

建築火災煙控性能提升之研究  
原有合法建築物防火避難空間防煙改善  
技術與驗證之研究

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  
原有合法建築物防火避難空間防煙改善  
技術與驗證之研究

受委託者：財團法人中華建築中心

研究主持人：鍾基強 教授

研究員：簡賢文

助理研究員：謝宗翰

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 94 年 12 月

## 目次

目次 .....	I
表次 .....	III
圖次 .....	V
摘要 .....	VII
<b>第一章 緒論</b>	
第一節 計畫背景與目的 .....	01
第二節 研究內容 .....	03
第三節 研究方法與架構 .....	07
<b>第二章 煙之流動與控制</b>	
第一節 火源產生之煙流束 .....	11
第二節 煙層流動與沉降 .....	15
第三節 自然排煙與機械排煙 .....	18
第四節 避難安全界定標準 .....	22
<b>第三章 原有建築物排煙系統之設計與現況</b>	
第一節 排煙系統構成與設計要項 .....	25
第二節 居室排煙與梯間排煙設計方法 .....	34
第三節 現階段無法滿足法規要求之案例 .....	39
<b>第四章 排煙性能測試與診斷</b>	
第一節 性能測試方法與診斷儀器 .....	43
第二節 評估改善建議 .....	54
<b>第五章 案例分析</b> .....	75
第一節 案例一：某醫療院所 .....	76
第二節 案例二：某 21 層住宅大樓 .....	80
第三節 案例三：某綜合賣場 .....	87

第六章 結論	
第一節 結論.....	95
第二節 建議.....	96
附錄一、現場實地量測照片 .....	99
附錄二、現場實地量測數據 .....	105
附錄三、排煙設備設置要求標準點檢表 .....	113
附錄四、現場平面圖 .....	121
附錄五、期末會議記錄.....	129
參考書目 .....	139

## 表次

表 2-1	人體承受危害程度之指標分析表 .....	23
表 3-1	防煙區劃之樓地板面積規定 .....	30
表 3-2	排煙設備設置相關法規要求 .....	35
表 3-3	梯間排煙設備設置要求標準 .....	37
表 4-1	排煙系統性能測試儀器用途 .....	46
表 4-2	避難評估項目 .....	62



## 圖次

圖 1-1	改善原有建築物煙控安全的原則 .....	06
圖 1-2	原有建築物的防火措施 .....	09
圖 2-1	軸對稱的火源煙流模式圖 .....	11
圖 2-2	控制容積中理想化的煙流束 .....	14
圖 2-3	自然排煙示意圖 .....	21
圖 2-4	機械排煙示意圖 .....	21
圖 3-1	排煙風機之防火區劃貫穿圖示 .....	30
圖 3-2	排煙上有效開口之設計方法 .....	31
圖 3-3	排煙閘門同時排煙方法 .....	31
圖 3-4	走廊與居室個別系統化 .....	32
圖 3-5	排煙風道與排煙風機之位置 .....	32
圖 3-6	排煙機之設置位置 .....	33
圖 3-7	排煙口之設置位置 (平面) .....	33
圖 3-8	不符合現行法規之排煙系統 .....	41
圖 3-9	排煙系統現況改善步驟流程圖 .....	42
圖 4-1	圓形導管測定位置圖 .....	44
圖 4-2	方形導管測定位置圖 .....	45
圖 4-3	熱線式風速計 .....	47
圖 4-4	皮托管 .....	47
圖 4-5	溫度/溼度/風速/風量/壓力量儀 .....	48
圖 4-6	風速、風溫、靜壓測試計 .....	48
圖 4-7	玻璃溫度計 .....	49
圖 4-8	乾濕球溫溼度計 .....	49
圖 4-9	數位溫度計 .....	50
圖 4-10	溫度量測組 .....	50
圖 4-11	溫溼度量測組 (NI) /熱電偶 .....	51

圖 4-12 多功能變頻道溫度信號校正器 .....	51
圖 4-13 微壓差計 .....	52
圖 4-14 氣罩式流量計 .....	53
圖 4-15 發煙管、發煙筒 .....	53
圖 4-16 五管路系統簡圖 .....	73
圖 4-17 排煙梯間之壓力損失 .....	74
圖 5-1 某住宅大樓梯間排煙/進氣管道圖 .....	86
圖 5-2 某綜合賣場 1F 平面圖 .....	89
圖 6-1 實地調查評估步驟流程圖 .....	98



## 摘要

關鍵詞：原有建築物、排煙設備、防火安全評估

### 一、研究緣起

環顧國內現有的許多建築物，其最大的問題之一為建築物在規劃之初，未確實融入消防避難的設計，尤其是有關防治煙害的方面，更是缺乏。故欲使此問題獲得解決，必須將煙控系統視為構成建築物不可或缺的部分，於建築物最初設計時就應考慮進去，但已有的老舊建築物，若要套用此設計，則必須考慮到許多方面的問題。

### 二、研究方法及過程

國內既有合法建築物所存在的問題五花八門，有些存在不符合建築/消防法規的問題互有關聯性，例如排煙與避難問題；有些為獨立性較高之問題，例如區劃防火問題。今年的研究計畫內容將針對既有合法建築物之排煙設備，無法符合建築/消防法規之問題，採實地現況調查、問題分類方式，先瞭解國內現今所存在的問題，然後再制定一套可行之改善技術，最後再進行危險等級評估。希望藉由此一計劃之實施，能加速改善台灣地區既有合法建築物，排煙與避難之安全等級。研究內容大致可整理成以下之實施順序：

- 1.進行現況調查，將既有合法建築物所存在之排煙與避難問題進行分類整理。
- 2.提出既有合法建築物排煙與避難問題之改善策略及可行技術。
- 3.改善前與改善後防火安全性能評估方法與工具設計與應用。
- 4.改善後排煙與避難性能之評估準則與項目建立。
- 5.評估準則之安全確認的標準又可分為以下三種狀況：

- a.起火居室的疏散通道
- b.起火樓層的疏散通道
- c.非起火樓層的疏散通道

### 三、重要發現

從建築物火災中發現，火跟煙的發展情況，可明顯看出煙對人員的傷害，無論是在時間上或程度上，皆比火來的嚴重。因此，如何進行有效之煙控為建築物火災時避難與協助人員逃生之重要目標，因此本研究將針對不符相關法規之際有建築物，提出可行之改善技術與評估方法。

### 四、主要建議事項

本研究針對既有合法建築物無法滿足現有排煙法規要求之項目及原因，進行彙整及提供可行之改善技術以協助使用中建築物進行合理及有效地排煙系統改善方案。

#### 立即可行之建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：行政院消防署、行政院營建署

既有合法建築物屬於使用中之建築物且皆領有合法之使用執照與建照，但因為法規要求改變，使得部分要求無法符合現行法規要求，針對此類建築物，建議主管機關採用性能評定安全性方式進行既有合法建築物煙控性能改善，如此較有彈性不易引起嚴重之反彈。

#### 長期性建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：行政院所屬各機關

本研究所採用之排煙性能量測儀器建議可加以制式化作為煙控性能評估之標準設備。

## ABSTRACT

**keywords : Existing buildings 、 smoke exhaust system 、 fire safety assessment**

Due to the fire safety problem variety of existing buildings, some illegal problems may find connections, such as smoke exhaust problems and occupant evacuation problems. However, some problems are quite unique such as the fire compartments. The project will focus on the smoke exhaust problems which can't meet the existing building or fire regulations and understand and category the real problems. Following the existing problems, the retrofit technology may offer and the evaluated method can be help to increase the fire safety of the existing buildings which have illegal smoke exhaust problems. The research content can divide into:

1. Understand the existing smoke exhaust problem for old buildings.
2. Provide the retrofit technology and feasibility methods.
3. Design the fire safety assessment method
4. Set the evaluation standard and items
5. three different fire safety evaluation situations:
  - (1) evacuation route for fire rooms
  - (2) evacuation route for fire floor
  - (3) evacuation route for un-fire floor.

## 第一章 緒論

### 第一節 計劃背景與目的

早期世界各國對建築及消防相關法規，大多採以量化的型態行諸於條文，這也是說基於防火安全的考量，在建築相關法規條文中，以明確的數字來要求建築物完工後的內部隔間、建築物設備、建築材料及相關消防避難煙控設施等。而相關主管單位則以這些明確的數字，作為檢驗合格與否的標準及核發使用執照的依據。

原有合法建築物經公共安全檢查其防火避難設施及消防設備不符現行規定案例中，據調查排煙性能無法滿足現行法規要求的建築物相當多，而排煙設備為火災發生時，在人員避難逃生不受濃煙侵襲的有力設備，一但排煙性能無法達到預期成效，將會嚴重影響影響人員避難逃生安全，所以不符現行法規要求之排煙設備必須改善，如因結構或空間因素無法改善，則必須以性能手法檢討評估避難設施之可行性。但是即使是根據現行法規而設計並投入使用的建築物，將來用途也可能會改變。採用性能評估的方法，鑒定按現行規範而設計的建築物時，還會出現未達到”所賦予的性能”的建築物。對於此類建築物，可依據防火性能的程度，進行必要的改造。

由於建築物之新工法、新技術、新設備不斷進步與創新，使得建築物相關法規也隨著社會需求不斷修改，原有合法建築物因某種使用

建築火災煙控性能提升之研究

原有合法建築物防火避難空間防煙改善技術與驗證之研究

目的或原因需要建築物變更，但該建築物卻因構造、結構因素或現有空間尺度，難以符合現行排煙法規或避難法規之要求，為維護公共安全本研究計畫將針對原有合法建築物排煙系統與避難設施，進行瞭解及分類，同時針對目前存在的排煙問題及避難問題，進一步分析採用技術改善之可行性後，建立改善技術及評估方法，供業主及主管機關參考。

## 第二節 研究內容

為加強原有合法建築物之改善，我國建築法於民國七十三年十一月三日修正，要求其防火避難設施與消防設備應符合現行法令規定，以確保公共安全，並於民國八十四年二月十五日發布施行「既有合法建築物防火避難設施及消防設備改善辦法」，民國九十三年修正為「原有合法建築物防火避難設施及消防設備改善方法」。近年來由於建築防火的觀念提升與技術之改進，對於建築物所有權人或使用人，自領得使用執照後，均從其原使用，未破壞建築物原有之結構、設備，但因法令之變遷，而無法符合現行法令規定，政府依該辦法可強制其改善，甚至予以處罰，如此作法，在實務上頗具爭議也迭招民怨。特別是在針對既有建築物的結構進行修改時，有時會不得已出現如圖 1.1 所示的那種未達到現行法規標準的情況，於是採取讓步的方法，要求達到『所希望的標準』。故應斟酌各國對既有合法建築物改善之作法，採性能法規之管理觀念，對無法依現行法令規定改善之既有合法建築物得以性能相同之替代性改善計畫進行改善，以解決實質困難，同時達到維護公共安全之目的。

從建築物火災中發現，火跟煙的發展情況，可明顯看出煙對人員的傷害，無論是在時間上或程度上，皆比火來的嚴重。因此，如何進行有效之煙控為建築物火災時避難與協助人員逃生之重要目標，因此

本研究將針對不符相關法規之既有建築物，提出可行之改善技術與評估方法。

環顧國內現有的許多建築物，其最大的問題之一為建築物在規劃之初，未確實融入消防避難的設計，尤其是有關防治煙害的方面，更是缺乏。故欲使此問題獲得解決，必須將煙控系統視為構成建築物不可或缺的部分，於建築物最初設計時就應考慮進去，但已有的老舊建築物，若要套用此設計，則必須考慮到許多方面的問題。

國內既有合法建築物所存在的問題五花八門，有些存在不符合建築/消防法規的問題互有關聯性，例如排煙與避難問題；有些為獨立性較高之問題，例如區劃防火問題。今年的研究計畫內容將針對既有合法建築物之排煙設備，無法符合建築/消防法規之問題，採實地現況瞭解、問題分類方式，先瞭解國內現今所存在的問題，然後再制定一套可行之改善技術，最後再進行改善後安全等級評估。希望藉由此一計劃之實施，能加速改善台灣地區既有合法建築物，排煙與避難之安全等級。

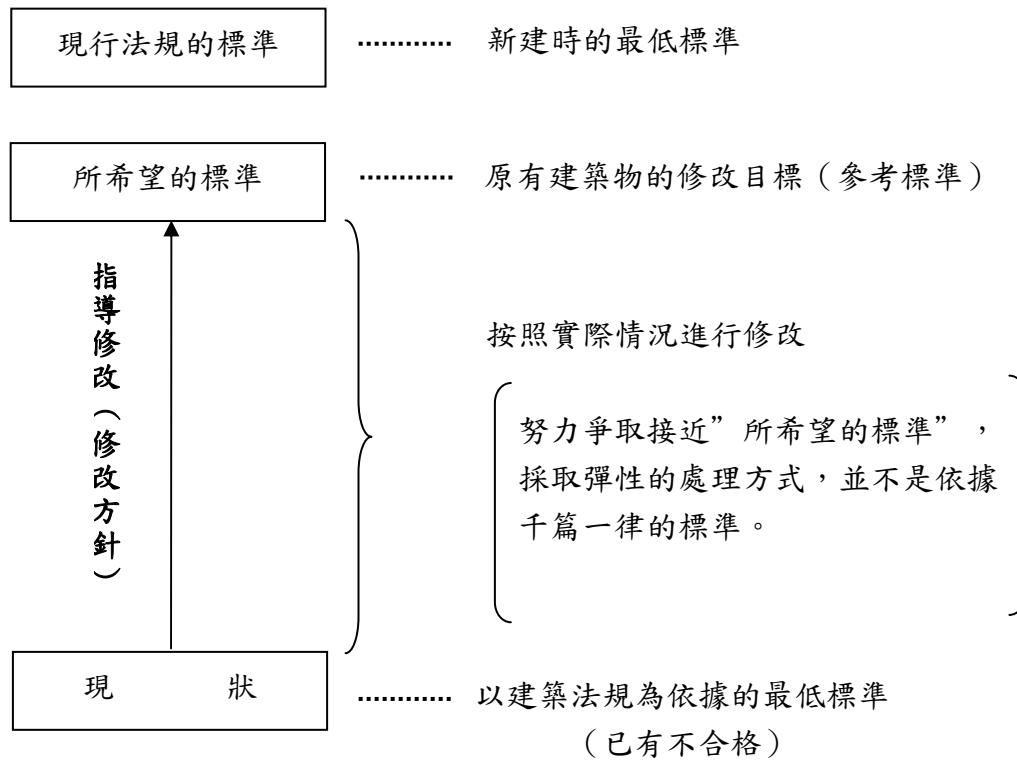
研究內容大致可整理成以下之實施順序：

- 1.進行現況調查，將既有合法建築物所存在之排煙與避難問題進行分類整理。
- 2.提出既有合法建築物排煙與避難問題之改善策略及可行技術。

- 3.改善前與改善後防火安全性能評估方法與工具設計與應用。
- 4.改善後排煙與避難性能之評估準則與項目建立。
- 5.評估準則之安全確認的標準又可分為以下三種狀況：
  - a.起火居室的疏散通道
  - b.起火樓層的疏散通道
  - c.非起火樓層的疏散通道



圖 1.1 改善原有建築物煙控安全的原則



### 第三節 研究方法與架構

在已有的建築物中，有許多雖然符合當時的防火標準，卻不符合現行標準的建築物（已有不合格建築物），這是因為後來修改標準的緣故。建築物利用形態與建造建築物當時大不相同，也產生許多不合格的建築物，要使這些已有的不合格建築物達到合格的標準，就現實問題而言，還存在各種困難，因此，目前並不要求完全滿足現行標準，考慮個別建築物的條件，在具體的措施中，對效果顯著的建築物，採用以技術修改為主要目標的彈性方法，力求減少火災的危險性。

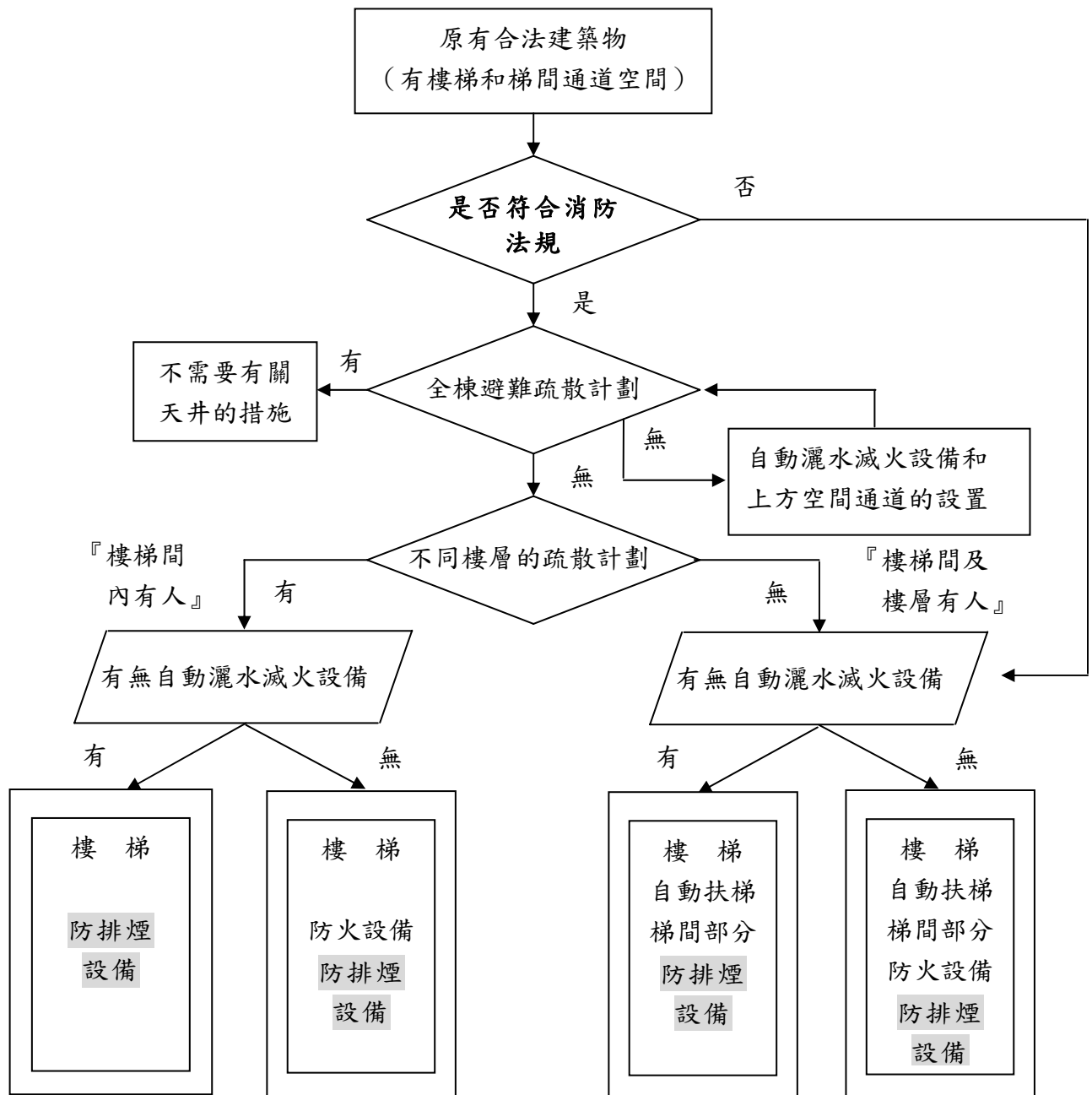
在現行的防火安全性能規定中，雖然根據建築物的用途和規模、規定建築物結構、防煙措施、內部裝修材料和疏散設施等，但是對於特定的已有建築物的防火措施問題，如圖 1.2 所示，對不同的建築物採取不同的措施。現行的法規必須遵守，然而現行法規式千篇一律的規格明細表式的規定，對於已有的建築物來說，運用這些規定，在防排煙技術方面會造成不合理的現象。因此，以綜合防火設計的立場出發，評估已有建築物在現時的防排煙安全性，假如在防排煙安全上有極不完善之處，就應督促並進行修改。否則就要掌握擴建和改建的機會，來達到提高防排煙性能的目的。例如改造建築物時，從建築結構和空間構成方面而言，對於很難改造的建築物，應遵照火災時以保證生命安全第一的宗旨，採取設置消防設備的方法來彌補。

但是，即使是根據現行法規而設計並投入使用的建築物，將來用途也可能改變，因此採用性能式評估的方法，鑑定按照現行法規規範設計的建築物時，可能會出現為達到『所賦予的性能』建築物。對此類建築物，可依據防排煙性能的程度，進行必要的改造。

新建築物的防排煙設計方法，在設計階段時，就能隨著使用方式或結構而作更改，以符合現行法規的標準。但是在既有的建築物中，其防火鑑定和改造技術中，卻未必能改造成符合現行法規標準的狀態，必須要考慮到”怎麼樣才能有效的通過在可能範圍內的改造，來提高安全性”的問題。

現有合法建築物經公共安全檢查，其防火避難設施及消防設備不符現行規定案例中，據調查排煙性能無法滿足現行法規要求的建築物相當多，而排煙設備為火災發生時，在人員避難逃生不受濃煙侵襲的有力設備，一但排煙性能無法達到預期成效，將會嚴重影響影響人員避難逃生安全，所以不符現行法規要求之排煙設備必須改善，如因結構或空間因素無法改善，則必須以性能手法檢討評估避難設施之可行性。

圖 1.2 原有建築物的防火措施



建築火災煙控性能提升之研究

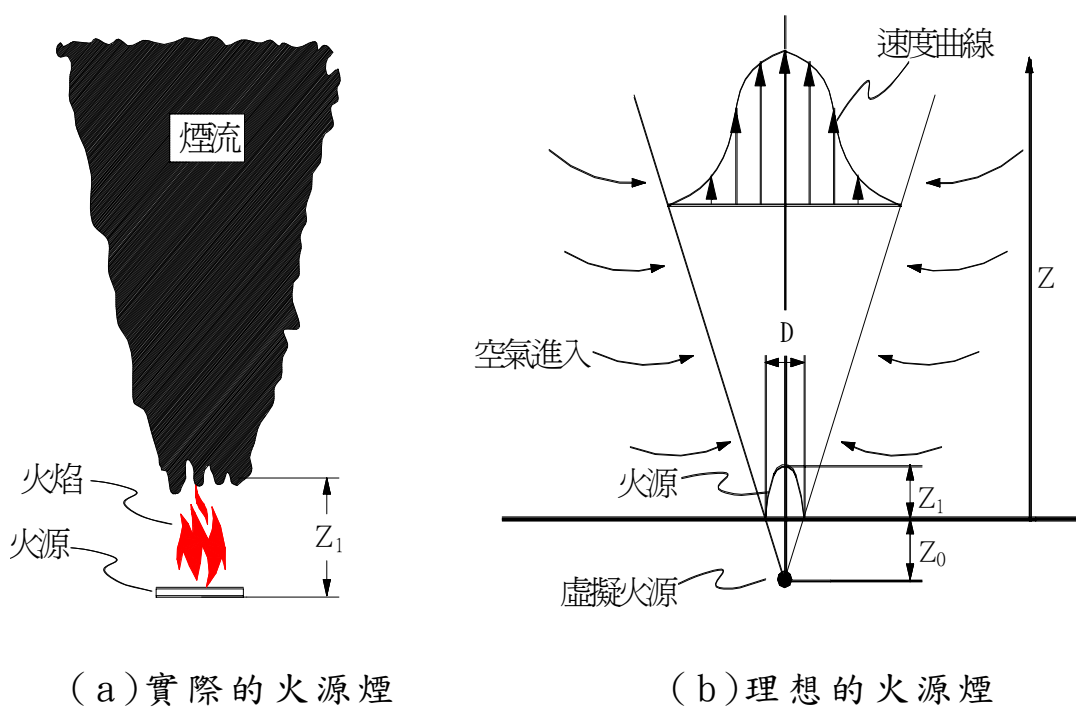
原有合法建築物防火避難空間防煙改善技術與驗證之研究

## 第二章 煙之流動與控制

### 第一節 火源產生之煙流束

在英國評估火場中發煙量的多寡，首先是瞭解火場中進入燃燒範圍的空氣量，而煙流束的形成則與火源的熱釋放率有直接的關係。較常用的煙流束物理模型為假設其為圓錐體並將火源產生的煙流來源視為一點，在火源上方的煙流會擁有相同比例之特徵，其速度、密度的變化非常小且可忽略，水平面上之平均垂直速度及垂直浮力在所有高度都視為相同。圖 2.1(a)為實際火源煙流之示意圖，2.1(b)為理想化之軸對稱火源煙流模式。

圖 2.1 軸對稱的火源煙流模式圖



### 2.1.1 煙流平均速度

煙流的平均溫度可由熱力學第一定律的分析得知，如圖 2.2 將煙流考慮成一等容的穩流過程，因燃燒引起的煙流其增加的質量相當小，可忽略不計。第一定律可將煙流表示成

$$Q_g + Q_t = \dot{m} \cdot (h_e - h_i + \Delta KE + \Delta PE) + W$$

(2.1)

- 其中  $Q_g$  : 控制體積的熱生成量 (kW)  
 $Q_t$  : 由週遭傳入控制體積的熱量 (kW)  
 $h_i$  : 進入控制體積之焓 (kW/kg)  
 $h_e$  : 離開控制體積之焓 (kW/kg)  
 $\Delta KE$  : 動能改變量 (kW/kg)  
 $\Delta PE$  : 位能改變量 (kW/kg)  
 $W$  : 由週邊所作的功 (kW)

