

應用排風扇提升建築物通風換氣率評估模式研究

曾淑翎^{1*} 陳若華^{2*}

¹ 建國科技大學創意生活應用設計研究所 碩士

^{2*} 建國科技大學創意生活應用設計研究所 副教授

摘要

建築物自然通風往往受到外部風場影響，未必能達到合適及有效的通風量。本研究建立評估模式，利用CFD軟體進行建築物內外流場同步模擬，由整棟建築物開口部之通風量推估建築物在不同配置與來流條件下的換氣率，評價強制排風扇對於建築物換氣率的貢獻度。計算成果均以數量化方式進行比較，可探究各因子間不同的影響權重。研究顯示主導建築物通風量的因子仍以座向與常年風向為主，對於搭配常年風向的合適開口部設計，確可使建築物獲得規範要求的換氣率甚或更高，但在受到鄰棟遮蔽或座向不佳的設計，在建築物合適位置安裝強制排風扇，可有效的改善原先不佳的換氣率。對於建築群中位處自然通風不利區域的建築物，合理配置的強制排風扇可提升建築物使用者熱舒適性，同時其能源消耗遠低於常用的空調設備。

關鍵字：強制排風，換氣率，自然通風

Keywords: Forced ventilation, Air exchange rate, Natural ventilation

1. 前言

在全球氣候型態變化及提倡綠建築之下，鼓勵多使用自然通風系統使建築物能達到基本換氣需求，臺灣位處熱濕型氣候區，住宅使用者於建築物內感到悶熱時，多仰賴冷氣空調設備進行建築物室內熱環境的調節，能源的消耗與日俱增，不但是家戶沉重的經濟負擔，更是台電嚴峻的挑戰，且不符合節能減碳的永續環境利用政策目標。另一方面，臺灣地區都市發展快速，土地資源日益窘迫，建築群體過於密集，造成對外開口減少而可能導致室內換氣通風量不足。亦可能由於外部自然風來流的風速過低，不足以驅動自然通風換氣率達到標準，因此即使外氣的溫溼度條件皆屬宜人的舒適範圍，亦未能充分引入室內，致使未能達到基本有效的通風量。

本研究尋求以自然通風為基礎，搭配強制排風扇設備之混合式通風，探討其影響性，期望以最低能源代價來提升建築物通風效率。

2. 文獻回顧

2.1 室內通風換氣

室內通風換氣效能指標眾多，賴榮平(1980)指出通風評價方法主要有通風路徑、通風量、通風率三種。換氣量的多寡代表著該室內空間是否為品質良好的活動空間，依照不同建築空間及通風模式，基本要求不一，國內現有法規「建築技術規則」中建築設備篇第一百條至第一百零二條明定各種房間用途之基本換氣量。江哲銘等人(1997)運用本土化資料及空氣環境現況，彙整國內外相關法令進行比較分析，經由專家諮詢、數值模擬及實驗等，研擬合理的通風法規條文架構與內容。

過去對於自然通風之相關研究，及實務應用操作手法已發展數年，但其常因各個地區氣候條件、微氣候環境的差異，使其操作略有困難，而吳印浴(2007)指出「混合式通風系統」是以自然通風手法為主軸，搭配機械通風為輔，並追求消耗最少資源，達到最好之室內環境品質，符合永續、低能耗及人本知觀點，在提升環境品質外亦兼顧健康及永續。

吳印浴(2007)以教室空間為例，運用雙層屋頂設計搭配小型排風扇(直徑40cm)之混合通風系統探討其室內通風效益，研究結果指出混合式通風可在低風速時有效稀釋排除室內二氧化碳濃度，維持在法定標準值(1000ppm)內，並移除室內熱源調整室內溫度的效果，而排風扇是以抽引力來帶動室內氣流，風擊均符合ASHRAE規範之A級標準($DR \leq 15\%$)。另外謝志昌(2008)以辦公空間為例，於開口部增設水平導風板搭配小型排風扇(直徑40cm)探討其室內通風效益，研究結果指出室外於低風速時(0.1m/sec)，綜合評估溫熱環境、二氧化碳稀釋情形、汙染物移除通風效率及氣流環境等各因子，建議水平導風版裝設順序為高低窗>低窗>高窗，通風量設定20~40cmm為佳，而排風扇組數無明顯影響相關性。

