

「2022 中華民國營建工程學會第十九屆營建產業永續發展研討會」

探討幼兒教學空間綜合溫度熱指數及熱舒適度之影響

*廖珮如 (Pei-Ju Liao)

林衍良 副教授(Yen-Liang Lin)

逢甲大學 建築專業學院 碩士生

逢甲大學 建築專業學院 副教授

摘要

0~6 歲為兒童大腦、學習力、認知能力等發展最佳時機(林曼蕙, 1988)。研究表明, 熱環境對於幼童學習發展有影響, 改善熱環境可改善兒童的健康、福祉、生產力、學習成績, ”舒適溫度或中性溫度是最大數量的參與者感到舒適的溫度”(Fergus Nicol, 2012)。本研究針對幼兒園使用機械通風(HVAC 空調系統), 實際測量在空調系統下幼兒園室內熱舒適度(PMV), 綜合 WBGT 和熱舒適度探討幼童舒適度及教學活動之熱反應分析提供幼兒園室內教學活動選擇, 研究結果發現三所幼兒園之投票感受及標準有效溫度有明顯”熱”感受, 因此建議幼兒園可以透過教學課程改變(met1.2~1.7), 或者降低冷氣溫度, 以減少幼童對於熱感受偏向於+1~+3, 進而讓幼兒學習時, 處於舒適的環境。

關鍵詞: 室內熱舒適度、綜合溫度熱指數、學齡前幼兒、代謝量、標準有效溫度

A Study of Wet-Bulb Globe Temperature And Thermal Comfort Analysis For Learning Area In Preschool

Abstract

0~6 years old of children is the best time for the development of children's brain, learning ability and cognitive ability (Manhui Lin, 1988). This study aims at the use of HVAC in preschools, the actual measurement of indoor thermal comfort (PMV) in preschools under the HVAC, the comprehensive WBGT and thermal comfort to explore the comfort of preschools children and the thermal response analysis of teaching activities to provide preschool indoor teaching Activity selection, the results of the study found that the voting feeling and SET of the three preschools had obvious "hot" feelings, It is suggested that the teaching course (1.2~1.7met) in the preschool can be changed or lowered HVAC temperature to rise the thermal comfort level for children. And then the children can learn in the more comfortable indoor environment.

Keywords: Thermal Comfort, Wet Bulb Globe Temperature, Preschool child, Metabolic Equivalent of Task (MET), Standard Effective Temperature (SET).

一、背景動機及目的

世界衛生組織(WHO)於 2007 年將熱舒適度定義為”人們對熱環境感到滿意的一種狀態，並宣稱”健康是一種身體、精神和社會完全健康的狀態，而不僅僅是沒有疾病或虛弱的狀態。室內環境質量和熱舒適度取決於幾個物理、生理和心理因素。根據 ASHRAE55 標準，熱舒適度是“對熱環境表示滿意並通過主觀評價進行評估的心理狀態”。降低學校室內空間過熱風險、熱環境可改善兒童的健康、幸福感、生產力和學習成績(P. Wargocki and D. Wyon, 2007)，高溫會導致呆滯、疲倦、疲勞和注意力下降(U. Haverinen-Shaughnessy et al.,2012)，在理論上，使用空調可以減少悶熱的感覺，但如果空調設計不當或使用者的操作習慣不佳，容易使室內環境偏冷或熱而令人產生不舒適的感覺，不僅未達到調節室內舒適度之目標，反而造成能源的浪費。當外在氣候因彼此相互影響而改變了舒適環境，人們須藉由空調設備等來幫助人體失熱與得熱，以求得熱平衡。在建築設上，為了創造舒適的生活環境，避免外界氣候的干擾，可藉由空調設備系統進行調節，以達人體熱平衡之需(Meyer, 2002)。夏季時間大多數的民眾使用主動通風控制室內熱環境，卻無法了解主動控制熱環境情況是否符合舒適度標準以及在綜合溫度熱指數中的人體感受。

熱舒適度評估指標眾多，Fanger(1970)提出影響人體室內熱舒適度關鍵參數，包含了空氣溫度、輻射溫度、相對溼度、風速、著衣量及代謝量，為應用範圍廣大的熱舒適指標，更被國際標準組織(ISO7730)訂為熱舒適評估方式，其以冷(-3)、涼(-2)、微涼(-1)、適中(0)、微暖(+1)、暖(+2)和熱(+3)等變數分為 7 級，並將這些參數與熱平衡方式運算人體與外界的熱量傳輸關係，當環境數值無法更變時，人們可以透過著衣量或代謝量改變熱舒適度，因此本研究以代謝當量(Metabolic Equivalent of Task)作為變動因素，做為日後幼兒園選擇課程方式。

