

國立交通大學

工學院永續環境科技學程

碩士論文

一個員工餐廳的靜電除油煙機的控制效率

Control efficiency of an oil-smoke electrostatic precipitator for an employee's
restaurant

研究生：吳姿樺

指導教授：蔡春進教授

簡弘民博士

中華民國九十八年一月

一個員工餐廳的靜電除油煙機的控制效率

學生：吳姿樺

指導教授：蔡春進 簡弘民

國立交通大學工學院永續環境科技學程

摘要

新竹科學工業園區內廠商多設有員工餐廳，餐廳經由烹飪排放之廢氣若未能有效處理而逕行排放，可能經由外氣空調箱流竄進入鄰近高科技廠房之無塵室。本研究對象為園區內某員工餐廳的廚房，探討靜電除油煙機對廚房排放的油煙的去除效率。本研究的實驗分為兩階段，第一階段利用粉塵質量濃度即時監測儀TSI DustTrak於排放管道監測PM_{1.0}，探討靜電除油煙機之效率及污染改善成效。第二階段實驗使用Marple個人多階衝擊器，測量油煙的質量濃度分佈，並與DustTrak的PM_{2.5}監測結果作比較。

第一階段實驗(97/04/20~97/08/30)使用 DustTrak 在靜電機二次保養週期（每次保養週期為二個月左右）間監測，結果發現靜電除油煙機的 PM_{1.0} 去除效率隨運作時間由剛保養完的 97%降至保養前的 63%。靜電除油煙機關閉時，油煙排放平均 PM_{1.0} 質量濃度落於 6.5~18.8mg/m³ 之間；當靜電除油煙機開啟時，油煙排放平均 PM_{1.0} 質量濃度落於 0.3~3.1mg/m³ 之間。裝設廚房油煙防制設備前的油煙 PM_{1.0} 年排放量約為 513kg，裝設防制設備後年排放量約為 63kg，油煙廢氣年 PM_{1.0} 排放量約可減少 450kg，結果顯示污染改善有效。

第二階段的實驗結果發現廚房油煙以小顆粒微粒為主，其中粒徑在0.1 μm以下所占質量比例最多，約為26.3~37%，而10 μm以下之微粒所占的比例約為64.4~68.6%。比對DustTrak與Marple impactor 的結果發現，前者的PM_{2.5}濃度比後者高很多，主要是因DustTrak的校正是以粗微粒為之的緣故。

關鍵字：油煙，靜電除油煙機，控制效率，質量濃度分佈

Control efficiency of an oil-smoke electrostatic precipitator for an employee's restaurant

Student: Tz-Hua Wu

Advisor: Chuen-Jinn Tsai
HungMin Chein

Abstract

Most companies located in the Hsinchu Science Park are equipped with the staff dining room. If not properly treated, the waste gas emitted from the kitchen can enter the clean rooms of the neighboring high-tech fabs through the air handling units. The experiment in this study has two stages. In the stage 1, a TSI DustTrak was used to monitor $PM_{1.0}$ in the exhaust duct, and determine the control efficiency of the oil smoke and the effectiveness of the pollution reduction. In the second stage, a Marple personal cascade impactor was used to measure the mass distribution of the oil smoke, and the $PM_{2.5}$ concentrations were compared with those monitored by the TSI DustTrak.

The first stage experiment (97/04/20~97/08/30) used the TSI DustTrak to monitor the oil smoke emission during the two preventive maintenance cycles (PM), each lasted for about 2 months. Experimental results show that the control efficiency for $PM_{1.0}$ is as high as 97% after the PM and falls to 63% at the end of the PM cycles. When the ESP was turned off, the average $PM_{1.0}$ mass concentration ranged between 6.5~18.8 mg/m^3 . When the ESP was turned on, the averaged $PM_{1.0}$ mass concentration ranged between 0.3~3.1 mg/m^3 . The total yearly mass emission was approximately 513 kg before the ESP was installed. After the ESP was installed, the yearly emission was reduced to 62 kg, or 451 kg reduction. That is, the installation of the control device is effective for pollution reduction..

Experimental results in the second stage show that the oil smoke mainly

contains small particles, in which the mass fraction of the particles below $0.1 \mu\text{m}$, which ranges from 26.3~37%, is the most predominant. The mass fraction of PM_{10} ranges from 64.4~68.6%. Comparing the results of the DustTrak and Marple impactor, it is found that $\text{PM}_{2.5}$ concentration of the former is much higher than the latter. This is due to the fact that coarse particles are used in the calibration of the DustTrak.

Key word: oil smoke, electricstatic precipitator, control efficiency, mass distribution



誌謝

一直覺得能再重返校園唸書是幸福的，所以很珍惜這一路的求學過程與際遇。這三年半的求學中歷經職場調動的繁忙工作壓力、生涯規劃的迷惘、實驗過程的諸多不順利，曾經一度倍感疲累，謹秉持一股持堅持到底的力量使得論文最終得以完成。

首先由衷感謝指導教授蔡春進老師在我研究過程的細心指導，不斷的給予研究上的支持與糾正，讓我看到鑽研學問的研究精神，也讓我在過程中重新學習做事分析與思考的能力。感謝口試委員簡弘民博士、洪益夫教授及余榮彬博士的指正與建議，使我的論文更臻完整。

感謝同學享星大哥的多次幫忙與鼓勵，使我排解實驗過程的種種問題。竹科廠同事育菁、鴻志以及研究室助理、學長、學弟妹們在實驗過程中無私的幫忙與協助，還有我的家人的支持與肯定，因為有你們的力量，才有此篇論文的完成。感謝扶養我長大的父母還有所有關心我與幫助過我的朋友，在此致上我最誠摯的謝意！

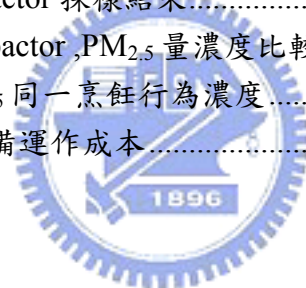
吳姿樺 2009.02.25 謹誌

目 錄

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 第一章 前言 | 1 |
| 1.1 研究背景 | 1 |
| 1.2 研究目的 | 2 |
| 第二章 文獻回顧 | 3 |
| 2.1 餐飲業空氣污染特性及對人體的影響 | 3 |
| 2.2 油煙之控制 | 6 |
| 2.2.1 前處理備 | 7 |
| 2.2.2 管末處理設備 | 10 |
| 2.3 餐飲廢氣管制相關法規 | 17 |
| 第三章 實驗方法 | 19 |
| 3.1 監測及採樣方法概述 | 19 |
| 3.2 實驗器材 | 21 |
| 3.3 採樣前之準備工作 | 24 |
| 3.3.1 濾紙之整備 | 24 |
| 3.3.2 Marple impactor 之整備 | 25 |
| 3.3.3 皂泡流量計與個人採樣器之準備工作 | 28 |
| 3.3.4 TSI DustTrak 之整備 | 28 |
| 3.4 採樣流程與實驗室處理程序 | 29 |
| 3.4.1 採樣流程 | 29 |
| 3.4.2 數據處理 | 30 |
| 3.5 設計餐飲廢氣處理系統設備規範 | 33 |
| 第四章 結果與討論 | 37 |
| 4.1 靜電油煙機去除效率 | 37 |
| 4.2 油煙之質量濃度分佈 | 42 |
| 4.2.1 97/12/07 的實驗結果 | 42 |
| 4.2.2 97/12/14 的實驗結果 | 45 |
| 4.2.3 97/12/22 的實驗結果 | 47 |
| 4.3 DustTrak PM _{1.0} 與 PM _{2.5} 同一烹飪行為質量濃度比較 | 50 |
| 4.4 費用分析 | 51 |
| 第五章 結論與建議 | 52 |
| 5.1 結論 | 52 |
| 5.2 建議 | 52 |

表目錄

| | |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| 表 2-1 餐飲業油煙廢氣污染排放特性 ^[10] | 5 |
| 表 2-2 各類別餐飲業油煙平均排放量推估 ^[10] | 5 |
| 表 3-1 TSI DustTrak Aerosol mass monitor 規格表 ^[17] | 22 |
| 表 3-2 Marple Personal Cascade Impactor 現場採樣記錄表 | 26 |
| 表 3-3 Marple Personal Cascade Impactor 濾紙秤重記錄表 | 27 |
| 表 3-4 Marple Series290 Impactor Dpa at 2LPM ^[16] | 31 |
| 表 3-5 水洗式油煙罩規格概要 | 33 |
| 表 3-6 自動清洗型靜電集塵器規格 | 35 |
| 表 3-7 本次工程其他設施規格 | 36 |
| 表 4-1 第一階段靜電機檢測結果及處理效率,PM _{1.0} 濃度,單位 mg/m ³ | 38 |
| 表 4-2 污染防制設備粒狀物減量結果 | 41 |
| 表 4-3 97/12/07 Marple Impactor 採樣結果 | 43 |
| 表 4-4 97/12/14 Marple Impactor 採樣結果 | 45 |
| 表 4-5 97/12/22 Marple Impactor 採樣結果 | 47 |
| 表 4-6 DustTrak 與 MarpleImpactor ,PM _{2.5} 量濃度比較表 | 49 |
| 表 4-7 DustTrak PM _{1.0} & PM _{2.5} 同一烹飪行為濃度 | 50 |
| 表 4-8 廚房空氣污染防制設備運作成本 | 51 |



圖目錄

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 圖 2-1 餐飲廢氣處理流程圖 ^[12] | 6 |
| 圖 2-2 檔板式油煙分離器去除機制 ^[11] | 7 |
| 圖 2-3 濾材過濾粒狀物去除機制 ^[11] | 8 |
| 圖 2-4 水幕式除油設備結構 ^[11] | 9 |
| 圖 2-5 填充式洗滌塔 ^[11] | 11 |
| 圖 2-6 靜電集塵控制原理 ^[13] | 13 |
| 圖 2-7 低電壓靜電集塵機內部構造 (內裝自動清洗裝置) ^[11] | 13 |
| 圖 3.1 TSI 8520 DustTrak Aerosol Monitor 雷射粉塵計 ^[15] | 19 |
| 圖 3.2 Marple Style Personal Cascade Impactors 298 多階衝擊採樣器 ^[16] | 20 |
| 圖 3-3 油煙廢氣等速採樣示意圖 | 20 |
| 圖 3-4 DustTrak 內部構造 ^[15] | 21 |
| 圖 3-5 Marple Impactor 金屬上蓋設計圖 | 25 |
| 圖 3-6 Marple Impactor 採樣實驗作業流程 | 32 |
| 圖 3-7 水洗油煙罩 | 34 |
| 圖 3-8 中壓後傾式排煙風車 | 36 |
| 圖 4-1 第一階段靜電機運作天數與效率變化圖 97/04/20~97/06/23,DustTrak,PM _{1.0} 濃度 | 39 |
| 圖 4-2 第一階段靜電機運作天數與效率變化圖 97/06/24~97/08/30,DustTrak,PM _{1.0} 濃度 | 40 |
| 圖 4-3 97/12/07 Marple Impactor 質量濃度分佈圖 | 43 |
| 圖 4-4 97/12/07 DustTrak PM _{2.5} 油煙濃度變化圖 | 44 |
| 圖 4-5 97/12/14 Marple Impactor 質量濃度分佈圖 | 46 |
| 圖 4-6 97/12/14DustTrak PM _{2.5} 油煙濃度變化圖 | 46 |
| 圖 4-7 97/12/22 Marple Impactor 粒徑分佈圖 | 48 |
| 圖 4-8 97/12/22 DustTrak 油煙濃度變化圖 | 48 |
| 圖 4-9 DustTrak 和 Marple PM _{2.5} 質量濃度比較 | 49 |
| 圖 4-10 DustTrak PM _{1.0} 、PM _{2.5} 同一烹飪行為濃度比較 | 50 |

第一章 前言

1.1 研究背景

新竹科學工業園區是台灣第一個科學園區，至 92 年止，園區內共設立 370 家高科技公司，也成為經濟學及城鄉發展學者探討的範例^[1]。位於園區內廠商集中稠密，業者為提供給員工健康、安全、衛生的職場環境，公司內部多設有員工餐廳；由於區內大部分是半導體、電腦、通訊、光電等高科技電子產業，員工餐廳經由烹飪排放之餐廳廢氣若未能有效處理而逕行排放，除徒增環境負荷外，餐廳排出之廢氣亦可能經由外氣空調箱流竄進入鄰近廠商之廠房、無塵室，導致污染甚至影響無塵室潔淨度，近年也成為園區內廠商及相關利害相關團體環境溝通陳情主要案件之一。

本研究之餐廳為園區內某公司的附屬中式餐廳，廢氣來源主要有三，其一為油炸類食品，含油煙濃度較高；其二為快炒類，含水分及油類，油霧濃度相對較油炸區低；其三為蒸食類，此類廢氣均為水份受熱所產生之大量水氣。餐廳可開伙爐數 4 座，座位數約 200 個，依環保署餐飲業規模定義屬大型餐廳^[2]，烹飪時間集中於下列四個主要時段（一）早餐 04:30~05:30，平日供餐數量約七十份（二）中餐 10:00~12:00，供餐數量約二百五十份（三）晚餐 16:00~17:00，供餐數量約一百份（四）宵夜 22:00~23:00，供餐數量約九十份。

依據”餐飲業油煙空氣污染物管制規範及排放標準(草案)”^[3]餐飲業之適用對象為：(一)餐飲業：以烘、烤、煎、炒、油炸等烹飪方法處理食材之事業場所；(二)同一公私場所所有用餐座位數 85 個（含）或廢氣總排氣量 80Nm³/min（含）以上之餐飲業；(三)同一公私場所所有用餐座位數 85 個或廢氣總排氣量 80Nm³/min 以下之餐飲業者，因民眾陳情，經主管機關認定有污染之虞者。再者，空氣污染防制法第三十一條第一項第五款已於 96.04.12 明確規定^[4]，餐飲業從事烹飪致散布油煙或惡臭，為我

國空氣污染防制法中明定禁止之空氣污染行為。故本研究事業單位為法規規定必須符合”餐飲業油煙空氣污染物管制規範及排放標準(草案)”及”空氣污染防制法”的管制對象，且對於餐廳排放之廢氣必須顧及鄰近廠商對於無塵室潔淨度及室內空氣品質的嚴格要求；故為符合上述要求及敦親睦鄰之目的，著手進行廚房油煙改善工程。

一般餐飲業油煙處理設備常見之方法有前端處理設備（擋板、濾網、水洗式煙罩）及管末處理設備（濕式洗滌塔、靜電集塵機、活性炭吸附裝置、透析膜芳香劑、紫外線光-臭氧技術等），本研究工廠於排放管道增設一套靜電集塵器為空氣污染防制設備，並於設置完成後，使用雷射粉塵計(TSI 8520 DustTrak Aerosol Monitor)及 Marple Style Personal Cascade Impactors 298 多階衝擊採樣器，於平日晚餐供餐時段或假日午餐供餐時段（供餐份數約為 100 份）【註一】進行廚房油煙廢氣採樣，由實驗結果討論靜電除油煙機之去除效率及污染改善成效。

【註一】：平日為週一~週五；假日為週六~週日、政府機關公告之國定假日及公司彈休、公告休假日。



1.2 研究目的

本研究旨在藉由油煙排放管道之粒狀物監測與採樣，了解靜電油煙機對油煙廢氣之去除效率及其污染量對環境之影響。藉由實驗結果檢討防制設備之保養頻率，有效達到污染物減量及空氣品質改善之目標。本研究主要研究目的說明如下：

1. 討論靜電集除油煙機對於細小微粒 $PM_{1.0}$ 之去除效率。
2. 由靜電集除油煙機對於油煙之控制效率結果，檢視靜電油煙機保養頻率是否合宜。
3. 藉由污染改善之成果，達到符合法規及敦親睦鄰之效果。

第二章 文獻回顧

2.1 餐飲業空氣污染特性及對人體的影響

油煙對於人體首當其衝的影響為「異味」，一般而言異味屬於一種個人的主觀感受，人們對氣味之好惡可能因時、地、心情等而異；就「異味」定義而言，當人體嗅覺某種「氣味」而「感覺厭惡」，該氣味即可認知為廣義之臭味。以化學結構言之，臭味物質之分子多因具剩餘電子，而有刺激人類嗅覺特性，如將此等物質氧化（即奪去其剩餘電子），則可減輕其味道^[5]。就法規面而言，依據環保署 96.08.28 公告明定「異味污染物為空氣污染物」，故排放濃度必須符合固定污染源空氣污染物排放標準。

餐飲業所產生之空氣污染物主要來自爐台於食物烘、烤、煎、炸、煮等料理過程中所產生之空氣污染物質，其過程產生之油煙（Cooking oil fumes；COF）包含上千種以上化合物之混合物，主要特性為：(1)具有明顯氣味，成藍白色煙霧(2)油霧粒徑屬次微米($D_p < 1\mu m$)(3)含揮發性有機物成分(4)富含水氣及黏稠度較高等特性。目前已知產生之污染物可分為粒狀及氣狀污染物二大類，粒狀污染物主要之基因毒物已知有多環芳香烴、硝基多環芳香烴（nitro-polycyclic aromatic hydrocarbons，nitro-PAHs）等化合物。而氣狀污染物則有甲醛、乙醛、丙烯醛及 1,3-丁二烯（1,3-butadiene）等^[5]。

由於國人飲食喜好高溫煎、煮、炒、炸，常用之食用油在 250°C 下攪拌加熱後，所產生之油煙微粒介於 0.15~0.56 μm ，正是容易被吸入肺泡的粒徑。中山醫學院李輝教授(1998)表示，廚房油煙中可能的致癌物質包括異環胺類、多環芳香烴（PAHs）和 DNP（硝基多環芳香烴），此類化合物在香菸中所亦同時被發現^[6]。多環芳香烴化合物係指由兩個至七個苯環所組成之碳氫化合物，屬於半揮發性有機化合物，一般係由碳氫化合物經不完全燃燒或熱解(Pyrolysis)反應所形成，及自二十世紀初 PAHs 始為世人所認知為目前已知環境中最大量具致癌性之單一化學物種，一般常以其濃度作為都

市空氣污染之致癌指標^[7]。

另外，根據以粒狀物進行的動物實驗研究，結果顯示空氣中的粒狀物會影響心跳與血壓，在暴露後平均心跳率及血壓都會降低，油煙可能導致人體的代謝不正常與增加血液凝結，例如干擾了脂質代謝作用或造成血小板聚集，這些為動脈硬化的危險因子。此外，油煙亦可能導致人體的血壓上升，干擾了甲狀腺功能與兒茶酚胺的代謝作用，降低分解纖維蛋白的活性，損壞神經生長調節作用，對心血管系統造成直接的毒害作用^[6]。

廚房油煙的基因毒性已經由國外幾個短期指標實驗測試加以證實^[8]，食物在高溫下化學反應產生的甲醛與丙烯醛會導致呼吸道局部刺激；在高溫熱炒的過程，脂質會以氣膠的方式進入空氣中，當吸入脂質性氣膠會刺激肺部纖維，吸入高濃度的脂質性氣膠會導致脂質性肺癌。根據研究，家中廚房沒有裝設抽油煙機的婦女是加裝抽油煙機的婦女得到肺癌的機率 8.3 倍^[9]，且我國婦女罹患肺癌，與烹調時的油煙有很大的關係，僅二成與吸菸有關，可見得油煙處理設備對於長期負責烹飪的婦女確實可以得到保護效果。

依據中技社(2002)執行環保署輔導計畫針對各類餐飲業所進行之廢氣檢測及油霧粒徑分析統計結果，餐飲業油煙廢氣污染排放特性如表 2-1 所示。由表 2-1 統計資料所示^[10]，中式餐廳油霧之粒徑分佈以 $11.3\ \mu\text{m}$ 以下之細小顆粒為主，約佔 73.5%，粒狀物質濃度主要在 $6.1\sim 17.7\text{mg}/\text{Nm}^3$ 之間，顯示中式餐廳廢氣排放之油煙多具有粒徑分佈廣、粒徑小之特性。表 2-2 中式餐廳乾基排氣量主要分佈於 $36.1\sim 219.3\text{CMM}$ ，油煙平均排放量推估年排放量約介於 $71\sim 368\text{kg}$ ，平均年排放量約 180kg ^[11]。

基於上述，廚房油煙暴露除了對人體呼吸道疾病、肺炎、子宮頸癌、基因毒性等之健康危害，並可能有心血管疾病之危害，因此有必要進行油煙污染的控制及改善，並喚醒大眾對油煙污染的重視。

表 2-1 餐飲業油煙廢氣污染排放特性^[10]

| 項目 | | 類別 | 中式 | 西式 | 速食 |
|----------------------------|-----------|--------------|----------|-----------|---------|
| | | 溫度(°C) | 25.0 | 41.0 | 31.0 |
| 檢測條件 | 含水量(%) | 1.5 | 1.0 | 1.6 | |
| | 油煙粒徑分佈(%) | 小於 0.66 μm | 4.7 | 2.1 | 14.2 |
| | | 0.66~1.07 μm | 13.8 | 3.7 | 8.0 |
| | | 1.07~2.1 μm | 7.7 | 5.8 | 16.9 |
| | | 2.1~3.3 μm | 9.7 | 7.5 | 14.6 |
| | | 3.3~4.9 μm | 16.3 | 11.2 | 15.0 |
| | | 4.9~7.2 μm | 6.6 | 17.0 | 6.6 |
| | | 7.2~11.3 μm | 14.7 | 19.5 | 18.8 |
| | | 11.3 μm 以上 | 13.0 | 33.6 | 5.6 |
| 粒狀物濃度(mg/Nm ³) | | | 6.1~17.7 | 16.7~18.4 | 3.4~5.5 |

表 2-2 各類別餐飲業油煙平均排放量推估^[10]

| 類別 | 餐廳名稱 | 乾基排氣量 (Nm ³ /min) | 排放濃度 (mg/Nm ³) | 每日工作時 間(hr) | 油煙排放量 (kg/年) | 平均排放量 (kg/年-家) |
|------|------|---------------------------------|-------------------------------|----------------|-----------------|-------------------|
| 中式 | A1 | 36.1 | 17.7 | 6 | 84 | 180 |
| | B1 | 158.4 | 6.1 | 6 | 386 | |
| | B2 | 219.3 | 9 | 6 | | |
| | C | 55.4 | 9.8 | 6 | 71 | |
| 西式 | D1 | 163.3 | 18.4 | 6 | 395 | 382 |
| | D2 | 167.5 | 16.7 | 6 | 368 | |
| 速食 | E | 39.2 | 3.4 | 14 | 41 | 69 |
| | F | 70.2 | 4.1 | 14 | 88 | |
| | G | 46.5 | 5.5 | 14 | 78 | |
| 觀光飯店 | H | 39.5 | 2.1 | 6 | 11 | 11 |

