

室內空氣品質改善及實場案例

逢甲大學環境工程與科學學系

張立德 副教授兼系主任

04/24/2019



簡報大綱

- 主要室內空氣污染物之來源與危害
- 各類型場所常見之室內空氣品質問題
- 室內空氣品質控制改善策略
- 改善案例分享



室內空氣品質為什麼重要?

- 每人每天約有90%以上的時間處於室內環境。
- 室內或室外空氣污染物，在通風不良易使污染物在密閉空間累積，造成人體危害。
- 室內空氣品質良窳，直接影響工作品質及效率。
- 室內空氣品質對於經常在室內的兒童、孕婦、老人和慢性病人更是特別重要。



室內空氣品質標準

- 依據本法第7條授權規定，共計5條

項目	標準值		單位
二氧化碳 (CO ₂)	8小時值	1000	ppm (體積濃度百萬分之一)
一氧化碳 (CO)	8小時值	9	ppm (體積濃度百萬分之一)
甲醛 (HCHO)	1小時值	0.08	ppm (體積濃度百萬分之一)
總揮發性有機化合物 (TVOC·包含：十二種揮發性有機物之總和)	1小時值	0.56	ppm (體積濃度百萬分之一)
細菌(Bacteria)	最高值	1500	CFU/m ³ (菌落數/立方公尺)
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 (菌落數/立方公尺)
粒徑小於等於十微米 (µm) 之懸浮微粒 (PM ₁₀)	24小時值	75	µg/m ³ (微克/立方公尺)
粒徑小於等於二·五微米 (µm) 之懸浮微粒 (PM _{2.5})	24小時值	35	µg/m ³ (微克/立方公尺)
臭氧 (O ₃)	8小時值	0.06	ppm (體積濃度百萬分之一)

- 公告場所應依其場所公告類別所列各項室內空氣污染物項目及濃度測值，經分別判定未超過第2條規定標準者，始認定符合本標準。

室內空氣污染物來源/危害



CO₂

CO

甲醛

TVOC

細菌

真菌

PM₁₀、PM_{2.5}

臭氧

- 一、**二氧化碳簡介**：室內人員密度過高或換氣效率不佳時，容易造成二氧化碳濃度累積，進而發生超過標準值之可能性。
- 二、**可能的污染來源**：木炭、柴火、煤油、瓦斯、炒菜、暖氣、蚊香、拜香、蠟燭、抽菸、人員密集等。
- 三、**可能危害**：心跳增加、頭暈、失去方向感、視覺扭曲、呼吸困難、噁心、嘔吐、精神恍惚、聽力喪失、失去知覺、痙攣。



室內空氣污染物來源/危害



CO₂

CO

甲醛

TVOC

細菌

真菌

PM₁₀、PM_{2.5}

臭氧

- 一、**一氧化碳簡介**：一氧化碳是含碳物質不完全燃燒的產物。室外空氣污染中的一氧化碳主要來自於機動車輛的引擎，室內一氧化碳的來源主要來自於吸菸及其他燃燒不完全的現象。
- 二、**可能的污染來源**：例如瓦斯、香菸、煤炭、蚊香等不完全燃燒現象。另外，外氣的汽車排放進入室內也是重要的污染來源。
- 三、**可能危害**：頭痛、頭暈、噁心、嘔吐、疲勞、虛弱，嚴重者視網膜出血、損害心臟及中樞系統、胎兒畸形等。



室內空氣污染物來源/危害



CO₂

CO

甲醛

TVOC

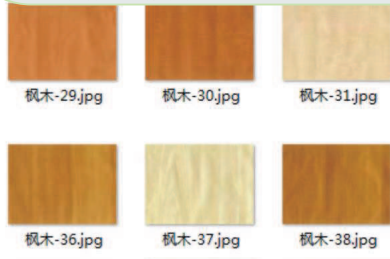
細菌

真菌

PM₁₀、PM_{2.5}

臭氧

- 一、**甲醛簡介**：甲醛樹脂被用於各種建材，甲醛樹脂會持續放出甲醛，因此**甲醛成為常見的室內空氣污染之一**。甲醛一般會從源頭慢慢釋出，新製產品在最初數月內所釋出的甲醛量最高。
- 二、**可能的污染來源**：例如粉刷油漆，建築材料則包含毛毯、隔熱材料、木製製產品、地板、裝修和裝飾材料。
- 三、**可能危害**：對皮膚及黏膜有刺激性作用，比如咽喉和眼睛鼻腔等，造成這些位置水腫，發炎、潰爛。皮膚可能出現過敏現象，嚴重者甚至會導致肝炎、肺炎及腎臟損害。



室內空氣污染物來源/危害



CO₂

CO

甲醛

TVOC

細菌

真菌

PM₁₀、PM_{2.5}

臭氧

- 一、**TVOC簡介**：室內VOCs以甲醛、苯、甲苯、二甲苯、三氯甲等為主，少數VOCs個別物種具臭味，為民眾陳情主因。
- 二、**可能的污染來源**：室內則主要來自燃煤和天燃氣等燃燒產物、吸煙、採暖和烹調等的煙霧，建築和裝飾材料，傢俱，家用電器，家具、清潔劑和人體本身的排放等。
- 三、**可能危害**：TVOC能引起身體機能之免疫水準失調，影響中樞神經系統功能，出現頭暈、頭痛、嗜睡、無力、胸悶等自覺症狀。



室內空氣污染物來源/危害



CO₂

CO

甲醛

TVOC

細菌

真菌

PM₁₀、PM_{2.5}

臭氧

- 一、**細菌簡介**：透過通風系統散播，存在於空氣中，在潮濕及通風差的地方滋生。
- 二、**可能的污染來源**：空調或地毯等經震動而飛揚的細菌或塵蟎屬空氣傳染，人與人間屬飛沫傳染，大多數是危害呼吸道為主，其中更以醫院最為嚴重。另外，冷氣機托盤的積水及冷氣機隔塵網的塵埃均是細菌的來源。
- 三、**可能危害**：一般細菌成為病原體，導致破傷風、傷寒、肺炎、梅毒、霍亂、肺結核、食物中毒。



室內空氣污染物來源/危害



CO₂

CO

甲醛

TVOC

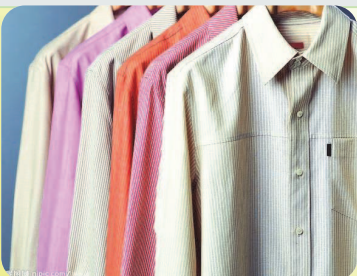
細菌

真菌

PM₁₀、PM_{2.5}

臭氧

- 一、**真菌簡介**：潮濕炎熱的環境常使建築物滋生不同的真菌，過去研究發現室內滋生黴菌時的黴菌濃度可能高於室外十倍。
- 二、**可能的污染來源**：真菌在室內常附著在物體表面，能自動或隨人的活動而擴散。如果長期使用空調而不注意通風，可引起室內真菌污染。室內真菌可在衣物、皮革、家具、儀器、家電等表面大量生長繁殖。
- 三、**可能危害**：吸呼吸道過敏症狀，輕者鼻塞、流涕、打噴嚏、重者呼吸困難，喘息不止。患者一旦發病往往經年不愈，日久可造成鼻息肉、肺氣腫、肺心病等。



室內空氣污染物來源/危害



CO₂

CO

甲醛

TVOC

細菌

真菌

PM₁₀、PM_{2.5}

臭氧

- 一、**懸浮微粒簡介**：懸浮微粒有的本身就是有害物質，有的本身會吸附溶解其他有害物。相較於一般的懸浮微粒(PM₁₀)，**細懸浮微粒(PM_{2.5})**對人體健康危害最大。
- 二、**可能的污染來源**：主要來自如硫酸銨鹽、硝酸鹽等氣狀污染物及**機動車輛的排氣**等，另外，**印表機碳粉**也是污染源。
- 三、**可能危害**：對呼吸道產生危害，包含口、鼻、咽、喉、支氣管區與肺泡區。會發生呼吸短促、胸悶、發炎、過敏等症狀，導致疾病如夕肺症、石棉肺、貧血、不孕等。



