

台中市西屯區星巴克室內空氣品質之探討

-以河南青海、朝富及市政門市為例

周家喆 (Jia-Jhe Jou)

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

連鎖品牌咖啡廳室內皆會設置座椅休息區或吧台區的機能空間，提供消費的人們有用餐的地方。本文以其空間中的室內空氣品質(CO₂、CO、O₃、HCHO、TVOC、PM_{2.5}、PM₁₀)七項環境偵測因子進行探討。

研究成果顯示：一、在三家台中市西屯區星巴克室內座位區各別進行每次4小時的連續偵測，二氧化碳(CO₂)的濃度分別為(河南青海門市的3634 ppm、朝富門市的5500 ppm、市政門市的3536 ppm)最高達到5500ppm，大於標準值1000ppm。二、其次以甲醛及TVOC汙染最為嚴重，甲醛最高值達0.448ppm大於標準值0.08ppm，TVOC最高值達1.72ppm大於標準值0.56ppm。

關鍵詞：咖啡廳、室內空氣品質、二氧化碳、甲醛、TVOC

Discussion on Indoor Air Quality of Starbucks in Xitun

District, Taichung City-Taking Henan Qinghai, Chaofu and

Shizheng Stores as Examples

Abstract

Chain brand cafes will set up functional spaces such as seating areas or bar areas in the interior, providing consumers with a place to eat. This article discusses the seven environmental detection factors of indoor air quality(CO₂、CO、O₃、HCHO、TVOC、PM_{2.5}、PM₁₀)in the space. The research results show that: 1. Each seat area is continuously tested for 4 hours each time. The concentration of carbon dioxide (CO₂) is (3634 ppm in Qinghai store, 5500 ppm in Chaofu store, 3536 ppm in municipal store) up to 5500ppm, which is higher than the standard value of 1000ppm . 2. Next, formaldehyde and TVOC pollution is the most serious. The highest value of formaldehyde is 0.448ppm higher than the standard value of 0.08ppm, and the highest value of TVOC is 1.72ppm higher than the standard value of 0.56ppm.

Keywords : Cafe, Indoor air quality, CO₂, HCHO,TVOC

一、緒論

1.1 研究動機與目的

(一)研究動機：星巴克咖啡廳提供休憩和用餐機能的空間中人們常駐於內，為了提高人體之熱舒適性，業者通常會將空間的門窗緊閉並開啟空調恆溫的狀態營運，導致整體空間之室內空氣品質不佳的狀況，故本研究以連鎖咖啡廳品牌星巴克的室內休憩用餐空間為例，以其空間中的室內空氣品質(CO₂、CO、O₃、HCHO、TVOC、PM_{2.5}、PM₁₀) 七項環境偵測因子進行探討，採用儀器現場偵測、紀錄後分析。

(二)研究目的：

- 1.偵測台中西屯區三家星巴克(河南青海、朝富、市政)門市室內空氣品質狀況。
- 2.彙整研究對象室內空氣品質偵測結果，評估不符規範之項目及數值。
- 3.提供研究對象室內空氣品質不符規範改進對策之建議。

1.2 研究範圍與對象

(一)研究範圍：以台中市西屯區三家星巴克的咖啡廳休憩用餐之室內空間為主，其範圍內之室內空氣品質的七項污染物(CO₂、CO、O₃、HCHO、TVOC、PM_{2.5}、PM₁₀) 進行環境偵測因子探討。

(二)研究對象：針對台中西屯區三間星巴克分別為河南青海門市、朝富門市和市政門市，進行其各別空間之室內空氣品質探討，有室內空間多以一樓點餐區及二樓座位區兩種的機能組合而成，本研究針對其座位區之機能空間為主要的研究對象。

