

大電力
TERTEC

光源及光源系統光生物安全評估
國家標準CNS 15592介紹

林俊宏
2013-09-27

財團法人台灣大電力研究試驗中心

公正服務 創新效率
IMPARTIALITY · SERVICE · INNOVATION · EFFICIENCY

1

大電力
TERTEC

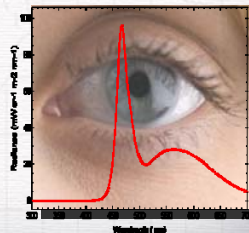
內容大綱

- 一、生物學效應
- 二、國家標準CNS 15592內容簡介
- 三、問題與討論

TERTEC

公正服務 創新效率
IMPARTIALITY · SERVICE · INNOVATION · EFFICIENCY

2

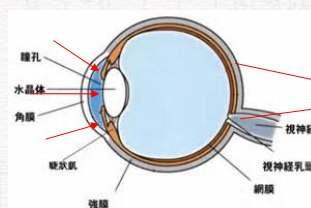


一、生物學效應資料

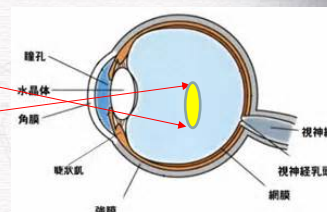
效應種類	器官/部位	圖片	範例
紅外光導致白內障 (700-1400 nm, ~3000nm)	眼睛/水晶體		鍋爐工
紫外光導致白內障 (290-325 nm, ~400nm)	眼睛/水晶體		曬鹽工
光導致角膜炎 (200-320 nm)	眼睛/角膜		
光導致視網膜炎 (400-700 nm)	眼睛/視網膜		
光導致視網膜熱傷害 (400-1400 nm)	眼睛/角膜及視網膜		
紫外光導致皮膚紅斑 (200-320 nm)	皮膚		

3

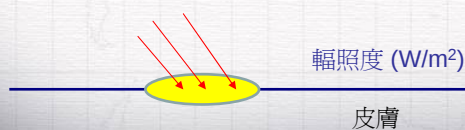
光的接觸-眼睛/角膜/視網膜、皮膚



輻照度 (W/m^2)



輻輝度 ($\text{W}/\text{m}^2/\text{sr}$)



4

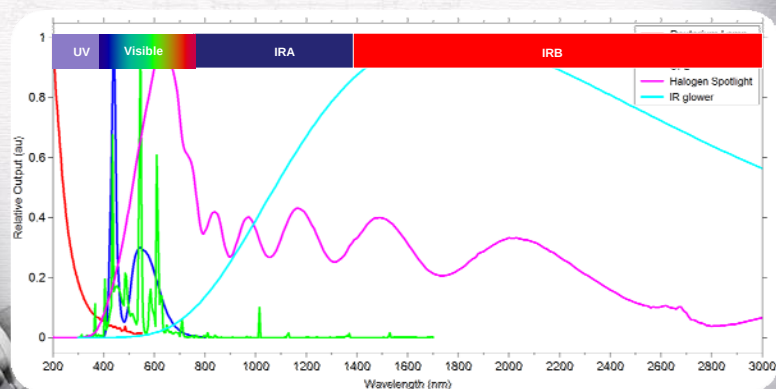
二、國家標準CNS 15592光源及光源系統之光生物安全性介紹

- 相對應國際標準：IEC 62471:2006
- 公布日期：101年11月25日
- 適用範圍：
 - 包括光源、光源系統及燈具
 - 規範曝露限制、參考量測技術及分類模式
 - 評估非同調性寬頻帶輻射源(含LED但排除雷射)之光危害性
 - 波長範圍200nm-3000nm



5

各式光源之光譜分佈



資料來源：Bentham 技術資料

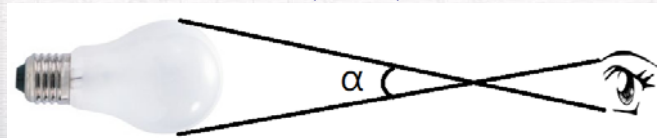
6

重要名詞及定義(1)



- angular subtense 角距、對邊角

由視輻射源對應於觀察者的眼睛或量測點所形成之視角。單位：弧度(radian)



- Exposure limit, EL 曝露限制

對眼睛或皮膚不致於造成有害的生物反應之曝露程度

7

重要名詞及定義(2)



- 視場(Field of view, FOV)

偵測器(如輻射計/光譜輻射計)所能"看到"的立體角(可接收角)，偵測器在此區域內接收光輻射。單位:sr

註1：勿將視場與角距 (angular subtense)混淆

- 一般照明用光源(GLS lamps)

在通常有人員駐留或觀察之照明空間中所使用之光源

，例如：辦公室、學校、住家、工廠、道路、車輛照明之光源，不包含用於膠片投影、複印、仿日曬(suntanning)、工業製程、醫療及探照等應用之光源。

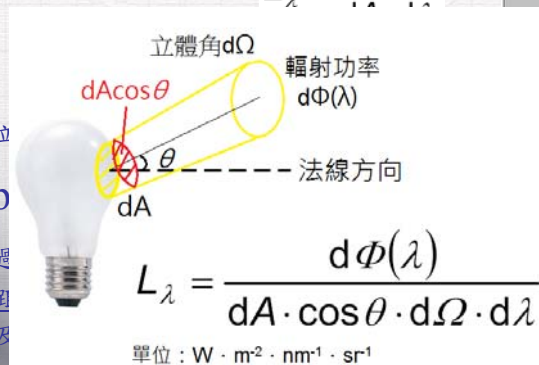
8

重要名詞及定義(3)

