

# 混燒式垃圾焚化之熱量與質量平衡

施 增 惠\*

## 一、前 言

臺灣地區長久以來除少部分採用衛生掩埋法外，大多採用任意傾棄的方式來處理垃圾。然而用於處理方式不夠妥當使得本省的環境和國民的生活品質蒙受非常嚴重的破壞，行政院特將「都市垃圾處理」列為行政院十四項重大建設之一<sup>(1)</sup>。在考量本省有限之土地資源無法承受長久掩埋處理之負荷和任意傾棄垃圾不合衛生需求之情形下，垃圾焚化處理在減量化、安定化、資源化與衛生化各方面考量結果，應是日後臺灣地區處理垃圾之主流。先進的垃圾焚化處理方式，均將垃圾置於密閉爐內燃燒以提高焚燒效率及便於空氣污染的控制。基於功能的不同，焚化爐之分類有很多種方式<sup>(2-7)</sup>。以構造型式分計有火格子燃燒、床燃燒、流動床、噴霧燃燒、浮游燃燒等方式。如依廢氣流動方向而分有向流、並流、中間流、上向流、下向流、中間流等方式。以燃燒段數分有單段燃燒與多段燃燒式。以燃燒方式分有固態之分解、表面，蒸發燃燒，液態之噴霧，蒸發燃燒和氣態之擴散，完全預先混合，部份預先混合等方式，以操作方式分有分批式、准連續式、和連續式三種。然不論為何種類型之焚化爐，在其設計過程中除須決定爐型，廢氣流動方向，燃燒段數，燃燒方式，操作方式以及整體之處理流程系統外，尚須進行焚化系統熱量、質量之平衡計算。如此方可據以設計爐體，助燃空氣系統、餘熱利用系統、灰渣排送系統及二次公害處理系統等設備單元。

## 二、焚化系統之熱量平衡

焚化系統之熱量與質量平衡計算所牽涉到的因素很多首先應了解的是所欲焚化處理之垃圾成份（即物理、化學性質及低位發熱量等資料）。垃圾成份之推估，應考慮分析處理地區垃圾之季節性變動、成長趨勢、運輸過程等資料。為求分析結果準確至少應有5年以上之數據資料可作參考<sup>(2)</sup>。垃圾成份調查分析表之格式可參考環境保護署「垃圾採樣分析手冊」。由於垃圾成份之變動性很大，垃圾焚化處理廠須因應不同性質之垃圾，根據垃圾採樣分析資料將之區分成低質、基準質、高質三種垃圾成份進行熱量與質量平衡計算。垃圾之成份一經決定，影響後續之功能計算、設備選定等工作至大，因此必須審慎決定，以避免日後操作不良影響處理功能。此外，政府頒佈之有關法令標準也是熱質平衡計算必須考慮的限制條件<sup>(5)</sup>

\* 中華顧問工程司水環部工程師

。一般而言，法規中規定的大抵有燃燒溫度限制範圍，焚化殘渣的燒減量，爐內壓力，燃燒室熱負荷率等，此為用以調整燃燒時間，設計爐室體積、和選定助燃設備能力範圍。然而相關設備之材質，如耐溫、耐酸鹼性之範圍等資料也應詳細調查收集並了解，以避免往後材料腐蝕、運轉不順利、影響設備之操作效率及壽命。

如以上之準備工作完成，即可進行焚化系統之熱量與質量平衡計算。其計算之基本依據為熱力、熱傳，與基本燃燒理論。在計算過程中須要查考很多係數，如定壓比熱（爐內壓力以強制送風、誘引通風或平衡通風以維持壓力持續極小之穩定負壓狀態，故壓力固定），和預作垃圾產生熱量，燃燒用空氣量等之推演計算。此外還要預估並迴歸校核爐壁之蓄放熱損失，空氣預熱器之熱傳損失等。由於各計算項目均有相關性，計算過程中如有差錯必須重新計算。數值之精度要求也要注意，尤其是溫度與定壓比熱。如焚化爐欲考慮燃燒廢水、廢液、污泥，則必須了解共同處理廢棄物之化學組成、低位發熱量等資料始能進行平衡計算。如燃燒溫度過低產生臭味時須補充油料助燃以提高燃燒溫度。此時亦須了解油料之組成，發熱量等之數值。如燃燒溫度過高，則須增加助燃空氣比率或增設冷卻空氣系統以避免氧化氮( $\text{NO}_x$ )產生。由於計算中預做假設之處甚多，通常須檢核、試誤等重覆演算多次。以表格方式輔助進行演算不易漏項，並可相互校核，好處很多。亦可將計算過程寫成電腦程式以便利設計應用。然在使用時需詳讀使用手冊，以明瞭其計算功能，單位系統，限制條件等。最好能夠筆算檢核重要之輸出值再和程式結果比較，以免被程式誤導產生錯誤之設計。