謝志昌(2007)研究文獻提及排風扇所造成之室內氣流路徑符合熱浮力原理，能有效移除室內熱空氣，其降溫效果佳，而氣流路徑為上吹氣流，不會對人體產生不舒適感。上述相關研究使用之機械設備均採用直徑40cm小型排風扇，其探討空間均為單層總體積約在250~310m³，而一般住宅建築物約為3~4個樓層，室內總體積亦較大，而面積較大之工業用排風扇應較為符合使用。

2.2 室內環境與舒適度

在室內環境中除健康性評估外，亦應兼顧舒適性，可幫助使人體表面散熱，相對提高室內可接受溫度，如室內風速0.2m/sec時，可等效降溫約1.9°C，風速提高至1m/sec時，可等效降溫約3.3°C之多，對溫熱環境有實際的影響，但此標準有著衣量與人體代謝率之範圍限制，也應避免過大風速所帶來的不適，適當之風速應使人感到愉快，並不影響工作活動，過大時則會對於人體造成風擊(Draft)使人不悅(李紀融2014)。

「風擊」是只因空氣流動使人體局部過冷之不舒適感，其評估依據皆以

ASHRAE 所規定的風擊不滿意度指數判斷，係針對室溫 20~26°C，紊流強度介於 0~70% 之間的 150 個案例所導出公式計算，其標準分為三個等級，分別為 A 級-DR=15%、B 級-DR=20%、C 級-DR=25%，當 DR 大於 100% 時視為 100%，ASHRAE 與 ISO7730 將 DR 標準值訂為 20%。(陳念祖，2007、邱建宏，2010)

溫熱環境主要影響因子為溫度及濕度，國內對其標準雖無法規明定，但蒐集國內熱環境相關研究文獻，可知適合臺灣之舒適溫度冷房期為 22~28°C、暖房期 20~26°C；而室內相對濕度直接影響人體散熱，一般最適宜之相對濕度應在 50%~60%，但應臺灣四面環海受海洋調節氣候影響，範圍常在 70%~80% 之間，根據國內相關研究顯示，較適合臺灣相對濕度舒適範圍應介於 40~70% 之間，彙整室內風速標準及熱環境標準建議值進行相互比較，見表 2，以找出較符合的評估標準。

表 2 影響舒適性因子各標準比較表

參考資料 項目	溫度	相對溼度	室內風速
ASHRAE Standard 55	夏季 23~26°C(24.5) 冬季 20~22°C(22)	40~70%	-
日本建築基準法	18~26	40~70%	≤0.5m/sec
建築物理環境 (賴榮平等人)	17~28°C	40~70%	<0.5m/sec

2.3 數值模擬軟體研究與應用

計算流體力學(Computational Fluid Dynamics, CFD)係於經典流動力學、數值計算方法和計算機技術等各種基礎上建立而來的，被廣泛應用於不同領域，並隨電腦技術和計算方式發展，許多複雜的工程問題都可藉由數值解析得到結果，其中大氣邊界層中的風場或建築物室內風場皆以 CFD 的方式可加以計算，此種應用計算流體動力學於風工程的方式又稱為計算風工程。數值模擬的優點為可運用較低經費，計算較難量測的參數。(朱佳仁，2006)

3. 研究方法

3-1 評估方式

外氣溫濕度範圍如屬於舒適範圍，則引導進入室內有助於改進室內居住環境，但仍需有足夠的換氣量才能發揮作用，如外部風場產生的自然通風效果未能達到足夠的換氣率時，輔以強制排風扇的設計，可加強通風換氣效果，以達成節能之目標。本研究探討自然通風搭配強制排風對室內通風效益之影響，評估其建築環境之健康性、舒適性及節能效益，由文獻中選擇具代表性之評估指標，以評估室內通風環境。

