

# 2018中華民國營建工程學會第十六屆營建產業 永續發展研討會

## 中國醫藥大學附設醫院之室內空氣品質探討

### -以急重症大樓第一，二洗腎室為例

## Discussion on Indoor Air Quality of China Medical University Hospital

### - The first and second Hemodialysis Room as an Example

\*張樹仁(Shu Jen-Chang)

曾亮(Liang Tseng)

逢甲大學建設學院專案管理研究生

逢甲大學建築專業研究所

### 摘要

行政院環保署於民國 101 年 11 月 23 日正式施行室內空氣品質管理法，法規中所規定之公告場所應符合室內空氣品質標準，醫院為規定之第一批公告場所(應符合室內空氣品質管理辦法之第一批公告場所總說明) 中國醫藥大學附設醫院急重症大樓第一，二洗腎室雖未列為管制室內空間範圍，但因其空間範圍內有洗腎患者，病人家屬，醫護及其他工作人員，具有長時間及人員聚集之特殊性，故針對中國醫藥大學附設醫院急重症大樓第一，二洗腎室進行室內空氣品質現況，室內空氣品質問題，室內空氣品質建議與改善。

由檢測結果得知中國醫藥大學急重症大樓第一洗腎室甲醛(HCHO)檢測平均值為 0.2ppm 超出法規值 0.08ppm，第二洗腎室總揮發性有機化合物 TVOC 平均值為 0.81ppm 超出法規值 0.56ppm，甲醛(HCHO)檢測平均值為 0.2ppm 超出法規值 0.08ppm。應為使用大量使用醫療用酒精所致。急重症大樓第一、第二洗腎室二氧化碳(CO<sub>2</sub>)檢測平均濃度為 1266ppm 及 1166ppm 皆超出法規標準 1000ppm，建議應增加排氣設備以加速空間換氣率。

**關鍵詞：**洗腎室、室內空氣品質、醫院、中國醫藥大學附設醫院

## Discussion on Indoor Air Quality of China Medical University Hospital

### - The first and second Hemodialysis Room as an Example

### Abstract

The Environmental Protection Department of the Executive Yuan November 23, 101 formally implemented the indoor Air quality Management act, the notice place

stipulated in the Regulations shall accord with the indoor air quality standard, The first notice place stipulated by the hospital (should conform to the indoor air quality management method of the first batch of notice site General Description) China Medical University Affiliated hospital acute serious building first, The second dialysis room is not listed as a control of indoor space, but because of its spatial scope of patients with dialysis, patients' families, health care and other staff, with a long time and the particularity of the people gathered, so the Chinese Medical University Affiliated hospital emergency building first, The indoor air quality, indoor air quality, Indoor air quality are suggested and improved in the second dialysis room. The results of the test showed that the second dialysis chamber of China medical university, the total volatile organic compound tvoc, The average value of formaldehyde (HCHO) was higher than the LAW. Should be caused by the use of large amounts of medical alcohol. Acute building the first and second dialysis chamber carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) detection average concentration exceeds the regulatory standard (1000ppm), it is recommended to increase the exhaust equipment to accelerate the space ventilation rate.

**Keywords:** Dialysis Room, Indoor Air Quality, Hospital

## 一、前言

### 一.研究緣起與目的

#### 1-1 研究緣起

醫院在功能上是公共建築物，在機能上是要完成醫療與療養的目的。醫院內不良的室內空氣會影響醫護工作人員與病患的身體健康。所有空氣中的細菌或病毒可能傳染患者、家屬和員工，導致交叉感染的問題，因為醫院是感染性極高的工作場所，提供清潔的空氣是防止交叉感染的最佳方式。為避免醫生與護士等相關工作人員醫療行為的關係受到室內空氣品質的影響，因此在醫療院所內需乾淨，新鮮的空氣更是重要。

