

台灣交通空氣品質監測站 PM₁₀ 變異影響因素之研究

張立農⁽¹⁾ 江孟玲⁽²⁾ 林昭遠⁽³⁾

摘 要

汽機車為台灣民眾極為普及之交通工具，然其所排放之廢氣卻是造成懸浮微粒濃度增加主要原因之一，近年來，懸浮微粒對人體之危害備受重視，因此了解汽機車排放之廢氣與懸浮微粒濃度變化，乃空氣汙染之重要議題。本研究蒐集全台四處交通區空氣品質監測站之 PM₁₀、氣象及化學因子等資料，經篩選揚塵事件日後，使用皮爾森相關係數探討 PM₁₀ 與氣象、化學因子之間的相關性，最後應用線性迴歸建立懸浮微粒預測模式。研究結果顯示，PM₁₀ 濃度升高之時間多為交通之尖峰時刻，因此其與氣象因子之相關性低於化學因子。

(**關鍵詞**：懸浮微粒、迴歸分析、PM₁₀)

Factors affecting suspended particulate matter (PM₁₀) - A case study of traffic air quality monitoring stations in Taiwan

Lin-Ong Zhang⁽¹⁾ *Mon-Ling Chiang*⁽²⁾ *Chao-Yuan Lin*⁽³⁾

Master Student⁽¹⁾ Doctoral Student⁽²⁾ Professor⁽³⁾, Department of Soil and Water Conservation,
National Chung-Hsing University, Taiwan

ABSTRACT

Recently, suspended particulate matter with a diameter of less than 10 μm (PM₁₀) is a current urban air pollution issue due to its ability to cause human health including respiratory symptoms. PM₁₀ which mostly affecting urban areas is emitted from various sources in particular the transportation sectors. In this paper, statistical approaches were applied for identifying the influential factors and predicting urban PM₁₀ concentrations in the traffic areas. Daily records for air quality and

(1)國立中興大學水土保持學系研究生

(2)國立中興大學水土保持學系博士生

(3)國立中興大學水土保持學系教授(通訊作者 e-mail：cylin@water.nchu.edu.tw)

meteorological data from four ambient air quality monitoring sites in Taiwan were collected and screened. Pearson correlation coefficient was applied to explore concentrations, which shows PM_{10} having a strongly relationship with chemical pollutants than meteorological factors particularly in the rush hours. In addition, the multiple linear regression models were also developed to predict the suspended particles.

(**Keywords** : Suspended particles matter, Regression analysis, PM_{10})

前言

懸浮微粒為懸浮在空氣中之固、液態微小粒子，Philinis and Seinfeld (1988)將其來源分為原發性污染物與二次性污染物。原發性污染物是由污染源排放至大氣中，例如燃燒、排放、塵土和海鹽飛沫等。衍生性污染物是氣體分子之間化學反應或者是凝結作用後，再經由膠凝作用形成的微粒。懸浮微粒直徑小於 10 微米稱為 PM_{10} ，會被人體吸入體內，沉積於人體肺部，對人體健康有害 (Pope, 2000)，小於 2.5 微米稱為 $PM_{2.5}$ ，較容易造成呼吸與支氣管疾病，並提高幼兒的死亡率。(Krewski et al. 2000)。

台灣的揚塵問題日益嚴重，其中人為因素包括土地需求不斷增加，導致往山區及河道兩岸開發以及大量工廠的設立還有數量眾多汽機車排放的廢氣。自然因素則有每年冬季隨著東北季風來自大陸西北的沙塵暴以及地震引發的土石崩塌與水旱災導致的河面乾枯還有地面泥濘等等。以上因素都會直接或者間接影響到空氣中懸浮微粒之濃度，使之影響到民眾的健康。

由於懸浮微粒對健康影響巨大，美國環保署於 1987 年提出 PM_{10} 之濃度標準，又於 1997 年提出 $PM_{2.5}$ 之濃度標準，更在 2006 年指出 $PM_{2.5}$ 和慢性呼吸道阻塞有密切的關係。而世界衛生組織 (WHO) 也於 2005 年發布了《空氣質量準則》，其中包括了對懸浮粒子濃度的限制，旗下的國際癌症研究所 (IARC) 於 2013 年 10 月宣布空氣污染是主要環境致癌物，而懸浮微粒是戶外空氣污染中的主要成份，會導致肺癌、提高罹患膀胱癌的風險，危險性與石棉、菸草與紫外線輻射相當。台灣也在 1982 年開始於各地設立了各種空氣品質監測站，以便於監測台灣各地的空氣品質來採取相對適宜的應對措施。

