

10415B0010

空調兼排煙與天花板空間蓄煙 暨加壓防煙設計技術之研究

主 持 人：何明錦 所長

協同主持人：蔡尤溪 教授

研 究 員：雷明遠、李其忠、羅啟文

研 究 助 理：林啟基、楊森州、卓鴻傑

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 104 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

目 錄

目 錄	i
圖目錄	v
表目錄	ix
摘 要	xi
ABSTRACT.....	xiv
第一章 緒論	1
第一節 研究背景與研究動機	1
第二節 研究目的	8
第三節 研究方法與研究流程	9
第四節 文獻回顧	10
第二章 國內外標準與規範	13
第一節 國內\相關法規、標準與準則	13
第二節 本計畫擬參考之國際標準	15
第三節 國際標準重點截錄	19
2.3.1 NFPA 90A, Handbook, 2015.....	19
2.3.2 NFPA 92, Standard, 2015	22
2.3.3 IBC Handbook, 2012.....	23
第三章 電腦數值模擬與 FDS 程式說明	25
第一節 電腦數值模擬方法	25
第二節 電腦數值模擬區劃	27
第三節 FDS 程式說明	28
第四節 FDS 統御方程式	29
第五節 FDS 程式採用說明	31
第四章 模擬相關應用理論及參數	33
第一節 火源設計與規模	33
4.1.1 火源設計	33

4.1.2	火源規模	35
第二節	煙生成率與釋熱率之關係	36
第三節	煙層高度與煙層溫度	37
第四節	格點獨立分析	39
第五章	空調兼用排煙研究	43
第一節	實例實地現堪及案例分析	43
5.1.1	實例實地現堪	43
5.1.2	案例分析	45
第二節	空調兼用排煙系統之介面問題分析	46
第三節	模型說明	48
第四節	模擬情境說明	49
5.4.1	煙塵隨空調風管蔓延問題	49
5.4.2	空調系統與排煙系統相互干擾	49
5.4.3	空調兼用排煙的可行性	51
第五節	模擬結果說明	52
5.5.1	煙塵隨空調風管蔓延	52
5.5.2	空調系統與排煙系統相互干擾	54
5.5.3	空調兼用排煙的可行性	56
5.5.4	模擬結論	56
第六節	現場實驗	57
5.6.1	實驗規劃說明	57
5.6.2	實驗環境說明	58
5.6.3	實驗結果說明	62
第六章	安全梯間加壓防煙設計檢討	69
第一節	梯間加壓問題研究	69
第二節	我國相關防煙法規	71
第三節	國內特別安全梯間加壓規範之建議	77
第四節	安全梯間加壓防煙設計技術手冊	80
	更新版之規劃	80

第七章	天花板空間蓄煙之排煙系統可行性研究	83
第一節	研究回顧	83
7.1.1	以天花板上方為蓄煙空間，並設置排煙口進行排煙模擬分析 ..	83
7.1.2	其他相關研究結果	85
7.1.3	研究結果綜整	87
第二節	工法探討	88
7.2.1	電腦數值模擬	88
第八章	建議	105
第一節	空調兼排煙之建議	105
8.1.1	空調兼用排煙系統之介面建議	105
8.1.2	空調兼用排煙系統之注意事項	106
第二節	國內特別安全梯間加壓規範之建議	107
第三節	天花板空間蓄煙之排煙系統建議	108
8.3.1	工法探討	108
附錄	109
附錄 1	計畫審查會議回應表	109
附錄 2	期中審查回覆表	111
附錄 3	期末審查回覆表	113
附錄 4	專家學者座談會回覆表	115
附錄 5	NFPA 90A (2015)相關章節中文摘譯	117
附錄 6	NFPA 92 (2015)相關章節中文摘譯	145
附錄 7	安全梯間加壓防煙設計技術手冊更新版	185
參考文獻	297

圖目錄

圖 1.1	氣壓控制形成壓力梯度之逃生示意圖	2
圖 1.2	案例安全梯加壓及排煙室設備位置示意圖	2
圖 1.3	案例空調防排煙系統示意圖	3
圖 1.4	煙塵擴散平面圖	4
圖 1.5	產房內部燒毀情景(靠天井走廊側).....	5
圖 1.6	護理站前走廊上方天花板送風口有煙滲漏情形	5
圖 1.7	護理之家病房區天花板送風口呈燻黑狀態，顯示濃煙已擴散至此。	6
圖 1.8	走廊天花板空調送風口因熱煙溫度影響而變形	6
圖 1.9	天花板蓄煙區示意圖	7
圖 1.10	研究流程圖	9
圖 2.1	NFPA 90A, Standard, 2015	18
圖 2.2	NFPA 90A, Handbook, 2015.....	18
圖 2.3	NFPA 92, Standard, 2015	18
圖 2.4	IBC Handbook, 2012	18
圖 2.5	防煙區劃示意圖	19
圖 2.6	醫院的防煙區劃示意圖	23
圖 3.1	FDS 模擬程式與 Smokeview 程式架構圖	28
圖 4.1	T-Square 火災成長曲線圖	34
圖 4.2	煙層分佈示意圖	37
圖 4.3	格點分析火源熱釋放率	40
圖 4.4	量測點分布圖	41
圖 4.5	格點分析溫度分布(Z = 2.0 m，沿 X 軸向 1.5 m 位置).....	41
圖 4.6	格點分析溫度分布(Z = 2.0 m，沿 Y 軸向 1.5 m 位置).....	42
圖 5.1	現勘圖-實例單位	43
圖 5.2	現勘圖-實例建築外觀	43
圖 5.3	現勘圖-實例建築外觀	44

圖 5.5	現勘圖-會議室	44
圖 5.6	現勘圖-倉庫	44
圖 5.4	現勘圖-辦公區域	44
圖 5.7	現勘圖-茶水間(空調機房)	44
圖 5.8	建築平面圖	45
圖 5.9	VAV 空調系統之控制流程圖	46
圖 5.10	空調兼排煙風門增設示意圖	47
圖 5.11	空調回風示意圖	48
圖 5.12	Case 1 & Case 2 模型示意圖	50
圖 5.13	Case 3 & Case 4 模型示意圖	50
圖 5.14	Case 5 模型示意圖	51
圖 5.15	Case 1 煙塵及溫度分布範圍(66s)	52
圖 5.16	Case 1 煙塵及溫度分布範圍(600s)	52
圖 5.17	Case 2 煙塵及溫度分布範圍(84s)	53
圖 5.18	Case 2 煙塵及溫度分布範圍(600s)	53
圖 5.19	Case 3 煙塵及溫度分布範圍(78s)	54
圖 5.20	Case 3 煙塵及溫度分布範圍(600s)	54
圖 5.21	Case 4 煙塵及溫度分布範圍(600s)	55
圖 5.22	Case 5 煙塵及溫度分布範圍(600s)	56
圖 5.23	實驗設備分布圖	60
圖 5.24	煙霧產生機	61
圖 5.25	煙塵進入會議室天花板上方空間	62
圖 5.26	煙塵經由天花板上方空間水平擴散到隔壁倉庫	62
圖 5.27	煙塵經由天花板上方空間水平擴散到隔壁倉庫	63
圖 5.28	煙塵經由天花板上方空間水平擴散到隔壁倉庫	63
圖 5.29	煙塵經由天花板上方空間水平擴散到隔壁倉庫	63
圖 5.30	煙塵被空調風機吸入	64
圖 5.31	煙塵經由空調風管輸送到各個送風口造成煙塵擴散	64
圖 5.32	煙塵經由空調風管輸送到各個送風口造成煙塵擴散	65

圖 5.33	煙塵經由空調風管輸送到各個送風口造成煙塵擴散	65
圖 5.34	煙塵經由空調風管輸送到各個送風口造成煙塵擴散	65
圖 5.35	煙塵經由送風口吸入可藉由空調風管將煙塵排出室外	66
圖 5.36	煙塵經由送風口吸入可藉由空調風管將煙塵排出室外	66
圖 5.37	煙塵經由送風口吸入可藉由空調風管將煙塵排出室外	67
圖 5.38	煙塵經由送風口吸入可藉由空調風管將煙塵排出室外	67
圖 5.39	煙塵經由送風口吸入可藉由空調風管將煙塵排出室外	67
圖 6.1	室外安全梯設計案例(法國某大學宿舍).....	70
圖 6.2	室外安全梯設計案例(交通設施建築物).....	70
圖 6.3	特別安全梯加壓與排煙室設計案例	76
圖 6.4	通廊加壓與排煙室設計案例	82
圖 7.1	天花板蓄煙模擬空間示意圖-俯視圖	84
圖 7.2	天花板蓄煙模擬空間示意圖-側視圖	84
圖 7.3	煙層下降時間比較 (1)	92
圖 7.4	煙層下降時間比較 (2)	93
圖 7.5	CASE-A0-3 (無排煙-有蓄煙) 天花板上方煙層溫度	94
圖 7.6	CASE-A1 天花板上方煙層溫度	94
圖 7.7	CASE-A2 天花板上方煙層溫度	95
圖 7.8	CASE-A3 天花板上方煙層溫度	95
圖 7.9	CASE-A4 天花板上方煙層溫度	96
圖 7.10	CASE-A2 第一點天花板上下壓力及壓差變化	96
圖 7.11	CASE-A2 第二點天花板上下壓力及壓差變化	97
圖 7.12	CASE-A2 第三點天花板上下壓力及壓差變化	97
圖 7.13	CASE-A2 第四點天花板上下壓力及壓差變化	97
圖 7.14	CASE-A2 第五點天花板上下壓力及壓差變化	97
圖 7.15	CASE-A2 第六點天花板上下壓力及壓差變化	98
圖 7.16	不同有效流動面積 (8%、6%、4%、2%、1%) 之煙層下降時間	99
圖 7.17	CASE-B4 第一點天花板上下壓力及壓差變化	99
圖 7.18	CASE-B4 第二點天花板上下壓力及壓差變化	99

圖 7.19 CASE-B4 第三點天花板上下壓力及壓差變化	100
圖 7.20 CASE-B4 第四點天花板上下壓力及壓差變化	100
圖 7.21 CASE-B4 第五點天花板上下壓力及壓差變化	100
圖 7.22 CASE-B4 第六點天花板上下壓力及壓差變化	100
圖 7.23 天花板上方排煙區劃設置方式差異比較	101
圖 7.24 CASE-A2 與 CASE-C1 之煙層下降時間比較	102

表目錄

表 4.1	火源成長模式的係數	34
表 4.2	火災規模估計值	35
表 4.3	火災模擬格點獨立分析案例	40
表 5.1	各模擬案例條件說明	49
表 5.2	各模擬案例結果說明	56
表 5.3	各實驗案例條件說明	57
表 5.4	改裝前後對表	58
表 6.1	消防法規部份	71
表 6.2	建築法規部份	73
表 6.32	安全梯間加壓防煙設置規範之簡列	79
表 7.1	研究結果綜整	87
表 7.2	格點統計表	89
表 7.3	模擬項目統計說明表	91
表 7.4	煙層下降時間統計表	93
表 8.1	天花板上作為蓄煙空間之可行工法建議項目表	108

摘要

關鍵詞：空調兼排煙、梯間加壓、天花板空間蓄煙

一、研究緣起

過去火災案例(如臺南市北門醫院火災及全國護理之家)發現空調設備之設置型態實有影響排煙設備效能之虞。國外之設計規則已列空調兼排煙應用，我國本項實施案例不多，具性能驗證之實例較少之下，須了解火災發生時，空調與排煙設備間之交互影響，評估空調兼用排煙使用之實務作法及其可行性。天花板空間蓄煙並排煙，於前期研究電腦模擬結果發現天花板空間蓄煙排煙，有利於防煙區劃內居室之排煙。另近年來，防火排煙技術已演進到用正壓防止煙流入逃生通道及控制煙流入非火災區域，內政部建築研究所 90 年研究計畫已有完成安全梯間加壓防煙設計技術手冊，但考量近年來加壓防煙技術之高度發展，實有就現行成熟之技術進行研討，並修正上開技術規範，延伸氣壓梯度應用，提昇逃生避難之安全性。

二、研究方法

(一)文獻回顧：

本計畫先從蒐集美國、中國及日本等國有關排煙及空調兼排煙之標準，或相關手冊進行中文摘譯及分析，以國外相關設計規範進行比較分析，作為我國法規及規範修訂之參考。

(二)學者專家座談會：

本計畫舉辦兩場學者專家座談會，邀請相關學者專家、建築師及空調技師、消防設備師、政府相關主管單位等代表提供建言，針對空調型態影響排煙、空調與排煙兼用、天花板蓄煙，以及梯間加壓提升安全避難等議題，對本計畫期程內研究成果提出階段性建議，使本案結論更加完善。

(三)電腦軟體模擬及實驗驗證：

透過實測建築案例之蒐集整理，以及電腦模擬分析等研究方法，進行空調型態對排煙之影響之研究。在天花板蓄煙方面除了利用電腦模擬解析之外，也提出可行之控制與工法。

三、重要發現

(一)文獻分析發現，無論歐美日與中國，皆已訂定相關正負壓煙控規範，用於梯間加壓，以及避難途徑上，使逃生方向往較高安全區。在空調兼用排煙方面提供適當的工法，並利用排煙造成負壓與空調供風的正壓效應，提升避難逃生的安全性。

(二)摘譯 NFPA 92「煙控系統標準」2015 版及 NFPA 90A「空調及通風系統安裝標準」2015 版，供產業應用及政府修訂相關法規之參考。

(三)美國建築師聯合會之產業規範 IBC(International Building Code)將具有加壓防煙之特別安全梯視為防煙安全區(smoke proof enclosure)，為疏散逃生之避難區。

(四)本研究電腦模擬發現，以空調風管兼排煙，可防止熱煙擴散到非火災區，避免空調設備與排煙設備交互影響。實例測試發現即使空調停止運轉，熱煙仍然會自風管或天花板上流入鄰近空間，已參考國外文獻提出空調風管兼排煙應注意之設計規範。

(五)經由前案之研究及國外法規文獻之分析，特別安全梯加壓有助於防排煙及救災；且維持非火災區之安全性，可列入我國 Route B 及 Route C 性能式設計之參考。本研究也修改安全梯間加壓防煙設計技術手冊，以國外最新相關規範增修。

(六)本研究發現天花板空間蓄煙排煙之可行性，有助於延緩煙層下降，對於天花板上無分間牆皆優，本研究對於防煙區劃及居室，提出天花板空間蓄煙排煙之適當工法以降低火災風險。

四、主要建議事項

以本計畫研究成果及參考國外法規，結合座談會提供之意見，建議事項如下：

建議一 空調兼用排煙系統之介面建議

空調兼用排煙風管設計基準，包括風門及風管耐溫保溫的差異，控制風門之切換與控制邏輯確實避免空調使用與排煙使用之交互影響，需增設切換的控制風門，以防止煙塵擴散到非火災區域。

主辦機關：內政部消防署、內政部建築研究所

協辦機關：中華民國消防設備師公會全國聯合會、中華民國全國建築師公會、財團法人台灣建築中心

建議二 天花板空間蓄煙之排煙系統建議

經由電腦模擬研究，及與法規設計之模擬結果進行比較，建議以天花板上方為蓄煙空間，並於天花板上方設置排煙口；或以天花板上方為蓄煙空間，於天花板面設置排煙口，並建議天花板上方管線與設備之防火或耐溫性能等工法。

主辦機關：內政部消防署、內政部建築研究所

協辦機關：中華民國消防設備師公會全國聯合會、中華民國全國建築師公會、財團法人台灣建築中心

建議三 梯間加壓防煙

本手冊參考美、英、日及中國之最新規範，提供設計計算之參考，並提出納入 Route B 及 Route C 性能式設計，由加壓防煙之設計概念將通廊、排煙室及梯間安全等級做整體論述，逃生門開啟數與門開時之逆向風速、風機選用與風管(道)之設計、風門規格標準等。

ABSTRACT

Keywords : Air-conditioning and smoke exhaust, staircase pressurization, ceiling space smoke control

1. Introduction

It was known that air-conditioning operation may affect smoke control. However it can be designed for smoke exhaust to elevate fire safety. There are some international standards on zone pressure control. Therefore it is important to investigate the practice and feasible design so to prevent smoke spread to non-fire zones. It was found in a previous research there are benefits of using ceiling space for smoke exhaust, further investigation on the installation would be needed. A handbook written in a previous project has to be updated with newly developed design standards. The handbook needs to be revised.

2. Research methods

It was found in the literature study that many nations such as United States, China and Japan, etc., have established standards regarding integration of ducting for air-conditioning and smoke exhaust. Some of the standards were abstracted into Chinese for further understanding and comparative study.

Two seminars were held to solicit reviews on the findings of this research. The reviewers include professions in architect, air-conditioning, smoke management, and government officials. The reviews were considered in the further investigation.

Computer modeling and field tests were carried out in this research. A building case was tested for the spread of smoke through the ducting and the advantages of integration of ducting of air-conditioning. For the ceiling space smoke exhaust computer and appropriate methods of installation were studied.

3. Important findings

Some of the important findings are as follows:

- (1) The pressurization design standards of many nations such as United States, Japan and China, can be applied to staircase and evacuation routes for fire safety. When the air-conditioning ducting used for smoke exhaust, higher safety during

evacuation can be realized.

(2) NFPA standard 92(2015 edition) and NFPA 90A(2015 edition) were abstracted for practical use and as a reference for government regulation amendment.

(3) IBC(International Building Code) of United States takes pressurized staircase as smoke proof enclosure, as refuge space for timely evacuation.

(4) Field tests show that air-conditioning can be used for smoke exhaust to prevent smoke spread to non-fire zones. The computer modeling verified that it has advantages over the current practice.

(5) Pressurization of staircase can be considered in the performance codes of Route B and Route C, so to maintain the safety of non-fire zones. The previous handbook on staircase pressurization was revised.

(6) Smoke exhaust through ceiling was found to be feasible, either for partition in ceiling or not, slower smoke decent can be achieved. Installation methods were proposed to reduce risk.

4. Proposals

The above research findings are proposed for practical use and in the regulation

(1) The basis of design for integration of ducting of air-conditioning and smoke exhaust includes dampers, insulation and fire proof, damper control, etc., so to prevent fire smoke spread to non-fire zones.

(2) Smoke accumulation in ceiling with smoke exhaust is feasible through the installation of smoke dampers in ceiling and on the ceiling. The facilities in the ceiling space have to be conformed to the requirement of high temperature.

(3) Staircase pressurization was proposed referring to standards of nations such as United States, United Kingdom, Japan and China. Design calculation was provided for practical design. It is proposed that staircase pressurization

be included in the performance codes of Route B and Route C. Holistic approach that considers the entire evacuation routes is to be considered from the lobby to the smoke lobby and finally to the staircase. The calculation scheme includes the door opening, critical air speed, selection of dampers, fans, and ducts are given.

第一章 緒論

第一節 研究背景與研究動機

煙在火災中對人員逃生之影響大於火，煙對生命之危害主要有三方面，一為煙之毒性，一旦吸入後會使人產生昏眩、癱瘓與毒害，二為煙的濃度會降低能見度影響逃生，也會刺激眼睛防礙逃生速度；再者煙擴散的速率遠高於火，會迅速擴散影響至逃生通道。

排煙最早應用於公眾之演藝場所，屬挑高的大空間，以自然或機械排煙使人員在火災時得以逃生，在 1970 年代後先進國家如美國即開始步入煙控設計，對於有很大內週區之大型建築，控制煙的流向以防止煙蔓延逐漸成為防煙之重點。在 1980 年代後又發展為煙害管理(smoke management)之設計概念，將建築作整體防煙之規劃設計，輔以適當控制將火災中生命與財產損失降至最低。

我國防煙區劃之基本觀念為防火區劃、防煙區劃及排煙[1]，在性能式設計已邁進到防止水平及垂直蔓延。煙迅速流竄之通道，以汐止東方科學園區之火災為證，煙熱氣經由水平擴散流入垂直之管道間，經由開口及孔隙向其他樓層蔓延，所以除垂直防煙區劃應予特別重視，水平之區劃亦是防煙之重點。

防煙區劃之主要目的為防止煙自火災室侵入鄰接之區劃內，目前國外多以區域煙控(zone smoke control)之方式，以對火災室排煙及對鄰接區劃加壓防止煙流入，控制煙害及防止火災之蔓延。所謂安全區劃為確保避難安全，係指以適當區劃及設計使避難者在朝向安全性較高的區域前進，並能有暫時停留之安全空間，以達避難之目的。故除蓄煙垂壁及隔間外，應輔以氣壓控制，形成壓力梯度，人員往較高氣壓安全性較高之區域逃生，如圖 1.1[2]。

IBC Handbook, 2012, section 1022 smoke proof enclosure. [3]也明確表示，當形成壓力梯度，人員自第一安全區，逃往第三安全區，加壓防煙特別安全梯可視為防煙安全區。

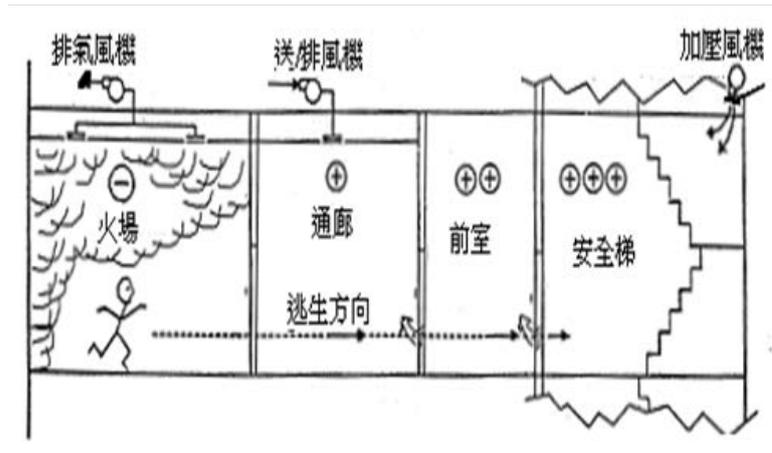


圖 1.1 氣壓控制形成壓力梯度之逃生示意圖
(本圖取自參考文獻[2])

安全梯加壓與排煙室之排煙系統方面，本研究團隊過去[4]曾進行一個實例測試，該大樓分東西側，各樓層之東側及西側分別設置一座特別安全梯如圖 1.2，具有安全梯加壓及排煙室設備，主要防排煙設備包含安全梯送風機、排煙室送排煙機、偵煙式探測器等。排煙室送風機與排煙機係依國內相關消防法規設置，梯間加壓系統係參考國外如 NFPA 92 標準設置[5]，研究結果發現梯間加壓可防止熱煙竄入排煙室及安全梯。當因火災破損之窗口冒出有害氣體及煙霧，若濃煙被吸入至梯間有害氣體恐影響人員安全逃生，因此吸入口若偵測到濃煙時即需關閉該系統，請參閱圖 1.2。故加壓風機之設計，須要考量避免這類情境之發生。

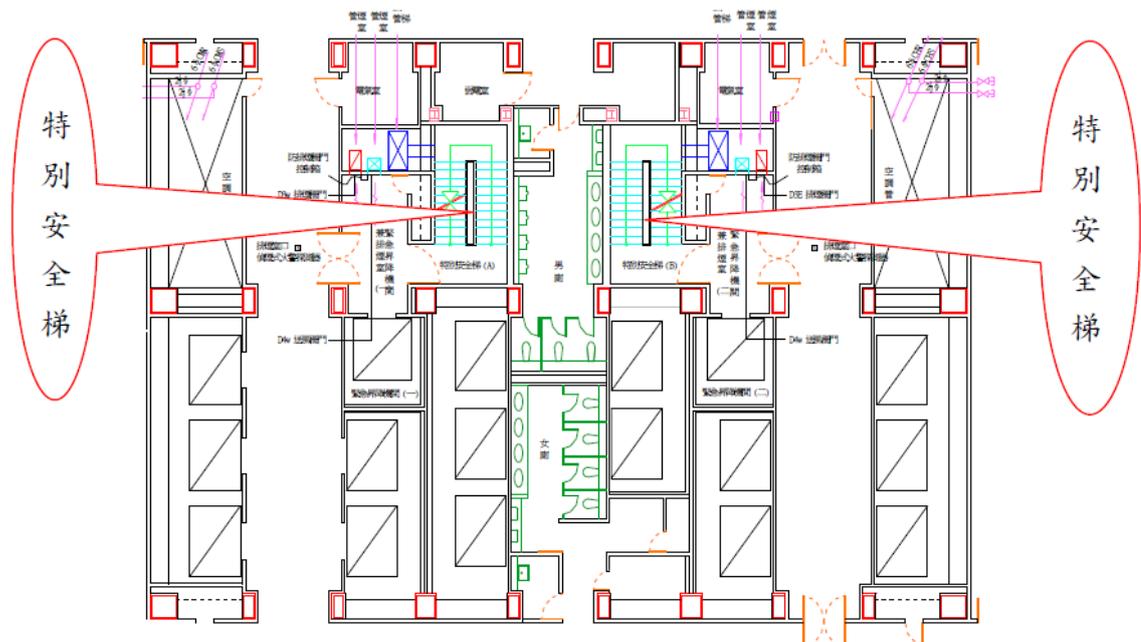


圖 1.2 案例安全梯加壓及排煙室設備位置示意圖
(本圖取自參考文獻[4])

如圖 1.3 該大樓空調系統兼用於排煙，空調由地下層空調箱集中提供各樓層冷風，在各樓層東側及西側各設一處空調送風及回風控制閘門，控制該樓層區域之空調系統開關或開度大小，其回風管內裝設偵煙式探測器，若偵測到煙霧時即連動相關火警設備，維持大樓安全。其以每一樓層為一防排煙區域，於東側及西側各裝設專用排煙機一台，而藉由管道間及空調系統回風管進行排煙，排煙管路屬系統共用。火災發生樓層之上下各兩層，空調系統使用既有設施進行送風加壓，避免熱煙流入，所謂”三明治”防煙設計，以利大樓人員避難逃生。以 30 樓發生火災為例，當樓層 30F 排煙，火災區啟動排煙時所形成負壓區劃，其上下兩樓(樓層 31、32 及 29、28 層) 空調系統同時進行送風加壓形成之正壓區劃，如圖 1.3 所示。

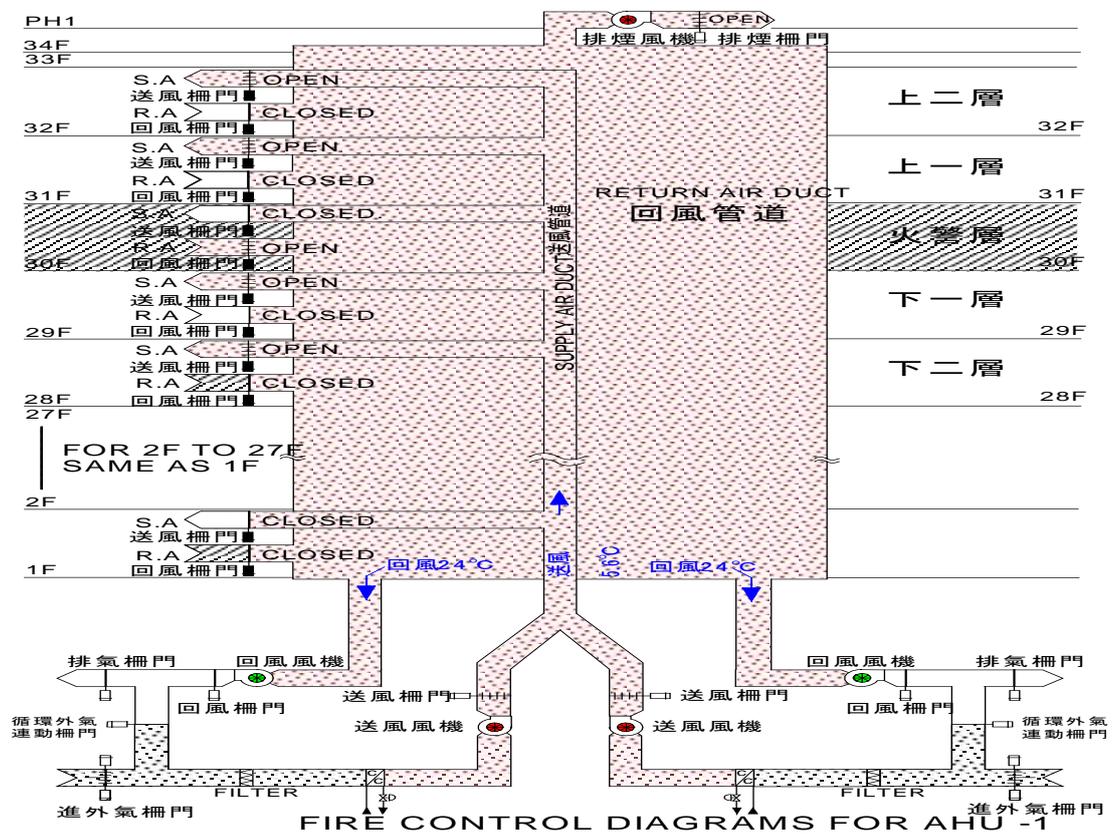


圖 1.3 案例空調防排煙系統示意圖

(本圖取自參考文獻[4])

衛生署新營醫院北門分院，於 101 年 10 月發生火災事故，本次火災計造成 13 人亡，59 人受傷住院。內政部建築研究所安全防災組事後提出火災勘查報告 [6]，報告中指出，起火點為產房(目前當倉庫使用)，煙塵沿著走廊，天花板上空間，藉由空調風管水平擴散到護理之家各病房，如圖 1.4 ~ 圖 1.8 所示。

由北門醫院的案例發現以下問題：

1. 防煙區劃天花板上空間無區隔問題
2. 煙塵自空調風管水平擴散問題



圖 1.4 煙塵擴散平面圖
(本圖取自參考文獻[6])



圖 1.5 產房內部燒毀情景(靠天井走廊側)
(本圖取自參考文獻[6])



圖 1.6 護理站前走廊上方天花板送風口有煙滲漏情形
(本圖取自參考文獻[6])



圖 1.7 護理之家病房區天花板送風口呈燻黑狀態，顯示濃煙已擴散至此。
(本圖取自參考文獻[6])



圖 1.8 走廊天花板空調送風口因熱煙溫度影響而變形
(本圖取自參考文獻[6])

本研究團隊在 102 年計畫[7]研究居室排煙口性能，同時發現居室排煙如利用天花板上方作為蓄煙空間，會延緩煙層之下降，有助於安全逃生，對於一些避難弱勢之場所(醫院、養護機構等)更形重要。天花板蓄煙區示意圖，如圖 1.9 所示。

該計畫亦提出天花板上蓄煙應配合排煙設計與工法，方能達到更佳效果，應進一步研究精進設計與工法。

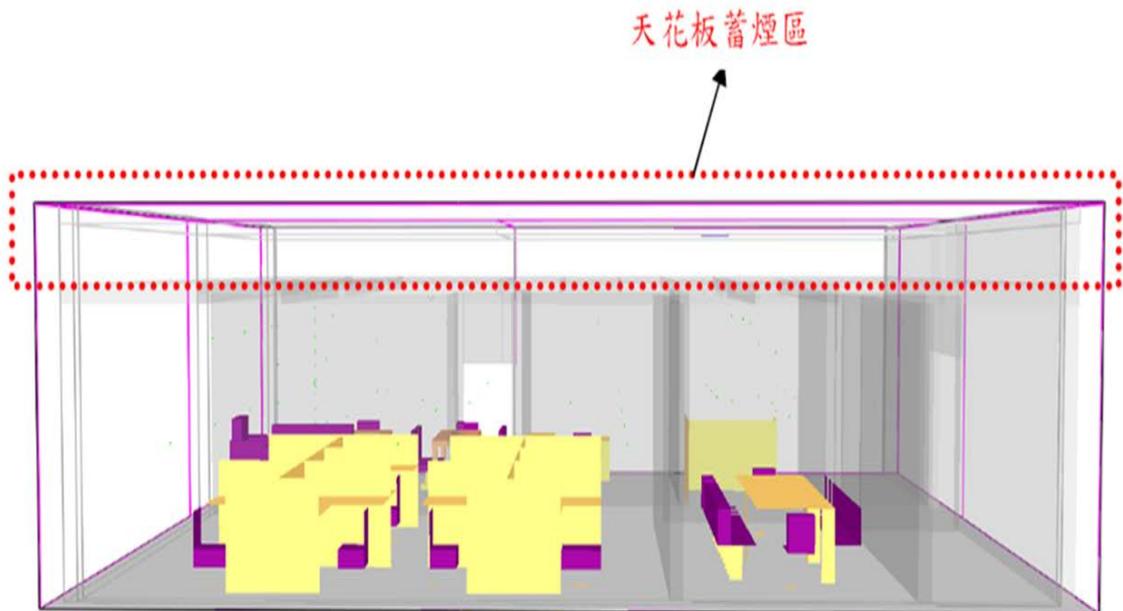


圖 1.9 天花板蓄煙區示意圖
(本圖取自參考文獻[7])

第二節 研究目的

過去火災案例發現空調設備之設置型態實有影響排煙設備效能之虞，早期國外以關閉空調作為因應之控制，如今國外已實施空調兼用排煙之設計與工法。火災發生時，空調及排煙設備間之交互影響及空調兼用排煙使用之實務作法之可行性，實需要瞭解及進行研究。天花板空間蓄煙排煙，見於我國捷運月台層結合空調回風之應用，如上述於前期研究發現天花板空間蓄煙排煙，有利於防煙區劃內居室之排煙。近年來防煙之設計觀念朝向控制煙之流向，並已演進到用氣壓做煙控，以氣壓防止煙流入逃生通道及避免煙流竄至非火災區域，作為提升防火安全的有效手段。本計畫主持人過去曾將研究成果彙編，內政部建築研究所於 90 年 12 月出版安全梯間加壓防煙設計技術手冊。但考量近年來加壓防煙技術之高度發展，實有就現行成熟之技術進行研討，並修正上開技術規範，延伸氣壓梯度應用，提昇逃生避難之安全性。

因此本計畫擬結合三個研究主題：

- (1) 空調兼用排煙使用
- (2) 安全梯間加壓防煙設計與工法之精進
- (3) 結合天花板空間蓄煙排煙之可行性研究

故本計畫預計成果主要產出，空調兼排煙與天花板空間蓄煙排煙具體可行之建議方案，針對安全梯間加壓防煙設計技術手冊，以國外最新相關規範及現行成熟設計技術進行研討，探討增修訂相關法規之必要，以及天花板空間蓄煙排煙設計工法之建議。

第三節 研究方法與研究流程

本研究之流程如圖 1.10。

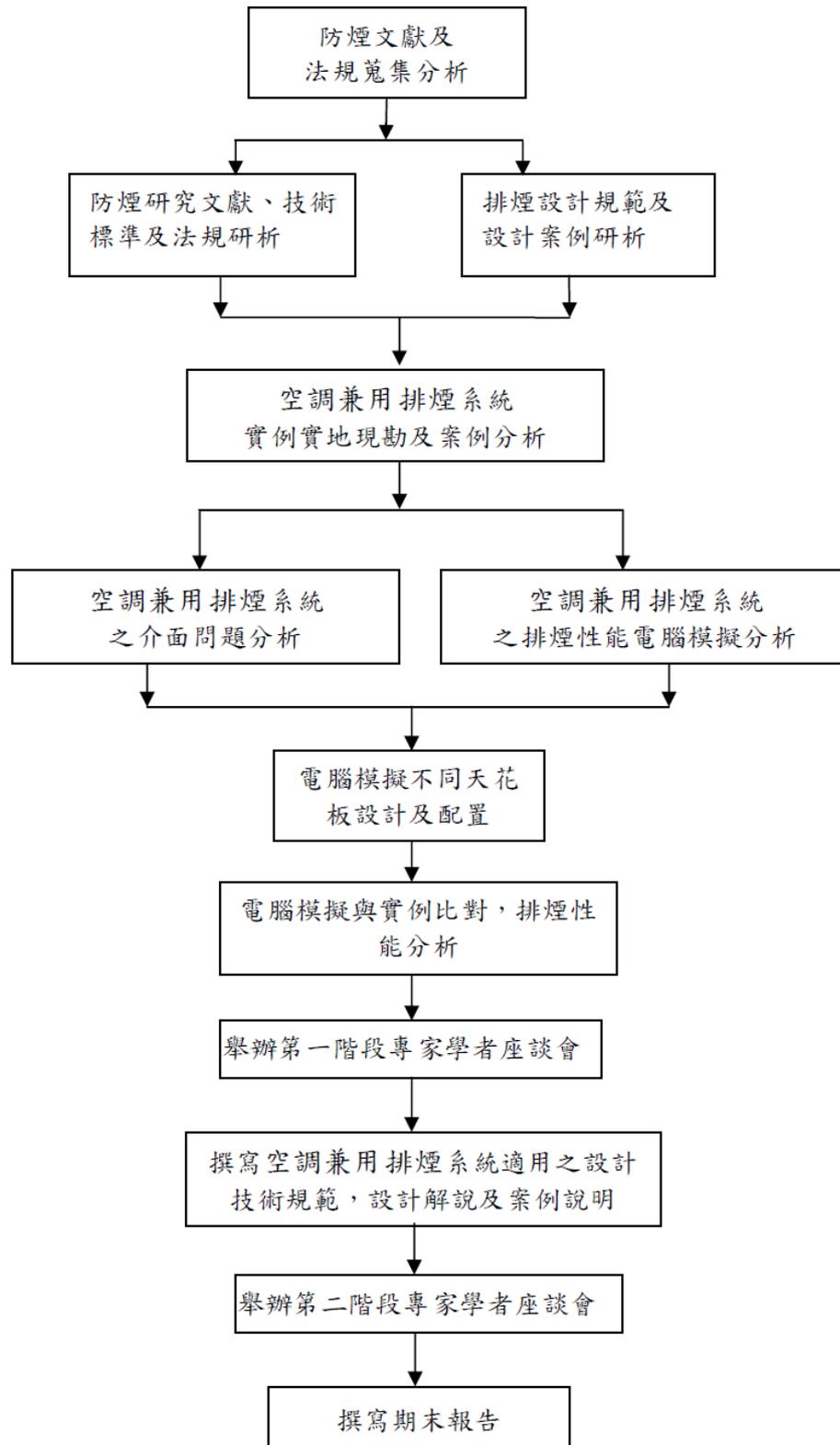


圖 1.10 研究流程圖

第四節 文獻回顧

關於建築物防煙系統有關之設計規範，在國外以 NFPA 92A 為重要參考文件，在 2003 以前之版本，其名稱為 NFPA 92A, Recommended Practice for Smoke-Control Systems[8](煙控系統設計之建議)，為一設計規範(guidance)建議，以壓差方式達到(1)防止煙進入梯間、提供人員疏散、避難區域、電梯管道及類似區域之避難途徑，(2)維持安全逃生環境，供人員疏散、避難所需時間，(3)防止熱煙在防煙區擴散，(4)提供火災區外人員可存活環境，以增加搜救機會及定位、控制火場，(5)保護生命及降低財產損失。其位階基本上為設計規範。

NFPA 92A 於 2006 年版後改稱為 NFPA 92A, Standard for Smoke-Control Systems Utilizing Barriers and Pressure Differences[9]，名稱略作調整，為「使用防煙壁及壓差之煙控系統標準」，而其位階則由設計建議(guidance)提升至標準(standard)之地位，足見壓差煙控系統之重要性及必須性。

2009 年版 NFPA 92A[10]透過 1.梯間加壓，2.正負壓區劃防煙，3.電梯煙控，4.前室，5.熱煙避難區域等設計手法，達到與以往建築物防煙之目標。各設計手法說明如下：

1. 梯間加壓

於梯間設置風機對梯間加壓，以防止煙進入梯間、提供人員疏散所需之允許環境。而風機在不同之開啟門扇數目條件下，以旁通迴路、以壓力感測器與旁通風門連動，或以設置壓力釋放之方式，維持設計之推力。加壓風機可設置於梯間任何位置，以單送風口或多送風口方式對梯間加壓。

2. 正負壓區劃防煙

正負壓區劃防煙，主要係透過空調系統，對不同樓層或防煙區劃之形成不同壓力分布，以防止煙不同防煙區劃流動，提供人員疏散所需之允許環境。

使用正負壓區劃防煙，建築物應分為不同煙控區劃，以防煙壁互相分隔，一個防煙區劃允許由單一或多個樓層組成，一個樓層允許由單一或多個防煙區劃組成。區劃煙控系統動作，排煙區與鄰近非排煙區之壓差，應符合最小設計壓差。排煙應排至建築物外，允許採機械排煙或自然通風。

3. 電梯煙控

有電梯煙控需求時，應設獨立區劃。以防止煙不同防煙區劃流動，提供人員疏散所需之允許環境。

4. 排煙室

排煙室應允許作為建築物煙控系統之一部份，但排煙室未必需要，若有設置排煙室，對排煙室加壓或不加壓均可允許。

5. 熱煙避難區域

區劃煙控系統中非排煙區劃，應允許使用一特定區域對人員避難提供一段時間之保護，或提供熱煙避難區。對避難區鄰近樓梯或電梯，應避免壓力損失，或由於熱煙避難區之煙控與管道煙控互相作用而超過之壓力。

以上標準之修訂乃為因應在建築物火災發生時，火焰及濃煙經常四處流竄至使造成傷亡；樓梯、電梯佈滿濃煙，會阻礙逃生嚴重威脅人們生命與財產。美國冷凍空調學會將「煙」定義為物質於空氣中進行熱分解或燃燒作用，所產生固體、液體微粒子與氣體之混合物[11]，而煙控的目的係在火災發生時煙霧限定在某特定區域內，或是改變煙的流動方向，藉以控制並降低火災區之煙霧蔓延擴散，同時在人員進行疏散時，提供可維生的環境，並利消防人員進行援救工作，降低人員傷亡及財物損失。

故煙控結合空調設計與控制，涉及包含防火區劃、排煙、加壓與氣流控制等等，其種類包含自然及機械煙控系統，煙控系統則是利用機械設備，如風機、風管、閘門等，配合建築空間特性，讓煙的移動範圍受到一定限定，逃生路徑特定空間維持可維生環境，約束煙霧不易進入，以達到煙控制的效果。

目前應用於建築物之機械式煙控系統，建築物主要常使用方式可分為下列三種方式；包含樓梯間加壓煙控系統、正負壓區劃煙控系統與機械式排煙系統等。目前國內相關法規乃以機械式排煙系統為主，包含室內排煙及緊急昇降機間及特別安全梯之進風排煙設備相關規定。而正負壓區劃煙控系統，運用正負壓區劃理論來防止煙滲透擴散進入樓梯間的觀念始於 1960 年，亦即使起火樓層進行負壓，其餘四周形成正壓[2]，此方式為本案研究探討之重點。

第二章 國內外標準與規範

第一節 國內\相關法規、標準與準則

1. 美國 NFPA 等協會，將煙控的目的定義為，使煙霧限定在某特定區域內，或是改變煙的流動方向，藉以控制並降低火災區之煙霧蔓延擴散，提供人員疏散時可維生的環境，並利消防人員進行援救工作。
2. 其可結合空調設計與控制，常使用方式可分為下列三種方式：
 - (1) 樓梯間加壓煙控系統
 - (2) 正負壓區劃煙控系統與
 - (3) 機械式排煙系統等。
3. 目前國內相關法規乃以機械式排煙系統為主，包含室內排煙、緊急昇降機間及特別安全梯之進風排煙設備相關規定。
4. 國外研究具體成果主要呈現在 NFPA 92A。
5. 2003 以前之版本，稱為 Recommended Practice for Smoke-Control Systems(煙控系統設計建議)，其建議主要為以氣壓控制達到：
 - (1) 防止煙進入梯間、提供人員疏散、避難區域、電梯管道及類似區域之避難途徑。
 - (2) 維持逃生環境，供人員疏散、避難所需時間。
 - (3) 防止熱煙在防煙區擴散。
 - (4) 增加搜救機會及定位、控制火場。
 - (5) 保護生命及降低財產損失。
6. 2006 年版後改稱為 NFPA 92A，Standard for Smoke-Control Systems Utilizing Barriers and Pressure Differences，位階由設計建議(guidance)提升至標準(standard)之地位，2009 年版則有五種設計手法，如下：
 - (1) 梯間加壓：於梯間設置風機對梯間加壓。
 - (2) 正負壓區劃防煙：對不同樓層或防煙區劃之形成不同壓力分布。
 - (3) 電梯煙控：有電梯煙控需求時，應設獨立區劃。
 - (4) 排煙室：排煙室為建築物煙控系統之一部份。
 - (5) 熱煙避難區域：允許以一特定區域對人員避難提供一段時間之保護。

以上標準之修訂為防煙技術隨時間之精進，以避免當火災發生時，火焰及濃煙四處流竄至使造成傷亡；樓梯、電梯佈滿濃煙，會阻礙逃生嚴重威脅人們生命與財產。

第二節 本計畫擬參考之國際標準

本計畫擬參考之國際標準為：

1. NFPA 90A, Standard for the installation of Air-conditioning and Ventilating Systems, 2015[12].
2. NFPA 90A, Handbook, 2015[13].
3. NFPA 92, Standard on Smoke Control Systems, 2015[5].
4. IBC Handbook, 2012[3].

NFPA 90A (2015)為最新之版本，該標準提供空調與通風設計與施工單位之遵循，目的為防止煙經由空調系統竄流至非火災區，降低因送風系統所造成之火勢延燒，內容主要為空調系統之設計安裝，本版重點之一為將通風空調與建築營造整合，及提供相關的火警偵測、控制與驗收之準則，相關摘譯如附件 1 所示。

NFPA 90A Standard for the Installation of Air-Conditioning and Ventilating Systems，相關章節如下所示：

Chapter 5 Integration of a Ventilation and Air-Conditioning System(s) with Building Construction

5.1 Air-Handling Equipment Rooms.

5.1.2 Air-Handling Equipment Rooms Used as Plenum Space.

5.1.3 Air-Handling Equipment Rooms That Have Air Ducts That Open Directly into a Shaft.

5.2 Building Construction.

5.3* Penetrations — Protection of Openings.

5.4 Fire Dampers, Smoke Dampers, and Ceiling Dampers.

Chapter 6 Controls

Chapter 7 Acceptance Testing

NFPA 90A Standard for the Installation of Air-Conditioning and Ventilating Systems Handbook 2015，相關章節如下所示：

Chapter 4 HVAC Systems

4.1 General Requirements for Equipment.

4.2 System Components, Outside Air Intakes, Air Cleaners and Air Filters, Fans, Air-Cooling and Heating Equipment.

4.3 Air Distribution.

4.4 Materials.

4.4.1* Noncombustible Material.

Chapter 5 Integration of a Ventilation and Air-Conditioning System(s) with Building Construction

5.1 Air-Handling Equipment Rooms.

5.4.6 Damper Location Information.

Chapter 6 Controls

Chapter 7 Acceptance Testing

最新版的 NFPA 92 標準將過去 92A 與 92B 整合為一，目的為防火與煙控系統之設計，提供最新的工程計算方法、煙控設計程序、及配合建築設備與控制，相關摘譯如附件 2 所示，相關章節如下所示：

Chapter 6 Building Equipment and Controls

6.2* Heating, Ventilating, and Air-Conditioning (HVAC)

6.2.1 General. 空調兼排煙設備之設置位置

6.2.2 Outside Air. 空調系統須要引入外氣加壓

6.2.3 以防煙閘門隔離空調排氣與供風

6.2.4 排氣風機與供風風機之連動

6.3 Smoke Dampers. 符合 ANSI/UL 555S, Standard for Smoke Dampers./UL 555, Standard for Fire Dampers

6.4.3 HVAC System Controls. 將煙控作為最優先控制

IBC Handbook (2012)為美國建築設計規範最新之版本，內容包含了各種建築法規的規定，其中以第 7 章與第 10 章節提到消防相關的規定：

Chapter 7. FIRE AND SMOKE PROTECTION FEATURES

Section 709 Smoke Barriers

Section 710 Smoke Partitions

Section 712 Vertical Openings

Section 713 Shaft Enclosures

Section 717 Ducts and Air Transfer Openings

Chapter 10. MEANS OF EGRESS

Section 1003 General Means of Egress

Section 1009 Stairways

Section 1016 Exit Access Travel Distance

Section 1022 Interior Exit Stairways and Ramps

Section 1023 Exit Passageways

以上標準在某種程度上整合近期加壓防煙方面之技術發展及工法。及空調排煙兼用方面近期之研究成果及精進技術，亦為國外最新標準與法規。

以上標準之封面如圖 2.1~2.4 所示。

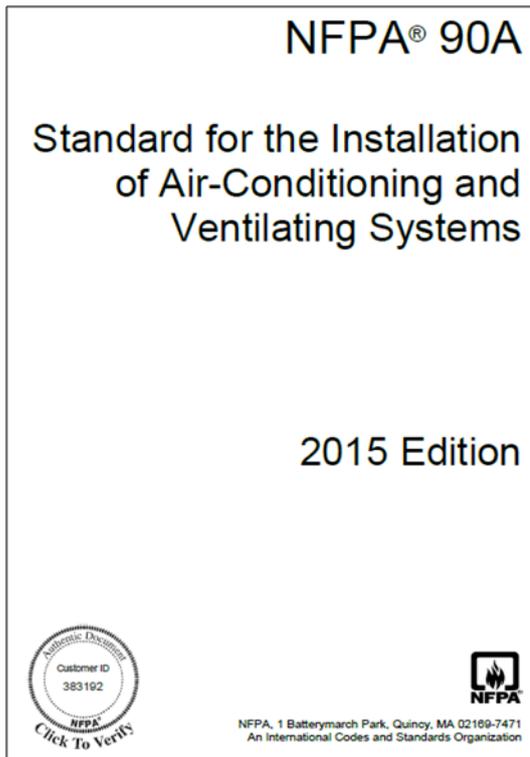


圖 2.1 NFPA 90A, Standard, 2015
(本圖取自參考文獻[12])

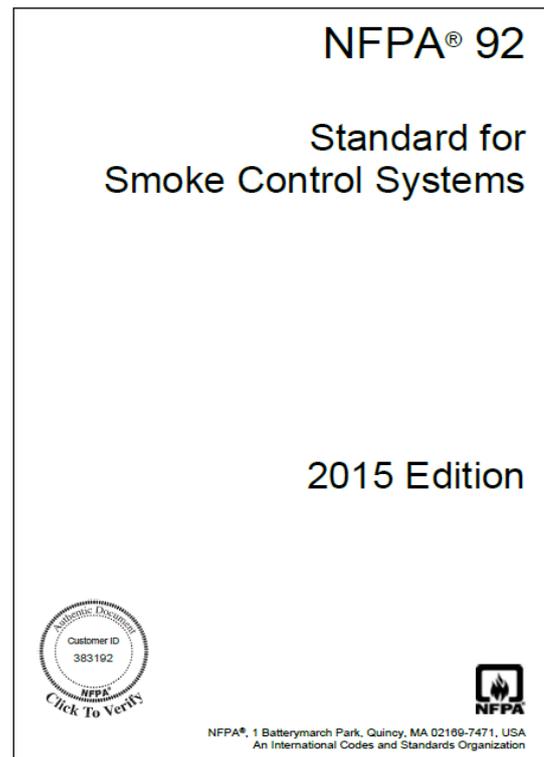


圖 2.3 NFPA 92, Standard, 2015
(本圖取自參考文獻[5])

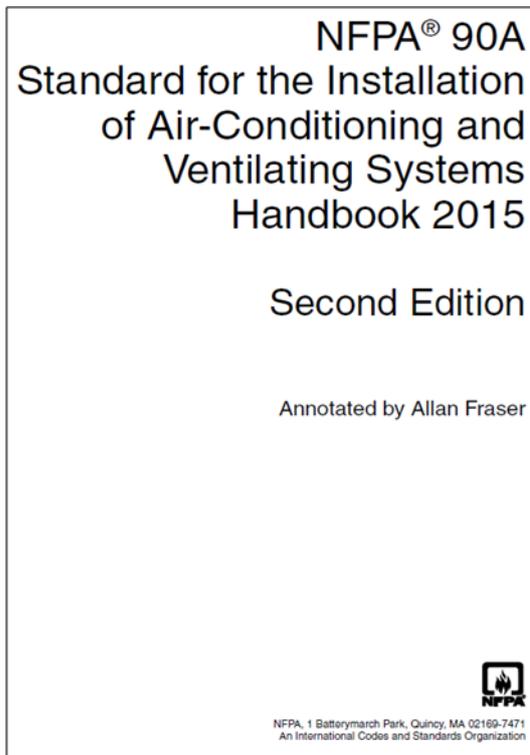


圖 2.2 NFPA 90A, Handbook, 2015
(本圖取自參考文獻[13])

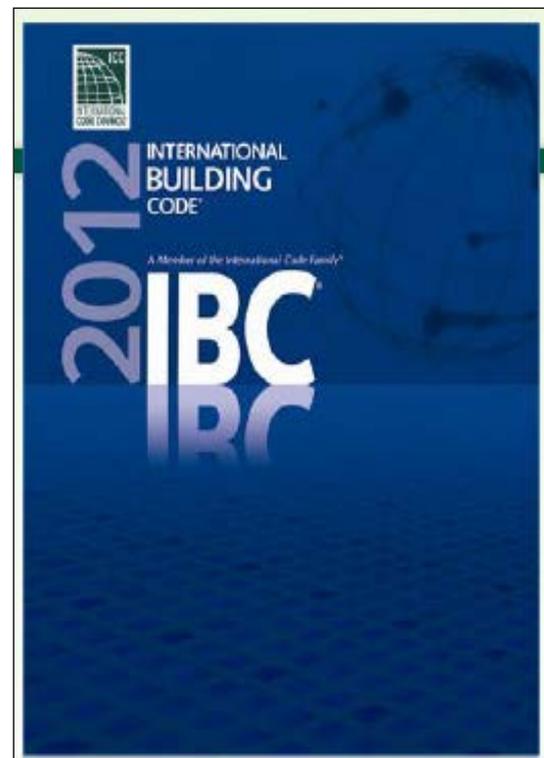


圖 2.4 IBC Handbook, 2012
(本圖取自參考文獻[3])

第三節 國際標準重點截錄

本研究參考各國際標準將其與研究主題相關章節摘譯如附件 1~2 所示，其中重點說明如下：

2.3.1 NFPA 90A, Handbook, 2015

1. 防煙區劃的要求，如圖 2.5 所示。

A.3.3.25 Smoke Barrier. A smoke barrier might be vertically or horizontally aligned, such as a wall, floor, or ceiling assembly. A smoke barrier might or might not have a fire resistance rating. See NFPA101, Life Safety Code, Chapter 8, for additional guidance.

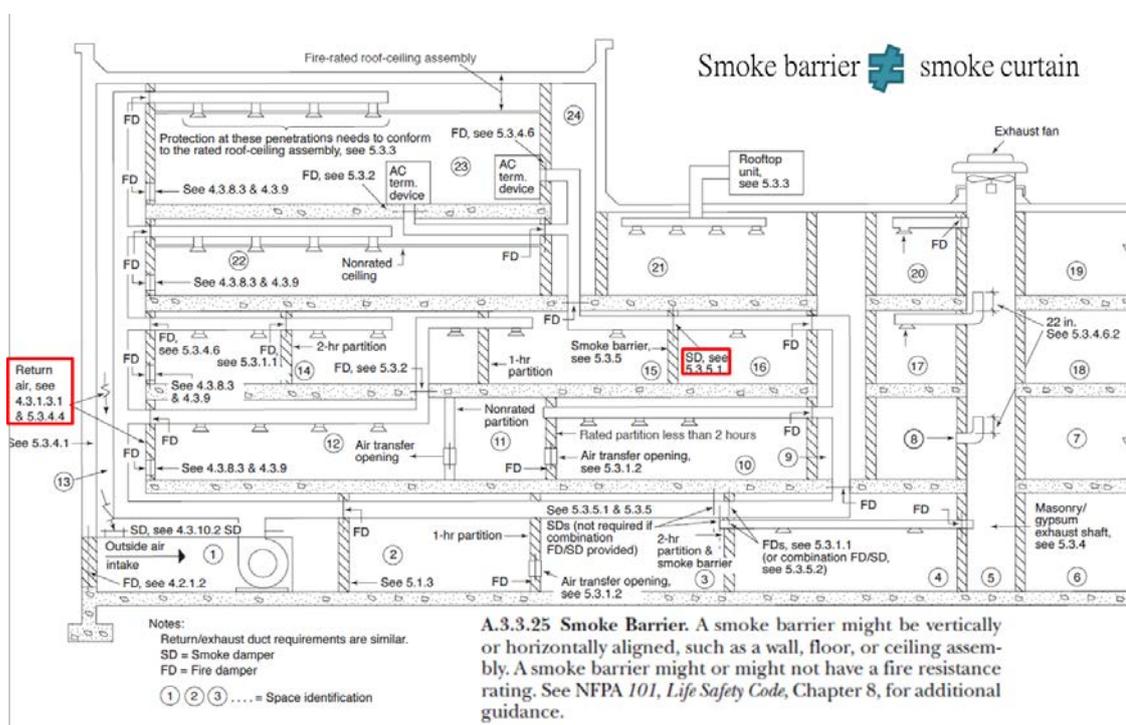


圖 2.5 防煙區劃示意圖
(本圖取自參考文獻[13])

2. 對天花板風道材料的要求

4.3.11.6 Wall or Ceiling Finish in Plenums.

4.3.11.6.1 Wall or ceiling finish in plenums, except as indicated in 4.3.11.6.2, shall be noncombustible or shall exhibit a flame spread index of 25 or less and a smoke developed index of 50 or less, when tested in accordance with ASTM E 84*, Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials, or ANSI/UL 723, Standard for Test for Surface Burning Characteristics of Building Materials, at the maximum thickness intended for use.

*Asbestos-cement board has a FSI value of 0, and red oak wood has 100.
ASTM E 84

*SDI is a measure of the concentration of smoke a material emits as it burns, asbestos-cement board has a value of 0, and red oak wood has 100.

3. 對風管材料的要求

4.3* Air Distribution.

4.3.1 Air Ducts.

4.3.1.1 Air ducts shall be constructed of iron, steel, aluminum, copper, concrete, masonry, or clay tile, except as otherwise permitted in 4.3.1.2 or 4.3.1.3.

4.3.1.2 Class 0* or Class 1* rigid or flexible air ducts tested in accordance with ANSI/UL 181, Standard for Safety Factory-Made Air Ducts and Air Connectors, and installed in conformance with the conditions of listing shall be permitted to be used for ducts where air temperature in the ducts does not exceed 121°C (250°F) or where used as vertical ducts serving not more than two adjacent stories in height.

4.3.1.3 Gypsum Board Air Ducts.

4.3.1.3.1 Gypsum board having a flame spread index not exceeding 25 without evidence of continued progressive combustion and a smoke developed index not exceeding 50 when tested in accordance with ASTM E 84, Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials, or ANSI/UL 723, Standard for

Test for Surface Burning Characteristics of Building Materials, shall be permitted to be used for negative pressure exhaust and return ducts where the temperature of the conveyed air does not exceed 52°C (125°F) in normal service.

*Class 0 - Air ducts and air connectors having surface burning characteristics of zero.

*Class 1 - Air ducts and air connectors having a flame-spread index of not over 25 without evidence of continued progressive combustion and a smoke-developed index of not over 50.

4. 防煙風門之應用

5.3.5 Smoke Barriers.

5.3.5.1 Smoke dampers shall be installed at or adjacent to the point where air ducts pass through required smoke barriers, but in no case shall a smoke damper be installed more than 0.6 m (2 ft) from the barrier or after the first air duct inlet or outlet, whichever is closer to the smoke barrier, unless otherwise permitted by 5.3.5.1.1 through 5.3.5.1.5.

5.3.5.1.1 Smoke dampers shall not be required on air systems other than where necessary for the proper functioning of that system where the system is designed specifically to accomplish the following:

- (1) Function as an engineered smoke-control system, including the provision of continuous air movement with the air-handling system
- (2) Provide air to other areas of the building during a fire emergency
- (3) Provide pressure differentials during a fire emergency

2.3.2 NFPA 92, Standard, 2015

1. 防煙區劃(smoke barrier)是區域防煙的必要條件

4.8* Zoned Smoke Control.

4.8.1 Smoke Control Zones.

4.8.1.1 When zoned smoke control is to be used to provide containment, the building shall be divided into smoke control zones, with each zone separated from the others by smoke barriers.

2. 以自然或強制方法，對外排煙

4.8.2 Smoke Zone Exhaust.

4.8.2.1 The smoke zone exhaust shall discharge to the outside of the building.

4.8.2.2 The smoke zone exhaust shall be permitted to be either mechanical or natural ventilation.

3. 防煙避難區，屬區域防煙系統

8.4.6.6 Smoke Refuge Area.

8.4.6.6.1 A smoke refuge area shall be treated as a zone in a zoned smoke control system.

(1) 電梯間加壓亦屬區域防煙系統

8.4.6.7.3 Elevator Pressurization and Zoned Smoke Control System.

8.4.6.7.3.1 The elevator pressurization system shall be considered as one zone in a zoned smoke control system.

2.3.3 IBC Handbook, 2012.

1. 醫院的防煙區劃(407.5) ，如圖 2.6 所示。

Section 709 Smoke barrier

The use of smoke barrier is assigned to those portions of buildings intended to provide refuge to occupants who may not be able to exit the building in a timely manner.

2. 防煙外殼和加壓樓梯及斜坡

Section 1022.10 Smoke proof enclosures and pressurized stairways and ramp

It is required that all exits in such buildings be smoke proof enclosures or pressurized stairways for each of the exits that serve seven stories where floor surface is located more than 75 feet above the level of fire department vehicle access or more than 30 feet below the level of exit discharge serving such floor level.

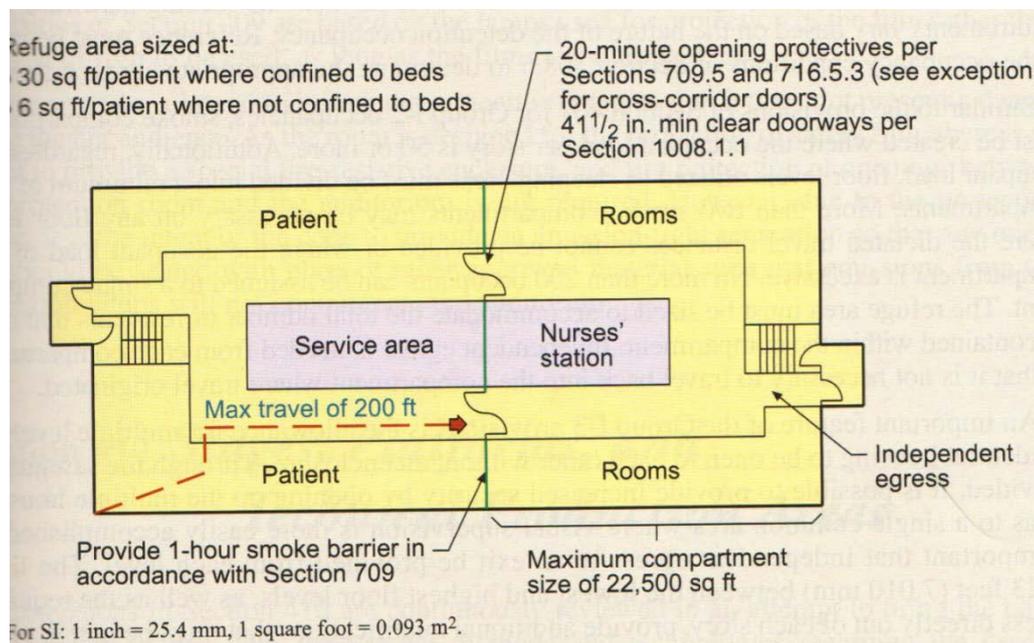


圖 2.6 醫院的防煙區劃示意圖
(本圖取自參考文獻[3])

第三章 電腦數值模擬與 FDS 程式說明

第一節 電腦數值模擬方法

在流體動力的計算中，求解紊流方式中有：直接數值模擬法(Direct Numerical Simulation, DNS)、平均化紊流模式法(Reynolds Averaged Navier-Stokes Equation modelling, RANS)及大渦流模擬(Large Eddy Simulation, LES)。

1. 直接數值模擬法(Direct Numerical Simulation, DNS)

直接數值模擬法(DNS)是直接求解高可信度的 Navier-Stokes 方程式，並非以近似解來模擬紊流，用足夠小的網格涵蓋整個流場，只使用流體之動粘滯係數(Dynamic Viscosity)，而不使用任何假設或模式係數來閉合紊流模式，而以高階差分的數值方法，直接求解連續方程式及 Navier-Stokes 方程式。此法必須計算流場內所有大小旋渦動態變化，然而為了呈現出所有的渦流，最大應大到邊界尺寸，最小應小到消散運動，其所需的格點解析度必須精細到克氏尺度(Kolmogorov micro-scale)，以雷諾數為 10^6 的三維平板邊界層流場為例，約需 5×10^7 的格點數，若對一實際建築物條件(雷諾數約為 10^6)加以計算，則所需的格點數將達 5×10^{13} ；再者，計算時間間隔必須小到得以解析最快速的變動量，如此遠遠超過現今超級電腦的運算容量。目前此法僅適用於低雷諾數、簡單的邊界條件的流場，並不適用實際的工程問題。因此，以 DNS 之計算方法實際應用於火災模擬研究較為困難。

2. 平均化紊流模式法

(Reynolds Averaged Navier-Stokes Equation modelling, RANS)

平均化紊流模式法(RANS)將流場內之大小渦流或隨時間變化之紊流，以特定之紊流模式產出流場的等效粘係數(Effective Viscosity)，據以求取 Navier-Stokes 方程式流場平均值解，此種計算方式失去了瞭解因紊流而產生之其他重要特性，且因特定紊流模式與流場之幾何條件相關，因此計算方式不具泛用性。而且火災發生時煙流動現象是瞬時萬變的，利用時間平均為基礎的 RANS 通常無法精確的預測複雜熱傳與渦流的發展。

3. 大渦流模擬(Large Eddy Simulation, LES)

大渦流模擬(LES)是由 Deardorff (1970)提出，係介於 DNS 及平均化紊流模式法之運算方式。他建議模擬紊流流場時可以在頻率域(Frequency domain)或時間域(Time domain)中，僅計算大於網格尺寸(Grid Scale)之渦流，將小於網格尺寸之旋渦或紊流以次網格模式(Sub-grid Scale Model, SGS model)表示之，便可求得流場中的主流和較大的渦流，直接計算流場暫態變化，氣象預測常用這種方法進行天氣模擬。

經由 LES 模式計算，可取得所需之流場變化訊息及混沌(Chaos)，且計算結果也較不敏感於次網格紊流模式係數之設定，因此使得計算結果之可信度大為提升。FDS 內定採用 LES 模式，其相關之實驗驗證。為兼顧時效與可信度，本模擬之運算方式採用 LES 模式進行模擬。

第二節 電腦數值模擬區劃

以電腦數值模擬研究火災主要可分為兩種方式，一般可區分為區域模式(Zone model)與場模式(Field model)兩種。

1. 區域模式(Zone model)

所謂區域模式，乃將建築物內空間劃分若干個區域，每個區域內再劃分成物理與化學性質(如：溫度、煙、濃度等)均勻的高溫煙層與低溫空氣層。區域模式利用能量、動量、質量組成守恆原理，預測火災的成長、煙的流動，以及每個區域內的溫度、濃度分布情形。區域模式之求解方式為隱性(Implicit)型式，係利用高溫煙層與低溫空氣層之總守恆方程式與數值方法，代入輸入條件，迭代求出高溫煙層與低溫空氣層之物理特性。區域模式只能預測平均的場分布，此類工具均為二層模式。此類的計算軟體有 ASET、 CFAST、 FIRST (Fire Simulation Technique)、 HAZARD、 FAST (Fire and Smoke Transport)、 CCFM、 ASET、 COMPF2、 LAVENT... ..等。

2. 場模式(Field model)

而場模式如同計算流體力學(CFD)之計算方式，是將建築物空間細分成多個控制體積(Control Volume)，利用數值方法，將描述火災現象的動量、質量、組成成份及紊流參數等非線性偏微分方程式離散化成代數方程式，代入輸入條件重複迭代計算，以模擬空間中各控制體積(即格點)之物理特性，預測火災發生過程中，每個格點的速度、壓力、溫度、濃度值。場模式亦為隱性型式。但由於需要的假設較少，因此對火災現象，能較仔細、正確的描述，而且能預測形狀複雜的建築物內煙的流動；可應用在預測因為高溫所引起的煙流擴散行為，同時也可進行對於煙層溫度及濃度的計算預測。目前採用場模式可成功地模擬室內熱源，室內空氣加熱之程度及煙流方向及大小。

但場模式仍無法以自然對流的方式，模擬受熱空氣所引起的熱對流效應，另外場模式並沒有討論火焰延燒的現象，無法將燃燒過程真實的完全模擬，則為有待突破之處。採用場模式模擬，所需的計算時間長，且要高階的工作或電腦方能執行。此類的計算軟體有 FDS、 STAR-CD、 FLUENT、 PHOENICS、 CFX4、 FLOW3D... ..等。

第三節 FDS 程式說明

本研究所採用之工具為美國國家標準局與技術研究院(NIST, National Institute of Standards and Technology)建築與火災研究實驗室(Building and Fire Research Laboratory)所開發的 FDS(Fire Dynamics Simulator)火災模擬軟體[14, 15]。該軟體於 2000 年 2 月發行，可在 Windows/OS X Lion 或 Linux 環境下使用，其主要功能是用來模擬火災現象，求解溫度、速度、壓力等參數場以了解各種情況下煙流的擴散狀態。NIST 持續對 FDS 程式進行版本更新，目前最新版本為 2015 年 4 月發行 6.2.0 版。

該軟體除了有針對火災設計的前後處理工具之外，尚有其他軟體所沒有的撒水頭模式。而後處理的工具為 Smoke view[16, 17]，可對溫度場、濃度場等模擬結果作 2D、3D 的動畫展示。NIST 持續對 Smoke view 程式進行版本更新，目前最新版本為 2015 年 4 月發行 6.2.1 版。

圖 3.1 為 FDS 模擬程式與 Smokeview 程式架構圖[16]，以文字檔建立輸入，在 FDS 程式下執行求解，而輸出之結果，依輸出選項，分別建立附檔名為 smv、bf、s3d、part、sf、iso、q 等。而以 Smokeview 程式為後處理之界面，顯示計算結果之剖面、等值分布、煙塵分布等圖形，而以 JPG 檔輸出圖形。

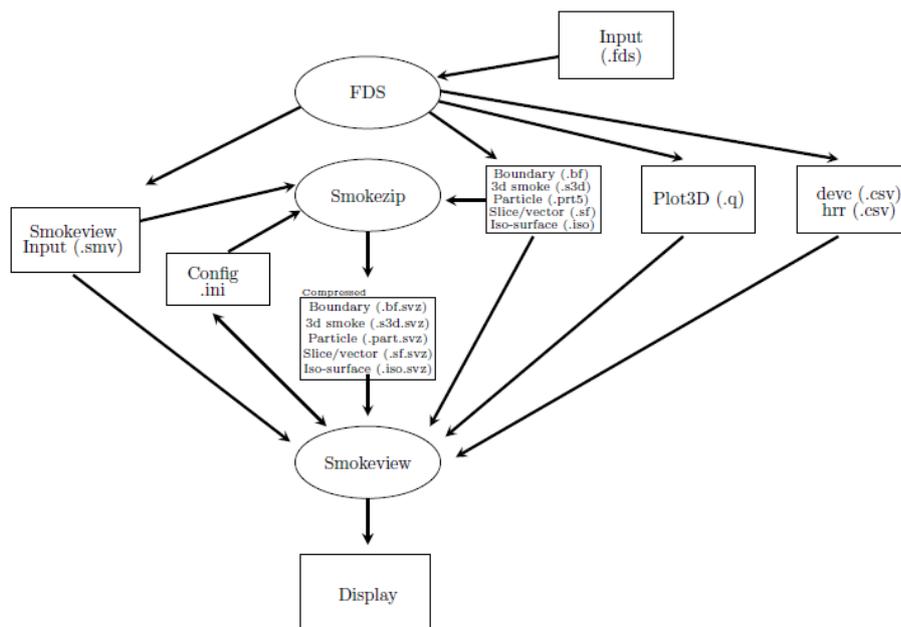


圖 3.1 FDS 模擬程式與 Smokeview 程式架構圖
(本圖取自參考文獻[16])

第四節 FDS 統御方程式

FDS 應用的範圍為低馬赫數流場的分析，可分析模擬與火災相關之溫度場、速度場與濃度場，FDS 提供之物理模式應用如下：

1. 室內及大氣中之各種火災問題。
2. 建築物之排煙系統、撒水頭系統之模擬。
3. 非壓縮流體之溫度場、速度場、濃度場之計算。

FDS 程式由方程式(3.1)至(3.4)聯立求解計算區域的速度、溫度、密度與壓力等參數，在數值計算方法上，對空間座標的微分項採用二階中央差分法，時間的微分項則以顯性二階 Runge-Kutta 法離散，至於 Poisson 方程式形式的總壓力微分方程式，則利用快速傅利葉轉換法(Fast Fourier Transform)求解。

FDS 火災模擬軟體，是以數值方法求解控制方程式，包括模擬煙塵流動與熱量傳遞的數學模式。這些控制方程式基本上是由 Navier-Stokes 方程式推導而來，是屬於符合守恆守則的方程式，包括符合質量守恆的質量方程式、動量守恆的動量方程式以及能量守恆的能量方程式等等，其方程式[15]如下：

1. 連續方程式(Conservation of Mass)

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = 0 \quad (3.1)$$

2. 動量方程式(Conservation of Momentum)

$$\rho \left(\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + (\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} \right) + \nabla p = \rho \mathbf{g} + \mathbf{f} + \nabla \cdot \boldsymbol{\tau} \quad (3.2)$$

3. 能量方程式(Conservation of Energy)

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho h) + \nabla \cdot \rho h \mathbf{u} - \frac{Dp}{Dt} = \dot{q}''' - \nabla \cdot \mathbf{q}_r + \nabla \cdot k \nabla T + \nabla \cdot \sum_i h_i (\rho D)_i \nabla Y_i \quad (3.3)$$

4. 化學種方程式(Conservation of Species)

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho Y_i) + \nabla \cdot \rho Y_i \mathbf{u} = \nabla \cdot (\rho D)_i \nabla Y_i + \dot{W}_i''' \quad (3.4)$$

上式中

ρ ：流體密度，(kg/m³)

t ：時間，(s)

u ：流體速度，(m/s)

P ：流體壓力，(kg/cm²)

g ：重力向量，(m/s²)

f ：外力向量（重力向量除外），(kg/s²/m)

τ ：黏性應力張量，(kg/s²/m)

h ：流體熱焓，(kJ)

\dot{q}''' ：單位體積內的釋熱率，(kW/m³)

q_r ：輻射熱通率向量，(kW/m²)

k ：流體熱導度，(W/m/K)

T ：流體溫度，(K)

l ：化學種 l ，(-)

h_l ：化學種 l 的流體熱焓，(kJ)

D ：擴散係數，(m²/s)

Y_l ：化學種 l 的質量分率，(-)

\dot{W}_l''' ：單位體積內化學種 l 的產生率，(-)

第五節 FDS 程式採用說明

本計畫採用 FDS 之原因為：

1. FDS 為美國國家研究單位所發展具有權威性，且持續改版及更新相關資料庫。
2. FDS 採用 LES(large eddy simulation)計算法，採矩形格點，具有應力張量(sub-grid scale)運算，對煙流等屬自由邊界流場模擬，其精確度較高。
3. FDS 內置有建材熱質及燃燒特性資料庫。

本計畫亦會採用其它 CFD(computational fluid dynamics)作為空調系統氣流模擬，尤其是非結構性網格方面之模擬。

第四章 模擬相關應用理論及參數

第一節 火源設計與規模

4.1.1 火源設計

火源大小代表熱釋放率的量，熱釋放率會影響火源之成長速度，而且與火災濃煙產生量有直接的關係。一般火災強度的設定有穩定的火源（steady fire）、不穩定的火源（unsteady fire）以及實際量測火災成長曲線三種方法。本研究採用不穩定火源做為模擬的火源設計。

1. 穩定的火源(Steady fire)

在自然狀態下火源是不穩定的，但將其理想化成穩定的火源，較容易描述及研究。穩定的火源其熱釋放率為定值，在應用上，通常採用穩定的火源做為明確且保守的設計。

2. 不穩定的火源(Unsteady fire)

火源在潛伏期內燃燒的熱釋放率非常低，當火源成長至一臨界點後，其熱釋放率會與時間的平方成正比，可將此狀況表示成理想化的拋物線方程式（Heskestad, 1984）

$$Q = \alpha(t - t_o)^2 \quad (4.1)$$

一般模擬的煙控系統，火源成長期並非必要之考慮因素，故可以將上次簡化成

$$Q = \alpha t_g^2 \quad (4.2)$$

上式中

Q ：火源的熱釋放率，(kW)

α ：火源的成長係數，(kW/s²)

t ：開始燃燒後的時間，(s)

t_o ：有效的著火時間，(s)

t_g ：有效的燃燒後時間，(s)

上式即為消防安全工程設計上通稱的"t-squared fires"。NFPA 92 廣泛的使用成長時間的觀念，成長時間 t_g 定義為有效燃燒之成長至 1,055kW (1,000Btu/s) 之時間。表 4.1 列出一些火源模式 t_g 之值。因火源防護之作用或燃燒空氣之缺氧，其熱釋放率便會至一臨界點後停止成長，而後其熱釋放率可視為常數，如圖 4.1 所示。

本研究採用普通速度的火災成長曲線模擬火源，其成長係數 $\alpha = 0.01172$ kW/s²，以火源規模 1.0MW 為例成長時間應為 $t_g = 370$ s。

表 4.1 火源成長模式的係數

項目	成長係數		成長時間
	α (kW/s ²)	α (Btu/s ³)	t_g (s)
T-Squared Fires			
緩慢(Slow)	0.002931	0.002778	739
普通(Medium)	0.01172	0.01111	370
快速(Fast)	0.04689	0.04444	185
極快速(Ultra Fast)	0.1876	0.1778	93

