

# 建築技術規則中有關通風條文之探討研究

A Study on the Ventilation Regulations in the Building Code

江哲銘\*<sup>1</sup> 賴榮平\*<sup>1</sup> 王文安\*<sup>2</sup> 周伯丞\*<sup>2</sup> 賴啟銘\*<sup>3</sup>

## 一、前言

台灣地區由於地狹人稠、都市化程度高、都市土地的集約使用與建築物的鄰棟間距、高度、座向及植栽等因素，造成室內通風換氣氣流分佈的不均勻及換氣量之不當，嚴重影響室內空氣品質。目前，我國有關通風換氣的規定在「建築技術規則」中有：建築設計施工編第四十三條（通風）等規定以及建築設備編第一百條至第一百零二條（機械通風系統及通風量）等規定，其條文內容仍顯不夠完備，如：機械通風量值與國外法規值有頗大之差異、自然通風與機械通風皆未考量室內人員密度、未訂定室內空氣品質標準等。

因此，內政部營建署已開始著手建築物室內通風相關法規之研修。本研究之目的即在居室人員基本健康需求條件下，探討建築技術規則中有關居住空間通風量相關規定之適宜性。採用的方法為法規制度之分析、CFD 數值模擬方法以及學者專家諮詢等方式，以研擬合理的通風法規條文架構與內容。

## 二、研究方法與流程

本研究採用的方法及研究流程簡示於圖 1。

## 三、我國現有法規之比較探討

### ■有關室內空氣品質規範之條文

表 1 各國室內空氣品質設計及管理規範之比較

國別	溫度	濕度 %	平均風速 m/s	懸浮粒子 mg/m <sup>3</sup>	CO <sub>2</sub> ppm	CO ppm	管制法令
中華民國					5000	50	勞工安全衛生法
美國 ICBO	待查						
美國 BOCA				0.15		8	NMC SEC. 1603
日本	17~28	40~70	< 0.5	PM10 < 0.15	1000	10 (時平均值)	建築基準法施行令 建物管理法施行令
美國 ASHRAE	ET* 值 夏：23~26 冬：20~23.5		0.5	PM10 < 0.5		9 (時平均值)	ASHRAE 62R (Draft 1996) ASHRAE 55a-95
歐洲	22~24.5	0.15~0.25					

