

第五章 失效模式之空氣模擬

5.1 廢氣組成及管制標準

5.1.1 廢氣之組成

垃圾焚化廠廢氣中之組成包括粒狀污染物、一氧化碳(CO)、二氧化硫(SO₂)、氮氧化物(NO_x)、氯化氫(HCl)、氟化氫(HF)、重金屬、三氧化硫(SO₃)、氮氣(N₂)、二氧化碳(CO₂)、水氣(H₂O)及戴奧辛/呋喃(PCDDs/PCDFs)等，在評量廢氣組成時，可分為乾基與濕基兩種標準，一般環保法規中，多以乾基及某特定含氧量下標準狀態來訂定管制標準，因此可以避免不同之操控狀態下所生之量測差異，造成管制基準之混亂。

若已得知化學元素分析之資訊，一般理論上推求各主要污染物種之方法如下：

$$\text{CO}_2 = 22.4 \frac{C}{12} (\text{Nm}^3/\text{Kg})$$

$$\text{SO}_2 = 22.4 \frac{S}{32} (\text{Nm}^3/\text{Kg})$$

$$\text{HCl} = 22.4 \frac{\text{Cl}}{35.5} (\text{Nm}^3/\text{Kg})$$

$$\text{H}_2\text{O} = 22.4 \left(\frac{H}{2} + \frac{\text{H}_2\text{O}}{18} - \frac{\text{Cl}}{71} \right) (\text{Nm}^3/\text{Kg})$$

$$\text{N}_2 = mA_0 (79\%) (\text{Nm}^3/\text{Kg})$$

$$\text{O}_2 = (m-1) A_0 (21\%) (\text{Nm}^3/\text{kg})$$



其中m為空氣比，A₀為欲達完全燃燒所需之空氣量。

表 5.1-1 為典型廢氣物焚化爐廢氣中主要污染物濃度排放【19】。一般法令中污染物濃度之表示方式多以乾基在 0°C，1atm之標準狀態為基礎，計量單位則有mg/N m³及ppm兩種，就粒狀污染物(含重金屬及PCDDs / PCDFs等)而言，只用mg/N m³作為單位，至於氣狀污染物則兩者均可，這兩種單位之換算方式可推導如下。

表 5.1-1 典型廢棄物焚化廠廢氣中主要污染物濃度參考值(標準狀態，10%O，乾基)

名 稱	都市垃圾		工業廢棄物		化學廢棄物	
	範圍值	平均值	範圍值	平均值	範圍值	平均值
粒 狀 污 染 物 mg/N m ³	2~10	6	10	10	0.1~15	250
HCl (ppm)	5~15	550	1800~6000	4000	60~4000	1200
SO ₂ (ppm)	70~350	150	520~1800	1100	0~7000	1700

根據理想氣體定律：

$$PV=nRT=\frac{M}{M.W.}RT$$

$$\text{體積分子率}=\frac{V_p}{V_t}=\frac{n_pRT/P}{n_tRT/P}$$

已知 M. W. 為氣體之分子量，M_p 為氣體質量

$$n_p = M_p / M.W.$$

$$M_p = (n_t) \left(\frac{V_p}{V_t} \right) (M.W.)$$

$$= \left(\frac{PV_t}{RT} \right) \left(\frac{V_p}{V_t} \right) (M.W.)$$

$$\text{即 } \frac{M_p}{V_t} = \left(\frac{P}{RT} \right) \left(\frac{V_p}{V_t} \right) (M.W.)$$

設定 $\frac{M_p}{V_t}$ 單位為 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ， $\frac{V_p}{V_t}$ 單位為 ppm，則換算公式為

$$C_{\text{mass}} (\mu\text{g}/\text{m}^3) = 40.9 C_{\text{ppm}} (\text{ppm}) M.W.$$



5.1.2 空氣污染法規

我國環保署於 81.11.30 公告之「廢氣物焚化爐空氣污染物排放標準」之規定，分別對一般廢棄物與事業廢棄物之焚化處理設施，依既存與新設，以及容量的不同，訂定不透光率、粒狀污染物、硫氧化物、氮氧化物、氯化氫、一氧化碳、鉛及其化合物、鎘及其化合物、以及汞及其化合物等排放標準，廢棄物焚化爐一般空氣污染物排放標準【24】如表 5.1-2 所示。

表 5.1-2 一般廢棄物焚化爐空氣污染物排放標準

標準值 項目	類別	一般廢棄物焚化爐			
		處理量未達2公噸/小時	處理量 2-10 (不含)公噸/小時	處理量 10 公噸/小時以上	
		既存或 新設焚化爐	既存或 新設焚化爐	既存焚化爐	新設焚化爐
不透光率 (%)		20	20	20	10
粒狀污染物 (mg/Nm ³)		220	依排氣量換算 $C=1364.2Q^{-0.386}$		
硫氧化物 (ppm, 以SO ₂ 表示)		300	220	150	80
氮氧化物 (ppm, 以NO ₂ 表示)		250	220	220	180
氯化氫 (ppm)		60	60	60	40
一氧化碳 (ppm)		350	350	150	120
其他污染物		依相關規定標準值			
備 註		一、依公式 $C=1364.2Q^{-0.386}$ 所得C值如大於220時以220訂為容許排放值。 二、一氧化碳標準值為一小時動平均值。 三、各項污染物之排放標準值除另有規定外係指測定方法中所規範之採樣時間平均值。 四、各項污染物之測定，如採自動連續測定法，除另有規定外，以一小時平均值為標準值。			

廢氣物焚化爐空氣污染物排放標準【24】為依空氣污染防治法、固定污染源空氣污染物連續自動監測設施管理辦法、廢棄物焚化爐空氣污染物排放標準、廢棄物焚化爐戴奧辛排放標準。

研究個案廠煙囪法規排放標準、設計值如下表 5.1-3 所示，由固定污染源空氣污染物排放標準查知焚化爐周界空氣品質標準如表 5.1-4 所示

表 5.1-3 研究個案廠空氣污染物排放標準與設計值比較表

項目	廢棄物焚化爐空氣污染物排放標準(法規值)	本廠要求之污染物排放標準(本廠設計值)
粒狀污狀物mg/Nm ³	以排氣量換算	10
硫氧化物 ppm (以SO ₂ 表示)	80	35
氯化氫 ppm	40	30

註：C=1364.2Q^{-0.386}；Q=1195 Nm³/min 得C=88.51 mg/Nm³

表 5.1-4 周界空氣品質標準：

項目	周界標準
SO ₂	300 ppb
氯化氫	100 ppb
粒狀污狀物	500 μg/m ³

5.2 空氣污染模擬

5.2.1 空氣模擬 ISCST3 模式介紹

本研究使用環保署(環保署空氣品質模式支援中心，網站：<http://www.aqmc.org.tw/>)【25】推薦之最新版且符合法規要求之電腦擴散模式 ISCST3 (Industrial Source Complex Short-Term Dispersion model 3) 複合工業污染源模式，可廣泛應用於點、線、面、體污染源，輸入資料能與既有氣象資料相配合，可以模擬長時間(年、月)及短時間(小時)的平均濃度及最大值。其理論基礎為高斯擴散模式 (Gaussian dispersion model)，基本假設如下：

1. 污染源為連續排放 (Continuous emissions)
2. 質量守恆 (Conservation of mass)
3. 穩定狀態 (Steady-state conditions)
4. 污染物擴散的濃度分佈屬高斯分佈 (Cross wind and vertical concentration distributions)

依據上述的假設，高斯擴散模式可以以下列的數學式子表示：

$$C = \frac{QVD}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \cdot \exp\left(\frac{-y^2}{2\sigma_y^2} + \frac{-(H-z)^2}{2\sigma_z^2} + \frac{-(H+z)^2}{2\sigma_z^2}\right)$$

其中

C：污染物濃度 Q：污染物排放率，ton/year

V：垂直項 D：衰減項

σ_y 、 σ_z ：橫向和垂直方向濃度分佈的標準差，m

u：煙囪高度的平均風速，m/sec

上述中之垂直項 V 為：

$$V = \frac{1}{2} \left[\exp\left(-0.5\left(\frac{H}{\sigma_z}\right)^2\right) \right] + \left[\exp\left(-0.5\left(\frac{H_3}{\sigma_z}\right)^2\right) + \exp\left(-0.5\left(\frac{H_4}{\sigma_z}\right)^2\right) \right] + \sum_{i=1}^{\infty} \left[\exp\left(-0.5\left(\frac{H_1}{\sigma_z}\right)^2\right) + \exp\left(-0.5\left(\frac{H_2}{\sigma_z}\right)^2\right) \right]$$

其中

$$H = h + \Delta h$$

$$H_1 = 2i \times H_m - H - RHT$$

$$H_2 = 2i \times H_m + H - RHT$$

$$H_3 = 2i \times H_m - H - RHT$$

$$H_4 = 2i \times H_m + H - RHT$$

RHT：受點離地高度（Receptor height above ground）

Hm：混合層高度

衰減項 D 則只有適用於某些污染物，在大部分的模擬中 $D = 0$ 。

ISCST 模式已被廣泛的使用在空氣品質模擬，在模式中主要的特徵有：

1. 可使用極座標和直角座標
2. 適合模擬都市和鄉村的空氣品質
3. 衝量和浮力所引起煙囪排放煙柱高度為下風距離之函數
4. 建築物對擴散的影響
5. 可同時模擬高達 300 個污染源
6. 可模擬點源、線源及面源
7. 風速隨高度而變化
8. 可模擬小時平均濃度至年平均濃度
9. 可依實際地形高度修正受點高程
10. 內建環保署法規內定值
11. 可處理定風之氣象條件
12. 可模擬受點高於地面的情況



目前國內外已廣泛應用 ISC 模式進行焚化廠、發電廠及工業區之空氣污染物模擬研究，顯示其為最受歡迎的模式。

ISC 資料的輸出入流程所需兩大部分資料，一是負責控制模式計算的參數，這個參數檔有嚴格的格式要求，必須依照模式的使用指引來設定每一個參數。氣象資料是計算污染物濃度的必要資料，隨者風速風向與溫度等因素的不同，對計算結果會有很大的不同。

為模擬 ISCST3 模式，模式中各關鍵字與參數指定輸入項為程式控制區 (Control)、污染源 (Source)、承受點 (Receptor)、氣象條件 (Meteorology)、地形 (Terrain Grid)、輸出 (Output) 等。

1. 模式控制區

在這裡定出平均濃度時間與污染物種類，承受點均用最後煙流上升高度、煙囪頂之下沖現象、因昇浮力引起發散之情形、風速剖面指數(都市或鄉村)、垂直勢能溫度梯度、靜風狀態處理功能及修正之尾流影響計算等功能設定。

2. 污染源資料區

在這裡設定污染源的高度、排放與附近建築物的尺度，污染源座標在點源和體源時為其中心座標、在面源為西南角座標，輸入可以為 UTM 座或使用者自定之座標等。



3. 承受點資料區

我們選擇初選廠址五公里範圍內，輸入設定受體點之座標與地形高程等相關資料，利用受體點濃度來評估污染情形。

4. 氣象條件資料區

氣象資料區提供適當的氣象格式的檔案，主要輸入資料為年份、月份、模擬日期(366 天中的第 N 天至第 M 天)、穩定度 Stability Class (1 至 24 小時)、風速 Wind Speed, m/s (1 至 24 小時)、大氣溫度 Ambient Temperature, K (1 至 24 小時)、風向 Flow Vector, deg. (1 至 24 小時)、隨機風向 Randomized Flow Vector, deg. (1 至 24 小時)、混合層高度 Mixing Heights, m (第一小時鄉村型, 第一小時都市型, ... 至 24 小時)等資料。

5.地形資料區

輸入地形網格資料的檔名，地形網格(TG)路徑為選項性，只用於在高處的乾沈降或複雜地形的計算；假如被省略，程式會將污染源到承受點的煙流線性路徑當作地形剖面圖用於乾沈降的計算。

6.輸出資料區

輸出資料區包含記錄輸出時段、污染群組和恕限值，然後列出每一時段(污染群組)等於或超過恕限值的記錄，這些記錄包含：時段、污染群組代碼、超過恕限值的時間、座標、受體點離地面高度和沈降值或平均濃度。



5.2.2 資料蒐集

進行模式模擬所需輸入資料，包括下列幾項說明如下：

1. 氣象資料

模式模擬所需的氣象資料包括風速(m/sec)、風向、Pasquill穩定度、溫度($^{\circ}\text{K}$)和混合層高度(m)，其中風速、風向、穩定度和溫度可由地面氣象站資料而得，至於混合層高度則必須由探空資料計算而得。為瞭解不同年度氣象條件對模擬結果的影響，本研究以6種模式焚化爐煙囪排放量，分別輸入90至94年度氣象資料進行模擬。

2. 污染源

模式模擬所需的污染源資料包括下列七項：污染源座標(UTM座標)、煙囪所在海拔高度(m)、污染物排放率(g/sec)、煙囪高度(m)、煙囪溫度($^{\circ}\text{K}$)、煙囪排放速度(m/sec)及煙囪內徑(m)。

3. 煙囪排放值統計

研究個案市垃圾焚化廠從90年2月16日正式運轉操作，從廠方連續自動監測，統計90年至95年之排放數據，其中硫氧化物、氯化氫、粒狀污染物，其月平均值如表，其月平均最大值及年平均值如表5.2-1

表 5.2-1 研究個案垃圾焚化廠 90~95 年 空污排放值

項目	爐別	操作範圍	研究個案垃圾焚化廠 90~95 年 空污排放值							
			90	91	92	93	94	95	年平均值	月平均最大值
硫氧化物 SOx(ppm)	1	<35	5.15	4.65	6.47	6.52	5.47	4.39	5.46	12.17
	2		4.19	4.39	5.40	7.07	6.85	4.94		
氯化氫 HCl (ppm)	1	<30.7	16.65	19.41	17.18	19.18	19.95	18.28	19.01	23
	2		18.79	20.48	18.92	19.48	20.29	19.53		
粒狀污染物 (mg/Nm ³)	1	<10	1.42	2.16	3.39	4.43	6.02	4.05	3.71	9.57
	2		1.43	2.73	4.18	4.12	6.61	3.94		

4. 受點資料

ISCST3 的受點資料包括受點座標及高度，本研究模擬範圍涵蓋整個廠區及周圍，依據 UTM 座標模擬範圍為：X 軸：244600E – 254200E（距離共 10000 公尺，網格 200 公尺，共 50 格）；Y 軸：2737000N – 2745000N（距離共 8,000 公尺，網格 200 公尺，共 40 格），網格 (Grids) 的設計以 200 m × 200 m 為一個網格點，因此，整個模擬固定卡式受點共計有 2,000 個網格點。



5.2.3 氣象條件分析

研究個案垃圾焚化廠所處地區的氣候受風影響很大，東北季風盛行於十月下旬至翌年的三月中上旬，其強弱與大陸性高氣壓之強弱有關，氣壓強則東北季風盛，陰雨範圍即廣，夏季西南季風開始於五月上旬，終於九月上旬，最盛期為六至八月。本研究個案廠所在地區年平均風速在 2.5 公尺/秒左右，遠超過臺灣其他地區，最多風向為東北風。

其 2001 年～至 2005 年彙整之風花圖如下，2001 年全年最高頻率風向發生於 40° ，累積頻率為 14.1%。2002 年全年最高頻率風向發生於 30° ，累積頻率為 12.8%。2003 年全年最高頻率風向發生於 30° ，累積頻率為 16.0%。2004 年全年最高頻率風向發生於 30° ，累積頻率為 11.2%。2005 年全年最高頻率風向發生於 40° ，累積頻率為 9.80%。故統計 2001 年～至 2005 年其最高頻率風向發生於 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ ，為東北風方向。



2001 年每月最大風速風向彙整如表 5.2-2，最大風速發生於 5 月 12 日風向為 70° 風速為 $24.8(\text{m/s})$ ；全年風花圖如圖 5.2-1，全年最高頻率風向發生於 40° ，累積頻率為 14.1% 。

表 5.2-2 2001 年每月最大風速風向

2001 年												
月份	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
風 速 (m/s)	23.9	23.9	19.5	15.4	24.8	19.3	23.5	19	22	18.8	22.5	21.4
風 向 (360°)	70	70	90	80	70	280	240	80	60	60	70	80
日期	28	16	28	3	12	13	30	17	26	5	10	20