2.2 油煙之控制

由於餐飲業廢氣油霧粒徑分佈範圍大，油霧富含水氣及黏稠度高等特性，油煙最佳可行控制技術須考量到餐飲業類型、規模以及經濟之可行性。常見之油煙處理設備，依其設置位置可區分為前端處理設備（擋板、濾網、水洗式煙罩）及管末處理設備（濕式洗滌塔、靜電集塵機、活性炭吸附裝置、透析膜芳香劑、紫外線光-臭氧技術等）。

一般僅以前處理過濾方式之控制效果有限；但若直接以管末控制設備處理者，易導致因處理負荷過大而增加操作維護之困難，故宜同時採用前處理及管末處理設備，以有效防制油煙廢氣之污染，延長處理設備壽命。由於各類油煙處理技術均有其優缺點，需綜合各項資訊及條件，考量最佳可行處理技術。

一般常見餐飲業採行之廢氣處理流程如圖 2-1，前處理裝置與管末處理設備之功能及設置操作成本分析說明如後。

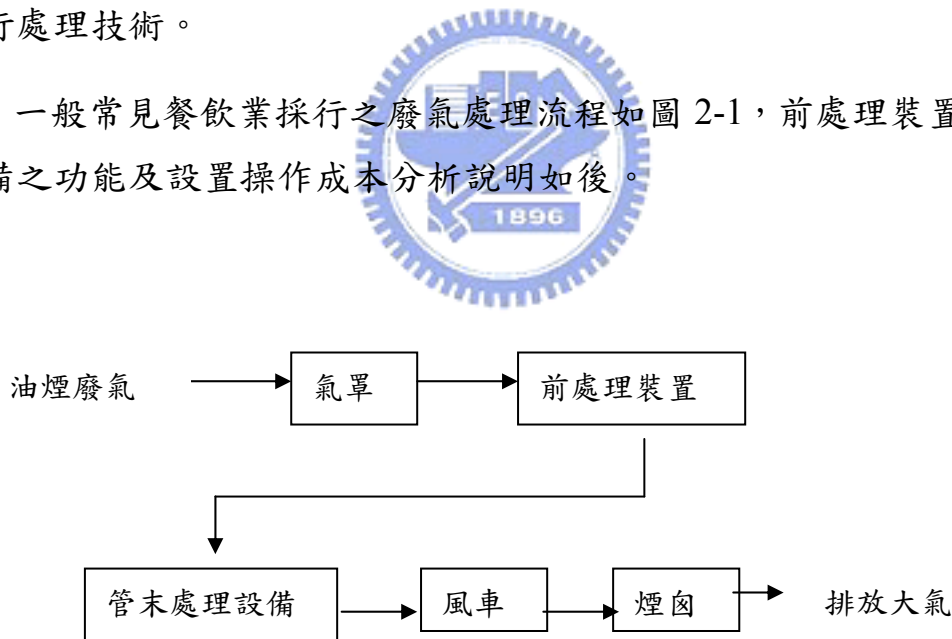


圖 2-1 餐飲廢氣處理流程圖^[12]

2.2.1 前處理備

前處理裝置主要去除大顆粒 ($>10\mu\text{m}$) 之油煙，目的為保護管末處理設備外，並使管末處理設備能夠發揮最之大功效。前處理裝置主要處理型式可分為以下三種，茲分述如下：

i. 擋板分離器

擋板式分離器對於粒狀物之作用為慣性力與衝擊力，主要去除粒徑 $>10\mu\text{m}$ 以上之粒狀物質。其控制效率與氣體流速及粒狀物質大小有密切關係，擋板分離器一般都裝置於爐台正上方集氣罩內，預先去除較大粒徑之油滴粒子，可避免油滴凝附於排氣管道，防止造成阻塞及發生火災。油煙由集氣罩內的馬達吸進集氣罩內，過濾設備如擋板、濾網及吸油棉等裝置於入口處，可將油霧攔截下來，以降低油煙中油霧的含量，其機制如圖 2-2 所示。

由於此法是以物理攔截的方法去除，若沒有定期清洗或更換內部過濾設備，將使去除效率下降。為改善此一情形，目前亦有自動清洗能力之裝置，經常在夜間啟動清洗設備或定期以熱水柱清洗擋板及濾網，可維持設備之去除效率，空間需求視油煙罩大小而定。

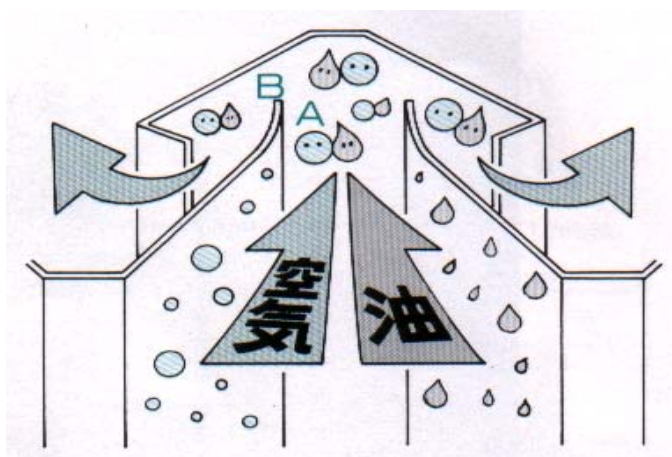


圖 2-2 擋板式油煙分離器去除機制^[11]

ii. 濾網

濾網係指利用纖維、陶瓷、金屬或其他材質經編織方式所結構之濾材，直接攔截油滴粒子，將油份自氣體中分離，有關去除機制如圖 2-3 所示。

使用濾材過濾器處理含油煙廢氣之去除效率取決於過濾材料之編織方式與孔隙率大小，目前餐飲業所採用之濾材多集中為金屬類，其具有高耐溫性、耐磨性及高過濾特性，為一優良之濾材。此外，近來亦有使用陶瓷濾材之產品，使用過濾特性上達到更佳效果。由於濾材過濾器具有低設置成本之優點，故亦為餐飲業者基本應設置之前處理裝置。

一般而言濾網之去除效率較擋板高，油煙去除效率約為 20~40%，調查顯示，風量介於 2,000~14,000m³/hr，設置成本約 1~3 萬元，操作成本在 1,000~10,000 元/年。

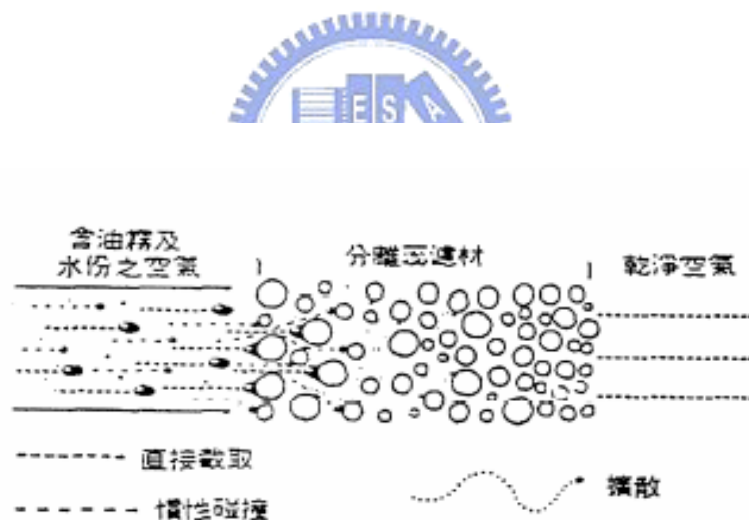


圖 2-3 濾材過濾粒狀物去除機制^[11]

iii. 水洗式油煙罩

利用在廚房集氣罩內裝設多個噴水口，以噴霧滴或噴水注於集油擋板表面等方式，使擋板表面形成一層水幕，當廢氣流經擋板時，與擋板形成撞擊或與微細水滴經重力、慣性力、靜電力及擴散力等作用，而被捕集去除，同時經由集油（水）槽收集後排放，其構造示意如圖 2-4 所示。

此類設備通常作為防制油煙廢氣之前處理裝置，其處理對象係針對油煙粒徑較大 ($>10\mu\text{m}$) 之顆粒；油煙去除效率約為 20~40%，對粒徑較小之油煙粒子則去除效果有限，同時亦有衍生之廢水問題及洩油口等引槽常發生阻塞等可能性，為後續應特別注意之事項。

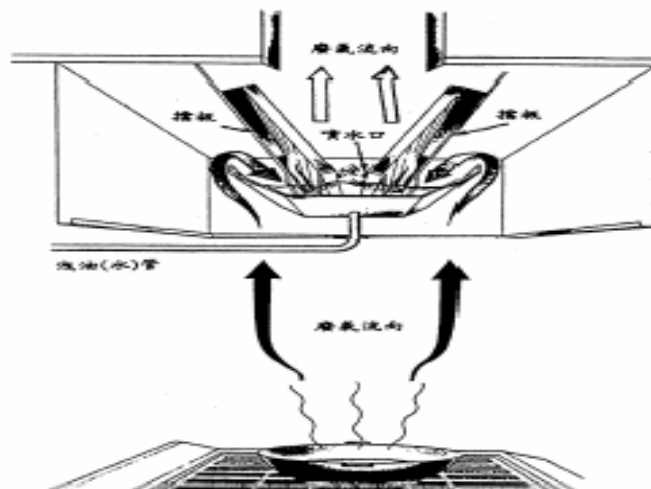


圖 2-4 水幕式除油設備結構^[11]

2.2.2 管末處理設備

雖然前處理裝置可以捕捉食用油受熱蒸散之部分大顆粒，然而細微的油煙無法有效去除，必須同時選擇設置管末之控制設備處理顆粒較小之油煙與異味。目前台灣市面上較普遍採用濕式洗滌塔及靜電機，臭味的部份以活性碳吸附裝置為主流，而紫外光-臭氧（UV-O₃）設備及芳香膜透析法等處理技術雖已商業化，但由桃園縣政府環境保護局“96 年度揮發性空氣污染物調查及管制計畫”期末報告研究^[14]結果，至 96 年底桃園縣已查核之 892 家餐飲業者，未發現有裝設紫外光-臭氧（UV-O₃）及芳香膜此二種污染防制設備之情形。本文茲就上述防制設備型式介紹，分別介紹如下：

i. 濕式洗滌塔

目前餐飲業者廣泛使用之處理設備典型為填充式洗滌塔，原理為氣流中的油煙粒子與水或其他液體接觸後，洗滌液滴或液膜因擴散附著在廢氣中之油煙粒子上，或者增濕於油煙粒子，使油煙粒子凝聚變大，藉重力、慣性力、熱力及靜電力等作用，達到分離去除之目的。而氣態污染物如臭味物質則藉紊流、分子擴散等質量傳送，以及化學反應等現象傳送入液體，達到與進流氣體分離之目的。

濕式洗滌塔對油煙去除效果往往取決於廢氣停留時間、氣液比、藥品添加種類、氣流方向等因子。水洗機受限於安裝空間的限制，若要達到 90% 的去除效果，所需空間至少 4~5 公尺以上的處理長度才足夠，一般廠商提供約為 2.5~3 公尺的長度，處理效果僅有 50~70% 的效果，搭配水洗油煙罩使用達 90~95%，臭味處理能力約 30%~60%。

去除油煙粒子時，若處理氣體的油霧含量太高，則易發生阻塞，故通常處理油煙濃度較小之廢氣，主要收集直徑大於 3 μm 之微粒，以及大部分介於 1~2 μm 之微粒，設備構造如圖 2-5 所示。

由於此法是以水滴攔截的方法去除，所產生之廢水需加以處理，使油水分離，才能將廢水排至下水道中。加上水洗機需要定期清洗，但龐大的體積

所需花費的清理時間太長、所需清洗的零件過多，如濾網、擋水板、箱體、水管、水槽、噴嘴頭，都是很難處理。所以因為保養不易，所以內部越積越髒，除油效率也越來越低。通常使用一年後，效率已不到 30%。某些製造廠商為了降低成本，採用鍍鋅板材質為本體，使用二年後即損壞，正確材質應為不鏽鋼板，而不鏽鋼板材質製造的水洗機費用與 UVC 設備費用相當，並沒有較節省，加上無法有效去除臭味，實際的應用已逐被取代。

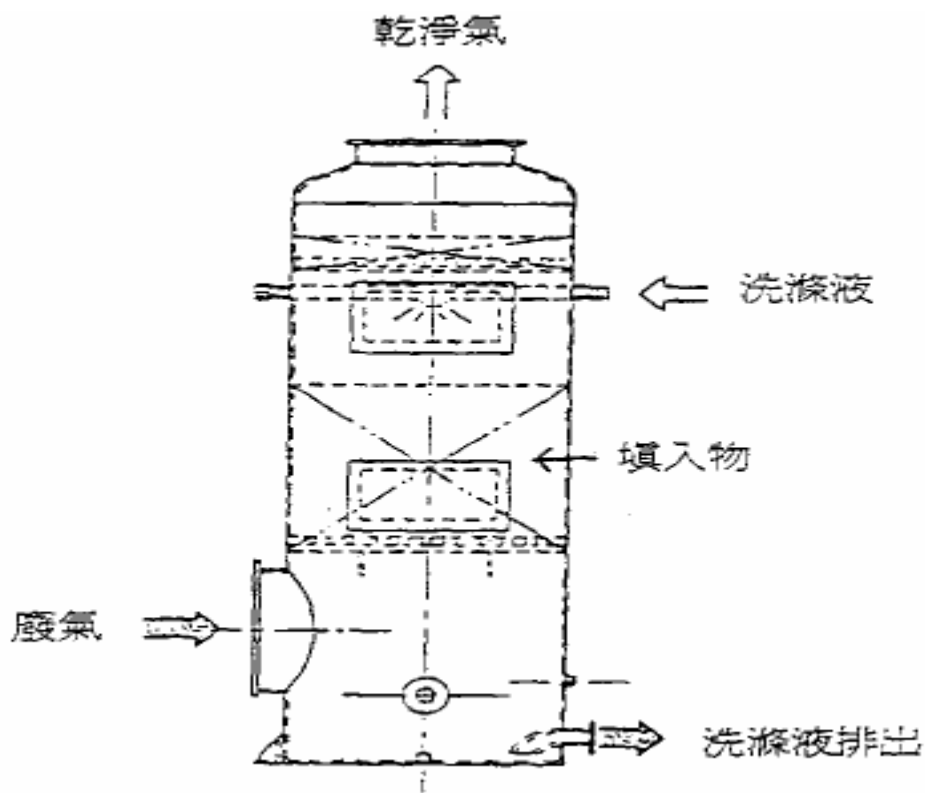


圖 2-5 填充式洗滌塔^[11]

ii. 靜電集塵機

靜電集塵器 Electrostatic Precipitator 簡稱 E.P 或稱 E.S.P，其處理原理乃基於電荷異性相吸引之原理，利用陰極放電使油滴帶電而被具電荷相反之集塵板因靜電吸引而去除，控制原理如下圖 2-6 所示。

油煙靜電集塵機一般裝置於前處理設備之後與排放口前，油煙經集塵罩內的馬達吸引，進入處理設備。一般靜電集塵機之放電電極與收集板間具有 10~100 千伏特之電位差，使氣體離子化，在此離子化區域內，具有非常大量的正、負離子，引起發光或電暈 (corona)。當廢氣流通過電極間之區域時，油滴粒子即經由離子撞擊帶電而移向具相反電性之收集電極。換言之，收集機制之第一步驟為氣體離子化，第二步驟為使氣流中之油滴粒子帶電，第三步驟為油滴粒子撞擊至收集電極板而被收集。收集電極附近氣體之部分電力中斷造成可見藍色之放電現象稱為電暈或電暈放光。理論上，分離帶電粒子的電子與粒子帶電量及收集電場強度之乘積成正比。此電力的大小，就比重為 0.1~1 微米粒子而言，為重力之 3000 倍；就比重為 1~10 微米粒子而言，為重力之 300 倍，此為靜電集塵機高效能與高效率之原因。一般靜電集塵機對油滴粒子之去除效率可達 65~95%，臭味去除率亦可達 40~60%，且收集粒徑可小至 0.1 μm 。

為預防靜電集塵機處因放電產生火花而造成火災危害，因此目前市售處理油煙廢氣之靜電集塵機在設計上多採用低電壓 (<15,000 伏特) 方式；同時為減少收集板油垢累積而影響除油效率，多於集塵室前裝置過濾器，部分產品於內部集塵板亦設有自動清洗設備，可自動洗淨。例如於內裝噴水管利用清潔劑定期噴霧清洗，或於收集板上裝設熱風管吹除或設置刮刀定期刮除油垢等。靜電機收集板必須經常清理，否則長期使用時將導致極板積油降低處理效果，且極板隨時可能因過多油污而造成短路而損壞，修復需花費龐大。

圖 2-7 靜電集塵機內部構造。近年來由於設置成本下降，且無二次廢液污染問題，操作簡單處理效果佳、佔地面積小、風車馬力需求小，加上操作成本遠低於濕式洗滌塔，已有有逐步取代傳統濕式洗滌塔之趨勢。

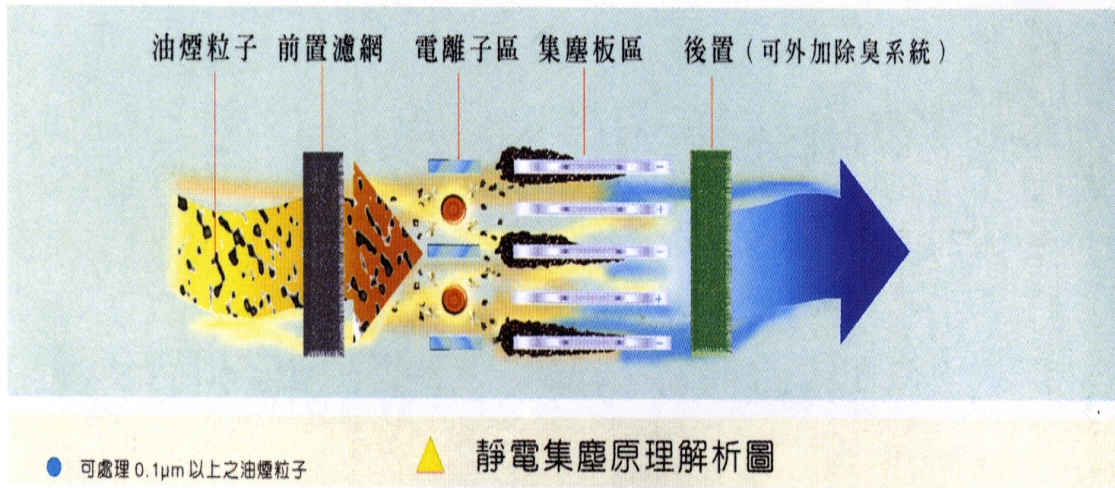


圖 2-6 靜電集塵控制原理^[13]

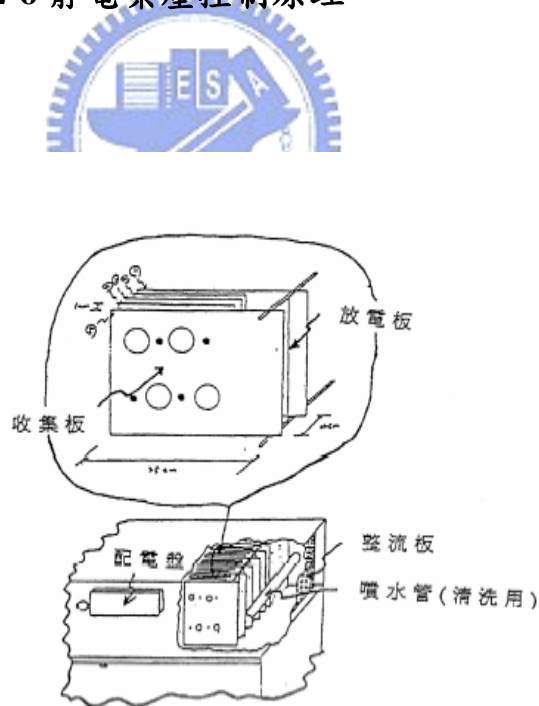


圖 2-7 低電壓靜電集塵機內部構造 (內裝自動清洗裝置)^[11]

iii. 活性炭吸附設備

活性炭粒子具有很大的吸附表面積，可吸附帶有氣味的化合物，因此被廣泛應用於清除氣味及揮發性有機化合物之用途。此外，活性炭過濾器去除油煙的效能則是取決於油煙溫度、溼度及吸附劑的厚度。當活性炭吸附污染物量達飽和時，則需要將活性炭蒸汽再生處理或更換新的活性炭，以維持活性炭過濾器的效能。

吸附設備用於去除油煙氣味，安裝於水洗機或靜電機後，其乃由數層粒狀活性炭所填充之織網串聯所構成，於排煙管內水平方向佈設。當排煙裝置啟動時，粒狀活性炭於織網內呈飄浮狀態，藉以增加其與油煙接觸面積，提昇吸附效果。

iv. 紫外光-臭氧 (UV-O₃)

利用紫外線光與空氣中氧反應產生臭氧，以去除油脂及其氣味。一般而言，紫外線依波長分為 A、B、C 類，UVA 波段範圍介於 315-400nm 間，UVB 波段範圍介於 280-315nm，UVC 波段範圍介於 100-280nm。由於紫外線 C(UVC) 具最短的波長與最高的穿透力及能量，因此最適合用來殺菌作業或分解油煙，且低於 200nm 波長以下的紫外光照射下會有臭氧生成，由於臭氧具有強氧化力，亦可提昇油煙分解及除臭功能，在燈箱前及燈箱之後抽取空氣樣品，量測其懸浮油粒子的去除率可達 90% 以上。操作維護方面，需一週至一個月擦拭燈管一次即可。