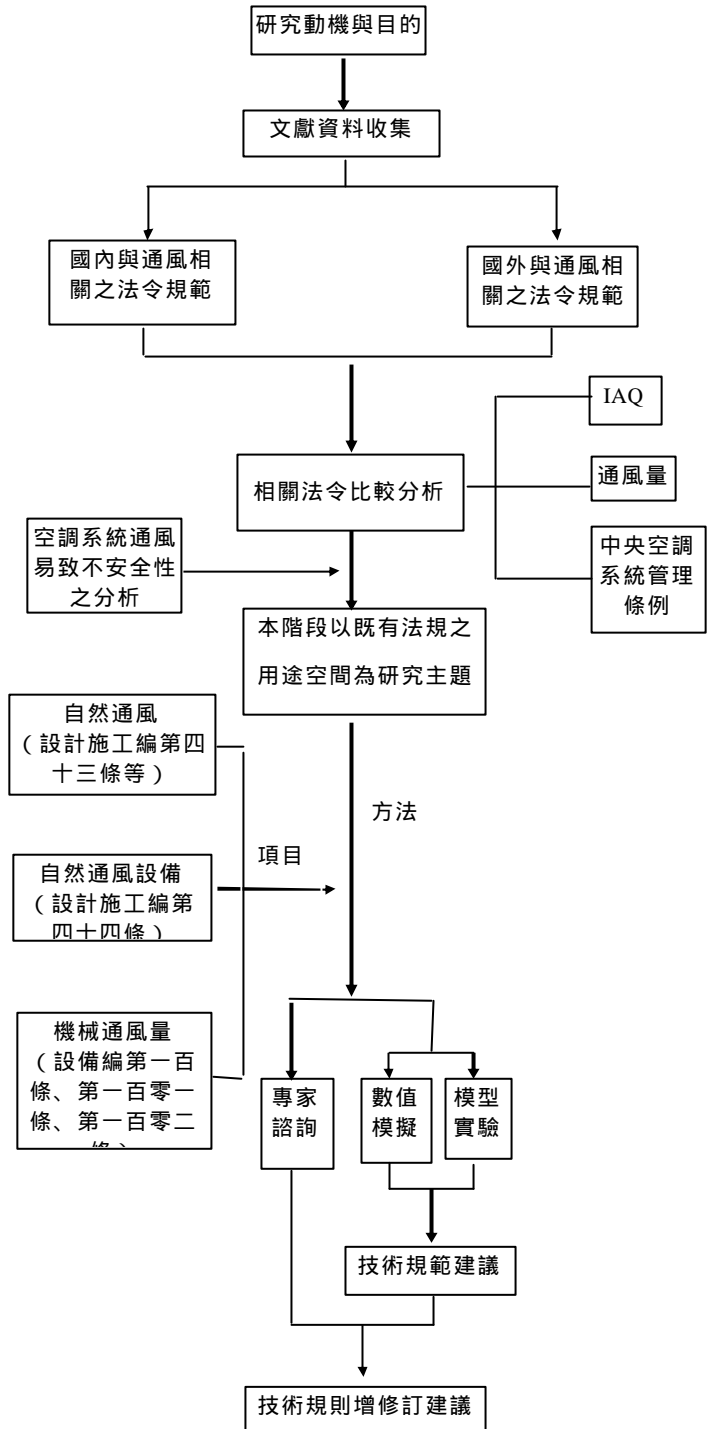


圖 1 研究方法與流程

\* 1 成功大學建築研究所 教授 \* 2 成功大學建築研究所 博士候選人 \* 3 成功大學建築研究所 博士班

## ■有關自然通風之條文

表 2 各國自然通風規定之比較

我國	美國 ICBO	美國 BOCA	日本	美國 ASHRAE 62R (DRAFT,1996)
設計施工編第四十三條等	UBC SEC. 605 ...etc.	NBC SEC. 706.2	建築基準法 第二十八條等	Section 5.7.2
有效開口面積	有效開口面積	最小開口部面積	有效開口面積	最小開口部面積
依空間用途而定不同之有效開口面積值 ( % of the floor area )	依空間用途而規定不同之有效開口面積值 ( % of the floor area )	4 % of floor area being ventilated	依空間用途而定不同之有效開口面積值	4 % of the net occupied floor area

## ■有關機械通風之條文

表 3 各國機械通風量值之比較 ( 節錄部份使用空間 )

	我國	美國	美國	日本	美國	歐洲	
臥室、起居室、私人辦公室等容納人數不多者	8	3.6	1.7	2	4	待查	
非營業用廚房	35	30	30	3.5	32	待查	
住宅內浴室或廁所	20	30	22	5.3	24	待查	
辦公室、會客室	10	0.9	2	2	2.3	最嚴謹	一般性
						6.12	4
會議室、候診室候車室等容納人數多者	15	4.3	30	10	6	21.6	10
展覽陳列室、理容美髮院	12	3.4	24	8	8	待查	
百貨公司、舞蹈、棋室、球戲等康樂活動室	15	3.4	17	8	9	18	10
營業用餐廳、酒吧、咖啡館	25	8.5	60	20	13	28.8	17.3
戲院、集會堂等之觀眾席	75	12.7	85	30	14.8	57.6	24.5
營業用廚房	60	待查	10.2	4	13.3	待查	
汽車庫	25	27	27	20	27	待查	

單位：m<sup>3</sup>/hr/m<sup>2</sup>

## ■有關使用階段之維護管理條文

表 4 各國室內空氣品質設計、使用管理法令之比較

	我國	美國 BOCA	日本	美國 ASHRAE
空調系統在設計階段之室內空氣品質管理項目	依據建築法第七十七條訂定 ( 目前尚缺 )	微粒量 CO 濃度 CO <sub>2</sub> 濃度 光化合物 碳水化合物 NO <sub>2</sub> 濃度 臭氣	浮游粉塵量 CO 濃度 CO <sub>2</sub> 濃度 溫度 濕度 氣流	列舉多國衛生組織訂定之污染務度標準以作為建議範例，並以定性描述系統之維護、管理原則
空調系統在使用階段之室內空氣品質管理項目		浮游粉塵 毒氣 其他有害因子 ( 僅定性描述 )	浮游粉塵量 CO 濃度 CO <sub>2</sub> 濃度 溫度 濕度 氣流	
管理法規				ASHRAE 62R

