



110年度臺南市能源教育研習培訓課程

LED照明技術與智慧照明建置-節能改善

蕭弘清博士

Hsiao, Horng Ching Ph.D

蕭弘清電機技師事務所負責人

臺灣照明學會常務理事

臺灣科技大學電機工程系兼任教授

hchsiao@mail.ntust.edu.tw

horngchinghsiao@gmail.com



屏東縣仁和國小社區共讀站 圖/教育部提供

2021.09 台南市政府經濟發展局

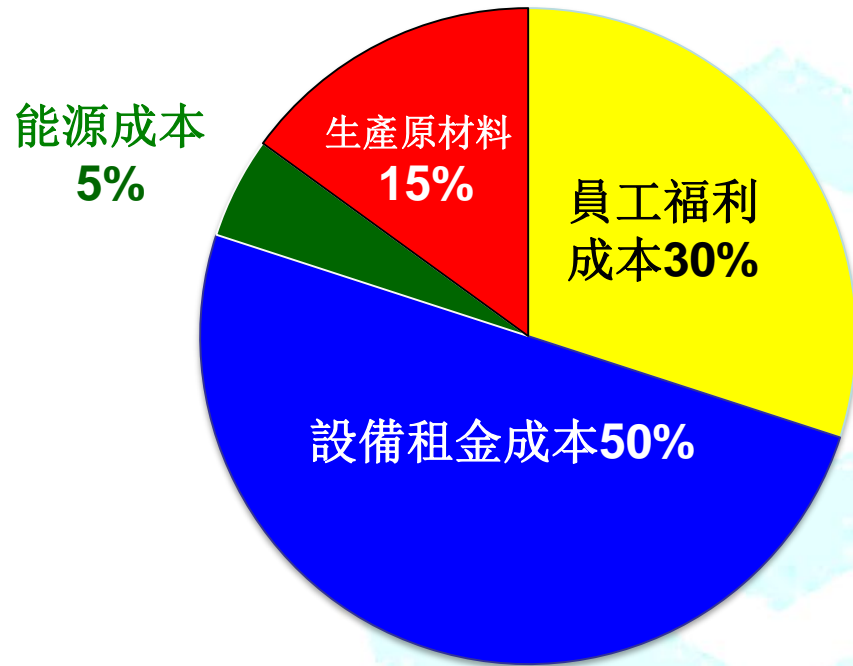
LED照明技術與智慧照明建置節能改善

題綱

- 舒適視覺照明系統的條件與照明節能技術
- LED基本特性與技術發展
- LED照明節能與法規標準
- LED的藍光問題與光生物安全議題
- 智慧照明系統與節能應用-案例說明
- Q & A



對於照明應該有正確的認知與使用習慣



- 如果企業經營中，
- 能源成本只佔10%以下，
- 照明用電又只占能源的15%以下，
- **整體照明支出只占1.5%。**
- 為什麼眼光只聚焦在節能上，
- 卻忽略了更重要的員工的健康、安全、效率與視覺舒適呢？

- ✓ 當LED燈泡120 lm/W遠遠超越節能燈泡
- ✓ 當LED燈管140 lm/W遠遠超越T5螢光燈
- ✓ 當LED路燈150 lm/W光品質超越鈉氣燈
- ✓ 該將LED照明的重心轉向健康照明了！

未來照照明控制與設計應該是注重健康、視覺舒適、與自然生態融合、天人合一的真正智慧照明！

台灣教室照明第 3 階段-電子安定器T5螢光燈 2005年後



6500K



8700K



- T5螢光燈時代教室照明品質大幅改善，照明品質提升又節電；
- 但藍光及高色溫引發學生頭暈問題開始引起重視與爭議；色溫、閃爍、眩光對視覺影響糾纏不清，教育部、環保署、省市環保局關注與投入研究及解決。某演藝人士跨界投資T5燈管燈具鍛羽而歸。

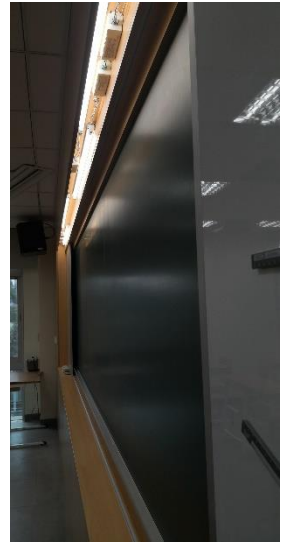
台灣教室照明第 4 階段-電子安定器LED燈 2015年後



教室名稱	LPD(W/m ²)	照度Lux	LED燈具
逢甲-科航202	5.82	494.00	LED平板燈+筒燈
逢甲-科航201	6.21	514.44	LED平板燈+筒燈
逢甲-科航204	5.81	490.28	LED平板燈+筒燈
彰化-中山國小3年8班	8.33	385.48	LED-T8/20W
彰化-中山國小5年8班	8.16	418.36	LED-T8/20W
屏東-信義國小自然教室	5.75	663.16	LED平板燈36W
台東-育仁高中觀光一	12.4	616.96	LED平板燈36W
台東-育仁高中觀光二	12.4	524.28	LED平板燈36W
台東-育仁高中觀光三	12.4	483.56	LED平板燈36W
東華大學人社系A107	7.27	670.60	LED-T8/20W
東華大學人社系A206	8.29	691.48	LED-T8/20W
東華大學人社系C110(階梯)	6.97	519.00	LED-T8/20W

(2017.05~08)12間LED燈具教室， LPD平均值: 8.32 W/m²， 平均照度539 Lux

台灣教室照明第 4 階段-電子安定器LED燈 2015年後



2019.06.21 國立台灣大學新建教室照明 LED燈具—有錢真好

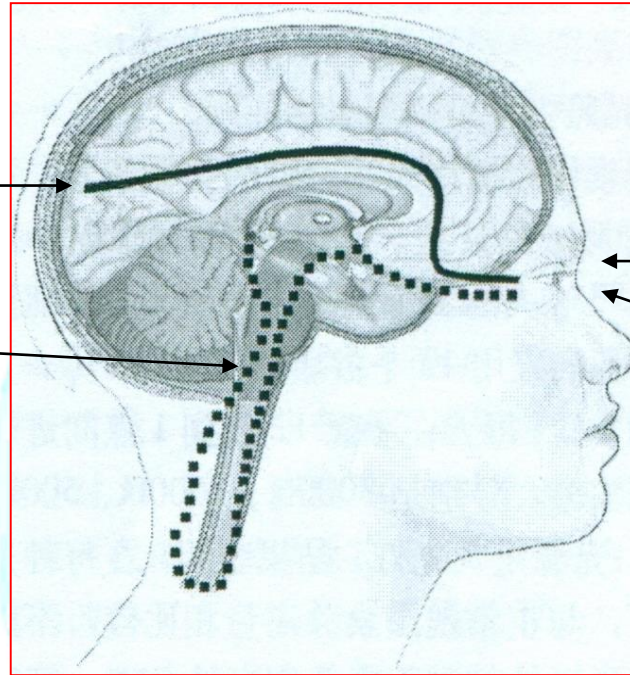
- ✓ LED燈具三大指標超越T5螢光燈，
- ✓ 藍光疑慮逐漸澄清
- ✓ LED燈泡強制檢驗，LED燈管及平板燈自願性送檢
- ✓ LED照明時代來臨，正式進入教室照明市場。

- 缺乏前瞻性思考，LED照明爭議再起：
 - (1)照明燈具的維護：相容性與互換性；
 - (2)電源內置一體式燈管？還是獨立電源供應器？
 - (3)燈管形燈具/平板燈具哪個好？
 - (4)工程招標與保固期
- 某演藝人士再度投資LED照明，再度飲恨。

人眼的 成像視覺通道 與 非成像視覺通道

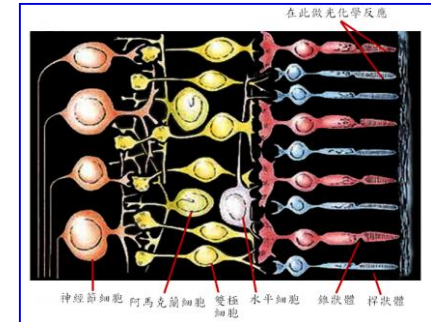
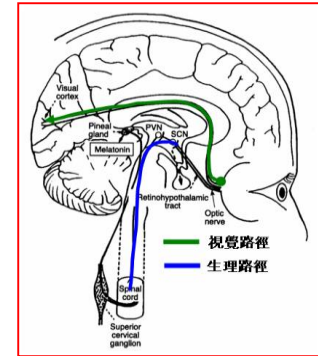
藍光對視網膜的視覺危害
(IEC 62471安全評估)

藍光對司辰視覺的影響
(晚上富藍LED白光的影響)



成像視覺通道

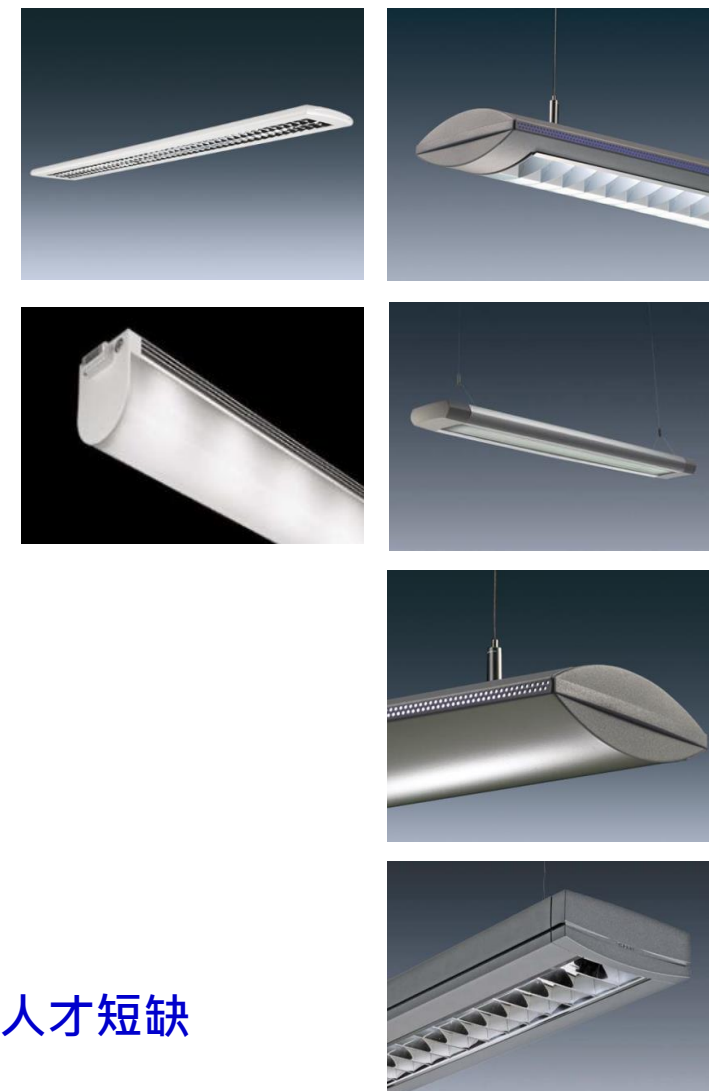
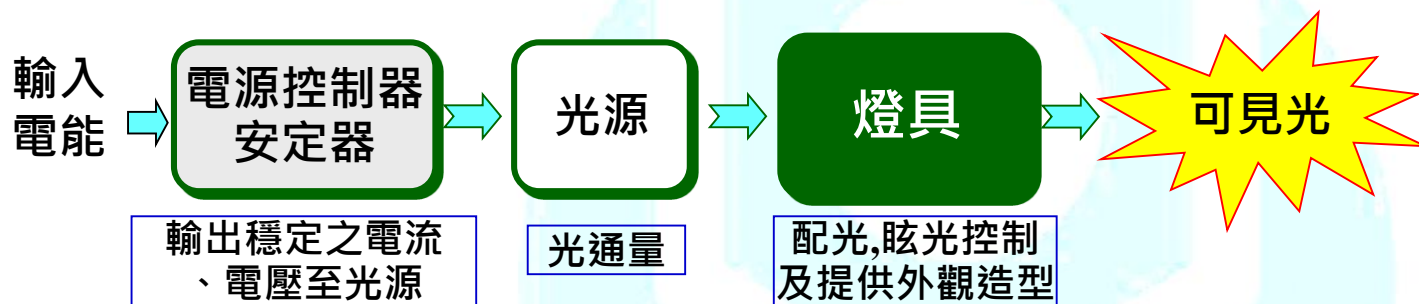
非成像視覺通道
(生物鐘和時辰)



- 長期以來人們認為人類眼睛只存在視覺作用的兩種感光細胞：**錐狀細胞**和**杆狀細胞**。2002年，美國Brown大學的David Berson發現第三類感光細胞：**司辰細胞**，才找到讓人們疑惑很久的光如何通過視網膜作用SCN產生光生物效應的“丟失的連結”。
- **司辰視覺 (circopic) 成為2002年世界十大發明。**
- 藍光的波長在450nm 左右，正好與人體的司辰視覺有關，它有較強的抑制人分泌褪黑色素的能力。

電氣照明器具組成的三大元素-燈具的設計技術與性能

- 光源體：白熾燈、螢光燈、高強度氣體放電燈、LED光源
- 電源控制器/安定器：低頻鐵磁變壓器與電子式鎮流器
- 燈具：結構支撐與配光控制



- 燈具的設計技術與配光曲線效果
- 基於健康的智慧照明性能需求與技術

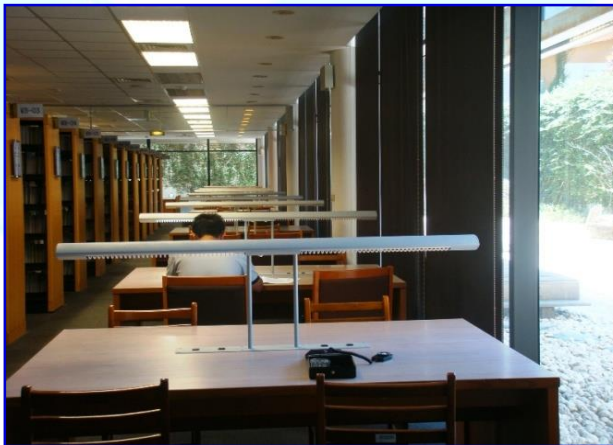
高效率照明設備(達成高效率照明品質)基本組成條件：

- 照明光源 ($\geq 150 \text{ lm/W}$) 千兵易得，供過於求
- 驅動電路 ($\geq 88\%$) 千兵易得，企業、大學院校高手如雲
- 燈具 ($\text{L.O.R} \geq 90\%$) 名將難求；高效率、高效能燈具設計人才短缺

善用天然採光-室內生活空間可以很節省照明用電

在台灣不隔熱的採光是災難

- 太陽直射輻射熱 $1000\text{W}/\text{m}^2$,
- 須更大空間(浪費建材與空間)
- 更大空調容量排熱
- 增加空調排熱負載用電



人因工程(Ergonomics)及健康人性化的照明

照明的目的在於提供優質舒適視覺光環境

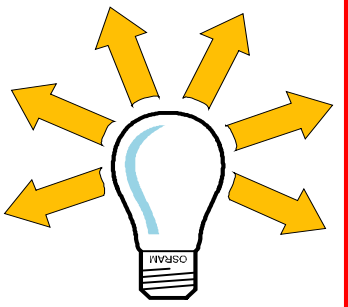
1. 充份的照度與均勻的配光(光源、燈具)
 2. 適當的輝度/亮度(光源、燈具)
 3. 避免刺眼的眩光(光源、燈具)
 4. 鮮豔自然的色彩演(顯)色性(光源)
 5. 調控氣溫感受的色溫(光源、電源控制器)
 6. 減低影響生理健康的閃爍(電源控制器)
 7. 擇優選用省電高效率發光效率(光源與燈具)
- 3.A 光害、光污染與光生物安全

這些條件是AND！不是OR或Conditional！

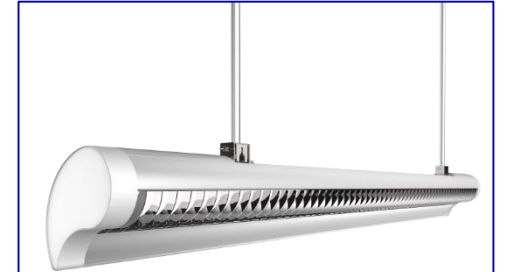


光通量 (Luminous Flux)

總光通量：測量一個**非方向性**的光源，在任意時刻、任意方向上輸出可見光的總和。



光通量是指光源輸出可見光的總和。
單位：流明 (lumen, lm)



