

冷凍空調篇

病態綠建築的空氣污染轉機 室內空氣品質全面整合方案



郭廷威 黃正中

清華大學生物科技研究所 碩士
舒活健康科技股份有限公司 研發專員



一、前言

台灣至少有三成五以上的上班族和不滿意室內空氣品質，其中更有人形容，星期一早晨的辦公室就像缺水的沼澤，不但空氣停滯不動，偶爾還會冒出陣陣臭氣。因空氣不良所引起的不適，會在一進入辦公室時馬上感受到；因為長時間毒素累積所產生的不適，通常到了下午症狀就會特別明顯；而根據內政部建築研究所的調查發現，全台灣有 82% 的上班族在辦公室經常感到頭痛、疲倦甚至噁心，12% 的上班族甚至天天出現身體不適的症狀，包括打噴嚏、喉嚨乾燥、眼睛鼻子過敏、頭痛、昏昏欲睡、容易疲倦、咳嗽、氣喘、皮膚發癢、情緒起伏大……等等。

這正如我們在上一期談到的許多病態建築所存在的空氣問題（Sick Building Syndrome, SBS），一般人都以為室內空氣品質比室外好，其實卻正好相反。現在建築物為防止室外噪音、熱氣、污染及冷氣的外洩等問題，而在許多大樓建築設計上特別與外界環境隔絕，僅靠局部換氣的方式替換室內空氣。但往往因換氣量的不足，造成有害人體健康的污染物積蓄在室內，無法擴散出去，隨著中央空調系統不斷的循環、也不斷的累積。加上生活在建築物內的人類造成新鮮氧氣的消耗，使室內的二氧

化碳濃度逐漸升高，更容易使人體產生疲倦無力感。

在歐洲、北美及日本這些先進國家，甚至連對岸的中國大陸，對於室內空氣污染對人身產生傷害均十分的重視，其國家政府更是對此的推動不遺餘力，而台灣目前在這一方面卻是遲遲沒有跟上世界的腳步，在整體社會結構愈趨 M 型分佈下，大家所追求夢想的「豪宅」設計，只是不斷的強調建材的質感高級、將所有的奢華傢俱、電器產品一股腦的置入建物中，卻鮮少人真正的注意到住戶最基本且重要的需求，一個健康的空氣環境。本期所討論的內容，係針對室內污染空氣的治理技術作一系統的介紹，並對其不同治理方式的優勢作一比較，希望本篇文章，能夠提供給建築裝潢空調設計的前輩先進，帶來對空氣問題全面解決方案更深層的瞭解。

二、室內空氣污染防治辦法

室內空氣污染的防治，一般會分為污染源頭控制、室內通風換氣以及導入空氣淨化技術三大方向，每種方式都有其必要性與不可取代性。

1. 污染源頭控制

室內空氣污染物的來源眾多，最佳的室內

冷凍空調篇

污染防治辦法，便是從污染的源頭控制污染。要解決污染源頭的問題就必須先找到該污染源的所在。

- (1) 建築裝修材料的污染：油漆、隔板、泡沫填材、內牆塗料的材料均含有甲醛、苯、甲苯等有機物，並具有相當的致癌性。
- (2) 家庭日用化學品：如樟腦、殺蟲劑、髮膠、芳香劑等也是室內污染的來源。另外，辦公設備如個人電腦、印表機、顯示器、影印機等，會逸散出一些揮發性有機物，如甲苯、二甲苯、苯乙烯、1-丁醇以及乙酸丁酯...等化學物質，有些使用中甚至會排放臭氧。其所逸散的相關化學物質，其複雜性與高濃度對室內空氣品質造成相當程度影響。
- (3) 燃燒產物：做飯及吸煙是室內廢氣和揮發性有機物的主要來源。廚房中的油煙和香菸中的煙霧成分極其複雜，目前已經分析出的 3800 多種物質，其中許多物質有致癌性，這些物質於空氣中以氣膠狀態存在。
- (4) 人體（包括寵物及植物）：在室內活動除生物體本身通過呼吸道、皮膚、汗腺可排出大量污染物外，寵物的皮屑、毛髮、植物的孢子與塵蟎的排泄物與屍體都是污染室內空氣的元兇。

表一列出一般室內常見的污染物及其污染源。

一旦確認污染源後，便要瞭解污染源的性質。強度如何？是持續性還是間歇性？是否可移除？移除所需成本？從技術觀點來看，治本應該為室內空氣污染防治的第一考量，一旦等釋放入空間後再處理，便要付出健康與金錢成本。

2. 室內通風換氣

通風便是室內外的空氣互換，交換的速率越高，降低室內產生的污染物的效果往往越高，但有時也會把室外的污染物帶入室內。而究竟是降低污染還是增加污染，端看該污染項目的濃度是室外較高還是室內較高。因此，運用室內通風換氣需有以下幾點考量。

- (1) 地點考量：換氣的效果端看室內外污染物質的濃度差，因此若是位於工業區或大都會附近的房子便不一定適合通風換氣，因為可能換入的空氣品質更糟。
- (2) 能源考量：現代建築的換氣量越來越少，主要源於新空氣的加熱與制冷佔空調的開銷約五成，因此在能源危機後，企業主為了節省能源便設法減少通風換氣，甚至部分建築物更是使用 100% 的再循環空氣，而沒有引入室外空氣。

雖有以上考量，但室內通風換氣還是有其不可替代性，由於人在室內活動會消耗氧氣而產生二氧化碳，目前並沒有其他替代方案可以代替通風換氣增加室內的氧氣量。因此美國冷凍空調學會（ASHRAE）便制訂在無人吸煙的環境中最小通風速率是每分鐘每人 0.14m^3 ，而在有人吸煙時每分鐘每人 0.57m^3 。

3. 導入空氣淨化技術

對於多數的建築物中，都無法只藉由污染源頭控制與通風換氣來達到讓室內的空氣品質清淨無污染，尤其若室外空氣品質不佳，為了增加室內的需氧量，可能更加劇室內空氣的惡化。此時，就必須引入空氣淨化技術，早期空氣淨化技術多是應用在高污染性的工廠中，對於排出室外的污染物進行處理，但由於現今的建築氣密性高，污染物反而容易在室內累積，影響在室內活動者的健康。因此，室內空氣淨化成為一個全新的產業。室內空氣淨化主

