

勞工個人暴露影像監測技術評估

陳志傑¹ 賴全裕¹ 吳章甫² 葉文裕³ 陳春萬³

¹ 台灣大學職業醫學與工業衛生研究所

² 台灣大學公共衛生學系

³ 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

摘要

傳統的空氣污染物採樣可反應勞工之暴露程度，但對於暴露來源其所能提供之訊息有限。當受到暴露危害之操作持續時間很短時，便無法以整體採樣之結果來偵測暴露之來源。而一項結合直讀式儀器與攝影機的暴露監測技術，即可提供足夠的資訊以鑑定具有暴露危害之操作、評估操作改善之影響及工程控制之成效。同時由於資料是以數位方式儲存，因此可在電腦上進行更進一步的資料分析。利用攝影機擷取工作場所勞工作業情形，並結合污染物監測儀器所測得之污染物濃度的數據或圖形，可作為工業衛生教育及訓練之有利工具。此一技術對於活動與暴露之間的關係提供一直接且有利的證據，此種「眼見為信」的證據比生硬的實驗室數據更能達到衛生教育之目的。本研究之最重要目的即在於透過評估測試以推廣此一技術之應用，期能創造一更安全之工作環境以達成「零災害、零傷害」的目標。

關鍵詞：攝影暴露監測技術、直讀式粉塵計、氣懸微粒

緒言

工作場所污染物濃度量測之主要作用為：符合法規要求、了解污染物暴露濃度與健康影響之關係、了解污染防治設施之效率。其最終的目的是減低勞工朋友的污染暴露，創造一個更健康的工作環境。對於工作環境中

空氣污染物濃度，傳統上都是藉由整體採樣（Integrated Sampling）的方式得知。但在現今複雜的工業製程中，勞工所負責的工作，短時間內可能涉及多種製程、或操作多種工具、變換多種操作姿勢及地點。而整體採樣方式，雖可知道採樣時間內空氣污染物的總量和平均暴露濃度值，但對於勞

工之作業動作與暴露量大小之關係、暴露濃度隨時間變化的情形則無法得知，亦不能完全符合短時間內變化多端的環境測定需要 [1-4]。

利用影像暴露監測技術 (Video Exposure Monitoring Techniques，以下簡稱 VEM)，不僅可以顯示勞工工作情形的相對暴露情況，了解何種作業下或何種操作工具有較高的暴露濃度，得知某化學物質使用的情況，而且可以反應短時間內的暴露濃度，並可協助工業衛生師正確判斷如何進行污染源的控制及訓練勞工在工作場所中避免高濃度暴露的動作 [1-4]。

由於大部份直讀式儀器並非真正直讀 (Real Time)，而仍有其難以克服的反應時間 (Response Time)，再加上污染物由發生源傳輸至反應器需要時間，以及傳輸期間可能受到環境因素 (如風速、風向、通風率等) 的影響，所以動作影像與污染物量測儀器的讀值會有時間上的落差。 [1-2]。由於此一時間上的延遲 (Time delay)，使得直接結合攝影機與直讀式儀器的第一代 VEM 系統，其動作和污染物的暴露值並不能完美的配合，其不協調性令觀眾 (勞、資、工業安全衛生人員) 感覺突兀。所以本研究主要目的在於探討此一時間延遲，而一般解決影像動作與測量讀值之間的不一致須借助於電腦當作介面加以調整。

本研究使用直讀式粉塵計與攝影機於室內環境進行模擬測試，之後再到工廠進行作業環境的實地測試。同時在實驗室以不同種類及粒徑大小的挑戰氣懸

微粒 (Challenge Aerosol)，評估直讀式粉塵計用於被動式與主動式採樣時的性能及其結果顯示上之時間延遲，以期改善直讀式儀器在 VEM 技術上之應用。

實驗器材

本研究進行影像暴露監測時，所使用之儀器設備如下：

1. 直讀式儀器 (Direct Reading Instrument)：本研究採用 Handheld Aerosol Monitor (HAM, Model 1060, PPM Enterprises Inc.) 以偵測空氣中之粉塵。HAM 根據廠商的設計，是一種被動擴散式採樣器，其利用微粒對光的散射 (Light Scattering) 以偵測污染物之濃度。優點是輕便、易於佩帶、穩定、反應時間 (Response Time) 短，且具有類比訊號 (Analog) 及數位訊號 (Digital) 的輸出功能，相當適合用於攝影暴露監測 [5]。可偵測之粒徑範圍為 0.3-2.0 μ m，偵測濃度為 0-200 mg/m³。可輸出一秒一次平均濃度，及五秒一次平均濃度的測量顯示。
2. 資料記錄器 (Data Logger, Model 2100, Telog Instrument Inc.)：資料記錄器必須與直讀式儀器輸入的訊號速度及訊號資料的數量相容。訊號輸入速度超過資料記錄器所能接收，或訊號資料太多以致超過記錄器的容量皆會造成資料遺漏與失真 [5]。
3. 攝影裝備 (Video Instrument)：主要用來記錄暴露者的活動情形。一般

可輸出類比訊號 (Analog) 之攝影機即可。此外攝影機必須具備時間顯示功能或計時器，以便與污染物濃度變化的時間配合 [1,6]。

4. 個人電腦硬體設備 (Personal Computer)：其主要配備為 80486CPU-DX2 / 16MB RAM & Super-VGA。

除了上述四項硬體設備外，還須要有影像擷取卡 (動態影像輸入介面) 和影像轉換器 (動態影像輸出介面)，以便將攝影機之動態影像輸至個人電腦及將電腦影像再轉至錄影機存放，或於電視、單槍、三槍投影機播放 [7-12]。

VEM 技術操作與資料收集

VEM 的操作有兩步驟：

步驟一：到工廠拍攝勞工工作畫面，同時在勞工身上佩帶直讀式儀器及資料記錄器。利用電腦將資料記錄器中儲存的濃度變化情形，以數據或圖形 (如柱狀圖) 顯示於電腦螢幕。配合影像擷取卡的使用，取得攝影機所拍攝的勞工工作影像，以人工判讀的方式同步呈現於電腦螢幕上。再經由影像轉換器輸出至電視、投影機、或錄放影機而儲存至錄影帶上。詳見圖 1。

