

# 學校照明節能改善

Manual of Lighting Energy Efficiency Improvement in School

## 參考手冊



委辦機關：  教育部

執行單位：  財團法人台灣產業服務基金會

中華民國 1 0 1 年 7 月



## 學校照明節能改善參考手冊

<b>第一章 前言</b> .....	<b>1</b>
1.1 手冊目的 .....	1
1.2 手冊範圍與內容 .....	2
<b>第二章 照明的基本概念</b> .....	<b>3</b>
2.1 光的基本概念 .....	3
2.2 常見重要名詞 .....	5
2.2.1 光源 .....	5
2.2.2 色溫(color temperature) .....	6
2.2.3 演色性(color rendering) .....	7
2.2.4 光度(luminous intensity) .....	8
2.2.5 光通量/光束(luminous flux) .....	8
2.2.6 輝度(luminance) .....	9
2.2.7 照度(illuminance) .....	10
2.2.8 配光曲線(luminous intensity distribution curve) .....	12
2.2.9 發光效率 .....	12
2.2.10 燈具效率 .....	13
2.3 常見問題與改善方式 .....	16
2.3.1 眩光 .....	16
2.3.2 閃爍現象 .....	18
2.3.3 照度不足的問題 .....	19
<b>第三章 各種常用人工光源介紹</b> .....	<b>21</b>
3.1 一般傳統常見照明光源 .....	21
3.1.1 白熾燈 .....	21
3.1.2 鹵素燈 .....	22
3.1.3 螢光燈 .....	23
3.1.4 緊密型螢光燈 .....	26
3.1.5 高強度放電燈(HID)系列 .....	28
3.1.6 複金屬燈 .....	29
3.1.7 高壓鈉燈 .....	30



3.2 新一代照明光源及安定器.....	31
3.2.1 LED 燈.....	31
3.2.2 冷陰極管(CCFL).....	33
3.2.3 陶瓷複金屬燈.....	34
3.2.4 無電極電磁感應燈.....	36
<b>第四章 學校教室之照明設備選用及設計原則 .....</b>	<b>38</b>
4.1 學校的良好照明及設計原則.....	40
4.1.1 學校良好照明要點.....	40
4.1.2 學校空間的照明設計原則.....	41
4.1.3 照明環境之各項指標標準.....	42
4.2 學校主要空間燈具配置與採用原則.....	44
4.2.1 教室的燈具配置與採用原則.....	44
4.2.2 圖書館等開放式空間之燈具配置與控制 .....	50
4.2.3 室外教學場所等燈具配置與控制.....	51
4.2.4 學校主要空間之不同燈具採用建議 .....	52
4.2.5 學校燈具之採購、施工及維護管理 .....	54
4.3 學校教室燈具改善之實際範例.....	62
4.3.1 教室照明常見缺失.....	62
4.3.2 教室照明改善後範例.....	64
<b>附錄 1. 教室照明設計參考範例.....</b>	<b>67</b>
<b>附錄 2. 照度與輝度的測定.....</b>	<b>69</b>
<b>附錄 3. 視力保健.....</b>	<b>75</b>
<b>附錄 4. 照度國家標準 (CNS 12112-室內工作場所照明) .....</b>	<b>77</b>
<b>附錄 5. 各國照明設備之能源效率規範.....</b>	<b>100</b>
<b>附錄 6. 參考文獻.....</b>	<b>111</b>



## 圖目錄

圖 2.1	人眼視覺與波長關係.....	3
圖 2.2	CIE 訂定之明暗視覺標準光視效率比.....	5
圖 2.3	各種自然光源及人工光源的色溫對照.....	7
圖 2.4	眼睛視覺與輝度的關係.....	9
圖 2.5	半直接照明燈具可降低教室的輝度比.....	10
圖 2.6	各類型照度計.....	11
圖 2.7	測光量各種單位之互相關係.....	11
圖 2.8	教室用燈具之配光曲線.....	12
圖 2.9	室內燈具的分類與配光.....	15
圖 2.10	視覺角 45°~85°範圍內須限制光源的輝度.....	18
圖 2.11	教室內因風扇擺設位置不當引起的燈光閃爍.....	19
圖 2.12	教室內嵌入式節能風扇的應用.....	19
圖 3.1	白熾燈泡.....	21
圖 3.2	各類型石英鹵素燈泡.....	23
圖 3.3	螢光燈管種類.....	24
圖 3.4	電子式安定器使用年限.....	25
圖 3.5	緊密型螢光燈 (PL 燈、圓球型及螺旋型省電燈泡).....	27
圖 3.6	HID 光源.....	28
圖 3.7	各類型 LED 燈具.....	32
圖 3.8	冷陰極管的應用.....	33
圖 3.9	陶瓷複金屬燈與電子式安定器.....	35
圖 3.10	無電極電磁感應燈.....	36
圖 4.1	照明節能改善施行步驟.....	39
圖 4.2	照明指標示意圖.....	42
圖 4.3	使用課桌燈作為黑板燈.....	43
圖 4.4	使用專屬黑板燈.....	43
圖 4.5	若天花板過高應加長其吊桿.....	43
圖 4.6	黑板燈具裝設位置與投光照射角度.....	45
圖 4.7	桌面與燈具之擺設相關位置圖.....	46
圖 4.8	容易產生反射光幕之正反射區.....	46
圖 4.9	教室開關配置方式(一).....	47
圖 4.10	教室開關配置方式(二).....	48
圖 4.11	教室開關配置方式(三).....	48
圖 4.12	教室開關配置方式(四).....	49
圖 4.13	教室開關配置方式(五).....	49
圖 4.16	圖書館燈具配置相關位置圖.....	50
圖 4.17	自然採光運用與晝光/調光的互補設計.....	51





圖 4.18	課桌燈建議位置圖 .....	56
圖 4.19	教室燈具高度建議位置圖 .....	56
圖 4.20	黑板燈建議位置圖 .....	57
圖 4.21	光源的光束衰減特性 .....	59

## 表目錄

表 2.1	電磁輻射與光波之波長範圍 .....	4
表 2.2	不同光源顏色種類及適用場所 .....	6
表 2.3	螢光燈的演色性比較 .....	8
表 2.4	各種光源之輝度比較 .....	9
表 2.5	教室各部位表面裝修的反射率建議範圍 .....	10
表 2.6	一般常用光源的發光效率比較 .....	13
表 2.7	燈具的眩光分類 .....	17
表 3.1	白熾燈的優缺點分析 .....	22
表 3.2	鹵素燈的優缺點分析 .....	23
表 3.3	學校建築物採用電子式安定器之年電費金額 .....	25
表 3.4	電子式及傳統鐵磁式安定器的優缺點分析 .....	26
表 3.5	緊密型螢光燈的優缺點分析 .....	28
表 3.6	常見 HID 燈之特性及用途 .....	29
表 3.7	高壓水銀燈泡的優缺點分析 .....	29
表 3.8	複金屬燈的優缺點分析 .....	30
表 3.9	LED 燈的優缺點分析 .....	32
表 3.10	傳統與冷陰極管 (CCFL) 緊急照明燈具之比較表 .....	33
表 3.11	冷陰極管的優缺點分析 .....	34
表 3.12	陶瓷複金屬燈的優缺點分析 .....	35
表 3.13	無電極電磁感應燈的優缺點分析 .....	37
表 4.1	良好照明之要點 .....	40
表 4.2	材質反射率比較表 .....	42
表 4.3	電腦模擬黑板燈具較佳之位置 .....	45
表 4.4	學校各室內空間之照度及演色指數參考 .....	52
表 4.5	各類常見燈具及採用之區域 .....	54
表 4.6	不同光源最經濟清掃的預估時間 .....	60
表 4.7	教室照明缺失分析 .....	62
表 4.8	學校推行照明改善範例及要點說明 .....	64



## 第一章 前言

本章主要針對本手冊目的、應用範圍及內容等做說明，讓手冊使用者有一概括性瞭解。

### 1.1 手冊目的

原「學校教室照明與節能參考手冊」於93年5月份出版，至今已有7~8年之久，在此期間教育部陸續辦理校園節能輔導計畫，發現目前校園的節能減碳措施皆以汰換節能燈具為優先選擇，而過程中遇到諸多能源管理人員或總務處負責人員詢問教室燈具汰換方式、以及各類新型式之燈源如LED燈、無電極電磁感應燈等校園應否採用。本手冊延續原93年手冊之精神以及參考能源局相關節能技術手冊之內容進行更新，希望藉此提供學校相關單位對於照明環境及教室的照明設計之相關基本知識與觀念作參考。本手冊規劃提供下列人員參考使用：

1. 行政人員、教育局(處)工程輔導人員：學校總務人員於汰換教室節能燈具或校舍新建工程時之參考，並提升工程輔導人員在節能輔導與節能設計書圖審查專業素養。
2. 學校師生：作為學校節能或環境教育之教材使用，並推廣新世代照明節能觀念。
3. 專業人員及廠商：照明規劃設計、施工檢測、廠商等專業人員，在從事照明設計時可作為參考依據。

本手冊撰寫過程經由專家諮詢會議召集相關領域之專家學者，另外並邀請各級學校相關單位之專責人員出席會議，進行實務經驗分享及建議，提供手冊之編修參考方向，在此特別感謝委員及與會人員提供改善之相關意見，使手冊內容得以更加完整。

本手冊期許透過實際改善範例介紹、照明光源及照明標準規範更新、以及執行照明改善工程過程中的節能措施及注意事項，提供相關人員之照明節能參考，對於校園環境能進一步落實節能減碳之行為。



## 1.2 手冊範圍與內容

本手冊的適用範圍延續原手冊精神，主要以各類型學校(國中小、高中職、大專校院)之一般教室照明為主要考量對象。另外，在相關照明技術及相關設計概念說明時，則涵蓋校園其他常使用空間包括圖書館、禮堂、活動中心及教職員辦公室等，而照明燈具則以人工燈源照明及國家所訂定之相關照明規範的內容更新為主，並從基本觀念、相關燈具技術的發展，到技術應用端等做完整的介紹。

在章節安排上，先說明照明的基本概念與常見名詞，再針對目前常見之人工光源、教室照明設備選用及設計原則做改善工程之內容介紹。有關各章節重點說明如下：

第一章為前言，說明本手冊撰寫目的、手冊的應用範圍及內容編排等。

第二章為照明的基本概念，主要針對光的基本概念及常見名詞，包括光源、色溫、演色性、輝度、照度、配光曲線、燈具效率及發光效率等概念進行說明，使總務人員、學校師生及其他非專業人員在使用上具有基本概念認知或作為教學題材使用。

第三章為各種常用人工光源介紹，並分為一般傳統常見光源及新一代照明光源二大類別加以說明。

第四章為學校教室照明設備選用及設計原則，提供學校相關人員在照明設備選用及設計時，對前述各項技術指標，包含演色性、發光效率或照度等的實際應用有一參考依據，並進一步提供燈具改善規範、驗收要求及後續維護方式。

此外，本手冊於附件中，亦蒐集學校照明所需儀器及相關技術指標之測定方式，以及我國與國際上相關照明能源效率規範，俾使手冊更具完整性及參考價值。

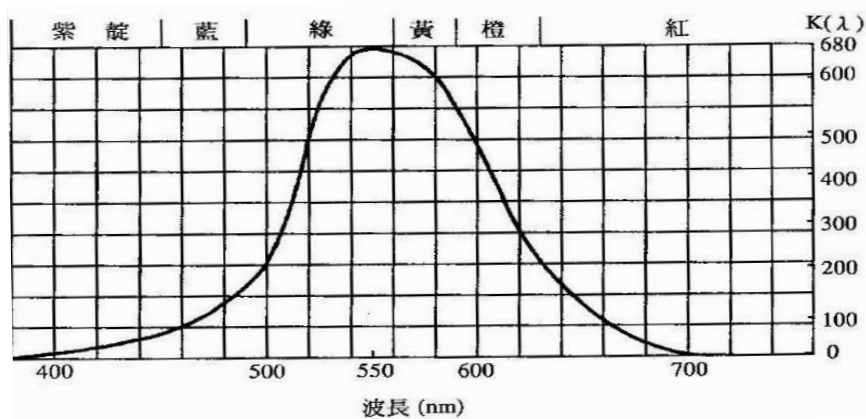


## 第二章 照明的基本概念

本章介紹照明工程中常見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才能有效掌握照明節能改善重點，進而設計高品質之照明環境，有助於學校管理人員與照明廠商間正確溝通彼此需求，進而有效進行照明節能改善工程。

### 2.1 光的基本概念

「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。根據經濟部能源局指出，目前人類所認識及測量可得的寬廣頻譜範圍內，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 nm (nano-meter, 奈米) (紫色光) (1 奈米 =  $10^{-9}$  米) 至 780 nm (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 nm 的黃綠光，對眼睛的感受最為明亮而深刻，如圖 2.1 所示。



資料來源：經濟部能源局-「照明節能產品應用手冊」

圖 2.1 人眼視覺與波長關係

故人類的眼睛僅能接收光源所釋放電磁波的可見光部分，人眼接收這種光波而發生視覺，收到 760 nm 左右波長的光波，就發生紅色的視覺，依次而為橙、黃、綠、藍綠、藍，到波長最短的紫色視覺，倘使各種波長都有，則與太陽輻射相似產生白色視覺。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 380 nm 的電磁輻射包括紫外線、x 射線、r 射線、宇宙線，及波長大於 780 nm 的電磁輻射有紅外線、無線電波等。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 280 nm 以下部分則無法到達地上。而波長在 290~320 nm 之紫外線與人類健康較為相關，又稱為健康線。

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	0.1 m 以上	
紅外線	780 nm 以上 <sup>°C</sup>	
可見光	紅	640~780 nm
	橙	590~640 nm
	黃	550~590 nm
	綠	492~550 nm
	藍	430~492 nm
紫	380~430 nm	
紫外線	10 nm 以上，380 nm 以下	
X 線	0.005 nm 以上，100 nm 以下	
γ 線	0.0005 nm 以上，0.1 nm 以下	
宇宙線	比 γ 線更短	

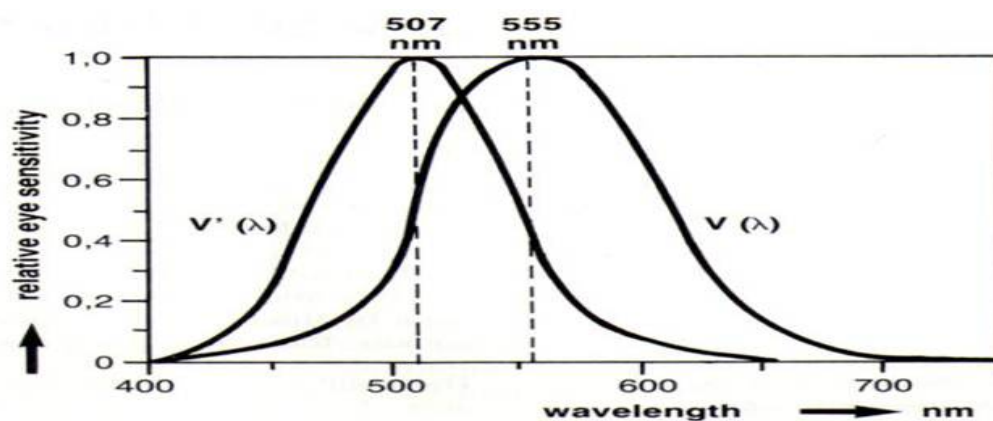
資料來源：經濟部能源局-「照明節能產品應用手冊」

此外，日本照明學會、國際照明委員會 (CIE) 等曾以眼睛適應性概念提出分為明視覺 (photopic vision) 及暗視覺(scotopic vision) 兩種，明視覺主要由人眼的錐狀細胞依光色素的不同分為三種受器，分別接收光譜中的紅、綠、藍三主色，人眼所見的物體顏色即依此三受器細胞所接收的光能量相對強度，組成吾人所能經驗的色彩範圍，色彩視覺出現在明亮的狀況下，稱為明視覺，若錐狀細胞功能不良會導致色盲。而暗視覺則由人類的桿狀細胞主要負責夜晚及周邊視覺，



相對於錐狀細胞，桿狀細胞對光更為敏感，較容易看見微弱的亮光，因此在極低的照度下，人眼僅能依賴桿狀細胞，稱為暗視覺，其無法分辨顏色，故表面看起來僅有灰階明暗的差異，桿狀細胞的損傷會導致夜盲。在明視覺和暗視覺之間的狀態下錐狀與桿狀細胞都發生作用，稱為中間視覺（Mesopic vision）。

此外，國際照明委員會（CIE）曾以亮度知覺相同條件下的心理物理測量資料為基礎，確認明暗視覺光視效率比的標準，當波長為 555 nm（頻率為 540 THz）CIE 規定明視覺產生的光視效率最大，而暗視覺則當 507 nm 處出現最大光視效率，有關 CIE 所訂定之標準光視效率如圖 2.2。



資料來源：國際照明委員會(CIE)

圖 2.2 CIE 訂定之明暗視覺標準光視效率比

## 2.2 常見重要名詞

在照明學中，針對光環境的各種特性與實際的應用，有許多常見的基本名詞，對於這些名詞概念的理解，有助於學校或節能專責人員對於光源的認識及相關數值的實作測量上，有進一步的認知與見解。

### 2.2.1 光源

物理學上指能發出一定波長範圍的電磁波（包括可見光與紫外線、紅外線、X 光線等不可見光）的物體，通常指能發出可見光的發光體。凡物體自身能發光者，稱做光源，又稱發光體，如太陽、恆星、燈以及燃燒著的物質等都是。而太陽、恆星或物體撞擊產生的火花屬



於自然光源，另外如蠟燭、燈泡、螢光燈、水銀燈、LED 燈等人工製造發出的光則稱為人工光源。

這些光源發出的光之顏色稱為光源色，像是燈泡的光有偏黃的感覺，螢光燈的光有偏青白的感覺，故不同種類光源其所發出的光顏色也不同，一般分成白色、黃色、橙色三大類。其中學校教室比較適合選用光源為白色的燈具，因為白色光比較有明亮、清晰的視覺感，可以促進學習效果。另外白色光源燈具中尤以螢光燈為最具經濟性，則為普遍學校教室主要採用之照明光源。而不同的光源顏色及燈具種類，各有其適用的場所，如表 2.2。

表 2.2 不同光源顏色種類及適用場所

光源顏色	燈具種類	適用場所
白色	螢光燈	教室、圖書館、辦公室
	省電燈泡（白光型）	住宅、商店
	複金屬燈、水銀燈	商場、道路、廣場、公園
黃色	省電燈泡（黃光型）	住宅、商店、餐廳
	LED 投光燈等	住宅、商店、餐廳
橙色	高壓鈉燈	道路、廣場、公園

資料來源：周鼎金、江哲銘-「學校教室照明與節能參考手冊」

### 2.2.2 色溫(color temperature)

光的顏色是因光波刺激而產生之一種視覺現象，為人眼辨別不同波長光波的一種視覺特性，而人工照明也利用不同發光原理而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，便以黑體當時溫度稱為光源的色溫（color temperature），並以絕對溫度 K(Kelvin)來表示。例如白熾電燈泡的色溫為 2,700 K，給人溫暖的感覺；中午天光則接近 6,500 K，明亮而開朗；色溫漸高，則光線由黃變白後偏藍。

所以適當選用不同色溫度之光源，在空間表現出來之感受就會有所不同。在學校教室及辦公室照明考量方面，則以採用 4,500-6,000 K



的日光燈管為宜，各種自然光源及人工光源的色溫對照圖如圖 2.3。

	自然光的色溫	人工光源的色溫
10,000 K	晴朗的北方天氣 陰天	螢光燈 HID 燈 / 晝光色、BB燈管 / HYLUX FD.D
7,000 K	晴天白天的光 正午的的大陽光	/ TOA免用安定器水銀燈泡 / 店舖評估顏色用 / 晝白色螢光燈、比利神壺
4,500 K	滿月 日出後或是日落前	/ 白色 / HYLUX FSDX.SDX / HQI(NDL) / 新式日本複金屬燈泡 / 白溫色 / 複金屬、HSI-T / 鹵素燈 比利神壺、BB 燈管 / TOA 免用安定器水銀燈泡
2,000 K	日出、日落	放電燈 / 一般照明用 / 高壓鈉光燈泡 白熱燈泡 / 一般照明用 / 高壓鈉光燈泡 / 石油燈 / 燭燭燈

資料來源：東亞照明電子型錄(2010)

圖 2.3 各種自然光源及人工光源的色溫對照

### 2.2.3 演色性(color rendering)

光源對於被照物顏色所呈現的效果稱為演色性（color rendering），即為物體在燈光下顏色與在太陽光線下作比較，物體顏色的逼真程度。另一種定義為物體色彩與陰天晝光下所看見之色彩相同程度，稱為該光源的演色性。但由於太陽光一天中顏色效果均在改變，於是以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。

以學校教室而言，美術教室、實驗教室、服裝教室、烹飪教室、工藝教室等，對於物體顏色的辨別要求較高，故選用照明光源時，應





採演色性指數為高者，而一般教室及學校辦公室等，宜選用較高演色性的燈管為宜( $R_a > 80$ )，有關各光源種類演色性及適用教室種類，如表 2.3。

表 2.3 螢光燈的演色性比較

光源種類	演色性指數 [ $R_a$ ]	適用教室種類
自然色	94	實驗教室、工藝教室、 烹飪教室、美術教室
三波長	85	普通教室、音樂教室
晝光色	77	普通教室、音樂教室
白色	63	普通教室、音樂教室
溫白色	59	普通教室、音樂教室

資料來源：周鼎金、江哲銘-「學校教室照明與節能參考手冊」

#### 2.2.4 光度(luminous intensity)

光度(luminous intensity)為點光源在某方向的光強，符號為  $I$ ，單位是坎德拉[cd]。光度的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所得商值，光度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佈密度。1 坎德拉等於 1 流明每球面度，而光度單位燭光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。而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，則稱為物理測光。

#### 2.2.5 光通量/光束(luminous flux)

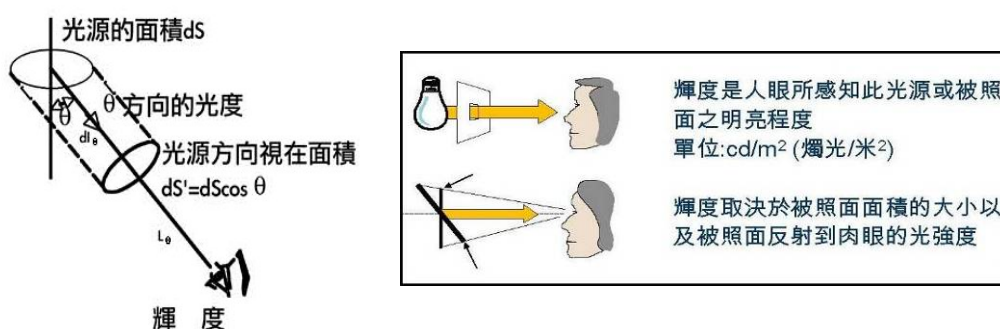
在照明工程中，光通量(luminous flux)為發光源每秒鐘所發出的光能量之總和，簡單的說就是發光量，其說明光源發光能力的基本量，作為計測光線能量的專有名詞，亦稱為光束，依照國際約定的人眼視覺特性評價的輻射通量。光通量的單位是流明，符號為 lm。光通量在國際單位制和我國計量單位中是一個導出單位，而 1 流明是光



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。

### 2.2.6 輝度(luminance)

一光源或一被照面的輝度 (luminance) 指單位表面在某一方向上的光強度密度，為人眼所感知光源或被照面之明亮程度，以符號  $L$  表示，其單位為坎德拉每平方公尺 [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ] 或坎德拉每平方公分 [ $\text{cd}/\text{cm}^2$ ]。通常物體的明暗決定於兩個因素：物體(光源或受照體)在指定方向上的投影面積，決定了物像的大小，而物體在該方向上的光強則決定了物像上的光通量密度。輝度的基本原理基於前述兩個因素而來，如圖 2.4 所示。另外，有關日常中常見各種類的光源輝度如表 2.4，通常輝度實用上被用來評估光源或發光點之光亮與刺眼程度。



資料來源：經濟部能源局-「照明節能產品應用手冊」

圖 2.4 眼睛視覺與輝度的關係

表 2.4 各種光源之輝度比較

光源	輝度( $\text{cd}/\text{cm}^2$ )
太陽	160,000
碳極弧燈	18,000~120,000
電泡鎢燈絲	200~ 2,000
碳絲電泡	70
電泡球面	20~50
電石燈焰 (acetylene 瓦斯燈)	10
螢光燈	0.5~1.5
蠟燭的焰	0.5~1.0
藍天	0.8

