

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 煙霧偵測器之效能評估

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2211-E-040-001-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：中山醫學大學職業安生衛生學系

計畫主持人：賴全裕

共同主持人：陳志傑

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2年後可公開查詢

中 華 民 國 93 年 11 月 1 日

## 煙霧偵測器之效能評估

計畫類別： 個別型計畫       整合型計畫

計畫編號：NSC 92 - 2211 - E - 040 - 001 -

執行期間：92 年 8 月 1 日至      93 年 7 月 31 日

計畫主持人：賴全裕

共同主持人：陳志傑

計畫參與人員：

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告       完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、  
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年  二年後可公開查詢

執行單位：中山醫學大學職業安全衛生系

中 華 民 國      93 年 10 月 31 日

## 中文摘要

關鍵詞：火災、煙霧偵測器、氣膠、散射

火災，除了引發公共安全問題外，更造成生命財產之危害。因此各式的偵測器即被應用於初期偵測火災的發生，希望在火災發生前期及早發現，才能有效地抑制災情擴大，而一般大眾廣為使用的偵測器為煙霧偵測器。煙霧偵測器可分為離子式及光電式偵測器，前者之偵測原理為在離子室一對電極中放入  $\alpha$  微粒，使電極中之空氣分子離子化。因電極上被施以一定之電壓值，造成空氣離子朝兩端極版移動，而形成電離電流。當有煙霧氣膠微粒進入時，微粒將造成電離電流減少，在其減少量達一定值以上時，偵測器即開始作動。而光電式偵測器之主要應用為光照射到微粒時，光會被微粒散射的原理。

根據美國消防單位統計資料中，有 10.8 % 的火災求救訊號是偵測器的誤報而引起的，而且美國於 1993 年有記錄可查之偵測器誤報案例即高達 1,646,500 件，足見現今煙霧偵測器的誤報率高。此種誤報狀況，會形成人們心理上的輕忽態度。是以具備一高準確性、低誤報率之煙霧偵測器，是有效抑制災情擴大，減少生命財產損失的首要條件。各國對於火警探測器皆有完整之測試標準，例如 CNS-8874、EN54-7、UL-268 等等。然則不同燃燒狀況，造成迥異之氣膠微粒的粒徑分佈、粒數濃度、重量濃度以及氣膠光學特性，皆會影響煙霧偵測器之靈敏度。因此，關於煙霧偵測器檢測標準之完整性與適用性之探討研究更是迫切需要。

本研究針對煙霧偵測器進行一效能評估，比較各國關於煙霧偵測器檢測標準之相異處與優缺點，以期修訂、研擬適當之煙霧偵測器檢測標準評估規範。實驗主要選擇壓克力粉塵與碳黑為挑戰氣膠，以微粒電移動度掃描分徑器 ( Scanning Mobility Particle Sizer )、氣動粒徑微粒偵測器 ( Aerodynamic Particle Sizer ) 及氣懸微粒質量偵測儀 ( Tapered Element Oscillating Microbalance--Ambient Particle <PM-10> Monitor, TEOM ) 進行氣膠濃度、粒徑分佈之測試，以粉塵分散器 ( Solid Particle Dispenser ( PALAS )) 產生所需之挑戰氣膠，以 Am-241 中和挑戰氣膠至波茲曼分佈。實驗中輔以氦氖雷射監測、評估氣膠光學特性。研究結果顯示，光電式煙霧偵測器反應性，明顯受到不透光度之影響，微粒之粒徑分佈、重量濃度與物質之折射率將直接造成煙霧偵測器之反應。研究最終希冀能進而研發高準確性、低誤報率之煙霧偵測器，以提高公共安全。

## 英文摘要

Keywords : fire hazard, smoke detector, aerosol, scatter.

Fire spreads uncontrolled in public will be a hazard. People died by fire, also property and goods lost in the fire disasters. However, well-established fire sensors can detect the smoke and gases produced during the early stages of developing fires. The smoke detectors have two types: the ionization-type and the photoelectric-type smoke detectors. Ionization-type smoke detectors use an ionization chamber and a source of ionize radiation to detect smoke. Inside an ionization-type detector is a source of alpha particles. They ionize the atoms of the air in the chamber. The detector senses the small amount of electrical current that these electrons and ions moving toward the plates. When smoke enters the ionization chamber, the ions attach to it. Then the smoke detector senses the drop in current between the plates and sets off the horn. On the other hand, inside the photoelectric-type smoke detectors, the light source shoots strait (or across and misses) the sensor. When smoke enters the chamber, however, the smoke particles scatter the lights and alarm the smoke detector.

