

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

建築施工中空氣品質之研究

-以台中鼎泰然建案為例

*張文俊(Wen Chun Chang)

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

本研究針對台中鼎泰然建案之工作環境，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 6F-C 戶與 18F-D 戶各空間在施工後，所產生室內空氣污染物數據之變化，再進行檢測數值交叉分析比對，提出對營造工地環境污染主要因子及改進對策，使施工者及現場監工能夠有更良好的工作環境，進而提升工作者舒適健康的作業空間。

本研究針對台中鼎泰然建案(規模地下三層，地上二十四層)施工進行檢測，檢測結果；鼎泰然建案 6F-C 戶檢測結果，CO₂ 平均濃度為 503ppm、HCHO 平均濃度為 0.043ppm、PM_{2.5} 平均濃度為 9.1 ug/m³、PM₁₀ 平均濃度為 41 ug/m³；18F-D 戶檢測結果，CO₂ 平均濃度為 426ppm、HCHO 平均濃度為 0.020ppm、PM_{2.5} 平均濃度為 3.5 ug/m³、PM₁₀ 平均濃度為 14 ug/m³，均符合環保署室內空氣品質規範建議值。

關鍵詞：CO₂、HCHO、PM

Study of Air Quality index of building —Taichung

Take the Ding Tai Ran construction as an Example

In this study, the building workplace industry in the Taichung area, a series of studies issues of air quality testing, testing of indoor air quality pollutant contents of the specified EPA 101 years according to the Executive Yuan on November 23 regulations include: chemical (CO₂, CO, O₃, HCHO, TVOC), physical (PM₁₀, PM_{2.5}) and biological (Bacteria, Fungi) and other nine kinds of factors, the actual use of contaminated instruments measured values. This paper discusses the use of after the 6F-C and 18F-D space construction, the variation of indoor air pollutants generated data, and then cross-analysis to detect the numerical ratio right, put on building main

factors and environmental pollution improvement measures, and thus enhance the building employees a good working environment and consumer spending and comfortable space. In this study, the Taichung area Ding Tai Ran construction were detected, the 6F-C test results: average value CO₂ to 503ppm, HCHO to 0.043ppm, PM_{2.5} to 9.1 ug/m³, PM₁₀ to 41 ug/m³, are exceeded phenomenon; 18F-D test results: average value CO₂ to 426ppm, HCHO to 0.020ppm, PM_{2.5} to 3.5 ug/m³, PM₁₀ to 14 ug/m³.

Key Words : CO₂、HCHO、PM

一、前言

「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。

營造業是人類文明形成及社會進化過程中所必需的民生工業，先進國家莫不以培植國家建設力量，提昇工程建設品質為要務，而營造業的建設水準也可做為衡量國家開發程度的指標。營造產業對環境造成之衝擊，已成為國際環保工作之重點與趨勢。

我國於101年11月23日環保署訂定發布「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)。本研究以台中-鼎泰然建案為檢測之對象，能藉由檢測結果促其加以改進，使施工者及現場監工能夠有更良好的工作環境，進而提升工作者舒適健康的作業空間。

在台灣營造業勞工年齡層逐漸升高，並且缺工現象日以遽增，本文針對『台中-鼎泰然建案施工為例』，探討如何改善施工中環境品質，吸引年輕的工作者就業，以及如何保護現有的勞工，是當前重要的課題。因此為了瞭解施工中每個階段空氣汙染之來源相關問題。期望瞭解各類工程中之空氣品質狀況及擬定改善對策之方式。

二、文獻回顧

一般人都會認為空氣汙染只會發生在室外，但許多研究指出，室內空氣汙染很多時候比室外空氣汙染更為嚴重(Kathleen Hess-Kosa, 2002)。無論室內或室外空氣中之懸浮微粒已被證實對人體健康危害有顯著相關性(Lall et al., 2004)。

(一)、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』,研究者:

余政舫; 碩士論文: 逢甲大學建築學系研究所。

本研究主要目的在於建立施工階段各類裝修建材濃度推估值與實際檢測之關聯性，並在使用階段評估各類教學空間之污染物質產生與通風換氣移除能力，提供設計單位在未來可先期預估污染濃度與建材選用，以期待學校師生有優質室內空氣品質在對於教與學之間有更良好的效果。研究成果：1.教學空間室內污染物質濃度主要指標性污染物質為室