#### 1-2 研究目的

行政院環保署於民國 101 年 11 月 23 日正式施行室內空氣品質管理法，法規中所規定之公告場所應符合室內空氣品質標準，醫院為規定之第一批公告場所(應符合室內空氣品質管理辦法之第一批公告場所總說明),管制室內空間為醫院之各幢(棟)建築物室內空間，以申辦掛號、候診、批價、領藥及入出口服務大廳為限。中國醫藥大學附設醫院急重症大樓第一，二洗腎室雖未列為管制室內空間範圍，但因其空間範圍內有洗腎患者,病人家屬,醫護及其他工作人員,具有長時間及人員聚集之特殊性。

針對中國醫藥大學附設醫院急重症大樓第一，二洗腎室進行檢測作業其目的:

- (一) 探討急重症大樓第一，二洗腎室室內空氣品質現況及來源。
- (二) 分析急重症大樓第一，二洗腎室室內空氣品質問題與對策。
- (三) 提出急重症大樓第一，二洗腎室室內空氣品質建議與改善。

## 二、主要內容

### 二.研究方法及流程

#### 2-1 研究方法

本次研究依據環保署所頒定「室內空氣品質標準」為依據,探討中國醫藥大學附設醫院急洗腎室之室內空氣品質。建立客觀及定量之評估方法與評估工具,透過決策程序之建立,來有效進行醫院內部空間室內空氣品質管理。

各項室內空氣污染物之室內空氣品質標準規定(如表 1)：

表1空氣品質標準值規範表

項目	標準值	單位	汙染物型態
一氧化碳(CO)	八小時值 9	ppm (體積濃度百萬分之一)	氣體汙染物
二氧化碳(CO <sub>2</sub> )	八小時值 1000	ppm (體積濃度百萬分之一)	氣體汙染物
臭氧(O <sub>3</sub> )	八小時值 0.06	ppm (體積濃度百萬分之一)	氣體汙染物
甲醛 (HCHO)	一小時值 0.08	ppm (體積濃度百萬分之一)	揮發性氣體汙染物
總揮發性有機化合物 (TOVC,包含:十二種揮發性有機物之總和)	一小時值 0.56	ppm (體積濃度百萬分之一)	揮發性氣體汙染物
細菌 (Bacteria)	最高值 1500	CFU/m <sup>3</sup> (菌落數/立方公尺)	生物性汙染物
真菌 (Fungi)	最高值 1000	CFU/m <sup>3</sup> (菌落數/立方公尺)	生物性汙染物
粒徑小於等於十微米 ( $\mu\text{m}$ )之懸浮微粒 (PM <sub>10</sub> )	24 小時 值 75	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ (微克/立方公尺)	顆粒狀汙染物
粒徑小於等於 2.5 微米 ( $\mu\text{m}$ )之懸浮微粒 (PM <sub>2.5</sub> )	24 小時 值 35	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ (微克/立方公尺)	顆粒狀汙染物

#### 2-2 研究流程

本文針對中國醫藥大學附設醫院急重症大樓第一、第二洗腎室為對象,進行初步蒐集背景資料及實地視察、偵測,對於洗腎室室內空氣品質調查方法如代表性採樣選取、採樣點數目、偵測模式、偵測時間等,參考採用環保署擬定之標準檢測法進行室內空氣環境現況檢測,配合室內裝修材料、設備之調查、人員統計等因素,進行室內空氣品質現況模式探討(圖 1)