13

室內空氣污染物來源/危害



CO₂

CO

甲醛

TVOC

細菌

真菌

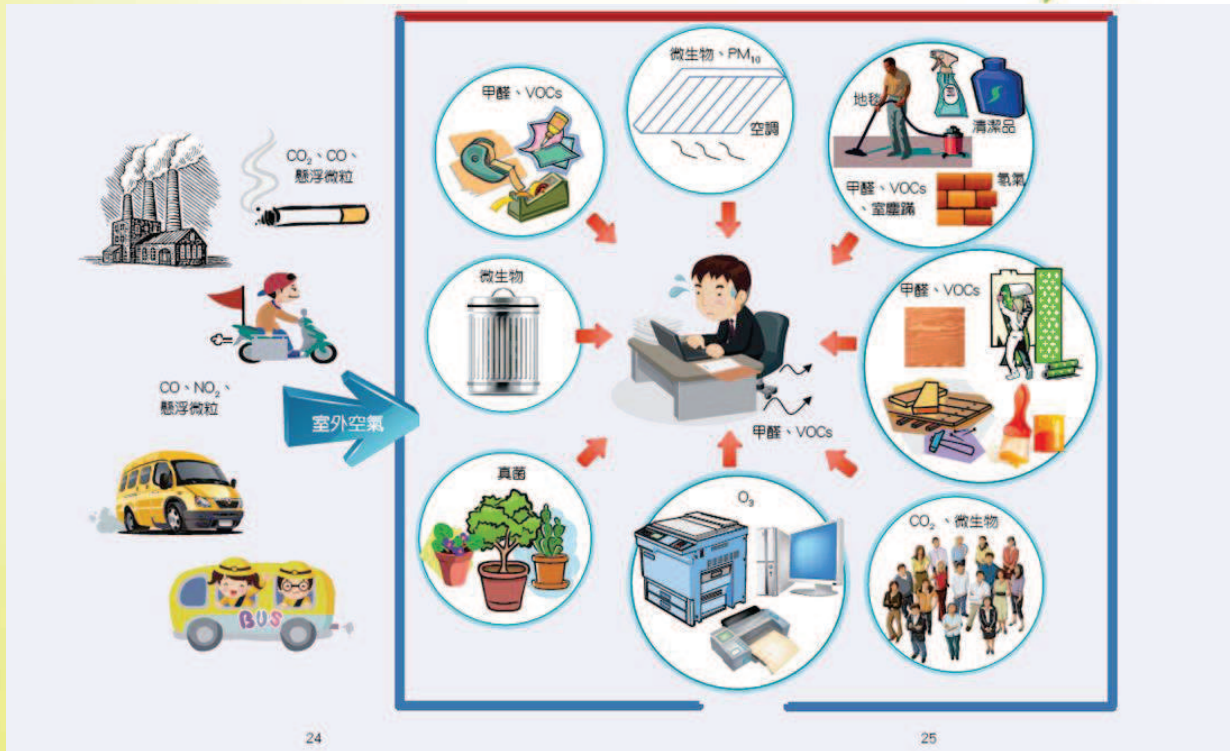
PM₁₀、PM_{2.5}

臭氧

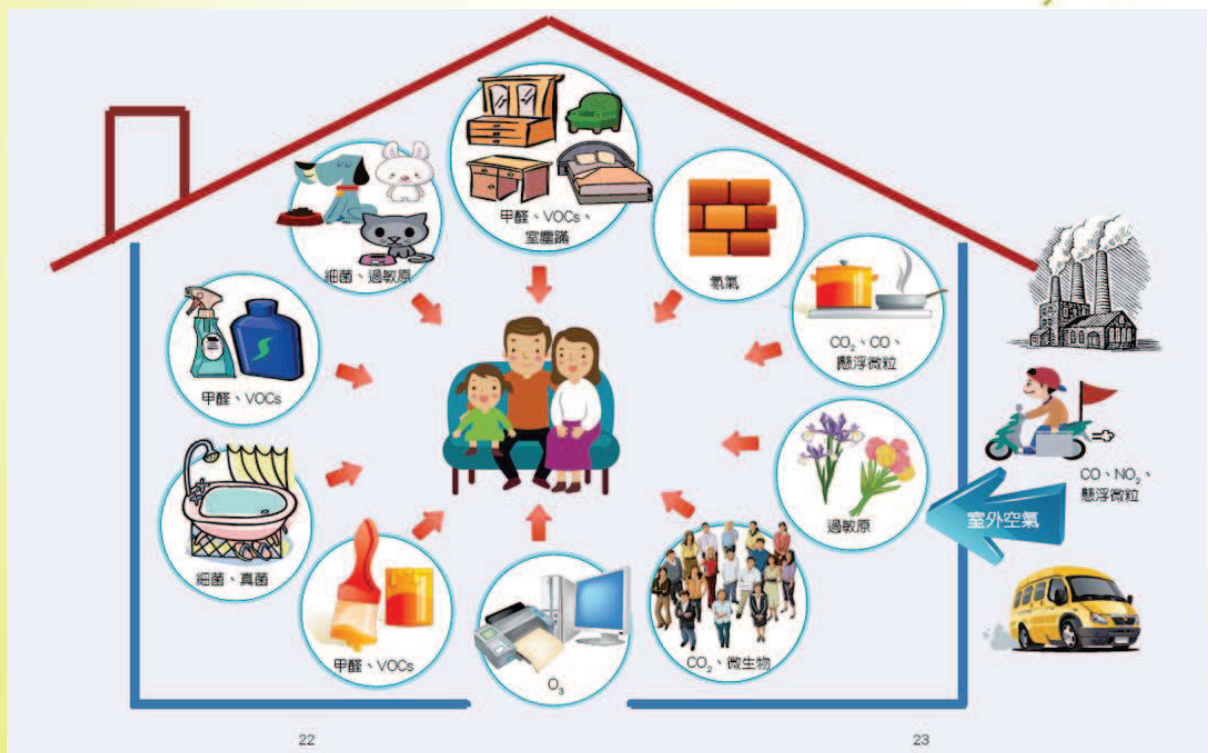
- 一、**臭氧簡介**：由NO_x、反應性碳氫化合物VOCs、照射日光後產生之二次污染物。都市最主要的空氣污染物。
- 二、**可能的污染來源**：空氣清淨機、影印機、傳真機、電腦...等。
- 三、**可能危害**：刺激和損害深部呼吸道，並可損害中樞神經系統，對眼睛有輕度的刺激作用。臭氧還能阻礙血液輸氧功能，造成組織缺氧；使甲狀腺功能受損、骨骼鈣化，還可引起潛在性的全身影響，如誘發淋巴細胞染色體畸變。



室內空氣污染物來源-辦公場所



室內空氣污染物來源-住家

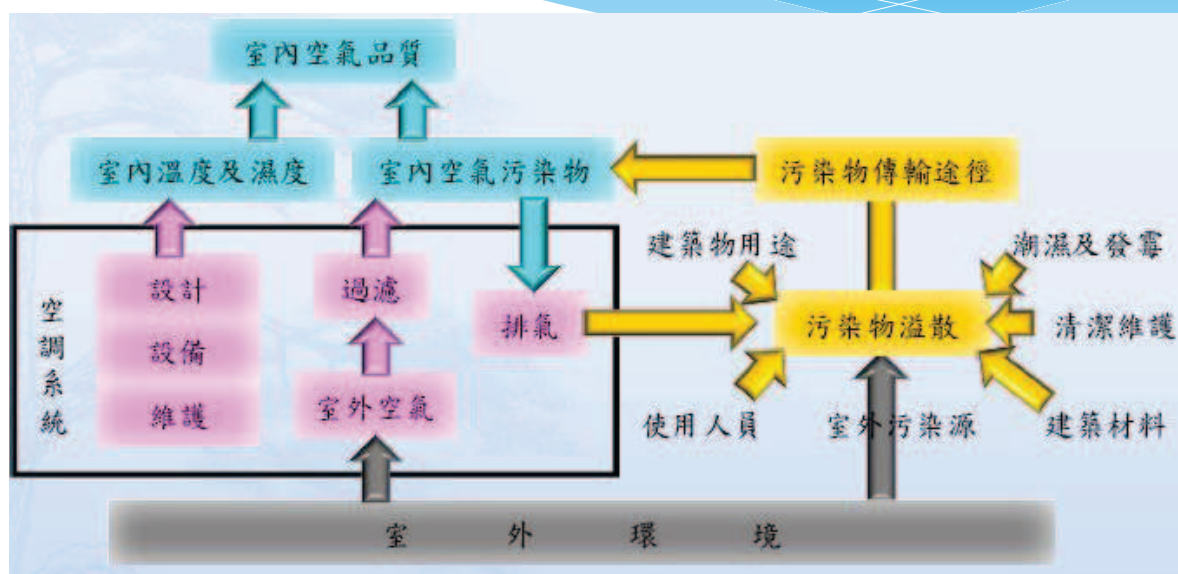


簡報大綱

- 主要室內空氣污染物之來源與危害
- 各類型場所常見之室內空氣品質問題
- 室內空氣品質控制改善策略
- 改善案例分享



室內污染源診斷



各類型場所常見之室內空氣品質問題

類別	場所特色	常見問題
文教場所 如：幼稚園、幼兒園	<ol style="list-style-type: none"> 1. 空間使用多元且擁擠，人員活動空間多混合廚房、浴廁等。 2. 多使用自然通風形式。 3. 非中央空調之場所，多使用窗型冷氣及分離式冷氣。 4. 人員密集，且為易感受族群。 5. 使用消毒藥劑、清潔用品進行清潔，且清潔工作頻繁。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 廁所或廚房、餐飲區域與教室太近，有異味逸散情形。 2. 使用分離式或窗型冷氣時，因無引入外氣，加上空間狹小、人員擁擠之因素，室內CO₂濃度易過高。 3. 分離式冷氣或窗型冷氣濾網累積過多灰塵。 4. 採自然通風時，易受室外污染物(如：懸浮微粒)、濕度(如：下雨潮溼)影響。 5. 室內空間設有洗手臺、廁所多為與活動空間相連接，濕度易過高，易滋生黴菌。 6. 多數場所備有空氣清淨機，多具備負離子或臭氧殺菌之功能。 7. 廁所常使用芳香劑減少異味。



