

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

紅外線暴露劑量之即時偵測系統研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC94-2211-E-040-003-

執行期間：94年08月01日至95年07月31日

執行單位：中山醫學大學職業安全衛生學系

計畫主持人：劉宏信

共同主持人：藍崇翰，彭瓊瑜，張振平

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 10 月 27 日

# 紅外線暴露劑量之即時偵測系統研究報告

## 前言

隨著科技文明的發展，工作場所裡許多的物理性與化學性危害都直接或間接對人類眼睛造成威脅，物理性危害之防護較化學性危害困難許多，主要原因是物理性危害之無形與其偵測技術之困難。非游離輻射屬物理性危害中之最，因為人類創造出許多新穎且能量極高的光源，因其頻率與波長的多樣化，對人體造成之危害亦有所不同，越來越多的產業使用能量極高之光源作為各種生產工具及方法以製造各式各樣的產品。因此作業場所所產生的紫外線、紅外線、雷射等非游離輻射，對工作者已造成職業傷害的威脅。其中紅外線的傷害一般認為會引起職業性的眼睛永久傷害。除了鋼鐵業與玻璃製造業工人易有過高的紅外線曝露，其他行業如乙炔之燒、切、焊作業、電焊作業員工皆為紅外線的高風險群。

紅外線是一種電磁波，在光譜上，紅外線是一種具有強熱作用的放射線，其波長介於 0.76 微米與 1,000 微米之間，一般而言因波長不同而將紅外線分為近、中、遠紅外線。眼睛為靈魂之窗，除了因視覺障礙(遠近視)矯正的原因以外，無論在工作場所或休閒旅遊，為防禦機械能傷害(如飛濺的顆粒、噴濺的化學物質)或防禦輻射能傷害(工作場所裡的紫外線、可見光、紅外線或室外的太陽光)，人類常配戴特殊的眼鏡來保護眼睛。

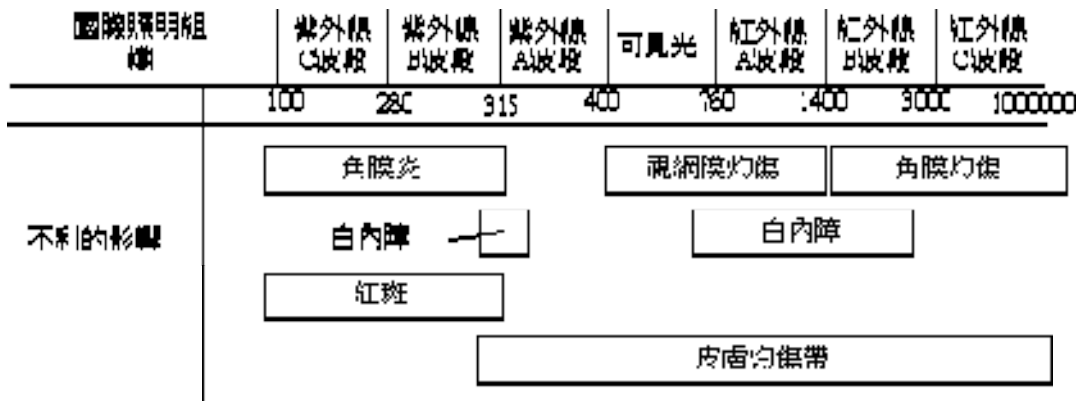
西元 1739 Heister 提出紅外線對眼睛水晶體之危害<sup>4</sup> (Turner, 1970)，1786 年 Wenzel 更進一步提出鋼鐵業與玻璃製造業工人因曝露紅外線罹患白內障之證據<sup>5</sup>，而玻璃製造業工人之白內障也成為許多國家法定之職業病<sup>6</sup>。在眾多非游離輻射中，紅外光的危害，一直備受矚目，一般認為會引起職業性白內障，其原因乃是高能量之輻射線進入眼睛時，平均約有 60~70% 的能量進入網膜<sup>7,8</sup>，這些能量的 60% 被網膜所吸收，因為這些能量導致眼球組織溫度升高，組織內蛋白質凝固，進而內層基質呈現混濁，白內障因而產生。

