

商場室內空氣品質改善 技術手冊

目 錄

	頁碼
第一章 前言	1
第二章 手冊導覽	2
2.1 手冊製作目的	2
2.2 手冊適用對象	2
2.3 如何使用本手冊	3
第三章 商場室內空氣品質不良情形之巡查	4
3.1 商場主要之室內空氣污染源	5
3.2 常見由室外進入商場之空氣污染物	8
第四章 商場室內空氣品質評估及查驗	12
4.1 室內理論換氣量估算	14
4.2 室內污染物分布與擴散模擬	17
4.3 透過檢驗測定評估及查驗室內空氣品質	20
第五章 商場室內空氣品質改善	29
5.1 適用於商場之室內空氣品質改善方法	30
5.2 通風改善與能源管理之結合	40
第六章 結論	46
參考文獻	

第一章 前言

隨著人類生活型態及習性的改變，平均每人每日處於室內時間長達80%以上，顯示室內空氣品質良窳已成為影響人體健康的重要因素之一。根據世界衛生組織2014年最新資料統計，2012年全球共有四千三百萬人因室內空氣污染(Household Air Pollution; HAP)死亡，全球之死亡率約為7.7%，而在各項因室內空氣污染造成死亡之疾病中，又以中風疾病之死亡人數為首，約有140萬人，佔總死亡人口數之34%，缺血性心臟病則為其次死因，約佔總死亡人口數之26%，其他因室內污染所造成疾病死亡包含慢性阻塞性肺疾病、幼兒急性下呼吸道感染及肺癌等。雖然死亡人數多集中於低收入地區，但該數據也顯示室內空氣品質對於人體影響的重要性。

隨著生活品質的提升，室內空氣品質影響身體不良反應逐漸受到重視，越來越多研究證實室內環境品質與人體健康息息相關。最常見不良反應為室內病態建築物症候群(Sick Building Syndrome; SBS)症狀，因處於建築物內所引起人體不適症狀，該症狀無法明確診斷且與處於該建築物內時間長短有關。1984年世界衛生組織報告中發現，約有30%新建建築物與新裝潢建築物中易有此症狀發生，主要原因與不良室內空氣品質有關。

為保護國民健康，我國室內空氣品質管理法已於100年11月23日公布，並於101年11月23日公告「室內空氣品質管理法施行細則」、「室內空氣品質維護管理專責人員設置管理辦法」、「室內空氣品質檢驗測定管理辦法」及「室內空氣品質標準」等相關法令，並於103年1月23日公告第一批列管場所，期望各列管場所除了符合法令之要求外，亦能落實室內空氣品質自主管理制度，以維持良好室內空氣品質與環境。

第二章 手冊導覽

2.1 手冊製作目的

依我國建築法總則內容，商場百貨類型場所之定義為「供商品批發、展售或商業交易，且使用人替換頻率高之場所」，隨著人類科技發展與生活型態改變，現今的商場百貨大多包含餐飲與娛樂場所，甚至可結合運動與交通運輸機能，我國民眾出入商場之頻率與停留時間亦有逐年增加的趨勢，為確保各類型商場皆擁有良好室內空氣品質，本手冊彙整了目前通用的室內空氣品質評估與改善方法。

本手冊提供各項可行之室內空氣品質改善方法，並著重於通風改善部分，由於台灣位處熱帶與副熱帶氣候區，大多商場皆以空調設備來維持室內購物與消費空間之舒適度，倘若空調設備經過妥善規劃或調整，將能有效提升場所之通風效率並有助於室內空氣品質改善，本手冊也依各類型商場常用之空調與通風型式，提供適切之通風改善方法，並在改善方法中導入成本及能源管理的概念，以幫助手冊使用者達到較佳之改善效益。

2.2 手冊適用對象

本手冊之適用對象以大部分購物與消費空間屬於室內場所之商場為主，包含便利商店、超級市場及量販店等類型之商場皆為本手冊適用對象，各手冊使用者可依場所之室內空間配置、面積大小、出入與停留人數及空調設備類型選擇適切之室內空氣品質評估與改善方法。

至於其他非商場類型之場所，亦可參考本手冊內容所提供之概念，執行評估與改善工作。

2.3 如何使用本手冊

本手冊參考「室內空氣品質管理法」立法精神與國內外文獻，為室內空氣品質改善工作訂定通用流程，詳見圖2-1。手冊使用者可參照此流程及後續章節內容執行改善工作。

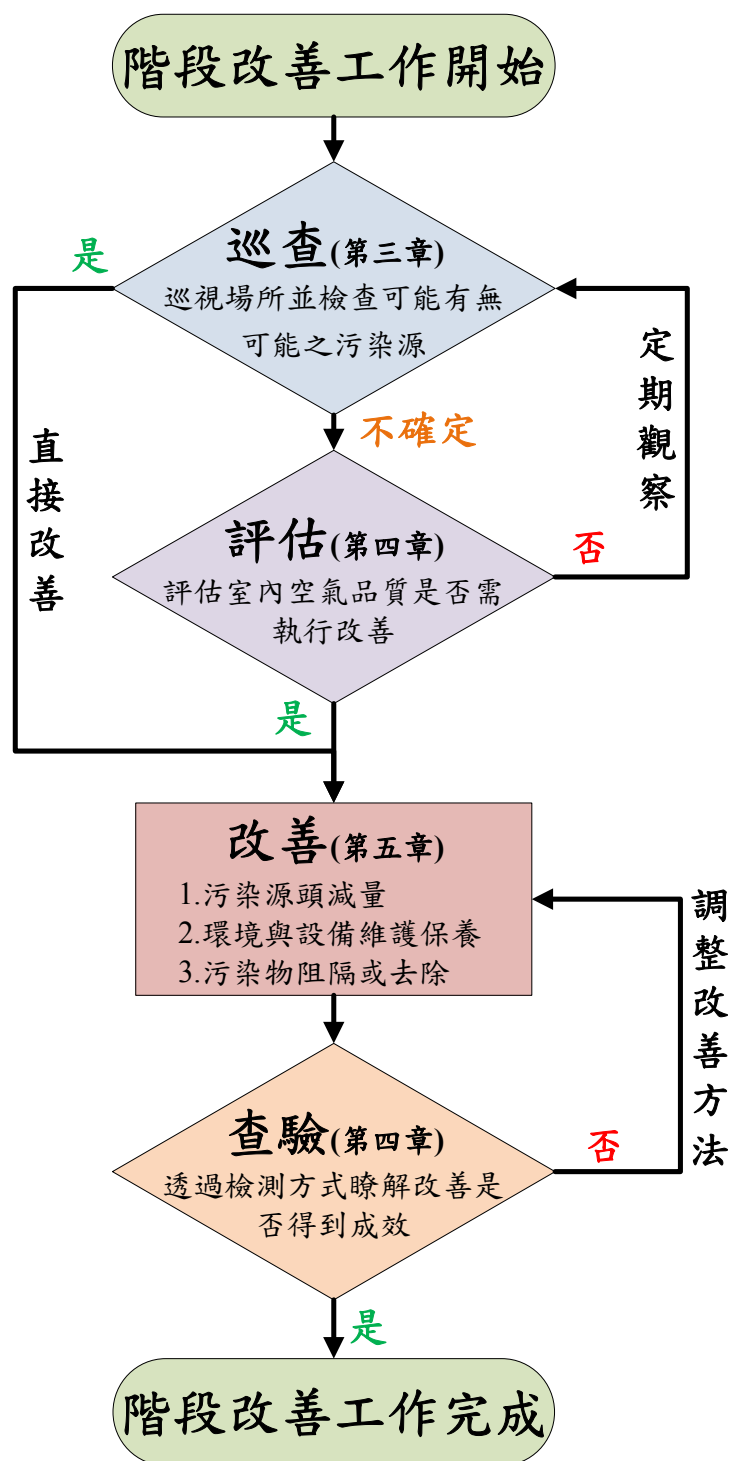


圖2-1 室內空氣品質改善工作通用流程

第三章 商場室內空氣品質不良情形之巡查

本章節主要彙整常見於商場之室內空氣品質不良情形，並依污染物的來源分為室內及室外二種類型，在執行室內空氣品質維護管理與改善工作時，可先針對商場之室內、外環境進行巡視與檢查，透過走動式管理方法，以辨認是否有造成室內空氣污染的風險。

目前「室內空氣品質管理法」已公告9項污染物，而參考國內外文獻及各級環保主管機關之調查結果，各污染物之常見發生源如表3-1所示。

表3-1 室內空氣污染物及其來源

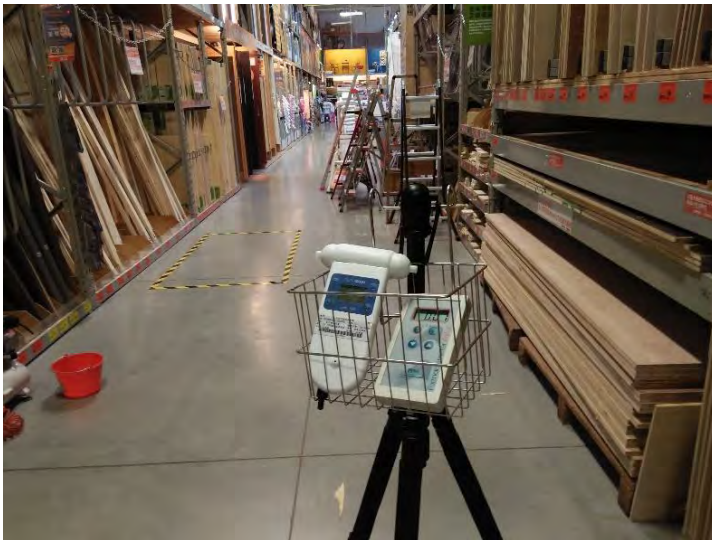
公告污染物		室內主要發生源	室外主要發生源
氣狀污染物	二氧化碳(CO ₂)	人類及其他生物呼吸、烹飪、吸菸、蚊香及拜香等	車庫的汽機車排氣、室外交通廢氣、蚊香及拜香等
	一氧化碳(CO)	烹飪、瓦斯熱水器、吸菸、蚊香及拜香等	車庫的汽機車排氣、室外交通廢氣、蚊香及拜香等
	臭氧(O ₃)	影印機、靜電式空氣清淨機、臭氧殺菌機	工業污染物經光化學反應產生
	甲醛(HCHO)	1. 護牆板、天花板等裝飾材料的各類甲醛樹脂膠人造板 2. 貼牆布，貼牆紙，油漆和塗料管 3. 芳香劑、殺蚊液	工業排放、交通廢氣
	總揮發性有機物質(TVOC)	建築材料、裝潢、家具或地毯黏著劑、清潔用品及吸煙等	工業排放、交通廢氣
生物氣膠	細菌	空調系統及單機冷氣的濾網若未加以定期更換清洗發霉的天花板、地毯、牆壁	自然環境中存在之各種細、真菌
	真菌		
粒狀污染物	粒徑小於等於10微米(μm)之懸浮微粒(PM ₁₀)	吸煙、烹煮、建材中之石棉、人造礦物纖維、植物花粉、動物性過敏原、微生物之細菌、真菌、病毒等	工業排放、交通及建築行為所產生之揚塵、沙塵暴。
	粒徑小於等於2.5微米(μm)之懸浮微粒(PM _{2.5})		

3.1 商場主要之室內空氣污染源

商場類型場所以提供消費或娛樂等服務為營運目的，包含室內環境、室內人數、消費行為及空調設備型式等因素，皆可能影響室內空氣品質之良窳，本節內容即彙整較常見於商場類型場所之室內空氣品質不良情形與可能造成之污染源，供手冊使用者參考，詳見表3-2。

表3-2 商場常見室內空氣品質不良情形說明與圖解

常見情形與影響說明	不良情形圖解
※室內環境髒亂或雜物堆放 ※可能造成之污染或影響：堆放之雜物可能滋生細菌、真菌等生物性污染物。	※某商場樓梯間雜物堆放 
※商場購物人潮 ※可能造成之污染或影響：於購物尖峰時段，因人潮較多，產生之二氧化碳量較平時高，若未妥善進行通風換氣可能使二氧化碳累積於室內。	※某商場於購物尖峰時段之人潮 