### 三、平衡計算實例

垃圾焚化爐之軟硬體設計目前國內正積極研究發展之中，筆者大膽設計應用一些表格，並以某焚化廠之基準值垃圾進行熱量與質量平衡計算（低質及高質垃圾之計算方法類似），以祈指教是幸。

#### 1. 垃圾成份設計基準值表

經參考文獻<sup>(8)</sup>及實際樣本之化驗分析而決定某焚化廠欲處理之垃圾成份值如表一 1：

表一 1 垃圾成份設計基準值表

項 目	單 位	低 質	基 準 值	高 質
低位發熱量	kcal/kg	750	1,100	1,550
比 重	T/M <sup>3</sup>	0.280	0.261	0.215
碳(C)	%	9.40	13.20	17.70
氫(H)	%	1.60	2.20	2.85
氧(O)	%	10.10	11.45	12.90
氮(N)	%	0.50	0.50	0.50
硫(S)	%	0.50	0.40	0.40
氯(Cl)	%	0.40	0.35	0.35
可 燃 分	%	22.50	28.1	34.7
不 燃 分	%	10.0	12.4	15.8
水 分	%	67.5	59.5	49.5

## 2. 热量平衡計算 (基準值垃圾)

① 焚燒垃圾量	4,687.5 kg/HR
② 垃圾發熱量	1,100 kcal/kg
③ 基準溫度	0 °C
④ 垃圾燃燒熱	5,156,250 kcal/kg
⑤ 垃圾攜入熱量	$H_i = \{1 \times 0.595 + 0.33(1 - 0.595)\} \times 20 = 14.573 \text{ kcal/kg}$ $4,687.5 \times 14.573 = 68,311 \text{ kcal/kg}$
⑥ 空氣過剩係數	2.0
⑦ 燃燒用空氣量	$A_o = \{8.89(13.2) + 26.7(2.20) - 3.33(11.45) + 3.33(0.40)\} \times 0.01$ $4,687.5 \times (1.392915) \times 2 = 13,059 \text{ Nm}^3/\text{HR}$
⑧ 燃燒用空氣溫度	200 °C
⑨ 燃燒用空氣熱量	$200 \times 0.317 \times 13,059 = 827,941 \text{ kcal/HR}$
⑩ 冷卻空氣量	0 Nm <sup>3</sup> /HR
⑪ 冷卻空氣攜入熱量	0 kcal/HR
⑫ 進入熱量合計	$5,156,250 + 68,311 + 827,941 = 6,052,502 \text{ kcal/HR}$ ④ + ⑤ + ⑨
⑬ 未燃損失 (有機質)	5.0 %
⑭ 未燃分 (灰分) (無機質)	12.4 %
⑮ 未燃燒部份熱量損失	183,553 kcal/HR
⑯ 焚燒灰帶走熱量	34,875 kcal/HR
⑰ 爐壁放熱蓄熱損失	$6,052,502 \times 0.04 = 242,100 \text{ kcal/HR}$
⑲ 出熱合計	$183,533 + 34,875 + 242,100 = 460,528 \text{ kcal/HR}$ ⑮ + ⑯ + ⑰
⑳ 入熱一出熱	$6,052,502 - 460,528 = 5,591,974 \text{ kcal/HR}$
㉑ 爐出口廢氣量	$4,687.5 \times 3.735348 = 17,510 \text{ Nm}^3/\text{HR}$
㉒ 爐出口廢氣溫度	878 °C
㉓ 空氣預熱器吸收熱量	$13,059 \times 0.313 \times (200 - 20) = 735,744 \text{ kcal/HR}$
㉔ 空氣預熱器熱量損失	$735,744 \times 0.05 = 36,787 \text{ kcal/HR}$
㉕ 水噴射壁熱量損失	$242,100 \times 0.5 = 121,050 \text{ kcal/HR}$
㉖ 水噴射冷卻水量	4,002.8 kg/HR
㉗ 水噴射所產生之水蒸汽	$4,687.5 \times 1.0095 = 4732 \text{ Nm}^3/\text{HR}$
㉘ 水噴射後之廢氣量	$4,687.5 \times 4.744848 = 22,242 \text{ Nm}^3/\text{HR}$
㉙ 空氣預熱器出口廢氣溫度	300 °C
㉚ 靜電集塵器 (E. P) 入口廢氣組成	
1. CO <sub>2</sub> $4,687.5 \times 0.24644 =$	1,152.2 Nm <sup>3</sup> /HR
2. O <sub>2</sub> $4,687.5 \times 0.29251 =$	1,371.2 Nm <sup>3</sup> /HR

