

學校健康照明改善

Manual of Healthy Lighting Improvement reference in school

參考手冊



目錄

第壹章 前言	06	三、常見問題與改善方式	22
一、手冊目的	06	(一) 眩光	22
二、手冊範圍與內容	07	(二) 閃爍現象	24
第貳章 照明的基本概念	08	(三) 照度不足問題	25
一、光的基本概念	08	(四) 晝夜節律與色溫問題	26
二、常見重要名詞	11	(五) 燈具安裝種類錯誤問題	26
(一) 光源	11	(六) 光生物安全	27
(二) 相關色溫 (correlated color temperature)	11	第參章 人工光源介紹	28
(三) 演色性 (Color Rendering Index, CRI)	13	一、一般傳統常見照明光源	28
(四) 光強度 (luminous intensity)	13	二、LED 燈具說明	30
(五) 光通量 (luminous flux)	14	(一) LED 簡介	30
(六) 輝度 (luminance)	14	(二) LED 替代式光源	33
(七) 照度 (illuminance)	15	(三) LED 燈具分類	34
(八) 配光曲線 (luminous intensity distribution curve)	16	(四) 教室安裝燈具推薦	37
(九) 發光效率	17		
(十) 燈具效率	18		
(十一) 晝夜節律光 (Circadian Light)	20		
(十二) 非視覺等效晝光 (D65) 照度 M-EDI	20		
(十三) 晝夜節律作用因子 (circadian action factor, CAF)	20		
(十四) 照明用電密度 (LPD)	20		
(十五) 智慧照明控制	21		

目錄

第肆章 學校教室之照明設備選用及設計原則	38	附錄三、學校視力保健規範照度國家標準 (CNS 12112- 室內工作場所照明)	79
一、學校的良好照明及設計原則	40	附錄四、學校視力保健規範	102
(一) 學校良好照明要點	40	附錄五、各國照明設備之能源效率規範	104
(二) 學校空間的照明設計原則	41	附錄六、參考文獻	112
(三) 照明環境之各項指標標準	42		
(四) 教室照明光環境品質要求	45		
二、學校主要空間燈具配置與採用原則	47		
(一) 教室的燈具配置與採用原則	47		
(二) 圖書館等開放式空間之燈具配置與控制	53		
(三) 室外教學場所等燈具配置與控制	54		
(四) 學校主要空間之不同燈具採用建議	54		
(五) 學校燈具之採購、施工、教室燈具規範及維護管理	57		
(六) 驗收規範	64		
三、學校教室燈具改善之實際範例	69		
(一) 教室照明常見缺失	69		
(二) 教室照明改善後範例	71		
附錄一、教室照明設計參考範例	73		
附錄二、照度的測定	75		
一、學校自我照明檢測時所需儀器	75		
二、照度的測定	75		

第壹章

前言



本章主要針對本手冊目的、應用範圍及內容等做說明，讓手冊使用者有概括性瞭解。

一、手冊目的

鑒於照明節能技術與標準之更新，並透過實務經驗發現，現今校園節能減碳措施除著重於燈具汰換與能源效率提升外，亦逐步重視照明品質與使用者的健康需求。舉凡校園合適燈具之選用、教室照明設計規劃、眩光控制、照度均勻度、色溫配置與視覺舒適性等健康照明議題，均已成為各校推動改善工程之重要考量。本手冊延續既有理念，並參考經濟部能源署相關節能技術手冊加以修訂，期能提供學校相關單位於健康照明環境與教室照明設計的基本知識與觀念之參考，俾利各校營造更優質學習環境之重要考量。本手冊規劃提供下列人員參考使用：

- (一) 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，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。
- (二) 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。
- (三) 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等方式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，在此特別感謝各委員及與會單位提供改善之意見，使手冊內容得以更加完整。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，提供相關人員照明節能參考，對於校園環境落實節能減碳及建構校園健康照明環境。

二、手冊範圍與內容

本手冊之適用範圍延續既有理念，主要以各類型學校之一般教室照明為核心對象。另於相關照明技術及設計概念說明中，亦涵蓋校園其他常用空間，如圖書館、禮堂、活動中心及教職員辦公室等，而照明燈具則以人工光源照明為主，並依據國家相關照明規範進行更新，從基本概念、燈具技術發展至實務應用層面，提供系統性之說明與介紹。

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：

- (一) 第壹章前言：說明本手冊撰寫目的、手冊的應用範圍及內容編排等。
- (二) 第貳章照明的基本概念：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。
- (三) 第參章人工光源介紹：一般傳統常見照明光源之簡介，著重於 LED 照明光源類別加以說明。
- (四) 第肆章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，其中有關採購及驗收程序，本手冊內容係彙整相關實務經驗與技術建議，僅供參考；實際規劃、設計及執行作業，請依當時最新公告之國家相關標準、政府採購法及相關法規規定辦理。

此外，本手冊於附錄中，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，同時附錄中收錄學校視力保健與相關法規資訊，俾使手冊更具完整性及參考價值。鑒於國家標準時有修訂，後續使用標準時請先至「國家標準 (CNS) 網路服務系統」網站 (<https://www.cnsonline.com.tw>) 檢索及線上閱覽全文，確認是否為最新版本，以免誤用。附錄三之國家標準，僅供作為校園照明政策推動及專業編制參考手冊之非營利用途使用，請勿作其他用途。

第貳章

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。

一、光的基本概念

「光」是電磁波，兼具有波動與粒子的物理特性，可以輻射能的方式傳遞，這些輻射能在真空中傳播的速度均相同，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。目前人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。

故人的眼睛僅能接收光源所發出的可見光部分 (波長約 380-780nm)，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，隨波長遞減，依次而為橙、黃、綠、藍綠、藍，到波長最短的紫色視覺，倘使各種波長與其強度與太陽輻射相似時，可產生白色視覺。電磁輻射與光波之波長範圍如圖 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、 γ 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 之紫外線與人健康較為相關，又稱為健康線，日光包含範圍很廣，由紫外光到紅外光皆有，而一般人造光源主要是給視覺反應，還是以可見光為主。

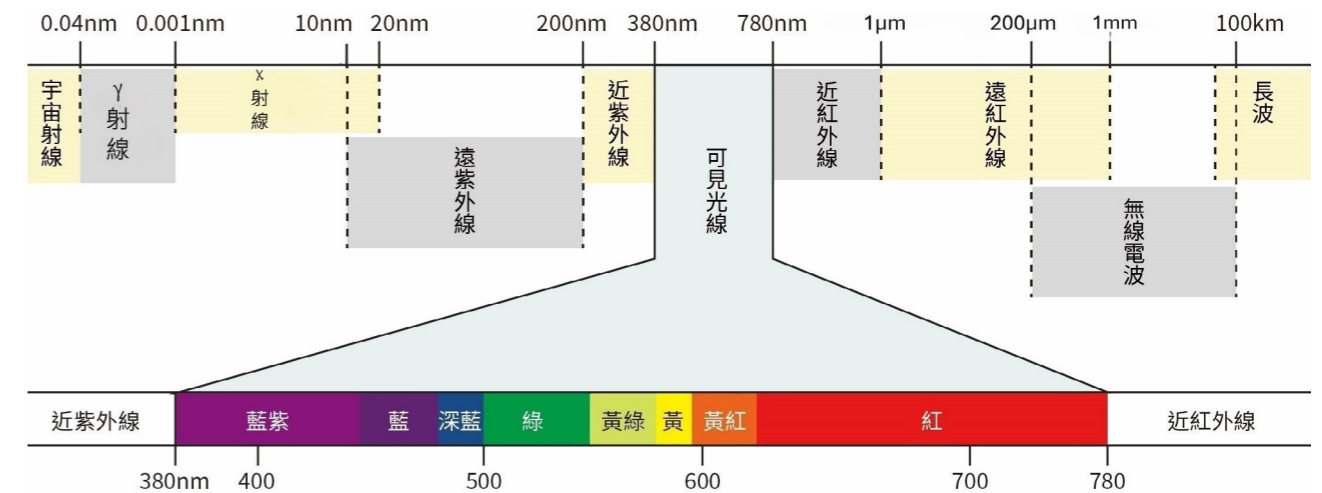


圖 1 電磁波的波長與頻率

資料來源：經濟部標準檢驗局－國家度量衡標準實驗室

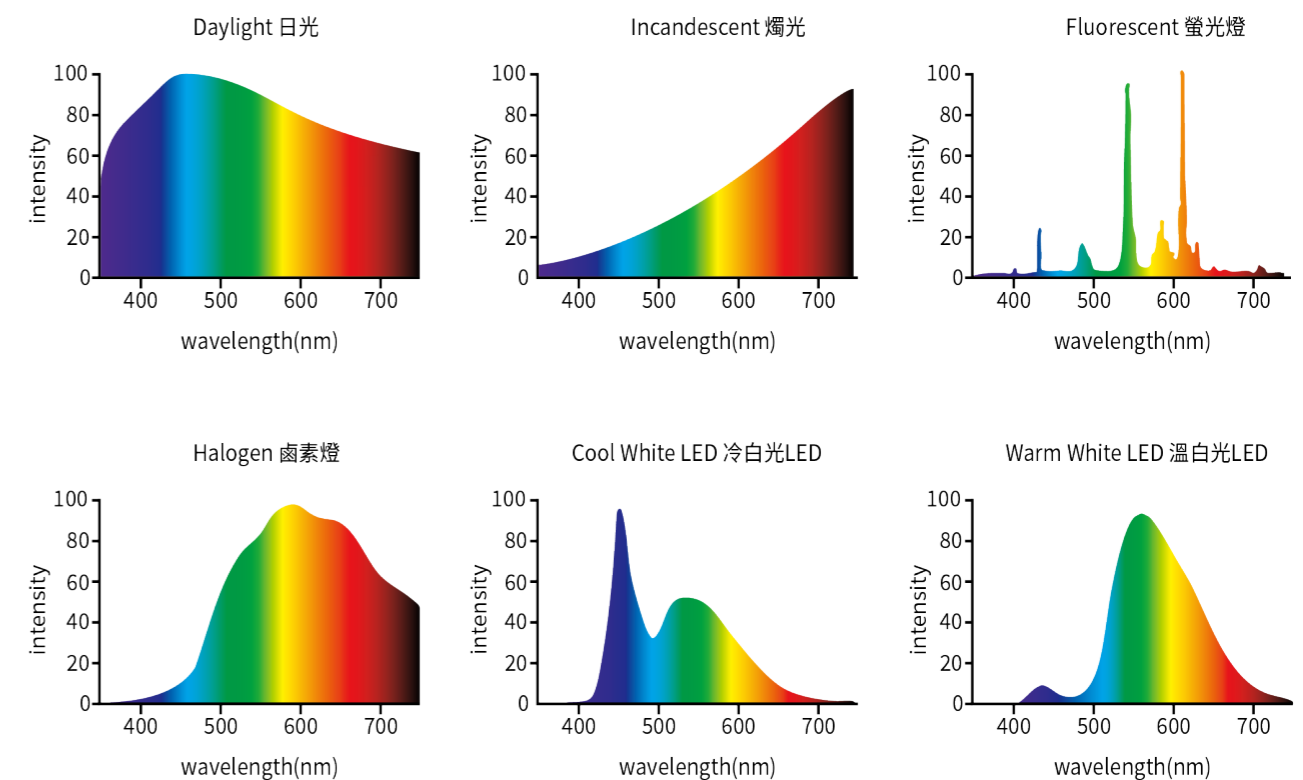


圖 2 各種光之強度對波長關係圖

資料來源：經濟部能源署－「產業照明系統節能技術手冊」

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種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)。

另外，CIE 曾以亮度知覺相同條件下的心理物理測量資料為基礎，確認明暗視覺的光視效率比標準，當波長為 555 nm (頻率為 540 THz) 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，如圖 3。

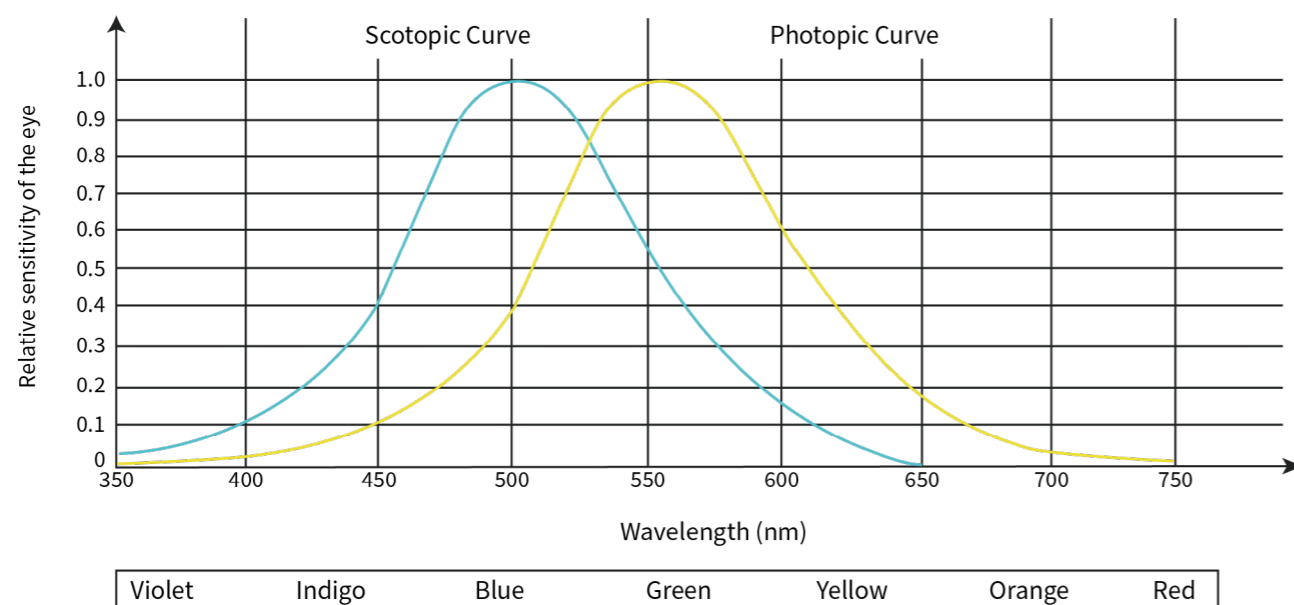


圖 3 明暗視覺標準光視效率比

資料來源：國際照明委員會 (CIE)

二、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。

(一) 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) 的物體或裝置，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。

(二) 相關色溫 (Correlated Color Temperature, CCT)

相關色溫 (CCT) 是描述光源顏色外觀的重要指標，單位為 K (Kelvin)。它並不是光的實際溫度，而是將光源的顏色與理想「黑體輻射體」在不同溫度下所發出的光顏色進行比較。例如：燭光大約 2,000K，呈現溫暖偏黃；日光約 5,500K，看起來自然接近白色；而高色溫燈可達 6,500K 以上，帶有偏藍的冷色感。

對一般人來說，CCT 會影響空間氛圍與情緒：低色溫 (2,700K ~ 3,000K) 常用於住宅或餐廳，營造溫馨放鬆的感覺；中性色溫 (4,000K 左右) 適合辦公或商業環境，給人專注與清晰的感受；高色溫 (5,000K 以上) 則常見於工廠或戶外照明，有助提升警覺與注意力。所以適當選用不同色溫之光源，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 4,000K、5,000K、5,700K 的 LED 燈具為宜。照度與色溫其氣氛關係如圖 4。

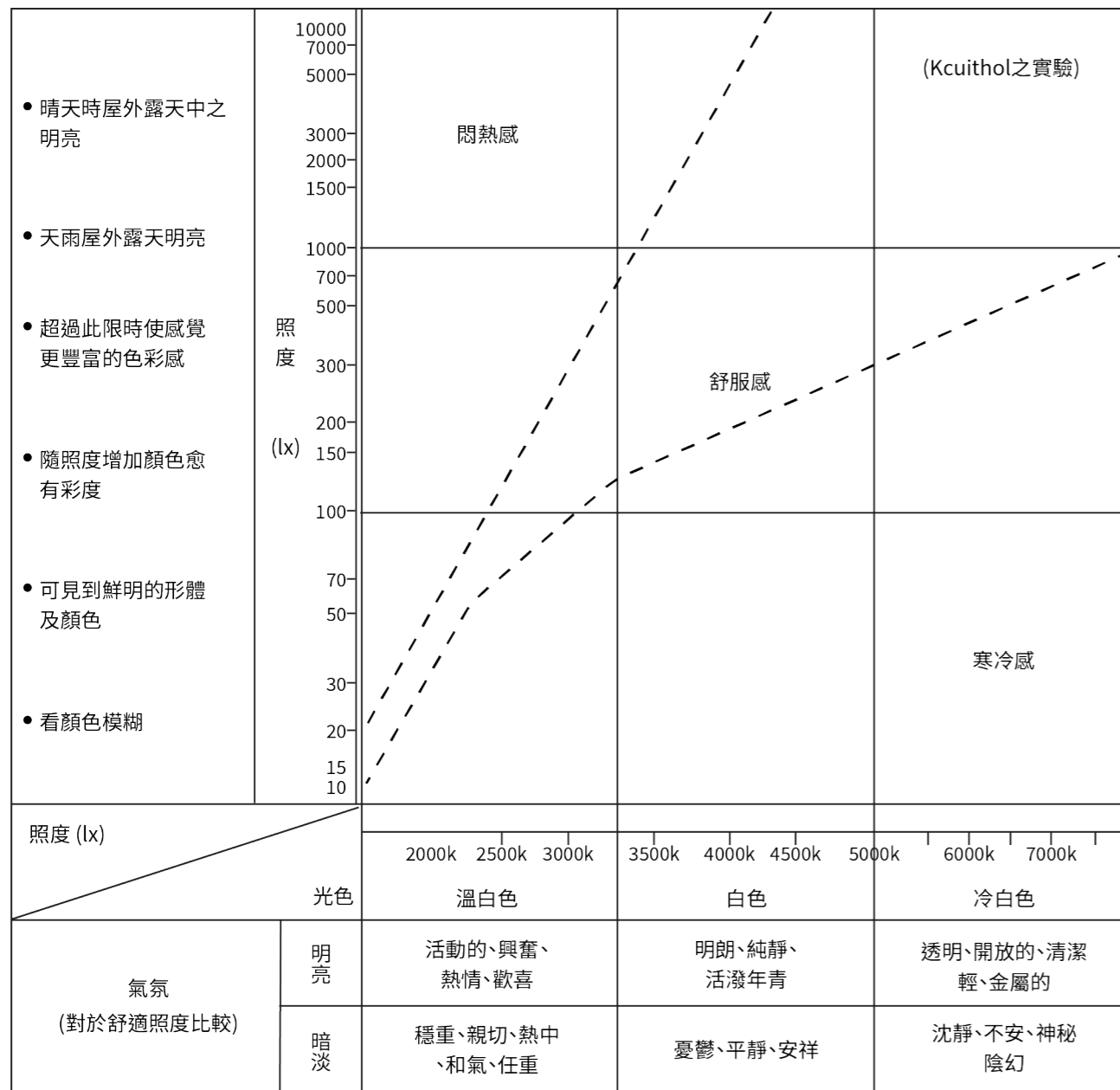


圖 4 照度與色溫其氣氛關係

資料來源：經濟部能源署－「LED 照明節能應用技術手冊」

(三) 演色性 (Color Rendering Index, CRI)

