

建築火災煙控性能提升之研究

室內中庭及大空間煙氣層流作用對火災探測
及排煙功能效應及系統連動之驗證分析

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 94 年 12 月

(國科會 GRB 編號)

PG9401-0924

(本部計畫編號)

094301070000G1004

建築火災煙控性能提升之研究

室內中庭及大空間煙氣層流作用對火災探測 及排煙功能效應及系統連動之驗證分析

受委託者：財團法人中華建築中心

研究主持人：楊冠雄

研究人員：蘇崇輝

研究助理：葉琮勤

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 94 年 12 月

目次

表次	III
圖次	V
摘要	IX
第一章 緒論	
第一節 緣起與目的	1
第二節 研究方法與步驟	3
第三節 預期成果	5
第二章 探測器原理簡介	
第一節 煙氣層流現象	7
第二節 探測器種類之簡介	9
第三節 熱探測器之原理	12
第四節 煙探測器之原理	14
第五節 火焰探測器之原理	19
第三章 火災全尺度實驗之規劃	
第一節 量測儀器與實驗設備之佈置	21
第二節 火警受信總機與探測器之安裝	29
第三節 機械排煙風機轉速校正實驗	40
第四節 火災全尺度實驗之進行步驟	43

第四章 火災探測之全尺度實驗分析

第一節	火災探測系統校正實驗	45
第二節	火災規模 1 MW 全尺度實驗結果分析	56
第三節	火災規模 2 MW 全尺度實驗結果分析	58
第四節	火災規模 3 MW 全尺度實驗結果分析	60
第五節	火災規模 4 MW 全尺度實驗結果分析	62
第六節	火災規模 5 MW 全尺度實驗結果分析	64
第七節	火災探測全尺度實驗結果小結	66

第五章 結論與建議

第一節	結 論	67
第二節	建 議	70

參考書目	73
------------	----

附錄一：期中成果審查會議記錄	75
----------------------	----

附錄二：期末成果審查會議記錄	79
----------------------	----

表次

表 2.2-1	各裝置場所高度所設置之探測器類型	10
表 2.3-1	本案採用之差動式集中型熱探測器規格	12
表 2.4-1	本案採用之光電式集中型煙探測器規格	14
表 2.4-2	本案採用之光電式分離型煙探測器規格	16
表 2.5-1	本案採用之火焰探測器規格	18
表 3.2-1	火警受信總機迴路端與探測器之連接情形	34
表 3.3-1	排煙風機轉速與排煙風量之關係	39
表 4.1-1	火災規模為 0.2 MW 之探測器鳴動時間	44
表 4.1-2	火災規模為 0.4 MW 之探測器鳴動時間	46
表 4.1-3	火災規模為 0.6 MW 之探測器鳴動時間	48
表 4.1-4	火災規模為 0.8 MW 之探測器鳴動時間	50
表 4.1-5	火災規模為 1.0 MW 之探測器鳴動時間	52
表 4.2-1	火災規模為 1 MW 之探測器鳴動時間	54
表 4.2-2	火災規模為 2 MW 之探測器鳴動時間	56
表 4.2-3	火災規模為 3 MW 之探測器鳴動時間	58
表 4.2-4	火災規模為 4 MW 之探測器鳴動時間	60
表 4.2-5	火災規模為 5 MW 之探測器鳴動時間	62

室內中庭及大空間煙氣層流作用對火災探測及
排煙功能效應及系統連動之驗證分析

表次

圖次

圖 1.1-1	典型之排煙設備連動流程圖	1
圖 2.1-1	挑空中庭與大空間之煙氣層流現象	6
圖 2.1-2	挑空中庭與大空間火災時所形成煙氣層流現象 .	7
圖 2.1-3	位於大空間底部之火源其產生煙柱之平均溫度圖	7
圖 2.2-1	探測器種類之整理	9
圖 2.3-1	差動式集中型熱探測器外觀	11
圖 2.3-2	差動式集中型熱探測器內部結構	12
圖 2.4-1	光電式集中型煙探測器外觀	13
圖 2.4-2	光電式集中型煙探測器之內部結構示意圖	14
圖 2.4-3	光電式分離型煙探測器外觀	15
圖 2.4-4	光電式分離型煙探測器偵測原理	15
圖 2.4-5	大空間建築內裝置向上式之光束偵測網格	16
圖 2.4-6	大空間建築內裝置水平式之光束偵測網格	17
圖 2.5-1	火焰探測器之外觀	18
圖 3.1-1	本案熱電耦儀器樹與數據存取記錄器裝置示意圖	19
圖 3.1-2	本案熱電耦儀器樹於實驗場地之實際佈置圖 ..	20
圖 3.1-3	本案所使用之數據存取記錄器	20
圖 3.1-4	本案所使用之數據存取記錄器與個人電腦	21
圖 3.1-5	本案操作軟體即時測得之火場溫度介面圖	21
圖 3.1-6	本實驗使用之燈泡束示意圖	22
圖 3.1-7	燈泡束於實驗場地之實際佈置圖	23
圖 3.1-8	本實驗使用之機械排煙風機示意圖	23
圖 3.1-9	機械排煙風機於實驗場地之實際佈置圖	24

圖 3.1-10	監控室機械排煙口之開啟控制盤	24
圖 3.1-11	監控室之排煙風機轉速控制盤	25
圖 3.1-12	小型軸流式風機於實驗場地之實際佈置圖	25
圖 3.1-13	貓道上之小型軸流式風機排煙情形	26
圖 3.2-1	火警受信總機外部之監控面板	27
圖 3.2-2	火警受信總機內部之線路板圖	27
圖 3.2-3	火焰探測器之接線示意圖	28
圖 3.2-4	本案所使用之火焰探測器位置示意圖	28
圖 3.2-5	火焰探測器於實驗場地之實際佈置圖	29
圖 3.2-6	光電式分離型煙探測器之接線示意圖	29
圖 3.2-7	本案所使用之光電式分離型煙探測器位置示意圖	30
圖 3.2-8	安裝光電式分離型煙探測器之情形(1)	30
圖 3.2-9	安裝光電式分離型煙探測器之情形(2)	31
圖 3.2-10	第一組光電式分離型煙探測器於離地 6 公尺處	31
圖 3.2-11	光電式分離型煙探測器第二組於離地高 21 公尺處	32
圖 3.2-12	差動式集中型熱探測器與光電式集中型煙 探測器接線圖	32
圖 3.2-13	本案所使用之熱煙探測器位置示意圖	33
圖 3.2-14	光電式集中型煙探測器於實驗場地之實際佈置圖	33
圖 3.2-15	差動式集中型熱探測器於實驗場地之實際佈置圖	34
圖 3.2-16	本案裝置火警受信總機迴路端與探測器之 連接示意圖	35
圖 3.2-17	本計畫所安裝之儀器與設備配置圖	36
圖 3.2-18	儀器實際佈置圖(1)	37
圖 3.2-19	儀器實際佈置圖(2)	37

圖 3.3-1	人員於排煙口附近量測風速之情形(1)	38
圖 3.3-2	人員於排煙口附近量測風速之情形(2)	39
圖 3.4-1	火災全尺度實驗排煙風機啟動時間示意圖	42
圖 4.1-1	油盤佈置示意圖	43
圖 4.1-2	油盤數量一個之實際燃燒示意圖	43
圖 4.1-3	火災規模為 0.2 MW 下，排煙量為 1.36 cmm/m ² 之煙沈積與鳴動時間對照圖	45
圖 4.1-4	火災規模為 0.4 MW 下，排煙量為 1.36 cmm/m ² 之煙沈積與鳴動時間對照圖	47
圖 4.1-5	火災規模為 0.6 MW 下，排煙量為 1.36 cmm/m ² 之煙沈積與鳴動時間對照圖	49
圖 4.1-6	火災規模為 0.8 MW 下，排煙量為 1.36 cmm/m ² 之煙沈積與鳴動時間對照圖	51
圖 4.1-7	火災規模為 1.0 MW 下，排煙量為 1.36 cmm/m ² 之煙沈積與鳴動時間對照圖	53
圖 4.2-1	火災規模為 1.0 MW 下，排煙量為 1.36 cmm/m ² 之煙沈積與鳴動時間對照圖	55
圖 4.2-2	火災規模為 2.0 MW 下，排煙量為 1.36 cmm/m ² 之煙沈積與鳴動時間對照圖	57
圖 4.2-3	火災規模為 3.0 MW 下，排煙量為 1.36 cmm/m ² 之煙沈積與鳴動時間對照圖	59
圖 4.2-4	火災規模為 1.0 MW 下，排煙量為 1.36 cmm/m ² 之煙沈積與鳴動時間對照圖	61
圖 4.2-5	火災規模為 1.0 MW 下，排煙量為 1.36 cmm/m ² 之煙沈積與鳴動時間對照圖	63

室內中庭及大空間煙氣層流作用對火災探測及
排煙功能效應及系統連動之驗證分析

圖次

摘要

關鍵字：火災探測系統、機械煙控系統、全尺度實驗

一、研究緣起

近年來，台灣地區陸續完工啟用許多大型公共建築物，為講求讓使用者有明亮、舒適的感覺，常於中設計具備有中庭或挑高之大空間建築，而這類地方又常是人群眾多聚集之地；故當發生火災須緊急避難時，火警偵煙系統能否有效鳴動以及其煙控性能之要求非常重要。

目前我國現行消防法規中，有關煙控系統部分於「各類場所消防安全設備設置標準」第 188 條中有相關規定。條文中規定防煙區劃面積大小、防煙壁下垂之深度、排煙口位置與排煙量大小等等設計，此為典型條例式（Prescriptive Code）法規之規定。

然而，對於具備大空間之挑高建築而言，條例式煙控系統設計並不能完全重現發生火災時之煙流動狀況，導致所選取之排煙量無法滿足實際需求，且火警偵煙系統能否及時或更早偵測到火災並且鳴動在緊急避難方面亦非常重要。因此，有必要針對大空間建築特性進行火警偵煙系統鳴動與機械排煙性能二者之分析。以期發生火災時，兩者能有效連動運作，進而確實保障人員安全避難。

二、研究方法與過程

本研究之主旨為藉由全尺度實驗來進行火警偵煙系統對於機械排煙風機之性能影響分析，係以內政部建築研究所台南防火實驗室 30 公尺高之大空間實驗場進行不同火災規模之油盤火災實驗。

於偵煙系統鳴動部分，依據適合於大空間建築內配置之光電式分離型煙探測器另配合傳統火焰及熱煙探測器做實際模擬比對。

而於煙層下降速度分析判定方法有二：其一為透過燈泡束，以肉眼或攝影機觀察煙層高度，其二則為藉由熱電耦儀器與數據存取記錄器所收集之火場溫度數據，進行煙層判定。

就第一種煙層判定方法而言，為透過燈泡束受到火場濃煙之遮蔽，藉由人工目視記錄與攝影機錄影，以判斷當時之煙層高度。

在第二種煙層判定方面，本研究採取 NFPA 92B 之 N 百分比法則 (N-percentage Rule) 來判斷煙層高度，進而評估其排煙性能。

三、實驗結果分析

本實驗所安裝之火警偵煙系統，經由全尺度實驗後，證實於大空間裝置傳統之火焰式與集中型熱煙探測器於小規模之火災如 0.2 MW 至 0.8 MW 時，因發煙量與熱輻射量無法達到鳴動範圍，確實有無法有效偵測火警之情形發生。

而於 1 MW 至 5 MW 之火災時，火焰探測器能有效於第一時間偵測火災並啟動警報，然若配置之位置離起火點有一段距離，則於火災發生時仍形同失效。

光電式分離型煙探測器經實驗可知為最適合裝置於大空間建築之探測器之一。其優點在於不會因為偵測範圍內突然有非預期之遮蔽物造成火警誤報，而是設定為有復歸之緩衝時間。在緩衝時間內若遮蔽物已移除則將回復正常偵測。

四、主要建議事項

※立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署、內政部消防署

有關補氣系統之設計，於我國目前條例式法規中並未說明。但在進行性能式之機械煙控系統設計時，補氣口之位置與大小卻為影響煙控性能之重要因素之一。機械排煙口之啟動排煙，須配合補氣口之開啟，藉以形成 Push-Pull 之良好氣流組織，繼而導引濃煙往排煙口排出。因此，除了有足夠面積之排煙口設計外，亦要搭配補氣口之設計，才能提升整個煙控系統之性能，確實保障人身安全。

經由本研究實驗結果得知，機械排煙口與補氣口開啟時機之快慢與否，往往決定機械煙控性能顯示之

室內中庭及大空間煙氣層流作用對火災探測及
排煙功能效應及系統連動之驗證分析

成效。是故，若能於大空間建築內部裝置可較早偵知火災探測器，如 VESDA (Very Early Smoke Detection and Alarm) 與光電式分離型煙探測器系統。便可儘早偵知火災發生同時並連動機械排煙口與補氣口開啟。

※中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部建築研究所

本研究全尺度實驗場地之機械排煙口位置，雖位於建築物之最頂處，但由於頂部貓道之設置，濃煙無法直接往機械排煙口排出，對於機械煙控性能依然稍有影響。

ABSTRACT

Keywords : Atrium and Large Space Building, Smoke Management and Detection System Interaction, Full-Scale Hot Smoke Test

It is the goal of this study to analyze the optimal design and installation of the smoke detection system of buildings with atria and large spaces and the validation of the interaction of the detection and smoke management system through full-scale experiments.

Due to the hot air layer, which frequently existed in building atria owing to solar incidence, the smoke detectors might have difficulty in detecting a fire when the smoke plume was hindered from reaching the roof. Sometimes, a redundant smoke detection system using beam detectors can be designed, coupled with CCTV in providing human confirmation mechanism, and to avoid false alarms.

On the other hand, another types of detecting system, such as Infra Red Flame Detectors, can also be installed to construct a quick-response hybrid detection system, which then actuates the sprinkler or water drenching system and the smoke management system as well. It remains the main goals in this project to investigate the temperature stratification phenomenon and the interaction of the detection system with smoke management by performing full-scale experiments.

The experimental results obtained will be utilized as an important reference for future system designs and possible code modifications.

室內中庭及大空間煙氣層流作用對火災探測及
排煙功能效應及系統連動之驗證分析

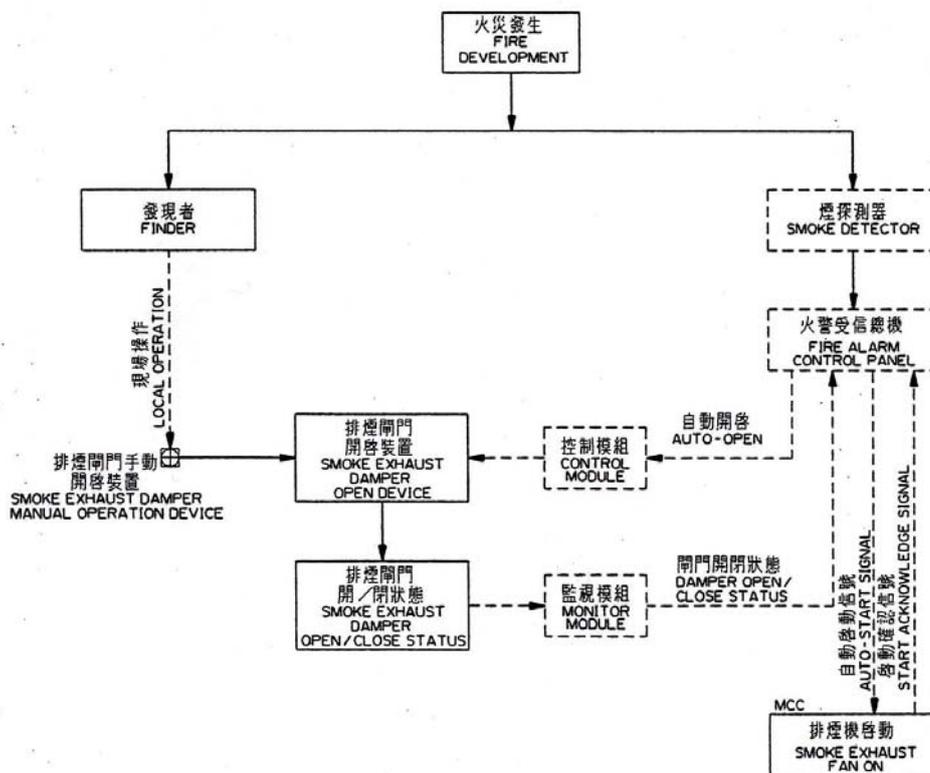
摘要

第一章 緒 論

第一節 緣起與目的

建築物發生火災時，可藉由兩種途徑得知，一為火災探測器偵知、二為人員發現。典型之排煙設備連動流程圖，如圖 1.1-1 所示。當由人員發現起火時，可於火災現場或防災中心直接按下排煙閘門手動開啟裝置，進行緊急之自然或機械排煙。

圖 1.1-1 典型之排煙設備連動流程圖



其次，若由火災探測器自動偵知火災發生，則排煙系統之啟動時間，完全視火災探測器偵知時間之快慢而定。亦即，火災探測器愈早偵知火災發生，可愈快時間內啟動排煙系統，以減少煙氣對於人員避難之危害，其重要性不言而喻。

目前我國現行消防法規中，有關火災自動探測部分，見於「各類場所消防安全設備設置標準」第二章第一節之「火警自動警報設備」。文中詳細列出裝設各種火警自動警報設備之規定，例如探測器裝置之場所、位置、與高度等等。其所列條文為適用一般居室裝設探測器之用，於具備室內中庭與大空間之建築，則無明訂，需採行性能式之設計，才能滿足大空間建築對於火災探測之設計需求。

是故本計畫之目的，主要為進行室內中庭與大空間火災探測與排煙系統連動之研究，並利用內政部建築研究所之台南歸仁防火實驗室，進行火災全尺度驗證分析。

其次，考量室內中庭與大空間頂部內所產生之層流現象（Stratification）對於火災探測之影響，本計畫亦對其進行系統化分析與全尺度驗證。

以上研究成果，預期可提供我國室內中庭與大空間火災探測設計之重要參考依據，亦可為日後制訂相關火災探測性能式設計規範之主要基礎。

第二節 研究方法與步驟

有關本計劃之主要工作內容及進行步驟，如下所述：

1. 室內中庭及大空間火災探測系統設計方法分析與資料蒐集

本項工作將進行室內中庭及大空間相關火災探測系統之設計手法分析，與資料蒐集。包括現行法規中，對於不同種類之火災探測器，其運用範圍與場所。並分析歸納出，適合室內中庭及大空間使用之性能式火災探測系統設計方式。