These smoke detectors, however, often result in frequent false sensor alarms. If this frequency is high, the tendency is to either shut down sensors, or to ignore the sensor alarms, with the potentially catastrophic consequence that an actual fire will be ignored. For this reason, an accurate, high performance, and low frequent false smoke detector can overcome the above

shortcomings. The CNS-8874, EN54-7 and UL-268 as a criterion normalizes the test standards of smoke detectors. However, according to the previous studies, the particle size distribution, number or mass concentration, and optical properties all affect the accuracy and performance of the smoke detector alarms. The test standards must be evaluated for its adequacy and completeness.

In the study, a Solid Particle Disperser (PALAS) was used to generate challenge aerosol particles (Acrylic Powder & Carbon Black). A radioactive source, Am-241, was used to neutralize the challenge particles to the Boltzmann charge equilibrium. An Aerodynamic Particle Sizer (APS), Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS) and Tapered Element Oscillating Microbalance (TEOM) was used to measure the number or mass concentrations and size distributions of the challenge aerosol. The Helium Neon Laser was used to measure the optical properties of challenge aerosol in the test system. The results showed the particle size distribution, number or mass concentration, and the particle reflective index all affect the accuracy and performance of the smoke detector alarms. The ultimate goals of the study are to suggest a proper normalization of testing and improve the smoke detectors.

## 一、前言

火災一直是大眾積極預防的災禍，除了平時的小心火燭外，更希望在火災發生前期及早發現，才能有效地抑制災情擴大，以期降低對生命財產之危害，因此各式的偵測器即被應用於初期偵測火災的發生。加上近年來台灣地區都市人口大量密集，建築物規模增大，樓層立體化，使其構造特殊、設備更形複雜，因而火災時更易造成公共安全問題。當火災發生之際，每一項可用來減輕火災危害後續之動作或反應，均需藉著對火災訊息傳進的某些手段（設備）予以啟動，而火警探測器正是用來傳遞火災訊息之設備[姚氏等，民國八十五年；簡氏，民國八十五年]。

根據我國「住宅用火災警報器技術規範」及「CNS-8874 火警探測器」，「火災警報器」係指藉由火災所產生之熱或煙，自動感知火災之發生，發出警報之器具。其種類包括感熱式警報器、偵煙式警報器及複合式警報器。其中偵煙式警報器又可分為離子式及光電式，而此兩種煙霧偵測器更是被一般大眾廣為使用。美國在 1928 年時，全國住宅場所裝設煙霧偵測器者少於 5%，到了 1988 年為止，其裝設普及率已高達 81%。這些偵測器的普及，成功地減少了約一半該類場所的火災死亡人數[Hall & Cote, 1991]。但根據美國消防單位統計資料中，有 10.8% 的火災求救訊號是偵測器的誤報而引起的，而且美國於 1993 年有記錄可查之偵測器誤報案例即高達 1,646,500 件，足見現今煙霧偵測器的誤報率高。此種誤報狀況，會形成人們心理上的輕忽態度。因此本研究將以氣膠理論為基礎，針對市售光電式及離子式煙霧偵測器進行效能評估。以下將分述火災的生命週期、煙霧偵測器之比較及其應用原理與氣膠的關係。

## 二、文獻探討

### 2-1 煙霧偵測器的種類

市售煙霧偵測器的種類大致可分為以下數種類型：

#### 1. 光電式煙霧偵測器 (Photoelectric Smoke Detector)

光電式煙霧偵測器，依其動作原理及構造特性，又可分為減光式與散光式兩種。

##### (1) 減光式 (遮光式) (Obscuration Type)

減光式煙霧偵測器之受光部於平時（無火狀況）能正常收受由發光部射出之光束，當煙霧氣膠微粒進入探測器內（火災狀況），將會遮去部分光源，使得受光部之受光量減少，當減光量（遮光量）達一定值時，即作動發出信號。

