台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

2019年夏季專業教育訓練課程

空調系統與室內空氣品質相關性及改善實務

主　講　人

柯　明　村

國立臺北科技大學 能源與冷凍空調工程系

自我介紹

柯明村(Ming-Tsun Ke)

- 國立臺北科技大學 能源與冷凍空調工程系
- 合格國際量測驗證師 CMVP (IPMVP Level 3& Level 4, AEE and EVO)
- 中國制冷學會-制冷高級工程師
- 國家標準技術委員會委員
- 公共工程採購評選委員會專家學者
- 教育部 環保小組委員
- 台灣能源技術服務產業發展協會—理事
- 中華民國能源技術服務商業同業公會—顧問
- 財團法人台灣綠色生產力基金會節能技術發展中心—顧問

室內空氣品質

能源

能源服務相關經驗

- 基隆市、台北市、桃園市、台中市等場域室內空氣品質輔導
- 政府與財團法人機構節能相關研究計畫主持人
  - ✓ **開發創新設備：MEMS VOC感測器、溶液除濕空調箱、自然空調機、能源管理服務雲運算平台...**
- 產學合作　節能設備/系統開發、第三公正檢測、測試調整平衡(TAB)等專案合作計畫
- 中技社、財團法人台灣綠色生產力基金會 能源查核
- 財團法人台灣產業服務基金會 高科技廠節能輔導

課程內容

(一)空調與通風系統 (50 min.)

(1)空調系統與通風

(2)相關法規標準與理論

(二)空調通風改善室內空氣品質之策略 (50 min.)

(1)常用通風換氣型式

(2)通風換氣系統與設計

(三)空調通風改善室內空氣品質之技術與案例分析 (50 min.)

(1)通風換氣設備與系統應用實務

(2)通風系統之維護管理

(3)通風系統問題探討

課程內容

(一)空調與通風系統 (50 min.)

(1)空調系統與通風

(2)相關法規標準與理論

(二)空調通風改善室內空氣品質之策略 (50 min.)

(1)常用通風換氣型式

(2)通風換氣系統與設計

(三)空調通風改善室內空氣品質之技術與案例分析 (50 min.)

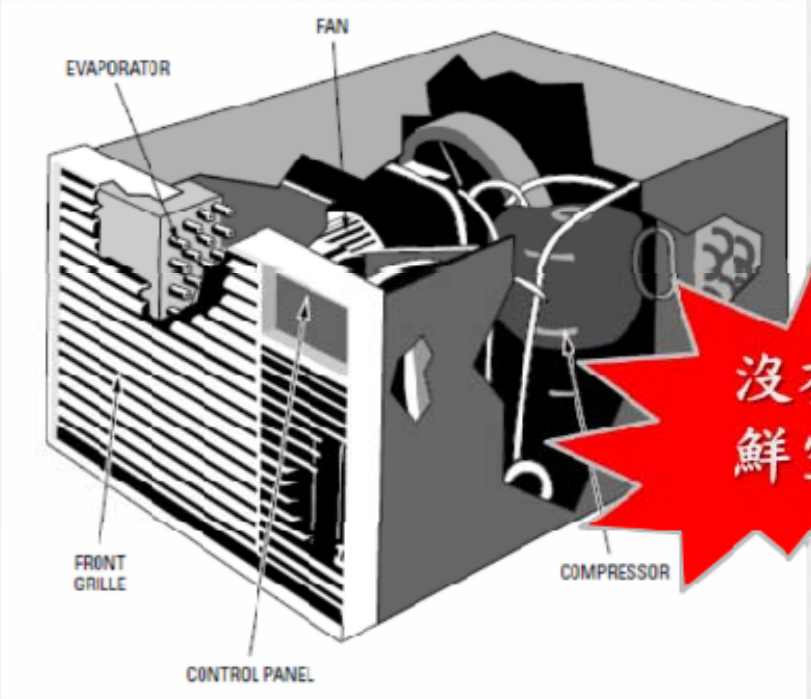
(1)通風換氣設備與系統應用實務

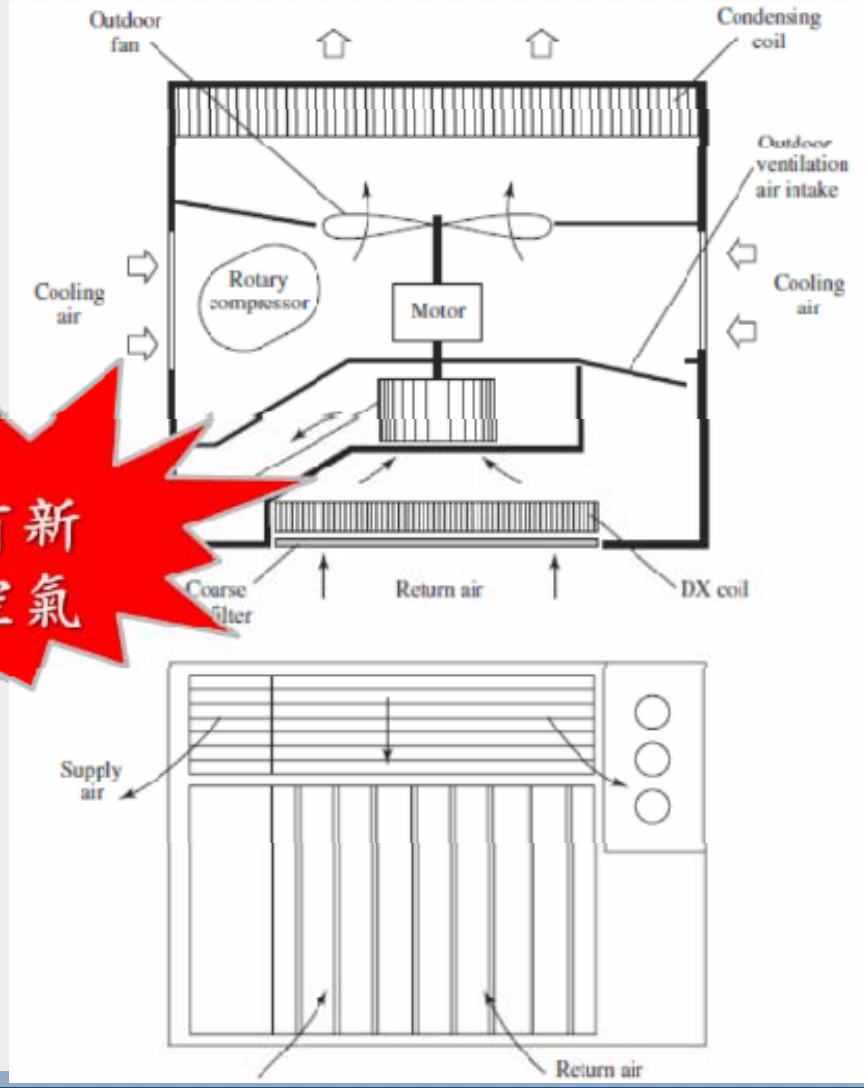
(2)通風系統之維護管理

(3)通風系統問題探討

一、空調系統與通風

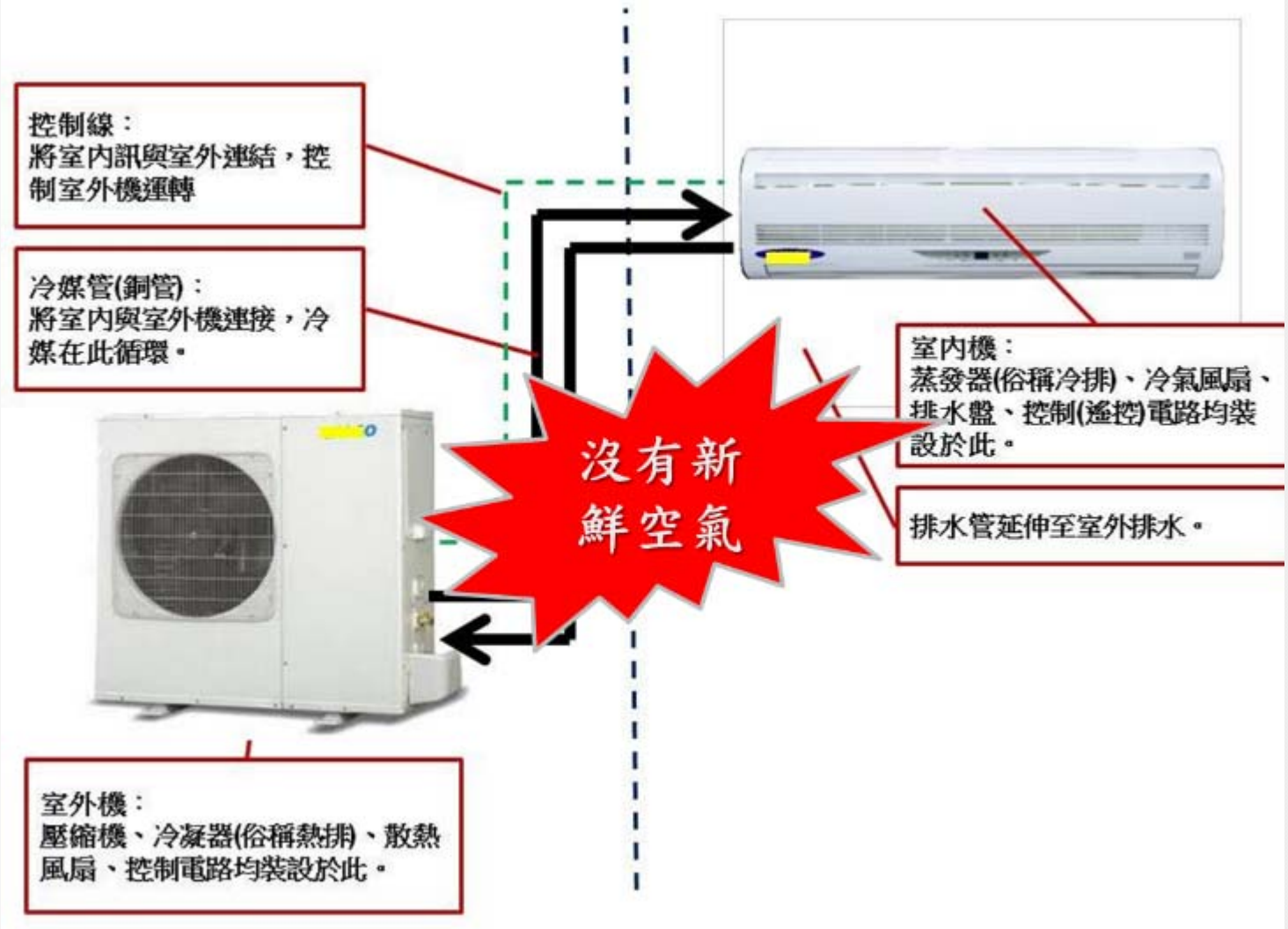
窗型冷氣機



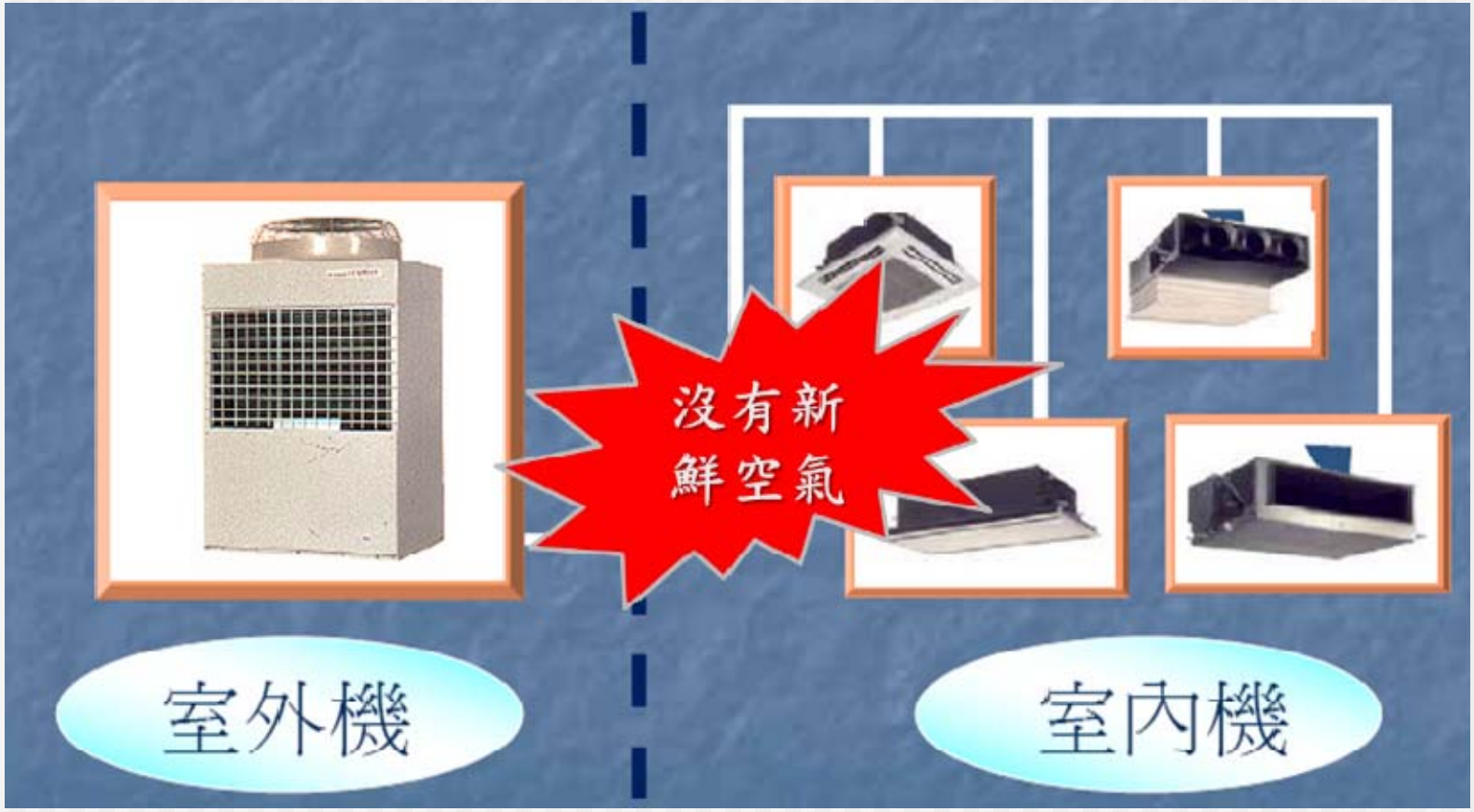


沒有新鮮空氣

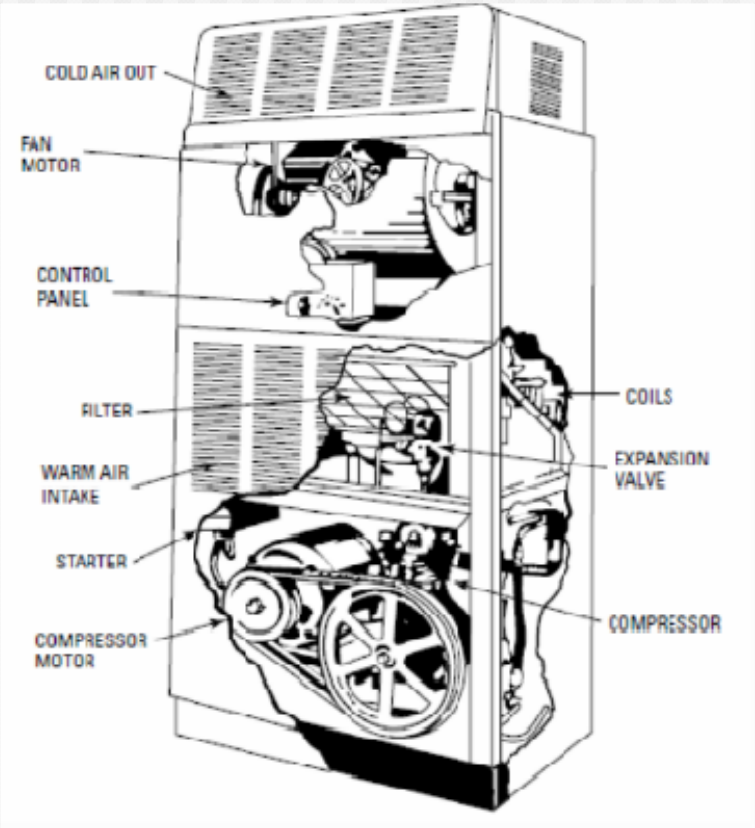
分離式冷氣機

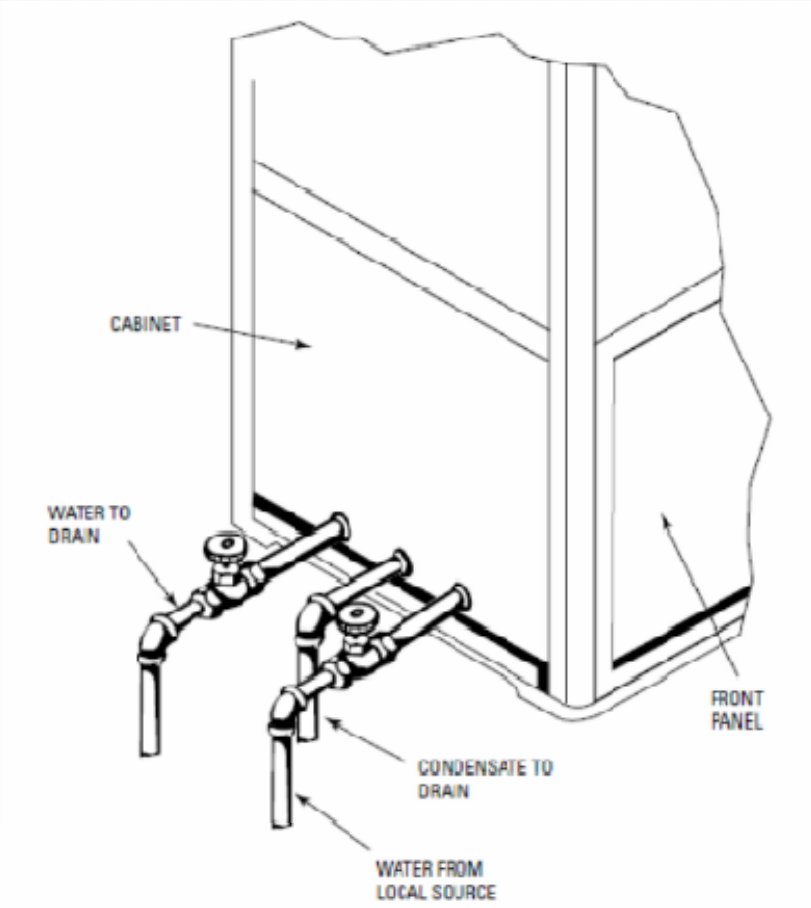

控制線：
將室內訊與室外連結，控制室外機運轉
冷媒管(銅管)：
將室內與室外機連接，冷媒在此循環。
室內機：
蒸發器(俗稱冷排)、冷氣風扇、排水盤、控制(遙控)電路均裝設於此。
排水管延伸至室外排水。
沒有新鮮空氣
室外機：
壓縮機、冷凝器(俗稱熱排)、散熱風扇、控制電路均裝設於此。

