

序

台灣地區近年來工業發展快速，創照了高度的經濟成長，亦促進社會繁榮，然而在全民受經濟成果之餘，我們亦必需面對工業化相伴而來的大量工業廢棄物所衍生出嚴重環境污染之社會問題。

政府為有效解決工業污染問題，正積極推動新的環境保護策略，將傳統的「管末處理」改為「工業減廢」的推展，做好「污染預防」工作，進而達成「永續發展」的目標。除了於產源減少污染之同時若能推動廢棄物資源化，則不但可減少工廠管末處理負荷，更重要的是減少資源浪費，化腐朽為神奇。正符合中華惜物、格物之優良文化傳統，以達到正德、利用、厚生的目的。

鑒於經濟部工業局於「工業廢棄物五年處理計劃」中，預計於民國八十七年將工業廢棄物的妥善處理率由現行的 30%提高至 50%之目標，及行政院環境保護署對現行廢棄物清理法所提出的檢討，廢棄物處理儼然成為產業界迫切的大問題。

「事業廢棄物處理與資源化技術」一書編譯出版，係將日本對產業廢棄物之處理與資源化相關資料作關鍵性、前瞻性介紹，期盼產業界見賢思齊，汲取別人成功經驗，達到產業廢棄物減量化、資源化之目標。

全書共分十三章，前五章針對不同產業廢棄物，包括污泥、廢溶劑、廢塑橡膠、水肥、廢玻璃屑、營建廢料等，詳細的討論各類廢棄物之處理及資源化的方法與實例；後八章針對不同的處理技術與設備，包括前處理技術如破碎、分選、乾燥、壓縮及中間處理技術如物理與化學處理、熱處理、生物處理、固化處理等，說明產業廢棄物之處理與資源化的方法與實例，頗具參考價值。

「他山之石，可以攻錯」由於「事業廢棄物處理與資源化技術」一書的付梓，誠然提供我們更多思考的空間，在環保工作執行技術上也有著更多的啟迪作用。但促成國內廢棄物資源化的推動，仍是需要業界、學者、專家及政府共同努力，以及全民的配合，史克有成。

第一章 污泥處理與資源化

有機污泥

一、活性污泥之處理

(一)濃縮

說污泥處理是固體與液體之分離技術並不為過。當處理從水處理設施所發生的高含水率污泥時，欲降低含水率之基本處理技術中的第一件工作就是濃縮。傳統濃縮方法有：重力濃縮、加壓上浮、離心濃縮等，而常壓浮選濃縮法是最新的濃縮方法，其濃縮效率優良，且能節省資源，是技術上值得注意的方式。

【重要裝置概要】

- 1.起泡裝置：產生氣泡裝置
- 2.混合裝置：使生成的氣泡與污泥混合的裝置
- 3.浮上槽：使污泥與氣泡混合物浮上與廢液分離，被分離的濃縮污泥用刮板刮除分離。
- 4.藥品溶解貯存槽：起泡助劑與高分子凝集劑，混合貯存。

常壓浮選濃縮裝置之「特徵」：

- 1.調節浮選濃縮之溢流堰高度，無關流入污泥之濃度，卻可控制濃縮污泥在一定濃度下流出。因此，下一段處理工程之脫水效率良好，維護管理容易，可節省藥品費。
- 2.不僅是下水道污泥，對食品加工污泥等之初沉、終沉剩餘污泥、消化槽消化污泥之濃縮，都有好成績。今後如要做三級處理時，對凝集沉澱槽抽取之污泥濃縮亦必有效果。
- 3.由常壓浮選槽之分離水，送回用於排放處理時，因SS負荷低，對排水處理亦將有好結果。
- 4.浮選槽內之浮選速度快，設置面積不需太大。

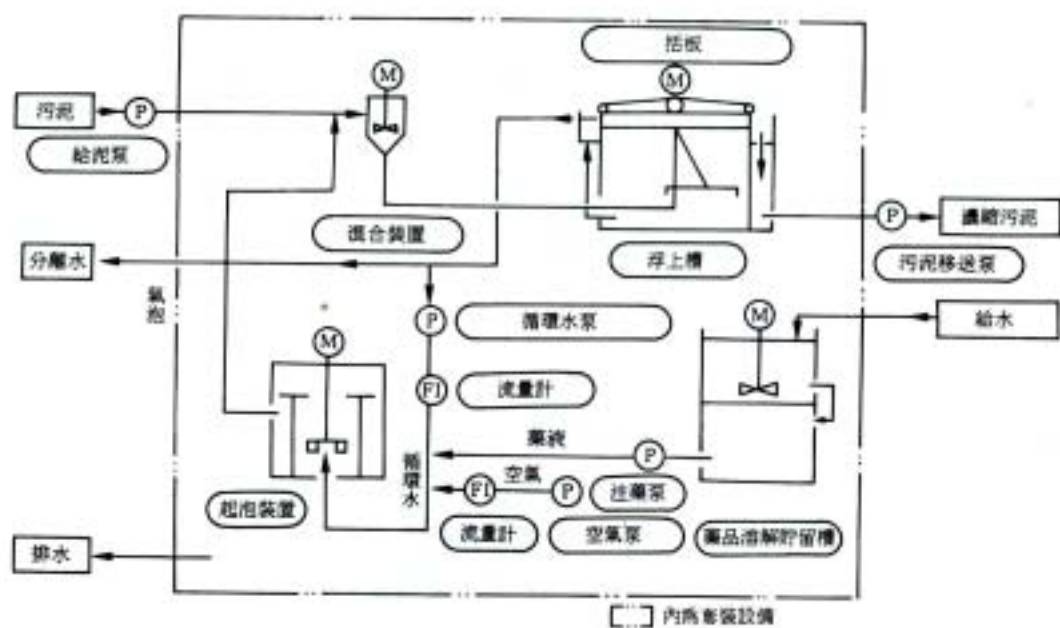


圖1.1 常壓浮上污泥濃縮裝置之處理流程

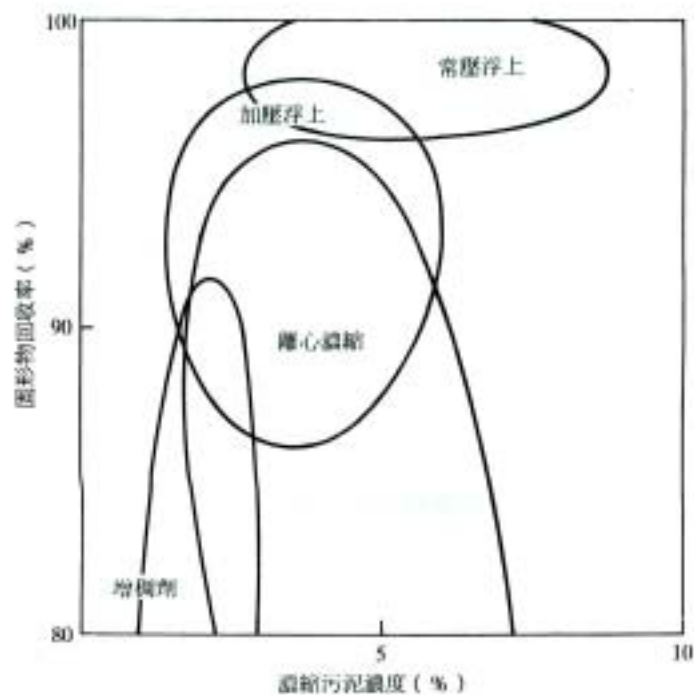


圖1.2 濃縮污泥濃度與固形物回收率

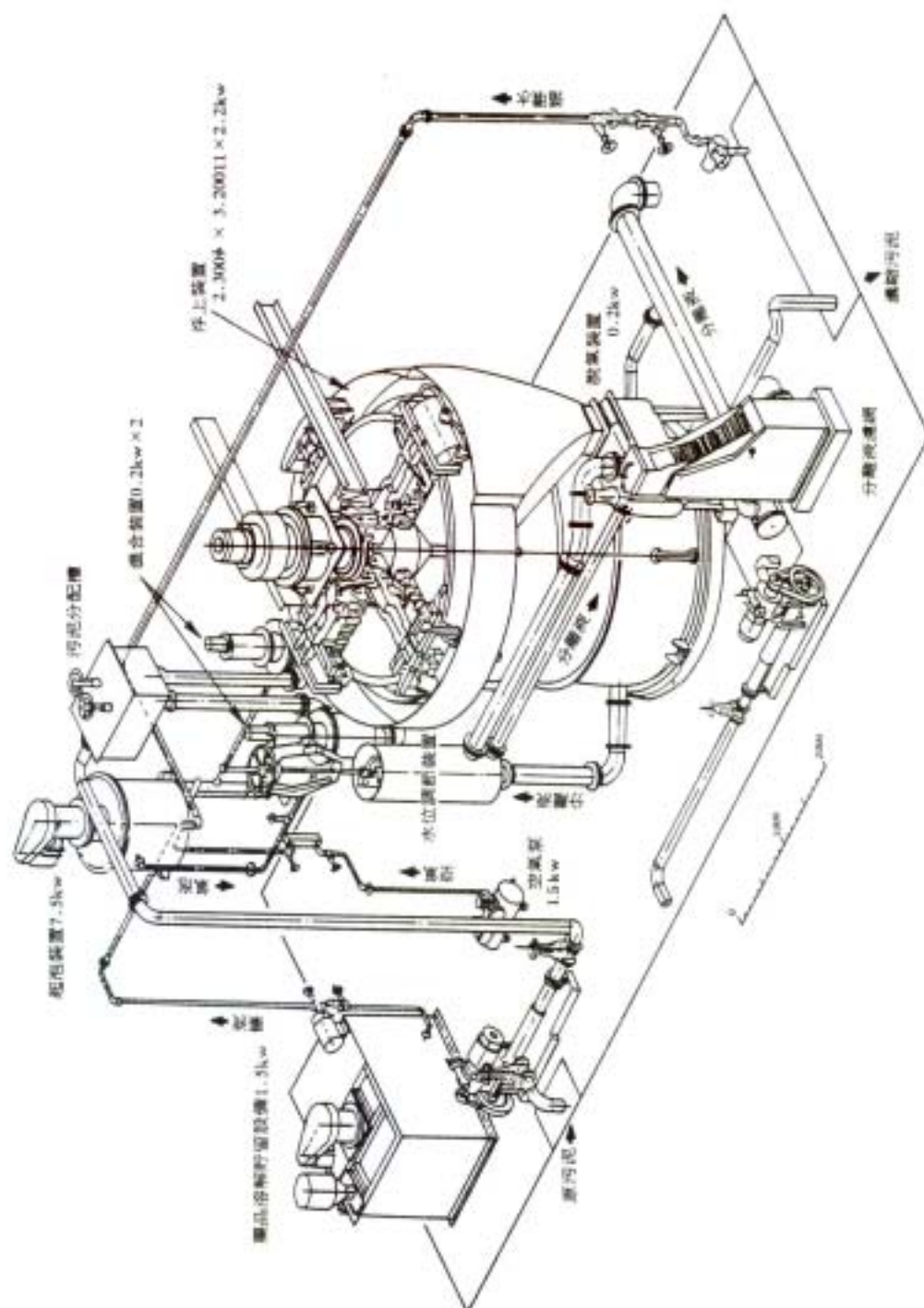


圖1.3 乾壓片上凍結裝置

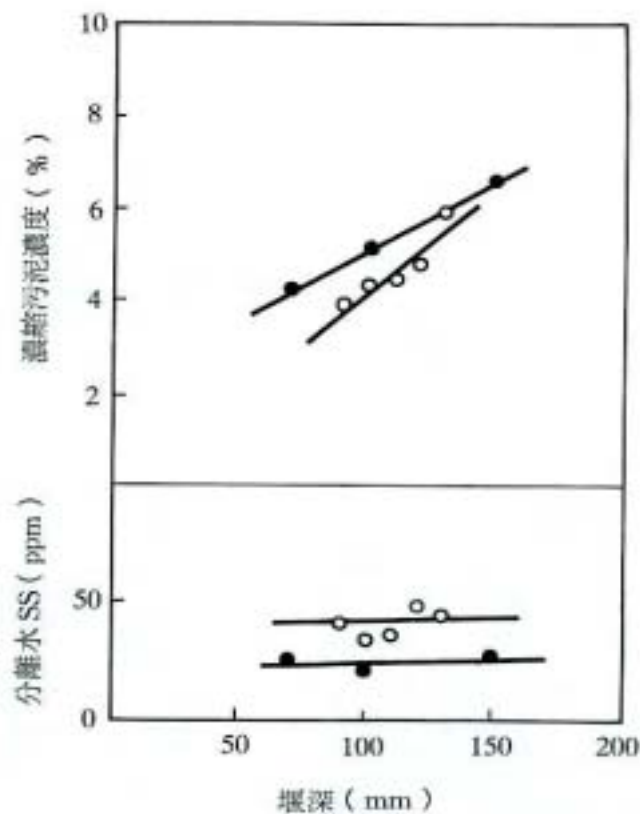


圖 1.4 終端下水道排水處理場之剩餘污泥堰
深與濃縮污泥濃度及分離水 SS 之關係

(二)脫水

脫水為濃縮處理後的重要處理技術，乃是污泥處理中最重要的操作。使用機械使污泥脫水與過濾的固液分離操作方式，一般可分為：(1)真空脫水機。(2)加壓脫水機。(3)皮帶壓榨(belt press)型脫水機。(4)離心分離機。(5)螺旋壓榨機(screw press)等五種。最近使用很廣的是 Belt press 型脫水機。(參考圖 1.5)。舊式 belt press 脫水機處理污泥濃度較低在 1~3%之間較多，此種污泥有流動性，因此污泥處理量無法提高。最近採用的 belt press 脫水機，係設計為可處理的污泥濃度高到 4~8%左右流動性較小者。

【重要裝置概要】

1. 低壓脫水部：以壓榨及重力脫水。
2. 送入部：由低壓部流出來的污泥，送入中、高壓部。
3. 中壓脫水部：用壓縮及剪斷力之脫水。
4. 高壓脫水部：以高壓皮帶脫水。

高濃度皮帶脫水機「特徵」：

本脫水機是由入口送進高濃度污泥，調節濾布上污泥之厚度，就可以任意增減污泥處理量。又低壓脫水部，與中壓及高壓脫水部分離，視污泥之性質可以自由調節過濾，以提高脫水分離效率。

表 1.1 殘餘污泥脫水範例(污泥處理量變化之影響)

高分子凝集劑添加量 (%D.S.)	污泥處理量 (kg-D.S./m · h)	泥餅含水率 (%)	泥餅厚度 (mm)
0.6	78.2	77.4	7.5~8
0.6	83.2	77.4	7.5~8
0.6	94.8	77.6	7.5~8
0.6	105.2	78.8	6.5~8
0.6	116.8	80.2	6.5~7

D.S.=Dissolved Solids 可溶性固態物

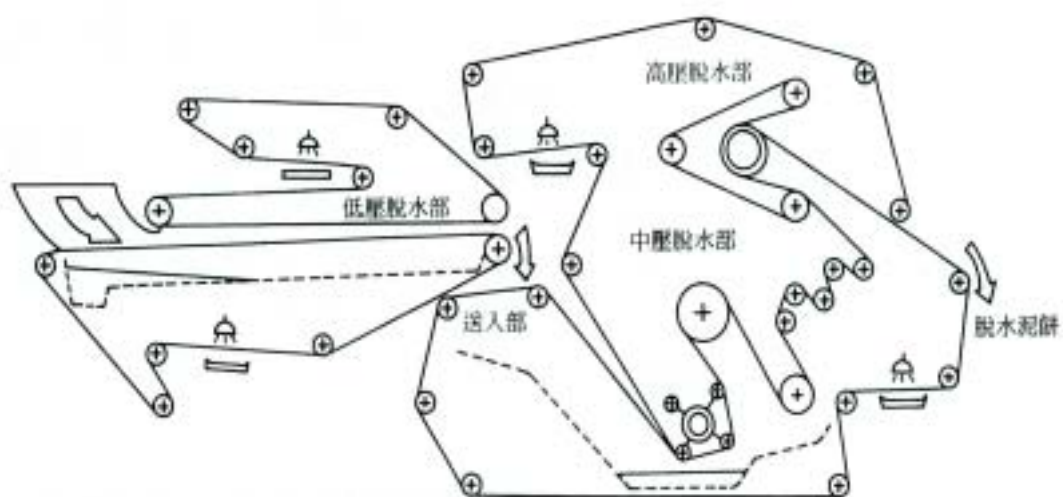


圖1.5 高濃度用帶式擠壓型脫水機之處理流程

表 1.2 混合生污泥脱水範例

濃縮污泥濃度 (%)	高分子凝集劑添加 量(% D.S.)	低壓出口含水率 (%)	高壓出口含水率 (%)	污泥處理量 (kg-D.S./m · h)
5.8	0.92	82.4	69.9	110.2
6.1	0.47	84.4	75.0	129.2
5.9	0.50	82.9	68.5	108.2
6.3	0.63	83.7	71.8	115.6
5.7	0.92	83.9	72.5	130.6
6.0	0.63	84.1	73.0	147.0
6.5	0.63	84.3.	74.2	186.4
6.1	0.92	86.8	75.4	176.8

表 1.3 消化污泥脱水範例

高分子凝集劑添加量 (% D.S.)	低壓出口含水率 (%)	高壓出口含水率 (%)	泥餅厚度 (mm)
0.9	88.8	79.4	7.5
1.3	89.1	78.7	7.5
1.7	88.1	77.1	9.0
2.7	85.8	75.6	9.0
3.6	87.8	78.5	9.0

二、活性污泥之資源化

(一)污泥堆肥(compost)

污泥之「質」的資源化是污泥堆肥。堆肥係利用生物分解達成污泥減量，而將其最終成品作為肥料使用。下面介紹不加添加物而將產品的堆肥迴流以促進發酵方法之一的東京都之橫行戽斗(scoop)式發酵槽之流程圖及運轉條件，實驗結果如下。

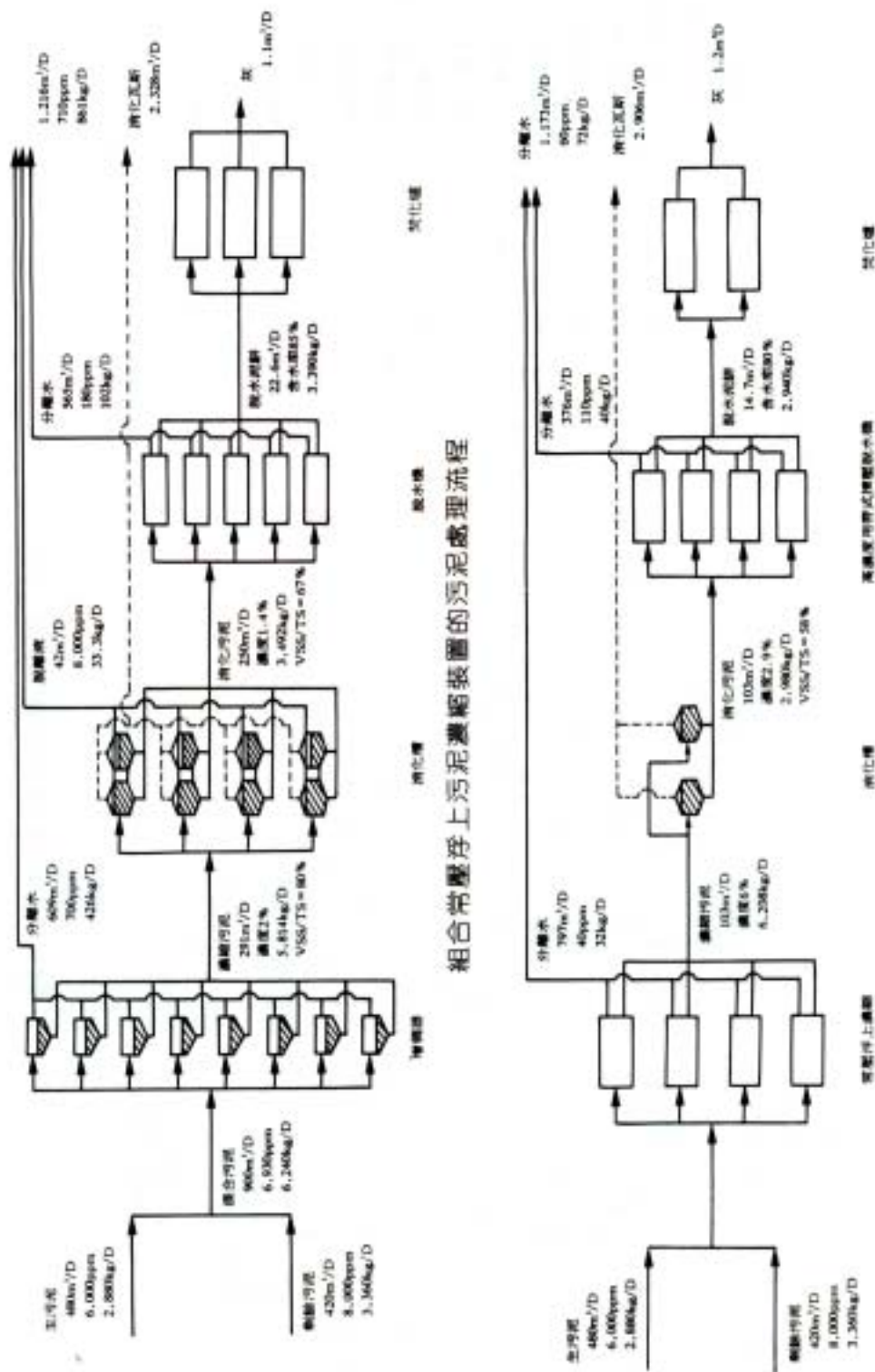
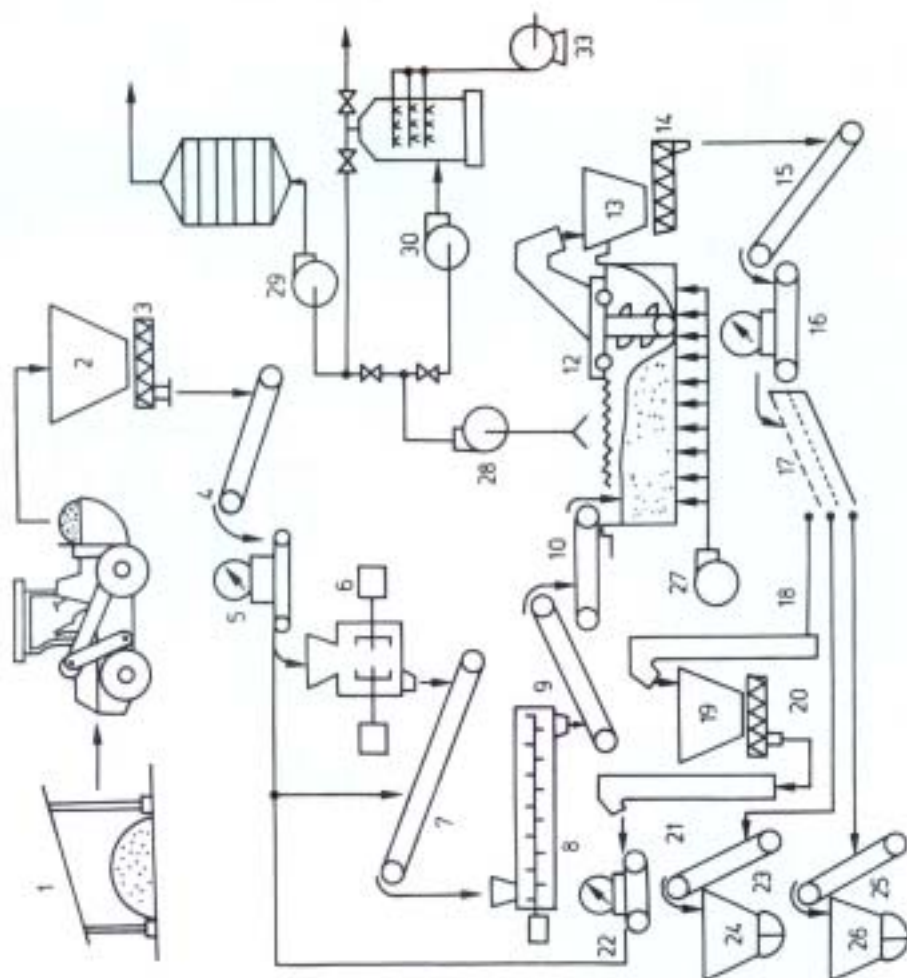


圖1.6 常壓浮上濃縮裝置與高濃度帶式擠壓脫水機所組合全系統流程圖



No.	品名	No.	品名
1	日曬乾燥機	18	No.1盒式輸送帶
2	原料貯泥漏斗	19	中間漏斗
3	定量供給裝置	20	定量供給裝置
4	No.1輸送帶	21	No.2袋式輸送機
5	No.1輸送帶秤重器	22	No.3輸送帶秤重器
6	解碎機	23	No.4輸送帶
7	No.2輸送帶	24	A產品漏斗
8	解碎混合造粒機	25	No.5輸送帶
9	No.3輸送帶	26	B產品漏斗
10	No.4輸送帶	27	送風機
11	醱酵槽	28	斜流風扇
12	自動走行式攪拌機	29	抽氣風扇
13	中間漏斗	30	抽氣風扇
14	定量供給裝置	31	吸射器
15	No.5輸送帶	32	洗滌塔
16	No.2輸送帶秤重器	33	噴水幫浦
17	振動器		

圖 1.7 橫型厨斗式醱酵槽（東京都）

表 1.4 運轉條件

實驗 No.	實 驗 期 限	實驗目的	原料污泥投入量 (kg/日)	堆肥返送 率 (濕重%)	通氣量		滯留時間(日)		反覆頻率 (次/週)
					(m ³ /分鐘)	(l/分鐘・m ³)	I	II	
1	5/31 7/2	返送率為 100% 的定常運轉(第 1 次追蹤試驗)	600 (514~626)	100 (99~102)	4.0	182	11.0	20.2	3
2	8/14 9/21	返送率為 60% 的定常運轉(第 2 次追蹤試驗)	800 (747~853)	59 (49~68)	4.0	182	10.4	15.1	3
3	2/13 3/4	就高含水率污泥，設返送率為 150% 的定常運轉(第 3 次追蹤試驗)	344 (333~353)	150 (149~153)	5.6 出口 1.2×2 地 0.4*8	出口 800 地 182	15.3	38.4	2

註：1.投入量為去除周日節日後的 1 天之值

註：2.滯留時間

$$\text{滯留時間(I)} = \frac{\text{發酵槽有效容量(m}^3\text{)}}{\text{原料污泥(m}^3\text{/日)} + \text{返送堆肥(m}^3\text{/日)}}$$

$$\text{滯留時間(II)} = \frac{\text{發酵槽有效容量(m}^3\text{)}}{\text{原料污泥(m}^3\text{/日)}}$$

註：3.發酵槽內污泥層液而設定在離入口部 1.5m 處運轉

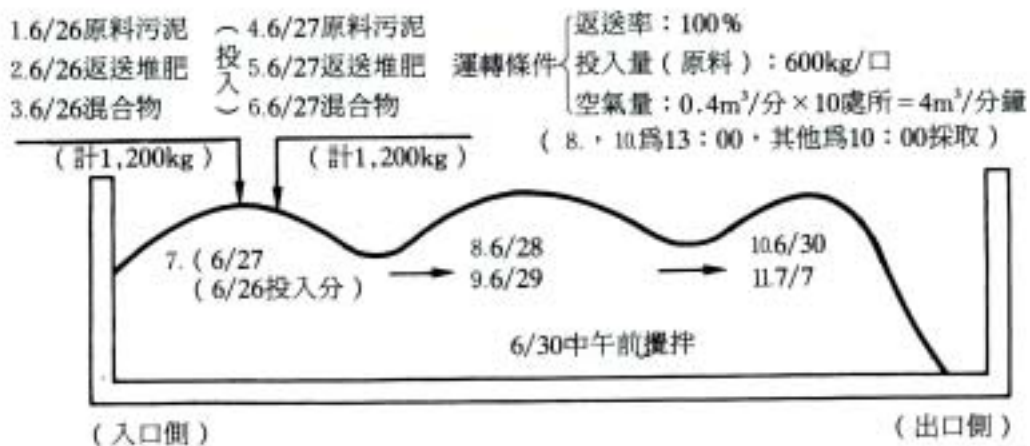


圖 1.8 試料採取經過 (實驗 no.1) (53 年 6 月 26 日~7 月 1 日)

表 1.5 實驗結果

實驗 NO.		1	2	3
原料污泥投入量(kg/日)		600	800	344
堆肥返送量(kg/日)		600	472	516
醱酵槽投入量(kg/日)		1,200	1,272	860
醱酵槽取出量(kg/日)		889	834	568
產品堆肥料(kg/日)		289	367	133
產品量	原料污泥量(%)	48.2	45.9	38.7
(%) 含水率	原料污泥	64.6	64.1	73.9
	入口	50.4	51.9	50.7
	出口	38.0	29.9	33.4
(%) 強熱減量	原料污泥	37.8	46.4	53.8
	入口	34.0	42.3	38.6
	出口	30.3	35.6	30.7
pH	原料污泥	11.2~12.5 (12.2)	9.3~12. (11.6)	11.2~12.7 (12.1)
	入口	9.5~12.5 (11.0)	9.1~12.3 (10.5)	8.9~10.9 (9.7)
	出口	7.8~8.6 (8.0)	7.8~8.2 (8.0)	8.0~8.1 (8.0)

註 1：數值全係實驗期間之平均值，但 pH 是表示範圍、為方便起見括弧內以平均值表示。

註 2：計算上應是(產品堆肥)=(發酵槽取出量)－(堆肥返送量)，但因計量器之誤差等關係產品量與計算值並不一致。

表 1.6 分析結果 (實驗 No.1)

試料號碼 *	經過日數 ** (日)	含有率 (%)	強熱減量 (%D.S.)	pH	電導度 (mv/cm)	(每單位固形物) 發熱量 (cal/g)	(每單位強熱減量) 發熱量 (cal/g)	氨氣之氮 (mg/kg-D.S.)	亞硝酸之氮 (mg/kg-D.S.)	硝酸之氮 (mg/kg-D.S.)	有機性氮 (mg/kg-D.S.)	胃酮酶消化率 (%)	碳氮比 *** (C/N)	COD (mg/g)	(每單位強熱減量) 含氮率 (%)
1	0	69.5	37.2	12.27	5.3	2,107	5,663	304	2.61	7.51	2.31	62.6	9.3 (9.2)	225.9	22.8
2	0	34.2	29.0	7.84	4.3	1,387	4,783	4,017	0.71	30.6	1.77	58.5	9.8 (8.0)	191.1	24.7
3	0	53.6	31.5	11.52	3.1	1,564	4,965	2,516	1.15	63.7	1.85	56.8	10.1 (8.8)	261.1	31.1
4	—	69.8	38.6	12.45	5.2	2,217	5,744	2,289	2.21	46.5	2.58	65.5	8.6 (8.5)	227.5	22.1
5	—	44.4	30.8	8.05	3.4	1,457	4,732	3,550	0.80	30.2	1.89	59.6	9.7 (8.2)	198.0	24.1
6	—	59.5	35.6	11.96	3.3	1,928	5,415	1,120	1.38	50.5	2.21	66.6	9.4 (7.5)	208.3	21.9
7	1	55.6	32.7	11.74	3.2	1,718	5,254	622	0.97	54.7	1.92	58.5	10.0 (7.9)	206.0	23.6
8	2	49.9	31.1	9.12	3.0	1,564	5,030	2,357	0.64	43.0	1.79	59.9	10.3 (8.0)	210.4	25.4
9	3	45.6	29.4	8.02	3.8	1,449	4,930	2,987	0.63	17.0	1.71	61.5	10.3 (8.0)	202.1	25.8
10	4	43.7	30.0	7.97	3.7	1,448	4,826	3,700	0.61	15.0	1.80	60.3	9.9 (8.2)	192.7	24.1
11	5	37.6	28.7	8.07	4.2	1,401	4,880	4,408	0.74	19.3	1.87	62.7	9.2 (7.4)	187.1	24.4

*: 試料號碼參照圖 1.8

**: 經過日數以初回投入日 (6/26) 為基準

***: () 內數字是含有氮之氮，其他是由有機性氮求出者。破量係由重鉻酸鉀測定 COD 求得者。

(二)消化瓦斯發電

污泥之「潛在能源」之資源化為污泥消化瓦斯發電。下水道污泥瓦斯發電之例子以大阪市實證為例，將電廠系統流程圖，機器概略規格，操作條件，污泥成分分析，消化瓦斯成分等逐一表示如下：

表 1.7 消化工程操作條件

月		3 月～5 月	6 月～7 月	8 月～
項目	消化溫度 (一次消化槽)	35°C(中溫消化)		
	一次消化槽 有機物容積負荷	2.0～2.5kg-V' TS/m ³ 日 (5%濃度污泥、2 m ³ 日)		
消化槽 有效容積	1 次	34 m ³	33 m ³	
	2 次	17 m ³	16 m ³	
返送消化污泥方式		2 次消化污泥返送		一次消化污泥循環

表 1.8 消化工程操作期間區分與水處理工程操作條件

區分	期間	水處理工程操作條件
I	4/12～4/20	• 初沉槽 2 池操作
II	5/1～5/31	• 終沉浮渣不返送初沉槽，但區分 I 因實證設備因不方便無法接受剩餘污泥，這是初沉槽之單獨操作期間。
III	6/1～6/30	• 初沉槽 2 池操作 • 終沉浮渣返送至初沉槽
IV	7/12～8/11	• 初沉槽 4 池操作 • 終沉浮渣返送至初沉槽 • 剩餘污泥一部份循環至初沉槽
V	9/1～10/31	• 初沉槽 4 池操作 • 終沉浮渣返送至初沉槽

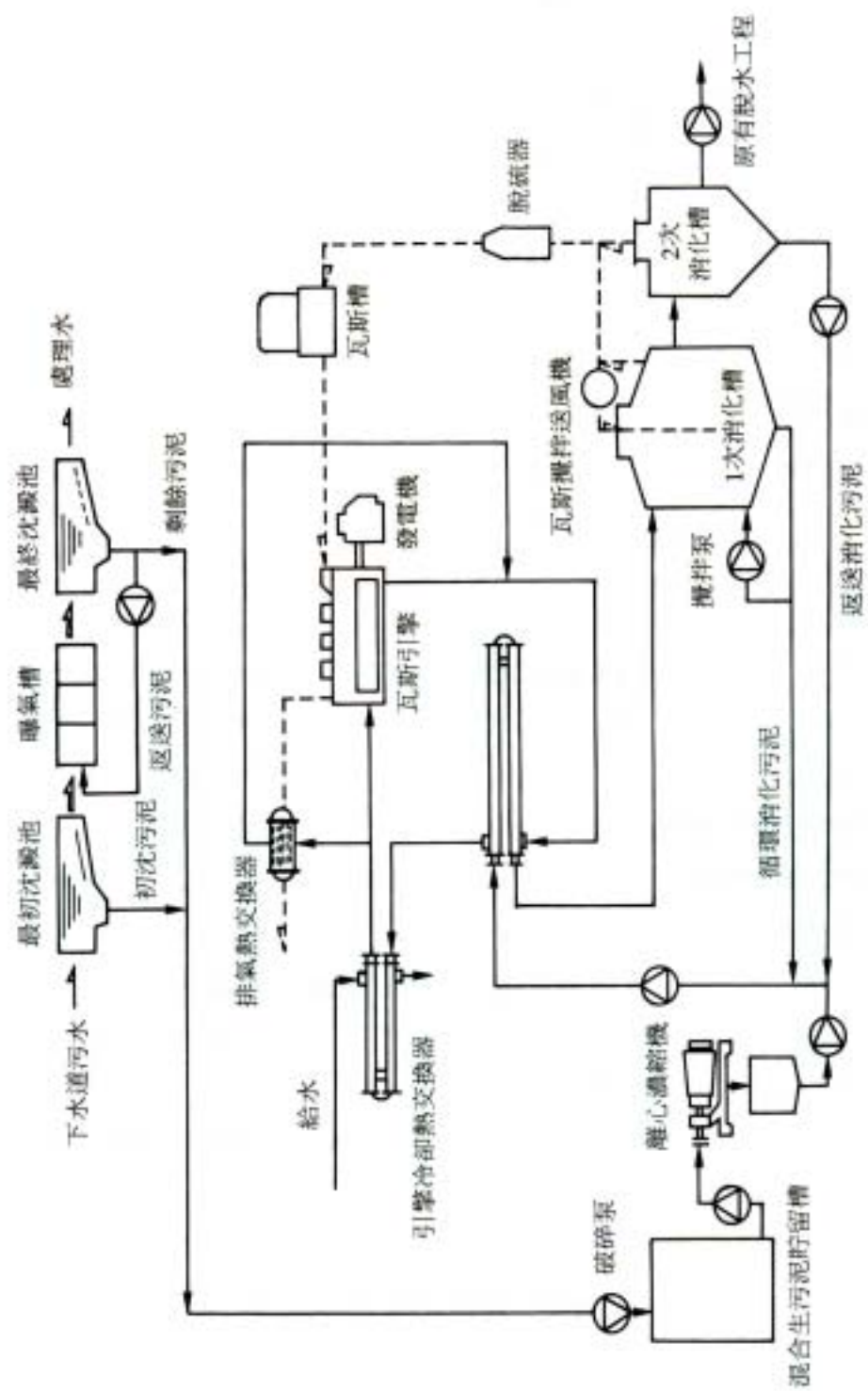


表 1.9 實證廠設備機器概略規格

機器	規格	備考
污泥破碎幫浦	0.2m ³ /min×4mH×5.5kW	破碎格子縫隙 3mm
混合生污泥貯槽	φ 2.4m×3.7mH(15 m ³)	SS 製圓筒型
同上攪拌用幫浦	0.6m ³ /min×5mH×1.5kW	
混合生污泥供給幫浦	N3.5m ³ /h×5mH×1.5kW	Moyno type(蛇型)、流量可變
遠心濃縮機	3.5m ³ /h×11kW	無藥注型 screw decanter
濃縮污泥受槽	φ 1.8m×1.4mH(3 m ³)	SS 製、底部鏡板
濃縮污泥輸入幫浦	NO.34 m ³ /h×10mH×0.75kW	Moyno type、流量可變
消化污泥返送幫浦	NO.6 m ³ /h×10mH×0.75kW	Moyno type、流量可變
污泥循環幫浦	NO.4 m ³ /h×30mH×1.5kW	Moyno type、流量可變
污泥熱交換器	交換熱量 15,000kcal/h	逆流二重管式
1 次消化槽	φ 3.8m×5.5mH(34m ³)	SS 製、底盤坡度 25/100
2 次消化槽	φ 3.0m×4.7mH(17 m ³)	SS 製、底盤坡度 100/100
消化污泥貯槽	φ 1.0m×1.6mH(1 m ³)	SS 製、底盤坡度 100/100
1 次消化槽攪拌幫浦	max1.0 m ³ /min	流量可變
1 次消化槽攪拌用瓦斯送風器	NO.25 m ³ /min	root 送風機
2 次消化槽浮渣破碎幫浦	max0.2m ³ /min×20mH×2.2kW	Moyno type 流量可變
消化污泥輸送幫浦	0.6m ³ /h×20mH×0.75kW	Moyno type
瓦斯引擎發電機	11PS/1,100rpm、7.5kW/1,500rpm	單氣筒 4 行程、同步發電機
引擎冷卻熱交換器	交換熱量 10,000kcal/h	二重管式
排氣加熱器	交換熱量 6,000kcal/h	圓筒橫型多管式
電氣加熱器	φ 0.5m、0.18m ³ 、5kW×2	夜間操作時稼動
溫水循環幫浦	50l/min×14mH×0.4kW	溫水用 line pump
乾式脫硫器	φ 0.4m×1.0mH(有效高 0.6m)	max 3 m ³ /h
瓦斯槽	φ 3.5m×maxH7.0m	有效 30 m ³ 、180mmAq

表 1.10 污泥組成分析結果

區分	成份	濃縮污泥	消化污泥	分解率* (%)	備註
I (4/12~4/20)	碳水化合物* (%)	31.5	—	—	濃縮污泥只有初沉 污泥 分析 1 次/週
	蛋白質 (%)	15.1	—	—	
	脂肪 (%)	26.5	—	—	
	C/N 比	13.8	—	—	
	發熱量 (kcal/kg)	4,040	—	—	
II (5/1~5/31)	碳水化合物 (%)	25.4	10.9	71.4	初沉污泥固形物對 剩餘污泥固形物比 =1.55 分析 1 次/週
	蛋白質 (%)	39.2	43.4	26.3	
	脂肪 (%)	10.6	7.7	51.5	
	C/N 比	6.4	3.5		
	發熱量 (kcal/kg)	4,390	3,720		
III (6/1~6/30)	碳水化合物 (%)	17.2	8.8	68.3	初沉/剩餘=1.02 分析 1 次/週
	蛋白質 (%)	42.3	37.3	45.2	
	脂肪 (%)	13.5	8.0	62.7	
	C/N 比	5.9	3.4		
	發熱量 (kcal/kg)	4,490	3,610		
IV (7/12~8/11)	碳水化合物 (%)	14.7	7.9	60.3	初沉/剩餘=1.59 分析 1 次/週
	蛋白質 (%)	38.0	29.6	42.0	
	脂肪 (%)	12.4	7.7	53.8	
	C/N 比	6.2	4.4		
	發熱量 (kcal/kg)	4,470	3,610		
V (9/1~10/31)	碳水化合物 (%)	14.1	8.0	63.6	初沉/剩餘=1.22 分析 1 次/週
	蛋白質 (%)	38.7	37.6	38.2	
	脂肪 (%)	11.6	6.0	66.9	
	C/N 比	6.6	4.1		
	發熱量 (kcal/kg)	4,450	3,860		

×：污泥組成是對 TS 之比率、各成分分解率係對各成分 TS 之減少比率

表 1.11 消化瓦斯組成

期間 瓦斯成分	I	II	III	IV	V
CH ₄ (%)	59.4	60.6	62.7	64.2	62.7
CO ₂ (%)	39.5	37.1	34.7	34.4	35.8
N ₂ +O ₂ (%)	1.1	2.2	2.6	1.4	1.5
H ₂ (%)	0.01	0.01	ND	ND	ND
H ₂ S (ppm)	75	85	130	185	140
H ₂ S(脫硫後)(ppm)	ND	ND	ND	ND	ND

表 1.12 消化瓦斯引擎發電機規格

	機關名稱	CN10
	形式	球型橫型 4 行程
消化瓦斯引擎	汽缸數	1
	汽缸徑(mm)	110
	Stroke(行程長)(mm)	160
	總排氣量(Liter)	1,520
	壓縮比	10.02
	連續定格輸出(ps/rpm)	11/1,100
	最大輸出(ps/rpm)	12.1/1,100
	啟動方式	電動(12V-2，1KW 電池馬達)
	發電機驅動方式	皮帶傳動
	形式	同步發電機
發電機	容量(KVA)	7.5
	電壓(V)	200/115
	電流(A)	21.7
	相數	3
	極數	4
	回轉數(rpm)	1,500
	頻率(Hz)	50

表 1.13 9 月份瓦斯引擎發電機操作結果

項目		結果
消化瓦斯甲烷含有率(%)		62.3(5,330 kcal/m ³)
消化瓦斯消費量(m ³ /h)		4.55
耗熱量(kcal/h)		24,250
引擎負載率(%)		78
引擎軸輸出(ps)		8.6(5,560kcal/h)
皮帶傳達效率(%)		96
發電機效率(功率 0.68)(%)		80
電壓(V)		200
電流(A)		21.2
發電機負載率(%)		98
負載因子(遲延) (%)		68
發電電力(kW)		4.98(4,280kcal/h)
發電效率(%)		17.6
瓦利 斯用 引擎	瓦斯引擎熱效率(%)	22.9(5,560kcal/h)
	冷卻水熱回收率(%)	22.5(5,460kcal/h)
	排氣瓦斯熱回收率(%)	26.2(6,360kcal/h)
瓦斯引擎綜合熱效率(%)		71.6(17,380kcal/h)

三、造紙木漿污泥之處理

為處理由紙漿工場排水處理所產生之紙漿污泥，獲通產省交出重要技術開發支援之熱分解實證工場(月島機械)設備之流程圖，造紙污泥之成分，熱分解生成瓦斯成分，實證工場之物質及熱能平衡等資料如下：

【反應器種類】

二塔循環式流動層。

【方法之特徵】

使砂媒體循環於燃燒塔及分解塔進行熱分解。

表 1.14 造紙污泥組成之一例

項目		(%)
組成	水分	78.0
	可燃分	15.5
	不然分	6.5
	合計	100.0
元素組成 (乾量基準)	C	37.5
	H	4.88
	O	28.12
	N	1.28
	Cl	0.29
	T-S(全硫分)	4.63
	T-P(全磷分)	0.1
	不燃分	23.2
	合計	100.0
高位發熱量(D.B.)		3.575 Kcal/kg

表 1.15 實證工廠之物質收支平衡

入量			出量		
項目		(kg/hr)	項目		(kg/hr)
污泥 供給量	水分	670.8	分解 爐 瓦斯	乾煤氣 (dry gas)	86
	可燃分	133.4		水蒸氣	1,215
	不燃分	55.8		小計	1,301
	小計	860			
燃燒用空氣 A 級重油 流動蒸氣		3,050	燃 燒 爐 瓦 斯	乾煤氣	3,031
		177		水蒸氣	766
		1,063		小計	3,797
合計		5,150	灰分		52
			合計		5,150

表 1.16 實證工廠之熱收支平衡

入熱			出熱		
單位 項目	x10 ⁶ (kcal/hr)	%	單位 項目	x10 ⁶ (kcal/hr)	%
污泥	0.516	15.8	分解爐瓦斯	0.371	11.4
燃燒空氣	1.894	58.1	伴隨上項的蒸氣	1.118	34.3
A 級重油	0.816	25.0	燃燒爐瓦斯	0.450	13.8
流動蒸汽	0.036	1.1	伴隨上項的蒸氣	0.697	21.4
			抽出灰分	0.011	0.3
			放熱及其他	0.615	18.9
合計	3.262	100	合計	3.262	100

表 1.17 熱分解所生瓦斯組成比例

組成	%
H ₂	14.61
CO	40.26
CO ₂	4.82
CH ₄	14.58
C ₂ H ₄	6.18
其他碳氫化合物	5.32
NH ₃	1.35
H ₂ S	0.93
HCl	2.42
HCN	0.0092
N ₂	9.521
合計	100.0
發熱量 kcal/Nm ³	4,827

*：洗滌槽洗淨前取樣

四、利用木漿粕製造植草坪用纖維之方法

【主要操作條件】

1. 品質良好的木漿粕，用在製造紙板原料；劣質木漿粕則供應植草坪用纖維之原料(纖維長 6 mm 以下)。
2. 處理量：5～10 噸/16hr，連續。
3. 產製品：48×48×22×cm，水分 30%。

【特色】

1. 劣質木漿粕之 97～98% 可以作產品。
2. 軌道之兩側面及平地等植草坪時，可防止種子之飛散及改良保水機能。
3. 草坪造成之迅速化，實生之確實化。
4. 經濟性高，需求廣。
5. 可以解決大部分木漿工廠之廢棄物處理。



圖 1.11

【主要企業】

王子建材工業 KK

無機污泥

一、氫氧化鋁污泥、紅泥

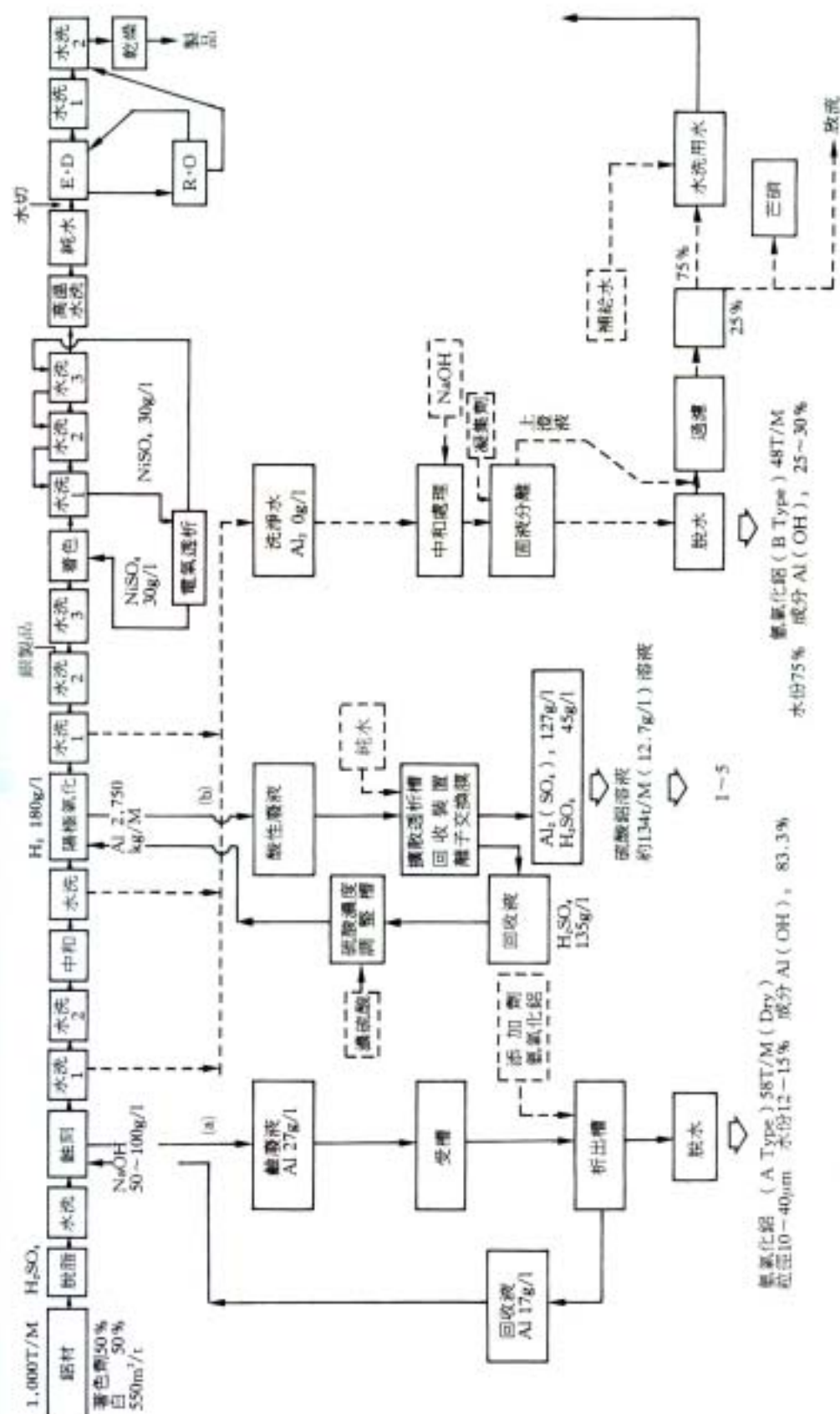
回收資源種類與資源化方法之設施流程圖。(1)氫氧化鋁(A 型，水分約 30% 以下)。(2)氫氧化鋁(B 型，水分約 30%以上)。(3)硫酸鋁等方法與設備請參見圖 1.12。(4)沸石(zeolite)。(5)硫酸鋁銨(aluminum ammonium sulfate)之方法及設施，請參見圖 1.13。(6)紅泥之方法與設施請參見圖 1.14。

再資源化製品之用途、市場、特徵及將來性請參見表 1.18。

所生成各種氫氧化鋁污泥及紅泥之成分請參見表 1.19～表 1.23。

【主要企業】

Crystal Engineering 公司



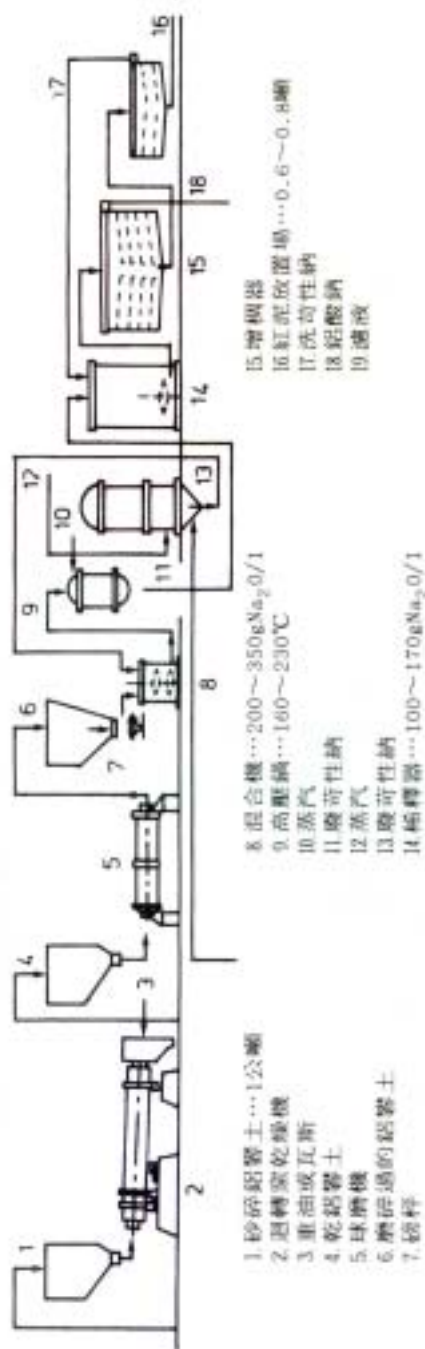


圖1.13 Bayer法紅泥之排出

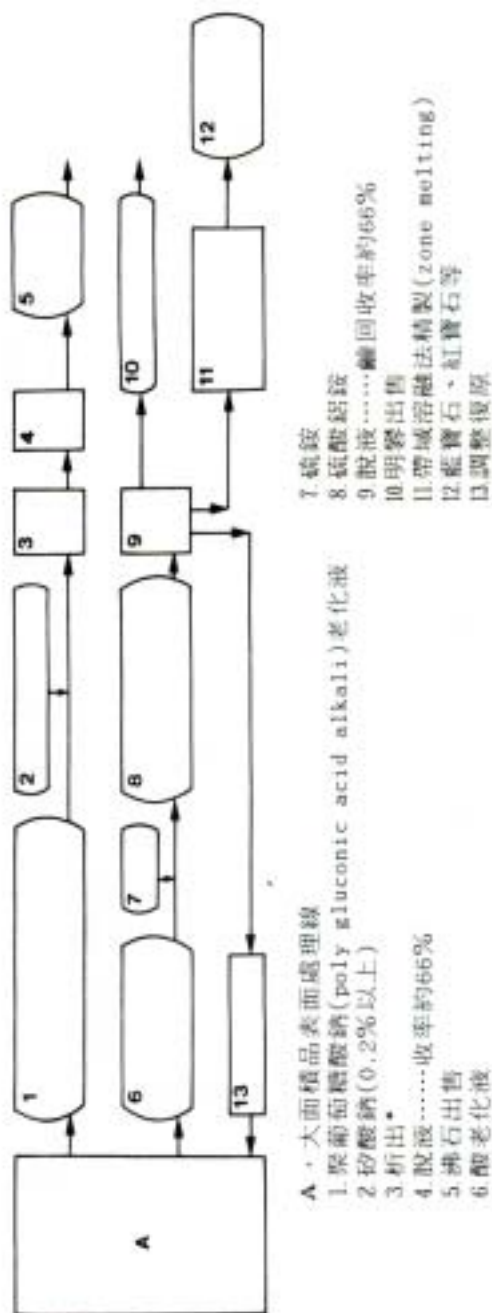


圖 1.14

表 1.19 氫氧化鋁 A 及 B 型分析表

資料		水分 [*]	強熱減量	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	Na ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	NiO	CuO	C
A 型	A 社	21.51	33.09	64.26	<0.1	<0.05	0.43	0.008	0.054	0.024	0.002	0.003	0.00
	B 社	3.65	32.57	64.85	<0.1	<0.05	0.77	0.016	0.014	0.011	0.002	0.001	0.00
	C 社	4.75	32.40	62.96	<0.1	0.12	0.72	0.022	0.115	0.102	0.005	0.005	0.00
B 型	A 社	85.95	30.96	50.37	10.58	0.52	0.54	0.091	0.186	0.678	0.864	0.162	2.63
	B 社	89.58	35.70	52.45	6.89	7.89	0.63	0.109	0.224	0.272	0.524	0.017	2.03
	C 社 (壓濾機)	53.60	30.32	60.24	0.43	9.12	3.12	0.019	0.076	0.149	0.008	0.004	0.13
	D 社	73.91	40.14	49.96	0.34	17.95	3.02	0.010	0.045	0.139	0.007	0.014	0.00

*：以 110℃ 乾燥時之減量百分率、其他係有關乾燥資料百分率

表 1.20 生成氫氧化鋁分成表 B(中和造粒法)

洗淨度 NO.	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O(Na ₂ SO ₄)	CaO	MgO	SiO ₂	強熱減量
1	63.94	0.0744	0.82(1.88)	0.004	0.002	0.365	34.790
3	63.94	0.0744	0.063(0.134)	0.004	0.002	0.365	34.790
5	63.94	0.0744	0.018(0.0412)	0.004	0.002	0.365	34.790

表 1.21 回收沸石-4A 之化學組成例

Al ₂ O ₃ (%)	Na ₂ O (%)	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Ni (ppm)	As (ppm)	Hg (ppm)	Pb (ppm)	Cd (ppm)
24.0	15.9	32.5	0.0056	7	4	4	8	0.1	0.001	0.4	0.01
22.5	15.2	37.2	0.0036	7	4	4	8	0.1	0.001	0.4	0.01

表 1.22 回收鉍明礬中之不純物

ppm Lot No.	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	As	Hg	Cd
215	2.1	0.8	40.2	11.0	0.9	70.4	4.0	2.9	2.9
238	1.8	0.9	38.1	10.5	0.8	70.4	1.4	1.2	1.2
301	1.5	0.7	36.3	9.8	0.9	70.4	9.0	0.3	0.6

表 1.23 紅泥之組成例

比例	H ₂ O(+)	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	TiO ₂
%	10	20	10~15	40~50	8	3~

二、由含水銀廢棄物回收水銀之再資源化

再資源化企業、野村興業(株)，Itomuka 礦業所。

【主要操作條件】

1. 主要設備為焙燒爐，處理比較大量時使用立型多段焙燒式 Herreshoff 爐、不適連續處理者用回轉爐，又水銀含量多或融點低者使用螺旋式電氣爐。
2. 處理前應先做預備試驗及分析。前處理時，若為污泥、液狀者應添加鹼性藥劑加以中和及造粒。若為金屬或玻璃屑者應加以解體，打碎及洗淨。
3. 各種爐之焙燒溫度通常為 600~800℃，燃料主要使用液化天然瓦斯 LNG(liquified natural gas)與重油。
4. 在爐內氣化的水銀，經冷凝器(condenser)冷凝，在冷凝管之下部，結成煙灰狀，精製成為金屬水銀，通常可做為 99.99%之工業用水銀出售。
5. 回收水銀後之排氣，用藥液洗滌，再用電氣集塵機除去霧滴(mist)等，清淨後排放於大氣。在生產過程中產生之部分工程用水由蒸發部處理。
6. 由焙燒爐排出的殘渣，經溶出試驗後，用調濕裝置抑制粉塵，埋在地下掩埋槽。

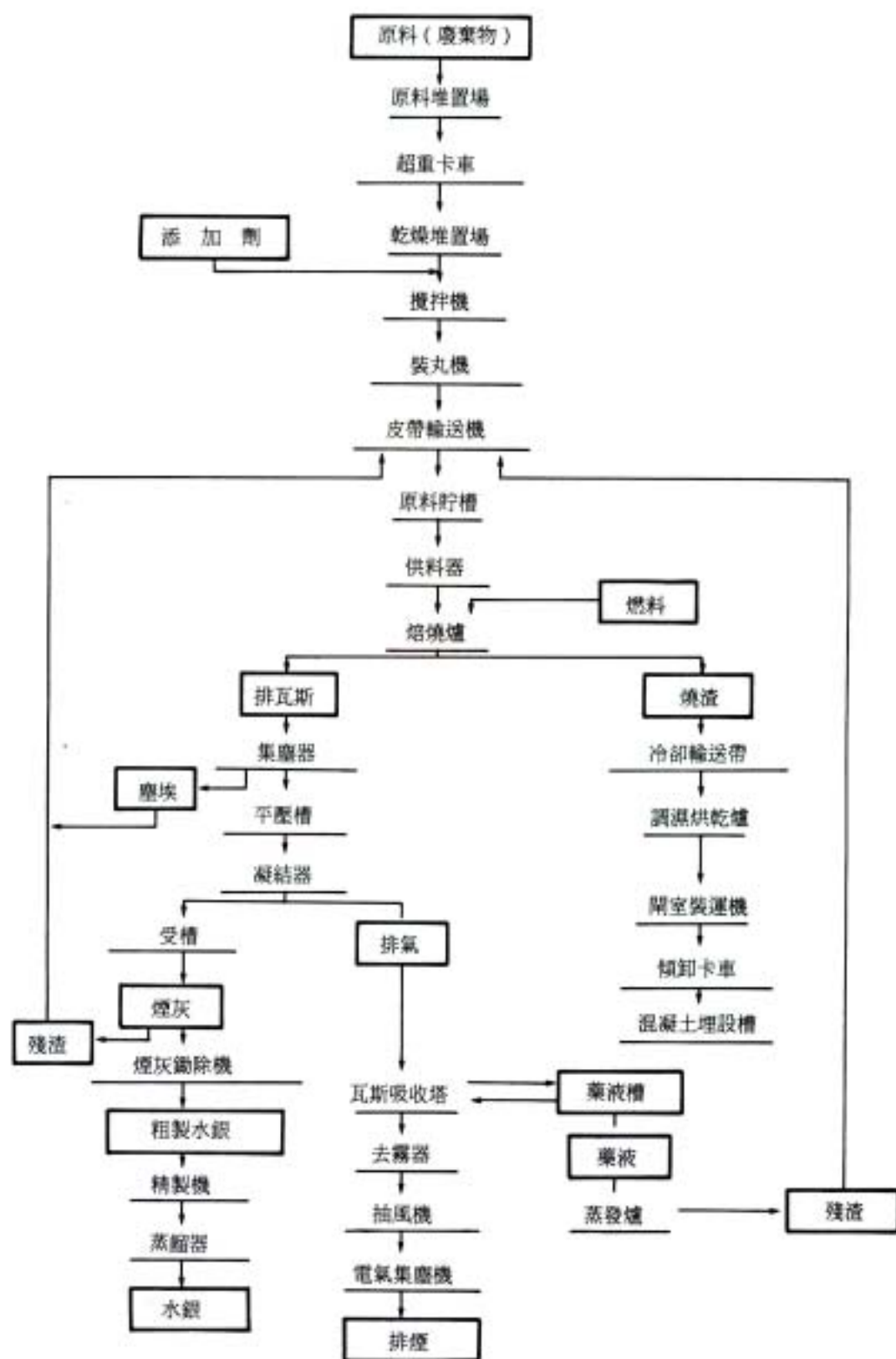


圖1.15 由含水銀廢棄物回收水銀之再資源化流程圖

表 1.18 再資源化製品用途及市場性特徵

製 品	用 途	方 法	市 場 性 與 特 徵
無機藥品 硫酸鋁 明礬 氯化鋁	製紙填料、媒染劑、水處理凝集劑 高級填料、染色有機顏料 石油裂化蒸餾觸媒、PAC、活性鋁、原料	2. 5. 1. 4. 2.	除凝集劑不純物有問題、量多 同上、對不純物之規定嚴格 同上
有機藥品 烷機鋁類	烯烴重合觸媒、其他羧酸合成觸媒	2. 1. 5.	對有機合成反應之交換反應、烷基(alkyl)化反應之中間體
建材 不燃板 輕量骨材 氧化鋁水泥 水泥早強劑	多孔質、牆壁、天花板 多孔質骨材之原料 快硬、快強水泥 同上	1. 2. 1. 2. 1. 2. 1. 2.	須對建設事業者 PR (宣傳) 同上 目前價格較高
吸著劑 沸石 活性氧化鋁	合成洗劑、替代 Tripoly 磷酸 脫濕劑、脫水劑、重金屬、離子之吸著	3. 1. 1.	須整備粒徑 做為特殊陰離子選擇吸著劑頗被重視
土壤改良劑	保水、供給氧氣、保肥	1. 6.	給與陰離子交換、造粒成為多孔性、頗有將來性
各種填充劑 氧化鋁原料 耐火物 耐熱材 研磨材 脫玻璃陶瓷 (devitro ceramics) 陶瓷塗布 陶瓷合金 (cermet)	橡膠、塑膠業之填充劑 高級耐火磚、合成 mulight、kaloin 等的原料 陶瓷纖維引擎斷熱材、厚板 人造鑽石、熔融氧化鋁 玻璃狀微細孔耐熱、耐強陶瓷 噴射引擎高溫部之塗布 超硬、耐壓材、具有金屬性質	1. 1. 1. 1. 4. 1. 1. 1. 2. 4.	同上 大量使用、附加價值中、量大 附加價值大、量少 同上 同上 同上 同上
合成寶石	藍寶石、紅寶石、黃玉、海藍寶石	4.	同上 頗有將來性
觸媒載體 離子交換載體	須要 micro, macro 細孔之各種擔體原料	1. 2. 4. 5.	將來可能有大量消費
合成黏土	合成 mulight、合成 kaloin、合成硅線石	1. 2. 4.	一向替代輸入材料可變成大量
紅泥	正在試驗鐵、鈦分離利用、磚土管原料、道路鋪裝、農業土壤改良劑等中，惟目前	6.	現在不使用、投棄海中或掩埋用

	仍未成功		
--	------	--	--

【特徵】

1. 係現在日本唯一開工的處理水銀廢棄物，再資源化之工廠。
2. 因採用乾法，不要排水處理，成本比濕法佔優勢地位。

【水銀廢棄物種類】

1. 用過的器具—水銀電池、乾電池、日光燈、水銀燈、水銀開關、體溫計、溫度計、流量計、整流器等。
2. 用過的吸著劑—活性碳、樹脂吸著劑、矽藻土。
3. 水銀化合物—水銀觸媒、無機藥品、汞齊。
4. 含水銀污泥—鹽水濾泥(mud)、排水污泥(sludge)，煙灰等。
5. 工廠解體材—使用水銀儀器、配管、結構物、廢土。

【參考文獻】

1. 地域交流中心發行「廢乾電池對策之全部」廢乾電池資源化之事例(小池久末雄著)。
2. 野村興產(株)發行「關於含有水銀廢棄物處分之建議」。

三、含金屬污泥(sludge)

【再生溶解爐法】

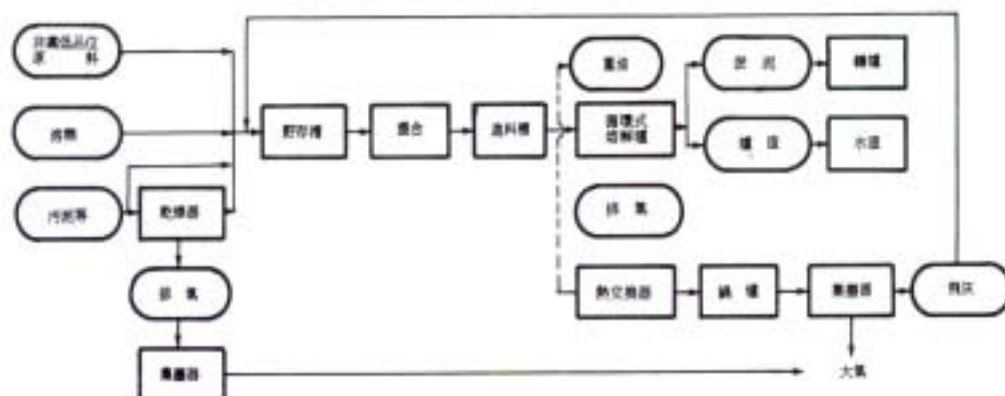


圖1.16 含金屬廢棄物之再生熔解爐法

【工程要點】

1. 爐之型式是反射爐。
2. 原料係電鍍污泥，廢觸媒，燃燒殘渣，金屬屑等與助溶劑一起裝入於爐內，以 1,200~1,300°C 高溫溶解，主要把銅，鎳等製成冰銅(銅、鐵、硫磺之化合物)回收。
3. 其他成分全以金屬氧化物與矽酸、氧化鈣之化合物取出。
4. 冰銅(matte)為製銅原料，送至轉爐。形成冰銅之硫磺源是來自黃鐵礦(py-rites)。
5. 溶渣(爐渣)經水渣處理後用於道路之基礎材料或沉(護)箱(caisson)等土木材料。
6. 溶渣是玻璃狀，不溶於水或稀酸，故溶解法能把有害重金屬安定化。
7. 此工程現由日本礦業日立製鍊所在實施中。

【參考文獻】

(財)Clean Japan Center 昭和 57 年再資源化技術之開發狀況調查報告，(非鐵金屬系廢棄物)。

第二章 廢溶劑處理與資源化

廢油類

廢潤滑油

一、廢潤滑油之再生，再資源化

(廢油壓機作動油、廢熱處理油、廢切削油、廢空氣壓縮機油、廢壓延油、廢洗滌油)之再生，再資源化其方法如下。

【主要設備與操作條件】

1. 受槽： 10m^3 、底板圓錐型。
2. 白土處理槽： $2,000\phi \times 2,000\text{mmH}$ ，密閉減壓攪拌型。
3. 白土處理量： 5m^3 / 批。
4. 白土處理條件：真空度 60mmHg ，油溫 100°C ，接觸時間 45 分鐘。
5. 壓濾機： $800 \times 25\text{mm}$ 室，半自動。
6. 調整槽： 10m^3 ，底板圓錐型，吹入空氣攪拌型。
7. 二次過濾器： $1,000\text{mm}\phi \times 860\text{mmH}$
 $5\mu\text{element}80$ 支 $\times 3$ 。
8. 離心分離機： $6,000\text{l/H} \times 11\text{kW}$ ，全自動。
9. 真空蒸餾器： 9m^3 ， $5 \sim 10\text{mmHg}$ ， $180 \sim 200^\circ\text{C}$ 。

【裝置及條件之特徵】

1. 槽類之底部全為圓錐型，可作脫水及脫污泥前處理。
2. 減壓加熱，使脫水工程完全。
3. 白土在檢壓下處理，在較低溫下實施，防止油之氧化變質。
4. 減壓吸入活性白土方式以防止粉塵污染環境。
5. 以活性炭吸著減壓散出之臭氣物質，可防止二次公害之發生。
6. 使用 20kg/cm^2 蒸汽加熱減壓蒸餾，最高油溫保持在 $180 \sim 200^\circ\text{C}$ ，防止油之分解變質。
7. 用分子篩脫水吸著塔處理餾出油。

流程圖之實施企業，豐田化學工程(株)TEL：0569-22-5028。

表 2.1 廢潤滑油性質

種類 項目	廢熱處 理油	廢油壓機 作動油	廢空氣壓 縮機油	廢不除水 切削油	種類 項目	廢壓延油
色相(ASTM)	茶褐色	L2.0	L1.0	黑褐色	外觀	茶褐色
比重(15/4)°C	0.8615	0.8690	0.8705	0.8810	粘度(40°C, cst)	2.34
引火點(c.o.c)°C	186	190	192	165	餾出溫度(°C)	
粘度(40°C, cst)	21.65	37.25	166.3	12.59	70%點	242
粘度(100°C, cst)	—	6.13	16.5	—	80%點	245
粘度指數	—	110	110	—	90%點	265
全酸價(mg KOH/g)	0.07	0.07	2.06	0.74	全酸價(mg KOH/g)	0.55
殘留碳(wt%)	0.15	—	0.50	—	沉澱物	有
水分(ppm)	382	67	50	25		
己烷不溶解成分(wt%)	0.02	1.5	2.0	0.24		
冷卻性能(秒)	4.3	—	—	—		

表 2.2 再生潤滑油性狀

種類 項目	再生熱 處理油	再生油壓 機作動油	再生空氣 壓縮機油	再生不除 水切削油	種類 項目	再生壓延 油
色相(ASTM)	黃褐色	L1.5	L0.5	茶褐色	外觀	淡黃色透明
比重(15/4)°C	0.8614	0.8685	0.8707	0.8700	粘度(40°C, cst)	1.95
引火點(c.o.c)°C	186	192	220	168	餾出溫度(°C)	
粘度(40°C, cst)	21.60	36.84	185.7	11.69	70%點	231
粘度(100°C, cst)	—	6.06	18.7	—	80%點	234
粘度指數	—	109	113	—	90%點	253
全酸價(mg KOH/g)	0.03	0.03	0.44	0.65	全酸價(mg KOH/g)	0.02
殘留碳(wt%)	0.10	—	0.10	—	沉澱物	無
水分(ppm)	27	10	10	0		
己烷不溶解成分(wt%)	0.01	0.2	0.2	0		
冷卻性能(秒)	4.6	—	—	—		

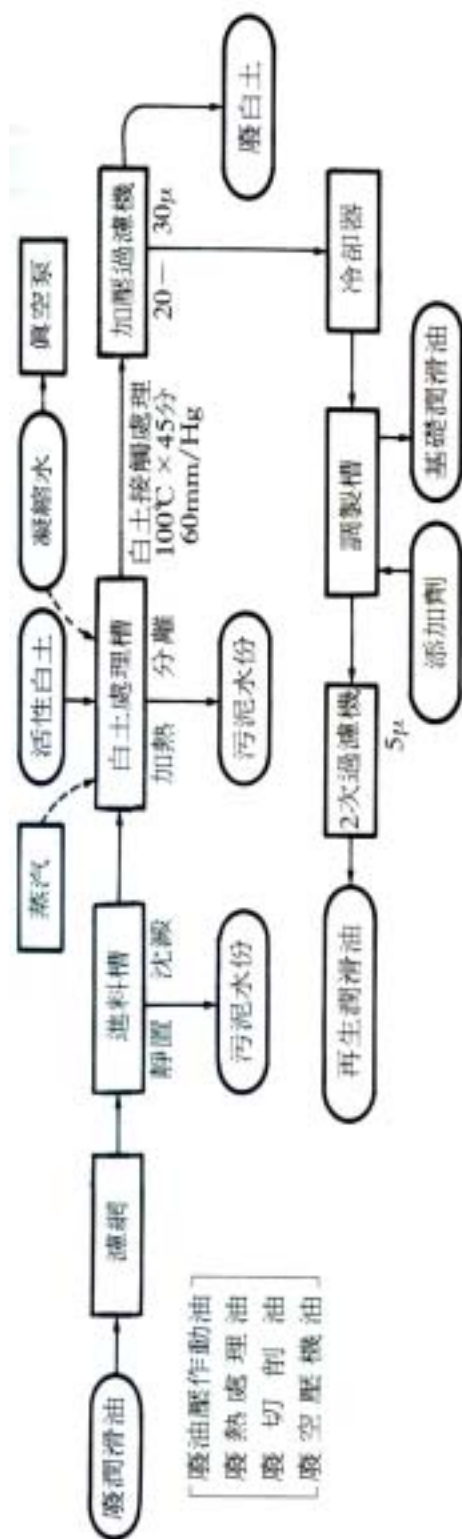


圖2.1 再生流程圖

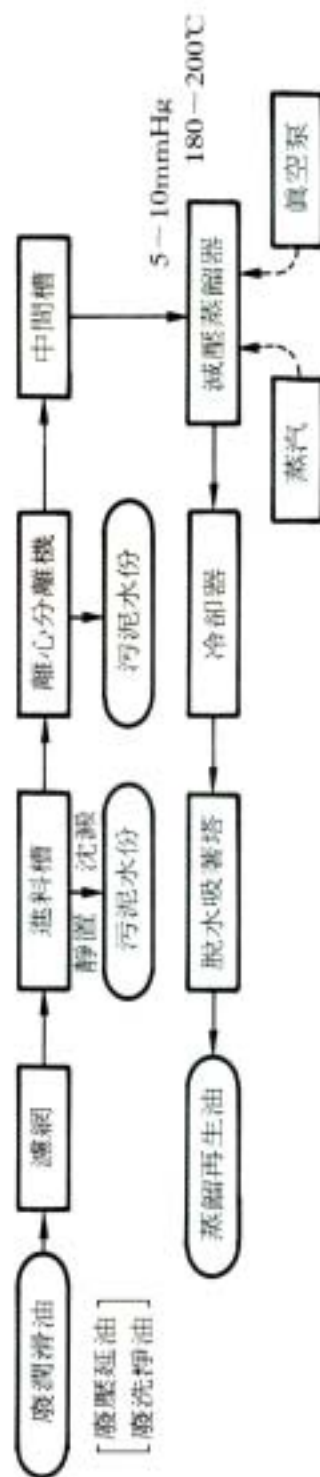
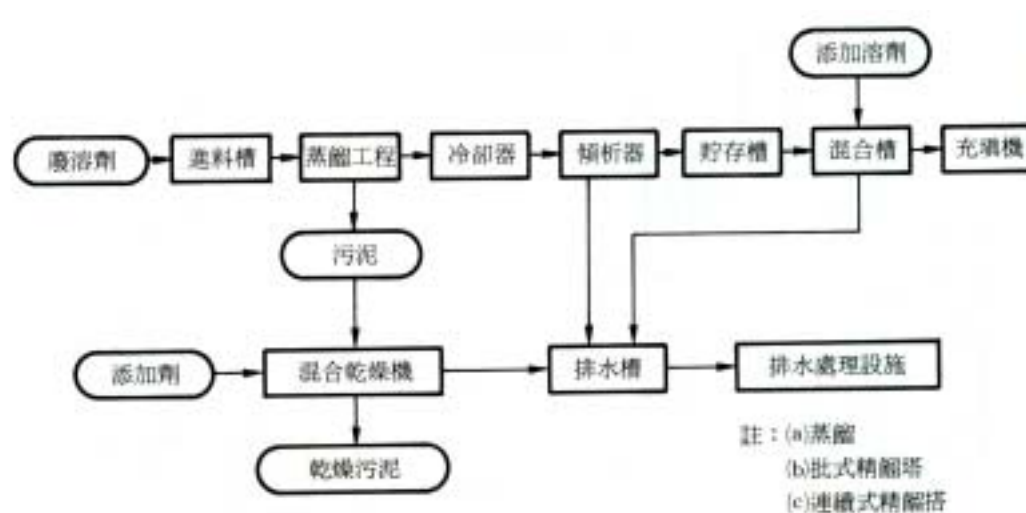


圖2.2 再生流程圖

廢溶劑

有機混合廢溶液之水蒸汽蒸餾工程如圖 2.3，實施情形如表 2.3。



【主要操作條件】

1. 原料填充量：3m³/批。
2. 蒸餾時間：4~8 小時/批(表 2.3)。
3. 蒸餾溫度：65~100℃(表 2.3)。
4. 使用蒸汽壓力：7kg/cm²G。
5. 使用蒸汽溫度：170℃。

表 2.3 有機混合物廢溶劑之水蒸汽蒸餾工程主要操作條件

廢油排出源	蒸餾溫度 (°C)	蒸餾時間 (hr)	溶劑成分 (vol%)	殘渣成分 (vol%)	主要成分	備註
印刷、油墨	65~100	4	75	25	酯、酮、甲苯	照相凹版、書籍
塗料、塗裝	80~100	8	80	20	二甲苯、甲苯、酯	建築、汽車、船舶
電器	70~100	6	70	30	MEK、甲苯、Anon	磁帶、印刷、基板
接著劑	65~100	6	60	40	酯、酮、甲苯	粘著膠帶、接著劑
醫藥品	65~80	4	95	5	酒精、丙酮	抽出
食品	65~80	4	95	5	酒精、丙酮	抽出

【特徵】

1. 多種類之混合廢溶劑蒸餾精製裝置。
2. 廢溶劑不需前處理。
3. 低溫且熱效率高的蒸餾方式。
4. 溶劑回收率高，品質良好。(表 2.4)
5. 防止蒸餾中硝化纖維等之自然著火。
6. 因係分批(batch)操作方式，可作多樣少量生產。
7. 容易抽取塔底剩餘油渣。

表 2.4 各種工業用再生潤滑油產品性狀

項目	印刷、油墨	塗料、塗裝	電器	接著劑	醫藥品	食品
外觀	透明	透明	透明	透明	透明	透明
色相(APHA)	10 以下	15 以下	10 以下	10 以下	10 以下	10 以下
比重(15/4℃)	0.865	0.865	0.89	0.865	0.795	0.795

廢塗料

一、廢塗料之焚化爐

1. 噴霧燃燒式：適合於可用幫浦輸送之廢塗料，液狀污泥之焚化，簡便且經濟。有高壓噴霧、旋轉噴霧、空間噴霧及蒸汽噴霧等方式。
2. 旋轉爐：處理對象廣(一個爐即可處理多種廢棄物)，有逆流式與並流式。
3. 流動燃燒式：即使大容量設置面積也很小，燃燒效率高，故障少。但燃燒殘渣多時，例如廢罐壁附著有剩餘塗料，則不合適。
4. 固定爐床式：易軟化及融化之塗料剩渣也可焚化，適於灰分少者，大型則不宜。有豎型及橫型。

二、集塵裝置

有電氣式、洗淨式、過濾式及離心式等型式。要回收 $0.1 \mu\text{m}$ 以下之微細粉末是應採用洗淨式及過濾式較為適合。若考慮壓力損失及電力消費則採用電氣式比較有利。離心力式則構造簡單，適合於含塵率較高的排氣。

三、氣體吸收裝置

多段塔、文氏洗滌塔(Venturi-Scrubber)、填充塔、噴霧塔等型式。

多段塔適合含塵量較高的排氣，阻塞之顧慮較少。文氏洗滌塔之吸收效果高。填充塔對含塵量高的排氣、有阻塞的可能，須在前段併用集塵裝置。噴霧塔裝置簡單，適合於 HCl 之吸收。

