

「2022中華民國營建工程學會第二十屆營建產業永續發展研討會」

臺中文學館園區室內空氣品質之探討

-以常設一館與常設二館為例

*禹才靖(Cai-Jing Yu)
逢甲大學建築專業學院
研究生

**曾 亮 (Liang Tseng)
逢甲大學建築專業學院
副教授

摘要

近年疫情影響甚巨，使的我們更必須正視室內空氣品質的影響。另一方面，舊建築再利用，以新機能再營運後，人們待在其室內空間的時間也將大幅提升。本研究關心的是，這些老舊建築物室內空氣品質，能否提供訪客及內部人員良好的環境體驗。臺中文學館園區由六棟日式木構造的建築物組成，本研究以其中的常設一、二展覽館為對象，針對各項室內空氣污染物，以儀器進行現場檢測作業。本文經研究、整合、分析，發現：(1) 在常設一館執行檢測，發現二氧化碳的濃度最高達到1593ppm，高於標準值(1000ppm)。(2) 常設二館之甲醛浮動較大，最高達到0.092ppm，高於標準值(0.08ppm)。

A Study on the Indoor Air Quality for Taichung Literature Museum -Take the Normal Exhibition 1 , and 2 Space

Abstract

These days The Covid-19 Epidemic makes a big influence on our society, also impel us to concern about the Indoor Air Quality. On the other hand, those reuse of old buildings with new functions, let people stay in its interior space for longer time. So, what we want to investigate is the IAQ in preserved historic building. Taichung Literature Museum is a historic building, which is comprised of 6 Japanese-wooden construction buildings. It has several interior spaces, and we select the normal exhibition 1 and 2 space as our measure subject. Through our study、integration、analysis, this paper show conclusions as follows : (1) According to the detection data for the normal exhibition 1 space, the density of CO₂ is highest 1593ppm ,it has overstep the limit (1000ppm) (2) The density of HCHO in the normal exhibition 2 space is highest comes to 0.92 ppm ,overstep the limit (0.56ppm) .

一、緒論

本章針對臺中文學館園區室內空氣品質之探討，其探討內容包括研究動機與目的、研究方法與內容等，說明如下：

(一) 研究動機與目的

1. 研究動機

近年來，建築與室內空間的議題逐漸多元化，其中便包含了對於室內空間品質的日益重視。尤其近年疫情影響甚巨，使的我們更必須正視室內空氣品質的影響。我國歷經十來年的研擬，也通過《室內空氣品質管理法》付諸實行，法規列管了政府機關、交通場站等九大類的公眾場所，近來更擴大範圍，公告餐飲店、表演場所、各級學校等各類的空間，以期讓舒適健康的空氣品質能落實到各個層級的場所。另一方面，舊建築再利用的課題頗有愈發興盛的態勢，且國人觀光旅遊風氣日盛；舊建築以新機能再營運後，人們待在其室內空間的時間也將大幅提升。本研究想探討：各種修復材料之使用，以及各種新的室內營運、活動型態，是否會導致新的室內空氣污染源。

2. 研究目的

- (1)了解常設一、二館空間 4 小時的檢測，監測污染物的變化。
- (2)偵測所得的數據分析，探討室內空氣品質與各項環境因子間的關係。
- (3)提出常設一、二館空間的偵測結果與改善建議。

(二) 研究方法與內容

1. 研究方法：

本研究採用文獻分析、現場檢測等方法進行空氣品質的研究。(1)文獻分析法：蒐集國內外有關室內空氣品質的文獻資料，以提供改善文物館空間室內空氣品質的參考依據。(2)現場檢測法：以空間基本資料調查、配合室內人數，檢測各空間之各類污染物質濃度。

2. 研究內容：

本文之研究內容為各項室內空氣污染物，包含二氧化碳、甲醛、臭氧、一氧化碳、懸浮微粒 PM_{2.5}、PM₁₀ 以及總揮發性有機污染物 (TVOC)。以儀器執行長達四小時之現場檢測，並分析各環境因子間的關係。