在熱舒適度之下，為更明確分析熱環境之感受，亦探討 WBGT(綜合溫度熱指數)包含著氣溫、濕度及輻射熱，濕度則有 7 成的影響，而容易造成熱傷害的結果。為達到開啟空調之空間在熱舒適度範圍內，本文章以實測方式調查幼兒園室內熱舒適度相關數據，以及幼童的主觀反應，並彙整分析、結果。

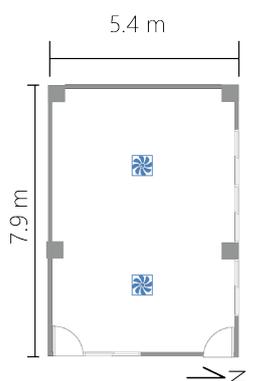
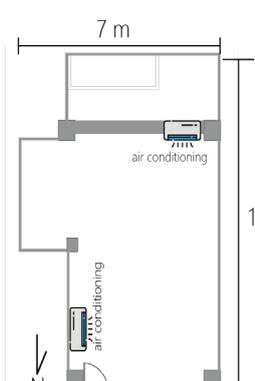
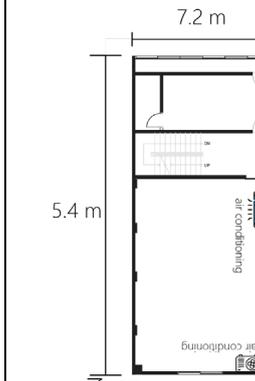
本研究主要目的為：

1. 透過幼童投票，探討幼童舒適度及教學活動之熱反應。
2. 發現室內熱舒適偏暖，以代謝量作為改善方式，提出幼兒教室教學選擇位置或教學方式。
3. 以 CBE Thermal Comfort Tool 計算結果，分析標準有效溫度及綜合溫度熱指數、PMV 分析。

二、研究範圍及對象

研究對象分別位於台中市的東區、北區及潭子區，如表 1 冷氣機型不同，溫度設定介於 25~26 度，其中 B 園有兩台獨立式冷氣，C 園則是 1 台窗型式冷氣及 1 台獨立式冷氣。受調查之幼童年齡為 4~6 歲；教學方面，A 園及 B 園的教學方式屬於聽課式，代謝量(met)都於 1.2，C 園則是各自坐在位置，屬於操作式，代謝量屬於 1.7，幼童之著衣量(Clo)為 0.3，為短袖短褲之穿著。

表 1 幼兒園資料彙整表

	A 園	B 園	C 園
冷氣數量	1	2	2
測量位置	3F/3F	3F/4F	3F/5F
冷氣機型	中央空調式	分離式	窗型式/分離式
冷氣設定溫度	25	26	26
混齡教學	否	否	是
教室面積/ 體積	12.95 坪/294.00m ³	17.94 坪/ 170.64m ³	20.57 坪/ 465.19m ³
教室 平面圖			
教室人數	7	24	27
著衣量 (Clo)	0.3 (短袖、短褲、襪子)		
教學方式	聽課式		操作式
			
代謝量 (met)	1.2		1.7

三、研究方法與流程

本研究方法以實測研究法為主，使用綜合溫度熱指數儀(TWL-1S)收集數據。實測步驟則是收集數據後發現冷氣設定值與氣溫差距為 A 園 5.4°C、B 園 2.8°C、C 園 2.1°C，根據國外期刊論述 4~6 歲之幼童已有辨識能力(Kristian, 2013)，因此給予幼童實施投票式問卷，方法為發放投票卡給幼童將自身感受放置於”相同感受的表情符號上”。幼兒園教育工作者幫助本研究確定了問卷，並闡述“熱舒適性感受表”和協助使用兒童視覺語言的判斷知覺，PMV 指數是以一個簡單的問題獲得的：“現在在這個教室，你對自己的感受是與以下列表情感受相同呢？；並將收集數據以 Arc Gis Map 繪製可視化圖示，為計算室內 WBGT 溫度分布，使用 Arc Gis Map 之「反距離加權法」(Inverse Distance Weighted, IDW) 功能，其方式為一種利用已知點進行空間結構的分析，再利用已知點所產生的變異函數計算每個網格數值的方法。最後將收集數據輸入至 CBE TOOL 取得舒適度以及標準有效溫度，詳圖 1(右)實測執行步驟。並假設幼兒課程之活動當量區分 5 級，1met=耗氧量 3.5mL/min/kg，在人們坐著時，大約是 1.2met 的當量，將體能課程作為最高值 3.2met，詳圖 1(左)met。