該設備在台灣推廣之初價格一直高居不下，由於產品目前已有實際市場應用經驗，且效果良好，業者產量佳致價格有降低趨勢。目前價格大約與不鏽鋼製水洗機及靜電設備相當，以 4500cfm 設備為例，整體造價大約為 20~30 萬元左右。UVC 二次公害少，一般為了有效提升 UVC 除臭能力、降低燈管維護保養率，通常 UVC 前端會再選用水幕式煙罩作為除油設備。

v. 芳香膜透析法

透析膜芳香劑乃藉由透析膜芳香劑之香味來中和廢氣臭味，臭味處理能力在 20~40%，在保養方式約 2~3 個月更換 1 次。設備成本約 4~8 萬，操作維護成本約 2 萬元/年。

vi. 整體比較

本研究彙整各前處理裝置與管末處理設備之功能及設置操作成本，分析如下表 2-3 所示。



表 2-3 防制設備建置與維護成本分析^{[2][3][14]}

| 處理設備 | 濾網 | 擋板 | 水洗煙罩 | 濕式洗滌塔 | 靜電集塵器 | 活性炭吸附塔 | 透析膜芳香劑 | 紫外線光-臭氧 |
|---------------|-----------------------------------|-------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| 處理原理 | 利用直接攔截油滴粒子 | 利用慣性撞擊去除粒狀物 | 利用水霧去除油霧粒子 | 利用氣體與液體間的接觸，把氣體中的污染物傳到液體中，再將清潔的氣體與被污染的液體分離，達到清淨空氣的目的。 | 利用陰極放電始油滴帶電而被具電荷相反之集塵板因靜電吸引而被收集 | 利用活性炭網或活性炭粒子吸附臭味物質 | 由透析膜芳香劑產生之氣未中和廢氣味道臭味物質 | 利用子外線光與空氣中氧反應產生臭氧分解油脂及臭味 |
| 油煙處理效率 | 20%~40% | 20%~40% | 20%~60% | 50%~90% | 65%~95% | | | 80%~90% |
| 臭味處理效率 | 10%~20% | 10%~20% | 10%~20% | 30%~70% | 40%~60% | 60%~90% | 20%~40% | 70%~90% |
| 4,500CFM 設置成本 | 3,500 NTD/m | 3,500 NTD/m | 16,000~17,000 NTD/m | 100,000~15,0000 NTD | 160,000~23,2000 NTD | 約 2~3 萬元(7 層) | 約 4~8 萬元 | 約 20~30 萬元 |
| 4,500CFM 操作費用 | 約 5,000 元/年 | 約 5,000 元/年 | 約 5,000 元/年 | 約 6 萬元/年 | 1.8~3.6 萬元/年 | 3.6 萬元/年 | 2 萬元/年 | 約 6 萬元/年 |
| 二次污染 | 濾材、廢水 | 濾材、廢水 | 廢水 | 廢水、噪音 | 廢水 | 濾材 | 芳香劑 | 無 |
| 使用限制 | 效率有限 | 效率有限 | 效率有限 | 操作不易 | 需定期維護 | 需定期更換材料 | 效果不佳 | 操作技術高 |
| 4,500CFM 空間需求 | 視煙罩大小而定 | 視煙罩大小而定 | 視煙罩大小而定 | 1.0m(L) 1.8(W) 1.0(H) | 2.0m(L) 3.0(W) 2.0(H) | 1.0m(L) 1.0(W) 1.5(H) | 1m ² ~2m ² | 氣罩上方 0.9(H) ² |
| 保養方式 | 每週清洗二次，陶瓷濾網清洗較佳，頻率為二天清洗一次，採用片鹼清洗。 | 每週清洗二次 | 需定期清理或換循環水。(視品牌不同頻率不一，約一天至一個月換新水一次；7 天至一個月加一次藥) | 需定期清理或換循環水及加藥量 | 需定期清理電極板。(一般約每週一次；有裝設過濾裝置或水洗油煙罩者，一個月乾洗一次；有自動裝置者，三個月清洗一次) | 一般約二至三個月更換一次 | — | 約一個月擦拭一次燈管 |

2.3 餐飲廢氣管制相關法規

與餐飲業污染排放相關之環保法規分別有：空氣污染防制法(95.05.30)、空氣污染行為管制執行準則(91.12.11)、水污染防治法(91.05.22)、廢棄物清理法(95.05.30)、噪音管制法(92.10.15)、餐飲業油煙空氣污染管制規範及排放標準(草案)。茲就空氣部份之法規分述如下：

i. 空氣污染防制法(95.05.30 修正發布)

空氣污染防制法第二十條第一項規定污染源排放空氣污染物應符合排放標準，公私場所違反第 20 條第一項者，處新台幣二萬元以上二十萬元以下罰鍰；其違反者為工商廠、場，處新台幣十萬元以上一百萬元以下罰鍰(第 56 條)。

第三十一條規定，在各級防制區內，不得有餐飲業從事烹飪，致散布油煙或惡臭之行為。違反第 31 條第一項各款情形之一者，處新台幣五千元以上十萬元以下罰鍰；其違反者為工商廠、場，處新台幣十萬元以上一百萬元以下罰鍰(第 60 條)。

ii. 空氣污染行為管制執行準則(91.12.11)

空氣污染行為管制執行準則(91.12.1)第九條規定，主管機關執行本法第三十一條第一項第五款之行為管制時，除確認污染源有散佈油煙或產生惡臭之行為外，並應確認其符合下列情形之一：(一)未裝置油煙或惡臭收集及處理設備。(二)雖裝置收集及處理設備，但油煙惡臭或惡臭未被完全有效收集及處理。

iii. 餐飲業油煙空氣污染管制規範及排放標準(草案)

餐飲業油煙空氣污染物管制規範及排放標準(草案)名詞定義，以烘、烤、煎、炒、油炸等烹調方法處理食材之事業場所，即為餐飲業。凡是符合下列情形之一：(一)同一公私場所所有用餐座位數 85 個(含)或廢氣總排氣量 $80\text{Nm}^3/\text{min}$ (含)以上之餐飲業；(二)同一公私場所所有用餐座位數 85 個或

廢氣總排氣量 $80\text{Nm}^3/\text{min}$ 以下之餐飲業者，因民眾陳情或經主管機關認定有污染之虞者，皆為本標準適用對象，必須安裝空氣污染防制設備。其污染防制設施性能與要求之相關規定，其標準發佈前已設立之餐飲業，應自發佈日一年起符合本標準規定。【附錄二】

iv. 公告空氣污染行為

96 年 10 月 1 日起「從事烹飪將烹飪廢氣逕行排放至溝渠中，致產生油煙或惡臭者，為空氣污染行為。」(中華民國 96 年 4 月 12 日環署空字第 0960027294 號公告)



第三章 實驗方法

本研究使用 TSI 公司生產的直讀型儀器 DustTrak 於中式餐廳之油煙廢氣排放管道進行微粒監測，研究靜電除油煙機去除效率。並輔以 Tisch Environmental 公司生產的 Marple Style Personal Cascade Impactors 298 同步進行微粒粒徑分佈採樣，並比較兩種儀器之結果。

3.1 監測及採樣方法概述

本研究採用之 TSI 8520 DustTrak Aerosol Monitor 雷射粉塵計式，如圖 3.1 所示，為實驗進行之主要儀器。採樣前以皂泡流量計校正流量後，並將讀值歸零，即可帶至採樣現場，將 DustTrak 放置於煙道採樣口量測，如圖 3-3 所示，直接讀出油煙排放管道微粒之質量濃度(單位： mg/m^3)。



圖 3.1 TSI 8520 DustTrak Aerosol Monitor 雷射粉塵計^[15]

本研究輔以 Tisch Environmental 公司生產的 Marple Style Personal Cascade Impactors 298 多階衝擊採樣器，如圖 3.2 所示，同時與 DustTrak 採集排放管道環境中之微粒，並計算微粒之質量濃度分佈，如圖 3.3 所示。多階衝擊採樣器需搭配個人採樣泵使用，以提供一穩定的採樣流量，採樣時將多階衝擊採樣器放置於煙道採樣口，再接於個人採樣器，並以皂泡流量計校正流量後，即可進行煙道採集。同時使用 DustTrak $\text{PM}_{2.5}$ 與 Marple

impactor 採樣前，需先將靜電除油煙機之電源及水洗式油煙罩之供水閥關閉，針對靜電除油煙機開啟及關閉狀態下各量測 30 分鐘左右。包含洗鍋、預熱、蒸、煮、炒、炸等所有烹調過程，共約 1 小時。

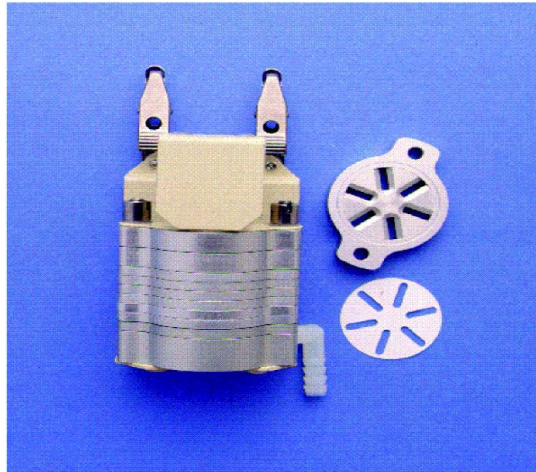


圖 3.2 Marple Style Personal Cascade Impactors 298 多階衝擊採樣器 [16]

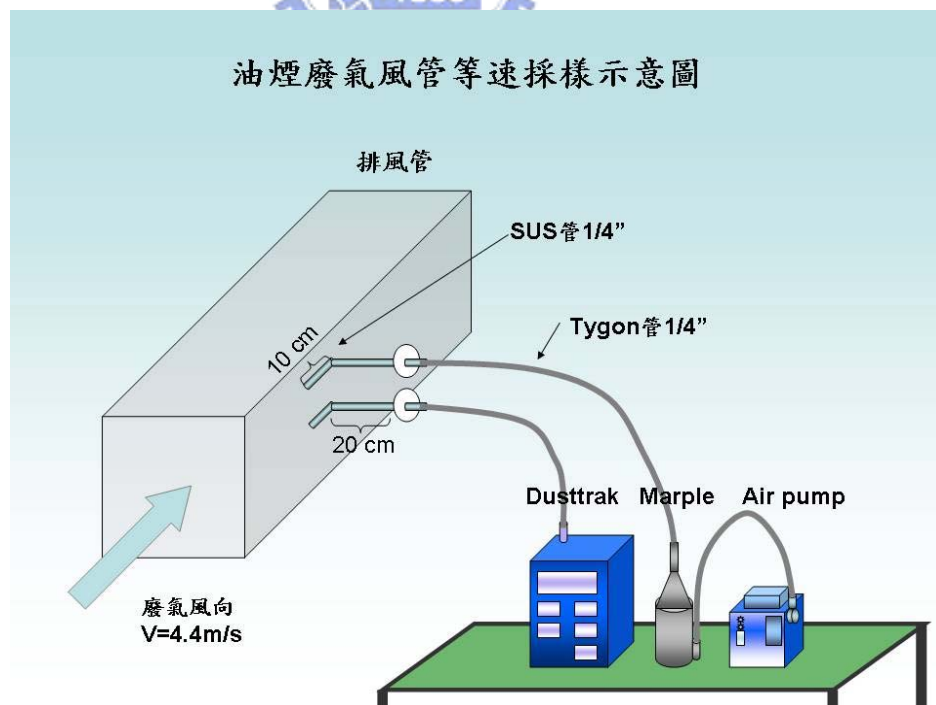


圖 3-3 油煙廢氣等速採樣示意圖

3.2 實驗器材

本研究所採用之設備與器材規格列舉如下：

i. TSI 8520 DustTrak Aerosol Monitor (雷射粉塵計)

TSI 8520 DustTrak Aerosol Monitor (雷射粉塵計) 監測排放管道環境中油煙廢氣質量濃度，第一階段 97.04.20~97.08.30 使用 DustTrak PM_{1.0}；第二階段實驗 DustTrak 與 Marple impactor 比對使用 PM_{2.5}impactor。

本粉塵計採樣流量設定為 1.7 LPM，DustTrak 內部構造如圖 3-4，其規格如表 3-1 所示。DustTrak 取樣管使用 Tygon 管，因為微粒在輸送過程中所造成的損失可能不利於取樣的精確性，所以現場取樣時不可使用超過 4 尺的取樣管，也不可使用 Teflon 或 Silicone 管。

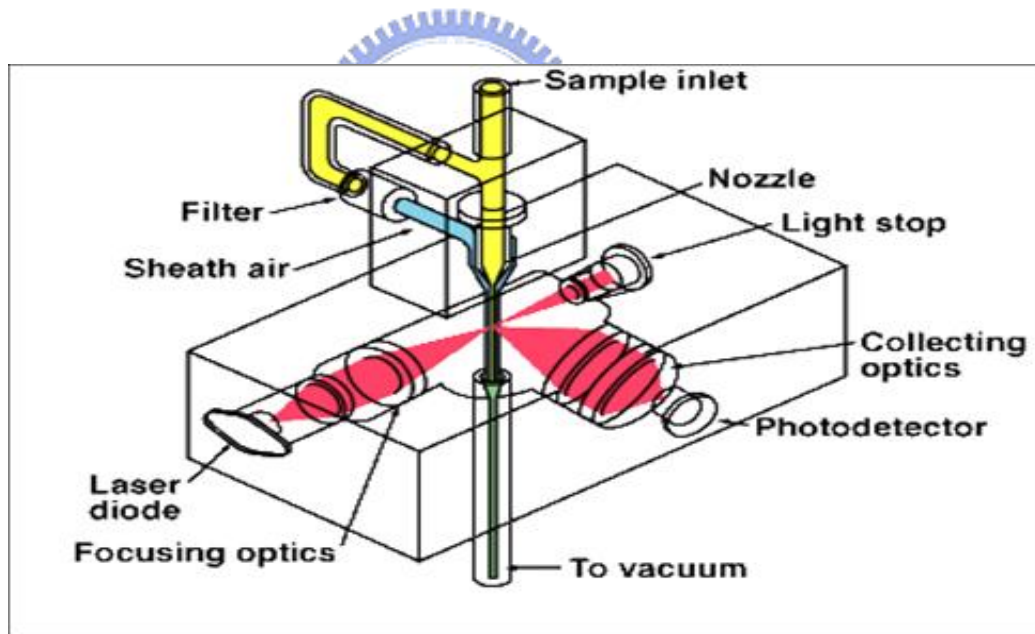


圖 3-4 DustTrak 內部構造^[15]

表 3-1 TSI DustTrak Aerosol mass monitor 規格表^[17]

| | |
|------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 測定原理 | 90度雷射光散射式，直接即時粉塵濃度量測。 |
| 量測範圍 | (1) LCD直讀0.001 ~ 100 mg/m ³ (校正至ISO 12103-1)。 (2)可量測0.1~10 μm粉塵 |
| 操作流量 | 可調整1.4至2.4 L/min。 |
| 操作溫度 | 0至50°C。 |
| 時間常數 | 1至60秒可調整。 |
| 記錄能力 | 可記錄31,000以上資料點，記錄間隔可調整。 |
| 警報輸出 | 設定點0.010 ~ 100 mg/m ³ 可調整。 |
| 電源 | 鹼性電池或充電電池，可連續使用16小時，具交流供電轉換器。 |
| 重量 | 含電池1.5公斤以下(含)。 |

ii. Marple Style Personal Cascade Impactors 298 多階衝擊採樣器

Marple多階衝擊採樣器 (Marple Personal Cascade Impactor, Model 298, Skc Inc., Eighty Four, PA, USA)如圖3.2所示，共有八階和一個終端濾紙，第一至八階的截取氣動直徑分別為21.3、14.8、9.8、6.0、3.5、1.55、0.93和0.52 μm，控制總流量為2.0 L /min，採樣之截取氣動直徑規格如表3-2所示，Marple Style Personal Cascade Impactors使用到器材清單如下：

1. 濾紙：採用PVC Filter media, 5 micron pore size, 直徑34mm。
2. 個人採樣泵(personal pump)：使用型號為Gillian Gilair-3個人採樣泵(personal pump)。幫浦(pump)需有一個恆定輸出的流量，且此流量不會隨著終端濾紙(backup filter)的微粒負荷量(particle loading)加大造成採樣壓損(pressure drop)上升而受到影響。
3. 皂泡式氣體流量校正計：型號為Gilian P/N D800288，用於校正個人採樣泵之流量。
4. 微量天平：微量天平(Model M3P-000V001, Sartorius Corp., Bradford, MA, Germany)，秤重可精準至1 μg。

5. 濾紙調理用恆溫恆濕箱：用於調理濾紙使之處於相同之溫濕度下。
6. 金屬管：採樣時連結Marple採樣器與個人採樣泵，並於校正時連接校正計以進行流量校正。
7. 超音波清洗器：本研究採用Branson B8510-DTH型，其槽體尺寸為495.3×279.4×152.4 mm，槽體容量為5.5gal，輸出功率為250 watt。主要用於清洗Marple Impactors採樣器，及用於採樣時連結Marple採樣器與個人採樣泵之Tygon管。



3.3 採樣前之準備工作

在進行現地之採樣工作前，對採樣設備先行流量校正，濾紙之調理、分組、編號，並量測採樣前的重量加以記錄，Marple Impactors 與濾紙的組裝，皂泡流量計、個人採樣器及外接之可充電電瓶則進行整備，待所有細節均準備齊全，即進行爾後之現地採樣。

3.3.1 濾紙之整備

Marple Impactors 皆使用直徑為 34mm 的濾紙作為採樣用濾紙，每次採樣秤重前都需事先將採樣濾紙編號，濾紙編號的方式與採樣時間、何種採樣器及其編號、濾紙材質等，如下例所示。

例一：971207Ma1 即 97 年 12 月 7 號現地採樣使用 Marple Impactor 中的第一階濾紙。

例二：971207MaLB 即 97 年 12 月 7 號採樣使用的實驗室空白濾紙。

例三：971207MaFB 即 97 年 12 月 7 號採樣使用的現場空白濾紙。

Marple 個人採樣器所使用的濾紙與空白標準濾紙（實驗室空白 Laboratory Blank 和現場空白 Field Blank）在秤重之前（採樣前與採樣後 before and after sampling）需要靜置於除濕箱調理 24 小時（RH=40±3 °C 和 T=20±2 °C 之間），在密閉的天平室內同時使用除濕機和冷氣機，來控制溼度和溫度以利進行濾紙的秤重程序。

美國 USEPA 建議 PM_{2.5} 濾紙於秤重時要控制的環境平均溫度在 20~23 °C，24 小時內溫度控制±2°C，環境平均溼度 30~40%，24 小時內濕度控制±5%^[18]，須在此範圍下選定一個溫溼度條件來進行秤重。本研究將採樣前後的濾紙秤重環境條件控制在 RH=40±3 °C 和 T=20±2 °C 進行濾紙與空白標準濾紙(實驗室空白和現場空白)分別秤其初重(W)，濾紙與空白標準濾紙(實驗室空白和現場空白)PVC 濾紙秤重前先除靜電，連續秤重五次的秤值標準

偏差需控制在 $10 \mu\text{g}$ 以內，且同一濾紙與空白標準濾紙(實驗室空白和現場空白)在相同溫溼度下於不同天的稱值標準偏差為 $10 \mu\text{g}$ 以內。

此外，需將濾紙與空白標準濾紙各取一張永久置於乾燥箱中，作為實驗室秤重標準檢查濾紙。並將稱重結果記錄於 Marple Personal Cascade Impactor 濾紙秤重記錄表中(表 3-2)。外出採樣時，需攜帶一張現場空白濾紙，作為採樣標準檢查濾紙。用以測定實驗室之溫度計，其測定範圍至少為 10 至 30°C ，準確至 1°C 。實驗室內之溫度應每日記錄，使用天平時於每次稱量前執行零點檢查，每個月以經校正之標準砝碼執行刻度校正，每六個月以經校正之標準砝碼執行重複校正。

3.3.2 Marple impactor 之整備

Marple impactor 一至八階使用直徑為 34mm 的 PVC 濾紙 (PVC filter media, $5\mu\text{m}$ pore size, 34mm slotted)，終端濾紙使用直徑為 34mm PVC 濾紙 (slotted, pore size $5\mu\text{m}$, Pall Corp.)，搭配濾紙支撐夾以防止濾紙因為真空度太高而在採樣過程中產生破裂。另外採樣前後，應將 Marple Impactor 每階拆卸下來，然後放置於充滿 DI Water 的超音波槽內震盪直到洗淨為止。並準備與採樣管連接之 Marple Impactor 金屬上蓋，其設計圖如圖所 3-5 示，讓油煙廢氣捕集置 Marple Impactor 內。

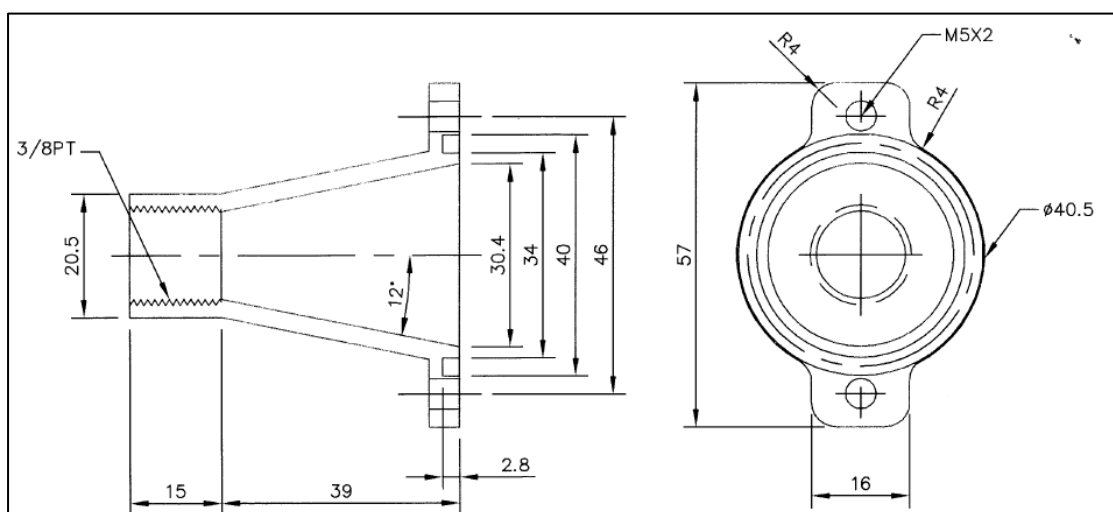


圖 3-5 Marple Impactor 金屬上蓋設計圖

表 3-2 Marple Personal Cascade Impactor 現場採樣記錄表

| Marple現場採樣記錄表 | | | | | | | | | | 操作者： |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| 實際採樣流量 Actual Flow Rate | LPM | | 採樣環境壓力 | | mmHg | | | | | |
| 採樣地點 | | | 採樣環境溫度 | | °C | | | | | |
| 採樣開始 日期/時間 | | | 採樣時間 Δt | | hr | | | | | |
| 採樣結束 日期/時間 | | | | | min | | | | | |
| 實際採樣體積 $V_{std} = m^3$ | | | | | | | | | | |
| 空白濾紙重： $W_1 = _, W_2 = _, W_3 = _, W_4 = _, W_5 = _, W_6 = _, W_7 = _, W_8 = _, W_9 = _, W_F = _,$ Lab. Blank = $_,$ Field Blank = $_ \quad \quad \quad$ 單位:mg | | | | | | | | | | |
| coating後濾紙重： $W_{i1} = _, W_{i2} = _, W_{i3} = _, W_{i4} = _, W_{i5} = _, W_{i6} = _, W_{i7} = _, W_{i8} = _, W_{i9} = _, W_{iF} = _$ Lab. Blank = $_ \quad \quad \quad$ 單位:mg | | | | | | | | | | |
| 採樣後濾紙重： $W_{f1} = _, W_{f2} = _, W_{f3} = _, W_{f4} = _, W_{f5} = _, W_{f6} = _, W_{f7} = _, W_{f8} = _, W_{f9} = _, W_F = _,$ Field Blank = $_ \quad \quad \quad$ 單位:mg | | | | | | | | | | |
| 微粒淨重 $W_n = W_f - W_i$ $W_{n1} = _, W_{n2} = _, W_{n3} = _, W_{n4} = _, W_{n5} = _, W_{n6} = _, W_{n7} = _, W_{n8} = _, W_{n9} = _, W_F = _$ Field Blank = $_ \quad \quad \quad$ 單位:mg | | | | | | | | | | |
| 各階濃度 $(C_1 \sim C_{AF}) = W_n / V_{std}$ $C_1 = _, C_2 = _, C_3 = _, C_4 = _, C_5 = _, C_6 = _,$ $C_7 = _, C_8 = _, C_9 = _, C_F = _$ Lab. Blank = $_,$ Field Blank = $_ \quad \quad \quad$ 單位: mg/m^3 | | | | | | | | | | |
| 階 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | After Filter |
| Cut (μm) | 50 | 21.3 | 14.8 | 9.8 | 6.0 | 3.5 | 1.55 | 0.93 | 0.52 | 0.1 |
| 濾紙 編號 | 971214 Ma1 | 971214 Ma2 | 971214 Ma3 | 971214 Ma4 | 971214 Ma5 | 971214 Ma6 | 971214 Ma7 | 971214 Ma8 | 971214 Ma9 | 9712147MaF |
| 備註： | | | | | | | | | | |
| 審核者： | | | | | | | | | | |

