式係架構在產品品質符合性之保證下，因此生產廠場必須簽署符合型式聲明書，保證採用各項品質管理措施，確保所生產之產品與型式報告之原型式一致。若經消費者反應驗證登錄有瑕疵者，檢驗專責單位將向生產廠場、港口倉儲場、進口商或經銷商等實施取樣檢驗或對工廠實施品質管理之追查作業，經測試若不符合標準要求，將撤銷其證書，且要求作市場產品回收，因此後市場管理相形重要。唯有建立健全之後市場管理機制，才能達到品質管控及節能之效力，否則反而會造成守法廠商之成本增加，喪失市場競爭能力。

另一值得重視的是規範制定之周延性，現行螢光燈管發光效率與安定器光效因數，自 98 年 3 月 1 日開始實施，其產品規範範圍主要在於 10-40W 之常用燈管，管徑範圍為 25.4mm ~30.48mm (T8~T12)，

經濟部能源局於 2006 年 1 月 6 日公告螢光燈管用安定器之光效因數基準，配合目前標檢局產品檢驗之施行，安定器廠商將產品送指定實驗室檢驗時，不僅其性能須符合 CNS13755 或 CNS927 要求，同時必須滿足能源局規定之安定器光效因數(BEF)，但執行測試時若無 CNS 13755 附錄 1 及附錄 2 無試驗用安定器及試驗用燈管可供測試基準使用者，不在本基準適用範圍內。因此安定器光效因數規範之範圍主要在於 10-40W 之常用燈管，管徑範圍為 25.4mm~30.48mm (T8~T12)，主要以目前一搬辦公大樓或教室普及使用之燈管，施行日期為 2009 年 3 月 1 日，目前中華民國國家標準 (CNS) 已配合完成檢驗標準之修訂，已將安定器光效因數納入 CNS13755 (螢光燈管用交流電子式安定器) 與 CNS927 (螢光燈管用安定器) 規範內，亦即 2009 年 3 月以後配合驗證登錄產品檢驗一併施行，此規範施行同時，原螢光燈管用安定器耗能標準停止適用，相關檢驗方法可參考 2006 年 7 月 10 日最新修訂版標準。2008 年 11 月公告實施高效率照明燈具節能標章能效基準如表 6.3 所示，並已廣泛使用於各照明光環境中。

表 6.3 高效率照明燈具節能標章能效基準

燈具分類	基準規範		品質要求
	效率要求		
燈具 24 英吋 (65 公分)以下	燈泡色 (L-EX: 2600~3150K) 溫白色 (WW-EX: 3200~3700K) 白色 (W-EX: 3900~4500K)	≥ 64.0 lm/W	UGR ≤ 19.0 Ra ≥ 80.0
	晝白色 (N-EX: 4600~5400K) 冷白色 (CW-EX: 4600~5400K)	≥ 62.0 lm/W	
	晝光色 (D-EX: 5700~7100K)	≥ 60.0 lm/W	
燈具 24 英吋 (65 公分)以上	燈泡色 (L-EX: 2600~3150K) 溫白色 (WW-EX: 3200~3700K) 白色 (W-EX: 3900~4500K)	≥ 74.0 lm/W	
	晝白色 (N-EX: 4600~5400K) 冷白色 (CW-EX: 4600~5400K)	≥ 72.0 lm/W	
	晝光色 (D-EX: 5700~7100K)	≥ 70.0 lm/W	

第七章 各類型建築照明選用及設計原則

7.1 商業展示空間照明選用及設計原則

商業展示空間（專賣店、商場、超市等）在現代人們的生活中，已不僅僅是購物的場所，也成了休閒、娛樂、放鬆的場所。其功用和特點確定了其在照明設計上需要更多的裝飾性與藝術表達。設計師們有責任讓現在大多平乏單調的照明設計變得靈動、豐富、賞心悅目起來，讓建築與室內環境更爲舒適、完整、和諧。

7.1.1 商業展示空間及其照明設計的獨特性

照明在商業展示空間中的作用比在其他任何類型的建築空間中都要重要。這是顯而易見的。大多數情況下，明亮的商店環境比之暗淡的更爲人們所喜歡，自然也會有更好的銷售業績和商業回報。這裏需要注意的是，商業展示空間的照明不僅是用來照亮商品，良好的照明設計對於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等方面都至關重要。

在各類商業展示活動如服裝展示、汽車展示等，動態展示使展示生動化，使展示空間具有一種活力，而成為潮流趨勢。如視覺衝擊力、聽覺感染力、觸覺啟動力、味覺和嗅覺刺激感，通過娛樂色彩的環境、氣氛和商品陳列、促銷活動等來吸引顧客注意力，提高對展品的記憶。展示空間生動化比大眾媒體廣告更直接、更富有感受力，更容易刺激購買行為和消費行為。商品銷售行為中，將商品透過建築物內動線規劃構成、內部裝修、商品陳列方法等巧妙地配合起來，可提高空間造型感，這對提高出售率和相應的附加價值具有重要的意義。隨著社會經濟的變化，必須敏感地抓住消費者的心理，滿足顧客的慾望，也就是以顧客為主體來設計照明。

商業場所照明系統好的規劃設計，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，尚需重視照明設備高效率及節電功能。因此針對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、螢光燈用安定器與省電的關係、照明燈具的考量、建築照明之節能規範概要、理想商業場所照明規劃設計、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，分別說明，以資參考。

照明是依靠光線的功能，讓燈光作用於顧客的眼睛，其注視到商品上，這對推動顧客希望慾求心理，有重要的作用，依商業場所照明的目的來說，基本要求是把商品價值顯示出來，若照明（燈具）效果較商品本身更為顯眼，則煞費苦心的商品排列就完全得不到有效的利用。因此，巧妙地利用光作用是很必要的。

7.1.2 商業場所照明結構

商業場所照明可分為一般照明、重點照明和裝飾照明三部分構成。這三部分的構成比例適當，就能得到良好的照明效果。

(1) 一般照明

目前商業場所內的一般照明，以全般照明為主，只考慮明亮，容易產生平淡感與刺眼眩光，這樣的設計作為商業場所照明不一定是適當的。照度基準可以按中國國家標準(CNS)選定，由於照度相對偏高，結果增加冷氣負荷，浪費電力；並且有極大比例的商業場所是採用傳統鐵磁安定器，低功因又高耗能，徒然增加電力浪費。此外，即使是一般照明，也有些商業場所是使用低演色性的燈管，影響對顧客的吸引力。

(2) 重點照明

為了重點地把主要商品和場所照亮，以增加顧客的購買慾望。照

度隨商品的種類、形狀、大小、展出方式等而定，必須有和店內一般照明相平衡的良好的照度。在選擇光源及照明方式時，也不能忽視商品的立體感、光澤及色彩等情況。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。