二、文獻探討

本章針對臺中文學館園區室內空氣品質之探討，其探討內容包括室內空氣品質相關文獻的探討、臺中文學館的空間型態等，說明如下：

(一) 室內空氣品質相關文獻的探討：

1. 室內空氣汙染物質的主要來源及健康影響：

- (1) 二氧化碳(Carbon Dioxide, CO₂): 低濃度的環境無害，高濃度的情況對人體影響主要是呼吸困難與代謝壓力。室內的來源主要為人體代謝產生。
- (2) 甲醛(Formaldehyde, HCHO): 甲醛為帶有刺激性臭味，易燃、易揮發且具毒性之腐蝕性氣體。常見於室內裝修材料(纖維板、合板、積層板等)。
- (3) 臭氧(Ozone, O₃): 臭氧會刺激肺部，影響黏膜呼吸功能。室外空氣的臭氧來自光化學反應，室內之臭氧則來自於影印機等使用紫外線的機器。
- (4) 一氧化碳(Carbon Monoxide, CO): 一氧化碳是無色無臭味的毒性氣體，會對人體產生窒息而致命的危險。室內的一氧化碳主要是燃燒不完全所產生的，如瓦斯爐、瓦斯熱水器、吸煙等。
- (5) 總揮發性有機污染物 (TVOCs): 在臺灣是以苯、四氯化碳、氯仿、及二甲苯(對、間、鄰)等十二種化合物之濃度測值總和。若長期暴露，程度輕者會刺激眼睛、皮膚與呼吸道，重者則損傷神經與肝腎功能、引發癌症等。

(二) 臺中文學館的空間型態

1. 臺中文學館的空間型態：

臺中文學館園區前身原為臺中市歷史建築「日式時期警察宿舍群」，為1932年落成的臺中市警察署長及警察官邸，整個街廓由樂群街、自立街及柳川東路所包圍。區內宿舍建築為「和洋折衷的和式洋風」的木構造建築，均有前後院落，環境清幽雅緻。臺中文學館全園區建築物共分6棟，分別為推廣行政中心、主題特展館、常設一館、常設二館、研習講堂、文學主題餐廳(如圖2-1)。

2. 臺中文學館的空間涵構：

各館舍以展覽、研習、文化推廣為主要用途，形式皆為地上一層的日式木構造建築。室內空間主要以原始木構造壁面及少量展覽裝修材構成空間的介面。原始木構造的壁面為以「小舞壁」為主的編竹夾泥牆構造。小舞壁為日式民居中常見的牆面工法，內部構造有竹條、土漿、白石灰、雨淋版(如圖2-2及2-3所示)。



圖2-1 台中文學館全區配置示意圖

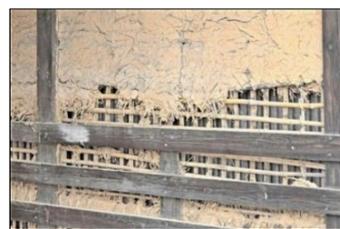


圖2-2 編竹夾泥牆構築示意圖

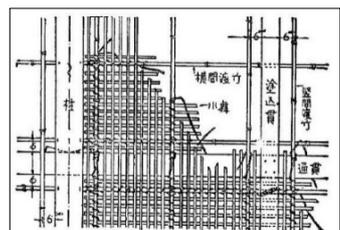


圖2-3 編竹夾泥牆構築示意圖

三、檢測計畫

本章針對臺中文學館園區室內空氣品質之探討，其探討內容包括檢測對象、檢測儀器介紹等，說明如下：

(一) 檢測對象

本研究將館舍中規模最大、擺設及活動最為固定的2棟館舍：「常設一館」與「常設二館」為本文施測分析之對象(如圖3-1A、圖3-1B、圖3-1C所示)。



圖3-1A 檢測對象位置示意圖 圖3-1B 室內空間示意圖 圖3-1C 室內擺設示意圖

1. 「常設一館」(樂群街48號)的空間型態：

「常設一館」(樂群街48號)是昔日的警察署長宿舍，規制最為宏大、作工最為精美，也是園區內宿舍群之象徵。展示主題有「臺中文學發展源流、大紀事」、「社會關懷與批判」等主題。其室內空間意象(如圖3-1B)，建築平面圖(如圖3-2)。本研究對其空間的相關調查(如表3-1)。