3-1-1 通風換氣評估指標

評估通風換氣的指標眾多，本研究選擇以換氣量作為基本通風標準，選用較少因次數之換氣率指標評價其成果。而室內風速亦關係到其舒適性，因此在空氣環境評估部分，以「通風量」、「通風率」、「室內風速」作為本研究評估指標。

現今國內通風量評估標準，皆以「建築技術規則」中建築設備篇第一百零二條之規定，定量評估標準以探討釐清其優劣品質。建物室內空間有客廳、廚房、廁所、臥房…等使用空間，對應於法規標準依不同使用目的樓地板面積加權計算建物所需總通風量及總基本換氣次數。

本研究舒適性部分主要針對室內風速對人體的影響進行探討，由文獻可知適當的室內風速能達到等效降溫的效果，而室內風速過大則會造成風擊不舒適感，國內並無相關法規訂定室內風速標準，因此選用賴(1991)建築物理環境之室內基準值評價本研究室內流場風速，綜合各項資料歸納出合適之室內風速應為 0.5~1m/s，可使人體感到舒適。

3-1-2 溫熱環境評估指標

為探討在舒適條件下，使用排風扇能改善之通風效益，取標準氣象年資料為基本討論資料，本研究以賴榮平(1991)建築物理環境之室內基準值，溫度範圍為 17~28°C，相對溼度範圍 40~70%，進行篩選判定研究目標區域之溫濕度舒適範圍，以探討其室內通風效益之情形。

3-1-3 通風模式及設備選定

為探討混合式通風對於住宅建築物室內通風換氣率之影響，選擇依靠開窗於自然通風之建物進行討論，利用建築物垂直動線空間能貫穿各樓層之特性，有利於氣流在樓層間流動，於梯間頂層裝設強制排風扇，透過自然通風配合強制排風之混合式通風模式。

3-2 數值模擬與資料分析

評估模式中需有不同的來流條件及強制排風設備運作模式下，對於建築物內外流場的風速分布狀況等資料，此部分利用 CFD 軟體加以計算模擬，以取得基本數據。本研究使用 ANSYS Fluent 軟體作為解析計算器，分為前處理、運算部分、後處理等三部分，前處理部分運用 Auto CAD 整理運算對象的各層平面圖，將繪製資訊導入 Gambit 進行建築物模型建製，並設定各項運算條件，再經由 Fluent 進行流場運算，後處理部分主要運用 Excel 彙整結果數據並推估分析。Fluent 中流場計算結果亦可使用 Tecplot 繪出運算結果，並調整適當檢視數值範圍，以呈現最佳視覺化之氣流場圖示。

3-3 排風扇使用方法擬定

建築物於自然通風下即有基本換氣率，當以排風扇輔助通風時，其換氣效益隨之變化，因此使用排風扇後之建築物換氣率可以疊加的概念進行推估。通常建築物換氣量由室外風速主導，當搭配使用排風扇時，室外風場尚需與不同排風扇速度搭配，本研究將排風扇速度與室外風速相減，以排風速度差作為排風扇應用的討論因子。初步以單純得定風速模式操作，基於政府大力推廣智慧綠建築，將資訊感知與主動控制技術應用於建築物管理，以達到更舒適且節能的生活空間，未來如排風扇應用於智慧化住宅，配合控制技術於適當時機自動控制排風扇，建立變風扇速度模式，將可有更佳的使用效率。

4. 結果與討論

本研究探討住宅自然通風搭配使用排風扇強制排風，輔助建築物室內換氣效益，對使用者居住品質之影響，以 CFD 數值解析結果進行分析，將解析結果之排風量數值及室內氣流環境加以整理探討，以探究強制排風扇對住宅建築之影響為目的，提出混合式通風於臺灣住宅型建築物使用之可行性及影響。

