

# 揮發性有機物 收集及控制技術介紹

主講人：沈克鵬

電話：03-5917239；行動：0935-341219

工研院綠環所

綠環組 綠色製程與產品研究室

中華民國九十九年九月

# 內容大綱

- 揮發性有機物廢氣排放特性
- VOCs廢氣收集及測定技術介紹
- VOCs廢氣處理技術介紹
- 各類防制技術(設備)與許可審(查)核重點
- 結論與建議

# 揮發性有機物廢氣排放特性

## ■ 產生揮發性有機物廢氣之行業或製程

### □ 行業別：

- ◆ 合成樹脂業、黏性膠帶業、合成皮業、印刷油墨、凹(網)版印刷、銅箔基板、乾膜光阻、半導體、光電業、...

### □ 製程別：

- ◆ 攪拌、塗佈(浸塗、噴塗、刷塗、淋塗)、乾燥(烘乾、風乾)、印刷(凹版、網版)、清洗(淋洗、浸洗、沖洗)、...

# 揮發性有機物廢氣排放特性

## ■ VOCs廢氣排放特性會依

- 生產設備、方式(連續、批次式→週期)；
- 生產條件(溫度、壓力)；
- 原物料(有機溶劑)種類、數量、組成；
- 含有機溶劑原物料使用(操作)方式；以及
- 集氣方式、集氣效率⇒ 而有所變化

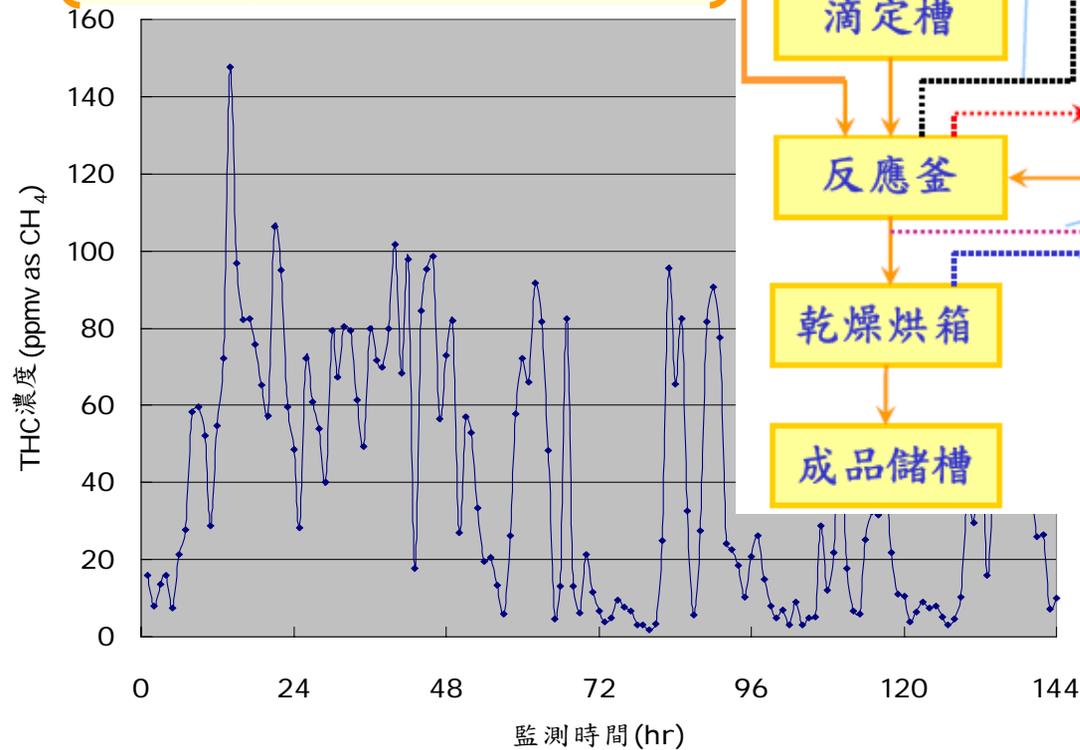
防制重點在於  
是否  
對症下藥?!

## ■ 廢氣特性之掌握，應

- ⇒ 至少連續監測(涵蓋)兩個批次及高、低濃度變化
- ⇒ 對廢氣進行個別污染物之定性、定量分析

# 壓克力樹脂製程VOCs廢氣特性

廢氣成份複雜，含  
MA、MMA、EA、  
BA、2-EHA



原料儲槽

滴定槽

反應釜

乾燥烘箱

成品儲槽

VOC控制設備

冷  
凝  
器

投料口集氣罩排氣  
⇨低濃度、<20CMM

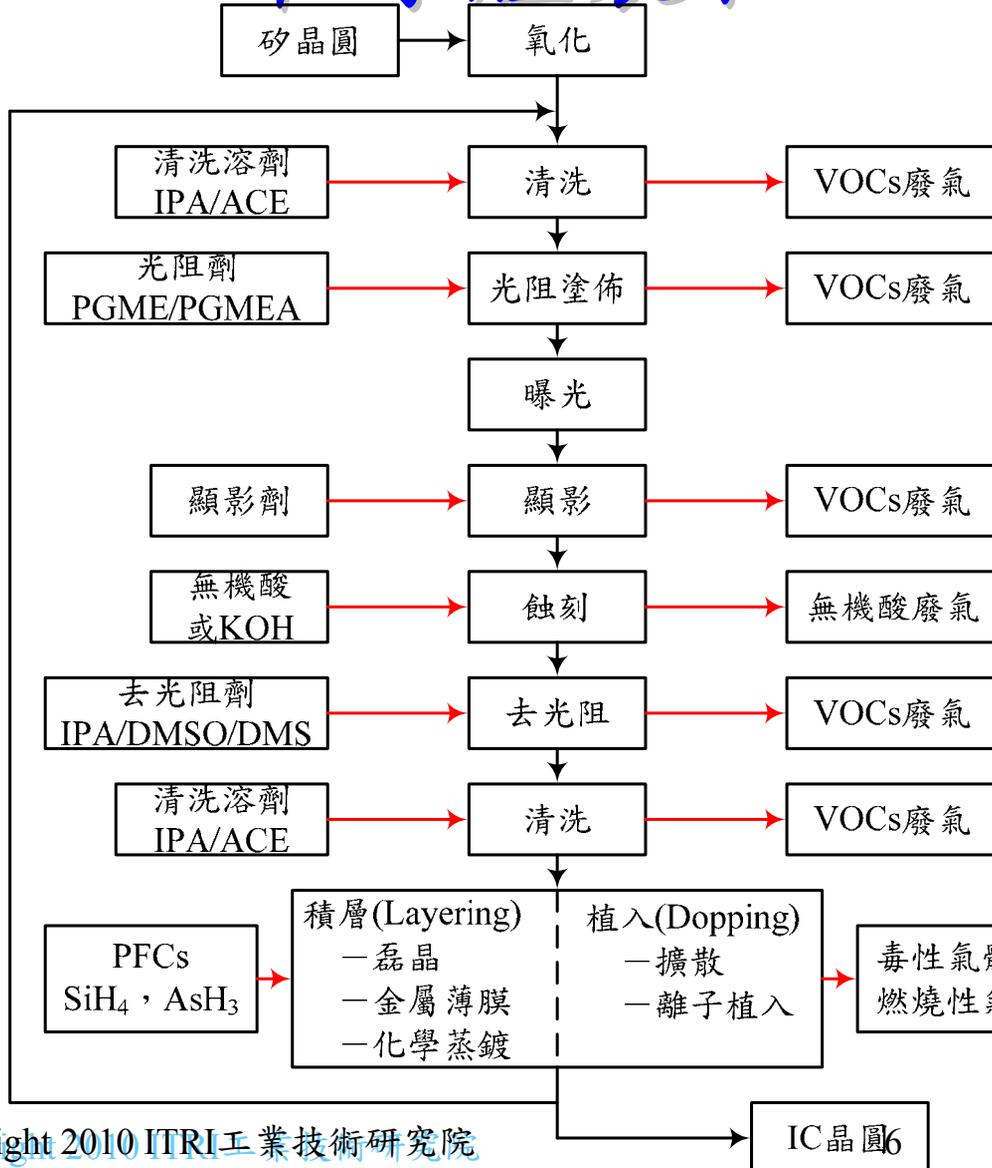
反應釜呼吸閥排氣  
經製程冷凝器尾氣  
⇨高濃度、<1 CMM

反應完成產品洩出  
之集氣罩捕集排氣  
⇨低濃度、<20CMM

乾燥烘箱排氣  
⇨低濃度、~10CMM

THC濃度 < 300ppmv  
~ 50 NCMM/製程

# IC半導體製程VOCs廢氣特性



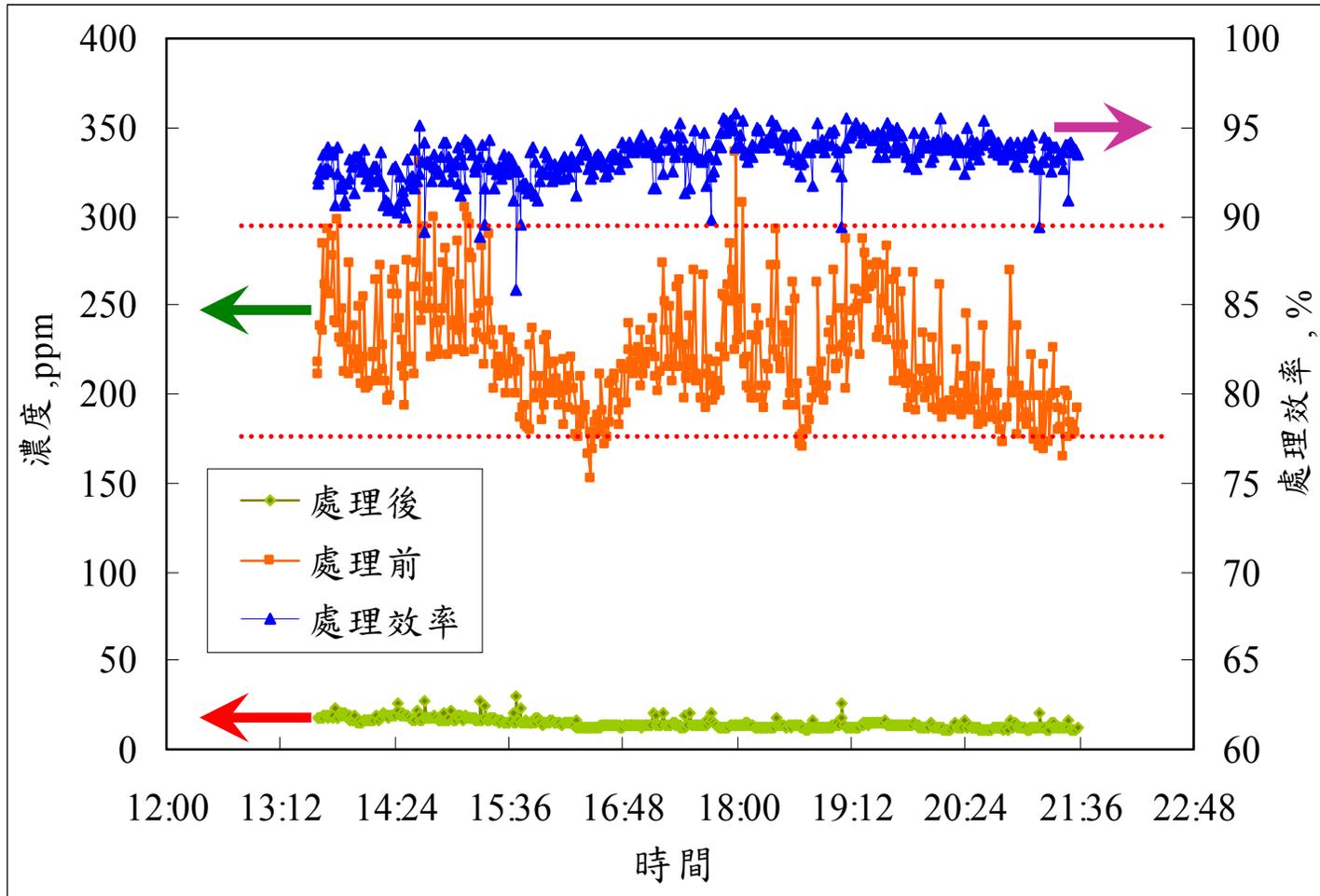
廢氣成份複雜，含  
IPA、ACE、PGME、  
PGMEA、...