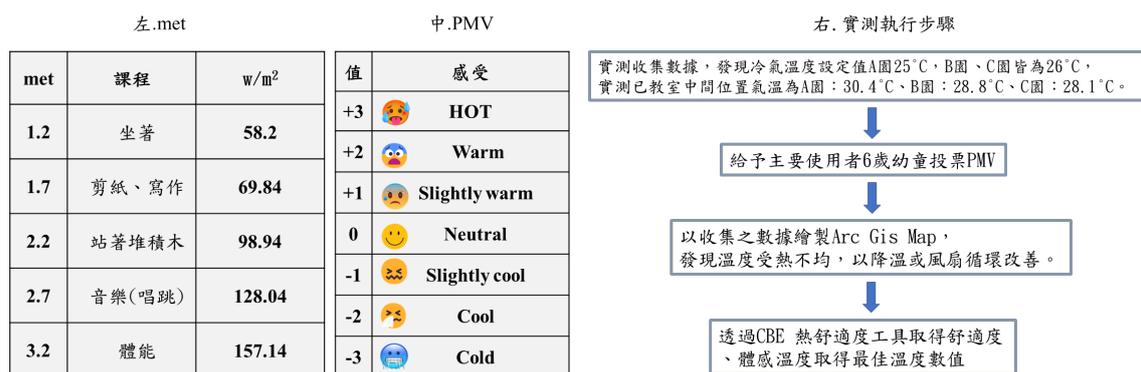


圖 1 熱舒適性感受、PMV 舒適度感受表情及實測實行步驟

四、實測數據及分析

以教室中間位置溫度作為分析，環境數據、代謝量及著衣量彙整後，以 CBE Thermal Comfort Tool 計算工具，計算各幼兒園是否符合 ASHRAE Standard 55，並分析教學方式及 PMV 之關係，分析分為三項：

4-1 以兒童投票結果探討幼童舒適度及教學活動之熱反應。

從下圖 2(左)中的 PMV 投票發現 A 園因為人數較少，投票分布在+1~+3，其中只有 29%的幼童感到寒冷，而 B 園的幼童有 60%感到“微熱”，C 原則是分布最平均其中 52%的幼童投票給“寒冷”，48%的幼童則是感到“炎熱”，將 5 組 met 值輸入至 CBE thermal comfort 計算工具中，發現隨著 met 數值越高，標準有效溫度越高，以 A 園微例之標準有效溫度介於 27.7°C~29.3°C。詳圖 2(右)。

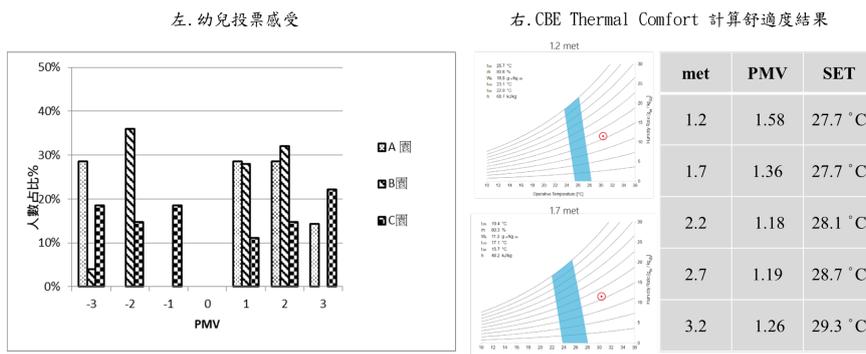


圖 2 幼童投票 PMV 結果

4-2 發現室內熱舒適偏暖，以代謝量作為改善方式，提出幼兒教室教學選擇位置、或教學方式：

所得出下圖 3 所幼兒園之綜合溫度熱指數分布圖，並將總和溫度熱指數溫度分佈分為舒適區(橘色、黃色)、熱區(紅色)、冷區(藍色)，可發現各所 A 位置的溫度偏高為“熱區”，因此 A 區的位置應該是以代謝當量 1.2~1.5 met 為佳；舒適區建議代謝當量為 2.2~2.7met 之課程活動，而針對 C 園之狀況，應降低冷氣溫度或增設風扇循環，詳下圖 3。