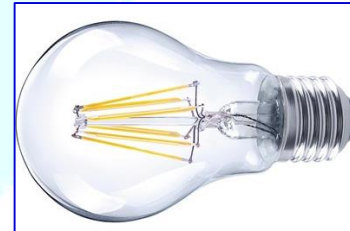
淘汰

60W OSRAM
GLS lamp



淘汰

36W OSRAM LUMILUX® Fluorescent tube



60 W 白熾燈的光通量700 lm，
光效 12 lm/W

T5/28 W 三波長螢光燈管光通
量2,800 lm，光效 100 lm/W

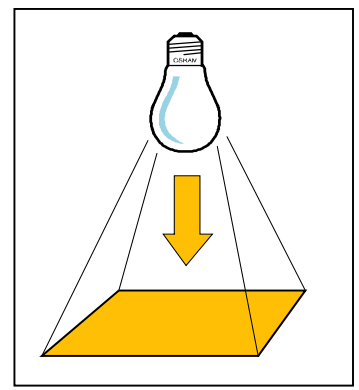
7 W LED 燈絲燈光通量
1,000 lm，光效 150 lm/W

14 W LED 燈管光通量
1,800 lm，光效 128 lm/W

照度 E(Illuminance)

合理照度與設計:照度

物體或被照面上被光源照射所呈現的光亮程度，稱為照度，符號為E，單位為勒克斯(Lux)。被照面的照度越高，則越容易清楚辨識環境。當1流明的光線均勻地分佈在1平方米的被照面積時，就產生了1勒克斯的照度。



照度是被照射表面的平均流明數
流明/單位面積

$$E(\text{Lux}) = \frac{F(\text{lumen})}{A(\text{m}^2)}$$



充分舒適的閱讀照度-看得清楚

相關標準規範要求	CIE-29.2 1986	IESNA 2000	JIS-1979 日本文部省	USSR	中國大陸 GB/T36876 -2018	臺灣 1995
平均照度(Lux)	300-500-700	500	500	300	300-500	500-750

- 1995年日本照明學會建議視力最舒適照度 (1,000-2,000 Lux)
- **眼睛不疲勞的最低要求照度500 Lux**
- 2004年日本照明學會修正建議最舒適照度 (750-1,500 Lux)
- **讀書寫字桌面應有500 Lux以上的水準**



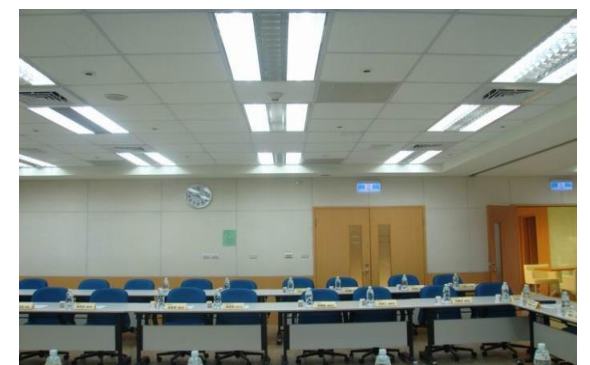
配光均勻度(Uniformity)

光在空間的分佈(配光)越均勻，視覺的感受越舒適，越不會造成眼睛的疲勞。
教室及大尺度空間配光均勻度高，視覺較佳，安全性也較高。

$$\text{對比均勻度} = \frac{\text{最低照度}}{\text{最高照度}} \geq 0.50$$

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

均勻的配光-看得舒服

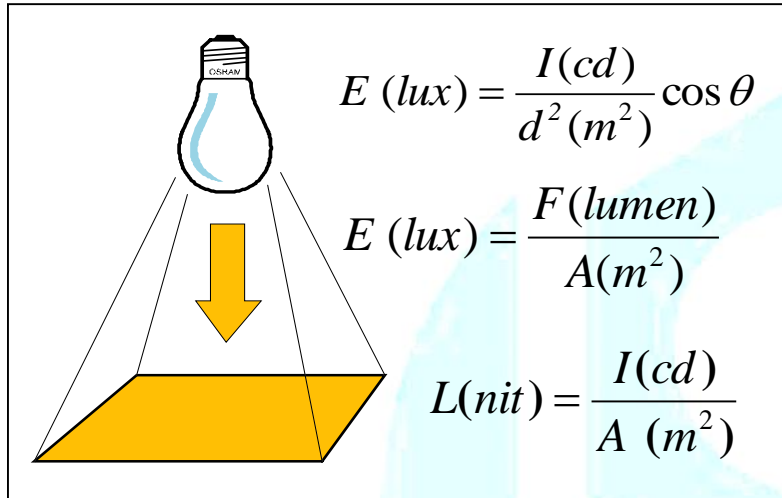


臺灣科技大學圖書照明工程改善

2006年臺灣照明學會室內照明設計首獎

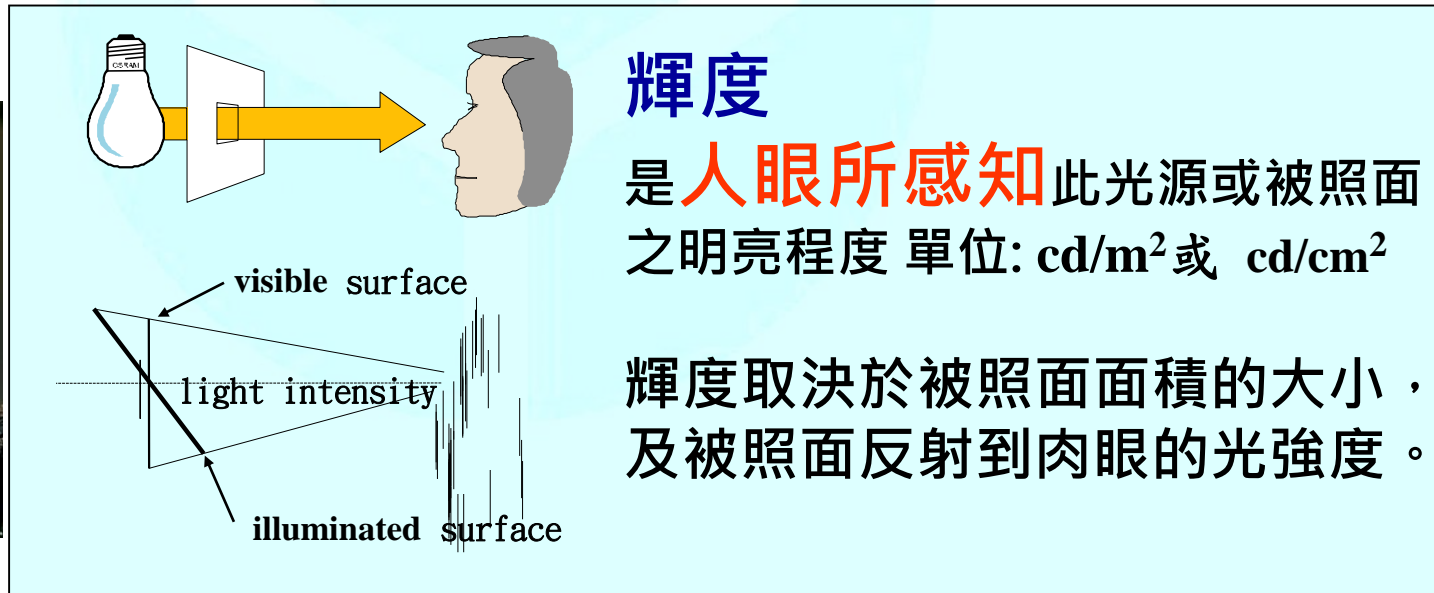


照度vs.輝度—光應用認識第一重點



要舒適健康照明，先清楚照明目的

- 照度應用：被照面(書桌閱讀寫字)
- 亮度應用：發光面(顯示器、紅綠燈)
- 照度要均勻，輝度求適當
- 光學基礎理論認知是很重要的



輝度 (Luminance) 與眩光 (Glare)



(1) 直接眩光



(2) 反射(間接)眩光



(3) 背景(對比)眩光

由眩光所引起的視覺效應:

- (1) **失能眩光**(disability glare)：降低視覺的能力，使得眼睛辨物清晰度下降的眩光。
- (2) **不舒適眩光**(discomfort glare)：令人眼睛產生不舒服感覺的眩光。



臺北醫學大學



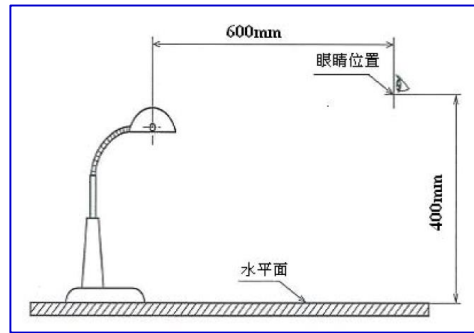
元培大學



元智大學

直接眩光-最傷害視力健康的光害

眩光(輝度)簡易量化評估法-直接眩光



檯燈的基本眩光要求
直接眩光應小於 2000 cd/m²

對比均勻度 = $\frac{\text{最低照度}}{\text{最高照度}} \leq 0.10 \sim 0.05$ → 失能眩光

對比均勻度 = $\frac{\text{最低照度}}{\text{最高照度}} < 0.05$ → 不舒適眩光

- ### 眩光光害的減低與消除
- ✓ 格柵防眩燈具的開發
 - ✓ 視野環境燈具配置的改善
 - ✓ 高效率反射板的整合考慮
 - ✓ 間接照明取代直接照明

學校教室與辦公室性質相近，但防眩光的要求更嚴格

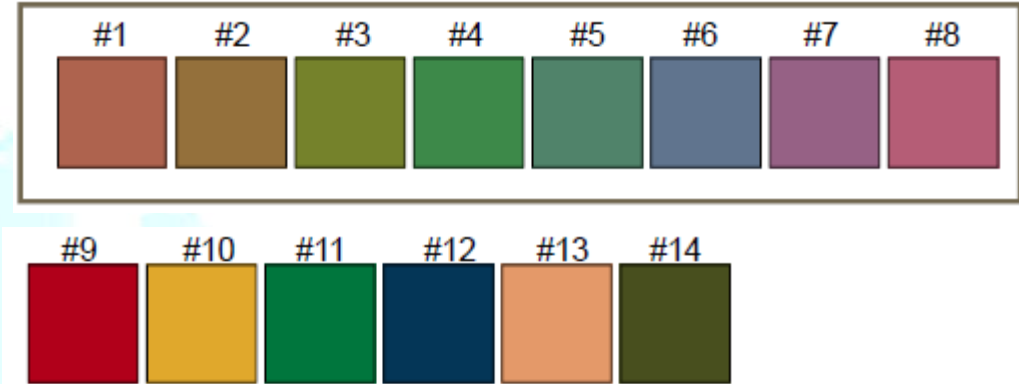


921地震後重建的錯誤工程

黑板面的嚴重反射眩光

演色性/顯色指數(Color Rendering Index, CRI)

以太陽光作基準，比較光源對於被照物各種顏色所呈現之色彩逼真程度稱為演色性(Ra)。一般是待測光源與8個參考色(R1-R8)相比較，再取其平均值。而如需針對特殊顏色(Ri)可另外要求(15色)。



$$R_i = 100 - 4.6 \Delta E_i$$

$$R_a = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 R_i$$



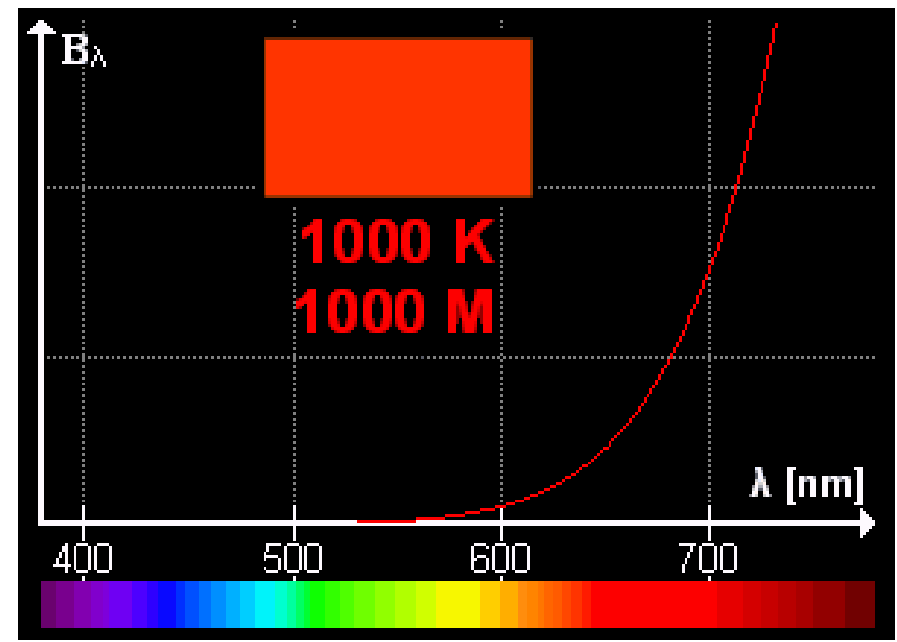
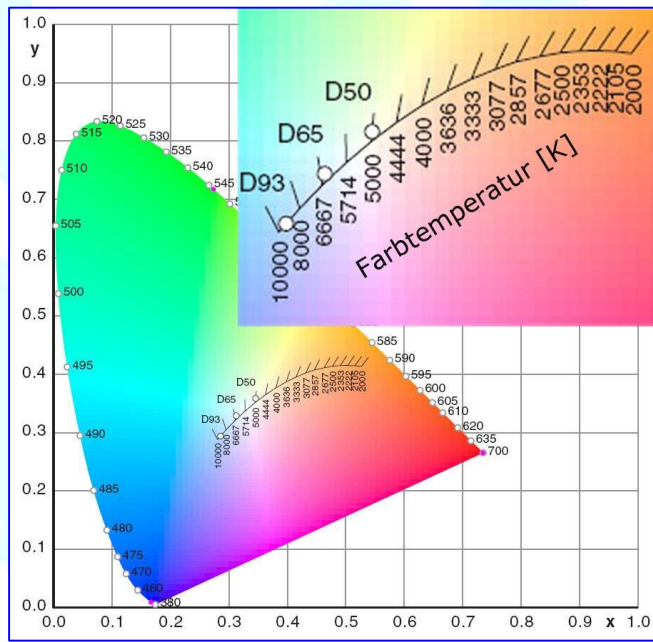
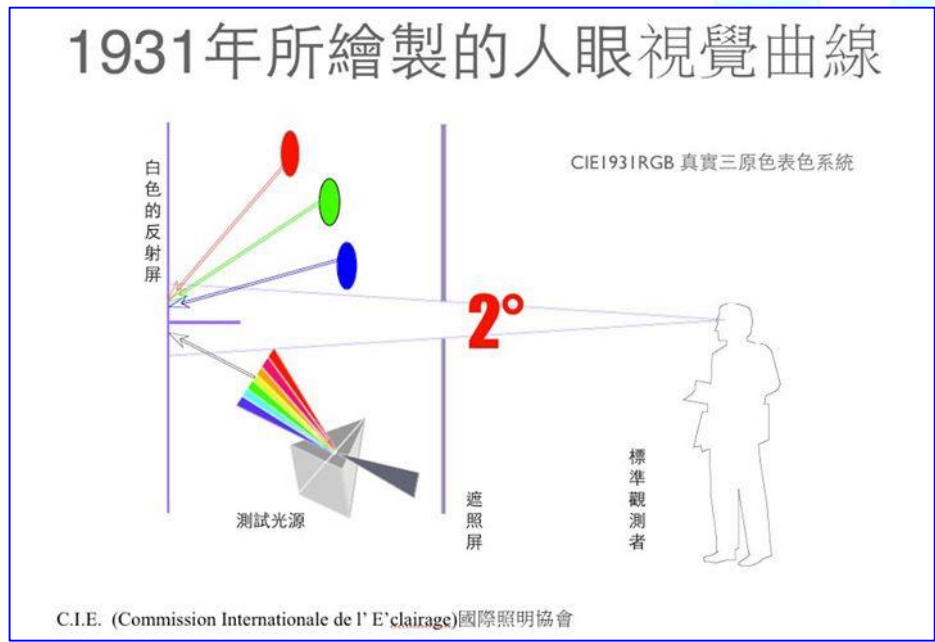
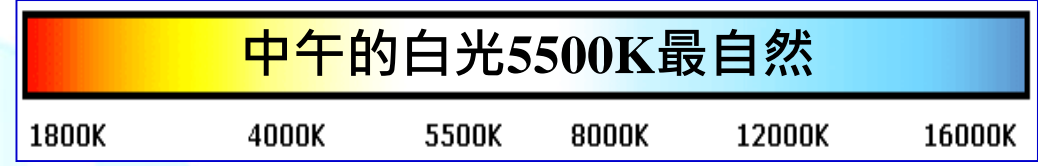
室內照明應用第一優先考慮：演色性(顯色指數)
演色性越高，色彩越豔麗，呈現色彩效果越好，心情感受也好。

色溫是什麼？ 暖色系列與冷色系列

光源所發射的**光顏色**與「黑體」在某一溫度輻射的**光顏色**相同時，這時黑體的溫度稱為該光源的**色溫度(色溫)**，單位：**K**。白天的陽光加天空藍光的平均色溫約5000-5500K；戶外色溫受氣候、雲層條件而有很大變化。

