

醫院內人員熱舒適調查及室內空氣品質現場量測與分析

Field evaluation of thermal comfort and indoor environment quality for a hospital in Taiwan

王輔仁

F. J. Wang

劉育全

Y. Q. Law

劉卿妤

C. Y. Liu

國立勤益科技大學冷凍空調與能源系(所)

Department of Refrigeration, Air Conditioning and Energy
National Chin-Yi University of Technology

摘要

現今室內空氣品質及熱舒適非常重要，由於在醫院內之員工及病人需要長時間待在室內，若室內空氣品質不佳或人員較多的區域之二氧化碳過高會造成人員身體健康的影響，而熱舒適性不良將會影響員工之工作效率，也會直接影響病人的心情及情緒，所以在室內空氣品質及人員的熱舒適性更加注重。熱舒適問卷調查不但可以了解醫院內人員的熱舒適狀況，更可以透過問卷調查進行熱舒適之改善。本研究將以中部某醫院為案例，經由問卷結果顯示位於2樓之熱舒適較不佳，因此於此區域進行室內空氣品質量測。從問卷調查結果發現對環境表示不滿意的原因大部分為氣流太低而造成，另外在熱舒適方面即使覺得適中還是有36.49%的人希望環境溫度調低一些，而即使覺得太冷卻還是有大部分的人希望環境溫度不用改變，這也明顯的代表在亞熱帶國家的人都可以接受冷的程度比熱的還高，而且也比較喜歡較冷的環境溫度。二樓室內環境品質量測方面則二氧化碳值偏高而TVOC則在符合規範的建議，但由於現場量測之送風量偏低，會造成室內空氣循環不良及悶熱現象。從熱舒適模擬發現，降低溫度比提高風速效果好，因此建議將溫度降低來改善熱舒適性及提高風量來改善室內空氣品質。

關鍵詞：熱舒適、室內環境品質、現場量測

1. 前言

現今較多的辦公大樓及學校都在探討熱舒適及室內環境品質，而醫院內需要具有適當的熱舒適性與良好的室內環境品質也相當重要，不但可以提供病人良好的舒適環境，也可提高醫護人員的工作品質。Candido[7]等人在巴西某大學校內的2間自然通風教室內進行熱舒適問卷調查及現場量測，分別於冬天及夏天進行問卷調查且有效問卷共回收了2075份。結果發現在炎熱及潮濕的氣候提高風速對熱舒適有良好的改善，本研究以滿意度在80%至90%為可接受範圍，發現操作溫度(Operative Temperature)為26°C時之最佳風速為0.4m/s，而操作溫度為30°C時之最佳溫度為0.9m/s。但操作溫

度在31°C以上時，即使再大的風速也不會提高可接受度。從熱舒適度探討學校教室節能方面，陳銘雄[2]運用自動連續監測法(Automatic Sampling Method, ASM)對室內環境物理因子及電力消耗的量測，同時對於教室內之同學進行熱舒適調查。在夏季無人的教室內量測到之PMV值介於0.97-2.94之間，因此需要冷氣進行舒適改善。在空調狀態下舒適溫度範圍為24.8°C-25.8°C，在無空調狀態下舒適溫度範圍為27°C-27.9°C。而在節能方面使用電子式安定器之照明可以節能25%。

在醫院內之病人的熱舒適探討方面，Hwang等人[8]在某醫院內的病人進行熱舒適問卷調查及現場量測，本次調查共收集了927份問卷。根據現場量測統計冬天落在ASHRAE Standard 55-2004熱舒適區域的有只有57%，但問卷調查發現在冬天對熱環境感覺舒適的有71%，而夏天現場量測落在熱舒適區域的只有38%，但問卷調查發現在夏天對熱環境感覺舒服的有83%，所以從問卷調查的熱舒適感覺比現場量測的高。另外也發現病人跟健康的人對環境的熱感覺也會不一樣，結果發現根據溫度的變化病人對於熱感覺的不滿意度上升比健康的人快許多，因此病人對於溫度的變化影響較大。另外，簡瑞宏[3]將ASHRAE Standard 55的調查方法應用在醫院內，以現場量測及問卷調查同時進行的方式來調查病房內病人的熱舒適性(在問卷調查部份有效問卷冬天的有442份，夏天的有491份)。調查結果顯示於冬天舒適範圍內的有57%，夏天的有38%，主要是溼度控制不當，若不考慮溼度有九成會落於舒適區域。雖然落於舒適區域的比例較低，但接受度有超過八成的受訪者可以接受所處於的熱環境，另外虛弱者的喜好溫度比健康者的喜好溫度高，結果顯示發虛弱者喜歡較溫暖的環境。

在熱舒適模擬部分，Miimu[10]等人主是探討人體各部份的溫度變化及瞬間的熱舒適值與感覺值。其運用了數值模擬及問卷調查來做比較，在模擬方面使用了假人模型來做量測，量測的數據須經過公式計算就可以取得模擬熱舒適值與感覺值。問卷調查方面將有團隊進行調查，學生年齡約20-25歲穿著夏季服裝(男生穿長牛仔褲、T-恤衫和運動鞋，而女性穿著裙子、襯衫和涼鞋)在一間環控室