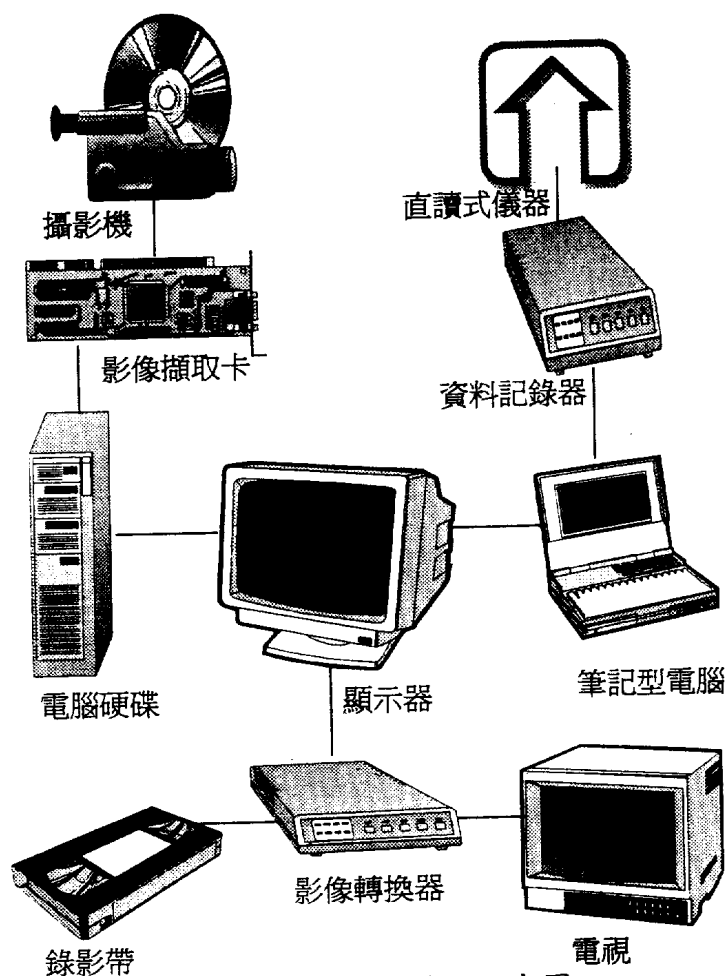


圖 1 VEM 技術之聯結示意圖

步驟二：將工作者的動作配合所暴露粉塵濃度，利用試算表之統計分析軟體，做時間序列分析（Time Series Analysis）。利用多變項迴歸統計，並加入虛擬變項（Dummy Variable），以得知何種操作具有較高的暴露濃度，同時亦可得知作業中各種化學物質的使用率 [2]。

本研究以步驟一為主。茲說明如下：

1. 在實地進行 VEM 技術之前，先選擇一具有室內空調的教室，作為 VEM 技術的測試。該室內體積為 $7.6 \times 3.9 \times 2.7\text{m}^3$ ，平均每分鐘供氣量為 3.8m^3 ，排氣量為 3.1m^3 ，由於其通風及其他物理條件，如溫度、風向....等皆易於控制，故選擇作為測試地點。在室溫 24.5°C 下，令一位志願者佩帶直讀式儀器及資料記錄器，模擬書寫黑板、擦黑板、拍板擦的動作。同時利用攝影機拍下志願者的整個動作過程。
2. 工廠實地測試評估：本研究選擇一家塑膠安定劑工廠進行其粉塵暴露的 VEM 測試。最適合進行 VEM 技術的條件是：簡單不複雜的動作、容易分解成數個小部分的動作、重覆進行的動作等。因此本研究以該工廠中硬脂酸鈣包裝成袋的過程來進行測試。其主要流程如下：

- (1) 進料裝袋（把袋口就下料位置，開始進料。）
- (2) 秤重（重量調整，包含有物料舀進、舀出的動作。）
- (3) 人工手動摺袋口（把內袋多餘空氣

壓出，並摺口。）

- (4) 機器自動封口（把外袋縫合。）
- (5) 堆袋（把成品袋堆置於手拉車上。）
- (6) 重覆 1 至 5 的動作。

由於員工主要的工作是重覆以上流程，且其動作並不繁複，所以將動作區分為：進料裝袋、秤重、手動摺口、機器封袋、堆袋等五種。

本次測試之目的，除了進行 VEM 技術的實際評估外，並針對直讀式儀器，進行主動式及被動式採樣的比較。被動式採樣是讓受測員工將 HAM 及資料儲存器配掛於腰際，感應器置於離呼吸道 30 公分的範圍內，同時進行受測員工的影像攝錄。主動式採樣部份，研究人員在 HAM 的感應器（Sensor）進行部分改裝。除了受測員工額外配戴利於主動採樣的設備（如採樣幫浦、抽氣管線）外，其餘條件皆與被動式採樣同。該工作區域配置見圖 2。

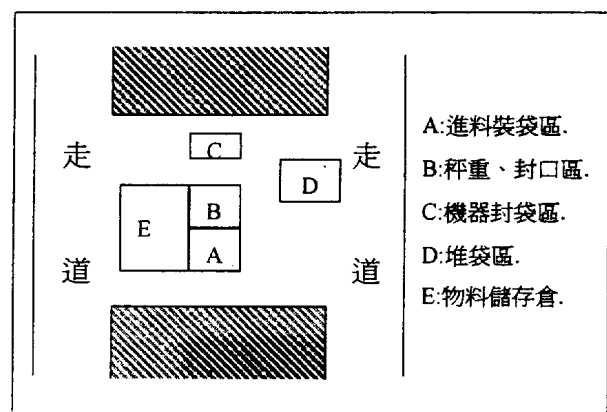


圖 2 採樣區配置圖

採樣完畢後，進行採樣資料--資料儲存器之處理。將資料下載（Download）成 ASCII 碼，並將暴露濃度數值轉換

成柱狀圖，利用影像擷取卡擷取攝影機拍攝的工作影像，使二者在電腦螢幕上同步播放。由於電腦螢幕上須同時出現錄影畫面，及暴露濃度數值或圖形變化的畫面，因此採用電腦視窗系統多工及視窗化的特性，以簡化程式設計的困難度。由此可知 VEM 技術尚需要有影像擷取卡之驅動軟體（可在電腦視窗下執行的版本）及可顯示暴露濃度數據或圖形變化的程式。

本研究引進美國國家職業安全衛生研究院 Michael G. Gressel 以 IBM 相容的 Basic 程式語言所撰寫的柱狀圖程

式。該變動的柱狀圖可用來反應勞工受到空氣污染物的暴露情形 [1,2]。由於該程式並未利用電腦視窗，而是採取影像重疊的方式。也就是將攝影機畫面藉由「影像重疊卡」輸入至電腦，再與電腦螢幕上的暴露濃度變化柱狀圖一起輸出至電視重疊。其缺點是勞工動作的畫面會與數據或柱狀圖重疊，造成不清晰的情形。本研究針對此一缺點修改部份程式，並利用影像擷取卡，使前述兩畫面能同時於電腦螢幕上出現，而不會互相干擾。其顯示之畫面見圖 3。

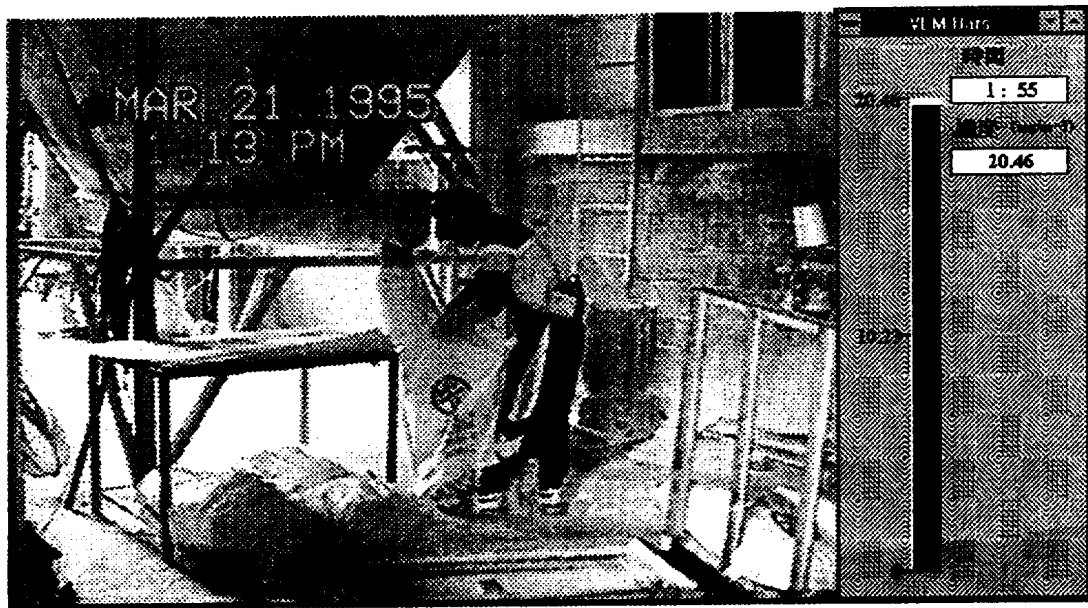


圖 3 VEM 技術之影像與濃度同步顯示圖

3. 直讀式儀器性能測試評估：本研究設計了兩套系統以測試 HAM 直讀式儀器的偵測範圍。測試系統的配置見圖 4。

系統 A，主要是產生一穩定且已

知粒徑分佈的氣懸微粒，以測試 HAM 用於主動式與被動式採樣時感應器的性能。本系統使用超音波震盪霧化器（Ultrasonic Atomizer, Model 8700-60, Sono-Tek.）產生約 $32\mu\text{m}$ 的液滴。