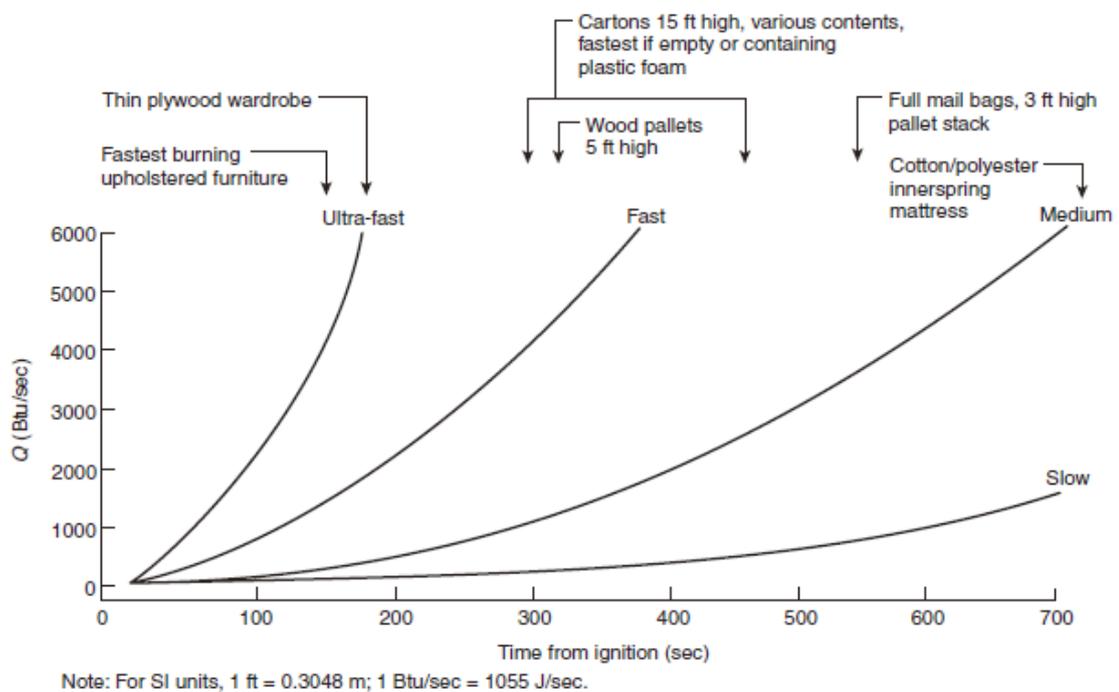


圖 4.1 T-Square 火災成長曲線圖
(本圖取自參考文獻[5])

3. 實際量測火災成長曲線

實際量測火災成長曲線是指利用 Cone-Calorimetry, Bench-Scale Test 或 Full-Scale Test 等方法量測可燃燒物質在實際燃燒時之熱釋放率(Heat Release Rate)，進而得到實際發生火災的熱釋放率成長曲線。

4.1.2 火源規模

發生火災時，依其火源不同其熱釋放率亦不同。熱釋放率越大其可能產生之煙霧也越大，因而造成之危害也越大。表 4.2 為 NFPA 92 提供之火災來源與其熱釋放率之概略數值。本研究對象為辦公場所，可能之火災規模為 105.5kW 至 1266kW 間，故採用本模擬之火災情境，採最大熱釋放率 1000kW (1MW)做為設計火災規模。

表 4.2 火災規模估計值
(本表取自參考文獻[5])

火災原因	熱釋放率(kW)	熱釋放率(Btu/s)
中型的廢紙箱	105.5	100
大型的廢紙箱	147.7	140
沙發椅	369.25	350
床	1266	1200
客廳/起居室	4220-8440	4000-8000

第二節 煙生成率與釋熱率之關係

依據 Zukoski、Heskestad、McCaffrey 等[2]所提出之火羽流實驗公式得知煙生成率與釋熱率成一定的比例關係。

以 Zukoski 火羽流質量流率實驗公式為例，其方程式如下：

$$\dot{m}_p = 0.21 \left(\frac{\rho_\infty^2 g}{c_p T_\infty} \right)^{\frac{1}{3}} \dot{Q}^{\frac{1}{3}} \cdot Z^{\frac{5}{3}} \quad (4.3)$$

上式中

\dot{m}_p ：火羽流之質量流率，(kg/s)

\dot{Q} ：釋熱率，(kW)

ρ ：周圍空氣之密度，(kg/m³)

g ：重力加速度，(m/s²)

c_p ：周圍空氣之定壓比熱，(kJ/kg/K)

T_∞ ：周圍空氣之溫度，(K)

Z ：火焰高度，(m)

在本研究中，經由 FDS 模擬結果定性探討各單一項目時，於比對分析前，將先進行釋熱率比對，藉以瞭解模擬過程中火煙生成趨勢及變化情況。

第三節 煙層高度與煙層溫度

NFPA 92 附錄 A 提出煙層定義如圖 4.2 所示，並說明 CFD 模擬之煙層高度，得以自模擬結果量測煙層溫度資料，經由線性內差方式判斷煙層界面高度，其方程式如下：

$$T_n = C_n (T_{max} - T_b) + T_b \quad (4.4)$$

上式中

T_n ：煙層高度之溫度，(K)

T_{max} ：煙層最高溫度，(K)

T_b ：室內溫度，(K)

C_n ：內插常數(first indication of smoke - 0.1 至 0.2)
(smoke layer interface - 0.8 至 0.9)

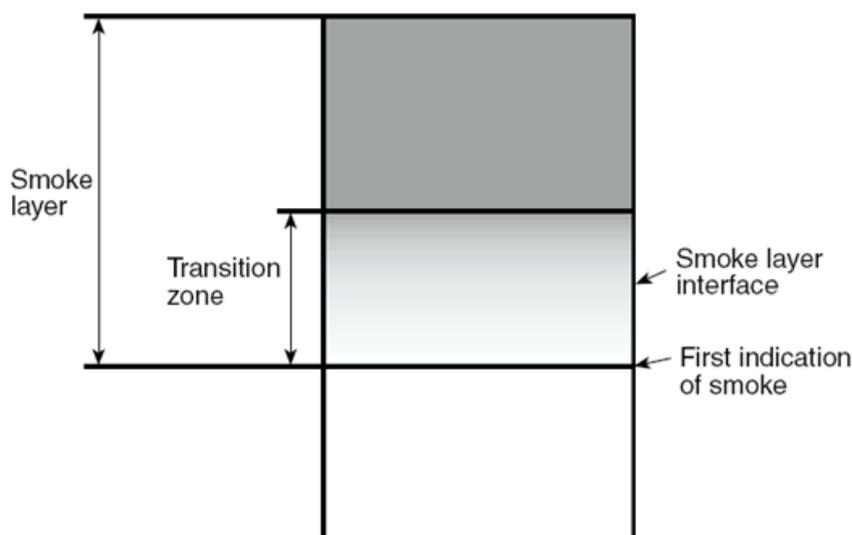


圖 4.2 煙層分佈示意圖
(本圖取自參考文獻[5])

FDS 提供了定義煙層界面高度的方法，其方程式如下：

$$(H - Z_{INT})T_u + Z_{INT}T_l = \int_0^H T(z)dz = I_1$$

$$(H - Z_{INT})\frac{1}{T_u} + Z_{INT}\frac{1}{T_l} = \int_0^H \frac{1}{T(z)}dz = I_2$$

$$Z_{INT} = \frac{T_l(I_1 I_2 - H^2)}{I_1 + I_2 T_l^2 - 2T_l H} \quad (4.5)$$

上式中

T_u : 煙層溫度 (平均煙層溫度)

T_l : 室內溫度

Z_{INT} : 煙層高度

而 T_u 可由以下方程式獲得：

$$(H - Z_{INT})T_u = \int_{Z_{INT}}^H T(z)dz \quad (4.6)$$

第四節 格點獨立分析

當以數值計算方法進行模擬分析時，須探討模型之尺寸對數值計算之影響，即為格點分析。其原理是僅改變模型中，梯度最大區域(即火源)附近之格點大小，而其他模擬條件應保持相同，比較相同位置之特定參數計算結果差異，以得知格點精度對數值計算收斂狀況之影響，在與其模擬時間比較選擇誤差較小且耗費時間較短之格點大小，做為後續模擬之基準。

模擬用格點獨立分析選用之模型尺寸為 20m(L) × 21.6m(W) × 4m(H)，火災釋熱量為 1 MW，予以簡化運轉條件，不運轉排煙風機與空調風機減少因流場過度擾動而增加計算收斂之變數。火源附近之格點配置，以 CFD 模擬火災產生的濃煙之流動與熱傳問題，計算模型格點的解析度需達一定之尺寸，方可得到收斂，以確保計算結果之正確。FDS 以火源附近最小長度尺度(length scale)為火災特徵直徑(Characteristic fire diameter, D^*)，其方程式[18]如下：

$$D^* = \left[\frac{\dot{Q}}{\rho_\infty \cdot c_p \cdot T_\infty \cdot \sqrt{g}} \right]^{2/5} \quad (4.7)$$

上式中

D^* ：火災特徵直徑，(m)

\dot{Q} ：火源的釋熱率，kW

ρ_∞ ：外氣空氣密度，(kg/m³)

C_p ：定壓空氣比熱，(kJ/kg/K)

T_∞ ：外界空氣溫度，(K)

g ：重力加速度，(m/s²)

參考 NFPA 92 建議值，火載量取 $Q = 1 \text{ MW}$ ，計算 D^* 為 0.97m，遵循美國核管理委員會 NUREG-1824 [19]，格點大小建議 $D^* / \max(\Delta\delta) = 4 \sim 16$ ，則 $\max(\Delta\delta)$ 約為 0.24 ~ 0.06 m，此值可作為初步估計火源附近所需合理之格點尺寸。變化火場附近之格點尺寸。擬定 4 個模擬案例，模型之格點配置採均勻格點，以進行分析格點精度對數值計算結果之影響。($\Delta\delta = 0.25 \text{ m}$ 、 0.20 m 、 0.15 m 、 0.10 m)進行格點獨立分析，整理如表 4.3 所示。

表 4.3 火災模擬格點獨立分析案例

案例	格點尺寸 (m)			格點數目	總網格數	$D^*/\max(\Delta\delta)$	CPU time (hr)
	δx	δy	δz				
1	0.10	0.10	0.10	200×216×40	1,728,000	9.70	99.229
2	0.15	0.15	0.15	134×144×27	520,992	6.47	24.150
3	0.20	0.20	0.20	100×108×20	216,000	4.85	8.708
4	0.25	0.25	0.25	80×90×18	129,600	3.88	3.984

CFD 模擬火源為 NFPA 之「T-Square」模型，屬極快速(Ultra fast)成長模型，由模擬時間為 0 秒火源規模為 0MW 開始，達到最大熱釋放率 1 MW 之模擬時間設為 74 秒，之後持續維持此一穩態之釋熱量至 600 秒後模擬結束，如圖 4.3 所示。

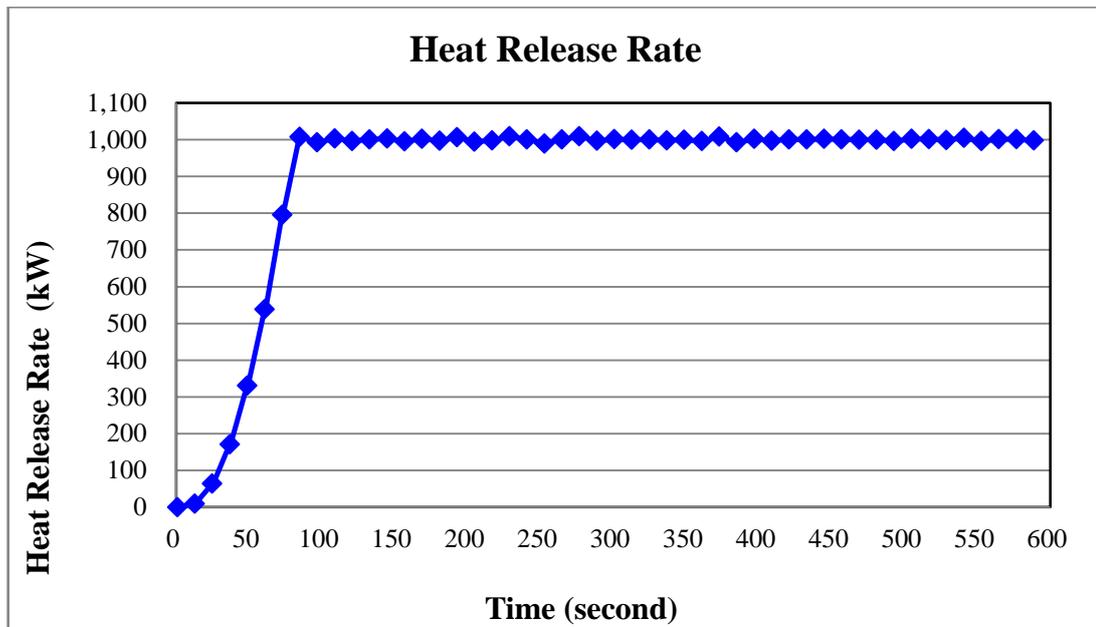


圖 4.3 格點分析火源熱釋放率

關於 CFD 計算程式格點精度，對於物理上時間及空間之斂散行為，因此必須選擇與燃燒有關的物理量來檢驗格點精度的收斂性。FDS 內建可輸出之物理量有溫度、壓力、CO 濃度...等等，依前述理由，本模擬選用溫度為分析參數。因此本模擬直接取模擬時間 600 秒時，隧道火源上方、短向剖面中心處之平均值、沿隧道軸向，繪出溫度分布，在不同格點配置下計算結果之溫度差異，其火源中心量測點分布圖，如圖 4.4 所式。

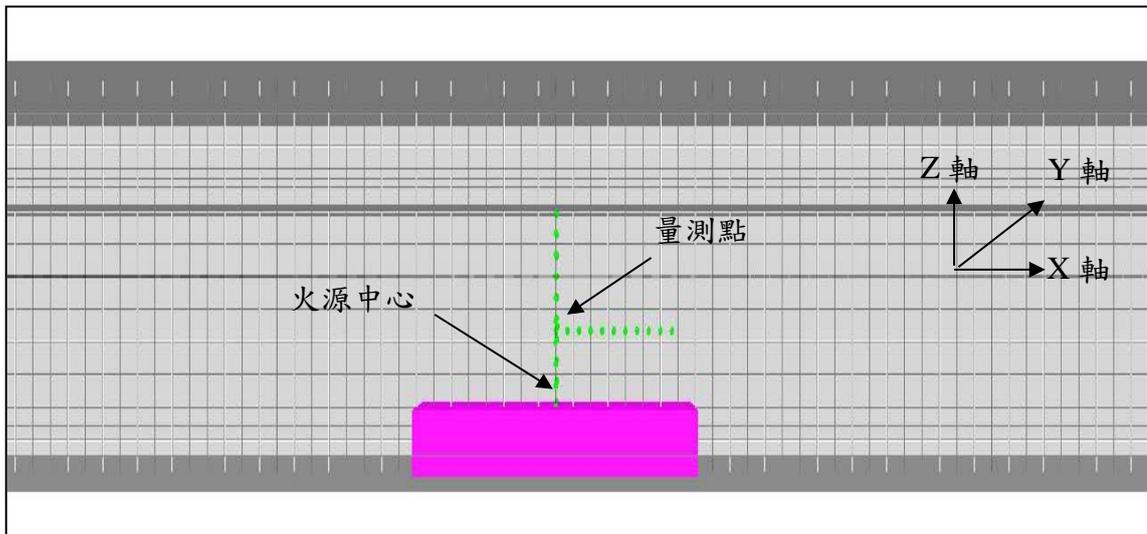


圖 4.4 量測點分布圖

在火源正上方 2.0m 處，依照各網格精度沿軸向 X 與 Y 軸向，在不同位置下繪出溫度分布。除了取樣位置過於接近火源的偵測點，所量測到的溫度值變化較大，不容易判各網格精度之間的差異。其他區域的偵測點所量測到的溫度值都較為穩定，在網格精度 $\Delta\delta = 0.10\text{m}$ 、 0.15m 、 0.20m 顯然有頗高之一致性，網格精度 $\Delta\delta = 0.25\text{m}$ 則與其他案例差別較大，如圖 4.5~圖 4.6 所示。

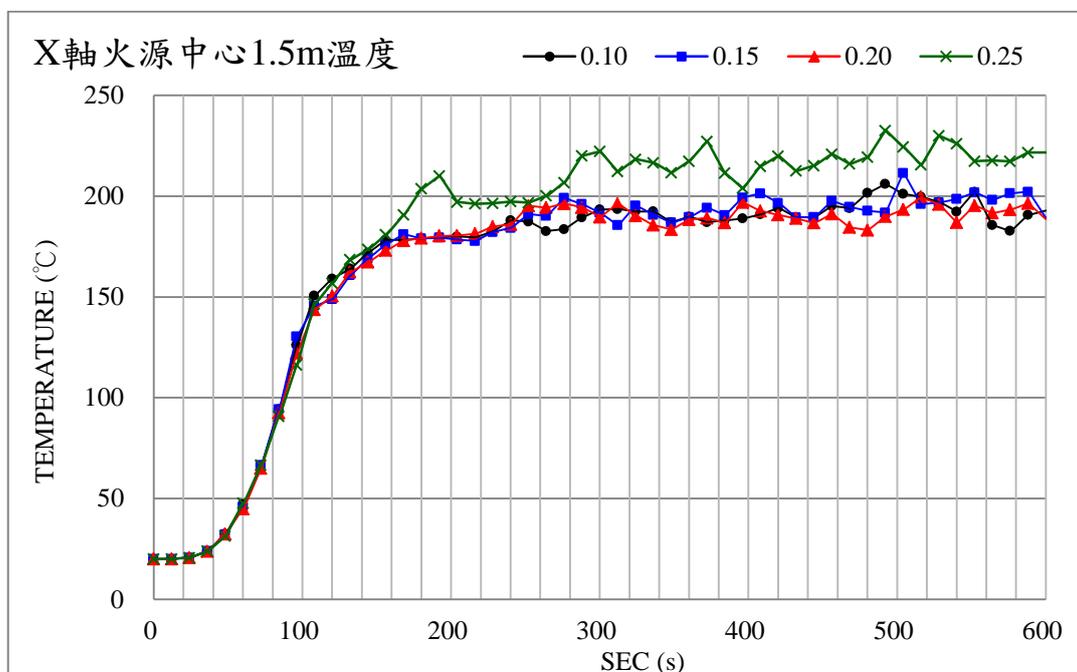


圖 4.5 格點分析溫度分布($Z = 2.0\text{ m}$ ，沿 X 軸向 1.5 m 位置)

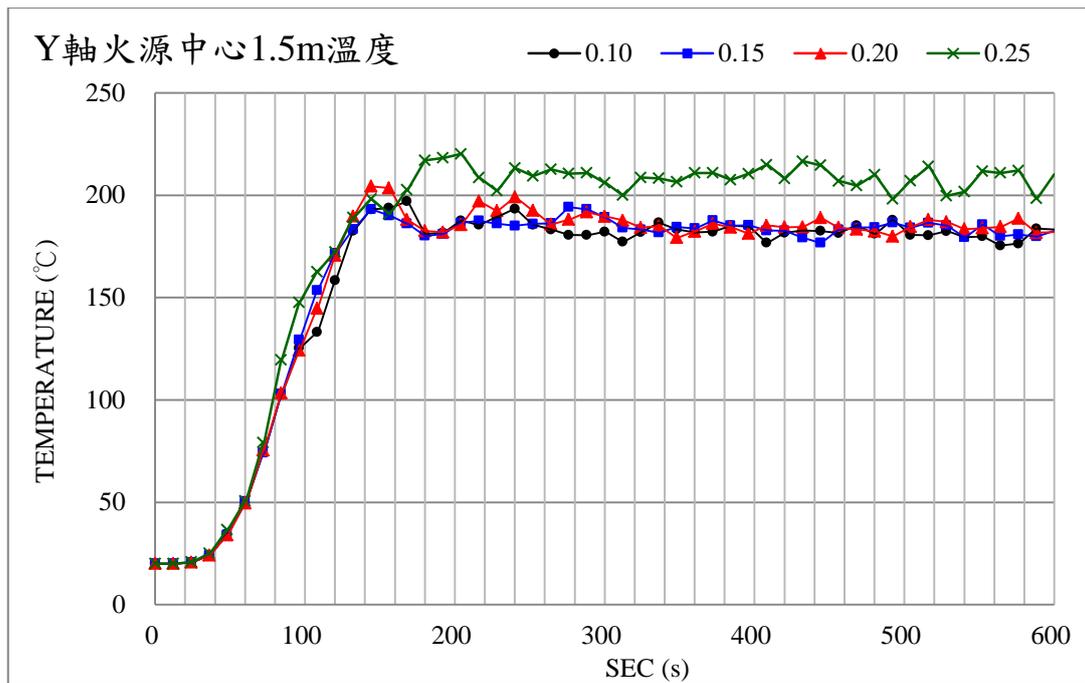


圖 4.6 格點分析溫度分布(Z = 2.0 m，沿 Y 軸向 1.5 m 位置)

整體而言，案例 1 ($\Delta\delta = 0.10$ m)、案例 2 ($\Delta\delta = 0.15$ m)與案例 3 ($\Delta\delta = 0.20$ m)比較之計算均有較高一致性，明顯具有良好的收斂值及重複性。而案例 4 ($\Delta\delta = 0.25$ m)，則與其他案例有明顯差別。為兼顧網格精度與配合現今計算機硬體之計算能力，由上述分析，本研究模擬之格點尺寸，採用案例 3 之格點尺寸， $\Delta\delta = 0.20$ m 進行模擬。

第五章 空調兼用排煙研究

第一節 實例實地現堪及案例分析

5.1.1 實例實地現堪

由於本研究案，將對實例場所做空調設備與排煙設備的改善工作，為避免造成未來所內經費核銷困擾，故不適合選址於私人企業或場所，因此實例現勘場所選定：國立臺北科技大學 行政大樓 三樓(如圖5.1~5.7)，本實例亦為公務單位且與本研究團隊有地緣關係，該單位承辦人員可協助配合相關，改善工作與實驗工作的執行。

本項之重點為：

1. 尋找之實例為即有合法建築，有願意提供場地供本計畫進行測試。
2. 以無害熱煙，採用煙流可視化分析。
3. 為改善空調及排煙設備間之交互影響，本計畫可提供部份改善經費，驗證改善成果，故以公務單位為優先考量。
4. 測試案例符合現行法規，本計畫目標為進一步提升避難安全。
5. 改善項目包括控制件，管件等，降低空調與排煙設備間之交互影響。



圖 5.1 現勘圖-實例單位



圖 5.2 現勘圖-實例建築外觀



圖 5.3 現勘圖-實例建築外觀



圖 5.4 現勘圖-辦公區域



圖 5.5 現勘圖-會議室



圖 5.6 現勘圖-倉庫



圖 5.7 現勘圖-茶水間(空調機房)

5.1.2 案例分析

國立臺北科技大學，行政大樓，三樓，主要用途為辦公區域及會議室，該空間目前並無消防排煙設備的設置，其建築空間描述，如圖5.8所示。

1. 建築結構：RC 構造。
2. 內部構造：室內以矽酸鈣板裝修區劃四個獨立空間使用。
3. 茶水間(空調機房)：約 8m^2 。
4. 倉庫：約 36m^2 。
5. 會議室：約 110m^2 。
6. 辦公區域：約 104m^2 。

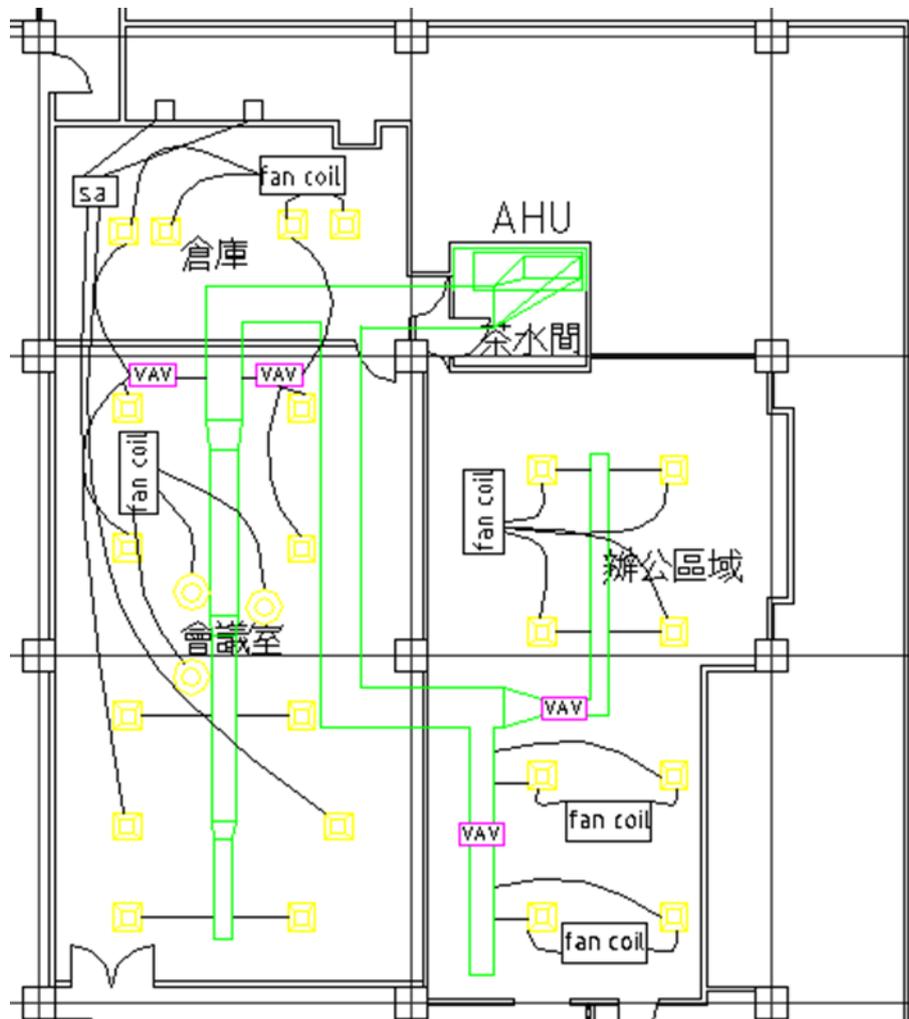


圖 5.8 建築平面圖

第二節 空調兼用排煙系統之介面問題分析

1. 風管大小的設計差異：

空調系統是以空間的空調負荷設計風管大小，排煙風管是以 $1\text{CMM}/\text{m}^2$ ，兩者設計基礎不同，風管否適用需再確認。

2. 適用風速的差異：

空調風管建議最高風速約 10m/s ，排煙風管風速可能高於 10m/s 。兩者產生的振動與噪音不同，風管否適用需再確認。

3. 風門及風管耐溫的差異：

排煙使用的風管及風門耐溫及洩漏率等級皆高於空調使用，選用風管及風門時等級需提高。

4. 控制風門切換的時機與控制邏輯：

空調風門多用常開型(Normally open)風門，排煙風門多用常閉型(Normally closed)風門，兩種風門的控制方法與控制邏輯不同須注意，如下圖 5.9 所示。

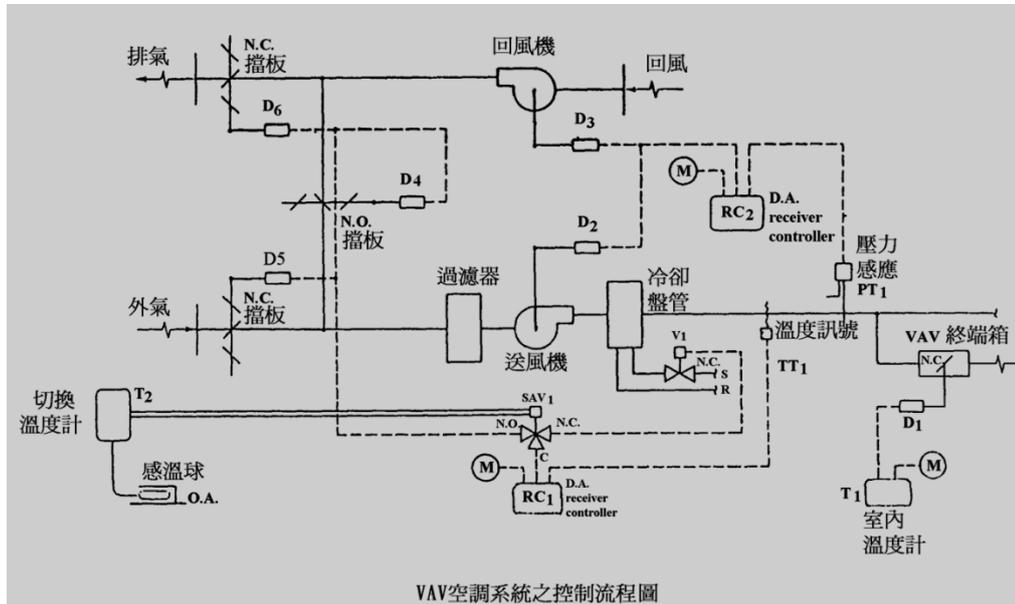


圖 5.9 VAV 空調系統之控制流程圖
(本研究自行整理)

5. 空調風機與排煙風機的起停控制邏輯：

空調風機與排煙風機若同時開啟，在空調使用時會降低冷房能力，在排煙使用時會加速煙塵的擴散，操作時須確保同時開啟的交互引響。

6. 保溫材的差異：

空調風管常用保溫來隔熱，使用於排煙時保溫材的耐火等級需提高。保溫的方式也須調整成外保溫。

7. 區劃的差異：

空調風管常以主管、次風管依序供應到不同的空調空間。但排煙風管因為防火區劃的不同，其風管的設計與路徑也會調整以滿足法規。

8. 風量調整：

空調風管為確保個空調空間的風量平衡，多增設調節風門以方便 TAB 的執行，排煙風門並無 TAB 需求。

9. 空調兼排煙：

空調使用與排煙使用，需增設切換的控制風門，如下圖 5.10 所示。

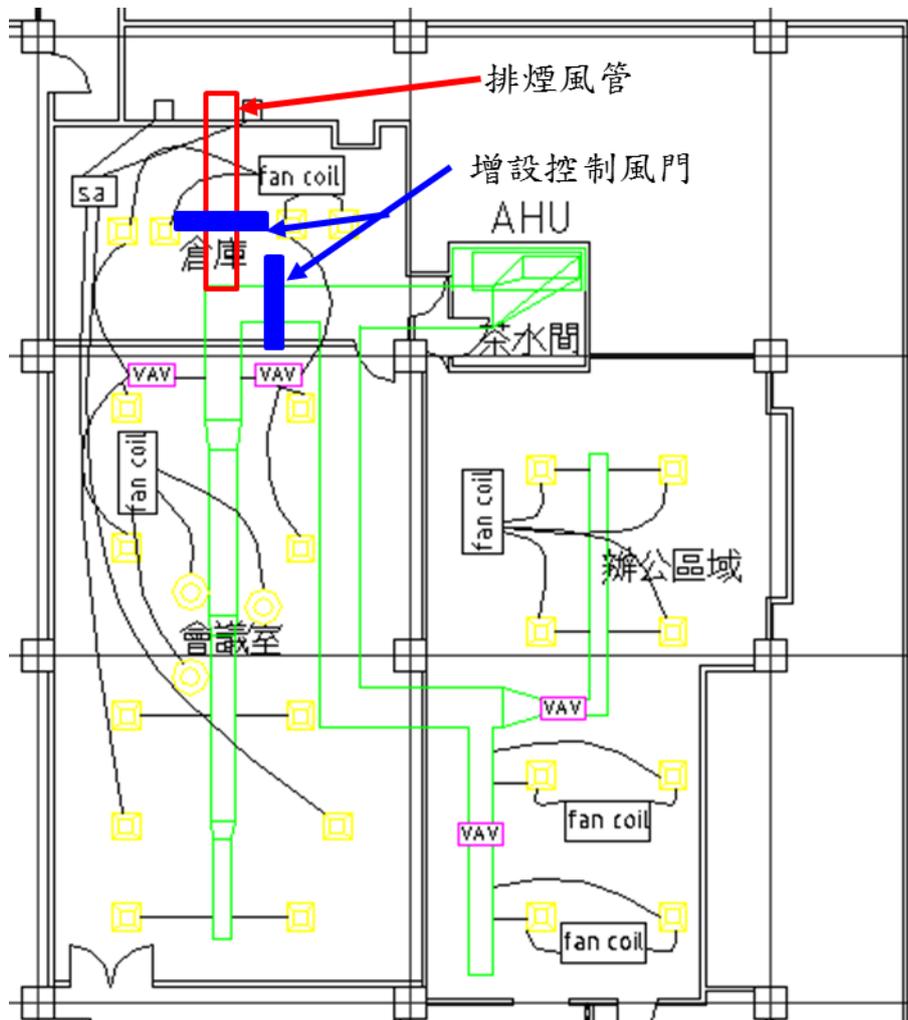


圖 5.10 空調兼排煙風門增設示意圖

第三節 模型說明

本研究案例分為四個獨立空間分別為會議室、倉庫、辦公區域、茶水間(空調機房)，空調系統係以空氣調節箱送風，搭配送風風管供風，回風則採用走道空間作為回風通道，如下圖5.11所示。火源假設於會議室，近風管之盡頭。

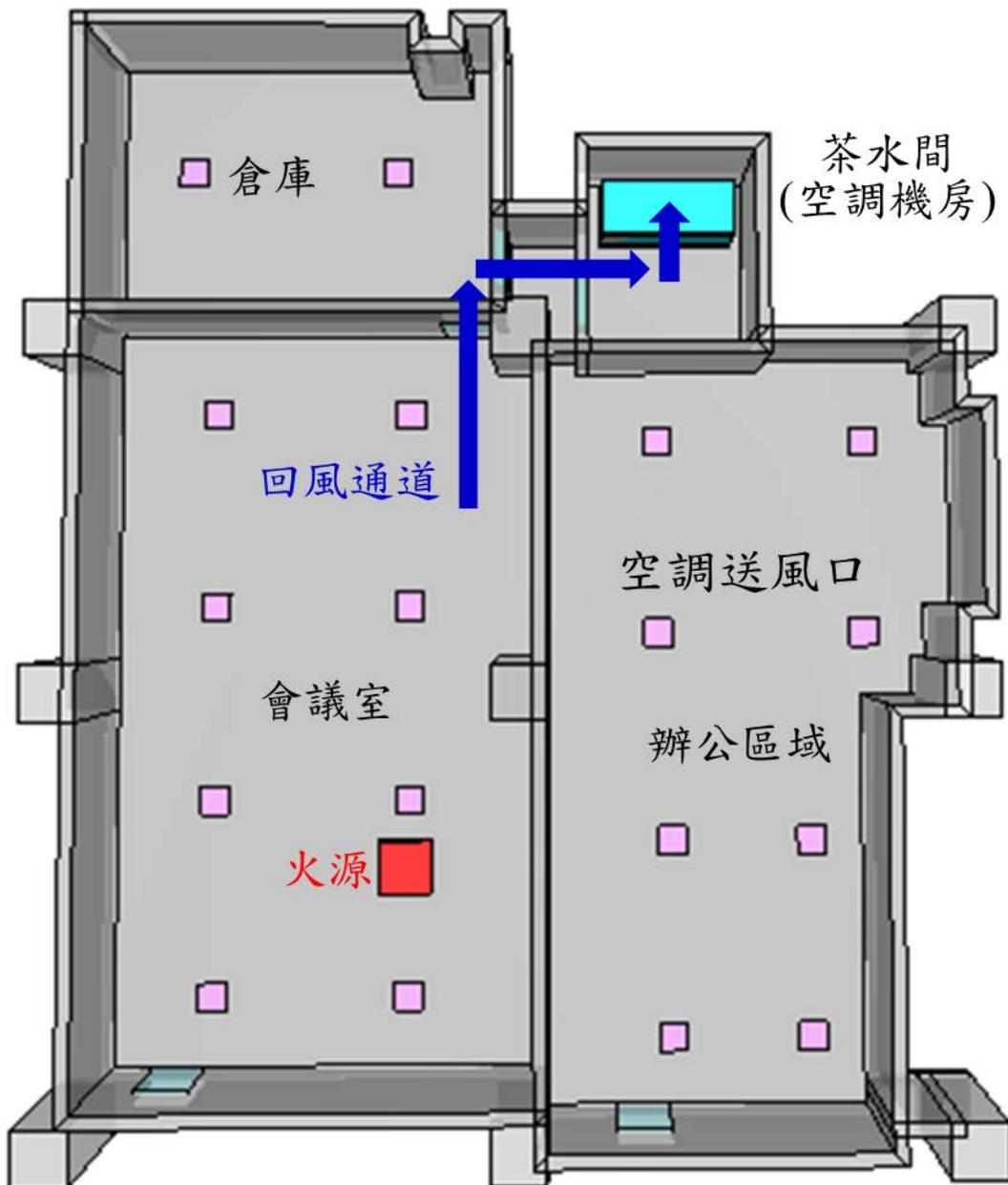


圖 5.11 空調回風示意圖

第四節 模擬情境說明

本研究各項模擬案例條件說明，如表5.1所示：

1. 火源：1000 kW，會議室失火。
2. 空調箱：冷凍能力 10 RT，風量 $1.8 \text{ m}^3/\text{s}$ 。
3. 排煙風機：風量 $4.4 \text{ m}^3/\text{s}$ (以最大區劃 2 倍面積計算)。
4. 動作時間：偵煙器啟動後(模擬時間 0 秒)，風門關閉，後排煙機全載運轉(模擬時間 75 秒)。
5. 送風口：風速 1 m/s ，面積 0.1 m^2 ，18 口。
6. 排煙口：風速 11 m/s ，面積 0.4 m^2 ，1 口。
7. 模擬時間：0~600s。
8. 環境溫度： 20°C 。

表 5.1 各模擬案例條件說明

編號	空調設備	排煙設備	說明
Case 1	開啟	無設備	現況，無設置排煙系統
Case 2	關閉	無設備	現況，無設置排煙系統
Case 3	開啟	開啟	空調與排煙風管各自獨立設置
Case 4	關閉	開啟	空調與排煙風管各自獨立設置
Case 5	關閉	開啟	空調兼用排煙

5.4.1 煙塵隨空調風管蔓延問題

Case 1 & Case 2 模擬研究，以既有建築現況為基礎，分別以 Case 1 空調開啟狀況與 Case 2 空調關閉狀況，來分析火災發生時，煙塵與溫度的擴散情形，其建築模型，如圖 5.12 所示。

5.4.2 空調系統與排煙系統相互干擾

Case 3 & Case 4 模擬研究，以火災室加入獨立的排煙風管，分別以 Case 3 空調開啟狀況與 Case 4 空調關閉狀況，來分析火災發生時，煙塵與溫度的擴散情形，其建築模型，如圖 5.13 所示。

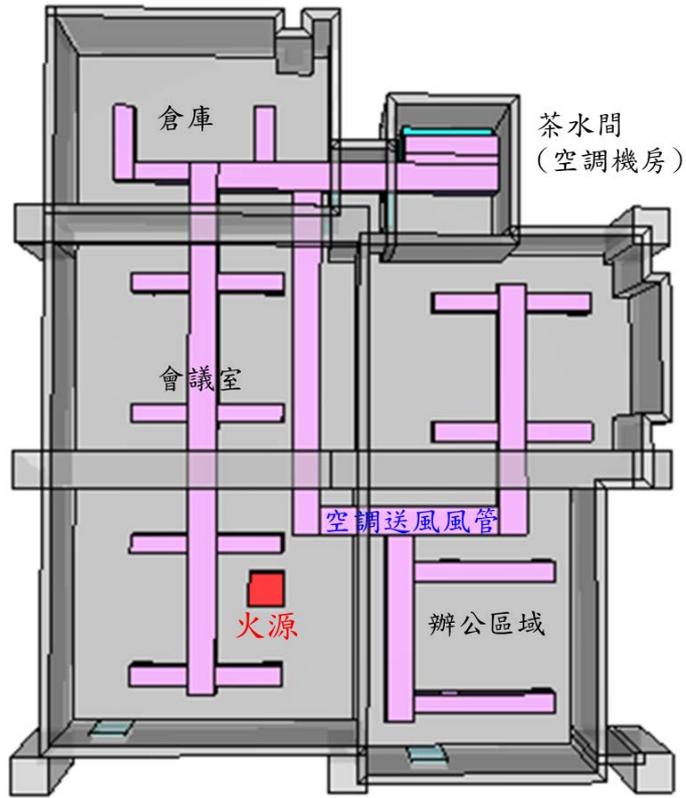


圖 5.12 Case 1 & Case 2 模型示意圖

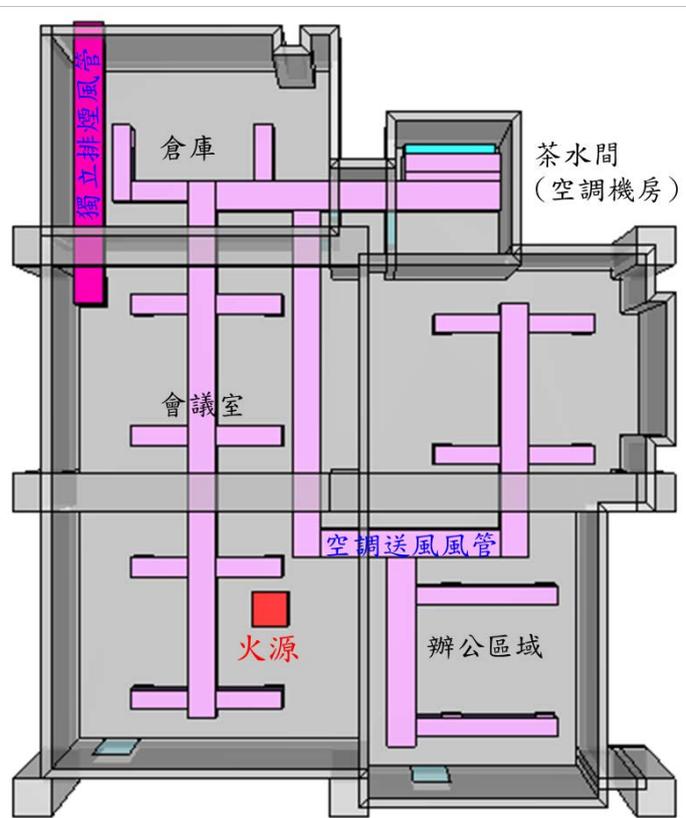


圖 5.13 Case 3 & Case 4 模型示意圖

5.4.3 空調兼用排煙的可行性

Case 5 模擬研究，以空調風管兼用排煙風管，空調設備關閉、排煙設備開啟，來分析火災發生時，煙塵與溫度的擴散情形，其建築模型，如圖 5.14 所示。

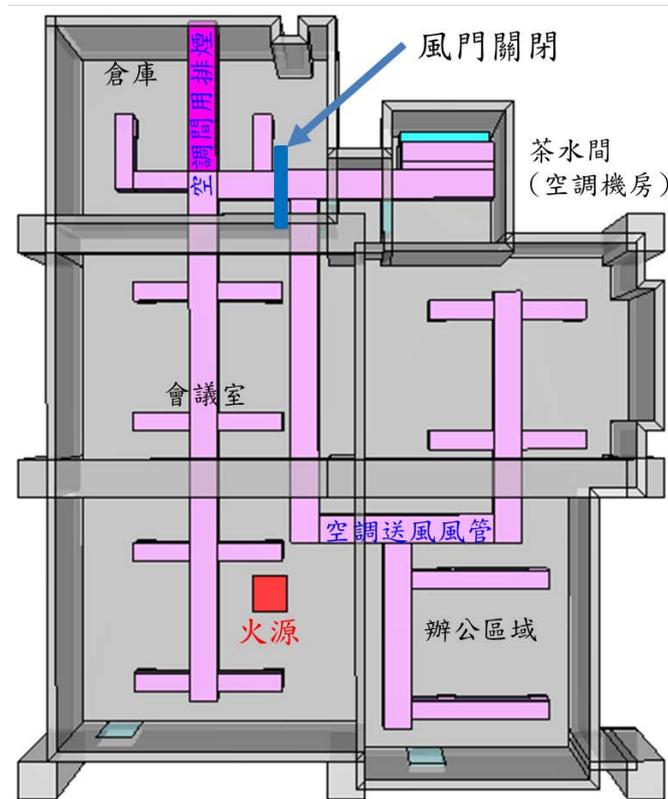


圖 5.14 Case 5 模型示意圖

第五節 模擬結果說明

模擬結果於高度2m處，採用不同之比例繪出，以方便顯示計算之結果。各案例模擬結果，煙塵分布、溫度分布，整理說明如下：

5.5.1 煙塵隨空調風管蔓延

Case 1：模擬到66秒時，煙塵及溫度分布擴散之範圍已影響到辦公區域，在模擬時間達600秒時，全區域皆在危險區域，如圖5.15、5.16所示。

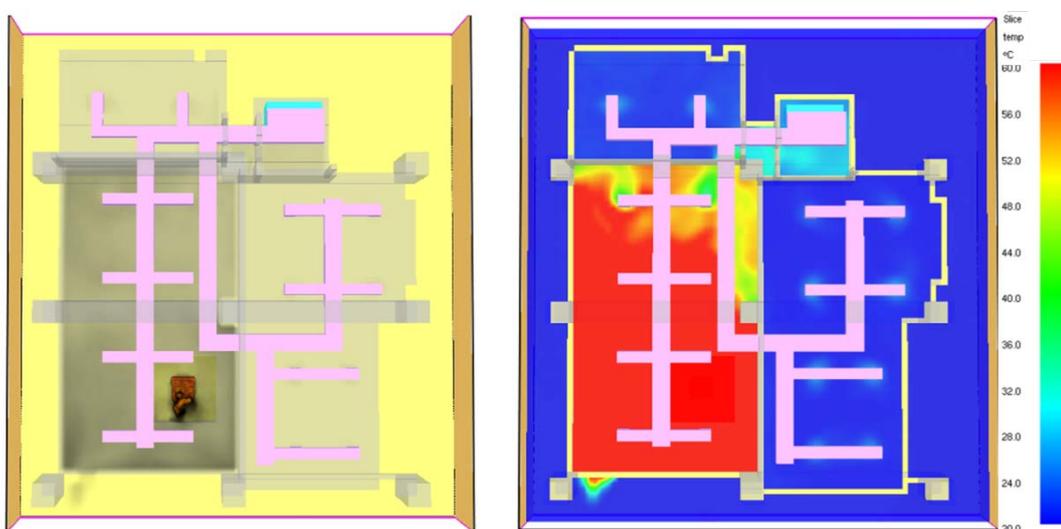


圖 5.15 Case 1 煙塵及溫度分布範圍(66s)

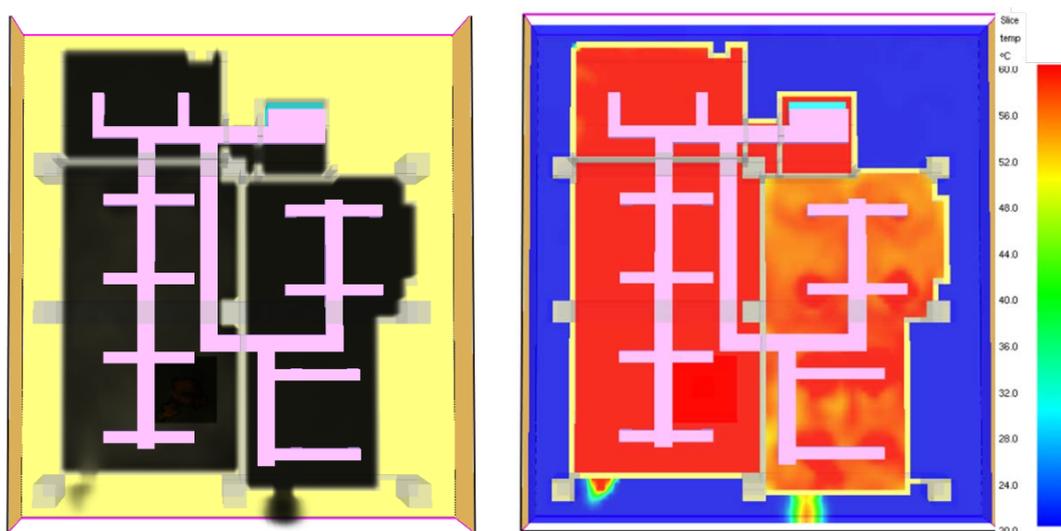


圖 5.16 Case 1 煙塵及溫度分布範圍(600s)

Case2：模擬到84秒時，煙塵及溫度分布擴散之範圍已影響到辦公區域，在模擬時間達600秒時，辦公區域溫度僅達40°C左右尚屬安全，如圖5.17、5.18所示。

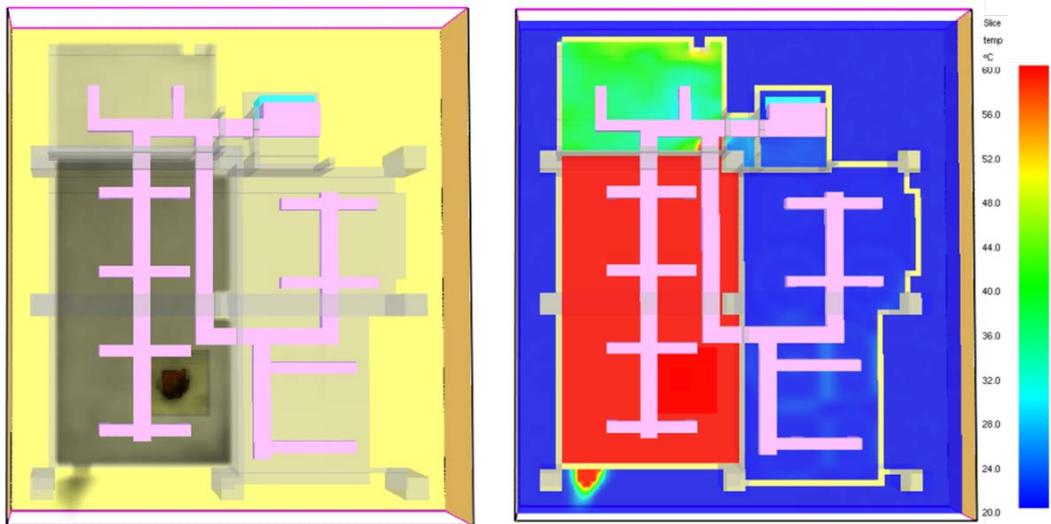


圖 5.17 Case 2 煙塵及溫度分布範圍(84s)

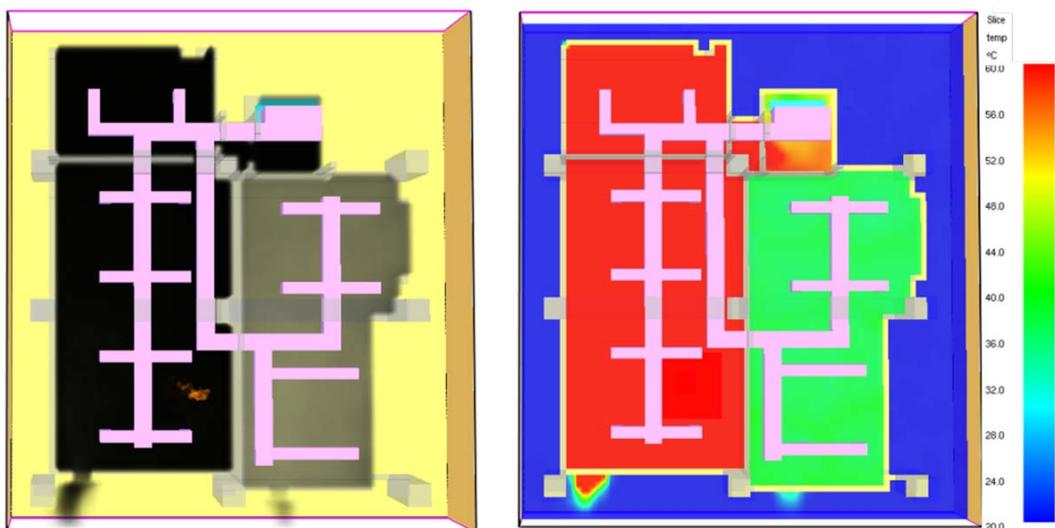


圖 5.18 Case 2 煙塵及溫度分布範圍(600s)

由上述兩種情境之模擬結果可知：

1. 火災發生時煙塵會隨空調風管蔓延擴散。
2. 空調開啟時(Case 1)，空調風機加速煙塵的蔓延，近鄰空間的能見度下降，環境溫度上升。
3. 空調關閉時(Case 2)，火災室溫度上升，煙塵仍然會透過空調風管蔓延，但蔓延之速度下降，能見度與環境溫度問題沒有 Case 1 嚴重。

5.5.2 空調系統與排煙系統相互干擾

Case 3：模擬到78秒時，煙塵及溫度分布擴散之範圍已影響到辦公區域，在模擬時間達600秒時，辦公區域溫度僅達30°C左右尚屬安全，如圖5.19、5.20所示。

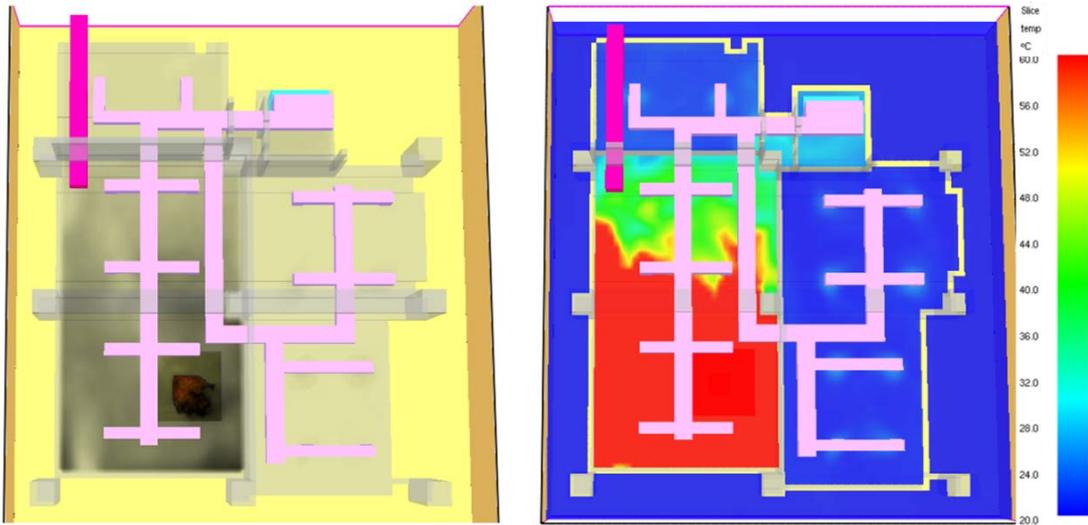


圖 5.19 Case 3 煙塵及溫度分布範圍(78s)

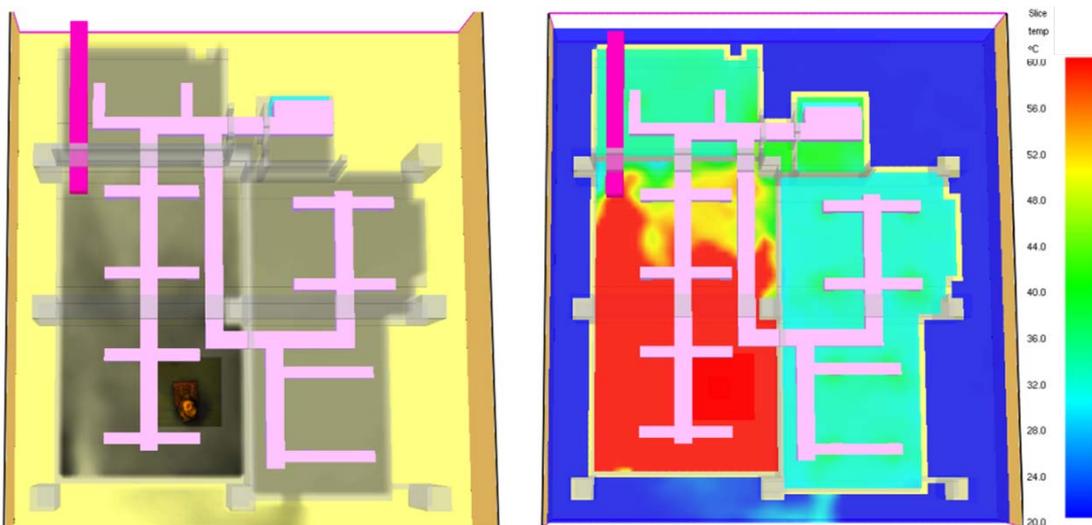


圖 5.20 Case 3 煙塵及溫度分布範圍(600s)

Case 4：在模擬在0~600秒時間內，煙塵及溫度分布擴散之範圍為火災室、倉庫與茶水間(空調機房)，辦公區域全不受影響尚屬安全，如圖5.21所示。

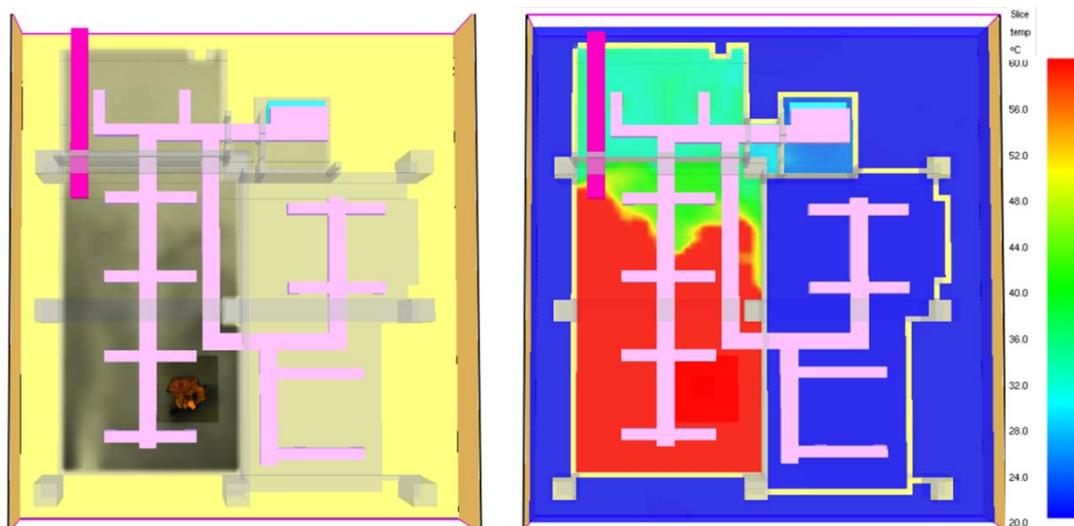


圖 5.21 Case 4 煙塵及溫度分布範圍(600s)

由上述兩案例，模擬結果可知：

1. 火災發生時，空調系統與排煙系統會相互干擾。
2. 空調開啟時(Case 3)，排煙系統受空調系統干擾，無法將煙塵有效的控制在火災室，空調風機運轉造成煙塵蔓延到辦公區域，且排煙風機有效的將煙塵排出，使得辦公區域的能見度與環境溫度，沒有 Case 1 嚴重。
3. 空調關閉時(Case 4)，排煙風機有效的將煙塵排出，辦公區域全不受到影響。

5.5.3 空調兼用排煙的可行性

Case 5：在模擬在0~600秒時間內，煙塵及溫度分布擴散之範圍為火災室、倉庫與茶水間(空調機房)，辦公區域全不受影響尚屬安全，如圖5.22所示。

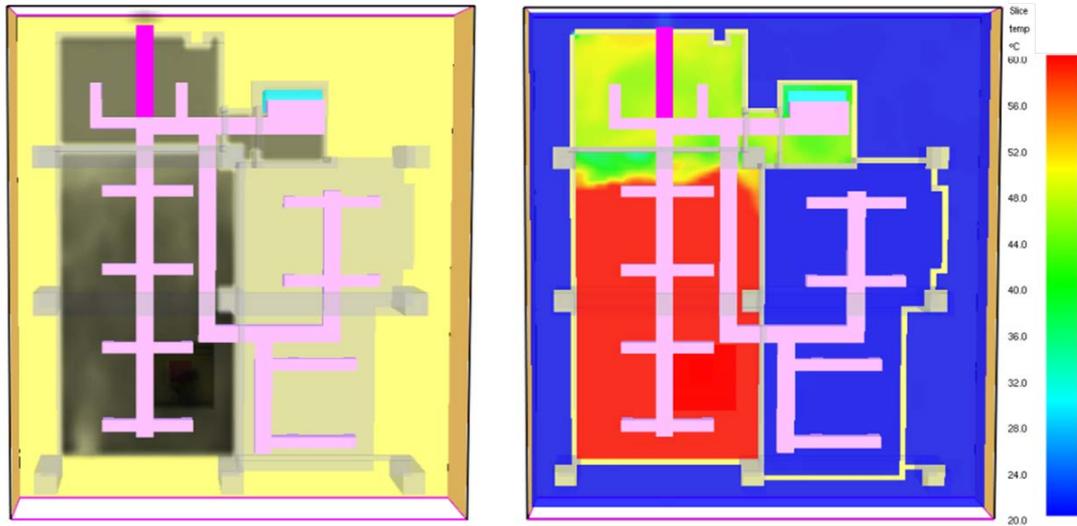


圖 5.22 Case 5 煙塵及溫度分布範圍(600s)

由上述案例，模擬結果可知：

1. 火災發生時，空調兼用排煙可提升防煙的安全性。
2. 空調關閉、控制風門關閉時(Case 5)，排煙風機透過空調兼用排煙的風管有效的將煙塵排出，辦公區域全不受到影響。

5.5.4 模擬結論

本研究各項模擬案例結果說明，如表5.2所示：

表 5.2 各模擬案例結果說明

編號	辦公區域 受影響時間	辦公區域 溫度	辦公區域環境安全說明
Case 1	66s	60°C 以上	已達不安全界線
Case 2	84s	40°C	未達不安全界線
Case 3	78s	30°C	未達不安全界線
Case 4	不受影響	20°C	不受影響
Case 5	不受影響	20°C	不受影響

第六節 現場實驗

5.6.1 實驗規劃說明

本研究計畫，將目前建築/機電現況整修成案例5的模擬條件後，以無害熱煙，採用煙流可視化觀察做後續的實驗，其實驗規劃，如表5.3所示：

實驗1：觀察煙塵經天花板空間水平擴散行為是否與模擬相同。

實驗2：觀察煙塵經空調風機，透過空調風管蔓延行為是否與模擬相同。

實驗3：觀察煙塵經排煙風機，透過空調風管排煙行為是否與模擬相同。

表 5.3 各實驗案例條件說明

編號	排煙風機	空調風機	控制風門	預期目標
實驗1	關閉	關閉	打開	觀察水平擴散行為
實驗2	關閉	開啟	打開	觀察空調風管蔓延行為
實驗3	開啟	關閉	打開	觀察空調風管排煙行為

5.6.2 實驗環境說明

1. 實驗環境改裝

改裝前後對照說明如下表 5.4 所示。

表 5.4 改裝前後對表

	
<p>改裝前的窗戶</p>	<p>窗戶改裝為排煙口</p>
	
<p>改裝前天花板空間</p>	<p>天花板上空間增設排煙風機</p>
	
<p>排煙風管路徑與既有窗簾裝潢衝突</p>	<p>窗簾裝潢改裝成排煙風管路徑</p>



排煙風管路徑與既有窗簾裝潢衝突



窗簾裝潢改裝成排煙風管路徑



排煙風機與空調風機連動控制



增設控制盤



增設偵煙感測器



增設電動風門

2. 實驗設備分布

將既有的空調風管改裝，增設排煙風管、排煙風機、電動風門、控制盤等，其相關設備分布如下圖5.23所示。

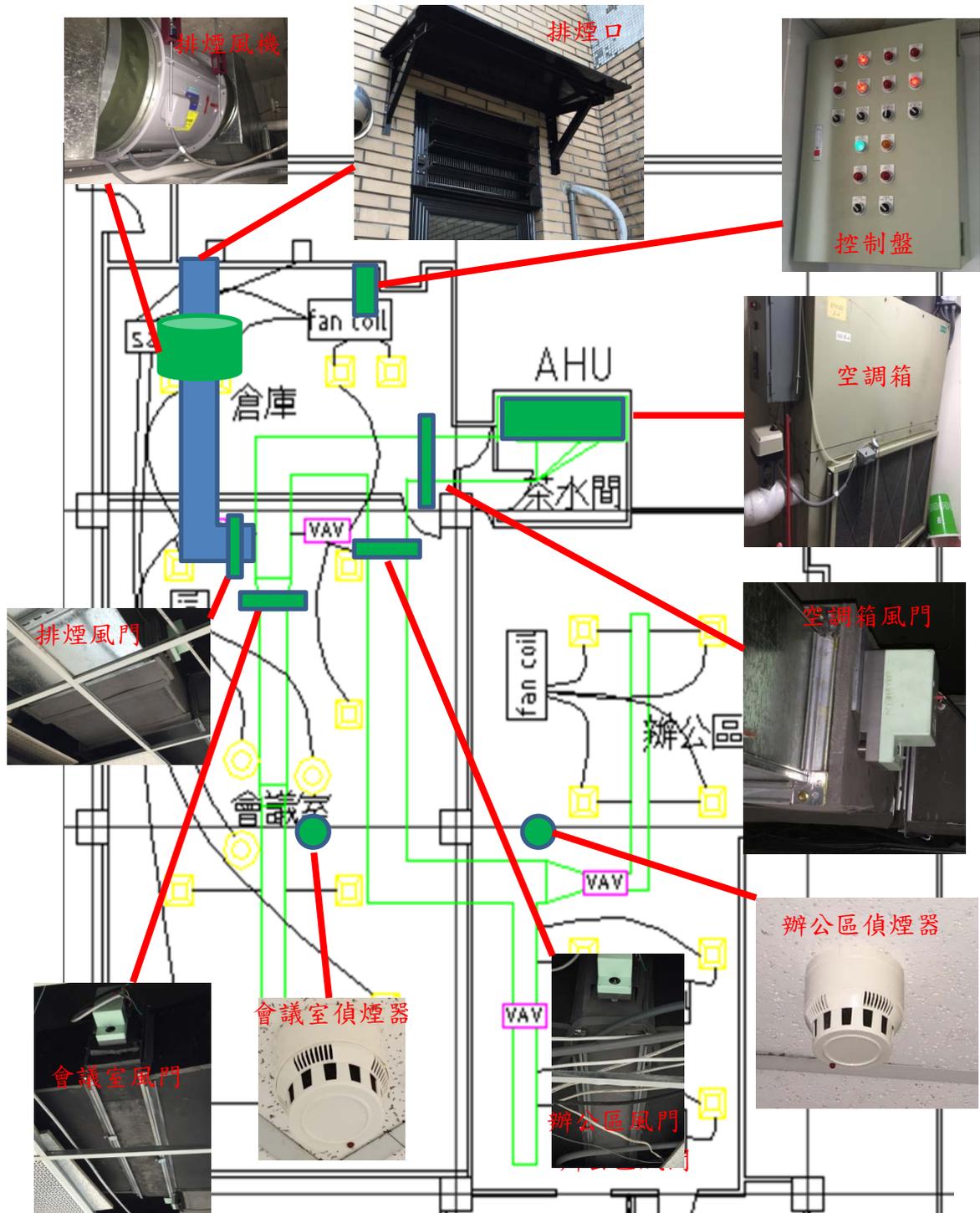


圖 5.23 實驗設備分布圖

3. 實驗儀器

本實驗採電熱式煙霧產生機，產生無害煙進行後續相關實驗，其煙霧產生機相關規格資料如下：

- (1) 廠牌：Antari
- (2) 儀器型號：Z-1500
- (3) 輸出量：20,000 立方呎 / 分鐘
- (4) 耗油量：9 分鐘 / 公升
- (5) 重量：14 公斤



圖 5.24 煙霧產生機

5.6.3 實驗結果說明

實驗1：觀察煙塵經由天花板空間水平擴散行為，由實驗結果可知：當兩居室隔間未達天花板上方空間或是空調風管穿越兩居室隔間但未設置防煙閘門，煙塵將透過天花板上方空間或是空調風管水平擴散開來，如圖5.25~5.29所示。



圖 5.25 煙塵進入會議室天花板上方空間



圖 5.26 煙塵經由天花板上方空間水平擴散到隔壁倉庫



圖 5.27 煙塵經由天花板上方空間水平擴散到隔壁倉庫



圖 5.28 煙塵經由天花板上方空間水平擴散到隔壁倉庫



圖 5.29 煙塵經由天花板上方空間水平擴散到隔壁倉庫

實驗2：觀察煙塵經空調風機，透過空調風管蔓延行為，由實驗結果可知：當空調風機吸入煙塵後，可藉由空調風管輸送到各個送風口造成煙塵擴散，如圖5.30~5.34所示。



圖 5.30 煙塵被空調風機吸入



圖 5.31 煙塵經由空調風管輸送到各個送風口造成煙塵擴散



圖 5.32 煙塵經由空調風管輸送到各個送風口造成煙塵擴散



圖 5.33 煙塵經由空調風管輸送到各個送風口造成煙塵擴散



圖 5.34 煙塵經由空調風管輸送到各個送風口造成煙塵擴散

實驗3：觀察煙塵經排煙風機，透過空調風管排煙行為行為，由實驗結果可知：當排煙風機啟動後，送風口吸入煙塵可藉由空調風管將煙塵排出室外，如圖5.35~5.39所示。



圖 5.35 煙塵經由送風口吸入可藉由空調風管將煙塵排出室外



圖 5.36 煙塵經由送風口吸入可藉由空調風管將煙塵排出室外



圖 5.37 煙塵經由送風口吸入可藉由空調風管將煙塵排出室外



圖 5.38 煙塵經由送風口吸入可藉由空調風管將煙塵排出室外



圖 5.39 煙塵經由送風口吸入可藉由空調風管將煙塵排出室外

第六章 安全梯間加壓防煙設計檢討

第一節 梯間加壓問題研究

建築物之安全梯與特別安全梯為建築物內部人員避難逃生之重要路徑，也是消防人員進入火場進行救災之途徑，已有著名案例印證，如美國在1980年著名之Las Vegas MGM Grand Hotel火災中[20]，煙自電梯通道，由一樓流竄上層，造成眾多之傷亡。維持一個無煙之安全梯間，不但對於逃生避難及救災極為重要，其亦有防止高溫之煙霧流竄之功能，避免火災所造成之傷亡。

美國NFPA所謂smoke management或可翻譯成煙害管理，而smoke control則為煙控。本報告所謂防煙是一種煙控之說詞，防止煙進入逃生避難之空間。安全梯或特別安全梯如有防煙設施，就可維持建築物內部避難路徑之連貫性，以利避難逃生，能使其在火災時更能保障生命。梯間加壓為有效的煙控方法，藉加壓使梯間對室內正壓，防止煙之流入，如此維持一個無煙之逃生避難空間，亦防止及控制了煙之垂直蔓延。

內政部建築研究所於90年度進行研究建築物安全梯間加壓防煙之規範，然國內尚未有梯間加壓煙控之設計規範，故對於部分採功能性設計之個案無審查技術基準，故有必要研擬基本之設計技術及防煙性能確效方法，以提升我國之建築防煙系統之效果。

本計畫研究目標如下：

1. 特別安全梯採加壓設計，使其成為相對安全區域，可視為暫時避難空間。
2. 國外低樓層多採用室外安全梯，高樓層以梯間加壓避難逃生，低層建築案例如圖 6.1、圖 6.2 所示。
3. 本計畫將探討以梯間加壓，用於 Route B 或 Route C 性能式設計之可行性。



圖 6.1 室外安全梯設計案例(法國某大學宿舍)
(本研究提供)



圖 6.2 室外安全梯設計案例(交通設施建築物)
(本研究提供)

第二節 我國相關防煙法規

我國建築[21]及消防法[1]系對於安全梯、特別安全梯之構造設備相關規定如下：

表 6.1 消防法規部份
(本表取自參考文獻[1])

<p>各類場所消防 安全設備設置標準 第二編 消防設計 第二十八條</p>	<p>下列場所應設置排煙設備：</p> <p>一、供第十二條第一款及第五款第三目所列場所使用，樓地板面積合計在五百平方公尺以上。</p> <p>二、樓地板面積在一百平方公尺以上之居室，其天花板下方八十公分範圍內之有效通風面積未達該居室樓地板面積百分之二者。</p> <p>三、樓地板面積在一千平方公尺以上之無開口樓層。</p> <p>四、供第十二條第一款第一目所列場所及第二目之集會堂使用，舞臺部分之樓地板面積在五百平方公尺以上者。</p> <p>五、依建築技術規則應設置之特別安全梯或緊急昇降機間。</p> <p>前項場所之樓地板面積，在建築物以具有一小時以上防火時效之牆壁、平時保持關閉之防火門窗等防火設備及各該樓層防火構造之樓地板區劃，且防火設備具一小時以上之阻熱性者，增建、改建或變更改用途部分得分別計算。</p>
<p>第三編 消防安全設備 第四章 消防搶救上之必要設備 第三節 排煙設備 第一百八十九條</p>	<p>特別安全梯或緊急昇降機間排煙室之排煙設備，依下列規定選擇設置：</p> <p>一、設置直接面向戶外之窗戶時，應符合下列規定：</p> <p>(一) 在排煙時窗戶與煙接觸部分使用不燃材料。</p> <p>(二) 窗戶有效開口面積位於天花板高度二分之一以上之範圍內。</p> <p>(三) 窗戶之有效開口面積在二平方公尺以上。但特別安全梯排煙室與緊急昇降機間兼用時（以下簡稱兼用），應在三平方公尺以上。</p> <p>(四) 前目平時關閉之窗戶設手動開關裝置，其操作部分設於距離樓地板面八十公分以上一百五十公分以下之牆面，並標示簡易之操作方式。</p> <p>二、設置排煙、進風風管時，應符合下列規定：</p> <p>(一) 排煙設備之排煙口、排煙風管、進風口、進風風管及其他與煙接觸部分應使用不燃材料。</p> <p>(二) 排煙、進風風管貫穿防火區劃時，應在貫穿處設防火閘門；該風管與貫穿部位合成之構造應具所貫穿構造之防火時效；其跨樓層設置時，立管應置於防火區劃之管道間。但設置之風管具防火性能並經中央主管機關認可，該風管與貫穿部位合成之構造具所貫穿構造之防火時效者，不在此限。</p>

	<p>(三) 排煙口位於天花板高度二分之一以上之範圍內，與直接連通戶外之排煙風管連接，該風管並連接排煙機。進風口位於天花板高度二分之一以下之範圍內；其直接面向戶外，開口面積在一平方公尺（兼用時，為一點五平方公尺）以上；或與直接連通戶外之進風風管連接，該風管並連接進風機。</p> <p>(四) 排煙機、進風機之排煙量、進風量在每秒四立方公尺（兼用時，每秒六立方公尺）以上，且可隨排煙口、進風口開啟而自動啟動。</p> <p>(五) 進風口、排煙口依前款第四目設手動開關裝置及探測器連動自動開關裝置；除以該等裝置或遠隔操作開關裝置開啟外，平時保持關閉狀態，開口葉片之構造應不受開啟時所生氣流之影響而關閉。</p> <p>(六) 排煙口、進風口、排煙機及進風機連接緊急電源，其供電容量應供其有效動作三十分鐘以上。</p>
--	--

表 6.2 建築法規部份
(本表取自參考文獻[21])

<p>建築技術規則建築設計施工編第四章 防火避難設施及消防設備 第一節 出入口、走廊、樓梯 第九十六條</p>	<p>下列建築物依規定應設置之直通樓梯，其構造應改為室內或室外之安全梯或特別安全梯，且自樓面居室之任一點至安全梯口之步行距離應合於本編第九十三條規定：</p> <p>一、通達三層以上，五層以下之各樓層，直通樓梯應至少有一座為安全梯。</p> <p>二、通達六層以上，十四層以下或通達地下二層之各樓層，應設置安全梯；通達十五層以上或地下三層以下之各樓層，應設置戶外安全梯或特別安全梯。但十五層以上或地下三層以下各樓層之樓地板面積未超過一百平方公尺者，戶外安全梯或特別安全梯改設為一般安全梯。</p> <p>三、通達供本編第九十九條使用之樓層者，應為安全梯，其中至少一座應為戶外安全梯或特別安全梯。但該樓層位於五層以上者，通達該樓層之直通樓梯均應為戶外安全梯或特別安全梯，並均應通達屋頂避難平臺。</p> <p>直通樓梯之構造應具有半小時以上防火時效。</p>
<p>第九十七條</p>	<p>安全梯之構造，依下列規定：</p> <p>一、室內安全梯之構造：</p> <p>(一) 安全梯間四周牆壁除外牆依前章規定外，應具有一小時以上防火時效，天花板及牆面之裝修材料並以耐燃一級材料為限。</p> <p>(二) 進入安全梯之出入口，應裝設具有一小時以上防火時效及半小時以上阻熱性且具有遮煙性能之防火門，並不得設置門檻；其寬度不得小於九十公分。</p> <p>(三) 安全梯間應設有緊急電源之照明設備，其開設採光用之向外窗戶或開口者，應與同幢建築物之其他窗戶或開口相距九十公分以上。</p> <p>二、戶外安全梯之構造：</p> <p>(一) 安全梯間四週之牆壁除外牆依前章規定外，應具有一小時以上之防火時效。</p> <p>(二) 安全梯與建築物任一開口間之距離，除至安全梯之防火門外，不得小於二公尺。但開口面積在一平方公尺以內，並裝置具有半小時以上之防火時效之防火設備者，不在此限。</p> <p>(三) 出入口應裝設具有一小時以上防火時效且具有半小時以上阻熱性之防火門，並不得設置門檻，其寬度不得小於九十公分。但以室外走廊連接安全梯者，其出入口得免裝設防火門。</p> <p>(四) 對外開口面積（非屬開設窗戶部分）應在二平方公尺以上。</p> <p>三、特別安全梯之構造：</p> <p>(一) 樓梯間及排煙室之四週牆壁除外牆依前章規定外，應具有一小時以上防火時效，其天花板及牆面之裝修，應為耐燃一級材料。管道間之維修孔，並不得開向樓梯間。</p> <p>(二) 樓梯間及排煙室，應設有緊急電源之照明設備。其開設</p>