2. 進行大空間火災探測系統與煙控系統相互連動全尺度實驗

將於內政部建築研究所之台南歸仁防火實驗室，進行大空間火災探測系統與煙控系統相互連動之全尺度實驗，實際獲得本土化之數據，包括火災探測性能、偵知時間、及與煙控系統連動時間等。

3. 室內中庭及大空間煙氣層流現象資料蒐集

本項工作首先將進行室內中庭及大空間煙氣層流現象之研究與資料蒐集，將探討其形成原因與對火災探測之影響。其次，將提出解決方案，提供相關之設計參考。

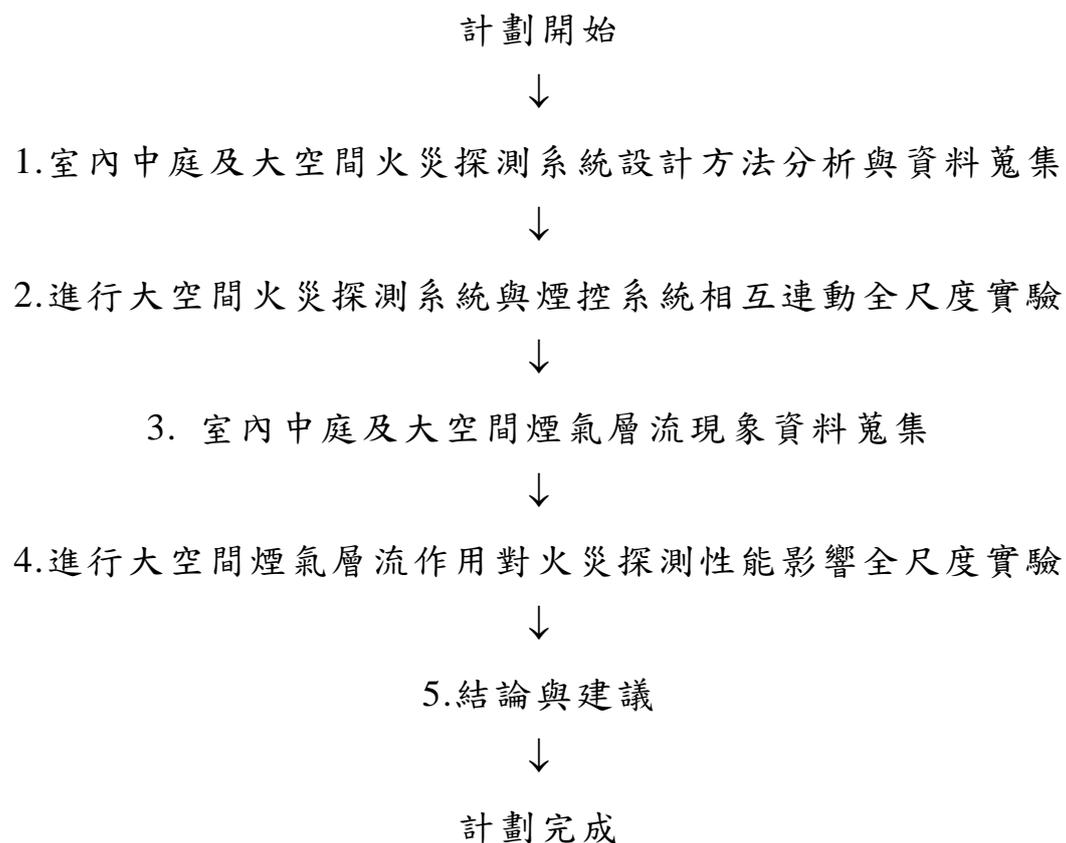
4. 進行大空間煙氣層流作用對火災探測性能影響全尺度實驗

將於內政部建築研究所之台南歸仁防火實驗室，進行大空間煙氣層流作用對火災探測性能影響之全尺度實驗，實際獲得本土化之數據，包括火災探測性能、偵知時間、及與煙控系統連動時間等。

5. 結論與建議

完成上述之相關資料蒐集與全尺度火災實驗後，本研究計畫將提出適合我國採用之室內中庭及大空間建築性能式火災探測設計參考。以期補足目前我國於這方面條例式法規之不足，並提升有關大空間火災探測之設計能力。

承上所述，本計畫主要工作內容及其詳細進行步驟，可示如下之工作流程圖：



第三節 預期成果

經由本年度計畫之執行，預期可完成如下之具體成果：

1. 完成建築物火警探測系統設計方法分析與資料蒐集。
2. 完成大空間煙氣層流作用對火災探測性能影響之全尺度實驗分析與驗證。
3. 完成大空間火災探測系統與煙控系統相互連動之全尺度實驗分析與驗證。
4. 建立我國大空間建築火警探測與煙控系統連動設計之本土化數據，以提供相關法規之修法依據。

室內中庭及大空間煙氣層流作用對火災探測及
排煙功能效應及系統連動之驗證分析

第二章 探測器原理簡介

第一節 煙氣層流現象

一般而言，在大空間中庭頂部下層之部分常會因為日光照射或熱輻射等效應而使該處空氣受熱。當火源燃燒以致煙層被悶燒或燃燒中之物質所加熱，使得其密度略低於周遭環境冷空氣時，則會有「煙氣層流現象」(Stratification)之產生，有關挑空中庭與大空間煙氣層流現象之形成，示如圖 2.1-1 與圖 2.1-2 所示。

圖 2.1-1 挑空中庭與大空間之煙氣層流現象

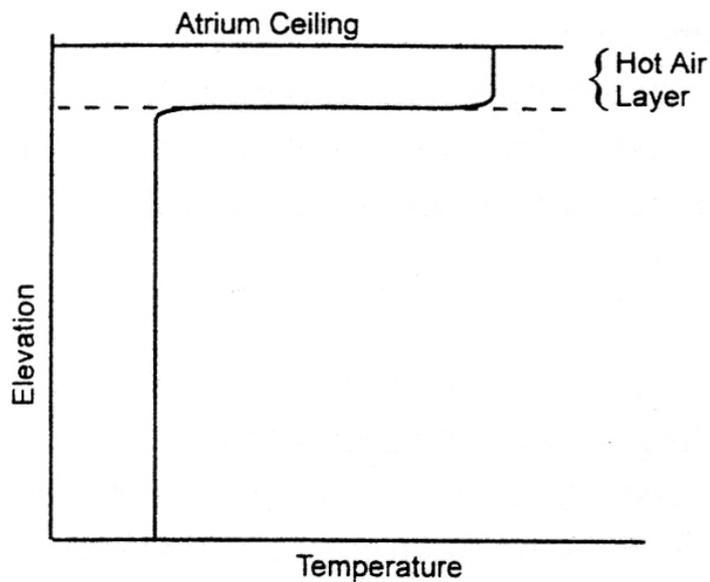
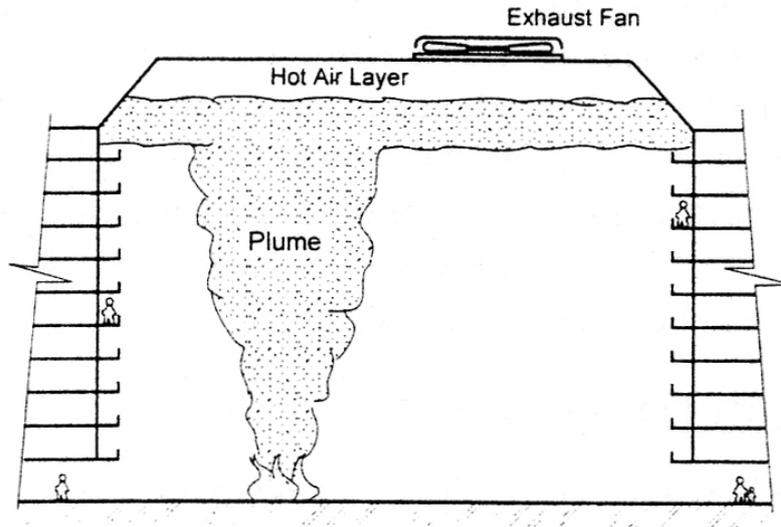
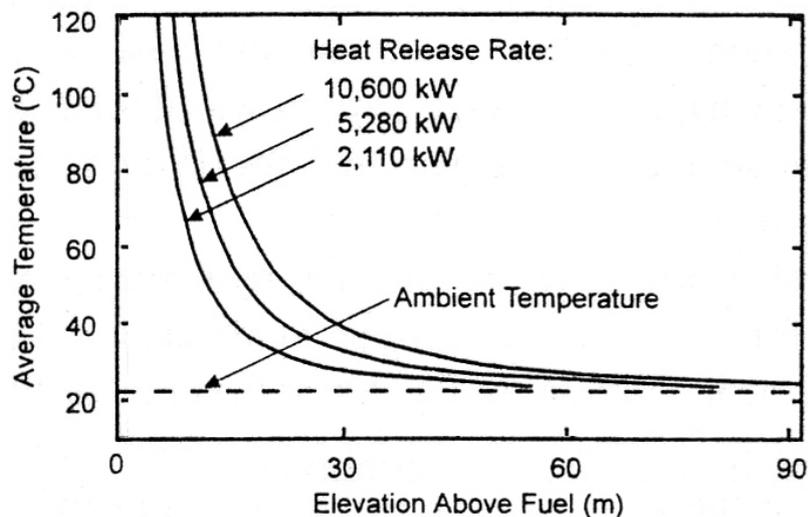


圖 2.1-2 挑空中庭與大空間火災時所形成煙氣層流現象



火災時其煙柱平均溫度示如圖 2.1-3，由圖中可知平均煙柱溫度仍比熱空氣之溫度更低。故中庭頂部下方若形成了熱空氣層，煙層則無法到達中庭頂部之排煙口，且裝置於其上之煙偵測器亦無法做警報之動作。

圖 2.1-3 位於大空間底部之火源其產生煙柱之平均溫度圖



第二節 探測器種類之簡介

火災發生時所產生之熱、煙以及火焰等可被偵測出來而自動感知到火災發生，並能將此信號轉換成火災信號並向受信機通報之儀器即稱為探測器。

探測器主要分成熱探測器、煙探測器（其中並有結合熱煙複合式之探測器）、以及火焰探測器三大類，其中視各種不同用途、運作原理、及偵測範圍設置之探測器，並安裝於探測器最容易捕捉到火災狀態之處，同時能適應火警分區規劃或探測區域內存在之可燃物狀態。圖 2.2-1 中，為列出目前所有探測器種類型之整理。

對於圖 2.2-1 所列之眾多探測器種類中，特種、一種、二種、與三種（以下簡稱為(特)、(1)、(2)、(3)）之規格定義為：凡溫度範圍越大、靈敏度越高者，其編號越小。例如，一種探測器所偵測之範圍與靈敏度，將比三種探測器來得大，且分離型亦比集中型之偵測範圍更廣。

基於各種探測器有其個別之用途、原理、及偵測範圍，因此若無一法規訂定其安裝與適用範圍，勢必將有許多問題產生。因此，根據「各類場所消防安全設備設置標準」中法規第 114 條所規定探測器應依裝置場所高度之內容，整理成下表 2.2-1。

由上表可知，在 15 公尺至 20 公尺間，能偵測到火警者僅剩離子式、光電式與火焰式等三種，因本實驗場所係屬此高度，故將採用火焰式、光電式分離型及集中型與在此範圍已達到偵測極限之傳統差動式集中型做為實驗比對者。

圖 2.2-1 探測器種類之整理

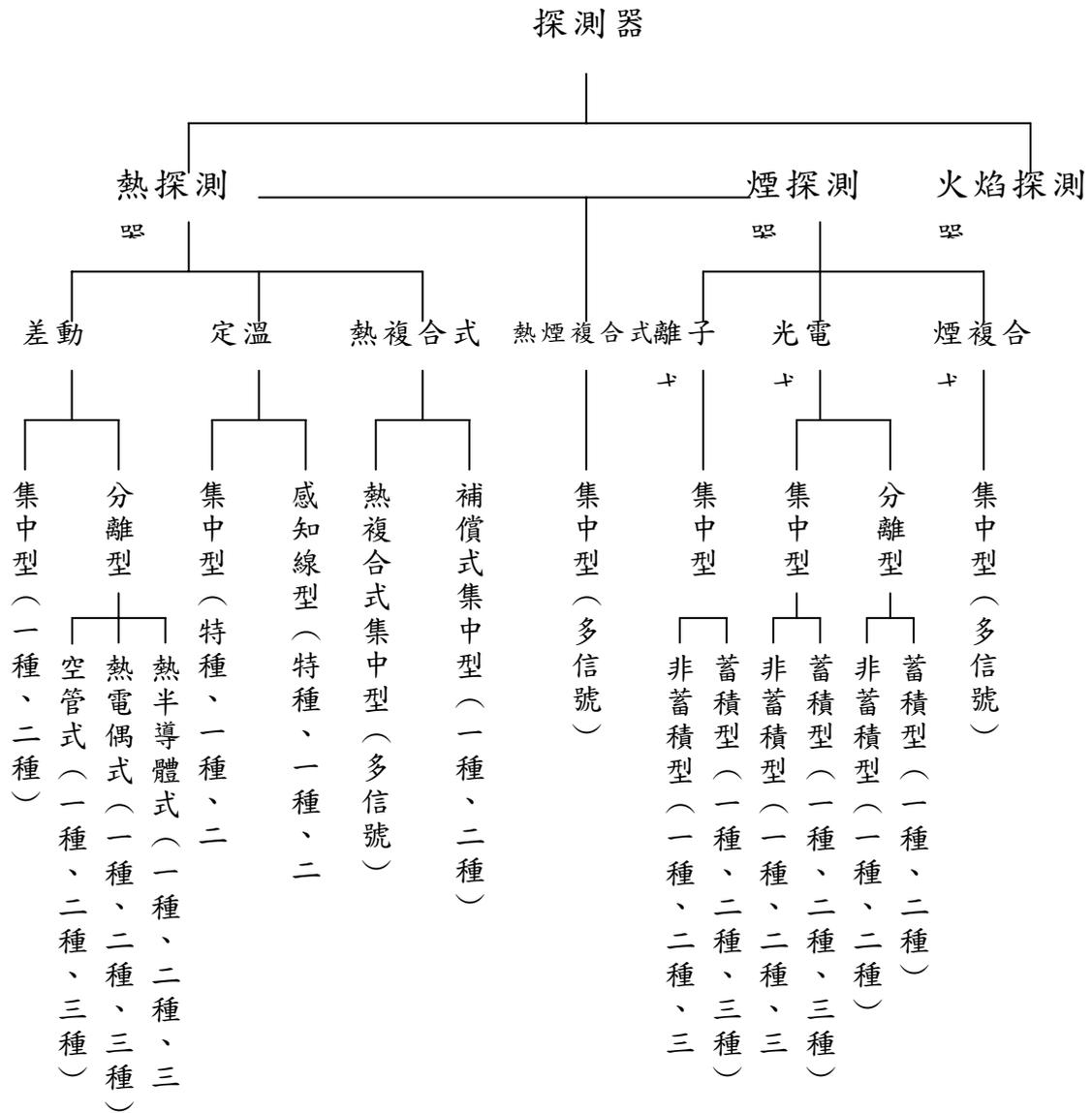


表 2.2-1 各裝置場所高度所設置之探測器類型

裝置場所高度	探測器種類
未滿 4 公尺	差動式集中與分離型全部、 熱複合式補償式集中型、 定溫式與離子式集中型全部、 光電式集中與分離型全部、 火焰式
4 公尺以上未滿 8 公尺	差動式集中與分離型全部、 熱複合式補償式集中型、 定溫式(特)(1)、離子式集中型(1)(2)、 光電式集中型(1)(2)、 光電式分離型全部、 火焰式
8 公尺以上未滿 15 公尺	差動式分離型全部、 離子式集中型(1)(2)、 光電式集中型(1)(2)、 光電式分離型全部、 火焰式
15 公尺以上 未滿 20 公尺	離子式集中型(1)、 光電式集中型(1)、 光電式分離型(1)、 火焰式

第三節 熱探測器之原理

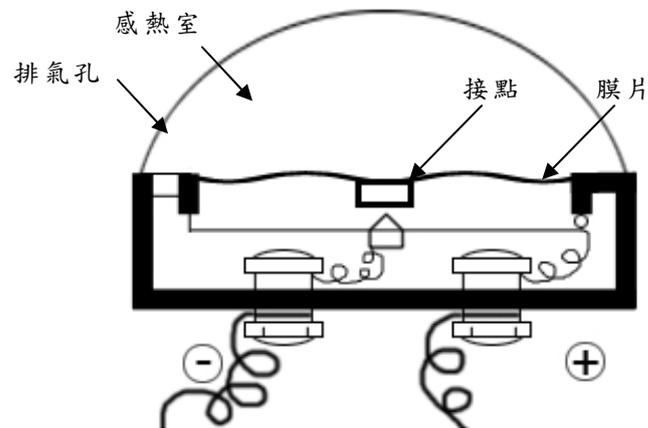
依照上節內容所述，差動式偵測器依其偵測熱（或高溫）之原理可將其分類為差動式集中型、差動式分離型，係為一種捕捉火災高熱，並向受信機發出火警信號等功能之探測器

有關熱探測器之運作原理如述：通常定義為「周圍溫度上昇率達至某速率以上時，造成局部區域熱效應而觸發火警動作之探測器」，當探測器周圍溫度快速上升而達到火災前期標準時（動作溫度），探測器內部會膨脹而壓迫感應浪板使金屬接點導通回報火警受信總機，其外觀與內部結構分別如圖 2.3-1 與圖 2.3-2。

圖 2.3-1 差動式集中型熱探測器外觀



圖 2.3-2 差動式集中型熱探測器內部結構



本研究使用之差動式集中型熱探測器為二種，其規格如表 2.3-1 所示。

表 2.3-1 本案採用之差動式集中型熱探測器規格

種類	二種	
動作電源	DC 24 V, 25 mA	
動作溫度	室溫 + 30°C，30 秒內鳴動	
有效警戒高度	4 公尺以下	4-20 公尺
有效警戒面積	150 平方公尺	75 平方公尺
適用溫度	- 10°C ~ + 55°C	
重量	約 130 g	
尺寸	120×120×37 mm (L×H×W)	

第四節 煙探測器之原理

鑒於煙霧造成可視光線散射物理現象，亦可應用在火警偵測之部分，乃利用光電管使其所射出之光線造成散射，其受光部之光電子能造成電阻變化，繼而觸發警報。而利用此原理做為偵測火警方式之煙探測器則稱為光電式煙探測器。

