

台灣地區臥室空間自然通風之研究—建築物窗戶分段開口對室內 熱舒適性及空氣健康性之影響

A study on Taiwan Bedroom Cross-ventilation----the Effect on the thermal comfortable and
healthy air of the separate models at windows opening

王文安*

江哲銘**

周金松***

一、緣起與目的

台灣地區居住空間型態之室內空氣環境經使用後評估結果顯示，室內空間之通風換氣環境必須加以檢討，以改善室內污染物累積量值過高對人體的影響，由實測的研究顯示台灣地區臥室空間室內空氣品質在冬天夜間時 CO₂ 濃度可高達 1546ppm (王文安, 1998: 31)，該測值已超過國際認定之健康基準值甚多。而我國建築設計慣用之室內隔間方式、開口部設計方式與建築物棟距間隔造成之自然通風路徑不良是室內舒適健康品質不佳之主因。欲改善我國建築物室內空氣品質，必須由創造有效通風路徑、降低局部空氣年齡與減少污染物濃度等方式進行。

本研究之目的在如何設計出最適化的開口部以達到最佳的自然通風效果，提供建築室內溫熱舒適的物理環境與健康的空氣品質。首先由中性軸理論研究符合自然通風趨勢的開口模式，其次探討開窗模式對熱浮力通風的影響。

二、理論與方法

研究方法包括相關文獻資料蒐集整理與 CFD 電腦模擬系統，該電腦模擬系統為學術界常用之泛用型 PHOENICS CFD 軟體套裝軟體，作為進行解析流場現象的探討工具。