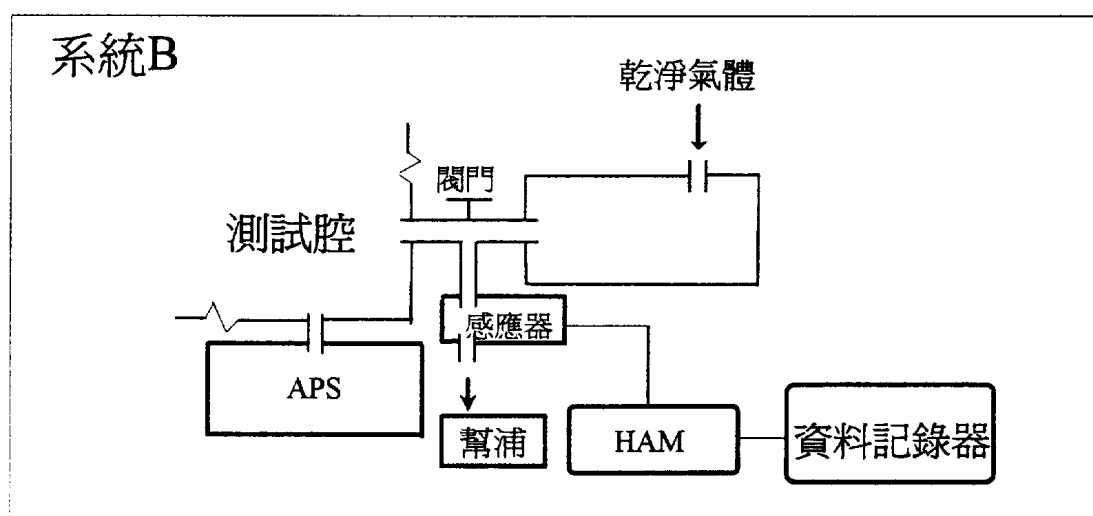
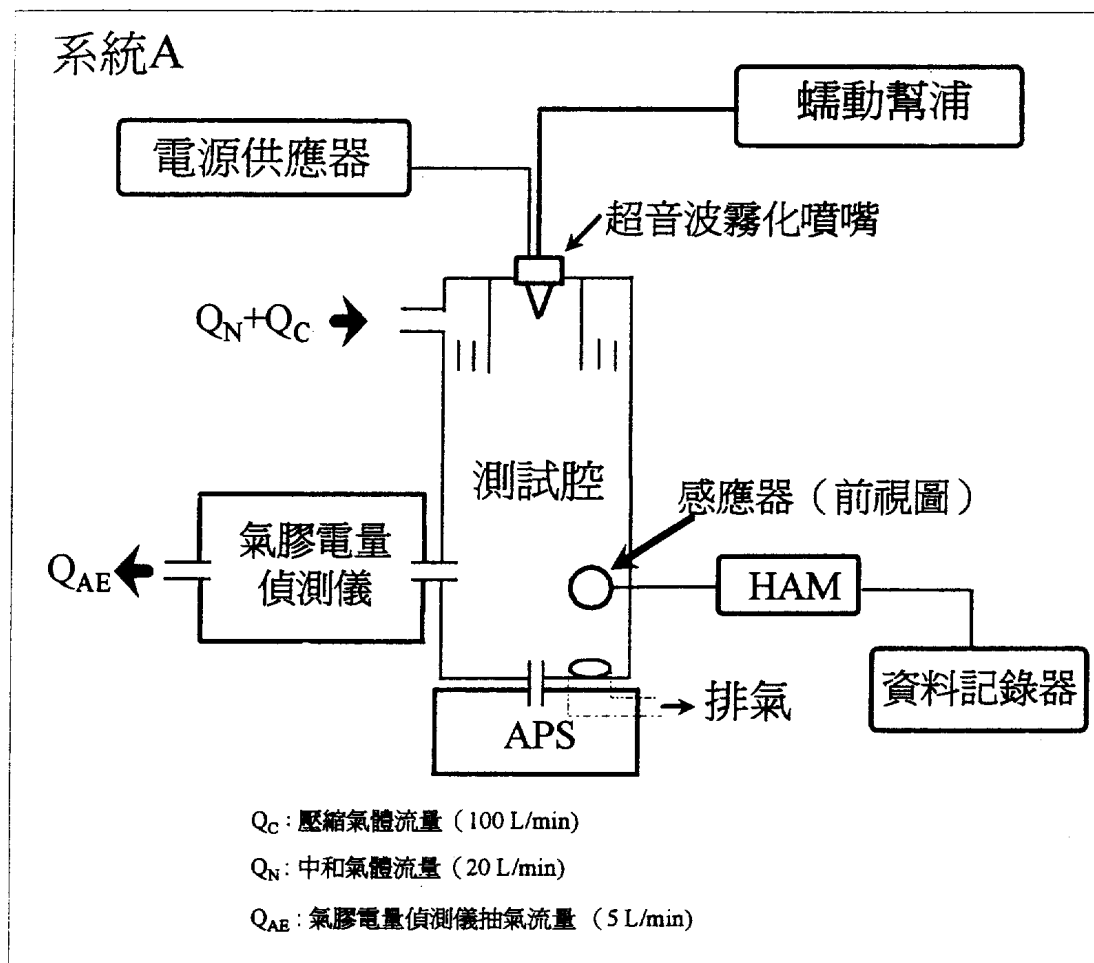


圖 4 實驗室測試系統配置圖

再於測試腔內導入流量為 100 L/min、經 HEPA 過濾的乾燥氣體使霧化後之液滴乾燥，以形成所需要之多粒徑分佈 (polydisperse distribution) 之氣懸微粒，微粒的濃度與粒徑分佈則利用微粒氣動直徑偵測儀 (Aerodynamic Particle Sizer, APS, Model 3310A, TSI Inc.) 進行測量。測試腔內之平均溫度約 24.5 °C，濕度約 25.7%。同時為使產生的氣懸微粒達到波耳茲曼電量平衡分佈，以避免氣懸微粒因帶電狀況而造成濃度損失。本研究在測試腔內導入 20 L/min 含高濃度兩極離子的氣體，並以氣膠電量偵測儀 (Aerosol Electrometer, Model 3068, TSI Inc.) 量測測試腔內之電量。在研究中，分別產生衆數粒徑為 1、2、3、4、5、10 μm 的氯化鈉和酒石酸鉀鉉氣懸微粒以進行 HAM 之性能測試，並比較被動式採樣及主動式採樣 (抽氣量分別為 1、2、5、10、20 L/min) 的差異。APS 為一相當精確之氣懸微粒測量儀器，其有效偵測粒徑範圍在 0.5 μm -30 μm 之間，本實驗以 APS 之測試結果來評估 HAM 量測之準確度。變更測試條件時，例如：不同晶形的微粒產生源、不同的粒徑分佈、或主動式採樣流量改變，均先行校正測試腔內的狀況，諸如電性中和、溫度、濕度 等。