台灣行政院環境保護署依照測量空氣品質儀器設立的位置、污染源的種類等等因素，將空氣品質監測站分為一般、工業、背景、交通、公園以及其他空氣品質監測站六種。懸浮微粒的問題日益嚴重，也開始明顯影響到居民的健康，然而由於導致其增加濃度變化之因子眾多且彼此之間會互相影響，所以懸浮微粒之濃度變化無法使用單個因子來解釋其關聯性，必須考慮多個因子共同解釋方能清楚。但目前並沒有

能夠精確的預測或者是明顯降低懸浮微粒濃度的通用方法。因各地的懸浮微粒濃度之變因不盡相同。

測方程式。

研究方法與材料

1. 研究地區

台灣的交通空氣品質監測站共有六個，其中位於新北市的大同站因設立時間過短導致資料量不足；三重站因監測資料種類過少故兩個站並不採用，故本研究選取剩下的四個交通空氣品質監測站：永和站位於新北市永和區中正橋前，中正橋為台北市與新北市交接之主要橋梁之一；中壢站則位於桃園縣中壢市市中心主要道路旁；位於高雄市鳳山區的鳳山站附近則為高雄市政府與高雄市議會所在地；復興站位於高雄市前鎮區內，周圍為高雄加工出口區、高雄軟體園區、高雄多功能經貿園區，也是前鎮漁港與部分高雄港所在地。

2. 研究材料

(1) 氣象因子

林斌龍、李崇德(1990)研究指出於台北地區 PM_{10} 與日最高溫呈正相關，但江世民(1999)之研究則指出，台北地區 PM_{10} 高濃度多發生於春、冬兩季與溫度呈負相關。張森林等(2007)論文中提到溫度與懸浮微粒之濃度有時呈正相關，有時呈負相關，故溫度與懸浮微粒之濃度關聯性不大。郭石柱、林信輝(2009)指出懸浮微粒濃度大多與相對溼度成反比，因溼度增加會使懸浮微粒增加質量，導致沉降度數增加，使大氣中懸浮微粒濃度降低。蔡春進等(1998)指出揚塵所需之起始值約為 $5m/s$ ，

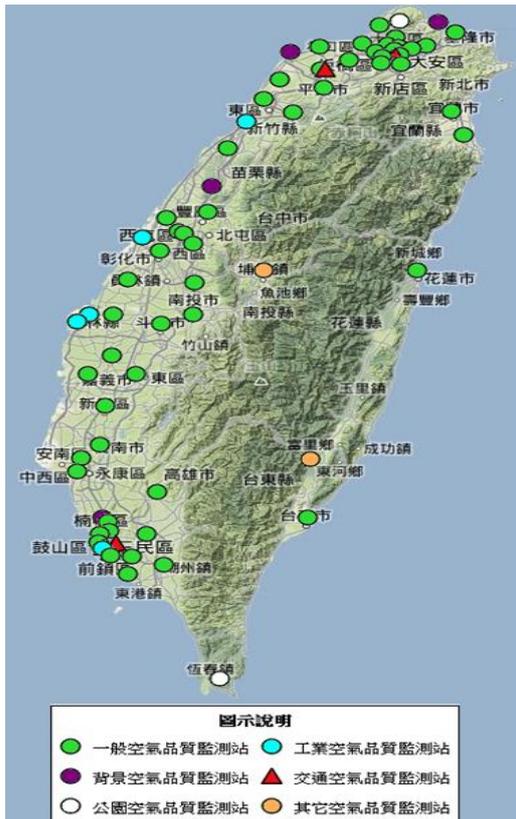


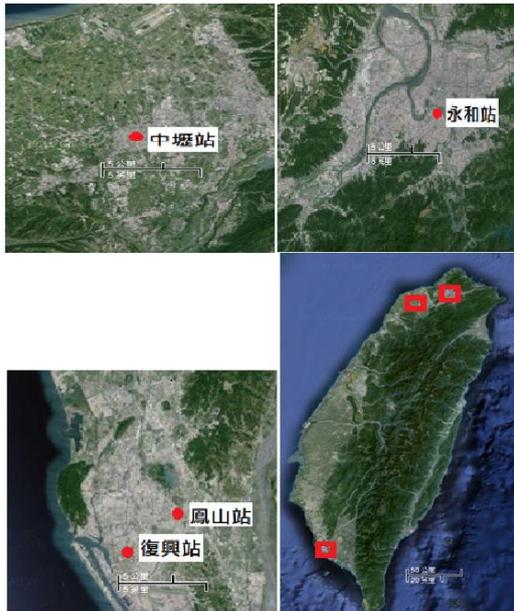
圖 1 台灣空氣品質監測站位置圖

Figure 1 Locations of Taiwan's air quality monitoring station

(資料來源：環境保護署，2014)