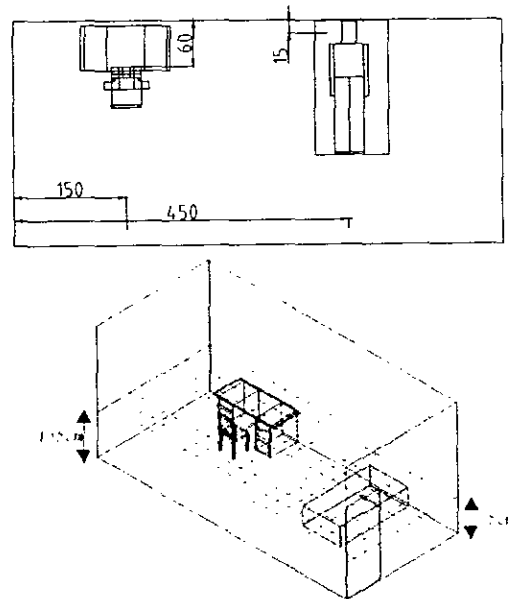
*作者一，淡江大學建築學系助理教授

**作者二，成功大學建築學系教授

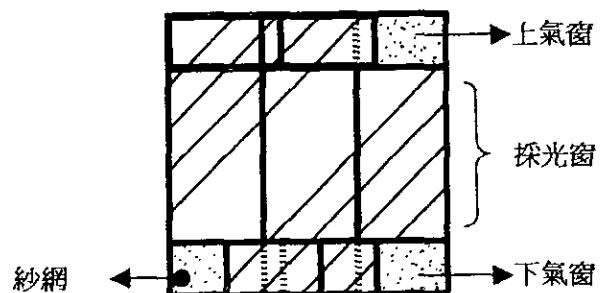
***作者三，淡江大學建築研究所碩士

三、研究過程與成果

(一)、研究對象



圖一 臥室空間熱源與傢俱配置示意圖

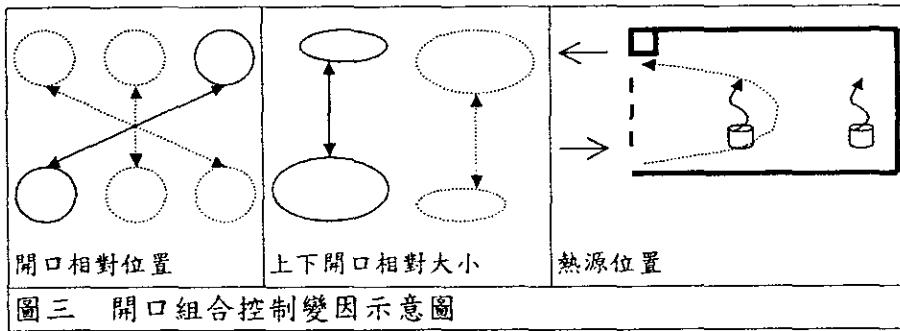


圖二 窗開口部分段開口示意圖

(二)、開口變化

配合中性軸原理採分段開口模式，如圖三所示。

(三)、氣候條件



圖三 開口組合控制變因示意圖

(六)、熱源與污染源位置

臥室空間區分為工作區與休息區，人體熱源依不同活動屬性時的通風行為，如圖五所示。

- 1、溫度：冬季外氣平均氣溫 18°C。
- 2、溼度：RH 75%。
- 3、濃度：外氣 CO2 濃度 385ppm。
- 4、風速：初始狀態以外氣無風下之自然熱對流方式。

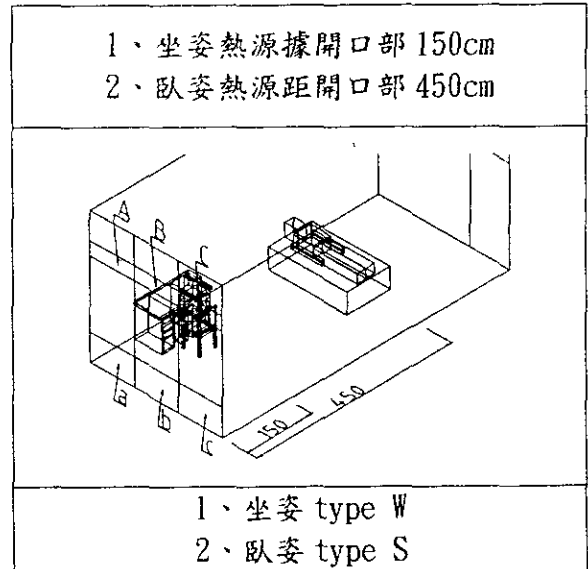
(四)、開口模擬模組

		上開口編號		
		a	b	c
下開口編號	A			
		A-a	A-b	A-c
		B		
	B-a		B-b	B-c
	C			
		C-a	C-b	C-c
		相關位置說明	<p>本表中的圖示編碼原則，採由戶外面向室內，依上、下開口部所在位置的編號組合而成。左圖中的倒三角點表室內熱源的相關位置。</p>	