冷 凍 空 調 篇

表一. 室內空氣污染的種類與來源

主要源自室外	
硫氧化物(氣體及微粒)	燃料燃燒、鍊礦爐
臭氧	光化學反應
花粉	樹木、草、植物
鉛、錳	汽、機車排氣
鈣、鎘、矽、氯	塵土再懸浮、工廠排放
有機物質	石化溶劑、燃料蒸發、生物性來源
室內外來源都有	
NO _x	燃料燃燒
CO	燃料燃燒
CO ₂	燃燒、代謝產物
微粒	燃燒產物、蒸氣冷凝、微粒再懸浮
水蒸氣	生物活動、燃燒蒸發
有機物質	燃燒、油漆、代謝產物、有機液體蒸發、農藥
孢子	真菌、黴菌
主要源自室內	
氫氣	土壤、建築物質(混凝土、石材)、給水
甲醛	絕緣物質、傢俱、香菸、Particle board
石棉、礦物纖維、合成纖維	絕緣物質、抗火物質
有機物質	黏合劑、溶劑、烹飪、化妝品
氨	代謝產物、清潔劑
多環芳香族烴、砷、尼古丁、丙烯醛	香菸
水銀	殺菌劑、油漆、水銀溫度計斷裂、牙醫診所水銀漏出
使用噴霧方式之商品	消費商品
微生物	動物(含人體)、植物
過敏原	室塵、動物垢屑、昆蟲節肢

要針對室內空氣的處理與室外引入空氣的前處理，使建築能在最低的能源消耗下，達到所有使用者皆能健康的空氣品質。

三、空氣淨化技術

對一般家庭來說，污染源頭就算知道在哪裡，也無法有效移除。除非是要大動裝修，但是裝修的建材如果選擇不良，又會造成更多的揮發性有機氣體的污染。雖然通風不失為一個好的稀釋室內污染物的好方法，但是夏天動輒將近 40°C 的高溫，論誰都不會想讓這種溫度的空氣進到室內。如果為了工作方便或交通方便，而將房子買在鬧區或工業區工作地點附

近，室外空氣的可怕味道肯定是多數人不願意聞到的。

聰明的你，肯定瞭解室內空氣淨化產業並不是憑空生出的，所有新產業的產生，都必須由需求走在前頭，產業才能順利發展。現代工作或居住的空間中有太多的無奈，所以我們無法只用源頭控制和通風換氣解決所有的問題。為了人類的健康，並且在合理的預算之中達到清淨空氣的目的，空氣清淨產業就是背負這樣的重責大任來服務有需求的大眾。

1. 空氣污染物的分類：

室內空氣淨化的技術相當多元，每種技術

冷凍空調篇

所針對的污染源亦不相同。因此要提升室內空氣品質，首先就必須先瞭解室內空氣的污染類型與性質，再選擇對應的解決方案，才不會投資了金錢，卻無法達到淨化空氣的目的。

圖一為空氣污染的主要分類，根據其性質分為氣狀污染物及粒狀污染物兩類。

(1) 氣狀污染物

氣狀污染物分為無機氣體與有機氣體兩種。以下是常見污染氣體的介紹。

- 硫氧化物 SO_x ：由 SO_2 與 SO_3 組成，主要來自燃燒及車輛廢氣，溶於水形成亞硫酸及硫酸，為酸雨的來源，室內 SO_x 多為室外廢氣侵入。
- 氮氧化物 NO_x ：由 NO 與 NO_2 組成，主要來自燃燒及車輛廢氣，溶於水形成亞硝酸及硝酸，為酸雨的來源，室內 NO_x 除了室外廢氣侵入，瓦斯燃燒亦為主要來源。
- 一氧化碳 CO ：燃燒不完全所產生，與血紅素結合後不能還原，影響血液載氧，濃度高會引起死亡。

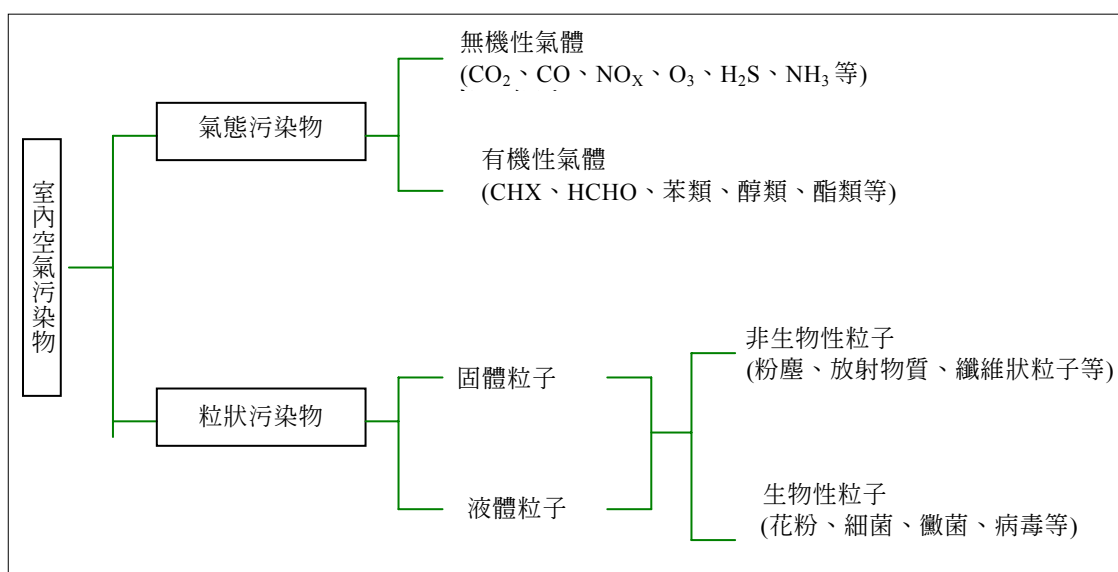
- 臭氧 O_3 ：由 NO_x 及 $VOCs$ 經光照產生，亦可人為放電產生，氧化性極強，可做殺菌、分解用途，但濃度高時對人體有害。
- 揮發性有機氣體 $VOCs$ ：室內 $VOCs$ 以甲醛、苯、甲苯、二甲苯、三氯甲烷為主，由燃燒、工廠排放、裝潢溶劑揮發等引起，多具有毒性、致癌性及致突變性。

(2) 粒狀污染物

粒狀污染物有固體粒子與液體粒子（氣膠）兩種，但根據對人體的危害方式，我們將生物性粒子特別獨立出來討論。

- 非生物性粒子：產生的來源很多，如燃燒、工廠排放、香菸、化學品、汽機車排放等。大體而言可由粒子大小分成「懸浮微粒」及「落塵」。「懸浮微粒」顆粒之粒徑小於 $0.1 \mu m$ ，因其重力效應極微，因此移動方式如分子般，以「布朗運動」移動。「落塵」尺寸大於 $20 \mu m$ ，此時重力的效應明顯，因此會有明顯的沉降特性。 $1 \sim 20 \mu m$ 的粒子運動隨氣流飄移。 $1 \sim 5 \mu m$ 的粒子對人體的

