

2016中華民國營建工程學會第十四屆營建產業 永續發展研討會

教學空間室內空氣品質之研究 -以逢甲大學忠勤樓 712 教室為例

*王民揚(Wang Min Yang)

逢甲大學建築專業學院碩士生

曾亮(Tseng Liang)

逢甲大學建築專業學院副教授

摘要

本研究針對逢甲大學忠勤樓 712 教室教學環境，進行一系列空氣品質檢測課題之研究，檢測內容依據行政院環保署 101 年 11 月 23 日法規指定室內空氣品質污染物：包括化學性(CO、CO₂、O₃、HCHO、TVOC)、物理性(PM₁₀、PM_{2.5})及生物性(細菌、真菌)等九種因子，利用儀器測得實際污染值。本文主要探討教學空間是否對老師及學生提供健康的教學環境。本研究主要以實際檢測逢甲大學忠勤樓 712 教室為主要對象，探討有室內空調且不開窗及有空調及開窗下的室內空氣品質差異與各種污染濃度，並對於不同使用人數等條件進行檢測之比較。

本研究所測得數據 A 組二氧化碳(CO₂)平均濃度 854ppm、甲醛(HCHO)平均濃度 0.003ppm；懸浮微粒 (PM_{2.5}) 平均濃度為 1.7ug/m³、懸浮微粒 (PM₁₀) 平均濃度為 10 ug/m³。B 組二氧化碳(CO₂)平均濃度 736ppm、甲醛(HCHO)平均濃度 0.013ppm；懸浮微粒 (PM_{2.5}) 平均濃度為 2.2ug/m³、懸浮微粒 (PM₁₀) 平均濃度為 14.2ug/m³。釐清各類污染物來源與影響個關鍵因素，提供學校執行室內空氣品質之參考要項及改善策略之擬訂。

關鍵詞：室內空氣品質、教學空間、校園環境

A Research on the Air Quality index of classroom712 to Take the Jong-Chin Bldg of Feng Chia University as an Example

Abstract

This research is going to take a series of studies in the issue of air quality tests which take place in the classroom 712 in Jong-Ching Bldg., based on the regulations ordered by Environmental Protection Administration, Executive Yuan on November 23 which indicates 9 factors including: chemical factors (CO₂, CO, O₃, HCHO, TVOC), physical factors (PM₁₀, PM_{2.5}), and biological factors (Bacteria, Fungi). The

actual pollution values are measured by instruments. In case to discuss if the classroom provides a healthy learning environment for teachers and students or not, this research will primarily detect the classroom 712 in Jong-Ching Bldg. in Feng Chia University, and compare the room with closed window and air-conditioned and the other with opened window and air-conditioned of their various forms of pollution concentrations.

After the detection, we have the measured data Group A of carbon dioxide (CO₂) average concentration of 854ppm, formaldehyde (HCHO) average concentration 0.003ppm; suspended particulate (PM_{2.5}) average concentration of 1.7ug / m³, suspended particulate matter (PM₁₀) average concentration of 10 ug / m³ and Group B of dioxide (CO₂) average concentration 736 ppm, formaldehyde (HCHO is) the average concentration 0.013ppm; suspended particles (of PM_{2.5}) mean concentration of 2.2ug / m³, suspended particulate (PM₁₀) mean concentration 14.2ug / m³. By the research, we will be able to clarify the source of various pollutants and impact of key factors and provide reference and improvement plan to indoor air quality.

Key Words : Air Quality Testing 、Teaching Space 、Campus Environment 。

一. 前言

(一)、研究動機

「健康」，已成為全球高度關注之課題。室內環境議題，近十年來在國際相關學術領域上也引起相當大的重視，國人每人每天約有 80~90%的時間處於室內環境中(包括在住家、辦公室或其他建築物內)，室內空氣品質的良窳，直接影響工作品質及效率，因此室內空氣污染物對人體健康影響應當受到重視。

教學空間中的一般教室為學生主要的學習空間，也是學生停留最長的教室空間，該空間所在位置、面對方向及高度皆與室內外空氣品質息息相關，採用自然通風之空間則同時受到外部污染之衝擊，而門窗緊閉的空間可減少室外污染卻須面對室內污染物的威脅。污染來源散佈於生活中的每個角落，如何應對污染物所造成的衝擊，是我們急迫需要的對策，而污染物因子與相互影響之關聯繫為首要釐清之要項。