• Spectral irradiance 光譜輻射照度

單位表面上對應於特定波長間距 $d\lambda$ 之入射輻射功率 $d\Phi(\lambda)$ ，除以該單位面積 dA 與該波長間距，所得之商數

$$E_{\lambda} = \frac{d\Phi(\lambda)}{dA \cdot d\lambda}$$



$d\Phi(\lambda)$ ，除以波長
面積 $(\cos \theta dA)$

9

曝露限制(EL'S)-通則

- 本標準之曝露限制值係參考**國際非游離輻射防護協會(ICNIRP)**所發布各項指引。
- 曝露限制使用於連續輻射源時，其曝露期間應不小於0.01 ms，且不大於8小時。
- 曝露限制應作為曝露管制之指引，但並不視為明確界定安全與不安全之分界線。

10



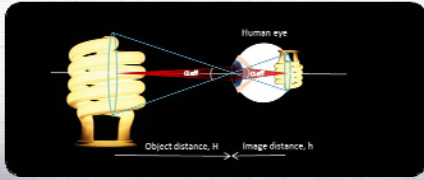
大電力

公正服務 創新效率
IMPARTIALITY · SERVICE · INNOVATION · EFFICIENCY



視網膜曝露限制相關特定因數- 瞳孔直徑(1)

- 射入眼睛並由視網膜吸收之輻射通量(在380 nm至1400 nm之範圍)，與**瞳孔面積**成正比。
- 在極低亮度($<0.01 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$)下瞳孔將縮成直徑**7 mm**之圓孔，在亮度高達 **$10^4 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$** 時將轉為約**2 mm**。
- 標準內將最大亮度(角距為0.011弧度之圓形視場內之平均值)**小於 **$10 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$**** 定義為**微弱視覺刺激**，。



11



大電力

公正服務 創新效率
IMPARTIALITY · SERVICE · INNOVATION · EFFICIENCY



視網膜曝露限制相關特定因數- 瞳孔直徑(2)

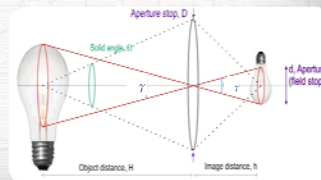
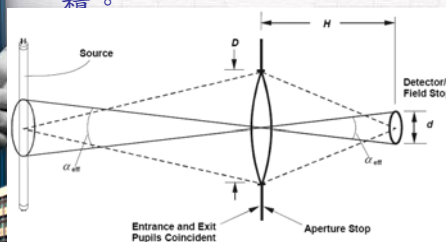
- 因此考量在特定亮度下，不同人之瞳孔直徑差異極大，因此建立曝露限制時僅假設2種不同之瞳孔直徑：
- 當輻射源之**輝度** $>10 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ ，且**曝露期間大於0.25秒**時(例如應用於藍光危害或視網膜熱危害之評估)，以**3 mm**之瞳孔直徑推導曝露限制。
- 當輻射源之亮度低，則以**7 mm**之瞳孔直徑作為EL之推導基礎。
- 評估**脈衝輻射源**及/或**曝露期間低於0.25秒**之光生物性危害時，亦基於瞳孔直徑為**7 mm**之假設推導EL。

12

視網膜曝露限制相關特定因數- 輻射源之角距及視場(1)



- 對於波長範圍380 nm至1400 nm之輻射，視網膜受照射面積為決定藍光及視網膜熱危害暴露限制之重要因素。
- 眼睛之角膜及水晶體可將輻射源聚焦於視網膜，因此使用輻射源可見之角距 α 所對應之面積表示受照射面積。

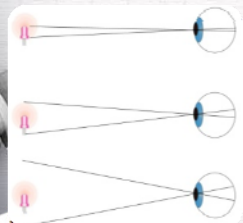


13

視網膜曝露限制相關特定因數- 輻射源之角距及視場(1)



- 靜止時(曝露時間小於0.25sec)眼睛視網膜可產生之最小成像其角距最小值為 $\alpha_{\min}$ ，本標準中 $\alpha_{\min}=1.7$ mrad。
- 當時間大於0.25秒時，快速眼睛運動使輻射源在較大之角度形成模糊成像，形成之角距為 α_{eff} ，其與曝露



下：

$$\alpha_{\text{eff}} = \begin{cases} \alpha_{\min} = 0.0017, & t \leq 0.25 \text{ sec} \\ 0.0017 \cdot \sqrt{t/0.25}, & 0.25 \text{ sec} < t \leq 10 \text{ sec} \\ 0.011, & 10 \text{ sec} < t \leq 100 \text{ sec} \\ 0.011 \cdot \sqrt{t/100}, & 100 \text{ sec} < t \leq 10^4 \text{ sec} \\ \alpha_{\max} = 0.1, & 10^4 \text{ sec} < t \end{cases}$$

當曝露時間大於 10^4 sec時，角距最大值为100 mrad。

14



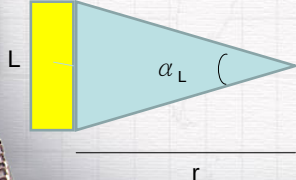
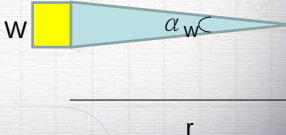
大電力