圖一 室內空氣污染的分類



冷凍空調篇

危害最大， $1\sim 3\ \mu\text{m}$ 極易停留在肺泡； $3\sim 5\ \mu\text{m}$ 則容易停留在呼吸道及支氣管中。

- 生物性粒子：人及動物之毛髮、皮屑、花粉、細菌（如肺結核桿菌）、真菌（如各種黴菌，皆會產生大量孢子）、病毒（如禽流感病毒及 SARS 病毒）、塵蟎（塵蟎排泄物為主要過敏原）等，都是致病原（微生物直接對人體造成傷害）及致過敏原（該物質誘發人體過度的免疫反應，而對人體造成傷害）。這些生物性粒子可能獨自或是附著在飛沫、灰塵等載體上傳播。

2. 空氣淨化技術的種類：

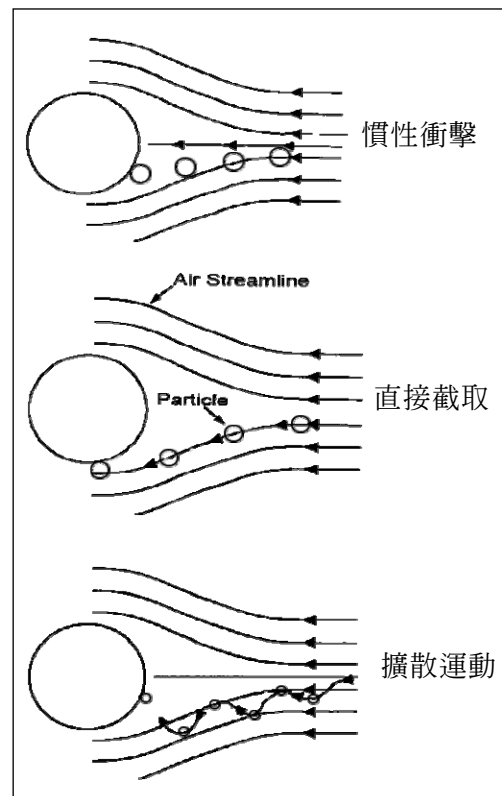
知道問題後，尋求適當的解決方案便是當務之急，表二針對各項污染物類型所相對應的解決方案，這邊提供讀者一個快速搜尋，在選擇產品上，需具備有哪些技術才適用，並應用以下資訊來尋找解決方案。

(1) 纖維過濾技術

此即我們一般常說的過濾網，此技術應用交錯細密的各式纖維形成阻絕空氣中粒狀污染物的屏障。此種技術為最常見的技術，因為其成本較低，但是每種濾網皆有其灰塵負載量，一旦超出負載量便會失去效果，或是堵塞後造成風壓增大風量減小，因此需不斷更換。

濾網捕捉粒子的原理有三（圖二）。慣性衝擊（Inertial Impaction）為當粒子較大時，慣性力較明顯，粒子無法隨氣曲線移動，直接撞上濾網纖維。直接截取（Direct Interception）為部分粒子順著氣流線移動，若粒子尺寸大於流線與物體表面的距離，粒子即被捕捉。擴散運動（Diffusive Motion）為小粒子慣性效應小，亦不易被截取，但具有布朗運動特性，將隨機附於障礙物上。

圖二. 纖維過濾技術之原理



濾網根據其效能分為初級濾網（平板式、折疊式）：僅能過濾可以目視大小的微粒。中級濾網（袋式、箱式）：懸浮微粒過濾效率 $45\%\sim 90\%$ 。高效率濾網（HEPA）：可過濾 $0.3\ \mu\text{m}$ 懸浮微粒效率達 99.97% 。超高效率濾網（ULPA）：可過濾 $0.1\ \mu\text{m}$ 懸浮微粒效率達 99.99997% 。

(2) 靜電集塵技術

靜電集塵技術為進階的灰塵清淨技術，其特點為對細微粒特別有效，因此通常會置於初級濾網之後搭配使用，其效果隨集塵板積塵量增大而降低，但此系統在經過定期維護後即恢復其原來的效能。

冷凍空調篇

表二. 各類型污染物的解決方案

清淨技術	懸浮微粒				污染氣體				微生物			備註
	花粉	塵蟎	粉塵	香煙	煙臭	尿臭	有機氣體	燃燒產物	真菌	細菌	病毒	
濾網(初級)	○	○	▽						▽			僅能過濾可以目視大小的微粒。
濾網(中級)	◎	○	○	▽					○			懸浮微粒過濾效率 80%。
濾網(HEPA)	◎	◎	◎	○					◎	▽		可過濾 0.3 μm 懸浮微粒效率達 99.97%，但壓損極大。
濾網(ULPA)	◎	◎	◎	◎					◎	▽		可過濾 0.1 μm 懸浮微粒效率達 99.99997%，但壓損極大。
靜電濾網	○	○	○	○					○	▽		壓損小，對細微粒初期清淨效果佳，但濾網壽命短。
靜電集塵	○	○	○	○					○	▽		對細微粒特別有效，效果隨集塵板積塵而降低，維護後可重複使用。
負離子	○	○	○	○	▽	▽	▽			▽	▽	作用範圍有限，可能使灰塵附於機體與物體表面。(減少空氣中微粒，且對人體健康有益)
臭氧					▽	○	○	○	○	○	○	作用範圍有限制，濃度太高對人體有害。
活性炭					◎	◎	◎	▽				可吸附臭味，但要定期更換已飽和之濾網，壽命較短。
化學濾網					◎	◎	◎	◎				在濾網上改質，附加上針對特定的化學物質的反應劑，對污染物氧化或中和。
紫外光									○	○	○	在足夠劑量的照射下，將能使微生物去活化。
光觸媒					◎	◎	◎	○	▽	◎	○	同時具除臭和滅菌功能，更換期限較長。
複合式光觸媒					◎	◎	◎	◎	▽	◎	○	結合吸附技術與光觸媒，將氣體先吸附後分解，大幅提升效能及使用壽命。
遮蓋法					▽	▽						遮蓋法無法真正解決污染問題，只能提供較佳的感官感受，過多時甚至造成 VOCs 污染。
機能性濾網												具特定功能而製造的濾網，功能視使用技術而定，如殺菌、除臭等。

說明：
◎非常有效 ○有效 ▽效果有限
資料參考：工研院能資所 劉德勇 江旭政 <空氣清淨機之濾塵裝置的原理介紹>

靜電集塵技術的原理如圖三所示，藉由高壓線圈產生電暈放電，使經過線圈的空氣帶電，而帶電的空氣會附上經過的微塵而讓粒子帶電，之後帶電粒子將會被帶相反電極的集塵板所吸附沈積。