民國九十年一月 至 民國九十年十二月 風花圖 Surface Wind Roses
January 2001 To December 2001

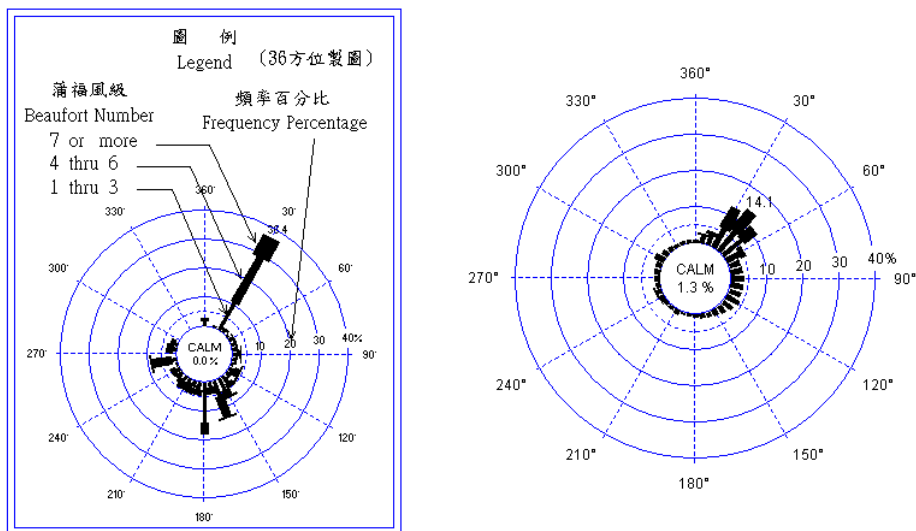


圖 5.2-1 2001 年風花圖

2002 年每月最大風速風向彙整如表 5.2-3，最大風速發生於 10 月 10 日風向為 120° 風速為 $23.8(\text{m/s})$ ；全年風花圖如圖 5.2-2，全年最高頻率風向發生於 30° ，累積頻率為 12.8% 。

表 5.2-3 2002 年每月最大風速風向

2002 年												
月份	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
風 速 (m/s)	18.5	21.4	19.6	17.9	20.6	17.3	19.1	15.3	21.1	23.8	20.1	19.6
風 向 (360°)	70	80	60	300	330	310	330	90	80	120	80	60
日期	24	19	18	6	15	17	16	2	1	10	18	26

民國九十一年一月 至 民國九十一年十二月 風花圖 Surface Wind Roses
January 2002 To December 2002

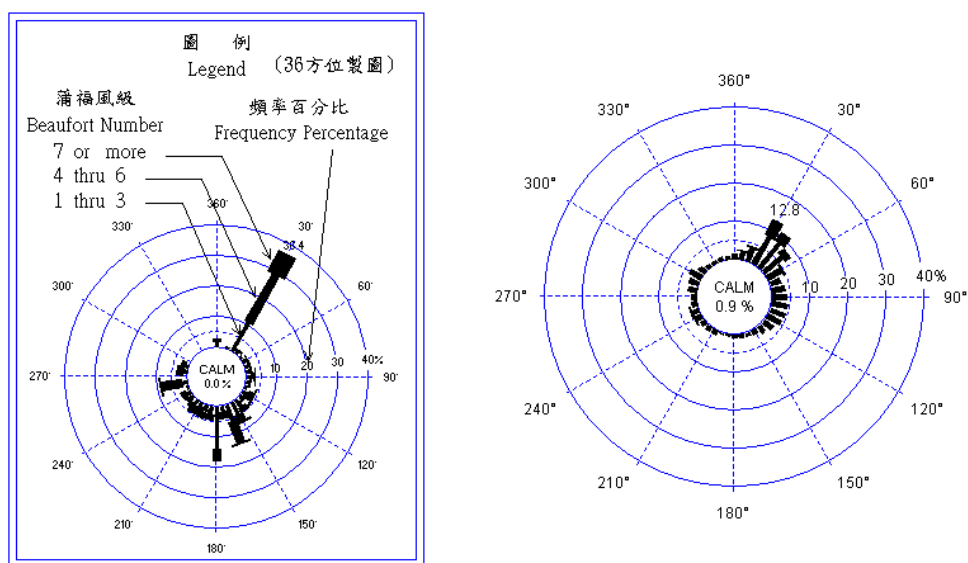


圖 5.2-2 2002 年風花圖

2003 年每月最大風速風向彙整如表 5.2-4，最大風速發生於 9 月 1 日風向為 110° 風速為 24.6(m/s)；全年風花圖如圖 5.2-3，全年最高頻率風向發生於 30° ，累積頻率為 16.0%。

表 5.2-4 2003 年每月最大風速風向

2003 年												
月份	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
風 速 (m/s)	18.9	19.9	17.3	16.8	16.3	16.9	13.7	17	24.6	21	22	20.8
風 向 (360°)	100	100	70	100	80	300	280	100	110	110	90	90
日期	15	5	22	21	27	26	6	19	1	4	16	27

民國九十二年一月 至 民國九十二年十二月 風花圖 Surface Wind Roses
January 2003 To December 2003

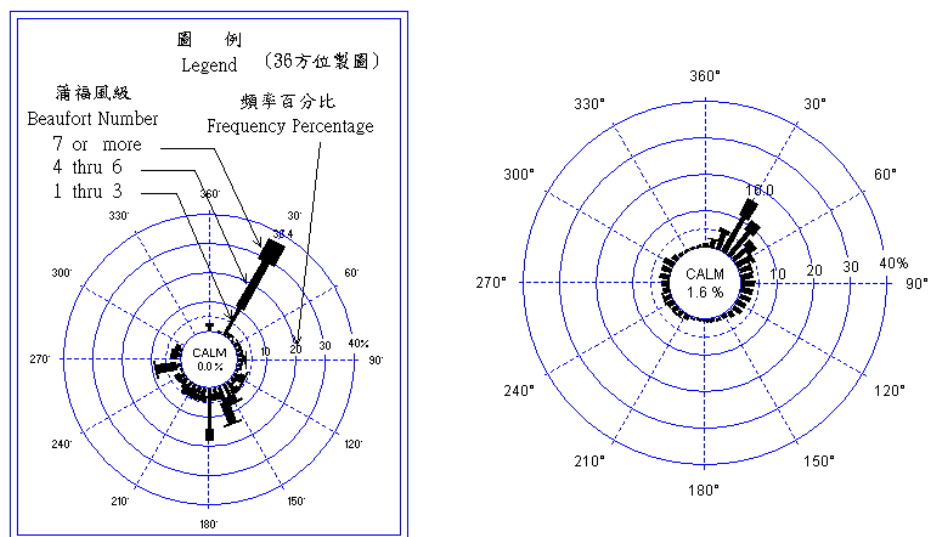


圖 5.2-3 2003 年風花圖

2004 年每月最大風速風向彙整如表 5.2-5，最大風速發生於 10 月 25 日風向為 70° 風速為 26.4(m/s)；全年風花圖如圖 5.2-4，全年最高頻率風向發生於 30° ，累積頻率為 11.2%。

表 5.2-5 2004 年每月最大風速風向

2004 年												
月份	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
風 速 (m/s)	17.1	19.9	19.6	18.6	14.9	21.7	22.7	22.5	15.5	26.4	19.3	22.8
風 向 (360°)	90	70	80	100	90	90	110	350	50	70	90	110
日期	22	6	7	2	23	29	1	24	11	25	26	2



民國九十三年一月 至 民國九十三年十二月 風花圖 Surface Wind Roses
January 2004 To December 2004

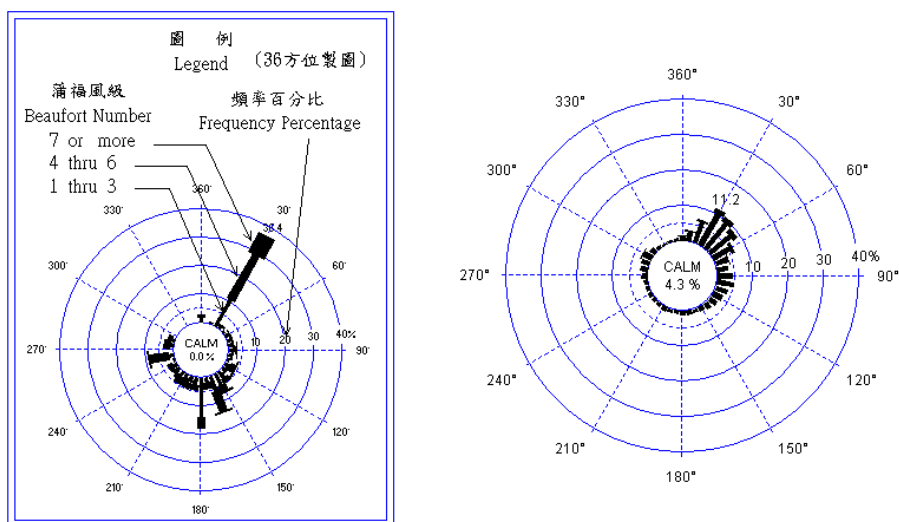


圖 5.2-4 2004 年風花圖

2005 年每月最大風速風向彙整如表 5.2-6，最大風速發生於 8 月 31 日風向為 90°風速為 29.9(m/s)；全年風花圖如圖 5.2-5，全年最高頻率風向發生於 40°，累積頻率為 9.80%。

表 5.2-6 2005 年每月最大風速風向

2005 年												
月份	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
風 速 (m/s)	14.4	15.8	20.6	14.3	16.1	14.9	25.8	29.9	24.6	22.8	20.4	18.1
風 向 (360°)	60	80	4100	310	320	50	60	90	50	130	100	80
日期	12	19	18	30	6	21	18	31	1	2	21	18



民國九十四年一月 至 民國九十四年十二月 風花圖 Surface Wind Roses
January 2005 To December 2005

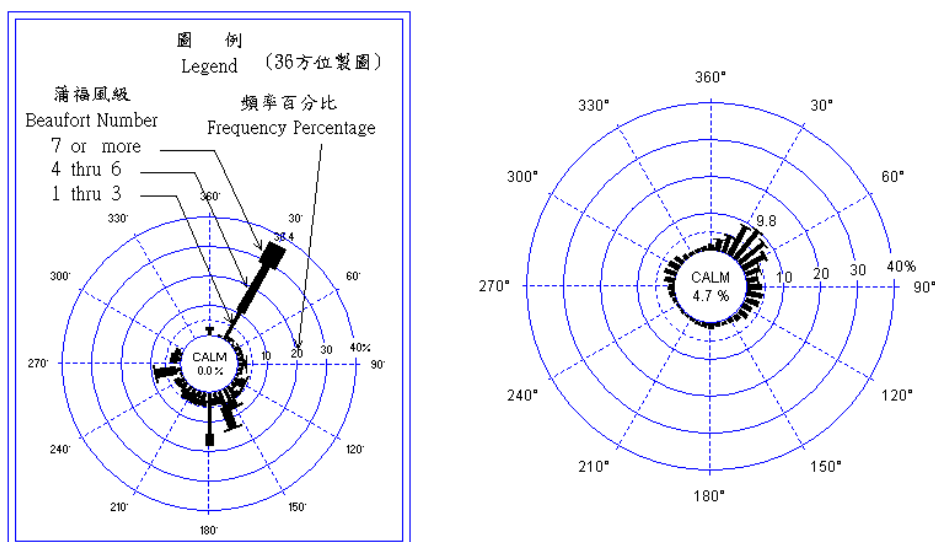


圖 5.2-5 2005 年風花圖

5.3 失效模式之空氣模擬

5.3.1 各種模式之排放物濃度

依研究個案垃圾焚化廠空氣污染防治措施說明書，本製程之廢氣排放口為 P001，其廢氣為焚化爐(E001)燃燒垃圾所產生，焚化過程所產生之廢氣，先經廢熱鍋爐回收熱能，經發電後，再以旋風分離器(A001)、半乾式洗滌塔(A002)及袋式集塵器(A003)予以處理。茲將其廢氣之處理與排放狀況說明如下：

原廢氣污染物特性:依本焚化爐之設計規範，廢氣處理前之濃度如下：

表 5.3-1 焚化爐廢氣處理前之濃度

污 染 物	濃 度
硫氧化物 SO _x	175(ppm)
氯化氫 HCl(ppm)	920(ppm)
粒狀污染物	10000(mg/Nm ³)

廢氣處理概況：

1. 旋風分離器(A001)之處理概況：

旋風分離器主要在清除廢棄中較大較重之顆粒飛灰飛灰，處理效率可達60%，其操作特性如下：

- 廢氣處理量:57000/65500 Nm³/hr x2 座
- 操作溫度:220~260℃
- 操作壓力:-12~50mbar

2. 半乾式洗滌塔(A002)之處理概況：

(1) 半乾式洗滌塔(A002)之操作特性：

半乾式洗滌塔之功用是滌除廢氣中 HCl、HF 及 SO_x 等酸性氣狀污染物，其操作特性如下：

- 廢氣處理量:1500 Nm³/m=90000 Nm³/ hr
- 操作溫度:130~260℃

- 操作壓力:-70~30mbar
- 氫氧化鈣使用量:99~183 kg/ hr
- 石灰乳(氫氧化鈣十水)使用量:4027 kg/ hr
- 半乾式洗滌塔處理效率:如下表所示

表 5.3-2 半乾式洗滌塔處理效率

污 染 物	處 理 效 率
硫氧化物 SO _x	86.69%
氯化氫 HCl(ppm)	98%
粒狀污 染 物	0

表 5.3-3 半乾式洗滌塔處理後之廢氣濃度

污 染 物	濃 度
硫氧化物 SO _x	23.3(ppm)
氯化氫 HCl(ppm)	18.4(ppm)
粒狀污 染 物	4000(mg/Nm ³)

3. 袋式集應器(A003)之處理概況：

(1) 袋式集應器(A003)之操作特性：

半乾式洗滌塔之功用是滌除廢氣中粒狀污 染 物，對 HCl、HF 及 SO_x 等酸性氣狀污 染 物，無去除效果，其操作特性如下：

- 廢氣處理量:1572 Nm³/min =94300 Nm³/hr
- 過濾面積:1837 m²
- 操作溫度:140~160 °C
- 操作壓力：-74~36mbar
- 氣布比:0.97-1.19 m³/ m²-min

處理效率:如下表所示

表 5.3-4 袋式集應器處理效率

污 染 物	處 理 效 率
硫氧化物 SO _x	0%
氯化氫 HCl(ppm)	0%
粒狀污 染 物	99.75 %

處理後之廢氣濃度

表 5.3-5 袋式集應器處理後之廢氣濃度

污 染 物	濃 度
硫氧化物 SO _x	23.3(ppm)
氯化氫 HCl(ppm)	18.4(ppm)
粒狀污 染 物	10(mg/ Nm ³)

4. 排氣特性

- (1) 濕基廢氣量 $1572 \text{ Nm}^3/\text{min} = 94300 \text{ Nm}^3/\text{hr}$
- (2) 乾基廢氣量 $1195 \text{ Nm}^3/\text{min} = 71700 \text{ Nm}^3/\text{hr}$
- (3) 排氣溫度：140℃
- (4) 含水率：24%
- (5) 含氧量：6%
- (6) 排放期程：24 小時/天，333 天/年（8000 小時/年）
- (7) 各污染物之排放濃度及排放量

表 5.3-6 各污染物之排放濃度及排放量

污 染 物	濃 度	排 放 量	
		kg/ hr	Ton/ yr
硫氧化物 SO _x	23.3(ppm)	4.75	38
氯化氫 HCl	18.4(ppm)	2.14	17
粒狀污染物	10(mg/ Nm ³)	0.72	5.3

註：(1)小時排放量(kg/ hr)=濃度(mg/ Nm³)* 乾基廢氣量 71700(Nm³/hr)
*10⁻⁶kg/mg

(2)年排放量(Ton/ yr)=小時排放量(kg/ hr)*24hr/day*333/day/yr*
10⁻³ton/kg

(3) (mg/ Nm³)=ppm*分子量/22.4

SO_x (以SO₂表示)：分子量 64

23.3*64/22.4=66.57 mg/ Nm³

HCl：分子量 36.5

18.4*36.5/22.4=29.98 mg/ Nm³

經前述之各種處理效率，整理 4.2.3 節所述之在各種模式下，煙囪排放物之各項濃度，如表 5.3.7 所示。

其中模式五排放物濃度同模式一，模式六排放物濃度同模式四，模式七排放物濃度同模式三，模式八排放物濃度同模式二。故十種模式簡化為六種模式，針對模式一、模式二、模式三、模式四、模式九、模式十做空氣模擬。