穩定煙流時不考慮週邊所做的功，且動能、位能可忽略，因此熱生成等於火焰的熱釋放率，熱由煙流中藉由傳導及輻射傳至系統。所以  $Q_c = Q_g + Q_t$ ，比熱可視為常數，因此第一定律可化簡為：

$$T_m = T_0 + \frac{Q_c}{\dot{m} \cdot C_p} \quad (2.2)$$

- 其中  $T_m$  : 煙流在高度 z 之平均溫度 (°C)  
 $T_0$  : 週遭之溫度 (°C)

$C_p$  : 煙流氣體之比熱 (kJ / kg-°C)

(2.2) 式的使用條件或限制：

※可用來計算煙流的平均溫度。

※假設煙流為一等容的穩流過程，並忽略動能及位能。

※火焰的煙流最初是由燃燒後的空氣所混合組成，所以通常採用和空氣相同的比熱。

**2.1.2 煙流體積流率**

煙流體積流率為

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho_m} = \frac{\dot{m} \cdot T_m}{\rho_0 \cdot T_0} = \left( \frac{\dot{m}}{\rho_0} + \frac{Q_c}{\rho_0 \cdot T_0 \cdot C_p} \right) \quad (2.3)$$

其中  $T_m$  : 煙流平均溫度 (K)

$\dot{V}$  : 煙流在高度 z 之體積流率 (m<sup>3</sup> / s)

$\rho_m$  : 高度 z 之煙流密度 (kg / m<sup>3</sup>)

(2.3) 式的使用條件或限制：

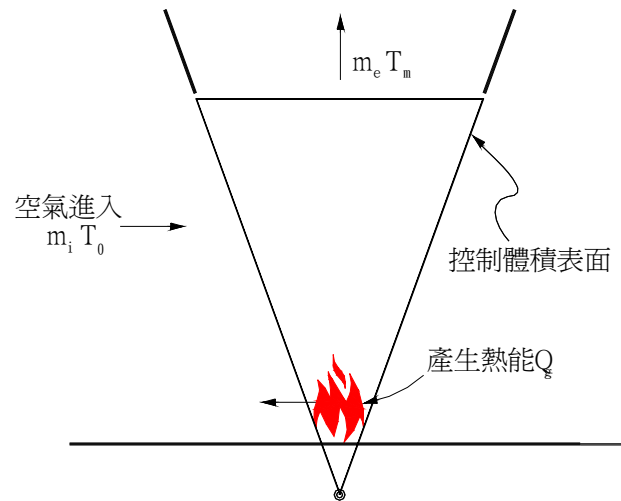
※ 可使用在推導單一區劃的煙沉降時間估算。

其中英國所採用的對流部份之熱釋放率可表示為：

$$Q_c = \frac{Q}{1.5} \quad (2.4)$$



圖 2.2 控制容積中理想化的煙流束



## 第二節 煙層流動與沉降

當建築物發生火災，在火災區域形成一高溫煙氣火場，若氧氣供給不充分，物質燃燒不完全，必產生大量的固體微粒，而熱空氣之比重較周圍冷空氣低，所以形成一明顯的上升氣流，尤其在建築物之垂直通道內，隨著氣流移動，使高溫高熱之煙流快速擴散到建築物內每一角落。

於建築物火災中產生的煙和高溫氣體流動有兩個主要因素：

- 1.煙層本身的流動性：這是因為所包含的高溫氣體比周圍空氣的密度低。
- 2.建築物內空氣流動：雖然與火完全無關，但因空氣的流動，而會將煙送至建築物內各處。

這兩個因素作用的相對大小，取決於建築物中不同的情況，通常靠近火場得地方，煙層本身的流動性將處於支配地位，而相反的，距離火場較遠的地方，建築物內空氣流動就變得相當重要。

由以上兩主要因素，可得知建築物內造成煙層流動的驅動力，可分為以下六種：

- 1.煙囪效應：因建築物內部空氣與室外空氣溫度不同產生壓力差所造成。在建築物內部垂直通路之空氣產生上升稱為正煙囪效應（Normal stack effect）或下降的流動及反煙囪效應（Reverse stack effect），這因素取決於建築物內部空氣與室外空氣的溫度差異高低。
- 2.煙的熱浮力效應：因火焰上方的高溫氣體與周圍冷空氣之間的密度不同，煙的密度較低，相對的產生煙的浮力。
- 3.氣體熱膨脹效應：由於燃燒所產生的高溫使氣體膨脹，若常溫 300K 時體積為 1 倍，則在 600K 時體積即變成 2 倍，在 900K 時體積即變成 3 倍，以此類推。
- 4.風的影響效應：在建築物不同方位之開口，因風向的關係，便有不同的壓力。當建築物所有門窗或開口部都緊閉時，風的影響便極輕微，但所有建築物都有或大或小的孔隙，如：門縫，窗縫等，這些孔隙將因風的影響，使建築物內部的空氣產生流動。
- 5.機械通風系統：由於現有建築物以密閉空間居多，大都採用空調通風系統，尤其是中央空調系統通達各樓層，一但某一樓層發生火災，所產生之煙霧，便利用回風與送風風管，將煙傳送到很遠的地方。另一方面，空調系統也正被設計成為煙控的管道，利用防火、防煙擋板（Damper）控制煙之流動，或利用空調管進行排煙，使

空調系統發揮更大的功用。

6. 電梯活塞效應：把電梯看成是一個活塞，在昇降機間移動，將空氣吸入與排出而產生氣流，當電梯上下移動時，所形成之壓力差，很容易將火層之煙流吸入昇降機間，而將煙排至非起火樓層。

在這六項影響煙層流動的因素當中，熱浮力效應與氣體熱膨脹效應為煙流之高溫所引起的，煙囪效應與自然風則受外界的環境影響，另外，空調系統與電梯活塞效應則為建築物內部設施所引起。

### 第三節 自然排煙與機械排煙

選用何種形式的排煙裝置，應依實際案場，並經由計算才能選用最適宜之方式。

#### 1. 自然排煙

利用高溫煙氣的浮力，由著火房間的開口或門窗，自然向外排煙的方式，叫作“自然排煙”。這是完全依靠煙氣本身的動能，不加任何機械壓力“純自然”的排煙方式，所以它是設備最簡單，運行最自然，費用最低廉的一種排煙方式，如圖 2.3。

自然排煙的基本作用，可利用排煙口排煙或利用向外的窗戶排煙。但無論是哪種開口排煙或門窗，只要室外溫度低於室內，或室內壓力高於室外，煙氣就會向外排出，同時室外較冷的空氣也會由室內下部流入。又由於氣流的連續性，所以排出的煙氣和進入的外氣一定相等（因阻礙而不相等時，著火房間就可能因缺氧而趨於熄滅）和形成局部對流。

自然排煙的開口，如為專用排煙口，為適應煙氣層流積聚於屋頂、天花板下的特性，配合防煙垂壁，一般都設在天花板下垂直距離 80 公分以內；如為一般窗戶，也應在牆壁高度的 1/2 以上，並應求出中性層上下的距離，以免有礙排煙。至於進風，則一定在煙氣層流

之下，而且愈低，效用愈好。

自然排煙，原則是排向室外，但在高樓大廈或大形建築，無法或不便向外開設窗口時，也可以用煙塔或排向中間的小天井。

向煙塔或小天井自然排煙，究竟不是一種標準的形式，雖然減少了風向的影響，增加了煙囪效應，但在設置和費用上仍以外牆自然排煙口最為有利。自然排煙的優點：自然排煙是由屋內外溫差、空氣密度差而產生的浮力，自然向外排煙，它的設備單純，完全不須機械、不要動力，除了設計時必須考慮建築的高度、風向、開口或窗戶的位置和保持開口面積不少於屋內總樓地板面積的 2% 以外，可以說相當簡單，所以費用低，維護容易，火災時，一般也有一定的效果，尤其排煙口平時即是通風口，優點最多。

## 2. 機械排煙

利用排風機排除著火房間的煙氣，以防止漫延減少災害，並保障走廊及樓梯間，以至避難室等處逃生與救火行動的安全。系統的構成，一般均包括排煙機或送風機、排煙口、送風口相應的自動控制設備在高層大樓還包括排煙豎井和送風豎井等設施，所以安裝與維護、運轉費用也都很高，如圖 2.4。

總之，無論大、小型建築或集中式、局部式排煙，一般都要注意

下列幾點：

- 1.一個排煙系統，包括的範圍不要過大，最多以 500m<sup>2</sup>為限。
- 2.儘量縮短水平煙道。
- 3.重要的走廊、樓梯間和前室等疏散通道，必須做為一個獨立的排煙系統。
- 4.使用豎井在著火時僅有著火層排煙口開啟，比較容易形成有效負壓。
- 5.同一系統中各防排煙分區的面積，儘量相等。
- 6.使用自然排煙時，其法規之單一動作，為一有效開口連動，例如若 2m<sup>2</sup>有 4 扇窗時，須 4 扇窗同時動作，若能自動感應連動更佳，因自動感應連動能於非目視行為時動作。

圖 2.3 自然排煙示意圖

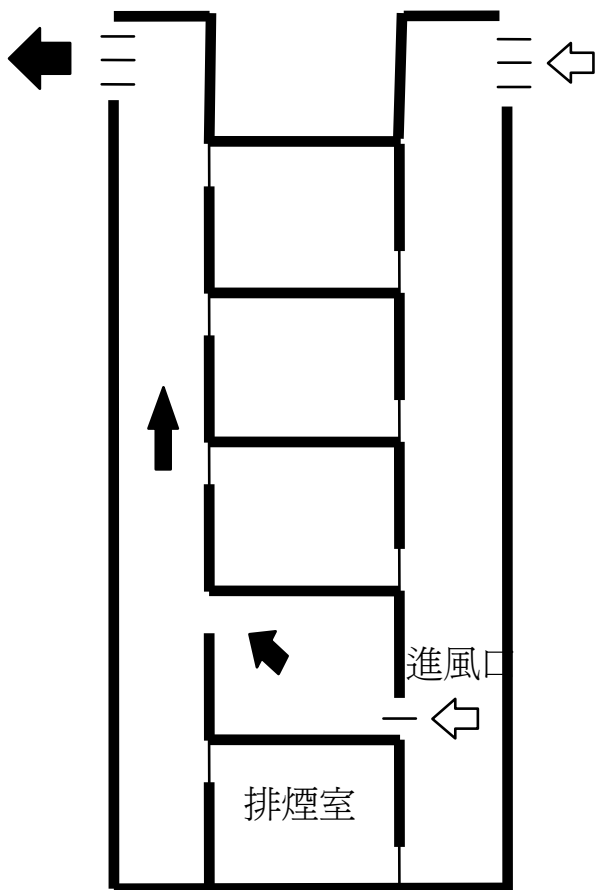
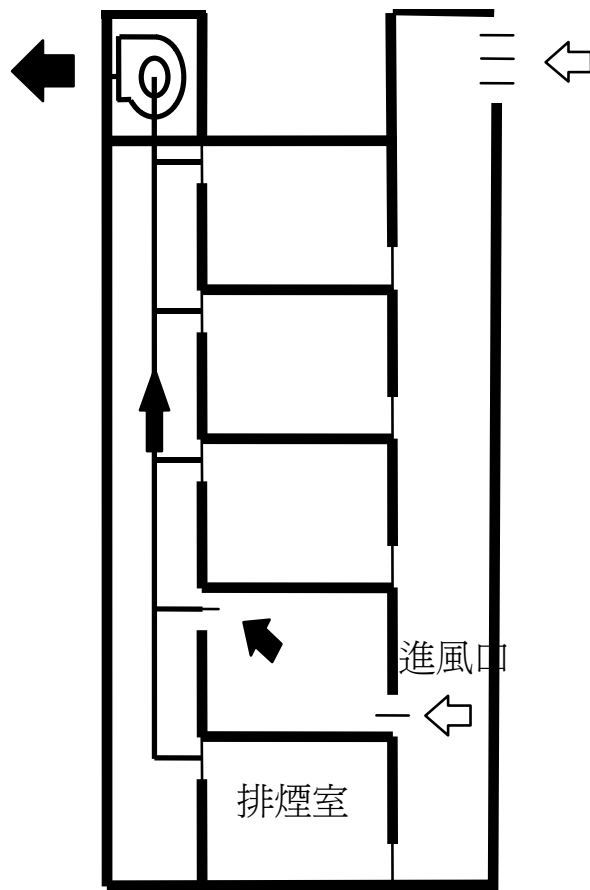


圖 2.4 機械排煙示意圖





#### 第四節 避難安全界定標準

火場中所產生的有毒物質包含有相當多的刺激性及麻痺的成份，如果濃度過高或暴露其中的時間過長則容易導致吸入過多而引起昏迷、休克，嚴重的話甚至會導致死亡。此類煙氣大多為有機煙粒及酸性氣體，如  $HCl$  此種氣體刺激會快速引起眼睛、呼吸道與肺的疼痛，接著造成呼吸困難等症狀。在未達閃燃點前所產生的使人麻痺性氣體其成份主為一氧化碳與氰化物。

火場中除了煙的毒性外，高溫煙流所造成的高溫也會經由對流效應與輻射效應造成人體的皮膚與呼吸道灼傷，而濃煙微粒也會使避難路線遭受封阻，當避難人員因視線不良無法辨識避難路線時，往往因避難不及而造成嚴重傷亡，通常避難人員需有 8m 的可視距離才能行經煙區，此時大多數的火源將產生令人眼睛不舒適且刺激的感覺，但還不至於造成避難困難的昏厥現象。

如果暴露於上述煙層時間小於五分鐘，將不至於吸入過量的麻痺性氣體而昏厥，因此針對短時間的火區暴露的限制時間可以煙透視度做為訂定條件的參考，但仍需注意頭頂上之高溫煙流的熱輻射效應仍會對人體造成嚴重的傷害，如表 2.1 所示為人體承受危害程度的指標分析表。

表 2.1 人體承受危害程度之指標分析表

危害類型	承受極限
火場溫度	氣流溫度需低於 65°C
有毒氣體	CO 濃度需低於 1400ppm CO <sub>2</sub> 濃度需低於 5%
煙層濃度	能見度不得低於 8m

建築火災煙控性能提升之研究

原有合法建築物防火避難空間防煙改善技術與驗證之研究

## 第三章 原有建築物排煙系統之設計與現況

### 第一節 排煙系統構成與設計要項

排煙系統為火災安全系統不可或缺之構成要件，在火災發生時，排煙系統能正常運作，確實發揮排煙效用，為火場中確保內部人員安全逃生，及使消防人員能順利進入火場搶救之必要條件。而排煙系統之排煙能力在設計完成階段，就已大致確定。故對於排煙系統性能之設計責任重大，應參考實際狀況，多方考慮，針對火災擴大防止，防煙、排煙及避難安全等目的，進行總體性之規劃設計。務求盡善盡美，使在火場中能發揮最大效用。

進行有效之排煙系統規劃設計時，除了須符合消防法規之最低規定外，應參考國內外諸多文獻，作最完善之規劃設計。在設備規劃設計上，基於防火、排煙之整體性考量，應儘量減少風管、配管、配線等貫穿防火區劃之設置。若無法避免貫穿防火區劃時，在風管貫通部分，應於防火牆兩邊設置防火閘門。如圖 3.1 所示。

其基本設計原則如下：

- 1.排煙設備，原則上採用自然排煙及機械排煙。
- 2.同一防煙區劃，不得併採自然排煙及機械排煙。
- 3.居室和走廊，走廊和樓梯間等應為不同之防煙區劃。
- 4.停車場、特別安全梯附室及緊急昇降機間等，應使用單獨之機械

排煙系統。不得兼用為其他空間之排煙設備。

5.合用建築物之店舖或旅館等不同用途部分，原則上應採用單獨之

機械排煙系統。

6.(1)防煙區劃應依法規規定，如表 3.1 所示。

(2)各防煙區劃面積大小，應以大致相同為原則。

(3)防煙區劃內部隔間複雜或有小區劃之隔間時，依下列方式整

合，力求排煙上之安定。

a. 在隔間上方開設有有效開口部，藉該排煙口進行排煙。如圖

3.2 所示。

b. 在各隔間居室設排煙口，藉由連動開啟排煙。

c. 在各隔間居室之天花板處，設常時開啟之吸入口，並在排煙

風管內設置一排煙閘門，如圖 3.3。

d. 以天花板箱頂排煙之方式為原則。

7.與走廊之橫管儘量少，且主管應為各別系統，如圖 3.4 所示。

8.煙機不得設於較最頂部排煙口低之位置，如圖 3.5。

9.排煙風管可適切配置垂直管道，但應儘量減少橫支管道之設置

長度，如圖 3.6。

10.儘量減少水平風管貫穿防煙區劃，只有在水平風管欲與主管接

續時，以允許該風管貫穿防火區劃。

11.排煙口之設計原則：

- (1)排煙口距防煙區劃內各部分應在 30m 以內。
- (2)同一防煙區劃隔間形複雜或 L 型長廊，即使在 30m 之水平距離內，只一個排煙口有不能有效排煙之虞時，最好採平面矩形之分割法，使各部分至排口之排煙路徑，不致過於曲折。如圖 3.7。
- (3)防煙區劃設有可動之隔間時，應分別設置排煙口，並使連動。
- (4)排煙口應設於能有效排煙之位置。
- (5)同一防煙區劃內，設有兩個以上排煙口時，各排煙口應能藉機械或電動方式連動啟動。
- (6)排煙口以設於天花板面為原則。
- (7)排煙口應設於與避難方向及煙流方向相反之位置。設於走廊之排煙口，不得設於安全級數較走廊高之附室及樓梯附近。
- (8)設於走廊上之排煙口之優劣順序如下：
  - ①設置長度約等於走廊寬度之線形排煙口。
  - ②在走廊中央部位設置方型排煙口。
  - ③在牆壁上半部設置排煙口。

(9)排煙口後設有可藉手動操作之開啟機構，設有防災中心

者，必須有遙控操作之啟動設計。

(10)排煙口之手動操作裝置，應設於操作有效之出入口處，其

安裝高度，應符合法規規定(天花板下垂之手拉式， $H \leq$

180cm)。

## 12.排煙機之設置原則

(1)排煙機及其電動機，原則上應設於以耐火構造區劃，且配

備有換氣設備之屋頂機械房內。

(2)排煙機四週應保有 60cm 以上之維修空間。

(3)排煙機之吸入側及排出側，不可有過度彎曲之設計，如無

法避免時，應在轉彎之風管內，加裝導風片。

(4)排煙機與排煙風管之接續，應使用法蘭銜接，不得設置任

何風量開關或閘門。

(5)選定排煙機時，應考慮系統靜壓小於計算上之靜壓，導致

風量過大時亦不致造成電動機過載運轉。

(6)應考慮定期檢查時之防音、防震問題，必要時應採取適當

措施。

(7)排煙機應採用通過法規規定，檢驗合格之排煙機。

(8)排煙機不得包覆防止機器散熱之隔熱材料。

- (9)使用同一台排煙機之各防煙區劃，應儘可能規劃為相同面積。

### 13.排煙風管設計原則

- (1)排煙風管應專用，原則上不得兼供換氣、空調使用。
- (2)風管內風速應在 20m/sec 以下。
- (3)風管大小尺寸計算，依等摩擦損失法或靜壓再的法決定之。
- (4)風管之板厚，應為符合高速風管之規定。
- (5)風管之材質，應為鋁板或鋼板。
- (6)垂直貫穿各樓層之主風管，原則上應設於耐火構造之管道間內。
- (7)風管必須貫穿防火區劃時，其貫穿部分應設置溫度熔絲式防火閘門，其動作溫度為 280°C。
- (8)垂直風管等主管，原則業應避難設置防火閘門。

### 14.排煙出口設計原則

- (1)排煙出口，應防止對向風(逆風)之干擾。
- (2)應考慮不致延燒，波及鄰接建築物及其他樓層。
- (3)已排出之煙，應避免由窗戶等開口或進口再度流入建築物內。
- (4)排煙出口之排煙風速，應在 10m/sec 以下。



(5)排煙出口應以厚 1.55mm 以上之鋼板製成。

(6)排煙出口應遠離新鮮空氣入口，避免煙回流進入建築物內。

表 3.1 防煙區劃之樓地板面積規定

場所	排煙設備採用	面積
一般居室	自然排煙 機械排煙	樓地板面積 $\leq 500 \text{ m}^2$
集會場所之 觀眾席部份	機械排煙	樓地板面積 $> 500 \text{ m}^2$ 天花板高 5 m 以上 內裝採不燃材料