資料來源：宋平生 - 「照明系統與節能」

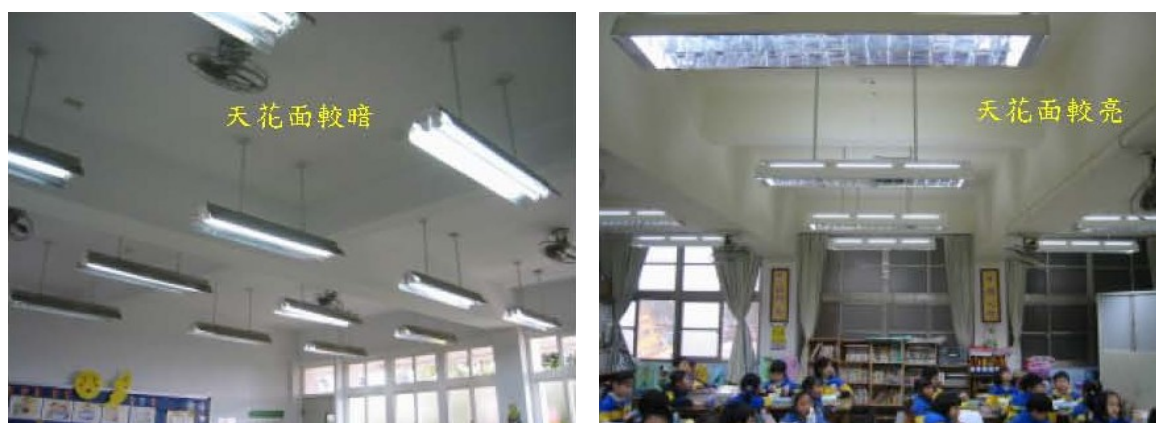


由於視覺輝度與室內表面裝修材料反射率有關，因此教室各部位裝修面材料的反射率須做適當選擇。表 2.5 為教室各部位表面裝修的反射率建議範圍。另外，若使用半直接照明的燈具，也可以適當降低教室的輝度比，如圖 2.5。

表 2.5 教室各部位表面裝修的反射率建議範圍

部位	天花	牆壁	桌面	地面	黑板
反射率	70~85%	40~60%	30~35%	15~30%	15~20%

資料來源：周鼎金、江哲銘-「學校教室照明與節能參考手冊」



資料來源：周鼎金、江哲銘-「學校教室照明與節能參考手冊」

圖 2.5 半直接照明燈具可降低教室的輝度比

### 2.2.7 照度(illuminance)

照度 (illuminance) 是受照射平面上接受的光通量的面密度，符號為 E，照度單位為勒克斯，符號為 Lux。1 勒克斯等於 1 流明的光通量均勻分佈在 1 平方米表面上所產生的照度，即  $1 \text{ Lux} = 1 \text{ lm/m}^2$ 。依據國家標準(CNS 12112)要求，每一個不同使用目的的場所，均有其合適的照度來配合實際需要，其為一個參考基準值。例如一般教師辦公室的照度約為 300 Lux，須有閱讀需求時則可利用檯燈作為局部照明，以達到所需之照度(500 Lux)。而當照度太低時，容易導致眼睛疲勞造成近視，照度太高則過分明亮刺眼，並形成電力的浪費。為了



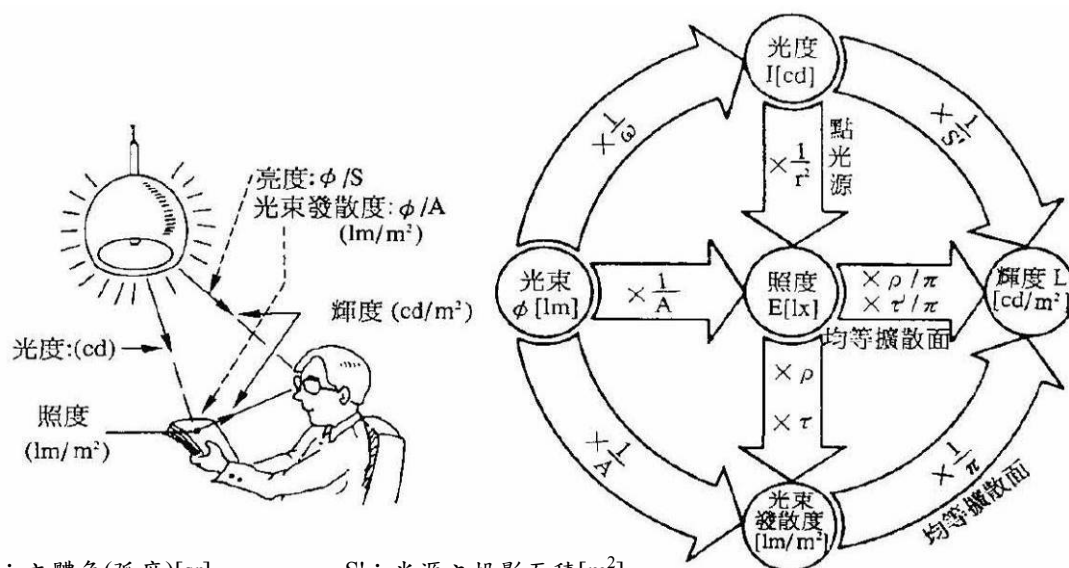
測量被照面上的光亮程度，則常採用照度計(illuminance meter)(如圖 2.6)。利用照度計，配合不同的使用場所及時機，能適當達成保護眼力及節能電力的效果。



資料來源：泰菱電子、泰仕電子網路電子型錄

圖 2.6 各類型照度計

上述為光學計算上所須之參數稱為光學參數，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)，各個參數間可利用固定比例及公式相互換算。



- $\omega$  : 立體角(弧度)[sr]
- $S'$  : 光源之投影面積[ $m^2$ ]
- $A$  : 被照面之面積[ $m^2$ ]
- $\rho$  : 反射率
- $\gamma$  : 光源與被照面間之距離[m]
- $\tau$  : 透過率

資料來源：經濟部能源局-「照明系統與節能」，宋平生

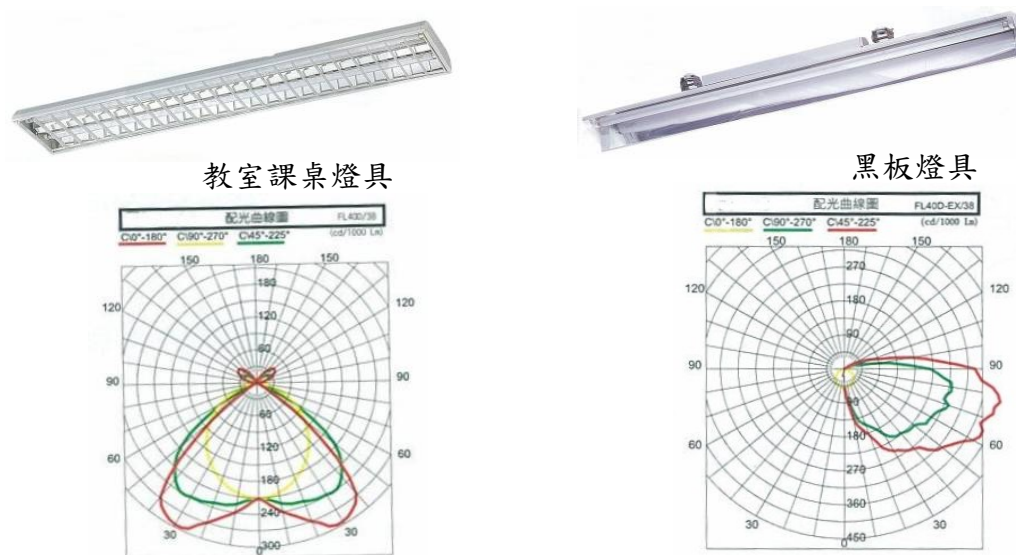
圖 2.7 測光量各種單位之互相關係





## 2.2.8 配光曲線(luminous intensity distribution curve)

任何燈具在空間各方向上的發光強度都不一樣，若將照明燈具發光強度在空間的分佈狀況以數據或圖形方式記錄下來，並以縱坐標來表示照明燈具的光強分佈，以坐標原點為中心，把各方向上的發光強度標注出來並連接其先端端點，即形成光強分佈曲線，也叫配光曲線 (luminous intensity distribution curve)。而配光曲線又分為水平及垂直面配光曲線兩種，水平配光曲線都近似圓形，故一般配光曲線通常指的是平均垂直配光曲線。另外，通過燈具軸線的一個截面上的配光曲線，即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 (適用於教室課桌燈具)，但也有一些燈具形狀是不對稱的，例如長條形的螢光燈具，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 (適用於黑板燈具)。故配光曲線上的每一點，表示燈具在該方向上的發光強度，有關發光強度與配光曲線關係如圖 2.8。



資料來源：東亞照明電子型錄(2010)

圖 2.8 教室用燈具之配光曲線

## 2.2.9 發光效率

發光效率屬於一種光源的參數，為光通量與功率的比值，單位是 (lm/W)，代表輸入 1 W 電力所發出多少流明 (lm) 的光線。發光



效率與光源把能量轉化為電磁輻射的能力以及人眼感知所發出的輻射的能力有關。另外，每一消耗電力輸出的光源愈多，表示發光效率愈高，代表越省電，而發光效率依不同功率大小、光源種類及使用情況而有所差異，而學校可選用高效率之光源，表 2.6 為一般常用光源的發光效率比較情況。

表 2.6 一般常用光源的發光效率比較

燈泡型式	品名	消耗電力(W)	全光束(Lm)	發光效率(Lm/W)	燈泡型式	品名	消耗電力(W)	全光束(Lm)	發光效率(Lm/W)
	白熾燈泡	40	470	11.8		圓型螢光 T8 燈管	30	2450	81.7
		60	780	13.0					
		100	1450	14.5					
	螢光 T8 燈管(傳統型)	20	1150	57.5		鹵素燈泡 MR16	50	1650	33.0
		40	2730	68.3					
	螢光 T8 燈管(三波長)	18	1440	80.0		鹵素燈泡 PAR20/PAR30	50	570	11.4
		38	3400	89.5			75	1030	13.7
	螢光 T5 燈管	14	1350	96.4			250	3600	14.4
		28	2900	103.6	75	1100	14.7		
	螢光 PL 燈管	36	2590	71.9		鹵素燈泡 JVC12	100	1600	16.0
							250	5000	20.0
	螢光 FTL 燈管	18	1140	63.3		水銀燈泡	100	4200	42.0
		26	1710	65.8			400	22000	55.0
	螢光螺旋燈泡	13	670	51.5			1000	57600	57.6
		21	1260	60.0	螢光 3U 燈管	21	1155	55.0	
		45	2925	65.0		23	1265	55.0	
	LED 燈 10Wx4	40	2600	65.0		高壓鈉光燈	150	14000	93.3
							250	28000	112.0
	LED 燈 2Wx6	12	603	50.3			400	48000	120.0
					LED 燈 1Wx7	7	490	70.0	高壓複金屬燈
250	18200	72.8							
							400	29000	72.5

資料來源：philips、億光、東亞照明電子型錄 (2010)

### 2.2.10 燈具效率

燈具效率又稱為燈具光輸出比，主要用來評估燈具之能源效率，燈具效率的計算為盛有光源燈具所發出之光通量除以燈具內光源所



發出光通量的比值。經濟部能源局指出，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，其包括光源、電源連接的照明用部件與燈具本體，若要獲得舒適的人工光效環境，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的關鍵成功因素。

另外，根據國際照明委員會(CIE)建議，燈具依光通量於上下空間分佈及配光比例等分為五類：直接照明、半直接照明、全般擴散照明、半間接照明及間接照明等，如圖 2.9。

1. 直接照明燈具(direct lighting luminaire)：此類燈具絕大部分光通量(90-100%)直接投照下方，所以燈具的光通量利用率最高。
2. 半直接照明燈具(semi-direct lighting luminaire)：這類燈具大部分光通量(60-90%)射向下半球空間，少部分射向上方，射向上方的分量將減少照明環境所產生的陰影的硬度並改善其各表面的亮度比。
3. 全般擴散照明燈具(diffused lighting luminaire)：燈具向上向下的光通量幾乎相同(各占40%-60%)。最常見的是乳白玻璃球形燈罩。這種燈具將光線均勻地投向四面八方，因此光通利用率較低。
4. 半間接照明燈具(semi-indirect lighting luminaire)：燈具向下光通占10%-40%，它的向下分量往往只用來產生與天棚相稱的亮度，此分量過多或分配不適當也會產生直接或間接眩光等一些缺陷。上面敞口的半透明罩屬於這一類。它們主要作為建築裝飾照明，由於大部分光線投向頂棚和上部牆面，增加了室內的間接光，光線更為柔和宜人。
5. 間接照明燈具(indirect lighting luminaire)：燈具的小部分光通(10%以下)向下。設計得好時，全部天棚成為一個照明光源，達到柔和無陰影的照明效果，由於燈具向下光通很



少，只要布置合理，直接眩光與反射眩光都很小。此類燈具的光通利用率比前面四種都低。

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
光	向下光束	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
	配光曲線											
實 例	電燈泡及 水銀燈器具											
	日光燈器具											

資料來源：經濟部能源局-「照明節能產品應用手冊」

圖 2.9 室內燈具的分類與配光





## 2.3 常見問題與改善方式

依經濟部能源局所提出，校園教室照明通常因為刺眼之眩光、閃爍的光線及照度不足等因素，造成視力衰退或損害，以及近視急速上升等問題，以下針對照明常見問題，包含眩光、閃爍或照度不足等原因及適當控制方法說明如下。

### 2.3.1 眩光


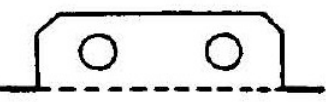
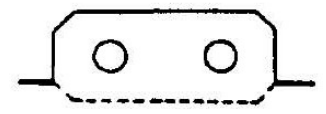

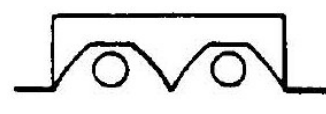
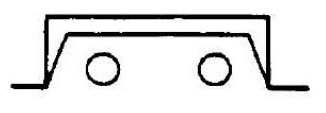
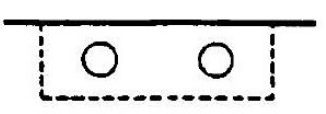

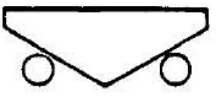
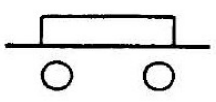
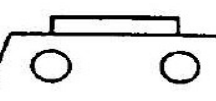
眩光是指視野中由於不適宜亮度分佈，或在空間或時間上存在極端的亮度對比，以致引起視覺不舒適和降低物體可見度的視覺條件。在視野中某一局部地方出現過高的亮度或前後發生過大的亮度變化，導致人眼無法適應的光亮感覺，可能引起視覺疲勞、不舒服或喪失明視度的情況。而眩光的種類分成以下三種：

1. 直接眩光：眼睛直視光源時感到的刺眼眩光，如直視太陽或夜間對方來車車燈，閱讀時直接看到燈管的刺眼眩光等。
2. 反射眩光：光源投射物件後，反射至眼睛的光線來源，一般常稱為反光，此種眩光對舒適度的影響最大。
3. 對比眩光：室內主燈與桌燈明暗對比過大時，會產生對比眩光，這也是只開檯燈會帶來不舒服感的主因。

另外，照明燈具依燈具的光學構造及燈具構造會產生不同眩光情形共有三個主要種類，分別為 G1、G2、G3。其中，G1 為最能限制眩光的照明燈具，而 G2、G3 依序對眩光限制的程度較差。教室應依教室內部條件，選用適當類型的燈具，以避免眩光發生的可能性，有關燈具的各種眩光分類如表 2.7。



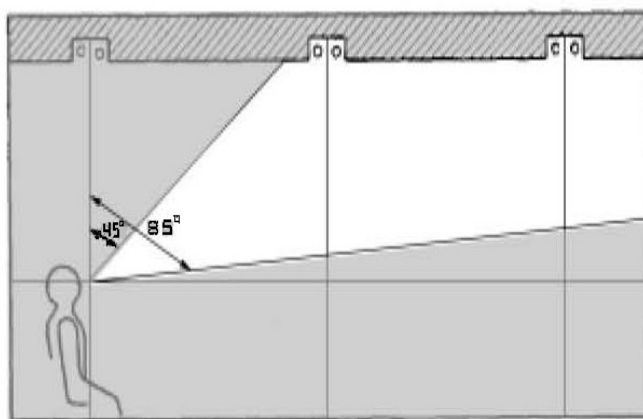
表 2.7 燈具的眩光分類

分類	器具類型	示範圖例	構造特徵
G1 (低眩光)	器具 1		利用百葉及反射板將燈管光線完全遮蔽。
	器具 2		具擴散形反射板，燈罩是平面狀乳白色板將燈管包覆。
	器具 3		具擴散形反射板，燈罩是箱型乳白色板將燈管包覆。
G1 (低眩光)	器具 4		具鏡面反射板，燈管縱向上無法遮光，燈管垂直方向上的遮光角較大。
	器具 5		與燈具 4 相同，反射板是擴散面，燈管間具擴散性遮光反射板，遮光角較小。
G2 (略有眩光)	器具 6		下面開放構造，具擴散反射板，與燈具 5 類似，燈管間無遮光反射板，燈管縱方向上遮光角較小。
	器具 7		燈管具箱型擴散板將其全面覆蓋。
G3 (眩光過大)	器具 8		燈管露出，燈管上方無反射板，兩燈管間具擴散性反射板。
	器具 9		燈管裸露，燈管上方具擴散反射板，兼具遮光板作用。
G3 (眩光過大)	器具 10		燈管露出，反射板與天花板面同一面，兩燈管間無遮光板。
	器具 11		利用擴散板在燈管橫方向上有遮光，在燈管縱向上無遮光。

資料來源：「學校教室照明與節能參考手冊」-周鼎金、江哲銘等 (2004)



故燈具應用通常會利用格柵等設備以遮蔽光源，減少直接眩光的作用。利用其反光罩、透光稜鏡、格柵或散光罩等可以控制燈光及照明燈具的光強分佈等。而反射罩是燈具的基本控光部件，它的反射比越高，規則反射越強，控光的能力也越顯著，而減少眩光主要是控制光源在視覺角  $45^{\circ}$ ~ $85^{\circ}$  範圍內的輝度，如圖 2.10。



資料來源：周鼎金、江哲銘-「學校教室照明與節能參考手冊」

圖 2.10 視覺角  $45^{\circ}$ ~ $85^{\circ}$  範圍內須限制光源的輝度

### 2.3.2 閃爍現象

發光效率與穩定的發光特性為照明工程中首要的目標，但由於電壓變動導致發光不穩定及閃爍現象，容易造成眼睛的疲勞與視力的損害。另外，若因負載快速的變動，使得電壓快速變化，會造成燈具光源閃爍而影響視覺的現象。由於我國照明電源為 110/220V 60Hz 系統，即交流電的頻率每秒為 60Hz，表示每秒鐘電流正負極性互換 60 次，故每秒改變電流的方向為  $60 \times 2 = 120$  次，反應在燈管上意即燈光每秒有 120 次的一亮一暗閃動出現。而人的眼睛對光閃爍的識別只能達到每秒 12 次，超過每秒 12 次的閃爍，眼睛就很難察覺燈光的閃動，眼睛能識別出的稱為閃爍，眼睛無法識別的，在專業用法上稱為頻閃。此外，學校空間則常因為教室內的風扇擺設位置不當，將吊扇葉片置於光源下造成光干擾或閃爍光影等問題，如圖 2.11。



資料來源：教育部節能減碳輔導團計畫（2011）

圖 2.11 教室內因風扇擺設位置不當引起的燈光閃爍

根據 1986 年英國劍橋大學醫學研究中心指出，日光燈的頻閃(閃爍)問題會影響人類的眼睛及視覺神經，長期可能引起視覺疲勞、視力下降、少年近視、及中年老花等。改善方式可將傳統日光燈每秒 60~120 次/秒的低速閃爍改用電子式安定器(20~40kHz)，大幅提高到每秒數萬次，可改善閃爍現象。另外，關於教室因風扇造成的閃爍問題，則可將風扇置於燈具上方，或藉由吸頂式及嵌入式節能風扇來解決，如圖 2.12。



資料來源：教育部節能減碳輔導團計畫（2011）

圖 2.12 教室內嵌入式節能風扇的應用

### 2.3.3 照度不足的問題

若要使精細作業場所照明的品質愈好，則照度的要求愈高。雖然照度的高低是視力的基本條件，但並非意味著照度愈大，對視力愈有利。照度增加視力也增加，照度低視力也低，但照度高到某種程度時，視力即停止增進，而低於某一限度時，視力亦會呈緩慢減退，長期下





來會傷害眼部的肌肉，造成眼睛近視問題。因此在教室學習環境中，為達視力的保健，要求合宜的照度非常重要。良好的教室照明除了各類教室水平照度（如桌面照度）需達標準照度外，亦應要求看視目標的垂直照度（如黑板面照明）需達標準照度。

另外，經濟部能源局則提及，學校的照明系統設計應視不同需求而因地制宜，若就教學目的地而言，包含一般教室、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。

另外，屬於非講演型之教室，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間偏向水平線及其下方，屬俯角方向，因此偏重在閃爍之防制，至於眩光則僅剩下反射眩光部份，可以利用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。



## 第三章 各種常用人工光源介紹

經濟部能源局指出，舉凡可以發出光線並照耀周圍環境提供辨識的物質均可稱之光源，其中又分為自然光源及人工光源。而在人工光源方面，除了燃燒燈例如瓦斯、蠟燭，則包含常用來作為各種環境使用光源，例如白熾燈、鹵素燈、螢光燈管(Fluorescent lamps)、HID 燈系列等，另外則為近年技術極力發展的新一代照明光源如 LED 燈、冷陰極管(CCFL)、陶瓷複金屬燈及無電極電磁感應燈等。

### 3.1 一般傳統常見照明光源

一般傳統常見之照明光源包含白熾燈泡、鹵素燈、螢光燈、緊密型螢光燈、高強度放氣燈(HID)、複金屬燈、高壓鈉氣燈等，分別說明如下。

#### 3.1.1 白熾燈

白熾燈又稱為鎢絲燈，如圖 3.1。白熾燈為最早發展成熟之人工電力光源，其構造簡單，主要利用物體受熱發光原理發光，點燈狀態的燈絲溫度可達  $2,700^{\circ}\text{C}$ ，所以其外殼也是處於高溫狀態，若遇到沾水或急促冷卻下可能會產生破裂情況。



資料來源：維基百科 (2011)

圖 3.1 白熾燈泡

白熾燈發光效率隨著光源的瓦數提高而增加，構造簡單，不需要複雜的設備能調光，由於屬於點光源故配光上相對容易，另外具有演色性佳( $R_a=100$ )的優點，也因為其光譜波長分布為連續



且多分布於長波紅色光部分，故對於暖色系顏色較好表現。但缺點為發光效率低，容易產生熱量而形成冷氣負載，所以像是美國能源政策法案於 1995 年 10 月以後開始執行停售低光效的鎢絲燈泡，而台灣則由能源局推動，計畫於 2012 年完成淘汰白熾燈泡而由其它省電光源（例如 E27 燈頭的省電燈泡或 LED 燈泡）加以取代，白熾燈之優缺點如表 3.1。

表 3.1 白熾燈的優缺點分析







優點	缺點
1. 構造簡單，不需要複雜的設備能調光 2. 演色性佳(Ra=100) 3. 不需要安定器 4. 屬點光源，配光上相對容易 5. 在暖色系顏色較好表現	1. 瓦特數高，發光效率低 2. 輻射熱多 3. 燈泡易產生熱形成冷氣負載 4. 壽命短 5. 目前台灣已計畫淘汰白熾燈泡由其它省電光源替代

### 3.1.2 鹵素燈

鹵素燈的形式如圖 3.2 所示，主要在鎢絲燈管內封入惰性氣體、碘、溴等鹵素物質，而鹵素燈使用壽命為一般白熾燈泡之兩倍，但鹵素燈在調暗情況下無法達到鹵鎢循環的必要溫度就會容易生黑化現象，故須至少每周開至全亮數小時，以利鹵鎢作用來清潔燈壁。

其中，石英鹵素燈則由耐高溫的石英管、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，其燈帽採耐高溫(2500°C)之黏著劑，此與一般電燈泡不同。而石英鹵素燈內由於有微量的鹵素氣體，藉著鹵素循環作用，減輕燈泡的光衰及壽命末期的黑化現象，並保持初期的發光效率。



		
J 型鹵素燈泡	PAR 型鹵素燈泡	JCV 型鹵素燈泡
		
QR-111 型鹵素燈泡	MR16 型 鹵素燈泡	JDR 型鹵素燈泡

資料來源：東亞照明電子型錄(2010)

圖 3.2 各類型石英鹵素燈泡

一般來說鹵素燈泡的優點包括亮度足夠、配光設計容易、光衰小，壽命終了時光輸出仍達初光束 90%、色溫柔和，對於居家或商店賣場的環境氣氛營造大有助益，但其缺點為耗電量高（單顆若為 50W，每天使用 12 小時，具有 30 顆，一年耗電則逾 6 千度），並有高溫高熱、壽命短等缺點，通常於節能燈具的取代上可由相對應燈頭之 LED 燈所取代。鹵素燈之優缺點如表 3.2。