內人員活動所產生的二氧化碳 (CO₂) 濃度。2.各類教學空間污染物質濃度控制在建議值以下所需之換氣率。3.建築物施工中與使用中主要污染物質因子與濃度變化情形。

(二)、2011,『建築師事務所室內空氣品質之研究—以台中市為例—』,研究作者:鄭羽廷;碩士論文:逢甲大學建築系研究所

研究目的於建立各類污染物質濃度之相關性,且分析各案例污染物質產生與通風換氣移除能力,期待室內人員在工作效率與舒適健康間取得良好效果。

1. 建立各案例空間污染物質生活性(T、RH);化學性(CO₂、O₃、HCHO);物理性(PM_{2.5}、PM₁₀);生物氣膠(真菌、細菌)偵測時之濃度變化及數據分析與探討。
2. 推估各案例空間污染物質CO₂濃度控制在環保署建議值第二類(1000ppm)所需換氣率。
3. 多元回歸模式中,各案例空間CO₂因子與部份污染影響因子有顯著相關;以換氣率(ACH)推估可能移除污染影響因子的關係,模式中「ACH」由「CO₂」、「O₃」、「HCHO」、「T」、「RH」、「PM_{2.5}」、「PM₁₀」所解釋之變異程度A 案例空間93.1%、B 案例空間95.8%、C 案例空間91.6%、D 案例空間95.1%、E 案例空間90.5%、F 案例空間96.7%。

(三)、2014,『大學校園室內空氣品質及植栽之研究-以逢甲大學敦煌書局為例』,研究者:黃偉珉;碩士論文:逢甲大學建築學系研究所。

本研究台中市逢甲大學敦煌書局(書店、文具)空間之檢測室內汙染物質濃度、探討空間所需換氣率與室內植栽之改善效率。其發現室內植栽置入空間中以正負相關性來分析:CO₂在無放植栽時屬高度正相關、在一半時間至入植栽屬高度正相關,全部時段植入植栽時屬中度正相關,時間越長白鶴芋移除效率越好;書店及文具空間人員進出,是主要汙染物質因子變化情形。

(四)、2014,『室內空氣品質認知與對策之研究--以逢甲大學體育館為例』,研究作者:歐惠平;碩士論文:逢甲大學建築系研究所

本研究以運動空間類型、人數、氣流形式之比較,並搭配現場檢測取得數據,藉由相關文獻對各項指標性污染物可能之來源以採用可行之對策,並輔以檢測濃度變化之線性圖視其物質變化情形針對所得資料進行分析。主要可得成果如下:

1. 室內空氣品質檢測模式與流程建立。
2. 各類教學空間污染物質濃度控制在建議值下所需之換氣率。
3. 分析方法:多元回歸因素分析,進行室內污染物質濃度對影響因子線性關係強度與顯著性。
4. 建立各空間污染物質生活性(T、RH);化學性(CO₂、O₃、HCHO);物理性(PM_{2.5}、PM₁₀);生物氣膠(真菌、細菌)偵測時之濃度變化及數據分析與探討。
5. 推估各案例空間污染物質 CO₂ 濃度控制在環保署建議值第一類(600ppm)所需換氣率。

(五)、2015,『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』,研究者: 蘇彥誠; 碩士論文: 逢甲大學建築學系研究所。