圖四 上下開口之開口模擬模組示意圖

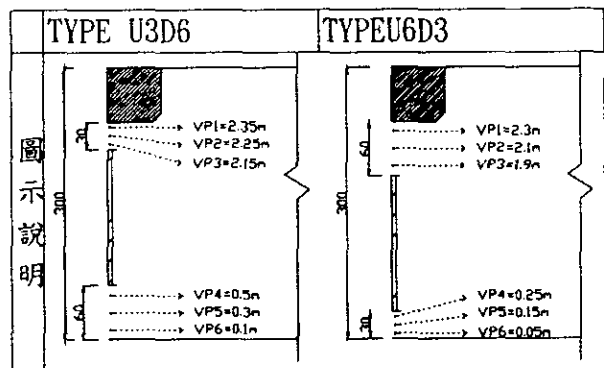
(五)、開口寬度

分別是上開口 30cm、下開口 60cm 組與上開口 60cm 下開口 30cm 組的寬度。



圖五 熱源與污染源位置示意圖

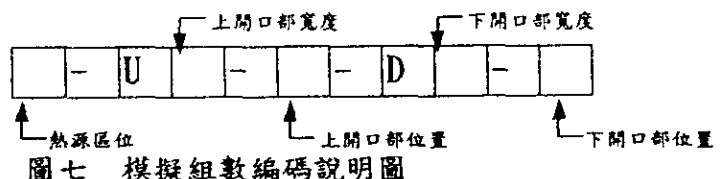
(七)、開口部量測點



圖六 開口部量測點位置示意圖

(八)、模擬組數

本研究的模擬模型，考慮熱源位置、上下開口部位置與開口部寬度等三項控制變因後，共排列出 36 組模型如表二所示，進行電腦解析模擬，各組號碼的說明如圖七所示。



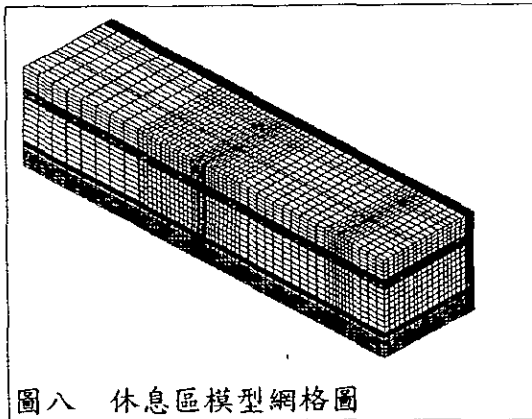
圖七 模擬組數編碼說明圖

表一 模擬組數編碼表

控制變因		模組組數		
熱源位於工作區(W)	上開口 30cm(U3)	W-U3-a-D6-A	W-U3-b-D6-A	W-U3-c-D6-A
		W-U3-a-D6-B	W-U3-b-D6-B	W-U3-c-D6-B
		W-U3-a-D6-C	W-U3-b-D6-C	W-U3-c-D6-C
	下開口 60cm(D6)	W-U6-a-D3-A	W-U6-b-D3-A	W-U6-c-D3-A
		W-U6-a-D3-B	W-U6-b-D3-B	W-U6-c-D3-B
		W-U6-a-D3-C	W-U6-b-D3-C	W-U6-c-D3-C
熱源位於休息區(S)	上開口 30cm(U3)	S-U3-a-D6-A	S-U3-b-D6-A	S-U3-c-D6-A
		S-U3-a-D6-B	S-U3-b-D6-B	S-U3-c-D6-B
		S-U3-a-D6-C	S-U3-b-D6-C	S-U3-c-D6-C
	下開口 60cm(D6)	S-U6-a-D3-A	S-U6-b-D3-A	S-U6-c-D3-A
		S-U6-a-D3-B	S-U6-b-D3-B	S-U6-c-D3-B
		S-U6-a-D3-C	S-U6-b-D3-C	S-U6-c-D3-C

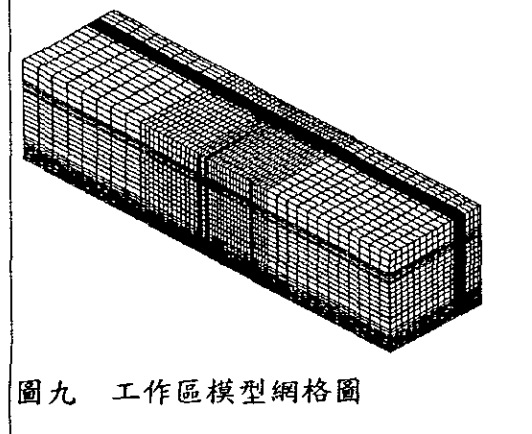
(九)、電腦模擬網格

1、休息區模型網格



圖八 休息區模型網格圖

2、工作區模型網格



圖九 工作區模型網格圖

(十)、境界條件

物件名稱	設定符號	設定邊界名稱	設定邊界之性質
鼻孔	CS	User defined	CO2 呼出濃度 = $0.0129 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{s}$ 紊流強度 = 2%
床鋪	BED	block	表面有摩擦力作用
頭部	HEAD	block	表面有摩擦力作用
胸部	BR	block	表面有摩擦力作用
腿部	FT1	block	表面有摩擦力作用
腿部	FT2	block	表面有摩擦力作用
手部	HAD1	block	表面有摩擦力作用
手部	HAD2	block	表面有摩擦力作用
臉部	SHEAD	block	表面有摩擦力作用
外氣室邊界	OP1	wall	表面溫度 = 18°C CO2 濃度 = 385ppm
外氣室邊界	OP2	wall	表面溫度 = 18°C CO2 濃度 = 385ppm
外氣室邊界	OP4	wall	表面溫度 = 18°C CO2 濃度 = 385ppm
外氣室邊界	OP5	wall	表面溫度 = 18°C CO2 濃度 = 385ppm
外氣室邊界	OP6	wall	表面溫度 = 18°C CO2 濃度 = 385ppm