多聯變頻分離式(氣冷中央系統)



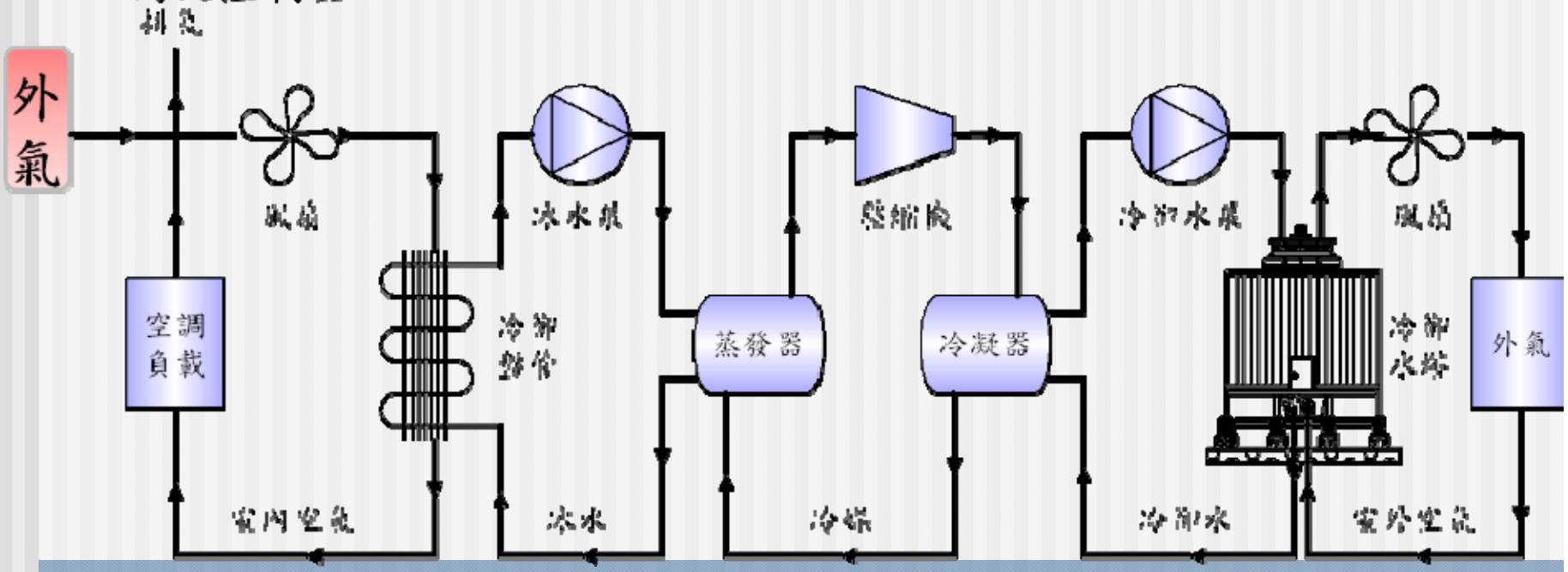
箱型機空調系統(水冷式)


COLD AIR OUT
FAN MOTOR
CONTROL PANEL
FILTER
WARM AIR INTAKE
STARTER
COMPRESSOR MOTOR
COILS
EXPANSION VALVE
COMPRESSOR

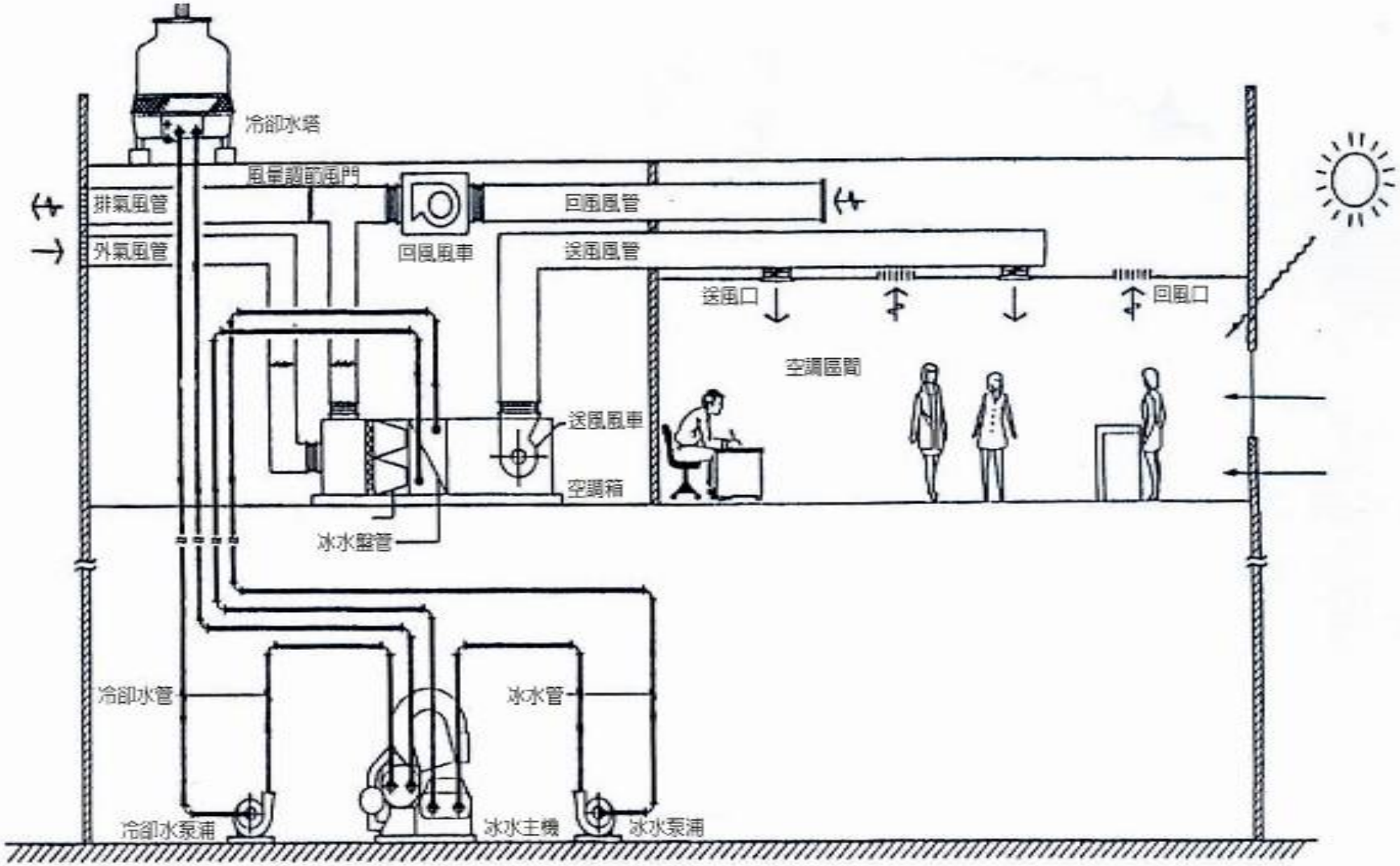

CABINET
WATER TO DRAIN
FRONT PANEL
CONDENSATE TO DRAIN
WATER FROM LOCAL SOURCE

中央空調設備系統組成

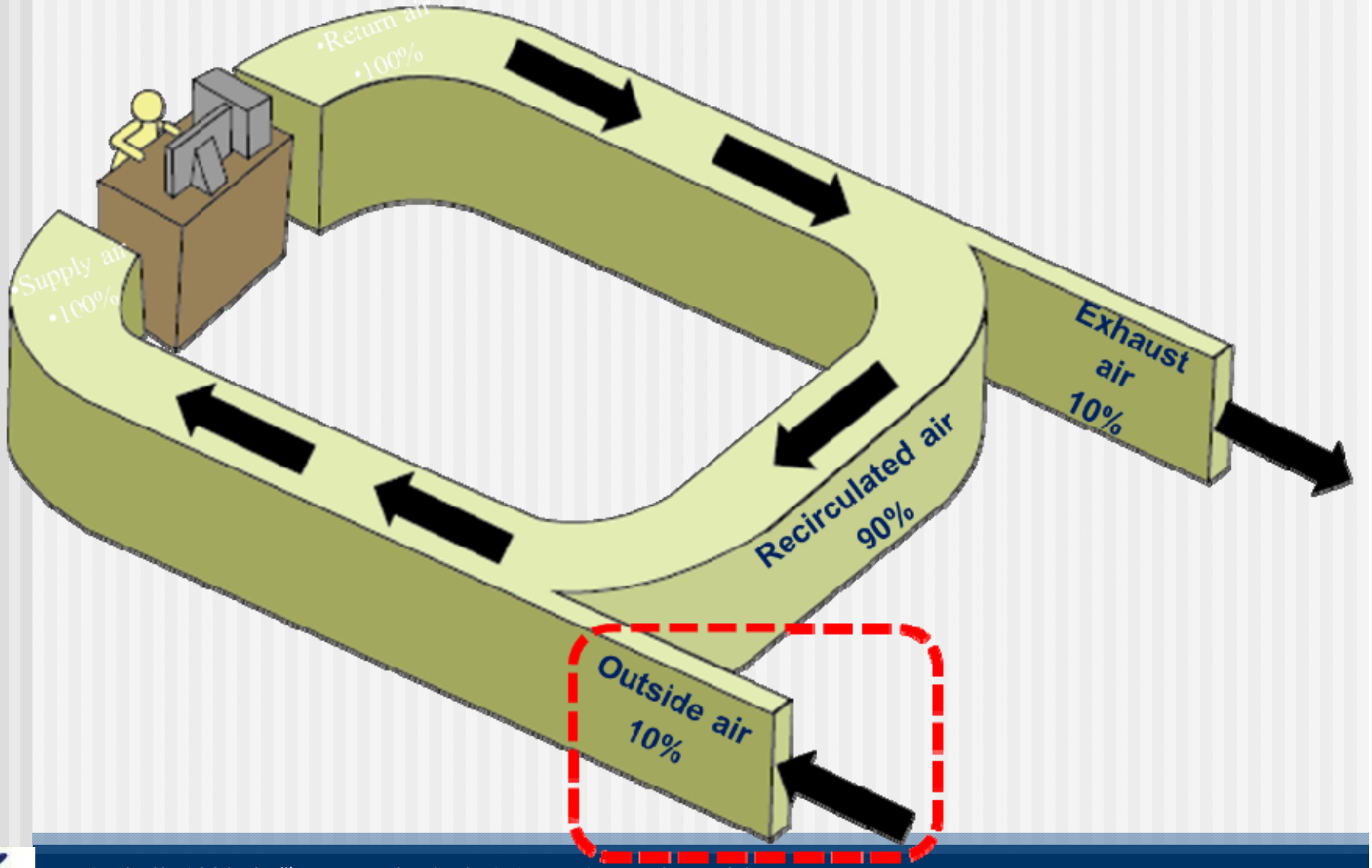
- 空調處理裝置：包含濾網、空氣冷卻器及空氣加熱器等。
- 熱搬運裝置：包含風車、風管、泵浦(及配管)等。
- 熱源裝置：包含鍋爐冷凍機及其運轉時必要之泵浦、冷卻水塔及油槽等均屬之。
- 自動控制裝置：使室內溫、濕度保持一定及經濟運轉所必要之感測及控制器。



中央空調系統之系統架構圖



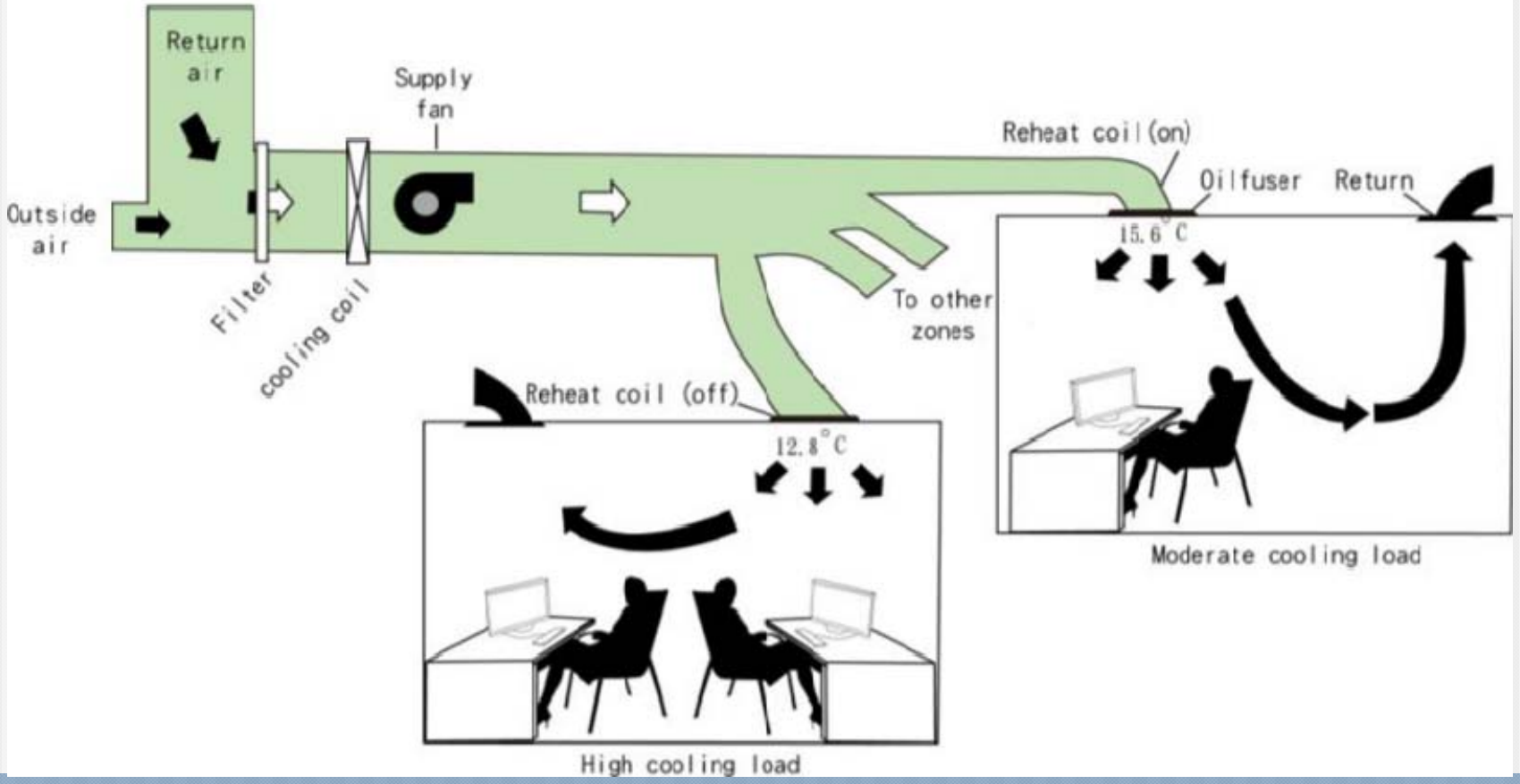
空氣調節系統流程圖


•Return air
•100%
•Supply air
•100%
Exhaust air 10%
Recirculated air 90%
Outside air 10%

