

傳統與現代排灣石板屋之室內通風換氣效率比較

Differences of the Indoor Ventilation Aeration Efficiency from the Various
Construction of Stone-slab Houses

周伯丞^{*1} 江哲銘^{*2} 孟懷東^{*3} 李俊鴻^{*3}

一、前言

人類為了舒適的目的，不斷的尋求自然的通風方式表現於建築上，直至今日，雖然機械輔助通風已相當進步，自然方式的通風仍然是建築師或工程師所追尋的目標，通風依然是建築的一部分，好的設計是該顧及自然通風與舒適性。炎熱的季節，人們會藉著搖動扇子，或者走到室外陰涼且有微風的地區尋求避熱；這種得到舒適感均是空氣流動以帶動皮膚表層達到熱平衡效應。上述的避熱方式都不如建築物本身在設計上就有自然通風來的直接，也就是使室內能保持相當的空氣流動，以提供一舒適的工作場所；相對的為降低因空氣流動速度不佳，則必須使用機械式通風方式的設備來加以改善，這不但增加投資成本，更造成能源的浪費。而本研究係針對較具代表的傳統及現代石板屋建築單元空間環境作為探討對象，於夏季和冬季兩個季節進行現場環境實測；以瞭解石板屋室內環境品質，建立石板屋建築溫熱環境的數據資料。

二、研究方法

(一) 不同工法的差異性

傳統工法全部都是使用天然的石板和原始的疊砌工法，從採集石板、打石板、整地、砌牆、立祖靈柱、蓋屋頂、屋脊等等都是使用石板疊砌出承重牆、隔

*1.樹德科技大學室內設計系助理教授

*2.國立成功大學建築學系教授

間牆；全部都是採用最原始的模式去施作，傳統（圖 1）與現代（圖 2）兩者石

表 1 現代與傳統之間的排灣族石板屋工法

類別 類別	現代工法	傳統工法
屋頂	石板疊砌	石板疊砌+油毛氈
屋樑	木樑結構	木樑+RC 樑
隔間牆	小石板疊砌	磚牆
前牆	大石板立面	磚牆面及鋪貼大石板
側牆	石板疊砌	磚牆面及水泥粉刷
地板	大石板鋪面	大石板鋪面
材料	天然石板	天然石板、紅磚、油毛氈

板屋最大的分別在於工法與材料之間的差異性如表 1 所示。



圖 1 本研究針對之傳統石板屋實測案例



圖 2 本研究針對之現代石板屋實測案例

（二）通風換氣的評估指標

評估室內「換氣效能」時，通風量的評估可分為換氣量（Q）、換氣率（ACH）、空氣齡指標以及空氣交換效率等等，其意義如表 2 所示。本研究所探討者為空氣

交換率及換氣量兩種，其中空氣交換率（換氣率 of Air Change Per Hour，簡稱 ACH），基本定義為每一小時外氣量置換相當於該空間容積量的次數，乃是室內外空氣交換一種最直接的指標，換氣量（Q）其意義為每單位樓地板面積在每小時所置換隻氣流體積，如表 3 所示。表 3 所示為各種建築空間所需換氣量（Q）及換氣次數（ACH）之參考規範。

表 2 建築室內通風換氣指標參考規範

評估項目	物理單位	意義	備註
換氣量	M ³ /s M ³ /hr/m ²	每秒置換隻氣流體積每單位樓地板面積在每小時所置換隻氣流體積	本研究探討
換氣率（換氣次數） Air Change Per Hour (ACH)	h ⁻¹	每小時外氣量置換相當於該空間容積量的次數	本研究探討
局部平均空氣齡 Local Mean Age-of-Air	Sec	空氣由入口處飄一致空間中的任一點 P 所需的平均時間	
室內平均空氣齡 Room Average Age-of-Air	Sec	室內所有點的局部平均空氣靈芝平均值	
空氣交換效率 Air-Exchange Efficiency	%	局部平均空氣齡與室內平均空氣齡的比值	