模式二旋風分離器失效，袋濾式集塵器負擔增加，將減少其使用壽命，理論上煙囪之排放物濃度符合空氣污染物排放標準；模式四與模式六其硫氧化物、氯化氫濃度符合空氣污染物排放標準；模式八、模式九、模式十煙囪之排放物濃度符合空氣污染物排放標準。模式一、模式三、模式五、模式七之煙囪之排放物濃度超過空氣污染物排放標準。

表 5.3-7 各種模式煙囪排放濃度

<div> <div>污染物</div> <div>模式</div> </div>	<div> <div>硫氧化物</div> <div>SOx(ppm)</div> </div>	<div> <div>氯化氫</div> <div>HCl(ppm)</div> </div>	<div> <div>粒狀污染物</div> <div>(mg/Nm³)</div> </div>
模式一	175	920	10000
模式二	23.3	18.4	10
模式三	175	920	4000
模式四	23.3	18.4	4000
模式五	175	920	10000
模式六	23.3	18.4	4000
模式七	175	920	10000
模式八	23.3	18.4	10
模式九	5.46	19.01	3.71
模式十	12.17	23	9.57
法規值	80	40	88.51

5.3.2 各種模式之空氣模擬

針對廠址進行 2001~2005 年各種防制設備效率模式空氣污染模擬，以廠址為中心(240705, 2747578)模擬 x 軸 10000 公尺，y 軸 8000 公尺，每網格 200 公尺，範圍內空氣污染物擴散情形，以全年之氣象觀測資料污染源資料，並加入地勢高程輸入 ISC3ST 模式，分別預測 SO_x、HC1、DUST 等污染物之周界最大濃度值。

該廠模擬煙囪基本排放資料，煙囪高度 67 (m)、排氣溫度 140℃、排氣速度 11.7 (m/s)及 煙囪內徑 1.47(m)，各種模式煙囪排放率如表 5.3-8 所示。

表 5.3-8 各種模式煙囪排放率

污染物 模式	SO _x (g/s)	HC1 (g/s)	粒狀污染物 (g/s)
模式一	9.96	29.86	199.2
模式二	1.33	0.597	0.2
模式三	9.96	29.86	79.67
模式四	1.33	0.597	79.67
模式九	0.31	0.62	0.07
模式十	0.69	0.75	0.19

空氣模擬 5 個年度，3 種污染物，6 種模式，共有 90 張空氣模擬圖，經模擬結果，模式一其造成之周界濃度最大，本節僅列出模式一在各年度之空氣模擬圖，從 2001 年至 2005 年分別討論。

2001 年各種模式模擬月平均值彙整如表 5.3-9 最大濃度方位為 240334.00, 2747173.00；24 小時平均值彙整如表 5.3-10 最大濃度方位為 240134.00, 2747573.00。其中模式一 SO_x 濃度模擬分佈圖如圖 5.3-1；HCl 模式一濃度模擬分佈圖如圖 5.3-2；粒狀污染物模式一濃度模擬分佈圖如圖 5.3-3。

表 5.3-9 2001 年各種模式模擬月平均值

模式	SO _x		HCl		粒狀污染物	
	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位
模式一	14.05	240334.00, 2747173.00	42.13	240334.00, 2747173.00	281.04	240334.00, 2747173.00
模式二	1.88	240334.00, 2747173.00	0.84	240334.00, 2747173.00	0.28	240334.00, 2747173.00
模式三	14.05	240334.00, 2747173.00	42.13	240334.00, 2747173.00	112.40	240334.00, 2747173.00
模式四	1.88	240334.00, 2747173.00	0.84	240334.00, 2747173.00	112.40	240334.00, 2747173.00
模式九	0.437	240334.00, 2747173.00	0.87	240334.00, 2747173.00	0.10	240334.00, 2747173.00
模式十	0.97	240334.00, 2747173.00	1.06	240334.00, 2747173.00	0.27	240334.00, 2747173.00

表 5.3-10 2001 年各種模式模擬 24 小時平均值

模式	SO _x		HC1		粒狀污染物	
	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位
模式一	41.80	240134.00, 2747573.00	125.31	240334.00, 2747173.00	835.97	240134.00, 2747573.00
模式二	5.58	240134.00, 2747573.00	2.51	240334.00, 2747173.00	0.84	240134.00, 2747573.00
模式三	41.80	240134.00, 2747573.00	125.31	240334.00, 2747173.00	334.35	240134.00, 2747573.00
模式四	5.58	240134.00, 2747573.00	2.51	240334.00, 2747173.00	334.35	240134.00, 2747573.00
模式九	1.30	240134.00, 2747573.00	2.60	240334.00, 2747173.00	0.29	240134.00, 2747573.00
模式十	2.90	240134.00, 2747573.00	3.15	240334.00, 2747173.00	0.80	240134.00, 2747573.00

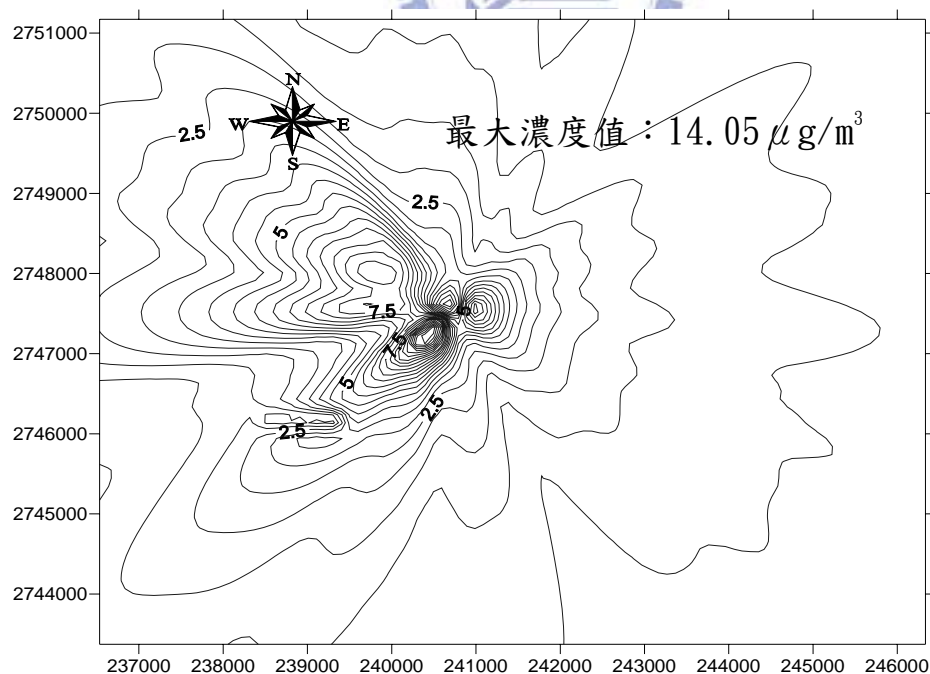


圖 5.3-1 2001 年 SO_x 模式一 模擬圖

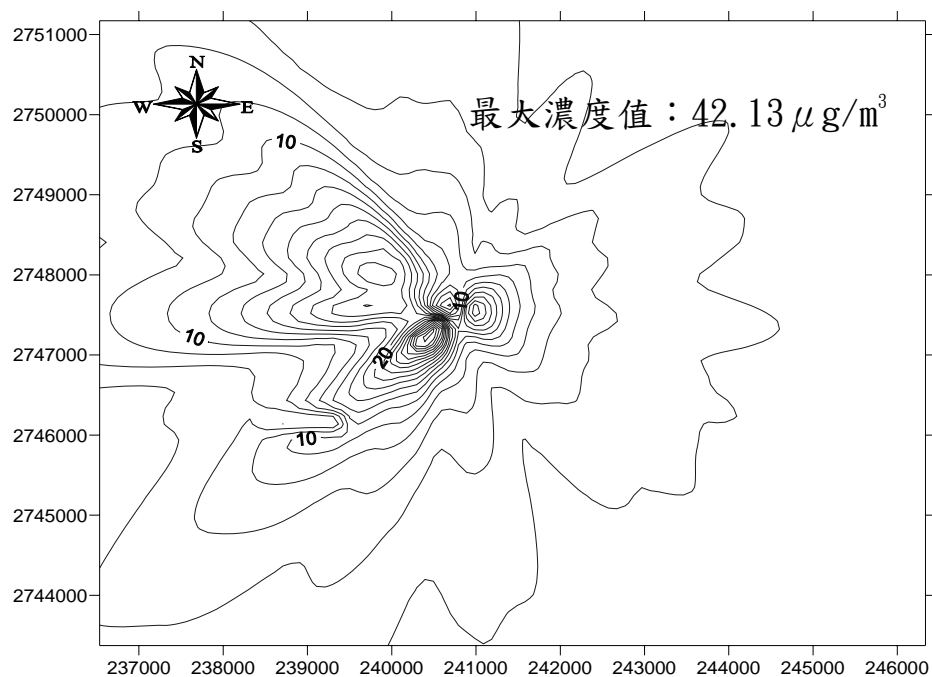


圖 5.3-2 2001 年 HCl 模式一 模擬圖

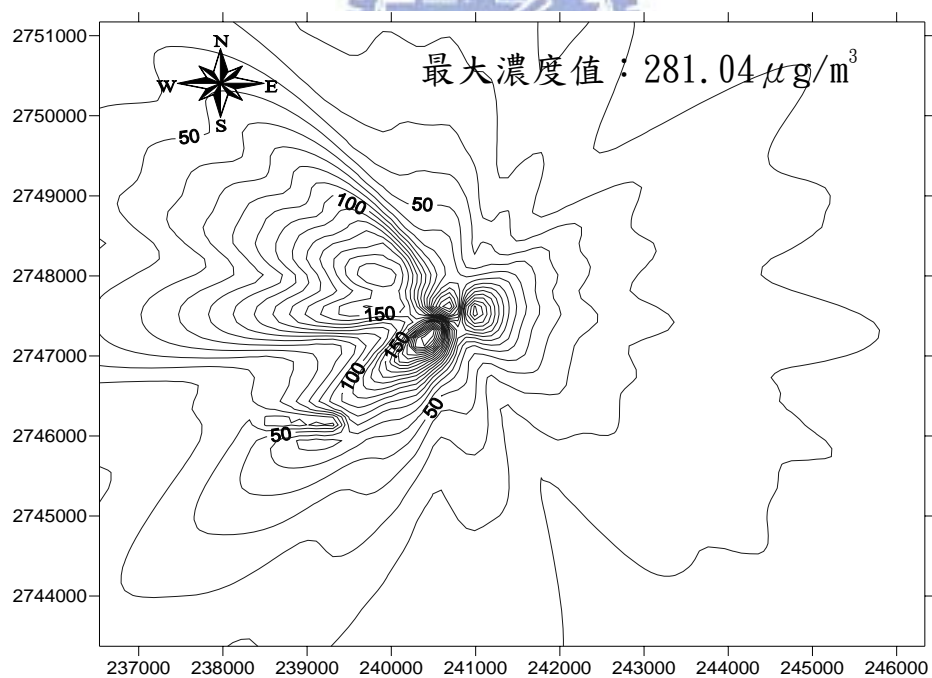


圖 5.3-3 2001 年粒狀污染物模式模式一 模擬圖

2002 年各種模式模擬月平均值彙整如表 5.3-11 最大濃度方位為 240534.00, 2747173.00；24 小時平均值彙整如表 5.3-12 最大濃度方位為 240134.00, 2747773.00。其中模式一 SO_x 濃度模擬分佈圖如圖 5.3-4；HCl 模式一濃度模擬分佈圖如圖 5.4-5；粒狀污染物模式一濃度模擬分佈圖如圖 5.4-6。

表 5.3-11 2002 年各種模式模擬月平均值

模式	SO _x		HCl		粒狀污染物	
	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位
模式一	14.04	240534.00, 2747173.00	42.10	240534.00, 2747173.00	280.81	240534.00, 2747173.00
模式二	1.87	240534.00, 2747173.00	0.84	240534.00, 2747173.00	0.28	240534.00, 2747173.00
模式三	14.04	240534.00, 2747173.00	42.10	240534.00, 2747173.00	112.31	240534.00, 2747173.00
模式四	1.87	240534.00, 2747173.00	0.84	240534.00, 2747173.00	112.31	240534.00, 2747173.00
模式九	0.437	240534.00, 2747173.00	0.87	240534.00, 2747173.00	0.10	240534.00, 2747173.00
模式十	0.97	240534.00, 2747173.00	1.06	240534.00, 2747173.00	0.27	240534.00, 2747173.00

表 5.3-12 2002 年各種模式模擬 24 小時平均值

模式	SO _x		HC1		粒狀污染物	
	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位
模式一	47.39	240134.00, 2747773.00	142.09	240134.00, 2747773.00	947.87	240134.00, 2747773.00
模式二	6.33	240134.00, 2747773.00	2.84	240134.00, 2747773.00	0.95	240134.00, 2747773.00
模式三	47.39	240134.00, 2747773.00	142.09	240134.00, 2747773.00	379.10	240134.00, 2747773.00
模式四	6.33	240134.00, 2747773.00	2.84	240134.00, 2747773.00	379.10	240134.00, 2747773.00
模式九	1.48	240134.00, 2747773.00	2.95	240134.00, 2747773.00	0.33	240134.00, 2747773.00
模式十	3.28	240134.00, 2747773.00	3.57	240134.00, 2747773.00	0.90	240134.00, 2747773.00