THC濃度 < 300ppmv  
200 ~ 500 NCMM/製程

資料來源：化工技術，  
“高科技產業揮發性有機物排放特性與防制現況”  
2006年 一月號 第154期

視晶片功能需進行數十次循環處理

# IC半導體製程VOCs廢氣特性



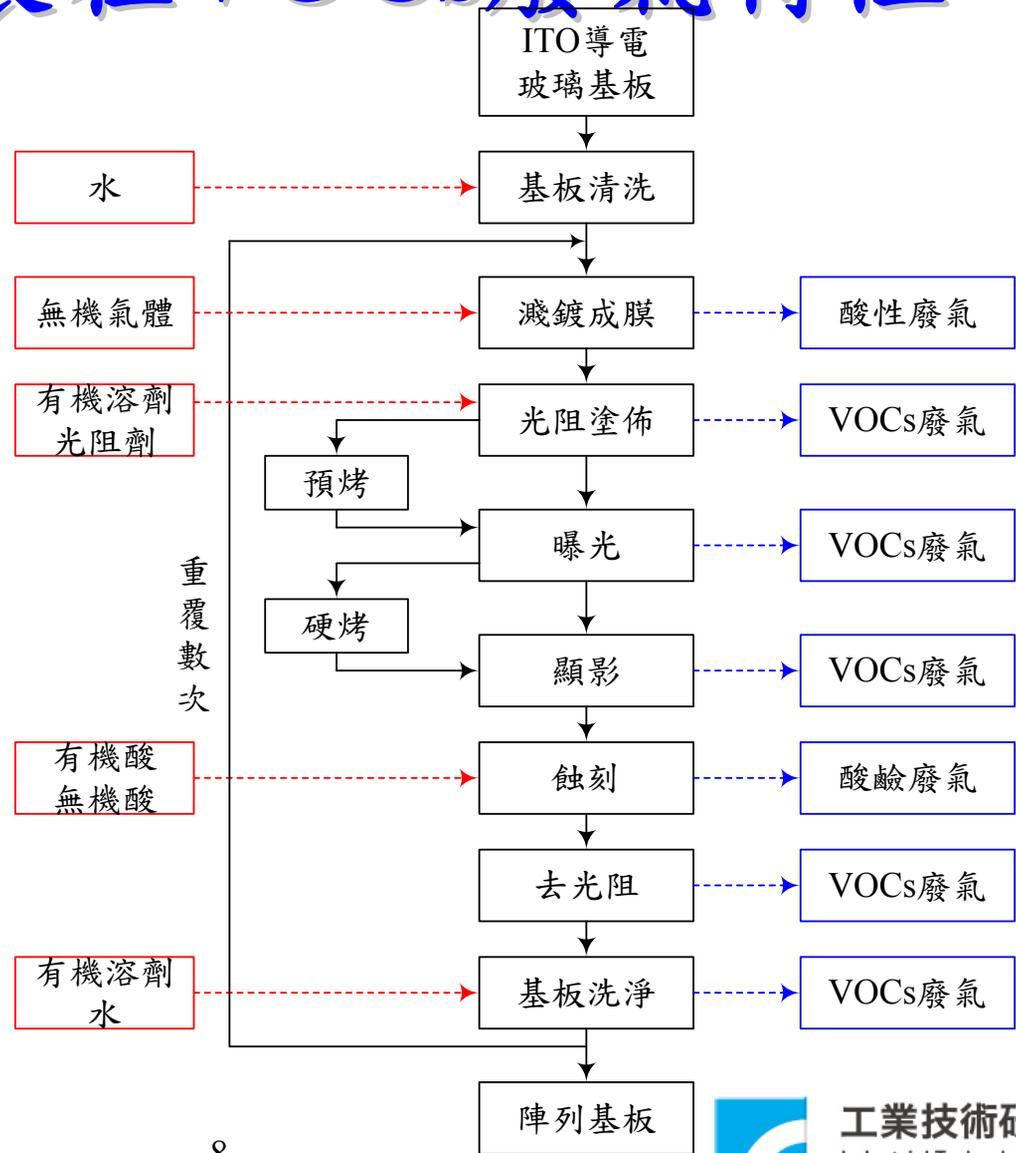
## 某IC廠沸石轉輪設備處理前後排氣濃度變化

資料來源：化工技術，“高科技產業揮發性有機物排放特性與防制現況”2006年一月號 第154期

# TFT-Array製程VOCs廢氣特性

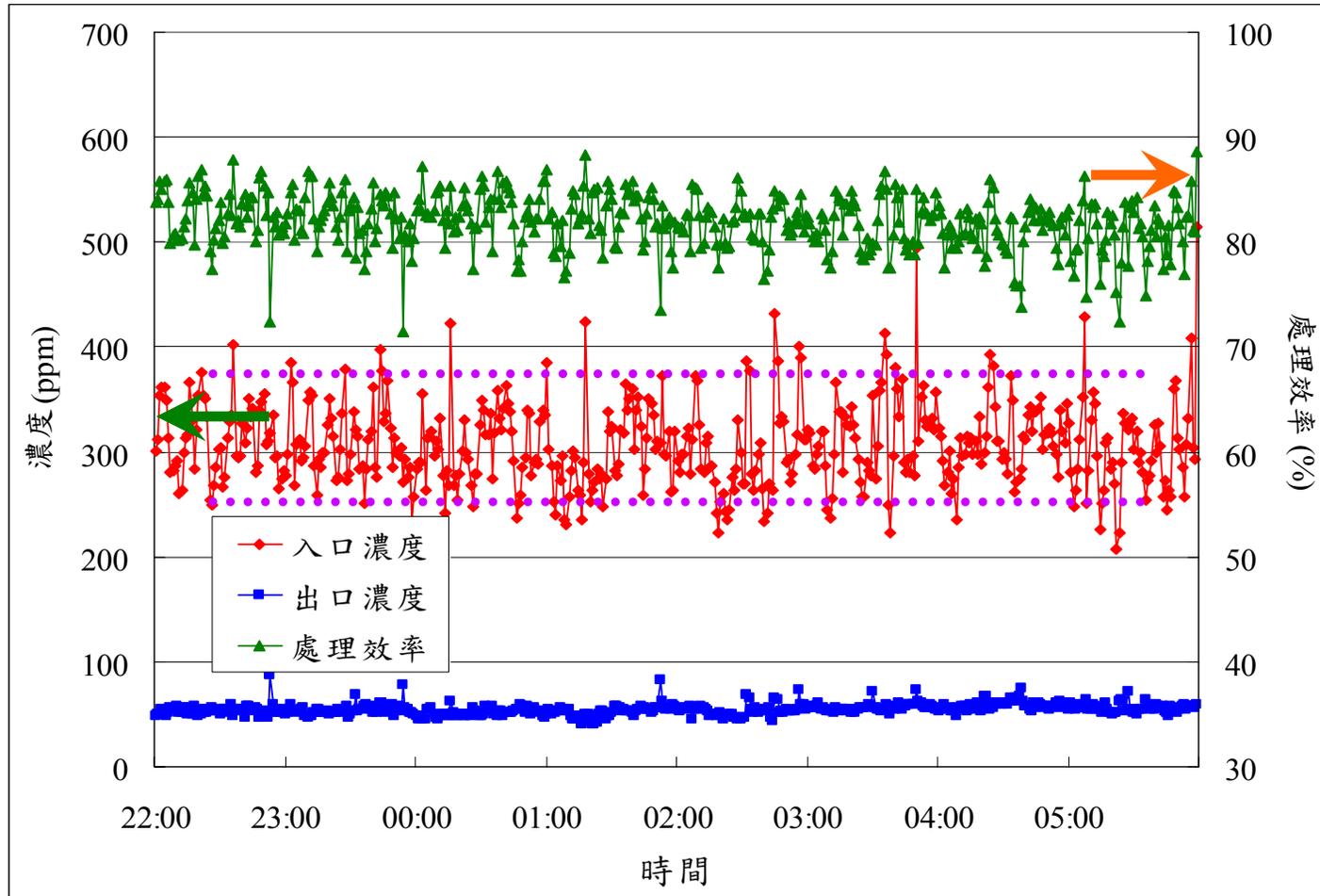
廢氣成份複雜，含  
IPA、ACE、PGME、  
PGMEA、...

