

台塑公司氯乙烯廠廢氣燃燒爐

黃世哲*

摘要

台塑公司氯乙烯廠與塑膠廠製程廢氣，分別以水液吸收及冷卻方式來處理，尙未能達到有機化合物排放標準。乃由美國 Selas 公司提供基本設計，由本公司工程部自行細部設計、預算、發包、施工，分別在仁武及林園廠區增設一套廢氣燃燒爐，將含有機氯化物之廢氣送入燃燒爐燃燒生成 HCl、CO₂ 及 H₂O，高溫氣體再送入廢氣熱回收鍋爐回收燃燒之廢熱產製蒸汽後，經兩段吸收塔吸收其中之 HCl 氣體產製鹽酸，尾氣再經中和塔以鹼液中和其中之 HCl 後排放大氣，VCM 實測值皆小於 1ppm，優於 82 年國家管制標準。仁武氯乙烯廠廢氣燃燒爐投資金額 13,000 萬元，每年燃油費用 4,700 萬元，加上鹼液、電力、淨水、修護費、人工、財務費等其處理成本每年為 7,800 萬元。惟本設備可回收 25% 鹽酸及 18kg/cm² 蒸汽，效益為 1,200 萬元及 4,800 萬元。故其處理成本每年實為 1,800 萬元，若以仁武 VCM 廠每年產製 30 萬噸 VCM 成品計算，每生產 1 噸 VCM 需花費 60 元。

一、前言

台塑公司氯乙烯廠與塑膠廠製程排放的廢氣分別以吸收及冷卻方式來處理，以致無法達到有機化合物之排放管制標準，因此於民國 79 年採用美國 Selas 公司製程，分別在仁武及林園廠區增設一套廢氣燃燒爐，將製程有機氯化物之廢氣送入燃燒爐燃燒生成 HCl、CO₂ 及 H₂O，高溫氣體再送入廢氣熱回收鍋爐回收燃燒之廢熱產製蒸汽後，經兩段吸收塔吸收其中之 HCl 氣體產製鹽酸，尾氣再經中和塔以鹼液中和未經吸收之 HCl 後排放至大氣，VCM 實測值在 1ppm 以下，優於 82 年國家管制標準 10ppm。

* 台灣塑膠公司氯乙烯廠工程師

二、廢氣入料成份及處理效果

1. 廢氣入料成份

請詳見表 1 所示，為具有污染性氯化有機廢氣，廢氣總處理量為 21, 055kg/hr。

表 1 廉氣入料成份流量

廢氣入料成份流量	Stream			
	AA	BB	CC	DD
C ₂ H ₄	668	—	77.1	17.
VCM	4	96.	76.	36.4
EC	59	35.3	57.	22.3
1, 1DCE	—	52.9	47.	3.
TRANS DCD	—	—	4.2	8.4
CIS-DCE	—	—	3.	0.3
CHLOROPRENE	—	—	25.3	1.6
CHCl ₃	—	108.6	41.	1.8
CH ₂ Cl ₂	—	58.2	—	—
CCl ₄	—	—	46.	1.9
CH ₃ OH	—	237.	—	—
TCE	—	—	9.	0.5
1, 1, 2-TCE	—	78.1	—	—
EDC	171	130.4	130.	194.
C ₆ H ₆	—	—	0.7	0.1
OTHER ORG	12	19.9	66.	12.6
O ₂	676	9.	20.3	2.4
CO ₂	153	—	25.	—
CO	65	—	39.3	—
N ₂	15, 695	616.7	661.2	183.
H ₂	3	—	—	—
HC1	223	—	—	—
BUTADIENE	—	—	—	—
FLOW kg/hr	17, 849	1, 442	1, 278	486
HHV kcal/hr	9.208	2.856	2.924	1.018
TEMP °C	-25	30	30	35
PRESS PSIG	5	5	3	3

2. 處理效果

(1) 處理前：VCM 1%

處理後：VCM 1ppm 以下。

(2) 煙道排氣保證值如下，可符合國家管制標準10ppm。

① NO _x	150 ppm
② 粒狀污染物	50 ppm or 0.12 grams per dry SCF 0% excess air
③ 未燃燒碳氫化合物	0.5 ppm
④ Cl ₂	10 ppm
⑤ HCl	20 ppm
⑥ EDC	5 ppm
⑦ VCM	5 ppm