本研究主要針對台中市小林髮廊之室內空氣九大污染物之檢測,探討髮廊空間之室內污染物質濃度並運用室內植栽降低汙染濃度的改善對策。


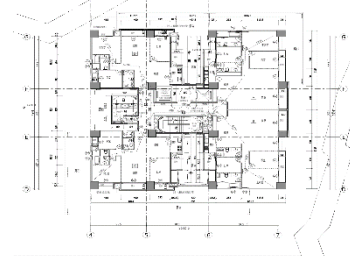
1. 逢甲店之溫度與臭氧在全置入植栽時屬於 $r = 0.511$ 中度正相關,溫度與Tvoc在無植栽時屬於 $r = -0.411$ 中度負相關。濕度與細菌在全置入植栽時屬於 $r = -0.319$ 中度負相關。人與 CO_2 在全置入植栽時屬於 $r = 0.796$ 高度正相關。人與 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 在全置入植栽時屬於 $r = 0.547$ 、 $r = 0.431$ 中度正相關。
2. 愛樂店之溫度與臭氧在全置入植栽時屬於 $r = 0.465$ 中度正相關。溫度與Tvoc在無植栽時屬於 $r = -0.377$ 中度負相關。濕度與細菌在無植栽時屬於 $r = -0.762$ 高度負相關。人與 CO_2 在全置入植栽時屬於 $r = 0.285$ 低度正相關。人與 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 在全置入植栽時屬於 $r = 0.408$ 、 $r = 0.399$ 中度正相關。
3. AT17之溫度與細菌在無植栽時屬於 $r = 0.448$ 中度正相關。溫度與Tvoc在無植栽時屬於 $r = -0.556$ 中度負相關。濕度與細菌在無植栽時屬於 $r = 0.853$ 高度正相關。人與 CO_2 在無植栽時屬於 $r = 0.490$ 中度正相關。人與 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 在全置入植栽時屬於, $r = -0.457$ 、 $r = -0.264$ 中度負相關、低度負相關。

三、 研究方法

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：台中-鼎泰然建案為例，對於營造施工空間空氣品質進行檢測，6F-C 戶、18F-D 戶進行檢測，一個樓層地板面積 541.69m²，如表 3-1 所示：

表 3-1 鼎泰然建案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
鼎泰然			空間樓層:位於 6F、18F 面積：541.69 m ² 室內淨高：340 cm

- (二)、 檢測儀器認知：本次所使用之檢測儀器，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	手提式甲醛儀	甲醛(HCHO)
	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	KANOMAX 氣體偵測器	一氧化碳(Carbon Monoxide ;CO) 二氧化碳(Carbon Dioxide ;CO ₂)
	化學性	揮發性有機物質 檢測器	總揮發性有機化合物(TVOC)

- (三)、 研究方法：

本研究計畫採用現場檢測、數據分析等方法，針對施工空氣品質進行研究。

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。並配合施工人員施工期間，檢測各類施工對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如圖 1：

