

室內空氣品質改善 及實場案例

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
- 財團法人台灣綠色生產力基金會節能技術發展中心—顧問
- 台灣能源技術服務產業發展協會—顧問
- 中華民國能源技術服務商業同業公會—顧問

室內空氣品質
能源

IAQ與能源服務相關經驗

- 政府與財團法人機構節能相關研究計畫主持人
 - ✓ 建立節能績效量測與驗證之程序及文件
 - ✓ 開發創新設備：蒸發式冷卻設備、溶液除溼空調箱、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、測試調整平衡(TAB)等專案合作計畫
- IAQ輔導：各縣市環保局委託演講、訪視與輔導
- 中技社、台灣綠色生產力基金會、台灣產業服務基金會 節能查核與輔導

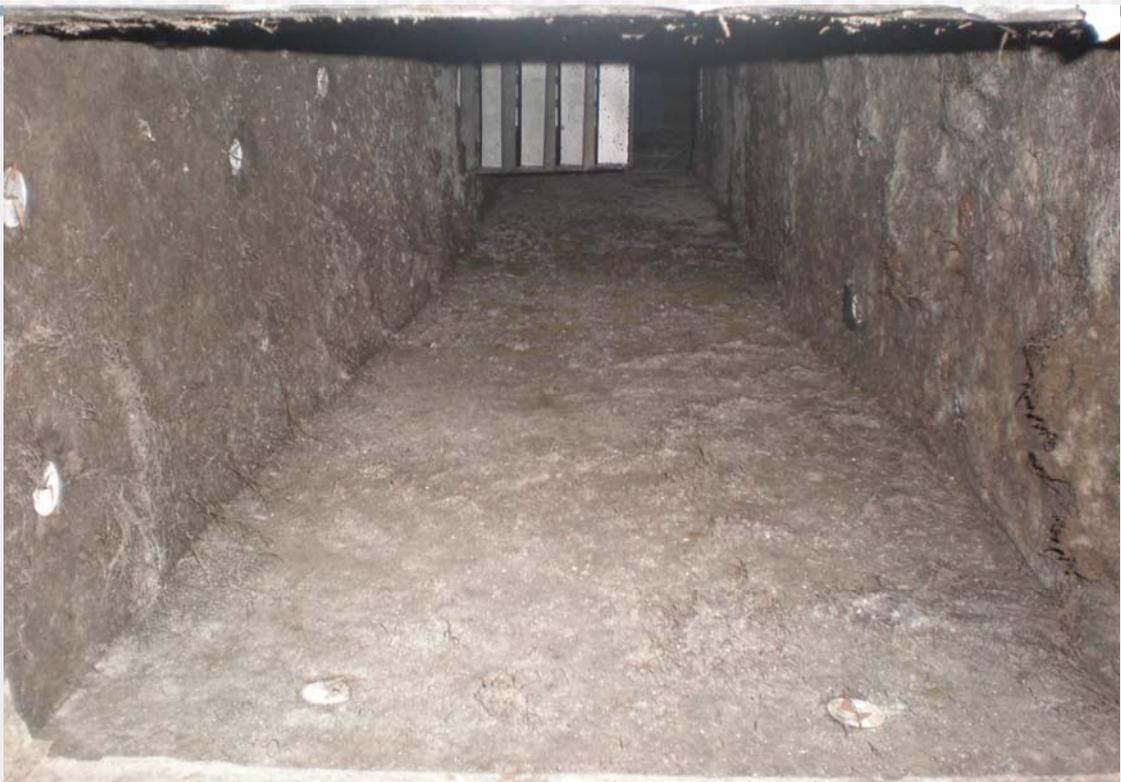
內容

空調系統與室內空氣品質

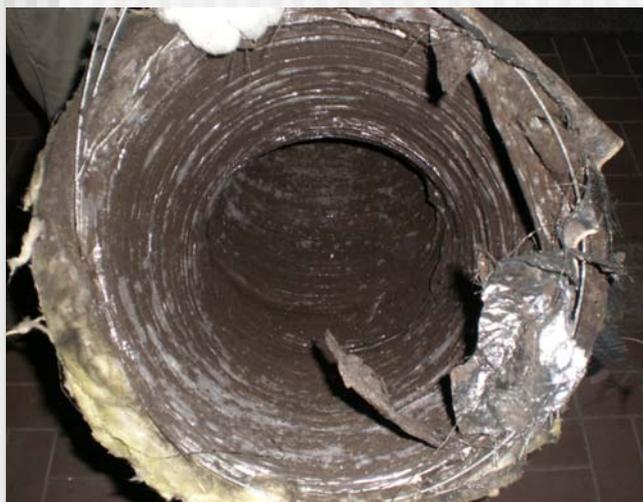
冷凍空調及室內空氣品質
相關性及改善方法說明

污染源診斷及後續自主
管理維護

風管內部真相



風管內部真相



我國室內空氣品質標準

項目	室內標準值		單位
	時間	標準值	
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

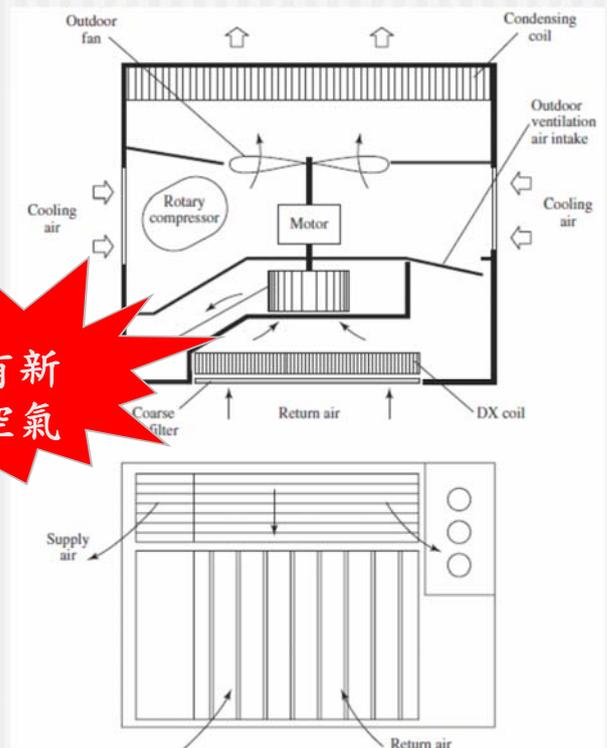
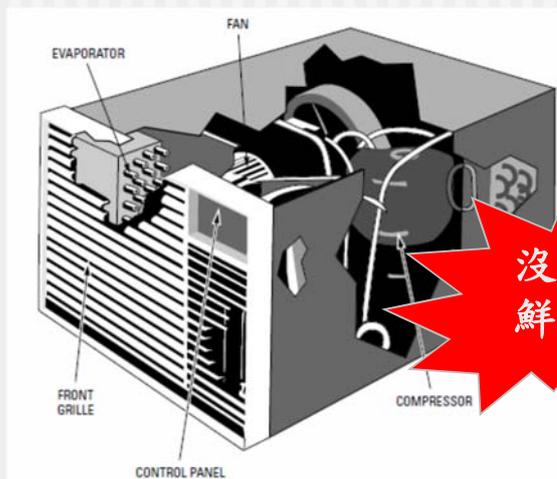
內容