低於5000-5500K的**偏紅溫暖光**光色稱為**暖色或低色溫**；
高於5000-5500K的**偏藍冷亮光**光譜端稱為**冷色或高色溫**。

蠟燭及火光 **1900K**以下；家用鎢絲燈 **2900K**；日出後一小時陽光 **3500K**
晴天中午太陽 **5400K**，藍天無雲的天空 **10000K**以上



C.I.E. (Commission Internationale de l'Éclairage)國際照明協會

http://g.udn.com.tw/upfiles/B_NU/numen124/PSN_PHOTO/100/f_9576100_1.jpg

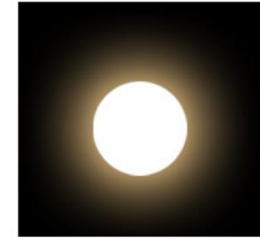
http://www.lumi-con.de/pix/cie_orig_nov12a.jpg

CIE-色度圖與色溫度的關係

色溫對情緒與學習成長的影響



1000K 2000K 3000K 4000K 5000K 6000K 7000K 8000K 9000K 10000K



(暖白3000K)



(自然白4000K)



(冷白6000K)

色溫過高

- 對未發育完全的眼睛有視覺危害
- 大腦興奮，不易睡眠
- 藍光劑量增多，有藍光危害

色溫過低

- 昏昏欲睡沒精神
- 學習無法專注



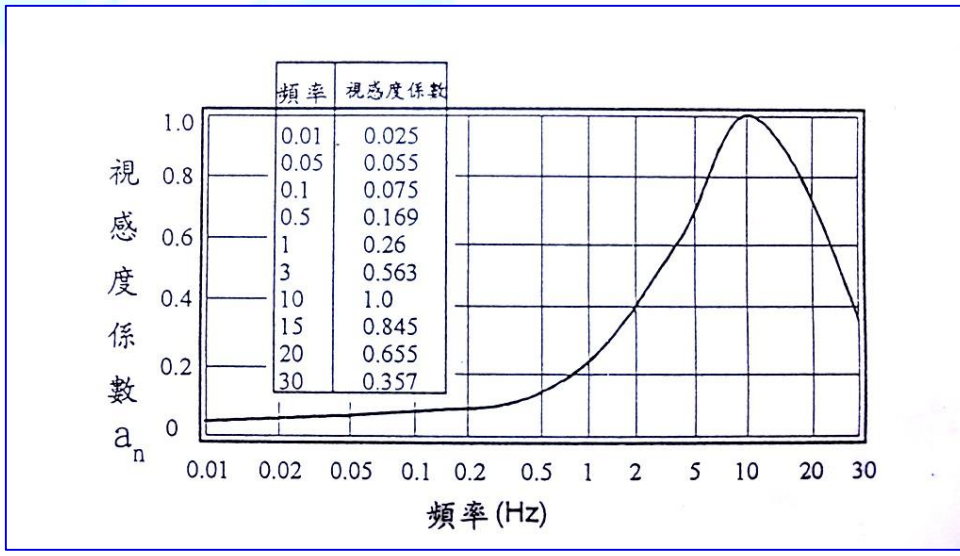
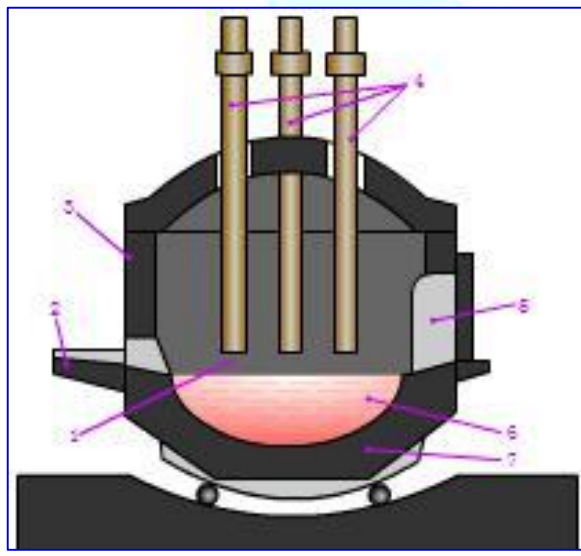
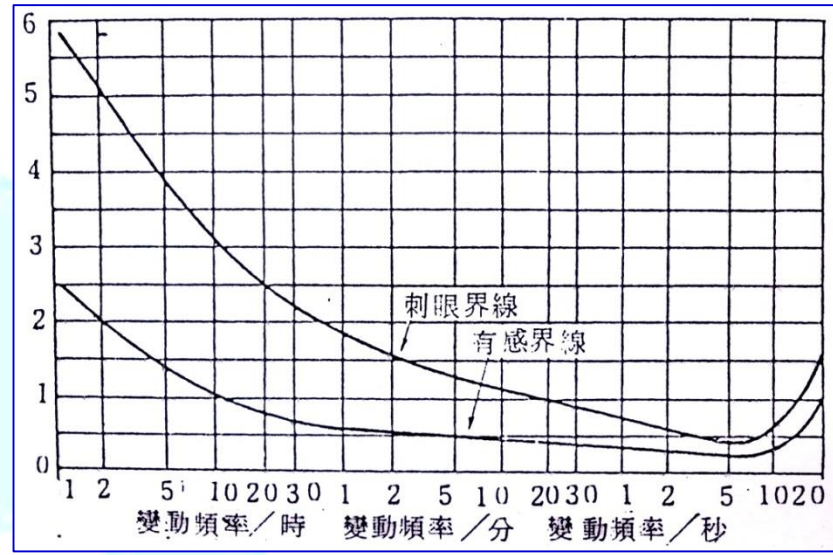
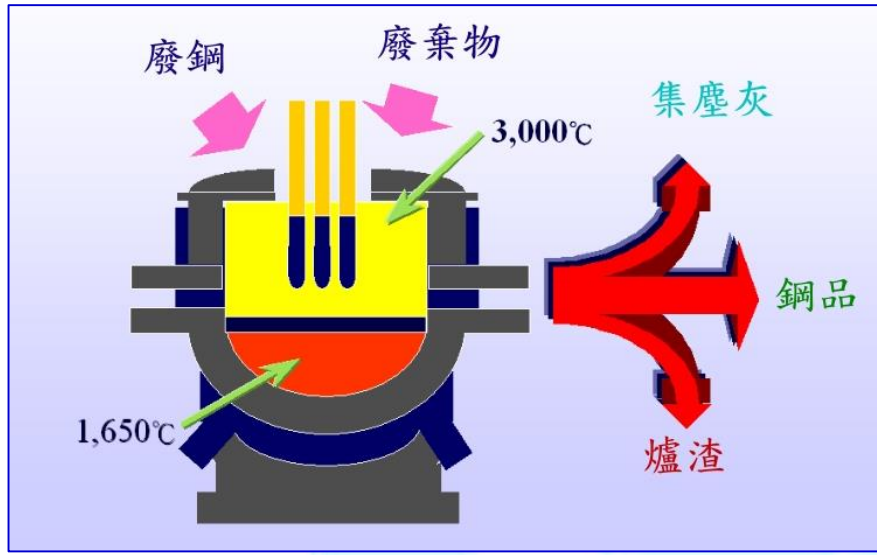
清晨色溫-清新、活力生機覺



黃昏色溫-溫暖、解除壓力



閃爍研究的起源及視覺關係



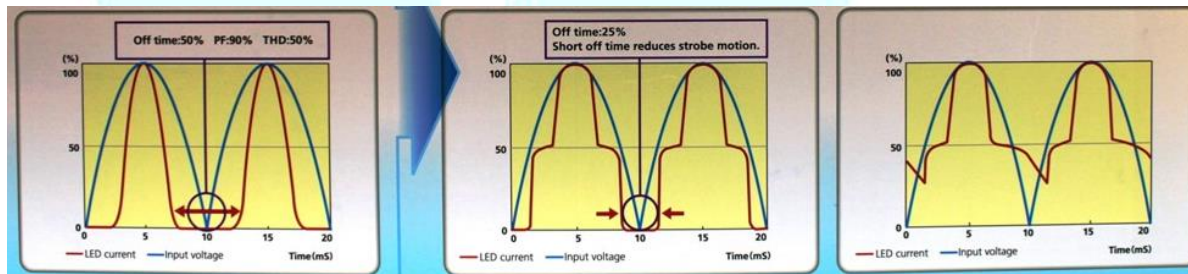
閃爍是光源、電源及施工的共同結果



新型的旋轉電扇
解決了通風引起的閃爍

消除光源閃爍需靠直流電或將電源變頻為高頻率($\geq 3,000$ Hz)去點亮螢光燈或LED燈，稱為**電子安定器(台灣)****電子鎮流器(大陸)**/LED驅動器

- 市售高頻電子安定器常用20 kHz -50 kHz，消除燈光的閃爍
- 電能損耗較鐵磁安定器(鎮流器)低，發揮節能效益



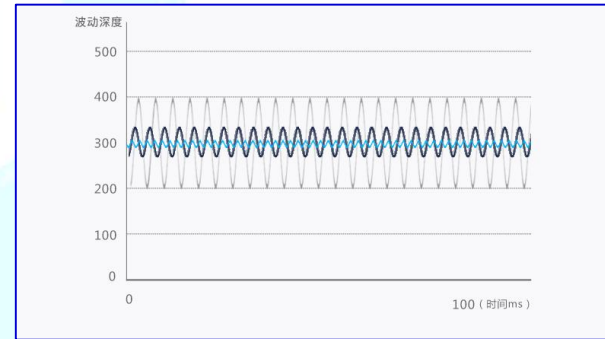
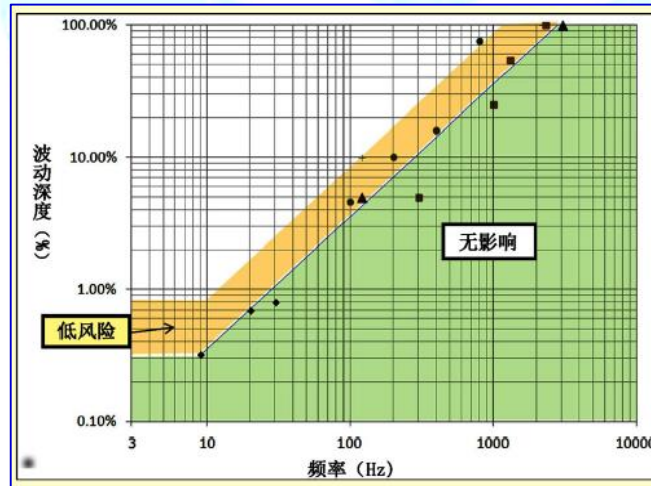
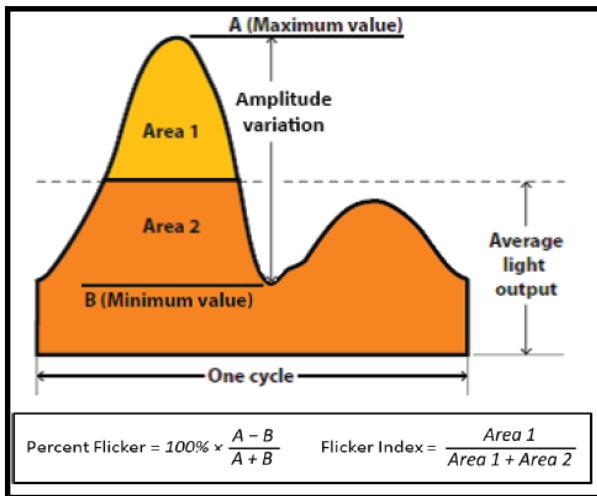
閃爍(頻閃)仍是ACLED無法解決的問題

IEEE 對閃爍的要求及頻閃的危害

IEEE (電氣和電子工程師協會) 風險評估草案《LED照明閃爍的潛在健康影響》，顯示光閃爍的危害：

- ❑ 視力衰退：眼睛疲勞、視力模糊
- ❑ 偏頭痛、嚴重頭痛、常伴惡心、嘔吐
- ❑ 視覺紊亂、閱讀串列
- ❑ 光敏性癲癇，或閃爍光誘導的癲癇發作
- ❑ 燈具的輸出光能量是在不停的閃動。閃動頻率高，肉眼感覺不到光的變化。
- ❑ 閃爍頻率在50赫茲以下時，人眼可明顯感覺到光源輸出有閃爍現象；當光的閃爍頻率在3,000 Hz以下、且波動深度不符合要求的話，會對人眼造成傷害。

閃爍指數(flicker index, FI) $FI = \frac{\Phi_{max} - \Phi_{min}}{\Phi_{max} + \Phi_{min}}$



- 閃爍暫行指標 (輸美檯燈 120 Hz)要求
- 閃爍指數(flicker index, FI) ≤ 0.05
- 閃爍百分比/波動深度(percent flicker, PF) $\leq 5\%$
- 中華民國閃爍百分比(percent flicker, PF) $\leq 2\%$
- 中華民國閃爍指數 FI ≤ 0.02

光源的發展趨勢與單位用電密度LPD

1. 發光效率(lumen/W)越高越好，節省能源。
2. 演色性高，相對演色性評價係數(Ra,或CRI) ≥ 80
3. 光色的多樣化，自低色溫(2800K)至高色溫(7500K)
4. 點燈有效壽命(小時)越長越好
5. 有效壽命期內之光束衰減率低
6. 發光穩定性高，低閃爍
7. 受電壓變動影響輕微

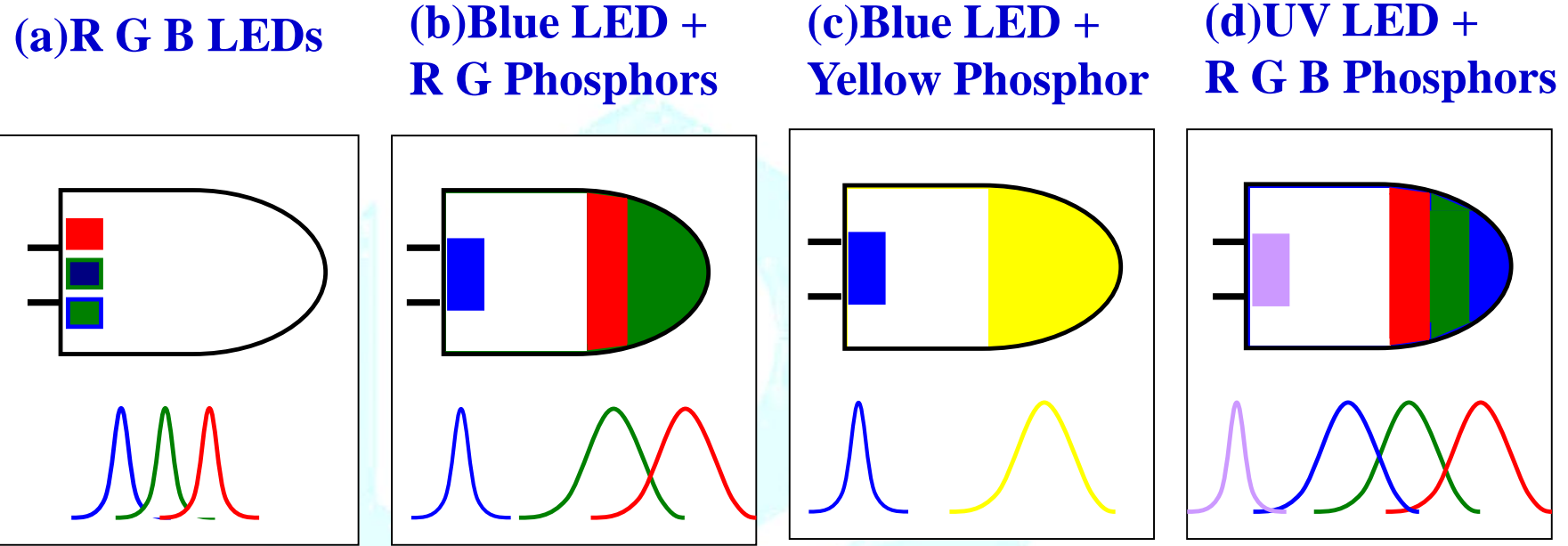


光源的選擇 1. 照度應用或輝度應用 4. 閃爍
考慮的方向 2. 演(顯)色性 5. 節能(發光效率)
3. 色溫

單位面積的照明用電密度(**Lighting Power Density, LPD**)：
常用來評估與比較照明合理用電情形，定義為光環境內所有照明設備的總消耗電功率 P 除以光環境總面積 A ，即