三、廢氣處理流程及設備概要

3.1 廉氣處理流程

1. 廉氣來源：氯乙烯廠及塑膠廠製程排放有機氯化物廢氣。

2. 處理方式：將上述有機氯化物之廢氣送入燃燒爐生成 HCl、CO₂ 及 H₂O 高溫氣體再送入廢熱回收鍋爐回收燃燒之廢熱產製蒸汽後，經兩段吸收塔吸收其中之 HCl 氣體，產製鹽酸。

3. 處理流程：廢氣處理流程如圖 1 所示。

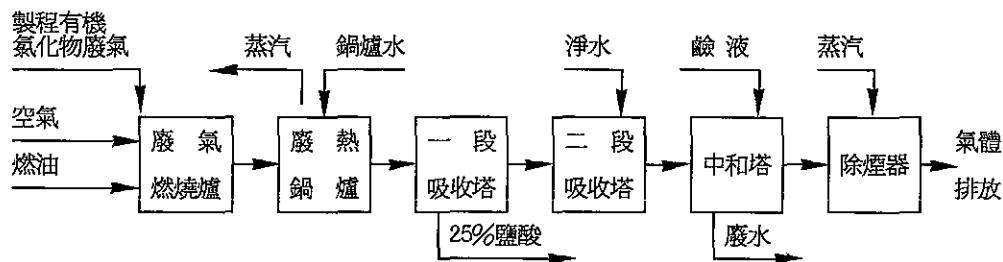


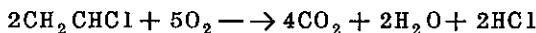
圖 1 廉氣處理簡圖

3.2 設備概要

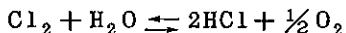
1. 燃燒爐 (incinerator)、燃燒器及燃燒空氣送風機 (combustion blower)，如圖 2 所示。

- (1) 來自 VCM 廠及 PVC 廠之多股廢氣，經由主燃燒器進入燃燒爐，而每股廢氣通過主燃燒器之個別通道，直到離開燃燒器之管端，此燃燒器之管端係在爐內。燃燒器之空氣導風片，驅使燃燒空氣進入時造成一極強烈之渦流，而使空氣與廢氣急速混合，並使其完全燃燒，廢氣在 982 ~ 1,204°C 高溫之爐內有 1 秒鐘之滯留時間，以確保完成破壞並使 HCl 與 Cl₂ 有足夠時間達到反應之平衡點。燃燒反應所需之熱源由廢氣中之氯化有機物本身提供或由輔助燃料，如柴油之燃燒來補充。
- (2) 燃燒反應所產生之氣體如水氣及二氧化碳等均可以排放大氣中不致造成危害，但是有些化合物如 HCl 則需作進一步的處理，並可依傳統方式來處理。

反應過程可簡單地用以下反應方程式表示：



在較高之爐溫會產生另外一種反應而形成 Cl₂ (氯氣)，加入水時可依下式使 Cl₂ 形成量減至最低：



- (3) 燃燒爐溫度係使用輻射高溫計來檢測，此輻射高溫計偵測在燃燒過程中實際火焰區域之溫度。這樣可以即刻偵察到廢氣熱值或流量之變化，而這些變化引起燃燒溫度之變化，偵測之溫度值轉變為一個能送回到溫度控制器之信號來調整燃油 (增加熱量) 或冷卻水 (減少熱量) 之流量，以使保持燃燒爐在 982 ~ 1,204°C 之溫度下操作。輻射高溫計由熱電堆 (thermopile) 組成，此熱電堆按裝於一個對準燃燒室之視窗上，輻射高溫計裝有一透鏡用以聚集燃燒室內之耐火磚與高溫氣體之輻射熱量後，並將此輻射熱集焦於熱電堆而產生與燃燒室溫度相對等之信號。熱電堆是裝在一個封閉之罩子內，不能直接暴露在燃燒爐之氣體中，並必須加入排稀空氣予以冷卻，保持在常溫狀態，而其對準燃燒室之視窗在任何時候視線須無障礙物遮掩，為此，輻射高溫計之後端裝有視孔及蓋子可供檢查視窗。