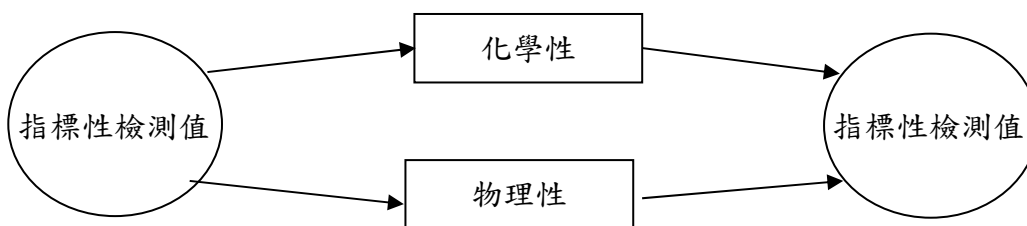


圖 1 檢測指標與變項因子路徑圖

(四)、研究流程：

研究流程先選定對象(台中-鼎泰然建案)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。

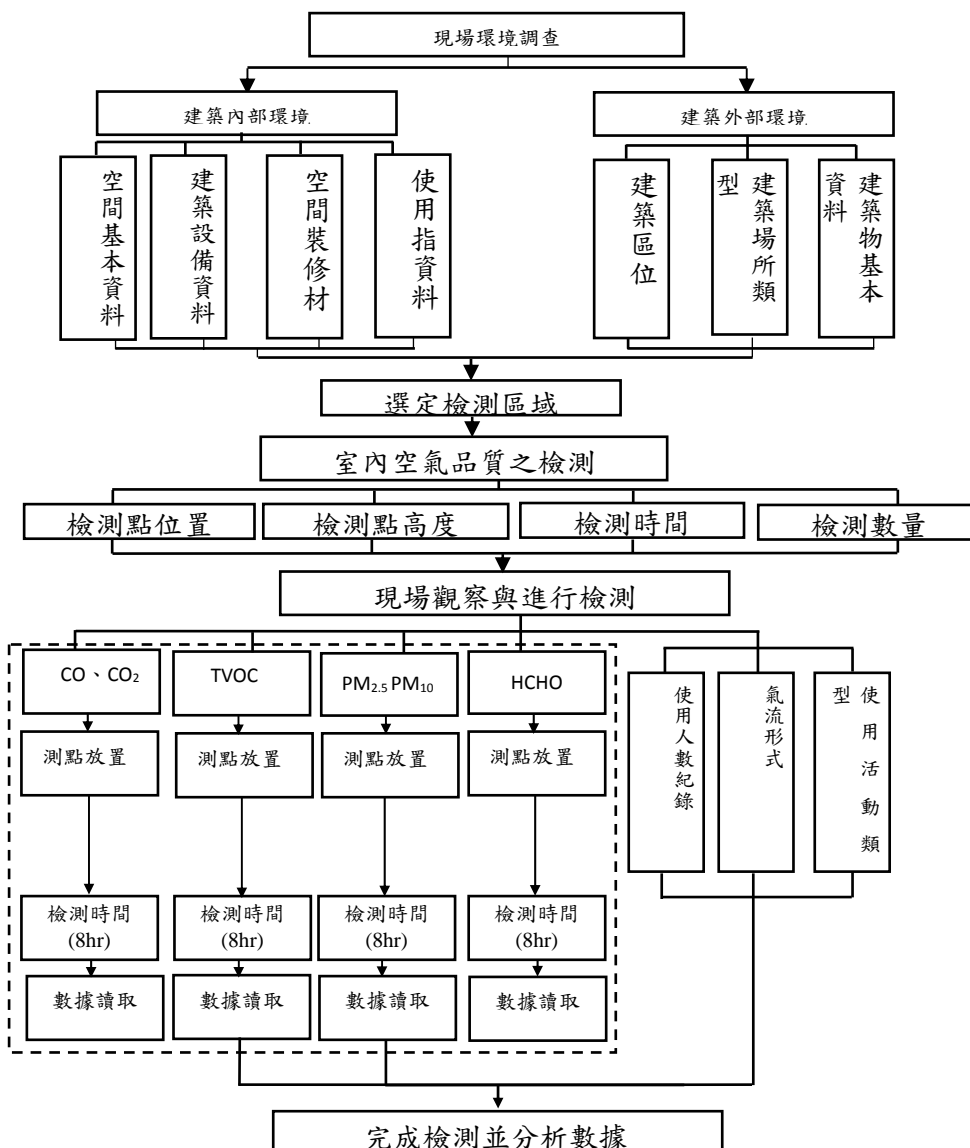


圖 2 檢測流程圖

四、 結果與討論

本節針對台中-鼎泰然建築施工空氣品質檢測結果，主要分析探討:化學性污染物、物理性污染物以及檢測結果。

4-1 檢測結果

(一)、化學性因子檢測項目：一氧化碳(CO)

圖 4-1 為 6F-C 戶、18F-D 戶，一氧化碳(CO)濃度變化圖，利用 KANOMAX 氣體檢測CO(ppm)濃度分別為6F-C戶： 0.1ppm、0.1ppm、0.1ppm；18F-D戶：0.1ppm、0.1ppm、0.1ppm，因為此研究為自然通風，因此可假設為大氣環境中之含量，依現場實際檢測結果，CO濃度皆符合法規之要求。