	<p>採光用固定窗戶或在陽臺外牆開設之開口，除開口面積在一平方公尺以內並裝置具有半小時以上之防火時效之防火設備者，應與其他開口相距九十公分以上。</p> <p>(三) 自室內通陽臺或進入排煙室之出入口，應裝設具有一小時以上防火時效及半小時以上阻熱性之防火門，自陽臺或排煙室進入樓梯間之出入口應裝設具有半小時以上防火時效之防火門。</p> <p>(四) 樓梯間與排煙室或陽臺之間所開設之窗戶應為固定窗。</p> <p>(五) 建築物達十五層以上或地下層三層以下者，各樓層之特別安全梯，如供建築物使用類組 A-1、B-1、B-2、B-3、D-1 或 D-2 組使用者，其樓梯間與排煙室或樓梯間與陽臺之面積，不得小於各該層居室樓地板面積百分之五；如供其他使用，不得小於各該層居室樓地板面積百分之三。</p> <p>安全梯之樓梯間於避難層之出入口，應裝設具一小時防火時效之防火門。建築物各棟設置之安全梯，應至少有一座於各樓層僅設一處出入口且不得直接連接居室。</p>
<p>第二節 排煙設備 第一百條</p>	<p>左列建築物應設置排煙設備。但樓梯間、升降機間及其他類似部份，不在此限：</p> <p>一、供本編第六十九條第一類、第四類使用及第二類之養老院、兒童福利設施之建築物，其每層樓地板面積超過五〇〇平方公尺者。但每一〇〇平方公尺以內以分間牆或以防煙壁區劃分隔者，不在此限。</p> <p>二、本編第一條第三十一款第三目所規定之無窗戶居室。</p> <p>前項第一款之防煙壁，係指以不燃材料建造之垂壁，自天花板下垂五十公分以上。</p>
<p>第一百零一條</p>	<p>排煙設備之構造，應依左列規定：</p> <p>一、每層樓地板面積在五〇〇平方公尺以內，得以防煙壁區劃，區劃範圍內任一部份至排煙口之水平距離，不得超過四十五公尺，排煙口之開口面積，不得小於防煙區劃部份樓地板面積百分之二，並應開設在天花板或天花板下八十公分範圍內之外牆，或直接與排煙風道(管)相接。</p> <p>二、排煙口在平時應保持關閉狀態，需要排煙時，以手搖式裝置，或利用煙感應器連動之自動開關裝置、或搖控式開關裝置予以開啟，其開口門扇之構造應注意不受開放排煙時所發生氣流之影響。</p> <p>三、排煙口得裝置手搖式開關，開關位置應在距離樓地板面八十公分以上一·五公尺以下之牆面上。其裝設於天花板者，應垂吊於高出樓地板面一·八公尺之位置，並應標註淺易之操作方法說明。</p> <p>四、排煙口如裝設排風機，應能隨排煙口之開啟而自動操作，其排風量不得小於每分鐘一二〇立方公尺，並不得小於防煙區劃部份之樓地板面積每平方公尺一立方公尺。</p> <p>五、排煙口、排煙風道(管)及其他與火煙之接觸部份，均應以不燃材料建造，排煙風道(管)之構造，應符合本編第</p>

	<p>五十二條第三、四款之規定，其貫穿防煙壁部份之空隙，應以水泥砂漿或以不燃材料填充。</p> <p>六、需要電源之排煙設備，應有緊急電源及配線之設置，並依建築設備編規定辦理。</p> <p>七、建築物高度超過三十公尺或地下層樓地板面積超過一、〇〇〇平方公尺之排煙設備，應將控制及監視工作集中於中央管理室。</p>
第一百零二條	<p>一、應設置可開向戶外之窗戶，其面積不得小於二平方公尺，二者兼用時，不得小於三平方公尺，並應位於天花板高度二分之一以上範圍內。</p> <p>二、未設前款規定之窗戶時，應依其規定位置開設面積在四平方公尺以上之排煙口，(兼排煙室使用時，應為六平方公尺以上)，並直接連通排煙管道。</p> <p>三、排煙管道之內部斷面積，不得小於六平方公尺(兼排煙室使用時，不得小於九平方公尺)，並應垂直裝置，其頂部應直接通向戶外。</p> <p>四、設有每秒鐘可進、排四立方公尺以上，並可隨進風口、排煙口之開啟而自動操作之進風機、排煙機者，得不受第二款、第三款、第五款之限制。</p> <p>五、進風口之開口面積，不得小於一平方公尺(兼作排煙室使用時，不得小於一·五平方公尺)，開口位置應開設在樓地板或設於天花板高度二分之一以下範圍內之牆壁上。開口應直通連接戶外之進風管道，管道之內部斷面積，不得小於二平方公尺(兼作排煙室使用時，不得小於三平方公尺)。</p> <p>六、排煙室之開關裝置及緊急電源設備，依本編第一〇一條之規定辦理。</p>
第十二章 高層建築物 第三節 防火避難設施 第二百四十一條	<p>高層建築物應設置二座以上之特別安全梯並應符合二方向避難原則。二座特別安全梯應在不同平面位置，其排煙室並不得共用。</p> <p>高層建築物連接特別安全梯間之走廊應以具有一小時以上防火時效之牆壁、防火門窗等防火設備及該樓層防火構造之樓地板自成一個獨立之防火區劃。</p> <p>高層建築物通達地板面高度五十公尺以上或十六層以上樓層之直通樓梯，均應為特別安全梯，且通達地面以上樓層與通達地面以下樓層之梯間不得直通。</p>
第二百四十二條	<p>高層建築物升降機道併同升降機間應以具有一小時以上防火時效之牆壁、防火門窗等防火設備及該處防火構造之樓地板自成一個獨立之防火區劃。</p> <p>升降機間出入口裝設之防火設備應具有遮煙性能。連接升降機間之走廊，應以具有一小時以上防火時效之牆壁、防火門窗等防火設備及該層防火構造之樓地板自成一個獨立之防火區劃。</p>

以上說明所謂特別安全梯係指安全梯間外有一前室，如圖6.3所示，美國文獻稱之為lobby，國內目前經常稱之為排煙室。從以上說明可見建築法對安全梯之規定為一個防火之區劃，只對防火性能作出要求，並無煙控性能方面之規定。以上綜合可見國內之安全梯防煙之要點為，以排煙除去排煙室之煙害，以防火區劃維持梯間逃生通道之安全。國內安全梯方面之法規歷時已久，其對於高層建築防煙之考量較為缺乏，由上可見我國目前之相關法規以排煙為主，尚未採納以防止煙氣進入逃生避難空間之概念，不見以正壓設計阻止煙氣流竄之規定。

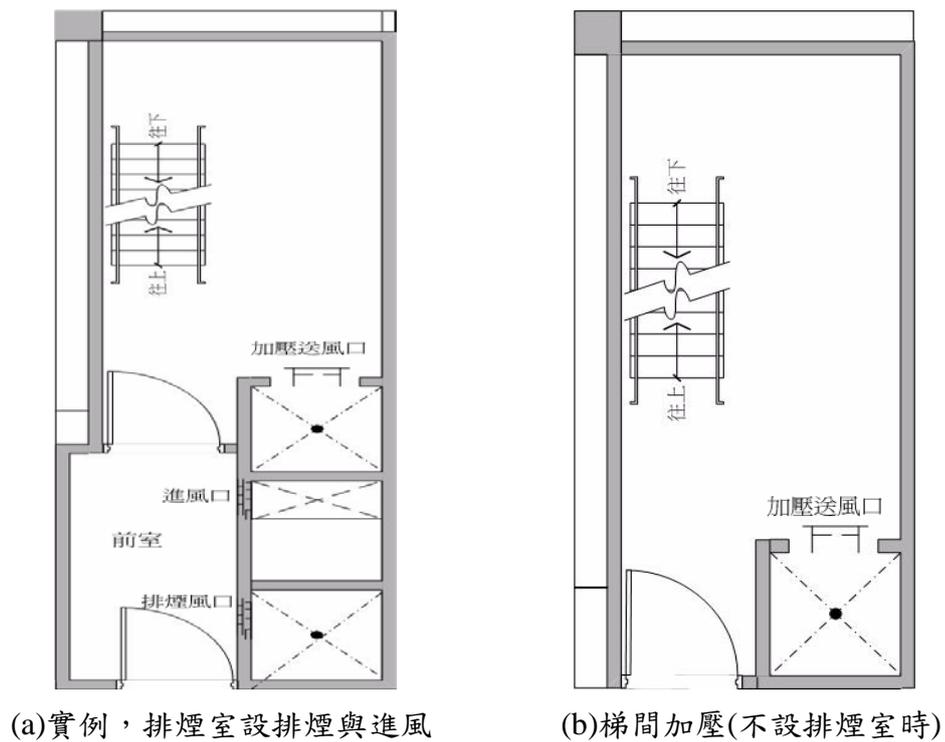


圖 6.3 特別安全梯加壓與排煙室設計案例
(本圖取自參考文獻[22])

第三節 國內特別安全梯間加壓規範之建議

一、排煙室之法規修正

建議修訂建築法建築技術規則建築設計施工編第四章防火避難設施及消防設備第 97 條及消防安全設備設置標準第 190 條，規範特別安全梯(需設排煙室)以送風加壓之方法防煙(具自然排煙除外)。

建築物安全梯間加壓防煙規範，除了安全梯間加壓系統之建立外，對於鄰近安全梯之排煙室(前室)，亦必須加以規範，甚至修正目前消防安全設備設置標準第 189 條之規定。按設置標準，排煙室採自然進氣，機械排煙設計者，在排煙風機動作，執行排煙功能時，排煙室將因此而成為一負壓之避難逃生空間，如此有違煙控逃生之原則，應建立加壓防煙及加壓壓力梯度之觀念，考慮一併列入本規範中。

二、安全梯間加壓防煙設置規定之建議規範條文及說明

第一條 建築物依規定設置之特別安全梯，應於梯間設置送風加壓防煙設備，唯其或鄰近排煙室採自然排煙者不在此限。

對於設有緊急昇降機之建築物，與安全梯兼用排煙室時，其安全梯內得依前項之規定設置送風加壓防煙設備。

第一條之一 依前條規定於特別安全梯或安全梯內，設有送風加壓防煙設備者，

其鄰接排煙室(前室)得採壓力煙控設計以建立壓力梯度防止煙進入。

說明：

設置排煙室的作用：(1)逃生時之通廊；(2)阻擋煙氣直接進入特別安全梯間；(3)作為消防人員到達起火層進行搶救工作的起始據點和安全區。當發生火災時，煙氣水平方向流動速度為 0.3-0.8m/s，垂直方向擴散速度為 3-4m/s，即當煙氣流動速度只要無阻擋時，只需 1 分鐘左右就可以擴散到幾十層高的大樓內，煙氣流動速度大大超過了人的疏散速度。樓梯間又是高層建築火災時垂直方向蔓延的重要途徑。因此，對安全梯間設置加壓防煙設備，建立梯間往室內方向壓力梯度之方式可有效阻止煙氣進入，進而得以確保人員安全疏散和搶救。當與緊急昇降機共用排煙室時，得將排煙室加壓維持自梯間至室內之壓力梯度，以防止煙進入排煙室。

第二條 安全梯間之加壓防煙設備應為專用系統，送風口及送風管道間依消防安全設備設置標準第 190 條之規定。

第三條 安全梯間加壓防煙，於排煙室不送風時，其加壓送風量應依以之規定：

20 層以下建築以開二扇門作計算，20 層(含)以上開 3 扇門，風量係依開啟門的開口面積計算，且當門開啟時，通過門的風速應大於 0.70m/s。

第三條之一：安全梯間加壓防煙之加壓送風量，應確保足以維持梯間所需之正壓，需能在梯間所有安全門關閉時維持梯間 50Pa 之正壓，且最高之正壓值需控制在 87 Pa 以下。

說明

理論上，加壓風量之確效共有兩方面之條件，其一為維持梯間對外及對前室之正壓；其二為逃生模式門開啟時，通過開門之風速應能防止煙之流入。據國外燃燒實驗資料介紹，在多層建築內，正壓值為 25Pa 的空氣壓力就可以取得較為滿意的防煙效果，對高層建築來說需要增加到 50Pa 時才能確保防煙要求，目前美國、英國和加拿大均按 25-50Pa 範圍內選取，這個數值走道內有自動噴水裝置的建築內是安全的。我國目前在防煙設計中也基本上參照這一數值。本條按此理由作出規定。為了促使防煙樓梯間內的加壓空氣向走廊流動，提高對著火層煙氣的排斥作用，因此要求在加壓送風時防煙樓梯間的空氣壓力大於前室的空氣壓力，而前室的空氣壓力大於走廊的空氣壓力，即防煙樓梯間正壓值為 50Pa，前室正壓值為 12.5Pa，走廊的壓力為相對是零。

加壓風量不但要滿足當所有門都關閉時由門縫向非加壓部位滲透的空氣量及加壓空間應具有的一定的空氣正壓值，而且加壓送風的空氣量還要滿足一定數量的門在間歇性開啟時，門口斷面處流速的要求，為了防止當加壓部位所有的門都關閉時，其內部壓力超過某一數值時，給開啟疏散門帶來困難(有資料表明：正壓值大約在 102Pa 時，疏散門就難以打開)。因此對加壓部位設置限壓裝置是理所當然的，本研究建議依 IBC 設限壓為 87Pa。

第四條 超過三十二層的高層建築，其送風系統及送風量應依送風加壓系統之可靠度作適當分段設計。

第五條 於安全梯間內至少每隔三層應設一個加壓送風口。

安全梯間加壓防煙設置規範簡列於表 6.3。

表 6.32 安全梯間加壓防煙設置規範之簡列

管制對象	1.特別安全梯，中華民國建築技術規則設計施工篇(82年5月)第96條，15層(含)以上之建築，或5層(含)以上之商場建築需設置特別安全梯。 2.對於設有緊急升降機之建築物，與安全梯兼用排煙室時，其安全梯內得依前項之規定設置送風加壓防煙設備，前室得用加壓方式維持12.5PA正壓，形成自梯間至室內之壓力梯度。
門關閉時之最低壓差	50PA
逃生模式開門之平均風速	20層以內開二扇門 20層(含)以上開3扇門，逃生門開啟，開門風速為0.7M/S以上
加壓方式	多點送風，每3層至少設一送風口
風管構造	通風風管
啟動	與火警連動，防災控制站手動控制
氣壓控制	所有安全門關閉時梯間不超過87PA
前室氣壓	高於室內12.5PA以上，但低於安全梯間

第四節 安全梯間加壓防煙設計技術手冊

更新版之規劃

建築物之安全梯為內部人員逃生的重要通道，也是消防人員進入建築物火場救災的途徑，維持梯間無害及可維生的條件，實為消防安全設施重要之一環。因此，見於英國防火工程指引[23]、美國建築師公會聯合會手冊[3]及防火工程師協會手冊[24]，均將梯間加壓設計列為專章，由此可見加壓防煙已是通行之設計手法。我國也有不少梯間加壓防煙之設計案例，加壓防煙手法甚至已用在重大公共工程如雪山隧道之人行通道與導坑，以提升防火安全。

編寫本手冊之目的主要是提供建築安全梯加壓設計手法及技術指引，可作為推廣教材，審查安全梯加壓防煙設計及政府修改相關法規之參考。本手冊內容包括梯間加壓防煙系統之基本設計，相關消防設備之標準或規範，也加入了加壓防煙性能確效方法，並以實例說明其應用於我國建築物之可行性，以上說明了本手冊多面向的功用。本手冊首先探討我國當前相關條列式法規有關正壓防排煙之規範，相較於國際慣用之手法，進行安全避難的比較分析，及未來我國應採用之技術規範。

本手冊章節之規劃如下：

第一章 緒論 第一節 建築物之安全梯與特別安全梯 第二節 加壓防煙與安全避難逃生
第二章 相關研究文獻
第三章 我國相關防煙法規
第四章 國際標準 第一節 美國方面之梯間加壓設計 第二節 日本建築物排煙及梯間加壓之探討 第三節 The BOCA National Building Code/1987 第四節 Uniform Building Code

<p>第五節 International Building Code (IBC)規範</p> <p>第六節 英國/歐盟之規範</p> <p>第七節 中國大陸之規範</p> <p>第八節 國外現行安全梯間加壓防煙規範之簡要</p>
<p>第五章 梯間加壓系統設計</p> <p>第一節 偵煙器</p> <p>第二節 梯間靜壓控制</p> <p>第三節 加壓風量與風壓之設計計算</p> <p>第四節 風機之選用原理</p> <p>第五節 風管(道)之設計、壓損計算法及消耗功率計算</p> <p>第六節 各式風門規格、認證標準、型式及安裝舉例</p> <p>第七節 風管施工</p>
<p>第六章 國內案例介紹</p>
<p>第七章 安全梯與特別安全梯間加壓用於性能式設計之建議</p>
<p>第八章 安全梯加壓性能測試指引</p> <p>第一節 運轉測試指針</p> <p>第二節 運轉測試實測</p>
<p>結論</p>
<p>參考文獻</p>

完整手冊內容詳如附件三。

本手冊也將探討大型空間之避難逃生，如將逃生途徑之通廊以加壓防煙，故逃生路徑可自建築物內部通往排煙室，遠離排煙室區域通過有防煙功能之通廊進入排煙室，如下圖(摘自沙地阿拉伯 Olaya 捷運站設計方案，泰興工程提供)。

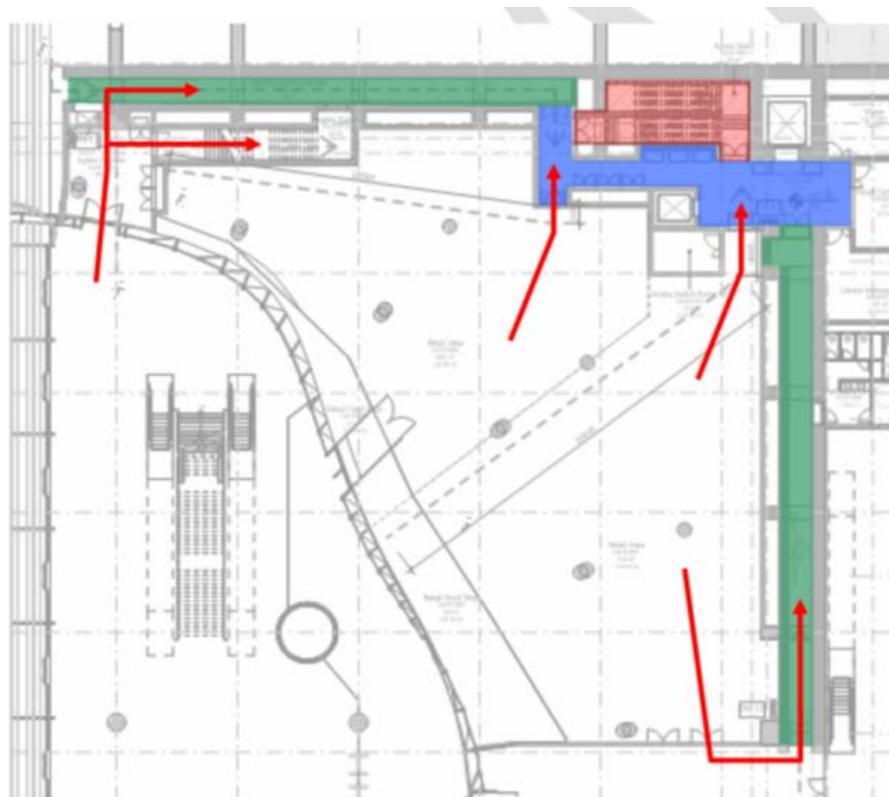


圖 6.4 通廊加壓與排煙室設計案例
(國外設計案例，泰興工程提供)

第七章 天花板空間蓄煙之排煙系統可行性研究

第一節 研究回顧

7.1.1 以天花板上方為蓄煙空間，並設置排煙口進行排煙模擬分析

在102年的「防煙區劃內隔間開口設計對機械排煙效能影響之研究」中[7]，本團隊曾針對以天花板上方為蓄煙空間，並設置排煙口進行排煙之數值模擬，並進行初步探討及分析，簡要回顧如後：

一.模擬情況：

該模擬係以天花板上方為蓄煙空間，在設定之火災邊界條件下，以天花板面2%之排煙口設計，以常開口及探測器連動方式進行火災模擬，並就模擬結果，比對各空間煙層下降至安全高度（1.8m）時間，以確認以天花板上方為蓄煙空間，並設置排煙口進行排煙之可行性分析。

模擬模型尺寸為15m（L）× 13.5m（W）× 4 m（H），火災室尺寸為4.5m（L）× 4 m（W）× 3 m（H），起火源為沙發，相關模型配置詳圖7.1、圖7.2。居室沙發等家具設為家具飾布材質（upholstery），燃燒熱=30000kJ/kg，桌椅設為木頭（pine），燃燒熱=12044kJ/kg。依設計，進行了以下三項模擬：

- （一）項目一：小居室天花板開口為常開口，居室內無排煙系統情況。
- （二）項目二：天花板開口為常開口，居室內有排煙系統情況。
- （三）項目三：天花板開口由為各區域探測器探測煙流動作後連動開啟，居室內有排煙系統情況。

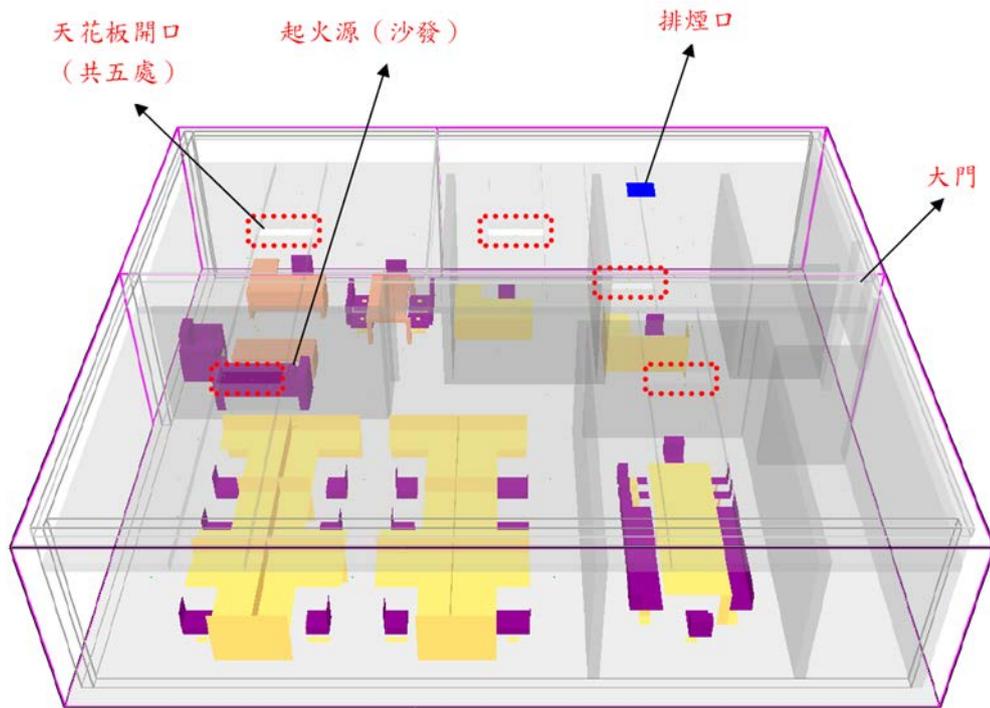


圖 7.1 天花板蓄煙模擬空間示意圖-俯視圖
(本圖取自參考文獻[7])

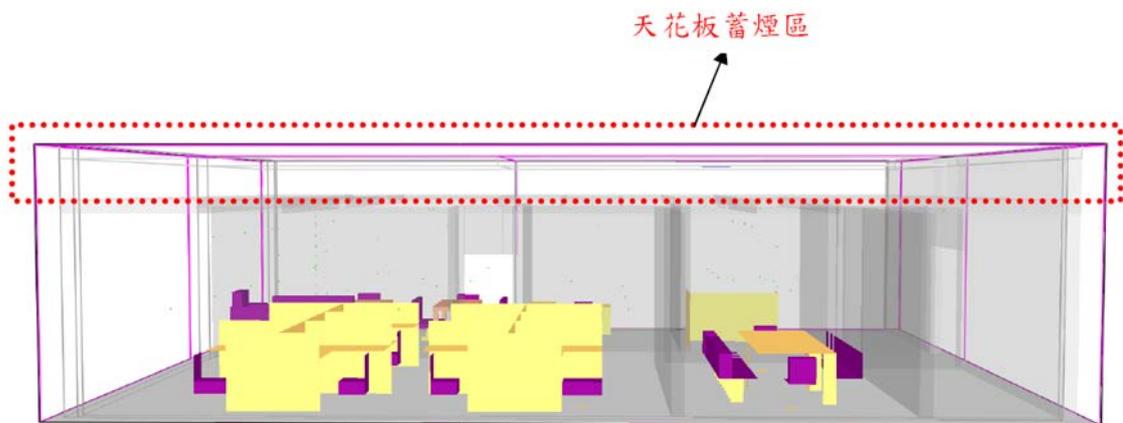


圖 7.2 天花板蓄煙模擬空間示意圖-側視圖
(本圖取自參考文獻[7])

二.研究發現

(一) 以天花板蓄煙方式，其煙層下降至 1.8m 限制高度之時間，優於依法規之設計方式。

(二) 從模擬情況觀察發現，煙層經由火災室開口傳遞至天花板上方後，即受到天花板本體及浮力作用限制，在天花板上方空間可負荷煙的情況下，不會大量的由鄰室天花板開口流出，這樣的情況可持續到蓄煙層超過煙負荷量為止，在火災

持續擴大，煙從鄰室天花板開口流出並快速下降，填充整個區劃。

(三) 由模擬結果發現，以天花板蓄煙，天花板開口以常開口方式，與裝置排煙口加個別控制方式，在煙層下降至 1.8m 的模擬上，其差異不大。

7.1.2 其他相關研究結果

一、「建築物室內流明天花板影響煙流模擬研究」

蘇鴻奇在「建築物室內流明天花板影響煙流模擬研究」中[25]，以文獻蒐集論證與FDS模擬方式，提出以下結論：

- (一) 天花板裝修時，其開孔率的大小，的確會干擾煙層的流動。
- (二) 溫度的危害順序與煙層影響的危害順序相同，開孔率大者，使得煙層上移後，60°C的影響時間也有所延緩。
- (三) 格柵型流明天花板，其開孔率為 75%，經過模擬後發現，對於煙層的影響與條狀型流明天花開孔率為 50%之結果相近。

二、「建築物室內流明天花板影響煙流模擬研究」

蘇鴻奇另於「公共建築物內天花板裝修形式影響自然煙流驗證研究」中[26]，再以文獻蒐集論證、FDS模擬，及建置實尺寸實驗，進行天花板裝修形式影響自然煙流驗證，並提出以下結論：

- (一) 高度 180cm 達到 60°C 時間的實驗結果比較：同一種開孔型式其開孔率越大，達到 60°C 的時間越慢，亦即越安全。
- (二) 煙層下降時間的實驗結果比較：天花板有開孔並且有蓄煙空間時，煙層累積至高度 180cm 的時間皆有延緩。長條型天花板對於煙層的穿透流動較為順暢，其天花板下方的煙層蓄積較慢。
- (三) 開孔率影響的 FDS 模擬結果比較：在流明天花板開孔率，對於煙層下降至 1.8m 危害程度順序為，原型 0%>11%>16%>25%>33%。對於爭取煙層下降時間而言，開孔率大者較佳。同時建築設計時，若能將天花板上方的空間加大，對於煙流的蓄積，以及延緩煙層下降的速度，都可增加建築物內人員的避難逃生時間。

(四) 開孔形式影響的 FDS 模擬結果比較：以開孔形式對於煙層下降之影響，條狀天花板煙層下降時間比格柵天花板時間長，故危害程度順序為，格柵天花板 > 條狀天花板。由煙流入蓄煙層之時間觀察，煙較容易流入條狀天花板蓄煙層，所以所需時間較短。且以充滿蓄積層時間觀察，開孔率越小影響越大。

7.1.3 研究結果綜整

歸納前述天花板蓄煙相關研究，綜整結論如表7.1，初步可獲至一個明確的結果，就是蓄煙空間與煙層下降時間，有相對的影響；在固定的發煙率下，天花板上方蓄煙空間愈大，煙層下降時間愈長，天花板開孔率及開孔形式，亦為影響煙層下降時間之因素，而天花板開孔大於2%以上時，就足於使發生火災居室所產生的煙流入防煙區劃內的天花板上。

表 7.1 研究結果綜整

研究計畫	重要發現與結論
101年 建築物室內流明天花板影響煙流模擬研究	1.天花板開孔率會干擾煙層的流動，開孔率大會使得煙層上移至天花板上，60°C煙層下降時間會延緩。 2.開孔率75%格柵型流明天花板，與開孔率50%條狀型流明天花，經過模擬發現，對於煙層的影響結果相近。
102年 公共建築物內天花板裝修形式影響自然煙流驗證研究	1.比較在180cm高煙層達到60°C的時間，實驗結果為開孔率越大，達到60°C的時間越長。 2.FDS模擬結果，天花板上空大有助於煙蓄積延緩煙層下降速度。 3.FDS模擬結果，條狀天花板優於格柵天花板，煙易流入條狀天花板蓄煙。
102年 防煙區劃內隔間開口設計對機械排煙效能影響之研究	1.防煙區劃內天花板上可作為蓄煙，有助延緩煙層下降。 2.發現在居室天花板上設2%開口，就足於使發生火災居室所產生的煙流入防煙區劃內的天花板上。 3.建議未來研究相關工法，在天花板內設排煙閘門連接風管，以利於排煙及室內裝修。
104年 空調兼排煙與天花板空間蓄煙暨加壓防煙設計技術之研	1.依 102 年度建議事項，本年度將提出在天花板內設排煙閘門連接風管之相關工法，所產出供產業應用及政府修改相關法規與規範之參考。 2.以防煙區劃作為天花板上蓄煙，蓄煙空間大於單一居室上方之空間，本計畫擬研究方案或可結合空調回風口，有利於空調與防排煙之結合。

(資料來源：本研究整理)

第二節工法探討

依各類場所消防安全設備設置標準第188條第一項第三款規定，”排煙口設於天花板或其下方八十公分範圍內，除直接面向戶外，應與排煙風管連接。”，此一規定已界定了排煙口於空間內設置區間及施工方式，其內涵並未包括天花板上方部分。我們大膽假設，如天花板上方空間蓄煙係屬可行，則前述排煙口設置位置規定是否能允許及滿足此一需求，否則必須被探討，甚至進行修訂。

依上述假設，初步以FDS數值模擬方式，在各種可能的設計條件下，以天花板上方為蓄煙空間，天花板採固定開口率，並於天花板上方設置排煙口之方式，與現行法令允許之設計等進行模擬，並依模擬結果，進一步探討分析，並提出可行工法建議。

7.2.1 電腦數值模擬

為探討天花板上方作為蓄煙空間之可行性，模擬仍將採用第五章模型及相關邊界條件為基礎，針對探討需求進行部分尺寸及設備數量調整後，執行電腦數值模擬及比對分析，藉以確認需求結果。

一. 模擬條件設定

(一) 模型幾何：

本節模擬，採用同5.1.2節所使用模型條件，相關幾何如圖5.11所示。

(二) 火源設計：

火源大小採1MW， t^2 火源，成長曲線為 Fast fire ($\alpha = 0.0469$)。

(三) 排煙口及風機開啟時機：火災室內設有偵煙探測器，當探測器偵測煙霧動作後30秒，連動排煙口開啟及風機起動。

(四) 格點選定：

依據前述模型幾何及火源設定，火災特徵直徑 (Characteristic fire diameter, D^*) 參考 FDS 使用手冊[14]建議，熱釋放率 $\dot{Q} = 1 \text{ MW}$ 時， D^* 為 0.96m，則 0.1

D*約為 0.1 m；考量本次模擬，主要目的為火災室增設蓄煙空間對排煙性能探討，其所在位置於火源區域以外部分，因此，在格點設定上，火災室火源區部分以 0.1m 作為初步估計火源附近所需合理之格點尺寸，以外部分則以 0.2m 進行設定，相關格點統計如表 7.2 所示。

表 7.2 格點 1 統計表

網格編號	網格尺寸	網格數	網格總數
MESH 1	0.10m×0.10m×0.10m	18,000.	306,000.
MESH 2	0.20m×0.20m×0.20m	288,000.	

(資料來源：本研究整理)

(五) 判定標準：

有關火場的可維生環境判別標準，通常係以 NFPA 130 附錄 B[19]之判別項目，說明如後：

1、容許溫度

火場溫度在數秒內允許之最高溫為 60°C，最初 6 分鐘允許暴露之平均溫度為 49 °C。通常人員在數秒內越過火場，其溫度採低於 60°C 為判定基準。

2、CO 濃度

在數秒內允許之最高濃度為 2000 ppm，最初 6 分鐘暴露平均濃度不大於 1500 ppm，最初 15 分鐘暴露平均濃度不大於 800 ppm，其餘條件暴露平均濃度不大於 50 ppm。通常允許人員逃生避難之環境採 CO 濃度低於 1500 ppm 為判定基準。

3、能見度

火場煙流之能見度，在有照明的避難指標，能辨視的距離為 30 m，門及牆壁能辨視的距離為 10 m。通常人員逃生避難環境之能見度採大於 10 m 為判定基準。

4、輻射熱強度

關於輻射熱 q'' (Radiation Heat Flux) 部份，在數秒內允許暴露值最大為 6305 W/m^2 或 6.3 kW/m^2 ，最初 6 分鐘允許暴露平均強度 1576 W/m^2 ，其餘條件之暴露平均強度為 946 W/m^2 。人員越過火場時接受到最大輻射強度，僅為數秒的時間，故輻射熱強度採 6.3 kW/m^2 為判定基準。

5、煙層底部高度

我國採用之容許煙層下降高度為距地板面高度 1.8m。

由於本研究係針對增加天花板上方空間蓄煙對排煙系統的影響進行探討，因此，在溫度、CO 濃度、輻射熱強度等項目，將不納入分析比對項目，僅利用煙層下至 1.8m 高度時之能見度作為排煙性能優劣之判別標準。

二.火災劇本：

依據需求，預期模擬結果如下：

(一) 我們預期以電腦模擬方式，以下列驗證結果，與法規設計之模擬結果進行比較，以確認天花板上方蓄煙時之排煙口設計位置，與煙層下降時間之相對關係：

1. 以天花板上方為蓄煙空間，並於天花板上方設置排煙口。
2. 以天花板上方為蓄煙空間，於天花板面設置排煙口。

(二) 其次，考量溫度的影響，天花板上方之管線與設備，在以天花板上方為蓄煙空間時，是否需考慮其防火或耐溫性能。

(三) 再者，氣流對天花板結構，亦需納入考量，在天花板上方裝設排煙口，將產生一定之壓力變化，是否造成天花板變形或破壞。

(四) 另考量天花板上方，亦為管線容納空間，在結構樑與管線交錯之空間內，其容積及空間斷面之有效流動面積對排煙性能之影響。

(五) 最後，對於排煙區劃增加天花板上方空間蓄煙時，對於防煙區劃設置方式，是否需延伸至頂版問題，進行研討。

規劃模擬之火災劇本如表7.3所示。

表 7.3.2 模擬項目統計說明表

模擬項目編號	說明	模擬情況
CASE-A0-1	無排煙-無蓄煙（基本案例）	能見度
CASE-A0-2	天花板下方排煙（1cmm）-無蓄煙（基本案例）	
CASE-A0-3	無排煙-有蓄煙（基本案例）	
CASE-A1	天花板上方排煙-1cmm -有蓄煙-分間牆上方面積 8%-火災室外排煙口關閉	
CASE-A2	天花板上方排煙-2cmm -有蓄煙-分間牆上方面積 8%-火災室外排煙口關閉	
CASE-A3	無排煙-有蓄煙-分間牆上方面積 8%-防煙區劃排煙口全開	
CASE-A4	天花板上方排煙-1cmm -有蓄煙-分間牆上方面積 8%-防煙區劃排煙口全開	
CASE-B1	天花板上方排煙-1cmm -有蓄煙-分間牆上方面積 6%-防煙區劃排煙口全開	
CASE-B2	天花板上方排煙-1cmm -有蓄煙-分間牆上方面積 4%-防煙區劃排煙口全開	
CASE-B3	天花板上方排煙-1cmm -有蓄煙-分間牆上方面積 2%-防煙區劃排煙口全開	
CASE-B4	天花板上方排煙-1cmm -有蓄煙-分間牆上方面積 1%-防煙區劃排煙口全開	
CASE-C1	天花板上方排煙-2cmm -有蓄煙-分間牆上方面積 8%-火災室外排煙口關閉-天花板上方排煙區劃未封閉	

（資料來源：本研究整理）

三、模擬結果：

(一) 增加天花板上方蓄煙模擬結果：

在煙層下降部分，係於火災室地板面上方 1.8m 處，平均設置 6 只能見度感測器，偵測能見度降至 10m 之時間進行比對；由於火災室內各點之煙層下降並非穩態，因此，在煙層下降時間之擷取，係以偵測之數值平均結果為基準，進行比對分析。

CASE A 計有七組模型，其中 A0 組基本案例計有三組，依前述火源大小及成長條件情況下，各組模擬結果如圖 7.3 及 7.4 所示，各組煙層下降時間統計如表 7.4 所示。

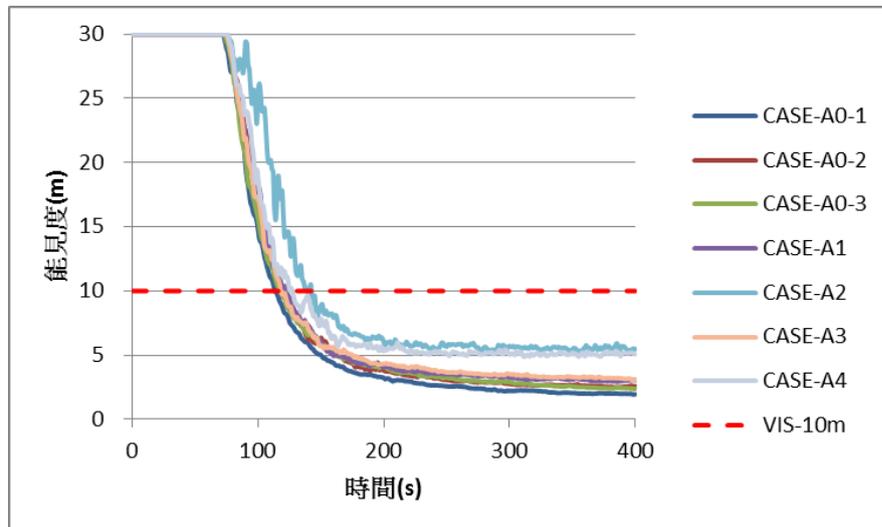


圖 7.3 煙層下降時間比較 (1)
(資料來源：本研究整理)

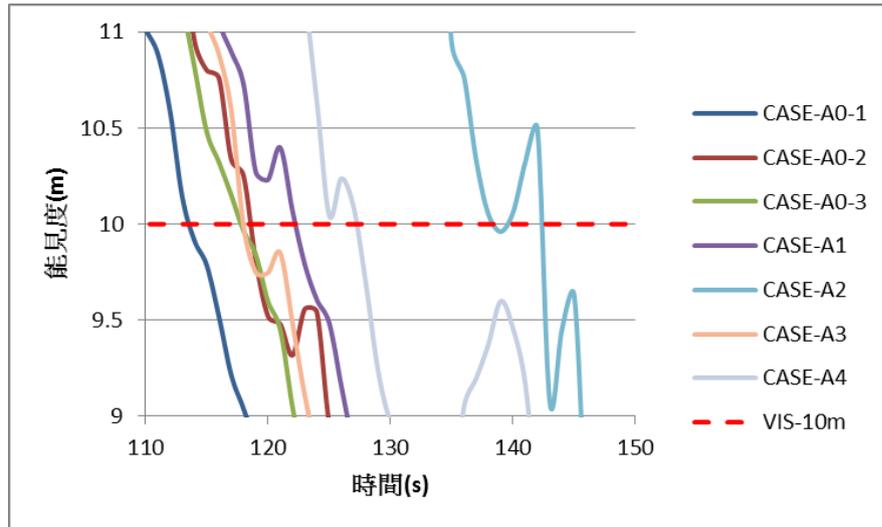


圖 7.4 煙層下降時間比較 (2)
(資料來源：本研究整理)

表 7.4 煙層下降時間統計表 3

模擬項目 編號	說明	煙層下降時間 (s) (能見度 10m)	增加時間 及百分比
CASE-A0-1	無排煙-無蓄煙 (基本案例)	113s	- -
CASE-A0-2	天花板下方排煙 (1cm) -無蓄 煙 (基本案例)	118s	5s 4.4%
CASE-A0-3	無排煙-有蓄煙 (基本案例)	117s	4s 3.5%
CASE-A1	天花板上方排煙-1cm -有蓄煙- 分間牆上方面積 8%- 火災室外排煙口關閉	122s	9s 8%
CASE-A2	天花板上方排煙-2cm -有蓄煙- 分間牆上方面積 8%- 火災室外排煙口關閉	142s	29s 26%
CASE-A3	無排煙-有蓄煙- 分間牆上方面積 8%-防煙區劃排 煙口全開	117s	4s 3.5%
CASE-A4	天花板上方排煙-1cm -有蓄煙- 分間牆上方面積 8%- 防煙區劃排煙口全開	127s	14s 12%

(資料來源：本研究整理)

(二) 天花板上方溫度場變化情況模擬結果：

天花板上方溫度場部分，係於距地板面 3m 高度（天花板空間內），平均設置 12 只溫度感測器，用以偵測火災發生過程中，天花板上各點之溫度變化情況。圖 7.5 至圖 7.9 為利用天花板上方空間蓄煙之煙層溫度偵測情況。

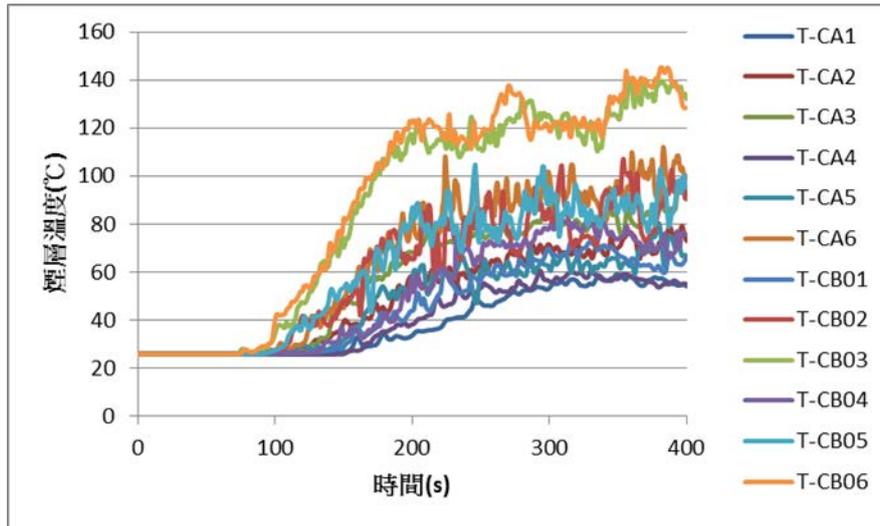


圖 7.5 CASE-A0-3（無排煙-有蓄煙）天花板上方煙層溫度
（資料來源：本研究整理）

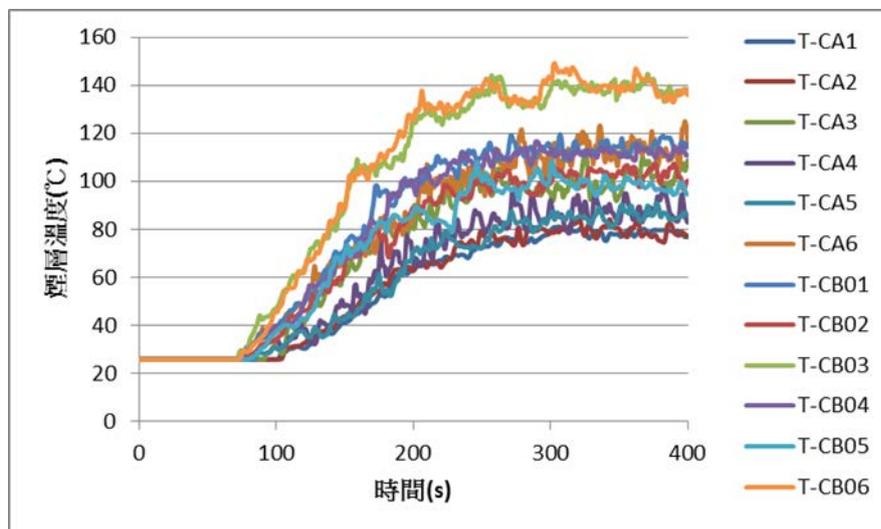


圖 7.6 CASE-A1 天花板上方煙層溫度
（天花板上方排煙-1cmm-有蓄煙-火災室外排煙口關閉）
（資料來源：本研究整理）

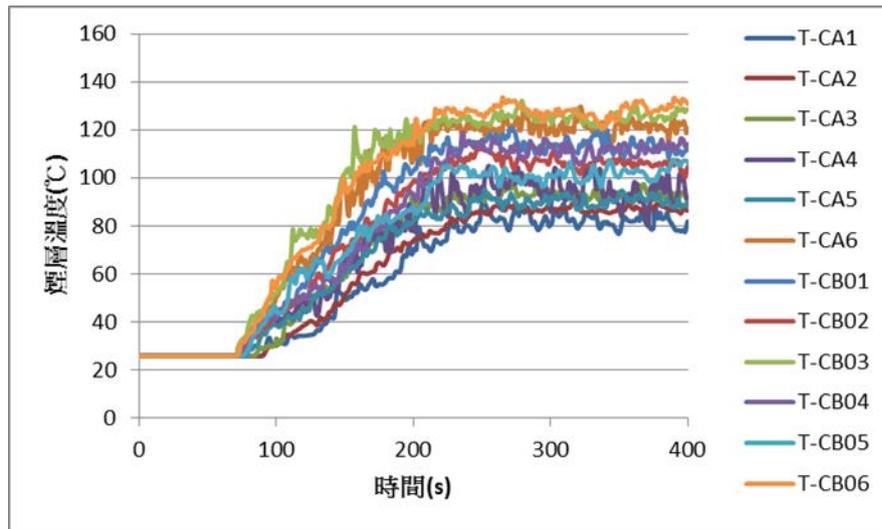


圖 7.7 CASE-A2 天花板上方煙層溫度
 (天花板上方排煙-2cmm -有蓄煙-火災室外排煙口關閉)
 (資料來源：本研究整理)

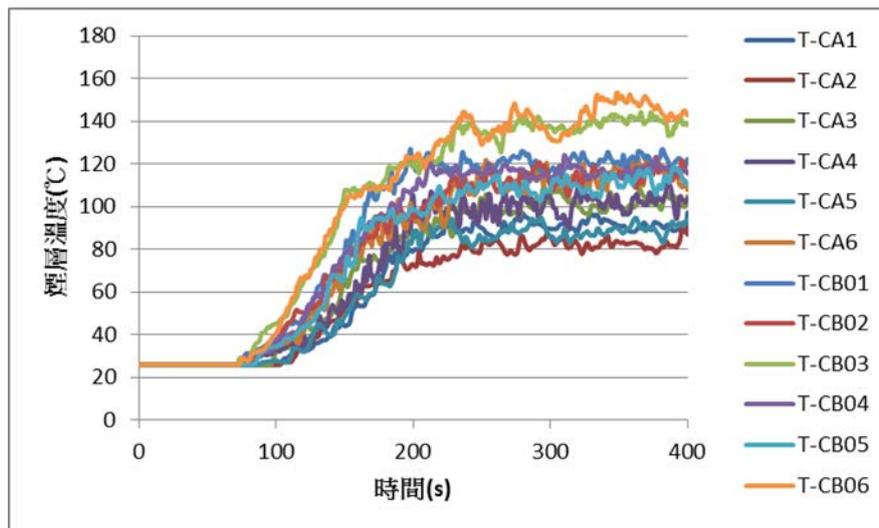


圖 7.8 CASE-A3 天花板上方煙層溫度
 (天花板上方排煙-1cmm -有蓄煙-防煙區劃排煙口全開)
 (資料來源：本研究整理)

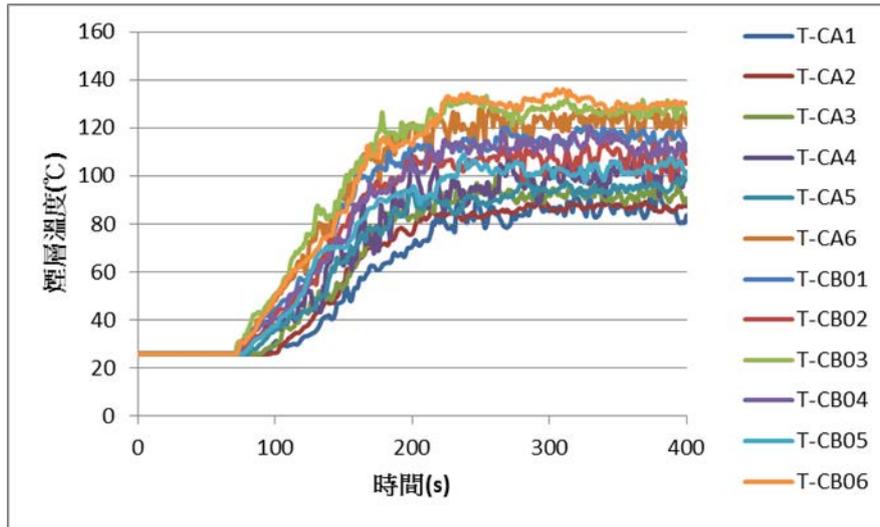


圖 7.9 CASE-A4 天花板上方煙層溫度
 (天花板上方排煙-2cm²-有蓄煙-防煙區劃排煙口全開)
 (資料來源：本研究整理)

(三) 天花板面壓力變化情況模擬結果：

天花板面之壓力變化情況，係於天花板面垂直軸向上下各 10cm 處，設置 12 處壓力偵測器，用以偵測並比對天花板面因排煙氣流所造成之壓力變化情況。依本次模擬案例，我們直接討論以天花板上方蓄煙，火災室外排煙口關閉之 CASE-A2 之天花板各點壓力變化及壓差情況。本案例在模擬規劃時，係以火災室之偵煙探測器，感測煙流後 30 秒開啟火災室排煙口，並啟動風機以全區排煙量進行排煙，因此，相對於火災室而言，其排煙量將達到 2cm²/m²，而火災室以外排煙口，依規劃將不開啟，如此，我們預期此一設計，在天花板上方將產生本次模擬各組劇本之最大壓差，各點偵測結果，如圖 7.11 至圖 7.15 所示。

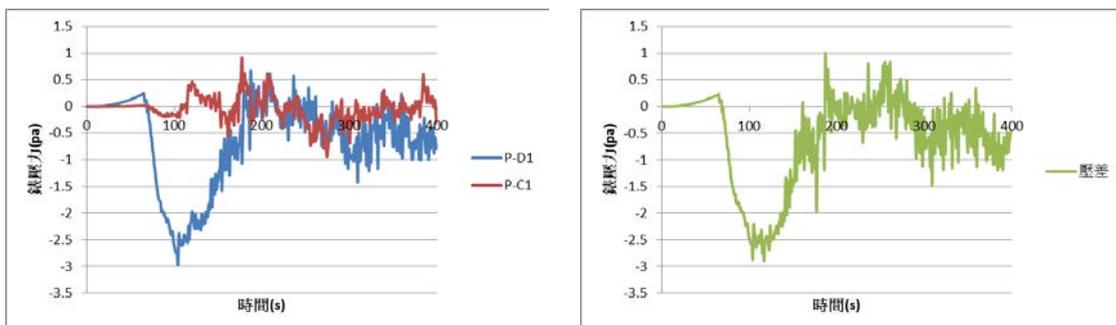


圖 7.10 CASE-A2 第一點天花板上下壓力及壓差變化
 (資料來源：本研究整理)

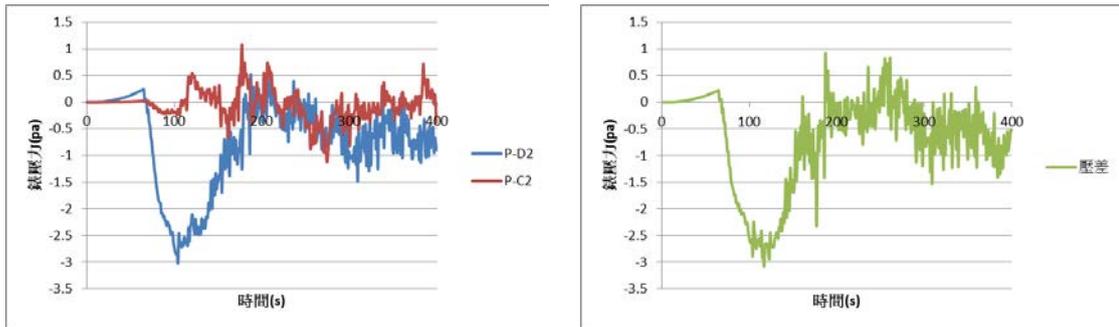


圖 7.11 CASE-A2 第二點天花板上下壓力及壓差變化
(資料來源：本研究整理)

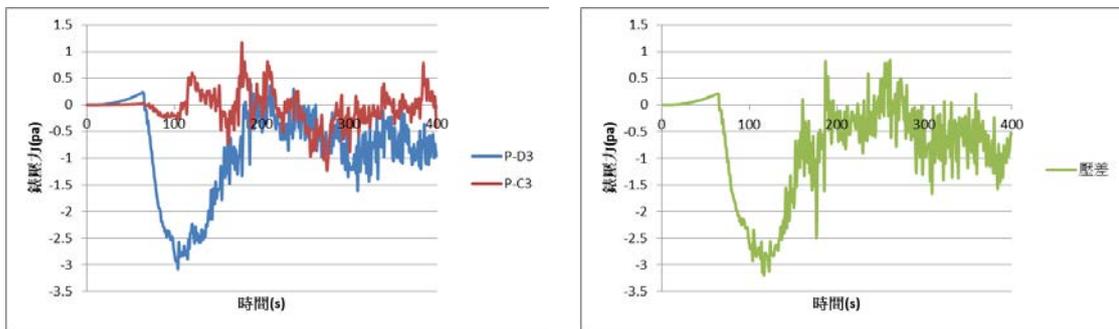


圖 7.12 CASE-A2 第三點天花板上下壓力及壓差變化
(資料來源：本研究整理)

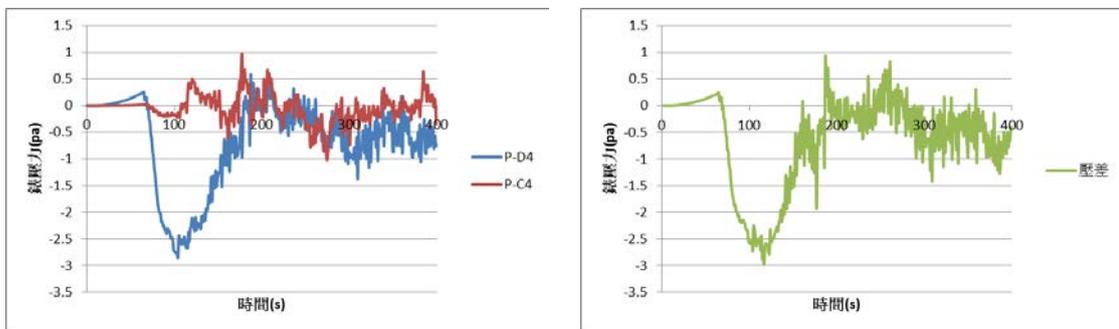


圖 7.13 CASE-A2 第四點天花板上下壓力及壓差變化
(資料來源：本研究整理)

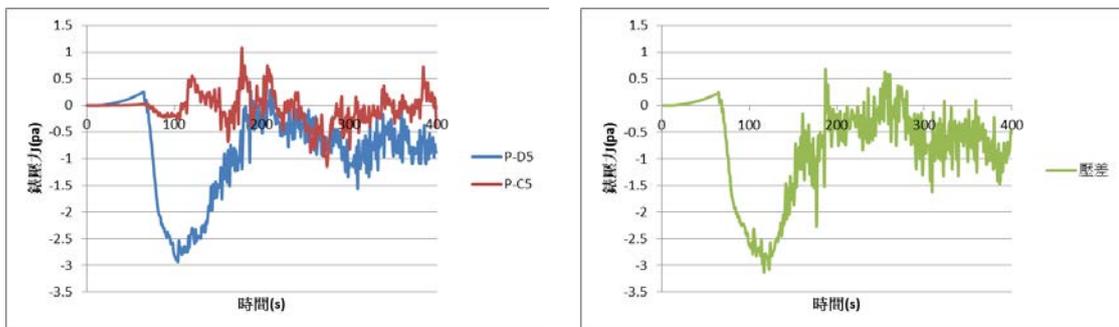


圖 7.14 CASE-A2 第五點天花板上下壓力及壓差變化
(資料來源：本研究整理)

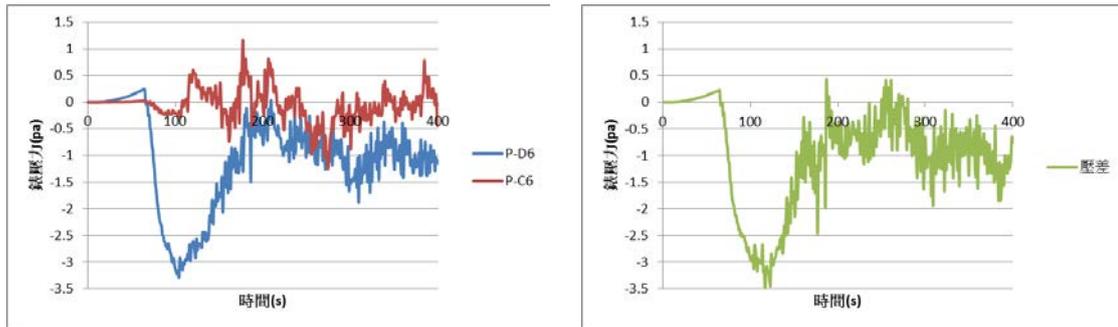


圖 7.15 CASE-A2 第六點天花板上下壓力及壓差變化
(資料來源：本研究整理)

(四) 天花板上方有效流動面積對排煙性能之影響模擬結果：

依火災劇本，我們進行 CASE-A4 至 B4 等五組模擬，其變數為天花板上方分間牆部分，分別改變其有效流動面積為 8%、6%、4%、2%、1%，並控制樑底至天花板間距為 80cm、60cm、40cm、20cm、10cm 等。由圖 7.16 顯示，在本研究設定之邊界條件下，改變天花板有效流動面積，火災室煙層在 1.8m 高度，能見下降 10m 之時間，在 139 秒至 142 秒之間，其排煙性能並無太大差距。但改變天花板上方有效流動面積的另一項影響，係為壓差變化，在分間牆部分所產生之有效流動面積縮小，將造成天花板上方排煙口之所在空間之負壓差生，而其負壓大小，將視有效流動面積之大小來決定，有效流動面積愈小，預期負壓將愈大。

比照天花板面壓力變化之偵測方式，用以確認本組 1%之模擬結果，其六點壓力變化及壓差情況如圖 7.17 至圖 7.22 所示。

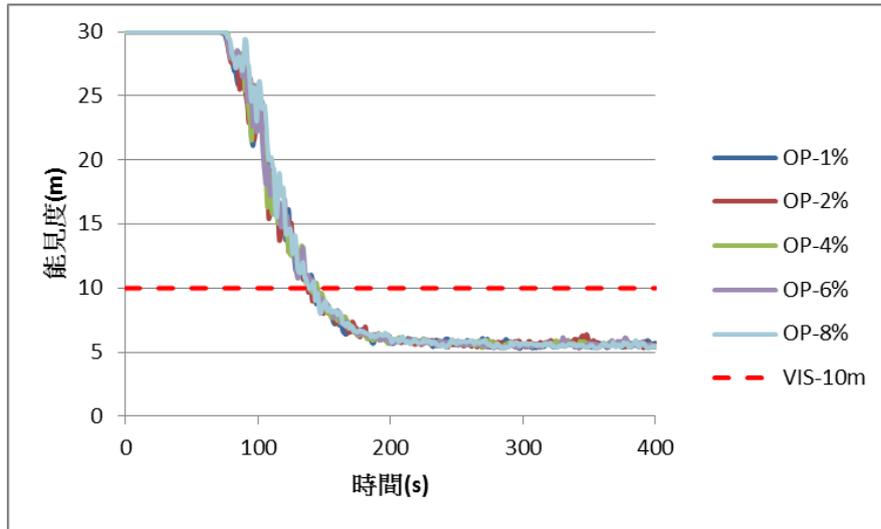


圖 7.16 不同有效流動面積（8%、6%、4%、2%、1%）之煙層下降時間
（資料來源：本研究整理）

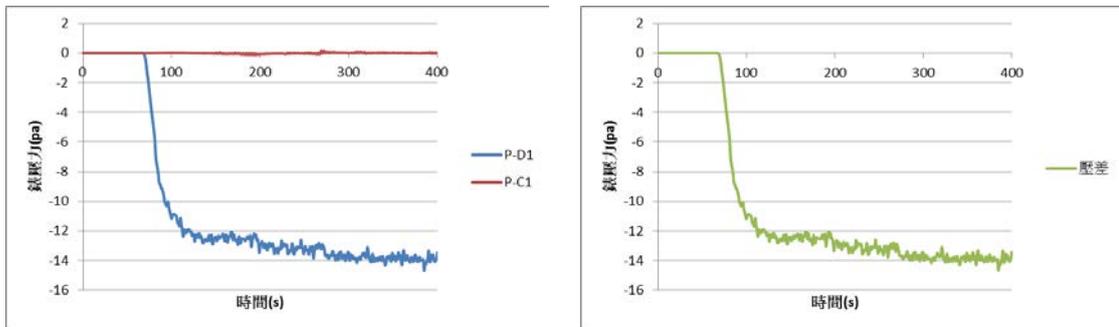


圖 7.17 CASE-B4 第一點天花板上下壓力及壓差變化
（資料來源：本研究整理）

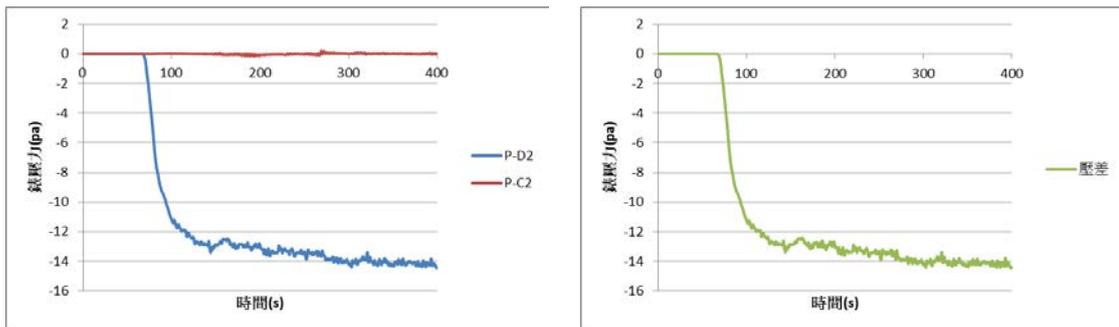


圖 7.18 CASE-B4 第二點天花板上下壓力及壓差變化
（資料來源：本研究整理）

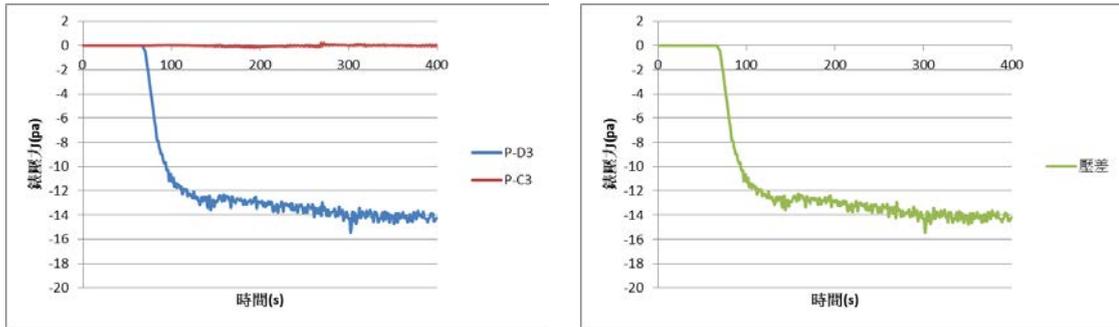


圖 7.19 CASE-B4 第三點天花板上下壓力及壓差變化
(資料來源：本研究整理)

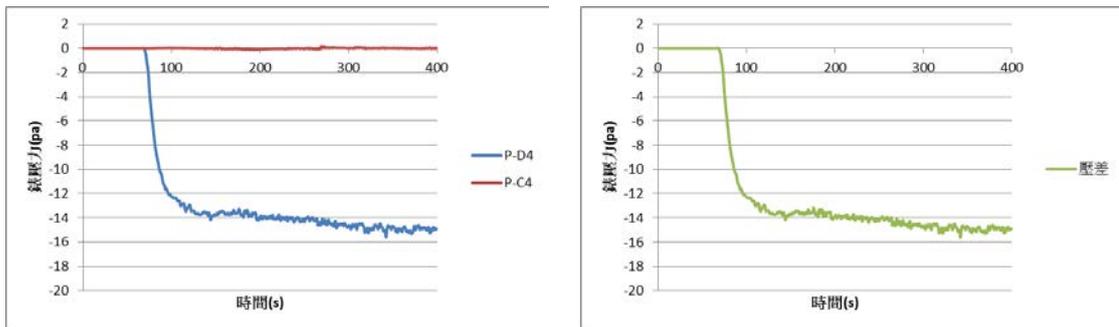


圖 7.20 CASE-B4 第四點天花板上下壓力及壓差變化
(資料來源：本研究整理)

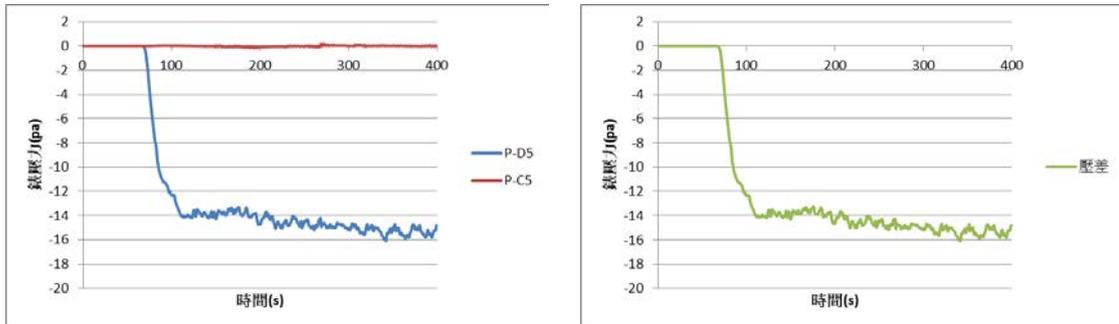


圖 7.21 CASE-B4 第五點天花板上下壓力及壓差變化
(資料來源：本研究整理)

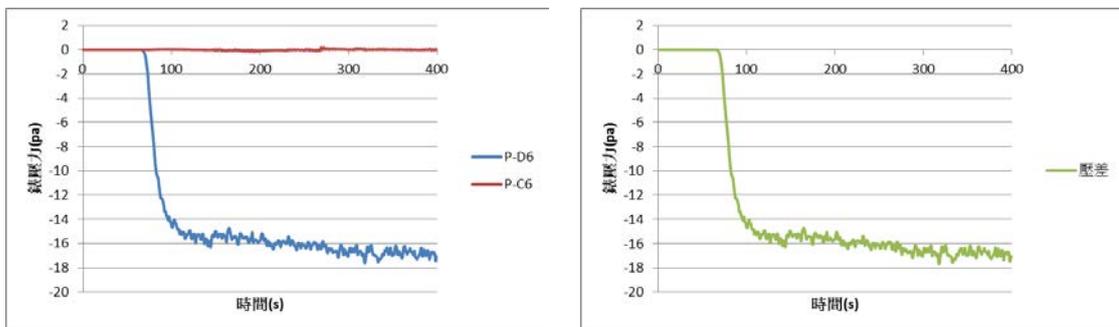


圖 7.22 CASE-B4 第六點天花板上下壓力及壓差變化
(資料來源：本研究整理)

(五) 天花板上方排煙區劃設置方式對排煙性能之影響模擬結果：

依據火災劇本，我們進行了 CASE-C1 之模擬，並與 CASE-A2 進行比較。前述二組模擬，其邊界條件均使用天花板上方機械排煙（排煙量 $2\text{cm}^3/\text{m}^2$ ），天花板蓄煙，分間牆上方淨有效流動面積 8%，火災室外排煙口關閉，二者不同在於 CASE-A2 為天花板上方四週為封閉區間，而 CASE-C1 則以防煙垂壁區劃，垂壁下方仍保留部分流動面積，詳圖 7.23 所示。另由圖 7.24 顯示，在相同之邊界條件下，改變天花板上方排煙區劃設置方式，對於火災室煙層在 1.8m 高度，能見下降室 10m 之時間，CASE-A2 為 142 秒，而 CASE-C1 為 124 秒，且從模擬結果顯示，煙流會從防煙垂壁與天花板間之區域，向天花板之其他排煙區域漫延。

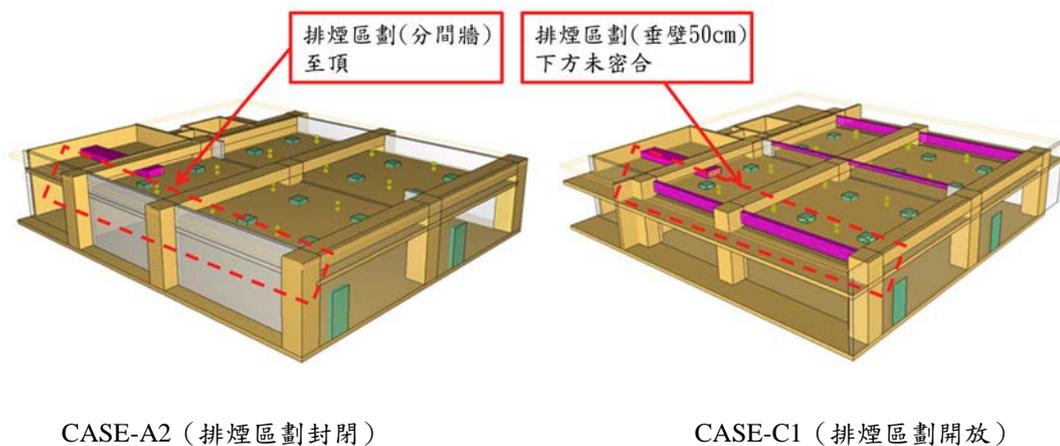


圖 7.23 天花板上方排煙區劃設置方式差異比較
(資料來源：本研究整理)

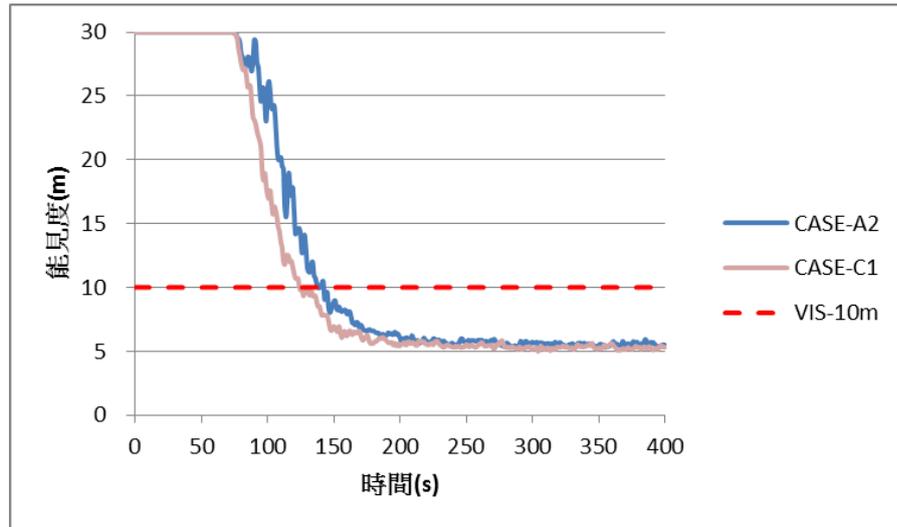


圖 7.24 CASE-A2 與 CASE-C1 之煙層下降時間比較
(資料來源：本研究整理)

四.結果分析：

- (一) 增加天花板上方蓄煙空間，從圖 7.3、圖 7.4 及表 7.4 比較顯示，CASE-A0-1 (無排煙-無蓄煙-基本案例) 煙層下降時間為 113 秒，增加天花板上方蓄煙空間後之 CASE-A0-3 (無排煙-有蓄煙) 為 117 秒，可增加 3.5% 之避難時間，與 CASE-A0-2 (天花板下方排煙-1cmm-無蓄煙) 之 118 秒相近；另比對採用區域控制方式，僅開啟火災室排煙口，其餘空間排煙口則保持關閉方式，CASE-A1 (排煙量 1cmm) 之煙層下降時間為 122 秒，與 CASE-A0-1 比較，可增加 8% 之避難時間，如使用 CASE-A2 (排煙量 2cmm)，則煙層下降時間更可達 142 秒，較 CASE-A0-1 增加 26% 之避難時間。如以一般控制方式，火警時排煙區劃排煙口全開方式，CASE-A3 (無排煙-有蓄煙) 與 CASE-A0-3 相同為 117 秒，CASE-A4 (天花板上方排煙-1cmm -有蓄煙) 為 127 秒，均較 CASE-A0-1 之避難時間為佳。
- (二) 在天花板上方溫度場部分，從圖 7.5 至圖 7.9 顯示，在本案設定之邊界條件下，以 1MW 火災持續發生下，各組最高溫度約在 130°C 到 150°C 之間。該溫度距一般固體發火點尚遠，無產生延燒之虞，在可被控制且撲滅之初期火災，天花板上方設備至少應可承受此一溫度所造成之機能影響；如火災已進入全盛期之全面燃燒狀態，則設備機能就無需考慮，僅需討論其延燒性質即可。

- (三) 天花板面壓力變化情況，從圖 7.11 至圖 7.15 顯示，天花板上下之壓力變化，在探測器偵測到煙流，排煙口開啟，風機起動後，壓力在二分鐘內產生急遽變化，之後呈現穩定，而天花板上方之最大壓差約在-3.5pa，此一現象係發生在排煙機為 $2\text{cm}^2/\text{m}^2$ ，排煙入口風速為 10m/s ，天花板開口面積在火災室面積的 2% 情況下。依此壓差研判，以一般低密度 ($280\text{-}320\text{ kg/m}^3$ ， $603\text{ x }603\text{ mm}$ ，厚度 1cm) 之明架式礦纖天花板為例，其自重約為 1.018kg (10N)，可抵抗約 27.7pa 之負壓變化，依本案例模擬結果，應不會產生天花板大量變位或破壞等情況。
- (四) 天花板上方有效流動面積，從圖 7.16 顯示，其淨流動面積 1% (樑與天花板間距 10cm) 以上時，對排煙性能不會造成不良影響。然從圖 7.17 至圖 7.22 發現，1% 的淨有效流動面積，對天花板上方設置排煙口區域將會產生最大約 -17 pa 之壓差，此一壓差已接近前述明架式礦纖天花板自重所能產生之 27.7 pa 壓力，考量 FDS 之模擬誤差 (20%) 及天花板不因上方排煙而造成變位及破壞，有效流動面積建議不得小於火災室樓地板面積之 1%，樑與天花板間距不得小於 10cm 。
- (五) 從圖 7.24 顯示，排煙設計如採用天花板上方空間蓄煙方式，則天花板上方排煙區劃設置方式對排煙性能，會有很大的影響。以 CASE-C1 為例，該組模擬採用設置防煙垂壁方式，但其下方與天花板間仍採開放式設計，由模擬結果顯示，其與天花板上方採用分間牆到頂 (封閉式設計) 之 CASE-A2 模擬結果進行比較後發現，封閉式設計之 CASE-A2，較開放式設計之 CASE-C1，可增加 14.5% 之避難時間，且封閉式設計，可防止煙流從天花板上方漫延至其他排煙區域。

第八章 建議

第一節 空調兼排煙之建議

本研究以一個實例建立電腦模型，初步了解在或火災發生時，即使空調停止運轉，熱煙仍然會自風管流入鄰近空間；建議風管穿越防煙區劃時應在區劃之間設置防煙風門，防止熱煙之流竄及災害之擴大。

本研究由以上實例之電腦模擬結果，初步獲得空調兼排煙之設計，有助於提升防煙避難之安全性，然空調兼排煙在設計上亦有相關介面問題應予注意。空調兼用排煙之設計規範之建議，初步列出其應注意事項，將提供於專家學者座談會，進行討論未來作為政府修改相關法令之建議，或提供產業界之參考。

8.1.1 空調兼用排煙系統之介面建議

1. 風管大小的設計差異：

空調風管與排煙風管，兩者設計基礎不同，風管應以較大者做為設計的基準。

2. 適用風速的差異：

空調風管風速較低與排煙風管風速較高，兩者產生的振動與噪音不同，風管應以空調風管風速做為設計的基準。

3. 風門及風管耐溫的差異：

排煙使用的風管及風門耐溫及洩漏率等級皆高於空調使用，風管應以排煙風管做為設計的基準。

4. 控制風門切換的時機與控制邏輯：

空調風門多用常開型(Normally open)風門，排煙風門多用常閉型(Normally closed)風門，兩種風門的控制方法與控制邏輯不同須注意，風門應以實際控制需求做為設計的基準。