光源對於被照物顏色所呈現的效果稱為演色性 (CRI)，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。平均演色性評價指數 (Ra) 數值介於 0 ~ 100 之間，評價指數越高，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 (Ra > 80)，演色性規範：一般教室 Ra ≥ 80 且 R9 ≥ 0，美術室 Ra ≥ 90 且 R9 ≥ 50。演色性與應用場所如表 1。

表 1 演色性與應用場所

指數 (Ra)	演色性評價	應用場所
90 ~ 100	優良	需要色彩精確對比與檢核之場所
80 ~ 89		需要色彩正確判斷之場所
60 ~ 79	普通	需要中等演色性之場所
40 ~ 59		演色性要求較低，但色差不可過大
~ 39	較差	演色性不重要，明顯色差亦可接受

資料來源：經濟部能源署－「產業照明系統節能技術手冊」

(四) 光強度 (luminous intensity)

光強度 (luminous intensity) 為點光源在某方向的光強，符號為 I，單位是坎德拉 [cd]。光強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，光強度常用於說明，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，而光強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，任意光源的光強度大小，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。

(五) 光通量 (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，簡單地說就是發光量，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，也就是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 坎德拉的點光源在 1 球面度立體角內發出的光通量。

(六) 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米 [cd/m^2] 或坎德拉每平方公分 [cd/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度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 5。另外，有關日常中常見各種類的光源輝度如表 2，通常輝度於實用上，會被用來評估光源或發光點之光亮與刺眼程度。

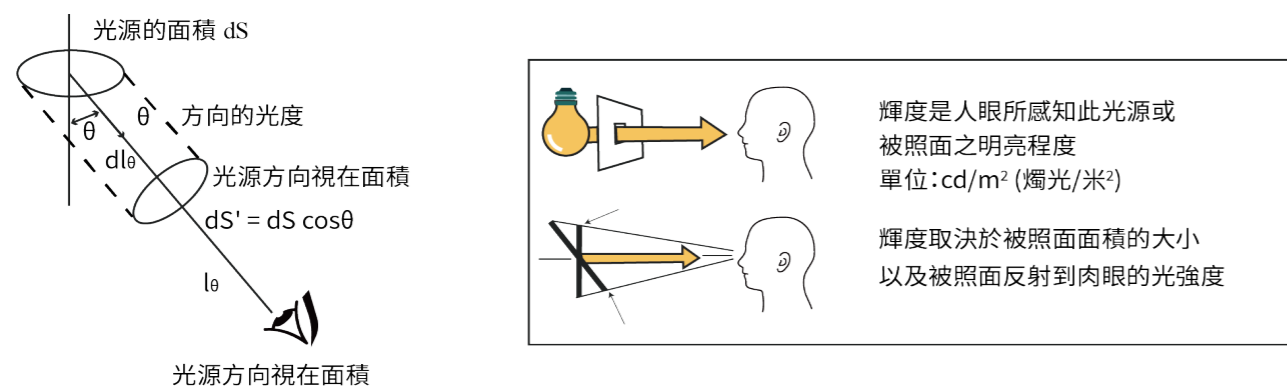


圖 5 眼睛視覺與輝度的關係

資料來源：經濟部能源署－「照明節能產品應用手冊」

表 2 各種光源之輝度比較

光源	輝度 (cd/cm^2)
太陽	160,000
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 3 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 6。

表 3 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	書寫白板
反射率	70 ~ 85%	40 ~ 60%	30 ~ 35%	15 ~ 30%	15 ~ 20%	10 ~ 20%
建議反射率 (模擬時)	77.5%	50%	32.5%	22.5%	17.5%	15%

資料來源：周鼎金、江哲銘－「學校教室照明與節能參考手冊」



圖 6 半直接照明燈具可降低教室的輝度比

資料來源：周鼎金、江哲銘－「學校教室照明與節能參考手冊」

(七) 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 $1 \text{ Lux} = 1 \text{ lm} / \text{m}^2$ 。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 7)。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。



圖 7 各類型照度計

資料來源：台灣光電暨化合物半導體產業協會蒐集網路電子型錄

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 8。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。

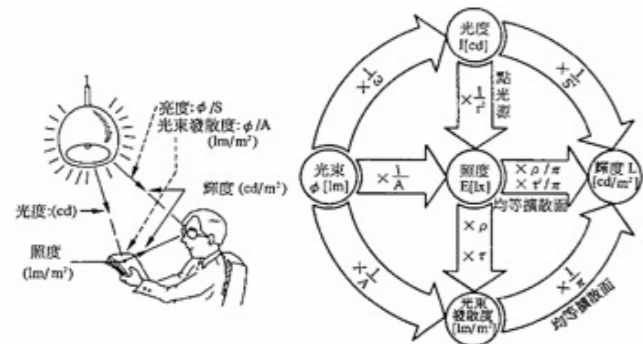


圖 8 測光量各種單位之互相關係

資料來源：經濟部能源署－「照明系統 Q & A 節能技術手冊」

(八) 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發光強度分佈，以坐標原點為中心，把各方向上的發光強度標註出來連接其先端端點，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 9。

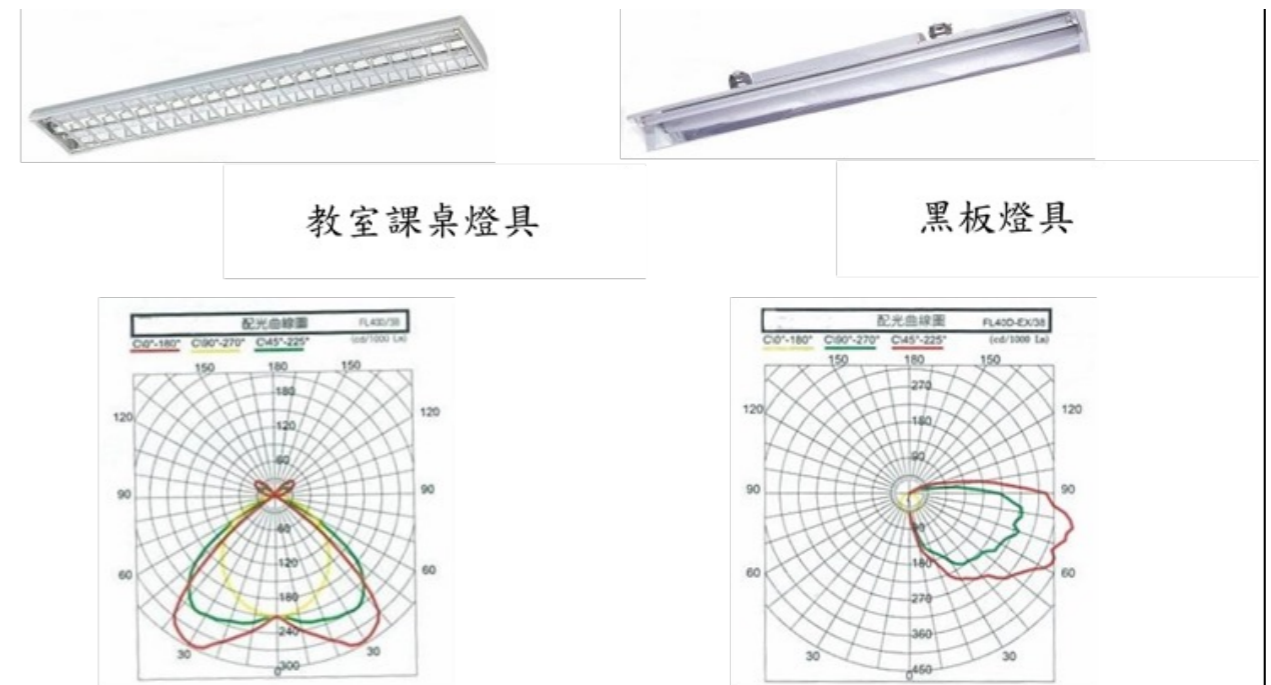


圖 9 半直接照明燈具可降低教室的輝度比

資料來源：台灣區照明燈具輸出同業公會提供

(九) 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通量愈多，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。如表 4、圖 10 所示，LED 不但發光效率遠高於氣體放電燈，更具有多種色溫、體積小、易於調光、壽命長及節能環保的優點。

表 4 LED 發光效率歷史進展與預估

Metric	Type	2020	2025	2030	2035	2050
LED Package Efficacy (lm/W)	PC Cool White	185	228	246	249	250
	PC Warm White	165	210	231	241	250
	Color Mixed	138	204	245	281	336

資料來源：2022 DOE SSL R&D Plan

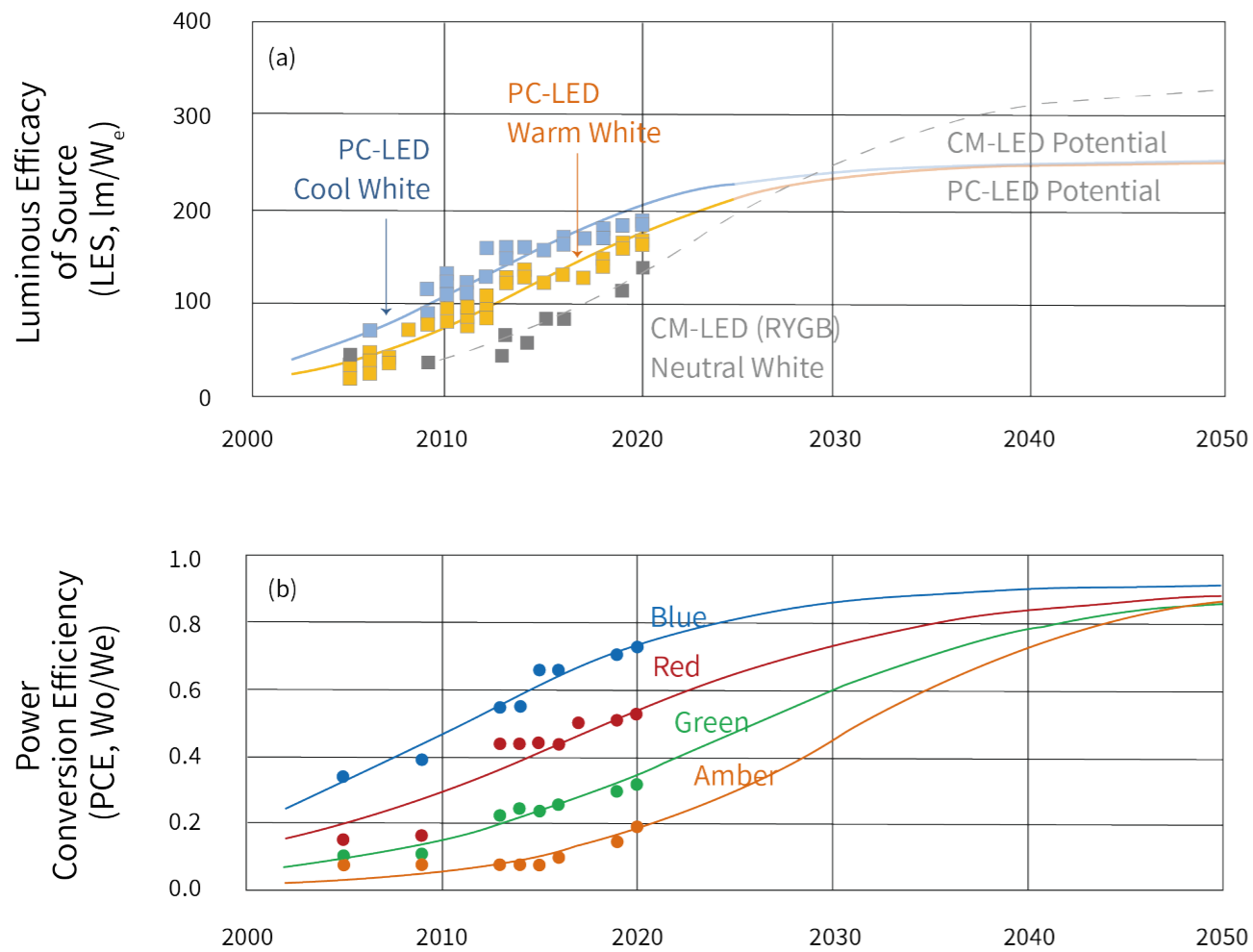


圖 10 LED 發光效率進展與預估

資料來源：2022 DOE SSL R&D Plan

(十) 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。經濟部能源署指出，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 11。

- 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。

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		
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
配光	光束向上	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
	光束向下	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	0%
配光曲線例舉圖示												
燈具例舉圖示												

圖 11 照明器具形狀和其配光分類

參考資料：經濟部能源署 - 「綠色照明宣導應用手冊」

(十一) 晝夜節律光 (Circadian Light)

人眼睛中，自主感光視網膜神經節細胞 (intrinsically photosensitive retinal ganglion cells, ipRGCs) 的黑視素 (melanopsin) 對光的響應稱為 melanopic。黑視素藉由光響應調節人體晝夜節律，屬於非視覺效應。CIES026/E:2018 定義了黑視素光響應頻譜 $Smel(\lambda)$ ，稱為黑視素作用頻譜 (melanopic action spectrum)。晝夜節律光是入眼光譜與黑視素光響應頻譜 $Smel(\lambda)$ 的相乘積。

(十二) 非視覺等效晝光 (D65) 照度 M-EDI (melanopic - equivalent daylight illuminance, Lux)

人非視覺等效晝光 (D65) 照度 M-EDI (melanopic - equivalent daylight illuminance, Lux) 某光源能產生與晝光 (D65) 相同非視覺效應時，此時 D65 的照度值稱為該光源的 M-EDI，可用來衡量照明光源的晝夜節律光。

(十三) 晝夜節律作用因子 (circadian action factor, CAF)

光源之發光光譜分布 $P(\lambda)$ 與黑視素作用頻譜 $Smel(\lambda)$ 的乘積對光源 $P(\lambda)$ 與視效函數 $V(\lambda)$ 的乘積的比值，以下列公式計算得到。

$$CAF = \frac{\int_{380nm}^{780nm} P(\lambda)Smel(\lambda)d\lambda}{\int_{380nm}^{780nm} P(\lambda)V(\lambda)d\lambda}$$

(十四) 照明用電密度 (LPD)

照明區域內之照明燈具功率的總和與照明區域面積的比值，LPD 愈高代表愈耗電，LPD 愈低代表愈省電，依照國際趨勢與綠建築規範， $LPD \leq 10 \text{ W/m}^2$ ，教室照明設計應考慮儘量節約用電，除採用高發光效率照明燈具外，可依自然光變化時序採用自動或手動方式調光，達到兼顧視覺照度與節約用電目的。其中 LPD 計算 = (燈具功率 x 燈具數量) / 教室面積，而燈具功率為光效報告中之燈具功率值。

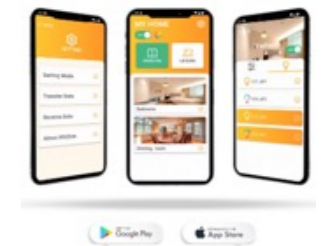
(十五) 智慧照明控制

教學環境不僅要有足夠的上課照明，更需要舒適的視覺環境。照明已經成為直接影響師生學習和課堂效率的主要因素，因此，已經引起人們的高度重視。做好照明設計，加強照明控制設計，已成為建設現代化學校的重要內容。教室的健康照明控制方式，不只是單純的燈光控制，而是更人性化的系統，能根據一般教室使用的需求情境，作初始的簡易設定後，透過迴路控制設備可以達到「更節能」、「更便利」、「更舒適」的教室上課環境，進而有效改善學生視力疲勞及近視的問題。

- 1、更節能：高效能的燈具再配合智慧控制設備的時間，情境，群組，調光或感應器等設定功能，可比一般傳統牆壁開關方式更節能省電。
- 2、更便利：依實際教室應用需求，分群組設定常用的情境模式後，快速便利一鍵就可達到需要的情境模式。
- 3、更舒適：燈具本身具雙色溫規格，依教室上課，投影，午休，自習... 等不同狀態，可調整設定該狀態情境需要的色溫，打造舒適健康的教室環境。