公正服務 創新效率
IMPARTIALITY · SERVICE · INNOVATION · EFFICIENCY

- 當觀測角距大於最大角距($\alpha_{\max}=0.1\text{rad}$)之輻射源，其視網膜危害EL與輻射源之尺寸無關。
- 例如：當觀測距離為 $r=200\text{mm}$ 時，長度為 $L=20\text{mm}$ 、直徑為 $W=3\text{mm}$ 之管狀輻射源，則
 - 長度角距： $\alpha_L = L/r = 20/200 = 0.1\text{ rad} \leq \alpha_{\max}$
 - 寬度角距： $\alpha_W = W/r = 3/200 = 0.015\text{ rad} \leq \alpha_{\max}$
 - 平均角距： $\alpha_{\text{eff}} = (\alpha_L + \alpha_W)/2 = 0.058\text{ rad}$ 。

i.e. 如果長度大於20mm時，其平均角距仍為不變。

15



大電力





公正服務 創新效率
IMPARTIALITY · SERVICE · INNOVATION · EFFICIENCY

光生物安全危害曝露限制

- 皮膚及眼睛光化學UV危害EL (200-400nm) — E_S
- 眼睛UVA危害EL(315-400nm) — E_{UVA}
- 視網膜藍光危害EL(300-700nm) — L_B
- 小型光源視網膜藍光危害EL(300-700nm) — E_B
- 視網膜熱危害EL(380-1400nm) — L_R
- 微弱視覺刺激視網膜熱危害EL(780-1400nm) — L_{IR}
- 眼睛紅外線輻射危害EL(780-3000nm) — E_{IR}
- 皮膚熱危害EL(380-3000nm) — E_H (無風險類別限制規定)

16

皮膚及眼睛之光化學UV危害EL-- E_s

- 為保護眼睛或皮膚免於輻射源所產生紫外光曝露而造成傷害，光輻射源之有效積分光譜照度 E_s 不得超過下列方程式所定義之位準：

$$E_s \cdot t = \sum_{\lambda=200}^{400} \sum_t E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S_{UV}(\lambda) \cdot \Delta t \cdot \Delta \lambda \leq 30 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$$

where

$E_{\lambda}(\lambda, t)$ ：光譜輻射照度，單位： $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$ ，

$S_{UV}(\lambda)$ ：光化學UV危害加權指數，

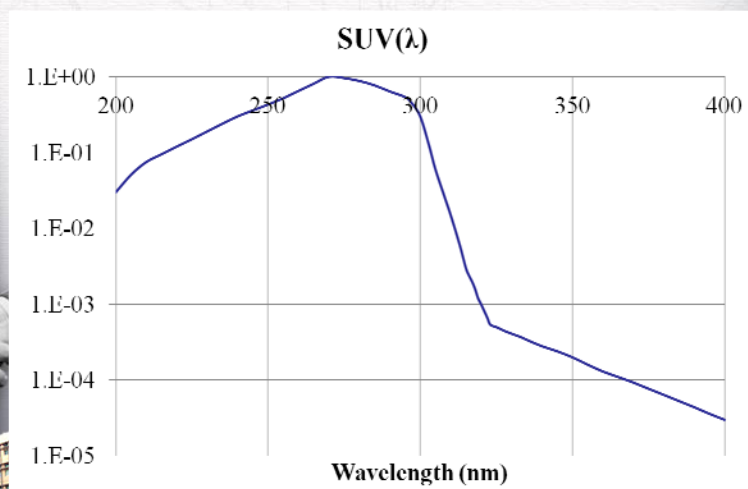
$\Delta \lambda$ ：頻帶寬度(nm)，

t ：曝露時間(秒)

一般假設， $t \leq 8$ 小時

17

光化學UV危害之光譜加權函數 $S_{UV}(\lambda)$



18

眼睛之UVA危害EL-- E_{UVA}

- UVA波段範圍：315 nm至400 nm
- 曝露期間不超過1,000秒(約為16分鐘)時，其總輻射曝露不得超過 $10^4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$ 。
- 當曝露期間為1,000秒以上時，UV-A輻射照度(E_{UVA})不得超過 $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

$$E_{UVA} \cdot t = \sum_{\lambda=315}^{400} \sum_t E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot \Delta t \cdot \Delta \lambda \leq 10^4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \quad (t < 1,000 \text{ s})$$

$$E_{UVA} \leq 10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \quad (t \geq 1,000 \text{ s})$$

where

$E_{\lambda}(\lambda, t)$ ：光譜輻射照度，單位： $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$ ，

$\Delta \lambda$ ：頻帶寬度，單位：nm，

t ：曝露時間，單位：sec

19

視網膜藍光危害EL-- L_B

- 為保護視網膜免於因長期藍光曝露而造成傷害，光輻射源之光譜輻射輝度與防止藍光危害加權函數之積分值和藍光加權亮度 L_B ，限制如下：

$$L_B \cdot t = \sum_{\lambda=300}^{700} \sum_t L_{\lambda}(\lambda, t) \cdot B(\lambda) \cdot \Delta t \cdot \Delta \lambda \leq 10^6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \quad (t \leq 10^4 \text{ sec})$$

$$L_B = \sum_{\lambda=300}^{700} L_{\lambda}(\lambda, t) \cdot B(\lambda) \cdot \Delta \lambda \leq 100 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \quad (t > 10^4 \text{ sec})$$