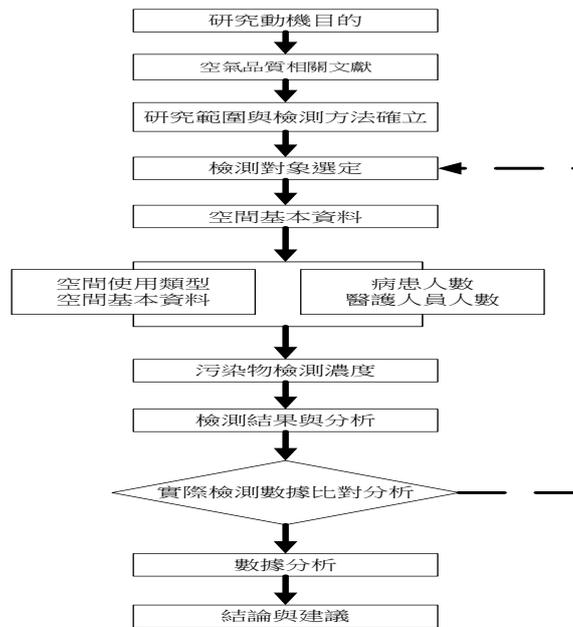


圖 1 研究流程圖

### 三.研究過程與成果

#### 3-1 研究過程

本研究對象以中國醫藥大學附設醫院急重症大樓第一、第二洗腎室為例(圖 2),作為研究對象,開始調查規畫,空氣品質環境檢測,以指標污染物為主要分析項目並將結果分析、比較,以提供專業、設計者與使用者對於醫院空間之空氣品質管理之參考。

本研究計畫採用現場檢測針對醫療中空氣品質進行研究,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、採樣時間(表 2)。

採樣時間為 2018 年 8 月 23 日,2018 年 8 月 25 日,採樣地點為中國醫藥大學附設醫院急重症大樓第一、第二洗腎室,詳細地點(如圖 3、圖 4)所示,採樣時地點為機械通風,且採樣過程中並未淨空。採樣期間人數依現場狀況為主。



圖 2 中國醫藥大學附設醫院示意圖

表 2 檢測空間基本資料

位置	急重症大樓第一洗腎室	急重症大樓第二洗腎室
採樣時間	2018/8/23	2018/8/25
面積 M <sup>2</sup>	285 M <sup>2</sup>	610 M <sup>2</sup>
容積 M <sup>3</sup>	770 M <sup>3</sup>	1647 M <sup>3</sup>
病床數	14 床	44 床
病患人數	14 人	44 人
家屬人數	8~10 人	38~44 人
工作人員	7 人	13 人
總人數	29~31 人	95~101 人
M <sup>2</sup> /人	9.1~9.8M <sup>2</sup> /人	6~6.4M <sup>2</sup> /人
M <sup>3</sup> /人	24.8~26.5M <sup>3</sup> /人	16.3~17.3M <sup>3</sup> /人
病患屬性	急、門診洗腎病患	門診洗腎病患
醫療作業時間	AM7:30~PM12:00	AM7:30~PM5:30
通風方式	外氣預冷空調箱	外氣預冷空調箱



圖 3 急重症大樓第一洗腎室現況及平面圖



圖 4 急重症中心大樓第二洗腎室現況及平面圖

檢測儀器認知：本次所使用之檢測儀器為：KANOMAX 氣體檢測器、揮發性有機物質檢測器、手提式甲醛儀、手提式粉塵計(如表 3)

表 3 檢測儀器及檢測項目表

儀器名稱	儀器照片	儀器檢測之項目	分類
Air Box 氣體偵測		二氧化碳(Carbon Dioxide ;CO <sub>2</sub> ) 一氧化碳(Carbon Monoxide ;CO) 溫度(Temperature) 濕度(Humidity)	生活性
手提式 O <sub>3</sub> 檢測器		臭氧(O <sub>3</sub> )	化學性
揮發性有機物質檢測器		總揮發性有機化合物(TVOC)	化學性
PPM Technology 手提式甲醛儀		甲醛(Formaldehyde ; HCHO)	化學性

Aerocet531 手提式粉塵計		懸浮微粒(PM <sub>2.5</sub> )	物 理 性
		懸浮微粒(PM <sub>10</sub> )	

### 3-2 研究成果及分析

本節針對中國醫藥大學附設醫院急重症大樓第一、第二洗腎室空氣品質檢測結果，主要分析探討:生活性、化學性、物理性污染物以及檢測結果。

#### 3-2-1 急重症大樓第一洗腎室

##### (一)、生活性污染物檢測項目：二氧化碳(CO<sub>2</sub>)

圖 5 為 2018 年 8 月 23 日，中國醫藥大學附設醫院急重症大樓第一洗腎室之 CO<sub>2</sub> 濃度變化，利用 KANOMAX 氣體檢測 CO<sub>2</sub> (ppm)濃度,依現場實際檢測結果，最高值為 2048ppm，最低值為 1141ppm，平均值為 1266ppm。