表 3.2 鹵素燈的優缺點分析

優點	缺點
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 亮度充足、配光設計容易</li> <li>2. 演色性佳</li> <li>3. 光衰小，壽命終了時光輸出仍達初光束 90%</li> <li>4. 色溫柔和，常用於氣氛營造及物品展示</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 耗電量極高，已慢慢規劃被 LED 等燈種取代</li> <li>2. 高溫高熱易造成空調負荷與能源浪費</li> <li>3. 壽命較短</li> </ol>

### 3.1.3 螢光燈

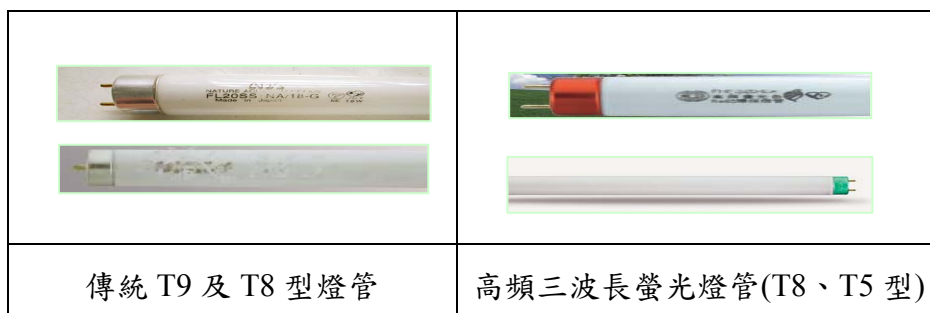
#### 一、螢光燈管

螢光燈即為俗稱之日光燈，主要為利用管內低壓水銀蒸氣放電發出紫外線，以激發管壁上之螢光物質發出可見光之照明裝置。與一般燈泡不大相同，傳統式螢光燈需要設有安定器及啟動





器的配合讓氣體發生電離的瞬間高壓。螢光燈的基本構件為一玻璃管，根據瓦數與設計而有不同的管徑與長度；一般學校教室或辦公室採用光源方面以直型螢光燈管居多，常見螢光燈類型有傳統 T9 型、T8 型、及高頻三波長螢光燈管 T8 及 T5 等，如圖 3.3。



資料來源：東亞照明電子型錄(2010)，phillips

圖 3.3 螢光燈管種類

目前螢光燈管提供多種色溫選擇，包括 4,000K~6,500K 等依據不同環境需求以購買，近年來接近太陽光色之三波長域螢光燈管已問市，三波長陽光燈管主要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)組合的一種高效率、演色性佳的白光色，適用的場合包括辦公室、商店、學校、醫院、高級住宅、飯店、照相攝影、百貨公司、銀行等。

## 二、安定器

安定器在螢光燈及高壓放電燈中為重要的零組件之一。以螢光燈管為例，安定器能提供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。近年則發展電子式安定器以取代傳統式安定器的缺陷，原理為將 60Hz 的市電整流濾波後變成直流，再利用振盪原理產生超過 30-50kHz 的高頻交流電源，經穩定電路後供給螢光燈管點燈。

由於電子式安定器採高頻點燈，故輸出光波非常穩定而不易閃爍，對保護視力有所幫助，而其體積及損失也大幅減少，比起傳統式安定器可省電 25% 以上。以學校建築物採用電子式安定器



的年電費用估算，如表 3.3，經估算結果，使用 T5 型螢光燈管搭配電子式安定器比起 T8 型螢光燈管搭配傳統型安定器，年省電費約 106,696 元。

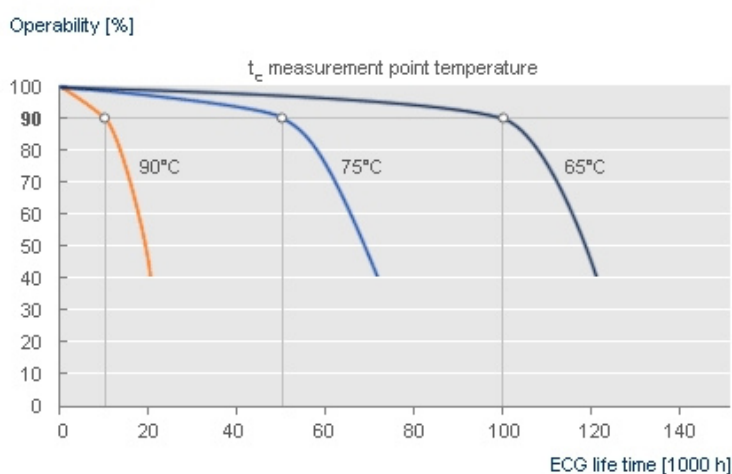
表 3.3 學校建築物採用電子式安定器之年電費金額

品種	消費電力 (W)	年使用時數 (hr)	年使用度數 (度)	年電費 (元)
T8型(40Wx2) +傳統式安定器	94	4,380	123,516	358,196
T8型(40Wx2) +電子式安定器	76	4,380	99,864	289,606
T5型(28Wx2) +電子式安定器	66	4,380	86,724	251,500

資料來源：東亞照明電子型錄(2010)

註：年省電金額是以 300 盞燈具，一年點燈 4,380 小時（每天採用 12 小時），每度電費以 2.9 元估算（100 年度學校平均單位電價）。

另外，有關電子式安定器使用年限如圖 3.4 所示，以操作溫度 75℃，效率 90% 的情況下，使用壽命為 50,000 小時。操作溫度 65℃，效率 90% 的情況下，使用壽命為 100,000 小時，取平均值約為 75,000 小時。一般教室每日使用時數約 10 小時，一年上課日數 250 天計算，一年使用時數約 2,500 小時，故電子式安定器可使用 10 年以上，以鐵磁式安定器而言，其為一機械式結構，使用壽命較電子式安定器長，亦可使用 10 年以上。



資料來源：教育部節能減碳輔導團計畫（2011）

圖 3.4 電子式安定器使用年限



有關電子式安定器與鐵磁式安定器的優缺點分析，整理如表 3.4。

表 3.4 電子式及傳統鐵磁式安定器的優缺點分析

類別	優點	缺點
電子式安定器	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 採高頻點燈，輸出光波非常穩定而不易閃爍，有助於保護視力</li> <li>2. 體積及損失大幅減少，比傳統式可省電 25% 以上</li> <li>3. 雜音低兼可調光</li> <li>4. 高功率因數</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 壽命較傳統式安定器短</li> <li>2. 售價較傳統式安定器高</li> <li>3. 瞬時及預熱點燈有匹配燈管的問題</li> </ol>
傳統式安定器	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 價格便宜</li> <li>2. 壽命較電子式安定器長</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 低頻，產生閃爍及雜音</li> <li>2. 耗電量較高</li> <li>3. 易發熱</li> <li>4. 易造成燈管閃爍</li> </ol>

另外，雖然目前電子式安定器已為成熟的節能產品，但有幾點採購規範需要注意：

1. 電源端總電流諧波失真小於 15%，提高用電品質。
2. 具燈管異常檢知保護功能，使用時不閃爍、保護燈管。
3. 具併聯點燈功能，一燈不亮時，另一燈點燈正常。
4. 功率因數 98% 以上，提高設備使用率，經濟、省電。
5. 燈具點燈噪音 20dB 以下。
6. 瞬時及預熱點燈的燈管匹配問題。
7. 選用時需特別注意適用燈管及功率因數。

### 3.1.4 緊密型螢光燈

緊密型螢光燈管有 PL 燈、省電燈泡及螺旋型省電燈泡等幾種主要型態，最早於 1980 年推出 PL 燈種，目前通稱為 PL 螢光燈，緊密型螢光燈主要發光原理與螢光燈相同，為低壓水銀放電燈，燈管內部充填水銀蒸氣，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



體中水銀蒸氣受到激發放發出紫外線，再激發螢光粉而發光。

另外，其特性為管徑較小，因而縮小體積燈管並折成 U 型，但由於燈管彎折可能導致燈管內的電子流不順暢，而增加燈管折數也可能產生輝度提高的問題。緊密型螢光燈適用的場所包括一般商場、櫥窗、餐廳、旅館、畫廊、博物館、家庭及辦公室等之全面照明或輔助照明等。此外，若將安定器內藏與螢光燈結合在一起，即為安定器內藏型螢光燈泡，俗稱省電燈泡，主要是其用電量僅約為普通燈泡之 1/3 而得名，另外亦具有重量輕、相同亮度下瓦數低、演色性佳及光衰低等，並可直接以 E27 燈帽汰換傳統之白熾燈泡。

除了圓球型省電燈泡外，另外螺旋型省電燈泡則因螺旋燈體的設計而加強其共振發光效率，並減低燈管相互遮蔽率，此外，市售之螺旋燈大都以電子式安定器的設計，因此尚能有效使實際耗電功率下降及提升發光效率及散熱效率等。而成功大學林憲德教授則提出，若以省電燈泡圓球型與螺旋型來比較，前者是在螺旋型的燈管外再加一層玻璃外罩，會使發光效率有所減損，如以相同的光亮度來看，沒有玻璃罩的螺旋型比圓球型省電。目前常見之緊密型螢光燈，包括有 PL 燈、3U 型、圓球型及螺旋型省電燈泡等型式如圖 3.5 所示。



資料來源：東亞照明電子型錄(2010)、philips

圖 3.5 緊密型螢光燈（PL 燈、圓球型及螺旋型省電燈泡）





關於緊密型螢光燈之優缺點分析如表 3.5。

表 3.5 緊密型螢光燈的優缺點分析

優點	缺點
相對於傳統白熾燈泡： 1. 重量輕且耗電量僅約 1/3 2. 發光效率較傳統燈泡高 3. 可直接以 E27 燈帽汰換傳統白熾燈泡	1. 發光原理與螢光燈相同，含有水銀成分 2. 頻繁開關下容易造成其電子式安定器的損壞 3. 增加燈管折數，可能產生輝度提高

### 3.1.5 高強度放電燈(HID)系列

高強度放電燈(HID)系列包含了水銀燈、複金屬燈、高壓鈉燈、低壓鈉燈等，HID 可應用於高天井燈等，樣式如圖 3.5。據經濟部能源局指出，HID 燈最大特徵為發光管單位面積之電力密度在  $3 \text{ W/cm}^2$  以上之放電燈，總光通量較大，且發光部接近於點光源，故比較適於高天花板、室外等需要高效率照明使用，有關主要 HID 燈之特性與用途如表 3.6 所示。



資料來源：東亞照明電子型錄(2010)

圖 3.6 HID 光源

在 HID 燈中，其中高壓水銀燈泡為傳統常用燈具的一種，俗稱汞燈，主要利用汞蒸汽中之放電現象的電氣發光。但由於高壓水銀燈的演色性差、發光效率差以及耗電量大，目前已被列入漸減產的名單，未來則規劃由複金屬燈、高壓鈉燈或 LED 燈等



取代，有關高壓水銀燈泡的優缺點分析如表 3.7。

**表 3.6 常見 HID 燈之特性及用途**

光源種類	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	51	5,800	23	12,000	公園、廣場、庭園燈
複金屬燈 400W	76	5,000	65	12,000	廣場、體育館、高天花板工廠、商店街
高壓鈉燈 400W	125	2,100	28	12,000	道路、廣場、高天花板工廠。

資料來源：經濟部能源局-「照明節能產品應用手冊」

**表 3.7 高壓水銀燈泡的優缺點分析**

優點	缺點
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 使用壽命長</li> <li>2. 單盞燈的光度強</li> <li>3. 光線偏藍綠色，可運用於自然景觀照明，如庭園、街道等</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 演色性差（CRI 約 15~55）</li> <li>2. 發光效率不高(約 50~60lm/w)</li> <li>3. 不適用於開關頻繁的場所</li> <li>4. 關閉後，須有啟動時間</li> <li>5. 耗電量大，目前被列入減產名單</li> </ol>

### 3.1.6 複金屬燈

複金屬燈亦稱為金屬鹵化物燈，是目前 HID 燈系列中較為被廣泛採用之光源。複金屬燈主要為高壓水銀燈添加鹵化金屬，可以依照不同用途變換適合之光能分布，除了可以常使用在一般室外照明外，並可作為複寫，光化學，植物育成及漁業用等多元用途的光源。另外，清光型的複金屬燈可以提供較大的光輸出量，適用於具有控光設計之燈具，而螢光型燈泡則可提供較均勻亮度及較暖光色，所塑造的光影效果亦較柔和，應用鋁反射塗層可製成 PAR 燈，提供為投射照明用光源。

複金屬燈的優點包括有光色自然（色溫從 3,200K 到



4,000K，演色性可以從 65 到 70)、瓦特數從 32~2,000W，光束從 2,000~210,000 流明之寬廣範圍，故包含許多室內、室外各種場所都能適用，例如一般賣場、百貨公司、辦公大樓、商業空間之基本與重點照明、展覽館、體育館、室內外運動場、戶外投光照明、建築景觀照明、停車場照明等，其優缺點分析如表 3.8。

表 3.8 複金屬燈的優缺點分析

優點	缺點
1. 發光效率佳 2. 色溫從 3,200K 到 4,000K，瓦特數從 32~2,000W，光束從 2,000~210,000 流明，可適用於各種室內外場所之基本及重點照明	1. 較長的熱起動時間 2. 有音頻共振特性，使其弧光輸出閃爍及色溫改變情形 3. 燈具及燈泡價格較為昂貴

### 3.1.7 高壓鈉燈

高壓鈉燈亦為目前 HID 燈系列中最常採用光源之一。高壓鈉燈的發光管為鋁陶製品，故較不受高壓鈉氣所侵蝕。高壓鈉燈的色溫約為 2,100K，燈光為黃色，藉由改善後高壓鈉燈演色性可達  $Ra=60\sim85$  左右。另外發光效率則約在 100~150lm/W 之間。高壓鈉燈的硬質玻璃外管多為清光型，管內抽成真空，而發光管由半透明之複結晶氧化鋁所製成，管內除金屬鈉外，還充入水銀、氙氣(Xe)，或以氬氫混合氣取代氙氣。

高壓鈉燈的適用場所包括街道、隧道、高速公路、交流道、公園、工廠、停車場、運動場、植物栽培及戶外投光照明。據經濟部能源局指出，目前最常用之高壓鈉燈種類則有以下三種：

1. 標準型：演色性差，平均演色指數只有 22，色溫 1,900~2,100K。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，也常被用於高速公路等。

2. 演色改良型：主要為增加鈉氣氣壓以增加其光譜紅色區域的輻射，平均演色指數提高至 60~70，色溫 2,500K，但壽命與光效則低於標準型。
3. 白色高壓鈉燈：色溫約為 2,700~2,800K，演色指數約為 70。室內常用瓦數有 35、50、100W。白色高壓鈉燈光效及燈源壽命皆較白熾燈系光源為佳，可用以取代原白熾光源的用途。

### 3.2 新一代照明光源及安定器

新一代照明光源主要包括 LED 燈、冷陰極管(CCFL)、陶瓷複金屬燈、無電極電磁感應燈基本概念及說明，提供相關人員在實作上有一參考。

#### 3.2.1 LED 燈

LED 燈主要利用半導體 PN 接合面發光原理製成，最先發展為弘光 LED 燈並於 1964 年成功製成，而後一直至 1994 年則由日本 Nichia 公司陸續成功開發出綠色、藍色、及白光 LED，如圖 3.7。

在 LED 將微小半導體晶片封裝在環氧樹脂物中，當兩端加上順向電壓使電子經過晶片時，電子便會移動至電洞區域並與之複合進而產生光子，因為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而呈現白光偏藍的顏色，不同的半導體材料具有不同的能帶隙，故能發出不同顏色的光，若複利用不同螢光粉可將光顏色轉便成演色性更高且更舒適的色光。

LED 燈優異的特性包括省電、耐震動，回應速度快、冷光源、壽命長可降低燈具維護費用，另外，由於 LED 屬於為固體發光體，不含水銀等危害健康物質，另因體積小，可便於發展輕便薄短小型照明產品。所以，目前 LED 光源被廣泛用於日常生活中，例如家用電器、電話機、車用電子、各類指示燈及信號燈、顯示





螢幕及戶外景觀照明等。尤其 LED 之節電效果極被看好，據經濟部能源局指出，單顆 LED 功率自小瓦數 50 mW 至大瓦數 1 W 以上，而在同樣照明效果下，用電量僅為白熾燈泡的 1/8，螢光燈管的 1/2，未來可能成為市場主流之照明光源。



資料來源：東亞照明電子型錄(2010)

圖 3.7 各類型 LED 燈具

但目前 LED 也有許多亟待解決的問題，包括色溫度頻譜、散熱處理、光源衰減以及價格相較傳統光源還是昂貴許多等，也尚未有統一規範及照明評估標準，故目前 LED 燈主要還是以光色照明、戶外空間照明或特殊照明為主，待未來相關技術及價格有所突破時可期更進一步擴展到一般照明領域中。關於 LED 燈之優缺點分析如表 3.9。

表 3.9 LED 燈的優缺點分析

優點	缺點
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 發光效率佳，同樣照明效果下，用電量僅為白熾燈泡的 1/8，螢光燈管的 1/2</li> <li>2. 屬於冷光源且壽命長，可降低燈具維護費用</li> <li>3. 屬固體發光體，不含水銀等危害健康物質</li> <li>4. 體積小，便於發展輕便薄短小型之照明產品</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 電路元件之散熱處理問題</li> <li>2. LED 晶體之光源衰減問題</li> <li>3. 價格相較一般傳統光源昂貴</li> <li>4. 室內燈具設備目前尚未有統一規範及照明評估標準</li> <li>5. 近年技術發展快速，但市場上產品品質參差不齊</li> </ol>



### 3.2.2 冷陰極管(CCFL)

冷陰極管(CCFL)也是目前常見的省電光源之一，其應用包含一般螢幕之背光源、逃生指示燈、及省電燈泡等，如圖 3.8。應用於螢光燈管中則主要在燈管內封入微量水銀與惰性氣體，當加高壓時氣體電離並被電子衝擊而產生紫外線光，並激勵內部磷光粉塗層而產生可見，屬於低壓水銀放電燈。另因冷陰極燈管不使用燈絲，故無燈絲燒斷或摔斷問題，因此有較為可靠使用壽命，長可達 50,000~70,000 hrs，此外具備低發熱量、容易調光而變化亮度、另外可以引導至燈具的輕薄短小化等優點。



資料來源：威力盟電子型錄(2010)

圖 3.8 冷陰極管的應用

由於冷陰極管具有安定的光譜分佈，適用於掃描器、傳真機彩色系統的光源、車用電子照明、超薄型燈箱、指示照明、室內裝飾用照明及其它各種顯示器用光源。惟冷陰極管可能的燈管易破碎，故需要考量有較完整的外殼保護及適當設置的地點為佳，關於傳統及冷陰極管的緊急照明燈比較如表 3.10。

表 3.10 傳統與冷陰極管 (CCFL) 緊急照明燈具之比較表

項目	傳統緊急出口照明燈具	CCFL緊急出口照明燈具
消耗功率	60W、40W、17W	18W、12W、6.6W
輸入電壓	110V/220V	90V~265V共用電子式安定器
燈管壽命	3,000hrs~7,500hrs	50,000hrs(亮度衰減50%)
厚度	5 cm~10 cm	2-3 cm
維修	須年固定更換燈管	近乎免維修
電池	使用鉛酸電池2年須更換	鎳氫電池壽命達3-5年以上

資料來源：經濟部能源局-「照明節能產品應用手冊」



關於冷陰極管之優缺點分析如表 3.11。

表 3.11 冷陰極管的優缺點分析

優點	缺點
1. 燈管壽命長，可達 50,000~70,000 小時 2. 低發熱量 3. 可調光而變化亮度 4. 可發展輕薄短小化之燈具	1. 含有微量水銀等有害氣體 2. 燈管易碎，需考量較完整之外殼保護及設置地點 3. 輝度較高 4. 價格相較一般傳統燈具高

### 3.2.3 陶瓷複金屬燈

陶瓷複金屬燈的發展主要係為結合複金屬燈的良好光色性能和鈉燈的高發光效率特質，近年則發展以多種金屬鹵化物與陶瓷燒結而成放電管，特性為光色穩定，不會造成色差，為辦公大樓之公共空間及商業空間等基本照明與重點照明的主要光源之一。

若以 150W 雙頭陶瓷複金屬燈為例，於點燈 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，發光效率則可高達 95lm/W 以上。通常適用於需要長時間點燈的場所，例如零售賣場、服飾店、或公開展示中心等，另外單頭插入型式也因體積小、亮度高、無點燈方向限制，則適合於搭配精巧燈具，運用於屋外庭園壁燈、步道燈及建築物外觀重點照明等，可節省電費外亦減低了更換燈管所需龐大費用成本，此外，陶瓷複金屬燈可搭配許多傳統型式包括 MR16 型、PAR 型、TC 及 T 型等可便於取代傳統燈具如鹵素燈、複金屬燈等。有關陶瓷複金屬燈與其適用之電子式安定器如圖 3.9。



資料來源：經濟部能源局-「照明節能產品應用手冊」

圖 3.9 陶瓷複金屬燈與電子式安定器

另外，相對石英複金屬燈，陶瓷複金屬燈的電弧管可工作在更高的溫度，產生更好的演色性與更高的發光效率。而陶瓷複金屬燈的電弧管管壁溫度可以達到 1,150 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亦遠優於石英複金屬燈。另外，相較於鹵素燈和白熾燈雖具有優秀的演色性，但熱能散失嚴重、壽命較短，而陶瓷複金屬燈的光效較鹵素燈、白熾燈提升外，光色性能亦優於石英複金屬燈。關於陶瓷複金屬燈之優缺點分析如表 3.12。

表 3.12 陶瓷複金屬燈的優缺點分析

優點	缺點
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 結合複金屬燈的良好光色性能和鈉燈的高發光效率特質</li> <li>2. 光色穩定而色差小</li> <li>3. 發光效率高，可達 80-100 lm/W</li> <li>4. 可取代鹵素投光燈或庭園水銀燈</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 技術在發展階段，價格較傳統燈具偏高，學校於安裝時有預算之考量</li> <li>2. 散熱問題</li> <li>3. 較適用於小區域性的照明</li> </ol>





### 3.2.4 無電極電磁感應燈

無電極電磁感應燈為綜合電子學、電磁學、氣體電漿學、材料學等領域所研製開發的新一代照明產品，如圖 3.10。一般傳統光源的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衰老與玻璃殼發黑等情況，故傳統光源的使用壽命難以提高。無電極電磁感應燈主要藉由高頻感應磁場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進而激發氣體，當原子返回基態時自體輻射發出紫外線，激發燈泡內壁的螢光粉而發出可見光。



資料來源：經濟部能源局-「照明節能產品應用手冊」  
上一無電極燈產品型錄

圖 3.10 無電極電磁感應燈

無電極電磁感應燈如在設計額定功率範圍之內，採用符合溫度之零組件、濕度及耐壓特性相關要求、良好散熱環境等，其優點為壽命極長，整體系統壽命相當於普通節能燈具的 10~15 倍，甚至可長達 6 萬~10 萬小時。

另外，由於無電極電磁感應燈工作頻率達 250 kHz 左右，可以減少閃爍發生，達到一定之視力保護效果。而無電極電磁感應燈大多功率因數達 0.99，可減少輸配電設備的投資、演色指數可達 80 以上，有利於提高事物顏色的解析度，而由於無電極電磁感應燈額定功率則可以從 70~400 W，所以一般可應用於商場、學校或一般家庭的各種室內外場合中。

由於高頻無電極電磁感應燈採高頻點燈，其電磁干擾可能會



對鄰近其他用電設備或無線電通信會構成威脅，所以電磁相容(EMC)亦為無電極電磁感應燈技術驗證上的核心議題，除了須要求燈管在環境中具抵抗外來電磁干擾能力(EMS)，另外則須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)，並符合各國對於 EMC 標準的規定。

參考無電極電磁感應燈的技術發展、價格、光源特性及國內外建置經驗，無電極電磁感應燈在採用上可優先應用於路燈、廠房燈、隧道燈、室內外投光燈及景觀燈等，尤其一般位於較高較難以維護或清洗之場所可較具其經濟效益。有關無電極電磁感應燈之優缺點分析如表 3.13。

**表 3.13 無電極電磁感應燈的優缺點分析**

優點	缺點
1. 壽命長，整體系統達數萬小時 2. 低閃爍 3. 功率因數可達 0.99 4. 演色性可達 80 以上	1. 電磁干擾可能會對鄰近其他用電設備或無線電通信易有一定影響 2. 後續之維護保養作業可能較為困難 3. 技術發展中費用相對較高



## 第四章 學校教室之照明設備選用及設計原則

行政院於 100 年 5 月核定「政府機關及學校四省（省電、省油、省水、省紙）專案計畫」，對於每年度辦理之機關學校執行成效評鑑考核項目，擴大為「省電、省油、省水、省紙」4 項；然而，考量目前中小學學童視力尚在發育，國中小學校每年用電量以不成長為原則。而在 CNS 照度標準中，教室和辦公室之照度也提高至 500 Lux，以維護學童視力發育為第一優先考量之目標，期望能在學童視力和節能減碳中取得平衡，為下一代學童的視力保健與永續校園發展共同努力，期許學童們有一個健康、舒適、節能的學習環境。