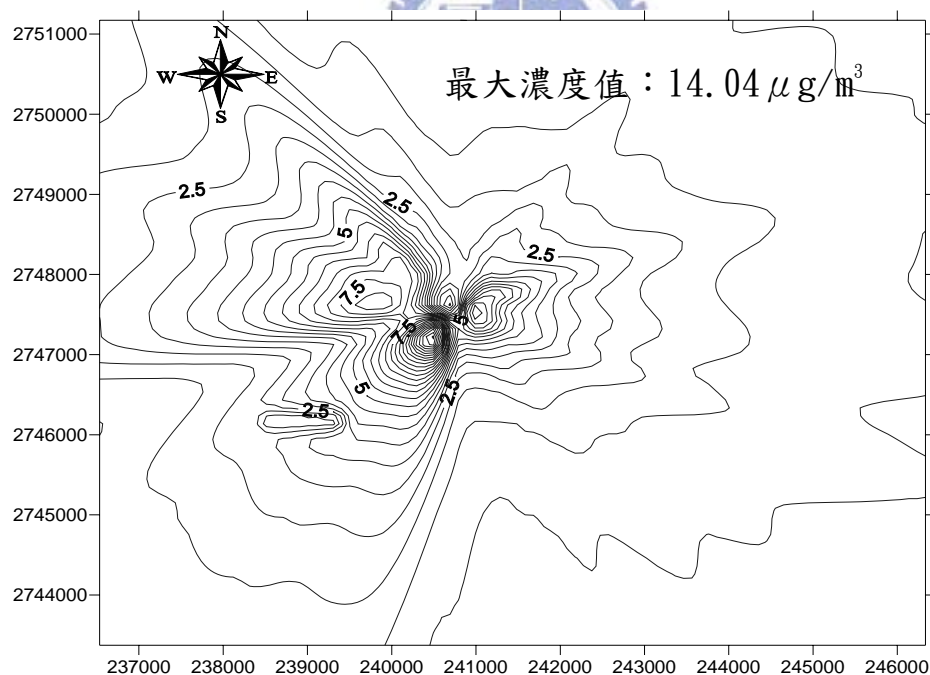


圖 5.3-4 2002 年 SO_x 模式一 模擬圖

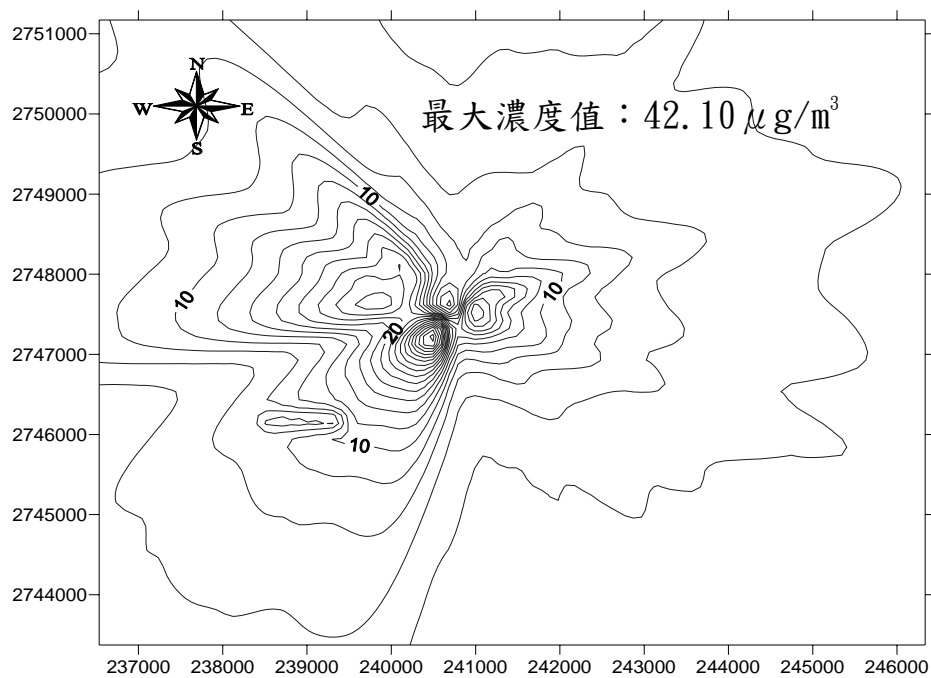


圖 5.3-5 2002 年 HC1 模式一 模擬圖

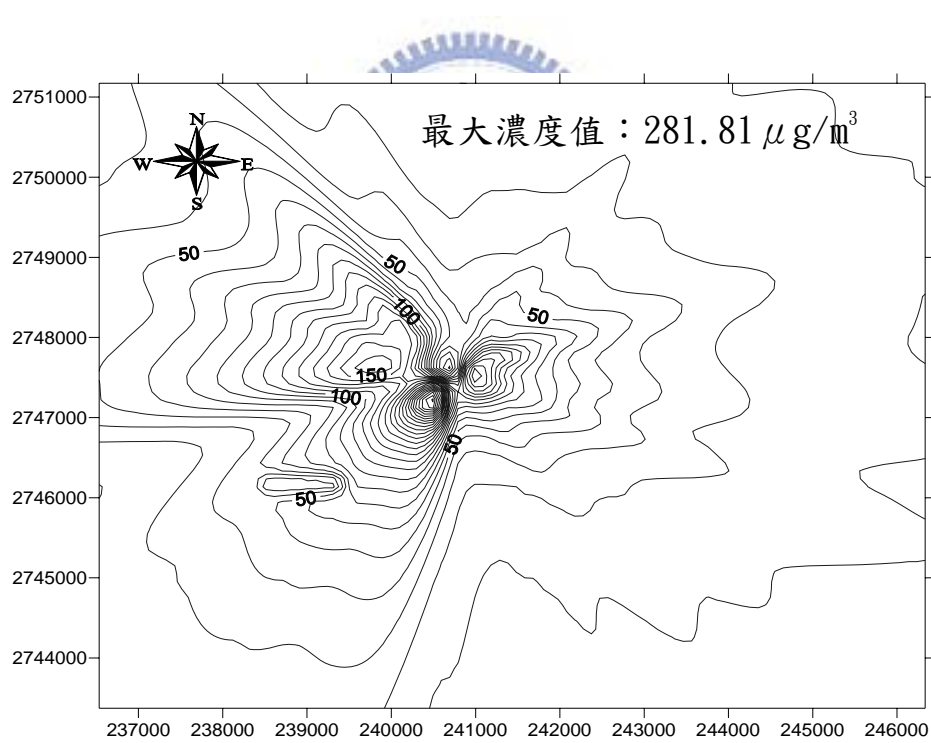


圖 5.3-6 2002 年粒狀污染物模式一 模擬圖

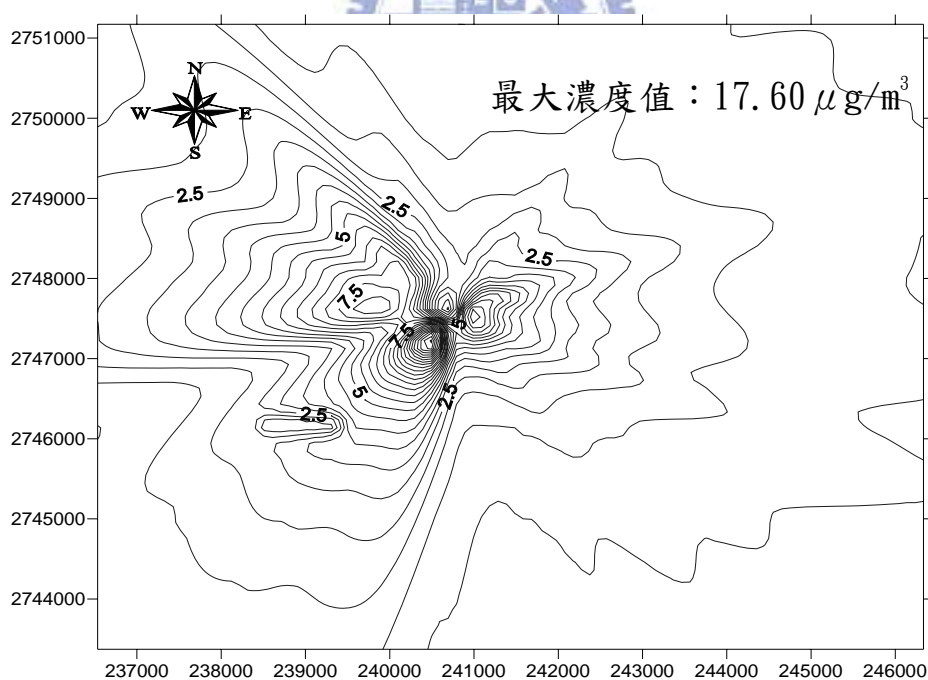
2003 年各種模式模擬月平均值彙整如表 5.3-13 最大濃度方位為 240534.00, 2747173.00；24 小時平均值彙整如表 5.3-14 最大濃度方位為 240534.00, 2747173.00。其中模式一 SO_x 濃度模擬分佈圖如圖 5.3-7；HCl 模式一濃度模擬分佈圖如圖 5.3-8；粒狀污染物模式一濃度模擬分佈圖如圖 5.3-9。

表 5.3-13 2003 年各種模式模擬月平均值

模式	SO _x		HCl		粒狀污染物	
	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位
模式一	17.60	240534.00, 2747173.00	52.76	240534.00, 2747173.00	351.98	240534.00, 2747173.00
模式二	2.35	240534.00, 2747173.00	1.05	240534.00, 2747173.00	0.35	240534.00, 2747173.00
模式三	17.60	240534.00, 2747173.00	52.76	240534.00, 2747173.00	140.76	240534.00, 2747173.00
模式四	2.35	240534.00, 2747173.00	1.05	240534.00, 2747173.00	140.76	240534.00, 2747173.00
模式九	0.55	240534.00, 2747173.00	1.10	240534.00, 2747173.00	0.35	240534.00, 2747173.00
模式十	1.22	240534.00, 2747173.00	1.33	240534.00, 2747173.00	0.34	240534.00, 2747173.00

表 5.3-14 2003 年各種模式模擬 24 小時平均值

模式	SO _x		HC1		粒狀污染物	
	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位
模式一	49.78	240534.00, 2747173.00	149.23	240534.00, 2747173.00	995.54	240534.00, 2747173.00
模式二	6.65	240534.00, 2747173.00	2.98	240534.00, 2747173.00	0.999	240534.00, 2747173.00
模式三	49.78	240534.00, 2747173.00	149.23	240534.00, 2747173.00	398.17	240534.00, 2747173.00
模式四	6.65	240534.00, 2747173.00	2.98	240534.00, 2747173.00	398.17	240534.00, 2747173.00
模式九	1.55	240534.00, 2747173.00	3.10	240534.00, 2747173.00	1.26	240534.00, 2747173.00
模式十	3.45	240534.00, 2747173.00	3.75	240534.00, 2747173.00	0.95	240534.00, 2747173.00



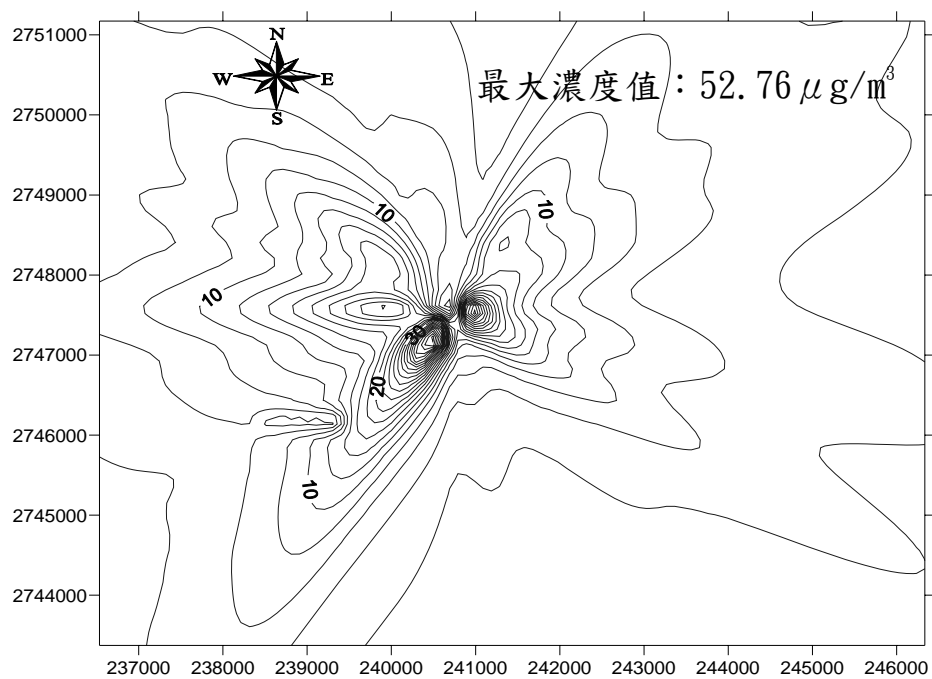


圖 5.3-8 2003 年 HCl 模式一 模擬圖

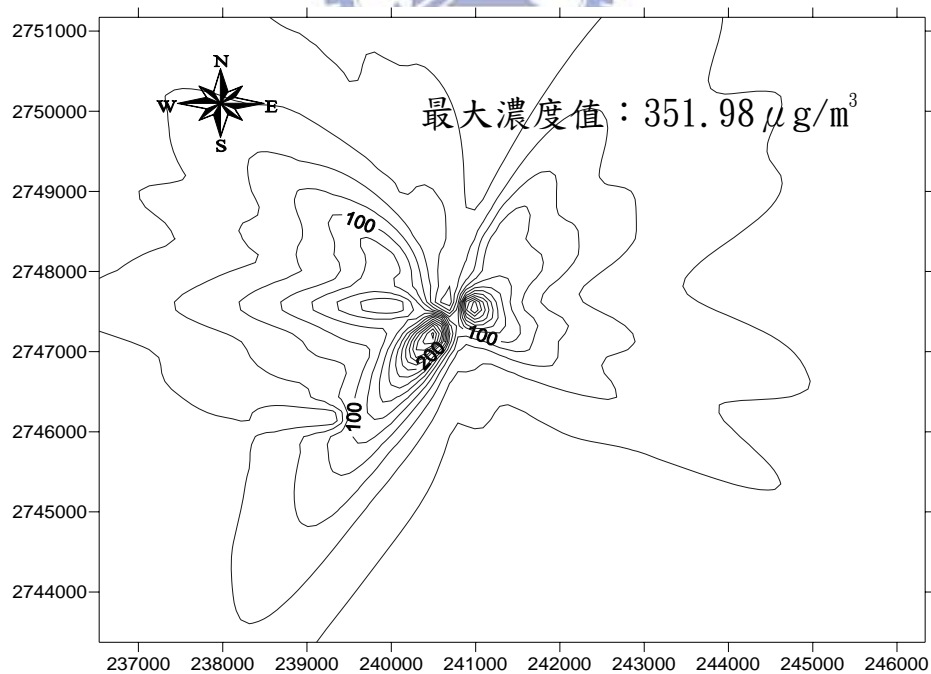


圖 5.3-9 2003 年粒狀污染物模式一 模擬圖

2004 年各種模式模擬月平均值彙整如表 5.3-15 最大濃度方位為 240534.00, 2747173.00；24 小時平均值彙整如表 5.3-16 最大濃度方位為 240534.00, 2747173.00。其中模式一 SO_x 濃度模擬分佈圖如圖 5.3-10；HCl 模式一濃度模擬分佈圖如圖 5.3-11；粒狀污染物模式一濃度模擬分佈圖如圖 5.3-12。

表 5.3-15 2004 年各種模式模擬月平均值

模式	SO _x		HCl		粒狀污染物	
	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位
模式一	22.97	240534.00, 2747173.00	68.87	240534.00, 2747173.00	459.43	240534.00, 2747173.00
模式二	3.07	240534.00, 2747173.00	1.38	240534.00, 2747173.00	0.46	240534.00, 2747173.00
模式三	22.97	240534.00, 2747173.00	68.87	240534.00, 2747173.00	183.75	240534.00, 2747173.00
模式四	3.07	240534.00, 2747173.00	1.38	240534.00, 2747173.00	183.75	240534.00, 2747173.00
模式九	0.71	240534.00, 2747173.00	1.43	240534.00, 2747173.00	0.16	240534.00, 2747173.00
模式十	1.59	240534.00, 2747173.00	1.73	240534.00, 2747173.00	0.438	240534.00, 2747173.00

表 5.3-16 2004 年各種模式模擬 24 小時平均值

模式	SO _x		HC1		粒狀污染物	
	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位
模式一	44.98	240534.00, 2747173.00	134.85	240534.00, 2747173.00	899.58	240534.00, 2747173.00
模式二	6.00	240534.00, 2747173.00	2.70	240534.00, 2747173.00	0.90	240534.00, 2747173.00
模式三	44.98	240534.00, 2747173.00	134.85	240534.00, 2747173.00	359.79	240534.00, 2747173.00
模式四	6.00	240534.00, 2747173.00	2.70	240534.00, 2747173.00	359.79	240534.00, 2747173.00
模式九	1.40	240534.00, 2747173.00	2.80	240534.00, 2747173.00	0.32	240534.00, 2747173.00
模式十	3.12	240534.00, 2747173.00	3.39	240534.00, 2747173.00	0.86	240534.00, 2747173.00