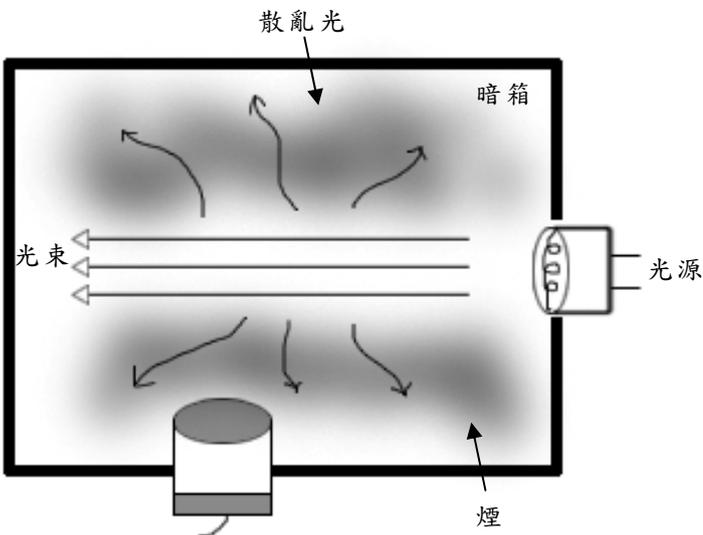
光電式煙探測器主要可分為兩種類型，即所謂集中型與分離型，若須在小空間裡安裝探測器時，可使用前者光電式集中型；相對於大空間時，則可使用後者光電式分離型。

光電式煙探測器集中型通常定義為「周圍空氣之含煙量達至某一濃度時，部份煙會造成光電子受光量變化而觸發火警動作之探測器」，其結構係在其內部設置一暗箱並完全遮住周圍光線，僅空氣能夠流過。另於暗箱另一側設置燈泡光源，而光束只能以單方向前進，平常於內部僅空氣能流通，光電子並無變化；唯當發生火警時，煙一流入暗箱後，電阻即變化（減少）。而電阻減少引起電流變化後經交換電路檢查出後即向火警受信總機通報火警信號，其外觀與內部結構，分別如圖 2.4-1 與圖 2.4-2 所示。

圖 2.4-1 光電式集中型煙探測器外觀



圖 2.4-2 光電式集中型煙探測器之內部結構示意圖



本研究使用之光電式集中型煙探測器為二種，其規格如表 2.4-1 所示。

表 2.4-1 本案採用之光電式集中型煙探測器規格

種類	二種	
動作電源	DC 24 V	
監視電流	30 μ A	
動作電流	30 mA	
有效警戒高度	4 公尺以下	4 至 20 公尺
有效警戒面積	150 平方公尺	75 平方公尺
適用溫度	-10 $^{\circ}$ C ~ +55 $^{\circ}$ C	
適用溼度	0-95 %	
重量	約 150 g	
尺寸	120x120x87 mm (LxHxW)	

光電式分離型煙探測器係為了防止香菸等局部地區煙氣所引起之假火災動作起見，故發展出適用於大範圍之光電式分離型探測器。通常定義為「周圍空氣之含煙量達至某一濃度時，大空間範圍內煙之累積量會造成光電子受光量產生變化而觸發火警動作之探測器」，此儀器乃由一傳送端與接收端所組成，由傳送端送出訊號並由接收端處理傳送端之訊號強弱，若光線路徑中遇到煙層遮蔽時，將影響光電子受光量之多寡，導致光線散射與電阻減少，繼而產生電流變化引發火警信號。其外觀與偵測原理如圖 2.4-3 與圖 2.4-4 所示。

圖 2.4-3 光電式分離型煙探測器外觀

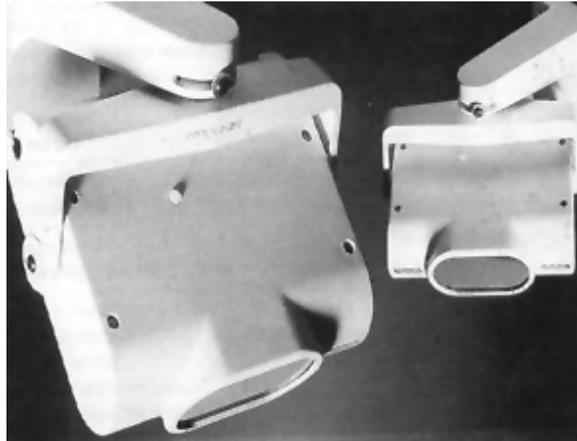
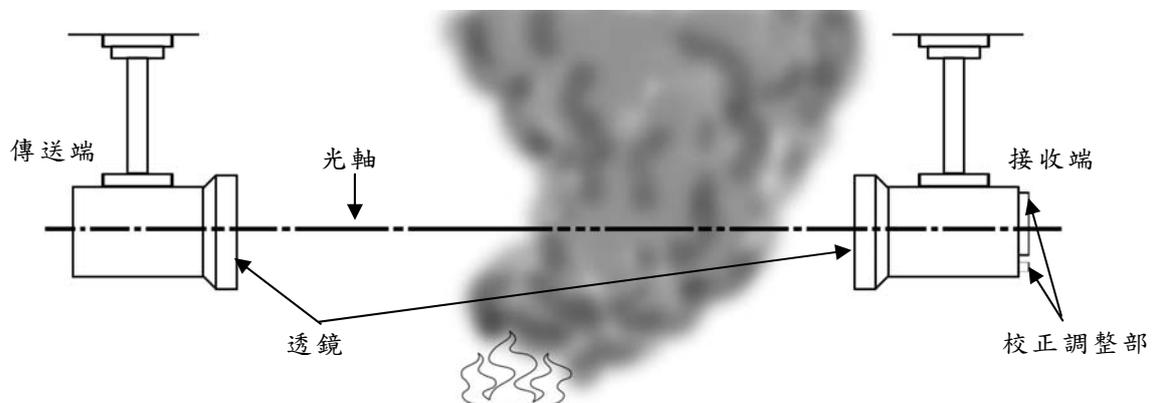


圖 2.4-4 光電式分離型煙探測器偵測原理



本案使用光電式分離型煙探測器，規格示如表 2.4-2。

表 2.4-2 本案採用之光電式分離型煙探測器規格

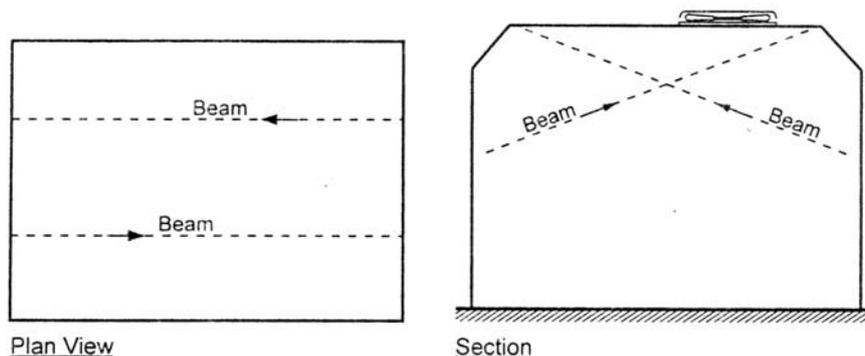
動作電源	DC 24V，10 mA
監視電流	偵測開始調變電流 19 mA
	警示電流 27.1 mA
	觸發警報電流 28.4 mA
適用溫度	-30°C ~ +55°C
適用溼度	10-93 %
重 量	傳送端為 598 g，接收端為 663 g

於本研究上面所述，火災濃煙可能具有分層之現象，以下有幾種探測器安裝方法可克服：

1. 裝置向上式之光束偵測網格 (Grid)：

此方法無論是否有前述之分層現象狀況皆能夠快速偵測到煙層之成長，可利用一個或多個探測器可構成一交叉火警偵測網格，示如圖 2.4-5。

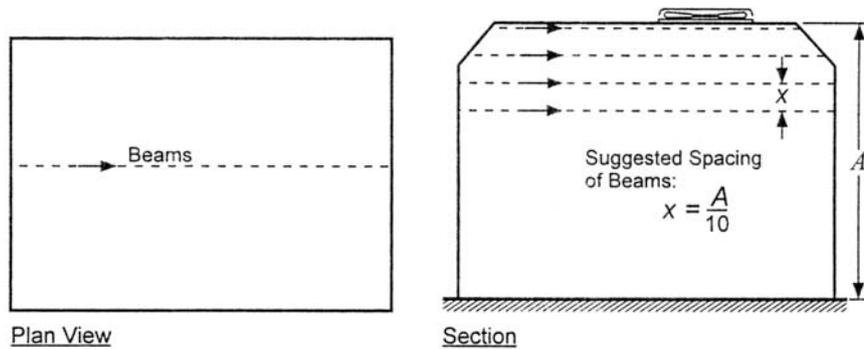
圖 2.4-5 大空間建築內裝置向上式之光束偵測網格



2. 裝置水平式之光束偵測網格：

吾人可在中庭頂部裝置多個光束式偵測器，其次在較低之煙層再額外裝置偵測器，除須注意調整探測器之位置外，亦要避免與其他偵測器光束重疊及在火場底部可能有非預期之情況產生（例如人員行經或有遮蔽物遮住偵測器導致光束衰減，回路電阻變小，形成火警誤報），示如圖 2.4-6。

圖 2.4-6 大空間建築內裝置水平式之光束偵測網格



第五節 火焰探測器之原理

火焰式探測器係一能捕捉到火災時所產生之火焰而自動將警報信號傳向火警受信機通報之探測器。火災初期並不一定會產生火焰，以致火焰探測器之機能不見得會發生效果。因它只限於某些地區，例如防火建築物通道部分（通道與建築物合成一體而視其為構造物之通道部分）才需設置此種火焰探測器，其外觀結構示如圖 2.5-1。

圖 2.5-1 火焰探測器之外觀



本研究使用之火焰探測器，其規格示如表 2.5-1。

表 2.5-1 本案採用之火焰探測器規格

動作電源	DC 24V
監視電流	警示電流 200 μ A
	觸發警報電流 60 mA
有效偵測角度與距離	120 度扇形，有效距離 10 公尺
重 量	約 180 g
尺 寸	120×120×37 mm (L×H×W)

室內中庭及大空間煙氣層流作用對火災探測及
排煙功能效應及系統連動之驗證分析

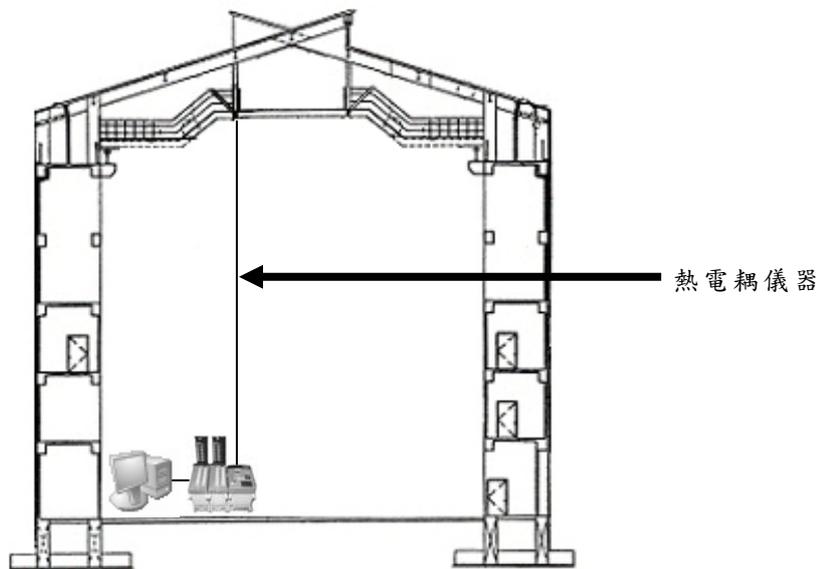
第三章 火災全尺度實驗之規劃

第一節 量測儀器與實驗設備之佈置

(1) 熱電耦儀器樹與數據存取記錄器

於建研所台南歸仁防火試驗室之綜合實驗場貓道下方，每 1 公尺設置 1 個 K 型 (K-Type) 熱電耦，以形成熱電耦儀器樹，可量測火場之煙層溫度，而偵測高度為 5 公尺至 24 公尺，儀器裝置示如圖 3.1-1 與下圖 3.1-2。

圖 3.1-1 本案熱電耦儀器樹與數據存取記錄器裝置示意圖



室內中庭及大空間煙氣層流作用對火災探測及
排煙功能效應及系統連動之驗證分析

圖 3.1-2 本案熱電耦儀器樹於實驗場地之實際佈置圖



熱電耦量得之數據經數據存取記錄器傳至個人電腦來監控、儲存數據，並自動記錄即時火場溫度之變化值，存取頻率設定為每 1 秒一筆記錄，儀器與操作介面示如下圖 3.1-3 至 3.1-5 所示。

圖 3.1-3 本案所使用之數據存取記錄器



圖 3.1-4 本案所使用之數據存取記錄器與個人電腦

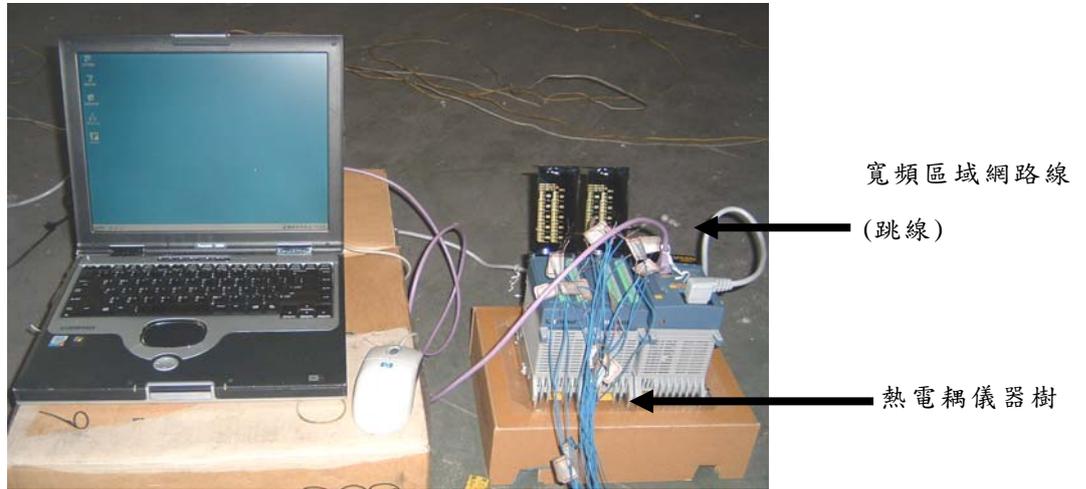
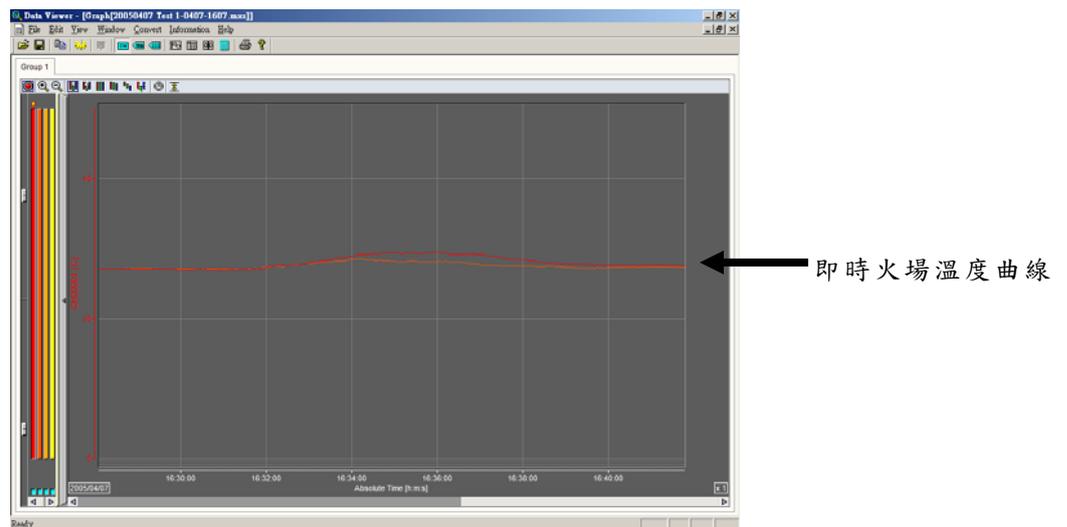


圖 3.1-5 本案操作軟體即時測得之火場溫度介面圖



數據存取記錄器上共有 20 個頻道 (Channel)，與儀器樹之對應為：5 公尺與 Channel 1 連接，依此類推 24 公尺則連接 Channel 20。

傳統之數據存取記錄器，因其自動數據擷取記錄間隔過長，故有人員必須在旁不斷記錄數據之缺點，若於小火源之

實驗尚可接受；但若在龐大火源下，火源之輻射熱（Radiation Heat）可能造成人員有不適之感覺。因此改進設備後，此問題已有獲得相當之改善，人員可分配至其他工作，如後將提到之偵測器鳴動時間記錄等。

(2) 燈泡束

其次，再於綜合實驗室貓道下方每 1 公尺裝置 1 個白色燈泡，再每 5 公尺裝置 1 個紅色燈泡，繼而形成燈泡束，以目視或攝影機觀察煙層高度，儀器裝置如圖 3.1-6 與下圖 3.1-7 所示。