系統 B 主要用於測試 HAM 主動採樣時，抽氣量改變對感應器的反應時間及回復時間 (Response & Recovery Time) 之影響。系統 B 的測試狀況和系統 A 相同，唯一的特點乃在於系統 B 利用一個三向閥門 (Three Way

Ball Valve) 連結了一個子測試腔，此子測試腔提供經由 HEPA 過濾的乾淨空氣。閥門另一個出口接在 HAM 感應器的進口處。此三向閥門的設計，可控制進入感應器的物質是來自測試腔或子測試腔。測試時使用 1 μm 的氯化鈉氣懸微粒，測試的抽氣量分別為 1、2、5、10 及 20 L/min。閥門及連接至感應器的混合體積約 7.5 cm^3 ，由於最小的抽氣量為 1 L/min，故混合體積對感應器的反應時間及回復時間 (Response & Recovery Time) 的影響幾可忽略。此外，由於最高的抽氣量為 20 L/min，所以子測試腔的乾淨空氣流量需大於 20 L/min。操作系統 B 時，先從子測試腔供給感應器乾淨的空氣 10 秒，然後切換閥門，供給由主測試腔產生的含有氣懸微粒之氣體 20 秒，接著再切換閥門供給乾淨空氣至整個測試時間達一分鐘為止。

結果與討論

由室內之模擬測試中，得知在書寫黑板、擦黑板、拍板擦的動作時，所受到的粉塵暴露濃度皆不同，尤其是拍板擦時，其暴露濃度超過 2 mg / m^3 。所以，透過攝影方式可使作業人員瞭解這種動作最應該進行改善。而擦黑板的方式也影響暴露濃度。如由上往下擦、左右來回反覆擦 ... 等皆有不同暴露狀況。因此應用 VEM 的技術有助於找出避免高濃度暴露的方法，也就是 " 溫和的動作 " ！另外，購買低產灰量的粉筆、使用封閉式拍板擦箱、或使用白板

書寫 亦可避免高濃度的粉塵暴露。在此一模擬測試中，顯示不同的動作會造成不同的暴露濃度，其原因可能是書寫黑板的勁道，粉筆兩頭粗細不均，擦黑板與拍黑板所用的力量、方式與位置的差異造成不同濃度的氣懸微粒。

在工廠實地測試部分，進行測試的作業主要是物料包裝。除了進行 VEM 技術評估之外，並比較了 HAM 主動式採樣和被動式採樣時的差異。為取得較佳的靈敏度，本研究將 HAM 的偵測範圍定在 $0 \sim 20 \text{ mg/m}^3$ ，同時將物料包裝之動作大略分解成五個動作：進料裝袋、秤重、人工摺袋口、機器封裝、堆袋。利用電腦把操作動作及直讀式儀器所測得之資料，在螢幕上以柱狀圖和操作動作進行同步播放。由實驗結果發現，以被動式進行採樣時，進料裝袋、秤重、人工摺袋口等動作其暴露之粉塵濃度均超過 20 mg/m^3 。使用主動式採樣時，進料裝袋動作所測得之粉塵濃度亦超過 20 mg/m^3 ，而秤重動作與人工摺袋口動作則分別為 11 mg/m^3 與 13.32 mg/m^3 。而機器封袋和堆袋部分以這兩種採樣方式中所測得之暴露粉塵濃度都較低。圖 5 是分別以被動式與主動式所進行的現場粉塵濃度監測結果，由圖可知主動式採樣用於暴露攝影監測時，因為其較小的時間延遲可較清楚的解析動作與暴露濃度之間的關係。

根據實驗結果，進料裝袋在所有動作中具有較高的暴露濃度，是因為硬脂酸鈣下料進袋時，粉塵由袋口逸出，再加上工人以手震動調整下料口，並搖動袋子以利進料之動作所造成。所以在此

進料裝袋部分應避免以手搖動袋子，並應控制下料速度，及提供適當局部排氣設施，以維護勞工身體健康並防止污染周圍環境。

在秤重動作部分，亦發現有高濃度的粉塵發生。由攝影結果分析其主要原因可能是在秤重時，工人需要用器皿舀取物料進出袋子以調整物料重量。舀進、舀出的動作會增加粉塵的逸散，而環境因子例如氣懸微粒的擴散速度、工作場所的通風排氣量 等亦可能造成影響。由這項影像暴露監測結果，更發現感應器本身的反應時間與回復時間造成影像與測量值無法配合同步之情形。因為當現場粉塵的濃度迅速降低時，感應器並不能立刻反應出低濃度的值，而是一連續的濃度降低梯度表現。所以秤重區真正的暴露濃度，可能延至數秒後才出現，由於此一時間延遲，吾人推測同步呈現在剛開始秤重時的高暴露值，可能是前項進料裝袋動作暴露濃度之反應延緩出現的結果。由於硬脂酸鈣包裝的五個主要動作是連續的，所以進料裝袋時所產生的高濃度粉塵逸散，可能因擴散或人員移動而帶至鄰近的秤重區域，因而造成秤重剛開始時高濃度的粉塵暴露值。

人工手動摺袋口的動作也會造成高濃度的粉塵暴露，因為工人在摺內袋口時，須得把袋裏面多餘的空氣擠出，使得粉塵藉此而飛散出來。加上工人更須得把內袋口多餘部份摺往內，整個上半身往下彎，正好迎面接觸了飛散出來的粉塵。故其暴露濃度，在無形中提高了不少。而機器縫袋口和堆袋動作部分，