來源		N.B.C ARTICLE 30	建物衛生管理 法	DRAFT, 1996 Section 8, APP. C、D
----	--	---------------------	-------------	------------------------------------

經過上述各節（表 1 至表 4）有關各國法規中室內空氣品質標準、自然通風條文、機械通風條文、空調系統使用階段之維護管理條文的比較探討，可整理成以下幾點階段性結語：

（一）有關室內空氣品質標準方面：

目前我國有關室內空氣的管制法令，僅規定開口部之有效通風面積（自然通風）與機械通風設備之通風量。有關污染物濃度之規定僅有適用於產業現場之「勞工安全衛生法」與「公共場所禁煙辦法」。

（二）有關自然通風條文方面：

目前我國有關自然通風的條文，規定開口部之有效通風面積，其條文形式及量值與國外相關法規差異不大。在下述四中，將以臥室空間為例，利用計算流體力學之數值計算，模擬污染源之擴散行為，以評估法規中有效通風面積規定之妥適性。

（三）有關機械通風條文方面：

1. 目前我國有關通風機械的條文架構，規定了 20 類不同用途空間之機械通風量。許多的空間用途已不合時宜且其分類項目似乎過於簡略。
2. 在機械通風量值方面，相較於國外法規後發現有其差異，值得進一步評估。在下述文章中，將以「污染物質平衡模型」初步估算不同空間用途所需最小機械通風量值，再配合外國法規比較以及專家諮詢方式作進一步研究。

（四）有關空調系統使用階段之維護管理條文方面：

目前我國相關法規中，尚無針對空調系統使用階段訂定維護管理條文。

## 四、自然通風之研究

（一）以臥室空間為例之污染源擴散模擬

本章以一般臥室空間為例，探討僅開啟一扇朝向室外的窗戶時，室內空氣污染源之擴散行為。箇中自然對流的驅動力為人體發熱量（1met.），空氣污染物為人體呼吸排出之二氧化碳  $CO_2$ ，此污染物藉由本身之濃度梯度擴散亦隨著自然對流經由窗戶進行擴散。由於我國「建築技術規則」建築設計施工編第四十三條規定：一般居室之窗戶或開口部之有效通風面積，不得小於該室樓地板面積百分之五因此在窗戶尺寸的選定上即以臥室樓地板面積的百

分之五為準則，觀察其位於不同方位時，室內流場、濃度場之分佈。

### ■住宅臥室單元空間尺寸之選定

根據文獻「國民住宅建築計畫準則研究」（內政部建築研究所籌備處，1992）與「住宅單元空間自然通風效果之研究—以集合住宅臥室空間為例」（陳鵬宇，1996）中，經由台灣地區住宅文獻的回顧、行為模式比較分析、建築工業標準化及模矩配合等方法對臥室單元空間之規模與開門開窗尺寸進行研判，其綜列如下。模擬自然通風之單元空間模型如圖 2 所示。

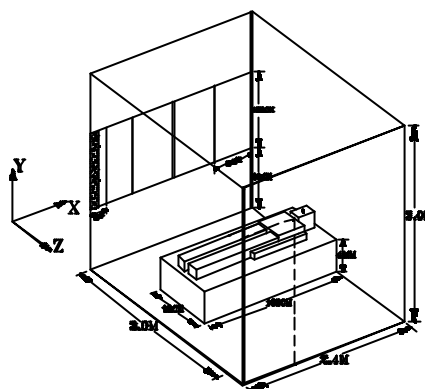


圖 2 單元臥室空間模型

其細部尺寸說明如下：

1. 窗戶尺寸選定 30cm x 120cm，窗戶台度為 90cm。
2. 室內開門尺寸為 90cm x 210cm，與樓地板間隙為 2cm。
3. 室內樓高為 300cm。
4. 空間規模選定長 300cm x 寬 240cm。
5. 床鋪為單人床長 190cm x 寬 90cm x 高 45cm。
6. 模擬假人身高 170cm x 體寬 45cm x 側寬 20cm。