常見情形與影響說明	不良情形圖解
※商場美食街或熟食區油煙 ※可能造成之污染或影響：烹飪行為產生之油煙可能含有一氧化碳、二氧化碳、揮發性有機物及粒狀污染物，若未妥善收集處理，可能導致室內空氣受到污染。	※某商場美食街於烹飪過程中產生油煙 
※商品逸散之污染物 ※可能造成之污染或影響：部份商品之成分、漆料或包裝可能含有揮發性有機物與甲醛等室內空氣污染物，經逸散與累積可能造成室內空氣品質不良。	※塑膠類製品大多可能逸散揮發性有機物 
※室內裝潢或整修 ※可能造成之污染或影響：裝潢之材料、漆料或板材間之黏著劑可能含有揮發性有機物及甲醛等室內空氣污染物，經逸散與累積可能造成室內空氣品質不良。	※裝修使用之木製隔板黏著劑可能含有甲醛 

常見情形與影響說明	不良情形圖解
※室內空調出風口與回風口配置不良 1. 出風口與回風口距離過近 2. 出風口與回風口設於不易清潔之位置 ※可能造成之污染或影響： 1. 出風口與回風口距離過近，將導致送入之新鮮空氣直接被回風口排出，降低實際換氣效果 2. 出風口與回風口位置不當可能影響清潔之妥善度	※出風口與回風口過近容易造成短循環  ※出風口設於不易清潔之位置 
※室內未妥善進行通風換氣 ※可能造成之污染或影響：部份商場可能因空調系統不具外氣引入設備或外氣引入設備需手動開啟，導致新鮮空氣無法及時引入室內稀釋受污染之空氣。	※某商場空調箱風門為手動調整故無法適時提供所需之新鮮外氣  外氣風門調整閥

3.2 常見由室外造成之商場室內空氣品質不良情形

導致商場室內空氣品質不良的原因，除了由商場室內產生外，亦有可能來自商場外，除因空調之換氣設備配置不良外，常見如交通廢氣、建築產生之揚塵及工業污染等，皆有可能透過各種方式進入至商場室內空間，造成室內空氣品質不良。關於常見由戶外導致商場室內空氣品質不良之情形說明，詳見表3-3。

表3-3 常見由戶外導致商場室內空氣品質不良之情形說明與圖解

常見情形與影響說明	不良情形圖解
※換氣設備戶外端設計或配置不良 1. 外氣引入口距離冷卻水塔過近 2. 外氣引入口與室內廢氣排出口過近 3. 外氣引入口與室內廢氣排出口之開口方向相同 4. 外氣引入口設於停車場（區）或卸貨區等車輛頻繁進出區域 5. 外氣引入口斷面積過小 ※可能造成之污染或影響 1. 外氣引入口距離冷卻水塔、啟動中之車輛或其餘污染源過近，可能導致污染物自外氣引入口進入室內空間，影響室內空氣品質。 2. 室內廢氣排出口應遠離外氣引入口並採取相反方向設置，以避免排出之廢氣直接被引入送回室內。 3. 外氣引入口斷面積過小，可能造成外氣進入之流量過低，不足以負荷室內所需之換氣量。	※某商場外氣引入口距離冷卻水塔過近  ※某商場外氣引入口與廢氣排出口過近 

常見情形與影響說明	不良情形圖解
※商場周邊之交通廢氣與揚塵 ※可能造成之污染或影響：商場周邊道路及停車場，皆可能因車輛行駛產生廢氣與揚塵，並藉由商場之門窗或外氣外氣引入口進入室內，影響室內空氣品質。	※某商場停車場車輛滿載 
※商場位於工業區或周邊設有工廠 ※可能造成之污染或影響：工業生產所排放之廢氣可能藉由商場之門窗或外氣外氣引入口進入室內，影響室內空氣品質。	※工業排放之廢氣亦可能進入商場室內 
※商場戶外非常態性空氣污染情形 1. 商場周邊之道路整修或營建工程 2. 商場周邊之燃燒行為（燃燒紙錢、稻草或廢棄物等） 3. 戶外空氣品質不良 ※可能造成之污染或影響：道路整修或營建工程皆可能產生揚塵，並經由商場門窗或外氣引入口進入室內。	※某商場外部進行營建工程 

為幫助各類商場快速檢視場所是否有無各項可能導致室內空氣品質污染之情形，本手冊參照行政院環境保護署公告之「室內空氣品質維護管理計畫文件」之部份表單內容，並配合商場類型場所特性，設計「商場室內空氣品質自主檢查表」一式，詳見表3-4。本手冊建議使用者至少每3個月透過此表進行一次自主檢查。

表3-4 商場室內空氣品質自主檢查表

室內空氣品質自主檢查表			
檢查日期：____年____月____日			
一、室內整體環境檢查			備註
1. 是否有雜物或垃圾堆放？	☐ 是	☐ 否	
2. 是否有地面不整潔（髒污、灰塵及油漬等）等情形？	☐ 是	☐ 否	
3. 是否有地板積水或天花板、牆面有水漬殘留等情形？	☐ 是	☐ 否	
二、垃圾收集貯存方式檢查			備註
1. 場所內垃圾桶是否為加蓋型式？	☐ 是	☐ 否	
2. 室內是否有收集貯存空間？	☐ 是	☐ 否	
3. 垃圾收集貯存空間是否緊鄰消費區域？	☐ 是	☐ 否	
4. 垃圾收集貯存空間是否有獨立換氣設備？	☐ 是	☐ 否	
5. 獨立換氣設備是否正常運作？	☐ 是	☐ 否	
三、化學物品儲存方式檢查			備註
1. 場所使用之清潔劑、消毒劑、漆類及膠類等化學品是否具有儲存空間？	☐ 是	☐ 否	
2. 各化學品儲存容器是否加蓋？	☐ 是	☐ 否	
3. 各化學品是否標示其安全資料表(SDS)？	☐ 是	☐ 否	
4. 化學品儲存空間是否緊鄰消費區域？	☐ 是	☐ 否	
5. 化學品儲存空間是否有獨立換氣設備？	☐ 是	☐ 否	
6. 獨立換氣設備是否正常運作？	☐ 是	☐ 否	
四、烹飪行為檢查			備註
1. 場所是否設有美食街或有烹煮食物行為？	☐ 是	☐ 否	
2. 美食街或烹煮區域是否具獨立隔間或與其他區域有所區隔？	☐ 是	☐ 否	
3. 美食街或烹煮區域是否具獨立換氣設備？	☐ 是	☐ 否	
4. 獨立換氣設備是否正常運作？	☐ 是	☐ 否	
五、消費情形檢查			備註
1. 本次檢查是否適逢促銷活動？（特價拍賣、周年慶、贈品兌換等）	☐ 是	☐ 否	
2. 整體室內空間或部分區域是否有短時間內人	☐ 是	☐ 否	

數較高之情形？			
六、空調系統室內端檢查			備註
1. 空調系統之各設備是否保持清潔？（滴水盤、冷卻盤管及風管等）	☐ 是	☐ 否	
2. 空調系統之出（回）風口是否保持清潔？	☐ 是	☐ 否	
3. 出風口與回風口之數量與配置是否適當？	☐ 是	☐ 否	
4. 回風口周邊是否有雜物或垃圾堆放？	☐ 是	☐ 否	
5. 空調系統是否具有換氣設備？	☐ 是	☐ 否	
6. 換氣設備是否正常運作？	☐ 是	☐ 否	
七、空調系統室外端檢查			備註
1. 外氣引入設備是否開啟且正常運作	☐ 是	☐ 否	
2. 外氣引入設備是否置於室外或確實以風管連接至室外引入外氣？	☐ 是	☐ 否	
3. 換氣之風量是否充足？	☐ 是	☐ 否	
4. 外氣引入口及周邊環境是否保持整潔？	☐ 是	☐ 否	
5. 外氣引入口與廢氣排出口之距離與方向配置是否適當？	☐ 是	☐ 否	
6. 冷卻水塔及周邊環境是否保持整潔？	☐ 是	☐ 否	
7. 冷卻水塔與外氣引入口之距離與方向配置是否適當？			
八、停車區域檢查			備註
1. 場所是否設有室內停車場？	☐ 是	☐ 否	
2. 室內停車場是否緊鄰消費區域？	☐ 是	☐ 否	
3. 室內停車場是否具獨立換氣設備？	☐ 是	☐ 否	
4. 獨立換氣設備是否正常運作？	☐ 是	☐ 否	
九、室外周邊環境檢查			備註
1. 周邊是否有營建工程或道路整修？	☐ 是	☐ 否	
2. 周邊是否緊鄰交通幹道？（省道、快速道路或高速公路等）	☐ 是	☐ 否	
3. 周邊是否有營運中之工廠？	☐ 是	☐ 否	
4. 周邊是否有燃燒行為？	☐ 是	☐ 否	

第四章 商場室內空氣品質評估及查驗

第三章介紹各種商場常見室內空氣品質不良情形與成因，目的在幫助本手冊使用者進行觀察，透過觀察以辨認自身場所有何可能導致室內空氣品質不良之風險，然而透過觀察方式，並無法得知場所室內空氣污染物種類與污染程度，為幫助本手冊使用者精準地找出污染源，並依污染物種類與程度對症下藥，本章節將進行室內空氣品質評估及查驗方法之介紹。

本手冊提供之室內空氣品質評估方法包含儀器量測、換氣量計算及電腦軟體模擬三種類型，各場所可自行選擇合適之評估方法，亦可將三種方法搭配使用。關於本手冊提供之評估方法與簡單比較，詳見表4-1。

表4-1 各項室內空氣品質評估方法比較

評估方法	換氣量計算	電腦軟體模擬	檢驗測定
方法概述	依照通風或職業安全衛生等科學理論計算室內空間所需換氣量，並與換氣量進行比較	以電腦軟體模擬室內污染物分布或擴散情形	透過各式偵測儀器量測室內空氣污染物之濃度
所需成本	無須耗費成本	依軟體功能而異	視測定方式與項目而異
適合對象	適合以機械方式進行通風換氣之商場	尤其適合需進行室內配置變更之商場	適合所有類型商場
注意事項	換氣量足夠並不足以證明室內空氣品質良好	需考量操作技術門檻與軟體費用	量測時間與位置須謹慎選擇

依目前室內空氣品質管理法與公告場所相關規定，商場類型場所之管制室內空間以民眾購物、消費及提供餐飲之區域為主，本手冊參考相關法

令對於室內管制區域之劃分原則，將各類型商場建議進行室內空氣品質評估之區域加以彙整，詳見表4-2。

表 4-2 各類型商場建議評估區域

商場類型	建議評估區域
百貨公司	各樓層大廳、服務台、購物區域、結帳櫃檯、餐飲區、美食街、遊樂場
零售式量販業	各樓層大廳、服務台、購物區域、結帳櫃檯、餐飲區、美食街、遊樂場
超級市場	各樓層服務台、購物區域、結帳櫃檯、餐飲區
便利商店	購物區域、結帳櫃檯、餐飲區

在室內空氣品質之維護管理與改善實務中，通常以二氧化碳濃度作為污染指標，因二氧化碳為人體呼吸代謝的主要產物，亦為目前「室內空氣品質管理法」管制污染物之一，當場所室內二氧化碳濃度明顯較高時，可能代表場所室內空間通風不良，亦可能增加其他污染物累積於室內空間的機會，進而影響室內整體空氣品質；且二氧化碳之評估方法相較其他室內污染物簡單許多，可能影響評估結果之干擾因子也較少，故本手冊以二氧化碳做為評估與查驗室內空氣品質之優先評估項目。

4.1 室內理論換氣量估算

要評估一處場所之室內空氣品質，最簡單的方法即為調查場所之換氣量是否足夠，擁有足夠之換氣量代表著場所能透過引入之新鮮空氣稀釋室內空氣污染物濃度，甚至可透過換氣方式將室內產生之污染帶至室外，以避免污染物持續累積於室內環境。