空調系統與室內空氣品質

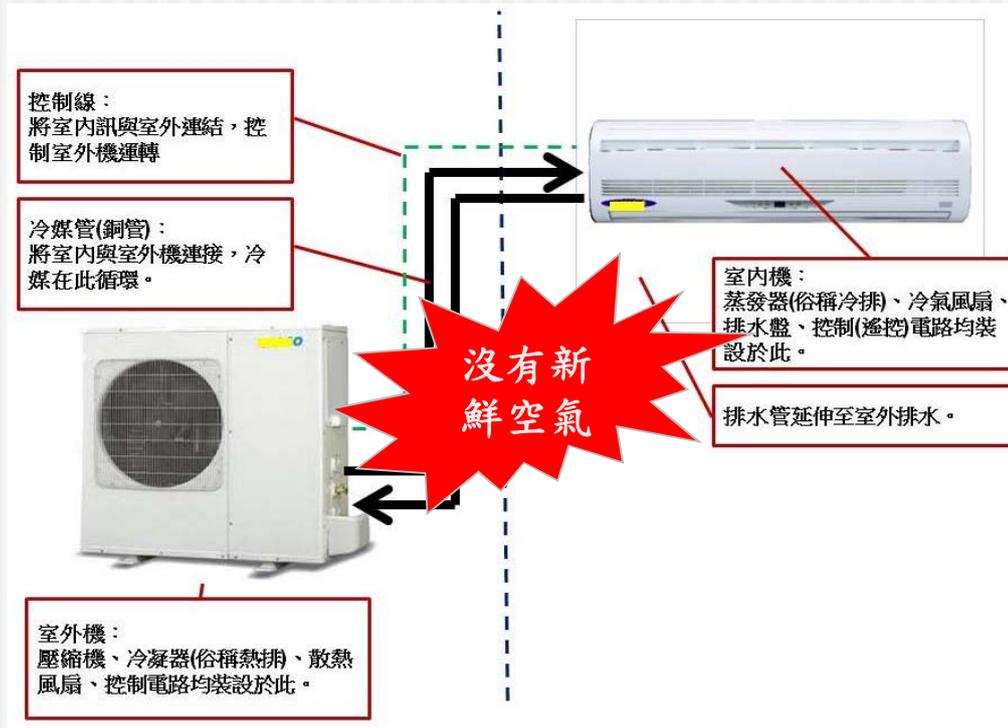
冷凍空調及室內空氣品質
相關性及改善方法說明

污染源診斷及後續自主
管理維護

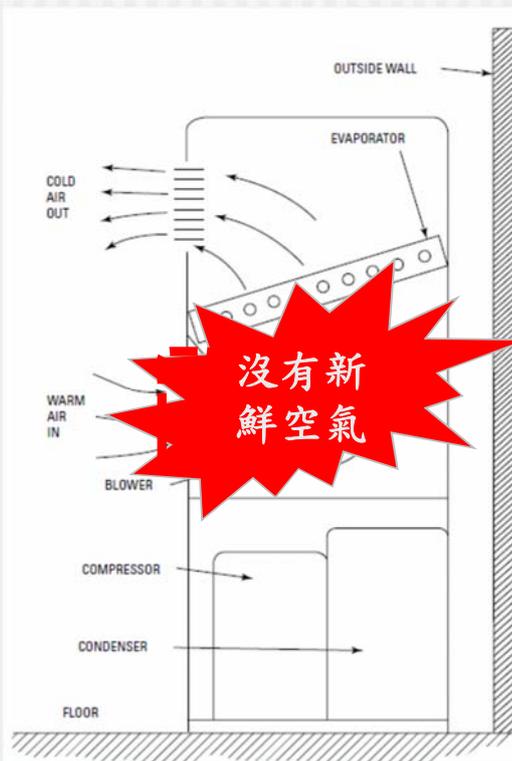
窗型冷氣機



分離式冷氣機

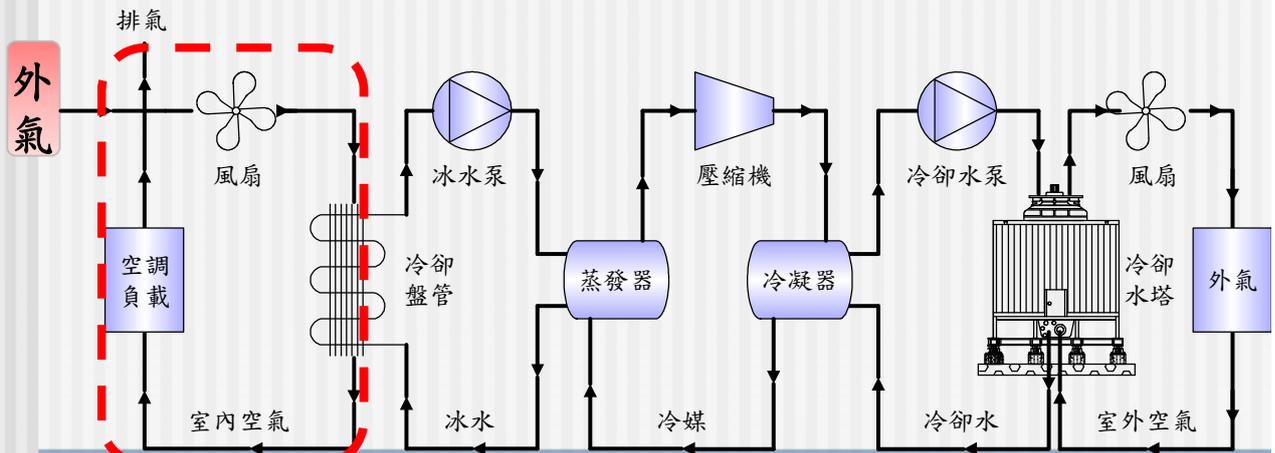


箱型機空調系統(水冷式)