3. N <sub>2</sub>	$4,687.5 \times 2.20481 =$	10,335.0	Nm <sup>3</sup> /HR
4. H <sub>2</sub> O	$4,687.5 \times 1.99608 =$	9,356.6	Nm <sup>3</sup> /HR
5. HCl	$4,687.5 \times (2.208 \times 10^{-3}) =$	10.35	Nm <sup>3</sup> /HR
6. SO <sub>2</sub>	$4,687.5 \times (2.8 \times 10^{-3}) =$	13.125	Nm <sup>3</sup> /HR
(30)推估 HCl 排出濃度			
	$10.35 / 22,242 =$	466	PPM
(31)推估 SO <sub>2</sub> 排出濃度			
	$13,125 / 22,242 =$	590	PPM

表一 2 燃燒廢氣組成計算

水分=59.5%，灰分(不燃分)=12.4%，C=13.2%，H=2.2%

O=11.45%，N=0.5%，Cl=0.35%，S=0.40%

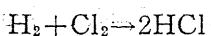
m=2.0 (過量空氣比率係數)

A<sub>0</sub>=1.392915 Nm<sup>3</sup>/kg (理論垃圾燃燒空氣需求量)

		Nm <sup>3</sup> /kg	Vol %
CO <sub>2</sub> =1,867×C			
=1,867×0.132	=0.24644	6.5975	
SO <sub>2</sub> =0.7×S			
=0.7×0.004	=2.8×10 <sup>-3</sup>	7.496×10 <sup>-2</sup>	
O <sub>2</sub> =0.21(m-1)×A <sub>0</sub>			
=0.21(2.0-1)×1.392915	=0.29251	7.83086	
N <sub>2</sub> =0.79×m×A <sub>0</sub> +0.8×N			
=0.79×2.0×1.392915+0.8×0.005	=2.20481	59.02556	
H <sub>2</sub> O=11.2×H+1.244×W			
=11.2×0.022+1.244×0.595			
=0.2464+0.74018	=0.98658	26.41200	
HCl	=2.208×10 <sup>-3</sup>	5.911×10 <sup>-2</sup>	

燃燒廢氣產生量 G<sub>n</sub>=(3.735348) Nm<sup>3</sup>/kg 垃圾 100.0

氯化氫之產生反應化學平衡式

生成之 HCl 重量=(0.0035)× $\frac{73}{71}=(3.599 \times 10^{-3})$  kg/kg—垃圾生成之 HCl 體積=(3.599×10<sup>-3</sup>) × $\frac{22.4}{36.5}$  $=(2.208 \times 10^{-3}) Nm^3/kg$ —垃圾

表一3 燃燒廢氣溫度試算

$$T_1 = 878^\circ\text{C} \quad \bar{C}_p = 0 \sim T_1^\circ\text{C} (\text{kcal/Nm}^3\text{ }^\circ\text{C})$$