在台灣的一般商業場所使用重點照明的比例仍低，以熱食區為主；但未來多角化經營項目更加增多時，可能會設計並使用重點照明。

(3) 裝飾照明

為了表現商業場所業務狀態和顧客性格，常採用裝飾照明來強化光環境的氣氛，例如通過照明器具的外形美和把它排列成裝飾性圖案（屋頂面燈具的布置和懸吊照明器具的排列），使店內產生富有生氣的理想光線，或對物品造成良好的照明效果，或依靠牆面的照明造成室內的氣氛效果等，都應注意把它作為內部的裝飾因素而協調組合起來，這類照明未來以光纖、光導管及LED的可能性及潛力最多。

以一般性商品銷售為主之商業場所，其照度水準較高，容易予人明亮的舒適感，吸引買氣；而較低照度的商業場所，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，故商業場所的照度若要訂定一個合理的數值，顯然頗有困難及難以執行之處。

7.1.3 商業場所在照明設計上的問題

在照明設計方面，因長期以來台灣地區對於照明工程缺乏有效的指導建議及規劃，照明設備充其量只有量的補充，缺乏品質的觀念，因此出現六大缺失如下：

- (1)密閉房舍建築，過度裝修而減少開窗；造成天然採光不足，

因此只好過度依賴人工照明，增加照明的用電量。

- (2) 過度強調視覺效果與顧客心理導向，而大量使用白熾燈及鹵素燈，電力損失偏高。
- (3) 整個營業空間常全部採均齊全般照明設計與配置照明設備，無法突顯主要展示商品。
- (4) 由於對照明設備的品質缺乏認識，以價格考量而使用低效率的放電燈光源及傳統電磁安定器，電力損失偏高又有閃爍問題，此在許多商業場所中仍屬常見的型態。
- (5) 裝設便宜且低演色性的螢光燈，不利營業氣氛的營造。
- (6) 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。

現代化優質商業空間照明規劃應以**分層次**的設計原則來規劃照明，分層次設計原則能讓人更好地理解照明設計，並實現照明所需要的整體性和美學效果。

首先是**環境光層次**，環境照明的任務是為室內空間提供整體照明，它不針對特定的目標，而是提供空間中的光線，使人能在空間中活動，滿足基本的視覺識別要求。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；而螢光燈和緊湊型螢光燈也因其較高的光效和幾近完美的演色性能成為其首選。有些展示空間如首飾展示空間為獲得一種戲劇性效果，則有意加大環境光與重點照明的對比度，以此來強調商品、營造氛圍。

重點照明層次，顧名思義，重點照明是為了強調、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、裝飾細部、商品展

示和標識等。多數情況下，它具有可調性，軌道燈可能是其最常見的形式，具有可調性的照明能適應不斷變化的展示要求，比如說展品空間位置上的變化、裝飾的變化等。另外，洗牆燈、聚光燈等也是常用的重點照明燈具。

作業照明層次，這是爲了滿足空間場所的視覺作業要求而作的照明，因環境場所、工作性質的不同而對燈具和照度水平有不同的要求，如專業畫室要求照度水平較高而柔和，不能產生眩光，對燈具的顯色性能也有較高的要求；而停車場、倉庫庫房等場所，則對照明的光色要求均不高，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擺設、清潔工作、銷售結算收款等作業的順利進行，在很多此類空間的設計中，經常是在接待台的上方設置具造型特點鮮明的吊燈，既便於作業，又配合了展示空間的特點，同時也爲顧客提供了一定的導引作用。

裝飾照明層次，是以吸引視線和炫耀風格或財富爲目的的，主要意圖就是爲空間提供裝飾，並在室內設計和爲環境賦予主題等方面扮演重要角色。關於商業展示空間的裝飾照明，主要在以下幾個方面：

- (1)燈具本身的空間造型及其照明方式；
- (2)燈光本身的色彩及光影變化所產生的裝飾效果；
- (3)燈光與空間材質表面配合所產生的裝飾效果；
- (4)特殊而新穎的先進照明技術的應用所帶來的特殊裝飾效果。

裝飾照明對於表現空間風格與特色舉足輕重，是商業展示空間照明設計中需重點考慮的部分。

7.1.4 理想商業場所照明規劃設計

商業展示空間是以招徠顧客、詮釋展品、宣傳主題爲意圖的，它

的主體是展品，從廣義上說這個展品不光是指展示的實物，還包含了展示空間本身。由於展示空間需要表達展品的形象特色，所以其整個室內設計包括照明設計都需要有個性化、風格化的特色手法。

由於商業展示空間很明確，很重要的一個意圖是招徠顧客或消費者，所以其照明設計最重要的作用之一是吸引視線。照明系統產生的明亮奪目的光線本來就有這種效果，但如果很多商業展示空間爭放光芒的時候，這種效果就會減弱，只有更特別一些的照明效果，才能再次把顧客的注意力吸引過來。

通常，商業展示空間中狹義的展品即商品是表達的關鍵所在，所以對空間內所有的商品都能提供有效的照明是首要部分，在此基礎上再針對一些重點商品（如新產品、經典產品或特價商品等）設計出特色化的展示性照明，使得整個照明效果在整體感中不乏層次感。

另外作為商業展示空間，方便消費者的參觀與購買過程是不容忽視的。其間的照明設計應為消費者的參觀路線負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，可以考慮通過直接引入天然光來增加店內的採光，這樣既經濟環保，光線又自然柔和。毋庸置疑，少量多區間的採光方式永遠比多量少區間的方式要好，但需有另一方面的考慮，設計師需要找到一個燈具數量與柔和度的平衡點。

此外，商業展示空間照明與其他類型建築照明的主要區別，在於展示商品主要是針對垂直面來進行考慮，而不是通常所考慮的水平面。因此，在照明設計上要避免過度集中的下射光，如緊湊型螢光燈或是高強度氣體放電燈（HID 燈）的下射式照明，這樣光束很容易集中在水平面上；而普通的下照式螢光燈能形成足夠多的漫反射光，產生良好的垂直面照明效果。

從以上可以看出，商業展示空間由於其自身的功用與特點，決定了它的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，從而達到吸引消費者、樹立品牌形象的目的。因此商業展示空間在照明特殊強化設計上必須牢記幾個準則：