二、文獻回顧

2.1 室內空氣污染物之室內空氣品質標準

參考之標準依室內空氣品質管理法第七條第二項規定訂定之，各項之建議值或舒適範圍(如表 2-1 所示)：

表 2-1 室內空氣品質管理法所訂定的室內空氣污染物建議標準

性質	化學性					生物性		物理性	
	(CO ₂)	(CO)	(HCHO)	(O ₃)	(TVOC)	(Bacteria)	(Fungi)	(PM ₁₀)	(PM _{2.5})
標準	8hrs	8hrs	1hr	8hrs	1hr	最高值	最高值	24hrs	24hrs
值	1000	9	0.08	0.06	0.56	1500	1000	75	35
單位	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	CFU/m ³	CFU/m ³	μg/m ³	μg/m ³

2.2 室內空氣品質偵測辦法

參考公告場所室內空氣品質檢驗測定管理辦法（室內空氣品質管理法第十條第三項規定訂定之）第五條：公告場所巡查檢驗應避免受局部污染源干擾，距離室內硬體構築或陳列設施最少 0.5 公尺以上及門口或電梯最少 3 公尺以上，且規劃選定巡檢點應平均分布公告管制室內空間樓地板上。（環保署，公告場所室內空氣品質檢驗測定管理辦法，111 年 6 月）

前項巡查檢驗作業，應布設巡檢點之總數依下列原則定之：

- (一) 室內空間小於等於 2000 平方公尺者，巡檢點總數至少 5 點。
- (二) 室內空間大於 2000 平方公尺小於或等於 5000 平方公尺者，以管制室內空間每增加 400 平方公尺應增加 1 點；或巡檢點總數至少 10 點。

三、研究方法

3.1 偵測儀器介紹及偵測方法

本研究使用四台儀器進行星巴克三間門市之各項空氣污染物的偵測，有第一台 KANOMAX IAQ 監測儀 Model 2212，用來偵測生活性項目的溫度、相對溼度及化學性項目的二氧化碳(CO₂)、一氧化碳(CO)，第二台 Formaldemet™ htV-M 用來偵測化學性項目的甲醛(HCHO)，第三台 KANOMAX 氣體監測儀 Model 2710/2750 用來偵測化學性項目的臭氧(O₃)、總揮發性有機化合物 (TVOC)，及第四台 Metone Aerocet-531S 用來偵測物理性項目的粉塵 PM_{2.5}、粉塵 PM₁₀。

本研究偵測於台中市西屯區各個星巴克的咖啡廳休息空間，針對二氧化碳、一氧化碳、甲醛、臭氧、總揮發性有機化合物、粉塵 PM_{2.5}、粉塵 PM₁₀ 七項空氣污染物和空氣的溫度、相對濕度，用儀器分別執行每次 4 小時的現場連續偵測，待各儀器架設完成並開始偵測時，會一同記錄整個實施偵測過程之環境因子的變化。

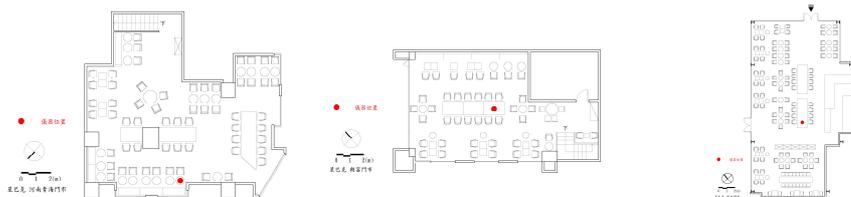
3.2 各門市偵測點

以下為河南青海門市、朝富門市和市政門市三家偵測空間的平面圖，各空間儀器偵測點設置位置大致皆位於整體空間的中央，亦即是平面圖上標註的紅色實心圓點處，可均衡的偵測採納整體空間的空氣品質數據。

表 3-1 台中西屯區三家星巴克之立面及平面圖

門市名稱	河南青海門市	朝富門市	市政門市
立面圖			

室內空間
平面圖



四、偵測結果與討論(各門市)