(二)、研究對象

台灣現今大學數量高達 160 餘所，在這人人都有大學念的時代裡，對於教學空間的空氣品質因更加關注，本文針對『逢甲大學忠勤樓 712 教室為例』，探討如何改善教學空間的環境品質，改善室內空氣品質常見問題，例如：老師學生有頭暈、精神不濟等昏睡現象，降低病態建築物(Sick Building Syndrome, SBS)症候群的發生。因此為了解教學空間各個階段污染之來源相關問題，藉由本研究期望了解教學空間室內空氣品質狀況及擬定改善對策之方式。

(三)、研究目的

我國於 101 年 11 月 23 日環保署訂定發佈「室內空氣品質標準」，管制的項目包括一氧化碳(CO)、二氧化碳(CO₂)、臭氧(O₃)、甲醛(HCHO)、總揮發性有機化合物(TVOC)、細菌、真菌、PM₁₀、PM_{2.5} 物質做為標準之規範(行政院環境保護署，2012)。本研究以逢甲大學忠勤樓 712 教室為例為檢測之對象，藉由檢測結果促其加以改進，使教學空間能有更良好的學習環境，進而提升師生們舒適健康的教學空間。

二.文獻回顧

近年來各國越來越重視室內空氣品質，陸續公告室內空氣品質相關管理政策，我國環保署於民國101年6月4日訂定「室內空氣品質管理法施行細則草案」第二十三條規定訂定之，於民國101年11月23日同步實施。管制項目包括CO₂、CO、HCHO、TVOC、PM₁₀、PM_{2.5}、O₃、細菌、真菌。

對於本研究探討教學空間室內空氣品質污染物質主要成份，其污染物特性分類說明如下：氣狀污染物、粒狀污染物之來源，以及各污染物到達某一濃度所對於人體產生之影響及危害。

(一)、氣體污染物

1.二氧化碳(Carbon Dioxide, CO₂)在低濃度時，二氧化碳氣體是無色、無臭、不助染、不可燃的氣體，但在較高濃度時會有酸性氣味，可造成窒息和刺激。

表 2-1 空氣污染物濃度對人體影響對照表

濃度(ppm)	對生理影響
≤600	無
600~1000	偶爾抱怨頭痛、昏睡、悶熱
1000~10000	呼吸、循環器官及大腦機能受影響
10000~30000	呼吸增大、臉上有溫熱感
30000~40000	耳鳴、頭痛及血壓上升
40000~60000	皮膚血管擴張、噁心、嘔吐
70000~80000	精神活動混亂、呼吸困難
80000~100000	意識混濁及痙攣並發生呼吸停止
100000-200000	中樞神經傷害發生、構成生命危險

(資料來源：李彥頤，辦公空間室內空氣品質管制策略之研究，2004)

2. 甲醛 (Formaldehyde, HCHO) — 來源：尿素-甲醛使用在製作木質合板、木質傢俱、礦纖天花板、黏著劑、清潔劑等。影響：甲醛短期對人體影響嗅覺異常、刺激過敏、肝功能異常和免疫功能異常等方面長期接觸低劑量甲醛，可引起慢性呼吸道疾病，引起鼻咽癌、結腸癌、細胞核的基因突變。

(二)、粒狀污染物

環境評估指標中，物理性環境主要因子為微粒物質(Particulate Matter)，大氣中的微粒物質是由四散的固體或液體物質所組成，以相等的空氣動力直徑(aero dynamic diameter)來描述其尺寸。其中粒徑大於 $10\mu\text{m}$ 的粒子可以由上呼吸系統的防衛機制有效排除。而較小的粒子($5\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$)可能小到足以通過上呼吸系統中百轉千折不為充滿黏液的黏膜捕獲乃至到達肺部而足以由沉澱作用堆積在此。粒狀污染物主要為：懸浮微粒 $\text{PM}_{2.5}$ 及 PM_{10} ，其說明如下：

1. 懸浮微粒 (PM_{10}) Particulate Matter 10：空氣動力直徑 $\leq 10\mu\text{m}$ 懸浮微粒。
2. 懸浮微粒 ($\text{PM}_{2.5}$) Particulate Matter 2.5：空氣動力直徑 $\leq 2.5\mu\text{m}$ 懸浮微粒。
 - (1). 來源:室內人為活動。如燒香、廚房油煙、二手煙、影印機碳粉、粉筆、木屑；打掃或室外氣流的傳輸夾帶的微粒等。
 - (2). 影響:人體呼吸機能，造成過敏性鼻炎、氣喘、慢性阻塞性肺疾等疾病。