<u>Vol (%)</u>	<u>kcal/Nm<sup>3</sup> °C</u>	<u>kcal/Nm<sup>3</sup> °C</u>
$\text{CO}_2 = (6.5975 \times 10^{-2})$	×	0.51824
$\text{SO}_2 = (7.496 \times 10^{-4})$	×	0.52846
$\text{O}_2 = (7.83086 \times 10^{-2})$	×	0.34934
$\text{N}_2 = (59.02556 \times 10^{-2})$	×	0.33056
$\text{H}_2\text{O} = (26.41200 \times 10^{-2})$	×	0.40368
$\text{HCl} = (5.911 \times 10^{-4})$	×	0.32634
		$\bar{C}_p = 0.363871$

$$\text{淨熱} = (\text{入熱} - \text{出熱}) = \bar{C}_p \times T_1$$

$$5,591,974 / 17,510 = 319.359 (\text{kcal/Nm}^3 \text{ 廢氣}) \\ = 0.363871 \times 878$$

$$\therefore T_1 = 878^\circ\text{C}$$

表一4 冷却燃燒廢氣計算

水分 = (59.5)% 可燃分 = (28.1%) 灰分 (不燃分) = (12.4)%

燃燒廢氣組成 (Vol %)

$$\text{CO}_2 = (6.5975)\% \quad \text{O}_2 = (7.83086)\%$$

$$\text{N}_2 = (59.02556)\% \quad \text{H}_2\text{O} = (26.412)\%$$

排廢氣量 = (3.735348)  $\text{Nm}^3/\text{kg}$

排廢氣溫度  $878^\circ\text{C} \rightarrow 300^\circ\text{C}$

燃燒廢氣定壓比熱 = ( $0.363871$ )  $\text{kcal/Nm}^3\text{ }^\circ\text{C}$  (at  $878^\circ\text{C}$ )

= ( $0.350357$ )  $\text{kcal/Nm}^3\text{ }^\circ\text{C}$  (at  $300^\circ\text{C}$ )

水蒸汽定壓比熱 = ( $0.384$ )  $\text{kcal/Nm}^3\text{ }^\circ\text{C}$

= ( $0.478$ )  $\text{kcal/Nm}^3\text{ }^\circ\text{C}$  (at  $300^\circ\text{C}$ )

冷卻水霧化效率 = 95% (製造廠家提供之資料)

$$\bar{W} = 0.8539 \quad 1/\text{kg} = \text{垃圾}$$

廢氣冷卻後之組成

$$\text{CO}_2 = \quad \quad \quad \text{Nm}^3/\text{kg}$$

$$\text{O}_2 = \quad \quad \quad 0.24644$$

$$\text{N}_2 = \quad \quad \quad 0.29251$$

$$\text{H}_2\text{O} = 0.98658 + \left( \frac{0.8539 \times 22.4}{18} \times 0.95 \right) = \quad \quad \quad 2.20481$$

$$\text{H}_2\text{O} = 0.98658 + \left( \frac{0.8539 \times 22.4}{18} \times 0.95 \right) = \quad \quad \quad 1.99608$$

HCl =	$2.208 \times 10^{-3}$
SO <sub>2</sub> =	$2.8 \times 10^{-3}$

合計廢氣量 =  $4.744848 \text{ Nm}^3/\text{kg 垃圾}$ 

廢氣量增加 = 27.026%

表—5 燃燒廢氣比熱計算

 $T_2 = 300^\circ\text{C}$ 

<u>Vol (%)</u>		<u>kcal/Nm<sup>3</sup>°C</u>		<u>kcal/Nm<sup>3</sup>°C</u>
$\text{CO}_2 = 6.5975 \times 10^{-2}$	×	0.498	=	0.03286
$\text{SO}_2 = 7.496 \times 10^{-4}$	×	0.514	=	$3.85 \times 10^{-4}$
$\text{O}_2 = 7.83086 \times 10^{-2}$	×	0.340	=	0.026625
$\text{N}_2 = 59.02556 \times 10^{-2}$	×	0.320	=	0.18888
$\text{H}_2\text{O} = 26.412 \times 10^{-2}$	×	0.384	=	0.10142
$\text{HCl} = 5.911 \times 10^{-4}$	×	0.317	=	$1.87 \times 10^{-4}$
$C_p =$				0.350357