圖 3.1 排煙風管之防火區劃貫穿圖示

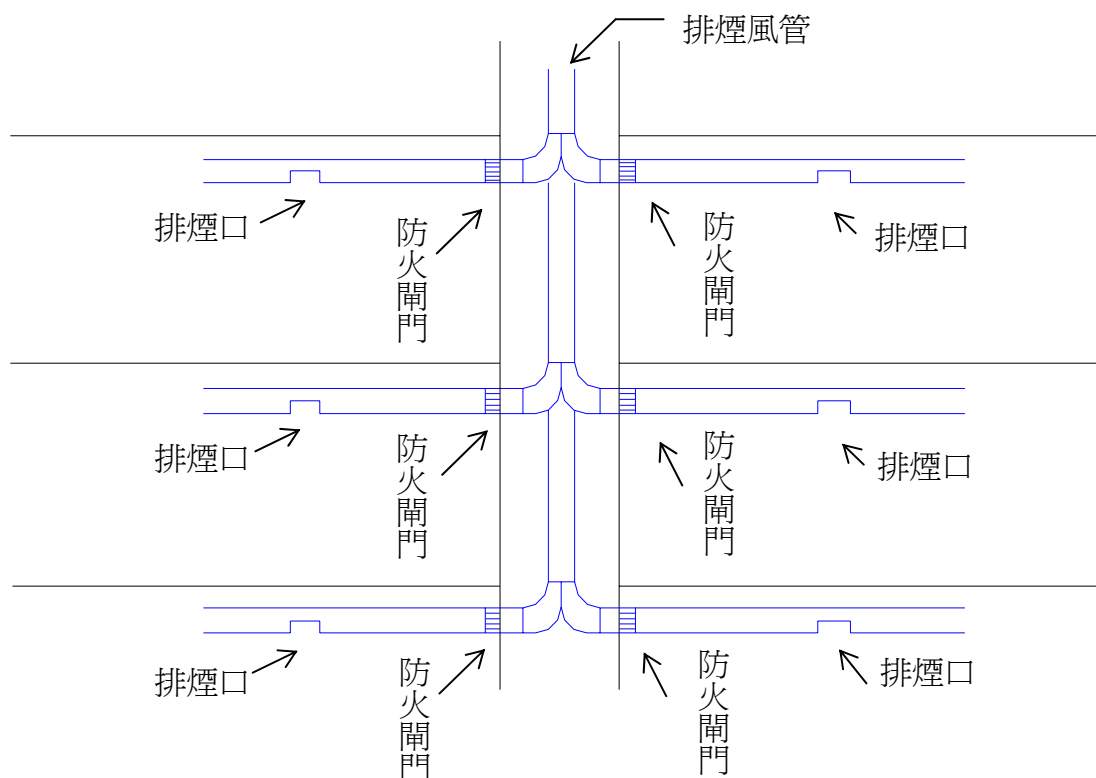


圖 3.2 排煙上有效開口之設計方法

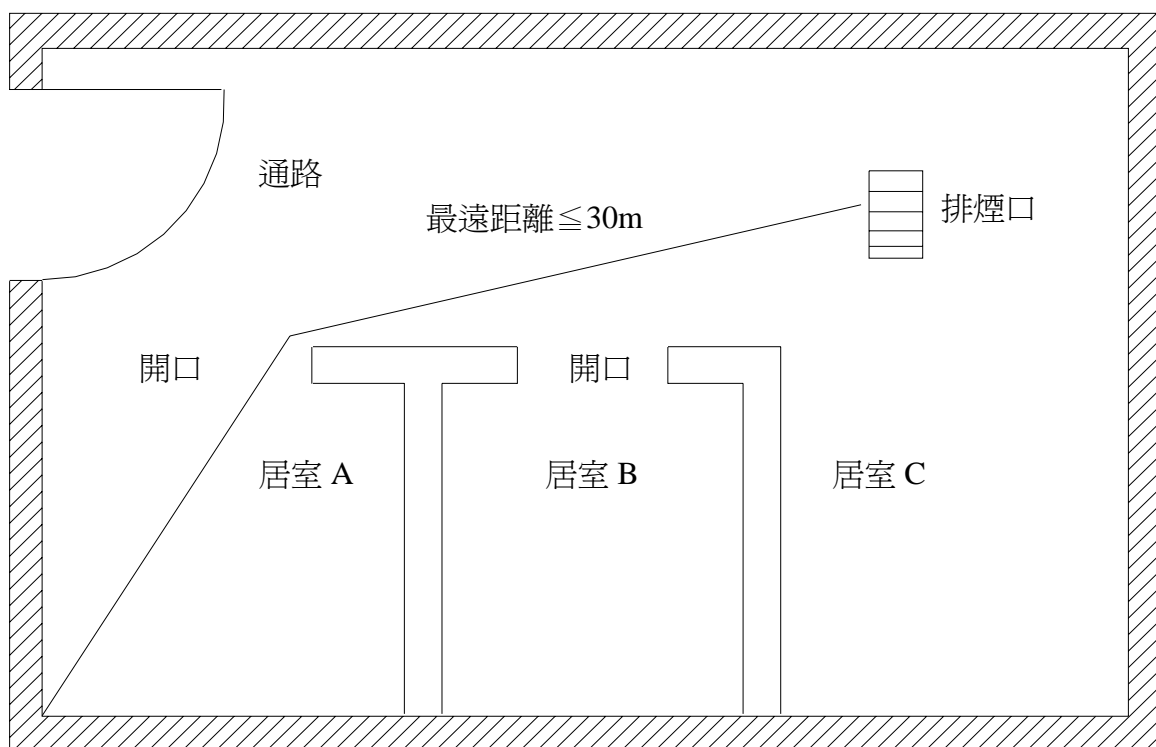


圖 3.3 排煙開門同時排煙方法

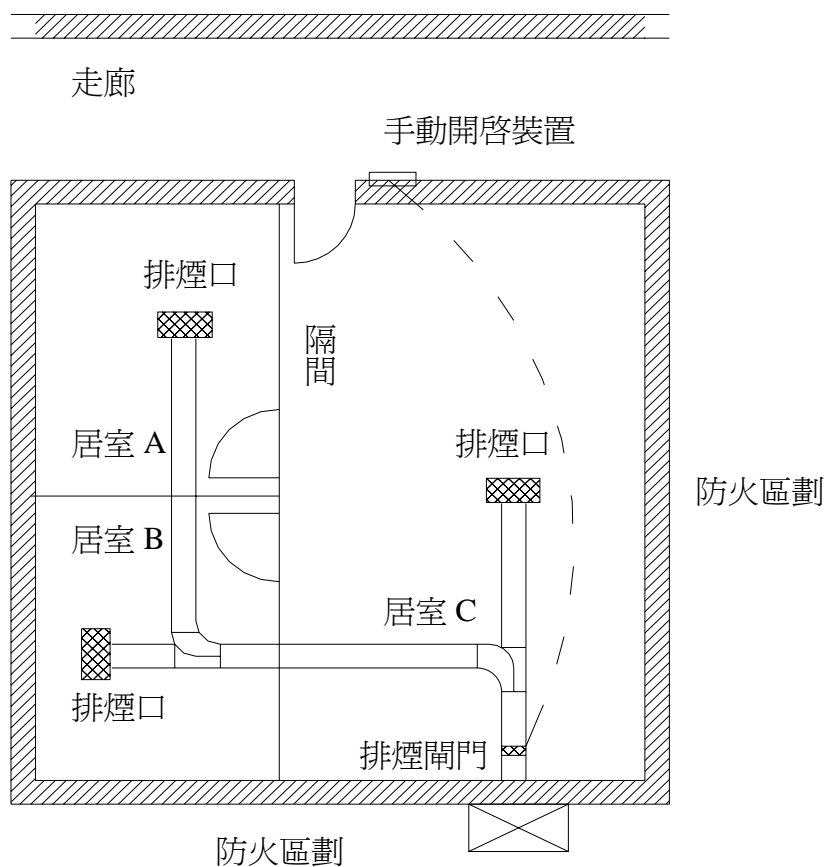


圖 3.4 走廊與居室個別系統化

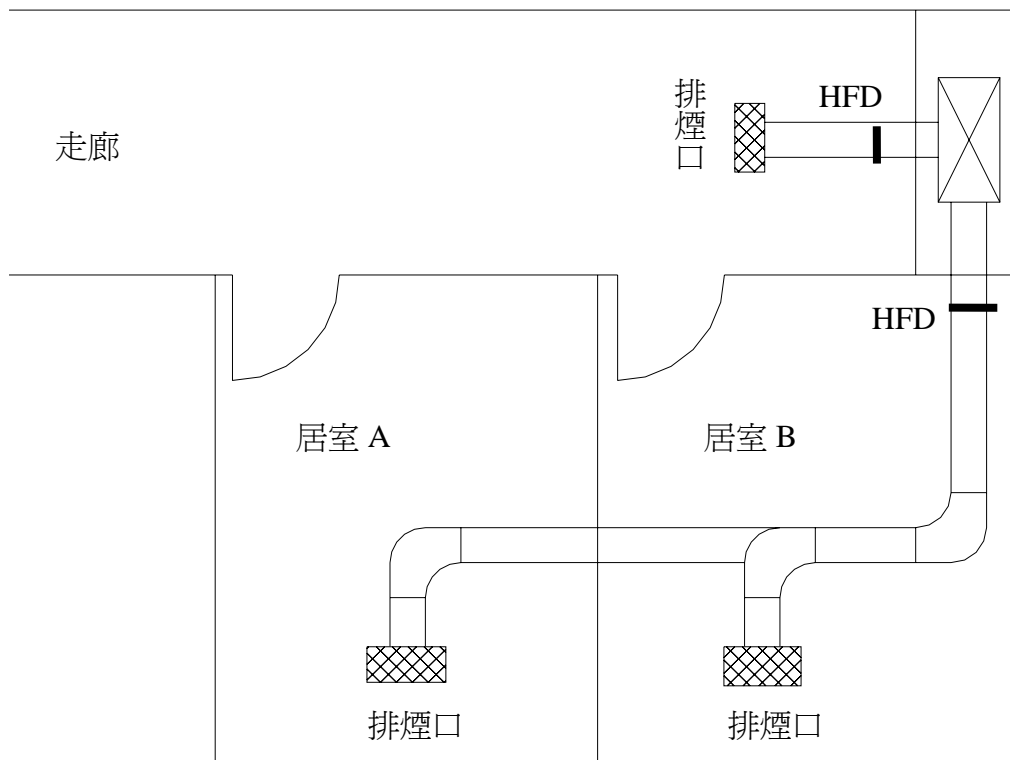
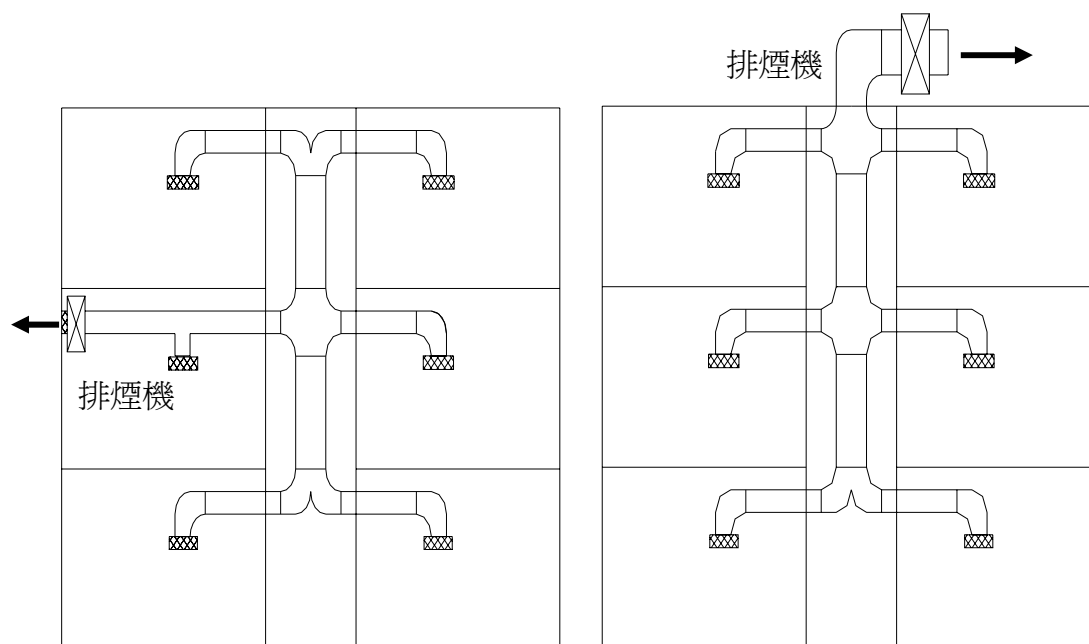


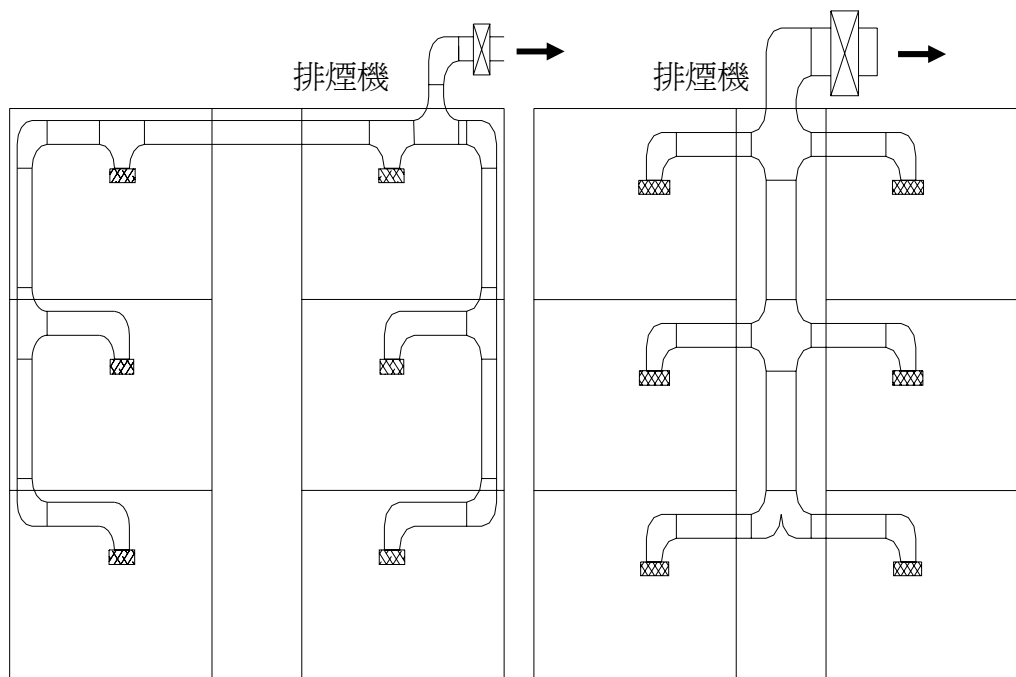
圖 3.5 排煙風道與排煙風機之位置



(A)不理想設計例

(B)理想設計例

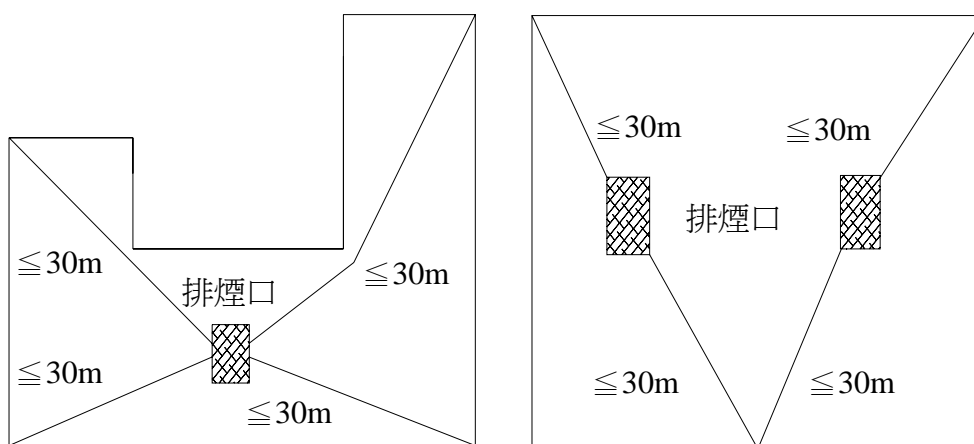
圖 3.6 排煙機之設置位置



(A)不理想設計例

(B)理想設計例

圖 3.7 排煙口之設置位置(平面)

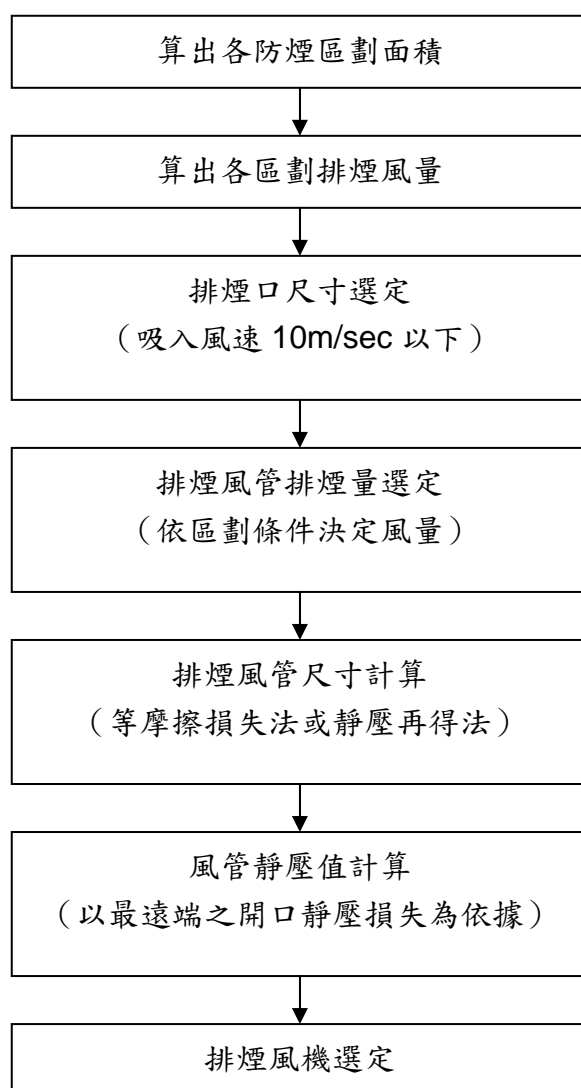


## 第二節 居室排煙與梯間排煙設計方法

此章節首先說明現階段按照建築技術規則第 101 條、第 102 條與消防法第 188 條、第 189 條及第 190 條進行設計規範之說明。

### A. 居室之排煙設備設計要領

#### (一) 設計流程



(二)防煙區劃之樓地板面積規定，如前表 3.1 所示。

(三)排煙設備設置需求如表 3.2 所示。

表 3.2 排煙設備相關法規要求

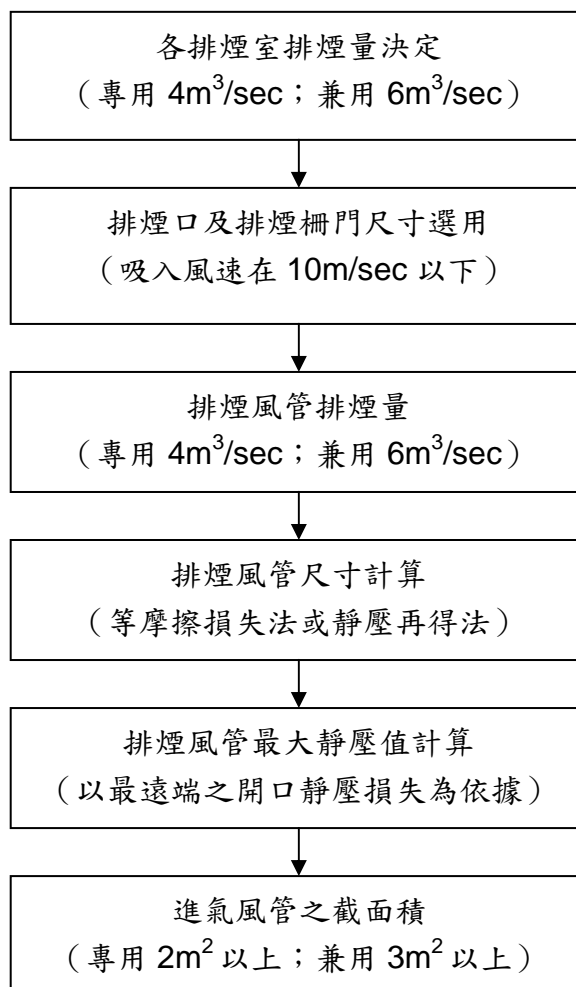
項目	法規要求標準
1.排煙口開口面積	※自然排煙：防煙區劃之樓地板面積 2%以上。 ※機械排煙：不限定。
2.排煙口位置	※區劃內任一點至排煙口水平距離 $\leq 30\text{m}$ 。
3.排煙口高度	※裝於天花板上或天花下方 80cm 內之牆面，但防煙垂壁小於 80cm 時應在該尺寸內。
4.排煙機風量	※ $Q > 120 \text{ m}^3/\text{min}$ 且防煙區劃樓地板面積每 $\text{m}^2$ 要 $1 \text{ m}^3/\text{min}$ 以上。 ※但二個防煙區劃以上時，以最大面積每 $\text{m}^2$ 要 $2 \text{ m}^3/\text{min}$ 以上。
5.排煙口之手動啟動裝置	※設於牆面：0.8m~1.5m 高。 ※設於天花板：1.8m 高並標示操作方法。
6.材質	※排煙口風道與煙接觸部份使用不燃材料。
7.排煙機之排煙量	※一個防火區劃 $Q=60K \cdot A$ ※二個防火區劃以上 $Q=60 \times 2 \times K \cdot A_{\text{max}}$ ※集會場所之觀眾席 $Q=60K \cdot A_t$ $Q$ ：排煙量 $\text{m}^3/\text{hr}$ $A$ ：防火區劃面積 $\text{m}^2$ $K$ ：餘裕係數 1.1 $A_{\text{max}}$ ：最大防火區劃面積 $\text{m}^2$ $A_t$ ：最大防火區劃面積 $\times 2 \text{ m}^2$
8.居室自然排煙計算要領	※防煙區劃之排煙量 $Q(\text{m}^3/\text{hr})$ $Q=60 \cdot q \cdot A$ $Q$ ：排煙量 $\text{m}^3/\text{hr}$ $q$ ：防火區劃每 $1 \text{ m}^2$ 之排煙量 $\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$ $A$ ：防煙區劃樓地板面積 $\text{m}^2$ ※排煙口之有效開口面積 $a (\text{m}^2)$ $a$ ：防煙區劃樓地板面積之 2%以上

表 3.2 排煙設備相關法規要求 (續)

項目	法規要求標準
8.居室自然排煙計算要領	※ 特殊開口 (1) $0 < Q < 45^\circ$ $a = A \times Q/45$ (2) $45^\circ \leq Q \leq 90^\circ$ $a = A$ a：有效開口面積 A：開口部面積 Q：迴轉角度
9.居室之機械排煙計算要領	※排煙口之有效開口面積 $a(m^2)$ $a = Q/3600v$ v：排煙口之有效開口通過風速需小於 10m/sec 以下 若防煙區劃內設有二個以上排煙口，則排煙口之有效開口面積 $a'(m^2)$ ※ $a' = a/n$ n：排煙口數目

## B.特別安全梯間緊急昇降機間之排煙設備設計要領

### (一)設計流程



### (二)梯間排煙設備設置要求準如表 3.3 所示

表 3.3 梯間排煙設備設置要求標準

項目	法規要求標準
1.直接開向屋外之窗戶	※開口面積：專用 2m <sup>2</sup> 以上；兼用 3m <sup>2</sup> 以上。 ※開放裝置：手動開關高度 0.8 ≤ h ≤ 1.5m，須標示易懂之操作方法。 ※安裝高度：天花板高度 1/2 以上。 ※材質：與煙接觸部份使用不燃材料。
2.以管道方式進氣及排煙	※進氣口面積：專用 1m <sup>2</sup> 以上；兼用 1.5m <sup>2</sup> 以上。 ※進氣管斷面積：專用 2m <sup>2</sup> 以上；兼用 3m <sup>2</sup> 以上。



表 3.3 梯間排煙設備設置要求標準 (續)

項目	法規要求標準
2. 以管道方式進氣及排煙	<p>※排煙開口面積：專用 <math>4\text{m}^2</math> 以上；兼用 <math>6\text{m}^2</math> 以上。</p> <p>※排煙管斷面積：專用 <math>6\text{m}^2</math> 以上；兼用 <math>9\text{m}^2</math> 以上。</p> <p>※材質：與煙接觸部份用不燃材料。</p> <p>※進氣口高度：天花板高度 <math>1/2</math> 以下。</p> <p>※排煙口高度：天花板高度 <math>1/2</math> 以上。</p> <p>※排煙口手動開關位置：天花板垂下者高度距樓地板 <math>1.8\text{m}</math>；設於牆面者距樓地板面 <math>0.8\text{m} \leq h \leq 1.5\text{m}</math>。</p> <p>※進氣管直接連通外氣；排煙管最上部要開放。</p>
3. 機械排煙設備標準	<p>※進氣開口面積：專用 <math>1\text{m}^2</math> 以上；兼用 <math>1.5\text{m}^2</math> 以上。</p> <p>※進氣風管截面積：專用 <math>2\text{m}^2</math> 以上；兼用 <math>3\text{m}^2</math> 以上。</p> <p>※排煙風管：專用 <math>4\text{m}^2/\text{sec}</math> 以上 (<math>14400\text{ m}^3/\text{hr}</math>；兼 <math>6\text{ m}^3/\text{sec}</math> 以上 (<math>21600\text{ m}^3/\text{hr}</math>))。</p> <p>※排煙口面積： <math>A=Q/v</math>  <math>A</math>：開口面積 <math>\text{m}^2</math>；  <math>Q</math>：排煙量 <math>\text{m}^3/\text{sec}</math>；  <math>v</math>：吸入風速在 <math>10\text{m}/\text{sec}</math> 以下。</p> <p>※排煙風管：風速 <math>20\text{m}/\text{sec}</math> 以下。</p> <p>※材質：與煙接觸部份使用不燃材質。</p> <p>※進氣口高度：天花板高度 <math>1/2</math> 以下。</p> <p>※排煙口高度：天花板高度 <math>1/2</math> 以上。</p> <p>※排煙口手動開關位置：天花板垂下者高度距樓地板 <math>1.8\text{m}</math>；設於牆面者距樓地板面 <math>0.8\text{m} \leq h \leq 1.5\text{m}</math>。</p> <p>※排煙機應接緊急電源，以耐燃配線。</p> <p>※進氣柵門、排煙柵門要有連動控制。</p>
4. 計算要項	<p>※特別安全梯附室或昇降機間專用情形  <math>Q=K \cdot 144400\text{ m}^3/\text{hr}</math>  <math>K=</math>餘裕係數<math>=1.1</math></p> <p>※特別安全梯附室或昇降機間兼用情形  <math>Q=K \cdot 21600\text{ m}^3/\text{hr}</math>  <math>K=</math>餘裕係數<math>=1.1</math></p> <p>※機械排煙有效開口 <math>A(\text{m}^2)</math>  <math>A=Q/v</math>  <math>Q=</math>排煙量 <math>\text{m}^3/\text{sec}</math>  <math>v=</math>吸入風速 (<math>10\text{m}/\text{sec}</math> 以下)</p>

### 第三節 現階段無法滿足法規要求之案例

本研究案將藉由對國內目前原有合法建築物，進行嘗試的取樣調查，以瞭解不合法規的類別，以及原有合法建築物的防火避難安全狀況。

本計劃就目前建築物常見排煙性能不足之問題，整理分析如下：

#### A. 排煙量不足

排煙量不足的原因有很多，例如風機馬力估算錯誤（太小）、閘門密閉不良、排煙管道未專用及排煙管道壓損計算錯誤或施工品質不良造成壓損過高等等，如圖 3.8 所示：

\* 改善策略：

根據現場實際狀況，如果空間尺寸允許直接更換風機與閘門，就直接更換，若不行的話，則採取性能式替代方案來解決。

#### B. 排煙口位置錯誤

在許多現有的建築物當中，因早期的法規並無對於排煙有硬性規定，所以許多的排煙口位置均不符合規定，例如排煙口的位置與補氣口的位置相鄰、高度不合規定，這會造成補進來的空氣受到濃煙的污染，所以這是不適當的。

\*改善策略：

在結構空間尺寸的允許下，將原有的排煙口或進氣口，擇一將其封閉，並在適當的位置開一個新的排煙口或進氣口，來解決此問題。

C.排煙系統性能設計顛倒

在現有的建築物中發現，有許多建築物所裝設的排煙系統，其作動性能的設計完全顛倒，合理的設計是利用機械排煙自然進氣，但是在訪查的建築物中卻發現，該建築物的排煙系統設計與此相反，即利用自然排煙機械進氣，這樣的設計理念是不合理的。如圖 3.8 所示：

\*改善策略：

將原有的排煙設備作動情況作更正，也就是改成利用機械排煙自然進氣的方式，來作為排煙的改善方法。實地調查步驟如圖 3.9 所示：

圖 3.8 不符合現行法規之排煙系統



風機馬力估算錯誤 (1)



風機馬力估算錯誤 (2)



閘門密閉不良 (1)



閘門密閉不良 (2)



