



室內空氣品質改善策略 — 通風換氣

劉肇昫／國立台北科技大學環境工程與管理研究所 博士候選人

曾昭衡／國立台北科技大學環境工程與管理研究所 教授

有鑑於每人每天約 90% 的時間處於室內，室內空氣品質之良窳，直接影響國民工作品質及健康。一般而言，造成室內空氣品質不良主因之一為室內通風效率不佳。通風 (Ventilation) 與換氣 (Air Exchange)，是藉著機械或自然的方法將室外新鮮空氣送入室內，同時排除室內的溼氣、異味、熱及污染物等，以維護室內空氣品質及衛生舒適的要求。通風換氣之關鍵不僅為室內外空氣的置換率，還包含室內空氣的流動性，是維持良好室內空氣品質的重要手法之一。

室內通風換氣之重要性

當建築室內通風效率不佳，以致無法有效移除室內空氣中的污染物質，長時間下來會對室內人員的呼吸系統與心血管等系統造成嚴重的損害。眾多研究發現，對空氣品質較敏感的人，需要更高的空氣換氣量，不當的實施節約能源措施而減少引入室外新鮮空氣，恐誘發過敏和病態建築症候群。增加室外空氣量和長時間供應新鮮空氣，可稀釋室內累積之污染物濃度，有效減少病態建築症候群的發生 (Seppanen *et al.*, 1999)。

通風換氣設計通則

通風換氣基本原則應達到下列幾點：(1) 供給充分外氣、(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) 排除臭氣等目的 (內政部建築研究所，2007)。通風換氣量 (Air Changes per Hour, ACH) 與空氣交換效率 (Air Exchange Efficiency, AEE) 共同考量下所得之有效通風換氣量，與室內污染物濃度具有高度相關性 (李彥頤，2004)。

室內通風換氣的方式分為全面通風和局部通風兩種，全面通風又稱稀釋通風，為整個空間進行換氣達到稀釋污染源，改善室內空氣品質。局部通風則是在污染物的產生地點，將污染空氣收集而排至室外，或直接向局部空間供給新鮮空氣。針對污染源位置進行通風時，常設置小型抽風設備，局部通風具通風效果佳，風量節省等優點。

室內通風設計原則

依促成空氣流動的方式區分，通風可分為自然通風和機械通風。所謂自然通風的動力是室內外空氣溫度差或壓力差所產生的，機械通風則是藉由風扇裝置引入送回風空氣或排氣管線之空調系統所形成的空氣流動。

自然通風

自然通風基礎理念

自然通風是透過外部風產生之壓力差，或室內外溫度差產生之浮力作為驅動力，促使建築內部氣流的自然流動，進而達到調節溫溼度和換氣的目的。裝設紗網於窗戶及通風處，可降低引入室內之粉塵量。易產生污染物的空間，如：廚房、廁所，盡可能避免設立於迎風面。減少室內不必要的隔間，避免空間中有死角的產生。此外，室內可搭配風扇，有效增加空氣的循環，保持氣流的流動性及增加體感的舒適性。對於自然通風的室內環境中，一般以 1.0 m/s 以下的氣流速度讓居住者感到最舒適。

建築設計與運用自然通風，需考量季節氣候特性，再評估風口的設計方向。在臺灣一年之中通常有數個月可利用自然通風 (周伯丞，2000)，這些時機主要分佈於春、秋兩季，夏季因外部氣溫較高，自然通風時機要更審慎考慮，以免造成空調耗能增加，必要時可結合機械式空調系統進行通風換氣。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。

空氣入口、出口與路徑

建築開口部的型態、位置、面積大小等，深深影響自然通風之效益。平面或剖面上不同開口部之配置，皆影響房間換氣效率及換氣路徑。如將進氣口與排氣口設置距離過近，易造成空氣短路（Short Circuiting）現象，而其他區域則形成死域（dead zone），空氣滯留不利換氣。為使空氣均一循環，開口位置最好位於相對側，並錯開配置（江哲銘，1997）。

通風路徑為增進室內自然通風效率之最佳方法，通風路徑可分成單側、相鄰側、相對側及多側（圖1）。前兩者（a、b）較難使新鮮外氣進入室內遠端而排除遠端污染，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；後兩者（c、d）可使氣流似活塞流的方式，將室內髒空氣擠出，有較佳空氣置換率，而當室內形成貫流通風路徑時，迎風面之開口設計於低處，背風面設計於高處，會有較佳的換氣效率。

