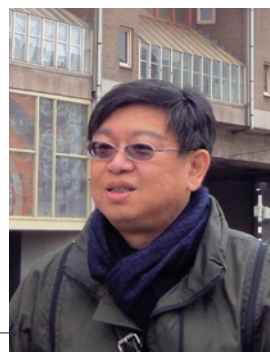


亞熱帶氣候下 室內環境品質對健康、 舒適的影響與調控策略



周伯丞

樹德科技大學環系主任兼建室所所長·樹德科技大學室內設計系副教授

一、前言

隨著資通訊科技的快速發展，以及全球對於環保、節能的永續議題關注下，室內空間的「環境效率」應「以人為本」的中心概念，鏈結健康、舒適、智慧化等面向，提供由人的身心靈→室內空間→建築體→大環境之全程照護，提昇人類生活品質及工作效能。

根據Arthur Roenfeld博士—美國柏克萊勞倫斯實驗室(Lawrence Berkeley Laboratory)創辦人指出，由美國能源部的研究顯示，居室空氣品質的改善，對於提升人員工作效能與健康，具有顯著的經濟效益。因此建築室內環境與人體之舒適、健康息息相關，而要確保人類居住的舒適、健康，則需從使用者之六感，亦即：眼、口、鼻、舌、身、意等層面進行探討。有鑑於此，思考台灣高溫高濕的特殊氣候條件，本文利用足尺人工氣候模擬實驗室，探討不同室內環境之物理因子、情境變化，對於不同年齡層之人員環境感知滿意評價，以瞭解室內人員感知的影響關係性，試提出室內環境品質、情境對人員健康、舒適的最佳化環境效率策略。

二、實驗設計

(一) 足尺環境實驗室

室內人工氣候模擬實驗室位於高雄市

地區，該室空間長、寬、高分別為ROOM-A (336cm×360cm×240cm)、ROOM-B (368cm×360cm×240cm) 環控恆溫恆濕滷水系統(圖1與圖2)。可調控實驗時所需之恆溫恆濕需求，將搭配一套DDC直接數位式控制系統，可令使用者直接於操作台操控調整量測所需求之室內溫度、溼度，以符合實驗需求之人工氣候條件。系統採用數位控制之氣冷式冰水機組採用全