where

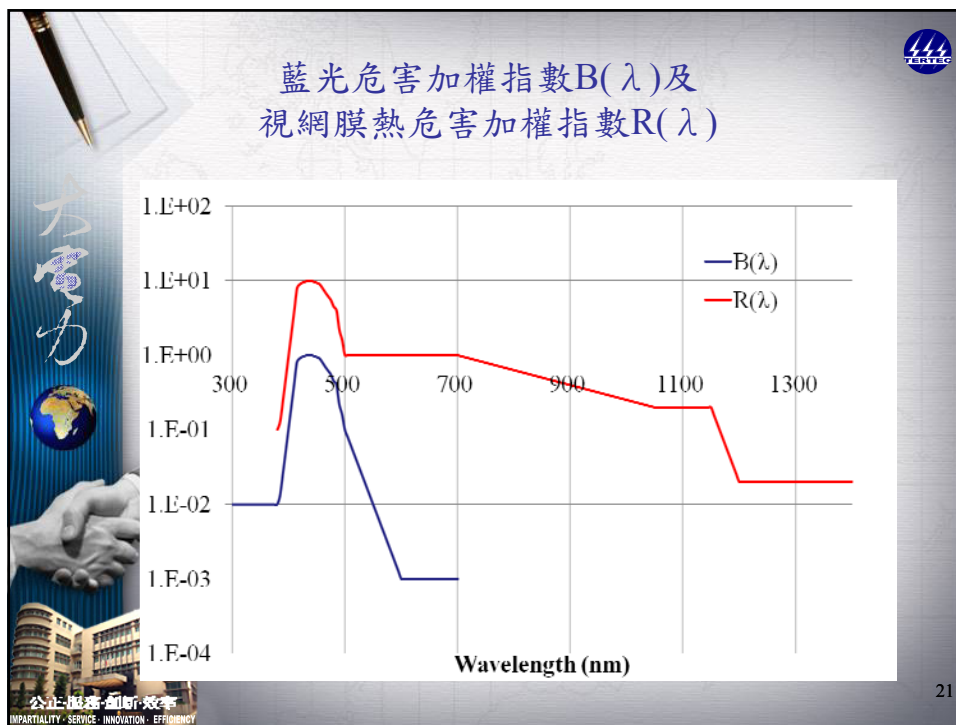
$L_{\lambda}(\lambda, t)$ ：光譜輻射輝度，單位： $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{nm}^{-1}$ ，

$B(\lambda)$ ：藍光危害加權指數，

$\Delta \lambda$ ：頻帶寬度(nm)，

t ：曝露時間(秒)

20



21

小型光源視網膜藍光危害 $EL--E_B$

- 小型光源：角距(α)小於0.011rad之光源
- 立體角 $\Omega = \pi/4 \cdot \alpha^2 \doteq 3.14/4 \times (0.011)^2 \doteq 10^{-4}$
- $E \doteq L \cdot 10^{-4}$ ($E = L \cdot \Omega$)，簡化以輻照度取代輻輝度
- 眼睛之光譜照度 E_λ ，配合藍光危害加權函數 $B(\lambda)$ 之計算不得超過下列方程式所定義之位準：

$$E_B \cdot t = \sum_{\lambda=300}^{700} \sum_t E_\lambda(\lambda, t) \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda \cdot \Delta t \leq 100 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \quad (t \leq 100 \text{ sec})$$

$$E_B = \sum_{\lambda=300}^{700} E_\lambda \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda \leq 1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \quad (t > 100 \text{ sec})$$

where

$E_\lambda(\lambda, t)$ ：光譜輻照度，單位： $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$ ，

$B(\lambda)$ ：藍光危害加權指數，

$\Delta\lambda$ ：頻帶寬度(nm)，

t ：曝露時間(秒)

公平服務 創新效率
IMPARTIALITY · SERVICE · INNOVATION · EFFICIENCY

22

視網膜熱危害EL-- L_R

- 為保護視網膜免於熱傷害，光輻射源之光譜輻射亮度與灼傷危害加權函數之積分值(灼傷加權亮度 L_R)，限制如下：

$$L_R = \sum_{\lambda=380}^{1400} L_{\lambda} \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda \leq \frac{50000}{\alpha \cdot t^{0.25}} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \quad (10\mu\text{s} \leq t \leq 10\text{s})$$

where

L_{λ} : 光譜輻射亮度，單位： $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{nm}^{-1}$ ，

$R(\lambda)$: 灼傷危害加權指數，

$\Delta\lambda$: 頻帶寬度(nm)，

t : 曝露時間(脈衝光源則為脈衝寬度)(秒)

α : 角距(rad)

23

微弱視覺刺激視網膜熱危害EL-- L_{IR}

- 對於任何近紅外光輻射源所產生之微弱視覺刺激，以眼睛觀察近紅外光(780 nm至1400 nm)且曝露期間超過10秒時，其輻射輝度限制如下：

$$L_{IR} = \sum_{\lambda=780}^{1400} L_{\lambda} \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda \leq \frac{6000}{\alpha} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \quad (t > 10\text{s})$$

where

L_{λ} : 光譜輻射輝度，單位： $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{nm}^{-1}$ ，

$R(\lambda)$: 灼傷危害加權指數，

$\Delta\lambda$: 頻帶寬度(nm)，

t : 曝露時間(秒)

α : 角距(rad)

微弱視覺刺激：角距為0.011度以上之圓形視場內，其亮度平均值小於10 $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

24



眼睛之紅外線輻射危害EL--E_{IR}

- 為避免對**眼角膜**產生熱傷害及對眼睛之**水晶體**造成可能之後遺症(白內障)，在波長範圍780 nm至3000 nm之紅外光輻射，曝露期間小於1000秒時，曝露限制如下

$$E_{IR} = \sum_{\lambda=780}^{3000} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \leq 18,000 \cdot t^{-0.75} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \quad (t \leq 1,000 \text{ sec})$$

$$E_{IR} = \sum_{\lambda=780}^{3000} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \leq 100 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \quad (t > 1,000 \text{ sec})$$

where

E_{λ} : 光譜輻射照度，單位： $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$ ，

$B(\lambda)$: 藍光危害加權指數，

$\Delta\lambda$: 頻帶寬度(nm)，

t : 曝露時間(秒)