表 3-3 Marple Personal Cascade Impactor 濾紙秤重記錄表

| Marple Impactor採樣前後濾紙秤重記錄表 | | | | | | 秤重者: _____ | | | | |
|----------------------------|------|---------|---|---|---|-----------------------|---|----|---|----------|
| 秤重環境溫度: _____ °C | | | | | | 空白濾紙秤重日期: _____ | | | | |
| 秤重環境溼度: _____ % | | | | | | Coating調理後秤重日期: _____ | | | | |
| 採樣調理後秤重日期: _____ | | | | | | | | | | |
| Dp ₅₀ (μm) | 濾紙編號 | 次 採樣 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均 | σ | 重量 差異 |
| 50 | | 前 | | | | | | | | |
| | | coating | | | | | | | | |
| | | 後 | | | | | | | | |
| 21.3 | | 前 | | | | | | | | |
| | | coating | | | | | | | | |
| | | 後 | | | | | | | | |
| 14.8 | | 前 | | | | | | | | |
| | | coating | | | | | | | | |
| | | 後 | | | | | | | | |
| 9.8 | | 前 | | | | | | | | |
| | | coating | | | | | | | | |
| | | 後 | | | | | | | | |
| 6.0 | | 前 | | | | | | | | |
| | | coating | | | | | | | | |
| | | 後 | | | | | | | | |
| 3.5 | | 前 | | | | | | | | |
| | | coating | | | | | | | | |
| | | 後 | | | | | | | | |
| 1.55 | | 前 | | | | | | | | |
| | | coating | | | | | | | | |
| | | 後 | | | | | | | | |
| 0.93 | | 前 | | | | | | | | |
| | | coating | | | | | | | | |
| | | 後 | | | | | | | | |
| 0.52 | | 前 | | | | | | | | |
| | | coating | | | | | | | | |
| | | 後 | | | | | | | | |
| <0.1 | | 前 | | | | | | | | |
| | | 後 | | | | | | | | |
| | | 後 | | | | | | | | |
| Lab. Blank | | 前 | | | | | | | | |
| | | coating | | | | | | | | |
| | | 後 | | | | | | | | |
| Field Blank | | 前 | | | | | | | | |
| | | 後 | | | | | | | | |

備註:
審核者:

3.3.3 皂泡流量計與個人採樣器之準備工作

皂泡流量計在進行現場採樣前後，採樣設備皆經由皂泡計之一級校正而讀取正確之採樣流量，故皂泡計於採樣前必先完成充電及皂泡液補充，以使採樣工作能順利進行。皂泡式流量計適用範圍須涵蓋較低流量 PM_{2.5} 採樣器之實際流量，此流量計應每年定期與標準流量計比對，測值差異應在±1% 以內。

個人採樣泵作業環境用之個人採樣器，於採樣時係利用個人採樣泵本身之蓄電池為電源供應來源，因此採樣時間會受電源供應之限制。在本研究中，單以個人採樣泵之蓄電池為電力來源，與矽膠管及吸收瓶連接時，採樣時間約可持續 10~12 小時。由於本研究所需之採樣時間最長約為 1 小時，因此不需要再外接電瓶以提供電源，在現場採樣前，相關電源之供給都已事先備妥。

3.3.4 TSI DustTrak 之整備

在進行現場採樣前，需確認電池之容量或更換 DustTrak 之電池，並確認內建之記憶體內有足夠之容量儲存量測的數據，若記憶體不足時則須先將有用之數據下載至個人電腦後將 DustTrak 之記憶體加以清空，以使採樣工作能順利進行。現場部分，採樣器需完整、外觀無損壞、儀器型號確認為 1.0 μm 及 2.5 μm 採樣頭，如無法滿足需求，則不得使用該採樣器。

3.4 採樣流程與實驗室處理程序

3.4.1 採樣流程

本研究廢氣採樣地點為新竹科學工業園區某電子零組件廠廚房油煙排放管道進行採樣之工作。採樣當天將採樣所需之 DustTrak、個人採樣器、皂泡流量計及連接管線運送至採樣現場後，隨即至採樣點進行組裝。

使用 DustTrak 監測前，先以皂泡流量計校正流量，以確保採集所得之氣體流量正確。在採樣結束後，再以皂泡流量計測量流量並加以記錄，前後流量誤差值在 10% 以內其採樣所得之樣本為可接受。

接著以 Dusttrak 量測未烹煮前之煙道背景值，此時背景值應與之前量測之背景值相近，意即應低於 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ ，若大於此數值，則應確認煙道以及靜電機是造成異常之原因，並加以排除才能繼續量測。若為當時之大氣環境高於此背景值，則待大氣環境背景值低於 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ 時，才繼續量測。

使用 Marple impactor 採樣當天先確認乾淨、待置入採樣器的濾紙並無破損，如有破損必須更換好的濾紙。用鑷子將濾紙置入濾紙拖盤中在濾紙拖盤上各有一個 O-ring，可以讓採樣器不會從此處漏氣，所以一定要檢查 O-ring 是否還在且無損壞。在採樣開始前，先以皂泡流量計校正 Marple impactor。在採樣結束後，核對各採樣器編號，再以皂泡流量計測量流量並加以記錄，前後流量誤差值在 10% 以內其採樣所得之樣本為可接受，至於採集樣品後之 Marple impactor 氣體入出口兩端應立即以蓋子將兩端蓋上，而後再將樣品運送回實驗室處理，運送過程中避免外在環境所可能帶來的污染。避免強力搖動 Marple impactor 之存放或倒置而導致誤差。

由於靜電除油煙機入口處採樣困難，因此於連續烹飪作業期間以關閉靜電除油煙機管末量測的數據作為靜電除油煙機入口濃度，如此便能計算實際靜電除油煙機之處理效率。靜電除油煙機之電源與鼓風機為分開的，因此當關閉靜電除油煙機之電源時不會影響鼓風機之運作。

3.4.2 數據處理

Marple Impactor 採樣結束後馬上將濾紙從採樣器中取出，於當日送回實驗室，小心取下濾紙置入溼度平衡箱中，以避免濾紙放置過久被污染，進行一天之調理工作，稱濾紙之末重(W_f)。計算採樣結果。

在執行末重(W_f)稱重之前 我們將稱重環境條件控制在相同環境溫濕度下即 $RH=40\pm 3\%$ 與 $T=20\pm 2\%$ 進行濾紙與空白標準濾紙(實驗室空白和現場空白)分別稱其末重(W_f)，濾紙與空白標準濾紙(實驗室空白和現場空白)連續稱重五次的稱值標準偏差需控制在 $10\mu g$ 以內，且同一濾紙與空白標準濾紙(實驗室空白和現場空白)在相同溫溼度下於不同天的稱值標準偏差為 $10\mu g$ 以內。並將稱重結果記錄於 Marple Personal Cascade Impactor 濾紙稱重記錄表(表 3-3)中。最後將稱重資料記錄於 Marple Personal Cascade Impactor 現場採樣記錄表，計算所收集之每階微粒淨重以及每階微粒質量濃度。

每階質量濃度由所收集粒徑範圍微粒之總重量除以採集之空氣總體積，並表示為每立方公尺中所含之毫克數(mg/m^3)。每一階微粒質量濃度 M 可依下式計算：

$$M = (W_f - W_i) / V \quad \text{其中} \quad (\text{公式 3-1})$$

M : 質量濃度， mg/m^3

W_f, W_i : 收集每階微粒濾紙之末重及初重， mg

計算採樣前、後每張濾紙之重量，即以濾紙樣品初重 W_i 、末重 W_f 差值之平均估算，決定所收集之 W_n 微粒淨重。微粒淨重 W_n 可依下式計算：

$$W_n = W_f - W_i$$

採集之空氣總體積可由 pump 之流量及採樣時間決定。總抽取空氣體積 V 可依下式計算：

$$V = Q_a \times t \quad \text{其中}$$

- V : 總抽取空氣體積量, m^3
 Q_a : 平均流量 m^3/min
 t : 採樣時間, 分鐘。

Marple Impactor 由所量測得之各階濃度(M)除以各階效率 (表 3-4), 即可求得各階濃度。

表 3-4 Marple Series290 Impactor Dpa at 2LPM ^[16]

| Impactor Stage No. | Dpa (Microns) | samp. Eff., % |
|--------------------|---------------|---------------|
| 1 | 21.30 | 50.8 |
| 2 | 14.80 | 72.6 |
| 3 | 9.80 | 85.1 |
| 4 | 6.00 | 92.1 |
| 5 | 3.50 | 95.6 |
| 6 | 1.55 | 97.6 |
| 7 | 0.93 | 98.2 |
| 8 | 0.52 | 100 |
| Back-Up Filter | 0.1 以下 | 100 |

靜電除油煙機之油煙去除效率, 則是利用 DustTrak PM_{1.0} 濃度監測結果計算而得, 計算公式如下:

$$E = [1 - (C_{Eon} / C_{Eoff})] \times 100$$

E = 靜電除油煙機之油煙去除效率

C_{Eon} = 靜電除油煙機開啟運轉中量測之濃度

C_{Eoff} = 靜電除油煙機關閉時量測濃度

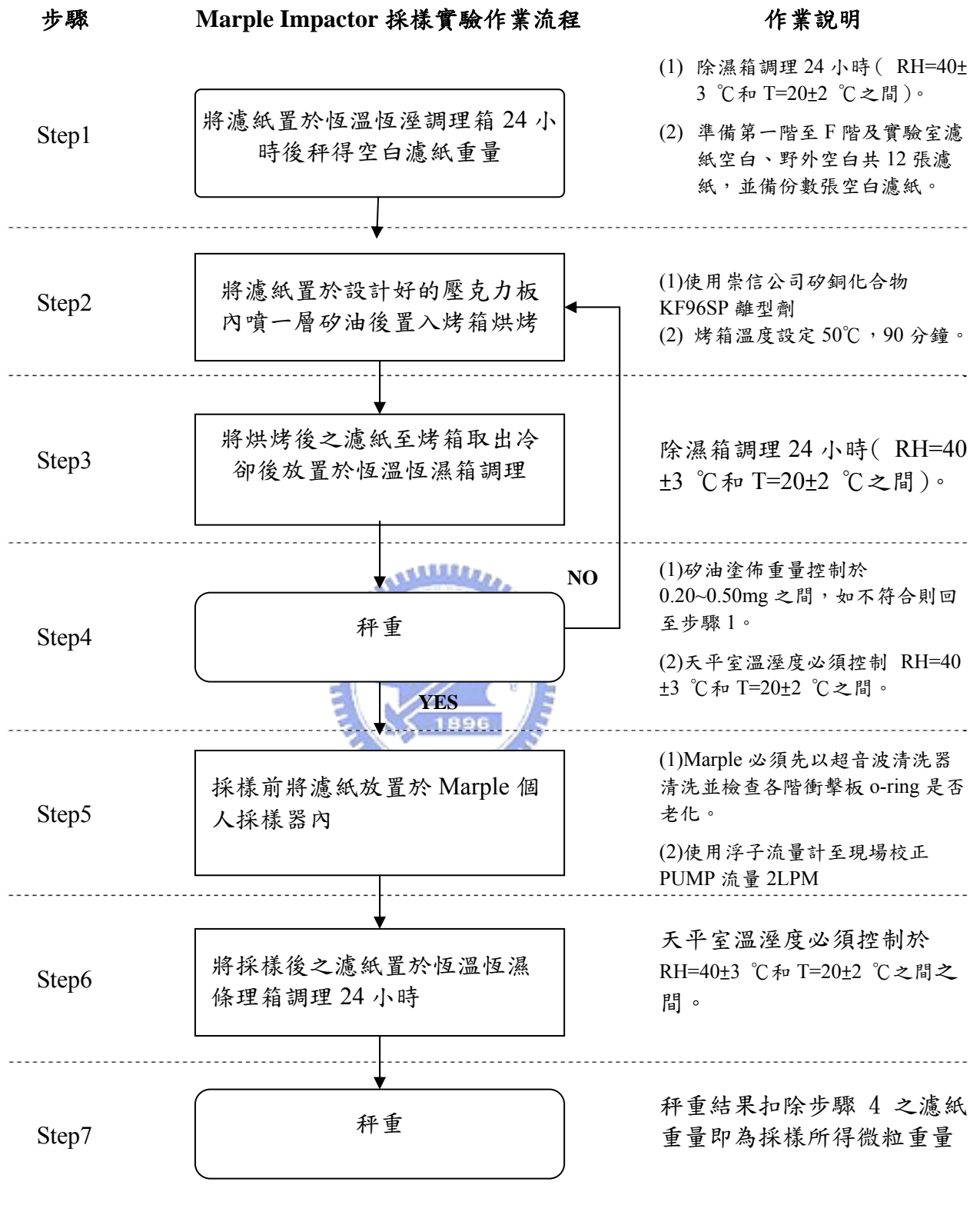


圖 3-6 MarpleImpactor 採樣實驗作業流程

3.5 設計餐飲廢氣處理系統設備規範

本研究工廠廚房油煙空氣污染改善工程茲考量經濟可行性及處理技術效能後，採行之污染控制設備如下：

1. 前處理設施

本次改善工程新設水洗式油煙罩乙座，取代舊有之濾網及擋板，設備概要及材質說明如表 3-5，設備構造如圖 3-7 所示：

表 3-5 水洗式油煙罩規格概要

| 設備項目 | 規格概要 | 數量 |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 水洗式油煙罩 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 規格：長 3.8*寬 1.35*高 0.6m ，Local Made。 2. 本體使用 SUS 304 1.0 m/m 厚，不鏽鋼板製作。 3. 內部設置擋板及擾流板，當風車開始運轉時，煙罩入口處自然形成一道均勻水幕，當油煙通過此道水幕時，將比重較重之油脂清洗掉。 4. 油脂聚集於集水盤內，設置溢水管，由控制盤控制補水，每日補水可設定時間，最多可至 8 次，當補水時油脂亦將由溢水管排放至廚房截油槽收集。 5. 罩內設置防爆燈 ϕ110V，每米設置一只，由控制盤控制。 6. 所有油煙須經水盤，使排放出去，故本設備可防火苗蔓延，亦可降低油煙排放溫度。 | 1 台 |

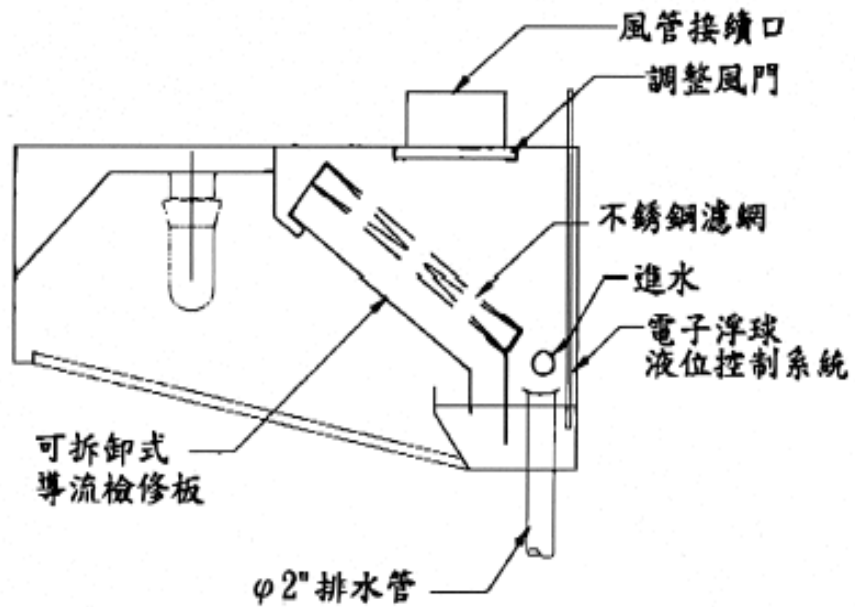


圖 3-7 水洗油煙罩

2. 管末處理設備

有鑑於洗滌塔對微細液滴之處理效率有限，且尚有廢水二次污染問題，再者近年靜電集塵於技術上的突破與設置成本上的降低，考量本研究廠房之利用空間、未來設備之擴充性及長期支本支出等，靜電集塵機具有處理效果佳、操作維護簡單、佔地面積小、施工容易、操作成本遠低於濕式洗滌塔等多項優點，本次工程改善採設置靜電除油煙機取代洗滌塔作為管末處理設備，未經處理的油煙由風管導引進入集塵器，首先遇到濾網，油煙經濾網初級過濾並均勻分配後進入集塵區，本區為二極式靜電集塵器，第一極由外加高壓給電極線泄生電暈電流，讓油煙中的懸浮粒子荷電，在庫倫力的作用下到達第二極集塵板，即附著在極性相反的集塵板上，並在集塵板表面形成油垢，油垢因重力關係，部分沿金屬板面滴落於接油槽上，回收油經導板及導孔被導出機殼外，集塵板飽和後經清洗恢復原狀，循環再使用。其設備概要材質說明如表 3-6。

表 3-6 自動清洗型靜電集塵器規格

| 立地式自動清洗型靜電集塵器 | |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 設備規範 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 規格：長 1777*寬 990*高 1915mm，Local Made。 2. 機台重量：651KG。 3. 風量：12000CFM。 4. 電源需求：單相 220V，60Hz，40A 電流。 5. 靜電集塵機可與風車電源連動連停。 6. 自動清洗高壓熱水噴射式水循環及自動幾水裝置，清洗馬達 1HP 入水管徑 $\phi 3/4$" 排水管徑 $\phi 1 1/2$"。 7. 電源預留：30A。 |
| 集塵要求標準 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 須符合去除 $0.1\mu\text{m}$ 以上油煙粒子處理效率在 92% 以上，其去除效率之計算公式如下： 排放削減率 = $(E-E_0)/E \times 100\%$；單位為 %。 E：經集排氣系統進入污染防制設備前之油煙污染物質量流率，單位為 g/hr。 E0：排放量經污染防制設備後逕排大氣之油煙污染物質量流率，單位為 g/hr。 2. 於出風口處目視判煙必須符合法規排放標準 (<20%) 規定。 3. 須設置廢油之收集處理設施，不得有油水滴落的情形。 4. 應易於裝卸及清潔保養。 5. 應有自動消防，漏電檢測裝置。 6. 極板片收集之油垢有清除裝置。 7. 對於臭味之去除效率達 50% 以上。 |
| 排風規定 | <p>排氣口不得直接對鄰近廠房之門、窗及外氣進氣口，且不得接至下水道之中。</p> |
| 立地條件 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 主機立地條件前方須留 1m 後方須預留 50cm 作為維修空間。 2. 機房須設進水口及排水口。 |

3. 本次工程其他設施

本研究工廠因餐廳廢氣排放口排放位置不當，油煙及氣味影響鄰近廠房，故本次廚房改善工將原有之排煙風管改向；為提高有效收集效率，更新風車一台。新設設備概要材質說明如表 3-7 及圖 3-8 所示：

表 3-7 本次工程其他設施規格

| 其他設施 | |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 排風管更新 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 更新排煙風管，Local Made，30 米。 2. 風管使用#22 鍍鋅鐵皮。 3. 吊筋使用 ϕ 3/8" 螺桿。 |
| 中壓後傾式排煙風車 | <ol style="list-style-type: none"> 1. Local Made，1 台。 2. 框架為 2#以下鋼板製，機座使用 2-1/2#以上角鐵焊接成型吐出方向為向上橫行。 3. 軸承使用圓型軸承或單位軸承，大型使用滾輪軸承。 4. 電源：3ϕ4W380V，15#5HP |

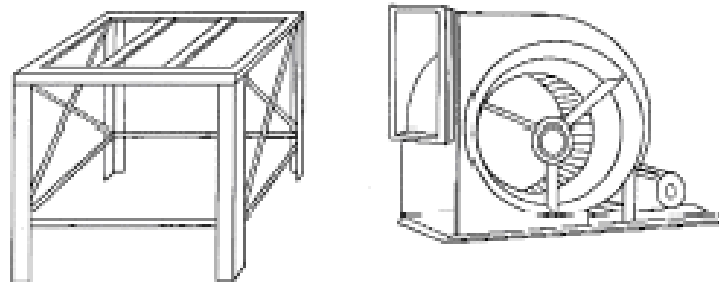


圖 3-8 中壓後傾式排煙風車

第四章 結果與討論

本研究分為兩階段實驗，第一階段於 97/04/20~97/08/30 期間始用 DustTrak PM1.0 於本研究工廠烹飪時段油煙排放管道採樣口檢測。第二階段同時使用 DustTrak PM2.5 與 Marple Impactor 於 97/12/07、97/12/14、97/12/22 三天於油煙排放管道採樣口採樣，茲就結果做一比較。

4.1 靜電油煙機去除效率

第一階段實驗 97/04/20~97/08/30 靜電油煙機的油煙去除效率以 DustTrak PM_{1.0} 監測值計算而得，其中靜電機油煙去除效率之計算公式為：

$$\eta_m = [1 - (C_{offm} / C_{onm})] \times 100 \quad (\text{公式 4-1})$$

η_m ：靜電機油煙去除效率

C_{offm} ：靜電除油煙機開啟油煙平均濃度

C_{onm} ：靜電除油煙機關閉油煙平均濃度

期間該公司每二個月保養一次靜電機（含濾網），分別為 97/04/20 及 97/06/23，共經歷二個週期，保養方式為委外清洗，於當日更換一組乾淨的靜電板，更換過程約需 2 小時。

靜電機油煙去除效率與油煙機運作天數的關係，以量測當日靜電機開啟時油煙排放平均濃度作為出口濃度，靜電機關閉時油煙排放平均濃度作為入口濃度計算去除效率，因出口及入口量測所得濃度結果皆涵蓋靜電機之前置濾網，故以公式 4-1 計算結果為當日靜電機去除效率。第一階段靜電機檢測結果及處理效率果如表 4-1 所示。