智慧控制的設備，分別以下幾款：

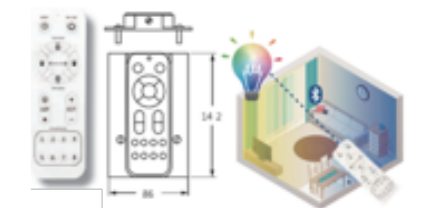
- (1) 手機平板 APP：下載 APP 後，依內建群組，時間，調光調色，情境及圖片等功能設定，可隨時隨地操控燈光。



- (2) 情境開關：依群組或是情境的需求，設定完成後，只要一鍵按下即可達成。



- (3) 遙控器：依群組或是情境的需求，設定完成後，隨時按鍵滿足且可同時做調光需求。



- (4) 感測器：配對需要連動感測的該區域燈具，透過人體或光的感應，自動開啟或關閉，或是達到某設定的亮度情境，減少長時間開燈的浪費。



教室智慧照明控制系統的設計，對於提高教室的舒適度及節約能源具有重要意義。傳統的照明系統存在能源浪費嚴重，操作不便以及孩童視力疲勞近視等問題，而智慧照明系統能夠有效地解決這些問題，提高照明效果的同時實現能源的節約，還可以根據不同教室使用需求進行智慧調節，提高教室的靈活性和便利性，提升教室的使用效率和舒適度，減低學童長時間因不良的照明環境造成眼睛疲勞與視力退化的影響。研究和設計教室智慧照明控制系統具有重要意義，可以為教室照明領域的發展提供新的思維與方法，為教育領域的現代化建設提供技術支持和解決方案，進而為創建綠色校園，節能減排及老師學童的視力健康作出貢獻。

三、常見問題與改善方式

依經濟部能源署所提出，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、安裝燈具種類錯誤與色溫太高等原因及適當控制方法說明如下。

(一) 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，人眼直接眩光區自垂直面 $45^\circ \sim 85^\circ$ 。
- 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、背景對比眩光：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。

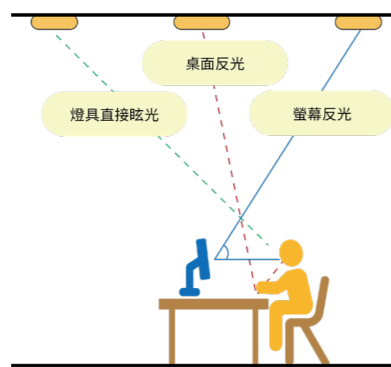


圖 12 眩光種類示意圖

資料來源：經濟部能源署 - 「產業照明系統節能技術手冊 (109 年版)」

另外統一眩光值 (unified glare rating, UGR) 為國際照明委員會用於度量，處於視覺環境中的照明裝置，發出的光對人眼引起不舒適感主觀反應的評價值；可分為七個等級，UGR 越低表示舒適度越高，UGR19 介於中間大多數情境可接受，相關計算式如下：

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

其中 E_b 為背景亮度，指視野度中除了眩光源以外的環境亮度； L_i 為光源亮度，指第 i 個光源區的亮度； ω_i 為光源立體角，指第 i 個光源區對於觀測指的立體角； P_i 眩光源第 i 部分的位置。

我國 CNS 12112 室內工作場所照明，訂有各場域之統一眩光值等級限制 (UGRL)，為了維護兒童視力健康，必須注意燈具的眩光指數不可太高，以避免眩光與刺眼，根據節能標章的規定，眩光指數 UGR 必須 ≤ 19 。

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 $45^\circ \sim 85^\circ$ 範圍內的輝度，如圖 13。

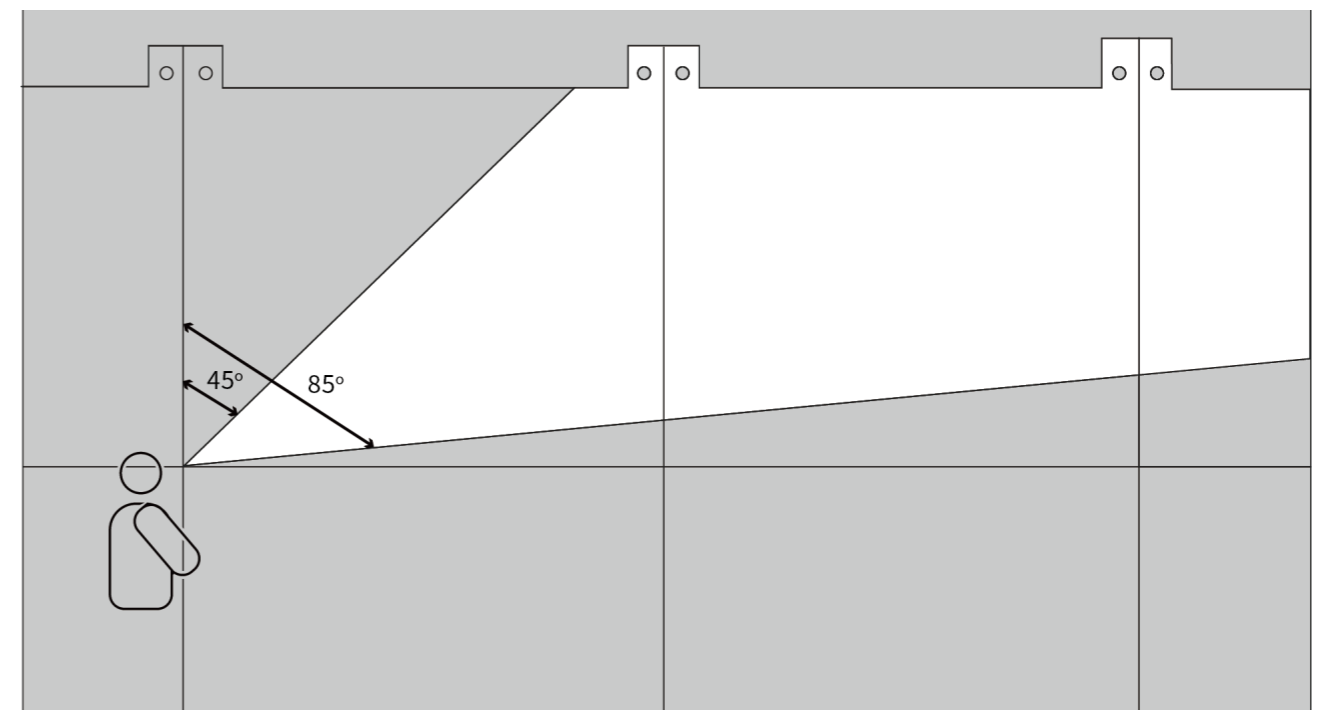


圖 13 視覺角 $45^\circ \sim 85^\circ$ 範圍內須限制光源的輝度

資料來源：周鼎金、江哲銘 - 「學校教室照明與節能參考手冊」

此外，有關教室燈具（黑板燈除外）的視野水平仰角與輝度限制值可參考如表 5 所列建議值進行燈具選用。

表 5 教室燈具（黑板燈除外）的視野水平仰角與輝度限制值

燈具 γ 角	視野仰角	輝度限制值 cd/m^2
45°	45°	34,900
55°	35°	17,000
65°	25°	7,000
75°	15°	3,260
85°	5°	3,260

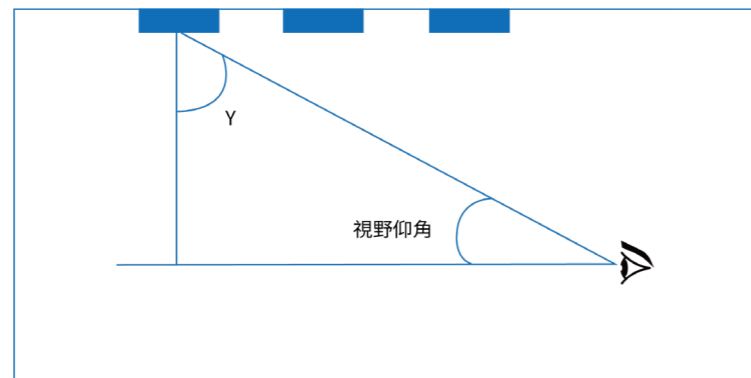


圖 14 燈具角度與視野角度

（二）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。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 $60 * 2 = 120$ 次，反應在燈管上即燈光每秒有 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 15。

依照節能標章標準，教室燈具光輸出閃爍指數 (flicker index, FI) ≤ 0.02 ，閃爍百分比 (percent flicker, PF) $\leq 2\%$ ，以避免燈具閃爍影響閱讀與視力。



圖 15 教室內因風扇擺設位置不當引起的燈光閃爍

資料來源：台灣區照明燈具輸出同業公會提供

根據 1986 年英國劍橋大學醫學研究中心指出，燈的頻閃（閃爍）問題會影響人的眼睛及視覺神經，長期可能引起視覺疲勞、視力下降、少年近視及中年老花等。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 16。



圖 16 教室內嵌入式節能風扇的應用

（三）照度不足問題

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）須達標準照度外，亦應要求視覺目標的垂直照度（如黑板面照明）須達標準照度。

另外，經濟部能源署則提及，學校的照明系統設計應視不同需求而因地制宜，若就教學目的而言，包含一般教室、專業教室、演講為主之教學場所，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，屬於非演講型之教室，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。

(四) 晝夜節律與色溫問題

傳統螢光燈可挑選色溫有限，且不是很容易達成調光與調色溫。目前 LED 燈具已逐漸成熟，可以挑選各種色溫，並透過調光或調色溫達成不同的照明目的，且近期的研究顯示，色溫對人體褪黑激素分泌影響巨大，尤其藍光會抑制褪黑激素分泌，讓人不想睡覺容易專心，適合早上專心讀書或做事，而 LED 的特性是色溫愈高藍光比例愈高，若教室安裝的燈具是不可調整色溫，應安裝符合 ANSI 定義之相關色溫 4,000K、5,000K 或 5,700K 三種之一的 LED 燈具，維護學童的晝夜節律健康。

LED 燈具長期使用容易造成色溫偏移，如果教室燈具是可調色溫的燈具，就可以安裝 ANSI 定義之 2,700K ~ 5,700K 或 3,000K ~ 5,700K 的燈具，再透過智慧照明依照時間與使用場合設定照明場景，例如早上上課場景為 5,700K + 亮度 100%，中午午休場景為 2,700K 或 3,000K + 亮度 20%，下午自習場景為 4,000K + 亮度 80%，投影（大屏）場景為 4,000K + 亮度 40%，色溫與亮度依照接近太陽當時的色溫與亮度為參考。

(五) 燈具安裝種類錯誤問題

目前第一線教室現場，由於沒有具體的規範，會發現有許多燈具錯置的現象，例如使用在工廠或停車場的工事燈／山型燈／中東型燈具，眩光是非常高的，輝度也超過 20,000 cd/m²，安裝在教室中，嚴重的眩光影響視覺同時造成兒童近視率偏高。

1、案例一：A 國小的小一小二教室安裝工事燈，此國小的近視率據 2020 ~ 2022 年統計比該縣市平均近視率最高數值超過 10.23%，也比全國平均近視率最高數值超過 8.47%，雖近視還有其他遺傳，使用頻率等因素，但三年統計數據已證明改善教室眩光環境刻不容緩。

2、案例二：B 國小教室安裝工事燈與山型燈，改善了照度，但眩光卻非常高，建議避免發生將停車場用的工事燈／山型燈安裝在教室的不適當現象，以下燈具皆屬不適合安裝在教室的燈具，禁止教室安裝以下燈具，以改善教室光環境同時避免學童處於不適當的照明下上課：

- (1) 禁止安裝色溫太高的燈具：如 6,000K/6,500K/7,000K 或以上色溫燈具（具備調色溫功能的燈具除外），教室以外燈具則不受限。
- (2) 禁止安裝無格柵的燈管燈具：例如工事燈／山型燈／山東型燈／支架燈／球泡燈，以上燈具適合安裝在走廊／樓梯／停車場／儲藏室／機房／餐廳等非閱讀場合。
- (3) 禁止安裝輝度太高的燈具：如支架燈／層板燈／冷陰極燈管／線型燈／圓形嵌燈／筒燈／投光燈／軌道燈／天井燈／泛光燈，以上燈具適合安裝在非主照明區域，例如大廳／餐廳／茶水間／走廊／佈告欄／校史館／圖書館等展覽空間。



圖 17 國小教室安裝工事燈，造成教室眩光過高

(六) 光生物安全

用以評估光源對生物安全性，分別評估對皮膚、眼睛前表面（角膜、結膜、水晶體）、視網膜的紫外線 (UV)、藍光、紅外線 (IR)、熱危害等項目，IEC62471 標準將風險等級區分為無風險、低風險、中風險與高風險四種，依我國 CNS15592 與 CNS62471-7 規範其藍光危害，選擇無風險等級較適合室內長期照明空間使用，符合節能標章之燈具，則必須要求屬於無風險等級。

第參章

人工光源介紹



經濟部能源署指出，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，也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)、高強度氣體放電燈系列等，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。

一、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、高強度氣體放電燈 (HID)、複金屬燈、高壓鈉氣燈等。

(一) 白熾燈泡：

白熾燈又稱為鎢絲燈，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，但發光效率低，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，而臺灣則由經濟部能源署推動，於 2012 年完成淘汰白熾燈泡改由其它省電光源。

(二) 鹵素燈：

主要在鎢絲燈管內封入惰性氣體、碘、溴等鹵素物質所構成，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；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，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。因鹵素燈耗電量高、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。

(三) 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。傳統式螢光燈需要設有安定器及啟動器的配合，產生讓氣體電離的瞬間高電壓。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；過去學校教室或辦公室採用光源方面以直型螢光燈管居多。

(四) 高強度氣體放電燈 (HID) 系列：

高強度氣體放電燈 (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，最大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，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。

另藉由瞭解各種人工光源之發光原理、特性及效率，有助於未來多樣性的應用，而各種光源的發光效率比較，可參考圖 18。

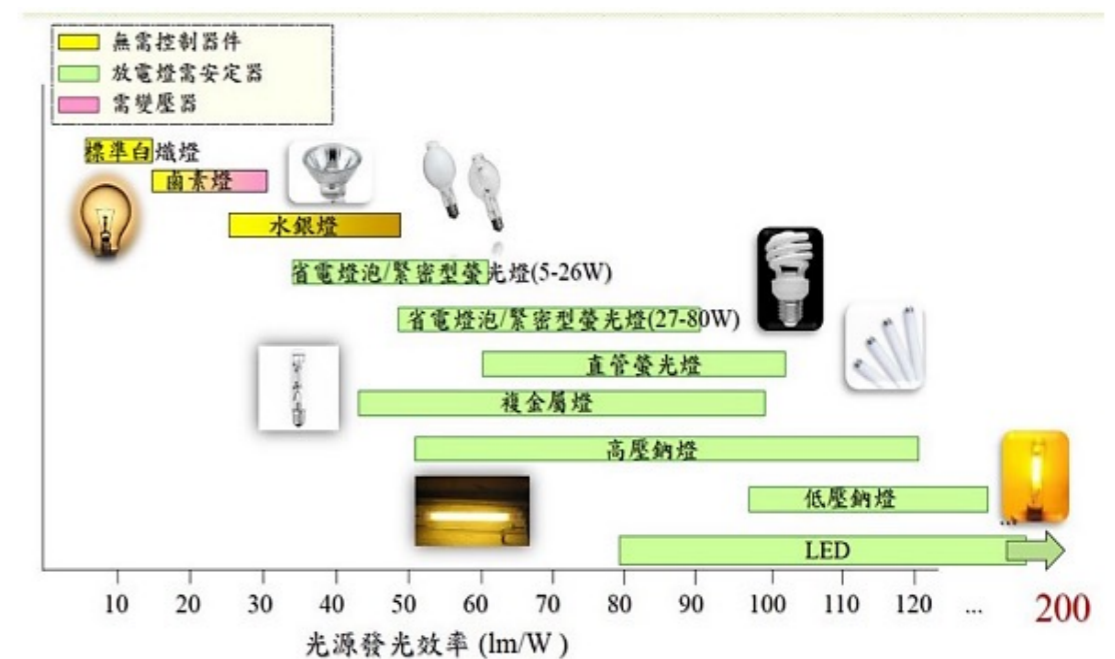


圖 18 各種光源的發光效率比較

資料來源：經濟部能源署－「產業照明系統節能技術手冊」

二、LED 燈具說明

(一) LED 簡介

LED，全名為 Light Emitting Diode(LED)，中文稱為發光二極體，使用半導體製程技術來實現以二極體為發光主體的光學元件。當電流通過時，內部的電子與電洞在 PN 接面上重新結合，釋放能量並發出光子，這就是 LED 發光的基本原理，如圖 19。

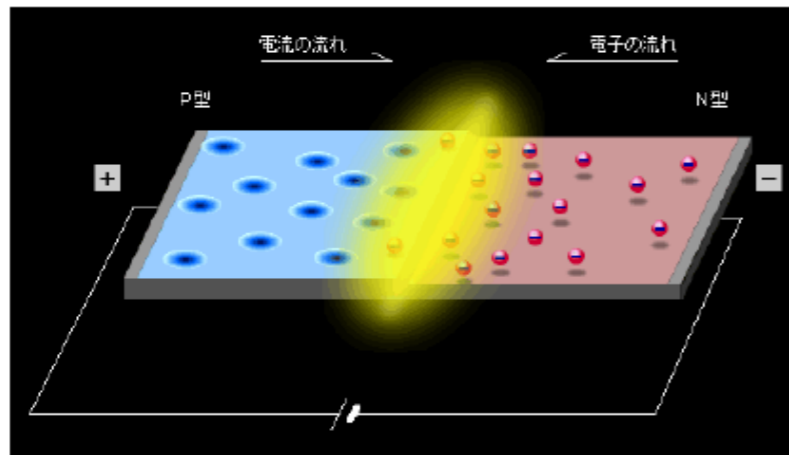


圖 19 LED 結構 (紅色為電子、藍色為電洞，中間為發光層)