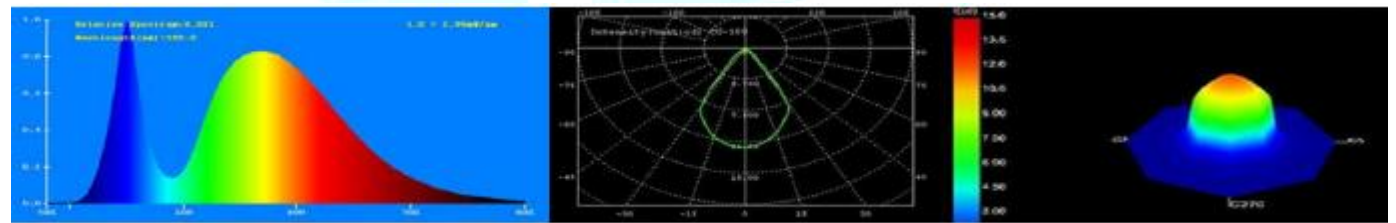
$$LPD = \frac{P(W)}{A(m^2)}$$

白光 LED 的發光方式

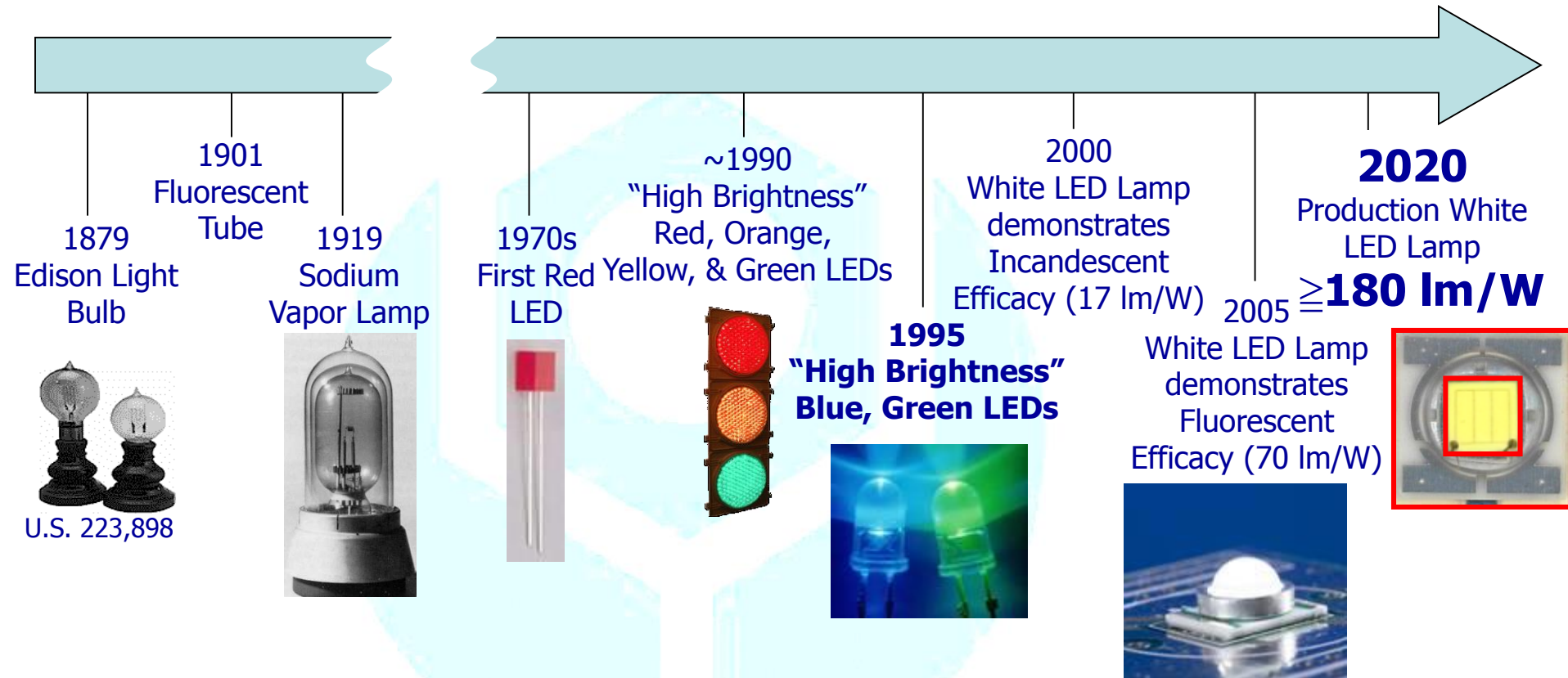


組成白光之方法: (a) R G B LEDs混色成白光；(b)藍色LED激發多色螢光粉；
(c)藍光LED+YAG螢光粉；(d) UV LED+R G B螢光粉

LED光源真的有藍光傷害？對策與檢測結果呢

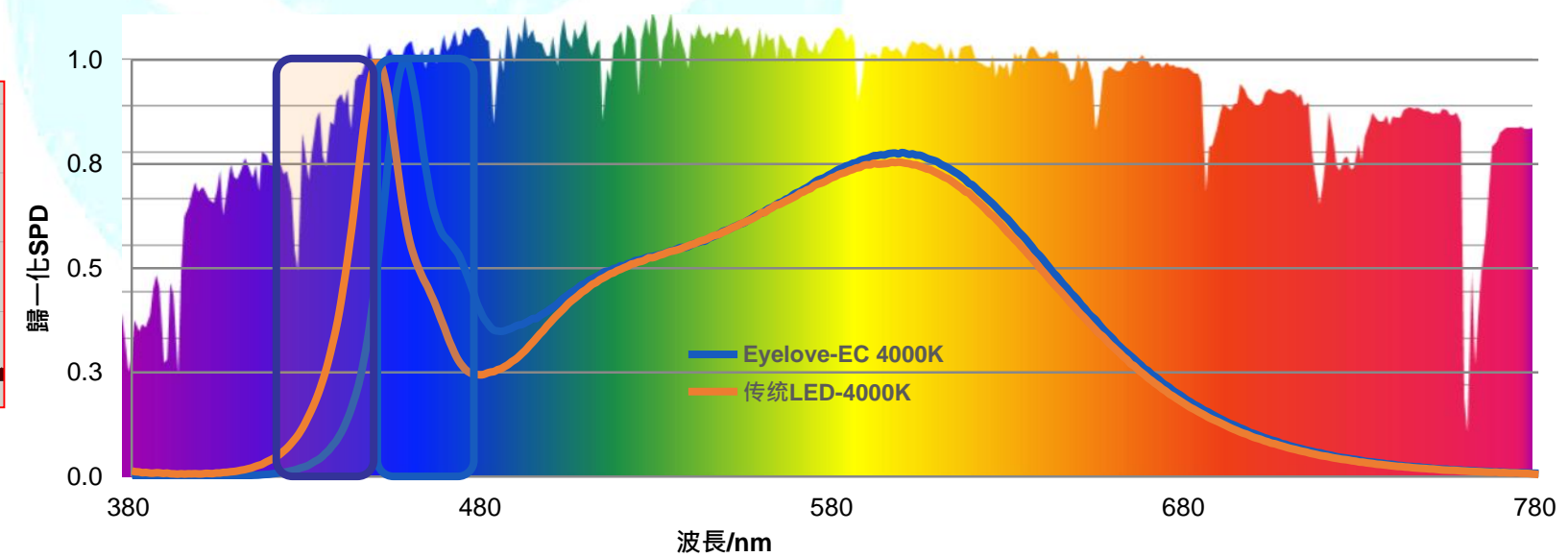
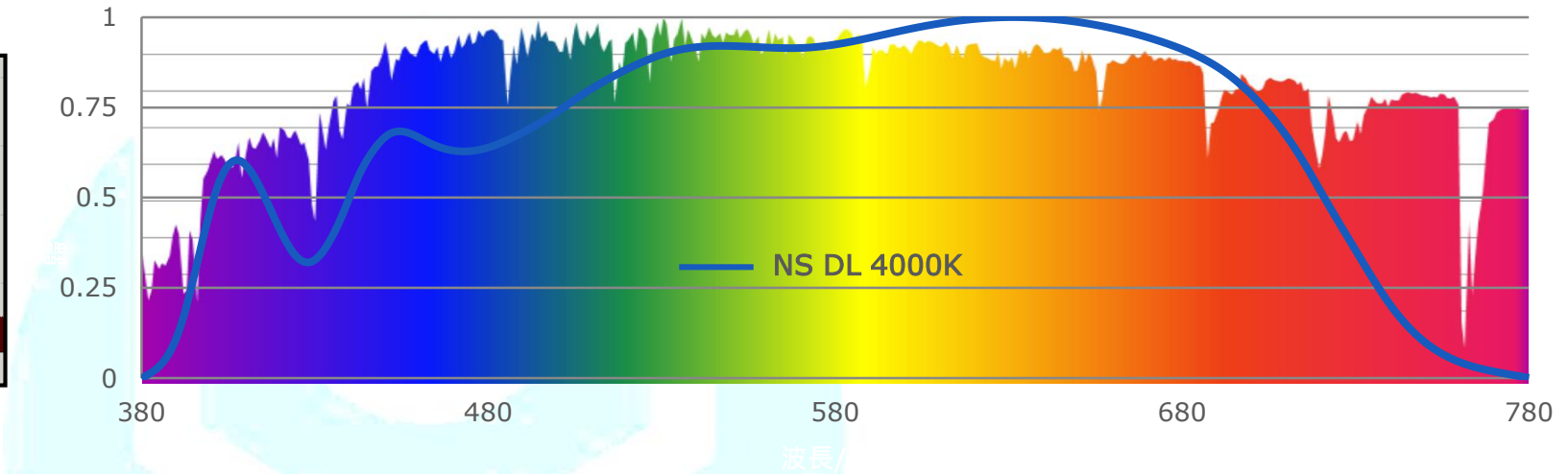
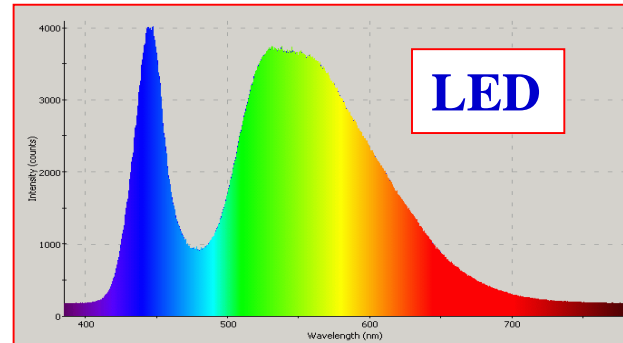
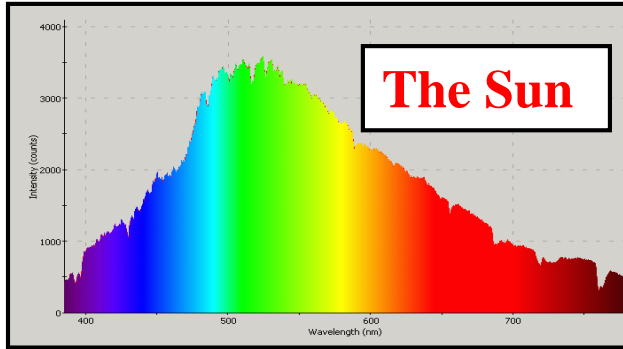


...A Brief History of Lighting



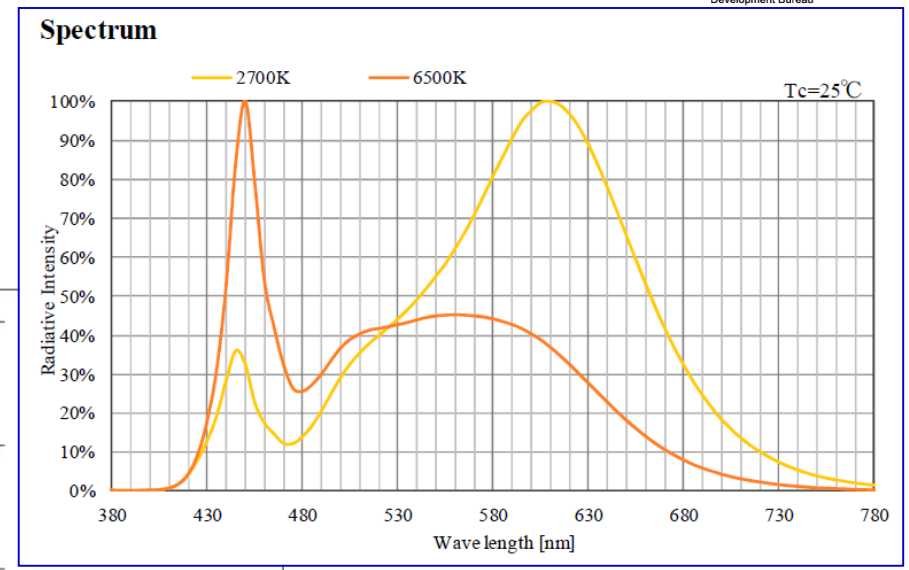
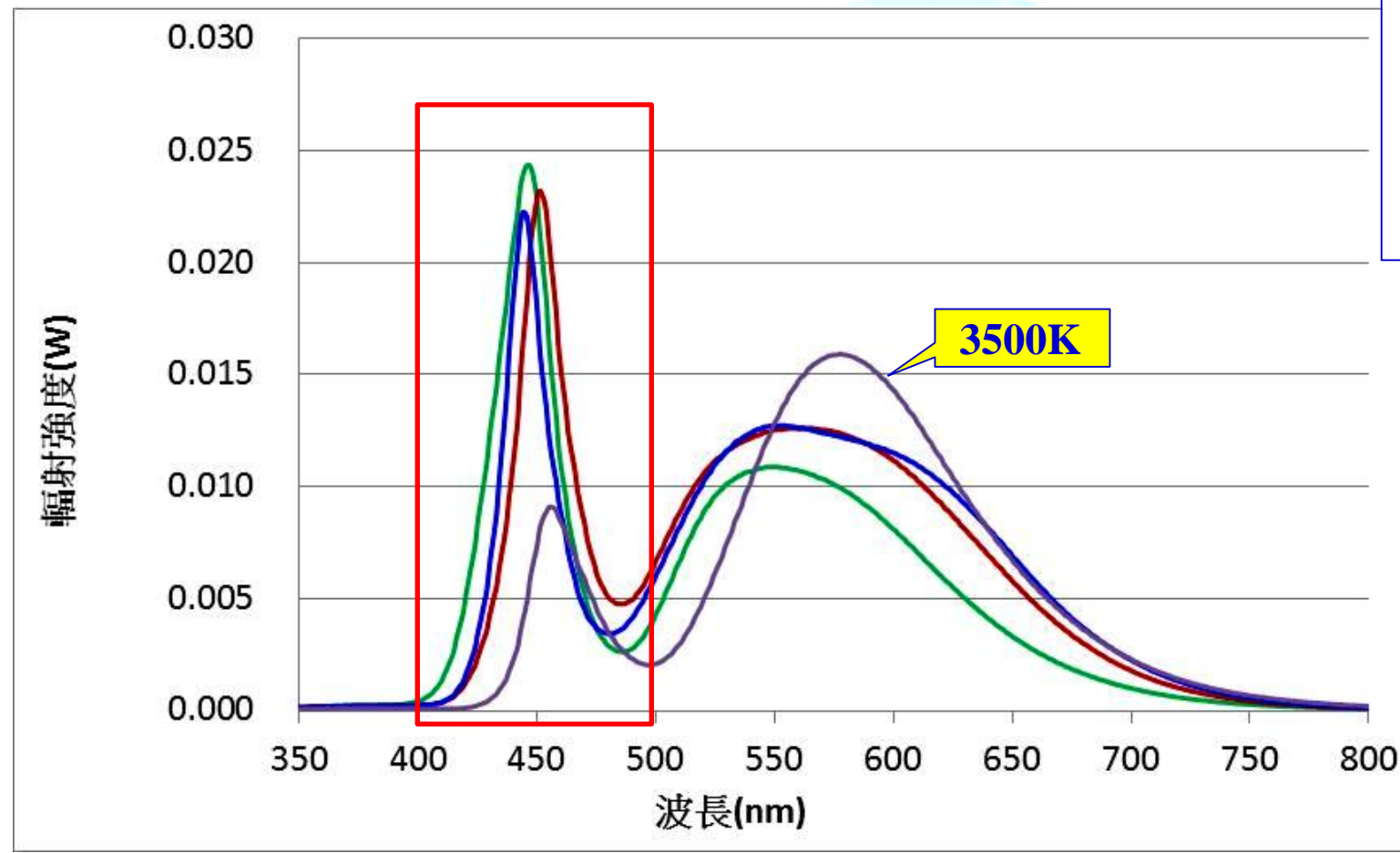
□ Current lighting technology is about 140 years old.
□ LEDs began as just indicators, but are now poised to become the most efficient light source ever created.