4-1 標的背景資訊

為驗證評估模式，本研究以一般透天式住宅為探討對象，取臺中市郊區某私人住宅為研究對象，建物為獨棟四層樓建物高 13.7m，長寬比為 1：3.5 屬於瘦長型量體，座向為方位角 155 度(如圖 1)，四周單純無過高建築物遮蔽，前為 10 米寬道路，後為一大空地，而右側則緊鄰三層樓高建物約 10.3m，左側鄰棟建築約 13.7m 高，建築群配置關係如圖 2 所示，周圍建築物皆是獨棟透天 3~4 樓高建築物。評估目標區為台中市郊區，接近國內建築物耐風設計規範建議之地況 C 的特性，因此取其大氣邊界層風速剖面作為本研究外環境風場背景條件。

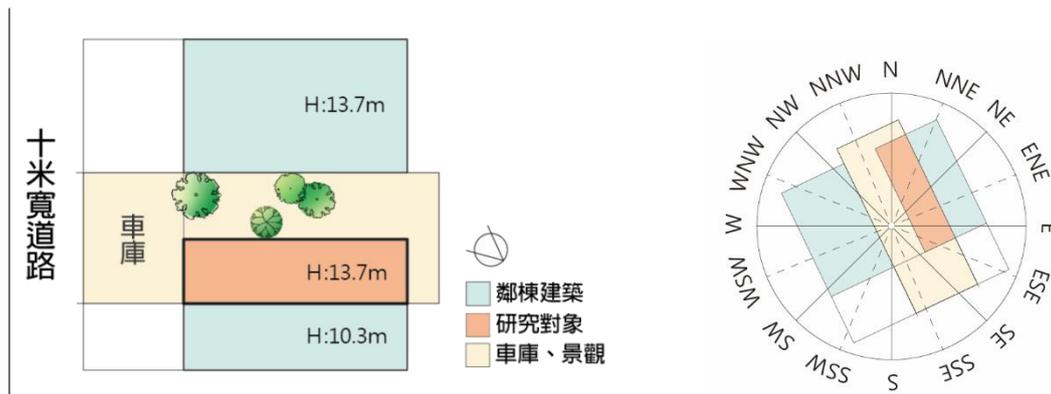


圖 1 研究目標建築物與座向

表 3 研究對象室內空間面積、體積總表

空間名稱	總面積(m ²)	總體積(m ³)
客廳	31.8	1104
廚房	26.3	
臥房	106.3	
廁所	29	
垂直動線	43.9	
梯玄關	47.6	
神明廳	20.7	
陽台	16.8	

本研究主要探討建築物室內通風效益，而建築物室內隔間均會影響室內氣流，基地內建築體前方為車庫空間而左側則為室外景觀如圖 1 所示，室內空間主要為起居室、廚房、臥房等，室內各開窗開口部位置及樓層平面配置均正確丈量以供建模，建築體開口部僅取實際有效開口面積進行討論，有效總開窗面積為 33 m² 其開窗率為 6%，各空間面積及建築體尺寸如表 3 所示。

外環境氣象部分，以標準氣象年 TMY3 臺中地區為參考資料，統計顯示各季平均溫度除夏季外皆在舒適範圍內，平均濕度偏高，平均風速則在 1.6m/sec 左右屬於輕風，顯示臺中夏季略為悶熱，其他季節之室外條件則在可接受之舒適範圍。

本研究首先運用建築環境模擬軟體-Ecotect，以台中市天氣資料進行目標建築物之室內熱環境模擬，分析結果發現，在 4 月時即有少部分室內溫度將近 30 °C 的狀況，而 5 月至 10 月室內溫度多在 30 度上下，而各空間室內溫度皆有超過人體舒適溫度範圍的問題，另從逐月度日數分析結果來看，以一樓客廳為例，將冷房上限值設為 28 度時，各月份度日數結果如圖 4 所示，在 3 月份時以有少部分超過上限，當越接近夏季度日數越多，而秋季時度日數值才些微減緩，但整體仍然偏高。可知研究對象之室內熱環境較不佳，導致使用者將需多仰賴冷氣來改善居住空間的舒適性，如能在自然通風條件下搭配排風扇輔助建築排風，改善室內熱環境不舒適的問題，有助於節能。