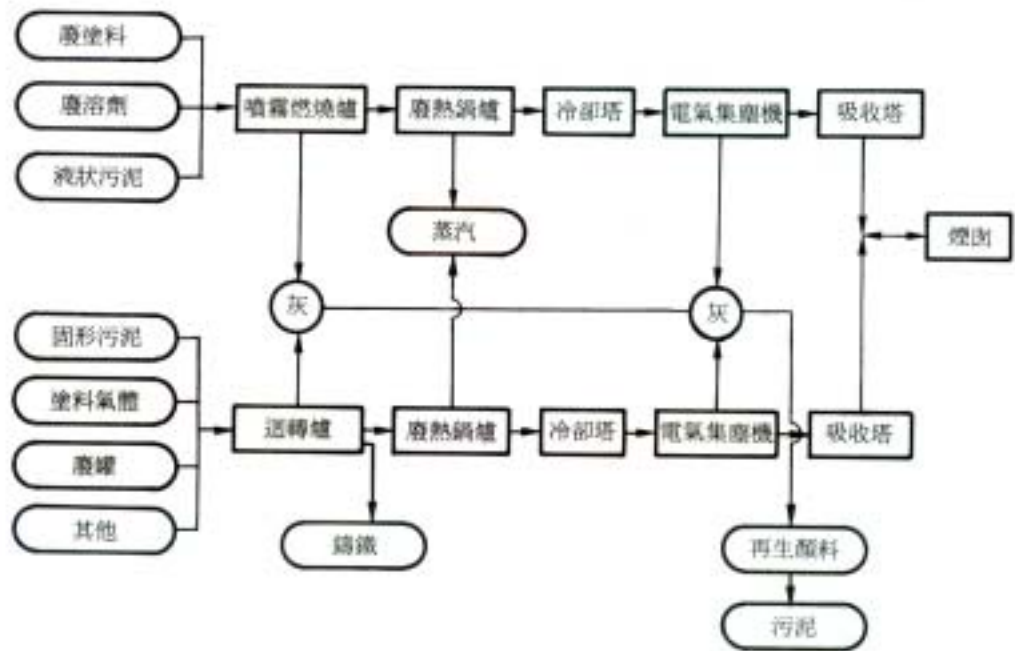


圖 2.4 流程圖

廢酸

廢硫酸

廢硫酸回收(如 MMA 廢酸、石油精製廢酸等之回收)，有下列方法：

一、Hemibaw 法

【主要操作條件】

- | | |
|-------------|--------------|
| 1. 分解爐出口溫度 | 1,000~1,100℃ |
| 2. 廢熱鍋爐出口溫度 | 300~350℃ |
| 3. 轉化器入口溫度 | 425~435℃ |

- | | |
|-----------------------------|----------|
| 4. 轉化器出口溫度 | 420~430℃ |
| 5. 吸收塔入口溫度 | 190~210℃ |
| 6. 吸收塔出口溫度 | 60~65℃ |
| 7. 排氣洗淨塔出口溫度 | 25~30℃ |
| 8. 送風機出口 SO ₂ 溫度 | 4~6% |
| 9. SO ₂ 轉化率 | 98%以上 |

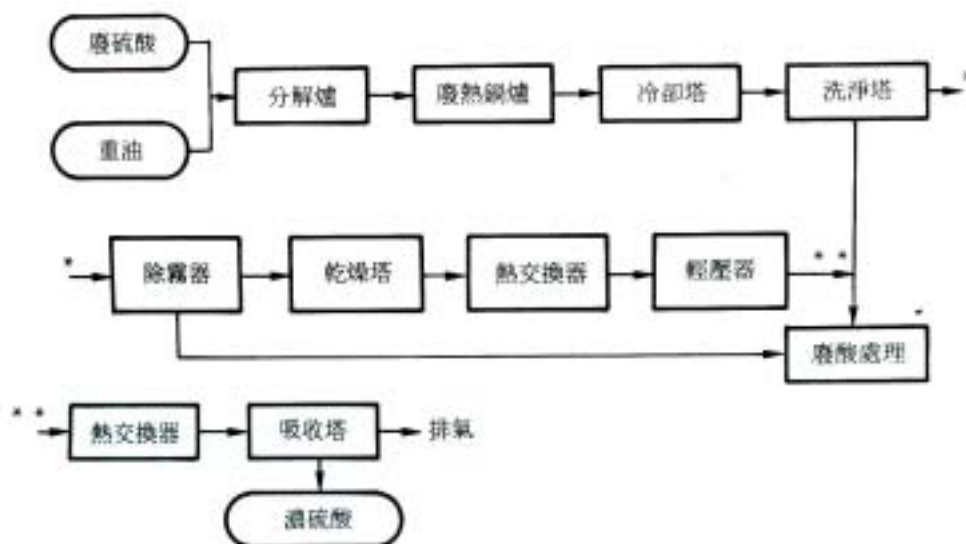


圖2.5 Hemibaw 法流程圖

【特徵】

1. 把廢硫酸完全熱解，硫磺成為 SO₂，回收之 SO₂ 可用於硫酸製造設備再生成濃硫酸，所以從資源保護及公害防止雙方面來看，可說非常完美。
2. 除 MMA 廢酸之外，石油精練之污泥，COG 之脫硫、脫氰廢液等受有機物或氰等污染的產業廢棄物亦可適用。但鹵素(Halogen)或鹼土金屬化合物會損傷設備材質，故應該避免使用。
3. 回收之硫酸通常含有 98.5%以上之 H₂SO₄，不純物之含量強熱殘留量在 30~60 ppm 程度，因此與通常之硫酸工廠之產品相同。

二、南蠻化學法

【主要操作條件(一例)】

- (1) 廢硫酸組成：硫酸 55~60%，碳氫化合物 25~30%。

(2) 燃燒爐(No.1)出口氣體溫度：800~900℃

(3) 分解爐出口氣體溫度：250~300℃

(4) 氣體冷卻器出口氣體溫度：45℃ 以下

(5) 燃燒爐(No.2)內部溫度：600℃ 以上

(6) 燃燒爐(No.2)出口氣體組成：SO₂ 約 9%

O₂ 約 3.5%

H₂O 約 10%

(7) 昭和 57 年度硫酸回收量：H₂SO₄ 1.6 萬噸



圖2.6 南鹽化學法

【特徵】

1. 主要可將由石油精製過程排出的廢硫酸，分二段完全熱解成適合製造硫酸原料之氣體。引進此氣體於硝酸式硫酸製造設備時因不需氣體精製，故其成本低。
2. 燃燒爐(No.1)式橫型之空室，廢硫酸噴進空室內燃燒，所生高溫氣體引入於橫型備有攪拌翼之迴轉軸分解爐，即可把爐內之廢硫酸完全熱解，可有效的分解廢硫酸。
3. 除分解廢硫酸可回收高濃度 SO₂ 外，亦可將碳氫化合物分解以回收油及焦炭。

廢鹽酸

一、鋼材酸洗廢酸之處理回收

鋼材之酸洗向來採用硫酸為主，但因容易產生污跡(Smut)，使表面光澤容易喪失，成為灰暗色。鹽酸替代硫酸可減少污跡量，呈現金屬光澤，酸洗速度亦可加速，因此近年來大多改以鹽酸酸洗，其廢酸之處理回收法如下：

1. 真空蒸餾法

如圖 2.7，減壓加熱廢鹽酸使沸騰，使 HCl 與水同時蒸餾出後，冷卻凝結以回

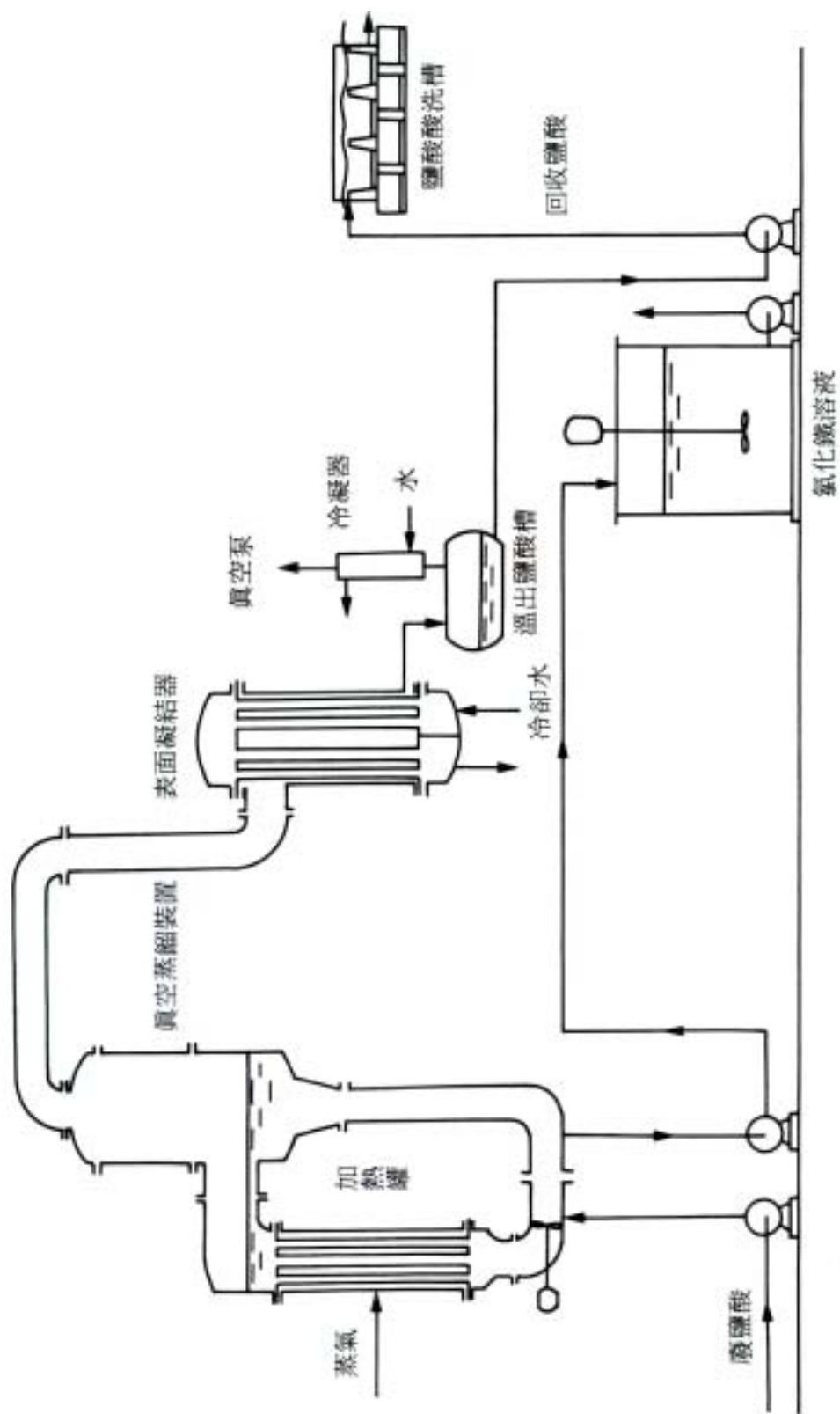


圖2.7 廢鹽酸回收裝置（大同式）

收鹽酸。另一方面，因可得到約 35%濃度的 FeCl_2 溶液，導入 Cl_2 即成為 FeCl_3 蝕刻劑(etchant)。

本法雖有可回收與合成鹽酸同樣之高純度鹽酸的特徵，但僅能回收游離的鹽酸，並且需用大量熱能蒸餾。

2. 硫酸置換法¹

真空蒸餾法僅能回收游離的 HCl ，而硫酸置換法則在廢鹽酸內添加硫酸，以複分解反應，使 FeCl_2 轉為 FeSO_4 ，游離 HCl 以回收廢酸液中全部的 HCl 及副產 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 。圖 2.8 是本法之例。

本法與後述之焙燒法不同，可用比常溫稍高的溫度，且在完全密閉的裝置內，以濕式進行反應，可回收純度極高的鹽酸。這是優於焙燒法的特徵。

本法尚有下列特徵：

- (1) 裝置簡單，設備費低廉。
- (2) 運轉操作簡單且安定，裝置之損傷少。
- (3) 運轉之開始與停止，可在極短時間內進行。
- (4) 廢鹽酸中如混入硫酸亦可處理。

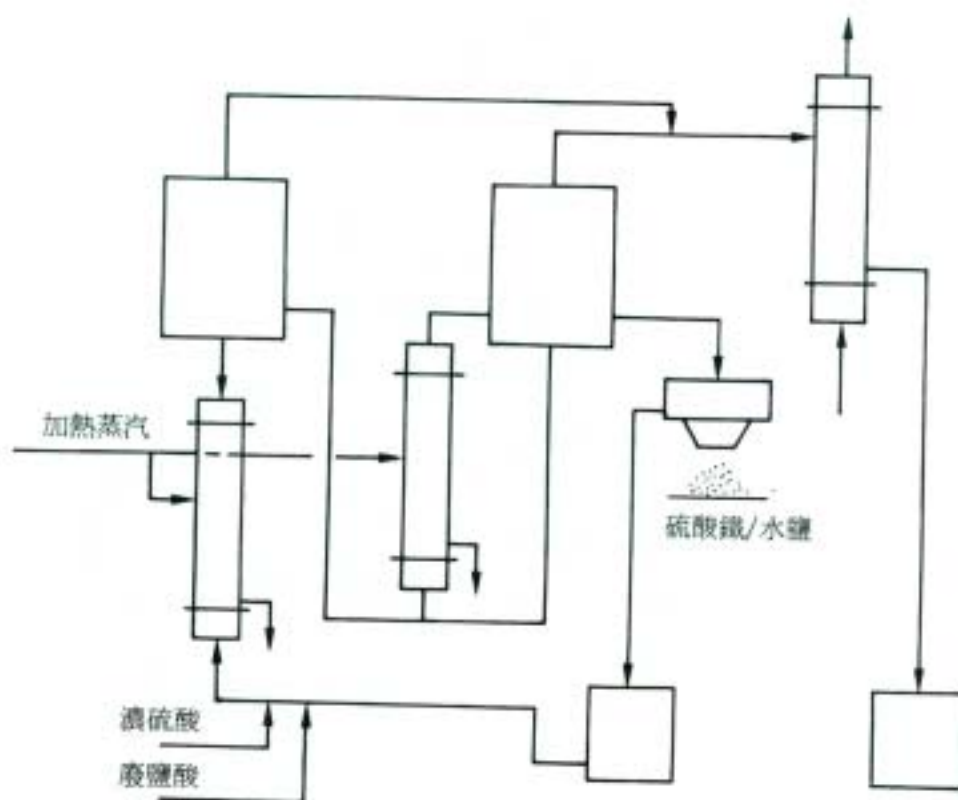


圖2.8 硫酸置換法廢鹽酸回收裝置（大同式）

3. 噴霧焙燒法^{2~5}

廢鹽酸中所含氯化亞鐵，因水之存在，在高溫下極易發生水熱分解而再生鹽酸。

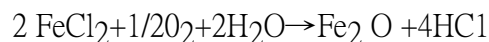


圖 2.9 是代表性 Nordac 法⁵之略圖。本法由英國 Woodall-Duckhman 社之 Nordac Div. 開發的基本技術所衍生，由奧國之 Ruthner 社與美國之 Dravo 社完成工程化(engineering)。廢酸由加壓噴嘴(Spray nozzle)以霧狀分散於 800°C 之焙燒爐中，使水與 HCl 全部蒸發後，以水吸收 HCl，回收之鹽酸純度約 18~20%，HCl 之回收率約 95%。

回收酸中雖混有 Fe 0.3~0.5%，但再利用於酸洗並無礙。又副產物 Fe_2O_3 純度雖不佳，除用於製鐵原料外，一部份經精製後，用於製肥粒鐵(fer-rite)之原料¹⁸。

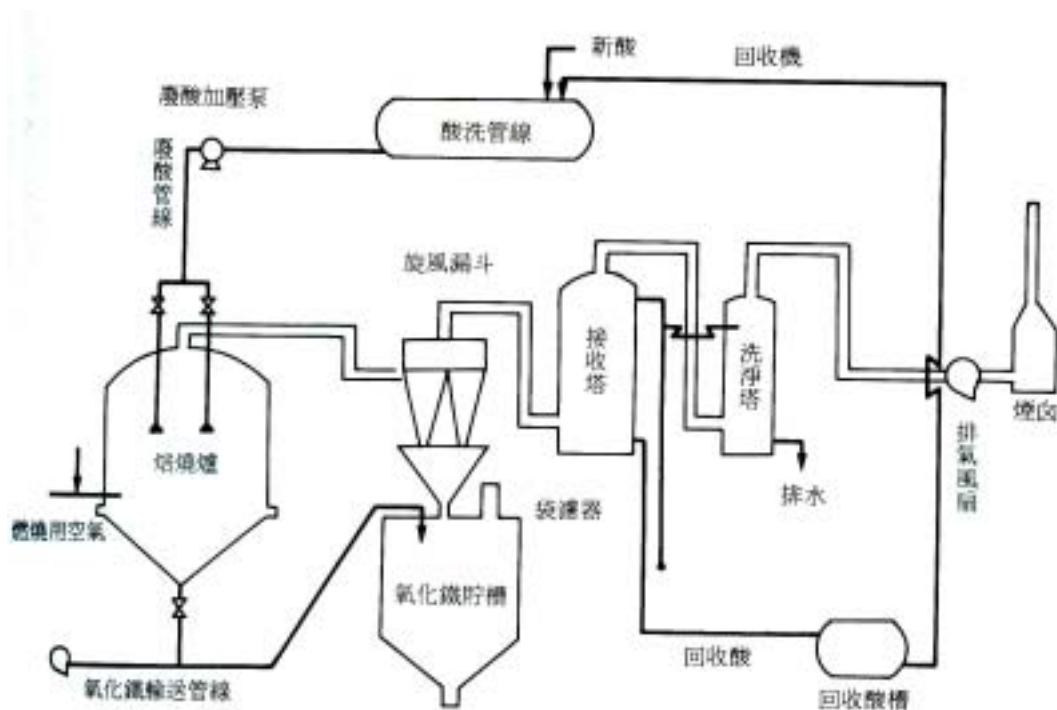


圖2.9 噴霧焙燒法流程圖 (Nordac 法)

4. 流動焙燒法^{5~8}

本法是氯化鐵之熱分解再流動床上進行，此一點與 Nordac 法有差別。依操作方法可獲得粒狀氧化鐵，故後處理較為容易。由三菱重工設計之 Lurgi 法較有名，其流程如圖 2.10。

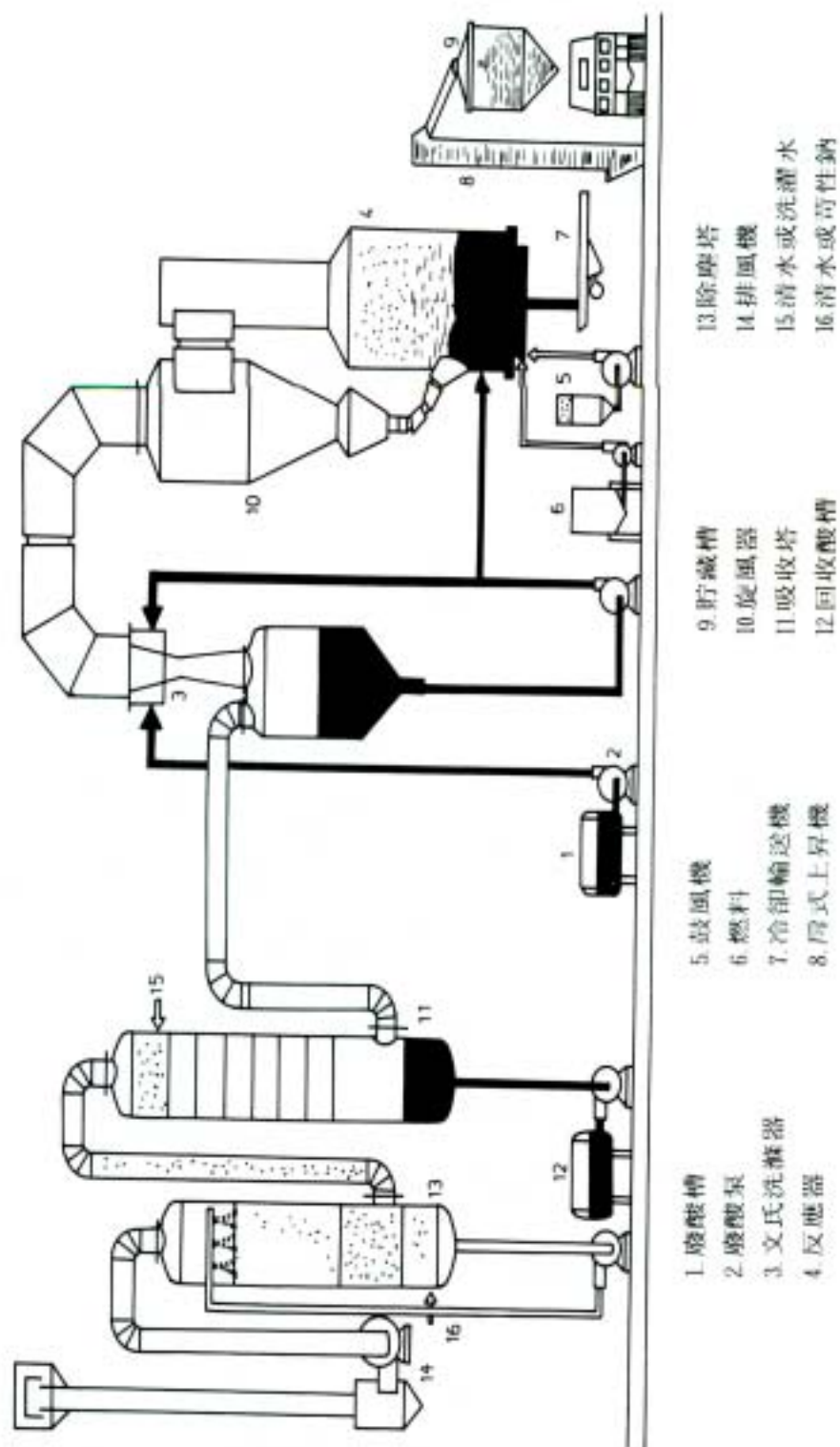


圖2.10 三菱公司鹽酸廢液連續再生裝置

本法之原液供給不用高壓幫浦，但流動床要用高壓送風機。分解後之工程與 Nordac 法相同，酸之回收率及回收酸之品質亦大致相同。又同型者尚有川重法(石川島重工)但與前者無大差別故予省略。

5. 擴散透析法

用離子交換膜隔為二室，廢酸從其中一室由下向上流通，清水從另一室由上而下流動，以濃度差為驅動力，由廢酸向清水方向移動而回收 HCl。

本法所需設置場所小，設備費比較便宜。然因以濃度差為驅動力，請參見圖 2.11 所示 HCl 之回收率較低，其回收率為游離酸之 80~90% 為限。剩下之 HCl 將與 FeCl_2 一起含於廢酸中排出，故要有中和處理。又膜之壽命短(耐用年數約三年)，同時為防止膜之阻塞，原廢液需先精密過濾。

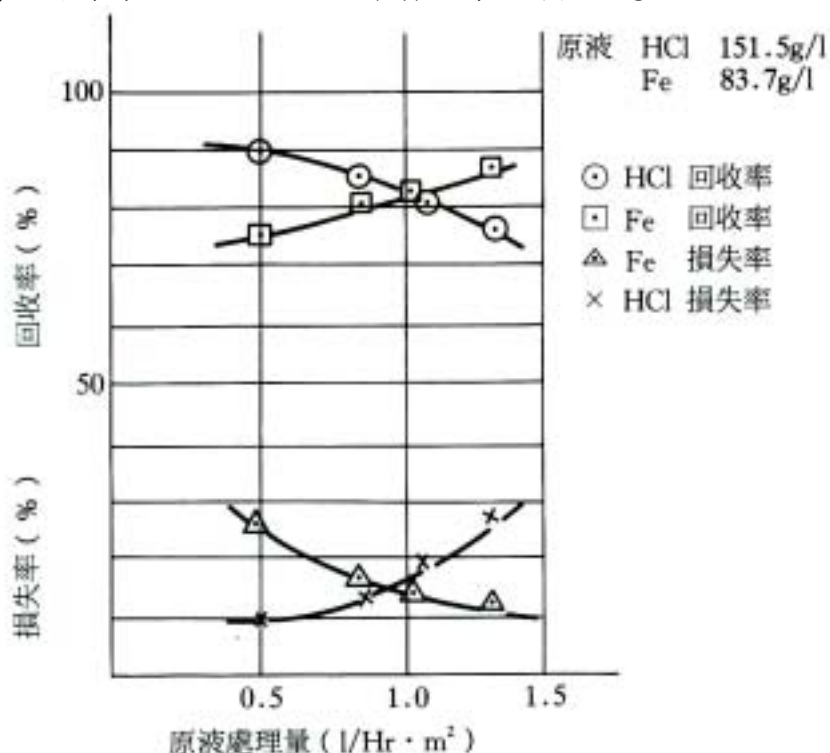


圖2.11 HCl-FeCl₂ 的回收率

二、鋁蝕刻(Al etching)廢鹽酸之處理回收

鋁箔電容器之製造工程中，有一項是把零件母體鋁箔之表面積加粗擴大之所謂蝕刻工程。這時以鹽酸為主，硝酸、磷酸亦偶有使用。用鹽酸做蝕刻當然鋁會被溶解，但當鋁的濃度到了某一程度以上時，因蝕刻之速度會減退，須以廢酸排出。廢酸之組成，大體上含有游離 HCl 數個百分比， AlCl_3 在 5~10% 之範圍。

此回收法與鋼材之鹽酸酸洗廢液回收時相同，用減壓蒸餾法，蒸餾出 HCl，做成 10~20% 鹽酸回收再利用。另一方面濃縮的 $AlCl_3$ 溶液(約 30%)則利用於 PAC(聚氯化鋁)製造用的原料。

三、鍍鋅工廠廢鹽酸之處理回收

在熔融鍍鋅工廠中，為溶解不良產品中的鋅，會排放大量廢鹽酸，其組成如表 2.5。

雖經中和處理，但分離沉澱物中乃含大量鋅，因此不能直接排放。1979 年於巴黎召開 INTERGALVA 79 時，有人發表如圖 2.12 使用溶劑萃取法，使 Zn 以 $ZnSO_4$ ，以 Fe 以 $FeCl_3$ 回收的工程。

表 2.5 廢鹽酸組成之一例

Zn	52~102 g/l	Sn	35~45 mg/l
Fe	85~97 g/l	Cu	10~13 mg/l
Cl	218~260 g/l	Cd	15~20 mg/l
Pb	408~447 mg/l	Al	100~250 mg/l

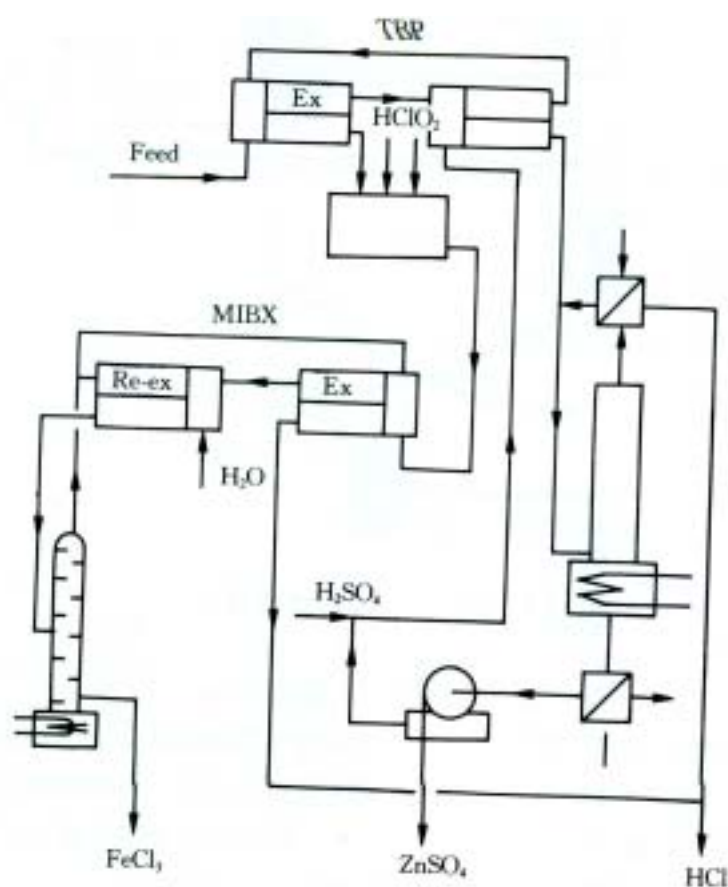


圖 2.12 Flow-Sheet of the Combined TBP and MIBK extraction

廢硝酸、氫氟酸

一、鋼材酸洗廢液之處理回收

1. 加水分解法¹¹

鋼材酸洗一般使用硫酸及鹽酸，在塗裝、電鍍、包層(Cladding)、熔射等塗(膜)層處理前，須做適當的表面粗化處理，因此經常單獨使用硝酸。廢酸主成分是 HNO_3 與 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 。如為游離酸則與廢鹽酸一樣的單純蒸餾法即可回收硝酸，但因 NO_3^- 大部分成為硝酸鹽，此時對全 NO_3^- 之回收效果並不理想。幸好 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 在高溫水溶液中加熱即容易起加水分解，所以如圖 2.13 於比重 1.6 以上的 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 之濃溶液中加熱至約 130°C ，則游離硝酸和與 Fe 結合之 NO_3^- 成分全部都能以 HNO_3 回收，因此硝酸之回收率極高。

又如不銹鋼之酸洗廢酸， HNO_3 混有 HF 時，同樣可用本法回收處理。但生成之 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 有部分與 HF 反應生成 FeF_3 ，故 HF 之餾出量少，只能回收全 HF 量約 10% 而已。但將析出的沉澱經過濾後之加熱至 400°C 以上，即起水熱分解，可回收 FeF_3 中全部的 HF。

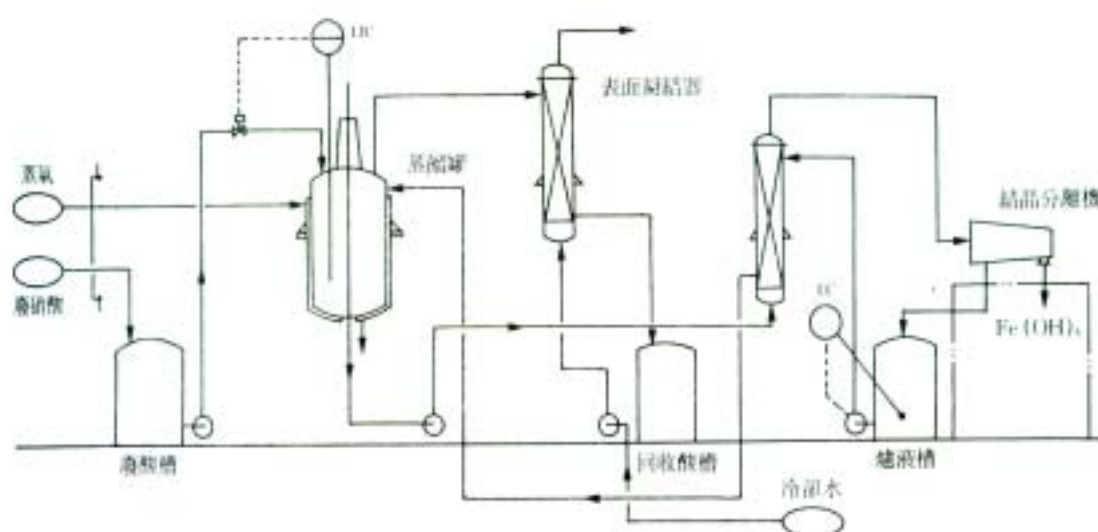


圖2.13 廢硝酸回收裝置流程圖

2. 直接蒸餾、晶析法¹²

預先把多餘之水分蒸餾濃縮，繼續加熱蒸餾使部分 HF 與 HNO_3 和水一起餾出後，冷卻回收，在溶存氟化物之濃度升高後的濃縮液中添加氫氟酸，提昇 HF

濃度之後，冷卻使 Fe 及 Cr 分別以 $\text{FeF}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CrF}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 析出，分離結晶、濾液加前述之餾出酸，以回收酸再利用。

最初之所以要做水分蒸發濃縮，係為保持水平衡(water balance)，去除在酸洗槽內以蒸氣直接加熱時因蒸汽冷凝所增加水分為目的。

本法 HF 之回收率約在 30% 以下。這是因 HF 大部分成為金屬氟化物，被排出系統外所致。

3. 硫酸置換法

前述兩法， HNO_3 之回收率雖然都很好，但是 HF 之回收率則不好。硝酸與氫氟酸混合廢液的 HF 比 HNO_3 高價，故提高 HF 回收率較有利益。所以與圖 2.8 廢鹽酸處理回收之場合相同，可添加硫酸以複分解法使 HNO_3 與 HF 游離後加以回收。雖同是硫酸置換法，廢鹽酸時其酸洗槽之加熱法為間接加熱方式，故以單純蒸餾法就可回收高濃度之鹽酸，但是不銹鋼之廢混酸時則與上述兩法相同，在水平衡之關係上，有必要把多餘之水分預先排出系統之外。

圖 2.14 之方法¹³是為此而開發者。廢混酸與高濃度硫酸同時由蒸餾塔頂部供給。廢酸中之硝酸，不論游離或金屬鹽，全依複分解放出，被塔底上昇的蒸汽加熱蒸餾，由冷凝器冷卻凝縮後，回收硝酸。另一方面，廢酸中之水分則被循環硫酸抽出後流進塔內。這中間廢酸中之 HNO_3 及 HF 大致全被餾出，而由塔底排出的循環硫酸中，則幾無硝酸。循環液送到別的濃縮裝置，蒸發濃縮後，在循環送回蒸餾塔。這時溶解的金屬因成為硫酸鹽被排出系統外，所以必須補充相當量之硫酸。

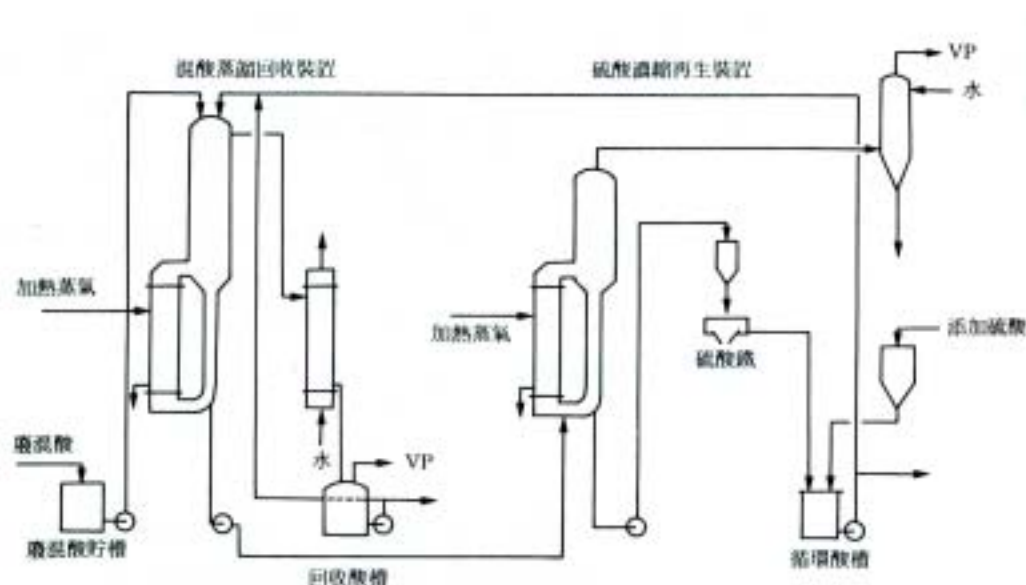


圖2.14 廢混酸回收裝置（大同式）

4.溶媒萃取法

(1)AX 方法¹⁴

本法是瑞典 Chalmers University 與 Stora Kopparberg A.B 合作研究開發，其工程如圖 2.15。本法之特徵為對廢混酸添加溶解金屬 1.2 當量以上之 H_2SO_4 後，用萃取塔以溶劑(75%TBP)，萃出 HNO_3 及 HF，在反萃取塔用水抽出，以 HNO_3 及 HF 之混酸型態回收。添加 H_2SO_4 之目的是使廢酸中之金屬硝酸鹽及氟化物錯鹽與 H_2SO_4 產生複分解 HNO_3 與 HF 游離。硝酸之回收率可達 90~95%，HF 達 60~70%。

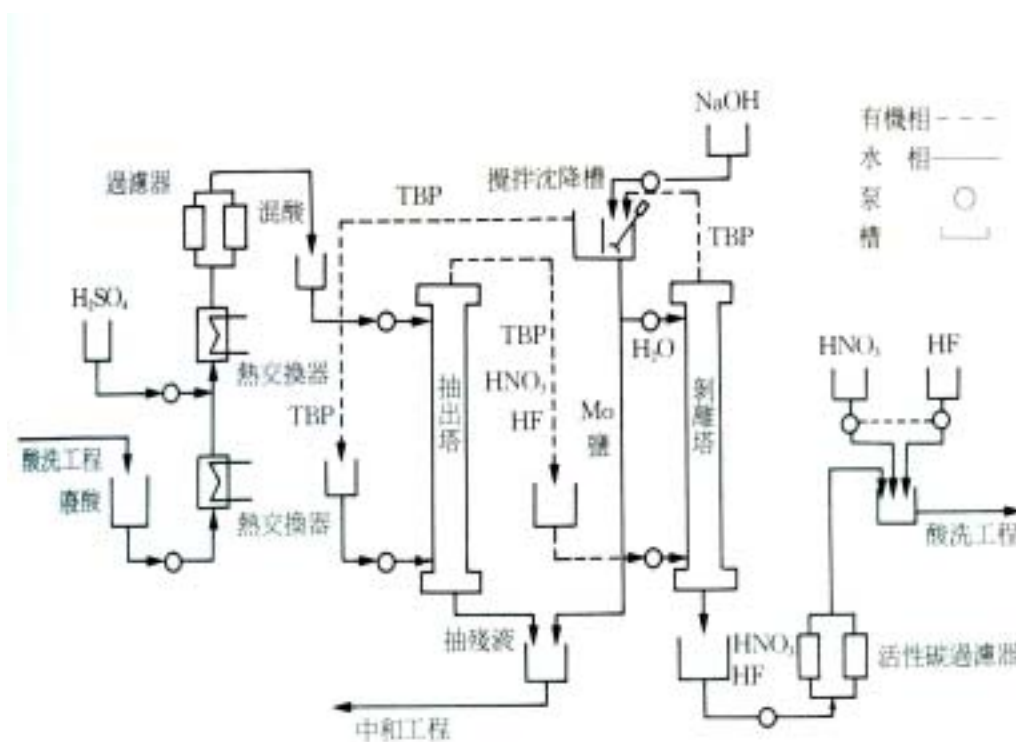


圖2.15 由酸洗廢酸回收硝酸、氟酸之回收方法 (Ax 方法)

(2)N-D 方法^{15~16}

本法係以關西大學西教授等之專利為基礎，由大同化工公司與日新製鋼公司共同創立的工程技術。原理雖與(1)相同，前者複分解反應使用 H_2SO_4 而本法使用 HCl ，依照圖 2.16，部分回收酸成為 HNO_3 -HF 之混酸，大部分則以硝酸型態回收，萃餘液用石灰中和，脫水乾燥，成金屬氧化物，可再利用於製鋼原料。

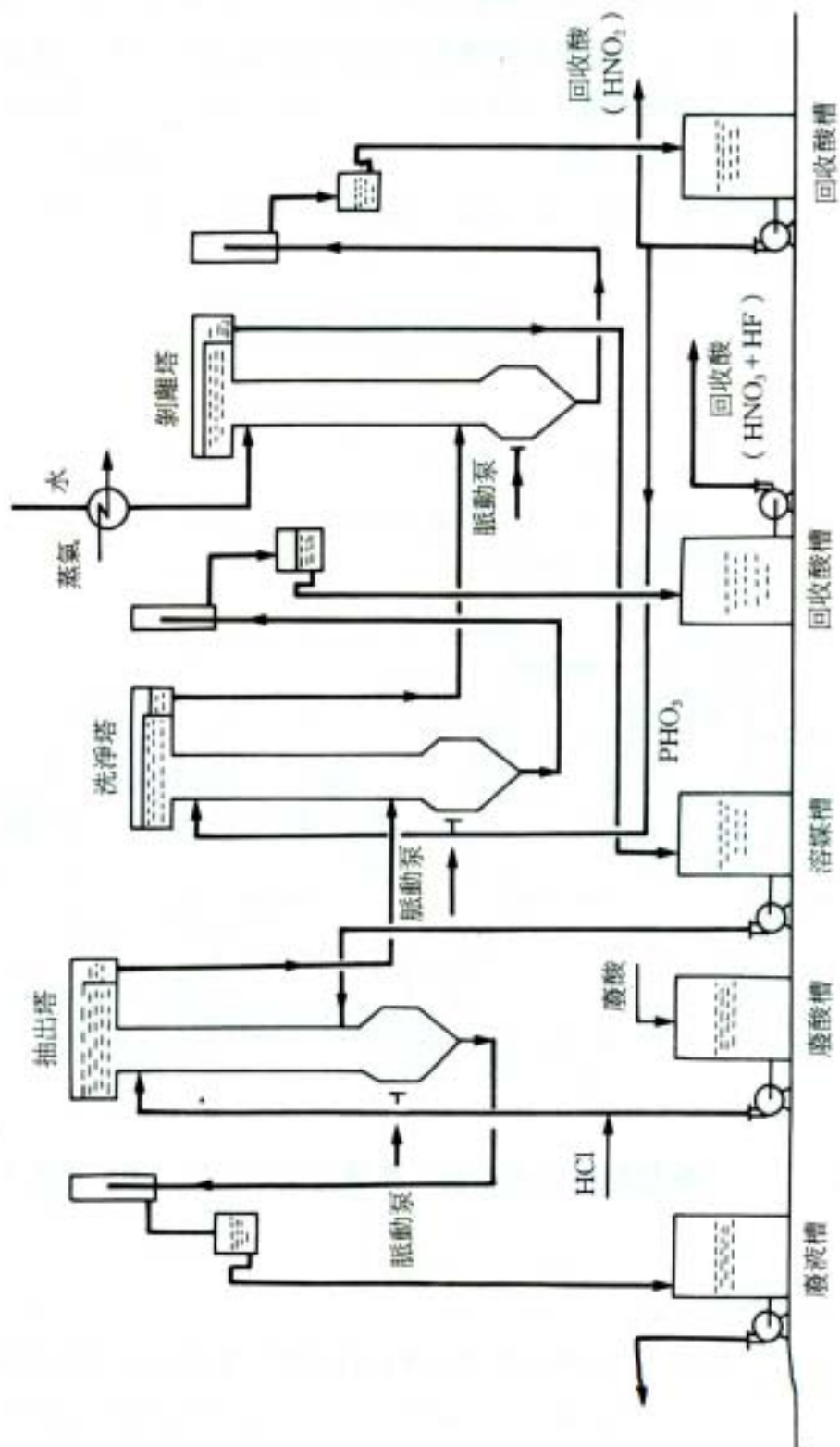


圖2.16 硝酸氟酸回收裝置流程圖 (N-D 方法)

二、濕式磷酸中氫氟酸處理回收

濕式磷酸製造工程中，酸分解時，原礦石中的氟化鈣發生 HF，再與礦石中矽反應生成 H_2SiF_6 ，其中得回收的只是一小部分。由這些含有稀薄的 H_2SiF_6 之磷酸液利用高分子胺溶媒萃取回收 H_2SiF_6 之研究已有報告¹⁷，回收的 H_2SiF_6 將來非常有希望用以製造鋁溶解用冰晶石(Na_3AlF_6)及太陽電池用高純度矽之原料。

【參考文獻】

1. 森本：特公 昭 48-20713
2. F.C. Price: Chem, Eng. 71 (Sept.14) 191 (1964).
3. D.E. Povle：Iron and Steel Eng.42 (4) 160 (1965).
4. O. Ruthner: U.S.P. 3,047, 182 (1962).
5. 武田：硫酸と工業 25(1) 16(1972)。
6. 三菱重工(株)カタログ。
7. Anon: Chem. Eng. 73(Aug.29) 32 (1966).
8. M. Hussien：Chem. Economy & Eng. Review 12 (5) No.138 28 (1980).
9. 徳山曹達(株)技術資料。
10. A.L. Van Veen et al: Twelfth International Galvanizing Conference Paris 17—23 May (1979).
11. 森本，藤谷：特公 昭 46-20888。
12. アルベルト・タレープレル：特公 昭 58-23473。
13. Y. Morimoto: U.S.P. 3,635,664 (1972).
14. J. Rydberg et al: Proceedings of the International Symposium on Hydrometallurgy, Chicago, 589 (1973).
15. 西村他：特公 昭 52-13794。
16. 藤助，森本地：特公 昭 56-15793。
17. Patricia A.T. et al: Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 21(4) 721 (1982).
18. 伊藤，遠藤他：鐵と鋼 62(8) 85(1976)。

廢磷酸

【目的】

使用磷酸或磷酸為主成分的礦酸，作化學研磨金屬表面所排放廢液中，除去溶解的金屬不純物，回收磷酸等有用成分。

【主要操作條件】

1. 操作原則是連續或分批操作。
2. 廢酸內磷酸濃度為 500~600g/l 程度者，較符合經濟。
3. 含有硫酸等強酸之混酸， $H_2SO_4 \leq 50g/l$ 以下，須使用消石灰使其分離成為不溶性鹽。
4. 接著再吸著除去溶解金屬離子。
5. 再生液減壓蒸發，使磷酸成 85 wt% 以上。
6. 吸著液之再生，可利用 H_2SO_4 、 HCl 等，最好是 HCl ，其濃度為約 10wt%。
7. 濃縮液在調製槽中補給不足成分後供再利用。

【特徵】

1. 磷酸之回收率為 96% 以上。

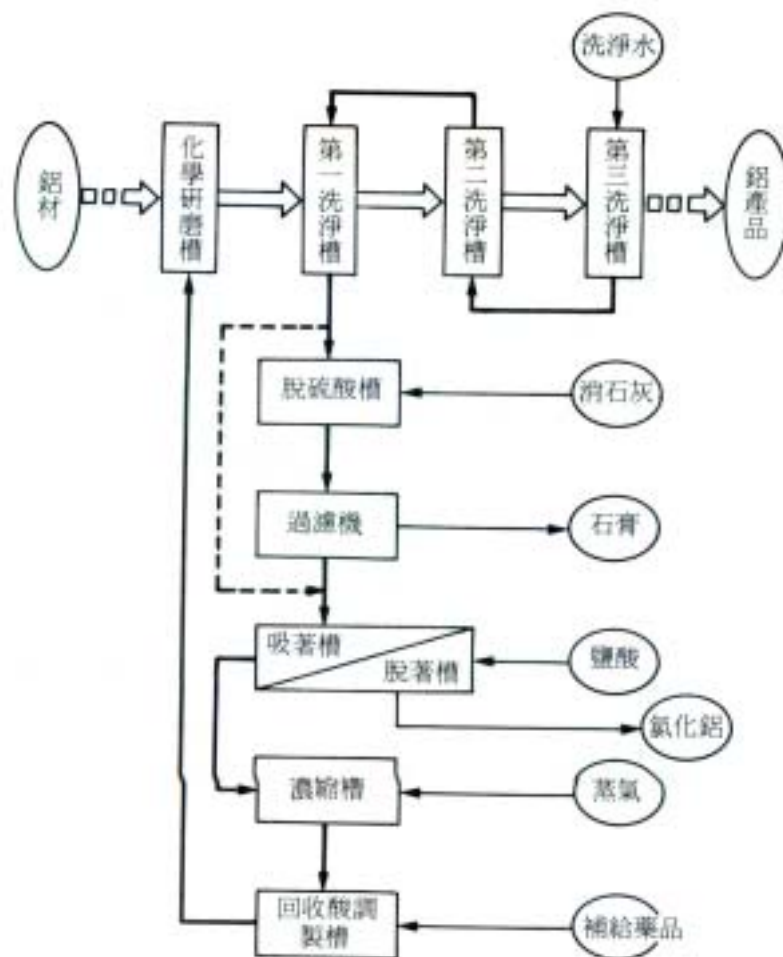


圖2.17 鋁化學研磨磷酸廢液回收流程圖

2. 設備單純，故障少，因容易完全自動化，故成本低，折舊快。
3. 吸著劑之補充約為每年充填量之 5~10%，故維持費低。
4. 污泥之發生可大幅度減低，故可節省污泥處理費用。
5. 綜合廢水中磷濃度，容易調整為規定值以下，故防止公害上很有效。
6. 用回收酸作表面處理之效果，比新調配之藥液為優。

醱酵液

醱酵廢液之肥料化與從廢樹皮製造堆肥(compost)(醱酵母液，醱酵廢水，廢樹皮)協和醱酵工業(股份)防府工場(山口縣防府市)

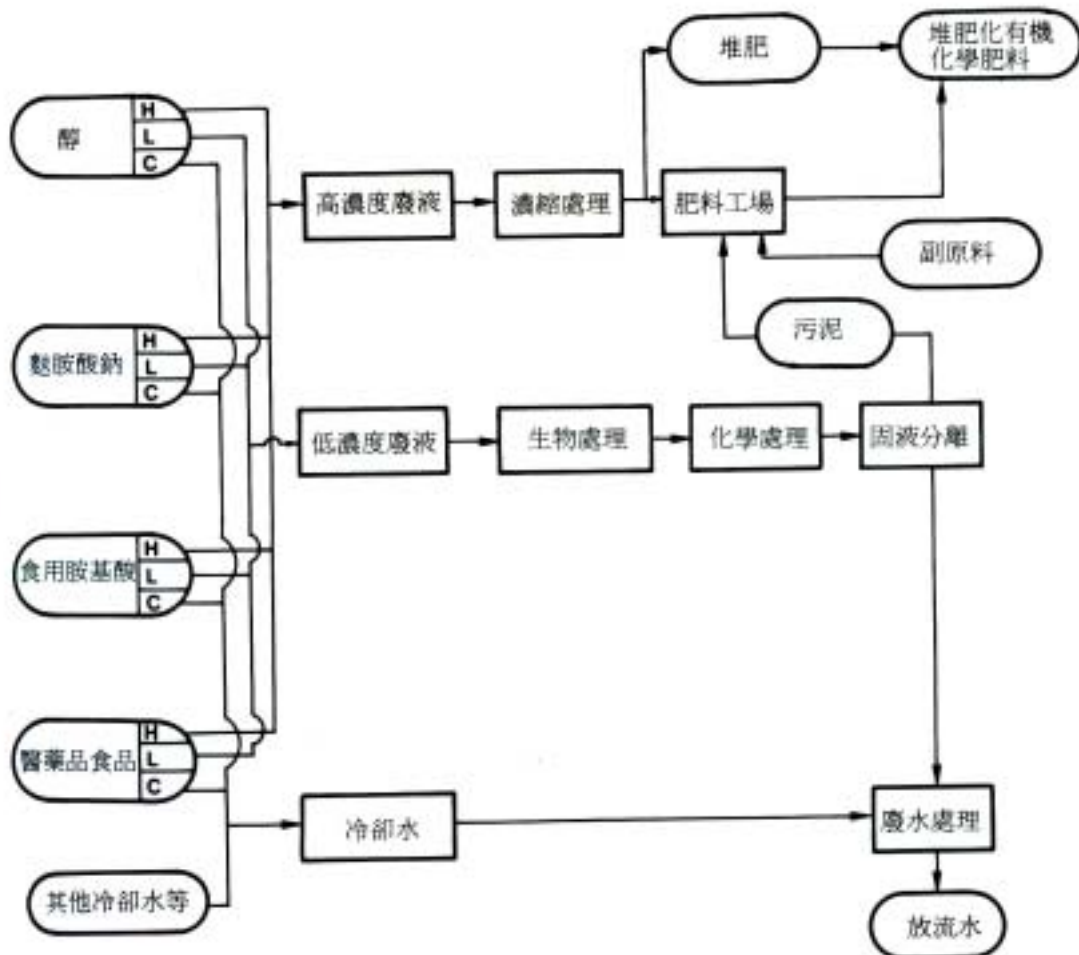


圖2.18 醱酵廢液之分級及其相對的處理程序

【操作順序】

1. 母液高濃度化與分開改善生產工程使高濃度的母液類與其他低濃度洗淨廢水，在發生源就分開處理。高濃度部分直接濃縮，低濃度部分用生物處理分解COD成分，以回收菌體與濃縮物合併做肥料化處理。
2. 濃縮：使用蒸發量 33J/h 之板式三效蒸發罐 6 部，20 小時運轉，重複 2 小時反覆洗淨以防止罐垢附著。洗淨時使用 HNO_3 、 NaOH 之藥液。
3. 酸處理：在固形物約 45% 之母液中加濃度 30% 之濃硫酸，在溫度 110°C ，處理 10 小時。如此母液之固形物即成為 60% 以上，可維持有機質含量在 50% 以上。
4. 成分調整與造粒：過剩之酸用 NH_3 中和，再視商品品種添加磷酸或鉀。此時水分由 30% 乾燥至約 10%。
5. 乾燥與排氣處理、造粒物用迴轉窯乾燥。為了回收排氣之熱能與減少氣體量，1 次、2 次冷卻排氣在利用於乾燥。

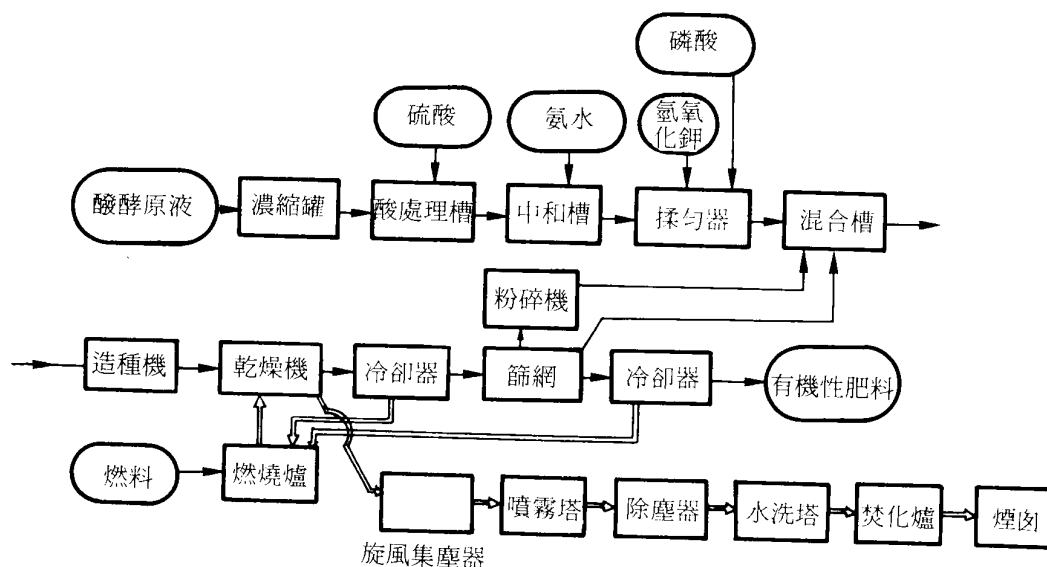


圖2.19 以醱酵母液為原料作成有機性肥料之製造流程圖

【原料與產品】

1. 酒精蒸餾廢液之組成與有機化合物肥料之品牌別、分析表見表 2.6～表 2.8。
2. 樹皮堆肥物

工廠周邊之木片工廠之廢樹皮用醱酵母液，有用微生物促進腐熟，在短期間內使之堆肥(Compost)化。

表 2.6 酒精蒸餾廢液之組成

固形物(%)	5.63	~	6.63
不溶性固形物(%)	0.11	~	0.48
Ph(%)	4.65	~	4.82
糖分(%)	1.87	~	2.02
固形物中之灰分(%)	24.18	~	30.32
固形物全氮量(%)	1.65	~	1.95
固形物氮-N(%)	0.01	~	0.04
固形物有機態-N(%)	1.40	~	1.92
固形物全-P ₂ O ₅ (%)	0.58	~	0.93
固形物 K ₂ O(%)	9.82	~	13.10
固形物水溶性 K ₂ O(%)	9.45	~	12.03
固形物 Cl(%)	3.89	~	6.08
固形物 CaO(%)	7.94	~	13.33
固形物 MgO(%)	4.13	~	6.87

表 2.7 有機化成肥料之產品

項目保證值(%以上)	T-N	O-N	T-P ₂ O ₅	T-K ₂ O	C-MgO
產品名					
組合有機化成 1 號	8.0	2.0	5.0	5.0	—
組合苦土有機化成 A801 號	8.0	2.0	8.0	8.0	3.0
組合有機化成 133 號	11.0	2.0	3.0	3.0	—
組合有機化成 A805 號	10.1	2.0	6.0	7.0	—
協和有機化成 25 號	7.0	2.0	10.0	8.0	3.0
組合有機化成 S468 號	14.0	1.0	6.0	8.0	—
組合有機化成 S202 號	12.0	1.0	—	12.0	—
組合有機化成 S060 號	10.0	2.0	6.0	10.0	—
苦土有機煙草化成 468 號	4.0	1.5	6.0	8.0	3.0
苦土有機煙草化成 538 號	5.0	1.5	3.0	8.0	3.0
組合有機化成 856 號	8.0	1.0	5.0	6.0	—
組合有機化成桑 045 號	10.0	1.5	4.0	5.0	—

表 2.8 有機化成肥料之分析例

分析項目	製品名	組合苦土有機 化成 A801 號	組合有機 化成 133 號
全氮量	(%)	8.78	11.21
氮-N	(%)	6.72	9.10
有機態-N	(%)	2.06	2.11
全-P ₂ O ₅	(%)	8.57	4.11
水溶性-P ₂ O ₅	(%)	6.73	3.32
全-K ₂ O	(%)	8.56	3.59
水溶性-MgO	(%)	3.57	-

【參考文獻】

財團法人，クリーン・ジャパン・センター 會報クリーン・ジャパン第24號（55.9）P21 ～29,協和醱酵工業（股）防府工場，環境管理室長，田中和夫。
本稿承協和醱酵（股），常務董事河盛好昭氏之協助。

廢鹼

廢鹼液

一、絲光紗廢液之處理回收

於棉布精練過程中，有用到 NaOH 溶液做浸漬處理使纖維產生光澤之過程，同時也產生大量廢鹼液。此廢液終因含幾個百分比的游離 NaOH，必須回收。

一般前處理，先將半纖維與其他固形物過濾分離後脫色處理再減壓濃縮。之所以要減壓處理係因不但熱效率好，且可避免高溫處理時回收鹼會有帶色之虞。大體上將回收 NaOH 濃度在 20% 左右加以利用。圖 2.20 是本法之一例。

鋁蝕刻廢液之處理回收

鋁製品為防蝕、裝飾等目的施行陽極氧化處理，其前處理用 NaOH 溶液脫脂，繼之為使其表面加工程粗糙之梨面，實施鹼蝕刻處理，由此工程排出溶有鋁的大量廢鹼液。

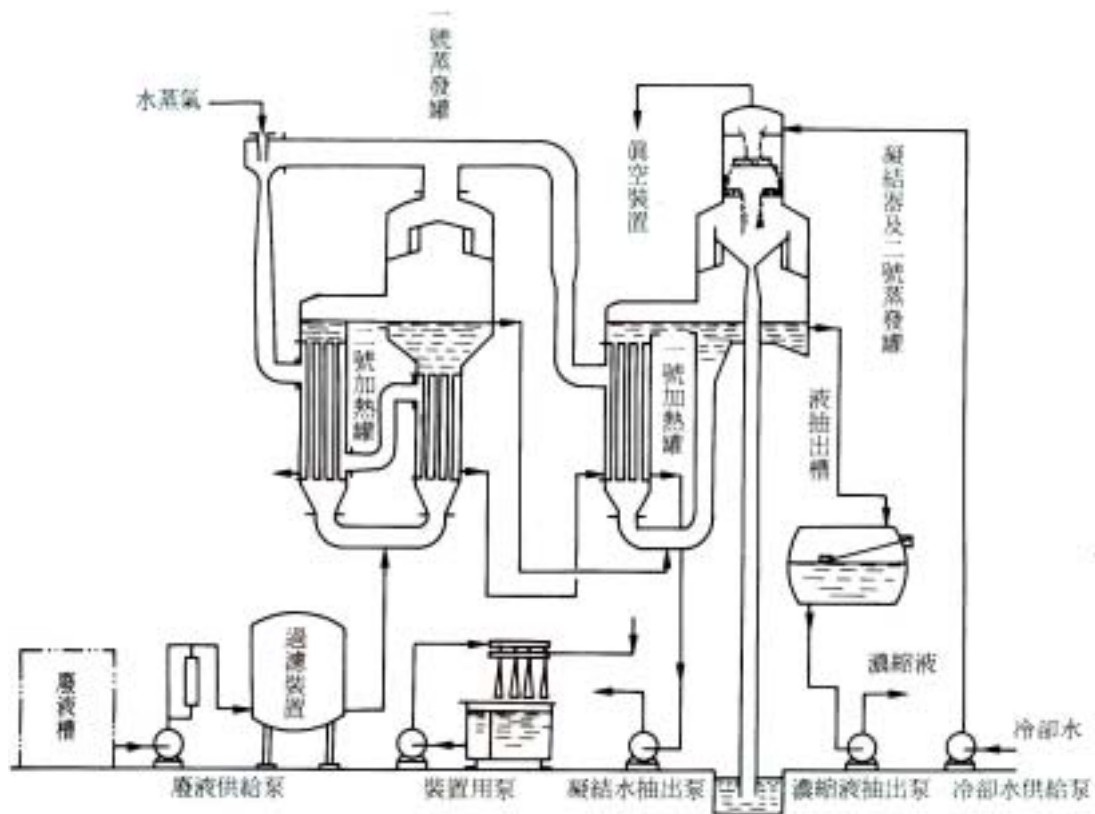


圖2.20 真空蒸發濃縮法廢液回收流程圖之一例

由鋁礬土(bauxite)製造 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 時，先將其溶於 NaOH 後，再如下式加水分

$$\text{NaAlO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{Al}(\text{OH})_3$$

解使其析出 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (gibbsite) 時即會游離出 NaOH ，所以利用此技術即可。問題乃是與 Al 之製造工程不同，蝕刻工程之鹼廢液中因含有螯合劑葡萄糖酸鹽 (glucose) 等添加劑，這些對 gibbsite 之晶析有影響，因此有各種方式之提案。舉其一例如下。

1.N-D 法回收裝置¹

本法是日鐵礦業(股)與大同化工(股)共同開發的工程技術，流程如圖 2.21。將鋁 $30 \sim 40\text{g/l}$ ，游離 NaOH $50 \sim 55\text{g/l}$ 為主成分的鹼液移入增稠器，除去 Mg 、 Fe 等不純物後，在加熱器加熱至一定溫度後導入反應罐。此時添加經特殊活性化之 gibbsite 晶種，實施約 10 數小時之晶析操作，則 NaAlO_2 產生加

水分解，使 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 析出及成長，而後把鹼液回收。回收鹼液中 NaOH 之濃度約為 $100 \sim 120\text{g/l}$ ，殘留鋁 $20 \sim 28\text{g/l}$ ，可再利用於蝕刻。

此方式尚有日本輕金屬法^{2,3}，住友化工法⁴，三菱化成法⁵等幾家工廠採用。

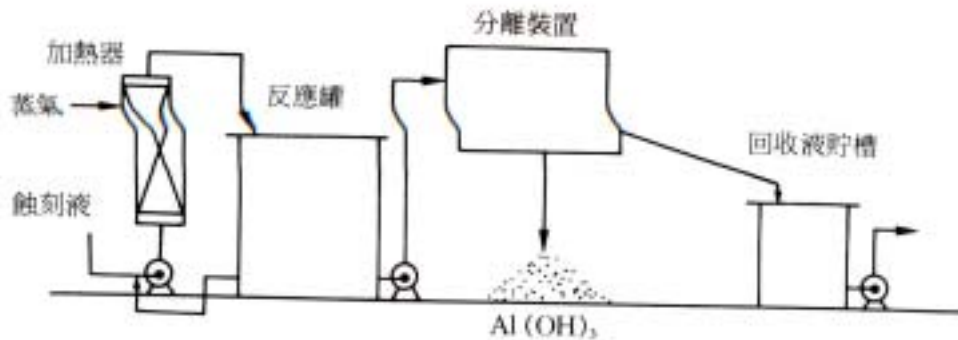


圖2.21 N.D 式蝕刻液回收裝置流程圖

2.沸石(zeolite)法

其他尚有在上述鋁酸鈉溶液中添加矽酸鈉水溶液，使結晶製造助洗劑組份 (Builder) 用之沸石⁶。

【參考文獻】

1. 三上、相馬：Al(6)102 (1974)。
2. 坂本他：特許公報，昭和 47-5742。
3. 高柳：實公，昭 49-41487。
4. 住友化工(股)技術資料。
5. 新保：特開，昭 48-70637。
6. 宮原及其他：特公，昭 59-6810。

第三章 廢塑膠、橡膠處理與資源化

廢塑膠

合成樹脂屑

合成樹脂屑主要來自事業廢棄物與都市垃圾。本文之再生原料對象為來自產業系統，尤其是農業用乙烯基塑膠膜(Vinyl film)最受注目。因此，將介紹朋來鐵工所之流程圖(圖 3.1)為實例來加以說明。

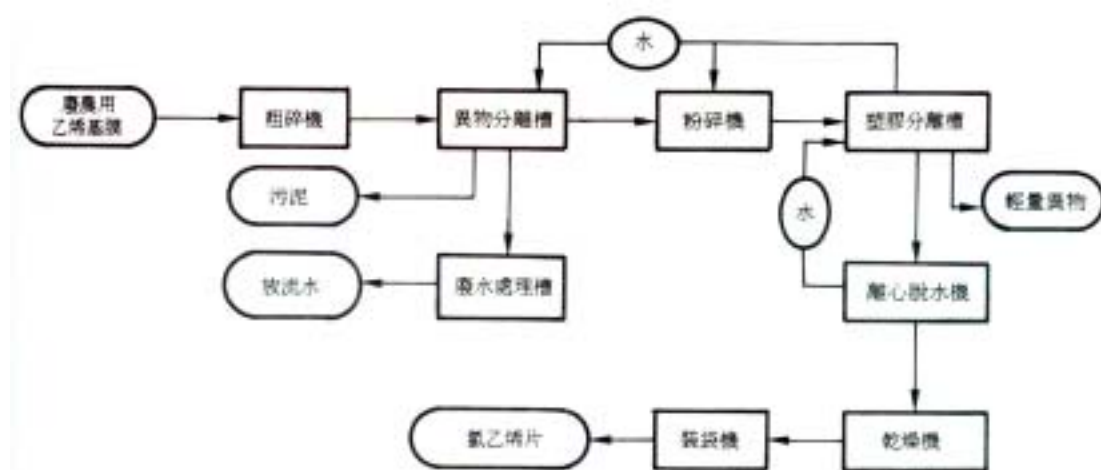


圖3.1 朋來鐵工所廢農用乙烯基膜處理裝置

【流程之特徵與其操作】

向來問題較多的粉碎工程，分成粗碎與粉碎二步驟。先以低速二軸回轉剪斷方式，把原料廢農業用乙烯基塑膠膜直接粗碎。本法因不需粗碎機之前處理過程，可省力化，少雜音。砂土、鐵屑等異物則由回轉刀間之空隙通過，故刀之壽命得以延長。

粗碎的廢農業用乙烯基塑膠膜入雜物分離槽，以水流與氣泡攪拌洗淨。洗淨的農業用乙烯基塑膠膜送入粉碎機。砂土等雜物沉澱於槽底，由螺旋排出於槽外。

粉碎機一般用衝擊式，一邊流水、一邊粉碎兼洗淨。細粉碎的膜片送入塑膠分離槽，把原料中混入的 PE 膜片(polyethylene film)或輕量異物以水做比重分離

。沉於槽底的氯乙烯片與水一起送入脫水機脫水，在管路中以加溫氣流乾燥移送，製品用裝袋機裝入軟性貨櫃出貨。

此流程會排出廢農業用乙烯基塑膠膜之 30~50 倍重量之泥水，故須設置排水處理槽，處理廢水，再利用以節省用水量。

【性能】

原料處理能力 250kg/h。製品為乾淨的 1cm 角形氯乙烯片，殘留水分在 3% 以下，聚乙烯(polyethylene)混入率在 0.5% 以下。

本製品之碎片利用於氯乙烯柏油地磚(Vinyl Asphalt tile)、化學鞋及人工皮革(塑膠皮)等。

1. 廢氯乙烯皮革(塑膠皮)

(由汽車座墊用氯化乙烯皮切屑，再資源化成 PVC 粒與棉狀短纖維)。

【主要操作條件】

1. 以三次之粗、細粒粉碎機與二段之旋風分離器分級，由原料中取得 PVC(附裡襯材料)。

2. 附裡襯材料的 PVC 細粉化經特殊裝置揉鬆後將裡襯布分離(離心櫛梳風力分離機)。

3. 以雙重旋風分離器將 PVC 粒與棉布分級。

【特徵】

1. 氯乙烯皮屑及氯乙烯泡棉等天花板材屑也可再資源化。(Fabric urethan chip)。

2. 由皮革之刮刨粉成功地製造出特殊紡織品之絨毛(pile)製品。

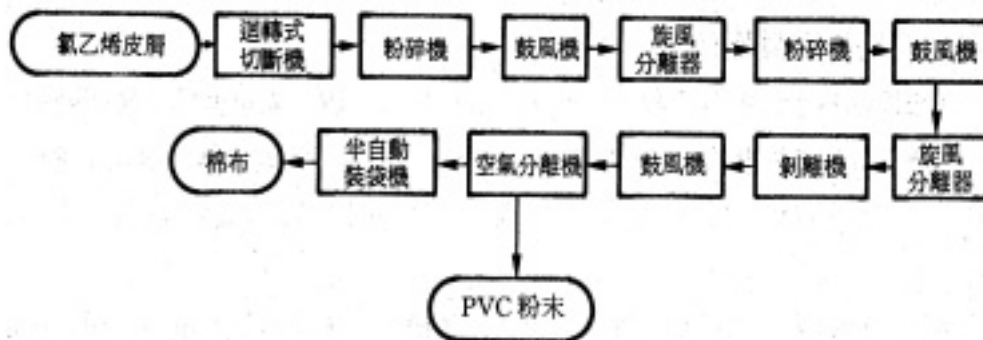


圖3.2 流程圖

2. 聚烯烴(polyolefins)廢棄物之熱分解油化。

【主要操作條件】

1. 裝入原料只限定量供給聚乙烯或聚丙烯等聚烯烴系塑膠。
2. 熱分解分二階段進行，各分解槽內投入預先加工處理的天然沸石觸媒，由攪拌翼攪拌。(圖 3.3)。
3. 各分解槽內之觸媒溫度，以外部熱源保持在 $430\sim 460^{\circ}\text{C}$ 。
4. 一次熱分解槽成為蒸氣狀的生成物，變成低分子後，導入二次分解槽。
5. 蒸氣狀生成物在通過二次分解槽的過程中被接觸分解。
6. 分解生成物由水冷卻到 20°C ，分離為瓦斯與油。

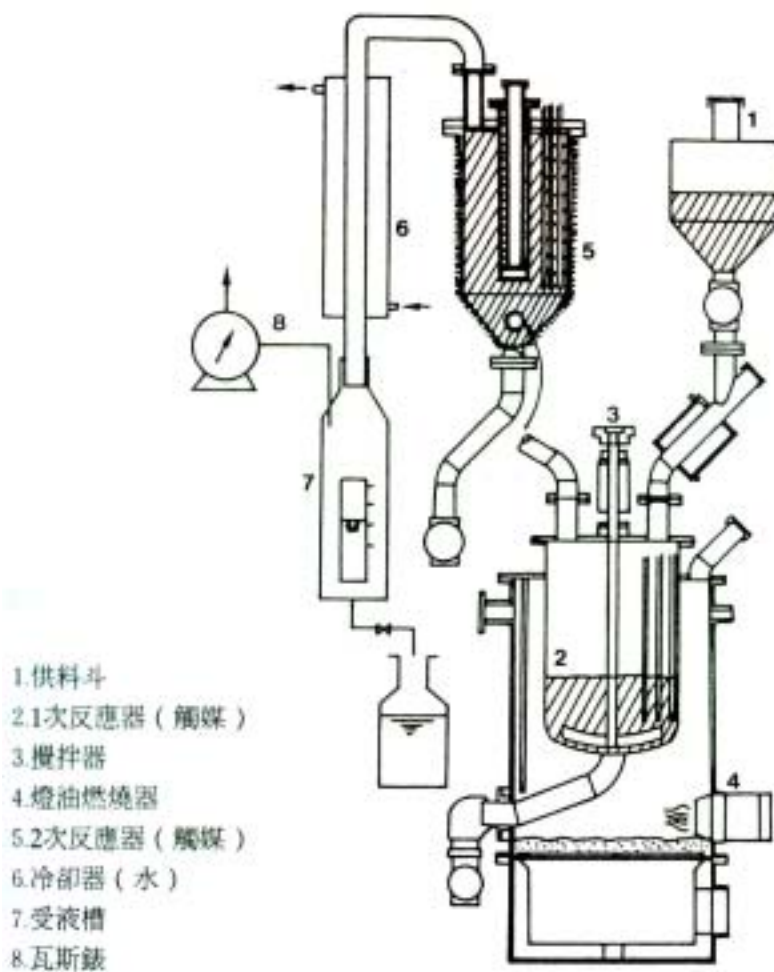


圖3.3 二段接觸分解法之油化裝置

【特徵】

1. 前述 2.，使用天然沸石熱解，比無觸媒之熱解處理量多達 3.3 倍。
2. 二次分解槽使用同樣的觸媒反復接觸分解時，生成低分子油，在常溫下可得液狀汽油與相當於中間餾分之燈油。
3. 接觸分解觸媒中含碳，分解槽內壁傳熱不良得以防止，配管阻塞現象亦消失。
4. 由聚烯烴廢棄物採取到高生成率、無公害燃料油(比重 0.767，總熱值 11,000kcal/kg，幾乎不含灰分及硫磺。)

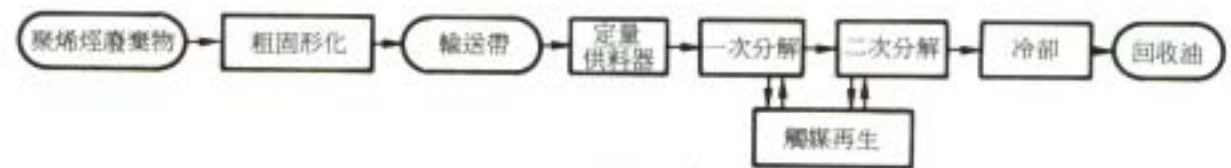


圖3.4 流程圖

【發明者】

通產省工業技術院北海道工業開發試驗所齊藤喜代志主任研究官。

【實施處】

(股)3S、山崎工廠。

【參考資料】

(社)塑膠處理促進協會、廢塑膠之處理，資源化之經濟性提昇有關研究報告書，昭和 60.3。

合成纖維碎屑

1. 聚酯(polyester)纖維碎屑→不織布

不織布是用 stitch bonding(縫合接著)式不織布 arakune 機(捷克)之改良裝置製造的。此機械是把纖維用梳毛機(card machine)作 sheet 狀者，用絲線做 stitch bonding 者。

特性而言有豐滿感，優良保溫性，觸感範圍廣，不生皺紋，厚薄自在，良好的輪廓，快速乾燥，有特殊之伸縮性等。

2. 尼龍片及成形用 nylon chip 之機械性質，參見表 3.1。

表 3.1 成形用尼龍片之機械性質

性 質		試驗法 (ASTM)	TN-200	TN-300	TN-500	TN-600	TN-500 -SG30	TN-720	TN-720 -SG30
拉 力	降伏強度 (kg/cm ²)	D 638	680	720	760	800	1,460	790	1,650
	斷裂強度 (kg/cm ²)	D 638	550	580	590	750	1,460	800	1,650
	斷裂強度(%)	D 638	180	200	220	250	6.0	120	3.0
彎 度	彎曲強度 (kg/cm ²)	D 790	1,100	1,150	1,190	1,350	2,100	1,200	2,300
	彈性係數 (kg/cm ²)	D 790	20,100	20,300	20,500	24,500	72,000	21,500	85,000
衝擊強度(kg · cm/cm)		D 256	5.0	5.7	6.0	7.2	9.5	3.1	5.4
Rockwell 硬度(R scale)		D 785	115	114	114	115	118	118	121
比重		D 792	1.13	1.13	1.14	1.14	1.36	1.14	1.37
成形收縮率 (cm/cm)		D 955	0.016	0.015	0.016	0.012	0.004	0.019	0.004
熱變形溫度(°C)		D 648	58	62	65	72	228	75	248
相對黏度		(JIS) K6810 · 硫酸	2.3	3.1	3.4	3.7			

(條件：絕乾)

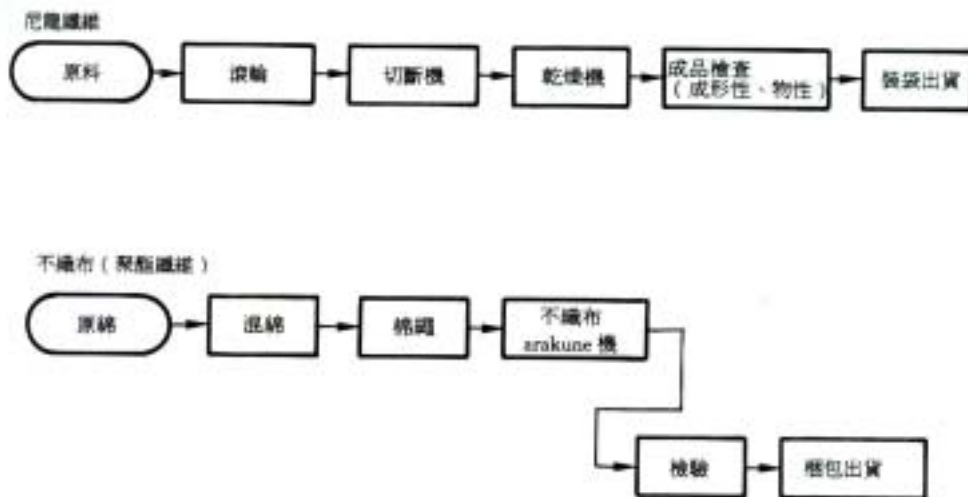


圖3.5 流程圖

橡膠屑

廢橡膠之焚化方法

【主要操作條件】

現在除了廢輪胎以外之橡膠屑尚無適當焚化爐可以焚化處理，特別是橡膠屑，不管處理量之多少，大部分為含氯橡膠原料。但在實驗階段有可能燃燒橡膠屑的操作條件如下：

1. 原料之投進：170 kg/hr
2. 低熱值：5,500 kcal/kg
3. 爐內溫度：900~1,000℃。
4. 空氣壓進量：1,970 Nm³/hr。
5. 空氣壓進溫度：230℃。
6. 焚化灰量：37 kg/hr。
7. 爐內積熱負荷：132,800 kcal/m³ hr。

【本實驗工廠之特徵】

本來橡膠之焚化處理被公認為是一件難事，其主要原因如下：

1. 燃燒氣體中產生氯氣系氣體，妨害空氣進入焚化物。
2. 橡膠屑之灰分多，一般焚化方法橡膠屑被殘灰隔住，妨害熱量之流入。
3. 有氯氣系氣體時，會腐蝕爐壁與洗煙裝置。