##### (二)、生活性污染物檢測項目：一氧化碳(CO)

圖 6 為 2018 年 8 月 23 日，中國醫藥大學附設醫院急重症大樓第一洗腎室之 CO 濃度變化，利用 KANOMAX 氣體檢測 CO(ppm)濃度,依現場實際檢測結果，最高值及最低值均為 0.1ppm。

##### (三)、生活性污染物檢測項目:溫度及濕度

圖 7 為 2018 年 8 月 23 日，中國醫藥大學附設醫院急重症大樓第一洗腎室之溫、濕度變化，利用 KANOMAX 氣體檢測溫、濕度,依現場實際檢測結果，溫度最高值為 25.4 度最低為 23.5 度，平均值 24.6 度。濕度最高值為 68.2%最低值為 58.1%，平均值為 63.5%。

##### (四)、化學性污染物檢測項目：臭氧(O<sub>3</sub>)

圖 8 為 2018 年 8 月 23 日，中國醫藥大學附設醫院急重症大樓第一洗腎室之臭氧變化，利用手提式 O<sub>3</sub> 檢測器檢測,依現場實際檢測結果，臭氧檢測值均為 0ppm。

##### (五)、化學性污染物檢測項目：總揮發性有機化合物(TVOC)

圖 9 為 2018 年 8 月 23 日，中國醫藥大學附設醫院急重症大樓第一洗腎室之總揮發性有機化合物變化，利用手提式 TVOC 檢測器檢測,依現場實際檢測結果，總揮發性有機化合物最高值為 0.85ppm，最低值為 0.29ppm，平均值為 0.5ppm。

##### (六)、化學性污染物檢測項目：甲醛(Formaldehyde)；HCHO

圖 10 為 2018 年 8 月 23 日，中國醫藥大學附設醫院急重症大樓第一洗腎室之甲醛變化，利用手提式甲醛檢測器檢測,依現場實際檢測結果，甲醛最高值為 0.587ppm，最低值為 0.014ppm，平均值為 0.15ppm。

##### (七)、物理性污染物檢測項目：懸浮微粒(PM<sub>2.5</sub>)

圖 11 為 2018 年 8 月 23 日，中國醫藥大學附設醫院急重症大樓第一洗腎室之懸浮微粒(PM<sub>2.5</sub>)變化，利用手提式粉塵計檢測,依現場實際檢測結果，PM<sub>2.5</sub>最高值為 2ppm，最低值為 1ppm，平均值為 1.3ppm。

##### (八)、物理性污染物檢測項目：懸浮微粒(PM<sub>10</sub>)

圖 12 為 2018 年 8 月 23 日，中國醫藥大學附設醫院急重症大樓第一洗腎室之懸浮微粒((PM<sub>10</sub>)變化，利用手提式粉塵計檢測,依現場實際檢測結