圖 3.1-6 本實驗使用之燈泡束示意圖

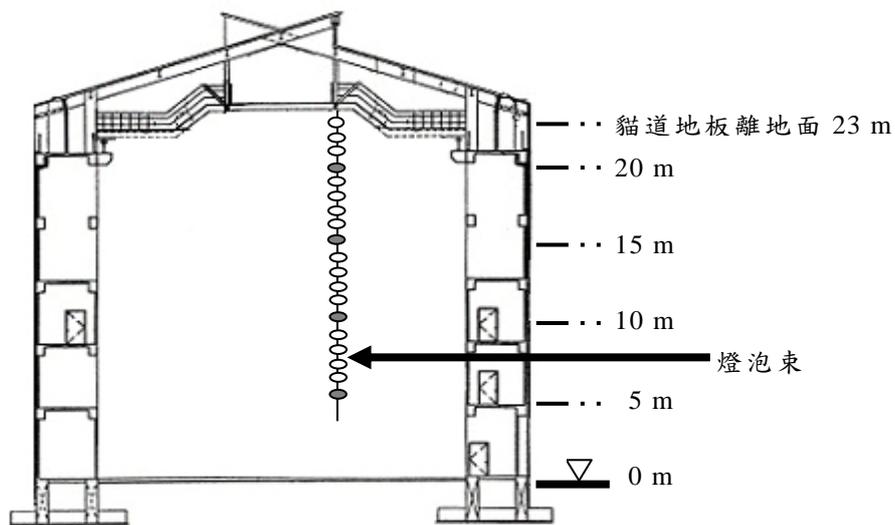


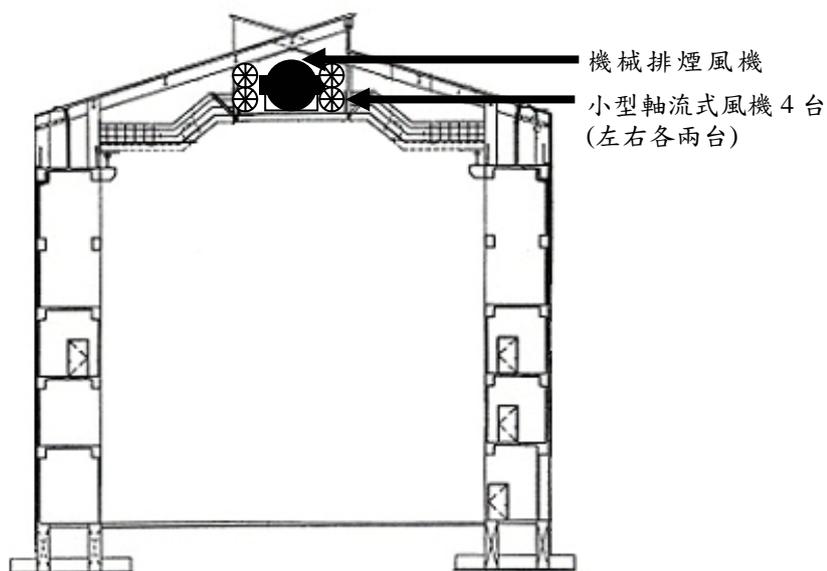
圖 3.1-7 燈泡束於實驗場地之實際佈置圖



(3) 機械排煙風機

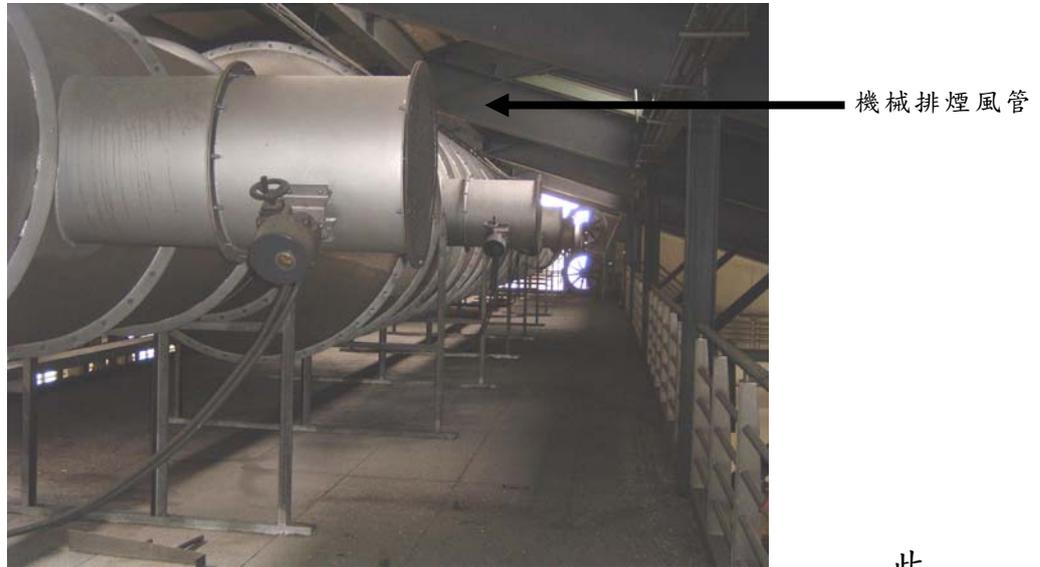
本綜合實驗室貓道（Cat Way）上方另設有一套機械排煙風管與 12 個排煙口，可提供本案進行大空間建築機械排煙系統性能研究之用，設備示如圖 3.1-8 與 3.1-9 所示。

圖 3.1-8 本實驗使用之機械排煙風機示意圖



室內中庭及大空間煙氣層流作用對火災探測及
排煙功能效應及系統連動之驗證分析

圖 3.1-9 機械排煙風機於實驗場地之實際佈置圖



此
套機械排煙風管與 12 個排煙口之開啟與關閉開關設置於 1
樓內之監控室，於進行機械排煙火災全尺度實驗時，經由人
工開啟。其操作盤示如圖 3.1-10。可藉由其排煙風機轉速控
制盤，調整風機轉速至所需風量，示如圖 3.1-11。

圖 3.1-10 監控室機械排煙口之開啟控制盤



圖 3.1-11 監控室之排煙風機轉速控制盤



其次，於貓道上另有四台小型軸流式風機，每台風量為 15 CMS，安裝方式為穿牆固定式，如圖 3.1-12 所示。而小型軸流式風機之實際排煙情形示如圖 3.1-13。

圖 3.1-12 小型軸流式風機於實驗場地之實際佈置圖



室內中庭及大空間煙氣層流作用對火災探測及
排煙功能效應及系統連動之驗證分析

圖 3.1-13 貓道上之小型軸流式風機排煙情形



第二節 火警受信總機與探測器之安裝

本研究於偵煙系統部份實驗所需之探測器，皆必須與火警受信總機做連線，火警受信總機之規格結構示如圖 3.2-1 與 3.2-2。如圖所示，L1 至 L5 分別與探測器做串接。

圖 3.2-1 火警受信總機外部之監控面板

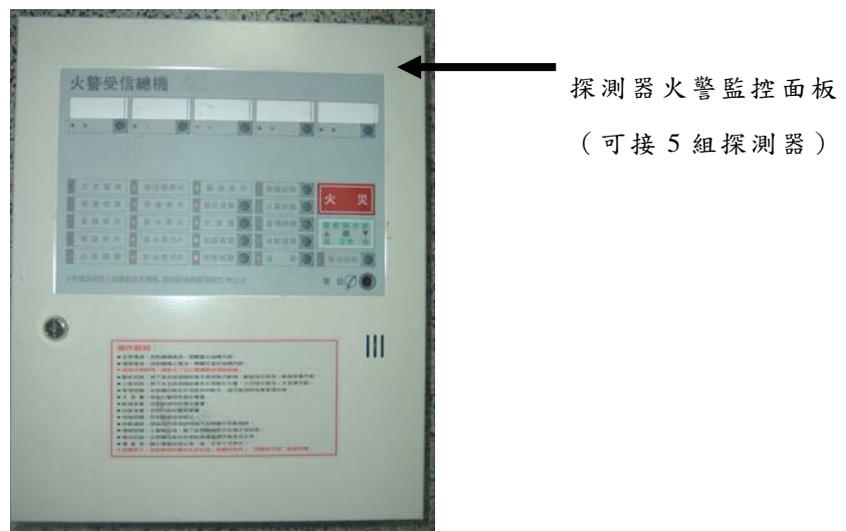
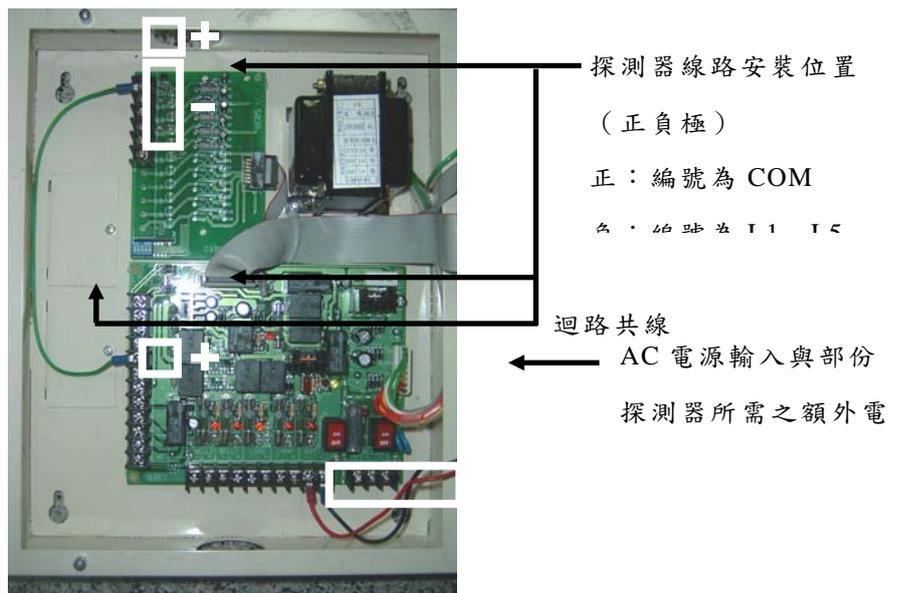


圖 3.2-2 火警受信總機內部之線路板圖



於本計畫所用到之探測器安裝步驟，將於下詳細敘述：

1. 火焰探測器：火焰探測器之安裝線路與實際場地配置圖示如下圖 3.2-3 至 3.2-5。如圖所示，火焰探測器與火警受信總機 L1 接點做連線，且安裝於離地面高 5.5 公尺之處並對準火源放置處，以在實驗開始時能偵測火源並做鳴動。

圖 3.2-3 火焰探測器之接線示意圖

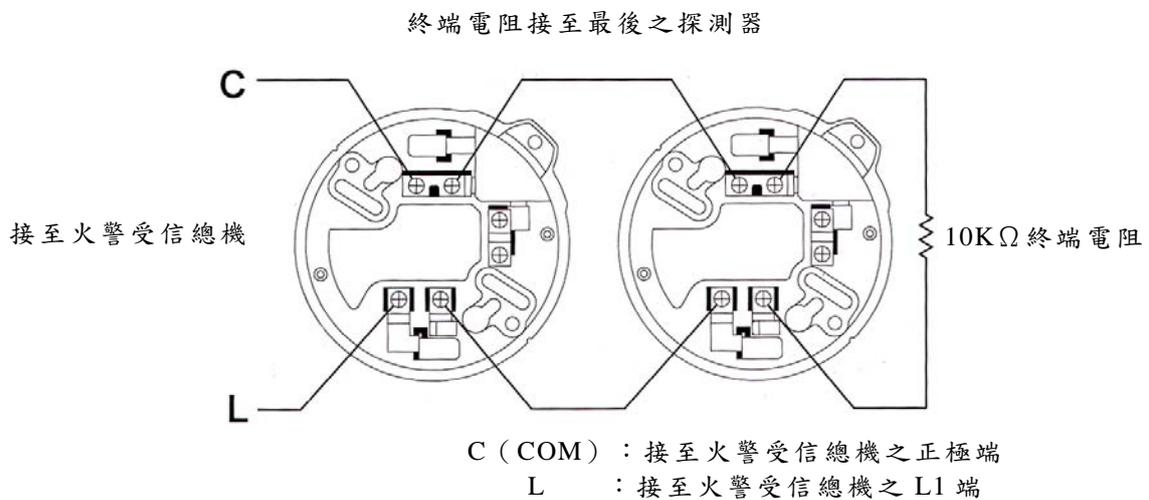


圖 3.2-4 本案所使用之火焰探測器位置示意圖

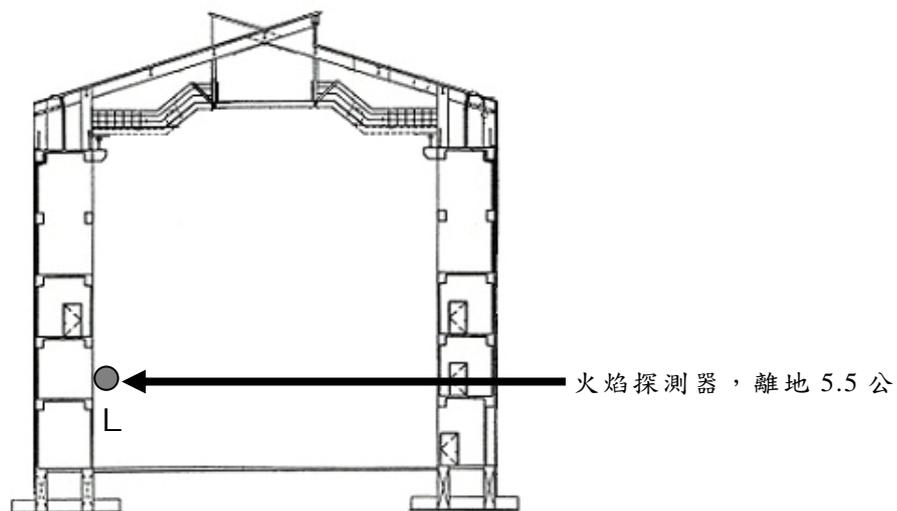
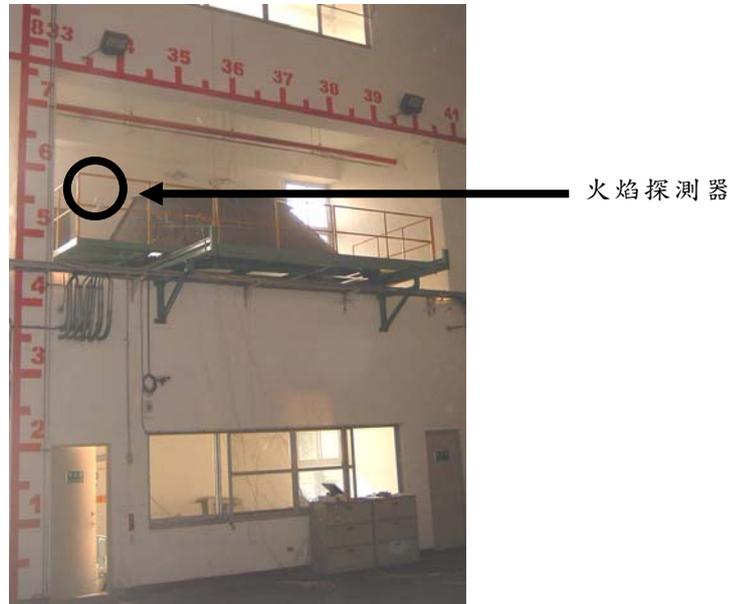


圖 3.2-5 火焰探測器於實驗場地之實際佈置圖



2. 光電式分離型煙探測器第一組與第二組：水平式光束偵測網格來做實際全尺度之安裝與配置。安裝線路與實際場地配置圖如圖.3.2-6 至下圖 3.2.8 所示。

圖 3.2-6 光電式分離型煙探測器之接線示意圖

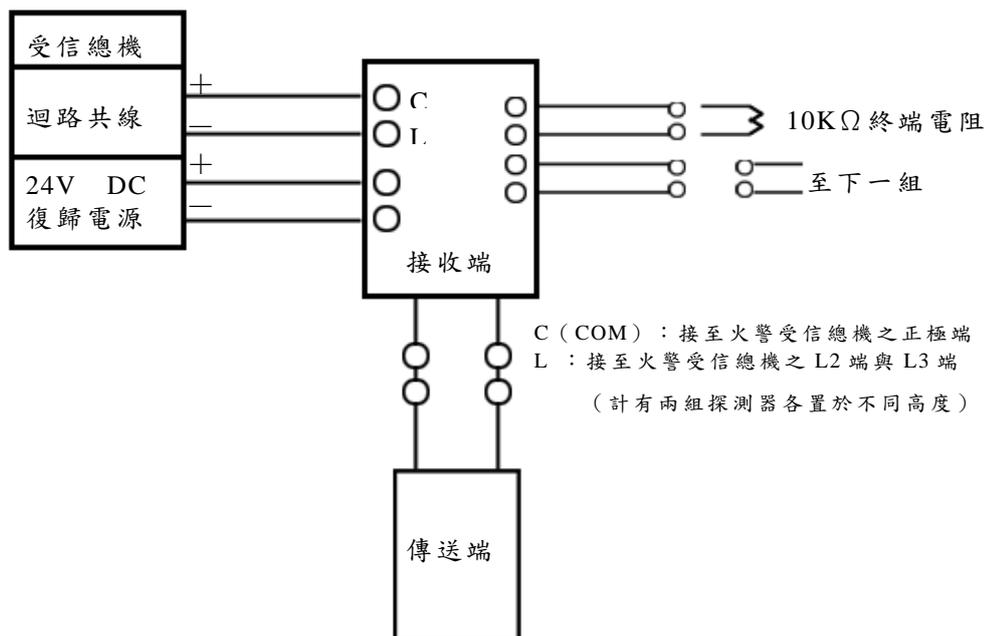


圖 3.2-7 本案所使用之光電式分離型煙探測器位置示意圖

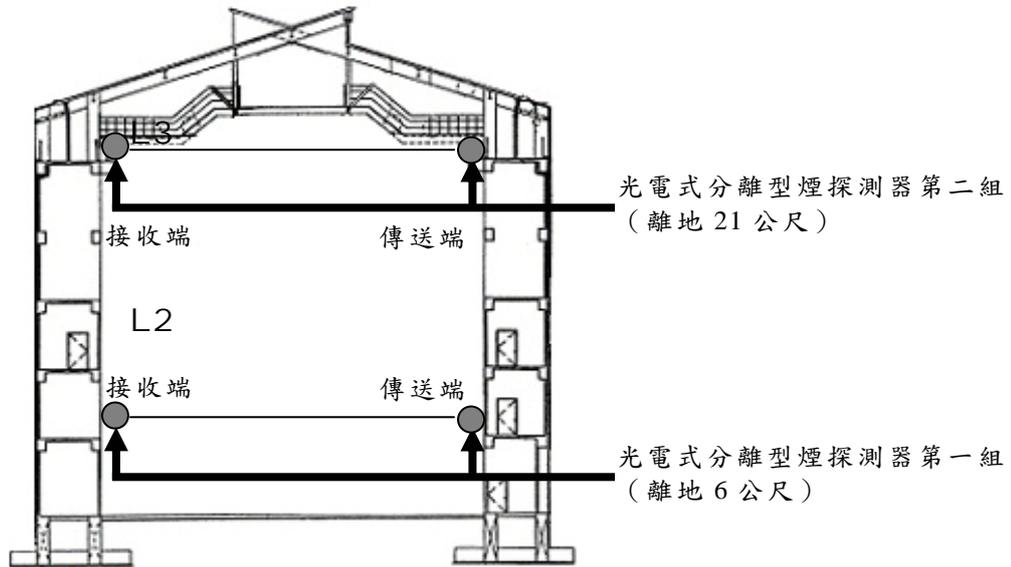


圖 3.2-8 安裝光電式分離型煙探測器之情形(1)



圖 3.2-9 安裝光電式分離型煙探測器之情形(2)



圖 3.2-10 第一組光電式分離型煙探測器於離地高 6 公尺處



光電式分離型
探測器第一組

光電式分離型煙探測器第一組與火焰探測器裝置在同一區域，以便於比較出同區域高度其鳴動時間快慢。在實驗之前亦必須對準傳送端與接收端，以確保傳送端發出之光束能夠完全進入接收端，以減少非預期之誤差。