排煙管道施工不良



排煙管道未專用

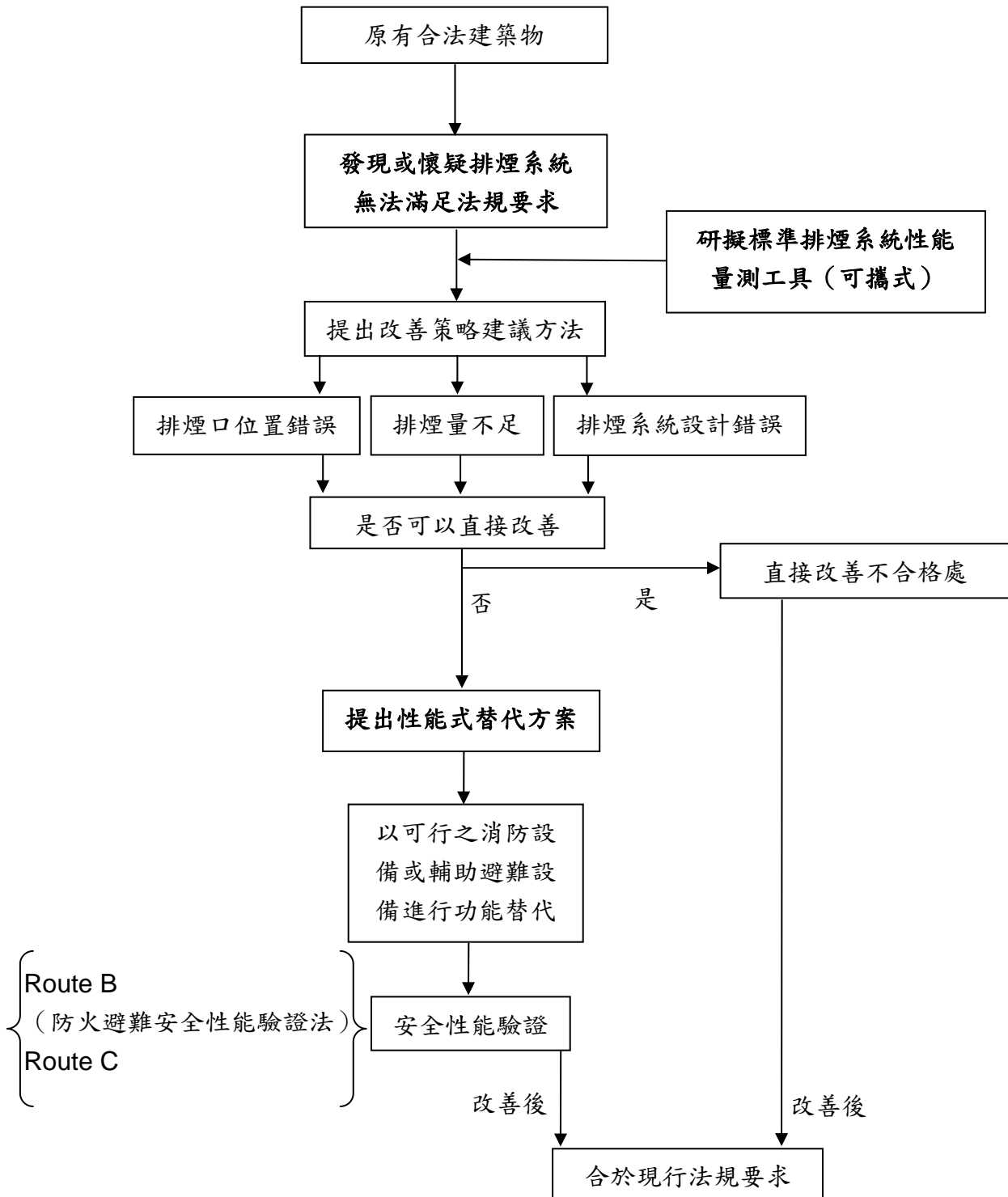


送風閘門 (進氣口)



窗戶 (排煙口)

圖 3.9 排煙系統現況改善步驟流程圖



## 第四章 排煙性能測試與診斷

### 第一節 性能測試方法與診斷儀器

一種可容易攜帶的性能測試的儀器，可很容易且迅速瞭解建築物之排煙性能，將是改善既有建築物排煙系統不可或缺之工具。此種系統主要可用來量測建築物煙控系統的風速、壓力、溫度、壓差等等，感測反應速度快，誤差小。可利用與電腦連結進行分析、並與現行消防法規比對、提供設計改善方案等。

#### (一)、量測方式

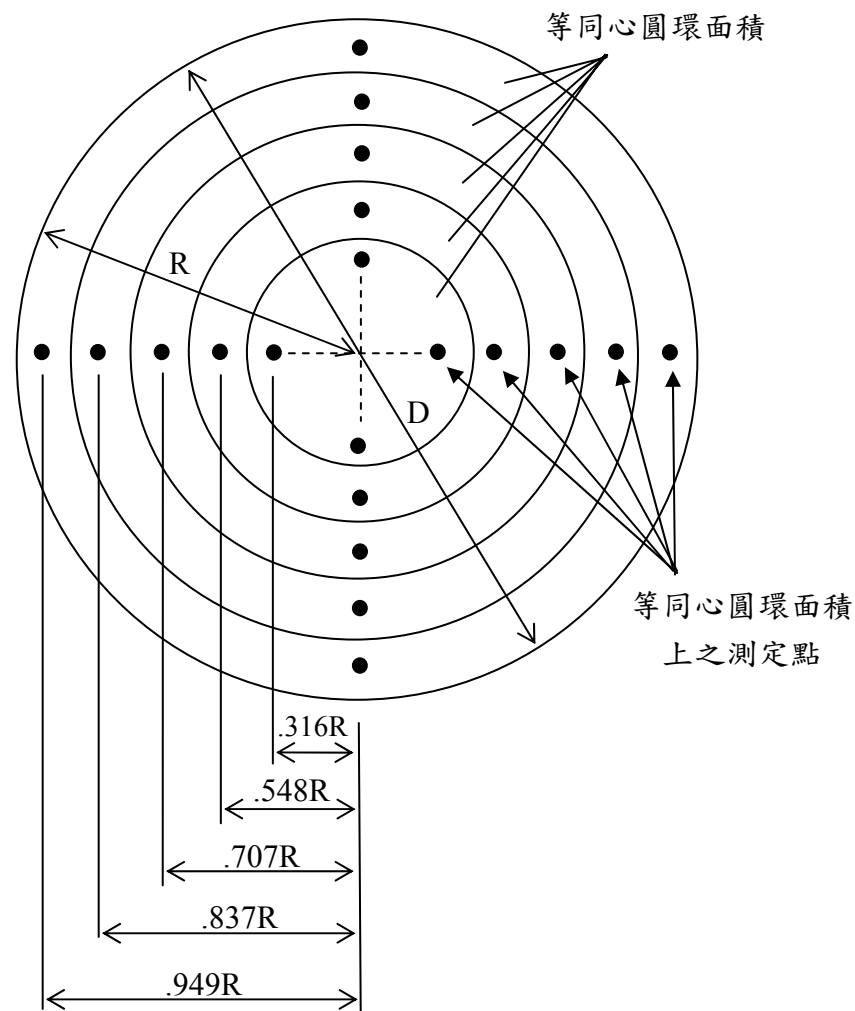
各出、回風口之量測視風口種類而定：

各出、回風口採用 VANE-TYPE 測量，離風口格柵或葉片 25 mm~50 mm 之間，並劃分量測區域，Vane 尺寸為  $d$  時則 Vane 邊與框邊不得大於  $1/2d$ ，Vane 與 Vane 之間距離不得大於  $d$ ，如果距離無法調整好則要重疊測量，注意排風、回風口則需緊靠風口格柵或葉片，間距不得大於 10 mm。若以皮托管或熱球式測量風管內之風速時，則應參考量測位置區分圖(參考圖 4.1 及 4.2 之量測點分區說明圖)。使用皮托管或熱球式測量風管內之風速時風管內量測點分佈區域位置說明：

分佈在風管截面積上各點的風速並不均一，所以在測定時必須把此截面劃分為許多部份，取個部份適當點之風速加以平均。以下分圓形風管與方形（矩形）風管來探討。

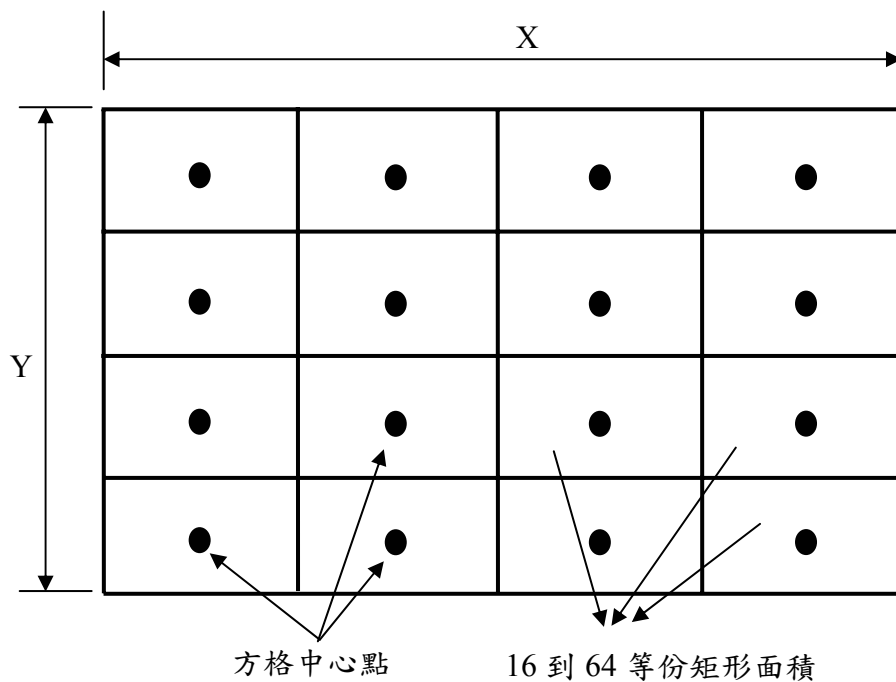
1.圓形風管：圓形風管其測定點依風管大小決定，圓形管徑 8~15cm (3~6 英吋)者測定六點，管徑 12~120cm (5~48 英吋)者測定十點，管徑 110cm (44 英吋)以上按照 CNS2726 「鼓風機試驗法」規定自風管中心線取 20 點，如圖 4.1 所示。

圖 4.1 圓形導管測定位置圖



2. 方形（矩形）風管：方形及矩形風管可將風管截面積等分為 16~64 等面積方格，每方格之寬度不得大於 15cm（6 英吋），量各方格中心之風速，在求其平均值，如圖 4.2 所示。

圖 4.2 方形導管測定位置圖



※測定時為避免擾流之影響，通常在擾動位置下游  $7.5D$  或上游  $1.5D$  處作為測定點（ $D$  為風管之直徑）。



(二)、量測時所用之相關儀器

排煙系統性能量測時所使用到之儀器，如表 4.1 所列。

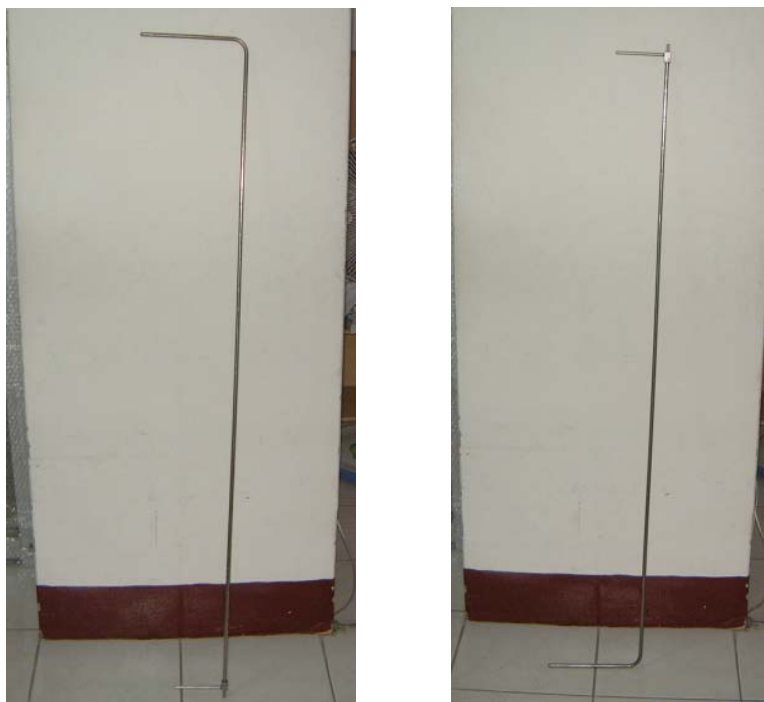
表 4.1 排煙系統性能測試儀器用途

項次	儀器名稱	用途說明	圖號說明表
1	熱線式風速計	風速量測	圖 4.3
2	皮托管	風速	圖 4.4
3	溫度/濕度/風速/風量/壓力儀	風速、溫濕度、壓力等測試	圖 4.5
4	風速、風溫、靜壓測試計	風速、壓力、溫度測試	圖 4.6
5	玻璃溫度計	溫度量測	圖 4.7
6	乾溼球溫溼度計	溫濕度量測	圖 4.8
7	數位溫度計	溫度量測	圖 4.9
8	溫度量測組	溫度量測	圖 4.10
9	溫濕度量測組(NI)/熱電偶	溫濕度量測	圖 4.11
10	多功能變頻道溫度信號校正器		圖 4.12
11	微壓差計	差壓量測	圖 4.13
12	氣罩式流量計	流量量測	圖 4.14
13	發煙管、發煙筒	煙流動方向量測	圖 4.15

圖 4.3 熱線式風速計



圖 4.4 皮托管



建築火災煙控性能提升之研究

原有合法建築物防火避難空間防煙改善技術與驗證之研究

圖 4.5 溫度/濕度/風速/風量/壓力量儀



圖 4.6 風速,風溫,靜壓測試計



圖 4.7 玻璃溫度計



圖 4.8 乾溼球溫溼度計



建築火災煙控性能提升之研究

原有合法建築物防火避難空間防煙改善技術與驗證之研究

圖 4.9 數位溫度計



圖 4.10 溫度量測組



圖 4.11 溫濕度量測組(NI)/熱電偶



圖 4.12 多功能變頻道溫度信號校正器



圖 4.13 微壓差器



圖 4.14 氣罩式流量計



圖 4.15 發煙管、發煙筒





## 第二節 評估改善建議

原有合法建築物排煙系統經過現場量測分析後發現與現行法規有不符之處時，根據「原有合法建築物防火避難設施及消防設備改善方法」，必須進行改善。但改善的合理性及安全性必須加以考量，排煙系統本身並不具有滅火效果功能，僅是當人員避難逃生時，提供人員或救災所需通道之淨空，以避免相關人員被濃煙侵襲造成災害，因此，當原有合法建築物因其既存在之使用或結構問題，無法加裝排煙設備時，「替代方案」之安全性及合理性必須有一定之評估準則，因此內政部建築研究所於 93 年 2 月編撰「建築物防火避難安全性驗證技術手冊」，作為原有建築物防火避難性能改善評估之依據，顯而易見防排煙性能之替代之安全性與成功與否，須同時考慮人員避難逃生之行為是否可以完成，所以有必要將防排煙計畫與避難計畫同時進行評估比較，以確保人員之安全。以下將個別評估計畫進行詳細說明。

### 4.2.1 居室排煙評估

一個可行的避難安全驗證方法之應用，必須有避難計畫的訂定與推動為基礎，去落實各項不確定的假設條件。在周全完善的避難安全計畫下，藉避難安全性能驗證方法所評估之結果將更接近實際避難狀況，更能合理判斷避難逃生之安全性能。

## 一、煙控計劃與避難計劃

避難是指火災發生時，建築物內人員往安全處逃生之行為，一般分為起火居室避難、起火樓層避難及整棟建築物的避難。而火災的危險狀態會影響空間內的安全移動，所以避難最終的安全處所為類似屋外的安全避難處所。從過去的案例可以得知避難安全的確保，最重要為防止火、煙對避難人員造成危害，而火災發展階段與避難關係在起火至初期延燒階段，其因應對策為居室的避難；火災從起火室延燒至進入全面燃燒，波及至其他居室時，則應進行樓層的避難；至於火勢延燒至樓梯前則應完成整棟建築物的避難。所以避難計劃目標是以防止火煙影響建築物內部人員，並使避難者迅速逃生至安全處所。至於煙控的整體性安全計劃，則包含可防止火煙危害的煙控計劃及迅速完成避難逃生的避難計劃。

### （一）煙控計劃

#### 1.煙控

##### （1）.煙控之目的

煙控之目的為防止火災發生時，濃煙急速經由防煙區劃往其他區劃蔓延，利用排煙機或煙本身之浮力將濃煙排出或針對重要區劃內部加壓以防止濃煙入侵等。即運用防排煙之各種方法控制煙之流動，以確保或形成可

安全避難之路徑或空間。

## (2).防煙與排煙

防煙與排煙係相互補關係，當防煙措施方法可確保避難路徑或避難空間之安全性時，再運用排煙措施，以確實達到安全目的。防煙與排煙不得偏向任一方，依據建築物之需求策定合理之防排煙計劃。

## (3).煙控之方法

煙控之方法包含密閉防煙方式、自然排煙方式、機械排煙方式。計劃時依據煙控對象居室、避難路徑、避難空間等防煙要求，採用適當之煙控方式。

## (4).煙控區劃之種類

濃煙因火勢擴大後迅速四處擴散，煙控之首要係採取區劃以防止擴散。區劃可能因用途不同而設定，可能因面積太大而予以區劃，可能因避難上之安全程序之不同而設定區劃，可能因避難垂直蔓延而將垂直貫通空間（管道間、電梯坑道、樓梯間等）設定區劃或利用樓版形成層間區劃。

### **A.用途區劃之煙控**

不同用途之居室，其起火危險性、內部人員之避難能力、火載量的規模及管理體制均不同，為確保各不同用途空間內之人員安全，應避免不同用途空間彼此間煙之流動擴散，而予以必要的防煙區劃。

### **B.面積區劃之煙控**

同一用途之居室面積過大時，應依建築消防相關法令設置防煙區劃，防止煙之快速流動擴散。且在建築使用目的容許之情況下，盡量設置隔牆式之防煙區劃。

### **C.安全區劃之煙控**

為確保避難路徑所在位置之安全區劃，應按避難之先後，依走廊、排煙室、避難樓梯逐次提昇安全層次，進行適當之煙控。

### **D.垂直貫通空間區劃之煙控**

挑高空間、樓梯間、電梯機道、自動扶梯四周、風管管道間、配管管道間、電氣配線管道間等設置於建築內部之垂直貫通空間，火災發生時最容易成為濃煙往上層擴散之主要路徑。垂直貫通空間區劃之煙控

應考慮日常使用之方便性需求，提昇火災時確實構成區劃之可靠性。

#### E.層間區劃之煙控

建築物各樓層以樓版形成之水平區劃稱為層間區劃。係構成用途、面積區劃之重要前提，特別是超高層建築物等避難時間較長，防災計劃時常利用建築物之某一部份作為避難據點，計劃時必須確實防止煙往上層部蔓延。

## 2.排煙計劃

### (1).排煙之目的

排煙之目的係作為煙控之一環，將濃煙排出建築物外，以確保避難路徑及避難據點之安全。

### (2).排煙之對象空間

排煙對象空間依據避難上安全層次，區分成居室、走廊、排煙室（特別安全梯或緊急升降機）等三部份，依各部分之安全特性，選擇適當的排煙方法。

### (3).排煙方式

排煙計劃時，應充分了解自然排煙方式、第二種排煙方式、機械排煙方式等各方式之特徵而採用適當之方

式。

#### (4).排煙設備之計劃

##### A.排煙設備之計劃

排煙設備除充分了解排煙對象空間、排煙方式之特性外，還須詳細考慮是否能有效排煙。又建築物全體之排煙設備除考慮設備整體之合理性外，亦必須與避難計劃之需求相互整合。

##### B.計劃之合理性

排煙係建築物全體避難計劃、防災計劃之一環。除排煙手段以外，若其他方面之計劃對防災避難都已充分考量，則建築物或建築物內部空間亦可不必設置排煙設備。建築消防相關規定中，原有部分免設置之規定，可更積極導入性能驗證方法之規定，合理策定建築物全體之防災計劃。

### (二) 避難計劃

#### 1.避難行動

所謂避難係指因火災等緊急狀況發生時，為維護生命安全而移動治安全場所之行為稱之。建築物防災計劃應依其離開起火室、起火樓層及起火建築物等連貫性之避難行動，制

定避難計劃並評估其安全性。

## 2.人員特性

避難計劃之避難對象應包括長時間停留之居住者或工作者，以及暫時停留之外來者等所有建築物內之人員，並充分檢討其人員屬性、人數、避難能力後，訂定避難因應對策。

## 3.使用型態

避難計劃應充分掌握建築物之用途、使用狀況等使用型態，及使用者、管理者是否屬單純或複雜後，再測定計劃。

## 4.避難計劃原則

### (1).兩方向避難之確保

建築物內部之各部分，不論火災發生之機率多寡而假定都有可能發生，則建築物內之任一部分原則上必須設定兩方向以上之避難路徑；不得已時，應將單一方向避難路徑部分局限至最小限度。

### (2).避難路徑之構成

避難路徑應盡量簡單明快，避免路徑曲折或樓梯位置不明或轉換，避難設施應有充分之容量且平衡配置，避免避難出口、樓梯位置等偏離配置而影響避難安全性

能。

### (3).安全區劃之設定

大規模或高層化等避難時間較長之建築物，從居室至避難樓梯間之避難路徑上，原則上應依先後順序設定階段性之安全區劃，以提昇避難安全性能。

### (4).避難設施之防護

避難設施應能防護火災危險，提供避難行動使用，且隨著安全區劃之層次提昇防護能力。避難樓梯或特別安全梯間之排煙室，應力求確保其安全性能。

### (5).人員生理及心理因素之考量

避難行動時，避難人員之判斷力、行為能力無法維持平時狀態，計劃時應考慮緊急狀態下人員生理及心理之因素。

### (6).行動不便者之考量

病人、殘障者、幼兒、高齡者等無法期待具有一般成人同等之避難能力，故收容多數行動不便者之建築物，應依特性策定適用的避難計劃。

## (三) 避難安全之評估

### 1. 避難預測



依據避難設施之計劃內容，將避難狀況作定量預測，並歸納特性，檢討避難上之危害因素，回饋計劃之改善或修正，並將避難流動之特性反映至防排煙等對策上，謀求計劃之綜合效果。

## 2. 避難設施評估

利用避難評估方法，定量評估避難時間或滯留人數作為分析設施之位置、寬度、面積等依據，確認計劃之有效性；評估方法由容許避難時間及避難行動所需時間所構成。

## 3. 避難評估項目

避難評估方法所使用之避難者特性值、避難流動特性值應合理設定作為計算評估之標準。評估方法中包括下列之基準值（如表 4.2 所示）：

表 4.2 避難評估項目

1. 避難者之特性值	* 避難人員密度（用途別） * 避難步行速度（居室、走廊）
2. 空間之特性值	* 最大滯留人員密度（走廊、排煙室）
3. 避難流動之特性值	* 水平部分之流動係數 * 垂直部分之流動係數
4. 評估用之預測值	* 起火室之開始避難時間 * 非起火室之開始避難時間 * 居室之容許避難時間 * 走廊之容許避難時間 * 樓層之容許避難時間

## 二、樓層避難安全驗證法

樓層避難安全驗證法分為二個階段驗證避難安全性能，第一階段為針對可能起火的居室，假設再火災發生時，確認居室人員是否可以安全的避難至居室外部。具體言之，乃先計算居室人員避難至居室外部所需之時間，次而計算煙層下降至安全極限高度，形成避難危險之時間，最後再確認完成居室避難所需之時間是否超過煙層下降至極限高度形成避難危險之時間（避難安全容許時間）。

第二階段為考量起火居室以外之部分，確認該樓層之全部人員是否可以安全避難，一般人員避難至居室外部後，仍未屬於安全狀況，需繼續避難至建築物安全處所。加上火災可能蔓延擴大至居室外部，形成起火室以外的避難障礙，所以樓層之避難安全性應先計算人員避難至樓梯內部之避難開始時間、步行時間、通過樓梯出口之避難所需時間總和，續而計算其避難路徑之煙層下降時間，進而確認樓層避難所需之時間是否超過煙層下降時間，最後確認所有居室人員在不同的避難路徑下是否可以安全的避難逃生。

## 三、樓層避難安全驗證程序

(一).依特定樓層的對象，選定整棟樓層中可能發生火災的處所，

假設為起火室。

(二).計算避難人員從所處位置的居室位置避難至戶外安全處所

之完成避難逃生所需之時間，其值包括：

- 1.避難開始時間
- 2.到達出口之步行時間
- 3.通過出口所需之時間

(三).依假設居室起火，計算其所產生濃煙之煙層下降至安全極限

高度而形成人員避難逃生障礙之時間，其計算值包括：

- 1.避難安全容許煙層下降至極限高度之續煙體積
- 2.假設火災所產生之煙等氣體生成量
- 3.計算居室設置排煙設備之有效排煙量

(四).依上述(二)所計算之居室人員完成避難所需之總時間，確認

小於(三)所計算該居室火災煙層下降至極限高度之避難安全容許時間。

(五).居室均完成(二)、(四)項之避難驗證後，再進一步驗證整層

樓是否安全避難。

(六).避難人員從起火室，經過走道，進入樓梯，始為完成樓成之

避難，此避難逃生所需之時間分為三個部分：

- 1.避難開始時間
- 2.步行到達直通樓梯所需之時間
- 3.通過樓梯出口所需之時間

(七).按每個不同起火室產生之濃煙，沿著該樓層避難路徑下降至

容許界線，形成避難至樓梯出口前障礙之避難安全容許時

間，此部份煙層下降時間之計算可分為：

1.容許煙層下降界限高度之煙霧容許蓄積的體積

2.假設煙的產生量

3.計算居室排煙設備之排煙量

(八).依第(六)所計算之樓層避難完成時間，應確認避難所需之時

間是否大餘第(七)項計算避難危險產生時間（避難安全容許時間）。

(九).驗證每一起火居室均符合地(六)、(八)之驗算後，樓層避難

安全驗證作業方為完成。

#### 四、整棟建築物避難安全驗證法

整棟建築物避難安全驗證法分為下列二個階段驗證整棟建築物之避難安全性能。第一階段為先確認各樓層之避難驗證是否安全，也就是居室及樓層避難逃生所需之時間是否超過煙層下降界限容許時間。