- (1) **裝飾照明的表現形式**：首先是發光體即燈具本身外觀造型及其照明方式的裝飾性，具有鮮明造型風格的燈具，能有效地強化環境特色。傳統的裝飾燈具，因為歷史的積澱而有了較為明確的寓意和穩定的風格，如水晶吊燈代表了豪華、典雅、端莊的西方風格；而紙質木格紋的落地燈則有著典型的含蓄、寧靜、靈性的東方風格。現代科技產生的裝飾燈具，如 LED(發光二極體)、霓虹燈等，它們體積小，可以製成任何形狀，產生任何顏色的光，大大地提高了設計製作的彈性空間和發揮餘地，新的經典燈具設計也花樣翻新。燈具的發光方式也由傳統的手動調節到由可以電腦程式自動控制，產生色彩、照度等有規律地動態變化、變幻的神奇裝飾效果，創造商業空間無窮的變化。
- (2) **燈光本身的色彩與光斑、光暈的裝飾性**：色彩能產生出豐富的裝飾效果，使用得當能對人的產生積極的心理影響；而燈光在平面上形成的光斑、光暈及其排列組合形成的節奏感、韻律感都具有極強的裝飾效果。可以把它們投影在室內空間介面上作一幅“光繪畫”，由於燈光本身鮮明奪目、形式新穎，若再加上動態的效果，往往可以構成一個區域的視覺中心，既吸引視線、招徠顧客，也利於商業展示空間的廣告宣傳。
- (3) **光影變化、變幻的裝飾性**：多重光投射加上照度的變化所產生的光影變化可以製作出更為複雜的“光雕塑”效果。這可以應用

於整個展示空間，也可以針對需重點表達的展品。如對展品的輪廓用光進行強化，或是從不同角度投射不同照度的光束以加強立體感等。

理想商業場所營業場所的照明規劃設計當然應顧及節能與環保，故在兼顧營業需求及節能下，應該朝向適度引進天然採光，以減低人工照明之需求：

- (1)天然採光設計：採光井與玻璃帷幕牆的設計，均可以產生必須的天然光線照明效果，但應該隔離太陽輻射熱以避免增加冷氣負荷。
- (2)輻射熱的隔離：可以使用隔熱玻璃、窗簾及室外遮陽篷，以減低輻射熱進入室內而增加空調負荷。
- (3)挑高樓層與通風空調規劃：加速空氣之對流，以減少熱之堆積，適度降低環境溫度，可以延長燈具及光源之壽命。
- (4)照明光源的審慎選擇：配合營業需求及商品特色，選擇省能高效率的照明光源，搭配高性能電子安定器，可以發揮高照明品質的效果，並兼顧節能及電費支出。

7.2 辦公室空間照明選用及設計原則

林立在現代化都市中的辦公大樓已成為都市現代化的指標，而其用電設備涵蓋甚廣，但照明則是辦公大樓影響上班的氣氛與作業活力的關鍵，甚至於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，此在台北市、高雄市、北京、上海、東京、紐約等無不如此。辦公大樓上班工作時間長，因此大樓之照明規劃除應考慮節約能源外，尤應注意照明品質的舒適性，以提高工作效率。選用省電照明燈具，利用有效率的照明設計方法及控制系統，均可避免浪費能源。但

正確的使用照明習慣及維修週期，及定期做好燈具的維護，才更是保持舒適的照明環境的重點。從設計之始，舒適而高效率光源的選用、低眩光燈具的選用與安裝、高效率不閃爍電子安定器的選用、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。老舊燈管、燈具、安定器的汰舊換新與最佳更換週期，則影響到經濟面與能源效益的高低。而清潔維護工作的重要性與工作安全，更是未來週期性不可或缺與疏忽的重要工作。

結合電子安定與光源體的高效能照明設備，提高發光效率及光源的使用壽命，並朝高演色性的光源發展；整體空間配光改進燈具的設計，兼顧配光與眩光防制的優良辦公室照明設備已是世界照明工程主流；而燈光控制、天然採光與節能觀念的配合則已進入建築設計與電子微電腦控制的整體照明系統規劃中，因此在缺乏自主能源的台灣地區，合理而高效率的照明品質應是兼顧環保與節能的必須策略。

7.2.1 辦公照明設計與照明品質考量

政府機關辦公的室內作業特性以辦公室的桌面作業為主，舉凡一般文字書寫、電腦文書作業、會議諮詢、公務洽商等等，長時間行政文書作業活動，需要有良好的照明環境以保護視力健康及提昇工作效率。日本視覺學者大山正曾做過試驗證實人員在光線適度的情況下，較易提昇閱讀書寫、工作的慾望與效率；相反地，在微弱散亂的光線下，精神無法集中，令人坐立難安，並顯出容易疲勞的現象。

就心理方面而言，(1)不良的照明環境易造成疲倦，改善辦公場所的照明條件與品質，可使上班族感到神清氣爽，心情愉快；(2)不良的照明環境如光線昏暗或刺眼皆會造成心理不適與缺乏安全感，直接影響工作表現與企業競爭力。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。

綜合前述的建議，優良的照明品質，基本上應包括：

- (1) 充足而舒適照度與配光均勻的要求
- (2) 眩光防制水準的特殊要求
- (3) 光線穩定度與發光閃爍的考慮
- (4) 合理節約能源與電費的支出

7.2.2 辦公大樓照明燈具的要求

在能源危機日亦受到重視之後，全世界之光源製造廠積極研製高效率光源及高效率的節能燈具，目前市面上均是經過省電設計之節能光源與燈具，包括精緻型螢光燈管與省電燈泡。精緻型螢光燈管與省電燈泡都是螢光燈，但目前種類與外觀繁多，可視需要而安裝，運用上極為方便，在國內許多新建的辦公大樓已紛紛採用配裝精緻型螢光燈管的省電燈具，尤以都會地區如台北、高雄最多。

(1) 辦公大樓光源選擇

高演色性(或稱三波長域)發光螢光燈管，型名使[EX]為代號。此種燈管發光效率高，比傳統螢光燈約高 10 % 以上、演色性好（如表 7.1 所示，平均演色評價數 $R_a > 80$ ，普通螢光燈 $R_a = 60$ ）。其燈管發光分布是對人類肉眼色覺識別最佳而接近太陽光色，因此可以達到高演色性及色澤鮮麗的效果。平均壽命可達 10,000 小時以上。高效率螢光燈之選用可參考經濟部標準能源局節能標章螢光燈管產品，可節省電能及電費。如果可以配合季節變化，於春秋天裝置 4,000K 至 5,000K 的白色燈管，產生明亮開朗的氣氛，夏天改為 5,000K 至 6,500K 的晝光色燈管，產生清涼的環境；冬天改用 4,000K 至 3,000K 的溫白色燈管，將更可以營造溫馨而祥和的空間。