表 3 各種建築空間所需之換氣量

建築或房間	換氣量 (Q)		換氣次數 (ACH)	
	每人需要量 m ³ /hr/人	單位面積需要 量 m ³ /hr/m ²	機械換氣	自然換氣
劇院	30—50	75	9—11	—
教室	30—60	20	6	3—6
辦公室	30	12	4	3—6
百貨公司	30	15	5	3—6
走廊	—	15	5	4.5—9
工廠	40—60	15	5	6—12
餐廳	30	25	7	3—6
餐廳之廚房	—	60—90	20—30	6—12
廁所、化妝室	—	10	4	3—6
公寓	—	8	—	3—6
住宅之廚房	—	8	—	3—6
旅館	—	8	3	3—6
病房	60	15	5	3—6
手術室	100	30	10	3—6

(三) 示蹤氣體量測技術

本研究之室內通風換氣效果，乃利用 SF₆ 示蹤氣體來量測。因 SF₆ 示蹤氣體(tracer gas)技術量測建築空間換氣狀態，已被廣泛的運用至量測室內換氣率。由示蹤氣體連續方程式，如式 1 所示：

$$V \frac{dC(\tau)}{d\tau} = S(\tau) + Q(\tau) \times C_{oa} - Qv(\tau) \times C(\tau) \quad \text{式 1}$$

其中：

V ：室內有效體積，(m³)

$C(\tau)$ ：室內示蹤氣體濃度，(m³/m³)

τ ：時間，(hour)

$S(\tau)$ ：通入室內之示蹤氣體濃度，(m³/m³)

C_{oa} ：外氣中示蹤氣體濃度，(m³/m³)

$Q_v(\tau)$ ：自室外流入室內的氣流，(m³/hour)

$$\text{式 1 可寫成：} Q_v(\tau) = [S(\tau) - V \frac{dC(\tau)}{d\tau}] / [C(\tau) - C_{oa}] \quad \text{式 2}$$

$$\text{則室內換氣率 } ACH = Q_v(\tau) / V \quad \text{式 3}$$

表 4 建築技術規則建築設備編第 102 條之各種用途使用空間設機械通風設備通風量規定

房間用途別	樓地板面積每平方公尺所需通風量 (m ³ /h)	
	機械送風及機械排風、機械送風及自然排風之通風方式	自然送風及機械排風之通風方式
臥室、起居室、私人辦公室等容納人數不多者	8	8
辦公室、會客室	10	10
工友室、警衛室、收發室、詢問室	12	12
會議室、候車室、候診室等容納人數較多者	15	15
展覽陳列室、理髮美容院	12	12

百貨商場、舞蹈、棋室、球戲等康樂活動室、灰塵較少之工作室、印刷工廠、打包工廠		15	15
煙室、學校及其他供指定人數使用之餐廳		20	20
營業用餐廳、酒吧、咖啡館		25	25
戲院、電影院、演藝場、集會堂之觀眾席		75	75
廚房	營業用	60	60
	非營業用	35	35
配膳室	營業用	25	25
	非營業用	15	15
衣帽間、更衣室、盥洗室、樓地板面積大於 15 平方公尺之發電或配電室		—	10
茶水間		—	15
住宅內浴室或廁所、照相暗室、電影放映室		—	20
公共浴室或廁所、可能散發毒氣或可燃氣體之作業工廠		—	30
汽車庫、蓄電池間		—	35