4.1 偵測結果

(一)室內溫度、相對濕度及人流數據

1.溫度及濕度之數據：三間門市偵測溫度分別之最大值為河南青海門市的 26.1°C、朝富門市的 28°C、市政門市的 25.8°C。（如圖 4-1）偵測相對濕度分別之最大值為河南青海門市的 69.1%、朝富門市的 53.1%、市政門市的 54.6%（如圖 4-2）。

2.各時段人流變化之數據：測量記錄結果星巴克河南青海門市人流數量 18~33 人，朝富門市的人流數量 5~13 人，市政門市的人流數量 18~50 人（如圖 4-3）。

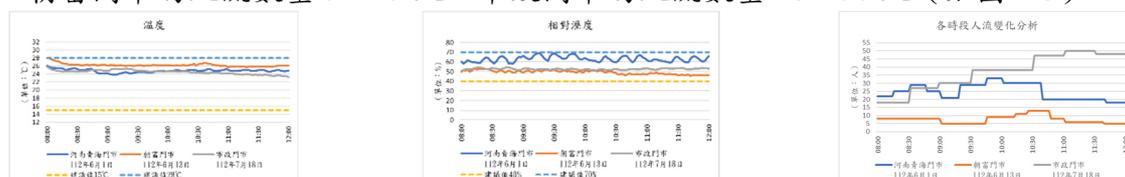


圖 4-1 溫度數值與時間關係圖 圖 4-2 相對溼度數值與時間關係圖 圖 4-3 人流數與時間關係圖

(二)化學性質之偵測結果數據

1.二氧化碳之數據：三間門市偵測二氧化碳濃度分別之最大值為河南青海門市的 3634 ppm、朝富門市的 5500 ppm 和市政門市的 3536 ppm（如圖 4-4 所示）。

2.一氧化碳之數據：三間門市偵測一氧化碳濃度分別為河南青海門市的 0.1~1.3ppm、朝富門市的 2.3~5ppm 和市政門市的 1.9~4.1 ppm。

3.甲醛之數據：三間門市偵測甲醛濃度分別為河南青海門市的 0.019~0.073 ppm、朝富門市的 0.043~0.201 ppm 和市政門市 0.124~0.448 ppm（圖 4-5）。

4.臭氧之數據：三間門市偵測之臭氧濃度的數值皆為 0ppm。

5.總揮發性有機化合物之數據：偵測 TVOC 濃度分別為河南青海門市的 0~1.72 ppm、朝富門市的 1.22~1.55 ppm 和市政門市的 0.69~1.63 ppm（如圖 4-6）。

(三)物理性質之偵測結果數據

1.粉塵 PM_{2.5} 之數據：三間門市的粉塵 PM_{2.5} 濃度分別為河南青海門市的 0~1 μ

g/m^3 、朝富門市的 $0\sim 18\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 和市政門市的 $0\sim 11\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

2. 粉塵 PM_{10} 之數據：三間門市的粉塵 PM_{10} 濃度分別為河南青海門市的 $0\sim 4\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、朝富門市的 $0\sim 20\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 和市政門市的 $0\sim 48\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

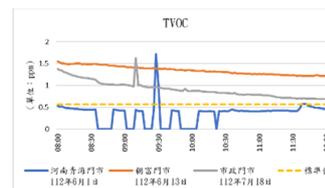
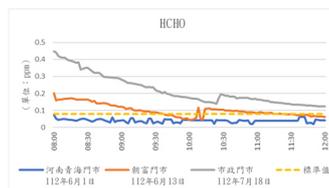
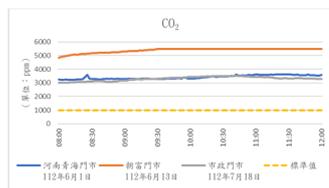