第二階段為檢討整棟建築物之避難安全，即使可以確保各樓層之避難安全性能，但如果起火居室之濃煙蔓延流入直通樓梯或其他樓層時，仍會造成其他居室及樓層人員避難上之困難。故首先依各假設之

起火室計算建築物內所有人員在火災危害安全容許時間前，可以避難至建築物外部之避難安全處所。整棟建築物避難安全驗證要先計算全部人員避難至建築物外部所需之時間，並計算煙層侵入樓梯造成危害之時間，最後確認煙霧進入樓梯之危險形成時間是否低於人員避難至建築物外部所需之避難時間。

## 五、整棟建築物避難安全驗證程序

(一).確認前述樓層避難安全驗證之 9 項步驟是否符合規定，也就是先確認樓層避難是否安全。

(二).確定建築物內部之所有起火居室。

(三).計算建築物所有人員避難至地面層外部安全處所避難逃生所需之時間。

1.避難開始時間

2.避難至地面出口所需之步行時間

3.通過地面出口所需之時間

(四).起火室所產生之濃煙經樓層之個部分流入樓梯內之時間(以下簡稱整棟建築物煙層下降時間)，有關其煙層從起火室散播至各避難路徑，侵入樓梯之煙層下降時間之計算可分為：

1.容許煙層下降屆縣高度之煙霧容許積蓄體積

2.假設煙的產生量

### 3.計算居室排煙設備之排煙量

(五).確認第(三)步驟計算之避難所需時間是否超過第(四)步驟所

計算之煙層下降之時間。

(六).全部起火居室均應依第(三)~(五)步驟驗證確認。

## 4.2.2 梯間排煙評估

梯間排煙室所面臨的防排煙問題，不外乎兩種情況發生，一為完全沒有梯間排煙；另一為梯間排煙量無法滿足現行法規之要求。針對第一種情況就是增加新的排煙設備，包括自然排煙或機械排煙。如果無法增加排煙設備，則須以其他消防設備進行替代性能設計，設計完後須進行性能驗證，如前節內容所述。第二種情況就是梯間排煙量無法滿足現行法規之要求，則須考慮增加風機排煙量或減少管道壓損來進行，本節說明排煙風管管道壓損計算的基本原理及計算方法。

### (一) 等摩擦法

#### (1) 原理

等摩擦法(Equal Friction Method)的設計原理，是假設系統中所有管段的單位長度全壓損失FR(又稱單位摩擦率，unit friction rate)都相同。此處所指的長度，是管段本身的長度L再加上屬於該管段配件的等效長度 $\sum L_e$ 而言，即

$$F_R = \frac{\Delta P}{L + \sum L_e} \quad (4.1)$$

由於摩擦率的單位長度定義是包含了配件的等效長度，因此應用等摩擦法時，配件的動態損失應以等效長度計算。若欲使用局部損失係數，則應先將其轉換成等效長度。

一般情況下，單位摩擦率的選擇方式，除了可憑設計者的經驗選定，也可由先決定出適當的主管段流速，然後以類似速度法的方式求出主管段的尺寸、全壓降 $\Delta P$ ，進而求出單位摩擦率。主管段的單位摩擦率決定後，將此摩擦率值應用至系統中所有管段，以求出各管段的設計尺寸。

## (2) 理論模式推導

首先假設所有管段都是圓管，則其流速（ $V$ ）與雷諾數（ $Re$ ）為

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4}{\pi D^2} \quad (4.2)$$

$$Re = \frac{VD}{\nu} = \frac{\frac{4Q}{\pi D^2} \cdot D}{\nu} = \frac{4Q}{\pi D \nu} \quad (4.3)$$

※其中 $V$ 為速度； $\nu$ 為黏滯係數； $Q$ 為流量； $D$ 為管徑。

將（4.3）式代入下式摩擦因子的半經驗Altshul-Tsal方程式，可得到（4.5）式摩擦因子與圓管的關係

$$f' = 0.11 \left( \frac{\varepsilon}{D_f} + \frac{68}{Re} \right)^{0.25}$$

若  $f' \geq 0.018$ :  $f = f'$

若  $f' < 0.018$ :  $f = 0.85f' + 0.0028$

(4.4)

※其中 $\varepsilon$ 為絕對粗造度； $D_f$ 為等效直徑。

$$f = 0.11 \left( \frac{\varepsilon}{D} + \frac{68}{\frac{4Q}{\pi D \nu}} \right)^{0.25} = 0.11 \left( \frac{\varepsilon}{D} + \frac{17\pi D \nu}{Q} \right)^{0.25} \quad (4.5)$$



由於系統的全壓損失  $\Delta P_t$  包括了摩擦損失  $\Delta P_f$  與動態損失  $\Delta P_d$ ，可

得到 Darcy-Weisbachz 方程式：

$$\begin{aligned}\Delta P_t &= \Delta P_f + \Delta P_d \\ &= \left( \frac{fL}{D_f} + \sum C \right) \cdot \frac{\rho V^2}{2} \\ &= \frac{f(L + \sum L_e)}{D_f} \cdot \frac{\rho V^2}{2}\end{aligned}\quad (4.6)$$

假設選定的等摩擦率為  $F_R$ ，則由 (4.1) 式及(4.6)式可得

$$F_R = \frac{\Delta P}{L + \sum L_e} = \frac{f}{D} \cdot \frac{\rho V^2}{2}\quad (4.7)$$

將(4.3)式及(4.5)式代入(4.7)式，可得等摩擦率與管徑的關係為

$$F_R(D) = \frac{0.88 \rho Q^2 \left( \frac{\varepsilon}{D} + \frac{17\pi D \nu}{Q} \right)^{0.25}}{\pi^2 D^5}\quad (4.8)$$

其中  $\rho$  為空氣密度。

因此，若給定一管段的等摩擦率  $F_R$ ，即可利用數值方法以迭代的方式

求解 (4.8) 式，而得到管徑  $D$ 。

### (3) 風機全壓損失

風機是管路系統中流體的動力，為了克服流體在管路中流動所產生的全壓損失，使流體能夠達到系統所需要風量，除了管路設計外就必須有風機提供足夠的動力克服運動中的全壓降。在決定管路系統的風機時，必須先找出系統中全壓降最大的一條路徑，該路徑被稱為「關鍵路徑」(critical path)，找出關鍵路徑後，風機全壓可依照(4.9)式決

定

$$P_{fan} = \sum_{i=1}^m \Delta P_{t,i} + \sum_{j=1}^n \Delta P_{t,j} + SEF_s + SEF_d \quad (4.9)$$

其中

$P_{fan}$ ：風機所需的全壓 (Pa)

$\sum_{i=1}^m \Delta P_{t,i}$ ：送風側關鍵路徑上的壓降 (Pa)

$\sum_{j=1}^n \Delta P_{t,j}$ ：回風側關鍵路徑上的壓降 (Pa)

$m$ ：送風側關鍵路徑上的總管路數

$n$ ：回風側關鍵路徑上的總管路數

$SEF_s$ ：由於風機出口條件造成的系統效應因子 (Pa)

$SEF_d$ ：由於風機入口條件造成的系統效應因子 (Pa)

(4) 摩擦法的計算程序可歸納如下：

- (A) 定適當的單位摩擦率，或者先決定適當的主管段流速，再求出主管段的單位摩擦率。
- (B) 假定所有管段的單位摩擦率皆相等，由(4.8)式求出各管段的管徑。
- (C) 由(4.6)式計算各管段的全壓損失。
- (D) 將各路徑上的全壓損失相加，並找出關鍵路徑，再由(4.9)式求出風機所需提供的全壓。

等摩擦法由於其計算程序不致太複雜，所以設計者沒有電腦的輔助，仍可靠摩擦線圖進行管段的設計。由於等摩擦法設計風管系統，會使系統具有流速由上游往下游逐漸遞減的特色，因此只要將容許的最高流速設定於主管段，就可將系統中的流速限定在此範圍內。但是對於管路系統中各管段長度變化相當大時，由（4.8）式可知所設計出的系統必然有嚴重的壓力不平衡性。管段尺寸尚未決定前，就必須先以估計的方式決定配件損失係數，所得結果的精確性因而降低。等摩擦法適用的場合為對稱型的系統，也就是各路徑總長度或總等效長度相當接近的系統，在對稱系統中使用等摩擦法設計將可以得到良好的壓力平衡。

## （二）管路系統之守恆定律

### （1）質量守恆

對於系統中的某節點a而言，流入的總體積流率必定等於流出總體積流率，即

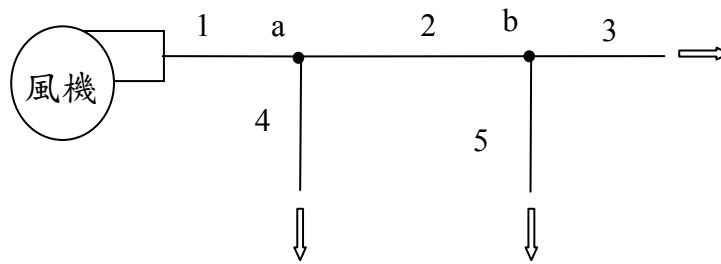
$$\sum Q_{a,in} = \sum Q_{a,out} \quad (4.10)$$

以下圖4.16所示的五管路系統為例，以下各式恆成立：

$$\text{節點a} : Q_1 = Q_2 + Q_4$$

$$\text{節點b} : Q_2 = Q_3 + Q_5$$

圖4.16 五管路系統簡圖



## (2) 能量守恆

管路系統中流體的全壓降代表具有的總機械能，且最佳管路系統其各路徑的總全壓降須相等，其可用能量守恆來表示。對於系統中的某節點a而言，流體在a點所具有的全壓必定等於以a點為起點的子路徑上之總全壓降，即

$$P_{t,a} = \sum_{\text{subpath}} \Delta P_t \quad (4.11)$$

以圖4.16所示的五管路系統為例，以下各式恆成立：

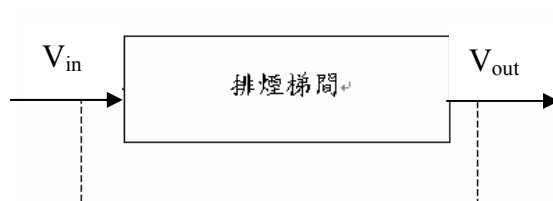
$$\text{節點a} : P_{t,a} = P_{t,2} + P_{t,3} = P_{t,2} + P_{t,5} = P_{t,4}$$

$$\text{節點b} : P_{t,b} = P_{t,3} = P_{t,5}$$

## (三) 排煙梯間之壓力損失

將排煙梯間以控制體積質量守恆的觀念來看，如下圖 4.17 所示：

圖 4.17 排煙梯間之壓力損失



$$\Delta P_e = \frac{\rho(V_{in}^2 - V_{out}^2)}{2}$$

圖中  $\Delta P_e$  為排煙梯間的壓力損失，其為進入及排出之速度所造成，當排出風速大於進入風速時才有負壓產生，進風口處才有可能進氣；反之，若進入風速大於或等於排出風速時有正壓產生，進風口處不可能進氣。

## 第五章、案例分析

在前幾章提出了許多有關於現有合法建築物的防火避難空間防煙改善技術，其中包括從最原始的煙如何產生到如何控制煙的流動，再提出避難安全的界定標準與原有的合法建築物現有的排煙系統設計概況，找出現階段無法滿足現行法規的案例，也提出了針對現有合法建築物排煙設備性能的測試方法與診斷用儀器。但到目前為止都還是局限於紙上作業，所以接下來我們將找幾個我國目前存在的原有合法建築物型態的案例，進行現場測試其排煙系統的性能並檢查其他硬體設備是否符合現行法規的標準及其可能的改善策略。而所用的方法就是根據前面所提到的流程與理論來驗證，將測試所得到的數據與性能作分析與探討，再與現行法規作比較，找出不符合法規處或其他需要改善的問題點。

本次所挑選的案例使用年齡均超過 10 年以上，符合原有合法建築物的特質，為驗證各不同建築物之多樣性，其使用用途也完全不一樣，所以每個個案的問題點也完全不同，但是卻都是目前我國大部分現有建築物所存在的問題。本次挑選的案例有三個，第一個為使用 17 年的醫療院所大樓，第二個為使用 15 年的住宅型大樓，第三個為使用 12 年的綜合型賣場，三個類型完全不同的建築物，經過實地測試後的問題點將在以下作完整的探討與說明。

## 第一節 案例一：某醫療院所

### 5.1.1 現況分析

此案例為一使用 17 年之地上 11 樓地下 4 樓的建築物，其使用用途主要以醫療用途為主，此次選擇此案例主要的用意為探討居室排煙與梯間排煙之功能。居室排煙選擇此棟大樓最高的樓層 11 樓進行量測，梯間排煙則選擇此棟大樓最低的樓層地下 4 樓進行量測（參考附件一），以熱線式風速計來測量排煙風口與排煙風機出風口的平均風速，並且以發煙管來驗證煙流的流動方向。

現場實地量測照片如下所示：



11F 排煙閘門



11F 排煙閘門風速量測



11F 排煙閘門風速量測



B4F 排煙閘門

此醫療院所排煙設備所採用的排煙設備為機械排煙、自然進氣的形式，對外排煙口直接通向戶外，其規格如下表所示：

醫療院所排煙設備規格表

區劃總面積	11F 居室：193.536m <sup>2</sup> 、B4F 梯間：4 m <sup>2</sup>
最高高度(m)	425m
構造	RC 造
排煙設備形式	機械排煙、自然進氣
排煙風機數量	1 部
進氣風機數量	無
排煙風機規格	POWER=25HP； Q=670C.M.M
進氣風機規格	無

### 5.1.2 問題探討

我們將現場實地量測後所得的數據與建築技術規則比較過後得知（參考附件二），發現現場硬體設備部份均符合法規標準（參考附件三），雖然一切硬體設備均符合法規規定，設備作動也一切正常。實地量測選擇 11F 之居室排煙口及地下四層（B4F）之排煙口進行實測以了解該建築物之排煙性能，實地量測的數據結果顯示，在最高樓層 11 樓居室的排煙口平均風速為 6.34m/s、B4F 梯間排煙口的平均風速為 8.44m/s。由數據可知 B4F 梯間的排煙性能合乎標準，但是在



11F 居室的部分卻發現問題點，根據法規規定居室排煙量最小需大於  $120\text{m}^3/\text{min}$  且不得小於防煙區劃部分之樓地板面積每平方公尺  $1\text{m}^3$ ，所以從實際量得的區劃樓地板面積為  $193.54\text{m}^2$ ，故居室的排煙量不得小於  $193.54\text{m}^3/\text{min}$  然而我們從現場實地量測得到的數據算出該區劃的總排煙量為  $169.2\text{m}^3/\text{min}$  遠小於  $193.54\text{m}^3/\text{min}$ ，排煙量明顯不足，經深入問題點探討後發現造成排煙量明顯不足之原因為因重新裝潢隔間使區劃面積改變，我們將針對此點作更進一步的改善策略探討。

### 5.1.3 改善策略

經過以上的分析與探討後發現 B4F 梯間的排煙量合乎標準但是 11F 的居室排煙量明顯過低，改善方式建議可更換大馬力風機（在地形地物條件允許下）或重新區劃，或增加防煙幕等設施以防止煙流亂竄影響人員避難逃生。

#### 1. 是否可進行性能替代方案

本案例經過現場排煙性能實測後，排煙風機排煙量符合法規之要求，在最低樓層梯間之排煙口所測得之排煙量為  $8.44\text{m}^3/\text{s}$ ，在最高樓層居室之排煙口所測得之排煙量為  $6.34\text{m}^3/\text{s}$ ，由此可知 11 樓居室排煙量不足，所以可考慮加大風機馬力。因為現有存在的問題跟結構上有很大的關聯性，所以在做改善時若能直接改善的話就直接

作改進，若會因為結構上的關係而無法得到解決的辦法，將進一步評估是否可以進行性能替代方案來解決現有存在的問題。

## 2. 是否願意改善

將可行的改善策略提出並與業主作商討，看業主是否願意做改善，而提出的改善策略盡量以最低成本為考量，如此業主的接受意願才會提高。

## 3. 是否改善

在改善策略提出並與業主商討願意改善後，在一定期限內再作追蹤，看是否有無作改善的動作。

## 第二節 案例二：某 21 層住宅大樓

### 5.2.1 現況分析

此案例為一使用 15 年之地上 21 樓的建築物，其使用用途主要以住宅形式為主，此次選擇此案例主要的用意為探討梯間排煙之性能。梯間排煙量測選擇此棟大樓最高的 21 樓梯間與風管末端的 2 樓梯間進行量測（參考附件一），以熱線式風速計來測量排煙風口與進氣風口的平均風速，並且以發煙管來驗證煙流的流動方向。

現場實地量測照片如下所示：



排煙口風速量測(21F)



進氣口風速量測(21F)



排煙口風速量測(2F)



進氣口風速量測(2F)

此大樓的排煙設備所採用的為機械排煙、機械進氣的形式，對外排煙口與進氣口直接通向戶外並且錯開，其規格如下表所示：

大樓排煙設備規格表

梯間區劃總面積	8.349m <sup>2</sup>
最高高度(m)	90m
構造	RC 造
排煙設備形式	機械排煙、機械進氣
排煙風機數量	2 部
進氣風機數量	2 部
排煙風機規格	POWER=40HP； Q=600C.M.M
進氣風機規格	POWER=30HP； Q=600C.M.M

### 5.2.2 問題探討

我們將現場實地量測後所得的數據與建築技術規則比較過後得知（參考附件二），發現現場硬體設備部份均符合法規標準（參考附件三），雖然一切硬體設備均符合法規規定，設備作動也一切正常，但是在實地量測到的數據中顯示，在最高樓層 21 樓靠近排煙風機端的平均風速為 23.35m/s、進氣風機端的平均風速為 19.03m/s，但是在 2 樓梯間所量測到的排煙風口平均風速卻只剩 3.01m/s、進氣風口的平均風速剩 3.17m/s，落差頗大，所以在此案例中我們所要探討的

就是為什麼會造成如此大的落差，因為隨著風管長度的增加管內壓損也會跟著增加，這是正常的現象，但是否超過正常值將是此案例中最大的問題點，風管配置如圖 5.1 所示。所以在此我們將採用第一章所提到的驗證步驟與第四章所提及的計算方式來探討此案例的排煙系統性能。

(一) 排煙管道壓損計算

(A) 風機至 21F 排煙管道詳細尺寸及管道長

風機至 21F 管道 90 cm×90 cm，共長 4.5 m

2F~21F 管道 90 cm×90 cm，共長 80 m

總計排煙管道總長 84.5m

(B) RC 管道之摩擦阻率  $\lambda = 0.1754 \text{ mmAq} / \text{m}$

(C) 排煙管道壓力損失項

a. 排煙風道壓損：

$$\Delta P_1 = \lambda \times L = 0.1754(\text{mmAq} / \text{m}) \times 84.5(\text{m}) = 14.82(\text{mmAq})$$

b. 排煙風機端風口壓損：

$$\Delta P_2 = C \times \left( \frac{V_{\text{sup}}}{4.03} \right)^2 = 1.0 \times \left( \frac{23.35}{4.03} \right)^2 = 33.57(\text{mmAq})$$

c. 彎管壓損：

排煙管道中轉折處之風速

$$21\text{F 轉折處有效面積 } A_{21} = 0.9\text{m} \times 0.6\text{m} = 0.54\text{m}^2$$

$$v_{21} = \frac{23.35}{0.54} = 43.24 \text{ m/s}$$

$$2\text{F 轉折處有效面積 } A_2 = 0.9\text{m} \times 0.6\text{m} = 0.54\text{m}^2$$

$$v_2 = \frac{3.01}{0.54} = 5.57 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned}\Delta P_3 &= C \times \left[ \left( \frac{V_{21}}{4.03} \right)^2 \times n_{21F} + \left( \frac{V_2}{4.03} \right)^2 \times n_{2F} \right] \\ &= 0.5 \times \left[ \left( \frac{43.24}{4.03} \right)^2 \times 2 + \left( \frac{5.57}{4.03} \right)^2 \times 2 \right] = 117.04(\text{mmAq})\end{aligned}$$

d. 排煙閘門百葉：(查表可得之)  $\rightarrow \Delta P_4 = 3.5(\text{mmAq})$

e. 總壓損  $\Delta P_L = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 = 168.93(\text{mmAq})$

## (二) 進氣管道壓損計算

### (A) 風機至 21F 進氣管道詳細尺寸及管道長

風機至 21F 管道 90 cm×90 cm，共長 4.5 m

2F~21F 管道 90 cm×90 cm，共長 80 m

總計進氣管道總長 84.5m

### (B) RC 管道之摩擦阻率 $\lambda = 0.1754\text{mmAq}/m$

### (C) 進氣管道壓力損失項

a. 進風風道壓損：

$$\Delta P_1 = \lambda \times L = 0.1754(\text{mmAq}/m) \times 84.5(m) = 14.82(\text{mmAq})$$

b. 進氣風機端風口壓損：

$$\Delta P_2 = C \times \left( \frac{V_{\text{sup}}}{4.03} \right)^2 = 1.0 \times \left( \frac{19.03}{4.03} \right)^2 = 22.3(\text{mmAq})$$

c. 彎管壓損：

進風管道中轉折處之風速

$$21F \text{ 轉折處有效面積 } A_{21} = 0.9\text{m} \times 0.6\text{m} = 0.54\text{m}^2$$

$$v_{21} = \frac{19.03}{0.54} = 35.24 \text{ m/s}$$

$$2F \text{ 轉折處有效面積 } A_2 = 0.9\text{m} \times 0.6\text{m} = 0.54\text{m}^2$$

$$v_2 = \frac{3.17}{0.54} = 5.82 \text{ m/s}$$

$$\Delta P_3 = C \times \left[ \left( \frac{V_{21}}{4.03} \right)^2 \times n_{21F} + \left( \frac{V_2}{4.03} \right)^2 \times n_{2F} \right]$$

$$= 0.5 \times \left[ \left( \frac{35.24}{4.03} \right)^2 \times 2 + \left( \frac{5.82}{4.03} \right)^2 \times 2 \right] = 78.59(\text{mmAq})$$

d. 進氣閘門百葉：(查表可得之)  $\rightarrow \Delta P_4 = 3.5(\text{mmAq})$

e. 總壓損  $\Delta P_L = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 = 119.21(\text{mmAq})$

由以上計算結果可得知排煙管道間的總壓損為 168.93 (mmAq)，而本棟大樓所安裝的排煙風機規格風機全壓為 160 (mmAq)，進氣管道間的總壓損為 119.21 (mmAq)，而本棟大樓所安裝的進氣風機規格風機全壓為 120 (mmAq)，當系統在設計初期均會將風機全壓加大，但由計算結果顯示排煙管道間的總壓損已經超過風機全壓的最大值，進氣管道間的總壓損則接近風機全壓的最大值，我們可以由此來判斷是否因為閘門洩漏而引起壓損過大或是有其他因素等等。

### 5.2.3 改善策略

經過以上的分析與探討後發現排煙風機全壓較排煙管道間之壓損低少許，可能是各樓層閘門洩漏所造成。我們將所有的問題點提出作更進一步的討論，採用前幾章所提及的方法來驗證與改善現有存在的問題，並將改善的策略提出與業主商討，在此我們將分作三大步驟進行：

#### 1. 是否可進行性能替代方案

本案例經過現場進/排煙性能實測後，排煙風機與進氣風機皆符合法規之要求，在最低樓層之排煙口所測得之排煙量為  $0.602\text{m}^3/\text{s}$ ，

在最高樓層之排煙口所測得之排煙量為  $4.67 \text{ m}^3/\text{s}$ ，由此可知樓層數越高壓損越大，所以在設計時管道與排煙風機壓力時，應考慮風管安裝長度、風管表面摩擦力、轉折情況及閘門洩漏等條件，不適宜採固定排煙量/進氣量之要求。因為現有存在的問題跟結構上有很大的關聯性，所以在做改善時若能直接改善的話就直接作改進，若會因為結構上的關係而無法得到解決的辦法，將進一步評估是否可以進行性能替代方案來解決現有存在的問題。