通風路徑會受到室內空間尺寸影響（圖2），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，其室內窗戶所連接之空間需能與外在空氣直接流通；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戶所連接之空間能與外在空氣直接流通。

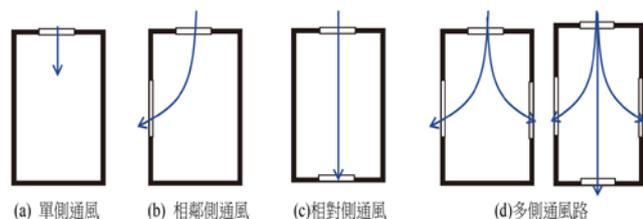


圖1 不同類型之通風路徑（內政部建築研究所，2007）

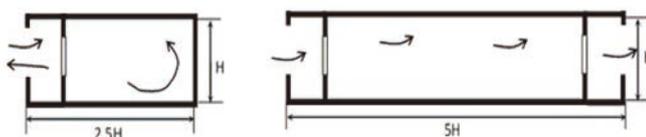


圖2 建築尺寸與通風效果之相關性

提升自然通風效率

國內的相關研究（陳念祖，2007）亦指出，冬季為避免冷風直入室內，可選用高架地板置換式自然通風方式。於高架地板適當的位置設置沖孔地板（通氣

口），由地板下引入自然風，再由沖孔地板的開口進入室內。適當的高架地板換氣方式，可使空氣交換效率比氣窗的方式增加約10%。

適當的導風板輔助，亦有助於自然通風。水平導風板具有：(1) 隔絕熱輻射減少室內熱負荷量、(2) 可自然採光、(3) 隔音、(4) 防風擋雨等功能。導風板構造對氣流有顯著的影響性，導風板之寬（深）度、密度及傾斜角度皆為影響因子（江永哲及梁大慶，1996）。相關研究（江哲銘等，2008）指出裝設水平導風板有助於提升室內換氣率，且導風板深度越大，換氣效果越好，但綜合考慮換氣次數、風擊不滿意度（Draft Rate, DR）及室內熱移除效益，建議水平導風板深度範圍介於18~48 cm。強調「健康性（換氣性）」時，導風板深度可設為36~48 cm；強調「舒適性」時，導風板深度可設為18~36 cm。而裝設垂直導風板較利於平行窗面之氣流引入（陳念祖等，2007），於特定風向時，可使室內氣流變得較均勻，不易有風擊產生。

機械通風

機械通風基礎理念

機械通風不受自然條件的限制，可依需求進風和排風，獲得穩定的通風效果。機械通風之外氣入口應設於空氣清潔的地方，例如引入高樓層頂樓之外氣，需避免任何污染源頭接近外氣入口。而室外空氣供給至室內前，應先過濾除去塵埃、細菌、花粉等污染物。某些場合常兼用機械通風和自然通風，室外空氣經淨化過濾網和溫溼度調節的空調設備後，由風管輸送到各房間內。回風則經排風口吸入回風管道，部分排出室外，部分再與室外新鮮空氣混合後繼續使用。回風系統應確保不是放置於污染物產生源的空間內或鄰近區域，同時須配適當過濾系統，確保循環空氣不會含有大量污染物，並僅以室外空氣便足夠稀釋。

機械通風之設置可設計為正壓換氣及負壓換氣（表1），正壓換氣場所如出入口大廳或停車場電梯廳內配送冷氣（空間內呈現正壓），可阻擋車輛廢氣；負壓換氣場所如吸菸區（室）、高感染性病房或廁所，利用氣流抽引（空間內呈現負壓），將空間內污染物、病毒或異味抽離並收集處理，避免污染擴散。如此藉由正、負壓控制能更有效地控制室內外的空氣污染物，當室

內維持正壓時能避免受污染之空氣流入室內，當室內維持負壓時則可補進新鮮空氣來降低室內空氣污染物濃度，維持室內空氣的品質。

表 1 常見機械換氣形式

	第一種機械換氣	第二種機械換氣	第三種機械換氣
室內／外壓力	等壓	正壓	負壓
風機放置處	外氣進氣口及排氣口	外氣進氣口	排氣口
圖例			

風扇 (Fan) 為常見的機械通風設備，負責供給系統中空氣流動所需的能量。風扇形式有離心式 (Centrifugal type) 和軸流式 (Axial type) 兩種，離心式風扇之靜壓高且噪音小，其中以機翼形 (Air Foil) 葉片的後傾式 (Backward) 風扇，為一低噪音且高效風扇。軸流式風扇在葉輪直徑、轉速相同的情況下，風壓比離心式低，噪音則較高，主要用於系統阻力小的通風系統。軸流式風扇優點為體積小、安裝簡便。