表 4-1 第一階段靜電機檢測結果及處理效率,PM_{1.0} 濃度,單位 mg/m³

| 日期 | 靜電機清洗後 運作天數 | 靜電機清洗後 運作時數 | 靜電機開啟 油煙平均濃度 | 靜電機關閉 油煙平均濃度 | 靜電機開啟 油煙去除效率 |
|-----------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 97/4/20 | 1 | 0 | 0.3 | 7.2 | 96% |
| 97/6/6 | 47 | 376 | 1.5 | 15.8 | 91% |
| 97/6/7 | 48 | 384 | 2.6 | 18.8 | 86% |
| 97/6/15 | 56 | 448 | 0.6 | 12.2 | 95% |
| 97/6/21 | 62 | 496 | 1.9 | 18.0 | 89% |
| 97/6/22 | 63 | 504 | 2.2 | 9.9 | 78% |
| 97/6/23 | 64 | 512 | 2.9 | 7.7 | 63% |
| 97/6/24 | 1 | 0 | 0.5 | 14.7 | 97% |
| 97/6/28 | 5 | 40 | 0.3 | 10.2 | 97% |
| 97/7/2 | 9 | 72 | 0.3 | 6.8 | 96% |
| 97/7/3 | 10 | 80 | 0.5 | 6.5 | 92% |
| 97/7/5 | 12 | 96 | 1.3 | 10.3 | 87% |
| 97/7/12 | 19 | 152 | 0.52 | 14.5 | 96% |
| 97/7/19 | 26 | 208 | 0.5 | 7.8 | 94% |
| 97/7/26 | 33 | 264 | 0.7 | 9.3 | 92% |
| 97/8/2 | 40 | 320 | 1.2 | 11.4 | 89% |
| 97/8/9 | 47 | 376 | 2.9 | 16.6 | 83% |
| 97/8/16 | 54 | 432 | 2.4 | 9.8 | 76% |
| 97/8/23 | 61 | 488 | 3.1 | 17.1 | 82% |
| 97/8/30 | 68 | 544 | 2.6 | 8.3 | 69% |
| 97/04/20~ 97/08/30 | 132 | 1056 | 1.43 | 11.64 | 87% |

第一階段在 97/04/20~97/06/23 運作歷經 64 天後委外保養，所得「靜電機運作天數與效率變化圖」如下圖 4-1 所示。其中 X 軸表示靜電機保養後運作天數(day)，左 Y 軸表示該日量測之油煙質量濃度(mg/m³)，右 Y 軸為該日量測靜電機去除效率(%)。由圖 4-3 中得知：

1. 當靜電除油煙機關閉時，油煙排放平均濃度最高時為運作第 48 天量測之 PM_{1.0} 質量濃度 18.8mg/m³，油煙平均質量濃度最低為運作第 1 天時量測所之濃 7.2 mg/m³。
2. 當靜電除油煙機開啟時，油煙排放質量濃度最高為運作第 64 天時量測

之濃 2.9 mg/m^3 ，油煙質量濃度最低為運作第 1 天時量測所之 $\text{PM}_{1.0}$ 濃度 0.3 mg/m^3 。

3. 以靜電除油煙機關閉時油煙質量平均濃度作為出口濃度，靜電除油煙機開啟時油煙質量平均濃度作為入口濃度，計算所得去除效率最佳為運作第 1 天 96%，去除效率最差為運作第 64 天去除效率僅達 63%。
4. 綜合上述，以平均濃度計算去除效率落於 96%~63% 之間，入口 $\text{PM}_{1.0}$ 濃度落於 $7.2\sim 18.8 \text{ mg/m}^3$ 之間，出口 $\text{PM}_{1.0}$ 濃度落於 $0.3\sim 2.9 \text{ mg/m}^3$ 之間。

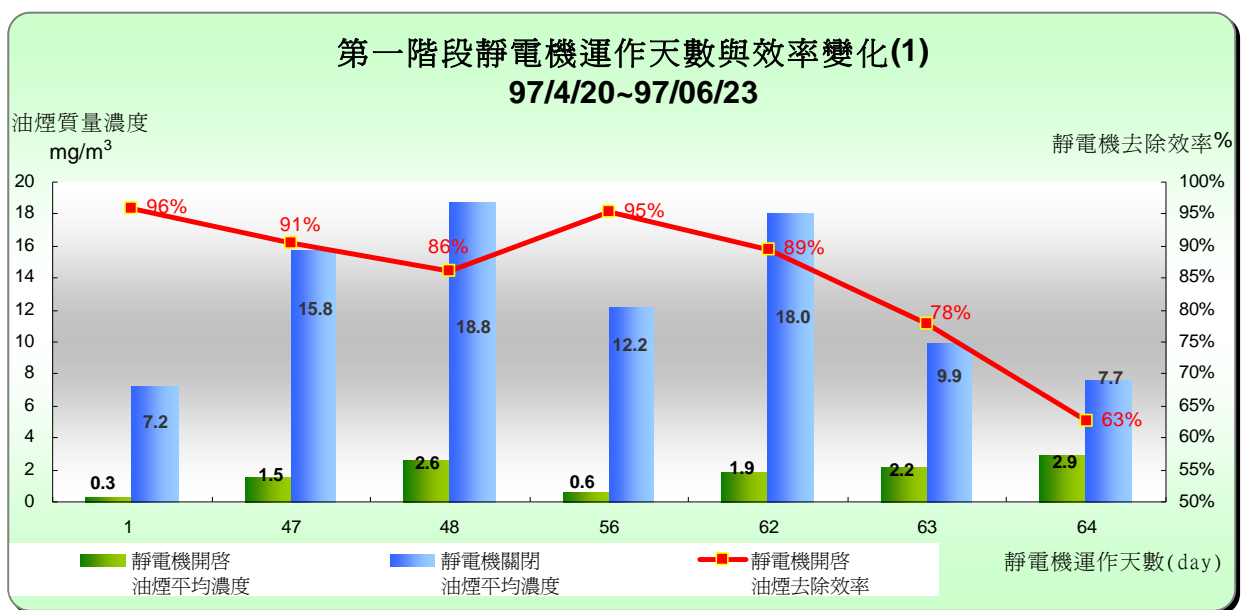


圖 4-1 第一階段靜電機運作天數與效率變化圖
97/04/20~97/06/23, DustTrak, $\text{PM}_{1.0}$ 濃度

第一階段在 97/06/24~97/08/30 運作歷經 68 天後保養，以油煙排放平均濃度計算去除效率所得「靜電機運作天數與效率變化圖」如下圖 4-2 所示。由圖 4-2 得知：

1. 當靜電除油煙機關閉時，油煙排放平均濃度最高時為運作第 61 天量測之 $\text{PM}_{1.0}$ 質量濃為 17.1 mg/m^3 ，油煙平均質量濃度最低為運作第 10 天時量測所之 $\text{PM}_{1.0}$ 濃度為 6.5 mg/m^3 。
2. 當靜電除油煙機開啟時，油煙排放平均濃度最高為運作第 47 天時量測

之 PM_{1.0} 濃度為 3.1 mg/m³，油煙質量濃度最低為運作第 5 天及第 9 天時量測所之 PM_{1.0} 濃度為 0.3 mg/m³。

3. 以靜電除油煙機關閉時油煙質量平均濃度作為出口濃度，靜電除油煙機開啟時油煙質量平均濃度作為入口濃度計算所得去除效率最佳為運作第 1 天及第 2 天，去除效率 97%，去除效率最差為運作第 68 天去除效率僅達 69%。
4. 綜合上述，以平均濃度計算靜電機去除效率結果落於 97%~69%之間，入口 PM_{1.0} 濃度落於 6.5~17.1 mg/m³ 之間，出口 PM_{1.0} 濃度落於 0.3~3.1mg/m³ 之間。

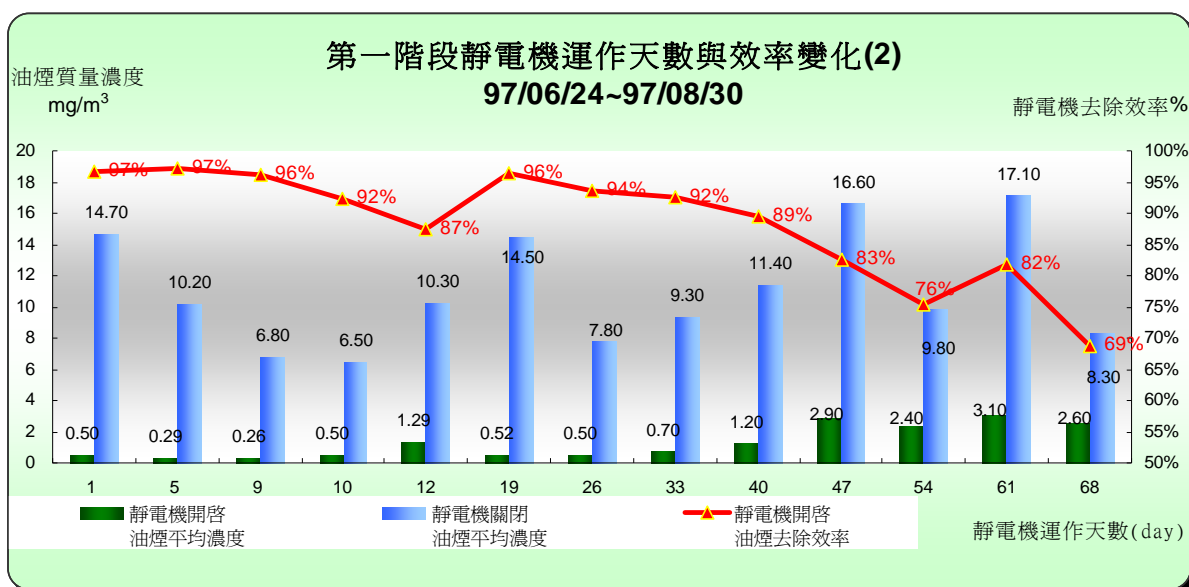


圖 4-2 第一階段靜電機運作天數與效率變化圖
97/06/24~97/08/30, DustTrak, PM_{1.0} 濃度

由第一階段 97/04/20~97/08/30 DustTrak PM_{1.0} 檢測結果，靜電對廚房油煙去除效率落於 97%~63% (如圖 4-1、4-2 所示)，靜電除油煙機於剛保養後對油煙平均濃度之去除效率可達 90% 以上，隨著使用天數的增加，效率也依次遞減，然去除效率仍可維持在 80% 以上；當使用天數越接近下次保養日，且清洗天數超過 63 天時，靜電除油煙機對油煙之去除效率立即驟減至 70% 以下，顯見靜電機保養對油煙去除效率之影響甚巨。

實驗所得整個供餐過程中，靜電機關閉時油煙質量濃度當日最高值落於 32.9~66.8 mg/m³ 之間，如只考量食物的烹煮階段，油煙平均質量濃度則落於 6.8~18.8 mg/m³ 之間；當靜電除油煙機開啟時油煙質量濃度當日最高值落於 0.8~30.4 mg/m³ 之間，而實際食物的烹調過程油煙排放的平均質量濃度則落於 0.3~3.1 mg/m³ 之間。由此可知廚房油煙的排放濃度，主菜下鍋之瞬間、攪拌翻炒、起鍋、熱鍋、洗鍋皆是造成高濃度油煙的重要因子。

本研究工廠廚房乾基排氣量為 340CMM，靜電機關閉時平均排放質量濃度約 11.64 mg/m³，一年以 360 天工作日計算，年排放量預估約 513kg；靜電機啟動之平均排放質量濃度為 1.43mg/m³，預估年排放量為 63kg。由此可得經由防制設備增設結果，油煙廢氣年排放量約可減少 450kg，如表 4-2 所示，經過實驗結果顯示污染改善結果有效。

表 4-2 污染防制設備粒狀物減量結果

| 類別 | 餐廳名稱 | 乾基排氣量 (Nm ³ /min) | 排放濃度 (mg/Nm ³) | 運作時數 (hr/day) | 油煙排放量 (kg/年) |
|----|------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------|
| 中式 | 本研究工廠 (防制設備前) | 340 | 11.64 | 6 | 513 |
| | 本研究工廠 (防制設備後) | 340 | 1.43 | 6 | 63 |
| | 本研究工廠 減量結果 | 340 | — | — | 450 |

4.2 油煙之質量濃度分佈

本研究第二階段實驗分別於 97/12/07、97/12/14、97/12/22 三天同時使用 DustTak PM_{2.5} 與 Marple Impactor 於排放管道採樣口採樣，Marple Impactor 所收集粒徑範圍微粒之質量濃度後以內差法求得 PM_{2.5} 質量濃度，茲就兩者採樣結果做一比對。為採集較高之油煙質量濃度，本階段三天實驗皆於靜電除油煙機關閉狀態下檢測。

4.2.1 97/12/07 的實驗結果

97/12/07 星期日 16:03~16:52 晚餐烹飪時段，當日 Marple Impactor 現場採樣記錄表及濾紙秤重記錄表附於附錄三，實驗結果整理如下表 4-3。檢測當日供餐數量約 100 份，菜單如下：1.炸魚排 2.炸雞排 3.蒜香里肌 4.筍絲魷魚 5.炒青菜(小白菜) 6.冬菜冬粉；湯品：1.味增湯 2.地瓜甜湯。由表 4-3 及圖 4-3 Marple Impactor 質量濃度分佈得知，97/12/07 Marple Impactor 採集到的廚房油煙排放油煙粒徑以 0.1 μm 以下最多，占 35.0%；其次為 50 μm 以上之微粒，占 20.1%；以內插法求得 PM_{2.5} 質量濃度為 1.71mg/m³，粒徑分佈占 57.8%。整體而言油煙質量濃度分佈以 PM₁₀ 以下微粒為主，總共占 64.4%。

表 4-3 97/12/07 Marple Impactor 採樣結果

| Dpa, μm | Mass conc., mg/m^3 | samp. Eff., % | True conc., mg/m^3 | 粒徑分佈百分比 |
|--------------------|------------------------------------|---------------|------------------------------------|---------|
| 50 | 0.30 | 50.8 | 0.59 | 20.1% |
| 21.30 | 0.20 | 50.8 | 0.40 | 13.6% |
| 14.80 | 0.13 | 72.6 | 0.18 | 6.0% |
| 9.80 | 0.03 | 85.1 | 0.04 | 1.2% |
| 6.00 | 0.05 | 92.1 | 0.05 | 1.8% |
| 3.50 | 0.06 | 95.6 | 0.07 | 2.2% |
| 1.55 | 0.09 | 97.6 | 0.09 | 3.2% |
| 0.93 | 0.30 | 98.2 | 0.31 | 10.3% |
| 0.52 | 0.19 | 100 | 0.19 | 6.6% |
| 0.1 | 1.03 | 100 | 1.03 | 35.0% |
| Total | 0.63 | — | 2.96 | 100% |
| PM ₁₀ | 1.88 | — | 1.91 | 64.4% |
| PM _{2.5} | 1.70 | — | 1.71 | 57.8% |

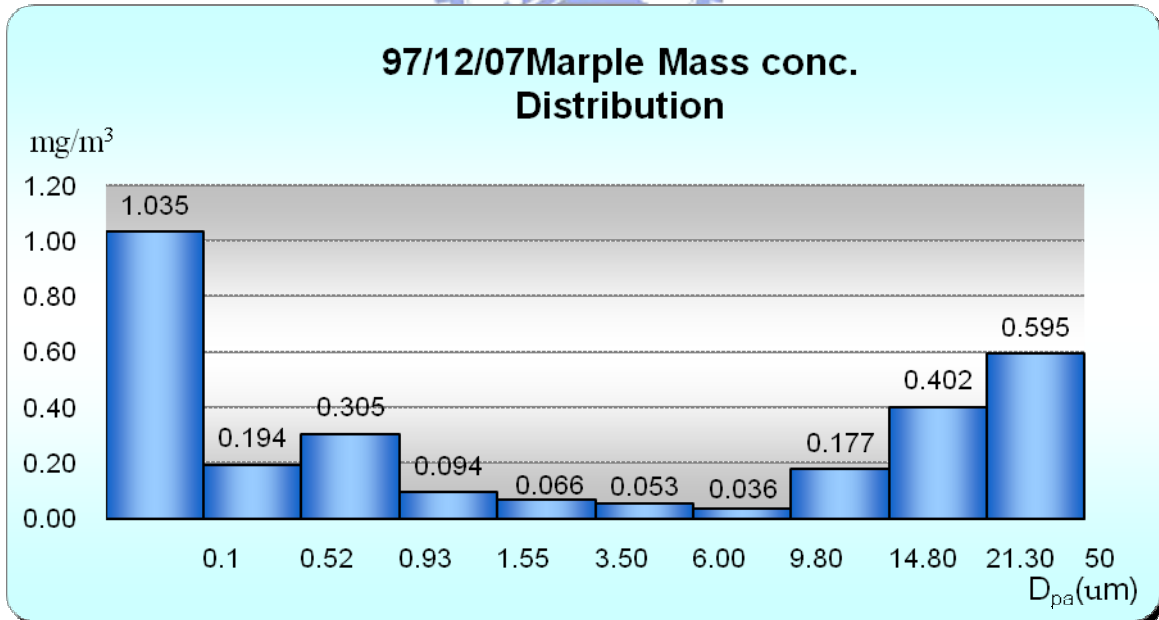


圖 4-3 97/12/07 Marple Impactor 質量濃度分佈圖

DustTrak PM_{2.5} 當日監測時間總共經歷 49 分鐘，共有 2944 筆記錄。採樣時間內最高濃度為 16:46:36 測得濃度 70.59 mg/m³，最低濃度為 16:32:11 測得濃度 0.72 mg/m³，供餐過程經歷 49 分鐘，監測時間內平均質量濃度為 6.26mg/m³，煙道採樣結果如表油煙質量濃度變化圖如圖 4-4 所示。

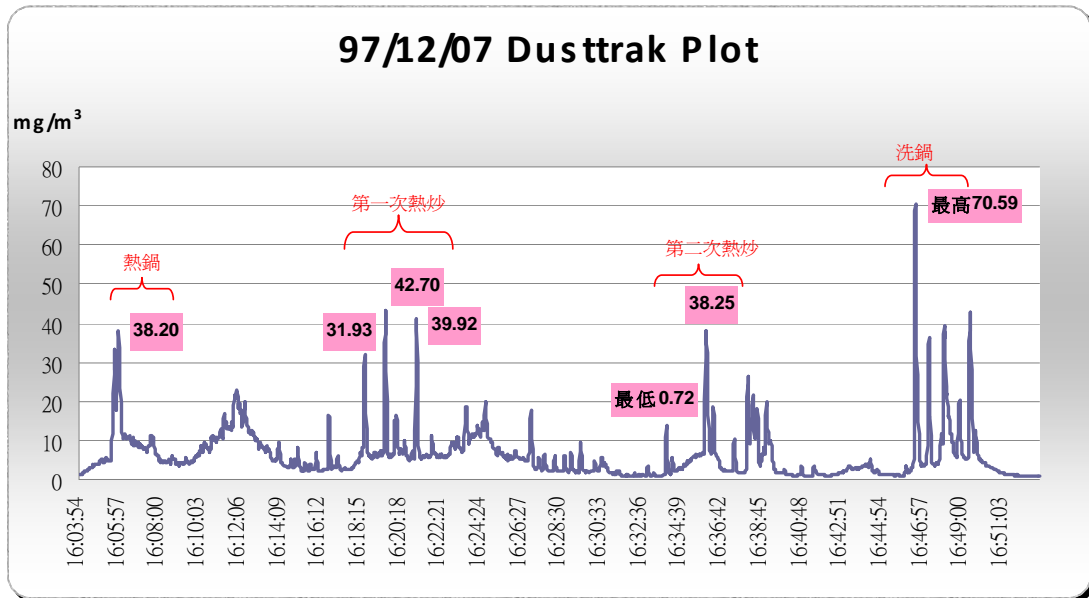


圖 4-4 97/12/07 DustTrak PM_{2.5} 油煙濃度變化圖

由於團膳之烹調方式與傳統中式餐廳有所不同，一般而言，所有菜色均以水煮後再加食用油炒過，或先以少量食用油將食物炒過後加水悶煮。當日廚師之兩道熱炒之烹調方式為先以少量食用油將食物炒過後加水悶煮，同時準備熱湯與油炸。檢測時間前五分鐘出現之第一次高峰為起鍋階段，油下鍋後濃度值落於 38.20 mg/m³。當日油炸類食材為炸魚排及炸雞排，與湯品同時於 16:10~16:44 之間持續進行。當餐兩道熱炒時間分別約為 16:18~16:21 及 16:33~16:39，檢測當日熱炒的最高濃度大致落於 38~40 mg/m³，當餐最高值則落於 16:46~16:49，此時廚師已烹調完畢，將油鍋加水清洗的過程，質量濃度為 70.59 mg/m³。

4.2.2 97/12/14 的實驗結果

97/12/14 檢測當日為星期日 16:09~17:01 晚餐烹飪時段，供餐數量約 100 份，菜單如下：1.紅燒肉丁 2.榨菜肉絲 3.炸雞翅 4.小瓜拌香腸 5.炒青菜(大白菜) 6.蠔油雞排 7.炸魚排；湯品為鴨血湯及綠豆甜湯。當日 Marple Impactor 現場採樣記錄表及濾紙秤重記錄表附於附錄四，實驗結果整理如下表 4-4，質量濃度分佈如圖 4-5 所示。由表 4-4 及圖 4-5 Marple Impactor 質量濃度分佈得知，97/12/14 Marple 採集到的廚房油煙排放油煙粒徑分佈以 $0.1 \mu\text{m}$ 以下以最多，占 37%；其次為 $50\mu\text{m}$ 以上之微粒，占 18.8%，；以內插法求得 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度為 $1.38\text{mg}/\text{m}^3$ ，粒徑分佈占 59.9%。整體而言油煙質量濃度分佈以 PM_{10} 以下微粒為主，總共占 67.7%。

表 4-4 97/12/14 Marple Impactor 採樣結果

| Dpa, μm | Mass conc., mg/m^3 | samp. Eff.,% | True conc., mg/m^3 | 粒徑分佈百分比 |
|--------------------|---------------------------------------|--------------|---------------------------------------|---------|
| 50 | 0.22 | 50.8 | 0.43 | 18.8% |
| 21.30 | 0.15 | 50.8 | 0.29 | 12.6% |
| 14.80 | 0.10 | 72.6 | 0.13 | 5.8% |
| 9.80 | 0.04 | 85.1 | 0.05 | 2.0% |
| 6.00 | 0.04 | 92.1 | 0.05 | 2.0% |
| 3.50 | 0.04 | 95.6 | 0.04 | 1.8% |
| 1.55 | 0.09 | 97.6 | 0.09 | 3.8% |
| 0.93 | 0.23 | 98.2 | 0.23 | 10.1% |
| 0.52 | 0.14 | 100 | 0.14 | 6.2% |
| 0.1 | 0.85 | 100 | 0.85 | 37.0% |
| Total | 0.47 | - | 2.31 | 100% |
| PM_{10} | 1.54 | — | 1.56 | 67.7% |
| $\text{PM}_{2.5}$ | 1.37 | — | 1.38 | 59.9% |