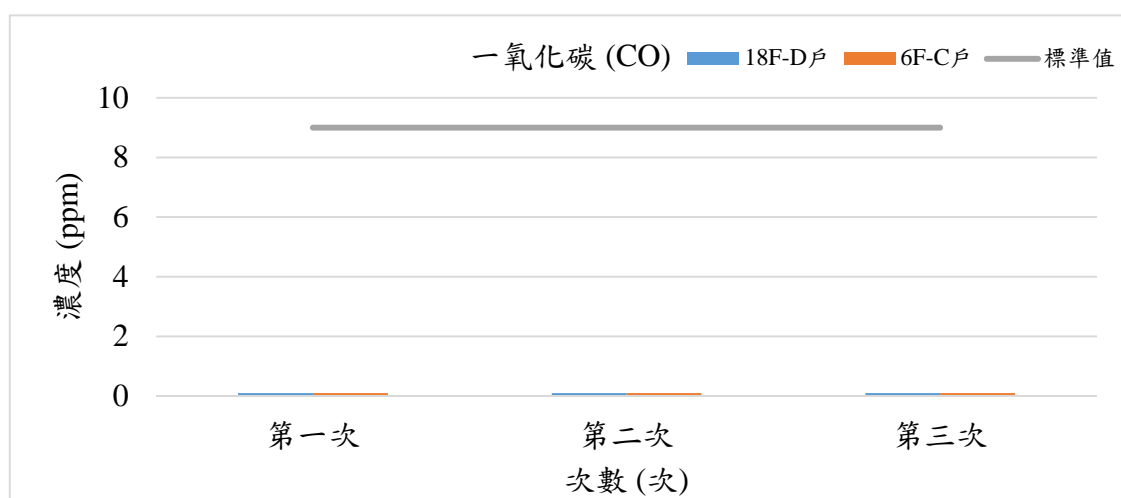


圖 4-1 鼎泰然建築之 CO 變化圖

(二)、化學性因子檢測項目：二氧化碳(CO₂)

圖 4-2 為 6F-C 戶、18F-D 戶，二氧化碳(CO₂)濃度變化圖，利用 KANOMAX 氣體檢測 CO₂(ppm)濃度分別為 6F-C 戶： 432ppm、518ppm、558ppm；18F-D 戶： 408ppm、414ppm、457ppm，6F-C 戶與 18F-D 戶濃度都有明顯上升情況，並且 6F-C 戶脂濃度比 18F-D 戶較高，原因為樓層高度之不同，高樓層之自然通風較強，因此會使 CO₂ 濃度降低，而依現場實際檢測結果，CO₂ 濃度皆符合法規之要求。

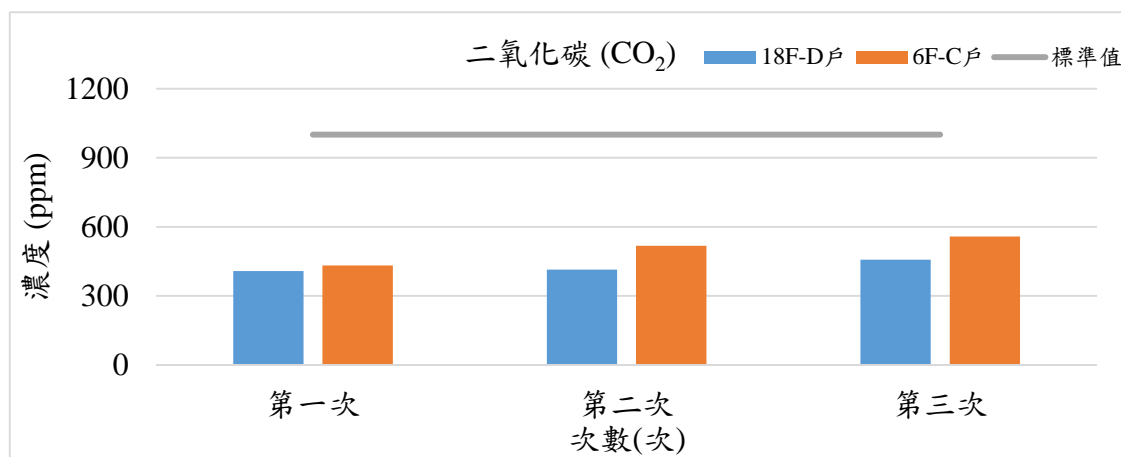


圖 4-2 鼎泰然建案之 CO₂ 變化圖

(三)、化學性因子檢測項目：甲醛(HCHO)