一般工業用靜電集塵器使用負極線圈，粒子帶負電，吸附於正極集塵板。而空氣清淨機靜電集塵器使用正極線圈，粒子帶正電，吸附於負極集塵板。其主要差異在於產生負電暈電

壓比正電暈電壓低且負電暈電流大，所以工業用靜電集塵機均採用負電暈放電形式；但雖正電暈放電功率損耗大，其產生臭氧量僅負電暈放電十分之一，因此，考量人體健康，室內空氣清淨機採用正電暈放電。

(3) 負離子技術

負離子採用高壓尖端放電，圖四為一般常見的尖端放電的結構。此技術並不能真正的除去空氣中的灰塵，而是藉由使經過電極附近的

冷凍空調篇

粒子帶電，而帶電粒子對空氣中的粒子具有凝聚作用，使其聚集成為較大的粒子進而沈降下來。使用過負離子發生器的環境通常會發現室內表面的塵埃特別多，此即為負離子清淨空氣的作用。

而負離子近年來被稱為空氣中的維他命，被認為有對人體健康有相當的幫助，而相關的科學研究大部分是屬於起頭階段，是否對健康有效各有其一派擁護者，因此消費者可以自行判斷選用，但切忌不要讓過度誇大的廣告所吸引。

(4) 臭氧技術

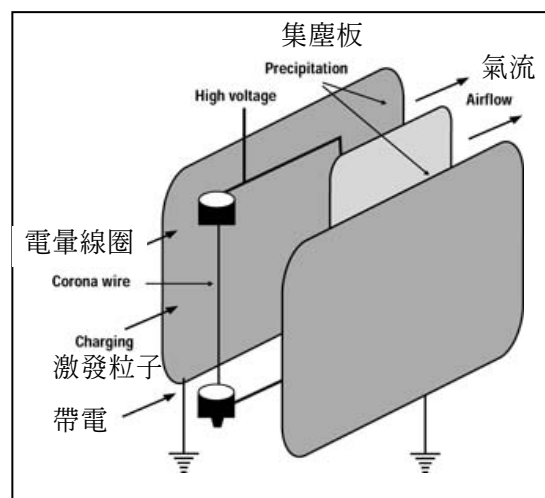
臭氧是應用相當廣泛的污染控制技術。其產生原理有三。

- 電化學法：利用直流電源電解含氧電解質產生臭氧的方法。電解法生成臭氧具有濃度高、成分純淨特色，在醫療、食品加工、養殖業及家庭應用等方面具有廣泛前景。但電解法生成臭氧的成本比較高。
- 光化學法：仿效大氣層上空紫外線促使氧分

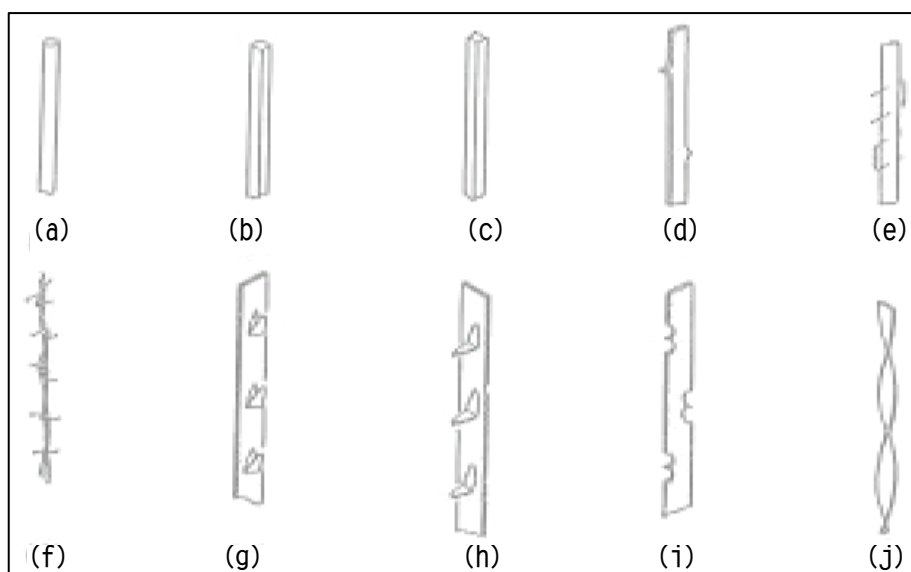
子分解並聚合成臭氧的方法，即用人工產生的紫外線促使氧分子分解並聚合成臭氧的方法。此種方法的優點是對溫度、濕度不敏感，具很好的重複性；同時，可以透過燈功率線型控制臭氧濃度、產量。缺點是產量低，不適合大規模使用。

- 電暈放電法：在常壓下使含氧氣體在交變高

圖三. 靜電集塵技術之原理



圖四. 尖端放電之電極結構



冷凍空調篇

壓電場作用下產生電暈放電生成臭氧的過程。電暈放電法相對能耗較低、產量最大、市場佔有率最高、應用最廣的臭氧發生裝置。

- 臭氧具有相當強的氧化活性，因此極易與其他分子反應。當遇到細菌、黴菌或有毒化學物質及臭味時，都能立即產生氧化反應，分解有害物質，可用來淨化空氣或飲水之消毒，也常用來處理工業用污水與廢氣。
- 但其在較高濃度下反而對人體有害，0.1~0.5ppm 時對鼻黏膜及眼睛有刺激性；1ppm 以上會引起咳嗽、胸痛、嘔吐等；10ppm 時會引起肺氣腫甚至死亡。台灣目前針對臭氧的管理，第一類場所不超過 0.03ppm；第二類場所不超過 0.05ppm，因此在於有人活動區域的室內空氣污染防治上的應用反而受到限制，建議盡量在通風良好或無人空間使用此技術較為安全。

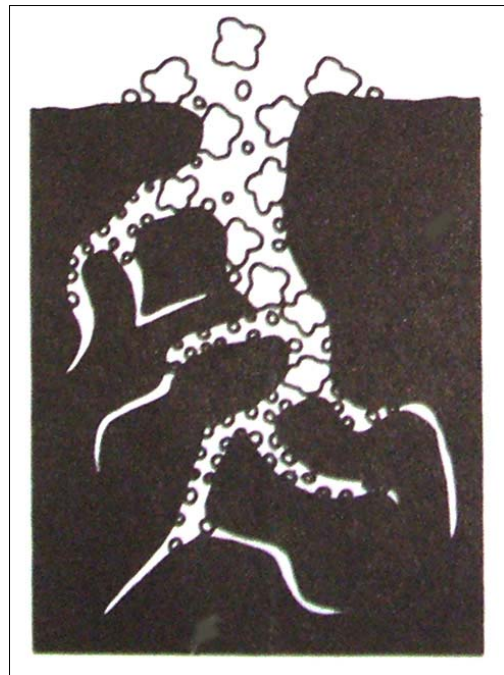
(5) 物理吸附技術

物理吸附的材質通常是使用具有高表面積的多孔性材質，如分子篩與活性碳等，其中由於活性碳價格便宜取得容易，因此絕大多數的應用，皆使用活性碳作為物理吸附的材質。其原理是藉由分子間的靜電力或凡得瓦爾力（因本身質量所產生的引力）作用來捕捉氣體分子。