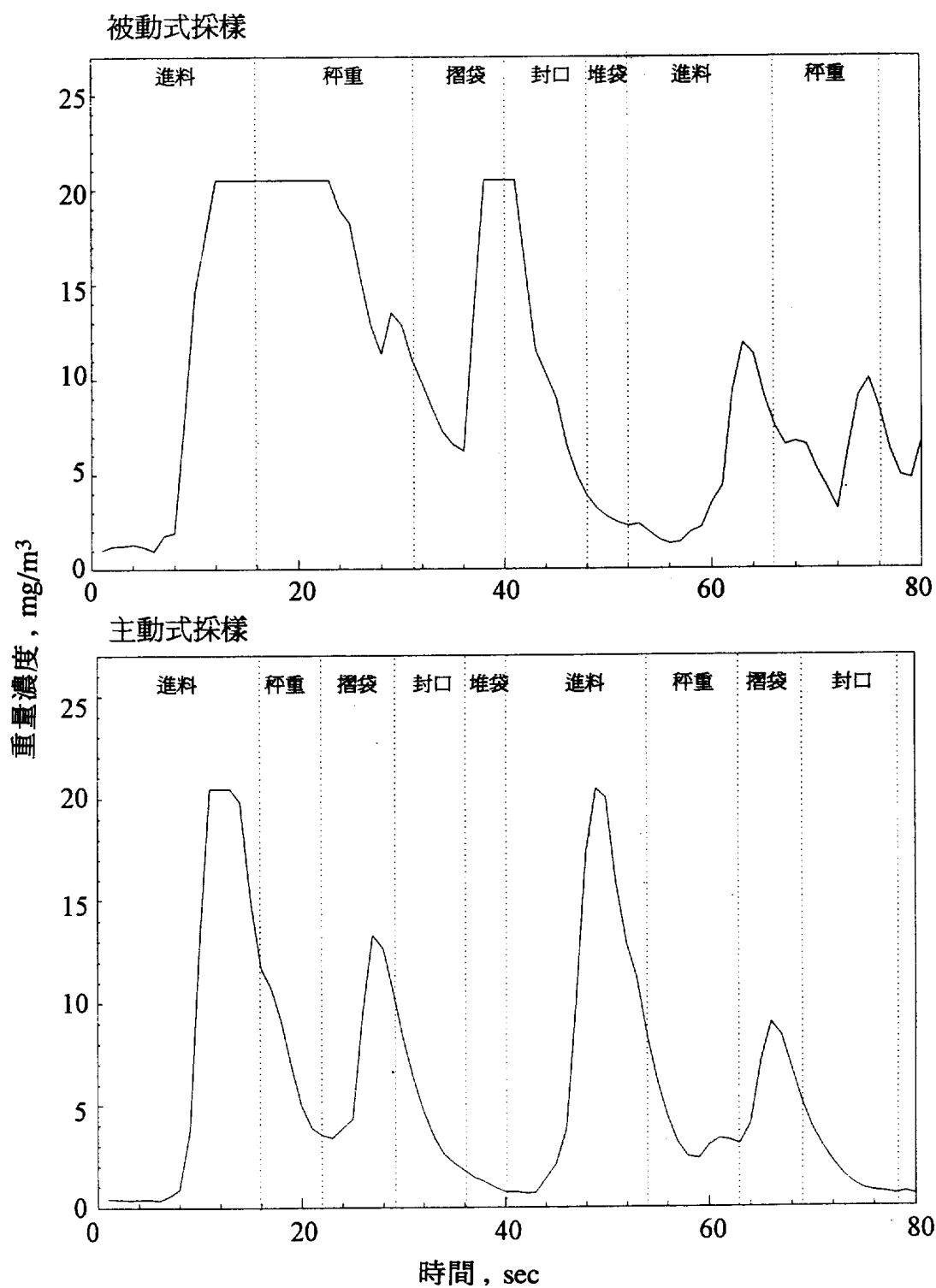


圖 5 HAM 所偵測之濃度變化 (含被動與主動式採樣)

由於粉塵自袋中逸散出來的機會減少，故所測得之粉塵濃度較低。

在實驗室的評估測試部分，本研究利用條件設定為 60Hz、4.4Watt 的超音震盪霧化器產生衆數粒徑是 1、2、3、4、5、10 μ m 且具有相同幾何標準差 (Geometric Standard Deviation, GSD) 多粒徑分佈的氣懸微粒 (詳見表 1)。由表 1 中可以發現，本研究所產生之氣懸微粒數目中位數粒徑愈小，其 GSD 愈小，主要是因為 APS 偵測的極限是 0.8 μ m，所以對較小的氣懸微粒之偵測較不靈敏。

為評估使用 HAM 於主動採樣與被

動採樣時量測結果之準確性，本研究利用系統 A 產生衆數粒徑分別為 1、5、10 μ m 之氯化鈉氣懸微粒 (詳見表 1)，連續測量五分鐘，測量結果輸出方式是每秒輸出一行，主動式採樣部份則同時評估其使用不同抽氣量 (1、2、5、10 及 20 L/min) 的量測結果。由圖 6 的實驗結果中，得知 HAM 在主動式採樣上較被動式採樣有更精密之測量值，且在較大粒徑部份之測量結果與 APS 之測量值較為接近，而被動式採樣在較大粒徑的量測上有低估之現象，較合理的解釋是 10 μ m 的氣懸微粒擴散能力較差。

表 1 測試氣膠粒徑之統計值

氯化鈉

	CMD(μ m)	GSD	Number Concentration No./cm ³	mg/m ³
1 μ m	1.03	1.32	96	0.007
2 μ m	1.90	1.40	104	0.016
3 μ m	2.80	1.49	102	0.051
4 μ m	3.80	1.57	85	0.096
5 μ m	4.70	1.70	88	0.190
10 μ m	9.10	1.83	159	1.345

酒石酸鉀鈉

	CMD(μ m)	GSD	Number Concentration No./cm ³	mg/m ³
1 μ m	1.03	1.34	80	0.006
2 μ m	1.93	1.38	112	0.016
3 μ m	2.70	1.43	118	0.039
4 μ m	3.64	1.51	125	0.107
5 μ m	4.70	1.58	121	0.237
10 μ m	9.02	1.65	154	1.356