室內洗手槽並未設有獨立空間，水氣可能會造成室內潮溼，需注意保持乾燥。



由於採自然通風，因此應注意室外揚塵或懸浮微粒隨風飄入室內所形成之灰塵累積，造成室內懸浮微粒濃度增加或造成幼兒過敏之問題。

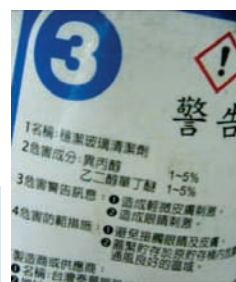
各類型場所常見之室內空氣品質問題

類別	場所特色	常見問題
大眾運輸場所	<ol style="list-style-type: none"> 1. 尖峰時段人潮眾多。 2. 多為開放空間，車道與人員候車區以氣簾或電動門間隔。 3. 易受室外污染物，或車輛排放廢氣影響。 4. 車道與人員候車區過近。 5. 多為中央空調系統。 6. 空間使用多元，常設有餐飲區與烹飪區。 7. 為人員出入頻繁之場所，因而常見清潔人員隨時進行清潔工作。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通風換氣量設計不足夠，室內來自人群活動之異味累積。 2. 室內空間與候車區無法處於相對正壓的狀態，因而無法抵擋並阻礙來自於車道與車輛經由出口開門逸散進入的PM_{2.5}、PM₁₀以及CO等污染物。 3. 位於室內天花板之空調出風口，部分與回風口之配置距離過近，將造成冷空氣一流經出風口，部分氣流即已提早由回風口流出，造成冷氣的浪費以及空氣齡與換氣率不足等問題。 4. 空調箱設計老舊，外氣引入效果不佳(或停止引入)，濾材更換頻率可能不足。 5. 進氣口空間堆置雜物，牆壁吸音棉累積大量灰塵，易將污染物直接帶入室內空氣中。 6. 清潔劑使用及廁所芳香劑使用。



旅客出入開門上方空氣簾百葉之吹拂角度部分未正確地調整往車道方向吹送。

清潔人員所使用的清潔劑，可能是室內揮發性有機污染之來源之一。



各類型場所常見之室內空氣品質問題

類別	場所特色	常見問題
營業商場 如：百貨業、賣場及商場	<ol style="list-style-type: none"> 1. 特定時段(如：促銷活動期間或週年慶)易聚集/湧入眾多人員。 2. 使用中央空調系統。 3. 陳設物品多元,有些物品可能成為室內污染源(諸如：傢俱、生鮮產品或個人衛生用品等)。 4. 空間使用及物品陳設間隔凌亂。 5. 裝修行為頻繁。 6. 多設有美食空間，直接進行烹飪、燃燒行為。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 停車場與美食街多與人員活動區域相通，導致汽車廢氣及烹調燃燒之污染物逸散至百貨公司室內。 2. 空調系統設計時有考量新鮮空氣的引入，但多數場所基於節省電費將新鮮空氣引入裝置關閉，導致外氣引入量多不足。 3. 裝修行為頻繁，易產生TVOC或甲醛等污染物，於室內累積。 4. 促銷活動或週年慶期間人潮擁擠，除CO₂濃度易過高外，室內細菌易容易過高。 5. 外氣入口多位於車道旁。 6. 貨物商品擺設不當，影響空氣流通。 7. 廁所多使用芳香劑。



賣場多擺設傢俱或含有易揮發有機物之產品(如乾燥花、芳香劑等)，故易有TVOC累積情形；賣場之美食街有烹調燃燒行為，污染物易亦散至其他空間。

各類型場所常見之室內空氣品質問題

類別	場所特色	常見問題
圖書館	<ol style="list-style-type: none"> 1. 依其規模，地區性圖書館多使用箱型冷氣及自然通風，大型圖書館則使用中央空調形式，以FCU形式為主。 2. 閱覽室於考季為尖峰使用時段，使用人員多且使用時間長。 3. 圖書館閱覽室多位於地下室。 4. 圖書眾多。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 一般閱覽區室內空氣品質多屬優良，惟於考季閱覽室使用量大，易出現室內CO₂累積，人員抱怨等現象。 2. 圖書館多使用自然通風形式，其濕度易受室外影響，室內圖書眾多，易為室內真菌滋生之污染源。 3. 空調維護工作多委外進行，且受限於年度經費編列，以致無法立即解決缺失。 4. 使用箱型冷氣之場所，冷氣機維護不周，其濾網、鋸版多有灰塵累積的現象。 5. 使用中央空調形式之場所，空調的出風以及回風口相當接近有可能會使冷房效果大打折扣。 6. 由於閱覽室多位於地下室，加上未引入適當量之新鮮外氣，導致多項室內污染物累積使濃度升高。



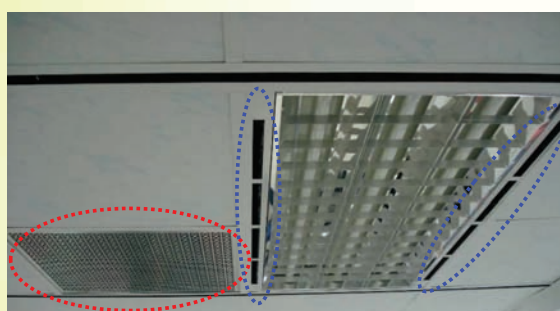
各類型場所常見之室內空氣品質問題

類別	場所特色	常見問題
醫療院所	<ol style="list-style-type: none"> 1. 來診民眾眾多。 2. 場所服務對象多為易感受族群。 3. 多為中央空調系統，且多為FCU系統，無外氣引入或外氣引入量不足。 4. 使用空間多隔間。 5. 維護管理人員業務繁重，多身兼多項工作。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 由於來診民眾眾多，於掛號處、領藥處及候診區常有CO₂濃度過高之情形。 2. 有些建築過於老舊，並無設計外氣引入裝置，或為節能考量，無引入外氣或外氣引入量不足。 3. 主機房或新鮮空氣入口堆置雜物，導致新鮮空氣引入量不足。 4. 空調機房維護不周，如：濾網未定期更換、地板有水漬、結露等現象。 5. 天花板之回風口及配置過於出風口緊密，不利於換氣率及空氣混合。 6. 天花板因空調結露滲水而產生黴斑。 7. 冷卻水塔清潔頻率過低或四周護網已破裂及脫落，有滋生細菌之虞。

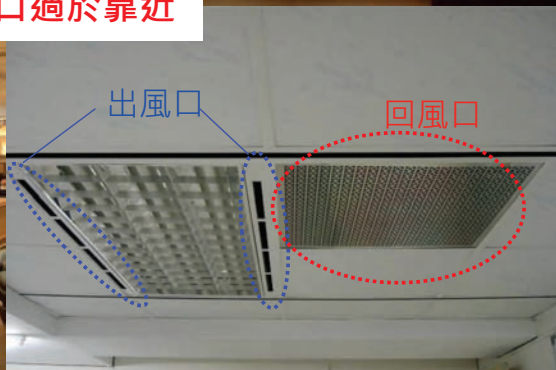


空調箱內紙框濾網移位且累積過多灰塵，應定期更換紙框濾網，以維護空調箱之功能正常運作。

室內空氣品質問題



出回風口過於靠近



室內空氣品質問題



空調系統漏水或建築物滲水
使得天花板發霉



室內空氣品質問題



影印機缺乏局部通風系統
且緊鄰員工座位



室內空氣品質問題



室內換氣量不足，二氧化碳濃度偏高



室內空氣品質問題



室內垃圾太接近空調系統回風口造成場所空間中異味逸散

室內空氣品質問題



冷卻水塔設計與維護上的缺失

- 冷卻水塔位於室外空氣污染源(如其他排氣管道)之下風處
- 冷卻水塔未定期清洗、投藥、制菌
- 冷卻水塔防護網脫落、水刀及散熱鱗片生鏽
- 冷卻水塔中污泥未清除
- 冷水塔地板積水、長青苔及雜草