類陽光/視覺全頻譜的健康光-LED光源的新趨勢



白光LED光譜

✓ 低色溫 (3500K)以下光源的藍光成份甚低；無藍光光害之虞。



- 6700K
- 5700K
- 5000K
- 3500K

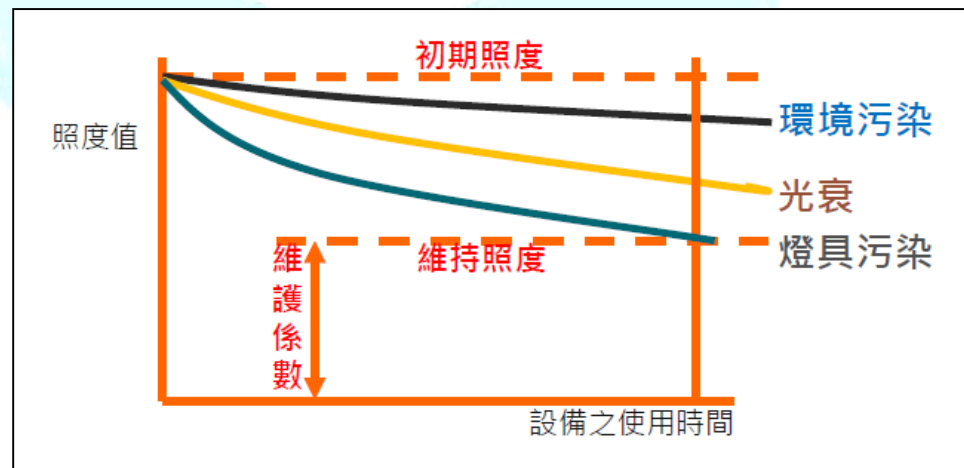
基本上
4000K以下/演色性80以上的LED光源
是被接受為無藍光危害之光源

光束維持率與光源壽命 L70

新光源的光通量最大，隨著點燈時間的推移，光輸出開始下降。光束維持率就是用於表徵光輸出下降的程度。光源點燈經過一段時間，光通量僅剩初期的70%時(衰減30%)，期間的發光時數稱為光源有效壽命L70。

燈具的維護率(維護係數)

- **燈具積塵減少率(luminaire dirt depreciation factor, LDD)**，北美照明學會將燈具依結構與型式分為六大類，房間灰塵的產生與累積，分為很乾淨、乾淨、中等、多灰塵與很多灰塵之骯髒環境等五條曲線。
- 燈管會因使用年久、老化、發光材料耗損等而減低輸出的光通量，稱為**燈管的流明減少率(lamp lumen depreciation factor, LLD)**。



常用光源的重要照明參數比較

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

1. 節能、高光效；無環境污染；壽命長
2. 高演色性(顯指)，色彩鮮豔、自然
3. 可調整色溫及亮度，營造舒適自然光環境
4. 電力電子高頻切換技術(3,000 Hz 以上)，無頻閃

**LED光源光電特性樣樣領先傳統光源，
藍光傷害眼睛健康的禍首是手機及平板電腦；
LED光源時代，正式來臨！**

照明工程規劃設計

1. 決定照度目標或規範需求
2. 燈具的選定與照明效率之計算
3. 維護係數的決定
4. 計算所需燈具

$$NF = \frac{EA}{(LLD) \times (LDD) \times (CU)} = \frac{EA}{UM}$$

F: 每盞燈所發出之光通量(lm)
N: 燈具之總盞數
A: 面積(m²)
M: 維護率，維護係數(%)
U: 照明利用率(%)
E: 設計照度目標(lux)
LLD: 光衰補償係數(0.7-0.9)
LDD: 燈具積塵補償係數(0.6-0.9)

安裝後之初期照度與有效壽命內之照度

$$\text{有效照度 } E = \frac{N \times F \times (LLD) \times (LDD) \times (CU)}{A}$$

$$\text{初期照度 } E = \frac{N \times F \times (CU)}{A}$$

節能關鍵：(CU, U)

燈具結構、配光效率

設計目標 = 招標規範 ≠ 驗收照度 = 初期照度



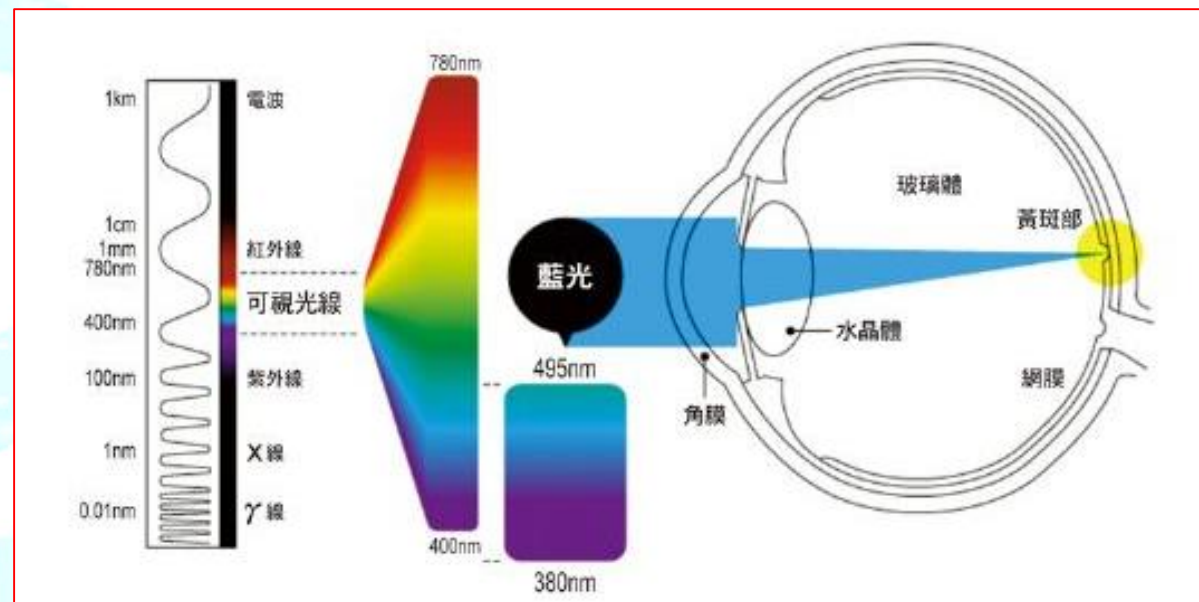
台灣大學新建閣振興國際會議中心LED



高照度、高均勻度、低眩光、無閃爍的光環境是室內高照明品質的理想目標 2019.06

新議題：視力保健與光源的選擇：No.1 光生物安全性

藍光(Eerie Blue Glow)傷害：藍光造成眼睛黃斑部慢性傷害而影響視力



藍光不會被角膜和水晶體吸收，可直接穿透至眼底視網膜。若吸收過多藍光，可能導致水晶體內的蛋白質被破壞，呈現白濁狀，加速視網膜色素細胞和感光細胞的退化，提高網膜細胞酸化損傷的可能性。



(IEC/EN 62471)藍光危害分級及可停留時間

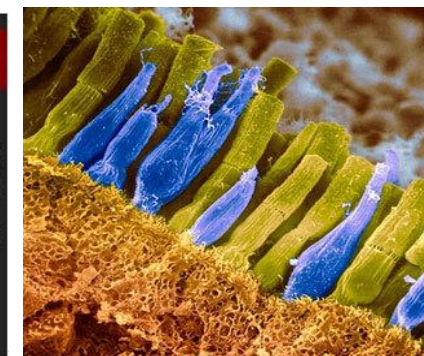
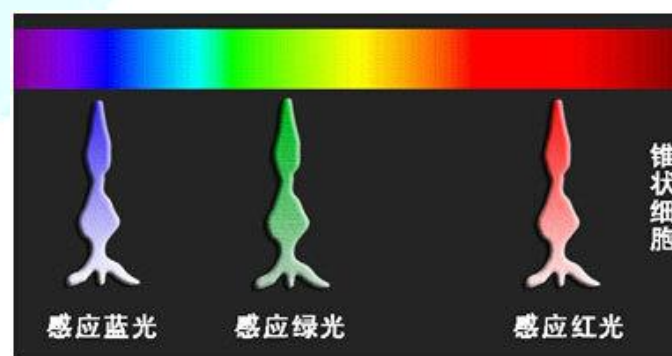
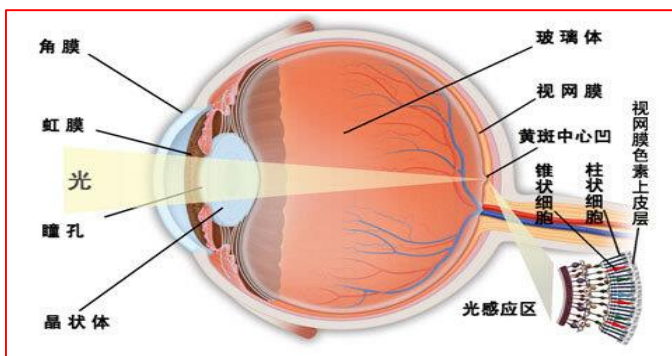
藍光的危害：

LED的光輻射安全主要為：**LED藍光對人眼視網膜的光化學損傷**

- 引起視網膜**色素上皮細胞的萎縮**導致視力下降
- 導致**黃斑病變及白內障**
- **抑制褪黑色素的分泌**，影響睡眠
- 眼球長時間處於緊張狀態，**引起視疲勞**、注意力無法集中

暴露時間與危險組別的關係

危險類別	類別名稱	相應的 t_{max} 的範圍 (s)
RG0	無危害	> 10,000
RG1	低危害	100~10,000
RG2	中等危害	0.25~100
RG3	高危害	< 0.25



燈具的功用、性能與節能效益

燈具的目的與功用

- 有效配光與投光，增加被照面照度
- 控制刺眼的眩光，使視覺舒適
- 外觀造型設計，協調性與實用性



強制性/自願性檢驗-台灣商品檢驗標識

強制性安規認證制度



強制性產品驗證

目前針對LED室內用燈具要求
安全性及EMC檢測

自願性產品認證制度



自願性產品驗證

近期將提供LED路燈之檢測服務

商品檢驗標識

經濟部標準檢驗局

(J) C1 0000000



大陸安規驗證



China Compulsory Certification

自願性節能標章



自願性環保標章



環保標章



MEPS- LED 燈泡能效基準 (2014/7/1)

2021/1/1生效

發光效率基準 (流明/瓦， lm/W)	非指向型			指向型	
	額定光通量 大於200流 明(1m)	額定光通量 200流明(1m)以 下，大於50流 明(1m)	額定光通量 50流明(1m) 以下	燈泡出光面 實測最大外型 尺寸大於50.8 公釐(mm)	燈泡出光面實 測最大外型尺 寸50.8公釐 (mm)以下
額定色溫 2700k 3000k 3500k	70.0 105.0	65.0 75.0	40.0 45.0	60.0 90.0	55.0 80.0
額定演色性指數 (CRI) 在95以上者，不適用本基準。					
額定色溫 4000k 5000k 6500k	75.0 105.0	70.0 75.0	40.0 45.0	65.0 90.0	60.0 80.0



光污染、光生物安全(藍光)列入強制檢驗

LED 燈泡節能標章能源效率基準

- 適用範圍：應施檢驗安定器內藏式LED燈泡，60 Hz、單相AC 50 V以上、300 V以下之非指向型LED燈泡。LED燈泡燈帽型式以B型或E型為限。
- 測試方法：CNS 15630 (一般照明用安定器內藏式LED燈泡 (供應電壓大於50V) -性能要求)試驗方法

106年3月1日生效

中低色溫 2700K, 3000K, 3500K	發光效率基準 (lm/W)	≥ 850.0	≥ 110.0
高色溫 4000K, 5000K, 6500K,	發光效率基準 (lm/W)	≥ 90.0	≥ 120.0
顏色偏移實測值	$(\Delta u'v')_{1000}$	≤ 0.005	
顏色偏移實測值	$(\Delta u'v')_{3000}$	≤ 0.007	
光束維持率	1000 小時	≥ 97%	
光束維持率	3000 小時	≥ 95%	

演色性(CRI) ≥ 80 ; R9 > 0 ; 功率因數 ≥ 0.90 ;
光生物安全性須符合CNS 16047 「無風險等級」類別。



室內照明燈具節標章能源效率基準

- 室內照明燈具：不分LED光源或螢光燈光源，統一適用
- 適用範圍：符合中華民國國家標準(以下簡稱CNS)14335與14115之燈具
- 測試方法：依據國際照明委員會標準(CIE)70、84及121試驗方法

不分色溫

108年08月23公告修正 2020.09.01 生效

吸頂或懸吊式燈具	發光效率基準 (lm/W)	≥ 125.0
筒燈、嵌頂	發光效率基準 (lm/W)	≥ 110.0
具向上光輸出之懸吊式燈具	向上光束比 (%)	7.0% ~14.0%
光型規定 I	I_0 / I_{\max}	0.65 ~ 0.85
光型規定 II (投光角度 θ)	$\theta_{(1/2)I_{\max}}$	$\geq 38^\circ$
投光方向立體角80度內累積光通量	$F(80^\circ\text{sr}) / F(\text{total flux})$	≥ 0.8

閃爍指數(Flicker index, FI) ≤ 0.02 ，閃爍百分比(Percent flicker, PF) $\leq 2\%$
 演色性(CRI) ≥ 80 ；R9 > 0 ；功率因數 ≥ 0.90 ；UGR ≤ 19.0
 光生物安全性須符合CNS 15592「無風險等級」類別。

在此基準下，室內螢光燈光源被徹底淘汰出局。

辦公室及營業場所燈具節能標章能源效率基準

- 適用光源：LED 及其他傳統光源(螢光燈、高壓鈉氣燈)
- 適用範圍：符合中華民國國家標準(以下簡稱CNS)14335與14115之燈具
- 測試方法：依據國際照明委員會標準(CIE)70、84及121試驗方法

不分色溫

106年10月18公告施行

格柵燈具及平板燈具	發光效率基準 (lm/W)	≥ 100.0
天井燈、筒燈/嵌燈、中東型燈、山型燈、工事燈、層板/支架燈等開放型燈具	發光效率基準 (lm/W)	≥ 120.0
具向上光輸出之懸吊式燈具	向上光束比 (%)	7.0% ~14.0%
光型規定 I	I_0 / I_{\max}	0.65 ~ 0.85
光型規定 II (投光角度 θ)	$\theta_{(1/2)I_{\max}}$	$\geq 38^\circ$
投光方向立體角80度內累積光通量	$F(80^\circ\text{sr}) / F(\text{total flux})$	≥ 0.8

閃爍指數(Flicker index, FI) ≤ 0.02 ，閃爍百分比(Percent flicker, PF) $\leq 2\%$
 演色性(CRI) ≥ 80 ；R9 > 0 ；功率因數 ≥ 0.90 ；UGR ≤ 19.0
 光生物安全性須符合CNS 15592「無風險等級」類別。

LED平板燈具節能標章能源效率基準

- 適用範圍：除檯、桌、床邊及落地燈具外，符合經濟部標準檢驗局最新公告之(CNS) 16047規定，或經經濟部能源局認定之平板燈具。
- 測試方法：依據國際照明委員會標準(CIE)70、84及121試驗方法

108年6月27日公告，109年7月1日生效

中低色溫 (小於5000K)	發光效率基準 (lm/W)	≥130.0
高色溫 (5000K以上)	發光效率基準 (lm/W)	≥140.0
各平面距高比		≥1.2
光束維持率	1000 小時	≥ 97%
光束維持率	3000 小時	≥ 95%

閃爍指數(Flicker index, FI) ≤ 0.02，閃爍百分比(Percent flicker, PF) ≤ 2%

演色性(CRI) ≥ 80；R9 > 0；功率因數 ≥ 0.90；UGR ≤ 19.0

光生物安全性須符合CNS 16047「無風險等級」類別。

亮度平均值應低於CNS 16047規定之亮度限制基準。



2020年高效率 LED 平板燈產品

LED 直下式平板燈 – BSMI 版



600x600x35 (mm)
40 W / 4000 lm
100 lm/W Ra>80

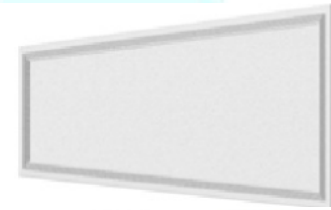


符合2020.09.01 最新節能標章能效基準
的 LED 平板燈將是機關辦公室的新主力

節標版




600x600x65(mm)
22 W / 3500 lm
160 lm/W > 140 lm/W
Ra>80
符合無閃頻要求
2階式電源架構



1220x30x65(mm)
20 W/3000 lm
150 lm/W > 140 lm/W
Ra>80
符合無閃頻要求
2階式電源架構

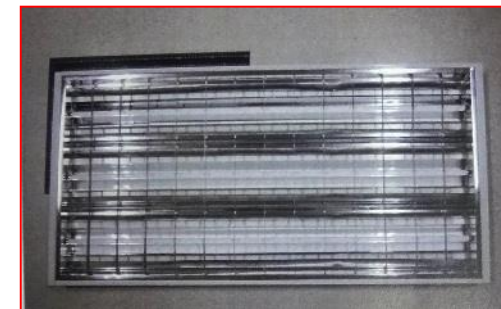
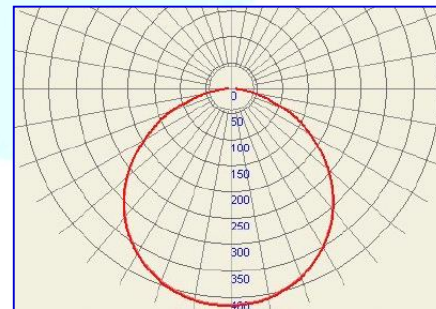
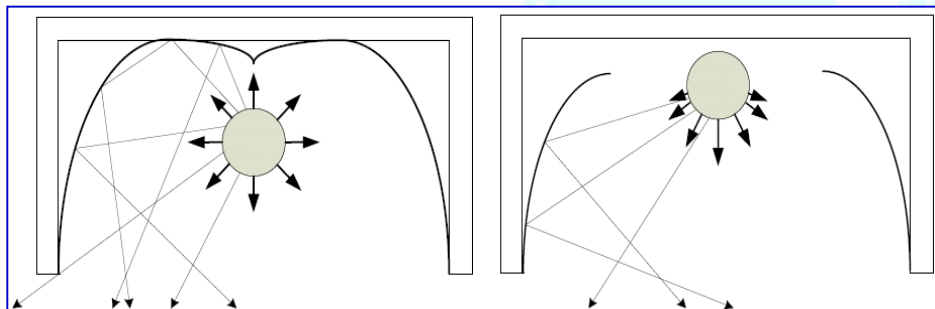