近年來，隨著國內空氣品質監測站數量的增加以及時間的經過，已有充足的資料可供分析探討，為了使研究能有一定的代表性與參考價值，所以選取揚塵災害嚴重且具有特殊性的地區資料來進行分析，以求尋找出特殊區域之懸浮微粒濃度於一般情況下與其他因子之相關性以及預

風速超過 6m/s 之後揚塵量與風速呈現正相關，但是當風速超過某一上限，則呈負相關。



測站(station)	北緯(N)	東經(E)
永和(Yonghe)	25d01m01.2s	121d30m58.7s
中壢(Chungli)	24d57m11.8s	121d13m18s
復興(Fuxing)	22d36m31.36s	120d18m43.26s
鳳山(Fengshan)	22d37m38.61s	120d21m29.10s

圖 2 台灣交通空氣品質監測站位置圖
 Figure 2 Locations of Taiwan's traffic air quality monitoring station
 (資料來源：環境保護署，2014)

(2) 化學因子

林致平、邱浚祐(2008)於空氣品質監測站之宜蘭與東山站資料研究發現 PM₁₀ 與臭氧(O₃)呈正相關。溫天雪等(2007)於北京市觀測研究中顯示冬季 PM₁₀ 與二氧

化硫(SO₂)呈正向線性相關。Hu et al. (2012)於南京市分析懸浮微粒組成指出懸浮微粒濃度與一氧化碳(CO)濃度呈正相關。Geng et al.(2009)於長江三角洲之研究指出氮氧化物(NO_x)與揚塵之產生有關。Khedairia and Khadir(2012)分析懸浮微粒中之化學物質，氮氧化物中以二氧化氮(NO₂)佔大多數。

本研究蒐集之資料為 2010 年至 2012 年共三年資料，原始資料為逐時一筆，參考交通區空氣品質監測站之特性，選取交通空氣品質監測站所能提供因子，包含氣象因子的溫度、相對濕度、風速以及化學氣體中的一氧化碳、二氧化氮、臭氧、二氧化硫。

3. 研究方法

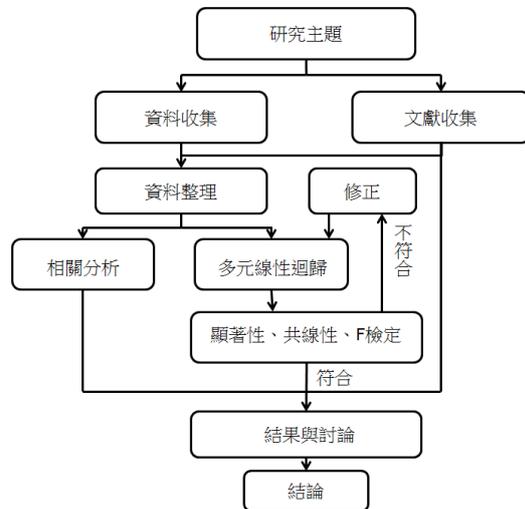


圖 3 研究流程圖
 Figure 3 Flowchart of research

(1) 資料篩選

取得四個交通空氣品質監測站之資

料，刪除儀器與人為錯誤以及特殊的氣候

(如沙塵暴)還有降雨的資料。

(2) 相關係數

皮爾生相關係數 (Pearson correlation coefficient) 之定義為

$$r_{xy} = \frac{S_{xy}}{S_x S_y}$$

， S_x 為變量 x 之標準偏差， S_y 為變量 y 之標準偏差， S_{xy} 為 S_x 與 S_y 與之乘積合， r_{xy} 值為 -1 至 1 之間，是用於反應變數之間相關程度的統計指標，絕對值越高表示相關程度越高，正數代表正相關，負數代表負相關。