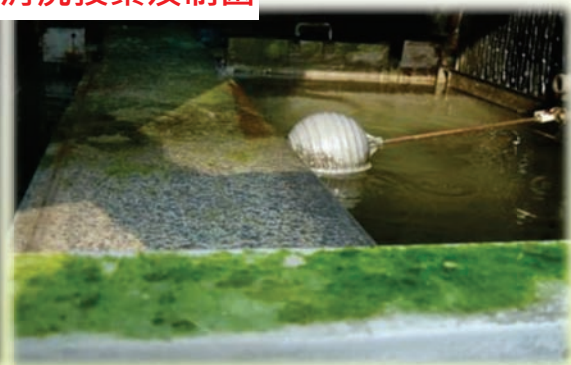
室內空氣品質問題



室內空氣品質問題



冷卻水塔未定期清洗投藥及制菌



室內空氣品質問題



冷卻水塔防護網脫落未修護

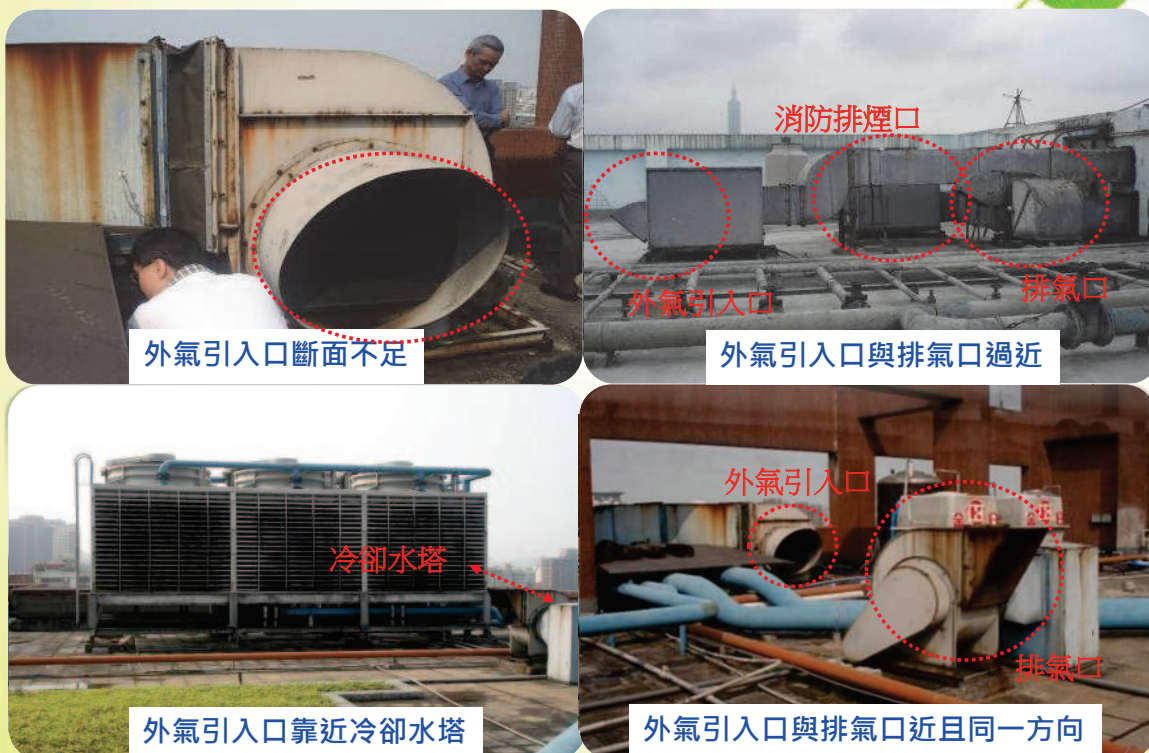


室內空氣品質問題



髒亂無比的冷卻水塔

室內空氣品質問題



外氣引入口斷面不足

消防排煙口
外氣引入口
排氣口

外氣引入口與排氣口過近

冷卻水塔

外氣引入口靠近冷卻水塔

外氣引入口

排氣口

外氣引入口與排氣口近且同一方向

室內空氣品質問題



引入外氣口與管線生鏽、老舊且破損



室內空氣品質問題



外氣引入口靠近污染源



22/11/2010 10:27

30/09/2010 15:41

室內空氣品質問題



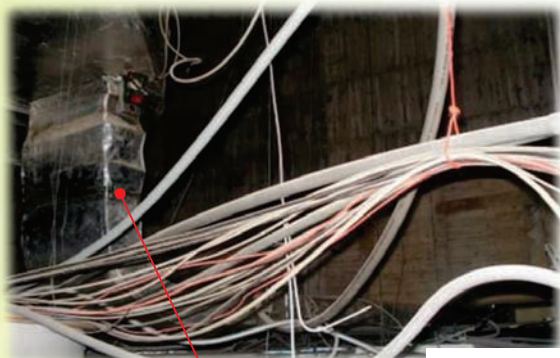
空調箱濾網維護不當反成為病毒、黴菌等致病原滋生之溫床



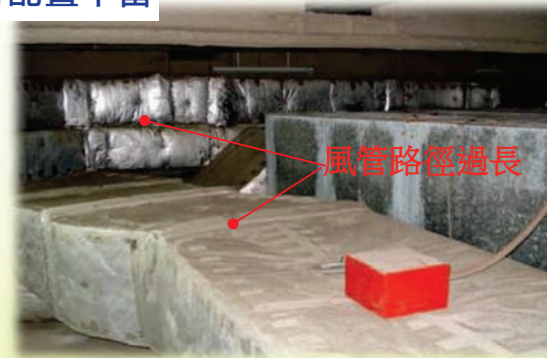
空調機房與空調箱充當垃圾與雜物存放間



室內空氣品質問題



空調風管配置不當



室內空氣品質問題



通風口灰塵堆積



空調風管內灰塵堆積



32

簡報大綱

- 主要室內空氣污染物之來源與危害
- 各類型場所常見之室內空氣品質問題
- 室內空氣品質控制改善策略
- 改善案例分享



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

治本

治標

設計、管理、矯正

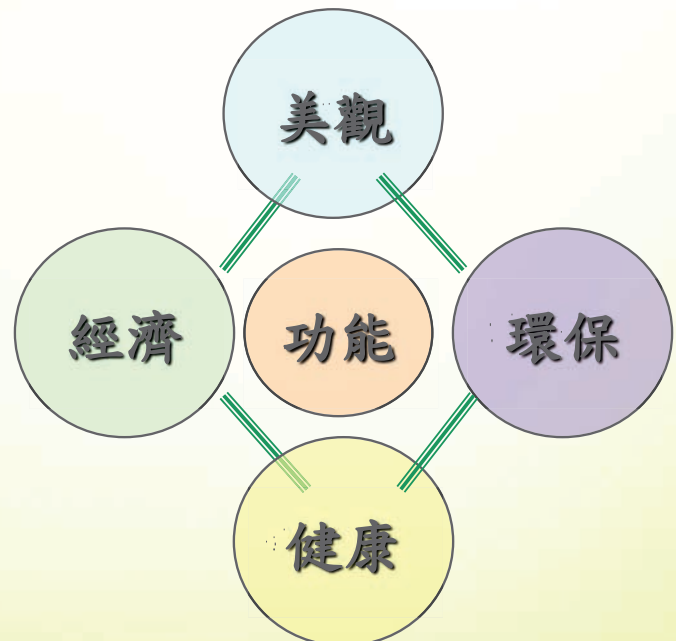
源頭減量

通風換氣

空氣清淨設施

建築裝潢設計

- 新建築或新裝修工程在設計階段，除了考量節能、省水、採光等綠建築環保要求外，亦應考量降低室內污染
- 避免使用含石綿建材、避免室內花崗岩石材(釋放氡)



建築裝潢選擇綠建材



綠建材標章

1. 綠材料概念於1988年第一屆國際材料科學研究會上首次提出。
2. 1992年國際學術界為綠建材下定義：

在原料採取、產品製造、應用過程和使用以後的再生利用循環中，對地球環境負荷最小、對人類身體健康無害的材料，稱為綠建材。

低逸散健康 Healthy



低逸散健康綠建材

即對人體健康不會造成危害的建材。即為**低逸散、低污染、低臭氣、低生理危害特性**之建築材料。

再生 Recycling



再生綠建材

是利用回收之材料經由再製過程，所製成之最終建材產品，且符合

**廢棄物減量 (Reduce)
再利用 (Reuse)
再循環 (Recycle)**

生態 Ecological



生態綠建材

即在建材生命週期中，屬**低加工、低耗能**，易於天然分解，符合產業生態，或**無虞匱乏危機**之材料。

高性能 High-performance



高性能綠建材

高性能防音綠建材即是能有效防止噪音的建材。

高透水性綠建材為達到一定滲透力之建材或其整體構造達一定透水性之建材。

36

裝潢設計注意事項



- 避免過度裝修、過多傢俱、室內設計以簡潔大方為上
- 選擇低污染之傢俱、塗料、水性漆、植物漆
- 預先計算甲醛及VOC釋放量
- 裝修前事先購買材料。先放在戶外或陽台讓污染物逸散
- 動工時加強通風Flush-out，使污染得以大量逸散
- 裝潢完畢後加強通風後再入住。入住後加強通風至沒有味道為止