THC濃度 < 1,000ppmv  
400 ~ 1,000 NCMM



資料來源：化工技術，  
“高科技產業揮發性有機物排放特性與防制現況”  
2006年 一月號 第154期

# TFT-LCD製程VOCs廢氣特性

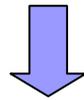


## 某TFT-LCD廠流體化床設備處理前後排氣濃度變化

資料來源：化工技術，“高科技產業揮發性有機物排放特性與防制現況”2006年一月號 第154期

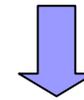
# VOCs廢氣處理之控制效率

■ 控制效率 = 捕集效率 × 處理效率



■ 集氣設施

- 局部集氣
- 圍封集氣



■ 處理技術

- 污染物特性
- 廢氣風量
- 技術特性

# 捕集效率影響因素

## ■ 污染物之捕集效率與

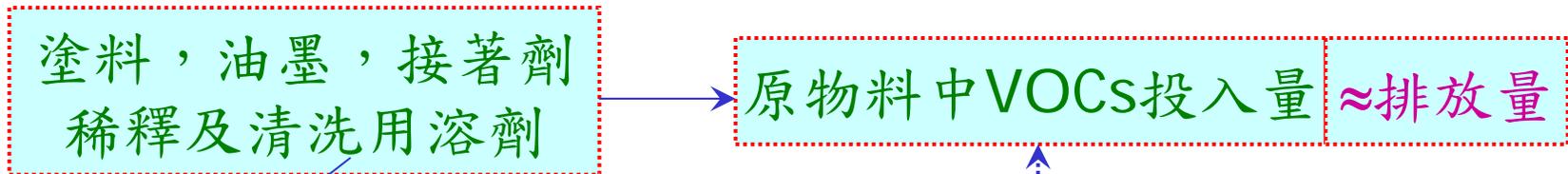
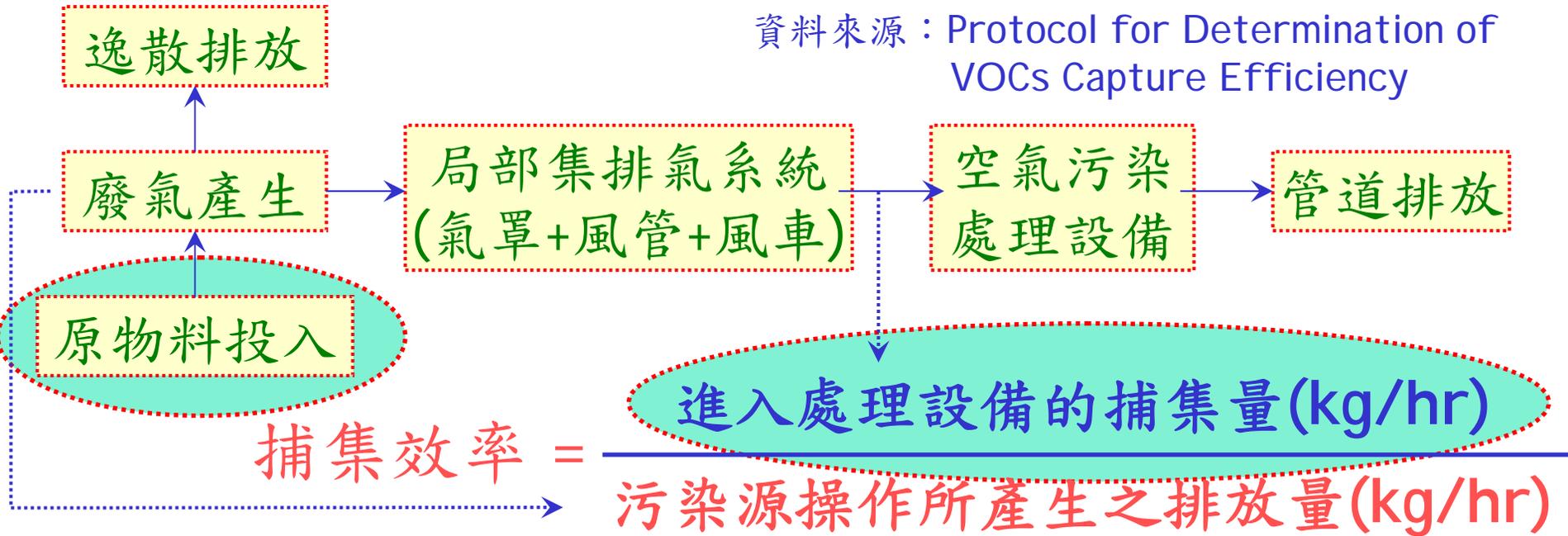
- (1) 氣罩型式、
- (2) 氣罩大小、
- (3) 氣罩與排放源位置之關係、
- (4) 抽氣量(或捕集速度)等因素有關。

廢氣風量  $\propto$  防制成本

資料來源：環保署環訓所--空氣污染防治專責人員訓練課程講義--臭味及有害空氣污染物控制

# 捕集效率(逸散率)推估示意

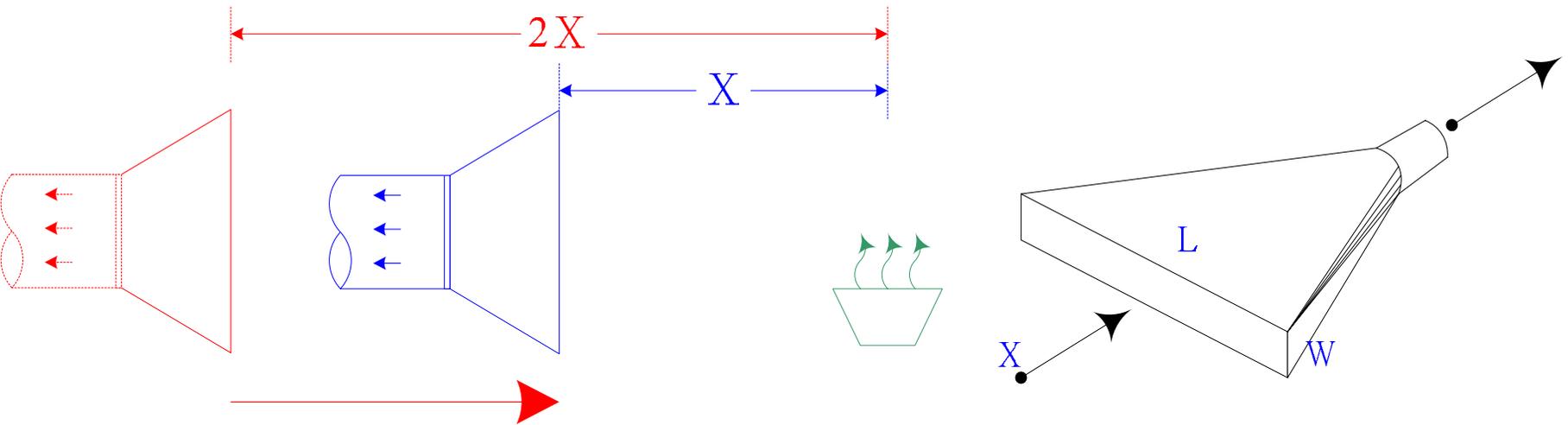
資料來源：Protocol for Determination of VOCs Capture Efficiency



單位原物料VOCs含量 × 原物料投入量

使用

# 局部集氣集氣效率影響因素



## 集氣風量初估

狹縫式  $W/L < 0.2 : Q = 3.7 L V X$

平整開口  $W/L \geq 0.2 : Q = V(10X^2 + A)$

# 全密閉式隔間(PTE/TTE)規範

避免逸散、  
避免過量集氣



永久性/暫時性全密閉隔間

(PTE – Permanent Total Enclosures)

(TTE – Temporary Total Enclosures)

# 全密閉式隔間(PTE/TTE)規範

- (1)所有開口(指任何門窗)的全部面積 < 密閉空間總表面積(指四面牆壁、地板及天花板)的5%。
- (2)開口處氣流必須向內流動，流速 > 200 fpm。
- (3)密閉空間內任何VOCs污染源距離任何開口必須在該開口面積之4倍等效直徑以上。
- (4)所有流出廢氣必須經處理設備有效處理。
- (5)未計算在5%開口面積內之任何開口，必須在污染源正常操作時關閉。

資料來源：Cooper, Alley “Air Pollution Control : A Design Approach” p. 339, 2nd ed.