表 7.1 高頻專用螢光燈管之光輸出及電氣特性

光源 W	燈管規格	消耗 功率 W	管電流 mA	初光束 lm	效率 lm/W	演色性 Ra	色溫 K	管徑 mm	燈管長 mm
20	FHF18DEX	18	310	1,300	72	85↑	6,500	29	580
	FHF18NEX			1,400	78	82↑	5,000		
	FHF18WEX			1,400	78	82↑	4,200		
32	FHF32DEX	32	255	2,930	92	85↑	6,500	25.5	1198
	FHF32NEX			3,100	97	82↑	5,000		
	FHF32WEX			3,100	97	82↑	4,200		
40	FHF38DEX	38	350	3,420	90	85↑	6,500	29	1198
	FHF38NEX			3,650	96	82↑	5,000		
	FHF38WEX			3,650	96	82↑	4,200		

(2) 辦公大樓安定器與總合效率

放電燈系列如螢光燈、水銀燈等，必要依賴安定器作補助點燈，才可以發光，所以包括安定器消耗之力而稱為總合效率。例如：40W 之螢光燈，單一燈管的效率為 84 lm/W，而含安定器之總合效率為 66 lm/W；三波長域螢光燈管額定為 36W，其燈管效率 96 lm/W，總合效率 75 lm/W。若進一步採用電子安定器時，其總合效率可達 89 lm/W。搭配螢光燈發光的安定器可分為傳統式安定器及電子式安定器兩大類。傳統安定器是採用磁鐵心電磁回路設計，低頻(60Hz)點燈而鐵損高，通常損失約為燈管功率額定的 25%，因此一支 40W 的螢光燈管，應以 50W 的用電量來計算。近 10 年來的主流產品為高頻點燈高效率電子安定器使用高頻瞬時點燈，可以搭配現有台灣市場上最普遍的傳統預熱式螢光燈管或新型高頻專用燈管，一般而言，使用電子安定器可以節省原照明用電約 25%，如果採用高頻點燈專用高效率型安定器，搭配高頻專用螢光燈管，則可節省到 35% 之用電。

因此辦公大樓改裝電子式安定器，將可節約可觀的電費。而其關鍵即在於選購經標準檢驗局檢驗合格及貼有合格標誌的產品。而一般說來電子安定器必須與燈管的特性配合，因此如果選用預熱型電子安

定器，則最好使用預熱型燈管；如果是瞬間啟動設計之電子安定器者，應使用高頻專用燈管，如果裝上預熱型燈管，也可以發光，但開關次數太頻繁時，容易損壞燈管，增加更換燈管的費用。

7.2.3 辦公大樓的照明控制方法

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

- (1). 配合時序控制器(timer)：於預定的時間自動地對照明環境作模式切換，或燈具的明滅控制，不須手動操作控制，可避免因忘記關燈而浪費電能。例如上班、下班、午休時段、夜間景觀照明之自動點滅照明燈具。
- (2). 配合晝光感知器或附亮度檢知器：當屋外陽光線充足明亮時，可自動的調降可調光型電子安定器的輸出，而降低靠窗燈具的亮度或直接關閉燈具，因此其電路設計需採平行靠窗方向來配置，適合於辦公場所靠窗側燈具、靠窗走廊、採光井、夜間室外景觀燈等的自動控制。
- (3). 利用熱感開關裝置：在辦公大樓的小型會議室、會客室、廁所....等場所，由熱源感知器檢測空間內人體溫度，當室內有人時自動開燈，沒人時自動關燈，既方便又可避免浪費能源，目前已廣泛地使用於國內。
- (4). 使用附加感知器：部分較少有人員進出之場所燈具可使用附加感知器之自主控制型燈具，可自動控制燈具之明滅或調節亮度，例如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，可避免浪費能源。

- (5). 整體群控式照明控制系統：例如採照明中央監控系統、二線式照明控制系統等，可機動配合辦公大樓作息變動需求，來加以監控管理，而節約照明用電 30 % 以上。

7.2.4 台南市政府辦公大樓照明改善案例

台南市政府辦公大樓為地下 2 層、地上 16 層、樓地板面積約 48,316m² 辦公大樓，辦公室基礎照明採用 20W×4 型鐵磁式安定器日光燈具約 7,155 盞，照度量測值約 500~750 lux，其值在國家 CNS 照度標準建議值內；走廊照明採用 20W×4 型鐵磁式安定器日光燈具約 924 盞，改善成果如表 7.2 及圖 7.1 所示照明用電量佔總用電量的 32.8%。

原使用狀態：

- (1) 市長及副市長室已更換高效率電子式安定器日光燈具。
- (2) 各樓層走廊照明燈具隔盞開燈或只開 1/3~1/4 數量燈具，17:30 以後警衛巡視管理關燈。
- (3) 大樓廁所面向北方自然採光良好，由 1 樓至 16 樓男女廁所共 56 間，使用 20W×4 型日光燈具及省電燈泡 21W，由警衛巡視關燈管理。
- (4) 市政大樓地下二樓停車場使用 40W×2 型日光燈具共 120 具，目前採減少一支燈管措施，照度量測值 50~300 lux，使用時間為 24 小時。
- (5) 市民廣場地下一樓使用 300W 複金屬燈具，照度量測值 100 ~ 200 lux，使用時間為 07:00~24:00，車道使用數量 40 盞，設定控制方式，20:00~07:00 關燈；除上下班時間外關掉車位上方燈具。

實際改善情形：更換為 T5 型電子式安定器日光燈具

- (1) 將 7,155 盞之 T8 型 20W×4 高功因鐵磁式安定器日光燈具，改以 6,000 盞 T5 型 14W×4 電子式安定器日光燈具規格耗電約 64W，其可大幅節約用電 28W(約 30.4%)、降低空調負荷及減

少燈光閃爍等優點。

- (2) 將 924 盞之 T8 型 20W×2 高功因鐵磁式安定器日光燈具，改以 500 盞 T5 型 28W×1 電子式安定器日光燈具規格耗電約 34W，其可大幅節約用電 14W(約 29.2%)、降低空調負荷及減少燈光閃爍等優點。

表 7.2 實際改善成果

改善前燈具 (傳統安定器)	消耗功率 (W)	改善後燈具 (電子安定器)	消耗功率 (W)	節約耗電 (W)	節約率 (%)
日光燈 20W×4	100	T5/14W×4	62.9	37.1	37.1
日光燈 20W×2	53.8	T5/28W×1	33.4	20.4	37.9



圖 7.1 台南市政府辦公大樓照明改善案例

7.3 學校空間照明選用及設計原則

一般學校內部之教學環境依室內外區別可分為室內教學區域及室外教學與休憩區域；前者如一般上課教室、各專科教室、實習工廠、圖書館、辦公廳舍、保健室、禮堂、運動體育館等等；而後者如室外運動場、花園與連絡道路等。各種場所之照明條件與需求均不相同，因此對於照明品質之要求也不相同。長久以來，國內照明設計缺乏專業研究與重視，對於照明僅停留在照度之提高，以致裝置燈具後之現場，常是品質欠佳之不良教學環境。