學校教室之照明設計，其目的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。一般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潔的需要，達到經濟而節約電費的目標。

為協助各級學校之總務人員，能夠獲得正確的照明節能改善觀念，在進行照明節能改善工程或新建物在規劃設計時之參考依據，建立有關教室汰換高效率節能燈具之施行步驟(如圖 4.1)：

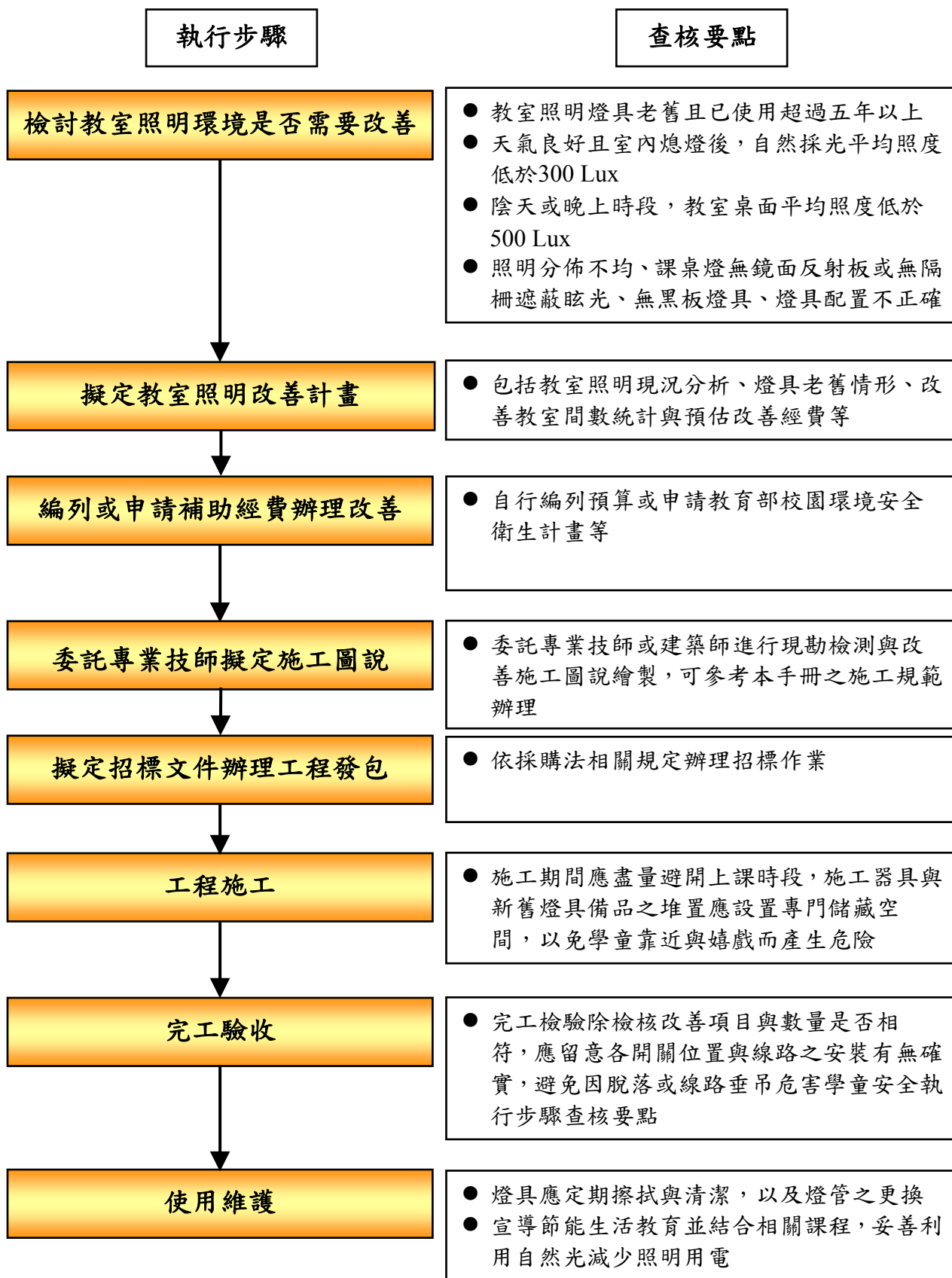


圖 4.1 照明節能改善施行步驟





## 4.1 學校的良好照明及設計原則

### 4.1.1 學校良好照明要點

一般照明之目的，主要係以能舒適地看清楚視對象，提高作業效率為優先。在學校的環境中以活動中心、禮堂、辦公室、教室等活動場所均以明視作為主要照明條件，其條件與要求如表 4.1 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。

表 4.1 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.均勻度	儘可能要求均勻度	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	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，選擇適當光色光源。室內反射光及合成色感須充分表現出來
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	以經濟觀點而言，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

資料來源：經濟部能源局-「照明節能產品應用手冊」

但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，則得靠燈具的設計來加以配合。



在學校除了得依據不同空間搭配適合的燈源種類外，另外燈具亦為重要考量要點，其主要功能有：

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。

#### 4.1.2 學校空間的照明設計原則

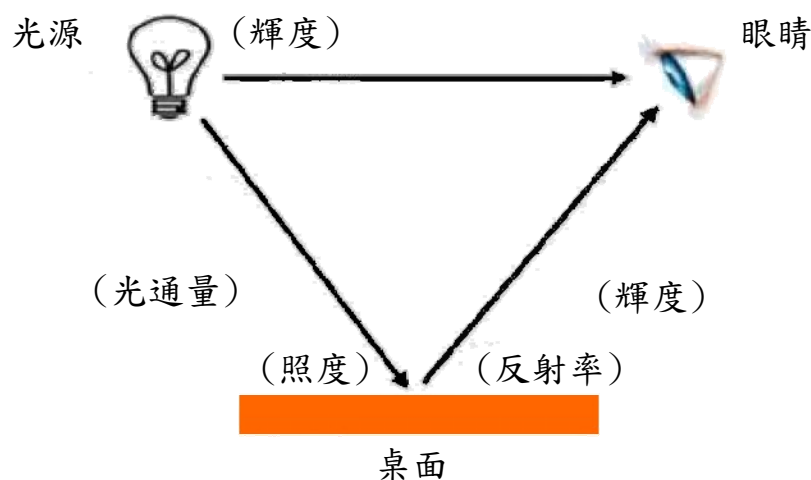
一般學校內部之教學環境依室內外區別可分為室內教學區域及室外教學與休憩區域；前者如一般上課教室、各專科教室、實習工廠、圖書館、辦公廳舍、保健室、禮堂、運動體育館等等；而後者如走廊、室外運動場、花園與連絡道路等。各種場所之照明條件與需求均不相同，因此對於照明品質之要求也不相同。學生在進行各種學習活動時，幾乎全是靠眼睛視覺的注視，視覺器官會自行調節，以適應環境。若光線令眼睛組織肌肉過份緊張，長期處於不良的照明環境下學習，將會造成視覺生理上的疾病。因此在考慮學校的照明工程時，應兼顧視覺環境的影響。

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，只有在良好的照明環境中，才能提高學習的效果。



### 4.1.3 照明環境之各項指標標準

要創造學校教室良好的照明環境，必須針對教室照明各項指標，建立定量的要求標準，各項照明指標的標準值，應依教室特色分別設定，有關教室內部各項照明指標關係如圖 4.2。



資料來源：周鼎金、江哲銘-「學校教室照明與節能參考手冊」

圖 4.2 照明指標示意圖

1. 選取合理的照度標準值，正確選用照度標準的高、中、低三階段的照度值，按不同的工作區域確定不同的照度。
2. 教室牆壁與天花板面選用明度較高之裝修材料，對於燈光之直接照射會加強反射照度。表 4.2 為材料之反射率，一般白色之反射率較高。

表 4.2 材質反射率比較表

材料名稱	反射率(%)	材料名稱	反射率(%)
白色泥粉刷	75	水泥沙漿粉刷	32
白色調和漆	70	中黃色調和漆	57
白色石膏板	75	白色釉面磚	80
白色大理石	62	混泥土地面	20
礦纖板	69	磨石子地面	39
紅磚	33	淺藍色地磚	42
綠色地磚	25	深咖啡色地磚	20

資料來源：周鼎金、江哲銘-「學校教室照明與節能參考手冊」



3. 應配合使用目的選擇適當配光的燈具，例如黑板燈應該採用黑板專用燈(如圖 4.3 及圖 4.4)。



圖 4.3 使用課桌燈作為黑板燈

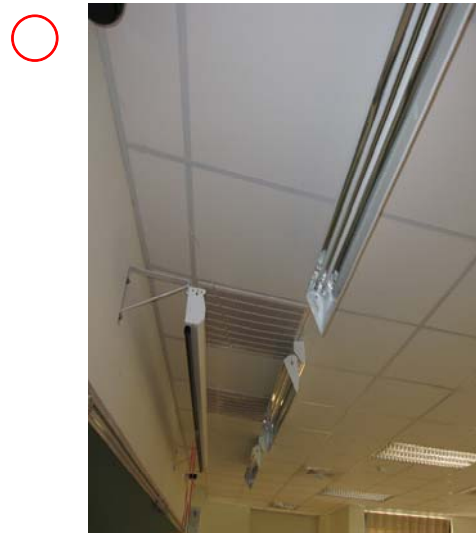
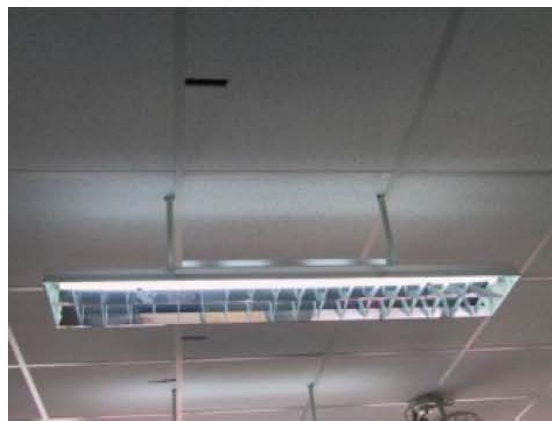


圖 4.4 使用專屬黑板燈

4. 有些教室天花板較高，因此必須利用吊管懸吊之方式降低安裝燈具高度以增加照度(如圖 4.5)，否則便須增加燈具數目來維持照度標準，如此便會造成燈具用電量增加之情況。



資料來源：教育部節能減碳輔導團計畫（2011）

圖 4.5 若天花板過高應加長其吊桿





## 4.2 學校主要空間燈具配置與採用原則

主要包括學校教室、學校之非講演型之教室如禮堂、圖書館、活動中心及室外教學場所等。本手冊分別就其空間特性、燈具配置及燈具種類選用原則等做介紹與說明。

### 4.2.1 教室的燈具配置與採用原則

#### 一、空間介紹

針對一般課堂教學空間，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，尤應著重在眩光的防制與閃爍的降低，以提供舒適而穩定之照明環境。

#### 二、燈具配置

教室內主要可分為黑板用燈具及課桌區照明燈具兩大區塊，以下針對其燈具配置原則說明如下。

##### (一) 導師座位區燈具配置

在設置時建議獨立配置導師座位區之照明燈具及開關或須於辦公桌上配置檯燈，並應保持均勻照度，防止桌面反射之眩光。

##### (二) 教室黑板用燈具配置

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度上端，以避免產生刺眼現象，教師眼睛的高度平均值是1.55m，其仰角45度範圍內，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

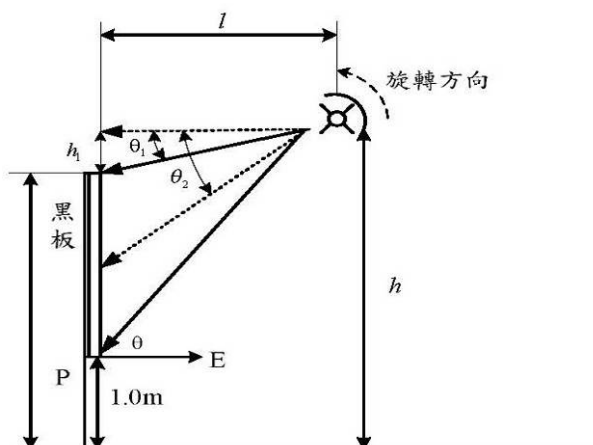


分佈要力求均一，故要妥當考慮照明器具的配光及位置。黑板燈方面則建議採用經過配光曲線設計，能將配光投射於黑板面之黑板用照明燈具為佳。最好反射角度可旋轉調整，可選擇理想的的角度以消除黑板眩光，如表 4.3 及圖 4.6 所示。

表 4.3 電腦模擬黑板燈具較佳之位置

燈具型式	T5 (28Wx1)三盞	T5 (28Wx2)二盞
$l$ (m)	0.70	1.2
$h$ (m)	2.50	2.7

資料來源：周鼎金、江哲銘-「學校教室照明與節能參考手冊」

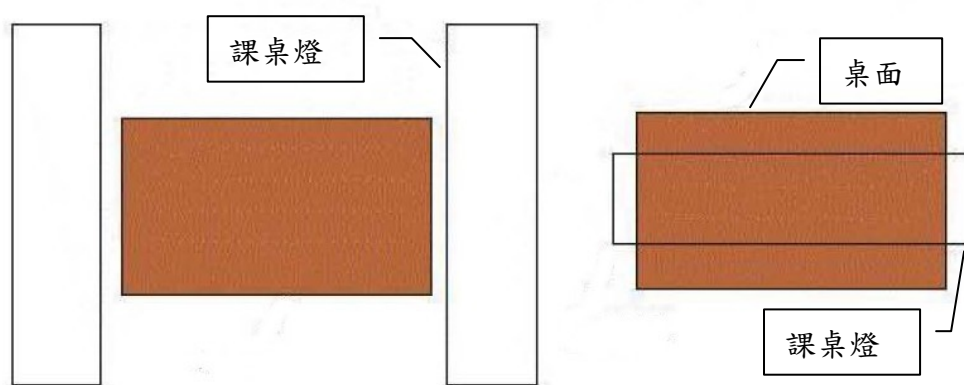


資料來源：經濟部能源局-「照明節能產品應用手冊」

圖 4.6 黑板燈具裝設位置與投光照射角度

### (三) 教室課桌區照明燈具配置原則

根據反射光幕和眼睛疲勞關係的實驗，在桌面上方正面反射區域有照明器具存在時，將會產生很大的光幕反射，因此照明燈具的裝設位置，必須避開正反射區域。另外在照明燈具與黑板平行或垂直進行實驗比較，其中燈具與黑板平行方式易使眼睛疲勞，而燈具與黑板垂直配置，視線方向與光源方向平行可防止眩光的產生(如圖 4.7~4.8)。



照明方式一(垂直黑板)

照明方式二(平行黑板)

圖 4.7 桌面與燈具之擺設相關位置圖

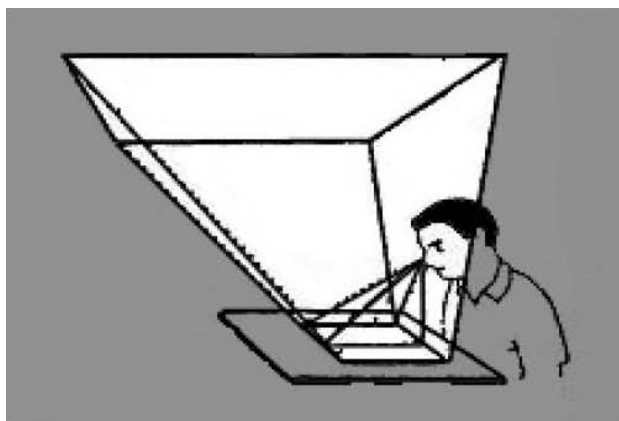


圖 4.8 容易產生反射光幕之正反射區

根據上述觀念可知正確的教室燈具配置，燈具長向應與窗戶平行（垂直黑板面），如此不會產生眩光與手影。另外光源與窗戶平行，則照明與窗邊晝光方向相同，心理感覺較佳。

普通教室一般在座位的安排上有明顯的方向性，因此燈具的排列方式，原則上應採燈具長向與黑板面垂直，並使用具有雙向保護角的燈具，若採用單向保護角的燈具則燈具長向應與黑板面平行以減少直接眩光。為了使照度分布均勻，原則上使用全面照明方式，而且燈具的配置應對稱整齊，使室內感覺均稱並有均勻的光線分佈。依燈具投光方向與反射板設計，建議採用具有鏡面反射板及防制眩光之鋁格柵燈具。由於燈具本體已設計如百葉窗



板之格柵來降低輝度及眩光，其便可降低燈管之直接刺眼眩光，減少對學童之視力影響。另外在改善照明的要求時，天花板面照明亦可選擇低眩光之燈具，例如具遮光角或格柵型燈具，並可考慮部分光線向上投射，使教室天花面獲得適當照度。

#### (四) 教室空間的照明控制

選用適宜的控制方式和控制開關，並由教室內師生之配合，將可達到顯著之節能效果，以下考慮幾種教室可利用之電源開關控制模式，並可將此概念應用至其他照明空間中。

1. 傳統模式之配置方式：小班教學可以將最後一排之燈具迴路關閉 ( $S_e$ )，另外若班級需使用投影機及簡報上課時，也可選擇此種迴路模式將與黑板平行之燈具 ( $S_a$ 、 $S_b$ ) 關閉，僅留中後排之迴路開啟即可(如圖 4.9)。

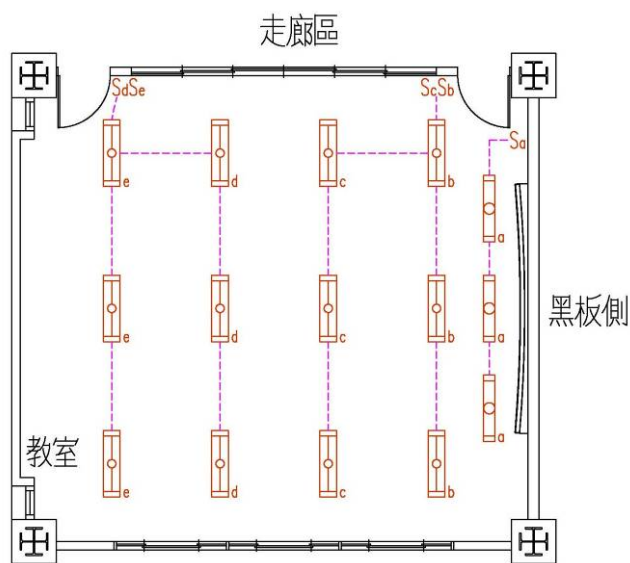


圖 4.9 教室開關配置方式(一)

2. 完全彈性調整模式(建議採用方式)：除了黑板燈組，其餘燈盞皆設為獨立開關，當晝光充足時，可彈性關閉靠窗燈盞 ( $S_d$ 、 $S_g$ 、 $S_j$ 、 $S_n$ )；當人數少或小班班級，則可關閉最後排 ( $S_k$ 、 $S_m$ 、 $S_n$ )；當利用投影片教學時，則可以關閉黑板燈及前排盞燈 ( $S_a$  或  $S_b$ 、 $S_c$ 、 $S_d$ )。此模式優點在於可彈性運用各種場合，但在安裝時需要花較多開關及佈置費





用(如圖 4.10)。

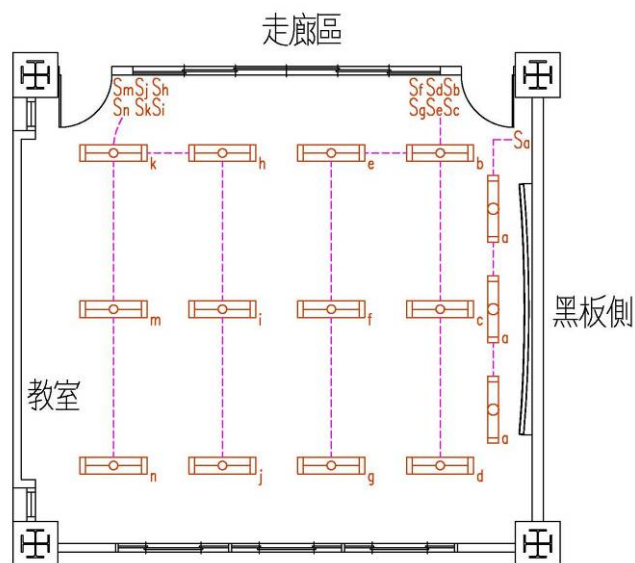


圖 4.10 教室開關配置方式(二)

3. 配合晝光控制之模式(一): 小班教學可以將最後一排之燈具迴路關閉 (Sf)，另外若班級需使用投影機及簡報上課時，也可選擇此種迴路模式將與黑板平行之燈具 (Sa、Sb) 關閉，僅留中後排之迴路開啟即可，當晝光充足時，可彈性關閉靠窗燈盞 (Sc) (如圖 4.11)。

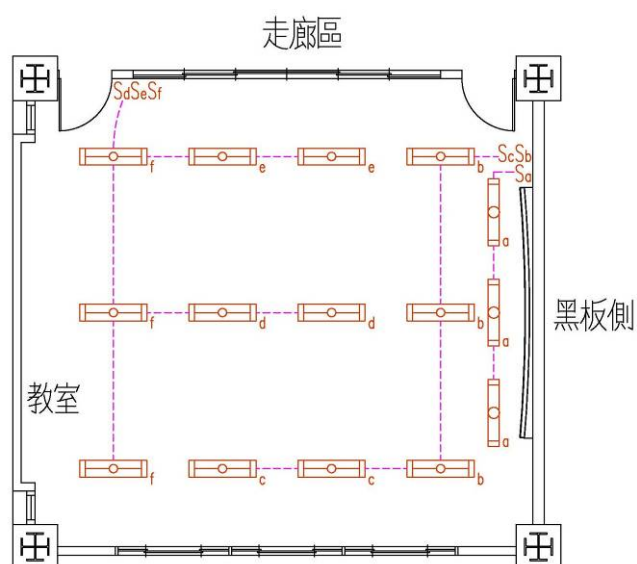


圖 4.11 教室開關配置方式(三)

4. 配合晝光控制之模式(二): 小班教學可以將最後一排之燈具



迴路關閉 ( $S_h$ 、 $S_e$ )，另外若班級需使用投影機及簡報上課時，也可選擇此種迴路模式將與黑板平行之燈具 ( $S_a$ 、 $S_b$ 、 $S_c$ ) 關閉，僅留中後排之迴路開啟即可，當晝光充足時，可彈性關閉靠窗燈盞 ( $S_c$ 、 $S_d$ 、 $S_e$ ) (如圖 4.12)。

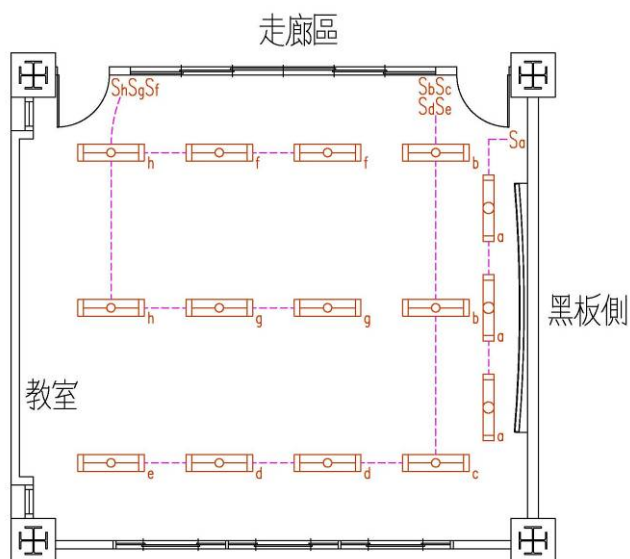


圖 4.12 教室開關配置方式(四)

5. 配合晝光控制之模式(三)：班級需使用投影機及簡報上課時，也可選擇此種迴路模式將與黑板平行之燈具 ( $S_a$ 、 $S_b$ 、 $S_c$ 、 $S_d$ ) 關閉，僅留中後排之迴路開啟即可，當晝光充足時，可彈性關閉靠窗燈盞 ( $S_d$ 、 $S_g$ ) (如圖 4.13)。

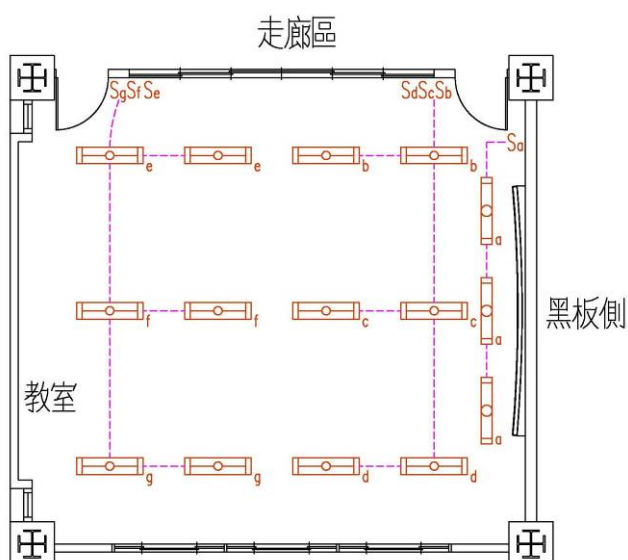


圖 4.13 教室開關配置方式(五)