空氣調節系統型式—全空氣式

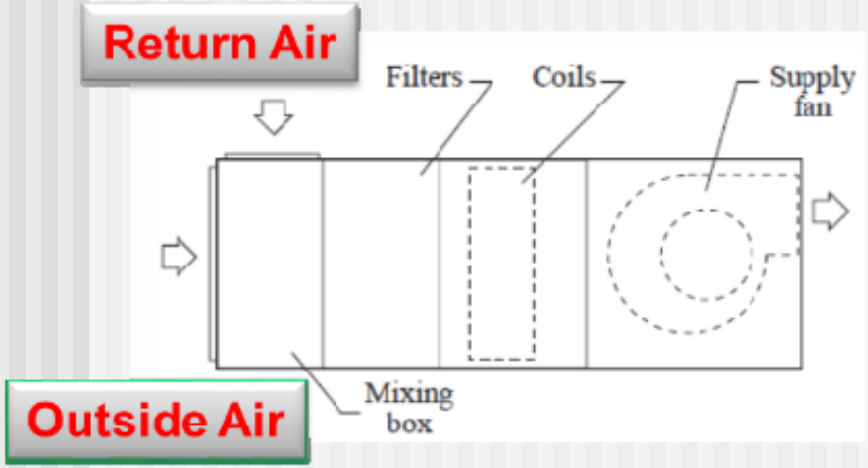
全空氣系統(All Air System)—

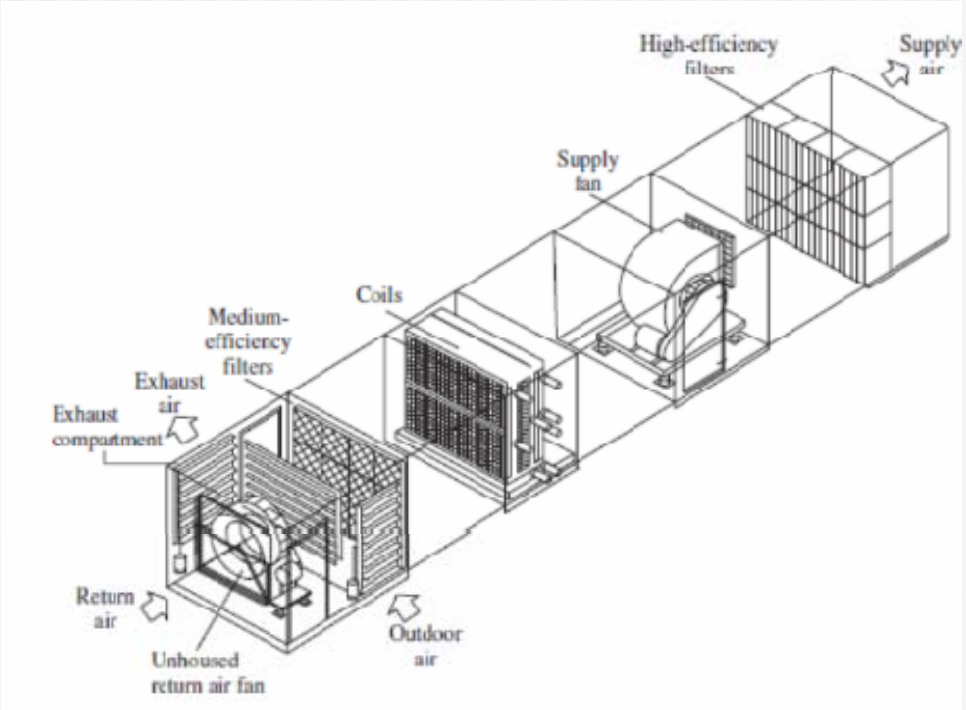
空調箱(Air-Handling Unit)+風管(Duct)



空氣調節系統型式—全空氣式

空調箱





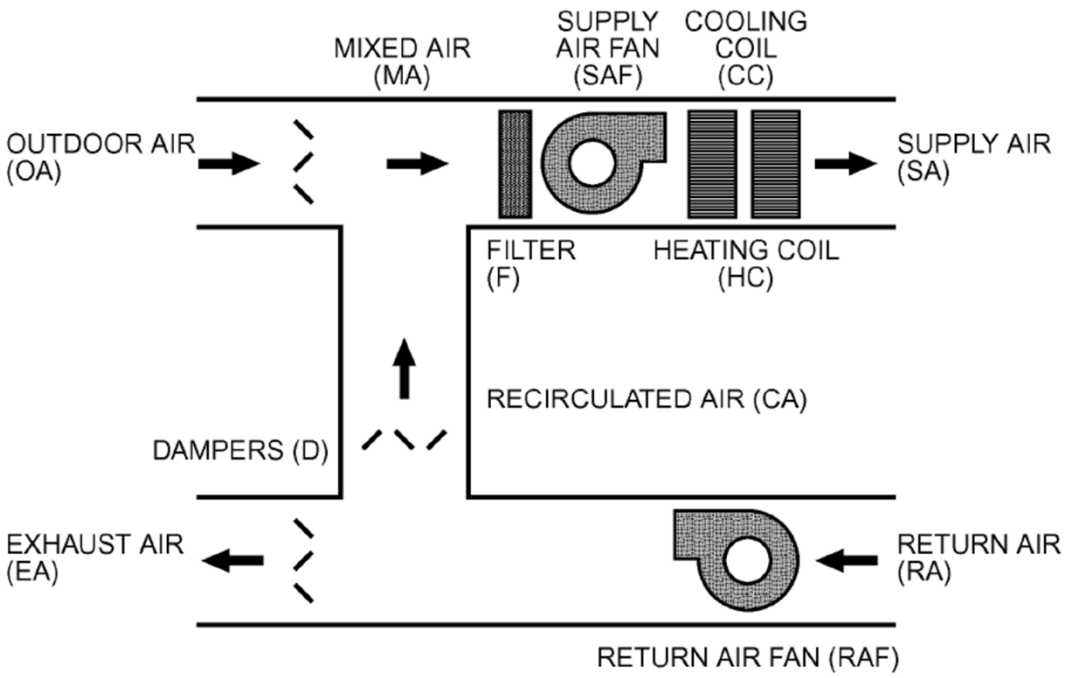
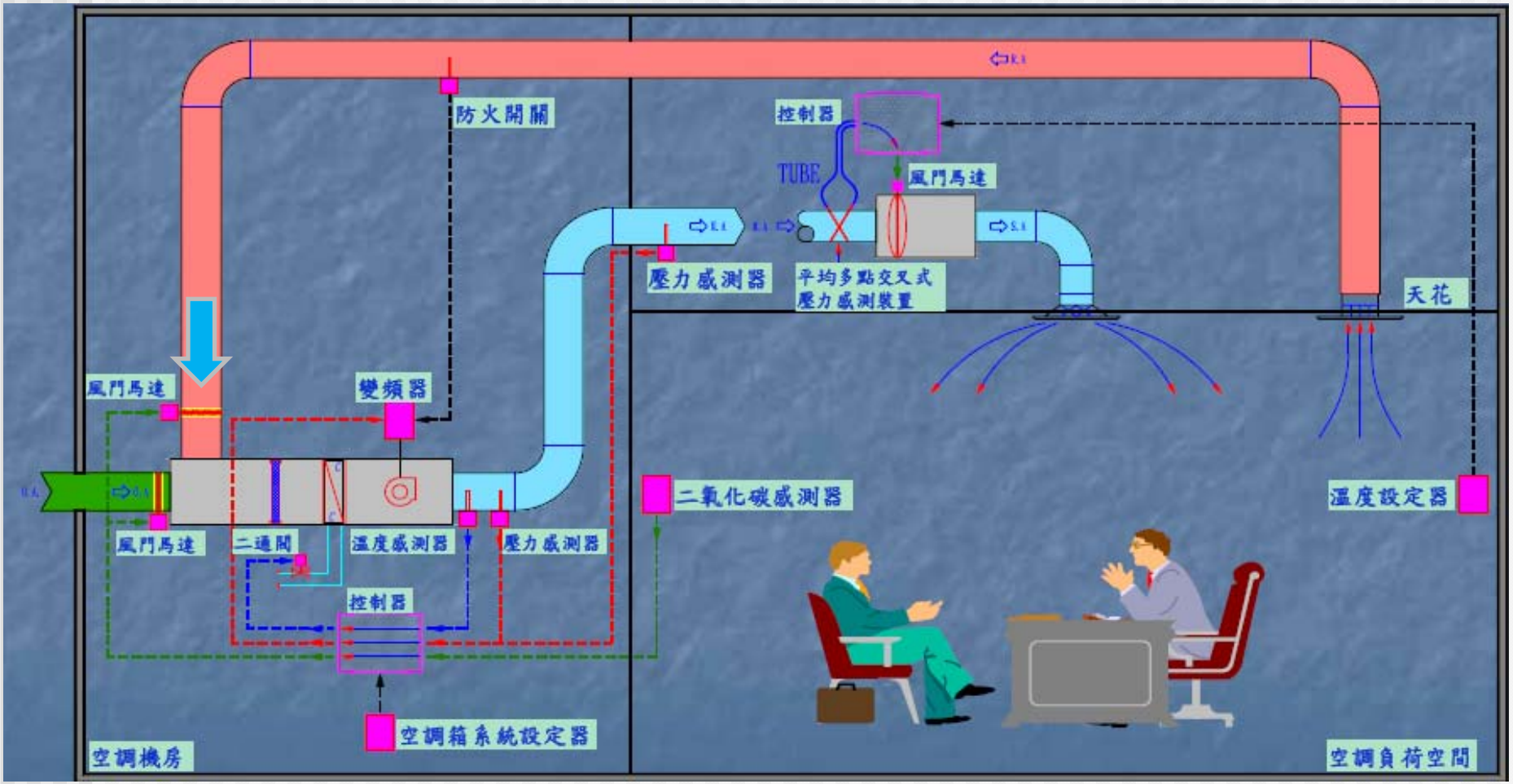


Fig. 2 Simple All-Air Air-Handling Unit with Associated Airflows

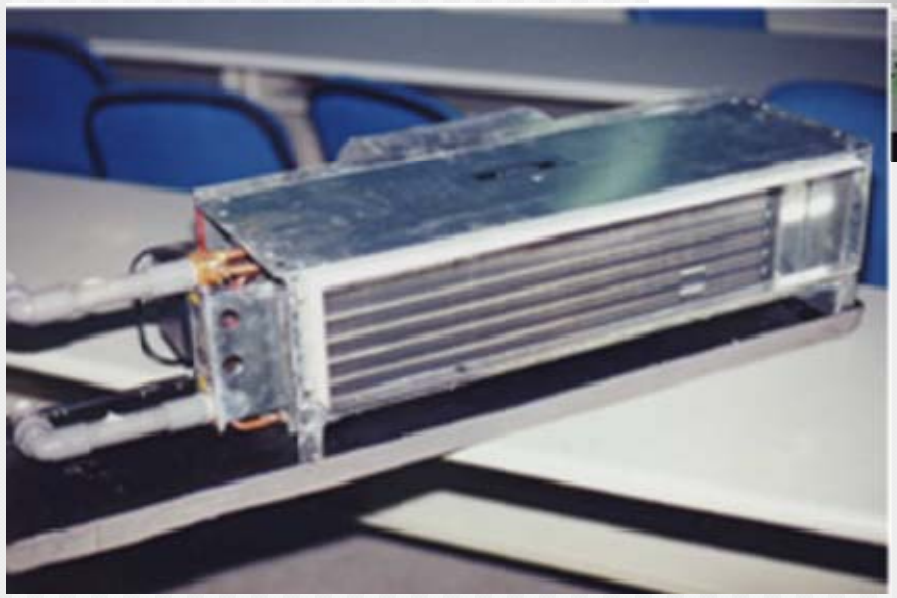
空氣調節系統流程圖


防火開關
控制器
TUBE
風門馬達
壓力感測器
平均多點交叉式
壓力感測裝置
天花
風門馬達
變頻器
二氧化碳感測器
溫度設定器
風門馬達
二通閥
溫度感測器
壓力感測器
控制器
空調箱系統設定器
空調機房
空調負荷空間

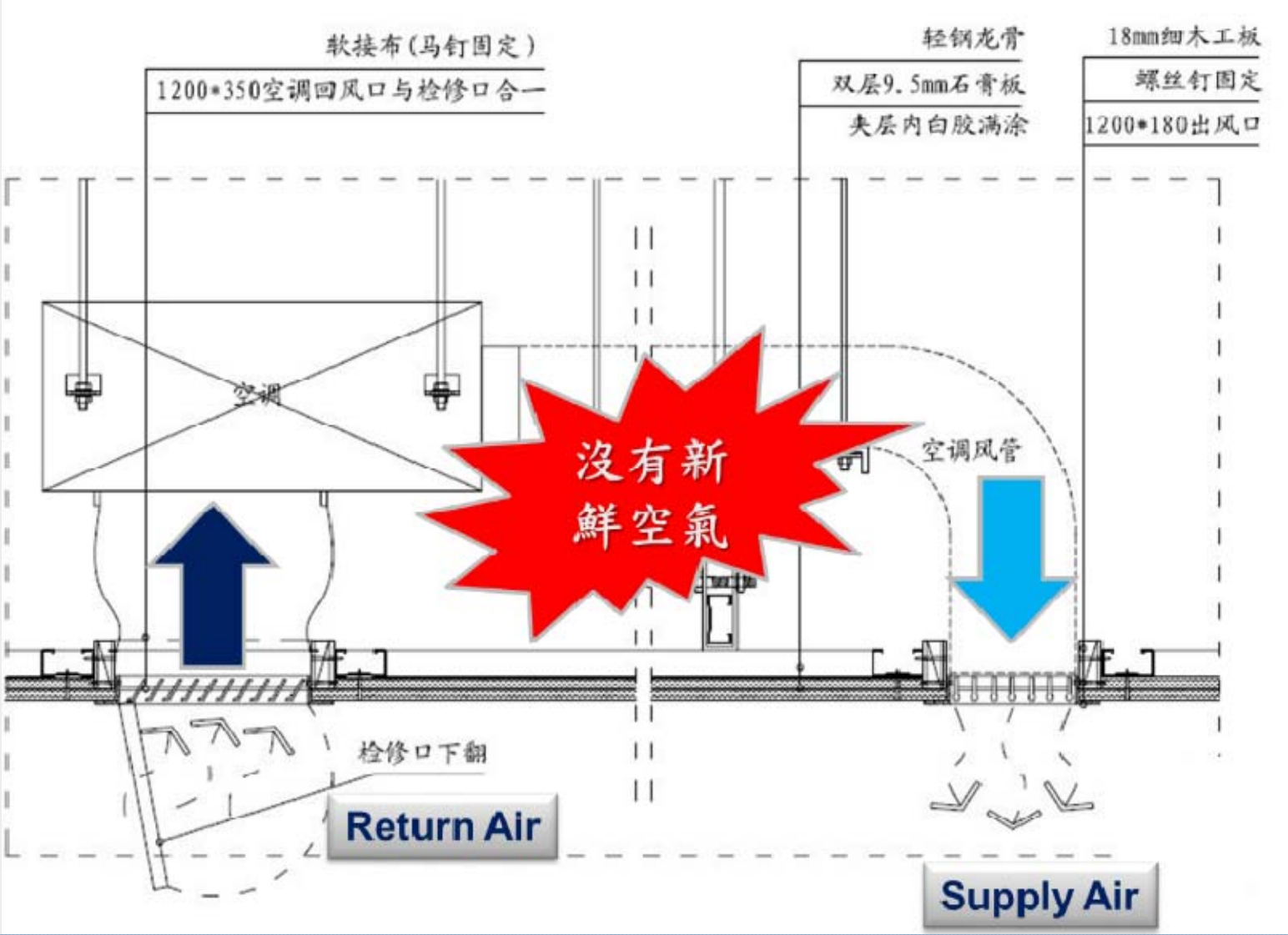
空氣調節系統型式—全水式

全水系統(All Water System)—

含冷卻或加熱盤管之終端設備



空氣調節系統型式—全水式



ASHRAE Standard 62

STANDARD

ASHRAE

ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2016
(Supersedes ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2013)
Includes ANSI/ASHRAE addenda listed in Appendix K

Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality

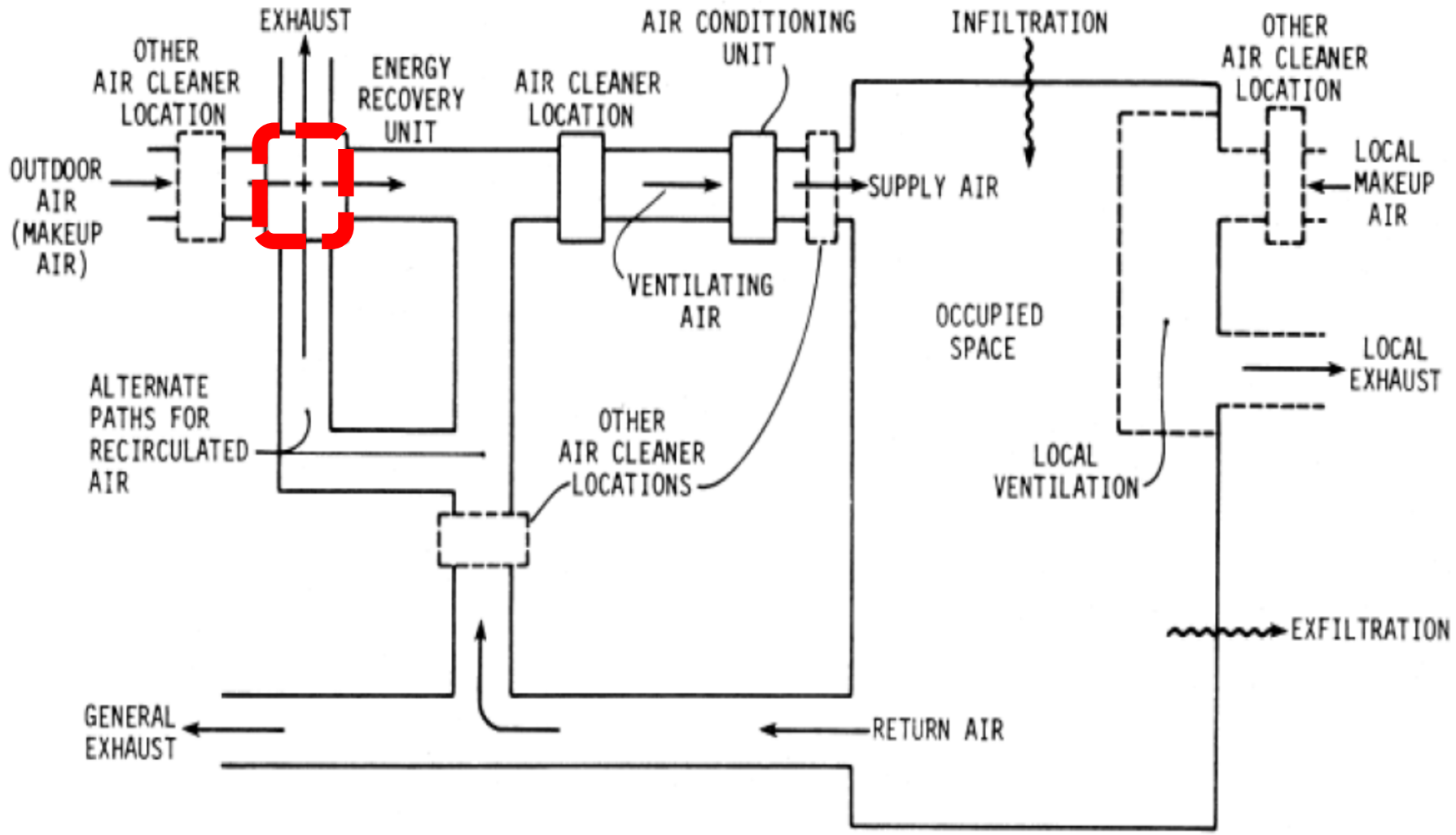
See Appendix K for approval dates by the ASHRAE Standards Committee, the ASHRAE Board of Directors, and the American National Standards Institute.

This Standard is under continuous maintenance by a Standing Standard Project Committee (SSPC) for which the Standards Committee has established a documented program for regular publication of addenda or revisions, including procedures for timely, documented, consensus action on requests for change to any part of the Standard. The change submittal form, instructions, and deadlines may be obtained in electronic form from the ASHRAE website (www.ashrae.org) or in paper form from the Senior Manager of Standards. The latest edition of an ASHRAE Standard may be purchased from the ASHRAE website (www.ashrae.org) or from ASHRAE Customer Service, 1791 Tullie Circle, NE, Atlanta, GA 30329-2305. E-mail: orders@ashrae.org. Fax: 678-539-2129. Telephone: 404-636-8400 (worldwide), or toll free 1-800-527-4723 (for orders in US and Canada). For reprint permission, go to www.ashrae.org/permissions.

© 2016 ASHRAE ISSN 1041-2336

Approved American National Standard
ANSI
www.ansi.org

空調通風與過濾—ASHRAE 62



二、相關法規標準與理論

我國室內空氣品質標準

項目	室內標準值		單位
一氧化碳（CO）	8小時值	9	ppm
二氧化碳（CO_2）	8小時值	1000	ppm
甲醛（HCHO）	1小時值	0.08	ppm
總揮發性有機化合物(TVOC)	1小時值	0.56	ppm
細菌(Bacteria)	最高值	1500	CFU/m^3
真菌(Fungi)	最高值	1000 但真菌濃度室內外比值小於等於1.3者，不在此限	CFU/m^3
粒徑小於等於10微米（μm）之懸浮微粒（PM_{10}）	24小時值	75	μg/m^3
粒徑小於等於2.5微米（μm）之懸浮微粒（$PM_{2.5}$）	24小時值	35	μg/m^3
臭氧（O_3）	8小時值	0.06	ppm

二、相關法規標準與理論

國際室內空氣品質標準或要求

	Enforceable and/or Regulatory Levels			Nonenforced Guidelines and Reference Levels			
	NAAQS/EPA (Ref. C-4)	OSHA (Ref. C-5)	MAK (Ref. C-2)	Canadian (Ref. C-8)	WHO/Europe (Ref. C-11)	NIOSH (Ref. C-13)	ACGIH (Ref. C-1)
Carbon dioxide		5000 ppm	5000 ppm 10,000 ppm [1 h]	3500 ppm [L]		5000 ppm 30,000 ppm [15 min]	5000 ppm 30,000 ppm [15 min]
Carbon monoxide [c]	9 ppm [g] 35 ppm [1 h] [g]	50 ppm	30 ppm 60 ppm [30 min]	11 ppm [8 h] 25 ppm [1 h]	90 ppm [15 min] 50 ppm [30 min] 25 ppm [1 h] 10 ppm [8 h]	35 ppm 200 ppm [C]	25 ppm
Formaldehyde [h]		0.75 ppm 2 ppm [15 min]	0.3 ppm 1 ppm [i]	0.1 ppm [L] 0.05 ppm [L] [b]	0.1 mg/m³ (0.081 ppm) [30 min] [p]	0.016 ppm 0.1 ppm [15 min]	0.3 ppm [C]
Lead	1.5 µg/m³ [3 months]	0.05 mg/m³	0.1 mg/m³ 1 mg/m³ [30 min]	Minimize exposure	0.5 µg/m³ [1 yr]	0.050 mg/m³	0.05 mg/m³
Nitrogen dioxide	0.05 ppm [1 yr]	5 ppm [C]	5 ppm 10 ppm [5 min]	0.05 ppm 0.25 ppm [1 h]	0.1 ppm[1 h] 0.02 ppm [1 yr]	1 ppm [15 min]	3 ppm 5 ppm [15 min]
Ozone	0.12 ppm [1 h] [g] 0.08 ppm	0.1 ppm	j	0.12 ppm [1 h]	0.064 ppm (120 µg/m³) [8 h]	0.1 ppm [C]	0.05 ppm [k] 0.08 ppm [l] 0.1 ppm [m] 0.2 ppm [n]
Particles [e] <2.5 µm MMAD [d]	15 µg/m³[1 yr] [o] 35 µg/m³ [24 h] [o]	5 mg/m³	1.5 mg/m³ for <4 µm	0.1 mg/m³ [1 h] 0.040 mg/m³ [L]			3 mg/m³ [C]
Particles [e] <10 µm MMAD [d]	150 µg/m³ [24 h] [o]		4 mg/m³				10 mg/m³ [C]
Radon				800 Bq/m³ [1 yr]			
Sulfur dioxide	0.03 ppm [1 yr] 0.14 ppm [24 h] [g]	5 ppm	0.5 ppm 1 ppm [i]	0.38 ppm [5 min] 0.019 ppm	0.048 ppm [24 h] 0.012 ppm [1 yr]	2 ppm 5 ppm [15 min]	2 ppm 5 ppm [15 min]
Total particles [e]		15 mg/m³					

二、相關法規標準與理論

1.1內政部頒訂建築技術規則〔1〕

(1)建築設計施工篇第二章第八節有關通風摘要（細則自行參閱）

- 第43條 （通風）居室應設置能與戶外空氣直接流通之窗戶或開口，或有效之自然通風設備或機械通風設備並應依規定。
- 第44條 （自然通風設備之構造）自然通風設備之構造應依規定。

二、相關法規標準與理論

(2)建築設計施工篇第十一章第五節有關地下建築物之空氣調節及通風設備摘要。（細則自行參閱）

- 第220條 （通風量）依前條設置之通風系統，其通風量應依規定。
- 第221條 專用排氣設備）廚房、廁所及緊電源室（不包括密閉式蓄電池室），應設置專用排氣設備。
- 第222條 （新鮮空氣進氣口）新鮮空氣進氣口應有防雨、防蟲、防鼠、防塵構造，且應設於地面上三公尺以上之位置。該位置附近之空氣狀況，經主管機關認定不合衛生條件者，應設置空氣過濾或洗淨設備。

二、相關法規標準與理論

(3)建築設備篇第五章空氣調節及通風設備第二節機械通風系統及通風量摘要。（細則自行參閱）

- 第101條（通風系統）機械通風應依實際情況，採用下列系統：

  (a)機械送風及機械排氣。

  (b)機械送風及自然排風。

  (c)自然送風及機械排風。

- 第102條 建築物各種用途使用之空間，設置機械通風設備時，通風量不得小於規定〔表1〕

二、相關法規標準與理論

表1 建築物各類用途通風量規定

房間用途		樓地板面積每平方公尺所需通風量（立方公尺／小時）	
		前條第一款及第二款通風方式	前條第三款通風方式
臥室、起居室、私人辦公室等容納人數不多者		8	8
辦公室、會客室		10	10
工友室、警衛室、收發室、詢問室		12	12
會議室、候車室、候診室等容納人數較多者		15	15
展覽陳列室、理髮美容院		12	12
百貨商場、舞蹈、棋室、球戲等康樂活動室、灰塵較少之工作室、印刷工場、打包工場		15	15
吸煙室、學校及其他指定人數使用之餐廳		20	20
營業用餐廳、酒吧、咖啡館		25	25
戲院、電影院、演藝場、集會堂之觀眾席		75	75
廚房	營業用	60	60
	非營業用	35	35
配膳室	營業用	25	25
	非營業用	15	15
衣帽間、更衣室、盥洗室、樓地板面積大於15平公尺之發電或配電室		—	10
茶水間		—	15
住宅內浴室或廁所、照相暗室、電影放映機室		—	20
公共浴室或廁所，可能散發毒氣或可燃氣體之作業工場		—	30
蓄電池間		—	35
汽車庫		—	25

二、相關法規標準與理論

1.2衛生署疾病管制局CDC於92年12訂頒公告之「生物安全第三等實驗室品質管制規範」摘要（細則自行參閱）

(1)送風採100%全戶外空氣經HEPA過濾且為不與大樓一般區共用獨立之空調系統。

(2)排氣需經袋入袋出HEPA過濾後升高排出，終端風機採備用組合。

(3)室內溫度21 ±2°CDB可調式，相對溼度55 ±10% RH。

(4)負壓控制P3／－50Pa＜P2／－25Pa＜前室／－15Pa＜外走道非管制區＜0Pa基準參考點。（確保負壓氣流方向穩定）

二、相關法規標準與理論

(5)潔淨度於P3實驗室區達CLASS 10,000級0.5μm，其他10萬級。

(6)換氣次數ACH＞每小時20次，室內噪音＜70dBA（配合變頻可調式）

(7)實驗室內安全操作檯排氣風機及管路獨立上至屋頂管控，室內壓力P3及 P2分區獨立管控避免交叉污染之可能性，以提升確保壓力控制之可靠度。

(8)其他細部原則依業主所提實驗室規劃、使用目的與基本需求研討執行。

1.3美國ASHRAE standard 62標準

$$V_{bz} = R_p P_z + R_a A_z$$

Occupancy Category	People Outdoor Air Rate R_p cfm/person	People Outdoor Air Rate R_p L/s·person	Area Outdoor Air Rate R_a cfm/ft^2	Area Outdoor Air Rate R_a L/s·m^2	Notes	Default Values: Occupant Density (see Note 4) #/1000 ft^2 or #/100 m^2	Default Values: Combined Outdoor Air Rate (see Note 5) cfm/person	Default Values: Combined Outdoor Air Rate (see Note 5) L/s·person	Air Class
General									
Coffee stations	5	2.5	0.06	0.3	H	20	8	4	1
Conference/meeting	5	2.5	0.06	0.3	H	50	6	3.1	1
Office space	5	2.5	0.06	0.3	H	5	17	8.5	1

課程內容

(一)空調與通風系統 (50 min.)

(1)空調系統與通風

(2)相關法規標準與理論

(二)空調通風改善室內空氣品質之策略 (50 min.)

(1)常用通風換氣型式

(2)通風換氣系統與設計

(三)空調通風改善室內空氣品質之技術與案例分析 (50 min.)

(1)通風換氣設備與系統應用實務

(2)通風系統之維護管理

(3)通風系統問題探討

引入外氣通風與耗能

A solution to pollution is dilution.

通風

耗能

熱回收

通風改善設計之原則與策略

機械通風及空調系統的改善措施

一般而言，緩解措施一般可分為四個範疇：

- 「控制源頭」
- 「改善通風」
- 「淨化空氣」
- 「行政手段」

解決特定問題的最有效措施或多項措施的組合會因不同的大樓而有所差異。相同的問題發生在不同的建築中可能需要截然不同的解決方案。

通風改善設計之原則與策略

機械通風及空調系統的改善措施

- 控制源頭
  - ✓ 改善室內空氣品質**最直接和最有效的方法**，是先考慮**控制污染源頭**的方案。在**完全消除污染物源頭**方面，可行的方案包括：在被投訴的範圍禁止吸煙，拆除鬆脆的石棉絕緣物料，或棄置受真菌滋生污染的天花板等。
  - ✓ 在**使用低排放率或排放危害性較低的污染物**的物料作為代替品，例如：用水基聚安酯油漆取代有機溶劑型油漆，或改用化學強度較低但仍足夠強力的清潔劑。
  - ✓ 在將**源頭密封或堵塞污染物的傳播**通道方面，如：把一些傢具的表面密封，以減低甲醛的排放，確保相鄰停車場和卸貨區的辦公室保持在正壓...等。

通風改善設計之原則與策略

機械通風及空調系統的改善措施

- 改善通風

✓ 安裝新通風系統或更改現有通風系統是控制污染的一項重要方法。例如，若二氧化碳或其他污染物濃度到達異常時，便顯示通風系統運作可能已出現故障。

✓ 改善通風方式如：

- 因應室內佔用人及熱能和污染物，重新調整通風系統；
- 增加室外空氣供應；
- 移去阻塞回風口的障礙物；
- ・控制產生污染物的範圍與其他範圍之間的壓力關係。

室內空氣環境正負壓控制

（圖片來源：成大建築系江哲銘老師研究室）

通風改善設計之原則與策略

機械通風及空調系統的改善措施

- 清淨空氣

✓ 提升空氣過濾系統的功能，以便更徹底淨化空氣中的污染物。

✓ 安裝具有高過濾效率（85%或以上）的微粒過濾品質及靜電集塵器可以紓緩因微粒污染或真菌孢子所引起的污染問題。正如通風系統一樣，空氣清淨器的效能將依有否定期清潔及保養而定。應先尋求專業意見，以便能夠選擇最適合處理問題而同時與現有機械通風及空調系統兼容的裝置，以達到最佳的成效。