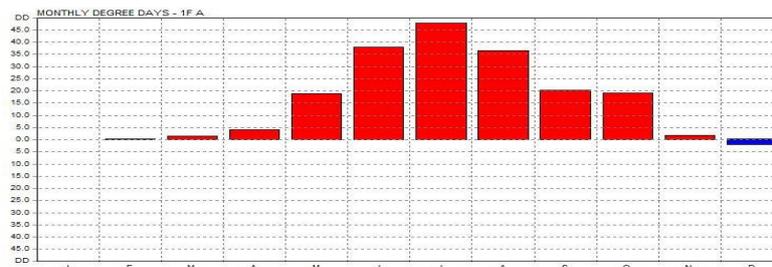


圖 4 研究對象一樓客廳熱環境分析逐月度日數圖

4-2 換氣率預測模式之建立

4-2-1 解析結果通風量數據修正

利用(1)式可計算實際建築物一小時換氣量，計算中需有時間縮尺。本研究設定模型幾何縮尺為 1:10，速度縮尺為 1:1，時間縮尺以式(3)計算為 1:10。建築物實際一小時總換氣量計算公式如下：

$$Q_{1h} = Q_s \times 3600 \times \frac{T_m}{T_p} \quad (1)$$

$$\frac{T_m}{T_p} = \left(\frac{L}{V}\right)_m = \left(\frac{L_m}{L_p}\right) \left(\frac{V_p}{V_m}\right) \quad (2)$$

其中 Q_{1h} 為建築物實際一小時總換氣量(m^3/h)， Q_s 為數值模擬建物總換氣量(m^3/s)， $\frac{T_m}{T_p}$ 為時間縮尺。

朱(2010)提及空氣流經大型開口之孔口方程式如式(3)所示，經實驗顯示當建物開口率小於 6.25%時，即為小型開口，而建物開口流量係數與開口部面積無相關，但於建築物開口部加裝設備，如裝設紗網、百葉窗及開口幅度或角度，皆會對室內、外空氣流動造成阻隔，影響開口的流量係數，使流量係數變小。本研究模擬案例於開口部皆有設置紗窗，因此取紗網流量係數 0.6 作為本研究通風量修正係數。

$$Q = C_d \times A \times \sqrt{\frac{2|\Delta P|}{\rho}} \quad (3)$$

式中 Q 為通風量， A 為開口面積， $|\Delta P| = |P - P_1|$ 為室內外壓力差絕對值， ρ 為空氣密度， C_d 為流量係數。

4-2-2. 對應氣象資料探討

本研究數值解析設定室外來流風速取建築物屋頂高度處為參考風速，為將模擬數據資料與氣象資料對照分析，校正為相同高度數值，因此將標準氣象年(TMY3)之風速資料數值，校正至建築物屋頂高度處數值。如式(4)、(5)所示， $\left(\frac{H_1}{H_2}\right)^\alpha$ 為高度校正參數，將氣象風速資料帶入修正參數予以校正後，其風速值稱作真實室外風速($Wspd_e$)。

$$\frac{u(H_1)}{u(H_2)} = \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^\alpha \quad (4)$$

$$Wspd_e = u(H_1) = u(H_2) \times \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^\alpha \quad (5)$$

式中 H_1 為 CFD 數值參考度高度， H_2 為氣象測站高度， α 為地況 C 的指數律風速指數，為 0.15。

數值解析來流風速計算時為固定值，假設模擬來流風速所得換氣率與實際風速所得換氣率為線性關係，如式(6)所示，真實換氣率則如式(7)所示以此線性比例計算。

$$\frac{ACH_s}{U_{ref}} = \frac{ACH_e}{Wspd_e} \quad (6)$$

$$ACH_e = \frac{ACH_s \times Wspd_e}{U_{ref}} \quad (7)$$

式中 ACH_s 代表數值解析所得換氣率， U_{ref} 代表數值解析來流風速，數值計算時採用 2m/sec， ACH_e 代表真實所得換氣率， $Wspd_e$ 代表真實室外風速。