目前世界各國對於室內通風或空調系統的規範主要是參考美國 ASHRAE（American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers，美國冷凍空調協會）訂定的通風規範(ASHRAE Standard 62-89)。我國包含了建築設計與職業安全衛生等相關法令，皆參考 ASHRAE 之通風規範進行立法。

一、以室內面積推估所需換氣量

依我國建築法之「建築技術規則建築設備篇」第一百零二條內容，各用途之室內空間在使用機械方式進行通風換氣時，其換氣設備必須具有一定程度之通風量，詳見表 4-3 內容。

表 4-3 建築技術規則建築設備篇通風量對照表

房間用途	樓地板面積每平方公尺所需通風量 (單位：CMH,m ³ /hr)	
	機械送風與機械排風 機械送風與自然排風	自然排風與 機械送風
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

房間用途		樓地板面積每平方公尺所需通風量 (單位：CMH,m ³ /hr)	
		機械送風與機械排風 機械送風與自然排風	自然排風與 機械送風
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 平方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		-	
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

依表 4-3 內容，百貨商場類型空間每平方公尺之最小換氣量為 15 m³/hr，本手冊根據此最小換氣量，並對照各類型商場常見之室內樓地板面積範圍，彙整成商場室內最小換氣量對照表，以便手冊使用者可快速進行對照與換算，並調整場所之室內換氣量，詳見表 4-4 內容。

表 4-4 場所樓地板面積與最小換氣量關係表

換氣量 樓地板面積	以公制計算 (單位：CMH,m ³ /hr)	換算為英制 (單位：CFM,ft ³ /min)
100 m ² (30.25 坪)	1,500 CMH	883.5 CFM
400 m ² (121 坪)	6,000 CMH	3,534 CFM
1,000 m ² (302.5 坪)	15,000 CMH	8,835 CFM
3,000 m ² (907.5 坪)	45,000 CMH	26,505 CFM
5,000 m ² (1512.5 坪)	75,000 CMH	44,175 CFM
單位換算： 1 平方公尺 (m ²) = 0.3025 坪 1 CMH (m ³ /hr) = 0.589 CFM (ft ³ /min)		

二、以室內人數及室外二氧化碳濃度估算

根據美國冷凍空調協會訂定之基礎通風理論，場所室內所需之通風量與污染物之濃度以及產生率有關，一般成人於室內空間每分鐘產生之二氧化碳濃度約為 200mL，相當於 0.0002 m³/min(即為 0.0002 CMM)，假設場所每個人的二氧化碳產生率相同，且二氧化碳於室內空間呈均勻分布，依據均勻混合模式 (well-mixing model)，室內所需之換氣量可透過以下公式計算，公式內各符號代表之意義詳見表 4-5：

$$Q(\text{CMM}) = \frac{\text{人數} \times 0.0002 \left(\frac{\text{CMM}}{\text{人}} \right) * 10^6}{C_1 (\text{ppm}) - C_0 (\text{ppm})}$$

表 4-5 場所人數與所需換氣量關係表

說明 符號	符號代表之意義	單位
Q	室內場所之換氣量	CMM (m ³ /min)
C ₀	室外空氣之二氧化碳濃度	ppm
C ₁	室內欲達到之二氧化碳濃度	ppm
單位說明： 1 CMM (m ³ /min) = 35.31 CFM (ft ³ /min) ppm = 百萬分之一		

透過以上之公式，可得知場所於固定人數下所需求之外氣量，或最大外氣量於一定時間內可負荷之理論人數，根據此些計算結果進行評估是否需調整甚至增加空調外氣設備。

*** 貼心提醒 ***

室內環境所需之換氣量，也受到室內空氣間配置、空調管路設計、空調出風口位置等因素影響，僅透過計算並無法確定換氣量絕對足夠，而且並非所有污染物皆能透過換氣來改善，因此在實務上仍建議搭配其他評估方法，才能使評估結果更加完整可靠。

4.2 室內污染物分布與擴散模擬

計算流體力學 (Computational Fluid Dynamics, CFD) 是 21 世紀流體力學領域重要技術之一，透過電腦軟體計算流體力學之方程式並模擬物質在留場中的流動情形，此項技術亦被應用在勞工作業環境改善與空氣污染防治等領域，透過電腦程式之計算與圖形繪製，可瞭解污染物在空間內之分布與擴散情形，場所管理者可參考模擬結果進行相對應之改善措施。

流場模擬軟體種類繁多，本手冊參考「維基百科」網站，列舉部分較常使用之模擬軟體，包含 FLUENT、CFD-ACE+ (CFDRC)、Phoenics、CFX、Star-cd 等，手冊使用者亦可自行查詢，並親洽電腦軟體商進行軟體功能比較。

執行電腦軟體模擬工作主要分為模型建立及污染物等濃度圖建立兩個階段，為使模擬結果貼近實際情形，必須依照表 4-6 內容妥善蒐集相關資料，而各階段工作之說明詳見後續內容。

表 4-6 透過 CFD 軟體模擬場所二氧化碳所需調查資料

幾何空間建構	
1	場所室內空間平面圖，空間內長、寬、高尺寸
2	相關硬體設備位置配置圖，如桌椅、隔間等。
3	空間發熱體數目及數量，如電腦、飲水機等可發熱性設備。
空調系統基本資料	
1	溫度、濕度
2	空調系統風速及風量
3	空調箱換氣量
其他資料	
1	場所人數(包含尖峰及低峰人數)
2	污染物產生率(可用量測或推估)

一、場所模型建立

依照蒐集得之場所空間配置圖及場所室內面積、體積等參數，透過模擬軟體繪製成場所之模型，並將各項可能改變流場之環境條件及硬體設備等資料設定於模型內。大部分模擬軟體在建立場所模型後，皆可設定模擬之最小單位面積或體積，軟體將依照設定結果將場所模型以網格狀方式呈現，各軟體呈現之網格圖不盡相同，其概念可參考圖4-1。

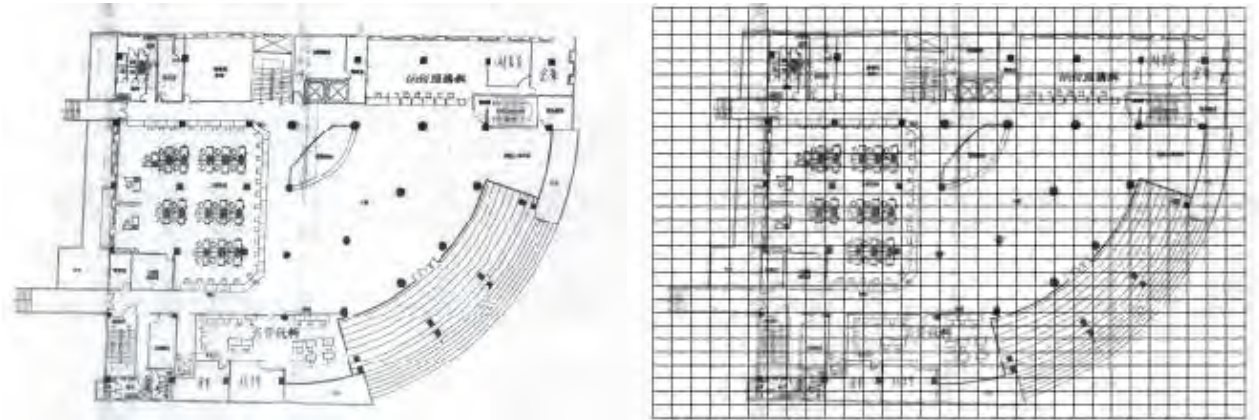


圖4-1 室內空間模型建立示意圖

二、污染物等濃度圖建立

完成場所之流場模型建立後，需設定場所之污染物產生源及發生率，以建立場所之污染物等濃度圖。以二氧化碳為例，其發生源主要即為場所室內空間之人員，場所室內人數可於蒐集資料時標註於場所平面圖，並匯入軟體中場所模型之對應位置，以求模擬結果精準。

而二氧化碳之發生率，可參考前節內容「一般成人於室內空間每分鐘產生之二氧化碳濃度約為200mL」設為場所二氧化碳之產生率，將此產生率匯入模擬軟體後，即可依照各網格內之人數計算出可能之二氧化碳濃度，大部分模擬軟體可將污染物以顏色區分濃度範圍，因此完成此階段步驟即可得到場所之污染物等濃度圖（如圖4-2）。

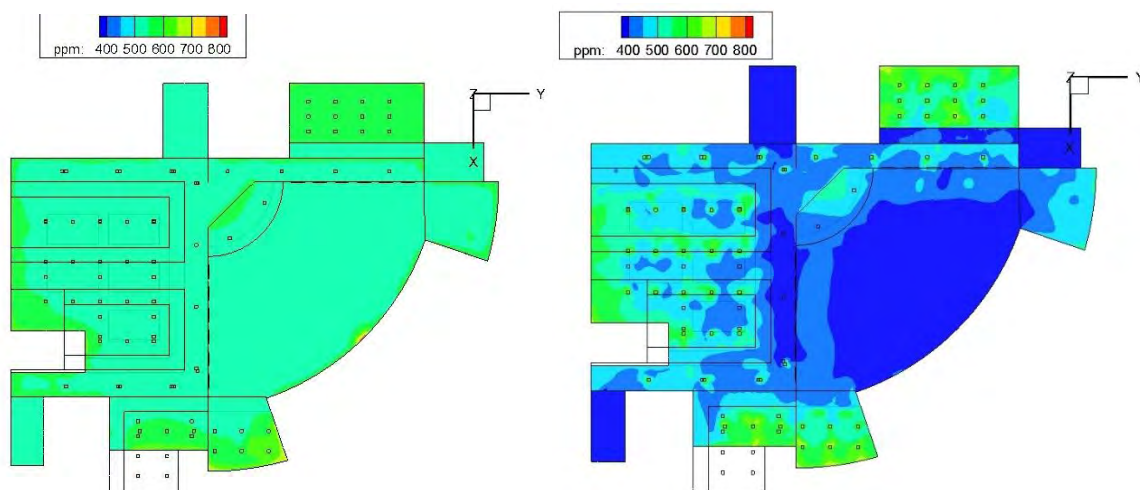


圖4-2 室內場所有害物質於改善前後之擴散模擬結果(等濃度圖)

透過模擬而得到之等濃度圖即代表場所污染物分布情形，若模擬結果場所部分區域可能有污染物濃度較高之現象，可嘗試調整如人數、空調出風口風速、出風口數量、出風口與回風口相對位置等參數之設定，以瞭解何種改善措施較有效率。關於模擬軟體上顯示之改善前後污染物濃度與分布示意圖詳見圖 4-1。

流場模擬軟體於我國工商業機構之使用情形不甚普遍，主要原因為軟體費用昂貴且操作技術門檻較高，因此國內多以學術或研發類型機構為主要使用者，手冊使用者除自行購買軟體操作外，亦可洽詢國內具有模擬軟體與操作人員之大專院校或科學研究機構，透過專案合作之方式進行模擬與評估工作，以降低整體評估成本。

*** 貼心提醒 ***

透過電腦軟模擬空氣污染情形，僅能瞭解污染物可能之擴散與分布情形，並不能完全代表室內空氣品質，若要更精確瞭解污染物濃度之實際變化，則需搭配儀器檢測，本手冊建議用於進行室內裝潢、室內空間變更或空調系統變更前，透過模擬評估裝潢或工程對於整體流廠造成之影響。

4.3 透過檢驗測定評估及查驗室內空氣品質

檢驗測定為最常見且最具信效度之室內空氣品質評估方法，也可用以查驗場所執行改善後之室內空氣品質是否已達到目標。目前「室內空氣品質管理法」公告之9項室內空氣污染物，皆可透過儀器量測得知其污染程度，室內空氣品質之檢驗測定方法，依「室內空氣品質檢驗測定管理辦法」內容可分為巡查檢驗、標準方法檢測及自動連續監測三種類型，本章節將針對各測定方法進行說明。關於目前公告之9項室內空氣污染物，其標準值詳見表4-7內容。