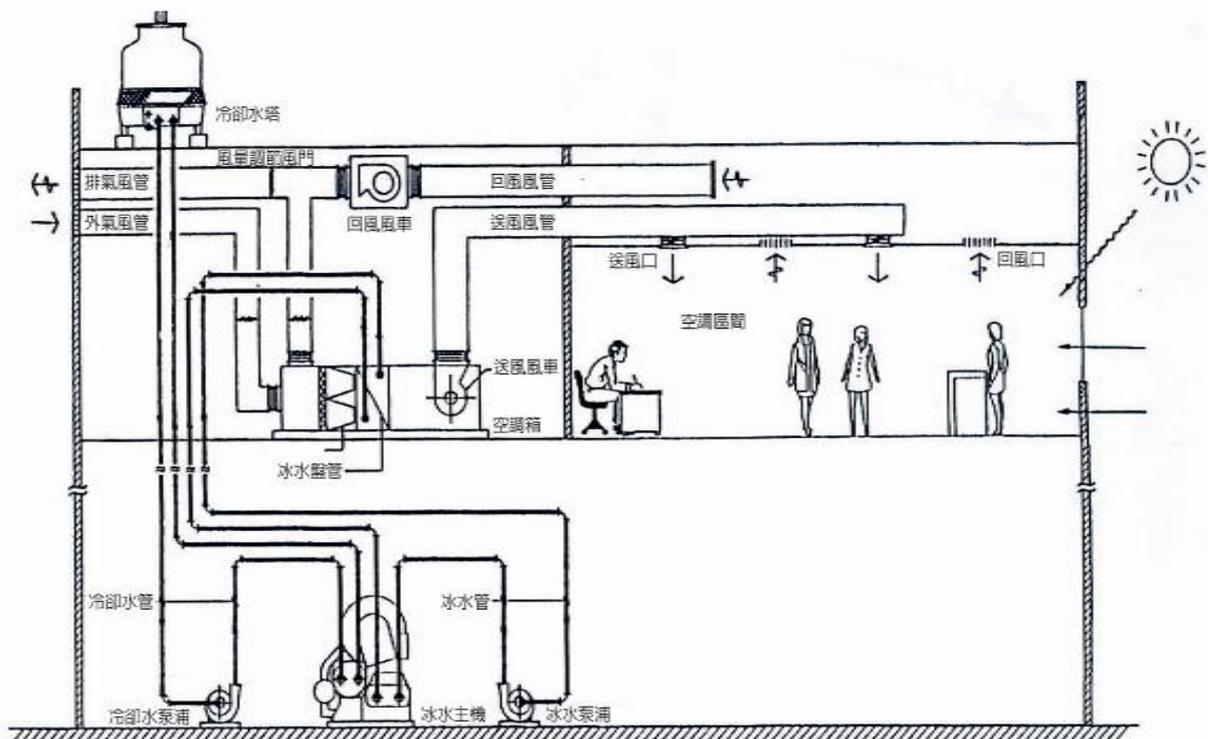


中央空調設備系統組成

- 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、溼度保持一定及經濟運轉所必要之感測及控制器。



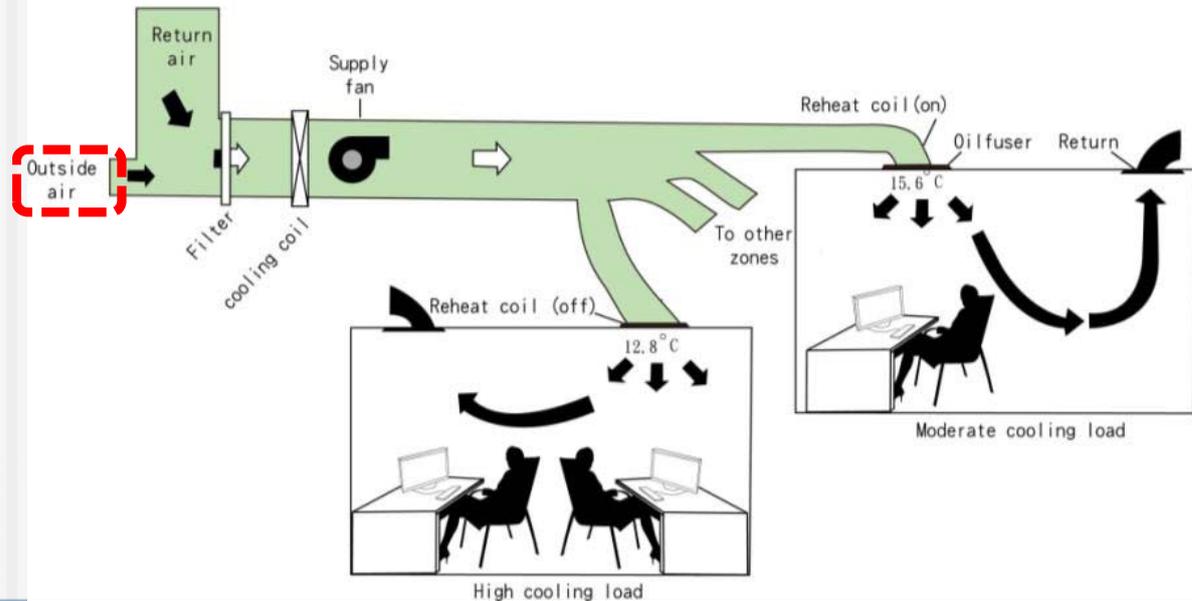
中央空調系統之系統架構圖



空氣調節系統型式—全空氣式

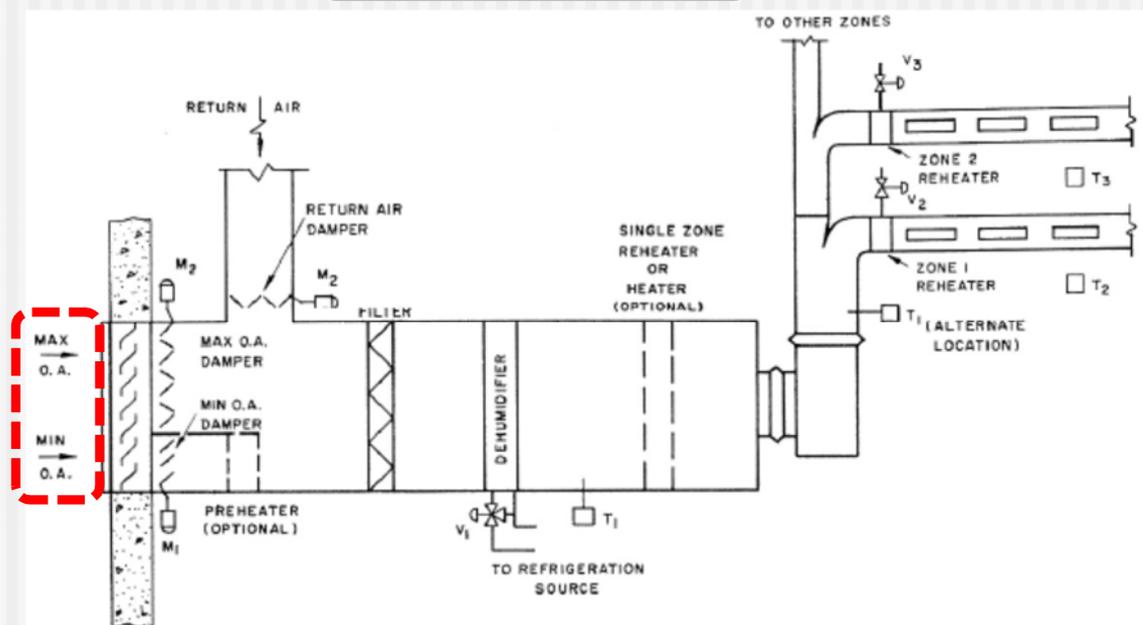
全空氣系統(All Air System)—

空調箱(Air-Handling Unit)+風管(Duct)