內進行調查。受測試者將從環境溫度 20°C 以每 2 分鐘紀錄其舒適度及當時的熱感覺值持續 20 分鐘，再調高環境溫度至 30°C 的連續紀錄 20 分鐘，最後再把溫度降至 20°C 的再進行 20 分鐘的紀錄，而手臂、胸部及腳再進行全程每 30 秒的溫度量測。量測結果發現女生的熱感覺比較敏感，其原因可能是因為女生的服裝影響。而假人模型試驗也讓我們了解到熱環境對人體的感覺，以及在夏天要如何改變熱環境對人體的熱感覺，往後對於室內環境的設計及開發會有很大的幫助。

室內空氣品質(IAQ)是由國際標準化組織、歐洲標準化委員會及美國冷凍空調學會(ASHRAE)所提出有關室內空氣品質因素相關規定，Olesen[11]則詳細回顧此標準，應用於許多國家中來進行此標準，然而，針對至今尚未利用此標準來做為室內空氣品質依據的國家，則必須調查當地環境的參數(生活方式、當地氣候條件)，及修正此標準符合當地居住者之需求，以達符合各地方之需求。Bin[6]等人在正常混合通風的空調系統，新鮮外氣系統是藉由污染的再循環空氣來提供給居住者的區域，所以引入新鮮空氣可維持良好的室內空氣品質與熱舒適性，由實驗得知提高換氣次數能改善空間內的空氣品質，其結果亦顯示氣流路徑的分佈是依據導流板角度來設定，改變不同擴散型風口的角度、長度與直接延伸出新鮮空氣噴口，並改變不同送風口風速以提昇室內通風效率。本研究以中部某一所醫院內的員工進行問卷調查及熱舒適模擬，從問卷調查當中發現在二樓員工的熱舒適狀態較為偏熱，因此另外在二樓藉由現場量測人員之熱舒適情形與室內之空氣品質，現場量測可分為出風口風量、溫溼度、黑球溫度、風速、二氧化碳及 TVOC。

2. 熱舒適及室內空氣品質原理

2.1 平均輻射溫度 (Mean Radiant Temperature, MRT)

環境中的平均輻射溫度主要是指在實際不均勻空間中考慮人體流失輻射熱程度之假想空間的均勻溫度。平均輻射溫度的計算又可分為強制對流與自然對流兩種形式，本研究是在室內通過空調系統送風因此使用強制對流公式及黑球溫度量測所得到的數值計算平均熱輻射溫度。平均輻射溫度計算公式如下所示：

強制對流：

$$T_{mrt} = \left[(T_g + 273)^4 + \frac{1.1 \times 10^8 V^{0.6}}{\varepsilon D_g^{0.4}} (T_g - T_a) \right]^{0.25} - 273 \quad (1)$$

其中， T_{mrt} 為平均輻射溫度 (°C)， T_a 為室內空氣溫度 (°C)， T_g 為黑球溫度 (°C)， V 為空氣流速 (m/s)， D_g 為黑球溫度感測球之直徑 (m)， ε 為黑球溫度感測球之放射係數。

2.2 PMV(Predicted Mean Vote)指標

該指標代主要是提供一個熱舒適參考之平均值，PMV 值可分為 7 個階段，當 PMV 值為 +3 時代表熱舒適性為最熱，而 PMV 值為 -3 時則代表熱舒適性為最冷，PMV 值為 0 時則代表舒適性為適中，指標表示方式如表一所示。PMV 主要是以實驗中空氣溫度、平均輻射溫度、氣流速度、相對溼度、人體活動程度、衣著熱阻等六個因素進行測驗，用以滿足人體熱平衡方程為條件。根據 ISO 7730[9]，PMV 的計算方程式如下所示：

$$PMV = [0.303 \exp(-0.036 M) + 0.028] \times \{ (M - W) - 3.05 \times 10^{-3} \} \times \left[\frac{5733 - 6.99 \times (M - W) - P_a}{(M - W) - P_a} \right] - 0.42 \left[\frac{(M - W)}{-5815} \right] - 1.7 \times 10^{-5} M (5867 - P_a) - 0.0014 M (34 - T_a) - 3.96 \times 10^{-8} F_{cl} \left[\frac{(T_{cl} + 273)^4}{-(T_r + 273)^4} \right] - F_{cl} H_c (T_{cl} - T_a)$$

其中 M 代表人體能量代謝率 (W/m^2)， W 為人體所做的機械功 (W/m^2)， P_a 為人體周圍空氣的水蒸氣分壓力 (Pa)， T_a 為人體周圍空氣溫度 (°C)， F_{cl} 為穿衣面積係數， T_{cl} 為衣服外表面溫度 (°C)， T_r 為平均輻射溫度 (°C)， H_c 為對流換熱係數 ($W/m^2 \cdot K$)。

2.3 PPD(Predicted Percentage of Dissatisfied) 指標

PPD 指標其作用主要是用以估計人體對環境的不滿意程度，即是預測不滿意度百分比，當 PMV 為舒適時並不能直接代表環境之舒適性，還是會有少部份的人會對環境表示不滿意，因此 Fanger 教授為了考量不同個體主觀上的差異，主要是利用 PMV 之數據作為判斷值，經由實驗數據而導出 PMV 與 PPD 的論方程式如下所示：

$$PPD = 100 - 95 \exp(-0.03353 \times PMV^4 + 0.2179 \times PMV^2) \quad (3)$$

2.4 總揮發性有機化合物(TVOC)