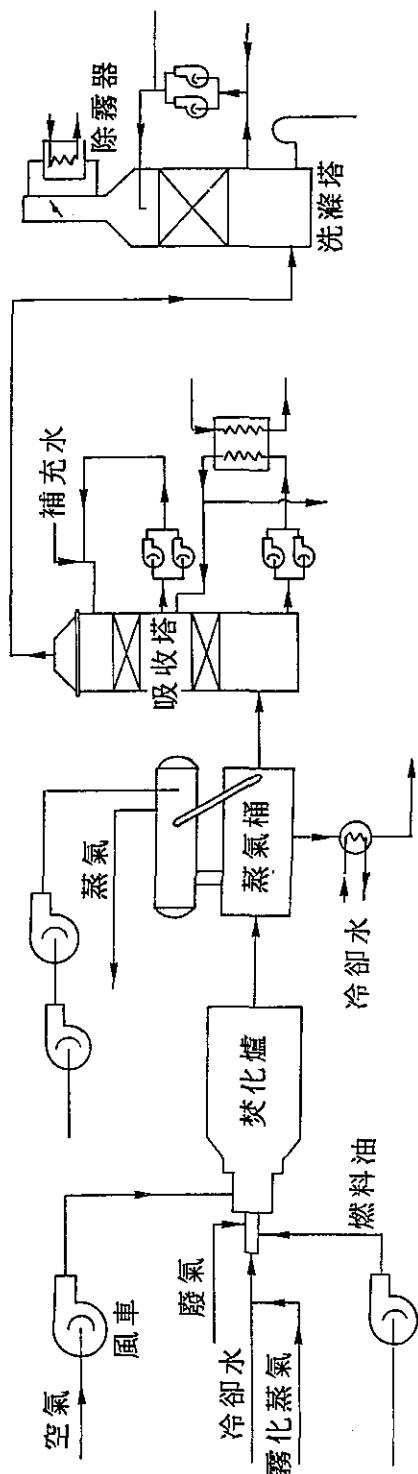


圖 2 廢氣燃燒爐流程圖

在升溫操作期間，輻射高溫計所檢測之溫度，可與爐內其它用熱電偶所檢測之溫度作比較，在開始升溫期間溫度低於1,400°F時，輻射高溫計之反應不佳，所測之溫度不準確，而1,400°F至設計之操作溫度間，其所測得之溫度應與熱電偶所測得之溫度非常接近。

- (4)燃燒爐殘氧濃度必須控制不得低於3%，主燃燒器之空氣控制閥之負荷係以在無廢氣加入時足以供應主燃燒器最低量燃油燃燒所需空氣量作為基本負荷，其係在DCS盤HIC-901切入手動調整，當加入更多的燃油時燃燒氣體中殘氧即漸被消耗，而殘氧控制器即驅使燃燒空氣之微調控制閥AV-901-1B 開度加大。
- (5)在主燃燒器燃燒之廢氣火焰，是藉著在爐側燃燒油料之輔助燃燒器來達到穩定燃燒，而輔導燃燒器具有與主燃燒器同一渦流方向，輔助燃燒器經常是低量情況下操作，以維持主燃燒器之穩定火焰，當爐溫度控制器需要加入更多熱值時，輔助燃燒器才會自動跳到高量操作。
- (6)燃燒爐爐殼是碳鋼製作，設計上此鐵殼在正常運轉時保持溫燙以避免HCl氣體在鐵殼內凝結而受蝕，燃燒爐防雨罩設計上在頂端有排風隙，使整個爐表面籠罩在溫熱的環境下，燃燒爐內襯耐火泥及燃燒器之耐火磚均為含高量鋁材料，適合於這種高溫及有HCl腐蝕之環境。
- (7)主燃燒器之噴槍在與廢氣接觸部位均為Hastelloy C材質以防止酸蝕。
- (8)燃燒空氣送風機提供燃燒用空氣，亦可提供爐溫冷卻用空氣，其材質為鑄鐵、葉片為鋁製表面塗敷酚樹脂以耐蝕。

2. 廢熱鍋爐 (steam drum)

燃燒後之高溫氣體進入一煙管式鍋爐，將熱能傳給250 psig之飽和蒸汽。鍋爐上為蒸汽鼓、鍋爐材質全部為碳鋼製一在高溫（入口）端管板襯有4"厚之高鋁質耐火泥及喇叭管，蒸汽鼓尺寸設計超大以緩衝廢氣熱值突變之衝擊。

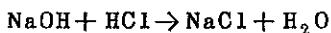
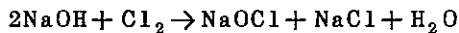
3. 吸收塔 (absorber)