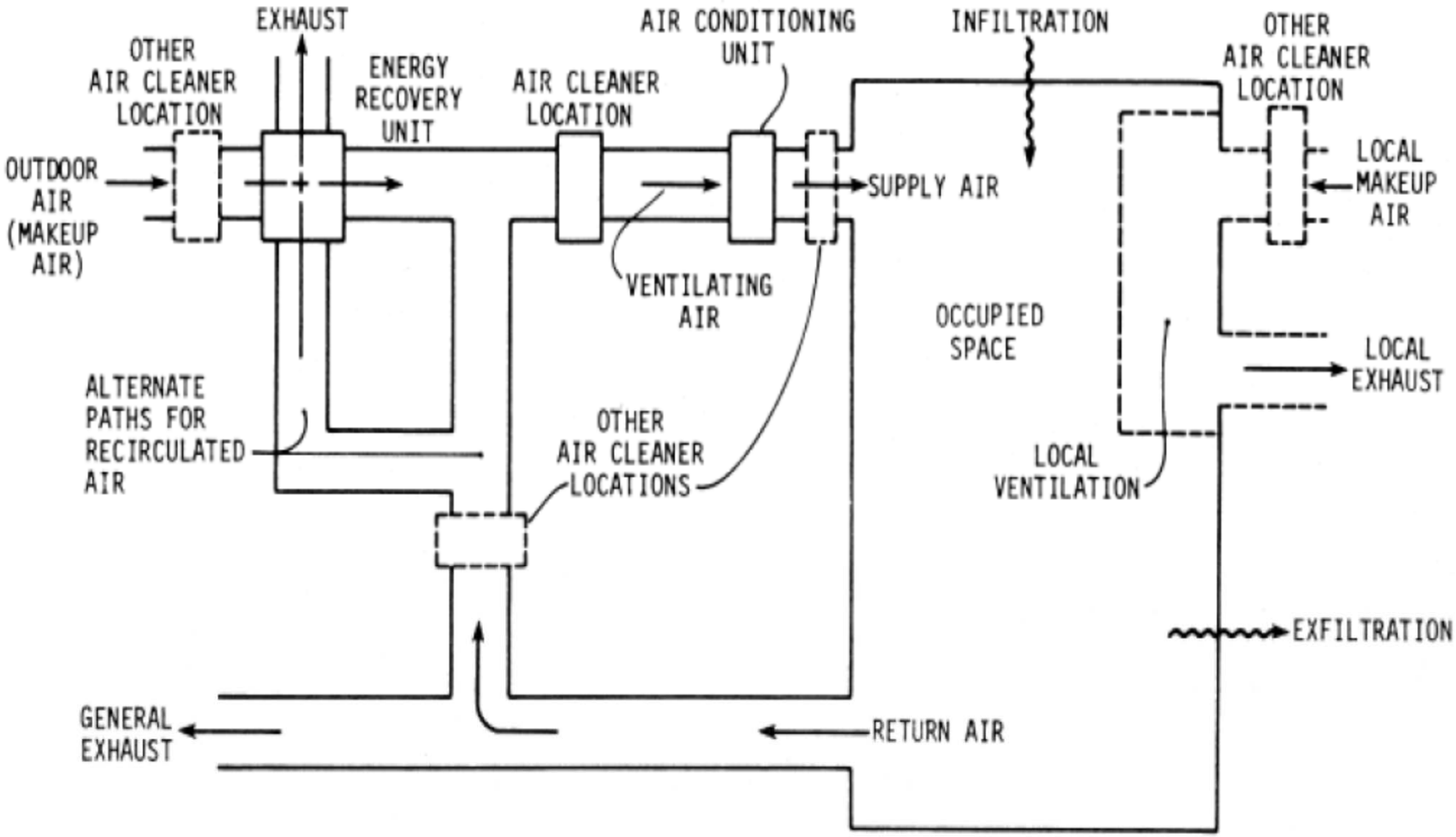
通風改善設計之原則與策略

機械通風及空調系統的改善措施

- 行政手段
  - ✓ 一些室內空氣品質問題只須採用行政手段便可輕易解決，例如：
  - ✓ **重新安排活動**（如：在辦公時間以外的時段進行翻新工程或除蟲工作等）；
  - ✓ **限制個人操作可產生污染物器材的時間**；
  - ✓ **重新安置較容易受影響的人士**，使遠離曾令他們出現病徵的範圍。
  - ✓ 即使以上的行政手段不能解決問題，它們亦可以在找到長期解決方法前提供一定程度的暫時紓緩效果。這種方法的好處是能夠**以最低成本在問題出現時立即實施有關措施**。

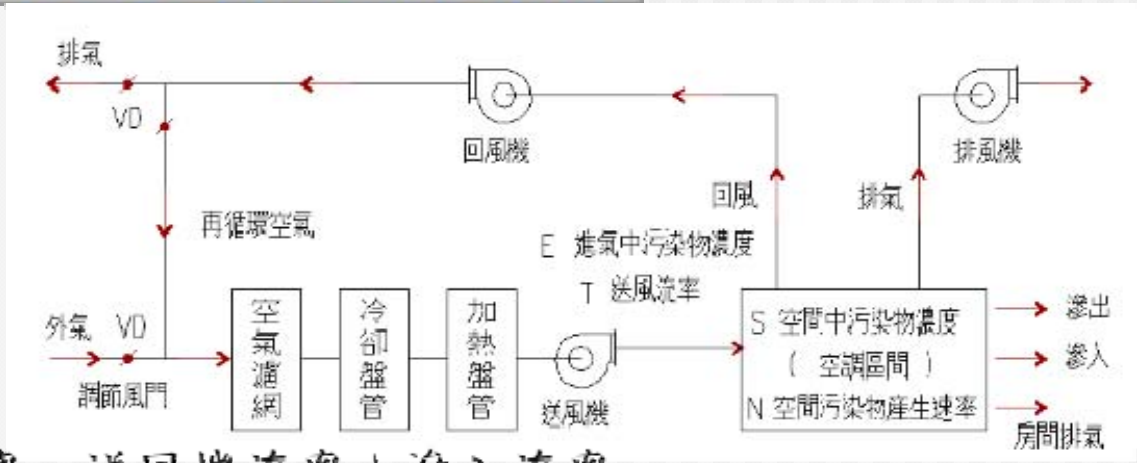
常用通風換氣設計型式

空調通風與過濾—ANSI/ASHRAE 62



常用通風換氣設計型式

典型空調及通風系統流程架構



(1)總流率＝送風機流率＋滲入流率

＝回風流率＋滲出流率＋房間排氣流率

(2)通風換氣率考量:

進入或離開室內總流率×進氣污染物濃度+室內污染物產生速率

=進入或離開室內總流率×室內污染平均濃度

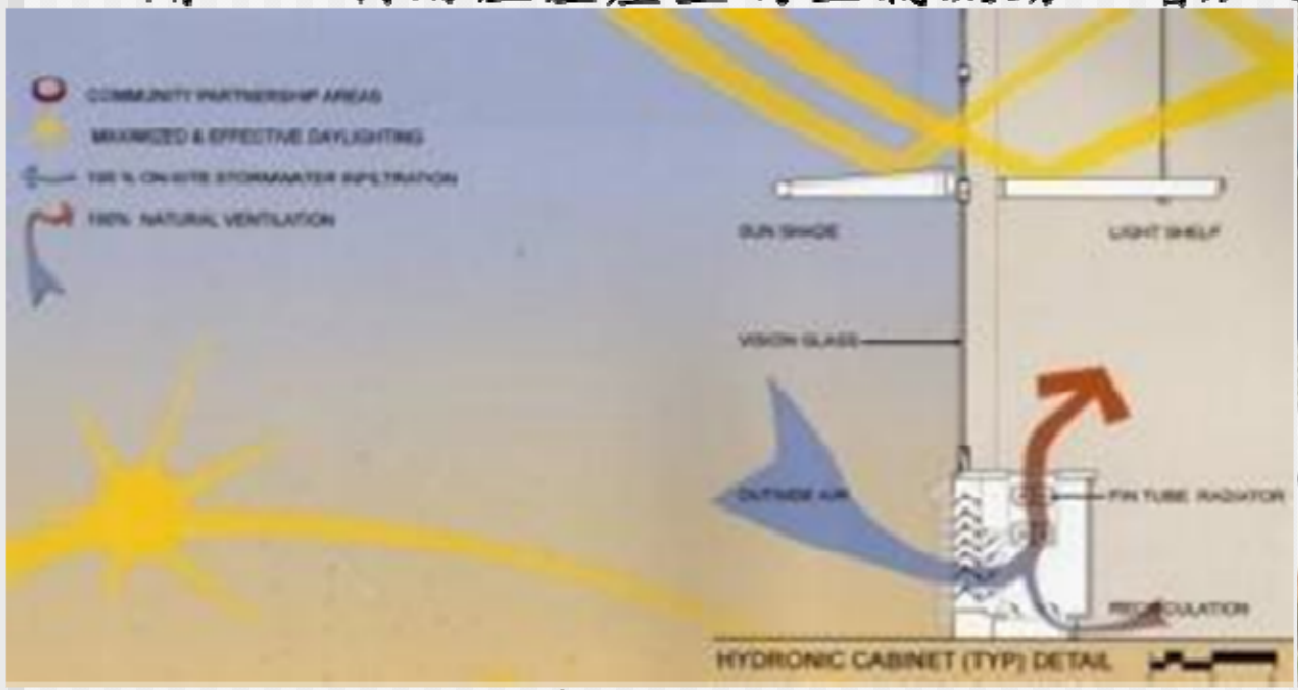
(3)外氣引入稀釋CO_2污染濃度所需最小空氣流率

外氣補充流率＝室內污染物產生速率÷(室內污染平均濃度×進氣污染物濃度)

常用通風換氣設計型式

自然通風理論

- 室內外若有溫度差，隨著空氣密度差異而引起的壓力差，會自然產生對流的情況。
- 在建築的開口設計上，也經常利用此原理，設計上下開口，利用溫差產生的空氣流動，增加通風換氣之效



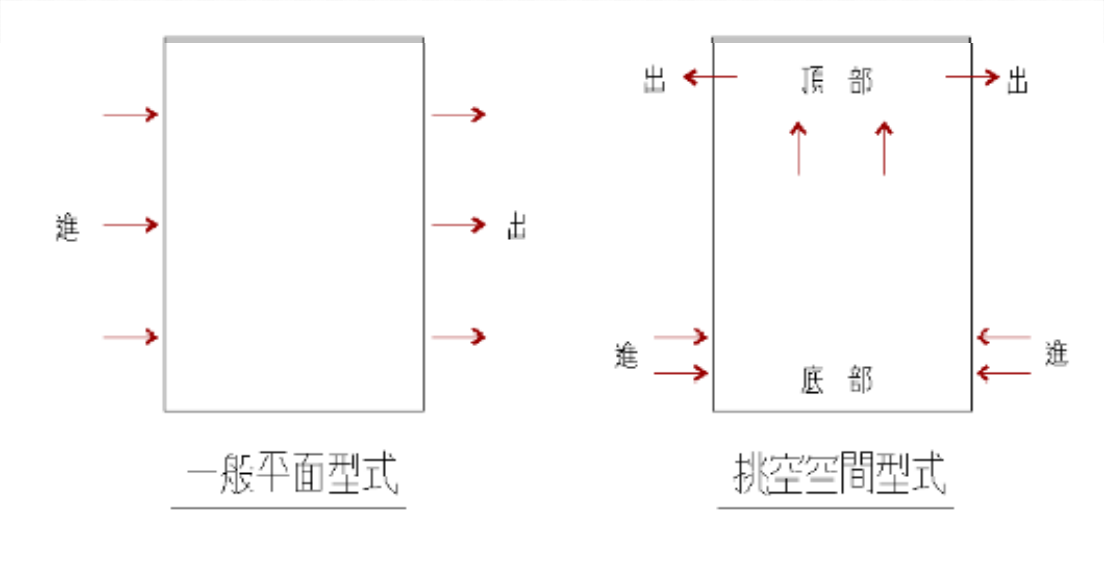
（圖片來源：Alan Ford, 2007）

常用通風換氣設計型式

自然通風換氣型式

(1)適用於一般用途，無特殊或需定點或定量排氣需求者，如教室、倉庫、輕作業廠房等。

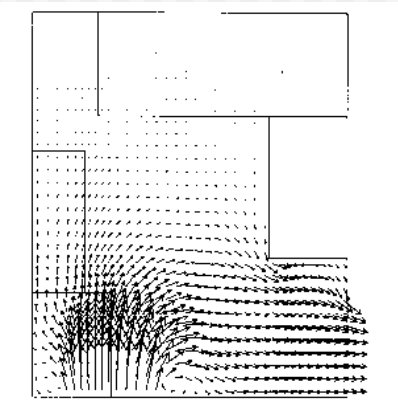
(2)雖有不靠機械耗電優點，但不易均勻及受季節氣候風向影響大。



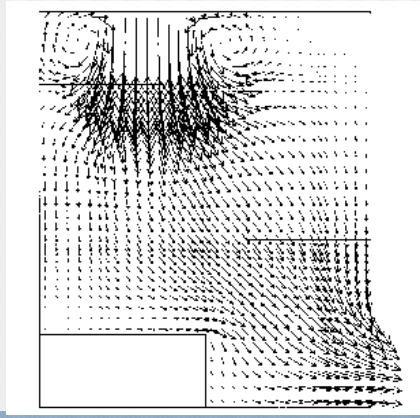
常用通風換氣設計型式

自然通風之設計原則與改善策略

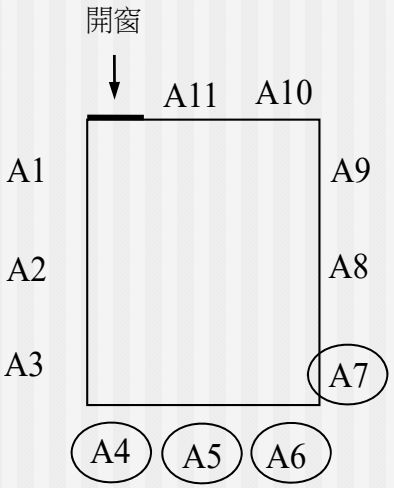
- 入口、出口與路徑



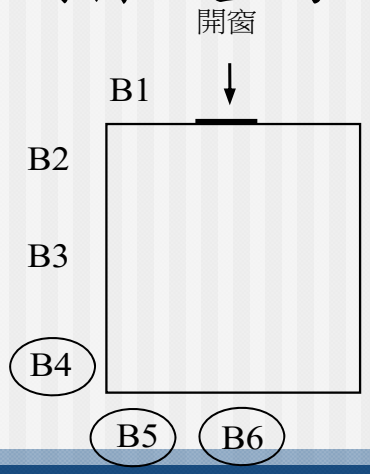
不利換氣的開口配置



有利換氣的開口配置



開窗位置為「邊窗」

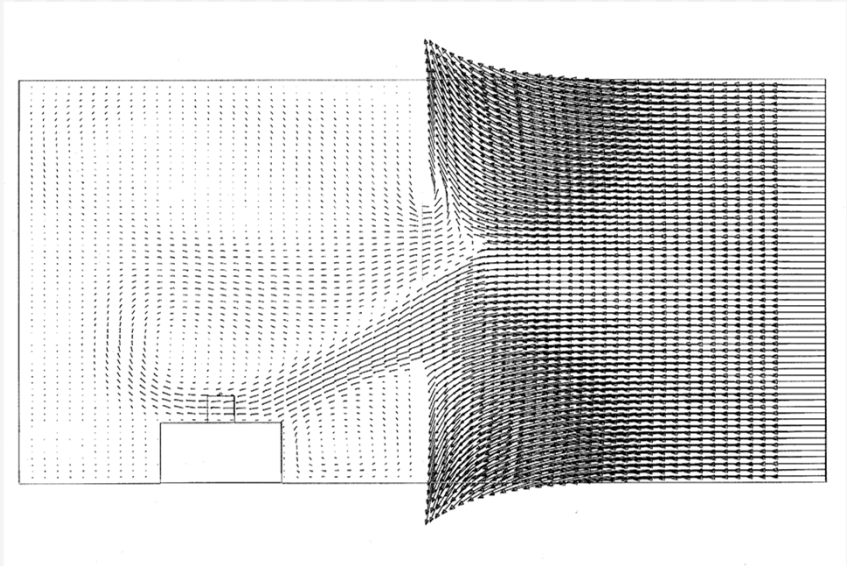


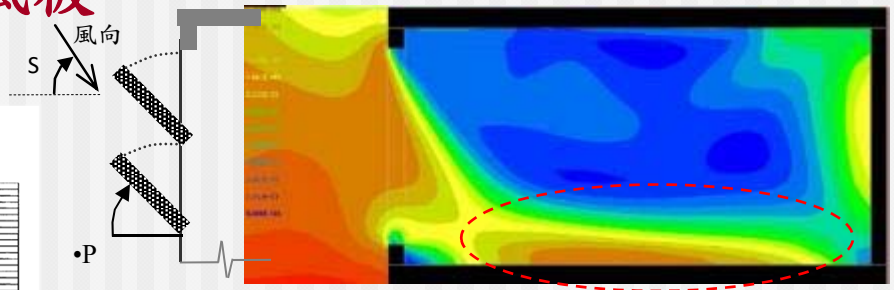
開窗位置為「置中窗」

常用通風換氣設計型式

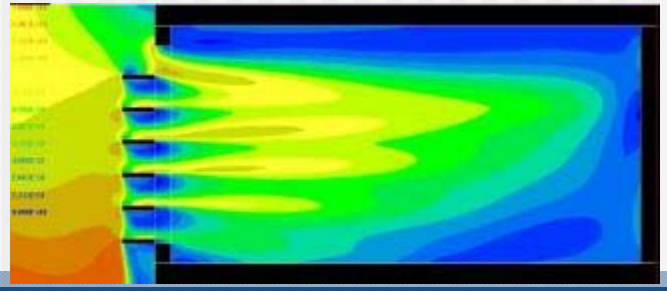
自然通風之設計原則與改善策略

- 提升自然通風效益之方法
  - （1）置換式通風
  - （2）中央橫軸旋轉窗
  - （3）水平或垂直導風板





易產生風擊區域



常用通風換氣設計型式

自然通風之設計原則與改善策略

- 自然通風相關改善案例

中央走廊式的宿舍空間通風改造（江哲銘和蘇慧貞，2003）

原本茶水間位在中央走廊的末端，兩側是長期處於高熱高濕的衛浴空間，茶水間僅靠天窗的小面積開口，通風及採光皆不佳，造成整體室內環境的惡化。經過改造後，將整面牆改成透氣及透光的形式，讓室內氣流暢通。