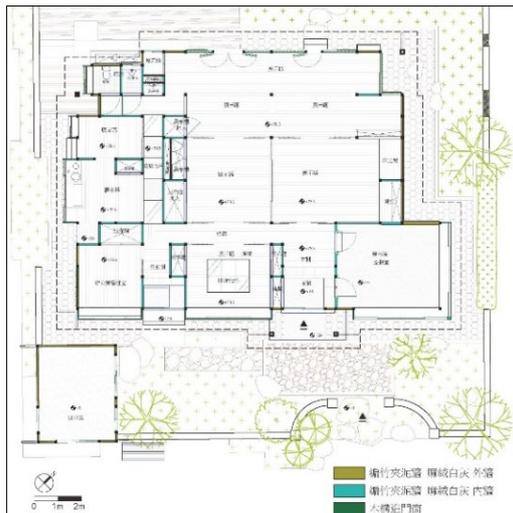


圖3-2 「常設一館」建築平面圖



圖3-3 「常設二館」建築平面圖

2. 「常設二館」(樂群街46巷1號及3號)的空間型態：

以「空間」及「人物」作為主題，讓訪客抱著輕鬆、愉快的心情，透過互動式多媒體，認識臺中作家及其作品、事蹟。其室內空間意象如(圖3-1C)，建築平面圖(如圖3-3)。本研究對其空間的相關調查(如表3-2)。

表 3-1 常設一展區的室內環境調查表

空間室內環境調查表			
名稱/建物	常設一展區/樂群街 48 號	空間面積/容積	150.75 m ² /366.32 m ³
通風方式	使用空調，鮮少開窗	室內最高人數	(當日累計)118 人次
設備及裝置	展場裝飾物、書櫃、書本以及聲光互動裝置。		
四周介面	外側是外牆及隔間牆，為編竹夾泥牆覆上麻絨白灰構造，結構體則為杉木為主的 大木構造。 內部以輕隔間牆及木製拉門構造為主。	空間地坪材質	「應接室」為洗石子地面，廁所為防水磁磚，不過廁所並不對外開放使用。其他皆為木地板，幾個地方以玻璃展示地基。

表 3-2 常設二展區的室內環境調查表

空間室內環境調查表			
名稱/建物	常設二展區/樂群街 46 巷 1 號及 3 號	空間面積/容積	140.45 m ² /341.37 m ³
通風方式	使用空調，鮮少開窗	室內最高人數	(當日累計)93 人次
設備及裝置	展場裝飾物、書櫃、書本以及投影機設備。		
四周介面	外側是外牆及隔間牆，為編竹夾泥牆覆上麻絨白灰構造，結構體則為杉木為主的 大木構造。 內部以輕隔間牆及木製拉門構造為主。	空間地坪材質	廁所為防水磁磚，不過廁所並不對外開放使用。 其他皆為木地板。

(二)檢測儀器介紹

本研究所使用的空氣品質檢測儀器皆能符合量測的要求(如表3-3所彙整):

表3-3 檢測儀器及檢測項目表:

偵測項目	儀器名稱	檢測因子	重量	儀器圖片
二氧化碳 (CO ₂)	KANOMAX IAQ 監測儀 Model 2212	每2分鐘紀錄一次，單位為ppm	0.53kg	
一氧化碳 (CO)				

甲醛 (HCHO)	Formaldemeter™ htV-M	每2分鐘紀錄一次， 單位為ppm	1.2Kg	
總揮發有機 機污染物 臭氧(O ₃)	KANOMAX 氣體監 測儀 Model 2750	每2分鐘紀錄一次， 單位為ppm	0.46kg	
PM _{2.5} PM ₁₀	Metone Aerocet- 531S	每2分鐘紀錄一次， 單位mg/m ³	0.91kg	