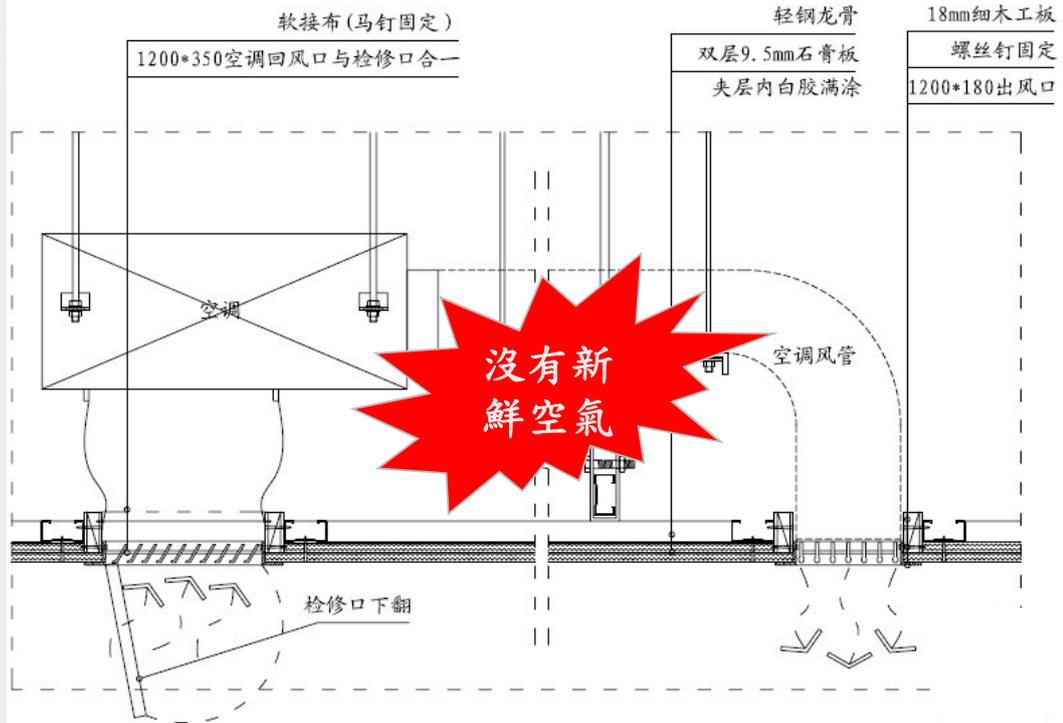


空氣調節系統型式—全空氣式

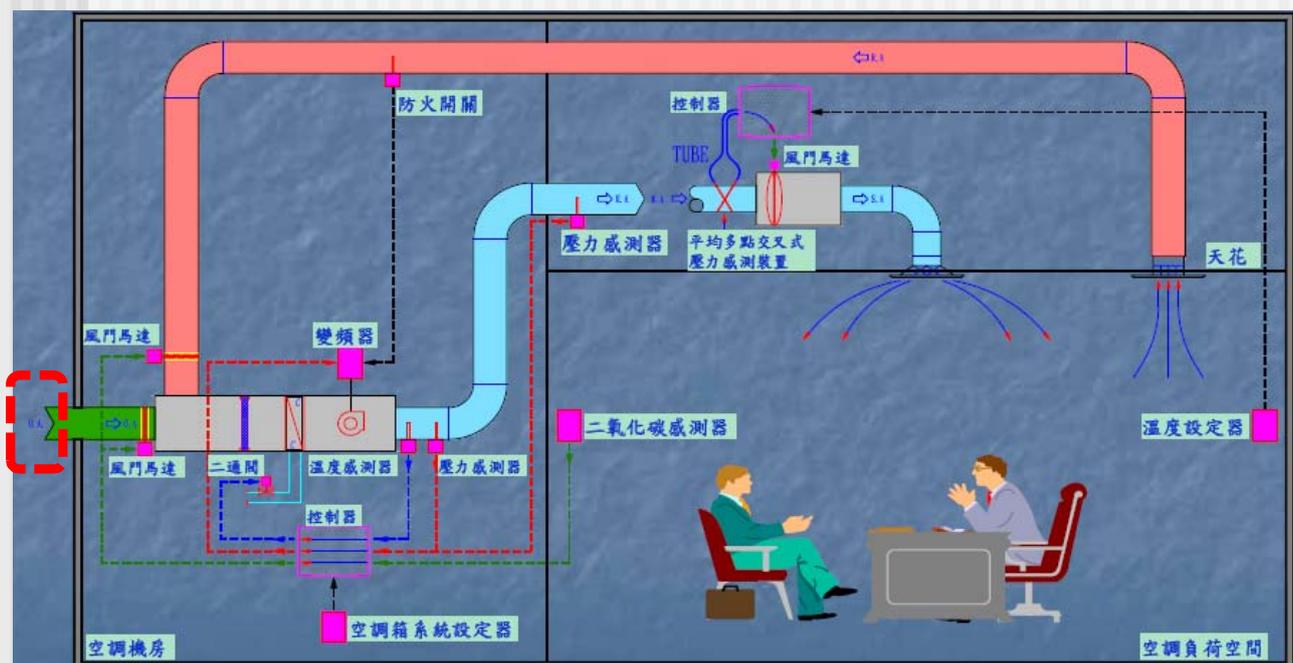
空調箱配接風管



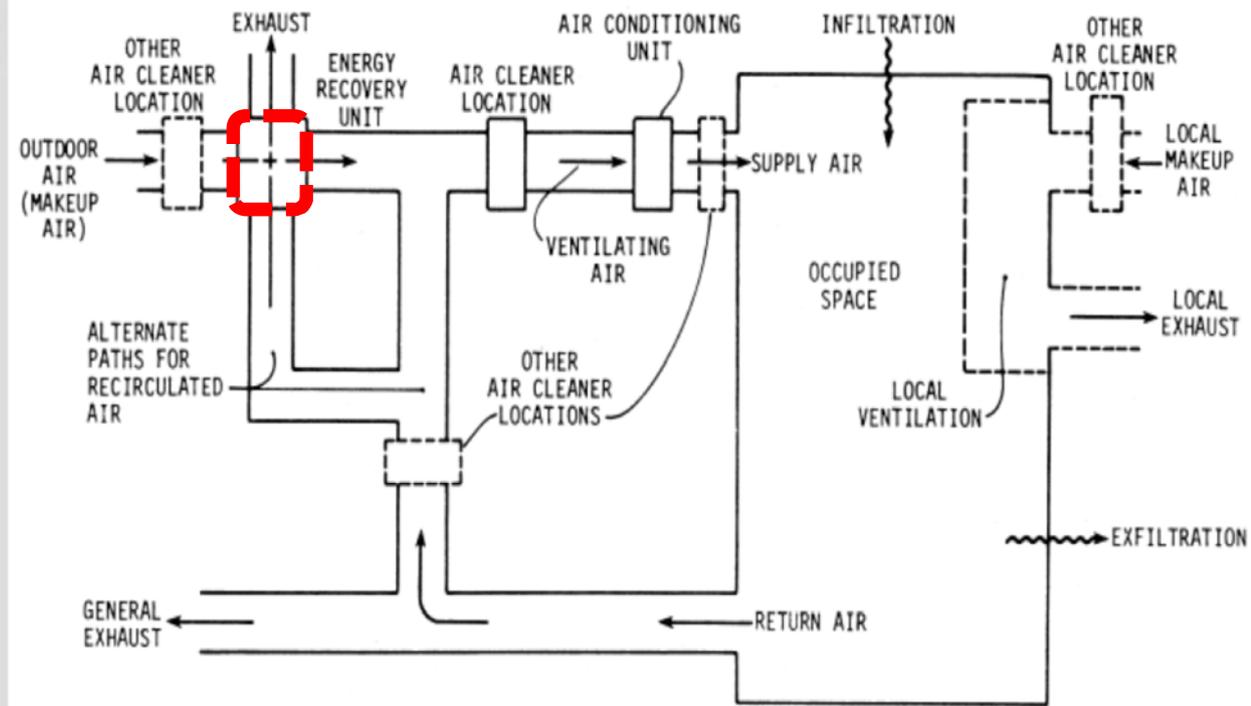
空氣調節系統型式—全水式



空氣調節系統流程圖



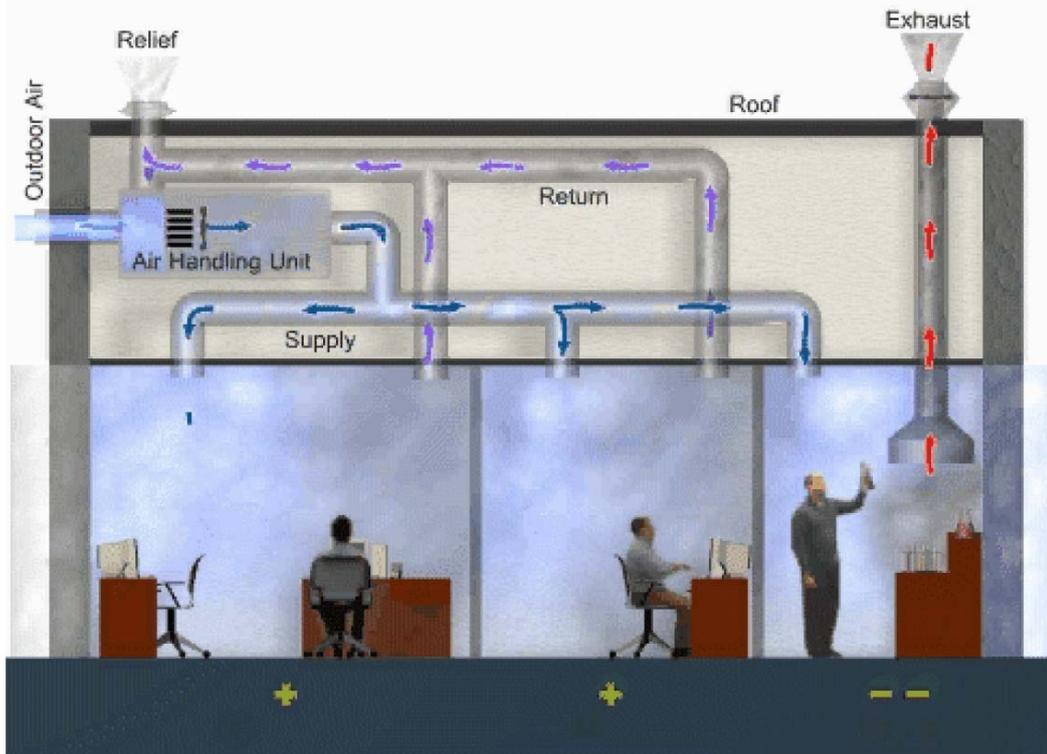
空調通風與過濾—ASHRAE 62



維護問題

外氣引入	外氣入口帶入粉塵等污染物，宜過濾避免長期累積，固定時間清洗或更換濾網
空調箱 內部過濾網	初級濾網過濾較大的粉塵，保護設備如熱交換器及馬達，應置中級濾網過濾 $2.5\mu\text{m}$ 以下粉塵及細菌，依壓損監測值更換中級濾網
空調箱 內部盤管	避免水盤積水成為微生物繁殖之溫床(如黴菌、退伍軍人症)

送風系統與室內壓力梯度



內容

空調系統與室內空氣品質

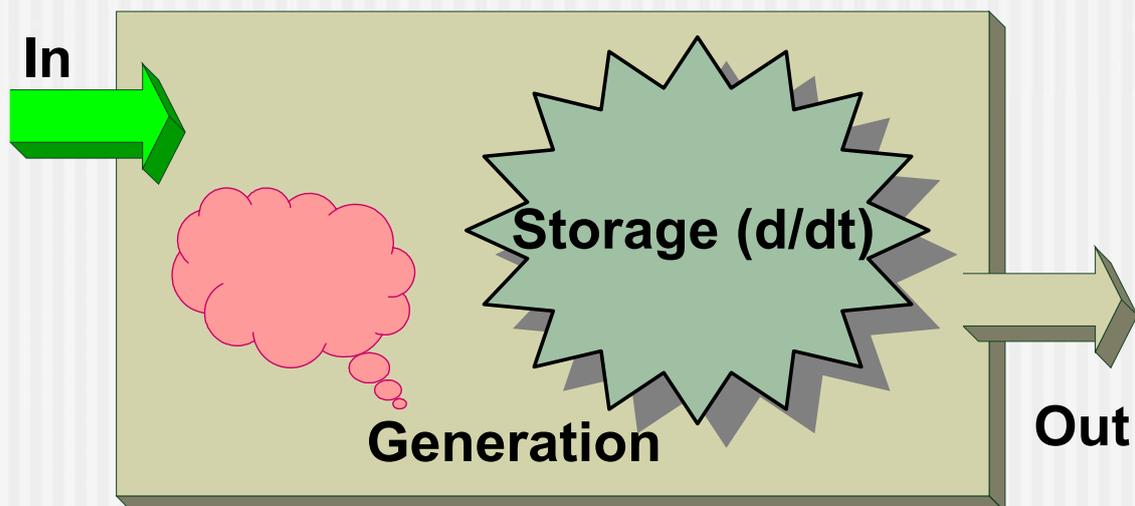
冷凍空調及室內空氣品質
相關性及改善方法說明

污染源診斷及後續自主
管理維護

IAQ之整體方案

- ❑ Source Elimination (S)
- ❑ Dilution (D)
- ❑ Cleaning (C)
- ❑ Air Distribution (A)

守恆觀念



- ❑ **In:** 外氣、滲入
- ❑ **Out:** 排氣、滲出
- ❑ **Generation:** 散逸（建材裝潢家具...）、空氣清淨裝置
- ❑ **Storage:** 室內濃度變化率