本實驗工廠係為克服上述原因而設計，並採用特殊爐材所成的連續爐。如因而製造實證爐時需妥善活用本實驗工廠的特徵，做長時間之運轉實驗加以實證才可。

汽車廢輪胎

一、廢輪胎再資源化

【冷熱法(冷凍破碎法)】

再資源化企業、關西環境開發(股)Tire recycle center(大阪市)工廠設計、施工、大阪瓦斯(股)、(股)神戶製鋼所。流程圖如圖 3.7。

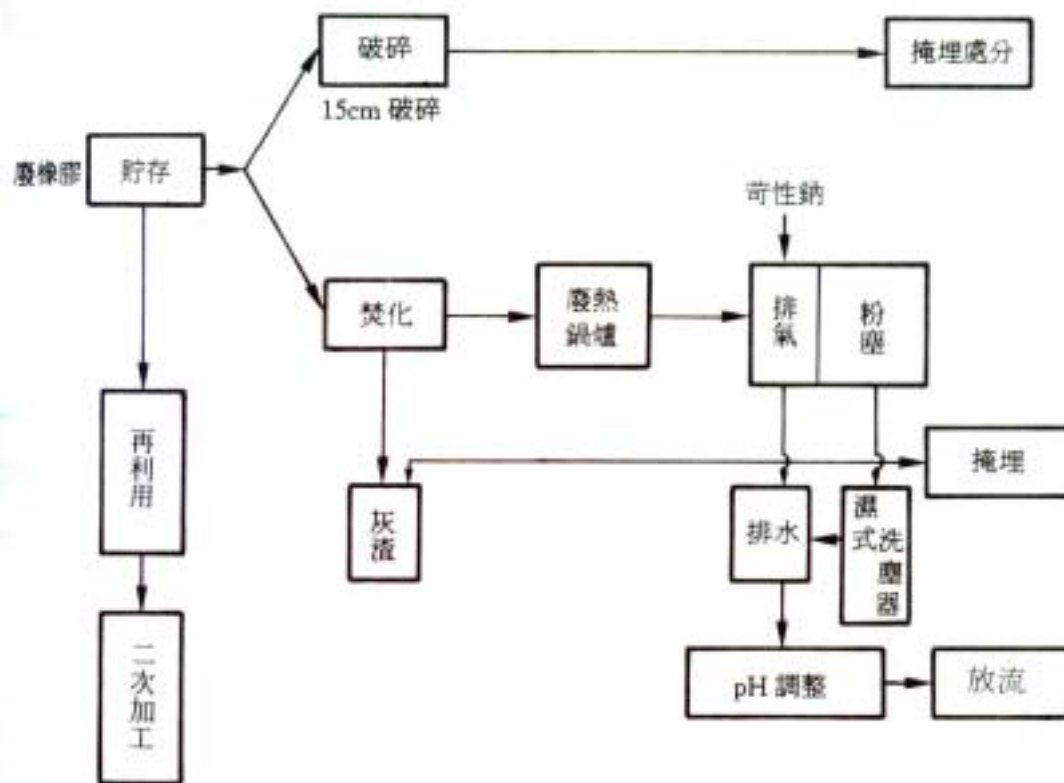


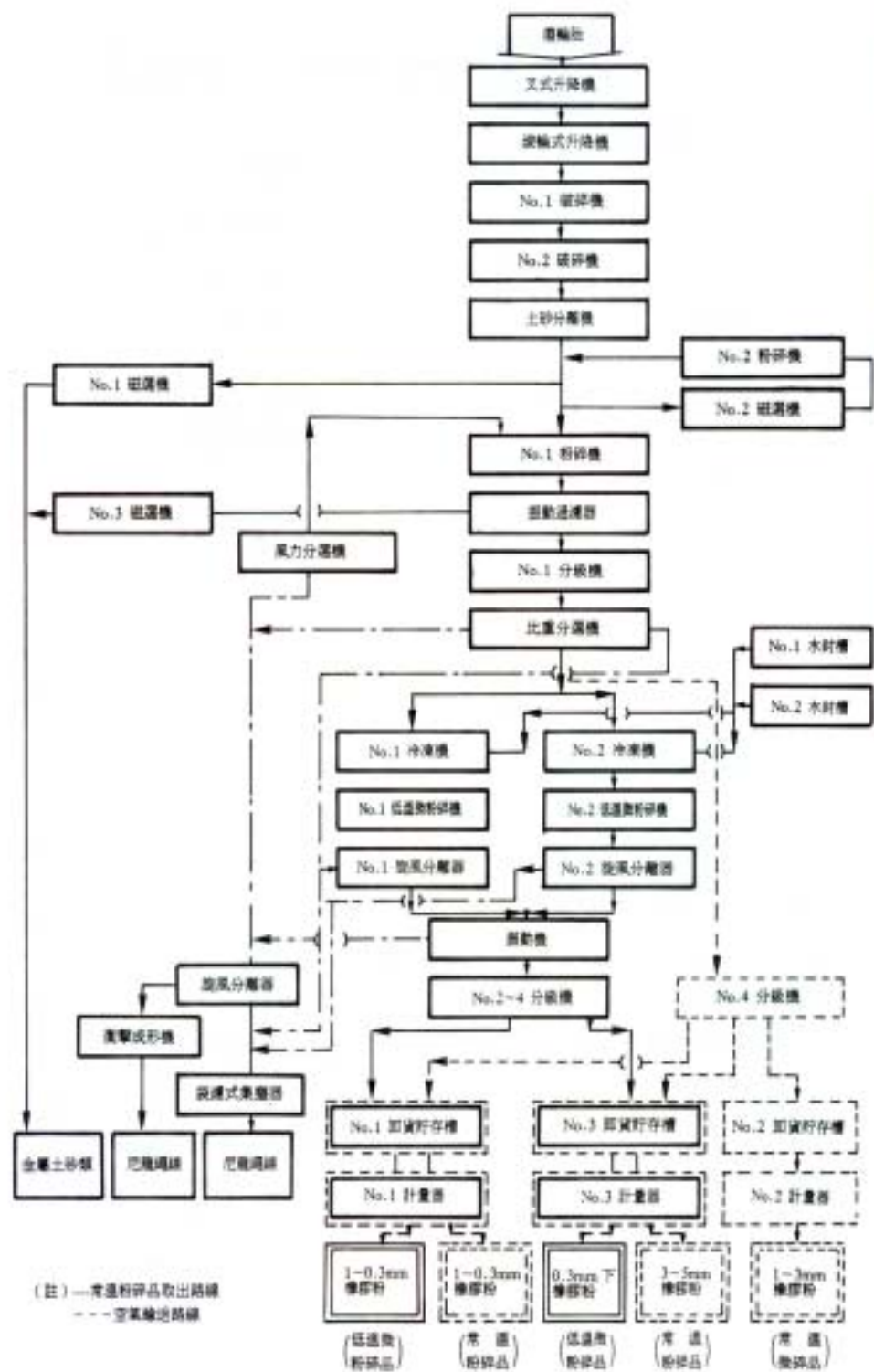
圖3.6 流程圖

【主要工程】

1. 常溫粉碎分三階段進行，原形廢輪胎經破碎及選別後分為三種橡膠(直徑未滿 1mm，1~3mm 及 3~5mm 之細粉)、wire(鋼絲索)及繩線(cord)。回收率(重量比)為橡膠粉末 65%，wire 8%，殘屑約 27%則廢棄之。

2. wire 之回收率高是因原料輪胎中鋼絲胎(steel tire)較多所致。廢輪胎中利用價值較高之卡車、公共汽車用斜紋輪胎，原來就使用於再生橡膠，再生輪胎。鋼絲胎(steel tire)因電費較高及破碎機之保養成本較高，故處理費高。

3. 低溫微粉碎之工程是能通過 50 篩目的篩子 70%的粉末(直徑 0.295mm 以下)佔全體之 70%為標準，如有必要可得更細的微粉。



【製品品質與原料成分】

製品品質原料成分參見表 3.2～表 3.3。

表 3.2 橡膠粉之製品品質

項 目	品 質
原料	廢輪胎（依種類別加予粉碎）
外觀	橡膠粉末
顏色	黑白粉末混合之黑
真比重	1.1（比重瓶法）
假比重	常溫品 0.31～0.50（依品質而異） 低溫品 0.31～0.35（依品質而異）
加熱減量	1%以下（100℃ 乾燥、1 時間）
繩線分量	微量 0.2～0.1%
鋼鐵分量	微量 0.00%以下（不會檢出）
異物（土、砂等）	微量 0.0%以下（不會檢出）
粒度分布	依圖 3.8 （日本橡膠協會標準規格，依橡膠粉之試驗方法）

表 3.3 廢輪胎原料成分比較

製品種類	R1	R3-S	T-R1
材質鑑別	NR+SBR	NR+SBR	NR+SBR
混合比(NR：SBR)	20：80	20：80	60：40
聚合物分量(%)	47.8	47.6	57.2
丙酮抽出分量(%)	18.9	19.4	11.9
灰 分(%)	2.9	3.1	4.1
水 分(%)	0.8	0.8	0.8
比 重	1.18	1.16	1.14

【實質收支】

參見圖 3.8。

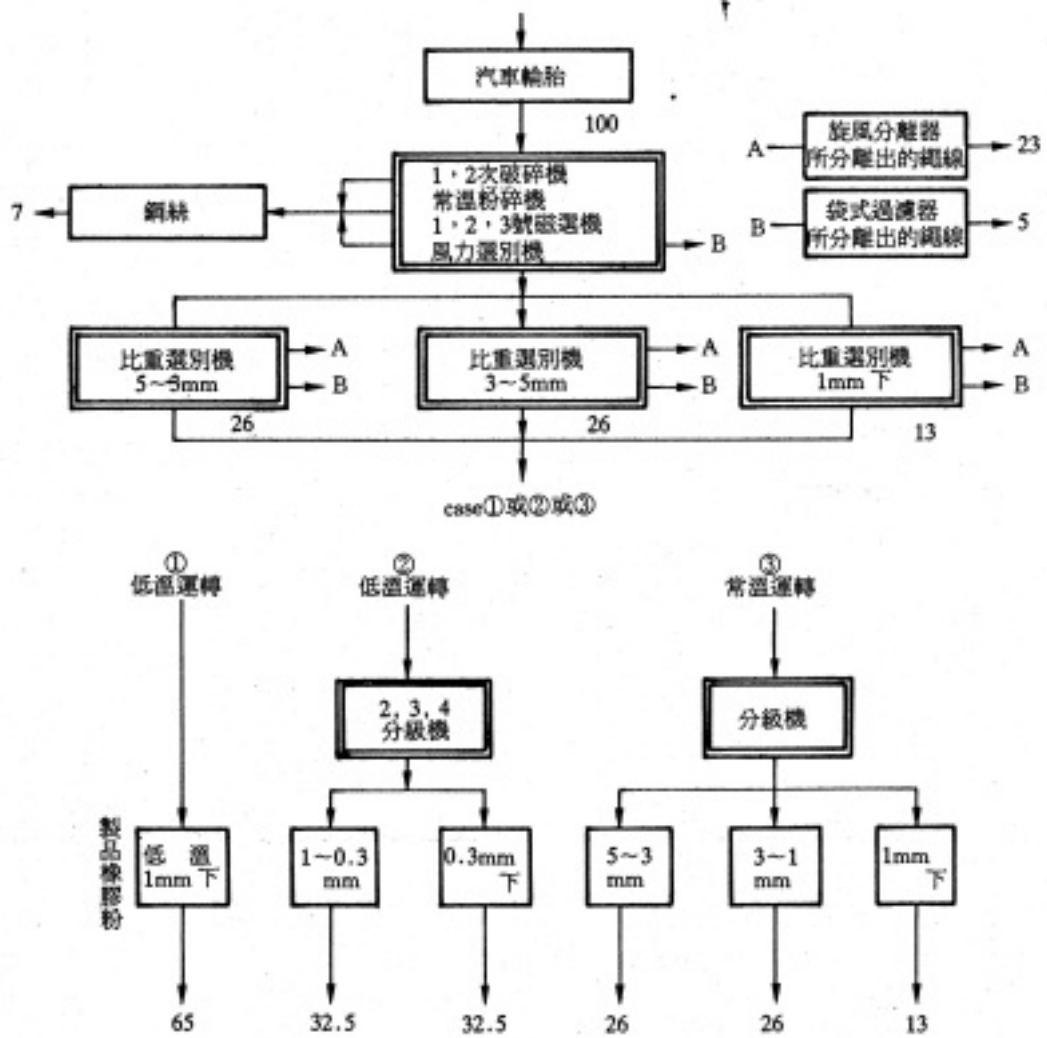


圖3.8 物質收支

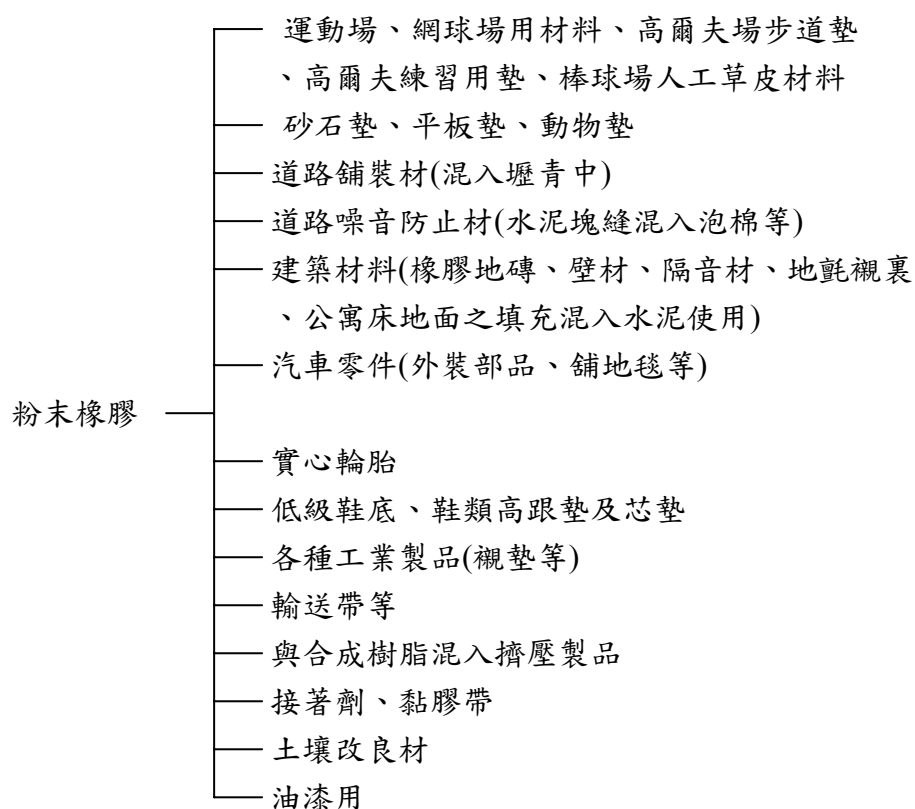
【廢輪胎之再利用】

表 3.4 廢輪胎再利用狀況概要

分類		處理方法	比率(%)	重量(噸)	備註
有效利用	已利用分量	再生橡膠用	37.0	176,000	再生輪胎
		更生輪胎用	12.0	57,000	
		輸出用(貨車用、草鞋襪用)	7.0	33,300	
		除霜用	3.0	14,300	
		林道擋土牆、治山材用地	5.0	23,800	
		小計	64.0	304,400	
	即發用將熱分開利量	水泥燒成窯代用重油	30.0	142,800	
		鍋爐等熱利用	5.0	23,800	
		小計	35.0	166,600	
	合計		99.0	471,000	
更生輪胎用分量		△ 12.0	△ 57,000		
差額合計		87.0	414,000		
廢棄	破碎焚化掩埋	13.0	62,000		
總合計(總發生量)			100.0	476,000	

參考資料：(汽車輪胎協會調查) 昭和 54 年 12 月。

【橡膠粉末之用途】



【參考文獻】

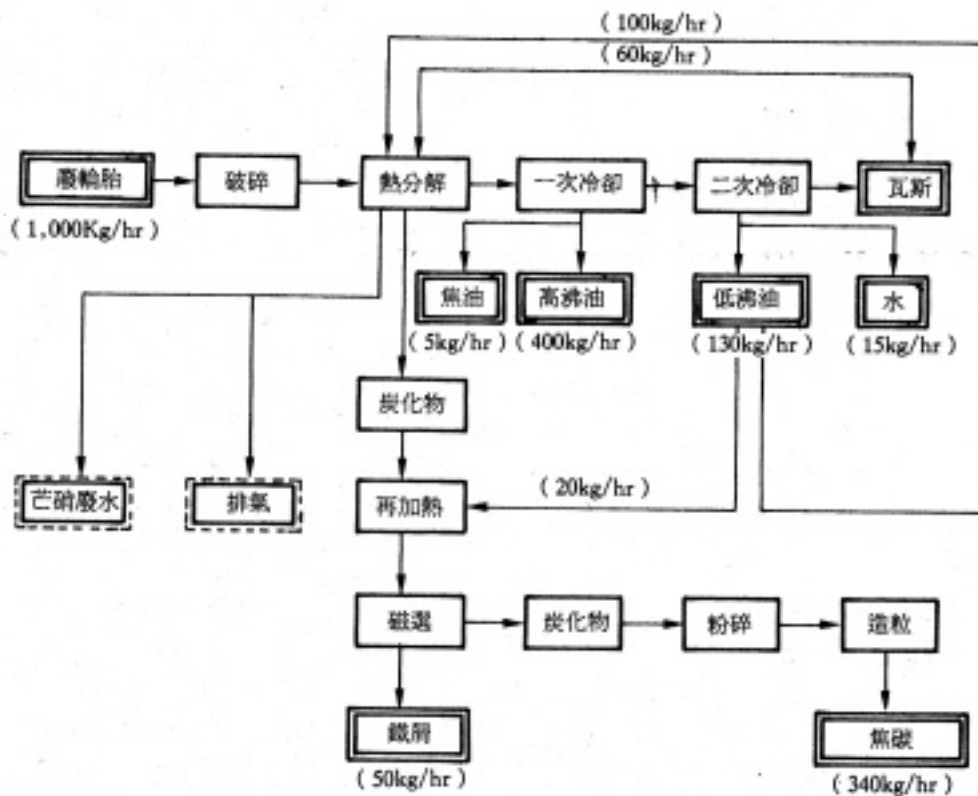
- 1.(財)クリーン・ジャパン・センター、技術普及書、廢棄物(廢タイヤ)の處理再資源化技術(昭和53年3月)。
 - 2.同上、廢タイヤ再資源化プラント實証テスト報告書(昭和56年5月)。
- ニ廢輪胎再資源化。

二、廢輪胎再資源化

【熱分解法】

再資源化企業，兵庫縣，資源再利用事業團，住友水泥(股)赤穂工廠，設備製造廠(股)神戶製鋼所。

流程圖表示於圖 3.9。



【主要操作條件】

1. 進貨廢輪胎在第一次破碎切成約 15cm，二次破碎時切成約 5cm 之塊片，連續供給迴轉窯(rotary kiln)。
2. 熱分解爐是外熱式迴轉窯，熱分解溫度設定為 600℃，發生瓦斯中不能成為油分之非凝縮性氣體，用作外部加熱。
3. 發生瓦斯經由一次、二次冷卻分離油分。炭化物由迴轉窯後部之冷卻裝置冷卻後取出。
4. 前項之碳黑在冷卻時，會吸著少量油分，品質產生問題，因而須再用外熱式 rotary kiln 加熱後除去油分。
5. 炭化物中含有鋼繩(steel cord)或輪胎鋼絲(bead wire)之鐵，須用磁選除去。碳黑經粉碎、造粒後，成為粒狀碳黑製品。

【製品收率與品質】

1. 熱分解溫度與生成物之比率(圖 3.10)。

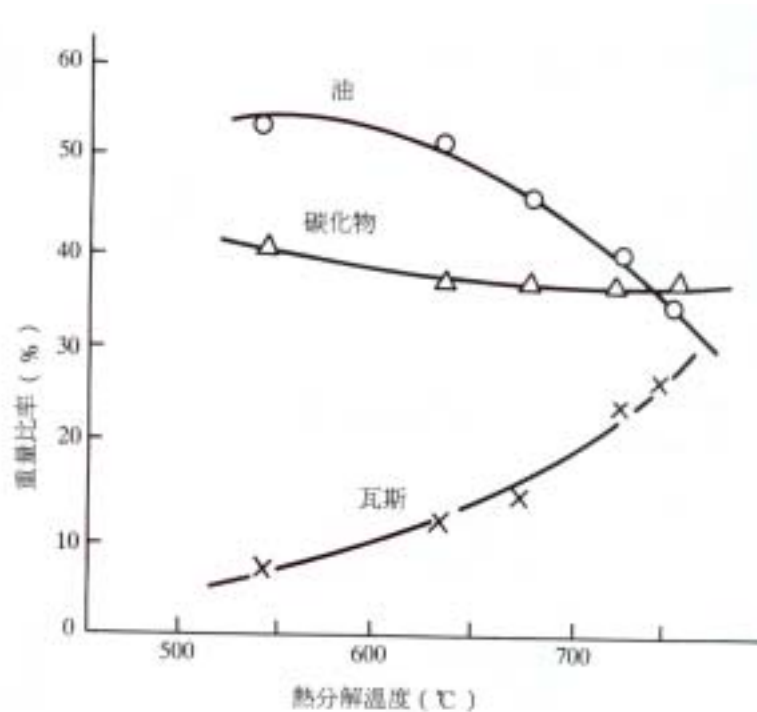


圖3.10 熱分解溫度與生成物之比率
(在試驗工場試驗結果)

2. 碳黑性質及橡膠配合物性(表 3.5)。

3. 製品油之性質例(例)(表 3.6)。

4. 氣體

氣體含有氫、甲烷(methane)等烴類，具有 10,000 kcal/Nm³ 以上之高發熱量，使用於焚化爐之加熱用燃料。

【參考文獻】

(股)Clean Japan Center，技術普及書、廢棄物(廢輪胎)之處理，再資源化技術(昭和 53 年 3 月)。

表 3.5 碳黑之性質及橡膠配方物性

測定項目	碳 黑		
	炭化物	GPF	HAF
加熱減量 (%)	0.5	—	—
碘吸著量 (mg/g)	157	30	94
DBP 吸油量 (ml/100g)	95	83	167
揮發成分 (%)	2.0	2.0>	2.07>
苯著色透過度 (%)	90.1	76.7	97.2
pH	8.9	6.3	7.3
灰 分 (%)	8.6	0.1	0.2
慕尼粘度 ML 100°C 1+4	68	66	71
拉力強度(kg/cm ²) 140°C			
15'	275	184	288
20'	280	188	289
30'	280	193	288
40'	264	191	287
伸長度(%) 15'	640	920	600
20'	590	740	540
30'	500	560	450
40'	440	490	400
300%Modulus (kg/cm ²)15'	88	57	122
20'	103	73	138
30'	129	104	179
40'	150	117	203
硬度(JISA) 15'	64	61	67
20'	65	62	68
30'	66	62	69
40'	67	64	69
引裂強度(kg/cm) 15'	42	53	49
20'	42	50	—
30'	35	45	38
40'	35	40	40

* 橡膠配方

SBR	1502	100 分	促進劑	DM	2 分
氧化亞鉛		5 分	促進劑	TT	0.1 分
硬脂酸		2 分	碳 黑		45 分
硫黃		2.2 分			

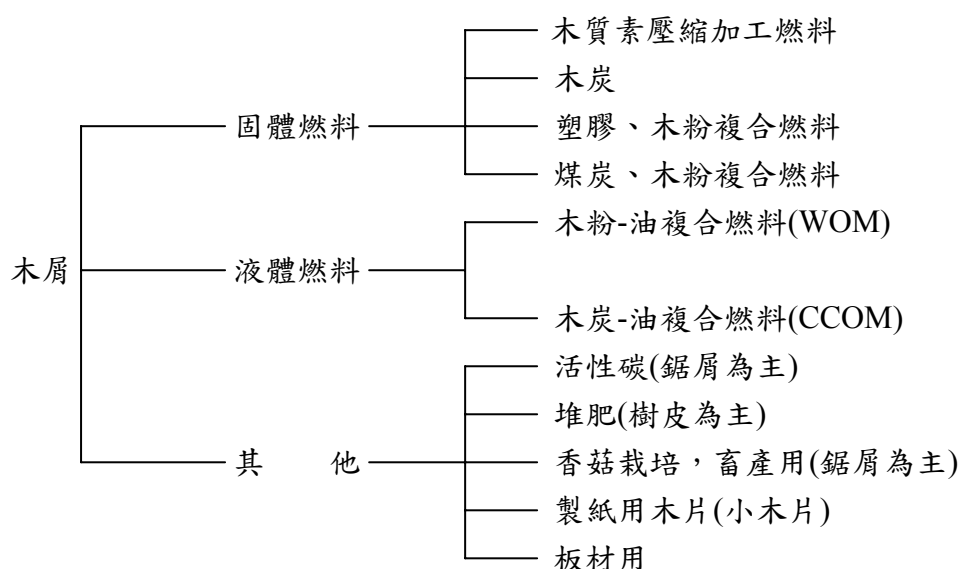
表 3.6 油之性質(例)

項 目	低 沸 油	高 沸 油
比 重 15/4°C	0.8528	0.9856
反 應	鹼性	中性
引 火 點 (°C)	常溫引火	53.0
粘 度 (Redwood 秒)	27.6	53.3
動 粘 度 (50°C, set)	0.730	10.04
流 動 度 (°C)	-40 以下	-30
殘 留 度 (重量%)	0.53	4.1
灰 分 (重量%)	0.01 以下	0.01
硫 黃 (重量%)	1.01	1.65
水 分 (容量%)	0.1 以下	0.1 以下
銅板腐蝕 (100°C、3 小時)	1(1b)	1(1b)
發 熱 量(高位) (kcal/g)	10.490	10.160

第四章 動植物性廢棄物處理與資源化

木屑(樹皮、鋸屑、木片等)

【主要用途】



一、木質系壓縮加工燃料方法

【方法】

- | | |
|----------|---------------|
| 1. 生產規模 | 100T/day |
| 2. 運轉時間 | 24h/day |
| 3. 使用動力 | 400kw/h |
| 4. 必要人員 | 4 人×3 班 |
| 5. 廢材含水率 | 60%(dry base) |

【壓縮加工燃料之性質】

- | | |
|--------|--------------------|
| 1. 比重 | 0.9~1.3 |
| 2. 發熱量 | 4,500~5,000kcal/kg |
| 3. 含水量 | 10%前後 |
| 4. 形狀 | 6mm 厚 6~20mm 長 |

【特徵】

1. 鋸屑、樹皮、大片等只要是木質素原料全部都能使用。
2. 與 Ogalight 有異，生產規模較大。
3. 製品含水率比較一定，發熱量較為安定。

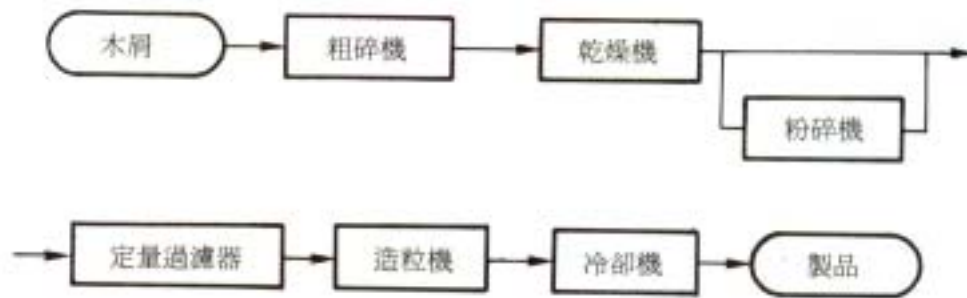


圖4.1 壓縮加工燃料生產程序

二、活性碳製造方法

【方法】

- | | |
|------------|------------|
| 1. 生產規模 | 200ton/m |
| 2. 炭化時間 | 3~4d/batch |
| 3. 炭化溫度 | 280~300℃ |
| 4. 活性碳再生溫度 | 約 800℃ |

【特徵】

1. 因用低溫長時間炭化故鋸屑之中心部亦炭化的很平均，可得良質製品。
2. 平窯式炭化爐雖設備費低廉但必須充分實施粉塵對策。
3. 製品之生成率高。

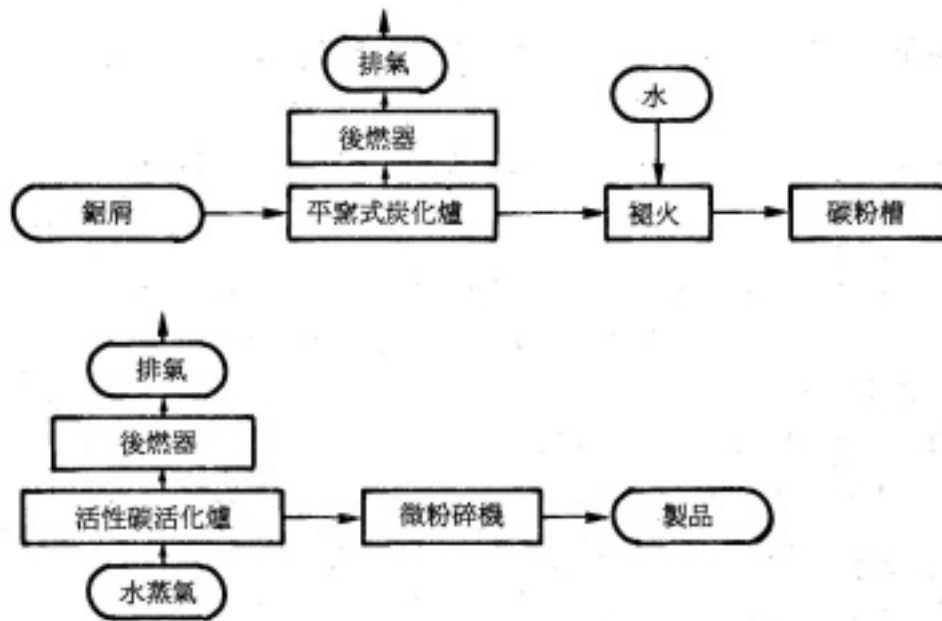


圖4.2 活性碳生產程序

動植物性殘渣

一、園藝剩餘

【主要操作條件】桿葉、垃圾及其他之堆肥製造方法。

1. 半濕式選擇破碎分別：在前段破碎為 10~30mm 之粒度，分離鐵及塑膠等異物，在後段再將堆肥切碎為 2~5mm 之粒度（見圖 4.3）。

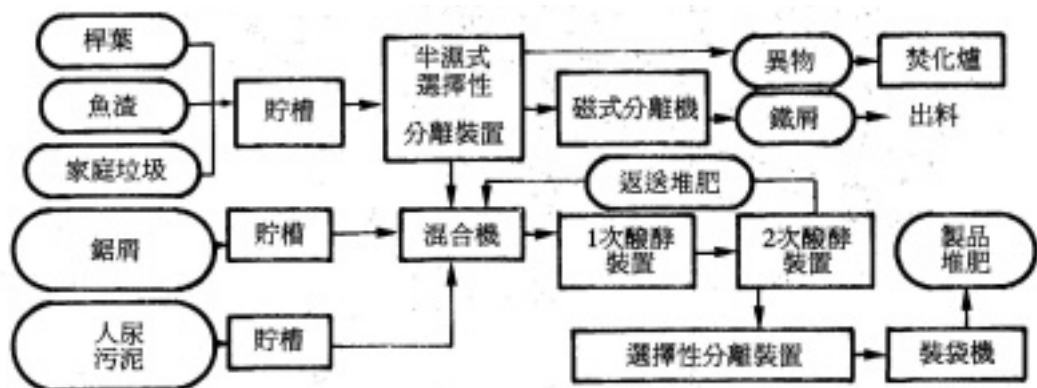


圖4.3 流程圖

2. 一次醱酵(主醱酵)：用漿板(paddle)式反覆裝置保持好氣性，醱酵 10~20 天，品溫昇至 65℃。
3. 二次醱酵(後醱酵)：兼做製品貯藏，堆積 20 天以上，下部通氣。

【特徵】

1. 在農村排出來之垃圾、屎尿等合併做堆肥。
2. 垃圾中之電池等有害物、金屬、塑膠等不適合堆肥化的物質，依半濕式破碎選別而分離除去。
3. 破碎細分成為 C/N 比低於 20 之良質堆肥。
4. 全工程自動化、省力化後，二次公害之發生亦少，並回收鐵屑及塑膠。

【主要企業】

KK 荏原製作所(高知縣芸西村作業)。

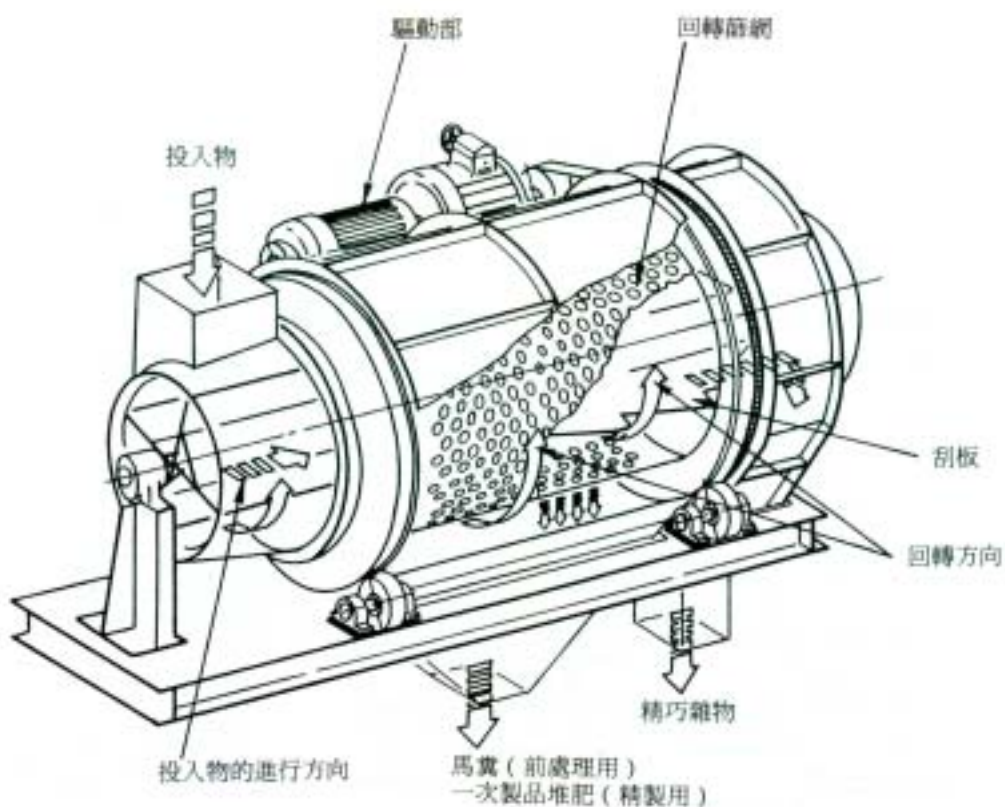


圖4.4 半濕式破碎分別裝置

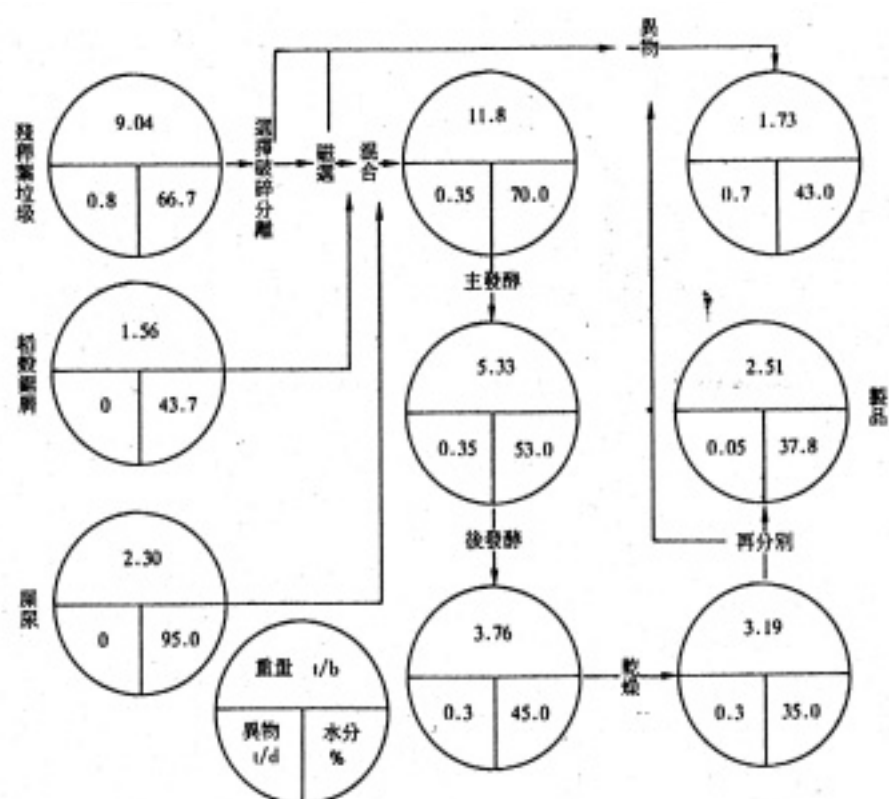


圖4.5 芸西村廠之物質收支

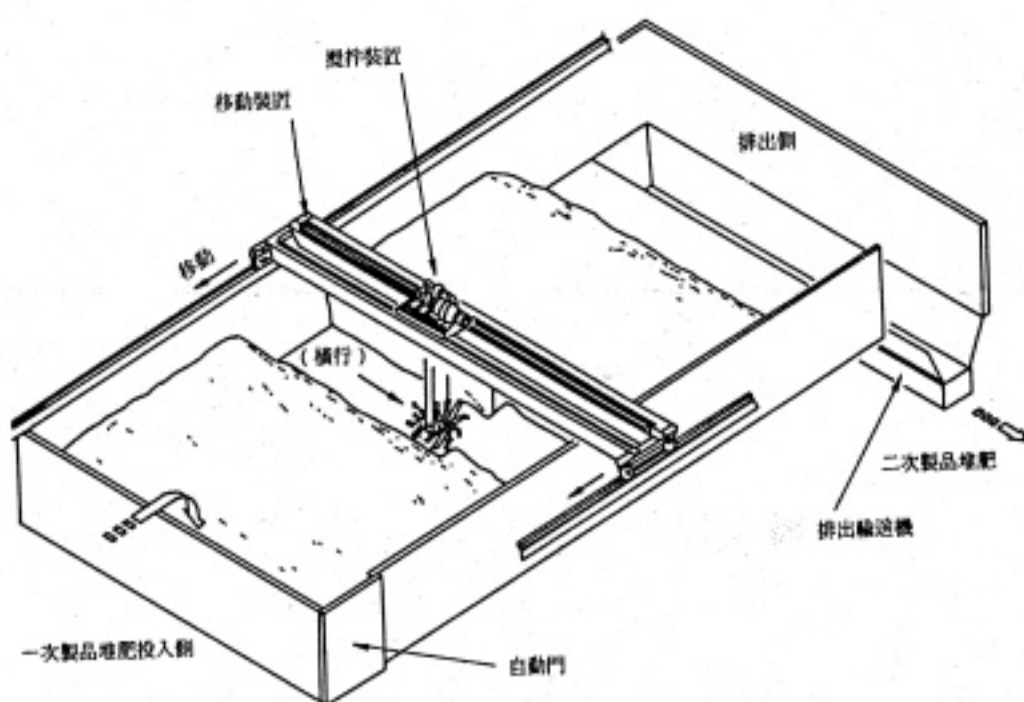


圖4.6 堆肥醱酵裝置(槳板型)

二、稻穀之膨脹軟化處理裝置

【主要操作條件】

1. 裝入原料：10～800kg/時，連續送入。
2. 調整稻穀殼之水分為約 30%。
3. 膨軟化：內部溫度 150～180℃、內部壓力 5～10kg/cm²。

【特徵】

1. 將具撥水性又硬且空隙率高的稻穀殼加予改質。
2. 用高溫、高壓處理故有殺菌作用，得把異種種子、害蟲卵等全部滅殺。
3. 操作簡單且完全採自動操作。
4. 稻穀殼之用途：粗飼料、吸著劑、培養基材、畜舍用鋪料、堆肥原料、水分調整材、育苗床土、土壤改良材等等。
5. 比生稻穀殼，其吸水性約高 10 倍。

【主要企業】

鶴見蘇打 k.k.。

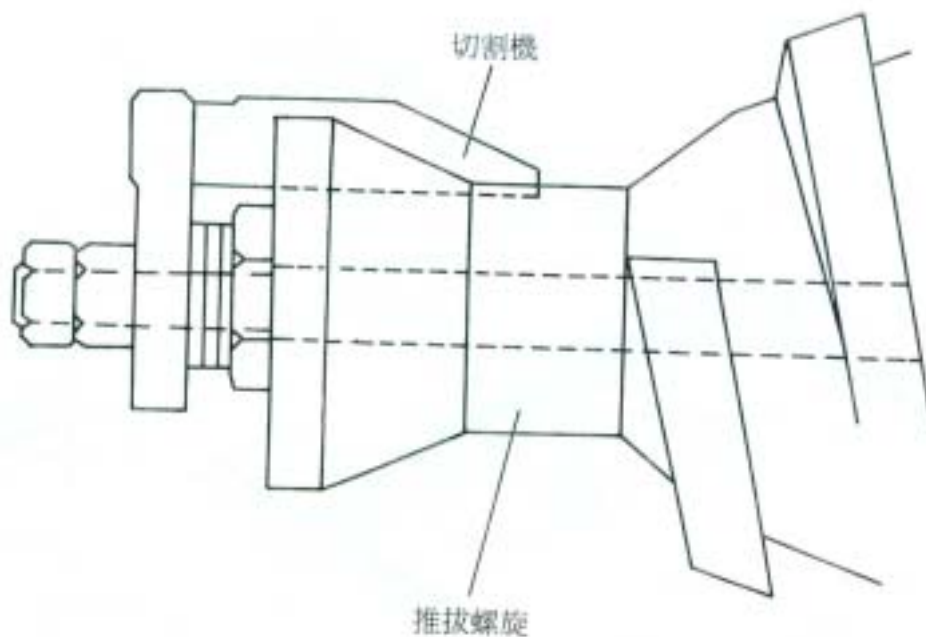


圖4.7 推拔螺旋切割部的擴大圖

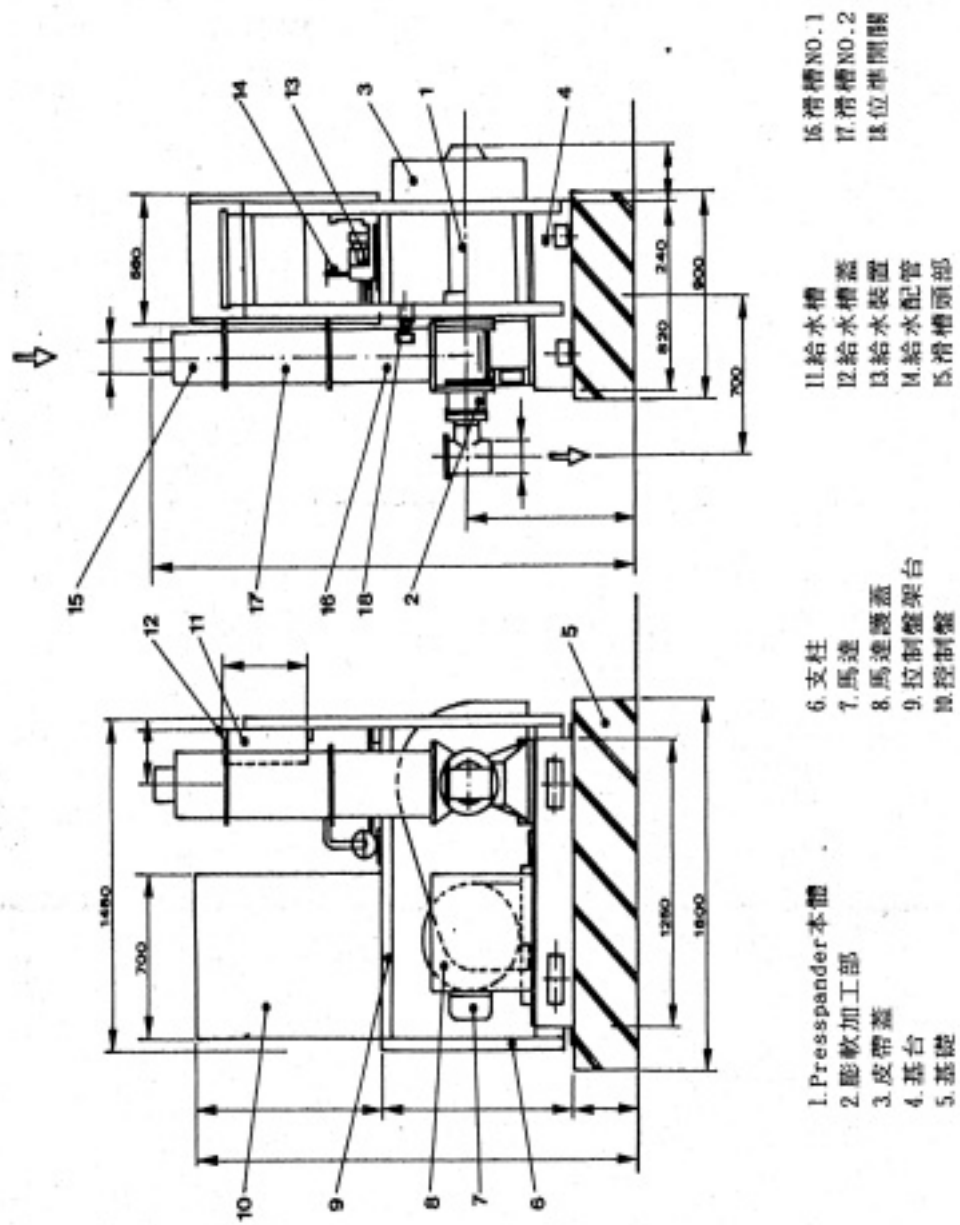


圖 4.8 稻殼之膨脹之軟化裝置構造圖

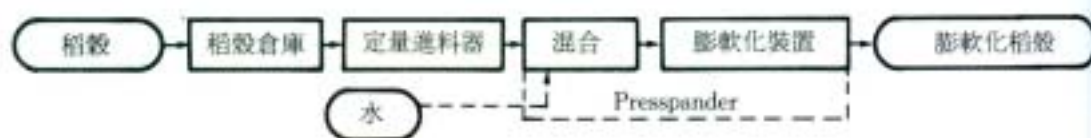


圖4.9 流程圖

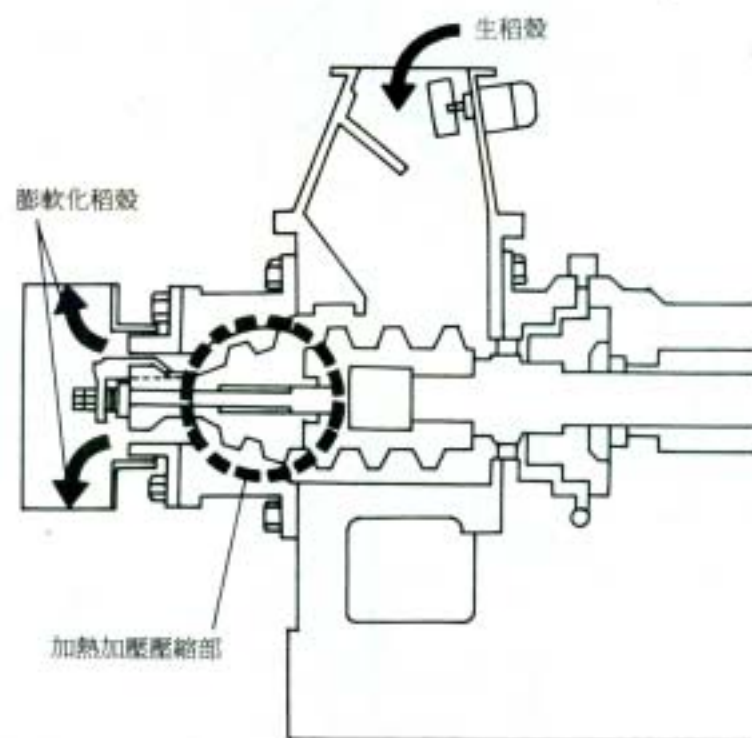


圖4.10 Presspander 構造圖

三、由啤酒花(hop)粕醱酵製造堆肥

【主要操作條件】

- 1.原料：水分 82%左右之啤酒花粕，盡可能分離為低水份。
1~10 噸/醱酵槽、日夜連續。
- 2.接種菌種：成為含各種土壤微生物之混和培養物。
- 3.發酵：通氣、攪拌以保持好氣性條件。 50~70℃、8~10 天滯留醱酵。

【特徵】

- 1.啤酒花粕之加工、利用方法有做為飼料、隔熱材、迫緊材等均在試驗中，但做成醱酵肥料最為穩定且可以確保需求。
- 2.具有經濟性。
- 3.醱酵良好。
- 4.製品成分為氮 4.6%、磷酸 1.4%、鉀 0.1%、有機質 92.9%、pH7.8、C/N 比低於 10 之優良肥料、可做為綠化、草坪、園藝用之土壤改良劑。

【主要企業】

札幌啤酒 K.K.



圖4.11 流程圖

四、豆腐粕(渣)之高效率脫水利用方法

【主要操作條件】

- 1.原料：高野豆腐或大量生產工廠產出之豆腐粕(渣)1~5ton/時，連續處理。
- 2.有機酸醱酵：將糖濃度較高知濃厚廢液醱酵至 pH3.2~3.5(主要是生成醋酸)。
- 3.脫水：利用連續真空脫水機將含水分 85%左右之豆腐粕(渣)脫水至只含水分 70%左右。
- 4.混和凝集：混合有機酸醱酵液與豆腐粕(渣)使蛋白質產生酸性凝集。

【特徵】

1. 因酸性凝集，脫水容易且徹底。
2. 脫水粕(渣)因酸性不易腐敗，可提高貯存性。
3. 比原來豆腐粕(渣)水分低，而蛋白質、脂肪、糖質約為原來之 2 倍(分別為 5.4%、2.7%、14%)。
4. 脫水粕(渣)做為飼料頗受歡迎，可保存約 60 天之久。

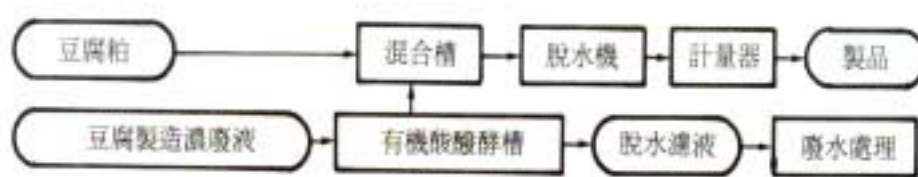


圖4.12 流程圖

【主要企業】

旭松凍豆腐 K.K.(長野縣飯田市)。

五、氨基酸粕(渣)之肥料化、燃料化方法

【主要操作條件】

1. 裝入原料：0.5～3ton/day。
2. 運轉：白天 8 小時連續。
3. 脫水：水份自 55%，真空乾燥至 10%。
4. 燃燒：內溫度保持 800～1,000℃、排煙洗淨。

【特徵】

1. 將為其處理而感到困惑的氨基酸粕(渣)，全量有效利用。
2. 製品成分為氮 4.12%、磷酸 0.26%、鉀 0.12%、石灰 0.01%、苦土 0.01%、腐植酸 41.0%、pH6.3 之顆粒狀特殊肥料，可用於旱田。
3. 可用於燃料，有 4,500kcal/kg 之熱值。
4. 按發生量及需要量得以涵蓋肥料化及燃料化二種，可節省工廠鍋爐燃料。
5. 惡臭、廢水等二次公害對策也容易施行。

【主要企業】

KK 大津屋(下關市)。



圖4.13 流程圖

六、由魚腸魚骨製成飼料之方法

【主要操作條件】

1. 裝入原料：0.5~20 噸/批次，大規模設備則是連續作業。
2. 運轉：2~4 批次/8 小時。
3. 蒸煮：蒸汽直接、間接、100℃、20 分、連續 5 分。
4. 乾燥：迴轉型加熱器以蒸汽間接加熱。
5. 離心分離：3,000rpm。

【特徵】

1. 原料以魚粉飼料(fish meal)、魚體濃縮飼料(fish soluble)、魚油 100%回收。
2. 魚渣，過量收穫的魚亦可處理。
3. 視惡臭發生濃度、氣體量情況，得以經濟性對應。原料之保冷收集，冷藏，防止煮鍋過熱，防止漏氣，防止乾燥過熱，排氣凝結水分離，脫臭完全。

【主要企業】

加特柳司，阿特拉司·斯豆特。

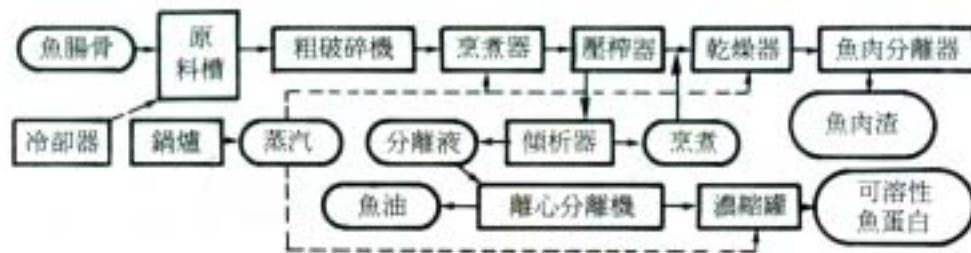


圖4.14

七、動物性殘渣之油溫蒸煮回收方法

包括魚腸、骨、內臟、獸骨、羽毛等

【主要操作條件】

1. 裝入原料：0.5～5 噸/批次。
2. 運轉：3～5 批次/8 小時。
3. 蒸煮溫度：使用油加熱溫度(100℃ 以上)。
4. 蒸煮壓力：負值。

【特徵】

1. 對於各種動物性殘渣，大致可以使用相同方法處理。
2. 原料中之水分、油分等與富有蛋白質、無機物部分經油溫炊具(cooker)後，易於同時分離。
3. 蒸煮迅速。
4. 製品中水分為 6% 左右，水溶性蛋白質也較多。
5. 製品油脂之氧化少。

【主要企業】

蛋白質源開發(股)。

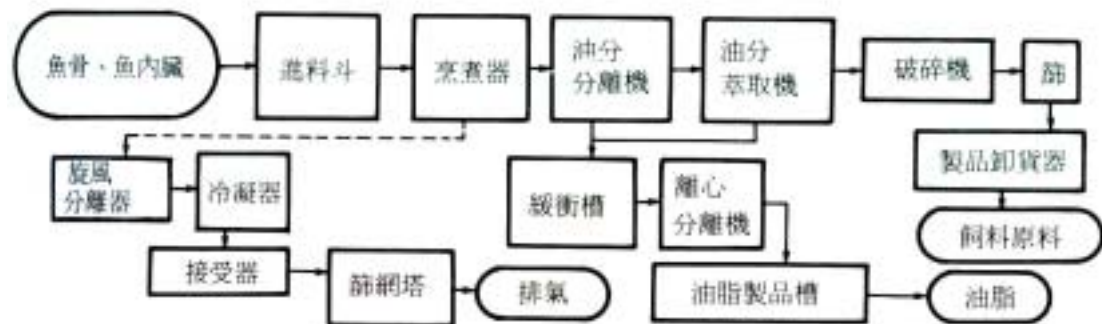


圖4.15

八、魚渣之甲烷醱酵與製造堆肥方法

【主要操作條件】

1. 魚內臟及魚骨在接收槽內混合後，投入炊煮具(cooker)內經蒸汽加熱、殺菌及溶解性物質抽出。
2. 炊煮具內充分蒸煮殘渣送至脫水機。
3. 在脫水機分離固形物與溶解性物質後，脫水餅塊送至堆肥醱酵槽，溶解性物質送至離心分離機。
4. 離心分離機之溶解性物質，被分離成魚油、溶解性有機廢液及固形物之三相，魚油送至魚油供應槽，溶解性有機廢液送入甲烷醱酵槽，固形物與脫水餅塊一起投入堆肥醱酵槽。
5. 堆肥醱酵槽之固形物進行好氣性醱酵，保持約 60℃ 製成堆肥。
6. 裝入甲烷醱酵槽的有機廢液，與固定於醱酵槽充填物之酸醱酵菌及甲烷醱酵菌，進行充分的醱酵。
7. 由甲烷醱酵之溢流水導入於接觸氧化槽，以好氣性排水處理，排水中低濃度有機物被氧化分解成二氧化碳。
8. 由接觸氧化槽之溢流水，在沉澱池除去固形物後，放流或做為洗淨用水。
9. 在甲烷醱酵槽醱生的甲烷氣體經水封器，導致充填塔式脫硫器，除去硫化氫，貯於水封式瓦斯貯槽。
10. 魚油貯槽之回收油與水封式貯槽之甲烷氣體當作鍋爐燃料燃燒。
11. 鍋爐所醱生之蒸汽，使用於設備內加熱及溫室加溫。

【主要規格】

1. 水產加工殘渣

表 4.1 魚渣組成

魚之內臟(kg/d)	2,000
成分	
水分 (wt%)	75.5 (1,510 kg/日)
油分 (wt%)	5.7 (114kg/日)
其他 (wt%)	18.8 (376kg/日)
溫度(°C)	10
魚骨(kg/日)	380

2. 甲烷醱酵

表 4.2 瓦斯組成

瓦斯發生量(Nm ³ /d)	35.6
組成	
甲烷 (Vol.%)	65.7
二氧化碳 (Vol.%)	34.3

3. 燃料油回收量 79kg/日(3.95%)

4. 鍋爐

表 4.3 所需蒸汽條件

蒸汽發生量(kg/hr)	280(2240kg/日)
設備內加熱用(kg/d)	576
溫室加熱用(kg/d)	1664
蒸汽壓力(kg/cm ² G)	3
蒸汽溫度(°C)	145

5.堆肥(Compost)產出量 698kg/日。

【特徵】

1. 由水產加工殘渣回收能源，製造良質有機質肥料。
2. 用回收的能源加溫溫室。
3. 用微生物實施節省能源及防治公害。
 - (1) 以廢液之甲烷醱酵，回收能源。
 - (2) 以固形物之堆肥化醱酵，可製造良質有機肥料。
 - (3) 以微生物分解原料及製造過程發生的臭氣並除臭。

【實施處所】

北海道增毛町

【技術開發】

(股)來島集團協同技術研究所

【工程技術】

(股)日本開發顧問公司

本甲烷醱酵技術是在東京工業大學久保田宏教授之指導協助下與產業公害防止協會共同開發者。

動物糞尿

一、家畜糞之塑膠屋乾燥系統

(雞糞、豬糞、牛糞)可利用乾燥作資源化處理，概述如下：

【主要操作條件】

1. 在畜舍盡可能的完成糞、尿分離。
2. 每天充分攪拌 2 次以上，使乾燥棚上糞層堆積厚度保持 7cm 以下。
3. 乾燥棚每平方公尺之水分蒸發能力，冬季 2kg，夏季 4kg，儘量取較大面積(請參見表 4.4)。
4. 高溫晴天時可大量送入，低溫多濕時應抑制。
5. 塑膠布屋內盡量送風，促進乾燥。
6. 不使用攪拌裝置，裝燥棚設傾斜面，由上部送入，使自然落下中乾燥，亦有由下部取出乾燥糞方式，但其傾斜度須在 37°左右，棚長要 15cm 以上。

表 4.4 各季節之豬糞處理能力(長野畜試)

區分	寒冷期	溫暖期
每 m ² 每日乾燥能力(kg)	3.7	7.7
每 m ² 可能頭數(頭)	1.83	3.89
肉豬每頭所要面積(m ²)	0.55	0.26
所要日數(日)	4.8~7	3.5~5

【特徵】

1. 糞不必使用火力乾燥，水分約由 75%，乾到 20%以下。
2. 高度利用太陽能，開工經費低廉。
3. 設備簡單、開辦費低廉。
4. 乾燥中伴隨好氣性發酵，因次蒸發快速，乾燥糞也比較安定。
5. 維護、運轉、修理都很容易。
6. 後半部因發酵而無惡臭發生。
7. 以攪拌乾燥粉碎糞便顆粒均勻。



圖4.18

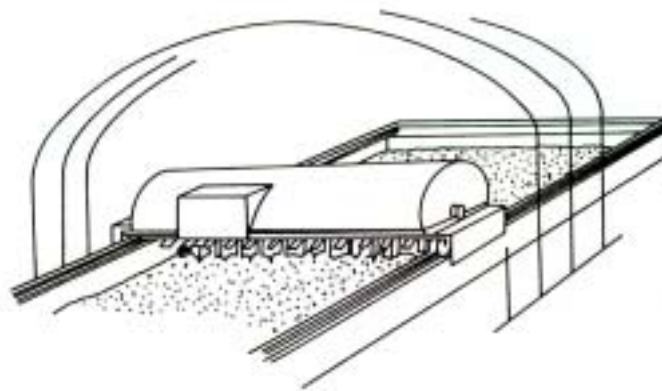


圖4.17 攪拌式乾燥床外觀圖

表 4.5 新鮮豬糞尿之物理化學性質

成分	所供飼料	剩飯		配合飼料	
		糞	尿	糞	尿
水分(%)		75.8	99.5	70.5	95.5
pH		7.5	8.7	7.2	8.0
浮游性物質(ppm)		188,000	3,000	223,000	4,500
BOD(ppm)		89,000	1,200	62,000	5,000
全氮量(ppm)		5,366	1,263	4,664	7,780
氨態氮(ppm)		385	888	426	1,022
類蛋白 albuminoid 氮.(ppm)		1,286	81	761	967
氯離子(ppm)		1,453	2,042	1,695	1,344
磷酸(乾物中%)		1.33	0.003	1.68	0.15
蒸發殘留物(%)		24.2	0.5	29.5	4.5
強熱減量(蒸發殘留物%)		22.5	0.18	24.2	3.26

【主要裝置廠商】

金子農機 KK、木神原機械 KK、東商事 KK、KK 中嶋製作所、KK 岡田製作所。

二、家畜糞之堆肥化系統

家畜糞(牛糞、豬糞、雞糞)利用堆肥作資源化處理，概述如下。

【主要操作條件】

1. 原料糞：糞、草料以外之雜物混入少，水份 65% 以下。有時需要除去異物，或調整水分。不能混有雜草種子等。
2. 水份調整材：盡可能採用低水分，生物分解性良好，不含鎘、砷、汞等有害物質。不混有粗大物，有時與為兼播種將堆肥回艾送(水分 35% 左右)，但應避免量(50% 以上)。有時須預先乾燥。
3. 前處理：草料(稻草等)需預先剪斷使用。
4. 一次醱酵：充分翻轉保持好氣性條件，且於 65°C 以上保持數日，醱酵日數為 7~15 天。添加鋸木屑時需數倍天數，亦有添加放線菌方法，但醱酵日數不宜縮短。
5. 二次醱酵：常常翻轉或通氣，保值好氣的條件，醱酵日數 10~30 天。
6. 後處理：製品裝袋時，水分須乾燥至 30% 以下，視需求變動考慮庫存。

【特徵】

1. 對農地提供有效的土壤改良材料、特別是由都市廢棄物之堆肥，在農村內生成者在農村利用的意義很大。
2. 不含有害物質，安全，與育種農業並立。
3. 一次醱酵物(馬糞)是洋菇培養的好材料。

【主要裝置廠商】

日本製鋼所、田熊、荏原製作所、荏原イソフィルコ、松阪貿易、栗木鐵工所、新潟鐵工所、西原環境衛生研究所。

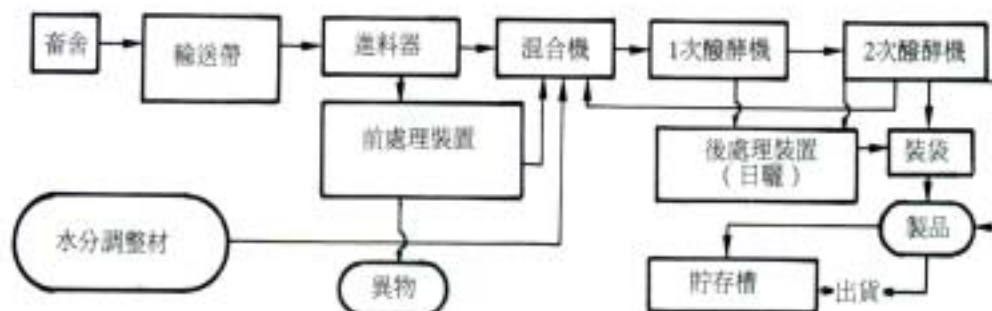


圖4.21

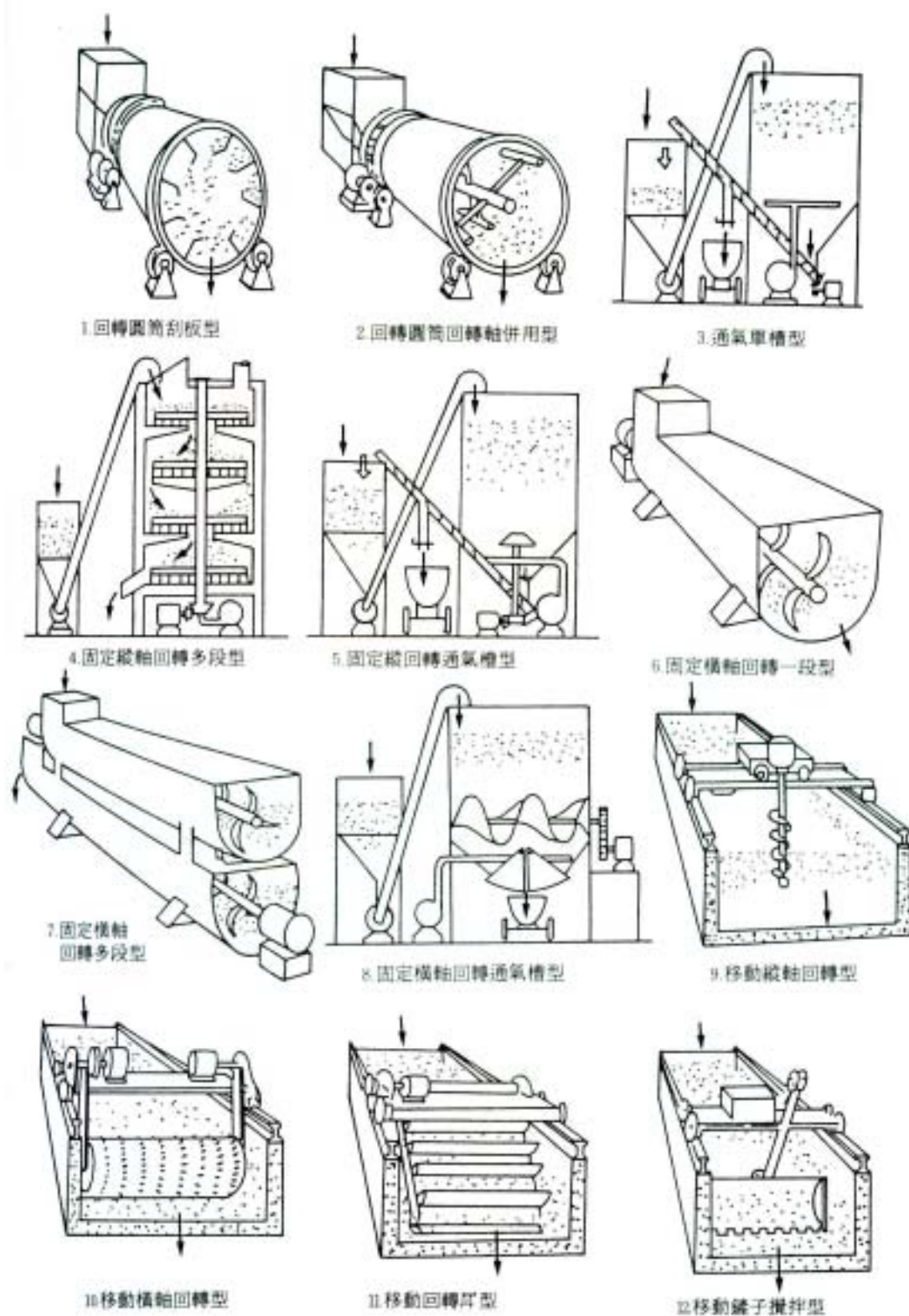


圖4.19 各種堆肥化裝置

表 4.6 半乾燥豬糞堆積中成分之變化%

種類	水分	碳素	氮	磷酸	鉀	有機物	含碳率
生糞	79.5	8.66	0.89	1.01	0.13	16.65	9.7
半乾燥糞	52.3	19.61	1.82	2.42	0.27	38.58	10.8
半乾燥糞 堆肥化物	43.7	20.84	2.15	2.50	0.37	36.55	9.7

(神奈川縣農業綜合研究所)

三、肉雞糞之焚化、能源回收方法

【主要操作條件】

1. 操作時期：儘量集中於雞舍需要暖房的季節。
2. 開始：用廢輪胎、廢材木片等預先保持爐內高溫後，開始送入雞糞。
3. 熱水溫度調節：鍋爐送出之熱水溫度昇到 60℃ 以上為正常循環加溫。
4. 焚燒雞糞：約 5,000~20,000 隻肉雞之糞，水分 40% 以下。

【特徵】

1. 焚化無臭，且微塵較少。
2. 焚化不必燈油等補助燃料。
3. 回收熱量 20 萬 kcal/hr 以上之熱水，使用於肉雞舍之暖房，可改善雞舍環境、飼料要求率及育成率。
4. 操作簡單，設備亦廉價。
5. 焚化灰約可產生送入雞糞約 10%，可副產全磷酸約 30%(可溶性磷酸佔大半)，鉀約 14%，鎂約 7.8%，鈣約 26% 之優良肥料。

【主要企業】

兵庫縣和田山農協等，裝置廠商：關西環境開發 KK。

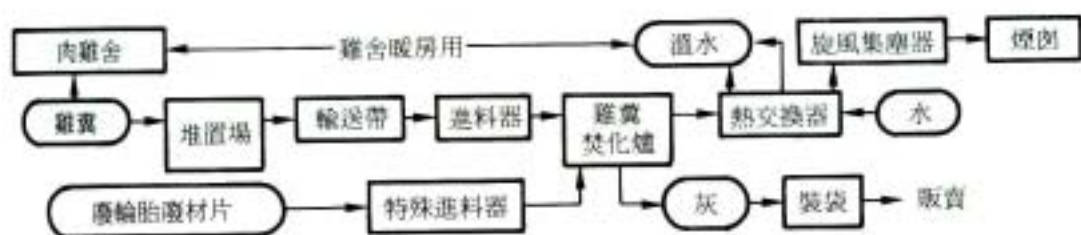
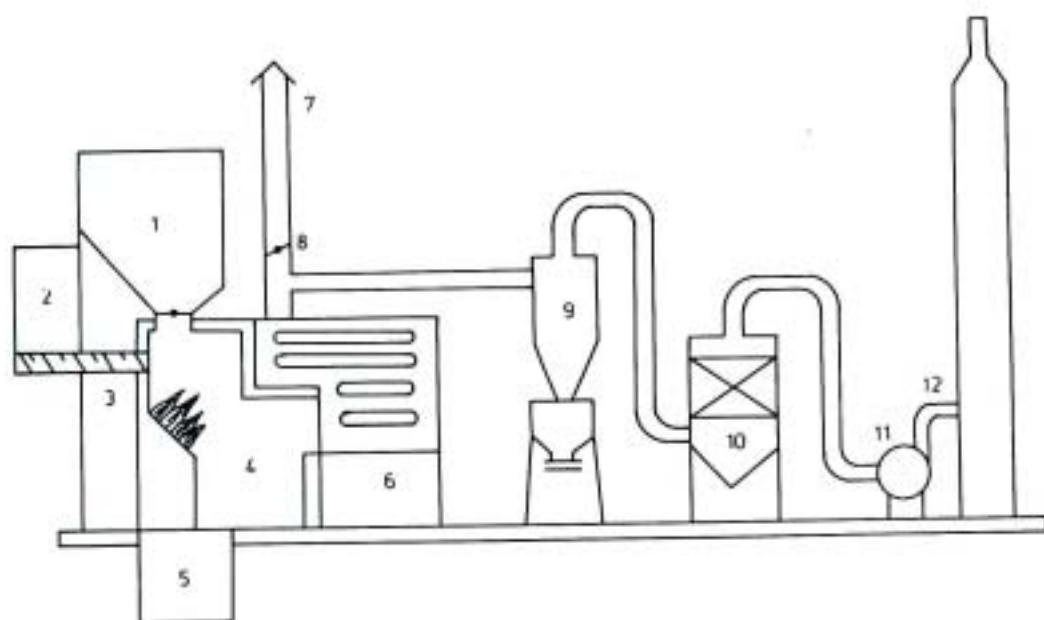


圖4.20



- | | |
|----------|----------|
| 1. 雞糞料斗 | 7. 側管 |
| 2. 輔助燃料斗 | 8. 檔板 |
| 3. 特殊進料器 | 9. 旋風器 |
| 4. 焚化爐 | 10. 補助集塵 |
| 5. 地下灰槽 | 11. 鼓風機 |
| 6. 熱交換器 | 12. 煙囪 |

圖4.21 燃燒雞糞溫水鍋爐

第五章 其他產業廢棄物處理與資源化

金屬屑

鐵系・非鐵系，貴金屬系

一、車床銑鐵切屑之加熱造粒(briquette)方法

【主要操作條件】

1. 銑鐵車床切屑屑加熱至 650~700℃。
2. 用油壓 rotary roll 型之造粒機(briquetting machine)高壓造粒。

【特徵】

1. 銑鐵車床切屑屑之外，經過前處理之車床切屑銅屑亦可適用。
2. 造粒機之加壓成形加以自動控制及連續操作都有可能。
3. 由於鑄鐵用切屑屑之前處理技術開發，其構造有加熱時不易氧化之優點。
4. 尚有開發高溫材料之料位檢出及一定品質之造粒生產自動控制技術。

表 5.1 造粒特性

造粒能力 (T/hr) briquette	1.5	3~5	5~10
形狀	枕頭型(pillow)	枕頭型(pillow)	枕頭型(pillow)
大小(mm)	79×46×13	79×46×13	120×56×40
重量(g)	400	400	1,200
比重	5.5~6.0	5.5~6.0	6.0~6.2
落下強度	6m 2 次以上不破碎	6m 2 次以上不破碎	6m 2 次以上不破碎
造粒機械	BMS150 型	BMS150 型	BMS300 型

【再資源化製品之特性】

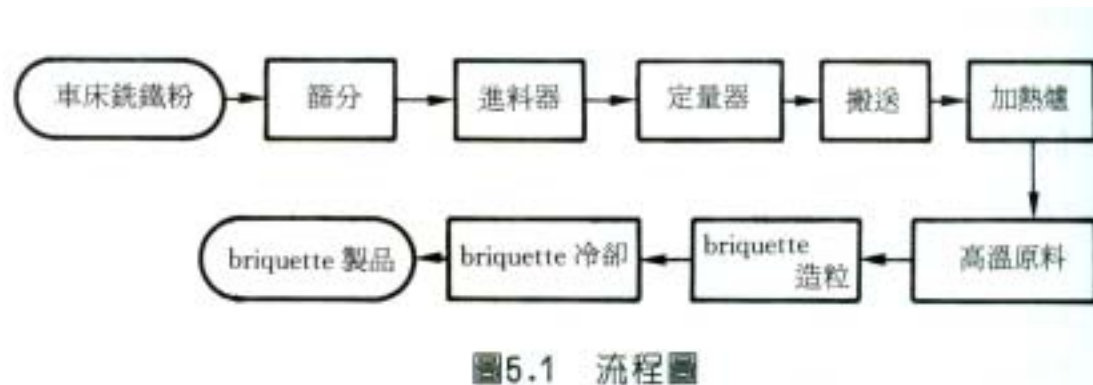
所造粒之產品具有耐處理之強度與符合熔鐵爐作業所必要條件的特性。

【製造廠】

新東工業(股)(名古屋市)。

【使用處所】

1. 日產自動車(股)橫濱工場。
2. 桐生興產(股)。



二、由廢汽車解體回收鐵及非鐵金屬屑

【主要操作條件】

3. 目前在裝進破碎機之前用裁斷機(guillotine shear)或破碎機(preshredder)等設備做粗切或粗碎之情形增多。由此可使主機破碎機之尖端負荷下降，以低電力負荷之中型機即可獲得原來大型機才能達到之處理能力。

4. 破碎機破碎過之輕質粉塵加以集塵。圓筒型分離機亦可集塵後除去非金屬粉塵。

5. 鐵屑用磁選機，非鐵金屬以人工或特殊之金屬選別機(Senko 選別機、staford 選別機、metal miner 選別機等)做機械性回收工作。

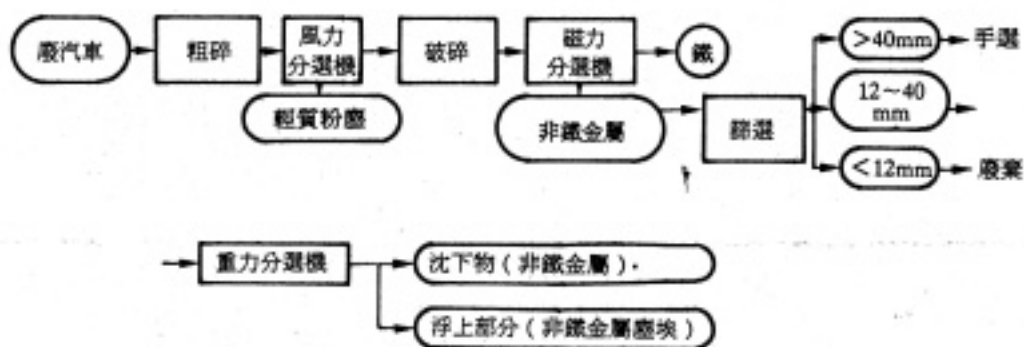


圖5.2 流程圖（豐田金屬廢料（股））

【特徵】

1. 廢汽車扣除再生用料外，無價物質之垃圾達 28.5%，目前是做掩埋廢棄，但其再利用已成為研究課題。
2. 破碎機作業中，偶而會因混入危險物而發生爆炸。
3. 非鐵金屬之回收率及純度參見表 5.2。豐田金屬廢料(股)之例如下(裝置為 Senko 選別機)。

表 5.2 分選結果

分選結果	金屬(kg)	粉末(kg)
沉下部分 187.6kg (52.3%)	183.5	4.1
浮上部分 171.1kg (47.7%)	21.1	150

註：1. 取樣時間：20分鐘（豐田金屬廢料kk）

2. 樣品總量：358.7kg（1.076 T/hr）

3. 沉下部分（非鐵金屬純度） $\frac{183.5}{187.6} = 97.8\%$

4. 非鐵金屬回收率 $\frac{183.5}{204.6} = 89.7\%$

【再資源化企業實例】

豐田金屬廢料(股)。

破碎機廠商 Hammer mill 社 lindeman 社。

stafor 選別機之例(姫路地區)。

場所：姫路地區 M 社內。

日期：昭和 57 年 5 月下旬。

平均投入量：4,920kg/hr。

投入材料組成：非鐵金屬 9.3%、鐵 21.6%、非金屬塵埃 69.1%。

選別機排出口之處理材料重量比：非鐵金屬 18.8%、鐵 21.6%、非金屬塵埃 59.6%。

有價金屬(鐵、非鐵金屬)平均回收率 93.8%。

再資源化企業(股)伸生廢料(大阪府)。

破碎機廠商久保田 Idal 社。

三、氯化揮發法

【方法之要點】

1.含有各種金屬之廢棄物，加氯化劑後加熱時，金屬氯化物順序揮發而與其他金屬分離。

2.金屬氯化物各有其蒸汽壓，利用其差距可能分離個別金屬。

3.此方法不僅硫化鐵礦可以高度利用，亦可擴大應用於各種含金屬廢棄物之分離回收。

4.此設備現在除光和精礦(股)戶煙工場開工外，同和精礦(股)尼崎工廠，苦小牧化學(股) 苦小牧化學工廠亦有。

四、貴金屬廢棄物

(一)銀廢料

【回收銀之基礎性反應】

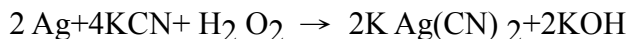
溶解 1.銀容易溶解於硝酸



2.溶於熱硫酸

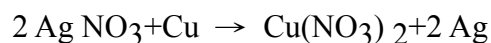


3.與金相同，溶於氰化液

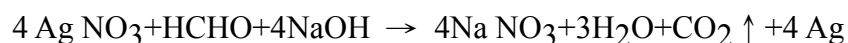


還原 1.要還原銀溶液(Ag NO₃)一般採用如下方法

(1) 銅、鋅、鋁等之粉末容易還原。

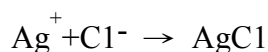


(2) 鹼性時用甲醛還原



(3) 電解法(參照次項 4.)