四、檢測結果與討論

本章針對臺中文學館園區室內空氣品質之探討，其探討內容包括偵測期間的現場調查、生活性因子之數據分析、物理性因子之數據分析等說明如下：

(一)偵測期間的現場調查：

常設一館面積150.75m²，第一次施測日為平日，第二次施測日為例假日。觀察施測期間室內空間的人數(如圖4-1A所示)可知，第一次施測日人數較為零星，而第二次施測日平均都有10人以上的人數。人員的活動行為以站立觀展為主。

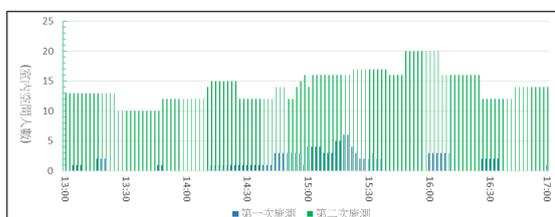


圖4-1A 常設一館人數分析圖

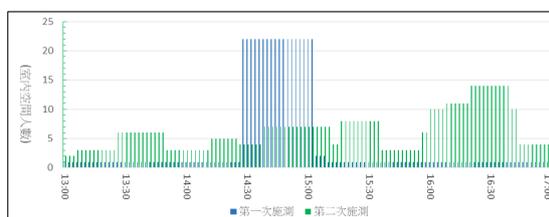


圖4-1B 常設二館人數分析圖

常設二館面積140.45m²，第一次施測日為平日，第二次施測日為例假日。(如圖4-1B所示)第一次施測日巧遇觀光團參訪，室內高達22人，其他時間則無人來訪。而第二次施測日訪客入內較為均佈，最高室內有14人。人員的活動行為以坐姿閱讀為主。

(二)生活性因子之檢測數據成果分析：

生活性的因子為溫度和濕度，本節將進行溫度和濕度的數據分析。

1. 溫度之數據分析：

常設一館，第一次施測日(平日)為24.4~27.4℃，第二次施測日(例假日)為24.5~25.5℃。第一次施測日在13:00~14:30溫度偏高，使人略感不適，但是，當時室內並無訪客。其他的室內溫度均在舒適的範圍內。常設二館，第一次施測

日(平日)為26.4~22.9°C，第二次施測日(例假日)為25.6~21.9°C。施測期間皆有使用空調，並且在13:00開始施測前已運轉3小時以上。

2. 濕度之數據分析:

常設一館，第一次施測日(平日)的空氣濕度約在75.2~85.4%，第二次施測日(例假日)的空氣濕度約在55.1~66.6%。常設二館，第一次施測日(平日)的空氣濕度約在82.1~71.5%，第二次施測日(例假日)的空氣濕度約在75.6~58.5%。整體均在舒適的範圍內且起伏變化不大。

(二)化學性因子之檢測數據成果分析

化學性因子主要由氣狀污染物來造成。本節將針對各項氣狀污染物逐一分析。

1. 二氧化碳之數據分析:

常設一館(如圖4-2A所示)，第一次施測(平日)最高達到1116ppm，最低為1044ppm，整體均高於標準值。第二次施測(例假日)有兩個顯著的高峰，達到1192與1156ppm，最低為998ppm，整體也高於標準值。對比人流(如圖4-1A所示)分析可得知，訪客人數短時間增多的時刻(14:00~14:30及15:30~16:00)，室內CO₂濃度亦反映出高峰點。而其他時段，第一次施測與第二次施測的人流，並未顯著的反應在室內CO₂濃度上。

常設二館(如圖4-2B所示)，第一次施測(平日)有一個高峰達到1593ppm，最低為997ppm，整體高於標準值。第二次施測(例假日)最高達到1182ppm，最低為1000ppm，整體均高於標準值。對比人流(如圖4-1B所示)分析可得知，訪客人數短時間增多的時刻(14:00~15:00)，室內CO₂濃度亦攀升到高峰點。而室內無訪客的時段，(13:00~14:30)，室內CO₂濃度相對較低，但仍未能合於標準。