圖五為活性碳的結構，其由木料（如椰子）或煤藉由熱解（pyrolysis）而活化成多孔結構物質，因為這些多孔結構具有龐大的依附表面，所以得以吸附所欲分離的氣體。對於有機蒸氣、惡臭物質及某些有害氣體，活性碳可提供良好效率。

吸附劑的飽和曲線如**圖六**所示，在飽和前，活性碳的效能幾乎無任何衰減。一旦過了破壞點，則效能迅速衰退，此時便必須進行更

圖五. 活性碳的截面結構



換或是脫附再生。

(6) 化學濾網技術

相對於物理吸附對污染氣體的低選擇性，化學吸附技術是專門用來對特定氣狀污染物進行反應，使污染物被中和、氧化或是被催化成無污染物質。具有反應快速、高選擇性與吸附不可逆等優點。其製備方法通常以活性碳、氧化鋁或是分子篩等高表面積材質作為載體，藉由將特定活性化學物質浸泡、化學鍵結或經過工藝處理成形製成複合材料。

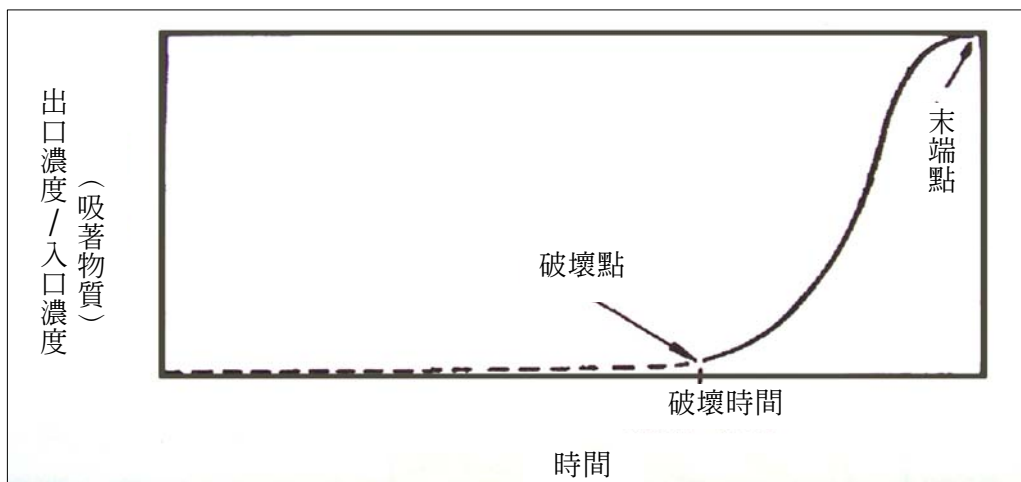
對於有特定污染源的用戶，此種方式將是非常有效率的技術。

(7) 紫外光技術

紫外線波長介於 10nm~400nm，由此可知紫外光波長能量較高，且具有一定穿透力。因此在紫外光照射下，可破壞微生物的遺傳因子 DNA，進而阻止微生物之繁衍。一般應用的對象主要為對於殺菌有需求的地方，如醫

冷凍空調篇

圖六. 活性碳的使用效能曲線



院、空調系統、實驗室、消毒等。紫外線分成三類，UV-A，波長 300 ~ 400 nm，稱近紫外線。UV-B，波長 200 ~ 300 nm，稱為中紫外線。UV-C，波長 10 ~ 200 nm，稱為遠紫外線（此波長可誘發臭氧的產生）。

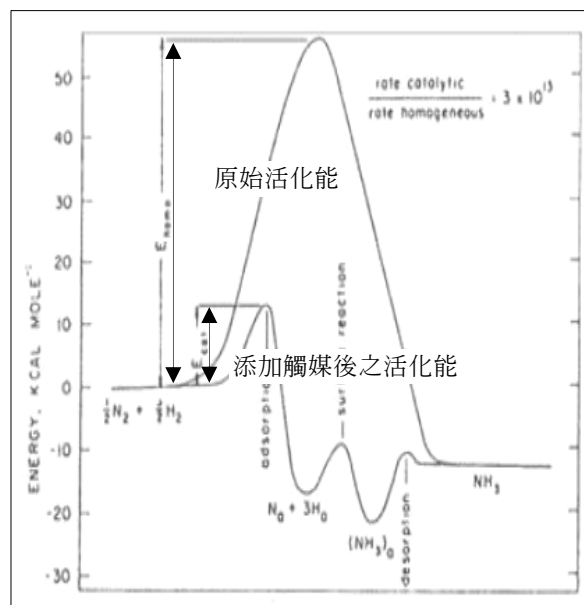
紫外線照射亦會對人體造成傷害，因此使用時須於無人空間。且紫外線的殺菌能力隨燈管照射距離而快速遞減，因此在應用設計上必須考量到所有需殺菌位置均能有效獲得足夠劑量的紫外線照射。

(8) 光觸媒技術

光觸媒技術是空氣淨化中一個較新的領域，其可在常溫下反應，將室內的有害氣體及異味氣體經過不可逆的反應，分解為無臭無害的產物。另外，其對於空氣中的微生物亦會藉由破壞微生物外膜而將其殺滅。

- 觸媒原理：可加速或減緩化學反應的物質，且在反應過程中該物質不會產生永久性的化學變化。如圖七所示，觸媒可降低反應之能量障礙（活化能），但不改變反應之自由能（產物與反應物的能量差異）。

圖七. 觸媒使反應更容易進行



- 光觸媒原理：光觸媒（Photocatalyst）= 光（Photo）+ 觸媒（Catalyst）。根據聯合國純化學應用化學國際組織 IUPAC 對光觸媒定義：一個系統只要利用到觸媒或某些基材，且牽涉到光線吸收的催化反應。都可稱為光觸媒。

冷凍空調篇

• 二氧化鈦 TiO_2 是目前半導體材料中使用最廣泛之光觸媒材料。就二氧化鈦粒子構造來看（圖八），當接受能量大於其能階差之光線激發（紫外光波長小於 380 nm），將帶負電荷電子從共價帶被激發至傳導帶，此時會形成電子在傳導帶，正電荷在共價帶形成電洞。

傳導帶電子形成還原反應，共價帶電洞則形成氧化反應，因此在 TiO_2 光觸媒表面，進行反應性極強的氧化與還原反應。產生反應性極強的過氧分子、超氧分子及自由基，來分解有害氣體與微生物（圖九）。