## 2. 是否願意改善

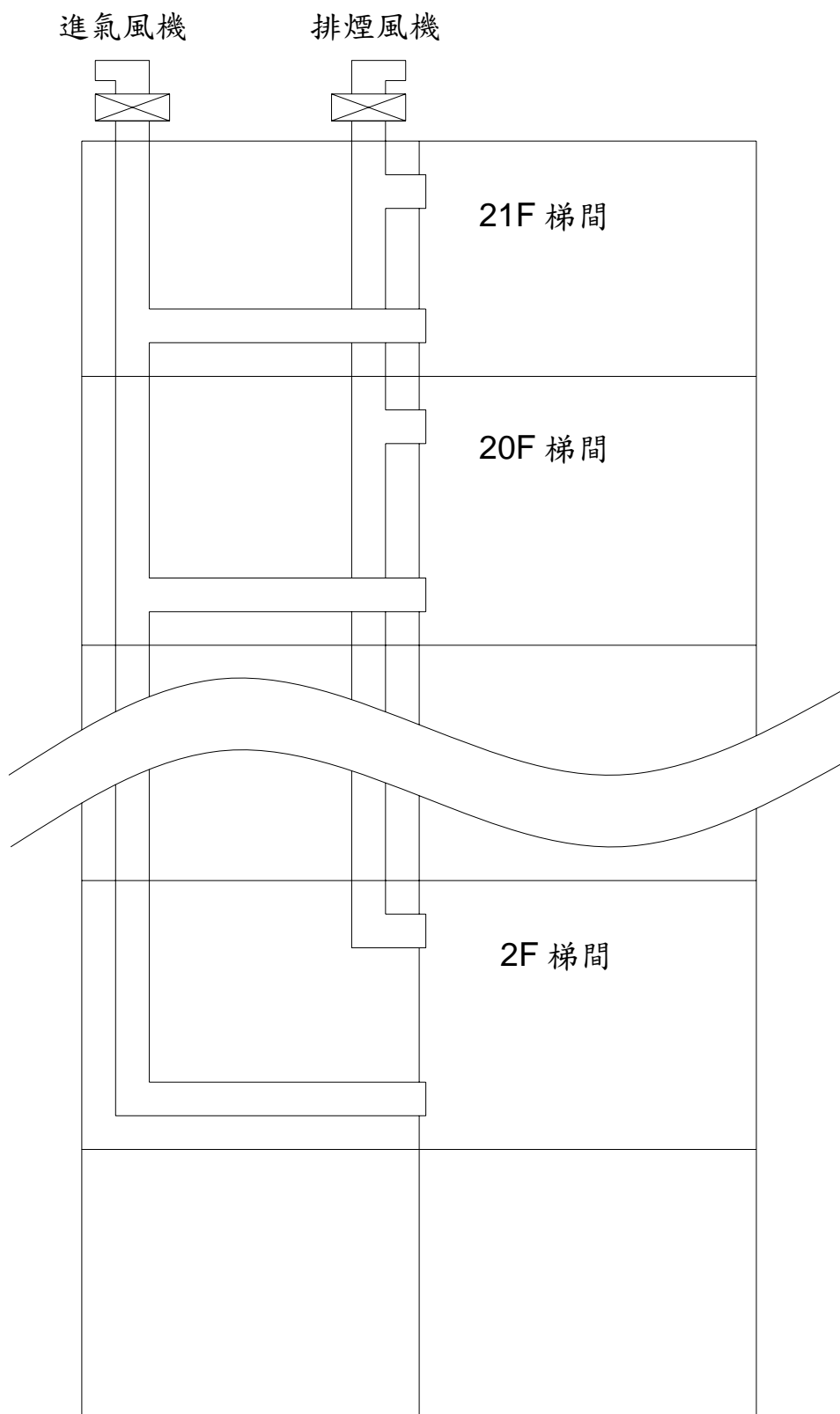
將可行的改善策略提出並與業主作商討，看業主是否願意做改善，而提出的改善策略盡量以最低成本為考量，如此業主的接受意願才會提高。

## 3. 是否改善

在改善策略提出並與業主商討願意改善後，在一定期限內再作追蹤，看是否有無作改善的動作。



圖 5.1 某住宅大樓梯間排煙/進氣管道圖



### 第三節 案例三：某綜合賣場

#### 5.3.1 現況分析

此案例為一使用 12 年之地上 2 樓的建築物，其使用用途主要以賣場形式為主，此次選擇此案例主要的用意為探討居室排煙之性能。居室排煙量測選擇此賣場的 2 樓風機處與 1 樓走廊排煙口進行量測（參考附件一），以熱線式風速計來測量排煙風口與排煙風機出風口的平均風速，並且以發煙管來驗證煙流的流動方向。

現場實地量測照片如下所示：



測量排煙風口流速



測量排煙風機流速



手動開關距地高度



對外避難疏散通道

此賣場排煙設備所採用的排煙設備為機械排煙、自然進氣的形  
式，對外排煙口直接通向戶外，其規格如下表所示：

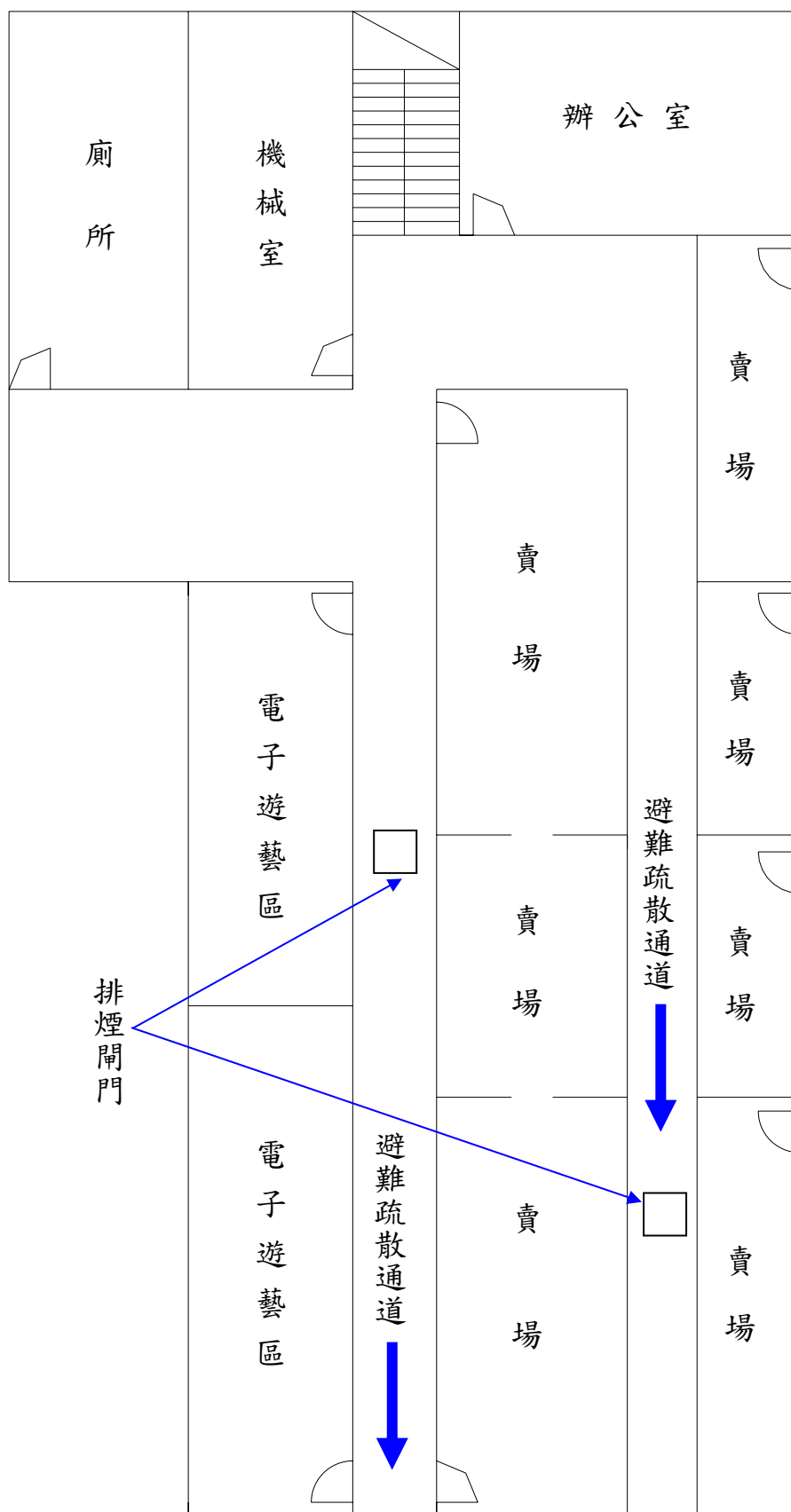
賣場排煙設備規格表

居室區劃總面積	517.43m <sup>2</sup>
最高高度(m)	10.8m
構造	RC 加鐵皮外包
排煙設備形式	機械排煙、自然進氣
排煙風機數量	2 部
進氣風機數量	0 部
排煙風機規格	POWER=10HP； Q=400C.M.M
進氣風機規格	無

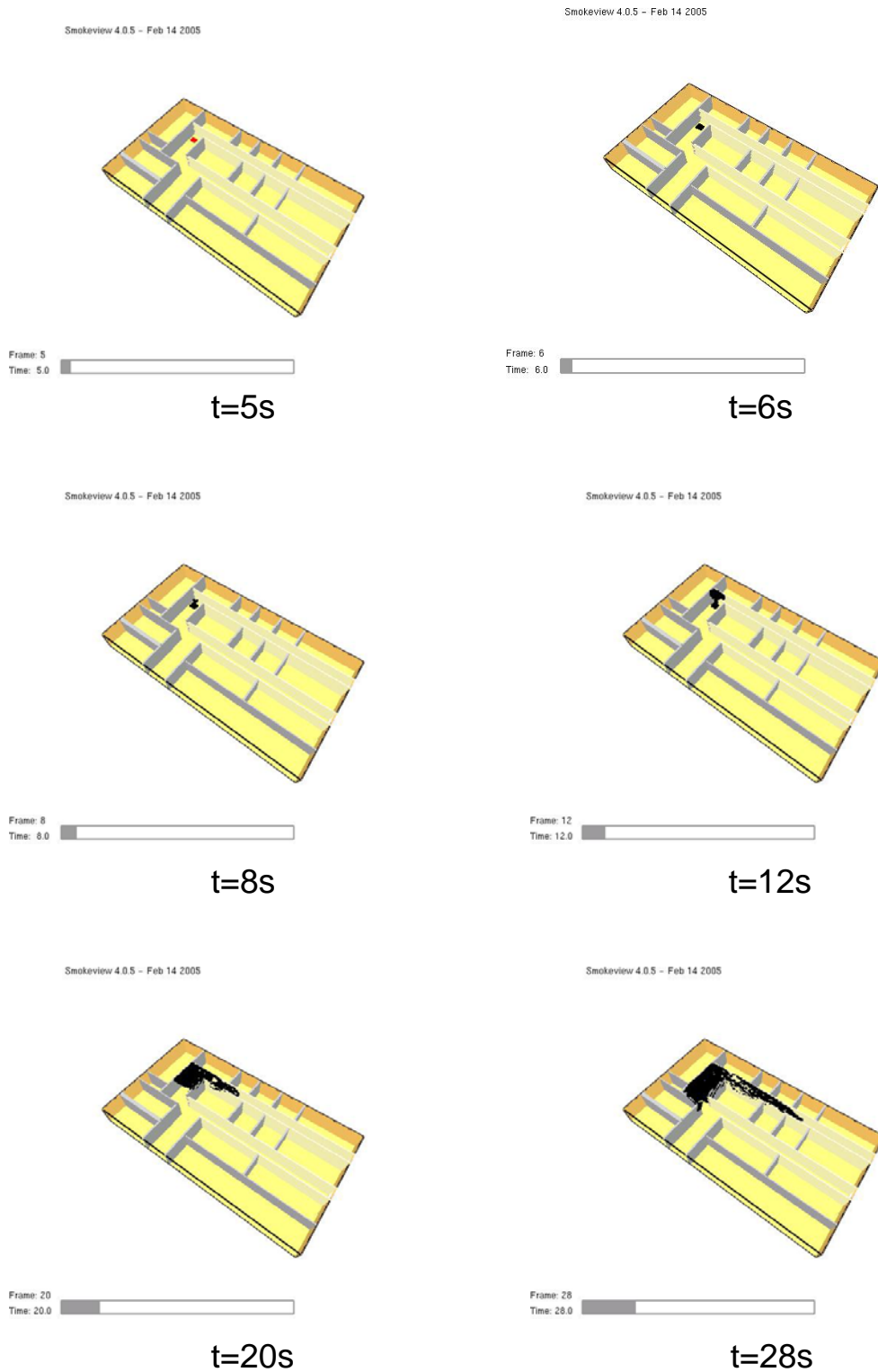
### 5.3.2 問題探討

我們將現場實地量測後所得的數據與建築技術規則比較過後得知（參考附件二），發現現場硬體設備部份均符合法規標準（參考附件三），雖然一切硬體設備均符合法規規定，設備作動也一切正常，但是在 FDS 電腦火災模擬結果中卻顯示，此案例的排煙口設置位置有很大的問題，因為排煙口的設置位置剛好在人員避難疏散路徑正上方，所以會大大的影響人員避難逃生的安全性，如圖 5.2 所示，因此本案例將在此問題上作更進一步的探討。

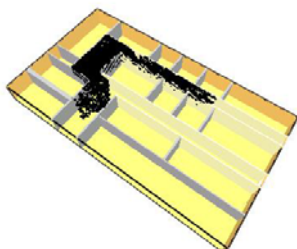
圖 5.2 某綜合賣場 1F 平面圖



以下是電腦火災模擬 (FDS) 顯示的結果，火源大小為 5MW 約一般室內火災的大小，從以下圖中可明顯看出火災發生時煙層的流動情形



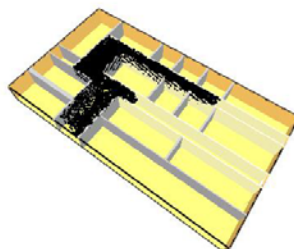
Smokeview 4.0.5 - Feb 14 2005



Frame: 40  
Time: 40.0

t=40s

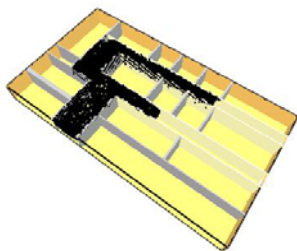
Smokeview 4.0.5 - Feb 14 2005



Frame: 50  
Time: 50.0

t=50s

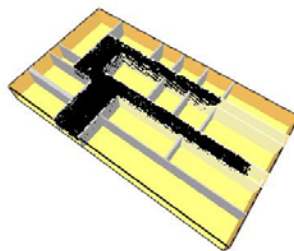
Smokeview 4.0.5 - Feb 14 2005



Frame: 60  
Time: 60.0

t=60s

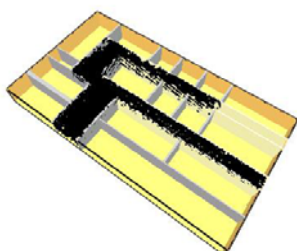
Smokeview 4.0.5 - Feb 14 2005



Frame: 80  
Time: 80.0

t=80s

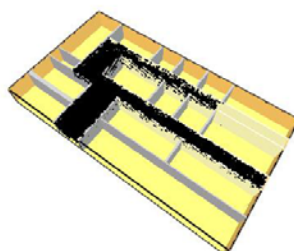
Smokeview 4.0.5 - Feb 14 2005



Frame: 85  
Time: 85.0

t=85s

Smokeview 4.0.5 - Feb 14 2005



Frame: 120  
Time: 120.0

t=120s

從以上的電腦火災模擬結果中我們可以明顯看出,當火災發生時的前 5 秒還沒有煙的產生,到了第 6 秒時煙開始產生,第 8 秒的時候煙開始向上竄升至天花板,第 12 秒時煙已經開始到達屋頂並開始向旁邊蔓延,第 20 秒時煙已經積滿起火源居室並向旁邊空間蔓延,而在此時可以很清楚看出煙層流動的方向跟人員避難疏散逃生通道的方向一致,因為排煙系統的排煙風口正好設置在避難疏散逃生通道的正上方,這對於人員疏散的安全性有很大的影響,到了第 28 秒時煙層已經流動到排煙口處並被抽出,所以在圖中可以看到煙層到了疏散逃生出口前就不再往外流動,但是在另外一端的煙已經開始向旁邊的空間竄流,到了第 80 秒的時候煙層已經佈滿另一端的疏散逃生通道了,在這個模擬案例中我們只設一邊的排煙口打開的情況,目的就是要強調當火災發生時煙層流動的方向會妨礙到人員的避難疏散安全性,若兩邊的排煙風口均打開的話那麼最後的情形就會像第 60 秒時的圖一樣,但是結果還是一樣會妨礙到人員疏散的安全性,所以此案例的排煙風口位置的設置比較不恰當,雖然一切硬體設備均符合法規規定但確不是一個理想的設計。

### 5.3.3 改善策略

經過以上的分析與探討後,我們將所有的問題點提出作更進一步的討論,採用前幾章所提及的方法來驗證與改善現有存在的問題,並

將改善的策略提出與業主商討，在此我們將分作三大步驟進行：

### 1. 是否可進行性能替代方案

因為現有存在的問題跟結構上有很大的關聯性，所以在做改善時若能直接改善的話就直接作改進，若會因為結構上的關係而無法得到解決的辦法，將進一步評估是否可以進行性能替代方案來解決現有存在的問題。

### 2. 是否願意改善

將可行的改善策略提出並與業主作商討，看業主是否願意做改善，而提出的改善策略盡量以最低成本為考量，如此業主的接受意願才會提高。

### 3. 是否改善

在改善策略提出並與業主商討願意改善後，在一定期限內再作追蹤，看是否有無作改善的動作。



建築火災煙控性能提升之研究

原有合法建築物防火避難空間防煙改善技術與驗證之研究

## 第六章 結論與建議

### 第一節 結論

本研究將現階段原有合法建築物排煙所存在的問題進行分類整理，針對每一項問題也提出可行的改善之安全評估方法。同時也設計建築物防排煙系統性能診斷與測試所用之硬體及軟體工具。經由此種分析工具可很快得到判斷結果。

已完成的工作項目整理如下：

1. 蒐集先進國家建物火災避難及煙控設計研究文獻資料、評估方法、軟體工具操作方式、災例分析及建築防火法規有關性能式設計之規定執行方式。供為研提我國避難及煙控性能式設計及驗證方法之參考。
2. 瞭解與分類國內既有合法建築物之排煙與避難設施所存在的問題。
3. 建立改善既有合法建築物排煙系統之策略。
4. 建立改善既有合法建築物避難系統之策略。
5. 在煙控對策之火災環境下，研提避難安全設計法之重要步驟及相關配套措施並提出建議綱要。
6. 對於無法改善之排煙與避難設施進行性能替代之可行評估。
7. 設計合理之排煙與避難之危險評估方法與工具供主管機關與業主

參考。

本研究主要針對現有建築物防火避難空間防煙改善技術進行評估建立可行之標準程序和改善策略及技術，流程如圖 6.1 所示。經由本研究所提出之點檢表首先確認建築物與目前法規相異之處，然後進行實際排煙性能的測量，藉由所得實測數字判斷可能產生之問題，然後考慮建築物實際使用之現況，提出可行之改善方案及策略，包括硬體設施之改善或藉由軟體方面之營運管理方式或使用人數的限制進行調整，使現有建築物在合法、合理、不影響使用之情況下得到某種程度之安全保障。

## 第二節 建議

### 建議一

公權力整合：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、內政部營建署

既有合法建築物因變更用途或有公共安全之虞進行相關防火、消防設備之改善，因其屬於已使用建築物，為有效實施相關法案建議政府主管機關之公權力必須為此公共安全要求把關，否則不易實施，同時，建築及消防跨單位之配合協調更為重要。

## 建議二

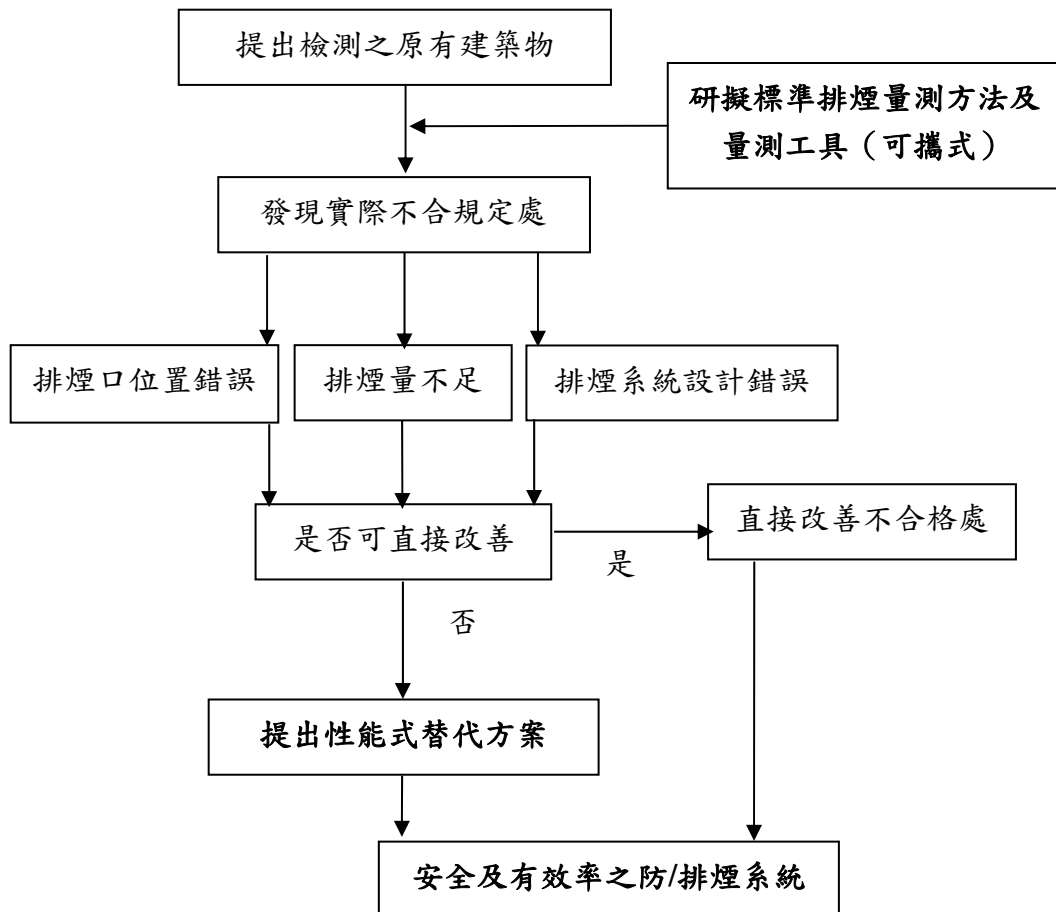
排煙系統性能測試：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部消防署、內政部營建署

根據本研究進行使用中高樓建築物發現，多數排煙系統按裝完成後皆無進行測試調校，所以無法得知當火災發生時是否可以發揮預期排煙功能，因此建議在未來建築物按裝完工之後，應由合格之安檢人員進行排煙功能測試，如發現缺點即時改進，不必等到消防安檢再行處理，以減民怨。

圖 6.1、實地調查評估步驟流程圖



## 附錄一、現場實地量測照片

### 案例一、某醫療院所之實測現場狀況



B4F 排煙閘門



B4F 進氣閘門



11F 排煙閘門



11F 排煙口風速量測



11F 頂排煙風機

## 案例二、某住宅大樓之實測現場狀況



大樓建築物外觀



大樓建築物外觀



排煙風機正面照



排煙風機側面照



進氣風機正面照



進氣風機側面照



梯間排煙口與進氣口位置



梯間緊急電源與消防栓



## 案例二、某住宅大樓之實測現場狀況（續）



排煙閘門（關閉）



進氣閘門（關閉）



排煙閘門（開啟）



進氣閘門（開啟）



排煙口風速量測(21F)



進氣口風速量測(21F)



排煙口風速量測(2F)



進氣口風速量測(2F)

### 案例三、某綜合賣場之實測現場狀況



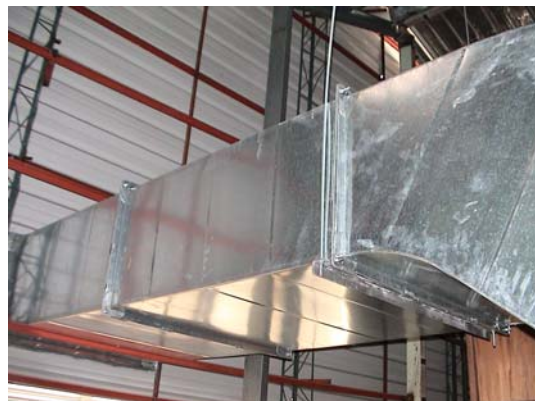
賣場外觀



賣場外觀



排煙風機



通往戶外的排煙風管



通往戶外的排煙風口



排煙閘門 (關閉)



對外逃生通道



對外避難疏散通道

### 案例三、某綜合賣場之實測現場狀況（續）



排煙裝置手動開關



手動開關距地高度



排煙閘門(開啟)



測量排煙風口流速



測量排煙風口流速



測量排煙風機流速

## 附錄二、現場實地量測數據



### 案例一、某醫療院所 (B4F)

建築物名稱：                     某醫療院所                    

樓層： B4F 梯間排煙室 區劃面積尺寸： 2.0m×2.0m = 4.0 (m<sup>2</sup>)