# 集氣設備VOCs集氣效率測試法

## ■ 方法概要(NIEA A735.70C)

- 以火燄離子化分析儀(FIA)量測抽氣罩捕集氣流與未捕集氣流中總揮發性有機化合物(TVOC)濃度，同時量測捕集氣流與未捕集氣流之流量，以求得抽氣罩之集氣效率。

## ■ 設備需求

- FIA測定裝置：最小數據擷取頻率為每5秒一個測量值，每分鐘至少能記錄一次平均值。

# 集氣設備VOCs集氣效率測試法

## ■ 適用範圍

適用於設有抽氣罩之作業場所之集氣效率量測

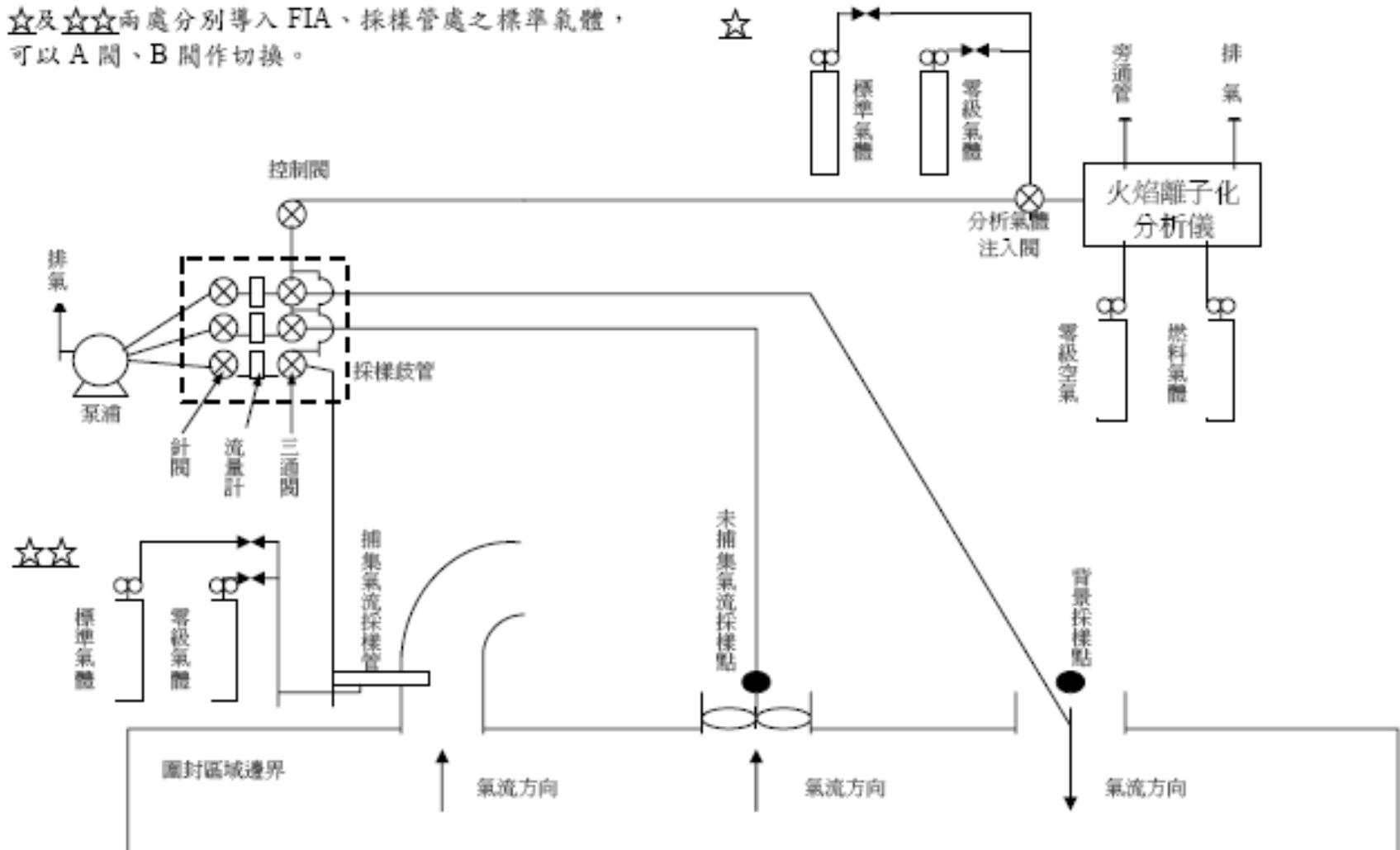
不適用於某些特定位置，包括

(1) 在進入污染防制設備之前有加裝 直接加熱器 或 其他設備 影響TVOC定量者，及

(2) 捕集氣流中 存在製程中產生粒狀有機氣膠，而未以 玻璃纖維濾紙 去除其干擾者等。

# 集氣設備VOCs集氣效率測試法

☆☆及☆☆☆兩處分別導入 FIA、採樣管處之標準氣體，  
可以 A 閥、B 閥作切換。



# 集氣設備VOCs集氣效率測試法

$$CE = \frac{\sum_{i=1}^n C_i Q_i}{\sum_{i=1}^n C_i Q_i + \sum_{j=1}^m C_j Q_j - \left( \sum_{i=1}^n Q_i + \sum_{j=1}^m Q_j \right) C_B} \times 100\%$$

$CE$ ：抽氣罩集氣效率，%

$C_i$ ：第  $i$  點捕集氣流之平均TVOC測量濃度，ppm丙烷

$C_j$ ：第  $j$  點未捕集氣流之平均TVOC測量濃度，ppm丙烷

$Q_i$ ：第  $i$  點捕集氣流之流量， $m^3/min$

$Q_j$ ：第  $j$  點未捕集氣流之流量， $m^3/min$

$n$ ：捕集氣流量測點數；  $m$ ：未捕集氣流量測點數

# 集氣設備VOCs集氣效率測試法

$$C_B = \frac{\sum_{k=1}^l C_k A_k}{\sum_{k=1}^l A_k}$$

$C_B$ ：平均背景濃度，ppm丙烷

$C_k$ ：第k點之平均TVOC背景濃度，ppm丙烷

$A_k$ ：第k點換氣口之截面積， $m^2$

$l$ ：換氣口背景濃度量測點數

# VOCs廢氣處理技術介紹

- VOCs廢氣減量的主要途徑有二：
  - (1) 透過製程變更，達到源頭改善；以及
  - (2) 進行管末處理，達成排放減量。

# 焚化技術

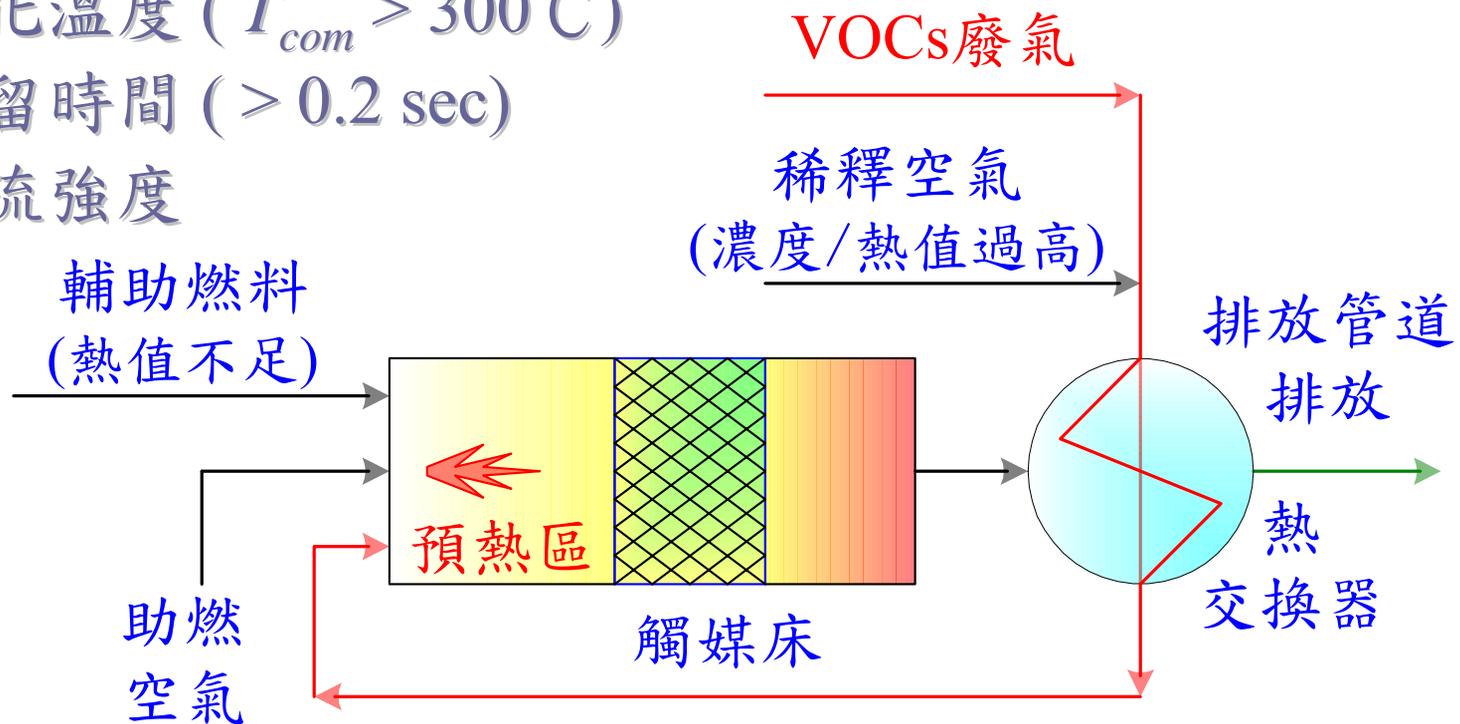
## 技術原理：

- 利用高溫燃燒之強烈氧化作用，  
使廢氣中之標的污染物，  
在焚化設備內被氧化破壞而自氣流中移除。
  
- 正確的焚化溫度設定以及紊流強度與  
停留時間之設計，  
可達到良好的去除效率(> 95%)

# 焚化技術 — 觸媒焚化(熱交換式)

## 技術選用暨硬體設計關鍵參數

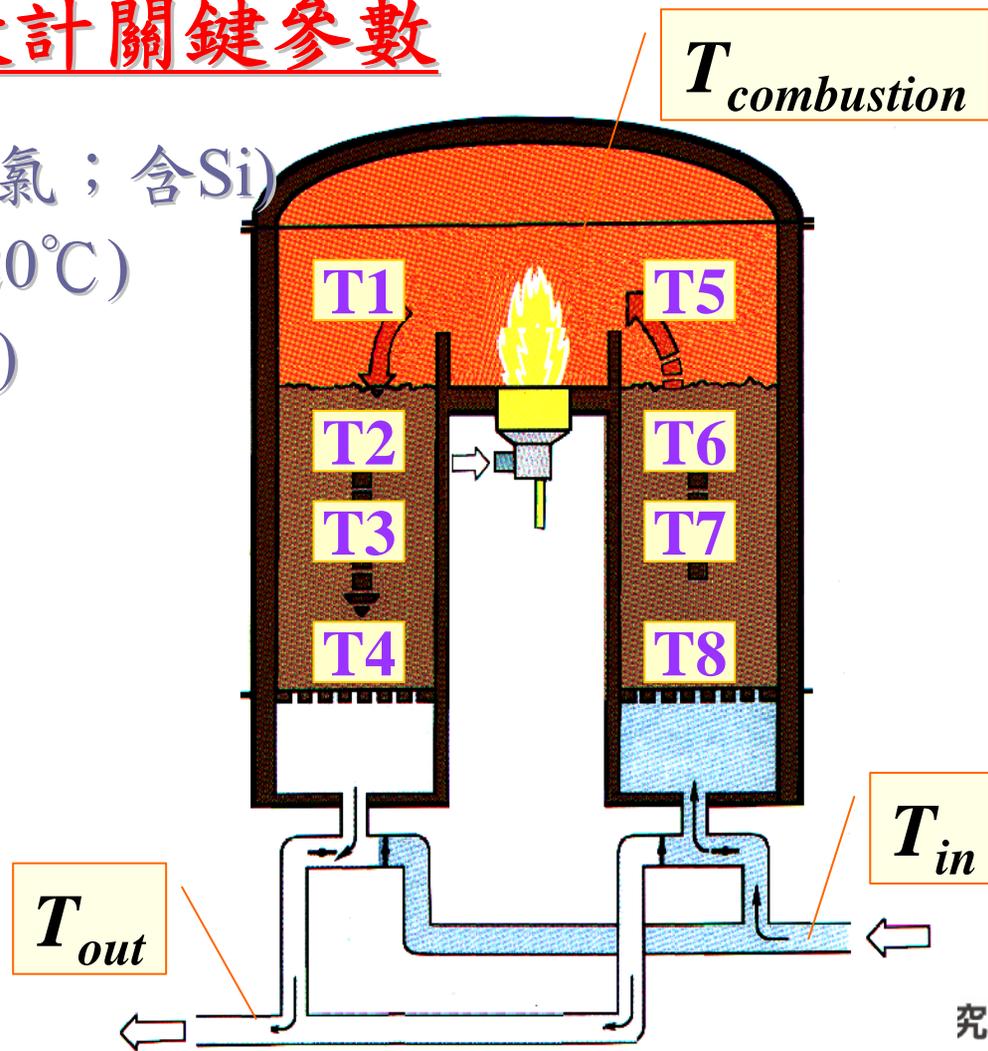
1. 污染物特性(含氟、氯；含Si)
2. 焚化溫度 ( $T_{com} > 300^{\circ}\text{C}$ )
3. 停留時間 ( $> 0.2 \text{ sec}$ )
4. 紊流強度



# 焚化技術—直燃焚化(RTO蓄熱式)

## 技術選用暨硬體設計關鍵參數

1. 污染物特性(含氟、氯；含Si)
2. 焚化溫度 ( $T_{com} > 720^{\circ}\text{C}$ )
3. 停留時間 ( $> 0.5 \text{ sec}$ )
4. 紊流強度
5. 閥門切換時程