果，PM<sub>10</sub> 最高值為 10ppm，最低值為 2ppm，平均值為 3.8ppm。

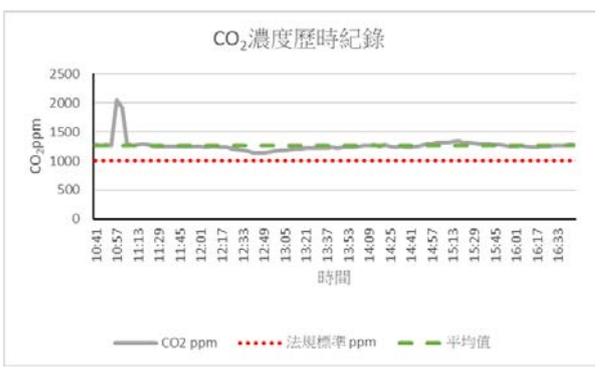


圖 5 CO<sub>2</sub> 濃度歷時紀錄圖

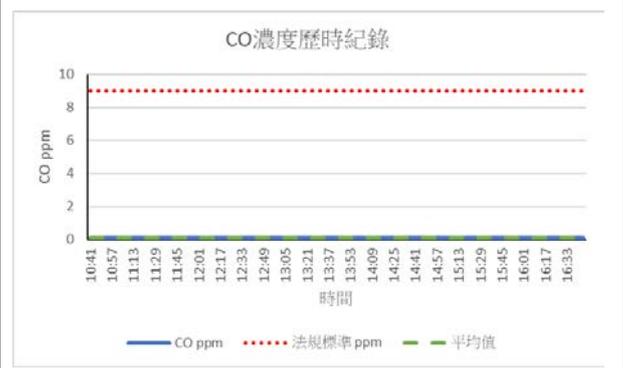


圖 6 CO 濃度歷時紀錄圖

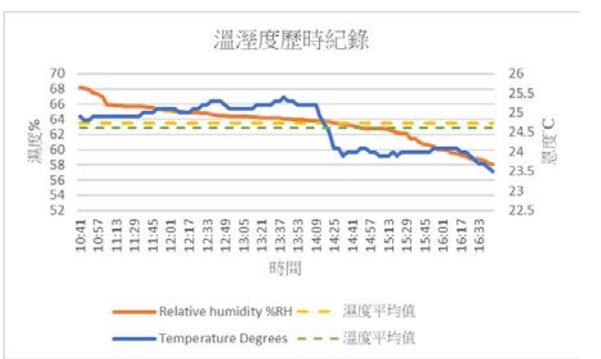


圖 7 溫溼度歷時紀錄圖

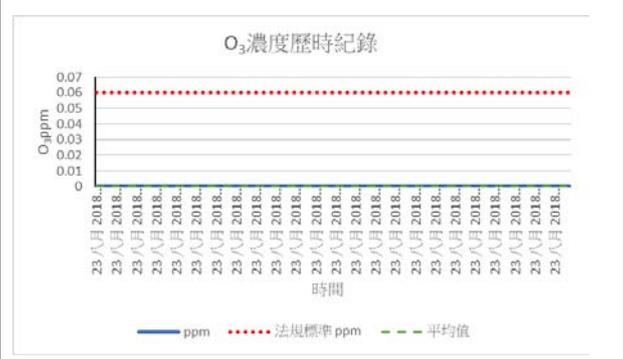


圖 8 O<sub>3</sub> 濃度歷時紀錄圖



圖 9 TVOC 濃度歷時紀錄圖



圖 10 甲醛濃度歷時紀錄圖

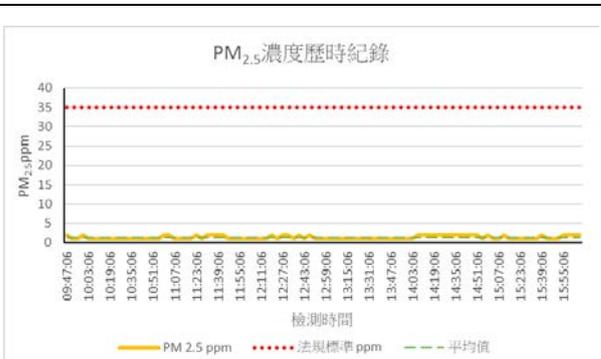


圖 11 PM<sub>2.5</sub> 濃度歷時紀錄圖



圖 12 PM<sub>10</sub> 濃度歷時紀錄圖

### 3-2-2 急重症大樓第二洗腎室

#### (一)、生活性污染物檢測項目：二氧化碳(CO<sub>2</sub>)

圖 13 為 2018 年 8 月 25 日，中國醫藥大學附設醫院急重症大樓第二洗腎室之 CO<sub>2</sub> 濃度變化，利用 KANOMAX 氣體檢測 CO<sub>2</sub> (ppm)濃度,依現場實際檢測結果，最高值為 1344ppm，最低值為 1091ppm，平均值為 1166ppm。