TVOC 包含揮發性有機物(VOC)及半揮發性有機物(SVOC)，而 VOC 是指蒸氣壓大於 0.1mmHg，如苯、甲苯、甲醛等，SVOC 的蒸氣壓則是 10^{-7} ~0.1mmHg，如戴奧辛、PAHs、磷苯二甲酸脂等，若 TVOC 過高會產生味道造成人體不舒適，對人體之健康也會造成危害。因此行政院環保署在室內空氣品質法[1]內建議室內之 TVOC 不可超過 3ppm。

3. 問卷調查與實驗量測之程序

本醫療大樓共有 12 層及 2 層地下室，問卷調查對象為醫院內的所有員工，本次研究主要探討溼熱帶地區人員之熱舒適狀況，而熱舒適問卷內容則參考 ASHRAE Standard 55-2004[4] 內附錄的問卷，並進行修改為符合本次研究的內容。問卷內容主要可分為 3 部分，第一部分為受訪者的基本資料如姓名、年齡、健康狀況、衣著量及活動量等。第

二部份為受訪者對於環境的感覺如熱舒適性(Thermal Sensation Votes, TSV)、氣流的流動強度及環境的滿意度。第三部份則為受訪者希望改變的環境如環境溫度及氣流的流動。從調查結果發現較多員工覺得二樓的熱舒適較熱,因此另外在二樓進行現場量測及室內環境品質調查,而本次量測之項目有溫度、濕度、黑球溫度、風速、總揮發性有機化合物(TVOC)及二氧化碳,其中總揮發性有機化合物及二氧化碳的取樣點將採用連續性方式監控並以每分鐘紀錄一次,連續記錄 30 分鐘,而溫度、黑球溫度及風速之量測將搭配熱舒適軟體進行分析熱舒適性之指標。

3.1 出風口風量量測

在候診區出風口風量量測方面,如圖 1 所示走道區共有 10 個出風口,吾人使用 ALNOR EBT-721 之風罩量測在候診區走道的出風口,再將量測結果換算成風速探討出風口之風速對候診區人員的影響。

3.2 黑球溫度及風速量測

熱舒適的量測則使用 METREL MI 6401 的熱舒適儀器(Thermal Comfort Datalogger)進行測量,如圖 1 所示為熱舒適之量測點,量測項目包含風速及黑球溫度。黑球溫度(Globe Temperature)量測的目的是考慮環境中的物質所產生的熱輻射對熱舒適性指標之影響。根據 Ashrae Standard 55[4]黑球溫度的取樣點位置可分為兩種,站著的量測高度須 1.1m 以上及坐在椅子上的高度須在人體鼻子上方 0.6 m 處,由於本研究主要探討候診區的人員都是坐著的,因此黑球溫度量測高度選擇 0.6m 處。黑球溫度量測結果將結合風速及室內溫度計算出平均輻射溫度。候診區坐在椅子上人員的風速量測,吾人同樣適用 METREL 熱線式風速計測量,量測高度及量測點皆與黑球溫度相同,量測位置於候診區椅子左右兩側,分為 10 個點。

3.3 溫溼度量測

在溫溼度量測部分主要探討在候診區的溫溼度對人員的影響,吾人使用 METREL 的熱線式溫溼度計分別在候診區椅子周邊進行量測,量測高度為 0.6m 人坐在椅子上的高度,如圖 1 所示量測位置於黑球溫度量測相同。

3.4 二氧化碳

本次量測二氧化碳主要探討二樓候診區的空氣品質,二氧化碳量測吾人使用 TELAIRE 7001 二氧化碳分析儀進行測量,量測位置如圖 1 所示,共分為 10 個量測點。

3.5 總揮發性有機化合物(TVOC)

TVOC 濃度監測則使用 AreaRAE IAQ PGM-5210 量測點與熱舒適量測相同而 TVOC 量測位置如圖 1 所示,共分為 4 個點,每個點每分鐘紀錄 1 次連續監測 30 分鐘

3.6 熱舒適軟體

熱舒適軟體 ASHRAE thermal comfort program 1.00[5]是藉由室內空氣溫度、相對溼度、風速、平均輻射溫度、衣著量及活動量來計算 PMV 及 PPD 之熱舒適指標。因此本次研究將現場量測數據使用熱舒適軟體計算 PMV 值,衣著量及活動量設定則採用問卷調查員工之數據,而本次問卷的平均衣著量為 0.53clo 及平均活動量為 1.4met,其他參數則根據現場量測之數據,並且改變不同的風速及溫度來探討現場之熱舒適狀況,以便進行改善。

4. 結果與討論

本研究於 7 月中旬在中部某醫院進行熱舒適問卷調查,調查對象為醫院內所有員工,本次的問卷調查共收集了 403 份有效問卷,而問卷第一部份是受訪者的基本資料調查如性別、年齡、工作地點及健康狀況,由於醫院內護士較多,因此男生只有 41 位 (10.17%) 而女生有 362 位 (89.83%),而受訪者年齡於 21 至 30 歲的女性較多,可以發現醫院內大多數為年輕的護士。

問卷調查的第二部份主要探討的有員工的熱舒適性、氣流流動強的及環境的滿意度。熱舒適性的調查結果如圖 2 所示,在七個熱舒適指標當中員工對熱舒適性覺得適中的共有 148 位 (36.72%) 為居多,覺得微溫的共有 77 位 (19.11%),覺得很熱的共有 57 位 (14.14%),覺得微涼的共有 52 位 (12.90%),覺得涼爽的共有 46 位 (11.41%),覺得溫暖的共有 18 位 (4.47%),最後覺得很冷的共有 5 位 (1.24%)。可以發現覺得熱的人數比覺得冷的人數多,若將環境溫度調低或將送風量提高會對員工的熱舒適性有所改善。