##### (2) 散光式 (The Light-scatter Type)

散光式煙霧偵測器之主要應用為光照射到微粒時，光會被微粒散射的原理。在

散光式煙霧偵測器中，光源與受光部兩者之位置成直角（90°）。在平時受光部不會接受到光源所投射之光，但有煙微粒進入時，光會被微粒朝四面八方散射，因此受光部將會接受到光量，當受光量達一定值時，該偵測器便會開始作動。

## 2. 離子式煙霧偵測器 ( Ionization Smoke Detector )

離子式煙霧偵測器使用一離子室 ( Ionization Chamber )，與一輻射放射源偵測因火災所產生之煙霧氣膠微粒。離子式煙霧偵測器比光電式煙霧偵測器更被廣為使用，因它對「有焰燃燒」所產生之微粒有良好之偵測效果，且一般認為離子式煙霧偵測器之反應效能比光電式煙霧偵測器好。離子室中使用銻-241 ( Americium-241 ) 為放射源，此放射物質之半衰期為 432 年，主要放射  $\alpha$  微粒 ( Alpha Particles )，使用能量為 1.0 微居里 ( Microcurie )。

### 2-2 氣膠光學特性

就氣膠對應於可見光波段之光學性質而論，其中最重要者當屬其作用於照射其上平行光束之消光性質 ( Extinction )。以微觀角度進行探討，描述氣膠消光行為之物理模型基礎，主要可以電磁波與受照射氣膠微粒間之關係，考量氣膠之散光 ( Scattering ) 與吸光 ( Absorption ) 兩種機制。散光現象本質上即為電磁波之散射，在考慮獨立散射 ( Independent Scattering ) 與單一散射 ( Single Scattering ) 之情形時，可將此一現象進一步簡化。散光現象主要肇因於分子尺度或多分子尺度之不均質性 ( Heterogeneity ) [Van de Hulst, 1957.]。當一物體 ( 例如氣膠微粒 ) 受到電磁波之照射時，此物體內之電荷將受到此電磁波所形成電場之影響，而使得其進入振盪狀態。此類受到激發之電子將可能向各個方向放出電磁波，此部分放射量即為物體之電磁波散射量。因此，物質之散光過程包含微觀上之電子受激發及再放射 ( Reradiation ) 兩部分。而被物質中電子所吸收之電場能量亦可能轉化為其他型態之能量，則形成巨觀上所觀察到之吸光現象 [Bohern & Huffman, 1983.]。

此現象主要之描述參數為消光係數  $\sigma_e$ 。若採用巨觀尺度觀察此一物理現象，則可將之描述為：平行光自光源行經一段行進路徑 ( 光徑 ) 抵達光徑末端之區域，受到位於光束截面積乘上光徑長度所得體積內之氣膠影響，從而造成光強度在光源處及光徑末端之差異。通常用以描述此一物理模式之統御方程式為 Bouguer's Law ( 亦稱 Beer-Lambert Law ) [Hinds, 1999.]。如以下所示：

$$\frac{I}{I_0} = \exp(-\sigma_e L) \quad (1)$$

其中

$I$ 、 $I_0$ ：分別為平行光束在光徑末端及光源處之光強度 ( Light Intensity )

$\sigma_e$ ：光徑中氣膠平均性消光行為之消光係數 ( Extinction Coefficient )

$L$ ：光徑沿平行光方向之長度

若再就消光機制之能量放射型態加以分類，則可將消光機制再進一步區分為不減損原有光強度之散光及消耗光強度之吸光兩種子機制，其對消光係數中之貢獻，則可分別表示為散光係數 ( Scattering Coefficient,  $\sigma_s$  ) 與吸光係數 ( Absorption Coefficient,  $\sigma_a$  )，其和則為消光係數。