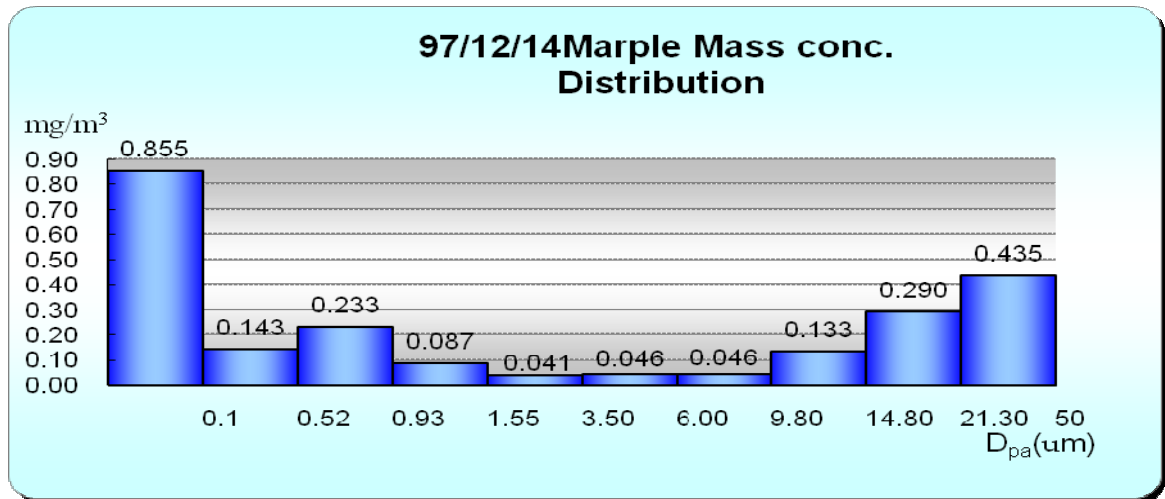


圖 4-5 97/12/14 Marple Impactor 質量濃度分佈圖

97/12/14 當日檢測時間總共經歷 51.6 分鐘，共有 3102 筆數據記錄，平均濃度為 5.16mg/m³，油煙濃度變化圖如圖 4-6 所示。當日廚師之烹調方式為先水煮過部分食物再以少量食用油將食物炒過，同時準備熱湯及油炸類。當日油炸類食材為炸魚排及炸雞翅，與湯品同時於 16:27~16:35 之間持續進行烹調。當餐兩道熱炒時間分別約為 16:23~16:27 及 16:29~16:36，第一次熱炒炸菜肉絲值落於 16:23 濃度為 23.34mg/m³，檢測當日濃度最大值則落於 119.12mg/m³，該時間點為同時炒青菜翻攪、並同時炸食產生之最大油煙量，烹飪結束後 16:52~16:55 之洗鍋濃度最高值為 12.24 mg/m³

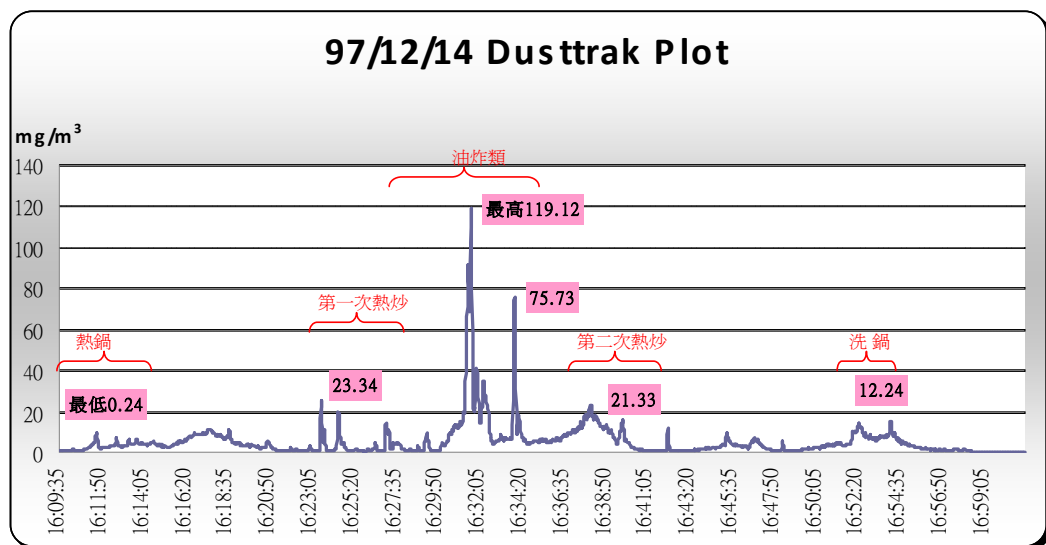


圖 4-6 97/12/14DustTrak PM_{2.5} 油煙濃度變化圖

4.2.3 97/12/22 的實驗結果

97/12/22 檢測當日為星期一中午烹飪時段(10:57~12:02)共約 100 份，當日 Marple Impactor 現場採樣記錄表及濾紙秤重記錄表附於附錄五，實驗結果整理如下表 4-5，粒徑分佈如圖 4-7 所示。當日菜單如下：1.炒芥藍菜 2.茄汁豬排 3.辣味玉菜乾 4.冬瓜蛤蜊 5.炒麵 6.酸辣湯餃 7.滷汁肉排；湯品為地瓜 QQ 甜湯及貢丸湯。由表 4-5 及圖 4-7 Marple Impactor 質量濃度分佈得知，97/12/22 Marple 採集到的廚房油煙排放油煙粒徑分佈以 $0.1 \mu\text{m}$ 以下以最多，占 26.3%；其次為 $14.8\sim 21.3\mu\text{m}$ 之微粒，占 18.0%，內插法求得 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度為 $1.52\text{mg}/\text{m}^3$ ，粒徑分佈占 66.5%。整體而言油煙質量濃度分佈以 PM_{10} 以下微粒為主為主，總共占 68.6%。

表 4-5 97/12/22 Marple Impactor 採樣結果

| Dpa, μm | Mass conc., mg/m^3 | samp. Eff.,% | True conc., mg/m^3 | 粒徑分佈百分比 |
|--------------------|---------------------------------------|--------------|---------------------------------------|---------|
| 50 | 0.179 | 50.8 | 0.35 | 15.4% |
| 21.30 | 0.209 | 50.8 | 0.41 | 18.0% |
| 14.80 | 0.049 | 72.6 | 0.07 | 2.9% |
| 9.80 | -0.012 | 85.1 | 0.00 | 0.0% |
| 6.00 | 0.020 | 92.1 | 0.02 | 0.9% |
| 3.50 | 0.021 | 95.6 | 0.02 | 1.0% |
| 1.55 | 0.191 | 97.6 | 0.20 | 8.6% |
| 0.93 | 0.392 | 98.2 | 0.40 | 17.5% |
| 0.52 | 0.212 | 100 | 0.21 | 9.3% |
| 0.1 | 0.600 | 100 | 0.60 | 26.3% |
| Total | 0.44 | — | 2.28 | 100% |
| PM_{10} | 1.55 | — | 1.57 | 68.6% |
| $\text{PM}_{2.5}$ | 1.50 | — | 1.52 | 66.5% |

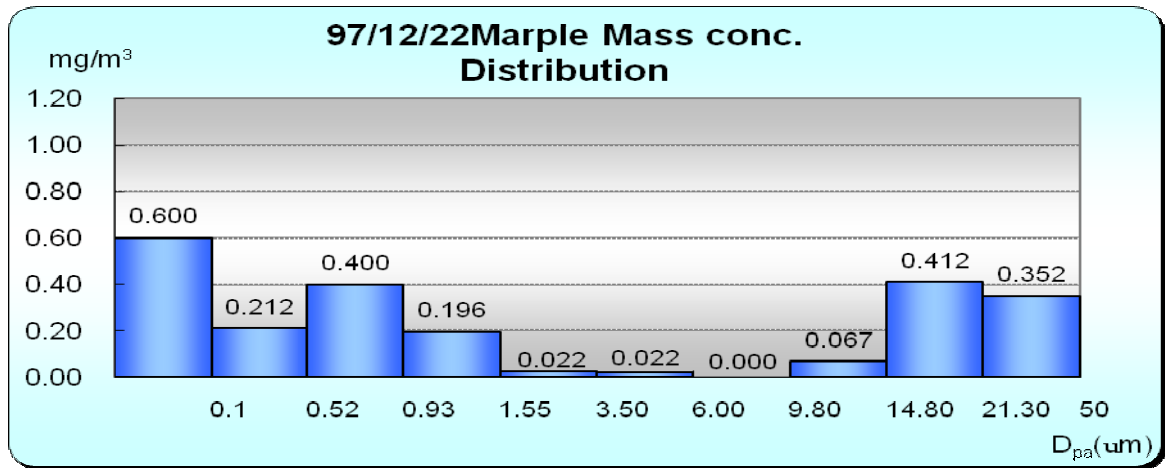


圖 4-7 97/12/22 Marple Impactor 粒徑分布圖

97/12/22 當日檢測時間總共經歷 65.5 分鐘，共 3927 筆數據記錄。採樣時間內，平均濃度為 $5.06mg/m^3$ ，油煙濃度變化圖如圖 4-12 所示。當日廚師之烹調方式為先將部分食材以水煮後再加以食用油將食物炒過後煮熟，同時準備熱湯及油炸類。當日油炸類食材為肉排、豬排、炒麵、炒芥藍菜。當餐高峰值落於 11:39 濃度為 $112.50mg/m^3$ ，該時間點為接近供餐時間，欲將油炸食物攪拌後上鍋而產生連續高濃度之油煙，烹飪結束後 11:54~11:59 洗鍋，廚師將炸油到出，以清水加入炒鍋內洗滌，故此時也產生大量油煙濃度最高值為可達 $28.08 mg/m^3$ 。

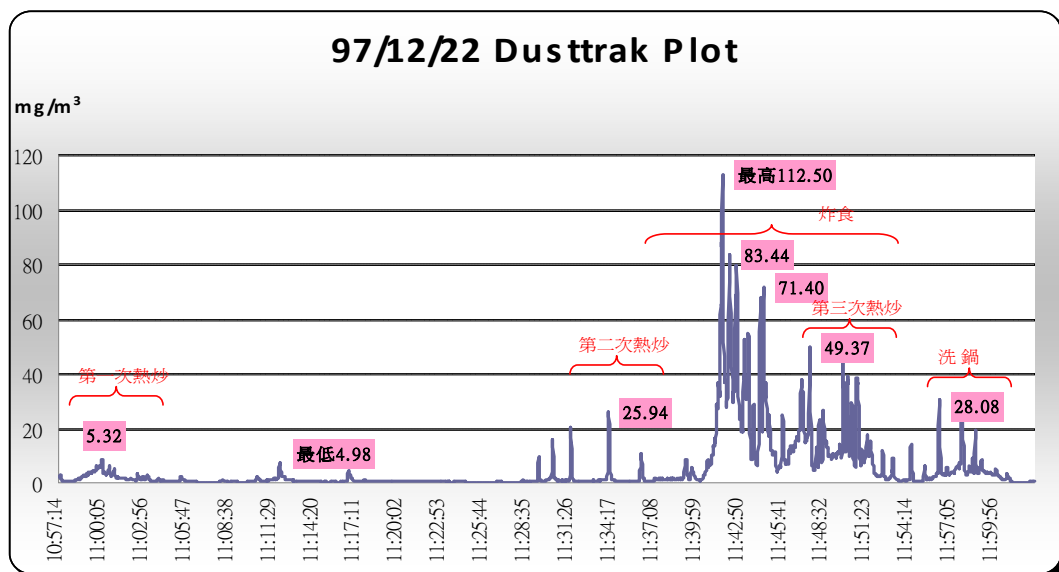


圖 4-8 97/12/22 DustTrak 油煙濃度變化圖

茲就 97/12/07、97/12/14、97/12/22 三天同時使用 DustTrak PM_{2.5} 與 Marple Impactor 之檢測結果質量濃度比較表如 4-6，圖 4-9 所示。

表 4-6 DustTrak 與 Marple Impactor, PM_{2.5} 量濃度比較表

| 採樣日期 | 儀器 | 採樣時間 (min) | 採樣流量 (l/min) | 採樣體積 (m ³) | 質量濃度 (mg/m ³) |
|----------|----------|------------|--------------|------------------------|---------------------------|
| 97/12/7 | DustTrak | 49.0 | 1.7 | 0.083 | 6.26 |
| | Marple | 49.0 | 2.0 | 0.098 | 1.71 |
| 97/12/14 | DustTrak | 51.6 | 1.7 | 0.088 | 5.16 |
| | Marple | 51.6 | 2.0 | 0.103 | 1.38 |
| 97/12/22 | DustTrak | 65.5 | 1.7 | 0.111 | 5.06 |
| | Marple | 65.5 | 2.0 | 0.131 | 1.52 |

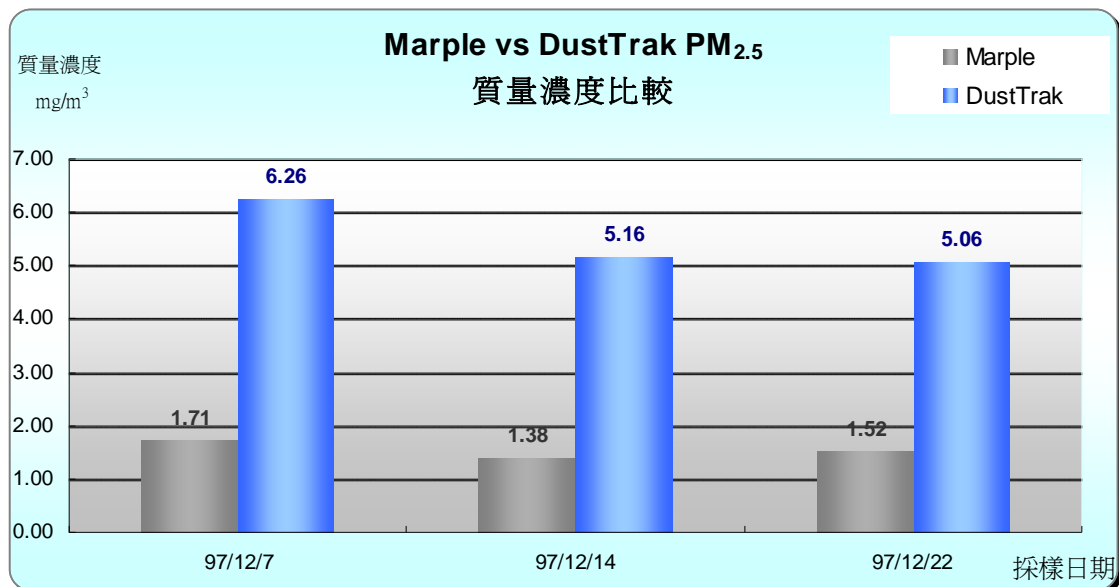


圖 4-9 DustTrak 和 Marple PM_{2.5} 質量濃度比較

由圖 4-9 可以發現 DustTrak 和 Marple Impactor 採樣結果數據有趨於一致的傾向，97/12/22 DustTrak 為 Marple Impactor 3.33 倍，而 97/12/14 DustTrak 為 Marple Impactor 採樣的 3.73 倍，97/12/07 DustTrak 為 Marple 採樣的 3.66 倍。DustTrak 與 Marple 的採樣，DustTrak 濃度比後者 Marple Impactor 高很多主要是因 DustTrak 的校正是以粗微粒為之的緣故。

4.3 DustTrak PM_{1.0} 與 PM_{2.5} 同一烹飪行為質量濃度比較

本研究第一階段於 97/04/19、97/06/21、97/08/20 量測 DustTrak PM_{1.0} 與第二階段實驗於 97/12/07、97/12/14、97/12/22 量測 PM_{2.5} 所測得結果，比較同一烹飪行為下的質量濃度，如表 4-7。在同一行為下 PM_{1.0} 的質量濃度約為 PM_{2.5} 的 2~3 倍，主要的原因應為 DustTrak 使用粗顆粒校正，以及受 Mie light scattering theory^[18] 所致。

表 4-7 DustTrak PM_{1.0} & PM_{2.5} 同一烹飪行為濃度

| 日期/烹飪行為 | 熱鍋 | 熱炒一 | 熱炒二 | 洗鍋 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| PM _{1.0} 平均值 | 10.22 | 18.98 | 21.36 | 12.61 |
| PM _{2.5} 平均值 | 5.39 | 4.68 | 11.51 | 3.86 |

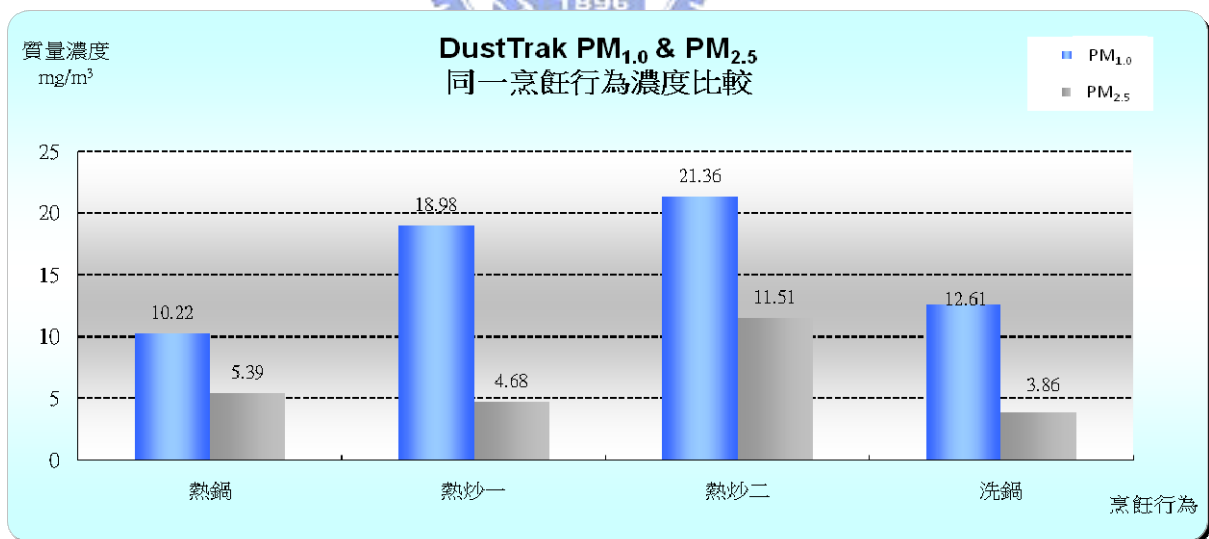


圖 4-10 DustTrak PM_{1.0}、PM_{2.5} 同一烹飪行為濃度比較

4.4 費用分析

本研究工廠廚房油煙防制設備初設費用共計新台幣 45 萬元整(未稅)，其相關設施請參酌本文章節 3.6 所述，平日靜電機自動化熱水洗之過程未添加藥劑，故僅有水洗式油煙罩、靜電板的保養費用及相關水費及電費支出。

以本案例而言，97 年度水洗式油煙罩保養頻率為每半年一次，每次保養費用為 18,500NTD，一年共計二次；靜電板(含濾網)保養頻為每二個月清洗一次，每次保養費為 26,000NTD，一年共計 6 次；水費及廢水處理費用一年約為 8,748NTD，電費約為 34,214NTD，合計本套廚房油煙處理系統一年之操作費用約 391,962NTD，如表 5-2 所示。

表 4-8 廚房空氣污染防制設備運作成本

| 項目 | | 單價 NT\$ | 頻率 (耗用/年) | 小計 NT\$ | 合計 NT\$/年 |
|------|----------------|---------|--------------|---------|--------------|
| 初設成本 | 初設成本一式 | - | - | 450,000 | 450,000 |
| 運作費用 | 煙罩水洗 | 18,500 | 2 | 37,000 | 391,962 |
| | 集塵板/濾網更換水洗(4組) | 26,000 | 6 | 156,000 | |
| | 電費(不含風車)(度) | 1.8 | 19,008 | 34,214 | |
| | 水費及廢水處理費(公噸) | 24.3 | 360 | 8,748 | |

第五章 結論與建議

5.1 結論

本研究自 97/04/20~97/08/30 歷經靜電機二次保養週期及三筆 DustTrak 與 Marple Impactor 的實驗結果所得，靜電機對廚房油煙去除效率於保養後 60 天內皆可維持於效率 80%以上，當運轉週期超過 63 天後，靜電機對油煙之去除效率可能會呈現一不穩定狀態；故以本研究工廠而言，如目前廚房之供餐量未改變之狀態下，為維持削減率>80%以上，則靜電機之保養頻率不得小於兩個月一次。

本研究工廠廚房油煙之徑分佈以 $0.1\ \mu\text{m}$ 以下以最多，其次為大於 $50\ \mu\text{m}$ 及 $14.8\ \mu\text{m}\sim 21.3\ \mu\text{m}$ 間之微粒，整體而言油煙廢氣以 PM_{10} 以下微粒為主，所占比例 66.6~69.9%；靜電機關閉時排放平均質量濃度落於 $7.2\sim 18.8\ \text{mg}/\text{m}^3$ 之間，當靜電機開啟時濃度落於 $0.3\sim 2.9\ \text{mg}/\text{m}^3$ 之間。經由實驗結果，本研究工廠靜電除油煙機廢防制設備年排放量約可減少 450kg，污染改善有效。

5.2 建議

國內過去環保政策偏重於重大污染源之管制，然近年國人對生活品質之要求日漸高漲，廚房油煙排放量小容易造成污染排放被忽視，以本研究所在地點新竹科學工業園區而言為例，目前園區有 370 多家事業單位，其經由廚房油煙所產生之污染更不容小覷，茲就本研究結果建議如下：

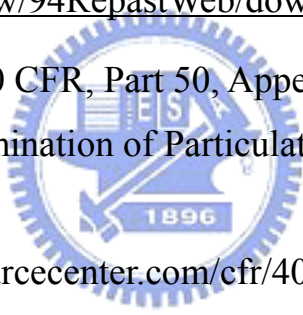
1. 由本研究實驗結果，靜電機之去除效率於保養後 60 天內皆可維持於效率 80%以上，但本研究工廠如欲符合「餐飲業油煙空氣污染物管制規範及排放標準(草案)」法規規定，仍應再研擬相關靜電機油煙機去除效率提升方案及評估污染防制設備排放消減率，並提高風管中之排

- 氣速度，以達到法規生效之要求。
2. 本研究工廠實際操作費用與文獻污染防制設備操作費用高出甚多，建議可再討論操作成本（保養費用）降低的空間。
 3. 目前「餐飲業油煙空氣污染物管制規範及排放標準(草案)」雖處於草案階段尚未生效，業者仍應自行檢視其廚房油煙之污染防制設備效能，藉由正確之操作與定期維護保養才能達到污染物減量及空氣品質之改善。在追求經濟成長的同時，應同時對環境保護盡一份心力，以達到符合法規及敦親睦鄰之效果，企業有續經營之最終目標。