 **Energyled** 華能光電惠允使用

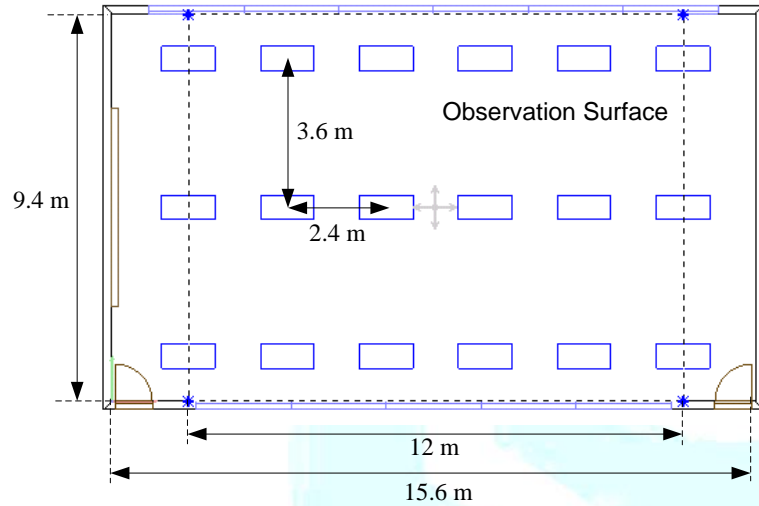
教室照明汰換為LED燈管/燈具/平板燈的選擇

	型式1 換裝 LED燈管(沿用舊燈具)	型式2 全套換裝 (重新換LED 燈具)
燈具本體	沿用既有燈具	重新換全新燈具
驅動電路	內置於LED燈管內	單獨電源控制器外置於燈管外
電器回路	小幅修改	新配置
發光效率	略差	較佳
初期設備成本	較低	較高
更換燈管成本	高(小組件損壞，換整燈管)	低(燈管/電源可個別更換)
未來智慧控制	難，仍須整套燈具更換	易，換電源控制器即可
施工安全及便利性	較差，更換時間長	較佳，整套更換快速

螢光燈具直接汰換裝LED 燈管適合嗎？



智慧照明第一步：先要有高效率的燈具



- 採用batwing設計新高效能LED燈具所安裝之空間，單位用電密度較T8節省100%!
- 2020年全新LED燈具單位用電密度(LPD)只要4~5W，就可以得到 500 Lux !

照明品質參數		LED T-BAR 燈具	市售 T5 燈具	市售 T8 燈具
觀察面總評估	平均照度 (lux)	541	695	769
	最小照度 (lux)	377	404	455
	最大照度 (lux)	638	975	1,001
	最小/平均照度	0.697	0.581	0.592
	最小/最大照度	0.593	0.414	0.455
	單位用電密度(W/m ²)	7.37	11.08	14.73

LED燈管的分類-你能弄得清楚嗎？

型式代碼	燈管種類	適用燈管	相對應標準
TYPE A	直接替換型	直接替換型 LED 燈管 替換螢光燈管型 LED 燈管	CNS 15438 CNS 15829
TYPE B	非直接替換型	安定器內藏型 LED 燈管 整合型 LED 燈管	CNS 15438 CNS 15983
TYPE C	直流型	安全超低電壓直流型 LED 燈管	CNS 15438
TYPE D	直流型	GX16t-5 燈帽直流型 LED 燈管	CNS 62931

燈管設計		燈管設計	型式代碼	適用標準及類型	適用燈具(用途)
 	<p>☐ LED 驅動器 + LED 模組; ▷ LED 模組</p> <p>■ 過電流保護裝置; P 燈帽觸電防護機構</p>	 			
 	<p>☐ LED 驅動器 + LED 模組; ▷ LED 模組</p> <p>■ 過電流保護裝置; P 燈帽觸電防護機構</p>	 	C1	CNS 15438 安全超低電壓直流型 (定電壓型)	用於配置安全超低電壓 LED 驅動器 (控制裝置)、由單邊燈座供應直流電壓之燈具
 	<p>☐ LED 驅動器 + LED 模組; ▷ LED 模組</p> <p>■ 過電流保護裝置; P 燈帽觸電防護機構</p>	 	C2	CNS 15438 安全超低電壓直流型 (定電流型)	用於配置安全超低電壓 LED 驅動器 (控制裝置)、由單邊燈座供應直流電流之燈具
 	<p>☐ LED 驅動器 + LED 模組; ▷ LED 模組</p> <p>■ 過電流保護裝置; P 燈帽觸電防護機構</p>	 	D1	CNS 62931 GX16t-5 燈帽直流型	用於配置 LED 驅動器 (控制裝置)、由單邊燈座供應直流電流之燈具



高效率 LED 燈管

T5 LED-燈管
直接替換型




- 高效型:140 lm/W Ra > 80
- 普銷型:100 lm/W Ra > 80
- 符合CNS15829/15592規範
- 可搭配電子安定器專用

T5 LED-燈管
AC IN



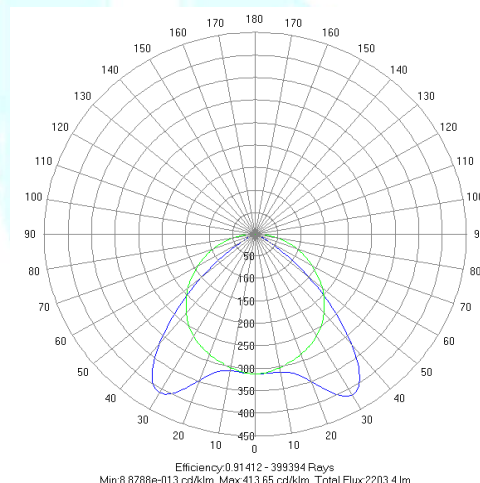
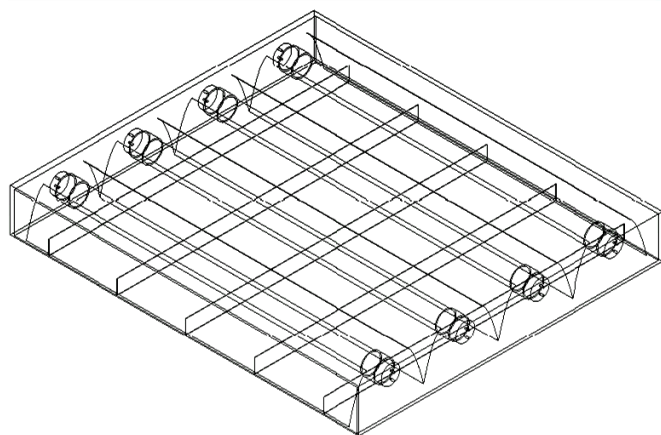
- ✓ 高效型:140 lm/W Ra > 80
- ✓ 普銷型:120 lm/W Ra > 80
- ✓ 符合CNS15438/15592規範
- ✓ 不可搭配電子安定器
- ✓ 無頻閃

 Energiled 華能光電惠允使用

LED T-BAR燈具性能評估- (重新設計LED燈管燈具)

重新設計LED T-Bar燈具光學類比

1. 4 LED 燈管 (45 W 含驅動電路)
2. 材質反射率 82 % (安裝5 片格柵)
3. 均勻蝠翼形配光
4. 器具效率L.O.R = 91.4

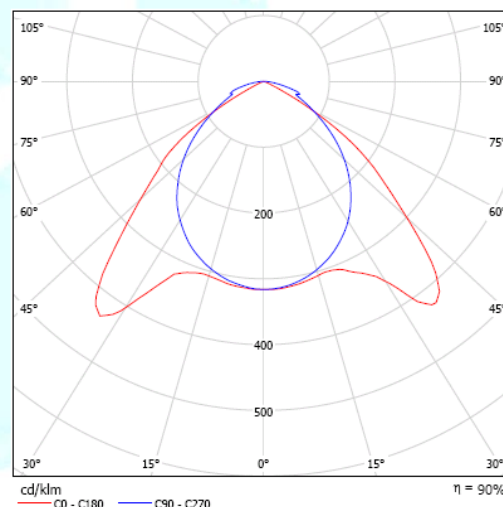


Note: The results are simulated by TracePro v.6. LED tube is set 1,000,000 rays.

LED T-BAR燈具光學模擬

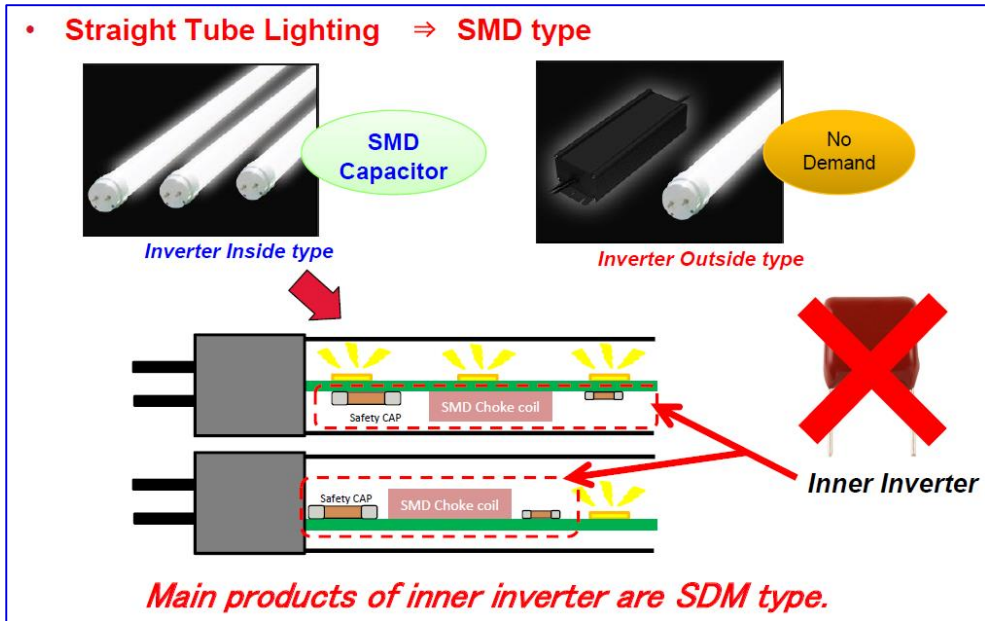
這是一盞創造奇蹟的高效率燈具

- 如果使用140 lm/W的LED，器具效率 ≥ 131 lm/W
- 如果使用150 lm/W的LED，器具效率 ≥ 137 lm/W
- 如果使用200 lm/W的LED，器具效率 ≥ 182 lm/W
- 直接升級更換新高效率LED燈管即可。
- 全世界LED燈管均可適用！



LED T-Bar燈具實測資料 一次實作 L.O.R = 90.3 %

LED燈管之電源供應器爭議：(1)電源內置；(2)電源外掛



誰對？



PK



LED燈管之電源供應器電源內置的初始考慮因素：不必換燈具、省錢；一失足成千古恨
LED燈管之電源供應器電源外掛的初始考慮因素：更換與維護

教室照明改善該選擇LED燈管或LED平板燈具？

某照明公司產品及應用案例



- 功率：36W
- 功率因數：PF > 0.9
- 色溫：5000K
- 顯示指數：> 90
- 產品尺寸：300×1200×12mm



- 面板採用微晶防眩超薄設計珠面光學透光板，實現防眩。
- 高顏色還原能力、中等色溫光源，光譜更完整，光線更柔和，更接近自然光。
- 電流補償及修正的精密恒流設計驅動，光穩定輸出，無光頻閃危害。具有更高的節能效果，比普通燈具節能50%。

沿用舊的螢光燈具(燈具效率 $\leq 60\%$)，只換成LED燈管，節電效果有限，燈管又五花八門，搭配不當，安全及性能都有問題；最好：

- 直接整套更換成新設計LED燈具
- 直換換裝LED平板燈
- 燈具效率都大於 90%

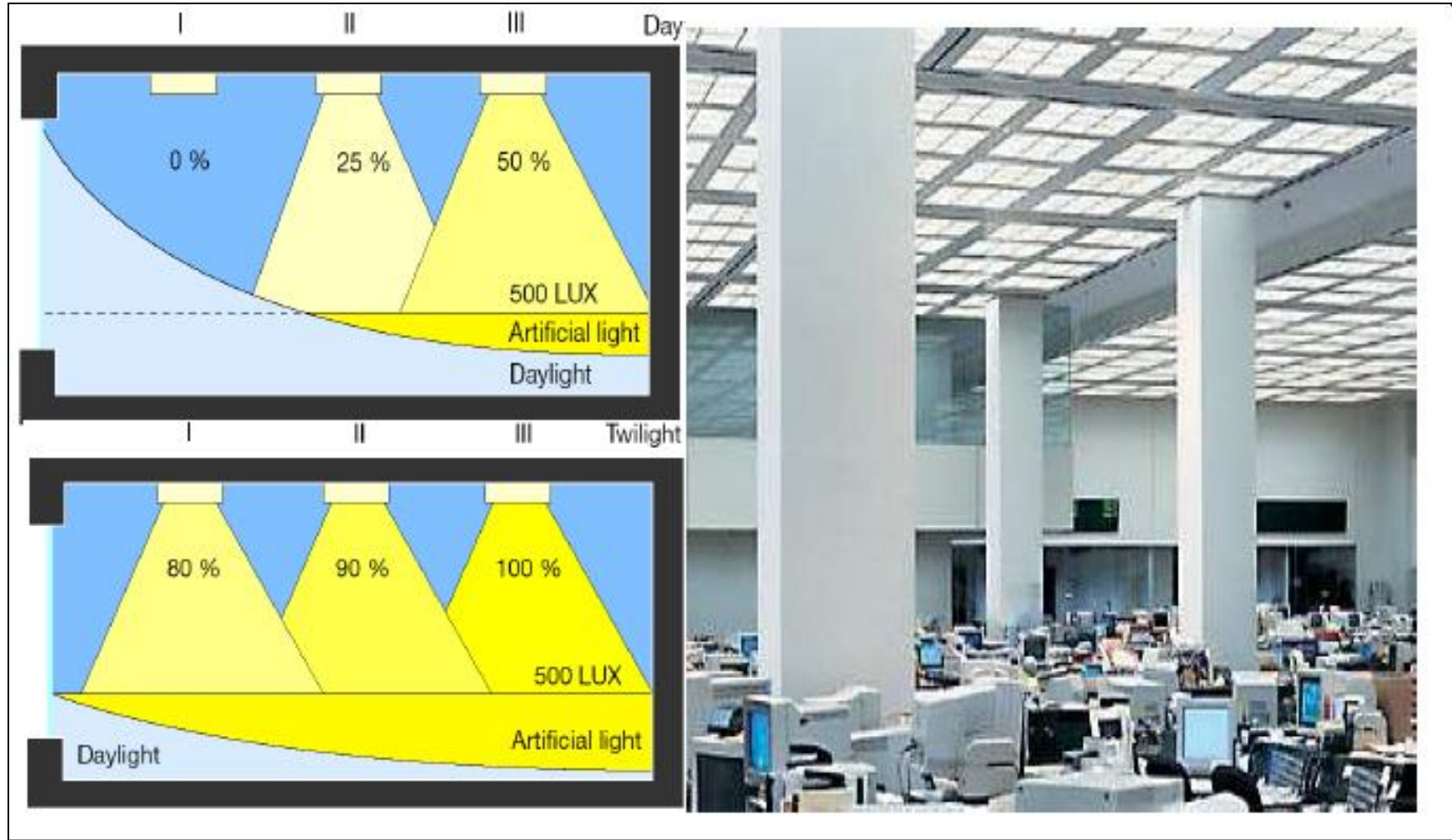
舒適閱讀光環境-教室照明品質的評鑒基準-量化要求

1. 教室課桌區平均照度500 Lux以上，
2. 黑板區750 Lux以上，
3. 電子安定器(頻率25 kHz以上)，節電及避免可察覺閃爍；
4. 光源演色性(顯色指數)大於80；
5. 色溫以5000~5500K為最佳，可彈性選擇(4000K~6500K)
6. 制定眩光管制，教室視野內，直接眩光輝度應小於 2000 cd/m²
7. 單位元用電密度小於 15 W/m²(螢光燈)； 15 W/m²(LED燈) ⇒ 10 W/m²(LED燈)