備註： 為本研究法規參考值

三、實驗測試結果與分析

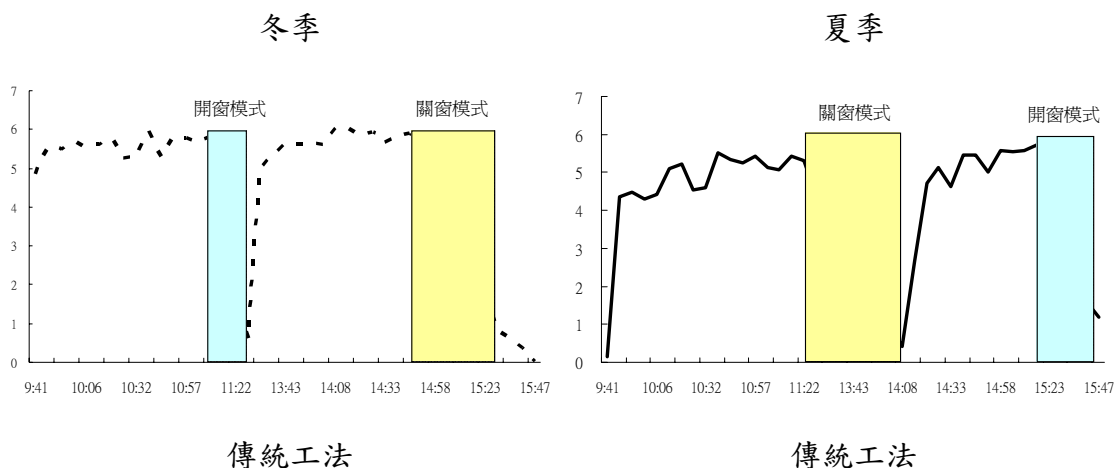
(一) 實驗測試結果

1.有關在傳統工法方面，由圖 2 量測結果所示，傳統工法在冬、夏季季節所量測之 ACH 值如下：

在冬季季節時所量測之 ACH 值分別為：開窗狀態 ACH 值為 8.36 (l/h)，關窗狀態 ACH 值為 7.59 (l/h)；換算成換氣量 (Q) 為 21.91 (m³/h/m²) 及 19.9 (m³/h/m²)。在夏季季節時所量測之 ACH 值分別為：開窗狀態 ACH 值為 13.09 (l/h)，關窗狀態 ACH 值為 5.44 (l/h)；換算成換氣量 (Q) 為 34.31 (m³/h/m²) 及 14.26 (m³/h/m²)。

2.在現代工法方面，由圖 2 量測結果所示，現代工法在冬、夏季季節所量測之 ACH 值如下：

在冬季及夏季季節時所量測之 ACH 值，可由圖 2 量測結果顯示；在冬季季節時所量測之 ACH 值分別為：開窗狀態 ACH 值為 5.91 (l/h)，關窗狀態 ACH 值為 1.05 (l/h)；換算成換氣量 (Q) 為 14.17 (m³/h/m²) 及 2.52 (m³/h/m²)。在夏季季節時所量測之 ACH 值分別為：開窗狀態 ACH 值為 6.08 (l/h)，關窗狀態 ACH 值為 0.55 (l/h)；換算成換氣量 (Q) 為 14.57 (m³/h/m²) 及 1.32 (m³/h/m²)。