# 濕式洗滌技術

## (1) 技術原理：

- 利用標的污染物相對較佳之溶解度，  
在廢氣與洗滌液接觸過程中，  
藉氣、液之間的擴散質傳(及化學反應)  
將污染物自氣流中移除。
- 正確的洗滌液配方選擇與接觸時間設計，  
配合適當的操作條件與足夠的洗滌液汰換率  
可達到很好的去除效率( $> 90\%$ )

# 濕式洗滌技術

## 常溫常壓低濃度系統之氣液平衡

$$y^* (\text{atm}) = H [\text{atm} / (\text{mol} / \text{m}^3)] \cdot x (\text{mol} / \text{m}^3)$$

Henry's Law

$$H \left[ \frac{\text{atm}}{(\text{mol} / \text{m}^3)} \right] = \frac{y^* (\text{atm})}{x (\text{mol} / \text{m}^3)}$$

$y^* \nearrow$   
 $x \nearrow$        $\Delta y \searrow$

- 定溫下， $H$ 為定值，當洗滌液未汰換或汰換不足  
液相濃度( $x, \text{mol} / \text{m}^3$ )持續累積
- ⇒ 背壓(平衡濃度)持續  $\nearrow$
- ⇒ 氣液濃度差(質傳驅動力)  $\searrow$ ，⇒ 濕式洗滌效率  $\searrow$

# 濕式洗滌技術

## ○ 技術選用 — 污染物氣液平衡特性

常見VOCs成份於25°C, 1 atm下之亨利常數值

化合物	亨利常數 [atm/(mol/m <sup>3</sup> )]	化合物	亨利常數 [atm/(mol/m <sup>3</sup> )]
Methanol	0.0000052	DMF	0.0000002
Ethanol	0.0000303	MEA	0.0000256
iso-Propanol	0.000015	Ethyl Acetate	0.000128
Acetone	0.000025	Butyl Acetate	0.000164
MEK	0.00013	Toluene	0.0064201
Ethyl Acrylate	0.000254	m-xylene	0.0074341

# 濕式洗滌技術

## (C) 硬體設計與操作關鍵參數

### ■ 硬體尺寸之設計

- 洗滌塔塔徑，**填料種類**及填充高度

### ■ 反應藥劑的選擇

- 酸，鹼，氧化劑(次氯酸鈉，臭氧，...)

### ■ 循環水量的決定

- $80 \sim 400 \text{ LPM/m}^2$ ， $> \text{MWR}$

以填充塔考量

### ■ 操作條件的設定

- pH值，ORP值，灑水量(L/min.)

### ■ 洗滌液之汰換

# 冷凝技術

適用於高沸點、  
高濃度溶劑蒸氣  
的控制，回收

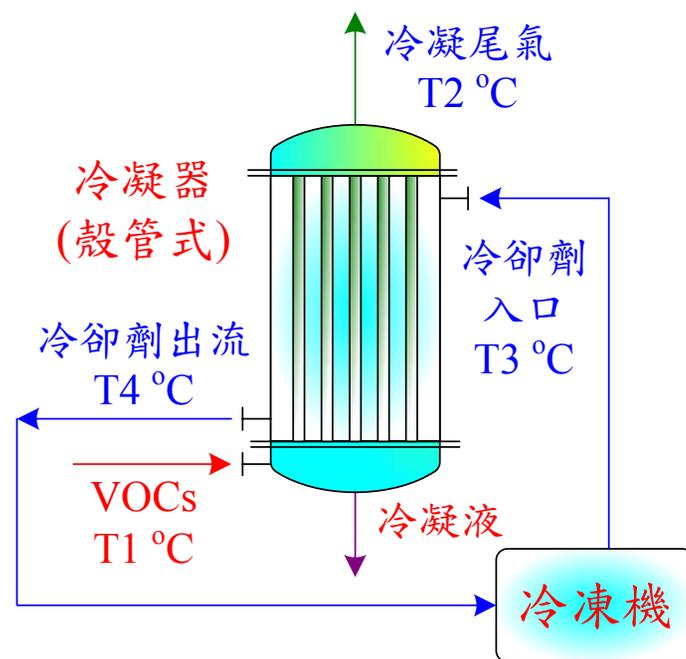
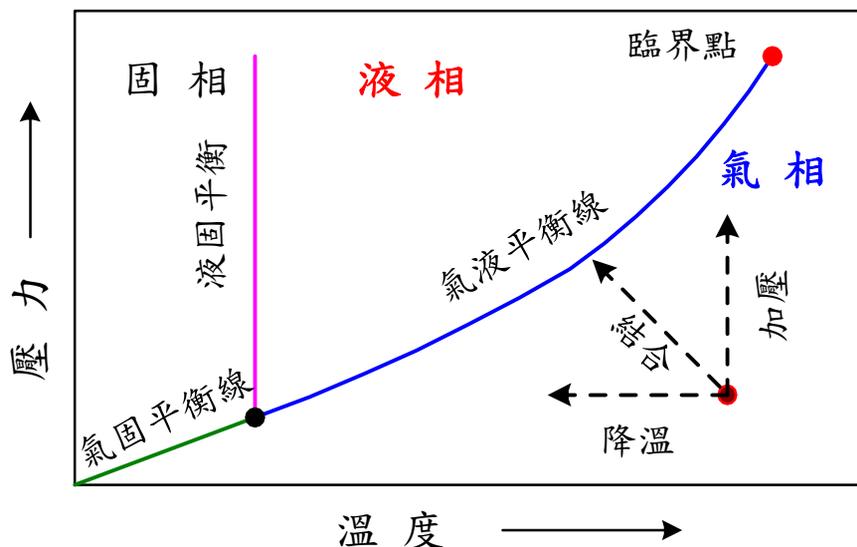
## ① 技術原理：

- 利用標的污染物相對較高之沸點，  
在廢氣與低溫表面接觸過程中，  
使污染物因廢氣溫度下降達氣、液平衡  
而凝結、液化，自氣流中移除。
- 正確的冷凝溫度設定及接觸面積設計，  
可達到良好的去除效率(> 85%)

# 冷凝技術

## 技術選用暨硬體設計與操作關鍵參數

1. 污染物蒸氣壓與溫度關係
2. 冷卻劑入口溫度設定
3. 冷凝器尺寸(熱傳面積)
4. 冷凍能力需求(能源消耗)



# 冷凝技術

## 技術選用 - 污染物蒸氣壓與溫度關係

溫度	Toluene ppmv	Styrene ppmv	Acrylonitrile ppmv	1,3-Butadiene ppmv	m-xylene ppmv	MEK ppmv
40	77,582	18,780	265,223	4,309,378	24,888	232,633
35	61,377	14,337	215,718	3,743,902	19,139	187,605
30	48,109	10,833	174,021	3,236,145	14,566	150,034
25	37,341	8,098	139,168	2,782,204	10,965	118,933
20	28,684				59	93
15	21,793				97	7
10	16,366	5,155	67,182	1,705,698	4,351	5
5	12,139	2,245	51,587	1,429,955	3,114	42,5
0	8,886	1,576	39,143	1,190,019	2,196	32,007
-5	6,415	1,090	29,325	982,623	1,525	23,781
-10	4,563	742	21,673	804,627	1,042	17,438
-15	3,194	497	15,785	653,028	699	12,609
-20	2,199	327	11,318	524,968	461	8,982
-25	1,487	212	7,979	417,744	298	6,298

$$\eta = (\text{inlet} - \text{outlet}) / \text{inlet}$$

> 85%

> 85%  
 150,000 x 15%  
 = 22,500

# 吸(脫)附技術

適用於  
揮發性溶劑蒸氣  
的控制，回收

## ① 技術原理：

□ 利用標的污染物相對較佳之吸附性

在廢氣與吸附劑接觸過程中，

藉氣、固之間的擴散質傳(及化學反應)，

將污染物自氣流中移除。

□ 正確的吸附劑選擇及接觸時間設計，

配合適當的操作條件與再生(或換碳)頻率

可達到很好的去除效率(> 95%)

# 吸(脫)附技術

## 技術選用暨硬體設計與操作關鍵參數

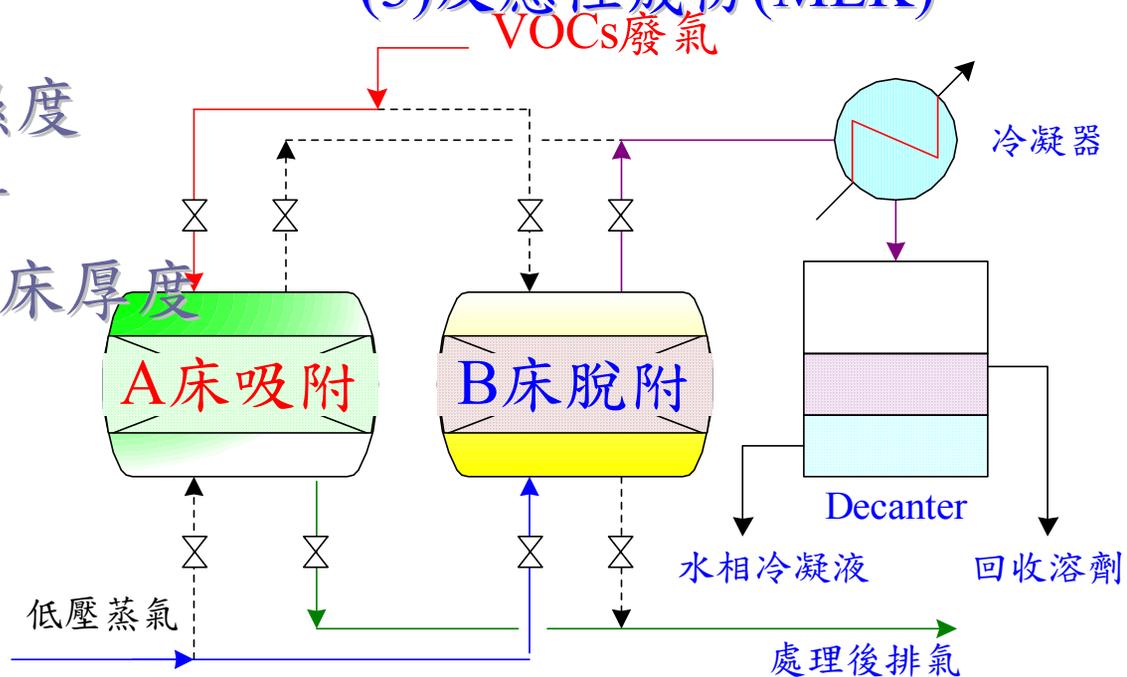
1. 污染物是否適合吸(脫)附 (1)高沸點物質(去光阻液)
2. 吸附劑的選擇 (2)低分子量物質(MW. < 40)
3. 廢氣特性 (3)反應性成份(MEK)