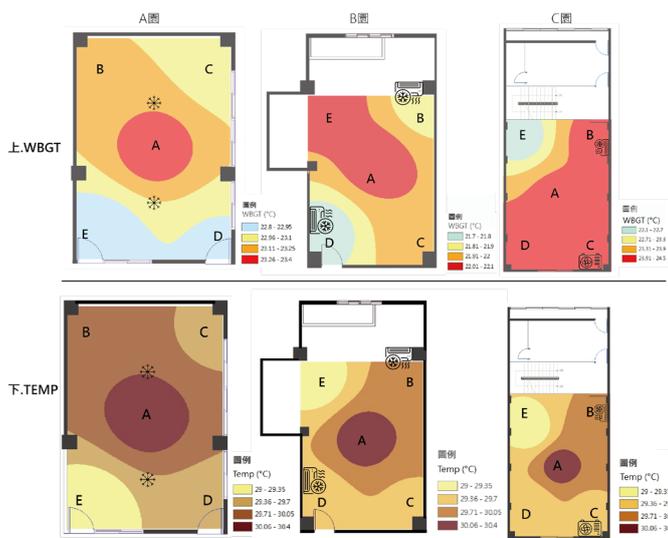


圖 3 幼兒園教室空間 WBGT 及空氣溫度分佈圖

4-3 標準有效溫度及綜合溫度熱指數、PMV 分析：

將收集數據輸入至 CBE Thermal Comfort Tool 工具，在 4-2 也發現 A 園之空氣溫度高達 30°C 及舒適度有 45% 的人感受到不舒適，因此將風速從實測數據 0m/s 更改至 0.3m/s，不舒適之人數調降至 11%，因此降低冷氣溫度或增設風扇循環，為有效解決舒適度詳下圖 4(左)，在數據觀察 B 園之標準有效溫度(24.5°C)接近且低於冷氣設定溫度 26°C，詳下圖 4(右)。

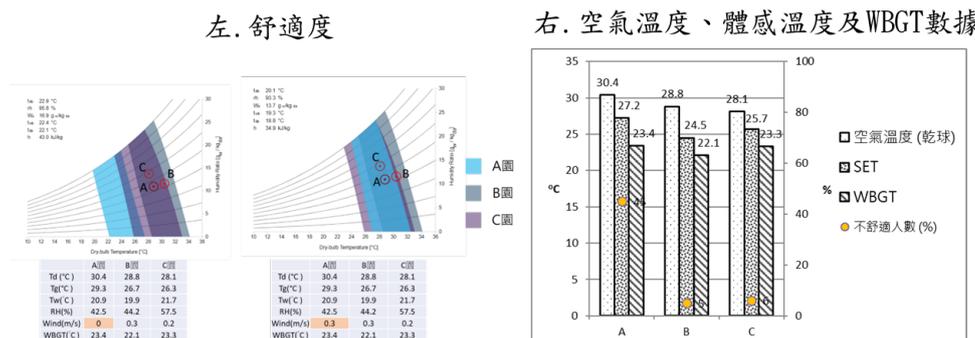


圖 4 風速改善(左)及實測數據

五、研究成果及建議

根據實測數據蒐集以及分析，本研究之成果方案如下：

- 1、幼童舒適度：根據本次時側調查發現 3 所幼兒園幼童之投票偏向於+1~+3，由投票結果發現幼童認為身處於”熱”之環境。
- 2、空氣溫度及綜合溫度熱指數：在圖 3 中可發現 A 園的空氣溫度與綜合溫度熱指數溫度有相對應結果，B 園的 E 點位空氣溫度偏低但綜合溫度熱指數屬於”熱區”之溫度，而 C 園的 C、D 溫度適中但 WBGT 溫度偏高，這些數據分析後，可得知空氣溫度高低不代表著舒適度的程度。

其改善幼兒園熱舒適之建議如下：

- 1、三所幼兒園之投票感受及標準有效溫度有明顯”熱”感受，因此建議幼兒園可以透過教學課程改變，減少幼童對於熱感受偏向於+1~+3，進而讓幼兒學習時，處於舒適的環境。
- 2、當 PMV ≥ 1 時，即需降低溫度冷氣溫度 4 度(台達電子文教基金會)，因此本研究之三所幼兒園冷氣空調溫度需從 25 度降低之 21 度；26 度需降低至 22 度，方可符合熱舒適之”適中”結果。

六、參考文獻

1. Fanger, P.O..Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering,McGraw-Hill, New York,1970.
- 2.P. Wargocki and D. Wyon “The Effects of Moderately Raised Classroom Temperatures andClassroom Ventilation Rate on the Performance of Schoolwork by Children” *HVAC&R Research,Vol. 13, No. 2*,2006.
3. Ulla Haverinen-Shaughnessy. “An assessment of indoor environmental quality in schools and its association with health and performance”*Building and Environment 93*,2015.
4. Kristian Fabbri “Thermal comfort evaluation in kindergarten: PMV and PPD measurement through datalogger and questionnaire”*Building and Environment*,Pages 202-214,October 2013.
5. ASHRAE. Standard 55-2010, Thermal environmental conditions for human occupancy. Am Soc Heating, Refrig Air Cond Eng. 2010;CIBSE. Environmental Design CIBSE guide A. 8th