空調系統

建築物常依其室內空間規模設計空調系統型式，不同空調系統型式之系統維護管理原則及室內空氣污染特徵相關，可區分為中央空調系統及個別空調系統，常見之空調系統設計如圖 3 所示。特定空調系統除具有冷房功能外，同時兼具外氣引入的能力，因此，宜優先挑選能引入外氣空調系統作為建築機械換氣設備。

常見中央空調系統種類可分為：(1) 全氣式中央空調箱 (Air Handling Unit, AHU)、(2) 全水式送風盤管單元 (Fan Coil Unit, FCU)。其中，全水式空調系統不具外氣引入功能，因此常搭配外氣引入系統同時使用。空調系統引入室外新鮮空氣之方法，可歸納為以下幾種類型；(1) 自然通風、(2) 中央空調箱機房、(3) 獨立外氣風管、(4) 外氣預冷空調箱、(5) 全熱交換器。全熱交換氣可提供室內大量新鮮空氣，換氣效果佳，且於換氣過程中可進行室內、外空氣熱交換。藉由室內抽引至室外的低溫空氣與室外較高溫之新鮮外氣進行溫度轉換，使引入之外氣溫度降低，減少室內空調運轉負荷，達到提供新鮮空氣及環保節能之效用，避免夏季時用電量增加。

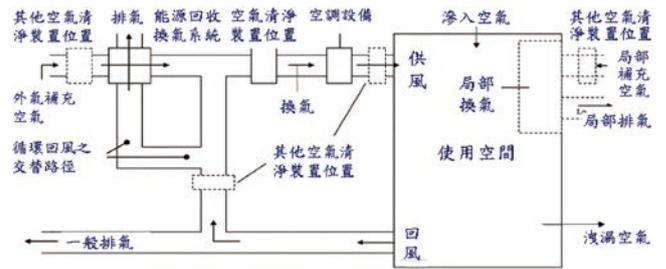


圖 3 機械通風系統示意圖 (勤益科技大學王輔仁老師提供)

個別空調系統型式可分為窗型、分離式及箱型冷氣機等，其中分離式冷氣機與小型送風盤管單元之型式相似，無法引入外氣；箱型冷氣機如採風管型式設計，則其型式與小型中央空調箱相似。箱型冷氣機可配合使用區域需求，運用出入銜接風管型式，將處理後之空氣送入空調使用區，並將空調使用區之空氣送回箱型冷氣機。

結語

全球追求節能減碳的趨勢下，應優先考慮自然通風為主，機械通風為輔。規劃設計通風設施時，需評估建築物特性、氣候環境及地理位置。於新建建築或裝修時，應考量規畫室內格局，設計為可進行自然通風之空間，以達通風換氣時也可兼顧節能之效果。進行通風換氣時，需注意室外污染物濃度及溫度影響，位於街道馬路旁側之建築物，於交通尖峰時段間應避免將門窗開啟，以減少室外汽、機車廢氣流入室內，必要時可於通風系統中增加過濾設備。

參考文獻

- 2015 年綠建築評估與解說手冊 (2015)，內政部建築研究所。
- Seppanen, O.A, W.J. Fisk, and M.J. Mendell (1999), Association of ventilation rates and CO₂ concentrations with health and other responses in commercial and institutional buildings, *Indoor Air*, vol. 9, pp. 226-252.
- 江永哲、梁大慶 (1996)，導風板防風柵防風效果之風洞試驗，中華水土保持學報，第 27 卷，第 2 期，第 85-96 頁。
- 江哲銘 (1997)，建築技術規則有關通風條文增修訂之研究，內政部建築研究所。
- 江哲銘、陳念祖、周伯丞、李彥頤、連憶菁 (2008)，水平導風板對室內自然通風之效益研究，中華民國建築學會建築學報，第 64 期，第 83-102 頁。
- 周伯丞 (2000)，建築軀殼開口部自然通風效果之研究，國立成功大學建築研究所博士論文。
- 陳念祖 (2001)，高架地板置換式自然通風對室內通風效率之影響，國立成功大學建築研究所碩士論文。
- 行政院環保署室內空氣品質資訊網，<http://iaq.epa.gov.tw/indoorair/>。