#### 4.2.2 圖書館等開放式空間之燈具配置與控制

一般學校之非講演型之教室，例如實驗教室、禮堂、圖書館、製圖美術工藝教室、辦公室及研究室等，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，僅剩下反射眩光部分，則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。

在開放式之空間照明，建議以 T5 28W 之燈具優先使用(如嵌入式 T5 28Wx3 燈具)，且燈具上須設置鏡面反射板，以提高燈具效率增加工作面之照度。設計或改善時，著重廣泛性之照度需求，例如圖書館之閱讀區，以 300 Lux 為設計要求(CNS 12112 之 4.3.3 節 週邊環境與周遭區域之照度)，再以配置桌燈(閱讀燈)之型式，輔助局部需求照度 500 Lux(CNS 12112 之第 5 節 照明要求一覽)之要求(如圖 4.16)。如此可減少圖書館因全面照度之要求，而造成大量之燈具設置。另外在燈具控制迴路部分，可依分區分組之開關設計，應可提供未來管理人員之節能要求。



走道配置燈具



閱讀桌配置燈具

圖 4.16 圖書館燈具配置相關位置圖

此外，蔡佩樺(2009)針對永續校園綠建築評估工具規劃之探究議題中指出，照明的花費占學校電力消耗總量的 30%~50%，相關人員則可整合電子式安定器燈具和晝光的互補設計，利用高效率燈管、光線配備以有效進行數量及光線系統的控制。故學校教室或圖書館等靠



窗邊之迴路設計可以採用自動點滅裝置及自動晝光控制系統更佳，當光線充足時會自動切掉光源，當光線不足即點燈補充光線，達到節能及照明之需求。

此外，其提及一般室內空間利用晝光，須先確定建築物適當的方位、教室位置和窗戶、天窗自然光線、高度照明、燈管和天花板監控器等，一個良好的照明設計控制，得在刺眼陽光直射及使用燈架、淡色天花板及設計等提供空間有統一的光線程度。另外，學校亦可適度利用調光型安定器等相關零組件，使室內光線大於設定亮度時，可以自動調降亮度以達到省電效果。有關照明與晝光的互補設計概念如圖 4.17。



圖 4.17 自然採光運用與晝光/調光的互補設計

依 CNS 12112 國家標準中提及，在有側窗之室內場所，隨著與窗邊距離之增大，可獲得之自然光會明顯減少。另外，宜提供輔助照明以確保工作場所要求之照度，並使室內輝度均勻分佈。並可採用自動或手動開關或調光開關，確保人工照明和自然光之合理組合。學校在節能層面的考量，應考慮使用合適之照明系統、設備、控制模式及對自然光之利用，並審慎地選擇照明系統，採用自動或手動開關或調光以滿足用電限制

#### 4.2.3 室外教學場所等燈具配置與控制

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、部分走廊穿堂等，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。

#### 4.2.4 學校主要空間之不同燈具採用建議

如上所述，學校的主要空間包括一般教室、圖書館、禮堂、辦公室及室外空間等，而依據不同場所，在相關照明指標包括前述之演色性、照度及環境需求等而有所不同需求。

##### 一、依不同照明指標的適用性選用燈具

在照度標準的要求上，CNS 12112 針對學校各主要室內空間的照度及演色指數等有一定的規範標準，包括各類教室、教師辦公室、體育館及圖書館等。如表 4.4。

表 4.4 學校各室內空間之照度及演色指數參考

學校空間/場所	照度 (Lux)	平均演色指數(Ra)	備註
<b>教育建築</b>			
(1)幼稚園	500	80	
(2)托兒所	500	80	
(3)托兒所勞作室	500	80	
(4)教室	500	80	建議可調光
(5)夜校教室、成人教育教室	500	80	
(6)演講廳	500	80	建議可調光
(7)黑板	750	80	防止鏡面反射
(8)實習桌	500	80	於講座廳 750 Lux
(9)美術、手工教室	750	80	
(10)美術學校美術室	750	90	至少 5,000 K
(11)製圖室	750	80	
(12)實習室、實驗室	500	80	
(13)教學實習工廠	500	80	
(14)音樂練習室	300	80	
(15)電腦教室	500	80	



學校空間/場所	照度 (Lux)	平均演色 指數(Ra)	備註
(16)語言實習室	300	80	
(17)準備室、討論室	500	80	
(18)學生討論室、集合廳	200	80	
(19)教師辦公室	300	80	
(20)體育館、游泳池	500	80	
<b>圖書館</b>			
(1)書架	200	80	
(2)閱讀區	500	80	
(3)櫃檯	500	80	

參考來源：中華民國國家標準 CNS 12112(2012.01)

## 二、依不同使用空間選擇適合燈具種類

手冊中針對目前市場上常見之燈具種類，包括 T5 螢光燈管、省電燈泡、各類 HID 燈、LED 燈等可採用之地點說明。建議學校在燈具選用上還是以目前技術發展較為成熟穩定之產品，而符合經濟部能源局能源標章規範 (<http://www.energylabel.org.tw/>) 的燈具種類可優先採用，針對傳統較耗能燈源例如白熾燈等，建議能以節能燈具加以取代。

另外，近年來許多發展中之照明技術，包括 LED 與無電極電磁感應燈等，則由於相關標準尚未明朗，學校採用時須做各層面評估，包括廠商及產品品質、各項照明指標搭配、學校預算及後續維修汰換管理等加以考量。而就國中小以下教室之室內用 LED 燈具，建議宜待「光生物安全測試」列入強制檢驗後，再參採使用，現階段建議仍以室外 LED 燈具為主。關於校園各類常見燈具及可採用之區域如表 4.5。



表 4.5 各類常見燈具及採用之區域

燈具種類	可採用之區域
T5 螢光燈具	教室內課桌燈及黑板燈、辦公室、圖書館、停車場
省電燈泡	室內外空間或辦公室等小區域之輔助照明
複金屬燈	體育館、戶外場地照明
陶瓷複金屬燈	體育館、庭園照明、室內投光燈等
高壓鈉燈	停車場及運動場等戶外投光照明、庭園用燈
LED 燈	逃生指示燈、標誌用燈、建築體及戶外投射照明、停車場照明

註：本表以 2012 年市場之燈具情況考量檢討，可依燈具之技術改良情況修正。

#### 4.2.5 學校燈具之採購、施工及維護管理

為提昇學校執行汰換高效率節能燈具之品質，本手冊提供一體適用之施工規範，作為各級學校汰換時之參考，以統合與要求各級學校在照明改善工程之技術作業；同時考量到學校教室照明技術有其專業性，一般電機或建築師從業人員較不熟稔，統一之施工規範可使各級學校辦理發包工作時，可有效達到節能與照度同時兼顧之目的。以下就施工規範內容說明：

##### 一、 通則

1. 承包廠商施工前需依規範提出改善學校單元教室之**施工圖說及照度曲線分佈圖**，含教室課桌燈、黑板燈位置與開關迴路位置等項目，並檢送施工圖說以供學校審查，若承包廠商發現學校教室空間不足或與現場設施衝突時，必須向學校反應。上述事項得到指示與審查核可後方能施工。
2. 承包廠商在施工前需事先確定結構、材料等安全問題，如因安裝燈具而破壞結構，承包廠商必須全權負責。
3. 改善後應符合相關基準如下：(相關之最低基準以最新版 CNS12112 照度標準要求為主)

- (1) 桌面照度：量測之平均照度不低於 500 Lux。



- (2) 黑板面照度：量測之照度不低於 750 Lux。
- (3) 避免燈具眩光：可量化為視野輝度在 2,000 cd/m<sup>2</sup> 以下。

## 二、 施工項目

1. 光源：所有光源皆須取得商品驗證登錄並取得驗證登錄證書，教室課桌燈具最好取得節能標章之驗證。
2. 電子式安定器：檢附商品驗證登錄證書，符合 CNS13755 驗證，並注意電子式安定器需與高頻三波長燈管互相匹配。
3. 燈具：承包廠商於得標後送審燈具資料，包含所欲使用之燈具廠商型號、完整原始型錄資料(附有燈具尺寸、材質、光源、配光曲線及安規等)，相關資料經學校單位審核同意後方得採購施工。
  - (1) 教室課桌燈具規格如下：
    - a. 格柵式燈具(含金屬格柵板)
    - b. 雙燈管
    - c. 具有鏡面反射板
    - d. 具30度以上之遮光角設計
  - (2) 黑板燈燈具規格如下：
    - a. 單燈管
    - b. 為鏡面反射板
    - c. 可調整燈具照射角度
4. 燈具之電源控制迴路設計與開關設置，施作時應盡可能循舊有管路布線，依「4.2.1 節-教室的燈具配置與採用原則」之迴路施作，而額外之迴路與開關應另設迴路與開關盒，不可將所有迴路開關設置於同一開關盒，如此將可達到自然光利用與節能之效益(圖 4.18~4.20)。
5. 所有配線及開關等均應採用經標準檢驗局檢驗合格者，配線直徑應採取 2.0mm 之 PVC 電線，露明部分管線應予以整理固定於牆面或天花板。





6. 若電扇位置置於燈具下方者，應將電扇之位置調高於燈具之上，假若為輕鋼架天花板之教室，建議吊扇改為節能循環風扇，減低風扇運作時對照明之干擾。
7. 教室課桌燈之下緣應距地面 2.4m 至 2.7m。

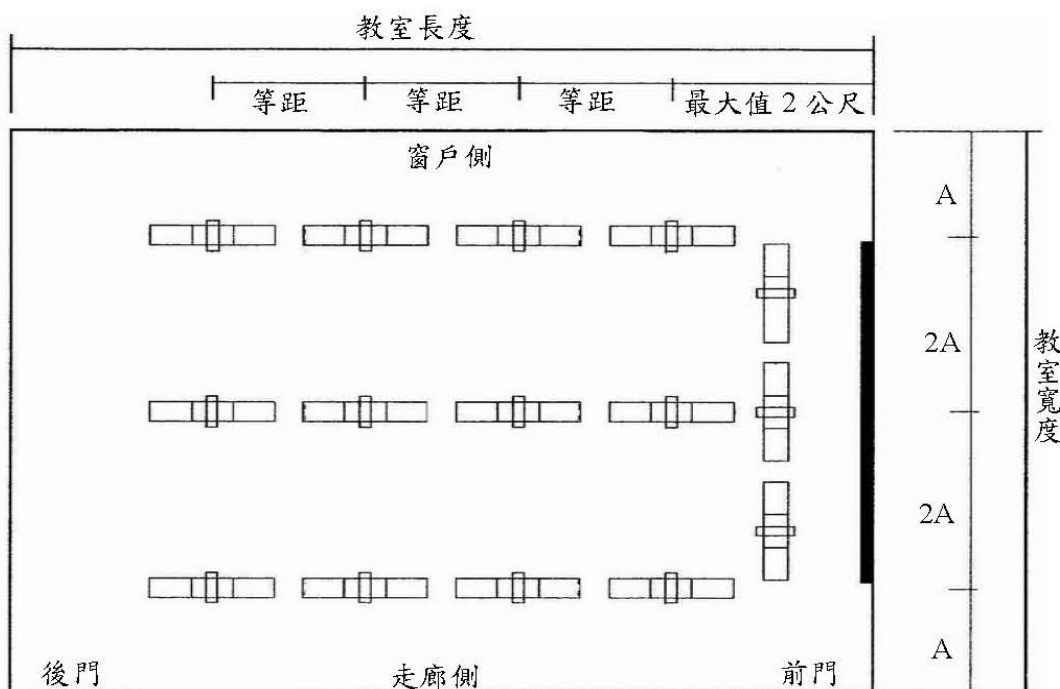


圖 4.18 課桌燈建議位置圖

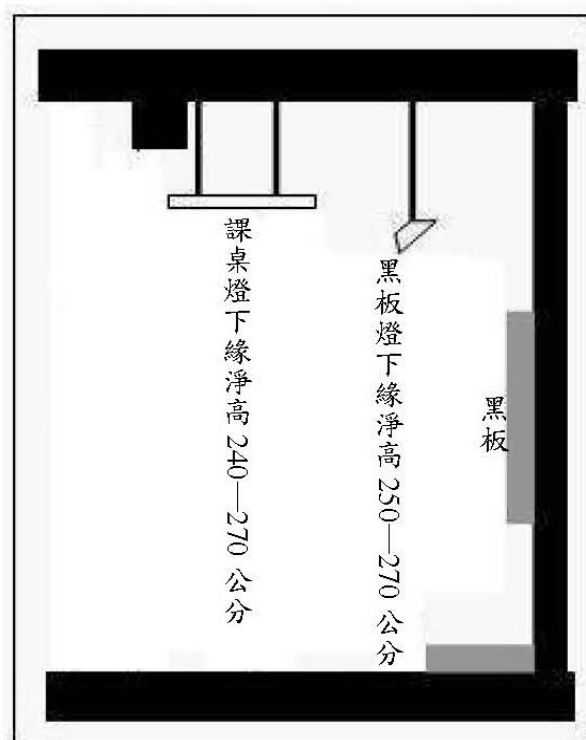


圖 4.19 教室燈具高度建議位置圖

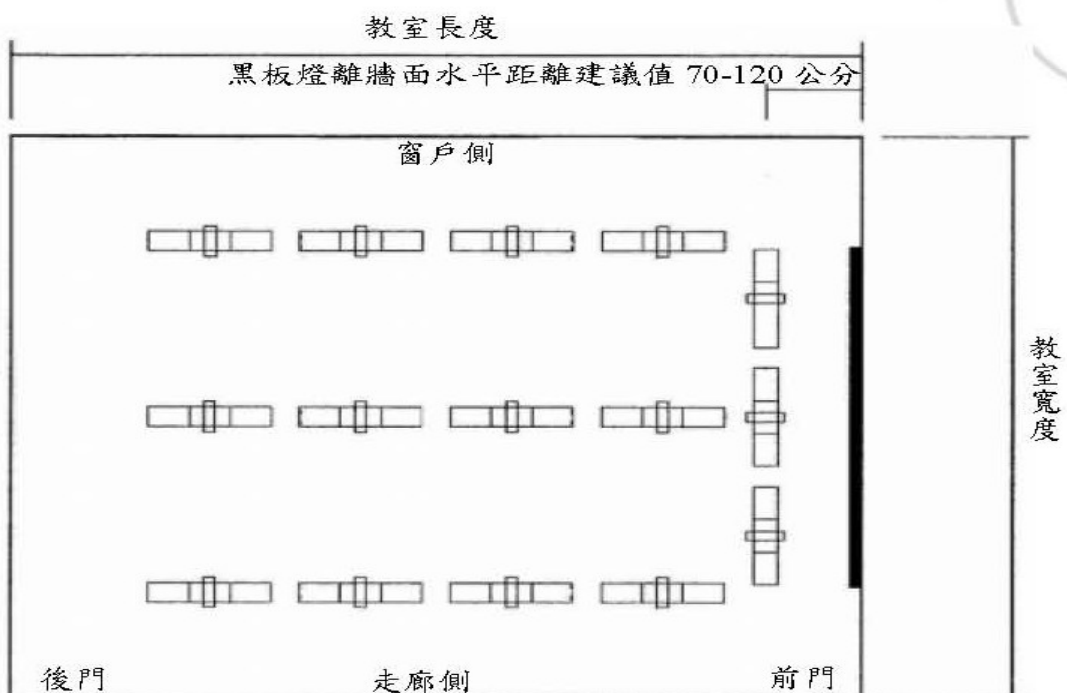


圖 4.20 黑板燈建議位置圖

### 三、 施工要求

項目	查核結果				備註
1. 燈具產品已穩固的固定在建築物結構體上。	是	<input type="checkbox"/>	否	<input type="checkbox"/>	
2. 垂直與水平安裝之燈具，已使各行列的燈具位置對齊。	是	<input type="checkbox"/>	否	<input type="checkbox"/>	
3. 黑板燈應調整燈具中心投射至黑板面中心位置。經調整完畢之燈具已保持其角度及位置。	是	<input type="checkbox"/>	否	<input type="checkbox"/>	
4. 施作教室若屬古蹟部分，施工前承包廠商須與所屬縣市政府、學校單位詳細溝通協調後，再行施工，否則屆時若有破壞古蹟時，後果由承包廠商自行負責。	是	<input type="checkbox"/>	否	<input type="checkbox"/>	
5. 拆除之老舊燈具及燈管，若經學校單位確認不需保留時，承包廠商應負責清運，且依相關法規及規定進行回收。	是	<input type="checkbox"/>	否	<input type="checkbox"/>	

註：本表以正面表列為原則，查核結果以勾選「是」為檢討方向。

### 四、 驗收規範

本工程於完工後，應進行驗收手續，以確認完工後之照明品質符合本規範之規定，及相關行政規定。



項目	查核結果				備註
1. 驗收其燈具數量、形式、位置與圖面及送審燈具型號相同，其燈具之已整齊排列。	是	<input type="checkbox"/>	否	<input type="checkbox"/>	
2. 其電扇之位置已置於燈具之上方，避免閃爍發生。	是	<input type="checkbox"/>	否	<input type="checkbox"/>	
3. 檢驗燈具之迴路與開關位置已符合其圖面或規範之標準。	是	<input type="checkbox"/>	否	<input type="checkbox"/>	
4. 經審核不符本規範產品不得使用，已安裝者應要求承包廠商或原供應商回收更換，或改善至符合本規範要求為止。	是	<input type="checkbox"/>	否	<input type="checkbox"/>	
5. 照明用電密度(W/m <sup>2</sup> )是否低於手冊之附錄 5 表 4 所列參考值。	是	<input type="checkbox"/>	否	<input type="checkbox"/>	
6. 空間照度之均勻度是否高於 0.7 (或 CNS 12112 規定)。	是	<input type="checkbox"/>	否	<input type="checkbox"/>	
7. 最低演色指數是否符合 CNS 12112 規定。	是	<input type="checkbox"/>	否	<input type="checkbox"/>	
8. 統一眩光等級限制是否符合 CNS 12112 規定。	是	<input type="checkbox"/>	否	<input type="checkbox"/>	

註：本表以正面表列為原則，查核結果以勾選「是」為檢討方向。

## 五、 維護管理

為維持教室照明設備的效果，應注意照明設備的維護，若使用效率高的光源或照明燈具，但卻因光源光束的衰減、燈具的污穢，而造成照明效果的降低，則不合乎經濟效益。適當的維護管理，不僅可以節省能源，在電氣設備安全上，也是很重要的。教室照明設備的維護主要分成下列四點：設備檢查、設備更換、照明燈具的清掃、維護記錄。

1. 設備檢查：教室照明設備的檢查可分為日常的檢查及定期檢查二種。日常的檢查可由老師指導學生進行，定期檢查則應由受過相關訓練具有電氣設備知識的行政人員進行，一般約每半年檢查一次，時間最好安排在學期前；除此之外，在地震、颱風之後，也應安排臨時的檢查以確保設備的正常使用及安全。
2. 教室照明燈具的管理維護參用程序，包括下列事項：



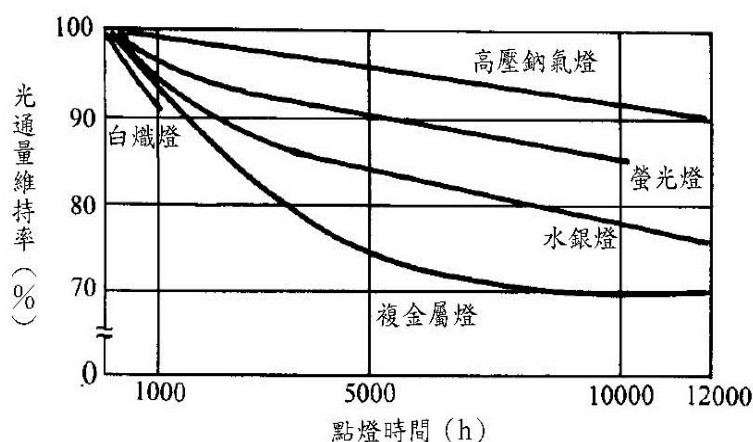
項目	查核結果				備註
1. 照度是否符合 CNS 之照明標準 (依 CNS 12112 要求)。	是	<input type="checkbox"/>	否	<input type="checkbox"/>	每學期至少量測一次
2. 燈具的安裝狀況是否有固定、未鬆動。	是	<input type="checkbox"/>	否	<input type="checkbox"/>	
3. 線路及配電箱是否完整及未有浸水的情況。	是	<input type="checkbox"/>	否	<input type="checkbox"/>	
4. 點燈情況，是否明亮。	是	<input type="checkbox"/>	否	<input type="checkbox"/>	
5. 點燈情況，是否穩定未有閃爍的現象。	是	<input type="checkbox"/>	否	<input type="checkbox"/>	
6. 線路及配電箱是否處於常溫未有過熱的情況。	是	<input type="checkbox"/>	否	<input type="checkbox"/>	
7. 燈具、反射片及光源表面是否有乾淨未有積塵的情況。	是	<input type="checkbox"/>	否	<input type="checkbox"/>	

註：本表以正面表列為原則，查核結果以勾選「是」為檢討方向。

檢查時發現設備的異常須儘早加以補修更換，並擬定燈具清掃維護計畫，以確保照明的效果。

## 六、 設備更換

設備的更換應依設備特性及失效損壞情況，做適當的處理。項目包括光源（螢光燈管、電燈泡等）、起動器、安定器、開關及整個燈具的更換等。光源應依其經濟壽命的長短及光束衰減狀況，採用個別及集體更換方式。當發現教室有損壞的光源或雙頭已黑化時應即刻更換；並配合光源的壽命於一個固定使用時間後，將全部的光源集體更換一次，有關光源的光衰減特性如圖 4.21。



資料來源：學校教室照明推廣手冊，內政部建研所

圖 4.21 光源的光束衰減特性





## 七、 燈具的清掃、維護

定期擦拭燈具、燈管，可避免灰塵或一般污染物降低燈具之照明效率，學校可以依據落塵量的多寡來決定如何訂定燈具的清潔週期。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。而負責人員在設計時應將此影響以積塵減光補償係數來考慮，若能勤加清潔與整理，則能提高燈具的發光效率與被照面之實質照度。

另外，除燈具本身外，天花板、牆壁的積塵與顏色、反光條件等也會影響被照面之照度。而被照面之照度可經由周圍牆壁的噴漆、燈具的清掃，以及光源的換新而提高。另外，清掃維護作業也會因燈具種類不同而異。舉例來說，螢光燈因為形體較大使得清掃工作較不容易進行，故於設計照明之初即應該把日後的維護考慮在內，燈具安裝時應考慮清潔燈具、燈管與換裝燈管之方便性。關於不同光源的最經濟清掃之預估時間，可參考表 4.6 所示。

表 4.6 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

資料來源：經濟部能源局-「照明節能產品應用手冊」

此外，照明節能產品應用手冊中指出照明燈具的維護與汰換得依循下列重點參考辦理：

1. 定期檢查燈具、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。

2. 由於燈管的自然老化與發光衰退，故學校教室或辦公室等宜分批更換燈管，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，即使燈管尚可點燈，亦請更換為宜，估計約可節省電能 17%。  
更換期限(年)=燈管經濟壽命(小時)/每年點燈時數。另外，若燈管光衰嚴重或不亮時可提早更換，應注意瞬間起動型之電子式安定器，由於燈管老化或不亮時，其安定器仍持續耗電，故需加強檢查與更新。



### 4.3 學校教室燈具改善之實際範例

#### 4.3.1 教室照明常見缺失

經現場勘查學校教室等照明環境有幾項常見缺失，整理如表 4.7。

表 4.7 教室照明缺失分析


缺失要點	照片	說明
黑板照度不足		<p>黑板燈位於左右兩盞，黑板照度不均勻，且黑板之中間部分照度不足。</p>
燈具排列凌亂		<p>教室照度不足，加裝燈具，造成燈具排列不整齊影響室內美觀性。</p>
燈具老舊		<p>燈具老舊未有鏡面反射片，且燈管裸露，造成直接眩光問題。</p>



缺失要點	照片	說明
風扇位置不當		<p>大葉片之風扇配置於燈具下，風扇旋轉時造成閃爍，影響學童之視力健康。</p>
無黑板專用燈		<p>採用課桌燈作為黑板照明，造成黑板照度不足。</p>
燈具眩光大		<p>燈具與黑板平行配置，燈管裸露，輝度對比大，學生上課視覺容易疲勞。</p>
黑板照度不均		<p>黑板燈直接安裝於黑板上緣，照射角度不正確，黑板面照度分布差異大。</p>





缺失要點	照片	說明
黑板燈具位置過低		黑板燈具懸吊過低，老師授課會有眩光與壓迫感，燈具也會阻礙學生之視線。
光源瓦數不當		採用嵌入式低效率之20瓦螢光燈具，造成課桌面照度不足且分布不均勻。