室內中庭及大空間煙氣層流作用對火災探測及
排煙功能效應及系統連動之驗證分析

圖 3.2-11 光電式分離型煙探測器第二組於離地高 21 公尺處



3. 差動式集中型熱探測器與光電式集中型煙探測器：兩者之安裝線路與實際場地配置圖示如圖 3.2-12 至圖 3.2-15。兩者之安裝線路圖與火焰偵測器相同。安裝於貓道兩側欄杆，高度約為 22 公尺。

圖 3.2-12 差動式集中型熱探測器與光電式集中型煙探測器
接線圖

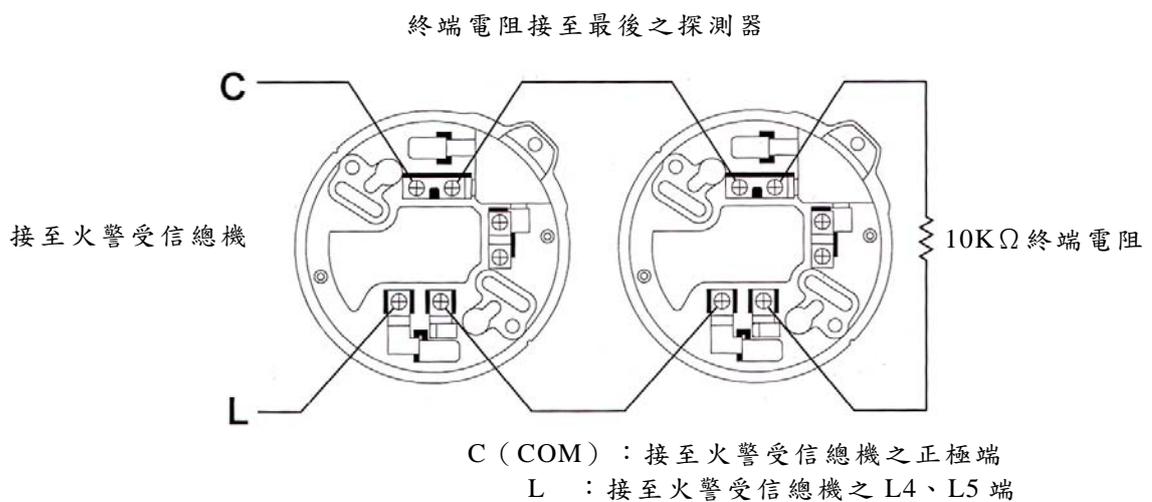


圖 3.2-13 本案所使用之熱煙探測器位置示意圖

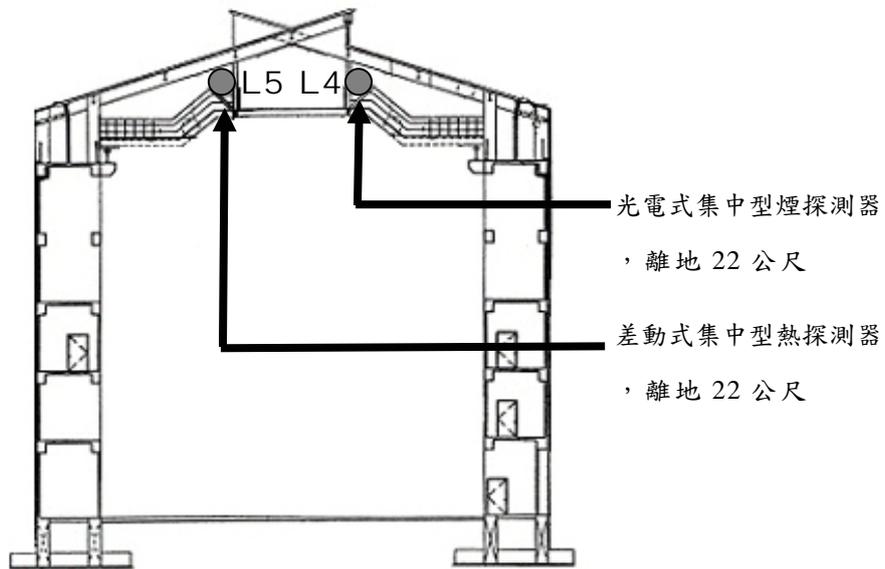
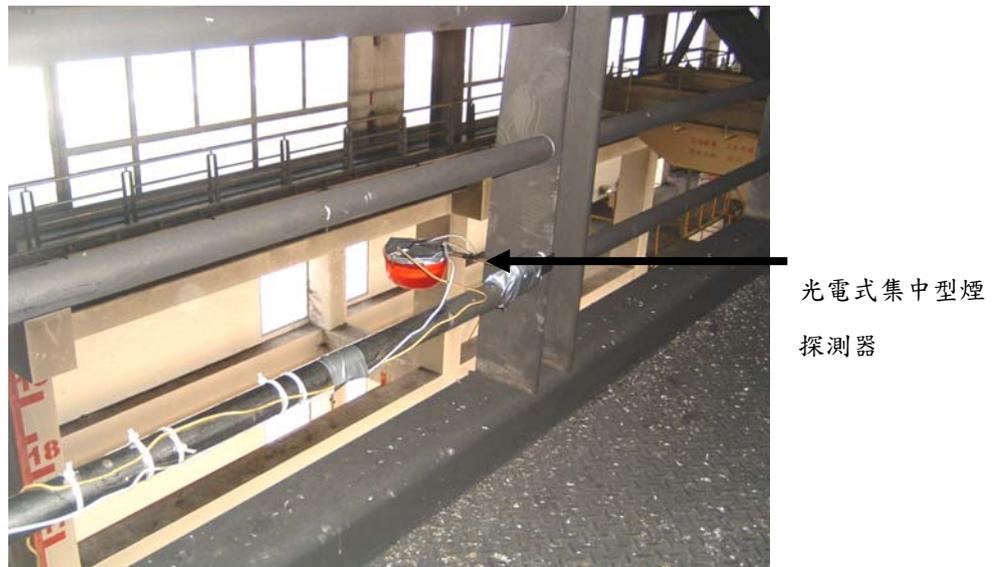


圖 3.2-14 光電式集中型煙探測器於實驗場地之實際佈置圖



室內中庭及大空間煙氣層流作用對火災探測及
排煙功能效應及系統連動之驗證分析

圖 3.2-15 差動式集中型熱探測器於實驗場地之實際佈置圖



量測儀器與實驗設備之佈置敘述至此，可將之整理成表
3.2-1，與圖 3.2-16 至 3.2-17 所示。

表 3.2-1 火警受信總機迴路端與探測器之連接情形

火警受信總機 迴路編號	連接之探測器種類	安裝高度
L1	火焰探測器	5.5 公尺
L2	光電式分離型煙探測器第一組	6 公尺
L3	光電式分離型煙探測器第二組	21 公尺
L4	光電式集中型煙探測器	22 公尺
L5	差動式集中型熱探測器	22 公尺

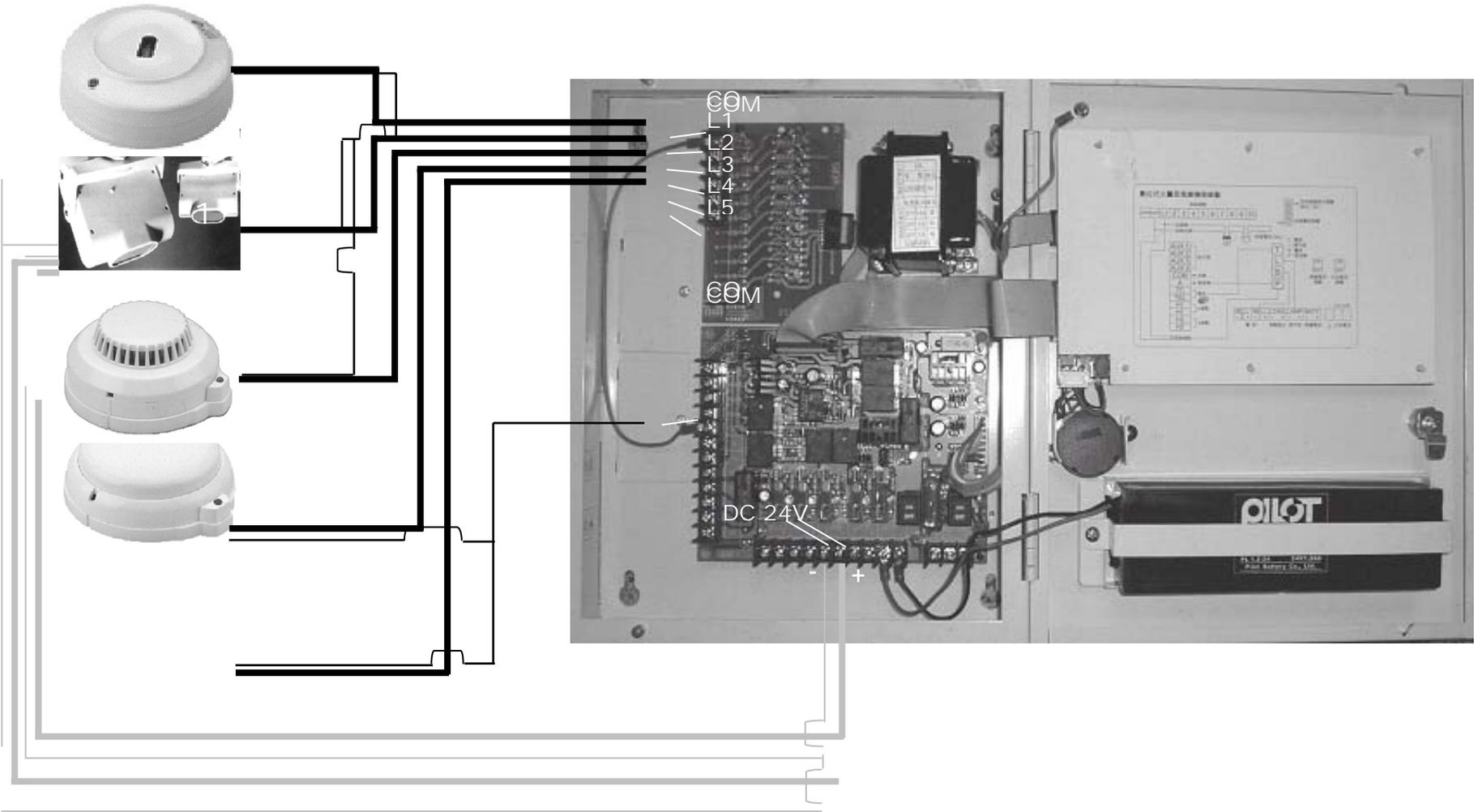


圖 3.2-16 本案裝置火警受信總機迴路端與探測器之連接示意圖

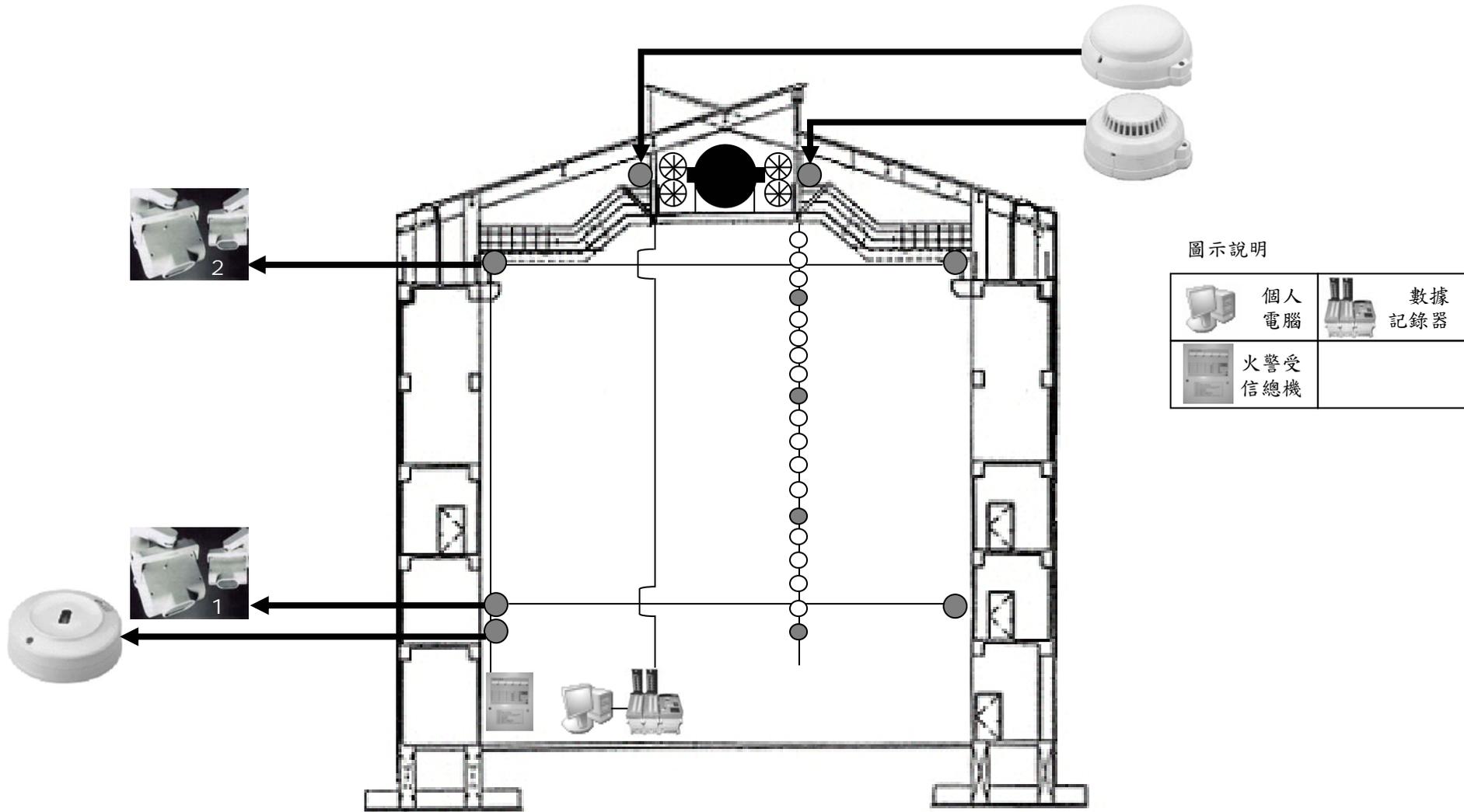


圖 3.2-17 本計畫所安裝之儀器與設備配置圖

圖 3.2-18 儀器實際佈置圖(1)



圖 3.2-19 儀器實際佈置圖(2)



第三節 機械排煙風機轉速校正實驗

本研究於進行正式火災全尺度實驗前，將進行排煙風機轉速校正實驗，以瞭解排煙風機轉速與排煙風量之關係。

機械排煙風機風量校正之進行步驟如下所列：

1.除塵：機械排煙風機必須要經過一「除塵」之手續，將囤積於風管內之積塵排除，方可達到最大動作 55 Hz 之風量，倘若無此動作，則風機將因為積塵堵住風管無法有效排放廢氣，造成內外壓力差並將觸發警鈴動作。除塵動作必須重複持續四到五次，方可去除乾淨。

2.開啟風機開關：通報風機開關控制人員打開開關。

3.測定風量：人員分別於「最靠近小型軸流式風機」（從小型風機算起第一個通風孔）、「中間通風孔」（從小型軸流式風機算起第三個通風孔）與「最遠離小型軸流式風機」（從小型風機算起第六個通風孔）測定風量，測定情形示如下圖 3.3-1 與 3.3-2。

圖 3.3-1 人員於排煙口附近量測風速之情形(1)



圖 3.3-2 人員於排煙口附近量測風速之情形(2)



4.擷取數據：與法規規定之排煙風機之風量標準做比對。本次風機校正實驗風量數據測結果，如表 3.3-1 所列。

表 3.3-1 排煙風機轉速與排煙風量之關係

頻率(Hz)	最靠近風機(m/s)	中間通風孔(m/s)	最遠離風機(m/s)	總風量(m ³ /min)
10	2	1.1	0.8	450
15	3.3	2.7	2.2	570
20	4.8	4.3	3.7	750
25	6.8	5.6	5	950
30	9	7	6.5	1,190
35	11	8.8	7.6	1,340
40	13.5	11	9	1,600
45	15	12.6	10.7	1,850
50	16.5	15	12	2,100
55	18	16.8	13.8	2,300
通風孔直徑：60 cm				
最靠近風機：從小型軸流風機算起第一個通風孔				
中間通風孔：從小型軸流風機算起第三個通風孔				
最遠離風機：從小型軸流風機算起第六個通風孔				

得到排煙風機轉速與排煙風量之關係後，可應用於日後進行機械排煙風量之調整，而遂有性能式設計之實驗設計。

例如，本實驗場地之樓地板面積約為 $1,091 \text{ m}^2$ ($22.5 \text{ m} \times 48.5 \text{ m}$)。當進行條例式設計之機械排煙系統火災全尺度實驗時，其所需之法規規定排煙風量為 $1,091 \text{ cmm}$ 。故當機械排煙風機之轉速開至 30 Hz 時，亦即約可提供 $1,190 \text{ cmm}$ 之排煙風量，相當於法規規定值。

因此，本研究遂以風機轉速 30 Hz 作為性能式與條例式設計之排煙風量分野， 30 Hz 以上則為性能式設計之排煙風量，本全尺度實驗選擇 6 ACH 與 8 ACH 兩種排煙量。於 6 ACH 之排煙量下，約需提供 $2,500 \text{ cmm}$ 之風量，而 8 ACH 則約需提供 $3,333 \text{ cmm}$ 之風量。