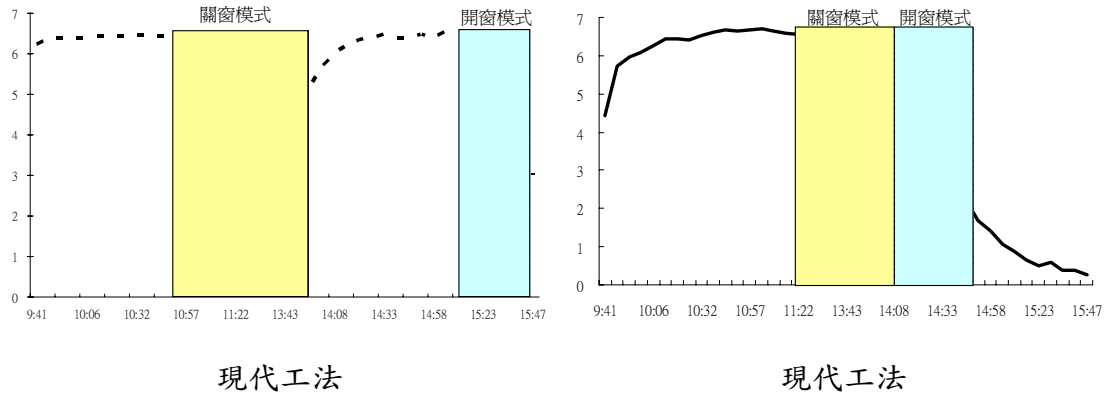
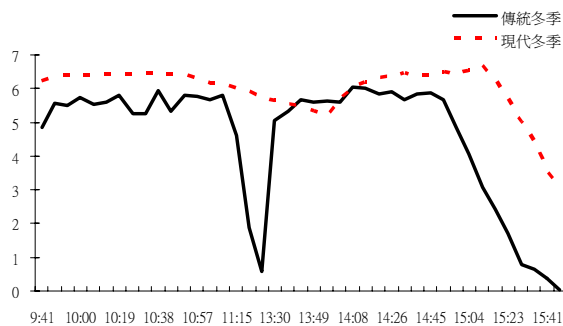


圖 2 冬、夏季通風量測

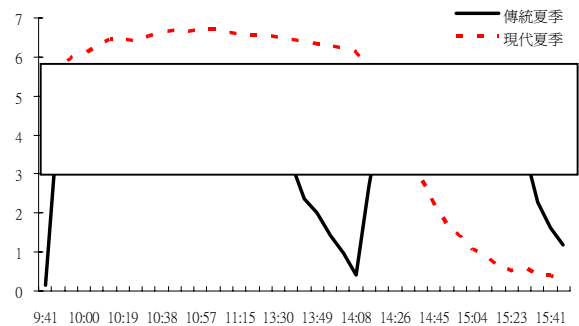
(二) 測試比較分析

本研究係針對不同工法的石板屋建築對室內通風換氣效率之影響作為主要探討的議題；而根據實測數值資料並經交叉比對之後發現如后：

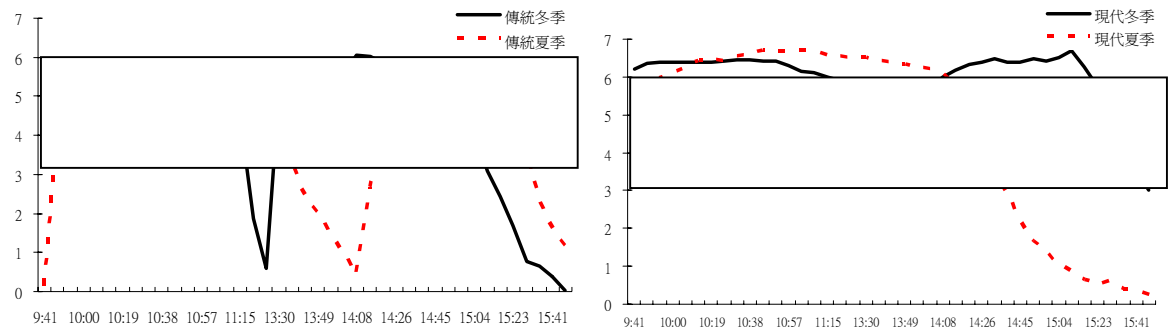
傳統及現代石板屋之冬、夏季換氣次數 (ACH) 和換氣量 (Q) 比較發現，傳統石板屋均符合建築技術規則所規定之換氣次數 (ACH) 和換氣量 (Q)；而反觀現代石板屋，在冬季跟夏季關窗模式時，換氣次數 (ACH) 和換氣量 (Q) 均達不到標準。在風速方面，因夏季時溫度較高的因故，造成風速的流動，反觀冬季則因溫度較低，所以風速的流動較為緩慢。