圖 4-3 為 6F-C 戶、18F-D 戶，甲醛(HCHO)濃度變化圖，利用手提式甲醛儀檢測 HCHO(ppm)濃度分別為 6F-C 戶： 0.050ppm、0.046ppm、0.034ppm；18F-D 戶：0.027ppm、0.020ppm、0.012ppm，6F-C 戶與 18F-D 戶濃度都有明顯減少情況，此現象顯示建材中 HCHO 會隨著時間與通風量來減少其濃度，而依現場實際檢測結果，HCHO 濃度皆符合法規之要求。

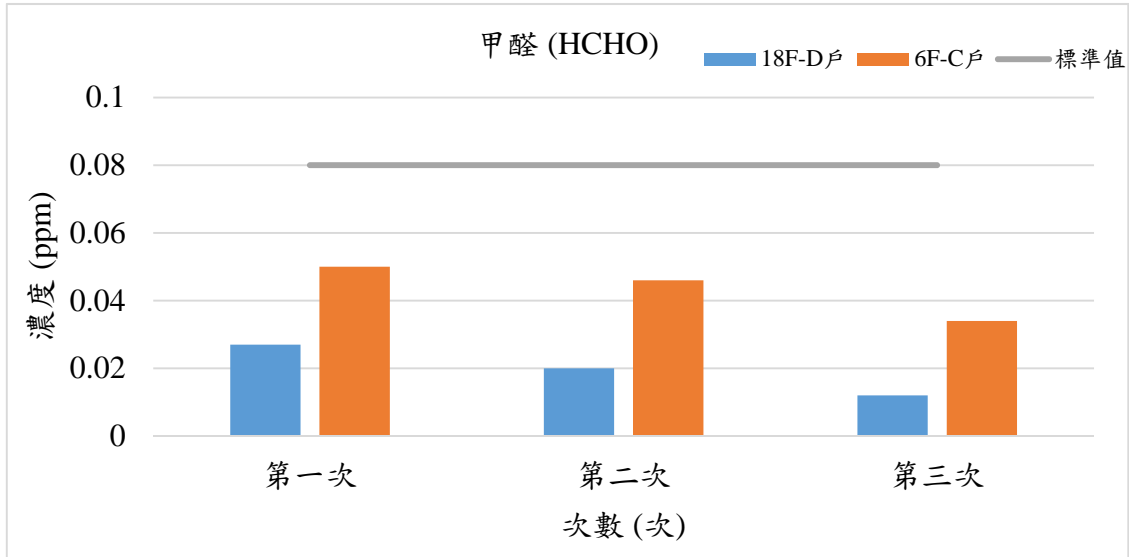


圖 4-3 鼎泰然建案之 HCHO 變化圖

(四)、化學性因子檢測項目：總揮發有機物質(TVOC)

圖 4-4 為 6F-C 戶、18F-D 戶，總揮發有機物質(TVOC)濃度變化圖，利用揮發性有機物質檢測器 TVOC(ppm)濃度分別為 6F-C 戶與 18F-D 戶皆低於儀器偵測最小數值，因此無法顯示，依現場實際檢測結果，TVOC 濃度皆符合法規之要求。