表4-7 室內空氣品質管理公告污染物與標準值

室內污染物種類	標準值		
	量測時間	標準值	單位
二氧化碳 (CO ₂)	8小時值	1,000	ppm
一氧化碳 (CO)	8小時值	9	ppm
甲醛 (HCHO)	1小時值	0.08	ppm
總揮發性有機化合物(TVOC，包含：十二種苯類及烯類之總和)	1小時值	0.56	ppm
細菌(Bacteria)	最高值	1,500	CFU/m ³
真菌(Fungi)	最高值	1,000 (室內與室外比值≤1.3)	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
量測時間說明： 1小時值： 指8小時內各測值之算術平均值或8小時累計採樣之測值。 8小時值： 指連續8小時各測值之算術平均值或8小時累計採樣之測值。 24小時值： 指連續24小時各測值之算術平均值或24小時累計採樣之測值。 最高值： 指依中央主管機關公告之檢測方法所規範採樣方法之採樣分析值。			

一、巡查檢驗

巡查檢驗又可稱作巡查或巡檢，意即使用可攜式室內空氣品質儀器於場所各區域進行短時間量測，以瞭解各區域之室內空氣品質概況。場所可自行購置巡檢式儀器或透過外部顧問機構協助進行量測，執行巡查檢驗的用意，主要為幫助場所瞭解各區域之污染概況，並做為執行定期檢驗測定之參考。關於巡查檢驗工作之執行情形，請參考圖4-3。

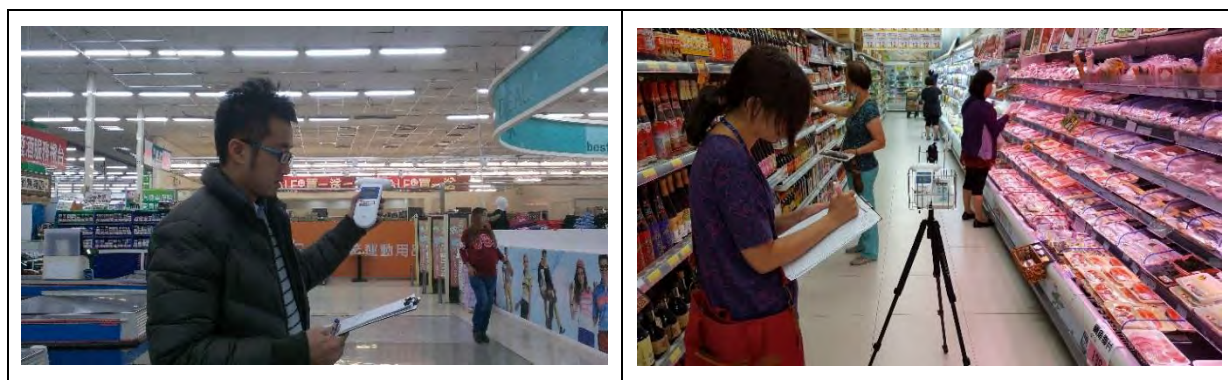


圖 4-3 巡查檢測示意圖

依「室內空氣品質檢驗測定管理辦法」內容，為避免巡檢結果受局部污染源干擾，量測位置應距離室內硬體構築或陳列設施最少0.5公尺以上，並距離門口或電梯最少3公尺以上，且規劃選定巡檢點應平均分布於公告管制室內空間，巡檢點數需視場所樓地板面積調整，詳見表4-8。

表 4-8 室內樓地板面積與巡查檢驗點數對照表

室內樓地板面積(A)	巡查檢驗點數
$A \leq 2,000\text{m}^2$	至少 5 點
$A > 2,000\text{m}^2$ 且 $\leq 5,000\text{m}^2$	至少 10 點，或以 $\frac{\text{場所室內面積}(\text{m}^2)}{400\text{m}^2}$ 計算
$A > 5,000\text{m}^2$ 且 $\leq 15,000\text{m}^2$	至少 25 點，或以 $\frac{\text{場所室內面積}(\text{m}^2)}{500\text{m}^2}$ 計算
$A > 15,000\text{m}^2$ 且 $\leq 30,000\text{m}^2$	至少 40 點，或以 $\frac{\text{場所室內面積}(\text{m}^2)}{625\text{m}^2}$ 計算
$A > 30,000\text{m}^2$	以 $\frac{\text{場所室內面積}(\text{m}^2)}{900\text{m}^2}$ 計算
單位換算：1 m^2 = 0.3025 坪	

而依「室內空氣品質檢驗測定管理辦法」規定，巡查檢驗測定污染物項目至少須包含二氧化碳，手冊使用者若須瞭解其他室內污染物之概況，也可同樣安排於巡檢工作中執行，目前公告之室內空氣污染物皆有適用之巡檢儀器，關於各項室內空氣污染物建議之巡檢儀器規格，詳見表4-9，各場所可依建議之規格選購巡檢儀器。

表 4-9 室內空氣污染物建議之巡檢儀器規格

巡檢項目	偵測原理	偵測範圍	最小刻度
二氧化碳（CO ₂ ）	紅外線法	0~5,000 ppm	1 ppm
一氧化碳（CO）	紅外線法	0.1~100 ppm	0.1 ppm
甲醛（HCHO）	電化學法、半導體式、PID(光離子游離)	0.01~10 ppm	0.001 ppm
總揮發性有機化合物(TVOC，包含：十二種苯類及烯類之總和)	電化學法、半導體式、PID(光離子游離)	0.01~10 ppm	0.001 ppm
臭氧（O ₃ ）	紫外光吸收法	1 ppb~250 ppm	0.01 ppb
懸浮微粒(PM ₁₀)	雷射二極法	0~1,000 µg/m ³	0.1 µg/m ³
懸浮微粒(PM _{2.5})	雷射二極法	0~1,000 µg/m ³	0.1 µg/m ³
細菌(Bacteria)	尚無直接量測之方法與適用之巡檢儀器，建議以公告之標準方法量測。		
真菌(Fungi)			
單位說明： ppm = 百萬分之一 ppb = 十億分之一 1 ppm = 1,000 ppb			

參考行政院環境保護署目前公告之「室內空氣品質維護管理計畫文件」內容，巡檢之紀錄表已有可參考之格式，詳見表4-10；手冊使用者可參照該表執行巡檢，並自行調整表格欄位或增添需紀錄之項目。

巡查檢驗人員：_____ 巡檢區域：_____ 日期：_____						
(一)巡查檢驗結果						
項目 巡檢點	二氧化碳 (CO ₂)			其餘污染物		
	開始時間	結束時間	檢測濃度 (ppm)	開始時間	結束時間	檢測濃度 (單位)
範例1： 外氣入口						
範例2： 巡檢點1						
(二)檢測儀器基本資料						
1.檢測項目	2.檢測儀器廠牌/型號/序號	3.偵測範圍	4.儀器原理	5.校正日期		
二 氧 化 碳 (CO ₂)						

二、標準方法檢測

依「室內空氣品質管理法」內容，經公告之公共場所必須委託檢驗測定機構，採用行政院環境保護署環境檢驗所公告之標準測定方法進行室內空氣污染物測定。

目前公告之標準檢驗測定方法詳見表4-11，由於環境檢驗所將不定時更新各類型污染物檢測方法，故表4-11內之**測定方法編號僅供手冊使用者參考**，若需更詳細瞭解測定方法，可至環境檢驗所網站（<http://www.niea.gov.tw>）查詢。

表4-11 室內空氣污染物測定方法編號彙整

檢測項目	檢測方法編號 (NIEA)	方法名稱
二氧化碳 (CO ₂)	NIEA A448.11C	空氣中二氧化碳自動檢測方法 —紅外線法
一氧化碳 (CO)	NIEA A421.12C	空氣中一氧化碳自動檢測方法 —紅外線法
甲醛 (HCHO)	NIEA A705.11C	空氣中氣態之醛類化合物檢驗方法 —以DNPH衍生物之高效能液相層析測定法
臭氧 (O ₃)	NIEA A420.11C	空氣中臭氧自動檢測方法—紫外光吸收法
細菌(Bacteria)	NIEA E301.14C	室內空氣中細菌濃度檢測方法
真菌(Fungi)	NIEA E401.13C	室內空氣中真菌濃度檢測方法
總揮發性有機化合物 (TVOC，包含：十二種苯類及烯類之總和)	NIEA A715.15B	空氣中揮發性有機化合物檢測方法 —不銹鋼採樣筒/氣相層析質譜儀法
懸浮微粒(PM ₁₀)	NIEA A206.10	大氣中懸浮微粒(PM ₁₀)之檢測方法 —手動法
懸浮微粒(PM _{2.5})	NIEA A205.11	空氣中懸浮微粒(PM _{2.5})之檢測方法 —衝擊式手動法

標準檢測之測定位置選擇，原則上以巡查檢驗濃度較高之位置作為優先量測點，並同樣以室內樓地板面積計算測定點數，參考「室內空氣品

質檢驗測定管理辦法」內容，其測定點數之計算方式詳見表4-12內容。另外，關於室內空氣污染物之標準檢測設備，詳見圖4-4。

表 4-12 室內樓地板面積與巡檢點數對照表

室內樓地板面積(A)	定期檢測點數	真菌、細菌定期檢測點數
$A \leq 5,000\text{m}^2$	至少 1 點	1.管制室內空間樓地板面積每 1,000m ² （含未滿），應採集 1 點。 2.但樓地板面積有超過 2,000m ² 之單一無隔間室內空間者，得減半計算採樣點數目，且減半計算數目後不得少於 2 點。
$A > 5,000\text{m}^2$ 且 $\leq 15,000\text{m}^2$	至少 2 點	
$A > 15,000\text{m}^2$ 且 $\leq 30,000\text{m}^2$	至少 3 點	
$A > 30,000\text{m}^2$	至少 4 點	
單位換算：1m ² = 0.3025 坪		



圖片來源：國立台北科技大學 室內環境品質研究中心

圖4-4 室內空氣污染物定期檢測設備

*** 貼心提醒 ***

由於標準檢測執行成本較高，本章節僅說明標準檢驗測定之執行方法，手冊使用者可酌予參閱。

三、自動連續監測

自動連續監測屬於較新穎之室內空氣品質量測技術，不同於巡查檢驗或定期檢測，自動連續監測並非以人員操作儀器之方式進行測定，而是將室內空氣品質自動監測設施裝設於場所室內空間。自動監測設施主要包含氣體偵測器與顯示面板二項設備，由氣體偵測器偵測場所內之污染物濃度，並透過數位傳輸方式將傳送即時監測結果至顯示看板（如圖4-5），使場所管理人將能夠隨時掌握室內空氣品質狀況。



圖4-5 室內空氣品質自動監測設施

與巡查檢驗或定期檢測相同，自動監測設施之設置數量，同樣須按照室內空間樓地板面積進行計算，依「室內空氣品質檢驗測定管理辦法」內容，以每二千平方公尺設置一台為主；但室內樓地板面積若超過四千平方公尺以上且無隔間者，可減半設置數量但總設置數不得低於二台。假設某商場之室內樓地板面積為八千平方公尺且無隔間，其自動監測設施應設置數量計算方式如下：

$$\frac{8000\text{m}^2}{2000\text{m}^2} \times \frac{1}{2} = 2 \text{ 台}$$

*** 貼心提醒 ***

目前室內空氣品質檢驗測定管理辦法雖已有訂定連續監測相關法令，但尚未公告應設置之場所，本章節僅說明自動連續監測原理與設置數量計算範例，手冊使用者可酌予參閱。

室內空氣品質之檢驗測定並不只是為了瞭解污染物有無超過法令標準，若能妥善將測定數據統計並彙整，亦可進一步瞭解場所之污染物分布與變化，以下提供二則範例：

範例一：

某超市針對其室內空間進行密集之巡查檢驗，並將巡檢結果標註於場所之平面圖，即可匯出場所之二氧化碳分布情形（如圖4-6），由該圖可看出，接近場所出入口之位置，其二氧化碳濃度相對較低，而商場右側區域可能因缺乏對外開口或換氣，二氧化碳濃度相對較高。另外，熟食區及冷藏區可能因保溫、加熱或冷凍設備之運轉，使得周遭二氧化碳濃度相對較高。透過此等濃度圖之觀察，未來可增加商場右側之氣流循環，避免污染物堆積，並針對二氧化碳濃度較高之區域，加強整體通風換氣。