表 2-2 空氣污染物濃度對人體影響對照表

濃度(mg/m^3)	滿意度	備註
0.025~0.05	背景濃度	
0.075~0.10	多數人滿意濃度	
0.100~0.14	視程減少	達到 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 以上會使死亡率增加
0.015~0.20	被多數人認為污染的濃度	
>0.20	被多數人認為完全污染的濃度	

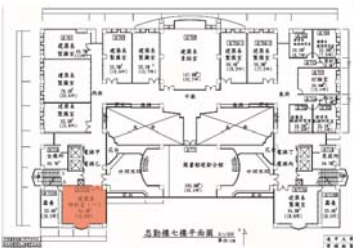
(資料來源：李彥頤，辦公空間室內空氣品質管制策略之研究，2004)

三. 忠勤樓 712 教室空氣品質之檢測作業

本節對研究對象選定及檢測儀器認知，並說明本研究方法及流程。

- (一)、研究對象：逢甲大學忠勤樓 712 教室為例，對於教學空間空氣品質進行檢測，該間教室樓地板面積 64.9m^2 ，如表 3-1 所示：

表 3-1 逢甲大學忠勤樓 712 教室之檢測空間類別與背景資料表

名稱	空間現況照片	空間平面示意圖	空間背景資料
忠勤樓 712 教室			空間樓層:位於第 7 層。 面積： 64.9m^2 室內淨高：380 cm 上課人數：8~12 人 教室功能：研究討論

- (二)、檢測儀器認知：本次所使用之檢測儀器為：Air Box 氣體檢測、手提式粉塵計，如表 3-2 所示：

表 3-2 測儀器及檢測項目表

儀器照片	分類	儀器名稱	檢測項目
	化學性	揮發性有機物質檢測器	總揮發性有機化合物(TVOC)
	物理性	手提式粉塵計	懸浮微粒(PM _{2.5}) 懸浮微粒(PM ₁₀)
	化學性	手提式甲醛儀	甲醛(ppm)
	物理性	氣體偵測器	二氧化碳(CO ₂) 一氧化碳(CO)

(三)、研究方法：

本研究計畫採用現場檢測、數據分析等方法，針對教學空間中空氣品質進行研究。

1. 現場檢測法：室內空氣品質檢測方法之檢測規劃策略，包括作業空間基本資料調查、採樣點空間分佈、採樣位置、採樣點數、採樣時間及採樣頻率。並配合教學空間上課時間，檢測空間所產生各類污染物質濃度。
2. 數據分析法：建構多元回歸方程模式，藉此方程模式的意義及資料處理的方法。
3. 資料分析方法：建構多元回歸方程模式，藉此方程模式的意義及資料處理的方法有「污染物質濃度」觀察變項表、室內空氣品質「指標汙染物質濃度」觀察變項表，說明如下：

1. 模型建構意義與模式說明

室內空氣品質之污染物質濃度與室內通風換氣有影響性。而室內污染物質濃度高低受到很多原因造成，如材料污染物質逸散率及室內污染物質濃度等有關。

(四)、研究流程：

研究流程先選定對象(逢甲大學忠勤樓 712 教室)後，針對選定對象內、外部環境調查，選出適當的檢測點，放置儀器並進行檢測，最後完成檢測並分析數據，如圖 4-1 所示。