進一步自微觀物理模式中電磁波波長與氣膠粒徑之關係思考，可發現此二空間尺度之比例參數 ( $\alpha = \pi d_p / \lambda$ )，可視為指出電磁波與氣膠間能量互動型式之指標。當 $\alpha$ 遠小於 1 時，此物理系統之散射行為則可以雷利散射 (Rayleigh Scattering) 加以描述，其散光效率係數 (Scattering Efficiency,  $Q_{ext}$ ) 為 $\alpha$ 值與光學折射率之函數 [Reist, 1993.]。當 $\alpha$ 遠大於 1 時，則可再考慮來自於各方向散射光之條件下，基於光線繞射行為僅受氣膠截面周長及粒徑與光波長相對大小影響，而不考慮光學折射率之前提下，將其相應之散光效率係數設為 2 [Friedlander, 1977.]。然而大部分研究關注之大氣氣膠粒徑與可見光波長關係，係 $\alpha$ 值接近 1 之情形。此時氣膠之散射行為，可以應用米氏散射 (Mie Scattering) 理論加以描述。而此時散光效率係數則涉及複雜之數值計算，而多以數值方法解之，如 BHMIE 副程式 [Bohern & Huffman, 1983.]。

在建構氣膠散光機制之微觀模型後，代表氣膠團 (Aerosol Cloud) 總體散光性質之散光係數，可以藉由將光徑通過體積中之氣膠不同粒徑區段濃度、截面積與相應之散光效率係數相乘後加總：

$$\sigma_s = n Q_{ext} A = \sum n_i Q_{ext,i} A_i \quad (2)$$

其中

$n$ ：光徑通過體積內之氣膠數目濃度

$A$ ：受測體積之橫截面積

$i$  (足碼)：加總氣膠散光性質時所對應之不同氣膠粒徑區段

因此，隱含於消光效率係中之氣膠大小、光波長及氣膠光學折射率，以及氣膠分徑濃度為散光係數之主要影響因子。

### 三、研究方法

本研究針對煙霧偵測器進行一效能評估，比較各國關於煙霧偵測器檢測標準之相異處與優缺點，以期修訂、研擬適當之煙霧偵測器檢測標準評估規範。實驗主要選擇壓克力粉塵與碳黑為測試氣膠，以微粒電移動度掃描分徑器 (Scanning Mobility Particle Sizer)、氣動粒徑微粒偵測器 (Aerodynamic Particle Sizer) 及氣懸微粒質量偵測儀 (Tapered Element Oscillating Microbalance--Ambient Particle <PM-10> Monitor, TEOM) 進行氣膠濃度、粒徑分佈之測試，以定量粉塵輸出儀 (Solid Particle Dispenser, PALAS) 產生所需之測試氣膠。實驗中輔以氦氖雷射監測，評估氣膠光學特性。研究最終探討氣膠微粒在不同條件下，對光電式煙霧偵測器與離子式煙霧偵測器之效能影響。系統圖如圖 1 所示。

### 四、結果與討論

在評估市售光電式煙霧偵測器之前，必須先釐清氣懸微光學量測因子，因此以下將探討微粒成分 (含光學特性)、粒徑分佈、數目濃度、表面積濃度、重量濃度等對不透光度量測的影響。

#### 4-1 粒徑分佈對不透光度值之影響

單一粒徑分佈壓克力微粒重量濃度與不透光度實測值如圖 2.左圖所示。可以發現在相同重量濃度下，不透光度依序排序為： $0.4 > 0.15 > 1.5 > 5.0 \mu\text{m}$ 。圖中在

相同重量濃度下，不同粒徑下其不透光度仍然變異性大，具有最大消光效率之  $0.4\ \mu\text{m}$  之微粒依然在較低重量濃度下即有較高不透光度值；在相同不透光度下，較大粒徑之壓克力粉塵之重量濃度遠高於較小粒徑之壓克力粉塵重量濃度。在不透光度值為 0.2 時，較小粒徑之  $0.4\ \mu\text{m}$  壓克力粉塵重量濃度為  $0.02\ \text{g}/\text{m}^3$ ，而在較大粒徑如  $5\ \mu\text{m}$  微粒時，重量濃度已高達  $0.2\ \text{g}/\text{m}^3$ ，在相同不透光度下兩微粒實測重量濃度變化量為 10 倍；而在相同重量濃度下時，如  $0.1\ \text{g}/\text{m}^3$  時， $0.4\ \mu\text{m}$  之不透光度已高達 0.59(59%)，但  $5\ \mu\text{m}$  之微粒不透光度只達 0.09(9%)左右，即在相同重量濃度下， $0.4\ \mu\text{m}$  與  $5.0\ \mu\text{m}$  兩微粒之不透光度值已差 6.5 倍之多。