各樓層員工之熱舒適狀況如圖 3 所示,可以發現地下 1 樓、6 樓及 12 樓的員工熱舒適感覺大部分都偏冷較多,1 樓、2 樓、3 樓、5 樓及 8 樓的員工熱舒適感覺大部分都偏熱較多,而 4 樓、7 樓、9 樓、10 樓及 11 樓的員工熱舒適感覺大部分都覺得舒適。在氣流對員工的感覺可以從圖 4 所示,醫院內員工對於環境的氣流強度覺得剛好的有 165 位 (40.94%) 為最高,接著有 158 位 (39.21%) 覺得氣流強度為微弱,有 54 位 (13.40%) 覺得氣流強度為很弱,而只有 24 位 (5.96%) 覺得氣流稍強及 2 位 (0.50%) 覺得氣流很強。可以發現醫院內員工大部分覺得氣流強度太低。醫院員工對於環境的滿意度調查從圖 5 所示,對於環境表示滿意的

人數有 195 位 (48.39%)，而對於環境表示不滿意的人數有 208 位 (51.61%)，可以發現有一半的員工對於環境表示不滿意。

從以上之員工之環境滿意度調查得知，有一半以上的員工對於環境表示不滿意，因此問卷的第三部份會探討醫院內員工希望改變的環境，以下將為醫院內員工希望改變的環境溫度，從圖 6 所示，員工希望改變環境溫度為微涼的有 212 位 (52.74%) 為居多，而有 171 位 (42.54%) 的員工希望環境溫度不用改變，希望改變溫度為很冷的員工有 13 位 (3.23%) 及希望改變溫度為微熱的員工有 6 位 (1.49%)，可以發現有超過一半的員工希望環境溫度可以再調低一些。

從員工的熱舒適感覺及員工希望改變溫度比較如圖 7 所示，員工的熱舒適感覺適中的有 148 位，在這人數當中有 62.84% 的人希望環境溫度不用改變、有 36.49% 的人希望改變環境溫度為微涼及有 0.68% 的人希望改變環境溫度為很冷，在熱舒適感覺偏冷方面感覺微涼的有 52 位在這人數當中，有 69.23% 的人希望環境溫度不用改變、有 26.92% 的人希望改變溫度為微涼及有 3.85% 的人希望環境改變溫度為微熱，熱舒適感覺涼爽的有 46 位在這人數當中有 73.91% 的人覺得環境溫度不用改變及有 26.09% 的人希望改變溫度為微熱，熱舒適感覺很冷的有 5 位在這人數當中有 20.00% 的人覺得環境溫度不用改變及有 80.00% 的人希望改變溫度為微熱。在熱舒適感覺偏熱方面感覺溫的有 77 位在這人數當中，有 3.90% 的人希望環境溫度不用改變、有 89.61% 的人希望改變溫度為微涼、有 1.30% 的人希望改變溫度為很冷及有 5.9% 的人希望環境改變溫度為微熱，在熱舒適感覺微熱的有 18 位在這人數當中，有 22.22% 的人希望環境溫度不用改變、有 72.22% 的人希望改變溫度為微涼及有 5.56% 的人希望環境改變溫度為很冷，最後在熱舒適感覺很熱的有 56 為在這人數當中，有 82.14% 的人希望改變溫度為微涼及有 17.86% 的人希望環境改變溫度為很冷。

從以上結果發現在熱舒適感覺適中的員工當中，還是有 36.49% 的人希望環境溫度調低一些，在熱舒適感覺偏熱方面大部分的員工都希望環境溫度可以調低，而在偏冷方面有大部分的人是覺得環境溫度不用改變，只有覺得很冷的人是希望溫度可以調高，這也明顯的代表在亞熱帶國家的人都可以接受冷的程度比熱的還高，而且也比較喜歡較冷的環境溫度。

員工希望改變的氣流強度，如圖 8 所示醫院內員工希望氣流流動強度不用改變的有 152 位 (37.81%)，希望氣流強度改變為稍強的有 213 位 (52.99%) 為人數最多，希望氣流強度改變為很強的有 16 位 (3.98%)，希望氣流流動強度改變為微弱的有 21 位 (5.22%)。可以發現有超過一半的人希望氣流強度可以調強一些。接下來將探討滿意度對氣流強度的影響，從圖 9 所示對環境表示滿意的

有 195 人，在環境表示滿意的人當中有 66.67% 的人對氣流強度表示剛好、有 26.15% 的人表示氣流強度微弱、有 5.64% 的人表示氣流強度稍強及有 1.54% 的人表示氣流強度很弱。而對環境表示不滿意的有 208 人，在環境表示不滿意的人當中有 51.44% 的人對氣流強度表示微弱、有 24.52% 的人表示氣流強度很弱、有 16.83% 的人表示氣流強度剛好、有 6.25% 的人表示氣流強度稍強及有 0.96% 的人表示氣流強度很強。從以上結果發現對環境表示滿意的人大部分都對氣流強度表示剛好，而對環境表示不滿意的人大部分都是對氣流強度表示微弱及很弱，因此氣流強度影響可以直接影響環境的滿意度，只要將氣流調高一些不但可以提高滿意度，熱舒適度也會改善。