資料來源：經濟部能源署－「LED 照明節能應用技術手冊」、日本－「LED 基礎知識」

最先發展為紅光 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 20。



圖 20 各類型 LED 燈具

資料來源：台灣區照明燈具輸出同業公會提供

若在 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，若利用不同螢光粉，可將光顏色轉變成演色性更高且更舒適的色光。

同時為促進能源合理及有效使用，並且在中央、地方政府攜手共同推動節能、設備效率管理、用能行為管理等工作之下，依據社會經濟情勢，以政府帶頭與產業、全民參與建構節電氛圍，從 2003 全面換裝 LED 交通號誌燈、2013 年以 LED 路燈汰換水銀路燈、2016 年起推動 LED 室內平板燈，進入到 2021 年導入 LED 智慧照明。

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、各類指示燈與信號燈、顯示螢幕及戶外景觀照明等。關於 LED 燈具之優缺點分析如下表 6。

表 6 LED 燈具之優缺點分析表

優點	缺點
<p>1. 節能： 取代傳統燈具之節能率介於 50% ~ 90%，而且目前 LED 光源效率仍持續提升當中。</p> <p>2. 低碳化： 例如常見的太陽能庭園燈、太陽能施工燈等，可部份取代零碳建築的照明電力需求。</p> <p>3. 耐久、長壽命： 屬於冷光源且壽命長，可降低燈具維護費用。</p> <p>4. 環保低碳： LED 不含汞（水銀）等危害健康物。</p> <p>5. 體積小： 便於發展輕便薄短小型之照明產品。</p> <p>6. 容易調光： 可使用直流電源驅動，也可使用 PWM，和過去市售的螢光放電燈光源比較，LED 調光更加簡易。</p> <p>7. 單色光性能強： 相對大部份人工光源而言，波長較單一且顏色純正，不加濾光器下就能提供多種單純的色光。</p> <p>8. 應用廣泛： 可應用在建築景觀裝飾、公路、橋梁、廣告立體字、商業空間、機場、醫院、鐵路、飯店、電腦、手機等。</p>	<p>1. 光電規格未標準化： 因組成千變萬化，不容易將產品規格標準化，尤其光源壽命長，若將來發生電源損壞、光色偏移等狀況，若無法採購相同產品更換將對使用者保養產生困擾。</p> <p>2. LED 燈具的眩光： 因光源面積小、分佈較集中，因此在照明時會較刺眼須配合相關光學設計分散光輸出。</p> <p>3. 產品品質的一致性： 每顆 LED 在特性上都有一定差異。</p> <p>4. 智慧照明的控制： 智慧化為 LED 燈具產品的發展趨勢，然智慧照明系統之相關介面均處於各技術競爭磨合時期，因此價格較一般 LED 燈具高，造成使用者對採 LED 智慧照明系統意願降低。</p>

資料來源：經濟部能源署－「LED 照明節能應用技術手冊」

(二) LED 替代式光源

1、球泡型 LED 燈：

球泡燈源自鎢絲燈（白熾燈，15 lm/W），廣泛應用於家庭與各類商業空間，如圖 21。



圖 21 球泡型 LED 燈示意圖

資料來源：經濟部能源署－「LED 照明節能應用技術手冊」

2、直管型 LED 燈：

為了取代 T8、T5 螢光燈而產生，LED 燈管與螢光燈管的發光角度不同如圖 22，將光更有效地往下方投射，因此 LED 燈管的輸出光通量可較螢光燈管低，但仍可產生跟螢光燈管同樣的照明效果。此外 LED 燈管分成四種型式，如表 7。

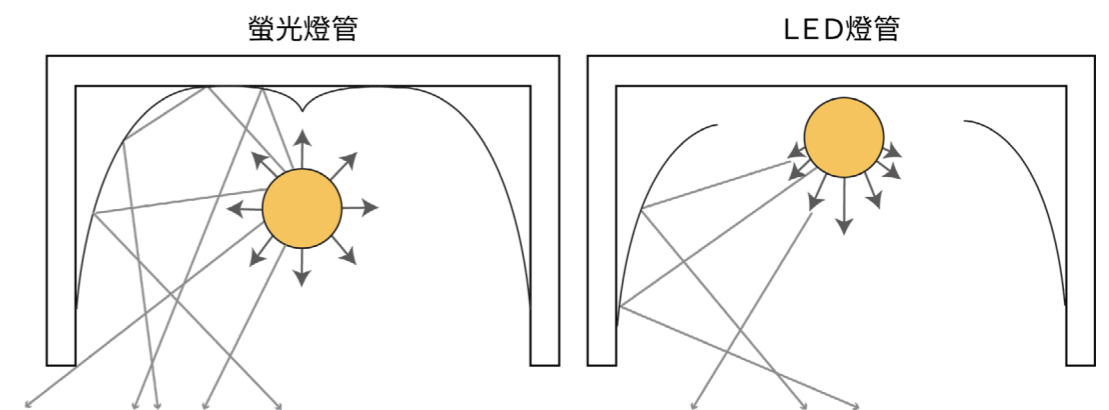


圖 22 螢光燈管與 LED 燈管發光角度示意圖

資料來源：經濟部能源署－「LED 照明節能應用技術手冊」

表 7 CNS 16027 LED 燈管類型

型式代碼	燈管種類	適用燈管	說明
A	直接替換型	直接替換螢光燈管	適用於原裝有感抗式或電子式螢光燈管安定器，且未經改裝之舊燈具
B	非直接替換型	安定器內藏型 (整合型)	指能以市電電源直接驅動之 LED 燈管
C	直流型 (非直接替換型)	安全超低壓 直流型	透過 LED 驅動器與市電電源接通之 LED 燈管。安全超低電壓為不高於 50Vac(rms) 或無漣波之 120Vdc
D	直流型 (非直接替換型)	GX16t-5 燈帽 直流型	透過 LED 驅動器與市電電源接通之 LED 燈管。燈管額定電流為 350mA 燈管

資料來源：經濟部能源署 - 「LED 照明節能應用技術手冊」

(三) LED 燈具分類

依照工業技術研究院對於室內照明燈具分類，可以分為以下幾種燈具，分別適合應用在不同場合。

表 8 工業技術研究院對於室內照明燈具分類

燈具型式：格柵型燈具

定義：指一般下照式之懸吊型或吸頂型之燈具，其格柵裝置於燈具之光輸出面，主要功能為遮擋光源體之直接光，減少眩光，並增加導光效果。

格柵主要類型可大致歸為：圓形格柵、遮光百葉、孔格格柵等不同造型。



燈具型式：平板燈具

定義：一種採用 LED 為光源，通過導光板 (或) 擴散單元形成發光面之薄型面發光燈具。LED 平板燈具包含控制裝置 (control gear)、散熱裝置、光學元件及相關機械結構，其整體厚度不超過 70mm。

來源：CNS 16047 定義



燈具型式：天井燈

定義：指一般下照式之懸吊型或吸頂型之燈具，且其額定總光通量應大於 4,000 流明。

來源：天井燈節能標章能源效率基準與標示方法



燈具型式：筒燈／嵌燈

定義：筒燈指一般下照式之懸吊型或吸頂型，外觀呈現筒 (桶) 狀或柱狀；嵌燈指全部或部分安裝於物體表面凹處，額定總光通量應小於 4,000 流明。

來源：筒燈暨嵌燈節能標章能源效率基準與標示方法



燈具型式：投光燈

定義：係為投光照明而設計，利用反射鏡或透鏡，能在某個方向獲得特定光強度分布之燈具，投射到整個場景或受照物之照度遠大於其周遭環境照度的照明，其光型設計包含軸對稱配光，配光的種類分為狹角型 (< 30°)、中角型 (30° ~ 60°)、廣角型 (60°)。

來源：CNS 15497 定義

一般泛指指向型燈具，即在 πsr (相當於 120 度圓錐角) 立體角範圍內，光通量不得低於總光通量之 80%。

來源：CNS 15630 定義



燈具型式：開放型燈具

◆工事型 ◆中東型燈具

◆山型燈具 ◆支架燈具

定義：燈具之光型未經特殊指向設計或出光面處未有任何光學組件設計者，在 135 ~ 180 度區域內，光通量不得低於總光通量之 5%。



資料來源：工業技術研究院

開放型燈具之細部分類如下：



(四) 教室安裝燈具推薦

表 9 各類常見 LED 燈具及採用之區域推薦

燈具種類	可採用之區域
LED 格柵燈具	教室內課桌燈、黑板燈、辦公室、圖書館、會議室。
LED 平板燈具	教室內課桌燈、黑板燈、辦公室、圖書館、會議室、體育館（低眩光如羽球場、桌球場等）。
天井燈/泛光燈	適合高空照明，戶外照明，如體育館、倉庫、機房、雨棚、停車場，禁止安裝在教室。
筒燈/嵌燈	適合非主要照明區域，如走廊、茶水間、大廳、開放空間、圖書室展示空間、校史館、會議室等，禁止安裝在教室。
投光燈	適合展示空間與區域，例如佈告欄、大廳、圖書室校史館等展示空間，禁止安裝在教室。
開放型燈具/ 工事燈/中東型燈/ 山型燈/支架燈/ 層板燈/線型燈	適合非閱讀與非上課區域，例如走廊、樓梯間、停車場、機房、庫房、倉庫、大廳、校史館，除了偏光黑板燈外，禁止開放型燈具安裝在教室。
其他開放型燈具/ 三防燈/黑板燈/格柵燈	三防燈適合防水區域或戶外區域，例如停車場、遮雨棚、冰水機房等。 黑板燈適合作為黑板照明使用。 格柵燈適合安裝在教室內課桌燈、黑板燈、辦公室、圖書館、會議室。

註：依照工研院最新燈具分類說明適合安裝場合。

第肆章

學校教室之照明設備選用及設計原則



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 750 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。一般來說，規劃及設計教室照明環境之目標為：

- 一、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。
- 二、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。
- 三、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，以達到經濟效益與節約電費的目標。

為協助各級學校總務人員，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有參考依據，因此建立有關教室汰換高效率節能燈具之施行步驟如圖 23。



圖 23 照明節能改善施行步驟

一、學校的良好照明及設計原則

(一) 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 10 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 10 良好照明之要點

項目	明視照明	氣氛照明
1. 照度	考量經濟性與使用者耐受時長，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	盡可能要求均勻	照度著重要點配置，顯著處照度要高，周圍較為暗
3. 眩光度	盡可能減至最小程度	視場所而定，必要時利用適度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. 光品質及光色	與晝光盡可能相近，並要求不產生紫外線及熱線	配合室內裝修及裝潢材料，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：經濟部能源署－「照明節能產品應用手冊」

而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。

(二) 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、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，因此對於照明品質的要求也不相同。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分緊張，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，例如過強、過弱的光線或眩光通常是造成近視、散光... 等等的條件之一。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。

另外光健康的發展成為全球的趨勢，隨著 LED 照明技術在能效和光品質方面的精進，現階段國際照明相關標準組織針對醫療、辦公室及教育場域發展健康照明標準，為健康照明光環境的營造提供科學可靠的依據。健康照明應注意以下四項：

- 1、照明系統：以人為本的照明，滿足國家要求之照度及均勻度，針對不同場合在正確的時間提供合適的光，具備視覺舒適度及安全性，提升注意力，認知能力及情緒等身心理健康的福祉。
- 2、燈具選用：高效率、低眩光，低閃爍低頻閃，光生物安全與藍光風險低，燈具發光表面均勻且柔和，目前可調光及或調色溫已逐漸為市場採用。
- 3、控制：感測器搭配智慧控制，光感測及人員感測開關連結調光功能。
- 4、光健康：依循太陽光照模式，日間提供充足且均勻的照度、光譜，可以智慧調控光色及照度，夜間降低照度與色溫，呈現動態的照明系統。

教室光環境與學生的視力保健和學習效率息息相關，近年來科學已經證實光環境也會影響人體情緒以及晝夜節律，因此教室光環境應整體考量照度、照度均勻度、入眼輝度、色溫、演色性，也應該滿足光生物安全(藍光風險)、眩光、閃爍/頻閃及晝夜節律光等要求，邁向光健康的目標。另外，針對現代教室多媒體教學及多功能教室，提供可因人、因時、因事調控照明參數的智慧照明系統，也是教室健康光環境的趨勢。

(三) 照明環境之各項指標標準

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 24。

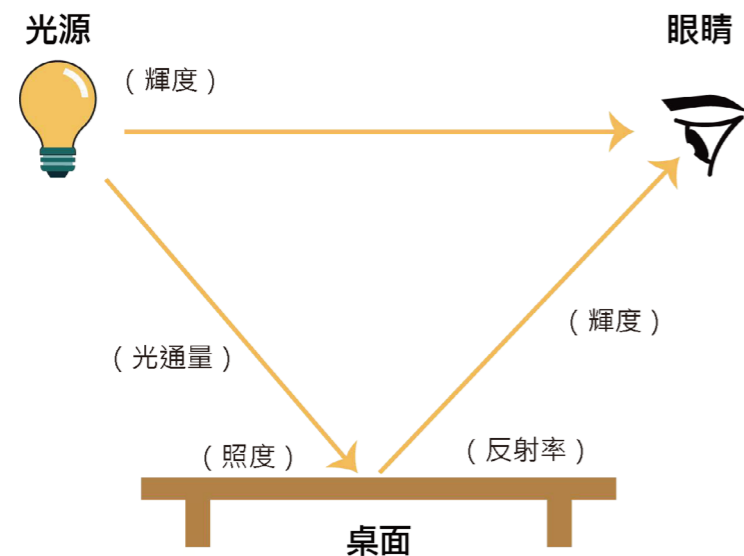


圖 24 照明指標示意圖

資料來源：周鼎金、江哲銘－「學校教室照明與節能參考手冊」

- 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 11 為材料之反射率，一般白色之反射率較高。

表 11 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 25 及圖 26)。

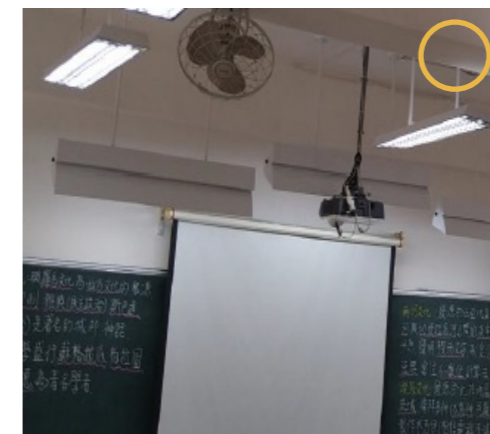


圖 25 使用專屬黑板燈

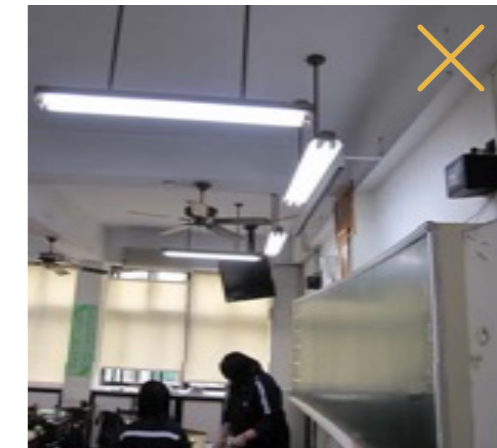


圖 26 使用課桌燈作為黑板燈

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 27），否則便須增加燈具數量來維持照度標準，如此便會造成燈具用電量增加之情況。



圖 27 若天花板過高應加長其吊桿

資料來源：台灣區照明燈具輸出同業公會提供

5、學校照明注意事項：

- (1) 燈具安裝高度與學生身高的平衡，避免視角導致眩光。
 - (2) 黑板表面亮度均勻，安裝位置避免對老師/學生產生眩光。
 - (3) 燈具與風扇位置協調，以防止閃爍產生。
 - (4) 老師的臉部照度宜足夠且均勻，助於提高學童專注力。
 - (5) 依照課表設計照明的內涵，提供學生可以有輕鬆的休息時刻。
- CNS 12112 對於教育場所要求如表 12。

表 12 CNS 12112 教育場所要求

活動種類	照度 (Lux)	眩光限制 (UGRL)	平均演色指數 (Ra)	備註
幼兒園	500	19	80	
教室	500	19	80	建議可調光
電腦教室	500	19	80	
黑板	750	19	80	防止鏡面反射
實習桌	500	19	80	
美術教室	750	19	80	
實驗室	500	19	80	
實習工廠	500	19	80	
門廳	100	22	60	摘錄一般建築
通道及走廊	100	28	40	
樓梯	150	25	40	
浴室、廁所	200	25	80	

資料來源：經濟部能源署 - 「LED 照明節能應用技術手冊」

(四) 教室照明光環境品質要求

教室光環境品質建議由持有相關證照人員（如 LED 照明規劃師等）進行模擬，出具「教室光環境模擬報告」，一般使用光學軟體，依燈具規格、安裝位置、教室空間尺寸等參數進行模擬。光環境模擬時，教室空間內常見物件反射率範圍如表 13 所示，基於模擬準則一致性，分別取平均值為模擬參考值，天花板 77.5%、牆壁 50%、桌面 32.5%、地面 22.5%、黑板 17.5%、書寫白板 17%。模擬時請依照表 13 之建議反射率模擬。