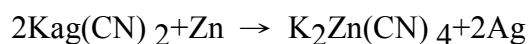
2.液狀銀(Ag NO₃、Ag₂SO₄)用鹽酸或食鹽水使成氯化銀，過濾後用鋅粉直接還原或混入碳酸鈉熔融還原。



(1) $2 \text{AgCl} + \text{Zn} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + 2 \text{Ag}$

(2) $4 \text{AgCl} + 2 \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 4 \text{NaCl} + 2 \text{CO}_2 + \text{O}_2 \uparrow + 4 \text{Ag}$

3.銀之氰化液用鋅粉可輕易還原



4.上述還原銀為提高純度至 99.99%以上之純銀，以粗銀為陽極加以電解。電解法陽極使用粗銀，陰極用純銀板或不銹鋼板，電解液用 AgNO₃ (Ag 40 ~ 50g/l，游離 HNO₃ 10g/l)。電解條件：電流密度 2~4A/dm²，溫度 50 ~ 60℃，電壓 1.3~2.5V。

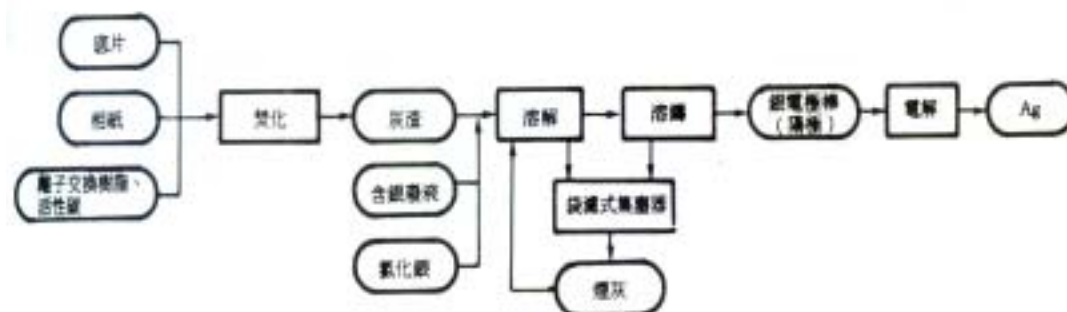
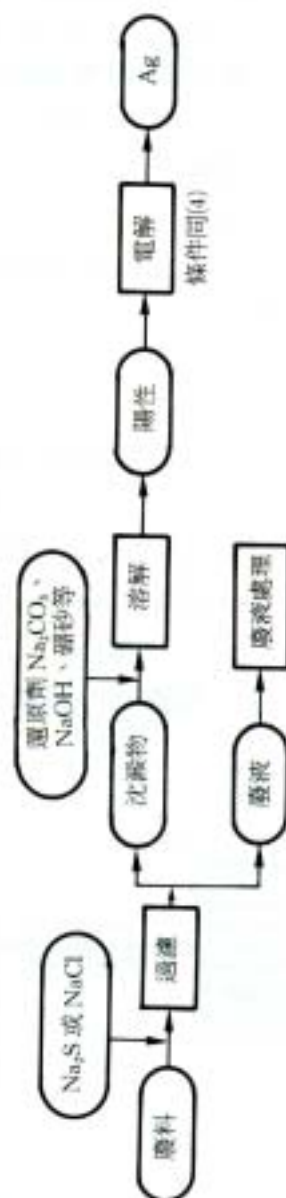
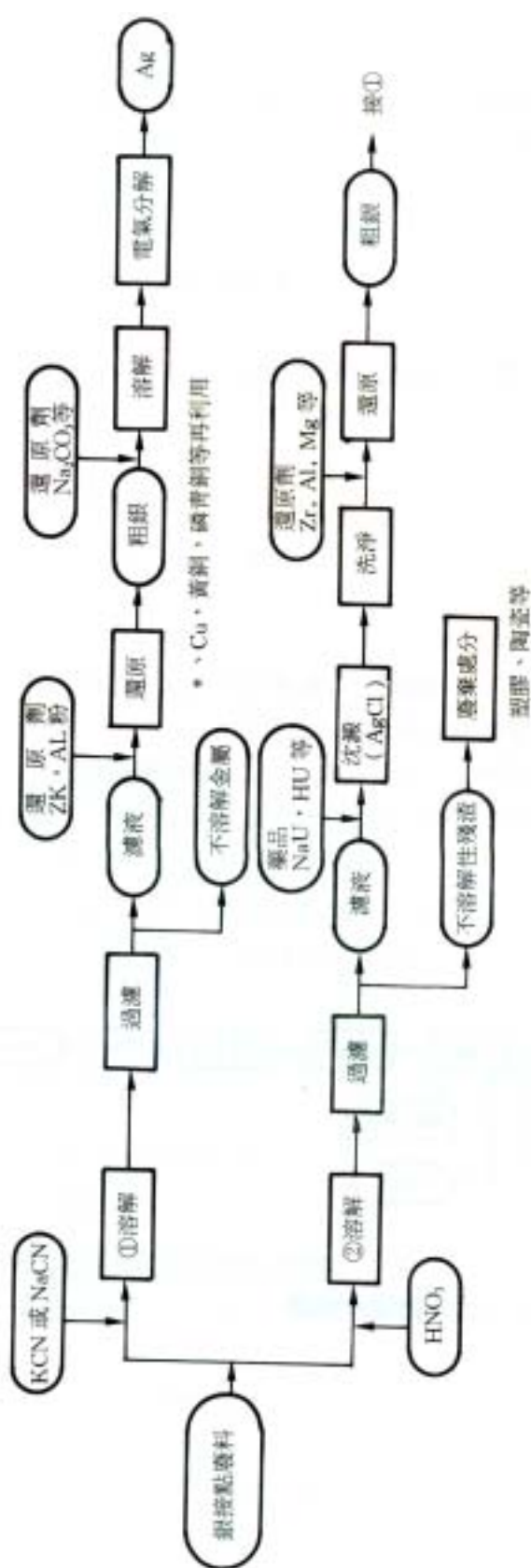


圖5.3 相片底片處理流程圖



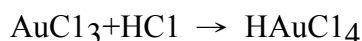
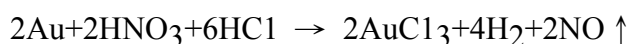
【電氣工業之貴金屬回收對象物】

1. 電視機、冰箱…之接點、銀焊條、磷銅焊條(Ag, Pt-Cu, Ni, Zn 等合金)。
2. 電話機、縱橫制自動交換機……之接點(Pt, Pd, Au, Ag-Cu, Ni 等)。
3. 微小電動機用調速器(governor)……之接點(Pd, Ru-Cu, Ni 等)。
4. 電磁開關……之接點(Ag-CdO, Cu, Zn 等)。
5. 電子計算機……之連接器，印刷基板(Au, Ag-樹脂, Cu, Ni, Zn 等)。
6. 氧化銀電池……電極(Ag-Ni, Cu, Zn 等)。
7. 發熱體……點火用發熱體(Pt, Rh 等)。

(二)金銀塑膜品及陶瓷封裝廢料(電子工業之例)。

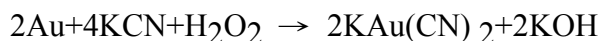
【回收金之基礎性反應】

溶解 1. 一般用鹽酸與硝酸配成的王水溶解，成為氯化金酸(HAuCl₄)



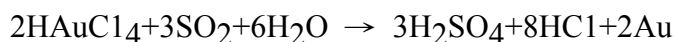
2. 於 H₂O₂ 等氧化劑存在下用氰化液溶解，成為氰化金鉀〔KAu(CN)₂〕。

但氰化物因屬劇毒，處理上須注意。

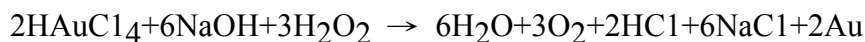


還原 1. 金溶液(HAuCl₄)還原為金屬狀，有如下方法。

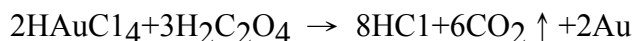
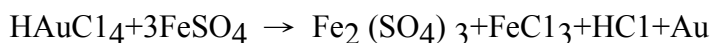
(1) 亞硫酸



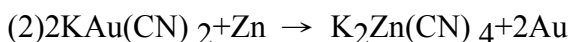
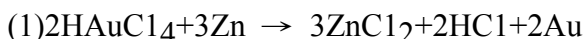
(2) 苛性鈉等鹼溶液與 H₂O₂



(3) Au 溶液用鹼使成為中性，用硫酸亞鐵或草酸還原



2. 其他液狀之金，用粉末狀之鋅或銅，均容易可還原。



3. 依電解法之還原

HAuCl₄ 溶液為電解液，陽極用金板，電解時陰極(金極板)上金會還原附著。

陽極用粗金，陰極用純金，HAuCl₄(Au 40~80g/l，游離 HCl 60~130g/l)為電解液。電解條件：電流密度 10~15A/dm²，溫度 60~70℃。浴電壓 0.5~1.0V。

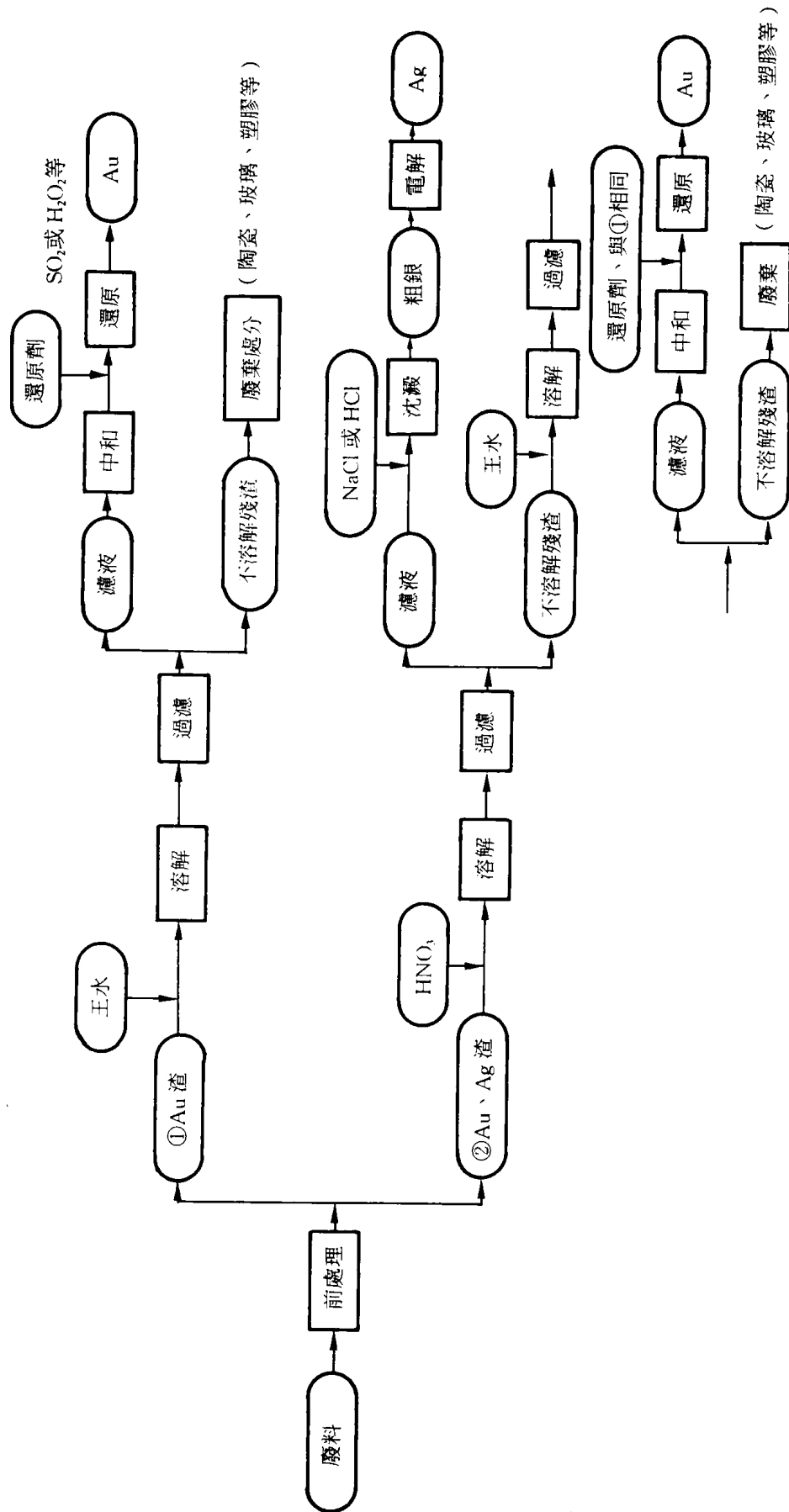


圖5.6 流程圖

【電子工業之貴金屬回收對象物】

1. 電晶體(transistor)……球、顆粒(pellet)、磁盤(disk)(Au-In)。
2. 二極管(diode)…線(Au)。
3. 電子顯微鏡…… apertureplate、orifice(Ag)。
4. 其他如陶瓷印刷電路、塑膠模產品(Au、Ag～陶瓷樹脂 Cu、Ni、Zn 等)。

使用過的觸媒

一、使用過的觸媒與金屬屑之差異

金屬屑如前項所述雖部分表面有氧化，大致仍以金屬本身存在，故依再溶解等處理還原為原來金屬較容易的多。又金屬屑發生的過程中混入的異種金屬(不純物)，由人工選別或機械選別可以分開，又含有研磨劑等無機物於溶解時會成為礦渣(slag)容易分離。

用過的觸媒之金屬部分原則上以氧化物或硫化物等化合物狀態存在，且多數是微量保持於氧化鋁、氧化矽或二氧化鈦等載體之表面。因此容易還原的鎳及鉬有可能溶解還原以金屬回收外，其他觸媒成分則難於溶解還原，故需先溶解於酸或鹼變成液相後與不溶解之載體成分做固液分離後，再加以精製。這種採取濕式冶金技術為中心的方法基本上有其差異存在。

為使容易了解與金屬屑之差異，特列表如下：

表 5.3 發生狀況之差異

種類	發生程序	金屬性狀	含有金屬種類	金屬含有率	發生量	形狀	不純物
金屬屑	金屬加工	金屬	單一金屬或合金 單一金屬或合金	偏高，但因屑之 狀況有部分的 差異	較多	不定	於發生工程時混 入的異物為主。
用過的 觸媒	化學反應	氧化物或 硫化物等	主觸媒成分之 外，含有各種助觸 媒成分由多種元 素組成者較多。	偏低，但因觸媒 品牌有一定	有限	依品 牌而 定	SiO ₂ ，Al ₂ O ₃ 及 TiO ₂ 等載體，當 初即有。

表 5.4 再資源化法之差異

回收法	不純物之分離	回收費用
再溶解	以礦渣除去	較低廉
用酸、鹼抽出	固液分離、抽出殘渣	較昂貴

二、用過的觸媒之資源化方法

1. 決定資源化工程之五大要因

要由使用過的觸媒回收金屬時，決定其作法之要因可列舉如下之五項。且這些要因在複雜組合的狀態下，故須予正確掌握。

- (1) 觸媒之成分組成。
- (2) 載體與其成分。
- (3) 膠合劑部分。
- (4) 形狀。
- (5) 附著物。

2. 前處理

附著於用過的觸媒之物質，對金屬回收構成最大障礙，因此，(1)除去附著水分須脫水、乾燥。(2)除去油分等有機物須焚化。(3)原有形狀即回收困難或回收率不高時，需加以粉碎或造塊等尺寸調整。(4)使容易溶於酸或鹼，先做熱處理以轉換其物性等。資源化之前所實施的這些工作稱為前處理。

3. 資源化工程

(1) 乾式法

用電爐等熔解、還原把熔融金屬與礦渣分離之方法，適用於容易還原的鎳或鉬。氯化揮發法與昇華法也包括在內。

(2) 濕式法

用藥品把回收成分溶解抽出或溶解載體剩下觸媒成分，移任何一種為液相，使之不溶解而剩下的固相分離之方法，包括電解法。

(3) 乾濕折衷法

(1)、(2)法之折衷型，專為回收成分之精製使用。

(4) 非分離法

不將觸媒成分與載體或二元以上之觸媒成分分離為個別元素，而按其所含

元素組合狀態直接使用之方法。適用範圍有限。

三、代表性資源化例

1. 由石油精製部門發生之重油之直接脫硫用觸媒(圖 5.8)。
2. 汽車排氣淨化用觸媒(圖 5.9)。

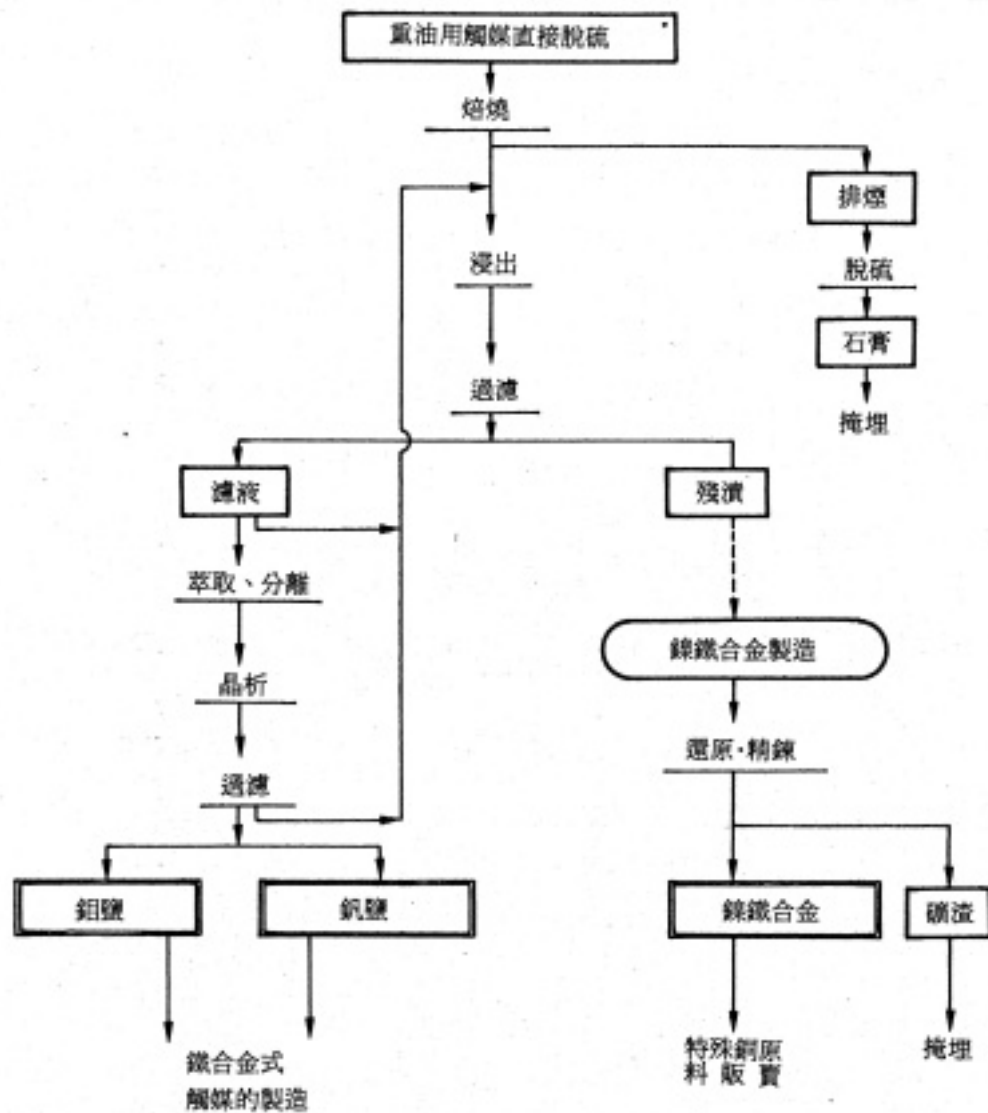


圖5.7 流程圖

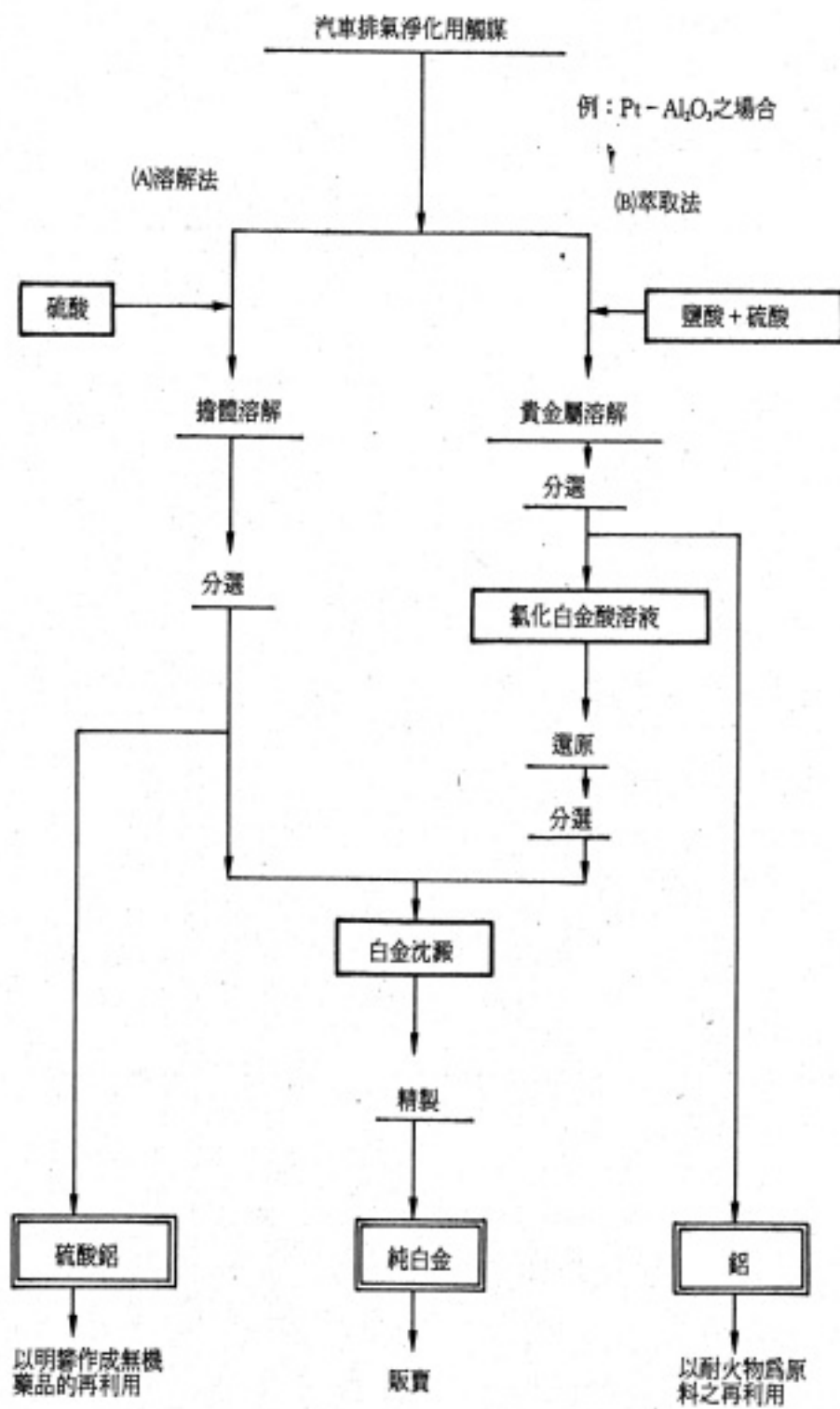


圖5.8 流程圖

四、目前對使用過之觸媒之資源化

將其依金屬成分別列記如下：

1. Al_2O_3 , $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$
2. Co
3. Cr_2O_3 , $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$
4. $\text{Cu}(\text{OH})_2$, $\text{CuO} \cdot \text{ZnO}$
5. $\text{MnO}_2 \cdot \text{CoO}$
6. $\text{MoO}_3 \cdot \text{CoO} \cdot \text{NiO}$, $\text{MoO}_3\text{-Bi}_2\text{O}_3$, $\text{MoO}_3\text{-V}_2\text{O}_5$, $\text{MoO}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$
7. Ni , NiO
8. Pt , Pt · Rh , Pd , Pt · Pd , Pd · CuO , Ag , Pt · Re
9. P_2O_5
10. V_2O_5
11. $\text{WO}_3 \cdot \text{NiO}$
12. ZnO , ZnS

此外對所有觸媒雖然都已有資源化技術，但由於觸媒成分金屬之市況與含有率關係以致不划算者則未被使用。

五、使用過之觸媒資源化之團體

使用過之觸媒資源化的廠家經由通產省的指導，在昭和 50 年成立了「使用過的觸媒資源化協會」，目前擁有 33 家會員，為迅速將使用過的觸媒做資源化活動，對稀有資源之回收已有不少貢獻。另外對觸媒以外因產量較少由海外進口的各種稀有金屬也在做回收，在尖端技術上對材料費之減低也頗有助力。

使用過之觸媒資源化協會事務局。

東金都千代田區神田紺屋町 17 伊崎 Building3 號室。

電話 03-252-0641 專務理事 舟山三雄。

【參考文獻】

通產省立地公書局編昭和 53 年「使用過之觸媒處理、再資源化指導書」。

玻璃屑

碎玻璃(Cullet)回收再生處理方法

【使用 Cullet 之品質規格】

異物混入容許率(表 5.5)。

表 5.5 使用碎玻璃品質規格

單位：%

異物之區分	異物之名稱	使用規格
金屬類	鐵	0.0005
	鋁	0.0005
	其他(銅、鉛、黃銅等)	0.002
石頭類	鎔鐵礦等礦石類	0
	難溶耐火物	0
	其他(混凝土、土砂、紅磚等)	0.0058
陶磁器	陶器、磁器	0.002
異質玻璃	結晶化玻璃	0.002
	其他(水晶玻璃、光學玻璃、硼矽酸玻璃、玉等)	0.3
有機物	塑膠，木片等	0.01
	塗佈塑膠玻璃瓶	0.05

【回收碎玻璃之性狀與粒度之例】

請參見表 5.6、表 5.7。

表 5.6 回收碎玻璃性狀之例

異物名稱	混入率
鐵	0.4%
鋁	0.2%
其他非鐵金屬	0.1%
陶瓷，石頭	0.2%
有機物	0.3%

表 5.7 回收碎玻璃粒度之例

粒度範圍	比 例
> 5mm	2%
5～9mm	3%
9～20mm	18%
20～50mm	22%
50～60mm	10%
< 60mm	45%

表 5.8 使用設備 19 項之一覽表

設備 No	設備名稱	台 數	所需動力 (kw)	設 備 規 格
1	接受料斗	1		角錐型鋼板、水容量 15m ³
2	定量供給裝置	1	0.8	平底開放型振動供料器
3	一次手選輸送帶	1	2.2	白色平皮帶輸送帶 750mm 寬、10m/min
4	一次破碎裝置	1	3.7(5.5)	軋輥型或衝擊型
5	水洗裝置	1	3.7(5.5)	回轉圓筒式或振動篩式
6	一次篩選裝置	1	2.2(3.7)	回轉篩式或振動篩式
7	二次手選輸送帶	2(3)	4.4(6.6)	白色平式皮帶輸送帶
8	二次破碎裝置	1	15.0(22.0)	衝動型周速 19m/sec、間隙 10~15mm
9	一次磁選裝置	1	0.1	吊下皮帶驅動式
10	二次篩選裝置	1	2.2	板狀過濾網或回轉篩、篩目 20 mm ϕ 或 25 mm ϕ
11	鼓風機選別裝置	1	1.5	鼓風機、風速、7~10m/sec
12	真空分選裝置	1(2)	15.0(30.0)	100m ³ /min、350mmAg、15KW 旋風器、鼓送機、真空罩、振動輸送帶
13	二次磁選裝置	1		吊下式、永久磁石
14	一次金屬剔除機	1	0.4	探索線圈、氣缸驅動氣閘
15	三次手選輸送帶	1	2.2	白色平式皮帶輸送帶
16	二次金屬剔除機	1	0.4	探索線圈、氣缸驅動氣閘
17	四次手選輸送帶	1	2.2	白色平式皮帶輸送帶
18	搬送輸送帶	15	22.5	槽(trough)型
19	除去異物輸送帶	3	2.2	槽(trough)型
合 計			80.7(102.9)	

註：處理量 50 噸/日，()係指 100 噸日。

【特徵】

1. 再生處理方法，乾式與濕式都有可能。
2. 為除去陶瓷及石頭之人工分選工作線之強化，在破碎前設置第一次人工分選專用輸送帶，又為了分別粒度(大小)第二次人工分選輸送帶設 2 線，以提高分選效率。
3. 25mm 以下之碎玻璃不送入二次破碎裝置，以防止再生碎玻璃中產生過多之微細粒部分。
4. 鋁片等以鼓風機或真空吸引分選裝置有效清除。
5. 為確實除淨金屬異物，設置 2 部金屬剔除機(metal rejector)。

耐火磚屑

再資源化之形態

由回收磚屑中將有用部分分選粉碎後，混合使用為耐火磚生產原料的方法與若為良質磚還不到耐用年限時，可以按原形直接使用的兩種方法。

再資源化供需關係成立之條件

1. 耐火磚屑發生地與需要地及原產地(磚廠)之距離不太遠。如距離遙遠，須船運便利。
 2. 含有高價值之耐火磚(鋯英石(Zircon)質，高鋁氧質，碳質、碳化矽質等)某種程度之磚屑。
 3. 爐拆除與建設之時機互相一致。
- 以上三種方法，資訊網之完整及改善利用技術等是必要的。

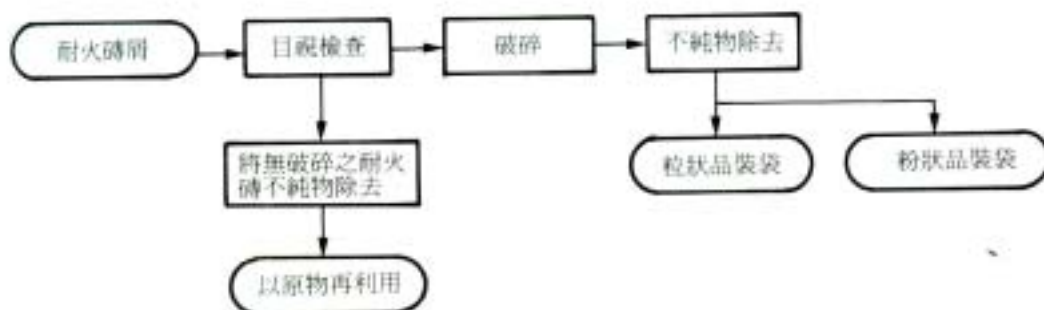


圖5.9 流程圖

爐渣 (slag 礦渣)

鋼鐵爐渣

鋼鐵爐渣是製造鑄鐵或鋼鐵時所產生，大致分為高爐爐渣或煉鋼爐渣(轉爐爐渣+電爐爐渣)。

所生成的鋼鐵爐渣約在 $1,400\sim 1,600^{\circ}\text{C}$ 之高溫熔融狀態，因此第一步須先冷卻處理。但冷卻方法不同，生成物的物性也不同，需符合利用目的，給予適當的冷卻處理。其方法有二種，放置在爐渣冷卻場，於空氣中緩慢冷卻之方法，與用水或空氣快速冷卻之方法。現在一般採用高爐爐渣之急冷處理，係用大量高壓水柱對熔融爐渣噴射，使之粒狀化的水淬處理，其製造設備例示如圖 5.10。轉爐及電爐爐渣，一般在爐渣冷卻場處理。

製鋼爐渣製品之製造工程參見圖 5.11 表示，鋼鐵爐渣之組成例示如表 5.9。

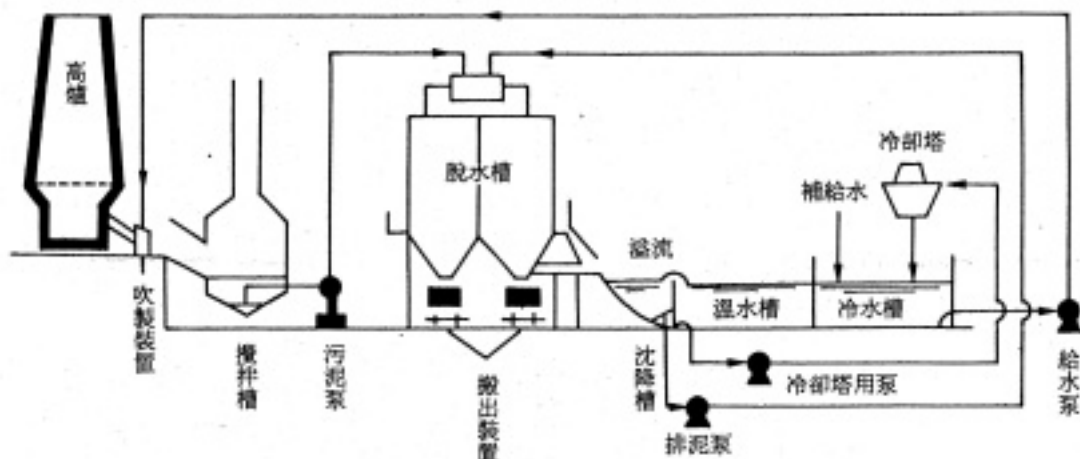


圖5.10 高爐水碎爐渣製造設備之一例

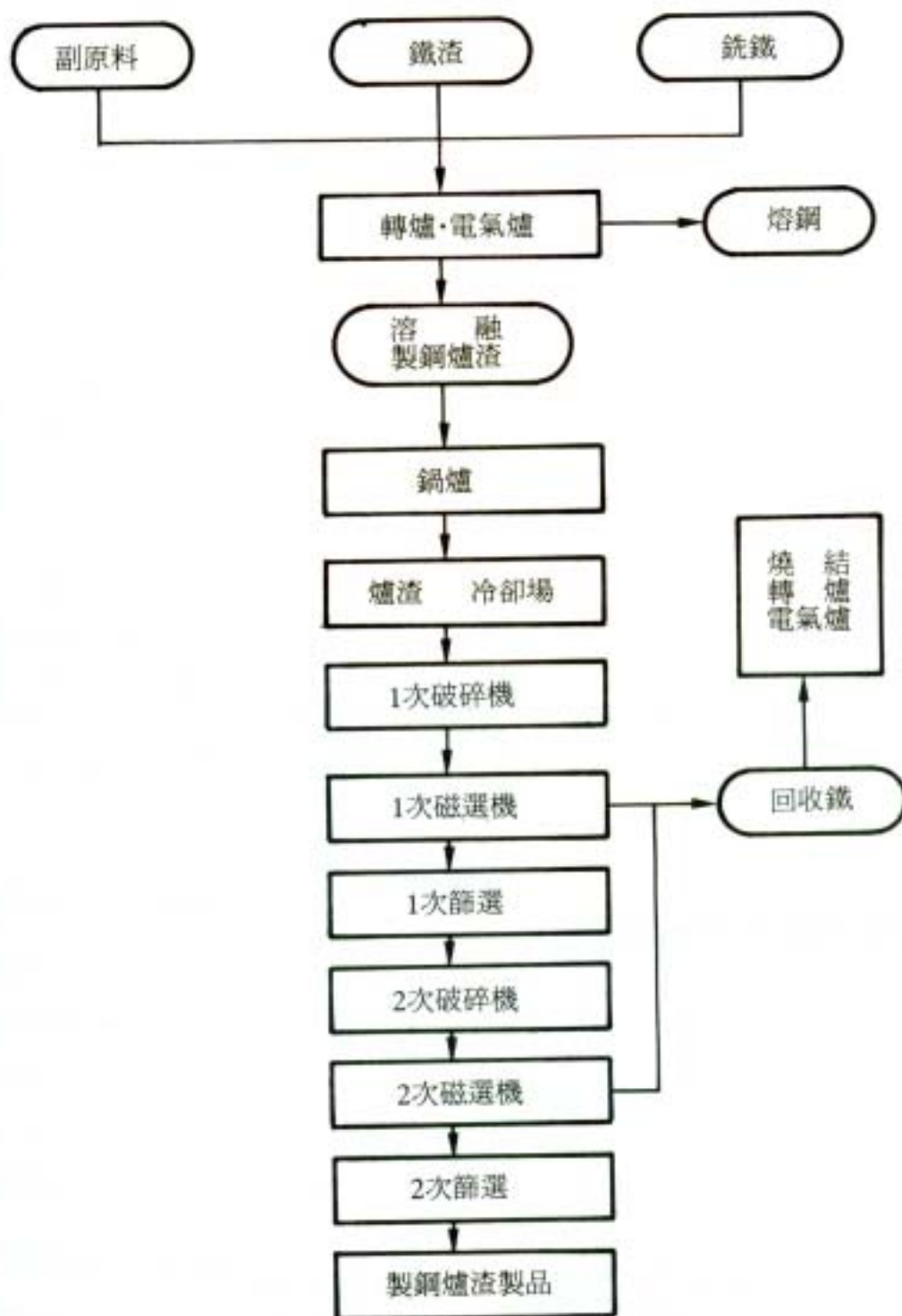


圖5.11 製鋼爐渣製品之製造工程

表 5.9 鋼鐵爐渣組成例

成分 \ 種類	高爐爐渣	轉爐爐渣	電爐爐渣	
			氧化爐渣	還原爐渣
SiO ₂	33.7	13.8	19.0	27.0
CaO	41.5	44.3	38.0	51.0
Al ₂ O ₃	13.9	1.5	7.0	9.0
T · Fe	0.3*	17.5	15.2	1.5
MgO	6.5	6.4	6.0	7.0
S	0.99	0.07	0.38	0.50
MnO	0.5	5.3	6.0	1.0
TiO ₂	1.3	1.5	0.7	0.7

註：以 FeO 計

鑄造廢砂

【砂模種類與廢砂中含有物】

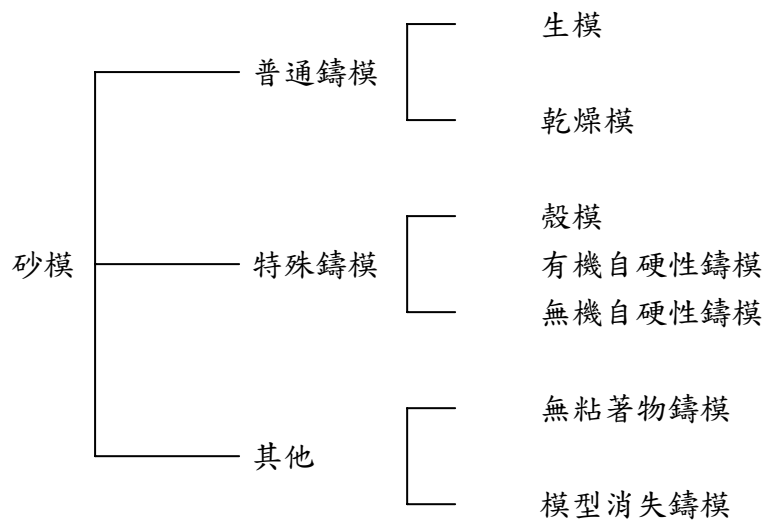


表 5.10 砂模與廢砂中含有物

砂模		骨材	骨材附著物	備註
普通鑄模	生模 乾燥模	矽砂 矽砂	酸性白土、碳質 酸性白土、粘土、碳質	
特殊鑄模	殼模 有機自硬性 鑄模 無機自硬性 鑄模	矽砂 矽砂 矽砂	酚樹脂 呋喃樹脂、泡棉樹脂 乾性油 水玻璃、水泥	
其他	無粘著劑 鑄模	矽砂	-	混有樹脂模片

註：骨材附著物除上述物質外，尚有熱變質物

【廢砂再生法之要點】

1. 塊狀廢砂之粒狀化處理。
2. 砂粒表面附著物之除淨。
3. 微粉及異物之除淨。
4. 砂粒之整粒處理。

鑄造廢砂之再生方式如圖 5.12 所示

【廢砂再生處理裝置】

由塊狀廢砂之粒狀化處理裝置與砂粒表面附著物除去裝置而成，請參見表 5.11。

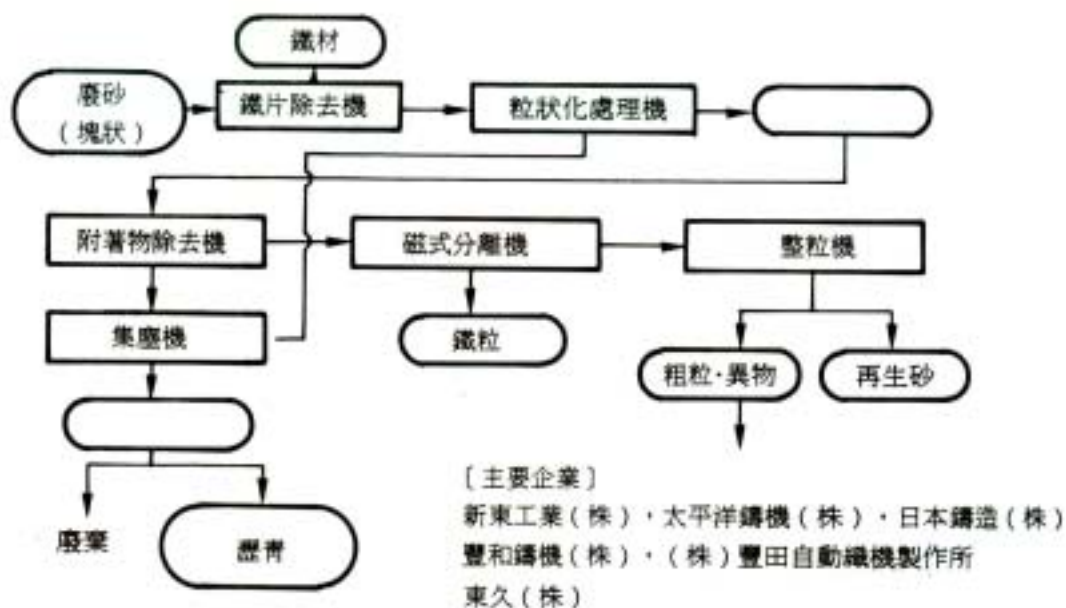


圖5.12 鑄物廢砂之再生方式

表 5.11 再生處理裝置

處理		裝置
粒狀化處理		粉碎機(crusher) (剎車型、迴轉型) 砂回收機(sand reclaimer) 衝擊軋碎機(impact breaker)
附著物除去	濕式	水力噴吹機(hydro blaster) 超音波再生裝置
	乾式	砂回收機(sand reclaimer) 批調整機(lot conditioner) 氣動洗淨機(pneumatic scrubber) 氣動洗砂機(pneumatic sandcleaner) 噴砂機(shot blast)式
	加熱式	流動培燒式 窯式

【廢砂種類與附著物除去方法】

附著物除去方式及再生砂之利用率隨廢砂之種類而異，請參見表 5.12。

表 5.12 附著物除去方式與最大使用率

廢砂 \ 除去方式	濕式		乾式		加熱式		除塵	
	適否	使用率(%)	適否	使用率(%)	適否	使用率(%)	適否	使用率(%)
生模	•		•		•		適	98
乾燥模	•		•		•		適	98
殼模	否		-		適	95	-	
有機自硬性鑄模	否		適	95	適	95	-	
無機自硬性鑄模	適	95	適	75	適	50	-	
無黏著劑鑄模	否		-		-		適	95

*：理論上雖適合但工業上不大利用。

非鐵金屬爐渣(銅轉爐爐渣之選別)

銅、鉛、鋅、鎳等精練中，會排出各種爐渣，大部分均水碎後供水泥與填海之用。由銅製煉轉爐所得爐渣，經選礦分為精銅礦與 Fe_3O_4 較多之精鐵礦，精銅礦送回再處理。精鐵礦用於補給水泥鐵粉。

表 5.13 轉爐爐渣組成例(%)

Cu	Fe	Zn	S	SiO_2	Al_2O_3	MgO	CaO
7.56	44.87	3.09	1.51	22.67	1.11	0.55	0.53

表 5.14 浮選條件及試藥用量(試藥 g/ton 浮選原礦)

項目	處理礦量 (ton/hr)	礦漿濃度 (%)	粒度(%) -325 網目	pH	#183 日香油	#5 TAKASAFLOS	Z-200	日香 132-A	日香 DN-2000	KAX	DTP #8	MCB #4
單位浮選	50	65	30	7.5~8.0	54	—	—	26	26	—	—	—
1 次浮選	13	35	80	7.5~8.0	—	35	88	—	—	32	—	—
2 次浮選	17	40	75	7.5~8.0	—	—	—	—	—	—	16	16
3 次浮選	40	40	75	7.5~8.0	—	—	—	—	—	32	—	—
4 次浮選	13	40	70	7.5~8.0	—	32	—	—	—	60	—	—
合計	—	—	—	—	54	67	88	26	26	124	16	16

表 5.15 精礦純度(%)

種類	Cu	Fe	Zn	S	SiO ₂
精銅礦	21.47	31.98	3.95	4.21	19.06
精鐵礦	0.40	49.85	4.17	0.09	25.10

表 5.16 主要原單位

球 (g/T)	試藥(g/T)			用水(m ³ /T)		電力 (kWh/T)
	起泡劑	捕捉劑	脫水劑	新原水	循環用水	
2.328	86	250	113	0.3	3.7	57

註：1.電力係對選礦原礦而言

2.球及試藥係對浮選原礦而言

3.昭和 56 年上期平均

【主要選礦場】

日本礦業佐賀關、同和礦業小坂、住友金屬礦山新居濱等。

【參考文獻】

日本礦業會誌(1982)854～864。

建設廢材

廢混凝土 (路盤材，混凝土用骨材之生產)。

【主要條件】

1. 生產路盤材，碎石時

(1) 解體現場，可簡單選別。

(2) 破碎加工場需要大規模的貯存場(流程圖 5.13 所示三次破碎機之破碎能力為 100ton/h)。

(3) 不設置一次、二次破碎機，用大型破碎機破碎。只設置圖中三次破碎機相當的亦有。

(4) 三次破碎機之壓碎空間通常為 60mm(50mm)。

(5) 解體現場亦有搬進小型拖車專用破碎機一顎式破碎機(jaw-crusher，能力 60m³/h)生產者。

2. 生產混凝土用骨材時

現場雖生產混凝土用骨材，但須特別留意如下列各點。

(1) 在解體現場需細心執行選別(土塊、木材、熱石膏、纖維壁等要盡量防止混入)。

(2) 為減少有機材料粒子之混入，或有必要設置用水的比重分選裝置。

【特徵】

1. 混凝土廢材破碎之外，亦得作柏油混凝土之破碎，大型設備亦可生產碎石。

2. 三次破碎機如使用顎式破碎機(jaw crusher)，則造成許多混凝土中原有粗骨材之破碎(適合於混凝土骨材)。

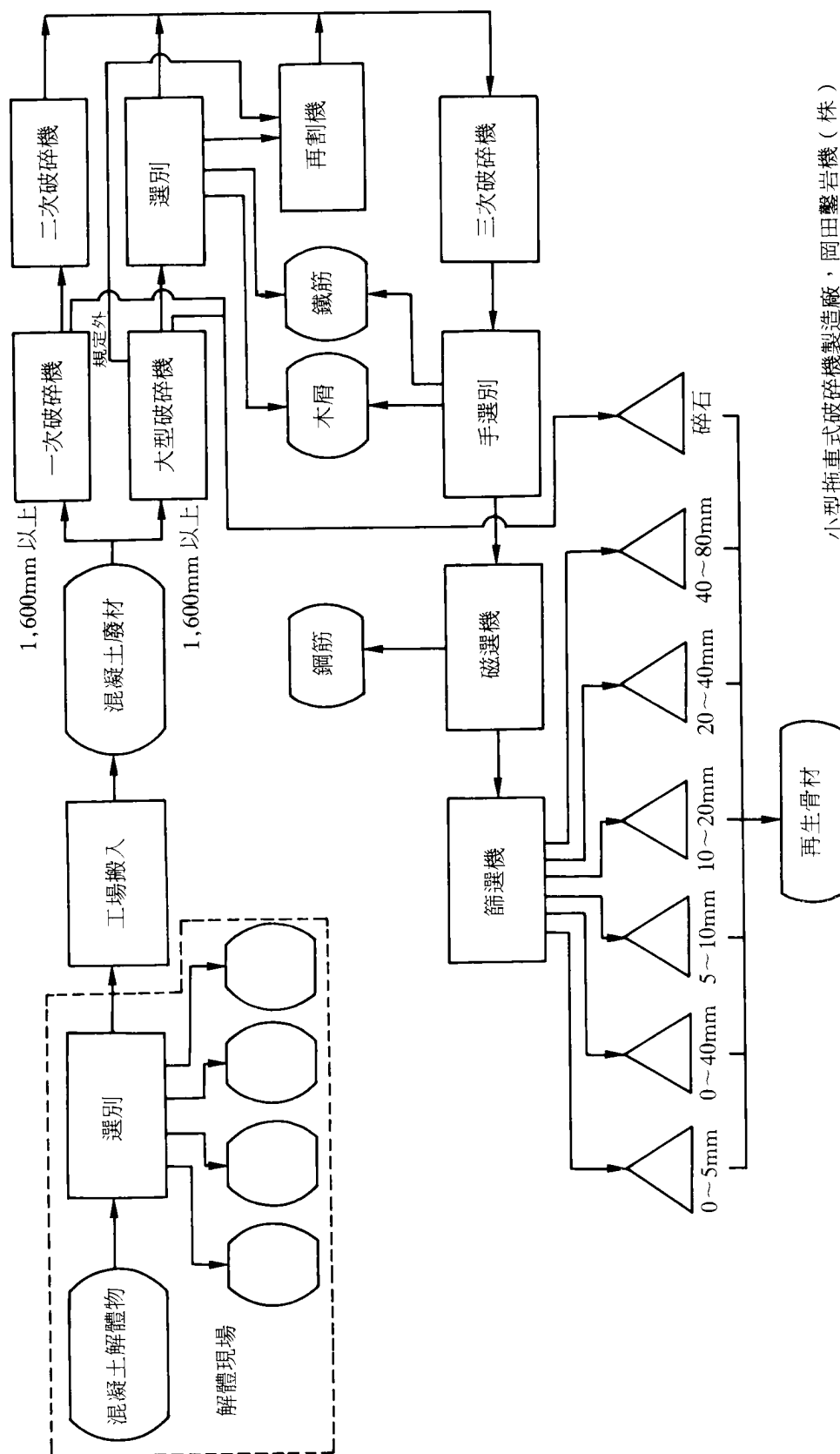
3. 顎式破碎機(jaw crusher)時，如把開口(open set)調小，因鋼筋容易發生堵塞，須經常清除。

4. 切斷機(shredder)型破碎機，雖因鋼筋的堵塞較少，但 5mm 以下之粒子(細骨材)會增多。

5. 用混凝土廢材做的路盤材，其壓密性良好，且不易粘於輾壓機之輾輪(roller)。

6. 混凝土用再生骨材，比河砂、河砂石之形狀不良、比重小而吸水率大。水洗試驗的損失量較大(表 5.17)。

7. 破碎機易發生噪音及粉塵、在狹窄場所要採取噪音防止對策。防止粉塵需要撒水。



小型拖車式破碎機製造廠，岡田鑿岩機（株）

圖5.13 流程圖

表 5.17 破碎混凝土再生骨材的破碎方法與物理性質

破碎機		記 號	破碎骨材		細 骨 材					粗 骨 材				
			最大尺寸	5mm 以下之量	單重	實積率	絕乾比重	吸水率	水洗試驗	單重	實積率	絕乾比重	吸水率	水洗試驗
破碎條件			(mm)	(%)	(kg/l)	(%)		(%)	(%)	(kg/l)	(%)		(%)	(%)
顎式 破 碎 機	0. S	A	25	20.8	1.34	61.2	2.10	11.1	4.3	1.39	57.9	2.33	6.4	0.4
	33													
	33	B	15	35.7	1.44	64.9	1.99	11.4	8.6	1.29	53.3	2.29	5.7	0.8
	80	C	50	14.1	1.35	60.8	1.98	12.1	7.4	1.32	55.2	2.25	6.2	0.1
	60	D	80	10.6	1.33	59.1	2.01	11.7	4.4	1.35	56.0	2.28	5.7	0.1
	12	E	100	7.0	1.27	58.0	1.97	11.2	2.3	1.30	56.8	2.12	8.0	0.2
橫型 截斷機 V=4m/s		F	30	33.1	1.43	63.6	2.04	10.5	6.2	1.38	58.0	2.26	5.3	0.9
豎型 截斷機 V=20m/s		G	15	50.5	1.40	62.2	2.03	10.6	5.7	1.42	58.2	2.33	4.9	0.6

註：1. A：將為實驗用製造的混凝土加以破碎者，B ～ G；由解體現場採取混凝土廢材加以破碎者。

2. 出處：日本建築業協會、建設廢棄物處理再利用委員會報告書。

柏油混凝土之再生方法

分類與特徵

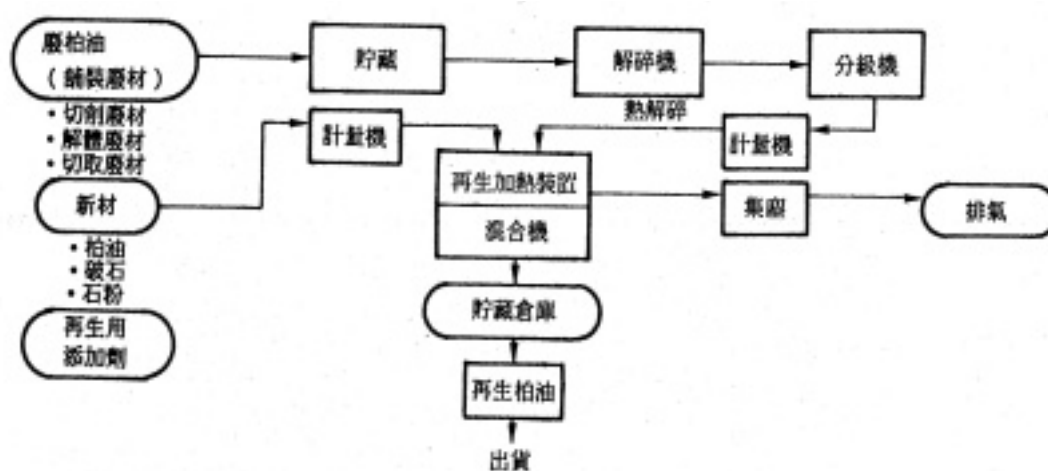
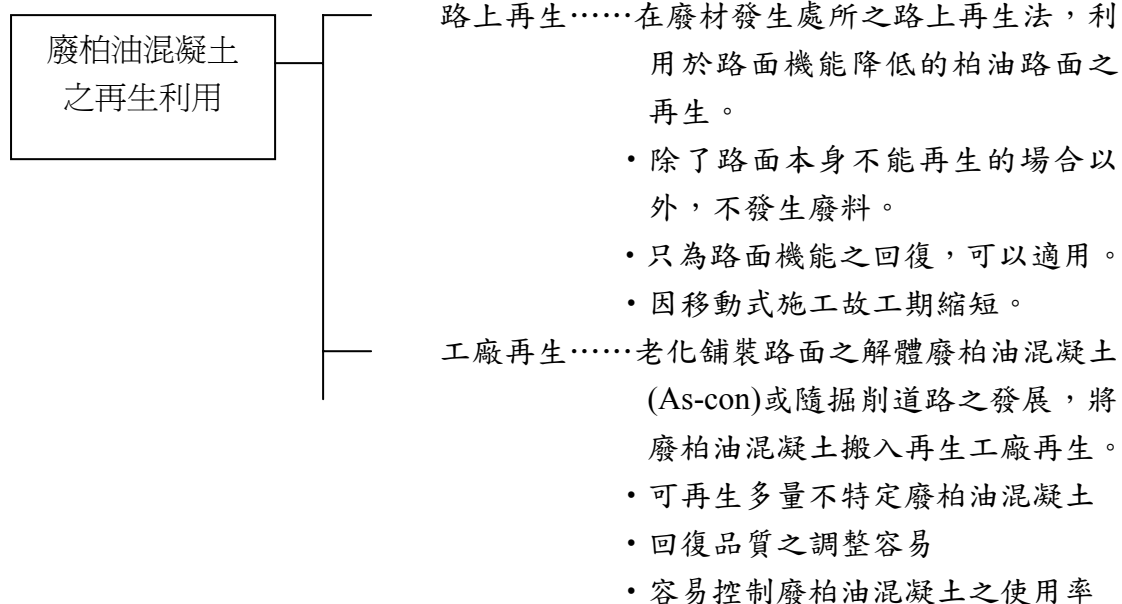


圖5.14 廠內再生流程圖

廢木材

燃燒木片製造系統

【辦法】

1. 生產規模：2,000T/m(12~15T/h)。
2. 使用動力：300KW/h。
3. 運轉：連續。
4. 人員：5~6 人。

【特徵】

1. 柱材，混凝土模板，門等大型廢木材，不需前處理即可投入。
2. 故障少，保養維護容易。
3. 接受廢材用人工選別。
4. 設廠地點須考慮廢材之搬運集貨距離(通常為 50 公里以內)。
5. 廢木材之比重僅在 0.2 到 0.3 之間，要有較廣闊的集貨場所。

【製品之特性】

1. 便宜(每單位熱值之單價約為 C 重油之 1/2)。
2. Sox，NOx 值很低，幾乎不須採取對策。
3. 房屋解體材為主原料，故含水率低。
4. 房屋解體材比其他木屑灰分高 5~10 倍(灰分 3~7%)要考慮灰分之處理。

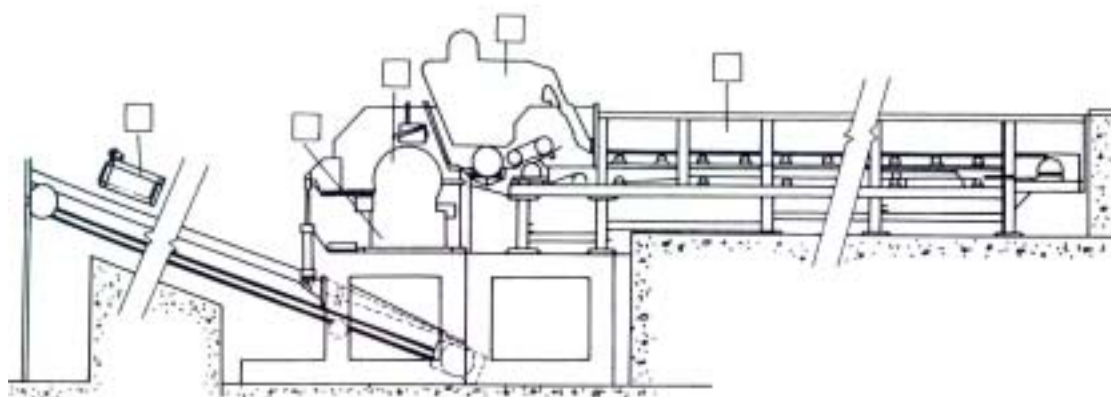


圖5.15 木質系破碎構造圖

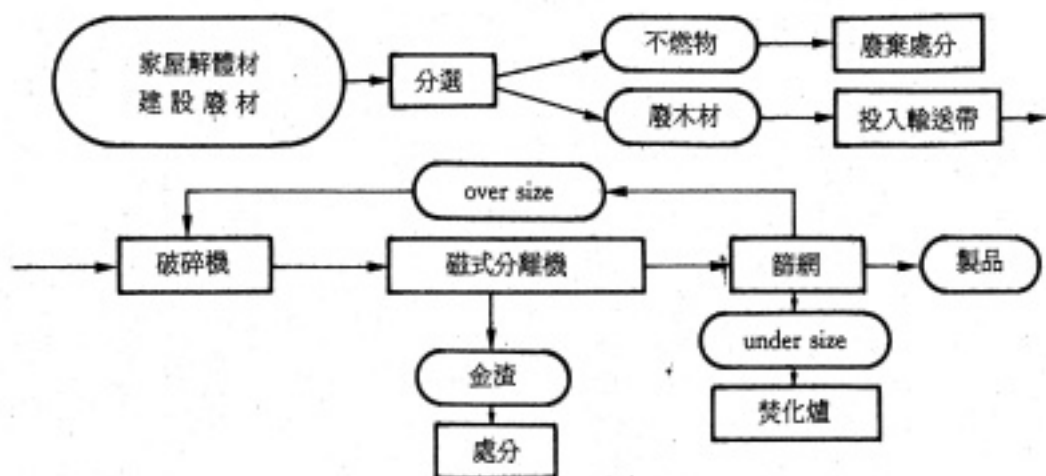


圖5.16 燃料片生產程序

表 5.18 燃料木片性質

容積比重	含水率(%)	灰分(%)	熱值(kcal/kg)
0.2~0.3	15~25	5~7	3,200~3,700

粉塵(dust)

鋼鐵粉塵

濕式旋風分離器(hydrocyclone)分級法

【主要設備與操作條件】

1.原料進料

高爐濕粉塵 1,700 dry-T/day

轉爐濕粉塵 3,850 dry-T/day

袋濾式(bag filter)灰塵 4,230 dry-T/day

2.分級、濃縮

濕式旋風分離器 75mm ϕ ×10 支

送料(feed)壓力 0.5~1.0kg/cm²

增稠器(thickener) 13m ϕ ×2 機

虹吸(siphon)壓力 10-100mmHg

3.脫水	壓濾機(filter press)	1,500m ² ×80 室
		1,500m ² ×40 室
4.混合	pan mixer(盤式混合機)	2,200mm ϕ ×1,200mmH ×70T/hr

【特徵】

1. 高爐濕粉塵脫鋅(脫鋅率 70~90 %)回收燒結原料(表 5.19)。
2. 粉塵中之鐵(Fe)，碳(C)之回收效果良好(表 5.20)。
3. 脫鋅污泥(sludge)與轉爐污泥混合，脫水後，可防止轉爐污泥之氧化發熱。
4. 乾粉塵與脫水泥餅混煉，造料，可改善燒結原料之性質。

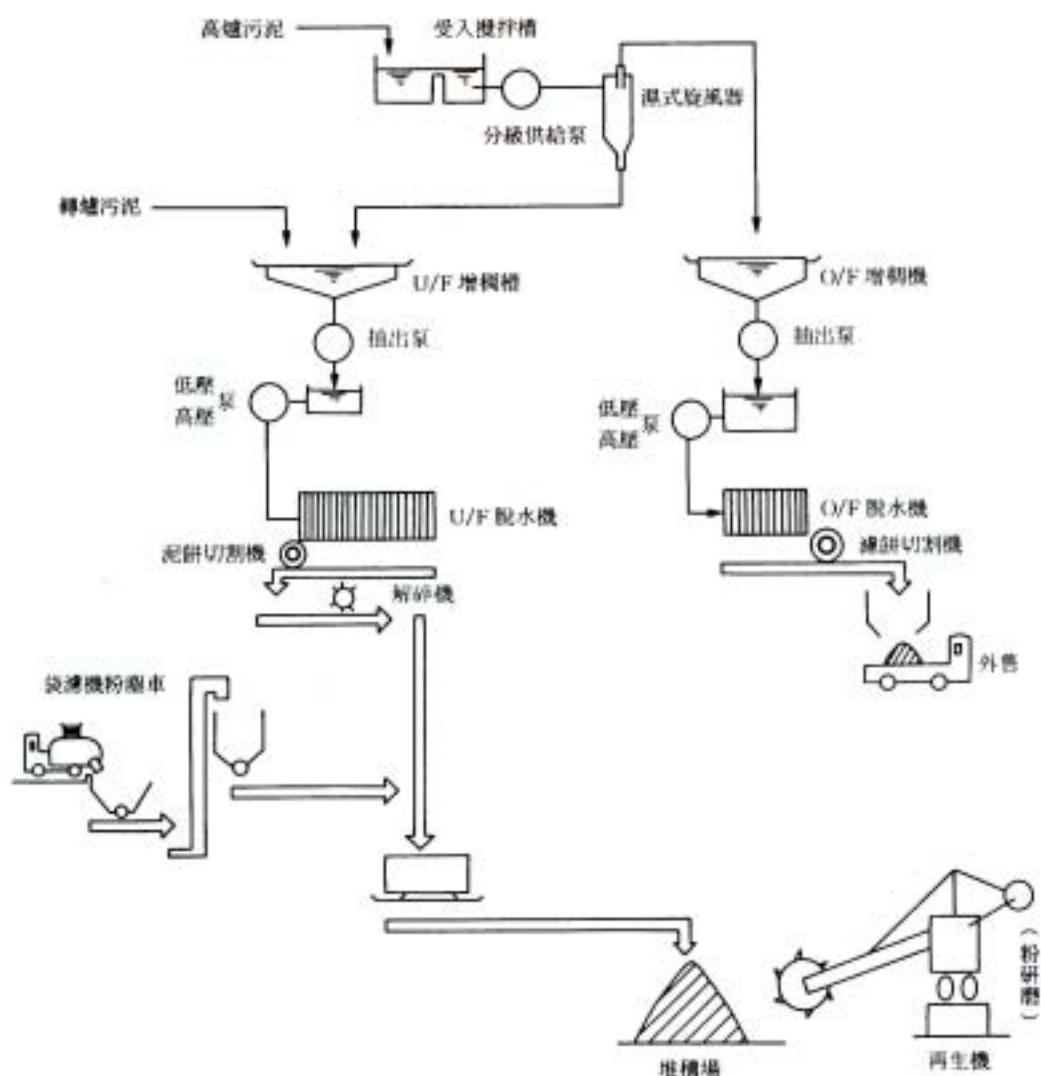


圖5.17 參考流程圖

表 5.19 泥漿粒度分級及成分例

粒度 (μm)	進料 重量(%)	超大尺寸		超小尺寸		
		重量(%)	進料(%)	重量(%)	進料(%)	分配率(%)
>43	27.9			40.1	27.9	100
43~32	15.7			22.6	15.7	100
32~23	12.1	2.7	0.8	16.2	11.3	93.4
23~15	6.5	6.9	2.1	6.4	4.4	67.7
15~11	4.2	7.4	2.3	2.8	1.9	45.2
<11	33.6	83.0	25.3	11.9	8.3	24.7
	100.0	100.0	30.5	100.0	69.5	$D_{50} \div 14\mu$

表 5.20 脫鋅成分率

組成	Zn	Fe	C
進料 (%)	1.75	33.79	27.16
超大尺寸 (%)	4.49	22.73	15.82
超小尺寸 (%)	0.42	39.73	32.83
脫鋅率 (%)	83.8	23.5	19.6

二、粉塵類(集塵器回收粉塵，重油灰)處理及鈮(Va-nadium)回收系統

【主要操作條件】

- 1.可連續運轉。
- 2.粉塵燒結溫度 800~1,000℃。
- 3.脫硫裝置為濕式脫硫。
4. V_2O_5 生產能力為 2,000 噸/年。

【特徵】

1. 粉塵之碳分，以蒸氣回收有效利用。
2. 燒結窯廢棄脫硫後，無二次公害。
3. 由粉塵及重油灰(鍋爐爐渣等)，可有效回收鈮。
4. 抽過鈮的殘渣，可當作鎳原料，售出給 Fe-Ni 廠商。
5. 以獨特的精製技術，製造高品質之鈮化合物(表 5.21)。

表 5.21 製品規格

板狀 V_2O_5	V_2O_5	SiO_2	P	S	Na_2O	
	98%以上	1.0%以下	0.02%以下	0.05%以下	0.3%以下	
粉狀 V_2O_5	V_2O_5	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	S	
	99%以上	0.2%以下	0.1%以下	0.1%以下	0.2%以下	
NH_4VO_3	NH_4VO_3	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	SO_4	Cl
	99.5%以上	0.05%以下	0.01%以下	0.02%以下	0.01%以下	0.01%以下

尖端技術產業廢棄物處理

最近幾年來尖端科技之發展，使人瞠目。透過新市場對產業社會之貢獻度相當大。尤其進入正式量產時代之超 VLSI，256k，RAM(隨意進出記憶體)，已經與我們日常生活各方面有了密切關係。然後由產業廢棄物之觀點看，使用各色各樣化學藥品，由反復的洗淨程序中所產生之排水是非常難以處理的，為防止其成為環境新污染源，各種努力正認真實施中。

表 5.22 是積體電路(IC)用晶片(Wafer)加工所用之化學藥品¹，排水可分類為SS，氟，有機物，過氧化氫，氮及磷等六種²。

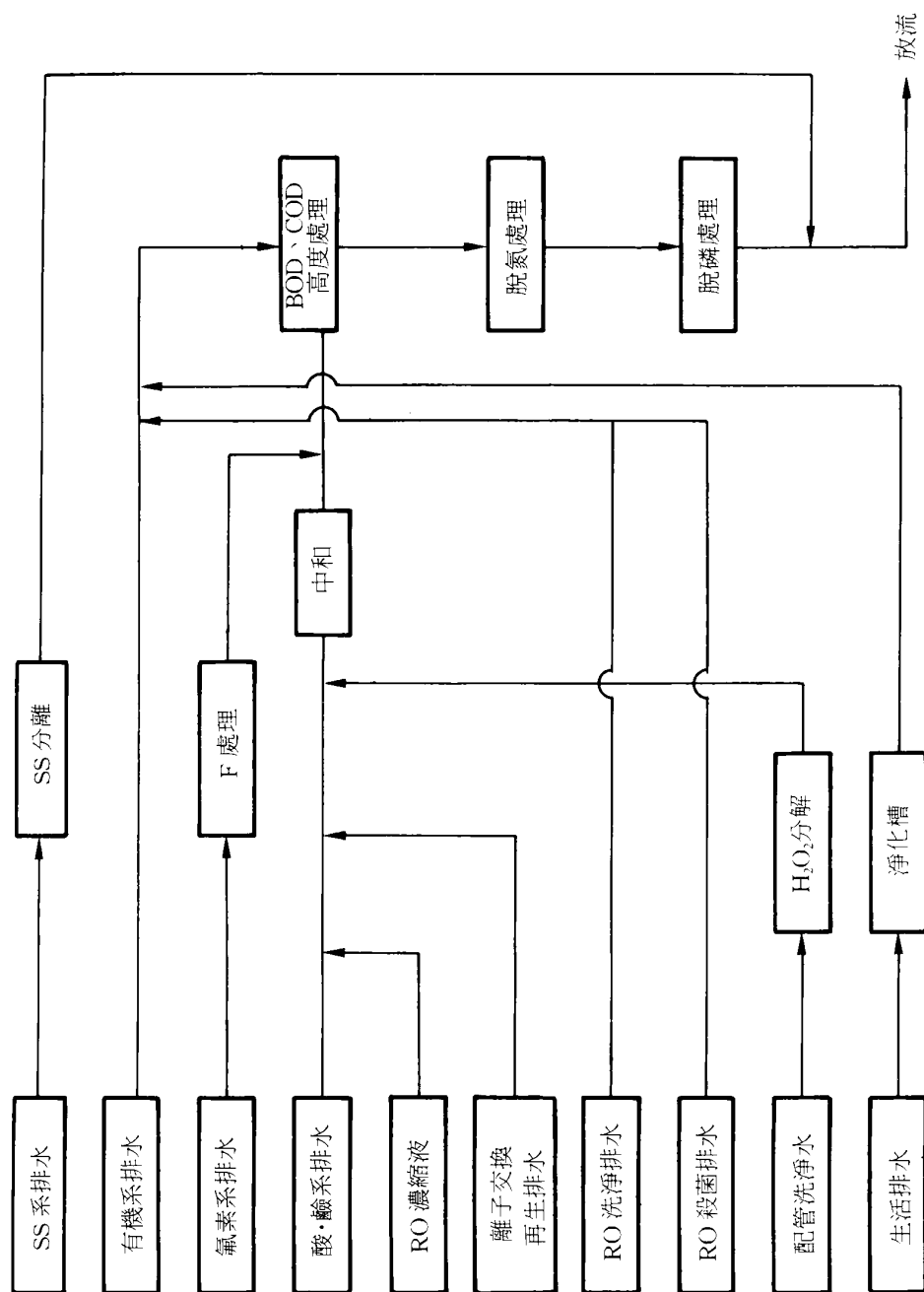
這些廢液依據處理之難易與方法做最適當的分類，後選擇組合最適當的要素技術以構成系統化。

主要技術包括，凝集、沉澱、過濾、離子交換、紫外線分解以及殺菌，臭氧(O_3)發生器、蒸發、乾燥、濃縮、脫水、活性炭吸附、高分子分離膜等高水準技術而選擇，以構成高效率廢液廢水處理系統。

排水、排水處理系統之例如圖 5.18。比例之排水種類、成分，濃度及排水處理應注意事項如表 5.23。

表 5.22

程 序	使 用 藥 品	化 學 反 應 例
1. 蝕刻		
濕式		
Si 單晶	HNO ₃ , HF-HNO ₃	$\text{Si} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{SiO}_2$
矽磊晶	NH ₂ -NH ₂ , KOH	$\text{SiO}_2 + \text{HF} \rightarrow \text{H}_2\text{SiF}_5 + \text{H}_2\text{O}$
氧化矽	HF, HF-NH ₄ F	$\text{SiO}_2 + \text{HF} \rightarrow \text{H}_2\text{SiF}_6 + \text{H}_2\text{O}$
氮化膜	H ₃ PO ₄	$\text{Si}_3\text{N}_4 + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
乾式		
Si 單晶	CF ₄	$\text{Si} + \text{CF}_4 \rightarrow \text{SiF}_4$
矽磊晶		
氮化矽	CF ₄ , SF ₆	$\text{Si}_3\text{N}_4 + \text{CF}_4 \rightarrow \text{SiN}_4 + \text{N}_2$
氧化矽	CHF ₃ , C ₂ F ₅ Cl	$\text{SiO}_2 + \text{CHF}_3 \rightarrow \text{SiF}_4 + \text{CO}_2 + \text{CO}$
Al 蒸著膜	CCl ₄ , BC1 ₃	$\text{Al} + \text{CCl}_4 \rightarrow \text{AlCl}_3$
2. CVD		
矽磊晶生成	SiH ₄	$\text{SiH}_4 \rightarrow \text{Si} + \text{H}_2$
氮化膜之生成	SiH ₄ -NH ₃	$\text{SiH}_2\text{Cl} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{Si}_3\text{N}_4 + \text{HCl} + \text{H}_2$
	SiH ₂ Cl-NH ₃	$\text{SiH}_4 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{Si}_3\text{N}_4 + \text{H}_2$
PSG 之生成	SiH ₄ -PH ₃ O ₂	$\text{SiH}_4 + n\text{PH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{SiO}_2 + n\text{P}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$
SiO ₂ 膜之生成	Si(OC ₂ H ₅) ₄	$\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4 \rightarrow \text{SiO}_2 + \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}$
P-SiN	SiH ₄ -NH ₃	$\text{SiH}_4 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{P-SiN} + \text{H}_2$
	SiH ₄ -N ₂	$\text{SiH}_4 + \text{N}_2 \rightarrow \text{P-SiN} + \text{H}_2$
P-SiO	SiH ₄ -N ₂ O	$\text{SiH}_4 + \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{P-SiO} + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	SiH ₄ -CO ₂	$\text{SiH}_4 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{P-SiO} + \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$
3. 熱氧化	O ₂ , H ₂ O	$\text{Si} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SiO}_2$ $\text{Si} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SiO}_2$
4. epitakital 單晶成長 法		
Si 單晶	SiH ₄ , SiH ₄ -H ₂	$\text{SiH}_2\text{Cl} + \text{H}_2 \rightarrow \text{Si} + \text{HCl}$
	SiH ₂ Cl ₂ -H ₂ , HE	$\text{SiH}_4 \rightarrow \text{Si} + \text{H}_2$
	(PH ₃ , B ₂ H ₆)	$\text{SiCl}_4 + \text{H}_2 \rightarrow \text{Si} + \text{HCl}$
	SiCl ₄ -H ₂	$\text{SiHCl}_3 + \text{H}_2 \rightarrow \text{Si} + \text{HCl}$
	SiHCl-H ₂	
5. 光阻劑	環化橡膠	
光阻劑塗層	Novolac 樹脂-O-diazoquinone	
曝光	Xylone, 醋酸丁酯, 苛性鹼, 季胺, 羥基一酚	
顯影	鹵化粉, 三氯乙烯, H ₂ SO ₄ -H ₂ O ₂ , 全氯乙烯,	
剝離	烷基苯磺酸	
	純水、乙醇、異丙醇	
6. 洗淨	nolon113, H ₂ O ₂ -HCl-H ₂ O, NH ₄ OH-H ₂ O ₂ -H ₂ O, 異面活性劑	
7. 研磨	研磨材(Sic, Al ₂ O ₃ , 石榴子石)	
wrapping	研磨材(SiO ₂)	
矽膠一次磨光	研磨材(ZrO ₂)Si 粉之排出	
矽背磨光		



濃縮的廢棄物之排放，依據所含成分而有種種不同處理方法。稀釋廢水經處理後放流。處理對樣中有機系，氟系之排水等須按其性質採用主要尖端科技。有機系排水中醇類及酮類，須予以生物處理及氧化分解等方法處理。

最近以紫外線氧化有機物分解法的技術逐漸用於排水中低濃度有機物之分解。紫外線照射將有機物分解成 H_2O 與 CO_2 的方法。

回收排水一般分為密閉式、半密閉式，以活性炭填充塔去除介面活性劑， H_2O_2 及一部份有機溶劑，以離子交換塔除去陽離子、陰離子、矽化合物，以 RO 裝置除去離子、微粒、微生物及有機物特殊成分後，視其目的用途再加上其他高效能之處理方法。

須處理成超純水時，須加上真空脫氣塔除去溶解的氧或二氧化碳及部分低分子有機物，再以混床式離子交換塔除去殘餘的離子性物質或矽成分。最後經由高分子分離膜工程，除去系統內產生之微粒，微生物及有機物。

排水之氟，可添加鈣鹽與調整 pH，使其生成難溶之 CaF_2 而分離。 H_2SiF_6 則注入多量消石灰，沉澱分離 $CaSiO_3$ ，含 HF_4 時，添加大量硫酸鋁，分離 H_3AlF_6 與 H_3BO_3 後，注入消石灰，分離 CaF_2 。這些二次處理也有用鋁鹽，鎂或鐵之化合物為共沉劑之技術。雖然尚有吸著方法之試用，但因成本方面仍高尚未採用。

磷氮同時除淨處理工程並無問題。氮則採用生物處理，依濃度高低也有用吸著法的程序。

重金屬排水，一般利用凝集沉澱法，螯合(chelate)反應之組合及氯化亞鐵共沈法等。研磨排水中之 SS， $0.05 \sim 1 \mu m$ 程度之 ZrO_2 -Si 粉則以高分子分離膜處理。

LSI 等電子相關領域中處理困難之排水之一有印刷基板製造的排水。這些排水自印刷基板製造時的洗淨工程、研磨工程、佈線圖樣(pattern)電鍍、盤面電鍍(panel)、端子電鍍等化學鍍、電鍍、蝕刻工程、以及水溶性乾性軟片之顯像，剝離工程、熔接工程等多數工程而來。這些排水含有多種化學物質，使原水量及遠水水質產生大變化且含有處理困難的物質。因此與半導體製造業之排水處理的情形一樣地，現將各生產工程之排水予以分組成幾種處理對象系統，選擇主要技術組合各別作安定、確實的處理。

排水處理最為困難的部分是水量小，BOD 值高之水溶性乾軟片顯像剝離液，需用微多孔中空管膜或高濃度氧溶解法之最新生物處理技術。

其他生物關連、製藥及食品等有關尖端科技領域，新的環境問題不斷再發生，需根據高科技開發與建立，加以妥善處理。

表 5.23 半導體製造工廠排水種類及特徵

排水種類		成分及濃度	排水處理應注意事項
工程排水	SS 系排水	矽粉(數百 mg/l)	粒子多在 $1\mu\text{m}$ 以下
	有機系濃縮廢液	酒精、氯乙烯、三氯乙烯等(100%)	不能處理
	有機系水洗排水	酒精(數 mg/l)	BOD, COD, 微生物
	氟系濃縮廢液	氟氣、醋酸、氨、雙氧水、(數~數十)	BOD, COD, 微生物, 以 O_2 氣泡浮上
	氟系水洗排水	同上(數~數百 mg/l)	同上
	酸、鹼系濃縮廢液	磺酸類、醋酸、氨、雙氧水、(數~數十%)	BOD, COD, 微生物, 以 O_2 氣泡浮上
	酸、鹼系水洗排水	同上(數~數百 mg/l)	同上
用水製造排水	RO 濃縮液	用水成分 $\times 3 \sim 4$ 倍, 磷(mg/l)	凝集性
	離子交換再生排水	NaOH, HCl(1%)	pH 變動激烈
	RO 洗淨排水(非定常)	聚磷酸(數%), 活性劑(數千 mg/l)、或乙二胺基四乙酸, EDTA(數%)	今後也要做水洗淨, 凝集不良
	RO 殺菌排水(非定常)	福馬林(數%)	今後也要做水洗淨。一旦放進生物處理即產生障礙。
廢氣洗淨水	配管洗淨排水(非定常)	過氧化氫(數%)	今後也要做水洗淨。以 O_2 氣泡浮上
	酸系	氟氣、醋酸、氨、雙氧水 BOD, COD. 水	_____
	鹼系		
生活排水	有機系		
	餐廳、雜排水	有機質, $\text{NH}_3\text{-N}$	_____
	廁所		

【參考文獻】

1. 大野茂，水處理，日本電氣技報，37，No.9,53(1984)。
2. 榎本俊、下山敏昭，半導體製造過程排水之處理技術，化學裝置，27, No.8, 50(1985)。
3. 奧村宗弘，尖端化之高分膜利用水處理技術，化學裝置，27，No.8, 32(1985)。
4. 奧村宗弘，超純水製造技術，製藥工場，5, No.8 649 (1985)。
5. 嶋津和雄，半導體製造工場之排水處理技術，MOL, No.9, 35(1984)。

第六章 脫水處理技術

脫水技術

污泥處理、處理方法與脫水效果

圖 6.1 係污泥濃縮、脫水及處理、處理之流程。

此流程是由濃縮，脫水，掩埋、飼料化、肥料化、堆肥化(compost)、乾燥、焚化的三步驟而成，均表示污泥的減容化及有效利用最終處分等在內。

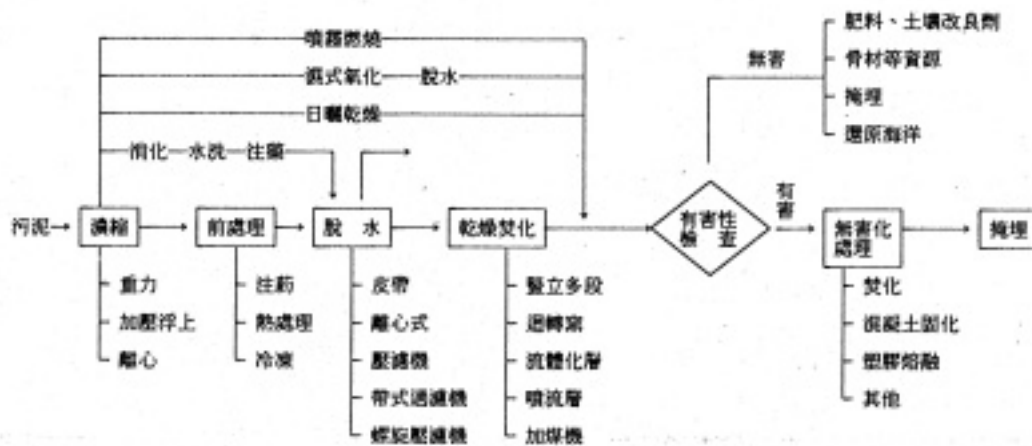


圖6.1

現在，污泥中之懸濁固形物 1 噸之含水量 噸(水)/噸(SS)含水率 $Sm(\%)$ 及粒子濃度 $W(\text{kg(ss)}/\text{m}^3(\text{污泥}))$ 之關係式如下：

$$D = Sm / (100 - Sm) = \rho (1000 / w - 1 / \rho_s)$$

式中水之密度 ρ 為 $1.0(\text{T}/\text{m}^3)$ ，固形物之密度 ρ_s 為 $2.0(\text{T}/\text{m}^3)$ 時之計算結果如圖 6.2。

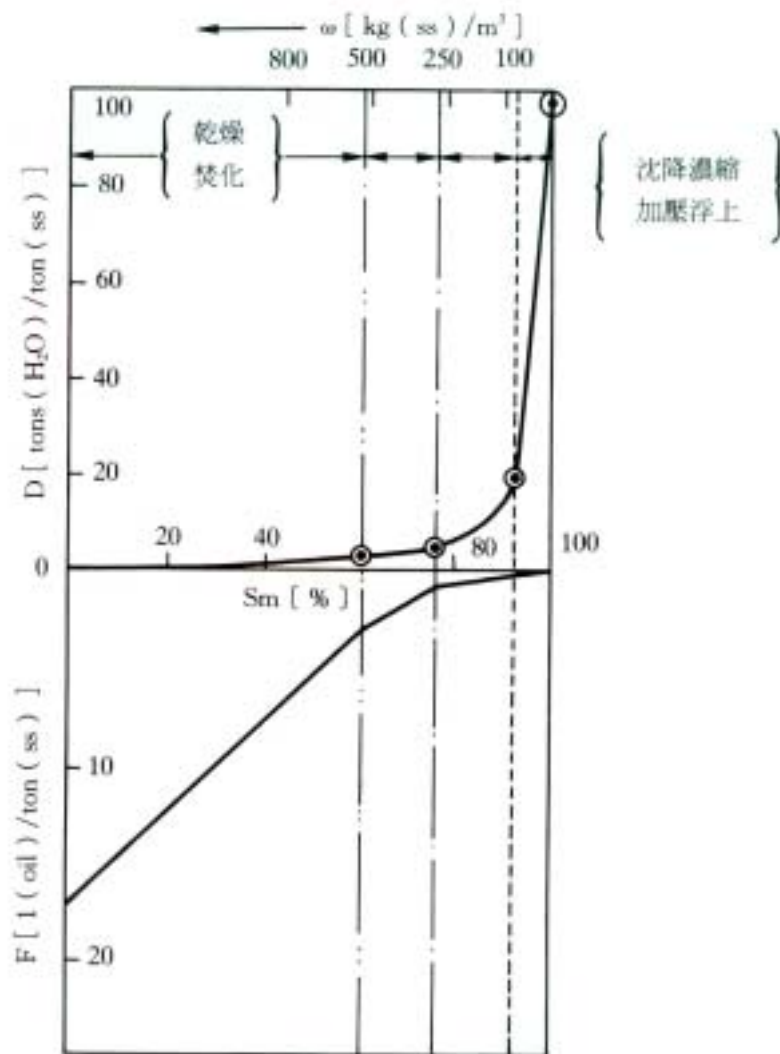


圖6.2

1. 以沉降濃縮或加壓浮上濃縮法，把含水率 99%之污泥濃縮到 95%時，SS 每噸之水分含量會自 99 噸減少到 19 噸，其脫水量是 80 噸(水)/噸(SS)。