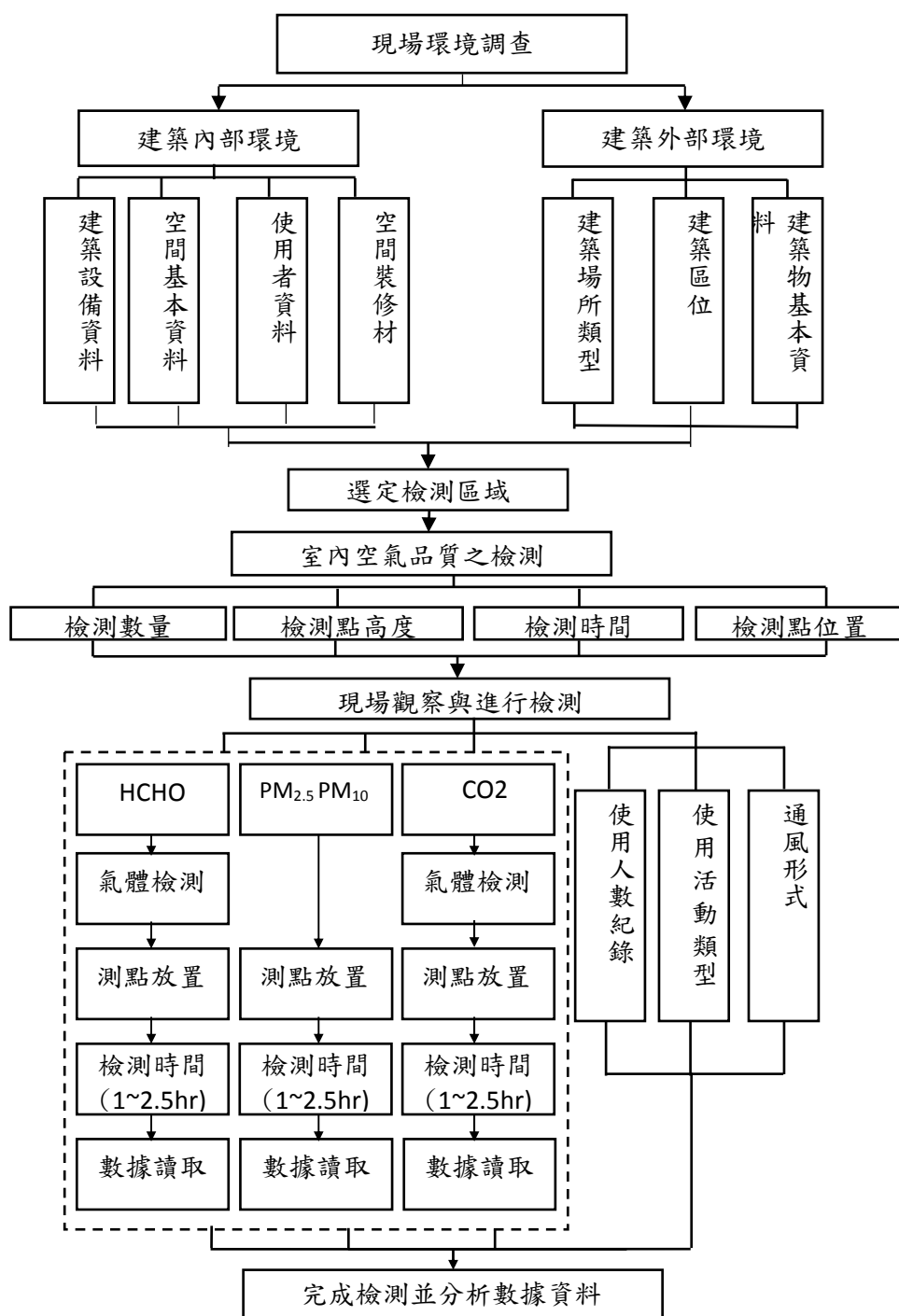


圖 1 檢測流程圖

四、檢測結果

本節針對逢甲大學忠勤樓712教室空氣品質檢測結果，主要分析探討:化學性污染物、物理性污染物以及檢測結果之對照表。表4-1為712教室分組檢測之時段與條件對照表。

表 4-1 逢甲大學忠勤樓 712 教室檢測組條件表

忠勤樓 712 教室				
組別	A 組		B 組	
時間	7:30pm~10:00pm		10:00pm~11:00pm	
	項目	數量	項目	數量
通風形式	窗型空調	3	窗型空調	1
	開窗量	0	開窗量	3
	開門數	0	開門數	1

(一)、氣體性因子檢測項目： CO_2 、HCHO。

1. 檢測期間：檢測組 A，檢測為 7 月 27 日、8 月 3 日、8 月 10 日、8 月 17 日，07:30pm~10:00pm，檢測氣體性因子 (CO_2)、(HCHO)、粉塵性因子 (PM_{10})、($\text{PM}_{2.5}$)。