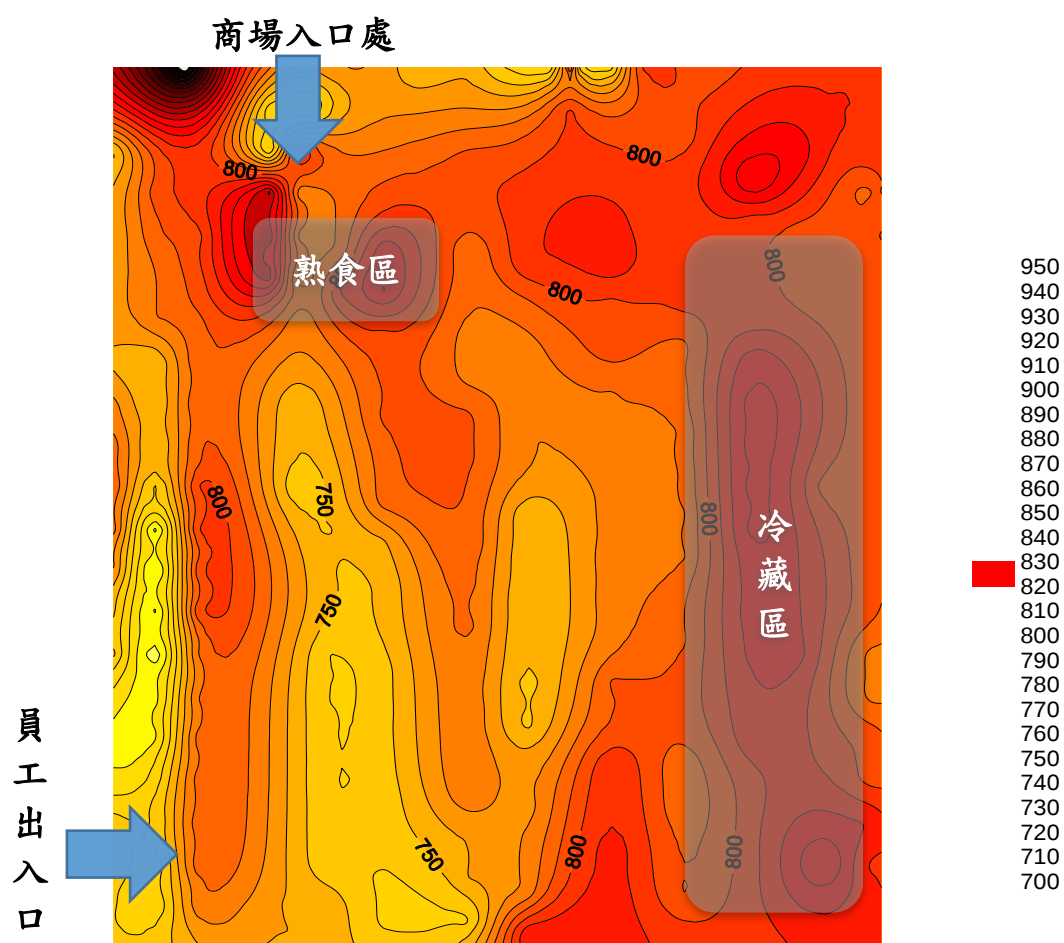


圖4-6 巡檢結果匯出之室內污染物等濃度圖

範例二：

某商場將於室內某區域進行連續三天之二氧化碳量測，並於量測期間調查各時段之來客數，將二項數據進行比對後可得知，場所室內二氧化碳濃度與來客數之變化圖形大致上相符（如圖4-7），根據此結果，商場將規劃於購物尖峰時段加強室內空氣品質控管。

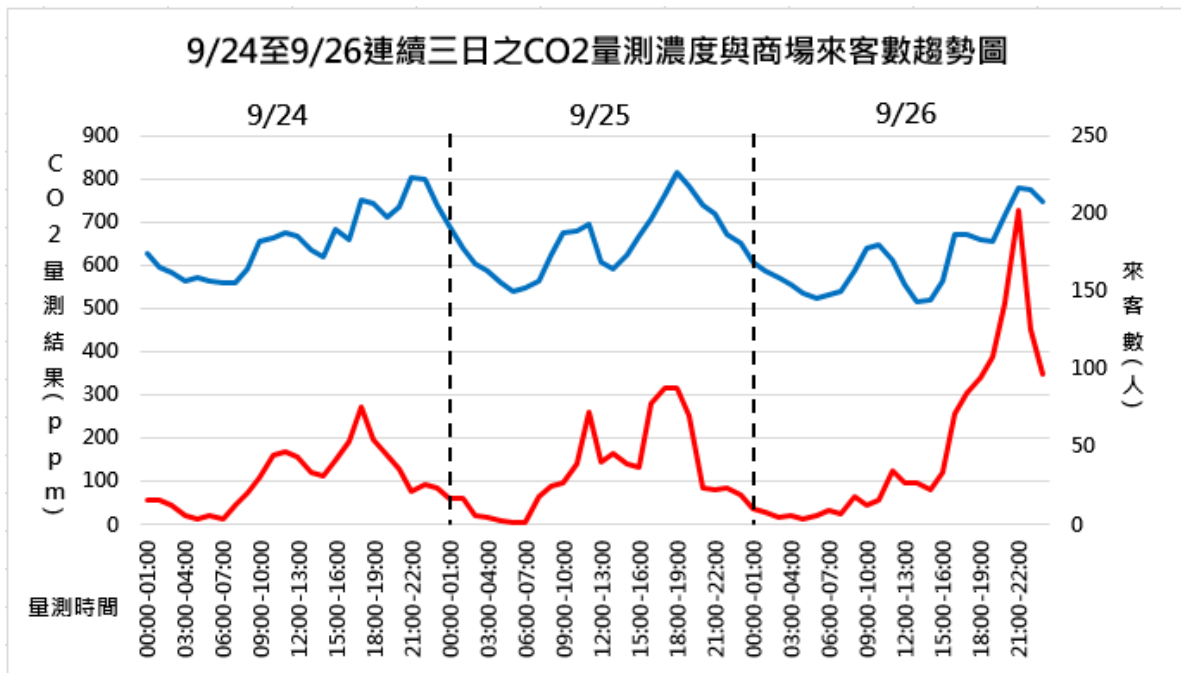


圖4-7 二氧化碳量測結果與來客數趨勢圖

本章節所提供之各項評估與查驗方法，皆為幫助手冊使用者瞭解場所之室內空氣品質概況，若場所確實有室內空氣品質不良之情形，相關評估與查驗之結果可作為後續執行改善之參考依據，關於商場適用之室內空氣品質改善方法，詳見後續章節內容。

第五章 商場室內空氣品質改善

根據國內、外室內空氣品質維護管理相關文獻，室內空氣品質之控制與改善方法相當多元，本手冊彙整之室內空氣品質改善方法則以較適用於商場者為主，並將室內空氣品質改善之對策分為以下三種類型：

- 一、源頭減量：自污染物之發生源進行控管，以減少或去除污染源。
- 二、污染阻隔：將污染物自發生源與室內空間進行阻隔
- 三、污染去除：以各種物理或化學方法將污染物自室內空間移除。

在執行改善工作時，建議以源頭減量作為優先對策；若無法自源頭進行減量，則採取污染物阻隔方式，以降低污染產生或進入室內空間的機會；最後則是透過物理或化學方式將污染物自室內空間去除。關於室內空氣品質改善對策之建議順序及方法概述，可參考圖5-1。

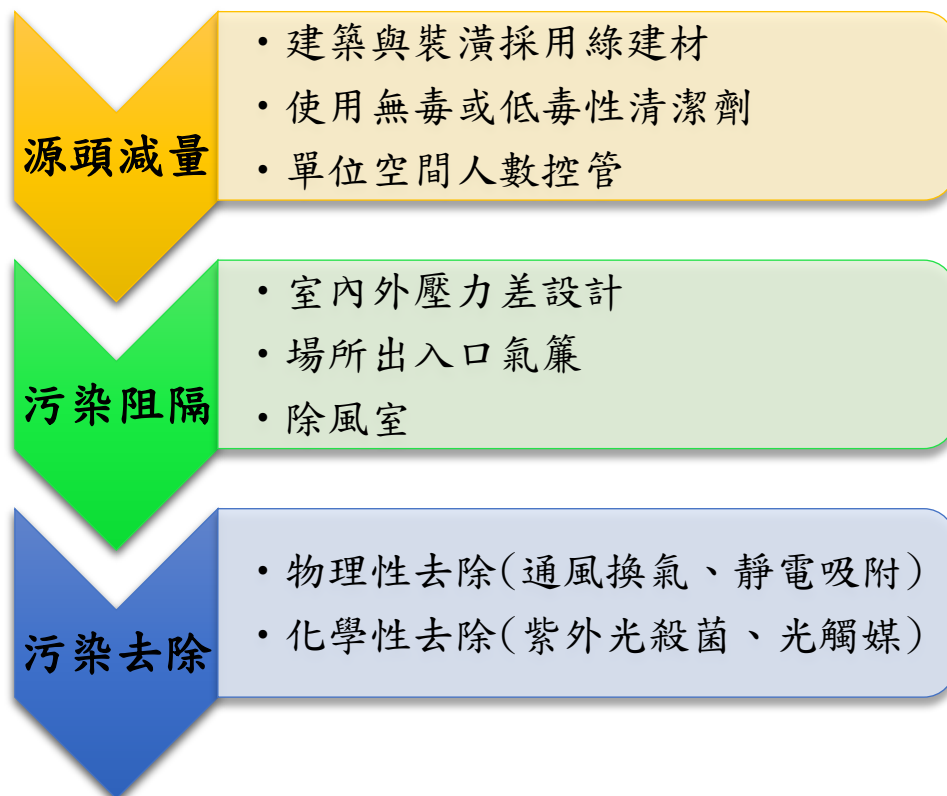


圖5-1 室內空氣品質改善對策

5.1 適用於商場之室內空氣品質改善方法

本章節將針對目前較適用於商場之室內空氣品質改善方法進行說明，手冊使用者可自行參考各項改善方法，並依場所特性調整改善內容。

一、行政與庶務管理

商場所販售之商品亦可能為室內空氣污染源；另外，商場與布置、整修、裝潢或清潔工作時所使用之漆料、黏膠、板材或清潔劑等物品，其成份亦可能含有室內空氣污染物，依照源頭減量的概念，手冊使用者可參考表 5-1 之改善措施。

表 5-1 商場室內空氣品質行政與庶務管理建議措施

管理項目	建議管理措施
販售商品	塑膠製品較易產生甲醛與揮發性有機物，可與製造或供應廠商洽詢商品成份，並將商品陳列於通風良好處。
裝潢漆料與板材	建議可使用具有綠建材標章（如圖 5-2 左）之裝潢材料與漆料。
清潔劑	建議可使用具有環保標章（如圖 5-2 右）之清潔劑。



圖 5-2 綠建材標章與環保標章

二、單位面積人數控管

由於商場內二氧化碳之主要產生源即為購物之人潮，因此為避免商場室內二氧化碳濃度過高，大部分商場較容易有人潮聚集位置主要在特價商品區、結帳區、服務台、美食街等區域，針對此些區域，手冊使用者可自行擬定人數控管措施，或參考表 5-2 之建議措施。

表 5-2 商場人潮易聚集區域之建議控管措施

人潮易聚集位置	建議控管措施
特價商品區	可調整特價商品之陳列位置並避免集中於同一櫃位或區域。
結帳區	可視商場常態來客數設置適量收銀設備，並妥善規劃結帳動線以避免壅塞。
服務台	可適度調整與結帳區之距離，避免人潮長時間停滯造成鄰近區域二氧化碳濃度升高。
美食街	可適度縮減用餐桌椅數或調整間距，以避免單位時間與面積用餐人數過多。