2. 脫水過濾至含水率 78%時，SS 每噸之水分含量自 19 噸減少到 3 噸，脫水量是 16 噸(水)/噸(SS)。

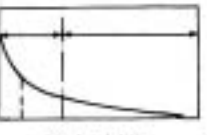
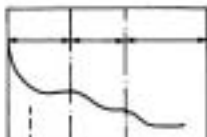
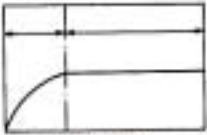
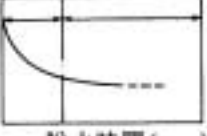
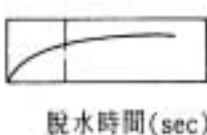
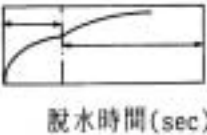
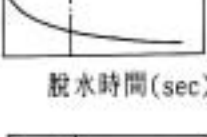
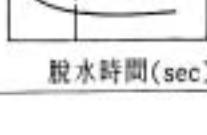
3. 再壓縮脫水後，含水率減為 60%的脫水污泥餅時，其脫水率亦僅為 1.5 噸(水)/噸(SS)。

4. 把此脫水餅乾燥，完全脫水，其脫水量亦只有 1.5 噸(水) /ton(SS)。

(污泥之脫水技術與裝置)

表 6.1 是表示「污泥之脫水技術與裝置」之概要。依此可明白脫水原理與脫水機構等有大幅度的差異，所以要選擇處理污泥最適脫水裝置，或設定脫水條件，不是一件容易的事。

表6.1 污泥的脫水技術與設備

脫水技術	方式	原理	脫水曲線	設備構造
自然脫水	Lagoon式	藉太陽熱或風等的自然蒸發脫水	 <p>脫水時間(sec)</p>	有深的Lagoon與淺的Lagoon
	砂濾床式	藉砂濾床的過濾脫水與太陽熱或風之自然蒸發脫水		20~30公分左右的砂濾床與20公分左右的碎石層(參照下水道設施基準)
脫水篩分	凝集方式	將係加凝集劑而形成的凝集體加以篩分脫水	 <p>脫水時間(sec)</p>	已開發各種設備例如帶式壓濾型脫水機
	造粒方式	將係加凝集劑而形成的的小丸加以篩分脫水或傾洩		最近各公司開發了這種方式的設備例如濕式造粒脫水機等
真空過濾	間歇過濾方式	利用真空泵形成過濾負壓，間歇循環形成濾渣→脫水→濾渣剝離的工程	 <p>脫水時間(sec)</p>	奴僕、葉狀過濾濾機
	連續過濾方式	利用真空泵在迴轉體之濾材兩面產生濾壓，使其連續形成濾渣→脫水→濾渣剝離之工程	 <p>脫水時間(sec)</p>	連續真空圓角型過濾機(例如奧利佛過濾機)(預覆過濾機) 連續真空圓盤型過濾機(例如美利堅過濾機) 連續真空水平型過濾機(例如水平過濾機) 連續真空帶型過濾機(例如帶式過濾機及Toppeling過濾機等)
加壓過濾	間歇過濾方式	利用泵或空氣壓縮機，使其形成，加壓過濾→脫水→濾渣剝離的工程	 <p>脫水時間(sec)</p>	壓濾機(已開發擠壓脫水機的壓濾機或自動化的自動壓濾機等)加壓葉狀過濾機(例如凱利過濾機，Sweetland過濾機)
	連續過濾方式	利用泵或空氣壓縮機在迴轉體之濾材兩面，使其連續形成加壓過濾→脫水→濾渣剝離的工程	 <p>脫水時間(sec)</p>	連續加壓圓型過濾機(奧利佛型連續加壓過濾機，Fest過濾機)
離心沈降及離心過濾	離心沈降方式	利用高速迴轉體內之離心效果，以促進污泥脫水	 <p>脫水時間(sec)</p>	離心沈降機(例如分離板型離心沈降機，傾洩機等)
	離心過濾方式	在高速迴轉體內周壁裝設濾材進行基於離心效果之脫水過濾	 <p>脫水時間(sec)</p>	離心脫水機
其他	凝結浮上 冷凍脫水 看管脫水 及電氣浸透脫水等			

(續)

調濕結及凝結劑	脫水能力(kg/cm ²)	過濾周期	脫水濾餅含有率(%)	過濾容量(kg/mhn)	適用領域
有時可添加硫酸鋁	重力	數天至數十天			上水污泥，下水污泥
					上水污泥，下水污泥，工場排水處理污泥例如染色排水，染毛排水，電鍍排水
帶式壓濾型以添加高分子凝聚劑為前提(0.5~1%)	濾布張壓 1~3	2~15 (min)	帶式壓濾型(下水道污泥時 70~80%k	剩餘活性污泥：30~100(kg/m帶寬 hr)	以工場排水處理的適用例為主
	濾布洗水壓 2~6				以碎石排水之處理或工場排水處理的適用例為主
加硝石灰或氯化鐵等之凝聚劑或加助濾劑於過濾物本身或做預覆用。	濾渣形式 400~550mmHg	2~6 (hr)	下水道污泥時：65~80%		比較適合於少量之污泥處理
	脫水乾燥 500~600mmHg 濾布洗淨 2~7kg/cm	(sec) 30~600		下水道污泥時：10~25	廣泛適用於比較大量污泥的連續脫水處理，特別對於過濾性污泥之連續處理已開發了輥壓排放方式
加消石灰或氯化鐵等或在過濾物中加助濾劑等。	脫水過濾 1~8	1~15 (hr)	下水道污泥時：50~70%	下水道污泥時：1~3	廣泛被應用於污泥之脫水處理
	擠壓過濾 5~15 通氣乾燥 0.5~2.0	15~35 (min)		下水道污泥時：3~10	構造較複雜因而適用例較少，但最近已開發或引進帶式的
以添加高分子凝聚劑為前提(0.5~2%)	離心效果 1,000~1,0000		下水道污泥時：80~85%		下水道各種污泥之適用例雖不少，因對粒子除去率一般而言有偏低的缺點，所以多少需加凝聚劑為其前提
					適用例很多，但維護管理較難，需為污泥處理還需添加凝聚劑，做為其前處理條件
					均為最近開發的新技術，但實用時還有很多問題，裝置上的問題也不少

從事脫水裝置之選擇及脫水條件之設定前，宜就處理污泥有關之脫水全套實驗作完以後再進行。

最常用之脫水篩選、真空過濾、加壓過濾、離心沉降級離心過濾，及其他各法，詳述如後。

脫水篩選法

一、原理

濃縮、脫水處理之前，應預先完成廢液分級或濃縮、凝集、凝結等之調整，在技術上、經濟上較為合理。

若污泥中之固形粒子群引起凝集貨造粒現象時，(1)其外觀粒徑將形成膠羽(flock)。(2)外觀密度。(3)空隙率。(4)形狀係數。(5)形成濾渣層之厚度等，皆會呈現粒子特性之變動。

因此在各個前處理條件下之脫水速度與阻力比，可依理論式計算預知。此時粒徑等隨各因素變動而影響濃縮、脫水速度或脫水過濾速度等。

據此原理，脫水篩選法自古就已被採用。近年高分子凝集劑的發達，促成各種凝集篩分裝置或造粒脫水裝置等新設備的發展。

圖 6.3 例示高分子凝集劑之添加效果對脫水篩分之脫水性能之影響。顯然，隨凝集劑之種類，用藥量對調整後污泥之脫水特性(平均阻力比)與殘留含水率有相當大的影響。

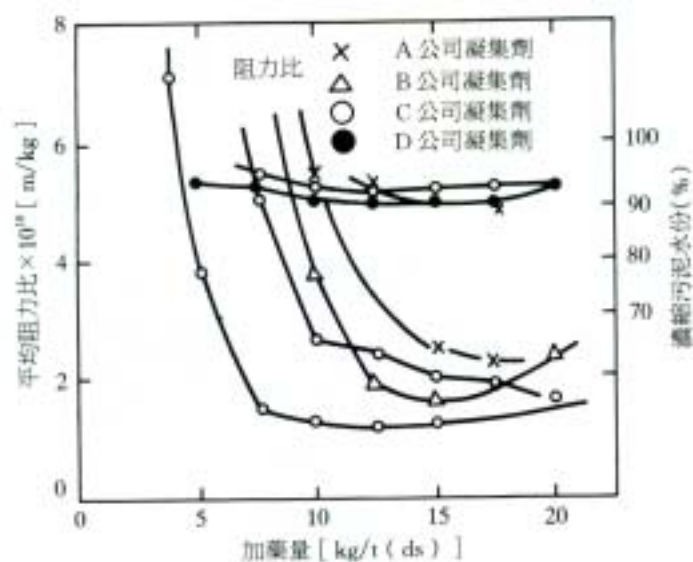


圖6.3

二、凝集篩分裝置

圖 6.4、圖 6.5 係表示凝集篩分、脫水裝置之代表例。操作順序 1.在混合桶內污泥添加高分子凝集劑，產生凝集現象，形成比較大的膠羽群。2.經上段之無端金屬網或濾布，即由迴轉式篩網所構成之篩分脫水部除去自由水。3.在下段之加壓脫水過濾部，再加壓脫水。4.由加壓脫水過濾部來的脫水污泥餅在移經剪切(shear)部時被剪斷力壓榨脫水後，排出脫水污泥餅。

最近按這種原理製造「皮帶加壓型壓榨脫水裝置」，但都是以「添加多量之高分子凝集劑為前提」。

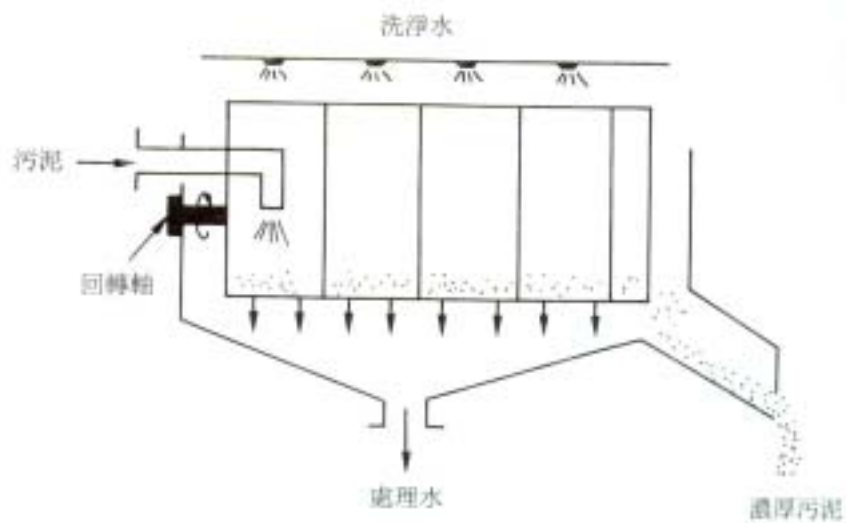


圖6.4

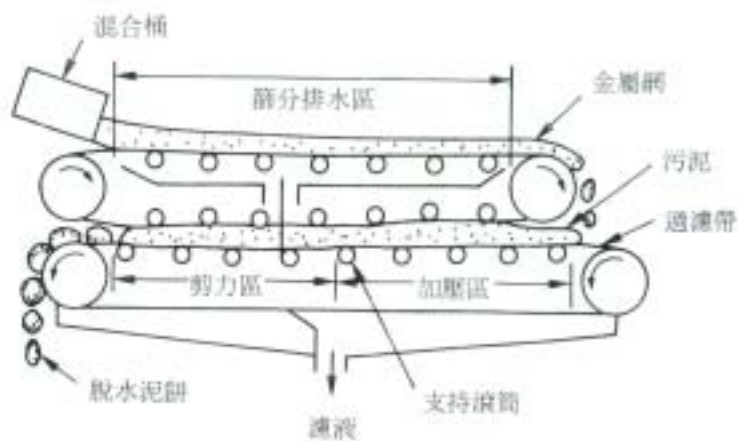


圖6.5

三、造粒脫水機

圖示造粒脫水機之略圖請參見圖 6.6，其脫水步驟如下：

1. 預先在污泥中添加高分子凝集劑，凝集成膠羽群，流入於圖中水平回轉圓筒內，接著緩慢的回轉運動。

2. 沿著圓筒之內壁轉動中，漸漸形成含水率較低的顆粒狀凝結體。

3. 移行至篩分脫水部，與上澄液分離後排出脫水生成物。

造粒脫水機之優點為：結構比較簡單，消費動力亦少，常用於碎石排水污泥或疏浚污泥之脫水處理。

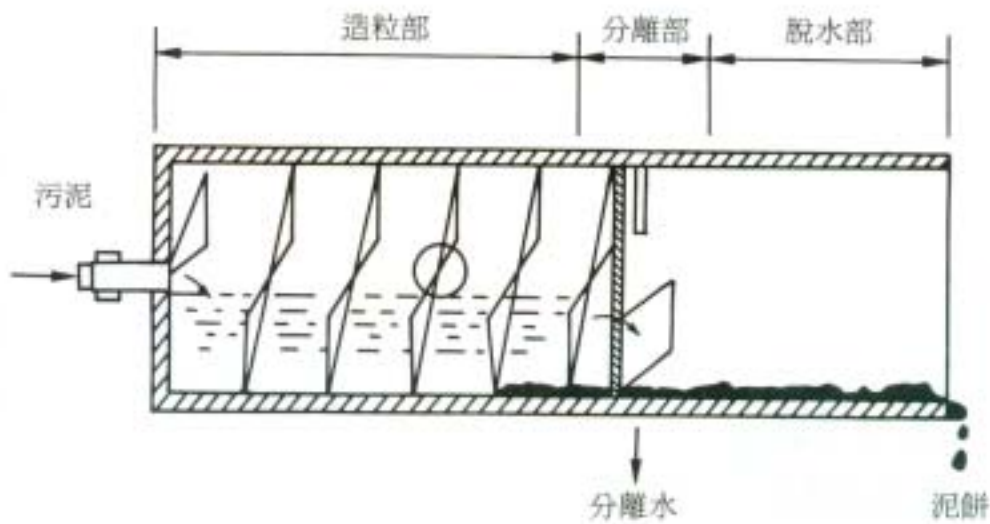


圖 6.6

真空脫水過濾法

一、原理與適用

真空過濾是使用真空幫浦，大致減壓至 500mmHg(水銀柱)以進行固液分離的方法。此方法無論是粒子較粗大或細小之污泥都可以廣泛使用。

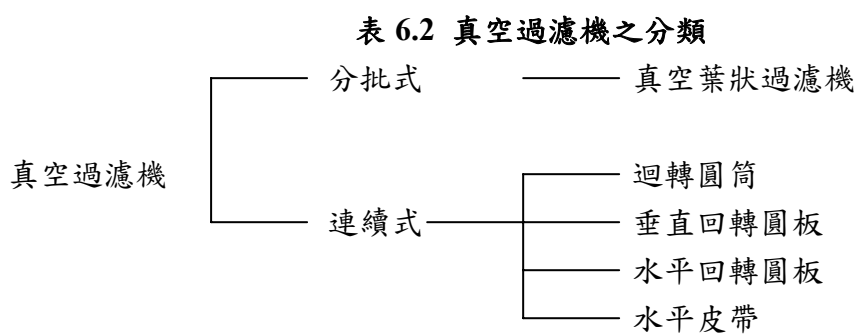
污泥稀薄時，為提高固體粒子濃度須先做沉澱濃縮之前處理。但處理量不多時，有時就不做前處理而做全量過濾。

真空發生裝置有往復幫浦、回轉幫浦及 Nash 幫浦等。

真空過濾機容易連續化且適合大量處理，但高溫揮發性物質之過濾則不能利用。

二、真空過濾機之分類

如表 6.2 所示，大致上可分為分批式與連續式。前者是處理量少時，後者是量多時所使用。



三、分批式真空過濾機

真空葉狀過濾機之 Moor 型過濾機圖示如圖 6.7。

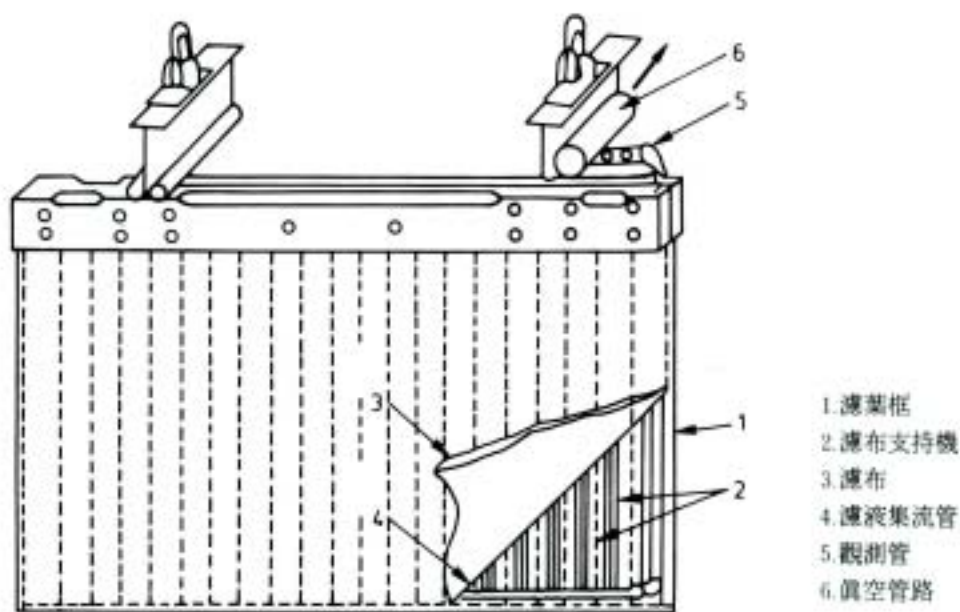


圖 6.7

在多孔管接成長方形濾框上襯貼濾布，為了濾液流路，濾布之間挾以木片，形成濾葉群，將此濾葉群依造污泥槽、除渣槽之順序以吊車移動；過濾及洗淨過程使用真空，除渣過程使用壓縮空氣逆向吹風(back flow)行之。

四、連續式真空過濾機

1.圓筒型真空過濾機

(1) Oliver 型過濾機(圖 6.8)

濾渣圓筒浸漬於原液槽間形成濾渣層，轉到大氣中進一步產生過濾脫水、洗淨、脫液、耙取濾渣等操作。

為防止污泥之沉積原液槽，一般須持續攪拌。

濾渣之耙取，大致在逆向吹風後進行。若要含水量低的濾渣，或防止濾布的阻塞，須在濾布表面塗敷助濾劑。濾渣之脫水過程中，過濾面所形成之濾渣，隨過濾之進行，減少其體積，因此濾渣表面容易產生龜裂。這時因空氣無法平均通過濾渣面，因此附著水分較多的濾渣提早剝離過濾機。為防止上述情況發生，有幾種解決辦法，①壓縮濾渣面，可減少附著水分 25~50%。②用熱風吹乾濾渣面減低附著水分。③減少過濾面浸漬於原液槽之比率，或調節回轉速度，尋找使用附著水分最小的位置。④按一定比率，添加一種界面活性劑於洗淨水，使脫水率提高。

Oliver 型過濾機是由鋼材、木材、鉛、特殊鋼及其他各種合金製成。

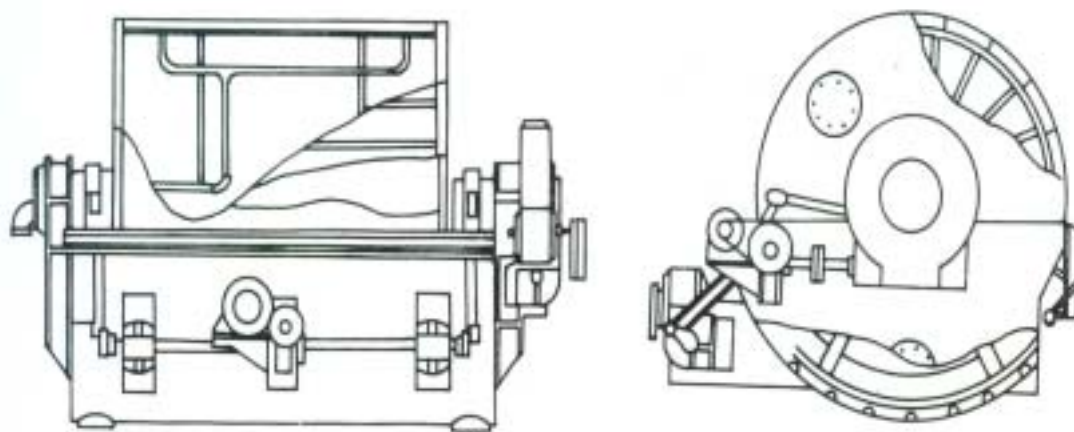


圖6.8 奧利佛型過濾機

(2)預敷過濾機

預敷(precoat)過濾機是由皮帶(belt)型，去除小滾輪，並加裝助劑切除用刮板(scraper)的結構。濾布包在滾筒之表面，其外周塗在 50~99mm 厚的過濾助劑，透過此層預敷層進行過濾，因此可獲得澄清度特別高之濾液。被吸著在預敷表層上之污泥餅是用刮板(scraper)連同微小的預敷層一起刮下來。

過濾速度快，固液分離完全。

預敷時間是約 1 小時，而脫水持續時間視預敷層之厚薄而變化，一般約 16 小時到 1 星期左右。待處理之污泥濃度在 1% 以下。

主要適用範圍為食品方面和廢水處理方面，因須除去之粉粒屬微粉粒，用普通濾布不能脫水之污泥以及污泥濃度在 ppm 之水準，需要澄清濾液等二種場合。

(3)Belt(皮帶)除渣式過濾機

如圖 6.9 濾布與過濾圓筒面有一定間隙，以除渣用滾輪剝離濾渣後，濾布以噴水洗淨除去濾渣。對難過濾性污泥之脫水，廣泛被使用。

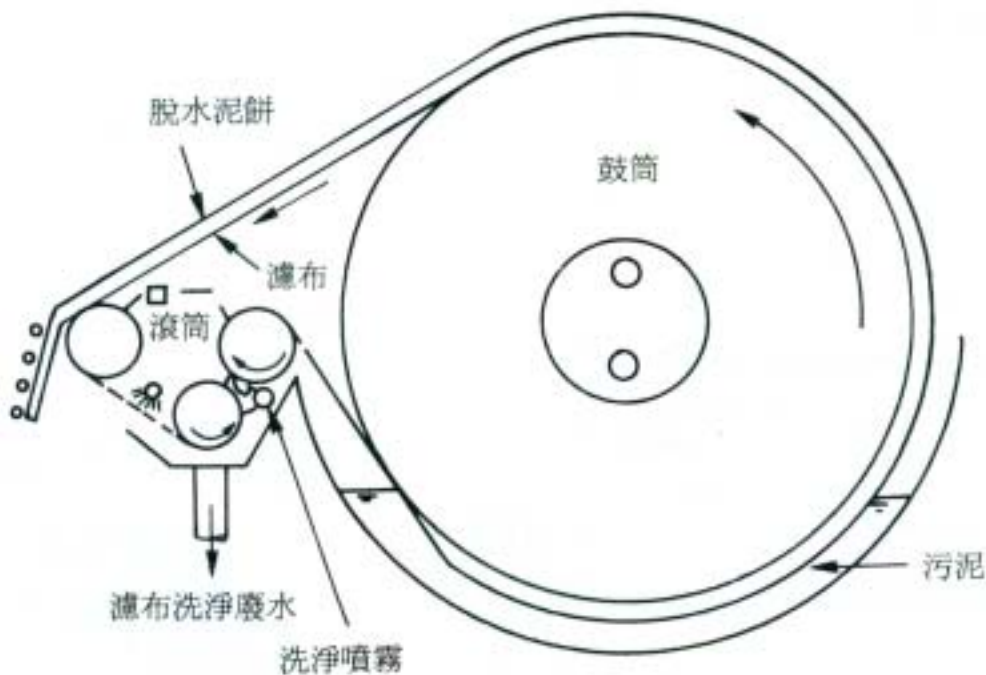


圖 6.9

2.垂直圓板型真空過濾機(圖 6.10)

又名為給美國過濾機(American Filter)。

刮板(scraper)刮取或由傾斜回轉除渣滾輪進行之。

此過濾機所佔單位地板面積的過濾面積特大，因此處理能力較大，設備費用則比較低廉。

另一方面洗淨及脫水不充分，對沉降速度較快之懸濁液不適合處理。濾渣龜裂時，濾渣會由垂直濾面脫落為其缺點。

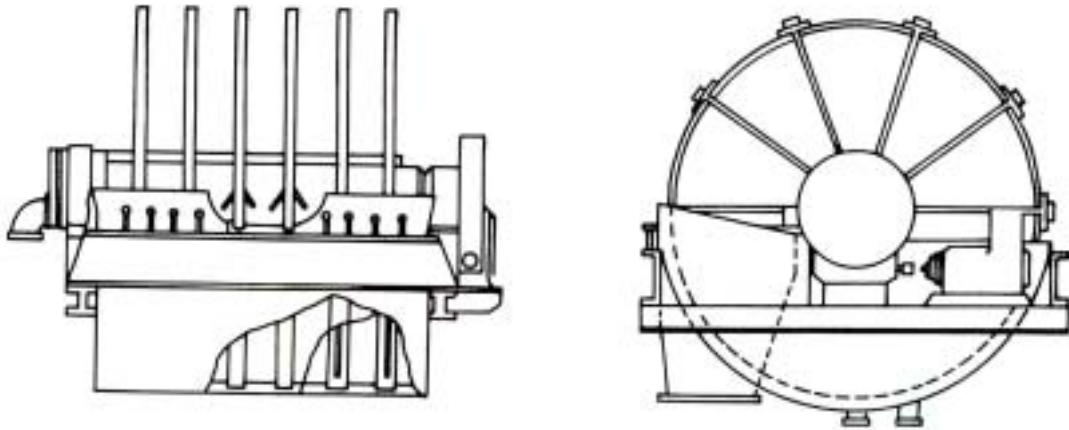


圖6.10

3. 水平圓板型真空過濾機(圖 6.11)

在水平回轉圓板之間產生過濾面，並進行原液供給、洗淨、濾渣刮取等動作。

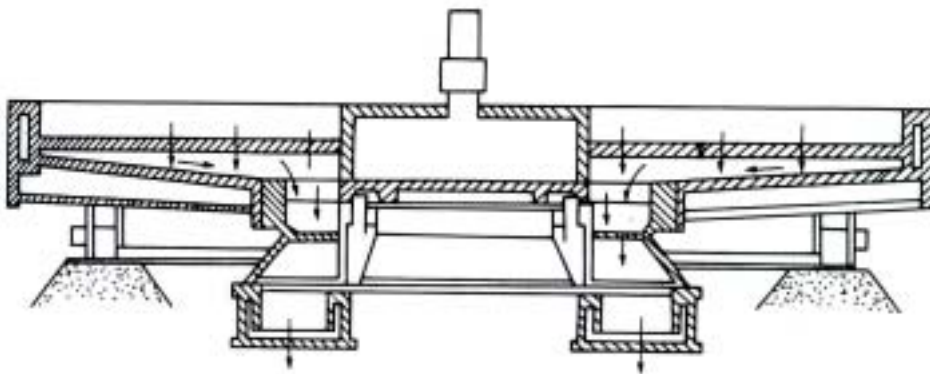


圖6.11

主要優點是可選擇渣厚度、洗淨時間、乾燥脫水時間等之個別條件。可作同流洗滌，對沉降快的粒子懸濁液可以處理，結構簡單等等。缺點為單位過濾面積所需之地板面積大，價格貴，因利用 scroll conveyer 除濾渣，過濾面上會殘留約 3mm 厚之濾渣。

雖限於過濾容易的污泥處理，但過濾能力大，洗淨、脫水性質均佳。

4. 水平帶型真空過濾機 (圖 6.12)

濾布保持於有孔無端皮帶運輸帶上，在濾液吸引箱上緩緩行走，一端供應原液過濾，再洗淨濾渣。濾液與洗淨液在各濾液吸引箱取出。特徵與水平圓板型大致相同。

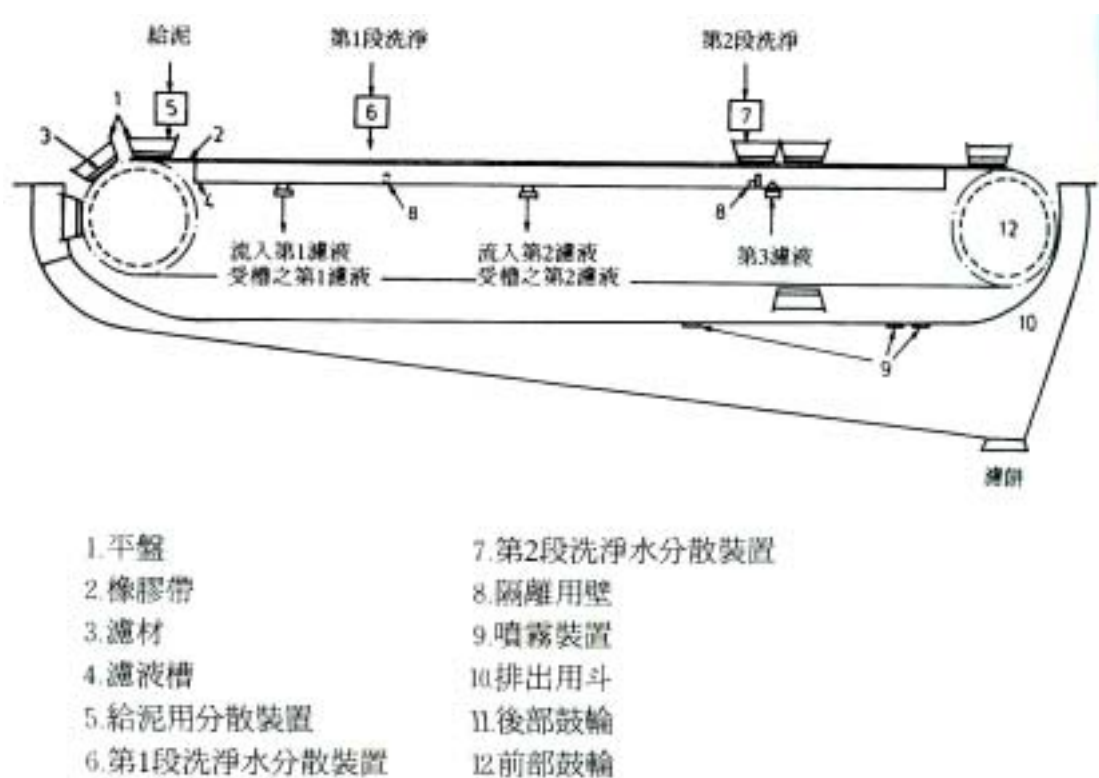


圖6.12

五、操作與管理

1. 前處理

- (1) 使固體粒子粗大。
- (2) 提高懸濁液中固體粒子濃度。

(3) 保持懸濁液中固體粒子濃度在一定範圍。

2. 過濾

過濾操作條件要點為：(1)真空度、回轉速度、浸液率、原液之固體濃度、溫度及液體粘度、使用濾布之種類。(2)以保養狀態而言，濾布之塞住、滑動閥門(slide valve)之磨損。(3)以過濾特性而言，過濾速度(處理能力)、濾渣之附著水分、洗淨度及濾液中之濁度。

加壓脫水法

這是對原液以高於大氣壓加壓過濾之方法，自古就用的壓濾機(filter press)，即其代表機種。

過濾壓力提高，因而濾渣含水率較低，單位過濾面積所占之地板面積較小。

多採用分批式，操作富有彈性，裝置價廉，但人工費要高。由於濾渣生成於高壓面，除去濾渣、注入原液、加壓脫水、榨液、洗淨濾布等具備各種機能之連續式構造困難，機械昂貴，維護費亦高。

一、壓濾機(filter press)

壓濾機有僅以濾板(支持濾布接受濾液用之板)一種構成的單式壓濾機，與由濾板及濾框成對而成的複式壓濾機之別。

原液濃度較高，濾渣之產量較多時，為蓄積濾渣擴大濾室而濾板做成較厚的單式壓濾機雖有，但由濾框容納濾渣的複式壓濾機則較有利，反之，複式有開板、開框、除渣、洗淨及組合等較麻煩的操作。

濾板有濾液流溝、原液供應孔及濾液流出孔，表面呈凹凸狀之板，而由凸出部支撐濾布。其形狀有金字塔形，直條紋形及放射形等，原液供應之位置有隅角進液(corner feed)、側面進液(side feed)及中間進液(center feed)三種。

濾板或濾框蓋上濾布，把所需的塊數並排，壓緊可動端與固定端之間。最近使用油壓或動力壓緊。最近有在濾板與濾布之間，放 5~20mm 厚之海綿狀之濾墊(filter pad)，利用其吸水效果，除去濾室內之剩餘液之方法。

濾液之排出方式，有直接由濾板之流出孔取出，以集液流槽接受之開放式，與經過濾板之流路由兩端取出之密閉式二種。開放式時，各濾板之過濾狀況可由流出濾液之狀態來觀察，可按每一濾板調整流量或停止過濾之優點。

初期過濾壓稍低，慢慢提高，儘可能避免堵塞，以期定速過濾期間拉長，有效利用濾渣過濾之操作期間才好。

濾布之選擇，與原液性狀、過濾、脫水方式有關。

過濾壓最低 1.7kg/cm^2 ，通常為 $3\sim 5\text{kg/cm}^2$ ，最高可達 7kg/cm^2 ，但有特別高壓到 $35\sim 70\text{kg/cm}^2$ 者亦有。

原液注入完畢(過濾終了)，為乾燥濾渣，也有通空氣或熱風之吹空氣(airblow)式。

單式過濾機普通是由中心供應原液，隅角排液，比複式機之價格便宜約 15%，但濾布之損傷嚴重，維護費較高。

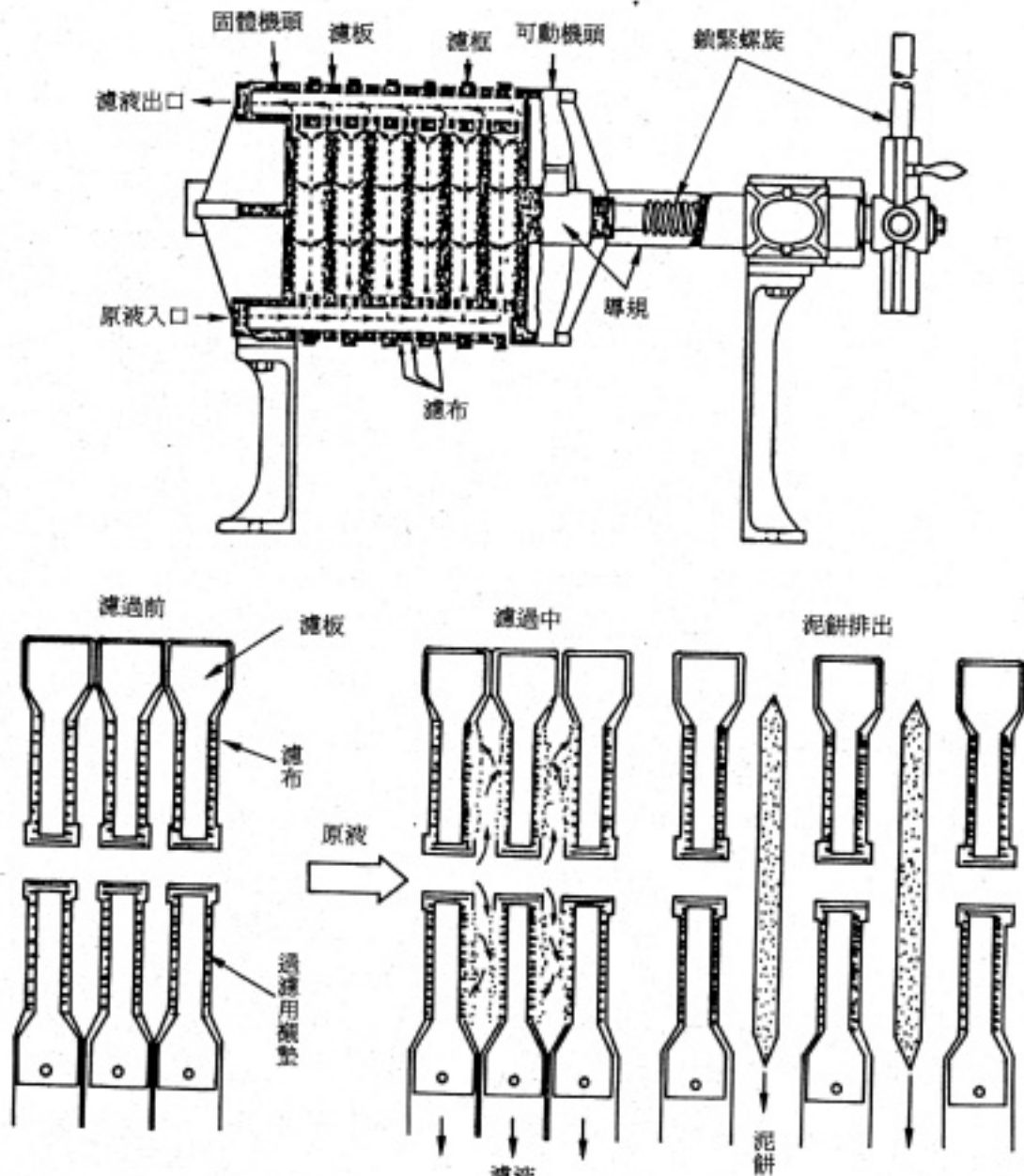


圖6.13

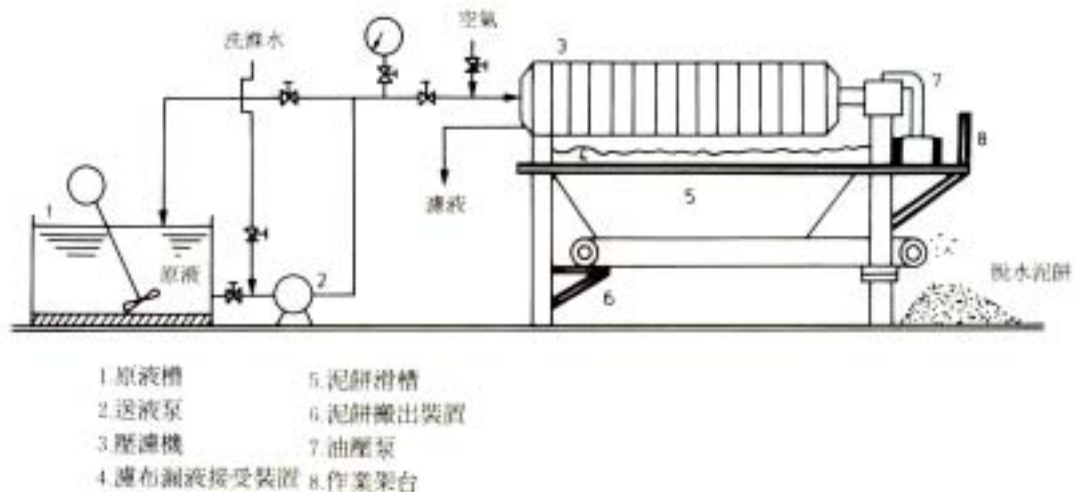


圖6.14 配置系統圖

二、自動壓濾機(auto-filter press)

過濾機之作業程序包括組合、開板、開框、排出濾渣、洗淨、再組合等一貫作業，最近利用油壓、空氣壓及以連續序列(sequence)自動控制技術，所有作業已可以自動方式操作。

過濾、脫水後可動端打開，由可動端順次開板，排除濾渣。此時為使濾渣剝離容易，亦有濾布振動裝置。

圖 6.15 表示操作與系統圖。

過濾後，為除去濾渣間隙殘餘之毛細管水，使用壓縮空氣，加熱壓縮空氣之空氣吹風(air blow)式壓濾機，對濾渣含水率之降低相當有用。

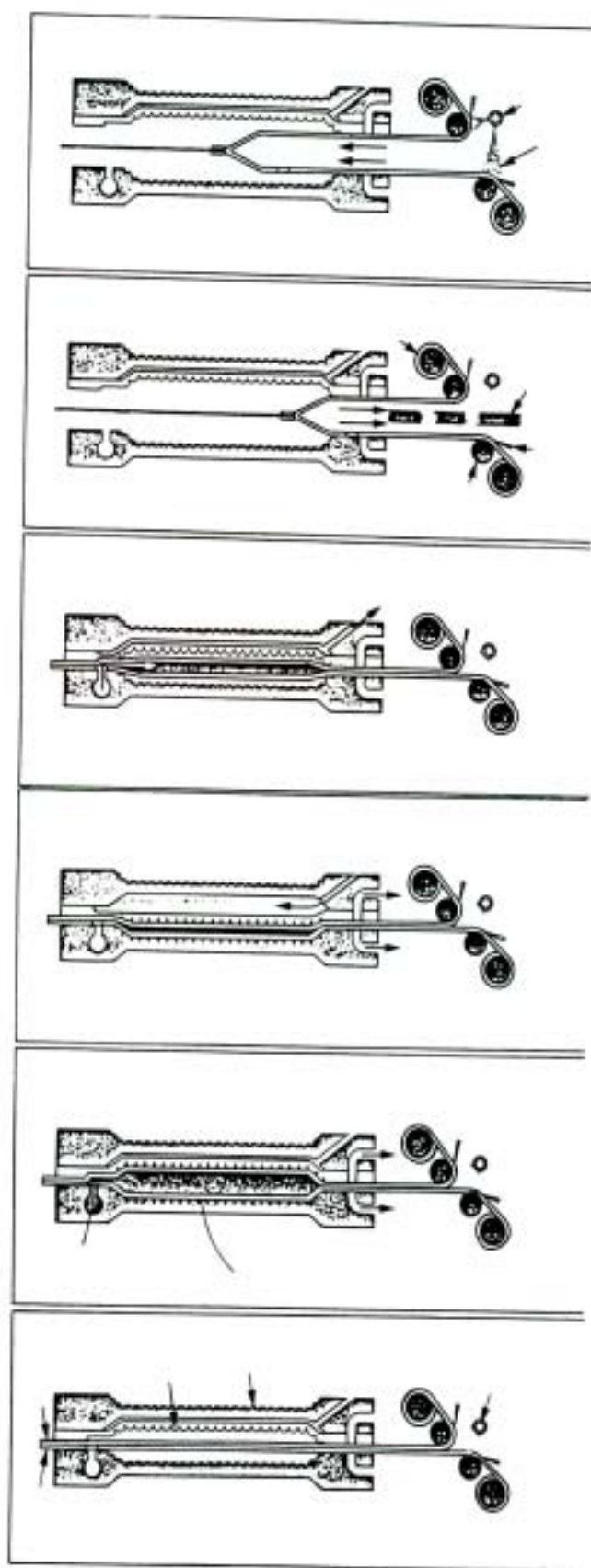
三、附壓榨機構之壓濾機

圖 6.16 表示濾室結構與動作原理

濾板之間除了濾布之外，插入富有伸縮性之隔膜(diaphragm)，構成濾室與高壓室二室。加壓過濾程序結束時，隔室中引進高壓水，擴大高壓室，擠壓濾室內蓄積的濾渣，擠出粒子間剩餘的水分得低含水率之濾渣。

擠壓結束後，機械會自動開板，排出濾渣，洗淨濾布再行組合及壓緊之程序。

圖 6.17 表示機器之配置系統圖。

[illegible]

6.16

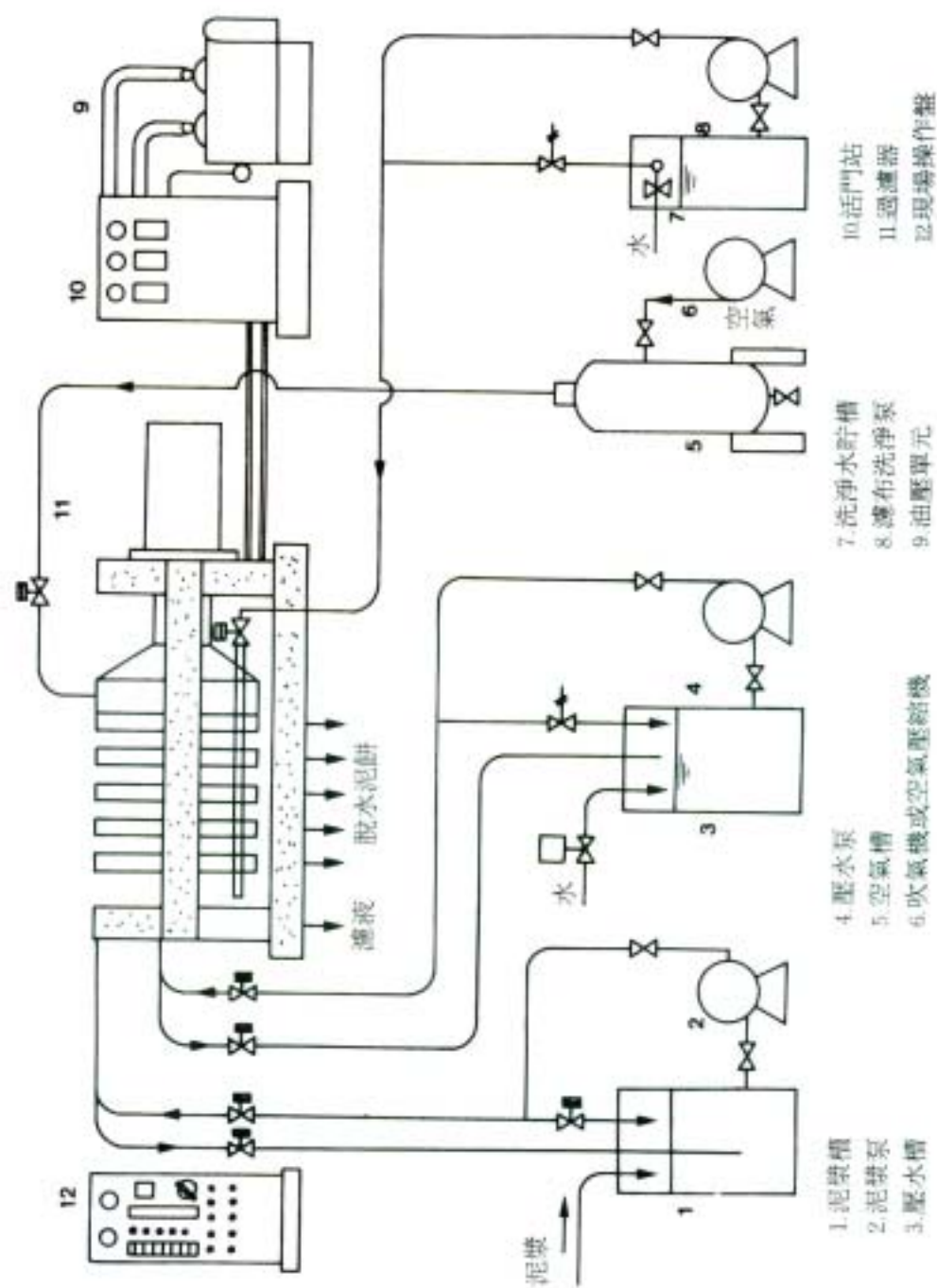


圖6.17 附擠壓機構壓濾機系統圖

四、濾布移動式壓濾機

有橫型與豎型。橫型之結構、配置表示於圖 6.18。

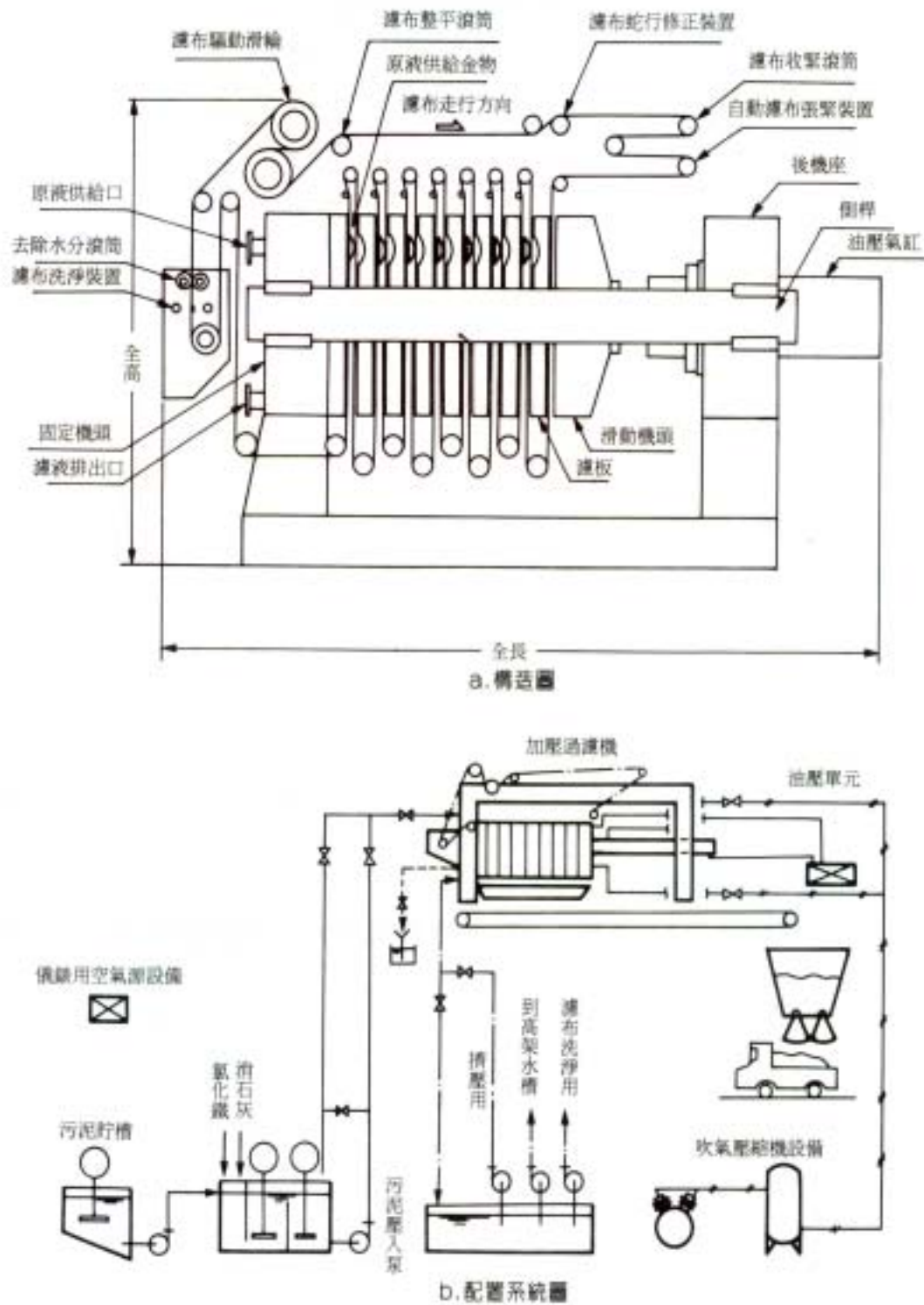


圖 6.18 橫形濾布行走壓濾機

此機種雖是只有濾板之單式壓濾機，但裝有隔板(diaphragm)之擠壓機構及空氣吹風機，另有濾布洗淨及除水之外設備，故濾布之再生便利。每次之操作週期約 20 分鐘。

豎型之結構、操作原理、開閉機構表示於圖 6.19。

上端由上部框與支柱固定，由原液供應孔。下端之框由千斤頂之升降，操作濾板之壓緊與開板。各濾板以千斤頂之升降，達到同時開閉之目的，併依濾布之移動，濾渣於同側一齊移送排除。每週期通常為 5~20 分鐘。

五、豎型葉狀加壓過濾機

Kelly 壓濾機改為豎型之早期之過濾機構。最近以振動濾渣之方法，使剝離機構、自動排出、槽內自動洗淨均成為可能。含有揮發性物質時本機械因密閉此較有利。又濾材之損耗較少。圖 6.20 表示其結構。

離心脫水法

一、原理

污染流入回轉體內，高速回轉產生離心力，達成離心分離沉澱，促進固液分離現象。這是回轉體內固體粒子群之離心沉降速度高於重力沉降速度數百倍以上所致。圖 6.21 表示，離心效果與回轉半徑、回轉數之關係。

二、離心脫水裝置

廢水處理污泥，微細粒子群如極端微細時：

1. 不一定是「原液不加處理直接作離心沉降濃縮或離心脫水，就可得澄清的處理水或含水率較低之污泥」。
2. 原液預先添加凝集劑，力求改善固液分離為普通作法。
3. 特別是近年高分子凝集劑之性能大幅提升，逐漸離心沉降濃縮機或離心脫水機，尤其是如圖 6.22 之傾析器等之用途。
4. 個別凝集劑添加條件之設定或凝集槽之設計法及適當的離心濃縮或脫水機之設計等，需要多方面的實驗檢討。

表 6.3 為離心分離機之分類。

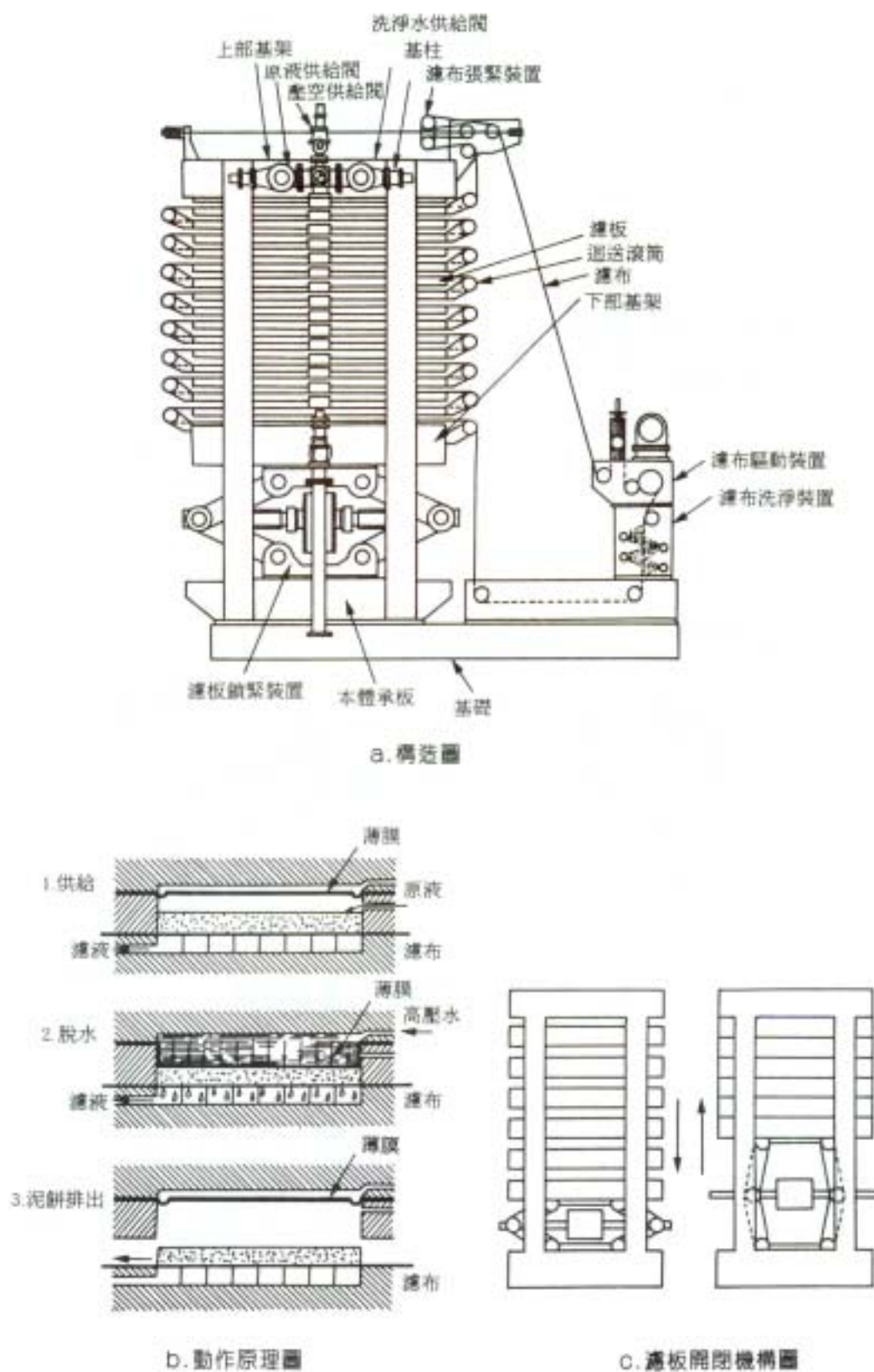


圖6.19 豎立形濾布走行式壓濾機

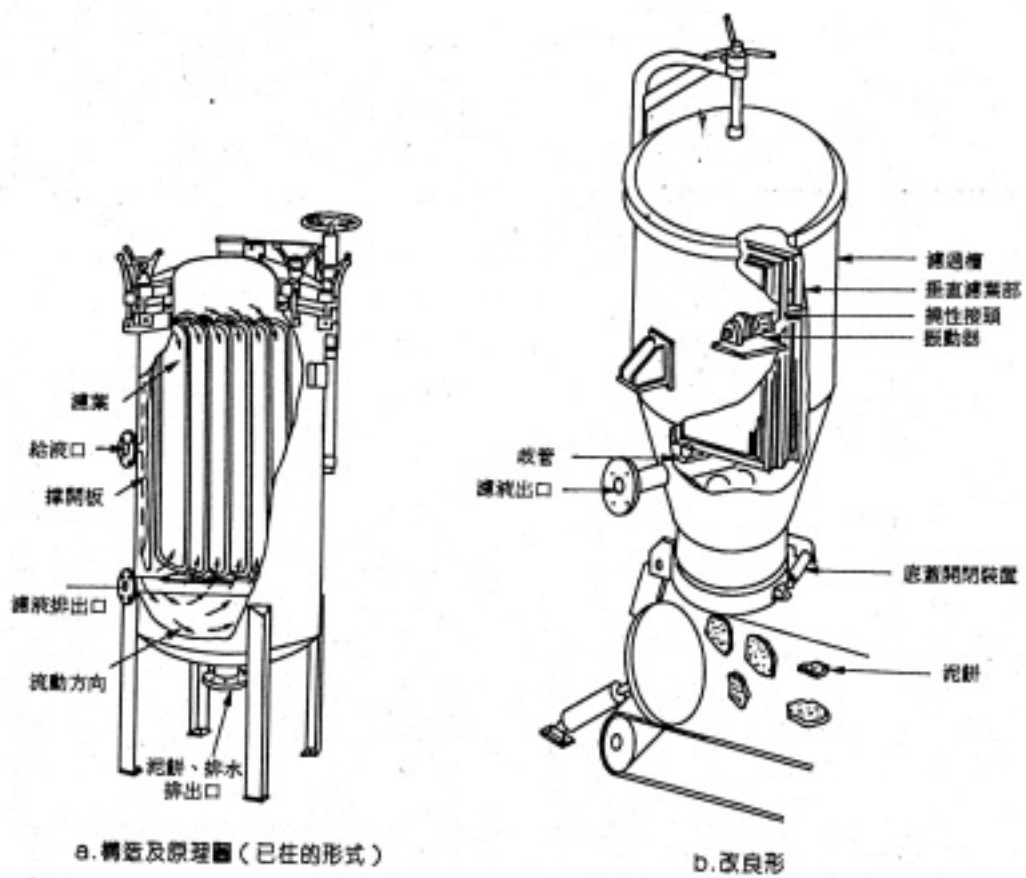


圖6.20 豎立形濾葉加壓濾過機

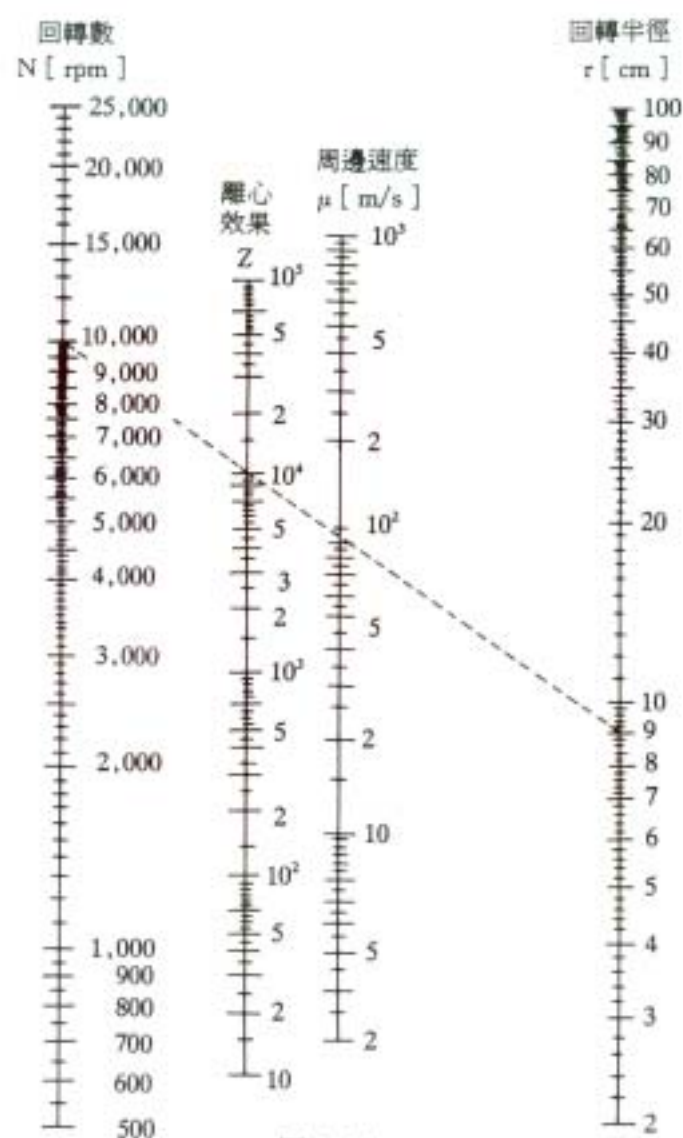


圖6.21

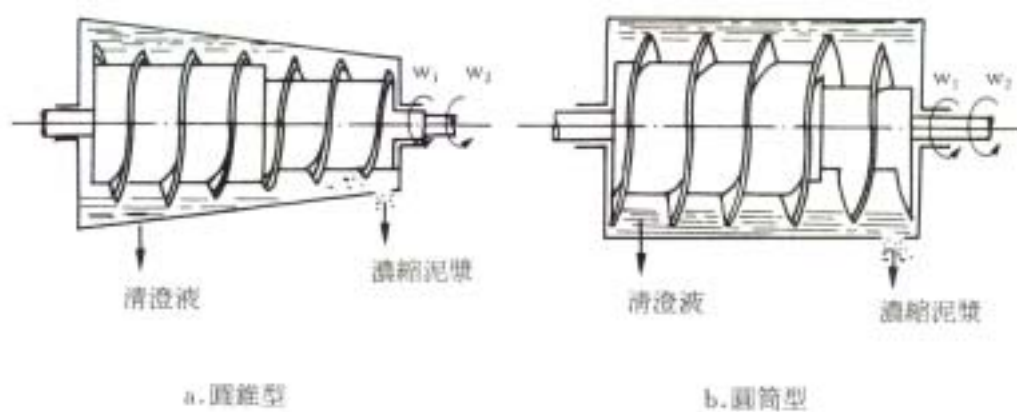


圖6.22 水平軸傾洩機之例

表 6.3 離心分離機之分類

分類			例
離心分離機	球型離心沉降分離機	垂直軸型	圓筒型(圓盤型) 分離板型 籃型
		水平軸型	圓筒型傾析器 圓錐型傾析器
	籃型離心過濾機	垂直軸型	分批式 連續式
		水平軸型	分批籃型 連續圓筒型 連續籃型

其中污泥離心沉降濃縮是使用圖 6.22 之圓筒型傾析器(decanter)，離心脫水是採用圖 6.23 之圓錐型傾析器，原理上屬於離心沉降濃縮裝置，並非離心脫水設備。

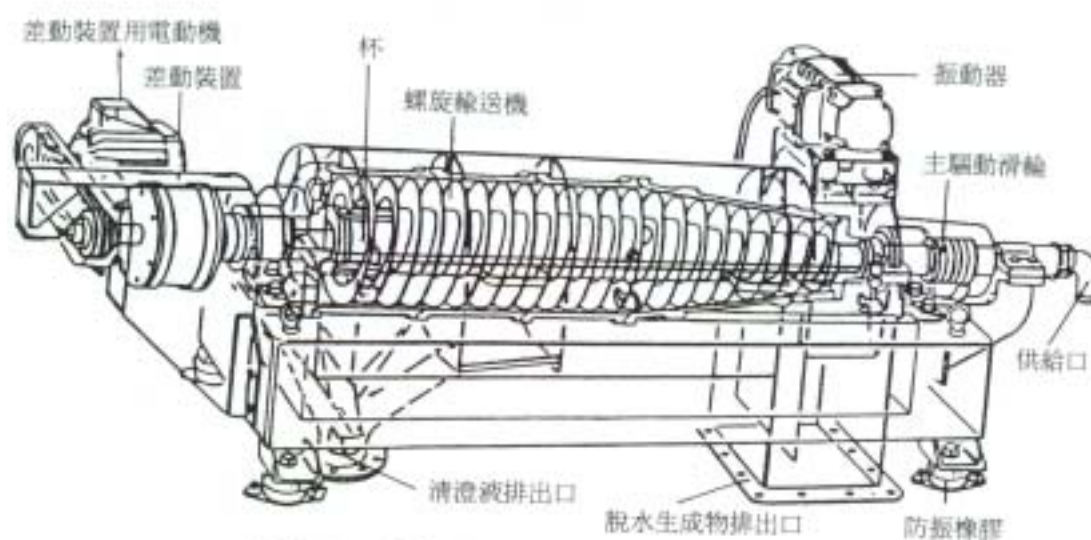


圖6.23 傾析型離心脫水機之構造說明圖

水平軸型離心效果比垂直型雖差，但可連續排出濃縮生成物，因此「如污泥粒子濃度比較高之懸濁液之離心濃縮」方面廣泛使用。

這裝置在高速回轉之本體內，裝有與這本體保持僅少間隙向同方向以若干速度差在同心軸上回轉之螺旋者較多。

污泥或洗淨水是「由雙重管(內管側：洗淨水，外管側：原液)通過中空軸送至螺旋內之分隔部分」

原液由噴口向回轉本體內噴出，但洗淨水則向沉積固形物層噴射。

此時在離心力場上，固液分離過之澄清水會由排出口溢出，但沉積固形物是被上述之螺旋抓取。特別是內圓錐形時沿著液面上方之傾斜面(coast zone)扒出去，除去水分可得更好的脫水效果，因此常被稱為「離心脫水機」。

比較微小的結晶性粒子群，多使用圓錐型傾析器。比較上內部摩擦角小，易滑污泥之濃縮分離多使用圓筒形。

圖 6.24 表示垂直型離心過濾機。離心過濾過程：1.除由濾渣層之表層部分產生脫水。2.在濾渣層之底層部產生毛細管現象。

因此，本裝置雖適合粒子比較粗大者，但一般認為含多量微細粒子群污泥不一定適用。但污泥發生量極少時可以適用。



圖 6.24

皮帶加壓(belt press)脫水法

一、原理與操作(圖 6.25)

加高分子凝集劑使充分凝集的污泥原液，流入於度帶狀之無端(end less)濾帶(filter belt)上，靠重力使自然脫水。此部份稱為重力脫水領域、drain zone 或 straining zone。

對此由上面再加一張濾布挾住，在二張濾布之間，送入除水過的污泥。污泥受上下之壓力，漸漸減少水分移動，藉濾布所加之壓力之逐漸加強脫水也持續進展，直到壓榨脫水完了時，排出濾渣。

此一壓縮之領域稱為或壓縮區或加壓脫水區。

最後之壓榨脫水領域是利用對皮帶所加滾輪之剪斷力來進行壓縮，所以稱為剪斷(shear)區。

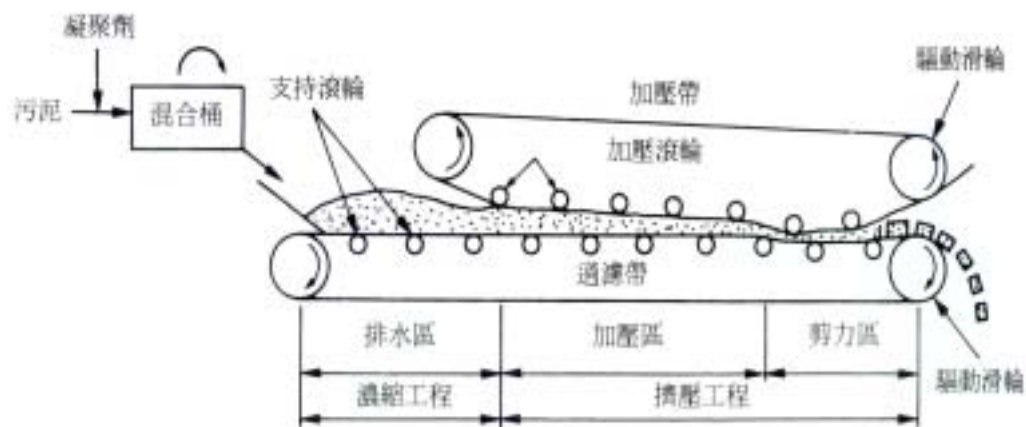


圖6.25 脫水原理區

此方法以凝集為前提，因而有機高分子凝集劑之使用是必需的，對如下水道污泥等生物處理之前後所生成的污泥處理上頗適用。

此方法將重力脫水→加壓脫水→壓榨脫水之三個程序連續起來裝入 1 台裝置內，隨污泥之脫水依序順送。為避免裝置之大型化，部分設計為豎型，組合為二樓式，或採用在行程之途中能使污泥做 U 型迴轉的結構以利於小型化。

又為獲得強力剪斷壓力以及節省動力費用計，有利用到濾布之張力與滾輪之剪斷效果。

圖 6.26 是其代表性配置與操作流程，又圖 6.27 表示脫水工程上之污泥容積與濾液之比率。

在此方式下與脫水有關之主要因素是：

1. 關於污泥之種類性狀者有：濃度、粒度分布、有機物含有量、濃縮性，脫水性。

2. 關於濾布者有：材質、織法、孔徑、通氣性、通水性。

3. 前處理(調質)之因素為：凝集劑之種類、使用量、適用時之濃度、混合、攪拌方法、供入脫水機方法。

4. 重力脫水操作有關因素為：凝集粒子之大小、強度、污泥粒子層之厚度、污泥供給速度。

5. 有關壓縮、壓榨操作上之因素為：滾輪(roll)之排列，滾輪之直徑，濾布之張力與拉緊方法、壓榨壓力，壓榨時間、濾布移動速度、處理速度等均應考慮。

圖 6.28 表示濾布張力與泥餅含水率的關係。水平滾筒式時含水率將受到滾筒直徑與濾布張力的影響，圖 6.29 為以擠壓壓力替代張力的圖，圖 6.30 則表示對向滾筒式與水平滾筒式之泥餅厚度與含水率之差。

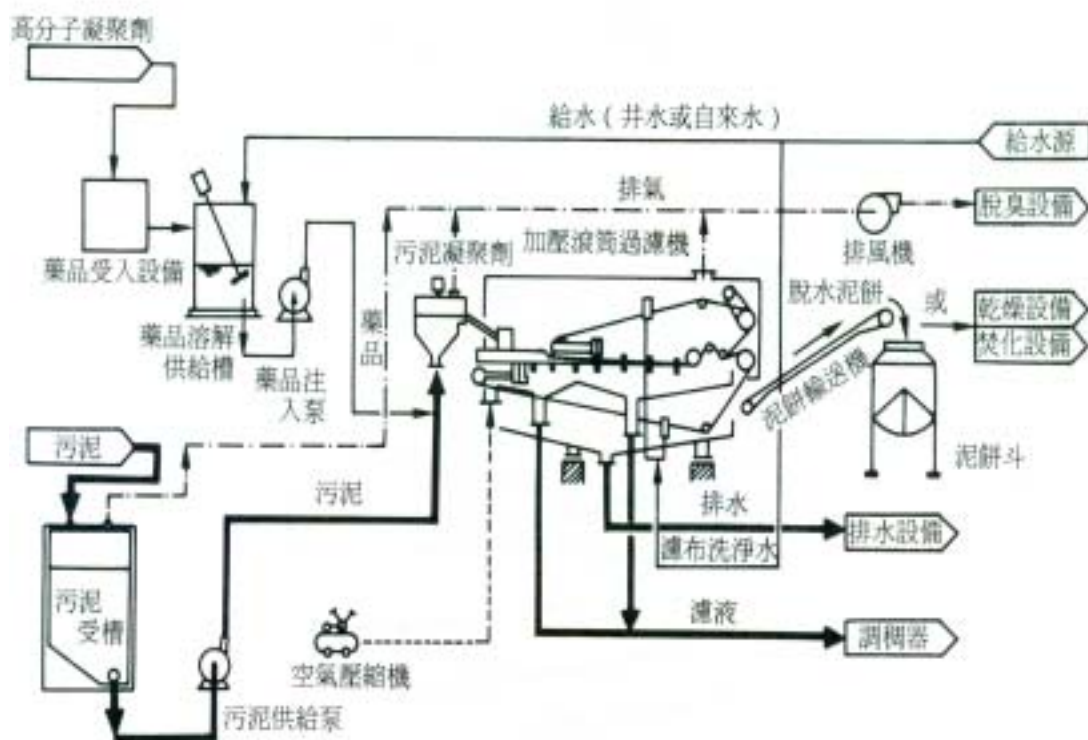


圖6.26 配置及操作流程

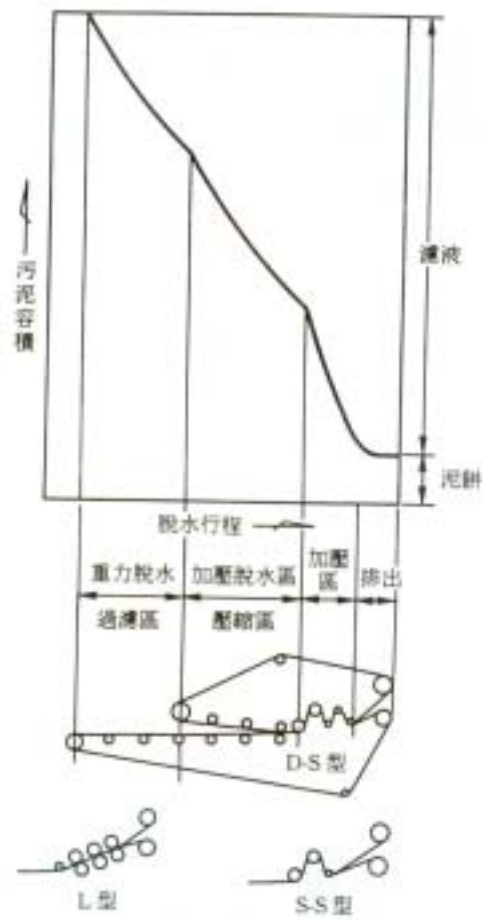


圖6.27

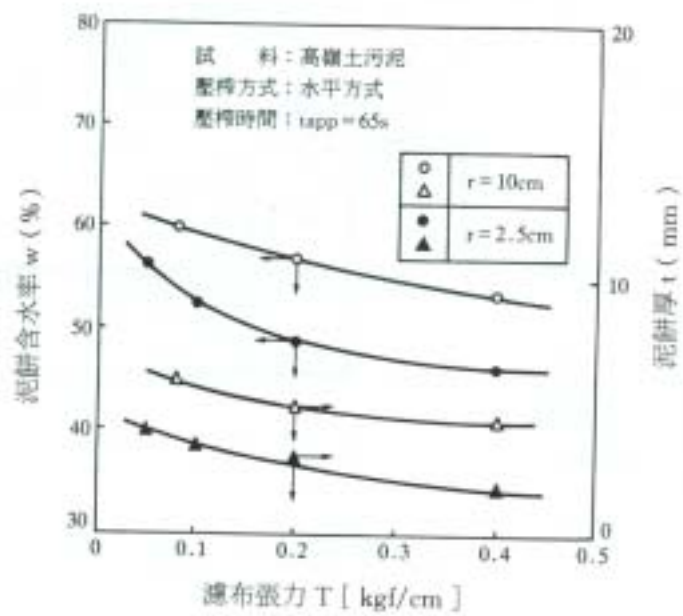


圖6.28

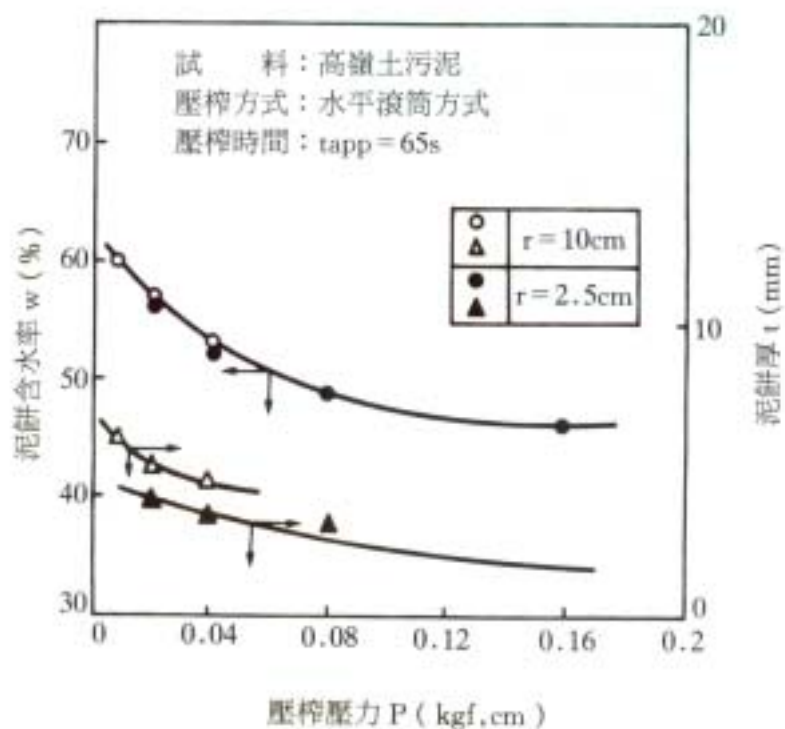


圖6.29

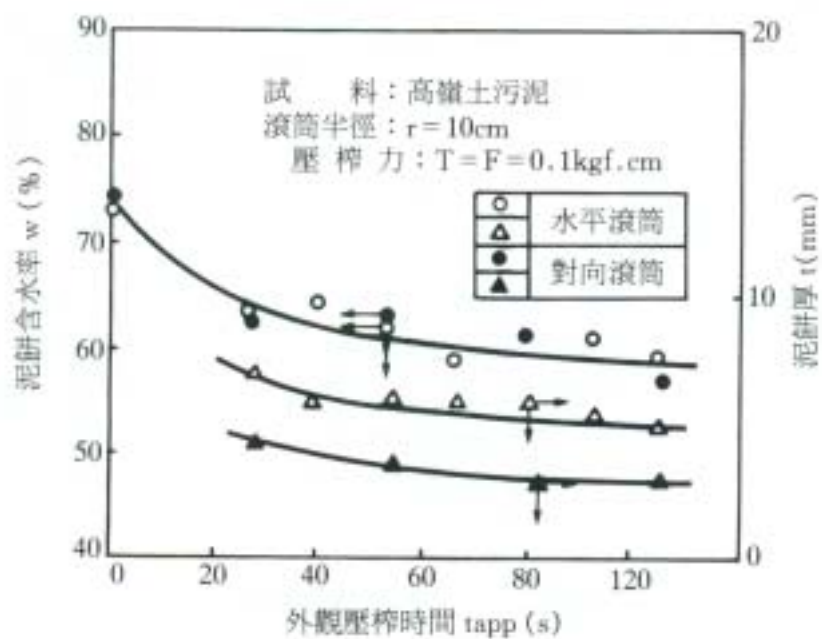
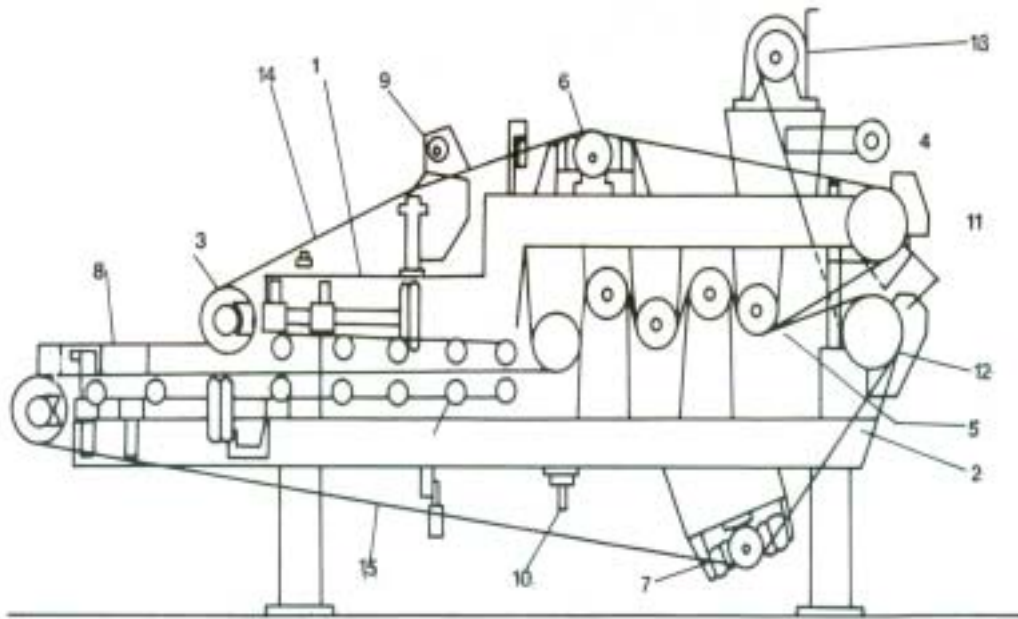


圖6.30

二、脫水裝置

圖 6.31 表示皮帶加壓機(belt press)之結構與各部分之名稱。代表性機種介紹如下，圖 6.32 multiroll press，圖 6.33 drum press，圖 6.34 larster belt press。

multi roll press(MRP)係尼龍濾布與橡皮皮帶之間挾著污泥，裝置在傾斜輸送帶上之加壓機。對含鋁之給水污泥添加高分子凝集劑，含水率可得 70%以下之成果。