我國勞工安全衛生法對非游離輻射有如下之規定，勞工安全衛生設施規則<sup>11</sup> 第 214 條規定「雇主對於使用乙炔熔接裝置、氣體集合熔接裝置從事金屬之熔接、熔斷或加熱作業時，應規定從事該作業者佩戴防護眼鏡及防護手套」。另外，第 284 條「雇主對於勞工以電焊、氣焊從事熔接、熔斷等作業時，應置備安全面罩、防護眼鏡及防護手套等，並使勞工確實戴用」。就勞工衛生控制手段的層級而言，個人防護具之使用為最後之選擇，然而，就有紅外線曝露危害之場所而言，工作人員經常曝露於危害中而不自知，紅外線波長範圍很寬廣，每個波段輻射強度又有強有弱，以電焊而言，其輻射強度及波長是隨時間而改變，如同變動性噪音起落不定，如何確認每位曝露於紅外線作業場所的作業人員每日的曝露劑量，避免導致眼睛傷害，是我們此計畫想要達到的目的。

## 文獻研究

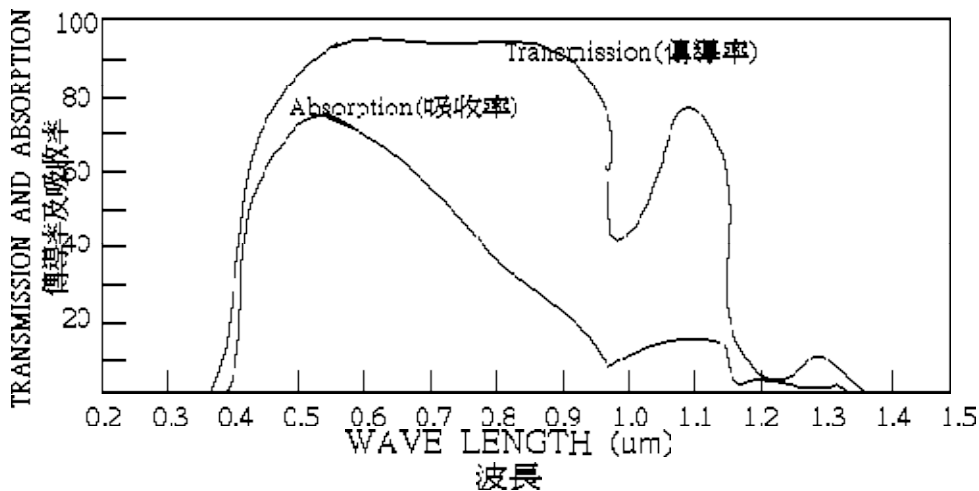
紅外線對人類眼部之危害，是否源於特定之波長或是純為眼球內部能量之提高，仍有爭議，因此至今對紅外線作業勞工眼睛保護的認識仍十分有限，更何況即便在玻璃製造業中，因玻璃原料不同，其輻射波長亦不同，因此沒有單一的防護眼鏡可以通用。因此即時偵測各行業紅外線輻射分佈及曝露狀況已刻不容緩，然而，為避免紅外線作業防護策略建立於不正確的假設，政府與工業安全衛生界應正視此問題，開發一個即時偵測紅外線暴露劑量的方法有其重要性與急迫性。

紅外線依其波長分為三帶：IR-A(紅外線 A)波段其波長為 760nm~1400nm，IR-B(紅外線 B)波段其波長為 1.4um~3um，IR-C(紅外線 C)波段其波長為 3um~1mm。在紅外線波段引起的傷害主要是白內障、視網膜和角膜灼傷，以及在低強度光源下熱輻射所產生的熱壓。



圖一、不同光的波長對眼睛與皮膚造成的傷害

視網膜在不同波長光源下的吸收率與傳導率(TRANSMISSION AND ABSORPTION)。在波長 0.4um 到 1.4um 的區間內，視網膜有一定的吸收率，若曝光量過多，將產生視網膜灼傷，所以又稱為『視網膜傷害區』。