4-2-3 解析結果數值應用探討

本研究取參考風速為 2m/sec，搭配不同的強制排風量與來流風向角等條件，以 CFD 軟體計算各種情況下建築物可獲得的換氣量。風向角以每隔 15 度作分析共計 16 個風向角、搭配無強制排風及五種不同排風量之室內通風效益，總計有 96 組模擬組數。

外環境自然流場，以 UDF 定義來流流況，計算域高度涵蓋地況 C 邊界層高度，模擬計算基本尺寸如表 5 及圖 6 所示。

表 5 模擬對象基本尺寸

空間元素	尺寸
模擬場域	長 290m*寬 145m*高 400m
建築量體	長 16.7m*寬 4.8m*高 13.7m
排風扇設備	1.2*1.2m
壁體構造	12cm 外牆
實際通風總開口率	6%

為了解排風扇設定不同排風速度時，對室內換氣率增加之影響，採固定來流風速，以設置不同排風扇之排風速度進行 CFD 數值解析，並得到不同排風扇速度之換氣率數值，設排風扇風速與來流風速作為速度差，分別為 -1、0、0.98、2、4 五種速度差進行探討。

表 4-1 排風扇風速設定值對照表

風壓差	排風量	速度差(ΔU)
0.56	1	-1
2.25	2	0
5	2.98	0.98
9	4	2
20	6	4

CFD 計算網格系統採非結構性網格，於內流場建立較精細網格，並於開口處及排風扇設置處加密網格；而外流場部分則採取漸進式格點，於計算域較高層區域漸進式的減少格點，以縮減時間成本並正確、穩定的進行數值運算，本研究總計算網格數約為五百四十萬個，由於目標建築物屬於低層建築，因此以建物高為長度特徵尺度及參考風速為特徵速度，經計算其雷諾數為 174,522。紊流模型選擇採用雷諾平均數值模擬(RANS)法之紊流黏滯性中標準 κ - ε 模型進行解析。

本研究主要以通風率探討建築物換氣效益，一般而言建築物若未設置通風機械設備時，僅靠自然風帶動建築物進行換氣，此時的換氣率本研究稱作基本換氣率，而使用排風扇輔助後，換氣效果亦產生變化，本研究將其合成之結果稱為總換氣率。為探究啟動排風扇前後所得之換氣率數值，將未開啟排風扇之換氣率(ACH_1)和開啟排風扇之換氣率(ACH_2)相互整理比對，而不同風向下排風扇引起的換氣率皆不相同，因此假設在基本換氣率下，開啟排風扇後的換氣率為正成長值，隨設置不同排風扇速度，獲得的總換氣率(ACH^*)應為基本換氣率疊加換氣率增量而得之。則可得總換氣率為式(9)所示，換氣率增量計算公式定義如式(10)。

$$ACH^* = ACH_1 + \Delta ACH \quad (8)$$

$$\Delta ACH = ACH_2 - ACH_1 \quad (9)$$

由 CFD 結果顯示當 U_{ref} 值 $>$ U_{fan} 值時，增加的換氣率甚低，代表速度差為負值時，室內換氣率多寡由來流風速主導，而排風扇對其整體換氣效益影響不大，因此將速度差為負值之資料排除在計算條件外。取排風扇速度差正值與換氣率增量值進行二次曲線之迴歸擬合，並檢查 R^2 值確定公式正確性，16 個風向角分別計算擬合得之換氣率增加量曲線公式之係數，將此作為排風扇換氣率增量之基礎數據資料，後續即可代入標準氣象年資料後，分析探討排風扇之實際影響程度。