(1) CO_2 ：在圖 3-1 為忠勤樓 712A 組時段氣體性因子 CO_2 濃度歷時變化圖，依照教學時段進行濃度變化說明：

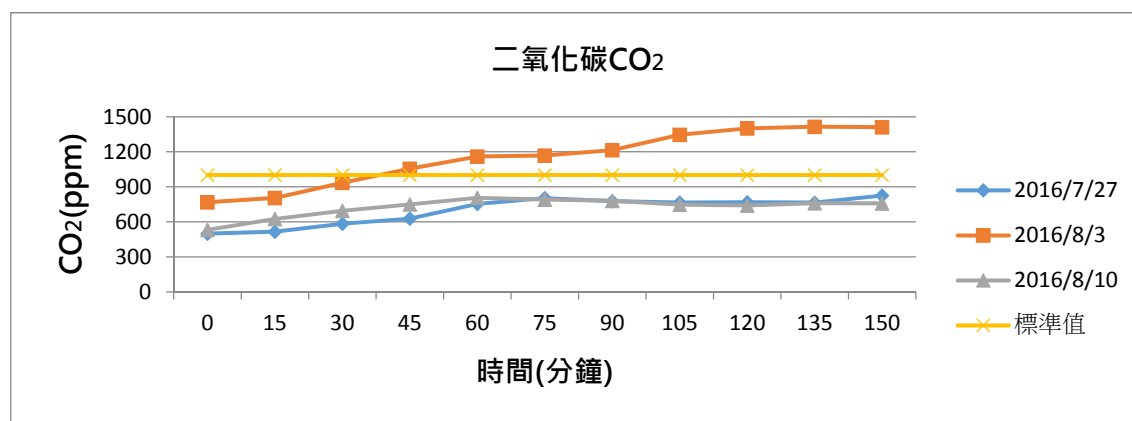


圖 3-1 逢甲大學忠勤樓 712 教室 A 組時段之 CO_2 歷時變化圖

依圖 3-1 之結果顯示，於 A 時段未開窗時，檢測日期為 7/27、8/3、8/10 檢測時間為 0~150 分鐘，其 CO_2 分別為 499ppm~825ppm、767ppm~1410ppm、531ppm~758ppm，濃度有明顯之增加，其原因為該空間為密閉空間，導致 CO_2 濃度增加。

(2) HCHO：於 A 時段無開窗開門時，檢測日期為 7/27、8/3、8/10 檢測時間為 0~150 分鐘，應該教室先前已有人做使用導致有些微 HCHO 含量殘存，經過冷氣空調通風後含量降低。60 分鐘以後空間內無測得 HCHO 含量。

(二)、物理性因子檢測項目： $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10}

在圖 3-3 為忠勤樓 712A 組 PM_{10} 濃度歷時變化圖，依照教學時段進行濃度變化說明：

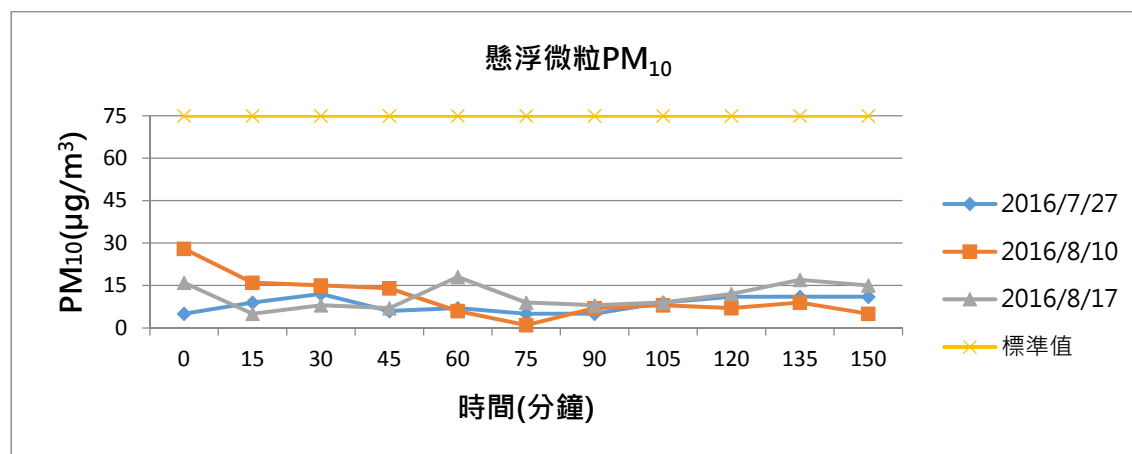


圖 3-3 逢甲大學忠勤樓 712 教室 A 組時段之 PM₁₀ 歷時變化圖

依圖 3-3 之結果顯示，本案研究之對象 712 教室粉塵 PM₁₀ 平均濃度為 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，皆符合環保署室內空氣品質 $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