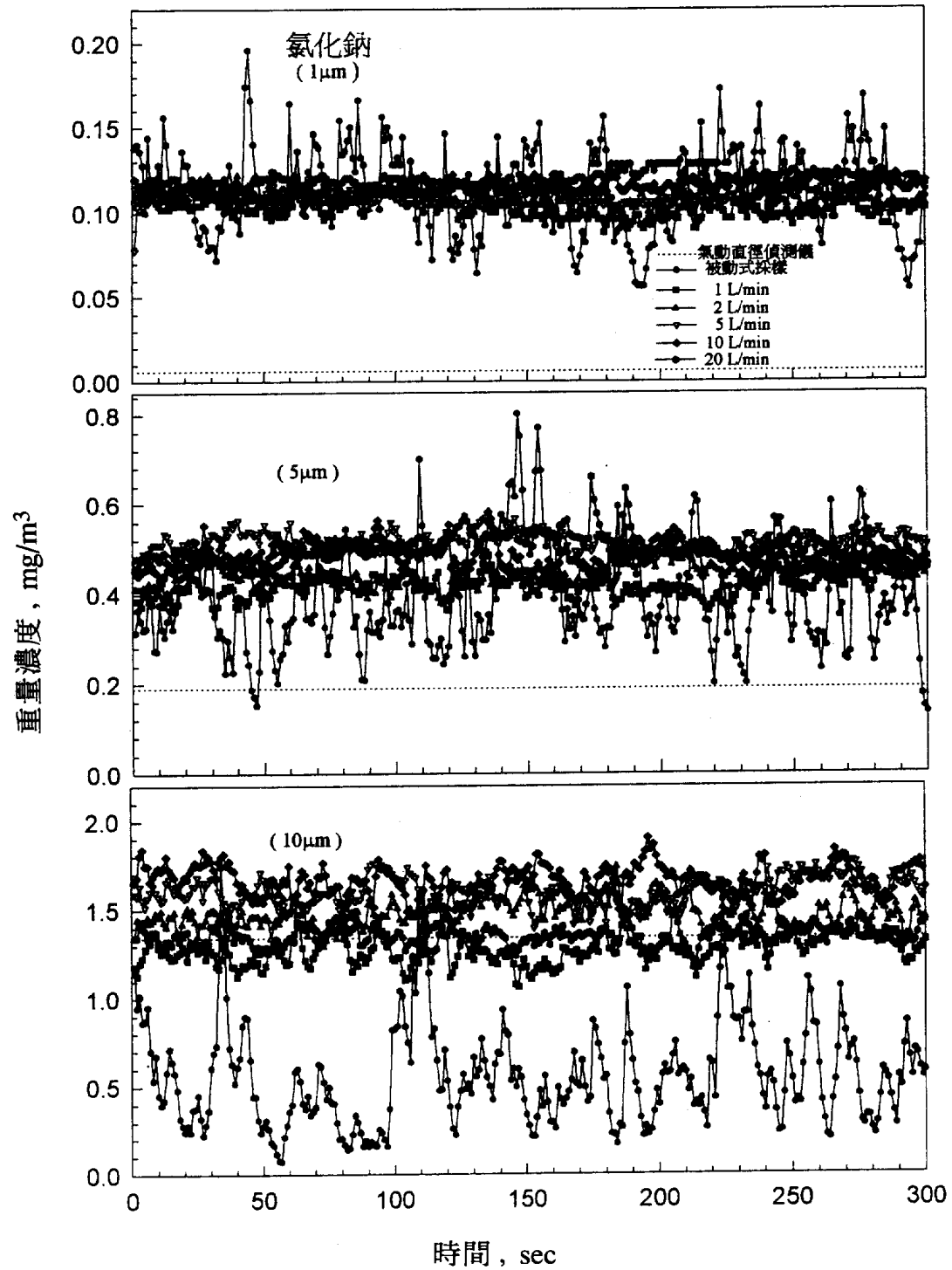


圖 6 HAM 所偵測之濃度變化 (含被動與主動式採樣), 以氯化鈉為例

HAM 被動式採樣低估較大粒徑微粒濃度，亦可由圖 7 之結果得知。圖 7 是分別以氯化鈉及酒石酸鉀鉚微粒進行 APS 與主動式及被動式 HAM 測量結果之比較。在低濃度時，不論是主動式或被動式採樣，HAM 的測量結果都高於 APS，其可能是因為 HAM 內光學系統特性或氯化鈉特殊之平方板結晶所造成。

HAM 用於主動式採樣時，抽氣量之改變對不同粒徑微粒測量之影響見圖 8。用於測試的微粒是粒徑 1、2、3、4、5、10 μm 的氯化鈉及酒石酸鉀鉚，主動採樣之抽氣量分別是 1、2、5、10 及 20 L/min。由圖中可看出：無論是氯化鈉微粒或酒石酸鉀鉚微粒，當其粒徑為 10 μm 時，在 20 L/min 的採樣流量下，濃度有降低的趨勢。其原因是由於採樣管外的測試腔其流速非常緩慢約為 0.1 m/s，而採樣管內流量較大，尤其是採樣流量達 20 L/min 時，對較大的氣懸微粒有明顯低估的現象。不過在 2、5、10 L/min 的採樣流量時，測量值反而有上升的趨勢，其確實的原因在本研究中並無法完全解釋，需要於往後更進一步的研究。

本研究利用系統 B 產生 $\text{CMD} = 0.96 \mu\text{m}$ 、 $\text{GSD} = 1.34$ 的氯化鈉氣懸微粒以測試 HAM 主動採樣時，抽氣量改變對感應器的反應時間及回復時間 (Response & Recovery Time) 之影響。由圖 9 的結果發現，無論在多少採樣流量，其反應時間平均約 6.4 秒；而回復時間平均為 11.2 秒。根據此一結果可以推測：HAM 的感應器其原始電路設計

之反應，可能本來就需要一段時間。由於因混合體積所引起的時間延遲很小，所以真正造成反應時間和回復時間差異之原因，需要在未來繼續進行研究探討。

APS 研發上市已有一段時間，經過一連串的評估，雖然仍難免有一些缺點存在，例如對粒徑小於 0.8 μm 的微粒偵測不夠靈敏；對高濃度樣本須考慮疊合效應 (Co-incidence) 的影響；大的液體顆粒經過噴口時的變形 等缺失。但在本研究之實驗條件下，不失為一校正 HAM 讀值的標準。

本研究中使用之直讀式儀器 (HAM)，與其他的類似功能的儀器相比較，由於所使用的感應器光源頻率、強度、校正的特定氣膠不同及資料處理電路板設計的不同，所以，得到的結果極可能稍有出入。因此各直讀式儀器均須對各種不同氣懸微粒進行校正測定，方能互相比較。

整個 VEM 的過程最令人印象深刻的是：我們親眼看到、體會到在什麼樣的動作中，對我們影響最大。而且目睹整個過程中人體一直暴露在影響健康的污染物下。雖然沒有確切科學資料的估證，但主觀直覺上，我們相信 VEM 是一種很有價值、且值得作為勞工訓練、教育的工具。

結論與建議

本次研究中所使用的氣懸微粒直讀式儀器是 HAM，其應用在 VEM 時，主動採樣顯然較被動採樣效果為佳。因

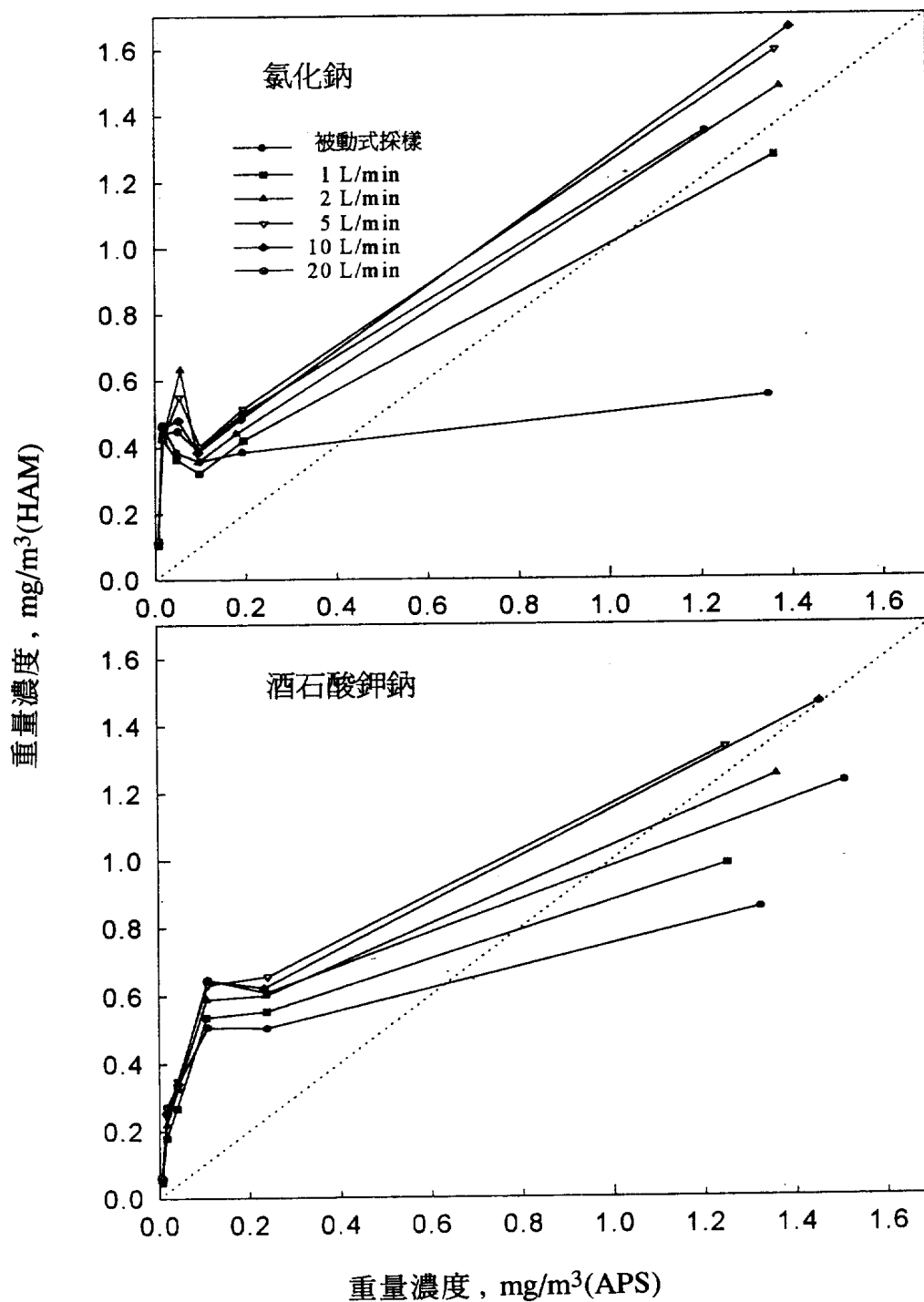


圖 7 HAM 所偵測之濃度與 APS 比較 (上圖以氯化鈉為例, 下圖酒石酸鉀鈉為例)