關於表 5-2 所提供之建議控管措施，仍以不影響商場提供購物、餐飲及娛樂等服務為優先原則，手冊使用者可酌予應用與調整。

三、空氣門與除風室應用

在執行室內空氣品質改善工作時，除須控管由商場內部產生的室內空氣污染物外，也必須注意來自戶外之污染物。目前許多商場之出入口皆採用自動門，建議可搭配設置空氣門（如圖5-3），於自動門開啟時即一併啟動空氣門，可降低由戶外進入之粒狀污染物；另外，也可與商場進出口處增設除風室，除風室之對外開口可設計為推拉式側門（如圖5-4），此設計可避免外界氣流由門口直接進入室內，若妥善搭配內門之空氣門，可更有效的阻隔外界粒狀污染物。



圖 5-3 自動門上方設置空氣門



圖 5-4 便利商店出入口除風室

四、空調濾網

由於冷凍空調科技的發達，現今許多商場多半以空調設備來確保室內消費環境之舒適度，不論是何種形式之空調，皆透過濾網阻隔通過空調設備之懸浮微粒，隨著濾網材質與結構不同，其阻隔微粒的範圍與效果也有所不同；另外，也有部分特殊材質製造之濾網，可過濾其他種室內空氣污染物，由於設置與維護成本較高，此些特殊材質濾網通常僅用於工業生產或其工作環境中。關於目前已量產且適用於商場空調系統之各類型濾網彙整如表5-3。

表 5-3 空調濾網分類與特性說明

濾網等級	濾網特性說明
初級濾網	以一般 PP、PE 或尼龍等聚酯纖維製成，僅能過濾可目視大小之微粒。
中級濾網	大多以合成纖維或玻璃纖維製成，對於 $0.5\ \mu\text{m}$ 懸浮微粒之過濾效率最高可達 80%。
HEPA 濾網	對於粒徑大小為 $0.1\ \mu\text{m}$ 之懸浮微粒，過濾效率達 99.5%。
靜電濾網	以靜電方式吸附懸浮微粒，可有效去除大部分懸浮微粒，且造成之空調壓損較小，但濾網之壽命相對較短。
活性炭濾網	可有效吸附臭味分子及大部分有機物，但對於懸浮微粒之效果較低。

五、通風換氣

通風換氣之方式依原理可分為自然通風與機械通風，自然通風為藉由室內外環境之溫度或壓力差產生空氣流動而達到換氣效果；機械通風則是藉由場所空調設備引入室外空氣或排出室內空氣，以達到換氣效果。若場所具有良好之通風，將可避免污染物累積於室內環境。

(一)自然通風

自然通風主要透過建築本身之開口及門窗來進行通風換氣，參考國內外之建築及室內空間設計理論，自然通風方式依建築之開口及門窗配置方式大致可分為四種類型，詳見圖5-5。

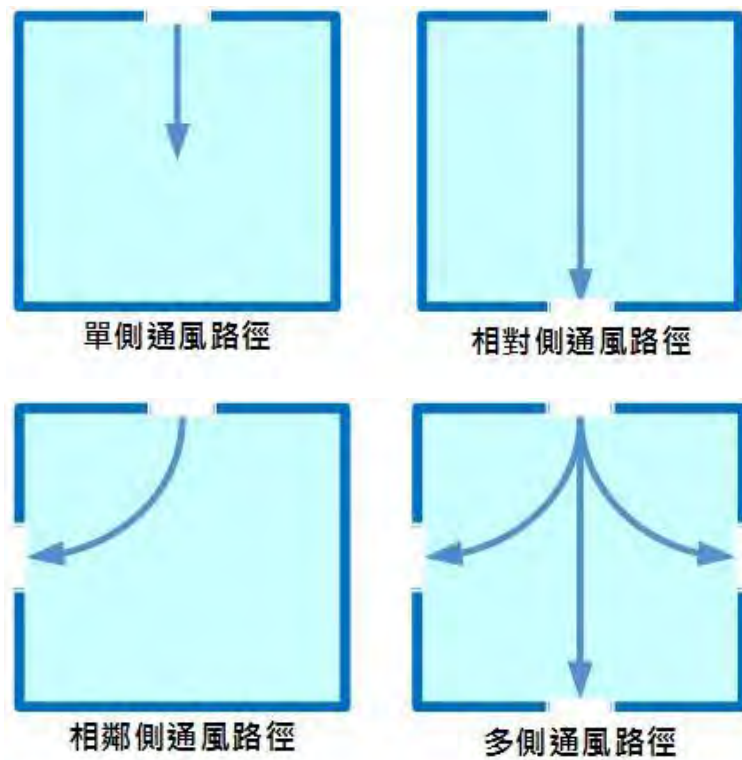


圖 5-5 自然通風類型

由於台灣氣候較為炎熱，大多商場於建築設計上皆盡量降低對外之開口數量以避免空調外洩，因此自然通風效果較低。另外，部分商場裝設以空氣門以阻隔戶外污染物，亦降低自然通風之效果，手冊使用者須審慎評估場所是否適用此通風方式。

(二)機械通風

自然通風受限於室外氣候及場所建築設計，可達到之通風效果較有限，需仰賴空調設備以機械方式進行送風及排風，送風即為空調設備經過濾與溫溼度調節等步驟後將空氣送入室內空間；排風則為空調設備將室內空氣透過迴風裝置排出室外，或與送入室內之空氣進行混合。機械通風依送風與排風方式不同，可分為三種類型，詳見圖5-6。



圖 5-6 機械通風方式圖說

僅有進氣為機械方式之場所，因持續引入外氣而呈現正壓，因此室內空氣將自然地從門窗排出戶外；相反的，僅有機械排氣之場所，其內部則呈現負壓狀態，室外空氣會自然由門窗進入室內。

透過空調設備引入之外氣，可於空調設備內部進行初步過濾與處理，其空氣品質相較自然進氣來的穩定與潔淨，因此建議商場類型場所以正壓方式進行換氣較能達到改善效果。關於場所通風換氣與正負壓之關係，詳見圖5-7。

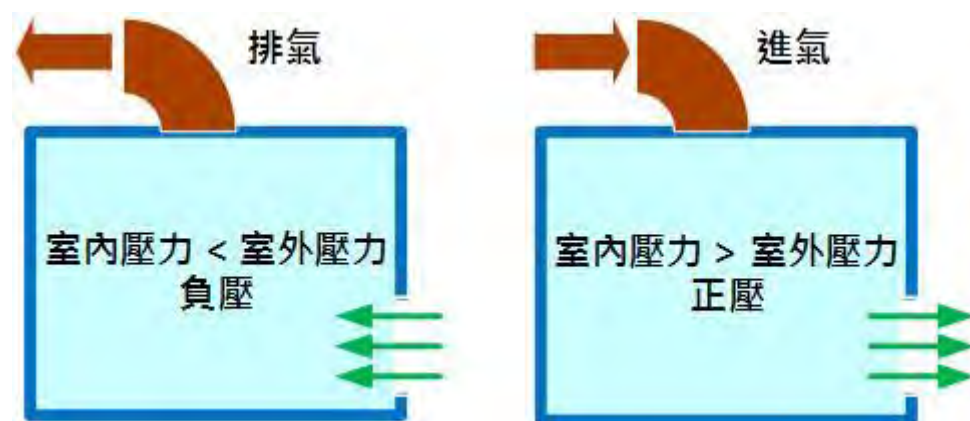
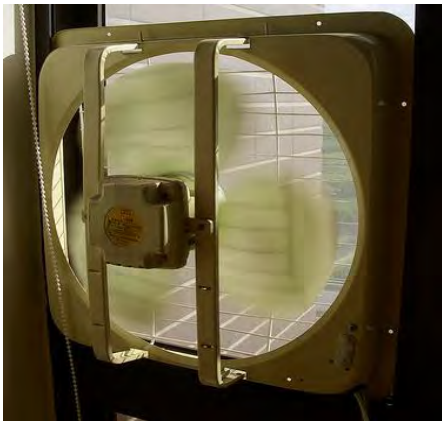


圖5-7 室內場所進排氣與場所氣壓改變之關係

(三)常見通風換氣設備

由於各類商場使用之空調種類、室內樓地板面積以及營業型態皆不完全相同，因此須視自身場所特性選擇合適之通風方式。本手冊已彙整目前較適合商場之機械通風方法，詳見表5-5。

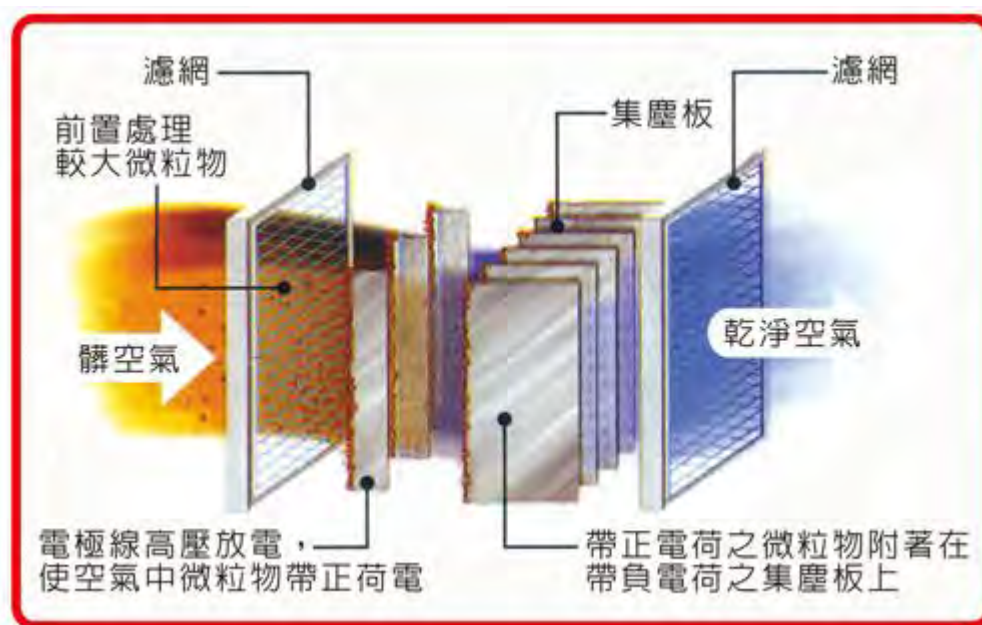
表 5-5 適用於商場之機械通風方式

名稱	通風方式圖說	適合場所與分析
抽風排風扇		※適合場所：樓地板面積較小且單位時間停留人數較少之商場。 ※優點：設置成本較低。 ※注意事項：引入外氣未經過濾及溫溼度調整，可能造成空調設備額外負擔。
全熱交換器	 圖片來源：國際牌官方網站	※適合場所：使用輕鋼架天花板之便利商店、超級市場以及中小型量販店。 ※優點：透過熱回收以節省能源。 ※注意事項：外氣引入與廢氣排出之位置需慎選。
外氣空調箱	 圖片來源：華億通風設備股份有限公司	※適合場所：大型量販店、百貨公司。 ※優點：可透過更高等級之濾網或其他處理設備提升引入外氣之品質。 ※注意事項：能源消耗較大，須注意開啟時機。

六、其他改善原理之應用

(一)靜電集塵器

此集塵原理經常應用於餐飲場所之油煙處理，含有懸浮微粒之油煙由風管導引進入集塵器，第一階段由外加高壓電極線產生電暈電流，讓通過之懸浮粒子荷正電，利用電荷異性相吸原理到達第二階段的集塵板並附著在荷負電集塵板上，並在集塵板表面形成油污，油污因重力關係，部分沿著金屬板面滴落於接油槽上，再經導板及導孔被導出機殼外，集塵板收集油煙飽和後，經清洗恢復原狀，可循環使用。關於靜電集塵器之集塵示意圖，詳見圖5-8。