表—6 冷却水量計算

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7$$

$$\bar{Q}_7 = GC_p T_2 = (3.735348) \text{ Nm}^3/\text{kg} \times (0.350357) \text{ kcal/Nm}^3\text{°C} \times (300)^\circ\text{C}$$
$$= (392.6116) \text{ kcal/kg}$$

$$Q_7 = \bar{Q}_7 \times 4687.5 \text{ kg/HR} = (1,840,367) \text{ kcal/HR}$$

$$(5,591,974) + 20Z = 734Z + (735,744) + (36,787) + (121,050) + (1,840,367)$$

$$2,858,026 \text{ kcal/HR} = 714Z$$

$$Z = 4002.8 \text{ kg/HR} = 4002.8 \text{ l/HR}$$

$$\bar{W} = 4002.8 / 4687.5 = 0.8539 \text{ l/kg 垃圾}$$

 $Q_1 = \text{燃燒廢氣攜入熱量 (kcal/HR)}$  $Q_2 = \text{冷卻水之攜入熱量} = (Z \text{ kg/HR}) (\text{水之比熱}) (\text{水溫}) = 20Z$  $Q_3 = \text{水蒸汽之攜出熱量} = 734Z$  $Q_4 = \text{空氣預熱器吸收之熱量}$  $Q_5 = \text{空氣預熱器損失之熱量}$  $Q_6 = \text{水噴射壁損失之熱量}$  $Q_7 = \text{燃燒廢氣攜出之熱量 (kcal/HR)}$

表一7 热量平衡表

单位 : kcal/HR

热量平衡		低质垃圾	基準垃圾	高质垃圾
入 热 量	垃圾發热量	3,516	5,156	7,266
	垃圾吸入热量	73	68	62
	燃燒用空氣携入热量	561	828	1,197
	助燃油料携入热量	0	0	0
	冷却空氣携入热量	0	0	0
	冷却水携入热量	49	80	118
輸入熱量合計		4,199	6,132	8,643
出 热 量	未燃燒熱量損失	148	183	234
	焚燒灰携出熱量	28	35	44
	爐壁放熱蓄熱損失	166	242	341
	空氣預熱	498	736	1,064
	空氣預熱器損失熱量	25	37	53
	水噴射壁損失熱量	83	121	170
輸出熱量合計		1,807	2,938	4,352
廢氣携出熱量		1,444	1,840	2,385
輸出熱量合計		4,199	6,132	8,643

## 3. 質量平衡計算（基準值垃圾）

表一8 燃燒室出口廢氣量

Nm <sup>3</sup> /kg	kg/HR	Nm <sup>3</sup> /HR	kg/Nm <sup>3</sup>	kg/HR
CO <sub>2</sub> =(0.24644)	× 4,687.5 =	1,155.188	× $\frac{44}{22.4}$ =	2,269.1
SO <sub>2</sub> =(2.8×10 <sup>-3</sup> )	× 4,687.5 =	13.125	× $\frac{64}{22.4}$ =	37.5
O <sub>2</sub> =(0.2951)	× 4,687.5 =	1,371.141	× $\frac{32}{22.4}$ =	1,958.8
N <sub>2</sub> =(2.20481)	× 4,687.5 =	10,335.047	× $\frac{28}{22.4}$ =	12,918.8
H <sub>2</sub> O=(0.98658)	× 4,687.5 =	4,624.594	× $\frac{18}{22.4}$ =	3,716.2
HCl=(2.208×10 <sup>-3</sup> )	× 4,687.5 =	10.35	× $\frac{36.5}{22.4}$ =	16.9
合計=20,917.3				

表-9 廢氣冷卻室出口廢氣量

Nm <sup>3</sup> /kg	kg/HR	Nm <sup>3</sup> /HR	kg/Nm <sup>3</sup>	kg/HR
CO <sub>2</sub> =(0.24644)	× 4,687.5 =	1,155.188	× $\frac{44}{22.4}$ =	2,269.1
SO <sub>2</sub> =(2.8×10 <sup>-3</sup> )	× 4,687.5 =	13.125	× $\frac{64}{22.4}$ =	37.5
O <sub>2</sub> =(0.2951)	× 4,687.5 =	1,371.141	× $\frac{32}{22.4}$ =	1,958.8
N <sub>2</sub> =(2.20481)	× 4,687.5 =	10,335.047	× $\frac{28}{22.4}$ =	12,918.8
H <sub>2</sub> O=(1.98308)	× 4,687.5 =	9,295.688	× $\frac{18}{22.4}$ =	7,469.7
HCl=(2.208×10 <sup>-3</sup> )	× 4,687.5 =	10.35	× $\frac{36.5}{22.4}$ =	16.9
合 計				=24,919.9