接下來將探討醫院內員工周邊的發熱源，不同的發熱源會有不同的熱輻射，這也會影響熱舒適度，從圖 10 所示在受訪的員工當中有 77.67% (313 人) 的員工周邊都有電腦、有 63.52% (256 人) 的員工周邊都有燈具、有 29.78% (120 人) 的員工周邊都有影印機、有 24.57% (99 人) 的員工周邊都有窗戶、有 19.35% (78 人) 的員工周邊都有會發熱的醫療器材及有 11.17% (45 人) 的員工周邊都有電視機。另外本研究也探討當環境不舒適時，員工會自行調整狀態的方法，從圖 11 所示在受訪的員工當中有 50.12% (202 人) 的員工會自行調整冷氣、有 49.63% (200 人) 的員工會自行調整電風扇、有 34.00% (137 人) 的員工會自行調整衣著量、有 21.34% (86 人) 的員工會自行調整舒適的位置、有 11.17% (45 人) 的員工會自行打開或關閉窗戶及有 10.42% (42 人) 的員工會自行開或關閉窗簾。

在現場量測方面，醫院二樓候診區共有 10 個出風口，從風量量測結果得知 3 號出風口之風量為 817CFM(ft^3/min)，相較其他出風口風量明顯的大許多。而空調箱的送風前端為 3 號出風口，末端為 10 號出風口，其他出風口結果如圖 12 所示，由此可以發現從空調箱送出的風量並沒有平均分配。此狀況會影響在出風口末端的風量不足，空氣不流通的情形，建議可以將 3 號出風口的葉片關小讓風量送到末端而達到風量平均。而溫溼度的量測結果溫度都在 24°C-25°C 左右，而溼度大約在 60%-64% 左右，如圖 13 所示，由於從熱舒適問卷發現許多人員希望環境溫度可以再冷一些，所以可以再將溫度調低一些，對候診區人員的熱舒適感覺會更好。

在空氣品質方面有進行二氧化碳及 TVOC 的量測，二氧化碳的量測結果如圖 14 所示，二氧化碳值都在 814ppm 至 961ppm 之間，根據室內空氣品質法醫院內之二氧化碳值須在 600ppm 以下，由於在候診區等待的人員太多造成二氧化碳偏高，建議可以將送入外氣量提高以降低二氧化碳值。而 TVOC 量測在候診區分為 4 個點連續監測 30 分鐘每分鐘紀錄 1 次，根據室內空氣品質法醫院內的 TVOC 須在 3ppm 以下，量測結果在 2.5ppm 以下，如圖 15 所示，皆可符合室內空氣品質法之要求。

在熱舒適模擬部份是使用 ASHRAE thermal comfort program 熱舒適軟體進行分析，從熱舒適問卷可以得知受訪者的平均衣著量為 0.53clo 及平均活動量為 1.4met，另外現場量測部分也可以得知現場的溫溼度、風速及黑球溫度等，而平均輻射溫度可以透過現場量測的數據代入公式算出平均輻射溫度。從熱舒適軟體計算出現場之 PMV 值為 0.86 及 1.31 之間而 PPD 則在 21%及 41%之間，可以發現現場之 PMV 及 PPD 都偏高，而從問卷調查當中也有大部份的人覺得熱。若將風速調高如圖 16 所示及將溫度調低如圖 17 所示即可改善現場之熱舒適度，吾人將風速從現場量測的 0.1m/s 調高至 0.15m/s 及 0.20m/s 結果發現，風速調高至 0.15m/s 可以增加舒適度 9.72%與降低不滿意度 14.48%，而風速調高至 0.20m/s 可以增加舒適度 17.52%與降低不滿意度 25.20%。若將溫度降低 1°C 舒適度可增加 24.34%與降低不滿意度 33.10%，而溫度降低 2°C 則可增加舒適度 49.91%與降低不滿意度 60.62%，明顯的發現降低溫度所提升之熱舒適度較高。

5. 結論

本次研究針對溼熱氣候地區之醫院內員工之熱舒適狀況，從問卷調查結果發現有 51.61%的員工對環境表示不滿意，而表示不滿意的人當中有 75.96%都是覺得氣流強度微弱及很弱，影響不滿意度較大原因為氣流太弱或空氣不流通而造成。在熱舒適度方面發現，即使員工對舒適度覺得剛好並不能表示對環境溫度的滿意，還是有 36.49%感覺舒適度剛好的員工希望環境溫度調低一些，而熱舒適感覺偏熱方面大部分的員工都希望環境溫度可以調低。另外不同的是在偏冷方面卻有大部分的人是覺得環境溫度不用改變，這也明顯的發現在亞熱帶國家的人都可以接受冷的溫度較高，而且也比较喜歡較冷的環境溫度。在現場量測出風口風量顯示，各個出風口風量皆不平均而且風量偏低，這將會造成空氣不流通讓人員會覺得悶的狀況，在此建議調整出風口風量達到平衡及空調箱風門開大，可以將現場空氣更流通，也可以達到更好的舒適度。在空氣品質方面，TVOC 進行的量測皆在室內空氣品質法規定之 3ppm 以下，二氧化碳進行的量測皆在 800ppm 以上，二氧化碳過高的原因可能是候診區人員太多，若提高供給外氣量可以將室內二氧化碳稀釋。現場量測之 PMV 及 PPD 都超過規範標準，而只要提高 0.5m/s~1m/s 的風速或降低溫度 1°C~2°C 就可增加舒適度 9.72%~24.34%與降低不滿意度 14.48%~33.10%，相對的耗能量也會提高，因此要達到良好的熱舒適度及節能是相當困難的。而且只要人數太多經常會出現空氣不流通造成二氧化碳過高及溫度上升影響人員的熱舒適性，因此提高此區域之通風量進而改善熱舒適及室內空氣品質亦是提高醫院環境品質之重要可行措施。