源頭減量



i **控制源頭**：完全消除污染物源頭，例：在被投訴的範圍禁止吸煙、拆除鬆脆的物料、棄置真菌滋生污染的天花板。

i **用低污染排放或危害性較低的物料作為代替**，例：用水溶性油漆取代有機溶劑型油漆，改用化學強度較低的清潔劑。

i **將污染源或污染物的傳播通道隔離**，例：確保毗鄰停車場和卸貨區內的辦公室保持在正壓。

i **改變污染源位置**，遠離有人使用的地方，例：把影印機重新放置，使其遠離一般工作範圍。



本場所禁止吸菸

室內禁止吸菸

選擇
水性油漆



影印機獨立空間設置

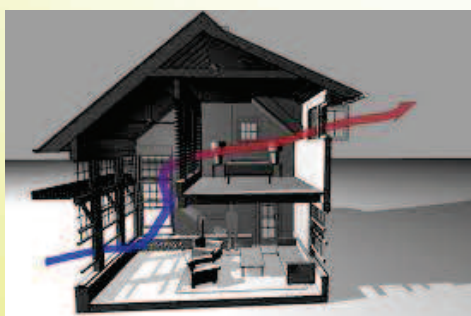


加強通風換氣-自然通風

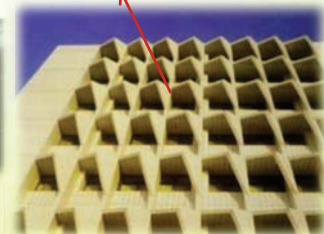


在全球追求節能減碳的趨勢下，可優先考慮以自然通風為主，機械通風為輔

在台灣，一年之中通常有數個月可利用自然通風（周伯丞，2000），這些時機主要分布於春、秋兩季，夏季因外部氣溫較高，自然通風的時機要更審慎考慮，必要時需輔以機械式空調系統進行通風換氣



裝設導風板提升換氣率



加強通風換氣-機械通風



一般場所使用的空調系統(分離式、窗型、箱型冷氣機、中央空調)僅室內循環，污染物易累積於室內而造成空氣品質不好。除搭配自然通風，可加裝機械通風(如抽風扇、排放扇)引進室外新鮮空氣置換室內污染空氣，可有效降低室內污染物濃度

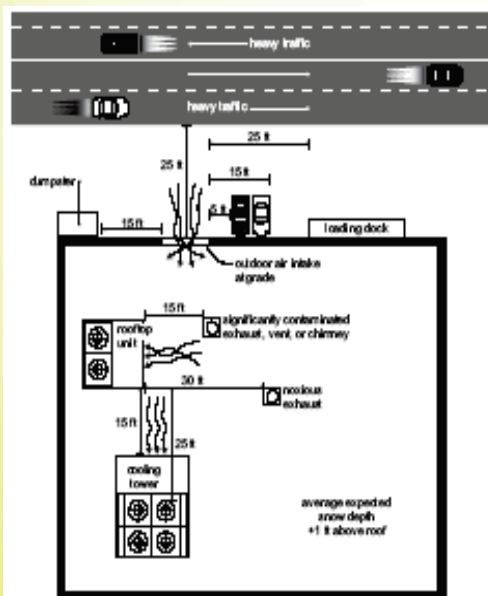


外氣引入位置注意事項



引進新鮮空氣

新鮮空氣入口亦不應靠近其他大樓的排氣口，停車場或廚房、廁所等地面以下或接近冷卻塔。



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)

空調外氣引入口位置

空氣清淨設施



- 由空氣清淨機循環過濾清除空氣中的**甲醛**、**一氧化碳**、**揮發性有機物**及**懸浮微粒**

- 1) 過濾集塵型(須定期更換濾網)
- 2) 活性炭吸附型(須定期更換濾材)
- 3) 光觸媒型
- 4) 負離子型
- 5) 臭氧型(避免有人在時使用)
- 6) 複合型



圖 3.1 活性炭空氣清淨機



圖 3.2 臭氧空氣清淨機



圖 3.3 負離子空氣清淨機



圖 3.4 光觸媒 A 空氣清淨機

其他配合措施



其他配合措施



設置獨立排氣系統

O₃、懸浮微粒

事務機集中放置 5

VOCs、甲醛

使用低污染建材並保持通風 6

綠建材標章

環保標章

節能標章

省水標章

台灣碳標籤

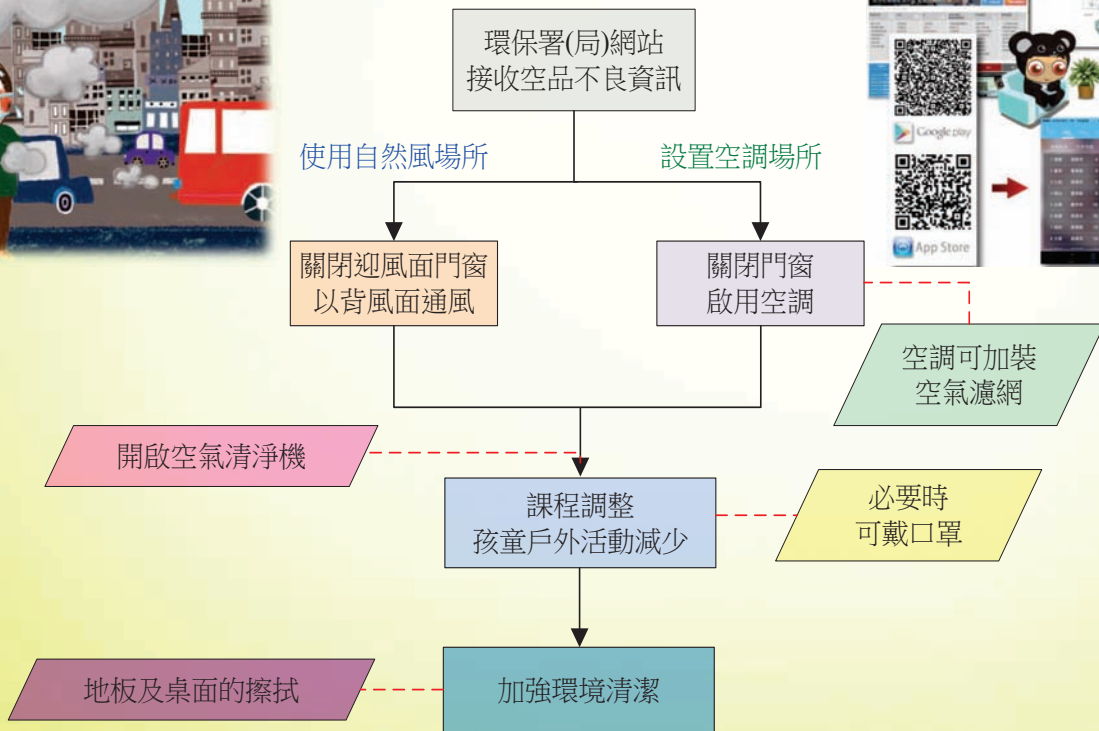
戶外空品不良應變措施



- 每年11月至隔年3月受東北季風影響為戶外空品不良發季節。
- 細懸浮微粒會夾帶其他污染物，進入呼吸道影響人體健康。
- 當戶外空品不良時，室內就是最好的庇護所。
- 室內空氣品質的維護就顯的特別重要！