25



皮膚之熱危害EL--E_H

- 皮膚對可見光及紅外光輻射之曝露限制如下：

$$E_H \cdot t = \sum_{\lambda=380}^{3000} \sum_t E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot \Delta t \cdot \Delta\lambda \leq 20,000 \cdot t^{0.25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \quad (t \leq 10 \text{ s})$$

where

$E_{\lambda}(\lambda, t)$: 光譜輻射照度，單位： $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$ ，

$\Delta\lambda$: 頻帶寬度(nm)，

t : 曝露時間(秒)

- 由於當皮膚處在低於皮膚傷害之溫度下即能因可引發劇烈疼痛，因此針對個人之曝露限制一般限於人體仍可感覺處於舒適之範圍。

26





光源及光源系統之量測

- 枯化點燈
 - 參考IEC 光源標準進行光源之枯化點燈
 - 螢光燈(FL)或高強度放電燈(HID):100小時
 - 鎢絲光源：壽命之1%
 - 考量特殊用途應用而不同如日光浴燈(Solaria lamps)





27





量測機制

GLS

500 lx 量測
≥200mm

決定距離
決定角距

非GLS

200mm
量測

輻射光譜
照度

輻射光譜
輝度

200-400nm

光化學UV危害, E_S

315-400nm

UVA危害, E_{UVA}

300-700nm

小型光源藍光危害, E_B

780-3000nm

眼睛IR輻射危害, E_{IR}

300-700nm

藍光危害, L_B

380-1400nm

視網膜熱危害, L_R

780-1400nm

微弱視覺刺激
視網膜熱危害, L_{IR}





28

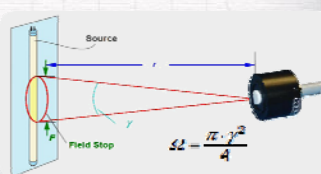
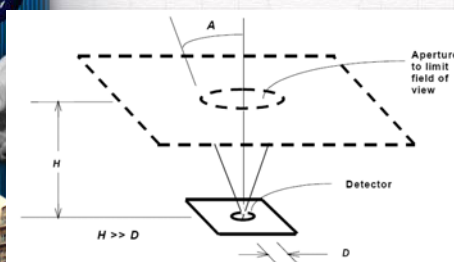
輻射照度量測

- 光譜輻射照度量測設備及配置

- 偵測器：須有良好之訊雜比(SNR)、空間餘弦響應、光譜在量測波段之均勻響應，一般直徑D為25mm
- 限制視場的孔徑(視需要架設)：直徑為F
- 觀測角距： $\alpha_{\text{eff}} = F/H = 2A$



- 考量眼睛之生理結構，可視角距最大為：1.4 rad (80度)

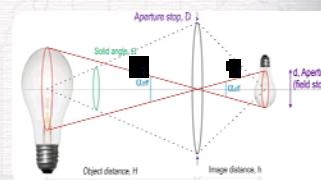
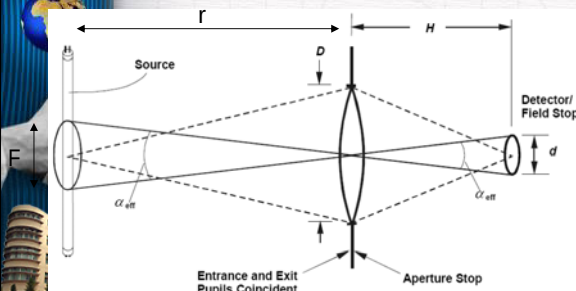


29

輻射輝度量測

- 輻射亮度量測設備及配置

- 偵測器-視場光闌，diameter=d
- 形成平均視場(α_{eff})之圓形視場光闌，diameter=F
- 圓形入射光瞳，diameter=D, D=7mm for pulse light source
- 觀測角距 $\alpha_{\text{eff}} = d/H = F/r$



30

輻射亮度量測替代方法

- 先量測輻射照度(E)，再除以量測視場(Ω)轉換得出輻射亮度(L)：

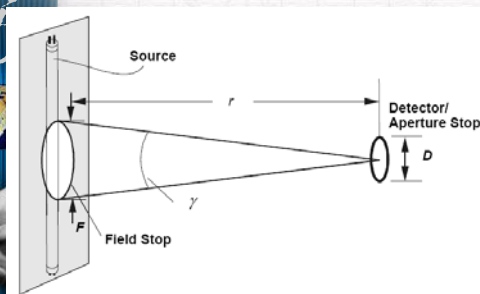
$$E = L \cdot \Omega$$

其中

$$\Omega = \frac{\pi \cdot \gamma^2}{4} \text{ and } \gamma \approx \frac{F}{r}$$

$$E = L \cdot \frac{\pi \cdot F^2}{4 \cdot r^2}$$

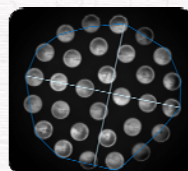
$$L = E / \left(\frac{\pi \cdot F^2}{4 \cdot r^2} \right)$$