傳統與現代冬季換氣次數之比較

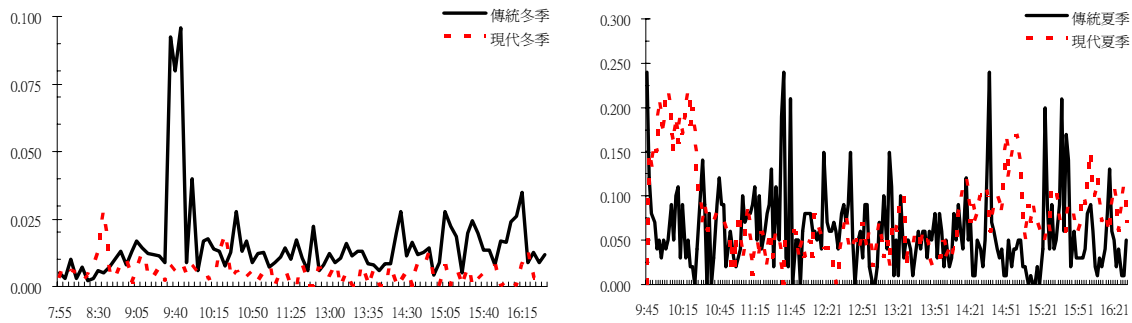


傳統與現代夏季換氣次數之比較



傳統冬、夏季換氣次數之比較

現代冬、夏季換氣次數之比較



傳統與現代冬季風速之比較

傳統與現代夏季風速之比較

圖 3 通風換氣分析比較圖

(三) 綜合比對分析

本研究係針對不同工法的石板屋建築對室內通風換氣效率之影響作為主要探討的議題；而根據實測數值資料並經交叉比對之後發現如后：

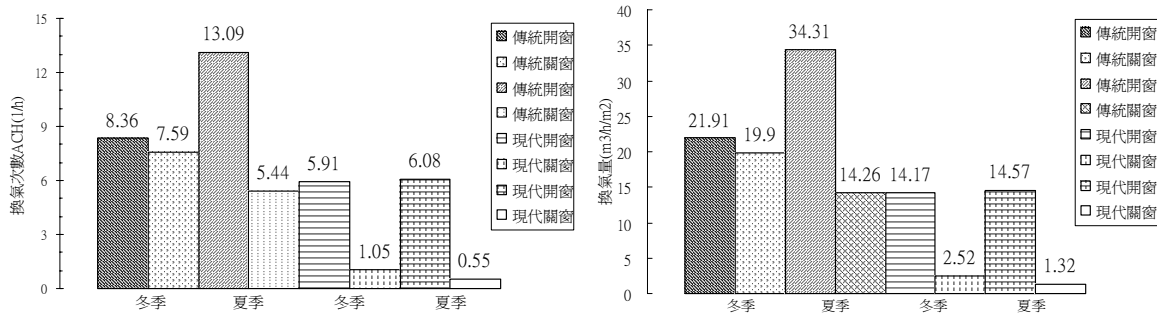
(1) 在換氣次數 (ACH) 方面：

根據建築技術規則規定，起居室之換氣效率 (ACH) 要求規定值為 3~6 (1/h)；從實驗數值結果顯示，如圖 4 所示，夏季時傳統石板屋開窗之數值是 13.09 (1/h)，現代石板屋開窗時之數值只有 6.08 (1/h)，冬季時傳統石板屋之開窗數值為 8.36 (1/h)，現代石板屋開窗時之數值為 5.91 (1/h)；另在關窗方面，夏季時傳統石板屋之數值為 5.44 (1/h)，現代的關窗只有 0.55 (1/h)，冬季時傳統時板屋之關窗數值為 7.59 (1/h)，現代石板屋關窗時之數值為 1.05 (1/h)。綜觀傳統及現代石板屋之冬、夏季換氣次數 (ACH)，傳統石板屋在開窗或關窗的狀態均符合建築技術