5. 空調風機與排煙風機的起停控制邏輯：

空調風機與排煙風機若同時開啟時會有交互干擾引響，應確實避免。

6. 保溫材的差異：

保溫的方式也須調整成外保溫，並使用高耐火等級的保溫材。

7. 區劃的差異：

風管的設計與路徑需調整確認可以同時滿足消防法規的區劃要求與空調負載需求。

8. 風量調整：

空調風管常設有調節風門以方便 TAB 的執行，排煙風門法規並無 TAB 需求，做好 TAB 後的排煙系統在排煙時，各排煙口排煙能力較平均。

9. 空調兼排煙：

空調使用與排煙使用，需增設切換的控制風門，以防止煙塵擴散到非火災區域。

8.1.2 空調兼用排煙系統之注意事項

1. 火災發生時煙塵會隨空調風管蔓延擴散，各風門操作控制邏輯需正確。
2. 火災發生時，空調系統與排煙系統會相互干擾，空調風機錯誤運轉，會加速煙塵的擴散，加速環境維生條件的惡化。
3. 火災發生時，空調兼用排煙可提升防煙的安全性，火災室多個排煙口同時排煙，可減低排煙風速，防止拉穿現象的發生，可增加煙塵排出的能力。

第二節 國內特別安全梯間加壓規範之建議

前期[18]在安全梯加壓防煙已提設計規範及設計參考手冊，本計畫擬以國外最新發展修改更新本手冊，內容包括梯間加壓防煙系統之基本設計，相關消防設備之標準或規範，也加入了加壓防煙性能確效方法，並以實例說明其應用於我國建築物之可行性。本手冊首先探討我國當前相關條列式法規有關正壓防排煙之規範，相較於國際慣用之手法，進行安全避難的比較分析，及未來我國應採用之技術規範。

本手冊將主要參考美、英、日及中國之相關法規或設計規範，探討我國增添正壓設計之條列式法規，或納入 Route B 及 Route C 性能式設計之可行性，由加壓防煙之設計概念將通廊、排煙室及梯間安全等級做整體論述，同時提供產業界有關設計與計算之建議，如加壓風量與風壓之設計計算、逃生門開啟數與門開時之逆向風速、風機選用與風管(道)之設計、風門規格標準等。

第三節 天花板空間蓄煙之排煙系統建議

8.3.1 工法探討

依前節模擬結果與分析發現，在一定設計條件下，利用天花板上作為蓄煙空間，並配合由天花板上機械排煙之設計方式，其排煙效果優於現行法規設計之排煙方式；準此，針對天花板上作為蓄煙空間之研究，依模擬結果，我們提出可行工法建議項目表如表 8.1 所示。

表 8.1 天花板上作為蓄煙空間之可行工法建議項目表 4

項次	建議事項	圖示
一	天花板面有效開口，在該居室面積 2% 以上。	<p>The diagram illustrates a smoke extraction system. At the top, a smoke collector is connected to a duct that leads to an exhaust fan. The duct is shown with a clear distance of at least 10cm from the ceiling. The exhaust fan is labeled '排煙機' (Smoke Extractor). The duct has a '常開式開口或常閉式開口(排煙閘門)' (Normally open or normally closed opening (Smoke Damper)) with a net effective flow area $\Sigma A \geq FA 2\%$. The ceiling is labeled '天花板' (Ceiling). The diagram also shows '防煙垂壁' (Smoke Barrier) extending to the ceiling, with a net effective flow area $\Sigma A \geq FA 1\%$.</p>
二	天花板上方各垂直斷面之淨有效流動面積，在該居室面積 1% 以上。	
三	天花板與樑之淨間距，在 10cm 以上。	
四	天花板面開口，得採常開式設計；或以常閉式設計，與火警系統連動開啟。	
五	排煙機需俟天花板面及上方排煙口完全開啟後，方可啟動排煙。	
六	天花板上方管線採耐熱等級以上設計。	
七	使用天花板上空間蓄煙，防煙垂壁需向上延伸至樓板。	

(資料來源：本研究整理)

附錄

附錄 1 計畫審查會議回應表

內政部建築研究所辦理 104 年度

「空調兼排煙與天花板空間蓄煙暨加壓防煙設計技術之研究」協同研究計畫

遴用協同研究人員廠商回應一覽表

項次	評選委員意見	廠商回應
1	將預期成果(1)之風險評估作為產業應用及修改法規之參考，並思考所提出之風險評估如何顯現才可有效參考應用。	本計畫在風險評估方面採用系統組件之可靠性，以系統失效風險進行評估，將建議系統相關組件之最低可靠性，供產業與政府參考。
2	預期成果(3)可否多收集國內實際梯間加壓案例與現況問題，以提供實務上之參考。	依審查意見，本計畫將蒐集國內實際梯間加壓案例及現況問題，供實務採行參考。
3	本案因涉及產業應用與法令修正，期望過程中邀請建築設計、設備從業者與法令主管機關共同參與，以利瞭解實務上執行運用及後續法令之修改可能遭遇之問題。	本計畫將於兩次座談會，邀請建築設計、設備學者專家及法令主管機關參與，瞭解實務上可能遭遇問題及後續修法問題，供本計畫進一步研究之參考。
4	研究主題建議訂定明確，不須加入太多研究內容。	依審查意見將修改研究主題使其更為明確。
5	研究主題與研究目標建議須相互整合，且訂定具體可行之目標。	依審查意見將修改使研究主題及研究目標更為相互整合。
6	研究步驟偏重於「空調排煙系統」，另兩項研究主題未見於研究步驟內，建議須加以整合。	將於研究步驟補充說明另兩項研究主題。
7	預期目標應再對(1)空調與排煙之交互影響(2)研擬可行性方案，有更具體與詳細的敘述。	會於計畫書內補充說明空調與排煙之交互影響，以及空調兼用於排煙之可行方案。
8	研究特色與先前相關研究之結論有何差異，應再另外強調。	會補充說明過去相關研究之結論，以及本計畫更為精進之研究項目。

項次	評選委員意見	廠商回應
9	量化風險評估應再對(1)評估方法(2)量化項目,請詳細說明之。	本計畫在風險評估方面,擬參考系統組件相關測試標準或可靠性,進行系統失效風險之評估,將補說明於計畫書。
10	對案例之建築物能有較詳盡之描述並能說明 FDS 之驗證方式。	案例建築物乃具有排煙設備且為合法建築物。本計畫 FDS 演算除格點分析外,另會進行相關驗證分析。
11	在空調系統中有送風及回風控制閘門,當火災發生時閘門的開關和排煙,在排煙區劃中是如何規劃與控制,請補充說明。	空調兼用於排煙,乃為整合空調送風及回風於排煙系統,將進一步具體說明於計畫書。
12	在預期目標的第(2)點,有提到量化風險評估,請補充說明風險評估的方法。	本計畫在風險評估方面,擬參考系統組件相關測試標準或可靠性,以進行系統失效風險之評估。
13	煙控試驗以無害熱煙進行,請補充說明試驗的規範依據。	本計畫在煙控試驗方面,將參考 AS 4391 規範,以無害熱煙方式進行。

附錄 2 期中審查回覆表

內政部建築研究所辦理 104 年度

「空調兼排煙與天花板空間蓄煙暨加壓防煙設計技術之研究」協同研究計畫

期中審查回覆表

	審查意見	回覆
1	台灣對空調兼用排煙的信賴度不高，但國外卻已經普遍使用，請增加優點分析。	遵照辦理。
2	空調兼用排煙時需考量風管防火時效性能及材質。	期中報告已將之納入空調兼用排煙相關介面問題分析，後續於期末報告提出兼用於排煙風管須符合相關法規，以及材料規格。
3	排煙閘門與空調送風口在設計與操作上有異，兼用時之控制亦有不同。	期中報告已納入檢討，將遵循審查意見於期末提出空調兼用排煙之設計及操作規範。
4	防煙區劃內小居室是否可免設排煙？。	小居室常有天花板上方的樑下空間不足於設置排煙風管問題，依政府之解釋函令，可採以 2% 開口替代排煙閘門。
5	國外對於高樓層採梯間加壓，低樓層採戶外逃生梯，低樓層是以幾樓為界線。	對於低樓層的戶外逃生梯，應以幾樓為限，本團隊目前尚無相關研究資料，未來招開專家學者會議時，再做進一步的討論研究。
6	天花板空間蓄煙應考量天花板材質是否為耐火材質與鋁製輕鋼架的軟化現象。	所謂天花板空間蓄煙，本計畫係指以之蓄煙減緩煙層下降，有助於避難逃生，亦有利於排煙風管之布置，本議題將於專家學者座談會中進一步探討。
7	樓板與天花板間空間不足，天花板空間蓄煙工法建議。	將列於後續研究，因應樓板與天花板間空間不足，天花板空間蓄煙的模擬研究與工法建議。

附錄 3 期末審查回覆表

內政部建築研究所辦理 104 年度

「空調兼排煙與天花板空間蓄煙暨加壓防煙設計技術之研究」協同研究計畫

期末審查回覆表

	審查意見	回覆
1	煙霧產生機使用燃料未說明。	煙霧產生機符合 AS4391 標準，將補充於期末報告。
2	天花板面有效開口，開口方式為均勻或非均勻分布。	開口為均勻分布，將進一步說明於期末報告。
3	防煙區劃天花板上方延伸到樓板，可否提出法規修改。	本計畫已摘譯 NFPA 相關標準，說明國外對防煙區劃之設計規範，阻隔煙塵蔓延包括將防煙區劃延伸到天花板上方，及風管穿越防煙區劃實應採用防煙閘門等。以上均提供政府修改法規之參考。
4	天花板蓄煙研究，邊界條件未說明天花板到樓板高度。	將於報告中進一步說明天花板到樓板高度條件，及其適用性。
5	空調兼用排煙，可能會有排煙風量無法滿足法規要求之 1CMM/m ² 。	1 CMMS/m ² 為我國之法規，目前各國相關標準皆未作此限制，故如報告書所述，空調兼用排煙可適用於 Route B 或 Route C，或由政府未來修改法規時整體考量。空調供風量及排煙量之差異已在報告中檢討。
6	國際上安全梯加壓之適用高度未予討論。	報告書已建議安全梯加壓之適用，將於報告中進一步說明美國 IBC 對於安全梯加壓防煙之適用。
7	有關梯間加壓完工後測試調整平衡 (TAB) 之說明須進一步說明。	已於安全梯間加壓防煙設計技術手冊更新版中載入測試項目及方法，會進一步敘述 TAB。

附錄 4 專家學者座談會回覆表

內政部建築研究所辦理 104 年度

「空調兼排煙與天花板空間蓄煙暨加壓防煙設計技術之研究」協同研究計畫

專家學者座談會回覆表

	審查意見	回覆
1	國外顧問公司常採用性能式設計，易導入本計畫之研究主題，但我國送審不確定因素較多，行政程序較長；而國內顧問公司採用法規條句式設計較多，主要因素為省時省事。如能訂定技術手冊供設計與審查依循，較易導入性能式設計與國際接軌。	本計畫將更新過去研究計畫所編的梯間加壓設計手冊，及提出空調兼排煙設計規範。
2	空調兼用排煙使用的風險與介面考量。	空調兼用排煙相關介面問題分析，在期中報告中已有概略的說明，後續期末報告內，將會有明確的工作建議。
3	防煙垂壁由天花板延伸到樓板的法規修改問題。	以北門醫院為例，建築、消防設施皆符合法規要求，為單一防火區劃，可免延伸到樓板，但仍有憾事發生，若以國外法規而言，醫療院所需要兩個延伸到樓板的防煙區劃，如是可減少傷亡發生，將建議主管機關將法規做適當的修改。
4	梯間加壓可併入智慧建築-安全防災項目一起考量。政府對智慧建築的推行有相關補助獎勵，有助於梯間加壓的執行。	將於期末報告提出建議案。
5	本研究案結合回風兼排煙、天花板空間蓄煙及加壓防煙設計，整合活用可提高適用範圍及安全性，建議後續可考量將驗證及驗收基準納入。	本研究後續期末報告內，將會提出相關測試驗證方法，若有不足可做為日後深入研究的議題。

附錄 5 NFPA 90A (2015)相關章節中文摘譯

NFPA 90A Standard for the Installation of Air-Conditioning and Ventilating Systems, 2015 Edition

NFPA 90A 空調及通風系統安裝標準標準, 2015 版

- 第四章 暖通空調系統
- 4.1 設備一般性需求
 - 4.1.1 路徑，應提供設備，檢查、保養、維修的路徑。
 - 4.1.2 設備選機、安裝應依照製造商的安裝說明和標示來操作。
 - 4.1.3 保護
 - 4.1.3.1 設備應規範對人員的保護。
 - 4.1.3.2 設備應規範避免外物侵入系統。
 - 4.1.4 配線及設備安裝應依照美國國家防火協會 NFPA 70、國家電氣標準之要求。
 - 4.1.5 空氣調節機房應符合章節 5.1 的要求。
- 4.2 系統零組件
 - 4.2.1 外氣進氣
 - 4.2.1.1 外氣入口應有抗腐蝕材質之保護網，網目不大於 12.7mm(0.5 in 以內)。
 - 4.2.1.2 *外氣入口應設於受火或煙進入建築物降到最少處。
 - 4.2.1.2.1 外氣入口位置若無法符合應 4.2.1.2 節所要求的地方，應設置經認證之防火閘門或排煙閘門。(有關排煙閘門操作以限制煙氣的吸入的方式見 6.3 章節。)
 - 4.2.2 空氣清淨設備和空氣過濾設備
 - 4.2.2.1 電子式空氣清淨設備需依據美國國家標準 ANSI/UL 867，電子式空氣清淨設備安全標準登錄。
 - 4.2.2.1.1 空氣清淨設備應按照製造商所標示之條件安裝。
 - 4.2.2.2 *空氣濾淨設備需依美國國家標準 ANSI/UL 900，空氣過濾設

備機組的安全標準。

- 4.2.2.3 空氣過濾設備所使用的液態黏著塗料，需按照「美國材料與測試協會 ASTM D 93」所制定的 Pensky-Martens 封閉式測試儀燃點標準試驗方法，其規定最低燃點為 163°C (325°F)。
- 4.2.2.4 空氣過濾設備噴灑液態黏劑部位，當風扇正在運作時，不應排定沖洗空氣過濾設備。
- 4.2.2.5 可燃性黏劑塗料，應按照美國國家防火協會 NFPA 30 所制定的易燃易冒煙液體標準儲存。
- 4.2.3 風機
 - 4.2.3.1 安裝方式
 - 4.2.3.1.1 風機應按照美國消防協會、製造商的說明書來安裝。
 - 4.2.3.1.2 風機應精確安裝後予以確認。
 - 4.2.3.2 維修路徑。風機安置、排定、安裝，應確認可以檢查及保養的維修路徑。
 - 4.2.3.3 無遮蔽的進風口。無遮蔽的進風口應由金屬網保護，以避免紙片、垃圾、外來物體進入。
- 4.2.4 氣冷之冷氣及暖氣設備
 - 4.2.4.1 安裝方式
 - 4.2.4.1.1 冷暖空調設備應按照相關美國國家防火協會、製造商的說明書來安裝。
 - 4.2.4.1.2 設備之特定安裝須經認證。(詳 4.3.3.1)
 - 4.2.4.2 材料。使用於小型冷風機、空調機組、暖爐、熱泵、增濕器，以及所有類似的設備材料應符合於 4.3.3.1 和 4.3.3.2 規範，除非 4.3.3.1 和 4.3.3.2 的有規定。
 - 4.2.4.2.1 4.3.3.1 和 4.3.3.2 的要求並不適用於測試標示符合於 ANSI/UL 於 1995 年所制定的空調冷暖設備安全標準之設備。
 - 4.2.4.2.2 未列舉的太陽能空調傳遞系統零件，需有足夠資訊顯示該零件有低於本標準所允許的風管系統防火防煙指示。
 - 4.2.4.3 機械式冷卻

- 4.2.4.3.1 使用於空調系統的機械式冷藏機應按照有認證的安全程序安裝。
- 4.2.4.3.2 按照美國國家標準 ANSI/ ASHRAE15 機械性冷藏機安全標準所安裝之設備，也應符合於 4.2.4.3.1 的要求。
- 4.2.4.4 暖爐
 - 4.2.4.4.1 同一空調系統中同時結合燃油暖爐及冷卻組件，應根據美國消防協會 31 所制定的燃油設備的安裝標準（Standard for the Installation of Oil-Burning Equipment.）進行安裝。
 - 4.2.4.4.2 在同一風管系統中同時安裝燃氣暖爐與冷卻單元必須依據 美國國家防火協會 NFPA 54，國家燃油氣標準的規範安裝。
- 4.2.4.5 風管式電熱器
 - 4.2.4.5.1 在空氣風管中電阻式或燃料式電熱器所安裝處，空氣風管的安裝及排放必須依據 4.3.5.3.之規範。
 - 4.2.4.5.2 電子式風管電熱器的安裝必須符合美國國家防火協會 70，美國國家電工法規，第 4 部分第 424 章「風管加熱器」的規範。（National Electrical Code Article 424, Part VI, “Duct Heaters.”）
- 4.2.4.6 蒸發性冷卻器. 不可使用可燃性蒸發物質，除非符合 4.2.2.2. 規範之條件
- 4.2.4.7 熱回收設備. 設備不屬於本標準的其他規定，作為熱交換或空氣流動的設備，所有空氣管道材料的施工，應符合 4.2 節要求。
- 4.3 *氣流分布
 - 4.3.1 風管
 - 4.3.1.1 除非是本規範 4.3.1.2 或 4.3.1.3 所特別允許之材料，風管必須以鐵、鋼、鋁、銅、混凝土、石材或磚瓦建造。
 - 4.3.1.2 依據美國國家標準局(ANSI/UL 181)工廠生產風管及風管接頭安全標準（Standard for Safety Factory-Made Air Ducts and Air Connectors）所測試之 0 或 1 級剛性或撓性風管，且依上述規範所裝設允許用在溫度不超過 121°C(250°F)或是連續高度不超過二層樓高度之風管。
 - 4.3.1.3 石膏板風管

- 4.3.1.3.1 石膏板依美國材料與測試協會 (ASTM E 84) 或美國國家標準 (ANSI/UL 723) 建材表面燃燒特性測試 (Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials) 進行測試，其火焰擴散指數不超過 25，無持續燃燒現象，發煙指數不超過 50，可使用於常態工作不超過 52°C(125°F)之負壓排氣、回風風管。
- 4.3.1.3.2 本規範 4.3.1.3.1 之溫度限制不適用於緊急排煙用石膏板風管。
- 4.3.1.4 所有風管材料必須能適應連續暴露於風管內週遭氣流的溫濕度條件下。
- 4.3.1.5 空氣風管之材質、厚度、建造及安裝必須能提供在一般認知之良好操作下提供足夠的強度及耐久性。
- 4.3.1.5.1 空調風管之考量必須符合於本規範中 4.3.1.5 節，有關 ASHRAE「暖通空調系統及設備」手冊及應用下列規範之一：
- (1) NAIMA—玻璃纖維風管施工標準
 - (2) SMACNA—玻璃纖維風管施工標準
 - (3) SMACNA—暖通空調系統風管施工標準
 - (4) SMACNA—暖通空調系統風管洩漏測試手冊
- 4.3.1.6 風管施工若無現成標準時，該風管之施工必須能承受在風機停止時系統之最大正、負壓力。
- 4.3.1.7 集風箱用於多個分支風管、集風管或接頭，建造材質必須符合於本規範 4.3.1.節所規定的方法與材料。
- 4.3.1.7.1 集風箱中之電線、電纜和光纖纜線必須符合於本規範 4.3.4.節之規定。
- 4.3.1.8 風管配管系統 風管配管系統必須符合以下規範：
- (1) 應安裝在完全無遮蓋之地點。
 - (2) 應經常運作於正壓狀態。
 - (3) 不得穿透防火構造。
 - (4) 不得通過防火構造。
 - (5) 必須依 UL 2518 風管配管系統材質檢核綱要(Outline of

Investigation for Air Dispersion System Materials) 登錄及標示。

4.3.2 風管接頭(Air Connectors)

4.3.2.1 風管接頭限制使用撓性風管，不需依本規範 4.3.2.1.1 至 4.3.2.1.5 節之限制規定使用。

4.3.2.1.1 風管接頭以「ANSI/UL 181 廠製風管及風管接頭標準」測試時，必需符合第 0 或 1 級之要求。

4.3.2.1.2 第 0 或 1 級風管接頭不得使用於風管內溫度超過 121°C (250°F) 之條件。

4.3.2.1.3 風管接頭長度不得超過 4.27m (14 ft)

4.3.2.1.4 風管接頭不得經過一小時以上防火構造之任何牆、隔間或垂直管道。

4.3.2.1.5 風管接頭不得穿越樓板。

4.3.2.2 空調風管系統之防振接頭必須以火焰擴散指數最大為 25、發煙指數最大為 50 之材質製造。

4.3.2.3 風管接頭內不得安裝配線。

4.3.3 風管配管系統之附件材料

4.3.3.1 *水管、風管保溫及被覆、風管內襯、水氣隔離面、黏著劑、束帶、膠帶、和附件材料等附件材料，用於風管系統中之風管、氣室、面板、消音器，除非符合 4.3.3.1.1 或 4.3.3.1.2 之規範，應符合以 ASTM E 84, 建築物材料表面燃燒特性測試法標準 Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials, 或以 ANSI/ UL 723, Standard for Test for Surface Burning Characteristics of Building Materials 進行測試，火焰擴散指數最大為 25、發煙指數最大為 50 之材質製造。而水管、風管保溫及被覆、風管內襯及其黏著劑、膠帶，則依 ASTM E 2231, Standard Practice for Specimen Preparation and Mounting of Pipe and Duct Insulation Materials to Assess Surface Burning Characteristics 準備樣品及安裝程序進行。

4.3.3.1.1 依據本規範 4.3.3.1 要求之火焰擴散指數及發煙指數，並不適用位建築外之風管耐候被覆，因它們並不穿透牆壁或屋頂，不

產生暴露的危險。

4.3.3.1.2 本規範 6.4.4 要求之偵煙探測器，不需符合火焰擴散指數及發煙指數之要求。

4.3.3.2 密閉系統所使用之剛性及撓性風管之標示測試、登錄和使用，必須依照美國國家安全標準（ANSI/UL 181）廠製風管及風管連結安全標準(Standard for Safety Factory-Made Air Ducts and Air Connectors)，並符合以下規範之一：

(1) 美國國家標準 ANSI/UL 181A 密閉系統剛性風管使用安全標準

(2) 美國國家標準 ANSI/UL 181B 密閉系統撓性風管使用安全標準

4.3.3.3 風管、水管、氣室、面板之被覆、內襯，包含所有風管及水管之保溫材料，依「美國材料與測試協會 C411 熱表面高溫熱保溫表現測試法標準」（ASTM C 411, Standard Test Method for Hot-Surface Performance of High-Temperature Thermal Insulation）

測試，在其使用條件下，不可產生火焰、閃燒或發煙現象，所有測試溫度不得低於 121°C (250°F)

4.3.3.4 風管被覆不得超出於有止火或防火等級之牆面或樓地板。除非此被覆符合 NFPA 80-防火門及其他開口保護標準之要求。

4.3.3.5 *風管內襯於防火閘門附近不設置，以避免妨礙該設備操作。

4.3.3.6 風管被覆之安裝不得遮擋或阻礙任何維修之開啟。

4.3.3.7 *牆面或氣室天花板面粉光必須符合 4.3.11.6 節之要求。

4.3.4 風管配管系統之操作及控制材料

4.3.4.1 *配線不得安裝在風管內，除非是 4.3.4.2 - 4.3.4.4 節所允許。

4.3.4.2 除非該配線與空調配管有直接關連且長度不超過 1.22m (4ft)，方得將配線設置於風管內。

4.3.4.3 在 4.3.4.2 節所允許之配線，長度應在可行程度內儘可能縮短。

4.3.4.4 *電線、電纜和光纖必須以 NFPA 262, 空氣調節空間電線電纜火焰擴散及發煙測試法標準(Standard Method of Test for Flame Travel and Smoke of Wires and Cables for Use in Air-Handling Spaces)標示最大光學密度峰值等於或小於 0.50，平均光學密度等於或小於 0.15，且最大燃燒擴散距離 1.5 m 或以下。或必須

安裝於無一般非金屬被覆的金屬溝槽或無一般非金屬被覆的金屬管中。

4.3.4.5 控制系統中之非金屬氣動配管需以符合於 4.3.11.2.6.2 節之規定來連結設備，其可容許最大長度為 457.2 mm (18 in)。

4.3.5 風管維護及檢視

4.3.5.1 對於風管之每一個防火閘門、排煙閘門、防煙防火閘門及任何偵煙探測器附近，有安裝、清潔、維護、檢視及測試需求，需設置維修孔。

4.3.5.1.1 此維修孔必須大到足以讓人員進行裝置之保養及重置。

4.3.5.2 所使用的維修孔必須用足以辨識的文字標示，其最小高度為 12.7 mm (½ in)，標示出該位置內之防火保護設施。

4.3.5.3 水平的風管及氣室，應提供維修開口以方便移除累積之灰塵及可燃物。

4.3.5.3.1 風管垂直管道底部起約每 6.1 m(20 ft)設置一處維修開口，除非另有 4.3.5.3.2 至 4.3.5.3.4.節允許。

4.3.5.3.2 適當大小的可拆式的排風口和進風口裝置，可允許替代維修開口。

4.3.5.3.3 有經過空氣過濾網、空氣清淨器、加濕器之送風管，不需要維修開口。

4.3.5.3.4 在以下的情形不需要維修開口：

(1) 該空間不會產生可燃材料如灰塵、纖維、油膩的蒸氣。這樣的空間包括銀行、辦公大樓、教堂、飯店、照顧機構(但不包括廚房、洗衣間、這些設施的製造部門)。

(2) 進風口至少應在高於地板 2.13 m (7 ft)的地方，並由至少有 14 格網孔[1.8 mm (0.07 in.)]抗侵蝕的金屬網，此金屬網安裝在進風口，如此一來就不會吸附紙張或讓其他可燃的固體進到回風管。

(3) 在最小設計回風管速率為 5.08 m/sec (1000 ft/min)的特殊空間。

4.3.5.4 以鋼絲玻璃或有防火等級玻璃的檢視窗允許裝置在風管上。

- 4.3.5.5 應在牆上或天花板設置開口，該維修開口可用來提供作風管內的維護或檢視所需。
- 4.3.5.6 當風管安置在天花板上或屋頂天花板，維修開口為必要的，其防火等級需依 ASTM E 119 建築物施工與材料的防火測試法標準，或 ANSI/ UL 263 建築物施工與材料的防火測試標準進行測試，維修口應設置在天花板內。
- 4.3.5.7 維修開口應以設計及安裝，不會降低該設施的防火等級。
- 4.3.6 風管的完整性。
 - 4.3.6.1 風管應位於在不會受到破壞或破裂的地方，或加以保護，以保持其完整性。
 - 4.3.6.2 安裝在室外的風管，其內襯或外部被覆及風管本身，應具備對有害物質的保護。
 - 4.3.6.3 安裝在風管內用以收集電力、石化燃料、太陽能等熱源的裝置，應避免產生火災。
 - 4.3.6.3.1 除非 4.3.5.3.2 或 4.3.5.3.3 節標示有允許，應根據 ANSI/ UL 181，廠製風管和風管接頭的安全標準之一級風管，風管的被覆及內襯需避開 4.3.5.3 節所述之熱源操作之鄰近區域，以符合該設備表列特定間隙之條件。
 - 4.3.6.3.2 允許依照其設備表列可燃零間隙之條件進行安裝。
 - 4.3.6.3.3 以風管表面可預期的最高溫度而設置之隔熱，允許裝置在此類的設備操作之鄰近區域。
- 4.3.7 排風口
 - 4.3.7.1 通則 供給於任何空間的空氣中，不得引入將導致危險情況，如含有易燃蒸氣，飛絮，或在數量和濃度粉塵。
 - 4.3.7.2 排風口的施工。排風口是由不可燃的材料，依 ASTM E 84 建材表面燃燒特性測試法標準(Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials)或 ANSI/UL 723 建材表面燃燒特性測試 (Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials) 測試，其火焰擴散指數不

超過 25，無持續燃燒現象，發煙指數不超過 50 的材料來施工。

4.3.7.3 排風口地點

4.3.7.3.1 除非有避免髒污及灰塵的累積物進入系統的措施，排風口設置至少離地 76mm(3 英吋)高的地方。

4.3.7.3.2 設置在低於 2.13 m(7 ft)高的地方，排風口開口應以格柵或保護網所保護，其網目不可使 12.7 mm (1/2 英吋)以上的球體通過。

4.3.8 進風口—回風或排氣或回風兼排氣

4.3.8.1 通則。空氣不應循環於任何空間的空氣中，不得引入將導致危險情況，如含有易燃蒸氣，飛絮，或在數量和濃度粉塵進入回風系統。

4.3.8.2 進風口的施工。進風口是由不可燃的材料，依 ASTM E 84 建材表面燃燒特性測試法標準(Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials)或 ANSI/UL 723 建材表面燃燒特性測試 (Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials) 測試，其火焰擴散指數不超過 25，無持續燃燒現象，發煙指數不超過 50 的材料來施工。

4.3.8.3 進風口的地點

4.3.8.3.1 除非有避免髒污及灰塵的累積物進入系統的措施，進風口設置至少離地 76mm(3 英吋)高的地方。

4.3.8.3.2 設置在低於 2.13 m(7 ft)高的地方，進風口開口應以格柵或保護網所保護，其網目不可使 12.7 mm (1/2 英吋)以上的球體通過。

4.3.9 防火閘門

4.3.9.1 應提供第五章所認證的防火閘門。

4.3.9.2 已認證的防火閘門，應按照標示所列條件安裝。

4.3.10 排煙閘門

4.3.10.1 應提供第五章所認證的排煙閘門。

4.3.10.1.1.1 已認證的排煙閘門，應按照標示所列條件安裝。

4.3.10.2 除非依 4.3.10.2.1 或 4.3.10.2.2 節之特別免設規定，在容量大於 7080 L/sec (15000 ft³/min)的系統應安裝排煙閘門，以隔離空調

設備（含濾網）與其它的送風側及回風側設備，以限制熱煙的循環。

- 4.3.10.2.1 空氣調節單元設置在它們使用的樓層，且只有供應該樓層使用，可免除 4.3.10.2 節的要求。
- 4.3.10.2.2 空氣調節單元設置在屋頂，且僅供應緊鄰屋頂層下方樓層，可免除 4.3.10.2 節的要求。
- 4.3.11 氣室
 - 4.3.11.1 儲藏室
 - 4.3.11.1.1 氣室不可供其他用途使用或作為儲藏室。
 - 4.3.11.1.2 可取得的廢棄材料應自儲藏中及移除它。未來會使用的纜線應用標籤標示，此標籤必須耐久及抵抗環境的變化。
 - 4.3.11.2 天花板夾層氣室。若符合 4.3.11.2.1 至 4.3.11.2.7 節之條件，天花板完成面上方和樓板下方或屋頂的上方，可用於作送風到使用區域，或作為使用區域的回風、排氣。
 - 4.3.11.2.1 貫穿之防火防煙填塞應進行維護。
 - 4.3.11.2.2 燈具式風口、或以金屬或玻璃以外材質、使用在燈具式空調風口應登錄在清單中及標明「空調擴散風口用燈具」。
 - 4.3.11.2.3 進入氣室的空氣溫度不可超過 121°C(250°F)。
 - 4.3.11.2.4 天花板氣室應以不燃材料或有限度的可燃，其最大發煙指數為 50，除了 4.3.11.2.4.1 至 4.3.11.2.4.3 節另有規定外，氣室應能適合連續暴露於該溫度和外界空氣的潮濕條件。
 - 4.3.11.2.4.1 建造屋頂天花板間內氣室的材料應使用 5.3.3 所提到的防火配件以外的材料，並且應具體符合 4.3.11.2.4.2 規範和 4.3.11.2.4.2 規範所允許的材料。
 - 4.3.11.2.4.2 天花板材料應有火焰擴散指數不大於 25、發煙指數不大於 50 之材質製造，所有表面，及其經過任何方式剪裁材料會暴露的表面，應符合這些要求。
 - 4.3.11.2.4.3 天花板的材料應採不可燃材質。
 - 4.3.11.2.5 地板到天花板或屋頂的天花板間的氣室，應測試、檢核氣室有

1 小時以上的防火時效要求，這些組合應符合 5.3.3 節的要求。

- 4.3.11.2.6 在天花板內的氣室，暴露於氣流的材料應：
- (1) 完全不可燃，或
 - (2) 依 ASTM E 84, 建築物材料表面燃燒特性測試法標準 Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials, 或以 ANSI/ UL 723, Standard for Test for Surface Burning Characteristics of Building Materials 進行測試，具火焰擴散指數最大為 25、發煙指數最大為 50，或
 - (3) 符合於 4.3.11.2.6.11 至 4.3.11.2.6.10 規範。
- 4.3.11.2.6.1 *電線、電纜和光纖等纜線，必須以 NFPA 262, 空氣調節空間電線電纜火焰擴散及發煙測試法標準(Standard Method of Test for Flame Travel and Smoke of Wires and Cables for Use in Air-Handling Spaces)標示最大光學密度峰值等於或小於 0.50，平均光學密度等於或小於 0.15，且最大燃燒擴散距離 1.5 m 或以下。或必須安裝於無一般非金屬被覆的金屬溝槽或無一般非金屬被覆的金屬管中。
- 4.3.11.2.6.2 控制系統所使用之氣動管線，根據 ANSI/UL 1820，氣動用管線火焰及發煙之安全防火測試法標準(Standard for Safety Fire Test of Pneumatic Tubing for Flame and Smoke Characteristics)進行測驗，其光密度的最高值應等於或小於 0.5、平均光密度應等於或小於 0.15、火焰延燒距離等於或小於 1.5 m (5ft)。
- 4.3.11.2.6.3 非金屬防火撒水頭配管系統，應根據 ANSI/ UL 1887 塑膠撒水頭之可見火焰及發煙之安全防火測試法標準(Standard for Safety Fire Test of Plastic Sprinkler Pipe for Visible Flame and Smoke Characteristics)測試時，其光密度的最高峰應等於或小於 0.5 或、平均光密度應等於或小於 0.15、火焰延燒距離應等於或小於 1.5 m (5ft)。
- 4.3.11.2.6.4 訊號、光纜、通訊線路，根據 ANSI/ UL 2024，訊號、光纜、通訊線路及電纜線零配件標準(Standard for Signaling, Optical Fiber and Communications Raceways and Cable Routing

Assemblies)測試，其光密度的最高峰等於或小於 0.5、平均光密度等於或小於 0.15、火焰最遠的延燒距離等於或小於 1.5 m (5ft)。安裝在通道的纜線，應根據 4.3.11.2.6.1 的要求列為機房的纜線。

- 4.3.11.2.6.5 *廣播喇叭、隱藏式照明燈具、其他可燃的電子設備外殼，包括它們的配件和附屬品、非金屬纜線的支撐、網綁、纏繞裝置，和其他相關具體產品，可設置於天花板內的氣室。根據 ANSI/UL 2043，空調機房分離式產品及其附件之熱與可見煙釋放燃燒安全之防火測試標準(Standard for Safety Fire Test for Heat and Visible Smoke Release for Discrete Products and Their Accessories Installed in Air-Handling Spaces)測試，其光密度的最高峰等於或小於 0.5、平均光密度等於或小於 0.15、最大熱釋放率為 100kW 或更低。
- 4.3.11.2.6.6 根據 ASTM E 84, 建材表面燃燒特性測試標準 (Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials), or ANSI/UL 723 建材表面燃燒特性測試標準(Standard for Test for Surface Burning Characteristics of Building Materials)，在測試期間以隧道全部寬度且沒有水或任何液體狀態下進行測試，如果它的火燄擴散指數為小於或等於 25、煙發展指數為小於或等於 50 的垂降塑膠管與水管，允許使用在天花板內氣室。
- 4.3.11.2.6.7 可使用符合於 4.3.3 的要求之風管配管系統的附件。
- 4.3.11.2.6.8 偵煙探測器不要求符合 4.3 節的規範。
- 4.3.11.2.6.9 符合 4.3.1.2 規範的風管，以及符合 4.3.2 規範的風管接頭應准予使用。
- 4.3.11.2.6.10 材料所使用之方式根據 NFPA 259，建築物材料的潛熱測試標準法測試(Standard Test Method for Potential Heat of Building Materials)，其可能熱值不應超過 8141kJ/kg (3500Btu/lb)，且應具備以下幾點之一：
- (1) 材料基本結構為不可燃成分，厚度不超過 3.2mm(1/8 in)之表層，其表面火焰擴散指數不大於 50。

- (2) 依 ASTM E 84, 建築物材料表面燃燒特性測試法標準(Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials), 或以 ANSI/ UL 723, Standard for Test for Surface Burning Characteristics of Building Materials 進行測試, 火焰擴散指數不大於 25, 且無明顯繼續進行燃燒。
- 4.3.11.2.7 暴露於氣流中的可取得部份廢棄材料應予移除。
- 4.3.11.3 設備氣室箱殼
- 4.3.11.3.1 設備箱殼及氣室安裝可使用在送氣、回風、和排氣之使用。
- 4.3.11.3.2 設備箱殼及氣室安裝所使用材料, 應按照 4.3.1 及以下的方法:
- (1) SMACNA HVAC Duct Construction Standards - Metal and Flexible 之設備箱殼及氣室施工標準
 - (2) ASHRAE(美國冷凍空調工程師協會)手冊 - 暖通空調系統及設備
 - (3) 4.3.3 章節中所有風管的包覆、連接、吸音內襯、消音箱, 及雜項材料。
- 4.3.11.3.3 電線、纜線、光纖的纜線應遵照 4.3.4 的規範。
- 4.3.11.4 空調箱機房氣室
- 4.3.11.4.1 含有空調箱機房的獨立室應從各種源頭蒐集空氣和在回風進入空氣調節單元前的室內空氣
- 4.3.11.4.2 風管的連接、吸音內襯、消音箱, 及雜項材料應按照 4.3.3 的規範。
- 4.3.11.4.3 空氣調節單元的氣室在設備非使用期間, 不得作為儲藏或佔用。
- 4.3.11.4.4 可移動之廢棄材料視為儲藏用途, 應加以移除它。未來會使用的纜線應用標籤標示, 此標籤必須耐久及抵抗環境的變化。
- 4.3.11.4.5 空氣調節單元的氣室所使用的材料, 應完全不可燃或有限度的可燃, 其最大發煙指數為 50, 並適合連續暴露於機房環境的各種溫度與濕度情況。
- 4.3.11.4.6 *電線、電纜和光纖必須以 NFPA 262, 空氣調節空間電線電纜火焰擴散及發煙測試法標準(Standard Method of Test for Flame Travel and Smoke of Wires and Cables for Use in Air-Handling

Spaces)標示最大光學密度峰值等於或小於 0.50，平均光學密度等於或小於 0.15，且最大燃燒擴散距離 1.5 m 或以下。或必須安裝於應安裝在金屬電纜管道，金屬鎧裝電纜，或全封閉不通風的母線槽。

4.3.11.5 高架地板間氣室

4.3.11.5.1 完工高架地板間的頂部與收納樓層間的空間，在符合 4.3.11.5.2 至 4.3.11.5.6 規範下，應可用於送氣供應於該空間，或從該空間回風或排氣。

4.3.11.5.2 應保持貫穿區阻火的完整性。

4.3.11.5.3 通過氣室的空氣溫度不可超過 121°C (250°F)

4.3.11.5.4 高架地板的氣室使用材料，應使用最大發煙指數 50、完全不可燃或有限度可燃材料，並適合連續暴露於氣室環境裡的空氣溫度、溼度。

4.3.11.5.5 高架地板間的氣室使用材料暴露於氣流應：

(1) 完全不可燃，或

(2) 依美國材料與測試協會 (ASTM E 84) 或美國國家標準 (ANSI/UL 723) 建材表面燃燒特性測試 (Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials) 進行測試，其火焰擴散指數不超過 25，無持續燃燒現象，發煙指數不超過 50，或

(3) 在適用的前提下應符合於 4.3.11.5.5.1 至 4.3.11.5.5.11。

4.3.11.5.5.1 *電線、電纜和光纖必須以 NFPA 262, 空氣調節空間電線電纜火焰擴散及發煙測試法標準(Standard Method of Test for Flame Travel and Smoke of Wires and Cables for Use in Air-Handling Spaces)標示最大光學密度峰值等於或小於 0.50，平均光學密度等於或小於 0.15，且最大燃燒擴散距離 1.5 m 或以下。或必須安裝於應安裝在金屬電纜管道，金屬鎧裝電纜，或全封閉不通風的母線槽。

4.3.11.5.5.2 控制系統用氣動管線，根據「ANSI/ UL 1820, Standard for Safety Fire Test of Pneumatic Tubing for Flame and Smoke

Characteristics，氣動管線用於測試火焰與煙特性的安全測試法標準」測試時，其光密度的最高值小於或低於 0.5、平均光密度小於或低於 0.15、火焰最遠的延燃距離為小於或低於 1.5m (5ft)。

- 4.3.11.5.5.3 非金屬防火撒水頭的配管系統，根據「ANSI/ UL 1887，Standard for Safety Fire Test of Plastic Sprinkler Pipe for Visible Flame and Smoke Characteristics. 塑膠撒水頭管線用於測試火焰與煙特性的安全測試法標準」測試時，其光密度的最高值小於或低於 0.5、平均光密度小於或低於 0.15、火焰最遠的延燃距離為小於或低於 1.5m (5ft)。
- 4.3.11.5.5.4 訊號、光纖、通訊管道，依據「ANSI/ UL 2024、光纖、通訊管道、纜線之電線管和電纜佈線組件標準」測試時其光密度的最高值小於或等於為 0.5、平均光密度小於或等於 0.15、火焰最遠的延燃距離為小於或低於 1.5m (5ft)。安裝在通道的纜線，應根據 4.3.11.5.5.1 的要求，標示為氣室纜線。
- 4.3.11.5.5.5 高架地板、機組間的纜線、電線、通訊及訊號管道，根據「NFPA 75 Standard for the Protection of Information Technology Equipment，資訊科技設備保護標準」，使用於設計和安裝的機房內電腦/資料處理室的光纖纜線。
- 4.3.11.5.5.6 廣播喇叭、隱藏式照明燈具、其他可燃的電子設備外殼，包括它們的配件和附屬品、非金屬纜線的支撐、網綁、纏繞裝置，和其他相關具體產品，可設置於高架地板內的氣室。根據 ANSI/ UL 2043，空調機房分離式產品及其附件之熱與可見煙釋放燃燒安全之防火測試標準(Standard for Safety Fire Test for Heat and Visible Smoke Release for Discrete Products and Their Accessories Installed in Air-Handling Spaces)測試，其光密度的最高峰等於或小於 0.5、平均光密度等於或小於 0.15、最大熱釋放率為 100kW 或更低。
- 4.3.11.5.5.7 使用在排放管系統的塑膠管線及配管，根據 ASTM E84, 建材表面燃燒特性測試標準 (Standard Test Method for Surface

Burning Characteristics of Building Materials), or ANSI/ UL 723 建材表面燃燒特性測試標準(Standard for Test for Surface Burning Characteristics of Building Materials)，在測試期間以隧道全部寬度且沒有水或任何液體狀態下進行測試，如果它的火燄擴散指數為小於或等於 25、煙發展指數為小於或等於 50 的垂降塑膠管與水管，允許使用在高架地板內的氣室。

4.3.11.5.5.8 符合 4.3.1.2 規範的風管，以及按照 4.3.2 規範的風管接頭應可准予使用。

4.3.11.5.5.9 材料所使用之方式根據 NFPA 259，建築物材料的潛熱測試標準法測試(Standard Test Method for Potential Heat of Building Materials)，其可能熱值不應超過 8141 kJ/kg (3500 Btu/lb)，且應具備以下幾點之一：

- (1) 材料基本結構為不可燃成分，厚度不超過 3.2mm(1/8 in)之表層，其表面火焰擴散指數不大於 50。
- (2) 依 ASTM E 84, 建築物材料表面燃燒特性測試法標準(Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials), 或以 ANSI/ UL 723, Standard for Test for Surface Burning Characteristics of Building Materials 進行測試，材料外觀及所使用的厚度，其火焰擴散指數低於 25，沒有明顯的連續燃燒的可燃物測試時，亦無明顯的易於燃燒的成分，材料任何剪裁面暴露，其火焰擴散指數不大於 25，且無明顯繼續進行燃燒。

4.3.11.5.5.10 偵煙探測器不需符合 4.3.11.5.1 規範的要求。

4.3.11.5.5.11 排風系統的附件材質應符 4.3.3 的規範。

4.3.11.5.6 暴露至氣流中可觸及的分廢棄材料應移除。供將來使用的纜線應以標籤標明，此標籤需足以抵擋環境的變化。

4.3.11.6 氣室內的牆與天花板

4.3.11.6.1 氣室內的牆與天花板，除了 4.3.11.6.2 所規定外，應依 ASTM E 84, 建築物材料表面燃燒特性測試法標準(Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials), 或以 ANSI/ UL 723, Standard for Test for Surface Burning

Characteristics of Building Materials 進行測試，在使用的最大厚度下，其火焰擴散指數低於 25、防煙指數在小於或等於 50。

4.3.11.6.2 塑膠發泡隔熱材不可使用在機房內的牆與天花板，除非此隔熱材符合 4.3.11.6.2.1、4.3.11.6.2.2 或 4.3.11.6.2.3 規範之一。

4.3.11.6.2.1 塑膠發泡隔熱材，依據「美國材料與測試協會 ASTM E 84，大樓材料的表面燃燒特性標準測試法，或美國國家標準 ANSI 723，大樓材料表面的燃燒特性測試標準，」在使用的最大厚度下，其火焰擴散指數低於 25、發煙指數在小於或等於 50。應符合下列準則：

- (1) 暴露在 40kW 時，火焰不會擴散至到天花板。
- (2) 火焰不會擴散到樣品的外圍。
- (3) 不發生閃燃。
- (4) 最大熱量釋放率的不超過 800kW。
- (5) 全部的煙釋放量應不超過 1000 m²(1196yd²)，根據「美國國家防火協會 NFPA 286，室內牆與天花板間火焰的延燃的火災測試標準法」進行測試(須以實際使用的塑膠發泡組合最大厚度來進行測試)。

4.3.11.6.2.2 塑膠發泡隔熱材應以耐腐蝕的鋼材包覆，其金屬基材厚度不少於 0.4mm (0.0160in)，火焰擴散指數為 75 或更低、煙發展指數為 450 或更低，根據美國材料與測試協會 ASTM E84，大樓材料的表面燃燒特性標準測試法，或 ANSI/UL 723 建物材料表面的燃燒特性測試標準，以使用的最大厚度來測試。

4.3.11.6.2.3 塑膠發泡隔熱材，須以經過認證之 12.7mm(0.5in)石膏板隔熱材料或以同時通過「美國材料與測試協會 ASTM E 84，大樓材料的表面燃燒特性標準測試法」和「美國國家防火協會 NFPA 275，熱障礙物所使用的泡沫塑膠絕緣體的火災評估測試標準法」的燃燒溫度傳輸速度測試之材料進行隔熱。或根據「美國國家標準 ANSI/UL 723 建物材料表面的燃燒特性測試標準」，以使用的最大厚度來測試，火焰擴散指數為 75 或更

低、煙發展指數為 450 或更低。

4.3.12 通道的空氣系統

4.3.12.1 避難通道

4.3.12.1.1 在健康照護、拘留、矯正、人員居住的空間裡的避難通道，不可用於送風、回風、排氣系統相鄰的區域部分。除非符合 4.3.12.1.3.1 至 4.3.12.1.3.4 要求。

4.3.12.1.2 醫院、護理機構於走道與房間的空氣流動，應符合針對醫療用途相關標準的氣流移動要求。

4.3.12.1.3 氣流移動開口不得設置在隔開其相鄰區域與對外通道分開的牆、門上。

4.3.12.1.3.1 氣流移動開口可設置在廁所、浴室、沖澡間、盥洗室和類似附屬空間，直接在避難走道上開口

4.3.12.1.3.2 防火門的間隙不可超過美國國家防火協會 NFPA 80，防火門和其開口的保護裝置標準的規範，允許採用因壓差造成的氣流移動。

4.3.12.1.3.3 避難通道可允許作為煙控系統工程的一部分。

4.3.12.1.3.4 氣流移動開口可設置在牆或門與相鄰拘留、人員矯正區域以走道分隔的開放性結構(如格柵門或格柵隔間)的避難通道上。

4.3.12.2 出口、出口通道、樓梯、坡道、其他出口不可作為供應建築物其他區域使用之送風、回風、排氣系統的一部分。

4.3.13 *煙控，有煙控或排煙需求的系統，必須經過有管轄權主管機關的審核。

4.4 材料

4.4.1 *不可燃材料

4.4.1.1 符合以下任一項為「不可燃材料」：

(1) 該材料所使用的形態，及合理的情況下，不至受火或熱而著火、燃燒、助燃、釋放可燃蒸氣。

(2) 符合「美國材料與測試協會 ASTM E 136，材料在 750°C 的立式管爐的行為標準測試法」，所公告的材料。

- (3) 根據「美國材料與測試協會 ASTM E 2652 ，在 750°C 有立式管爐中，材料的變化測試方法」測試，符合(合格/不合格)「美國材料與測試協會 ASTM E 136」所公告的材料。[101:4.6.13.1]
- 4.4.1.2 本標準所使用「有限度可燃」一詞，也包含「完全不可燃」之意義。[101:4.6.13.2]
- 4.4.2 *有限度的可燃材料。符合 4.4.2.1、4.4.2.2 並符合 4.4.2.3 或 4.4.2.4 規範之一之材料，可當作「有限度可燃材料」。[101:4.6.14]
- 4.4.2.1 依據 4.4.1 規範之材料不需符合「完全不可燃」的要求。[101:4.6.14.4]
- 4.4.2.2 此材料依其所使用的形態，依據「美國國家防火協會 NFPA 259，建物材料的潛熱標準測試法」測試下，其潛熱值應低於 3500Btu/1b(8141kJ/kg)。[101:4.6.14.2]
- 4.4.2.3 此材料的結構基底需為完全不可燃的建築材料，其表層為依據「美國材料與測試協會 ASTM E 84，建物材料表面的燃燒特性標準測試法」，或「美國國家標準 ANSI/UL 723，大樓材料表面的燃燒特性測試標準，測試」火焰擴散指數低於 50，厚度低於 1/8 in (3.2mm)之材料。
- 4.4.2.4 依其使用的型態及厚度，本材料依據「美國材料與測試協會 ASTM E84 ，建物材料的表面燃燒特性標準測試法」，或「美國國家標準 ANSI/UL 723，建物材料表面的燃燒特性測試標準」測試時，無明顯的易於火焰蔓延或火焰擴散係數低於 25 的成分組成的組成材料。且根據「美國材料與測試協會 ASTM E 84」或「美國國家標準 ANSI/UL 723」測試時，不會因為任何平面切割此材料全部暴露的表層，其火焰擴散指數低於 25 亦無明顯的易於火焰擴散現象。[101:4.6.14.4]
- 4.4.2.5 本標準所使用「有限度可燃」一詞，也包含「完全不可燃」之意義。[101:4.6.14.5]

- 第五章 通風系統、空調系統於大樓施工的整合**
- 5.1 空氣調節設備室
- 5.1.1 通則 空氣調節設備室可分成以下三個部份：
- (1) 氣室(通常是回風)
 - (2) 以風管開口直接接入管道。
 - (3) 其他的空氣調節單元。
- 5.1.2 空氣調節設備室用於氣室空間 空氣調節設備室之氣室用於送風或回風應符合 4.3.11.4 規範。
- 5.1.3 空氣調節設備室含以風管開口直接接入管道
- 5.1.3.1 空氣調節設備室包括開口的保護，以管道分隔，以不小於 5.3.4 規範要求的防火時效建造。
- 5.1.3.2 若以不低於管道之防火時效需求建造所封閉空間，該空氣調節設備室不需再設置防火區隔
- 5.1.4 其他的空氣調節設備室其他的空氣調節設備室應符合有管轄權主管機關所制定的法規。
- 5.2 建築物施工
- 5.2.1 風管淨空
- 5.2.1.1 暖氣的金屬風管以可燃材料建造，包括含石灰木板組合，風管淨空不可小於 12.7mm (1/2in)，或將該可燃材料，以最小厚度 6.35mm (1/4 in)，經認證的隔熱材料保護。
- 5.2.1.2 防火及防煙之完整性，須要進行維護保養。
- 5.2.1.3 5.2.1.1 規範提到的淨空應不適用於僅用於換氣、冷氣或空調而無暖氣的系統。
- 5.2.2 構件，風管的安裝，含吊架，不可降低構件的防火時效。
- 5.2.3 天花板組件
- 5.2.4 空調系統之吊掛安裝有穿透防火要求之樓層夾板或屋頂間天花板時，其被移除部份之替換材料之防火性質必須相同或被認證等同於原被替換材料。
- 5.2.5 維修既有天花板的替代方案，新天花板允許安裝於風管系統下

方，可以用經認證未減損於原樓層地板，或屋頂天花板間的防火時效的天花板。

- 5.3 *貫穿一開口的保護
- 5.3.1 防火牆以及防火隔間
- 5.3.1.1 *風管穿過 2 小時以上防火時效的防火牆與防火隔間或於其上設置開口時，須安裝經認證的防火閘門。
- 5.3.1.1.1 *在其他無防火等級要求的牆上開口，不須安裝防火閘門。
- 5.3.1.2 在有防火時效隔間之空氣隔柵開口，應安裝經認證的防火閘門保護。
- 5.3.2 樓地板有防火時效需求
- 5.3.2.1 僅穿過一個層樓且僅用於連接相鄰兩樓層之風管需密閉(詳閱 5.3.4.1)，或以防火閘門安裝在每一層樓層穿透處。
- 5.3.3 *樓地板間天花板及屋頂天花板組件有防火時效需求。
- 5.3.3.1 依照「美國材料與測試協會 ASTM E 119，大樓結構與材質的火災測試標準」或「美國國家標準 ANSI/ UL 263，大樓結構與材質的火災測試標準」，所測試需具備防火時效需求的樓地板間天花板及屋頂天花板組件，其使用的風管或風管的開口包括風管的材質及通道的尺寸和開口保護，都應達到一定的防火時效需求並依照防火組件的設計要求來施工。
- 5.3.3.2 若需設置防火閘門，其安裝位置應根據 5.4.4 節要求辦理。
- 5.3.4 管道
- 5.3.4.1 風管經過建物樓地板的垂直開口需加以保護，以隔間或隔牆圍隔，其阻隔材質應依照有管轄權主管機關所規定的建築法規建造，如 5.3.4.2 或 5.3.4.3 節所示，除非 5.3.4.3.1 有另行規定。
- 5.3.4.2 風管所在建物四樓以下時，其管道的隔間牆，至少應有一小時防火時效(以火可能燃燒隔間牆任一側而言)。
- 5.3.4.3 風管所在建物四樓或以上時，其管道的隔間牆，至少應有二小時防火時效(以火可能燃燒隔間牆任一側而言)。
- 5.3.4.3.1 風管只有貫穿一層樓或只有貫穿一樓和有空調設備的閣樓間，

且風管於穿越樓層處設置有防火閘門的狀況，可以不用隔間牆。

- 5.3.4.4 以防火阻隔牆作為風管應符合規範 4.3.1 及 5.3.4.2 到 5.3.4.3.1 節之規定。
- 5.3.4.4.1 石膏板系統應依照 GA 600，防火設計手冊施工。
- 5.3.4.5 垂直管道內有風管或以阻隔牆作為風管來輸送空氣時，不得有下方所列的事項：
- (1) 移除炊煮設備的油煙用的廢氣
 - (2) 用以排放可燃性煙氣的風管
 - (3) 用以移動、傳遞、運輸爐渣、蒸氣、灰塵用的風管
 - (4) 用以排放不可燃但具侵蝕性的煙或蒸氣的風管
 - (5) 渣滓和亞麻滑槽
 - (6) 除了不可燃的輸水管或沒有危險、無毒的材料的管道。
 - (7) 可燃物的儲藏
- 5.3.4.6 應在每個方向或風管開口進出阻隔牆處，依 5.3.4.1 設置防火閘門，除非 5.3.4.6.1 或 5.3.4.6.2 有另行規定。
- 5.3.4.6.1 風管系統只有在一層樓內，僅包含在它自己專屬的垂直風管內且只有用作排放廢氣到戶外用時不需要防火閘門。
- 5.3.4.6.2 以下的情形不需要防火閘門：
- (1) 風管支管連結至排氣立管阻隔牆，符合 5.3.4.1 或 5.3.4.4 節要求。
 - (2) 氣流往上升。
 - (3) 從各入口接至立管，鋼製的風管支管長度至少 560 mm(22 in)
 - (4) 立管尺寸符合風管支管風量限制設計。
- 5.3.5 防煙壁
- 5.3.5.1 排煙閘門，應安裝在風管通過防煙壁附近，但不可安裝在超過防煙壁 0.6m (2ft)遠的地方，或較防煙壁更近的第一個風管進風口或出風口，除非符合本規範 5.3.5.1.1 至 5.3.5.1.5 節要求。
- 5.3.5.1.1 除非系統有其他合當的功能需求，當一空調系統是特定設計為完成下列事項時應不需要裝置排煙閘門：

- (1) 作為工程煙控系統的功能，包括供應給空氣調節系統的連續氣流。
 - (2) 在火災的緊急情況期間，提供空氣給大樓的其他區域。
 - (3) 在火災的緊急情況期間，提供壓力差。
- 5.3.5.1.2 空氣調節系統中符合 4.3.9.2 規定隔離用之排煙閘門，離防煙壁於要求距離內，則不需設置。
- 5.3.5.1.3 風管內的進氣或出氣開口開在單一排煙區劃內，不需設置排煙閘門。
- 5.3.5.1.4 在風管內空氣會連續流動，且該空氣調節系統在火災的緊急情況下，可防止排氣或回風的循環之風管，不需要設置排煙閘門。
- 5.3.5.1.5 *符合「美國國家防火協會 NFPA 101，生活安全標準」，或「美國國家防火協會 NFPA 5000，建物結構與安全標準」的場合，不需排煙閘門。
- 5.3.5.2 對於貫穿有防煙壁需有的防火閘門，可使用具有熱反應及煙反應之防火排煙閘門。
- 5.4 防火閘門、排煙閘門、天花板閘門
- 5.4.1 防火閘門
- 5.4.1.1 用以保護低於 3 小時的防火時效的牆、隔間及樓地板之開口的防火閘門，必須根據「美國國家標準 ANSI/ UL 555，防火閘門安全標準」具有 1.5 小時的防火時效。
- 5.4.2 用以保護高於 3 小時的防火時效的牆、隔間及樓地板之開口的防火閘門，必須根據「美國國家標準 ANSI/ UL 555，防火閘門安全標準」擁有 3 小時的防火時效。
- 5.4.3 *排煙閘門 用以保護在防煙壁上開口或工程煙控系統之排煙閘門，應符合「美國國家標準 ANSI/ UL 555S，排煙閘門安全標準」。
- 5.4.3.1 排煙閘門滲漏係數應至少符合第二級，且耐溫等級應不低於 121°C(250°F)。
- 5.4.4 天花板閘門

- 5.4.4.1 天花板閘門或開口保護的方法需符合經測試的樓地板或屋頂天花板間組合之施工詳圖，或符合標準所登錄的天花板空氣擴散風口、天花板閘門。
- 5.4.4.2 天花板閘門應按照美國國家標準 ANSI/ UL 555C，天花板調節閘門安全標準，測試。
- 5.4.5 閘門關閉
 - 5.4.5.1 所有防火閘門和天花板閘門需可自動關閉。
 - 5.4.5.1.1 表列防火熔鏈和其他經認證之熱驅動裝置，在不正常溫昇下，應使所有防火閘門和天花板閘門保持關閉。
 - 5.4.5.2 防火熔鏈
 - 5.4.5.2.1 防火熔鏈動作溫度，應高於在正常情況下系統運轉或關機會遇到溫度最大值約 28°C(50°F)以上。
 - 5.4.5.2.2 防火熔鏈動作溫度不低於 71°C(160°F)。
 - 5.4.5.2.2.1 *位於工程煙控系統之一部份的風管內之綜合防火排煙閘，防火熔鏈或其他經認證之熱驅動裝置，應高於其排煙系統最高操作溫度約 28°C(50°F)。
 - 5.4.5.2.2.2 防火排煙閘門應不超過「美國國家標準 ANSI/ UL 555S，排煙閘門安全標準」在老化試驗中，所制訂的防火排煙閘門耐溫等級。
 - 5.4.5.2.2.3 防火排煙閘門的最大耐溫等級不得超過 177°C(350°F)。
 - 5.4.5.3 因排煙必要之防火排煙閘門遠端開口，可准許使用。
 - 5.4.5.3.1 依據 5.4.5.3 所設置之防火排煙閘門開口，應在達到該閘門依「美國國家標準 ANSI/ UL 555S，排煙閘門安全標準」最大老化試驗測試溫度時 具備自動再關閉之功能
 - 5.4.5.4 *閘門應可在達到其所安裝之風管系統所計算最大氣流風量值條件下關閉。
 - 5.4.5.4.1 防火閘門應根據「美國國家標準 ANSI/UL 555，防火閘門安全標準」，做關閉測試。
 - 5.4.5.4.2 排煙閘門應根據「美國國家標準 ANSI/UL 555S，排煙閘門安

全標準」做關閉測試。

- 5.4.5.4.3 廚房、烘衣排氣系統的風管應不需設置防火閘門、排煙閘門和防火排煙閘門。
- 5.4.6 閘門位置資訊
 - 5.4.6.1 全部的防火閘門、排煙閘門、天花板閘門，或相似特質的火災保護措施的位置和固定安置方式，應標示在風管系統的圖說。
 - 5.4.6.2 閘門應在圖說標示之風管系統位置，於設計風量下可以關閉。
- 5.4.7 安裝
 - 5.4.7.1 *防火閘門及其套管、排煙閘門和天花板閘門，應根據標示條件、製造商的安裝說明及要求、以及「美國國家防火協會 NFPA 80，防火門及其他開口保護」的要求安裝。
 - 5.4.7.2 排煙閘門應根據標示條件、製造商的安裝說明及要求、以及「美國國家防火協會 NFPA 105，防煙門組件及其他開口之保護」的要求安裝。
- 5.4.8 維護保養
 - 5.4.8.1 防火閘門和天花板閘門應按照「美國國家防火協會 NFPA 80，防火門組件及其他開口之保護」進行保養。
 - 5.4.8.2 排煙閘門應根據「美國國家防火協會 NFPA 105，防煙門的配件及其他開口之保護」進行保養。

第六章 控制

- 6.1 配線 電線及相關空調、換氣系統的操控系統設備的安裝方式，應按照「美國國家防火協會 NFPA 70，國家電氣標準」。
- 6.2 手動控制
- 6.2.1 在緊急情況下，每個通風系統，應提供至少一個可以在緊急狀態下停止送風、回風、排氣風機的手動操作方式。
- 6.2.2 手動操作方式應位在經過認證的位置。
- 6.3 *排煙閘門
- 6.3.1 排煙閘門應以自動警報啟動裝置來控制。
- 6.3.2 *防煙閘門可在控制站以手動方式操作到指示的位置。
- 6.3.3 根據 4.3.10.2 安裝用以隔離空氣調節系統之排煙閘門，在空調系統未運轉時可自動關閉。
- 6.3.4 *相關排煙風機是停機狀態，而閘門驅動器和自動警報啟動裝置維持運作時，可允許排煙閘門為保持開啟狀態。
- 6.4 *自動控制偵煙探測器
- 6.4.1 測試 全部自動關機裝置，應每年至少測試一次。
- 6.4.2 *安裝位置
- 6.4.2.1 標示用做排風系統使用的偵煙探測器，應如以下位置安裝：
- (1) 空氣濾網下游及任何送風系統所連結支管之前，風量大於 944 L/sec (2000 ft³/min)。
 - (2) 每一樓層在連結到共同回風管前、再循環氣流前、或連結於回風系統外氣管，其風量大於 7080 L/sec (15000 ft³/min)，並且不只作用於一樓層。
- 6.4.2.2 由全區偵煙式探測器所保護的排風系統，不需設置回風系統的偵煙式探測器。
- 6.4.2.3 將空氣排出大樓外單一功能的風機，不需設置偵煙探測器。
- 6.4.3 *功能

- 6.4.3.1 由 6.4.2 規範所設置的偵煙探測器偵測到煙時，應能自動停止各自對應的風機。
- 6.4.3.2 作為工程煙控系統的回風風機之一部分，偵煙探測器的風機應不能自動停止並需設置不同模式。
- 6.4.4 安裝
- 6.4.4.1 偵煙探測器應按照「美國國家防火協會 NFPA 72，國家火災警報和訊號編碼」安裝、測試、保養。
- 6.4.4.2 除了 6.4.3 規範的要求外，符合 6.4 章節所要求設置在大樓安裝的偵煙探測器應依據「美國國家防火協會 NFPA 72，國家火災警報器和訊號標準」連結到經認證的火災警報。
- 6.4.4.2.1 僅使用在關閉閘門或暖通空調系統之偵煙探測器，不需連動於啟動大樓的疏散警報。
- 6.4.4.3 依 6.4 章節規範而設置的偵煙探測器，安裝在不符 6.4.4.2 規範許可火災警報器的大樓，符合以下的狀況：
- (1) 依 6.4 章節啟動的偵煙探測器啟動裝置，應在一般人員場合發出視覺與聽覺的訊號。
 - (2) 在一般場合裡，風管探測器的誤動作，造成偵煙探測器誤動作而發出視覺與聽覺的訊號。
- 6.4.4.4 偵煙探測器與僅用於停止風機用之火災警報系統電源分開，不需要備用電力。

附錄 6 NFPA 92 (2015)相關章節中文摘譯

NFPA 92 Standard for Smoke Control Systems, 2015 Edition

NFPA 92 煙控系統標準, 2015 版

(章節編號後有*者，表示於附錄中另有補充說明資料)

第四章 設計綱要

4.1 設計目標

4.1.1 設計方法應包含下列一個或多個方法。

- (1) 對最初發生區以防煙區劃所建立及維持之邊界壓差，進行煙氣圍堵 (containment)
- (2) 大容積空間及任何可與該大空間相連通但未分隔空間之防煙管理

4.1.2* 設計期間在達成特定目標，應包含下列或其中之一目標

- (1) 包括對火災起點區之煙氣圍堵
- (2) 維持既有梯間之可允許逃生環境，使人員可自建築物中逃生
- (3) 維持所有出口及煙氣避難區路徑之可允許逃生環境，使人員到達出口或煙氣避難區
- (4) 維持大容積空間之煙層界面達到預訂高度

4.2 設計基準

4.2.1* 煙氣圍堵系統，建築物之煙控系統應達到局限煙氣於特定區域或維持煙氣不進入另一區域

4.2.1.1 設計壓差應基於下列參數：

- (1) 排煙區劃是否設置撒水頭
- (2) 排煙區劃之天花板高度
- (3) 最大及最小壓差

4.2.2 煙控管理系統，對特定大容積空間及任何未分隔空間煙控管理設計基準，應包含下列參數之決定：

- (1) 設計基準火源用於計算煙氣產生量(即種類、位置、設計基準火源之

燃料量、自動滅火系統的涵蓋及可靠性及通風型式、範圍)

- (2) 受保護大容積空間之高度、截面積、及平面面積。
- (3) 各個與大容積空間相連之未分隔空間之高度、截面積、及平面面積
- (4) 與大容積空間內及相連空間之使用類型、位置
- (5) 分隔與大容積空間之相連空間的防煙壁(若有)
- (6) 大容積空間及任何相連空間之逃生路徑
- (7) 任何避難區域

4.2.3 耐溫等級

4.2.3.1 設備耐溫等級要求應基於排煙區劃預期操作溫度

4.2.3.2 耐溫等級應基於下列條件：

- (1) 與火的接近程度。
- (2) 煙氣及熱空氣被捲吸氣流造成稀釋作用。

4.3 設計手法

4.3.1 煙氣圍堵系統，煙氣圍堵系統之設計手法，應包含其中之一或下列項目之組合

- (1) 梯間加壓
- (2) 區域煙控
- (3) 電梯煙控
- (4) 前室加壓
- (5) 煙氣避難區域加壓

4.3.2* 煙控管理系統，大容積空間及任何相連空間之煙控管理系統設計手法，應包含其中之一或下列項目之組合

- (1) 自然煙氣流入於未使用區域或蓄煙區，及人員使用空間煙層下降模型及計算，煙層界面高度達到曝露於煙氣前，有能力於空間進行避難
- (2) 機械排煙容量，由空間中排煙，於設計時間內煙層界面維持於預計高度

- (3) 機械排煙容量，由空間中排煙，於一段時間內減緩煙層界面下降率，以允許人員由空間進行避難
- (4) 重力排煙，於設計時間內煙層界面維持於預計高度
- (5) 重力排煙，於一段時間內減緩煙層界面下降率，以允許人員由空間進行避難
- (6) *反向氣流以防止煙氣於大容積空間及相連空間移動

4.4 設計準則

4.4.1* 氣象條件，設計應結合室外溫度及自然風對煙控系統性能之效應。

4.4.2 壓差，對圍堵系統應建立不同煙控區邊界最大及最小允許壓差。

4.4.2.1 跨空間壓差

4.4.2.1.1 *除 4.4.2.1.2 所定義外，基於維持特定空間之間的最小壓差，應採表 4.4.2.1.1 之壓差進行設計

表 4.4.2.1.1 防煙區劃間最小設計壓差

建築物類型	天花板高度 (ft)	設計壓差* (英吋水柱)
AS	不限	0.05
NS	9	0.10
NS	15	0.14
NS	21	0.18

SI 單位, 1ft=0.305m, 0.1 英吋水柱=25Pa

AS：設置撒水頭, NS：無撒水頭

註：

(1) 本表之最小設計壓差，鄰近防煙區劃空氣溫度以 1700°F(972°C)計算

(2) 依設計目的，在特定自然風或煙囪效應之條件下，煙控系統應維持最小壓差

*對分區煙控系統，排煙區劃與鄰近空間之壓差量測，應在該區域之煙控模式下進行。

4.4.2.1.2 當系統設計者決定需要以較高之最小壓差，以達到煙控目標，應使用此較高之最小壓差

4.4.2.1.3 最小允許壓差應限制煙氣洩漏，在建築物疏散至某一樓層，在排煙區劃外之區域維持可維生環境

4.4.2.1.4 煙控系統最小壓差，應維持足夠高度，以克服風力、煙囪效應及熱煙浮力

4.4.2.1.5 該計算應考量有數個門同時打開之情況

4.4.2.2 門間壓差，門間壓差不可造成開門時大於 NFPA 101 所表列開門時允許最大推力或當地法令規定

4.4.3 火源位置，設計基本火源產生的煙量，應考量大容積空間及相連空間內火源位置

4.4.4 煙氣移動及氣流

4.4.4.1 *補氣，煙控管理系統之補氣應由風機或對外開口來提供

4.4.4.1.1 補氣供應點應在煙層界面之下

4.4.4.1.2 機械補氣應小於機械排煙之重量流率

4.4.4.1.3 補氣不可造成開門力量超過允許上限

4.4.4.1.4* 補氣速度不可超過 1.02m/s (200 ft/min)，補氣可與火柱接觸，除非以工程分析方可採較高的補氣速度。

4.4.4.2 連通空間

4.4.4.2.1 管理煙氣蔓延至連通空間

4.4.4.2.1.1 管理煙氣蔓延至連通空間，由以下方法之一來達成：

- (1) 維持煙層界面高度高於連通空間之開口
- (2) 提供防煙壁以限制煙氣蔓延至連通空間
- (3) 經開口提供一逆向氣流，以防止煙氣蔓延至連通空間

4.4.4.2.1.2 當採防煙壁以限制煙氣蔓延至連通空間，應提供工程計算，驗證跨防煙壁之壓差需求，以防止熱煙擴散

4.4.4.2.1.2 當採用氣流方法，以阻止大容積空間由較大開口流向相連空間之煙氣流動，該氣流應以幾乎垂直於開口之平面

4.4.4.2.2 * 管理煙氣來自相連空間

4.4.4.2.2.1 當相連空間設計成允許煙氣流入較大容積空間，該煙氣流入較大容積空間應由煙控管理系統處理，以維持煙層界面於設計高度

4.4.4.2.2.2 當煙控系統之設計，採以氣流防止煙氣流入大容積空間，相連空間應提供足夠排氣，以達到相連空間與大容積空間的最小氣流(見

5.10.1)

4.4.4.3* 開口及洩漏面積，設計時應考量開口及防煙壁洩漏面積對煙控系統性能的影響

4.4.4.4 與自然通風有關的特別考量，設計時煙控管理系統，應考量自然與機械通風混用，應以工程分析或物理(縮小)模型的支持，來驗證預期之設計功能

4.4.5* 氣體滅火系統，煙控系統操作應不可與氣體藥劑消防系統的性能妥協

4.5* 系統操作

4.5.1 限制

4.5.1.1* 維生性，煙控系統設計基於人員可能曝露於煙氣，維生性條件應加以評估

4.5.1.2* 出口分析，煙控系統設計基於空間中既有人員可能曝露於煙氣前或達到可維生環境門檻值前，來作為以一種計時的出口分析，使人員有充分時間來移動

4.5.1.3* 最小煙層深度設計，煙控管理系統最小煙層深度設計，應採下列其中之一：

(1) 樓地板至天花板高度的 20%

(2) 基於工程分析

4.5.2 啟動，煙控管理系統應採經認可的自動方式來啟動

4.5.3 系統初運作

4.5.3.1 煙控系統達到全操作之前，該空間條件應達到設計煙條件

4.5.3.2 對系統開始運作需要確定的時機，應考慮以下事件（如適用於特定的設計目標）

(1) 火災事故偵測時間

(2) 空調系統的啟動時間，包括關閉和啟動空氣調節設備、開關風門、開關自然通風設施

4.5.4 期間

4.5.4.1 當煙控管理系統的設計，基於空間中既有人員可能曝露於煙氣前或達到可維生環境門檻值前，應符合以下條件

- (1) 應進行一個計時的出口分析
- (2) 該系統應於要求的期間保持正常操作

4.5.4.2 煙控管理系統的設計用於維持可維生條件，當證實達可維生條件，則不需要防止空間之煙層下降

4.6 梯間加壓系統

4.6.1* **通則**，當規劃梯間加壓系統，排煙區與樓梯之壓差，在門開啟的數量為 0 時，應符合

- (1) 不小於 4.4.2 節定義之最小壓差
- (2) 不大於 4.4.2.2 節定義之最大壓差

4.6.2 **送氣源位置**，為限制煙氣由送氣進入樓梯，送風之外氣進風口應與建築物在火災時可能排煙，包括建築物之排氣、排煙管道出口及屋頂排煙、電梯井通風口及建築物其他開口保持分隔。

4.6.3 送風風機

4.6.3.1 螺漿式風機，螺漿式風機應允許用於屋頂或外牆壁掛式之單風口系統，該風機應設置防風罩。

4.6.3.2 其他型式風機，離心式或軸流式風機應允許用於單送風口或多送風口系統。

4.6.4* 單送風口或多送風口系統

4.6.4.1* 單送風口系統

4.6.4.1.1* 單送風口系統之送風點，應允許設於樓梯內任何位置。

4.6.4.1.2* 對所有單口下方送氣系統及對所有其他樓梯高度超過 100ft (30.5m) 之單送風口系統，應執行設計分析。

4.6.4.2* **多送風口系統**，送風口距離大於三個樓層，應執行設計分析，以確認加壓空氣之壓損經開啟門扇，不會造成樓梯壓力低於最小設計壓力。

- 4.7 電梯加壓系統，當有規劃電梯加壓系統，電梯井道應依 4.4.2 節要求加壓保持最小正壓力。在叫車樓層電梯門和井道通風口開啟時，電梯車廂應能保持最低壓力。
- 4.8* 區劃煙控，有電梯煙控需求時，應設獨立區劃。
- 4.8.1* 煙控區劃
- 4.8.1.1 若使用區劃煙控進行圍堵，建築物應分為不同煙控區劃，以防煙壁互相分隔。
- 4.8.1.1.1* 一個防煙區劃允許由單一或多個樓層組成。
- 4.8.1.1.2* 一個樓層允許由單一或多個防煙區劃組成。
- 4.8.1.2 區劃煙控系統動作，排煙區與鄰近非排煙區之壓差，應符合或超過 4.4.2 節之最小設計壓差。有門扇之位置，壓差不可超過 4.4.2.2 節之要求值。
- 4.8.2 區劃排煙
- 4.8.2.1 區劃排煙應排至建築物外。
- 4.8.2.2 區劃排煙允許採機械排煙或自然通風。
- 4.8.3* 煙氣避難區域
- 4.8.3.1 區劃煙控系統中非排煙區劃，應允許使用一特定區域對人員避難提供一段時間之保護，或提供煙氣避難區。
- 4.8.3.2 對避難區鄰近樓梯或電梯，應避免壓力損失或由於煙氣避難區排煙與管道排煙互相作用而超過壓力。
- 4.9* 系統之組合，煙控系統應設計為多個煙控系統同時操作，每一個系統均應符合個別之設計目標。
- 4.10 前室
- 4.10.1* 前室未必需要，應允許作為建築物煙控系統之一部份。
- 4.10.2* 若有設置前室，對前室加壓或不加壓均可允許。