— 溫度及相對濕度

4. 硬體尺寸之設計

— 氣體流速及碳床厚度

5. 換碳時間



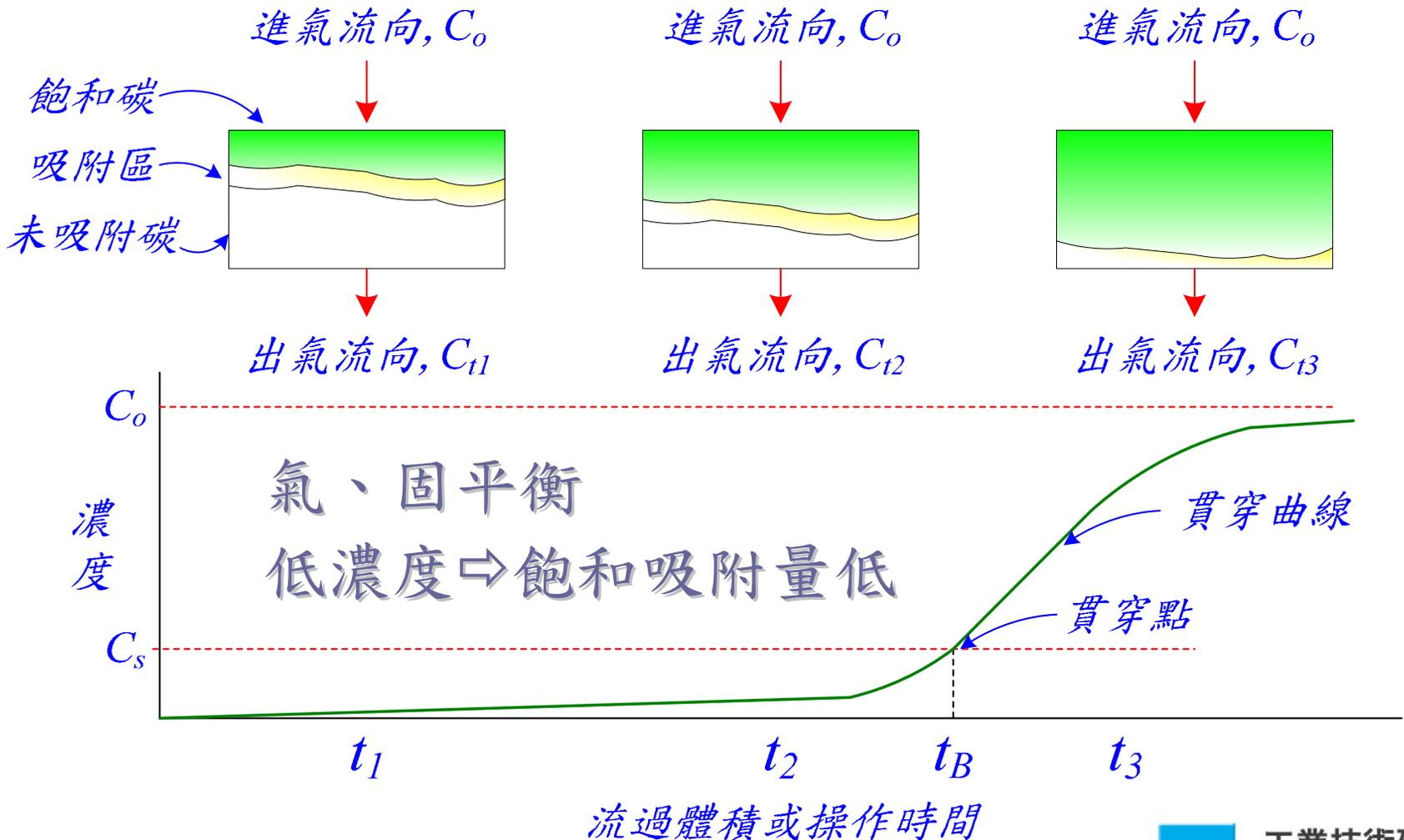
# 吸(脫)附技術

## 技術選用－污染物氣固平衡特性

常用有機溶劑於25°C、1 atm下活性炭之飽和吸附量

進氣濃度 (ppm)	Q-g of compound/100g-AC				
	10	50	100	150	200
Methanol	0.069	0.244	0.416	0.567	0.705
Ethanol	1.315	3.211	4.571	5.573	6.389
Acetone	2.026	3.940	5.165	6.024	6.705
<b>MEK</b>	6.518	10.585	12.793	14.215	15.281
<b>IPA</b>	<b>5.003</b>	<b>8.999</b>	<b>11.296</b>	<b>12.811</b>	<b>13.963</b>
DMF	17.221	26.029	31.138	32.549	34.242
Diethyl ether	3.740	6.062	7.349	8.189	8.826
THF	4.361	7.235	8.903	10.021	10.883

# 吸(脫)附技術



# 吸(脫)附技術

溫度、濕度稍高

可藉由增加活性炭用量  
及縮短吸附週期改善

## (C) 硬體設計與操作關鍵參數

### ■ 廢氣特性

- 廢氣溫度越低越好，一般建議  $\leq 40^{\circ}\text{C}$
- 廢氣相對濕度越低越好，一般  $< 40\sim 50\%RH$

### ■ 硬體尺寸之設計

- 空床氣體流速  $< 30\text{m/min.}$  ( 90 ~ 100 fpm)
- 吸附劑床厚度  $> 15\text{ cm}$  (吸脫附 ~ 30")

### ■ 換碳時機(換碳頻率)

- 尾氣濃度超出標準，或處理效率低於標準
- 不建議“定期”換碳  $\Rightarrow$  廢氣濃度並非穩定

## ■ 各類防制技術(設備)暨許可審(查)核重點

- 影響特定技術處理效率之主要因素
- 許可審核重點說明
- 現場查核重點說明

# 焚化技術

## 影響處理效率之主要因素

### ■ 實際處理負荷超出設計之處理容量

- 廢氣量增加 ⇨ 停留時間不足，燃燒溫度下降
- 污染物種類變動 ⇨ 焚化溫度對特定物種可能偏低

### ■ 操作條件偏離設計值

- 燃燒溫度偏低 ⇨ 節省操作(燃料)成本

### ■ 觸媒焚化

- 觸媒更換頻率不足
- 觸媒可能已高溫焚燬

檢視  
操作溫度紀錄

# 焚化技術

## 許可證審核重點

許可證字號：操證字第

項目	操作條件
1 廢氣燃燒塔	
廢氣處理量	最小：96 ~ 最大： <b>108.8</b> Nm <sup>3</sup> /min
處理效率	應大於 75% (粒狀污染物)
燃料名稱及使用量	柴油，1296(單位：公秉/年)
爐內燃燒溫度	最小：750 ~ 最大：1000
爐內停留時間	最小： <b>1</b> ~ 最大： <b>2.6</b> sec

處理效率  
要求粒狀物?!

⇒ ⇒ 燃燒室體積固定 ⇒  $RT = V(m^3)/Q(m^3/sec)$

$108.8 \times (1000 + 273.15) : 96 \times (750 + 273.15)$

$1.41 : 1 (1 : 0.709)$

核定之依據？

# 焚化技術

## 現場查核重點

### ■ 實際處理負荷 vs.設計處理容量

- 量測實際處理風量(排氣速度，注意溫度基準值)
- 量測處理前後濃度變化(處理效率)

### ■ 實際操作條件 vs.設計值

- 檢視燃燒溫度是否低於設計下限(爐膛溫度量測)
- 觸媒更換頻率是否偏低 ⇨ 觸媒可能已失效
- 觸媒尾氣溫度是否偏高 ⇨ 觸媒可能焚燬失效

## 濕式洗滌技術

### ㊟ 影響處理效率之主要因素

- 實際處理負荷超出設計之處理容量
  - 廢氣量增加、濃度增加
  - 污染物種類增加
- 操作條件偏離設計值
  - pH值偏離、ORP值偏離
  - 灑水量不足，水壓偏低⇒產生偏流
- 洗滌液汰換率不足
  - 未以定流率方式汰換洗滌液(水)

# 濕式洗滌技術

## 許可證審核重點－濕式洗滌技術

項目	操作條件
廢氣處理量	最小： 100 ~ 最大： <b>208.2</b> Nm <sup>3</sup> /min
處理效率	應大於 90%( <b>氨、硫酸</b> )
監測儀錶	pH 值
*洗滌液壓降	最小： <b>100</b> ~ 最大： <b>200</b> mmH <sub>2</sub> O
*氣液比	最小： <b>35.7</b> ~ 最大： <b>74.4</b> Nm <sup>3</sup> /L
*化學藥品名稱及使用量	氫氧化鈉，0.02(單位：l/min)
*經洗滌器後洗滌液 pH 值	應大於 <b>5</b> 以上

□ 以**200 NCM**，**1.75 m/sec**為例

$$200 \text{ Nm}^3/\text{min} \div 60 \text{ sec}/\text{min} \div 1.75 \text{ m}/\text{s} = 1.905 \text{ m}^2$$

填充塔洗滌液流量Guidelines：80 ~ 400 LPM/ m<sup>2</sup>

$$\Rightarrow G/L = 200 \div (80 \times 1.905) = 1.312 \text{ Nm}^3/\text{L}$$

## 濕式洗滌技術

### ( ) 現場查核重點

#### ■ 實際處理負荷 vs. 設計處理容量

- 量測實際處理風量(測量排氣速度)
- 量測處理前濃度變化(或處理效率)

#### ■ 實際操作條件 vs. 設計值

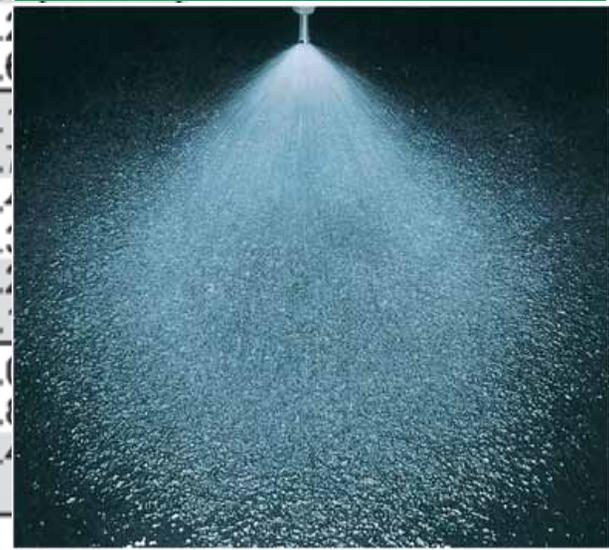
- 檢視pH值及/或ORP值是否超出設計值範圍
- 檢視pH meter及/或ORP meter定期校正紀錄
- 檢視灑水量及水壓(應要求安裝流量計及錶壓計)
- 透過視窗檢視灑水分佈情形