源頭改善--使用健康綠建材

- 目前 in 建築材料的選擇上，主要以通過我國「綠建材標章」之「健康綠建材」及「環保標章」建材為主。



環保標章

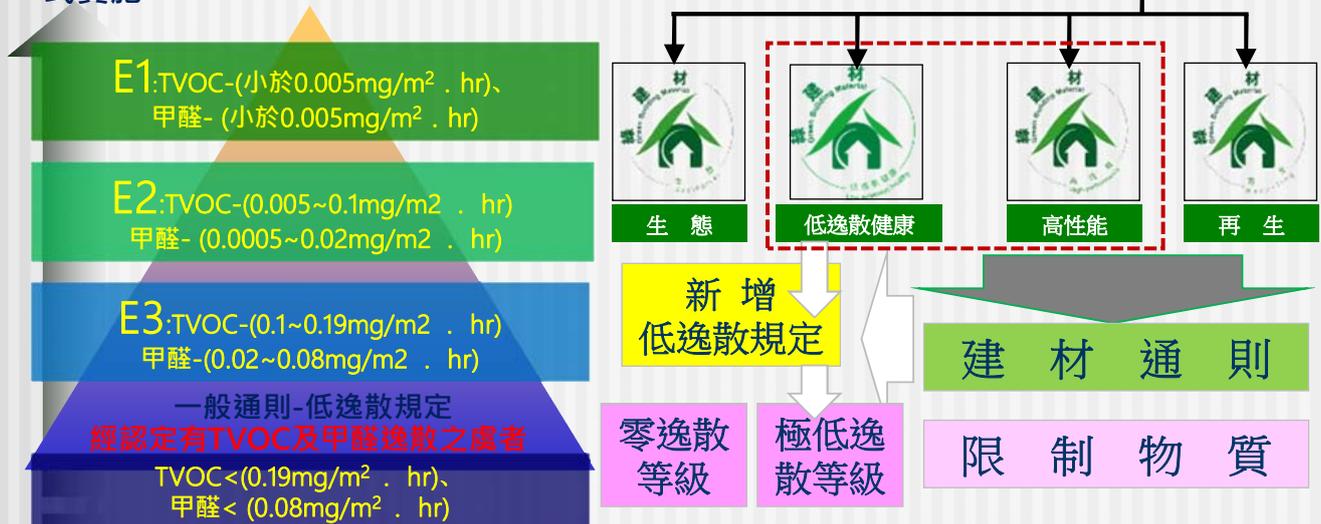


綠建材標章

低逸散健康綠建材標章

「低逸散健康綠建材」分級制度

※已將原「健康綠建材」名稱修訂為「低逸散健康綠建材」，新制定的「低逸散健康綠建材標章」加入分級制度，依據「TVOC (BTEX) 及甲醛逸散速率」，逸散分級分為：**E1逸散**、**E2逸散**、**E3逸散**，其中E1等級為逸散速率最低者，於**2012年1月1日**已正式實施。



低逸散健康綠建材標章

低逸散健康綠建材評定項目

1	地板類	木質地板、地毯、架高地板、塑膠木材等。
2	牆壁類	合板、纖維板、石膏板、壁紙、防音材、粒片板、木絲水泥板、木粒片水泥板、纖維水泥板、矽酸鈣板等。
3	天花板	合板、石膏板、礦纖天花板、玻纖天花板等。
4	填縫劑與油灰類	矽利康、環氧樹脂、防水塗膜材料等。
5	塗料類	油漆等各式水性、油性粉刷塗料。
6	接著(合)劑	油氈、合成纖維、磚黏著劑、白膠(聚醋酸乙烯樹脂)等。
7	門窗類	木製門窗(單一均質材料)。



資料來源：綠建材解說與評估手冊，2011

低逸散健康綠建材標章

必要法令



內政部營建署

綠建築專章

- 一、建築基地綠化
- 二、建築基地保水
- 三、建築物節約能源
- 四、綠建材

民國98年5月8日修正將綠建材使用率由5%增加至30%，於民國98年7月1日正式公告綠建材使用率為30%

獎勵申請



內政部建築研究所

綠建築標章

新建住宅性能標章

綠建材標章
內政部建築研究所

必要法令



行政院環保署

室內空氣品質管理法

環保署為有效推動我國室內空氣品質管制工作，提出室內空氣品質管理法草案.....

100年11月08日立法院三讀通過
100年11月23日正式公告

源頭
管制

健康綠建材 Healthy

人體健康低危害

低逸散健康

再生綠建材 Recycling

再生

生態綠建材 Ecological

取之於自然-用之於自然

生態

高性能綠建材 High-Performance

高性能

環保標章

(第一類環保標章建材)

通風換氣及低逸散建材使用

- ❑ **材料面積**使用限制上，則需配合通風換氣條件，使用極低逸散材料時，可以減少部分通風換氣量，以達到節能效果，若使用一般低逸散材料時，則需有基本之通風換氣條件，至少 $0.5 \text{ (h}^{-1}\text{)}$ 的換氣效率才能有效降低材料逸散之污染物濃度。
- ❑ 未來建材裝修時，必須注意選擇通過相關標章認證的建材，在裝修使用上不可過量或過大，造成逸散揮發性有機物質的濃度蓄積，並配合適度的通風換氣，可以有效控制室內化學物質的濃度，降低健康危害。

通風系統改善更新

- ❑ 影響建築物之室內空氣品質(IAQ)的因子甚多，包括建築物設計、內部裝修、人員、事務設備等等。
- ❑ 但其中主要的影響因子，就是建築的「**通風換氣**」，尤其在設計階段或更新改造階段時，必須加以注意。
- ❑ 通風換氣的**目的**主要在於(1)供給充分氧氣、(2)稀釋污染物質、(3)除去污染源、(4)調整空間壓力控制氣流進出、(5)削減部分熱負荷、(6)排除臭氣等功能以確保室內空氣的品質。
- ❑ 以台灣之氣候條件而言，如果可依當地氣候與地形等進行通風設計的建築物，一年之中通常有部分時間可利用自然通風的方式而不依賴空調設備。

建築通風系統

- 建築通風系統在設計上不僅要兼顧建築物之節能效益，更要注意室內通風的健康品質，目前國際上推動「**綠建築**」的設計手法，是符合未來建築發展的形式。
- 通風換氣主要確保室內新鮮空氣的置換效率，無空調之建築物，以開口之通風路徑與室間深度來評斷其通風性能，而對於採用中央空調之建築物，則以外氣引入的有無來判斷其品質。
- 建築通風換氣環境主要分為：
 - ✓ 自然通風型
 - ✓ 外氣引入型(機械通風)

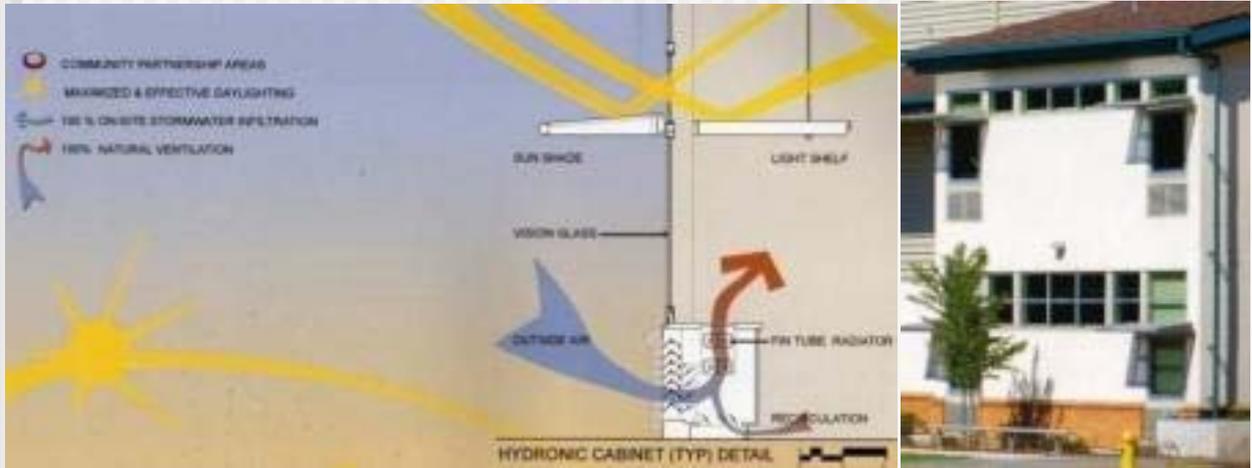
建築提升自然通風之優點

- 建築自然通風方式為最有效的通風稀釋方法，自然通風能增加換氣效益，並具備引入新鮮空氣以稀釋或移除室內的污染物質(CIBSE,1997)、減少能源消耗（空調耗能）、降溫並調節濕氣...等多重優點，而增加換氣率之優點包括：
 - (1)降低氣喘症狀(Smedje and Norbäck, 2000)
 - (2)減少過敏症狀 (Bornehag et al., 2005)
 - (3)提升工作效率(Bornehag et al.,2005；Tham et al., 2003)
 - (4)增進兒童在閱讀及數學方面的表現 (Shaughnessy et al., 2006)