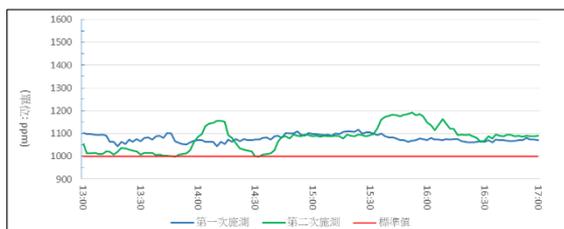


圖4-2A 常設一館二氧化碳分析圖

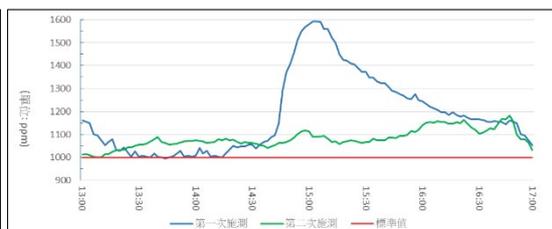


圖4-2B 常設二館二氧化碳分析圖

2. 甲醛之數據分析:

常設一館(如圖4-3A所示)，第一次施測最高達到0.062ppm，最低為0.007ppm，整體均低於標準值。第二次施測有兩個顯著的高峰，達到0.074與0.058ppm，最低為0.009ppm，整體也低於標準值。對比人流(如圖4-1A所示)及筆者的紀錄可得知，第二次施測出現的高峰值與室內人數無關，而是當時的人有搬動展品的動作。第一次施測出現的高峰值則是移動桌椅造成的。

常設二館(如圖4-3B所示)，第一次施測最高達到0.092ppm，最低0.032ppm。對比人流(如圖4-1B所示)得知，參訪團在室內大量活動(14:30~15:00)後，甲醛

濃度一段時間後反映出劇變。第二次施測最高達到0.055ppm，最低為0.001ppm，整體低於標準值。

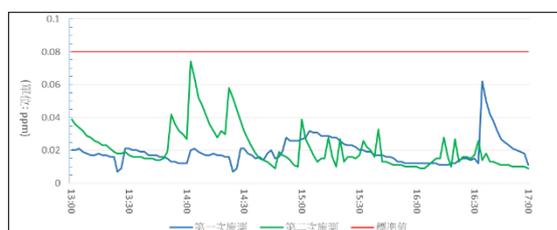


圖4-3A 常設一館甲醛分析圖

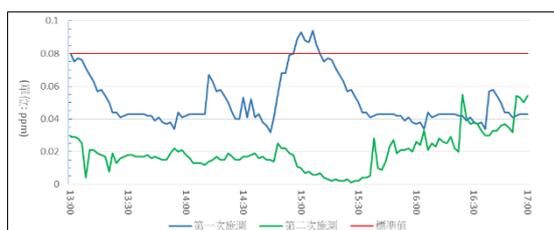


圖4-3B 常設二館甲醛分析圖

3. 臭氧之數據分析：

常設一館(如圖4-4A所示)，第一次施測日(平日)最高為0.014ppm，最低為0ppm，第二次施測日(假日)最高為0.025ppm，最低為0.006ppm。

常設二館(如圖4-4B所示)，第一次施測日(平日)最高為0.003ppm，最低為0.001ppm，第二次施測日(假日)最高為0.039ppm，最低為0.012ppm。

分析圖4-4A、圖4-4B可得知，二次施測日均遠低於標準值，假日雖然均高於平日，但差別微小，都合於標準，數據的起伏和人數亦找不到直接的關係。



圖4-4A 常設一館臭氧分析圖

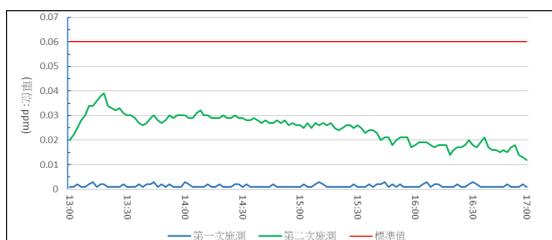


圖4-4B 常設二館臭氧分析圖

4. 一氧化碳之數據分析：

常設一館、常設二館，第一次施測日最高為0.2ppm，最低為0.1ppm，第二次施測日最高為0.2ppm，最低為0.1ppm。二次施測日均遠低於標準值，完全無虞。

5. 總揮發性有機污染物之數據分析：

常設一館(如圖4-5A所示)，第一次施測(平日)最高達到0.46 ppm，最低為0.11ppm，整體均低於標準值。第二次施測(例假日)最高達到0.42ppm，最低為0.08ppm，整體也低於標準值。