時間： 94.07.05 溫度： 25.3°C 溼度： 69.0%

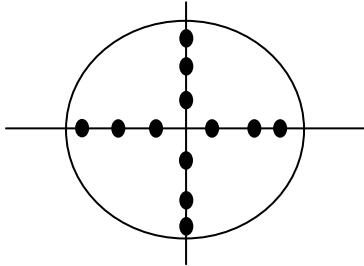
排煙口形狀： 圓形 方形 排煙口尺寸： 0.6m×0.6m = 0.36 (m<sup>2</sup>)

進氣口形狀： 圓形 方形 進氣口尺寸： 1.0m×1.0m = 1.0 (m<sup>2</sup>)

方形開口量測點示意圖

1	2	3
4	5	6
7	8	9

圓形開口量測點示意圖



排煙口風速紀錄表				進氣口風速紀錄表			
量測點	風速(m/s)	量測點	風速(m/s)	量測點	風速(m/s)	量測點	風速(m/s)
1	9.5	7	8.5	1	0.65	7	0.88
2	9.5	8	11.3	2	0.80	8	0.78
3	10.2	9	4.0	3	0.82	9	0.84
4	8.5	10		4	0.81	10	
5	8.5	11		5	0.75	11	
6	6.0	12		6	0.85	12	
排煙口量測平均風速：		<b>8.44</b>	<b>(m/s)</b>	進氣口量測平均風速：		<b>0.80</b>	<b>(m/s)</b>

#### 二、計算數據

1. 排煙量  $Q_0$ =排煙口尺寸×排煙口量測平均風速= 0.36 × 8.44 = 3.0384(m<sup>3</sup>/s)

2. 進氣量  $Q_i$ =進氣口尺寸×進氣口量測平均風速= 1.0 × 0.8 = 0.8 (m<sup>3</sup>/s)

## 案例二、某住宅大樓 (21F)

建築物名稱： 某住宅大樓

樓層： 21F 梯間前室 區劃面積尺寸：  $1.53 \times 4.05 + 1.05 \times 2.05 = 8.349 \text{ (m}^2\text{)}$

時間： 94.09.30 溫度： 27°C 溼度： \_\_\_\_\_

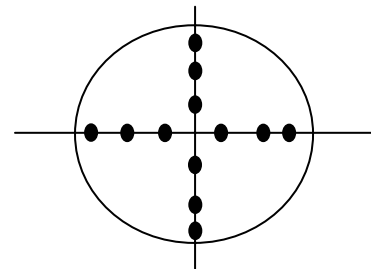
排煙口形狀：  圓形  方形 排煙口尺寸：  $0.5 \times 0.4 = 0.2 \text{ (m}^2\text{)}$

進氣口形狀：  圓形  方形 進氣口尺寸：  $0.4 \times 0.42 = 0.168 \text{ (m}^2\text{)}$

方形開口量測點示意圖

1	2	3
4	5	6
7	8	9

圓形開口量測點示意圖



排煙口風速紀錄表				進氣口風速紀錄表			
量測點	風速(m/s)	量測點	風速(m/s)	量測點	風速(m/s)	量測點	風速(m/s)
1	26.46	7	25.50	1	19.01	7	19.12
2	20.56	8	18.77	2	17.65	8	19.76
3	18.84	9	26.43	3	21.20	9	18.59
4	23.58	10		4	16.69	10	
5	23.60	11		5	20.30	11	
6	27.68			6	18.90	12	
排煙口量測平均風速：		<b>23.35 (m/s)</b>		進氣口量測平均風速：		<b>19.03 (m/s)</b>	

### 二、計算數據

1. 排煙量  $Q_0 = \text{排煙口尺寸} \times \text{排煙口量測平均風速} = 0.2 \times 23.35 = 4.67 \text{ (m}^3\text{/s)}$

2. 進氣量  $Q_i = \text{進氣口尺寸} \times \text{進氣口量測平均風速} = 0.168 \times 19.03 = 3.197 \text{ (m}^3\text{/s)}$

## 案例二、某住宅大樓 (2F)

建築物名稱： 某住宅大樓

樓層： 2F 梯間前室 區劃面積尺寸： $1.53 \times 4.05 + 1.05 \times 2.05 = 8.349 \text{ (m}^2\text{)}$

時間：94.09.30 溫度：27°C 溼度：                    

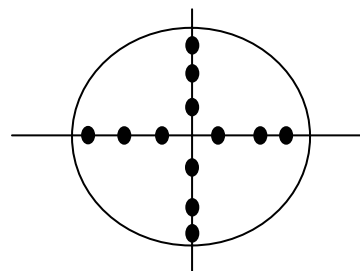
排煙口形狀：圓形 方形 排煙口尺寸： $0.5 \times 0.4 = 0.2 \text{ (m}^2\text{)}$

進氣口形狀：圓形 方形 進氣口尺寸： $0.4 \times 0.42 = 0.168 \text{ (m}^2\text{)}$

方形開口量測點示意圖

1	2	3
4	5	6
7	8	9

圓形開口量測點示意圖



排煙口風速紀錄表				進氣口風速紀錄表			
量測點	風速(m/s)	量測點	風速(m/s)	量測點	風速(m/s)	量測點	風速(m/s)
1	3.13	7	2.69	1	2.78	7	3.14
2	3.69	8	2.77	2	3.89	8	2.73
3	2.74	9	2.98	3	3.66	9	2.65
4	3.06	10		4	3.47	10	
5	3.21	11		5	3.26	11	
6	2.79			6	2.95	12	
排煙口量測平均風速：		<b>3.01 (m/s)</b>		進氣口量測平均風速：		<b>3.17 (m/s)</b>	

### 二、計算數據

1. 排煙量  $Q_0 = \text{排煙口尺寸} \times \text{排煙口量測平均風速} = 0.2 \times 3.01 = 0.602 \text{ (m}^3\text{/s)}$

2. 進氣量  $Q_i = \text{進氣口尺寸} \times \text{進氣口量測平均風速} = 0.168 \times 3.17 = 0.533 \text{ (m}^3\text{/s)}$



### 案例三、某綜合賣場（2F 風機處）

建築物名稱： 某綜合賣場

樓層： 2F 風機處 區劃面積尺寸： \_\_\_\_\_ = 596.59 (m<sup>2</sup>)

時間： 94.09.30 溫度： 27°C 溼度： \_\_\_\_\_

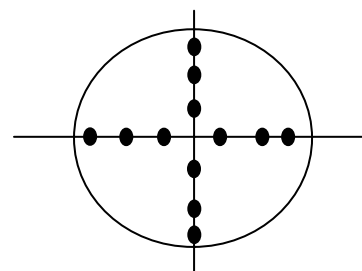
排煙口形狀： 圓形 方形 排煙口尺寸：  $\pi \times 0.7^2 / 4$  = 0.385 (m<sup>2</sup>)

進氣口形狀： 圓形 方形 進氣口尺寸： \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_

方形開口量測點示意圖

1	2	3
4	5	6
7	8	9

圓形開口量測點示意圖



排煙口風速紀錄表				進氣口風速紀錄表			
量測點	風速(m/s)	量測點	風速(m/s)	量測點	風速(m/s)	量測點	風速(m/s)
1	32.12	7	29.81	1		7	
2	30.31	8	29.46	2		8	
3	27.48	9	24.70	3		9	
4	26.71	10		4		10	
5	22.38	11		5		11	
6	23.64			6		12	
排煙口量測平均風速：		<b>27.4(m/s)</b>		進氣口量測平均風速：		<b>(m/s)</b>	

#### 二、計算數據

1. 排煙量  $Q_0 = \text{排煙口尺寸} \times \text{排煙口量測平均風速} = \underline{0.385} \times \underline{27.4} = 10.55 \text{ (m}^3/\text{s)}$

2. 進氣量  $Q_i = \text{進氣口尺寸} \times \text{進氣口量測平均風速} = \underline{\hspace{2cm}} \times \underline{\hspace{2cm}} = \text{(m}^3/\text{s)}$

### 案例三、某綜合賣場 (1F)

建築物名稱： 某綜合賣場

樓層： 1F 區劃面積尺寸： \_\_\_\_\_ = 517.43(m<sup>2</sup>)

時間： 94.09.30 溫度： 27°C 溼度： \_\_\_\_\_

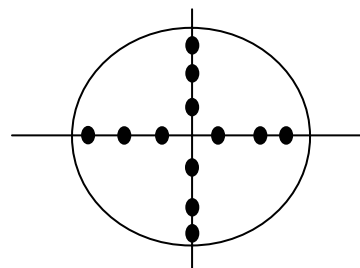
排煙口形狀： 圓形 方形 排煙口尺寸： 0.6x0.6 = 0.36 (m<sup>2</sup>)

進氣口形狀： 圓形 方形 進氣口尺寸： \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_

方形開口量測點示意圖

1	2	3
4	5	6
7	8	9

圓形開口量測點示意圖



排煙口風速紀錄表				進氣口風速紀錄表			
量測點	風速(m/s)	量測點	風速(m/s)	量測點	風速(m/s)	量測點	風速(m/s)
1	28.53	7	28.69	1		7	
2	21.41	8	27.82	2		8	
3	25.20	9	30.81	3		9	
4	30.95	10		4		10	
5	26.81	11		5		11	
6	27.82			6		12	
排煙口量測平均風速：		27.56 (m /s)		進氣口量測平均風速：		(m /s)	

#### 二、計算數據

1.排煙量  $Q_0$ =排煙口尺寸×排煙口量測平均風速= 0.36 × 27.56 =9.992 (m<sup>3</sup>/s)

2.進氣量  $Q_i$ =進氣口尺寸×進氣口量測平均風速= \_\_\_\_\_ × \_\_\_\_\_ = (m<sup>3</sup>/s)

建築火災煙控性能提升之研究

原有合法建築物防火避難空間防煙改善技術與驗證之研究

## 附錄三、排煙設備設置要求標準點檢表

## 案例一、居室排煙設備設置要求標準點檢表

居室排煙設備設置要求標準點檢表

項目	法規要求標準	是否合格	備註
1. 設置排煙設備 (擇一評估)	※總樓地板面積在 500m <sup>2</sup> 以上者	○	
	※樓地板面積在 100m <sup>2</sup> 以上之居室，其天花板下方 80 公分範圍內之有效通風面積未達該居室樓地板面積 2% 者		
	※總樓地板面積 1000m <sup>2</sup> 以上之無開口樓層		
2. 排煙口開口面積	※自然排煙：防煙區劃之樓地板面積 2% 以上。		
	※機械排煙：不限定。	○	
3. 排煙口位置	※區劃內任一點至排煙口水平距離 ≤ 30m。	○	
	※平時應保持關閉狀態	○	
4. 排煙口高度	※裝於天花板上或天花下方 80cm 內之牆面，但防煙垂壁小於 80cm 時應在該尺寸內。	○	
5. 排煙機風量	※ $Q > 120 \text{ m}^3/\text{min}$ 且防煙區劃樓地板面積每 m <sup>2</sup> 要 1m <sup>3</sup> /min 以上。	○	
	※但二個防煙區劃以上時，以最大面積每 m <sup>2</sup> 要 2m <sup>3</sup> /min 以上。		
6. 排煙口之手動 啟動裝置	※設於牆面：0.8m~1.5m 高。	○	
	※設於天花板：1.8m 高並標示簡易操作方法。		
7. 材質	※排煙口風道與煙接觸部份使用不燃材料。	○	
8. 緊急電源	※須有緊急電源及配線之設置	○	

※合格打 ○；不合格打 ×

## 案例一、梯間排煙設備設置要求標準點檢表

### 梯間排煙設備設置要求標準點檢表

項目	法規要求標準	是否合格	備註
1. 直接開向屋外之窗戶	※開口面積：專用 2m <sup>2</sup> 以上；兼用 3m <sup>2</sup> 以上。		
	※手動開關高度距地面 0.8 ≤ h ≤ 1.5m，須標示易懂之操作方法。		
	※安裝高度：天花板高度 1/2 以上。		
	※與煙接觸部份使用不燃材料。		
	※設有每秒可進、排 4m <sup>3</sup> 以上並可隨風口開啟動作之風機	○	若符合此項可不受以上各項限制
2. 以管道方式進氣及排煙	※進氣口面積：專用 1m <sup>2</sup> 以上；兼用 1.5m <sup>2</sup> 以上。	○	
	※進氣管斷面積：專用 2m <sup>2</sup> 以上；兼用 3m <sup>2</sup> 以上。	○	2.38m <sup>2</sup>
	※排煙開口面積：專用 4m <sup>2</sup> 以上；兼用 6m <sup>2</sup> 以上。	○	符合建築技術規則第 102 條第 4 款之規定
	※排煙管斷面積：專用 6m <sup>2</sup> 以上；兼用 9m <sup>2</sup> 以上。	○	符合建築技術規則第 102 條第 4 款之規定
	※與煙接觸部份使用不燃材料。	○	
	※進氣口高度：天花板高度 1/2 以下。	○	
	※排煙口高度：天花板高度 1/2 以上。	○	
	※排煙口手動開關位置：天花板垂下者高度距樓地板 1.8m；設於牆面者距樓地板面 0.8m ≤ h ≤ 1.5m。	○	
3. 機械排煙設備標準	※進氣管直接連通外氣；排煙管最上部要開放。	○	
	※排煙口手動開關位置：天花板垂下者高度距樓地板 1.8m；設於牆面者距樓地板面 0.8m ≤ h ≤ 1.5m。	○	
	※進氣開口面積：專用 1m <sup>2</sup> 以上；兼用 1.5m <sup>2</sup> 以上。	○	

	※排煙風管：風速 20m/sec 以下。	○	8.44m/s
3. 機械排煙設備標準	※與煙接觸部份使用不燃材質。	○	
	※進氣口高度：天花板高度 1/2 以下。	○	
	※排煙口高度：天花板高度 1/2 以上。	○	
	※排煙機應接緊急電源，以耐燃配線。	○	
	※進氣柵門、排煙柵門要有連動控制。	○	
4. 進氣風管之截面積	※專用 2m <sup>2</sup> 以上；兼用 3m <sup>2</sup> 以上	○	2.38m <sup>2</sup>
5. 排煙室排煙量	※專用 4m <sup>3</sup> /sec；兼用 6m <sup>3</sup> /sec	×	3.0384m <sup>3</sup> /s
6. 緊急電源設置	※須設置緊急電源	○	

※合格打 ○；不合格打 ×

## 案例二、梯間排煙設備設置要求標準點檢表

### 梯間排煙設備設置要求標準點檢表

項目	法規要求標準	是否合格	備註
1. 直接開向屋外之窗戶	※開口面積：專用 2m <sup>2</sup> 以上；兼用 3m <sup>2</sup> 以上。		
	※手動開關高度距地面 0.8 ≤ h ≤ 1.5m，須標示易懂之操作方法。		
	※安裝高度：天花板高度 1/2 以上。		
	※與煙接觸部份使用不燃材料。		
	※設有每秒可進、排 4m <sup>3</sup> 以上並可隨風口開啟動作之風機	○	若符合此項可不受以上各項限制
2. 以管道方式進氣及排煙	※進氣口面積：專用 1m <sup>2</sup> 以上；兼用 1.5m <sup>2</sup> 以上。	○	
	※進氣管斷面積：專用 2m <sup>2</sup> 以上；兼用 3m <sup>2</sup> 以上。	○	符合建築技術規則第 102 條第 4 款之規定
	※排煙開口面積：專用 4m <sup>2</sup> 以上；兼用 6m <sup>2</sup> 以上。	○	符合建築技術規則第 102 條第 4 款之規定
	※排煙管斷面積：專用 6m <sup>2</sup> 以上；兼用 9m <sup>2</sup> 以上。	○	符合建築技術規則第 102 條第 4 款之規定
	※與煙接觸部份使用不燃材料。	○	
	※進氣口高度：天花板高度 1/2 以下。	○	
	※排煙口高度：天花板高度 1/2 以上。	○	
	※進氣管直接連通外氣；排煙管最上部要開放。	○	
3. 機械排煙設備標準	※排煙口手動開關位置：天花板垂下者高度距樓地板 1.8m；設於牆面者距樓地板面 0.8m ≤ h ≤ 1.5m。	○	設有每秒可進、排 4m <sup>3</sup> 以上並可隨風口開啟動作之風機，故不受限
	※進氣管直接連通外氣；排煙管最上部要開放。	○	
	※進氣開口面積：專用 1m <sup>2</sup> 以上；兼用 1.5m <sup>2</sup> 以上。	○	符合建築技術規則第 102 條第 4 款之規定
	※進氣風管截面積：專用 2m <sup>2</sup> 以上；兼用 3m <sup>2</sup> 以上。	○	符合建築技術規則第 102 條第 4 款之規定



	※排煙風管：專用 $4\text{m}^2/\text{sec}$ 以上；兼用 $6\text{m}^3/\text{sec}$ 以上。	○	
	※排煙風管：風速 $20\text{m}/\text{sec}$ 以下。	×	21F 超過規定值
3. 機械排煙設備標準	※與煙接觸部份使用不燃材質。	○	
	※進氣口高度：天花板高度 $1/2$ 以下。	○	
	※排煙口高度：天花板高度 $1/2$ 以上。	○	
	※排煙機應接緊急電源，以耐燃配線。	○	
	※進氣柵門、排煙柵門要有連動控制。	○	
4. 進氣風管之截面積	※專用 $2\text{m}^2$ 以上；兼用 $3\text{m}^2$ 以上	○	符合建築技術規則第 102 條第 4 款之規定
5. 排煙室排煙量	※專用 $4\text{m}^3/\text{sec}$ ；兼用 $6\text{m}^3/\text{sec}$	×	2F 未符合規定值
6. 緊急電源設置	※須設置緊急電源	○	

※合格打 ○；不合格打 ×

### 案例三、居室排煙設備設置要求標準點檢表

居室排煙設備設置要求標準點檢表

項目	法規要求標準	是否合格	備註
1.設置排煙設備 (擇一評估)	※總樓地板面積在 500m <sup>2</sup> 以上者	○	
	※樓地板面積在 100m <sup>2</sup> 以上之居室，其天花板下方 80 公分範圍內之有效通風面積未達該居室樓地板面積 2% 者		
	※總樓地板面積 1000m <sup>2</sup> 以上之無開口樓層		
2.排煙口開口面積	※自然排煙：防煙區劃之樓地板面積 2% 以上。		
	※機械排煙：不限定。	○	
3.排煙口位置	※區劃內任一點至排煙口水平距離 ≤ 30m。	○	
	※平時應保持關閉狀態	○	
4.排煙口高度	※裝於天花板上或天花下方 80cm 內之牆面，但防煙垂壁小於 80cm 時應在該尺寸內。	○	
5.排煙機風量	※ $Q > 120 \text{ m}^3/\text{min}$ 且防煙區劃樓地板面積每 m <sup>2</sup> 要 1m <sup>3</sup> /min 以上。	○	
	※但二個防煙區劃以上時，以最大面積每 m <sup>2</sup> 要 2m <sup>3</sup> /min 以上。		
6.排煙口之手動啟動裝置	※設於牆面：0.8m~1.5m 高。	○	
	※設於天花板：1.8m 高並標示簡易操作方法。		
7.材質	※排煙口風道與煙接觸部份使用不燃材料。	○	
8.緊急電源	※須有緊急電源及配線之設置	○	