### ■數值方法

本研究是以數值模擬軟體為解析工具，其本體架構為 Patankar（1980）所提出的 SIMPLE algorithm，數值方法係在錯排網格（staggered grid）系統上將統御方程式以控制體積積分法（control volume integration approach）差分展開，其中對流項、空間微分項採用「混合法則」（hybrid scheme）。格點系統採用「非均勻格點」，本研究採用 23 x 20 x 40（25）格點系統。

## ■結果與討論

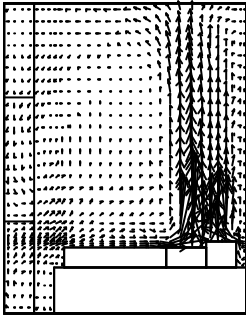


圖 3 臥室自然對流流場（窗戶位於牆壁左側）

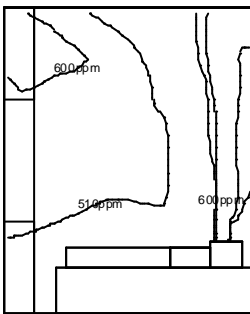


圖 4 臥室 CO<sub>2</sub> 濃度分佈圖（窗戶位於牆壁左側）

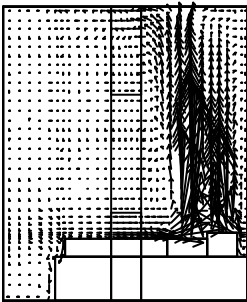


圖 5 臥室自然對流流場（窗戶位於牆壁中央）

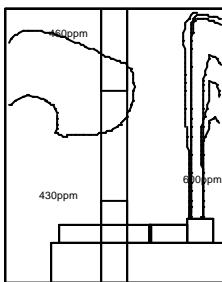


圖 6 臥室 CO<sub>2</sub> 濃度分佈圖（窗戶位於牆壁中央）

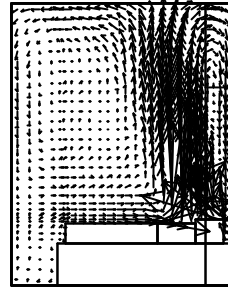


圖 7 臥室自然對流流場（窗戶位於牆壁右側）

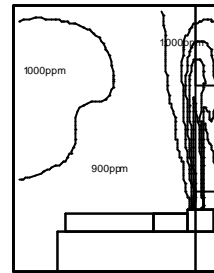


圖 8 臥室 CO<sub>2</sub> 濃度分佈圖（窗戶位於牆壁右側）

上述三則數值結果（圖 3 至圖 8）顯示人體躺臥區域二氧化碳濃度值尚低於 ASHRAE 通風評估準則 1000 ppm，前兩者有較高的通風效能，第三者雖不盡理想，但能符合保守的評估指標。況且此時吾人假定戶外大氣狀態為靜滯裝況，若為一般微風環境時，室內空氣品質可望更加改善。

### （二）居室人員密度與最小開口部面積之關係

本小節利用「污染物質質量平衡模型」的計算法則，估算在符合既有法定通風面積之條件下，不同室內空氣混合效率其室內空氣品質與居室人員密度之關係。

$$C_i = C_o + \frac{S_i \text{ met } n}{K Q_o} \quad (\text{式 1})$$

其中  $S_i$  為人體於 1 met 時，其二氧化碳產生率  
 $n$  為居室人員密度（人/m<sup>2</sup>）

結果可繪製如圖 9 所示。

(本研究整理)

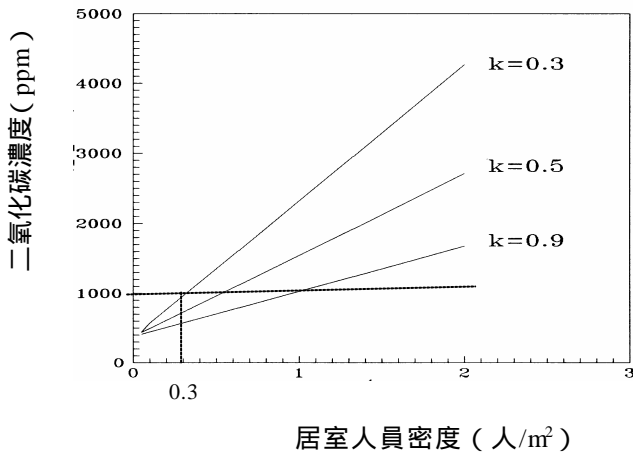


圖 9 人員密度與居室二氧化碳濃度之關係  
(本研究整理)