通風理論與法規

(一) 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

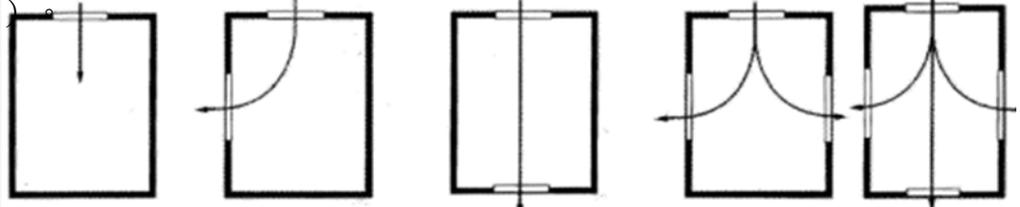


(圖片來源：Alan Ford, 2007)

通風理論與法規

(二) 自然通風法規

- 1) 若為單側或相鄰側通風路徑開窗之空間，室間深度在2.5倍室內淨高以內者，且其中屬於相鄰側通風路徑者，其室內窗所連接之空間需能與外在空氣直接流通。
- 2) 若為相對側或多側通風路徑開窗之空間，室間深度在5倍室內淨高以內者，且至少有一扇室內窗所連接之空間能與外在空氣直接流通。
- 3) 以通風塔、通風道系統、機械風扇等裝置輔助置換新鮮空氣者（需提出設計圖說）。



(a)單側通風路徑 (b)相鄰側通風路徑 (c)相對側通風路徑 (d)多側通風路徑



說明：若有陽台，則陽台深度亦應計算在室間深度之內。

建築自然通風改善方法

□ 如何在既有的微氣候條件及自然通風方式下，增進自然通風效率下列為幾項通風改善設計方法：

- ✓ 開口部加裝導風板設計
- ✓ 熱浮力換氣設計
- ✓ 混合式通風設計-加裝局部排風扇

開口部加裝導風板設計

- 利用「不同型式**導風板**」將建築外部氣流導入室內，加強自然通風利用。
- 在「導風板型式設計」上，可以區分為「**水平導風板**」及「**垂直導風板**」兩類，各針對不同的外在氣流條件而調整變化。
- 導風板的設計**影響因子**包含「導風板數量」、「導風板深度」、「旋轉角度」及「氣流方位及風速」等項目。
- 導風板設計上可以透過以計算流體力學（Computational Fluid Dynamics, CFD）數值模擬，進行室內氣流場、溫度場的解析。

熱浮力換氣設計

- ❑ 「**熱浮力換氣**」為國外常用之自然通風換氣手法，主要是解決當室外開口**無風壓或風壓過小**時，造成室外氣流無法有效提供室內通風換氣，此時必須藉助室內及室外的**溫度差異**條件，讓室內自然通風透過「熱浮力換氣」的原理，達到污染物移除的效果。
- ❑ 目前常見的設計方法以屋頂加裝「通風換氣塔」或「雙層通風屋頂」方式操作，在通風換氣成效上雖然不如加裝導風板來得大，卻仍可以有效解決外氣氣流過小，導致無法引入室內的問題，若外在條件允許，建築物可以同時加裝導風板設計及熱浮力換氣設計。

混合式通風設計-加裝局部排風扇

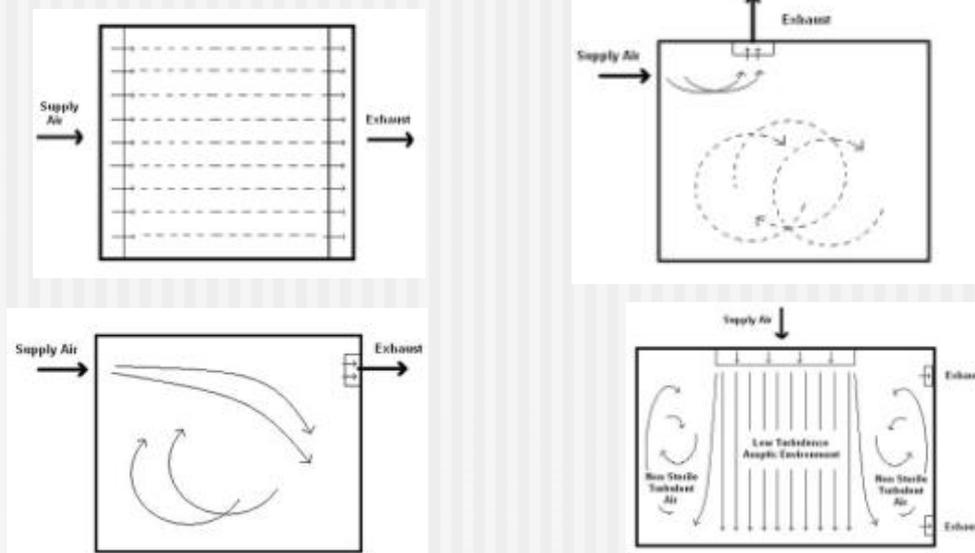
- ❑ **混合式通風設計**(Hybrid Ventilation)為國外最新的通風設計方法，最主要的目的在於透過混合式通風方法有效降低空調耗能，並兼顧自然換氣條件。
- ❑ 目前在自然通風設計，其混合式通風以加裝局部排風扇的方式，將新鮮外氣引入，室內污染空氣排出，並與室內空調混合達到節能效果，以簡單、低耗能的排風扇加裝空調設備及室內空間，加強空調通風性能。

空調換氣型(機械通風型)

- 以中央空調為主之建築物，其空調換氣若要有效進行室內空氣污染物的移除，必須針對其新鮮外氣供應進行改善設計，並檢核空調設備是否有**專用的新鮮外氣供應系統或其他外氣引入方式**。
- 目前大樓空調系統採用的FCU系統或分離式空調機系統，大部分是無外氣系統的設計，甚至有些AHU空調之大樓為了減少外氣空調負荷，將許多外氣引入路徑完全關閉，長期對室內人員之健康與工作效率產生嚴重傷害。

空調換氣型(機械通風型)

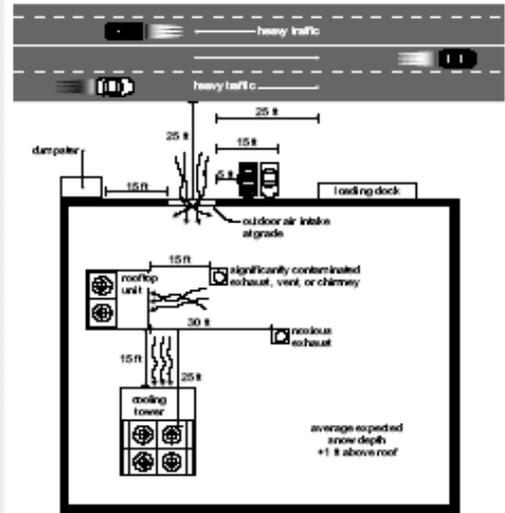
換氣設計須遵守的兩個基本觀念，那就是「**排氣機入口與出口必須隔離**」，以及「**必須造成有利的空氣流向**」。



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, 垃圾裝卸車	15(5)
冷卻水塔進氣或水池	15(5)
冷卻水塔排氣	25(7.5)



空調呼吸帶最小通風量規定

美國冷凍空調學會(ASHRAE)標準-ASHRAE STANDARD 62-2007

場所分類	人員外氣需求量 (R_p)		區域外氣需求量 (R_a)		規範數值			空氣等級
	cfm/人	L/s·人	cfm/ft ²	L/s·m ²	人員密度	混合外氣流量		
					#/100 m ²	cfm/人	L/s·人	
辦公類建築								
辦公空間	5	2.5	0.06	0.3	5	17	8.5	1
接待區	5	2.5	0.06	0.3	30	7	3.5	1
總機區	5	2.5	0.06	0.3	60	6	3.0	1
入口門廳	5	2.5	0.06	0.3	10	11	5.5	1
教育設施								
托兒所 (小於 4 歲)	10	5	0.18	0.9	25	17	8.6	2
幼兒病房	10	5	0.18	0.9	25	17	8.6	3
教室 (5-8 歲)	10	5	0.12	0.6	25	15	7.4	1
教室 (大於 9 歲)	10	5	0.12	0.6	35	13	6.7	1

$$\text{每1人新鮮空氣} = \text{人} + \text{面積因素} = 2.5 + (100/5)\text{m}^2 \times 0.3 \text{ LPS/m}^2 = 8.5 \text{ LPS}$$

清淨設備應用於室內污染物之移除

□ **被動**通風稀釋

□ **主動**污染物來源去除

□ **主動**污染物消滅

空氣清淨原理

- 各種空氣清淨技術簡要原理如下：
- **機械式過濾集塵**：利用各種濾材以達過濾微粒的目的。
- **靜電集塵**：如靜電集塵器及靜電式濾網捕集帶電的微粒
- **離子產生器**：釋放離子於環境中，當其與微粒結合後，該帶電的微粒隨即會被一些表面如地板、牆壁、窗簾等所吸附。
- **吸附**：利用各種吸附濾材以達吸附揮發性有機物 (VOCs)之目的。目前活性碳纖維 (Activated Carbon Fibers, ACF) 由於體積小且置換容易，因此常被使用做空氣清淨機吸附濾材。