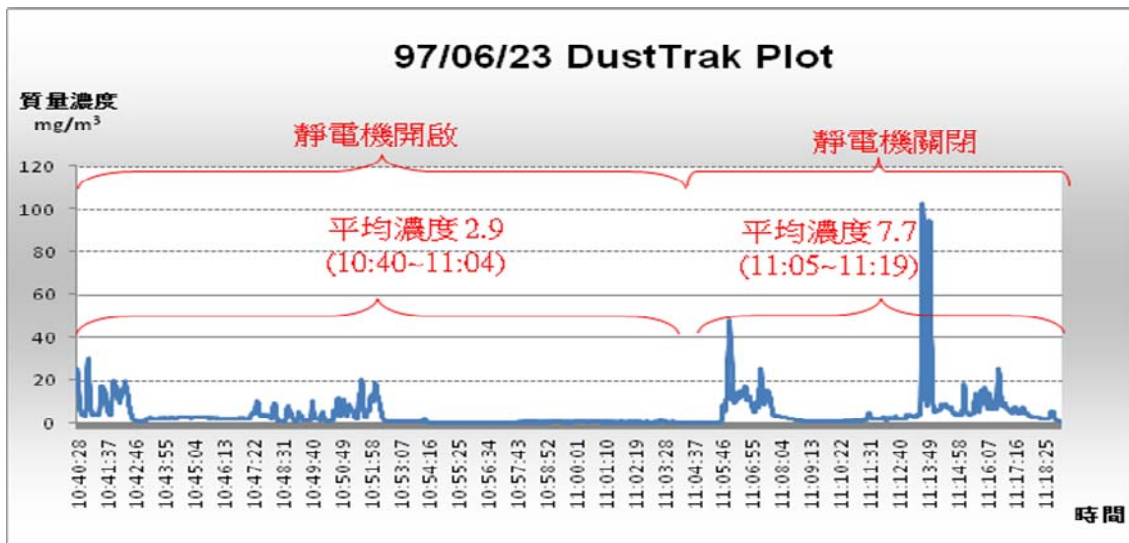
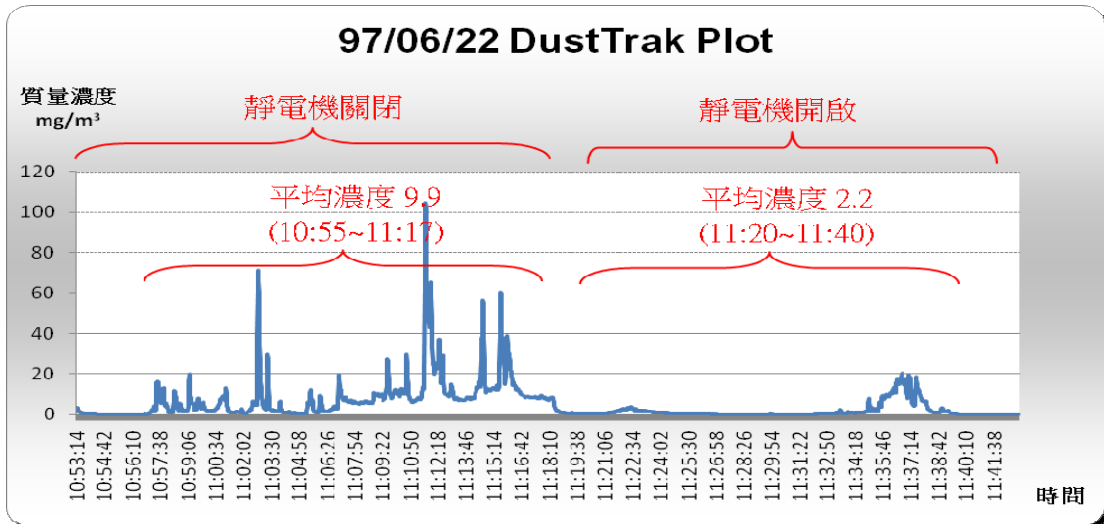
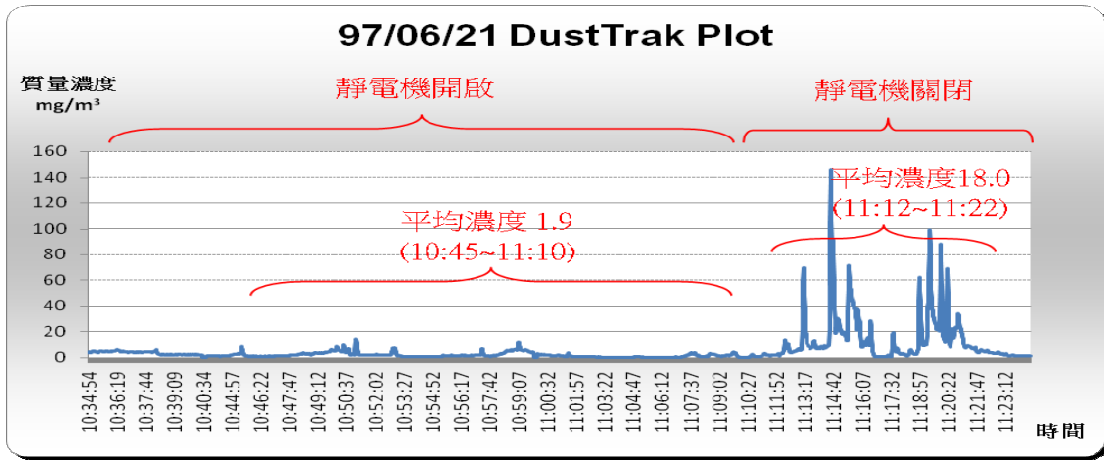


參考文獻

- [1] 新竹科學工業園區管理局, <http://service.sipa.gov.tw>, 民國 96 年 11 月。
- [2] 台北市政府環境保護局, 「餐飲業污染防制技術手冊」, 民國 95 年 10 月。
- [3] 台北市政府餐飲業空氣污染管制及輔導改善計畫, <http://depair.taipei.gov.tw/web/>, 民國 96 年 11 月。
- [4] 行政院環保署, 「空氣污染防制法」, 中華民國 95 年 5 月 30 日行修正。
- [5] 陳玟玟, 「高雄市臭味調查及改善」, 國立中山大學環境工程研究所碩士論文, 2006。
- [6] 宋鴻樟, 「餐飲業勞工肺部相關疾病研究調查」, 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所委託研究報告, 民國 90 年 11 月。
- [7] 行政院環境保護署, 「多環芳香烴化合物類(PAHs)對人體的影響」, <http://www.epa.gov.tw/>, 民國 96 年 11 月。
- [8] 「油煙暴露作業勞工健康危害評估研究」, 行政院勞委會勞工安全衛生研究所, 民國 94 年 3 月。
- [9] 張筱玲、張淑如, 「廚師的肺部疾病問題探討」, 民國 96 年 11 月。
- [10] 林文川、洪文雅, 「餐飲業油煙空氣污染防制改善實例」, 經濟部產業環保工程實務技術研討會論文集, 2002。
- [11] 黃建元、林文川、余騰耀、楊慶熙, 「餐飲業油煙廢氣特性、控制技術及防制缺失改善對策」, 工業污染防治, 第 73 期 (Jan.2000)。
- [12] 行政院環境保護署, 「餐飲業空氣污染管制趨勢」, 民國 94 年 12 月。
- [13] 台北市政府環境保護局, 「九十六年度餐飲業空氣污染物管制及輔導改善計畫」, 民國 96 年。
- [14] 桃園縣政府環境保護局, 「96 年度揮發性空氣污染物調查及管制計畫期末報告」, 民國 97 年 7 月。

- [15] 蔡春進，「奈米微粒的檢測方法」，國立交通大學上課教材，2006。
- [16] 工業技術研究院，「臭味及有害空氣污染物控制」，空氣污染防制專責人員訓練，民國 95 年 1 月。
- [17] Marple Personal Cascade Impactor operators manual, Model 290 serious, Tisch Environmental, Inc., Ohio, USA.
- [18] TSI Dusttrak 8520 Application Note ITI-036
- [19] 周明顯，「96 年度高雄市餐飲業輔導改善說明會之餐飲業油煙空氣污染物控制技術與環境管制法規說明會」，民國 96 年 7 月。
- [20] 蔡俊鴻，「餐飲業油煙控制技術與常見缺失及對策」，民國 94 年 7 月。
- [21] 桃園縣政府環境保護局，
<http://web.tyepb.gov.tw/94RepastWeb/download.asp>，民國 97 年 10 月。
- [22] Federal Register, 40 CFR, Part 50, Appendix J to Part 50 -- Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM₁₀ in the Atmosphere,
 http://www.setonresourcecenter.com/cfr/40CFR/P50_022.HTM.
- [23] 高雄市政府環境保護局，「高雄市餐飲業污染防制技術手冊」，民國 95 年 10 月。
- [24] 行政院環保署，「固定污染源空氣污染物排放標準」，中華民國 96 年 9 月 11 日行修正。
- [25] Thermo Scientific，
<http://www.thermo.com/com/cda/product/detail/0,1055,22497,00.html>,2008.
- [26] 速八科技股份有限公司，「ST3-1903 產品技術手冊」，民國 97 年 2 月。
- [27] Model 8520 DustTrakTM Aerosol Monitor, "Operation and Service Manual", 1980198, Revision R, June 2006.

附錄一 DustTrak_{1.0} 靜電機開啟及關閉質量濃度變化圖



附錄二 餐飲業油煙空氣污染管制規範及排放標準(草案)^[8]

餐飲業油煙空氣污染物管制規範及排放標準(草案)

- 一、第一條 本標準依空氣污染防制法第二十條、第二十三條、第二十九條第一項第五款、第三十二條規定訂定之。
- 二、第二條 本標準專有名詞及符號定義如下：
 - (一)餐飲業：以烘、烤、煎、炒、油炸等烹飪方法處理食材之事業場所。
 - (二)集排氣系統：係指將烹飪作業區排出或逸散出之油煙，捕集並輸送至污染防制設備，使傳送之氣體不直接與大氣接觸之系統，該系統包括集氣設施及連接裝置。
 - (三)集氣設施：收集或避免油煙逸散之設備。
 - (四)捕集速度：包圍型氣罩之捕集速度係指氣罩開口面任一點之最低風速；外裝型氣罩之捕集速度係指氣罩吸引油煙逸散範圍內，距該氣罩開口面最遠距離之作業位置之最低風速。
 - (五)烹飪作業區：係指所有使用中之烹飪用具外緣所形成之作業區。
 - (六)擋板過濾器：係指能將含油煙之廢氣經由碰撞、截留等去除機制，將油份自氣體中分離，達到清淨廢氣目的之污染防制設備。
 - (七)濾材過濾器：係指利用纖維、陶瓷、金屬或其他材質經編織方式所結構之濾材，具有慣性碰撞、截留、布朗運動、重力沈降或靜電吸引等去除機制，將油份自氣體中分離，達到清淨廢氣目的之污染防制設備。
 - (八)靜電集塵機：係藉由正電極放電端釋放出電荷，使含油煙廢氣中之油份液滴帶電，再經由靜電吸引作用，將油份液滴附著於負電極收集板後去除之污染防制設備。
 - (九)污染防制設備排放削減率之計算公式如下：

排放削減率= $(E-E_0)/E*100\%$ ；單位為％。

E：經集排氣系統進入污染防制設備前之油煙污染物質質量流率，單位為 g/hr。

E_0 （排放量）：經污染防制設備後逕排大氣之油煙污染物質質量流率，單位為 g/hr。

三、第三條 本標準適用對象如下：

(一)同一公私場所所有用餐座位數 85 個（含）或廢氣總排氣量 $80\text{Nm}^3/\text{min}$ （含）以上之餐飲業。

(二)同一公私場所所有用餐座位數 85 個或廢氣總排氣量 $80\text{Nm}^3/\text{min}$ 以下之餐飲業者，因民眾陳情，經主管機關認定有污染之虞者。

四、第四條 餐飲業作業場所空氣污染物產生區應設置集排氣系統，其性能與要求應符合下列規定：

(一)集氣設施之廢氣捕集速度應大於 $1.0\text{m}/\text{sec}$ （含）。

(二)集氣設施之水平投影面積須超出烹飪作業區周邊 20 cm 以上。

(三)集氣設施應設置瀝油槽、導油孔及集油容器。

(四)風管中之排氣速度應大於 $7.5\text{m}/\text{sec}$ （含 7.5）。

(五)廢氣排放口不得接至下水道或溝渠中。

(六)集氣設施每週至少清洗積油一次，並做清洗記錄。

(七)風管每半年至少清洗油垢或更換一次，並做清洗或更換記錄。

廢氣排氣量可使用簡易式流量計量測；或以風速計測得知風速乘上測點之管線截面積之積表示各項記錄應至少保存二年備查。

五、第五條 餐飲業作業場所產生之空氣污染物應設置油煙污染防制設施，並應符合下列規定：

(一)設置能固定且易於拆換清洗之擋板或濾材過濾器。

- (二)應設置靜電集塵機或排放削減率大於百分之九十(含)之油煙污染防制設施。
- (三)設置靜電集塵機作為油煙污染防制設施，應設置導油孔、集油容器及符合設備電壓設計參數至少 9000 伏特。
- (四)除設置靜電集塵機外，設置排放削減率大於百分之九十(含)之油煙污染防制設施，應備有排放削減率證明文件。
- (五)擋板或濾材過濾器每週至少清洗或更換一次，並做擋板清洗或濾材更換記錄。
- (六)設置靜電集塵機，若油煙收集板非自動清理者，每週至少清洗一次，並做油煙收集板清洗記錄。
- (七)靜電集塵機或油煙污染防制設施應依原設備廠商設備使用手冊規定進行操作及維護。各項記錄應至少保存二年備查。

六、第六條 餐飲業油煙廢氣濃度測定方法應符合下列規定：

- (一)放管道之採樣方法依行政院環保署公告之方法或日本 JIS Z8808 法或美國 EPA TGKMETHOD5 方法測定。
- (二)排放管道之分析方法依中央主管機關公告之標準檢測方法，標準檢測方法公告前，得採用符合日本油霧去除裝置檢查標準之索式(soxhlet)萃取法進行檢測。
- (三)排放管道氣體組成之分析方法依行政院環保署公告之方法或日本 JIS K2301 Orsat 法。
- (四)廢氣排放管道之採樣孔位置應設於造成擾流(如管道彎曲、收縮或放大處)下游大於管道直徑 1.5 倍處，該孔位置應距下一擾流至少 0.5 倍管道直徑距離，其他未規範之事項應符合「檢查鑑定公私場所空氣污染物排放狀況之採樣設施規範」規定。

七、第七條 餐飲業作業場所應保存污染防制設備製造商產品名稱與規格等

資料備查。

八、第八條 本標準發佈前已設立之餐飲業，應自發佈日一年起符合本標準規定。用餐座位數 85 個或廢氣總排氣量 $80\text{Nm}^3/\text{min}$ 以下之餐飲業者，因民眾陳情，經主管機關認定有污染之虞者，應於主管機關指定日起六個月內符合本標準規定。

九、第九條 本標準自發佈日起實施。

十、第十條 本標準未規定事項適用其他相關之規定。



附錄三 97/12/07 Marple Personal Cascade Impactor 現場採樣記錄表

| Marple現場採樣記錄表 | | | 操作者： 吳姿樺 | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| 實際採樣流量 Actual Flow Rate | 2 LPM | 採樣環境壓力 | mmHg | | | | | | | |
| 採樣地點 | XX公司竹科廠 | 採樣環境溫度 | 23.5 °C | | | | | | | |
| 採樣開始 日期/時間 | 2008/12/07 16:03 | 採樣時間Δt | 0hr | | | | | | | |
| 採樣結束 日期/時間 | 2008/12/07 16:52 | | 49min | | | | | | | |
| 實際採樣體積 $V_{std} = 0.098 \text{ m}^3$ | | | | | | | | | | |
| 空白濾紙重： $W_{i1} = 8.305$, $W_{i2} = 7.791$, $W_{i3} = 8.299$, $W_{i4} = 9.006$, $W_{i5} = 7.937$, $W_{i6} = 9.498$, $W_{i7} = 7.756$, $W_{i8} = 7.790$, $W_{i9} = 7.846$, $W_{iF} = 13.280$ Lab. Blank = <u>9.528</u> , Field Blank = <u>13.313</u> 單位:mg | | | | | | | | | | |
| coating後濾紙重： $W_{c1} = 9.559$, $W_{c2} = 8.040$, $W_{c3} = 8.777$, $W_{c4} = 9.378$, $W_{c5} = 8.213$, $W_{c6} = 9.767$, $W_{c7} = 8.046$, $W_{c8} = 8.084$, $W_{c9} = 8.486$ Lab. Blank = <u>9.535</u> , 單位:mg | | | | | | | | | | |
| 採樣後濾紙重： $W_{f1} = 8.562$, $W_{f2} = 8.042$, $W_{f3} = 8.789$, $W_{f4} = 9.422$, $W_{f5} = 8.218$, $W_{f6} = 9.773$, $W_{f7} = 8.055$, $W_{f8} = 8.113$, $W_{f9} = 8.505$, $W_{fF} = 13.381$ Lab. Blank(F) = <u>9.536</u> , Field Blank = <u>13.313</u> 單位:mg | | | | | | | | | | |
| 微粒淨重 $W_n = W_f - W_i$ $W_{n1} = 0.003$, $W_{n2} = 0.002$, $W_{n3} = 0.013$, $W_{n4} = 0.043$, $W_{n5} = 0.005$, $W_{n6} = 0.006$, $W_{n7} = 0.009$, $W_{n8} = 0.029$, $W_{n9} = 0.019$, $W_{nF} = 0.101$ Field Blank = <u>0</u> 單位:mg | | | | | | | | | | |
| 各階濃度 $(C_1 \sim C_{AF}) = W_n / V_{std}$ $C_1 = 0.029$, $C_2 = 0.020$, $C_3 = 0.129$, $C_4 = 0.441$, $C_5 = 0.049$, $C_6 = 0.063$, $C_7 = 0.092$, $C_8 = 0.300$, $C_9 = 0.194$, $C_F = 1.035$ Field Blank = <u>0</u> 單位: mg/m ³ | | | | | | | | | | |
| 階 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | After Filter |
| Cut (μm) | 50 | 21.3 | 14.8 | 9.8 | 6.0 | 3.5 | 1.55 | 0.93 | 0.52 | 0.1 |
| 濾紙編號 | 971207 Ma1 | 971207 Ma2 | 971207 Ma3 | 971207 Ma4 | 971207 Ma5 | 971207 Ma6 | 971207 Ma7 | 971207 Ma8 | 971207 Ma9 | 971207MaF |
| 備註： 菜單如下： 1. 炸魚排2.炸雞排3.蒜香里肌4.筍絲魷魚5.炒青菜(小白菜)6.冬菜冬粉 2. 湯品：1.味增湯2.地瓜甜湯。 3. 當餐供餐數：100份 審核者： | | | | | | | | | | |

97/12/07Marple Personal Cascade Impactor 濾紙秤重記錄表

| Marple Impactor採樣前後濾紙秤重記錄表 | | | | | | | 秤重者: <u>吳姿樺</u> | | | |
|-----------------------------|------------|---------|--------|--------|--------|--------|---------------------------------------|--------|----------|----------|
| 秤重環境溫度: <u>19~22°C</u> | | | | | | | 空白濾紙秤重日期: <u>97/11/30/13:00</u> | | | |
| 秤重環境溼度: <u>38~43 %</u> | | | | | | | Coating調理後秤重日期: <u>97/12/02/10:00</u> | | | |
| | | | | | | | 採樣調理候秤重日期: <u>97/12/09/11:00</u> | | | |
| Dp ₅₀ (μ m) | 濾紙編號 | 次 採樣 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均 | σ | 重量 差異 |
| 50 | 971207Ma1 | 前 | 8.304 | 8.306 | 8.305 | 8.304 | 8.306 | 8.305 | 0.001 | — |
| | | coating | 8.559 | 8.559 | 8.559 | 8.559 | 8.559 | 8.559 | 0.000 | 0.254 |
| | | 後 | 8.562 | 8.562 | 8.561 | 8.562 | 8.563 | 8.562 | 0.001 | 0.003 |
| 21.3 | 971207Ma2 | 前 | 7.792 | 7.795 | 7.793 | 7.787 | 7.790 | 7.791 | 0.003 | — |
| | | coating | 8.038 | 8.040 | 8.040 | 8.040 | 8.040 | 8.040 | 0.001 | 0.248 |
| | | 後 | 8.048 | 8.040 | 8.040 | 8.040 | 8.040 | 8.042 | 0.003 | 0.002 |
| 14.8 | 971207Ma3 | 前 | 8.294 | 8.299 | 8.300 | 8.299 | 8.302 | 8.299 | 0.003 | — |
| | | coating | 8.776 | 8.777 | 8.778 | 8.776 | 8.776 | 8.777 | 0.001 | 0.478 |
| | | 後 | 8.790 | 8.789 | 8.788 | 8.789 | 8.790 | 8.789 | 0.001 | 0.013 |
| 9.8 | 971207Ma4 | 前 | 9.005 | 9.007 | 9.005 | 9.006 | 9.009 | 9.006 | 0.002 | — |
| | | coating | 9.378 | 9.379 | 9.378 | 9.379 | 9.378 | 9.378 | 0.001 | 0.372 |
| | | 後 | 9.421 | 9.422 | 9.420 | 9.423 | 9.422 | 9.422 | 0.001 | 0.043 |
| 6.0 | 971207Ma5 | 前 | 7.940 | 7.940 | 7.936 | 7.937 | 7.934 | 7.937 | 0.003 | — |
| | | coating | 8.213 | 8.213 | 8.213 | 8.212 | 8.213 | 8.213 | 0.000 | 0.275 |
| | | 後 | 8.218 | 8.218 | 8.218 | 8.217 | 8.217 | 8.218 | 0.001 | 0.005 |
| 3.5 | 971207Ma6 | 前 | 9.497 | 9.498 | 9.497 | 9.498 | 9.498 | 9.498 | 0.001 | — |
| | | coating | 9.767 | 9.768 | 9.767 | 9.766 | 9.767 | 9.767 | 0.001 | 0.269 |
| | | 後 | 9.774 | 9.774 | 9.772 | 9.774 | 9.772 | 9.773 | 0.001 | 0.006 |
| 1.55 | 971207Ma7 | 前 | 7.754 | 7.756 | 7.757 | 7.756 | 7.757 | 7.756 | 0.001 | — |
| | | coating | 8.047 | 8.046 | 8.046 | 8.046 | 8.046 | 8.046 | 0.000 | 0.290 |
| | | 後 | 8.055 | 8.055 | 8.056 | 8.056 | 8.054 | 8.055 | 0.001 | 0.009 |
| 0.93 | 971207Ma8 | 前 | 7.790 | 7.792 | 7.790 | 7.791 | 7.790 | 7.790 | 0.001 | — |
| | | coating | 8.084 | 8.084 | 8.084 | 8.084 | 8.084 | 8.084 | 0.000 | 0.130 |
| | | 後 | 8.113 | 8.114 | 8.113 | 8.114 | 8.113 | 8.113 | 0.001 | 0.029 |
| 0.52 | 971207Ma9 | 前 | 7.845 | 7.845 | 7.846 | 7.846 | 7.846 | 7.846 | 0.001 | — |
| | | coating | 8.486 | 8.486 | 8.485 | 8.485 | 8.486 | 8.486 | 0.001 | 0.272 |
| | | 後 | 8.505 | 8.505 | 8.504 | 8.505 | 8.504 | 8.505 | 0.001 | 0.019 |
| <0.1 | 971207MaF | 前 | 13.284 | 13.284 | 13.278 | 13.278 | 13.276 | 13.280 | 0.004 | — |
| | | 後 | 13.385 | 13.385 | 13.380 | 13.378 | 13.379 | 13.381 | 0.003 | 0.101 |
| Lab. Blank | 971207MaLB | 前 | 9.527 | 9.529 | 9.528 | 9.527 | 9.530 | 9.528 | 0.001 | — |
| | | coating | 9.535 | 9.532 | 9.535 | 9.536 | 9.536 | 9.535 | 0.002 | 0.007 |
| | | 後 | 9.537 | 9.537 | 9.535 | 9.535 | 9.536 | 9.536 | 0.001 | 0.001 |
| Field Blank | 971207MaFB | 前 | 13.313 | 13.313 | 13.313 | 13.314 | 13.312 | 13.313 | 0.001 | — |
| | | 後 | 13.317 | 13.312 | 13.314 | 13.311 | 13.312 | 13.313 | 0.002 | 0.001 |
| 備註: | | | | | | | | | | |
| 審核者: | | | | | | | | | | |