表 13 教室各部位表面裝修的反射率建議範圍

部位	天花板	牆壁	桌面	地面	黑板	書寫白板
反射率	70~85%	40~60%	30~35%	15~30%	15~20%	10~20%
建議 反射率 (模擬時)	77.5%	50%	32.5%	22.5%	17.5%	15%

以下列出優良教室光環境所需各項品質要求在設計規劃階段，建議由持有相關證照人員進行模擬，並出具模擬報告，包括桌面照度與均勻度、黑板照度與均勻度、眩光指數 UGR，以上報告須符合教室光環境規定之規範，非視覺等效日光 (D65) 照度 M-EDI 則以現場實際量測為主。

1、課桌桌面平均照度與照度均勻度 (建議須出具模擬報告)：

本標準係參考 CNS12112 教育建築類別，將教室場所分為 3 類 (1) 一般教室 (2) 活動教室 (3) 美術或製圖教室。

(1) 一般教室：平均照度 ≥ 500 Lux、照度均勻度 ≥ 0.7 。

(2) 活動教室：平均照度 ≥ 300 Lux、照度均勻度 ≥ 0.7 。

(3) 美術教室：平均照度 ≥ 750 Lux、照度均勻度 ≥ 0.7 。

2、黑板平均照度與照度均勻度 (建議須出具模擬報告)：平均照度 ≥ 750 Lux、照度均勻度 ≥ 0.7 。

3、非視覺等效日光 (D65) 照度 M-EDI (melanopic - equivalent daylight illuminance, Lux)：於教室正中心點，離地 1.2m 高度測試黑板方向垂直照度，並依照積分球測試之 CAF 值，計算 M-EDI ≥ 136 Lux (若燈具為可調色溫型，則將色溫調至最高色溫)。

4、統一眩光值 UGR (不適用於黑板燈) $UGR \leq 19$ (建議須出具模擬報告)：依教室空間尺寸、燈具規格及安裝位置，使用商用軟體模擬得出統一眩光值，取其最大值；照明光環境模擬條件，請參考教室內不同材質反射率。統一眩光指數 UGR 愈低代表刺眼 (眩光) 程度愈低，UGR19 為基本要求，若模擬結果 UGR 為 17 或 16，代表兒童在此環境受到的眩光程度較低。

5、智慧照明系統：物聯網時代，照明科技有極大的轉變，智慧照明以人為本，具備因人、因時、因事調控照明場景與參數，針對現代教室多媒體教學及多功能教室提供人性化且彈性化的照明系統，也是照明市場最新的趨勢，唯智慧照明不得使用中國的軟體 App，雲端服務與主機也不得使用中國生產或製造。

6、維護係數 (maintenance factor)：照明裝置在使用一年後，在規定表面上的平均照度，與該裝置在相同條件下，新裝時規定的表面所得到的平均照度之比。教室照明之維護係數應 $M \geq 0.9$ ，於模擬時維護係數設定為 $M = 0.9$ 。

7、照明用電密度 (lighting power density, LPD)：LPD ≤ 10 W/m²

教室照明設計應考慮儘量節約用電，除採用高發光效率照明燈具外，可依自然光變化時，採用自動或手動方式調光或調色溫，達到兼顧視覺照度與節約用電目的。

8、其他教室照明設計考量：

- (1) 因應時代潮流與教學模式改變，數位教學設備，如電子白板、觸控螢幕、投影機等，教室需考慮具有調光功能的燈具，或者因不同使用場景設定照明參數，例如上課/自習/午休/投影等場景可設定不同的色溫與亮度。
- (2) 教室配電不良或不足會造成照明不舒適的情形，例如電壓不足或電壓不穩定造成的閃爍，教室照明設計時應調查教室照明燈具以外的其他用電設備用電情形，測試其他用電設備的開啟和使用時，所引起的電網波動所造成的照明光源波動，不能讓人感覺得到光閃爍。
- (3) 教室內燈具須獨立供電，不能與空調共用。

二、學校主要空間燈具配置與採用原則

主要包括學校教室、學校之非演講型之教室如禮堂、圖書館、活動中心及室外教學等場所。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。

(一) 教室的燈具配置與採用原則

1、空間介紹：

針對一般課堂教學空間，舉凡一般教室、專業教室、演講為主之教學場所，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，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。

2、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進行說明。

- (1) 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。
- (2) 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。
 - A. 要防止學生注視黑板時，因黑板光源所引起的眩光現象。
 - B. 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。

C. 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，將配光投射於黑板面之黑板用照明燈具為佳。黑板燈具必須具備可旋轉角度調整機構，可選擇理想的角以消除黑板眩光，如表14及圖28所示，中間的黑板燈要避開投影機的高度，以避免黑板燈遮蔽到投影範圍，若因閃避投影機黑板燈要裝很高，使得中間最下面那點的照度偏低影響均勻度，計算均勻度得以不計中間最下面那點最低照度。

表14 電腦模擬黑板燈具較佳之位置(參考)

黑板燈	LED 黑板燈三盞
黑板燈距離黑板 l (m)	0.5 ~ 1.2m
黑板燈高度 h (m)	2.3 ~ 2.8m
黑板燈轉動角度	0 ~ 35 度 (參考)

資料來源：周鼎金、江哲銘-「學校教室照明與節能參考手冊」

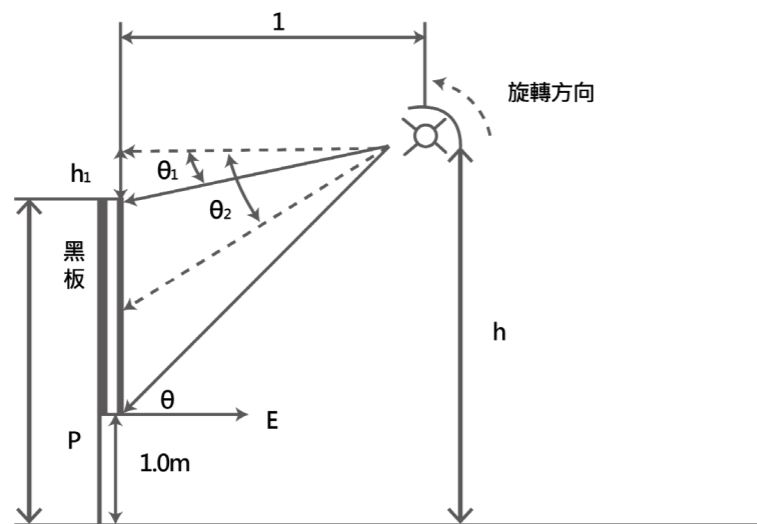


圖28 黑板燈具裝設位置與投光照射角度

資料來源：經濟部能源署-「照明節能產品應用手冊」

3、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，可產生較均勻的垂直照度分布，所有學生的左右人臉顏面的光亮度較均勻，老師面對/看向學生的視覺較為舒適、一致(如圖29~圖30)。

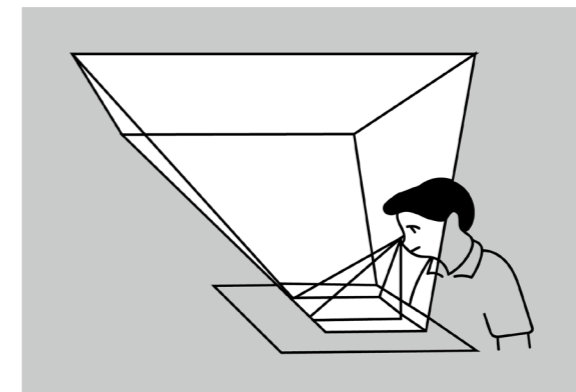


圖29 容易產生反射光幕之正反射區

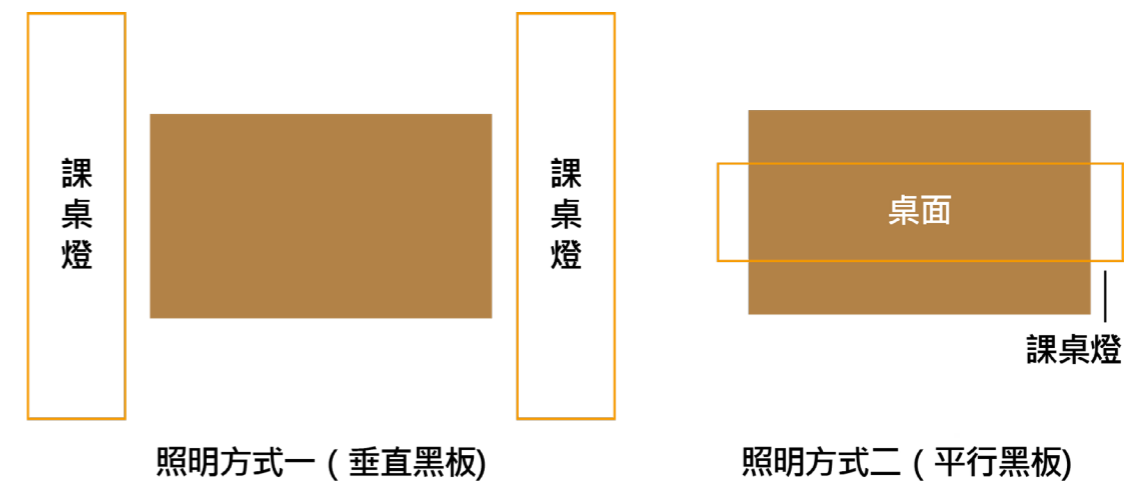


圖30 桌面與燈具之擺設相關位置圖

根據上述觀念可知正確的教室燈具配置，燈具的長向應與窗戶平行(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，心理的感覺較佳。

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，原則上應使用全面照明方式，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，或者LED 平板燈來降低眩光。由於燈具本體已設計如百葉窗之格柵來降低輝度及眩光，其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，使教室天花板面獲得適當照度。

1、教室空間的照明控制：建議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的電源開關控制模式，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：小班教學時，可以將最後一排之燈具迴路關閉 (Se)，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 (如圖 31)。

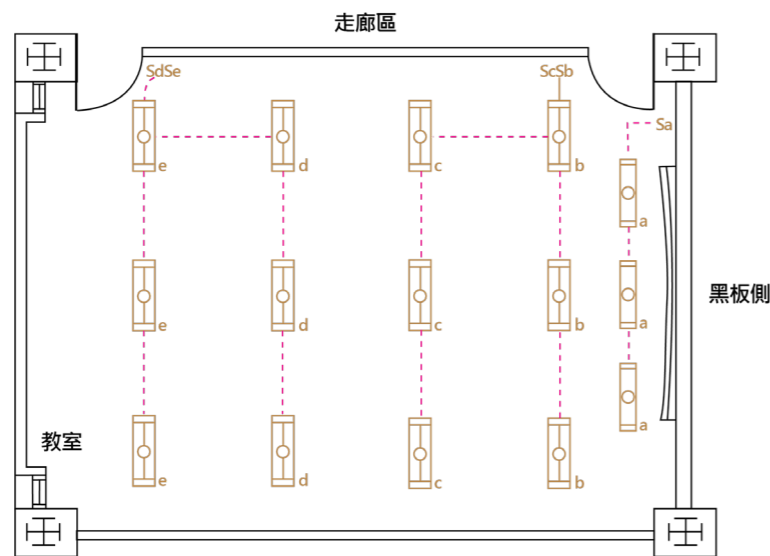


圖 31 教室開關配置方式 (一)

(2) 完全彈性調整模式 (建議採用方式)：除了黑板燈組，其餘燈蓋皆設為獨立開關，當晝光充足時，可彈性關閉靠窗燈蓋 (Sd、Sg、Sj、Sn)；當人數少或小班班級時，則可關閉最後排 (Sk、Sm、Sn)；當利用投影片教學時，則可以關閉黑板燈及前排蓋燈 (Sa 或 Sb、Sc、Sd)。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 32)。

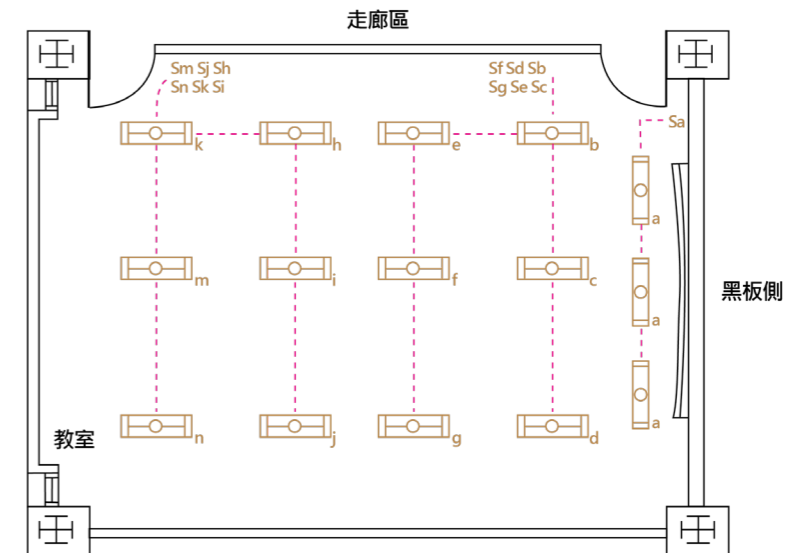


圖 32 教室開關配置方式 (二)

(3) 配合晝光控制之模式一：小班教學時，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，可彈性關閉靠窗燈蓋 (Sc) (如圖 33)。

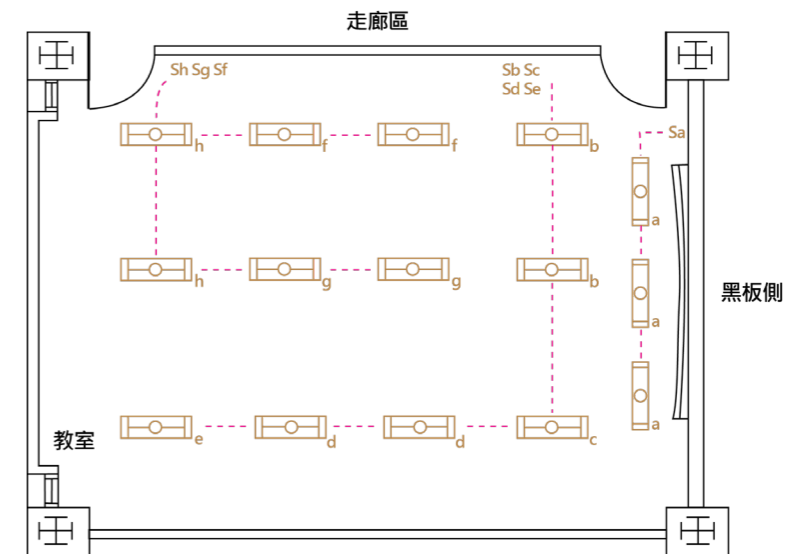


圖 33 教室開關配置方式 (三)

(4) 配合晝光控制之模式二：小班教學時，可以將最後一排之燈具迴路關閉 (Sh、Se)，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、Sc) 關閉，僅留中後排之迴路開啟即可，當晝光充足時，可彈性關閉靠窗燈蓋 (Sc、Sd、Se) (如圖 34)。

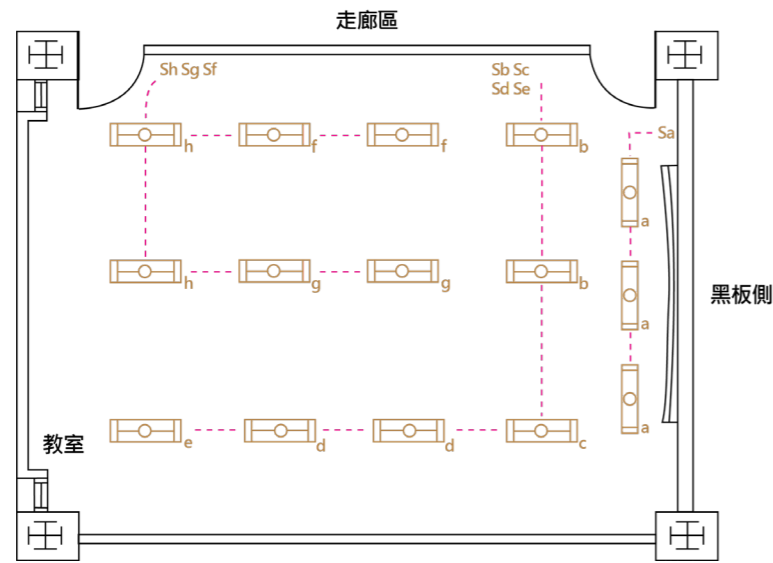


圖 34 教室開關配置方式 (四)

(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 (Sa、Sb、Sc、Sd) 關閉，僅留中後排之迴路開啟即可，當晝光充足時，可彈性關閉靠窗燈蓋 (Sd、Sg) (如圖 35)。