# 濕式洗滌技術

## 現場查核重點

噴 角			噴 量(L/min)						
0.05 MPa	0.2 MPa	0.5 MPa	0.03 MPa	0.05 MPa	0.1 MPa	0.15 MPa	0.2 MPa	0.3 MPa	0.5 MPa
65°	70°	55°	5.86	7.41	10.2	12.3	14.0	16.0	18.0
70°	75°	60°	6.70	8.47	11.6	14.0	16.0	18.0	21.0
75°	80°	65°	7.54	9.53	13.1	15.8	18.0	21.0	23.0
80°	85°	70°	8.38	10.6	14.6	17.5	20.0	23.0	27.0
70°	75°	60°	9.63	12.2	16.7	20.2	23.0	27.0	30.0
75°	80°	65°	10.9	13.8	18.9	22.8	26.0	30.0	35.0
80°	85°	70°	12.6	15.9	21.8	26.3	30.0	35.0	41.0
85°	90°	75°	14.7	18.5	25.5	30.7	35.0	41.0	47.0
90°	95°	80°	16.8	21.2	29.1	35.1	40.0	47.0	53.0
90°	95°	80°	18.8	23.8	32.7	39.5	45.0	53.0	59.0
70°	75°	60°	20.9	26.5	33.8	43.8	50.0	59.0	70.0
80°	85°	70°	25.1	31.8	43.7	52.6	60.0	70.0	80.0
90°	95°	80°	33.5	42.4	58.2	70.1	80.0	94.0	106.0
90°	95°	80°	37.7	47.7	65.5	78.9	90.0	106.0	

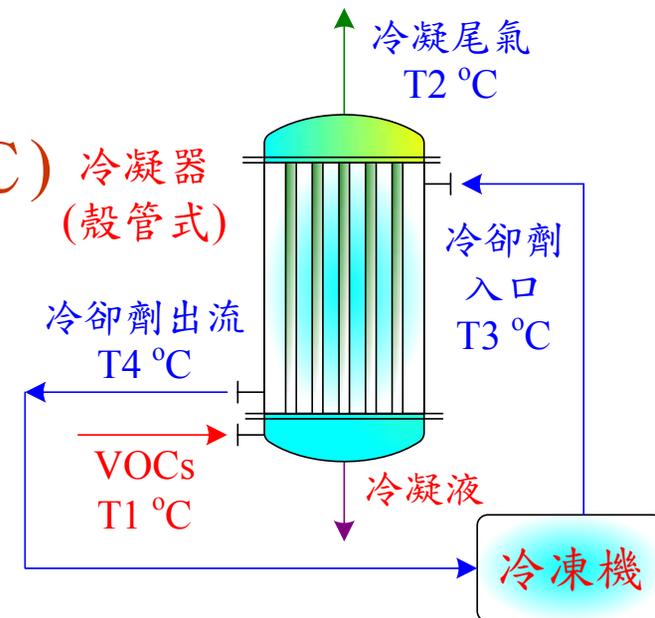
充圓錐形噴嘴/標準型  
- Full Cone Spray Nozzles/standare type -



# 冷凝技術

## 影響處理效率之主要因素

- 實際處理負荷超出設計之處理容量
  - 廢氣量增加，廢氣溫度( $T_1$ )變高
- 冷卻劑入口溫度
  - 冷凝尾氣溫度( $T_2$ ) > 冷卻劑入口溫度( $T_3$ )(約7~8°C)
- 進氣濃度變化
  - 低進氣濃度  
⇒ 效率降低



# 冷凝技術

## (一) 許可證審核重點－冷凝技術

- 進氣溫度、進氣濃度
- 尾氣溫度、冷卻劑入口溫度
- 物種溫度與飽和蒸氣壓之關係
- 考量Raoult's Law

$$y_1 \cdot P = x_1 \cdot P_1^s$$

## 冷凝技術

### 現場查核重點

#### ■ 實際處理負荷 vs.設計之處理容量

- 量測實際處理風量(排氣速度)
- 量測處理前濃度變化
- 量測進氣溫度是否異常(超出操作溫度上限)

#### ■ 實際操作條件 vs.設計值

- 檢視冷凝尾氣溫度是否超出設計值(尾氣溫度計)
- 進氣濃度是否偏低 $\Rightarrow$ 處理效率可能下降  $< 85\%$

# 吸(脫)附技術

## ㊟影響處理效率之主要因素

- 實際處理負荷超出設計之處理容量
  - 廢氣量增加，濃度增加，溫度上升過高
  - 污染物種類增加或改變(吸附容量不一樣)
  
- 廢氣特性偏離設計值
  - 廢氣溫度偏高，RH偏高→相對用量碳不足
  
- 活性炭更換頻率不足
  - 老化、堵塞→吸附容量降低

# 吸(脫)附技術

## 現場查核重點

### ■ 實際處理負荷 vs. 設計處理容量

- 量測實際處理風量(測量排氣速度)
- 量測處理前濃度變化(或處理效率)

冷凝尾氣及  
油水分離槽排氣  
導入吸附床進氣端  
重新吸附

### ■ 實際操作條件 vs. 設計值

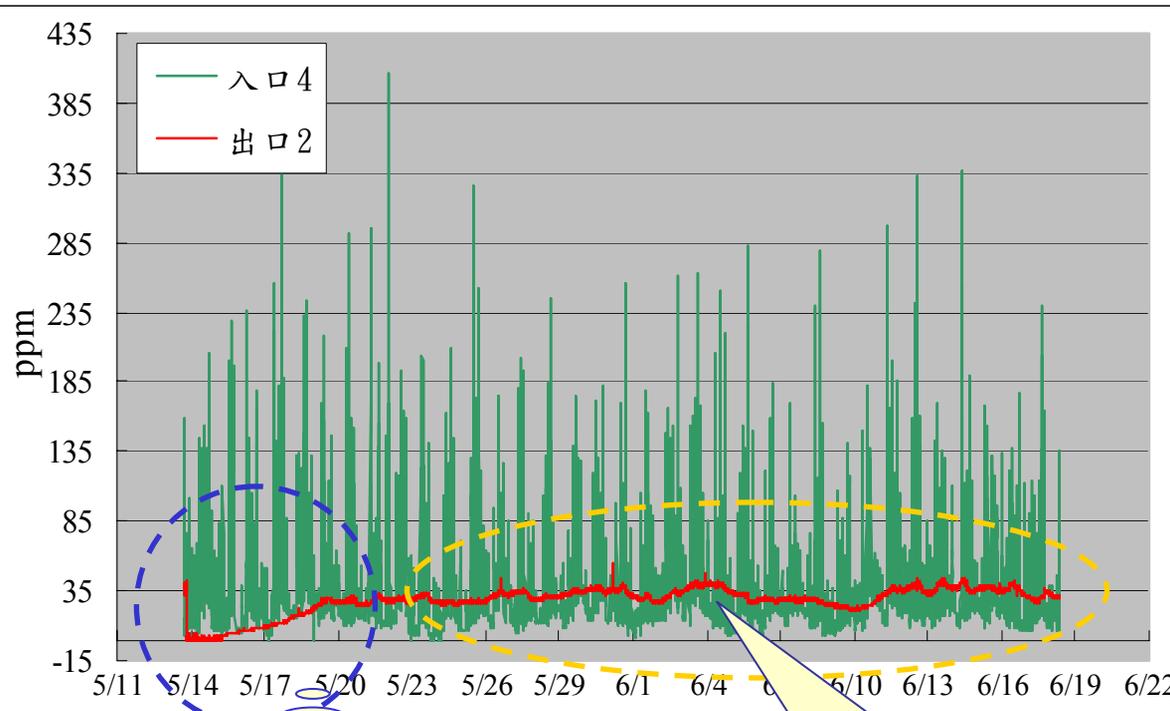
- 檢視廢氣溫度是否超出設計範圍(進氣端溫度計)
- 判斷廢氣相對濕度是否偏高(上游是否有水洗設備)

### ■ 檢視換碳紀錄

- 非線上再生(僅吸附)需經常換碳(約一至二週以內)
- 線上再生(吸脫附)約 2 ~ 2.5 年

# 吸(脫)附技術

## ㊟ 案例--活性炭吸附床



約5~6天 即貫穿

出口濃度  
高於入口濃度

- 處理風量：  
**225CMM**
- 尺寸：3m(L)  
× 3m(W) × 3m(H)
- 填充厚度：**50cm**
- AC用量：**2500 kg**
- 通氣截面積：3 × 3  
= 9 m<sup>2</sup>
- 比表面流速(V)  
=(Q/A)/60=(225/9)/60  
=**0.42m/sec** < 0.5m/sec

# 吸(脫)附技術

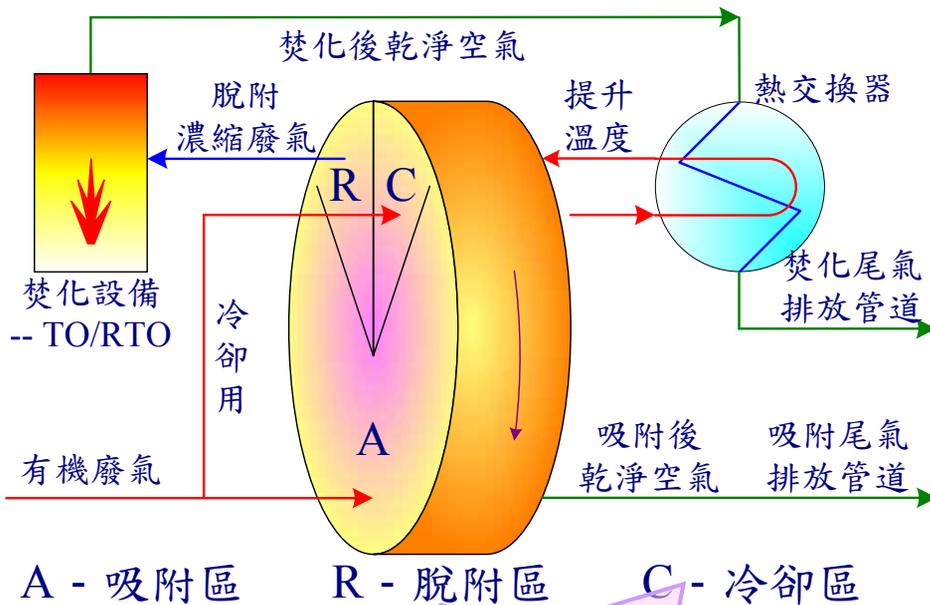
基本資料	1. 公私場所：			5. 管制編號			
	2. 地址：			6. 受測污染源(編號)：印刷機 E001			
	3. 檢測用途：環保平測及廠內之稽查檢測			7. 採樣日期：98年01月12日			
	4. 檢測機構名稱：			8. 採樣位置：排入大氣前之煙道 P001			
採樣時污染源操作狀況	進料量(註明單位)		產量(註明單位)		燃料(註明單位)		
	名稱	當日	平日最大量或許可用量	名稱	當日	平日最大量或許可用量	
	PVC 塑膠布	1801.8 m/hr	2008.9 m/hr	塑膠布	1801.8 m/hr	2008.9 m/hr	—
	油墨	3.58 kg/hr	4 kg/hr	—	—	—	—
	丁酮	5.20 kg/hr	5.8 kg/hr	—	—	—	—
	甲苯	2.8 kg/hr	3.125 kg/hr	—	—	—	—
	A. 燃料名稱：* (含硫量：*%)，B. 燃料名稱：* (含硫量：*%) 混燒比例 * :						
採樣時污染防治	空氣污染防制設施名稱			處理量(註明單位)			
	名稱	當日	平日最大量或許可用量	當日	平日最大量或許可用量		
	活性碳吸附塔 A001	—	—	512.88 Nm <sup>3</sup> /min	360 Nm <sup>3</sup> /min		