(3) 線性迴歸

線性迴歸是對一個或多個自變量和應變量之間關係進行的一種迴歸分析。在只有一個自變數時稱為簡單線性迴歸 (simple linear regression)，大於一個自變數時則叫做多元線性迴歸 (multiple linear regression)，線性迴歸之模式

$$E(Y_i) = \alpha + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_i X_i$$

， $E(Y_i)$ 為對應 x_i 之期望值， α 以及 β 為模式之參數，由資料來估計，使用最小平方方法 (least squares method)

$$\min \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

y_i 為 y 觀察值， \hat{y}_i 為 y 的預測值。使求得的數據與實際數據之間誤差的平方和為

最小。

$$R^2 = \frac{\text{迴歸平方和}}{\text{總誤差平方和}} = \frac{SSR}{SST} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}$$

R^2 為判定係數，其數值範圍為零至一之間，其數值越大表示應變項的總變異量可以被自變項解釋得到變異量部分越大，因此預測結果的誤差比例也越低。

(4) 共線性檢定

1. 變異數膨脹因素

變異數膨脹因素 (Variance Inflation Factor, VIF) 可用來檢定迴歸模型中各自變數間是否存在共線性。根據 Chatterjee and Price (1991) 所發展的標準判斷，若自變數之 VIF 值皆小於 10，表示迴歸模型中自變數之共線性問題並不存在。

2. 條件指標

條件指標 (Condition Index, CI)：CI 為最大特徵值 (Eigenvalue) 與個別特徵值比例的平方根。CI 值越大，越有共線性問題。Tacq (1997) 認為：CI > 15，表示可能有共線性問題，CI > 30，則表示有嚴重共線性問題。

結果與討論

圖 4 至圖 11 為各因子每日資料的盒鬚圖 (Box-plot)，盒鬚圖為一種可以顯示數據分散情況之統計圖形。以第一與第三四分位數為界限形成一個盒子，上下鬚之長度最長為四分位間距的 1.5 倍，最短為資料於範圍內之最大最小值，超過的值稱

為極端值，個別標示。圖 12 為 PM_{10} 月平均值之散佈圖，由圖可以觀察到 PM_{10} 濃度於 10 至 4 月明顯較高，秋季時是因太平洋副熱帶高壓影響導致東北季風減弱，大氣擴散能力降低，所以 PM_{10} 濃度會因此較高，而春、冬兩季受來自大陸的東北季風挾帶之沙塵暴影響， PM_{10} 濃度也會因此而比平常時來得較高。

而為了因應應用需求的不同，故選取了三種不同的資料來進行分析與討論，逐時、每日以及每日 PM_{10} 最大時之資料。以皮爾生相關係數與線性迴歸加以分析，了解對於台灣交通空氣品質監測站之 PM_{10} 影響因子相關程度以及對於其變化之預判方程式。

表一至表三為三種模式之 PM_{10} 的相關係數，三種模式下氣象因子都為負相關，氣溫因都市內大氣擴散能力並不高，懸浮微粒濃度高峰大多為凌晨或者是夜晚而不是中午時段附近，北部日夜溫差較大，而南部日夜溫差較小，故中壢與永和站相關係數較小而鳳山與復興站相關係數較大。相對溼度增加會使懸浮微粒增加質量，使大氣中懸浮微粒濃度降低，永和站與復興站相對濕度變化較大，對於懸浮微粒影響較為明顯。而風速根據前人研究，速度未到達 5m/s，則無法捲起揚塵，依據圖 11 四個測站的風速都小於 2m/s，故大部分情況下風速越大懸浮微粒濃度越低。而化學因子與懸浮微粒皆為正相關，相關程度最高的皆是二氧化氮，最低為臭氧是在這幾個地點臭氧之產生主要為二氧化氮與碳氧化物進行之光化學反應故臭氧

雖為正相關但沒陽光之後其值只會降低。

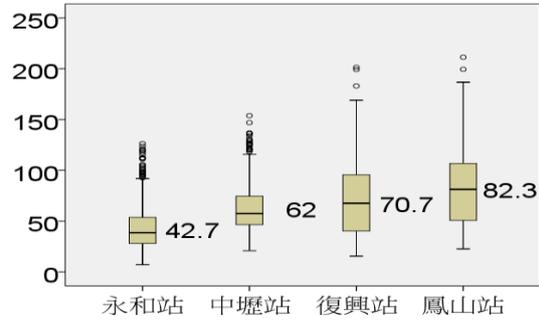


圖 4 各測站 PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)比較
Figure 4 Comparison of PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) at the monitoring stations