在圖 3-4 為忠勤樓 712A 組 PM_{2.5} 濃度歷時變化圖，依照教學時段進行濃度變化說明：

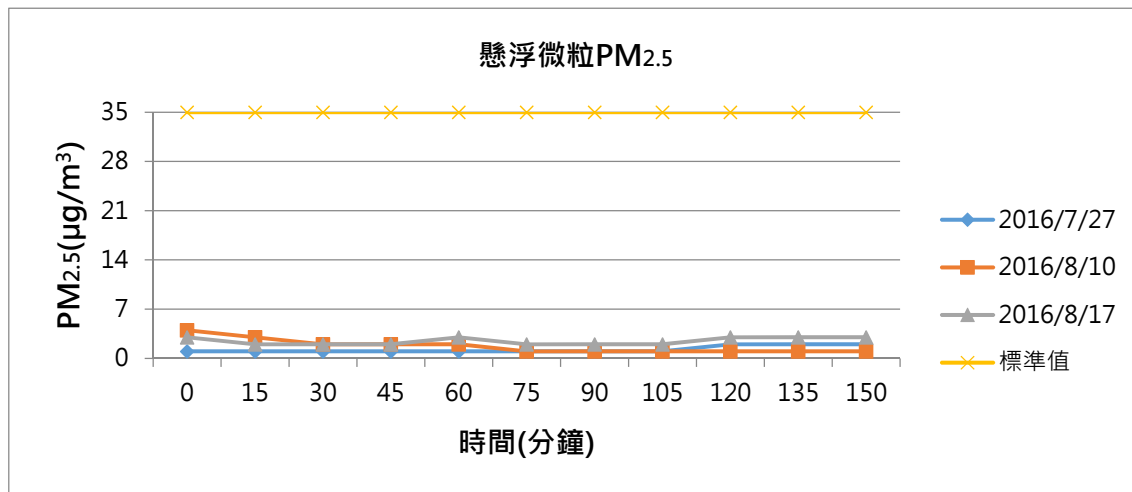


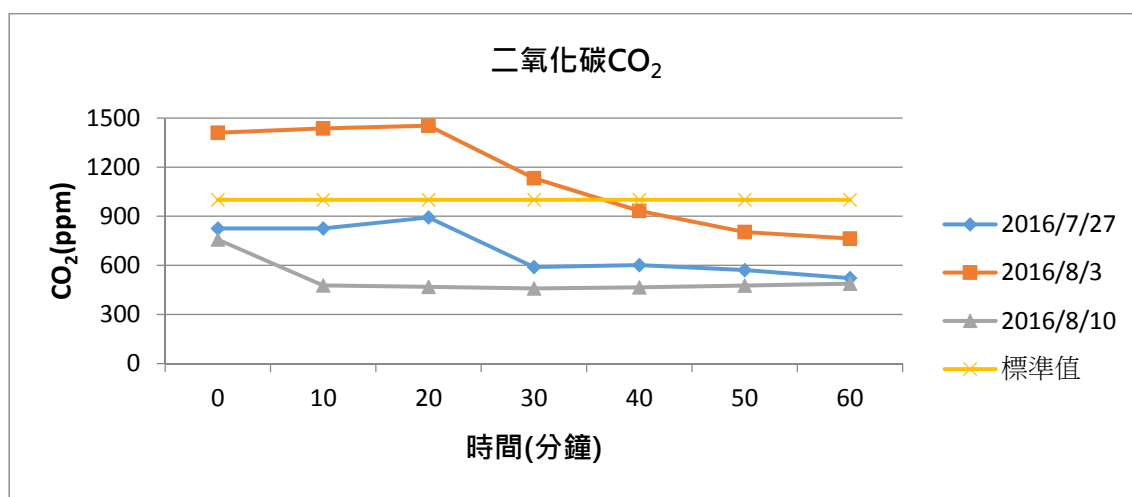
圖 3-4 逢甲大學忠勤樓 712 教室 A 組時段之 PM_{2.5} 歷時變化圖

依圖 3-4 之結果顯示，本案研究之對象 712 教室粉塵 PM_{2.5} 平均濃度為 $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，皆符合環保署室內空氣品質 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

2. 檢測期間：檢測組 B，檢測為 7 月 27 日、8 月 3 日、8 月 10 日、8 月 17 日，10:00pm~11:00pm，檢測氣體性因子 (CO₂)、(HCHO)、粉塵性因子 (PM₁₀)、(PM_{2.5})。