致謝

本文承國科會計畫(NSC-98-2221-E-167-021-MY2)，特此感謝

參考文獻

- [1] 行政院環保署，室內空氣品質建議值，2005。
- [2] 陳銘雄，從熱舒適度探討學校普通教室節能策略，朝陽科技大學環境工程與管理系碩士論文。
- [3] 簡瑞宏，醫院病房熱環境之熱舒適要求實測調查研究，中國醫藥大學碩士論文。
- [4] ASHRAE Standard 55, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, ASHRAE, 2004.
- [5] ASHRAE, Thermal Comfort Program, Version 1.00, 1995.
- [6] Bin Y. and S.C. Sekhar, "Three-dimensional numerical simulation of a hybrid fresh air and recirculated air diffuser for decoupled ventilation strategy", Building and Environment, Vol. 42, No. 5, pp. 1975-1982, 2007.
- [7] Candido C., de Dear R.J., Lamberts R., Bittencourt L., Air movement acceptability limits and thermal comfort in Brazil's hot humid climate zone, Building and Environment, Vol.45,pp.222-229,2010.
- [8] Hwang R.L., Lin T.P., Cheng M.J., Chien J.H., Patient thermal comfort requirement for hospital environments in Taiwan, Building and Environment, Vol.42,pp.2980-2987,2007.
- [9] ISO 7730, Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort, International Standards Organization, 2003.
- [10] Miimu Airaksinen, Pekka Tuomaala, Riikka Holopainen and Lin Duanmu, Thermal comfort in changing room temperature , Indoor Air 2008, Copenhagen, Denmark.ID:571
- [11] Olesen B. W., "International standards for the indoor environment", Indoor Air, Vol. 14, No. 1, pp. 18-26, 2004.