當利用輻射照度量測得到輻射亮度值來進行危害等級比較時，視場光闌之直徑F須達到： $\gamma = \alpha_{\text{eff}}$ 之條件

31

- 輻射源尺寸-決定角距的大小
 - 以高於最大光度之50%以上的區域作為評估範圍



32



皮膚或角膜表面-輻射照度ELs彙整表

危害類型	對應方程式	波長範圍 (nm)	曝露期間 (秒)	限制孔徑 徑強度 (角度)	固定輻射 照度下之 EL W m ⁻²
皮膚及眼睛之 光化學UV危害	$E_S = \sum E_\lambda \cdot S(\lambda) \cdot \Delta \lambda$	200 – 400	< 30000	1.4 (80)	30/ t
眼睛UV-A危害	$E_{UVA} = \sum E_\lambda \cdot \Delta \lambda$	315 – 400	≤1000 >1000	1.4 (80)	10000/ t 10
小型輻射源之 眼睛藍光危害	$E_B = \sum E_\lambda \cdot B(\lambda) \cdot \Delta \lambda$	300 – 700	≤100 >100	< 0.011	100/ t 1.0
眼睛IR危害	$E_{IR} = \sum E_\lambda \cdot \Delta \lambda$	780 – 3000	≤1000 >1000	1.4 (80)	18000/ t ^{0.75} 100
皮膚熱危害	$E_H = \sum E_\lambda \cdot \Delta \lambda$	380– 3000	<10	2 π sr	20000/ t ^{0.75}

公正服務 創新效率

IMPARTIALITY · SERVICE · INNOVATION · EFFICIENCY

33



視網膜-輻射輝度ELs彙整表

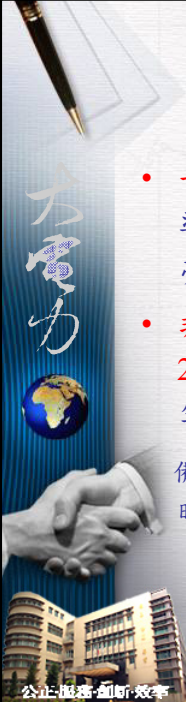
危害類型	對應方程式	波長範圍 (nm)	曝露期間 (秒)	限制孔徑 徑強度(角度)	固定輻射亮 度下之EL W m ⁻²
視網膜 藍光危害	$L_B = \sum L_\lambda \cdot B(\lambda) \cdot \Delta \lambda$	300– 700	0.25 – 10 10-100 100-10000 ≥ 10000	0.011√t/10 0.011 0.011√t 0.1	10 ⁶ / t 10 ⁶ / t 10 ⁶ / t 100
視網膜 熱危害	$L_R = \sum L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta \lambda$	380– 1400	< 0.25 0.25 – 10	0.0017 0.011√t/10	50000/(α · t ^{0.25}) 50000/(α · t ^{0.25})
視網膜 熱危害 微弱視覺刺激	$L_{IR} = \sum L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta \lambda$	780– 1400	> 10	0.011	6000/ α

$$\alpha_{eff} = \begin{cases} \alpha_{min} = 0.0017, & t \leq 0.25 \text{sec} \\ 0.0017 \cdot \sqrt{t/0.25}, & 0.25 \text{sec} < t \leq 10 \text{sec} \\ 0.011, & 10 \text{sec} < t \leq 100 \text{sec} \\ 0.011 \cdot \sqrt{t/100}, & 100 \text{sec} < t \leq 10^4 \text{sec} \\ \alpha_{max} = 0.1, & 10^4 \text{sec} < t \end{cases}$$

公正服務 創新效率

IMPARTIALITY · SERVICE · INNOVATION · EFFICIENCY

34



電力

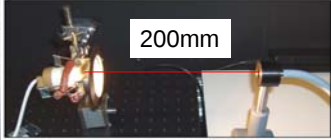
公平服務 創新效率
IMPARTIALITY · SERVICE · INNOVATION · EFFICIENCY



光源危害等級分類

- 一般照明光源(GLS)，以產生500 lux照度之距離為基準(但距離不得小於200 mm)，進行輻射照度及輻射亮度之危害評估。
- 非一般照明光源(GLS)(包含脈衝輻射光源)，則以200 mm距離作為基準進行輻射照度及輻射亮度危害等級評估。

備考：在某些情況下，相同之光源可作為GLS及特殊用途，此時應依其預期用途進行評估。



200mm

35



電力

公平服務 創新效率
IMPARTIALITY · SERVICE · INNOVATION · EFFICIENCY



風險分類之限制條件

風險類別	科學基礎
無風險類別 Exempt Group	在最極端曝露限制下，無光生物危害
風險類別1 (低度風險) Risk Group 1 , RG1	在一般條件曝露下，不會引起光生物危害
風險類別2(中度風險) Risk Group 2 , RG2	即使強光造成生理不適或熱不適，仍不引起光生物危害
風險類別3(高度風險) Risk Group 3 , RG3	即使瞬間曝露，仍可能引起光生物危害

36

風險分類之曝露時間限制

危害類型	風險分類之曝露允許時間(sec)			
	無風險類別	風險類別1 (低度風險)	風險類別2 (中度風險)	風險類別3 (高度風險)
光化學UV危害 E_S	30,000	10,000	1,000	-
近UV危害 E_{UVA}	1,000	300	100	-
藍光危害 L_B	10,000	100	0.25	-
小型光源之藍光危害 E_B	10,000	100	0.25	-
視網膜熱危害 L_R	10	10	0.25	-
微弱視覺刺激之視網膜熱危害 E_{IR}	1,000	100	10	-
對眼睛之IR輻射危害 L_{IR}	1,000	100	10	-