圖1 本實驗場域平面圖



圖2 本實驗場域透視圖

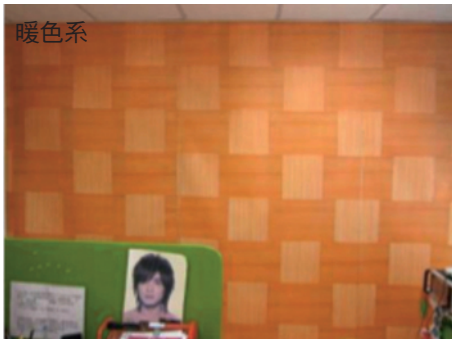


表1 本實驗場域情境環境

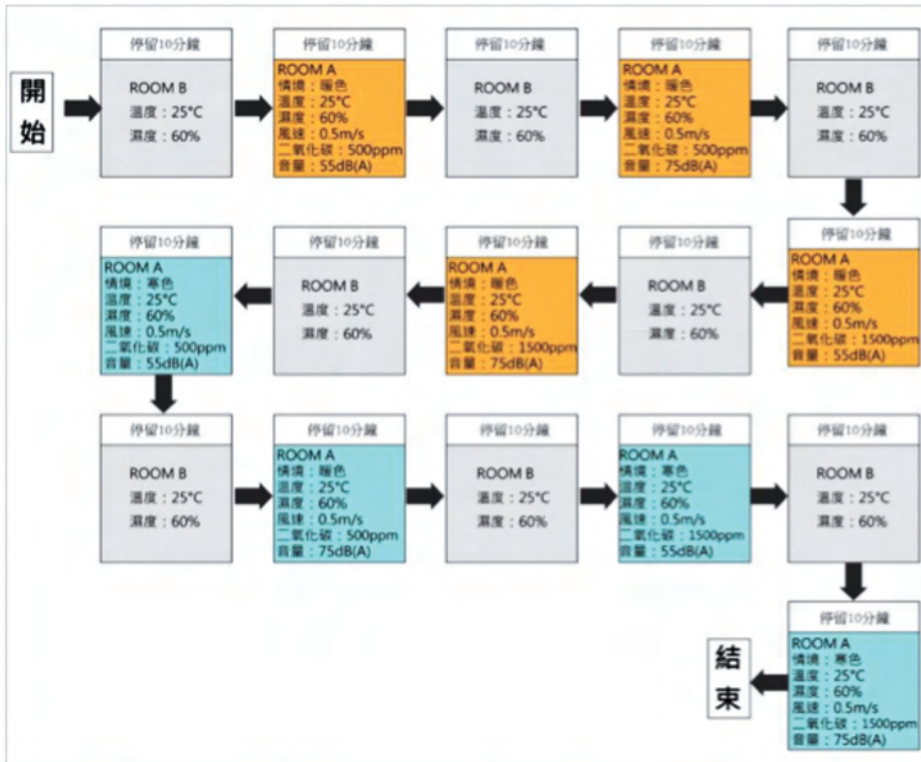


圖3 體驗模組流程

空氣方式，搭配空調箱、冷風機，配以加濕器、加熱器與控制組件以符實驗所需。

(二) 物理環境條件

根據中央氣象局調查之高雄市氣象資料，設定環境實驗模組，以同室內舒適環境狀況，應用在室內環境評估影響上，對人的心理感受進行驗證比對，透過室內氣流場、光環境、溫度與溼度之結構，室內空氣品質舒適性進行評估，進行空間物理性能以及室內人員生理與心理反應測試之環境變因控制研究與評估。本實驗範圍分為四大部分：室內空氣環境（風速和 CO2）、溫熱

環境（溫度和濕度）、光環境（色溫和照度）、音環境（背景音樂以及音量）做控制。

(三) 情境環境條件

相關室內的視覺環境研究文獻指出：暖色系會造成情緒上的緊張及壓力，寒色系則有舒緩緊張情緒、降低壓力的效果（Bellizzi, Crowley, and Hasty, 1983）；採用暖色系會相較於寒色系，會讓使用者有較負面的情緒反應及較長的行為知覺（Baker, Julie; Cameron, Michaelle, 1996）。因此，本研究選以暖色系與寒色系情境（表1）。

(四) 受測人員

參考世界衛生組織對全球人口身體素質

和平均預期壽命的測算後，將人群年齡重新劃分為青年人（44歲以下）、中年人（45-59歲）、年輕的老年人（60-74歲）、老年人（75-89歲）、長壽老人（90歲以上）。本研究設定研究對象 青年期及中年期兩組。

(五) 研究流程

實驗進行時，受測者需要保持坐的狀態約5-10分鐘，在感受到實驗設定的視覺情境、音量、二氧化碳，以及固定狀態下的溫度、濕度及風速後再開始填寫問卷。不同情境體驗模組設定方式分為八個不同的模組作室內環境體驗，為避

符號解釋 X：在該模組受測條件下心理感知程度最差
符號解釋 +：在該模組受測條件下心理感知程度最佳

	背景音樂	心情	課業與學習狀況	冷熱程度	空氣濕度	舒適程度	環境狀況	工作效率	亮度滿意
(A-1)室溫 22 度濕度 40% PMV-1.0; PPD30%									
(A-2)室溫 22 度濕度 60% PMV-0.8; PPD20%			+	+	+	+	+	+	+
(A-3)室溫 22 度濕度 80% PMV-1.7; PPD41%	X	X							
(B-1)室溫 28 度濕度 40% PMV +0.8; PPD17%									
(B-2)室溫 28 度濕度 60% PMV +1.3; PPD34%	+	+							
(B-3)室溫 28 度濕度 80% PMV +2.3; PPD88%			X	X	X	X	X	X	X

表2 室內溫熱環境品質調控模組與心理感知程度比較表

	背景音樂	心情	學習效率	冷熱程度	空氣濕度	舒適程度	環境狀況	工作效率	亮度滿意	風速滿意
(A-1)照度 200Lux、風速 0.1m/s					+					
(A-2)照度 200Lux、風速 0.5m/s		X		X						
(A-3)照度 200Lux、風速 1.5m/s			X		X	X	X	X	X	X
(B-1)照度 500Lux、風速 0.1m/s	X					+	+			
(B-2)照度 500Lux、風速 0.5m/s	X	+		+						+
(B-3)照度 500Lux、風速 1.5m/s										
(C-1)照度 800Lux、風速 0.1m/s									+	
(C-2)照度 800Lux、風速 0.5m/s	+	+	+			+				
(C-3)照度 800Lux、風速 1.5m/s									+	

表3 室內光與空氣環境品質調控模組與心理感知程度比較表

免在環境急速的改變下造成受測者身體感官的鈍化現象，本研究也考慮到實驗體設施的運轉效能，受測者首先在休息室(Room-B) 停留5~10分鐘，可以讓身體感官恢復到常態後再依實驗順序進入實驗室 (Room A)。如圖3。