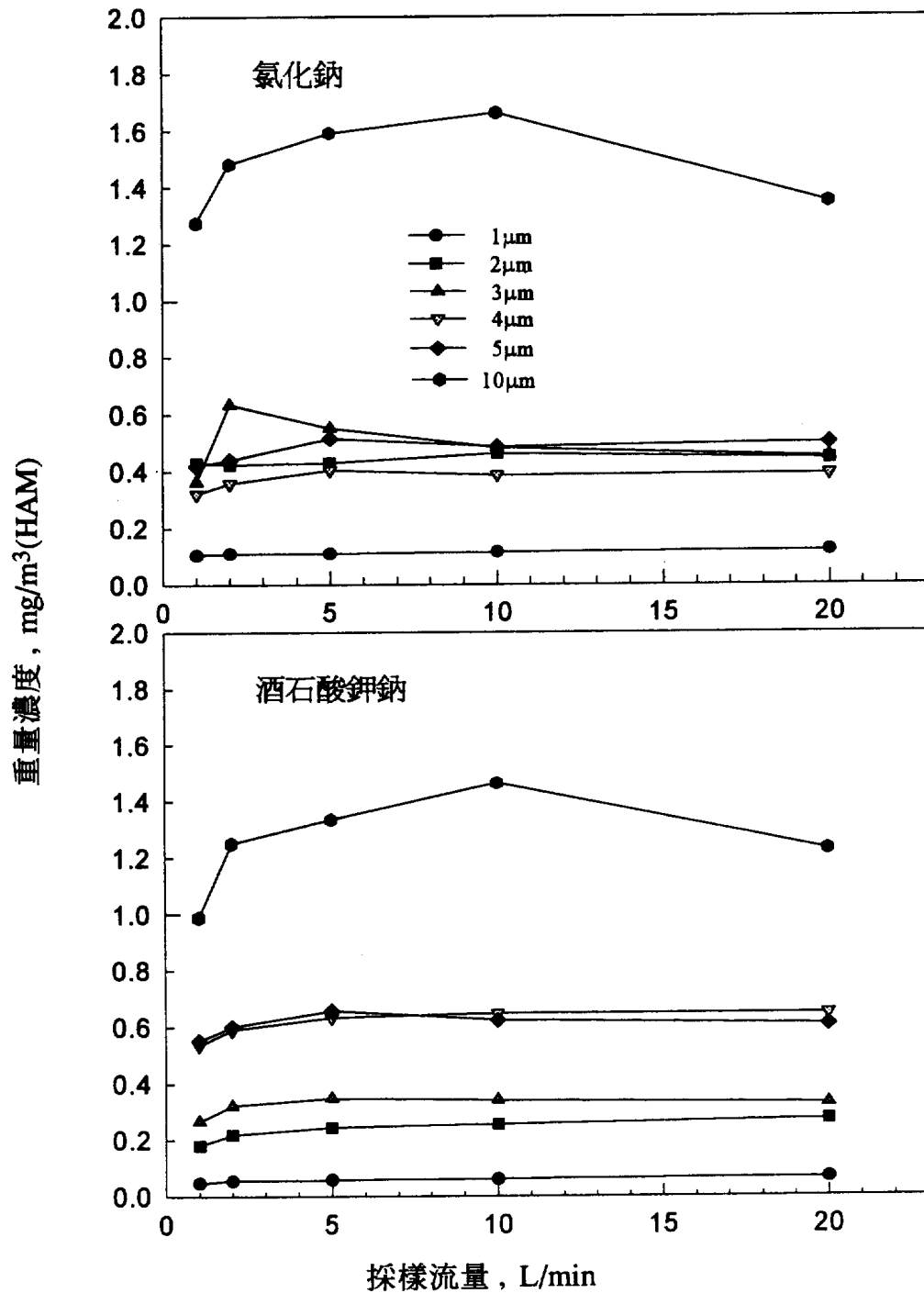


圖 8 HAM 在各種採樣流量下之偵測濃度變化，以 1、2、3、4、5、10µm 為例 (上圖以氯化鈉為例，下圖酒石酸鉀鈉為例)