對比人流(如圖4-1A所示)及筆者的紀錄得知，二次施測出現的高峰值與人數無關，而是當時有翻動書本的動作，並且距離檢測點較近，數值才急遽攀升。

常設二館(如圖4-5B所示)，第一次施測(平日)最高達到0.35ppm，最低為0.17ppm，整體均低於標準值。第二次施測(例假日)最高達到0.58ppm，最低為0.09ppm，後期隨著訪客增加，逐漸攀升甚至超標。由於其活動行為以坐姿閱讀為主，可見常設二館TVOC與訪客人數呈現正相關。

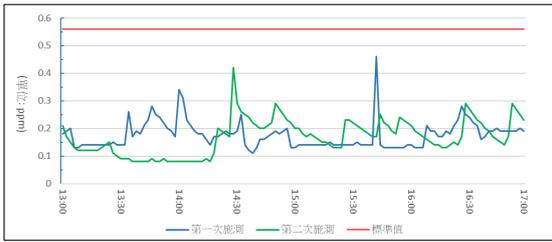


圖4-5A 常設一館TVOC分析圖

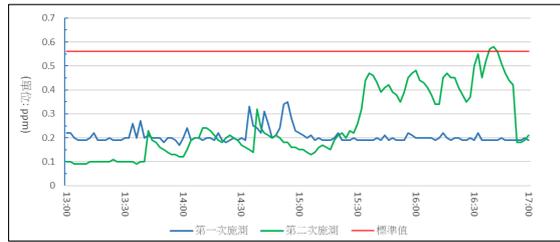


圖4-5B 常設二館TVOC分析圖

(三)物理性因子之檢測數據成果分析

物理性因子主要由粒狀污染物來造成。本節將針對懸浮微粒PM_{2.5}、PM₁₀分析。

1. 懸浮微粒PM_{2.5}之數據分析：

常設一館(如圖4-6A所示)，第一次施測(平日)最高達到0.002mg/m³，最低為0.001mg/m³，整體均低於標準值。第二次施測(例假日)最高達到0.006mg/m³，最低為0.001mg/m³，整體也低於標準值。常設二館(如圖4-6B所示)，第一次施測(平日)最高達到0.002mg/m³，最低為0.001mg/m³，整體均低於標準值。第二次施測(例假日)最高達到0.015mg/m³，最低為0.009mg/m³，整體也低於標準值。分析圖4-9A、圖4-9A可得知，二次施測日均遠低於標準值，假日均高於平日，長時間較高的室內人數會造成PM_{2.5}數值較高。

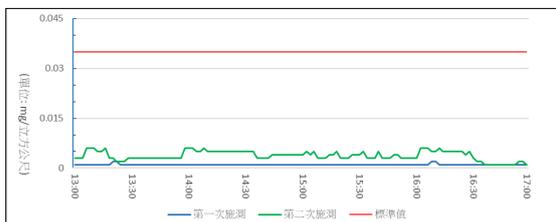


圖4-6A 常設一館懸浮微粒PM_{2.5}分析圖

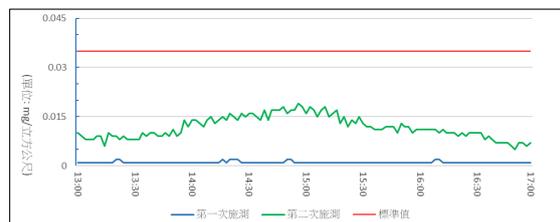


圖4-6B 常設二館懸浮微粒PM_{2.5}分析圖

2. 懸浮微粒PM₁₀之數據分析：

常設一館(如圖4-7A所示)，最高達到0.005mg/m³，最低為0.002mg/m³，整體均低於標準值。常設二館(如圖4-7B所示)最高達到0.04mg/m³，最低0.01mg/m³，整體也低於標準值。分析圖4-7A、圖4-7B可得知，二次施測日均遠低於標準值，不過假日高於平日，長時間較高的訪客人數會造成PM₁₀數值較高。