(一)、氣體性因子檢測項目：CO₂、HCHO。

(1) CO₂：在圖 3-5 為忠勤樓 712B 組時段氣體性因子濃度歷時變化圖，教學時段進行濃度變化說明：



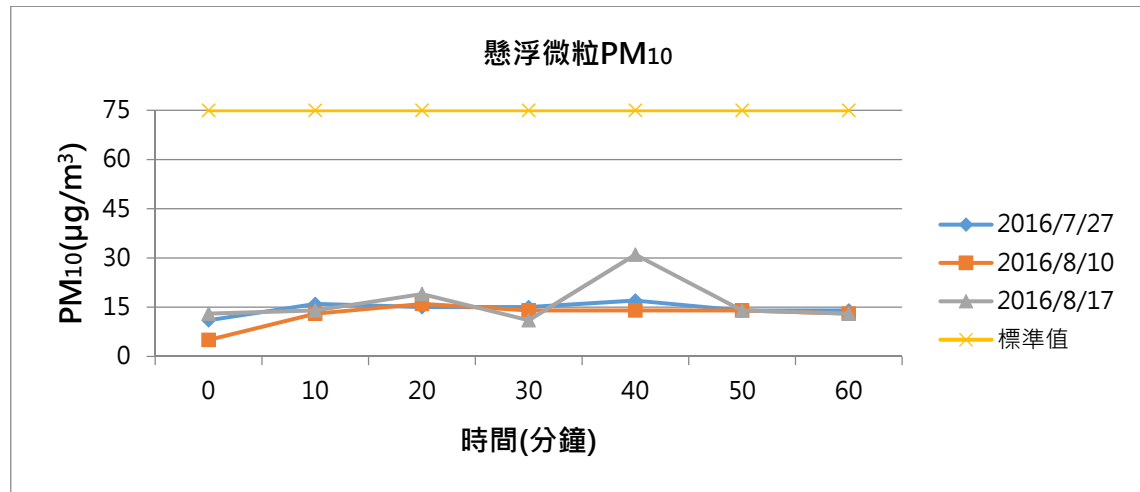
3-5 逢甲大學忠勤樓 712 教室 B 組時段之 CO₂ 歷時變化圖

依圖 3-5 之結果顯示，於 A 時段未開窗時，檢測日期為 7/27、8/3、8/10 檢測時間為 0~60 分鐘，其 CO₂ 分別為 825ppm~522ppm、1410ppm~764ppm、758ppm~488ppm，濃度有明顯降低，其原因為該空間開窗開門讓室內空氣產生通風，CO₂ 濃度降低。

(2) HCHO：於 B 時段開窗開門時，檢測日期為 7/27、8/3、8/10 檢測時間為 30~60 分鐘，其 HCHO 濃度分別為 0.003ppm~0.009ppm、大氣中的含量，導致會有外在的甲醛進入教室內而測得甲醛含量。

(二)、物理性因子檢測項目：PM_{2.5}、PM₁₀

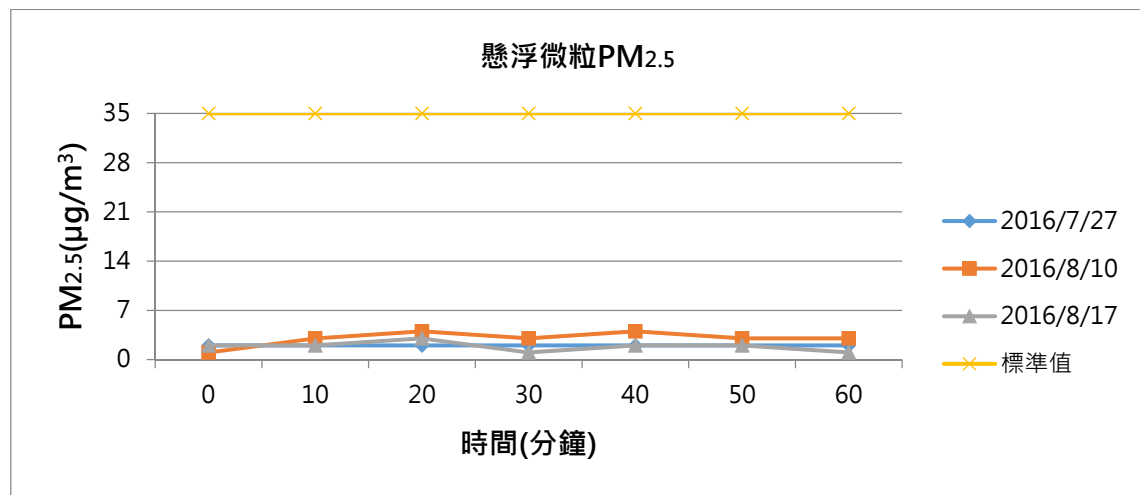
在圖 3-7 為忠勤樓 712B 組 PM₁₀ 濃度歷時變化圖，依照教學時段進行濃度變化說明：