圖 4-4 二氧化碳數值與時間關係圖 圖 4-5 甲醛數值與時間關係圖 圖 4-6 TVOC 數值與時間關係圖

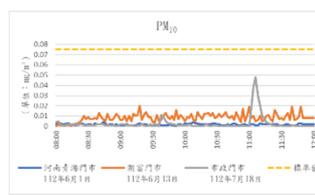
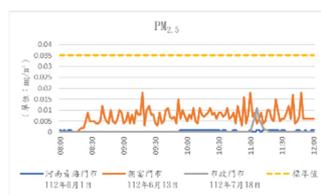


圖 4-7 粉塵 $\text{PM}_{2.5}$ 數值與時間關係圖

圖 4-8 粉塵 PM_{10} 數值與時間關係圖

4.2 偵測討論

- (一) 三間門市偵測二氧化碳濃度之最高值達 5500ppm，大於標準值 1000ppm，整體濃度的數值在室內空調長時間開啟且門窗緊閉的環境下皆大於建議標準值，其中又以無任何讓空氣對外流通門窗的朝富門市空氣品質最差。
- (二) 三間門市中僅河南青海門市的甲醛濃度合乎於標準值內，市政門市整體濃度皆超標，而朝富門市大多處於濃度超標的狀態，後兩間門市因空間中大量使用木製裝潢及傢俱，故其甲醛濃度偏高，最高值達 0.448ppm 大於標準值 0.08ppm，但整體濃度數值走向皆隨空調開啟時間增加漸漸下降。
- (三) 河南青海門市的 TVOC 濃度大多合乎於標準值，僅於 9 點 30 分時因服務人員在客戶用餐離席後，以酒精和清潔劑整理桌面時揮發物所造成部分峰值濃度超標。朝富及市政門市因兩者空間中裝有定時噴灑之芳香酒精除菌劑的設備，故其整體濃度數值皆超過於標準值，最高值達 1.72ppm 大於標準值 0.56ppm。

五、偵測結果比較與分析(三間門市)

5.1 偵測結果比較

(一) 三間門市人流數據比較

1. 三間門市各時段人流變化之數據比較：偵測人流數分別之最大值由大到小依序排序為星巴克市政門市的 50 人、河南青海門市的 33 人、朝富門市的 13 人。

(二) 三間門市化學性質之偵測結果數據比較

1. 三間門市二氧化碳之數據比較：偵測二氧化碳濃度分別之最大值由大到小依序排序為朝富門市的5500 ppm、河南青海門市的3634 ppm和市政門市的3536 ppm。
2. 三間門市甲醛之數據比較：偵測甲醛濃度分別之最大值由大到小依序排序為市政門市的0.448 ppm、朝富門市的0.201 ppm和河南青海門市的0.073 ppm。
3. 三間門市總揮發性有機化合物比較：偵測TVOC濃度分別之最大值由大到小依序排序為河南青海門市的1.72 ppm、市政門市的1.63 ppm和朝富門市的1.55 ppm。

5.2 偵測結果分析

(一) 三間門市室內溫度、相對濕度及人流數據分析

1. 三間門市溫度之數據分析：依據行政院環保署建議室內溫度最舒適的建議值為15°C~28°C之間，室內整體的溫度為23.3°C~28°C之間，可得知整體溫度數值在空調開啟的環境中皆在建議值內。
2. 三間門市相對濕度之數據分析：依據日本的建築物衛生法，室內相對溼度最舒適的建議值為40%~70%之間，室內整體的相對溼度為45.7~69.1%之間，可得知在空調開啟的環境中整體相對濕度數值走向都在舒適的建議值內。
3. 三間門市各時段人流變化之數據分析：相較河南青海和市政門市兩間的人流數量市政門市則是較高，其最高峰之人流數量達50人。