(十一)、電腦模擬解析

本研究的 36 種開口模組經 CFD 解析模擬由熱浮力產生的自然通風在開口位置所產生之氣流速率、室內 CO₂ 值、換算後的各組換氣率以及代表室內舒適程度的 PMV、PPD 等指標顯示熱舒適度之指標 PMV 呈等值現象。各組之 PMV 值均是 0.128，不滿意值僅 5.527%，皆在人體舒適感範圍內。

1、下開口部位置對ACH的影響

(1)、休息狀態

在固定上開口部位置情況下，依序變換下開口部位置進行模擬，各開口模組的ACH值隨下開口部位置A、B、C之順序而呈遞減或漸緩之趨勢，表示進氣口之位置距熱源近者，在外氣風速為0時，有利於自然熱浮力通風換氣之行為。

(2)、工作狀態

當熱源距開口部過近時，開口部之進氣口位置與熱源位置方向平行的ACH值明顯較優；其他位置的下開口部所得到ACH值變化不大，其對稀釋CO₂污染物的能力亦呈相似之結果。即在設計上進氣口位置需平行熱源之位置，方能獲得最有效的通風效果。

2、上開口部位置對ACH的影響

(1)、休息狀態

固定下開口部位置，依序變換上開口部位置進行模擬，在人員休息狀態時，變換上開口部位置，ACH值會隨上開口部A、B、C之順序呈現規則狀遞減，開口部位置與熱源遠近有相當程度上的關係。

(2)、工作狀態

當人員於工作狀態時，依序變換上開口部位置進行模擬，當下開口部位置於A時，上開口部位置 $a > b \geq c$ ；當下開口部位置於B、C時，U3D6與U6D3組各呈現不同趨勢，分別出現異態與反態的趨勢。

3、開口部寬度對通風效率的影響

對分段式開口部的模組中，上區位與下區位開口寬度關係對通風效率的影響，分別進行上開口部30cm下開口部60cm(U3D6)與上開口部60cm下開口部30cm(U6D3)解析：

(1)、上開口部大者其ACH值略大於下開口部者，即U6D3組的平均ACH值不論熱源是在休息區或工作區時，均略大於U3D6

組，可知在熱浮力通風狀態時熱氣出口的大小需優先於進氣口大小。

(2)、當模擬的邊界條件皆相同而僅改變開口部大小時，所得到的結果看出各相異邊界條件組間的變化趨勢呈現穩定差值。

四、結論與建議

(一)、透過CFD電腦模擬研究後，可驗證本研究中的分段式開口模式其通風效率比同邊界推拉窗與中央軸旋轉窗來的優良，研究實驗中以wu6ad3A組之ACH值最佳；其換氣效率分別比推拉窗多了36%，比中央軸旋轉窗多了28%。

(二)、藉由熱源的遠近來控制熱浮力通風的效果，由休息區組與工作區組的比較上，結果顯示當熱浮力驅動力的效果愈差的情況下，開口部的合理性愈顯得重要。

(三)、顯示下開口部位置離熱源愈近者，其通風效果愈好，因此在應用上應盡量選擇與熱源(污染源)位置呈平行方向的下開口部位置，以達到最小進氣路徑。以本研究中的模組而言，上開口部位置a配合下開口部位置A，其通風效果最佳。

(四)、在分段式開口的上下開口寬度設計上，上開口寬度大者優於下開口寬度大者，即排氣口的重要性優於進氣口，惟影響不大，是上下開口部位置、熱源區位與開口寬度等三項變因中影響性最小者。

五、參考文獻

1. 王文安，「台灣地區臥室空間室內空氣品質實測與改善策略模擬研究」，1998，博士論文，國立成功大學。
2. 江哲銘，「空氣流場預測在輔助建築設計之應用—採用CFD數值模擬技術」，「第十二屆建築研究成果發表會論文集」，2000。
3. Chen Q., "Modeling Airflow and Contaminants in Buildings", Lecture notes for Ene-58.152 postgraduate seminar on HVAC, 1997

六、誌謝

本研究承行政院國家科學委員會89年度專題研究計劃補助，計劃編號NSC89-2211-E-032-030，在此特申致謝。