3-7 逢甲大學忠勤樓 712 教室 B 組時段之 PM₁₀ 歷時變化圖

依圖 3-7 之結果顯示，本案研究之對象 712 教室粉塵 PM₁₀ 平均濃度為 14.57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，皆符合環保署室內空氣品質 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

在圖 3-8 為忠勤樓 712B 組 PM_{2.5} 濃度歷時變化圖，依照教學時段進行濃度變化說明：



3-8 逢甲大學忠勤樓 712 教室 B 組時段之 PM_{2.5} 歷時變化圖

依圖 3-8 之結果顯示，本案研究之對象 712 教室粉塵 PM_{2.5} 平均濃度為 2.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，皆符合環保署室內空氣品質 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

五、結論

本研究針對逢甲大學忠勤樓 712 教室進行室內空氣檢測：化學性(CO₂、HCHO)、物理性(PM_{2.5}、PM₁₀)做檢測，而這些污染物質濃度在環保署訂定之濃度

建議值規範內，針對其檢測後出來的數據分析，其成果如下：

1. 712教室A組時段(7:30pm~10:00pm)檢測檢果：二氧化碳(CO₂)平均濃度854ppm、甲醛(HCHO)平均濃度0.003ppm；懸浮微粒(PM_{2.5})平均濃度為1.7ug/m³、懸浮微粒(PM₁₀)平均濃度為10 ug/m³。
2. 712教室B組時段(10:00pm~11:00pm)檢測檢果：二氧化碳(CO₂)平均濃度736ppm、甲醛(HCHO)平均濃度0.013ppm；懸浮微粒(PM_{2.5})平均濃度為2.2ug/m³、懸浮微粒(PM₁₀)平均濃度為14.2ug/m³。
3. 二氧化碳(CO₂)：A時段時為密閉空間，因此CO₂濃度有上升之趨勢；B時段為半開放性空間，因此CO₂濃度有下降之趨勢。
4. 甲醛(HCHO)：該教室甲醛含量，除8/10測得0.027ppm，其餘皆為0ppm，在開啟窗戶時會因外在的環境汙染而導致測得些微甲醛含量0.013ppm~0.003ppm，但皆符合環保署室內空氣品質規定範圍值內0.08ppm。
5. 懸浮微粒(PM₁₀)、(PM_{2.5})：在A與B時段相比下，可得知開窗後粉塵量PM_{2.5}含量1.7 ug/m³上升到2.2ug/m³，PM₁₀含量10 ug/m³上升到14.2ug/m³可推測是由於大氣中本身懸浮微粒之含量所影響。

參考文獻

- Kathleen Hess-Kosa(2002)，「Indoor air quality : sampling methodologies」，Boca Raton, FL : Lewis Publishers，P.131~P.204。
- Lall R, Kendall M, Ito K, Thurston GD. (2004), Estimation of historical annual PM_{2.5} exposures for health effects assessment. Atmospheric Environment ; 38: 5217-26.
- 余政舫(2009)，「學校各類教學空間室內空氣品質之研究-以逢甲大學學思樓為例」，逢甲大學建築學系碩士論文。
- 行政院環境保護署，2012，「行政院環境保護署環署空字第 1010038913 號令修正發布」，行政院環境保護署 編印。
- 謝佳育(2014)，「教育場所室內空氣品質調查之研究-以幼兒園為例」，景文科技大學環境與物業管理系研究所。
- 王揚舜(2010)，「國民小學室內空氣品質影響因子及關連性研究」，樹德科技大學建築與環境設計系研究所。
- 黃建隆(2012)，「校園室內空氣品質與節能減碳策略關係之研究-以台北科技大學設計館視聽教室為例」，國立台北科技大學建築與都市設計研究所。
- 廖鑫淼(2010)，「創新通風系統與傳統通風系統對改善室內空間空氣品質之模擬比較研究-以國立雲林科技大學演講廳為例」，國立雲林科技大學環境與安全衛生工程系碩士班。
- 吳懷信(2014)，「室內空氣品質及植栽之研究-以逢甲大學忠勤樓611、行政二館104，105 電腦教室為例」，逢甲大學建築學系碩士論文。