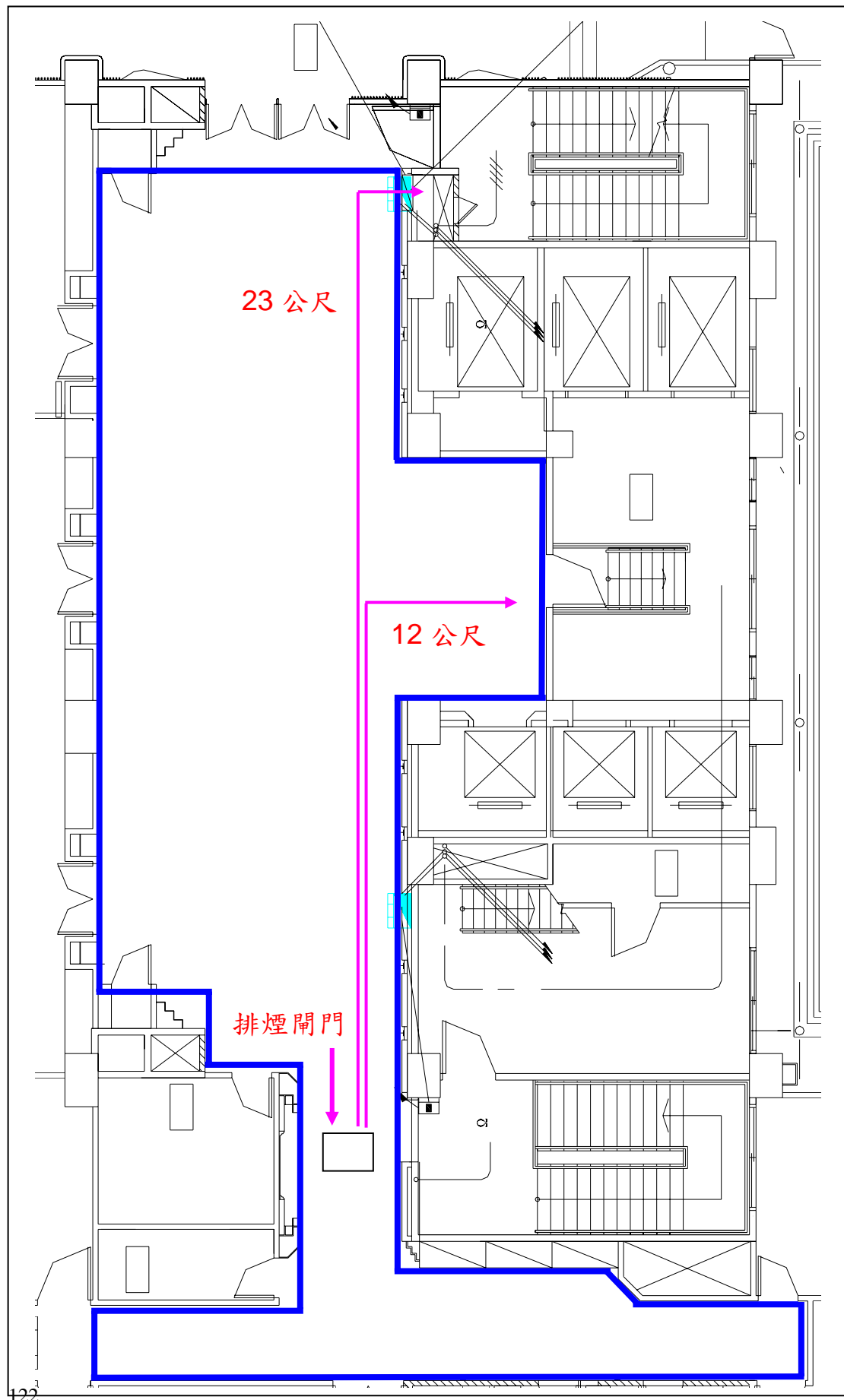
※合格打 ○；不合格打 ×

建築火災煙控性能提升之研究

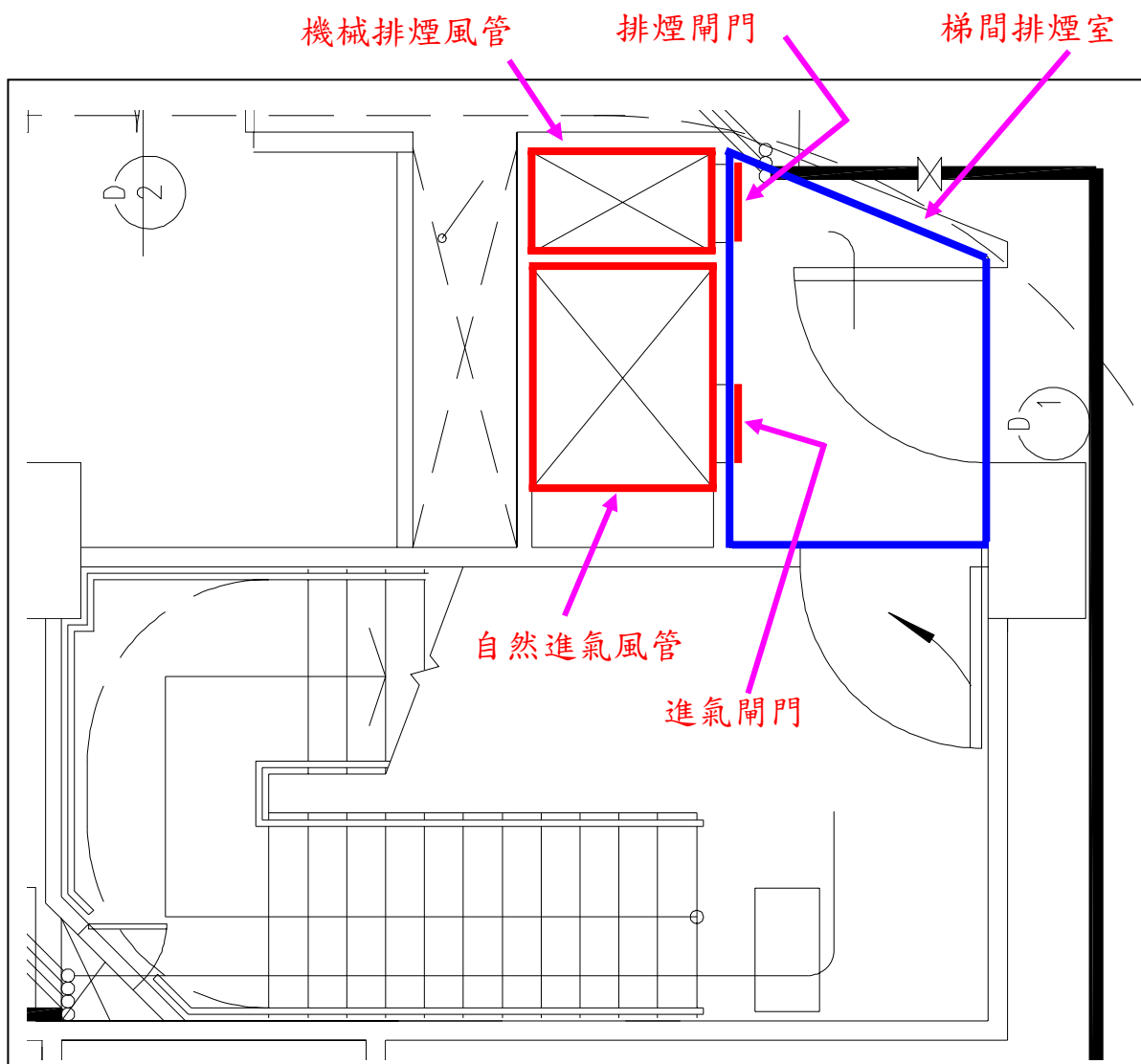
原有合法建築物防火避難空間防煙改善技術與驗證之研究

## 附錄四、現場平面圖

### 案例一、某醫療院所 11F 區劃平面圖

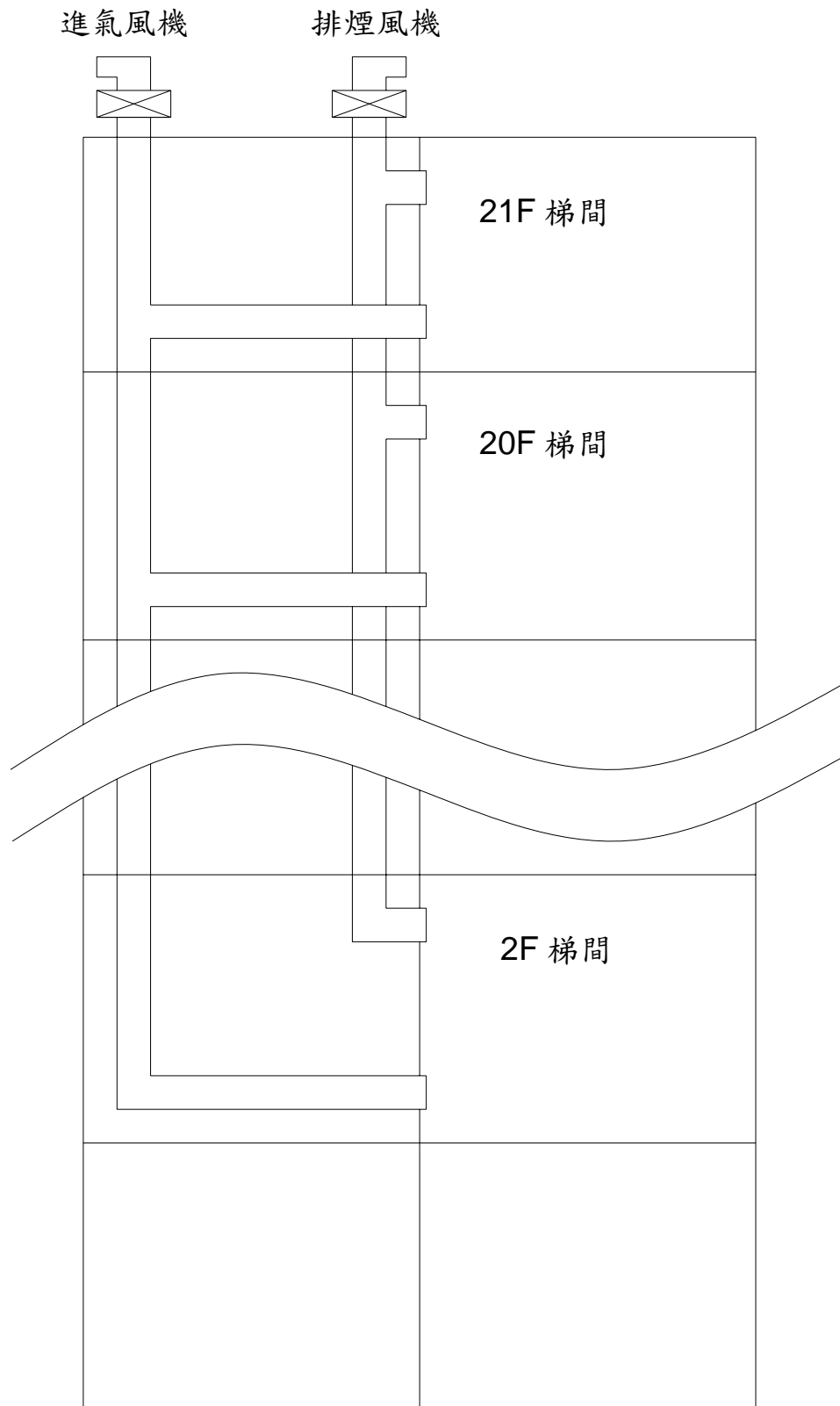


### 案例一、某醫療院所 B4F 區劃平面圖



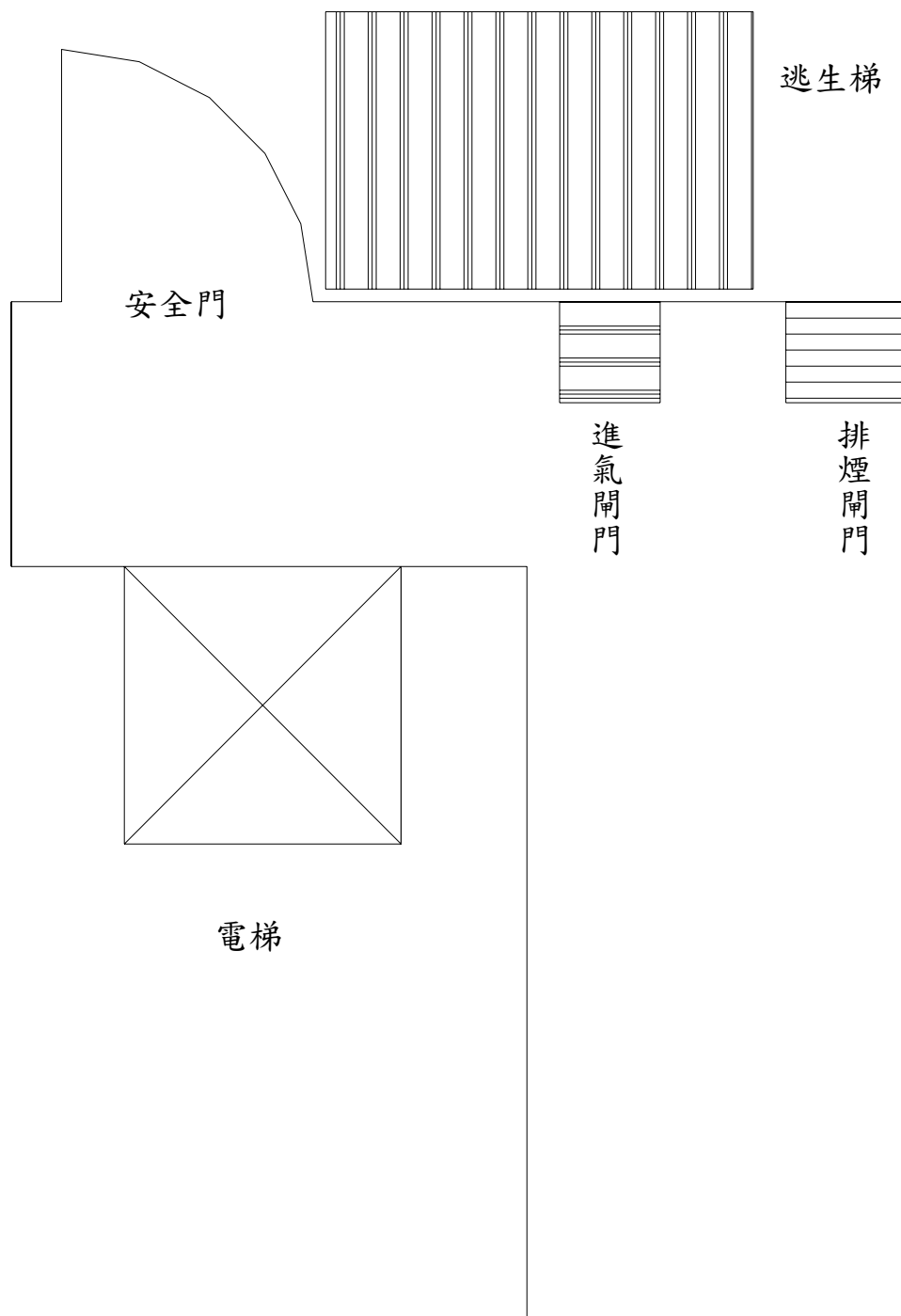
某醫療院所 B4F 梯間平面圖

## 案例二、某住宅大樓梯間排煙/進氣管道圖



某住宅大樓梯間排煙/進氣管道圖

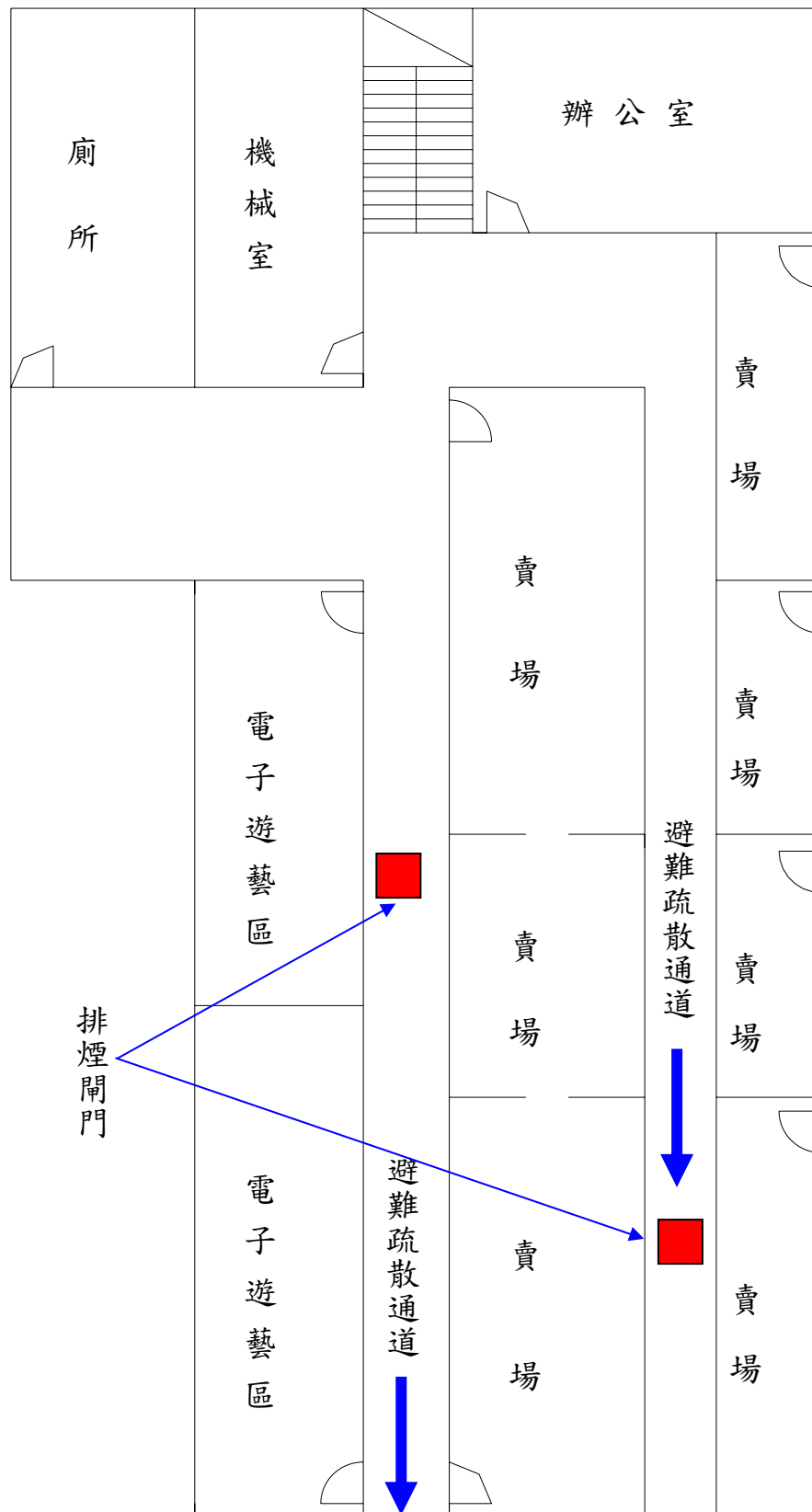
### 案例二、某住宅大樓梯間平面圖



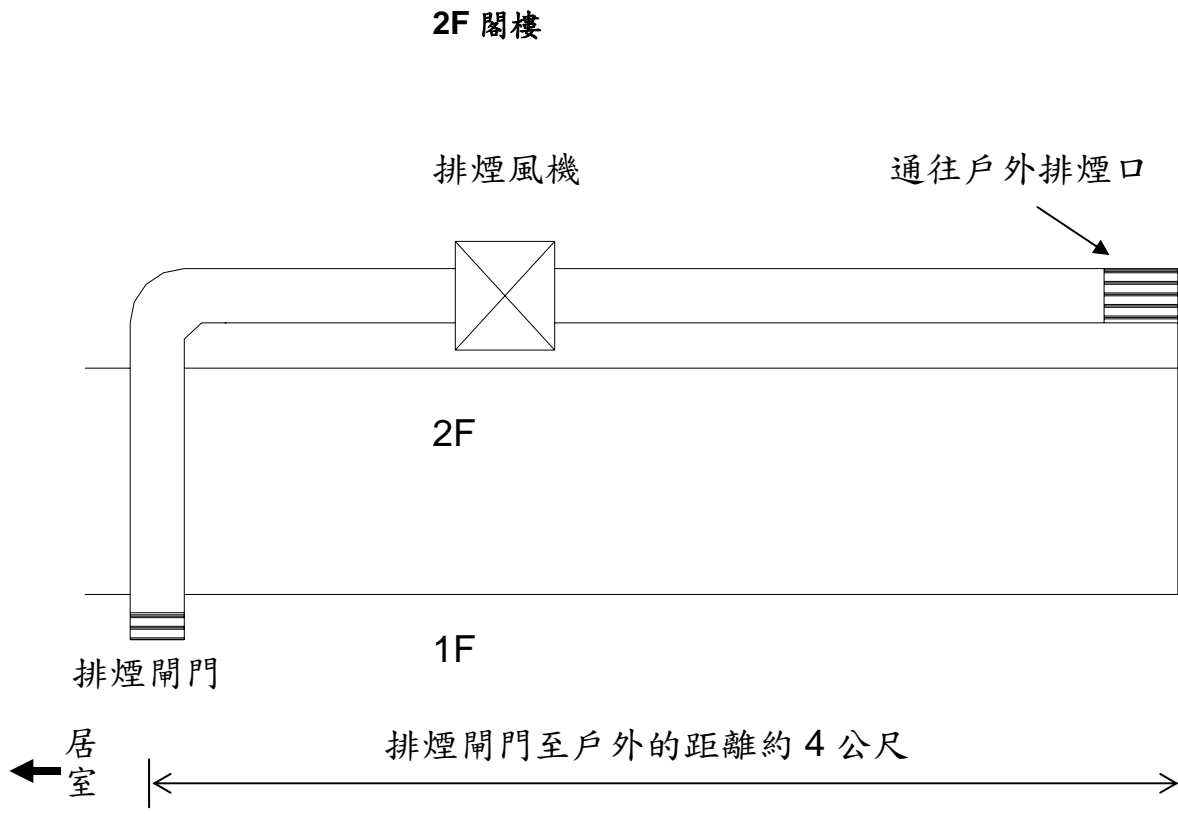
某住宅大樓梯間平面圖 (2F 與 21F)



### 案例三、某綜合賣場平面圖



### 案例三、某綜合賣場排煙系統管道示意圖



某綜合賣場排煙管道示意圖

建築火災煙控性能提升之研究

原有合法建築物防火避難空間防煙改善技術與驗證之研究

## 附錄五、期末會議記錄

建築火災煙控性能提升之研究

原有合法建築物防火避難空間防煙改善技術與驗證之研究

## 內政部建築研究所 函

地址：台北市敦化南路2段333號13樓

承辦單位：安全防災組

聯絡人：李鎮宏

聯絡電話：(06) 2392755 轉 1208

傳真電話：(06)2392701

電子信箱：bomin22@abri.gov.tw

受文者：財團法人中華建築中心

發文日期：中華民國94年12月5日

發文字號：建研安字第0940006211號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：無

附件：如主旨

主旨：檢送本所九十四年度委託研究計畫「建築火災煙控性能提升之研究【子計畫一：原有合法建築物防火避難空間防煙改善技術與驗】、【子計畫二：室內中庭及大空間煙氣曾對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】」及協同研究計畫「創新建材防火及煙毒性能研究(1/2)」等三案期末聯合研討成果審查會議紀錄乙份，請 查照。

子收文

正本：鄭組長元良、許建築師宗熙、蔡教授允漢、吳專門委員俊瑩、莊組長素琴、陳教授俊勳、財團法人中華建築中心、陳組長建忠、雷研究員明遠、李副研究員其忠、李助理研究員鎮宏

副本：本所安全防災組、台南防火實驗室

共1頁 第1頁

94. 12. 05.下午

0941002817

內政部建築研究所

94年度建築研究計畫聯合研討會第11場次會議紀錄

- 一、時間：94年11月21日(星期一)上午9時
- 二、地點：台北科技大學建築系8樓(台北市忠孝東路3段1號)
- 三、主持人：鄭元良 記錄：李鎮宏
- 四、與談人：

許建築師宗熙

\_\_\_\_\_

吳專門委員俊登

吳俊登  
\_\_\_\_\_

莊組長素琴

莊素琴  
\_\_\_\_\_

蔡教授尤溪

蔡尤溪  
\_\_\_\_\_

## 五、計畫簡報：(略)

## 六、審查意見：

### (一)、委託研究計畫「建築火災煙控性能提升之研究」

子計畫一：「原有合法建築物防火避難空間防煙改善技術與驗證之研究」

#### 1. 莊組長素琴

- √(1) P.42 圓形風管中，管徑 110cm 以上按照 CNS 2726 規定，建議同一國家標準第一次引用時加註中文名稱，如：CNS 2726「鼓風機試驗法」，以便審查或使用時可直接了解該標準之內容。
- √(2) P.94 圖 6.1 實地調查評估步驟流程圖中，第一步驟即為「提出改善策略建議方法」是否有誤？因若尚未進行評估，如何提出改善策略。
- √(3) 另 P.67、P.68 中，有數處的公式函數符號顯示為□，請研究單位再予檢核一下是否列印錯誤。

#### 2. 蔡教授光溪

- (1) 排、進風機如設置於防火區劃隔間內，如何考量其設備之阻火、防煙效用。
- (2) 研究中提出有部分建築物排煙閘門因受限於結構配置

而造成能量不足，建議加以提出具體改善方案。

3. 吳專門委員俊瑩

- (1) 因本案涉及結構或室內裝修上之設限，致實際操作應用  
程面上有些與困難度，建議將改善問題之態樣加以分  
類。

4. 鄭組長元良

- (1) 建議針對不同用途建築物加以分析提出具體改善方案。

5. 陳組長建忠

- (1) 舊有建築物排煙因法規逐年更新，如何使其具體改善而  
能符合相關法規之規定，請提出具體改善方案。
- (2) 有關防火避難評定中 Route C 之排煙計算公式，可否應  
用本案之研究成果加以簡化，供建築師設計獲其有評估  
資格應用。

(二)、委託研究計畫「建築火災煙控性能提升之研究」

子計畫二：「室內中庭及大空間煙氣曾對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。」

1. 莊景琴組長：

- (1) 本試驗場所依法規之規定，排煙風量為 30Hz 時即達法  
規之規定值 (P.40)，本研究亦以風機轉 30Hz 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40Hz，可否敘明運轉頻率為何設定為40Hz之緣由。

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

### 2. 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現制條件。
- (2) 因煙氣層流作用可能導致探測器失效，如何改善及因應。

### 3. 吳專門委員俊登

- (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。
- (2) 建議將受信機連動時間程序圖加以增列說明。
- (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。
- (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。

4. 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）。

5. 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。
- (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。

(三)協同研究計畫「創新建材防火及煙毒性能研究 (1/2)」案

1. 莊素琴組長：

- (1) 本研究案因屬比較性研究案，雖已針對不同實驗室之實驗結果進行線性回歸，求得其相關性，惟因各單位實驗結果之表格呈現方式不同，不易直接觀察出不同單位試驗結果之差異性，建議相同試驗之綜合性表單格式應統一，如：圓錐量熱儀之試驗結果表 15 (P.31) 及表 18 (P.36) 之表示法統一。另單材耐燃測試 (SBI) 中，似未例出兩實驗室間之比對結果，建議增列不同實驗室

之實驗結果。

- (2) 另各名詞之表示法亦請統一，以表 15 及表 18 內之名詞為例，表 15 中「引燃 180 秒平均熱釋放率」、表 18 則為「平均 180 秒熱釋放率」；表 15 中「熱釋放率峰值」是否為表 18 中「最大之熱釋放率」；表 15 中「熱釋放率峰值時間」是否為表 18 中「點燃時間」。

## 2. 蔡教授允溪

- (1) 建議將本研究案的測試標準明確化及一致性。
- (2) 請將本次簡報的比對結果納入成果報告書。

## 3. 吳專門委員俊登

- (1) 有關實驗儀器的比對，希望將使用儀器方法列出，並調整到同一水平，以避免在不同地方使用相同儀器的差異性。
- (2) 建議將建材燃燒生成物納入以後年度研究計畫，透過建材燃燒後產生的氣體分析研究，來做為製造商加入建材內藥劑的參考，以避免使用燃燒後會產生致命危害物質的藥劑。

4. 鄭組長元良

(1) 請對有關歐盟分類等級與分類標準做簡要介紹。

5. 其他來賓意見

(1) 請說明煙生成率計算方法。

6. 業務單位意見

(1) 報告書結論 3 表示試體含水量太高其熱釋放率峰值及煙生

成率會直接受到影響，所以實驗最好不要在相對濕度相差太

大之環境下進行。但是 SBI 試驗規範對此並無規定，請提供

相對濕度值相差多少時不可進行實驗。

七、主席結論：

(一) 以上三案之與談人員及與會貴賓意見，請業務單位詳實記錄。

(二) 以上三案符合預期研究目標及進度，原則上審查通過，請主持人或協同研究主持人參考上述意見配合修正並據以後續作業辦理。

八、散會（上午十二時）

建築火災煙控性能提升之研究

原有合法建築物防火避難空間防煙改善技術與驗證之研究

## 參考書目

1. Busby A.L. and Pigman G.L.,“Roof Ventilation Requirements for Industrial Plants”, Final Report Project Number L-565, Armour Research Foundation, Chicago, 1955.
2. Factory Mutual Engineering Corporation, “Heat Vents and Fire Curtains, Effect in Operation of Sprinklers and Visibility”, Factory Mutual Research Corporation, Norwood MA, 1956.
3. Lougheed G.D., “Expected size of shielded fires in sprinklered office buildings” ,ASHARE Transactions 103(1):395-410, 1997.
4. K.B. McGrattan, H.R. Baum, R.G. Rehm, G.P. Forney, J.E. Floyd, “The Future of Fire Simulation at NIST”, Fire Protection Engineering, Issue No. 13, pp. 24-36.
5. Kisko T.M., Francis R.L., 1985, “ EVACNET+ : A Computer Program to Determine Optimal Evacuation Plans”, Fire Safety Journal, pp.211-220.
6. Gunnar G. Lovas, 1998, “Model of wayfinding in emergency evacuations”, European Journal of Operational Research, vol. 105, pp.371-389.
7. Gwynne, S. , Galea, E.R., Owen, M. And Lawrence, P.J., “Escape As A Social Response”, Published By The Society Of Fire Protection Engineers, 1999.
8. National Fire Prevention Association., “Guide for smoke and heat venting”, 204M. Quincy, Massachusetts, 1982.
9. Heskstad G., “Model study of automatic smoke and heat vent performance in sprinklered fires”, Factory Mutual Research Corporation Technical Report FMRC Serial no.21933 RC74-T-29. Norwood, Massachusetts, FRMC, 1974.
10. “Fire Dynamics Simulator-Technical Reference Guide.” NIST, National Institute of Standards and Technology, 2001.
11. 2004, 建築物防火避難安全性能驗證技術手冊，內政部建築研究所專題研究計劃成果報告
12. 鍾基強，2001，性能式煙控與避難系統設計，全華科技圖書股份有限公司。