圖片來源：經濟部工業局產業資訊網

圖5-8 靜電集塵器作用原理

在使用靜電集塵器時，須注意通過集塵器之氣流、電壓設定以及集塵板間距等設定。通過集塵板之氣流速度越慢，則收集完成之機率越高，且須使氣流均勻通過集塵板，以獲得最高效率。若提高電極線與集塵板之電壓，則可能產生過多臭氧，減少電壓則降低集塵效率。而集塵板間距越小則灰塵至收集板之距離縮小，收集效率增加，但也使得清潔維修困難，且易有短路情形發生。

(二)紫外光殺菌

紫外光之能量為一般可見光中最高，且具有一定穿透力。經過許多實驗與研究已證明，透過紫外光照射，可破壞微生物之遺傳因子，進而阻止微生物繁衍，可有效消滅細菌、病毒、黴菌及單細胞藻類等微生物，因此經常被使用於降低醫院、學校及養護機構等場所環境中之微生物。紫外光最常見之應用方式為紫外光燈，將紫外光燈置於各類生物性污染物之發生源，可有效抑制生物性污染物產生。

關於各類型商場可裝設紫外光燈之位置，建議以中央空調箱內（如圖5-9）、一般空調之室內機出風口處、潮濕區域及人潮較多之區域為主。另外，若有販售生鮮食品之商場，也可於該區域之回風口裝設紫外光燈，以減少可能產生之細菌。



圖5-9 裝設於空調箱中之紫外光燈

(三)光觸媒吸附技術

光觸媒之原理，主要為利用光源照射作為觸媒之特定化學物質，使之釋出電子，而釋出電子之化學物質即形成電洞，此電子與電洞將與空氣中之有機物產生反應，使其轉化為較穩定之化學物質如二氧化碳與水。

由於光觸媒之詳細原理與機制較為複雜，本手冊內容不予以贅述，僅提供此原理於室內空氣品質改善上之應用。光觸媒技術目前大多應用於室內空氣清淨機，適用於室內樓地板面積較小，如便利商店、超級市場等類型之商場。

(四)風管清潔

風管為空調系統極為重要之元件，不論是引入之外氣、送至室內場所之冷氣或是送回主機之回風，皆必須藉由風管進行輸送，許多室內外產生之懸浮微粒可能沉降於風管內，若未定時清潔保養，將使懸浮微粒堆積於風管內，進而影響室內空氣品質。

目前風管之清潔方式，主要可分為人工清潔及機器人清潔，人工清潔方式成本較低，但須耗費人力；反之，機器人清潔方式成本較高，但能有效節省人力。關於風管清潔之方式詳見圖5-10



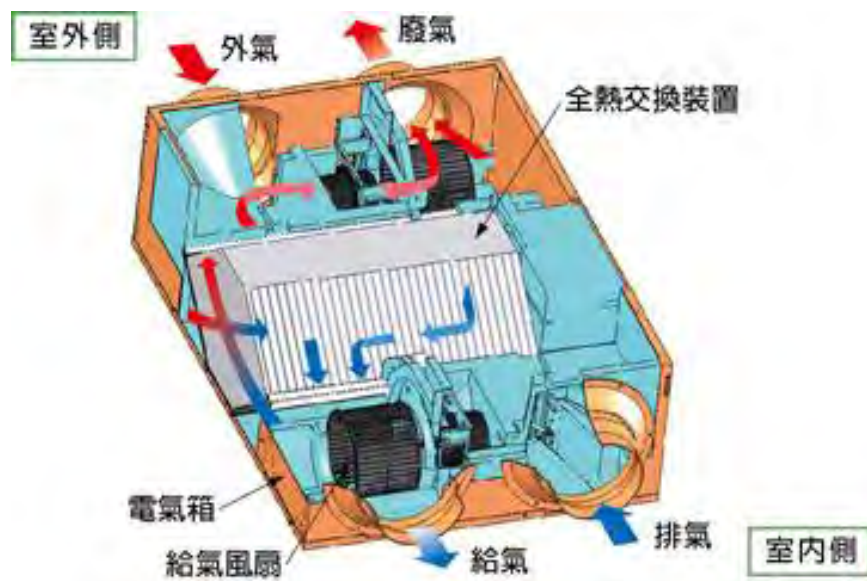
圖 5-10 以人工與機器人清潔風管

5.2 通風改善與能源管理之結合

對任何室內場所而言，通風換氣相較於其他室內空氣品質改善方法較為全面且有效，然而在加大外氣送風量或增設通風設備以符合場所外氣需求量的同時，亦必須設法降低能源消耗。為此，本章節也彙整了目前可行且兼具節能與室內空氣品質改善之通風技術。

一、全熱交換器

一般便利商店及超級市場，大多使用分離式冷氣或箱型冷氣等不具通風換氣功能之空調設備，且受限於場所室內空間，不利於裝設中央空調設備；而全熱交換器之體積相對較小，可裝設於場所天花板，全熱交換器可自戶外引入空氣並將室內空氣排出，且排出空氣與引入之外氣可於交換器內進行熱能交換，使引入之外氣更接近室內之溫度，以減少因冷卻室外空氣所消耗之能源。關於全熱交換器設備作用示意圖，詳見圖5-11。



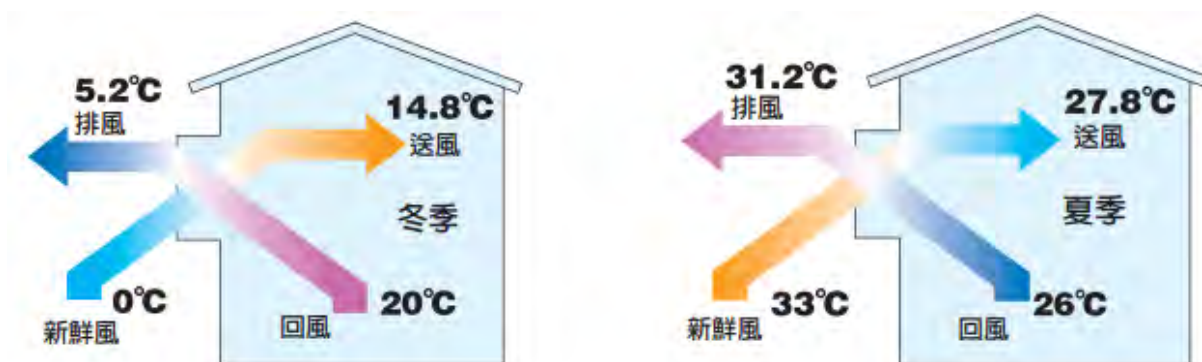
圖片來源：台灣日立股份有限公司

圖5-11 全熱交換器作用示意圖

全熱交換器於冬夏兩季採用不同之熱交換方式，因此節能效果也不完全相同，要瞭解全熱交換器之節能效果，必須計算其熱能回收之效率，本手冊提供參考範例幫助使用者瞭解計算方法。

《全熱交換器節能計算範例》

某商場裝設了全熱交換器用以加強室內通風換氣效能，並於冬夏兩季各選擇一天，量測於全熱交換器開啟情況下之設備送排風溫度與室內外溫度，詳見圖5-12。



圖片來源：台朔空調

圖5-12 全熱交換器運轉室內外溫度

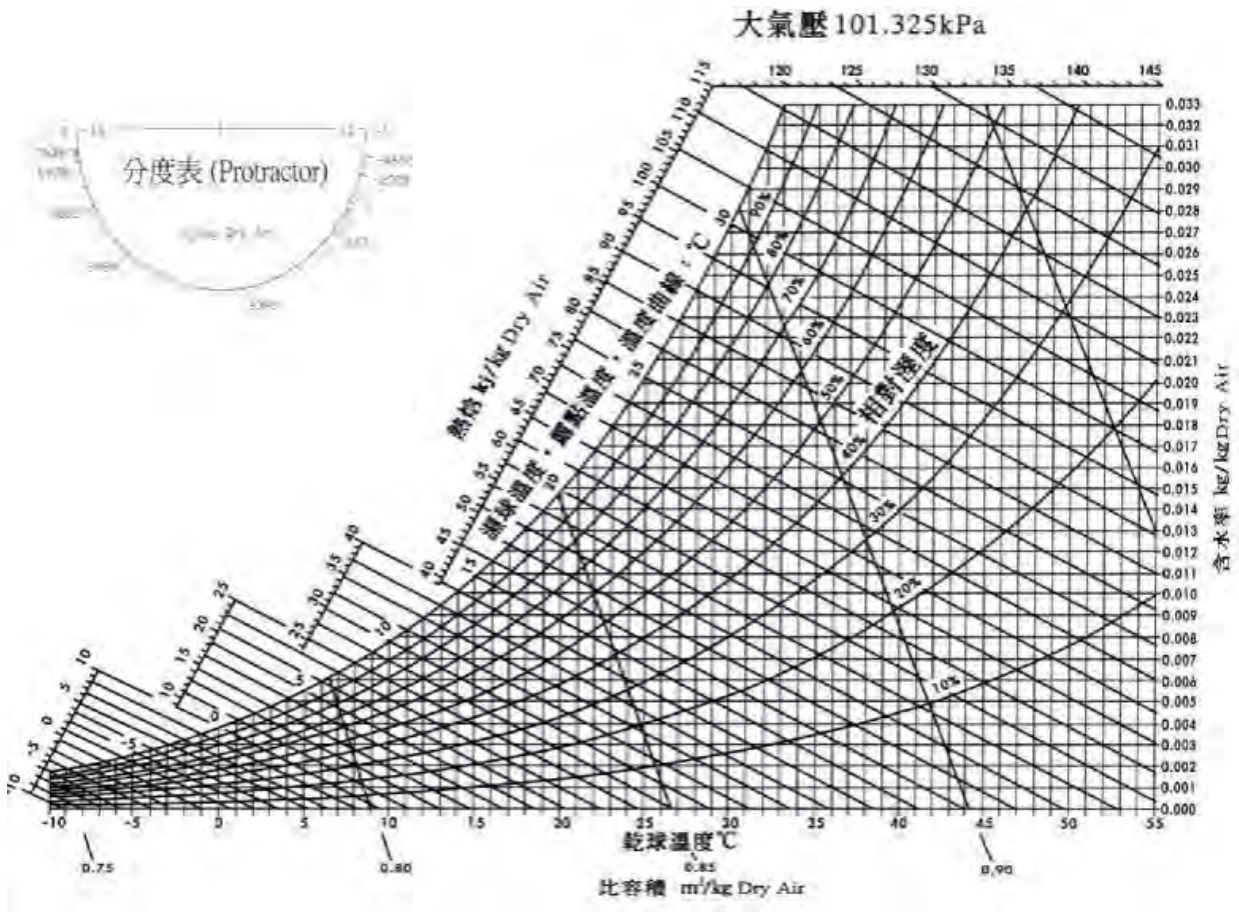
關於全熱交換器之節能效率計算，較簡易之方式為計算全熱交換器之熱回收效率，關於此範例商場之熱回收效率計算詳見表5-6。

表 5-6 熱回收效率計算公式

季節	熱回收效率計算公式
冬季	$\text{熱回收效率} = \frac{(\text{送風溫度} - \text{新鮮風溫度})}{(\text{回風溫度} - \text{新鮮風溫度})} \times 100\%$ $= \frac{(14.8^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C})}{(20^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C})} \times 100\% = 74\%$
夏季	$\text{熱回收效率} = \frac{(\text{新鮮風溫度} - \text{送風溫度})}{(\text{新鮮風溫度} - \text{回風溫度})} \times 100\%$ $= \frac{(33^{\circ}\text{C} - 27.8^{\circ}\text{C})}{(33^{\circ}\text{C} - 26^{\circ}\text{C})} \times 100\% = 74\%$

透過上表之計算結果可得知冬夏兩季之熱回收效率皆為74%，已具有相當程度之節能效果。然而欲計算出實際節省之能源，則必須先求得室外空氣

與送風之熱焓值與兩者之熱焓差，由於熱焓值之計算過程較為複雜，一般皆透過空氣線圖(Psychrometric Chart)查詢熱焓值，詳見圖5-13。



圖片來源：維基百科

圖5-13 空氣線圖(Psychrometric Chart)