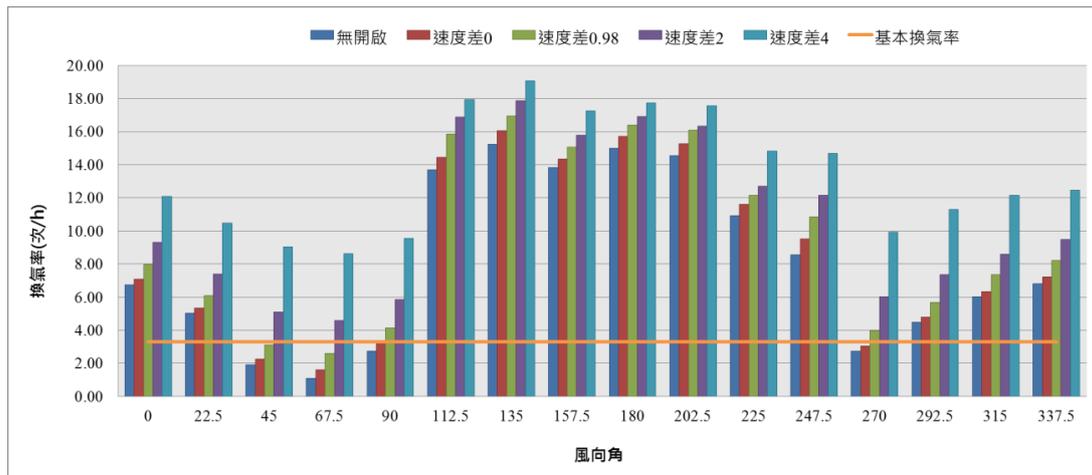


圖 4-1 不同速度差之換氣率比較

4-3 強制排風扇之換氣效益分析

模擬結果得知本研究對象在無風扇情形下，本身換氣大多數達到法定標準，尤其於產生縮流效應之風向角皆遠遠超過標準值，但仍有部分風向角因受遮擋而未能達標，而使用強制排風扇後，所得室內換氣率皆隨著排風扇速度增大，換氣次數增多，由此可知強制排風確實能提升建築物室內換氣率次數。

在室內舒適度之影響方面，使用排風扇輔助自然通風後，亦會影響室內流況，為釐清使用排風扇後改變室內氣流之舒適性結果，取室內風速應為 0.5~1m/sec 為基本舒適標準進行評估，以換氣效益最佳風向角 135 度及較差風向角 67.5 度，取其 CFD 模擬室內流場結果，逐一檢視各層樓模擬流場結果。發現兩風向角設置不同排風扇速度之室內風速皆在 0.5 m/sec 左右，比對室內風速較佳流場，有少部分通風路徑必經區域出現 0.9 m/sec 左右的風速，及少部分開口部區域室內風速達 1 m/sec 以上，但使用者於室內空間較不會長時間在開口部周邊活動，因此開口部風速稍高時不影響整體環境之舒適性，因此使用排風扇後之室內環境沒有出現風擊的問題，皆在舒適範圍內。

以換氣效益較差之風向角 67.5 度為例，當排風速度設定 6 m/sec 時，距離排風扇較遠的一樓及二樓，在梯間處才有些微變化，但二樓比一樓較為明顯，三樓距排風扇垂直距離較近，因此除梯間外亦帶動梯玄關及其他空間的風速，而四樓則明顯可以看到外氣進到室內的路徑區域。可知在相同風向、排風扇速度時，排風扇裝設位置會影響各樓層室內風速與流場，因排風扇配置於建築高樓層梯間處，因此垂直距離較遠的低樓層室內流場較難被帶動，而距離排風扇位置較近的樓層，室內流場則有明顯改變。

4-4 目標建築物通風換氣率推估之結果

本研究對象位於臺中市郊區，取標準氣象年(TMY3)臺中站氣象資料為基礎資料，以本研究擬定計算流程，推估全年不同風向、風速時之排風扇使用情形，

訂定戶外溫度攝氏 17~28 度、相對濕度 40~70%及法定換算基本換氣率 3.3(次/hr) 為目標建築判定標準，結果見表 4-2 發現目標建築所在地區全年中，溫溼度外氣條件達舒適的時數有 1196 個小時，但如僅以來流風速推動建築物自然通風，其中換氣率未達標準值有 268 個小時，如採固定風扇速度模式(CFS)開啟排風扇後設速度速度為 2.98m/sec 時，則幾乎改善了所有換氣效益不佳的時數，可知設定排風扇為低風速時，可有效影響換氣率並全數改善；由月份改善時數來看，發現除夏季及初秋外其他月份皆能因使用強制排風扇後，而達成滿足基本換氣率的要求，6~9 月則有可能因溫度較高使基本舒適條件不滿足，而影響能自然通風的時數。