空氣清淨原理（續）

- **UV+光催化**：光觸媒是利用光線能量作為空氣淨化機制的原動力。光線照射激發二氧化鈦（ TiO_2 ）表層的電子（ e^- ）脫離，留下電洞（positive holes h^+ ），電洞吸引水中的氫氧離子，變成極不穩定的氫氧根（Hydroxyl Radicals）。為轉變成穩定狀況，氫氧根會與有機化合物反應變成無害之 CO_2 、 H_2O 釋放至空氣中。
- **臭氧產生機**：臭氧有極強的氧化性，當遇到細菌、臭味或有機物時能產生氧化反應，達到清淨空氣之效果。
- **奈米銀**：將奈米銀粒子鍍於空調系統濾網材質表面，當奈米銀與細菌體接觸時，奈米銀粒子可造成細菌無法代謝而衰竭死亡。

空氣清淨機使用注意要項(I)

空氣清淨機使用時應注意：

- 電子式空氣清淨機與離子產生器通常會伴隨著臭氣的產生，特別是在不當的使用或保養時，可能會使空氣清淨機釋放出較**高濃度的臭氧**。
- 細小微粒之去除：現行檢測方式，對於粒狀物之去除，以空氣中粒狀物重量濃度之變化來評估其效率，因此只要能去除質量大的粒狀物即可達到良好去除效率或CADR，但質量大的粒狀物卻不易經呼吸進入人體，反而質量及粒徑較小的粒狀物，較易被吸入至肺部而形成健康危害，對於小於 $0.1\mu\text{m}$ 之超細微粒(健康危害較大，且空氣停留時間久)之粒狀物之去除反而無法評估。

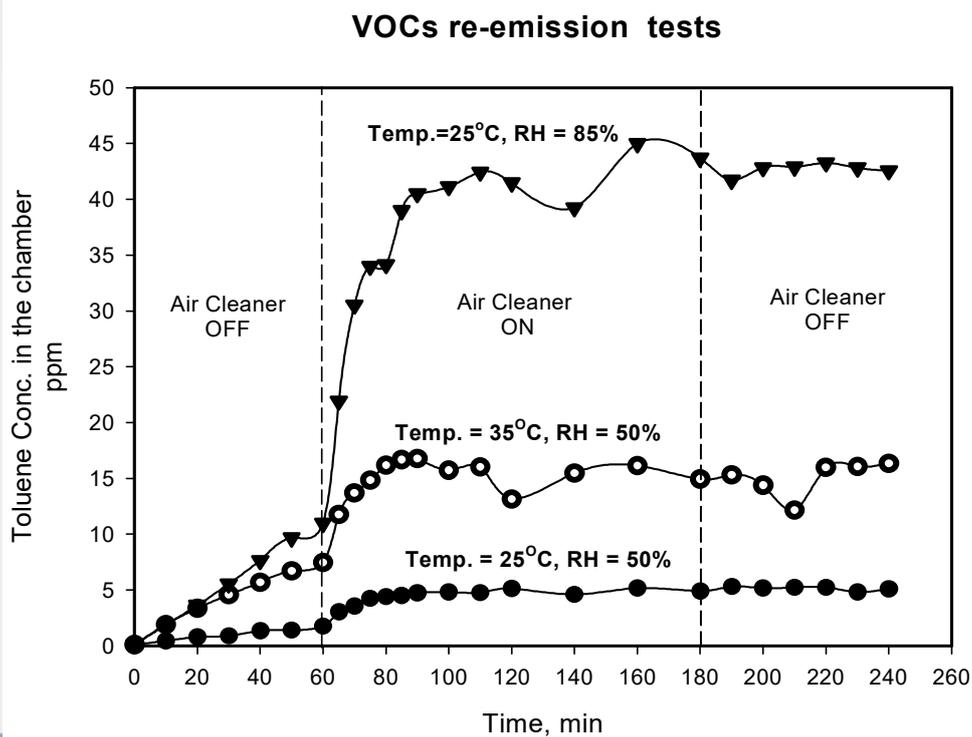
空氣清淨機使用注意要項(II)

- ❑ **長期使用之材質劣化**：吸附型濾材之飽合會造成效能下降或無效，甚至污染物脫附而形成另一污染源。光催化濾材也可能在使用一段時間後因毒化作用而失去效能。
- ❑ **二次污染物之產生**：如光催化可能產生毒性更強之污染物，臭氧之產生可能與空氣中之不飽合碳氫化合物形成危害性更大之醛類及奈米級超細微粒。
- ❑ **微生物之去除**，現行國際常用空氣清淨機檢驗標準無嚴格規範。

空氣清淨機使用注意要項(III)

- ❑ 雖然氣狀污染物也可能造成健康的危害，但是在文獻與法規標準上，對於這些清除設備的效能並無太多的探討與規範。
- ❑ 部分的空氣清淨機產品會宣稱其能夠有效地預防一些如花粉、室塵、霉菌、以及動物皮屑等所引起的過敏反應，然而從學術的觀點而言，上述這些微粒由於其**粒徑較大**，因此**無法長時間懸浮**於空氣中，實際效果可能不如預期。

VOCs再釋出作用評估結果



內容

空調系統與室內空氣品質

冷凍空調及室內空氣品質
相關性及改善方法說明

污染源診斷及後續自主
管理維護

八大室內空氣污染源

1. 室外污染空氣
2. 室內燃燒源
3. 家具及建材
4. 電子電器
5. 消費性產品
6. 生物污染物
7. 通風不良
8. 放射性物質

室內空氣污染源診斷

考慮因素：

- ❑ 污染物特性（濃度、反應、物理狀態、微粒直徑）
- ❑ 污染源特性（單一或多污染源、室內或室外來源、連續或間歇排放）
- ❑ 暴露量與健康效應間的量化關係（長期、低濃度暴露；短期、高濃度暴露）
- ❑ 教室特性（一般教室或專科教室）
- ❑ 與室外環境的關係（室內空氣較乾淨還是室外空氣較乾淨）

室內空氣污染控制方法

依優先順序為：

1. 建築裝潢設計
2. 源頭減量管制
3. 加強通風換氣
4. 空氣清淨設施
5. 其他配合措施



設計、管理、矯正

常見污染行為成因與解決策略

物品/行為(因)	污染物成因(果)	建議改善方案
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 設備、事務機具 <input type="checkbox"/> 不當清潔方式 <input type="checkbox"/> 不當的外氣引入 <input type="checkbox"/> 強制排氣設備設置不當 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 部分設備會逸散溶劑性氣態污染物、臭氧或廢熱 <input type="checkbox"/> 不當的清潔方式（如清潔劑稀釋不足），遺留刺激性揮發物 <input type="checkbox"/> 空調外氣引入不當而將環境中污染物自外氣口引入室內，造成室內空氣品質惡化 <input type="checkbox"/> 裝置強制排氣設備不當，若無適當空氣補入造成負壓，將造成排氣效率低落、換氣管道廢氣逆流 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 可利用環境工程技術針對不同污染源進行細部成分鑑定 <input type="checkbox"/> 解決方式可使用蒸汽或清水進行重複擦拭 <input type="checkbox"/> 可增設監測與空調回饋系統，當污染升高，自動啟動調節系統；或重新配置外氣引入 <input type="checkbox"/> 需考量最低量之補充空氣

一般公共場所輔導案例一 家具販售賣場



社團法人台灣室內環境品質學會

本場所基本資料表

1.場所名稱(全名)	OO股份有限公司OO分公司	2.地址	OO市O區OO路O段OOO號O樓	
3.所屬單位及樓層	所屬單位：OO大樓			
	所屬樓層：3樓區			
4.樓齡	11年			
5.最近裝修日期	中華民國99年1月1日			
6.總樓板面積 (=3.30579平方公尺)	總場所：1200平方公尺(m ²)			
	所屬單位面積：1200平方公尺(m ²)			
7.使用地板面積	1200平方公尺(m ²)			
8.總樓層數	共10樓(包括：地下3樓，地上7樓)			
9.是否含停車場	<input checked="" type="checkbox"/> 是(位於：地上/地下 1/3樓) <input type="checkbox"/> 否			
10.總出入人員統計表	樓層	人數	樓層	人數
	3樓	1400人/小時	樓	人/小時
	流動人數		1400人/小時	
11.使用空調系統型式	<input checked="" type="checkbox"/> 一.中央空調系統 <input checked="" type="checkbox"/> 1.AHU(中央空調箱空調系統) <input type="checkbox"/> 2.FCU(風圈個機空調系統) <input type="checkbox"/> 3.兩者併用式 <input type="checkbox"/> 二.個別空調系統 <input type="checkbox"/> 1.窗型冷氣機 <input type="checkbox"/> 2.分離式冷氣機- <input type="checkbox"/> 3.箱型式冷氣機			
12.室內空氣品質管理人員姓名	OOO	13.管理人員聯絡電話		