火災現場所產生之粒狀污染物為混合之氣懸微粒，微粒不單單只是單一粒徑分佈，其微粒粒徑分佈之狀況會隨著所燃燒物料的改變而改變，物種含量更是多元化，若不考慮折射率對不透光度的影響，此時粒徑分佈將是主要影響因子。

本研究採用三種多粒徑分佈之氧化鋁粉塵進行不透光度的測試，其測試結果如圖 2 右圖所示。實驗結果顯示，在相同不透光度條件下，不透光度值為 0.2 時，F400 之質量濃度值約為  $15\ \text{g}/\text{cm}^3$ ，F1000 約為  $1\ \text{g}/\text{cm}^3$ ，其 F400 的質量濃度是 F1000 的 15 倍之多。反之在相同質量濃度下，不透光度差異性更是明顯，質量濃度  $20\ \text{g}/\text{m}^3$  時，F1000 不透光度幾乎趨近於 1(100%)，而 F400 的不透光度才 0.25(25%)而已。以粒徑分佈來探討與不透光度之關係時，F1000 粒徑分佈範圍主要在  $0.3\text{--}3.0\ \mu\text{m}$  之間，在此粒徑範圍時，氧化鋁消光效率最好，且其粒徑範圍分佈廣，因此在 F1000 此微粒分佈下其不透光度高於另兩者。

#### 4-2 具吸光特性之氣懸微粒對不透光度之影響

以上研究已探討單一粒徑分佈與多粒徑分佈對不透光度之影響，而使用之微粒光學特性為不吸光物質，但火災現場中，具吸光特性之碳黑與煤灰微粒含量不低，因此瞭解吸光物質對不透光之影響，將更有助於煙霧偵測器之效能評估。

本研究所使用之碳黑微粒，因其折射率為未知數，特利用 Hinds(1999)所述之吸光物質其微粒粒徑與消光效率之變化情形，消光效率隨著粒徑增加之一定值後及趨於平緩，而在不吸光物質之消光效率為一震盪起伏之狀況。如將碳黑不透光度值與壓克力微粒、氧化鋁微粒做一綜合性之比較，在圖 2 左圖中，發現在相同重量濃度時，碳黑微粒之不透光度值只高於  $5\ \mu\text{m}$  粒徑之壓克力微粒不透光度值，其原因為壓克力微粒為單一粒徑分佈之氣懸微粒其消光效率最高可至 4.3，而碳黑微粒最大之消光效率值為 2.6，且碳黑微粒為多粒徑分佈之氣懸微粒，因此在相同重量濃度時，單一粒徑之微粒時只有單一個消光效率，而不透光度值為包含粒徑分佈、消光效率與粒數濃度等之參數影響，因此在相同重量濃度時，具有較高消光效率之壓克力微粒其不透光度高於碳黑微粒之不透光度。而在圖 2 右圖中與氧化鋁微粒之比較圖中，在相同重量濃度下，碳黑微粒之不透光度值遠遠高於氧化鋁微粒之不透光度值，乃是因為吸光物質其消光效率為一上下起伏之狀態，而碳黑微粒之消光效率隨著粒徑上升至一定值即不再明顯變化，以及在粒徑分佈、粒數濃度等之綜合影響下，碳黑之不透光值遠高於氧化鋁微粒之不透光度值。

#### 4-3 市售煙霧偵測器效能評估

本研究以隨機抽樣之方式選取市售光電式煙霧偵測器，並以 0.4  $\mu\text{m}$  與 0.8  $\mu\text{m}$  單一粒徑分佈之壓克力粉塵圖進行不同不透光度條件下，煙霧偵測器反應時間差異比較，由圖 3 結果所示，在單一粒徑分佈時，隨著不透光度之增加，偵測器反應時間亦有縮短之趨勢。而在市售煙霧偵測器中，為了減少昆蟲或較大微粒影響所造成之誤報，會在光學腔外圍以鐵網圍住，因此當比較有無鐵網對反應時間影響時，亦可由圖 3 結果明顯得知，在 0.4  $\mu\text{m}$  時，不透光度為 0.3 時，無鐵網之煙霧偵測器產生警報訊號，而有鐵網之偵測器卻無反應。