若以空氣混合效率  $k=0.3$  (一般自然通風之空氣混合效率) 之個案觀察, 可知在人員密度大於 0.3 時 (即每人約佔  $3 \text{ m}^3$ ), 室內二氧化碳平均濃度即累積至 1000 ppm 之上, 因此本研究建議在室內人員密度大於 0.3 的用途空間中, 最小的通風面積應修訂為:

$$\text{通風面積} = (\text{現有法規規定之最小面積}) \times (\text{修訂係數})$$

利用一修訂係數, 來將現有法規規定之最小面積作彈性調整, 俾使在高人員密度之室內其空氣品質能得以維持一定水準。修訂係數的量值如表 5 及圖 10 所示。

表 5 室內人員密度與相對之通風面積修訂係數 (簡表)  
(本研究整理)

人員密度 (人/ $\text{m}^2$ )	0.3	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
修訂係數	1	1.6	3	4.7	6.3	7.8	9.4	11	12.5

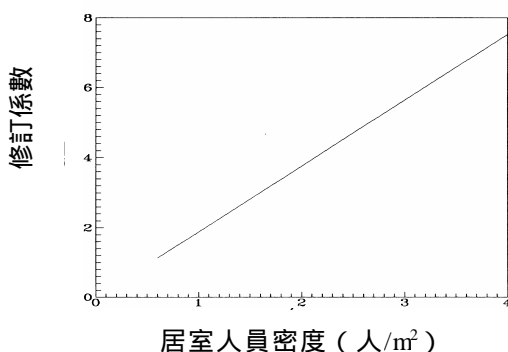


圖 10 居室人員密度與相對之修訂係數關係圖

## 五、機械通風之研究

### (一) 各種用途空間機械通風量值之估算

#### ■ 污染物質質量平衡模型原理 (Mass Balance Model)

若干方法可用來預估或實測出室內空氣污染物濃度, 諸如計算流體力學之模擬、現場實測及實驗印證等。但由於用途空間之種類繁多且室內空間佈局並無均一性, 因此上述研究方法皆有其實行與時效上之困難點, 因此在估算「稀釋」室內污染源所需外氣量的方法論上, 本研究採用污染物質質量平衡模型。

#### ■ 以臥室空間等為例之試算結果

$$\text{所需之外氣量} : Q_0 = \frac{S n (DF)(\text{met})}{K(C_i - C_o)} \quad (\text{式 2})$$

本研究分別以本土化資料及空氣環境現況, 對臥室等空間進行試算, 計算時所引用之根據與計算細目、結果整理於表 6 中。

表 6 稀釋人體活動及生活行為產生之污染所需之外氣量值試算  
(本研究整理)

用途空間	臥室	廚房	一般辦公空間	會議室
污染源強度 S 【 $\text{m}^3/\text{sec}$ 】	$5.83 \times 10^{-6}$ 【 $\text{CO}_2$ 】	$1.17 \times 10^{-4}$ 【 $\text{CO}_2$ 】	$5.83 \times 10^{-6}$ 【 $\text{CO}_2$ 】	$5.83 \times 10^{-6}$ 【 $\text{CO}_2$ 】
人員居室密度 n 【人/ $100\text{m}^2$ 】	10 【國宅資料】	17.6 【國宅資料】	10 【建築計畫】	50 【建築計畫】
人員活動程度 met	1	1.5	1.2	1
流動百分率 DF	1	0.75	1	1
通風混合率 K	0.9			
室內空氣品質規範 $C_i$	1000 ppm 【 $\text{CO}_2$ 】			
室外空氣現況 $C_o$	380 ppm 【 $\text{CO}_2$ 】			
所需最小外氣量 【 $\text{m}^3/\text{hr}/\text{m}^2$ 】	3.76	22.75	4.5	17