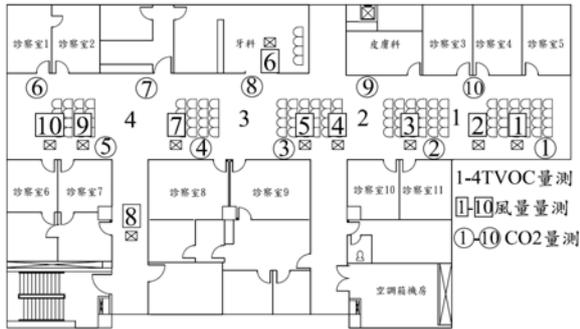


圖 1. 二樓候診區 TVOC、CO2 及出風口量測位置

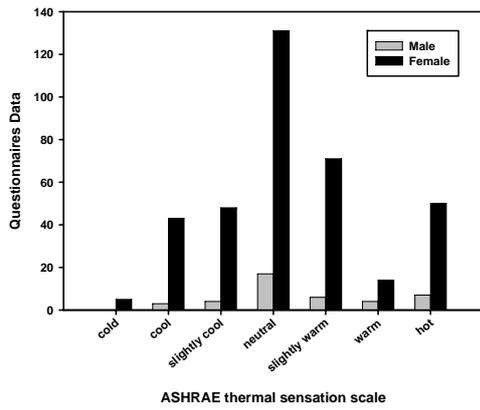


圖 2. 受訪者熱舒適感覺

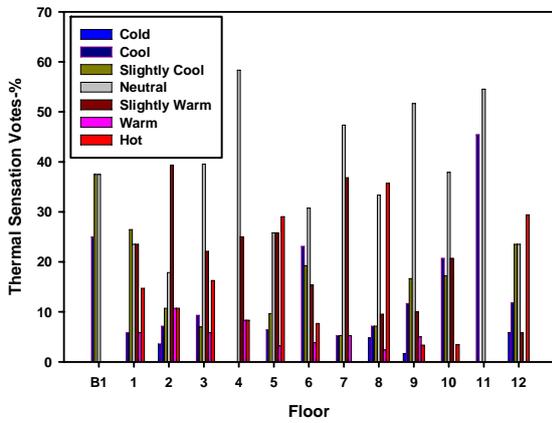


圖 3. 各樓層熱感覺分佈圖

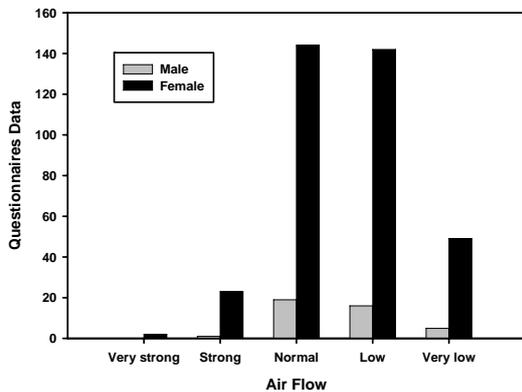


圖 4. 受訪者對氣流流動強度感覺

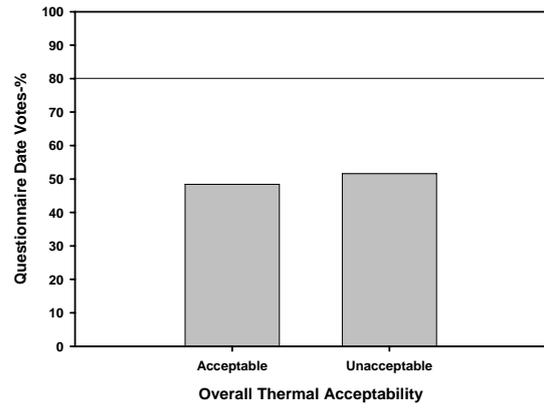


圖 5. 受訪者對環境的滿意度

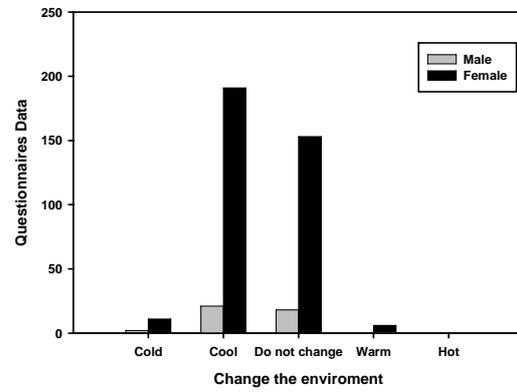


圖 6. 受訪者希望改變的環境溫度

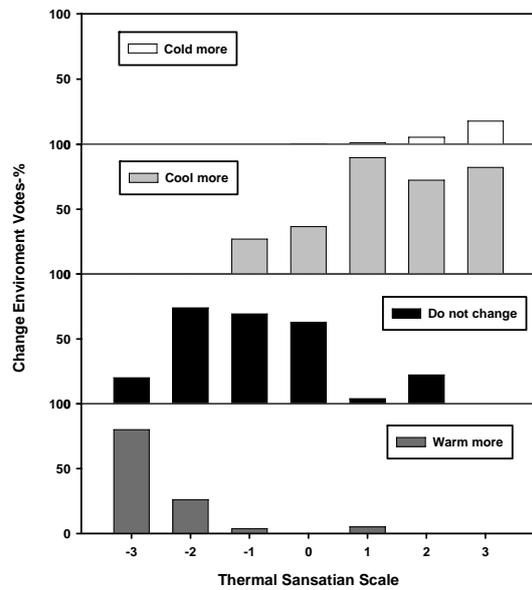


圖 7. 各熱感覺希望改變溫度分佈圖

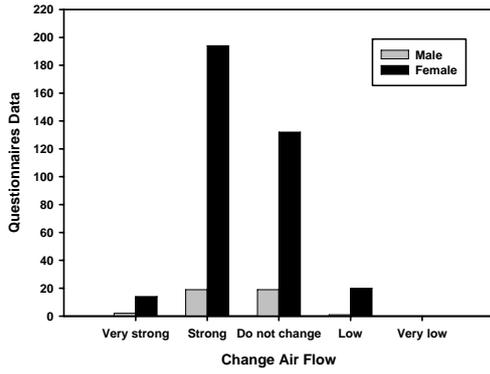


圖 8. 受訪者希望改變之氣流流動強度

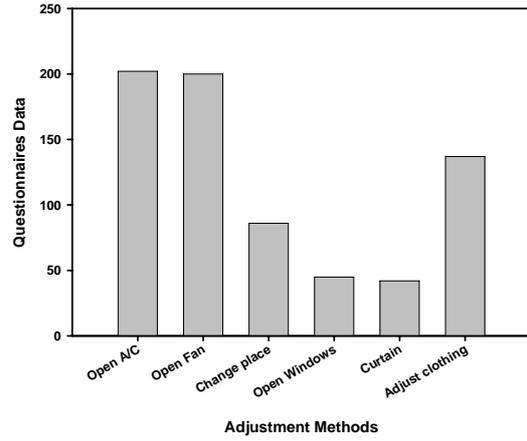


圖 11. 受訪者自行改變舒適度之方法

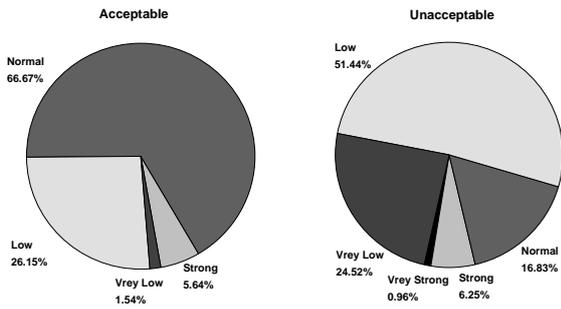