#### (二)、生活性污染物檢測項目：一氧化碳(CO)

圖 14 為 2018 年 8 月 25 日，中國醫藥大學附設醫院急重症大樓第二洗腎室之 CO 濃度變化，利用 KANOMAX 氣體檢測 CO(ppm)濃度,依現場實際檢測結果，最高值及最低值均為 0.1ppm。

#### (三)、生活性污染物檢測項目:溫度及濕度

圖 15 為 2018 年 8 月 25 日，中國醫藥大學附設醫院急重症大樓第二洗腎室之溫、濕度變化，利用 KANOMAX 氣體檢測溫、濕度,依現場實際檢測結果，溫度最高值為 24.2 度最低為 22.9 度平均值為 23.2 度。濕度最高值為 59.7%最低值為 58.1%，平均值為 59%。

#### (四)、化學性污染物檢測項目：臭氧(O<sub>3</sub>)

圖 16 為 2018 年 8 月 25 日，中國醫藥大學附設醫院急重症大樓第二洗腎室之臭氧變化，利用手提式 O<sub>3</sub> 檢測器檢測,依現場實際檢測結果，臭氧檢測值均為 0ppm。

#### (五)、化學性污染物檢測項目：總揮發性有機化合物(TVOC)

圖 17 為 2018 年 8 月 25 日，中國醫藥大學附設醫院急重症大樓第二洗腎室之總揮發性有機化合物變化，利用手提式 TVOC 檢測器檢測,依現場實際檢測結果，總揮發性有機化合物最高值為 255ppm，最低值為 0.31ppm，平均值為 0.81ppm。

#### (六)、化學性污染物檢測項目：甲醛(Formaldehyde)；HCHO

圖 18 為 2018 年 8 月 25 日，中國醫藥大學附設醫院急重症大樓第二洗腎室之甲醛變化，利用手提式甲醛檢測器檢測,依現場實際檢測結果，甲醛最高值為 0.936ppm，最低值為 0ppm，平均值為 0.2ppm。

#### (七)、物理性污染物檢測項目：懸浮微粒(PM<sub>2.5</sub>)

圖 19 為 2018 年 8 月 25 日，中國醫藥大學附設醫院急重症大樓第二洗腎室之懸浮微粒(PM<sub>2.5</sub>)變化，利用手提式粉塵計檢測,依現場實際檢測結果，PM<sub>2.5</sub>最高值為 1ppm，最低值為 0ppm，平均值為 0.05ppm。

#### (八)、物理性污染物檢測項目：懸浮微粒(PM<sub>10</sub>)

圖 20 為 2018 年 8 月 25 日，中國醫藥大學附設醫院急重症大樓第二洗腎室之懸浮微粒((PM<sub>10</sub>)變化，利用手提式粉塵計檢測,依現場實際檢測結果，PM<sub>10</sub>最高值為 8ppm，最低值為 0ppm，平均值為 2.7ppm。