學生在進行各種學習活動時，幾乎全是靠眼睛視覺的注視，視覺器官會自行調節，以適應環境。若令眼睛組織肌肉過份緊張，長期處於不良的照明環境下學習，將會造成視覺生理上的疾病。因此在考慮學校的照明工程時，應兼顧視覺環境的影響。

就心理上而言，不良的視覺環境會影響到學生的學習興趣，缺乏學習動機。就生理上而言，不良的照明環境會造成視覺器官上的毛病例如近視、散光等等，通常是由於過強、過弱的光線或眩光所造成。若教室中採用不恰當的光源或不適當的燈具，則師生終日處在這種狀態下，不但會引起心理上的不舒服，更會發生身體上的不適諸如頭痛、眼痛、頭昏等的毛病。良好的教室照明環境可引發學生的學習動機，學生的學習動機往往受外在因素的影響，所以唯有在良好的照明環境中，才能提高學習的效果。而在愉快舒服的氣氛中上課，老師的講解會更生動而活潑，學生的內在學習動機才容易被引發出來。

7.3.1 學校教學環境照明需求

學校教室照明設計，在於能讓學生迅速辨識出書籍、筆記本及黑板上的文字及圖形，使學生們提高學習的效果，同時確保眼睛的健康。所以設計教室照明環境之目標為：

- (1)學生方面：在舒適與明亮的環境中提高學習效果，以減少眼睛疲勞，確保視力健康。
- (2)教師方面：足以判別學生臉部表情，在舒服而無眩光的教學環境中愉快地授課，使學生易於了解，確實獲得教學效果。
- (3)學校管理方面：提供合理而高品質的教室照明環境，並兼顧容易維修與清理的需要，達到經濟而節約電費的目標。

7.3.2 教室照明設計應考慮之要素

就一般課堂教學目地而言，舉凡一般教室、專業教室、講演為主之教學場所，學生視線方向長時間朝向黑板聽講，有時需在桌面上寫字或閱讀，眼睛視線偏向水平線及其上方，屬於上仰方向，因此照明品質除照度之充足外，尤應著重在眩光之防制與閃爍之降低，以提供舒適而穩定之照明環境。不足的照度、刺眼之眩光與閃爍的光線絕對有害視力，此亦乃台灣地區國民視力快速衰退，近視急速上升之主因之一。

其餘非講演型之教室，例如實驗教室、禮堂、圖書閱覽室、製圖美術工藝教室、辦公廳舍、教師研究室等，通常眼睛視線方向長時偏向水平線及其下方，屬俯角方向，因此偏重在閃爍之防制；至於眩光，僅剩下反射眩光部份，極容易以桌面擺設與採用低反射桌面材料來降低，與燈具種類較無直接關係。

室外教學場所需人工輔助照明者，主要為夜間運動場所如田徑場、游泳池等；非教學場所之休憩場所則為道路路燈、花園庭院照明、部份走廊穿堂等，其設計目地主要在於提供必要之最低照度以供辨別環境之需，對於眩光與閃爍之要求反而不是重點，因屬長時間之夜間照明需求，故節約能源與電費考量才是第一要務。

因此，學校照明設計當然以高品質之照明要求為第一，在兼顧節約能源與電費的情況下，分別依場所性質需求來設計燈具之數量、裝置方式，而後依照靠窗天然採光之助，安排電路的控制方式，並隨時視教室內之照明條件而開燈；此外，定期之測量照度狀況、更換老舊損壞燈管與清洗燈具，更是確保高照明品質之不二方法。

7.3.3 教室課桌區照明燈具選用原則

長久以來，燈具長邊側究竟應與黑板垂直或平行，一直困擾國內各界，有時平行，有時又改為垂直。有些學說引用側面投光理論，認

為反射光不會進入眼睛來說明燈具長向應與黑板垂直，這些爭論均因缺乏將前述輝度與眩光關係納入一齊求解所產生。理論上，根據反射光幕和眼睛疲勞之關係實驗，就學生視線而言，在桌面上方正反射區域有照明器具存在時，將會產生較大的光幕反射(Veiling Reflection)，因此照明器具的裝設位置，必須避開正反射區域。側面投光可減低反射光之刺眼，但教室教學根本無法將燈具擺至側面投光；因此正確的探討應是以視野環境內之眩光與輝度限制來設計。歐美派學者傾向用加裝格柵板來限制眩光，而與黑板垂直安裝；日本派學者則以與黑板平行較美觀為出發點，設計出低眩光教室專用燈具，採與黑板平行，電腦模擬顯示加裝防眩光格柵板之低眩光燈燈具、且與黑板平行之設計，無論在照度分佈與均勻性、輝度眩光之防制、燈光控制與節約能源之考慮上，整體評價為所有設計方案中之最佳者。

燈具依投光方向與反射板設計，可粗分為（1）無眩光防制之一般開放型燈具，燈管裸露在外，直接刺激眼睛；可適用於一般對於眩光要求不嚴格之場所，如走廊、廁所、印刷場所及一般生產工廠等。（2）延長反射板之低眩光燈具，適用於須高照明品質之場合，如上課教室等。但因燈具長邊側之安裝與注視方向關係到眩光之防制，如果與黑板垂直安裝，勢必無法降低燈管之直接刺眼眩光，故設計如百葉窗板之格柵來降低輝度及眩光。如果採用長反射板之低眩光燈具，則應與黑板平行安裝；若與黑板垂直，則仍會因高輝度之眩光而傷害視力健康。

過去的教室照明多採用裸露式燈具之直接照明，如此使得桌面平均照度提高；但相反地，使天花板面上平均照度減低，形成對比眩光強烈。而失敗的照明改善工程以高反射係數鏡面鋁板來增加投光，卻在未加裝格板下與黑板垂直，造成更嚴重的直接眩光，傷害視力健康至鉅。因此吊燈照明燈具可在燈罩上方打投光孔以提高天花板平均照

度，此即教室用低眩光燈具之一，在市面上亦有設計具有向上配光的教室專用天花板燈，屬於半間接照明方式，其附有 24° 遮光角的燈罩，可減少眩光對於學童的干擾，比較適合採用平行黑板方向配置，但也因其具有較深遮光罩而使得燈具效率稍減；若使用 24° 遮光角的燈罩，則照明效率可獲改善而提升，如表 7.3 所示。

目前國內學校教室的天花板燈仍採用裸露式燈管。在改善照明的要求下，天花板面照明應選擇低眩光之燈具，例如具遮光角或格柵型燈具，並可考慮部份光線向上投射，使教室天花面獲得適當照度。