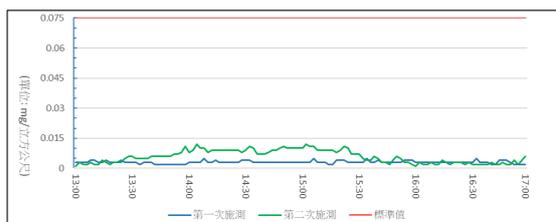


圖4-7A 常設一館懸浮微粒PM₁₀分析圖

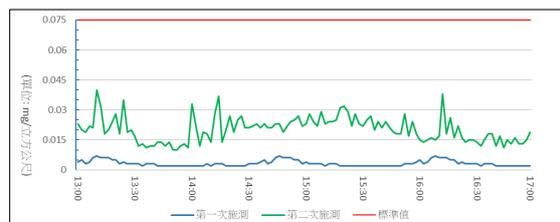


圖4-7B 常設二館懸浮微粒PM₁₀分析圖

五、結論與建議

本文針對臺中文學館園區室內空氣品質之探討，其探討內容包括緒論、文獻探討、檢測計畫、檢測結果與討論等，其研究成果如下：

(一) 結論：

本研究在 2022 年 5 月到 8 月進行上述的現場施測，以所得數據及筆者的現場紀錄進行比對分析，結論如下：

1. 生活性的因子(溫度和濕度)，均合於舒適的標準。室內溫度整體平穩無大的變化，出入口有所開關時容易造成溫度有短暫些微的起伏變化。
2. 二氧化碳的濃度例假日整體高於平日，但均超出了標準值。以空間量來看，訪客 10 人以下時，尚不受人數影響，但是超過 10 人並短時間增多的時刻，室內 CO₂ 濃度亦急遽攀升。
3. 甲醛的濃度較常出現不穩定的高峯值(最高達 0.092ppm)，但這些高峯值與室內人數無關，而是活動行為較大時，甲醛的濃度有正相關。
4. 臭氧、一氧化碳及懸浮微粒的濃度均遠低於標準值，臭氧最高僅達到 0.039ppm，一氧化碳最高也僅 0.2ppm，可以認定與室內人數無關，且品質無虞。
5. 總揮發性有機污染物的濃度較常出現不穩定的高峯值(最高達 0.58 ppm)，但這些高峯值與室內人數無關，而是人員的活動型態有正相關。

(二) 建議：

針對本研究的檢測，後續的建議如下：

1. 該空間應設法改善通風環境，或許可以嘗試增加窗戶常開的時段，增加自然外氣的引入量，降低對空調的依賴。
2. 數值雖然偶有超標，但是超標的程度大多不大，只要增加室內的換氣率，應該能使多項汙染物合於標準值。

參考文獻

1. 李俊璋，「建築室內空氣品質管理機制之研究」學術期刊論文、雜誌，內政部建築研究所，臺北市，2007。
2. 林峯隆，「公共場所室內空氣品質調查之研究—以飯店為例」學術期刊論文、雜誌，景文科技大學環境科技與物業管理系所，臺南市，2018。
3. 鄭羽廷，「建築師事務所室內空氣品質之研究—以台中市為例」碩士論文，逢甲大學建築研究所，臺中市，2011。
4. 蘇彥誠，「美容美髮室內空氣品質及植栽之研究—以台中市小林髮廊為例」碩士論文，逢甲大學建築研究所，臺中市，2015。
5. 巫珮瑄，「閒置公共空間再利用—以台中文學館為例」碩士論文，國立雲林科技大學，雲林縣，2016。