資料來源：「學校教室照明與節能參考手冊」-周鼎金、江哲銘等（2004）

#### 4.3.2 教室照明改善後範例

學校照明環境改善的目的，主要為使照度提高及教室光線分布柔和均勻，以下針對學校推行照明改善範例及要點輔以照片說明如表 4.8。

表 4.8 學校推行照明改善範例及要點說明

改善要點	照片	說明
明亮、均勻、柔和的照明環境		課桌燈配置整齊對稱，高效率的燈具，無論課桌面與黑板面照度充足且光線分布均勻。



改善要點	照片	說明
減少學生 視覺眩光		換裝具有格柵片之燈具，改善對學生之眩光問題。
降低教室 之輝度比		採用具有向上光束之燈具，增加天花之亮度，減少教室中之輝度對比。
熄滅部分 迴路節能		教室最後一排燈具迴路，因應小班教學可單獨熄滅，因此減少用電。
避免風扇 之閃爍		電扇置於燈具中間，減少燈具之閃爍問題。



改善要點	照片	說明
<p>黑板燈具 須可調角度</p>		<p>設置電子式安定器 燈具可調式之照明 角度，並採用高頻三 波長燈管，提高黑板 平均照度。</p>
<p>燈具與 窗戶平行</p>		<p>燈具長軸與窗戶平 行，可熄滅窗邊之燈 具，且燈具光線分布 與自然光一致，視覺 感受較佳。</p>

資料來源：周鼎金、江哲銘-「學校教室照明與節能參考手冊」



## 附錄1. 教室照明設計參考範例

### 教室照明設計參考範例（一）

黑板面燈具盞數	3 盞 1 管
黑板面燈具懸掛高度	250cm
黑板平均照度	671 Lux
黑板面最大照度	774 Lux
黑板面最小照度	481 Lux
黑板面均勻度	0.71
桌面高度	75cm
天花面燈具盞數	12 盞 2 管
課桌燈懸掛高度	270cm
桌面平均照度	831 Lux
桌面最大照度	1115 Lux
桌面最小照度	460 Lux
桌面均勻度	0.55
維護率	0.75

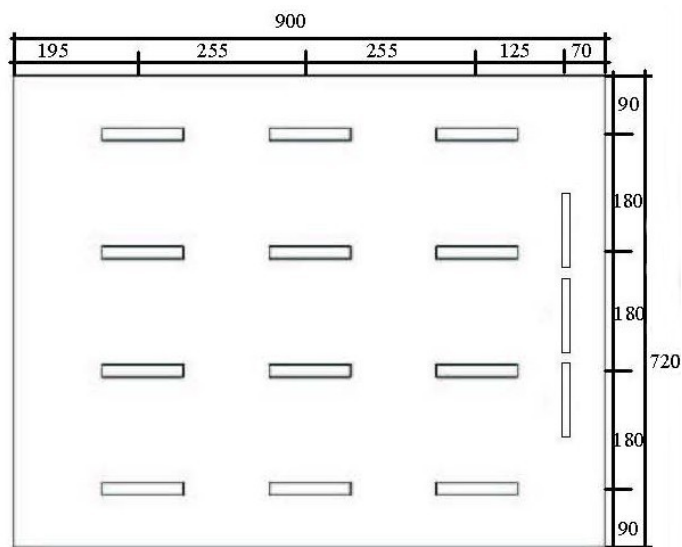


圖 1 燈具配置圖

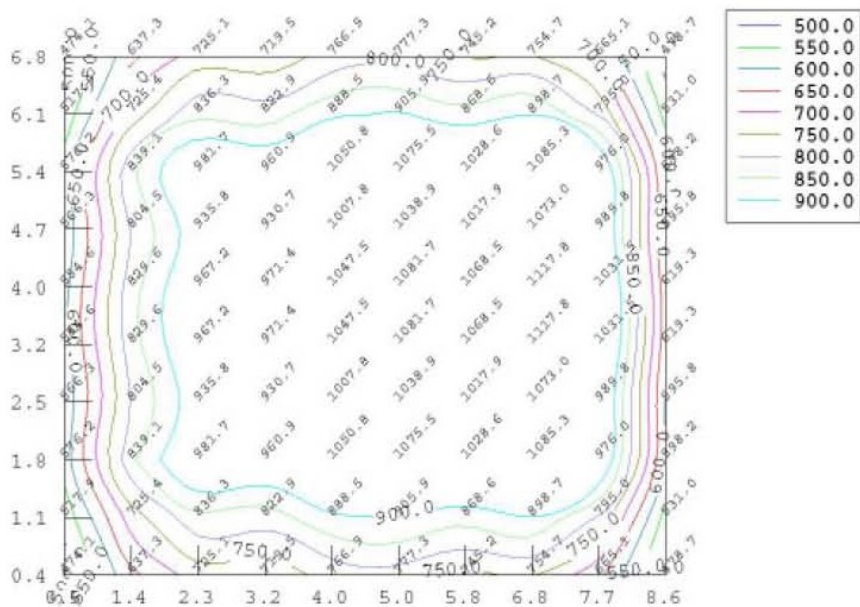


圖 2 照度曲線分佈圖





教室照明設計參考範例（二）

黑板面燈具盞數	3 盞 1 管
黑板面燈具懸掛高度	250cm
黑板平均照度	657 Lux
黑板面最大照度	711 Lux
黑板面最小照度	533 Lux
黑板面均勻度	0.74
桌面高度	75cm
天花面燈具盞數	12 盞 2 管
課桌燈懸掛高度	270cm
桌面平均照度	637 Lux
桌面最大照度	897 Lux
桌面最小照度	384 Lux
桌面均勻度	0.6
維護率	0.75

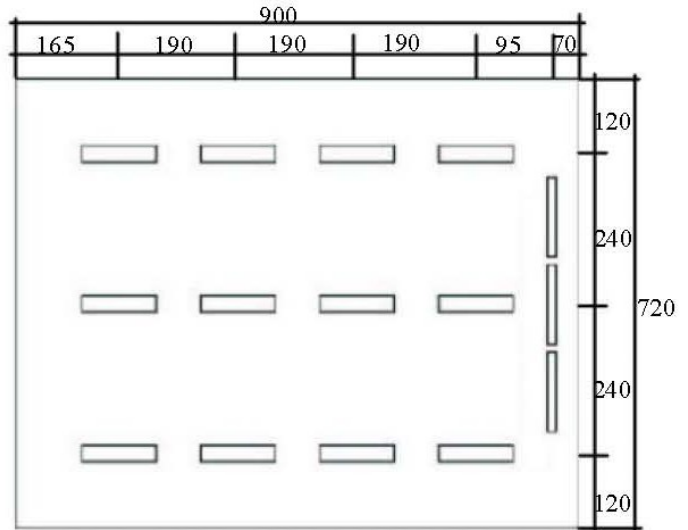


圖 3 燈具配置圖

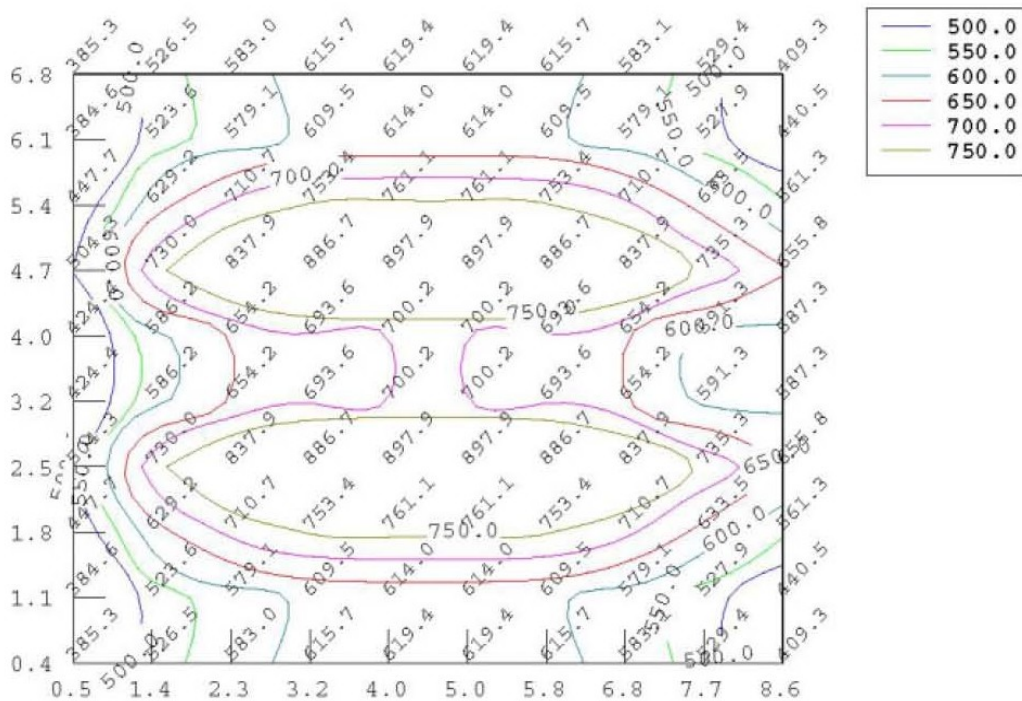


圖 4 照度曲線分佈圖



## 附錄2. 照度與輝度的測定

### 2-1. 學校自我照明檢測時所需儀器

各校為了確保照明的品質應準備照度計、輝度計以供日常測試，及教導學生明瞭照度及輝度等特性之使用。



圖 5 照度計



圖 6 輝度計

### 2-2. 照度的測定

黑板之照度檢測，以黑板之中軸線由上往下30 cm處為C點，中心點D點，由下往上30 cm處為E點，向左右延伸100 cm為A、B、F、G 四點，量測7點取平均值為其黑板之平均照度。量測時應注意量測者應盡量遠離照度計，以不干擾照度之檢測為原則。

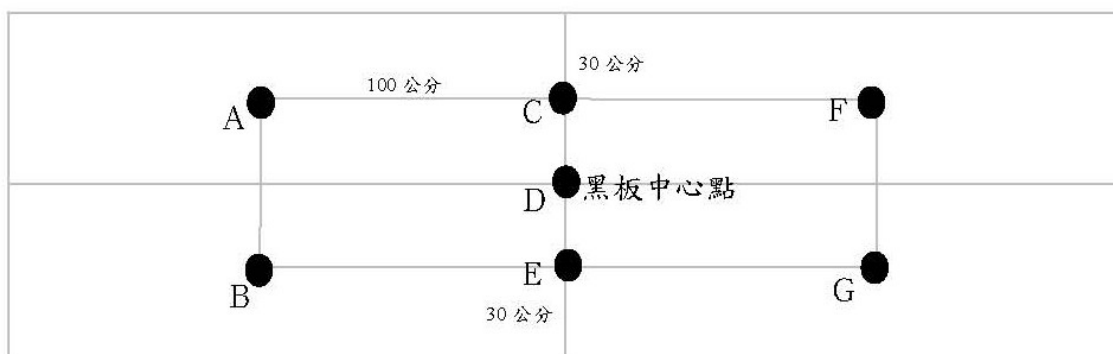


圖 7 黑板面照度檢測點

課桌燈之照度檢測，由教室範圍內以100 cm為距離點出A、C、G、I並找出各點之中間點分別為B、D、H、F及教室之中心點共九點，其平均照度之計算方法為

$$(A \times 1 + B \times 4 + C \times 1 + D \times 4 + E \times 16 + F \times 4 + G \times 1 + H \times 4 + I \times 1) / 36$$

量測時應注意量測者應盡量低於照度計，以不干擾照度之檢



測為原則，各檢測點如圖8所示。

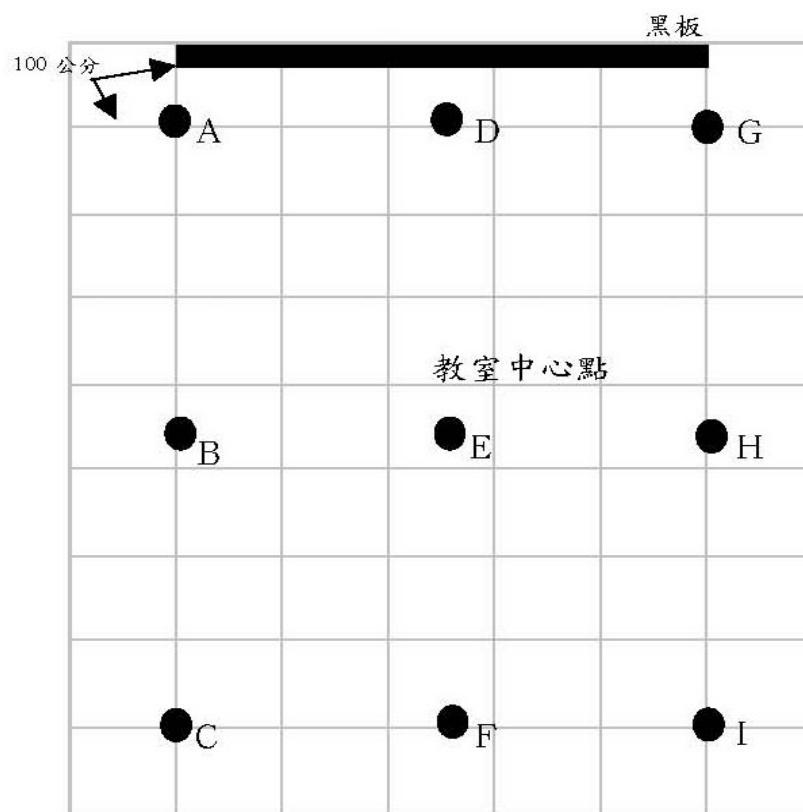


圖 8 教室課桌面照度檢測點

1. 照度計規格：應採用符合中國國家標準 CNS5119、C4165 的照度計。在重要照度的測定時，應使用 CNS5119 所規定之 AA 級。
2. 照度計特性之掌握：為維持照度測定之精確度，必須掌握照度計之下列特性質，且應正確地使用關於此等特性及試驗方法應依 CNS5119 規定。
  - (1) 精確度。
  - (2) 斜入射光特性。
  - (3) 分光靈敏度特性。
  - (4) 指示部特性。
  - (5) 疲勞特性。
  - (6) 溫度特性。
  - (7) 濕度特性。
  - (8) 對斷續光特性。
3. 測定前應確認之事項：進行測定前應掌握照度測定之目的，並依上圖方法決定測定點，並確認下列各項。



- (1) 電源之狀態及電燈之狀態。
  - (2) 光源之形式及大小，有需要時初點亮後之總點亮時間。
  - (3) 照明器具之狀態。
  - (4) 光源安裝於照明器具之狀態及點燈狀態。
  - (5) 環境條件。
4. 測定時之注意事項
- (1) 測定開始前，原則上燈泡應點亮 5 分鐘以上，放電燈應點亮 30 分鐘以上。
  - (2) 測定電源電壓時，應盡量在接近照明器具位置測定。
  - (3) 應將照度計受光部之測定基準面盡量與想測定照度之面一致，並應將通過受光部受光面中央與測定基準面垂直之直線相交於測定基準面之點一致。
  - (4) 應注意測定者之投影及服裝之反射不致影響測定。
  - (5) 在測定範圍切換型之照度計，盡量不要採用 0~1/4 之刻度範圍讀取之。
  - (6) 有測定對象以外光線之影響(晝光等)時應將其影響除去，最好是夜晚量測，並將開燈照度值扣掉關燈照度值。
  - (7) 測定多數點之照度時，應訂定特定之測定點，每隔一定測定時間間隔，測定特定點之照度，以掌握照度測定中之光源輸出之變動。
5. 測定結果之整理：測定條件之記錄，依測定之目的關於會影響測定值之事項最好作適宜之記錄。通常希望作紀錄之主要事項，有下列各項。
- (1) 照明條件：電源電壓及其測定點、光源、照明器具之種類、照明器具之配置(適當之平面圖及截面圖)。
  - (2) 測定方法：照度計、測定點及其高度、測定面(水平、鉛直、法線、傾斜面等)、測定方向、測定者。
  - (3) 環境條件：測定年月日、開始時間、完畢時間、氣候、溫度。
6. 測定結果之記錄：訂定適當形式記錄測定結果並整理之。測定結果應標示測定點數、平均照度、最大照度與最小照度及位置，均勻度等結果。
7. 照度測量表：





表 1 照度改善效檢測表(改善後)

縣市別	學校名稱	教室面積(寬 x 長)		作業面高度	黑板燈高度	課桌燈高度																																						
		cm x	cm	cm	cm	cm																																						
天氣	檢測日期			檢測時間																																								
晴 陰 雨	年	月	日	上午	下午	點 分																																						
點板面檢測點																																												
	狀態	A	B	C	D	E	F	G																																				
照度值 (Lux)	開燈																																											
	關燈																																											
課桌燈檢測點																																												
					<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">位置</th> <th colspan="2">照度值(Lux)</th> </tr> <tr> <th>開燈</th> <th>關燈</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>B</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>C</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>D</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>E</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>F</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>G</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>H</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>I</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">輝度值(cd/m<sup>2</sup>)</td> <td></td> </tr> <tr><td>L</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		位置	照度值(Lux)		開燈	關燈	A			B			C			D			E			F			G			H			I			輝度值(cd/m <sup>2</sup> )			L		
位置	照度值(Lux)																																											
	開燈	關燈																																										
A																																												
B																																												
C																																												
D																																												
E																																												
F																																												
G																																												
H																																												
I																																												
輝度值(cd/m <sup>2</sup> )																																												
L																																												



## 2-3. 輝度的測定

1. 輝度計規格：應採用符合 CNS5064、C3068 的輝度計，輝度計通常是利用光學系統的物理光度形成，它可修正流明效率和規定視角符合測量的目標物。測量輝度的結果之可靠性，完全依賴使用輝度計的動作，當選用輝度計時需配合測量的目的和內容，此點是很重要的。輝度計在光學系統上因測量的距離遠近，會影響誤差。故測量距離與輝度計的焦距距離比必須很大。
2. 輝度計使用注意事項
  - (1) 流明效率修正範圍。
  - (2) 視角與測量距離。
  - (3) 電源特性。
  - (4) 溫度特性。
  - (5) 濕度特性。
  - (6) 初期效應。
  - (7) 校正。
  - (8) 刻度範圍。
3. 測量前必需確定的事項：輝度測量前須調查測量位置，如果可能，將從測量基準點照像或畫出投影透視圖，測量基準點和輝度計安裝位置之間的關係，下列各點須確定。
  - (1) 電源狀態。
  - (2) 光源的型別和大小，在最初點燈之後所使用時間。
  - (3) 照明設施的狀況。
  - (4) 照明設施光源裝置的狀況。
  - (5) 環境條件。
4. 測量所應注意的事項
  - (1) 測量前為了穩定等源不同特性，初步行動點亮燈源。
  - (2) 電壓測量(放電燈安定器的一次測)應盡可能接近燈具。



- (3) 輝度計受光器須在測量前曝露光線下直到完全穩定。
  - (4) 輝度計的安裝和標示測量正確方向。
  - (5) 輝度計讀數在全刻度範圍 1/4 以下者，儘可能不採用。
  - (6) 輝度在輝度計視角內儘可能的均勻，假如測量一照明設施或燈源的輝度，整個輝度計的視角須被部分照明設施或燈源所籠罩。
5. 測量一般事項
- (1) 輝度計通常固定在測量基準點。
  - (2) 輝度計視角大小，在一般照明設施之輝度測量通常須符合附表。假如輝度計在表中有一視角不能求得時，在測量時可允許輝度計在固定直線方向連接測量點及測量基準點下，較接近測量點。
6. 記錄測量情況：可能影響測量結果及影響測量目的之事項記錄之，且至少應包括下列各項。
- (1) 照明條件：光源、照明設施之規格，規定和設計圖(平面圖、立視圖、投影透視圖)，照明設施和光源使用時間，白晝狀況等。
  - (2) 測量條件：輝度計的種類、視角、測量基準點、電源電壓、儀器的種類。
  - (3) 環境條件：年、月、日，開始時間和結束時間、天氣、溫度、濕度、天氣狀況(霧、煙等)、牆壁、天花板、地板、路面等之表面條件(顏色、反射因素、材料、乾度、磨滅程度等)。
7. 測量結果記錄：建立一合適的表格，其測量的數據，須有順序的記錄，必要時測量的數據，按所示理由予以修正。



### 附錄3. 視力保健

1. 近視的預防：
  - (1) 閱讀書籍時要保持正確的姿勢、眼睛與書本的距離最好在 35 cm 左右。
  - (2) 每次閱讀或寫字時間也不要太久，而每閱讀四十分鐘至一小時，最好能夠休息五至十分鐘。
  - (3) 千萬不要在走路、坐車或躺在床上時閱讀，而且在閱讀或寫字時的照明光線更要適當。
  - (4) 學生的作業量、改善學習環境、教室的採光及照明亦應達到標準。
  - (5) 教室內的桌椅高度要與學生的身材相配襯，即書桌面要有一定的斜度。
  - (6) 書籍字體大小要與年齡相符合，印刷更要清楚不要模糊，紙張的質感要良好。
  - (7) 除了正規課業活動之外，學校也應該定期的舉辦視力保健活動，亦要安排學生有多點時間到郊外踏青，使眼睛有更多的機會瞭望遠處，如此才能使得調節水晶體的肌肉有機會好好的放鬆休息。
2. 小心使用電視與電腦：
  - (1) 電視應安置在眼睛視線的下方。
  - (2) 眼睛與電視機的距離應保持在電視機畫面對角線長度的五至七倍左右。
  - (3) 不要在全暗的室內觀賞電視或玩電腦，看半小時則需要休息五至十分鐘。
3. 定期檢查，預防近視：
  - (1) 父母本身已經有近視的話，最好多加注意小朋友的視力情況，尤其是高度近視（600 度以上）的父母，小朋友的近視機率比較高。
  - (2) 注意提醒小朋友保持端正的姿勢，桌椅高度是否合適，





燈光是否足夠。

- (3) 每年固定一至二次的視力測驗，也可以早期發現是否有視力下降的現象。

#### 4. 少吃糖，不偏食：

- (1) 吃過多甜食容易造成體內偏酸性，酸鹼度不平衡也容易近視。
- (2) 偏食挑食的小朋友很可能會缺少維生素 A、B、C、E，而這些營養成分對於視力的維護都相當重要，是不可缺少的。
- (3) 花點腦筋把蔬果做得好看、好吃，跟孩子一起玩遊戲增加活動量、禁止零食以提昇正餐食慾，有助於孩子均衡攝取各類食物，維持良好的健康。



## 附錄4. 照度國家標準 (CNS 12112-室內工作場所照明)

ICS 91.160.10; 13.180

- 1 -

中華民國國家標準	<b>室內工作場所照明</b>	總號	1 2 1 1 2
<b>CNS</b>		類號	Z 1 0 4 4
Lighting of indoor work places			
目錄			
節次		頁次	
前言 .....		2	
1. 適用範圍 .....		3	
2. 引用標準 .....		3	
3. 用語及定義 .....		3	
4. 照明設計準則 .....		4	
4.1 光環境 .....		4	
4.2 輝度分佈 .....		4	
4.3 照度 .....		5	
4.4 眩光 .....		6	
4.5 方向性 .....		8	
4.6 顏色特性 .....		8	
4.7 自然光 .....		9	
4.8 維護 .....		9	
4.9 節能因素 .....		9	
4.10 配有螢幕顯示器(VDT)之工作站照明 .....		10	
4.11 閃爍和頻閃效應 .....		10	
4.12 緊急照明 .....		10	
5. 照明要求一覽表 .....		10	
6. 查證程序 .....		22	
6.1 照度 .....		22	
6.2 統一眩光等級 .....		22	
6.3 平均演色指數( $R_a$ ) .....		22	
6.4 相關色溫度( $T_{cp}$ ) .....		22	
6.5 維護 .....		22	
6.6 燈具輝度 .....		22	
6.7 量測許可差 .....		23	
(共 23 頁)			
公 布 日 期 76 年 9 月 17 日	經濟部標準檢驗局印行		修 訂 公 布 日 期 101 年 1 月 31 日



## CNS 12112, Z 1044

-2-

**前言**

本標準係依據 2010 年發行之第 2 版 CIE 115，不變更技術內容，修訂成為中華民國國家標準者。

本標準依標準法之規定，經國家標準審查委員會審定，由主管機關公布之中華民國國家標準。CNS 12112:1987 已經修訂並由本標準取代。

依標準法第四條之規定，國家標準採自願性方式實施。但經各該目的事業主管機關引用全部或部分內容為法規者，從其規定。

本標準並未建議所有安全事項，使用本標準前應適當建立相關維護安全與健康作業，並且遵守相關法規之規定。

本標準之部分內容，可能涉及專利權、商標權與著作權，主管機關及標準專責機關不負責任何或所有此類專利權、商標權與著作權之鑑別。



### 1. 適用範圍

本標準適用於室內工作場所及對人於整個工作階段中，提供舒適地、安全地及有效地進行視覺作業之照明需求說明，對於特定工作場所之照明系統或技術之最適化設計，非本標準之討論範圍。