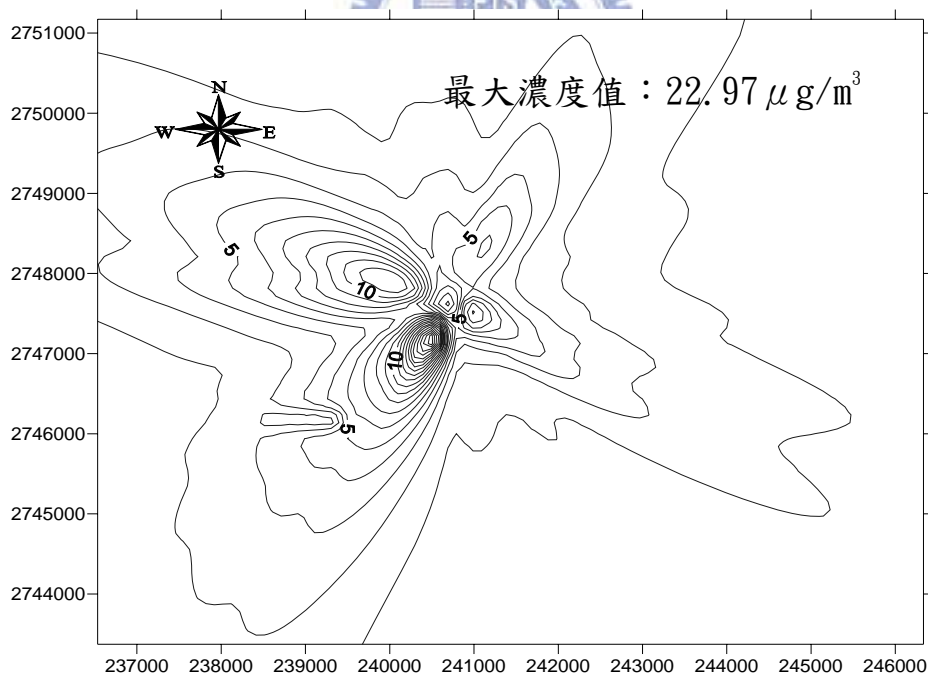


圖 5.3-10 2004 年 SO_x 模式一 模擬圖

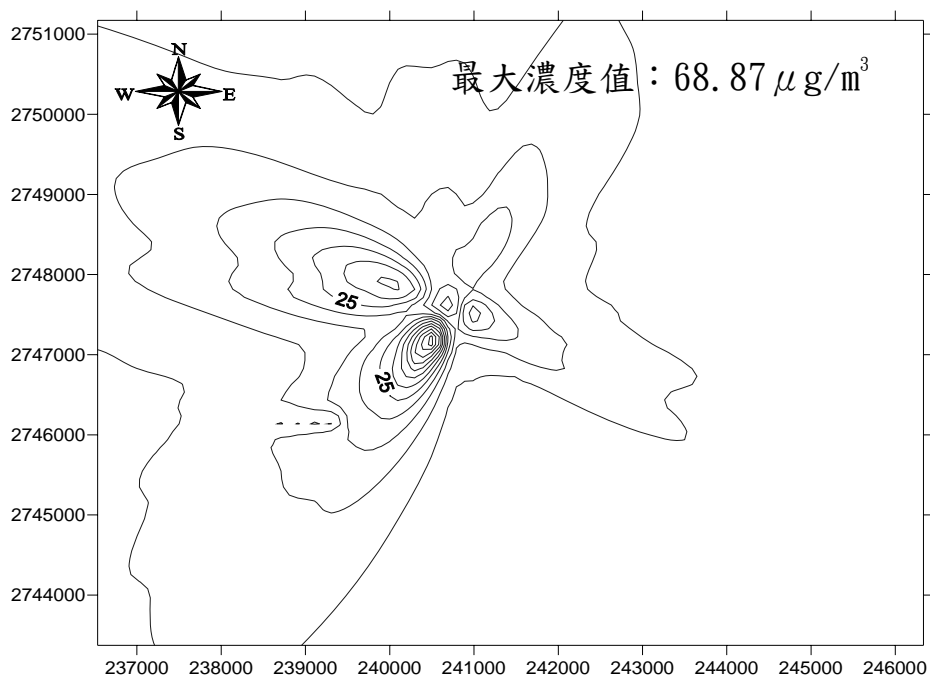


圖 5.3-11 2004 年 HCl 模式一 模擬圖

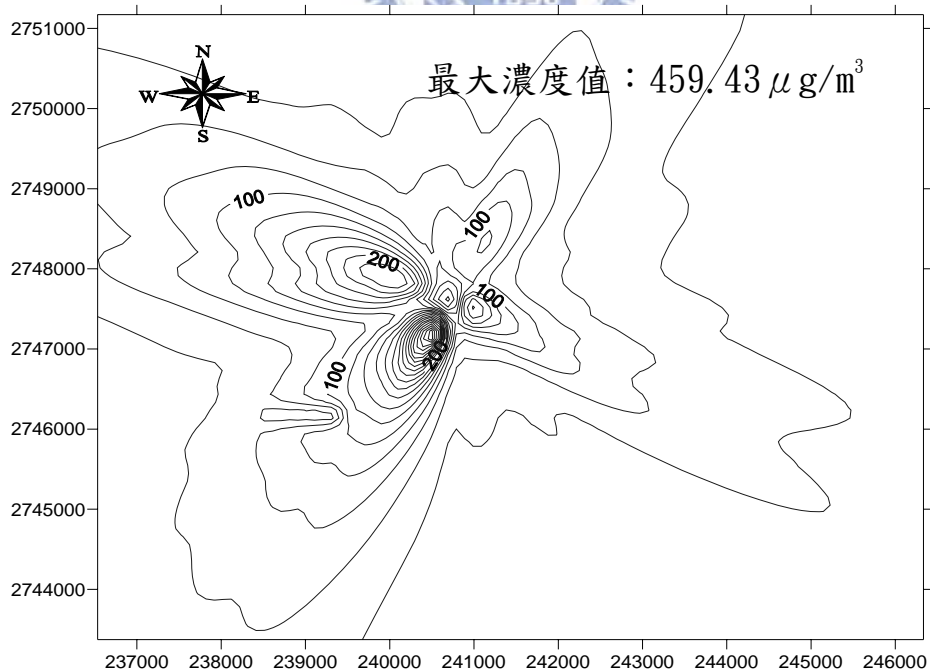


圖 5.3-12 2004 年粒狀污染物模式一 模擬圖

2005 年各種模式模擬月平均值彙整如表 5.3-17 最大濃度方位為 240534.00, 2747173.00；24 小時平均值彙整如表 5.3-18 最大濃度方位為 240534.00, 2746973.00。其中模式一 SO_x 濃度模擬分佈圖如圖 5.3-13；HCl 模式一濃度模擬分佈圖如圖 5.3-14；粒狀污染物模式一濃度模擬分佈圖如圖 5.3-15。

表 5.3-17 2005 年各種模式模擬月平均值

模式	SO _x		HCl		粒狀污染物	
	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位
模式一	19.30	240334.00, 2747173.00	57.85	240334.00, 2747173.00	385.95	240334.00, 2747173.00
模式二	2.58	240334.00, 2747173.00	1.16	240334.00, 2747173.00	0.39	240334.00, 2747173.00
模式三	19.30	240334.00, 2747173.00	57.85	240334.00, 2747173.00	154.36	240334.00, 2747173.00
模式四	2.58	240334.00, 2747173.00	1.16	240334.00, 2747173.00	154.36	240334.00, 2747173.00
模式九	0.60	240334.00, 2747173.00	1.20	240334.00, 2747173.00	0.14	240334.00, 2747173.00
模式十	1.34	240334.00, 2747173.00	1.45	240334.00, 2747173.00	0.37	240334.00, 2747173.00

表 5.3-18 2005 年各種模式模擬 24 小時平均值

模式	SO _x		HC1		粒狀污染物	
	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位
模式一	54.18	240534.00, 2746973.00	162.43	240534.00, 2746973.00	1083.60	240534.00, 2746973.00
模式二	7.23	240534.00, 2746973.00	3.25	240534.00, 2746973.00	1.09	240534.00, 2746973.00
模式三	54.18	240534.00, 2746973.00	162.43	240534.00, 2746973.00	433.39	240534.00, 2746973.00
模式四	7.23	240534.00, 2746973.00	3.25	240534.00, 2746973.00	433.39	240534.00, 2746973.00
模式九	1.69	240534.00, 2746973.00	3.37	240534.00, 2746973.00	0.38	240534.00, 2746973.00
模式十	3.75	240534.00, 2746973.00	4.08	240534.00, 2746973.00	1.03	240534.00, 2746973.00

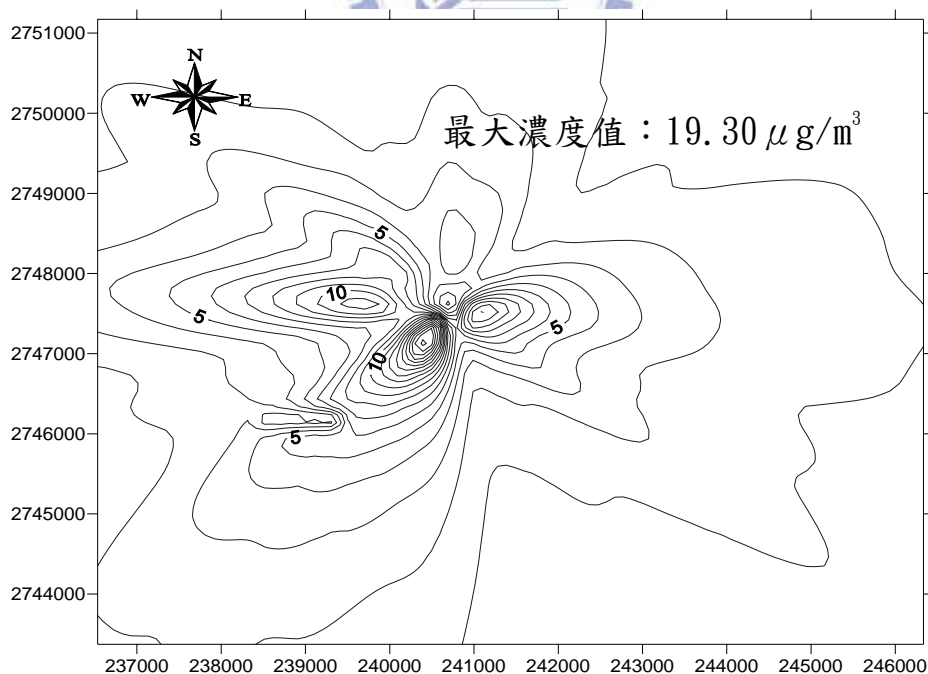


圖 5.3-13 2005 年 SO_x 模式一 模擬圖

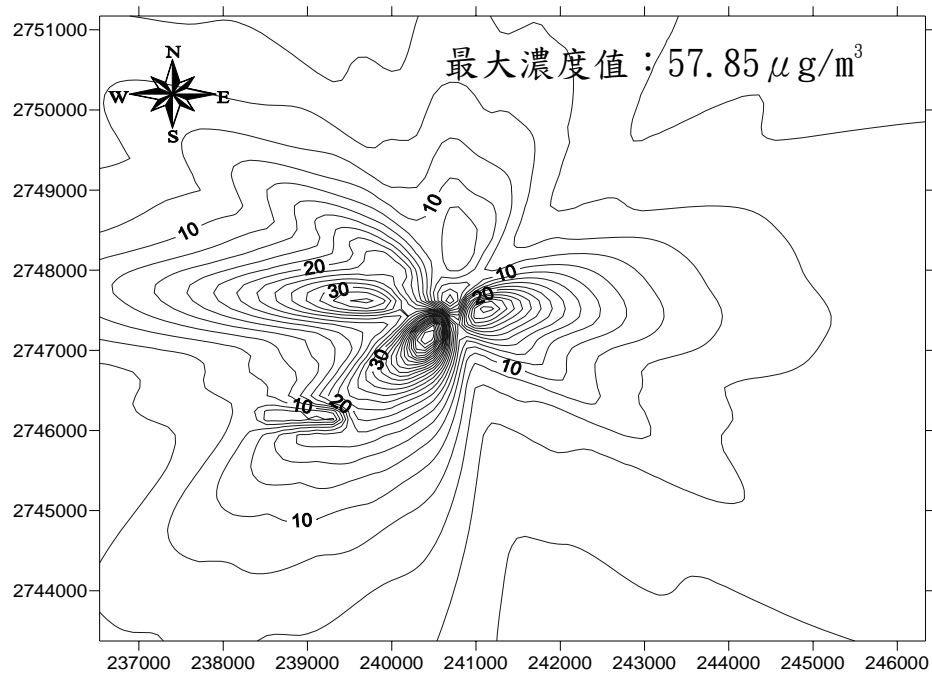


圖 5.3-14 2005 年 HCl 模式一 模擬圖

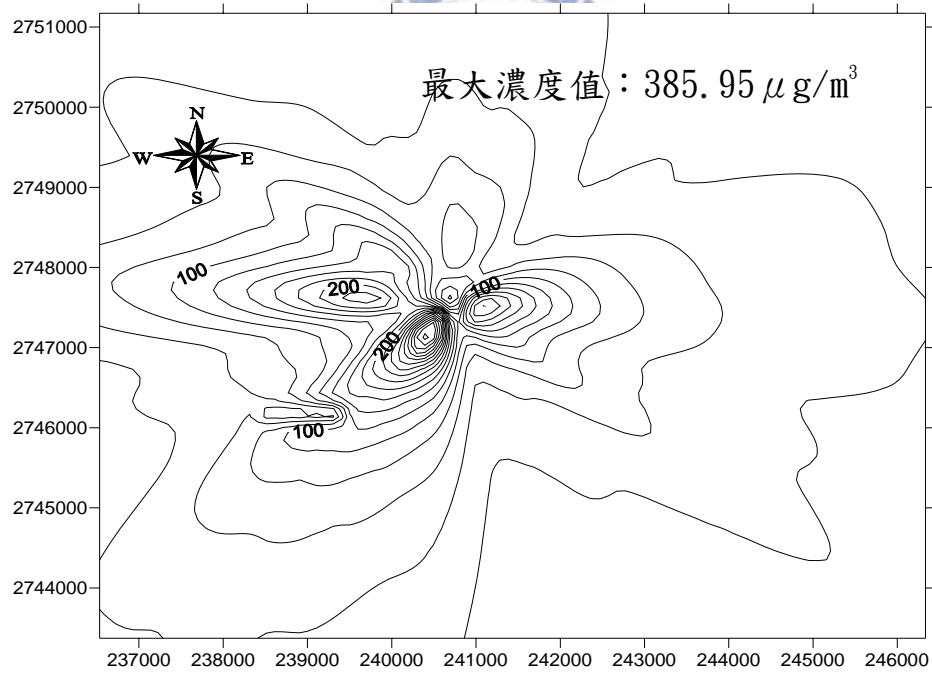


圖 5.3-15 2005 年粒狀污染物模式一 模擬圖

5.3.3 模擬結果之統計分析

共有十種模式，其中模式一至模式七為設備失效之煙囪排放物濃度，模式八、九、十為空污防制系統運轉正常，煙囪之排放物濃度。

十種模式經歸納後分為 6 種模式，分別為模擬結果旋風分離器(A001)、半乾式洗滌塔(A002)及袋式集塵器串聯之四個點，以及焚化廠六年營運之年平均值與月平均最大值，針對 6 種模式做空氣模擬，模擬各種污染物，在污染防制設備失效或正常時，從煙囪排放經大氣擴散之周界濃度。

一、各種模式在 2001 年至 2005 年模擬月平均值之最大值統計如下，如表 5.3-19：

- (1) 模式一最大濃度為發生在 2004 年，SO_x為 $22.97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，HC1 最大濃度為 $68.87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，粒狀污染物 最大濃度為 $459.43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，（方位 240534.00，2747173.00）。
- (2) 模式二最大濃度為發生在 2004 年，SO_x 為 $3.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，HC1 最大濃度為 $1.38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，粒狀污染物 最大濃度為 $0.46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，（方位 240534.00，2747173.00）。
- (3) 模式三最大濃度為發生在 2004 年，SO_x為 $22.97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，HC1 最大濃度為 $68.87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，粒狀污染物 最大濃度為 $183.75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，（方位 240534.00，2747173.00）。
- (4) 模式四最大濃度發生在 2004 年，SO_x為 $3.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，HC1為 $1.38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，粒狀污染物為 $183.75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，（方位 240534.00，2747173.00）。
- (5) 模式五同模式一，最大濃度為發生在 2004 年，SO_x為 $22.97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，HC1 最大濃度為 $68.87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，粒狀污染物 最大濃度為 $459.43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，（方位 240534.00，2747173.00）。
- (6) 模式六同模式四，最大濃度發生在 2004 年，SO_x為 $3.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，HC1 為 $1.38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，粒狀污染物為 $183.75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，（方位 240534.00，2747173.00）。

- (7) 模式七同模式三，最大濃度為發生在 2004 年， SO_x 為 $22.97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ， HC1 最大濃度為 $68.87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，粒狀污染物 最大濃度為 $183.75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，(方位 240534.00，2747173.00)。
- (8) 模式八同模式二，最大濃度為發生在 2004 年， SO_x 為 $3.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ， HC1 最大濃度為 $1.38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，粒狀污染物 最大濃度為 $0.46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，(方位 240534.00，2747173.00)。
- (9) 模式九最大濃度為發生在 2004 年， SO_x 為 $0.72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ， HC1 最大濃度為 $1.43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，粒狀污染物 最大濃度為 $0.35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，(方位 240534.00，2747173.00)。
- (10) 模式十最大濃度為發生在 2004 年， SO_x 為 $1.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ， HC1 最大濃度為 $1.73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，粒狀污染物 最大濃度為 $0.438 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，(方位 240534.00，2747173.00)。



表 5.3-19 各種模式在 2001 年至 2005 年模擬月平均值之最大值

污 染 物 模式	硫氧化物 SO _x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	氯化氫 HCl ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	粒狀污染物 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
模式一	22.97	68.87	459.43
模式二	3.07	1.38	0.46
模式三	22.97	68.87	183.75
模式四	3.07	1.38	183.75
模式五	22.97	68.87	459.43
模式六	3.07	1.38	183.75
模式七	22.97	68.87	183.75
模式八	3.07	1.38	0.46
模式九	0.72	1.43	0.35
模式十	1.59	1.73	0.439