改善前

改善後

常用通風換氣設計型式

自然通風之設計原則與改善策略

- 自然通風相關改善案例

根據國內辦公空間的調查（蘇慧貞和江哲銘，2001），辦公空間由於裝潢及隔間較密集，如果下班後門窗關上，空調關閉，室內空氣無法置換，室內的化學及生物性污染濃度會快速累積。利用**透氣門**的設計，讓**下班（空調關閉）後室內空間的氣流仍能保持流通**。

改善前

改善後

常用通風換氣設計型式

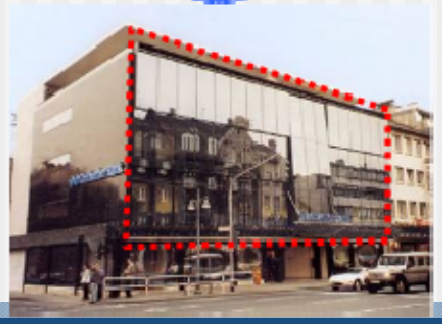
自然通風之設計原則與改善策略

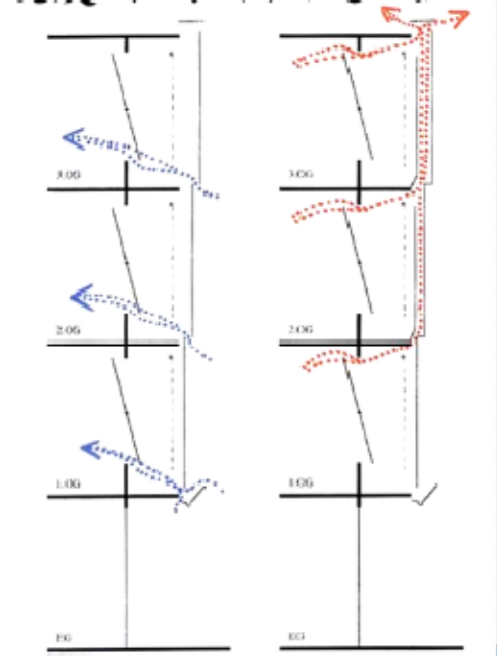
- 自然通風相關改善案例

利用雙層皮層的概念設計進行的建築物改造(Oesterle et al., 2001)，建築物表皮增加一層軀殼體，可增加**隔熱**與**保溫**性能。兩個皮層間的空氣層還可利用**煙囪效應（stack effect）**將室內的髒空氣與熱迅速排出；也可利用各樓層下方之進氣口，引進新鮮涼爽的空氣。因應季節變換，適當地調控開口，可達到冬暖夏涼的自然通風效果。

改善前

改善後





（圖片來源：Oesterle et al., 2001）

常用通風換氣設計型式

機械排風自然進風換氣型式

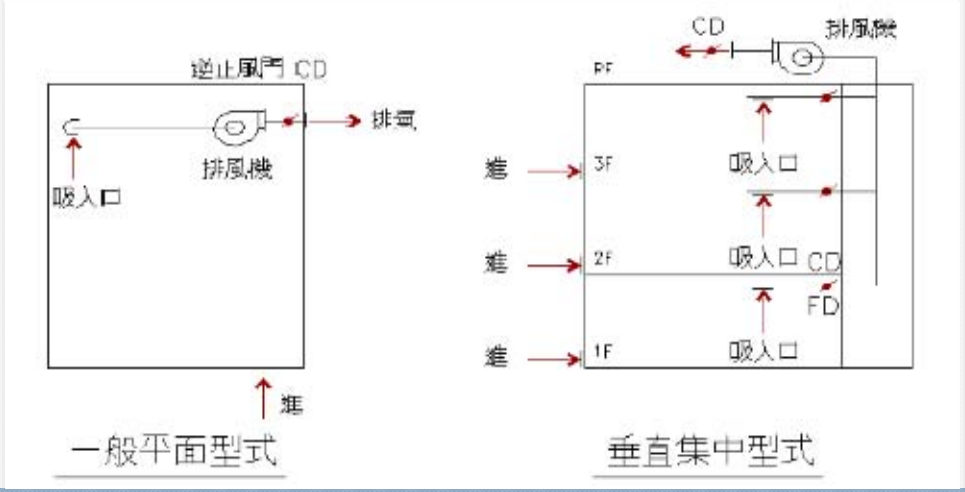
(1)適用於無特殊或需定點或定量排氣需求者，如廠房、實驗室、商場。

(2)機械排出口應考量風向逆止設置，若採集中風管排出型其貫穿防火區間需設防火風門及風量調控風門，應兼顧安全與平衡風量。

(3)自然進氣開口應考量防火及防颱構造，並加防蟲網或空氣過濾網。

(4)自然進氣開口位置應配合排氣點作適當配置以避免短循環。

(5)如排氣污染物屬法規要求需先行處理後再外排者應從其規定，如經洗滌或HEPA過濾．．．．。



常用通風換氣設計型式

機械進風自然排風換氣型式

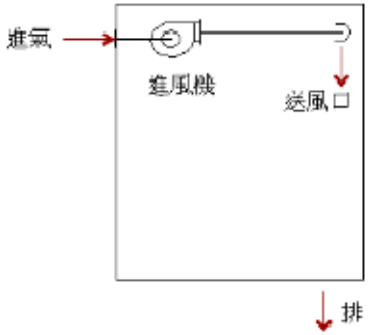
(1)適用於無特殊或需定點或定量進氣需求者，如廠房、實驗室，等。

(2)機械進氣口應考量風向逆止設置，若採集中風管送入型其貫穿防火區間需設防火風門及風量調控風門，應兼顧安全與平衡風量。

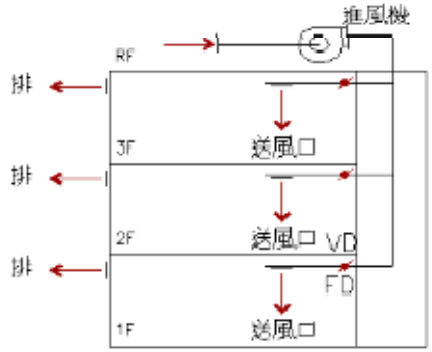
(3)自然排氣開口應考量防火、防水、防蟲及防颱構造，並加設防蟲網或空氣過濾網。

(4)自然排氣開口位置應配合進氣點作適當配置以避免短循環。

(5)如外氣補入處屬法規要求需先行處理後再外排者應從其規定，如經洗滌或HEPA過濾．．．．



一般平面型式



垂直集中型式

常用通風換氣設計型式

機械進風機械排風換氣型式

(1)適用於無特殊或需定點或定量進排氣需求者，如廠房、實驗室等。

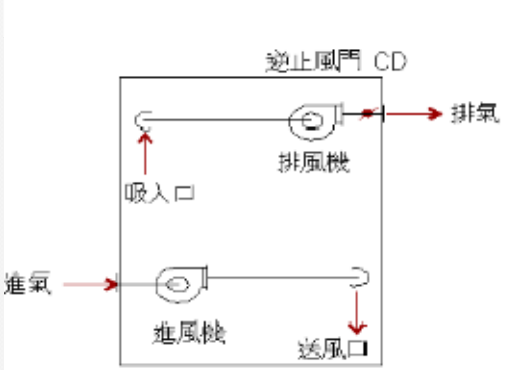
(2)機械進排口應考量風向逆止設置，若採集中風管進排型其貫穿防火區間需設防火風門及風量調控風門，應兼顧安全與平衡風量。

(3)機械進排氣開口應考量防火、防水、防蟲及防颱構造，並加設防蟲網或空氣過濾網。

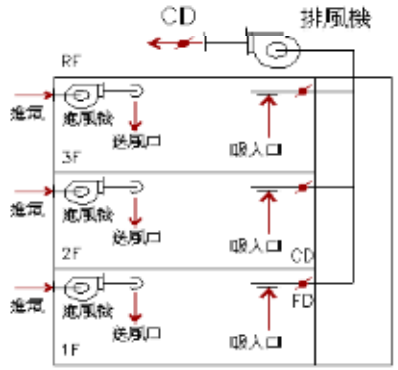
(4)機械進排氣開口位置應配合進排氣點作適當配置以避免短循環。

(5)如外氣補入處或排氣污染物屬法規要求需先行處理後再外排者應從其規定，如經洗滌或HEPA過濾．．．．。

(6)由於進排皆採機械或配管方式，故可參依實務需求細部配置以達換氣效果最佳化之考量。



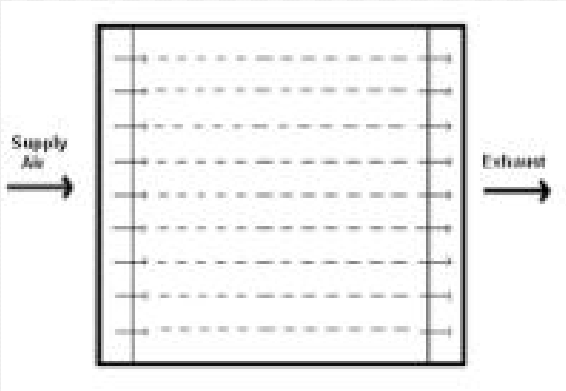
一般平面型式

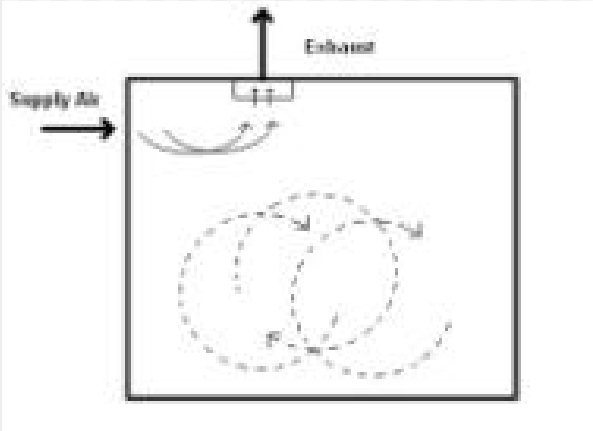


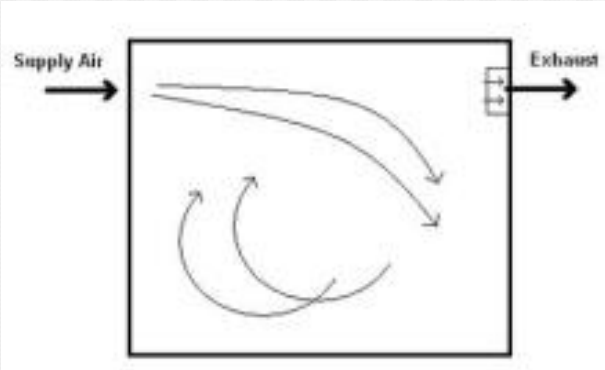
垂直集中型式

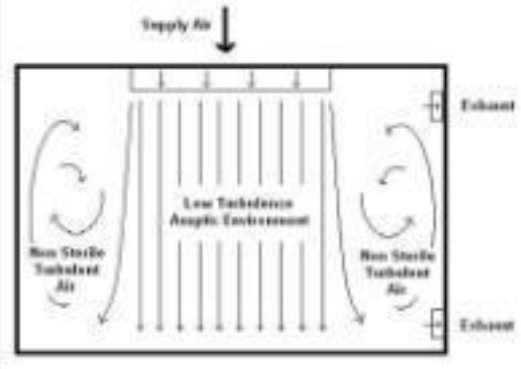
空調換氣型(機械通風型)