### 2. 引用標準

下列標準因本標準所引用，成為本標準之一部分。下列引用標準適用最新版(包括補充增修)。

ISO 3864 Parts 1/2/3/4	Safety colours and safety signs
ISO 6309:1987	Fire protection – safety signs
ISO 6385:2004	Ergonomic principles in the design of work systems
ISO 9241 Parts 6/7/8	Ergonomic requirements for office work with visual display terminals
CIE 13.3:1995	Method of measuring and specifying colour rendering of light sources
CIE 16:1970	Daylight
CIE 17.4:1987	International lighting vocabulary 4th ed. – equivalent to IEC50(845)
CIE 19.2:1981	An analytic model for describing the influence of lighting parameters upon visual performance
CIE 40:1978	Calculations for interior lighting – basic method
CIE 58:1983	Lighting for sports halls
CIE 60:1984	Vision and the visual display unit work station
CIE 62:1984	Lighting for swimming pools
CIE 96:1992	Electric light sources.State of the art-1991
CIE 97:1992	Maintenance of indoor electric lighting systems
CIE 103/5:1993	The economics of interior lighting maintenance
CIE 117:1995	Discomfort glare in interior lighting
CIE 129:1998	Guide for lighting exterior work areas
CIE 190:2010	Calculation and presentation of unified glare rating tables for indoor lighting luminaires

### 3. 用語及定義

下列用語及定義適用於本標準，其他所使用之用語係定義於國際照明詞彙。

#### 3.1 視覺作業(visual task)

採用視覺之作業。

#### 3.2 作業區域(task area)

視覺作業所處及所進行之局部工作場所。

#### 3.3 週遭區域(immediate surrounding)

在周圍視野內環繞作業區且至少 0.5 m 寬度之區域。

#### 3.4 維持照度( $\overline{E_m}$ )(maintained illuminance)

於規定表面上之最小平均照度。





CNS 12112, Z 1044

-4-

**3.5 統一眩光值(unified glare rating, UGR)**

CIE 不舒適眩光之評價值。

**3.6 統一眩光值之限制值(limiting unified glare rating, UGR<sub>L</sub>)**

照明裝置之最大允許的設計 UGR 值。

**3.7 遮光角(shielding angle)**

由水平量起，往下至觀察者直視時，該燈光源被燈具遮蔽之角度。

**3.8 作業面(working plane)**

通常係指於其表面上進行工作之基準面。

**4. 照明設計準則****4.1 光環境**

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的必要條件。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：

- (a) 視覺舒適度，使人感到舒適。
- (b) 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。
- (c) 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：

- (a) 輝度分佈。
- (b) 照度。
- (c) 眩光。
- (d) 光之方向性。
- (e) 光線和表面之顏色特性。
- (f) 閃爍。
- (g) 自然光。
- (h) 維護。

各種情況中可以計量之參數，例：照度、不舒適眩光及演色性之設計數值將於第 5 節中說明。

備考：除照明外，尚有其他視覺人因工程之參數亦影響操作人員之視覺效能。

例：

- (a) 作業之本質特性(細節部分及背景之大小、形狀、位置、顏色及反射比)。
- (b) 操作人員之視力(視覺敏銳性、深度知覺及顏色知覺)。

考量此等因素可提高視覺效能而無需提高照度。

**4.2 輝度分佈**

在視野內之輝度分佈會影響作業之可見度。良好平衡之輝度分佈應提升以下項目：

- (a) 視覺敏銳性。
- (b) 對比敏感性(對於相對較小輝度差異之識別)。



(c) 視覺功效(例：適應性調節、視力之集中度、瞳孔收縮及眼球運動等)。

在視野內多變之輝度分佈亦影響視覺舒適度，宜予避免。

(a) 太強之輝度會引起眩光。

(b) 太強之輝度對比會引起眼睛之反覆適應調節而造成視覺疲勞。

(c) 太低之輝度及太低之輝度對比會使工作環境枯燥乏味。

(d) 宜注意建築物內不同區域間走動之視覺適應問題。

所有表面之輝度對視覺均為重要，係由各該表面的反射率和照度所決定，主要室內表面實效反射率範圍：

(a) 天花板：0.6~0.9。

(b) 牆面：0.3~0.8。

(c) 作業面：0.2~0.6。

(d) 地面：0.1~0.5。

#### 4.3 照度

作業區域和周圍區域之照度及照度分佈，對於人的觀察、進行視覺作業之速度、安全性及舒適度有很顯著之影響。作業可能發生之區域視為作業區域。

本標準中之所有照度值均為維持照度，可滿足作業時所需之視覺安全及視覺效能。

##### 4.3.1 作業區之推薦照度

第 5 節中之建議值為作業區參考平面上之維持照度，參考平面可以為水平、垂直或傾斜。無論燈具已經使用之期間及設置，每一作業區之平均照度不得低於第 5 節之值。該值適用於正常視覺狀態且應考慮下列因素：

(a) 視覺作業之要求。

(b) 安全。

(c) 心理及生理，例：視覺舒適度和安寧度。

(d) 經濟性。

(e) 實際經驗。

若視覺條件與正常假設不同，照度值至少可調整一個照度等級。當發生下列情形時，則建議應提高照度：

(a) 在作業中出現相當低之對比度。

(b) 關鍵性之視覺作業。

(c) 矯正錯誤之代價昂貴。

(d) 具有重要性之高精確度或高生產率。

(e) 作業者之視覺能力低於正常水準。

但當發生如下列情形時，則建議應降低照度：

(a) 細節部分大得異常或有高對比。

(b) 作業時間極短。

在連續進行工作之區域，維持照度不應小於 200 lux。

##### 4.3.2 照度等級

一個約為 1.5 之係數代表照度於主觀效應上之最小辨識差異。於一般照明狀態



CNS 12112, Z 1044

-6-

下，剛好可辨識人的面貌需要約 20 lux 之水平照度，該值亦取決為照度等級之最低值。建議之照度等級為：

20 - 30 - 50 - 75 - 100 - 150 - 200 - 300 - 500 - 750 - 1,000 - 1,500 - 2,000 - 3,000 - 5,000 lux

#### 4.3.3 周邊環境與週遭區域之照度

周邊環境之照度應與作業區域照度有關，宜於視野範圍內提供一個平衡之輝度分佈。作業區周邊環境之照度急劇變化，可能將導致視覺上之緊張和不舒服。周邊環境之照度可低於作業面照度，但不應低於表 1 之數值。

表 1 周邊環境與週遭區域照度表

作業區域照度(lux)	週遭區域照度(lux)
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	與作業面照度相等

除作業面照度外，照明設備應根據 4.2 提供足夠之適應輝度。

#### 4.3.4 均勻度

均勻度為空間照度最小值與平均值間之比值。照度應當為漸變的，應儘可能均勻地照亮作業區。作業面照度均勻度不應小於 0.7，周邊環境之照度均勻度不應小於 0.5。

### 4.4 眩光

眩光係指對視野內之高輝度區域的一種視覺感受，會呈現不舒適眩光或失能眩光。眩光亦可由鏡面表面引起，通常稱為光幕反射或反射眩光。

控制眩光對於避免差錯、疲勞和事故尤為重要。

失能眩光大多數發生於室外照明中，但亦可能是由聚光燈或明亮光源(例：於光線較暗空間內之一扇窗)所引起。

於室內工作場所，不舒適眩光通常是由明亮之光源或窗直接引起。若符合不舒適眩光之限制要求，則失能眩光並非為主要問題。

#### 4.4.1 眩光遮蔽

眩光是由視野內之過高輝度或過強輝度對比度所造成，會影響物體之視覺成像，宜使用合適之燈罩或窗簾等以減少眩光。

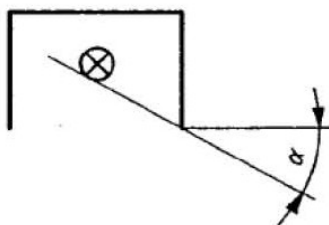
就燈光源而言，燈光源輝度所需之最小遮光角應不小於表 2 所列之值(遮光角如圖 1 所示)。



表 2 光源輝度之最小遮光角表

燈光源輝度(kcd/m <sup>2</sup> )	最小遮光角
1~20	10°
20~50	15°
50~500	20°
≥500	30°

上述遮光角之值，不適用於未出現在作業者視野內之燈具和未對工作造成任何明顯的失能眩光之燈具。

圖 1 遮光角  $\alpha$ 

#### 4.4.2 不舒適眩光

燈具之不舒適眩光等級可以 CIE 統一眩光值( $UGR$ )求出，根據下列公式：

$$UGR = 8 \cdot \log \left( \frac{0.25}{L_b} \cdot \sum \frac{L^2 \cdot \omega}{p^2} \right) \dots \dots \dots (1)$$

式中， $L_b$ ：背景輝度( $cd/m^2$ )

$L$ ：觀察者眼睛方向的每個燈具之發光部分的輝度( $cd/m^2$ )

$\omega$ ：觀察者眼睛方向內的每個燈具之發光部分的立體角(球面度)

$p$ ：每個獨立光源相對於其距離視線偏移量之高斯位置指數

CIE 117:1995 中對於  $UGR$  方法有詳細說明。

本標準中第 5 節之所有  $UGR$  數值係依據標準觀測位置而求得，該數值經按照  $UGR$  方格法以 1:1 之空間與高度比加以確認。 $UGR$  數據應加以修正以獲得所使用之燈光源的初始光通量(光束)，如果所設之照明裝置由具有不同光度及/或燈光源之不同型式燈具所組成，則  $UGR$  值之求得方式應適用於每一所設置之燈光源或燈具組合。所得之最高  $UGR$  值作為整個裝置之代表值，並符合  $UGR$  之界限範圍。求出  $UGR$  時假設條件應在所作之全部假設條件應於計畫文件中加以說明。照明裝置  $UGR$  數值不應超過第 5 節中所訂的建議值。

備考：對於室內  $UGR$  值之變化，得採用  $UGR$  方格法或公式(1)求得不同觀測位置之值。

第 5 節中的  $UGR$  界限制值係得自  $UGR$  等級，該等級中的每個級差代表眩光表現效果上之一個顯著變化，13 代表最小可覺察之不舒適眩光。





CNS 12112, Z 1044

-8-

UGR 等級:13 - 16 - 19 - 22 - 25 - 28

#### 4.4.3 光幕反射和反射眩光

視覺作業中之鏡面反射常被稱為光幕反射或反射眩光，通常對視覺是為有害，會改變作業之可見度。光幕反射和反射眩光可以採用下列措施加以減低或防止：

- (a) 燈具和工作場所之佈置(避免將燈具放在不合適之區域)。
- (b) 表面處理(採用低光澤表面材料)。
- (c) 燈具輝度(限制)。
- (d) 增加燈具之發光面(擴大發光面積)。
- (e) 天花板和牆面(將其照亮但避免造成亮點)。

#### 4.5 方向性

定向照明可用於突顯物體之紋理和美化特定區域內人的外表，此一功能可稱為立體感。在視覺作業中，定向照明亦能提高可見度。視覺作業之定向照明從一個特定方向投射過來之光線可表現出一個視覺作業之細節，以增強作業環境之可見度，並使作業更易於進行。此特性對於精細紋理之作業、劃線等精細工作尤其重要。

##### 4.5.1 立體感

立體感係指漫射和定向照明間之平衡，對於所有室內環境的照明品質的有效判斷標準。當室內之特徵及此環境中之人和物體，藉由照明可有效地表現出其形式及紋理時，美化室內環境之視覺印象。當光線主要從一個方向照射，所形成之陰影不造成干擾時，便會產生立體效果，獲得較強之立體感。

##### 4.5.2 視覺作業之定向照明

於方向性太強的照明會產生陰影，因此，照明不能方向性過強，也不能過於漫射，否則，立體效果會完全喪失，從而導致光環境的極度枯燥乏味。

#### 4.6 顏色特性

近白色燈光源之顏色品質係來自兩大特性：

- (a) 燈光源本身之光色。
- (b) 演色能力，它會影響受照物體和人的顏色呈現。

此兩個指標必須分別加以考慮。

##### 4.6.1 光色

燈光源的光色與其射出的光線的外觀顏色(燈色)有關。

光色得以與其相關的色溫( $T_{ep}$ )形容之其射出的光線的。

燈光源通常依其對應之色溫( $T_{ep}$ )區分為三種光色類別。

表 3 光色之相關色溫

光色	色溫
暖色	色溫 < 3,300 K
中間色	3,300 K < 色溫 < 5,300 K
冷色	色溫 > 5,300 K





光色之選擇涉及心理學、美學以及使用者對環境特性的理解。如何選擇光色，取決於空間用途、周圍的環境以及傢俱的顏色和空間照度。在溫暖之氣候中，使用者通常喜歡較冷色系的光，而在寒冷的氣候中，使用者則喜歡採用較暖色系的光。

#### 4.6.2 演色性

為使物體環境和人的膚色自然及正確，並以吸引人且健康之方式表現之，不僅會提升視覺效能，且對於使用者之舒適及感受有顯著之影響。

依照 ISO 3864 規定之安全顏色，一般使用者應可辨認及清楚地區分。

為提供光源演色性有客觀表現方式，採用平均演色性指數  $R_a$ ，演色指數  $R_a$  之最大值為 100。其數字隨著演色品質之降低而減小。

使用者長時間工作或逗留之室內場所，不宜使用  $R_a$  小於 80 之燈光源，但高天井照明和室外照明(安裝高度超過 6m 之工業用投射燈)除外。在連續使用及必須辨識安全顏色之場所，則建議應採用具有較高演色性之燈光源。

第 5 節中明列於各種類型室內作業或活動中的演色指數之最小值。

#### 4.7 自然光

自然光可提供視覺作業之全部或部分照明。

自然光之光強及光譜會隨時間變化，對室內環境提供可變性。由於自然光大多是從側窗射入，可創造一種特定之造型和輝度分佈，同時自然光亦可從天窗和其他採光口中獲得。

開窗可提供與室外環境之視覺接觸，為大多數使用者所青睞，但應避免陽光直射工作區域所造成之過度反差和過熱。提供適當之陽光控制手段(例：百葉或遮陽簾)，使直射陽光不致於影響作業者。

在有側窗之室內場所，隨著與窗邊距離之增大，可獲得之自然光會明顯減少。在此等室內場所，距離窗牆 3 m 與距離邊牆 1 m 以上之作業面晝光率不得小於 1%。宜提供輔助照明以確保工作場所要求之照度，並使室內輝度均勻分佈。並可採用自動或手動開關或調光開關，確保人工照明和自然光之合理組合。

為降低窗之眩光，可安裝遮陽設施。

#### 4.8 維護

以維持照度作為每個作業面之推薦照度，而維持照度係與光源、燈具、環境維護係數及維護程序有關。

照明設計宜考慮總體維護係數，該係數係就選用之照明設備、空間環境及特定維護程序綜合計算所得，計算用之維護係數不宜小於 0.7。

#### 4.9 節能因素

照明裝置宜滿足一個特定室內作業或活動之照明要求，不應浪費能源，但不能僅為節能而降低照明裝置，滿足視覺指標尤為重要。

節能應考慮使用合適之照明系統、設備、控制模式及對自然光之利用，並審慎地選擇照明系統，採用自動或手動開關或調光來滿足用電限制。



#### 4.10 配有螢幕顯示器(VDT)之工作站照明(亦稱為視覺顯示器 VDU 和視頻設備 DSE)

配有螢幕顯示器之工作站照明，應適宜於工作站之所有作業，例：觀看螢幕、列印、文字作業及鍵盤工作等。因此，此等區域之照明標準及系統，應按照活動區域及作業類型，從第 5 節一覽表中挑選適當之照明設計標準。

螢幕顯示器和鍵盤於某些條件下，因反光而造成無法明視及不舒適眩光，設計時應對燈具進行選擇、定位及管理，以避免造成高輝度反光。

設計者應找出不合適之安裝區域，選擇合適之輝度控制裝置，並確定不會引起反光之安裝位置。於正常視覺方向上，在螢幕上產生反光之燈具輝度限制值列於表 4 中。

該表適用於配有與桌面垂直或傾斜 15°以內不同等級螢幕顯示器之工作場所裝設燈具，其垂直夾角大於 65°之平均輝度，應符合表 4 之規定。

表 4 燈具平均輝度限制值

螢幕等級 (參照 ISO 9241-7)	I	II	III
螢幕品質	佳	普通	差
燈具平均輝度限制	$\leq 1,000 \text{ cd/m}^2$		$\leq 200 \text{ cd/m}^2$
備考：於某些特殊場所，諸如採用觸控螢幕或多種傾斜度螢幕之場所，上述輝度限制值，宜應用於較小之燈具垂直夾角(例：55°)。			

#### 4.11 閃爍和頻閃效應

閃爍會造成作業者分心及其他生理上之影響，例：頭痛。設計照明系統宜避免閃爍和頻閃效應，頻閃效應將使作業者改變對旋轉或往復式運動機械之感知，而造成危險。

備考：以直流供電、高頻點燈(約 30 kHz)或將照明燈具均勻分布接於多相電源，能避免閃爍及頻閃效應。

#### 4.12 緊急照明

緊急照明燈具之安裝，應符合主管機關之相關規定。

### 5. 照明要求一覽表

本節提列對於不同空間及活動所需之推薦照明要求。

第一欄：室內區域作業或活動列表

第一欄列出室內、作業空間或活動種類。若特定之室內、作業或活動種類未於表列中，則可採用類似或比較條件下之建議值。

第二欄：維持照度( $\overline{E_m}$ ，lux)

第二欄提出第一欄列出之室內、作業空間或活動種類中，參考面上之維持照度(參照 4.3)。

第三欄：統一眩光等級限制( $UGR_L$ )



列出了第一欄中各條件下之  $UGR$  限制值(參照 4.4)。

第四欄：平均最低演色指數( $R_a$ )

列出了第一欄中各條件下之最低演色指數(參照 4.6.2)。

第五欄：備註

列出了第一欄中各條件下各種例外及特殊情況之建議和說明。

對螢幕顯示器參照 4.10。

表 5 室內區域、作業空間和活動種類照度、眩光限制及平均演色指數一覽表

室內、作業或活動種類	$\overline{E}_m$ (lux)	$UGR_L$	$R_a$	備註
<b>1. 一般建築</b>				
(1) 門廳	100	22	60	
(2) 休閒室	200	22	80	
(3) 通道及走廊	100	28	40	在出口和入口提供過渡區，避免突然變化。
(4) 樓梯、電動扶梯	150	25	40	
(5) 裝卸坪、停車位	150	25	40	
(6) 販賣部、餐廳	200	22	80	
(7) 休息室	100	22	80	
(8) 健身房	300	22	80	
(9) 盥洗室、浴室、廁所	200	25	80	
(10) 醫務室	500	19	80	
(11) 醫療護理室	500	16	90	$T_{cp}$ 至少 4,000 K
(12) 機房、開關設備室	200	25	60	
(13) 收發室、總機室	500	19	80	
(14) 儲藏室、倉庫、冷凍室	100	25	60	連續使用則為 200 lux
(15) 包裝分送處理區	300	25	60	
(16) 控制站	150	22	60	連續使用則為 200 lux
<b>2. 農業建築</b>				
(1) 貨物及機械設備裝卸區	200	25	80	
(2) 畜牧空間	50	28	40	
(3) 病畜區、牲畜生產區	200	25	80	
(4) 飼料儲放間、乳品間、器具洗刷間	200	25	80	



CNS 12112, Z 1044

- 12 -

表 5 室內區域、作業空間和活動種類照度、眩光限制及平均演色指數一覽表(續)

室內、作業或活動種類	$\overline{E}_m$ (lux)	$UGR_L$	$R_a$	備註
<b>3. 麵包店</b>				
(1) 準備及烘培區	300	22	80	
(2) 完成、上油及裝飾區	500	22	80	
<b>4. 水泥、混凝土、磚工廠</b>				
(1) 烘乾區	50	28	20	
(2) 材料準備、窯燒及攪拌工作	200	28	40	必須能辨識安全顏色
(3) 一般機械工作	300	25	80	高天井廠房參照 4.6.2
(4) 粗胚成型	300	25	80	高天井廠房參照 4.6.2
<b>5. 陶瓷、玻璃工廠</b>				
(1) 烘乾區	50	28	20	
(2) 準備、一般機械工作	300	25	80	高天井廠房參照 4.6.2
(3) 上釉、翻轉、擠壓、塑型、上光、玻璃吹製	300	25	80	高天井廠房參照 4.6.2
(4) 碾磨、雕刻、玻璃磨光、精密零件成型、玻璃器件製造	750	19	80	高天井廠房參照 4.6.2
(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	$T_{ep}$ 至少 4,000 K
(8) 人工寶石製造	1,500	16	90	$T_{ep}$ 至少 4,000 K
<b>6. 化學藥品、塑膠、橡膠工廠</b>				
(1) 遙控操作處理裝置區	50		20	必須能辨識安全顏色
(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	$T_{ep}$ 至少 6,500 K
(8) 切割、組裝、檢驗	750	19	80	





表 5 室內區域、作業空間和活動種類照度、眩光限制及平均演色指數一覽表(續)

室內、作業或活動種類	$\overline{E}_m$ (lux)	$UGR_L$	$R_a$	備註
<b>7. 電氣工業</b>				
(1) 線纜製造	300	25	80	高天井廠房參照 4.6.2
(2) 纏線				
— 大線圈	300	25	80	高天井廠房參照 4.6.2
— 中線圈	500	22	80	高天井廠房參照 4.6.2
— 小線圈	750	19	80	高天井廠房參照 4.6.2
(3) 線圈浸漬	300	25	80	高天井廠房參照 4.6.2
(4) 電鍍	300	25	80	高天井廠房參照 4.6.2
(5) 組裝工作				
— 粗糙，如：大變電器	300	25	80	高天井廠房參照 4.6.2
— 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	
<b>8. 食品工業</b>				
(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	$T_{cp}$ 至少 4,000 K
<b>9. 金屬鑄造廠</b>				
(1) 人行地道、地窖	50	28	20	$T_{cp}$ 至少 4,000 K
(2) 平台	100	25	40	





CNS 12112, Z 1044

- 14 -

表 5 室內區域、作業空間和活動種類照度、眩光限制及平均演色指數一覽表(續)

室內、作業或活動種類	$\overline{E}_m$ (lux)	$UGR_L$	$R_a$	備註
(3) 備砂區	200	25	80	高天井廠房參照 4.6.2
(4) 更衣室	200	25	80	高天井廠房參照 4.6.2
(5) 鑄爐、攪拌廠區	200	25	80	高天井廠房參照 4.6.2
(6) 鑄造區	200	25	80	高天井廠房參照 4.6.2
(7) 澆鑄物取出區	200	25	80	高天井廠房參照 4.6.2
(8) 機械鑄造	200	25	80	高天井廠房參照 4.6.2
(9) 手工及核心鑄造	300	25	80	高天井廠房參照 4.6.2
(10) 壓鑄	300	25	80	高天井廠房參照 4.6.2
(11) 製模	500	22	80	高天井廠房參照 4.6.2
<b>10. 理髮廳</b>				
(1) 理髮廳	500	19	90	
<b>11. 珠寶製造</b>				
(1) 貴重寶石加工	1,500	16	90	$T_{cp}$ 至少 4,000 K
(2) 珠寶製造	1,000	16	90	
(3) 製錶(手工)	1,500	16	80	
(4) 製錶(機械)	500	19	80	
<b>12. 洗衣店、乾洗店</b>				
(1) 收集、標記、分類	300	25	80	
(2) 清洗、乾洗	300	25	80	
(3) 熨燙、乾壓	300	25	80	
(4) 檢查、修補	750	19	80	
<b>13. 皮革工業</b>				
(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	$T_{cp}$ 至少 4,000 K
(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	$T_{cp}$ 至少 4,000 K



表 5 室內區域、作業空間和活動種類照度、眩光限制及平均演色指數一覽表(續)

室內、作業或活動種類	$\overline{E}_m$ (lux)	$UGR_L$	$R_a$	備註
(8) 製鞋	500	22	80	
(9) 手套製作	500	22	80	
<b>14. 金屬工作及處理</b>				
(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	高天井廠房參照 4.6.2
— 中等	300	25	80	高天井廠房參照 4.6.2
— 細密	500	22	80	高天井廠房參照 4.6.2
— 精細	750	19	80	高天井廠房參照 4.6.2
(11) 電鍍	300	25	80	高天井廠房參照 4.6.2
(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	
<b>15. 造紙工業</b>				
(1) 紙漿碾磨	200	25	80	高天井廠房參照 4.6.2
(2) 造紙處理、皺紙機、 紙板製作	300	25	80	高天井廠房參照 4.6.2
(3) 標準書裝訂，如：折 疊、分類、膠合、切割、 壓紋、縫合	500	22	60	
<b>16. 供電站</b>				
(1) 燃料供應廠	50	28	20	必須能辨識安全顏色
(2) 鍋爐室	100	28	40	
(3) 機械大廳	200	25	80	高天井廠房參照 4.6.2



CNS 12112, Z 1044

- 16 -

表 5 室內區域、作業空間和活動種類照度、眩光限制及平均演色指數一覽表(續)