表-10 質量平衡表

單位 : kg/HR

質量平衡		低質垃圾	基準垃圾	高質垃圾
燃	輸 垃圾投入量	4,688	4,688	4,688
	燃燒用空氣量	11,383	16,810	24,308
	助燃油料量	0	0	0
	助燃油空氣用量	0	0	0
燒	入 冷却空氣量	0	0	0
	合 計	16,071	21,498	28,996
室	輸 燃燒室出口廢氣量	15,602	20,917	28,256
	燃燒室出口灰塵量	117	145	185
	出 焚燒灰燼量	352	436	555
合 計		16,071	21,498	28,996

## 質量平衡表(續)

單位: kg/HR

質量平衡		低質垃圾	基準垃圾	高質垃圾	
廢氣冷卻室、空氣預熱器	輸入	入口廢氣量 入口灰塵量 冷却用噴射水量	15,602 11,780 2,461	20,917 145 4,003	28,256 185 5,929
	合計		18,180	25,065	34,370
	輸出	出口廢氣量 沈降灰塵量(30%) 排出灰塵量(30%)	18,063 35 82	24,920 43 102	34,185 55 130
	合計		18,180	25,065	34,370
	輸入	入口廢氣量 入口灰塵量	18,063 82	24,920 102	34,185 130
	合計		18,145	25,022	34,315
	輸出	排出廢氣量 E、P捕集灰塵量 排出灰塵量	18,063 79 3 (3,294)	24,920 98 4 (44,481)	34,185 125 5 (59,954)
	合計		18,145	25,022	34,315

## 四、結果及討論

在經由低質、高質垃圾之熱量質量平衡計算後，可以得出有害氣體如 HCl 之排放濃度範圍。由計算之結果顯示，基準質垃圾之焚燒所產生之 HCl 濃度 (466 ppm) 已超過我國政府規定之 80 ppm 的標準。因此，初步設計之廢氣處理流程不能達到法規標準，欲符合法規要求，HCl 必要做更進一步之處理才行。垃圾焚化廠之有害氣體如 HCl、SO<sub>2</sub> 等之去除一般採用吸收塔，利用化學藥品與有害氣體反應後收集之。吸收塔依其反應方式可分為有乾式、半乾式、及濕式去除等三種方式。這三種方式均是利用質量與熱量傳送現象的原理達到

去除有害氣體的目的。各個方式所用之設備、所需之空間、功能、處理效率、初設費用、操作維護費用等皆有不同。此方面之製造廠家及研究報告亦頗多，<sup>10-19</sup> 限於篇幅之關係在此不做有害氣體去除之進一步的平衡計算。

第二次能源危機發生之後，世界各國均特別注意能源之節約及其回收利用以節省購買能源之支出。國外利用垃圾焚燒之餘熱用來製造堆肥、發電，提供城市之暖氣系統，游泳池、浴室用水、加溫等之實例很多<sup>(20-22)</sup>。由於國人的生活水準日漸提高和衛生下水道的日漸普及，未來欲處理之垃圾低位發熱量將會逐漸增加。在這種情況下，詳細規劃垃圾焚化爐之廢熱，有效利用其熱能，並回收燃燒灰燼中之金屬、鹽類等有價值之資源將是深具潛力的研究及設計方向。垃圾如能妥善而有計劃的加以處理，除了解決垃圾本身之間題外，連帶由於以往垃圾處理不當所造成之地下水、河川、及景觀的污染亦可一併加以改進。垃圾焚化之初期投資費用可能較多。但以長期性投資的觀點來看，應有加速追蹤考核執行之必要。

## 附 錄 一

### (+) 垃圾携入熱量 $H_1$ 解說

垃圾起燃溫度 $\approx 200^{\circ}\text{C}$

$C_{Pr} =$  垃圾中有機物焚燒之廢氣比熱

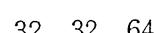
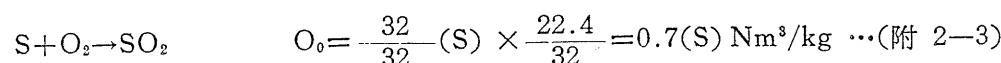
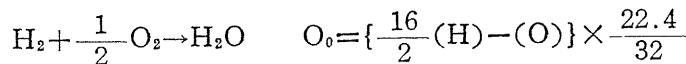
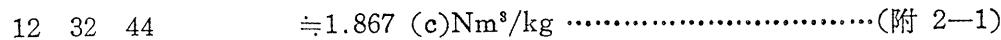
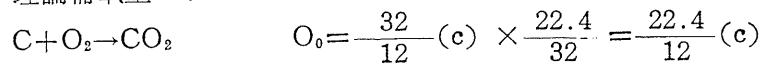
$\equiv 0.33 \text{ kcal/kg 垃圾} (200^\circ\text{C})$