## 五、 結論

由研究結果顯示，光電式煙霧偵測器反應性，明顯受到不透光度之影響，意味著微粒之粒徑分佈、重量濃度與物質之折射率將直接造成煙霧偵測器效能之影響因子。煙霧偵測器除了對氣懸微粒之粒徑分佈有直接相關外，光源的波長亦會影響不透光度，而目前本研究以波長 633 nm 之紅光雷射進行評估，未來將可利用不同波長或白光進行煙霧偵測器之效能評估。而一般市售煙霧偵測器多為光電式與離子式之混合體，因此也可進一步針對微粒的帶電特性對煙霧偵測器效能的影響進行探討。由於，不透光度特性明顯影響光電式煙霧偵測器之反應性，但一般偵測器之反應性只有反應與不反應特性，其程度特徵需要進一步研究。研究中也嘗試將偵煙器之電路版訊號接出，但由於難度頗高，歷經多次失敗仍難以取得較佳的研究結果，未來，將嘗試與電子領域的研究專家合作，達成改良與評估的最終目的。

## 六、 參考文獻

- Agarwal, Jugal K. and Liu, B.Y.H.: A Criterion For Accurate Aerosol Sampling in Calm Air.; Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 41(3):191-197., 1980.
- Baron, P. A.: Calibration and Use of the Aerodynamic Particle Sizer (APS 3300) .; Aerosol Science and. Technology, 5:55-67, 1986.
- Bohern, Craig F. and Huffman, Donald R.: Absorption and Scattering of Light by Small Particles.; John-Wiley & Sons, New York, 1983.
- Bukowski, Richard W., O'Laughlin, Robert J., Zimmerman, Charles E.: Fire Alarm Signaling Systems Handbook.; NFPA, p.54, 1988.
- EN 54-7: Fire Detection and Fire Alarm System- Part 7: Smoke Detectors: Point Detectors Using Scattering Light, Transmitted Light or Ionization.; English Version, CEN, November 1994.
- Friedlander, Sheldon K.: Smoke, Dust and Haze: Fundamentals of Aerosol Behavior.; Wiley, New York, 1977.
- Hall, John. R. and Cote, Anthur. E.: Fire Protection Handbook (17th edition)--American Fire Problem and Fire Protection. MA, National Fire Protection Association. 1-3, 1991.
- Heitbrink, W. A. and Baron, P. A.: An Approach to Evaluating and Correcting Aerodynamic Particle Sizer Measurements for Phantom Particle Count Creation.; Am. Ind. Hyg. Assoc. 53(7):427-431., 1992.
- Heitbrink, W. A., Baron, P. A. and Willeke, K.: Coincidence in Time-of-flight Spectrometers: Phantom Particle Creation.; Aerosol Sci. Technol., 14:112-126., 1991.
- Hinds, W.C.: Aerosol Technology-Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles. New York; John Wiley & Sons, Inc. 316-348, 1999.
- Litton, Charles D.: Fractal Properties of Smoke Produced from Smoldering and Flaming Fire.; Proc. ASME Int. Mech. Eng. Congr. Exposition, Dallas, TX, HTD, 352:119-34., 1997.
- Litton, Charles D.: The Use of Light Scattering and Ion Chamber Responses for the Detection of Fire in Diesel Contaminated Atmospheres.; Fire Safety Journal, 37:409-425., 2002.



Brain, Marshall.: How Smoke Detectors Work.; <http://www.howstuffworks.com/smoke.htm>, 2003.

Reist, Parker C.: Aerosol Science and Technology (2nd edition).; McGraw-Hill, New York, 1993.

UL 268: Smoke Detectors for Fire Protective Signaling Systems; Underwriters Laboratories Inc., June 1981.

Van de Hulst, H. C.: Light Scattering by Small Particles.; John-Wiley & Sons, New York, 1957.

White, H.J.:Industrial Electrostatic Precipitation, Addison-Wesley, Reading, MA, 1963.