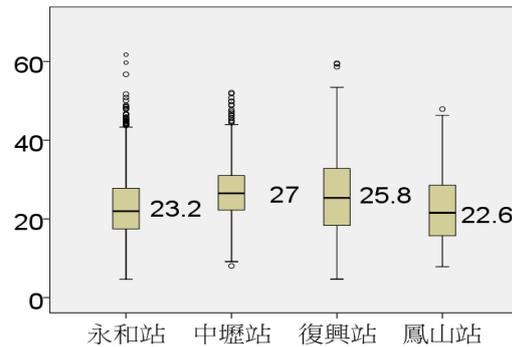


圖 5 各測站 NO_2 (ppb)比較
Figure 5 Comparison of NO_2 (ppb) at the monitoring stations

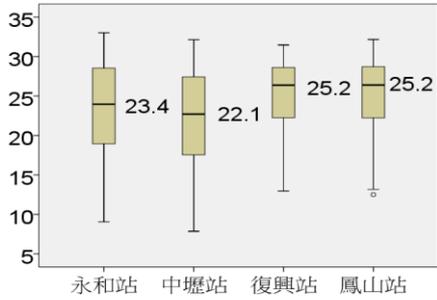


圖 6 各測站氣溫(°C)比較
Figure 6 Comparison of air temperature (°C) at the monitoring stations

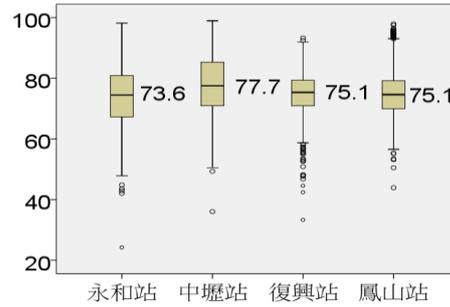


圖 9 各測站相對濕度(%)比較
Figure 9 Comparison of relative humidity (%) at the monitoring stations

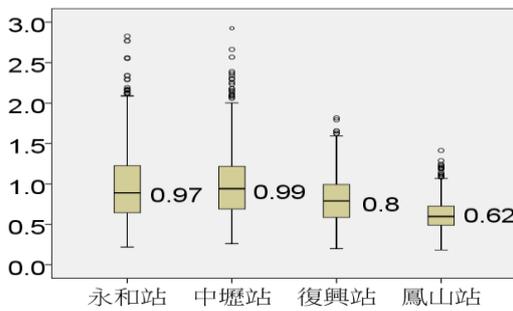


圖 7 各測站 CO (ppm)比較
Figure 7 Comparison of CO (ppm) at the monitoring stations

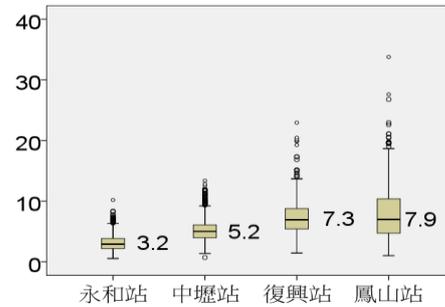


圖 10 各測站 SO₂ (ppb)比較
Figure 10 Comparison of SO₂ (ppb) at the monitoring stations

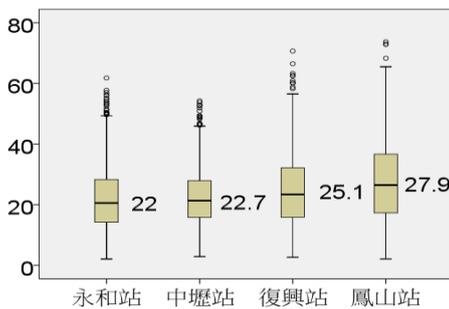


圖 8 各測站 O₃ (ppb)比較
Figure 8 Comparison of O₃ (ppb) at the monitoring stations

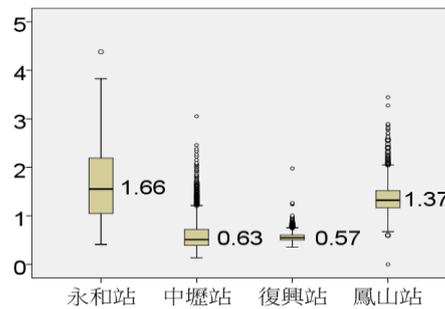


圖 11 各測站風速(m/sec)比較
Figure 11 Comparison of wind speed at the monitoring stations