- 換氣設計須遵守的兩個基本觀念，那就是「**排氣機入口與出口必須隔離**」，以及「**必須造成有利的空氣流向**」。









通風換氣設計與改善

1.未考量通風換氣設計狀況

(1)規劃設計階段使用者未參與或提供明確需求量及使用定點。

(2)規劃設計階段未委託專業技師配合作定性及定量研討確認。

(3)規劃設計階段完成後使用需求變更但未再提列需求研商修正。

(4)規劃設計階段建築配合受限但未再積極協商解決。

(5)規劃設計階段認知有誤或妥協預算不足未能正視解決。

(6)上列可能缺失應配合事前查核執行，以免事後改善衝擊耗費成本甚至難以解決或達理想。

通風換氣設計與改善

2.通風換氣設計需量不足狀況

(1)規劃設計階段使用者未參與或提供明確需求量及使用定點。

(2)規劃設計階段未委託專業技師配合作定性及定量研討確認。

(3)規劃設計階段完成後使用需求變更但未再提列需求研商修正。

(4)規劃設計階段建築配合受限但未再積極協商解決。

(5)規劃設計階段認知有誤或妥協預算不足未能正視解決。

(6)建築考量防颱漏水減少開口有效面積，因壓損增加造成流率不足。

通風換氣設計與改善

(7)規劃設計階段未考量建物座落季節風向背壓減低排氣效果。

(8)規劃設計階段未預留考量日後變動擴充彈性，當增加需求時其已完成硬體架構並近滿載故無法配合。

(9)規劃設計階段若採集中系統型式未配設風量調控風門。

(10)規劃設計階段若採集中系統型式已配設風量調控風門，但於完工驗收前未落實執行測試調整平衡作業（TAB）及性能驗證（Commissioning, Cx）。

(11)上列可能缺失應配合事前查核執行，以免事後改善衝擊耗費成本甚至難以解決或達理想。

通風換氣設計與改善探討

3. IAQ管理策略七個主要步驟參考

(1)分配責任：負責建築物及空調機構應委派人員負起制訂和實施計畫的整體責任。

(2)擬訂被委任的空內空氣品質管理主管應準備的工作。

(3)檢討工程合約及程序。

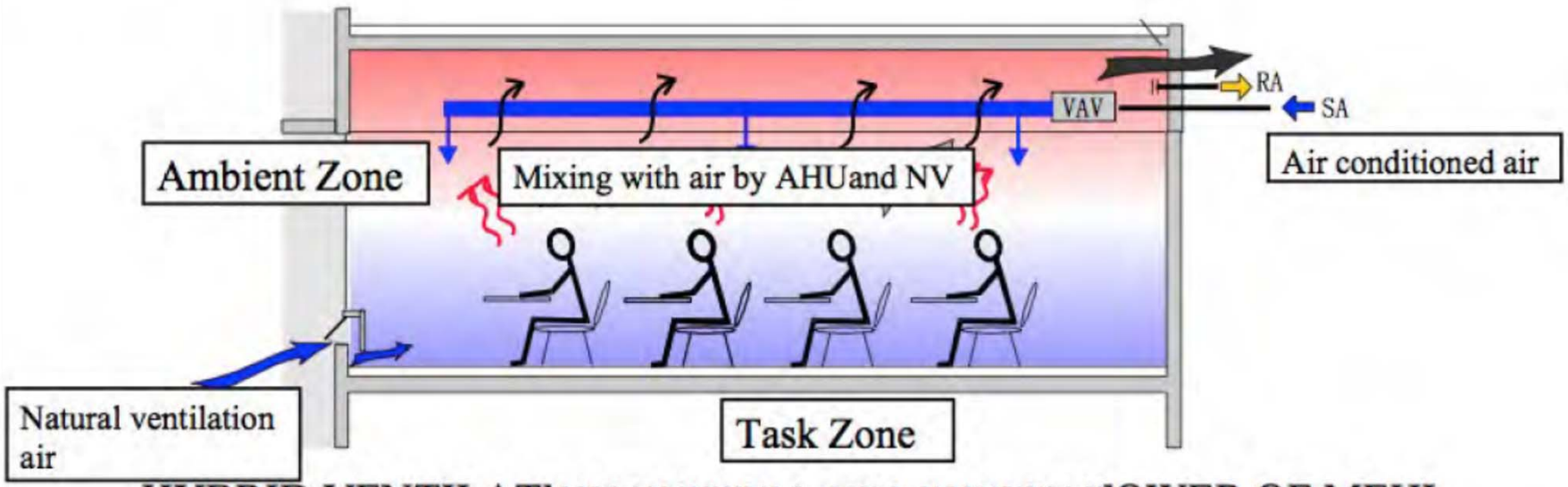
(4)檢討有關佔用建築物的契約。

(5)溝通：室內空氣品質管理主管應制訂政策，並予存檔及傳達。

(6)就投訴進行調查。

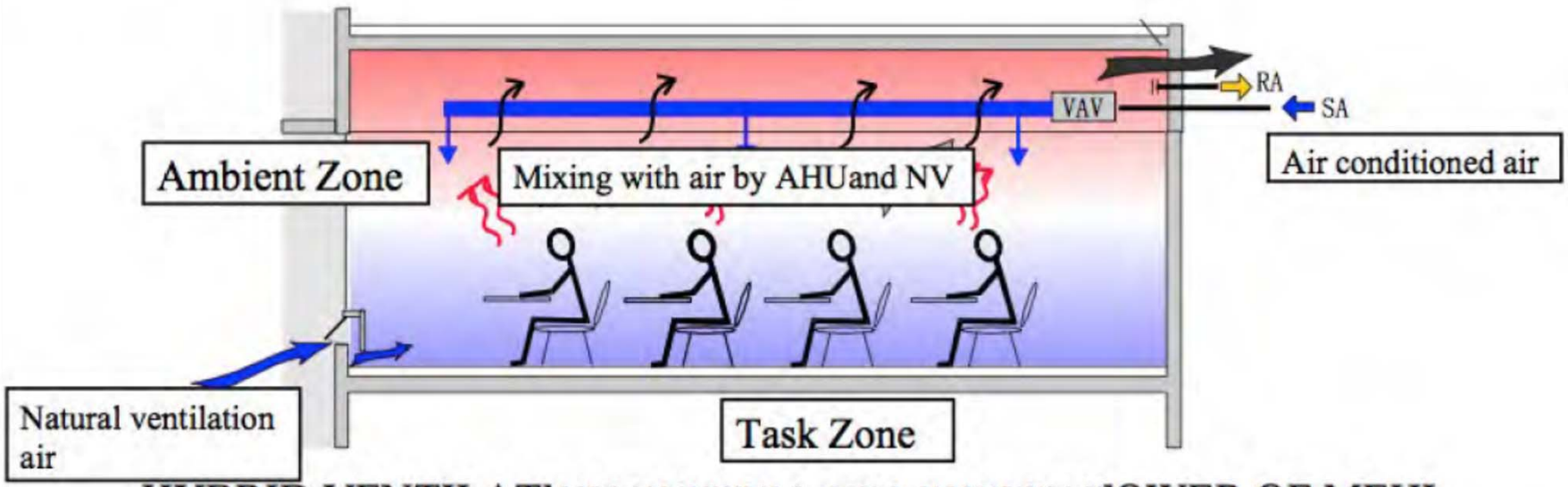
(7)保存記錄室內空氣品質。

外氣引入通風-常見之問題



HYBRID VENTILATION SYSTEM AT LIBERTY TOWER OF MEIJI

需求控制通風-DCV



HYBRID VENTILATION SYSTEM AT LIBERTY TOWER OF MEIJI

課程內容

(一)空調與通風系統 (50 min.)

(1)空調系統與通風

(2)相關法規標準與理論

(二)空調通風改善室內空氣品質之策略 (50 min.)

(1)常用通風換氣型式

(2)通風換氣系統與設計

(三)空調通風改善室內空氣品質之技術與案例分析 (50 min.)

(1)通風換氣設備與系統應用實務

(2)通風系統之維護管理

(3)通風系統問題探討

各類建築通風換氣問題探討與對策

1. 住宅類用途

(1)浴廁及廚房配置應靠外牆並以角邊為佳以利換排氣對流效果。

(2)浴廁及廚房配置若非靠外牆應設機械排氣搭配風管引接排至戶外。

(3)臭氣、溼氣及異味集中處應採機械定點排出，並應搭配專用管道或風管以免擴散污染其他區間。

各類建築通風換氣問題探討與對策

(4)於高層住宅採集中共用排氣風管以排至屋頂為原則，則於各層分支排入風管應加設氣流逆止風門以避免倒灌干擾，且共用風管或管道需維持負壓，頂部出口應考量風向背壓之設施。

(5)室內外應考量壓力平衡設施，尤其採分離式冷氣需考量外氣引入補充提升室內空氣品質，以避免各分戶僅考量排氣造成室內負壓，常發生將排水口透氣之臭氣吸入室內。

各類建築通風換氣問題探討與對策

2. 學校類用途

(1)公共廁所配置應靠外牆並以角邊為佳以利換排氣對流效果。

(2)公共廁所若非靠外牆應加設機械排氣並搭配風管引接排至戶外。

(3)影印機、蒸飯區、實驗室、特殊教室等特殊區之臭氣、溼氣及異味集中處應採機械定點排出，應搭配專用管道或風管以免擴散污染其他區間。

(4)公共廁所建築外加遮陽措施以避免日光直射增加氨氣揮發累積臭氣濃度並發生擴散污染。

各類建築通風換氣問題探討與對策

(5)大型公共廁所建議採機械排氣為佳，自然通風雖無機械耗能，但不可預期風向對流難以理想，甚至產生擴散異味污染將更加困擾。

(6)建築空間配置應採單列為佳，較易獲理想自然通風對流效果，若採複列或回型配置，因考量噪音及動線干擾將門窗關閉後，則通風換排氣理想預期常面臨極大落差。

(7)大型彈性用途空間應考量空調及機械通風切換兩用設施，並考量可分層分區彈性管控配置。

各類建築通風換氣問題探討與對策

(8)採大型送排風機配置應集中採落地式機房以降低運轉噪音對常態居室之干擾及維修保養之簡易配合。

(9)採中央冰水或分離式空調區，應搭配外氣引入補充設施考量以提升室內空氣品質，尤其教室區常被忽略無此配置。

(10)通風換氣系統應依使用時間與機能，考量可分棟分層分區獨立管控以獲節能兼顧彈性。

(11)廢排氣通風建議集中配置至屋頂排出，外氣引入採分散配置並避免進排氣點及風向造成短循環之缺點。

各類建築通風換氣問題探討與對策

3. 辦公類用途

(1)公共廁所配置應靠外牆並以角邊為佳以利換排氣對流效果。

(2)公共廁所若非靠外牆應加設機械排氣並搭配風管引接排至戶外。

(3)影印機、蒸飯區等特殊區之臭氣、溼氣及異味集中處應採機械定點排出，並應搭配專用管道或風管以免擴散污染其他區間。

(4)公共廁所建築外加遮陽措施以避免日光直射增加氨氣揮發累積臭氣濃度並發生擴散污染。

(5)大型公共廁所建議採機械排氣為佳，自然通風雖無機械耗能，但不可預期風向對流難以理想，甚至產生擴散異味污染將更加困擾。

各類建築通風換氣問題探討與對策

(6)於高層辦公建築採集中共用排氣風管以排至屋頂為原則，則於各層分支排入風管應加設氣流逆止風門以避免倒灌干擾，且期用風管或管道需維持負壓，頂部出口應考量風向背壓之設施。

(7)室內外應考量壓力平衡設施，尤其採分離式冷氣需考量外氣引入補充提升室內空氣品質，以避免各分戶僅考量排氣造成室內負壓，常發生將排水口方氣之臭氣吸入室內。

(8)若考量因出租或出售產權分割獨立必要性，則不適合採集中式排氣至屋頂共用配置，改採分層獨立進排氣模式應考量水平及垂直短循環狀況。

各類建築通風換氣問題探討與對策

(9)通風換氣系統應考量室內居室空間維持正壓，公共走道梯廳與外氣連通常壓區，廁所、茶水清潔間及事務機器廢排氣區維持負壓。

(10)公共使用進排氣風機含空氣過濾網應定期維護檢視，建立與完工起始資料定期量測比對機制，發現落差達10%即應執行檢測、維修及視需要更換以維持可靠品質及使用壽命。

(11)公共廁所除採排氣通風外，建議另供應一半冷氣使該區仍維持負壓但可提升品質降低臭味。

各類建築通風換氣問題探討與對策

4. 百貨商場類用途

(1)公共廁所配置應靠外牆並以角邊為佳以利換排氣對流效果。

(2)公共廁所若非靠外牆應加設機械排氣並搭配風管引接排至戶外。

(3)影印機或特殊區之臭氣、溼氣及異味集中處應採機械定點排出，並應搭配專用管道或風管以免擴散污染其他區間。

(4)公共廁所建築外加遮陽措施以避免日光直射增加氨氣揮發累積臭氣濃度並發生擴散污染。

各類建築通風換氣問題探討與對策

(5)大型公共廁所建議採機械排氣為佳，自然通風雖無機械耗能，但不可預期風向對流難以理想，甚至產生擴散異味污染將更加困擾。

(6)於高層商用建築採集中共用排氣風管以排至屋頂為原則，則於各層分支排入風管應加設氣流逆止風門以避免倒灌干擾，且風管或管道需維持負壓，頂部出口應考量風向背壓之設施。

(7)室內外應考量壓力平衡設施，尤其採分離式冷氣需考量外氣引入補充提升室內空氣品質，以避免各分戶僅考量排氣造成室內負壓，常發生將排水口方氣之臭氣吸入室內。

各類建築通風換氣問題探討與對策

(8)考量因出租或出售產權分割獨立必要性，則不適合採集中式排氣至屋頂之共用配置，改採分層獨立進排氣模式應考量水平及垂直短循環狀況。

(9)通風換氣系統應考量室內居室空間維持正壓，公共走道梯廳與外氣連通常壓區，廁所、茶水清潔間及事務機器廢排氣區維持負壓。

(10)公共使用進排氣風機含空氣過濾網應定期維護檢視，建立與完工起始資料定期量測比對機制，發現落差達10%即應執行檢測、維修及視需要更換以維持可靠品質及使用壽命。

各類建築通風換氣問題探討與對策

(11)公共廁所除採排氣通風外，建議另供應一半冷氣使該區仍維持負壓但可提升品質降低臭味。

(12)餐廳及小吃街建議配置於建築物頂層為佳以利換排氣通風及處理，若需配置於地下室或較低樓層時，則相關空間應維持負壓以避免異味擴散污染，且廚房排油煙應加空氣處理設施並以排至屋頂為原則。

各類建築通風換氣問題探討與對策

5. 旅館飯店類用途

(1)公共廁所配置應靠外牆並以角邊為佳以利換排氣對流效果。

(2)公共廁所若非靠外牆應加設機械排氣並搭配風管引接排至戶外。

(3)影印機或特殊區之臭氣、溼氣及異味集中處應採機械定點排出，並應搭配專用管道或風管以免擴散污染其他區間。

(4)公共廁所建築外加遮陽措施以避免日光直射增加氨氣揮發累積臭氣濃度並發生擴散污染。

各類建築通風換氣問題探討與對策

(5)大型公共廁所建議採機械排氣為佳，自然通風雖無機械耗能，但不可預期風向對流難以理想，甚至產生擴散異味污染將更加困擾。

(6)於高層建築採集中共用排氣風管以排至屋頂為原則，則於各層分支排入風管應加設氣流逆止風門以避免倒灌干擾，且期用風管或管道需維持負壓，頂部出口應考量風向背壓之設施。

(7)室內外應考量壓力平衡設施，尤其採分離式冷氣需考量外氣引入補充提升室內空氣品質，以避免各分戶僅考量排氣造成室內負壓，常發生將排水口方氣之臭氣吸入室內。

各類建築通風換氣問題探討與對策

(8)考量大樓綜合用途產權分割獨立必要性，則不適合採集中式排氣至屋頂之共用配置，改採分層獨立進排氣模式應考量水平及垂直短循環狀況。

(9)通風換氣系統應考量室內居室空間維持正壓，公共走道梯廳與外氣連通常壓區，廁所、茶水清潔間及事務機器廢排氣區維持負壓。

(10)公共使用進排氣風機含空氣過濾網應定期維護檢視，建立與完工起始資料定期量測比對機制，發現落差達10%即應執行檢測、維修及視需要更換以維持可靠品質及使用壽命。

各類建築通風換氣問題探討與對策

(11)公共廁所除採排氣通風外，建議另供應一半冷氣使該區仍維持負壓但可提升品質降低臭味。

(12)餐廳建議配置於建築物頂層為佳以利換排氣通風及處理，若需配置於地下室或較低樓層時，則相關空間應維持負壓以避免異味擴散污染，且廚房排油煙應加空氣處理設施並以排至屋頂為原則。

(13)健身房、游泳池、咖啡廳、三溫暖SPA等服務設施建議配置於建築物頂層為佳以利換排氣通風及處理，若需配置於地下室或較低樓層時，則相關空間應維持負壓以避免異味擴散污染，且廚房排油煙應加空氣處理設施並以排至屋頂為原則。

各類建築通風換氣問題探討與對策

6. 醫院類用途

(1)公共廁所配置應靠外牆並以角邊為佳以利換排氣對流效果。

(2)公共廁所若非靠外牆應加設機械排氣並搭配風管引接排至戶外。

(3)影印機、備餐區、實驗室、特殊空間等特殊區之臭氣、溼氣及異味集中處應採機械定點排出，應搭配專用管道或風管以免擴散污染其他區間。

(4)公共廁所建築外加遮陽措施以避免日光直射增加氨氣揮發累積臭氣濃度並發生擴散污染。

各類建築通風換氣問題探討與對策

(5)大型公共廁所建議採機械排氣為佳，自然通風雖無機械耗能，但不可預期風向對流難以理想，甚至產生擴散異味污染將更加困擾。

(6)於高層建築採集中共用排氣風管以排至屋頂為原則，則於各層分支排入風管應加設氣流逆止風門以避免倒灌干擾，且期用風管或管道需維持負壓，頂部出口應考量風向背壓之設施。

(7)室內外應考量壓力平衡設施，尤其採分離式冷氣需考量外氣引入補充提升室內空氣品質，以避免各分戶僅考量排氣造成室內負壓，常發生將排水口方氣之臭氣吸入室內。

各類建築通風換氣問題探討與對策

(8)考量因使用機能差異有獨立必要性，不適合採集中式排氣至屋頂共用配置，改採分層獨立進排氣模式應考量水平及垂直短循環狀況。

(9)通風換氣系統應考量室內居室空間維持正壓，公共走道梯廳與外氣連通常壓區，廁所、茶水清潔間及事務機器廢排氣區維持負壓。

(10)公共使用進排氣風機含空氣過濾網應定期維護檢視，建立與完工起始資料定期量測比對機制，發現落差達10%即應執行檢測、維修及視需要更換以維持可靠品質及使用壽命。

各類建築通風換氣問題探討與對策

(11)公共廁所除採排氣通風外，建議另供應一半冷氣使該區仍維持負壓但可提升品質降低臭味。

(12)餐廳及小吃街建議配置於建築物頂層為佳以利換排氣通風及處理，若需配置於地下室或較低樓層時，則相關空間應維持負壓以避免異味擴散污染，且廚房排油煙應加空氣處理設施並以排至屋頂為原則。

(13)分層分區當層取入外氣補充至室內及將廢排氣分層分處採風機集中至屋頂排出避免污染。

(14)所有空調新鮮空氣引入皆先與回風混合後經過濾及預冷處理再送入室內補充。

各類建築通風換氣問題探討與對策

(15)換排氣及室內正負壓皆採機械方式及風門調控。

(16)室內維持正壓區含：行政區、門診、病房、手術室、加護病房。

(17)室內維持負壓區含：隔離病房、廚房、餐廳、廁所、解剖室。

(18)室內加清淨除臭設備含：公共等候、解剖室、太平間、檢驗室。

(19)停車空間依建築法規通風標準25CMH/m^2採機械換排氣方式並維持，室內負壓條件。

各類建築通風換氣問題探討與對策

(20)新鮮外氣補充量參ASHRAE建議10～15CFM/人。或3～5CFM/m^2採機械加壓補入方式。

(21)負壓隔離病房換氣採100%外氣補入每小時12次以上，排氣罩及特殊排氣120%排出不回收循環，出口加UV及HEPA。

(22)加護病房及手術室換氣外氣補入每小時2～5次建立室內正壓。

(23)特殊排氣獨立出口加過濾至屋頂含：EO消毒、解剖、核化災、燒燙傷。

各類建築通風換氣問題探討與對策

7.整建、其他類及特殊用途

(1)整建案建議先協取存參相關設計圖研判並與現況配置比對，若其間已經大幅修改則以現況會勘量測分析改善為宜。

(2)其他類及特殊用途建議委請相關專業人員會同研析參依基準執行

通風系統之維護與管理

（一）自然通風設計及自主管理注意事項

- 設計者在考量室內空氣品質的問題，首先需能提供足夠稀釋污染物的**新鮮空氣量**，可以利用自然通風來補進新鮮空氣。
- 在節能的考量下可以於戶外**種植植栽**或**搭配水體**（水池、噴霧系統等）以**降低外氣溫度**。
- 考慮**紗網的運用**，可以降低室內**粉塵量**。
- **自然通風**的運用除了**選擇適當的時機**（外在空氣品質條件良好時），並要**掌握長年風的流向**，再進一步去考量**開口部的設計**。
- 風向不利於自然通風時，開口部可搭配**水平或垂直導風板**等裝置增加自然通風效率。