二、各種模式在 2001 年至 2005 年模擬 24 小時平均值之最大值統計如表 5.3-20：

表 5.3-20 各種模式在 2001 年至 2005 年模擬 24 小時平均值之最大值

污 染 物 模 式	硫氧化物 SO _x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	氯化氫 HCl ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	粒狀污 染 物 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
模式一	54.18	162.43	1083.60
模式二	7.23	3.25	1.09
模式三	54.18	162.43	433.39
模式四	7.23	3.25	433.39
模式五	54.18	162.43	1083.60
模式六	7.23	3.25	433.39
模式七	54.18	162.43	433.39
模式八	7.23	3.25	1.09
模式九	1.69	3.37	1.26
模式十	3.75	4.08	1.03

三、各年模擬月平均值之最大值統計如下，如表 5.3-21：

經由空氣模擬，整理出 2001 年至 2005 年各種模式之月平均值最大濃度值皆於模式一產生，即旋風分離器、半乾式洗煙塔、袋濾式集塵器皆同時失效，其中在 2004 年SOx最大濃度 $22.97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，HC1最大濃度 $68.87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 方位，粒狀污染物最大濃度 $459.43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，方位 (240534.00, 2747173.00)。其中SOx、HC1濃度單位 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 換算為ppb，如表 5.3-22 所示，在 2004 年SOx最大濃度 8.04ppb，HC 1最大濃度 42.27ppb。

經與周界空氣品質標準 (SOx 300 ppb；HC1 100 ppb；粒狀污染物 $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 相比，皆符合周界標準。其中SOx最大濃度 8.04ppb低於法規值 300ppb，HC 1最大濃度 42.27ppb低於法規值 100ppb，粒狀污染物最大濃度 $459.43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 低於法規值 $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

2004 年模式一模擬月平均值之最大濃度其方位 (240534.00, 2747173.00)，煙囪座標 (240705, 2747578)，其方位位於焚化爐煙囪西南南處，西方距離約 171 公尺處，南方距離約 405 公尺處。

表 5.3-21 各年模擬月平均值之最大濃度值與方位 (一)

污 染 物 年 別	SOx		HC 1		粒狀污染物	
	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位
2001 年	14.05	240334.00, 2747173.00	42.13	240334.00, 2747173.00	281.04	240334.00, 2747173.00
2002 年	14.04	240534.00, 2747173.00	42.10	240534.00, 2747173.00	280.81	240534.00, 2747173.00
2003 年	17.60	240534.00, 2747173.00	52.76	240534.00, 2747173.00	351.98	240534.00, 2747173.00
2004 年	22.97	240534.00, 2747173.00	68.87	240534.00, 2747173.00	459.43	240534.00, 2747173.00
2005 年	19.30	240334.00, 2747173.00	57.85	240334.00, 2747173.00	385.95	240334.00, 2747173.00

表 5.3-22 各年模擬月平均值之最大濃度值與方位（二）

污 染 物 年 別	SO _x		HC1		粒狀污 染 物	
	最 大 濃 度 ppb	方 位	最 大 濃 度 ppb	方 位	最 大 濃 度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方 位
2001 年	4.92	240334.00, 2747173.00	25.85	240334.00, 2747173.00	281.04	240334.00, 2747173.00
2002 年	4.91	240534.00, 2747173.00	25.83	240534.00, 2747173.00	280.81	240534.00, 2747173.00
2003 年	6.16	240534.00, 2747173.00	32.38	240534.00, 2747173.00	351.98	240534.00, 2747173.00
2004 年	8.04	240534.00, 2747173.00	42.27	240534.00, 2747173.00	459.43	240534.00, 2747173.00
2005 年	6.76	240334.00, 2747173.00	35.50	240334.00, 2747173.00	385.95	240334.00, 2747173.00

四、各年模擬 24 小時平均值之最大值統計如下，如表 5.3-21：

經由空氣模擬，整理出 2001 年至 2005 年各種模式之 24 小時平均值最大濃度值於模式一產生，如表 5.3-23 所示，在 2005 年 SO_x 最大濃度 $54.18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，HC1 最大濃度 $162.43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 方位，粒狀污 染 物最大濃度 $1083.60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，方位（240534.00， 2746973.00）。其中 SO_x、HC1 濃度單位 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 換算為 ppb，如表 5.3-24 所示，在 2005 年 SO_x 最大濃度 18.96ppb，HC 1 最大濃度 99.68ppb。

經與周界空氣品質標準（SO_x 300 ppb；HC1 100 ppb；粒狀污 染 物 $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）相比。SO_x 最大濃度 18.96ppb 低於法規值 300ppb，HC 1 最大濃度 99.68ppb 接近法規值 100ppb，粒狀污 染 物最大濃度 $1083.60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 超過法規值 500ppb $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

2005 年模式一模擬 24 小時平均值之最大濃度其方位（240534.00，2746973.00），煙囪座標（240705，2747578），其方位位於焚化爐煙囪西南南處，西方距離約 171 公尺處，南方距離約 605 公尺處。

表 5.3-23 各年模擬之 24 小時平均值最大濃度值與方位（一）

污 染 物 年 別	SOx		HC 1		粒狀污 染 物	
	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	方位	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2001 年	41.80	240334.00, 2747173.00	125.31	240334.00, 2747173.00	835.97	240334.00, 2747173.00
2002 年	47.39	240534.00, 2747773.00	142.09	240534.00, 2747773.00	974.87	240534.00, 2747773.00
2003 年	49.78	240534.00, 2747173.00	149.23	240534.00, 2747173.00	995.54	240534.00, 2747173.00
2004 年	44.98	240534.00, 2747173.00	134.85	240534.00, 2747173.00	899.58	240534.00, 2747173.00
2005 年	54.18	240534.00, 2746973.00	162.43	240534.00, 2746973.00	1083.60	240534.00, 2746973.00

表 5.3-24 各年模擬之 24 小時平均值最大濃度值與方位（一）

污 染 物 年 別	SOx		HC 1		粒狀污 染 物	
	最大濃度 ppb	方位	最大濃度 ppb	方位	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	最大濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2001 年	14.63	240334.00, 2747173.00	76.9	240334.00, 2747173.00	835.97	240334.00, 2747173.00
2002 年	16.59	240534.00, 2747773.00	87.2	240534.00, 2747773.00	974.87	240534.00, 2747773.00
2003 年	17.42	240534.00, 2747173.00	91.58	240534.00, 2747173.00	995.54	240534.00, 2747173.00
2004 年	15.74	240534.00, 2747173.00	82.76	240534.00, 2747173.00	899.58	240534.00, 2747173.00
2005 年	18.96	240534.00, 2746973.00	99.68	240534.00, 2746973.00	1083.60	240534.00, 2746973.00

- 五、空氣模擬月平均值，在至少有一系統失效之模式（模式一至模式七）其模擬皆符合周界標準，模擬月平均值其模擬值會較小，是因時間範圍較長，但實務上如果空氣污染防制系統真的失效，焚化爐會降載停爐緊急維修，是不可能再讓焚化爐維持長時間運轉。
- 六、空氣模擬 24 小時平均值，在至少有一系統失效之模式（模式一至模式七），除模式一在各年度其粒狀污染物皆超出周界標準，餘皆符合法規項目，而模式一在 2005 年其 HC1 為 99.68ppb 相當接近法規標準（100ppb）。
- 七、故經由空氣模擬，於模式一與模式五失效時，即旋風分離器、半乾式洗煙塔、袋濾式集塵器皆同時失效，或旋風分離器、半乾式洗煙塔皆同時失效，其排放之污染物會影響周界環境。
- 八、模式八、九、十空污防制系統運轉正常，煙囪之排放物濃度符合排放口標準，經做空氣模擬後，其月平均值與 24 小時平均值亦全符合周界排放標準。
- 九、焚化廠因為鄰避設施，一般地點多設施在海邊或山區（如木柵垃圾廠）。本研究個案之垃圾焚化廠因所處地區其風向統計最高頻率發生於 30° ~ 40° ，為東北風方向，以空氣模擬結果來做驗證，該焚化爐污染物最大濃度著地點位於焚化爐西南南位置，其結果相當合理。

第六章 結論與建議

6.1 結論

1. 經由失效模式從嚴重度、發生度、難檢度，計算其風險優先指數，從失誤模式與影響分析統計出高風險優先指數為

- (1) 旋風集塵器集灰斗排灰不良
- (2) 半乾式洗煙塔霧化器無法啟動
- (3) 袋濾式集塵器濾袋燒毀
- (4) 袋濾式集塵器濾袋阻塞
- (5) 半乾式洗煙塔轉盤磨損
- (6) 半乾式洗煙塔螺旋輸送機跳脫
- (7) 半乾式洗煙塔消石灰乳泥供應輸送管線外漏
- (8) 袋濾式集塵器清洗設備轉換閥門操作不良
- (9) 旋風集塵器塔體桶身或 hopper 處破孔

從失效模式分析得知旋風集塵器有 2 項、半乾式洗煙塔有 4 項、袋濾式集塵器有 3 項，共有設備排出裝置有 2 項；是以半乾式洗煙塔為相對重要，其如果失效，廢氣處理系統即會失效，焚化爐亦將停止運轉。

- 2、空氣模擬月平均值，在至少有一系統失效之模式（模式一至模式七）其模擬皆符合周界標準，模擬月平均值其模擬值會較小，是因時間範圍較長，但實務上如果空氣污染防制系統真的失效，焚化爐會降載停爐緊急維修，是不可能再讓焚化爐維持長時間運轉。
- 3、空氣模擬 24 小時平均值，在至少有一系統失效之模式（模式一至模式七），除模式一在各年度其粒狀污染物皆超出周界標準，餘皆符合法規項目，而模式一在 2005 年其 HC1 為 99.68ppb 相當接近法規標準（100ppb）。
- 4、故經由空氣模擬，於模式一與模式五失效時，即旋風分離器、半乾式洗煙塔、袋濾式集塵器皆同時失效，或旋風分離器、半乾式洗煙塔皆同時失效，其排放之污染物會影響周界環境。

- 5、因為研究個案該地區東北季風盛行，以空氣模擬結果來驗證，焚化爐污染物最大濃度著地點位於焚化爐西南南位置，其結果相當合理。
- 6、經由空氣模擬，整理出 2001 年至 2005 年各種模式之月平均值最大濃度值於模式一產生，即旋風分離器、半乾式洗煙塔、袋濾式集塵器皆同時失效，在 2004 年SOx最大濃度 8.04ppb，HCl最大濃度 42.27ppb，粒狀污染物最大濃度 $459.43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，方位 (240534.00, 2747173.00)。
- 7、經由空氣模擬，整理出 2001 年至 2005 年各種模式之 24 小時平均值最大濃度值於模式一產生，即旋風分離器、半乾式洗煙塔、袋濾式集塵器皆同時失效，在 2005 年SOx最大濃度 18.96ppb，HCl最大濃度 99.68ppb方位，粒狀污染物最大濃度 $1083.60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，方位(240534.00, 2746973.00)。
- 8、經由本文探討，縱使空氣污染防制設備失效，其長時間（月平均值）造成之污染模式濃度有限，短時間（24 小時平均值）造成之污染較大，但實務上作法仍以停爐，降低排氣量，降載，藉以減少排放濃度。

6.2 建議

- 1、本研究是以焚化廠空氣污染防制系統作對象，選以失效模式及影響分析做研究，日後可用其他危害分析方法，如相對危害等級分析、危害與可操作性分析、失效模式及影響分析、失誤樹分析、安全稽核等，並做交叉驗證分析。
- 2、焚化廠為汽電共生廠，廠區內有許多危險設備，如鍋爐、高壓容器、化學貯槽、垃圾貯坑等，而其工安事故如垃圾貯坑著火、垃圾貯坑人員掉落、汽輪發電機火災，其每年保額亦高達千萬，焚化廠有許多之系統，可持續對其他系統做製程危害分析，事前加強預防措施，事後可減少財物之損失，達到安全與經濟之效益。
- 3、垃圾焚化廠可兼具環保、觀光與教育的功能，但前提是焚化廠需為安全，研究個案垃圾焚化廠除通過品質管理 ISO9001 及環境管理 ISO14001 認證，亦可藉由工安各項手法取得安全衛生管理 OHSAS18001，以健全焚化廠之營運管理。
- 4、本文針對空氣污染防制系統做探討，結合環境與安全，未來研究可加入流行病學衛生之探討，整合「環安衛」以做深度之研究，並將資訊公開化。
- 5、焚化廠營運管理可分運轉操作與管理，環保署每年亦針對此三大部分做績效評鑑，工安是較為忽略之部分，唯有在做好工安之前提下，運轉績效才會好，焚化廠應加強工安，引進工安許多手法，避免災害之發生。

參考文獻

- 【1】 行政院勞工委員會，「危險性工作場所審查暨檢查辦法」，（2005）
- 【2】 黃清賢，「危害分析與風險評估」，三民書局，（1996）
- 【3】 王世煌，「工業安全風險評估」，揚智文化，（2003）
- 【4】 小野仕勝重著，張書文譯，「實踐FMEA手法」，中衛發展中心，（2001）
- 【5】 柯輝耀，「預防性失效分析-FMECA & FTA之應用」，品質學會，（2005）
- 【6】 關李明，「失效模式效應分析原理與實務」，品質學會，（2005）
- 【7】 C.L.Chang,C.H.Tsai and C.C.Wei,A New Evaluation Method for Failure Mode and Effects Analysis,Journal of The Chinese Institute of Industrial Engineers,Vol.17,No.1,pp.51-64,（2000）
- 【8】 MIL-STD-1629A, Military Standard Procedure for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis, Department of Defense, Washington, DC,（1980）
- 【9】 Ford Motor Company. Potential Failure Mode and Effects Analysis. Instruction Manual. (1988)
- 【10】 陳俊維，「FMEA應用於提昇潔淨室H. V. A. C. 系統可靠度之研究」，國立成功大學資源工程學系碩士論文，（2005）
- 【11】 李坤依，「失效模式與效應分析於雷射蓋印機台之應用與案例改善－以個案公司為例」，中華大學碩士論文，（2004）
- 【12】 何錦忠，「以風險分析為概念的失效模式與效應分析之發展與應用－以汽車零組件業之個案研究」，大葉大學碩士論文，（2004）

- 【13】楊朝鈞，「建構航空站空測風險架構之研究-FMEA之應用」，成功大學碩士班論文，(2003)
- 【14】許隆昌，「設備保養之失效模式與效應分析」，中華大學工業工程與管理研究所碩士論文，(2000)
- 【15】羅應浮，「專案管理的失效模式與效應分析」，中華大學工業工程與管理研究所碩士論文，(2000)
- 【16】方鈞，「建構半導體製程改善之失效模式與效應分析架構及其應用研究」，國立清華大學碩士論文，(1998)
- 【17】行政院環境保護署，「焚化廠操作管理技術手冊」，(1990)
- 【18】行政院環境保護署，「垃圾焚化廠運轉維修手冊機械設備」，(1999)
- 【19】張乃斌，「垃圾焚化廠系統工程規劃與設計」，茂昌圖書公司，(1999)
- 【20】空氣污染防治專責人員訓練教材，「粒狀污染物控制設備」，環境保護人員訓練所，(2003)
- 【21】空氣污染防治專責人員訓練教材，「氣狀污染物控制設備」，環境保護人員訓練所，(2003)
- 【22】工業污染防治技術手冊，「氣狀污染物控制設備之評估與運用」，經濟部工業局

- 【23】工業污染防制技術手冊，「粒狀污染物控制設備之評估與運用」，
經濟部工業局
- 【24】行政院環境保護署，「空氣污染防制法規」，（2006）
- 【25】環保署空氣品質模式支援中心，<http://www.aqmc.org.tw/>
- 【26】張維寬，「FMEA運用於組織決策之績效評估」，中華大學科技管理研究所碩士論文，（2001）
- 【27】林雅惠，「FMEA與FTA技術於可靠度應用之研究」，國立台灣科技大學管理研究所工業管理學程碩士論文，（1998）
- 【28】李政儒，「應用FMEA在建築物中央空調與煙控併用系統風險評估之研究」，國立臺灣科技大學碩士論文，（2005）
- 【29】李芸菱，「FMEA運用在QS9000之個案研究」，國立臺灣科技大學碩士論文，（2005）
- 【30】謝妹圓，「模糊理論於失效模式與效應分析之應用——以污水處理廠為例」，國立臺灣科技大學碩士論文，（2005）
- 【31】王玉鳳，「運用FMEA鑑別ISO14001顯著環境考量面之個案研究」，逢甲大學碩士論文，（2004）
- 【32】趙立隆，「失效模式與效應分析在全面生產管理之初期管理的應用——以台灣愛普生工業公司為例」，朝陽科技大學碩士論文，（2002）
- 【33】林張群，陳可杰譯，「作業研究」第9版，滄海書局，（2003）