空氣品質指標 (AQI)	0~50	51~100	101~150	151~200	201~300	301~500
對健康影響與活動建議	良好 Good	普通 Moderate	對敏感族群不健康 Unhealthy for Sensitive Groups	對所有族群不健康 Unhealthy	非常不健康 Very Unhealthy	危害 Hazardous
狀態色塊	綠	黃	橘	紅	紫	褐紅
一般民眾活動建議	正常戶外活動。	正常戶外活動。	1. 一般民眾如果有不適，如眼痛，咳嗽或喉嚨痛等，應該考慮減少戶外活動。 2. 學生仍可進行戶外活動，但建議減少長時間劇烈運動。	1. 一般民眾如果有不適，如眼痛，咳嗽或喉嚨痛等，應減少體力消耗，特別是減少戶外活動。 2. 學生應避免長時間劇烈運動，進行其他戶外活動時應增加休息時間。	1. 一般民眾應減少戶外活動。 2. 學生應立即停止戶外活動，並將課程調整於室內進行。	1. 一般民眾應避免戶外活動，室內應關閉門窗，必要外出應配戴口罩等防護用具。 2. 學生應立即停止戶外活動，並將課程調整於室內進行。
敏感性族群活動建議	正常戶外活動。	極特殊敏感族群建議注意可能產生的咳嗽或呼吸急促症狀，但仍可正常戶外活動。	1. 有心臟、呼吸道及心血管疾病患者、孩童及老年人，建議減少體力消耗活動及戶外活動，必要外出應配戴口罩。 2. 具有氣喘的人可能需增加使用吸入劑的頻率。	1. 有心臟、呼吸道及心血管疾病患者、孩童及老年人，建議留在室內並減少體力消耗活動，必要外出應配戴口罩。 2. 具有氣喘的人可能需增加使用吸入劑的頻率。	1. 有心臟、呼吸道及心血管疾病患者、孩童及老年人應留在室內並減少體力消耗活動，必要外出應配戴口罩。 2. 具有氣喘的人應增加使用吸入劑的頻率。	1. 有心臟、呼吸道及心血管疾病患者、孩童及老年人應留在室內並避免體力消耗活動，必要外出應配戴口罩。 2. 具有氣喘的人應增加使用吸入劑的頻率。

戶外空品不良應變措施



淨化二氧化碳之室內植栽



- 大部分綠色植物於光合作用過程中，經由氣孔吸收二氧化碳並固定為有機酸或醣類儲存，因此減少室內二氧化碳累積量。
- 建議植物：**聖誕紅、黃金葛、常春藤、非洲堇、波士頓腎蕨**等



聖誕紅



白斑常春藤



黃金葛

非洲堇

淨化甲醛之室內植栽



- 美國太空總署曾研究植物吸收密閉空間內甲醛之能力進行，證實許多植物能有效移除室內的甲醛。
- 建議植物：**波斯頓腎蕨、菊花、竹蕉、常春藤、雪佛里椰子、羅比親王海棗等**



波斯頓腎蕨



菊花



竹蕉

淨化有機物之室內植栽



- 減少有機物室內植物經由葉片吸收甲醛後，經由體內酵素代謝作用，將甲醛轉為胺基酸、醣類及有機酸，並運移至莖或根部貯存。
- 建議植物：**火鶴、白鶴芋、黃金葛等**



范倫鐵諾火鶴



粉冠軍火鶴



香格里拉火鶴



白鶴芋

淨化落塵之室內植栽



- 高滯塵能力植物的共同特徵為具有絨毛或凹凸不平表面的葉片，可有效吸附塵埃。
- 室內植物葉片可能因落塵堵塞氣孔而降低氣體交換率，為避免影響其淨化空氣的效果，建議每隔數週以濕潤抹布擦拭葉面及葉背，去除累積之灰塵與水垢
- 建議植物：**非洲堇**、**鐵十字秋海棠**、**皺葉椒草**、**大岩桐**、**薛荔**等



鐵十字秋海棠



皺葉椒草



大岩桐

<http://freshair.epa.gov.tw/s22.asp>

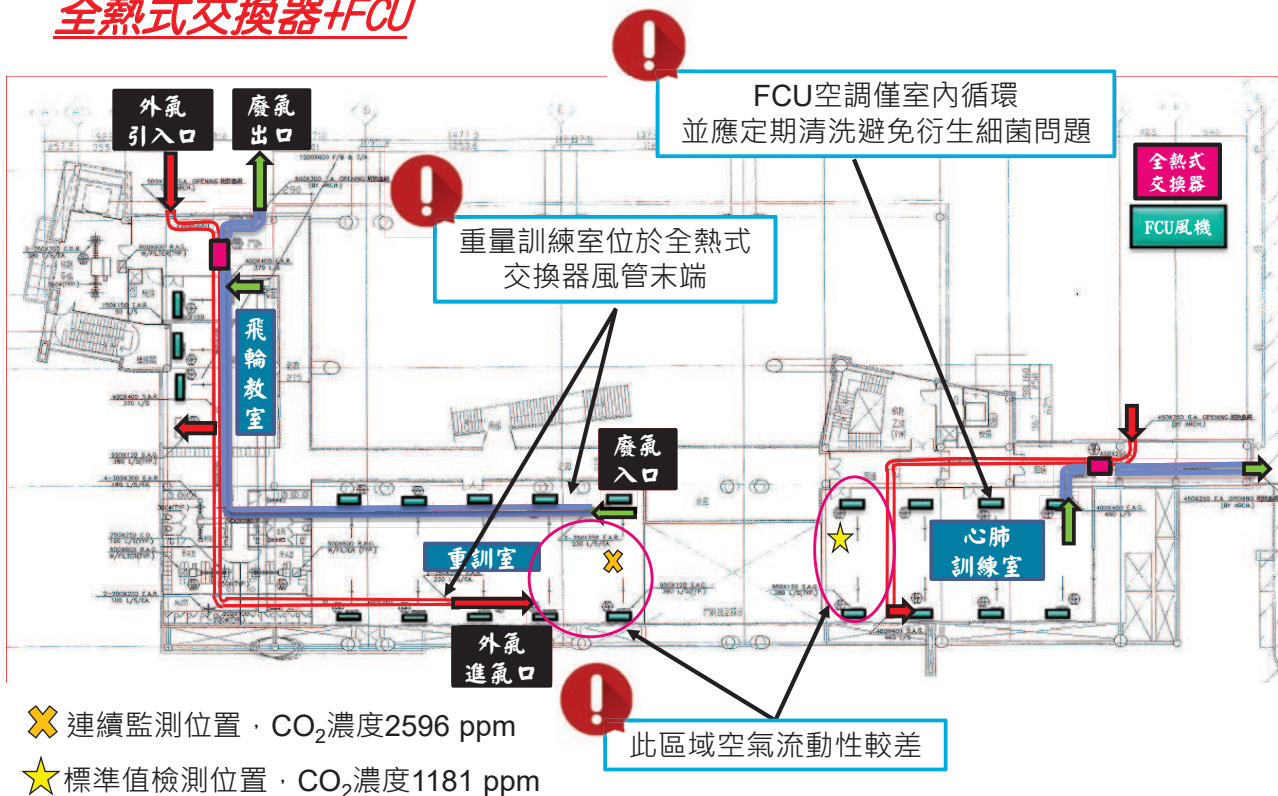
簡報大綱

- 主要室內空氣污染物之來源與危害
- 各類型場所常見之室內空氣品質問題
- 室內空氣品質控制改善策略
- 改善案例分享



案例一(運動中心) - 空調配置情形

全熱式交換器+FCU



案例一(運動中心) – 問題

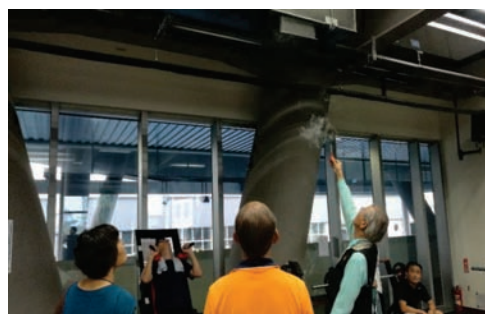
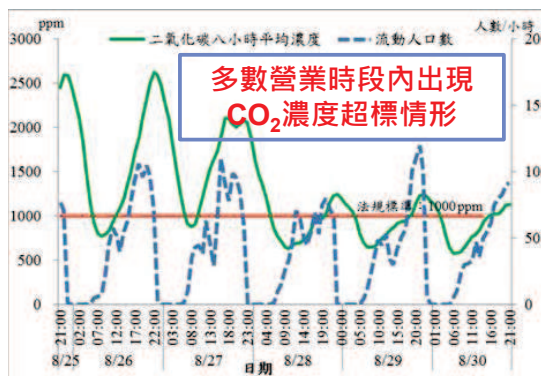
問題

※檢測結果

- 依據各項檢測結果顯示重量訓練室及心肺訓練室於多數營業時段內CO₂濃度有偏高情形。

※空調通風系統

- 重量訓練室位於外氣引入風管末端，效率較差。
- 重量訓練室與飛輪教室共用一台全熱式交換器，依檢測數據顯示進氣風量不足。
- FCU空調無引入外氣功能，應搭配故有之全熱式交換器同時使用，並於晚間使用人數高峰時段，考量增加進氣量。