連續輻射光源之危害等級限制

危害類型	加權光譜 函數	符號	輻射限制			單位
			無風險	低度風險	中度風險	
光化學UV危害	$S_{UV}(\lambda)$	E_S	0.001	0.003	0.03	$W \cdot m^{-2}$
近UV危害	-	E_{UVA}	10	33	100	$W \cdot m^{-2}$
藍光危害	$B(\lambda)$	L_B	100	10000	4000000	$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$
小型光源之藍光危害	$B(\lambda)$	E_B	1.0 ^(a)	1.0	400	$W \cdot m^{-2}$
視網膜熱危害	$R(\lambda)$	L_R	28000/ α	28000/ α	71000/ α	$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$
微弱視覺刺激之視網膜熱危害 ^(b)	$R(\lambda)$	L_{IR}	6000/ α	6000/ α	6000/ α	$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$
對眼睛之IR輻射危害	-	E_{IR}	100	570	3200	$W \cdot m^{-2}$

(a) 小型光源之角距 <0.011 弧度。10,000秒之視場為0.1弧度。

(b) 包含非GLS光源之評估。



EL限制值計算(1)



- **光化學UV危害(E_s)** : $EL \times t \leq 30 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$
 - RG 0: $t=30,000 \text{ sec}$, $EL=30/30000=0.001 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
 - RG 1: $t=10,000 \text{ sec}$, $EL=30/10000=0.003 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
 - RG 2: $t=1,000 \text{ sec}$, $EL=30/1000=0.03 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
- **UVA危害(E_{UVA})** :
 - $EL \times t \leq 10,000 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} (t < 1,000 \text{ sec})$,
 - $EL \leq 10 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} (t \geq 1,000 \text{ sec})$
 - RG 0: $t=1,000 \text{ sec}$, $EL=10,000/1,000=10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
 - RG 1: $t=300 \text{ sec}$, $EL=10,000/300=33 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
 - RG 2: $t=100 \text{ sec}$, $EL=10,000/100=100 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

39



EL限制值計算(2)



- **藍光危害(L_B)** : $EL \times t \leq 10^6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$
 - RG 0: $t=10,000 \text{ sec}$, $EL=10^6/10,000=100 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
 - RG 1: $t=100 \text{ sec}$, $EL=10^6/100=10,000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
 - RG 2: $t=0.25 \text{ sec}$, $EL=10^6/0.25=4 \times 10^6 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
- **小型光源藍光危害(E_B)** :

利用 $E = L \cdot \frac{\pi \cdot \gamma^2}{4}$, $\gamma = 0.1$ ($t = 10,000 \text{ sec}$), $\gamma = 0.011$ ($t = 100 \text{ sec}, 0.25 \text{ sec}$)

 - RG 0: $t=10,000 \text{ sec}$, $E \doteq L/100$, $EL=100$ (參考 L_B)/100=1 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$
 - RG 1: $t=100 \text{ sec}$, $E \doteq L/10,000$, $EL=10,000$ (參考 L_B)/10,000=1 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$
 - RG 2: $t=0.25 \text{ sec}$, $E \doteq L/10,000$, $EL=4 \times 10^6$ (參考 L_B)/10,000=400 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$

40



限制值計算(3)



大電力

- 視網膜熱危害(L_R) : $EL \leq 50000/(\alpha \cdot t^{0.25}) \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
 - RG 0: $t=10 \text{ sec}$, $EL=50,000/(1.778 \alpha) \doteq 28,000/\alpha \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
 - RG 1: $t=10 \text{ sec}$, $EL=50,000/(1.778 \alpha) \doteq 28,000/\alpha \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
 - RG 2: $t=0.25 \text{ sec}$, $EL=50,000/(0.707 \alpha) \doteq 71,000/\alpha \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
- 微弱視覺刺激視網膜熱危害 (L_{IR}) : (平均亮度低於 $10 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$)

$$EL \leq 60,000/\alpha \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$$
 - RG 0: $t=1,000 \text{ sec}$, $EL=60,000/\alpha \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
 - RG 1: $t=100 \text{ sec}$, $EL=60,000/\alpha \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
 - RG 2: $t=10 \text{ sec}$, $EL=60,000/\alpha \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$

41

公正服務 創新效率

IMPARTIALITY · SERVICE · INNOVATION · EFFICIENCY



限制值計算(4)



大電力

- 對眼睛IR輻射危害(E_{IR}) :

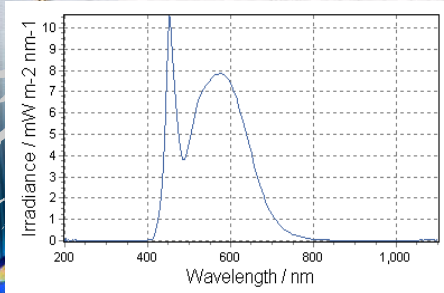
$$EL \leq 18000 \cdot t^{-0.75} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \text{ for } t \leq 1,000 \text{ sec}$$
 - RG 0: $t=1,000 \text{ sec}$, $EL \doteq 18,000 \times 0.0056 \doteq 100 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
 - RG 1: $t=100 \text{ sec}$, $EL \doteq 18,000 \times 0.0316 \doteq 570 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
 - RG 2: $t=10 \text{ sec}$, $EL \doteq 18,000 \times 0.1778 \doteq 3200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

42

公正服務 創新效率

IMPARTIALITY · SERVICE · INNOVATION · EFFICIENCY

量測範例-輻射照度



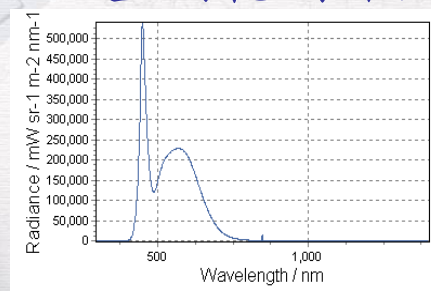
燈具類別	LED燈具- GLS
量測距離	500 Lux , 2177 mm
光源大小	28.24 x 28.06 mm
平均角距	12.9 mrad