規則所規定之換氣次數 (ACH)；而反觀現代石板屋，卻僅有在開窗狀態符合規定外，在關窗狀態卻均未達規定標準。

(2) 在換氣量 (Q) 方面：

依據建築技術規則規定，起居室之換氣量 (Q) 要求規定值為 8 (m³/h/m²)；從實驗數值結果顯示，如圖 4 所示，夏季時傳統石板屋開窗之數值高達 34.31 (m³/h/m²)，現代石板屋開窗時之數值卻只有 14.57 (m³/h/m²)，冬季時傳統石板屋之開窗數值為 21.91 (m³/h/m²)，現代石板屋開窗時之數值為 14.17 (m³/h/m²)；另在關窗方面，夏季時傳統石板屋之數值為 14.26 (m³/h/m²)，現代石板屋之數值卻僅有 1.32 (m³/h/m²)，冬季時傳統時板屋之關窗數值為 19.9 (m³/h/m²)，現代石板屋關窗時之數值為 2.52 (m³/h/m²)。綜觀傳統及現代石板屋之冬、夏季換氣量 (Q)，傳統石板屋不論是在開窗或關窗的狀態均符合建築技術規則所規定之換氣量 (Q)；而反觀現代石板屋，卻僅有在開窗狀態符合規定外，在關窗狀態卻均未達規定標準。



傳統及現代換氣次數之綜合比較

傳統及現代換氣量之綜合比較

圖 4 通風換氣綜合比較圖

四、結論與建議

經由實測中可以瞭解屏東縣瑪家鄉排灣族的石板屋，了解其室內通風換氣的變化，也發現了傳統工法比現代工法來的舒適。分析了解後發現傳統工法與現代工法最大的差異性在於材料和施工的不同，造成現代工法的孔隙比較小，較不容易通風換氣，建議施作的工法應該是對環境友善的。如果可能應儘量使用大自然環境中的材料去構築，而且最好是使用當地材料，這樣也可以讓環境適切的結合在一起，這樣也就不會破壞當地的面貌，也就可以和大自然的融合為一體。

參考文獻

1. Bazant, Z.P., and Oh, B.H. (1982):“Strain-Rate Effect in Rapid Triaxial Loading of Concrete,” Journal of Engineering Mechanics,ASCE,Vol.108, No. 5, pp.764-782
2. E. Prianto, P. Depecker, Optimization of architectural design element in tropical humid region with thermal comfort approach. Energy and Buildings, 35: 273-280, 2003. (SCI)
3. Chiang, C.M.; Cheng, Y.L.; & Chou, P.C.; et al., 2003, A Study on the Assessment of the Indoor Environment Quality for the Renovation of Historical Buildings in Taiwan: Taking some cases from Ilan county as illustration, “APC 2003”, Hong Kong.
4. 江哲銘、鄭元良、周伯丞等，不同構造類型歷史建築於室內溫熱環境分析之比較，「第十六屆建築研究成果發表會論文集」，2004。
5. 鍾博任，歷史建築構造類型對室內溫熱環境影響之研究—以宜蘭地區為例，樹德科大碩論，2004。
6. 孟懷東、周伯丞，原住民石板屋傳統建築營造方法之探討，「兩岸地方產業

- 特色與產品設計教育學術研討會」，2003。
7. J.F. Nicol, M.A. Humphreys, Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings, *Energy and Buildings*, 34: 563-572, 2002. (SCI)
 8. P. Ole Fanger, Jorn Toftum, Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates, 34: 533-536, 2002. (SCI)
 9. 江哲銘、鄭元良、周伯丞等，從永續健康的室內溫熱環境觀點探討歷史建築再利用之因應課題，第十五屆建築研究成果發表會，2003。
 10. 周伯丞，「建築開口部自然通風效果之研究」，成大建築博士論文，2000。
 11. 鄭懋雄，「辦公室通風效果與污染物濃度之研究」，成大建築碩士論文，2001。
 12. 涂玉峰，「室內空氣環境綜合評估指標之探討－以台灣南部工業區辦公大樓為例」，成大建築碩士論文，1999。