# 沸石轉輪濃縮後焚化系統

## 現場查核重點

沸石轉輪濃縮後焚化系統  
排放削減率( $h$ )是否  $> 90\%$

處理前後  
質量流率(kg/hr)



(1)轉輪吸附前後  $h > 90\%$

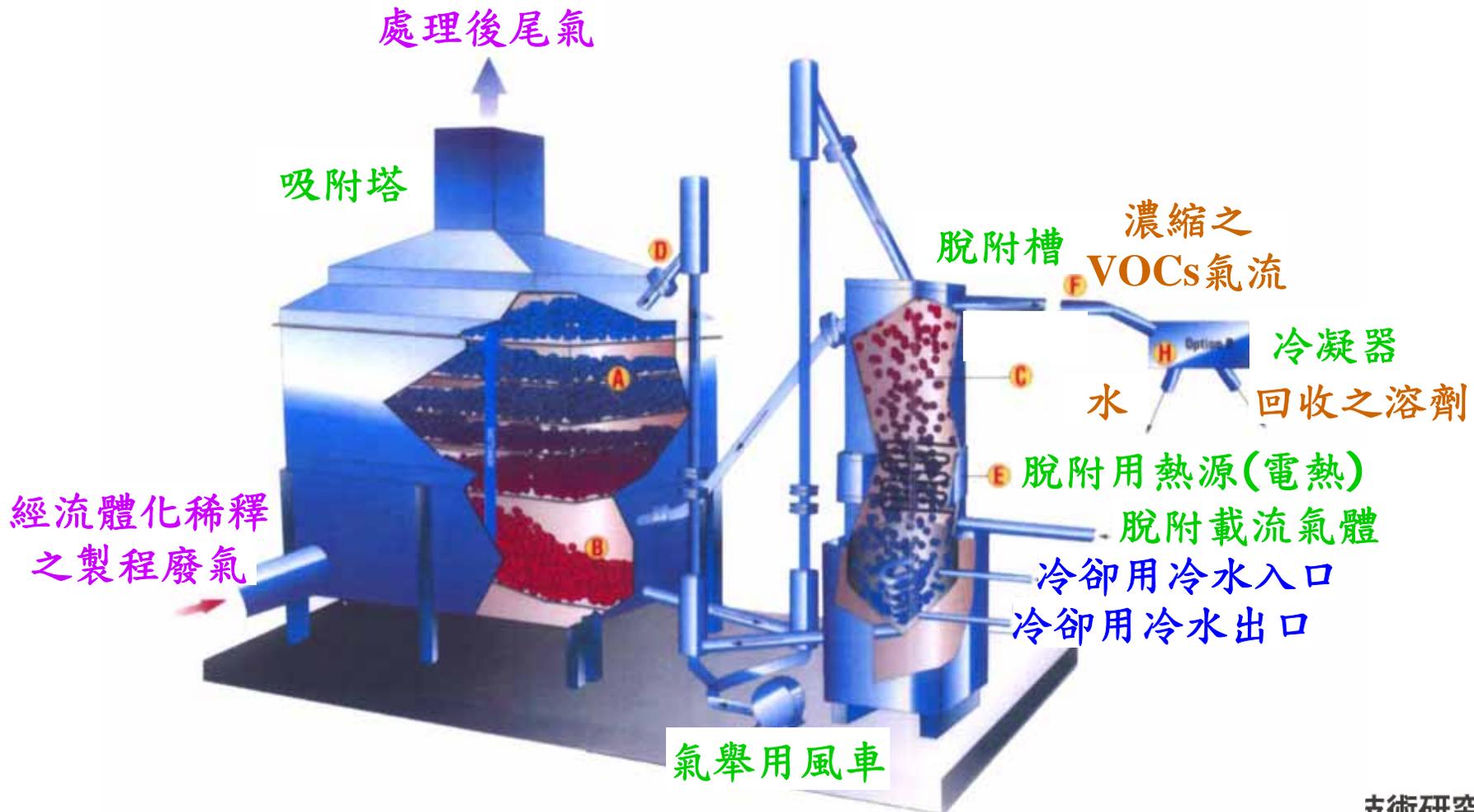
(2)轉輪吸附前後  $h > 90\%$  ;  
且熱焚化前後  $h > 90\%$

(3)轉輪吸附前後  $h > 90\%$  ;  
且熱焚化前後  $h > ?!\%$

吸附及焚化尾氣  
分流案例

# 流體化床濃縮後冷凝系統

## Fluidized Bed Concentrator



# 流體化床濃縮後冷凝系統

## 現場查核重點

流體化床濃縮後冷凝

排放削減率( $h$ )是否  $> 90\%$

■ 進氣濃度及廢氣流量測點應一致

⇒ 維持“流體化”，需一定之通氣量

⇒ 引入乾淨空氣 → 濃度測點在混合前 → 高濃度

→ 流量測點在混合後 → 低濃度

■ 冷凝尾氣之處置

⇒ 需“重新”引入流體化床前再處理

高估處理前排放量  
⇒ 誤算高處理效率

# 結論與建議

## ■ 善用許可制度

### □ 設置許可申請時

- ◆ 處理技術之選用與硬體規格之設計應謹慎審核
- ◆ 要求裝設適當之操作條件監測儀器，如
  - RTO之燃燒溫度(陶瓷床中不同位置)
  - 濕式洗滌塔之洗滌液流量計及錶壓計
- ◆ 要求防制設備前設置採樣口
- ◆ 防制設備前後採樣口至少一處符合8D/2D

# 結論與建議

## ■ 善用許可制度

### □ 發給操作許可前

- ◆ 安排現勘 ⇨ 確認製程流程及物質流線(mass flow)
- ◆ 審查試車計畫書 ⇨ 試車操作條件合理性
- ◆ 安排檢測 ⇨ 確認測試時之操作條件，製程產量  
⇨ 查核處理設備實際處理效率

重要把關階段

以(蓄熱式)熱(觸媒)焚化為例  
廢氣風量範圍  
燃燒溫度範圍  
(低限值是否可有效處理)

# 結論與建議

## ■ 善用許可制度

### □ 試車計畫

◆ 關鍵參數-I：產能(污染量--濃度)

產能之100%，80%，50%時

⇒ 防制設備之有效性

◆ 關鍵參數-II：防制設備操作條件

焚化：燃燒溫度780°C，680°C，580°C

所有技術：風量設計值100%，120%，70%

⇒ 防制設備之有效性

抽風機(風車)  
風量通常固定

# 聲 明

- 本文件作者已盡力確保資料的準確性，惟任何未經授權擅自使用本資料所造成的損害，作者及工研院均不負賠償責任。
- This document is prepared with utmost care by the speaker. However, neither the speaker nor ITRI shall be liable for any loss or damage arising out of unauthorized use or access to the contents hereof.

敬請  
指教

# 附件

## 行業別VOCs廢氣特性彙總

# 行業別VOCs廢氣特性

行業別	製程別	廢氣特性
合成樹脂業 (含接著劑)	混合(攪拌)	批次製程，具製程冷凝器回流控制， 中低濃度，中低風量
	乾燥除水(烘乾)	批次製程，中低濃度，低風量
橡膠業	打糊(攪拌)	批次製程，低濃度，低風量
	塗佈(塗佈)	連續製程，低濃度，中低風量
	壓延(烘乾)	連續製程，低濃度，中低風量
染整	含浸(浸塗)	連續製程，中低濃度，中低風量
	定型乾燥(烘乾)	連續製程，中濃度，中低風量

# 行業別VOCs廢氣特性

行業別	製程別	廢氣特性
黏性膠帶業	理膠(攪拌)	批次製程，中濃度，低風量
	上膠(塗佈)	連續製程，中低濃度，中低風量
	熱風乾燥(烘乾)	連續製程，高濃度，中高風量
合成皮業	拌料(攪拌)	批次製程，中低濃度，低風量
	塗佈(塗佈)	連續製程，中低濃度，中低風量
	熱風乾燥(烘乾)	連續製程，高濃度，中低風量
	印刷(印刷)	連續製程，中濃度，中低風量

# 行業別VOCs廢氣特性

行業別	製程別	廢氣特性
表面塗裝業	調料(攪拌)	批次製程，中濃度，低風量
	噴塗(塗佈)	半連續製程，中濃度，中低風量
	靜置乾燥(烘乾)	連續製程，中低濃度，中低風量
印刷油墨	混合調墨(攪拌)	批次製程，中低濃度，低風量
凹(網)版印刷	油墨調拌(攪拌)	批次製程，中濃度，低風量
	印刷(印刷)	連續製程，中低濃度，中風量
	熱風乾燥(烘乾)	連續製程，中濃度，中風量

# 行業別VOCs廢氣特性

行業別	製程別	廢氣特性
乾膜光阻	拌料(攪拌)	批次製程，中低濃度，低風量
	塗佈(塗佈)	連續製程，中低濃度，中低風量
	熱風乾燥(烘乾)	連續製程，中濃度，中風量
銅箔基板	拌料(攪拌)	批次製程，中低濃度，低風量
	含浸(浸塗)	連續製程，中高濃度，中低風量
	熱風乾燥(烘乾)	連續製程，高濃度，中風量

風量：低：≤30 CMM(m<sup>3</sup>/min)；中低：30~100 CMM；中：100~300CMM  
 中高：300~500 CMM；高：≥500 CMM

# 行業別VOCs廢氣特性

行業別	製程別	廢氣特性
半導體	塗佈(塗佈)	近似連續製程，低濃度，低風量
	曝光(烘乾)	近似連續製程，低濃度，低風量
	清洗(清洗)	近似連續製程，中濃度，中風量
光電(面板)	塗佈(塗佈)	近似連續製程，中低濃度，低風量
	曝光(烘乾)	近似連續製程，中濃度，中高風量
	清洗(清洗)	近似連續製程，中濃度，中高風量

濃度：低：≤100 ppm(as CH<sub>4</sub>)；中低：100～300 ppm；中：300～500ppm

中高：500～1000 ppm；高：≥1,000 ppm