三、實驗結果

(一) 受測者滿意度分析

1. 室內溫熱環境品質調控

本實驗情境模組環境因子：模組一(溫度 22.0℃；溼度40%；PMV-1.0；PPD30%)；情境模組一(溫度22.0℃；溼度60%；PMV-0.8；PPD20%)；情境模組一(溫度22.0℃；溼度80%；PMV-1.7；PPD41%)；情境模組二(溫度28.0℃；溼度40%；PMV +0.8；PPD17%)；情境模組二(溫度28.0℃ 溼度60%；PMV +1.3；PPD34%)；情境模組二(溫度28.0℃ 溼度80%；PMV +2.3；PPD88%)。如表2。運用SPSS統計分析與主成分分析心理感知程度之比較分析結果如下：

- 情境模組B-3的條件下，受測者除了「背景音樂」及「心情」二項滿意程度與其它情境模組之受測結果相近，其餘變項的滿意程度都呈現最低心理感知程度。
- 情境模組A-2的條件下，其PMV與PPD分別為PMV-1.0、PPD30%與PMV+0.2；PPD5%。此情境模組除了背景音樂與心情外在其餘變項的表項都屬最佳(即滿意度最高)。

2. 室內光與空氣環境調控

設定實驗模組環境背景因子(溫度22℃ 濕度60%)：模組A-1(照度200Lux；風速0.1m/s)；模組A-2(照度200Lux；風速0.5m/s)；模組A-3(照度200Lux；風速1.5m/s)；模組B-1(照度500Lux；風速0.1m/s)；模組B-2(照度500Lux；風速0.5m/s)；模組B-3(照度500Lux；風速1.5m/s)；模組C-1(照度800Lux；風速0.1m/s)；模組C-2(照度800Lux；風速0.5m/s)；模組C-3(照度800Lux；風速1.5m/s)。如表3。

- 情境模組A-3 在「學習效率、空氣濕度、舒適程度、環境狀況、工作效率、亮度滿意、風速滿意」等七變項滿意度表現最差。
- 情境模組A-1在「空氣濕度」單一變項表現最佳。

- 情境模組B-1在「環境狀況以及工作效率」等兩變項滿意度表現最佳。
- 情境模組B-2在「心情、冷熱程度、風速滿意」等三個變項表現最佳。
- 情境模組C-1與C-3在「亮度滿意」單一變項表現最佳。
- 情境模組C-2在「背景音樂、心情、學習效率、舒適程度」等四個變項滿意度表現最佳。

(二) 不同年齡層最適化環境品質與情境模式

1. 空氣環境・溫熱環境

本研究發現，不同年齡層在室溫22°C、25°C、28°C；濕度60%、80%；風速0.5m/s、1.5m/s的模組設定中：

- 21~28歲最佳溫熱模組為室溫22°C、濕度60%、風速0.5m/s；可接受之模組為室溫25°C、濕度60%、風速0.5m/s。
- 29~44歲最佳溫熱模組為室溫25°C、濕度60%、風速0.5m/s；可接受之模組為室溫25°C、濕度60%、風速1.5m/s及室溫28°C、濕度60%、風速1.5m/s。
- 45~60歲最佳溫熱模組為室溫25°C、濕度60%、風速0.5m/s及室溫28°C、濕度60%、風速0.5m/s；可接受之模組為室溫25°C、濕度60%、風速1.5m/s及室溫28°C、濕度60%、風速1.5m/s。

2. 情境模式・音環境

針對相同溫濕度及風速以不同室內情境環境之各模組問卷結果（表4）：

- 在情境模組A-2（暖色系、音量75dB(A)、500ppm）及情境模組A-1（暖色系、音量55dB(A)、500ppm）的條件下，青、中年組受測人員對於「心情」、「冷熱程度」、「空氣濕度」、「舒適程度」、「工作效率」、「居住品質」、「視覺滿意度」、

「背景音量大小」及「現況滿意」等變項之心理滿意程度達到最高，顯示在暖色系情境的設定下，人員對於音量55dB(A)及音量75dB(A)都感覺滿意，其中音量75dB(A)的狀況下人員「現況滿意」值最高。