各部名稱

1.上部機架

2.下部機架

3.濾布張緊裝置

4.濾布驅動裝置

5.S拉力

6.上部濾布蛇行修正裝置

7.下部濾布蛇行修正裝置

8.泥餅導框架

9.上部濾布洗淨裝置

10.下部濾布洗淨裝置

11.刮板

12.刮板

13.濾布驅動用減速機

14.上濾布

15.下濾布

圖6.31 帶式壓濾機

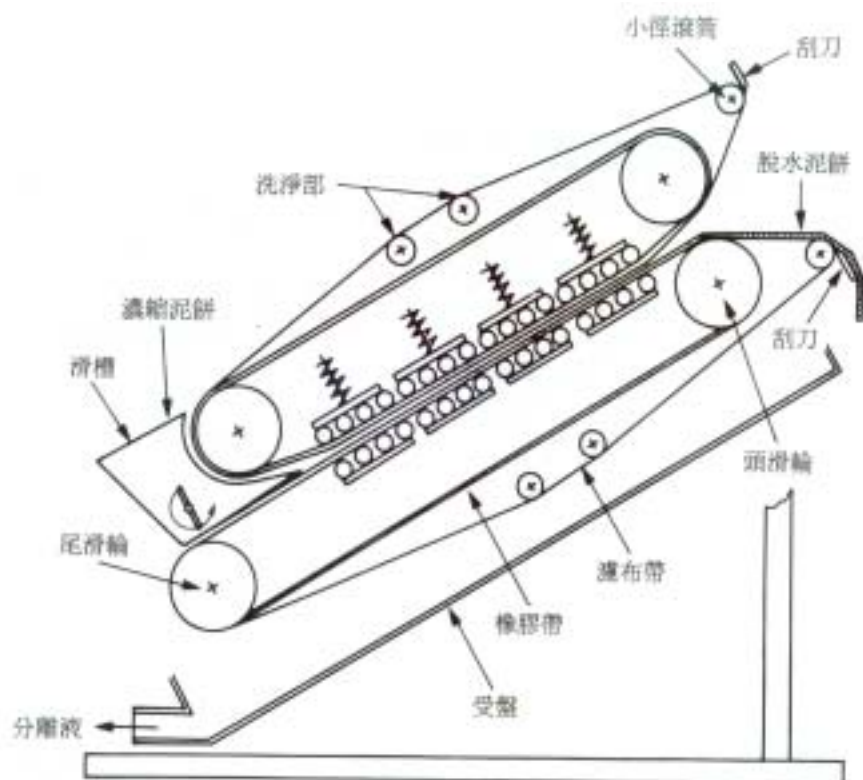


圖6.32 多滾筒壓濾機 (MRP) 的構造圖

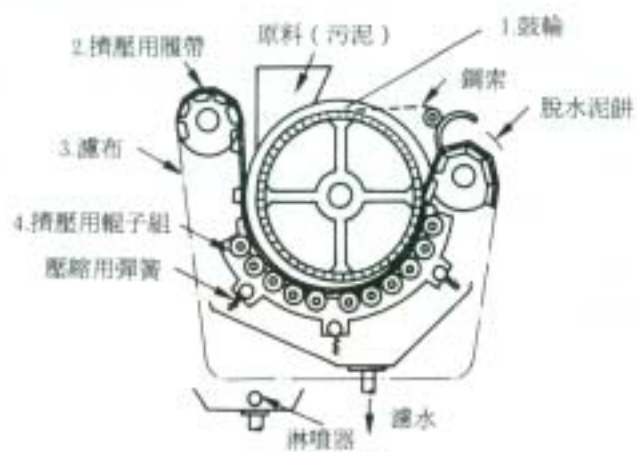
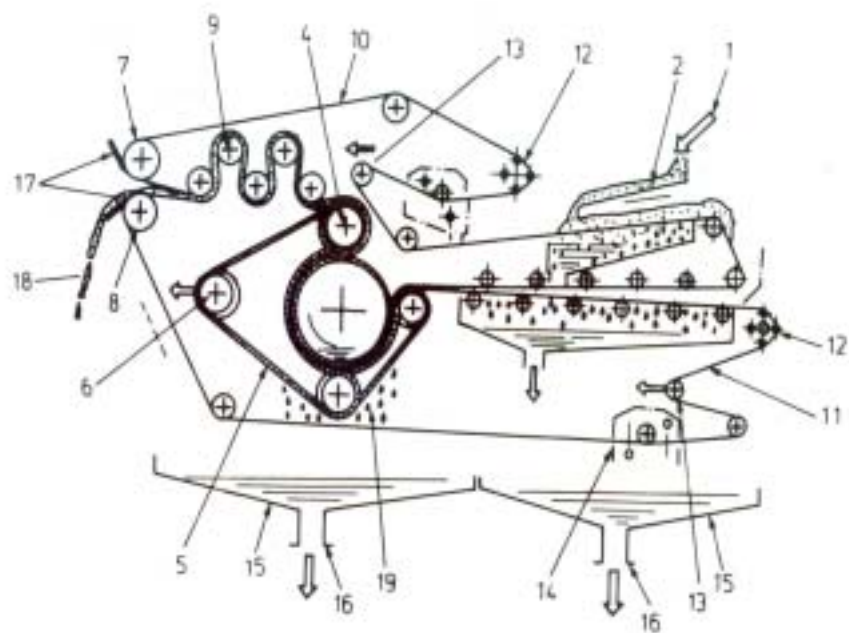


圖6.33



- | | | |
|-------------|--------------|------------|
| 1. 污泥供給口 | 8. 第二傳動軸 | 15. 集水器 |
| 2. 進給箱 | 9. 剪斷輥子 | 16. 處理水排水器 |
| 3. 脫水鼓輪 | 9. 剪斷輥子 | 17. 刮板 |
| 4. 壓榨皮帶輪 | 11. 下濾布 | 18. 泥餅 |
| 5. 壓榨皮帶 | 12. 濾布陀行修正裝置 | 19. 濾板 |
| 6. 壓榨皮帶張緊裝置 | 13. 濾布振緊裝置 | |
| 7. 頭端傳動軸 | 14. 濾布洗淨裝置 | |

圖6.34 larster belt press 機構圖

圓筒加壓機(drum press)之壓榨面係由圓筒之圓周面構成。係由圓筒 1. 押壓用履帶。2. 上裝妥濾布。3. 與圓筒下部加壓滾輪而成。

Larster belt press 是 drum press 與剪力(shear)脫水並用，再加上重力脫水與楔形(wedge)加壓等四階段之加壓壓榨。

圖 6.35 係壓榨工程簡化為二段，採用圓筒加壓方式。濾布用毛氈的毛細管現象吸水然後壓榨脫水。

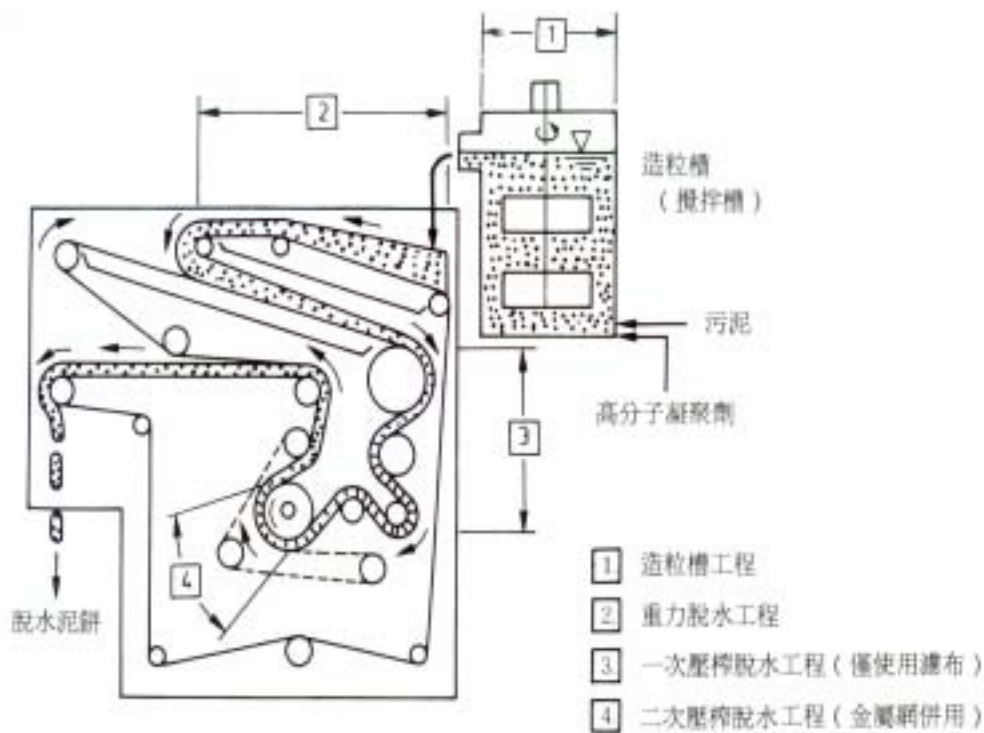


圖6.35 得海羅爾機構圖

三、維護管理

1. 調節污泥之供應量。
2. 經常按污泥濃度定量添加凝集劑，使污泥粒子結塊。
3. 調整保持濾布適當的緊張程度。
4. 做濾布蛇行修正。
5. 時常洗淨驅動輪及加壓輪。

下水道污泥用各種脫水機之性能比較請查閱表 6.4。

表 6.4 下水道污泥用各種脫水機之性能比較

項 目	離心分離機	真空過濾機	加壓過濾機	皮帶加壓過濾機
安裝面積 (面積比)	小型，不必要附屬設備，安裝面積小。 (1)	本體大，附屬設備的真空幫浦，壓縮機、槽類等是不可缺少，需要大的安裝面積。(3)	機械本體在四機種中最大且需要油壓設備，安裝面積要大。 (4)	單位處理量小，如遇大容量之處理，需裝設數台，因而佔地面積大。 (3)
設備費	低廉 (附帶設備少)。	低廉 (附帶設備雖多但機械費低廉)。	昂貴 (必要附屬設備，機構複雜，基礎負荷亦大。因間歇開工須有大型緩衝槽)。	昂貴 (高壓脫水結構是昂貴隨處理量之增加，設備費更貴)。
維護檢查之容易性	容易 • 操作管理簡單，消耗零件只是輸送帶之修理(2~3 年一次而已)。	繁雜 • 為了濾布之損耗，清洗更換等需要人手。(濾布之更換3~4個月一次)。	繁雜 • 為了濾布之損耗，清洗更換等需要人手。(濾布之更換4~5個月一次)。	繁雜 • 為了濾布之損耗，清洗更換等需要人手。(濾布之更換3~4個月一次)。
操作費(開工費)	因使用高分子凝集劑故須昂貴。	使用無機凝集劑故低廉。	使用無機凝集劑故低廉。	因使用高分子凝集劑故昂貴。
作 業 性	• 操作容易(1個按鈕即可連續操作)。 • 可無人操作。	• 濾布之塞住，注藥設備之故障，濾布蛇行之調整等必要勞力。	• 濾布之塞住、清洗操作速度之調整等作業繁雜。	
臭 氣	因密閉結構無此問題(機械本身是密閉的)。	因開放式故處理困難。	因開放式故處理困難。	因開放式故處理困難。
噪 音	• 標準型 85~88dB(A)高低噪音型為 79dB(A)。用防音蓋可降低到 75dB(A)以下。	• 高真空幫浦之噪音	• 低	• 低
原液性狀之變動影響	• 不太受濃度變化影響 • 粒子變細亦無問題。	• 如有濃度變化污泥餅之厚度即變，性能亦會大幅變化。 • 粒子細則很快就塞住，無法脫水。	• 濃度降下，脫水率變不良。 • 粒子細則很快就塞住，無法脫水。	• 濃度降下，處理量即降低。粒子細則很快就塞住，由濾布溢出。
污泥餅之含水量	• 消化污泥時為 75~83%	• 與 decanter(傾析器)型離心分離機相同程度，但因無機凝集劑之添入，灰分會增加。	• 四機種中含水率最低，消化污泥時 75%，但因有無機凝集劑之添加灰分會增加。	消化污泥時 70~80%

螺旋加壓脫水法

一、原理與適用

在圓筒篩中，依回轉螺旋(兩者間容積越向出口越小)對處理物加充分的機械性壓力，把液水擠壓出來。

在螺旋加壓機內，對污泥加壓的方式是採初期在濾器(strainer)行重力脫水後，逐漸加壓，最後在低含水領域加極高壓力予以脫水。擠壓所必要的壓力是由螺旋之回轉而來。回轉通常在 0.05~0.8rpm 低速，能產生高壓的部分僅在污泥餅出口部之小面積而已。較低的動力可得高度的擠壓力。

圖 6.36 表示本機內之污泥濃度分布，最初螺旋加壓機是使用於水產加工業原料「魚肉醬」之處理，以後被用於排水處理污泥之脫水。污泥中特別是使用於上、下水道，化學，皮革，染色，金屬加工，紙、紙漿之業界的活性污泥、凝沉污泥、消化污泥、氫氧化鋁等等。

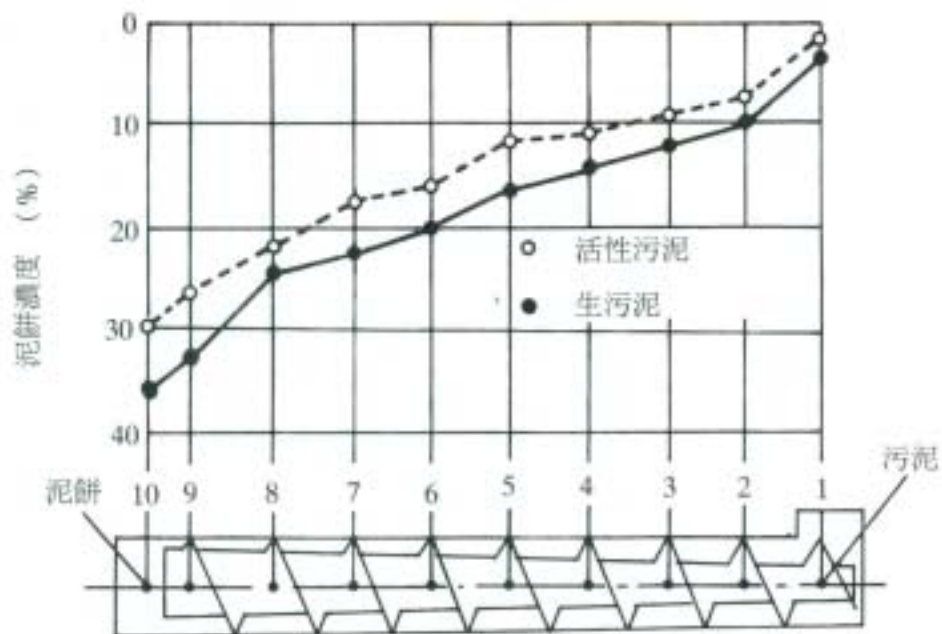


圖 6.36 螺旋壓濾機內之污泥濃度分布

螺旋加壓機根據各種實驗，加以精密的設計，特別是把長度拉長(與直徑相比)，使低速回轉，適合於新高分子凝集劑之污泥調質等新設計的結果。

1. 脫水性的提升(低含水率化)經由擠壓時間延長，以進行緩慢的擠壓而達成。
2. 因低動力消費量是因低速回轉及少數之補助機器而達成。
3. 因省能源、並可得低水分污泥餅，得節省後續程序用燃料。
4. 為符合法令規定。因昭和 58 年之政令修正，超過 85%含水率污泥之掩埋，委託外面包商處理被禁止後，螺旋加壓機已特別被螺旋傾析器取代了。

二、脫水裝置

圖 6.37 表示螺旋加壓機之斷面圖，污泥由漏斗(1)供給，依螺旋翼(5)之推進作用向出口移動。螺旋胴體(4)與篩(2)之間隙是向出口次第減小，因此污泥是緩慢地受了壓榨脫水，於出口圓錐(6)用高壓擠壓，由(8)污泥出口排出。

三、與其他脫水方式之經濟性比較

表 6.5 為對污泥固形物每 1 公噸之脫水方式之經濟性比較。

表 6.5 各種脫水方式經濟性之比較(污泥固形物每 1 公噸)

比較項目	單價(日圓/kg)	螺旋加壓	加壓脫水	真空脫水	離心脫水
消石灰	15	(使用量) - (價格) -	300kg 4,500 日圓	300kg 4,500 日圓	- -
氯化鐵	100	(使用量) - (價格) -	100kg 10,000 日圓	100kg 10,000 日圓	- -
高分子凝集劑	2,000	(使用量) 4kg (價格) 8,000 日圓	- -	- -	10kg 20,000 日圓
蒸汽	4	(使用量) 500 kg (價格) 2,000 日圓	- -	- -	- -
電力	12 (日圓/kWh)	(使用量) 40kWh (價格) 480 日圓	100kWh 1,200 日圓	160kWh 1,920 日圓	200kWh 2,400 日圓
合計		10,480 日圓	15,700 日圓	16,420 日圓	22,400 日圓
濾餅水分		65%	65%	75%	85%
濾餅發生量		2.9t	3.7t	5.2t	5.0t

1. 原料供給斗
2. 篩板 (鐵板打孔)
3. 補給框
4. 螺旋外殼
5. 螺旋葉片
6. 出口調節錐體
7. 彈簧
8. 脫水泥餅出口
9. 濾液出口
10. 蒸汽入口
11. 排水出口
12. 濾汽閥
13. 鏈輪或齒輪
14. 濾網

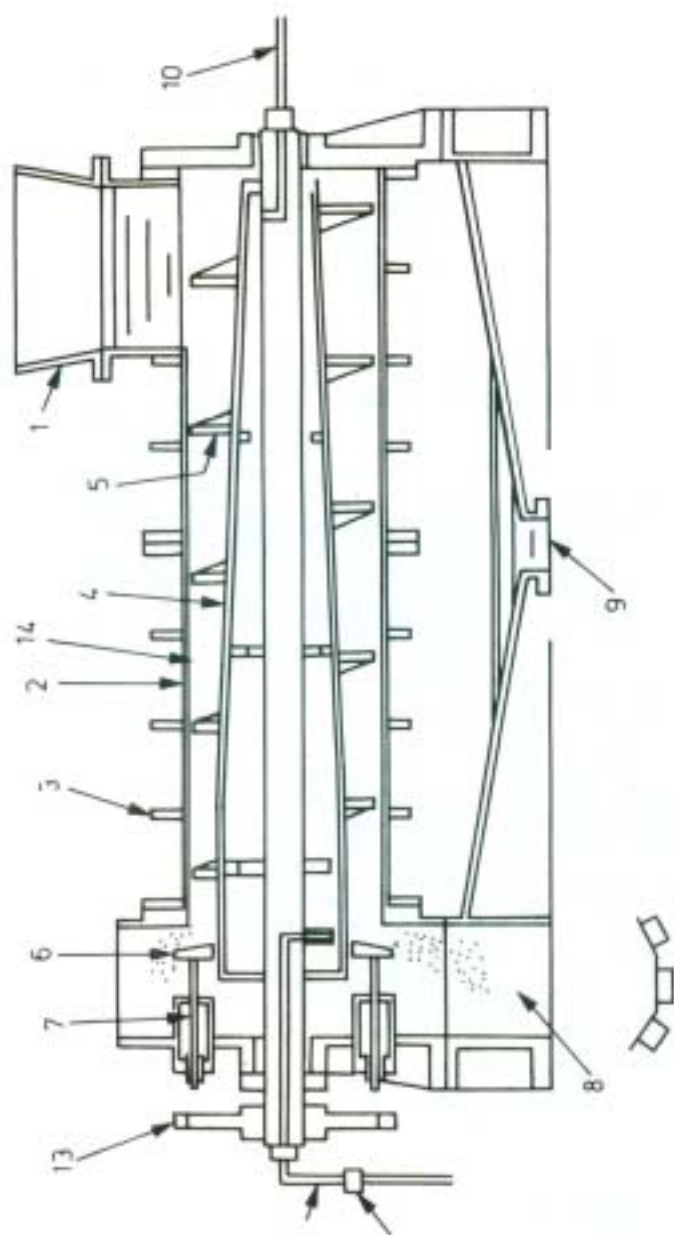


圖 6.37

其他(多重圓板型脫水機)

在圖 6.38 所示，脫水不用濾布，其結構係由多數之不銹鋼薄板組合起來的濾體，維持適當距離互相咬合操作。此種以發明者之公司名稱為 Helyos 式脫水機。

1.結構

不銹鋼薄板厚度 0.2~0.4mm，1 支約 1m 長之濾體上組合大中小各約 1300 張圓板，尺寸有 7 種。圓版具有 8 個濾液孔(見圖 6.39)，成為濾體中流通濾液之排水孔。

濾體通常是 18 支，上段 8 支，下段 10 支。上下之間隔愈往入口愈狹小，向出口傾升之排列，濾餅出口與原液入口大致設計為相同高度。出口邊過濾體上下 2 組與入口側過濾體都可以變更回轉速度。

鄰接濾體薄板因如圖 6.39，互相咬合著故可將架橋或堆積於薄板間隙的 SS 粒子淨化。

濃縮於上下濾體間污泥粒子是依濾體之回轉被移送至出口。

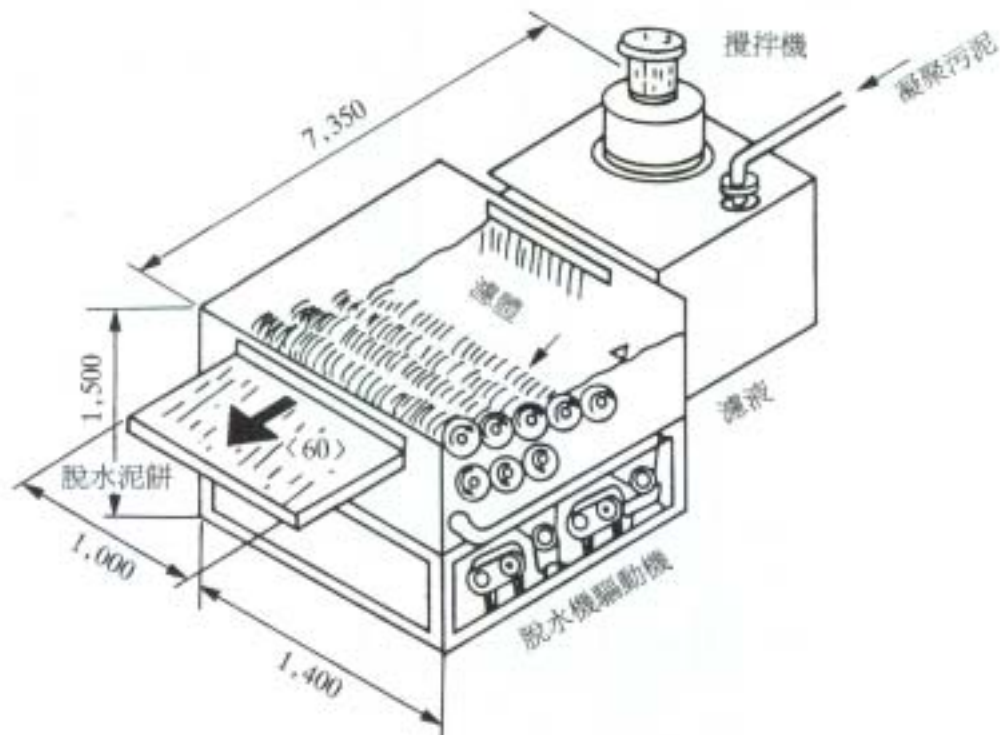


圖6.38 脫水機概略圖

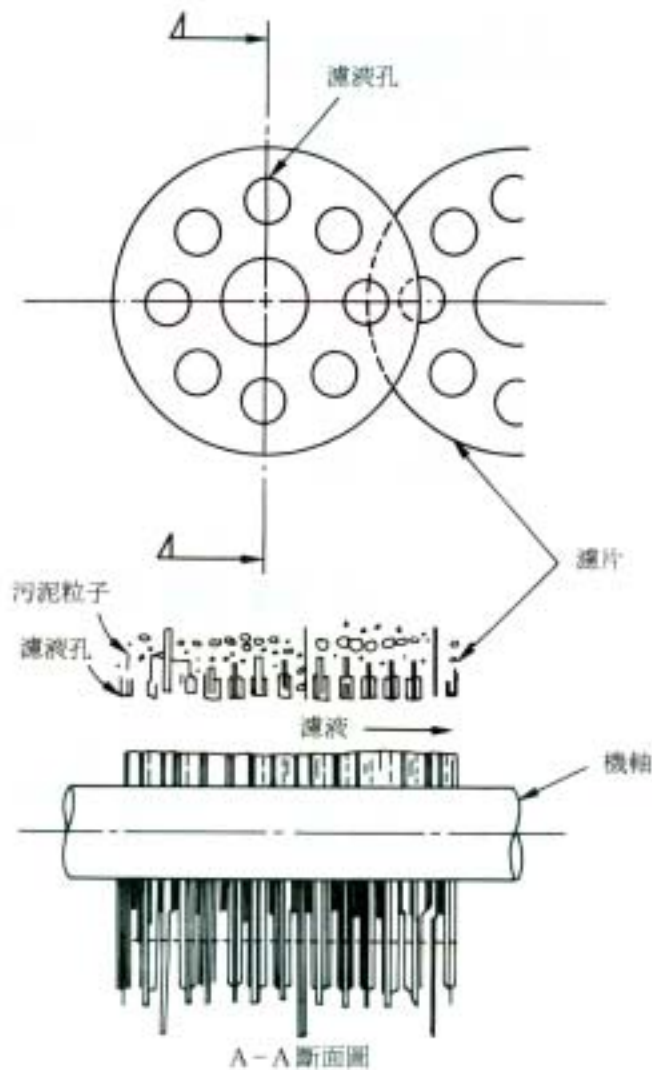


圖6.39 脫水機濾片圖

2.原理

投入於脫水機之污泥粒子，以架構狀態堆積於濾體圓板間隙上。污泥中濾液依污泥粒子間隙與薄板細隙所形成的毛細管進行固液分離，通過開放於大氣中之排水孔排出。SS 粒子之移動是依粒子相互間接觸，促進表面附著水之脫離，又可使 SS 粒子間之毛細管連續再生。

濾體表面依 SS 粒子塞住現象，可由濾體薄圓板相互咬合回轉來防止。

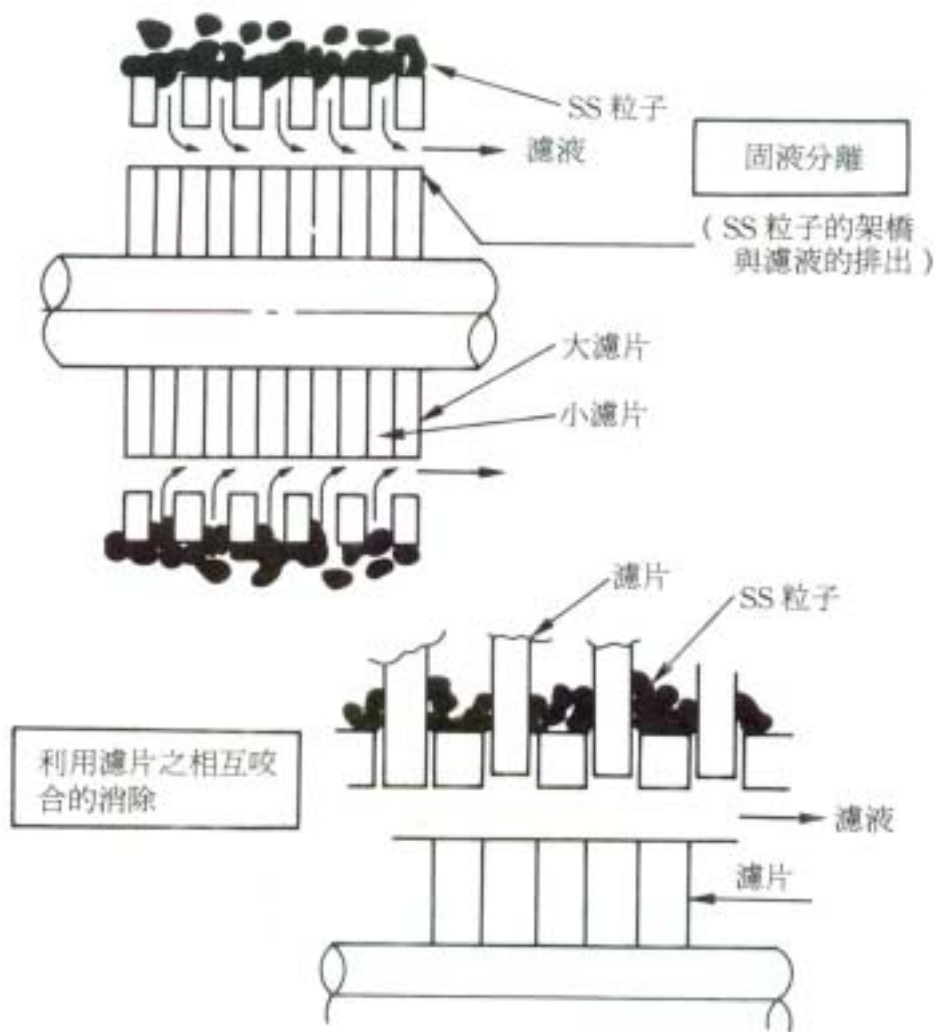


圖6.40

3.脫水性能

於表 6.6 表示，濾體寬 1m 脫水機之規格，依橫濱市下水道局實驗結果，混合污泥(生污泥+剩餘污泥)之 TS 2.0~2.8%，VTS 79~83%之條件下，條件設定 1 小時後開始測定，原料污泥、脫水濾餅、濾液等等之各種測試項目。

依表 6.7 所示實驗條件下按回轉數比之濾餅含水率之變化表示於圖 6.41，又回轉數比與過濾速度之關係如圖 6.42。

由實驗結果可知，添藥率之最適值是 0.6~0.7%。

表 6.6 脫水機規格

污泥處理量(m ³ /hr 台)	4	驅動機輸出規格(kw)(入口)	2.2
泥餅處理量(kg-DS/hr 台)	80	驅動機輸出規格(kw)(出口)	0.75
污泥含水濾(%)	75 以下	攪拌機輸出規格(kw)	0.4
SS 回收率(%)	96 以上	洗淨泵輸出規格 (kw)	3.7
葯品注入濾(%)	0.8 以下(每 TS)	脫水機變速範圍	
污泥濃度(%)	2	入口側(rpm)0~1.0 出口側(rpm)0~0.45	
污泥 VTS(%)	75		

表 6.7 濾過體迴轉數實驗條件

添藥率：0.8%

實驗	1	2	3	4	5	6	7	8	9
入口側迴轉數 (rpm)	1.00	1.00	1.00	0.80	0.80	0.80	0.60	0.60	0.60
出口側迴轉數 (rpm)	0.45	0.4	0.35	0.45	0.35	0.30	0.40	0.30	0.25
迴轉數比 (入口/出口)	2.2	2.5	2.8	1.8	2.3	2.7	1.5	2.0	2.4

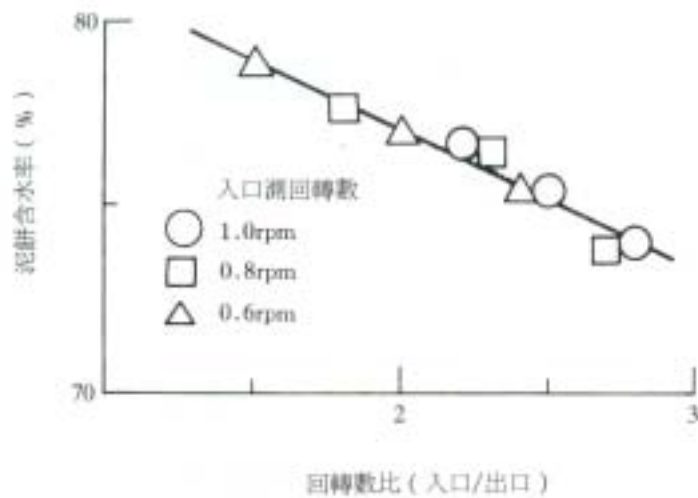


圖6.41 回轉數比與泥餅含水率

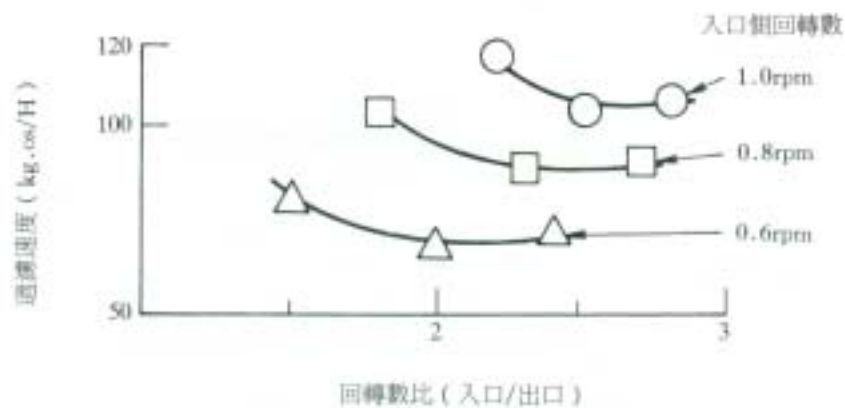


圖6.42 回轉數比與過濾速度

4.維持管理

本脫水機是密閉結構，濾體回轉數小，因此沒有噪音及振動。臭氣又少，作業環境良好。消費電力，經實驗結果，包括補助機械一併在 1.4kwh/m^3 左右，單脫水機本體則約 0.3kwh/m^3 ，屬於節省能源之脫水機。

5.流程圖(圖 6.43)

包括本脫水機之代表性污泥處理系統圖示於圖 6.43。原料供給及添加藥品，使用可變容量型幫浦，對脫水機之處理液量 $L(1/\text{hr})$ ，原料供給是設定為 $L + d(1/\text{hr})$ 。運作是依本體之 LC 感應器(Sensor)，把原液供給、添加藥品幫浦、凝集槽攪拌機等同時用 ON-OFF 控制。

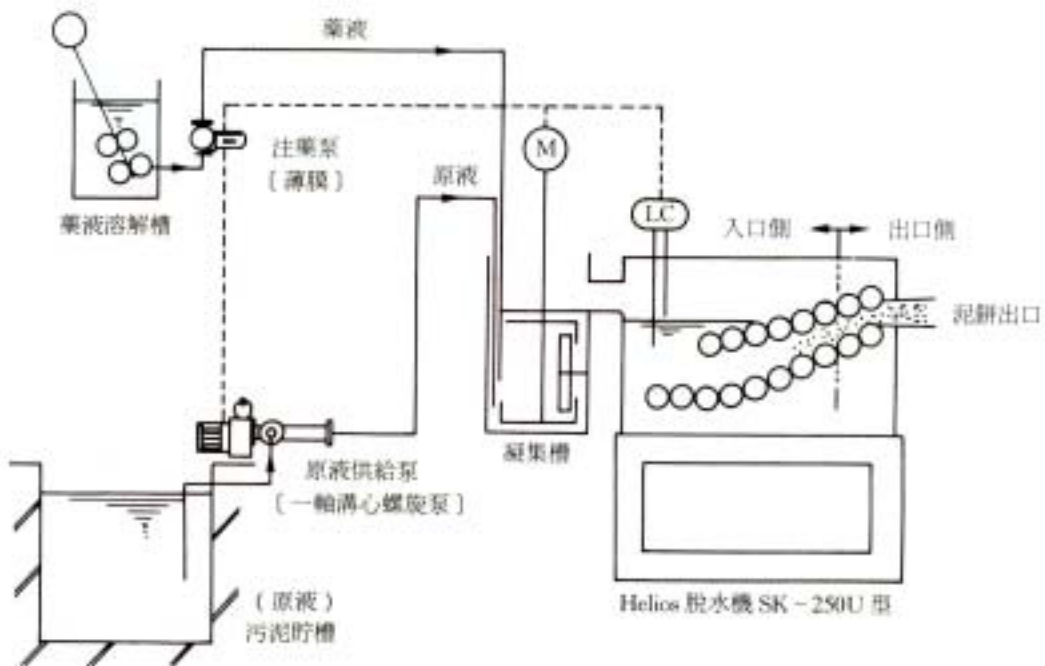


圖6.43

6.實績(表 6.8)

各種污泥以濾體寬 500mm 的脫水機處理之紀錄，請參見表 6.8。

7.用途

有機性污泥，特別是含有油分污泥之脫水最適合。適合在飯店廚房、食品加工等廢水之類似濾布離心型脫水機難於處理的污泥。為防止磨耗、塞住無機性污泥，應盡量避免使用。

表 6.8 各種污泥之脫水處理資料(SK-500 U 型)

業種	污泥種類	原液		脫水濾餅		藥劑添加量	SS 回收濾
		m ³ /Hr	SS 濃度(%)	水分(%)	D.S.kg/Hr	對 SS(%)	(%)
下水處理場	混合生污泥	1.72	2.3	76.9	39.52	0.2	98.65
		2.26	1.8	69.4	40.64	0.48	99.51
		3.75	1.7	73.3	63.7	0.52	99.41
屎尿處理場	剩餘污泥	3.2	1.03	77.2	33.02	3.9	98.6
		2.65	1.29	81.4	34.16	2.1	93.3
	消化污泥	1.3	6.01	72.4	77.8	0.96	98.6
		1.13	6.01	68.1	68.1	1.15	99.2
肉品加工廠	剩餘污泥	2.3	0.79	84.9	18.06	1.5	91.0
製藥公司	剩餘污泥	0.7	1.7	85.3	11.9	1.42	99.3
		0.72	1.7	84.7	12.2	1.18	97.65
食品公司	剩餘污泥	1.6	0.92	85.0	14.7	1.1	96.7
		2.0	0.92	85.6	18.0	0.54	91.3
旅館 飯店	廚房排水	1.02	5.1	74.0	52.0	0.95	99.0
		1.1	5.0	72.5	55.2	1.31	99.0
水產加工業	一次處理 浮 渣	0.39	5.9	75.9	22.56	1.2	98.2
		0.58	5.9	81.0	34.12	1.41	98.9

【參考文獻】

1. 財團法人 Clean Japan Center 昭和 55 年度再資源化技術之開發狀況調查報告書(脫水技術)。
 2. 公害防止事業團(社團法人日本廢棄物對策協會)，產業廢棄物(污泥)適正處理設施調查研究報告書，昭和 55 年 3 月。
 3. 產業公害，Vo1.17，No.8 依新型脫水機處理難脫水物之脫水，p.58~67，Nitto 工程顧問公司(株式會社)，(社團法人)產業公害防止協會。
 4. 第 21 屆下水道研究發表會演講集，(社團法人)日本下水道協會，p.598~600，multi plate filter(多重圓板型脫水機)之脫水性能，橫濱市河井一廣，增田俊男。
 5. 會報 Clean Japan 第 38 號(昭和 58.1)，財團法人 Clean JapanCenter，p.64~68，新型脫水機(Helyos 式壓榨分離機)，加藤博明。
- 註：有關本裝置之脫水試驗，承蒙社團法人產業公害防止協會之協助合作。

第七章 乾燥處理技術

乾燥設備

一、原理

所謂乾燥技術一般是指利用加熱方法，把待處理中之水份蒸發除去之技術而言。

帶濕的材料放置在一定的乾燥條件例如一定溫度、濕度及風速，大量氣流中，在一段時間內測定其重量減少與溫度對時間的變化，從而計算其含水率之變化得如圖 7.1。將乾燥圖區別為 1.材料預熱期間。2.恆率乾燥期間。3.減率乾燥期間。

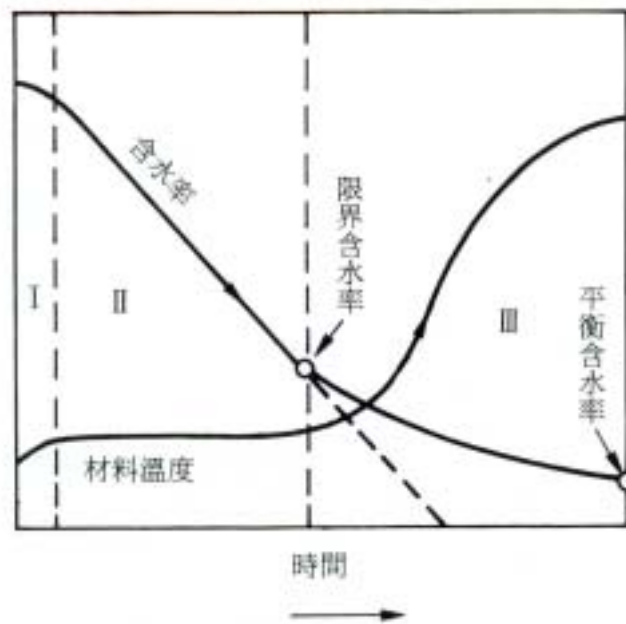


圖 7.1

在恆率乾燥條件下乾燥速度是使用 $R(\text{kg 水/hr.m}^2 \cdot \text{乾燥面積})$ 或 $R_w(\text{kg 水/hr.kg} \cdot \text{乾燥通量})$ 表示。

以乾燥速度與材料平均含水率為縱橫軸作圖，稱為乾燥特性曲線。圖 7.1 之含水率曲線對時間之斜率為 R_w 。將此 R_w 與含水率繪圖即得圖 7.2。

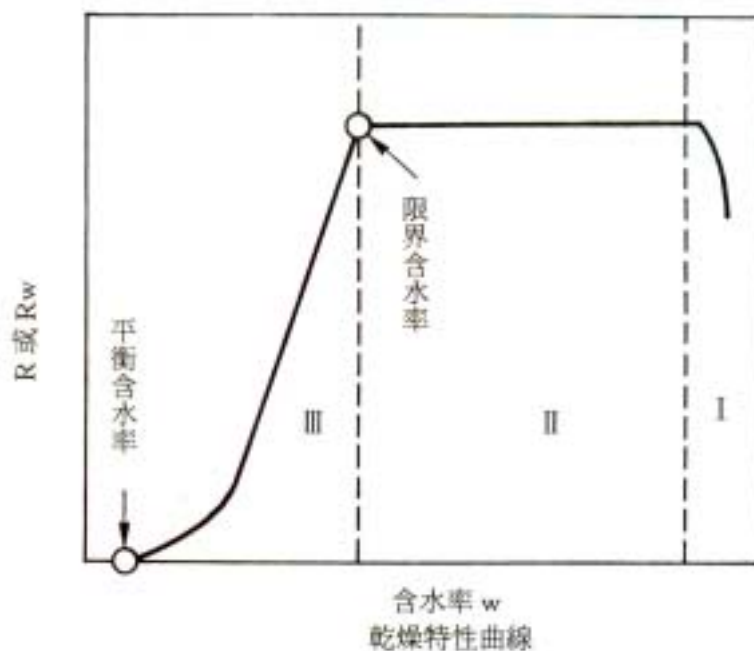


圖 7.2

二、概要

乾燥技術自古以來，即用日曬或風乾之天然乾燥法，但所需空間、時間及勞力大，並帶有臭氣、污水及粉塵等二次公害，因此最近已普遍利用高溫熱量之分類與選定。

三、乾燥機的分類與選定

乾燥機選定前應考慮之事項有：

1. 徹底檢討處理對象物濕潤時及乾燥時之特性值。特別是須指明，對熱之容許性與含水率之變動值。有無毒性、粘著性或造粒性等亦有影響。
2. 須確認有無經過合理的機械脫水。
3. 可利用排熱時，須對將來需求的結合性觀點來作決定。

乾燥機依待處理對象物的外觀形狀處理量及最後的水分含量，可適用的機種將受到某些限制。

污泥乾燥分類如表 7.2。可能適用之乾燥法如表 7.3。

表 7.1 乾燥機之分類

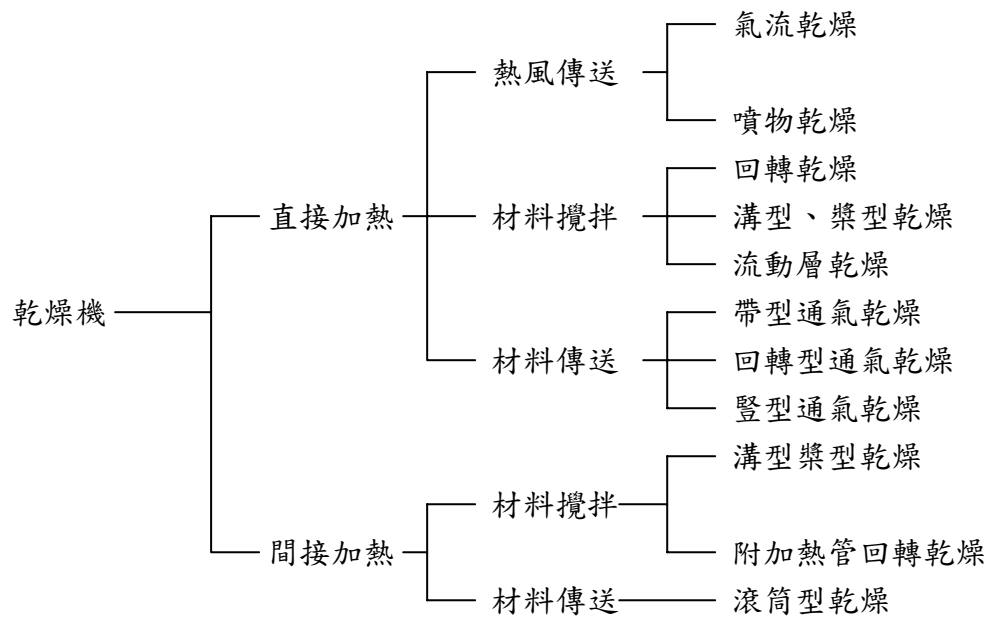


表 7.2

形式	性狀	外觀及觸感	水份(%)
1	薄片狀	鬆散	50~65
2	泥餅狀	膠粘性	70~80
3	軟黏糖狀	粘糊性	85~90
4	污泥狀	麵糊性	95 以上

表 7.3

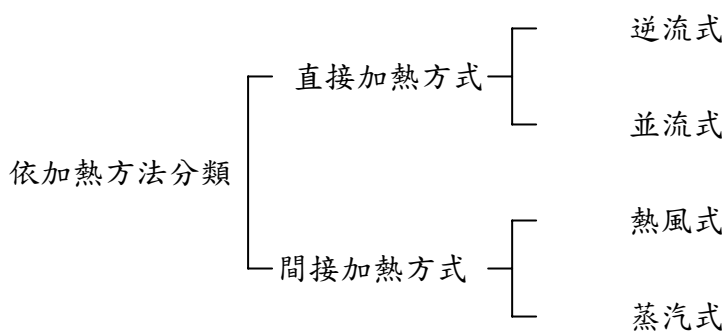
項目	外觀性質	顆粒		薄片		泥餅		軟粘狀		膠狀污泥	
		粒狀		鬆散		膠粘狀		粘糊性		麵糊性	
	處理條件	大量 連續	小量 連續	大量 連續	小量 連續	大量 連續	小量 連續	大量 連續	小量 連續	大量 連續	小量 連續
直接 加熱	氣流	○		○		○		○		○	
	噴霧					○		○		○	
	回轉	○		○		○					
	溝型漿型	○		○		○					
	流動層	○		○		○					
	帶式通氣	○				○					
	回轉通氣	○		○		○					
間 接 加 熱	溝型漿型		○		○		○		○		○
	附加熱管回轉	○		○		○					
	滾角型							○			○

回轉乾燥機

回轉乾燥機係具適當斜度之回轉圓筒鼓(drum)，其驅動裝置及處理材之供給、排出部而成，也有在殼內藏有攪拌裝置器。

處理物由圓筒內部供給，一面回轉，一面傾斜，面向前移動，與熱媒接觸、加熱、蒸發水分、進行乾燥。依造與熱媒接觸之方式，可按表 7.4 分類。

表 7.4



直接加熱方式

直接加熱方式為處理物在圓筒殼內與熱風接觸，受熱使水分蒸發、揮發，外殼通常是鋼板熔接而成，若處理物具腐蝕性，則用不銹鋼；若用高溫熱風時，須有耐火材料的內襯。外殼內部，於裝料入口旁設置活節鏈條(rink chain)，以防止處理固著；或為提高熱效率加設扒翼(lifter)等。

為了更進一步提高這些效果，也有在外殼軸芯上裝設高速回轉之短槳(paddle)型攪拌裝置者，如圖 7.3。

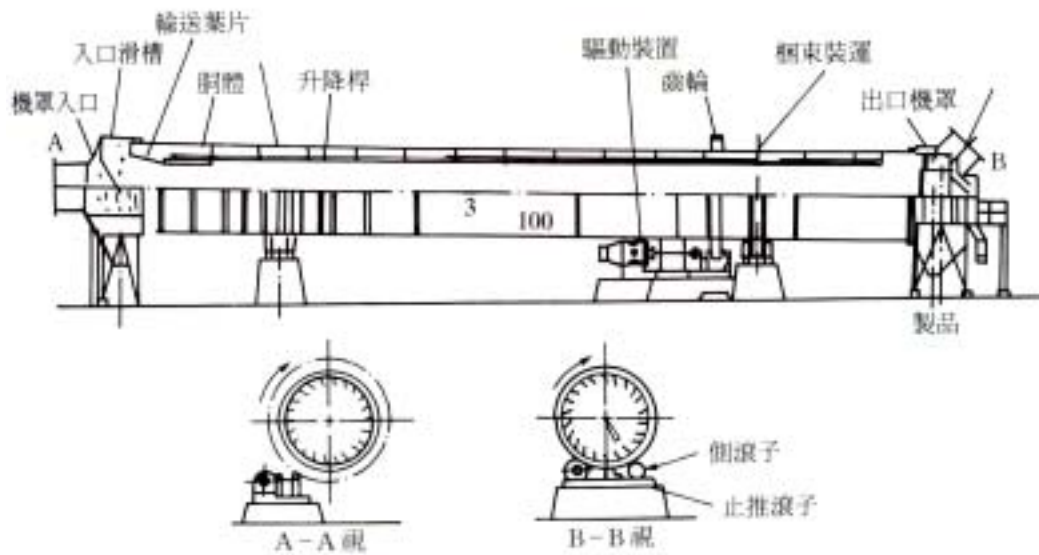


圖 7.3

間接加熱方式

間接加熱方式有如圖 7.4 在回轉殼之外側設有固定熱風夾套，透過外殼加熱內部之處理物的方式，以及如圖 7.5 沿著殼內壁排 1~3 列之加熱管，擴大處理物之傳熱面積，提高接觸率，以增加傳熱量的方式。

回轉乾燥機之特徵與問題點如下所述：

1. 操作可連續且大量處理。
2. 結構簡單，故障少，維護管理容易。

3. 對處理物性狀與數量之變化之適應性優良，運轉管理容易。
4. 適用廣範圍物性之處理物。特別是濕潤質且附著性大者，熱傳導率低，乾燥時間較長者。
5. 對濕潤性處理物具有造粒機能。
6. 安裝面積大。
7. 散熱面積大，與處理物之熱接觸率低，使熱效率降低。
8. 排氣中之粉塵量多。

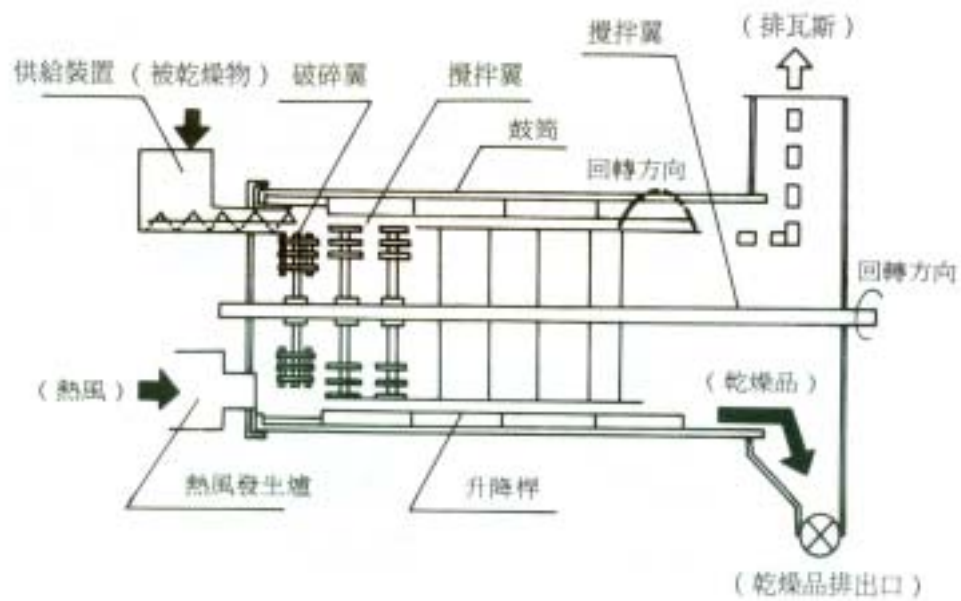


圖7.4 直接加熱方式 (附攪拌裝置)

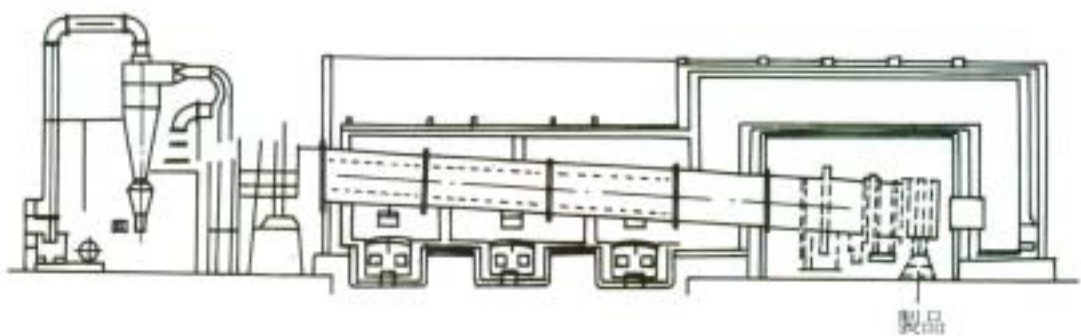


圖7.5 製品間接加熱方式 (熱風式)

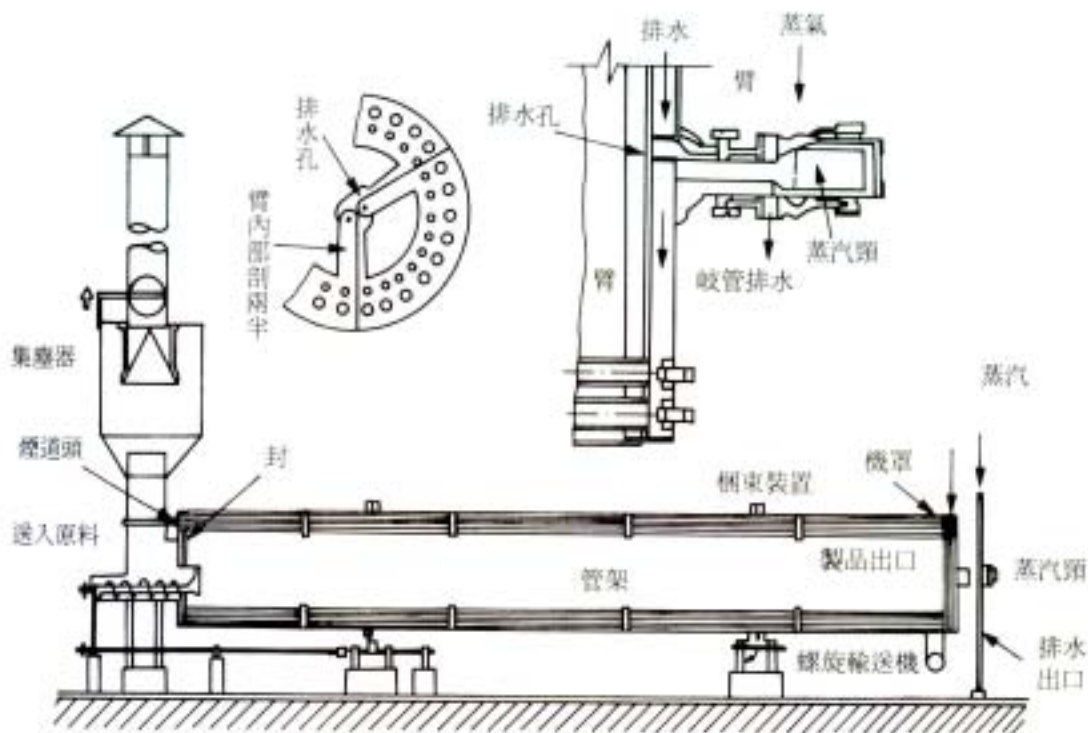


圖7.6 間接加熱方式（蒸汽式）

通氣乾燥機

一、原理與結構

通氣乾燥機是在濕潤材料之空隙通過加熱空氣(空氣)，蒸發濕潤材料表面之水分，使水分逐次移動到材料表面，進行乾燥之設備。

通氣乾燥機有分批式與連續式二種。連續式普通使用，其代表性結構請參見圖 7.7~圖 7.10。

二、機種

1.帶型(band)通氣乾燥機

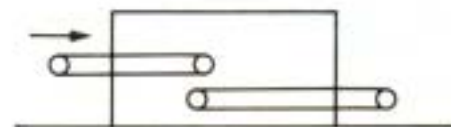
帶型是使用最廣之機種，除各產業領域外，對污泥乾燥亦頗常用。依帶型段數、通氣方式、排氣方式、側封(Side seal)方式而區分。

2.回轉型通氣乾燥機(參見圖 7.11)

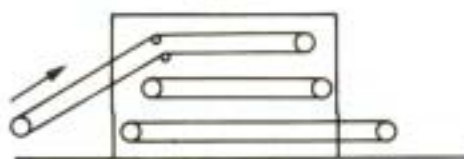
此種方式係回轉乾燥機除了窯爐操作外，併用通氣流者，係在迴轉攪拌的材料層通過熱風之結構。為避免刮上落下損及外形之結晶鹽類、焦炭、高爐熔渣、水泥或木片、紙漿等材料之乾燥用。



a. I 段型

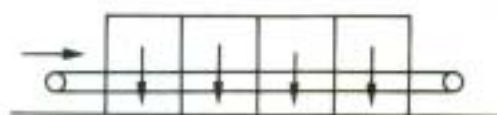


b. 複合型



c. 多段型

圖7.7 依帶段數之分類形式



a. 向下通氣型



b. 向上通氣體



c. 複合通氣型

圖7.8 依通氣方向之分類形式

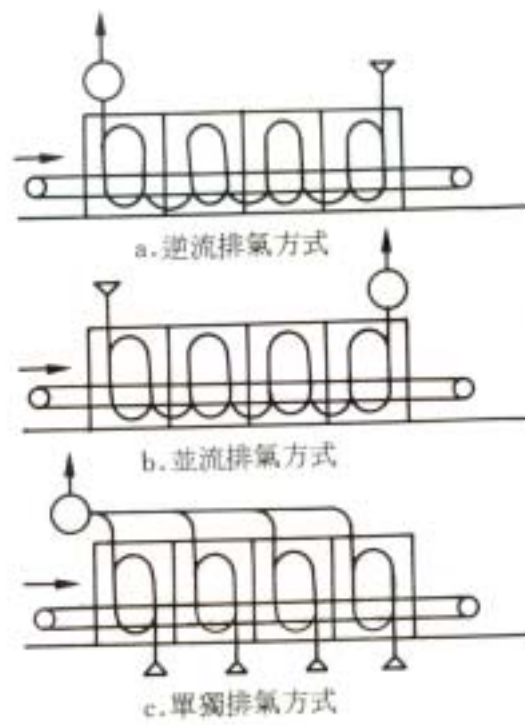


圖7.9 依排氣方式之分類形式

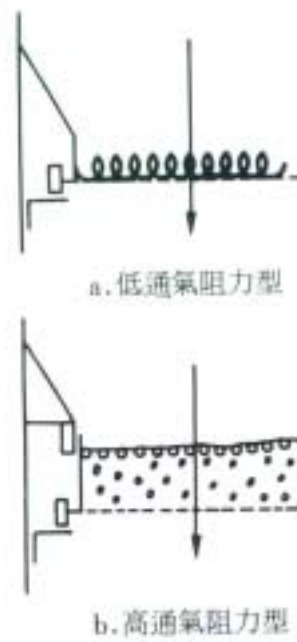


圖7.10 帶倒封之方式

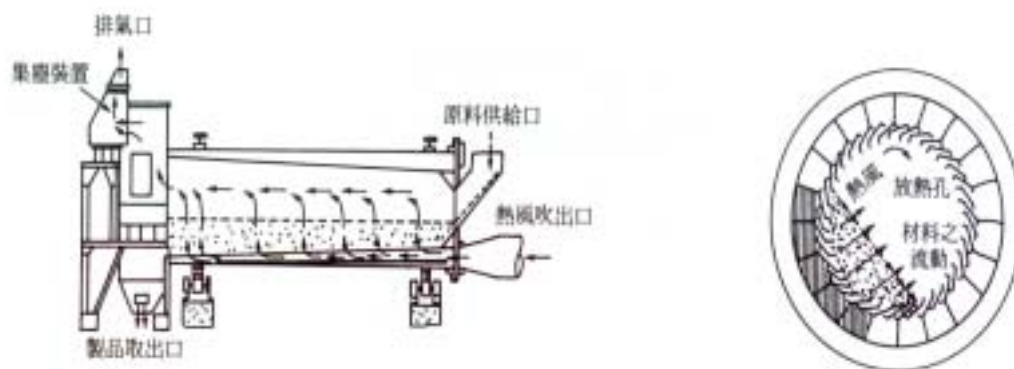


圖7.11 回轉型通氣乾燥裝置

三、特徵與問題點

乾燥之原理的共同特徵，是處理物只限於粒狀或片狀等適合於通氣性者。

因此，為使脫水污泥餅等泥狀物質具有通氣性，須預先造粒作前處理，其良否可決定其乾燥性能。

成型之方法有下列各種：

1. 機械性方法使用回轉式、滾輪(roller)式壓出機由多孔板壓出材料，使其成為直徑 5~10mm，長 20~30mm 之圓柱體。其他有用多數凹處之滾輪造粒機械(briquette machine)造粒。也有用附溝滾輪成型之方法。
2. 機械方法與加熱方法併用成型。
3. 併用附溝乾燥機於前段。

有溝槳板(paddle)型乾燥機

一、原理與構造

一般粉體材料在熱風中攪拌或分散乾燥時，其限界含水率會減低。溝型及槳型乾燥機適用於粉粒體或泥狀物之乾燥。

二、機種與型式

1. 溝型攪拌乾燥機

如圖 7.12 在頂部有使熱風與材料接觸之空間的溝型乾燥機。由頂部供給之材料，被底部的高速攪拌槳(翼)激烈攪拌，於頂部與熱風接觸，乾燥後由底部排出口排出。攪拌軸亦有只 1 根者。

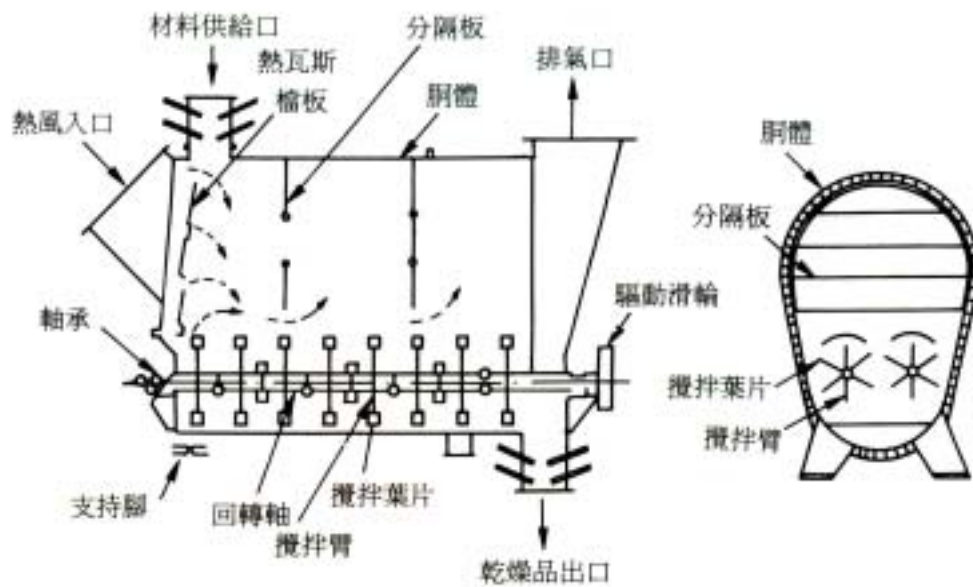


圖7.12 熱風式溝型攪拌乾燥機

2. 傾斜圓盤(disk)型乾燥機(參見圖 7.13)

溝型胴體(body)內部，有許多攪拌軸，由各軸裝有垂直或傾斜之圓盤。圓盤之傾斜方向是在同一軸上每一枚方向相反。這些圓盤，軸(shaft)筒體夾套都成為加熱面。傾斜圓盤對圓盤表面、夾套表面具有防止污泥附著之自淨(selfcleaning)機能，因此傳熱能力無減低現象。

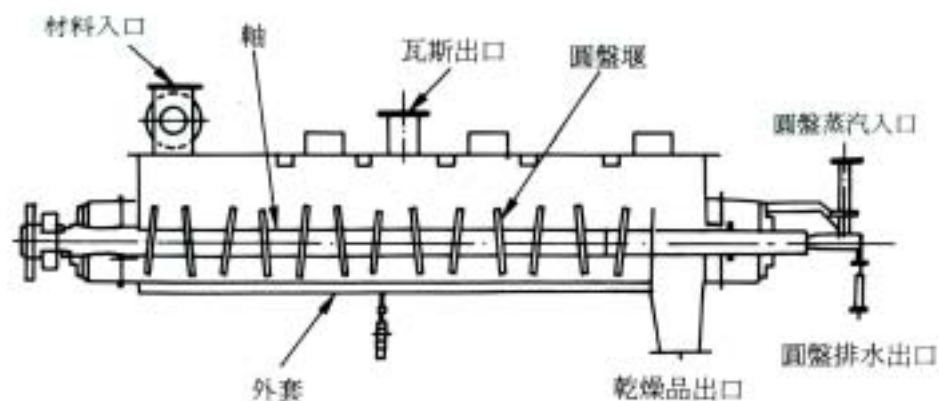


圖7.13 傾斜圓盤型乾燥機

3. 槳(paddle) 型乾燥機(參見圖 7.14)

槳(paddle)型乾燥機係溝型乾燥機之圓盤(disk)變為特殊型狀，並把傳熱係數與表面之自淨(cleaning)能力提高者。

如圖 7.14 所示，溝型洞體內，有偶數低速回轉軸，回轉軸上裝有楔型之特種圓盤。投入處理物，以回轉加熱圓盤受攪拌加熱，通過圓盤缺口，輸送乾燥。

三菱中空乾燥機參見圖 7.15。熱媒可用蒸汽或熱煤油，此裝置一般使用熱媒較易處理。加熱的熱媒進入中空軸，回程是流向中空螺旋槳內。又熱媒亦會進入雙重底溝(trough)中。此乾燥機在運轉中，亦有自動清潔傳熱面，防止污泥附著之機構。

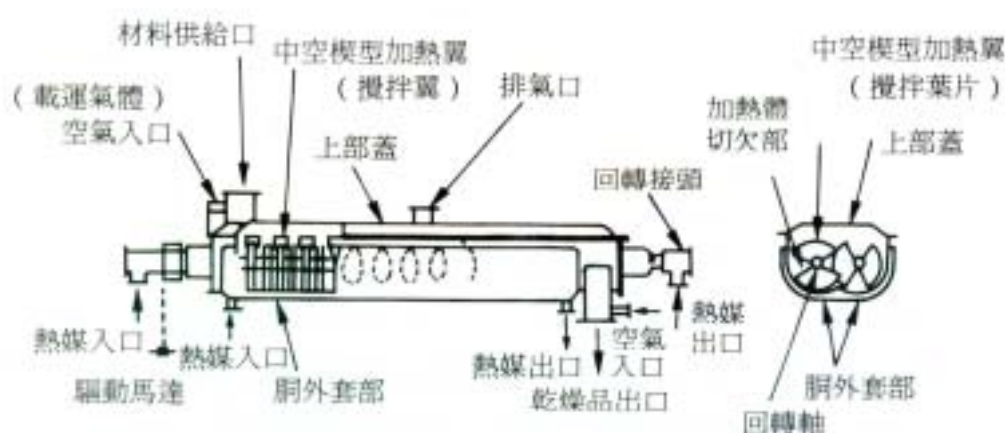


圖7.14 槳板型乾燥機

4. 高速攪拌型乾燥機(參見圖 7.16)

此型係在附夾套(jacket)圓筒狀胴體之內部，裝許多翼狀槳(paddle)之回轉軸者。

把附槳之回轉軸，以高速回轉(5~15m/s)，則處理物經槳攪拌、抓取、輸送，同時造粒成乾燥成品。緊由夾套加熱。

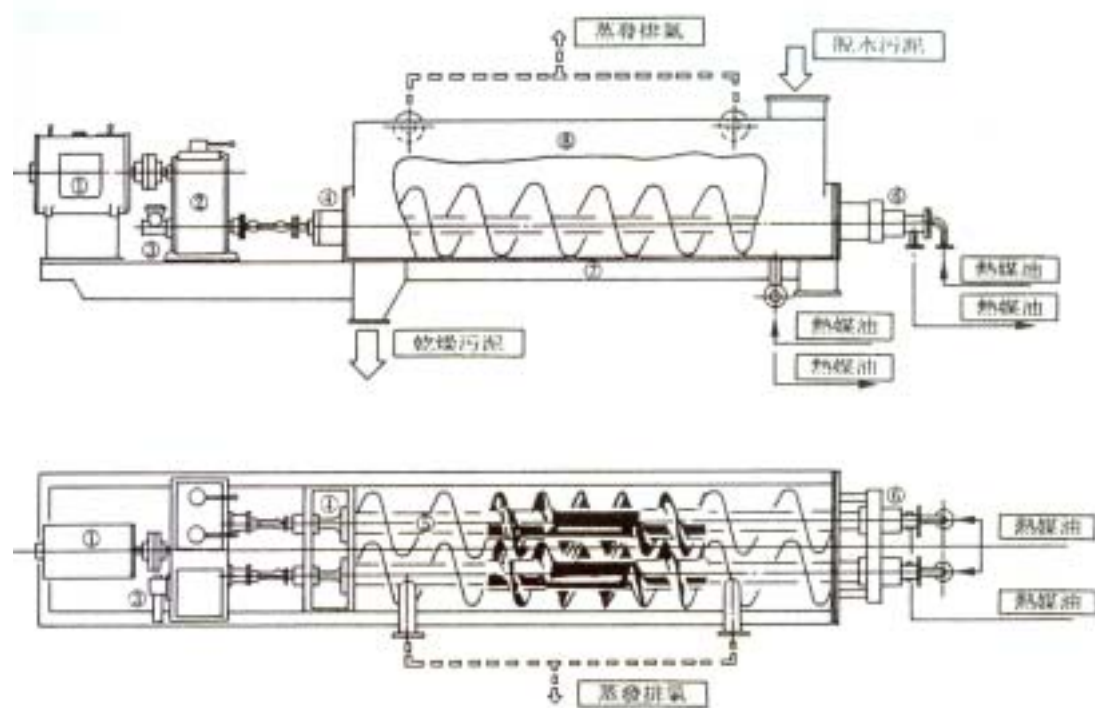


圖7.15

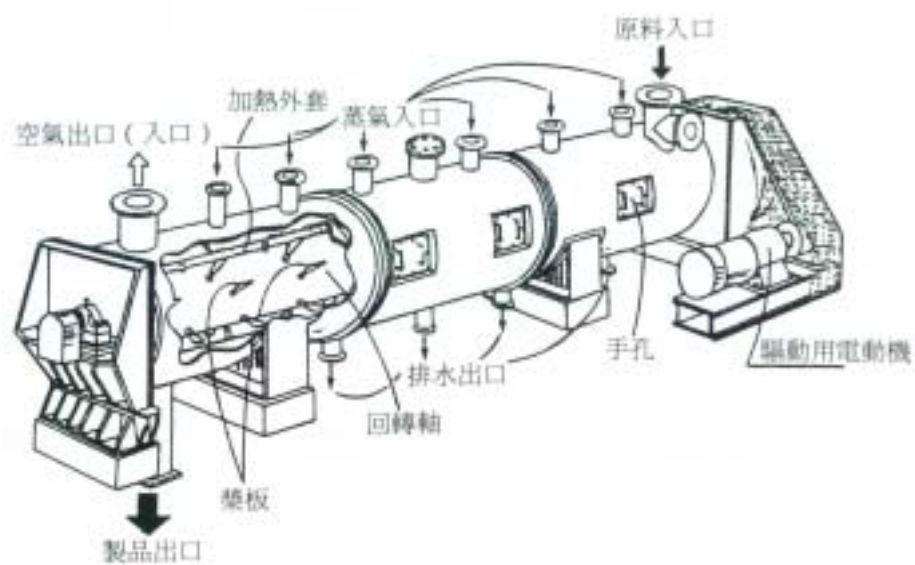


圖7.16 高速攪拌型乾燥機

三、特徵與問題點

本型式基本上機器組合大致相同。附屬機器則視適用條件而有差異，例如乾燥品是否部分送回供應口，或脫臭裝置有無必要等。

四、實施例

溝型、槳型多用於污泥之乾燥。資料參見表 7.5。

表 7.5

乾燥機機種	槳型			傾斜圓盤型		高速攪拌型	
污泥種類	藥注下水污泥	熱處理下水污泥	皮革污泥	藥注下水污泥	藥注下水污泥	藥注下水污泥	藥注下水污泥
污泥水分(W. B. %)	76	55	77	80	75	77	77
乾燥品水分(W. B. %)	—	—	—	58	30	56	41
加熱蒸氣壓力(kg/cm ² G)	5.1	1.5	1.8	7.5	7.5	2.0	25
加熱蒸氣溫度(°C)	159	110	130	166	166	119	126
蒸發速度(kg/m ² ·hr)	125	4.2	8.5	30	18	17	10

噴霧、氣流乾燥機

一、原理與構造

噴霧乾燥機是把泥漿(slurry)等液狀物用噴嘴(nozzle)噴霧，微粒化，與熱風接觸、傳熱後乾燥。液滴與熱風有並流或逆流之設計。

主要機器為(1)給液部。(2)給液之微粒比。(3)加熱空氣與液滴之混和、乾燥。(4)乾燥物之分離、排出部等四部分如圖 7.17。

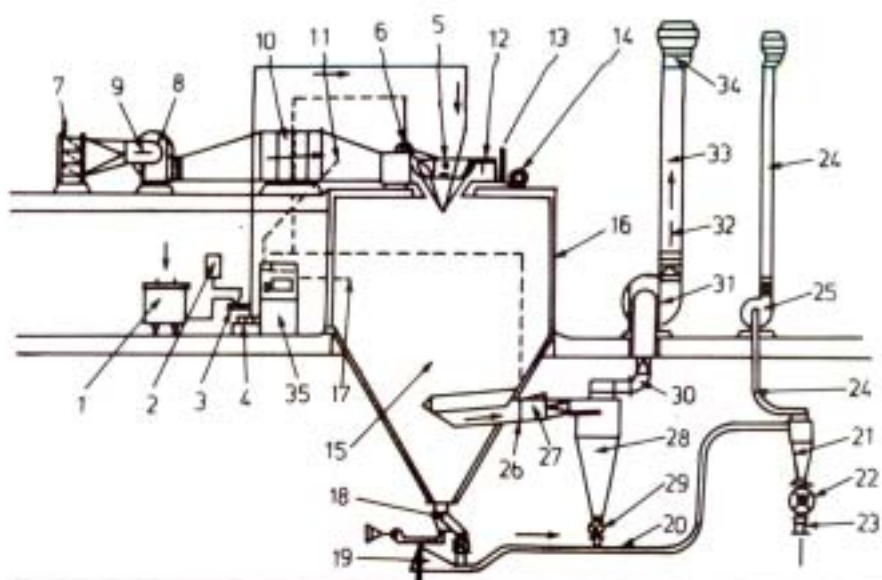
氣流乾燥機是把粉粒體之處理物投入分散於熱氣流中，與熱風一起漂流，使水分蒸發之乾燥機。乾燥品之分離及回收用旋風分離器(cyclone)、袋濾器(bag filter)等；泥狀或塊狀時，用熱風送至解碎機或粉碎機進行粉碎與乾燥。

二、機種與型式

噴霧乾燥機依液滴、熱風之流向，處理物微粉化方法，乾燥物之分離排出方法，而有各種型式。

1. 垂直逆流，噴嘴噴霧式(參見圖 7.18)

熱風與液霧相向接觸，噴霧則使用壓力噴嘴。這種方式乾燥效率高，液滴可取較大直徑。但另一方面，也有乾燥物順著排風外處飛散的缺點，因此必須注意塔內之流速。



【供液部】

- | | |
|-----------------|------------|
| 1. 供給槽 | 3. 三通閥與過濾器 |
| 2. 起動・停車時所使用給水槽 | 4. 給液泵 |

【微粒化部】

- | | |
|---------|----------|
| 5. 迴轉圓盤 | 6. 圓盤用馬達 |
|---------|----------|

【送風部與空氣—液滴之混合接觸部】

- | | | |
|------------|--------------------|-------------|
| 7. 吸入空氣過濾器 | 11. 熱風溫度測定素子 | 15. 乾燥塔 |
| 8. 送風機 | 12. 空氣分散器 | 16. 乾燥塔壁保溫劑 |
| 9. 送風機調整檔板 | 13. 冷卻空氣出口（空氣分散器用） | 17. 乾燥塔內檢出器 |
| 10. 空氣加熱器 | 14. 空氣分散器用冷卻風扇 | |

【製品捕集部】

- | | | |
|--------------|-----------------|--------------|
| 18. 產品排出製置 | 24. 排風導管（空氣輸送系） | 30. 排風導管 |
| 19. 搬運用空氣過濾器 | 25. 空氣輸送用送風機 | 31. 排風機 |
| 20. 空氣輸送導管 | 26. 排風空氣測定素子 | 32. 排風量調節檔板 |
| 21. 產品旋風器 | 27. 排風導管 | 33. 排風導管 |
| 22. 產品漏斗 | 28. 1次旋風器 | 34. 導管蓋 |
| 23. 轉閥 | 29. 轉閥 | 35. 噴霧乾燥器控制盤 |

圖7.17

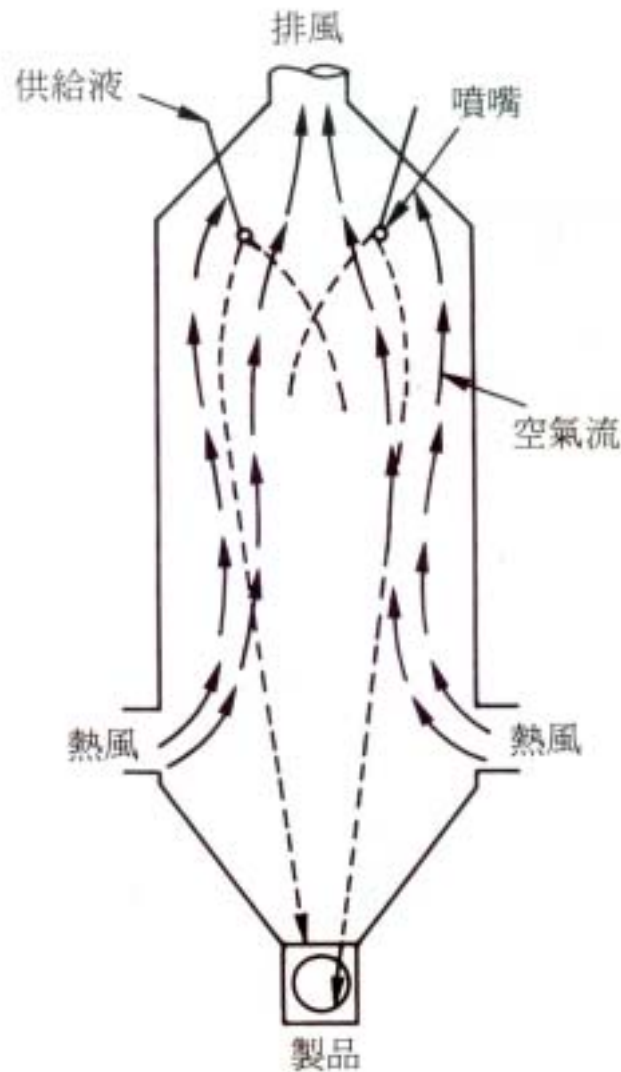


圖7.18 垂直逆流噴嘴噴霧式

2.垂直混流，噴嘴噴霧式(參見圖 7.19)

液滴與熱風在塔上部並流接觸、乾燥，在塔下部則與熱排風向流接觸，由最下面排出乾燥物。塔內熱風成為迴旋風充分達到氣液混合，效率佳。

3.垂直並流，迴轉板噴霧式(參見圖 7.20)