#### ■ 機械通風量值訂定之原由及流程

建築物之幾何空間皆有其相異之特性, 箇中不同用途空間其使用頻率、人員活動程度與密度亦呈現著多樣狀況。定量出各種用途空間其所需引入之外氣量, 以稀釋室內空氣污染源是相當不易的事。鑑於此, 本研究單位與內政部建築研究所等特於去年 (民國八十五年) 十二月初邀請國際著名學者 P Ole. Fanger 來台進行學術訪問。藉著 Fanger 教授訪談及演講的過程中, 瞭解歐美在於增修訂各用途空間所需之外氣量時, 其考量之因素與研究之方法。Fanger 教授提及, 在新修訂歐洲通風標準規範草案

中 (prENV 1752) , 將稀釋室內空氣污染源所需的外氣量區分為兩大部份 :

1. 稀釋人體活動及生活行為 (如廁、烹煮、) 所產生之空氣污染源。其指標污染物是以二氧化碳 (CO<sub>2</sub>) 為主, 而目前歐、美、日等國訂定 1000 ppm 為其室內污染容許標準, 以作為室內通風設計與管理之評估標準。( Taylor, 1996 )
2. 稀釋因建築物構材 (建材、裝潢物) 逸散之空氣污染物。以揮發性有機物 ( Volatile Organic Compounds, VOCs ) 之逸散量值為檢測指標。

而美國冷凍空調協會於 1991 年至 1996 年間進行長達五年的有關通風規範 (ASHRAE 62R draft 1996) 新增訂, 修訂後對於機械通風量值之修訂方法與理念皆與上述歐洲規範 prENV 1752 相同。過程中, 藉由專家諮詢會議 (technical committee) 的召開, 讓參與之學者、空調設計專家等提供多方面學理研究與實務經驗, 針對各種不同用途空間其所需之最小外氣量做最終之審定 (Taylor, 1996) 。

本研究對於機械通風所需引入之外氣量值的研究流程如圖 11 所示。針對國內本土化資料 (污染源強度、人體活動程度及密度、) 及利用污染物質量平衡模型進行初步估算。

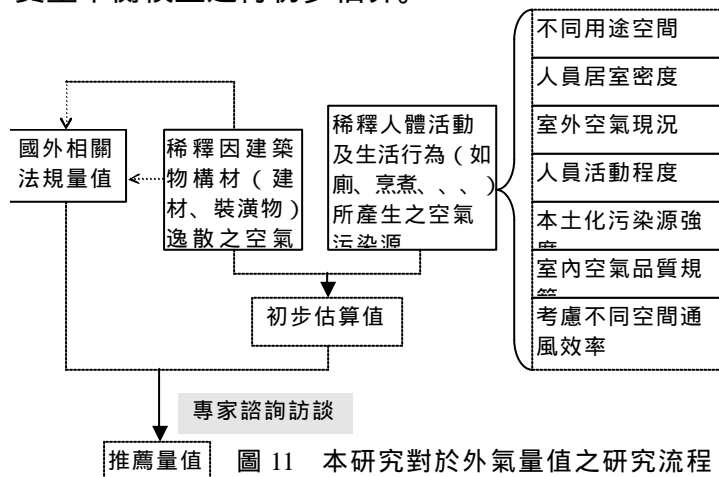


圖 11 本研究對於外氣量值之研究流程

以臥室等空間為例之外氣量試算過程詳見前一節, 各用途空間之試算結果則於依相同方式估算。至於稀釋因建築物構材逸散之污染物所需的外氣量, 由於本土化建材其所逸散 VOCs 量值之資料庫 (Data-Base) 尚在構築中, 因此本研究暫行採用 ASHRAE 提供之量值 (ASHRAE 62R draft 1996) , 待國內建築物構材污染物逸散強度之資料庫建立

後, 建議再行下一階段之法規修訂。

在上述兩大通風類別所需最低外氣量值估算完畢後, 將其疊加而得最終之估算值, 其結果並與國外相關法規之量值作一比較。再於今年四月間與多方專家諮詢訪談, 收集多方面之建議並進行量值之再評估, 以期得到高可信度之數據。