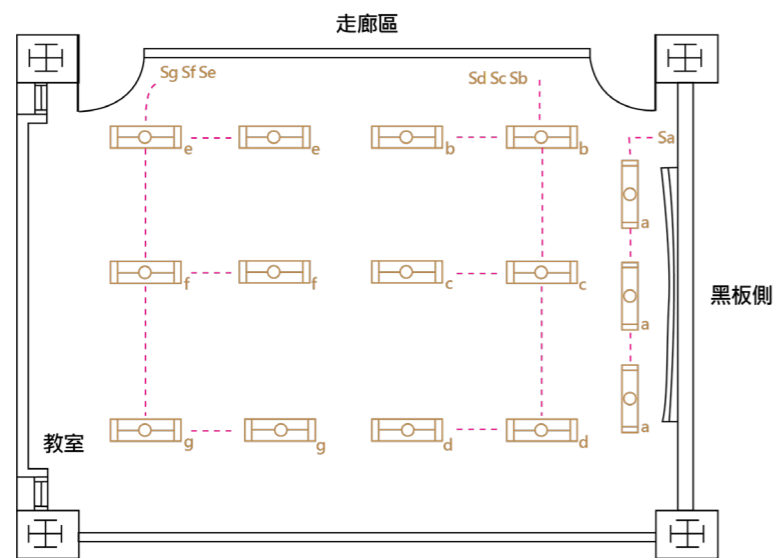


圖 35 教室開關配置方式 (五)

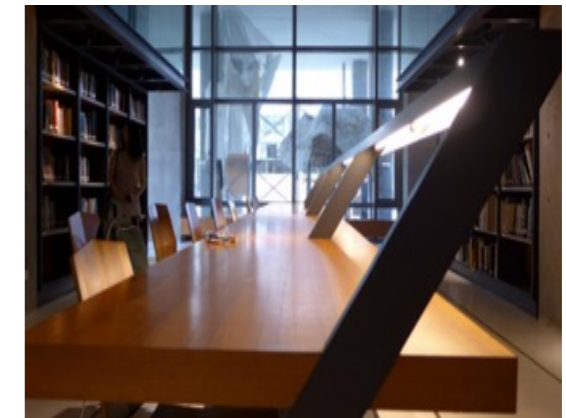
(二) 圖書館等開放式空間之燈具配置與控制

一般學校之非演講型之教室，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 300Lux 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 36)。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 36 圖書館燈具配置相關位置圖

此外，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%，相關人員則可整合燈具和晝光的互補設計，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，提及一般室內空間利用晝光時，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因素。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空間有統一的光線程度。另外，學校亦可適度利用調光型的相關零組件，當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 37。



圖 37 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，隨著與窗邊距離增大，可獲得的自然光會明顯減少。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。建議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。

(三) 室外教學場所等燈具配置與控制

於室外教學場所中需人工輔助照明，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，其設計目的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。

(四) 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，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。

1、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 15。

表 15 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
教育建築			
(1) 幼兒園等場所	500	80	
(2) 教室	500	80	建議可調光
(3) 夜校教室、成人教育教室	500	80	
(4) 演講廳	500	80	建議可調光
(5) 黑板	750	80	防止鏡面反射
(6) 實習桌	500	80	於講座廳 750 Lux
(7) 美術、手工教室	750	80	
(8) 美術學校美術室	750	90	至少 5,000 K
(9) 製圖室	750	80	
(10) 實習室、實驗室	500	80	
(11) 教學實習工廠	500	80	
(12) 音樂練習室	300	80	
(13) 電腦教室	500	80	
(14) 語言實習室	300	80	
(15) 準備室、討論室	500	80	
(16) 學生討論室、集合廳	200	80	
(17) 教師辦公室	300	80	
(18) 體育館、游泳池	500	80	
圖書館			
(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

2、依不同使用空間選擇適合燈具種類：

表 16 各類常見燈具及採用之區域

燈具種類	可採用之區域
LED 格柵燈具	教室內課桌燈、黑板燈、辦公室、圖書館、會議室
LED 平板燈具	教室內課桌燈、黑板燈、辦公室、圖書館、會議室、體育館 (低眩光如羽球場、桌球場等)
天井燈/泛光燈	適合高空照明，戶外照明，如體育館，倉庫，機房，雨棚、停車場，禁止安裝在教室。
筒燈/嵌燈	適合非主要照明區域，如走廊、茶水間、大廳、開放空間、圖書室展示空間、校史館、會議室等，禁止安裝在教室。
投光燈	適合展示空間與區域，例如佈告欄、大廳、圖書室校史館等展示空間，禁止安裝在教室。
開放型燈具 工事燈/中東型燈/ 山型燈/支架燈/ 層板燈/線型燈	適合非閱讀與非上課區域，例如走廊、樓梯間、停車場、機房、庫房、倉庫、大廳、校史館，禁止安裝在教室。
其他開放型燈具 三防燈/黑板燈/ 格柵燈	三防燈適合防水區域或戶外區域，例如停車場、遮雨棚、冰水機房等。 黑板燈適合作為黑板照明使用。 格柵燈適合安裝在教室內課桌燈、黑板燈、辦公室、圖書館、會議室。

註：依照工研院最新燈具分類說明適合安裝場合

(五) 學校燈具之採購、施工、教室燈具規範及維護管理

為提升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的施工規範，作為各級學校汰換時參考，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，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。有關採購及驗收程序，本手冊內容係彙整相關實務經驗與技術建議，僅供參考；實際規劃、設計及執行作業，請依當時最新公告之國家相關標準、政採購法及相關法規規定辦理。以下就施工規範內容說明：

1、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) 改善後應符合相關之最低基準以最新版 CNS12112 照度標準要求為主。

2、施工項目與教室燈具規範：

- (1) LED 燈管：所有 LED 燈管與 LED 燈具皆須取得商品驗證登錄並取得驗證登錄證書。
- (2) 送審資料：承包廠商於得標後送審燈具資料，包含所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、配光曲線及安全規定等），燈具各項規範與指標應附第三方經 TAF 認證之實驗室所出具的測試報告，同時建議由具相關證照之規劃師（如 LED 照明規劃師等）進行模擬，出具「教室光環境模擬報告」，包括桌面與黑板之平均照度、照度均勻度、眩光指數 UGR 等模擬報告。相關資料經學校單位審核同意後方得採購施工。
- (3) 教室燈具規範：應因地制宜，依據各校實際使用需求，制定燈具光電特性規範，選用適當的高效率燈具。

A. 案例一：適用單色溫 + 低眩光之場域

表 17 案例一、教室燈具與相關規範

教室燈具	相關規範
種類	LED 格柵燈或 LED 平板燈
安全要求	燈具應取得 BSMI 認證，若有燈管應取得 BSMI 認證
發光效率	$\geq 100 \text{ lm/W}$
色溫	採用色溫公差應參考 ANSI 規定的 4,000K : $3,985\text{K} \pm 275\text{K}$ 、 5,000K : $5,028\text{K} \pm 283\text{K}$ 、 5,700K : $5,665\text{K} \pm 355\text{K}$ 三種其中之一
演色性	一般教室 $R_a \geq 80$ 且 $R_9 \geq 0$
光生物安全	符合 CNS15592 無風險 RG0 等級
閃爍	燈具光輸出閃爍指數 (flicker index, FI) ≤ 0.02 ，閃爍百分比 (percent flicker, PF) $\leq 2\%$
視野水平仰角與輝度限制	除黑板燈外，其餘相關限制直參考表 18 所列限制值

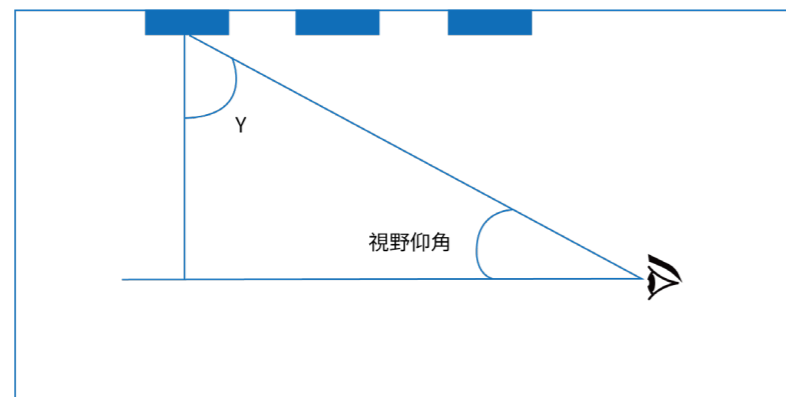


圖 38 燈具角度與視野角度

表 18 燈具輝度限制值

γ 角	視野仰角	輝度限制值 cd/m^2
45°	45°	34,900
55°	35°	17,000
65°	25°	7,000
75°	15°	3,260
85°	5°	3,260

B. 案例二：適用單色溫 + 高演色性 + 超低眩光

教室燈具其演色性提升到 $R_a \geq 90$ 且 $R_9 \geq 50$ ，教室燈具（黑板燈除外）的視野水平仰角與輝度限制值，符合超低眩光如參考表 19 所列限制值，其他規格與案例一相同。

表 19 燈具輝度限制值

γ 角	視野仰角	輝度限制值 cd/m^2
45°	45°	7,000
55°	35°	3,260
65°	25°	2,000
75°	15°	2,000
85°	5°	2,000

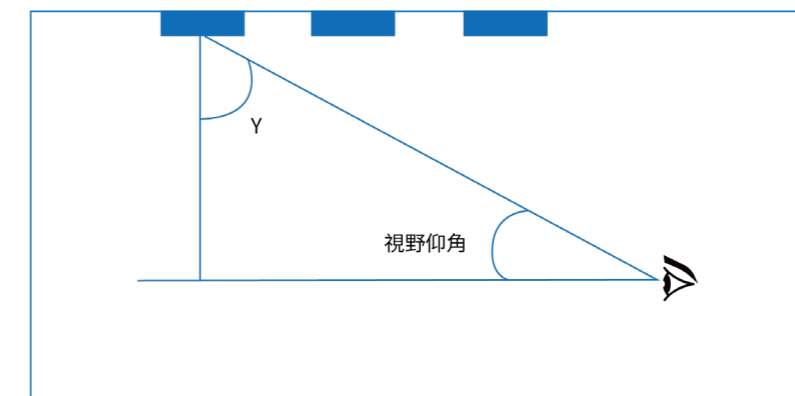


圖 39 燈具角度與視野角度

C. 案例三：適用單色溫+調光功能之場域

教室燈具增加調光功能，以適應教室使用場景變化與更進一步節能，適應上課、自習、投影、午休等活動場所需要不同的照度，其規格與案例一相同。若有使用軟體 APP 不得為中國軟體，雲端服務與主機也不得使用中國生產或製造。

D. 案例四：適用高演色性+超低眩光+調色溫之場域

- (A) 教室燈具演色性提高為 $Ra > 90$ 且 $R9 > 50$ ，且輝度限制符合超低眩光之限制值外，再增加調光與調色溫功能，色溫範圍為 ANSI 定義的 2,700K ~ 5,700K 或 3,000K ~ 5,700K 之間。
- (B) 若有使用軟體 App 不得為中國軟體，雲端服務與主機也不得使用中國生產或製造。
- (C) 教室燈具透過遙控器直接控制調光與調色溫，可以調整最少四個場景包括上課、自習、投影、午休，標準教室建議參數如表 20，不同教室可依照使用需求變更場景參數，例如需要晚上上課的教室，可以將午休場景變更為晚上上課，相關色溫 2,700K 或 3,000K，照度為 80%。

表 20 教室燈具透過遙控器直接控制調光與調色溫建議參數

場景	教室燈	黑板燈	說明
上課	色溫 5,700K 照度 100%	開啟 ON 色溫 5,700K	高色溫 5,700K 適合早上上課，非視覺等效日光 (D65) 照度 M-EDI 充足，讓學生集中精神專心上課。
自習	色溫 4,000K 照度 80%	開啟 ON 色溫 5,700K	中色溫 4,000K 適合下午上課或晚自習，降低色溫與藍光避免干擾學生褪黑激素，照度 80% 仍維持足夠閱讀照度。
投影	色溫 4,000K 照度 40%	關閉 OFF	中色溫 4,000K 降低照度到 40%，仍有基礎照度，避免暗室投影對比太強烈，同時關閉黑板燈，滿足投影所需光環境。
午休	色溫 3,000K 或 2,700K 照度 20%	關閉 OFF	低色溫 3,000K 或 2,700K 搭配 20% 照度，適合中午休息與下課時間，強迫學生休息，並維持基礎照度避免看不見碰撞危險。若外部照度足夠，也可以在午休關燈。

同時隨著科技進步，以及健康教室照明的演進之下，教室燈具可增加人因照明晝夜節律照明，或者增加光感測器自動調節照度，例如大白天教室燈自動調暗，下雨天教室燈自動調亮，以適應不同的天氣亮度，讓照度變化不要太劇烈。而教室黑板燈具的規範可參考下方說明：

表 21 教室黑板燈具的規範

黑板燈具	相關規範
安全要求	燈具應取得 BSMI 認證，若是 LED 燈管應取得 BSMI 認證
色溫	採用相關色溫 CCT 應挑選 ANSI 定義的 4,000K、5,000K、5,700K 三種其中之一。燈具光色準確度 $\leq 4SDCM$ ，建議色溫 5,700K
演色性	黑板燈 $Ra \geq 80$ 且 $R9 \geq 0$
閃爍	燈具光輸出閃爍指數 (flicker index, FI) ≤ 0.02 ，閃爍百分比 (percent flicker, PF) $\leq 2\%$

此外，黑板燈必須具備遮光罩，降低學童眼睛看到黑板燈光源的直接眩光；具備調整照射角度的能力，以達到調整黑板照度均勻度的目的；並且黑板燈建議由具有相關證照人員進行黑板燈照度模擬，模擬結果須符合教室光環境規定之黑板照度與均勻度規範，並出具模擬報告。

3、燈具之電源控制迴路設計與開關設置：

(1) 施作時應盡可能循舊有管路布線，依「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 40）。

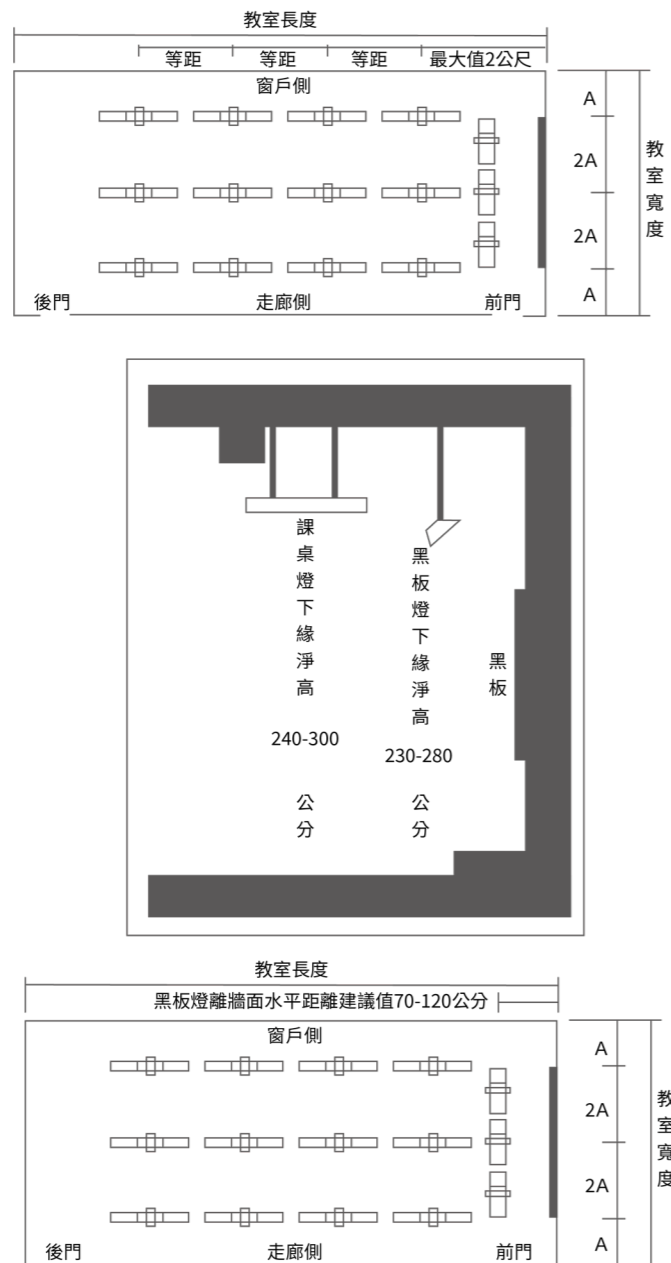


圖 40 課桌燈、教室燈具高度、黑板燈建議位置圖

- (2) 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 以上之 PVC 電線，露明部分管線應予以整理固定於牆面或天花板。
- (3) 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，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。
- (4) 教室課桌燈之下緣應距地面 2.4m 至 3.0m（參考）。

4、施工要求：

表 22 施工要求檢核表

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，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。

(六) 驗收規範

本章節列出教室照明燈具規格與教室光環境各項品質要求的查驗程序，係彙整相關實務經驗與技術建議，僅供參考；實際規劃、設計及執行作業，請依當時最新公告之國家相關標準、政府採購法及相關法規規定辦理。

1、教室照明燈具規格查驗：

教室燈具與黑板燈具應採用符合標準檢驗局檢驗通過，且符合「學校燈具之採購、施工、教室燈具規範及維護管理」所建議之各項規格要求，經由 TAF 認證之實驗室出具各項測試報告。

2、設計階段出具「教室光環境模擬報告」：

設計規劃階段，建議由具相關證照之規劃師進行模擬，出具「教室光環境模擬報告」，包括桌面照度與均勻度、黑板照度均勻度、眩光指數 UGR 模擬報告，以上報告須符合「教室照明光環境品質要求」之建議，非視覺等效日光 (D65) 照度 M-EDI 則以現場實際量測為主。