（9）複合式光觸媒技術

光觸媒技術具有高效的污染氣體分解能力，且其觸媒特性可以長久使用不需時常更換，但其分解需增加與污染氣體的接觸時間才有更高的效率。而活性碳濾材擁有良好的氣體吸附能力，但由於其效能飽和後會完全失去，必須不斷的更換與脫附再生。

目前經由工業技術研究院技術轉移的複合式光觸媒技術便是結合兩種技術的優點，並且消除了彼此的缺點，提供高效捕捉、高效分解、使用壽命長的新型技術。

根據工研院的實驗（圖十），在未開 UV 燈情況下，可見一小時內乙醛濃度迅速從 5000ppm 被吸附至 225ppm。在 UV 燈開啓後，可發現光觸媒開始作用後，一邊分解吸附於活性碳上的乙醛，另一方面更減低活性碳無法吸附的乙醛濃度。

（10）特殊機能性濾材

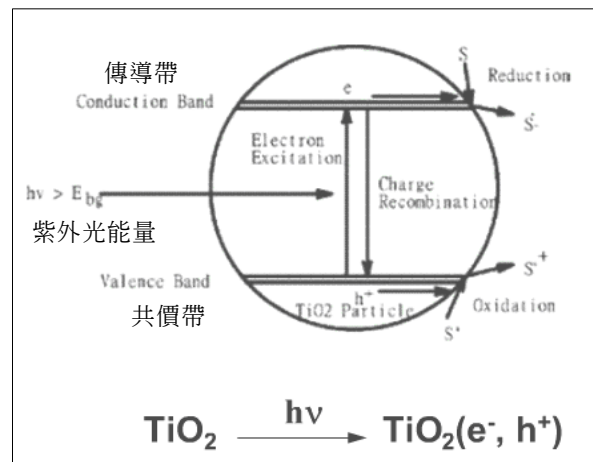
由於特殊需求所製作的濾網，如殺菌濾網、負離子濾網、維他命 C 濾網、化學濾網、靜電濾網等。根據不同的用途，可搭配不同的機能性濾網作使用。機能性濾網的原理就是在原始濾網上，進行特殊的表面處理，嵌入

或鍵結上特殊能力的材質，使濾網具有新的附加功能，應用變化相當多樣化。

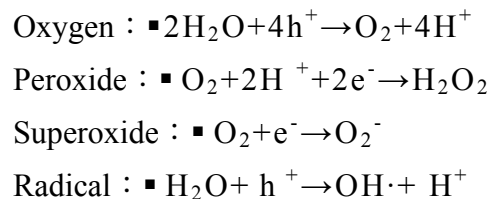
（11）臭味遮蓋法

遮蓋法為使用其他芳香化學物質遮蓋欲消除的臭味，因為其並無法真正的消除污染物

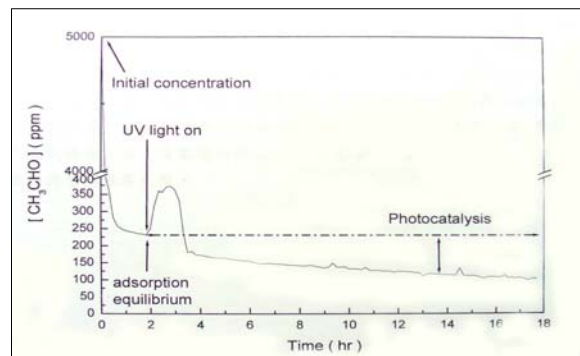
圖八. 光觸媒反應之原理



圖九. 光觸媒反應產生之活性化合物



圖十. 工研院複合性光觸媒對乙醛分解實驗



冷凍空調篇

質，只能作為應急用的暫時解決方案，但若過量使用芳香化學物，可能反而會造成更多的有機污染氣體，在使用上需特別注意。

(12) 噴灑式吸收反應技術

部分特定化學物質具有中和污染氣體或是將污染物質包裹起來從空氣中消除，像是甲醛消除劑、臭味消除劑等相關產品也漸漸開發出來。

使用此種技術需特別注意，由於此類藥劑是直接噴灑於空氣中，在空間中的人員便有可能會吸入此種物質，因此其化學毒性的研究便更為重要，使用相關產品時，必須要相關提供廠商提供完整的安全試驗報告，才能安心使用。

(13) 成膜式微生物抑制技術

空調系統常常成為微生物污染室內空氣的重要因素，主要由於部分設計不良的空調系統中，在冷凍盤管或風管中常有潮濕的情形，而使得進入空調系統中的微生物在盤管上與風管中大量繁殖，最後大量的吹入室內環境中（圖十一）。

而目前國內亦有引進相關技術，使盤管與風管表面形成一層抑制微生物生長的保護膜，配合空調洗淨技術的配合，將可使空調系統回歸提供清淨空氣的途徑，而不是增加微生物污染的元兇。

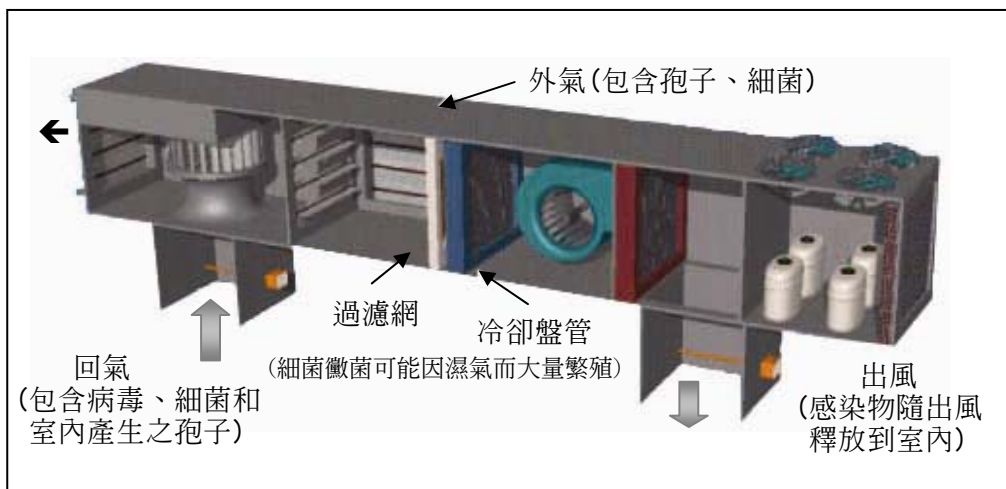
四、我國「室內空氣品質標準建議值」各項標準的解決方案

表三為我國環保署於 94 年 12 月 30 日共告的「室內空氣品質標準建議值」。而目前正積極制訂「室內空氣品質法」的制訂，包括檢測方法與管理辦法都在積極的規劃中。以下便針對各項各項標準說明，並提出相關解決方案的搭配。