- 4.11* 門扇，位於防煙壁之門扇，應為自行關閉式或由煙控系統啟動可自動關閉。

第五章 煙控管理計算步驟

- 5.1 說明，煙控管理系統設計之分析方法，應採 5.1.1 至 5.1.3 節所述方法之一。

- 5.1.1 代數方程式，第五章所述之代數方程式，提供一個共同性的計算方法，可以計算各種因素，以建立的一個符合設計要求的煙控管理系統。

- 5.1.2* 縮小尺度模型

- 5.1.2.1 縮小尺度模型應與實際建物各維度均為比例關係。

- 5.1.2.2 火災規模及結果解釋應依 5.11 節所述之縮小尺度法則。

- 5.1.3* 室內火災模型，室內火災模型應採區域火災模型或計算流體力學 (CFD) 模型。(關於火災模型及 CFD 模型相關資料，見附錄 C)。

- 5.2 設計火源

- 5.2.1* 通則，本節所述方程式應用於計算設計火源之熱釋放率(關於熱釋放率相關資料，見附錄 B)。

- 5.2.2 設計火源種類，設計火源應為下列所述之一：

- (1) 穩態火源，熱釋放率固定
- (2) 非穩態火源，熱釋放率隨時間變化

- 5.2.3 穩態設計火源：

- 5.2.3.1 穩態熱釋放率之設計火源，應根據可用或實證之測試資料

- 5.2.3.2 可用燃料於特定時間內燃燒，火源可採 5.2.3.2 式計算

$$\Delta t = \frac{mH_c}{Q} \quad [5.2.3.2]$$

此處

Δt : 火災發生期間(s)

m : 總燃料消耗質量(lb 或 kg)

H_c : 燃料燃燒熱 (Btu/lb 或 kJ/kg)

Q : 熱釋放率 (Btu/sec 或 kW)

5.2.3.4 非穩態火源，非穩態設計火源包括成長期及穩定期或衰退期，如圖 5.2.4(a)或圖 5.2.4(b)，其中穩定期或衰退期應根據實證測試資料、燃料組成或欲保護的系統。

火源可採 5.2.3.2 式計算

5.2.4.1 成長期，設計火源之成長期，為下列所述之一：

- (1) 火源實證測試資料
- (2) 時間平方(t^2)火源成長模型
- (3) 主管關機所接受之其他火源成長模型

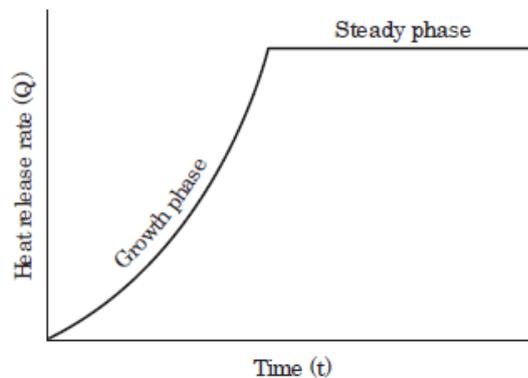


圖 5.2.4(a) 非穩態火源含穩定期

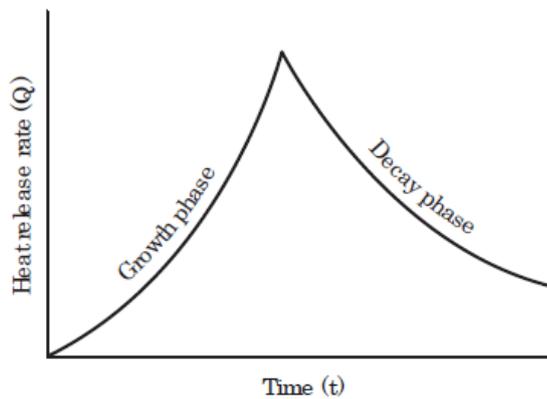


圖 5.2.4(b) 非穩態火源含衰退期

5.2.4.2 時間平方(t^2)火源成長模型

5.2.4.2.1 採用時間平方(t^2)火源成長模型應依方程式 5.2.4.2.1a 或 5.2.4.2.1b，

如下：

$$Q = 1000 \left(\frac{t}{t_g} \right)^2 \quad [5.2.4.2.1a]$$

此處

Q : 設計火源之熱釋放率 (Btu/sec)

t : 點燃後的時間 (sec)

t_g : 成長時間 (sec)

$$Q = 1055 \left(\frac{t}{t_g} \right)^2 \quad [5.2.4.2.1b]$$

此處

Q : 設計火源之熱釋放率 (kW)

t : 點燃後的時間 (sec)

t_g : 成長時間 (sec)

5.2.4.2.2 當可用燃料於特定時間內燃燒之時間平方(t²)火源成長模型，應依

方程式 5.2.4.2.2，如下：

$$\Delta t = \left(\frac{mH_c t_g^2}{t_g} \right)^{1/3} \quad [5.2.4.2.2]$$

此處

Δt : 火災發生期間(s)

m : 總消耗燃料重 (lb 或 kg)

H_c : 燃料燃燒熱 (Btu/lb 或 kJ/kg)

t_g : 成長時間 (sec)

5.2.4.3 穩定期，非穩態設計火源成長達到穩態熱釋放率，應根據下列所述

之一：

- (1) 火源測試資料
- (2) 火源成長之工程分析及撒水頭反應

5.2.4.4 衰退期，設計火源之熱釋放率達到衰退期，應根據下列所述之一：

- (1) 火源測試資料
- (2) 燃料於所在天花板高度下，對撒水頭保護效應之分析

5.2.5* 分隔間距

5.2.5.1 設計火源決定應考慮燃料種類、燃料間距及形狀

5.2.5.2 選擇設計火源應由燃料組成來決定，考慮火災時可能涵蓋最大之燃料堆規模。

5.2.5.3 若間隔 R 內有其他燃料，則設計火源應予以增加，依方程式 5.2.5.3 決定 R，如下：。

$$R = \left(\frac{Q_r}{4\pi q_r} \right)^{1/2} \quad [5.2.5.3]$$

此處

R : 由目標與燃料堆中心之間距(ft 或 m)

Q_r : 火源熱釋放率之輻射熱部分 (Btu/ft 或 kW)

q_r : 造成引燃所需輻射熱通量(Btu/ft²s 或 kW/m²)

5.2.5.4 火源熱釋放率之輻射熱部分，依方程式 5.2.5.4 決定 R，如下：

$$Q_r = \xi Q \quad [5.2.5.4]$$

此處

Q_r : 火源熱釋放率之輻射熱部分 (Btu/sec 或 kW)

ξ : 輻射熱分率(無因次)

Q : 火源熱釋放率(Btu/sec 或 kW)

5.2.5.5 輻射熱分率取 0.3，除非有其他測試資料為依據來取代此數值。

5.2.5.6 若燃料堆非圓形，以燃料堆所佔樓地板面積來計算等效半徑，作為此替代圓形之等效半徑。

5.2.5.7 以 0.9 Btu/ft²s (10 kW/ m²)作為造成引燃所需輻射熱通量，除非有其他實證之測試資料為依據來取代此數值。

5.3 質量消耗

5.3.1 對穩態火源，全部質量消耗需要來供應穩態熱釋放率，依方程式

5.3.1 決定，如下：

$$m = \frac{Q\Delta t}{H_c} \quad [5.3.1]$$

此處

- m : 總燃料消耗質量 (lb 或 kg)
- Q : 熱釋放率 (Btu/sec 或 kW)
- Δt : 火災發生期間(sec)
- H_c : 燃料燃燒熱 (Btu/lb 或 kJ/kg)

5.3.2 對時間平方(t^2)火源，全部質量消耗，依方程式 5.3.2 決定，如下：

$$m = \frac{333\Delta t^3}{H_c t_g^2} \quad [5.3.2]$$

此處

- m : 總燃料消耗質量 (lb 或 kg)
- Δt : 火災發生期間(sec)
- H_c : 燃料燃燒熱 (Btu/lb 或 kJ/kg)
- t_g : 成長時間 (sec)

5.4 煙層計算

5.4.1* 通則，任何時間在最初煙顯現(First Indication of Smoke)位置之或煙層界面，依 5.4.2 節或 5.5 節決定。

5.4.2 最初煙顯現高度須在未進行排煙的條件

5.4.2.1* 穩態火源，在下列所有條件下，最初煙顯現高度，依方程式 5.4.2.1a 或 5.4.2.1b 計算，如下：

- (1) 於高度方向有相同斷面積
- (2) A/H^2 比，在 0.9-14 範圍
- (3) $A/H^2 > 0.2$
- (4) 穩態火源
- (5) 未進行排煙

$$\frac{z}{H} = 0.67 - 0.28 \ln \left[\frac{tQ^{1/3}}{\frac{H^4/3}{A/H^2}} \right] \quad [5.4.2.1a]$$

此處

- z : 火源基底上方至最初煙顯現之距離(ft)
- H : 火源面上方至天花高度(ft)

- t : 時間(sec)
 Q : 穩定火源之熱釋放率 (Btu/sec)
 A : 蓄煙空間的斷面積 (ft²)

$$\frac{z}{H} = 1.11 - 0.28 \ln \left[\frac{\frac{tQ^{1/3}}{H^{4/3}}}{\frac{A}{H^2}} \right] \quad [5.4.2.1b]$$

此處

- z : 火源基底上方至最初煙顯現之距離(m)
 H : 火源面上方至天花高度(m)
 t : 時間(sec)
 Q : 穩定火源之熱釋放率 (kW)
 A : 蓄煙空間的斷面積 (m²)

5.4.2.2* 非穩態火源，在下列所有條件下，最初煙顯現高度之下降，依方程式 5.4.2.2a 或 5.4.2.2b 計算，如下：

- (1) 於高度方向有相同斷面積
- (2) A/H² 比，在 0.9-23 範圍
- (3) A/H²>0.2
- (4) 非穩態火源
- (5) 未進行排煙

$$\frac{z}{H} = 0.23 \left[\frac{t}{t_g^{2/5} H^{4/5} \left[\frac{A}{H^2} \right]^{3/5}} \right]^{-1.45} \quad [5.4.2.2a]$$

此處

- z : 火源基底上方至最初煙顯現之距離(ft)
 H : 火源面上方至天花高度(ft)
 t : 時間(sec)
 t_g : 成長時間 (sec)
 A : 蓄煙空間的斷面積 (ft²)

$$\frac{z}{H} = 0.91 \left[\frac{t}{t_g^{2/5} H^{4/5} \left[\frac{A}{H^2} \right]^{3/5}} \right]^{-1.45} \quad [5.4.2.2a]$$

此處

z : 火源基底上方至最初煙顯現之距離(m)

H : 火源面上方至天花高度(m)

t : 時間(sec)

t_g : 成長時間 (sec)

A : 蓄煙空間的斷面積 (m^2)

5.5 煙質量生成率

5.5.1* 軸對稱煙柱

5.5.1.1* 煙柱為軸對稱，煙質量生成率，依公式 5.5.1.1a、5.5.1.1b 或 5.5.1.1c 或公式 5.5.1.1d、5.5.1.1e 或 5.5.1.1f 計算，如下：

$$\text{當 } z > z_1, \quad z_1 = 0.533Q_c^{2/5} \quad [5.5.1.1a]$$

$$\text{當 } z > z_1, \quad m = (0.022Q_c^{1/3} z^{5/3}) + 0.0042Q_c \quad [5.5.1.1b]$$

$$\text{當 } z < z_1, \quad m = 0.0208Q_c^{3/5} z \quad [5.5.1.1c]$$

此處

z_1 : 有限高度(ft)

Q_c : 火源熱釋放率之對流熱部分 (Btu/s)

z : 火源基底上方至最初煙顯現之距離(ft)

m : 煙柱在高度 z 之煙質量流率(lb/sec)

$$\text{當 } z > z_1, \quad z_1 = 0.166Q_c^{2/5} \quad [5.5.1.1d]$$

$$\text{當 } z > z_1, \quad m = (0.071Q_c^{1/3} z^{5/3}) + 0.0018Q_c \quad [5.5.1.1e]$$

$$\text{當 } z < z_1, \quad m = 0.032Q_c^{3/5} z \quad [5.5.1.1f]$$

此處

z_1 : 有限高度(m)

Q_c : 火源熱釋放率之對流熱部分 (kW)

z : 火源基底上方至最初煙顯現之距離(m)

m : 煙柱在高度 z 之煙質量流率(kg/sec)

5.5.1.2 公式 5.5.1.1b、5.5.1.1c 或 5.5.1.1e 及 5.5.1.1f，若溫度上升與外氣溫差(T_p-T_0)小於 4°F(2.2°C)時不可使用。(見 5.5.5 節)

5.5.1.3 火源熱釋放率之對流熱部分，依方程式 5.5.1.3 決定 R，如下：

$$Q_c = \chi Q \quad [5.5.1.3]$$

此處

Q_c : 火源熱釋放率之對流熱部分 (Btu/s 或 kW)

χ : 對流熱分率(無因次)

Q : 火源熱釋放率(Btu/s 或 kW)

5.5.1.4 對流熱分率取 0.7，除非有其他測試資料為依據來取代此數值。

5.5.2 陽台分流煙柱

5.5.2.1 當煙柱在陽台下造成分流，高度 z_b ，且煙層 < 50ft (15m)，煙質量生成率，依公式 5.5.2.1a、或 5.5.2.1b 計算，如下：

$$m = 0.12(QW^2)^{1/3}(z_b + 0.25H) \quad [5.5.2.1a]$$

此處

m : 煙柱質量流率(lb/sec)

Q : 火源熱釋放率(Btu/sec)

W : 陽台下造成分流之煙柱寬度(ft)

Z_b : 陽台下方側以上至煙層界面之高度(ft)

H : 火源基底上方至陽台高度(ft)

$$m = 0.36(QW^2)^{1/3}(z_b + 0.25H) \quad [5.5.2.1b]$$

此處

m : 煙柱質量流率(kg/sec)

Q : 火源熱釋放率(kW)

W : 陽台下造成分流之煙柱寬度(m)

Z_b : 陽台下方側以上至煙層界面之高度(m)

H : 火源基底上方至陽台高度(m)

5.5.2.2 公式 5.5.2.1a 及 5.5.2.1b，若溫度上升與外氣溫差(T_p-T_0)小於 4°F(2.2°C)時不可使用。(見 5.5.5 節)

5.5.2.3 煙柱寬度， W ，允許使用任何實體障礙物，如在陽台下方設置捲簾

來限制煙氣在陽台下之水平擴散。

5.5.2.4* 當在陽台下方設置捲簾，應垂直於開口，來使局限煙氣，應往下延伸，至少為樓板至陽台之天花板高度的 10%。

5.5.2.5 當在陽台下方設置捲簾，應維持於設置處，於設計時間內，可承受於所曝露煙氣預測最高溫度，假設計火源是位於捲簾圍起區域內。

5.5.2.6 除 5.5.2.5 節之要求外，捲簾應採自動啟動，維持於設置處，直到手動復歸。

5.5.2.7 若未設置任何障礙物，等效寬度可由方程式 5.5.2.7 計算，如下：

$$W = w + b \quad [5.5.2.7]$$

此處

W : 煙柱寬度(ft 或 m)

w : 由面積原點之開口寬度(ft 或 m)

b : 開口至陽台邊緣之距離(ft 或 m)

5.5.2.8* 當煙柱在陽台下造成分流，高度 z_b ，且煙層 $\geq 50\text{ft}$ (15m)，煙柱寬度依公式 5.5.2.7 計算 $< 32.8\text{ft}$ (10m)，煙質量生成率，依公式 5.5.2.8a、或 5.5.2.8b 計算，如下：

$$\dot{m}_b = 0.32\dot{Q}_c^{1/3}W^{1/5}(z_b + 0.098W^{7/15}H + 19.5W^{7/15} - 49.2) \quad [5.5.2.8a]$$

此處

\dot{m}_b : 在高度 Z_b 流入煙層之質量(lb/sec)

\dot{Q}_c : 對流熱輸出(Btu/sec)

W : 分流之長度(ft)

Z_b : 煙柱上方至陽台邊緣之高度(ft)

H : 火源基底上方至陽台高度(ft)

$$\dot{m}_b = 0.59\dot{Q}_c^{1/3}W^{1/5}(z_b + 0.17W^{7/15}H + 10.35W^{7/15} - 15) \quad [5.5.2.8b]$$

此處

\dot{m}_b : 在高度 Z_b 流入煙層之質量(kg/s)

\dot{Q}_c : 對流熱輸出(kW)

W : 分流之長度(m)

Z_b : 煙柱上方至陽台邊緣之高度(m)

H : 火源基底上方至陽台高度(m)

5.5.2.9* 當煙柱在陽台下造成分流，高度 z_b ，且煙層 $\geq 50\text{ft}$ (15m)，煙柱寬度依公式 5.5.2.7 計算 $\geq 32.8\text{ft}$ (10m)，且 $\leq 45.9\text{ft}$ (14m) 煙質量生成率，依公式 5.5.2.9a、或 5.5.2.9b 計算，如下：

$$\dot{m}_b = 0.62(\dot{Q}_c W^2)^{1/3} (z_b + 0.098H + 52) \quad [5.5.2.9a]$$

此處

\dot{m}_b : 在高度 Z_b 流入煙層之質量(lb/sec)

\dot{Q}_c : 對流熱輸出(Btu/sec)

W : 分流之長度(ft)

Z_b : 煙柱上方至陽台邊緣之高度(ft)

H : 火源基底上方至陽台高度(ft)

$$\dot{m}_b = 0.2(\dot{Q}_c W^2)^{1/3} (z_b + 0.51H + 15.75) \quad [5.5.2.9b]$$

此處

\dot{m}_b : 在高度 Z_b 流入煙層之質量(kg/s)

\dot{Q}_c : 對流熱輸出(kW)

W : 分流之長度(m)

Z_b : 煙柱上方至陽台邊緣之高度(m)

H : 火源基底上方至陽台高度(m)

5.5.2.10* 對高煙層界面高度($z_b \geq 50\text{ft}$ [15m])，且在陽台下造成分流之火災情境及中庭火災情境(軸對稱煙柱依公式 5.5.1.1b、或 5.5.1.1e 計算)，在中庭煙控系統設計，採適當設計火源規模，推算較高質量流率。

5.5.3* 開窗煙柱

5.5.3.1* 當煙柱為開窗煙柱，總熱釋放率屬通風限制火災，依公式 5.5.3.1a、或 5.5.3.1b 計算，如下：

$$Q = 61.2A_w H_w^{1/2} \quad [5.2.3.1a]$$

此處

Q_r : 火源熱釋放率(Btu/sec)

A_w : 通風開口面積(ft^2)

H_w : 通風開口高度(ft)

$$Q = 1260A_w H_w^{1/2} \quad [5.2.3.1b]$$

此處

Q_r : 火源熱釋放率(kW)

A_w : 通風開口面積(m)

H_w : 通風開口高度(m)

5.5.3.2* 當煙柱為開窗煙柱，由開窗煙柱引進之質量，依公式 5.5.3.2a、或 5.5.3.2b 計算，如下：

$$m = [0.077(A_w H_w^{1/2})^{1/3}(z_w + a)^{5/3}] + 0.18A_w H_w^{1/2} \quad [5.5.3.2a]$$

此處

m : 在高度 Z_w 之質量流率(lb/sec)

A_w : 通風開口面積(ft²)

H_w : 通風開口高度(ft)

z_w : 開窗上部上方之高度(ft)

a : $[2.40A_w^{2/5} H_w^{1/5}] - 2.1H_w$ (ft)

$$m = [0.68(A_w H_w^{1/2})^{1/3}(z_w + a)^{5/3}] + 1.59A_w H_w^{1/2} \quad [5.5.2.9b]$$

此處

m : 在高度 Z_w 之質量流率(kg/sec)

A_w : 通風開口面積(m²)

H_w : 通風開口高度(m)

z_w : 開窗上部上方之高度(m)

a : $[2.40A_w^{2/5} H_w^{1/5}] - 2.1H_w$ (m)

5.5.3.3 公式 5.5.1.1b、5.5.1.1c、5.5.2.1 及 5.5.3.1，若溫度上升與外氣溫差 ($T_p - T_0$) 小於 4°F (2.2°C) 時不可使用。(見 5.5.5 節)

5.5.4* 軸對稱煙柱直徑

5.5.4.1 計算，軸對稱煙柱直徑依公式 5.5.4.1 計算，此直徑常數在 0.25-0.5，

及下列值將用於計算，常數 $K_d=0.50$ 對煙柱緊貼於牆 $K_d=0.25$ 對光束偵測器的煙柱

$$d_p = K_d z \quad [5.2.4.1]$$

此處

d_p : 軸對稱煙柱直徑(ft 或 m)

K_d : 直徑常數

z : 火源基底上方距離(ft 或 m)

5.5.4.2 煙柱緊貼於牆，當計算煙柱直徑，在煙柱緊貼於較大容積空間的牆或較大容積空間中兩道平行的牆，接觸點應為煙層界面。

5.5.5* 煙層溫度，煙層溫度依公式 5.5.5 計算，如下：

$$T_s = T_0 + \frac{K_s Q_c}{m C_p} \quad [5.5.5]$$

此處

T_s : 煙層溫度($^{\circ}F$ 或 $^{\circ}C$)

T_0 : 外氣溫度($^{\circ}F$ 或 $^{\circ}C$)

K_s : 煙層之對流熱釋放率比率

Q_c : 釋熱量之對流部分(Btu/sec 或 kW)

m : 煙柱在高度 z 的質量流率(lb/sec 或 kg/sec)

C_p : 煙柱氣流的比熱(0.24 Btu/ lb $^{\circ}F$ 或 1.0 kJ/kg $^{\circ}C$)

5.5.5.1 排煙體積流率計算，對流熱釋放率比率 K_s 取 1.0，除非有其他測試資料為依據來取代此數值。

5.5.5.2 計算最大體積流率 V_{max} ，不造成拉穿效應之排煙，對流熱釋放率比率 K_s 取 0.5，除非有其他實證測試資料為依據來取代此數值。

5.6* 排煙口數目

5.6.1 最小排煙口數，以不超過無拉穿效應下之最大排氣體積流率決定。

5.6.2 允許採用超過最小排煙口數之需求。

5.6.3* 無拉穿效應下單一排氣口之最大體積流率，依公式 5.6.3a、或 5.6.3b 計算，如下：

$$V_{max} = 452 \gamma d^{5/2} \left[\frac{T_s - T_0}{T_0} \right]^{1/2} \quad [5.6.3a]$$

此處

V_{\max} : 無拉穿效應下最大體積流率(ft³/min)

γ : 排氣位置係數(無因次)

d : 煙層在排氣口最低點下方之深度(ft)

T_s : 煙層的絕對溫度(R)

T_0 : 外氣的絕對溫度(R)

$$V_{\max} = 4.16\gamma d^{5/2} \left[\frac{T_s - T_0}{T_0} \right]^{1/2} \quad [5.6.3b]$$

此處

V_{\max} : 無拉穿效應下最大體積流率(m³/sec)

γ : 排氣位置係數(無因次)

d : 煙層在排氣口最低點下方之深度(m)

T_s : 煙層的絕對溫度(K)

T_0 : 外氣的絕對溫度(K)

5.6.4* 排氣口之中心不近於自最近牆的兩倍直徑， γ 值取 1.0。

5.6.5* 排氣口之中心小於自最近牆的兩倍直徑， γ 值取 0.5。

5.6.6* 排氣口位於牆上， γ 值取 0.5。

5.6.7* d/D_i 比應大於 2，此處 D_i 為風口直徑。

5.6.8* 對方形排氣口 D_i 以方程式 5.6.8 計算

$$D_i = \frac{2ab}{a+b} \quad [5.6.8]$$

此處

D_i : 風口直徑

a : 風口長

b : 風口寬

5.6.9 多個排氣口須預防拉穿效應(見 5.6.1)，最小間距以方程式 5.6.9a 或

5.6.9b 計算，如下：

$$S_{\min} = 0.065V_e^{1/2} \quad [5.6.9a]$$

此處

S_{max} : 風口間邊緣至邊緣最小距離 (ft)

V_e : 一個排風口的空氣流率(ft^3/min)

$$S_{min} = 0.9V_e^{1/2} \quad [5.6.9b]$$

此處

S_{max} : 風口間邊緣至邊緣最小距離 (m)

V_e : 一個排風口的體積流率(m^3/sec)

5.7* 體積流率，排煙口體積流率以方程式 5.7a 或 5.7b 計算，如下：

$$V = 60 \frac{m}{\rho} \quad [5.7a]$$

此處

V : 排煙之體積流率(ft^3/min)

m : 排煙之質量流率(lb/sec)

ρ : 煙的密度(lb/ft^3)

$$V = 60 \frac{m}{\rho} \quad [5.7b]$$

此處

V : 排煙之體積流率(m^3/sec)

m : 排煙之質量流率(kg/sec)

ρ : 煙的密度(kg/m^3)

5.8* 煙的密度，煙的密度以方程式 5.8a 或 5.8b 計算，如下：

$$\rho = \frac{144P_{atm}}{R(T+460)} \quad [5.8a]$$

此處

ρ : 煙的密度(lb/ft^3)

P_{atm} : 大氣壓力(lb/ft^2)

R : 氣體常數(53.34)

T : 煙的溫度($^{\circ}F$)

$$\rho = \frac{P_{atm}}{RT} \quad [5.8b]$$

此處

- ρ : 煙的密度(kg/m^3)
- P_{atm} : 大氣壓力(kg/m^2)
- R : 氣體常數(287)
- T : 煙的溫度(K)

5.9* 變化的斷面，幾何形狀及複雜的幾何形狀。當大空間有不同的斷面積，設計分析應考量高度方向變化的斷面積。

5.10* 反向氣流

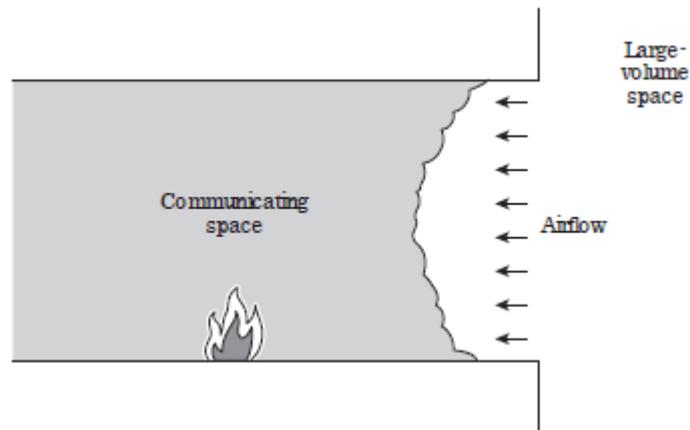


圖 5.10.1 反向氣流防止煙氣由連通空間向大容積空間擴散

5.10.1* 當反向氣流用於防止煙氣由最初生成空間向連通大容積空間擴散，如圖 5.10.1 所示。該連通空間應有足够的排氣量，在大容積空間開口處造成平均氣流速度，超過所需限制平均氣流速度 V_e ，以方程式 5.10.1a 或 5.10.1b 計算，如下：

$$V_e = 38 \left[gH \frac{T_f - T_0}{T_f} \right]^{1/2} \quad [5.10.1a]$$

此處

- V_e : 限制平均氣流速度(ft/min)
- g : 重力加速度(32.2 ft/sec^2)
- H : 由開口底部量起的開口高度(ft)
- T_s : 受熱煙氣的溫度(R)
- T_0 : 外氣溫度(R)

$$V_e = 0.64 \left[gH \frac{T_f - T_0}{T_f} \right]^{1/2} \quad [5.10.1b]$$

此處

V_e : 限制平均氣流速度(m/sec)

g : 重力加速度(9.81 m/sec²)

H : 由開口底部量起的開口高度(m)

T_s : 受熱煙氣的溫度(K)

T_0 : 外氣溫度(K)

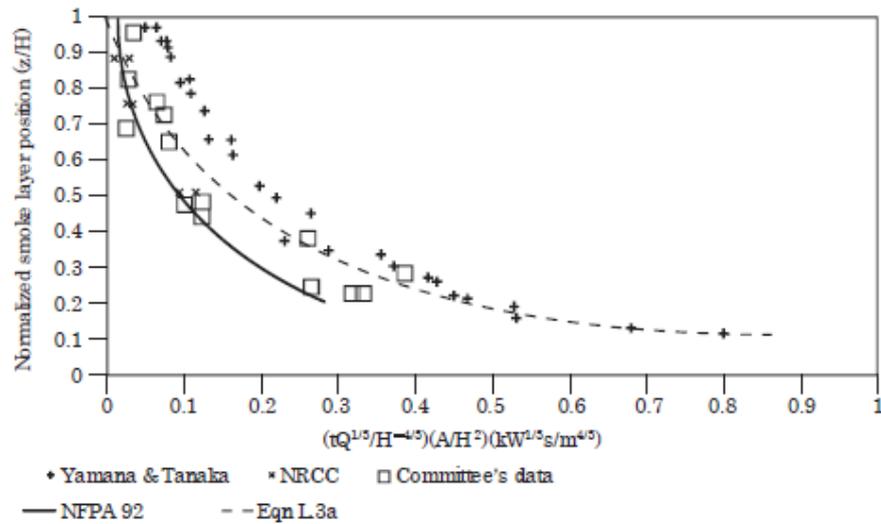


圖 5.10.2 以氣流防止煙氣由煙柱擴散向大容積空間與連通空間以下的煙層界面

5.10.2 以氣流防止煙氣由煙柱擴散向大容積空間與連通空間以下的煙層界面，如圖 5.10.2 所示，以限制平均速度 V_e ，氣流應由連通空間供應，以方程式 5.10.2a 或 5.10.2b 計算，如下：

$$V_e = 17 \left[\frac{Q}{z} \right]^{1/3} \quad [5.10.2a]$$

此處

V_e : 限制平均氣流速度(ft/min)

Q : 火源熱釋放率(Btu/sec)

z : 火源基底上方至開口底部之距離(ft)

$$V_e = 0.057 \left[\frac{Q}{z} \right]^{1/3} \quad [5.10.2b]$$

此處

V_e : 限制平均氣流速度(m/sec)

Q : 火源熱釋放率(kW)

z : 火源基底上方至開口底部之距離(m)

5.10.2.1 限制平均氣流速度 V_e ，以方程式 5.10.2a 或 5.10.2b 計算，超過 200 ft/min (1.02 m/sec)，反向氣流方法不可用於本小節所述的目的。

5.10.2.2 方程式 5.10.2a 或 5.10.2b 不可用於 z 小於 10 ft (3 m)。

5.10.3 當反向氣流用於防止煙氣由最初生成大容積空間向連通空間擴散，如圖 5.10.3 所示。該連通空間應有足够的送氣量，在連通空間，超過所需限制平均氣流速度 V_e ，以方程式 5.10.3a 或 5.10.3b 計算，如下：

$$V_e = 38 \left[gH \frac{T_f - T_0}{T_f} \right]^{1/2} \quad [5.10.3a]$$

此處

V_e : 限制平均氣流速度(ft/min)

g : 重力加速度(32.2 ft/sec²)

H : 由開口底部量起的開口高度(ft)

T_s : 受熱煙氣的溫度(R)

T_0 : 外氣溫度(R)

$$V_e = 0.64 \left[gH \frac{T_f - T_0}{T_f} \right]^{1/2} \quad [5.10.3b]$$

此處

V_e : 限制平均氣流速度(m/sec)

g : 重力加速度(9.81 m/sec²)

H : 由開口底部量起的開口高度(m)

T_s : 受熱煙氣的溫度(K)

T_0 : 外氣溫度(K)

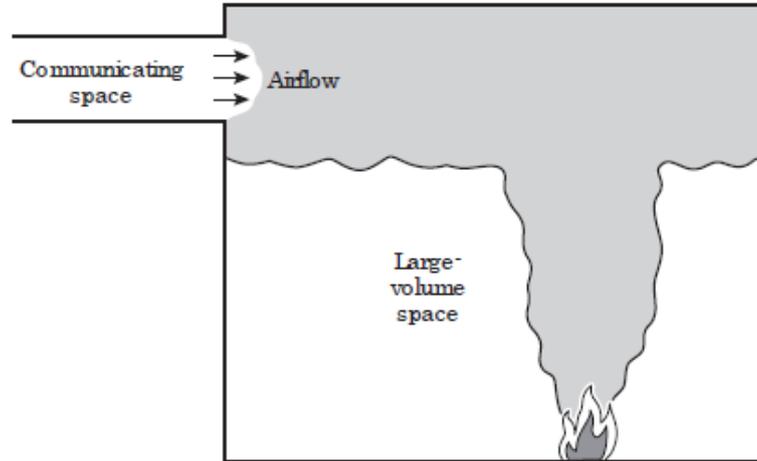


圖 5.10.1 反向氣流防止煙氣由大容積空間流向位於煙層界面以上位置之連通空間擴散

5.10.3.1 限制平均氣流速度 V_e ，以方程式 5.10.3a 或 5.10.3b 計算，超過 200 ft/min (1.02 m/sec)，反向氣流方法不可用於本小節所述的目的。

5.10.3.2 由連通空間送風的質量流率，應包含於大容積空間排煙的設計。

5.11* 縮小尺度法則

5.11.1 縮小尺度方法應根據表 5.11.1 之關係

表 5.11.1 尺度法關係式

特性關連	關係式
幾何形狀位置	$x_m = x_F(l_m/l_F)$
溫度	$T_m = T_F$
壓差	$\Delta p_m = \Delta p_F(l_m/l_F)$
速度	$v_m = v_F(l_m/l_F)^{1/2}$
總熱釋放率	$Q_m = Q_F(l_m/l_F)^{5/2}$
對流熱釋放率	$Q_{c,m} = Q_{c,F}(l_m/l_F)^{5/2}$
排氣體積流率	$V_{fan,m} = V_{fan,F}(l_m/l_F)^{5/2}$
時間	$t_m = t_F(l_m/l_F)^{1/2}$

此處

l =長度

Δp =壓差

Q =熱釋放率

t =時間

T =溫度(外氣及煙氣)

v=速度
V=排氣體積流率
x=位置
下標
c=對流
F=全尺度
m=縮小尺度

5.11.2 模型應使縮小尺度一個樓層之高度够大，或煙界面設計高度不小於 1 ft (0.3 m)。

第六章 建築物設備與控制

6.1 通則，對煙控目的之設備與控制應依照本章之要求辦理。

6.2 暖氣、通風及空調(HVAC)設備

6.2.1 通則，用於煙控目的之 HVAC 設備，應允許設於空調區、臨近空間中、或在較遠機房內。

6.2.2 外氣，用於煙控目的之 HVAC 系統應提供外氣進行加壓。

6.2.3 當送風及回風系統於空調系統正常運轉時互相連接，應設置排煙閘門於煙控系統操作時分隔送風、排氣。

6.2.4 補氣系統，對有補氣之煙控管理系統，補氣風機、送風機之動作應與排氣風機之動作，應設定操作順序。

6.3 排煙閘門

6.3.1 排煙閘門用於保護防煙壁上之開孔，或用於工程上煙控系統與安全相關之風門，應依 ANSI/UL555S, *Standard for Smoke Dampers* 之要求加以列表及標示。

6.3.2 有防火閘門、排煙閘門組合功能之閘門，應依 ANSI/UL555S, *Standard for Smoke Dampers* 之要求加以列表及標示。

6.4 煙控系統

6.4.1 控制系統應依 ANSI/UL684, *Standard for Control Units and*

Accessories for Fire Alarm Systems，類別 UUKL 之要求，為他們的預期目的加以列表。

6.4.2 **整合**，由火警系統、消防煙控系統(fire fighters smoke control station, FSCS)、建築物空調系統操作之其他相關系統及其他煙控設備等提供之煙控功能，應整合於單一控制系統。

6.4.3* **空調系統控制**，空調系統之操作應設計或修改為可提供煙控模式較其他控制模式有最高優先控制權。

6.4.4 煙控系統之啟動與停止

6.4.4.1 自動啟動

6.4.4.1.1 煙控系統應自動啟動，以特定或組合之火警偵測設施信號反應而動作。

6.4.4.1.2* 當訊號來自超過一個排煙區，系統應持續自動啟動，由第一個接受到訊號之模式來操作，除 6.4.4.1.3 節所提供。

6.4.4.1.3* 只有熱啟動偵測設施之訊號設計用來操作多個區劃，，允許擴充控制策略，容納更多區劃直至機械系統設計的上限。

6.4.4.1.4* 時程，設備以自動啟動作煙控操作，應完整定義於專案文件中。

6.4.4.1.5* 煙的分層，對較大空間煙的分層可能發生，應使用下列偵測計畫之一。

(1) 一個向上的光束檢測煙層

(2) 在各種高度偵測煙層

(3) 水平光束偵測煙柱

6.4.4.2 手動啟動

6.4.4.2.1* 採手動啟動，應經主關機關核備同意。

6.4.4.2.2* 手動火警按鈕不可用於啟動煙控系統，該系統需火災地點資訊。

6.4.4.2.3* 梯間加壓系統或其他煙控系統之所有區劃警報，可允許由手動火警按鈕警報啟動。

6.4.4.2.4 火警按鈕警報，允許用以在煙垂壁牆上將門扇關閉。

6.4.4.2.5* 手動啟動與停止應允許由單一控制設備、現場控制盤、建築物主控制中心或火災指揮站進行操作。

6.4.4.2.6 以鑰匙手動操作開關，有明確標示可確認其功能，可允許使用手動方式啟動煙控系統。

6.4.5 消防煙控系統(FSCS)啟動

6.4.5.1 煙控系統啟動，可由 FSCS 有明確標示可確認其位置、功能之開關來啟動。

6.4.5.2 操作優先順序，煙控系統應符合 6.4.5.2.1, 6.4.5.2.2, 及 6.4.5.2.2.2 各節要求的順序。

6.4.5.2.1 自動啟動。

6.4.5.2.1.1 煙控系統及設備自動啟動有最高優先等級，可對建築物內其他所有自動控制來源作超越控制。

6.4.5.2.1.2* 除 6.4.5.2.1.3 節所提供外，煙控設備亦用於建築物正常操作，當有煙控需求時，該設備的控制應先回歸至啟始狀態或可做超越控制。

6.4.5.2.1.3 下列控制不可採用自動超越控制：

- (1) 靜壓上限。
- (2) 送風系統之風管煙偵測器。

6.4.5.2.2 手動啟動與停止

6.4.5.2.2.1 煙控系統設備之手動啟動與停止有優先等級可超越自動啟動，可對建築物內其他所有自動控制來源，可超越控制手動煙控之啟動與停止。

6.4.5.2.2.2 煙控系統設備的控制以火警偵測器的警報來自動啟動。若該設備的自動控制以建築物事故程序、能源管理策略或其他緊急目的，對煙控設備之啟動與停止，可由自動控制來回歸至啟始狀態或可做超越控制。

6.4.5.2.2.3 手動控制提供手動啟動與停止煙控系統，應有明確標示可確認其位置及功能。

6.4.5.2.2.4 手動控制同時用來操作煙控系統及建築物的控制目的，如建築物的主控制中心，其操作手冊應完全涵蓋所有煙控功能。

6.4.5.2.3 消防煙控系統(FSCS)啟動，FSCS 對所有煙控系統及設備應有最高等

級優先控制權。

6.4.5.3 反應時間

6.4.5.3.1*煙控模式應在接到煙控系統之自動或手動啟動指令 10 秒內動作。

6.4.5.3.2*煙控系統應依序啟動各元件(如閘門、風機)，以避免對風機、閘門、風管及其他設備造成損壞。

6.4.5.3.3*煙圍堵系統啟動，各元件達到預定狀態或模式所需時間，不可超過下列要求：

- (1) 風機操作至預定狀態：60 秒。
- (2) 完成閘門行程：75 秒。

6.4.5.3.4*煙控管理系統，全部反應時間，包含排控管理操作設備必須的偵測、停機，及煙控系統啟動，在空間未超過設計的煙氣條件前，應允許全操作模式啟動。

6.4.5.4* 消防煙控系統(FSCS)

6.4.5.4.1*所有煙控系統應設消防煙控系統(FSCS)。

6.4.5.4.2*FSCS 設置位置應經主管機關核備同意。

6.4.5.4.3*FSCS 應提供狀態顯示、失效顯示、及所有元件之手動控制。

6.4.5.4.4 FSCS 狀態顯示及控制應經安排及標示，以利對系統控制對象之操作。

6.4.5.4.5 由煙控或組合方式可針對每一煙控區劃、每一設備元件，均可提供操作員控制、狀態顯示及失效顯示。

6.4.5.4.6 依 6.4.5.4.5 節要求提供，可個別或由區劃提供狀態顯示(運轉及停止)，包含以下各項：

- (1) 煙控系統專用風機。
- (2) 可用於排煙之非專用風機，容量超過 2000CFM (57CMM)。

6.4.5.4.7*“運轉”狀態可由氣流開關壓差、或其他氣流偵測方式顯示。

6.4.5.4.8 若 FSCS 可對任一閘門控制，應提供閘門位置(全開或全關)狀態顯示。

6.4.5.4.9 在 FSCS 排煙控制盤應提供測試指示燈，可藉由單一或多個”燈泡測

試”短暫壓按按鈕或其他自行復歸之方式。

6.4.5.4.10 系統顯示可採流程圖或圖形。

6.4.5.4.11 FSCS 對控煙系統及設備應有最優先控制權。

6.4.5.4.12 在建築物其他位置提供之手動控制方式控制煙控系統，在 FSCS 可作超越控制。

6.4.5.4.13 在建築物其他位置提供在風機馬達控制器如手動-停機-自動及起-停開關、結凍偵測設備、及煙探測器，除 6.4.5.4.13.1 要求外，FSCS 控制可作超越或旁通控制。

6.4.5.4.13.1 在 FSCS 風機控制功能，不需針對在非排煙系統專用風機之馬達控制器，手動-停機-自動及起-停開關作超越或旁通控制。在以下兩個條件均存在：

- (1) 風機之馬達控制器位於機械或電氣機房內，或僅供授權人員可進出之其他區域。
- (2) 在正常空調系統或建築物非專用風機之操作控制，使用風機之馬達控制器開關去啟動或停止風機，會造成建築物控制中心之不正常顯示。

6.4.5.4.14 在 FSCS 控制，不可作滅火、電氣保護或人員保護設備之超越控制。

6.4.6 梯間加壓系統控制，梯間加壓系統以 6.4.6.1 至 6.4.6.4.2 節所述方式啟動。

6.4.6.1* 自動啟動

6.4.6.1.1* 對建築物任何區劃火警系統均會啟動梯間加壓風機，但不含 6.4.6.1.2 節之情況。

6.4.6.1.2 當工程分析決定不需操作所有梯間加壓風機，可達到設計目標，經由此分析運轉需要之梯間加壓風機。

6.4.6.2 煙探測

6.4.6.2.1 在梯間加壓之送風側應提供煙探測器。

6.4.6.2.2 送風側偵測到煙，應停止送風風機。

6.4.6.3 手動火警按鈕警報站(Manual Pull station)，梯間加壓系統對系統的反應是一致的，對所有區域警報允許以手動火警按鈕警報站來啟動。

6.4.6.4 FSCS 啟動。

6.4.6.4.1 在 FSCS 對梯間加壓系統應提供手動啟動及停止控制。

6.4.6.4.2 在 FSCS 應提供手動超越開關，以重新啟動由煙偵測器造成梯間加壓風機之停機。

6.4.7 分區煙控系統控制

6.4.7.1 通則，當提供分區煙控系統時，以 6.4.7.2.1 至 6.4.7.2.2 節所述方式啟動。

6.4.7.2 自動啟動

6.4.7.2.1* 當訊號來自警報系統用於啟動分區煙控系統，火警分區應與排煙區劃一致。

6.4.7.2.2 當自動煙偵測系統用於自動啟動煙控系統，每一煙偵測器涵蓋面積應小於 900ft² (84 m²)。

6.4.7.2.3 當自動煙偵測系統用於自動啟動煙控系統，該區劃之煙偵測器位置及配置應能使熱煙離開該區前可動作。

6.4.7.2.4 當水流開關或熱偵測器，用於自動啟動煙控系統，該系統區劃應與排煙區劃一致。

6.4.7.3* 區域煙控系統不可手動火警按鈕警報站來啟動。

6.4.8* 控制系統驗證

6.4.8.1 每一專用煙控系統及各別專用煙控子系統當啟動時，應採正確方法進行操作校正之驗證。

6.4.8.2 驗證之正面驗證包含啟動、測試、手動超越及所有存在下游斷開電路的操作功率。

6.4.8.3 未收到啟動後肯定確認或包含啟動之正面驗證及停止此一啟動正面驗證，當系統及子系統維持啟動，煙控系統應在 200 秒內顯示非正常結果。

6.4.8.4 防排煙系統之火警信號路徑，其完整性進行監測應根據 NFPA72 10.17.1 用在 FSCS 提供故障報知，除非符合以下兩個條件：

(1) 火災報警系統和防排煙系統彼此之間的相互連接之配線位於 20ft (6.1m) 以內。

(2) 該導線安裝在導管或防止機械損傷等效設施內。

6.4.8.5 接地故障報知無須接收煙控系統啟動信號，該信號不會受單個接地故障影響。

6.4.8.6 專用煙控設備操作能力，應由主管機關(Authority Having Jurisdiction, AHJ)所認證的特定註冊設計專業人員（registered design professional, RDP）進行驗證。

6.5 能源管理。能源管理系統，尤其是節能系統的週期性送風，回風和排風機，應在其控制或操作與煙控模式的衝突時可進行超越控制。

6.6 材質

6.6.1 材質，用於提供煙控系統的材質，應符合 NFPA 90A 和其他 NFPA 的適用文件。

6.6.2 風管材料應適當選擇和設計排煙用於之風管，承受額外的壓力（含正壓及負壓），在煙控模式操作的送風、排煙風機，其系統應在此期間保持其結構的完整性來進行操作。

6.6.3* 設備，包括但不限於風機，風管，和平衡風門，應適合其可能、或預期會暴露的溫度下的預定用途。

6.7 電氣設施安裝

6.7.1 所有電氣安裝應符合 NFPA 70, National Electrical Code 之要求。

6.7.2 煙控系統的設計應使失去正常供電 15 分鐘後，其組件在恢復供電後可自動重新執行功能。

6.7.3 應依 NFPA 110, Standard for Emergency and Standby Power Systems 之要求提供備用電力，該備用電源與相關轉換開關，可與變壓器與主電源開關設備，設於 1 小時防火時效房間中，相關防火隔間應依 NFPA 221, Standard of High Challenge Fire Walls, Fire Walls, and Fire, Barrier Walls 之要求辦理。

第七章 設計文件

7.1 文件要求，設計過程設計者應提出下列文件：

- (1) 設計報告
- (2) 操作及維修手冊

7.2 設計報告

7.2.1 設計報告文件應包含煙控系統如何安裝、如何設計計算。

7.2.2* 設計報告應包含下列項目(若適用)：

- (1) 系統目的
- (2) 系統設計目標
- (3) 設計方法
- (4) 設計假設(建築物高度、外氣條件、其他外在之消防系統、洩漏等)
- (5) 排煙區劃位置
- (6) 設計之壓差
- (7) 系統設計考量外之建築物使用限制
- (8) 設計計算
- (9) 風機及風管規範
- (10) 閘門規範
- (11) 詳細之進、排氣口位置資訊
- (12) 啟動方法之詳細資料
- (13) 煙控系統操作邏輯
- (14) 系統確效過程

7.2* 操作及維修手冊，操作及維修手冊應提供在建築物全週期壽命內，如何確保系統正常操作之要求。

7.3.1 操作及維修手冊包含下列項目(若適用)：

- (1) 最初系統確效過程，及當時如何進行系統確效量測
- (2) 系統及系統元件之測試及檢查要求，及要求測試之週期(詳第八章)
- (3) 重要設計假設及系統設計考量外之建築物使用限制
- (4) 煙控系統的目的

- 7.3.2 操作及維修手冊之文件應提供給所有權人及主管機關備查。
- 7.3.3 建築物所有權人應對維修紀錄及週期性測試負責，應依根據操作及維修手冊進行維修。
- 7.3.4 建築物所有權人應負責對空間使用限制與依操作及維修手冊要求一致。

第八章 測試

8.1 通則

- 8.1.1 每一煙控系統應依設計準則進行測試。
- 8.1.2* 測試應確認達成 4.1 節所述之設計目標。
- 8.1.3 設計文件應包括所有接受測試程序和合格/不合格標準。
- 8.1.4* 對於每個測試階段的責任，開始檢查和測試之前，應定義明確。

8.2* 初步建築物檢測

- 8.2.1 操作及接收測試前，建築物施工應通過驗收。
- 8.2.2 應檢測下列建築項目(若適用)：

- (1) 防煙壁，包括其接頭
- (2) 管道完整性
- (3) 防火填塞
- (4) 門/門弓器
- (5) 窗戶玻璃
- (6) 隔間及天花板

8.3* 元件系統測試

- 8.3.1 在接收測試前應對每一煙控系統及其元件進行操作測試。
- 8.3.2 在各別元件及煙控系統子系統互相連線前，應進行操作測試。
- 8.3.3* 煙控系統操作測試應包含所有子系統的範圍，對煙控系統操作之影響。
- 8.3.4 每個組件測試的需求和職責，應在設計文件確定。

8.3.5 所有的對於煙控系統組件的系統測試文件，應包含在最終測試文件中。

8.4 驗收測試

8.4.1* 通則，驗收測試在證驗最後系統整合可達到設計目標且功能正常。

8.4.2* 測試參數，在適當的設計，所有參數應於驗收測試期間進行量測。

8.4.3* 量測位置，在 8.4.2 節中確定的參數，其量測位置應符合國家認可的方法。

8.4.4* 測試程序，驗收測試應包括在 8.4.4.4 - 8.4.4.1 各節所述的程序

8.4.4.1* 驗收測試前，所有建築物設備應設為正常模式，包含非用於排煙之設備。

8.4.4.2* 若煙控系統使用備用電力，驗收測試則應使用正常電力及備用電力。

8.4.4.3 驗收測試應包含證明對每一設定依控制順序輸入，有正確輸出。

8.4.4.4 完整煙控系統程序，應包含以下驗證：

- (1) 正常模式。
- (2)* 第一個警報之自動煙控模式。
- (3) 轉移至備用電力(若有)。
- (4) 回復正常。

8.4.4.5 開啟每一逃生門所需推力，應以彈簧式秤進行測試加以紀錄。

8.4.4.6 開啟門扇所需力量,不可超過建築法規之允許值。

8.4.4.7 啟動每一煙控系統，以所有方法進行啟動之反應，包含自動及手動，及設計報告所定義及第 7 章操作維護手冊，應加以以驗及紀錄。

8.4.4.8 對所有風機、風門及相關設備之適當操作，及參考 6.4.4.1.4 節所述之計畫文件，應加以以驗及紀錄。

8.4.5* 對大容積空間煙控管理系統之測試，驗收測試應驗證系統性能，應包含以下各項：

(1) 性能測試前

- (a) 對每一個大容積空間煙控管理系統，確認周邊的確切位置，確認進入空間之每一門扇開口，確認鄰近區域維持開啟，單獨以氣流

進行保護。

(b)對較大開口，量測合適橫斷開口的速度。

(2) 啟動煙控管理系統，執行以下各項：

(a) 驗證及紀錄，所有風機、風門及相關設備之操作。

(b) 若有機械補氣系統，量測排氣風機性能，及經過入口門扇或格柵及送風格柵之氣流速度。

(c) 在適當的設計、測量及記錄橫越所有門扇之壓差。與鄰近空間分隔設置之煙控管理系統區域，及含開口區域鄰界處之速度。

8.4.6* 煙控圍堵系統之測試

8.4.6.1 壓力測試

8.4.6.1.1 煙控圍堵系統啟動，對橫越每一防煙壁，在內部門扇關閉下之壓差，應加以量測及紀錄。

8.4.6.1.2 若對外門扇在避難時正常為保持開啟，應開啟進行測試。

8.4.6.1.3 空調系統應予以關閉，除非在煙控模式為空調設備亦維持運轉。

8.4.6.1.4* 當煙控圍堵系統啟動，系統設計用於逃生門扇之可開啟門扇數目下，對每一關閉門扇之壓差，應加以量測及紀錄。

8.4.6.1.5 壓差不可小於本文件表 4.4.2.1.1 或設計報告所要求之壓力。

8.4.6.2* 推力測試

8.4.6.2.1 當煙控圍堵系統啟動，系統設計用於逃生門扇之可開啟門扇數目下，對每一關閉門扇之推力，應加以量測及紀錄。

8.4.6.2.2 當進行 8.4.6.2.1 節所述量測時，其他樓梯之門扇均應關閉。

8.4.6.3 梯間加壓系統

8.4.6.3.1 梯間加壓為建築物唯一之煙控系統，適用 8.4.6.3 節之要求。

8.4.6.3.2 梯間加壓與分區煙控系統組合使用，適用 8.4.6.7..1 節之要求。

8.4.6.3.3 梯間加壓應視為分區煙控系統之一個分區(見 8.4.6.4)。

8.4.6.4* 分區煙控系統

8.4.6.4.1 分區煙控系統為建築物唯一之煙控系統，適用 8.4.6.4 節之要求。

8.4.6.4.2 正常空調模式

8.4.6.4.2.1 對所有煙控系統以建築物樓板分區之壓差，在空調系統在該樓層之排煙區以其正常(非煙控)模式下操作，在防煙區劃以樓板分隔保持區劃關閉下，應加以量測及紀錄。

8.4.6.4.3 煙控模式對每一煙控區劃

8.4.6.4.3.1 每一獨立煙控區劃，應以火災警報輸入信號來啟動。

8.4.6.4.3.2 由鄰近區所獨立設置之排煙區劃，橫越所有防煙壁之壓差，應加以量測及紀錄。

8.4.6.4.3.3 由鄰近區所獨立設置之排煙區劃，橫越所有防煙壁之壓差，應加以量測及紀錄。

8.4.6.4.3.4 不同防煙區劃上之每一防煙壁或門扇組，需加以量測，該資料應清楚顯示門扇或防煙壁之高壓側、低壓側。

8.4.6.4.3.5 由於壓力差使門扇具有稍微打開傾向，應在保持關閉進行壓力量測，及未保持關閉下進行另一壓力量測。

8.4.6.4.3.6* 測試，如 8.4.6.4.3.1 節所述，應持續直到所有火災警報輸入啟動。

8.4.6.5* 電梯煙控系統

8.4.6.5.1 電梯豎穴煙控系統

8.4.6.5.1.1 通則

(A) 電梯豎穴煙控系統為建築物唯一之煙控系統，應適用 8.4.6.5.1 節之要求。

(B) 電梯豎穴煙控系統與分區煙控系統組合使用，應適用 8.4.6.7.3 節之要求。

8.4.6.5.1.2 壓力測試

(A) 當電梯加壓系統啟動，在所有電梯門應保持關閉，每個電梯門之壓力差，應加以量測紀錄。

(B) 當電梯停於呼叫樓層為常態開啟，在系統加壓測試過程應維持開啟。

(C) 空調系統應予以關閉，除非在煙控模式為空調設備亦維持運轉。

(D) 若電梯加壓系統，設計為操作電梯移動，則 8.4.6.5.1.2(A)至 8.4.6.5.1.2(B)節應重複此條件。

8.4.6.5.2 門廳加壓系統

8.4.6.5.2.1 通則

- (A) 電梯門廳加壓系統為建築物唯一之煙控系統，應依 8.4.6.5.2 節要求進行。
- (B) 電梯豎穴煙控系統與分區煙控系統組合使用，應適用 8.4.6.7.3 節之要求。
- (C)* 當電梯門廳之封閉區域，應以電梯門廳加壓系統進行加壓，門廳之封閉區域接受到自豎穴之二次加壓，應適用 8.4.6.7.3 節之要求

8.4.6.6 煙氣避難區域

8.4.6.6.1 煙氣避難區域應視為分區煙控系統之分區。

8.4.6.6.2 應進行 8.4.6.4 節所述之測試。

8.4.6.7 煙控系統之組合

8.4.6.7.1* 梯間與分區煙控系統

8.4.6.7.1.1 梯間加壓系統應視為分區煙控系統之分區。

8.4.6.7.1.2 應進行 8.4.6.1、8.4.6.2 及 8.4.6.4 節所述之測試。

8.4.6.7.1.3 應進行以模擬之火警訊號輸入來操作此二系統之測試。

8.4.6.7.2* 煙氣避難區域與分區煙控系統

8.4.6.7.2.1 煙氣避難區域應視為分區煙控系統之分區。

8.4.6.7.2.2 應進行 8.4.6.4 節所述之測試。

8.4.6.7.3 電梯加壓系統與分區煙控系統

8.4.6.7.3.1 電梯加壓系統應視為分區煙控系統之分區。

8.4.6.7.3.2 每一電梯門廳在密閉門廳電梯加壓系統，應視為分區煙控系統之分區。

8.4.6.7.3.3 應進行 8.4.6.4 節所述之測試。

8.4.6.7.3.4 若有豎穴加壓系統應執行 8.4.6.5.1 節所述之測試。

8.4.6.7.3.5 若有門廳加壓系統應執行 8.4.6.5.2 節所述之測試。

8.4.6.7.3.6 若有以上二種加壓系統應執行 8.4.6.5.1、8.4.6.5.2 節所述之測試。

8.4.7 消防隊煙控站測試

8.4.7.1 所有從消防煙控系統(fire fighters smoke control station, FSCS)的輸入和輸出，均應進行測試。

8.4.7.2 測試應包括正常和自動煙控模式的手動超越控制

8.5 測試的文件

8.5.1 在驗收測試完成後，所有操作測試文件的副本應提供給業主，並提供給主管機關。

8.6 定期測試

8.6.1* 應依據本節要求辦理煙控設備定期測試。

8.6.1.1 專用系統之測試，至少每半年一次。

8.6.1.2 非專用系統之測試，至少每年一次。

8.6.2 應依照製造商的建議進行設備維護。

8.6.3 定期測試應確定空氣流量，並在以下位置的壓力差異：

(1)橫越防煙壁的開口

(2)在補氣供應處

(3)排煙設備

8.6.4 所有的數據點應與驗收測試位置相吻合，以便於比較量測。

8.6.5 該系統應由系統操作，測試和維護，對系統完全了解的人員來進行測試。

8.6.5.1 測試的結果應記錄在運營和維護記錄，以利檢視。

8.6.5.2 煙控系統應採當前設計準則的程序來進行操作。

8.6.5.3 對於每一個設定輸入的操作，應觀察有正確的輸出。

8.6.5.4 若有提供備用電力，應以備用電力進行測試。

8.6.6 應特別安排考慮引進大量外部空氣進入人員活動區或敏感設備的空間，當外界溫度和濕度是極端的條件下，當這種無空調的空氣可能會設備損壞。

8.7 修正

8.7.1* 所有操作及接收測試，當系統曾改變或修正時，應執行系統之適用部份。

8.7.2 若煙控系統或分區邊界自最後一次測試後曾修改，應針對該修改部份進行驗收測試。

8.7.3 文件應進行更新，以反映這些變化或修改。

附錄 7 安全梯間加壓防煙設計技術手冊更新版

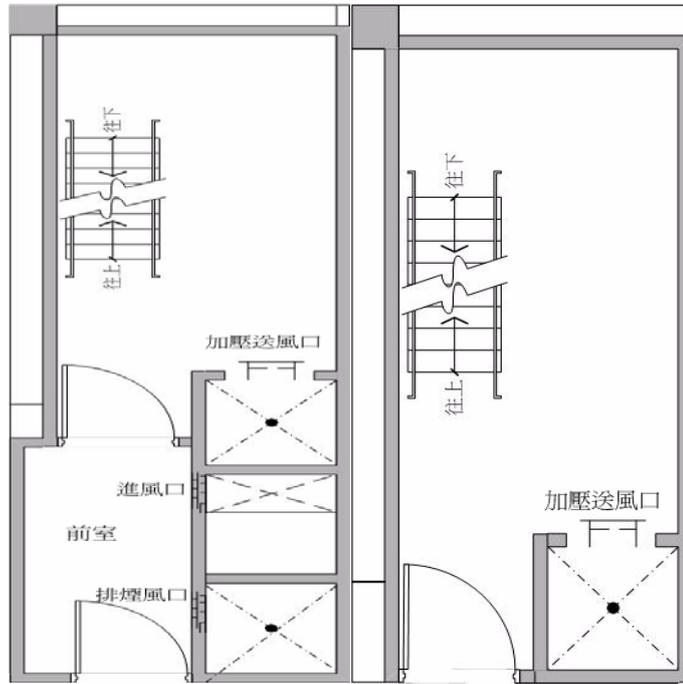
第一章 緒論

第一節 建築物之安全梯與特別安全梯

建築物之安全梯與特別安全梯為建築物內部人員避難逃生之重要路徑，也是消防人員進入火場進行救災之途徑，已有著名案例印證，如美國在 1980 年著名之 Las Vegas MGM Grand Hotel 火災中[1]，煙自電梯通道，由一樓流竄上層，造成眾多之傷亡。維持一個無煙之安全梯間，不但對於逃生避難及救災極為重要，其亦有防止高溫之煙霧流竄之功能，避免火災所造成之傷亡。

我國的建築技術規則規定[2]，通達六層以上，十四層以下或通達地下二層之各樓層，應設置安全梯；通達十五層以上或地下三層以下之各樓層，應設置戶外安全梯或特別安全梯。所謂特別安全梯係指安全梯間外有一前室，如圖 1.1 所示，美國文獻稱之為 lobby，國內目前經常稱之為排煙室。設置排煙室的作用：(1)逃生時之通廊；(2)阻擋煙氣直接進入特別安全梯間；(3)作為消防人員到達起火層進行搶救工作的起始據點和安全區。當發生火災時，煙氣流動速度大大超過了人的疏散速度。樓梯間又是高層建築火災時垂直方向蔓延的重要途徑。因此，對安全梯間設置加壓防煙設備，建立梯間往室內方向壓力梯度之方式可有效阻止煙氣進入，進而得以確保人員安全疏散和搶救。

國內之安全梯防煙之要點為，以排煙除去排煙室之煙害，以防火區劃維持梯間逃生通道之安全。國內安全梯方面之法規歷時已久，其對於高層建築防煙之考量較為缺乏，我國目前之相關法規以排煙為主，尚未採納以防止煙氣進入逃生避難空間之概念，不見以正壓設計阻止煙氣流竄之規定。特別安全梯採加壓設計，使其成為相對安全區域，可視為暫時避難空間，對火災室排煙、對鄰接區劃加壓，可使避難者朝向安全性較高的區域前進，提升避難安全。形成壓力梯度，人員自第一安全區，逃往第三安全區。可使人員使用特別安全梯避難時，不受火災區煙氣影響，而可安全進行避難逃生。



(a)實例，排煙室設排煙與進風

(b)梯間加壓(不設排煙室時)

圖 1.1 特別安全梯加壓與排煙室設計案例
(本圖取自參考文獻[2])

第二節 加壓防煙與安全避難逃生

美國 NFPA 所謂 smoke management 或可翻譯成煙害管理，而 smoke control 則為煙控。本報告所謂防煙是一種煙控之說詞，防止煙進入逃生避難之空間。安全梯或特別安全梯如有防煙設施，就可維持建築物內部避難路徑之連貫性，以利避難逃生，能使其在火災時更能保障生命。梯間加壓為有效的煙控方法，藉加壓使梯間對室內正壓，防止煙之流入，如此維持一個無煙之逃生避難空間，亦防止及控制了煙之垂直漫延。以區域煙控(zone smoke control)之方式，以對火災室排煙及對鄰接區劃加壓防止煙漫延。建立安全區劃以確保避難安全，使避難者在朝向安全性較高的區域前進，並能有暫時停留之安全空間，以達避難之目的。除蓄煙隔間外，應輔以氣壓控制，形成壓力梯度，人員往較高氣壓安全性較高之區域逃生，梯間加壓之壓力分布，如圖 1-2 所示。

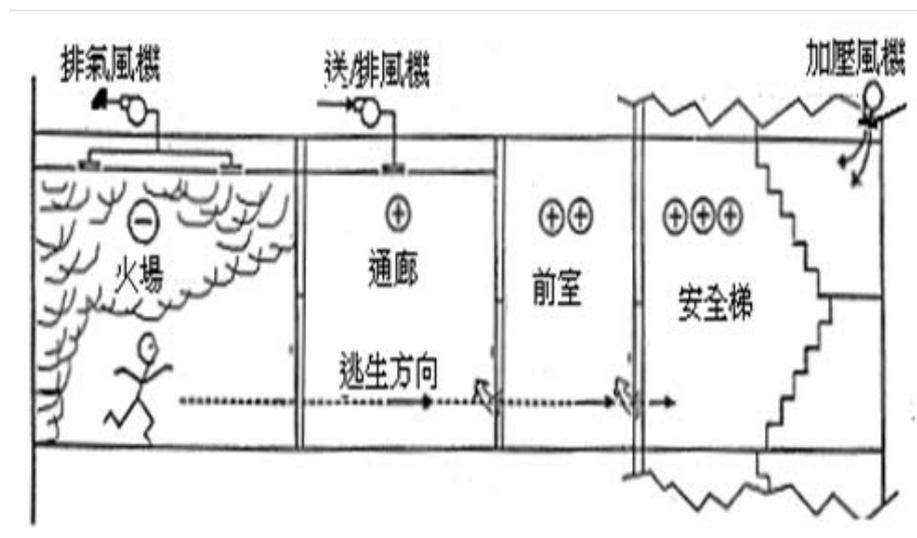


圖 1.2 氣壓控制形成壓力梯度之逃生示意圖

(本圖取自參考文獻[2])

基於梯間加壓設計之防災功能，美國已於防火排煙標準中[3,4,5,7]建議應用於較高層建築，各國建築法規也將此設計納入為重要之建築防火設計。除外，日本、中國大陸、香港、新加坡等亦已將梯間加壓列入高層建築之防煙設計，由此可見其之重要性。梯間加壓雖有其防煙設計上之獨立性及可靠性，然其適當應用及與其它建築防煙措施之關係亦需給予設計考量，故本研究將其之設計規範作一通盤之了解，並提議相關法規及規範之修正方案。

除美國外，日本、中國大陸、香港、新加坡等亦已將梯間加壓列入高層建築之防煙設計，然我國目前之法規採用排煙設計，當有特定建築擬用梯間加壓方式作防煙時，即需以專案送中央單位審查。內政部建築研究所於 90 年度進行研究建築物安全梯間加壓防煙之規範[6]，然國內尚未有梯間加壓煙控之設計技術研究，故對於部分採功能性設計之個案無審查技術基準，故有必要研擬基本之設計技術及防煙性能確效方法，以提升我國之建築防煙系統之效果。

梯間加壓之系統設計牽涉一些技術上之問題，如是否以專用系統作加壓 (dedicated system)、加壓風量之需求、氣壓控制之規範、加壓送風機之設置準則、系統可靠度設計、安全梯安全門之配合等。除此之外，與建築之介面及與防災系統之連結控制，亦是重要之考量。在設計規範之訂定方面，需逐一說明這些問題點之因應方案或所需考慮之要點。可行之加壓設計需考量的因子很多，如可容許之最低及最高壓力、加壓送風之設計、加壓風量之需求與計算、氣壓之控制等。最低及最高壓力，前者為有效防煙之考量，後者為壓差影響開門所需推力之考量。加壓送風之設計如採用單送風口、多送風口(Multi-injection)加壓之規範等。

加壓風量之需求除為達到梯間所需之正壓外，尚需考慮到逃生時風從已開啟之安全門洩漏出所需之補充風量。梯間加壓系統設計亦牽涉各種探測器、控制與驅動設計、防火與防煙風門之應用等。梯間加壓設計亦會涉及法規面之問題，尤其是如何於未來導入防煙之性能法規，例如審查之程序、基準及審查資格問題，亦應從技術面上作一些探討。

第二章 相關文獻回顧

美國在經歷 1980 年 Las Vegas MGM Grand Hotel、1989 年 Johnson City 安養中心等大火後，已記取經驗，了解高層建築垂直通道在火災時煙害之重要性[1]。同時在近年來，排煙技術已漸演進到用氣壓做煙控，以氣壓防止煙流入逃生通道，也以氣壓控制煙流竄至非火災區域。安全梯為重要的逃生路徑，以加壓方式維持無煙無害之安全梯間已成為煙控技術之重要一環，已有歐美亞多國以之為防煙設施之一。

美國國家防火協會(National Fire Protection Association)推薦之設計規範 NFPA 90A[3]，為空調及通風系統建立安裝標準，相關之 NFPA 標準如 92[7]，其為在以氣壓作煙控及梯間加壓系統方面建立了一些設計規範。NFPA 91[8]為排氣系統之設置及規格標準，為風管之設計訂定了基本之規範。山海敏弘[9]說明了日本排煙設備基本法，其中對梯間加壓之優點及日本之設計規範也作了一些討論及說明。性能目標法規(objective performance code)之理念已在先進國家實施，J.R. Thomas [10] 介紹了加拿大之性能法規。

在國內之相關研究部份，鍾基強[11]為內政部建築研究所作了緊急昇降機及特別安全梯梯間排煙設備之研究，楊冠雄之研究分別為[12]高層建築火災之壓力煙控系統分析及[13]建築物空調系統與煙控併用系統性能評估與設計準則。

國際標準方面，1987 年之 BOCA National Building Code [4]，1997 年之 Uniform Building Code[5]，及 2000 年之 International Building Code [14]皆有對梯間加壓系統設計作了一些規範。中國大陸、香港與新加坡也各自建立了相關之梯間加壓規範，有其可參考之處[15,16,17,18]。

梯間加壓防煙設計也已經過一些研究之驗證，如高橋等[19]以數值方法用電腦模擬加壓防煙之操作情況。未來性能法規之實施上，需在各別防煙之設計或措施上研定目標與功能設計，以利建築安全之審查。G. Thomas [20] 以一案例說明，相同之防災目標同樣之防災功能，可因場所之不同會有不同之設計。McCabe[21]說明了美國之加壓防煙設計，並分析了防火防煙風門之設計與控制策略。ASHRAE [22]於 2001 年修改了防煙系統試車測試調整指導方針，可見防煙系統

性能之重要性。

陳與蔡[6]在內政部建研所之研究中，收集與分析了各國梯間加壓防煙之法
規及規範，與我國目前之相關法規作比較分析後，研擬了一套梯間加壓防煙之規
範，作為未來實施之參考。

第三章 我國相關防煙法規

我國對於安全梯、特別安全梯之構造設備相關規定，包含於建築及消防法系有相關設施要求。

於消防法系主要規定於「各類場所消防安全設備設置標準」，第二十八條，排煙設備設置場所要求；第一百八十九，特別安全梯或緊急昇降機間排煙室之排煙設備，允許採正壓設計，整理如表3.1：

表 3.1 消防法規部份
(本表取自參考文獻[23])

<p>各類場所消防安全設備設置標準 第二編 消防設計 第二十八條</p>	<p>下列場所應設置排煙設備：</p> <p>一、供第十二條第一款及第五款第三目所列場所使用，樓地板面積合計在五百平方公尺以上。</p> <p>二、樓地板面積在一百平方公尺以上之居室，其天花板下方八十公分範圍內之有效通風面積未達該居室樓地板面積百分之二者。</p> <p>三、樓地板面積在一千平方公尺以上之無開口樓層。</p> <p>四、供第十二條第一款第一目所列場所及第二目之集會堂使用，舞臺部分之樓地板面積在五百平方公尺以上者。</p> <p>五、依建築技術規則應設置之特別安全梯或緊急昇降機間。</p> <p>前項場所之樓地板面積，在建築物以具有一小時以上防火時效之牆壁、平時保持關閉之防火門窗等防火設備及各該樓層防火構造之樓地板區劃，且防火設備具一小時以上之阻熱性者，增建、改建或變更用途部分得分別計算。</p>
<p>第三編 消防安全設備 第四章 消防搶救上之必要設備 第三節 排煙設備 第一百八十九條</p>	<p>特別安全梯或緊急昇降機間排煙室之排煙設備，依下列規定選擇設置：</p> <p>一、設置直接面向戶外之窗戶時，應符合下列規定：</p> <p>(一) 在排煙時窗戶與煙接觸部分使用不燃材料。</p> <p>(二) 窗戶有效開口面積位於天花板高度二分之一以上之範圍內。</p> <p>(三) 窗戶之有效開口面積在二平方公尺以上。但特別安全梯排煙室與緊急昇降機間兼用時（以下簡稱兼用），應在三平方公尺以上。</p> <p>(四) 前目平時關閉之窗戶設手動開關裝置，其操作部分設於距離樓地板面八十公分以上一百五十公分以下之牆面，並標示簡易之操作方式。</p>

二、設置排煙、進風風管時，應符合下列規定：

- (一) 排煙設備之排煙口、排煙風管、進風口、進風風管及其他與煙接觸部分應使用不燃材料。
- (二) 排煙、進風風管貫穿防火區劃時，應在貫穿處設防火閘門；該風管與貫穿部位合成之構造應具所貫穿構造之防火時效；其跨樓層設置時，立管應置於防火區劃之管道間。但設置之風管具防火性能並經中央主管機關認可，該風管與貫穿部位合成之構造具所貫穿構造之防火時效者，不在此限。
- (三) 排煙口位於天花板高度二分之一以上之範圍內，與直接連通戶外之排煙風管連接，該風管並連接排煙機。進風口位於天花板高度二分之一以下之範圍內；其直接面向戶外，開口面積在一平方公尺（兼用時，為一點五平方公尺）以上；或與直接連通戶外之進風風管連接，該風管並連接進風機。
- (四) 排煙機、進風機之排煙量、進風量在每秒四立方公尺（兼用時，每秒六立方公尺）以上，且可隨排煙口、進風口開啟而自動啟動。
- (五) 進風口、排煙口依前款第四目設手動開關裝置及探測器連動自動開關裝置；除以該等裝置或遠隔操作開關裝置開啟外，平時保持關閉狀態，開口葉片之構造應不受開啟時所生氣流之影響而關閉。
- (六) 排煙口、進風口、排煙機及進風機連接緊急電源，其供電容量應供其有效動作三十分鐘以上。

於建築法規主要規定於「建築技術規則建築設計施工編」，第九十六條、第九十七條安全梯或特別安全梯設置場所、構造要求；第一百條、第一百零一條、第一百零二條，規定排煙設備設置場所、設置要求；第二百四十一條、第二百四十二條，規定高層建築物特別安全梯設置、昇降機間防火區劃要求，整理如表3.2：

表 3.2 建築法規部份
(本表取自參考文獻[2])

<p>建築技術規則建築設計施工編 第四章 防火避難設施及消防設備 第一節 出入口、走廊、樓梯 第九十六條</p>	<p>下列建築物依規定應設置之直通樓梯，其構造應改為室內或室外之安全梯或特別安全梯，且自樓面居室之任一點至安全梯口之步行距離應合於本編第九十三條規定：</p> <p>一、通達三層以上，五層以下之各樓層，直通樓梯應至少有一座為安全梯。</p> <p>二、通達六層以上，十四層以下或通達地下二層之各樓層，應設置安全梯；通達十五層以上或地下三層以下之各樓層，應設置戶外安全梯或特別安全梯。但十五層以上或地下三層以下各樓層之樓地板面積未超過一百平方公尺者，戶外安全梯或特別安全梯改設為一般安全梯。</p> <p>三、通達供本編第九十九條使用之樓層者，應為安全梯，其中至少一座應為戶外安全梯或特別安全梯。但該樓層位於五層以上者，通達該樓層之直通樓梯均應為戶外安全梯或特別安全梯，並均應通達屋頂避難平臺。</p> <p>直通樓梯之構造應具有半小時以上防火時效。</p>
<p>第九十七條</p>	<p>安全梯之構造，依下列規定：</p> <p>一、室內安全梯之構造：</p> <p>(一) 安全梯間四周牆壁除外牆依前章規定外，應具有一小時以上防火時效，天花板及牆面之裝修材料並以耐燃一級材料為限。</p> <p>(二) 進入安全梯之出入口，應裝設具有一小時以上防火時效及半小時以上阻熱性且具有遮煙性能之防火門，並不得設置門檻；其寬度不得小於九十公分。</p> <p>(三) 安全梯間應設有緊急電源之照明設備，其開設採光用之向外窗戶或開口者，應與同幢建築物之其他窗戶或開口相距九十公分以上。</p> <p>二、戶外安全梯之構造：</p> <p>(一) 安全梯間四週之牆壁除外牆依前章規定外，應具有一小時以上之防火時效。</p> <p>(二) 安全梯與建築物任一開口間之距離，除至安全梯之防火門外，不得小於二公尺。但開口面積在一平方公尺以內，並裝置具有半小時以上之防火時效之防火設備者，不在此限。</p>

	<p>(三) 出入口應裝設具有一小時以上防火時效且具有半小時以上阻熱性之防火門，並不得設置門檻，其寬度不得小於九十公分。但以室外走廊連接安全梯者，其出入口得免裝設防火門。</p> <p>(四) 對外開口面積（非屬開設窗戶部分）應在二平方公尺以上。</p> <p>三、特別安全梯之構造：</p> <p>(一) 樓梯間及排煙室之四週牆壁除外牆依前章規定外，應具有一小時以上防火時效，其天花板及牆面之裝修，應為耐燃一級材料。管道間之維修孔，並不得開向樓梯間。</p> <p>(二) 樓梯間及排煙室，應設有緊急電源之照明設備。其開設採光用固定窗戶或在陽臺外牆開設之開口，除開口面積在一平方公尺以內並裝置具有半小時以上之防火時效之防火設備者，應與其他開口相距九十公分以上。</p> <p>(三) 自室內通陽臺或進入排煙室之出入口，應裝設具有一小時以上防火時效及半小時以上阻熱性之防火門，自陽臺或排煙室進入樓梯間之出入口應裝設具有半小時以上防火時效之防火門。</p> <p>(四) 樓梯間與排煙室或陽臺之間所開設之窗戶應為固定窗。</p> <p>(五) 建築物達十五層以上或地下層三層以下者，各樓層之特別安全梯，如供建築物使用類組 A-1、B-1、B-2、B-3、D-1 或 D-2 組使用者，其樓梯間與排煙室或樓梯間與陽臺之面積，不得小於各該層居室樓地板面積百分之五；如供其他使用，不得小於各該層居室樓地板面積百分之三。</p> <p>安全梯之樓梯間於避難層之出入口，應裝設具一小時防火時效之防火門。建築物各棟設置之安全梯，應至少有一座於各樓層僅設一處出入口且不得直接連接居室。</p>
<p>第二節 排煙設備 第一百條</p>	<p>左列建築物應設置排煙設備。但樓梯間、昇降機間及其他類似部份，不在此限：</p> <p>一、供本編第六十九條第一類、第四類使用及第二類之養老院、兒童福利設施之建築物，其每層樓地板面積超過五〇〇平方公尺者。但每一〇〇平方公尺以內以分間牆或以防煙壁區劃分隔者，不在此限。</p> <p>二、本編第一條第三十一款第三目所規定之無窗戶居室。</p> <p>前項第一款之防煙壁，係指以不燃材料建造之垂壁，自天花板下垂五十公分以上。</p>
<p>第一百零一條</p>	<p>排煙設備之構造，應依左列規定：</p> <p>一、每層樓地板面積在五〇〇平方公尺以內，得以防煙壁區劃，區劃範圍內任一部份至排煙口之水平距離，不得超過四十五公尺，排煙口之開口面積，不得小於防煙區劃部份樓地板面積百分之二，並應開設在天花板或天花板下八十公分</p>

	<p>範圍內之外牆，或直接與排煙風道(管)相接。</p> <p>二、排煙口在平時應保持關閉狀態，需要排煙時，以手搖式裝置，或利用煙感應器連動之自動開關裝置、或搖控式開關裝置予以開啟，其開口門扇之構造應注意不受開放排煙時所發生氣流之影響。</p> <p>三、排煙口得裝置手搖式開關，開關位置應在距離樓地板面八十公分以上一·五公尺以下之牆面上。其裝設於天花板者，應垂吊於高出樓地板面一·八公尺之位置，並應標註淺易之操作方法說明。</p> <p>四、排煙口如裝設排風機，應能隨排煙口之開啟而自動操作，其排風量不得小於每分鐘一二〇立方公尺，並不得小於防煙區劃部份之樓地板面積每平方公尺一立方公尺。</p> <p>五、排煙口、排煙風道(管)及其他與火煙之接觸部份，均應以不燃材料建造，排煙風道(管)之構造，應符合本編第五十二條第三、四款之規定，其貫穿防煙壁部份之空隙，應以水泥砂漿或以不燃材料填充。</p> <p>六、需要電源之排煙設備，應有緊急電源及配線之設置，並依建築設備編規定辦理。</p> <p>七、建築物高度超過三十公尺或地下層樓地板面積超過一、〇〇〇平方公尺之排煙設備，應將控制及監視工作集中於中央管理室。</p>
<p>第一百零二條</p>	<p>(緊急昇降機間及特別安全梯之進風排煙設備)</p> <p>一、應設置可開向戶外之窗戶，其面積不得小於二平方公尺，二者兼用時，不得小於三平方公尺，並應位於天花板高度二分之一以上範圍內。</p> <p>二、未設前款規定之窗戶時，應依其規定位置開設面積在四平方公尺以上之排煙口，(兼排煙室使用時，應為六平方公尺以上)，並直接連通排煙管道。</p> <p>三、排煙管道之內部斷面積，不得小於六平方公尺(兼排煙室使用時，不得小於九平方公尺)，並應垂直裝置，其頂部應直接通向戶外。</p> <p>四、設有每秒鐘可進、排四立方公尺以上，並可隨進風口、排煙口之開啟而自動操作之進風機、排煙機者，得不受第二款、第三款、第五款之限制。</p> <p>五、進風口之開口面積，不得小於一平方公尺(兼作排煙室使用時，不得小於一·五平方公尺)，開口位置應開設在樓地板或設於天花板高度二分之一以下範圍內之牆壁上。開口應直通連接戶外之進風管道，管道之內部斷面積，不得小於二平方公尺(兼作排煙室使用時，不得小於三平方公尺)。</p> <p>六、排煙室之開關裝置及緊急電源設備，依本編第一〇一條之</p>

	規定辦理。
第十二章 高層建築物 第三節 防火避難設施 第二百四十一條	<p>高層建築物應設置二座以上之特別安全梯並應符合二方向避難原則。二座特別安全梯應在不同平面位置，其排煙室並不得共用。</p> <p>高層建築物連接特別安全梯間之走廊應以具有一小時以上防火時效之牆壁、防火門窗等防火設備及該樓層防火構造之樓地板自成一個獨立之防火區劃。</p> <p>高層建築物通達地板面高度五十公尺以上或十六層以上樓層之直通樓梯，均應為特別安全梯，且通達地面以上樓層與通達地面以下樓層之梯間不得直通。</p>
第二百四十二條	<p>高層建築物升降機道併同升降機間應以具有一小時以上防火時效之牆壁、防火門窗等防火設備及該處防火構造之樓地板自成一個獨立之防火區劃。</p> <p>升降機間出入口裝設之防火設備應具有遮煙性能。連接升降機間之走廊，應以具有一小時以上防火時效之牆壁、防火門窗等防火設備及該層防火構造之樓地板自成一個獨立之防火區劃。</p>

第四章 安全梯間加壓防煙設計檢討

第一節 美國方面之梯間加壓設計

梯間加壓的目的是提供一個建築物發生火災的時候建築物內可逃生的環境，第二個目的是提供救火人員一個集結待命救火的地方。在著火層，安全梯門被關閉時梯間加壓需要保持一個正壓力差如此能限制煙的滲透進入。本節參考 NFPA 92[7]，當作美國方面之設計標準，如以下之分析。

1. 非補償式(non-compensated)和補償式(compensated)系統

一、非補償式系統—啟動一個單速風機將外氣引入梯間，當各樓層逃生門關起來時之梯間正壓會與當任一樓層逃生門打開時之梯間正壓不同，即梯間正壓無法隨逃生門打開之數量作壓力補償。

二、補償式—所謂補償式系統會在安全逃生門不同的打開或關閉數量組合時，可自動調節供風量或釋放過量的梯間壓力來做系統壓力補償，以維持較為恆定之梯間正壓。

防煙所需之梯間或前室正壓不應低於表4.1所列的數值，當安全逃生門開啟時，自梯間往外之氣流阻擋煙氣進入。但壓差過大會使安全門開啟困難或無法開啟。故NFPA訂定了安全門兩邊之壓差標準，如表4.2。

表 4.1 能阻擋煙霧的最小壓差(英吋水柱高)
(本表取自參考文獻[7])

建築類型	樓板高度	設計壓差
AS	ANY	0.05
NS	9FT	0.10
NS	15FT	0.14
NS	21FT	0.18

註：AS-有撒水 NS-無撒水

表 4.2 NFPA 92 對安全門兩側之壓差標準所作之規定
(本表取自參考文獻[7])

NFPA 92 容許門兩側相對最高壓差(INH ₂ O)					
開門力道(LBF)	門寬度(IN)				
	32	36	40	44	48
6	0.45	0.4	0.37	0.34	0.31
8	0.41	0.37	0.34	0.31	0.28
10	0.37	0.34	0.3	0.28	0.26
12	0.34	0.3	0.27	0.25	0.23
14	0.3	0.27	0.24	0.22	0.21

註 1：1 LBF=4.4 N；1 IN=25.4 MM；0.1 IN.W.G.=25 PA.
註 2：門把離門邊緣 3 IN.