以發煙器判定全熱式交換器風管末端換氣效率較差

案例一(運動中心) – 場所改善現況

建議改善方案

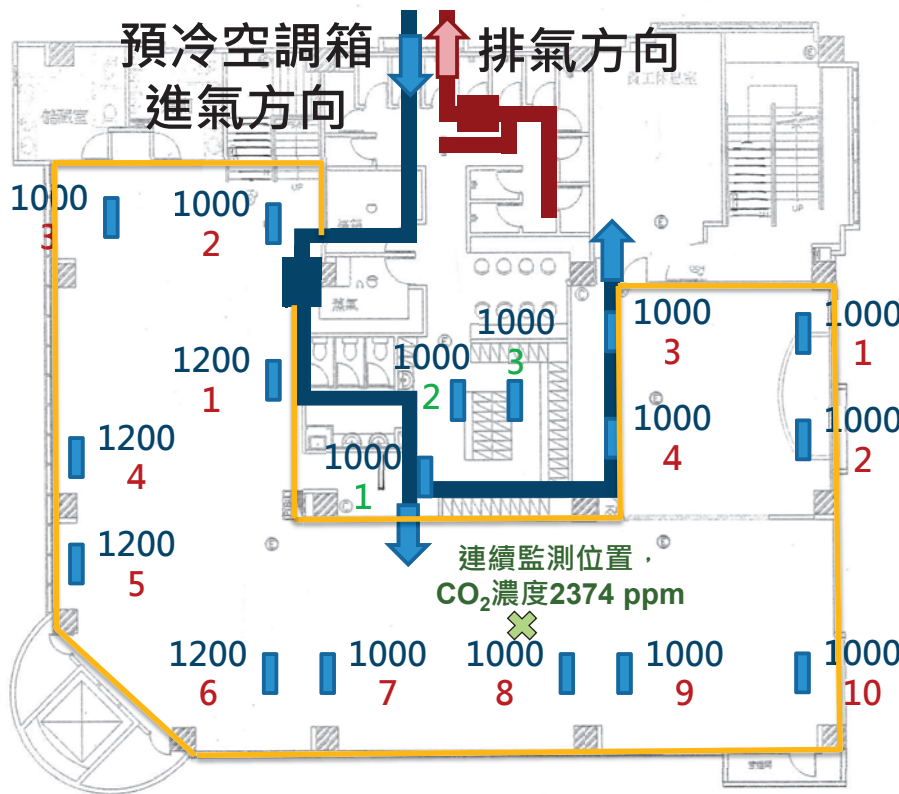
- 封閉原飛輪教室出氣口，以增加重量訓練室之新鮮空氣進氣量，再搭配直讀式儀器檢視成效。
- 重新調整重量訓練室及心肺訓練室器材，分散使用人潮。
- 後續若仍出現超標情形，建議加裝一套全熱式交換器獨立供應重量訓練室。

實際改善說明

以最小經費搭配人工控管 達到改善成效

- 場所初步採納輔導委員建議，封閉未使用教室之新鮮外氣出風口，經直讀式儀器量測後，CO₂濃度仍有偏高情形。
- 運動中心CO₂濃度偏高點位為小型教室且有對外走廊、可開啟之窗戶，受限於經費考量採裝設排風扇並開啟窗戶製造室內空氣流動。
- 現場人員隨時以直讀式儀器量測CO₂濃度，隨時調整窗戶之開啟，避免室內溫度過高問題。

案例二(健身房) - 空調配置情形



2F空調配置

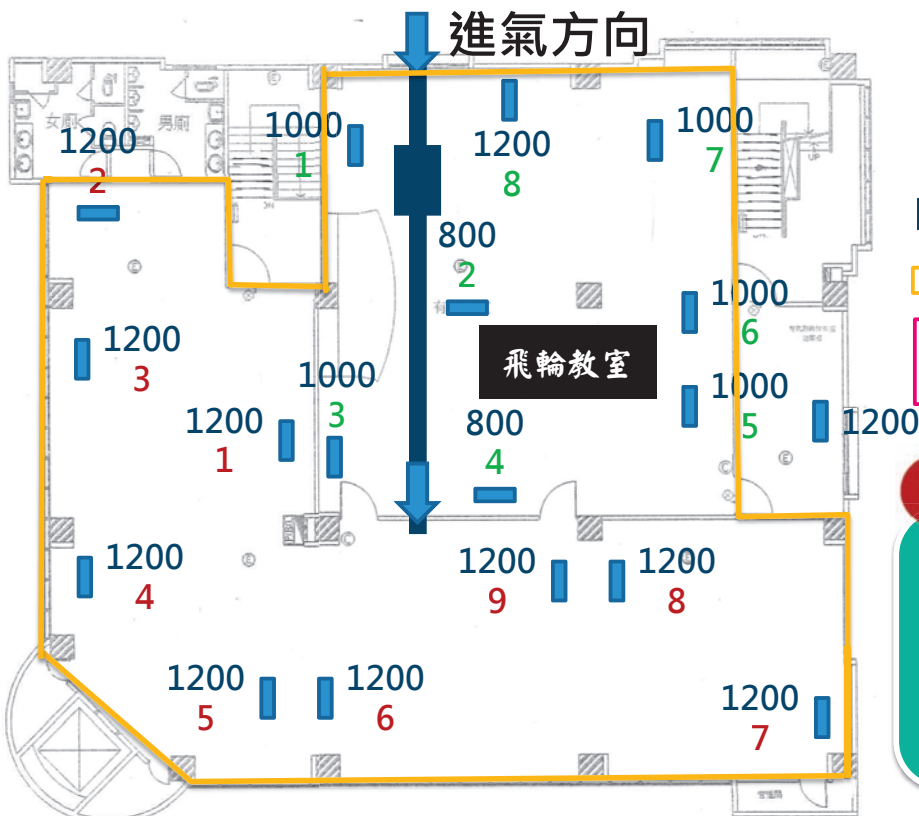
- 預冷空調箱(1480CFM)
- 排氣(1500CMH)
- FCU風機
- 運動區域

2F巡檢 · CO₂濃度介於 1166 ppm~1410 ppm之間

問題點

- 預冷空調箱僅有兩個外氣進氣口藉由自然擴散至運動區域內，效率較差。
- 排氣僅針對浴室空間，應可延伸至運動區域。

案例二(健身房) - 空調配置情形



4F空調配置

- 預冷空調箱(1480CFM)
- 運動區域

4F巡檢 · CO₂濃度介於 1065 ppm~1083 ppm之間

問題點

- 預冷空調箱僅有一個外氣進氣口藉由自然擴散至運動區域內，效率較差。
- 飛輪教室無外氣供應口。

案例二(健身房) – 問題及解決方案

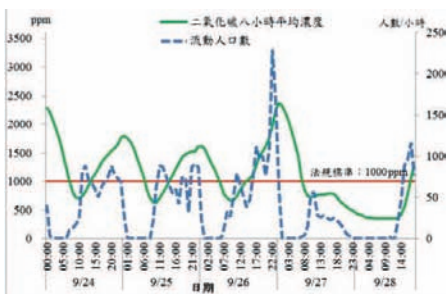
問題

※檢測結果

- 依據各項檢測結果顯示2F、4F於多數營業時段內CO₂濃度有偏高情形。

※空調通風系統

- 場所雖營業時間內開啟外氣系統，而因外氣引入風管並未完整分佈於全部運動區域，僅靠單純氣體擴散無法有效稀釋二氧化碳濃度達到法規標準。



建議解決方案

- 重量訓練區需較大之換氣量降低CO₂濃度，建議增加PAH外氣引入量。
- 新鮮外氣操作模式可考慮就人潮使用情形，在高峰期時段全開以利CO₂濃度控制。
- 配合場所運動專業知識，挑出CO₂濃度產生量較高之運動設備，搭配各區域外氣引入量之多寡重新分配運動設備，以控制室內CO₂濃度分佈。

案例二(健身房) – 場所改善現況

第一階段改善

以調整既有設備為主，輔以增設小型設備，並搭配直讀儀巡檢，初步檢視改善成效

外氣設備

先調整既有外氣引入設備 (PAH)，延長外氣引入時間。

排氣設備

運動區原先未設置排氣設備，於對外窗戶處加裝抽風扇。

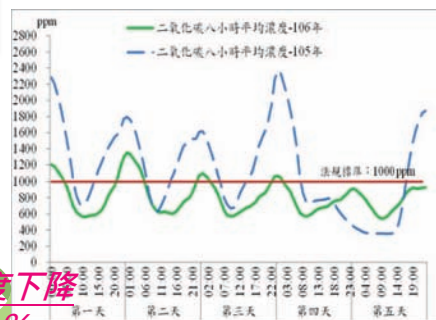
管理手段

- 購置直讀式CO₂儀器，每日定時量測。
- 量測時有CO₂濃度偏高情形，則開啟窗戶加強通風。

第一階段改善成效

檢測方式-連續監測	CO ₂ 八小時最高平均濃度(ppm)
改善前(105年)	2374
改善後(106年)	1350

CO₂濃度下降
達43%



案例二(健身房) – 場所改善現況

第二階段改善

第一階段仍未達法規標準，則考量增加通風設備
加強室內通風換氣量

外氣設備

2F以上加裝全熱式交換器，風管未分布處則以進氣風機補足。

排氣設備

除第一階段排風扇外，全熱式交換器亦有排氣功能。



外牆進、排風口

管理手段-針對細菌部分

- 1.經場所自主檢測發現有細菌濃度超標問題，場所亦一併改善。
- 2.裝設紫外線殺菌燈。
- 3.全館FCU風機清洗。
- 4.定期清洗、更換FCU濾網。
- 5.加強地板消毒頻率，清潔時盡量減少清水比例。