3、課桌桌面平均照度與照度均勻度：

量測照度時應使用通過經 TAF 認證之實驗室校正的照度計，量測時照度計的光偵測面應與桌面平行。照度量測方法參考 CNS5065(77) 照度測定法，採用九點量測法參考圖 41 所示。教室範圍內牆面內縮 2m，或者左右距離 1m，前後距離 2m，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 E 共九點，量測離地 80±5cm 高度處的水平照度，其平均照度計算方法為 $(A+C+G+I+2B+2D+2H+2F+4E)/16$ 。桌面照度均勻度計算方法為上述桌面九點中的最小照度 / 平均照度。經 TAF 認證之實驗室測試，出具桌面照度與照度均勻度報告，每所學校測試 1 間教室。

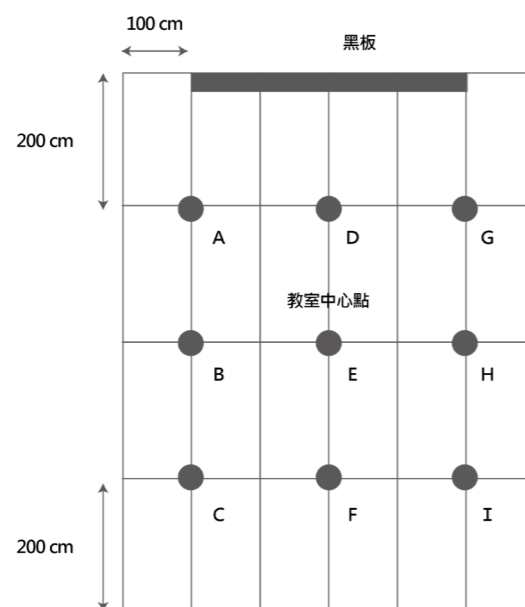


圖 41 桌面平均照度 9 點量測法

4、黑板平均照度與照度均勻度：

量測時照度計的光偵測面應與黑板面平行。採用七點量測法參考圖 42 所示。在黑板中心軸線上，從黑板中心往上 30cm 處為 C 點，由下 30cm 處為 E 點，黑板中心點為 D，由 C 左右各延伸 1m 定義為 A 及 F 點，由 E 左右各延伸 1m 定義為 B 及 G 點，量測各點照度並計算 7 點的平均值作為黑板平均照度。黑板照度均勻度計算方法為上述桌面七點中的最小照度 / 平均照度。經 TAF 認證之實驗室測試，出具黑板照度與照度均勻度報告，每所學校測試 1 間教室。

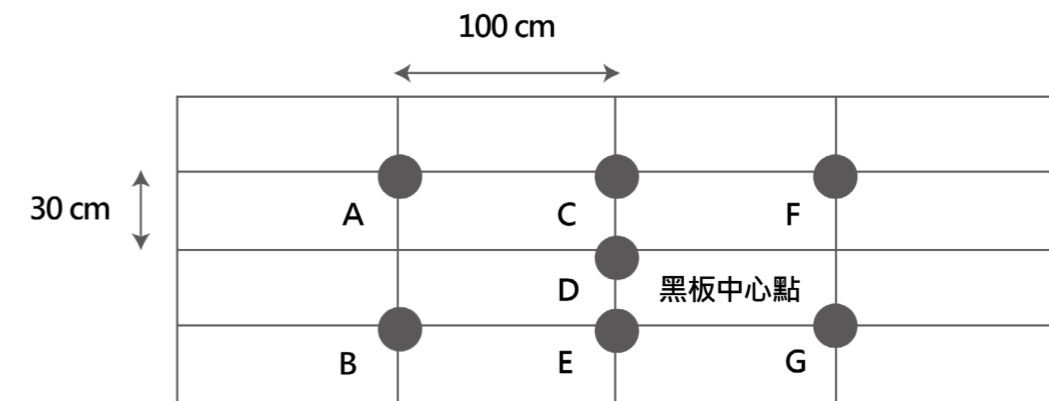


圖 42 黑板平均照度七點量測法

5、視覺等效晝光 (D65) 照度 M-EDI (melanopic- equivalent daylight illuminance, Lux)：

量測時照度計的光偵測面應與地面垂直。於教室正中心點，在離地 1.2m 處，照度計的光偵測面與地面垂直，偵測面朝向教室前方，量測照度值得到垂直照度，依下列公式計算得到 $M-EDI = 1.104 \times CAF \times \text{垂直照度}$ ，其中 CAF 為晝夜節律作用因子。經 TAF 認證之實驗室測試，出具視覺等效晝光 (D65) 照度 M-EDI 報告，每所學校測試 1 間教室 (若燈具為可調色溫型，則將色溫調至最高色溫)。

6、統一眩光值 UGR (不適用於黑板燈) $UGR \leq 19$ ：

依教室空間尺寸、燈具規格及安裝位置，使用商用軟體模擬得出統一眩光值，取其最大值；照明光環境模擬條件請參考教室內不同材質反射率，建議由具相關證照人員依照模擬參數模擬，並出具 $UGR \leq 19$ 模擬報告。

7、校園照明設備使用，及教室光環境定期監測：

校園中常見以下照明使用狀況，影響節能效益與學習光環境品質：如教室自然採光良好時仍全時開燈；課後、午休、社團結束後未即時關燈；投影教學時未依需求分區關燈；老舊教室燈具亮度不均，造成學生視覺疲勞等，應定期檢視使用狀況並搭配進行教室光環境檢測，透過照度計、平面圖 (標示量測點) 等工具，確認照明改善後是否符合教學需求，以及能作為節能與護眼教育的教學素材。

表 23 驗收規範查核表

項目	查核結果		備註
	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
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. 照明用電密度是否低於 10W/m ² （照明用電密度之規定）。	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
6. 桌面照度均勻度是否高於 0.7。	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
7. 演色性是否符合學校燈具之採購、施工、教室燈具規範及維護管理之規定。	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
8. 輝度限制是否符合學校燈具之採購、施工、教室燈具規範及維護管理之規定。	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
9. 燈具是否有取得 BSMI 證書。	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
10. 燈具是否具有經 TAF 認證之實驗室所出具的測試報告。（如光效、色溫、演色性...）	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
11. 規劃時是否有提供相關證照人員模擬之「教室光環境模擬報告」，包括桌面與黑板之平均照度、照度均勻度、眩光指數 UGR 之模擬值。	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	

項目	查核結果		備註
	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
12. 驗收其燈具是否有符合桌面平均照度、桌面照度均勻度、M-EDI 之測試值。	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
13. 定期檢視校園照明設備使用情況及教室光環境監測。	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	

註 1：本表以正面表列為原則，查核結果以勾選「是」為檢討方向。

註 2：有關驗收程序，本手冊係彙整相關實務經驗與技術建議，僅供參考；實際規劃、設計及執行作業，請依當時最新公告之國家相關標準、政府採購法及相關法規規定辦理

8、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：

表 24 教室照明燈具管理維護查核表

項目	查核結果		備註
	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
1. 照度是否符合學校燈具之採購、施工、教室燈具規範及維護管理的建議規定。	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	
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"/>	

項目	查核結果		備註
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，若發現設備的異常應儘早加以補修更換，並擬定燈具清掃維護計畫，確保照明的效果。

9、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掃週期。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，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。

除了上述說明之外，有關照明燈具的維護與汰換，於照明節能產品應用手冊中指出相關事項，建議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～2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。
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。更換期限（年）= 燈管經濟壽命（小時）/ 每年點燈時數。

三、學校教室燈具改善之實際範例

（一）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 25。

表 25 教室照明缺失分析

缺失要點	照片	說明
黑板照度不足		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。
燈具排列凌亂		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。
燈具老舊		燈具老舊且燈管裸露，造成直接眩光與耗能問題。
風扇位置不當		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。
無黑板專用燈		採用課桌燈作為黑板照明，造成黑板照度不足。

缺失要點	照片	說明
燈具 眩光大		教室裝 6,500K 工事燈（極為眩光刺眼，藍光偏高）
黑板 照度不均		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。
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		造成課桌面照度不足且分布不均勻。

（二）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 26。

表 26 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。
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。
採用低眩光 平板燈		採用發光面積大的平板燈，降低眩光與輝度。
熄滅部分 迴路節能		設計改善迴路，分段開啟及關閉，因應人數和使用範圍，機動調整電燈使用
避免風扇 之閃爍		電扇置於燈具中間，使用吊桿式教室燈，減少燈具之閃爍問題。

改善要點	照片	說明
黑板燈具須可調角度		可調式之照明角度，提高黑板平均照度、均勻度。
燈具與窗戶平行		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。

附錄一、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	黑板面最大照度	774 Lux	桌面高度	75cm
黑板面燈具懸掛高度	250cm	黑板面最小照度	481 Lux	天花板面燈具盞數	12 盞
黑板平均照度	671 Lux	黑板面均勻度	0.71	課桌燈懸掛高度	270cm
桌面平均照度	831 Lux	桌面均勻度	0.55		
桌面最大照度	1115 Lux	維護率	0.75		
桌面最小照度	460 Lux				

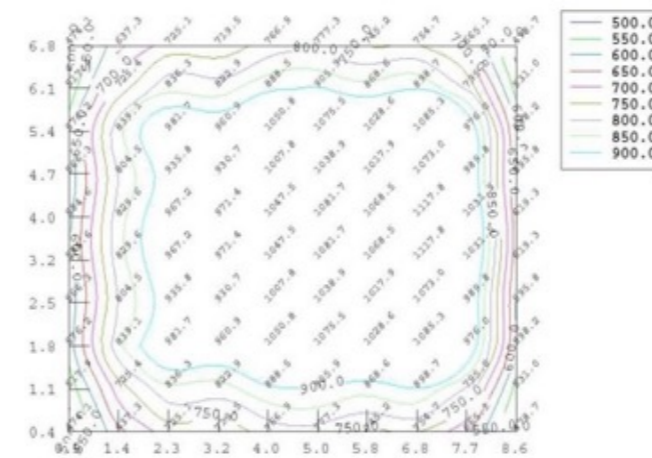


圖 43 照度曲線分佈圖

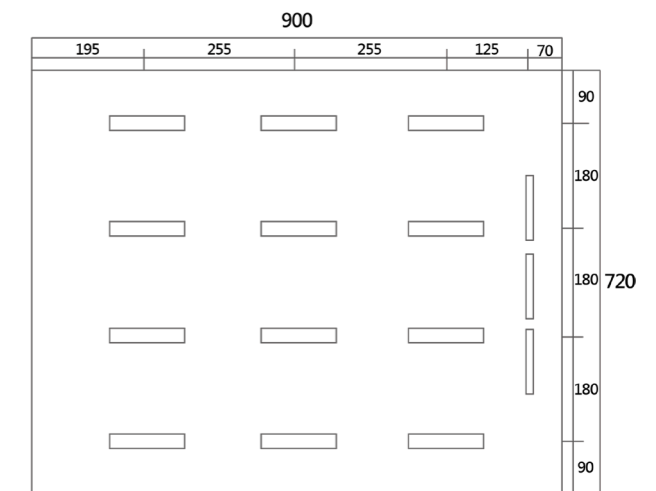


圖 44 燈具配置圖

教室照明設計參考範例 (二)

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

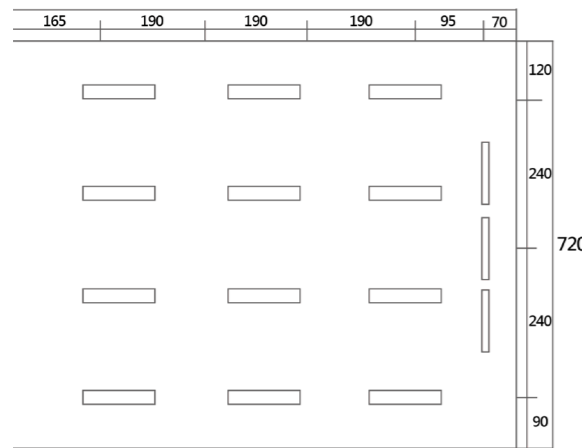


圖 45 燈具配置圖

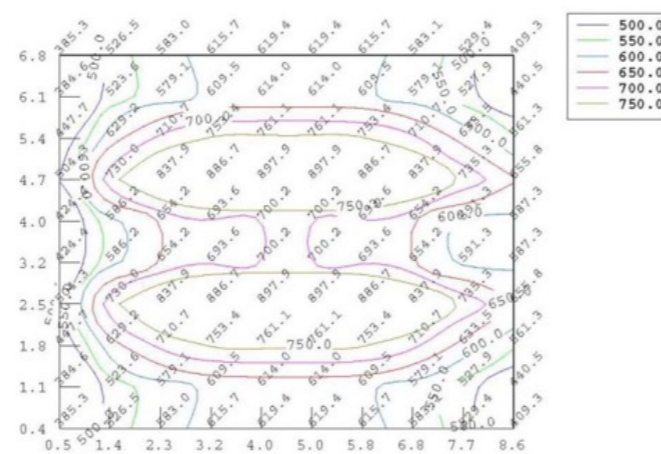


圖 46 照度曲線分佈圖

附錄二、照度的測定

一、學校自我照明檢測時所需儀器

各校為了確保照明的品質，建議準備照度計、輝度計、光譜照度計等以供日常測試，同時可引導學生了解照度及輝度等特性之應用。



圖 47 照度計



圖 48 光譜照度計

二、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。

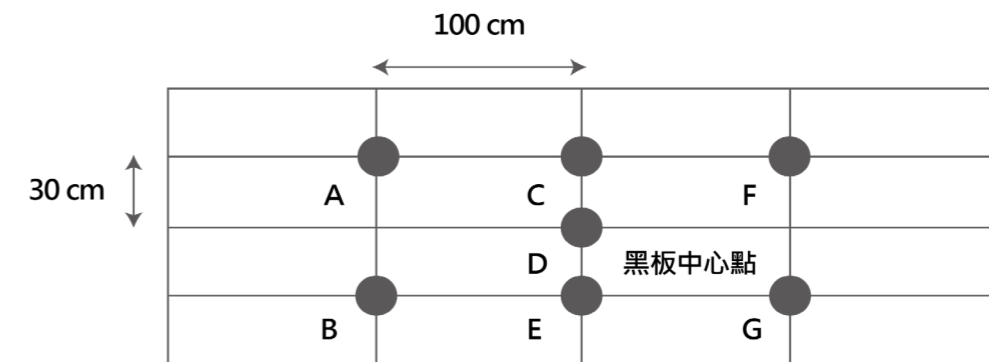


圖 49 黑板面照度檢測點

課桌燈之照度檢測，由教室範圍內以前後各 200cm 與左右 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 50 所示。

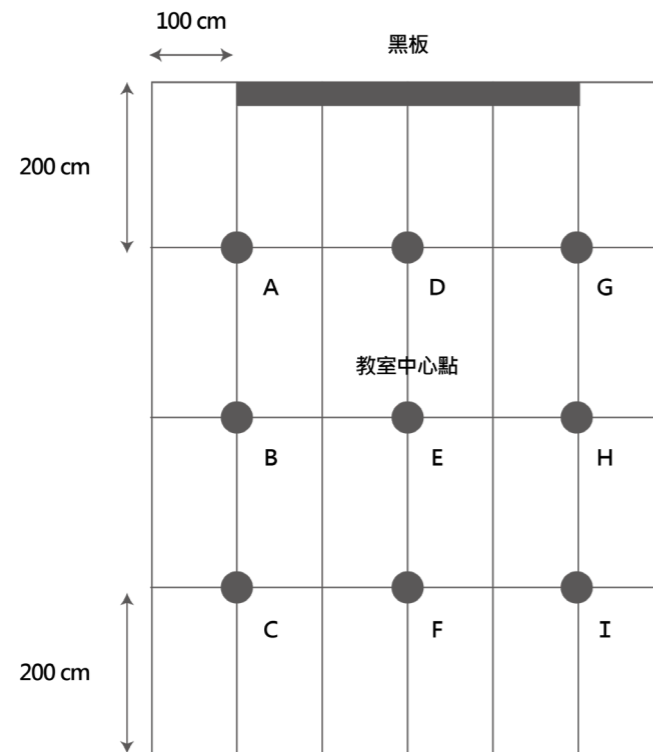


圖 50 教室課桌面照度檢測點

- 1、照度計規格：應採用符合國家標準 CNS5119、C4165 的照度計。在重要照度的測定時，應使用 CNS5119 所規定之 AA 級與確認是否有校正。
- 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，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，於有需要時，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的位置測定。
 - (3) 照度計受光部之測定基準面，應盡量與想測定照度之面一致，並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) 應注意測定者的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 之刻度範圍去讀取。
 - (6) 有測定對象以外的光線影響（如晝光等）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，依據測定之目的，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。
 - (1) 照度測量表：

表 27 照度改善檢測表 (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					
黑板面檢測點									
	狀態	A	B	C	D	E	F	G	
照度值 (Lux)	開燈								
	關燈								
課桌燈檢測點									
	狀態	照度值 (Lux)							
	位置	開燈	關燈						
	A								
	B								
	C								
	D								
	E								
	F								
	G								
	H								
	I								
		輝度值 (cd/m ²)							
	L								

附錄三、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	CNS	室內工作場所照明	總號	1 2 1 1 2
			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	經 濟 部 標 準 檢 驗 局 印 行			修 訂 公 布 日 期
76 年 9 月 17 日				101 年 1 月 31 日
印行年月 101 年 1 月		本標準非經本局同意不得翻印		

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，國家標準採白願性方式實施。但經各該日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。

-3-

CNS 12112, Z 1044

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_l)

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)。

-5-

CNS 12112, Z 1044

(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) 具有重要性之高精度度或高生產率。
- (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

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 ²)	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。