表 7.3 燈具遮光角與排列關係建議

等級	燈具種類	燈具排列原則
1	無遮光角	與黑板垂直
2	具遮光角(24度以上)	與黑板平行
3	具遮光格柵	與黑板平行或垂直

7.3.4 黑板用燈具選用原則

黑板照明其上下、左右應保持均勻照度，並且要防止正反射之眩光。因此教室黑板照明之照明設計條件，應具有下列諸條件：

- (1). 要防止學生注視黑板時，因黑板專用光源所引起的眩光現象。
- (2). 要避免照射黑板的光源，直射學生的眼睛。由學生眼睛的位置及光源高度之關係，以決定不刺眼、不反光的照明位置。

(3).照射黑板的光源，要裝設在教室講課時，仰角的 45° 上端，以避免產生刺眼現象，教師眼睛的高度平均值是1.55公尺，其仰角 45° 範圍內，不要有照射黑板之光源。

黑板正面的垂直照度要足夠明亮才容易觀看，且黑板的照度分佈要力求均一，故要妥當考慮照明器具的配光及位置。黑板燈方面則建議採用經過配光曲線設計，能將配光投射於黑板面之黑板用照明燈具為佳。最好反射角度可旋轉調整，可選擇理想的的角度以消除黑板眩光，如表7.4及圖7.2所示。

表 7.4 電腦模擬黑板燈具較佳之位置

燈具型式	單管三盞	雙管二盞
l (m)	0.70	1.2
h (m)	2.50	2.7

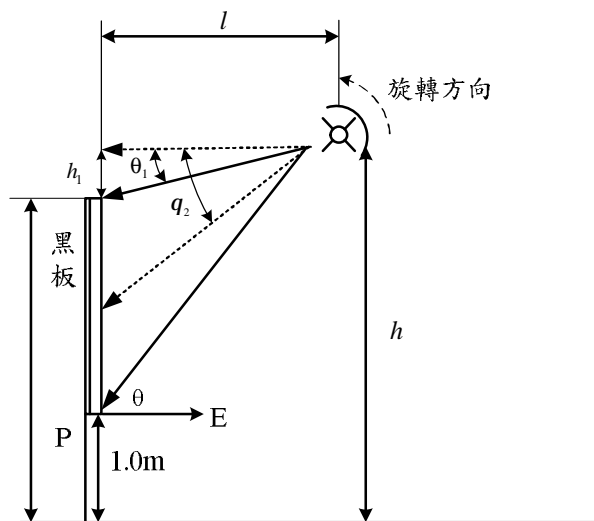


圖7.2黑板燈具裝設位置與投光照射角度

7.3.5 典型學校照明改善案例

(1)原有教室、宿舍、公共走道傳統安定器螢光燈具改裝為電子安定器螢光燈具，依需求進行開關點滅操作，如表 7.5 所示。

40W×2×72 盞(黑板燈由 89W 減為 72W)

20W×820 盞(宿舍書桌燈由 22W 減為 20W)

每年共節省 14,273 kWh。

(2)國立台灣師範大學教室照明改善：95-96 年

表 7.5 國立台灣師範大學教室照明改善表

方 案		現有	T9 38W	T8 45W
課 桌 燈	燈 具 (套)	870	858	675
	照度(lux)	573	692	693
	均齊度	—	0.70	0.69
黑 板 燈	燈 具 (套)	168	216	213
	照度(lux)	492	753	790
	均齊度	—	0.80	0.74
總燈管數	(燈)	2196	1980	1563
消耗電力	(W)	109800	77220	77369
輸入電流	(A)	1060.7	685.1	687.7
功率因素	(%)	90	98	98
排列方式		垂直、平行	平行	平行
用電密度	(W/m ²)	19.1	13.2	13.2
等照度用電量	(W/100Lux)	258	152	150
年 電 費	(元)	946,915	665,945	667,226
年節省電費	(元)	—	280970	279689
年付電費比	(%)	100	70.3	70.5
備註:				
1. 年電費統計(每天用電14小時, 年用電280天, 每度電費				
2.2元)。				

7.4 家居照明選用及設計原則

家居照明設計時，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。在繁忙的現代社會，當人們

經過了節奏快、壓力大、時間長的緊張工作之後，最渴望的就是能擁有一個輕鬆、愉悅、溫馨的休閒環境。而家，正是我們身體和心靈憩息的最好港灣。隨著物質生活水平的提高，人們對家居環境的要求也越來越高，而照明對於營造家庭氣氛至關重要。猶如畫龍點睛，它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。對家居照明的選擇，就如同挑選油漆的顏色、地毯的質地，種類繁多、變化多樣。每個選擇都呈現一種迥異的情緒，滲透一種獨特的品味，散發一種特定的光芒。

7.4.1 客廳及起居室燈光設計方法

客廳是住宅內最主要的活動場所，相對於其他功能的房間，我們在客廳中活動的時間較長而且活動類型較多。我們可以在其中款待客人、看電視、讀書、聽音樂、開派對，或者僅僅是放鬆自己。其功能不但需要高質量的照明而且還要兼顧美觀及易於控制。光源方向位置的選擇，關係到客廳氣氛的形成，功能區域的側重和空間感覺的寬敞。

首先應明確定位客廳的主體照明位置和投射方向，主體照明位置應來自高處，一般以天花為發光基礎，這符合陽光在上的自然現象，因而適應於人們的受光心理。當自然光與空間位置產生矛盾，而無法利用自然光源時，就要考慮使用燈光的角度、位置以及亮度。客廳的主要光源來自自然採光的窗口或人工光源。以天花板為主要光源不宜太強，照度應均勻。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，它會使天花處在均勻的反光之中，天花板成爲一個亮度適宜的間接光源。這種光源會較好地反映客廳內的家具陳設，使客廳處於一片柔和的光明之中。好的照明可以爲客廳營造出舒適宜人、生動活潑等不同感受的氛圍。

聊天、讀書和看電視是客廳中的主要活動，寫作和用餐有時也會

在客廳中進行。實際上，客廳是家庭的心臟，這正是它充分需要高質量照明的原因。因為客廳多種不同的應用，其照明需要靈活多樣，並與美學相結合。如果我們將照明分成一系列的層次，那麼客廳的主體照明光線應柔和暗淡一些。客廳的一般活動區照度應在 200 lux 左右，對於天花板較低的客廳，宜選用吸頂燈或吊頂後嵌裝燈；天花板較高的客廳，可選用吊燈，光源應選用節能型螢光燈。

閱讀區域可以採用功能性局部照明方式，通常燈光來自讀書者的肩膀後方。具體的操作方法就是可以根據各人的閱讀的習慣將可移動燈具移至座椅的左後方或者右後方。同時要避免陰影差過大帶來的眩光。對於功能性局部照明，書寫和閱讀區域 0.75m 工作面照明的標準要求為 500 lux，我們可以使用桌燈和落地燈等，它們能夠在需要的地方和需要的時候被用來滿足不同的要求。在這些種類的燈具中宜使用柔和的不同光色的節能燈來強化居室氛圍的顏色設計。