本方式因熱風與液滴並流下降，液滴與最初的高溫狀態的熱風接觸，因而適合於不易乾燥的處理物，且乾燥物可在較低溫下排出回收。

處理物之供給、噴霧係朝向高速回轉之圓板中心給流，依離心力由圓板周邊飛散使其微粒化而成噴霧狀。對處理量變動之適應性大。

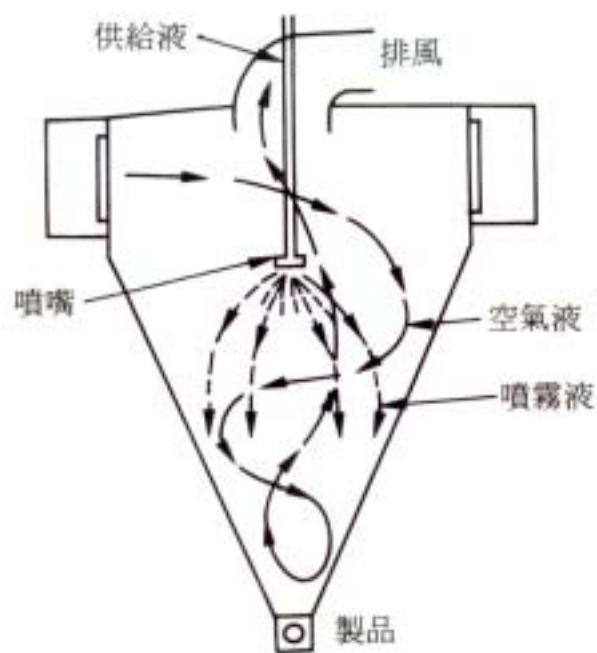


圖7.19 垂直混流噴嘴噴霧式

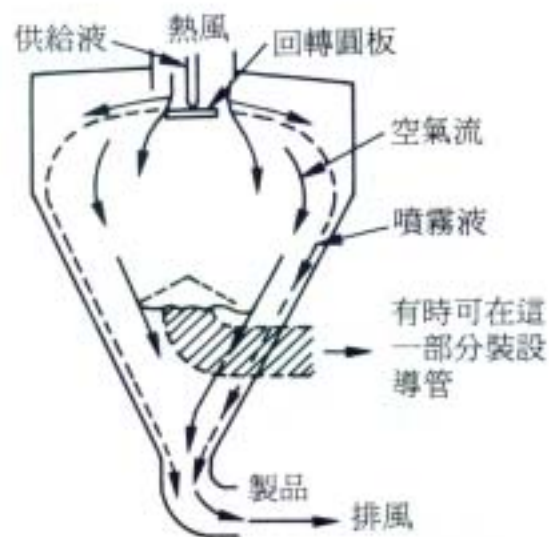


圖7.20 垂直並流回轉圓板噴霧式

4.垂直並流，噴嘴噴霧式(圖 7.21)

本方式是熱風與液滴並流，處理物之供給，噴霧均由噴嘴進行。

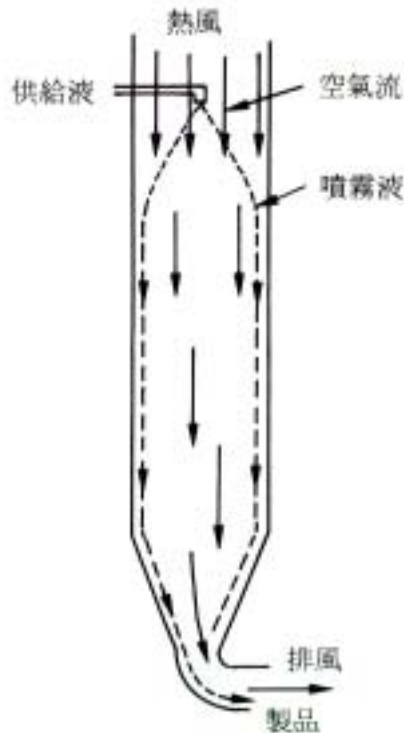


圖7.21 垂直並流噴嘴噴霧式

5.水平並流，噴嘴噴霧式(圖 7.22)

熱風與噴嘴噴射出來的液滴，於水平方向，並流接觸、乾燥。處理物主要以重力沉降於乾燥機底部，由螺旋輸送機排出。

氣流乾燥機依處理物之供給方法，主要可分為三種型式：

1.直接投入型(圖 7.23)

供給處理物在熱氣流中時不用分散器之類的裝置，而用滑槽(chute)等直接投入乾燥管內的型式。熱氣流與處理物之衝突等以達成分散、乾燥之目的。

適合於容易分散之粉粒體材料。適用粒徑為 10mm~20mm。

2.分散器附屬型(圖 7.24)

含有水分較高時，供給條件成為不均勻，只以熱風之吹衝，分散仍有困難時，需設置分散器，經分散後供給於乾燥管。

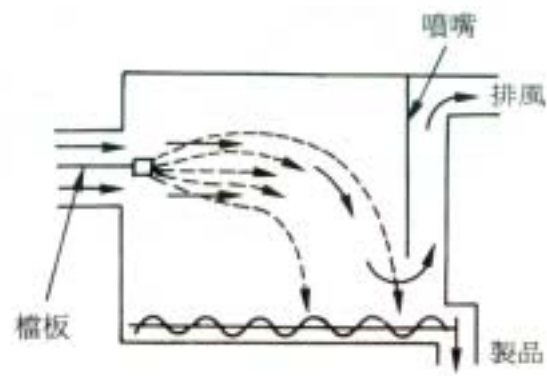


圖7.22 水平並流噴嘴噴霧式

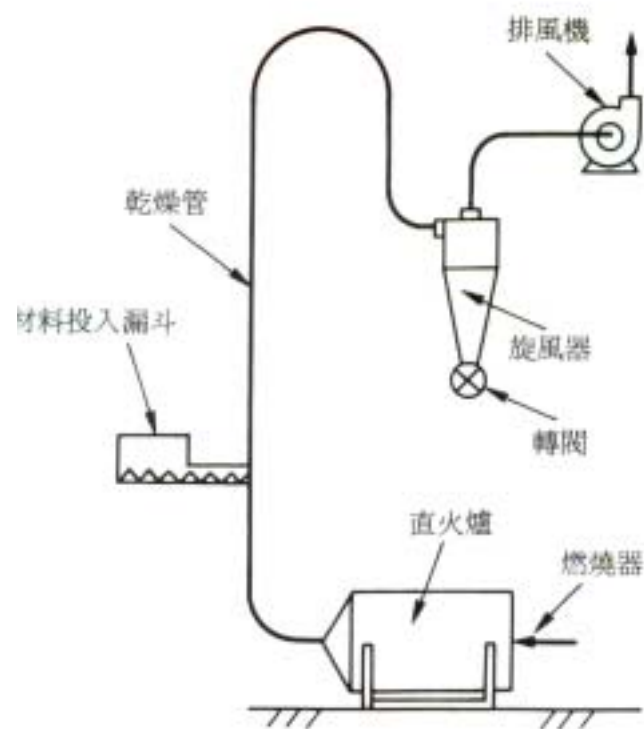


圖7.23 直接投入型

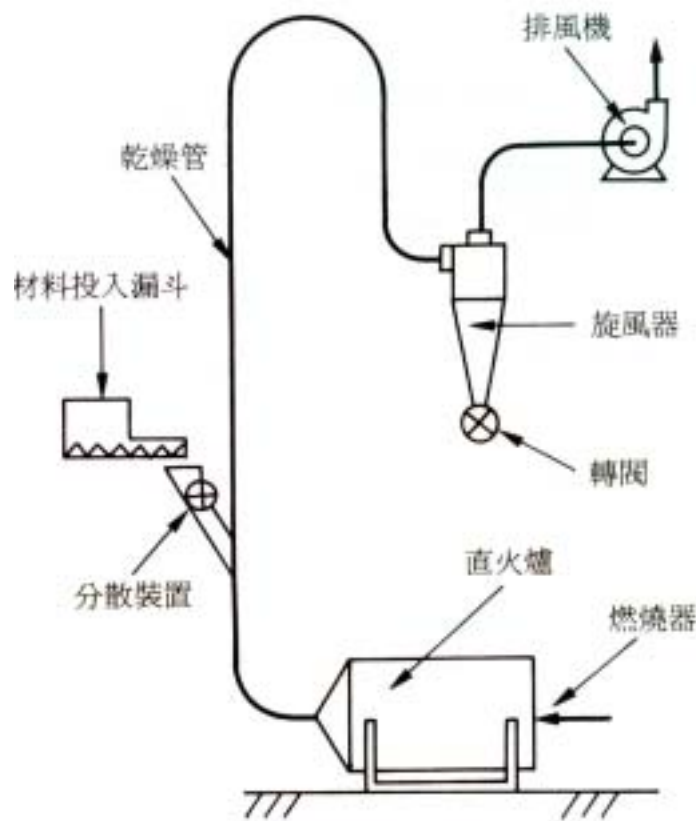


圖7.24 附設分散器型

3. 解碎機附屬型(圖 7.25)

如泥狀處理物屬比較軟質塊狀材料如過濾污泥餅，要用氣流乾燥機乾燥之前，須使用解碎機或粉碎機。

解碎機分為中間粉碎、分散、乾燥、粒子之加速等多項機能。把處理物與熱風予以激烈攪拌，故熱容量係數相當高。

三、乾燥特性

1. 處理物之化學性質

因噴霧乾燥之水分蒸發速度快，有時水分蒸發速度比液滴之固形成分朝向中心之乾燥速度快。此時液滴表面由固形物形成皮膜，以致內部水分蒸發時，使其表面皮膜膨脹，或成為多孔質之粒子。這以乾燥品而言，將成為缺陷製品，因此須預先調查原液化學性質與操作條件。

2. 處理物之濃度

水分蒸發量 1t/h 時之水分與乾燥量之關係如圖 7.26。由此製品水分 10% 時，處理物之水分預先由 60% 濃縮為 40%。則其乾燥量(生產)有 2.5 倍。

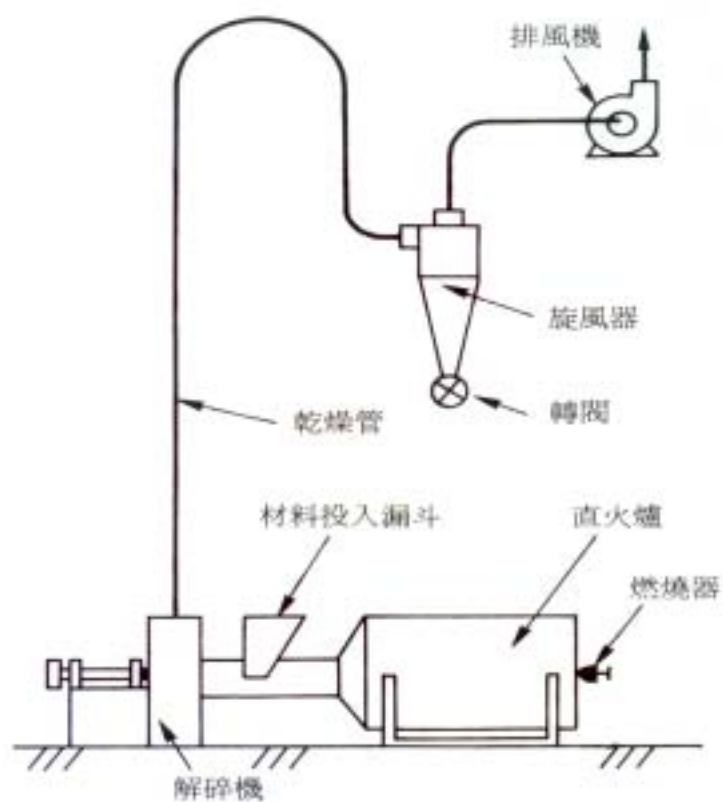


圖7.25 附設解碎機型

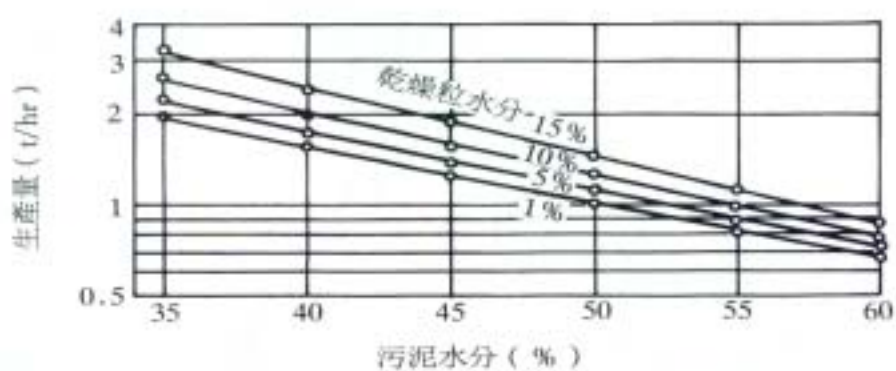


圖7.26 水分與乾燥能力之關係

3.熱風溫度

一般而言熱風溫度入口較高時，乾燥物之水分會減少，體積比重亦會減少。

四、特徵與問題點

噴霧乾燥與氣流乾燥都有大致相同之特徵與問題點：

1. 乾燥時間極為短暫，瞬間可得粉粒狀之乾燥物。
2. 對熱敏感物質，亦不致產生熱變性而予以乾燥。
3. 乾燥處理能力強。
4. 噴霧乾燥機使用大量空氣，乾燥機容積大，傳熱容積係數比其他機種略低。
5. 氣流乾燥機之裝置壓力損失略大，也不適合磨損性大的材料。另一方面因結構單純，可節省安置空間。

流動層乾燥機

一、原理與構造

流動層乾燥機是將粒狀物放置於多孔板等氣體分散板上，由底部供應氣體，使粒狀物在分散板上流動，如同液體在沸騰之狀態，此狀態稱為流動層。處理物與氣體之間，進行熱傳而蒸發水分。如圖 7.27 永螺旋供料機等供應被乾燥物，熱空氣從分散板由下往上吹，產生流層，進行乾燥。

乾燥物由流動層之頂部或側面溢流排出。乾燥用空氣與蒸發之水分同時由頂部排出，以集塵機除去微粒後排放。

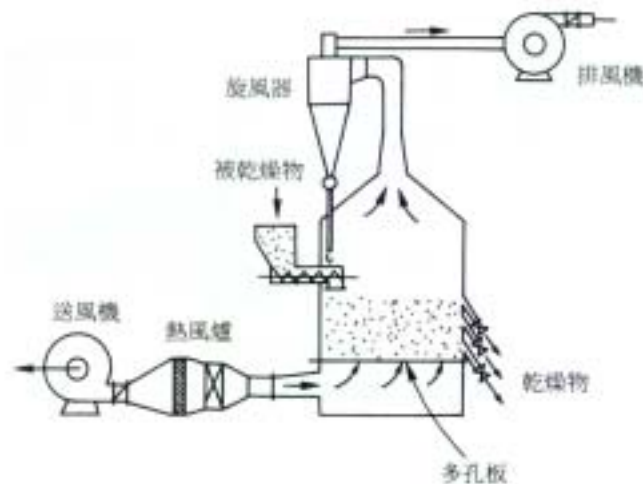


圖7.27 連續1段型流動層乾燥機

二、機種與型式

1.連續一般型(參見圖 7.27)

如圖示係形成單層(段)之流動層者。

原料供給後少量粒子停留時間不足馬上就排至出口，易產生乾燥不均的情形。

2.連續多段型(參見圖 7.28)

流動層設置多段，使處理物與熱風成逆流式，提高熱效率，防止微粒乾燥物的飛散，並可減少壓力損失，其乾燥能力比一般型大幅增加。

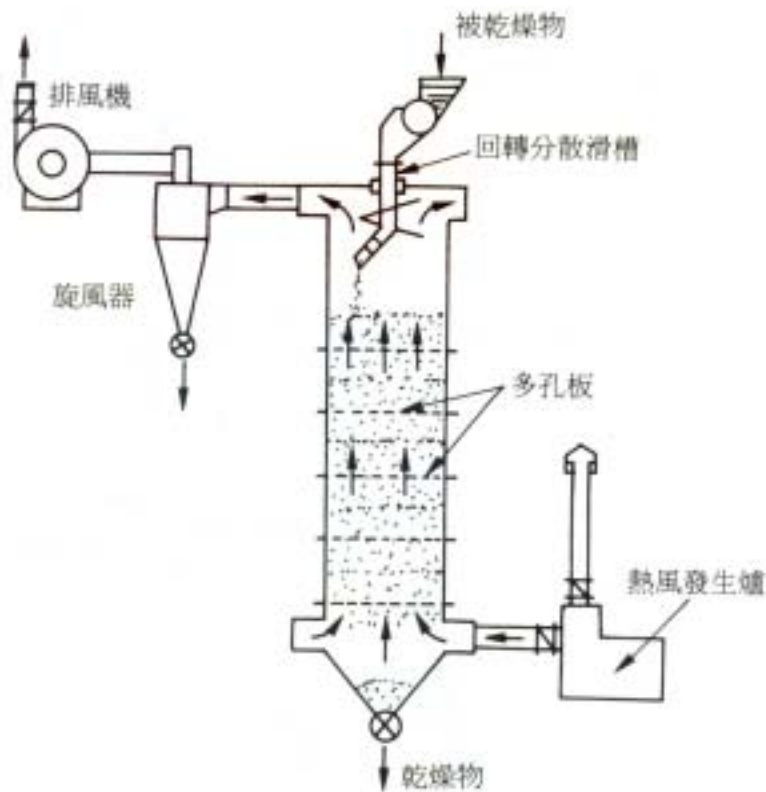


圖7.28 連續多段型流動層乾燥機

3.連續多室橫型(見圖 7.29)

爐內按一定之間隔設置分隔板，形成多室並聯的結構者。與移動方向(被乾燥物)成直角之分隔板，可防止未乾燥部分之排出與縮短滯留時間分庸之差距。比一段者，滯留時間較短，乾燥均勻。

4.半連續式(參見圖 7.30)

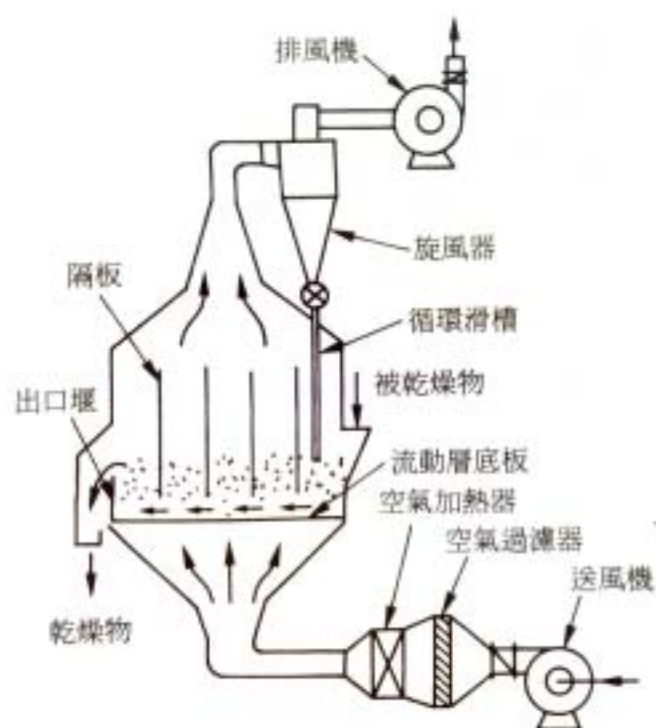


圖7.29 連續多室模型流動層乾燥機

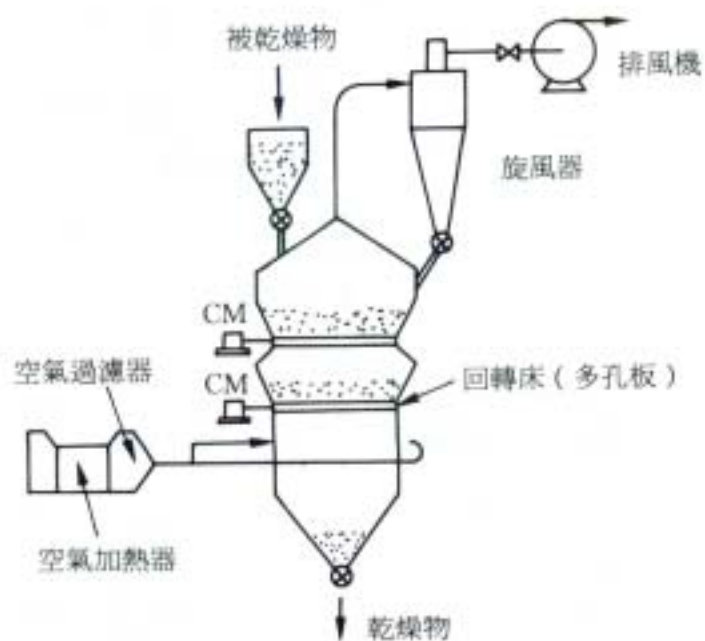


圖7.30 半連續型流動層乾燥機

上下二段之流動層底部，定時反轉。上段之處理物，乾燥到一定程度後，底板反轉落到下段，繼續乾燥到最後水分為止。乾燥物由下段底板反轉而由底部排出。

5. 振動併用型(參見圖 7.31)

形成流動層不單使用熱風流，亦併用機械振動之方式。此種方式比單使用氣流方式其必要風量較少，因而所用動力較少，但有附著性之處理物或流動性不好的處理物並不適合。

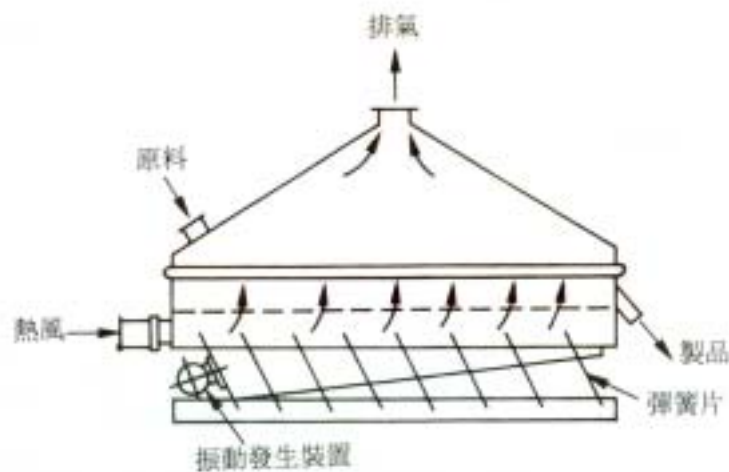


圖7.31 振動併用型流動層乾燥機

三、乾燥特性

處理物通常以 50~300 網目(mesh)之粉體，到約 5mm 以下之粒狀物為對象。

流動層乾燥法，可以把製成品水分減到 0.1%以下。乾燥滯留時間亦可自由調節，到由數秒到數小時之廣闊範圍都可以，對乾燥速度慢之材料亦適合使用。

四、特徵與問題點

1. 流動層內之溫度均一，可以自由調節，因此能防止乾燥不均。
2. 熱傳速度快，熱傳表面積大，故處理能力亦大。
3. 機內之滯留時間之設定範圍大，且可以自由設定，因而可以乾燥至極低的水分。
4. 機內無可動部分，結構簡單，運轉安定。
5. 處理物之形態與粒徑有限度，須注意處理物之特性。

滾筒(Drum)型乾燥機

一、原理與構造(請參見圖 7.32)

如圖示之圓鼓內裝入加熱源，處理物由圓鼓表面直接依熱傳導來加熱乾燥。

處理物為液狀、糊狀、泥狀，連續附著於圓鼓表面，形成約 0.3~5mm 之薄膜，當圓鼓做完一回轉同時完成加熱與乾燥，並由刮板(Scraper)刮取片狀或粉狀之乾燥製品。短時間內可得預定水分含量的乾燥品。

二、機種與型式

1. 雙鼓(Double drum)型(參見圖 7.32)

如圖所示在兩支迴轉的圓筒(鼓)上有供料箱。圓筒內部主要經過接頭向圓筒中心部供應及排出蒸氣。圓筒的迴轉方向為內側向下，圓筒面的附著厚度通常調節在 0.4~0.1mm。

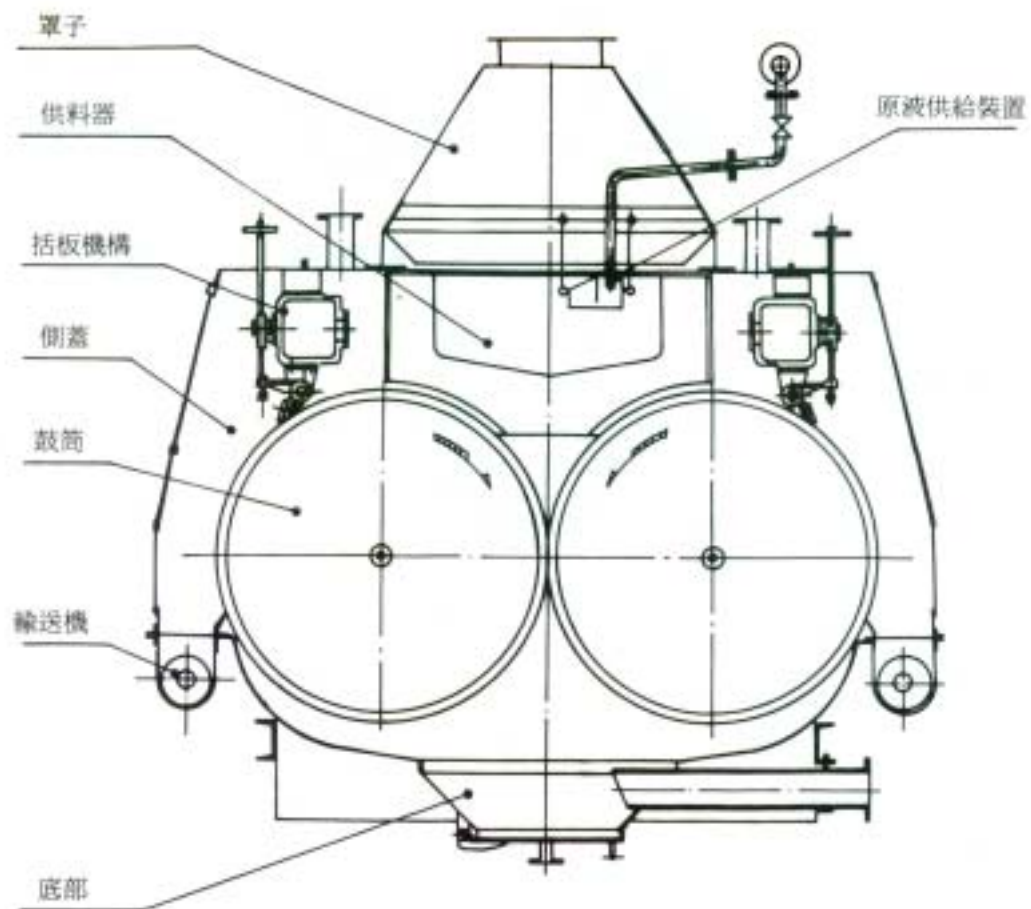


圖7.32 雙鼓型乾燥機

2. 雙胞鼓型(參見圖 7.33)

原液可由頂部或底部兩者均可供應。迴轉方向為內側向上迴轉。括板裝在底部。

3. 單鼓型(參見圖 7.34)

由內部利用蒸汽等熱媒體加熱，迴轉圓筒僅有一個，原液供應方法有三種。乾燥物由下方之括板括取藉輸送機排出。

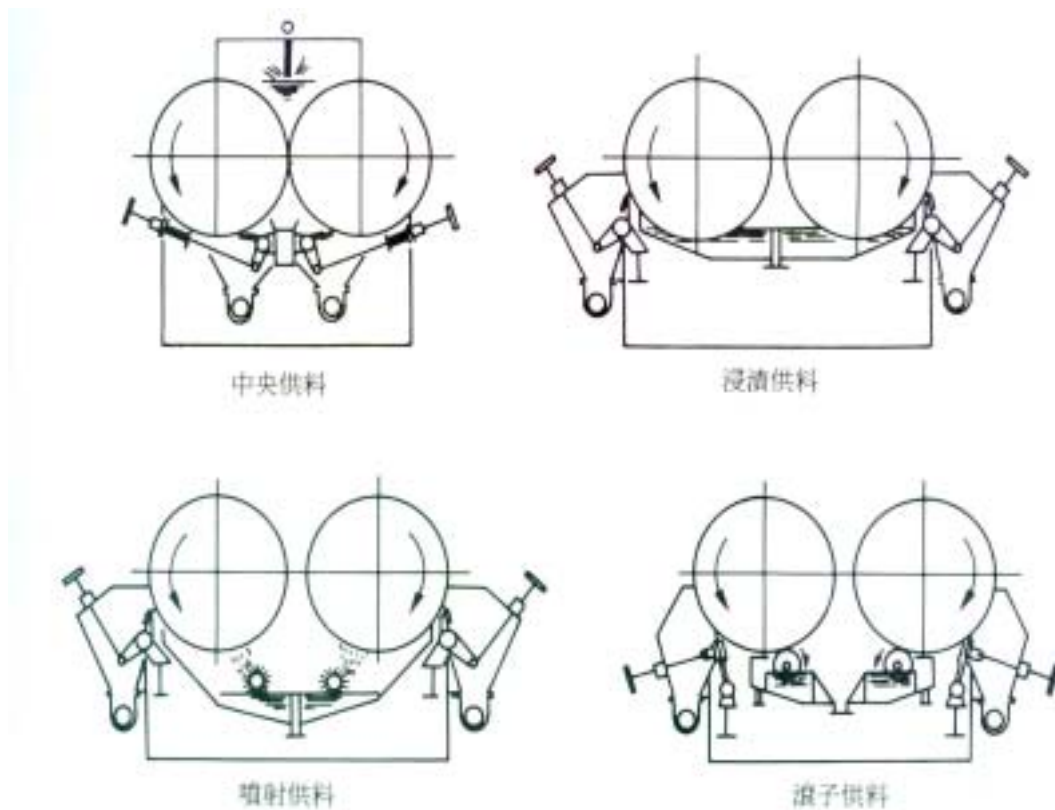


圖7.33 雙胞鼓型乾燥機



圖7.34 單鼓型乾燥機

三、徵與問題點

1. 乾燥時間短至 10~15 秒，適合於對熱敏感物質的乾燥。
2. 將重金屬溶解液，有機無機溶液等泥漿狀物質或活性污泥等連續乾燥成粉狀或片狀排出。
3. 裝置簡單，設備費低廉。
4. 傳導傳熱方式，因而熱效率高。
5. 可處理機內之殘液到最後一滴，可做少量處理，用途的變更也輕而易舉。

【參考文獻】

1. 日刊工業新聞社，桐榮良三編，乾燥裝置。
2. Clean Japan Center 昭和 56 年度，再資源化技術之開發狀況調查報告書(乾燥技術，熱分解技術)。
3. 公害防止事業團(社)日本廢棄物對策協會與產業廢棄物(污泥)之適當處理有關之調查研究報告書昭和 55 年 3 月。

第八章 破碎、壓縮處理技術

破碎機

由各種產業排出之產業廢棄物中，處理固形物廢棄物之主角係破碎機。藉破碎把廢棄物之尺寸變小，對後處理之焚燒、掩埋，回收有價物，選別再資源化，推肥、梱包及輸送等等各過程上非常有效益。

破碎機之種類非常多，又因產業廢棄物中混存各種材料，故選定機種相當困難，但視被破碎廢棄物之材料組成、後處理方法、經濟性等各情況來選定。

一般以機械性破碎物質時之作用力可分類為壓縮、衝擊、剪斷及磨碎之四種而單獨或組合利用。由結構面可分類為回轉式及往復式。再由機能面大分為衝擊軋碎機、剪斷軋碎機及衝擊剪斷軋碎機之三種類，茲就其代表性機種加以記述之。

衝擊軋碎機

衝擊軋碎機是由原來使用於採石場為岩石，水泥、礦石等之衝擊壓碎發展而來的佔多數。

一、種類

可大致分為衝擊式及鐵錘(hummer)式之二種。

二、原理

破碎作用力係以衝擊破碎為主體，又具有剪斷機能反撥式之破碎機。

三、結構

圖 8.1 係衝擊式之代表例。處理物受高速回轉之打擊刀之強力衝擊而破碎。一次尚未被破碎者若被打擊而加速，衝至其飛向所設之衝突板又被反撥，反復其相同作用而達破碎之目的。除此二次之衝擊破碎外，在室內空間與被下一次打擊刀所打擊者衝擊而相互破碎。又一部份係由打擊刀與衝突板剪斷。最後由排出口排出。有部分機種，固定打擊刀改為搖動錘式(swing hummer)，排出部設置柵條(grate)，給予剪斷作用，從具有一定間隙之柵條間排出的鐵鎚式。

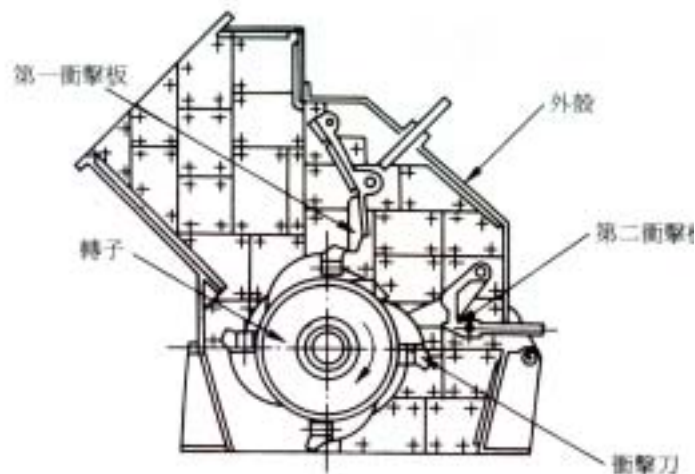


圖8.1 衝擊破碎機

四、性能及特徵

1. 比其他型式之破碎機，處理容量所佔機械尺寸不大。
2. 依瞬間衝擊來破碎，故適合於玻璃、瓦礫等之破碎。
3. 因無銳利的刀邊，可無須選擇處理物使用，但對延性塑膠、輪胎或布等不適用。
4. 有必要防音，防振及防塵對策。
5. 為考慮廢棄物供給之均一化，要花工夫設計供給方法及裝置。

五、用途

1. 不燃性廢棄物，玻璃，土砂、石礫、陶瓷器等之破碎。
2. 可燃性廢棄物中大型木製品，建築廢木材，大型硬質塑膠等之破碎。
3. 與木質系配合的焚燒爐之前處理。

截段軋碎機

一、種類

可大分為由往復移動刀與固定刀之間來回剪斷破碎之往復型與同轉軸上固定刀部，把此回轉，一軸即與固定刀之間，二軸時則由雙方之刀互相咬合，回轉剪斷進行破碎之回轉型等二種。

往復型截段軋碎機係將原來主要使用於金屬廢棄物處理業之 Guillotine 切斷機發展出來者較多。圖 8.2 示其代理例。

回轉型剪斷破碎機是回轉切斷刀使剪斷力有效作用之結構，其機構非常的多。圖 8.3 表示其代表例子。

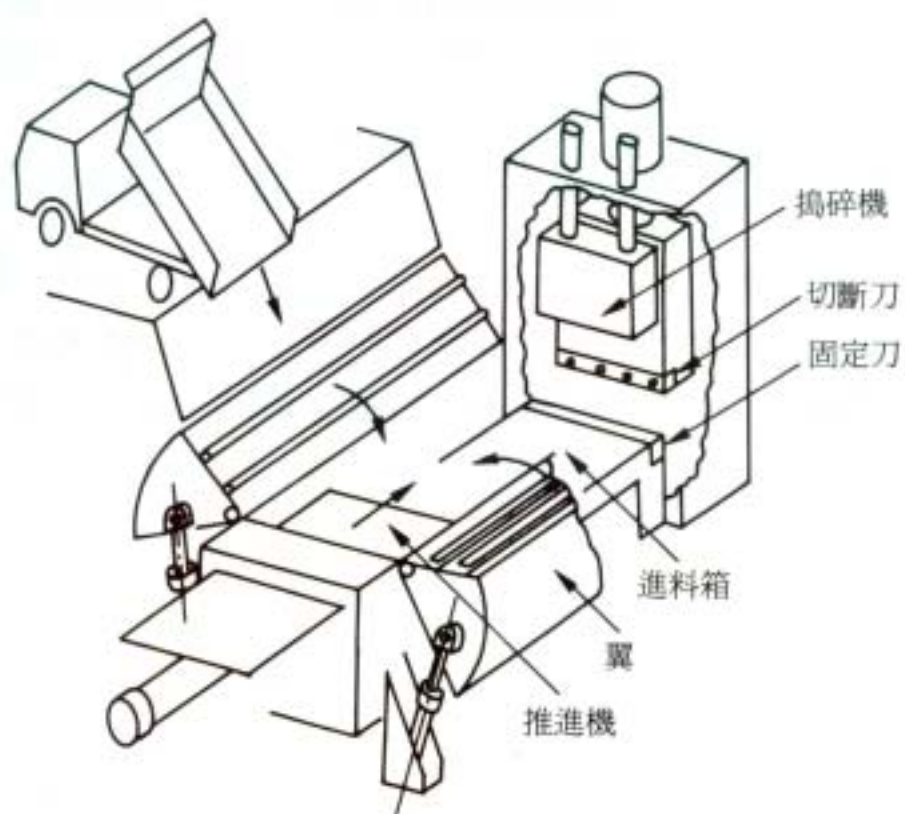


圖8.2 往復型（Guillotine 式剪斷破碎機）

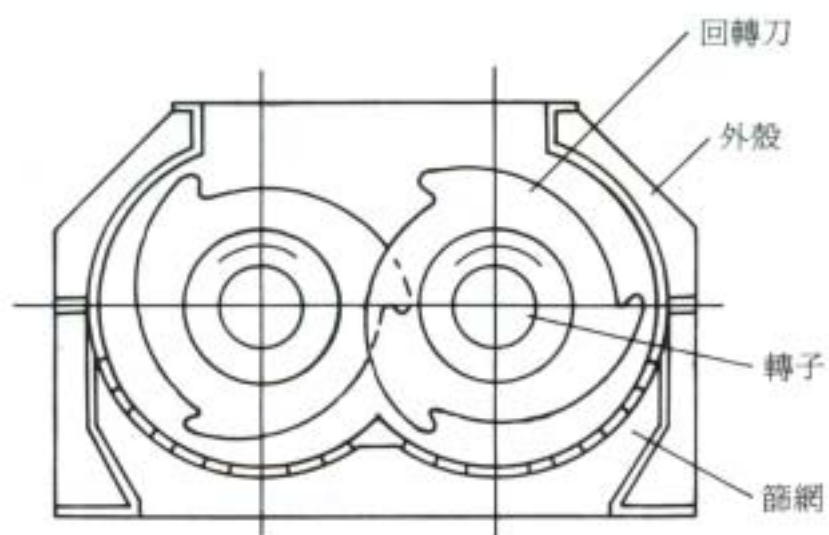


圖8.3 回轉型（切刀式剪斷破碎機）

二、原理

破碎作用力係以往復型，回轉型剪斷為主體，但多複合彎曲，撕裂，剪取及壓縮等各作用。

三、往復型 Guillotine 式截斷軋碎機(圖 8.2)

1.結構

投入於供料箱的處理物質在測板(wing)被壓縮。此板做為先行壓縮大型廢棄物，對提高處理效率上頗為有效。由推具按一定之行程押出前進，經由搗礦機壓縮破碎，此機同時亦具有切斷時壓住材料之角色。切斷刀係以上下滑動的可動刀，與下部之固定刀之間做切斷。視機種，刀不單是長方向，對橫方向亦可裝上。

2.性能及特徵

- (1) 處理容量略少，對大容量設施不適合。
- (2) 投入口大，可由卡車大量直投。
- (3) 對草蓆、床墊、粗木材等回轉式破碎機不方便廢棄物，容易處理，但有鋼琴線之床墊會損傷切斷刀，將招致切斷力之降低。
- (4) 對混凝土，岩石等硬固體者不適合。
- (5) 對振動，噪音，粉塵等二次公害少。
- (6) 因危險物投入而產生爆發之危險性少。
- (7) 破碎後之尺寸不均且比較大型，因而選別困難。因此對後處理之掩埋，有價物回收及選別資源化等均不適合。

3.用途

- (1) 可燃性粗大垃圾之破碎。
- (2) 可燃性廢棄物焚燒爐之前處理。
- (3) 建築廢材等長尺寸木材類或庭院樹木等木質系破碎。
- (4) 係廢料剪床(scrup shear)之應用機械，剪斷力大者對金屬類之破碎也容易。

四、回轉型切刀式截斷軋碎機(參見圖 8.3)

1.結構

以回轉軸為中心與軸平行具有多枚的回轉刀，由雙方幾枚刀互相咬合時執行剪斷作用，由下部排出口排出。有些機種於排出口設有篩子使粒度整齊化後排出的結構。

2.性能及特徵

一般而言處理容積小，而機種非常多。其理由為事業廢棄物有各種材料混和，視其種類及性狀要有效發揮其剪斷力，所以由各廠商開發各種結構之機種。

3.用途

- (1) 廢塑膠，廢輪胎，橡膠等有韌性，延性廢棄物。
- (2) 建築廢木材，木屑，樹皮，樹木等木質廢棄物。

衝擊截斷軋碎機

衝擊截斷軋碎機通稱為撕裂機(shredder)，基本上係改良衝擊軋碎機之形式。

種類

可大分為橫行與豎型，破碎刀有錘式或環狀磨機式二種。圖 8.4 係橫型之代表例。

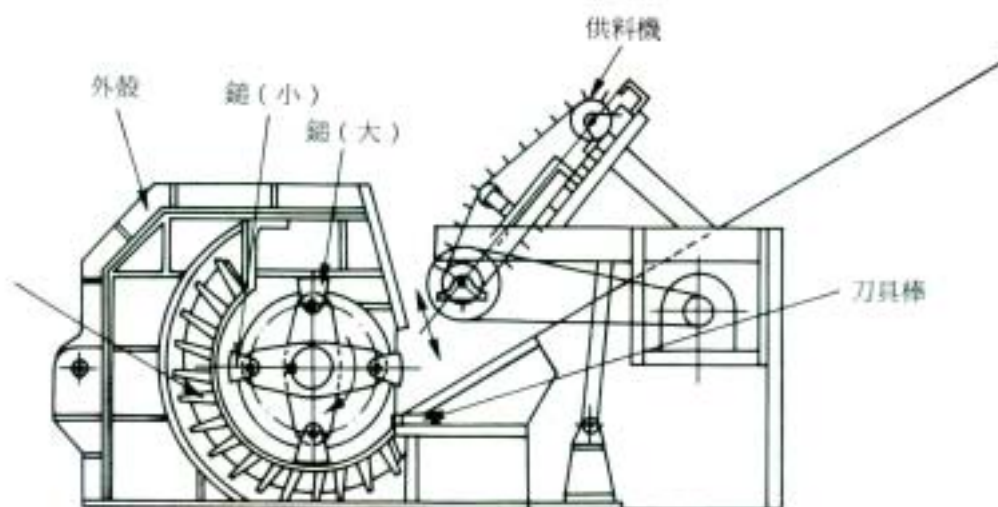


圖8.4 橫型衝擊剪斷破碎機

二、原理

係衝擊、剪斷、磨碎、壓縮等破碎作用力組合的複合萬能型之機械。

三、橫型之結構(圖 8.4)

處理物由供給口經強制壓縮式之供料機壓入，由高速回轉轉子的鉋子衝擊破碎，再經鉋子與刀具棒之間切斷後，被引進柵條部分後在柵條部再受剪斷破碎同時藉離心力排出。

四、豎型之結構(圖 8.5)

待處理物首先被設於豎軸型轉子上之打碎臂強類衝擊及撕裂做第一次破碎。被打碎之材料再受裝於旋轉盤(rotary disk)之可自由回轉之多數環狀磨機(ring grinder)與殼內部付有突起之殼襯墊(shell liner)之間，被剪斷，衝擊，壓縮與磨碎等之二次，三次破碎後，最後由轉子下部之旋刮機，藉離心力強制排出。

五、性能及特徵

1.橫型豎型共通

- (1) 處理容量大，也可做大容量設備。
- (2) 必須有振動、噪音、粉塵對策。
- (3) 有因衝擊產生火花以致使易燃物著火或爆炸之虞，故必須有對策。

2.橫型

- (1) 配碎粒度經更換爐條即可調整。
- (2) 配碎機之衝擊因係上下方向，易使基礎產生負荷產生振動問題，必須有防振對策。

3.豎型

- (1) 破碎粒度經由破碎室之阻塞環即可調整。
- (2) 一般而言，衝擊負荷小，其方向為水平方向，因而基礎不需太大，但對防振也要有所考慮。
- (3) 可破碎橫型不易做到的纖維製品、地毯、毛毯、床墊等。
- (4) 廢鐵可壓縮成圓形，比重大，廢料的價值高。

六、用途

從廢汽車車體、冰箱、洗衣機等大型金屬製品、建築廢材、梱包材、大型家具類、FRP、廢塑膠、廢輪胎、鋼筋水泥、瓦礫、其他產業廢棄物到廢紙、垃圾，其乎所有固體廢棄物均可加以破碎。

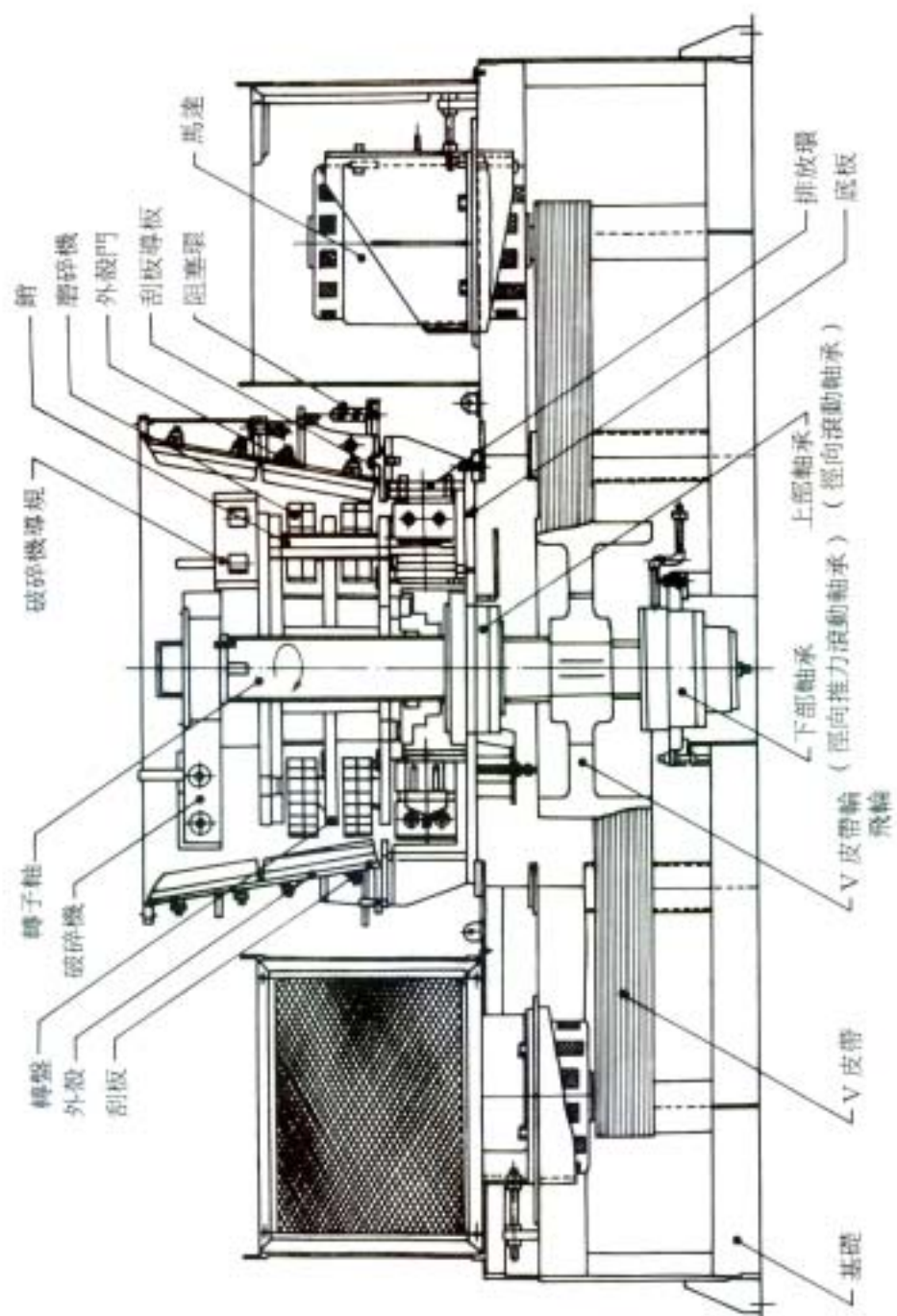


圖8.5 豎型衝擊式破碎機

減容裝置

壓縮裝置

政府以第 58 屆通常國會就垃圾處理整備所成立之「清掃設施整備緊急處置法」為契機，就過去之處理處分方式之檢討與隨社會之變遷所產生近代化清掃作業之應有態度，委託日本都市中心要求提出報告。在該報告中提到「隨廢棄物之多樣化不燃性所佔的比率迅速增加……中略……從這一觀點，本五年計劃必須做綜合性的從根本做再檢討，並強調應迅速講求必要措施」(報告書第 231 頁)，更追述「隨垃圾之多樣化處理方法亦必須高度化，例如破碎、壓縮、脫水等處理亦屬必須……」

爾後經過各項手續本主題的「壓縮方法」終於被正式加入於過去之垃圾處理方式之體系中定位至今。

一、壓縮裝置之概要

1.處理系統

本系統係利用將垃圾以壓縮機壓成固形化塊狀的裝置為中心所構成。即透過垃圾之壓縮，貫通到終端處理的解決一次完成，因此可獲得多元性效果。

2.設施及處理方式

本裝置以可處理一般都市垃圾(不燃性、難燃垃圾、粗大垃圾)的設施之橫型壓縮機械為主體，配合容納此機器之建築物，及其周邊建築物、附帶設施等所構成。

標準化大小為一台 150T/日~450T/日，對大規模都市對象即可併設 2 台至 4 台。

3.處理工程

將所收集的垃圾收容於坑中，以箕斗起重機吊入一個壓縮塊的份量於漏斗。漏斗內的垃圾掉入第一壓縮室再掉入第二壓縮室分別受到壓縮後，被壓入鋪有金屬網的反轉容器的第三壓縮室中受到最後壓縮。

該主壓氣缸的先端內藏有極部壓裝置，可進一步提高壓縮效果。此裝置中將唧筒壓提高至 $200\sim 210\text{kg/cm}^2$ ，對處理物則施加 $130\sim 200\text{kg/cm}^2$ 的壓縮面壓，因此大部分的東西都毫無遺留原形地被壓縮。

其次對被壓縮的大塊進行金屬網梱包壓縮，以產品取出裝置送到產品輸送線上，視其必要進行塗層處理。

4.壓縮固化捆包材

捆包材有金屬網之外金屬帶、布帶、塑膠帶等，這些原來是為防壓縮固形化的垃圾之復元並保持形狀而用的。固形化的大塊進一步為水密性物理性、衛生上及外觀上，特加以塗層。塗層材有瀝青、塑膠類聚乙烯或混凝土等。

5.壓縮固化裝置之優點

- (1) 無煙(有害瓦斯等)而產生大氣污染現象。
- (2) 無噪音(本裝置係以油壓缸的靜壓縮方式，油壓缸筒使用低速低音活塞式永)。
- (3) 幾乎無粉塵。
- (4) 建設費低廉(用地不必太大，建設期間也短)。
- (5) 保全費用、修理期間均低，耐用年數長。
- (6) 垃圾不管可不可燃，粗大也無妨。
- (7) 可節減作業人員。

【本裝置製造者】

手塚興產株式會社

103 東京都中央區東日本橋 2-4-10

TEL03(864)1001

廢塑膠減容處理裝置

一、前言

在一般廢棄物中(焚化垃圾及粗大垃圾)最近塑膠所佔比例之擴大，正給與吾人生活環境莫大影響是眾所皆知的事實，基於焚化處理所伴隨之有毒氣體等之發生問題，在焚化垃圾中不加入塑膠類而作為不適焚化垃圾另外處理的案例逐漸增加，而掩埋處理越顯普遍化。但由於掩埋地之確保及延長掩埋年限之難於解決，對塑膠類減容化後予以掩埋處理已逐漸被重視。

二、減容化並非以 RDF 為主要目的

檢討減容固化時，易認為係為固形狀物之燃料化，但將減容化的固形物做為燃料(RDF: Refuse Derived Fuel)，實際會有因氯乙烯等廢瓦斯等問題之虞，即使考慮燃料化也必須在減容化裝置之前要有去除氯乙烯的設施，顯得更為繁雜。所以還是做為掩埋處理都市垃圾中的廢塑膠之前處理以計畫減容化才是上策。

三、減容固化方式

一般所採用的減容固化方式為螺旋和模(SCREW & DIES)方式。這是因其可連續運轉，並具高處理性能，其他有如下特徵。

- 1.在螺旋中混揉處理物時由於自行發熱(利用摩擦熱)可熔化塑膠。因不會達到高溫所以很少發生氯化氫的瓦斯。
- 2.減容化率約為 1/20 大幅度壓縮，因而地盤可早日穩定化。

圖 8.6 為本公司所製減容固化裝置圖，又圖 8.7 為實際將其組合於粗大垃圾處理設施之流程圖。

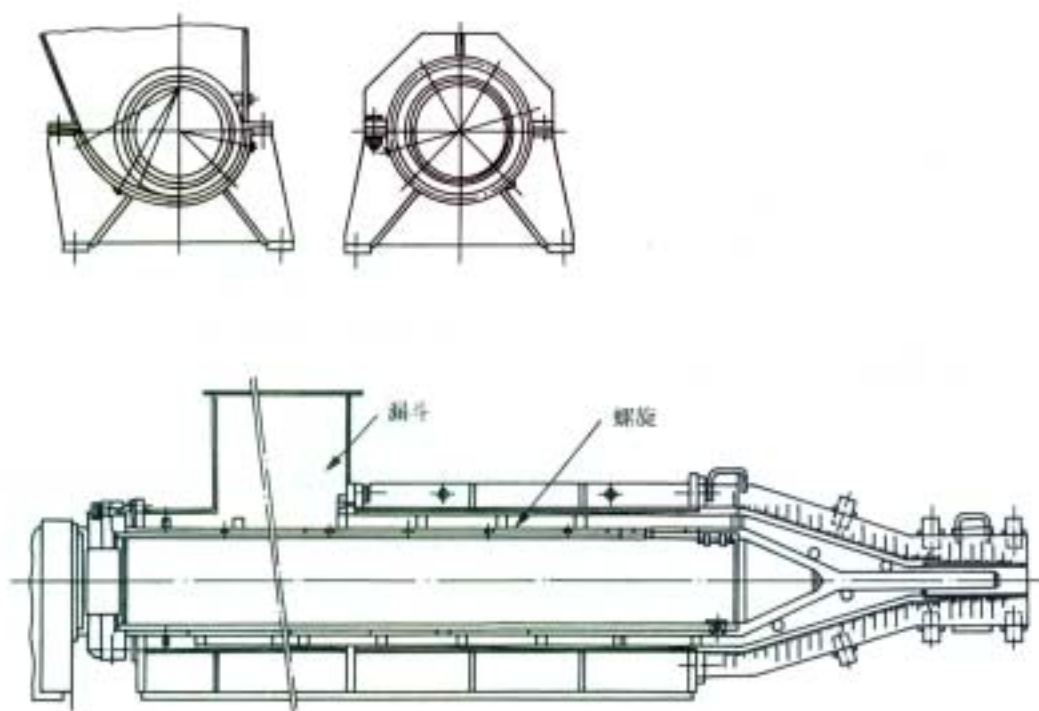


圖8.6 廢塑膠減容固化處理裝置

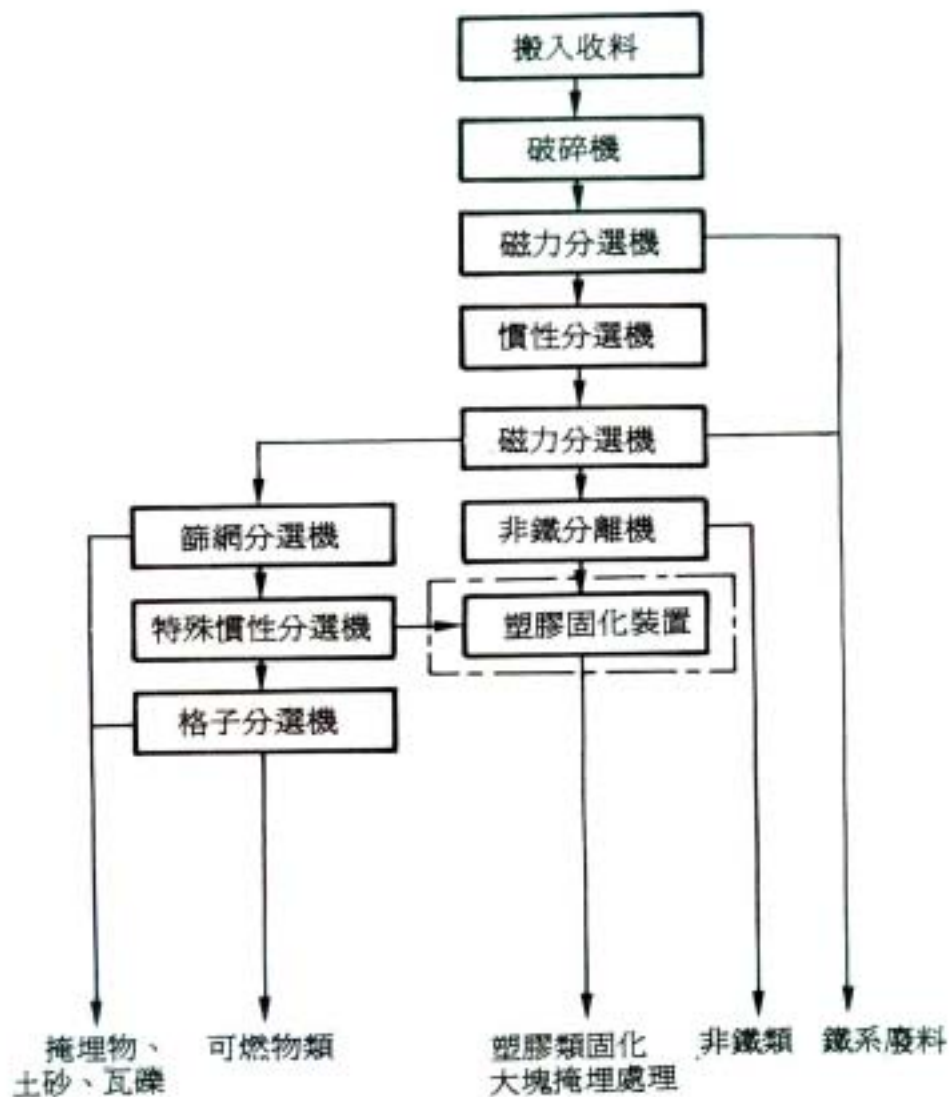


圖8.7 粗大垃圾處理設施流程圖

四、總結

如上述，做為掩埋地之前處理設置減容固化裝置不但可大幅度解決掩埋地的延長掩埋年限，並且可減輕搬到掩埋地的搬運成本。另外從掩埋地的後地利用的觀點而言，因地盤下陷少也是有利的。

目前由於不划算的廢塑膠再生處理技術，也由於石油之逐漸枯竭，過去被遺棄的廢塑膠類之再生或許會被重新檢討，被掩埋的塑膠固化物再被注目的日子的來臨相信不是夢。

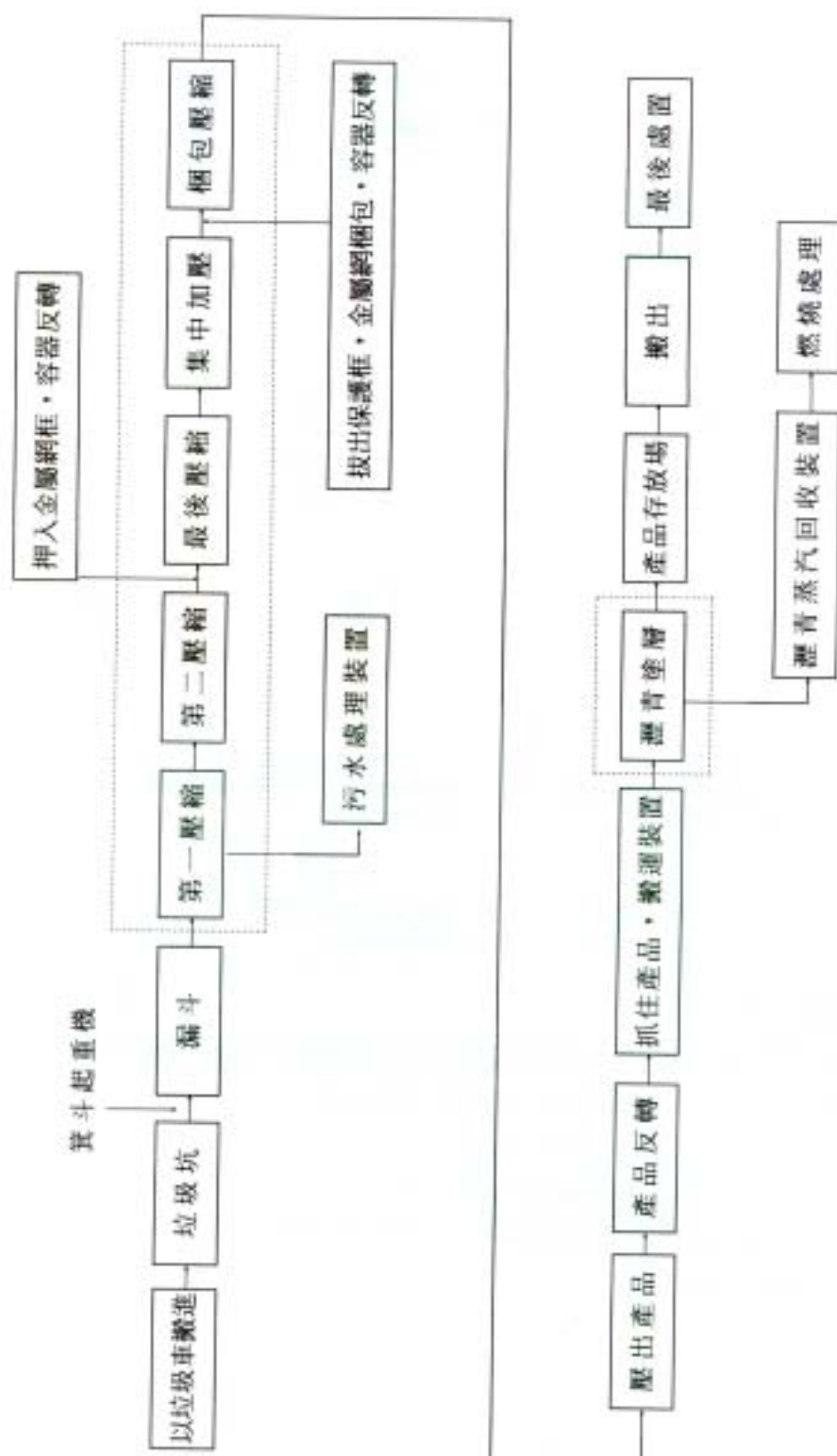


圖 8.6 橫型壓縮圖形化設施流程圖

第九章 分選技術

分選裝置

篩選

篩選(screening)係利用網目將粒子分為通過與不通過的操作，廣泛的應用於幾乎所有領域，對象粒徑也從數十公分大塊到數微米的微細粉末，範圍非常之廣。因而所使用機械與操作方法也頗為繁雜。當然有乾式與濕式兩法。篩選本來的目的是去除大顆粒或微粉及整粒等，但也用之於過濾、脫水、洗淨、供應表面、分散與混和、微粉之充填狀態改善等¹。在廢棄物處理領域採用本法的理由之一為可將 PE 膜、紙等與碎玻璃、砂土等分離，易於使前者留在篩上，後者分離在篩下這一點。

可做為篩網面的有各色各樣。其詳情擬讓給專門書，這裡僅就其種類列舉如下^{2,3}。編織網篩(woven screen)，打孔金屬網篩(punched screen)，矩形網篩(商品名 Ton-Cap screen)，橡膠網篩(rubber screen)，楔形金屬絲網篩(wedge wire screen)等。

至於篩選機械從以前就有多種被開發^{4~9}。將其依構造與動作原理可得如下之分類¹⁰：

1. 固定篩¹¹(柵篩(grizzly)，sieve bent)。
2. 可動棒篩(brialt, ⁶dropbar⁶，帶狀棒篩 ⁶ callop screen⁶)。
3. 迴轉篩(圓筒¹²，八角篩¹²)。
4. 旋迴篩(gyrosifter¹²)。
5. 搖動篩(rotex screen¹²，shaking screen¹²，zig-zag shifter¹²)。
6. 振動篩(I)水平設置型機械性振動(low-head screen¹²，elliptic screen¹²，resonance screen¹²)。
7. 震動篩(II)傾斜設置型機械性圓形振動(泰洛克 screen¹²，gyrex screen¹²，ripple flow screen¹²)。
8. 振動篩(III)電磁式振動篩(hammer screen¹²，feeder screen¹²，sonyclean¹²)。
9. 振動篩(IV)確率篩(morgen sencerizer¹²，highcap screen¹²)。

10. 振動篩(V)離心力式(cymong V 型 screen¹²)。

11. 可動網(tension 式¹²)。

這些篩之使用狀況均有詳細調查結果¹³，可做機種之選定、操作條件之設定等參考。篩之處理能力計算法有粒子層厚法或奧利夫斯基之基準處理能力法等¹，除了以這些設計外可參考各種現場數據來做決定。

篩分效率有多種表示方法，常用的是牛頓效率⁹。

將篩分機械安裝於破碎機後頭以篩分破碎產物時有開回路方式與閉回路方式，閉回路方式係採用將篩上產物送回破碎機處理之方式。

不祇利用粒子的大小，也有利用形狀的特性以進行篩選的例子。這是由舊瓶回收碎玻璃的方法，將玻璃瓶從適當高度落下，可使其不致過分粉碎而成板狀的破碎片，如果將其提早排出於系外，即可防止因過度粉碎而影響回收率的下降以謀求碎玻璃的利用者。試裝的裝置為內部裝有升降桿稱之為迴轉柵篩者。據報以內徑 1.5m，迴轉速度 12rpm，柵篩的開口 14mm 的設備可獲得良好的成績¹⁴。

下面舉一個應用篩分法於廢棄物再資源化。如果將含有多量薄而表面積大的膜片或紙等的廢棄物以普通的篩網處理，則在篩網面上形成成層狀態，使玻璃或砂土等微粒被夾在中間，無法達成充分的篩分。這時如果使用迴轉篩，則隨傾斜圓筒狀之篩面的迴轉，內部的垃圾無從層而有效地被分離。從迴轉篩之供料側向排出側吹風，則輕的薄膜或紙向排出側移動，砂土等不燃物在迴轉篩的前半部，木片等可燃物在後半部成為篩子的下產物，PE 膜、紙等則成為上產物。將如表 9.1 的組成的都市垃圾以如圖 9.1 所示系統處理，則破碎垃圾的組成別粒徑分布如表 9.2，將其中之鐵分以磁選機做為第 1 類回收後，以圓筒篩篩分則小片紙屑、砂土、玻璃、垃圾等小粒徑的東西(30mm 以下，第 4 類)則在篩子前半，以紙為主體的中粒徑者(30~50mm 或 30~80mm 第 3 類)在後半成為下產物回收，以 PE 膜為主體的則成為迴轉篩的篩上產物(第 2 類)¹⁰。

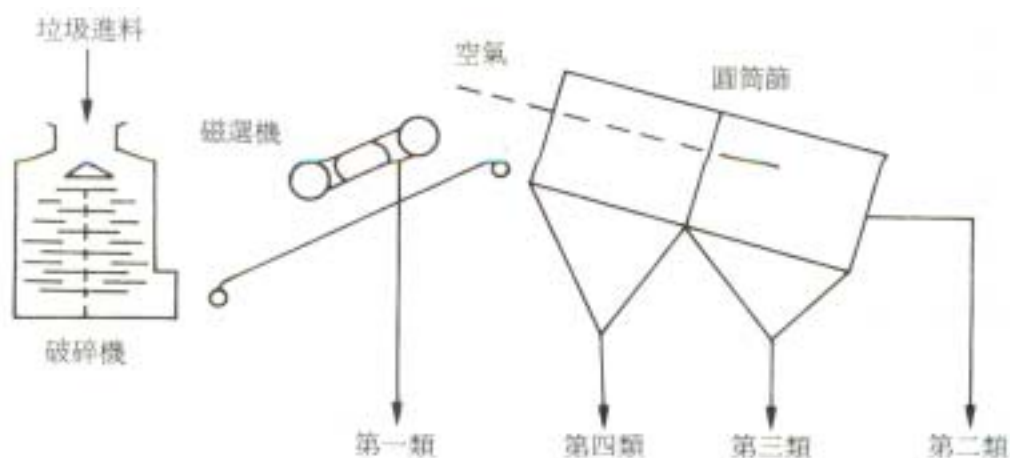


圖9.1 都市垃圾分類系統流程

表 9.1 都市垃圾樣品組成

項目	組成 (wt%)		含水率(%)
	濕量基準	乾量基準	
PE 膜	10.8	14.3	25.6
紙	40.6	45.1	38.0
垃圾	25.3	12.9	71.3
木屑	5.0	4.5	50.0
鐵	2.3	4.0	0.0
非鐵金屬	0.7	1.3	0.0
砂土、玻璃	5.5	9.4	4.5
鐵維屑	2.5	2.7	40.0
其他	7.3	5.8	55.0
合計	100.0	100.0	44.0

表 9.2 破碎垃圾的組成別粒徑分布(%)

組成 \ 粒徑(mm)	80 以上	80~50	50~25 (%)	25~9	9 以下	合計
PE 膜	36.8	18.5	24.3	13.8	6.6	100.0
紙	1.7	7.6	24.5	26.1	40.1	100.0
垃圾	0.0	0.0	0.0	17.4	80.6	100.0
木屑	2.6	4.2	26.4	45.2	21.6	100.0
鐵	-	-	-	-	-	-
非鐵金屬	38.2	8.0	0.0	53.8	0.0	100.0
砂土、玻璃	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0
鐵維屑	6.9	13.6	35.6	0.0	43.9	100.0
其他	4.5	1.1	20.3	70.6	3.5	100.0
合計	7.6	7.4	21.2	30.8	33.0	100.0

【參考文獻】

1. 伊井谷鋼一、三輪茂雄：化學工學通論Ⅱ，P.90(1969)朝倉。
2. 三輪茂雄：粉體之篩選，P.1(1965)日刊工業新聞。

3. 三輪茂雄：篩選讀本，P.51(1974)產業技術 center。
4. A.M. Gaudin: Principles of Mineral Dressing, p.141(1939)Mc Graw. Hill.
5. A.F Taggart: Handbook of Mineral Dressing, p.7, Sec. 01-72(1984) John Wiley & . Sons.
6. 高桑 鍵：選礦工學，P.401(1979)NRE Research。
7. 白川義雄：選炭實技，P.29(1955)白亞書房。
8. 中久木潔：選炭之實際，P.269(1954)丸善。
9. 化學工學協會：化學工學便覽，P.988(1978)丸善。
10. Clean Japan Center：再資源化技術之開發狀況調查(分選技術)報告書，P.33(1981)。
11. B.A. Wills: Mineral Processing Technology, P.173(1979)Pergamon Press。
12. 日本粉體工業協會：分級裝置技術便覽 P.54~57(1978)產業技術 Center。
13. 日本礦業會選礦專門委員會：篩，(1952)白亞書房。
14. 下飯坂潤三、鴻巢彬、林雄造、藤本允己、石岡邦雄：從舊瓶回收碎玻璃有關之研究，日礦誌 Vol.94 No.1084, P.399(1978)。

風力分選

風力分選(air separation)原理是利用空氣中粒子之沉降速度差而分選的方法，但本方法之基本技術早就有其歷史性出發點之為礦石或煤炭之乾式分選所採用風力淘汰機(pneumatic jigs¹)、風選機(pneumatic concentrator²)、風力分選機³、乾式選炭⁴或空氣選炭⁵，又目前化學工業、窯業等所採用的乾式分級機⁶正式風力分選。風力分選係定位在傳統的技術的延長線上，就是所謂的「空氣分選」之方法。

利用風力分離之特徵第一為因不使用水所以無廢水處理的附帶問題，能構成較簡單的系統，第二為不必考慮對產品之固液分離操作，第三不必為乾燥付出多餘的能源。但在其反面，風力分選的乾式分離技術卻有如下的缺點。第一為比水力分選在送風機及其他所必要的能源消耗大，第二為比濕式處理因粒子相互間之凝聚力強，由於附著以致分離效率易降低，第三為比濕式分離因媒體之流動之擾亂較大以致分離效率也易下降⁸。

風力分選之原理為空氣中落下的粒子其重力與浮力的抗力的平衡達到終端速度(terminal velocity)，而其終端速度係利用其粒子大小、比重之相異這一

點，可以說是極為單純。依據雷諾數(Reynold's number)之範圍可分為史托克(Stokes)、阿林(Allen)、牛頓(Newton)的三個領域，這是與化工機械操作之流體中之粒子之沉降處理是完全一致的⁷。各領域之終端速度 U_m 如下。

Stokes 之領域

$$Re_m = \frac{D_p \cdot U_m \cdot p}{\mu} < 2, U_m = g(p_s - p) D_p^2 / 18 \mu \quad (1)$$

Allen 之領域

$$2 < Re_m < 500, U_m = \left\{ \frac{4g^2 (p_s - p)^2 D_p^3}{255 \mu p} \right\}^{1/3} \quad (2)$$

Newton 之領域

$$500 < Re_m < 10^5, U_m = \sqrt{3.03g(p_s - p) D_p / p} \quad (3)$$

其中， D_p 為粒子直徑， p ：流體密度， p_s ：粒子密度， μ ：流體粘度， g ：重力加速度， Re_m ：粒子終端沉降速度時之雷諾數。如果像斯塔特凡特型空氣分級機(Sturtevant air separator)利用離心力時(1)式的相當於 Stokes 之終端速度的關係如下：

$$U_{mc} = Zg(p_s - p) D_p^2 / 18 \mu \quad (4)$$

其中 U_{mc} 為離心力時的終端速度，設 r 為迴轉半徑， w 為迴轉之角速度，則離心效果 $Z = rw^2/g$ 。

利用此原理所進行的風力分選方式有如圖 9.2 所示之橫型風力分選法以及圖 9.3 力分選法。橫型時，雖有一次操作即可分選為幾類的優點，但須注意供應原料時應設法使其分散，並保持橫風在流徑內的均勻。另一方面，豎型雖一次操作僅能分選為二類，但如果塔有足夠高度因可完全達到終端速度，所以可完全分離。

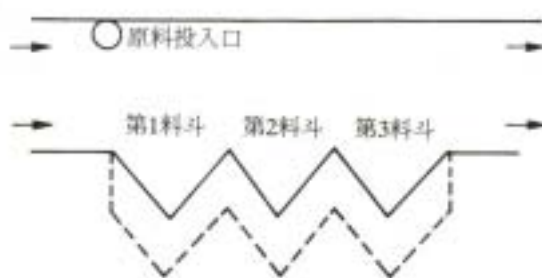


圖9.2 橫型風力分選裝置之形狀

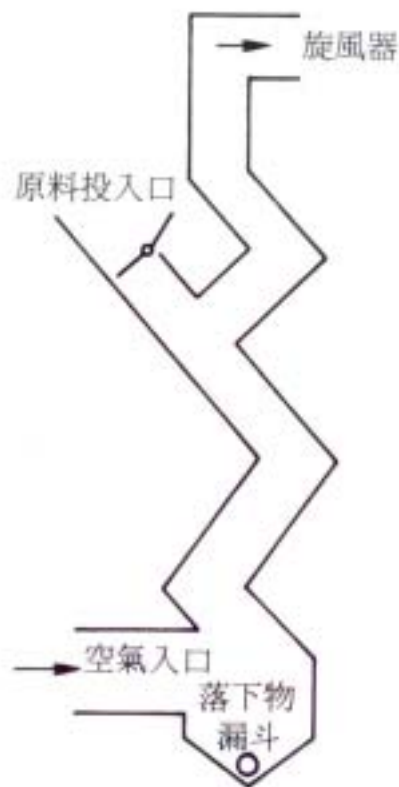


圖9.3 豎立型風力分選裝置之形狀

上述的風力分選法主要可定位為都市垃圾之粗分裝置¹⁰。利用本法為開發將都市垃圾分選為有機物與無機物的技術的目的所進行的研究^{11,12}；概要如下：所使用的實驗裝置的流程如圖 9.4，將原料垃圾預先破碎為一定粒度以下，調整含水率到不影響分選之大約 45% 以下程度後，以一定量進料於橫型分選器。落下中由鼓風機進入水平氣流則垃圾被吹散粗分離為重量物(金屬、瓦礫類)、中重量物(木片、硬質塑膠類)、輕量物(塑膠膜片、紙類)後，分別送進振動篩篩成大小兩種。分選後的東西分別被送至豎型 Zig-zag 風力分選器被分為有機物或無機物。之所以使用 Zig-zag 管路的理由如下，(1)如係直管則因管壁附近與管中心附近的流速不一致以致分離精度會下降，如以 Zig-zag 管則可避免此現象。(2)如係直管則垃圾被集合狀態供應時，難於分散，以 Zig-zag 管路則可防止此現象。

由一連串研究結果了解了下列各點。(1)橫型分選器的最適分選風速為 20m/sec，(2)豎型分選器可獲得最高分選純度的 Zig-zag 風路的形狀為角度 60°，風路寬 280mm。(3)將日曬乾燥到 9.1% 的都市垃圾以最佳條件分離時，輕量物中之有機物純度為 96.7%，回收率為 95.6%，重量物中的無機物純度為 87.4%，回收率為 57.8%。(4)依據含水率 42% 的生垃圾的分選試驗結果，有機物純度為 99.0%，無機物純度 39.9%¹⁰。

原理雖然完全一樣，但將上述方式稍加改良時有迴轉筒式風力分選器¹³。

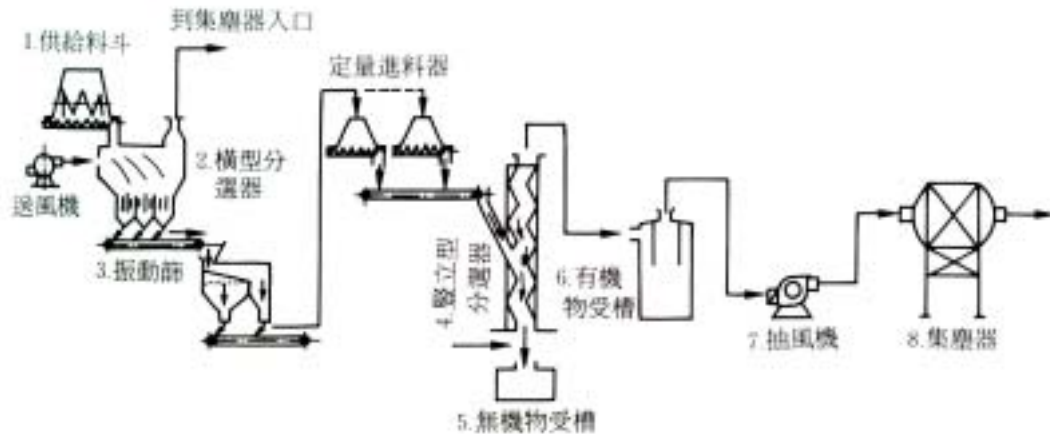


圖9.4 都市垃圾之風力分選試驗裝置

【參考文獻】

- 1.A.M Gaudin: Principles of Mineral Dressing, P.273(1939) Mc. Graw-Hill.
- 2.A.F Taggart: Handbook of Mineral Dressing p. Sec. 11-136(1945).
- 3.高桑 健：選礦工學，P.315(1979)NRE Research。
- 4.中久木潔：選炭之實際，P.144(1954)丸善。
- 5.白川義雄：選炭實技，P.193(1955)白亞書房。
- 6.化學工學協會：化學工程便覽，P.1075(1978)丸善。
- 7.Clena Japan Center：「再資源化技術之開發狀況調查(分別技術)」報告書，P.41(1981)。
- 8.前出 6)P.1055。
- 9.日本產業技術振興協會：工業技術院委託研究報告書(資源再生利用技術 System 之評價研究)，P.171(1977)。
- 10.福本 勤：廢棄物處理技術，P.393(1977)共立出版。
- 11.通商產業省工業技術院：資源再生利用技術 System 之研究開發-昭和 48 年度研究開發成果之概要(1974)日本產業技術振興協會。
- 12.村井 清：環境創造，Vol.4，No.5，p.53(1974)。
- 13.森 勇：迴轉筒式風力選別技術，月刊廢棄物 Vol.7，No.73。

水力分選

所謂水力分選即為「hydraulic separation」。原理與前述之風力分選完全相同，只不過是流體使用水這一點不同而已。其實用面之歷史悠久，做為選礦法之分級或濃縮之主操作創出各種裝置，並有多數被實際應用^{1~4}。

與風力分選時所述之式子 1~4 之終端速度一起在這些操作中重要的事等速沉降比(equal settling ratio)的想法。這是當不同比重的粒子以終端速度在流體中落下時，會產生大比重小直徑粒子與小比重大直徑粒子變成同一沉降速的場合，實際上二種不同比重的粒子就是在這種狀態被分離的。這時的直徑比也就是等速沉降比 r_e ，可由下式計算而得⁵。

$$\text{stokes 的領域 } r_e = \frac{D_{pa}}{D_{pb}} = \sqrt{\frac{\rho_b - \rho}{\rho_a - \rho}} \quad (5)$$

$$\text{Newton 的領域 } r_e = \frac{D_{pa}}{D_{pb}} = \frac{\rho_b - \rho}{\rho_a - \rho} \quad (6)$$

其中 D_{pa} 為比重 ρ_a 的粒子的直徑， D_{pb} 為比重 ρ_b 的粒子的直徑下面從不少水力分選機中選出較具代表性者加以說明。

1. 機械性分級機(mechanical classifier)

目前較被常用具代表性的為如圖 9.5 所示之艾欽滋螺旋分級機(Akins spiral classifier)。該機的特徵為構造簡單操作簡易。如圖所示在傾斜的斷面 U 字型槽中有螺旋狀之攪上機緩慢迴轉以攪拌所投入之紙漿，較細粒子經由此攪拌經常呈浮游狀態而溢流分離，另一方面粗粒子則沉積於槽底經由螺旋攪上成為泥砂由上端排出，同一原理的尚有刮板式選粒機(drag classifier)，耙式類析器(rake classifier)，承杯分級機(bowl classifier)，哈汀分級機(Harding classifier)等。

2. 水力分選機(hydraulic classifier)

機械性分級機在其分級機構上所沉積的粗粒子類中，難免含有本來應溢流的微粒子的混入。為克服此一缺點從外部引進清水到沉積的粗粒部分使之產生水流，以徹底清除混入之細粒以提高分級效果而設計的，較代表性的有如圖 9.6 之理查式渦動分級機(Richards vortex classifier)。其動作原理由圖不難理解。這種類型的還有依凡式分級機(Evans classifier)，理查士將內分級機(Richards-Janney classifier)，化蓮華特分級機(Fahlenwald classifier)，亨伯特水流分級機(Humboldt stromapparat)等。