亦即進行全尺度實驗時，貓道上方之機械排煙系統與軸流式排煙風機皆需一起開啟，方可能達到所需排煙風量。

第四節 火災全尺度實驗之進行步驟

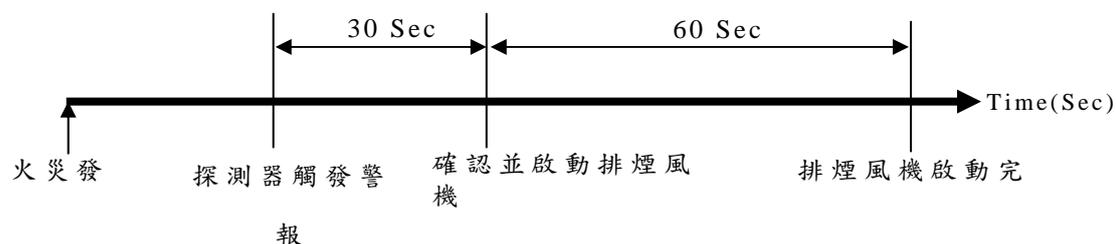
有關進行正式火警偵煙系統之火災全尺度實驗之進行步驟如下：

1. 將正確數量之火盤放置在預定位置上：此步驟將依照所欲模擬之火災規模，放置正確數量之火盤。例如，若要模擬 3 MW 的火災規模，則需放置 15 個火盤。
2. 火場四周放置滅火設備：於火場四周放置滅火設備，一來能預防火場突發狀況之發生，二來亦需要熄滅「點火把」之火焰。
3. 開啟燈泡束、以及觀察員與攝影機就位：本正式實驗進行時，將開啟燈泡束，並分派人員於地面及不同樓層進行觀察火場煙沈積情形，利用攝影機記錄存檔。
4. 確認機械排煙風機之狀況：指派專人負責操作，並確認實驗當時貓道上方機械排煙口之「關閉」或「開啟」狀況，及調整風量大小。
5. 火盤注入燃料：依照先前預備實驗所得之結果，將適當數量之燃料注入火盤。
6. 數據存取記錄器開始記錄並計時：啟動數據存取記錄器開始記錄熱電耦儀器樹所獲得之溫度數據。並開始倒數，準備點火進行實驗。
7. 點火，煙層上升，觀察煙流動特性與煙沈積現象：倒數結束，以「點火把」點燃火盤。各觀察員與攝影機，觀察並記錄火場煙流動特性與煙沈積現象。
8. 點火後，當第一組探測器觸發警報後經 30 秒確認為火災後即啟動機械排煙風機，而於 60 秒後啟動完成。

9. 火盤自然熄滅：讓火盤燃料自然燒盡，且待火盤溫度下降至室溫，準備下次實驗使用。
10. 實驗討論與數據整理：工作人員收集並整理實驗數據，如有缺失，立即改善。準備再行下一實驗項目。

不同於先前完成之實驗，原本統一為 90 秒進行機械排煙，然此處則為當第一組探測器觸發警報後經 30 秒確認為火災後即啟動機械排煙風機，而於 60 秒後啟動完成，其步驟流程可示如圖 3.4-1。

圖 3.4-1 火災全尺度實驗排煙風機啟動時間示意圖



第四章 火災探測之全尺度實驗分析

第一節 火災探測系統校正實驗

本研究於進行正式火災全尺度實驗前，亦將進行火警偵煙系統鳴動時間測定實驗。承載燃料之油盤為 45 cm，而隔熱板大小為長 4.1 m、寬為 3.1 m，其佈置與實際燃燒情況示如圖 4.1-1 與圖 4.1-2。

圖 4.1-1 油盤佈置示意圖

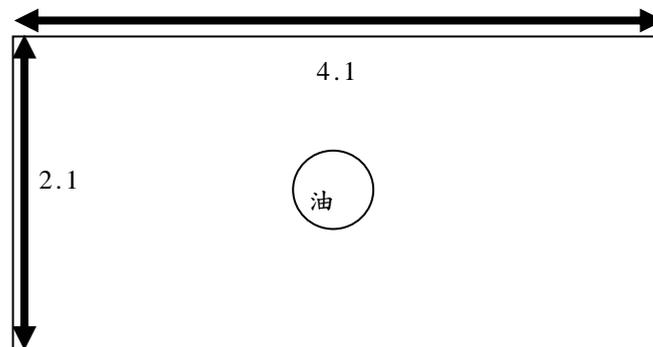


圖 4.1-2 油盤數量一個之實際燃燒示意圖



每一油盤之火災規模約為 0.2 MW，因此本校正實驗火源為 0.2、0.4、0.6、0.8、及 1 MW，計從 1 個油盤至 5 個油盤，實驗茲述如下。

(1) 火災規模為 0.2 MW

火災情境描述：

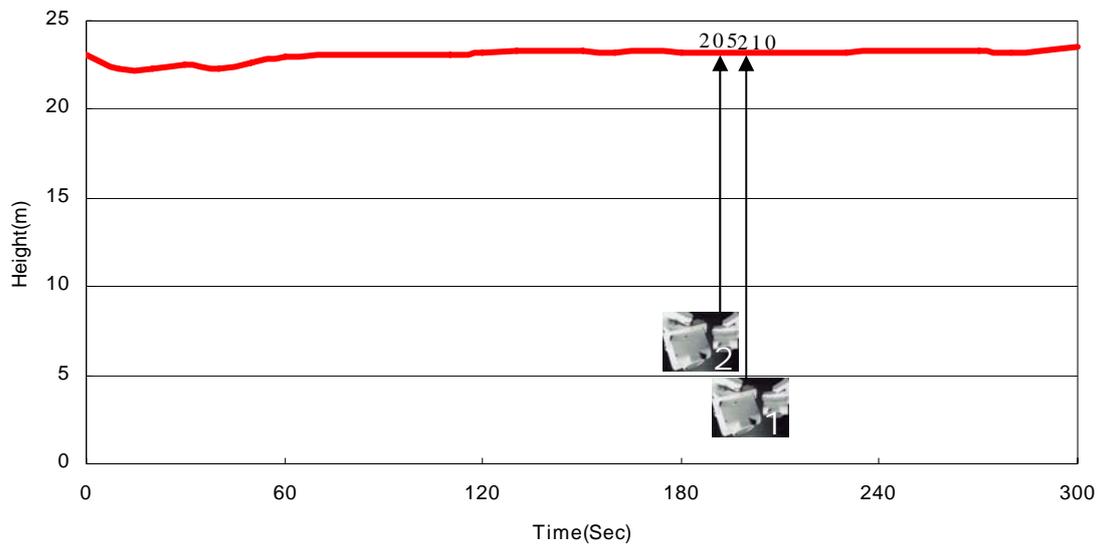
假設火場發生 0.2 MW 之火災，即使用 1 個油盤。點火後等待第一組探測器首先觸發警報後，方通報人員將排煙風機打開，並使其運轉頻率為 40 Hz，相當於提供排煙風量約為 1.36 cmm/m²。探測器鳴動時間記錄：鳴動情形示如表 4.1-1。

表 4.1-1 火災規模為 0.2 MW 之探測器鳴動時間

探測器名稱	火焰探測器	光電式分離型 煙探測器 第一組	光電式分離型 煙探測器 第二組	光電式集中型 煙探測器	差動式集中型 熱探測器
探測器縮圖					
探測器編號	L1	L2	L3	L4	L5
鳴動時間(s)	×	210	205	×	×

煙沈積速度與鳴動時間對照：經由熱電耦儀器樹與數據存取記錄器所收集之火場溫度數據，利用 N 百分比法進行煙層之判定，其結果與探測器鳴動時間對照圖示如圖 4.1-3。

圖 4.1-3 火災規模為 0.2 MW 下，排煙量為 1.36 cmm/m² 之煙沈積與鳴動時間對照圖



實驗小結：

由上圖與觀察火場之錄影帶得知，煙層最低點高度始終維持在約離地面 22 公尺處而無下降情形，第一組探測器於 205 秒鳴動後方開啟補氣口與排煙風機，然而因火源及熱輻射量之規模不大，由表可知有三組探測器無法鳴動。

(2) 火災規模為 0.4 MW

火災情境描述：

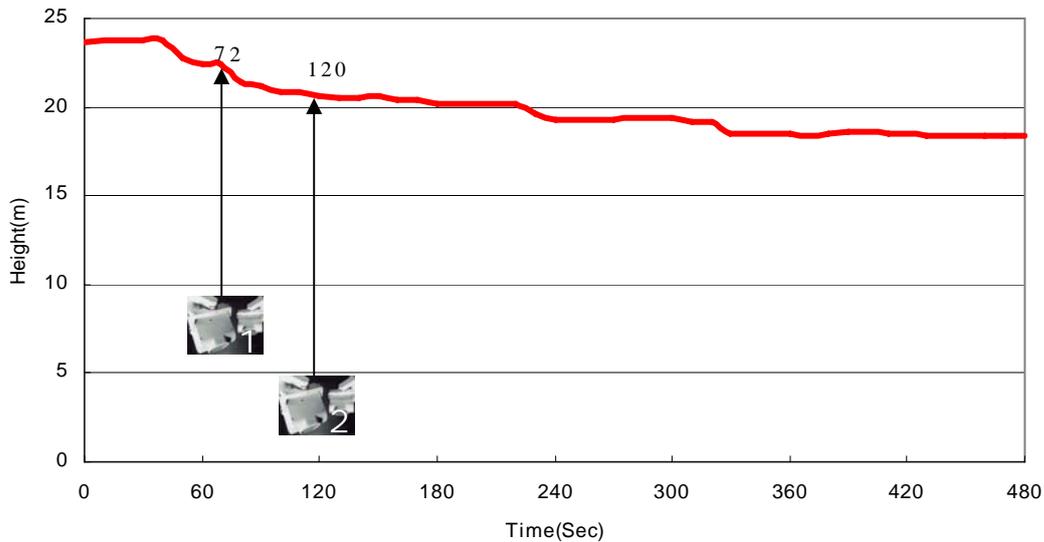
假設火場發生 0.4 MW 之火災，即使用 2 個油盤。點火後等待第一組探測器首先觸發警報後，方通報人員將排煙風機打開，並使其運轉頻率為 40 Hz，相當於提供排煙風量約為 1.36 cmm/m^2 。探測器鳴動時間記錄：鳴動情形示如表 4.1-2。

表 4.1-2 火災規模為 0.4 MW 之探測器鳴動時間

探測器名稱	火焰探測器	光電式分離型 煙探測器 第一組	光電式分離型 煙探測器 第二組	光電式集中型 煙探測器	差動式集中型 熱探測器
探測器縮圖					
探測器編號	L1	L2	L3	L4	L5
鳴動時間(s)	×	72	120	×	×

煙沈積速度與鳴動時間對照：經由熱電耦儀器樹與數據存取記錄器所收集之火場溫度數據，利用 N 百分比法進行煙層之判定，其結果與探測器鳴動時間對照圖示如圖 4.1-4。

圖 4.1-4 火災規模為 0.4 MW 下，排煙量為 1.36 cmm/m^2 之
煙沈積與鳴動時間對照圖



實驗小結：

由上圖與觀察火場之錄影帶得知，煙層最低點高度在約離地面 18 公尺處，第一組探測器於 72 秒鳴動後開啟補氣口與排煙風機，而本實驗在火源燃燒附近所產生之煙量比在頂部者更較顯著，故光電式分離型煙探測器第一組較第二組更早鳴動，然而火源及熱輻射量之規模不大，無法形成有效之偵測溫差，故由表知有三組探測器無法鳴動。

(3) 火災規模為 0.6 MW

火災情境描述：

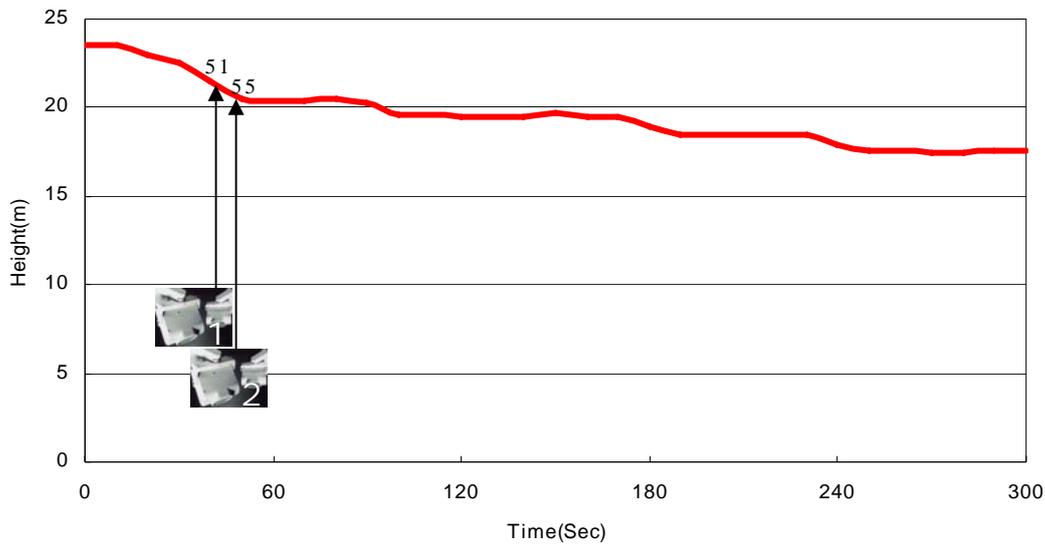
假設火場發生 0.6 MW 之火災，即使用 3 個油盤。點火後等待第一組探測器首先觸發警報後，方通報人員將排煙風機打開，並使其運轉頻率為 40 Hz，相當於提供排煙風量約為 1.36 cmm/m²。探測器鳴動時間記錄：鳴動情形示如表 4.1-3。

表 4.1-3 火災規模為 0.6 MW 之探測器鳴動時間

探測器名稱	火焰探測器	光電式分離型 煙探測器 第一組	光電式分離型 煙探測器 第二組	光電式集中型 煙探測器	差動式集中型 熱探測器
探測器縮圖					
探測器編號	L1	L2	L3	L4	L5
鳴動時間(s)	×	51	55	×	×

煙沈積速度與鳴動時間對照：經由熱電耦儀器樹與數據存取記錄器所收集之火場溫度數據，利用 N 百分比法進行煙層之判定，其結果與探測器鳴動時間對照圖示如圖 4.1-5。

圖 4.1-5 火災規模為 0.6 MW 下，排煙量為 1.36 cmm/m^2 之
煙沈積與鳴動時間對照圖



實驗小結：

由上圖與觀察火場之錄影帶得知，煙層最低點高度在約離地面 17 公尺處，第一組探測器於 51 秒鳴動後開啟補氣口與排煙風機，而本實驗在火源燃燒附近所產生之煙量比在頂部者更較顯著，故光電式分離型煙探測器第一組較第二組更早鳴動，然而火源之規模與熱輻射量無法形成有效之偵測，故由表知有三組探測器無法鳴動。

(4) 火災規模為 0.8MW

火災情境描述：

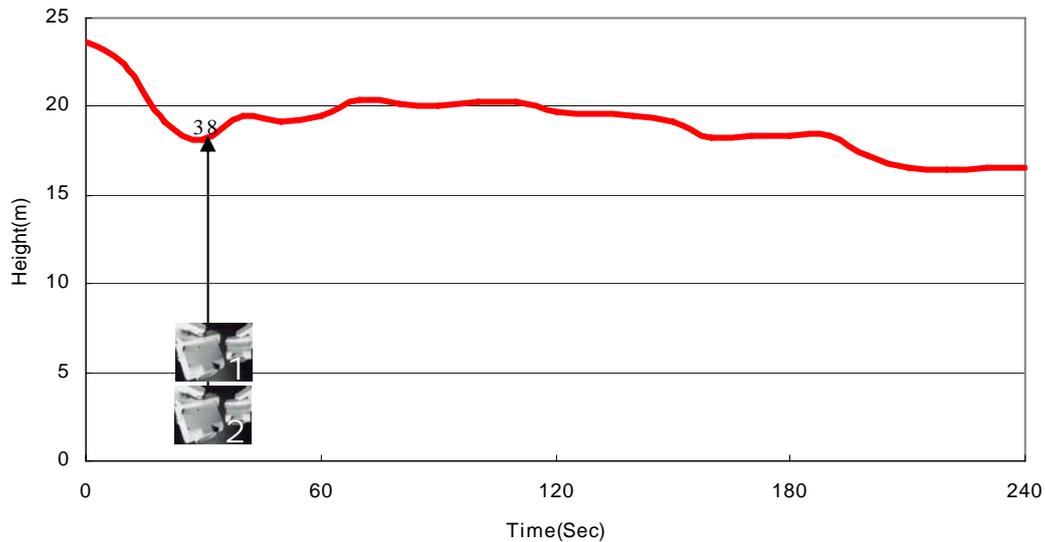
假設火場發生 0.8 MW 之火災，即使用 4 個油盤。點火後等待第一組探測器首先觸發警報後，方通報人員將排煙風機打開，並使其運轉頻率為 40 Hz，相當於提供排煙風量約為 1.36 cmm/m²。探測器鳴動時間記錄：鳴動情形示如表 4.1-4。

表 4.1-4 火災規模為 0.8 MW 之探測器鳴動時間

探測器名稱	火焰探測器	光電式分離型 煙探測器 第一組	光電式分離型 煙探測器 第二組	光電式集中型 煙探測器	差動式集中型 熱探測器
探測器縮圖					
探測器編號	L1	L2	L3	L4	L5
鳴動時間(s)	×	38	38	×	×

煙沈積速度與鳴動時間對照：經由熱電耦儀器樹與數據存取記錄器所收集之火場溫度數據，利用 N 百分比法進行煙層之判定，其結果與探測器鳴動時間對照圖示如圖 4.1-6。

圖 4.1-6 火災規模為 0.8 MW 下，排煙量為 1.36 cmm/m^2 之煙沈積與鳴動時間對照圖



實驗小結：

由上圖與觀察火場之錄影帶得知，煙層最低點高度在約離地面 16 公尺處，光電式分離型煙探測器第一組與第二組皆於 38 秒鳴動，顯示火源附近與中庭頂部所造成之煙量相當，然而由表知仍有三組探測器無法鳴動，分析火焰式探測器可能是無法有效偵測運作，因此將線路重新接線並做線路測試；而傳統光電式集中型煙探測器與差動式集中型熱探測器之安裝位置超過其偵測極限，因此無法鳴動。

(5) 火災規模為 1 MW

火災情境描述：

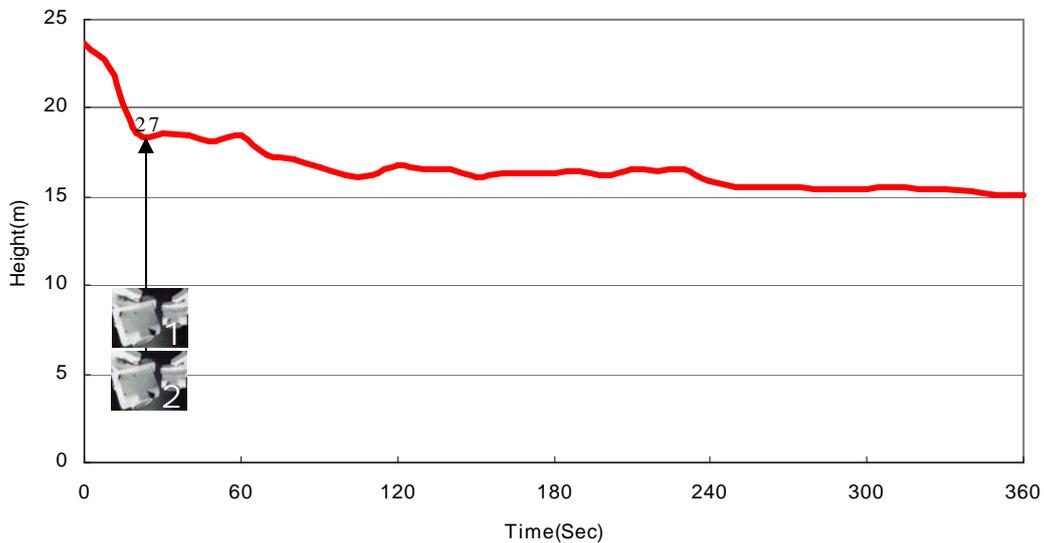
假設火場發生 1 MW 之火災，即使用 5 個油盤。點火後等待第一組探測器首先觸發警報後，方通報人員將排煙風機打開，並使其運轉頻率為 40 Hz，相當於提供排煙風量約為 $1.36 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ 探測器鳴動時間記錄：鳴動情形示如表 4.1-5。