- 【34】 陳道宏，「檢測PCBA之FMEA系統建立」，元智大學碩士論文，(2003)
- 【35】 林雅惠，「FMEA與FTA技術於可靠度應用之研究」，國立台灣科技大學碩士論文，(1998)
- 【36】 林瑞玉，「矽甲烷供應系統相關製程危害分析資料庫建置與應用研究」，交通大學碩士論文，(2002)
- 【37】 吳士珍，「二硫化碳製程危害評估與風險管理」，交通大學碩士論文，(2006)
- 【38】 陳清庭，「氯氣氣瓶櫃洩漏危害分析與改善研究」，交通大學碩士論文，(2006)
- 【39】 林宏嶽，「焚化爐污染風險與公平性之研究」，朝陽科技大學碩士論文，(2005)
- 【40】 李政儒，「應用FMEA在建築物中央空調與煙控併用系統風險評估之研究」，台灣科技大學碩士論文，(2005)
- 【41】 李鴻章，「應用失效模式與效應分析探討飛機結構組裝製程之人為疏失」，雲林科技大學碩士論文，(2005)
- 【42】 黃清賢，「危害分析與風險評估操作手冊」，文京開發出版公司，(2003)
- 【43】 張清亮，「失效模式與效應分析的評價方法」，工業工程學刊，(2000)

- 【44】 行政院環境保護署網站，<http://ivy4.epa.gov.tw/swims/>
- 【45】 原子能委員會，「核電廠火災危害分析技術之研究」，（2005）
- 【46】 曹健齡、楊義明，「失效模式與效應分析的作業方式」，品質管制月刊，第三十三卷第4期，pp. 55-59，（1997）
- 【47】 陳相如；吳貴彬，「失效模式與效應分析(FMEA)--QS9000 之預防分析工具」，品質月刊，（91.06）
- 【48】 洪根強，「工業安全衛生管理與實務」，揚智文化，（1996）
- 【49】 楊昌裔，「系統安全設計與危害分析」，文京圖書有限公司，（2000）
- 【50】 American Supplier Institute, "Design & Process Failure Mode & Effects Analysis" Version 5.0, pp.12 .（1998）
- 【51】 Auto Industry Action Group. Reference manual: potential failure mode and effects analysis (FMEA), AIAG, USA. (1995)
- 【52】 Gilchrist, W., "Modeling Failure Modes and Effects Analysis", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 10, No. 5, pp. 16-23. (1993).
- 【53】 Robert G., and Claudio L., "Using Failure Mode Effect Analysis (FMEA) To Improve Service Quality Service Operation Management", Processdings Of The Twelfth Annual Conference Of The Production And Operations Management Society, (2002).

- 【54】 Steven K., and Ishii K., “Advanced FMEA Using META Behavior Modeling For Concurrent Design Of Products And Controls”, ASME Design Engineering Technical Conference, Vol. 2, No.1, pp.23-31 (1998).
- 【55】 Coleman, S., “Failure Mode Identification through Clustering Analysis”, Quality and Reliability Engineering International Volume 20, Issue 5, 511-526. (2004)
- 【56】 Carbone, T.A., Tippet, D. D., Project Risk Management Using The Project Risk FMEA, Engineering Management Journal. Vol.16, No. 4, ABI/INFORM Global. (2004)
- 【57】 Busby, J. S., Hibberd, R. E., Mileham, A. R., Mullineux, G., Failure modes analysis of organizational artifacts that protect systems, Proceedings of the institution of Mechanical Engineers, Vol.218, Iss. 9; p. 1211. London. (2004)
- 【58】 Livonia, Michigan, "FMEA Design & Process:Failure Mode & Effects Analysis",the American Supplier Institute, (1998)
- 【59】 Harris R.Greenberg and Joseph J.Gramer, 「 Risk Assessment And Risk Management for the chemical process industry, 」 Van Nostrand Reinhold, New York, (1991)
- 【60】 Grant, W., “Handbook of Reliability Engineering and management,” Mc Grew-hill Inc. (1988)

作者簡歷

林文輝

學歷

國立新竹高工板金科畢業

國立高雄工專（高雄應用科技大學）模具科畢業

國立台灣工業技術學院（台灣科技大學）機械系畢業

國立交通大學工學院研究所產業安全與防災學程畢業

國家考試證照

82 年普通考試機械工程職系優等（第 5 名）

84 年高等考試機械工程職系中等（第 17 名）

85 年普通考試機械工程職系優等（第 2 名）

89 年技師檢覈機械工程及格

專業證照

初級專利審查官

甲級鍋爐證照

第一種壓力容器證照

固定式吊車證照

採購專業人員證照



經歷

中國石油公司加油站工讀

友訊科技公司工程師

天隆造紙廠工程師

中央標準局（智慧財產局）專利處技佐

台北市環境保護局木柵垃圾焚化廠工程員

新竹市環境保護局技士

新竹市環境保護局技正

論著

1. 「燃燒爐床故障處理」，垃圾焚化操作與處理改善手冊，木柵垃圾焚化廠，pp. 2-2-6～2-2-12，（2000, 1）
2. 「空氣污染防制系統之失效模式與效應分析」，工業安全衛生月刊 223 期，pp. 20-34，（2008, 2）

附錄一 旋風集塵器失效模式與效應分析

項目	組成元件	失效模式	原因	影響	嚴重度	發生度	難檢度	運轉管制	改善措施
單元 A：塔體									
1.1	塔體	破孔	1. 吸入外界潮濕空氣後將導致生鏽腐蝕 2. 顆粒長期磨損管壁、外力衝擊	1. 飛灰外漏，廠區污染。 2. 嚴重時需降載處理。	8	4	3	落實日常巡檢	歲修停爐期間需量測厚度，倘厚度不足部分需與以焊補。
1.2		磨損	顆粒長期磨損管壁	長期會破孔，導致飛灰外漏，廠區污染	7	3	3	落實日常巡檢	歲修期間測厚，板材補強
單元 B：進氣口									
1.1	進氣口	磨損	腐蝕	1. 吸入外界潮濕空氣 2. 進氣廢氣量不穩，影響效率。	7	3	3	落實日常巡檢	歲修停爐期間進行除銹保養。
1.2		破裂	腐蝕；外力	1. 吸入外界潮濕空氣 2. 進氣廢氣量不穩，影響效率。	7	3	3	落實日常巡檢	歲修停爐期間進行除銹保養。
2.1	煙流導流板 (Buffer Plate)	破損	腐蝕	1. 廢氣導流不順，影響效率。 2. 單處理線配置雙旋風集塵器，故導致負荷不均，集塵效果降低。	4	2	2	落實日常巡檢	歲修停爐期間進行除銹保養。

項目	組成元件	失效模式	原因	影響	嚴重度	發生度	難檢度	運轉管制	改善措施
單元 C：出氣口									
1.1	出氣口	磨損	腐蝕	1. 吸入外界潮濕空氣 2. 出口廢氣量不穩，影響效率。	7	3	3	落實日常巡檢	歲修停爐期間進行除銹保養。
1.2		破裂	腐蝕；外力	1. 吸入外界潮濕空氣 2. 出口廢氣量不穩，影響效率。	7	3	3	落實日常巡檢	歲修停爐期間進行除銹保養。
單元 D：排灰設施(Ash Handling Device)									
1.1	集灰斗 (Ash Hopper)	排灰不良	粉塵固化附著，粉塵形成架橋現象	無法正常排灰，需降載甚而停爐檢修。	9	8	4	倘架橋嚴重時需緊急卸料於太空包	定期巡檢，及時排除架橋
1.2		破裂	外力、腐蝕	反應灰溢散，廠區污染	9	4	4	倘架橋嚴重時需緊急卸料於太空包	定期巡檢並施作除銹保養
1.3		粉塵形成架橋現象	旋轉閥操作不良、粉塵固化附著、排灰滑槽阻塞、粉塵潮濕附著	架橋，焚化爐降載	9	8	4	倘架橋嚴重時需緊急卸料於太空包	定期巡檢並施作除銹保養
2.1	破碎機	刀片或內殼結垢。	飛灰結塊阻塞	無法疏運飛灰，致輸灰系統易損壞	5	4	4	每日落實點檢，倘發現有異音	隨時檢修，並應量測馬達之啟動及額定電流。

項目	組成元件	失效模式	原因	影響	嚴重度	發生度	難檢度	運轉管制	改善措施
								及時檢修。	
2.2		馬達損壞	飛灰結塊阻塞	無法疏運飛灰, 致輸灰系統易損壞	5	4	5	每日落實點檢, 倘發現有異音及時檢修	隨時檢修, 並應量測馬達之啟動及額定電流。
3.1	電熱設備	損壞	該設備原廠設計為 90 至 100℃, 惟長期使用狀態下, 可觀察粉體狀態, 依據經驗值判斷偶有停用狀態下, 亦可卸灰正常。可更換為電熱片效果更加	飛灰溫度過低水分過多, 造成腐蝕 	2	8	2	落實日常巡檢	隨時檢修。
4.1	閘刀閥	無法緊密開、關	無落實日常巡檢保養	1. 無法維修破碎機及旋轉閥。 2. 無法保持貯槽氣密。	5	4	6	落實日常巡檢	隨時檢修
5.1	旋轉閥	1. 葉片或內殼結垢。 2. 電熱線故障。	飛灰結塊或潮濕	1. 無法保持貯槽氣密。 2. 貯槽架橋。	5	8	3	每日落實點檢, 倘發現有異音及時檢修	隨時檢修, 並應量測馬達之啟動及額定電流。

附錄二 半乾式洗煙塔失效模式與效應分析

項目	組成元件	失效模式	原因	影響	嚴重度	發生度	難檢度	運轉管制	改善措施
單元 E：消石灰進料貯存系統									
1.1	消石灰氣送進料管線	外漏	管線破裂	消石灰外漏	7	5	7	落實日常巡檢。	隨時檢修。
1.2		破裂	管線老化	消石灰外漏	8	1	7	落實日常巡檢。	加強巡檢
1.3		阻塞	消石灰純度不足有雜質阻塞	本廠消石灰給料系統有二線，可相互支援，且目前進料系統有加裝雙向過濾器。	4	4	1	落實日常巡檢。	隨時檢修。
2.1	消石灰貯槽	破裂	腐蝕或進料不順	消石灰外漏	8	1	7	落實日常巡檢。	加強巡檢
2.2		秤重系統失真	LOAD SELL 長期未校正	每處理一噸廢棄物所使用消石灰量無法準確估計	5	6	3	每季施作 LOAD SELL 校正	每季施作 LOAD SELL 校正
3.1	袋濾式逸氣過濾室	故障無法啟動	未落實日常巡檢保養	粉塵溢散甚而無法由槽車輸入消石灰	8	2	4	落實日常巡檢。	加強巡檢
4.1	旋轉閥	葉片或內殼結垢	無法疏運飛灰，致輸灰系統易損壞	輸入消石灰系統不順暢	5	8	3	落實日常巡檢。	加強巡檢
4.2		馬達損壞	無法疏運飛灰，致輸灰系統易損壞	輸入消石灰系統不順暢	5	8	3	落實日常巡檢。	加強巡檢
5.1	螺旋輸送	自動跳脫	阻塞，電流值過大，	不能順利排出	5	8	3	落實日常	加強巡檢

項目	組成元件	失效模式	原因	影響	嚴重度	發生度	難檢度	運轉管制	改善措施
	機		超過負載跳脫					巡檢。	
5.2		葉片破裂	阻塞、受到外力	有異音，需檢修	5	8	3	落實日常巡檢。	加強巡檢
5.3		葉片磨損	阻塞、腐蝕	有異音，需檢修	5	8	3	落實日常巡檢。	加強巡檢
6.1	消石灰乳供應槽	破裂	腐蝕、受到外力	消石灰乳外漏	5	8	3	落實日常巡檢。	加強巡檢
7.1	電動攪拌器	故障	未落實日常巡檢保養	乳液不能均勻攪拌	5	8	3	落實日常巡檢。	加強巡檢
8.1	消石灰乳泥供應輸送管線	外漏	管線破裂	消石灰乳外漏	7	3	7	落實日常巡檢。	隨時檢修。
8.2		破裂	管線老化	消石灰乳外漏	7	3	7	落實日常巡檢。	隨時檢修。
8.3		阻塞	消石灰純度不足有雜質阻塞長期使用淤積	本廠消石灰給料系統有二線，可相互支援，且目前進料系統有加裝雙向過濾器。噴注量減少或無法噴注。	7	3	7	落實日常巡檢。即時訊號回授	隨時檢修。拆清或更換備用元件
9.1	消石灰乳泥供應泵	洩漏	老舊	污染環境	5	4	1	落實日常巡檢。	每班巡查
9.2		無法啟動	老舊/線路固障/磨耗	無法正常噴注石灰乳影響排放	5	4	4	落實日常巡檢。	即時訊號回授/每班巡查

項目	組成元件	失效模式	原因	影響	嚴重度	發生度	難檢度	運轉管制	改善措施
單元 F：活性炭噴入系統									
1.1	活性炭氣送進料管線	外漏	管線破裂	活性炭外漏	7	3	7	落實日常巡檢。	加強巡檢 隨時檢修
1.2		破裂	管線老化	活性炭外漏	8	1	7	落實日常巡檢。	加強巡檢
1.3		阻塞	活性炭純度不足有雜質阻塞	本廠活性炭給料系統有二線, 可相互支援, 且目前進料系統有加裝雙向過濾器。	7	3	7	落實日常巡檢。	加強巡檢 隨時檢修
2.1	活性炭貯槽	破裂	腐蝕或進料不順	活性炭外漏	8	1	7	落實日常巡檢。	加強巡檢
2.2		計時器故障	計時器未定期檢修	每處理一噸廢棄物所使用活性炭量無法準確估計	5	6	3	落實日常巡檢。	加強巡檢
3.1	袋濾式逸氣過濾室	故障無法啟動	未落實日常巡檢保養	粉塵溢散甚而無法由槽車輸入活性炭	8	2	4	落實日常巡檢。	加強巡檢
4.1	旋轉閥 (Rotary Valve)	葉片或內殼結垢	無法疏運飛灰, 致輸灰系統易損壞	輸入活性炭系統不順暢	5	8	3	落實日常巡檢。	加強巡檢
4.2		馬達損壞	無法疏運飛灰, 致輸灰系統易損壞	輸入活性炭系統不順暢	5	8	3	落實日常巡檢。	加強巡檢
5.1	螺旋輸送機	自動跳脫	阻塞, 電流值過大, 超過負載跳脫	不能順利排出	7	3	7	落實日常巡檢。	隨時檢修

項目	組成元件	失效模式	原因	影響	嚴重度	發生度	難檢度	運轉管制	改善措施
5.2		葉片破裂、磨損	腐蝕	有異音，需檢修	5	8	3	落實日常巡檢。	加強巡檢
單元 G：半乾式吸收反應塔									
1.1	反應塔塔體	破孔	1. 吸入外界潮濕空氣後將導致生鏽腐蝕 2. 外力衝擊	1. 反應灰外漏，廠區污染 2. 嚴重時需降載處理。	7	3	3	落實日常巡檢	歲修停爐期間需量測厚度，倘厚度不足部分需與以焊補。
1.2		磨損	酸性氣體腐蝕管壁	1. 反應灰外漏，廠區污染 2. 嚴重時需降載處理。	7	3	3	落實日常巡檢	歲修期間測厚，版材補強
2.1	噴霧器	自動跳脫	1. 噴霧器震動過大 2. 油溫太高 3. 軸承溫度太高 4. 油壓太低	無法順利噴注消石灰及活性碳，去除廢氣中酸性氣體及戴奧辛	10	4	8	落實日常巡檢。	更換噴霧器、清潔噴霧器旋轉盤(本廠共 3 組霧化器其中 2 組 ON LINE 另 1 組備用)
2.2		無法啟動	1. 震動值過高 2. 齒輪箱損壞 3. 軸承潤滑管路阻塞或軸承損壞。	無法順利噴注消石灰及活性碳，去除廢氣中酸性氣體及戴奧辛	10	4	8	落實日常巡檢。	本廠有備用 1 台，隨時可予以更換檢修
3.1	轉盤	阻塞	長期使用淤積	無法正常噴注石灰乳影響排放	8	5	9	定期清理保養或更換新品	定期清理保養或更換新品
3.2		磨損	消石灰及活性碳乳液	無法正常噴注石灰乳反	8	5	9	定期清理	原廠設計為正