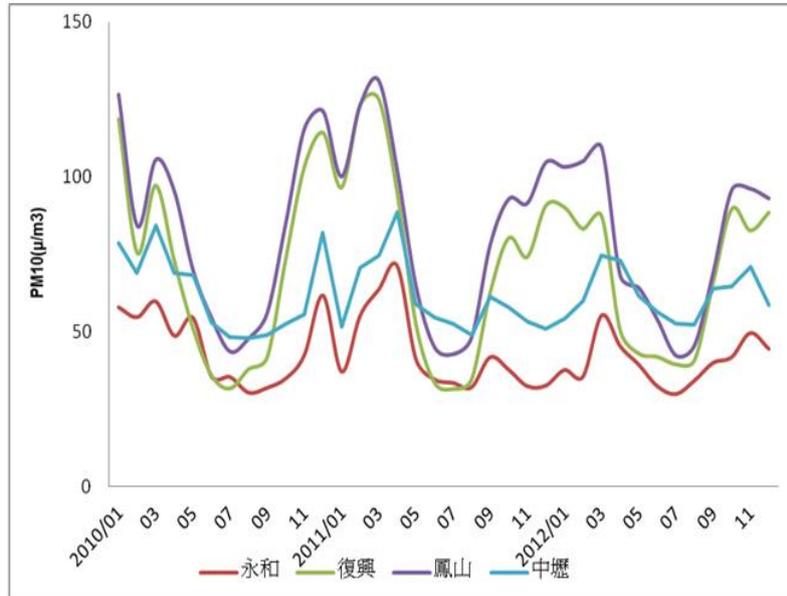


圖 12 各測站 PM₁₀ 月平均值之變化

Figure 12 Variations of monthly PM₁₀ at the monitoring stations

表 1 各測站日 PM₁₀ 與分析因子間之相關係數

Table 1 Correlation coefficient between daily PM₁₀ and analyzed factor for each monitoring station

因子	溫度	CO	NO ₂	O ₃	相對溼度	SO ₂	風速
永和 PM ₁₀	-0.22	0.48	0.62	0.17	-0.22	0.6	-0.29
中壢 PM ₁₀	-0.19	0.42	0.63	0.19	-0.16	0.44	-0.12
復興 PM ₁₀	-0.63	0.71	0.81	0.32	-0.5	0.33	-0.3
鳳山 PM ₁₀	-0.58	0.72	0.82	0.31	-0.27	0.65	-0.26

表 2 各測站日最大值 PM₁₀ 與分析因子間之相關係數

Table 2 Correlation coefficient between daily maximum PM₁₀ and analyzed factor for each monitoring station

因子	溫度	CO	NO ₂	O ₃	相對溼度	SO ₂	風速
永和 PM ₁₀	-0.1	0.35	0.57	0.11	-0.2	0.48	-0.28
中壢 PM ₁₀	-0.13	0.31	0.46	0.07	-0.06	0.38	-0.11
復興 PM ₁₀	-0.57	0.52	0.68	0.03	-0.39	0.29	-0.13
鳳山 PM ₁₀	-0.55	0.49	0.65	0.03	-0.04	0.39	-0.16

表 3 各測站時 PM₁₀ 與分析因子間之相關係數

Table 3 Correlation coefficient between hourly PM₁₀ and analyzed factor for each monitoring station

因子	溫度	CO	NO ₂	O ₃	相對溼度	SO ₂	風速
永和 PM ₁₀	-0.11	0.45	0.64	0.2	-0.26	0.55	-0.16
中壢 PM ₁₀	-0.14	0.33	0.53	0.13	-0.1	0.4	-0.1
復興 PM ₁₀	-0.51	0.56	0.7	0.13	-0.32	0.3	-0.17
鳳山 PM ₁₀	-0.45	0.53	0.65	0.15	-0.11	0.46	-0.14

表四至表七為四個測站為每日、日最大與逐時，三種模式下之 PM₁₀ 的預測方程式，日最大之預測因為其樣本較少且因台灣季節性氣候變化大故造成影響懸浮微粒之因子變動較大，故其判斷係數之值為三種模式下最低；每日之預測因平均逐時資料，較極