系統的供風量的大小是取決於設計所用開啟逃生門的數目，及逃生門開啟時所需要最小的逆向空氣流速。圖4.1說明了以調整加壓風機送風管上旁通風門控制流入梯間的空氣流量。旁通風門受一個或多個的靜壓感應器所控制，而靜壓感應器感應梯間和建築內(或前室)壓差。當所有梯間的門是關閉時壓差最大，而使旁通風門打開增加旁通的空氣量而減少梯間的加壓送風量。使用此種方式，可以避免梯間和建築物有過大的壓差。風量之控制除上述調整送風管路中風門的開度、也可改變風扇轉速、調整風扇入口導流翼角度、及風扇葉片間距或風扇運轉台數等。

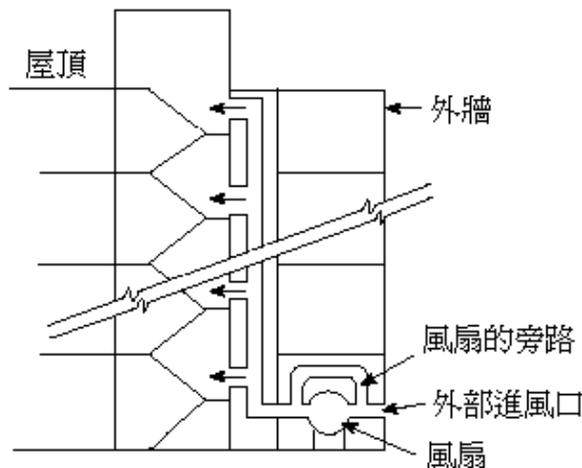


圖 4.1 具風機旁通設計的梯間加壓系統
(本圖取自參考文獻[7])

補償式系統可用各種梯間洩壓方法以調整梯間正壓，洩壓量隨著安全門打開的數目而不同，以維持梯間壓力在一適當的設定範圍。對現存的建築物，也可採將梯間過高的壓力排入建築物之洩壓設計方式，唯提出這個方法時需要仔細的考量，並在梯間的內牆設置了防火/排煙風門。調整梯間正壓之設計可參考下列方法達成。

- 一、當梯間內部達到最大壓力時可使附可調整配重之氣壓式風門(Barometric dampers)全開，氣壓式風門的位置需要小心的選擇，如果風門太接近供風口會使風門動作太敏感而使梯間壓力無法達到設定要求，且風門在作動時會不停的開開關關。
- 二、動力式驅動風門(motor-operated Dampers)，利用氣動或電動操作，這些風門是被位於梯間的差壓控制器(differential pressure controls)控制，可提供一個比氣壓式風門(barometric dampers)更正確的控制，但它比氣壓式風門需要更多的控制元件因此比較複雜而且較貴。
- 三、另一替代方法是在梯間設置排氣口，而在地面層梯間的門會自通到外部，在正常的情況下，這些安全門是關閉的而且在許多的案例中，為了安全上的理由通常會鎖上，在火警狀況下，對外門鎖受控制開啟，對外門開啟時可能會受到外在風壓(wind effects)造成不利影響。
- 四、當所有梯間的門都關閉的時候排風機可以預防過大的壓力，排風機應以壓差感應器控制，所以當梯間和建築物室內的壓差在設定值以下並不會動作，如此當有一些門打開而減少了梯間正壓時還是可以避免煙霧引入梯間，排風機之選用應使梯間加壓系統在設計範圍內人能正常運轉。

2. 供風的來源與位置

加壓進風口之設置位置應該要遠離所有建築物的一般排風口、排煙口及其它開口以避免煙回流到加壓進風口。因熱煙上升，加壓進風口的位置因此該特別的考量，故目前一般推薦採用地面層或較低層進風口(ground-level)而不採用屋頂進風口(roof-level)之設置以有效防止煙之流入。任何梯間加壓系統均有可能使煙流會經由加壓風扇的吸入進入梯間，因此，加壓系統之設計應有一旦偵測到煙流吸

入加壓進風口時，能自動關閉加壓風機的能力。

單點送風(single-injection)系統是用一個點加壓送風到梯間，最常見的引入點在樓頂，如圖4.2說明。單點送風之缺點為當一些靠近送風點的門被打開時單點送風系統會失效，大部分加壓風量會從這些打開的門洩漏掉，系統將無法維持正壓。因為地面層的門大多數的時間都有可能被打開，單自底部引入式的送風系統特別容易失敗，所以高度超過100 ft (30.5 m)以上的梯間不宜用的單點送風系統。

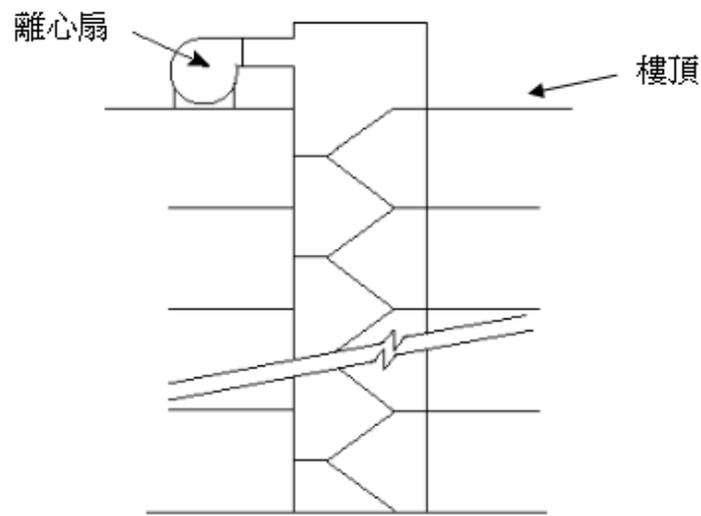


圖 4.2 設於屋頂的單點送風式梯間加壓系統
(本圖取自參考文獻[7])

圖4.3及圖4.4是兩種可以克服單點送風系統的設計，其用多點送風式設計(multiple-injection)，這加壓風扇可以位於底層，樓頂或任一樓層。多點送風系統亦可採用在梯間每一樓層各設一個送風點，雖可防止加壓風量經由少數梯間門洩漏，為實際上並不需要每層樓設一送風口，但一般每一送風口之設置以不超過三個樓層為原則。

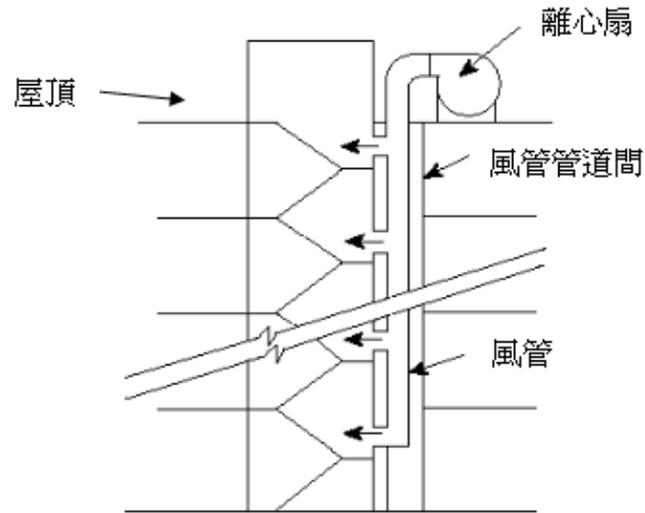


圖 4.3 在頂層架設的多送風點(Multiple Injection)梯間加壓系統
(本圖取自參考文獻[7])

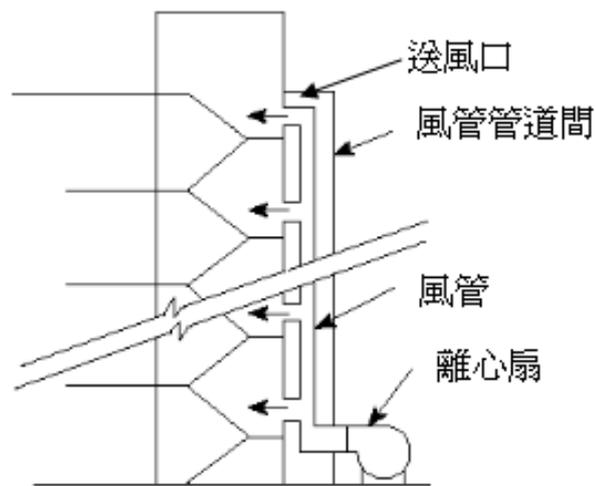


圖 4.4 位於地面層的多送風點(Multiple Injection)梯間加壓系統
(本圖取自參考文獻[7])

有些建築法規要求在梯間前設置前室，此前室可提供或不提供加壓供風加壓送風，不加壓的前室可以應用在現存的建築物內。當前室和梯間的門打開時，兩個門形成串聯，氣流阻抗會比一個門打開的大，此可減少在梯間加壓所需要的風量，如Klote[1]所述。

第二節 日本建築物排煙及梯間加壓之探討

本節依據山海敏弘[9]提供的資料作分析，在日本，依照建築基準法令、消防法令，建築物有義務裝置排煙設備，但建築基準法令之排煙設備，係以「避難上及滅火上」之觀點，規範該設備之裝設，避難者可避免被煙所捲入而順利逃生，又期待消防隊員在滅火及搶救受困人員時能有效發揮作用。

以下根據山海敏弘之資料對日本在防煙之規範作討論。

依日本建築基準法令，規定須裝置之排煙設備，可大區分如下，建築物居室之排煙設備，特別安全梯之附室(排煙室)及緊急昇降機間之排煙設備及地下街通道之排煙設備等。因地下街通道之排煙設備較為特殊，故僅對裝設於住宅等之排煙設備及特別安全梯之附室及緊急昇降機間之排煙設備加以說明。需裝置排煙設備之居室為：

- 一、高度使用率之場所，其樓地板面積超過 500 m^2 者。
- 二、樓高三層以上且其樓地板面積超過 500 m^2 者。
- 三、無排煙窗之居室。
- 四、總樓地板面積超過 $1,000\text{ m}^2$ 之建築物中，居室面積超過 200 m^2 者。

但在用途上不裝設排煙設備對防火避難上不會特別構成問題時，可免除裝設排煙設備，其具體條件如下：(第126條之2第1項但書，昭和47年建告第33號)。

- (一) 建築法附表第一(甲)欄屬(二)項用途之特殊建築物中，樓板面積在 100 m^2 以內設置防火區劃者。
- (二) 學校或體育館。
- (三) 樓梯部分，昇降機之昇降通路部分。
- (四) 機械製造工場中，較無可能發生火災之部分。
- (五) 樓高為二層以下之住宅(總樓地板面積在 200 m^2 以下)或長條形住戶(樓地板面積在 200 m^2 以下)之房間，其樓地板面積 $1/20$ 以上俱有換氣有效之開口部者。
- (六) 用途上不得作為密閉滅火之部分。

(七) 牆及天花板等皆採耐火構造或以不燃材料製造並作小區劃者。

特別安全梯之附室及緊急昇降機樓梯間之排煙設備，特別安全梯之附室及緊急昇降機之樓梯間，強制規定須裝設排煙有效之窗戶或排煙設備。

日本排煙設備最近發展動向為加壓防煙系統之應用。現在與排煙設備有關之基準係以鑑於火災所引起之災害為重點，在昭和40年代中期所訂定者，這些基準自訂定以來已歷經約半世紀之久，以現今建築物之多樣化、技術之進步，其設備有時不一定會發生最好的效果。因此近年來，依據日本建築基準法，申請同等或更高效力之排煙功能之「加壓防煙系統」，並大多已獲得認可，且實際已被裝設使用，但「加壓防煙系統」之評價，在檢討時其特徵、尚待解決之課題等如以下所述。

日本建築基準法第38條所規定之認定，新的建築技術抵觸建築基準法令之技術基準時，若經建設大臣依據建築基準法令認定其具同等以上效力時，其設備即可被認可。加壓防煙系統通常在程序上屬抵觸建築基準法令，故其設備應被禁止使用，但若經上述途徑取得認可時則可裝設。

日本在加壓防煙系統之評估及認知為，加壓防煙系統是將傳統之排煙系統在發生火災時除排煙外，更期待避難上及滅火上之效果，故在某些部分加壓，防止煙之侵入，以期待所要之效果。一般之排煙設備，在火災監控室、走廊、附室等須義務裝設之排煙設備部分，分別獨立裝設，獨立動作，但加壓防煙系統則在火災監控室、走廊、附室等一起共同裝設，並作連鎖動作。目前已取得認定者為，在火災監控室、走廊、附室等須義務分別裝設排煙設備之部分，用以下之方式所取代，即依火災監控室、走廊、附室等順序提高壓力，以防止發生火災時所產生之煙流入安全級數較高之部分(表4.3)。

表 4.3 日本加壓防煙系統之概念
(本表取自參考文獻[9])

低氣壓	中氣壓	高氣壓
須作排煙	須作排煙或加壓送風	須作加壓送風
火災監控室	走廊	附室等

目前已知之加壓防排煙系統設計大致可分類如表 4.4 所示。

表 4.4 加壓防排煙系統設計之分類
(本表取自參考文獻[9])

方式	火災監控室	走廊	附室等
1	排煙	排煙	送風
2	排煙	由附室之送風所加壓	送風
3	排煙	送風	送風
4	排煙	無	送風+排煙
5	排煙	送風+排煙	送風+排煙
6	排煙	排氣	送風+排煙
7	無(*1)	—	送風
8	排煙	—	送風

(* 1) 在法令上並無義務裝設排煙設備之規定，故不裝設排煙設備。

居室之排煙風量，可分為依法定排煙量或依遮煙條件決定之風量。加壓所須之送風量，須滿足門在打開時不致使煙流入附室，並應同時考慮不能妨礙門之開啟動作，故一般以門打開之條件求出最大送風量，而門在關閉時控制風量，使附室及走廊之壓力差在一定值以下。

日本認為加壓防排煙系統之優點大致如下：

- 一、對走廊及樓梯間等，可確保比現行排煙設備更高水準之安全。
- 二、因增加平面計畫之彈性，故可避免作成不合理之排煙計畫。
- 三、可省掉附室等必須裝設排煙設備所須之送風管道，故在設置空間上較為有利。

山海也認為，以日本目前之加壓防排煙系統，很多大坪數之房間皆以居室之天花板上面空間做為排煙之用，若將它當做第一種防煙區劃，而以感煙器做為基本之自動啟動條件是否適當似應有加以檢討之必要。其它課題如下：

- 一、有關風管等貫穿區劃時應考慮之基本要項排煙風管貫穿防火區劃時，從防止延燒之觀點，在連接至垂直風管處則應裝設HFD (作動溫度為280°C熔絲之防火閘門)。加壓防排煙系統之風管(尤其是送風管)，在防止延燒之觀點上，必須作那些必要之措施並不明朗，故有必要使之明確化。例如，用於走廊部分

加壓之送風管，在貫穿附室等區劃時，是否應考慮要有某些防火上必要之措施等。

二、走廊部分之加壓及附室、走廊間之壓力調節，所裝設在附室與走廊間之開口部分(如氣壓風門等)，亦會遭遇同樣之問題。

三、若再將與防火措施有關之換氣、空氣調節設備等考慮進去，則必須在上述部分裝設與煙感應器連動之防火閘門，增加構成加壓防排煙系統之困難度，故大多只裝72°C作動之防火閘門，但其作動(包含誤作動)，以構成區劃面而言雖然較為安全，但卻影響在加壓防排煙系統之機能。

四、對裝設送風口場所之顧慮，加壓防排煙系統，一般做為滅火據點之附室等使用送風加壓等方式，故送風管新鮮空氣吸入口之位置，應充分檢討，不能受到其他排煙機或因火災而破損之窗口冒出有害氣體之影響。

五、尤其對加壓防排煙系統，加壓用之風機、風管、外氣吸入口等，若與各層樓之空調機兼用時，外氣吸入口未必會裝設在建築物之下方，故是否會受到其他排煙機或因火災而破損之窗口冒出有害氣體之影響，所用定量檢證之方法，應有更明確化之必要。

六、為能確保門之開關應提升壓力控制之可靠度，加壓防排煙系統之重大要害之一為附室等之門開關，雖然裝有壓力控制器，但壓力控制器會產生控制失效問題，故希望能開發可靠度更高之控制方法。

目前日本所採用之壓力控制方式大致如下：

- (一) 利用變頻器控制加壓風機馬達之控制方式。
- (二) 裝設在加壓風管之旁通閘門(剩餘空氣洩漏閘門)控制方式。
- (三) 利用壓力調節閘門控制附室之壓力控制。
- (四) 加壓風機之台數控制。
- (五) 採用安全門。

第三節 The BOCA National Building Code

早在1980年代，梯間加壓之防煙觀念已在國外形成，在1987年BOCA[4]法規中逃生通道(Means of Egress)部份就已納入梯間加壓之設計，以下為自BOCA摘出之有關梯間加壓設計規範，818.7.5要求加壓送風量需達到：

- (一) 維持梯間相對於外氣0.05吋水柱(12.5 Pa)之正壓。
- (二) 通道上需裝設洩壓風門，足夠使洩風量達2500 cfm (1180LPS)之多。

818.7.6則是要求偵煙器應裝置於梯間附室(前室)外經核准之位置，偵煙器應同時驅動加壓風機。

第四節 Uniform Building Code

UBC[5]與其它各國法規多將梯間加壓設計用於75英尺(~24m)以上之建築，如BOCA須有2500cfm風量能力之洩壓風門，其部份文詞如下。

UBC規範中含蓋之防煙設計規範如下：

- 一、加壓(pressurization)
- 二、樓梯間加壓(pressurized stairway enclosure)
- 三、防煙垂壁(smoke barrier)
- 四、煙控模式(smoke-control mode)
- 五、煙控系統，機械式(smoke-control system, mechanical)
- 六、煙控系統，被動式(smoke-control system, passive)
- 七、防煙風門(smoke damper)
- 八、排煙系統(smoke exhaust system)
- 九、煙囪效應(stack effect)
- 十、無害環境(tenable environment)
- 十一、區域煙控(zoned smoke control)

由上可見到了1997年梯間加壓防煙之設計規範已更為成熟，且有更明確之說明，UBC之相關防煙規範簡要列於表4.5。

表 4.5 UBC 之相關防煙規範
(本表取自參考文獻[5])

<p>1005.3.3.7 加壓空間 (PRESSURIZED ENCLOSURE)</p>	<p>在一棟建築中若其人員使用之樓層位置在高於消防隊車輛可到之最低層上方 75 呎(~24M)以上，則所有法規上需求之逃生出口，皆應依 905 章及本章所規定做加壓。其加壓系統必須在經過認可之火災警報系統啟動後立即自動開啟。</p> <p>例外(EXCEPTION):</p> <p>如果建築物中未裝設火災警報系統，則此加壓系統應以裝置於前室入口處 5 呎(1.6 M)內之單點式(SPOT TYPE)偵煙探測器之感應來啟動。</p> <p>一套在設計壓差下可排出最少 2500CFM (1180L/S)之可控制釋出口，安裝在加壓空間之頂部。</p>
<p>1005.3.3.7.1 前室(VESTIBULE)</p>	<p>加壓逃生空間，應設置為本章節需求之加壓前室。</p>
<p>1005.3.3.7.1.1 前室尺寸(VESTIBULE SIZE)</p>	<p>前室寬度不得小於 44 INCHES(1118MM)且其入口動線方向之長度不得小於 72 INCHES (1829MM)。</p>
<p>1005.3.3.7.1.2 前室構造(VESTIBULE CONSTRUCTION)</p>	<p>前室牆面、地板及天花板之構造不得小於 2 小時之防火時效。</p>
<p>1005.3.3.7.1.3 前室門(VESTIBULE DOORS)</p>	<p>所有從建築物內部進入前室之門應有 1.5 小時之防火時效，從前室入安全梯之門必須具防煙及防火之功能，其防火時效不得小於 20 分鐘。</p> <p>門應保持自我關閉或由所安裝與 713 節中規定相同之偵煙探測器感應後自動關閉。所有保持常開之裝置，必須列示其功用，且當發生停電時必須關閉或將其火警裝置釋放到關閉位置。前室入口門暴露在火災 30 分鐘後最大之傳導熱不得使門超過 450°F(232°C)，如規定於 UBC 規範 7-2 中。</p>
<p>1005.3.3.7.1.14 壓力差(PRESSURE DIFFERENCE)</p>	<p>在門關閉之狀態下，前室之壓力相對於火災樓層應為 0.05 INCHES 水柱(12.5PA)正壓，且相對於梯間則為 0.05 INCHES 水柱(12.5 PA)之負壓，對於其它沒有火災之樓層無壓力差之需求。</p>

第五節 International Building Code

IBC[14]之相關防煙規範簡要列於表4.6。

表 4.6 IBC 之相關防煙規範
(本表取自參考文獻[14])

909.6 加壓方法 (PRESSURIZATION METHOD)	主要之機械煙控方法是藉在防煙垂壁之兩側產生壓差。在火警起源之區域不需維持無害及控制煙霧的環境。
909.6.1 最小之壓力差 (MINIMUM PRESSURE DIFFERENCE)	全部裝置撒水頭之建築中，在防煙垂壁兩側最小之壓力差為 0.05-INCHES 水柱(12.5PA)。除了全部裝置撒水頭之建築物外，煙控系統之壓力差至少需達到設計火災規模所產生壓力差的兩倍。
909.6.2 最大之壓力差 (MAXIMUM PRESSURE DIFFERENCE)	<p>在防煙區劃兩側最大壓差，應依開門及關門之力道來決定。當系統在煙控模式下運轉時，其實際打開安全門之力道須與 1003.3.1.2 節中所規定一致。開啟或關閉門時其力道必須藉由標準工程方法中作用力與反作用力之解答來決定。</p> <p>計算開啟一鉸鏈型單開門之力道應藉由下列公式求得:</p> $F = FDC + (WA \Delta P W - D)$ <p>A = 門面積，平方公尺(m²) D = 從門把到門門邊之距離;尺(M) F = 總開門力量，牛頓(N) FDC = 克服關門裝置之力量，牛頓(N) W = 門之寬度，尺(M) ΔP = 壓力差之設計值，PA</p>
909.20 防煙區間(SMOKE PROOF ENCLOSURES)	在 1005.3.2.5 節中所要求之防煙區間，必須依據此章節中之規定來建造。防煙區間包含一符合 1005.3.2 節中所規定之密閉之內部安全梯及一外露之陽台或一個符合本章節需求之通風前室。INTERNATIONAL FIRE CODE 規定防煙區間須能通往屋頂，且此通道亦須為一防煙區間。
909.20.1 通道(Access)	往樓梯之通道須經由一前室或一開放之外露陽台，前室之最小寬度尺寸不得小於通往前室之通道寬度，且此寬度不得小於 44 INCHES (1118MM)，且避難方向之長度不得小於 72 INCHES (1829MM)。
909.20.2 建造方式 (CONSTRUCTION)	防煙區間應與建築物之其它空間隔離，用不得小於 2 小時防火時效之防火壁構成，除安全門外不得有開口。前室由不得小於 2 小時防火時效之防火牆來與樓梯分隔，開放式之外露陽台，應依據防火時效之樓板

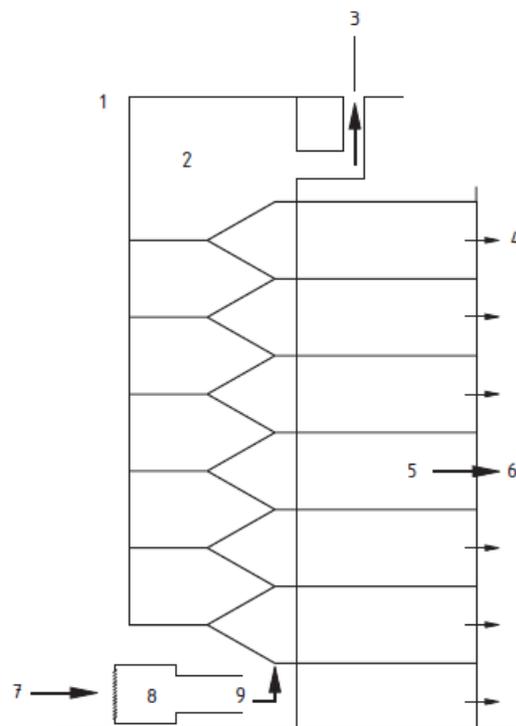
	規定來建造。
909.20.2.1 門之關閉裝置 (DOOR CLOSERS)	在防煙區間中之門必須具有自動關閉之功能或藉由安置在樓面進入防煙區間入口處之偵煙探測器來驅動其自動關閉。任一樓層之偵測器感應時應驅動所有樓層進入防煙區間之門上關閉裝置，偵煙探測器須依照 907.10 節之規定安裝。
909.20.3 自然通風替代方案 (NATURAL VENTILATION ALTERNATION)	從 909.20.3.1 至 909.20.3.3 之規定，應用於自然通風方式之防煙區間。
909.20.3.1 陽台門 (BALCONY DOOR)	經由一個開放式陽台通往樓梯之通道，裝置在此區間之門，須為與 714.2 節中規定一致之防火門。
909.20.3.2 前室門 (VESTIBULE DOORS)	經由前室通往樓梯時，裝置在前室之門須為防火門並符合 714.2 節之規定，裝置於前室到梯間之門須符合 714.2 節之規定，其防火時效不得小於 20 分鐘。
909.20.3.3 前室通風 (VESTIBULE VENTILATION)	每一前室應有一最小淨面積 16 平方呎(1.5 m ²)之開口，在牆上面對外面的庭院、天井寬度至少 20 呎(6.096M)以上之公共通道。
909.20.4 機械通風替代方案 (MECHANICAL VENTILATION ALTERNATIVE)	909.20.4.1 至 909.20.4.4 節之規定應用於機械方式通風之防煙區間。
909.20.4.1 前室門 (VESTIBULE DOORS)	從建築物至前室之門應是符合 714.2 節規定之防火門，從前室至安全梯之門應是符合 714.2 節規定，為不得小於 20 分鐘防火時效之防火門，從建築物至前室之門應提供墊片或其它方法以減低洩漏率。
909.20.4.2 前室通風 (VESTIBULE VENTILATION)	前室應供應不得低於每分鐘 1 次之換氣量，且其排氣量不得小於送氣量之 150%，送氣及排氣必須經由氣密構造之專用風管送入及排出，前室之送氣應在其地板面 6 INCHES (152MM) 以內，排氣柵門之頂端必須安置在蓄煙區(門上至天花板)之最上方但不得低於蓄煙區下方 6 INCHES (152MM)，且必須全部在蓄煙區以內。當門在開啟位置時，不得阻礙風管之開口，為符合設計需求時風口可裝置控制風門，但風門並非為必需之裝置。
909.20.4.2.1 設計之通風系統 (ENGINEERED VENTILATION)	當使用特別設計之通風系統時，對任一前室在緊急運轉狀態下，其排氣量不得低於每小時 90 次換氣次數，且其容量必須能同時處理三個前室，偵煙探測器應置於建築物樓平面側進入前室之入口處，且應啟動系統從感應的那一前室，偵煙探測器之安裝應符合 907.10 節之規定。
909.20.4.3 煙霧蓄煙區	前室之天花應至少高於門開口之高度 20 INCHES

(SMOKE TRAP)	(508MM)以上來當成煙及熱之蓄積區，且提供一個上昇氣流柱，此高度不得被減少，除非經實驗測試認可後。
909.20.4.4 樓梯間氣流系統(STAIR SHAFT AIR)	樓梯間應提供可調節的釋放開口及提供足夠之空氣以保持最低正壓在 0.10 INCHES 水柱(25 PA)，在樓梯間洩漏至前室且在所有的門都關閉時。
909.20.5 樓梯間加壓替代方案(STAIR PRESSURIZATION ALTERNATIVE)	當建築依據 903.3.1.1 節規定全大樓裝設自動撒水系統時，安全梯內部維持最小 0.15 INCHES 水柱(37.5PA)至最大 0.35 INCHES 水柱(87.5PA)之正壓(樓梯間內相對於建築物內之量測值)時，安全梯不須設前室。以上最小及最大壓差係指在門關閉及最大煙囪效應下之預測值。
909.20.6 通風設備 (VENTILATING EQUIPMENT)	依 909.20.4 及 909.20.5 節中所規定之通風設備，應由安裝於各樓層防煙區間入口處經核定位置之偵煙探測器來啟動，當樓梯間及前室門之關閉裝置因偵煙探測器感應或因斷電而啟動，機械通風設備即應啟動且在要求之性能下運轉，偵煙探測器之安裝，應符合 907.10 之規定。
909.20.6.1 通風系統 (VENTILATION SYSTEM)	防煙區間之通風系統應獨立於其它建築物內通風系統之外，其設備與風管工程須符合下列要求之一： 設備與風管應置於建築物之外側，且應直接連接至防煙區間或由風管與防煙區間連接，並由 2 小時防火時效之防火板包覆。 設備及風管應置於防煙區隔內且直接將煙排出到外側或直接由外側引入空氣或經由風管其外側由 2 小時防火時效之防火板包覆。 設備與風管應置於建築物內，由 2 小時防火時效之防火板隔離，其它部份之隔離包含其它機械設備。
909.20.6.2 備用電源 (STANDBY POWER)	機械式之前室與樓梯間及自動火警偵測系統，其電源應接至經核准且符合 403.10.1 節及 27 章規定之緊急電源。
909.20.6.3 驗收與測試 (ACCEPTANCE AND TESTING)	在機械設備被核准前，此系統應在有建築物管理人員之出席下作測試，以確認此系統是否依要求在運轉。

909.20.4.2 前室通風(Vestibule ventilation)部份，前室應供應不得低於每分鐘 1 次之換氣量，且其排氣量不得小於送氣量之 150%，此處與美國及其它國家之規定有異，前室會有負壓問題。

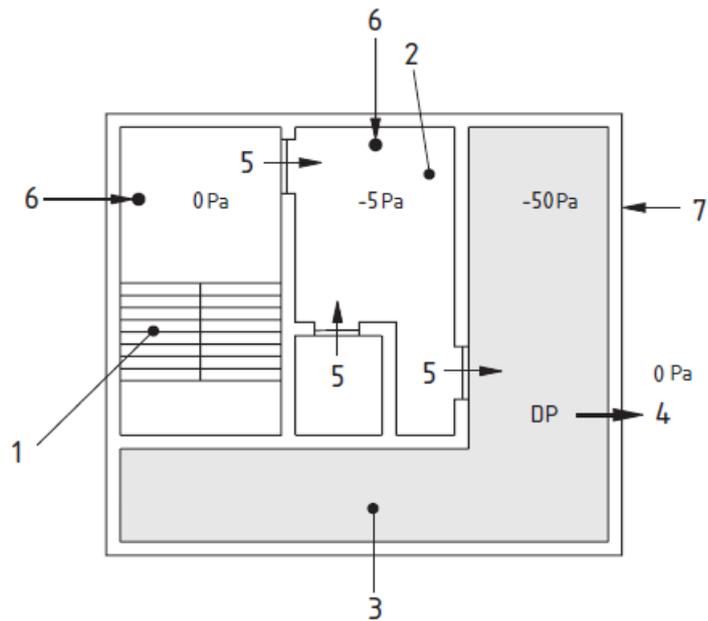
第六節 英國/歐盟之規範

英國/歐盟之有關壓差進行煙控的規範，主要有 BS EN 12101-6:2005, Smoke and heat control systems, Part 6: Specification for pressure differential systems-Kits[25]。針對以壓差進行煙控，可分為兩大類，加壓(pressurization)與負壓(depressurization)系統，加壓煙控系統：於受保護區域提供正壓保護，梯間以送風機加壓，形成一壓力梯度，維護人員逃生路徑的安全。其壓力控制概念如圖 4.5 [25]所示。負壓煙控系統，於火場進行排煙，形成較鄰近受保護區域壓力低，其壓力控制概念如圖 4.6 [25]所示



- Key**
- 1 Outside
 - 2 Pressurized space
 - 3 Overpressure relief
 - 4 External leakage
 - 5 Fire zone
 - 6 Air release vents
 - 7 Air intake
 - 8 Supply fan
 - 9 Supply ductwork

圖 4.5 加壓煙控系統概念圖
(本圖取自參考文獻[25])



Key

- 1 Stair
- 2 Lobby
- 3 Accommodation (DP Depressurized space)
- 4 Exhaust (Depressurize)
- 5 Leakage path through doors etc.
- 6 Replacement air
- 7 Fire-resisting construction

圖 4.6 負壓煙控系統-地下層或無開窗空間案例
(本圖取自參考文獻[25])

以壓差進行煙控，依照使用場所條件分類，而有不同的需求及設計要求條件。場所的區分為 A、B、C、D、E、F 類，說明如表 4.7 所示。

表 4.7 BS EN 12101-6 壓差煙控之場所分類
(本表取自參考文獻[25])

場所分類	應用說明	設計要求條件
A 類場所	逃生手法，就地防災	如圖 4.7
B 類場所	逃生手法，進行消防滅火	如圖 4.8
C 類場所	逃生手法，同時進行疏散	如圖 4.9
D 類場所	逃生手法，供睡覺用途之場所	如圖 4.10
E 類場所	逃生手法，分階段疏散	如圖 4.11
F 類場所	消防系統及逃生手法	如圖 4.12

A 類場所(Class A System)，假設建築物人員不進行疏散

除非直接受到火的威脅，人員通常留在建築物內。不考慮超過一個的門以上到受保護的空間(指由梯間到前室/走道或最後的逃生門)，同時打開。其氣流方向及壓差要求如圖 4.7 [25]所示，在加壓梯間流向單一開啟門扇之風速不可小於 0.75m/s，在加壓梯間與前室/走道之密閉門扇之壓差不可小於 $50\text{Pa}\pm 10\%$ ，於門把開門力量不可超過 100N。本類型設計條件不可與其他類型系統混用。

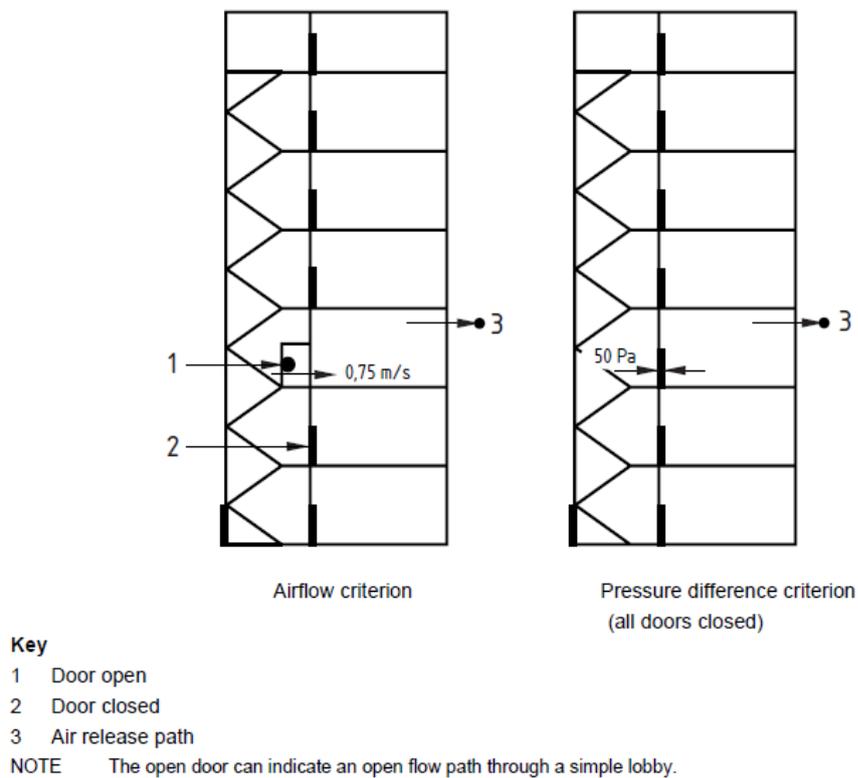


圖 4.7 A 類場所設計要求
(本圖取自參考文獻[25])

B 類場所，本壓差系統用於建築物進行消防滅火搶救。

使梯間受到煙氣侵襲減至最低，於火災發展至全盛期進行滅火過程，須考慮開啟梯間與火場間的門，包括失火樓層之梯間到前室、鄰近失火樓層之梯間到前室及消防設施與外界進出樓層之梯間之所有門扇。其氣流方向及壓差要求如圖 4.8 所示，在加壓梯間流向單一開啟門扇之風速不可小於 2m/s，在 1. 電梯井道與住宅建築間、2. 梯間與住宅建築間之壓差不可小於 $50\text{Pa}\pm 10\%$ ，在其他梯間與住宅建築間之密閉門扇，壓差不可小於 $45\text{Pa}\pm 10\%$ 。於門把開門力量不可超過 100N。

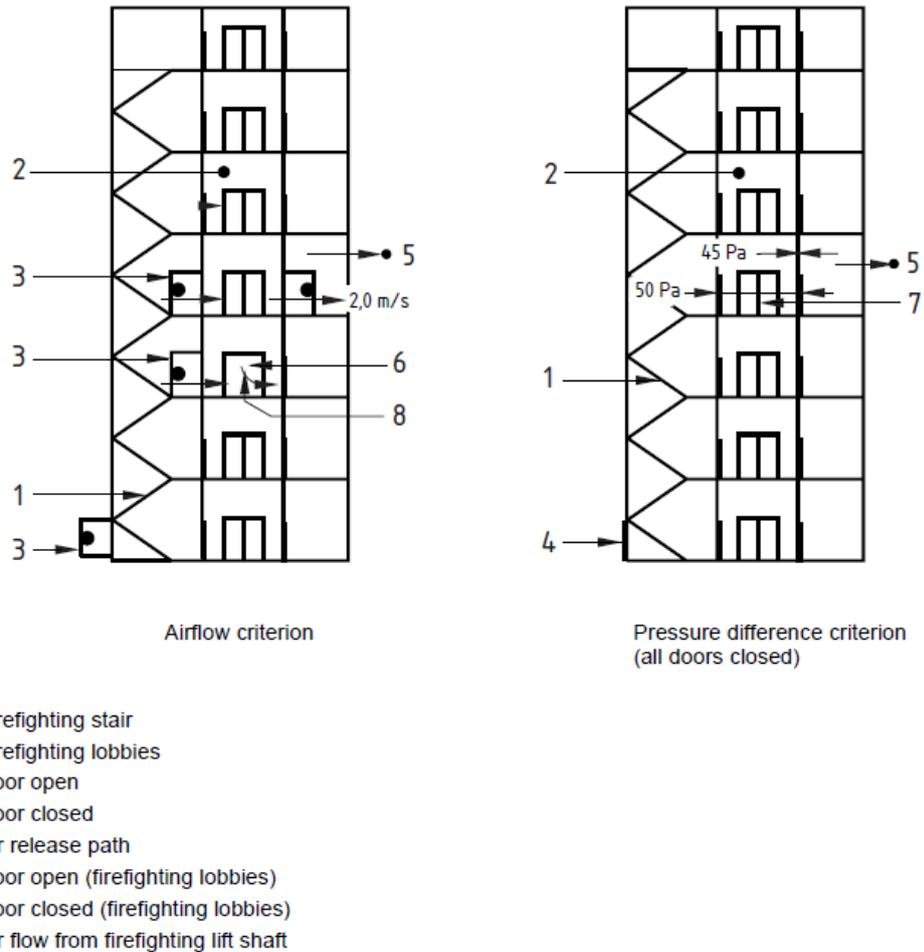


圖 4.8 B 類場所設計要求
(本圖取自參考文獻[25])

C 類場所，用於建築物人員，聽到消防警報，利用梯間進行疏散。

本壓差系統假設梯間於正常情況下，初期有人員使用進行疏散，最後梯間將保持淨空。在火災發展初期，將允許些許煙氣進氣梯間，在梯間加壓後壓力建立，則梯間會成無煙區域。於火災發展過程，須考慮開啟失火樓層之梯間到前室間的門、梯間加壓氣流洩壓路徑上的門扇，其餘區域的門則假設均在關閉狀態。

其氣流方向及壓差要求如圖 4.9 [25]所示，在加壓梯間流向開啟門扇之風速不可小於 0.75m/s。在 1.加壓區與住宅建築間所有樓層密閉的門扇、2.加壓梯間及最後出口所有關閉門扇間、3.失火樓層加壓氣流洩壓路徑上的開啟門扇之壓差不可小於 50Pa±10%，除前述門扇以外，在最後出口開啟門扇之壓差不可小於 10Pa±10%。於門把開門力量不可超過 100N。

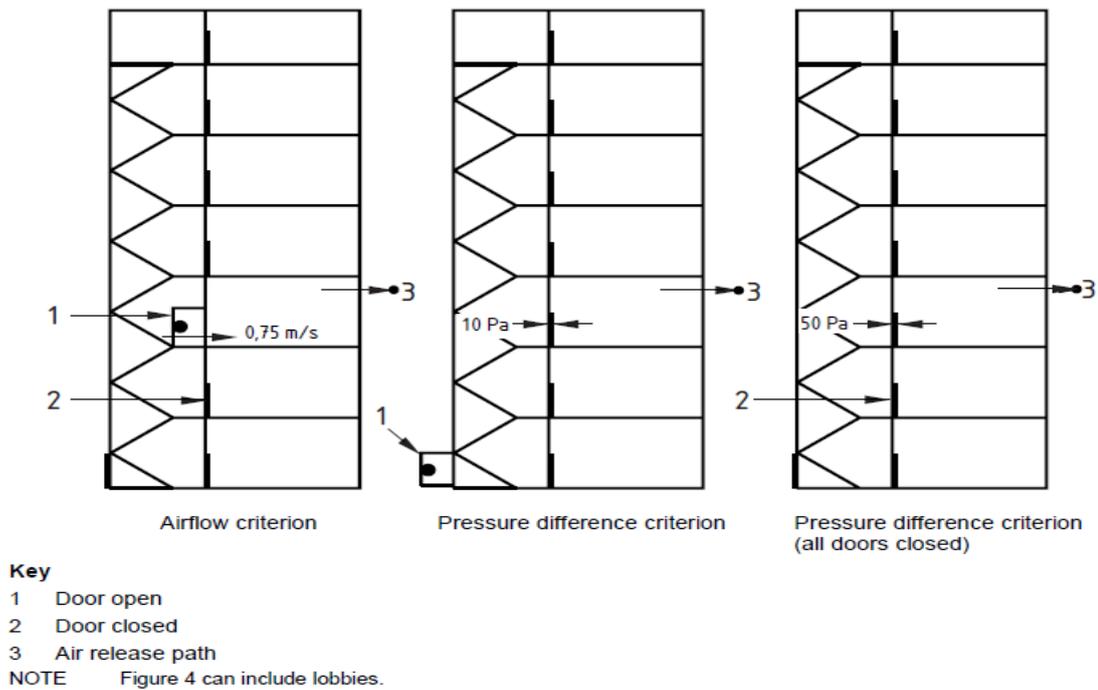


圖 4.9 C 類場所設計要求
(本圖取自參考文獻[25])

D 類場所，本壓差系統用於建築物供人員處於睡覺中之場所，例如旅館

人員較正常情況下，需要更多時間，才會開始利用梯間進行疏散，且對該環境可能不熟悉，或需要協助才可進入保護的區域。考慮：

1. 失火樓層之住宅建築及加壓空間的門扇開啟，及/或、
2. 失火樓層之住宅建築內所有門及加壓空間，及加壓氣流洩壓路徑上的門扇均開啟，及/或、
3. 在失火樓層加壓空間至最後出口，由住宅建築至逃生路徑上所有門扇均開啟，及/或、
4. 加壓梯間至最後出口間所有門扇均開啟，及/或、
5. 最後出口門扇開啟，及/或、
6. 失火樓層加壓氣流洩壓路徑開啟。

其氣流方向及壓差要求如圖 4.10 [25]所示，在加壓梯間流向開啟門扇之風速不可小於 0.75m/s。

在以下位置門扇之壓差不可小於 $10\text{Pa}\pm 10\%$ ：

1. 失火樓層之住宅建築及加壓空間密閉的門扇、
2. 在失火樓層加壓空間至最後出口，由住宅建築至逃生路徑上所有門扇開啟、
3. 加壓梯間至最後出口間所有門扇開啟、
4. 最後出口門扇開啟、
5. 加壓氣流洩壓路徑上的門扇開啟、
6. 失火樓層以外樓層的門扇開啟。

在以下位置門扇之壓差不可小於 $50\text{Pa}\pm 10\%$ ：

1. 所有樓層在住宅建築及加壓空間密閉的門扇
2. 加壓梯間至最後出口間之所有密閉門扇
3. 住宅建築所在樓層，因加壓氣流洩壓路徑上而開啟門扇
4. 最後出口門扇密閉

除前述門扇以外，在最後出口開啟門扇之壓差不可小於 $10\text{Pa}\pm 10\%$ 。於門把開門力量不可超過 100N 。

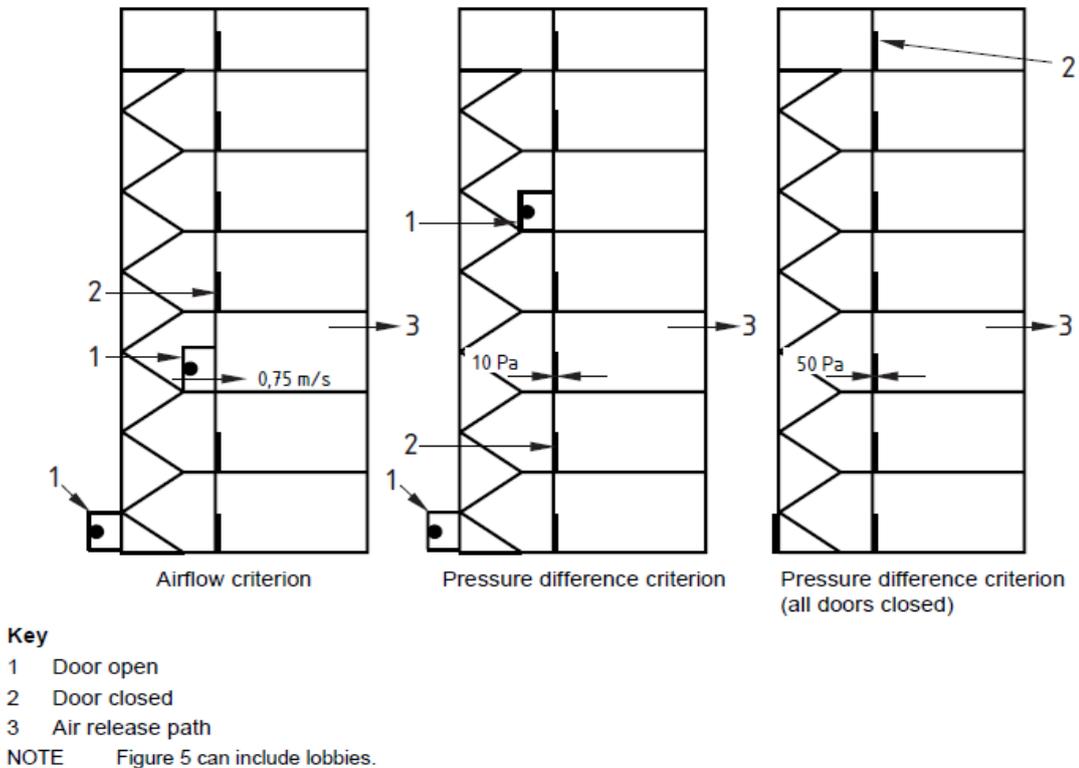


圖 4.10 D類場所設計要求
(本圖取自參考文獻[25])

E 類場所，本壓差系統用於火災時採分階段疏散(phased evacuation)

分階段疏散情境，有足夠時間可供人員避難，考慮火災發展中，產生較大火場壓力、大量煙氣。分階段疏散，受保護梯間維持無煙環境，使人員可疏散至安全樓層，遠離失火樓層。

在加壓梯間流向住宅建築開啟門扇之風速不可小於 0.75m/s，考慮以下條件：

1. 於失火樓層以上樓層之住宅建築與加壓空間所有門保持開啟，及/或
2. 加壓空間橫越逃生路徑兩個樓層，住宅建築到最後出口之所有門保持開啟，及/或
3. 加壓梯間至最後出口所有門保持開啟，及/或
4. 最後出口之門扇保持開啟，及/或
5. 失火樓層之住宅建築加壓氣流洩壓路徑保持開啟。

在以下位置門扇之壓差不可小於 10Pa±10%：

1. 住宅建築及加壓空間開啟的鄰近兩個樓層的所有門扇、
2. 在加壓空間鄰近兩個樓層穿越避難路徑，由住宅建築至逃生路徑上所有門扇開啟、
3. 加壓梯間至最後出口間所有門扇開啟、
4. 最後出口門扇開啟、
5. 住宅建築樓層之加壓氣流洩壓路徑上的開啟門扇。

在以下位置門扇之壓差不可小於 50Pa±10%：

1. 所有樓層在住宅建築及加壓空間的門扇密閉、
2. 加壓梯間至最後出口間之所有的門扇密閉、
3. 住宅建築所在樓層，因加壓氣流洩壓路徑上門扇開啟、
4. 最後出口門扇密閉。

其氣流方向及壓差要求如圖 4.11 [25]所示，於門把開門力量不可超過 100N。

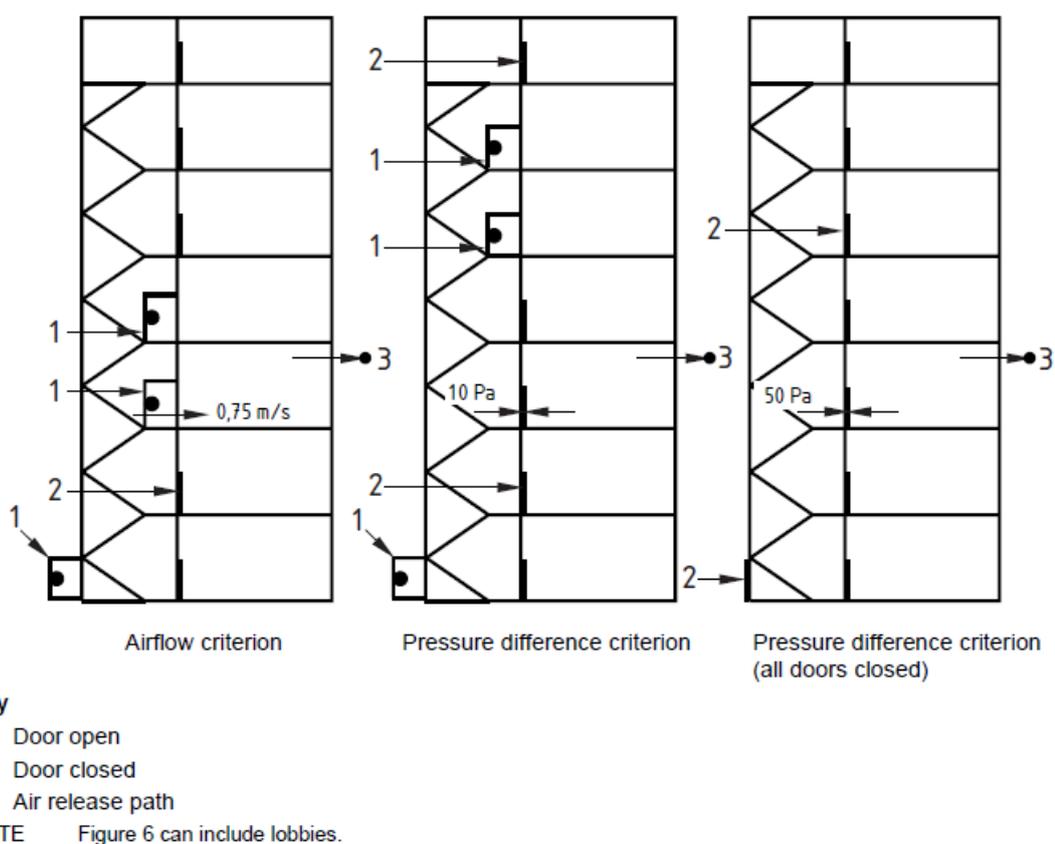


圖 4.11 等級 E 類場所設計要求
(本圖取自參考文獻[25])

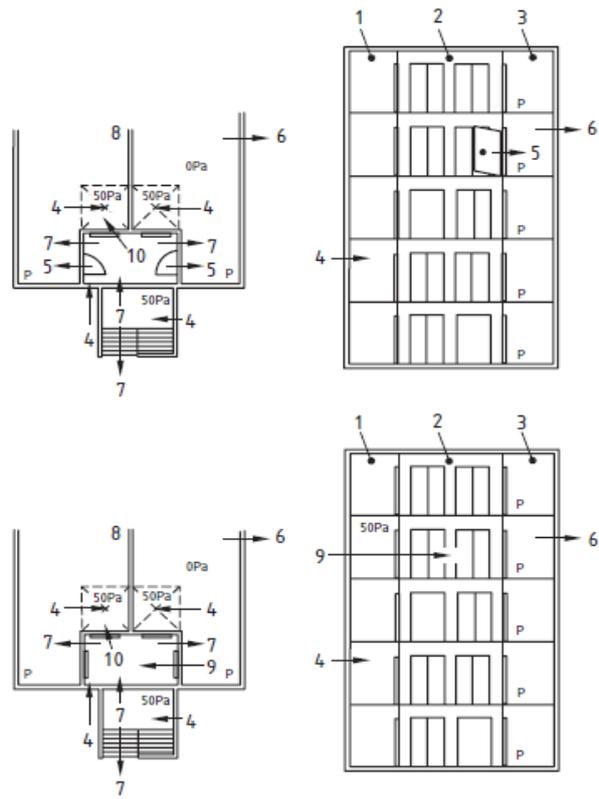
F 類場所，本壓差系統用於建築物進行消防滅火搶救。

使梯間受到煙氣侵襲減至最低。於火災發展至全盛期進行滅火過程，須考慮開啟前室與住宅建築間的門。

在加壓梯間流向單一開啟門扇之風速不可小於 2m/s，在 1. 電梯井道與住宅建築間、2. 梯間與住宅建築間之壓差不可小於 50Pa±10%，在其他前室與住宅建築間之密閉門扇，壓差不可小於 45Pa±10%。

其氣流方向及壓差要求如圖 4.12 [25]所示，於門把開門力量不可超過 100N。

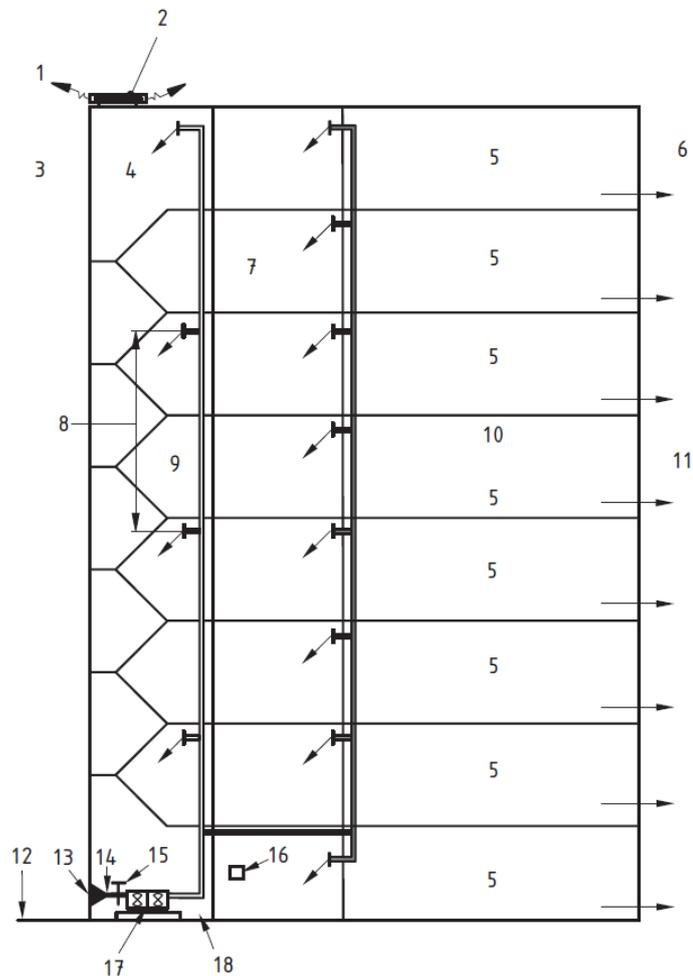
在受火災影響樓層之加壓梯間及前室間所有開啟門扇之風速不可小於 2m/s。
在受火災影響單元及前室間，所有開啟門扇之風速不可小於 1m/s。



- Key**
- 1 Stair
 - 2 Lobby
 - 3 Accommodation
 - 4 Supply air
 - 5 Leakage path through doors, etc.
 - 6 Air release path from building
 - 7 Over pressure relief vent
 - 8 Accommodation
 - 9 Lift lobby
 - 10 Lift car

圖 4.12 F類場所設計要求
(本圖取自參考文獻[25])

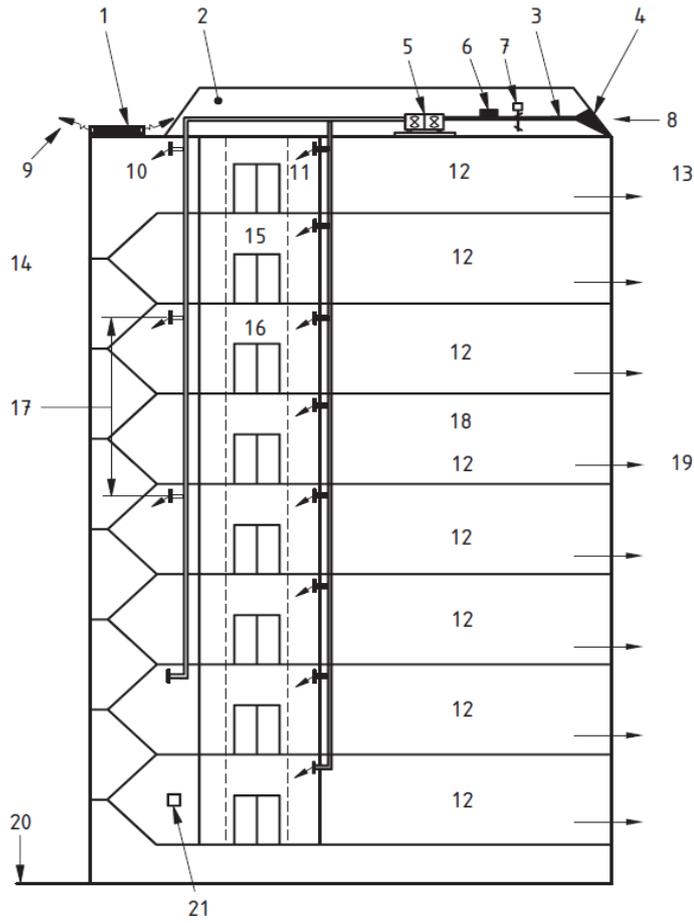
梯間加壓的送風機安排，可採底部加壓或頂部加壓方式，配置如圖 4-13、4-14 [25]所示。



Key

- 1 An alternative option is to control the fan to ensure overpressure does not exceed 60 Pa max.
- 2 Pressure relief dampers set to operate at 60Pa (max) within the stairwell enclosure
- 3 Pressurizing air discharged evenly throughout the stair height for building greater than 11 m (a single discharge normally at the top of the stair is acceptable for buildings less than 11 m)
- 4 Fire fighting stairs
- 5 Accommodation
- 6 External leakage
- 7 Pressurizing air discharged at every lobby level
- 8 Distance between air discharge to be no greater than three floor levels
- 9 Firefighting lobby access
- 10 Fire zone
- 11 Air release vents
- 12 Fire service access level
- 13 Single air intake
- 14 Smoke detector
- 15 Motorized smoke damper
- 16 Fire officers override switch
- 17 Primary and back-up pressurizing air units
- 18 Plant room that is protected by two-hour fire rated compartments and housing smoke pressurization fans

圖 4.13 底部送風式梯間加壓系統
(本圖取自參考文獻[25])



Key

- 1 Pressure relief dampers set to operate at 60 Pa (max) within the stairwell
- 2 Plant room that is protected by two-hour fire rated compartments and housing smoke pressurization fans
- 3 Smoke detector
- 4 Twin air intakes to alternative facades of the building complete with smoke detector and motorised smoke damper
- 5 Primary and back-up pressurizing air units
- 6 Alternative air intake
- 7 Motorised smoke damper
- 8 Air intake
- 9 An alternative option is to control the fan to ensure over-pressure does not exceed 60 Pa max.
- 10 Firefighting stairs
- 11 Firefighting lift well (if required)
- 12 Accommodation
- 13 External leakage
- 14 Pressurizing air discharged evenly throughout the stair height for building greater than 11 m (a single discharge normally at the top of the stair is acceptable for buildings less than 11 m)
- 15 Firefighting lobby
- 16 Pressurizing air discharged at every lobby level
- 17 Distance between air discharge to be no greater than three floor levels
- 18 Fire zone
- 19 Air release vent
- 20 (Fire service) access level
- 21 Fire officers override switch

圖 4.14 屋頂送風式梯間加壓系統
(本圖取自參考文獻[25])

第七節 中國大陸之規範

中國大陸之有關排煙及梯間加壓的規範，主要有 GB 50016-2015 [26] 建築設計防火規範，於 2015 年 5 月 1 日起實行，由《建築設計防火規範》GB 50016-2006 [27]和《高層民用建築設計防火規範》GB 50045-95（2005 年版） [28]的基礎上，經整合修訂而成。原《建築設計防火規範》GB50016—2006 和《高層民用建築設計防火規範》GB50045—95 同時廢止。

於 GB 50045-95 高層民用建築設計防火規範之條文中，詳細規範排煙設施，可分為 1.機械排煙與自然進風或機械進風、2. 機械加壓送風等兩種方式，機械加壓送風技術又廣泛應用在高層建築防煙方面，並已被廣大的工程技術人員所承認，這種方式是值得推廣採用的。針對各種防煙方式的分析，結合目前中國國內外防、排煙技術發展情況，規定對防煙樓梯間及其前室、消防電梯前室和兩者合用前室設置的防、排煙設施為機械加壓送風的防煙設施或可開啟外窗的自然排煙措施。除此之外，其它防、排煙方式均不宜採用。

GB 50016-2015 [26]規範共分 12 章和 3 個附錄，主要內容有：生產和儲存之火災危險性分類、高層建築的分類要求，廠房、倉庫、住宅建築和公共建築等工業與民用建築的建築耐火等級分級及其建築構件的耐火極限、平面佈置、防火分區、防火分隔、建築防火構造、防火間距和消防設施設置的基本要求。與本規範有關則為民用建築的疏散樓梯設置形式，建築供暖、通風、空氣調節和電氣等方面的防火要求以及消防用電設備的電源與配電線路等基本要求。

但在梯間加壓、排煙的規範條文予以簡化，僅保留：防煙樓梯間及其前室、消防電梯間前室或合用前室應設置防煙設施等條文，至於機械 1.機械排煙與自然進風或機械進風、2. 機械加壓送風等兩種方式之相關條文刪除。

GB 50016-2015 規範於第 6 章建築構造，對防煙樓梯間之要求如下：

6.4.3 防煙樓梯間除應符合本規範第 6.4.1 條的規定外，尚應符合下列規定：

1. 應設置防煙設施；
2. 前室可與消防電梯間前室合用；
3. 前室的使用面積：公共建築、高層廠房（倉庫），不應小於 6.0m²；住宅建築，不應小於 4.5m²。

與消防電梯間前室合用時，合用前室的使用面積：公共建築、高層廠房（倉庫），不應小於 10.0m²；住宅建築，不應小於 6.0m²；

4. 疏散走道通向前室以及前室通向樓梯間的門應採用乙級防火門；
5. 除住宅建築的樓梯間前室外，防煙樓梯間和前室內的牆上不應開設除疏散門和送風口外的其他門、窗、洞口；
6. 樓梯間的首層可將走道和門廳等包括在樓梯間前室內形成擴大的前室，但應採用乙級防火門等與其他走道和房間分隔。

於第 7 章滅火救援設施，7.3 消防電梯，對防煙樓梯間之要求如下：

7.3.5 除設置在倉庫連廊、冷庫穿堂或穀物筒倉工作塔內的消防電梯外，消防電梯應設置前室，並應符合下列規定：

1. 前室宜靠外牆設置，並應在首層直通室外或經過長度不大於 30m 的通道通向室外；
2. 前室的使用面積不應小於 6.0m²；與防煙樓梯間合用的前室，應符合本規範第 5.5.28 條和第 6.4.3 條的規定；
3. 除前室的出入口、前室內設置的正壓送風口和本規範第 5.5.27 條規定的戶門外，前室內不應開設其他門、窗、洞口；
4. 前室或合用前室的門應採用乙級防火門，不應設置捲簾。

8.5 防煙和排煙設

8.5.1 建築的下列場所或部位應設置防煙設施：

1. 防煙樓梯間及其前室；
2. **消防電梯間前室或合用前室；**
3. 避難走道的前室、避難層（間）。

建築高度不大於 50m 的公共建築、廠房、倉庫和建築高度不大於 100m 的住宅建築，當其防煙樓梯間的前室或合用前室符合下列條件之一時，樓梯間可不設置防煙系統：

1. 前室或合用前室採用敞開的陽臺、凹廊；
2. 前室或合用前室具有不同朝向的可開啟外窗，且可開啟外窗的面積滿足自然排煙口的面積要求。

8.5.2 廠房或倉庫的下列場所或部位應設置排煙設施：

1. 丙類廠房內建築面積大於 300m^2 且經常有人停留或可燃物較多的地上房間，人員或可燃物較多的丙類生產場所；
2. 建築面積大於 5000m^2 的丁類生產車間；
3. 占地面積大於 1000m^2 的丙類倉庫；
4. 高度大於 32m 的高層廠房（倉庫）內長度大於 20m 的疏散走道，其他廠房（倉庫）內長度大於 40m 的疏散走道。

8.5.3 民用建築的下列場所或部位應設置排煙設施：

1. 設置在一、二、三層且房間建築面積大於 100m^2 的歌舞娛樂放映遊藝場所，設置在四層及以上樓層、地下或半地下的歌舞娛樂放映遊藝場所；
2. 中庭；
3. 公共建築內建築面積大於 100m^2 且經常有人停留的地上房間；
4. 公共建築內建築面積大於 300m^2 且可燃物較多的地上房間；
5. 建築內長度大於 20m 的疏散走道。

8.5.4 地下或半地下建築（室）、地上建築內的無窗房間，當總建築面積大於 200m^2 或一個房間建築面積大於 50m^2 ，且經常有人停留或可燃物較多時，應設置排煙設施。

本節依北京市建築設計院楊偉成之著作[15]說明，而楊依大陸新修訂的「高層民用建築設計防火規範」來討論防煙與加壓設計。

一、設置機械加壓送風系統的條件

1. 凡防煙樓梯間採用自然排煙，或防煙樓梯間前室、緊急昇降機前室和合用前室(以下簡稱"前室")採用自然或機械排煙者，不應設置機械加壓送風系統。
2. 當防煙樓梯間及"前室"不具備自然排煙條件，而且"前室"不採用機械排煙者，應設置機械加送風系統。

二、壓力要求和加壓系統

1. 防煙樓梯間要求保持 50Pa 的正壓(當防煙樓梯間和各門均關閉時)，前室"的壓力應為正壓(此壓力依靠正壓樓梯間通過門縫隙滲入的風量而形成)，但應低於防煙樓梯間的壓力。

2. 防煙樓梯間的機械加壓送風系統應單獨設置。如果"前室"亦設機械加壓送風系統，不應與防煙樓梯間的系統合用送風機或風管，後者目前不推薦採用。
3. 不得僅設"前室"的機械加壓送風系統而不設防煙樓梯間的機械加壓送風系統。

三、 加壓送風機

1. 送風機風量

$$V = \frac{nAv(1+b)}{a} 3600(m^3 / hr)$$

式中

n — 防煙樓梯間同時開啟的門數量，按以下假設採用：

地上20層以內建築，n = 2；地上21層以上，n = 3。

A — 每扇門的開啟斷面積，m²。

v — 門開啟時在門洞上保持的風速，取 0.7m/s

a — 考慮排煙通路產生的背壓係數，取 0.6

b — 送風管道的漏風附加率，如下：鋼板送風管，b = 15%

混凝土風道，b = 25%，磚砌風道建議不採用。

2. 送風機全壓

應按防煙樓梯間的正壓值、吸風管道和送風管道的摩擦阻力與局部阻力的總和計算。

四、 送風管和送風口

1. 送風管

(4) 送風機出口送風管上宜設電動閘，其動作與送風機相連鎖。

(5) 當送風管和排煙管或排風管相鄰布置時，送風管應用鋼板製作，切忌二者均為土建風道，以免縫隙大量滲漏。

2. 送風口

(1) 高層建築防煙樓梯間內應設多風口送風，一般可按每二至三層設一個送風口。

(2) 所有送風向可為固定百葉風口，經常處於開啟狀態。最好採用鋁雙層

百葉風口，以利於調節風量。

五、 加壓空氣的排出

1. 機械加壓送風系統的設計中，應充分考慮加壓空氣進入樓層後的排出途徑通暢。
2. 排風量的計算應取下列二者中的大者：
 - (1) 按加壓送風系統的淨送風量(不計入漏風附加率)分配到幾個樓層中，減去這些樓層的固定排風量，如廁所排風量等。對於一般民用建築，固定排風量可暫按淨送風量的 20-30% 進行估算。
 - (2) 按「高層民用建築防火規範」8.4.2 條計算的排煙風量。
3. 加壓空氣的排出位置應在距防煙樓梯間較遠處的走道或空間，排出的方式應下列幾種之一：
 - (1) 由"前室"通往樓層的空間或走道或在建築物周邊的窗戶。
 - (2) 豎風道自然排風，豎風道和排風口的淨斷面積可按 $v \leq 2\text{m} / \text{s}$ 計。所有樓層的排風可共用一個豎風道。各排風口平時應處於關閉狀態。火警時，手動或遙控打開火災層及鄰層等不超過 n 個樓層上的排風口。
 - (3) 豎風道機械排風豎風道和排風口的淨斷面積可按 $v \leq 10\text{m} / \text{s}$ 計，取 $v \leq 6\text{m} / \text{s}$ 左右更好。其它同(二)。

六、 其它注意事項

1. 加壓送風機房和排風機房宜設於不易受建築物火災影響的部位。
2. 加壓送風機、排風機以及電動閥和排風口均應有緊急電源，以保證有火警情況下的運行和動作。
3. 應提請電氣專業在事故廣播設計中妥善引導火災樓層以及鄰近樓層的人員有前後次序地安全疏散，避免防煙樓梯間同時開啟的門數量過多(一般最多開啟三個樓層的門扇)。