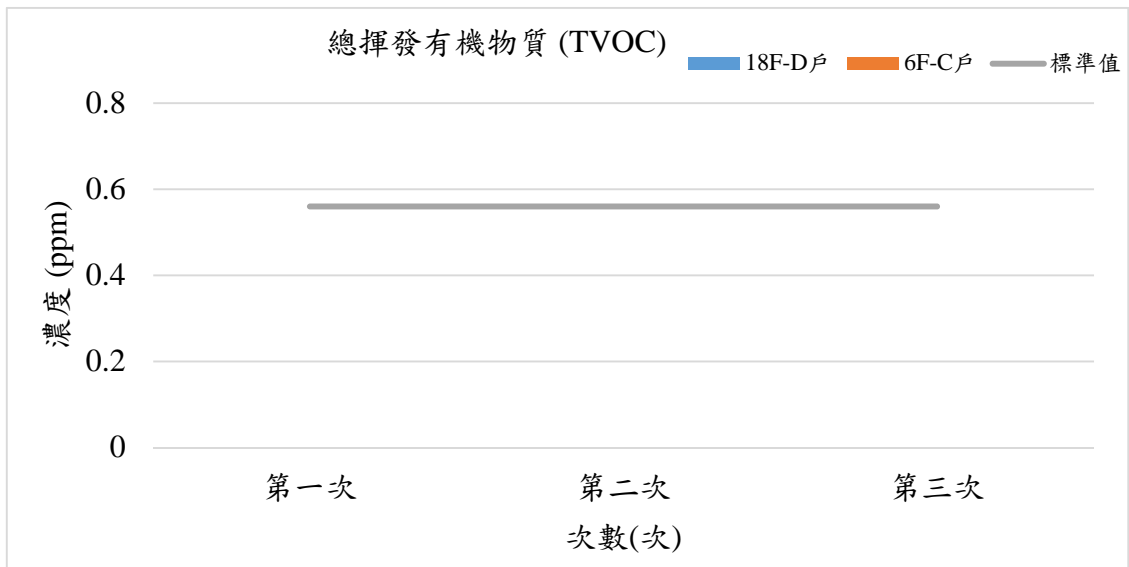


圖 4-4 鼎泰然建案之 TVOC 變化圖

(五)、物理性因子檢測項目：懸浮微粒(PM_{2.5})

圖 4-5 為 6F-C 戶、18F-D 戶，懸浮微粒(PM_{2.5})濃度變化圖，利用手提式粉塵計 PM_{2.5} (ug/m³)濃度分別為 6F-C 戶： 5.7 ug/m³、6.4 ug/m³、15.3 ug/m³；18F-D 戶： 1.7 ug/m³、2.7 ug/m³、6.2 ug/m³，在懸浮微粒濃度之上升主要可能原因為天氣因素，檢測時因氣候為低氣壓壟罩階段，容易有午後雷陣雨現象，而外在通風量增強導致工地內粉塵量增加，依現場實際檢測結果，PM_{2.5} 濃度皆符合法規之要求。

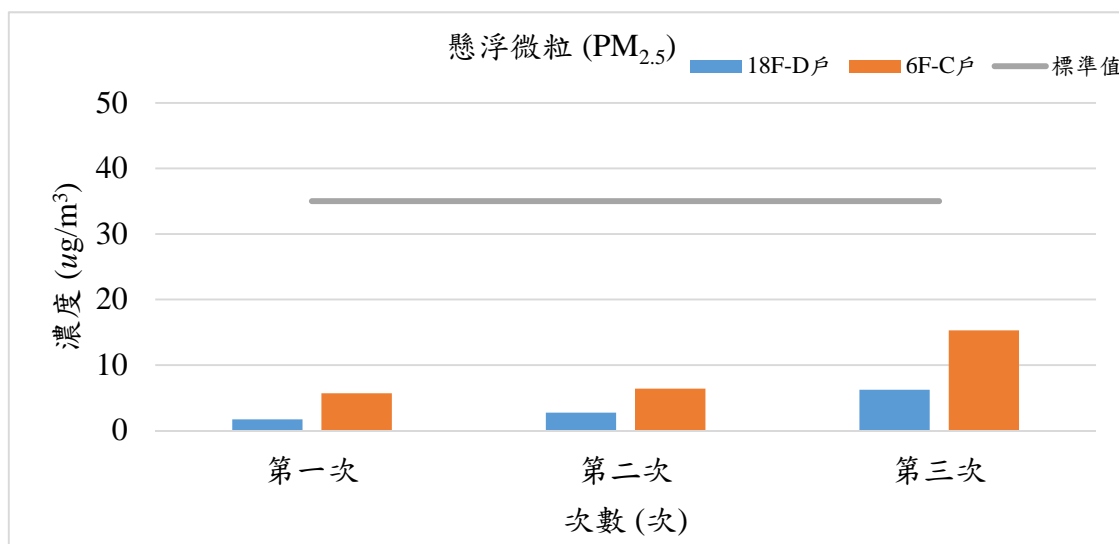


圖 4-5 鼎泰然建案之 PM_{2.5} 變化圖

(六)、物理性因子檢測項目：懸浮微粒(PM₁₀)