$W = \text{每公斤垃圾之含水量百分比率} (\%)$

$t_r$  = 投入爐內待焚燒之垃圾溫度 (°C)

## (二) 理論空氣量 $A_0$ 解說

理論需氧量  $O_2$



### 理論空氣量

$$A_0 = \left[ \frac{22.4}{C} + \frac{11.2}{H} - \frac{(O)}{8} \right] + \frac{22.4}{S} - \frac{1}{20}$$

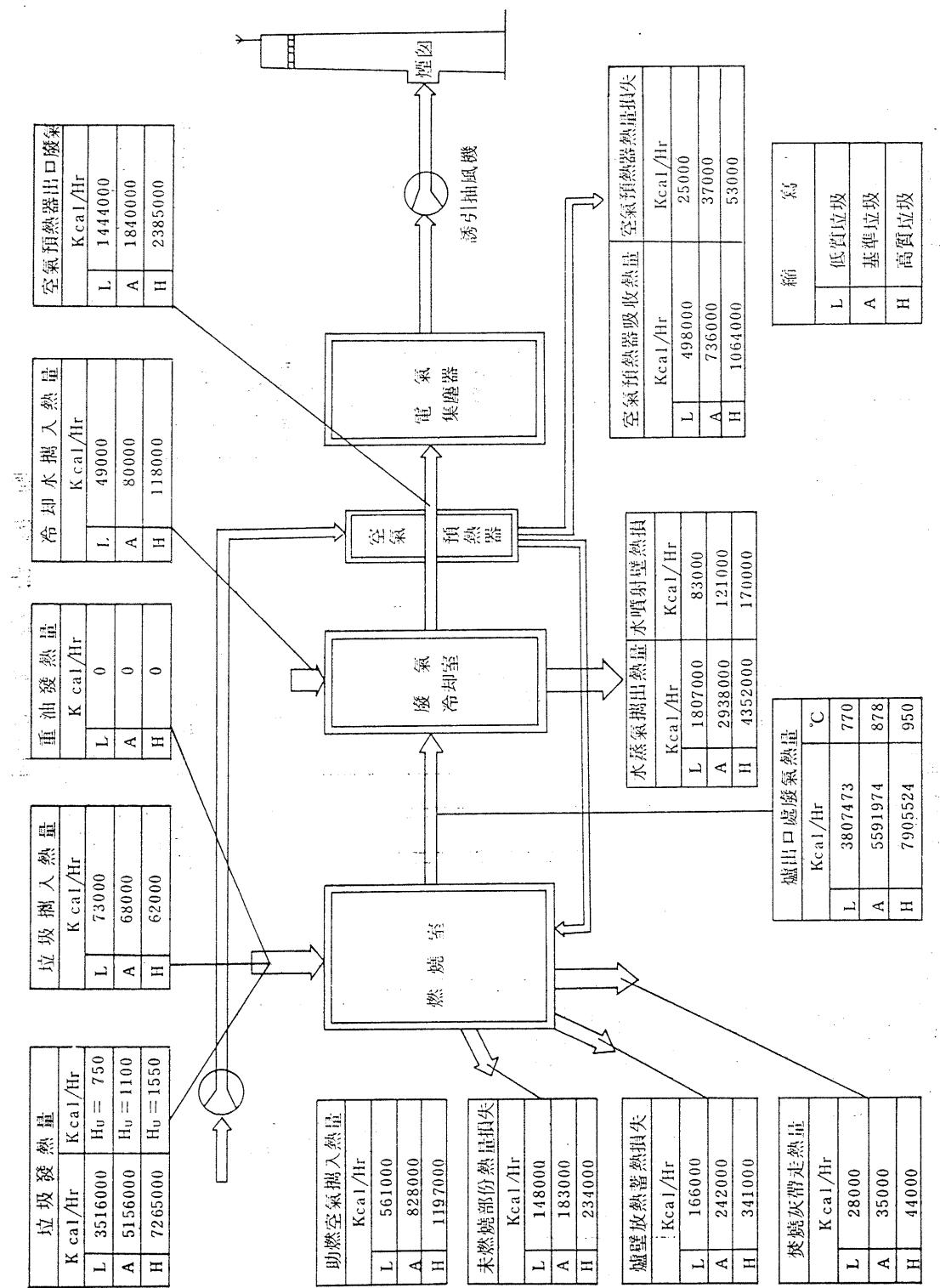
$$= [1.867(C) + 5.6\{(H) - \frac{(O)}{O}\} + 0.7(S)] \frac{1}{10^{-21}}$$