通風系統之維護與管理

（一）自然通風設計及自主管理注意事項

- 單側通風時可設計上下開口，兩者間的距離與換氣效果成正比；而當室內形成貫流通風路徑時，迎風面之開口設計於低處，而背風面設計於高處，會有較佳的換氣效率。
- 空間的規劃上，易產生污染物的空間，如：廚房、廁所盡可能避免在迎風面。
- 減少室內不必要的隔間，隔間或隔屏盡量能保持通氣的可能，避免空間中有死域的產生。
- 室內搭配風扇能增加空氣的循環，保持氣流的流動性及增加體感的舒適性。
- 智慧與可呼吸壁體的概念設計可依外在環境變動自動調控建築軀殼或開口部，提供必要的自然通風效果及新鮮的空氣引入。

通風系統之維護與管理

（二）機械通風及空調系統的操作與保養

- 操作

✓每當室內內有人使用，以至在整個使用期間，安裝在該特定範圍的機械通風及空調系統均應啟動。在使用人返回某範圍之前把系統啟動亦是一個良好的習慣，可**盡量減低在未被使用期間積累的污染物的影響**。

✓若特別容易出現冷凝和真菌滋生的影響，例如：圖書館和電腦房，可能需要一直啟動除濕系統。

✓應向使用人示範如何正確操作恒溫器和通風調節器。此外，操作人員應確保**室外空氣調節器**和**風閘正常**運作，同時應適當設定最低的風閘開口位置，一般為**15%**。

通風系統之維護與管理

（二）機械通風及空調系統的操作與保養

- 保養

✓ 必須訂立全面保養計畫，確保系統接近其設計效能。

✓ 保養計畫應包括清潔和檢查各個部份，並視需要調校和更換設備。

✓ 應有負責操作和保養系統的人員提供訓練，使他們正確瞭解系統，並按照設計師製造商的指示操作和保養系統。

通風系統之維護與管理

（二）機械通風及空調系統的操作與保養

- 保養

✓ 工程承包商應編製一份**操作和保養手冊**，而負責保養服務的人員在保養系統時應遵守保養手冊、廠商的建議、為不同配件在保養規格和時段上作出適當的調整，以配合操作需要、工地情況、保養標準及室內空氣品質的需求。

✓ 一般原則參考如下：應每月就下列部份進行檢修：（1）**新鮮外氣入口**、（2）**空氣過濾器**、（3）**冷凍管路**、（4）**所有水盤和水槽**、（5）**冷凝水排管**、（6）**冷卻塔**、（7）**冷卻塔的水處理系統**。應每三個月進行檢修：為新鮮外氣風門。應每年就下列部份進行檢修：（1）**風管的可接觸部份**、（2）**風扇**、（3）**盤管式風扇(FCU)**、（4）**送風和回風通風系統**。

通風系統之維護與管理

（二）機械通風及空調系統的操作與保養

- 檢查表及記錄
  - ✓ 制訂保養檢查表可助減少遺漏某些部件的機會，長遠來說可大量節省時間。檢查表應確定每項例行保養工作，執行每項工作的周期，以及註明何處可找到執行每項工作的指示。
  - ✓ 例行保養的周期應視乎設備的使用量和大樓的環境而訂。
  - ✓ 定期檢查的結果、負責檢查的人員的姓名及所屬公司、檢查日期，以及曾進行的任何清潔保養工序均應適當記錄。任何系統修正的細節，例如有關重新調整或重新運行系統、更改操作程序、更改空間用途，以及影響系統運作的翻新或修復工程等資料均應附在機械通風及空調系統的設計文件上。在系統整個有效使用期間，上述文件均應存放在可隨時取用的地方。

通風系統之維護與管理

（二）機械通風及空調系統的操作與保養

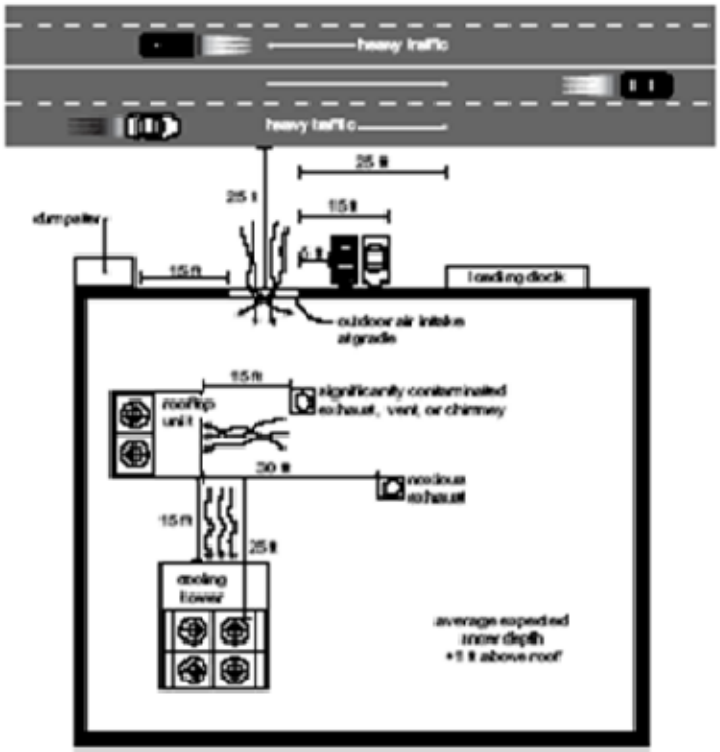
- **檢查表及記錄**
  - ✓ 為提高室內空氣品質的即時管理機制，**可設置室內空氣品質即時監控系統**，即時提供使用者獲知該場所之室內空氣品質狀況，並透過此監控面板進行每日**自主的管理與檢查措施**。

室內環境品質即時監控裝置

空調外氣引入口的設計

- 美國冷凍空調學會(ASHRAE)標準-ASHRAE Standard 62

項　目	最小距離, ft(m)
需注意的污染排氣	15(5)
有毒的或危險排氣	30(10)
排氣口，煙囪，燃燒及設備的煙道	15(5)
車庫進口，汽車裝貨區，免下車排隊區	15(5)
卡車裝貨區或平台，巴士停車/閒置區	25(7.5)
馬路，街道或停車場	5(1.5)
高流量幹線道路	25(7.5)
屋頂，基地層或其他比進氣低之區域	1(0.3)
垃圾儲存/回收區，垃圾裝卸區	15(5)
冷卻水塔進氣或水池	15(5)
冷卻水塔排氣	25(7.5)

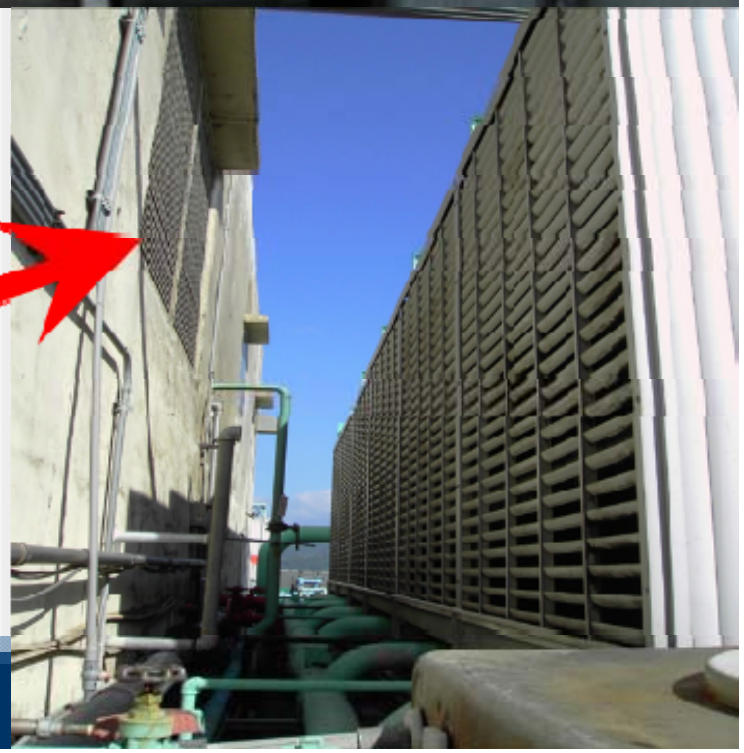


國內潛藏問題:設計不良與維護不佳

根據環保署96年度100動公共建築之調查，約有20%建築物冷卻水塔明顯維護不良

空調外氣引入口位置

項 目	最小距離,ft(m)
冷卻水塔進氣或水池	15(5)
冷卻水塔排氣	25(7.5)

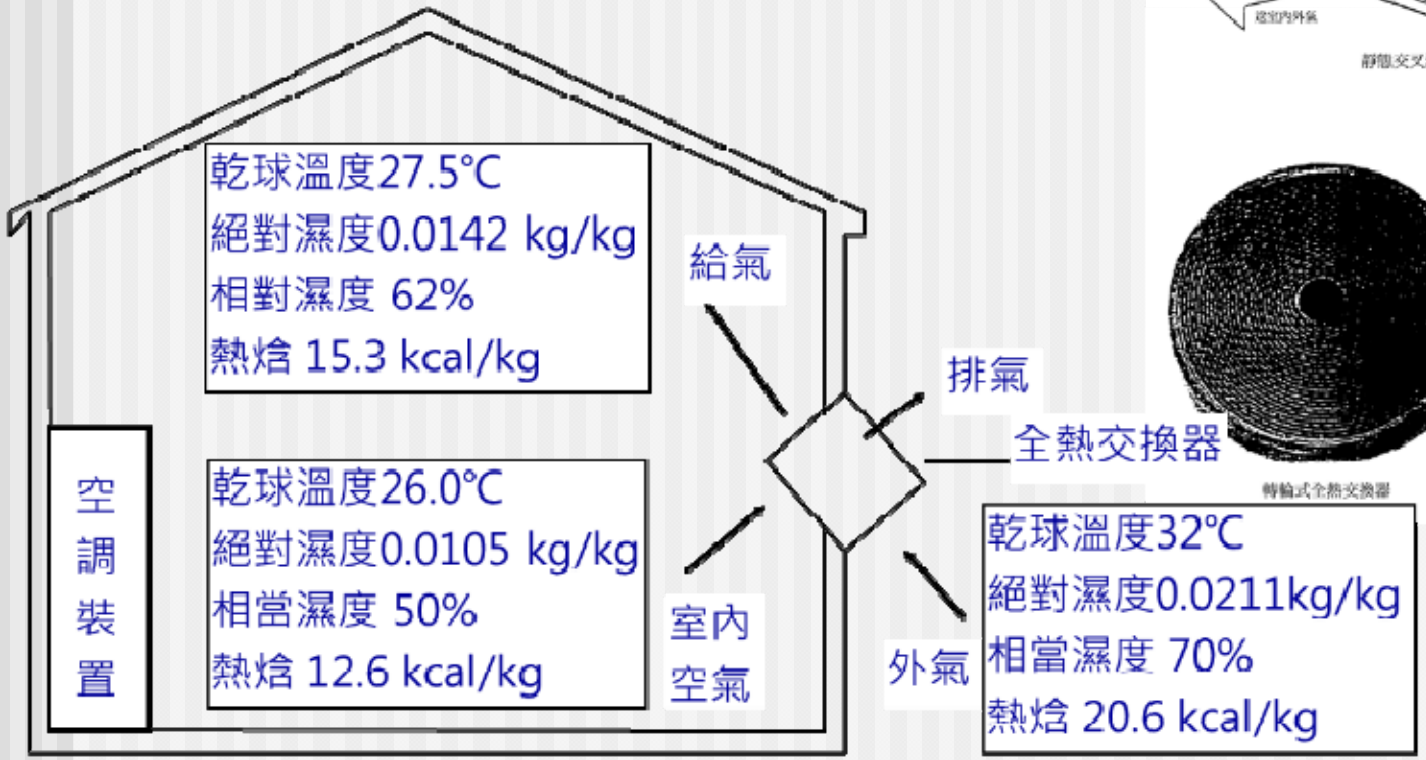


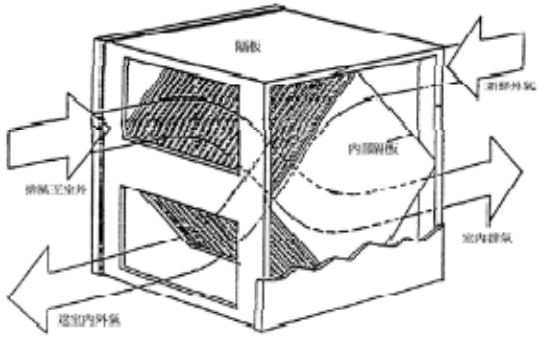
箱型機濾網髒污

室內循環空氣風量降低

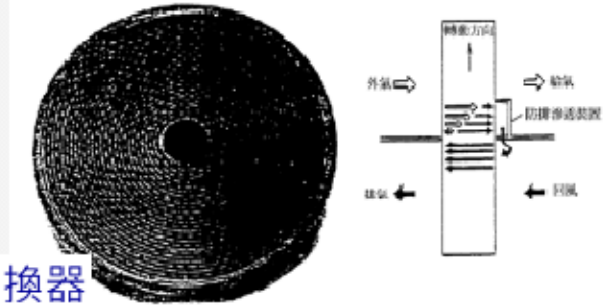
全熱交換器

全熱交換器節約70%外氣耗能





靜態交叉流式全熱交換器



轉輪式全熱交換器

交叉流式全熱交換器之應用

ASHRAE 52 – 濾網等級

Minimum Efficiency Reporting Value (MERV) Parameters

Standard 52.2 Minimum Efficiency Reporting Value (MERV)	Composite Average Particle Size Efficiency,% in Size Range, μm			Average Arrestance,%, by Standard 52.1 Method	Minimum Final Resistance	
	Range 1 0.30 - 1.0	Range 2 1.0 - 3.0	Range 3 3.0 - 10.0		Pa	in. of water
1	n/a	n/a	$E_3 < 20$	$A_{avg} < 65$	75	0.3
2	n/a	n/a	$E_3 < 20$	$65 \le A_{avg} < 70$	75	0.3
3	n/a	n/a	$E_3 < 20$	$70 \le A_{avg} < 75$	75	0.3
4	n/a	n/a	$E_3 < 20$	$75 \le A_{avg}$	75	0.3
5	n/a	n/a	$20 \le E_3 < 35$	n/a	150	0.6
6	n/a	n/a	$35 \le E_3 < 50$	n/a	150	0.6
7	n/a	n/a	$50 \le E_3 < 70$	n/a	150	0.6
8	n/a	n/a	$70 \le E_3$	n/a	150	0.6
9	n/a	$E_2 < 50$	$85 \le E_3$	n/a	250	1.0
10	n/a	$50 \le E_2 < 65$	$85 \le E_3$	n/a	250	1.0
11	n/a	$65 \le E_2 < 80$	$85 \le E_3$	n/a	250	1.0
12	n/a	$80 \le E_2$	$90 \le E_3$	n/a	250	1.0
13	$E_1 < 75$	$90 \le E_2$	$90 \le E_3$	n/a	350	1.4
14	$75 \le E_1 < 85$	$90 \le E_2$	$90 \le E_3$	n/a	350	1.4
15	$85 \le E_1 < 95$	$90 \le E_2$	$90 \le E_3$	n/a	350	1.4
16	$95 \le E_1$	$95 \le E_2$	$95 \le E_3$	n/a	350	1.4

NOTE: The minimum final resistance shall be at least twice the initial resistance, or as specified above, whichever is greater. Refer to 10.7.1.1.[45]

空氣系統設計圖

結 論

- 室內空調環境設計參數一般考量維持舒適度與空氣品質目標值
  - ✓ 於舒適度方面著重溫度、溼度、風速、噪音及均勻度
  - ✓ 於空氣品質方面可參依環保署公告建議值
- 然而前述理想目標卻與空調節能考量仍存難以兼顧之落差，硬體設施配置需考量有能力達到設定目標值之必要性
- 但建構完成後之自然環境及人員使用狀態為動態變化，因此應透由正確之教育與認知配合適切之管控以期於舒適品質及節能間取得最佳平衡點。

結 論

- 藉由現代電子科技進步，經中央監控將相關環境因子建立參數，配合動態偵測判研管控舒適節能模式、污染源控制、通風改善、空氣淨化及合理之行政管理措施因應
  - ✓ 例如將感測及控制改採分區，取代全面性之不合理代表值致過量之可能
  - ✓ 考量增採供氧設備以取代引入大量外氣之傳統模式
  - ✓ 善用電子化計測建築物進出人數以執行減量通風管控（**Demand Control Ventilation**）
  - ✓ 利用離峰凌晨或季節低焓值外氣先行引入大量換氣通風改善以抑制機械耗能(Free-cooling, or Purge)
  - ✓ 並修正傳統以引入大量外氣即為降低CO_2濃度提升空氣品質之不正確或唯一作法。

柯明村
mtke@ntut.edu.tw