潛在污染源



外氣引入口前方有大排水溝，產生真菌



油漆堆放區，產生異味



建材裁切區有板材味道，裁切過程會產生懸浮微粒



監測數據與現勘紀錄

項目	甲醛(ppm)	CO ₂ (ppm)	溫度(°C)	濕度(%)	CO(ppm)
測點平均值	0.043	548.40	23.60	60.88	3.28
環保署公告標準值	0.1	1000	15~28	無	9

- ❑ 由監測報告得知外氣點之真菌數濃度遠高於內部任何監測點，說明其來源可能來自外部進氣的影響。
- ❑ 檢測點位5處以直讀式檢測儀之數據，一氧化碳：3.8 ppm、二氧化碳：548 ppm、溫度：24.2 °C、溼度：56 %，顯示室內空氣品質良好。
- ❑ 唯有板材、建材與油漆膠類置放處略有味道，其餘地區並無其他異味。
- ❑ 外氣引入口後方有一綠川排水溝，恐為導致先前檢測之真菌值偏高之原因。
- ❑ 現場勘查外氣引入系統正常運作。

輔導建議

- 外氣引入口附近有大排水溝經過，導致外氣真菌類濃度較高，建議適時更換或清洗外氣空調箱(PAH)之濾網。
- 建議**更換外氣進氣處**以降低真菌數濃度。

一般公共場所輔導案例二 展覽場所



社團法人台灣室內環境品質學會

展覽場所-場所概況

室內空間分佈

屬於地上三層之建物，
該棟一樓為展場，二
樓及三樓為停車場

中央空調形式：
AHU

室內裝修材料包含一
般常用於展覽場所地
毯、防火材金屬、塑
膠廚櫃、塑膠隔屏等

潛在汙染源

週遭交通流量大(建築物
鄰接主要幹道)

建築物周遭有卸貨車道
廢氣排放

牆面或窗戶有結露之現
象

室內地板鋪設大面積之
地毯

室內自然採光不足，大
量使用人工照明燈具

展覽場所-現勘情況

調查紀錄表中，空調型式為：展場-AHU，
而在辦公區域-分離式冷氣。

展場二樓平時會開啟窗戶作為通風入口。

現勘時人數並未達實施管制之限制。

入口處地下有一汙水槽，疑似為先前檢測
時真細菌數過高的原因之一。

展覽場所時常鋪設地毯，應注意清洗與更
換。

項目	甲醛(ppm)	CO ₂ (ppm)	溫度(°C)	濕度(%)
測點平均值	0.023	981.80	24.70	67.38
環保署公告標 準值	0.1	1000	15~28	無

展覽場所-現勘情況

水塔維修門無法關緊，應予改善



先前檢測時此處細菌數過高，可能因此處地下為污水槽

冷卻水塔附近地面積水，可能導致細菌滋生

展覽場所-改善建議與場址意見回覆

屋頂冷卻水塔可定期消毒，以免細菌滋生。

- 已請廠商估價，進行規畫中

通往汽機車入口鐵捲門不要開啟，以免廢氣進入展場，且對室內空氣品質改善有限。

- 已關閉

前年度檢測數據之細菌濃度高應為人潮集中所致，請持續執行人流管制。

冷卻水塔附近區域積水(維修門無法關緊)，應予以改善，請水塔廠商維修。

- 已請廠商估價中

AHU有外氣風管引入，外氣風門平時開啟30%，唯外氣入口附近於本日現場勘查時有抽煙人員聚集，是否可將此區域訂為禁止吸煙區域。

- 已將該區域訂為禁煙區

初步由檢測表看出展場相對濕度偏高，建議調低冰水送水溫度與降低冰水量(彌補節能，目前冰水出水13°C左右)。

- 本展場之空調系統因機具本身之限制，無法調低溫度。

建議在檢測點CO₂濃度偏高之區域裝設CO₂濃度檢測器，可兼具維持IAQ與節能之好處。即當偵測到CO₂濃度偏高時，可控制開啟外氣風門，而當偵測CO₂濃度下降時，亦可控制逐漸關小外氣風門，以減少耗能。

一般公共場所輔導案例三 辦公場所



社團法人台灣室內環境品質學會

辦公大樓-場所概況



為地上11層樓地下2層樓之建築



平均每層樓使用人數50~60人不等



空調型式為中央空調，採FCU



一般辦公用品：鐵櫃、塑膠櫃、木櫃、金屬桌椅等眾多，
天花板則使用矽酸鈣板

辦公大樓-潛在污染源

- 人員活動區域靠近影印機及印表機
- 廁所沒有設置獨立排風系統
- 室內裝設臭氧清淨機

- 建築外牆開口使用高氣密性窗或雙層窗
- 室內自然採光不足，大量使用人工照明燈具

- 進入室內感覺乾冷(皮膚感覺或眼睛乾澀)或風速極大
- 室內溫度明顯分佈不均(皮膚感覺)

- 週遭交通流量大(建築物鄰接主要幹道)
- 週遭有任何建築工地或拆除工程

- 冷卻水塔之水盤有軟泥沈積或長大量青苔
- 冷卻水塔沒有按時添加微生物抑制劑
- 室內FCU系統之周圍有積水或漏水現象

- 使用獨立空調系統之空間門窗全部緊閉
- 室內有惡臭或明顯之味道
- 天花板或牆面或傢具有明顯之霉斑
- 天花板、牆面、地板或地毯有曾經積水或遭受水害之痕跡

辦公大樓-現勘情況

頂樓外氣引入口與冷卻水塔及廁所管道排氣口過近，易造成汙染惡化之內循環。

水塔內水漬汙垢多，細菌易孳生。

由於空調系統為外氣引入後，分送於各樓層管道間，因此外氣量於較低樓層明顯不足。

外氣引入至管道間，再至各樓PAH機房，由PAH自行引入。PAH引入口附近有裝設網路交換機等設備，引入位置與管道間方向相反，引入外氣量似有疑慮。該PAH送風方向分為四支圓型風管分別送至室內，但送風路徑長、管徑小，PAH風車並不大，運送新鮮空氣之能力堪慮。

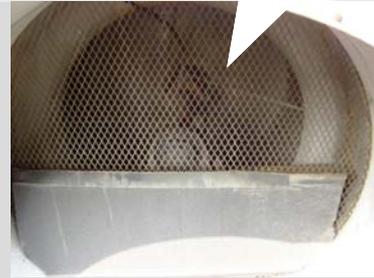
於八樓辦公室以直讀式儀器與該場所偵測儀相同高度位置下檢測二氧化碳之濃度時，十分鐘之平均值為638 ppm，與該偵測儀1000 ppm以上之測值相異。

辦公大樓-現勘情況

頂樓外氣引入進氣口太靠近冷卻水塔與廁所管道排氣口



送入風量不足，應加大風車



PAH入口附近有裝設網路交換機等設備，引入位置與管道間方向相反，引入外氣量似有疑慮



水塔內污垢沉積，應時常清潔



辦公大樓-改善建議

頂樓外氣引入進氣口太靠近冷卻水塔與廁所管道排氣口，且現勘時該風車運轉控制未如預期，建議調整檢查控制系統(CO₂感測訊號等)，調整引入口方向。

針對PAH機房之設置，建議加大風車，提高風量與靜壓，且引入室內之風管路徑(當日檢查8樓與7樓時未明確)應順暢。

3樓無外氣引入，僅靠開窗並不足以改善IAQ，建議加裝新鮮空氣引入裝置(PAH或全熱交換器)，否則二氧化碳濃度偏高問題應難以改善。

加大外氣引入量可能增加冷房負荷，因此可考慮全熱交換器之裝設以期節能。

檢視當日冰水主機運轉300RT一部，出水溫度9.2°C/11°C，溫差小且送水溫度高，建議調低冰水溫度與流量，拉大溫差並可加大FCU除濕量，可使室內人員舒適度提升，減少對IAQ之抱怨。

PAH以二氧化碳濃度控制，CO₂ sensor與制動器應徹底檢查。

結語

1. 不良的室內空氣有害健康，易造成疾病之感染。
2. 國內之建築多無良好的通風設施，常有CO₂及甲醛濃度過高之問題。
3. 與其消極的解決室內空氣品質問題，如跳出這個思考模式，朝向製造人工環境之觀點來看，涼爽之空氣已不是空調的唯一目標。
4. 各業界應積極參與政府有關室內空氣品質標準之訂定。
5. IAQ已是個室內環境之必要條件。
6. 面臨**IAQ與節約能源**，應檢討並採用全方位之解決方案。



柯明村

mtke@ntut.edu.tw