端的值會被平均，故判斷係數為三種模式中最高。而藉由這三種模式下的比較，可以了解在三種不同的情況下 PM₁₀ 於大多數時影響其變化之因子以及其正負相關性。主要影響其濃度變化之化學因子為二氧化氮與臭氧，而氣象因子為溫度以及相對濕度。

表 4 永和站之 PM₁₀ 迴歸模式

Table 4 PM₁₀ regression models established for Yonghe station

永和站預測迴歸方程式	R ²	解釋變數
PM ₁₀ (日)= 35.74+1.1 NO ₂ +0.53 O ₃ +5.2 SO ₂ -0.43 RH -0.6 T	0.62	二氧化氮、臭氧、二氧化硫 相對濕度、溫度
PM ₁₀ (日最大)= 46.94+0.98 NO ₂ +3.21 SO ₂ -1.4 T+0.42 O ₃	0.44	二氧化氮、二氧化硫 溫度、臭氧
PM ₁₀ (時)= 51+0.98 NO ₂ +0.3 O ₃ +3.07 SO ₂ -0.92 T -0.32 RH	0.55	二氧化氮、臭氧、二氧化硫 溫度、相對濕度

表 5 中壢站之 PM₁₀ 迴歸模式

Table 5 PM₁₀ regression models established for Chungli station

中壢站預測迴歸方程式	R ²	解釋變數
PM ₁₀ (日)= -3.45+1.19 NO ₂ +0.78 O ₃ +0.72CO +9.11SO ₂ +1.96WS+7.5 T	0.53	二氧化氮、臭氧、一氧化碳 二氧化硫、溫度
PM ₁₀ (日最大)=41.61+0.96 NO ₂ +0.72 O ₃ +1.66 SO ₂ +8.42 CO-0.76 T	0.34	二氧化氮、臭氧、二氧化硫 一氧化碳、溫度
PM ₁₀ (時)= 22.48+0.98 NO ₂ +0.58 O ₃ +1.57 SO ₂ +6.85 CO-0.57 T	0.39	二氧化氮、臭氧、二氧化硫 一氧化碳、溫度

表 6 復興站之 PM₁₀ 迴歸模式

Table 6 PM₁₀ regression models established for Fuxing station

復興站預測迴歸方程式	R ²	解釋變數
PM ₁₀ (日)= 97.57+2.12 NO ₂ +0.79 O ₃ -2.05 T -0.66 RH	0.79	二氧化氮、臭氧、溫度 相對濕度
PM ₁₀ (日最大)= 229.83+1.52 NO ₂ - .01 T+0.68 O ₃ -0.89 RH	0.63	二氧化氮、溫度、臭氧 相對濕度
PM ₁₀ (時)= 108.5+1.79 NO ₂ +0.57 O ₃ -2.84 T -0.34 RH	0.64	二氧化氮、臭氧、溫度 相對濕度

表 7 鳳山站之 PM₁₀ 迴歸模式

Table 7 PM₁₀ regression models established for Fengshan station

鳳山站預測迴歸方程式	R ²	解釋變數
PM ₁₀ (日)= 8.92+2.07 NO ₂ +0.91 O ₃ -1.04 T +30.68 CO +1.145SO ₂	0.79	二氧化氮、臭氧、溫度 一氧化碳、二氧化硫
PM ₁₀ (日最大)= 161.8+1.83 NO ₂ -4.48 T+0.58 O ₃	0.57	二氧化氮、溫度、臭氧
PM ₁₀ (時)= 89.62+1.34 NO ₂ +0.59 O ₃ -2.74 T +0.73 CO+17.31 SO ₂	0.57	二氧化氮、臭氧、溫度 一氧化碳、二氧化硫

結論與建議

(1) 結論

根據圖 12 可以了解到台灣交通空氣品質監測站 PM₁₀ 之月份的起伏變化，台灣 PM₁₀ 濃度之變化易受季節影響，主要集中於 10 至 4 月，而每年之 PM₁₀ 總量有慢慢降低。

因台灣交通空氣品質監測站皆設於都市內，故導致其風速偏低，大氣擴散能力並不高，所以 PM₁₀ 濃度較高的時段多為清晨或者夜晚只有少部分為中午至下午時段，故溫度、風速與相對濕度這些氣象因子與 PM₁₀ 濃度皆為負相關，而化學因子皆會增加 PM₁₀ 濃度故