由圖5-13可看出，空氣線圖內包含了乾球溫度、濕球溫度、相對濕度、含水率、熱焓值以及比容積等參數。將任二項參數於圖中相交之位置即可對照出熱焓值，由於乾球溫度與相對濕度可由一般之溫濕度計量測而得，一般建議以此二較容易量測之參數進行對照查詢出熱焓值。在求得熱焓值並計算出室外空氣與送風焓差後，可透過以下公式計算出節能效率。

$$\text{節省能源} = \text{熱焓差} \times \text{空調風量} \times \text{空氣密度}$$

假設本範例商場所使用之全熱交換器風量為100 CMF（等於6,000 CMM），空氣密度皆以室溫25°C下之密度1.05 kg/m³計，關於冬夏兩季之節能效率詳細計算詳見表5-7內容。

表 5-7 以熱焓值計算出全熱交換器之節能效率

季節	各項條件與節能效率計算	
冬季	室外空氣條件	乾球溫度：0℃、相對溼度：40%，熱焓 $\approx 4.5 \text{ kJ/kg}$
	室內送風條件	乾球溫度：14.8℃、相對溼度：50%，熱焓 $\approx 28.5 \text{ kJ/kg}$
	熱焓差計算	熱焓差 $= (28.5 - 4.5) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \div 4.18 \frac{\text{kcal}}{\text{kJ}} = 5.742 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$
	節能效果計算	$\text{節省能源} = 6,000 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \times 1.05 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 5.742 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} = 36,174.6 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$ $\Rightarrow 36,174.6 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \div 3,600 \frac{\text{kW}}{\text{kcal}} = 10.0485 \frac{\text{kW}}{\text{hr}}$ 假設一個月有 30 天且一度電以 3.5 元計，單月電費節省計算如下： $10.0485 \frac{\text{kW}}{\text{hr}} \times 24 \frac{\text{hr}}{\text{天}} \times 30 \text{ 天} \times 3.5 \frac{\text{元}}{\text{kW}} = 25,322.22 \text{ 元}$
夏季	室外空氣條件	乾球溫度：33℃、相對溼度：70%，熱焓 $\approx 90.5 \text{ kJ/kg}$
	室內送風條件	乾球溫度：27.8℃、相對溼度：50%，熱焓 $\approx 58.5 \text{ kJ/kg}$
	熱焓差計算	熱焓差 $= (90.5 - 58.5) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \div 4.18 \frac{\text{kcal}}{\text{kJ}} = 7.656 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$
	節能效果計算	$\text{節省能源} = 6,000 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \times 1.05 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 7.656 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} = 48,232.8 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$ $\Rightarrow 48,232.8 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \div 3,600 \frac{\text{kW}}{\text{kcal}} = 13.398 \frac{\text{kW}}{\text{hr}}$ 假設一個月有 30 天且一度電以 3.5 元計，單月電費節省計算如下： $13.398 \frac{\text{kW}}{\text{hr}} \times 24 \frac{\text{hr}}{\text{天}} \times 30 \text{ 天} \times 3.5 \frac{\text{元}}{\text{kW}} = 33,762.96 \text{ 元}$

本範例提供之熱交換效率及節能效率計算為依據熱力學所估算之理論值，詳細之節能效率計算，仍須考量全熱交換器之實際規格與各項現場條件，手冊使用者可洽詢設備廠商協助計算。

二、自動監測與控制系統

傳統之中央空調箱(AHU)系統，其外氣空調箱之風門大多為手動調整，場所若無法即時掌握室內空氣品質並調整外氣之引入量，除降低室內空氣品質管理效率外，也可能造成多餘的能源消耗。

隨著自動控制技術的發展，目前已可透過自動監測與控制系統來管理場所之室內空氣品質，主要原理為透過場所室內各區域之監測設施得知目前二氧化碳濃度，並於系統端進行設定，使空調箱之外氣風門在二氧化碳到達一定濃度後開啟，引入新鮮外氣以稀釋場所內二氧化碳濃度。而當前偵測得之場所室內空氣品質現況，則可透過面板顯示於場所明顯處，供場所工作人員與出入民眾參考。關於室內空氣品質自動監控系統之各項元件關係圖，詳見圖5-14

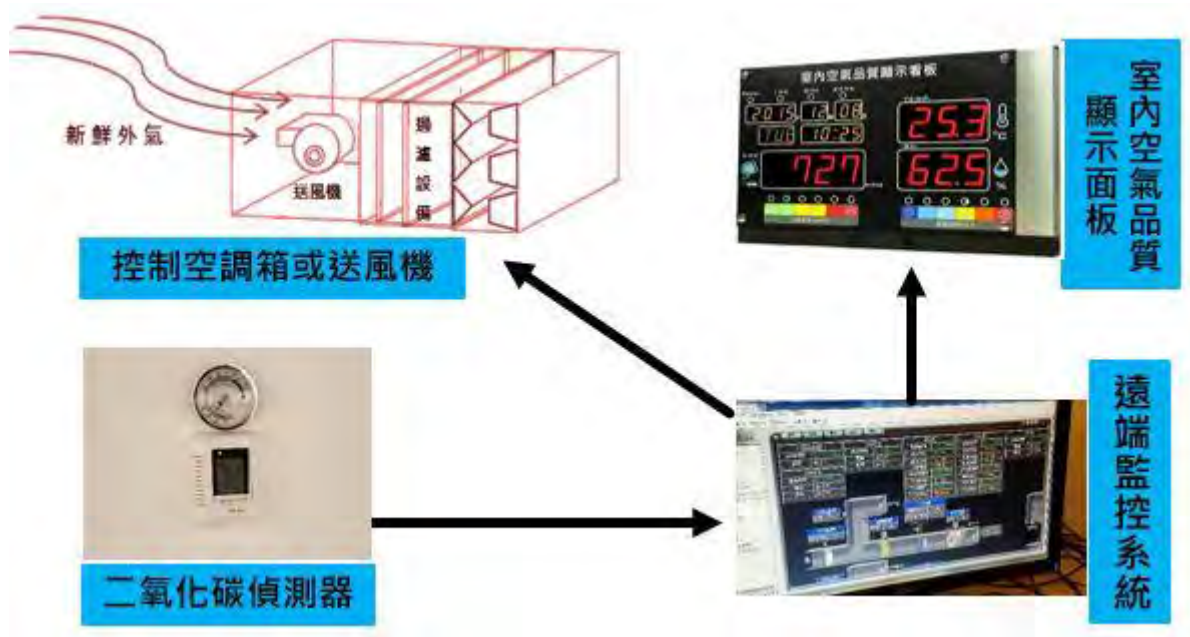


圖5-14 室內空氣品質自動監控系統

要透過自動監控系統進行空調設備之節能，必須要設定外氣風門之開啟與關閉條件，一般以室內二氧化碳濃度值為主要判定標準，為使手冊使用者更加瞭解其節能效益，可參考範例所提供之計算方法。

《自動監控系統節能範例》

某賣場裝設二氧化碳自動監控系統以進行室內空氣品質控管，而賣場之中央空調箱，在未開啟外氣風門之運轉狀態下，每小時耗電量為60千瓦；開啟外氣風門時，每小時之耗電量升高至100千瓦。賣場裝設自動監控系統，並設定於室內二氧化碳濃度達800 ppm時開啟外氣風門。

某日賣場於上午9時營業至下午10時，並分別於上午11時至下午2時及下午6時至下午9時，因自動監控系統量測得場所二氧化碳濃度超過800 ppm而開啟空調箱外氣風門，全日總計開啟6小時。

又某日賣場之自動監控系統因維修而暫停使用，僅參考來客數並以手動方式調整外氣之開啟與關閉，其外氣風門開啟時間為上午11時至下午9時，共開啟10小時。

將前述二日之賣場耗電量與電費參照通用公式進行計算與比較，詳見表5-8。

表 5-8 不同外氣開啟方式之耗電量計算

比較項目	使用自動監控系統調整外氣	參考來客數手動調整外氣
空調運轉時數	有開啟外氣：共 6 小時 一般運轉：共 7 小時	有開啟外氣：共 10 小時 一般運轉：共 3 小時
能源消耗 (時間×功率)	$\left(6\text{hr} \times 100 \frac{\text{kW}}{\text{hr}}\right) + \left(7\text{hr} \times 60 \frac{\text{kW}}{\text{hr}}\right)$ = 1,020kW	$\left(10\text{hr} \times 100 \frac{\text{kW}}{\text{hr}}\right) + \left(3\text{hr} \times 60 \frac{\text{kW}}{\text{hr}}\right)$ = 1,180kW
單月電費估算	假設一個月有 30 天且一度電以 3.5 元計算，單月電費預估為： $1,020 \times 3.5 \times 30 = 107,100$元	假設一個月有 30 天且一度電以 3.5 元計算，單月電費預估為： $1,180 \times 3.5 \times 30 = 123,900$元

透過表5-8之內容可得知，透過自動監控系統之控管，相較於僅用來客數調整外氣量，**每個月可省下16,800元之電費**，已達到相當程度之節能效益，但本範例之計算結果僅為理論值，**在調控外氣風門開閉時仍須考量其餘舒適度條件如溫、濕度等，場所可洽詢設備廠商協助評估。**

第六章 結論

現代的商場，在經營理念與管理實務上接以提升消費服務之品質為主，維護良好之購物環境亦為提升服務品質之一環，因此商場之管理者與內部員工皆有義務落實室內空氣品質之維護管理，以確保消費民眾處於良好環境，而民眾在選擇消費場所前，也應當將場所之室內空氣品質良窳納入考量項目。

目前「室內空氣品質管理法」對於商場類型場所之管制範圍僅有百貨公司及量販業，其餘較小型之商場如超級市場及便利商店皆尚未納管。對於已公告列管之場所，除依法按時執行維護管理工作外，也必須透過觀察、評估甚至改善等工作，以確保場所擁有良好室內空氣品質；而尚未公告列管之場所，也建議先行瞭解相關法令，並自主執行各項室內空氣品質維護管理工作。

執行室內空氣品質維護管理與改善工作，對於事業主來說也許代表著人力與成本之增加，然而在改善與提升室內空氣品質的同時，也相對的提升了消費民眾與場所內部工作人員之舒適度，擁有身心健康之員工，以及持續且穩定之消費群眾，將使得執行室內空氣品質維護改善之成本得到回收，並在長久之下達到永續經營的目標（如圖6-1）。



圖6-1 室內空氣品質管理與永續經營

參考文獻

1. 行政院環境保護署，室內空氣品質管理法，2011
2. 行政院環境保護署，室內空氣品質管理法施行細則，2012
3. 行政院環境保護署，室內空氣品質維護管理專責人員設置管理辦法，2012
4. 行政院環境保護署，室內空氣品質標準，2012
5. 行政院環境保護署，室內空氣品質檢驗測定管理辦法，2012
6. 行政院環境保護署室內空氣品質資訊網，
<http://iaq.epa.gov.tw/indoorair/index.aspx>
7. ASHRAE/IES Standard 90.1-1989，Energy Efficient Design of New Buildings Except Low-rise Residential Buildings, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers，2013
8. ASHRAE HANDBOOK Applications，1999
9. 行政院環境保護署，室內空氣品質自主管理及改善技術手冊，2010
10. Menzies, D., Popa, J., Hanley, J. A., Rand, T., and D. K. Milton, “Effect of ultraviolet germicidal lights installed in office ventilation systems on workers’ health and wellbeing: double-blind multiple crossover trial,” THE LANCET, Vol.362, No.29, pp.1785-1791 (2003).
11. 內政部建築研究所，室內環境品質診斷及改善技術指引，2012
12. 內政部建築研究所，室中央空調系統節能改善工程應用與實例分析，2005
13. 林延彥，國立台北科技大學研究所碩士論文，冰水系統運轉模式節能分析，2003。
14. CDC, “Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities,” MMWR 52(RR-10)，2003.
15. CDC, “Guidelines for preventing the Transmission of Mycobacterium Tuberculosis in Healthcare Facilities,” In: CDC, Editor. Federal Register. Washington: US Govt. Printing Office，2005.