中國國家標準總號 8874：火警探測器。經濟部中央標準局，共七頁，民國八十七年三月。

( CNS-8874:Detector of Fire Alarm Equipment., March 1998. )

王秋森：氣懸膠技術學。國立台灣大學醫學院出版委員會出版，頁 74-81，民國八十二年。

姚高橋、熊光華：建築物火警探測器檢測基準之規劃研究。內政部建築研究所，頁 1-5；

21-32；91-99，民國八十五年。

簡賢文：火警自動警報設備功能確保對策之研究。鼎茂圖書出版公司，頁 74-78，民國八十五年。

## 八、附圖

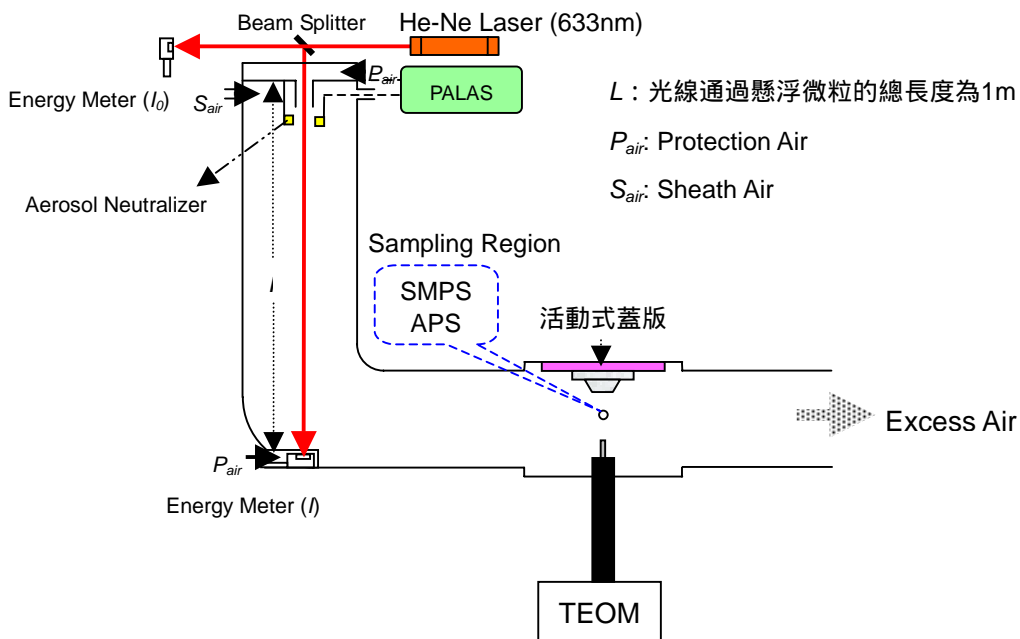


圖 1. 不透光度與煙霧偵測器效能量測系統圖

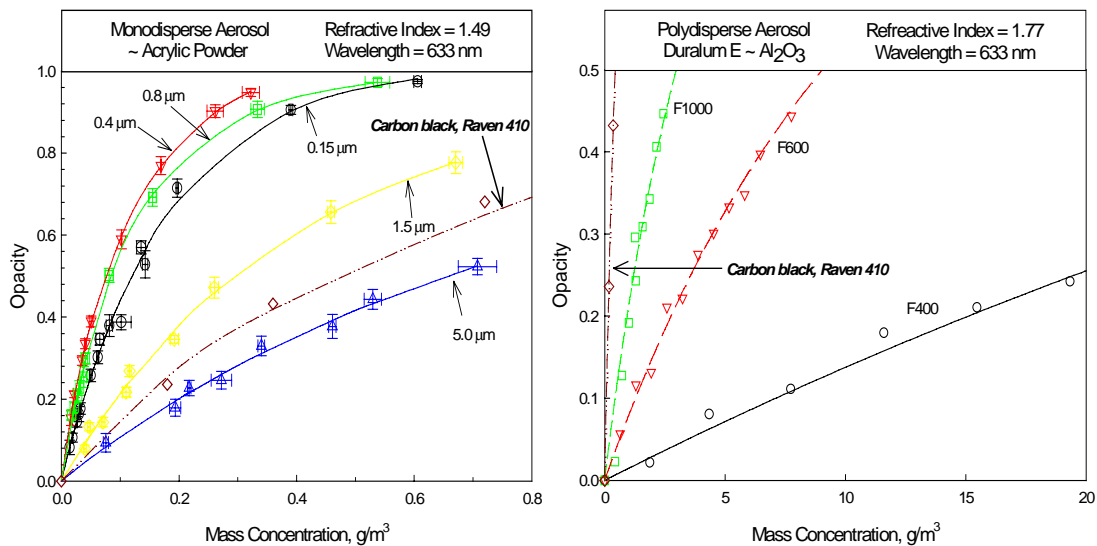


圖 2. 碳黑微粒與壓克力粉塵、氧化鋁微粒之實測不透光度值比較

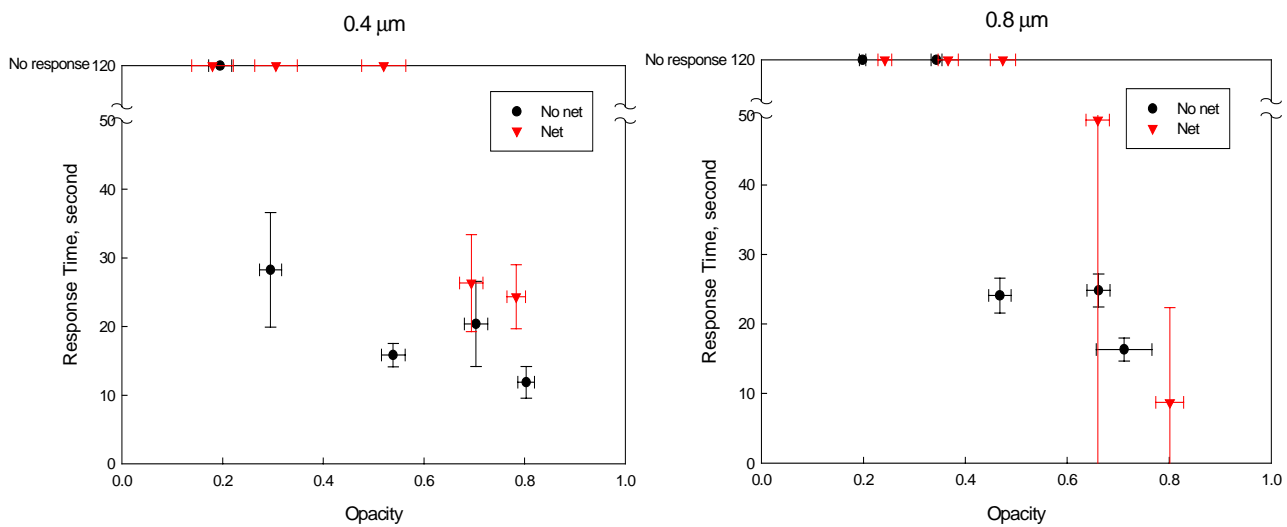


圖 3. 不同粒徑分部對光電式煙霧偵測器反應時間與不透光之影響