(二) 三間門市化學性質之偵測結果數據分析

1. 三間門市二氧化碳之數據分析：依據室內空氣品質管理法訂定二氧化碳的標準值為1000ppm，整體二氧化碳濃度的數值在室內空調長時間開啟且門窗緊閉的環境下皆大於建議標準值，其中又以無任何讓空氣對外流通門窗的朝富門市空氣品質最差達5500ppm。
2. 三間門市甲醛之數據分析：依據室內空氣品質管理法甲醛的標準值為0.08ppm，僅河南青海門市的甲醛濃度合乎於標準值內，市政門市整體濃度皆超標，而朝富門市大多處於濃度超標的狀態，後兩間門市因空間中大量使用木製裝潢及傢俱，故其甲醛濃度偏高，但整體濃度數值走向皆隨空調開啟時間增加漸漸下降。
3. 三間門市總揮發性有機化合物分析：總揮發性有機化合物(TVOC)的標準值為0.56ppm，河南青海門市的濃度大多合乎於標準值，僅於9點30分時因服務人員在客戶用餐離席後，以酒精和清潔劑整理桌面時揮發物所造成部分峰值濃度超標（如圖4-6所示）。朝富及市政門市因兩者空間中裝有定時噴灑之芳香酒精除菌劑的設備，故其整體濃度數值皆超過於標準值。

六、結論與建議

6.1 結論：

- (一) 三家門市二氧化碳濃度之偵測最高值由高到低排序分別為，第一間朝富門市的5500 ppm、第二間河南青海門市的3634 ppm和第三間市政門市的3536 ppm，最高達5500ppm大於標準值1000ppm。

- (二)三家門市之整體甲醛污染嚴重程度由高到低排序分別為第一間整體濃度皆超標的市政門市最高值達0.448ppm、第二間僅部分濃度超標的朝富門市最高值達0.201ppm和第三間濃度皆合乎於標準值內的河南青海門市最高直達0.073ppm。
- (三)三家門市之整體TVOC污染嚴重程度由高到低排序分別為第一間整體濃度皆超標最高達1.55ppm的朝富門市、第二間整體濃度皆超標最高達1.63ppm的市政門市和第三間僅部分濃度超標最高達1.72ppm的河南青海門市。

6.2 建議：本研究結果污染最為嚴重的三項污染物，依序分別建議的改善方式以第一項的二氧化碳，其濃度可藉由各咖啡廳休憩空間長時間開窗使空氣對流、加裝機械通風設備或置入植栽淨化並以提升整體室內健康與舒適性。第二項的甲醛因偵測之室內空間大量使用木製的桌椅及裝修導致其數值偏高，故研究建議在空間設計挑選木製材質時可以多選用低甲醛標準認證的材料。第三項的TVOC偵測濃度過高的原因是因為空間中裝設有定時酒精消毒芳香的設備，若消毒芳香的內容物改採用天然而非化學性的物質，便可降低其污染數值。

參考文獻

1. 李剛，「醫院病房室內空氣品質研究」，碩士論文，國立陽明大學醫務管理研究所，2016。
2. 高偉翔，「植栽淨化室內空氣品質之認知特性-以高雄市地區為例」，碩士論文，國立屏東科技大學環境工程與科學研究所，2017。
3. 洪仕翰，「植栽對室內空氣品質PM_{2.5}影響之探討」，碩士論文，崑山科技大學環境工程研究所，2020。
4. 許元翰，「逢甲大學人言大樓通識教室室內空氣品質之研究」，碩士論文，逢甲大學建築研究所，2020。
5. 商守俊，「一般民眾對室內空氣品質認知之研究」，碩士論文，大仁科技大學環境管理研究所，2020。
6. 周家喆，「台中市西屯區星巴克室內空氣品質之探討」，研討會論文，逢甲大學建築研究所，2023。

REFERENCES in English

1. Perera, Manori., Jayasinghe, Chintha., S.A.S, Perera.and S.W.,Rajapaksa, “Indoor Air quality and human activities in buildings” , University of Ruhuna, Sri lanka, 2012.
2. Śmiełowska, M., Marć, M.and Zabiegała, “Indoor air quality in public utility environments—a review.Environmental Science&Pollution Research” ,24,11166–11176, 2017.