#### ■專家諮詢結果

由前述小節之機械通風量值比較表可看出: 本研究建議外氣量與外國既有量值之間, 或者不同國家彼此之間的比較上其量值皆有稍許之差異。其原因也許是氣候環境、能源之取得、生活型態或工程品質等之背景因素所造成, 使得本研究面臨量值決策上的困難: 較大的外氣量對室內人員之健康權益有較高的保護程度, 但卻嚴重損耗能源 (台灣處於亞熱帶氣候區, 外氣量值為空調之極大負荷, 況且本身能源不足, 對整體經濟而言影響層面極廣), 伴隨的尚有佔空間、高噪音等問題; 反之低外氣量之選擇雖可以緩和上述缺失之影響, 但也面臨是否足以維持適當的室內空氣品質之疑問。因此本研究希望藉由學者專家之理論研究與實務考量, 針對每一用途空間其所需之最低外氣量值逐項檢討, 來提供研究單位之公正判斷依據, 期能在「健康」與「能源」之間取得一平衡點。截至目前為止, 研究單位就「機械通風量值之適切性」此主題向學者專家進行諮詢的結果如表 7 所示。

表 7 本研究經專家諮詢後擬定之機械通風量值 (節錄部份)

空間分類		居室人員密度 (人/100m <sup>2</sup> )	樓地板面積每平方公尺 所需通風量 (立方公尺/小時)
住宅	臥室、起居室	10	4
	廚房	17.6	32
	浴室、廁所	26.5	23
辦公建築	一般辦公空間	10	4
	會議室	50	6
	影印室	10	10
	接待室	30	6
教育	演講廳	150	16
	美術教室	20	10
	科學實驗室	25	14

## 六、結論與建議

(一) 在有關自然通風條文方面:

1. 由本研究以臥室為例, 利用數值方法模擬室內

污染源擴散之結果，可印證設計施工編第四十三條第一款之既有規定應屬合理的。

- 2.在一般居室中，有效通風面積應隨實際居室人員密度作彈性調整，本研究建議將室內人員密度大於 0.3 (人/m<sup>2</sup>) 的一般居室所需的最小的通風面積應修訂為：

通風面積= ( 現有法規規定之最小面積 ) x ( 修訂係數 )

其中修訂係數的量值可由圖表中直接查出。

(二) 在有關機械通風量值方面：

- 1.將法規既有之房間用途重新展開、分類，並增列符合現代化生活需求之使用空間。
- 2.增列室內人員密度指標。當進行機械通風量值之估算時，可將實際使用人員密度與表列之人員密度作一比較，而將設計通風量與規定之通風量做比例式增減。
- 3.最低機械通風量值之標準，是根據本研究數值估算結果及學者專家諮詢訂定而來。在逐項評估各用途空間所需最低外氣量值時已將各種背景因素融入。

## 謝誌

感謝內政部建築研究所對本研究之經費補助，  
本文為該研究之部份內容 (計畫編號 MOIS 860027)

## 七、參考文獻

- 內政部建築研究所籌備處 "國民住宅建築計畫準則研究" , ( 1992 )
- 江哲銘, "辦公建築室內空氣品質( CO<sub>2</sub> CO PM10 )之研究" , 內政部建築研究所籌備處, ( 1993 )
- AIVC, "A Guide to Energy Efficient Ventilation" , (1996)
- ASHRAE Standard 55a , " Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy" , ( 1995 )
- ASHRAE Standard 62 , "Ventilation for Acceptable Air Quality" , ( 1989 )
- Chiang, C. M., Chou, P. C. and Wang, W. A. *et al* "A study of the impacts of outdoor air and living behavior patterns on indoor air quality - case studies of apartments in Taiwan" , INDOOR AIR '96, Vol. 3, pp. 735-740, ( 1996 )
- Chao, N.T.; Chiang, C.M.; and Wang, W.A. *et al.*, "A Study on the Control Strategies to Improve Indoor Air Quality with Outdoor Air - Demonstrated by a Bathroom design" , Proceedings of Indoor Air '96, Nagoya (Japan), Vol. 4, pp. 387-390, ( 1996 )
- EUROPEAN PRESTANDARD prENV 1752 DRAFT , "Ventilation for Building : Design Criteria for the Indoor

Environment" , ( 1996 )

Patankar S. V. , "Numerical Heat Transfer and Fluid Flow" , HEMISPHERE PUBLISHING CORP.

Taylor Steven T., P.E , "Determining Ventilation Rates : Revisions to Standard 62-1989" , ASHRAE J. February ( 1996 )