對於家庭的植物，除了可以採用最普通的正面頂視照明外，我們還可以採用背光照明，能產生戲劇化的剪影照明效果，也是蠻有趣味性的。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。

7.4.2 餐廳燈光設計方法

餐廳照明不僅要有增強食慾的功能，還應能創造愉悅且其樂融融的氛圍，為家具、餐桌設置和食物增添光彩，還要有足夠的亮度以滿足實際之需要。我們在考慮餐廳照明時需要注意到藝術性和功能性。從最初照明設計，就得把一般照明、功能任務照明和重點照明互相結合起來滿足我們用餐時心靈的需求。另外燈光模式也需要根據功能進行適當調整，比如吃正餐、簡單的家庭聚會、家務活動等，調光控制系統能幫助我們完成各種場景所需的燈光變化需求。餐廳的整體照明

要求色調柔和、寧靜，主要的燈光宜集中在餐桌，不但使人能夠清楚地看到食物，還能看到用餐人的面部表情，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。還可以通過由調光器控制的各種照明場景為任何宴會創造輕鬆、優雅的格調。

在餐廳裏，往往主燈是燈光的焦點。一般我們將它安裝在餐桌正上方，做為一個裝飾性元件，它提升了整體裝修的美感。但進行調光時，它能產生燭光般的效果。如果在主燈上安裝向下照明燈具，就能夠提供桌面的任務照明和桌子中心的重點照明。

通過將光線集中在餐桌上而不是均勻地照亮整個區域或房間，可以強調親密的感覺。總體照明能夠在整個房間內營造明亮、溫暖的氣氛。想獲得更親密的感覺，可以使用柔和而溫暖的壁燈，或以白光與色光來強化房間的顏色設計。還有一種流行的作法是嘗試用聚光燈重點照明在最喜愛的繪畫或裝飾物，使用 2~3 支聚光燈會使您得到最好的照明效果。嵌入式或軌道式燈具可能提供一般照明，同時也能強調室內獎品或紀念品。嵌入式筒燈可以做為桌面上方美術燈的補充性燈光，也為桌面上的餐具提供了重點照明。低壓鹵素燈的純白光使我們所用的玻璃器皿和銀具閃閃發光。在放置獎品的櫃內我們可以安裝少許低壓迷你型 LED 燈具來對展品進行照明，使櫃內成為展臺。照明可以非常顯著地改善帶有玻璃門的櫥櫃，櫥櫃內的小鹵素燈或 LED 可以突出內部的物體，顯示房間的真實深度和風格，突出照明中的物體。更大的櫥櫃能夠為整個房間提供豐富、溫暖的背景光。通常的方案是將單個燈具懸掛在桌子之上。對於較大的桌子可能使用 2~3 個小而匹配的燈具。帶有玻璃或簾子並且可以在臉上提供一些直接照明的燈具是首選。光源宜選用暖色節能燈，色溫不宜過高。最後，調光器的使用非常有效，它可以提供多個照明等級，以適應偶然事件或作

業，或者在餐桌使用完畢之後，照亮桌腳以作為客廳景觀的一部分。

7.4.3 書房照明設計原則

做為一個書房設計時，我們是需要營造一種柔和的氛圍，避免極強烈的對比和干擾性眩光。可以設計功能任務照明來滿足閱讀、書寫和電腦工作，同時也需要對於周邊環境一定量的一般照明；對於獎品和照片等有紀念意義的物品提供部份重點照明。工作室需要通過照明將您的精力集中在工作上，聚焦在書本或文件周圍的明亮光線可以使閱讀容易並且減緩疲勞。另外，應確保房間的其餘部分被良好的總體背景光所照亮，這將使房間更加舒適，可以提高工作效率，讓靈感源源不斷。

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。書房天花板如果使用帶鹵素光源的筒燈，可以營造出一片舒適寬敞的視覺空間，舒展智慧的雙翼盡情翱翔。書桌上或電腦桌上應設置護眼桌燈作為局部照明，應該照度充足（照度在 500 lux 以上），光線明亮，並且沒有眩光。局部照明要考慮功能需要，書寫閱讀區域的光線不易太暗。人們習慣于右手書寫，光源角度從左方來就比較合理，以免使執筆動作形成陰影而影響書寫。而閱讀的光源則應從後方高於頭部的角度照射過來更為適宜。可調整的桌燈能給於桌面和電腦鍵盤區域額外的照明。燈光的目標不能直接照射螢幕，避免反射眩光。因此，人們就要因自然光源方向角度來調整閱讀書寫的位置。

7.4.4 臥室照明設計原則

臥室是家庭居室中一個重要組成部分，在這裏追求的效果，營造一種寧靜休閒的氛圍，同時用局部明亮的光來滿足閱讀和其他活動的需求。根據居住者的年紀、生活方式，我們可以採用一般照明和

重點照明相結合的方法來進行燈光的佈置。臥室照明需滿足多方面的要求，如營造柔和、輕鬆、寧靜、浪漫等氣氛，使人有一種安全、舒適感。但同時又要滿足梳妝、著裝或者睡前閱讀的需求。各種微妙的照明組合為臥室設計所需要的、提供了完美的平衡。適當配合調光器可以使我們能靈活地運用燈光來滿足各種心理需求和功能需求。

主臥室總體照明應該是中性且令人放鬆的，通常選用乳白色的磨砂玻璃吸頂燈，規劃時可以用各種各樣的燈具來達到這種效果，天花燈、花燈、吊線燈、嵌入式筒燈或者是壁燈，均可以提供足夠的人工光來供主人從事穿衣這類簡單活動的照明。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，燈具應小巧，不能影響臥室整體設計效果。最後需要考慮的是柔光燈泡，它可以豐富您的設計，並與用來突出一個特別的物體或特性的聚光燈相組合，為設計提供增強氣氛的線索。滿足臥室一般活動的照度應在 75-100 lux 左右，用於閱讀的照度應在 300 lux 左右。可使用可調光開關來營造溫馨浪漫的氣氛。兒童臥室的照明應該柔和明亮，避免使用裸露的光源，否則會影響兒童的視力。針對兒童比較喜歡多種色彩的心理，可以設置可調光的彩色燈具作為裝飾照明，但亮度不能太高，更不能產生眩光。基於安全理由，採用的燈具不應過多，佈線要安全，開關的設置要方便實用。兒童房照明可以採用些軌道式燈具，這類燈具的優勢就在於它的靈活性，可以將燈光扭轉調整至任何角度，照明娛樂區、寫作業的桌面等地方。而當小孩子們長大時，可以將這些燈具移除或者將燈光重新定位。