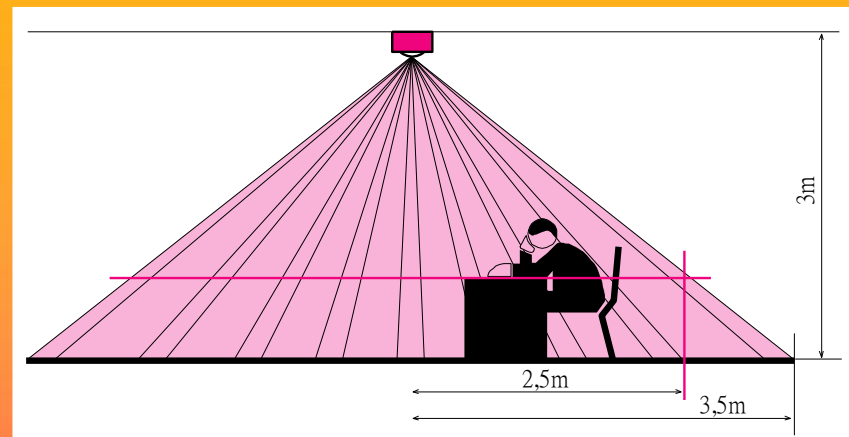
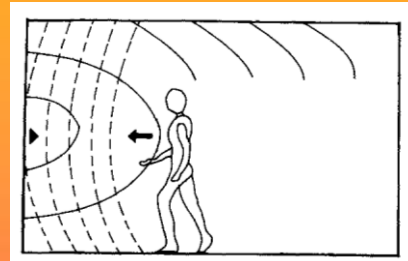
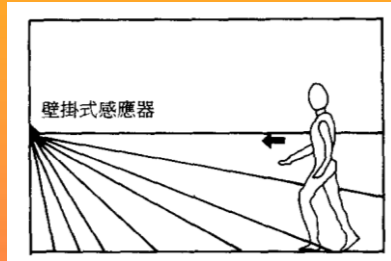
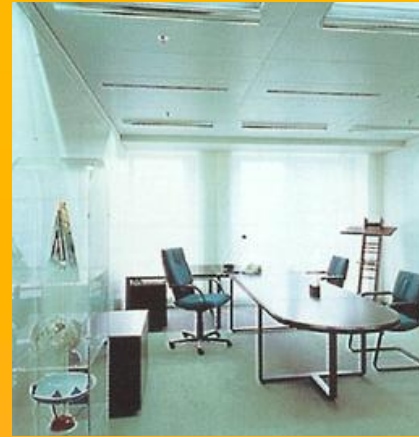
晝光感應功能 Daylight



配合晝光自動或手動調節照明

點滅頻繁的照明應用以LED最適合

- 配合晝光感知器，當太陽光線足夠時，可自動地調降靠窗燈具的亮度或關閉燈具。
- 裝設熱感應開關在會議室、會客室、廁所...等場所，有人時自動開燈，沒人時自動關燈，既方便又可減少照明用電。



5G時代將來臨-設備精簡的基地台+路燈



飛利浦 RoadFlair 路燈 (平板燈)

- 120~140 lm/W
- 3000K · 40000K · 5000K · 5700K
- 散熱佳，適用於 -40 至 50°C 環境
- 多種透明和耐候型PC光學透鏡，滿足所有道路和街道照明應用要求。
- 智能控置要求：可控制和調光，兼容飛利浦最新道路照明智能互聯解決方案CityTouch Flex系統連接應用，標準戶外調光通訊協議。

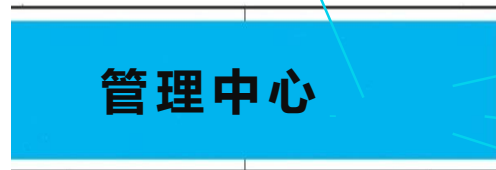
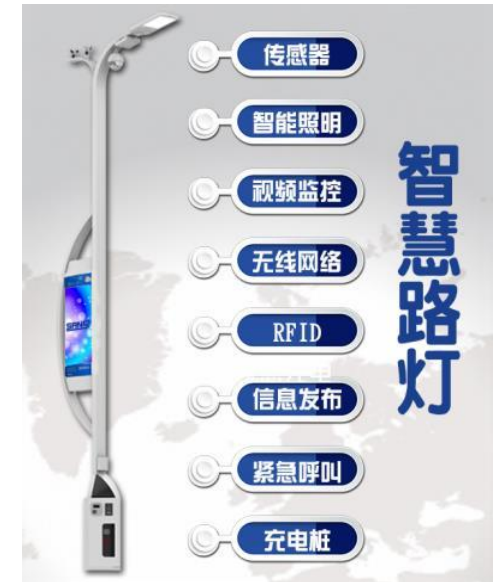
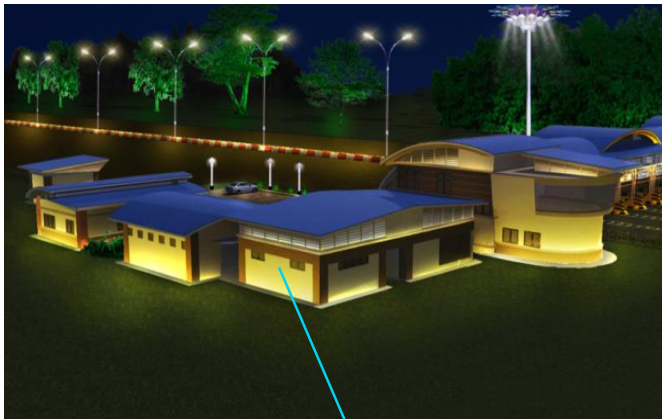
28 GHz：數位系統，語音+影片+物聯網。

資料傳輸速度：20 Gbps (2.0×10¹⁰ bits/sec) 是4G速度的50~100倍

智慧照明應用-室外路燈篇

路燈燈桿是智慧城市建置通訊網路、提供智慧生活的最佳節點，多功能燈桿成為重要基礎設施。

集燈光控制、環境監測、車流資訊、預警救護、遠端看護、導航定位等功能於一體。

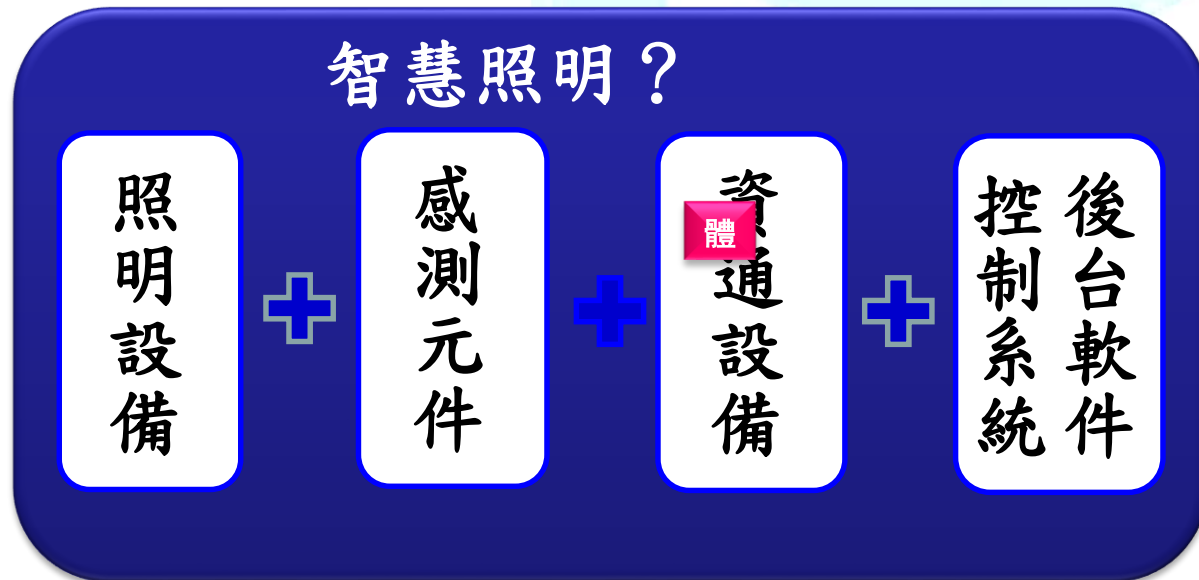


值得深思的話題與檢討：
真的需要這麼多功能嗎？

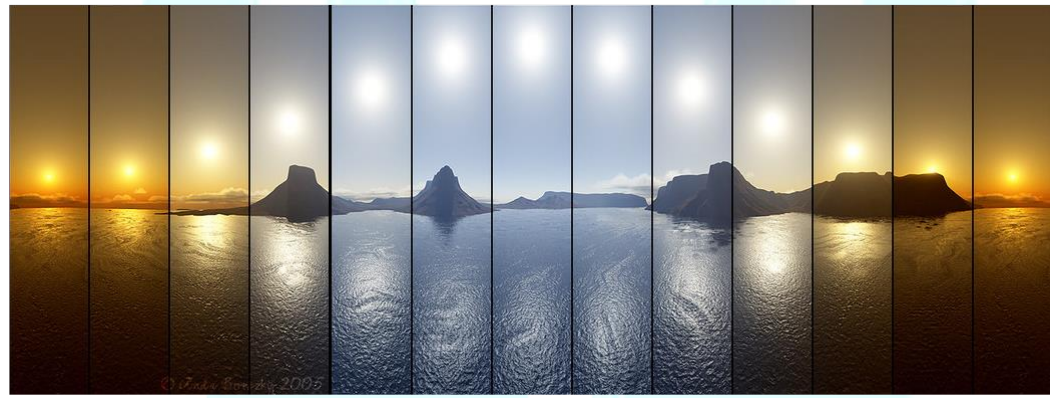
一般人對智慧照明認知與基本組成？

一般看法與定義：智慧照明是由照明設備、感測元件、資通設備及後台軟件(控制系統)等軟硬體整合而成，透過感測元件收集資料、共用大數據分析、**提供高效能照明及智慧城市其他應用解決方案**。

這種定義與認知，本身就不是智慧**，典型唯物主義；
缺乏**人性與因需及必須的自然哲學態度**。**

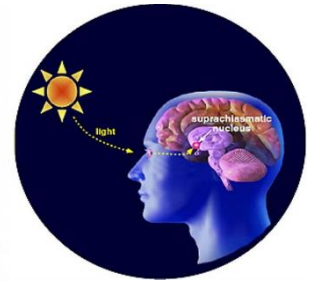
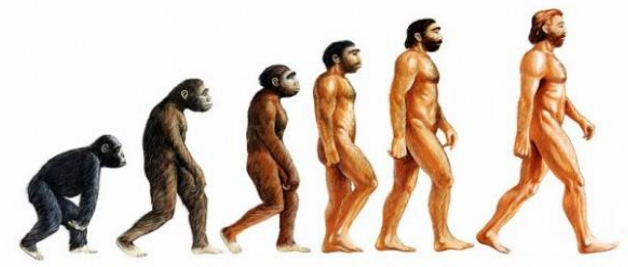


人類生活作息配合陽光在 5:00 ~ 20:00 之間活動



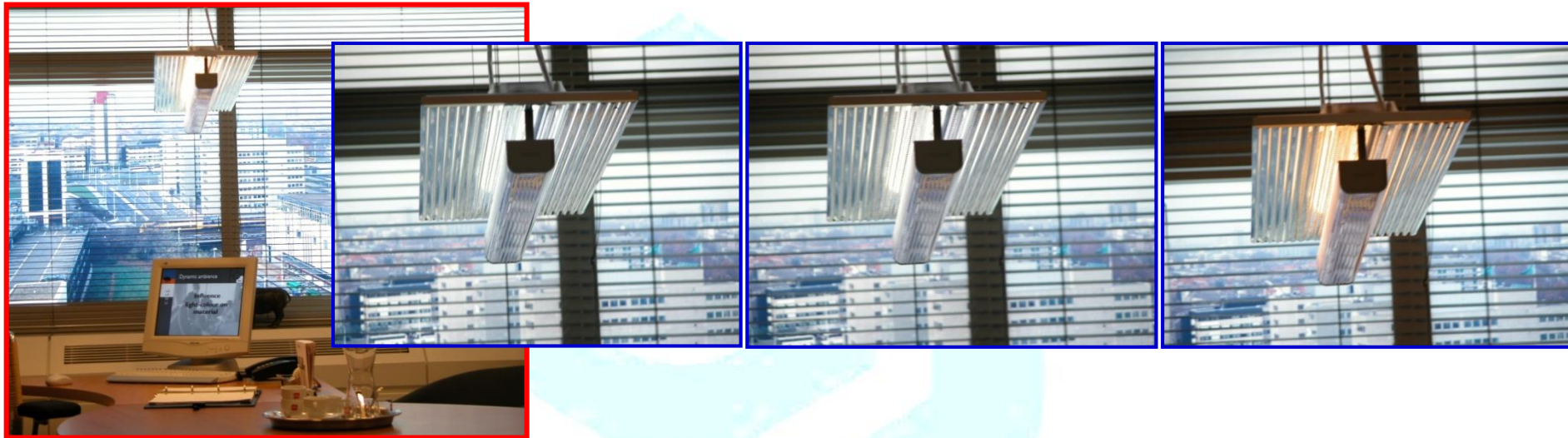
狐蒙早上日出後
吸收陽光熱量
視覺接收日光
啟動身體機制

人類生活的演進 “日出而作, 日落而息”
主要仰賴大腦中的松果體所產生的 “褪黑激素”
褪黑色素的減少會使人興奮, 不入眠。
長此下去會影響人的**免疫機制**。



隨著時間變化色溫的照明燈具-光治療新工具

可變色溫的照明燈具將成為新趨勢



金黃光



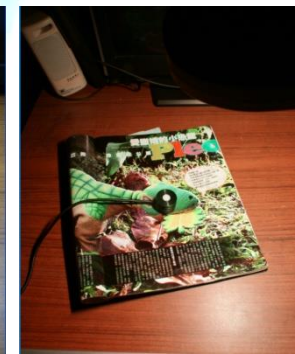
黃金光



白光



冷白光



電燈泡光



紅黃色(夕陽)

臺灣科技大學胡能忠教授智慧與人性化之全頻譜可變色光照明

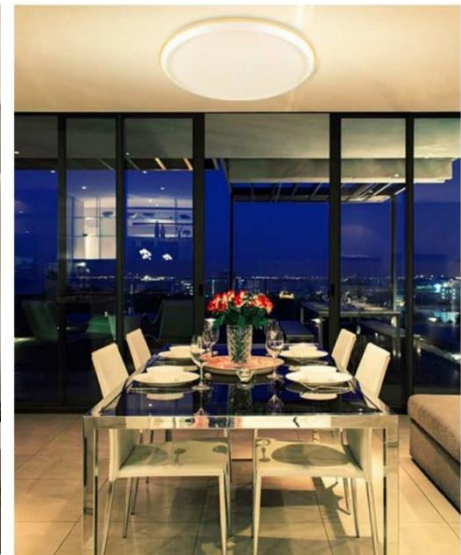
未來健康舒適照明 - 隨著自然光的韻律自動調節



5700K



4000K



3000K

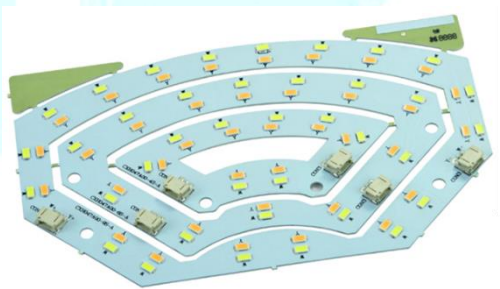
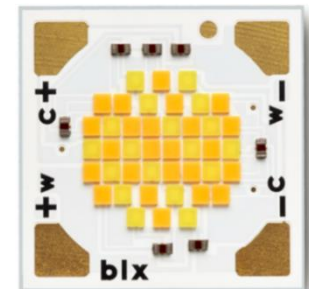
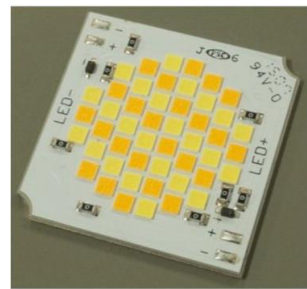