室內、作業或活動種類	$\overline{E_m}$ (lux)	$UGR_L$	$R_a$	備註
(4) 輔助間，如：泵室、冷凝室、配電房等	200	25	60	1. 控制盤通常為垂直面板 2. 需要調光之可能 3. 螢幕顯示器參照 4.10
(5) 控制室	500	16	80	
<b>17. 印刷</b>				
(1) 切割、浮雕、印版雕刻、排版、壓紙滾筒、印刷機、字模製作	500	19	80	
(2) 紙張分類、手工印刷	500	19	80	
(3) 活字安裝、潤飾、平板印刷	1,000	19	80	
(4) 多色印刷顏色檢查	1,500	16	90	$T_{cp}$ 至少 5,000 K
(5) 鋼、銅版雕刻	2,000	16	80	方向性光源參照 4.5.2
<b>18. 鋼鐵工業</b>				
(1) 手動操作的生產工廠	50	28	20	必須能辨識安全顏色
(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	高天井廠房參照 4.6.2
(4) 鋼版貯藏	50	28	20	必須能辨識安全顏色
(5) 鎔爐	200	25	20	必須能辨識安全顏色
(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	必須能辨識安全顏色
<b>19. 紡織工業</b>				
(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	防止頻閃效應
(4) 縫製、精緻編織、刺繡	750	22	90	
(5) 手工設計、繪製圖樣	750	22	90	$T_{cp}$ 至少 4,000 K
(6) 完工、染色	500	22	80	



表 5 室內區域、作業空間和活動種類照度、眩光限制及平均演色指數一覽表(續)

室內、作業或活動種類	$\overline{E}_m$ (lux)	$UGR_L$	$R_a$	備註
(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	$T_{cp}$ 至少 4,000 K
(11) 織補	1,500	19	90	$T_{cp}$ 至少 4,000 K
(12) 製帽	500	22	80	
<b>20. 車輛製造</b>				
(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	$T_{cp}$ 至少 4,000 K
(4) 車內裝飾製作(手工)	1,000	19	80	
(5) 成品檢查	1,000	19	80	
<b>21. 木業家具製造</b>				
(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	防止頻閃效應
(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、 凹凸筆、開槽、切割、 鋸、齒	500	19	80	防止頻閃效應
(7) 膠合板木材選擇、模 型、鑲嵌	750	22	90	$T_{cp}$ 至少 4,000 K
(8) 品質管制	1,000	19	90	$T_{cp}$ 至少 4,000 K
<b>22. 辦公室</b>				
(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	螢幕顯示器參照 4.10
(3) 工程製圖	750	16	80	
(4) CAD 工作站	500	19	80	螢幕顯示器參照 4.10
(5) 討論、會議室	500	19	80	必須能控制光
(6) 接待櫃台	300	22	80	



CNS 12112, Z 1044

- 18 -

表 5 室內區域、作業空間和活動種類照度、眩光限制及平均演色指數一覽表(續)

室內、作業或活動種類	$\overline{E}_m$ (lux)	$UGR_L$	$R_a$	備註
(7) 檔案室	200	25	80	
<b>23. 零售店</b>				
(1) 小型銷售區	300	22	80	
(2) 大型銷售區	500	22	80	
(3) 收銀區	500	19	80	
(4) 包裝台	500	19	80	
<b>24. 餐廳、旅館</b>				
(1) 接待、收銀櫃台	300	22	80	
(2) 廚房	500	22	80	
(3) 用餐區、宴會場	200	22	80	照明應具親密的氣氛
(4) 自助餐館	200	22	80	
(5) 歐式自助餐廳	300	22	80	
(6) 會議室	500	19	80	建議可調光
(7) 走廊	100	25	80	夜間可接受低照度
<b>25. 娛樂場所</b>				
(1) 劇院、音樂廳	200	22	80	
(2) 多功能廳	300	22	80	
(3) 練習室、更衣室	300	22	80	應具備化妝用無鏡面眩光照明
(4) 博物館(一般性)	300	19	80	照明應符合陳列要求、防止輻射、參照博物館照明指南
<b>26. 圖書館</b>				
(1) 書架	200	19	80	
(2) 閱讀區	500	19	80	
(3) 櫃檯	500	19	80	
<b>27. 公共停車場(室內)</b>				
(1) 進口/出口斜坡(白天)	300	25	40	必須能辨識安全顏色
(2) 進口/出口斜坡(夜間)	75	25	40	必須能辨識安全顏色
(3) 車道	75	25	40	必須能辨識安全顏色
(4) 停車場	75	28	40	垂直照度增加提高使用者辨識能力,以提高安全性。





表 5 室內區域、作業空間和活動種類照度、眩光限制及平均演色指數一覽表(續)

室內、作業或活動種類	$\overline{E}_m$ (lux)	$UGR_L$	$R_a$	備註
(5) 收票亭	300	19	80	1.避免窗戶反射 2.防止外周環境造成之眩光
<b>28. 教育建築</b>				
(1) 幼稚園	500	19	80	
(2) 托兒所	500	19	80	
(3) 托兒所勞作室	500	19	80	
(4) 教室	500	19	80	建議可調光
(5) 夜校教室、成人教育教室	500	19	80	
(6) 演講廳	500	19	80	建議可調光
(7) 黑板	750	19	80	防止鏡面反射
(8) 實習桌	500	19	80	於講座廳 750 lux
(9) 美術、手工教室	750	19	80	
(10) 美術學校美術室	750	19	90	$T_{cp}$ 至少 5,000 K
(11) 製圖室	750	16	80	
(12) 實習室、實驗室	500	19	80	
(13) 教學實習工廠	500	19	80	
(14) 音樂練習室	300	19	80	
(15) 電腦教室	500	19	80	螢幕顯示器參照 4.10
(16) 語言實習室	300	19	80	
(17) 準備室、討論室	500	22	80	
(18) 學生討論室、集合廳	200	22	80	
(19) 教師辦公室	300	22	80	
(20) 體育館、游泳池	500	19	80	
<b>29. 健康照護空間</b>				
(1) 等候室	200	22	80	地板平面照度
(2) 走廊(白天)	200	22	80	地板平面照度
(3) 走廊(晚上)	50	22	80	地板平面照度
(4) 娛樂室	200	22	80	地板平面照度
(5) 職員辦公室	500	19	80	
(6) 職員房間	300	19	80	
(7) 病房				



CNS 12112, Z 1044

- 20 -

表 5 室內區域、作業空間和活動種類照度、眩光限制及平均演色指數一覽表(續)

室內、作業或活動種類	$\overline{E}_m$ (lux)	$UGR_L$	$R_a$	備註
— 一般照明	100	19	80	地板平面照度
— 閱讀照明	300	19	80	
— 簡單檢查	300	19	80	
(8) 檢查治療	1,000	19	90	
(9) 夜間照明、觀察照明	5	19	80	
(10) 病人淋浴間、洗手間	200	22	80	
(11) 一般診療室	500	19	90	
(12) 耳科、眼科檢查	1,000		90	局部檢查照明
(13) 視力表閱讀及顏色測試	500	16	90	
(14) 斷層掃描室	50	19	80	螢幕顯示器參照 4.10
(15) 透析室	500	19	80	
(16) 皮膚科診療室	500	19	90	
(17) 內視鏡檢查室	300	19	80	
(18) 石膏室	500	19	80	
(19) 醫療用浴室	300	19	80	
(20) 按摩及放射線治療室	300	19	80	
(21) 手術準備室及恢復室	500	19	90	
(22) 手術室	1,000	19	90	
(23) 手術部位	特別			$\overline{E}_m$ : 10,000 lux – 100,000 lux
(24) 加護病房				
— 一般照明	100	19	90	樓版面照度
— 簡易診療	300	19	90	床面照度
— 診療、治療	1,000	19	90	床面照度
— 夜間巡視	20	19	90	
(25) 牙醫科				
— 一般照明	500	19	90	對病人不會產生眩光
— 病房	1,000		90	局部檢查照明
— 手術部位	5,000		90	照度應高於 5,000 lux
— 牙齒漂白	5,000		90	$T_{cp}$ 至少 6,000 K
(26) 顏色檢查(實驗室)	1,000	19	90	$T_{cp}$ 至少 5,000 K
(27) 殺菌室	300	22	80	



表 5 室內區域、作業空間和活動種類照度、眩光限制及平均演色指數一覽表(續)

室內、作業或活動種類	$\overline{E}_m$ (lux)	$UGR_L$	$R_a$	備註
(28) 消毒室	300	22	80	
(29) 解剖室、太平間	500	19	90	
(30) 解剖台	5,000		90	照度應高於 5,000 lux
<b>30. 機場</b>				
(1) 入境、出境大廳、行李提領區	200	22	80	高天井廠房參照 4.6.2
(2) 聯絡道、電動扶梯、電動步道	150	22	80	
(3) 詢問台、報到櫃檯	500	19	80	螢幕顯示器參照 4.10
(4) 海關、證照查驗櫃檯	500	19	80	垂直照度很重要
(5) 候機區	200	22	80	
(6) 行李存放區	200	28	60	
(7) 安全檢查區	300	19	80	螢幕顯示器參照 4.10
(8) 航管塔台	500	16	80	1. 應可調光 2. 螢幕顯示器參照 4.10 3. 應避免晝光造成眩光
(9) 航管作業室	500	16	80	1. 應可調光 2. 螢幕顯示器參照 4.10
(10) 飛機測試、維修區	500	22	80	作業區域照度為 500 lux，週遭區域照度為 300 lux，高天井廠房參照 4.6.2
(11) 引擎測試區	500	22	80	作業區域照度為 500 lux，週遭區域照度為 300 lux，高天井廠房參照 4.6.2
(12) 飛機修理測量區	500	22	80	作業區域照度為 500 lux，週遭區域照度為 300 lux，高天井廠房參照 4.6.2
(13) 月台、地下通道	50	28	40	
(14) 報到大廳、迎賓大廳	200	28	40	
(15) 票務及行李之辦公室及櫃檯	300	19	80	
(16) 候機室	200	22	80	
<b>31. 教堂、清真寺、寺廟</b>				
(1) 主要空間	100	25	80	
(2) 席位、祭壇、講壇	300	22	80	



CNS 12112, Z 1044

- 22 -

## 6. 查證程序

### 6.1 照度

照度須於相關區域之確定點上進行量測，測量數值不得少於該點計算照度。在與設計計算時採用相同位置上之維持照度量測值，不得低於該作業空間之推薦值，重複量測時則須採用相同之量測點。

### 6.2 統一眩光等級

燈具生產商必須提供燈具安裝配置規範，依據 CIE 117:1995 規範在距離與高度比為 1:1 之條件下以方格法產生之  $UGR$  值。照明安裝配置圖和表面處理必須根據設計條件加以查核，安裝配置須符合設計預估效果。

### 6.3 平均演色指數( $R_a$ )

燈具生產商應提供所用燈光源之  $R_a$  值，燈光源應依據設計規範檢查  $R_a$  值，其  $R_a$  不得小於設計規範之值。設計時應指定燈光源  $R_a$  值。

### 6.4 相關色溫度( $T_{cp}$ )

燈具生產商必須提供安裝配置所用燈光源之檢測  $T_{cp}$  值。其  $T_{cp}$  值不得少於設計規範中之色溫值。

### 6.5 維護

在照明之維護上，設計時必須提出：

- 提出照明維護係數，並說明維護係數值提出之假設條件。
- 確認設計之照明設備適用於應用環境，並提出維護計畫，包括：更換燈光源與燈具之頻率、表面清潔之時間間隔及清潔方法。

### 6.6 燈具輝度

燈具平均輝度應於垂直夾角  $\gamma$  為  $65^\circ$ 、 $75^\circ$  及  $85^\circ$ ，C 平面從  $0^\circ$  開始，每  $15^\circ$  間隔分別量測或計算。通常燈具生產商應提供最大燈具輸出，其值不應超過 4.10 中之規定值。C 面之說明如圖 3 所示。

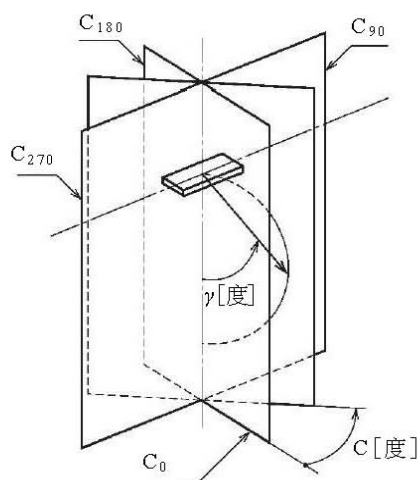


圖 3 C 面說明圖



### 6.7 量測許可差

有許多因素可能導致照明裝置之計算值與量測值不一致，即使提高計算之準確度，仍需假設每個燈光源、迴路及燈具提供相同之光學性能，但於實際操作上是不可能達到的，爰設計時可存在容許之誤差，依據經驗值，照度和輝度量測之許可差值為 10 % 以內。

### 相對應國際標準

ISO 8995-1:2002 Lighting of indoor work places – Part 1: Indoor





## 附錄5. 各國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。故本手冊以下概略介紹美國、日本、新加坡、香港與台灣對於建築物照明節能設計之規範及架構。

### 一、 台灣綠建築標章規範之照明系統節能評估法

台灣綠建築標章規範之照明系統節能評估法係以提高燈具效率與照明用電密度為主，其照明系統合格判斷如下式所示：式 1.1

$$EL = IER \times IDR \times (1.0 - \beta_1 - \beta_2 - \beta_3) \quad (1.1)$$

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：

$$IER = (\sum n_i \times w_i \times B_i \times C_i \times D_i) / (\sum n_i \times w_i \times B_i \times r_i)$$

$$IDR = \sum sw_j / (\sum UPD_j \times A_j) \quad (1.2)$$

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

$\beta_1$ ：20.0x 再生能源節能比例 Rr



$\beta_2$ ：建築能源管理系統效率

$\beta_3$ ：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( $m^2$ )

$UPD_j$ ：主要作業空間照明用電密度基準。

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用電密度與照明用電密度基準之比。綠建築標章規範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。

## 二、 台灣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 10 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品式驗證之方式，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。

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。而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 25.4 mm~30.48 mm(T8~T12)，



主要以目前一般辦公室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 CNS 13755（螢光燈管用交流電子式安定器）與 CNS 927（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，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 2 所示，並已廣泛使用於各照明光環境中。

表 2 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 (65cm)以下	燈泡色 (L-EX : 2600~3150K) 溫白色 (WW-EX : 3200~3700K) 白色 (W-EX : 3900~4500K)	$\geq 64.0$ lm/W	UGR $\leq 19.0$ Ra $\geq 80.0$
	晝白色 (N-EX : 4600~5400K) 冷白色 (CW-EX : 4600~5400K)	$\geq 62.0$ lm/W	
	晝光色 (D-EX : 5700~7100K)	$\geq 60.0$ lm/W	
燈具 24 英吋 (65cm)以上	燈泡色 (L-EX : 2600~3150K) 溫白色 (WW-EX : 3200~3700K) 白色 (W-EX : 3900~4500K)	$\geq 74.0$ lm/W	
	晝白色 (N-EX : 4600~5400K) 冷白色 (CW-EX : 4600~5400K)	$\geq 72.0$ lm/W	
	晝光色 (D-EX : 5700~7100K)	$\geq 70.0$ lm/W	

CNS12112 標準為 101 年所公佈之最新室內工作場所照明規範，係依據 2010 年發行之第 2 版 CIE 115，不變更技術內容，修訂成為中華民國國家標準者，

周邊環境之照度應與作業區域照度有關，宜於視野範圍內提供一個平衡之輝度分佈。作業區周邊環境之照度急劇變化，可能將導致視覺上之緊張和不舒服。周邊環境之照度可低於作業面照度，但不應低於表 3 之數值。



表3 高效率照明燈具-節能標章能效基準

作業區域照度 (Lux)	週遭區域照度 (Lux)
$\geq 750$	500
500	300
300	200
$\leq 20$	與作業面照度相等

除作業面照度外，照明設備應提供足夠之適應輝度。在視野內之輝度分佈會影響作業之可見度。良好平衡之輝度分佈應提升以下項目：

- (a) 視覺敏銳性。
- (b) 對比敏感性(對於相對較小輝度差異之識別)
- (c) 視覺功效(例：適應性調節、視力之集中度、瞳孔收縮及眼球運動等)。

在視野內多變之輝度分佈亦影響視覺舒適度，宜予避免。

- (a) 太強輝度會引起眩光。
- (b) 太強輝度對比會引起眼睛之反覆適應調節而造成視覺疲勞。
- (c) 太低輝度及太低之輝度對比會使工作環境枯燥乏味。
- (d) 宜注意建築物內不同區域間走動之視覺適應問題。

所有表面之輝度對視覺均為重要，係由各該表面的反射率和照度所決定，主要室內表面實效反射率範圍：

- (a) 天花板：0.6~0.9。
- (b) 牆面：0.3~0.8。
- (c) 作業面：0.2~0.6。
- (d) 地面：0.1~0.5。

### 三、 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用電密度 LPD (lighting power density, W/m<sup>2</sup>)基準值之方式如式(1.3)，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。

照明用電密度(LPD)計算式如下：

$$\text{照明用電密度(LPD)} = \frac{\text{照明器具用電(W)}}{\text{房間面積(m}^2\text{)}} \quad (1.3)$$

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 90.1-2010)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 15.07 W/m<sup>2</sup> 標準設計。ASHARE 90.1 亦有個別空間法之照明電力標準，使較大建築有設計上的彈性，詳請參見表 4。





表 4 建築物的照明用電密度標準

Building Type 建築類型	最大的照明用電密度 (W/m <sup>2</sup> )			
	1989 年	1999/2001 年	2004/2007 年	2010 年
Automotive Facility 汽車工廠	10.33	16.15	9.69	10.57
Convention Center 會議中心	22.28	15.07	12.92	11.63
Dining : Cafeteria/Fast Food 餐廳：咖啡廳/簡餐廳	14.75	19.38	15.07	9.69
Dormitory 宿舍	12.38	16.15	10.76	6.57
Exercise Center 運動中心	22.28	15.07	10.76	9.47
Gymnasium 健身房	22.28	18.3	11.84	10.76
Library 圖書館	13.89	16.15	13.99	12.7
Manufacturing Facility 工廠	10.33	23.68	13.99	11.95
Motion Picture Theater 電影劇院	22.28	17.22	12.92	8.93
Museum 博物館	22.28	17.22	11.84	11.41
Office 辦公室	13.56	13.99	10.76	9.69
Parking Garage 停車場	11.09	3.23	3.23	2.69
Performing Arts Theatre 表演藝術劇院	22.28	16.15	17.22	14.96
Retail 零售商店	24.22	20.45	16.15	15.07
School/University 學校/大學	13.89	16.15	12.92	10.66
Sports Arena 體育競技場	22.28	16.15	11.84	8.4
Town Hall 大禮堂	15.5	15.07	11.84	9.9
Warehouse 倉庫	11.09	12.92	8.61	7.1
Workshop 工作間	10.33	18.3	15.07	12.92

資料來源：Maximum Lighting Power Density Allowed Per Version of the ASHRAE/IES 90.1 Standard-2010



#### 四、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：式(1.4)

$$\begin{aligned}
 \text{CEC/L} &= \frac{\text{全年照明設備實際消耗能源量}}{\text{標準全年照明設備消耗能源量年(kcal/年)}} \\
 &= \frac{(\sum E_T) \times 2550 \text{ (kcal)}}{(\sum E_S) \times 2550 \text{ (kcal)}} \\
 &= \frac{[\sum(W_T) \times A \times T \times F / 1000] \times 2550 \text{ (kcal)}}{[\sum(W_S) \times A \times T \times Q_1 \times Q_2 / 1000] \times 2550 \text{ (kcal)}} \quad (1.4)
 \end{aligned}$$

$E_S$ ：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) ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$W_T$ ：照明設備實際消耗功率 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

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 5 的要求。

**表 5 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	$CEC/L \leq 1.2$	$CEC/L \leq 1.1$

資料來源：經濟部能源局-「照明產品應用手冊」

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。

#### 五、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 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 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



使用型態	UPD[W/m <sup>2</sup> ]
大廳	10
樓梯	10
停車場	5
工廠	20
倉庫	15
走廊	20

資料來源：經濟部能源局-「照明產品應用手冊」

## 六 香港最大照明用電密度(Lighting Power Density,LPD)

香港地區使用「照明設備安裝能源效益操作手則」，對於不同功能之居室有訂定最大之照明用電密度(LPD)，可提供公務部門在設計時之要求，以避免建築物在初期規劃設計所造成之浪費。而能源管理人員亦可利用此評估方法可瞭解此建築物之照明用電量是否合理，此評估方法，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 7 係香港地區規定照明用電密度 LPD，可供照明設計檢討用電量之參考。

表 7 香港照明用電密度 LPD 值之標準

Space Code 場所編碼	Type of space 場所類型	最大的照明用電 密度 (W/m <sup>2</sup> )
A.	Space for Common Activities 共同活動場所	
A.1	Atrium/Foyer(headroom over 5m) 劇場	25
A.2	Car Park 停車場	6
A.3	Conference/Seminar Room 會議室	18
A.4	Corridor 走廊	12
A.5	Data Processing Room 資訊處理室	16
A.6	Storeroom/Cleaner 儲藏室	11
A.7	Kitchen/Pantry 廚房/茶水間	13
A.8	Lift Lobby 電梯廳	15



Space Code 場所編碼	Type of space 場所類型	最大的照明用電 密度 (W/m <sup>2</sup> )
A.9	Machine Room/Switch Room 機房	13
A.10	Reception/Waiting/Queuing Area 接待處	14
A.11	Rest/Recreation Room 休息室	13
A.12	Staircase 樓梯間	8
A.13	Toilet/Washroom/Shower Room 廁所/浴室	13
A.14	Vehicle Depot(for maintenance/repair/ inspection)/Vehicle Unloading Bay 汽車維修廠	11
B.	Offices 辦公室	
B.1	Open Plan Office/Cellular Office 開放式辦公室	17
B.2	Drawing Office 繪圖室	20
C.	Hotels 飯店	
C.1	Bedroom 臥室	17
C.2	Banquet Room/Function Room/Ball Room 宴會廳/多功能禮堂/舞廳	23
D.	Educational Institutions 教育機構	
D.1	Classroom/Lecture Theatre/Laboratory 教室/演講廳/實驗室	17
D.2	Library(reading area , stack area , audio visual centre) 圖書館	17
E.	Mass Assembly Area 大型聚會場所	
E.1	Seating Area inside a Theatre/Cinema/ Auditorium/Concert Hall 劇院座位區/電影院/聽眾席/音樂廳	25
E.2	Mass Assembly Area/Assembly Hall 大型會場/禮堂	18
E.3	Exhibition Hall/Gallery 展覽廳/美術館	23
F.	Indoor Sports Grounds 室內運動設施	
F.1	Spectator Seating Area 觀眾席	16
F.2	Indoor Sports Ground for Badminton , Basketball , Volleyball or Table Tennis : 室內運動場(羽毛球,籃球,排球,網球) for amateur players 業餘玩家	17
	for tournament 競(比)賽	28





Space Code 場所編碼	Type of space 場所類型	最大的照明用電 密度 (W/m <sup>2</sup> )
F.3	Squash Courts 壁球室 for amateur players 業餘玩家	17
	for tournament 競(比)賽	28
F.4	Indoor Swimming Pool 室內游泳池 for amateur players 業餘玩家	15
	for tournament 競(比)賽	28
F.5	Ice Rink 溜冰場 for amateur players 業餘玩家	15
	for tournament 競(比)賽	28
G.	Retails 商店	20
H.	Restaurant 餐廳	23

註：Code of Practice for Energy Efficiency of Lighting Installations, 2007, HK

Table(LG4) : Maximum Allowable Values of Lighting Power Density for Various Types of Space



## 附錄 6. 參考文獻

1. 周鼎金、江哲銘，「學校教室照明與節能參考手冊」(93)
2. 經濟部能源局，「照明節能產品應用手冊」(99)
3. 經濟部能源局，照明系統 Q&A 節能技術手冊(97)
4. 蕭弘清，因應節能減碳生活之校園燈具選擇與應用(99)。
5. 蕭弘清，照明系統之節能技術-簡報講義(98)
6. 林士凱、蕭弘清，辦公室照明燈具性能與節能效益研究(98)
7. 呂重碩，照明設計學(全華)
8. 林憲德，國民中小學綠建築設計手冊(91)
9. 黃琪鈞、李麗玲，照明系統與環境
10. 宋平生，照明系統與節能
11. 宋福生，集合住宅照明系統設計規劃與節能應用簡報(100)
12. 李麗玲，校園照明節能策略及燈具選用實務(100)
13. 蔡尤溪、李魁鵬、李文興，建築空調與照明節能技術規範之研究
14. 劉家銘、周伯丞，單邊採光教室室內照明現況調查分析
15. 台灣綠色產生力基金會，政府機關學校耗能指標指導手冊
16. 億光電子網站 <http://www.everlight.com/>
17. 中國電器(東亞照明)網站 <http://www.chinaelectric.com.tw/>
18. 2011 上一國際光電公司型錄
19. 上網瘋健康健康總動員  
[http://www.hsin-yi.org.tw/health/health\\_default/index\\_default.asp](http://www.hsin-yi.org.tw/health/health_default/index_default.asp)