表 4.1-5 探測器於火災規模為 1 MW 下之鳴動時間

探測器名稱	火焰探測器	光電式分離型 煙探測器 第一組	光電式分離型 煙探測器 第二組	光電式集中型 煙探測器	差動式集中型 熱探測器
探測器縮圖					
探測器編號	L1	L2	L3	L4	L5
鳴動時間(s)	×	27	27	×	×

煙沈積速度與鳴動時間對照：經由熱電耦儀器樹與數據存取記錄器所收集之火場溫度數據，利用 N 百分比法進行煙層之判定，其結果與探測器鳴動時間對照圖示如圖 4.1-7。

圖 4.1-7 火災規模為 1 MW 下，排煙量為 1.36 cmm/m^2 之
煙沈積與鳴動時間對照圖



實驗小結：

由上圖與觀察火場之錄影帶得知，煙層最低點高度在約離地面 15 公尺處，光電式分離型煙探測器第一組與第二組皆於 27 秒鳴動，顯示火源附近與中庭頂部所造成之煙量相當，然而由表知仍有三組探測器無法鳴動，分析火焰式探測器可能是無法有效偵測運作，因此將線路重新接線並做線路測試；而傳統光電式集中型煙探測器與差動式集中型熱探測器之安裝位置超過其偵測極限，因此無法鳴動。

第二節 火災規模 1 MW 之全尺度實驗結果分析

火災情境描述：

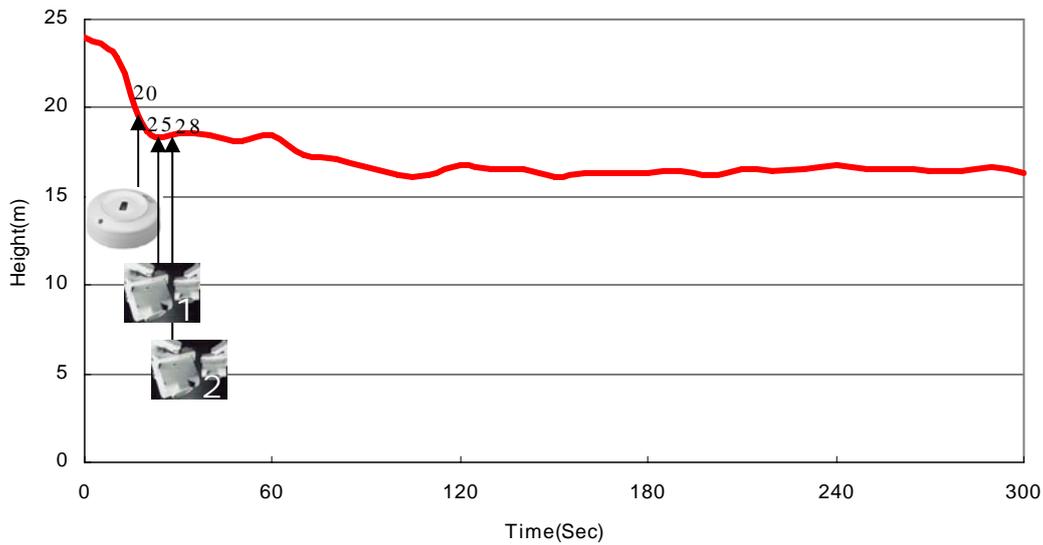
假設火場發生 1 MW 之火災，即使用 5 個油盤。點火後等待第一組探測器首先觸發警報後，方通報人員將排煙風機打開，並使其運轉頻率為 40 Hz，相當於提供排煙風量約為 1.36 cmm/m^2 。探測器鳴動時間紀錄：鳴動情形如表 4.2-1。

表 4.2-1 火災規模為 1 MW 之探測器鳴動時間

探測器名稱	火焰探測器	光電式分離型 煙探測器 第一組	光電式分離型 煙探測器 第二組	光電式集中型 煙探測器	差動式集中型 熱探測器
探測器縮圖					
探測器編號	L1	L2	L3	L4	L5
鳴動時間(s)	20	25	28	×	×

煙沈積速度與鳴動時間對照：經由熱電耦儀器樹與數據存取記錄器所收集之火場溫度數據，利用 N 百分比法進行煙層之判定，其結果與探測器鳴動時間對照圖示如圖 4.2-1。

圖 4.2-1 火災規模為 1 MW 下，排煙量為 1.36 cmm/m^2 之
煙沈積與鳴動時間對照圖



實驗結果分析：

由上圖與觀察火場之錄影帶得知，煙層最低點高度在約離地面 16 公尺處，火焰探測器於 20 秒左右即觸發警報，隨即依序是光電式分離型煙探測器第一組與第二組，於 25 秒及 28 秒鳴動，顯示火源之輻射熱已達一定量而讓火焰探測器有所異動，然而由表知仍有二組探測器無法鳴動，顯示傳統光電式集中型煙探測器和差動式集中型熱探測器之安裝位置超過其偵測極限，因此無法有效警示。

第三節 火災規模 2 MW 之全尺度實驗結果分析

火災情境描述：

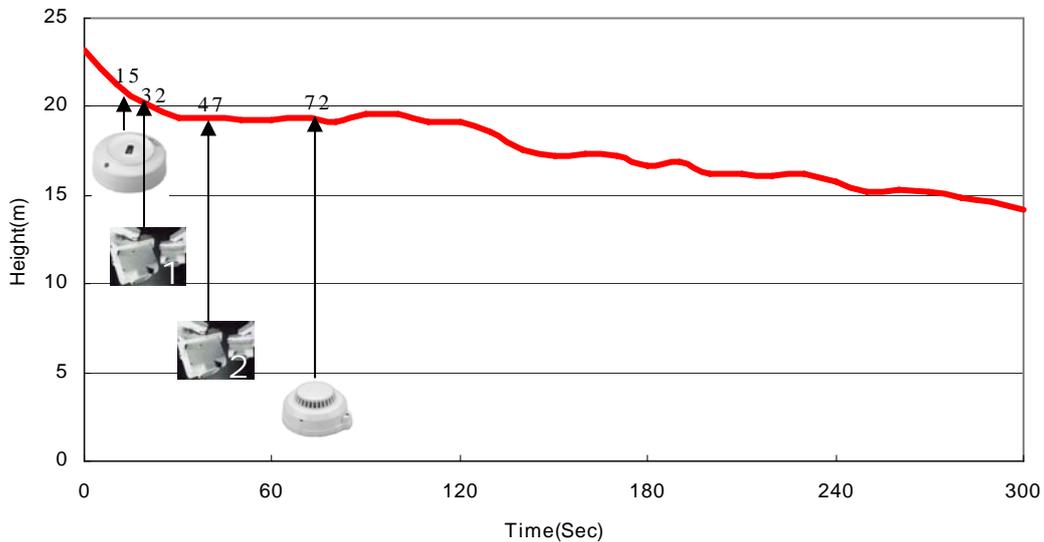
假設火場發生 2 MW 之火災，即使用 10 個油盤。點火後等待第一組探測器首先觸發警報後，方通報人員將排煙風機打開，並使其運轉頻率為 40 Hz，相當於提供排煙風量約為 $1.36 \text{ cm}/\text{m}^2$ 。探測器鳴動時間紀錄：鳴動情形如表 4.3-1。

表 4.3-1 火災規模為 2 MW 之探測器鳴動時間

探測器名稱	火焰探測器	光電式分離型 煙探測器 第一組	光電式分離型 煙探測器 第二組	光電式集中型 煙探測器	差動式集中型 熱探測器
探測器縮圖					
探測器編號	L1	L2	L3	L4	L5
鳴動時間(s)	15	32	47	72	×

煙沈積速度與鳴動時間對照：經由熱電耦儀器樹與數據存取記錄器所收集之火場溫度數據，利用 N 百分比法進行煙層之判定，其結果與探測器鳴動時間對照圖示如圖 4.3-1。

圖 4.3-1 火災規模為 2 MW 下，排煙量為 1.36 cmm/m^2 之
煙沈積與鳴動時間對照圖



實驗結果分析：

由上圖與觀察火場之錄影帶得知，煙層最低點高度在約離地面 14 公尺處，火焰探測器於 15 秒左右即觸發警報，隨即依序是光電式分離型煙探測器第一組與第二組，於 32 秒及 47 秒鳴動，顯示火源之輻射熱已達一定量而讓火焰探測器有所異動，且光電式集中型煙探測器之所偵測之煙量亦達到鳴動情形，而於 72 秒鳴動。然而由表知仍有一組探測器無法鳴動，顯示傳統差動式集中型熱探測器之安裝位置超過其偵測極限，因此無法有效警示。

第四節 火災規模 3 MW 之全尺度實驗結果分析

火災情境描述：

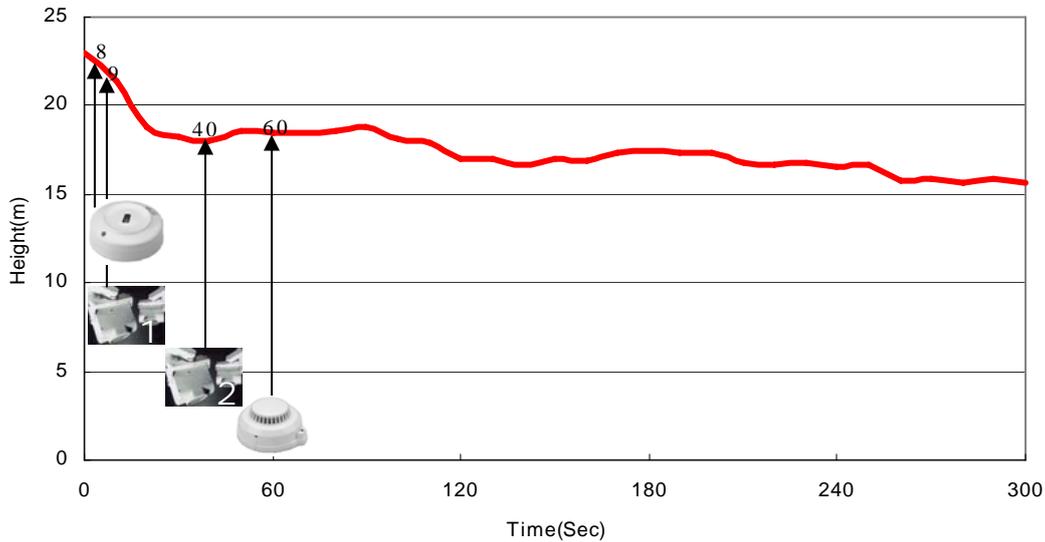
假設火場發生 3 MW 之火災，即使用 15 個油盤。點火後等待第一組探測器首先觸發警報後，方通報人員將排煙風機打開，並使其運轉頻率為 40 Hz，相當於提供排煙風量約為 $1.36 \text{ cm}/\text{m}^2$ 。探測器鳴動時間紀錄：鳴動情形如表 4.4-1。

表 4.4-1 火災規模為 3 MW 之探測器鳴動時間

探測器名稱	火焰探測器	光電式分離型 煙探測器 第一組	光電式分離型 煙探測器 第二組	光電式集中型 煙探測器	差動式集中型 熱探測器
探測器縮圖					
探測器編號	L1	L2	L3	L4	L5
鳴動時間(s)	8	9	40	60	×

煙沈積速度與鳴動時間對照：經由熱電耦儀器樹與數據存取記錄器所收集之火場溫度數據，利用 N 百分比法進行煙層之判定，其結果與探測器鳴動時間對照圖示如圖 4.4-1。

圖 4.4-1 火災規模為 3 MW 下，排煙量為 1.36 cmm/m^2 之
煙沈積與鳴動時間對照圖



實驗結果分析：

由上圖與觀察火場之錄影帶得知，煙層最低點高度在約離地面 15 公尺處，火焰探測器於 8 秒左右即觸發警報，隨即依序是光電式分離型煙探測器第一組與第二組，於 9 秒及 40 秒鳴動，顯示火源之輻射熱已達一定量而讓火焰探測器有所異動，且光電式集中型煙探測器之所偵測之煙量亦達到鳴動情形，而於 60 秒鳴動。然而由表知仍有一組探測器無法鳴動，顯示傳統差動式集中型熱探測器之安裝位置超過其偵測極限，因此無法有效警示。

第五節 火災規模 4 MW 之全尺度實驗結果分析

火災情境描述：

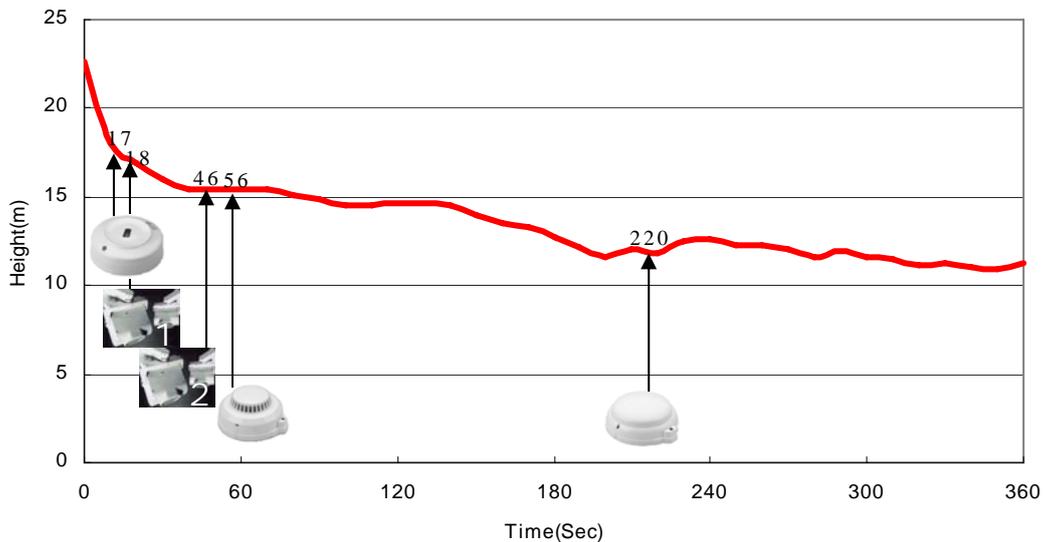
假設火場發生 4 MW 之火災，即使用 20 個油盤。點火後等待第一組探測器首先觸發警報後，方通報人員將排煙風機打開，並使其運轉頻率為 40 Hz，相當於提供排煙風量約為 $1.36 \text{ cm}/\text{m}^2$ 。探測器鳴動時間紀錄：鳴動情形如表 4.5-1。

表 4.5-1 火災規模為 4 MW 之探測器鳴動時間

探測器名稱	火焰探測器	光電式分離型 煙探測器 第一組	光電式分離型 煙探測器 第二組	光電式集中型 煙探測器	差動式集中型 熱探測器
探測器縮圖					
探測器編號	L1	L2	L3	L4	L5
鳴動時間(s)	17	18	46	56	220

煙沈積速度與鳴動時間對照：經由熱電耦儀器樹與數據存取記錄器所收集之火場溫度數據，利用 N 百分比法進行煙層之判定，其結果與探測器鳴動時間對照圖示如圖 4.5-1。

圖 4.5-1 火災規模為 4 MW 下，排煙量為 1.36 cmm/m^2 之
煙沈積與鳴動時間對照圖



實驗小結：

由上圖與觀察火場之錄影帶得知，煙層最低點高度在約離地面 11 公尺處，火焰探測器於 17 秒左右即觸發警報，隨即依序是光電式分離型煙探測器第一組與第二組，於 18 秒及 46 秒鳴動，顯示火源之輻射熱已達一定量而讓火焰探測器有所異動，且光電式集中型煙探測器之所偵測之煙量亦達到鳴動情形，而於 56 秒鳴動。差動式集中型熱探測器亦在 220 秒大空間環境達到動作溫度並鳴動。

第六節 火災規模 5 MW 之全尺度實驗結果分析

火災情境描述：

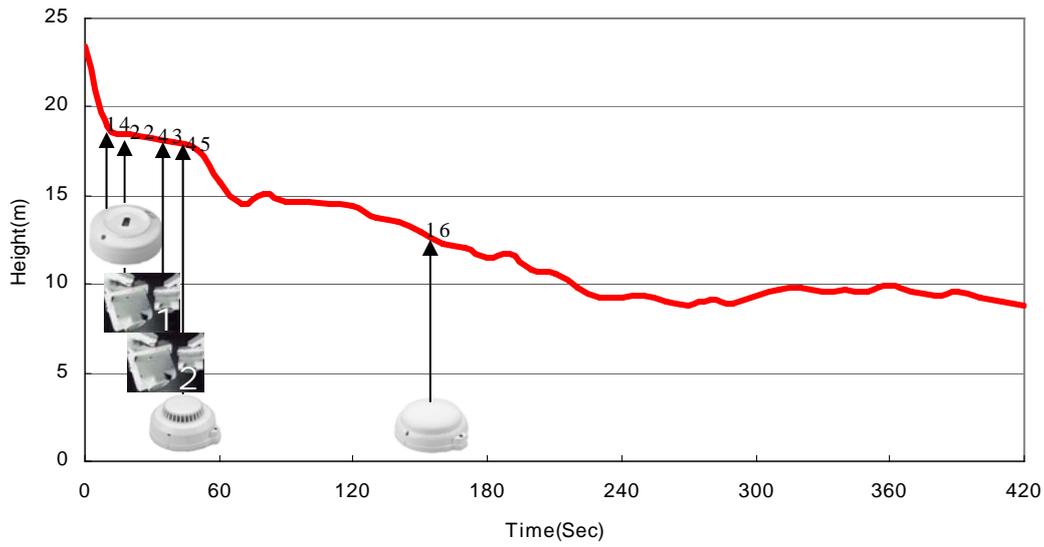
假設火場發生 5 MW 之火災，即使用 25 個油盤。點火後等待第一組探測器首先觸發警報後，方通報人員將排煙風機打開，並使其運轉頻率為 40 Hz，相當於提供排煙風量約為 $1.36 \text{ cm}/\text{m}^2$ 。探測器鳴動時間紀錄：鳴動情形如表 4.6-1。