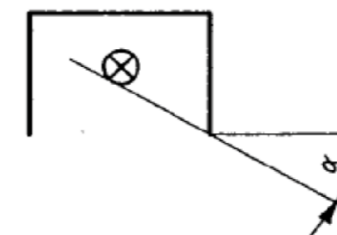


圖 1 遮光角 α

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/m²)

L ：觀察者眼睛方向的每個燈具之發光部分的輝度(cd/m²)

ω ：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_{cp})形容之其射出的光線的。

燈光源通常依其對應之色溫(T_{cp})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

-9-

CNS 12112, Z 1044

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 之最大值为 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	≤ 1,000 cd/m ²		≤ 200 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
1. 一般建築				
(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
2. 農業建築				
(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	

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. 麵包店				
(1) 準備及烘培區	300	22	80	
(2) 完成、上油及裝飾區	500	22	80	
4. 水泥、混凝土、磚工廠				
(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
5. 陶瓷、玻璃工廠				
(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_{cp} 至少 4,000 K
(8) 人工寶石製造	1,500	16	90	T_{cp} 至少 4,000 K
6. 化學藥品、塑膠、橡膠工廠				
(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_{cp} 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
7. 電氣工業				
(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	
8. 食品工業				
(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
9. 金屬鑄造廠				
(1) 人行地道、地窖	50	28	20	T_{cp} 至少 4,000 K
(2) 平台	100	25	40	

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) 熔爐、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
10. 理髮廳				
(1) 理髮廳	500	19	90	
11. 珠寶製造				
(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	
12. 洗衣店、乾洗店				
(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	
13. 皮革工業				
(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	
14. 金屬工作及處理				
(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 ≥ 0.1 mm	300	22	60	
(4) 精細加工、削磨，誤 差 ≤ 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 ≥ 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	
15. 造紙工業				
(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	
16. 供電站				
(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	
17. 印刷				
(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
18. 鋼鐵工業				
(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) 熔爐	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
19. 紡織工業				
(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	

-17-

CNS 12112, Z 1044

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	
20. 車輛製造				
(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	
21. 木業家具製造				
(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、凹凸隼、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
22. 辦公室				
(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	
23. 零售店				
(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	
24. 餐廳、旅館				
(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
25. 娛樂場所				
(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
26. 圖書館				
(1) 書架	200	19	80	
(2) 閱讀區	500	19	80	
(3) 櫃檯	500	19	80	
27. 公共停車場(室內)				
(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。

-19-

CNS 12112, Z 1044

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
28. 教育建築				
(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	
29. 健康照護空間				
(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) 牙科、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	

- 21 -

CNS 12112, Z 1044

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
30. 機場				
(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. 應避免眩光造成眩光
(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	
31. 教堂、清真寺、寺廟				
(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：

- (a) 提出照明維護係數，並說明維護係數值提出之假設條件。
- (b) 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 γ 為 65° 、 75° 及 85° ，C 平面從 0° 開始，每 15° 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。

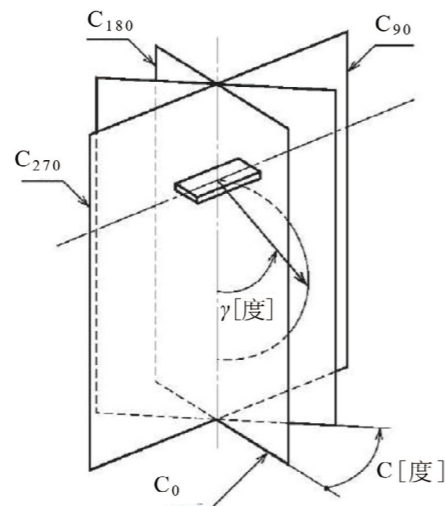


圖 3 C 面說明圖

- 23 -

CNS 12112, Z 1044

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

附錄四、學校視力保健規範

為維護學生健康視力，有效管理並輔導學生正確使用電腦、行動電話等 3C 產品觀念，有限度地保障學生使用 3C 產品之權利，減少 3C 產品對視力之危害，於手冊中將我國現行相關使用建議納入，各國教室規範標準與近視率資料可參考下表，近視率之形成涉及多重因素，除教室照度標準外，亦與設施設備使用情形及外在環境密切相關。

表 28 各國教室規範標準與近視率資料

地區	教室照度 (Lux)	近視率 (%)
臺灣	500	45 (國小生) 72 (國中生)
日本	300	37 (國小生) 60 (國中生)
美國	300 ~ 500	42
德國	300 ~ 500	24
歐洲	300 ~ 500	17

註：本表由光與健康協會、台灣光電暨化合物半導體產業協會提供；倪志誠、林育生共同繪製
資料來源：衛生福利部國民健康署、日本令和 6 年度學校保健統計 (學校保健統計調査の結果)、美國 National Library of Medicine、德國 Frontiers in Medicine、歐洲 PLOS

我國教育部推動數位學習精進方案，鼓勵師生使用學習載具平板輔助教學與學習，係讓課堂透過穿插平板使用、紙本紀錄、上臺發表、實體共同討論等多元方式進行，非全程使用平板學習，且使用時間不超過 30 分鐘，另在校上課時間，亦請各校加強提醒教師參考衛生福利部國民健康署「護眼 123」專案相關指引規劃課程內容，如用眼 30 分鐘，應休息 10 分鐘等，保護學生視力健康。同時為預防及延緩學生近視發生，近年來視力保健宣導重點為「兒少近視病、戶外防近視、控度來防盲、3010 眼安康、遠視儲備足」等 5 大主軸，進行相關衛教宣導，請各校從課程與生活面落實，結合下課教室淨空策略，透過每天戶外活動 120 分鐘等近視防治作為，強化學校師生視力保健觀念。

此外，為避免學生觀看或使用 3C 產品時間過長，建議各校透過相關增能研習、校務會議等時機，加強向教師宣導應留意操作時間，結合多元形式授予學生知識，避免讓學生在上課過程長時間注視螢幕。

一、使用建議

(一) 使用距離：

為避免發生近視或近視度數惡化，應控制「近距離」用眼的時數，一般 3C 產品均屬近距離用眼的範圍：手機、電動多在 30 公分以下；平板、筆記型電腦屬近距離 (30 ~ 45 公分左右)；桌上型電腦屬近距離 (45 ~ 60 公分左右)；電視屬中距離

(2 ~ 3 公尺左右)。均要睫狀肌持續收縮產生水晶體調節眼睛才能看清楚，因此需符合 3010 原則 (螢幕注視每 30 分鐘休息 10 分鐘)。

(二) 照明、光線與亮度：

1. 使用 3C 產品時，周圍環境燈光要充足適當，應以工作檯面或離地 30 公分的地方做為照度測量位置，學校內一般教室、圖書館、辦公室以及實驗室，建議檯面照度應大於 350 勒克斯 (Lux)；電腦周邊、黑 (白) 板應大於 500 勒克斯 (Lux)。由於兒童水晶體較為透明，會通過更多光線，因此除縫紉教室或繪圖室外，也不可以太亮，應在 1,000 勒克斯 (Lux) 以下。此外，光線上的品質也很重要，儘量避免單一光源，多重光源可以避免陰影與側光，環境明暗差異大，眼睛需要交替適應，會造成視覺疲勞。因此桌面照度均勻度 ((最低照度)/(平均照度)) 應在 0.5 以上，電子教學設備、黑 (白) 板面 (照度均勻度) 則應在 0.7 以上。燈具需避免藍光危害，依衛生福利部國民健康署建議色溫宜在 4,000K 以下。
2. 學校如有設置「電視」、「電子白板」、「投影機」等電子教學設備，應遵守教育部訂定之「國民小學使用電子化設備進行教學注意事項」，各年級使用時間：
 - (1) 低年級不建議使用電子化設備進行教學。
 - (2) 中、高年級使用時間：中年級建議上、下午最多各使用 30 分鐘。
 - (3) 高年級：建議隔節使用，且需符合 3010 原則 (螢幕注視每 30 分鐘、休息 10 分鐘，休息 10 分鐘時宜凝視 6 公尺以外遠處)。
 - (4) 下課時間，學生宜離開教室至戶外活動。

第一排學生課桌距離大型螢幕至少 2 公尺，並應定期調整學童座位，同時注意座位的排列，部分較外側的位置可能會看不清楚，若以目前普遍使用液晶螢幕或壓力觸控式螢幕而言，需要注意是否容易反光，造成眼睛疲累，與電視機類似的顯示器，則需注意有無輻射問題及是否需要特別的保護眼鏡。投影機使用時，不論是學童或教師，勿直視光源，且儘可能遠離螢幕及投影機光源，以減少強光危害。雷射筆使用亦要非常小心，不論是教師或學生使用，禁止指向自己或他人眼睛，以免造成嚴重視力受損。下課時間，學生應至戶外活動，以中和電子設備對眼睛的影響。

3. 手機與電腦螢幕應調整至適當的亮度，太亮或太暗都容易造成眼睛疲累，也應調整對比度讓螢幕光線柔和。另建議使用夜間模式或過濾藍光模式，減少可能的藍光傷害。

(三) 學童使用電子商品，建議每天總時數少於 1 小時，且應每使用 30 分鐘休息 10 分鐘。

(四) 下課時間，應關閉顯示器螢幕與投影機；教室內無人或學生至教室外戶外活動時，應關閉教室燈具，以達到照明節能及健康護眼的目標。

附錄五、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，也開始納入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，新加坡等國之規範大致以美國 ASHRAE90.1 所規範系統為基本架構。故本手冊概略介紹美國、日本、新加坡與臺灣對於建築物照明節能設計之規範及架構。

一、臺灣綠建築標章規範之照明系統節能評估法

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

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

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

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空間，並不列入評估範圍。

二、臺灣環保標章規格標準及節能標章能源效率基準

CNS 12112 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 29 之數值。

表 29 高效率照明燈具 - 節能標章能效基準

作業區域照度 (Lux)	周遭區域照度 (Lux)
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 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：

1. 視覺敏銳性。
2. 對比敏感性（對於相對較小輝度差異之識別）
3. 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。
4. 太強輝度會引起眩光。
5. 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。
6. 太低輝度及太低之輝度對比會使工作環境枯燥乏味。
7. 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：

1. 天花板：0.6 ~ 0.9
2. 牆面：0.3 ~ 0.8
3. 作業面：0.2 ~ 0.6
4. 地面：0.1 ~ 0.5

此外，CNS 15562 智慧照明標準定義「將燈具、感測與資訊管理平台透過訊號連結，可依人的心理 / 生理或被照物等需求自動調控出最佳視覺或最適合人之照明光環境，可搭配網路進行即時遠端監控，使照明系統更節能、聰明、人性化，符合使用需求」。

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) 建立，其主要之節能標準最新版本為 ANSI / ASHRA / IES 90.1-2022 (Energy Efficient Design of New Buildings Except Low-rise Residential Buildings)。該標準規定了除低層住宅建築外，也包含了大多數場地和建築物節能設計的最低要求，以及現有建築物中新增系統和設備的最低能源效率要求，並提供了判斷是否符合這些要求的標準。

照明節能的基準要求係採以規定照明用電密度 LPD (W/m^2) 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：

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

ASHRAE 90.1-2022 標準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, ASHRAE 90.1-2022) 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 $8.4 \text{ W}/\text{m}^2$ 標準設計。ASHRAE 90.1-2022 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 30。

表 30 歷年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 ²)				
	2010 年	2013 年	2016 年	2019 年	2022 年
Automotive Facility 汽車工廠	10.57	8.6	7.6	8.0	7.88
Convention Center 會議中心	11.63	10.9	8.2	6.8	6.89
Dining : Cafeteria /Fast Food 餐廳：咖啡廳 /簡餐廳	9.69	10.9	8.5	8.1	7.53
Dormitory 宿舍	6.57	6.1	6.6	5.7	5.60
Exercise Center 運動中心	9.47	9	7	7.7	7.75
Gymnasium 健身房	10.76	10.4	7.3	8.2	8.07
Library 圖書館	12.7	12.8	8.4	9.0	8.93
Manufacturing Facility 工廠	11.95	12.6	9.7	8.9	8.83
MotionPicture Theater 電影劇院	8.93	8.2	8.9	4.8	4.63
Museum 博物館	11.41	11	11.4	5.9	6.03
Office 辦公室	9.69	8.8	8.5	6.8	6.67

Building Type 建築類型	最大的照明用電密度 (W/m ²)				
	2010 年	2013 年	2016 年	2019 年	2022 年
Parking Garage 停車庫	2.69	2.3	1.6	2.0	1.83
PerformingArts Theatre 表演藝術劇院	14.96	15	12.7	9.0	8.83
Retail 零售商店	15.07	13.6	11.4	9.1	8.4
School/University 學校 / 大學	10.66	9.4	8.7	7.8	7.53
Sports Arena 體育競技場	8.4	9.8	9.4	8.1	7.86
Town Hall 大禮堂	9.9	9.6	8.6	7.5	7.21
Warehouse 倉庫	7.1	7.1	5.2	4.9	4.84
Workshop 工作間	12.92	12.8	9.7	9.8	9.26

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

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：

CEC/L = 全年照明設備實際消耗能源量 (kcal/年) ÷ 全年照明設備標準消耗能源 (kcal/年)

$$= \sum ET \times 2,550 \text{ kcal} \div \sum ES \times 2,550 \text{ kcal}$$

$$= [\sum (ET \times A \times T \times F / 1,000)] \times 2,550 \text{ kcal} \div [\sum (ES \times A \times T \times Q1 \times Q2 / 1,000)] \times 2,550 \text{ kcal}$$

ES：各室標準之照明設備耗費電量 (kWh)

ET：各室實際的照明設備耗費電量 (kWh)

WS：照明消耗功率基準 (每單位面積) (W/m²)

WT：照明設備實際消耗功率 (W/m²)

A：各室之地板面積

T：各室全年間照明點燈時間

Q1：依照明設備之種類產生修正常數

Q2：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。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 31 的要求。

表 31 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 ≤ 1.0	CEC / L ≤ 0.9
飯店、商店	CEC / L ≤ 1.2	CEC / L ≤ 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 (Light Power Density, LPD)

若將照明區域內之照明用電量 Q[W] 除以照明區域面積 A[m²]，即得單位面積照明用電密度 LPD=Q / A[W/m²]，簡稱 LPD。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。

附錄六、參考文獻

1. 周鼎金、江哲銘，「學校教室照明與節能參考手冊」(2004)
2. 經濟部能源署，「照明系統 Q & A 節能技術手冊」(2008)
3. 蕭弘清，照明系統之節能技術 - 簡報講義 (2009)
4. 林士凱、蕭弘清，辦公室照明燈具性能與節能效益研究 (2009)
5. 經濟部能源署，「照明節能產品應用手冊」(2010)
6. 蕭弘清，因應節能減碳生活之校園燈具選擇與應用 (2010)
7. 宋福生，集合住宅照明系統設計規劃與節能應用簡報 (2011)
8. 李麗玲，校園照明節能策略及燈具選用實務 (2011)
9. 經濟部能源署，「產業照明系統節能技術手冊」(2020)
10. 經濟部能源署，「LED 照明節能應用技術手冊」(2024)
11. 經濟部標準檢驗局 (2022)
CNS 16168：照明光源與燈具之晝夜節律作用因子(CAF)量測法
(Methods of measurement on circadian action factor (CAF) for lighting sources and luminaires)
12. 呂重碩，照明設計學 (全華)
13. 林憲德，國民中小學綠建築設計手冊
14. 黃琪鈞、李麗玲，照明系統與環境
15. 宋平生，照明系統與節能
16. 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
17. 劉家銘、周伯丞，單邊採光教室室內照明現況調查分析
18. 臺灣綠色產生力基金會，政府機關學校耗能指標指導手冊
19. 臺灣綠能與 LED 應用協會 (TGLA) 網站 <https://www.taiwanled.org.tw/>
20. 衛生福利部國民健康署網站
https://www.hpa.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeid=4576&pid=16413&utm_
21. 上網健康健康總動員
http://www.hsin-yi.org.tw/health/health_default/index_default.asp
22. 工業技術研究院網站
<https://www.itri.org.tw/index.aspx>
23. EN 12464-1 (2002)
https://www.ageta.lt/app/webroot/files/uploads/filemanager/File/info/EN_12464-1.pdf
24. Solid-State Lighting R&D Opportunities (2022)
25. Lighting Specification Guidance for Schools (2024)
https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-12/lighting-spec-guidance-school_nov24.pdf
26. 令和 6 年度学校保健統計 (学校保健統計調査の結果) 確定値を公表します
https://www.mext.go.jp/content/20250213-mxt_chousa01-000040132_1.pdf
27. 美國 National Library of Medicine 網站
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6120514/>
28. 德國 Frontiers in Medicine 網站
<https://www.frontiersin.org/journals/medicine/articles/10.3389/fmed.2024.1483069/full>
29. 歐洲 PLOS 網站
https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371%2Fjournal.pone.0335666&utm_
30. 陳秋伶、倪志誠、林育生 (台灣光電暨化合物半導體產業協會、台灣 LED 照明產業聯盟、台灣區照明燈具輸出業同業公會)。本手冊「常見問題與改善方式」、「LED 燈具說明」、「學校的良好照明及設計原則」、「學校主要空間燈具配置與採用原則」等章節之修訂。
31. 盧美蓉、林育生 (台灣區照明燈具輸出同業公會)。本手冊「常見問題與改善方式」、「學校的良好照明及設計原則」等章節之修訂。
32. 陳維倫 (台灣區照明燈具輸出同業公會)。修訂本手冊智慧照明控制。



執行單位
國立臺中科技大學

中華民國115年4月