附錄四 97/12/14 Marple Personal Cascade Impactor 現場採樣記錄表

| Marple現場採樣記錄表 | | | 操作者： 吳姿樺 | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| 實際採樣流量 Actual Flow Rate | 2 LPM | 採樣環境壓力 | mmHg | | | | | | | |
| 採樣地點 | XX公司竹科廠 | 採樣環境溫度 | 22°C | | | | | | | |
| 採樣開始 日期/時間 | 2008/12/14 16:09 | 採樣時間 Δt | 0hr | | | | | | | |
| 採樣結束 日期/時間 | 2008/12/14 17:01 | | 51.6min | | | | | | | |
| 實際採樣體積 $V_{std} = 0.1032 \text{ m}^3$ | | | | | | | | | | |
| 空白濾紙重： $W_{i1}=\underline{8.314}$, $W_{i2}=\underline{9.236}$, $W_{i3}=\underline{8.380}$, $W_{i4}=\underline{8.778}$, $W_{i5}=\underline{8.367}$, $W_{i6}=\underline{8.358}$, $W_{i7}=\underline{8.334}$, $W_{i8}=\underline{9.112}$, $W_{i9}=\underline{9.000}$, $W_{iF}=\underline{13.665}$ Lab. Blank= <u>13.313</u> , Field Blank= <u>13.313</u> 單位:mg | | | | | | | | | | |
| coating後濾紙重： $W_{c1}=\underline{8.701}$, $W_{c2}=\underline{9.600}$, $W_{c3}=\underline{8.651}$, $W_{c4}=\underline{9.134}$, $W_{c5}=\underline{9.782}$, $W_{c6}=\underline{8.842}$, $W_{c7}=\underline{8.726}$, $W_{c8}=\underline{9.388}$, $W_{c9}=\underline{9.318}$, $W_F=\text{NA}$ Lab. Blank= <u>13.312</u> 單位:mg | | | | | | | | | | |
| 採樣後濾紙重： $W_{f1}=\underline{8.703}$, $W_{f2}=\underline{9.594}$, $W_{f3}=\underline{8.661}$, $W_{f4}=\underline{9.171}$, $W_{f5}=\underline{8.787}$, $W_{f6}=\underline{8.846}$, $W_{f7}=\underline{8.735}$, $W_{f8}=\underline{9.411}$, $W_{f9}=\underline{9.332}$, $W_F=\underline{13.753}$ Lab. Blank= <u>13.314</u> , Field Blank= <u>13.313</u> 單位:mg | | | | | | | | | | |
| 微粒淨重 $W_n = W_f - W_i$ $W_{n1}=\underline{0.002}$, $W_{n2}=\underline{0.000}$, $W_{n3}=\underline{0.010}$, $W_{n4}=\underline{0.036}$, $W_{n5}=\underline{0.004}$, $W_{n6}=\underline{0.004}$, $W_{n7}=\underline{0.009}$, $W_{n8}=\underline{0.024}$, $W_{n9}=\underline{0.015}$, $W_F=\underline{0.088}$ Lab. Blank= <u>0.001</u> , Field Blank= <u>0.000</u> 單位:mg | | | | | | | | | | |
| 各階濃度($C_1 \sim C_{AF}$)= W_n/V_{std} $C_1=\underline{0.019}$, $C_2=\underline{0.000}$, $C_3=\underline{0.097}$, $C_4=\underline{0.351}$, $C_5=\underline{0.043}$, $C_6=\underline{0.039}$, $C_7=\underline{0.085}$, $C_8=\underline{0.229}$, $C_9=\underline{0.143}$, $C_F=\underline{0.855}$ Lab. Blank= <u>0.000</u> , Field Blank= <u>0.000</u> 單位: mg/m^3 | | | | | | | | | | |
| 階 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | After Filter |
| Cut (μm) | 50 | 21.3 | 14.8 | 9.8 | 6.0 | 3.5 | 1.55 | 0.93 | 0.52 | 0.1 |
| 濾紙 編號 | 971214 Ma1 | 971214 Ma2 | 971214 Ma3 | 971214 Ma4 | 971214 Ma5 | 971214 Ma6 | 971214 Ma7 | 971214 Ma8 | 971214 Ma9 | 9712147MaF |
| 備註： 供餐數：100份 自助餐1.紅燒肉丁2.榨菜肉絲3.炸雞翅4.小瓜拌香腸5.炒青菜(大白菜) 6.蠔油雞排7.炸魚排 湯: 1.鴨血湯2.綠豆甜湯 審核者： | | | | | | | | | | |

97/12/14Marple Personal Cascade Impactor 濾紙秤重記錄表

| Marple Impactor採樣前後濾紙秤重記錄表 | | | | | | 秤重者: <u>吳姿樺</u> | | | | |
|----------------------------|------------|---------|--------|--------|--------|---------------------------------------|--------|--------|-------|----------|
| 秤重環境溫度: <u>20~23</u> °C | | | | | | 空白濾紙秤重日期: <u>97/12/11/09:00</u> | | | | |
| 秤重環境溼度: <u>38~43</u> % | | | | | | Coating調理後秤重日期: <u>97/12/14/09:00</u> | | | | |
| | | | | | | 採樣調理後秤重日期: <u>97/12/21/11:00</u> | | | | |
| Dp ₅₀ (µm) | 濾紙編號 | 次 採樣 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均 | σ | 重量 差異 |
| 50 | 971214Ma1 | 前 | 8.309 | 8.316 | 8.316 | 8.316 | 8.315 | 8.314 | 0.003 | — |
| | | coating | 8.701 | 8.702 | 8.701 | 8.701 | 8.698 | 8.701 | 0.002 | 0.386 |
| | | 後 | 8.702 | 8.705 | 8.702 | 8.702 | 8.702 | 8.703 | 0.001 | 0.002 |
| 21.3 | 971214Ma2 | 前 | 9.243 | 9.233 | 9.238 | 9.238 | 9.236 | 9.236 | 0.002 | — |
| | | coating | 9.600 | 9.601 | 9.600 | 9.600 | 9.600 | 9.600 | 0.000 | 0.364 |
| | | 後 | 9.590 | 9.596 | 9.594 | 9.594 | 9.594 | 9.594 | 0.002 | -0.007 |
| 14.8 | 971214Ma3 | 前 | 8.377 | 8.378 | 8.381 | 8.382 | 8.380 | 8.380 | 0.002 | — |
| | | coating | 8.652 | 8.651 | 8.652 | 8.651 | 8.650 | 8.651 | 0.001 | 0.272 |
| | | 後 | 8.660 | 8.662 | 8.662 | 8.661 | 8.661 | 8.661 | 0.001 | 0.010 |
| 9.8 | 971214Ma4 | 前 | 8.776 | 8.778 | 8.779 | 8.778 | 8.777 | 8.778 | 0.001 | — |
| | | coating | 9.134 | 9.134 | 9.135 | 9.135 | 9.134 | 9.134 | 0.001 | 0.357 |
| | | 後 | 9.134 | 9.135 | 9.134 | 9.134 | 9.316 | 9.171 | 0.081 | 0.036 |
| 6.0 | 971214Ma5 | 前 | 8.367 | 8.368 | 8.367 | 8.368 | 8.366 | 8.367 | 0.001 | — |
| | | coating | 8.781 | 8.784 | 8.783 | 8.781 | 8.782 | 8.782 | 0.001 | 0.415 |
| | | 後 | 8.786 | 8.788 | 8.986 | 8.786 | 8.787 | 8.787 | 0.001 | 0.004 |
| 3.5 | 971214Ma6 | 前 | 8.358 | 8.358 | 8.359 | 8.358 | 8.358 | 8.358 | 0.000 | — |
| | | coating | 8.842 | 8.842 | 8.842 | 8.842 | 8.842 | 8.842 | 0.000 | 0.484 |
| | | 後 | 8.846 | 8.848 | 8.846 | 8.845 | 8.845 | 8.846 | 0.001 | 0.004 |
| 1.55 | 971214Ma7 | 前 | 8.335 | 8.337 | 8.334 | 8.334 | 8.332 | 8.334 | 0.002 | — |
| | | coating | 8.724 | 8.782 | 8.727 | 8.726 | 8.726 | 8.726 | 0.001 | 0.392 |
| | | 後 | 8.734 | 8.736 | 8.736 | 8.734 | 8.735 | 8.735 | 0.001 | 0.009 |
| 0.93 | 971214Ma8 | 前 | 9.110 | 9.113 | 9.113 | 9.113 | 9.113 | 9.112 | 0.001 | — |
| | | coating | 9.387 | 9.390 | 9.388 | 9.388 | 9.386 | 9.388 | 0.001 | 0.275 |
| | | 後 | 9.413 | 9.413 | 9.413 | 9.409 | 9.409 | 9.411 | 0.002 | 0.024 |
| 0.52 | 971214Ma9 | 前 | 8.997 | 9.003 | 9.005 | 8.998 | 8.997 | 9.000 | 0.004 | — |
| | | coating | 9.316 | 9.318 | 9.319 | 9.318 | 9.317 | 9.318 | 0.001 | 0.318 |
| | | 後 | 9.332 | 9.332 | 9.332 | 9.333 | 9.333 | 9.332 | 0.001 | 0.015 |
| <0.1 | 971214MaF | 前 | 13.666 | 13.666 | 13.663 | 13.662 | 13.667 | 13.665 | 0.002 | — |
| | | 後 | 13.752 | 13.752 | 13.752 | 13.753 | 13.756 | 13.753 | 0.002 | 0.088 |
| Lab. Blank | 971214MaLB | 前 | 13.314 | 13.312 | 13.311 | 13.313 | 13.315 | 13.313 | 0.002 | — |
| | | coating | 13.308 | 13.311 | 13.315 | 13.314 | 13.314 | 13.312 | 0.003 | -0.001 |
| | | 後 | 13.314 | 13.315 | 13.313 | 13.313 | 13.313 | 13.314 | 0.001 | 0.001 |
| Field Blank | 971214MaFB | 前 | 13.317 | 13.312 | 13.314 | 13.311 | 13.312 | 13.313 | 0.002 | — |
| | | 後 | 13.313 | 13.315 | 13.310 | 13.313 | 13.313 | 13.313 | 0.002 | 0.000 |
| 備註: | | | | | | | | | | |
| 審核者: | | | | | | | | | | |

附錄五 97/12/22 Marple Personal Cascade Impactor 現場採樣記錄表

| Marple現場採樣記錄表 | | | | | | | | | | 操作者： 吳姿樺 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| 實際採樣流量 Actual Flow Rate | 2 LPM | | | 採樣環境壓力 | mmHg | | | | | |
| 採樣地點 | XX公司竹科廠 | | | 採樣環境溫度 | °C | | | | | |
| 採樣開始 日期/時間 | 2008/12/22 AM 09:51 | | | 採樣時間Δt | 0hr | | | | | |
| 採樣結束 日期/時間 | 2008/12/22 AM10:57 | | | | 65.5min | | | | | |
| 實際採樣體積 $V_{std} = 0.131 \text{ m}^3$ | | | | | | | | | | |
| 空白濾紙重： $W_{i1}=8.351, W_{i2}=9.209, W_{i3}=8.735, W_{i4}=8.959, W_{i5}=8.354, W_{i6}=8.943, W_{i7}=9.099, W_{i8}=8.062, W_{i9}=9.123, W_{iFF}=14.115$ Lab. Blank(F)= <u>13.312</u> , Field Blank(F)= <u>13.018</u> 單位:mg | | | | | | | | | | |
| coating後濾紙重： $W_{c1}=8.590, W_{c2}=9.456, W_{c3}=9.414, W_{c4}=9.674, W_{c5}=9.139, W_{c6}=9.359, W_{c7}=9.661, W_{c8}=8.272, W_{c9}=9.313, W_{iF}=14.194$ Lab. Blank(F)= <u>13.314</u> , Field Blank(F)= <u>13.020</u> 單位:mg | | | | | | | | | | |
| 採樣後濾紙重： $W_{f1}=8.613, W_{f2}=9.483, W_{f3}=9.421, W_{f4}=9.672, W_{f5}=9.142, W_{f6}=9.362, W_{f7}=9.686, W_{f8}=8.323, W_{f9}=9.340, W_{fF}=14.194$ Lab. Blank(F)= <u>13.313</u> , Field Blank(F)= <u>13.020</u> 單位:mg | | | | | | | | | | |
| 微粒淨重 $W_n = W_f - W_i$ $W_{n1}=0.023, W_{n2}=0.027, W_{n3}=0.006, W_{n4}=0.000, W_{n5}=0.003, W_{n6}=0.003, W_{n7}=0.025, W_{n8}=0.051, W_{n9}=0.028, W_{fF}=0.079$ Lab. Blank= <u>0.001</u> , Field Blank= <u>0.002</u> 單位:mg | | | | | | | | | | |
| 各階濃度 $(C_1 \sim C_{AF}) = W_n / V_{std}$ $C_1=0.179, C_2=0.209, C_3=0.049, C_4=0.000, C_5=0.020, C_6=0.021, C_7=0.191, C_8=0.392, C_9=0.212, C_F=0.600$ Lab. Blank= <u>0.000</u> , Field Blank= <u>0.000</u> 單位: mg/m^3 | | | | | | | | | | |
| 階 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | After Filter |
| Cut (μm) | 50 | 21.3 | 14.8 | 9.8 | 6.0 | 3.5 | 1.55 | 0.93 | 0.52 | 0.1 |
| 濾紙 編號 | 971222 Ma1 | 971222 Ma2 | 971222 Ma3 | 971222 Ma4 | 971222 Ma5 | 971222 Ma6 | 971222 Ma7 | 971222 Ma8 | 971222 Ma9 | 971222MaF |
| 備註： 當餐菜色：100份 當日菜單如下：1.炒芥藍菜2.茄汁豬排3.辣味玉菜乾4.冬瓜蛤蜊5.炒麵6.酸辣湯餃7.滷汁肉排 湯品：地瓜QQ甜湯及貢丸湯。 審核者： | | | | | | | | | | |

97/12/22Marple Personal Cascade Impactor 濾紙秤重記錄表

| Marple Impactor採樣前後濾紙秤重記錄表 | | | | | | | 秤重者: <u>吳姿樺</u> | | | |
|----------------------------|------------|---------|--------|--------|--------|--------|---------------------------------------|--------|-------|----------|
| 秤重環境溫度: <u>20~23</u> °C | | | | | | | 空白濾紙秤重日期: <u>97/12/14/09:00</u> | | | |
| 秤重環境溼度: <u>38~43</u> % | | | | | | | Coating調理後秤重日期: <u>97/12/21/11:00</u> | | | |
| | | | | | | | 採樣調理候秤重日期: <u>97/12/25/10:00</u> | | | |
| Dp ₅₀ (µm) | 濾紙編號 | 次 採樣 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均 | σ | 重量 差異 |
| 50 | 971222Ma1 | 前 | 8.354 | 8.352 | 8.350 | 8.351 | 8.350 | 8.351 | 0.002 | — |
| | | coating | 8.590 | 8.589 | 8.590 | 8.591 | 8.590 | 8.590 | 0.001 | 0.239 |
| | | 後 | 8.614 | 8.614 | 8.613 | 8.613 | 8.613 | 8.613 | 0.001 | 0.023 |
| 21.3 | 971222Ma2 | 前 | 9.207 | 9.207 | 9.208 | 9.211 | 9.211 | 9.209 | 0.002 | — |
| | | coating | 9.455 | 9.455 | 9.455 | 9.458 | 9.457 | 9.456 | 0.001 | 0.247 |
| | | 後 | 9.483 | 9.484 | 9.484 | 9.483 | 9.483 | 9.483 | 0.001 | 0.027 |
| 14.8 | 971222Ma3 | 前 | 8.753 | 8.756 | 8.753 | 8.750 | 8.752 | 8.753 | 0.002 | — |
| | | coating | 9.415 | 9.415 | 9.414 | 9.415 | 9.412 | 9.414 | 0.001 | 0.661 |
| | | 後 | 9.421 | 9.420 | 9.421 | 9.420 | 9.421 | 9.421 | 0.001 | 0.006 |
| 9.8 | 971222Ma4 | 前 | 8.959 | 8.961 | 8.958 | 8.959 | 8.957 | 8.959 | 0.001 | — |
| | | coating | 9.674 | 9.674 | 9.674 | 9.674 | 9.674 | 9.674 | 0.000 | 0.715 |
| | | 後 | 9.673 | 9.671 | 9.673 | 9.673 | 9.672 | 9.672 | 0.001 | -0.002 |
| 6.0 | 971222Ma5 | 前 | 8.351 | 8.354 | 8.354 | 8.355 | 8.356 | 8.354 | 0.002 | — |
| | | coating | 9.138 | 9.139 | 9.140 | 9.141 | 9.139 | 9.139 | 0.001 | 0.785 |
| | | 後 | 9.142 | 9.143 | 9.143 | 9.142 | 9.140 | 9.142 | 0.001 | 0.003 |
| 3.5 | 971222Ma6 | 前 | 8.942 | 8.946 | 8.945 | 8.943 | 8.941 | 8.943 | 0.002 | — |
| | | coating | 9.357 | 9.358 | 9.360 | 9.360 | 9.360 | 9.359 | 0.001 | 0.416 |
| | | 後 | 9.365 | 9.364 | 9.364 | 9.357 | 9.359 | 9.362 | 0.004 | 0.003 |
| 1.55 | 971222Ma7 | 前 | 9.100 | 9.100 | 9.099 | 9.099 | 9.097 | 9.099 | 0.001 | — |
| | | coating | 9.662 | 9.660 | 9.660 | 9.660 | 9.661 | 9.661 | 0.001 | 0.562 |
| | | 後 | 9.686 | 9.687 | 9.684 | 9.687 | 9.684 | 9.686 | 0.002 | 0.025 |
| 0.93 | 971222Ma8 | 前 | 8.061 | 8.062 | 8.062 | 8.063 | 8.063 | 8.062 | 0.001 | — |
| | | coating | 8.272 | 8.271 | 8.272 | 8.272 | 8.271 | 8.272 | 0.001 | 0.209 |
| | | 後 | 8.323 | 8.323 | 8.323 | 8.323 | 8.323 | 8.323 | 0.000 | 0.051 |
| 0.52 | 971222Ma9 | 前 | 9.124 | 9.121 | 9.122 | 9.122 | 9.124 | 9.123 | 0.001 | — |
| | | coating | 9.311 | 9.312 | 9.312 | 9.314 | 9.314 | 9.313 | 0.001 | 0.190 |
| | | 後 | 9.340 | 9.339 | 9.341 | 9.342 | 9.340 | 9.340 | 0.001 | 0.028 |
| <0.1 | 971222MaF | 前 | 14.114 | 14.115 | 14.116 | 14.115 | 14.115 | 14.115 | 0.001 | — |
| | | 後 | 14.195 | 14.193 | 14.194 | 14.193 | 14.193 | 14.194 | 0.001 | 0.079 |
| Lab. Blank | 971222MaLB | 前 | 13.308 | 13.311 | 13.315 | 13.314 | 13.314 | 13.312 | 0.003 | — |
| | | coating | 13.314 | 13.315 | 13.313 | 13.313 | 13.313 | 13.314 | 0.001 | — |
| | | 後 | 13.314 | 13.312 | 13.313 | 13.313 | 13.313 | 13.313 | 0.001 | — |
| Field Blank | 971222MaFB | 前 | 13.017 | 13.019 | 13.018 | 13.018 | 13.018 | 13.018 | 0.001 | — |
| | | 後 | 13.022 | 13.020 | 13.020 | 13.021 | 13.019 | 13.020 | 0.001 | 0.002 |
| 備註: 審核者: | | | | | | | | | | |

附錄六 DustTrak 流量校正紀錄

| 日期 | 實驗前 DustTrak 流量 | 實驗後 DustTrak 流量 | 誤差 |
|----------|-----------------|-----------------|------|
| 97/4/20 | 1.72 | 1.76 | 2.3% |
| 97/6/6 | 1.75 | 1.77 | 1.1% |
| 97/6/7 | 1.71 | 1.7 | 0.6% |
| 97/6/15 | 1.75 | 1.76 | 0.6% |
| 97/6/21 | 1.68 | 1.71 | 1.8% |
| 97/6/22 | 1.69 | 1.66 | 1.8% |
| 97/6/23 | 1.73 | 1.71 | 1.2% |
| 97/6/24 | 1.7 | 1.75 | 2.9% |
| 97/6/28 | 1.72 | 1.67 | 2.9% |
| 97/7/2 | 1.68 | 1.69 | 0.6% |
| 97/7/3 | 1.74 | 1.7 | 2.3% |
| 97/7/5 | 1.72 | 1.74 | 1.2% |
| 97/7/12 | 1.7 | 1.73 | 1.8% |
| 97/7/19 | 1.7 | 1.71 | 0.6% |
| 97/7/26 | 1.71 | 1.75 | 2.3% |
| 97/8/2 | 1.7 | 1.78 | 4.7% |
| 97/8/9 | 1.69 | 1.64 | 3.0% |
| 97/8/16 | 1.71 | 1.7 | 0.6% |
| 97/8/23 | 1.69 | 1.75 | 3.6% |
| 97/8/30 | 1.7 | 1.78 | 4.7% |
| 97/12/7 | 1.67 | 1.72 | 3.0% |
| 97/12/14 | 1.71 | 1.75 | 2.3% |
| 97/12/22 | 1.68 | 1.69 | 0.6% |