表 4.6-1 火災規模為 4 MW 之探測器鳴動時間

探測器名稱	火焰探測器	光電式分離型 煙探測器 第一組	光電式分離型 煙探測器 第二組	光電式集中型 煙探測器	差動式集中型 熱探測器
探測器縮圖					
探測器編號	L1	L2	L3	L4	L5
鳴動時間(s)	14	22	43	45	160

煙沈積速度與鳴動時間對照：經由熱電耦儀器樹與數據存取記錄器所收集之火場溫度數據，利用 N 百分比法進行煙層之判定，其結果與探測器鳴動時間對照圖示如圖 4.6-1。

圖 4.6-1 火災規模為 5 MW 下，排煙量為 $1.36 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ 之煙沈積與鳴動時間對照圖



實驗小結：

由上圖與觀察火場之錄影帶得知，煙層最低點高度在約離地面 8 公尺處，火焰探測器於 14 秒左右即觸發警報，隨即依序是光電式分離型煙探測器第一組與第二組，於 22 秒及 43 秒鳴動，顯示火源之輻射熱已達一定量而讓火焰探測器有所異動，且光電式集中型煙探測器之所偵測之煙量亦達到鳴動情形，而於 45 秒鳴動。差動式集中型熱探測器亦在 160 秒大空間環境達到動作溫度並鳴動。

第七節 火災探測全尺度實驗總結

本實驗中安置於大空間建築中之火警偵煙系統，因各有一定之偵測極限，必須依照其空間特性做適當之配置，如此方可於實際火災發生時，人員能及時警覺並順利逃生。

在預備實驗中，因火災之規模甚小，以致產生之煙量與熱輻射量皆無法達到傳統火焰探測器與集中型熱煙探測器之警示標準。故在火源點燃後於全程實驗裡皆無法觸發火警警報，再再顯示傳統式熱煙及火焰探測器若配置於大空間中確實有無法有效偵測火警之虞。

而於正式全尺度實驗時，因火災所產生之發煙量與熱輻射量規模到達一定量，故於火災規模 4 MW、5 MW 時，所有配置之探測器皆能鳴動。然而由實驗比對圖表可知，傳統式熱煙探測器之鳴動時間依然極長，且當其鳴動時，火災所產生之濃煙已下降至本實驗場地之 6 樓走道區，嚴重影響人員疏散與生命安全。

火焰探測器在正式全尺度實驗中，因靠近偵測火源且熱輻射量能使其動作，故能在點燃火源後不久即觸發警報，但若火災之發生點與規模遠離其偵測角度與標準，則如預備實驗中之情形一樣無法有效偵測火警，配置依然形同失效。

但對於光電式分離型煙探測器而言，無論火災之規模與發煙量為何，於預備實驗及正式實驗中皆能展現良好之偵測特性，且比照圖表得知，探測器鳴動時其煙層仍然在本實驗場地 6 樓走道區之上，若能與機械排煙風機做連動，可有效抑制煙層下降，增加人員逃生時間。

第五章 結論與建議

第一節 結論

本研究執行至此，所獲之結論如下：

1. 室內中庭及大空間火災探測系統設計方法分析與資料蒐集

本案已完成對於室內中庭及大空間相關火災探測系統之設計手法分析，與資料蒐集。同時，亦完成了包括現行法規中，對於不同種類之火災探測器，其運用範圍與場所。並分析歸納出適合室內中庭及大空間使用之性能式火災探測系統設計方式。獲得室內中庭及大空間較適合採用火焰式、光電式分離型及集中型做為火災探測系統之用。

2. 進行大空間火災探測系統與煙控系統相互連動之全尺度實驗

經由全尺度實驗後，證實於大空間裝置傳統之火焰式與集中型熱煙探測器於小規模之火災如 0.2 MW 至 0.8 MW 時，因發煙量與熱輻射量無法達到鳴動範圍，確實有無法有效偵測火警之情形發生。

而於 1 MW 至 5 MW 之火災時，火焰探測器能有效於第一時間偵測火災並啟動警報，然若配置之位置離起火點有一段距離，則於火災發生時仍形同失效。

光電式分離型煙探測器經實驗可知為最適合裝置於大空間建築之探測器之一。其優點在於不會因為偵測範圍內突然有非預期之遮蔽物造成火警誤報，而是設定為有「復歸」緩衝時間。在緩衝時間內若遮蔽物已移除則將回復正常偵測。

由實驗比對圖表可知，傳統式熱煙探測器縱使能鳴動，但其鳴動時間依然過長，而此時火災所產生濃煙早已下降至人員活動區，造成疏散困難與危及人員生命保障嚴重問題。

然而對光電式分離型煙探測器來說，比照實驗圖表得知，當其鳴動時煙層仍然在本實驗場地 6 樓走道區之上，倘若能與機械排煙風機做有效連動，不僅可及時抑制煙層下降且大大增加人員逃生時間，且安裝成本考量合理。因此若能在大空間中設置多組，便可形成一大空間之火警偵測網格。

然而對光電式分離型煙探測器來說，比照實驗圖表得知，當其鳴動時煙層仍然在本實驗場地 6 樓走道區之上，倘若能與機械排煙風機做有效連動，不僅可及時抑制煙層下降且大大增加人員逃生時間，且安裝成本考量合理。因此若能在大空間中設置多組，便可形成一大空間之火警偵測網格。

3. 室內中庭及大空間煙氣層流現象資料蒐集

本案已完成對於室內中庭及大空間煙氣層流現象之研究與資料蒐集，討論其形成原因與對火災探測之影

響。並更進一步提出解決方案，提供相關之設計參考。包括，裝置向上式、與水平式之光束偵測網格等，皆可克服室內中庭及大空間煙氣層流現象對火災探測影響。

4. 進行大空間煙氣層流作用對火災探測性能影響之全尺度實驗

本案於內政部建築研究所之台南歸仁防火實驗室，進行大空間煙氣層流作用對火災探測性能影響之全尺度實驗。由實驗當中量得數據顯示，於夏天高溫情形下，屋頂附近之室溫為 35°C ，約比正常室溫 30°C ，高約 5°C ，亦即試驗場上方形成較弱之煙氣層流現象。雖有煙氣層流現象之存在，但本實驗結果顯示，火災煙柱仍可穿過煙氣層流，而正常啟動火災探測器，不影響火災探測器之功能。

第二節 建議

建議一

大空間建築補氣系統之設計：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署、內政部消防署

建議內容：

有關補氣系統之設計，於我國目前條例式法規中並未說明。但在進行性能式之機械煙控系統設計時，補氣口之位置與大小卻為影響煙控性能之重要因素之一。機械排煙口之啟動排煙，須配合補氣口之開啟，藉以形成 Push-Pull 之良好氣流組織，繼而導引濃煙往排煙口排出。因此，除了有足夠面積之排煙口設計外，亦要搭配補氣口之設計，才能提升整個煙控系統之性能，確實保障人身安全。

建議二

大空間建築裝置較早偵知火災之探測器：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部消防署

建議內容：

經由本研究實驗結果得知，機械排煙口與補氣口開啟時機之快慢與否，往往決定機械煙控性能顯示之成效。是故，若能於大空間建築內部裝置可較早偵知火災之探測器，如 VESDA (Very Early Smoke Detection and

Alarm) 與光電式分離型煙探測器系統。便可儘早偵知火災發生同時並連動機械排煙口與補氣口之開啟。

建議三

機械排煙口位置愈接近大空間頂部位置：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部消防署

建議內容：

於進行大空間建築機械式煙控系統設計時，為順應濃煙往上竄升特性，機械排煙口位置愈接近大空間頂部位置時，則機械煙控性能愈能發揮其作用。另外，機械排煙口亦需配合大空間建築頂部蓄煙空間而設置，亦即機械排煙口需在蓄煙空間內，方能有效將煙排出。

建議四

機械排煙口位置愈接近大空間頂部位置：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部消防署

建議內容：

除裝置上述可較早偵知火災之探測器外，亦可於大空間建築之底層配置有效之自動滅火設備如大型放水槍、大 K 值之撒水噴頭等等。亦可於火災發生初期，將火災撲滅，或壓制火勢至較小之火災強度，降低其發煙量，此亦可對機械排煙性能有所助益。

建議五

實驗場地之機械排煙口位置：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部建築研究所

建議內容：

本研究全尺度實驗場地之機械排煙口位置，雖位於建築最頂處，但由於頂部貓道之設置，濃煙無法直接往機械排煙口排出，對於機械煙控性能依然稍有影響。

建議六

機械排煙系統之定期保養維修與操作訓練：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署、內政部消防署

建議內容：

由於火警偵煙系統與機械排煙系統皆運用到大量之機械設備，例如火警受信總機、排煙風機、機械排煙口之閘門（Damper）、控制系統、與緊急電源等等，較自然排煙系統複雜和龐大。因此，更需要定期對線路及系統運作狀況做保養維修，再加上人員之危機避難訓練等等，如此才可於緊急火災時，不僅系統能正常運作發揮效果且人員不驚慌失措，遵循完善之自我保護並逃生。

參考書目

中文部分

1. 楊冠雄，「大空間建築機械煙控設計之全尺度實驗與驗證」，內政部建築研究所專題研究計劃報告，2004。
2. 楊冠雄，「大空間建築自然煙控設計之全尺度實驗與驗證」，內政部建築研究所專題研究計劃報告，2003。
3. 楊冠雄，「挑空中庭及大型開闢空間建築物煙控技術規範之研究」，內政部建築研究所專題研究計劃報告，2000。
4. 楊冠雄，「建築物空調系統與煙控併用系統性能評估與設計準則」，內政部建築研究所專題研究計劃報告，1999。
5. 楊冠雄，「高層建築火災之壓力煙控系統分析」，內政部建築研究所專題研究計劃報告，1998。
6. 楊冠雄，「建築物火災時煙控系統運轉策略分析」，內政部建築研究所專題研究計劃報告，1997。
7. 楊冠雄，「建築物自然式煙控制系統之研究」，內政部建築研究所專題研究計劃報告，1996。
8. 楊冠雄，「建築物火災時煙流動特性之研究」，內政部建築研究所籌備處專題研究計劃報告，1995。
9. 楊冠雄，「建築物防火之煙控設計分析」，復文書局，1996。

外文部分

10. J.H. Klote & J.A. Milke, 2002, "*Design of smoke management systems*", ASHRAE Inc., Atlanta.

室內中庭及大空間煙氣層流作用對火災探測及
排煙功能效應及系統連動之驗證分析

11. NFPA 92B, 2000, "*Guide for Smoke Management Systems in Mall, Atria, and Large Areas*".
12. Building Research Establishment, 1994, "*Design Approaches for smoke Control in atrium Buildings*".

附錄一：期中成果審查會議記錄及回覆

◎陳俊勳教授：

1.References 應依標準規劃臚列。

回覆：已將 References 依標準列於參考書目內。

2.確認各種偵測器的 Reliability。

回覆：本案於進行正式實驗前，完成 5 次小規模火源之預備實驗，以確認各種偵測器的可靠性。

3.有關逆溫層的效果，因建研所實驗屋頂為鋼架較難製造，可能再考慮。

回覆：有關逆溫層對於全尺度火災煙控實驗之影響，已由其他全尺度實驗結果推知。

◎黃仁智教授：

1.偵煙使用「火警偵測器」需考慮某些火災類型之波長不相同。

回覆：本案全尺度火災煙控實驗，於使用「火警偵測器」時，已考慮某些火災類型之波長不相同，而需採用其他偵測器來替代。

◎陳建忠組長：

1.實驗所動用人力、數量及結構，請加以分析，交本所備用。

回覆：遵照審查意見辦理，已補充相關說明。

2.大型實驗是否須動用當地消防隊支援警戒，請評估並通知本所洽商。

回覆：遵照審查意見辦理，日後進行全尺度火災煙控實驗時，將依實際狀況通知相關人員洽商。

3.實驗所用的五種探測器，其特性規格、適用範圍宜詳係於本為內說明，有關實驗之煙高曲線是利用 NFPA 的曲線而來，實驗煙的性狀如何？如探測器穩定，則 NFPA 曲線顯不符煙高性狀，反之則是探測器有問題。

回覆：有關本案火災全尺度實驗之煙層判定方法，為藉由熱電耦儀器樹與數據存取記錄器所收集的煙層溫度數據，進行煙層判定。乃依據 NFPA 92B 之建議，於實際煙層沈積時，會在高溫煙層與低溫空氣層之間存在一過渡區域（Transition Zone），而此過渡區域底部高度即被稱為初步煙層位置（First Indication of Smoke）。本案採取 NFPA 92B 之 N 百分比法則（N-percentage Rule）來判斷煙層的高度。另外 NFPA 92B 中指出，判斷煙層底部（Smoke Layer Interface）的 N 值為 80~90。本案為求較保守之估計，將煙層底部之 N 值訂為 60，作為煙層之判定標準。

◎ 中興工程顧問有限公司（傳真書面意見）

1. 第 24 頁，風量校正-3，測定風量點之風機與各編號通風孔間之相對應位置及尺寸，建議畫一簡圖描述。

回覆：遵照審查意見辦理，已補充簡圖描述。

2. 第 26 頁，樓地板面積 $1,091 \text{ m}^2$ 時，依條列式法規規定，所需排煙量應為最大區劃面積 cmm/m^2 （兩區劃以上，最大區劃面積 500 m^2 ），建議修正用語。

回覆：遵照審查意見辦理，已修正用語。

3. 第 27 頁，3 MW 火源需 15 個火盤，建議交待火盤發熱量之計算依據、配置方式與位置、燃料種類、容量及液深等實驗參數。

回覆：遵照審查意見辦理，已補充相關說明。

4. 建議留意火盤燃燒有效持續時間，以免影響煙層沉積速度數據及鳴動時間之正確性。

回覆：遵照審查意見辦理，已補充相關說明。

5. 差動式偵煙探測器及光電式偵煙探測器依動作靈敏度上可細分為一種、兩種或特種等種別，建議於文中述明。

回覆：遵照審查意見辦理，已補充相關說明。

◎承辦單位（李鎮宏助理研究員）

1.p.31 所示圖形應為煙沉降高度隨時間變化圖形，非煙
沉積速度圖，請再加以修改並增加。

回覆：已修改完成 p.31 所示圖形為煙沉降高度隨時間
變化圖形，請見相關圖說。

2.目前所做機械排煙時機為探測器鳴動後 30 秒，若要
建立火警探測與煙控系統連動設計恐不足，建議啟動
時機稍作更換。

回覆：遵照審查意見辦理。

3.依合約規定於期末前至少召開二次專家會談，目前本
案仍為召開，請擇期召開。

回覆：遵照審查意見辦理，本案已完成召開二次專家會談。

附錄二：期末成果審查會議記錄及回覆

◎莊素琴組長：

1.本試驗場所依法規之規定，排煙風量為 30 Hz 時即達法規之規定值 (p.40)，本研究亦以風機轉 30 Hz 作為性能式與條例式設計之排煙風量分野，惟後續測試時，皆於第一組探測器觸發警報後，將啟動之排煙風量運轉頻率設定為 40 Hz，可否述明運轉頻率為何要設定為 40 Hz 之緣由。

回覆：本案為進一步驗證 NFPA 101 Life Safety Code 中，有關性能式煙控系統設計之排煙量需為 3~6 ACH，是故後全尺度實驗之之排煙風量運轉頻率設定為 40 Hz。

2.另圖 4.1-4 (p.47)、圖 4.2-1 (p.55) 及圖 4.6-1 (p.63) 等煙沉積與鳴動時間對照圖中，部份鳴動時間標示有誤，煩請更正。

回覆：已更正煙沉積與鳴動時間對照圖中之鳴動時間標示，請見 p.47、p.55、與 p.63 之圖面說明。

◎蔡教授尤溪：

1.建議描述一下探測器靈敏度及未來採用時之限制條件。

回覆：本案於進行正式實驗前，完成 5 次小規模火源之預備實驗，以確認各種偵測器之靈敏度與正式實驗時採用之限制條件。

2. 因煙氣層流作用可能導致探測器失效，如何改善及因應。

回覆：建議於容易產生層流作用之區域，如大空間建築頂部，裝置通風系統，可將內部之熱空氣層排出。另一種方式為將光電式分離型偵煙探測器之偵測角度改變，亦即由常見的平射角度改為斜射角度，以避免因煙氣層流作用導致探測器失效。

◎吳專門委員俊瑩：

1. 建議將試驗中所採用之探測器規格及原廠型錄放入研究報告中加以參考。

回覆：遵照審查意見辦理，已補充相關說明。

2. 建議將受信機連動時間程序圖加以增列說明。

回覆：遵照審查意見辦理，已補充受信機連動時間程序圖。

3. 目前對於法規之現行規定中有關探測器置放位置、方式等納入研究案中加以參考。

回覆：遵照審查意見辦理，已補充相關說明，納入研究案中加以參考。

4. 屋頂構造應如何分類才能避免煙氣層流現象之發生，請加以說明。

回覆：建議於容易產生層流作用之區域，如大空間建築頂部，裝置通風系統，可將內部之熱空氣層排出。另一種方式為將光電式分離型偵煙探測器之

偵測角度改變，亦即由常見的平射角度改為斜射角度，以避免因煙氣層流作用導致探測器失效。

◎鄭組長元良：

1.在建管法規中對於挑高之建築物，能否於建築技術規則中加以納入本案之研究成果（或性能評估中）。

回覆：遵照審查意見辦理，於建管法規中對於挑高之建築物，可納入本案之研究成果。

◎陳組長建忠：

1.各種探測器適用之功能範圍請加以詳細說明。

回覆：遵照審查意見辦理，已補充相關說明。

2.煙層高度估算於本案中採用 NFPA N % 法則，而所採用之探測器偵測所得之煙層當時高度，似僅驗證該等探測器材 NFPA 是有效的，但實際煙層如何？宜補充之。

回覆：有關本案火災全尺度實驗之煙層判定方法，為藉由熱電耦儀器樹與數據存取記錄器所收集的煙層溫度數據，進行煙層判定。乃依據 NFPA 92B 之建議，於實際煙層沈積時，會在高溫煙層與低溫空氣層之間存在一過渡區域（Transition Zone），而此過渡區域底部高度即被稱為初步煙層位置（First Indication of Smoke）。本案採取 NFPA 92B 之 N 百分比法則（N-percentage Rule）來判斷煙層的高度。另外 NFPA 92B 中指出，判

斷煙層底部 (Smoke Layer Interface) 的 N 值為 80~90。本案為求較保守之估計，將煙層底部之 N 值訂為 60，作為煙層之判定標準。