## 九、計畫成果自評

### 1. 完成之工作項目

- 1.1 完成評估各國關於煙霧偵測器檢測標準之完整性與適用性，並比較其相異處與優缺點。
- 1.2 完成探討氣膠微粒的粒徑分佈、粒數濃度、重量濃度以及光學特性與入射光光波之間的氣膠光學特性。

- 1.3 探討氣膠微粒在不同條件下，對光電式煙霧偵測器與離子式煙霧偵測器之效能影響。
- 1.4 評估市售煙霧偵測器之整體效能。
- 1.5 提供修訂、研擬煙霧偵測器檢測標準之評估規範。

## 2.對於學術研究、國家發展及其他應用方面預期之貢獻。

- 2.1 協助及提供政府訂定煙霧偵測器檢測標準之評估規範及正確應用方法。
- 2.2 加強工業及居家消防安全實務與學術研究合作，提高國際競爭力，共創雙贏局面。
- 2.3 提供煙霧偵測器之檢測技術，及研發技術轉移，提高防災、消防科技。
- 2.4 改善發展私校研究環境，整合校際資源，加強學者團隊研究合作。

## 3.對於參與之工作人員，預期可獲之訓練。

- 3.1 研究人力有效整合，加強團隊合作。
- 3.2 鼓勵學者將學術研究成果回饋貢獻於社會。
- 3.3 培養研究人員社會及國際觀，關心環境及影響國際脈動。