項目	組成元件	失效模式	原因	影響	嚴重度	發生度	難檢度	運轉管制	改善措施
			純度不佳內含雜質長期磨耗	應生成物易結塊				保養或更換新品	常使用下 4000 小時, 須購足備品且定期更換。
4.1	驅動馬達	齒輪箱故障	軸心磨耗、機械漏油、軸封損壞老舊	無法正常噴注石灰乳影響排放	8	5	9	落實日常巡檢。	落實日常巡檢。
4.2		馬達短路燒毀	老舊	無法正常噴注石灰乳影響排放	7	1	7	即時訊號回授/每班巡查	使用備用品及送修
5.1	震動計	偵測值過高而 TRIP 霧化器	1. 轉盤未清理保養乾淨 2. 齒輪箱損壞 3. 軸承損壞	霧化器無法啟動	8	5	9	落實日常巡檢。	落實日常巡檢。
6.1	油泵	洩漏	老舊	污染環境	6	1	1	每班巡查	定期檢修/更換
6.2		無法啟動	老舊/線路固障	無法正常噴注石灰乳影響排放	5	2	1	即時訊號回授/每班巡查	使用備用品及送修
7.1	油槽	洩漏	老舊	污染環境/無法噴注(嚴重時)	6	1	1	每班巡查	定期檢修
8.1	油管	洩漏	老舊	污染環境/無法噴注(嚴重時)	6	1	1	每班巡查	定期檢修/更換
9.1	反應灰集灰斗	排灰不良	粉塵固化附著, 粉塵形成架橋現象	無法正常排灰, 需降載甚而停爐檢修。	9	8	4	倘架橋嚴重時需緊急卸料於太空包	定期巡檢, 及時排除架橋

項目	組成元件	失效模式	原因	影響	嚴重度	發生度	難檢度	運轉管制	改善措施
9.2		破裂	外力、腐蝕	反應灰溢散，廠區污染	9	4	4	倘架橋嚴重時需緊急卸料於太空包	定期巡檢並施作除銹保養
9.3		粉塵形成架橋現象	旋轉閥操作不良、粉塵固化附著、排灰滑槽阻塞、粉塵潮濕附著	架橋，焚化爐降載	9	8	4	倘架橋嚴重時需緊急卸料於太空包	定期巡檢並施作除銹保養
10.1	再利用水泵	洩漏外洩	老舊格蘭迫緊太鬆	污染環境 	5	4	1	每班巡查	使用備用品及檢修格蘭迫緊正常使用下每分鐘滴水為 2 至 3 滴
10.2		無法啟動	老舊/線路固障/磨耗	無法正常噴注石灰乳影響排放	5	4	4	即時訊號回授/每班巡查	使用備用品及檢修
10.3		馬達損毀	格蘭迫緊太緊	泵損壞	9	2	8	每班巡查	格蘭迫緊正常使用下每分鐘滴水為 2 至 3 滴
11.1	再利用水供應管線	外漏	管線破裂	再利用水外漏	5	4	1	每班巡查	使用備用品及檢修
11.2		破裂	管線老化	再利用水外漏	5	4	1	每班巡查	使用備用品及檢修

項目	組成元件	失效模式	原因	影響	嚴重度	發生度	難檢度	運轉管制	改善措施
單元 H：反應生成物及飛灰輸送系統									
1.1	螺旋輸送機	自動跳脫	阻塞，電流值過大，超過負載跳脫	不能順利排出	7	7	4	落實日常巡檢。	落實日常巡檢。
1.2		葉片破裂、磨損	腐蝕或無定時保養	有異音，需檢修	7	6	3	落實日常巡檢。	落實日常巡檢。
2.1	旋轉閥	葉片或內殼結垢	無法疏運飛灰以致輸灰系統易損壞	不能排出	3	9	4	落實日常巡檢。	隨時檢修
2.2		電熱線故障、馬達損壞	無法疏運飛灰以致輸灰系統易損壞	不能排出	3	9	4	落實日常巡檢。	隨時檢修，並應量測馬達之啟動及額定電流。
3.1	緩衝櫃	破裂	腐蝕或粉體結塊	粉體外漏，廠區污染	6	5	5	落實日常巡檢。	落實日常巡檢。
4.1	壓力櫃	破裂	腐蝕或粉體結塊	粉體外漏，廠區污染	6	5	5	落實日常巡檢。	落實日常巡檢。
5.1	反應生成物貯槽	破裂或架橋	腐蝕或粉體結塊	粉體外漏，廠區污染	6	5	5	落實日常巡檢。	落實日常巡檢。
6.1	飛灰貯槽	破裂或架橋	腐蝕或粉體結塊	粉體外漏，廠區污染	6	5	5	落實日常巡檢。	落實日常巡檢。

附錄三 袋濾式集塵器失效模式與效應分析

項目	組成元件	失效模式	原因	影響	嚴重度	發生度	難檢度	運轉管制	改善措施
單元 I：濾袋及支架									
1.1	集塵器濾袋	濾袋磨損	1. 與鄰接濾袋互相摩擦 2. 與濾袋室牆板摩擦 3. 粉塵摩擦(濾袋下部之濾布毛羽脫落、濾布薄化) 4. 粒徑過大 5. 硬度大的顆粒 6. 被濾袋籠突出毛邊勾破	1. 集塵效果不良 2. 煙囪排放黑煙 3. 粒狀污染物檢測值增加煙囪排放之不透光率及粒狀污染物皆增高。	8	8	6	影響空污排放	1. 設備設計改善 2. 更換濾袋規格 3. 於降載期間更換濾袋
1.2		濾袋損壞	1. 氣布比超過設計值，塵粒磨損纖維及纖維張力受損 2. 溫度超過濾袋承受值，纖維增長失去彈性，高溫導致溶化破洞，低溫導致露點發生溫度升降很大時造成區域性低溫產生腐蝕 3. 壓力差過小，濾袋	1. 集塵效果不良 2. 煙囪排放黑煙 3. 粒狀污染物檢測值增加煙囪排放之不透光率及粒狀污染物皆增高	8	8	6	影響空污排放	1. 調整廢氣流速 2. 控制廢氣溫度，不得超過濾袋承受值

項目	組成元件	失效模式	原因	影響	嚴重度	發生度	難檢度	運轉管制	改善措施
			破洞						
1.3		濾袋燒毀	1. 火花流入(燒成小孔) 2. 粉塵發熱 3. HOPPER 架橋	集塵效果不良影響空污排放	8	7	6	影響空污排放	1. 調整廢氣流速 2. 調整前端噴水冷卻塔水量或冷卻水霧化狀況 3. 落實廢棄物進廠檢查
1.4		濾袋脆化	1. 酸或鹼之侵蝕或其他腐蝕 2. 新濾袋消石灰披覆不良	1 集塵效果不良影響空污排放 2. 濾袋壽命減短	8	8	6	影響空污排放	1. 落實廢棄物進廠檢查 2. 調整中和處理藥劑
1.5		濾袋阻塞	1. 廢氣快速通過濾袋，易造成小顆粒卡在纖維內層 2. 因低溫發生凝結水，造成濾袋阻塞 3. 壓力差過大甚而 TRIP IDF. 4. PURGE AIR 濕度過高	集塵效果不良	8	8	6	影響空污排放	1. 調整廢氣流速 2. 控制廢氣溫度
2.1	濾袋籠	毛邊突出	勾破濾袋	濾袋破損，集塵效果不良	8	8	6	影響空污排放	搬運及更換時須小心，庫存品並須注意切勿

項目	組成元件	失效模式	原因	影響	嚴重度	發生度	難檢度	運轉管制	改善措施
									受潮腐蝕。
2.2		變形及腐蝕	1. 廢氣進入袋濾式集塵器溫度過高 2. 廢棄物進廠檢查不落實	使濾袋破損	8	8	6	影響空污排放	1. 進入袋濾式集塵氣溫度應控制在 150 至 155℃ 2. 落實廢棄物進廠檢查
單元 J：集塵器主體									
1.1	外殼	破裂（洞）	吸入外界潮濕空氣後將導致生鏽腐蝕耗損	1. 袋濾式集塵器濾袋受損。 2. 飛灰及反應生成物受潮後結塊，相關貯槽易架橋。 3. 增加 IDF. 負載，倘破損嚴重時將使廢棄物處理量減少。	7	3	3	1. 值班人員操作運轉時須注意該設備進出口壓差是否為合理範圍內。 2. 每週定期巡檢設備。	歲修停爐或降載時量測相關厚度，倘腐蝕嚴重時，應立即修補，甚至更換 Hopper。
1.2		腐蝕耗損	吸入外界潮濕空氣。	1. 濾袋壽命減短 2. 反應生成物結塊	5	3	3	1. 值班人員操作運	歲修停爐或降載時量測相關

項目	組成元件	失效模式	原因	影響	嚴重度	發生度	難檢度	運轉管制	改善措施
								轉時須注意該設備進出口壓差是否為合理範圍內。 2. 每週定期巡檢設備。	厚度, 倘腐蝕嚴重時, 應立即修補, 甚至更換Hopper。
3.1	進口風門	擋板卡住	積灰/鏽蝕	該室無法正常開關	2	2	2	即時訊號回授	定期檢修/更換
3.2		氣缸無法作動	積灰/鏽蝕/磨耗	該室無法正常開關	2	2	2	即時訊號回授	定期檢修/更換
4.1	出口風門	擋板卡住	積灰/鏽蝕	該室無法正常開關	2	2	2	即時訊號回授	定期檢修/更換
4.2		氣缸無法作動	積灰/鏽蝕/磨耗	該室無法正常開關	2	2	2	即時訊號回授	定期檢修/更換
5.1	HOPPER	HOPPER 破洞	老舊	空氣吸入致反應灰受潮	5	4	7	排放訊號回授	定期檢修/更換
5.2		阻塞	淤積	該室無法使用	5	6	4	即時訊號回授/每班巡查	加強巡查

項目	組成元件	失效模式	原因	影響	嚴重度	發生度	難檢度	運轉管制	改善措施
單元 K：清洗設備									
1.1	轉換閥門	1. 操作不良 2. 閥門關閉無法緊密	歲修停爐階段無測試完全及清潔保養	1. 廢氣系統抽引狀況轉壞 2. IDFan 馬達電流量降低或增加 3. IDFan 馬達驟停 4. 焚化爐爐壓增加，廢氣流量產生變化。	6	6	8	影響 OCAL PURGE，致使濾袋過濾效果不佳	1. 加強人員教育訓練。 2. 歲修期間加強測試及保養作業
1.2	閥門	控制閥無法作動	老舊	部份濾袋無法 PURGE	2	2	3	每班巡查	定期檢修、清潔及更換。
2.1	粉塵振落裝置	1. 振落定時器設定不佳 2. 馬達故障 3. 凸輪位置偏離	未落實定檢保養	HOPPER 處易架橋 	5	6	4	每班巡查保養	1. 調整操作條件 2. 落實定檢保養
2.2		機械振動裝置操作不佳	未落實定檢保養	HOPPER 處易架橋	5	6	4	每班巡查保養	1. 調整操作條件 2. 落實定檢保養
2.3		壓縮空氣壓力下降	廠用空氣系統洩漏甚而空氣管線阻塞	PURGE AIR 靜壓不足無法徹底清除濾袋上粉塵	5	6	4	每班巡查保養	定期檢修、清潔及更換。
2.4		振落不良	1. 濾袋張力過大、張力不足 2. 粉塵、濾袋受潮	PURGE AIR 靜壓不足無法徹底清除濾袋上粉塵	5	6	4	每班巡查保養	1. 調整操作條件 2. 落實定檢保

項目	組成元件	失效模式	原因	影響	嚴重度	發生度	難檢度	運轉管制	改善措施
			3. 振落時濾袋仍為鼓脹狀態 4. 振落裝置故障 5. 振落用閥門故障 6. 振落定時器設定不良或故障 7. 逆洗氣流風量不足						養
單元 L：排灰設施									
1.1	集塵斗	排灰不良	粉塵固化附著，粉塵形成架橋現象	無法正常排灰，需降載	9	9	9	歲修期間落實清潔保養	定期巡檢，及時排除架橋
1.2		破裂	吸入外界潮濕空氣後將導致生鏽腐蝕耗損	1. 袋濾式集塵器濾袋受損。 2. 飛灰及反應生成物受潮後結塊，相關貯槽易架橋。 3. 增加 IDF 負載，倘破損嚴重時將使廢棄物處理量減少。	7	3	3	1. 值班人員操作運轉時須注意該設備進出口壓差是否為合理範圍內。 2. 每週定期巡檢設備。	歲修停爐或降載時量測相關厚度，倘腐蝕嚴重時，應立即修補，甚至更換 Hopper。
1.3		粉塵形成架	旋轉閥操作不良、粉	濾袋損毀	8	5	6	每班巡查	1. 調整操作條

項目	組成元件	失效模式	原因	影響	嚴重度	發生度	難檢度	運轉管制	改善措施
		橋現象	塵固化附著、排灰滑槽阻塞、粉塵潮濕附著					保養	件 2. 落實定檢保養
2.1	輸送機	阻塞	淤積	各室無法排灰	7	2	2	即時訊號 回授/每班 巡查	加強巡查
2.2		無法作動	積灰/鏽蝕/磨耗/老舊	各室無法排灰	7	2	5	即時訊號 回授/每班 巡查	定期檢修/更換
2.3		異音	1. 馬達減速機軸承損壞 2. 鏈條需上牛油	各室無法排灰	7	2	5	即時訊號 回授/每班 巡查	定期檢修/更換 零組件
3.1	旋轉閥	阻塞	淤積	該室無法使用	5	5	6	即時訊號 回授/每班 巡查	加強巡查
3.2		無法作動	積灰/鏽蝕/磨耗/老舊	該室無法使用	6	3	2	即時訊號 回授/每班 巡查	定期檢修/更換
3.3		突然停止運轉或鏈條斷裂	外物(金屬)進入機殼 卡住轉子	清除之並追蹤其來源	7	2	5	即時訊號 回授/每班 巡查	定期檢修/更換 零組件
3.4		洩漏空氣量過大	1. 出入口壓差過大 2. 機殼與轉子間之隙隙太大(轉子磨損)	1. 減少其壓力或使用兩段式迴轉閥 2. 更換新轉子	7	2	5	即時訊號 回授/每班 巡查	定期檢修/更換 零組件
3.5		輸送量減少	1. 轉速太慢	1. 增加轉速	7	2	5	即時訊號	定期檢修/更換

項目	組成元件	失效模式	原因	影響	嚴重度	發生度	難檢度	運轉管制	改善措施
			2. 洩漏空氣過多	2. 檢查其間隙				回授/每班巡查	零組件
3.6		輸送量太多	轉速太快	減慢轉速	7	2	5	即時訊號回授/每班巡查	定期檢修/更換零組件
3.7		1. 葉片或內殼結垢 2. 電熱線故障 3. 馬達損壞	無法疏運飛灰, 致輸灰系統易損壞	該室氣密性不良, 易吸入外界潮濕空氣	6	5	6	定期巡檢保養	隨時檢修, 並應量測馬達之啟動及額定電流。
4.1	壓送系統	阻塞	淤積	各室無法排灰	6	4	2	即時訊號回授/每班巡查	加強巡查/拆清
4.2		洩漏	積灰/鏽蝕/磨耗	污染環境	4	3	1	每班巡查	定期檢修/更換
單元 M：熱風循環設備									
1.1	控制風門	控制閥無法作動	元件老舊	部份濾袋無法 PURGE	2	2	3	每班巡查	定期檢修/更換
1.2		模片破損	元件老舊	PURGE AIR 持續進入袋式	2	3	1	每班巡查	定期檢修/更換
2.1	風扇	無法啟動或故障	馬達過載、故障	隨時檢修, 並應量測馬達之啟動及額定電流	6	3	4	每班巡查	定期檢修/更換
3.1	電熱器	故障	元件老舊、電路失效	濾袋損毀, 空污排放值不正常	6	3	4	每班巡查	定期檢修/更換