整體來說，於臺中地區使用強制排風扇輔助自然通風，可有效增加自然通風時數，改善建築室內換氣率不足的情形，並大幅減低冷氣使用量。

表 4-2 臺中地區以 CFS 模式使用強制排風扇結果

標準氣象年 臺中地區 推估強制排風結果 (CFS)												
溫溼度達舒適總時數	1196						設定排風速度 2.98m/sec 時有效改善總時數	266				
溫溼度舒適但換氣率未達標準總時數	268						設定排風速度 4m/sec 時有效改善總時數	268				
季節	春			夏			秋			冬		
月份	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
改善時數	17	26	21	0	0	0	5	28	65	62	27	17

5. 結論

- 1.由分析結果發現，運用強制排風扇排風可改善全數換氣率不足的問題，確實能有助於提升整體通風量，對於建築體於建築群中位區、自然通風不力區域之建築物，予以合理配置排風扇，能達到低耗能並建立健康、舒適之生活環境品質。
- 2.本研究以數值解析探討使用排風扇後之建築總換氣率的影響，將模擬結果彙整並建立使用預測模式，提出以使用習慣為主的「固定排風扇模式(CFS)」，以供參考使用。
- 3.由數值模擬結果可知建築物換氣率與排風扇速度差呈現線性正成長，當使用排風扇強制建築體循環通風下，可因應室外風速逐一調整排風扇，藉由設定排風速度差改善因通風不良導致之不舒適；分析結果顯示本研究對象使用排風扇設定低速度即可改善多數(99%)不達標準換氣時數，可避免排風扇高速運轉產生的噪音影響；室內舒適性方面，使用排風扇後室內風速皆在舒適標準值內，唯有開口部

區域稍高出標準，於建築物設置排風扇強制排風，既能有效改善建築換氣率同時維持舒適的環境。

4.就本案例而言，在排風扇定低風速(2.98m/sec)時，臺中可改善 95%以上未達標換氣率時數。而排風扇速度設定範圍所需時數結果，臺中皆集中於 1~3m/sec 之間約有 86%，適合以 CFS 模式使用排風扇。

5.使用排風扇方式，均顯示設定在低風速即可改善大多建築物室內換氣效益不良之狀況，極少數時需設定中風速輔助自然通風，推估其耗電量遠低於冷氣耗電量，可知適當設定排風扇速度可大幅改善建築室內換氣通風，並降低對空調之依賴，有效節能。

6. 致謝

本研究之技術開發承蒙科技部之支持(計畫編號: MOST 103-2221-E-270 -001 -)，得以順利完成，特此申謝。

7. 參考文獻

- [1] 邱建宏，”不同空調通風條件對於室內空間流場之 CFD 模擬”，中央大學土木工程研究所碩士學位論文，2010 年。
- [2] 朱佳仁，*風工程概論*，科技圖書出版公司，台北市，2006 年。
- [3] 江哲銘、賴榮平、王文安、周伯丞、賴啟銘，”建築技術規則中有關通風條文之探討研究”，1997 年，會議論文。
- [4] 吳印浴，”混合通風系統對室內通風效益影響之研究-以雙層屋頂搭配排風扇之教室單元為例”，國立成功大學建築研究所碩士學位論文，2007 年。
- [5] 陳念祖，”建築開口部裝設導風板對自然通風之效益”，國立成功大學建築研究所碩士學位論文，2007 年。
- [6] 陳紀融，”連棟住宅結合導風板與通風塔之通風效益探討”，國立成功大學建築研究所碩士學位論文，2014 年。
- [7] 賴榮平，”建築物理環境”，ISBN：9786668823151，六合出版社，1991 年。
- [8] 謝志昌，”混合通風系統對辦公空間通風效益影響之研究”，國立成功大學建築研究所碩士學位論文，2008 年。