- 在情境模組B-4（冷色系、音量75dB(A)、1500ppm）的「心情」、「冷熱程度」、「空氣濕度」、「舒適程度」、「工作效率」、「居住品質」、「視覺滿意度」、「現況滿意」等變項的受測結果低於其他模組，青中年組受測者心理感知程度為最不滿意；而在情境模組B-1（冷色系、音量55dB(A)、500ppm）的狀態下，「視覺」、「空氣品質」的滿意度稍微較佳，顯示在相同的溫度與濕度設定下，人員偏好較低濃度的二氧化碳。

(三) 低碳環境策略模式

本研究整理2011年四季耗能以及受測者各階段年齡層的最佳模組、溫濕度資料，套入空氣線圖發現：

- 21~28歲最佳溫熱模組為室溫22°C、濕度60%建議使用於冬季耗能較小；可接受之模組為室溫25°C、濕度60%建議使用於春季耗能較小。

條件 模組	視覺情境	音量	CO2
模組一 (A-1)	暖色	55dB(A)	500ppm
模組二 (A-2)		75dB(A)	500ppm
模組三 (A-3)		55dB(A)	1500ppm
模組四 (A-4)		75dB(A)	1500ppm
模組五 (B-1)	冷色	55dB(A)	500ppm
模組六 (B-2)		75dB(A)	500ppm
模組七 (B-3)		55dB(A)	1500ppm
模組八 (B-4)		75dB(A)	1500ppm

表4 情境環境實驗模組

■29~44歲最佳溫熱模組為室溫25°C、濕度60%、風速0.5/s建議使用於春季耗能較小；可接受之模組為室溫25°C、濕度60%、風速1.5m/s建議使用於春季耗能較小，而室溫28°C、濕度60%、風速1.5m/s議使用於夏季及秋季耗能較小。

■45~60歲最佳溫熱模組為室溫25°C、濕度60%、風速0.5m/s建議使用於春季耗能較小，而室溫28°C、濕度60%、風速0.5m/s議使用於夏季及秋季耗能較小；可接受之模組為室溫25°C、濕度60%建議使用於春季耗能較小、風速1.5m/s及室溫28°C、濕度60%、風速1.5m/s議使用於夏季及秋季耗能較小。

四、結語

隨著國內經濟發展與應用科技的進步，國人生活水準亦隨之提高，因此在滿足生活品質於量的方面上之基本需求後，對於居住環境舒適、健康性能的要求也開始相對增加，而根據相關研究調查顯示，現代人生活在室內空間之中的時間約佔每天的90%以上，不良的建築室內環境因子品質對人體健康效應的影響已成為現代生活中的一大隱憂，然而由於以往在以經濟發展為前提之考量下，關於室內之音、光、溫熱與空氣環境品質往往都遭到忽略，進而降低室內人員之工作效率，而長時間於室內活動，室內環境品質的良窳對人體健康與舒適皆會產生直接的影響。

建築室內環境與人體之舒適、健康息息相關，而要確保人類居住的舒適、健康，則需從使用者之六感，亦即：眼、口、鼻、舌、身、意等層面進行探討，並從以人本健康為基礎，進而謀求環境之永續發展。為確保良好的室內環境品質以支持使用者活動的進行及促進生產力提升，並考量能源有效使用，即為新世代建築重點課題之一。

參考文獻

1. 智慧型住宅環境監測、調控及感受評估系統之開發 (3/3) Development of a novel environment monitoring, manipulating and feeling evaluation system for smart living space applications (3/3), NSC 99-2218-E-110-001-, 三年期整合型，前瞻優質生活環境計畫，工程處，行政院國家科學委員會專題研究計畫National Science Council.
2. Chiang, C.M.; Liu, C.C.; Lin, F.M.; Wang, W. & Chou, P.C.*, 2012, Using Ryodoraku Measurement to Evaluate the Impact of Environmental Noise on Human Physiological Response, “Indoor + Built Environment”, 21(1): 1-12. (SCI) (NSC 98-2410-H-251-002 and NSC 97-2410-H-251-002) .
3. Chiang, C.M.; Lee, C.Y.; Hwang, W.J. & Chou, P.C.*, 2008, Solar Orientation Measurement Systems with Integrated Solar Cells, “The Open Construction and Building Technology Journal”, 2: 280-286. (NSC 93-2218-E-212-011) .
4. Chou, P.C.*; Chiang, C.M.; Li, Y.Y.; Lee, C.Y. & Chang, K.F., 2008, Natural Ventilation Efficiency in Bedroom with Central-Pivoting Window, “Indoor + Built Environment”, 17(2): 164-172. (SCI) (NSC 95-2218-E-006-022).
5. 空氣調和・衛生工学会(1998)空氣線図の読み方・使い方。