皆為正相關。

台灣交通空氣品質監測站於平時狀況下於三種模式中觀察到主要影響 PM₁₀ 濃度的氣象因子主要為二氧化氮以及臭氧，氣相因子則為溫度與相對濕度。

(2) 建議

本研究使用多元線性迴歸分析建立 PM₁₀ 預測方程式，後續可增加數據資料或者擴展因子以提升預測方程式之準確性，也可嘗試運用其他統計分析方法建立 PM₁₀ 預測方程式。

因其導致 PM₁₀ 濃度增加之化學因子主要為汽機車排放，故建構完整的大眾運輸系統，

並通過政策補助增加其使用率，還有設置自行車接駁與租賃系統，以此降低汽機車排放物之增加以及加強對於汽機車排放之檢查與燃料之改良。而高濃度發生之時間多集中於 10 至 4 月，在這時段多加宣導以降低懸浮微粒造成之損害。

參考文獻

1. 江世民 (1999)，台北地區臭氧及懸浮微粒型態與其他污染物及氣象條件之分析比較，第 16 屆空氣污染控制技術研討會，台中朝陽科技大學(台灣)。
2. 林致平、邱浚祐 (2008)，宜蘭空氣品質區懸浮微粒與臭氧變化相關分析，蘭陽學報，第七期，頁 23-31
3. 郭石柱、林信輝 (2009)，揚塵懸浮微粒 (PM10)與氣象因子相關性分析-以台東縣關山鎮空氣品質監測站為例-，國立中興大學水土保持學系碩士論文
4. 林斌龍、李崇德 (1990)，台北地區 PM10 濃度與氣象因子之多變量統計分析，第 7 屆空氣污染控制技術研討會，中壢。
5. 張森林、李新新、鄭繼東 (2007)，焦作市 PM10 污染狀況及相關氣象條件分析，河南理工大學學報(自然科學版)26 卷 5 期，頁 593-596
6. 溫天雪、王躍思、張凱采 (2007)，.暖季北京大氣 PM10 中硫酸鹽與硫氧化率的觀測研究，中國科學院研究生院學報，23 卷一期，頁 584-589
7. 蔡春進、繆敦耀、簡聰智、陳泰任 (1999)，裸露地逸散性粒狀空氣污染物的控制技術研究，第十六屆空氣污染控制技術研討會，台中朝陽科技大學(台灣)，頁 26-27。
8. 環境保護署 (2014)，<http://www.epa.gov.tw>。
9. Chatterjee, S. & Price, B. (1991) "Regression analysis by example. 2nd edition. John Wiley and Sons," New York, p.278.
10. Geng, F., Zhang, Q., Tie, X., Huang, M., Ma, X., Deng, Z., Yu, Q., Quan, J. & Zhao, C. (2009) "Aircraft measurements of O3, NOx, CO, VOCs, and SO2 in the Yangtze River Delta region," Atmospheric Environment, Volume 43, Issue 3, January 2009, p.584-593.
11. Hu, X., Zhang, Y., Ding, Z., Wang, T., Lian, H., Sun, Y. & Wu, J. (2012) "Bioaccessibility and health risk of arsenic and heavy metals (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn and Mn) in TSP and PM2.5 in Nanjing," China Original Research Article Atmospheric Environment, Volume 57, September 2012, p.146-152.
12. Khedairia, S. & Khadir, M. T. (2012) "Impact of clustered meteorological parameters on air pollutants concentrations in the region of Annaba, Algeria," Atmospheric Research, Volume 113, September 2012, p.89-101.
13. Krewski, D., Burnett, R. T., Goldberg, M. S., Hoover, K., Siemiatycki, J., Jerrett, M., Abrahamowicz, A. & White, W. H. (2000) "Reanalysis of the Harvard Six Cities

Study and the American Cancer Society
Study of Particulate Air Pollution and
Mortality: A Special Report of the
Institute's Particle Epidemiology
Reanalysis Project,” Health Effects
Institute, Cambridge MA, p.97.

103年05月19日收稿

103年06月03日修改

103年06月12日接受

14. Philinis, C & Seinfeld, J. H. (1988)
“Development and evaluation of an
eulerian photochemical gas aerosol
model,” p.1985-2001.
15. Pope, C. A. (2000) “ Epidemiology of
Fine Particulate Air Pollution and Human
Health: Biologic Mechanisms and Who's
at Risk, Environment Health
Perspective, ”104, Supl. 4, p.713-723.
16. Tacq, J. (1997) “Multivariate Analysis
Techniques in Social Research. London :
SAGE ”