7.4.5 廚房照明設計原則

廚房除了做為一個主要的工作區域，同時也是家庭和朋友聚集的一個地點。廚房照明除了要考慮到舒適同時也要有功能性。用基本照

明照亮整個區域和利用局部功能照明來準備食物的組合，最能夠提供最佳結果。大天花燈具，這種燈具我們採用節能的螢光燈管，來提供充足的漫反射式一般照明。我們也注意到單獨地使用這種燈具會造成人影效應。因此，這些地方需要工作照明做為補充。在洗滌盆上方，我們可以採用在一條燈具路軌上安裝兩套軌道燈具，在洗碗洗盤子時就不會感覺過暗的感覺。

廚房實際上是一間工作室，因此它需要事實上無陰影的常規照明。要照亮所有的表面，不僅是水平工作面，還包括垂直工作面，以方便在櫥櫃中尋找東西。廚房的整體照明照度應該在 100 lux 以上，燈具布設不宜過多，以簡潔、乾淨、明亮、方便操作為主。在洗滌處和爐臺位置，採用一套單獨的嵌入式筒燈節能也同樣能提供充足的工作照明。安裝位置在什麼地方比較合理呢？可以安裝在這兩個工作區的上方。爐臺區塊會有討厭的油煙問題，所以，這裏的筒燈要考慮到加裝一塊玻璃（透明的即可）。料理操作臺要有足夠的照明，以保證烹飪時的安全及做出美味的食物，操作臺照度應該在 250 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。櫥房立櫃的櫃內和櫃下照明我們也可以設置些低壓迷你燈具來進行重點照明，以小瓦數鹵素燈、T5/8W 螢光燈或 LED 燈為宜。同樣在其他隱藏性較強的地方，放一小型節能燈具也能不經意間照亮這些櫃內，同時也可以給櫥房增加溫暖舒適的氛圍。

7.4.6 浴室照明設計原則

在浴室裏我們所需要的是柔和、無陰影的照明，這樣才能完成刮鬍子、化妝、洗澡等活動。浴室有大有小，在面積小的浴室裏，一個鏡前燈就能通過鏡面的反射就能照明整個空間，同時面積大的浴室，需依靠另外的天花燈具來提供一般照明，浴室應整潔、清新且明亮；

則需創造輕鬆、閑靜的格調。同時燈具需要有防水、防塵的功能。

浴室需要有良好的常規照明，還需要對鏡子等進行局部照明。安裝在頂棚上的燈具能夠提供基本的背景照明，而鏡前燈和化妝燈可以提供明亮而均勻的光亮。對於一個配有洗面鏡的牆面而言要求的是左右兩邊對稱的燈光進行照明，這樣就能保證我們的臉龐左右兩邊的光線均勻，燈位設在鏡子的上前方，燈具可以採用玻璃或塑膠漫反射器使燈管的光線更柔和。近來更趨向於使用節能燈，這時我們就可以選用暖白色，它們更接近白熾燈的光色。安全在浴室內極為重要，可以選用防水的照明配件，將它們安置在淋浴單元內時，在淋浴處和浴盤的地方我們可以在天花上採用封閉防潮嵌入式筒燈。

7.4.7 門廊、樓梯間照明設計原則

就照明而言，這些區域屬於門面而需要特殊的關注與考量，因為在這些地方常因惡劣的可視條件而發生諸多意外事件。關鍵要有正確的陰影效果，並提供充足且無眩光的照明；在門口走廊處營造好客的氛圍也是非常重要的。

這些地方的照明趨向於長時間使用。因此，電子節能燈與 LED 燈是不錯的選擇。它們消耗更少的電，而工作時間更長。打在走廊盡頭地面上明亮的光將產生好客的效果，眼睛很自然地被吸引到更明亮地區域。樓梯需要良好均勻的照明，以保證每一級臺階都被清晰地照亮，樓梯照明應比其下面的走廊更明亮一些。在樓梯上避免使用聚光燈，否則會產生陰影。

第八章 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，配合數位化電子安定器的照明燈具，將所有照明設備做整合之控制將會逐漸形成智慧型大樓建築的主流，目前無論國內外新建築都已將兼顧節能與情境之智慧型照明列為必要功能，而這些未來整合照明控制的核心技術就是 DALI 數位介面的引入及相容性的建立，利用數位介面協定，未來以數位控制的照明燈具均將納入電腦監控的範圍，完成更加舒適化、更節能的智慧型功能。

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，正確的配電規劃及照明控制是息息相關的因果，台灣需要跨科系所進行課程整合規劃，未來除了照明專業人員的養成外，嚴格建立驗收規範並確實執行驗收工作，才能有效營造優良照明環境。這有賴於政府與民眾建立照明正確認識，除了透過節能宣導、照明與相關學刊雜誌的廣泛推動認識優良照明品質的水準要求，加強真正教育消費者認識照明的重要性，整個照明產業的市場未來均賴建築師、電機技師、照明設計等專業人員的專業結合才能營造優質光環境。

照明燈具的選擇固然是消費者主觀決定，但政策則應該明確能源效率與環保要求的目標，主管單位在政策上需要更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 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 20 年要主導新光源的開發有許多困難，因此宜著重在已開發光源的特性改良與配合用電子安定器的開發與研究，節約能源的新型式光源體如高頻螢光燈、無電極高頻螢光燈、細管徑螢光燈(T5)及各類螢光燈、LED 光源等的發展，均朝與電子安定器匹配設計方向同時進行。因應自動調光與節能的照明管理系統趨勢，調光型電子安定器將會是未來的主流產品，有效提昇電子安定器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。

編後語

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

此「照明節能產品應用手冊」之編撰，期望利用編列照明節能產品應用手冊進行相關節能產品推廣，藉由手冊中相關光學原理及照明器具特性等，提供使用者燈具選擇之方向，並針對新型之節能燈具如 T5 系列螢光燈管、發光二極體 LED 相關產品、奈米光觸媒燈管等多種新式節能設備進行介紹與相關設備國外照明設備能源效率規範，提供使用者節能燈具汰換或選購之方向，最後根據不同的場所之燈具擺設及燈具選擇方式進行建議，提供各類型建築物照明設計之參考。

感謝台灣科技大學電機工程研究所蕭教授弘清撰稿，聘請三位諮詢委員龍華科技大學電機系羅教授欽煌、台灣經濟綜合研究院楊顧問正光及台灣區照明燈具輸出業同業公會宋高級顧問福生，才得以印製完成，倉促間內容不免有所疏漏和缺失，還望產、官、學界的各位先進不吝指教正，得以使本手冊更形充實和完備。