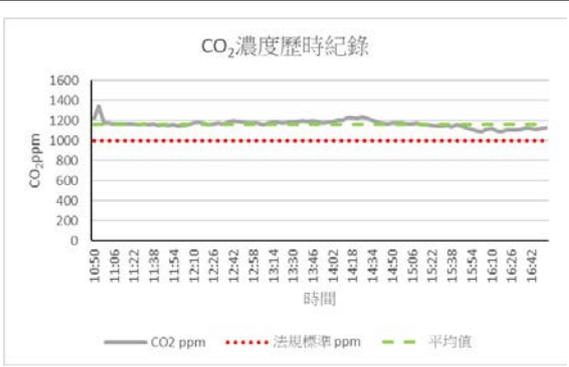


圖 13 CO<sub>2</sub> 濃度歷時紀錄圖

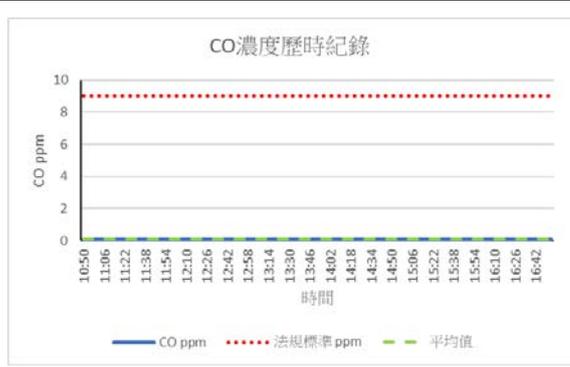


圖 14 CO 濃度歷時紀錄圖

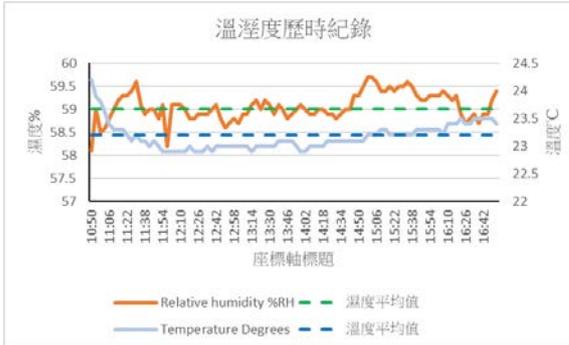


圖 15 溫溼度歷時紀錄圖

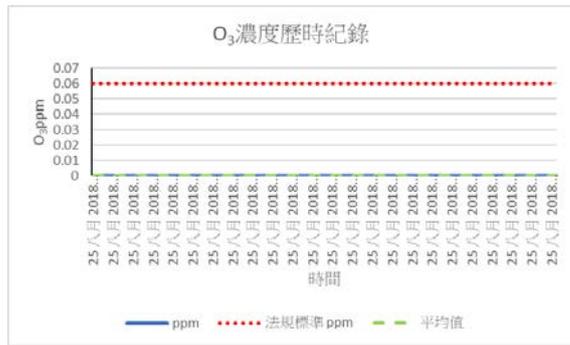


圖 16 O<sub>3</sub> 濃度歷時紀錄圖



圖 17 TVOC 濃度歷時紀錄圖



圖 18 甲醛濃度歷時紀錄圖



圖 19 PM<sub>2.5</sub> 濃度歷時紀錄圖

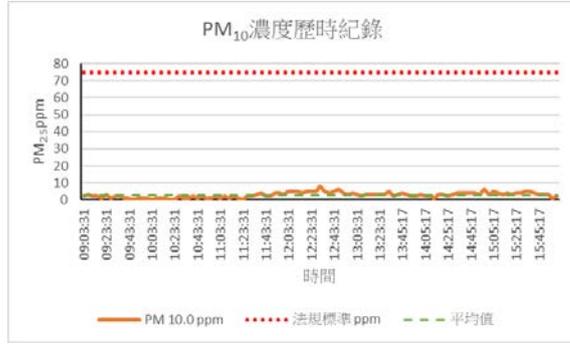


圖 20 PM<sub>10</sub> 濃度歷時紀錄圖

## 四、結論與建議

### 4-1 結論

針對中國醫藥大學附設醫院急重症大樓第一、二洗腎室，各空間對空氣中所含之污染物：生活性(CO、CO<sub>2</sub>)、化學性 (TVOC、O<sub>3</sub>、HCHO)、物理性(PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>)，針對其檢測後出來的數據分析，其成果如下：

#### (一) 急重症大樓第一洗腎室:

- 1.符合室內空氣品質標準項目：一氧化碳(CO)、臭氧(O<sub>3</sub>)、懸浮微粒(PM<sub>2.5</sub>)、懸浮微粒(PM<sub>10</sub>)，總揮發性有機化合物(TVOC)。
- 2.不符合室內空氣品質標準項目：二氧化碳(CO<sub>2</sub>)、甲醛(HCHO)，其中二氧化碳(CO<sub>2</sub>)最高值為 2048ppm，最低值為 1141ppm，平均值為 1266ppm。甲醛(HCHO)最高值為 0.587ppm、最低值為 0.014ppm、平均值為 0.15ppm。