$$= 8.89(C) + 26.7 \left\{ \left( H - \frac{\frac{(O)}{8}}{S} \right) \right\} + 0.33(S) \text{ Nm}^3/\text{kg} \quad \dots \dots \dots \text{ (附 2-5)}$$

### 參 考 資 料：

1. 都市垃圾處理計畫，行政院衛生署，民國73年12月。
  2. 「廢棄物處理設施構造指針解說」，財團法人全國都市清掃會議，昭和59年4月1日。
  3. 大藤恒久，「廢棄物燒卻爐一計畫と設計」，環境整備研究會，1982年2月10日。
  4. 平山直道，「ごみ處理設施の構造と管理」，財團法人日本環境衛生センター，1977年9月5日。
  5. 「垃圾焚化處理設施設置規範（編號：BEP-74-04-90）」，行政院衛生署環境保護局，中華民國七十三年十二月。
  6. 狩鄉修，「ごみ焼卻爐選定の技術的評價」，工業出版社，昭和54年2月1日。
  7. 潘丁白，「臺灣地區都市垃圾處理之研究—新式大型混燒式焚化爐之工程規劃」，正揚出版社，中華民國七十四年十月。
  8. 汪禮賢，臺北市垃圾品質與熱解技術可行性之探討，「土木水利第十一卷第一期」，PP. 55-61，中華民國七十三年五月。
  9. Uchida, Shigeo and Tuschiya, katsumi, "Simulation of Spray Drying Absorber for Removal of Hydrochloric Acid in Flue Gas from Incinerators", Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 13(2), PP. 300-307.
  10. Kroll, Peter J. and Williamson, Peter, "Application of Dry Flue Gas Scrubbing to Hazardous waste Incineration", JAPCA, Vol 36, No. 11, Nov. 1986, PP 1258-1263.
  11. Tri-Mer Scrubber and Related Equipment. Tri-Mer Corporation, USA, 1988.
  12. 伊藤良三，「都市ごみ焼卻爐排ガスの處理について」，固體廢物，NO 24, 1978, PP 66-72.
  13. 宮之原隆，「都市ごみの混合收集と焼卻爐の排ガス對策（現状と問題點について」，固體廢物，NO 26, 1978, PP 12-17.
  14. 東京都清掃局等，「既設清掃工場けの乾式 HCI 除去裝置」，固體廢物，NO. 29, 1979, PP 28-29.
  15. 川崎重工業株式會社，「KALM 型乾式有害ガス除去設備」，固體廢物，NO 29, 1979, PP 32-35.

16. 三菱重工業株式會社，「三菱—TESI 乾式排ガス處理裝置」，固體廢物，NO 29, 1979, PP 36-37.
17. ガデリウス株式會社，「ごみ焼卻施設における鹽化水素ガス除去裝置」，固體廢物，NO 29, 1979, PP 38-43.
18. 久保田鐵工株式會社，「ハイクロトロン乾式鹽化水素除去裝置」，固體廢物，NO 29, 1979, PP 44-45.
19. 日立プラント建設株式會社，「スプレードライ方式による HCI 除去裝置」，固體廢物，NO 29, 1979, PP 48-49.
20. 西川禎昭，「流動床式ごみ焼却爐—その處理性能と關連技術のすべへー」，環境施設，NO 22, 1985 PP 83-108.
21. 芝園清掃センター清掃工場，日本習志野市。
22. 「中小規模ごみ焼却爐におけるボイラ余熱回収」，環境施設，NO 8, 1982, PP 33.



圖一量衡平熱圖