廢熱鍋爐出口之燃燒氣體溫度為260~293°C經由一襯耐酸磚之大管進入吸收塔。吸收塔有兩段填充床，每段均有酸循環迴路，此循環系統在固定流量下運轉，並維持吸收塔之冷卻及HCl之被淨水吸收，出料之酸液濃度25%，此吸收塔碳鋼外殼，內襯耐酸磚，循環液往石墨熱交換

器移除吸收塔之熱量，而淨水視需要自動加入。HCl去除率約為95%。

4. 中和塔 (scrubber)

吸收塔出口之尾氣溫度約41°C，含有少量的HCl及Cl₂，經由FRP大管進入FRP製的中和塔，此塔有一層CPVC填充床固定的鹼液循環除去尾氣殘存的HCl及Cl₂至數ppm之程度。中和塔之反應形成物為NaOH和NaCl。



吸收下來的廢水送到廢水處理系統，此塔頂端有一液沫分離器，須偶而以淨水沖洗。

5. 除煙器 (deplumer)

由中和塔出來之氣體含有飽和水氣，可經由除煙器以蒸汽加熱去除水氣後成為無法目視之氣體再由煙囪排入大氣。

四、廢氣處理成本

仁武氯乙烯廠廢氣燃燒爐投資金額13,173萬元，每年燃油費用4,711萬元，加上液碱、電力、淨水、修護費、人工、財務費、其處理成本每年為7,733萬元。惟本設備可回收25%鹽酸及18KG/cm²蒸汽，其效益為1,173萬元及4,774萬元。故其處理成本每年實為1,786萬元，若以仁武VCM廠每年產製30萬噸VCM成品計算，每生產1噸VCM需花費處理成本59.5元。詳細說明如表2所示。

五、操作管理問題與對策

1. 仁武廢氣燃燒爐運轉已近2年皆能發揮預期功效，將氯乙烯廠及塑膠廠製程的廢氣處理到能符合排放管制標準，目前則正常運轉中。
2. 試車期間由於燃燒爐輔助燃料柴油的噴霧空氣壓力不足，無法完全燃燒，致火焰有黑煙、鹽酸有黑色色澤，經改為使用蒸汽來霧化（steam atomization）後霧化效果較佳，已可改善鹽酸色澤不佳的問題。
3. 原輸送廢氣的長程管路易積存液體，導致跳車，現已改善使其上、下游皆經一氣液分離器來排除積存的液體，全程管路並設計使用雙套管和被

表 2 廢氣處理成本

處理設備名稱		仁武廢氣燃燒爐	
處理廢氣量		21,055 kg/hr	
處理前濃度	處理後濃度	VCM 1%	VCM 1ppm 以下
投資費用		131,735,000 元	
實際完成日期		79. 7. 31	
成本項目	單價	年用量	年金額
變動成本	電力	1.27元/kWh	1,544,000
	淨水	24 元/T	16,000
	碱	9.3 元/KG	216,800
	燃油	10.38元/l	4,539,200
	蒸汽	385 元/T	9,640
	冷卻水	0.224元/m ³	2,288,000
	儀器空氣	0.35元/m ³	96,000
	小計		55,735,928 ①
固定成本	修護費用		6,323,280
	人工	30,000/月	4人
	財務費		13,832,175
	小計		21,595,455 ②
處理成本合計①+②			77,331,383 ③
回收效益	25%鹽酸	3,200元/T	11,731,200
	18K 蒸汽	385元/T	47,740,000
	小計		59,471,200 ④
年現金收益④-③		-17,860,183	
單位處理成本		+59.5	

覆銅管，利用蒸汽來加熱流體，再予保溫處理，防止氣體冷凝會影響操作。

4. 已投下鉅資1仟餘萬元，用來取代既有的控制系統和更換燃燒器，預定今年8月份開始可改用LNG燃燒，將可進一步確保排氣品質符合管制標準，達到污染防治的效果。

六、結論

本公司氯乙烯廠Air Base 固定床廢氣流量大，Vent Flow為 $6,600\sim 7,200\text{Nm}^3/\text{hr}$ ，其中 N_2 90~92%，以傳統水液吸收方式來處理廢氣中VC只能處理到100ppm，但仍下定決心杜絕污染，徹底改善，以燃料將大量廢氣完全焚化破壞，不惜投下鉅資 1億3仟1佰餘萬元建立廢氣燃燒爐，每生產1噸產品VCM需花在處理製程廢氣的費用為59.5元，雖然投資及操作費用甚大，但是就環境保護長遠的角度來看，仍有實施的必要及價值。