#### (二) 急重症大樓第二洗腎室:

- 1.符合室內空氣品質標準項目：一氧化碳(CO)、臭氧(O<sub>3</sub>)、懸浮微粒(PM<sub>2.5</sub>)、懸浮微粒(PM<sub>10</sub>)。
- 2.不符合室內空氣品質標準項目：二氧化碳(CO<sub>2</sub>)、總揮發性有機化合物(TVOC)、甲醛(HCHO)。其中二氧化碳(CO<sub>2</sub>)最高值為 1344ppm、最低值為 1091ppm、平均值為 1166ppm。總揮發性有機化合物(TVOC)最高值為 2.55ppm、最低值為 .031ppm、平均值為 0.81ppm。甲醛(HCHO)最高值為 0.936ppm、最低值為 0ppm、平均值為 0.2ppm。

### 4-2 建議

由檢測結果得知中國醫藥大學急重症大樓第二洗腎室 TOVC 平均檢測值為 0.81ppm 超過法規值 0.56ppm，推測原因為洗腎室內部於洗手處皆放置含酒精的洗手液外，於走道處亦放置乾洗手液，且病患於洗腎結束時，醫、技人員皆會對於病人所接觸過的床及機器進行消毒。由檢測數據可看出總揮發性有機化合物(TVOC)檢測值於特定時間會突然升高、而後續逐步下降。急重症大樓第一洗腎室總揮發性有機化合物(TVOC)平均值為 0.5ppm 雖然低於法規值 0.56ppm，但亦臨界於法規值。

急重症大樓第一洗腎室甲醛(HCHO)檢測平均值為 0.15ppm，第二洗腎室甲醛(HCHO)檢測平均值為 0.2ppm 皆高於法規值 0.08ppm，推測其原因為大量使用醫療用酒精，醫療用酒精含有約 70~75%的乙醇，乙醇(Ethanol)結構簡式 CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH 是醇類的一種，與甲醚是同分異構體，醇類與醚類會造成甲醛偵測儀器的誤判，把乙醇濃度誤判為甲醛濃度(鄭仁雄 2014)。

急重症大樓第一洗腎室二氧化碳(CO<sub>2</sub>)檢測平均濃度為 1266ppm、第二洗腎室二氧化碳(CO<sub>2</sub>)檢測平均濃度為 1166ppm，皆超出法規標準

(1000ppm)。本次檢測時外氣預冷空調箱雖正常運作但二氧化碳(CO<sub>2</sub>)檢測值仍無法有效降低。因本建築物為民國 101 年 11 月 23 日以前取得建築執照，換氣率標準無法參照「室內空氣品質標準」。建議爾後若有相關空間整修工程需增設排氣設施對既有建築物換氣率應有顯著效益 (Shen&Chang 1994)。

## 參考文獻

- 王民揚(2017)「教學空間室內空氣品質之研究-以逢甲大學忠勤樓為例」
- 王信元(2015)台灣南部某醫院室內空氣品質及生物氣膠分佈研究
- 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」。
- 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。
- 洪耀場(2017),台中市鼎泰然建築之室內空氣品質研究-以地下室停車場為例，臺灣建築學會第二十九屆研究成果發表會論文集
- 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」，臺灣建築學會第二十六屆發表會論文集
- 鄭仁雄(2014)嘉義市推動室內空氣品質維護管理宣導計畫
- 鍾艾玲(2011)，醫療院所室內空氣品質之研究東南科技大學防災科技研究所碩士論文
- 嚴仕旻(2007)，校園室內空氣品質之探討-以台中市上安國小為例
- Kathleen Hess-Kosa，(2002)「Indoor air quality : sampling methodologies」，Boca Raton, FL : Lewis Publishers，P.131~P.204。
- Shen, J., and Chang, T., (1994), "Improve indoor air quality in air clean rooms", 12th International Symposium on Contamination Control., pp. 203-208.