圖 9. 受訪者滿意度與氣流流動強度比較

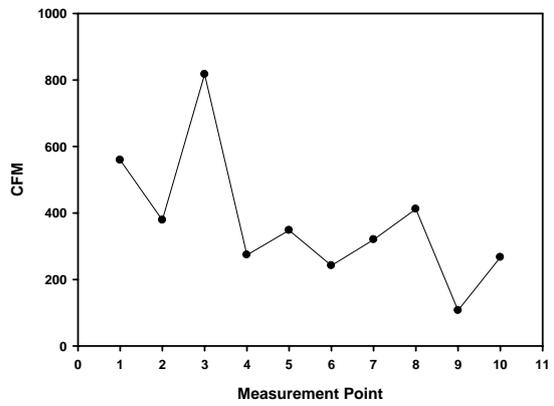


圖 12. 出風口風量量測

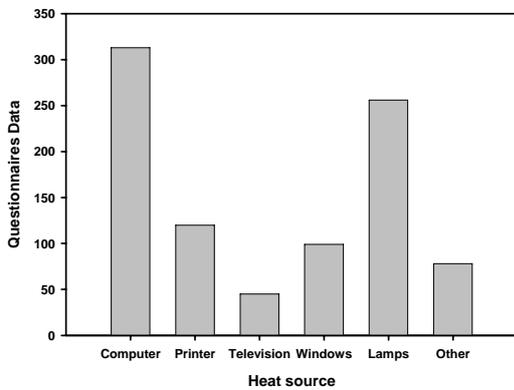


圖 10. 受訪者週邊發熱源分佈圖

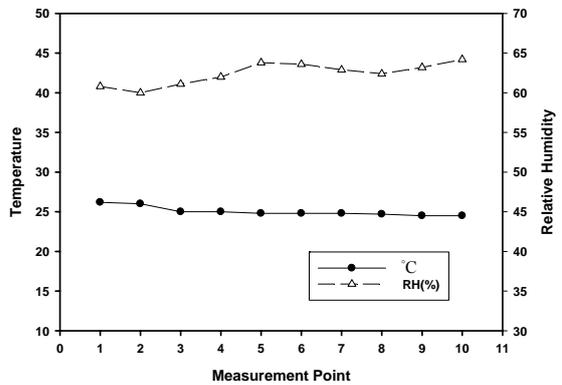


圖 13. 熱舒適之溫溼度量測

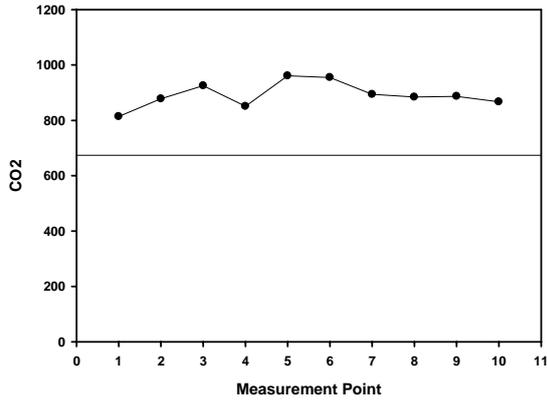


圖 14. 二氧化碳量測

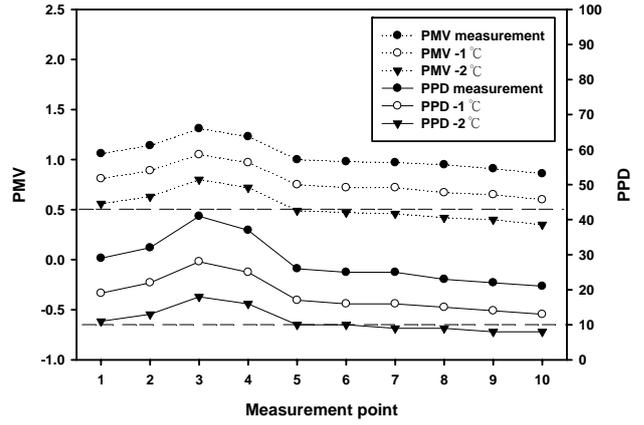


圖 17. PMV 及 PPD 降低溫度之變化

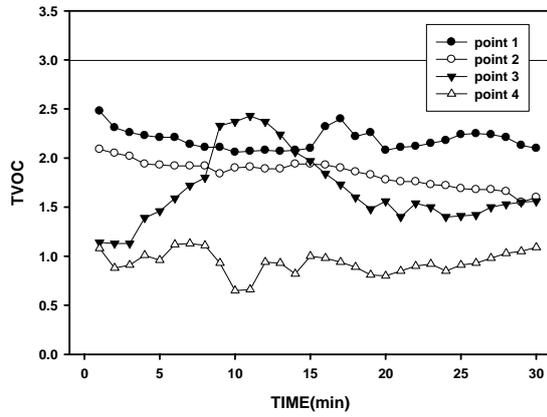


圖 15. TVOC 連續監測

表 1 ASHRAE 熱感覺指標

數值代號	熱感覺
-3	Cold 很冷
-2	Cool 涼爽
-1	Slightly cool 微涼
0	Neutral 適中
1	Slightly warm 微溫
2	Warm 微熱
3	Hot 很熱

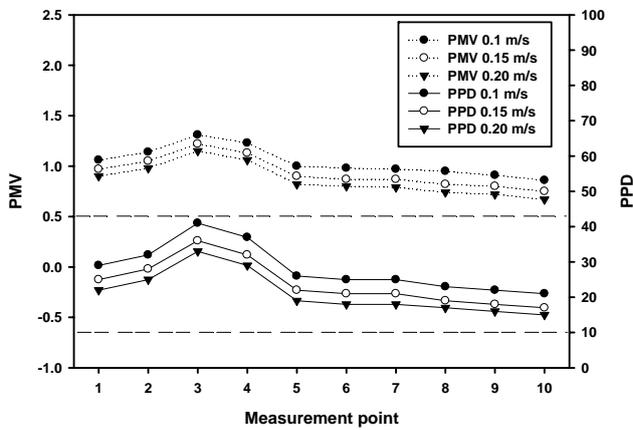


圖 16. PMV 及 PPD 提高風速之變化