1. 溫度

- (1) 當室內溫度高於 30°C，相對濕度大於 80%時，環境溫度高於體表溫度，人體皮膚溫度將會很快升高，此時人的體溫調節處於高負荷狀態，人體通過流汗蒸發散熱來調節溫度，大量出汗可能導致鹽分流失代謝失調，或是誘發中暑、皮

圖十一. 空調系統造成室內微生物污染的原因



冷 凍 空 調 篇

表三. 台灣「室內空氣品質建議值」

項目	建議值	建議值		單位
		第 1 類	第 2 類	
二氧化碳	8 小時值	第 1 類	600	ppm (體積濃度百萬分之一)
		第 2 類	1000	
一氧化碳	8 小時值	第 1 類	2	ppm (體積濃度百萬分之一)
		第 2 類	9	
甲醛	1 小時值		0.1	ppm (體積濃度百萬分之一)
總揮發有機化合物 (TVOC)	1 小時值		3	ppm (體積濃度百萬分之一)
細菌	最高值	第 1 類	500	CFU / m ³ (菌落數 / 立方公尺)
		第 2 類	1000	
真菌	最高值		1000	CFU / m ³ (菌落數 / 立方公尺)
粒徑小於 10 μm 之懸浮微粒	24 小時值	第 1 類	60	μg / m ³ (微克 / 立方公尺)
		第 2 類	150	
粒徑小於 2.5 μm 之懸浮微粒	24 小時值		100	μg / m ³ (微克 / 立方公尺)
臭氧	8 小時值	第 1 類	0.03	ppm (體積濃度百萬分之一)
		第 2 類	0.05	
溫度	1 小時值	第 1 類	15~28	°C (攝氏)

註：
 一. 1 小時值：指 1 小時內各測值之算術平均值或 1 小時累計採樣之測值。
 二. 8 小時值：指連續 8 小時內各測值之算術平均值或 8 小時累計採樣之測值。
 三. 24 小時值：指連續 24 小時內各測值之算術平均值或 24 小時累計採樣之測值。
 四. 最高值：依檢驗方法所規範採樣方法之採樣分析值。
 五. 第 1 類：指對室內空氣品質有特別需求場所，包括學校及教育場所、兒童遊樂場所、醫療場所、老人或殘障照護場所等。
 六. 第 2 類：指一般大眾聚集的公共場所及辦公大樓，包括營業商場、交易市場、展覽場所、辦公大樓、地下街、大眾運輸工具及車站等室內場所。

膚病等病症。

在冷的環境中，人的血管收縮，體內熱量減少，會增加內臟負擔、增加血流量、加強新陳代謝來維持體溫，導致心跳加速、呼吸急促而亦引起哮喘和循環系統疾病。

- (2) 超標時的解決方案：良好的空調系統（按時保養，包括定時執行空調洗淨）。

2. 二氧化碳

- (1) 二氧化碳無色無味，但與人的新陳代謝有關，因此可做為室內空氣新鮮程度的一個指標，亦可用來判別導入室內的外氣是否足夠。由於人呼出的氣體中二氧化碳約佔 4%~5%、氧氣佔 15%~

16%，故為了維持標準內的二氧化碳含量，便必須持續導入新鮮空氣。

- (2) 超標時的解決方案：通風換氣。

3. 一氧化碳

- (1) 一氧化碳是一種無色、無味、無臭、無刺激性的有害氣體。其通常是由於不完全的燃燒所產生。由於一氧化碳與人體的血紅蛋白的結合能力是氧氣的 200~250 倍，因此若室內空氣含有過量的一氧化碳將會造成吸入者的組織缺氧，首先損害大腦與心肌，嚴重者將導致死亡。

- (2) 超標時的解決方案：物理吸附、光觸媒反應、通風換氣。

4. 臭氧

冷凍空調篇

- (1) 臭氧為氧的同素異構體，為無色有特殊臭味的氣體。正常大氣中含有極少量的臭氧，而室內臭氧的主要來源為電視機、影印機、印刷機、負離子產生器、紫外燈等在使用過程中都有可能產生臭氧。其毒性主要表現在對呼吸系統的強烈刺激與損傷，其對呼吸系統的毒性比氮氧化物大 10~15 倍。
- (2) 超標時的解決方案：污染源頭減量（在空氣清淨設備的選擇上應選擇低臭氧或無臭氧產生的機種）、物理吸附、通風換氣。

5. 懸浮微粒

- (1) 灰塵粒徑小於 10 微米的粒子為可吸入的粒子，通常粒子上還會附著其他污染物，如酸性物質或微生物，吸入後會刺激呼吸道或使引起疾病。粒狀污染物的來源很多，燃燒、吸煙、室外和空調系統帶入都會提高室內的粒狀污染物。
- (2) 超標時的解決方案：纖維過濾、靜電集塵、負離子。

6. 甲醛

- (1) 甲醛是一種無色易溶的刺激性氣體，其 40% 的水溶液可作為消毒劑（福馬林）。在室溫時極易揮發，可經呼吸道吸收，因此已被世界衛生組織認定為可疑致癌物。室內甲醛主要的來源除室外石化燃料的燃燒外，主要來自於室內裝潢裝修以及新家具中所溢散出來的，因甲醛是一良好的化學溶劑，故大量使用餘建材中，當夏季氣溫高時溢散量將更高。
- (2) 超標時的解決方案：物理吸附、化學濾網、光觸媒、複合式光觸媒、臭氧（室內需無人）。

7. 總揮發有機化合物（TVOC）

- (1) 通常指利用 TenaxGC 或 TenaxTA 採樣，

非極性色譜柱進行分析，保留時間在正己烷到正十六烷之間的揮發性有機化合物，主要用來作為室內空氣品質的標準，用來評估暴露在揮發性有機氣體環境下產生的健康和舒適效應。TVOC 對人體主要是刺激眼睛、呼吸道、皮膚過敏、頭痛、喉嚨痛、無力等症狀，而 VOCs 中的許多氣體，如苯、氯乙烯等都為致癌物。

- (2) 超標時的解決方案：物理吸附、化學濾網、光觸媒、複合式光觸媒、臭氧（室內需無人）。

8. 細菌、真菌

- (1) 部分室內空氣中的微生物會導致疾病，但因微生物的採樣方式皆不盡相同，故通常用空氣中的總細菌量或總真菌量來評估室內空氣生物污染的嚴重性，若總微生物量越高，出現致病微生物的可能性也相對增加，尤其是對於醫院、養老院等特殊環境更是可能出現致病微生物。
- (2) 超標時的解決方案：紫外光、光觸媒、機能性濾網（殺菌功能）、臭氧（室內需無人）、成膜式微生物抑制技術。