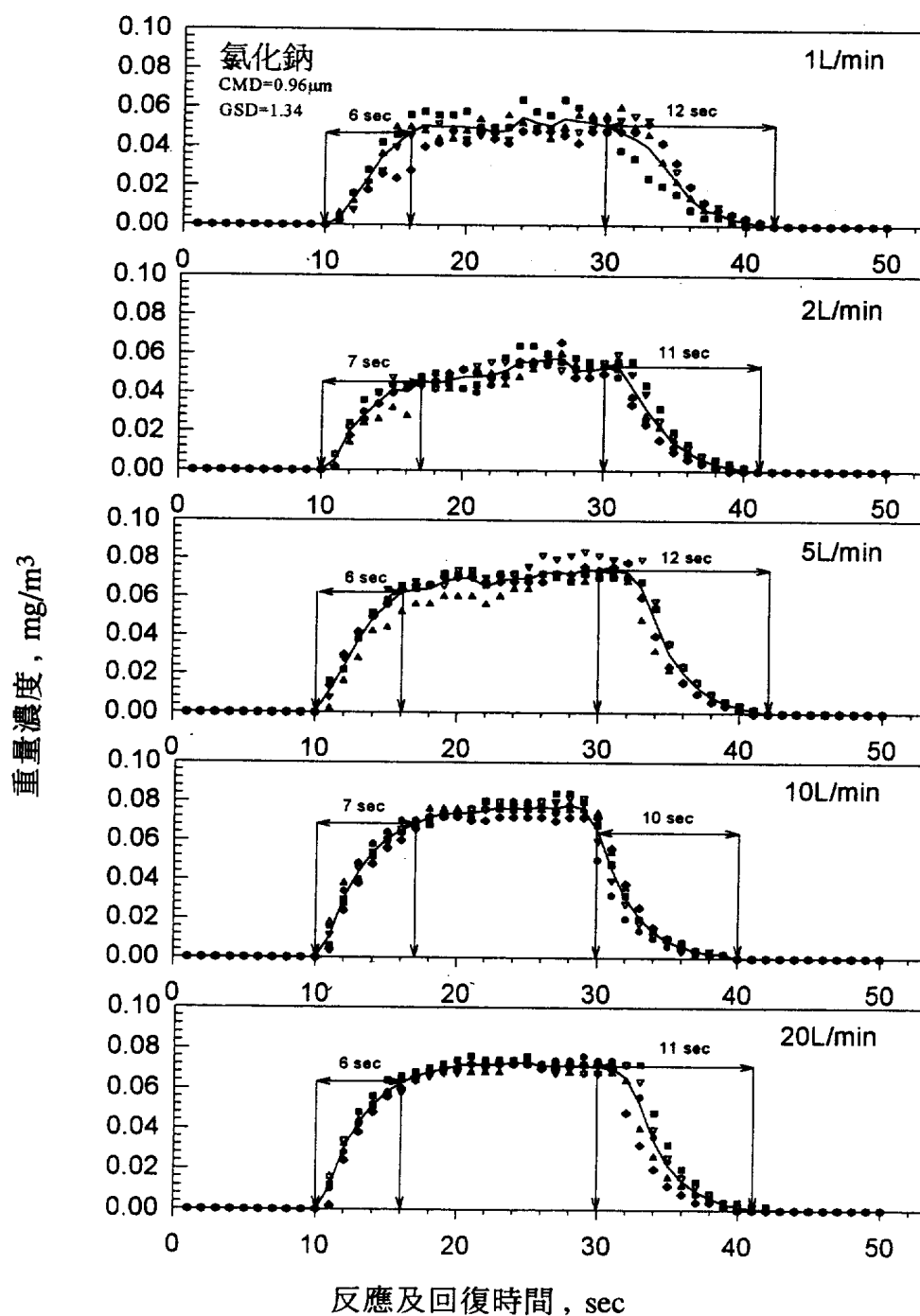


圖 9 HAM 在不同採樣流量下之反應及回復時間

為其讀值較穩定，且受到時間遲滯的誤差較小，在感應器的反應時間及回復時間上，亦以主動式較佳。惟主動式的使用需額外之抽氣設備，較可能妨礙測試者之操作。

HAM 之有效粒徑偵測範圍為 0.3-2.0 μm ，但環境中空氣污染物的粒徑分佈，卻非僅限於 0.3-2.0 μm 。所以雖然實驗中進行測試的挑戰氣懸微粒 (Challenge Aerosol)，最大的衆數值在 10mm，但感應器測得的污染物濃度仍僅是一種相對近似值。儘管如此，在本次 VEM 研究中，HAM 仍可量測出在不同動作下的相對暴露濃度值，足可滿足 VEM 的操作應用。然而，未來更應在氣懸微粒的濃度、CMD、GSD 對直讀式儀器反應的影響做更深入的探討，俾能使 VEM 在直讀式粉塵計 (如 HAM) 的應用方面，更臻於完善。

通風及其他物理條件，如溫度、風向 等，在實驗室進行時雖易於掌控。但是實際上在作業環境中卻是變化難控制的。例如工作場所的通風排氣不佳，容易造成污染物的累積。進行環境測量時，將影響評估之正確性。

從主觀感覺的推斷，VEM 是一甚佳的衛生教育工具，只要有合適的直讀式儀器就可以把 VEM 技術推廣到其他工作環境、其他污染物監測，如應用在通風狀況的了解、改善，偵測噪音、有機溶劑 等。但截至目前為止仍缺乏科學的設計研究來提供具體的數據或證據，所以未來需要能舉證 VEM 的實際功效以繼續推動 VEM 技術。

宣告事項

本文中提及的公司或產品名，並不代表勞工委員會勞工安全衛生研究所及台大公共衛生學院之推薦或認可。

致謝

本研究計劃承行政院勞委會勞工安全衛生研究所 (計畫編號：IOSH84-H306) 經費補助及行政、人力支援，方得以順利完成，謹此致謝。

參考資料

- [1] Gressel, M.G., Heitbrink, W.A., and Jensen, P.A., 1993; "Video Exposure Monitoring -- A means of Studying Sources of Occupational Air Contaminant Exposure, Part 1 -- Video Exposure Monitoring Techniques", *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, 8(4): 334-338.
- [2] Gressel, M.G., Heitbrink, W.A., and Jensen, P.A., 1993; "Video Exposure Monitoring -- A means of Studying Sources of Occupational Air Contaminant Exposure, Part 2 --Data Interpretation", *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, 8(4): 339-343.
- [3] Edmonds, M. A., Gressel, M.G., O'Brien D.M., Clark, N.J., 1993; "Reducing Exposure During The Pouring Operations of a Brass Foundry", *Am. Ind.Hyg.Assoc.J.*, 54(5): 260-266.
- [4] Gressel, M.G., Heitbrink, W.A.,

- McGlothlin, J.D., and Fischbach, T.J., 1988; "Advantages of Real - Time Data Acquisition for Exposure Assessment", *Appl. Ind. Hyg*, 3(11): 316-320.
- [5] Gressel, M.G., Kovein, R.J., and Hentz, P.A., 1993; "Potential problems associated with the Rustrak Ranger data logger's data storage technique", *Am. Ind. Hyg. Con. & Exh.*, Ectb 177-050.
- [6] U.S. Department of Health and Human Services, "Analyzing Workplace Exposures Using Direct Reading Instruments and Video Exposure Monitoring Techniques".
- [7] 楊文昌, 1993 ; " 影像擷取卡的使用 ", 一版, 台北市臺灣省, 第三波文化事業: 89-97 。
- [8] 陳漢傑, 1994 ; " 視訊卡的選擇 ", 一版, 台北市臺灣省, 第三波文化事業: 72-73 。
- [9] 第三波文化編輯部, 1994 ; "VIDEO 卡產品一覽表", 一版, 台北市臺灣省, 第三波文化事業: 165-170 。
- [10] 吳孟儒, 1993 ; " 視訊卡產品的發展與應用 ", 一版, 台北市臺灣省, 第三波文化事業: 78-81 。
- [11] 第三波文化編輯部, 1993 ; " 視訊卡產品表 ", 一版, 台北市臺灣省, 第三波文化事業: 97-100 。
- [12] 第三波文化編輯部, 1993 ; " 多媒體導遊--視訊卡 ", 一版, 台北市臺灣省, 第三波文化事業: 82-101 。

Evaluation of Video Exposure Monitoring Technique : Using Real-Time Aerosol Monitor

Chih-Chieh Chen¹ Chane-Yu Lai¹ Jang-Ful Wu² Wen-Yu Yeh³ Chun-Wan Chen³

¹Institute of Occupational Medicine and Industrial Hygiene, College of Public Health , National Taiwan University.

²School of Public Health , National Taiwan University.

³Institute of Occupational Safety And Health , Council of Labor Affairs , Executive Yuan.

Abstract

Conventional air samplings can only provide an indication of the extent of a worker's exposure, but provide very little insight into the exposure sources. Determining an activity which causes a change in worker exposure can often be difficult, because the duration of the activity may be too short to be detected with integrated sampling techniques. A computerized data acquisition system, utilizing real time instrumentation and a video taping system can provide the information necessary to identify the exposure-causing work activities, to evaluate the effect of process changes, and to determine the performance of engineering control measures. Since the data are stored digitally, sophisticated data analysis can be performed either on a personal or mainframe computer. Combining the graphic display of the computer with the signal of the video recorder can be a powerful industrial hygiene education and training tool. It provides the straight and concrete evidence showing the relationship between the activities and the exposure levels. The ultimate goal of this study is to initiate the "Safe Work, Zero Hazard" campaign, hoping to create a safer, healthier work environment for all the workers.

Key Words : video exposure monitoring , real time instrument, aerosol