關於設計計算方法，楊進一步說明如下：

- 一、 根據中國大陸的經濟條件和管理水平，當高層建築的內部布置形式有條件採用自然方式排煙時不宜採用機械方式的防排煙，其優點是可靠性高、投資少和管理簡單。當不具備自然排煙條件時，則應選擇採用防煙樓梯間的機械加壓送風系統。
- 二、 高層建築如確定採用機械加壓送風系統，當有火警時，將對防煙樓梯間進行加壓，使其壓力高於"前室"壓力，而"前室"壓力又高於走道壓力，以使著火層的煙氣不能進入前室和防煙樓梯間。這樣，就能有效地使建築物內的人員通過防煙樓梯間進行安全疏散。
- 三、 防煙樓梯間內的正壓是指所有相通的門關閉的情況下的正壓其取值應足以阻止著火層的煙氣在熱壓、風壓、浮力、膨脹等力量的聯合作用下進入樓梯間，而同時又不致過高而造成人們推不開通入防煙樓梯間的門。根據美國、英國和加拿大的經驗，正壓值一般在25~50Pa範圍內為宜，建議參照選用。在走道內有自動撒水設備的建築內，25Pa以上正壓值是安全的。鑑於大陸有關主管部門目前對生產的防火門的門縫寬度尚無具體規定或要求，遇到實際的門縫寬度較大時，要維持正壓值為50Pa要比維持25Pa更難些。
- 四、 "前室"的壓力將介於防煙樓梯間（正壓）與走道（零壓）壓力之間。如要求得其具體數值，可根據防煙樓梯間與前室之間的門縫面積以及前室與零壓空間（如經走道、緊急升降機至室外）之間的門縫與孔口面積加以計算。
- 五、 除設置防煙樓梯間的機械加壓送風系統之外，國外亦論及為"前室"設置加壓送風者。當不同樓層的防煙樓梯間與"前室"之間的門以及"前室"與走道之間的門同時開啟或部分開啟時，氣流的走向和風量的計算均較複雜，以致防煙樓梯間和"前室"各自的送風量需要由自動控制系統進行適當的分配方能維持彼此之間的恰當壓力差，這在當前難以做到。鑑於上述理由，不推薦同時為"前室"設置加壓送風。

- 六、 僅設"前室"的機械加壓送風系統而不設樓梯間的機械加壓送風系統是不安全的，因為樓梯間的壓力低於"前室"壓力，在尚無充分依據的條件下，不應採用該做法。
- 七、 送風量的計算理應根據兩種條件分別進行計算，在設計上取其大者：第一種條件是當防煙樓梯間的門全部關閉時，根據壓力差和門縫的總有效通路面積（按關聯通路與串聯通路的綜合通路面積計算）進行計算的結果。第二種條件是在人員疏散過程中當著火層和底層（也許還有著火層的某鄰層）通入防煙樓梯間的門同時開啟時，為保證開啟的門洞斷面上有一定的風速進行計算的結果。
- 第一種條件的計算目前由於防火門的縫寬無具體規定而帶有較大盲目性。第二種條件的計算取決於門洞上的平均斷面風速取值以及防煙樓梯間同時開啟的門的數量假設得是否足夠安全。第二種條件所得送風量一般比按第一種條件所得送風量大些。為此，建議目前暫按第二種條件確定加壓送風量。這種計算方法亦比按第一種條件進行計算更簡單些。
- 八、 為保持防煙樓梯間內的正壓值在任何時候都不超過額定的數值，如果門縫均比較嚴密的話，理應設置適當數量的洩壓閥，以便在超壓時自動開啟進行卸壓。
- 九、 當送風管和排煙管或排風管相鄰布置而且均為土建風道時，往往由於施工不嚴密而產生較大的滲透現象。為此，要求送風管用鋼板製作以利於避免上述現象的發生。
- 十、 在有火警時防煙樓梯間內同時開啟的門數對加壓送風系統的效果關係極大，因而利用廣播妥善引導著火樓層以及鄰近樓層的人員有秩序地安全疏散就特別必要。應該避免向全樓同時廣播通報火警，因為這樣會造成全樓內的所有人員同時擁向防煙樓梯間，不僅容易發生擠傷事故，而且由於防煙樓梯間通向各層前室的門大量開啟，著火層的門洞斷面風速過低，將難以阻擋煙氣通過開啟的門進入防煙樓梯間。

第八節 國外現行安全梯間加壓防煙規範之簡要

國外現行安全梯間加壓防煙規範之簡要，如表4.8所示。

表 4.8 國外現行安全梯間加壓防煙規範之簡要
(本表取自參考文獻[6])

	香港	新加坡	NFPA 規範	BOC 規範(1987)
管制對象		4 層以上地下室或高於 24m 大樓		75 呎以上之建築 (~24m)
門關閉之最低壓差	50 Pa	50 Pa	任何樓層在逃生模式時維持 12.5 Pa 以上	門關閉且梯間排氣量為 2500 cfm (~4250cmh) 時維持 12.5 Pa 以上正壓
開門最大力道或最大壓差	133 N 之開門力道	110 N 之開門力道	133 N 之開門力道及低於 100Pa 壓差	
逃生模式開門之最低平均風速	三樓層各開一扇門及逃生門開啟時，開門風速為 0.75 m/s 以上	兩個連續樓層及開門逃生門開啟時開門風速為 1.0m/s 以上	最低正氣壓樓層維持 12.5Pa	
加壓方式	<30m 高單或多點送風，≥ 30m 多點送風	維持均壓為原則	若採單點送風須經有效防煙分析	
風管構造	通風風管		通風風管	專用通風道
啟動	火警連動，防災控制手動優先	火警連動，防災控制手動優先	火警連動，防災控制手動優先	火警時啟動
氣壓控制	氣壓風門、排氣風機、風機旁通、逃生門自動開啟	排氣風機及排氣風門	氣壓風門、排氣風機、風機旁通	梯間上方有洩氣風門，風量可達 2500cfm (~4250cmh)
前室氣壓		低於安全梯間	低於安全梯間	>60 ACH 送風量，12.4 Pa 正壓，如梯間維持 37Pa 以上不設前室

表 4.8 續

	UBC 規範(1997)	IBC	中國大陸
管制對象	75 呎(~24m)以上之建築或 30 呎(~9.4m)以上之地下 建築	75 呎(~24m)以上之 建築或 30 呎(~9.4m) 以上之地下建築需 特別安全梯	(高層民用建築)
門關閉之最低壓差	高於前室 12.5 Pa	25Pa	25Pa
開門最大力道或最大壓差	133N 之開門力道	133N 之開門力道及 低於 87Pa 壓差	
逃生模式開門之最低平均風速	$v = 217.2 \left[\frac{h(T_f - T_o)}{T_f + 460} \right]^{1/2}$ v 為風速(fpm), h 為樓層 高度(ft), T_f 及 T_o 為火場 內外溫度($^{\circ}$ F)	$v = 217.2 \left[\frac{h(T_f - T_o)}{T_f + 460} \right]^{1/2}$ v 為風速(fpm), h 為 樓層高度(ft), T_f 及 T_o 為火場內外溫度 ($^{\circ}$ F)	20 層以內開二扇門 20 層(含)以上開 3 扇 門, 逃生門開啟, 開 門風速為 0.70m/s 以 上
加壓方式			多點送風, 每 2-3 層 設一送風口
風管構造			
啟動			
氣壓控制	梯間上方有洩氣風門, 風 量可達 2500cfm (~4250cmh)		
前室氣壓	高於室內 12.5Pa 壓差	如安全梯間維持 37Pa 以上不設前室	低於安全梯間

註：

1. 大陸部份參考北京市建築設計院之資料。
2. 梯間安全門之控制可用自行關閉或連鎖自動關閉式(International Building Code IBC 909.20.2.1 self closing or automatic closing by actuation)
3. 加壓風管置於安全梯間(如夾層送風), 為 IBC 之建議選項 (909.20.6.1 Equipment connected to the smokeproof enclosure by ductwork enclosed by 2-hour fire barrier)。

第五章 梯間加壓系統設計

以下簡要將收集得之國內外設計資料作一彙整，列於表5.1。

表 5.1 收集得之國內外設計資料與重點

資料	重點
Fire Protection Handbook, 8 th edition, section 5, chapter 2, Automatic fire detectors, NFPA, 2000.	自動探測器原理與應用
ASHRAE Guideline 5-1994 (RA 2001), Commissioning Smoke Management Systems.	防煙系統性能測試
NFPA 90A, 2015 Edition, Standard for the Installation of Air-Conditioning and Ventilating Systems, An International Codes and Standards Organization	暖通空調系統安裝指南
NFPA 92, Standard for Smoke Control Systems, 2015 Edition, National Fire Protection Association, An International Codes and Standards Organization.	防煙系統設計
NFPA 90B Standard for the installation of warm air heating and air-conditioning systems, 1999 edition.	加壓風管與風道設計
International Building Code, International Code Council., chapter 9, Fire protection systems, chapter 10 Means of egress, 2000.	加壓防煙設計規範
International Building Code, International Code Handbook, chapter 9, Fire protection systems, chapter 10 Means of egress, 2012.	加壓防煙設計規範
山海敏弘，日本建築物排煙設備基準法簡介，中華民國冷凍空調研討會，85年12月14日。	日本防煙系統設計
楊偉成，高層建築防煙樓梯間的機械加壓送風系統設計計算方法探討，消防排煙系統，中國消防協會消防技術與產品信息中心出版，PP.26-30。	中國大陸梯間加壓防煙設計方法
潘淵清，高層建築中機械加壓送風防煙設計，消防排煙系統，中國消防協會消防技術與產品信息中心出版，PP.31-37	中國大陸梯間加壓防煙設計方法
Fire, smoke and radiation damper installation guide for HVAC systems, 4 th edition, SMACNA, 1992.	防火防煙風門設計安裝
Building management system fundamentals, Automatic control for commercial buildings, SI edition, Honeywell, 1997.	防煙自動控制
A.A. Peppes, M. Santamouris, D.N. Asimakopoulos, Buoyancy-driven flow through a stairwell, Building and Environment Vol. 36, 2001, pp.167-180.	洩漏流動係數 (FLOW COEFFICIENT)之參考
開洞式高層建築表面風壓力之研究，建築學報，第33期，PP.1-13，2000年7月。	建築表面風壓
F.J. McCabe, USA Full Building & Stairwell Smoke Management Systems, with Damper Applications,	梯間加壓系統之設計與操作模式

第一節 偵煙器

1. 功能

偵煙器的主要功能係對煙霧的移動快速作出反應，並產生輸出信號以驅動自動火災警報系統及預定之煙控系統操作模式。

2. 型式及操作原理

偵煙器依其操作原理，基本上可分為下列兩種型式：

A. 離子式

離子式的偵煙器通常為局部型，其探測原理是靠「電流」的變化偵測煙霧的存在，其內部設有兩個氣室，一為量測氣室(Measuring Chamber)，另一為基準氣室(Reference Chamber)，當煙霧進入量測氣室時會使原本兩個氣室內兩個電極之間持續通電之微小穩定電流發生變化，此電流變化轉換為電壓變化後再經放大器，即動作並發出警報信號。如圖5.1所示。

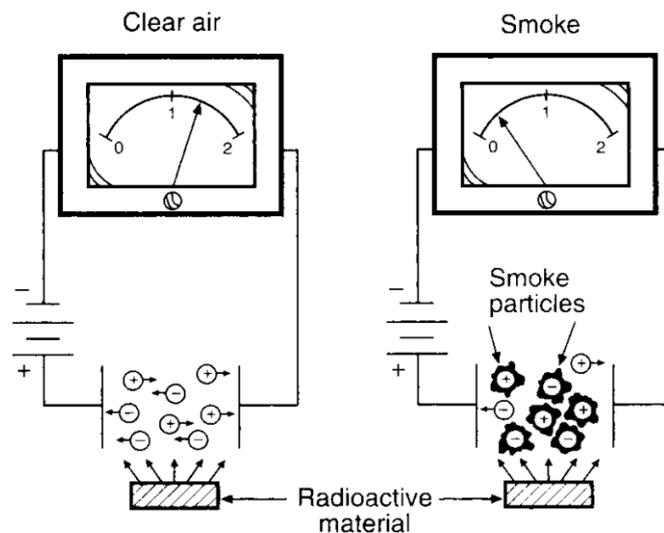


圖 5.1(a) 離子式的偵煙器
(本圖取自參考文獻[24])

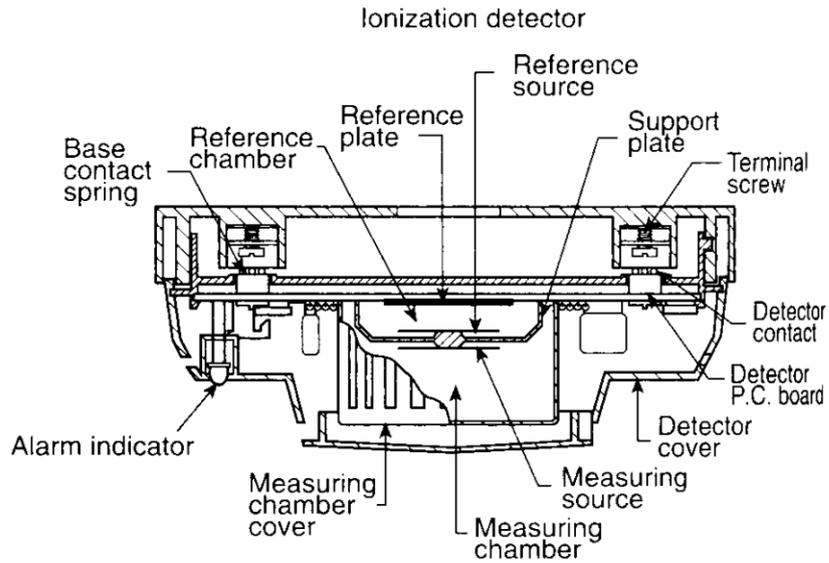


圖 5.1(b) 離子式的偵煙器
(本圖取自參考文獻[24])

B. 光電式

光電式偵煙器其探測原理，有兩種型式，一為光遮蔽式(light obscuration)，另一為光散射式(light scattering)。光遮蔽式如圖5.2所示，其內部光源持續發出光束至感光元件，當煙霧微粒進入探測器內時，會使光感測元件所接收的光束減少，利用受光強度減少及光電轉換原理，而動作警報信號。光散射式如圖5.3所示，其內部光源亦持續發出光束，當煙霧微粒進入探測器時，會因光源散射現象而使感光元件受光而動作警報信號。

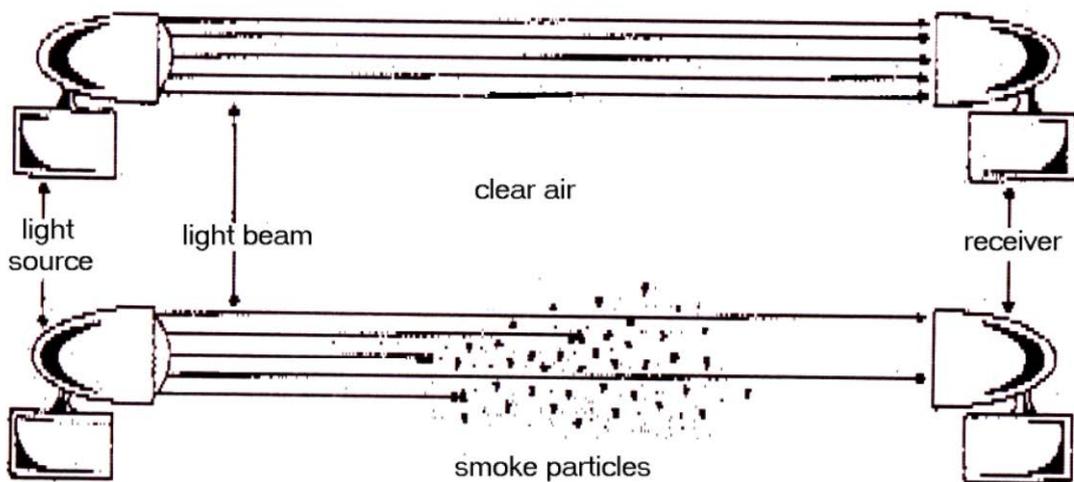


圖 5.2 光遮蔽光電式偵煙器
(本圖取自參考文獻[24])

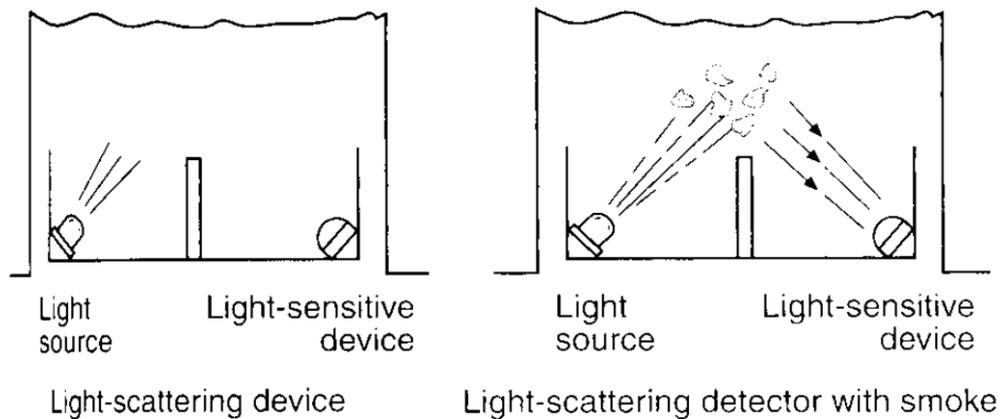


圖 5.3 光散射光電式偵煙器
(本圖取自參考文獻[24])

除上述兩種偵煙器探測原理外，另有一種極早期之偵煙器，無須仰賴煙霧的對流作用即可偵測煙霧的存在與否，其偵測原理為採空氣取樣法(Air Sampling)，將取樣空氣送到探測器內判定樣本中是否含有煙霧的成份，可在最短時間內偵測到煙霧的存在。

3. 偵煙器之選擇

離子式偵煙器應用於高能量火災其反應速度較其他型式偵煙器快，此乃因高能量開放型火焰(open flaming)燃燒所產生之煙霧微粒之粒徑較細，對離子化空氣之微小電流極易產生干擾，故對不可見煙霧之偵測較靈敏。而光電式應用於低能量悶燒型之火災時其反應速度較快，乃因悶燒所產生的煙霧微粒粒徑較粗容易對光產生遮蔽或散射效果之故，因此光電式偵煙器對可見煙霧之偵測較靈敏，故較適用於開放氣室 (Plenum)、大尺寸風管。

為確保偵煙器偵煙器操作正常，偵煙器之選擇另應考量梯間加壓煙控系統運轉所需各項參數之操作範圍諸如：空氣流速、溫度及相對濕度等。

偵煙器之設計有風管型、室內型，風管型又可分為區域型、局部型、線型、空氣取樣型及投射光束型等，採用那一種偵煙器視裝置處所之適用性而定。

4. 偵煙器之設置

梯間加壓煙控系統應設有專用之偵煙器以自動啟動或停止相關風機，此專用之偵煙器應僅供梯間加壓煙控系統用且不可被一般室內裝設之偵煙器取代。梯間加壓煙控系統如同一般空調送風系統均有可能將煙霧自某一區域傳送至另一區域，

為避免煙霧被梯間加壓風機吸入後擴散至安全逃生梯妨礙逃生，故應在加壓風機進風管處或其他適當位置裝設偵煙器。

為避免偵煙器誤報或動作失效，偵煙器之設置位置應注意離開非火警產生之煙霧、粉塵、水氣等。

第二節 梯間靜壓控制

1. 目的

梯間靜壓控制的目的是維持梯間門兩側容許的最大及最小靜壓差。概最大靜壓差值應不可造成開門力道過大妨礙逃生。至於最小靜壓差則是阻止煙霧不致從門四週縫隙滲入逃生梯間，亦即必須在指定多少扇門同時開啟的條件下，所有門的兩側能提供足夠的靜壓差且足以克服風力、煙囪效應、煙霧逆流及熱煙浮力等影響。

2. 壓力梯度與釋壓

國際上有些建築法規例如英國的BSI (British standard Institute) 要求在進入安全樓梯間之前應設置一前室(Anteroom or Vestibule)，其主要目的為具前室之樓梯間在前室門與梯間門均被打開之情況下，由於兩個門對氣流之流動而言形成串聯，其氣流流動阻力較單一門為大，故對梯間加壓系統之運轉可減低因梯間門被打開後所損失的壓力而較易維持正壓。BSI要求樓梯間與居室之間的壓力差不得小於50Pa，為世界各國中規定較高者。對於設有前室之梯間，其在走道、前室及梯間之間所構成的逃生動線上應維持一適當的靜壓壓力梯度，亦即梯間壓力應高於前室壓力，而前室壓力應高於走道壓力。目前世界各國對梯間應維持最小靜壓差值之規定並不一致，靜壓差值範圍自12.5Pa~50Pa不等。另有關前室是否應予通風加壓目前法規有規定應提供送排風加壓方式（例如International building code），亦有前室可免設加壓之規定（例如NFPA 92及UBC）。此外，失火樓層其他排煙系統若啟動將可增強梯間加壓煙控系統之效能，此係因降低失火樓層之壓力，同時可相對增加梯間門兩側壓力差之故。

釋壓的目的為防止當梯間加壓時所有梯間門均關閉或梯間門開啟個數不足的情況下，造成梯間壓力過高以致梯間門開啟困難妨礙逃生，故應有梯間釋壓控制

裝置。

3. 靜壓控制方式

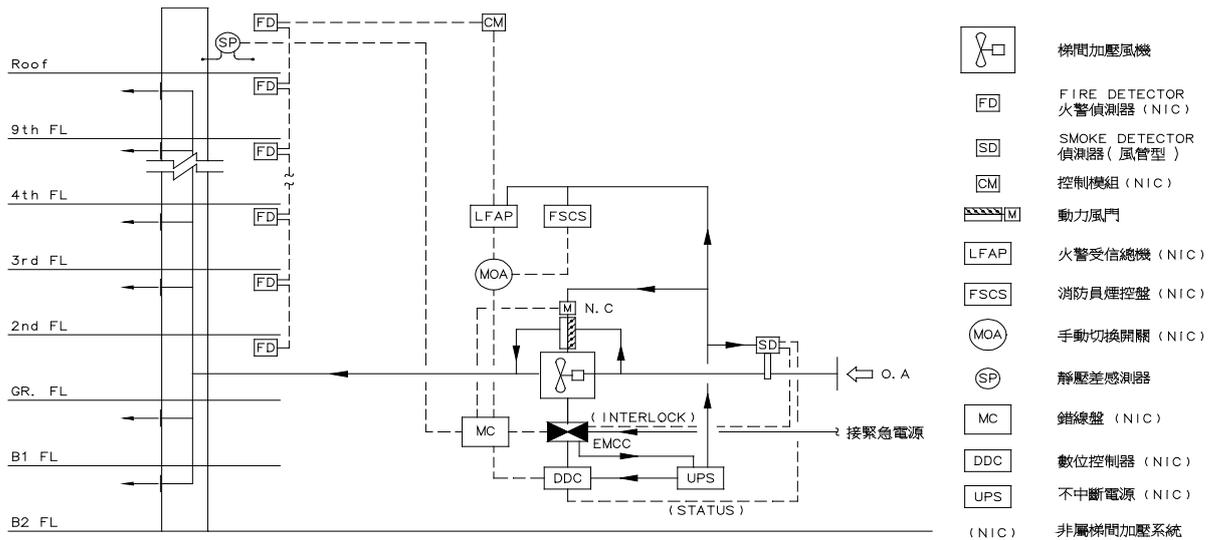
A. 補償式系統

梯間加壓防煙風機之送風量應能滿足在指定梯間門數開啟的條件下，維持最小的氣流速度以防止煙霧逆流現象，並維持其他未開啟門最小壓差，其氣流流量控制方式可採下列方法：

A-1. 送風量旁通法(如圖 5.4 所示)

控制程序說明：

- (1) 加壓風機經由煙控盤手動或大樓火災警報系統自動啟動後，開始對梯間加壓。
- (2) 風機出口端與吸入端以一裝有自動調控風門之風管連接，此調控風門受一個或多個梯門與室內之靜壓差感測器控制，當梯門之關閉數量增加時調控風門隨感測之靜壓差升高而逐漸開啟以旁通送風量至風機吸入端，同時減少梯間送風量以維持梯間所需之最小靜壓差及防止系統超壓。
- (3) 風管型偵煙器偵測到吸入空氣有煙霧時自動停止加壓風機運轉。
- (4) 加壓風機運轉停止後經由手動切換開關欲重新啟動加壓風機，須先確定加壓風機吸入有煙霧空氣產生之危害是否較停止加壓風機運轉造成煙霧竄入梯間產生之危害為小。
- (5) 為確保系統控制連鎖之可靠性，風管型偵煙器與加壓風機應採熱線（Hot wired）連接，而不經先由直接數位控制器。唯偵煙器信號狀態之確認（Status verification）可藉由直接數位控制器傳送至中央監控系統以利管理。
- (6) 逃生時地面層梯門經常開啟，若加壓風機設於地面則為避免氣流回流現象，地面層不宜設梯間加壓送風口。

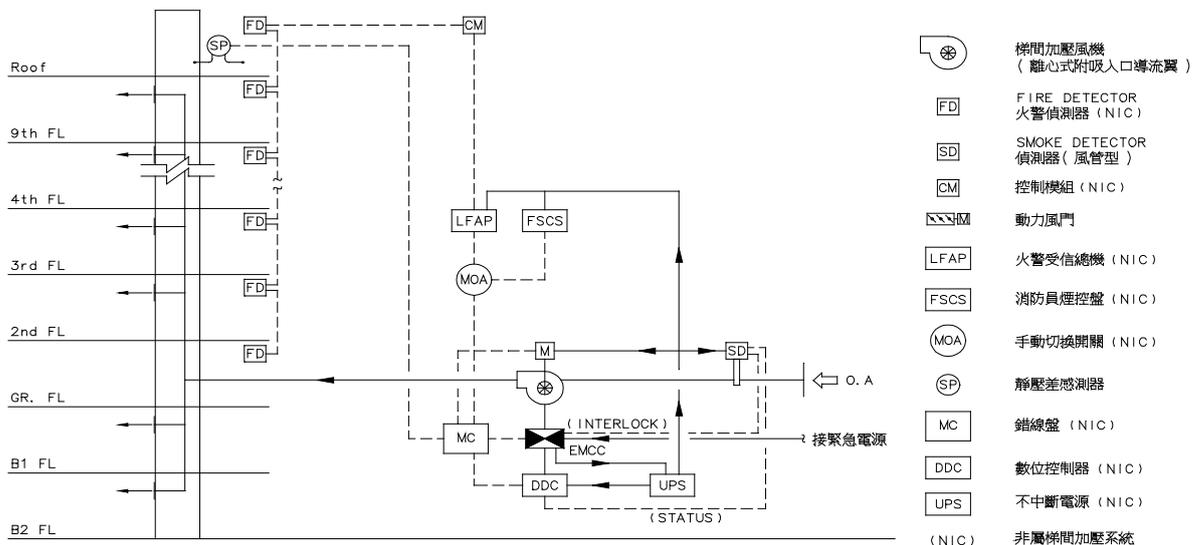


送風量旁通法

圖 5.4 送風量旁通法

A-2. 可變送風量控制法

下列各種方式可藉由靜壓差感測器偵測梯間靜壓變化而改變梯間加壓所需風量，以維持梯間適當的壓力。加壓風機以變頻器驅動控制風機運轉轉數。加壓風機裝設可變角度之吸入口導流翼(如圖5.5所示)，對於需較大送風量之梯間加壓系統可採較小風量配多台風車之段數控制 (Step control) 方式。



可變送風量法

圖 5.5 可變送風量法

控制程序說明：

- (1) 加壓風機經由煙控盤手動或大樓火災警報系統自動啟動後，開始對梯間加壓。
- (2) 風機吸入端裝有可調整開度之導流翼，此導流翼受一個或多個梯間與室內靜壓差感測器控制（取靜壓值較高者），當梯門之關閉數量增加時導流翼隨感測之靜壓差升高而逐漸關閉以減少加壓風機送風量至梯間，反之亦然。
- (3) (4)，(5)，(6)項控制程序說明同圖 5.4。

A-3. 梯間設有前室之風壓控制法

設有前室之梯間若僅對前室裝置機械加壓送風系統而不設梯間機械加壓送風系統是不安全的，因為如此將造成梯間壓力低於前室壓力，在目前尚無充分依據條件下不建議採用該做法。國際間雖亦有對前室設加壓送風系統之規定（例如 UBC），唯當不同樓層之安全梯間與前室之間的門以及前室與走道間的門同時開啟或部份開啟時，氣流之流向與維持適當風壓所需的風量計算則均較複雜，故安全梯間與前室為維持適當風壓各自所需之風量，欲藉由自動控制系統來作調節分配亦難以達成。事實上國際間亦有法規對安全梯間與前室是否均需設加壓送風系統並無強制性規定（例如 NFPA）。有鑑於此，不建議對安全梯間與前室均設加壓送風系統以求系統儘量簡單。

A-4. 梯間釋壓控制法

本方法加壓風機之送風量維持固定，當梯間靜壓差過高則釋放風量至室外之控制方式。隨梯間門開啟數量變化時可採下列方式之一維持梯間壓力在一適當的控制範圍：可調整配重之氣壓風門(Barometric damper)。如圖 5.6 所示，風門隨梯間壓力之高低而自動啟閉。

動力式風門 (Motorized damper)。如圖 5.7 所示，可採氣動或電動方式操作，藉由梯間壓差控制器以調制風門之開度。此法較上述氣壓風門有更佳的靜壓控制效能唯所需控制組件亦較多。地面層之梯間門可隨梯間壓力自動啟閉方式，此門平時保持關閉，梯間加壓系統操作時則切換為可隨梯間壓力之高低而啟閉之自動操作模式。設置排氣風機於梯間，排氣風機受梯間壓差控制器控制排氣風機之啟停。排氣風機之裝設位置應注意避免與加壓風機之間產生氣流迴流問題。

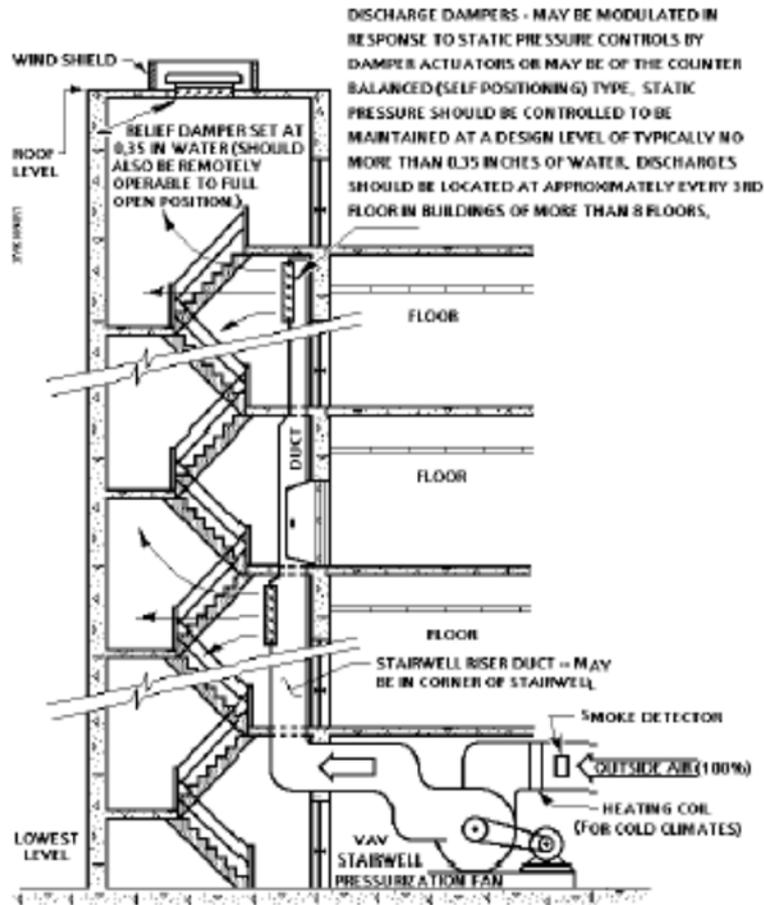
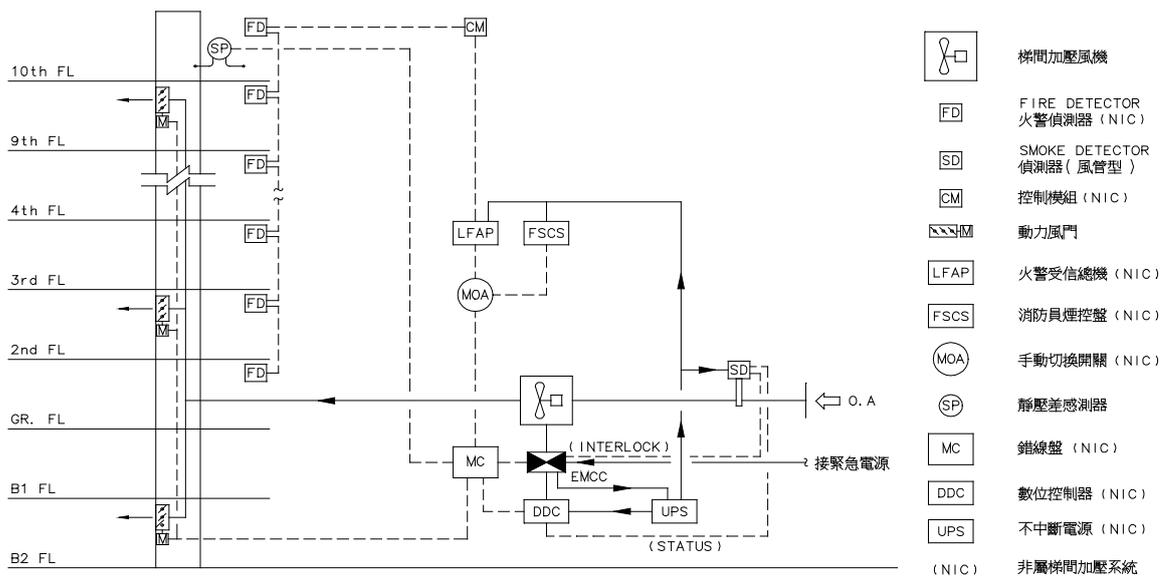


圖 5.6 可調整配重之氣壓風門

(Smoke control system application guide. Siemens Building Technologies, Inc.)



動力式風門調壓法

圖 5.7 動力式風門 (Motorized damper)

上述梯間之靜壓控制無論採何種方式，其設計均應遵循「失效趨向安全」(Failure to safe) 之原則，例如於圖5.4當電源中斷或風機停止運轉時加壓風機旁通風門之動作應指定為常閉 (Normally closed) 狀態。

B. 非補償式系統

本系統之加壓風機採單速運轉故為固定送風量，當梯間門全關閉時，梯間靜壓差最大，若梯間門逐一開啟，梯間靜壓亦自動隨之下降。

4. 反應時間

梯間加壓煙控系統於接獲手動或自動指令後，應能依據預定之適當程序立即啟動各系統組件以避免對風機、風門、風管等造成損害。各系統組件欲達成其預定之狀態或操作模式所需之總反應時間應不超過下列規定：

A.風機啟動達成至預定之狀態.....60 秒

B.風門之開啟/關閉完成.....75 秒

5. 樓梯間加壓系統之操作模式

A. 以加壓系統之操作時機區分

樓梯間加壓系統以操作時機可分為單級(Single-Stage)雙級(Two-Stage)兩種加壓操作模式。常見的樓梯間加壓系統設計只有在火災發生時才作用，此為單級的樓梯間加壓。而所謂雙級的樓梯間加壓，即平時就在樓梯間內送比較小的風量，而使樓梯間與居室之間平時就保持微小的壓力差。而緊急時再開大風機，讓樓梯間與居室之間有較大的壓力差。雙級加壓方式的優點為於火災初期，樓梯間尚未建立起較大壓力差時，能擋住少量的煙向樓梯間蔓延，使得樓梯間無論任何時刻皆為無煙的空間。

B. 以加壓風機之啟動控制方式區分

加壓風機之啟動控制可分為手動及自動兩種操作模式，手動操作又可分為現場啟動（藉由手動火警報知器或現場控制盤）及遠端啟動（例如在中控室由電腦鍵入或火警受信總機之手動操作開關），使加壓風機可在任何時刻需要人為操控的情況下運轉。自動操作則可依據建築物之火災警報系統信號來源啟動加壓風機：

C. 控制優先次序 (Control Priorities)

梯間加壓系統之各種操作控制模式應建立下列控制優先次序，如表 所示（數字愈少代表愈優先）。由表5.2可知手動操作較自動操作具優先控制 (Manual

override) 功能。

表 5.2 控制優先次序

控制優先次序	手動或自動	操控位置說明
1	手動	火警受信總機
2	手動	手動火警報知器或現場控制盤
3	自動	安全梯間之偵煙器
4	自動	建築物之火災警報系統

6. 控制風門之選擇

使用在梯間加壓之控制風門依控制動作可分為比例式及兩位置式，控制風門葉片之排列可分為平行 (Parallel) 排列及對開風門葉片，如圖5.8。平行排列之操作特性為小開度即可通過較大風量，故較適用於兩位置式動作之控制風門，而風門葉片對開排列之操作特性為風門開度與通過風量有較線性之比例關係，故較適用於比例式動作之控制風門，詳圖5.9。

舉一例說明，圖5.9中縱座標代表風門通過風量，橫座標代表風門開度（以%表示），曲線代號20表空氣系統之壓降若為風門壓降之20倍時，則採葉片平行排列之風門在開度40%時即有約70%之流動風量，相較採葉片對開排列之風門在開度40%時即只有約45%之流動風量。

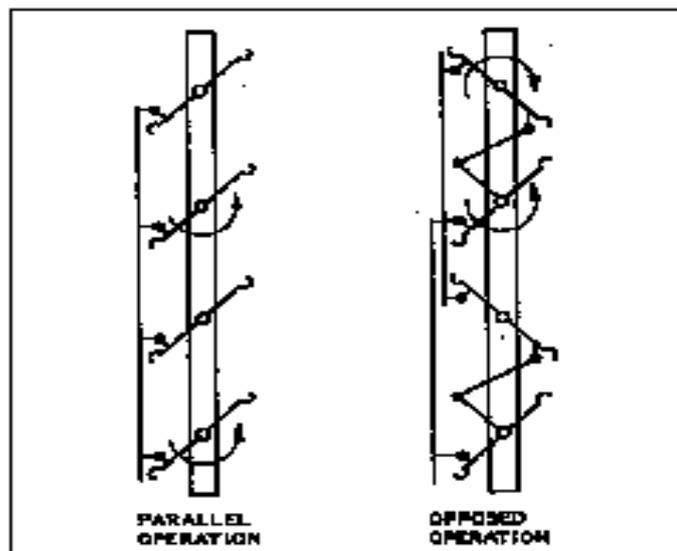
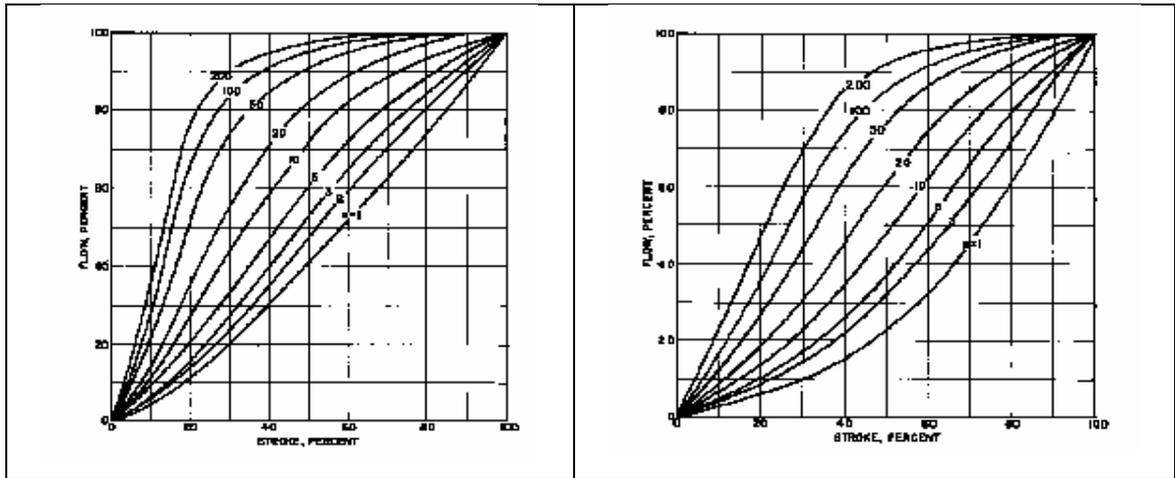


圖 5.8 排列可分為平行 (Parallel) 排列及對開風門葉片



(A) 葉片平行排列之操作特性

(B) 葉片對開排列之操作特性

圖 5.9 葉片排列之操作特性

7. 緊急供電

梯間加壓防煙系統攸關逃生避難安全至鉅，所有系統元件包括風機、風門驅動裝置、偵煙器及控制系統等均應提供緊急電源及不中斷電源系統。

8. 影響樓梯間壓力分佈的主要因素

因樓梯間類似一垂直的豎井，當樓梯間加壓系統運轉後，樓梯間內其壓力分佈並非完全均勻。而影響樓梯間壓力分佈的主要因素有三：

A. 煙囪效應

當建築物外部的氣溫比內部氣溫低時，則在建築物內部空間，如樓梯間、電梯豎井及管路間等，有向上的氣流產生。會形成此種現象，乃是建築物室內空氣溫度較高，導致其密度較外氣為低。故形成向建築物內部的壓力差，氣流就沿著建築物豎井部份向上竄升。稱這種現象叫正煙囪效應(Normal stack effect)。相反地，當外氣溫度較建築物內部為高時，室內空氣其密度較外氣為高，形成向建築物外部的壓力差。則建築物內部豎井空間則有向下的氣流產生，稱此現象為逆煙囪效應。煙囪效應的大小是隨著建築物高度及內外溫度差之值而改變。

B. 加壓風機設置位置

加壓風機的設置位置，通常配合機房的配置而將風機放置在最頂層，而讓加壓的風往下吹。故最上面的風壓可能較大，不過可藉由垂直區劃的觀念將數個樓層規劃成一區，可獲得較均勻的壓力分佈。

C. 梯間高度之壓損

梯間高度壓損是跟樓梯間的幾何形狀及樓梯間氣流流動的情形有關，這跟空調系統中風在風管內流動的壓損有類似的關係。於建築物煙控程式中，將樓梯間視為一垂直相通的豎井，並且考慮氣體在豎井中流動的阻力。以豎井流動係數，用來表示樓梯間的尺寸及其內部的設計。

第三節 加壓風量與風壓之設計計算

表5.3為梯間加壓防煙加壓風量與風壓之需滿足之規範。

表 5.3 安全梯間加壓防煙風量與風壓

安全門關閉時門內外之最低壓差	50Pa
安全門關閉時門內外之最高壓差	87Pa
逃生模式開門之平均風速	19 層以內開二扇門，20 層(含)以上開 3 扇門，逃生門開啟，開門風速為 0.70m/s 以上
加壓方式	多點送風，每 3 層至少設一送風口
氣壓控制	所有安全門關閉時前室與室內間之壓差不超過 87 Pa
前室氣壓 (包括與緊急昇降機共用之前室)	高於室內 12.5Pa 以上，但低於安全梯間

本報告參考McCABE[21]，對以上問題作一探討。加壓其實是一種煙圍堵 (CONTAINMENT) 模式，有非煙區清淨 (SMOKE-PURGING) 功能，其重點在預防煙從火災區迅速蔓延至無煙區，尤其梯間壓差控制更為重要。見圖 5.10，需將安全梯間維持在最高氣壓。所有風門必須調整風量使梯間壓力維持在 12.5 Pa~87 Pa 之間(也可依 NFPA 92 開關門力量而選定)，若梯間壓力過大時，會排入玄關或走廊區域，這有助於保持關門力量及在逃生路徑有正常壓降幅度，如圖 5.11。在逃生路徑系統之風門，於溫度超過 140 °F 時即需關閉(不同於建築物加壓系統 350 °F)，主要乃是避免人員在逃生路徑中受到傷害。

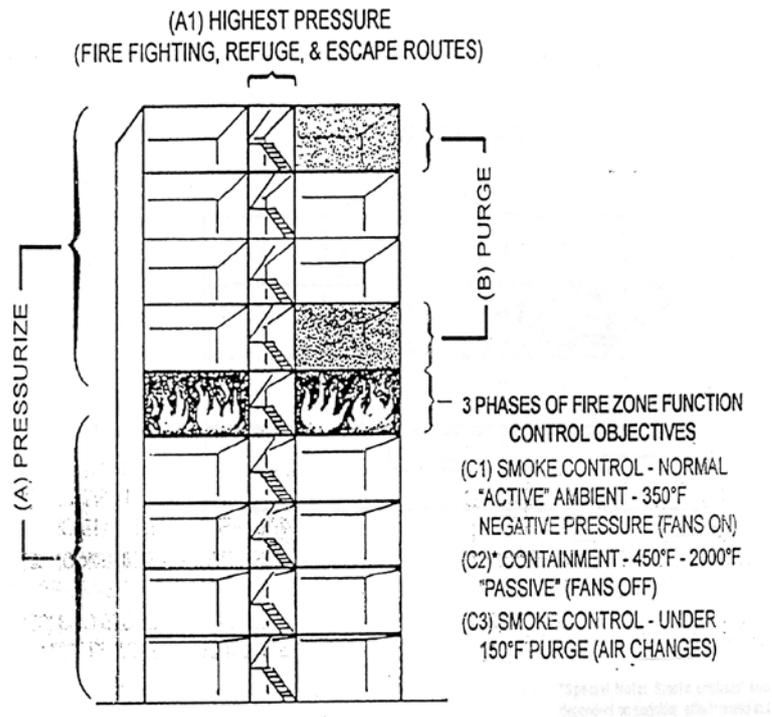


圖 5.10 安全梯間維持最高氣壓
(本圖取自參考文獻[21])

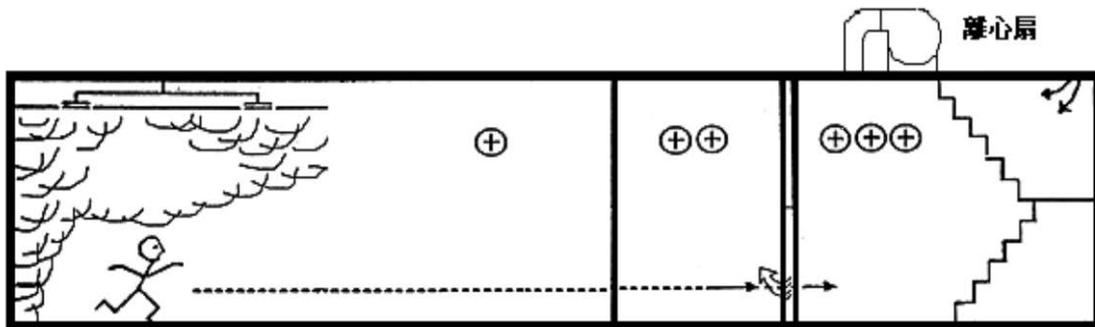


圖 5.11 在逃生路徑有正常壓降幅度

安全梯間加壓風量之計算方面，梯間所需之加壓風量為：

$$Q = Q1 + Q2 + Q3, M^3/s$$

Q1—門縫之洩漏量

Q2—開門之通風量

Q3—梯間結構之洩漏量

門無開啟之部份，可用以下公式計算洩漏量：

$$Q1 = GNA_e, \quad G = K_g \left(\frac{\Delta P_t^{3/2} - \Delta P_b^{3/2}}{\Delta P_t - \Delta P_b} \right)$$

其中AE為有效洩漏面積，N為樓層數， ΔP_t 為梯間頂部之壓差， ΔP_b 為底部之壓差。其中壓差較低值可用12.5 PA，以靜壓變化法計算梯間與室內之高壓差。此計算法需將門開啟與關閉部份分開計算，以總風量為設計風量，一般而言，門開啟之樓層所需之風量遠大於門關閉者。

在送風量之設計上，需知門之開啟數量，依門之洩漏率計算風量，其計算公式為：

$$Q2 = CA \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \text{ M}^3/\text{s}$$

其中C取0.65， ΔP 為門內外平均壓差， ρ 為空氣密度。Q2之計算也可依以上所建議之規範，20層以內開二扇門20層(含)以上開3扇門，逃生門開啟，開門風速應為0.7M/S以上，以風速估算通過門之壓損值。

Q3不易計算，KLOTE[1]報告了一些此方面之研究成果，對於梯間結構之洩漏面積比(洩漏面積/結構面積，不含門窗)只作品質之區分，以氣密(TIGHT)、中氣密(AVERAGE)及低氣密(LOOSE)區分洩漏率，如表5.4所示。洩漏面積已知後，洩漏量計算如Q1之計算法。

表 5.4 梯間結構與洩漏面積

氣密性	洩漏面積比
氣密	0.14×10^{-4}
中氣密	0.11×10^{-3}
低氣密	0.35×10^{-3}

第四節 風機之選用原理

對於消防加壓系統之風機，可依系統特性選擇適合之風機執行加壓功能，由於加壓功能，屬避難逃生體系的一環，因此除了風機性能外，對於風機運轉之穩定性，可靠性有其更深一層迫切性。

一般使用於消防加壓系統之風機，可概分為下列三種：

1. 離心式風機，又區分為三大類：

前傾式(FORWARD CURVE)

後傾式(BACKWARD CURVE)

翼截式(AIR FOIL)

2. 軸流式風機(AXIAL FAN)

3. 其它

首先針對各型風機之特性逐一說明，以為風機選擇之參考。

1. 離心前傾式風機(CENTRIFUGAL FORWARD CURVE)

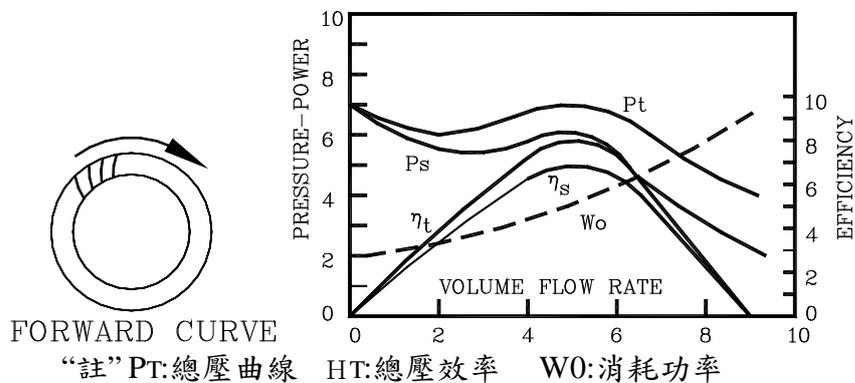
特性：壓力曲線不如BACKWARD CURVE FAN那麼陡峭，在最高壓力點之左側，有一個凹陷的鞍部區，如圖5.12所示。此為一不穩定之地帶，接近最高壓力點的右側，(即約在40~50%的自由輸出容量下)，通常是風機最高效率的作用區域，也是我們所選擇的合適工作區域，必須注意的是風機馬力曲線沿著風機自由輸出的方向(風量增大)逐漸增加，這點在選擇馬達馬力時，必須特別予以注意。

優點：

- A. 在相同風量下，轉速可較其它型式的風機低，以降低噪音。
- B. 價格較低廉。
- C. 在低壓力工作範圍下，其體積較小。

缺點：

- A. 前傾式之風機，運用於較低之壓力範圍，較高之壓力應用，需改為後傾式或翼截式風機。



FORWARD CURVE

“註” PT:總壓曲線 HT:總壓效率 W0:消耗功率

Ps:靜壓曲線 HS:靜壓效率

圖 5.12 離心前傾式風機

(本圖取自參考文獻[29])

2. 離心後傾式風機(CENTRIFUGAL BACKWARD CURVE)

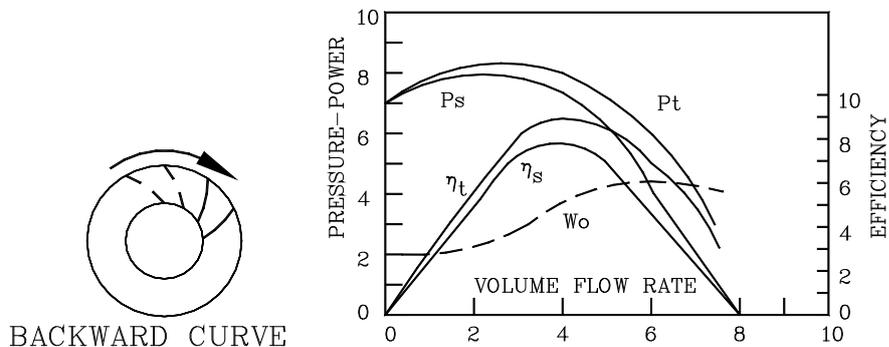
特性：風機運轉特性與AIR FOIL FAN相似，但其效率比AIR FOIL FAN的效率稍低，如圖5.13，最高效率發生在自由輸出容量約50~65%附近，此區域也是選擇風機最好的工作壓力帶，最大消耗馬力靠近最高效率點之附近，且其所消耗之馬力數，隨著自由輸出容量之增大而減小。

優點：

- A. 效率較高。
- B. 馬力曲線上有一個平的尖峰，所以馬達的選用能涵蓋 0~100%的輸出範圍，而不發生過負荷之狀況。
- C. 靜壓曲線較為陡峭，故在靠近自由輸出的範圍時，系統壓力的變化對風扇的輸出風量較不影響。
- D. 最大效率點在最高壓力點之右方，故選擇風扇時，已內含有預留壓力。
- E. 較大風量之系統，尤其中高壓力之場所，可廣泛使用，且能明顯節省能源之消耗。

缺點：

- A. 價格比前傾式風機昂貴。



“註” PT:總壓曲線 HT:總壓效率 WO:消耗功率 PS:靜壓曲線 HS:靜壓效率

圖 5.13 離心後傾式風機

(本圖取自參考文獻[29])

3. 離心翼截式風機(AIR FOIL)

特性：最高效率發生在自由輸出容量約50~65%附近，此區域也是選擇風機最好的工作壓力區，最大消耗馬力靠近最高效率點之附近，且具所消耗的馬力數，隨著自由輸出容量之增大而降低。

優點：

- A. 效率較高。
- B. 馬力曲線上有一個平的尖峰，所以馬達的選用能涵蓋 0~100%的輸出範圍，而不發生過負荷之現象。
- C. 靜壓曲線較為陡峭，故在靠近自由輸出的範圍時，系統壓力的變化對風機的輸出風量較不影響。
- D. 較大風量之系統，尤其中高壓力之場所，可廣泛使用，且能明顯節省能源之消耗。

缺點：

- A. 價格為離心式中最貴者。

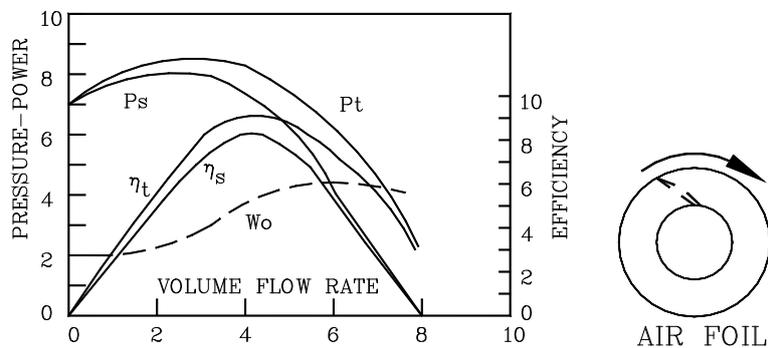


圖 5.14 離心翼截式風機(AIR FOIL)

(本圖取自參考文獻[29])

4. 軸流式風機(AXIAL FAN)

特性：為大風量，中低壓力之應用特性，在最高壓力點之左側，性能曲線呈現凹陷的鞍部區，風車之選擇及系統搭配，儘量避免落於此區。

優點：

- A. 除非風機作用於凹陷的鞍部區，一般選擇於風車最高效率區，馬達之選用幾乎能涵蓋其餘輸出範圍，不容易發生過載現象。
- B. 中低壓力下，相同風量時，其風機體積及現場風管安裝，風管所需空間，遠比離心式風機小。
- C. 風機價格遠較離心式低廉。

缺點：

- A. 風機之噪音值，一般言比離心型式高。
- B. 對於較高壓力之應用，較離心式遜色，一般運用之壓力範圍，大約在1500PA 以下。
- C. 風機運轉效率，略低於離心式風機。

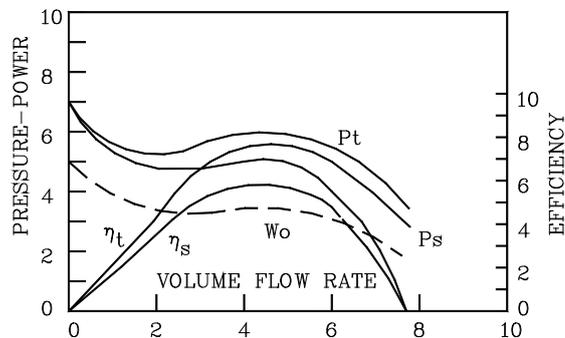
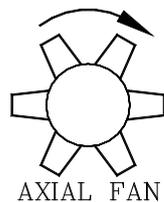


圖 5.15 軸流式風機
(本圖取自參考文獻[29])

5. 風機可靠性分析

對於風機之可靠性，取決於風機之性能效率、結構、傳動方式、電動機位置等因素，且各為相乘之關係。

可靠性：性能效率×結構×傳動方式×電動機位置

風機之性能效率，牽涉加壓系統之實際加壓壓力(風量)，經由完整認證體系之實施，如AMCA、BS、JIS、CNS等，才能使風車運轉於正確的性能。

又風機之運轉效率依據不同風機型式，系統風量與壓力會有不同的變化，在加壓系統中，各種型式的效率值可參考如下：

- | | |
|-------------|---------|
| A. 前傾式離心式風機 | 50%~70% |
| B. 後傾式離心式風機 | 50%~75% |
| C. 翼截式離心式風機 | 50%~85% |
| D. 軸流式風機 | 50%~75% |

效率值僅供參考，實際的效率取決於認證體系之完備性及各製造廠商之性能水平。

風機之結構對天候之影響，對輸送氣流溫度(尤其是應用於高溫排煙風機)，穩定運轉之時間，都必須針對各使用時機加以考量，使風機執行系統運轉功能，不致產生結構損壞甚至破壞，無法運轉之狀況。

風機之傳動方式大致可區分為二大類，電動機直接傳動與皮帶輪間接傳動二大類。

直接傳動以電動機軸與風車軸直接連接傳動，此種方式基本上為最可靠的傳動方式，也為傳動效率最高的方式，皮帶輪間接傳動，因為皮帶輪的摩擦效率及皮帶壽命，會降低風機之可靠性及效率，在設備選擇上是值得考慮的，但並非風機的選擇就一定要使用電動機直接傳動方式，此種傳動方式本身也有風量固定，無法調變之缺點。

電動機之裝置，可區分為二大類，一為電動機運轉於氣流內，另一為電動機運轉於氣流外，通常除了軸流式及箱型離心式風機外，一般離心式風機，風機電動機皆裝於氣流之外，風機運轉時，電動機與氣流幾乎是不接觸的，因此不需擔

心氣流的條件為荷，電動機的週圍工作條件皆較安全，但如果採用直接傳動的軸流式風機或馬達置於氣流內的箱型離心式風機，則必須特別考慮流通氣流之特性(如消防排煙系統係工作於高溫氣流中，氣統內的任何構件，皆需有耐高溫之條件)。

第五節 風管(道)之設計、壓損計算法 及消耗功率計算

樓梯間加壓系統風管(道)之設計，因局限於建築空間之有效應用，通常其風道設計風速，可較為提高，但一般以不超過20M/S，(非硬性絕對值，應視整體系統之設計條件)送風口之風速，為求整體氣壓控制之均度及考慮風口結構強度問題，一般均建議不超過7.5M/S風速為基準。

風道之構造基本上可選擇以下三大類

- 1、鋼質金屬風管(一般採用鍍鋅鐵皮風管)。
- 2、建築 R.C.管道(含樓梯梯間直接加壓)。
- 3、其他耐火材質風管。

在加壓風量量體計算後，接著就是要決定風道(管)之大小尺寸，一般決定風管(道)尺寸的方法，有大家熟知的風速法、摩擦損失法、靜壓再得法及T-方法等等，但安全梯間加壓之風管(道)設計，則以風速法或摩擦損失法較為簡單且方便設計，所有設計參數，包含風量、壓力、風速等，皆由設計者依個案決定，針對風管(道)壓損計算，提供以下計算式，以為演算之參考。

加壓系統風車之總壓損：

$P = \text{直風道(管)壓降 } P_S + \text{彎管另件壓力降 } P_E + \text{加壓送氣口壓降 } P_D +$

$\text{加壓風車吸入口壓降 } P_L + \text{樓梯間之正壓值 } P_P + \text{系統之動壓力 } P_V$

或

$P = P_S + P_E + P_D + P_L + P_P + P_V,$

其中：

PS:(直風道(管)壓損)，

PE:彎頭另件壓損，

PD:加壓送氣口壓降，

PI:加壓風車吸入口壓損，

PP:樓梯間之正壓值，

PV:系統之動壓力。

以下為上述各項之計算公式：

$$PS(\text{直風道(管)壓損}) = f \frac{L}{D} \frac{\rho v^2}{2} \quad (\text{PA}),$$

L:管道長度(M)，

$$D = \frac{2WH}{W+H} \quad (\text{M}) \quad \text{W為寬，H為高，}$$

P:標準空氣密度 = 1.2 KG/M³，

V:風速，

F:摩擦因素 $F = F(Re, E/D)$ ，一般可由圖表查得。

$$\frac{\rho v D}{\mu}$$

其中: 雷諾數 $Re = \frac{\rho v D}{\mu}$ (無因次)，

20°C 空氣之黏度 $\mu = 18.413 \times 10^{-6}$ (PA-s)。

風道表面粗度E參考如表5.5。

表 5.5 風道表面粗度之參考值
(本表取自參考文獻[30])

材料	粗糙度 E, MM	材料	粗糙度 E, MM
PVC 塑膠管	0.0009 - 0.009	鍍鋅鐵皮, 圓管	0.15
混凝土	0.3 - 3.0	玻璃棉內襯吸音	1.52
鑄鐵	0.046	鋁皮, 圓管	0.037-0.061

PE:彎頭另件壓損

一般計算時，係將彎頭另件之壓損，個別求出或以最簡單之方式，換算成等效直管，求出彎頭另件之壓損。

PD:加壓送氣口壓降

由於市面上送氣口製造廠商眾多，送氣口之壓降不只取決於表面速度，且與送氣口之結構型式有很大之關係，因此建議對此部份之壓降，應以各製造廠商之實測性能為主，通常在正常條件下選擇的送氣口，其壓降都不會超過30PA。

PI:加壓風車吸入口壓損

一般風車吸入口，有三種配置方式，加裝百葉口、防水型百葉口或僅以防蟲網罩住吸入口，其壓損之計算與上述PD同。

PP:樓梯間之正壓值

樓梯間之加壓，需維持梯間內之正壓力，以最高不超過100PA，此需建立之壓力值，需加入風車總壓之計算中。

PV:系統之動壓力

動壓值之計算，可以氣體速度壓力公式求得。

$$P_v = \frac{1}{2} \rho v^2$$

P:標準空氣密度 = 1.2 KG/M³

風機消耗功率計算:

$$\text{風機耗功率} = \frac{\text{加壓風量}(cms) \times \text{系統總壓降}(Pa)}{\text{風機總壓效率}}, \text{WATT}$$

其中風機之總壓效率H，依各種不同風車型式及風車工作點，會有不同之效率值，端視實際選擇之風車及機型而定。

一般系統，在壓損計算上，較為繁雜，又受限於工地現場條件及眾多未確定數據(如材料粗糙度E，雷諾數RE等)，為求實務上之方便可以歸納統計之方式，以風速為基準，換算成風道(管)之壓損，其餘各項壓損(降)比照前第三大項所敘。

第六節 各式風門規格、認證標準、型式及安裝舉例

在消防系統體系，各式風門種類繁多，品質標準也未盡一致，目前在國內認證體制未臻理想情況下，例舉國外部分產品之規格、標準及特性，供參考使用，限於篇幅僅例舉品牌幾種常見品牌，可參考市場上其他品牌研究比較之。

防火風門(FIRE DAMPER)需符合NFPA 90A，UL555或其他國際標準之規定製作，並有性能認證標章。防火時效之規定，如1.5HR、3HR或其他熔絲鏈(FUSIBLE LINK)之溫度規定74℃、280℃。型式如葉片型(BLADE TYPE)或捲簾型(CURTAIN TYPE)，如圖5.16。

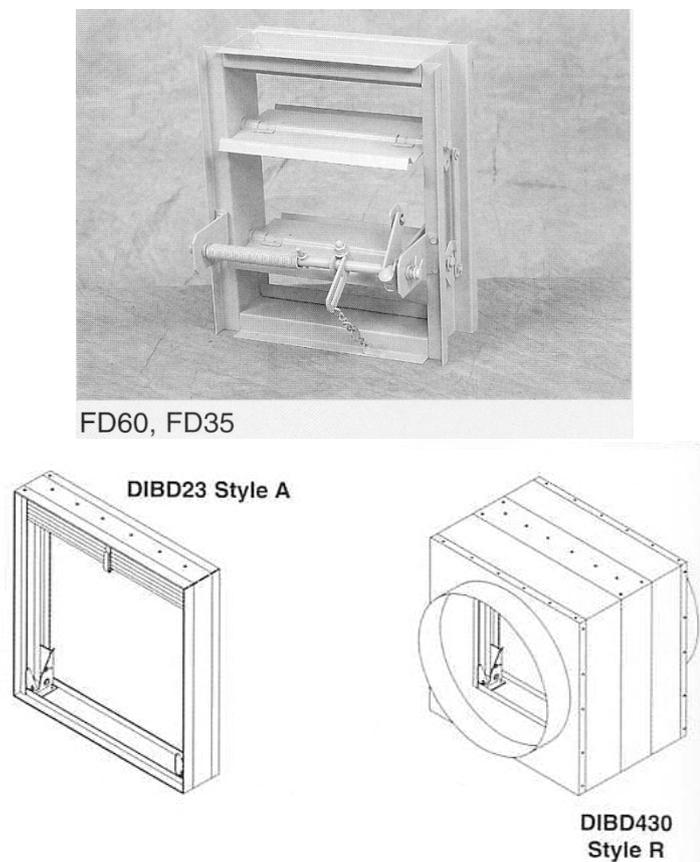


圖 5.16 葉片型(blade type)及捲簾型(curtain type)防火風門

防火風門壓損之考量，葉片置於氣流內或氣流外，防火風門檢修門之設置安裝如圖5.17。

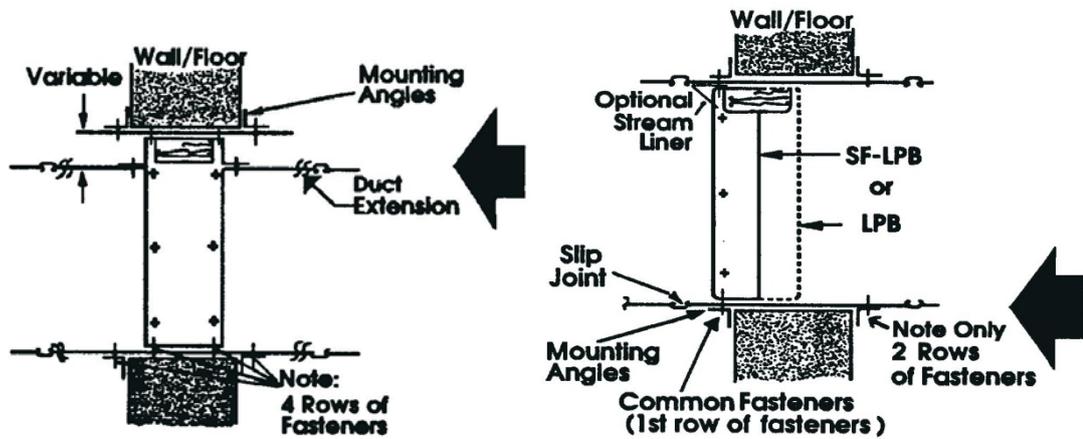


圖 5.17 葉片置於氣流內或氣流外，防火風門檢修門之設置安裝

加壓給氣風門需符合NFPA 90A，UL555，UL555S或其他國際標準之規定製作，並有性能認證標章。防火時效之規定，如1.5HR、3HR或其他風門洩漏量之洩漏等級CLASS I、II、III等。風門驅動器之動作及型式規定，如驅動方式、復歸方式、輔助接點。再者，檢修門之設置安裝亦需考量。圖5.18為加壓給氣風門。

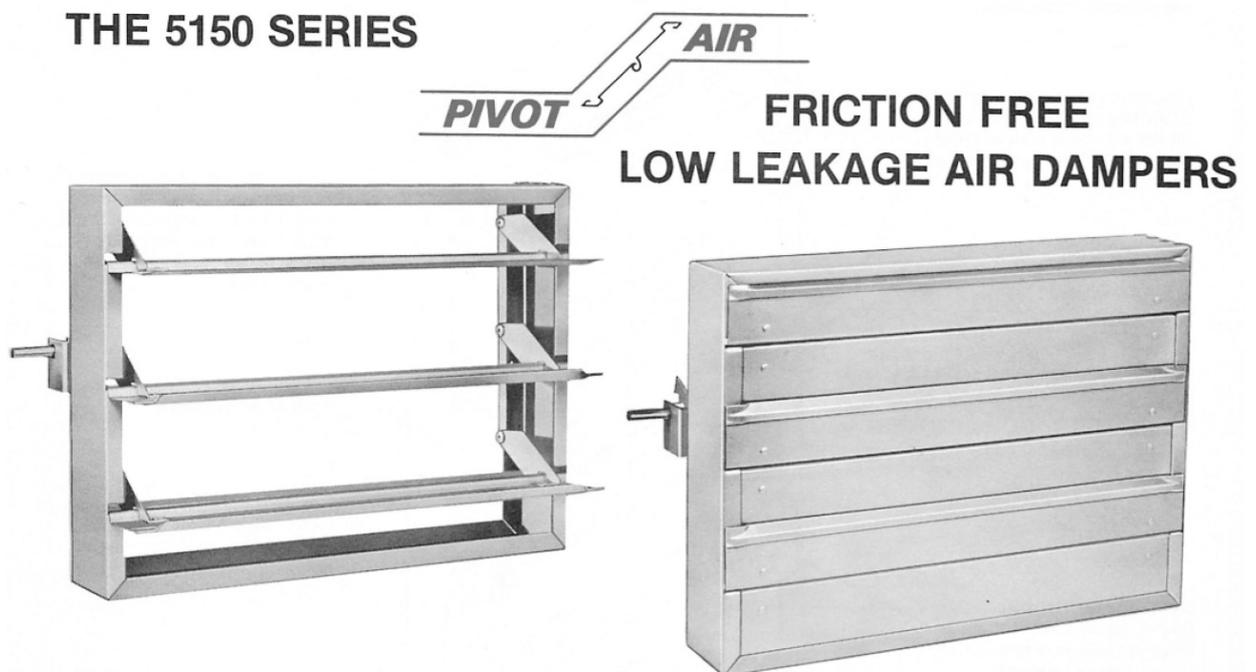


圖 5.18 加壓給氣風門

排煙風門(SMOKE DAMPER)需符合NFPA 90A，UL555，UL555S或其他國際標準之規定製作，並有性能認證標章。防火時效之規定，如1.5HR、3HR或其他風門洩漏量之洩漏等級CLASS I、II、III等。風門驅動器之動作及型式規定，如驅動方式、復歸方式、輔助接點等。再者，檢修門之設置安裝亦需考量。圖5.19為排煙風門。

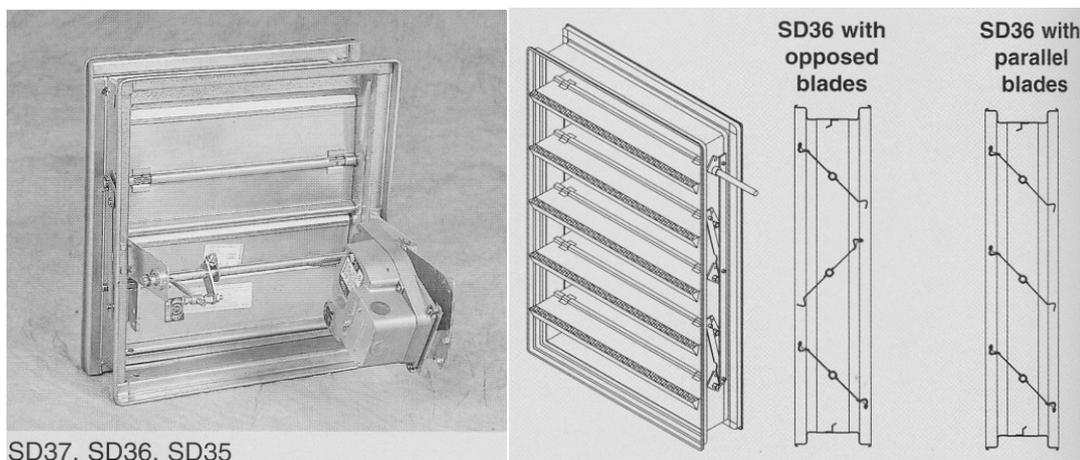


圖 5.19 排煙風門

防火及防煙風門(FIRE SMOKE DAMPER)需符合NFPA 90A，UL555，UL555S或其他國際標準之規定製作，並有性能認證標章。防火時效之規定，如1.5HR、3HR或其他熔絲鏈(FUSIBLE LINK)之溫度規定74°C、280°C等。風門洩漏量之洩漏等級CLASS I、II、III等。風門驅動器之動作及型式規定，如驅動方式、復歸方式、輔助接點等。圖5.20為防火及防煙風門。



圖 5.20 防火及防煙風門

梯間釋壓風門需符合NFPA 90A，UL555或其他國際標準之規定製作，並有性

能認證標章。防火時效之規定，如1.5HR、3HR或其他釋壓風門調整裝置之規定。

圖5.21為梯間釋壓風門。

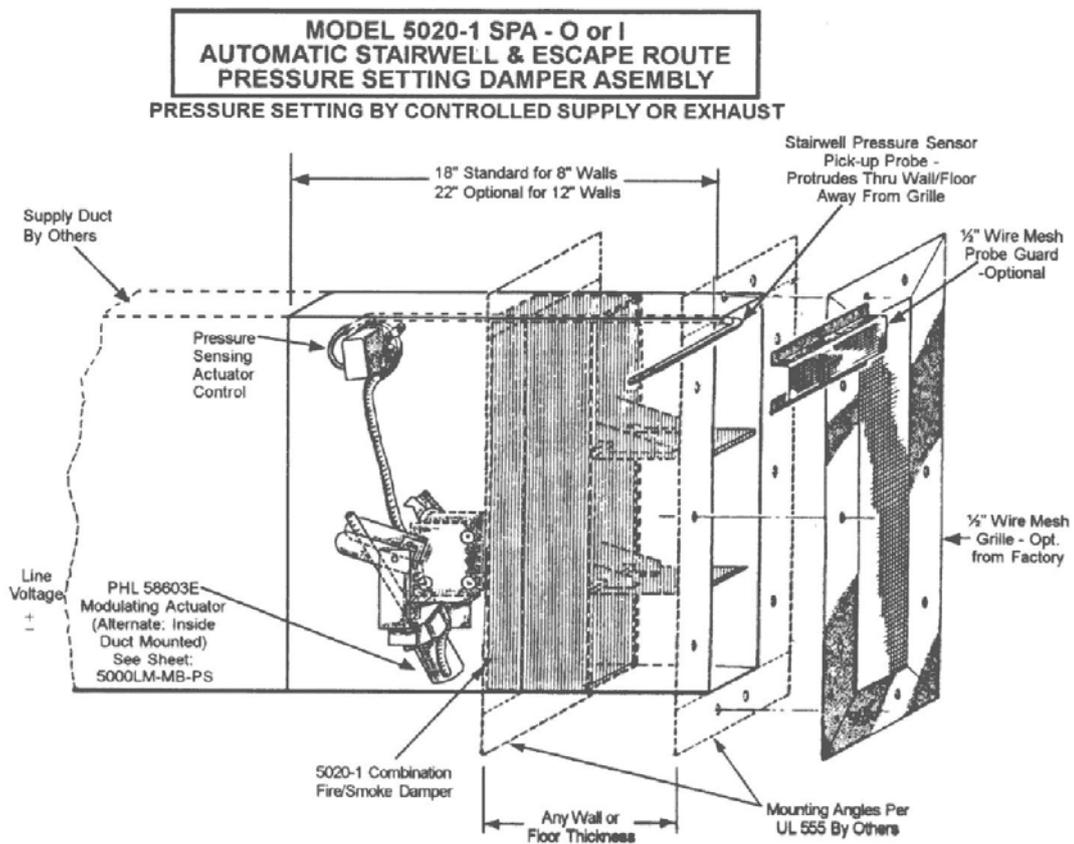


圖 5.21 梯間釋壓風門

第六章 國內案例介紹

天津建築設計院的潘淵清[16]調查一些世界各國建築梯間加壓之案例，結果如表 6.1 所示，其他大陸專業人士共同之建議，以低於 20 層者用 25000~30000CMH 之加壓風量，20~32 層則用 30000~40000CMH 之加壓風量。若前室亦採加壓設計者，以低於 20 層者梯間用 14000~18000CMH 之加壓風量，前室用 12000~18000CMH 之風量；20~32 層者梯間用 18000 ~24000CMH，前室用 20000~24000CMH 之風量。以上之送風量建議值，與調查得之案例比較，偏向其中間值。表 6.1 中亦可見，中國大陸已有許多大樓採加壓防煙設計。

國內亦不乏梯間加壓防煙之案例，逐一說明如下：

- 一、台北立體育館(營建中)，其採用每層送風加壓，容許六樓層門同時打開，採 1.5 m/s 風速，門縫洩風量用 5%，設壓差在 35~50 Pa 之間，共需 25CMH 之風量。每層設靜壓感測器，以變頻方式控制氣壓。
- 二、台北和信醫院，興建於 1987 年，B1F~7F，用 25000 cfm 加壓，加壓風車:11.8CMS (25000 cfm)×450Pa SP(1.8”Aq)，功率為 11kW (15HP)。樓梯間加壓系統概述:院內樓梯間旁設置管道間，內置加壓風管，風車置於屋突層，每層樓皆有加壓風口，當火災訊號產生，風車將被藉著裝置靜壓感測器及改變風車馬達頻率，以達到最佳開啟，樓梯間內壓力之維持運轉模式，如圖 6.1 所示。