圖 4-6 為 6F-C 戶、18F-D 戶，懸浮微粒(PM₁₀)濃度變化圖，利用手提式粉塵計 PM₁₀ (ug/m³)濃度分別為 6F-C 戶： 29 ug/m³、41 ug/m³、54 ug/m³；18F-D 戶： 8 ug/m³、13 ug/m³、21 ug/m³，在懸浮微粒濃度之上升主要可能原因為天氣因素，檢測時因氣候為低氣壓壟罩階段，容易有午後雷陣雨現象，而外在通風量增強導致工地內粉塵量增加，依現場實際檢測結果，PM₁₀ 濃度皆符合法規之要求。

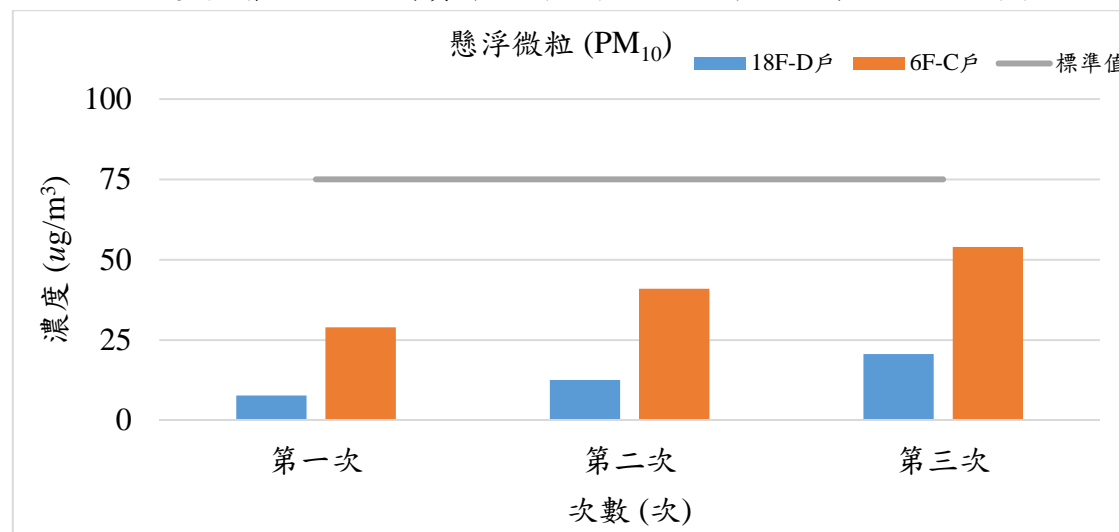


圖 4-6 鼎泰然建案之 PM₁₀ 變化圖

五、結論

本研究針對鼎泰然建案施工期間標準戶 6F-C 戶、18F-D 戶對空氣中所含之污染物：化學性(CO、CO₂、HCHO、TOVC)、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. CO的檢測檢果：6F-C戶與18F-D戶都只有0.1ppm，均符合環保署室內空氣品質規範建議濃度9ppm。
2. CO₂檢測檢果：平均濃度分別為6F-C戶：503ppm；18F-D戶：426ppm，均符合環保署室內空氣品質規範建議濃度1000ppm。
3. HCHO檢測檢果：平均濃度分別為6F-C戶：0.043ppm；18F-D戶：0.020ppm，均符合環保署室內空氣品質規範建議濃度0.08ppm。
4. 懸浮微粒 (PM_{2.5}、PM₁₀)：PM_{2.5}平均濃度為6F-C戶：9.1 ug/m³；18F-D戶：3.5 ug/m³，均符合環保署室內空氣品質規範建議濃度35 ug/m³。PM₁₀平均濃度為6F-C戶：41 ug/m³；18F-D戶：14 ug/m³，均符合環保署室內空氣品質規範建議濃度75ug/m³。
5. 總揮發性有機化合物 (TVOC)：施工期間期材料與過程並不會產生TVOC。

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。
- 黃偉珉(2014)，「大學校園室內空氣品質及植栽之研究-以逢甲大學敦煌書局為例」，逢甲大學建築學系碩士論文。
- 歐惠平(2014)，『室內空氣品質認知與對策之研究--以逢甲大學體育館為例』，逢甲大學建築系碩士論文。
- 蘇彥誠(2015)，「美容美髮室內空氣品質之研究—以台中地區小林髮廊為例」，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。