五、家中常有的問題的解決方案

空氣中的污染物極多，專有名詞一大堆，常是令一般大眾搞不清楚到底家中的空氣污染到底是什麼類型，到底污染物質是什麼？因此，表四就幫讀者們整理家中常見的空氣污染問題和常見的臭源，到底應該使用何種技術來處理，使讀者就算沒有專門的分析能力，也能根據問題的來源選擇適當的解決方案，成為室內空氣品質的家庭顧問。

六、如何選擇室內空氣清淨的服務廠商

若是家中或是工作環境室內空氣品質發生了問題，應如何解決，該找什麼公司，該找什

冷凍空調篇

表四. 室內異味發生源和一般淨化方法

使用場所	發生源	換氣	物理吸附 化學吸收*1		噴霧 吸收	光催化 反應	靜電 集塵	臭氧*2	芳香 遮蓋	抗菌 材質 *3
			固定	通風						
居家 辦公室	鞋臭	○	○						○	○
	體臭	○		○		○			○	○
	香菸	○		○		○	○		○	
	空調	○		○		○	○			○
廚房	烹調	○	○	○				○		
	垃圾	○		○	○			○	○	
	櫥櫃	○	○						○	
	冰箱	○	○	○		○				○
浴室	排水口	○						○		
廁所	馬桶	○	○	○	○	○		○	○	○
裝潢	板材、塗 料、建材	○		○	○	○		○	○	
日常 用品	鞋襪、衛 生用品		○							○
汽車	香菸	○		○	○	○	○		○	
	體臭	○		○		○			○	○

*1 固定法為直接將吸附與吸收材質放在空間中，藉由擴散效果來達到移除臭味的功能。通風法則是使用空氣清淨設備附加有吸附或吸收物質，藉由主動循環來達到移除臭味效果。

*2 臭氧可分解決大多數的異味，但必須在無人空間方可使用，因此在應用上受到限制。

*3 對於易滋生微生物而產生臭味的物品，如鞋子、衣服等，皆可以藉由使用抗菌性材質所製造的物品，以此減少異味產生。若是易滋生微生物的空間，則是需對該空間進行抗菌處理。

麼產品將關係著是否可以有效解決問題。以下提供讀者一些建議，加上本篇的專業知識，相信讀者將可以找到適合的解決方案以及服務團隊。

1. 首先要確定問題與需求（可直接找專業廠商來評估規劃）

(1) 確定要處理之污染物：著重已發生之問題或是預防性質？有人過敏嗎？有難以忍受的味道嗎？是什麼所引起的？是否超出標準？污染物是屬於粉塵、臭味、VOCs，還是感染過敏原等？不同的污染物必須要搭配不同的空氣清淨技術。

(2) 確定使用空間大小：例如 V 機型於 3 坪

空間，每小時可循環捷徑 10 次室內空氣，若於 30 坪空間，其循環次數可能會低於 1 次，在效果上便有極大差異。一台清淨機的效率，絕對與使用空間大小有關，必須選擇適當潔淨能力的機種。

(3) 確定預算：清淨機針對不同的需求價格會有相當大的差異，可能分為醫療級（空氣必須相當純淨）、工業級（須處理高濃度 VOCs）、家中污染物（低濃度污染物）及預防型（功能齊全，但不須非常精密）。選擇適合自己需求與價位的產品，才能達到物超所值的效果。

1. 接著選擇可信賴的公司

冷凍空調篇

- (1) 品牌迷思：大型家電業者並不一定專精於空氣清淨技術，應選擇專業的服務廠商。
- (2) 選擇 IAQ 全面整合專家：IAQ 控制與改善屬於一個新且十分專業的領域，污染源為何？是否可清除？空間大小？空調系統種類？換氣次數？人員多寡？都必須經過評估。因此必須尋求專業專門之廠商，可以提供諮詢並具有整合各種空氣清淨技術能力，才能針對客戶的需求設計搭配適合的解決方案。
- (3) 須有科學驗證、專業認證、專利等：台灣目前常會出現誇大廣告的產品，唯有具有科學驗證、專業認證以及在核心技術上有專利的公司，才是可以替客戶解決問題的專業公司。
- (4) 產品線齊全：專業的公司應該有相當齊全的產品線，能夠針對顧客所有的 IAQ 問題進行解決，提供全方位的服務。
- (5) 售後服務良好：服務人員場地是否充足，關係著購買清淨機之後機組的效能是否維持良好。

七、結語

1. 室內空氣品質 (IAQ) 管理，不是一門全新的行業，但由於室內空氣品質的急遽惡化，造就此門綠色產業的快速發展。危機帶來轉機，轉機成為商機。但此產業若像 SARS 期間一樣，光觸媒一夜之間成為偶像明星，但由於缺乏嚴謹的檢測與認證，造成失序的一窩蜂搶錢作戰遊戲，最後終歸平淡。在此，我們懇切的呼籲，IAQ 產業絕對是未來的“綠金”產業，想進入此產業的朋友，此時應深耕紮耕基礎技術功夫，來日才能成功馳騁商場。
2. 室內空氣品質 (IAQ) 治理不是一件單純簡單的技术，其複雜的空氣污染源頭種類及處理技術絕非坊間任何一台標準化的空氣清淨

機就能提供全面解決方案，必須仰賴專業人員的診斷、分析，才能提出完整的 IAQ 全面整合方案。在此，我們懇切的呼籲消費者：

- (1) 要相信專家的建議及顧客的口碑，不要相信品牌的吹噓廣告。
- (2) 要購買物超所值的產品，不要購買豪華無實的裝飾機種。
- (3) 天下沒有白吃的午餐，IAQ 產品已是平價必需品而非高價奢侈品，投資健康絕對是超值好康，室內空氣品質 (IAQ) 對消費者的宣導有賴官、學、研、產的共同努力，尤其針對建築設計有影響力的營建業，建研所、建築師、空調電機技師、室內裝修設計師及相關建築、空調、電機、裝潢、IAQ、IEQ 等協會更應負起主動教育的責任，說服建設公司、業主及消費者採用 IAQ 規劃設計，提升人民健康生活福祉。
- (4) 室內空氣品質 (IAQ) 診斷是一門極具潛力的商機，如同醫院一般，病人需經醫生的診斷、分析、處方、治療、保健等作業流程，才能保持健康，IAQ 檢測行業將扮演 IAQ 產業的先鋒要角，因此，在下期的討論中，將以“病態綠建築的空氣污染商機—室內空氣品質診斷技術”為主題，向大家報告有關 IAQ 檢測儀器的相關原理技術檢測方法，敬請期待並請賜予批評指教。

八、參考文獻

1. 陳世偉編著『局部排氣、空氣清淨裝置標準設計和維護管理』
2. 陳維新、江金龍編著『空氣污染與控制』
3. 吳忠標、趙傳榮編著『室內空氣污染及淨化技術』
4. 宋廣生編『室內空氣質量標準解讀』