表 6.1 一些世界各國建築梯間加壓之案例
(本表取自參考文獻[16])

建築物名稱	層數	總風量 CMH	每層平均風量 CMH	加壓送風部位
美·波士頓附屬醫療大樓	16	16128	1008	樓梯間
美·舊金山辦公大樓	31	31608	1020	樓梯間
美·波士頓 CUAC 大樓	36	121320	3370	樓梯間
美·明尼亞波利斯 JDS 中心	50	54720	1094	樓梯間
美·麥克格羅希辦公大樓	52	85000	1634	樓梯間前室
美·費羅里達州辦公大樓	55	68000	1236	樓梯間
美·波士頓商業聯合保險公司	39	51000	1414	樓梯間
日·新宿野村大樓	50	21200	424	前室
上海聯誼大廈	29	32500	1120	樓梯間
上海華亭賓館	26	34000	1172	樓梯間前室
上海賓館	27	21600	800	樓梯間
江蘇省政府辦公樓	8	49500	6188	樓梯間前室
江蘇常州大廈	16	79020	1970	樓梯間
			2969	前室
湖南省岳陽國際大廈	18	93000	1944	樓梯間
			3222	前室
廣州中國大酒店	18	13800	533	樓梯間
			233	前室
廣西南寧房屋開發公司二號樓	21	21600	1031	前室
大連國際飯店	26	36000	692	樓梯間
山東省齊魯大廈	22	25000	1136	前室
常州工貿大樓	24	18900	788	前室
深圳晶都大酒店	30	31000	1033	合用前室
深圳某辦公大樓	20	14700	735	消防電梯前室
北京圖書館基本書庫	19	19500	1026	樓梯間
北京某賓館	30	62170	2072	樓梯間
南京金陵飯店	35	34500	985	樓梯間
福州大酒店	20	15850	792	樓梯間
上海希爾頓大酒店	43	61200	1423	消防電梯前室

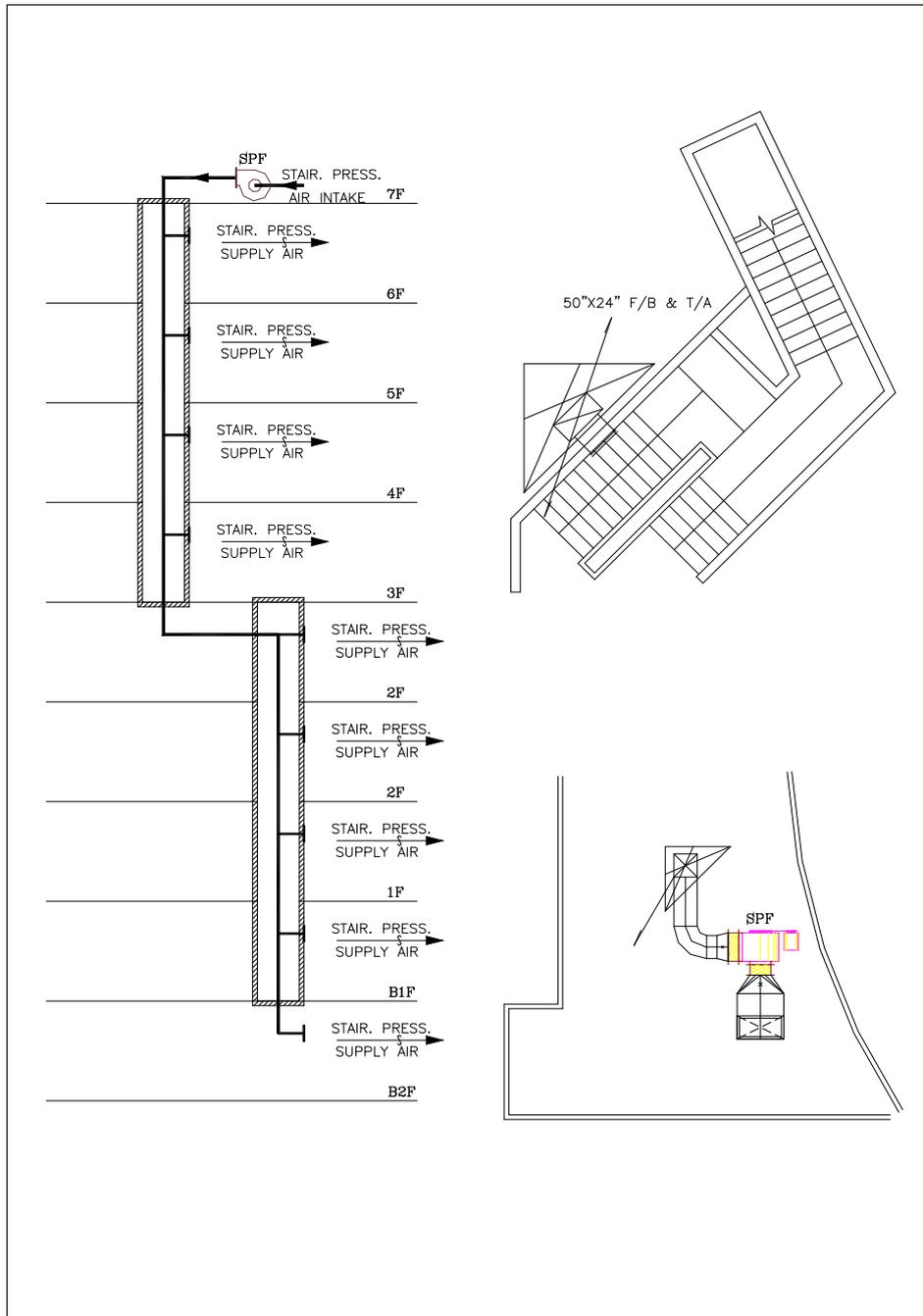
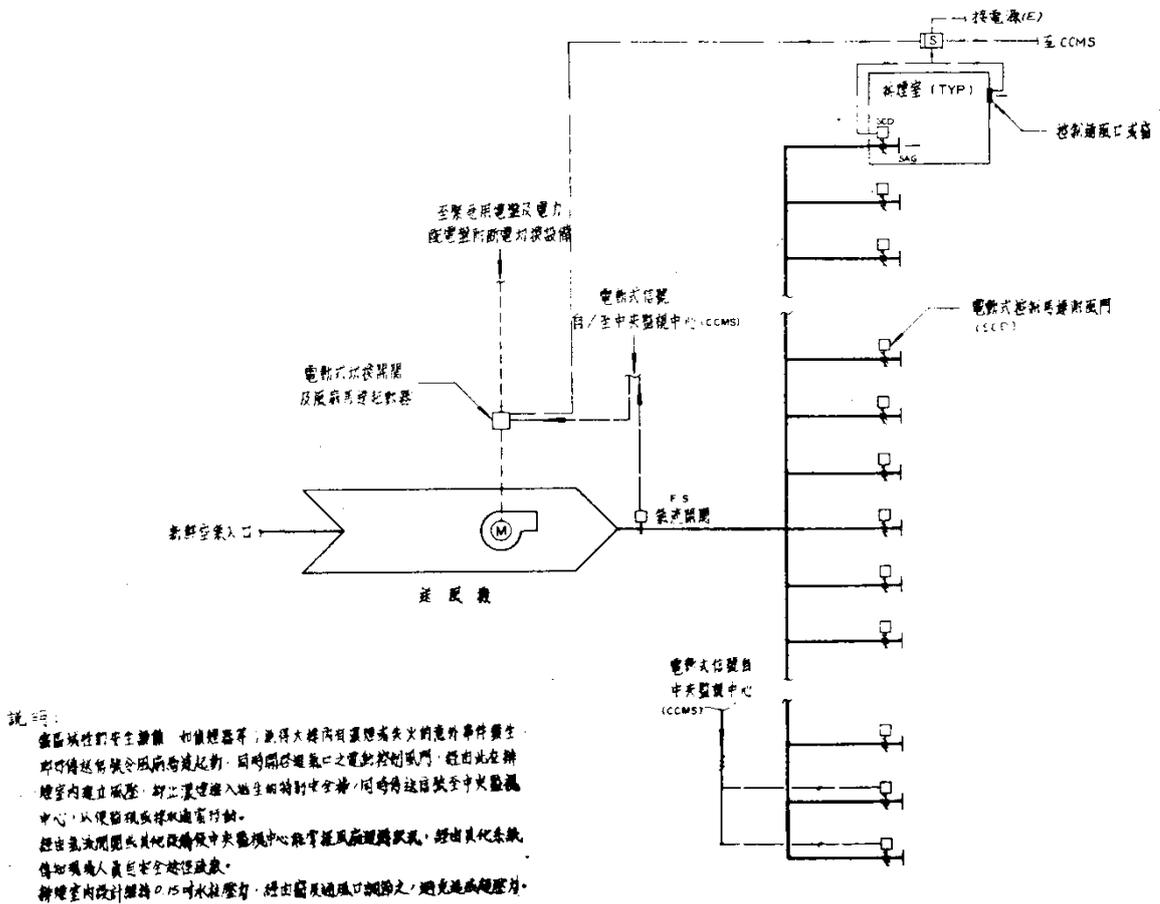


圖 6.1 台北和信醫院之梯間加壓示意

三、臺北榮民總醫院中正樓第 2,3,4,5 號特別安全梯（供中間樓層用），於進入樓梯間前設有前室，此前室並裝置加壓送風系統與自然排煙窗(如圖 6.2)作為排煙室。當偵煙器測得大樓內有煙霧時，自動啟動送風機同時開啟失火樓層之排煙室之送風閘門與電動自然排煙窗，排煙室對外維持 0.15 吋水柱壓力，經由送風閘門與電動自然排煙窗開度之調整以避免排煙室超壓妨礙逃生。



③ 特別安全梯排煙系統控制圖 (第 2.3.4.5 號梯中間層適用)
 SMOKE LOBBY VENTILATION AUTO CONTROL DIAGRAM



圖 6.2 臺北榮民總醫院中正樓特別安全梯排煙系統新板橋車站 共有九座特別安全梯採用梯間加壓，基本上依據 NFPA 標準設計，其中一個高層(27 層)特別安全梯用一離心機，有 520 Pa 靜壓能力，送風量為 43400 CMH。排煙室依國內法規設計施工裝設送排煙口，另在樓梯內加設加壓系統屬專用、自動補償壓力控制系統，加壓壓力超過 50Pa 時自動產生洩壓，以免壓力過大時門打不開。圖 6.3 為其每層之加壓送風口，圖 6.4 為安全門自動關閉之設置。



圖 6.3 特別安全梯間每層之加壓送風口

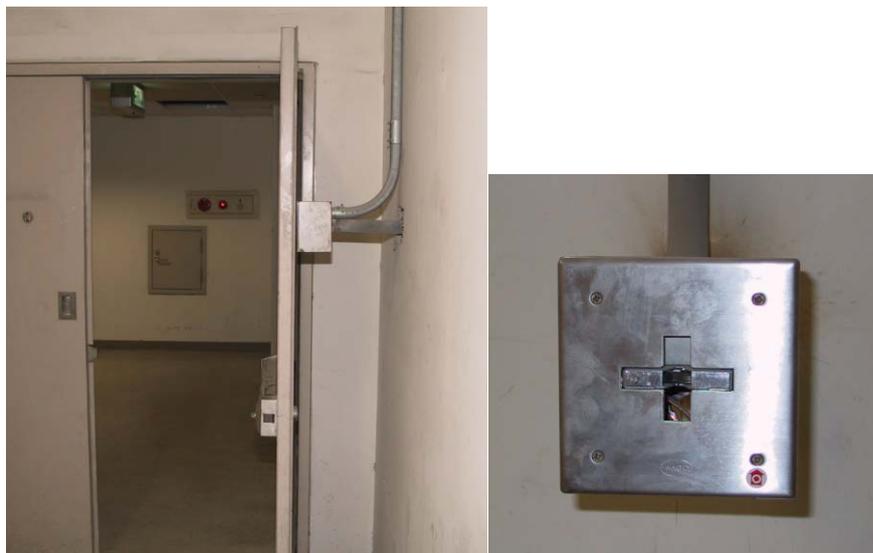


圖 6.4 安全門自動關閉之設置

五、台北市世貿展覽館，興建日期:1983年，層高：B1F~7F，加壓風車:1.1kW(1 1/2 HP)。樓梯間加壓系統概述:樓梯間加壓系統，對應於特殊展覽館之樓梯構造，採3~4層樓梯間一台加壓風車之加壓方式，四個單元的樓梯之間皆相

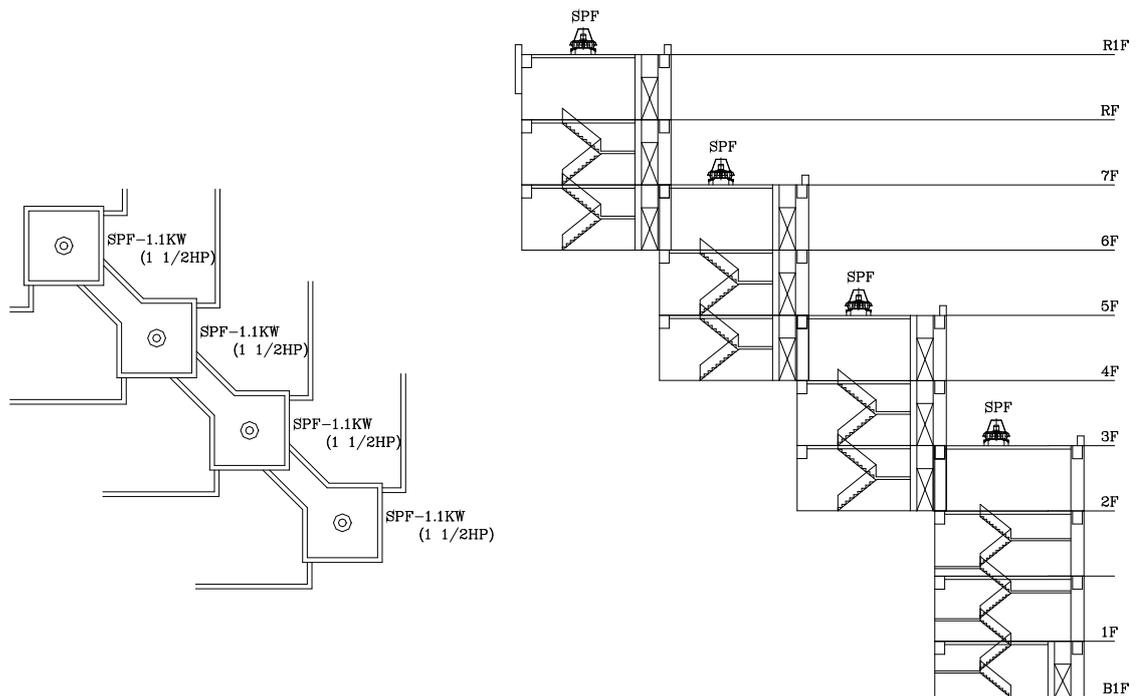


圖 6.5 台北市世貿展覽館之樓梯間加壓系統

6. 案名地點:台北市宏國辦公大樓，興建日期:1987 年，層高：B4F~19F，加壓風車:3.9cms~13.9cms (8220 cfm~29590 cfm)×400Pa SP(1.5” Aq)×15kW(20HP)，11 個風口@2690cfm。樓梯間加壓系統概述: 建築物內樓梯間旁設管道間，內置加壓風管，風車置於屋突層，每 2 個樓層設加壓風口，樓梯間之加壓風車採變頻器控制調節樓梯間內需求之加壓風量，管道頂層另加設 1.2cms(2500cfm)之釋氣量，如圖 6.6 所示。

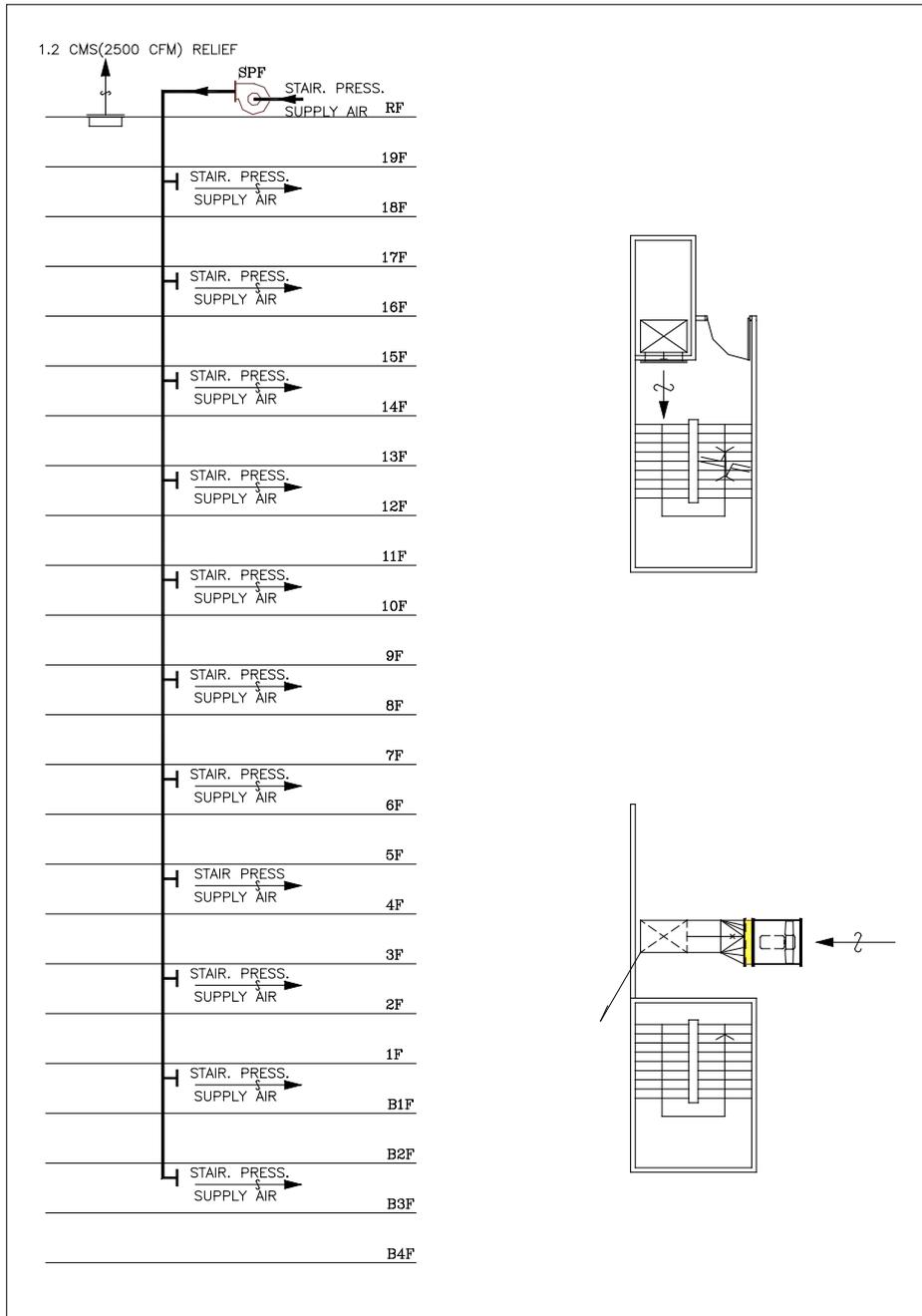


圖 6.6 台北市宏國辦公大樓之梯間加壓系統

7. 宏泰大樓，地上 16 層，地下 5 層，梯間加壓風量為 32240 cfm，九個送風口各 3360cfm，電梯機道間加壓風量為 11660cfm，11 個風口各 1060cfm。
8. 案名地點：台北市國貿大樓樓高：B2F~34F，加壓風車：15.7cms (33000cfm)×190PaSP(0.75”Aq)×11kW(15HP)。樓梯間加壓系統概述：建築物內樓梯間旁設管道間，內置加壓風管，風車置於屋突層，每樓層設加壓風口，風量為 425L/S(900cfm)，樓梯間之加壓風車採變角度(Variable Pitch)，控制調節樓梯間內需求之加壓風量。
9. 台北市國際會議中心地上六層地下二層，24600cfm，六個出風口各 4100cfm。

第七章 安全梯與特別安全梯間加壓用於性能設計之建議

一、排煙室之法規修正

建議修訂建築法建築技術規則建築設計施工編第四章防火避難設施及消防設備第 97 條及消防安全設備設置標準第 190 條，規範特別安全梯(需設排煙室)以送風加壓之方法防煙(具自然排煙除外)。

建築物安全梯間加壓防煙規範，除了安全梯間加壓系統之建立外，對於鄰近安全梯之排煙室(前室)，亦必須加以規範，甚至修正目前消防安全設備設置標準第 190 條第二款之規定。按設置標準，排煙室採自然進氣，機械排煙設計者，在排煙風機動作，執行排煙功能時，排煙室將因此而成為一負壓之避難逃生空間，如此有違煙控逃生之原則，應建立加壓防煙及加壓壓力梯度之觀念，考慮一併列入本規範中。

二、安全梯間加壓防煙設置規定之建議規範條文及說明

第一條 建築物依規定設置之特別安全梯，應於梯間設置送風加壓防煙設備，唯其或鄰近排煙室採自然排煙者不在此限。

對於設有緊急昇降機之建築物，與安全梯兼用排煙室時，其安全梯內得依前項之規定設置送風加壓防煙設備。

第一條之一 依前條規定於特別安全梯或安全梯內，設有送風加壓防煙設備者，其鄰接排煙室(前室)得採壓力煙控設計以建立壓力梯度防止煙進入。

說明：

設置排煙室的作用：(1)逃生時之通廊；(2)阻擋煙氣直接進入特別安全梯間；(3)作為消防人員到達起火層進行搶救工作的起始據點和安全區。當發生火災時，煙氣水平方向流動速度為 0.3-0.8m/s，垂直方向擴散速度為 3-4m/s，即當煙氣流動速度只要無阻擋時，只需 1 分鐘左右就可以擴散到幾十層高的大樓內，煙氣流動速度大大超過了人的疏散速度。樓梯間又是高層建築火災時垂直方向蔓延的重要途徑。因此，對安全梯間設置加壓防煙設備，建立梯間往室內方向壓力梯度之方式可有效阻止煙氣進入，進而得以確保人員安全疏散和搶救。當與緊急昇降機

共用排煙室時，得將排煙室加壓維持自梯間至室內之壓力梯度，以防止煙進入排煙室。

第二條 安全梯間之加壓防煙設備應為專用系統，送風口及送風管道間依消防安全設備設置標準第 190 條之規定。

第三條 安全梯間加壓防煙，於排煙室不送風時，其加壓送風量應依以之規定：

20 層以下建築以開二扇門作計算，20 層(含)以上開 3 扇門，風量係依開啟門的開口面積計算，且當門開啟時，通過門的風速應大於 0.70m/s。

第三條之一：安全梯間加壓防煙之加壓送風量，應確保足以維持梯間所需之正壓，需能在梯間所有安全門關閉時維持梯間 50Pa 之正壓，且最高之正壓值需控制在 87 Pa 以下。

說明

理論上，加壓風量之確效共有兩方面之條件，其一為維持梯間對外及對前室之正壓；其二為逃生模式門開啟時，通過開門之風速應能防止煙之流入。據國外燃燒實驗資料介紹，在多層建築內，正壓值為 25Pa 的空氣壓力就可以取得較為滿意的防煙效果，對高層建築來說需要增加到 50Pa 時才能確保防煙要求，目前美國、英國和加拿大均按 25-50Pa 範圍內選取，這個數值走道內有自動噴水裝置的建築內是安全的。我國目前在防煙設計中也基本上參照這一數值。本條按此理由作出規定。為了促使防煙樓梯間內的加壓空氣向走廊流動，提高對著火層煙氣的排斥作用，因此要求在加壓送風時防煙樓梯間的空氣壓力大於前室的空氣壓力，而前室的空氣壓力大於走廊的空氣壓力，即防煙樓梯間正壓值為 50Pa，前室正壓值為 12.5Pa，走廊的壓力為相對是零。

加壓風量不但要滿足當所有門都關閉時由門縫向非加壓部位滲透的空氣量及加壓空間應具有的一定的空氣正壓值，而且加壓送風的空氣量還要滿足一定數量的門在間歇性開啟時，門口斷面處流速的要求，為了防止當加壓部位所有的門都關閉時，其內部壓力超過某一數值時，給開啟疏散門帶來困難(有資料表明:正壓值大約在 102Pa 時，疏散門就難以打開)。因此對加壓部位設置限壓裝置是理所當然的，本研究建議依 IBC 設限壓為 87Pa。

第四條 超過三十二層的高層建築，其送風系統及送風量應依送風加壓系統之可靠度作適當分段設計。

第五條 於安全梯間內至少每隔三層應設一個加壓送風口。

安全梯間加壓防煙設置規範簡列於表 7.1。

表 7.1 安全梯間加壓防煙設置規範之簡列

管制對象	1.特別安全梯，中華民國建築技術規則設計施工篇(82年5月)第96條，15層(含)以上之建築，或5層(含)以上之商場建築需設置特別安全梯。 2.對於設有緊急昇降機之建築物，與安全梯兼用排煙室時，其安全梯內得依前項之規定設置送風加壓防煙設備，前室得用加壓方式維持 12.5PA 正壓，形成自梯間至室內之壓力梯度。
門關閉時之最低壓差	50PA
逃生模式開門之平均風速	20層以內開二扇門 20層(含)以上開3扇門，逃生門開啟，開門風速為 0.7M/S 以上
加壓方式	多點送風，每3層至少設一送風口
風管構造	通風風管
啟動	與火警連動，防災控制站手動控制
氣壓控制	所有安全門關閉時梯間不超過 87 PA
前室氣壓	高於室內 12.5PA 以上，但低於安全梯間

第八章 安全梯加壓性能測試指引

第一節 運轉測試指針

一、 目的

本指針之目的為提供一個對煙控系統之性能，做一完整的測試、認證、測試平衡調整並詳細記錄，使其達到原設計之目標，並可做為煙控系統因為建築用途變更或原設備維修後之再測試平衡與調整與性能測試。

二、 適用範圍

本指針原則上針對梯間加壓系統做性能測試平衡調整方法，並提供測試、調整、驗收等程序與重點。

三、 指針大綱內容

運轉測試指針只是一個對於系統性能保證之一連串手段中的代名詞，嚴格的分析其意義，包括了由某案件之基本計劃直到正式認證驗收及驗收之後的維護保養均含在內。由於梯間加壓或排煙系統為緊急時之救命系統，何時用它並不知道，但一旦要用到時，則必須是在完好的與符合原有規劃的情形下適時運轉發揮其功效。

為達到此目的，此系統由設計、驗收到運轉各個不同階段對運轉測試均要有不同的計劃，並分述如下為：

- (1) 基本規劃階段
- (2) 設計階段
- (3) 施工階段
- (4) 驗收認證程序
- (5) 運轉維修

四、 基本規劃階段

依據建築物之用途及參考法規，對於梯間結構、隔間、門、窗等各種材料之資料需確認並訂定規格。規範中應對於不同階段時之測試計劃書、測試程序、量測儀器規格、編組方式、驗收測試方法列出大綱與測試方法參考依據。

基本計劃中設計數據與系統說明，均應以書面資料詳細敘述之，性能要求要明確化、標準化、合理化及合法化。系統之說明中對於不同的系統如何配合、工作界面、性能相關均應在不同的設計類別中特別註明(例如：對建築門與門縫要求的標準等)。

五、 設計階段

基本上要求與基本規劃階段相同，但內容為更明確與更詳細範圍如下：

- (1) 設計參數與計算數據。
- (2) 加壓系統概述，包括功能性說明、施工方式計算依據。
- (3) 對於書面資料之需求要列出，並列出施工廠商之義務與責任，尤其是界面部份之說明要清楚與詳細。
- (4) 對測試計劃書、人力編排、儀器校正與規格資料、測試進度表、測試報表等之規定。
- (5) 認證程序說明。
- (6) 運轉測試之各種表格要求。

六、 施工階段

此階段最主要的是考驗施工者的專業能力，對於任何設計參數、機器規格、不同系統界面整合、控制方式等要提出書面送審資料及操作程序說明。另外風管、電管、控制線等施工圖面也必須與其他系統配合提出，做為系統整合之資料，並經過設計監造單位核准。

七、 測試認證驗收程序

到驗收階段，除了查看原有施工是否依據基本規範設計階段之規定外，對於施工品質應有外觀或目視檢查記錄或出廠測試檢查記錄，最後才是性能測試與驗收。其主要項目為：

- (1) 性能測試前之準備—檢查原有施工按裝與設備規格是否與送審圖或型錄相符合。
- (2) 測試調整計劃書—包括整個系統試車前的檢查項目、人員編組、使

用儀器規格、校正資料、進度表、記錄表格、量測參考依據等。

- (3) 設備檢查書—對於出廠前或依某些標準所生產的設備應提出廠測試資料外，現場應制定設備運轉檢查表，對於電流、電壓、功率因數、轉數、風量、風壓等均應量測與記錄。
- (4) 副系統與主系統之配合測試(系統介面測試)—如果系統相當的大，則必須考慮做部份子系統之測試。對於系統之間的互相控制，則必須詳細列出，以確保在緊急時能動作。例如用探測器控制風門或加壓風量時，探測器之性能測試則必須配合提出詳細測試方法。
- (5) 全系統性能測試—各個子系統完成後做主要性能之測試，如果因為某些因素無法對全系統做完整測試，則應提出部份測試方法再安排做全系統之測試。
- (6) 測試記錄與認證—所有測試量測均應做表格，將測試的結果記錄，由相關測試認證人員簽認，報告格式內容則由測試者與認證者討論之。
- (7) 運轉人員訓練—對現場操作人員應提教育訓練計劃，將系統相關資料與可能發生之狀況均做書面資料，並對參數設定、運轉數據做成記錄表以供參考。
- (8) 驗收—以上均完成，合乎原性能要求時，才能算驗收。

八、 運轉維修階段

當以上均完成後，必須制定運轉中之測試，其中包括維修計劃、定期檢查設備、風管、電氣線路等，或不定期檢查項目(例如颱風、地震後)，並應依系統大小定期做性能測試(一年或二業者自訂)，測試方法與前面相同。

所有維修操作應做詳細記錄的以備查詢用。

九、 性能與可靠度

煙控系統之測試，較注意其性能與可靠性，為確保其性能合乎原設計，如何保證測試結果合乎需求視個案而定。對於操作程序步驟與記錄，另做範例供參考。定期與不定期之測試為確保此系統之可靠度，應制定其測試之週期與檢查認證單

位，查看使用者是否依規定辦理。

十、測試驗收參考標準資料

- (1) ASHRAE Guideline 5-1995 (RA2001) - Commissioning Smoke Management system.
- (2) ASHRAE Guideline 1 - 1989-Methods for commissioning of HVAC systems.
- (3) HVAC testing, adjusting, and Balancing Manual - 3rd edition (1996), Sponsored by NEBB.
- (4) National Standards for testing and Balancing Heating, Ventilating and air conditioning system – 5th edition 1989, by AABC.
- (5) Testing, adjusting, Balancing manual for technicians – 1997 edition by NEBB.
- (6) Test & Balance procedures – 1999 by AABC.
- (7) Kahoe Test & Balance field manual – 3rd edition 1993 by Kahoe Air Balance company, Cleveland Ohio.
- (8) Spec writer (software) by AABC.
- (9) Testing, Balancing and adjusting of Environmental systems – William G. Eads. P.E. (1975) by SMACNA.

十一、煙控系統測試實務

(1)測試調整前的準備工作

1. 依據 AABC、ASHRAE、NEBB 及 SFPE 中有關系統測試平衡調整之規定，選擇適合本系統之測試程序與方法做平衡調整。
2. 測試過程應由承包商依計畫書及規範進行，見證單位配合完成後視實際需要由主辦單位或管理顧問抽測。
3. 測試平衡調整時，應不影響原有系統之運轉。
4. 為配合實際測試結果，必要時要加風量調整器，測試孔檢修門及更換過濾網或皮帶輪等調整修改工作。
5. 原則上依原設計之風量做平衡測試，風量如果足夠時，希望風管末端處風量較大些，如果風量不足時，則先依規範進行改善，若仍無法提出要求，

原因可能在於原設計問題時，則提出問題點，與業主辦單位、工程顧問，討論改進方案。

(2)搜集測試參考資料說明

測試時必須依據前述之相關資料，並應準備相關資料供測試時使用。

1. 送、排風機有關性能曲線、轉速、噪音、風量、靜壓等相關廠商送審資料。
2. 各個出風口、排風口相關尺寸資料，及其淨面積、壓損資料等。
3. 測試時由測試單位提出風管平面圖，由測試單位先在每一風口編號（編號說明詳見測試報告），以及必要之測試口位置編號（平面圖上應含風口型式與尺寸，原設計風量以及相關風門位置尺寸圖，檢修孔位置圖）。
4. 各個 FD(fire damper)、CD(check damper)、風門尺寸及相關資料。

(3)測試儀器及其說明

測試儀器視風口型式而採用不同之儀器，儀器必須為經過校正之儀器，如果不需特定校正單位認證，可採用與校正過之儀器做比較，或於每次測試前自行調整校正，但採用何種方法校正必需事先得到業主或管理顧問認可。儀器及其適用測試位置如下（儀器操作說明可當資料備查）。

1. Pitot tube（附差壓計）—測量風管內靜壓、動壓（風速）。
2. Vane type 風速計—測量 Grille、Register、Louver 無法用風罩式測量之出風口以及所有排氣口、回風口等。
3. Flow Hood—風罩式風量風速測量器，測量天花板型出風口以及可測量之 Grille、Register 出風口。
4. 熱感式風速計，可測量各風管及出風口之風速，測量時應注意探頭的方向性。
5. 電流表、電壓表—測量相關運轉狀況供參考。
6. 溫濕度計(電子式)—測量相關區域位置之溫度與濕度。
7. 差壓計（manometer）—簡單之差壓計，測量靜壓或空調設備之壓損。

8. 轉速計—用以量測風機轉速。

(4)測試、驗收認證程序

以每一風機為單位做測試調整，如果此系統與其他系統互相有送排之關係時，則需一併做平衡調整工作。

1. 風量測試流程

如圖 8.1(a, b, c)。

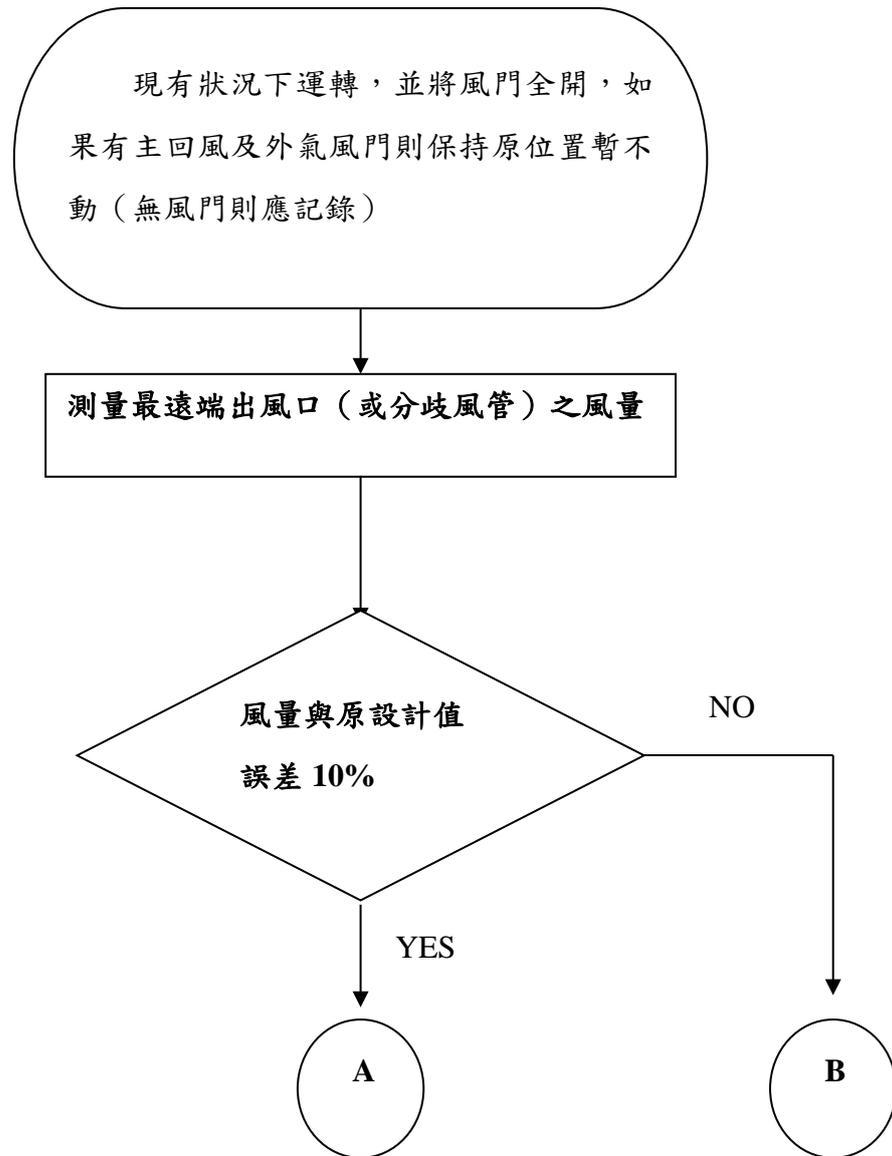


圖 8.1(a) 風量測量

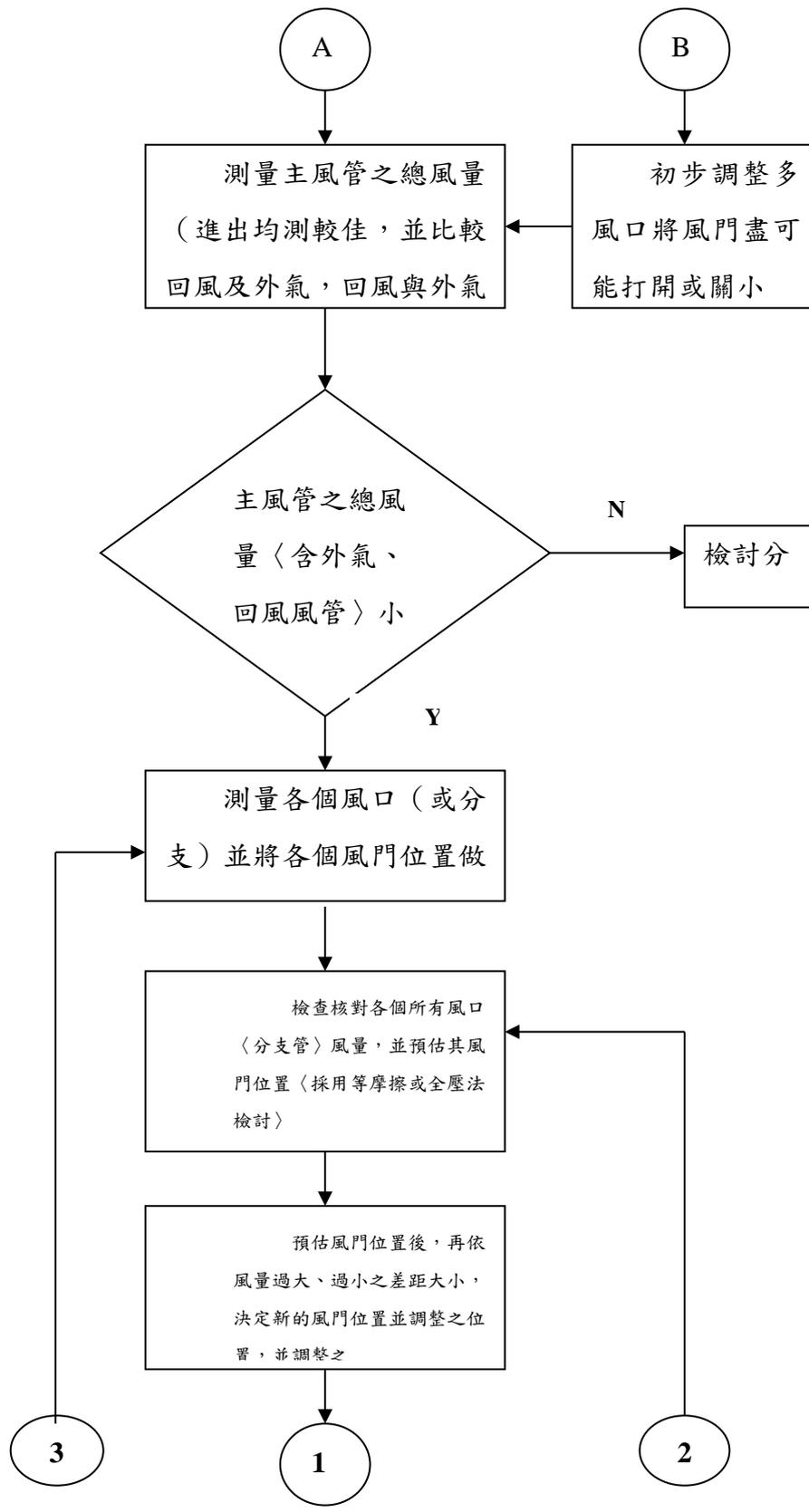


圖 8.1(b) 風量調整

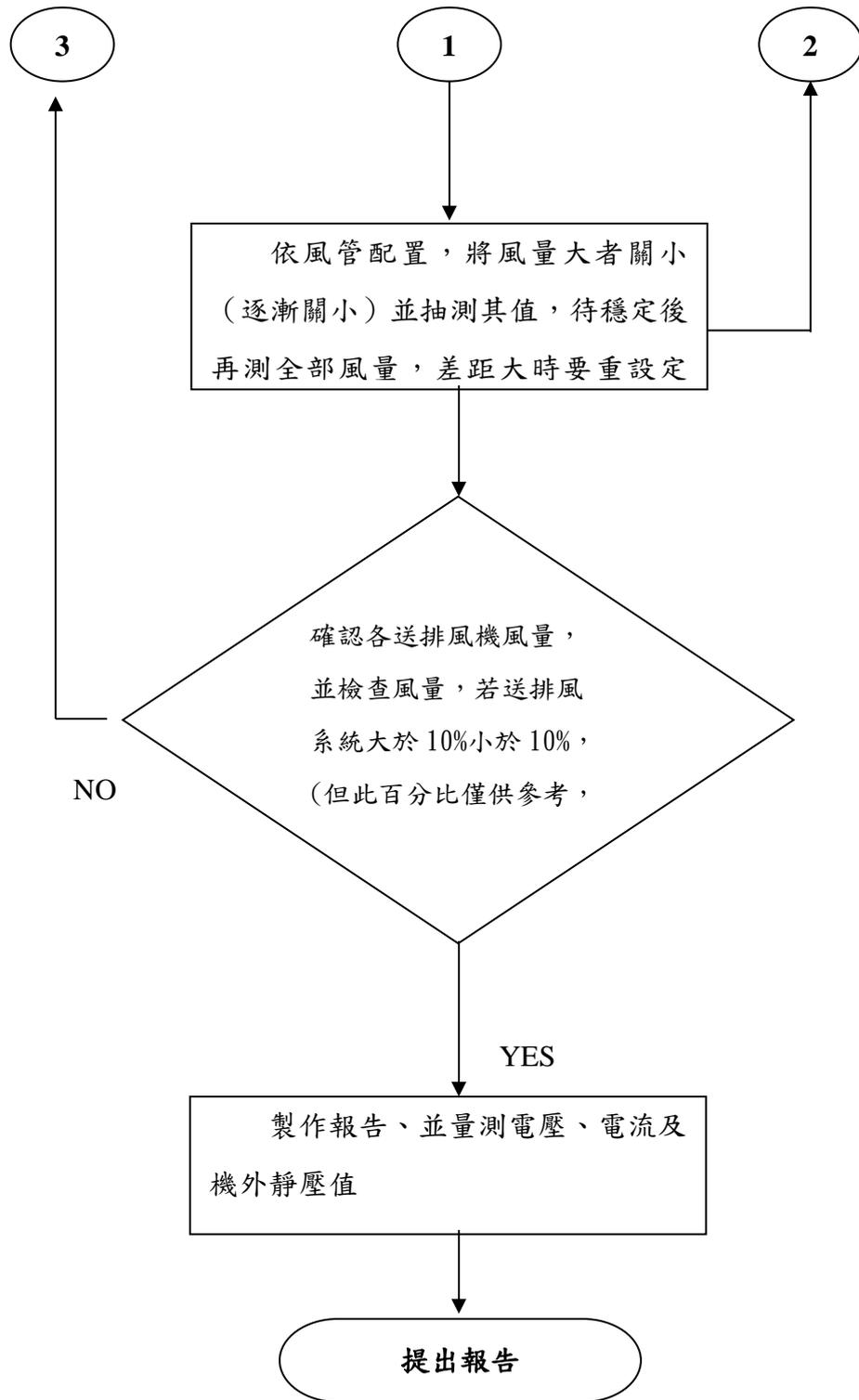


圖 8.1(c) 風量確認

2. 壓差測試流程

如圖 8.2。

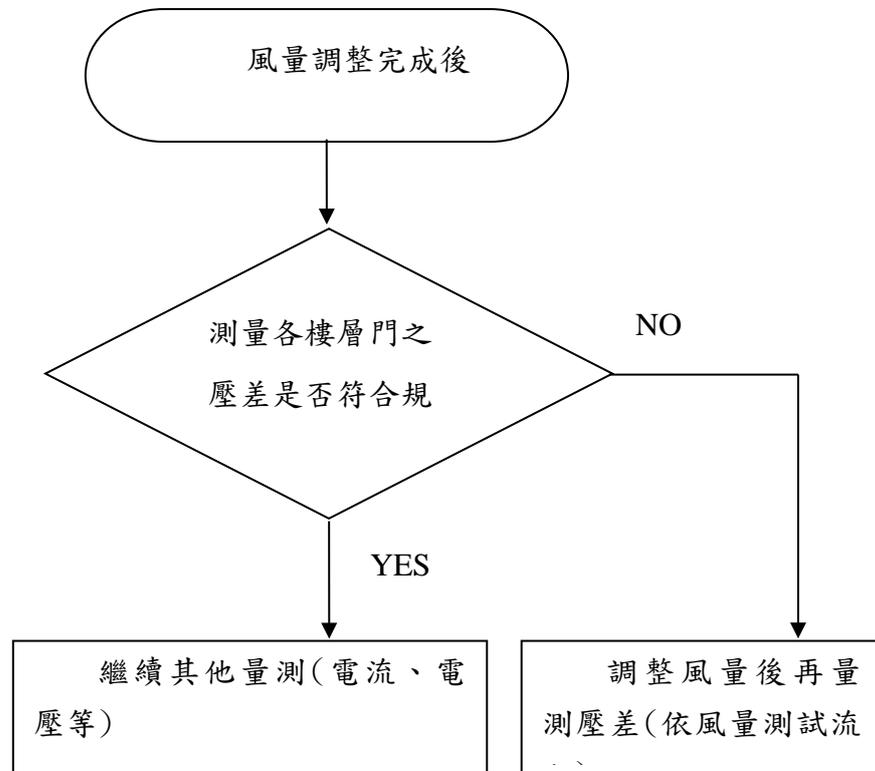


圖 8.2 壓差測試流程

3. 量測注意事項

- (a) 用 Hood 量測時，注意其罩子與風口四週要緊閉不可洩漏，風量計算要依據風速儀之規定調整。
- (b) 出風口採用 Vane type 測量時，要離風口格柵或葉片 25mm~50mm 之間，並劃分測量區域。vane 之尺寸為 d ，則 vane 邊與框邊不得大於 $1/2d$ ，vane 與 vane 之間距離不得大於 d ，如果距離無法調整剛好，則要重疊測量。
- (c) 排風、回風口，則需緊靠風口格柵或葉片，間距不得大於 10mm，其他與 (2) 相同。
- (d) Pitot tube 測量
 - A. 量測靜壓時應量與風垂直面，但要注意測試孔四週要氣密，用差壓計或水柱適明管測量。

B. 量測靜壓風速之位置要注意不可有亂流，彎管處測試孔之選擇要配合現場實際狀況決定其位置。

C. 量測風速其位置依據下：

(A) X 為測試點，如圖 8.3

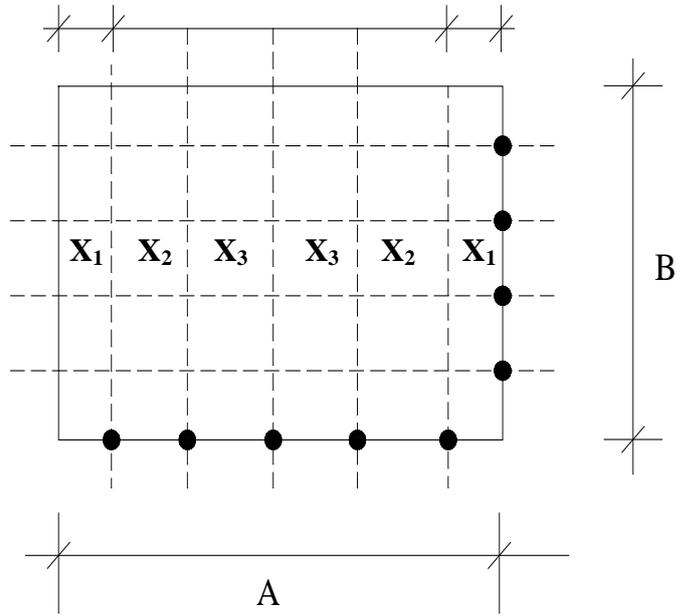


圖 8.3 風速測試點位置圖

(B) 取水平或垂直面當風管長邊

$A \geq 1\text{meter}$ 則取 5 點

$A < 1\text{ meter}$ 則取 4 點

$B \geq 1\text{ meter}$ 則取 5 點

$B < 1\text{ meter}$ 則取 4 點

(以上僅供參考，實際測量點數由業主或管理顧問依需求而決定，
條文列於測試計畫書內)

D. Pitot tube 之風速量測可直接用電子式讀出風速或用差壓計讀取動壓值換算風速。

四、人員編組

1. 指導見證組—測試時一定要派壹員現場記錄與指導，並每日做報告表。
2. 測試資料整理組數名，負責風口編號，測試孔位置決定繪圖及填寫相關記錄與計算。
3. 測試組數組：每組數名，各有領班 1 名，負責人員調度與資料整理，其他人員負責測量與調整。

第二節 運轉測試實測案例

本節對某車站梯間加壓性能測試，作為印證其達到本報告所建議之規範。此車站特別安全梯之排煙室依國內法規設計施工裝設送排煙口，如圖 8.4、圖 8.5 與圖 8.6 所示。另在樓梯內加設加壓系統屬專用、自動補償壓力控制系統，共有九座特別安全梯。梯間加壓壓力超過 50Pa 時自動產生洩壓，以免壓力過大時門打不開，若壓力太小則不易保持正壓，煙容易進入樓梯內影響人員安全逃生。

當火警發生時，在啟動排煙室之送排風機時空調監控系統亦同時啟動特別安全梯之送風機，讓外氣可藉由送風機送入特別安全梯，使逃生梯產生正壓效果，以避免煙器進入逃生梯，影響人員逃生路徑。每一座特別安全梯之送風機均由設置於逃生梯內之壓力感測器來(P.S)控制電動比例式旁通風門的開度，藉由風量的旁通來達成逃生梯內壓力控制，以避免壓力過大而必須以更大的力量來推開安全門。逃生梯內之壓力感測器之壓力設定為 50Pa。

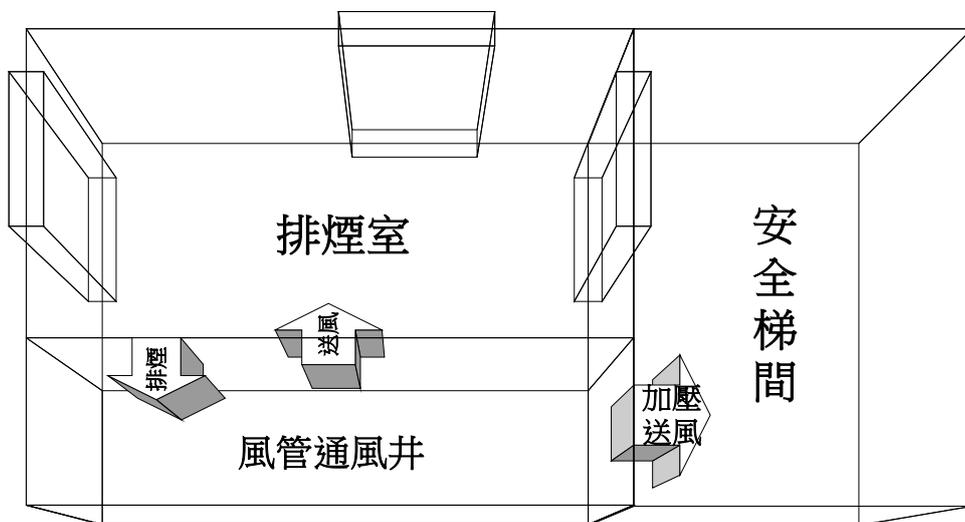


圖 8.4 特別安全梯與排煙室

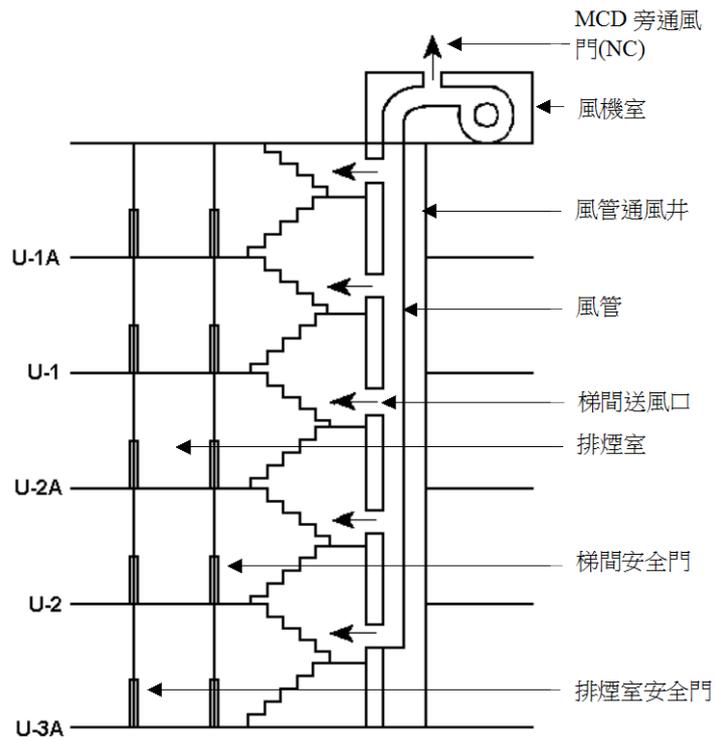


圖 8.5 特別安全梯立面示意

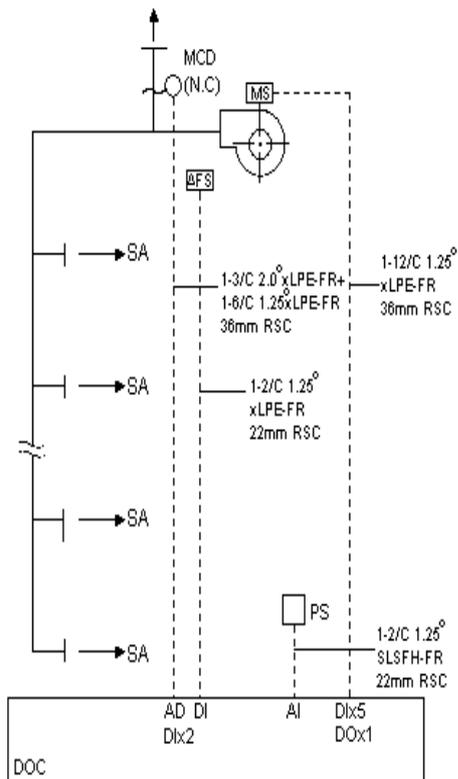


圖 8.6 特別安全梯及加壓系統示意圖

本次實測之量測項目包括以下幾項：

1. 門全關時梯間對排煙室、梯間對站內之壓力及各樓層的送風風量。
2. 開一門時梯間對排煙室、梯間對站內之壓力及各樓層的送風風量，開啟的當門需測量風速，以 16 點為原則。
3. 開兩門時梯間對排煙室、梯間對站內之壓力及各樓層的送風風量，開啟的當門需測量風速，以 16 點為原則。
4. 開兩門時加開排煙室梯間對排煙室、梯間對站內之壓力及各樓層的送風風量，開啟的當門需測量風速，以 16 點為原則。
5. 測試記錄表：如附錄所示。

安全梯間加壓防煙性能測試之實例測試規格如表 8.1 所示。

表 8.1 安全梯間加壓防煙性能測試之實例測試規格

量測項目	量測儀器與標準	量測數量
加壓下安全梯間之正壓值	以壓差計測量安全門內外之壓差	各樓層均作測量
加壓風量	以美國 NEBB 標準測量出風口之風量	測量每一個加壓出風口之風量
加壓風機之送風量	以美國 NEBB 或 ASHRAE 標準作測量	所有梯間加壓風機均作流量測量
安全門開啟對正壓影響之測量	作開一扇及二扇安全門開啟之壓差測量	每樓層安全門內外之壓差均作測量
門開啟時透過門之風速	參考 ASHRAE 及 SFPE 之建議方法	至少作 16 點測量

註：ASHRAE—American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers

NEBB—National Environmental Balancing Bureau

SFPE—Society of Fire Protection Engineers

測量方法參考 SFPE 及 ASHRAE 之建議[22]，如圖 8.7，8.8 及 8.9。

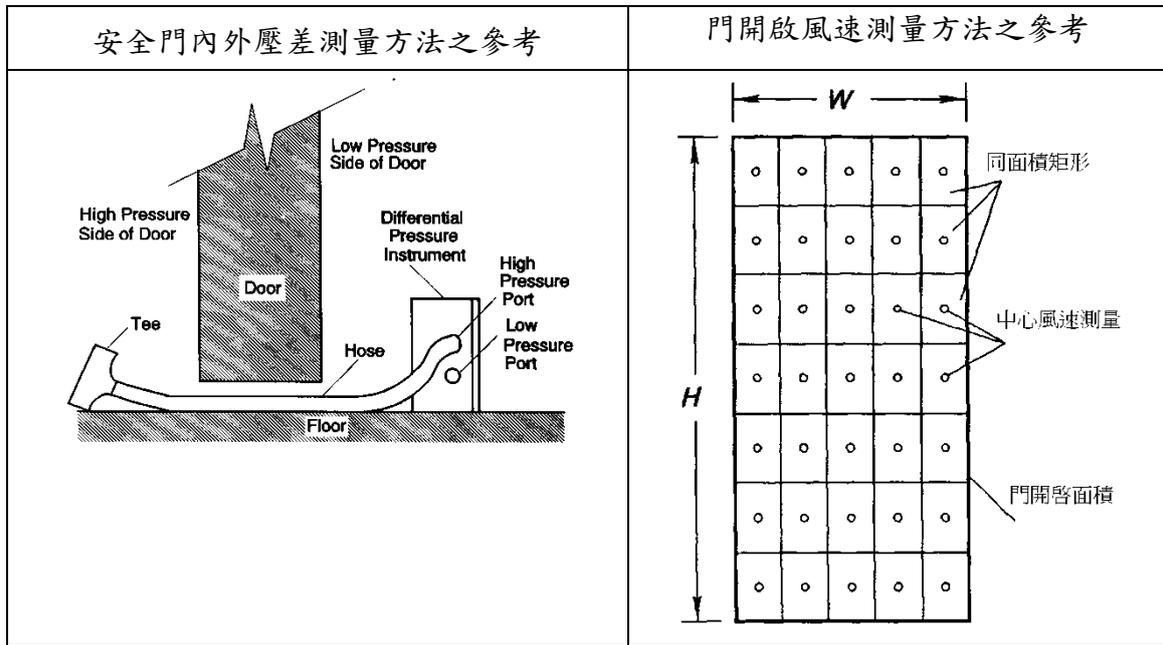


圖 8.7 測量方法



圖 8.8 完成架設風速量測，一門作 16 量測點



圖 8.9 以 vane 式風量計測量加壓送風量

本報告之測試在大台北地區某車站進行，共測試兩個特別安全梯，所測試之特別安全梯之建築結構與機電設施，測試結果說明如下：

編號第 33 號安全梯為一個通往停車場之特別安全梯，特別安全梯有六層，包含地面層以及地面下五層，地面一層以上因為二期工程封閉施工，故地面一樓不進行梯間加壓正壓的量測，故把 U-1 通往車站地下一樓當作避難層來作開二扇門之基準門，此特別安全梯之加壓送風口設於每層樓，故五層樓共五個加壓送風口。此特別安全梯建築與結構特色說明如表 8.2，機電設施說明如表 8.3。

33 號梯之測試結果如表 8.4 所示，在一扇門開啟時正壓與風速值皆良好，在兩扇門開啟時風速值尚在本報告建議之規範內(0.7m/s)，其它樓層梯間對排煙室尚有超過 7.2Pa 之正壓，顯示效果良好。圖 8.10 為 33 梯自動監測紀錄之變化，顯示正壓值趨近設定值。表 8.5 及 8.6 為 33 號特別安全梯開一扇及兩扇門之測試結果，此梯之旁通風門不夠大，故門關閉時梯內正壓(>110Pa)稍高於建議之規範值(87Pa)。

表 8.2 33 號安全梯建築與結構特色

樓層數	樓梯間裝修型式	門扇(型式、規格)	用途
地下五層 地面一層	地下採用 RC 結構， 地面採輕隔間防火隔間	防火門規格 125×204cm 平時開門力量約 3kgf	特別安全梯(含排煙室)供 停車場使用

表 8.3 33 號安全梯機電設施

風管型式 (專用系統)	風機型式 (專用系統)	機房位置	控制方式	消防設施
鐵皮風管每層樓 各有一處送風口 加壓	AMCA 認證風機 風量：21000cmh 靜壓：240Pa	G+1A 樓梯頂 部	電動控制風門控制 洩壓、壓力感測器 安裝於 U-1，壓力 設定 50Pa(自動補 償)	具自動撒水設 施

表 8.4 33 號梯之測試結果

使用儀器	門全關	一扇門全開	二扇門全開	自動監測紀錄閥 之變化
TESTO 400 風速計 溫濕度計 壓力計 對講機 門檔器	1. 風機正常運轉電流 值為 5.4A 2. 風機從停止至全運 轉時間約 5 sec 3. 風機完全建立風壓 時間約 45 秒超過 設定壓力後即進行 洩壓 4. MCD 做 PID 控制			依風機是否運 轉、樓梯間壓力 大小，風門開度 大小等自動記錄 運轉情形 (詳圖 8.7)



圖 8.10 33 梯自動監測紀錄之變化

表 8.5 33 號特別安全梯開一扇門之測試結果

	門全關			開一門 (U-1A)			開一門 (U-1)			開一門 (U-2A)			開一門 (U-2)			開一門 (U-3A)		
	梯間正壓(Pa)	加壓風量(CMH)	開門之風速(m/s)	梯間正壓(Pa)	加壓風量(CMH)	開門之風速(m/s)	梯間正壓(Pa)	加壓風量(CMH)	開門之風速(m/s)	梯間正壓(Pa)	加壓風量(CMH)	開門之風速(m/s)	梯間正壓(Pa)	加壓風量(CMH)	開門之風速(m/s)	梯間正壓(Pa)	加壓風量(CMH)	開門之風速(m/s)
U-1A	114	2830	NA	NA	4871	2.13	3	5411	1.97	5	4601	NA	15	4612	NA	16	5108	NA
U-1	115	2446	NA	14	5363	NA	NA	4341	NA	5	4331	2.04	14	4363	NA	14	4385	NA
U-2A	117	2281	NA	18	3902	NA	9	3632	NA	NA	3974	NA	13	3859	2.07	16	3787	NA
U-2	117	2347	NA	21	4579	NA	14	4644	NA	11	4536	NA	NA	4766	NA	9	4329	2.13
U-3A	119	2477	NA	25	4982	NA	15	5005	NA	15	5054	NA	9	5155	NA	NA	5194	NA

表 8.6 33 號特別安全梯開兩扇門之測試結果

	開兩門(U-1;U-1A)			開兩門(U-1;U-2A)			開兩門 (U-1;U-2)			開兩門(U-1;U-3A)			開兩門(U-2;U-3A)					
	梯間正壓(Pa)	加壓風量(CMH)	開門之風速(m/s)	梯間正壓(Pa)	加壓風量(CMH)	開門之風速(m/s)	梯間正壓(Pa)	加壓風量(CMH)	開門之風速(m/s)	梯間正壓(Pa)	加壓風量(CMH)	開門之風速(m/s)	梯間正壓(Pa)	加壓風量(CMH)	開門之風速(m/s)	梯間正壓(Pa)	加壓風量(CMH)	開門之風速(m/s)
U-1A	NA	5178	0.93	5	5023	NA	4	4957	NA	1	5206	NA	8	4806	NA			
U-1	NA	4106	1.39	NA	4562	0.79	NA	4525	1.11	NA	4428	1.14	1	4298	NA			
U-2A	8	4046	NA	NA	3979	1.47	7	3931	NA	3	3974	NA	1	3917	NA			
U-2	13	4537	NA	12	4778	NA	NA	4925	1.13	3	4795	NA	NA	4766	1.31			
U-3A	17	5211	NA	13	5449	NA	12	5256	NA	NA	5386	1.19	NA	5112	0.98			

編號第 38 號安全梯為一個通往停車場之特別安全梯，特別安全梯有六層，包含地面層以及地面下五層，地下一樓的排煙室建為停車場管理員室，故地下一樓此層不對排煙室進行梯間加壓正壓的量測。此特別安全梯之加壓送風口設於每層樓之中間處，故六層樓共有五個加壓送風口。此特別安全梯建築與結構特色說明如表 8.7，機電設施說明如表 8.8。

38 號梯之測試結果如表 8.9 所示，在一扇門開啟時正壓與風速值皆良好，在兩扇門開啟時風速與各樓之正壓值皆在本報告建議之規範內(0.7m/s)，其它樓層梯間對排煙室尚有超過 11Pa 之正壓，顯示效果良好。圖 8.11 為 38 梯自動監測紀錄之變化，顯示送風隨梯間正壓值調整。表 8.10 及 8.11 為 38 號特別安全梯開一扇及兩扇門之測試結果，此梯之旁風門不夠大，故門關閉時梯內正壓(>110Pa)稍高於建議之規範值(87Pa)。

表 8.7 38 號安全梯建築與結構特色

樓層數	樓梯間裝修型式	門扇(型式、規格)	用途
地下五層	全採用 RC 結構	防火門規格	特別安全梯(含排煙室)
地面一層		125×205cm 平時開門力量約 3kgf	供停車場、停車場辦公室使用

表 8.8 38 號安全梯機電設施

風管型式(專用系統)	風機型式(專用系統)	機房位置	控制方式	消防設施
鐵皮風管每層樓跟樓間各有一處送風口加壓，也就是六樓有五個加壓送風口	AMCA 認證風機 風量： 21000cmh 靜壓： 240Pa	G+1 樓梯頂部	電動控制風門控制洩壓、壓力感測器安裝於 U-1，壓力設定 50Pa(自動補償)	具自動撒水設施

表 8.9 38 號梯之測試結果

使用儀器	門全關	一扇門全開	二扇門全開	自動監測紀錄趨勢
TESTO 400 風速計 溫濕度計 壓力計 對講機 門檔器	<ol style="list-style-type: none"> 1. 風機正常運轉電流值為 5.4A 2. 風機從停止至全運轉時間約 5sec 3. 風機完全建立風壓時間約 45 秒超過設定壓力後即進行洩壓 4. MCD 做 PID 控制 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 一扇門全開平均風速為 2.06m/sec 風向排煙室 2. 各樓層平均壓力為 17Pa 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 二扇門全開平均風速為 1.27m/sec 風向排煙室 2. 各樓層壓力平均約 11Pa 	<p>依風機是否運轉、樓梯間壓力大小，風門開度大小等自動記錄運轉情形 (詳圖 8.8)</p>

STR38特別安全梯加壓測試 AM10:30~PM12:30 10月10日

於AM11:33開門試驗及AM11:47關門造成MCD未全開造成壓力上升

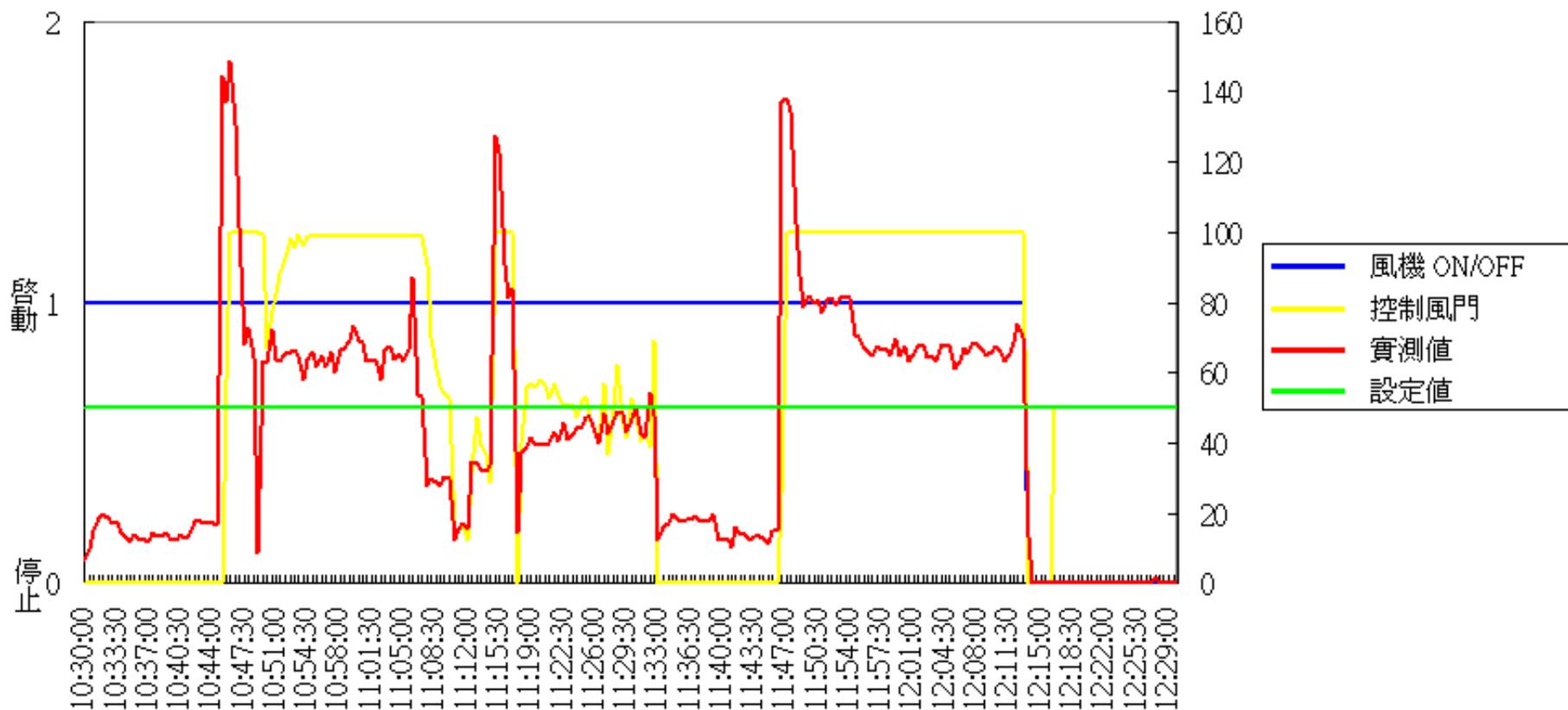


表 8.10 38 號特別安全梯開一扇門之測試結果

	門全關			開一門 (G+1)			開一門 (U-1)			開一門 (U-2A)			開一門 (U-2)			開一門 (U-3A)		
	梯間正壓(Pa)	加壓風量(CMH)	開門之風速(m/s)	梯間正壓(Pa)	加壓風量(CMH)	開門之風速(m/s)	梯間正壓(Pa)	加壓風量(CMH)	開門之風速(m/s)	梯間正壓(Pa)	加壓風量(CMH)	開門之風速(m/s)	梯間正壓(Pa)	加壓風量(CMH)	開門之風速(m/s)	梯間正壓(Pa)	加壓風量(CMH)	開門之風速(m/s)
G+1	137	2016	NA	NA	3231	2.09	21	3149	NA	21	3227	NA	19	2963	NA	15	2948	NA
U-1A	NA	2002	NA	NA	3578	NA	NA	3406	NA	NA	3784	NA	NA	3849	NA	NA	3610	NA
U-1	135	2000	NA	15	4760	NA	NA	4666	2.09	20	4452	NA	20	4805	NA	13	4631	NA
U-2A	124	1793	NA	15	4494	NA	18	4369	NA	NA	4494	2.06	19	4563	NA	12	4601	NA
U-2	119	1858	NA	12	4434	NA	20	4477	NA	17	4433	NA	NA	4470	2	10	4608	NA
U-3A	129	NA	NA	13	NA	NA	24	NA	NA	16	NA	NA	14	NA	NA	NA	NA	2.04

表 8.11 38 號特別安全梯開二扇門之測試結果

	開兩門(G+1;U-1)			開兩門(G+1;U-2A)			開兩門(G+1;U-2)			開兩門(G+1;U-3A)								
	梯間正壓(Pa)	加壓風量(CMH)	開門之風速(m/s)	梯間正壓(Pa)	加壓風量(CMH)	開門之風速(m/s)	梯間正壓(Pa)	加壓風量(CMH)	開門之風速(m/s)	梯間正壓(Pa)	加壓風量(CMH)	開門之風速(m/s)	梯間正壓(Pa)	加壓風量(CMH)	開門之風速(m/s)	梯間正壓(Pa)	加壓風量(CMH)	開門之風速(m/s)
G+1	NA	3065	1.5	NA	3227	1.58	NA	3133	1.19	NA	3135	1.31						
U-1A	NA	3731	NA	NA	3629	NA	NA	3574	NA	NA	3621	NA						
U-1	NA	4406	1.14	10	4421	NA	10	5050	NA	11	4730	NA						
U-2A	7	4503	NA	NA	4411	1.16	10	4450	NA	11	4490	NA						
U-2	13	4576	NA	12	4510	NA	NA	4542	1.13	13	4503	NA						
U-3A	12	NA	NA	12	NA	NA	12	NA	NA	NA	NA	1.14						

參考文獻

- [1] 各類場所消防安全設備設置標準，內政部消防署。
- [2] Klote, J.H. and J.A.Milke, Principle of Smoke Management Systems, ASHRAE and SFPE, 2002.
- [3] IBC Handbook, International Building Code (IBC), International Code Council, 2012.
- [4] 蔡尤溪、林啟基、蘇水波等，建築物正負壓區劃性能式煙控設計之研究，內政部建築研究所委託研究報告，中華民國九十八年十二月。
- [5] NFPA 92, Standard on Smoke Control Systems, 2015.
- [6] 內政部建築研究所安全防災組，台南市「衛生署新營醫院北門分院」火災勘查報告，101年10月。
- [7] 蔡尤溪、林啟基、卓鴻傑、許文泉，防煙區劃內隔間開口設計對機械排煙效能影響之研究，內政部建築研究所委託研究報告，102年12月。
- [8] NFPA 92A, Recommended Practice for Smoke-Control Systems Utilizing Barriers and Pressure Differences, 1996.
- [9] NFPA 92A, Standard for Smoke-Control Systems Utilizing Barriers and Pressure Differences, 2006.
- [10] NFPA 92A, Standard for Smoke-Control Systems Utilizing Barriers and Pressure Differences, 2009.
- [11] ASHRAE Handbook Application, Chapter 52 Fire and Smoke Management, 2007.
- [12] NFPA 90A, Standard for the installation of Air-conditioning and Ventilating Systems, 2015.
- [13] NFPA 90A, Handbook, 2015.
- [14] NIST Special Publication 1019 Sixth Edition, Fire Dynamics Simulation User's Guide, National Institute of Standards and Technology, 2014.
- [15] NIST Special Publication 1018 Sixth Edition, Fire Dynamics Simulation Technical Reference Guide Volume 1: Mathematical Model, National Institute of Standards and Technology, 2014.
- [16] NIST Special Publication 1017-1 Sixth Edition, Smokeview, A Tool for Visualizing Fire Dynamics Simulation Data Volume I: User's Guide, National Institute of Standards and Technology, 2014.
- [17] NIST Special Publication 1017-2 Sixth Edition, Smokeview, A Tool for Visualizing Fire Dynamics Simulation Data Volume II: Technical Reference Guide, National Institute of Standards and Technology, 2014.
- [18] Baum H. R., B. J. MaCaffery, Fire Induced Flow Field – Theory and Experiment, Fire Safety Science – Proceedings of the Second International Symposium, 1989, pp. 129-148.
- [19] D. Stroup and A. Lindeman., Verification and Validation of Selected Fire Models for Nuclear Power Plant Applications. NUREG-1824, supplement 1, United States Nuclear Regulatory Commission, Washington, 2013.
- [20] J.H. Klote and J.A. Milke, Design of smoke management systems, ASHRAE and SFPE, 1992.
- [21] 最新建築技術規則附補充規定圖例，詹氏書局，2011。

- [22] 蔡尤溪、蔡宜曆、周瑞法、李志鵬、蘇水波，建築防煙技術及實驗研究子計畫(II)安全梯間加壓防煙技術手冊，內政部建築研究所委託研究報告，91年12月。
- [23] CIBSE Guide E, Fire Engineering, Chartered Institute of Building Services Engineers, 1997.
- [24] NFPA Fire Protection Handbook, National Fire Protection Association, 2015.
- [25] 蘇鴻奇，建築物室內流明天花板影響煙流模擬研究，內政部建築研究所自行研究報告，中華民國101年12月。
- 蘇鴻奇，公共建築物內天花板裝修形式影響自然煙流驗證研究，內政部建築研究所自行研究報告，中華民國102年12月。