全熱式交換器



紫外線殺菌燈

檢測方式-標準方法	細菌濃度(CFU/m ³)
改善前(106.7.21)	1703 <u>細菌濃度下降</u>
改善後(107.3.21)	364 <u>達78%</u>

案例三(醫院) – 問題及解決方案

問題

空調系統-僅有FCU

※檢測結果

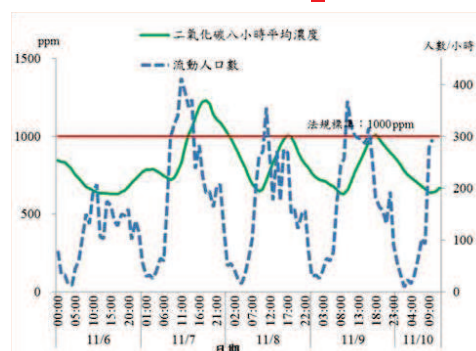
- 醫院候診區民眾滯留時間長、聚集人數多，二氧化碳有超標情形，依檢測結果顯示外氣僅從大門開關時引入有不足之狀況。

※空調通風系統

- FCU空調未設置外氣引入設備，室內空氣僅內循環，CO₂容易累積超標。
- 部份出風口及排風口呈現短路現象，建議調整出回風口配置。

解決方案

- 場所部份區域CO₂濃度過高，建議分層、分區導入外氣引入系統，可協尋空調廠商、技師規劃，當採取外氣引入時，需注意外氣真菌及粉塵污染對室內之影響。新鮮外氣操作模式可考慮就人潮使用情形，在高峰期時段全開以利CO₂濃度控制。



案例三(醫院) – 場所改善現況

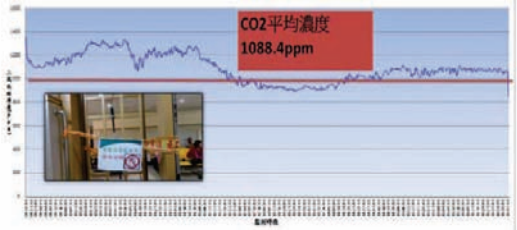
改善說明

實際以數據方式呈現問題
檢討換氣量是否足夠現場人流活動

1 場所初步購置巡檢儀器測量全院CO₂濃度，發現以2F二氧化碳濃度問題最嚴重

12	整層診區	35	16:41:37	1071	25.1	67.2	5	1
13	心臟科門診區	53	16:43:33	1215	23.3	66.4	15	0
14	心臟科門診區	61	16:44:18	1369	23.0	65.2	12	2
15	兒科門診區	15	16:45:22	1380	24.1	66.9	14	1
16	婦產科門診區	89	16:46:21	1283	24.3	66	11	2
17	婦科門診區	28	16:48:31	1200	24.1	66.5	2	0
18	藥房		16:50:47	638	28.2	79.5	2	NA
19								

2 於2F進行連續監測，以監測結果作為改善之依據



3 與空調廠商討論、計算換氣量，克服現場空間問題，增加全熱式交換器改善2F問題

依100人常態滯留門診區內來評估：
以一般人呼吸量為基準，人員安靜時總換氣量約為28800-38400l/hr，最大運動量時換氣量可能增加至安靜時的十數倍之多。
初期規劃以4組外氣量350CMH（共約350000 l/hr）之全熱交換機做為常態新鮮空氣供給之用。
並以靜音型及管道型外氣風機共10組（外氣量共5400CMH/耗電量共980W），經初級濾網及PM2.5濾網過濾，定時於門診人潮較多時彈性分段啟動以加強外氣量供給。

案例三(醫院) – 場所改善現況

改善說明

實際以數據方式呈現問題
檢討換氣量是否足夠現場人流活動

改善工程規劃與考量

- 系統規劃以日後運轉成本低、擴充方便、維護保養容易、濾網成本低且更換容易、不佔用空間、自動化控制運轉、噪音低等等為考量重點。
- 全熱交換機每台於最大風量運轉時耗電量僅230W，溫度交換效率80-88%，有效降低外氣溫度對室內溫度的影響，節省能源，減少龐大電費支出。
- 所有進氣設備前端加裝空氣淨化箱，內有初級濾網及PM2.5高效慮網，可過濾2.5µm以上懸浮微粒，避免引進外氣的同時卻增加室內粉塵污染。
- 室內排氣吸氣口設置於廁所附近抽走廢氣，減少氣味逸散出門診區內部。



室內空氣品質公告場所定期檢測結果	
公告場所編碼	檢驗測定結果
公告場所名稱	CO ₂ =622 ppm (0.01)
管制室內空氣污染項目	HCHO=0.04 ppm (0.01)
室內空氣污染指數	PM ₁₀ =40 µg/m ³ (0.01)
定期檢測日期	CO ₂ =8 ppm
檢驗測定機號	HCHO=8 ppm
	PM ₁₀ =474 µg/m ³ (0.01)
	PM _{2.5} =8 µg/m ³
	CO ₂ =8 ppm
	HCHO=8 ppm

改善後CO₂檢測濃度
622 ppm

案例四(醫院) – 問題及解決方案

問題

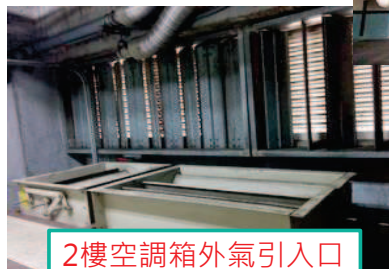
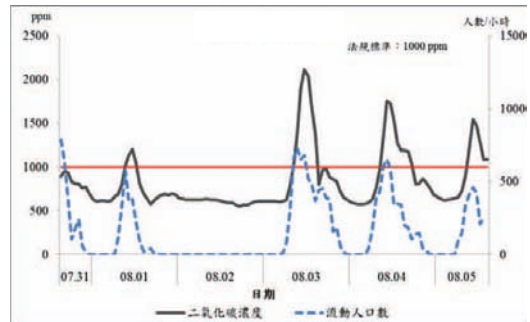
空調系統-AHU+FCU

※檢測結果

- 醫院候診區民眾滯留時間長、聚集人數多，二氧化碳有超標情形，依檢測結果顯示空調箱外氣引入不當，導致室內CO₂濃度超標。

※空調通風系統

- 二樓AHU系統因通風量大，外氣引入口距離外氣窗過遠難以吸入外氣。
- 一樓空調箱置於地下室，其外氣引入口管徑不足，且設置位置亦難以引入外氣。



2樓空調箱外氣入口
(與聯外窗口過遠)



外氣引入口位於地下室停車場

案例四(醫院) – 場所改善現況

改善說明

導入智慧化控制系統

布建感測器建立CO₂濃度資料庫自動控制空調啟停

改善前

- 有座位之候診區共13區
 - 皆未裝設環境感知設備
→無法了解空氣品質狀態
- 候診區相關空調箱共有7組
 - 無外氣風管，外氣自由引入
→不能維持室內空氣品質
- 無既有自動控制系統
 - 設備人工啟停，並常態全載
→易產生多餘耗能；人員難以立即反映

改善後

- 環境感知器佈建
 - 溫濕CO₂感測器共13組
 - 甲醛PM₁₀感測器2組
- 空調系統優化
 - 增設外氣引入風管與風門
- 導入智慧化控制
 - 導入電腦控制器自動控制
 - 配合電控
 - 風門與變頻器權衡能耗
 - 網頁為基的遠端服務
 - 數據庫基礎的資料蒐集服務

案例四(醫院) – 場所改善現況

改善說明

智慧化控制系統



現場感測器佈建



即時顯示CO₂濃度狀況



即時調整空調啟停，避免能耗



建立CO₂資料庫，有效管理IAQ



手機遠端操控，方便監控管理

室內空品改善方案與解決對策關聯



感謝聆聽
敬請賜教

逢甲大學
Feng Chia University