光色 日光色和暖光色中间无极调色

亮度 5% - 100%亮度无极调节

日本松下3000K ~ 5700K隨意調光 & 調色控制

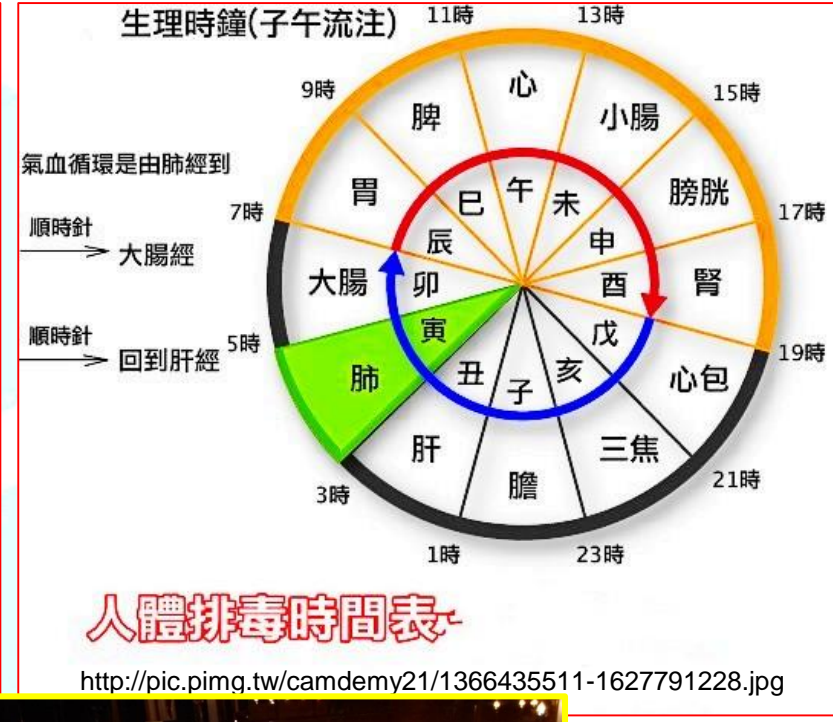
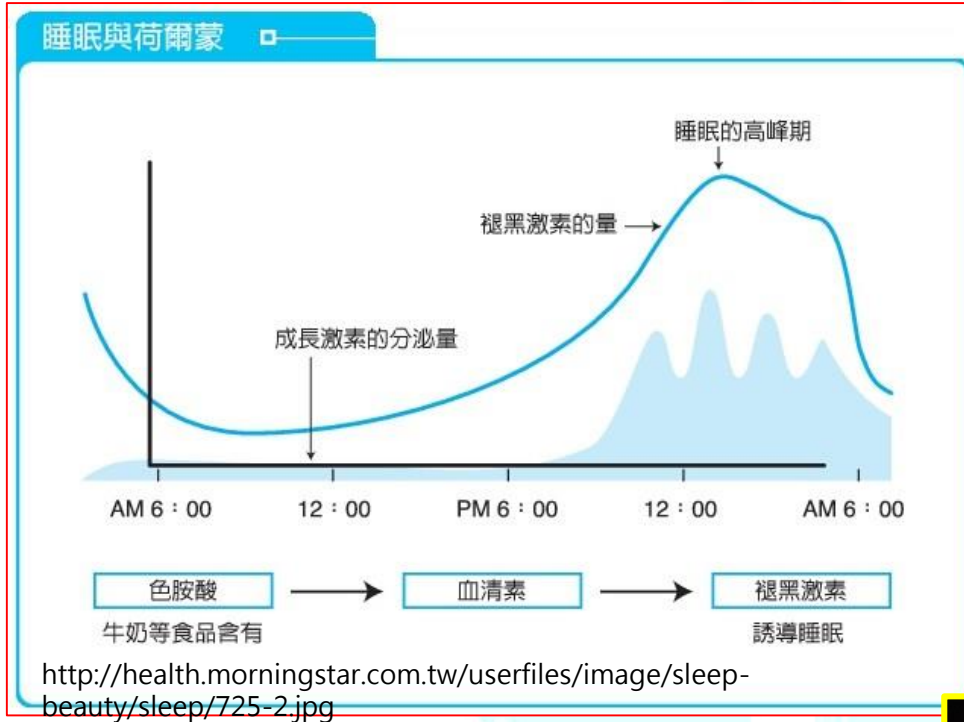
未來LED健康照明發展趨勢：雙色/多色光源1700K~ 3000K ~ 5700K



健康調光是要由專業建議指定，
將調光控制交由消費者去摸索，
是不負責任的錯誤設計！

健康睡眠：23:00~03:00 關燈睡覺

臥室床頭：(1)關燈睡覺；(2)遠離手機(為什麼?)



用手機關燈睡覺的設計對嗎？

半夜起床去廁所，黑暗中找手機開燈，算哪門子的智能照明控制？



LED照明的未來-智能/智慧照明控制系統

智慧生活，智能控制系統

- 佛教：器世間，有形的物質
- 科學：物理的世界
- 人話：硬體結構所建設完成的世界，
資料雲也一樣，都是智能的世界。



智能控制：智能是運用科學方法、技術、手段策略，結合物理世界資源，開發硬體設備系統，提供便利與舒服生活的控制技術，是形而下的物理世界層次。

智慧控制：智慧是生活中的體驗、經驗回饋、資訊分析、理性歸納的精華，結合人性化的需求與習慣，基於安全與健康的生存目的，加入智慧技術，達到真正舒適與健康的生活，是形而上的健康世界。
創造**人性化需求的健康照明**。



目標：健康、安全、便利、節能

路燈為了照樹葉？這種照明工程，只能算是智障照明！

路燈成為城市動物殺手，影響樹上禽鳥休息生存



以人為本的自私遺忘了眾生平等的生存權，未來追求天人合一的世界和諧生態

現階段智能照明技術的基本要求



- ◆ 系統內的燈具可進行**單燈、群組或全區域控制**
- ◆ 可對燈具進行**高精度調光**
- ◆ 燈具輸出光的**色溫或色彩可設定並精確控制**
- ◆ **控制方式多樣**，如指定亮度、色溫、場景等
- ◆ 可通過感測器**與環境進行關聯自動控制**
- ◆ 支持各類型**智慧周邊設備**便於用戶自訂操控
- ◆ **具備自動偵測**燈具或系統和通報功能
- ◆ 具備與其他網路系統的**對接互聯能力**



智能床頭燈



音樂氛圍燈

這些大部分都已經是成熟的技術，
但仍有些仍需繼續強化精準控制。

典型方案：

APP + 遙控 + 智能模組 (WIFI、藍牙、Zigbee + 驅動電源配置，整燈認證產品 + SKD服務)

然而，智能控制並不是真正智慧照明。

智慧控制/智慧照明要務實接地氣

設計者自以為是的腦殘設計

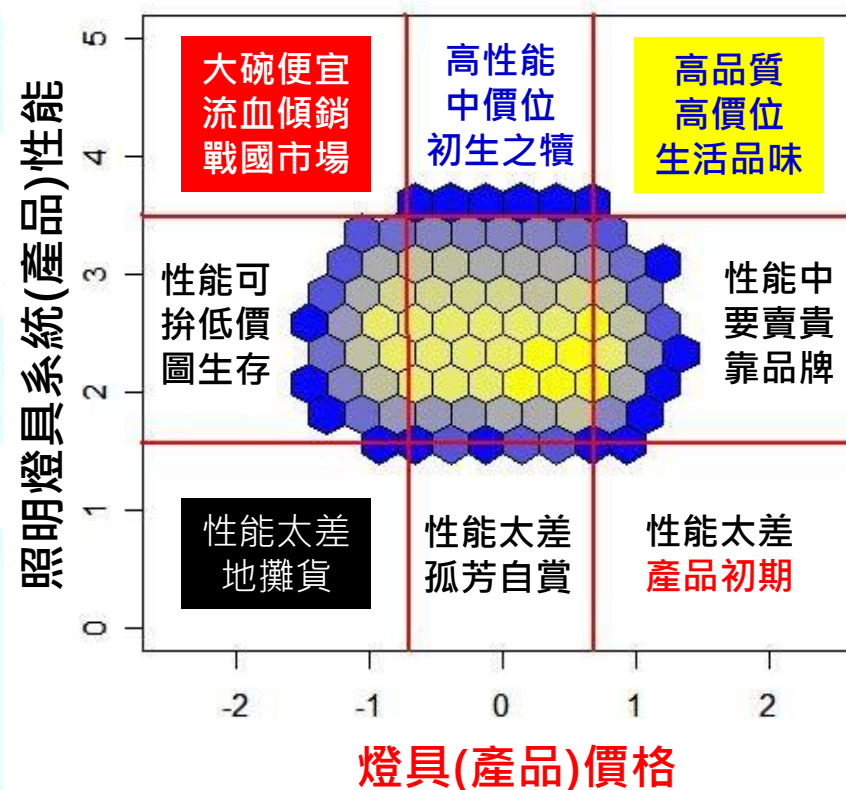
- ◆ 過度而浮誇的花拳繡腿功能
- ◆ 難以辨識的符號標記
- ◆ 繁複的按鍵操作

照明產品的功能設定要切合

- ✓ 以視覺健康為優先
- ✓ 用戶的真實需要
- ✓ 使用習慣
- ✓ 操作簡化的便利性

目前宣稱的智慧照明控制90%以上都屬於.....
智能控制層次：能控制；不夠人性化與健康因素

客戶消費者/生產廠商的好球帶



智慧照明應用-室內篇

燈具位置是物聯網的最佳佈局點，城市智慧網路、智能家居最佳入口節點。



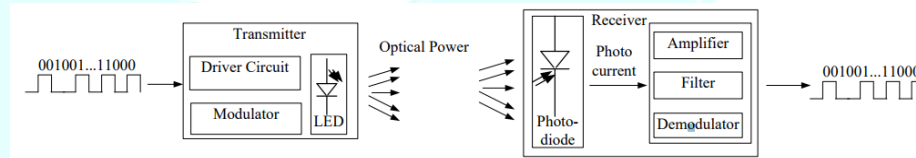
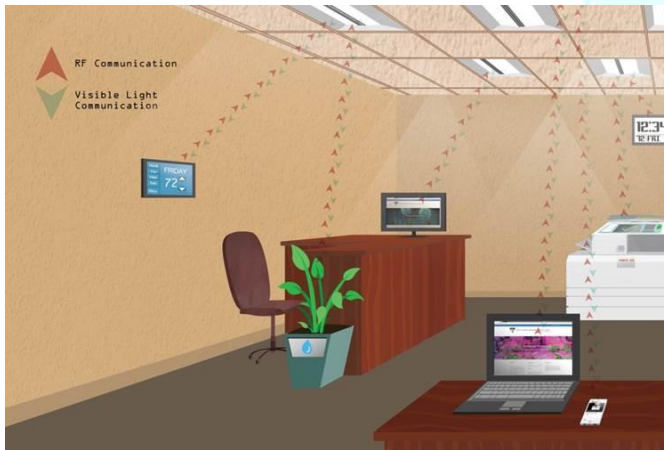
LED燈具植入的通信模組與定位演算技術，實現：

- ◆ 室內導航：APP地圖顯示顧客及商品確切位置
- ◆ 停車場停車及尋車系統，節能油耗及減少空氣汙染
- ◆ 幼童追蹤藍牙手環或標籤，隨時隨地掌握幼童位置。

新創意教室智能燈具



- 教室燈具均勻分佈，採用專業的藍牙技術，內置的喇叭就可以把老師的聲音均勻的傳播給每個學生。
- 在教室燈裡加入時控紫外線燈。紫外線燈在夜間工作，殺滅病菌，淨化空氣。
- 手機APP多場景模式的控制。目前可實現通過手機APP實現一鍵上課、下課、自習、投影教學、陰天補光等模式。



- 可見光通信與 Wifi、4G、5G等通信技術交互融合。
- 在物聯網、智慧城市（家庭）、定位資訊服務、礦下安全資訊應用等領域帶來創新應用和價值。

臺北君悅大飯店照明節能措施

102年節能能源傑出獎

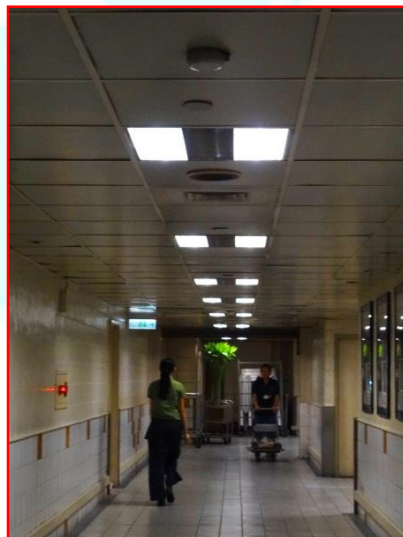
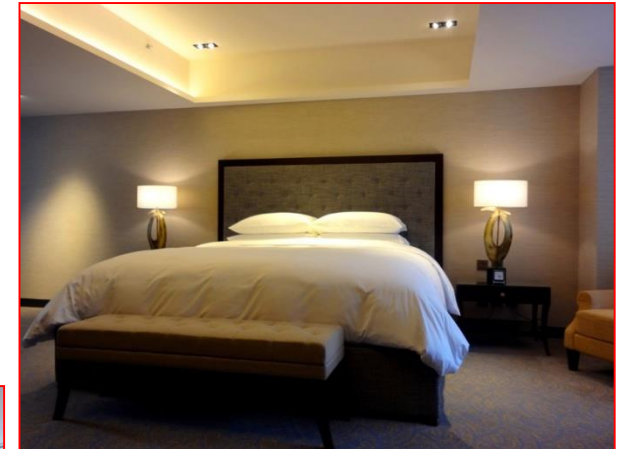
客房分兩年以PL燈與LED燈代替白熾燈泡

1. 壁燈、投射燈以5W LED代替白熾燈泡與鹵素燈泡
2. 畫燈8W省電燈泡取代白熾燈泡
3. 立燈8W省電燈泡取代白熾燈泡
4. 床頭燈8W省電燈泡取代白熾燈泡
5. 書桌燈8W省電燈泡取代白熾燈泡

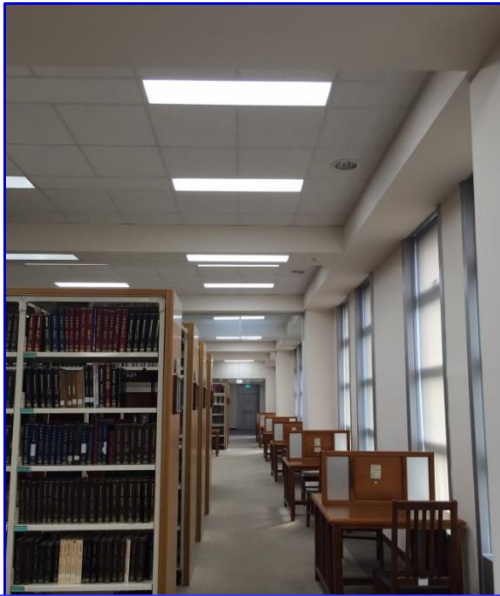
➔ LED 球泡燈/燈絲燈

效益：639,947kWh/年 $639,947 * 4 = 2,599$ 仟元

抑低CO₂之排放量(0.536kg/kWh)≈ 342 公噸/年



國立中興大學照明節能圖書館藏書區



藏書區走道搭配晝光感應器調節室內光輸出



人員經過或佇立時，光輸出100%



無人時，光輸出僅維持10%微亮



資料來源：中興大學圖書館&馳晨智宅

阿里山賓館照明節能措施-優質照明品質的照明改善

- 漸進式以LED(3~20 W)燈具、條，取代既有PAR燈(120 W)、螺旋燈(23 W)、PL燈(23 W) 及T5燈具(8 W~28 W)。
- LED照明均為高演色性、低色溫光源，燈具為低眩光；配合天然採光，白天餐廳不須點燈，夜晚公共空間關燈，保留部分步道燈，照明規劃良好。



本項措施節能效益: 節省公秉油當量：1.74 公秉油當量/年
抑低二氧化碳：3.25 公噸/年 節能效益：2.1 萬元/年

超市照明節能作法及效益檢討

重點照明：**70 W/150 W HQI燈具** → **LED照明燈具**



冷凍設備照明：
40 W冷凍照明螢光燈管
→ **12.8 W LED照明燈管**
效益：**12.8W×1燈管**，
節省電費約**68元/具月盞**



松青超市

中國醫藥大學照明節能措施-照明設備汰換與減燈管節能

項次	節能名稱	年省電 (仟度)	油當量 (KLOE)	節省費用 (仟元/年)	抑低CO ₂ (噸)	投資 (仟元)	回收 (年)
1	第一階段公共區域LED節能燈具-ESCO專案103年	1,081.40	268.19	3244.20	563.41		



智慧病房正規畫陸續施工中

引入工業技術研究院之LED可見光通訊LiFi技術，建置智慧醫院護理交班VLC定位系統



本項措施節能效益:節省公乘油當量 : 268 公乘油當量/年，省電 1,081 仟度/年
 抑低二氧化碳 : 563 公噸/年
 節能效益 : 324 萬元/年

105年節能能源優良獎

結論：未來照明是兼具節能與健康環保

- 照明規劃要適宜，過度設計與照明品質欠佳，都不正確。
- 照明控制設計優先考慮人因工程-以人的便利性為本。
- 節能控制要智慧化，智慧生活要理性。



**Thank you for your
attention!**