圖二、視網膜在不同波長光源下的吸收率與傳導率

。

根據 ACGIH 級 ICNIRP 之建議視紫危害危害有如表一之光譜權衡參數值，因此我們必須將得到之數據轉換才能作為判斷之參考。

表一 藍光及視紫危害光譜權衡參數值

Wavelength (nm)	Blue-Light Hazard B( $\lambda$ )	Retinal Hazard R( $\lambda$ )	Wavelength (nm)	Blue-Light Hazard B( $\lambda$ )	Retinal Hazard R( $\lambda$ )
305	0.01	-	460	0.800	8.0
310	0.01	-	465	0.700	7.0
315	0.01	-	470	0.620	6.2
320	0.01	-	475	0.550	5.5
325	0.01	-	480	0.450	4.5
330	0.01	-	485	0.400	4.0
335	0.01	-	490	0.220	2.2
340	0.01	-	495	0.160	1.6
345	0.01	-	500	0.100	1.0
350	0.01	-	505	0.079	1.0
355	0.01	-	510	0.063	1.0
360	0.01	-	515	0.050	1.0
365	0.01	-	520	0.040	1.0
370	0.01	-	525	0.032	1.0
375	0.01	-	530	0.025	1.0
380	0.01	-	535	0.020	1.0
385	0.013	0.125	540	0.016	1.0
390	0.025	0.25	545	0.013	1.0
395	0.050	0.5	550	0.010	1.0
400	0.100	1.0	555	0.008	1.0
405	0.200	2.0	560	0.006	1.0
410	0.400	4.0	565	0.005	1.0
415	0.800	8.0	570	0.004	1.0
420	0.900	9.0	575	0.003	1.0
425	0.950	9.5	580	0.002	1.0
430	0.980	9.8	585	0.001	1.0
435	1.000	10.0	590	0.001	1.0
440	1.000	10.0	595	0.001	1.0
445	0.970	9.7	600-700	-	1.0
450	0.940	9.4	700-1050	-	$10^{[(700-\lambda)/500]}$
455	0.900	9.0	1050-1400	-	0.2

## 結果與討論

依美國 ACGIH(American Conference of Governmental Industrial Hygienist)相對波長之輻射強度提出  $E_{eff}$  (effective irradiance) 有效輻射概念之計算方法，及其規範勞工在紅外線工作場所的暴露時間(exposure time  $t$ ) 的暴露評估模式，建立有效輻射的計算方法。

首先利用可攜式之紅外線光譜儀每秒進行全波段紅外線輻射強度量測及軟體分析曝露之不同波長之光譜輻射強度  $W/(cm^2 \cdot nm)$ 。對作業人員的暴露量紅外線輻射強度進行評估。紅外線的有效輻射之計算係利用 ACGIH/ICNIRP 為了保護勞工免於因暴露於紅外線輻射的工作場所而導致眼睛受到傷害所訂定之紅外線的曝露標準及規範：

- a. To Protect the Cornea and Lens

$$770nm < \lambda < 3000nm \quad \Sigma E_{\lambda} \cdot \Delta \lambda \leq 1.8t^{-3/4} W/cm^2 \quad (\text{for } t < 1000s)$$
$$10mW/cm^2 \quad (\geq 1000s)$$

$E_{\lambda}$  : 光譜輻射強度  $W/(cm^2 \cdot nm)$

$\Delta \lambda$  : 測量波長區間 (nm)

- b. To Protect the Retina

$$770nm < \lambda < 1400nm \quad \Sigma E_{\lambda} \cdot \Delta \lambda \leq 0.6/\alpha \quad (\text{for } t > 10s)$$

$$770nm < \lambda < 1400nm \quad E_{eff} = \Sigma E_{\lambda} \cdot R(\lambda) \Delta \lambda \leq 5/\alpha \cdot t^{1/4} \quad (\text{for } t < 10s)$$

$E_{eff}$  : 有效輻射

$R(\lambda)$  : Retina Thermal Hazard Function (隨波長改變)

$\alpha$  : apparent radiation source

將量測之多種數據轉換成 excel 檔，770 至 3000nm 每個 nm 給與一個光譜權衡參數值，若是 retina 則會算出 770nm~1400nm 的能量總合，若是 Cornea and Lens 則會算出 770nm~3000nm 的能量總合，可即時反應作業人員在不同工作場所的暴露劑量。本研究利用自行設計組裝之儀器量測紅外線輻射強度，進行紅外線的有效輻射之計算，能即時反應全光譜輻射強度  $W/(cm^2)$  及個人暴露劑量，發展如噪音之暴露劑量之評估方法。期望能作為作業現場即時監測之工具，保護勞工安全。

我們利用目前市售之攜帶式紅外線光譜分析每 10nm 紅外線之能量，但依可利用之光譜分析儀僅能在 770~1400nm 量測暴露之紅外線能量，若超過則無法有絕對之量測值 (NIST 校正)，僅能利用偵測器曲線大約推估紅外線能量暴露之結果。依目前工廠作業時間大約暴露在紅外線時間每天都超過 1000 秒，在 770nm~3000nm 的 Cornea and Lens 危害，目前無簡易可利用儀器可每 10nm 量測一個數據，祇能利用電阻變化測量大約的紅外線能量總合，誤差大約 6%。另外則是如何縮小體積更適合現場使用將是之後研究的重點。