評估結果
光化學UV危害：無風險
UVA 危害：無風險

Hazard	Measured value	Resulting risk group	Risk group limit value	Time to exposure limit (s)
Actinic UV: E_S ($W m^{-2}$)	0.00019	Exempt	0.001	> 30,000
Near UVA : E_{UVA} ($W m^{-2}$)	2.81×10^{-4}	Exempt	10	> 30,000

43

量測範例-輻射輝度



評估結果
藍光危害：無風險
視網膜熱危害：無風險

平均角距:12.9 mrad

Hazard	Measured value ($W m^{-2} sr^{-1}$)	Risk group limit value ($W m^{-2} sr^{-1}$)	Risk group	Pass/Fail
Blue light hazard: L_B 100 mrad FOV	40.3	100	Exempt	Pass
Retinal Thermal: L_R 11 mrad FOV	1.73×10^5	2.17×10^6	Exempt	Pass

Average angular subtense : 12.9 mrad, $28,000/0.0129=2.17 \times 10^6$

44

脈衝輻射光源之風險分類(1)

- 適用於**單脈衝**及任何**脈衝寬度在0.25秒內**之脈衝輻射光源。
- 每個脈衝之加權輻射曝露(H 或 $E \cdot t$)或時間積分加權輻射劑量($L \cdot t$)，由其所發射之加權輻射照度或輝度對整個脈衝寬度進行積分所得出，積分之時間上限為0.25秒。
- 進行各項光生物危害評估時，應將加權輻射曝露或加權輻射亮度劑量之計算值與曝露限制(ELs)進行比較。

備考：加權輻射照度值應於0.0017呎度(或角度)之正圓錐視場取平均值。



45



脈衝輻射光源之風險分類(2)

- 依下列條件決定風險類別：
 - 超出曝露限制之光源應列為風險類別3 (高度風險)。
 - 對於**單脈衝輻射光源**，其加權輻射曝露或加權輻射輝度劑量低於EL時，應列為**無風險類別**。
 - **連續脈衝輻射光源**其加權輻射照度或加權輻射輝度劑量低於EL時，以脈衝輻射之時間平均值，依連續輻射光源之風險類別進行評估。

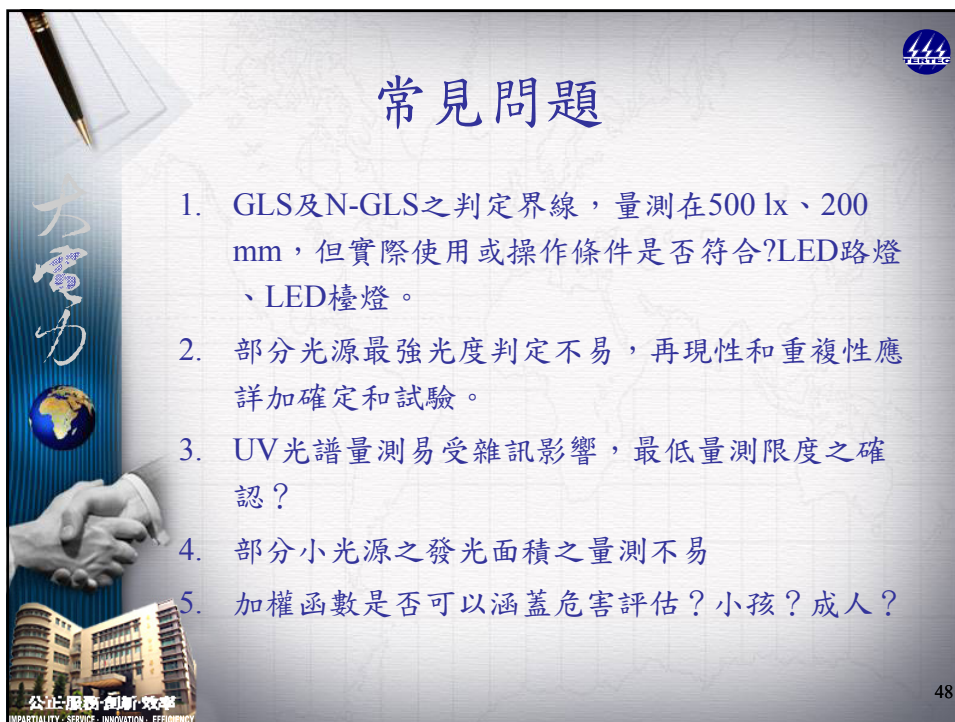
46





三、問題及討論

47



常見問題

1. GLS及N-GLS之判定界線，量測在500 lx、200 mm，但實際使用或操作條件是否符合?LED路燈、LED檯燈。
2. 部分光源最強光度判定不易，再現性和重複性應詳加確定和試驗。
3. UV光譜量測易受雜訊影響，最低量測限度之確認?
4. 部分小光源之發光面積之量測不易
5. 加權函數是否可以涵蓋危害評估?小孩?成人?

48

標準發展動態

- IEC/TR 62778 Application of IEC 62471 for the assessment of blue light hazard to light sources and luminaires
- IEC/TR 62471-2 Photobiological safety of lamps and lamp systems- Part 2: Guidance on manufacturing requirements relating to non-laser optical radiation safety

49

感謝您的聆聽，敬請指教！
Thank you for listening!

03-4839090 ext.7105
hank@ms.tertec.org.tw

50