圖9.5 愛金流螺旋分選機

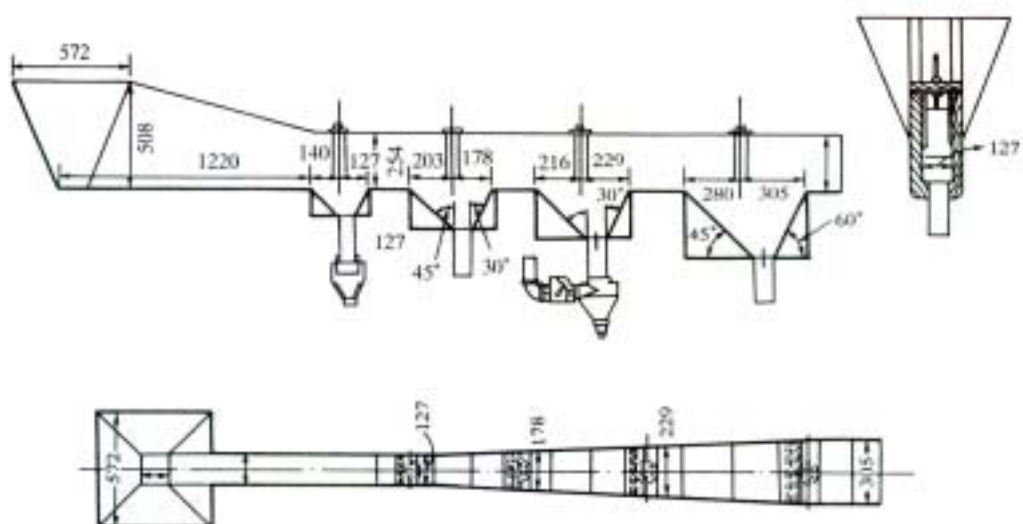


圖9.6 理查式渦動分選機

3. 沉積分離機(Settling cone)

將擬處理的紙漿連續流入，使粗粒沉積底部，流走微粒而分級的方法，其代表性者有士比滋斯頓(spitzkasten)，又叫做尖頭箱(pointed box)如圖 9.7 所示。這是由律天嘉(Rittinger)所設計，其第一箱的寬度是以每 1 公分寬可處理每分鐘 10 公升的紙漿的比率而定，圖示者具有將固體濃度 5~0% 的紙漿以 565l/min 處理的能力。尖頭箱的傾斜度為 50° ~ 60° 以上。同一原理的還有卡樂錐體(Callow cone)，卡爾得科德錐體(Caldecotte cone)等。

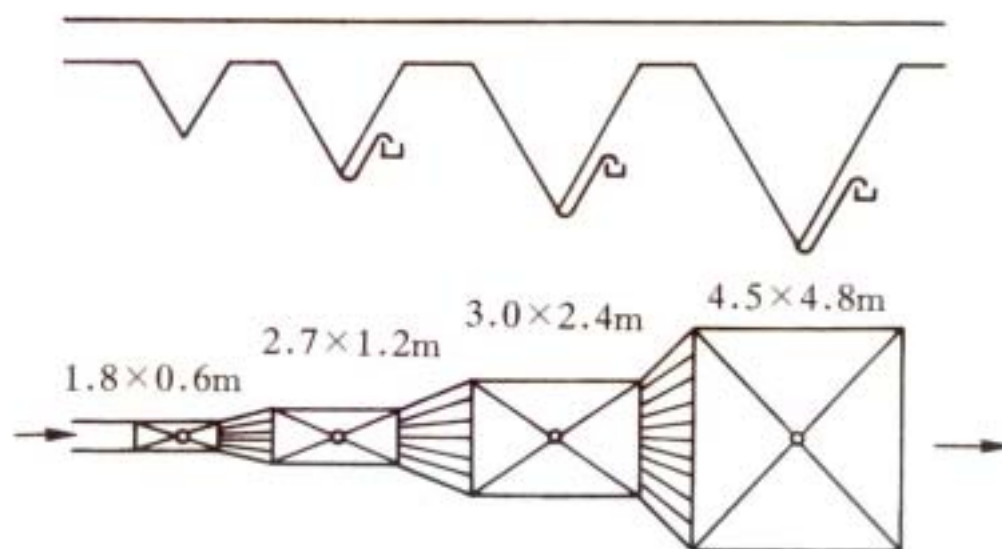


圖 9.7 Rittinger. Spitzkasten

4. 離心分級機(centrifugal classifier)⁶

其代表性的是旋風器(Cyclone)。旋風器在各方面的記述不少，所以此地擬專就離心沉降機以圖 9.8 即 9.9 加以說明。圖 9.8 的離心沉降機係專用於固體含有量較多的懸浮液的固體排出式分離機，圖 9.9 為傾析型屬於分離固型物與澄清液時使用者，圖 9.10 即為水平型連續排出式傾洩機。利用與迴轉體僅差些微的轉速迴轉的螺旋輸送機排出沉降的固型物，另一方面從另一端溢出澄清液。此外還有為專用於廢棄物處理所開發的旋風型分級機頗受注目^{7~9}對該採用上述各型式中之那一型雖無一定的規準，但可從過去的實績加以裁酌。一般而言 1.~3.過去主要被用於礦山之選礦場，4.則多用之於化學工業上，分級效率一般以牛頓效率表示¹⁰。

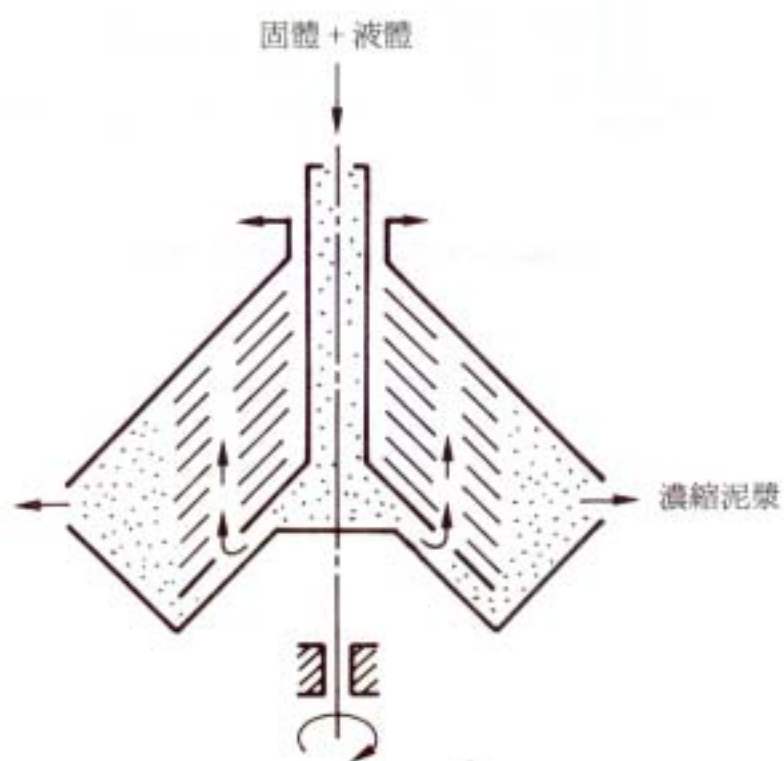


圖9.8 固體排出式分離機（井上）

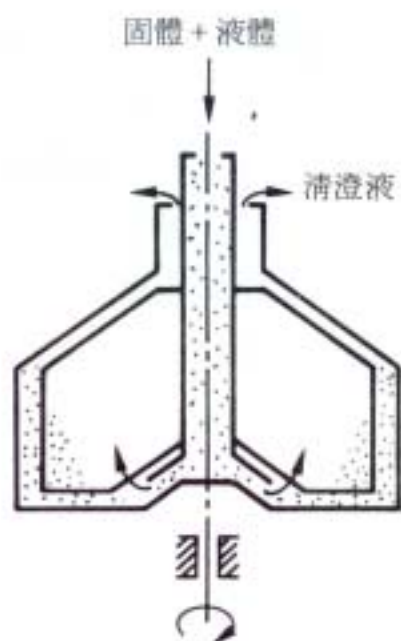


圖9.9 垂直型傾洩機（井上）

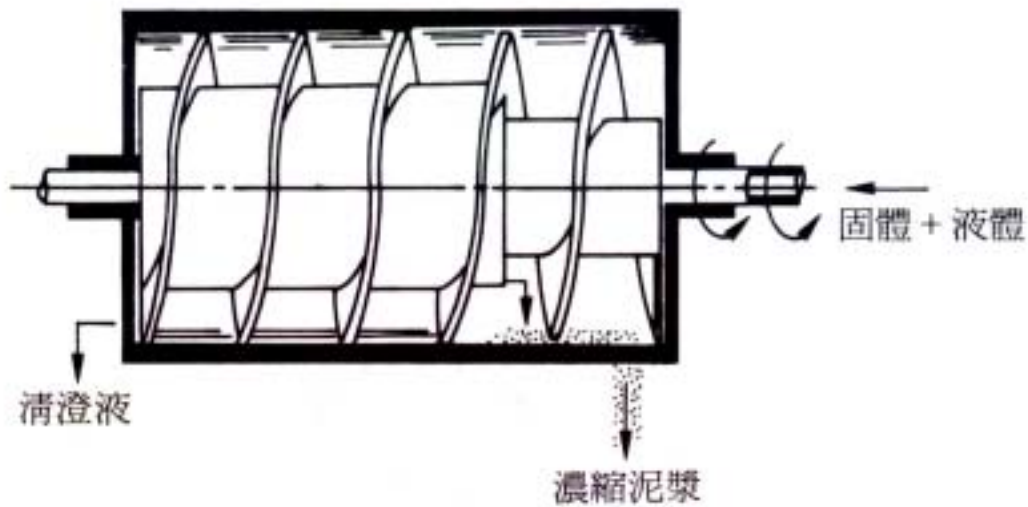


圖9.10 水平型傾洩連續排出式（井上）

【參考文獻】

- 1.A.M Gaudin: Principles of Mineral Dressing, (1939) McGraw-Hill.
- 2.A.F Taggart: Handbook of Mineral Dressing(1945) John Wiley & Son's.
- 3.高桑 健：選礦工學，(1979) NRE Research。
- 4.Clean Japan Center: 「再資源化技術之開發狀況調查(分別技術)」報告書，p.46(1981)。
5. 前出 3)p.55。
6. 化學工學協會：化學工學便覽，p.1118(1978)丸善。
7. 坂本宏、山本滿：強制排出型旋風器之分級性能-都市垃圾之濕式選別有關之研究-日礦誌 Vol.95 No.1100 p.733(1979)。
8. 山本滿、小久保利克、增田薰、茂呂瑞生：有關都市垃圾之濕式選別之研究-垃圾類之選別與利用-公害資源研究所彙報 Vol.8 No.4 p.11(1979)。
9. 資源第 3 部：與有價物之高度選別及廢水等無害化技術有關之研究，公害資源研究 News No.9 p.2(1979)。
10. 前出 6) p.1063。

比重分選裝置

一、概述

(本稿的比重分選裝置為前述二項以外的種類，而分選原理則與前項相同。)

主要在美國已實用化或實證實驗中的比重分別裝置有 Jig 重液選別裝置。在日本所開發的有乾式迴轉流選別裝置。

另外組合重力與迴旋運動方式中，乾式的有斯塔佛選別裝置，濕式有螺旋式選別機。

圖 9.11 為美國都市廢棄物處理流程與資源再生技術之一個例子。其中之資源分離工程已被定位為資源化變換不可或缺之前處理技術。

圖 9.11 都市廢棄物之處理系統與資源化再利用技術(美國)工技院(1972)

二、脈動篩(Jig)

Jig 為透過裝載原料的鋼在上下方向產生脈動水流，使其依照比重的大小形成原料的層床以選別的裝置。水之脈動也有以上下動網子代替者。

實用方面早就在選礦領域頗為普及，但在廢棄物處理領域則在紐奧良市的都市垃圾處理，再資源化工廠才開始採用(如圖 9.12)。

在 Jig 作業中產生上昇水流之目的為對應其需要往上提昇原料床，使被提昇之原料在落下時，在不同比重的原料間產生分選作用。因此上昇水流的速度必須大於原料中最重力的落下速度。速度得經由 Jig 的柱塞衝程次數與衝程距離加以調節。圖 9.13 為柱基 Jig 之構造圖。

這種技術有下列兩點特徵：

1. 利用達到最終落下速度之前之原料落下速度差而進行選別。

Jig 作業的上下脈動水流係以原料達到最終(最大)速度亦即高速度的時間的速度送入。

當考慮靜止流體中的球形粒子因重力作用自由落下時的運動方程式時，在粒子開始落下的速度因極低，可忽略產生於粒子的阻力，因而，(1)式中之落下當初之粒子加速度，僅受粒子比重與流體密度所左右，表示與粒子大小無關。

落下時間極短時，不必考慮原料粒子大小，得由兩種原料之比重差加以分散。

$$\frac{dv}{dt} = \left(\frac{\rho - \rho_0}{\rho} \right) g = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho} \right) g \dots (1)$$

2. 加上滴下沉積作用，對不整齊粒子原料的分選可達到某些程度的容易度。

Jig 作業可進行兩個成層作用。第一個成層作用為，達到原料粒子之最終落下速度前之初期速度，係以干涉落下為主體而進行。這是由粗粒之重量物為下部，細粒之輕量物為上部，粗粒之輕量物與細粒之重量物為中間所構成。

粒子床成為沉積狀態後即進行第二的成層作用。粒子間的距離變密，則粗粒子相互影響最初雖停止落下，但細粒子則持續穿過這個間隙而埋沒後，結束沉積作用。

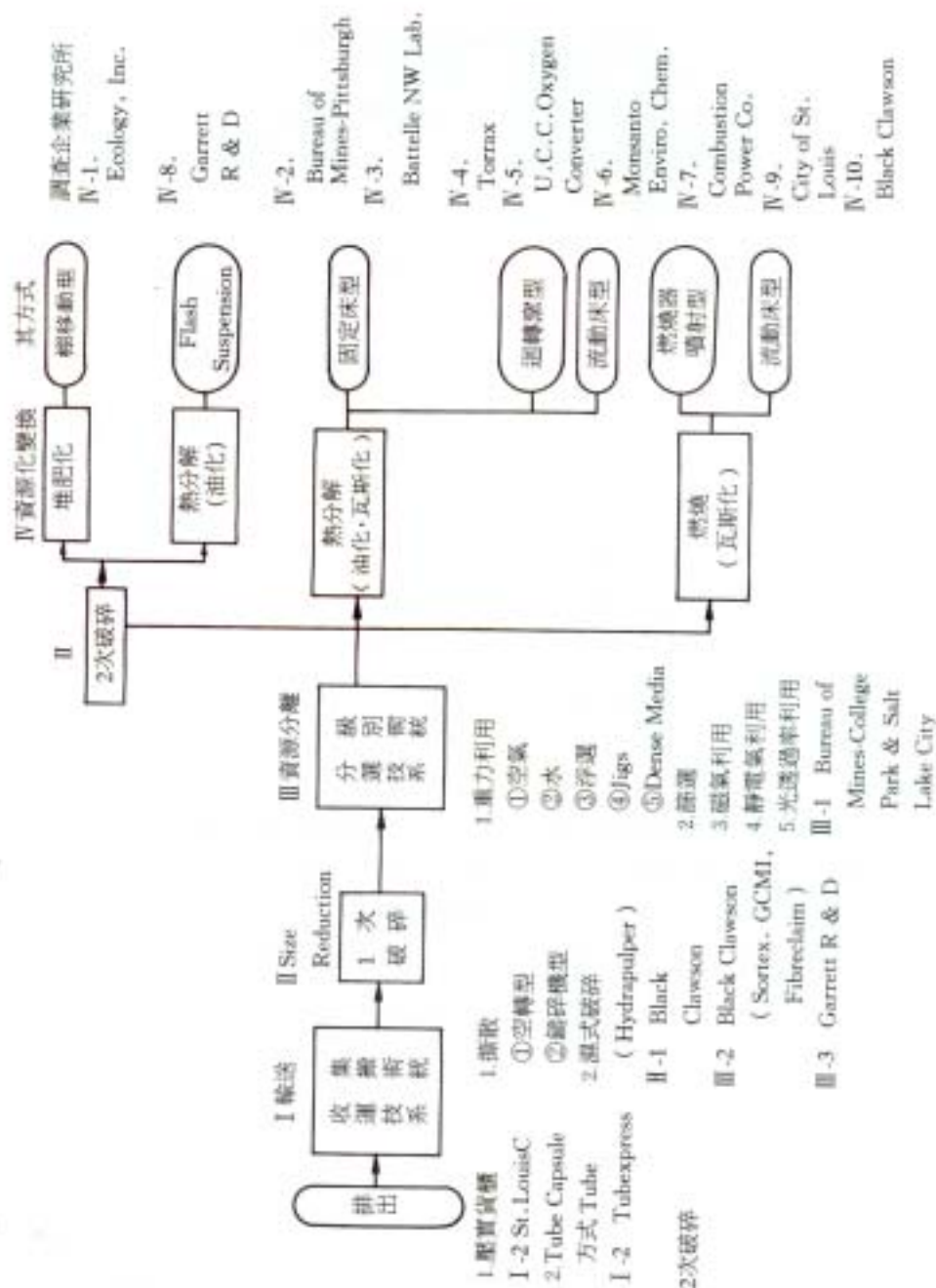
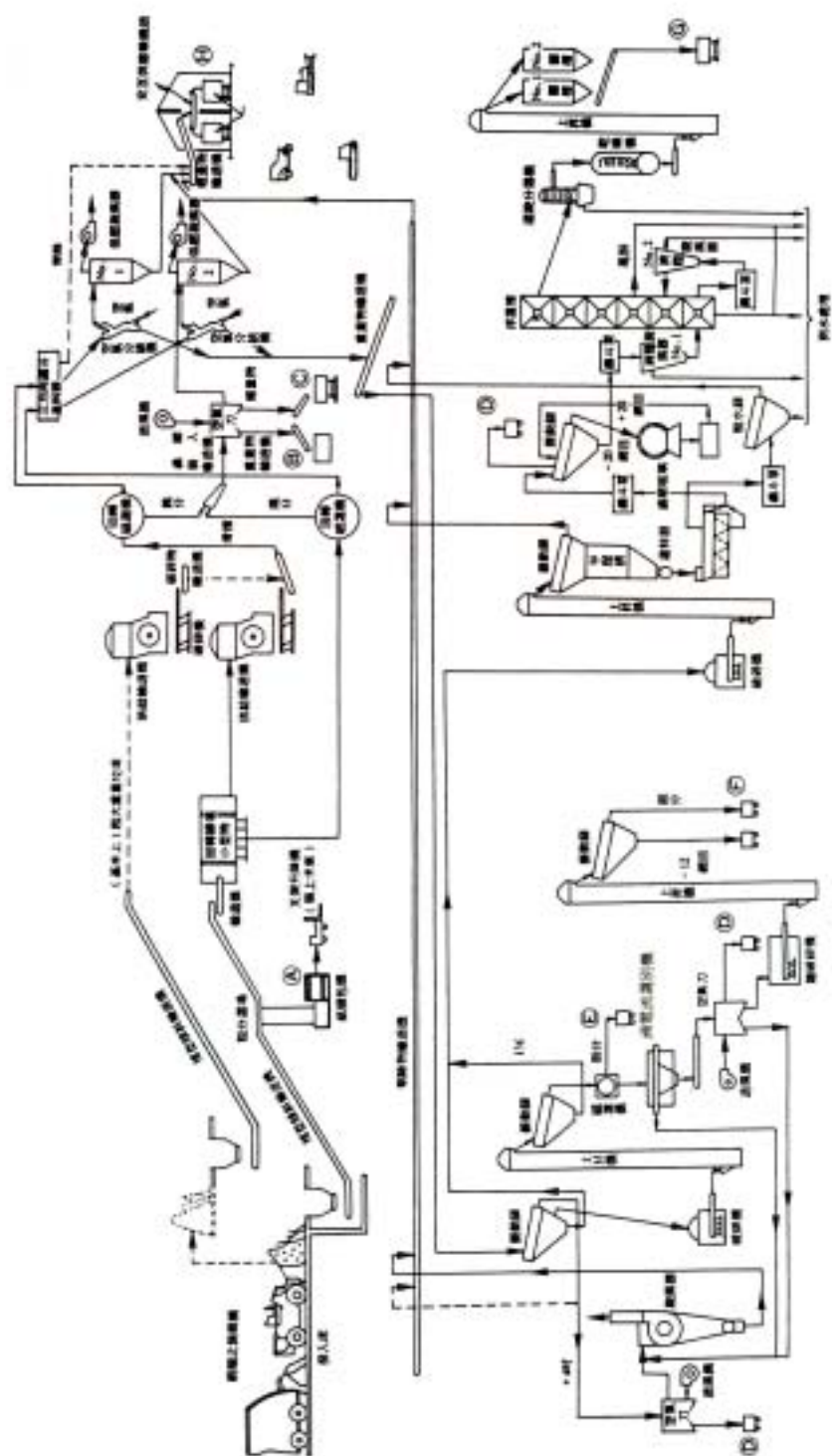


圖9.11 都市廢棄物之處理系統與資源化再利用技術（美國）、工技院（1972）



再生產品

- A. A. 1 分選之屑紙 - 在紙組之織造
- B. 非單面之織物
- C. 小面紗及之織物
- D. 粗面紗及之織物
- E. 以國產紙製造之山紙 (工程用紙)
- 再生之主要原料 (國產紙製造產品)

F. 紙

- G. 紙粉及
- H. 利用分選之屑紙
- I. 利用分選之屑紙及之織物
- J. 利用分選之屑紙及之織物

圖9.12 紐奧良市資源回收作業流程圖 (略圖)

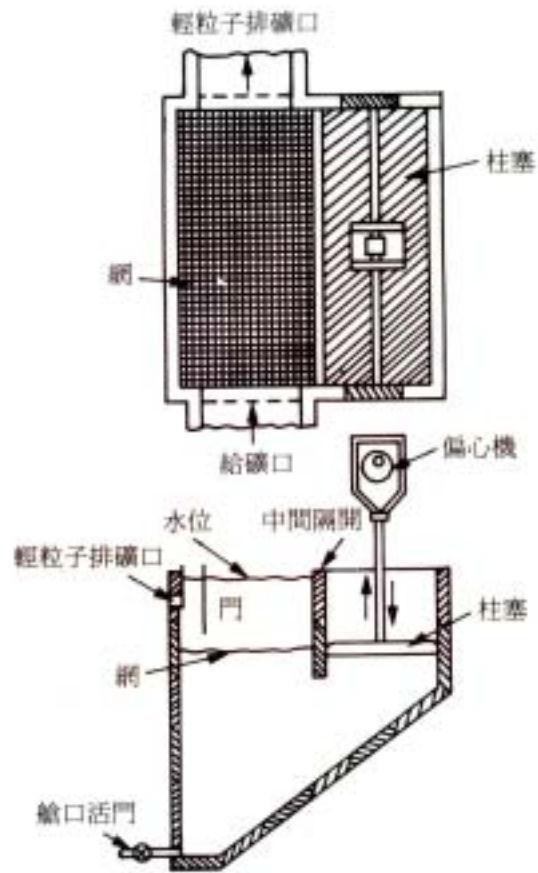


圖9.13 Jig 之構造（柱塞·Jig）（由 Brown 等提供）

因此細粒的重量物在下方、粗粒的輕量物在上方，其他則在中間部分別形層。而如圖 9.14 之(1)所綜合表示，可達到具有某一範圍之粒度分布之不同比重之兩種原料之分選。

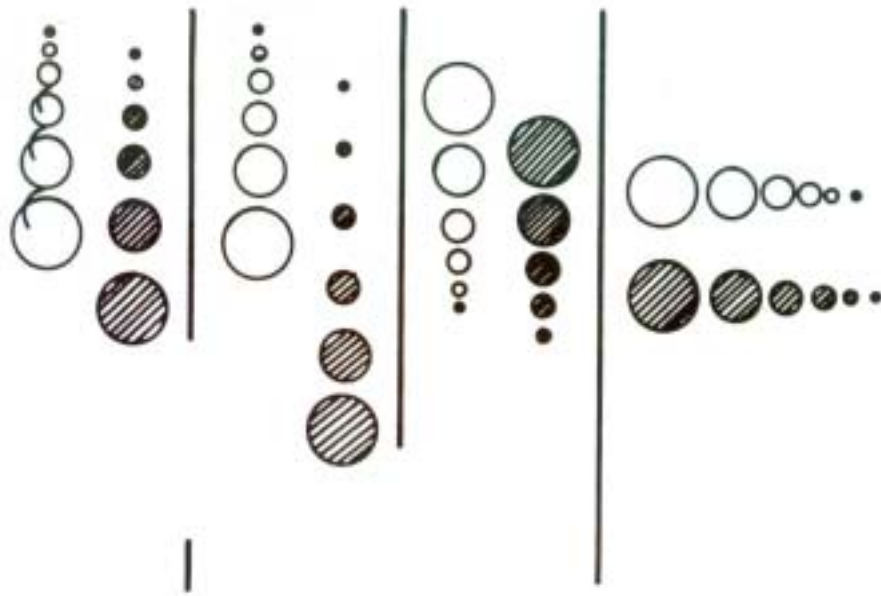


圖9.14 Jig選礦中之礦粒之配列 (Gaudin提供)

三、重液分選裝置

1. 原理

比重大的粒子與小的粒子混合時，先準備兩者中間的比重的溶液，再將這些粒子投入其中。則重粒子下沉，輕粒子浮上，利用此一原理將原料分別處理者即為重液分選裝置。

2. 特徵

處理能力高，分選銳敏。擬原液之開發使用可獲得廉價且循環使用。

3. 擬重液

為配製擬重液使其懸濁於水中的材料稱之為重液材。重液材所必須的條件為硬度、化學的安定度、比重及再生性。目前被常用者有磁鐵礦、矽鐵等。在美國為從廢汽車撕散工程所發生的非鐵金屬混合垃圾中分選鋁，已採取使用鐵矽的擬重液的重液分選技術。

較特殊的例子有不同重液材的重選別的 Water only cyclone 這是水利旋流器之一種，具有較大的圓錐角。

也有人嘗試裡用螺旋淘析塔從廢棄玻璃中分選異物的鋁片、鐵片、塑膠片的方法。

在美國有利用如前述的鐵矽擬重液的重液選別法做廢汽車廢料之比重分選，另一方面也有利用如圖 9.15 的垂直型淘析塔(Water Elutriating Column)做為比重分選裝置者。

另外，西德也有利用水力旋流器於塑膠破碎混合物之分選的報告。

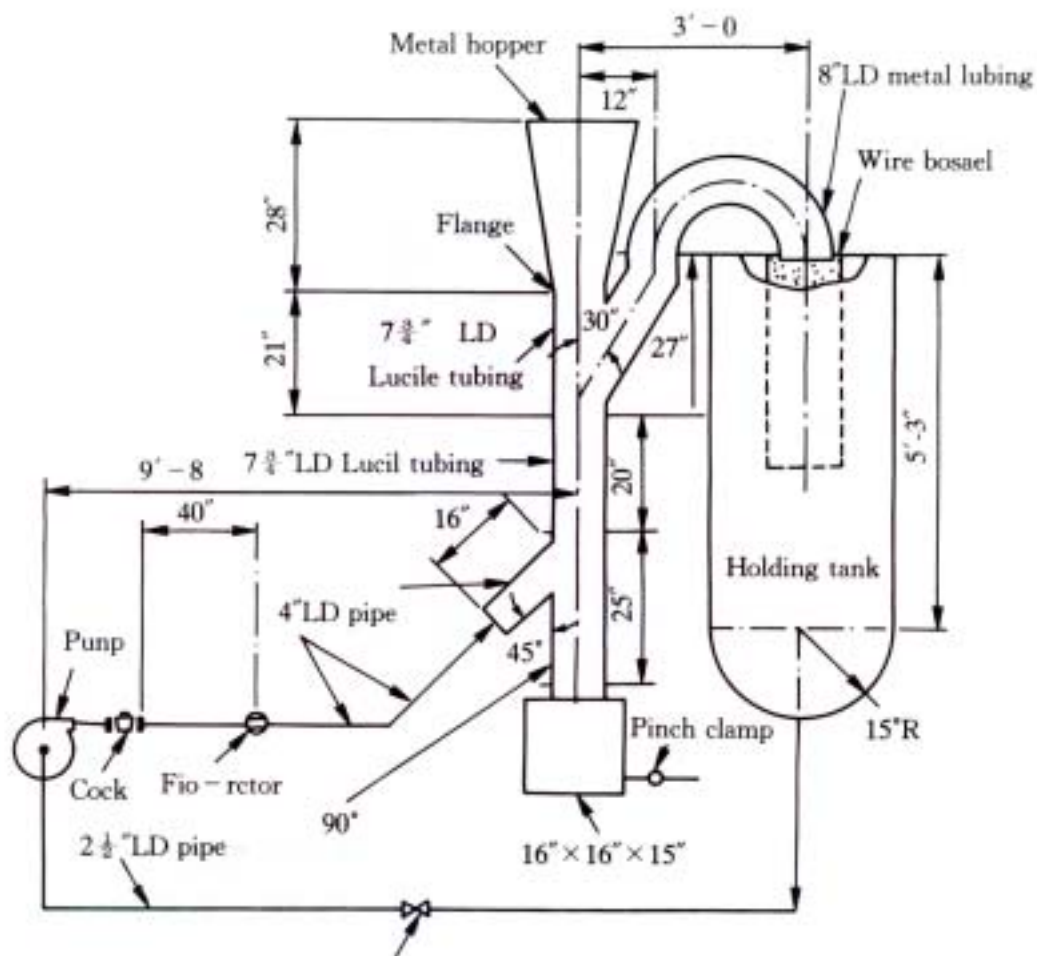


圖9.15 Water Elutriating Column For Processing Auto Shredder Reject Scrap

四、薄層流分選裝置

1. 原理

在具有極小傾斜角的盤上投入兩種比重不同的原料粒子沖放流水，則因此重差在兩種粒子間產生運動差。比重小的粒子將比比重大的粒子因水力易被沖得較遠。被沖流的順序由上游依序為(1)細粒而比重較大的原料。(2)粗粒而比重大的原料與細粒而比重小的原料。(3)粗粒而比重小的礦物。

2. 漢夫雷的螺旋分選機，這是利用作成螺旋形的薄層流的槽型分選機(圖 9.16)。由上端流入原料，則粒子在薄層流之中被分離為帶狀。槽內側的高比重粒子將被到處所設的袋口回收，其餘粒子則與水被沖走。有可能被應用於粉碎垃圾中之小型金屬粒子之回收。

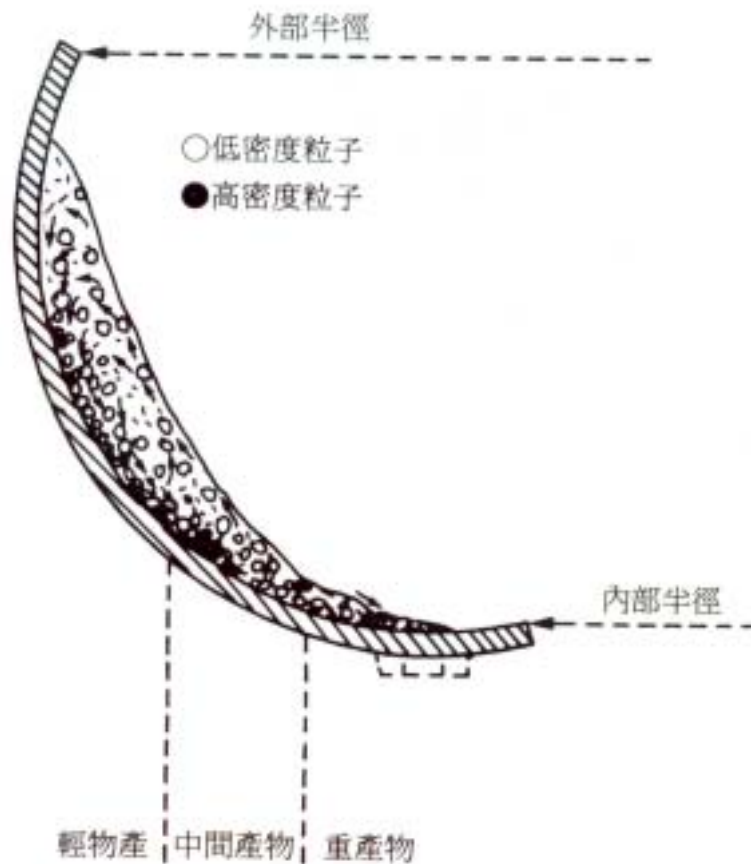


圖9.16 粒子分離的模樣螺旋分選機

五、乾式迴轉流分選裝置(SENKO 式選別裝置)

1. 原理

複合上述之重液選別、Jig 運動、薄層流原理之型態所構成，不用水液，也不加入空氣流之獨特的水平迴轉流分選裝置。在分選槽內充填細砂等微細流動性佳的分選媒體。將此槽傾斜某一角度，給與水平圓運動，則流動的分選媒體將畫出局部的某些軌跡由上游往下游流下。在此媒體上投入擬處理的已做單體處理的固型物(大小為 12mm~40mm)，則媒體粒度較粗時為其真比重、較細時為其假比重與被處理材之真比重之差，而使處理材邊，浮上或邊下降在分選槽內與分選媒體一起被沖到下游，迴轉流至末端附近所裝設的分離板即被分離為兩層。被分離為輕量物、重量物的處理材與微細的分選媒體一起進入下方之篩子篩分為處理材與分選媒體，分選媒體被完全密封後可供再利用。

2. 構造

本裝置之構造如圖 9.17 由原料及分選媒體之供料裝置、分選槽及分選媒體回收槽所構成，另外有台架及驅動裝置等。

供料裝置有電動進料器，實施原料及分選媒體之穩定進料。在分選媒體回收槽所回收的篩選媒體則經由斗式上昇機循環回送至分送媒體漏斗中。

驅動裝置如果係 500kg/H 以上處理能力的大型機時為 10kw，250kg/H 的小型機即以 5kw 的感應馬達使分選槽與回收槽做水平圓周運動。另外也有使這兩者分別單獨驅動的形式。

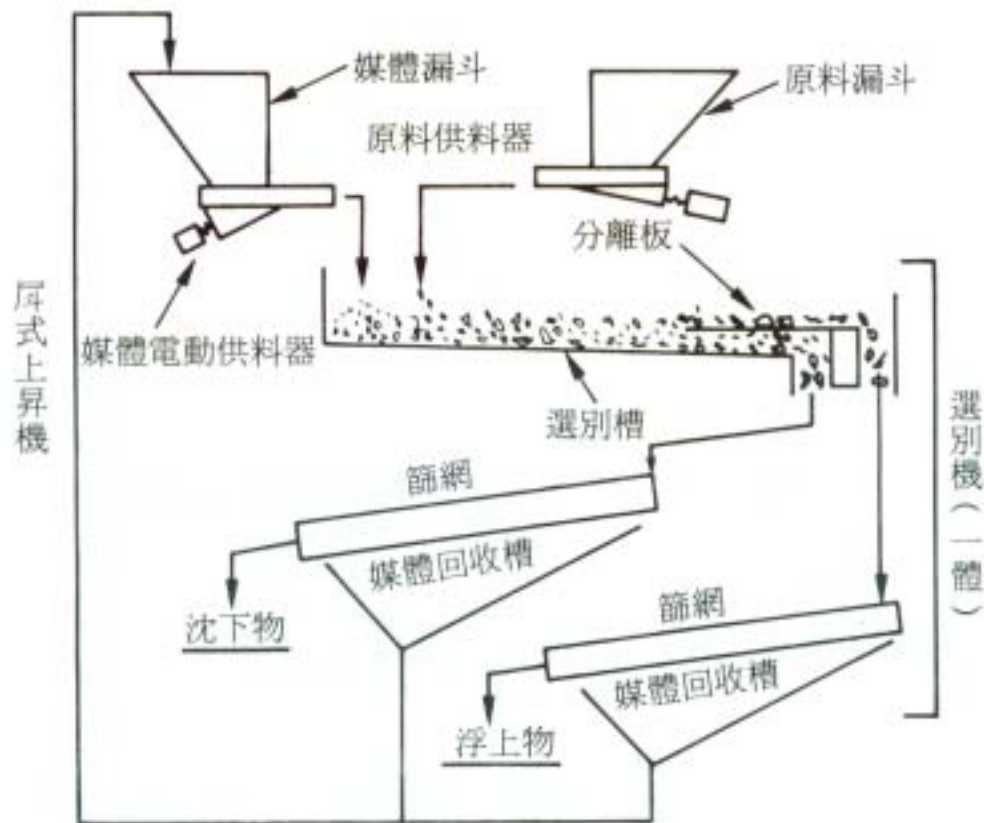


圖9.17

3. 特徵

- (1) 使用適當的媒體，則對所有固型粒子(12mm~40mm 大小)僅憑比重層即可分選。
- (2) 因係乾式，所以設備簡單。
- (3) 可達到高純度的分選。
- (4) 設備成本、運轉成本均低廉。因係乾式，所以不用水、重液或空氣。
- (5) 與他種分選機搭配可望提昇分選能力、純度、回收率等。
- (6) 噪音、振動、粉塵少，也不需水處理，可以說是低公害機器。

(7) 分選媒體完全密封化，損失非常小。

4. 性能

(1) 圖 9.18 的流程圖表示豐田金屬廢料公司對廢車輛撕散機鐵分回收後之非鐵金屬廢料之分選成績。

①抽樣時間 20 分鐘

②樣本總量 358.7kg(1.076t/H)

③沉下分(非鐵金屬純度)

$$\frac{183.5(\text{kg})}{187.6(\text{kg})} \times 100 = 97.8 (\%)$$

非鐵金屬回收率

$$\frac{183.5\text{kg}}{204.6\text{kg}} \times 100 = 89.7\%$$

④分選媒體種類：河砂，真比重：2.65，假比重：1.58

流動層後：105mm

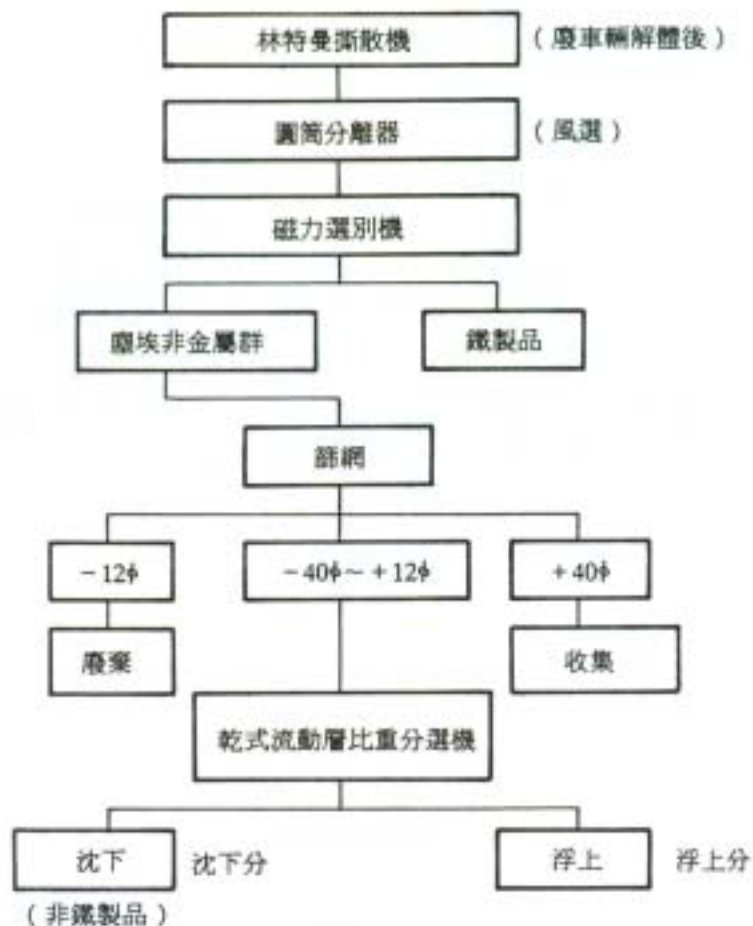


圖9.18

(2) K 廢料公司從鋁合金鑄件的破碎物除去鋁以外之金屬試驗

①樣本大小-50~+5mm 角，重量 300kg，假比重：1.337

②樣本混合比率，鋁：95%、285kg：鋅：3%、9kg：銅：1%、3kg： 不 鏽
鋼：1%、3kg，合計 300kg

(3) 分選成績

$$\text{鋁回收率} = \frac{284.76 \text{ (kg)}}{285.00 \text{ (kg)}} * 100 = 99.92(\%) ,$$

$$\text{回收鋁純度} = \frac{284.76 \text{ (kg)}}{286.77 \text{ (kg)}} * 100 = 99.3(\%)$$

(4) 本試驗曾讓鋁浮土，鋅合金、銅、不銹鋼等下沉以進行選別。

所使用媒體使用新日本製鐵公司卑製作所知高爐風碎，其真比重為 2.8，
假比重為 1.98。

• 製造廠，SENKO 工業公司，東京都千代田區神田神保町 1-44(川澄 Building)，
電話 03-293-8878

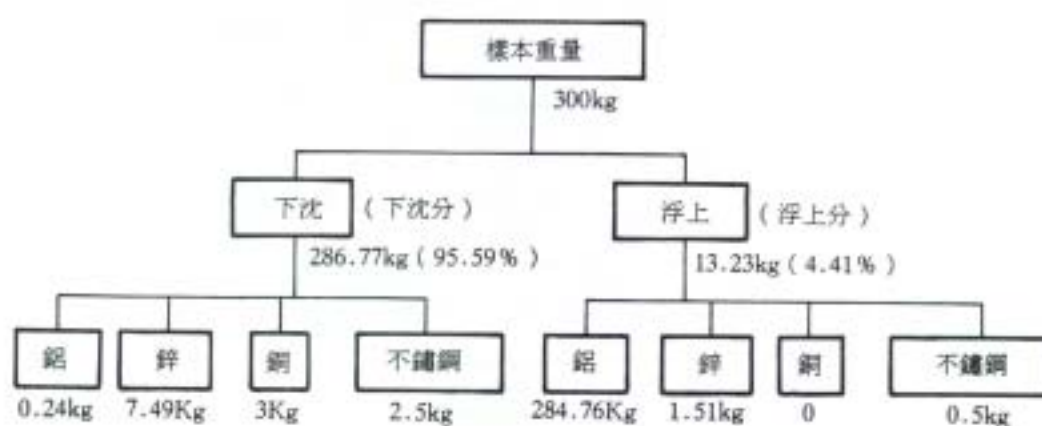


圖9.19

【參考資料】

1.(財)Clean Japan Center，再資源化技術(分選技術)昭和 56.10，p.50~60。

2. (財)Clean Japan Center，會報 Clean Japan，第 36 號 P88-91。
3. 原田種臣：礦山讀本，p.16、p.20(技術書院)。
4. Scrap Age, 1972/2, K.C. Dean 美國的廢車輛廢料之回收、資源化。

磁選

一、原理

物質可粗分可磁性物質與非磁性物質。將各種物質置於磁場中變化磁場強度以調查物質的磁化狀態可得如圖 9.20 的特徵圖，(A)為強磁性物質，(B)為常磁性物質，(C)為反磁性物質。表示物質對這種磁氣之感硬度之值稱為帶磁率或磁化率。

在磁場內作用於粒子的力(磁力)與感應於粒子的強度、粒子的體積及磁場的斜度成比例。

作用於粒子的粒除了磁力之外，有抗阻磁力的力，及重力與流體阻力，磁力勝過這些阻力才有可能吸著捕捉。

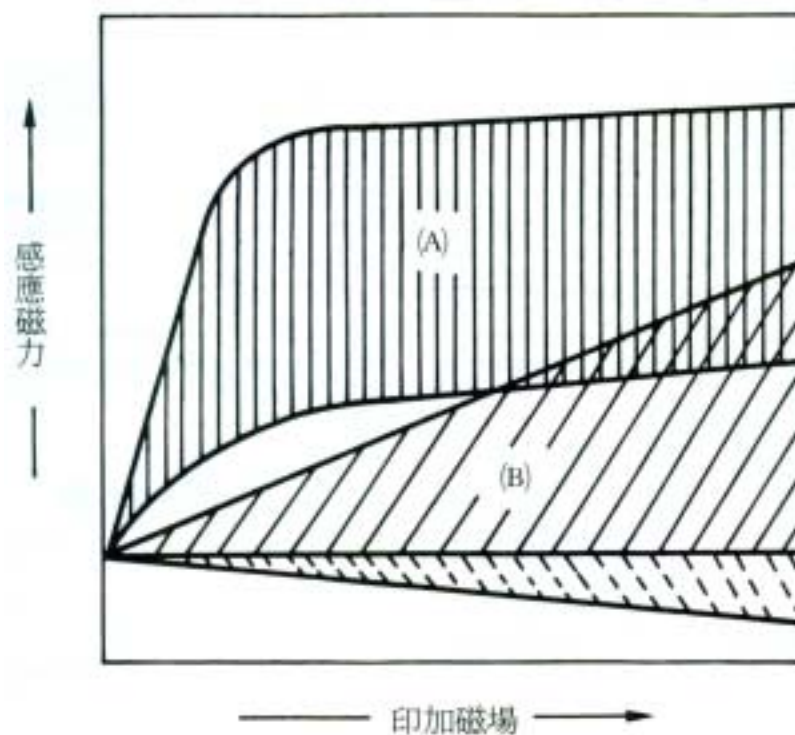


圖9.20 物質對磁場強度之磁化狀態

二、磁選能力與適用(參見圖 9.21)

由於空間磁束作用於鐵片的磁力，概略地可從下式求得：

$$F = \frac{Bg^2 \cdot S}{2 \cdot u \cdot g}$$

式中，F：吸引力(kg)

Bg：空間磁束密度(Wb/m²)

μ：透磁力(4*10⁻⁷)

g：重力加速度(9.8kg/sec²)

S：吸引磁束方向的表面積(m²)

例如勝過重力可吸引之磁束密度如下：

六角螺母…350~400 高斯

鐵片…180~200 高斯

圖棒…200~230 高斯

空罐…100~120 高斯

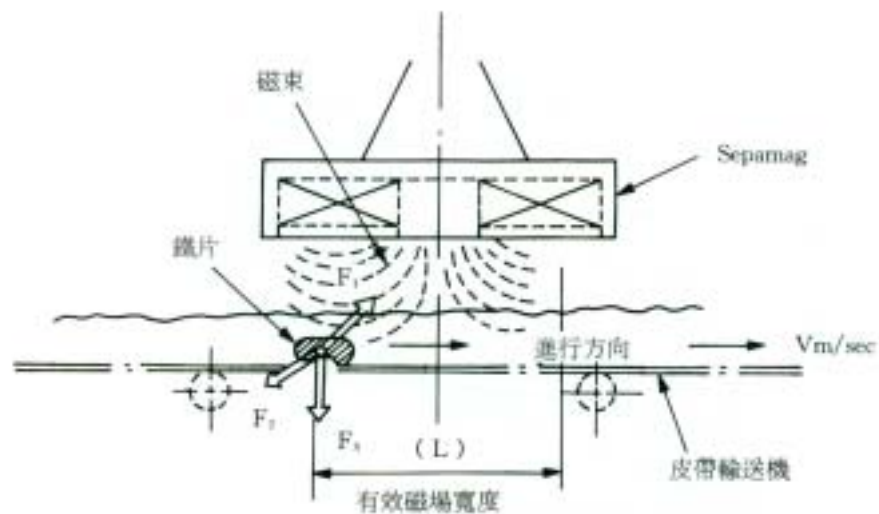


圖9.21 Sepamag 的吸引原理

從被皮帶輸送機輸送的東西中吸住鐵片的話，必須滿足下列條件才可。

$$F_1 > F_2 + F_3 + F_4$$

式中，F₁：磁力吸引力

F₂：吸引阻力(因輸送物重量而來)

F₃：鐵片的重力

F₄：必要加速力(鐵片須在 L/V sec 之間到達 A 點才可)

這時吸引鐵片所需磁束密度因輸送、架設等各條件而異，但一般均在約 600~700 高斯，輸送厚度較大或皮帶速度較快時則約需 900~1,000 高斯。

一般而言，磁選能力將受到原料形狀、粗度、含濕率、輸送厚度、輸送速度、磁選機之架設方法等之影響較大。

磁選機的用途別適用例如表 9.3。

表 9.3 磁選機用途別適用例

	交叉皮帶式	鏈條運送機式	原板式	電磁式滑輪	電磁式 (永磁式) 圓筒	電磁永磁 並用圓筒	塊礦用 (粉礦用)高磁 力磁選機
家電產品	○運送量多鐵 屑量少時			△必要高回 收率時		○底滑槽形震動 輸送機併用先端 機	
空罐類	○ 皮帶輸送機上 震動輸送機上					○底滑槽形皮帶 輸送機頭，震動 輸送機先端	
汽車				△必要高回 收率時		○底滑槽形震動 輸送機先端部併 用	
瓦斯器員	○ 皮帶輸送機用 震動輸送機上						
鋼鐵爐渣	○ 皮帶輸送機上 中小塊鐵渣用		○ 皮帶輸送 機上大塊 鐵渣用	○ 皮帶輸送機 頭做為滑輪 使用	○電磁式磁筒 外粒鐵回收用 震動進料器併 用		
合金鐵爐渣							○塊礦弱磁 性礦石回收 用
鑄件砂		○ 燒注口回收用 皮帶輸送機 震口斷送機上		○ 皮帶輸送機 頭小鑄件毛 邊噴出的鐵 花回收	○永磁式磁筒 (微少鐵分回 收用)		○微粉弱磁 性物回收用
塑膠				○ 皮帶輸送機 頭小鐵片回 收用	○永磁式磁筒 微少鐵分回收 用		

【參考文獻】

(財)Clean Japan Center，昭和 55 年度，再資源化技術之開發狀況調查報告書
(分選技術)。

磁選分選裝置有多種，其中與環境設備有關者如表 9.4。

表9.4 磁力分選裝置

	名稱	形 狀	特 徵 等	起 磁 方 式	主 要 用 途
汎 用 磁 選 機	懸掛型		1. 處理能力 2. 回收純度高 3. 較低廉	永久磁鐵 電磁磁鐵 表面磁界 1,500~2,500	從都市及產業廢 棄物回收鐵原料 從鑄件砂再生生產 線去除鐵片
	滾筒型		1. 耐磨耗、耐衝擊性大 2. 脫光鐵片等亦可 3. 回收純度高	永久磁鐵 電磁鐵 永磁+電磁 表面磁界 1,500~2,500	同上
	滑輪型		1. 省空間 2. 價格低廉	永久磁鐵 電磁鐵 表面磁界 1,000~2,000	同上
	內側滾筒型		1. 可分離弱磁性物 2. 可分離鐵塊 3. 耐久性大	永久磁鐵 表面磁界 1,200~1,800	為產業廢棄物及 鑄件砂再生時之弱 鐵分去除及 鋁分選之前處理
高 界 磁 選 機	交叉皮帶型		1. 可分離弱磁性物 2. 可做直列多段分離 3. 利用偏向單邊磁 極的集中磁界式	電磁鐵 表面磁界 20,000以上	粒狀產業廢棄物 的除鐵(碎玻璃等)
	對極轉子型		1. 微弱磁性物分離 2. 對向磁力轉子集 中磁界方式	電磁鐵 空隙磁界 最大27,000	從鑄件砂再生工 廠粉粒體中除鐵
	感應磁力滾筒型		1. 微弱磁性物分離 2. 軟鐵薄板與非磁 性板組合感應磁 力集中方式	電磁鐵 空隙磁界 最大20,000	同上
	矩陣直盤型		1. 微弱磁性物分離 2. 軟鐵矩陣感應 磁界方式	電磁鐵 永久磁鐵 矩陣表面 最大27,000	

汎用磁選機類主要用之於都市及產業廢棄物中之鐵原料之回收。高磁界磁選機類之主用途過去為各種礦物之品質提昇，近年來卻在鑄件砂再生工廠中為老廢物或鉻鐵礦砂等之弱磁性物分離用較具實用價值。這些除了砂再利用效果外也對廢棄費用之節省頗有幫助。

【高坡度磁力分選裝置】

1. 原理

在磁場作用於磁性粒子的磁力與粒子直徑的 3 次方、粒子的磁化(單位體積之磁矩)，及磁場坡度成比例。因而如果想加強磁力，除了加強磁場強度外必須加大粒子位置的磁場坡度。

磁場坡度為磁場中的強磁性細線之直徑越細及磁化越大及形成可發生強大磁力的高坡度磁場(圖 9.22)。

如要以磁力捕捉微細粉的弱磁性粒子，則必須採用這種高坡度磁場。

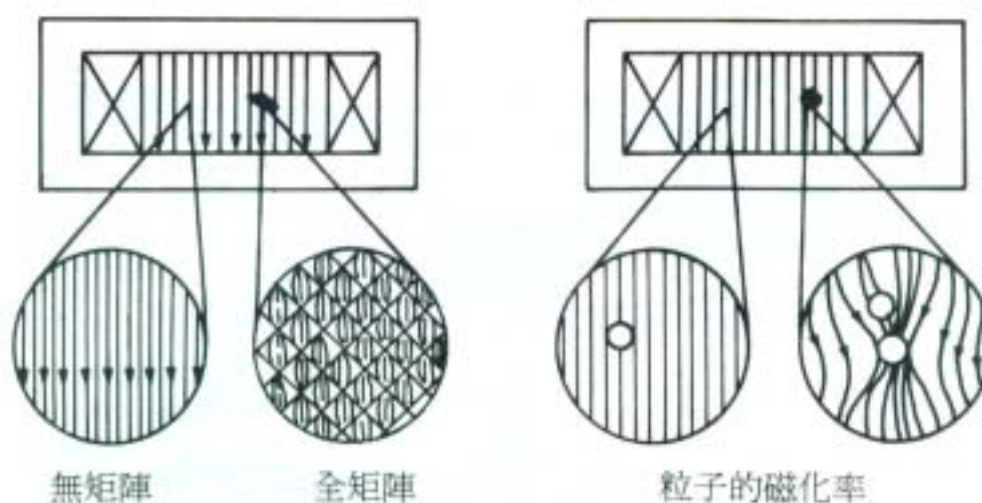


圖9.22 均一磁場之矩陣磁場中之常磁性粒子之效果

2. 構造

如圖 9.23 所示在電磁線圈內部所發生之磁場內裝入強磁性線或網，將其磁化已構成多處磁場坡度較高地方，以極度加強對粒子之磁力吸引力。

3. 操作

圖 9.24 之固定式(循環式)係使用於廢水處理、煤之脫硫、脫灰等之類磁吸著物較少時。

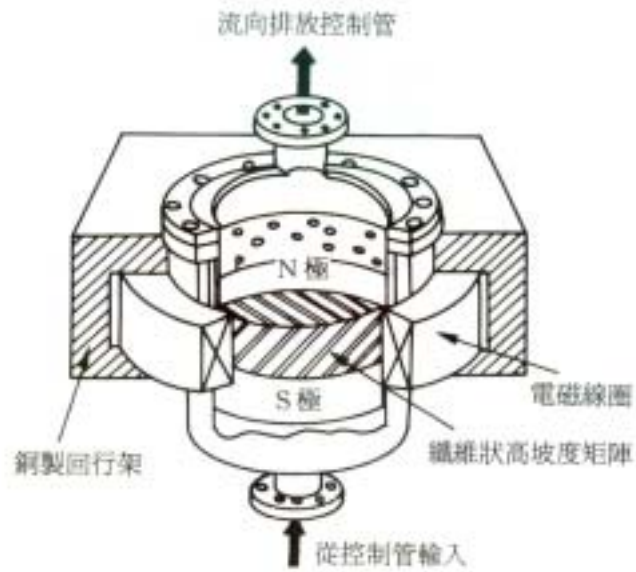


圖9.23 流向排放控制管

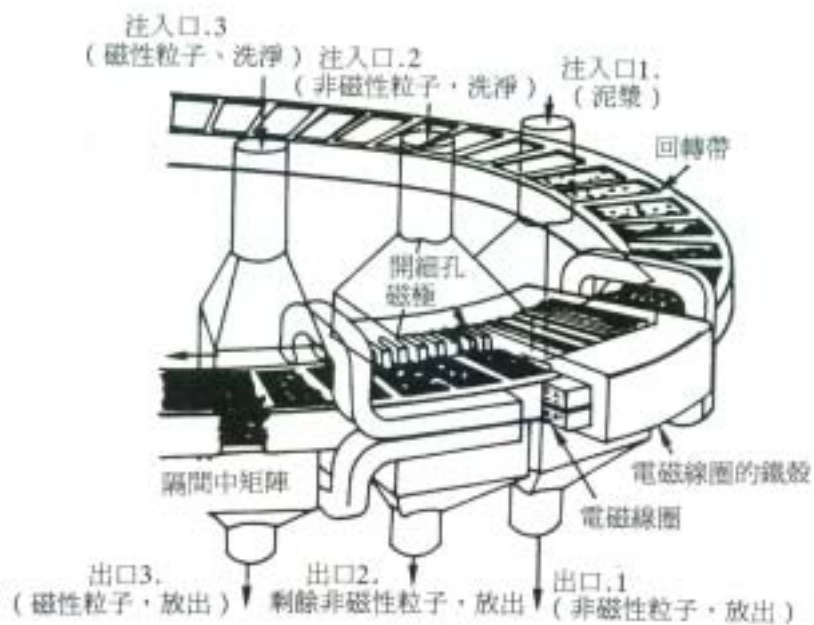


圖9.24

如鐵礦石之選礦磁吸著物較多時則可採用如圖 9.25 之迴轉連續式(轉盤式)在 A 階段產生磁性作用使電磁線圈內的矩陣發生高坡度磁選後，裝入磁吸著物與非磁吸著物的混合物，則磁性體被矩陣捕捉，非磁性體成為精裝物質，由下方出口排出。

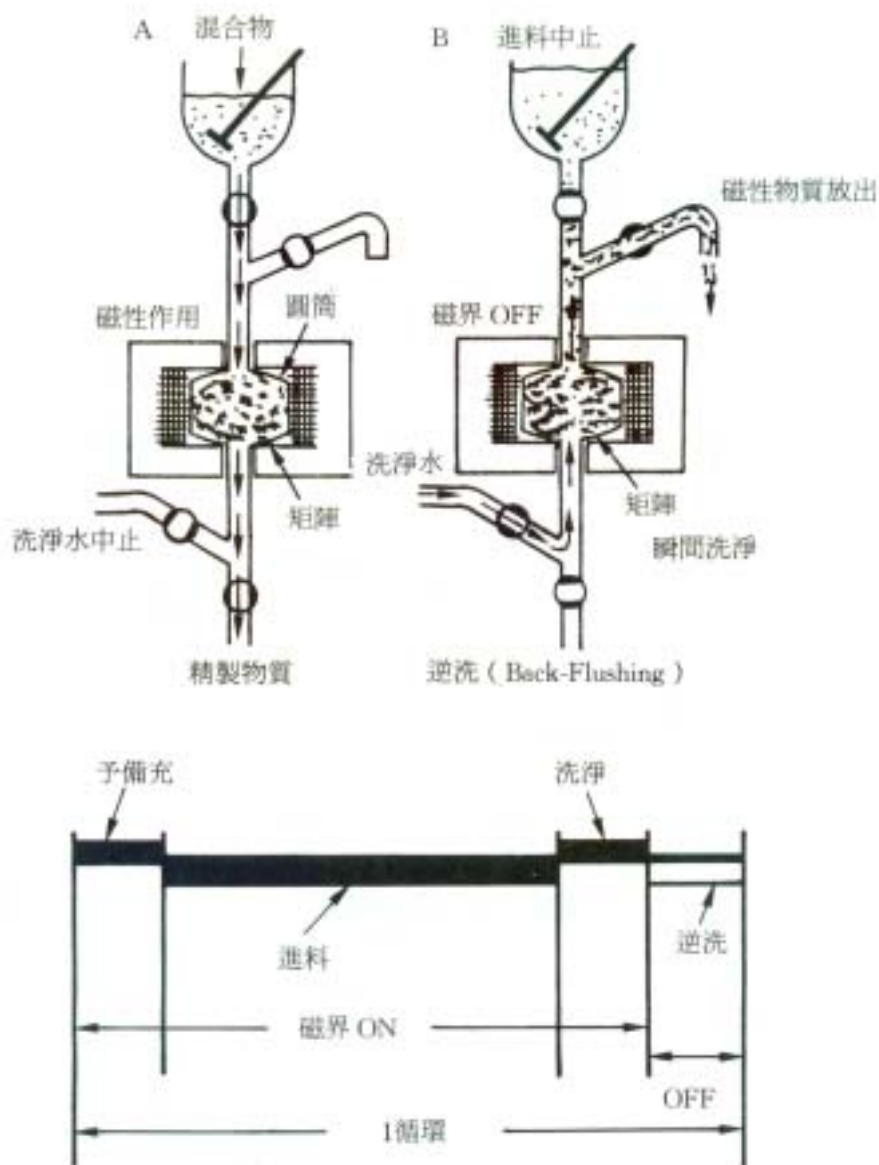


圖9.25 固定式之動作

B 階段切斷電磁線圈之電流後，由下方向上通洗淨水逆洗，將被矩陣捕捉之磁性體從上方出口排出。反覆此循環以進行分選。

到此所述的方式均為濕式法將被處理材粒子放進水中以承壓送來操作者。

此外還有乾式法，其原理如圖 9.26 所示，係具有高坡度磁場的矩陣在 N.S 兩磁極間迴轉而成。從 N.S 磁極空心部分的 N 極側裝入被處理微粉，則乾燥的微粉著磁物將被矩陣吸著，而在迴轉中在磁極外失去磁性掉下，另一方面非磁性物則保持原狀通過迴轉矩陣掉在 S 極側之排出皮帶上而被分選，這時的矩陣係採用膨脹金屬(圖 9.27)。

空心磁界可達到 7,000 高斯到 21,000 高斯的超高磁力，低側為電磁式/迴

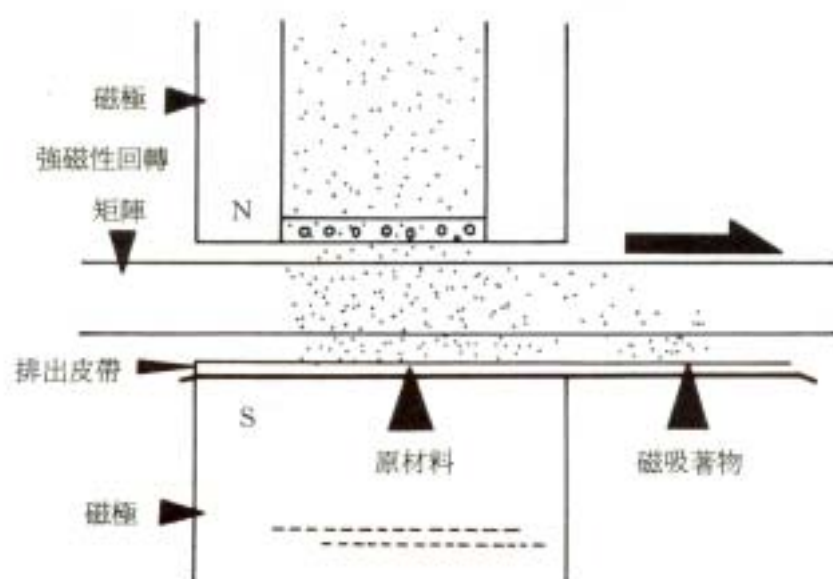


圖9.26 原理圖

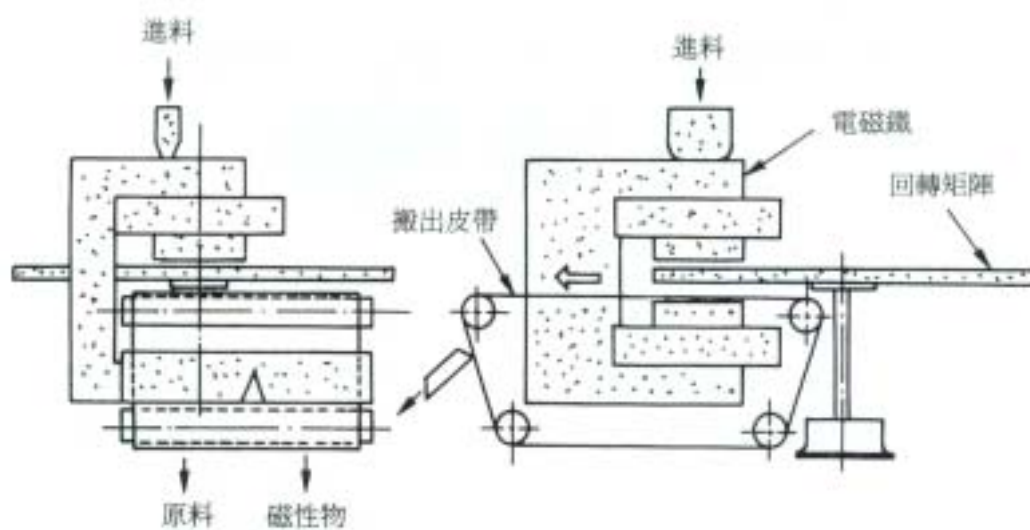


圖9.27 概略機構圖

轉矩陣，高側為電磁式/振動矩陣。

4.適用領域

如表 9.5 所示可適用於磁力分選、磁力過濾之任意一種，過去被認為不可能的微粒弱磁性物質已可吸住，對利用磁性差之成分別分離也頗為有效。除此之外，這種分選技術很可能與其他物理化學的前處理技術、比重分選、浮上分離、靜電分選等物理的分選技術組合而開拓廢棄物之再資源化、有價物回收之新領域。

註：砷、矽雖係非磁性物料，但在地熱熱水中以人工加入具有磁性物質(種子劑)即可進行磁力分離，(稱之為磁力種子法)。種子劑可使用鐵粉、磁鐵礦、汞化鐵等。

表 9.5 適用領域

礦物之選別	鐵礦石 金屬礦物…黑鎢礦、鉻鐵礦、鈦鐵礦、輝鉬礦、 輝鉬礦、鋁礬土、鉛鋅礦、細礦、 鉍鉬礦、稀土類礦物等 非金屬礦物…高嶺土、陶石、桂砂、粘土、 滑石、閃長石等
能源關係	煤的脫硫、脫灰 液化煤(SRC)的脫硫、脫灰 原油、石腦油中的金屬去除 地熱熱水的脫砷、脫矽
公害防止	含油廢水處理及油污泥處理、油水分離 廢油及潤滑油處理 工場廢棄物中之有價物回收 工場廢水中之重金屬去除、煉鋼廠廢水中之浮懸濁物之去除 礦山廢水處理、工場廢水處理、工場用水處理 生活廢水處理
原料、中間物處理	化學工業原料及中間產物之精製處理 觸媒之處理

註：砷、矽雖係非磁性物料，但在地熱熱水中以人工加入具有磁性物質(種子劑)即可進行磁力分離，(稱之為磁力種子法)。種子劑可使用鐵粉、磁鐵礦、汞化鐵等。

【參考資料】

(財)Clean Japan Center，昭和 59 年 7 月，日、伊廢棄物再資源化中心資料，又本稿曾獲得日鐵礦業(株)技術開發部之協助。

磁性流體分選

所謂磁性流體係指在液相中安定分散磁鐵礦粒子(粒子徑 100A 程度以下)的膠體溶液而言。粒子因布朗運動經常保持受到攪拌的狀態，所以液體內的粒子濃度維持不變，而使整個液體顯現具有磁性的舉動。

這種磁性流體於 1965 年在美國被發現，而後在 NASA 進行開發。在日本則由東北大學資源工程科下飯阪教授等成功地以濕式法製造水基磁性流體之後⁵，將其利用於比重分選，而使得從非鐵金屬廢料中經濟有效地分選回收鋁合金、鋅合金、銅合金等有價金屬成為可能。

一、原理^{1~4}

置磁性流體於磁場坡度中，流體將被高磁場側吸引，其中如有非磁性體則該非磁化體會在低磁場側受到浮力，這種浮力稱之為磁力的浮揚力。因此如果此磁力的浮揚力加液體本身的浮力大於作用於物質的重力，則物質將浮上來。利用此一原理即可分選有比重差的物質。

二、裝置的概要^{6,7}

本裝置以比重分選機為主，配合磁選機、洗淨機、磁性流體回收裝置等所組成，圖 9.28 為比重分選裝置之流程圖。

比重選別機如圖 9.29 所示係將兩個永久磁鐵(4)相對以繼鐵(3)連結，在這中間安裝充滿磁性流體(2)的分選槽(1)。滑動一邊之永久磁鐵即可調整磁極間隔，以改變磁場強度。分選槽內部裝有沉下物輸送機(5)，浮上物輸送機(6)以便搬出沉下物或浮上物到槽外。將磁力的磁揚力與流體浮力相加後之等浮力曲線，最大浮力值以假密度相當於 3.0g/cm^3 ，此值再經由磁極間隔的調節、磁性流體的液比重的調節，再加上永久磁鐵的種類的選擇，可變化到最大 10g/cm^3 左右。

分選後的沉下物、浮上物分別經由洗淨機以水去除附著磁性流體。這時所發生稀薄磁性流體得經由化學處理加以濃縮、再生重複使用。

三、分選結果

表 9.6 為將處理廢汽車的撕散工廠所得塵埃，以風力分選機除去橡膠、塑膠類，再除去粉塵、鐵後所剩粒度 100mm 到 3mm 的廢汽車破碎屑為原料做分選的結果。磁性流體的損失量為每噸原料約 1 升。

表 9.7 粒度 3mm 到 0.5mm 之廢 Fastner 屑為原料做分選的結果。磁性流體的損失量為每噸原料約 0.1 升。

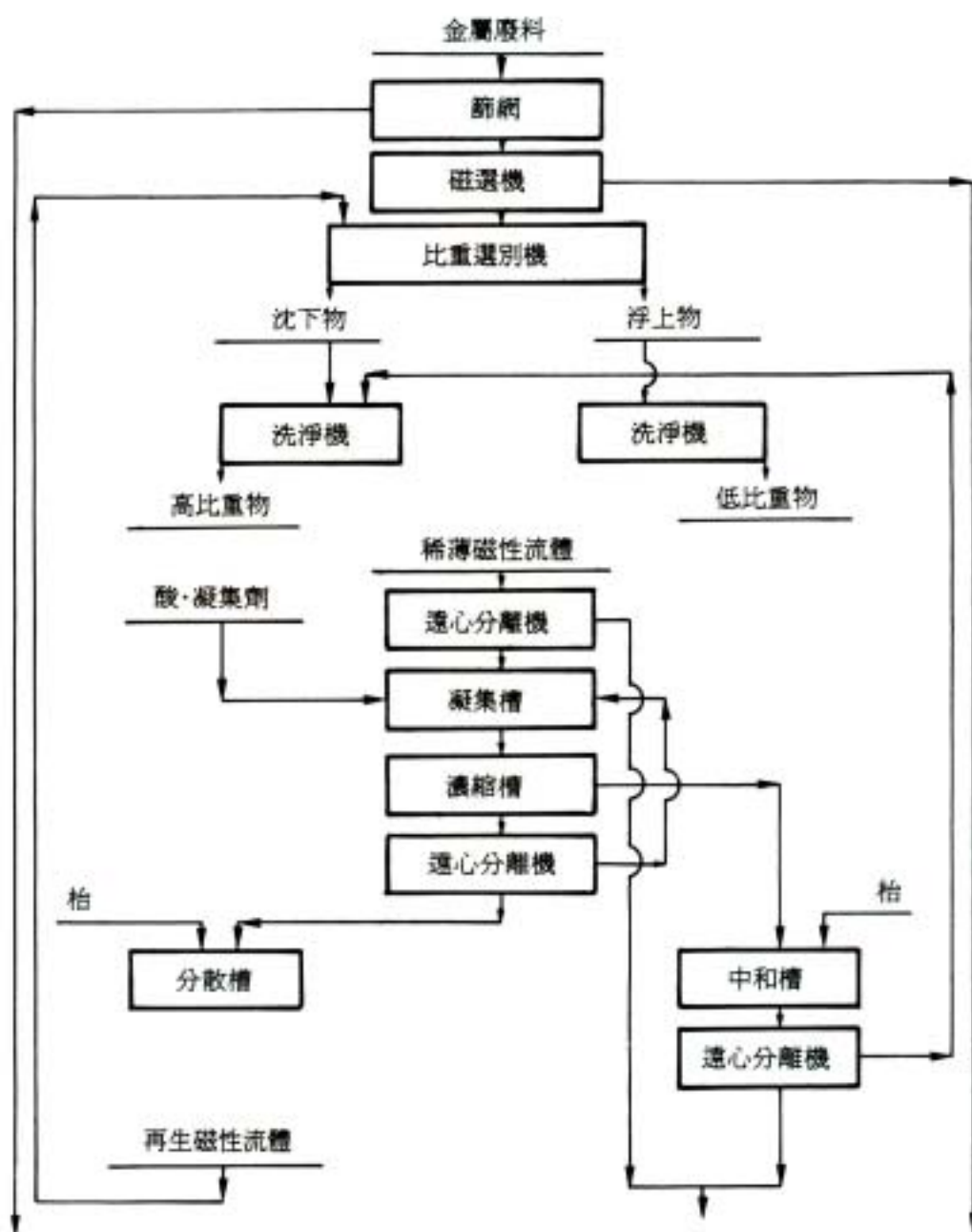


圖9.28 比重分選裝置之流程圖

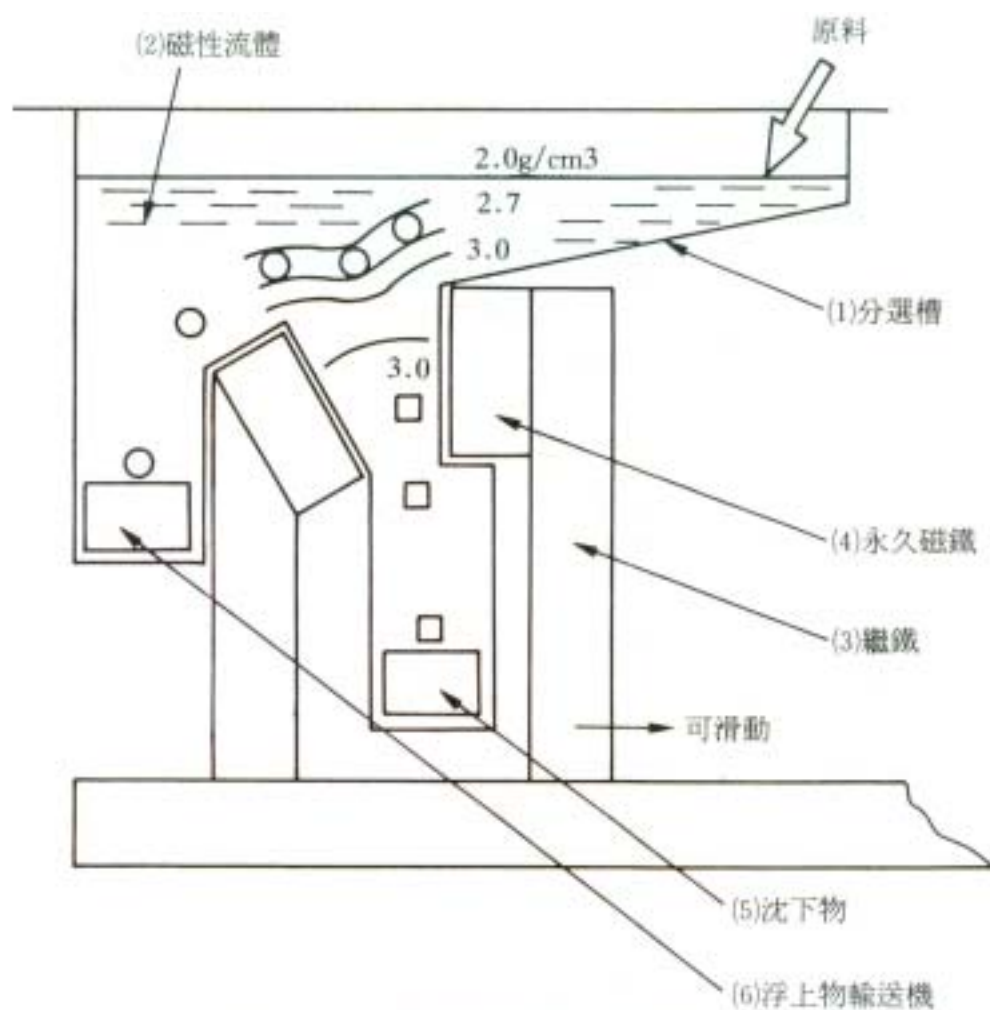


圖9.29 比重分選機的斷面圖

表 9.6 分選結果(廢汽車破碎屑)

產物	構成物質 %	廢塑膠類	鋁合金	被覆 電線類	構成比率 銅合金	合計
原料	構成比率	5.7	70.6	0.7	23.0	100.0
	實收率	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1 次 浮上物	構成比率	96.7	0.5	2.8	0	100.0
	實收率	96.4	0	22.3	0	5.6
2 次 浮上物	構成比率	0.3	98.1	0.6	1.0	100.0
	實收率	3.4	99.9	62.6	3.9	72.0
2 次 沈下物	構成比率	0.1	0.2	0.5	99.2	100.0
	實收率	0.2	0.1	15.1	96.1	22.4

表 9.7 分選結果(廢 Fastner 屑)

產物	%	構成物質	鋁合金	銅合金	合計
原料	構成比率		92.4	7.6	100.0
	實收率		100.0	100.0	100.0
浮上物	構成比率		100.0	0	100.0
	實收率		99.9	0	92.3
沉下物	構成比率		1.0	99.0	100.0
	實收率		0.1	100.0	100.0

四、總結

本分選技術正因廢棄物的再資源化已成切實的問題，所以在金屬類之分選上佔有極為重要的位置。

為桌上型分選機適合於批量式、少量微細且附加價值高的分選或各種試驗研究用。

【參考文獻】

1. 下飯版、中啄、藤田：利用磁性流體之比重選別日本礦業會誌。93-1067p.23 1977。
2. 下飯版、中啄、藤田、侯川：利用磁性流體之比重選別(第 2 報)日本礦業會誌。95-1094 p.25 1979。
3. 下飯版、中啄、藤田：利用磁性流體之比重選別(第 3 報)日本礦業會誌。96-1108 p.35 1980。
4. 下飯版、中啄、藤田：利用磁性流體之比重選別(第 4 報)日本礦業會誌。99-1143 p.53 1983。
5. 下飯版、中啄：面臨實用期的磁性流體，金屬 1980-9。

6. 嶋：利用磁性流體的比重選別，未踏加工技術協會 Seminar 資料，p.13 昭和 57 年 3 月。
7. 嶋：利用磁性流體的非磁性金屬的選別，粉體工學會誌，20-1p.32 1983。

渦電流分選

一、渦電流分選機的原理與特質

渦電流分選機因渦電流發生之方法有如圖 9.30 所示之各種方式。這些因所使用磁鐵種類為永久磁鐵或電磁鐵而有分別。又由於分選機之構造形式而再細分化。

圖 9.30 所示方式均係已發表的實用機型，從(A)至(G)分別加以介紹其概要。

(A) 方式係在滑台的背面裝配永久磁鐵以便在滑台表面構成磁場者。在此滑台上滑落非鐵金屬，則在該非鐵金屬類產生渦電流，而由於此電流與連續作用的磁場向推力 F 的方向推出。

(B) 方式為迴轉圓筒狀的電磁鐵，利用皮帶輸送帶機等供應分選物於圓筒表面。此時的電磁鐵因由單相電流產生所以迴轉電磁鐵即可產生移動磁場(進行磁界)於分選物。分選物中的非鐵金屬由於此移動磁場與(A)同樣感應渦電流，在移動磁場之間向黑箭頭方向受到推力，由圓筒表面被推到遠方，未感應的異物則隨白箭頭方向隨圓筒表面落下。

(C)，(D) 方式的動作原理相同，只不過前者的三相磁鐵裝於皮帶輸送帶內，後者是裝在振動進料器裡面之差而已，三相電磁鐵一般稱為線型馬達，它即使不動電磁鐵也能在皮帶輸送機表面及振動進料器表面連結產生移動磁場。在(C)(D)中使此移動磁場向分選物進料方向與直角方向作用，即由於與進料走進方向之合力使得僅有非鐵金屬被推向黑箭頭方向而掉下。

(E) 方式是為此(D)方式更加強移動磁場的作用例，而在振動進料器前端上下裝有一對直線馬達。移動磁場的方向因定在與分選物之方向同一方向，因而產生渦電流並受到推力。非鐵金屬則被推向進行方向(黑箭頭)，不受推力的異物則掉落在振動進料器跟前。

(F) 方式為係由被安裝於圓筒底下之圓弧狀直線馬達(又稱拱形馬達)在筒內面的圓周方向作用移動磁場。非鐵金屬被此磁場吸引而被推向與圓筒相反之方向，而不受磁場影響的異物則順著圓筒迴轉方向被吸引，結果在迴轉圓筒之中心部分道揚鏟各由左右圓筒出口被吐出。

(G) 為以大型圓筒狀永久磁鐵代替(F)的三相電磁鐵安裝於圓筒外周，使之與圓筒相反方向迴轉，而產生與(F)相同動作者。

(A)~(G)方式的特色均列示於備考欄。

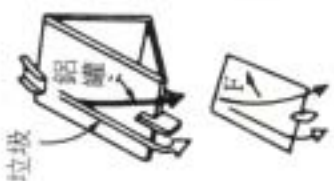

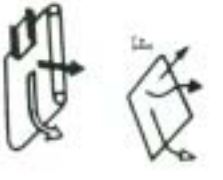
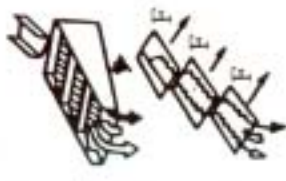


記 號	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
利用分選力	磁氣制動力	進 行 磁 場 推 力					
分選機形式	滑 台 式	皮 帶 輸 送 機 式	振 動 進 料 式				回 轉 圓 筒 式
使用磁鐵	永 久 磁 鐵	單相電磁鐵	三 相 電 磁 鐵				永 久 磁 鐵
垃圾流向與電磁力方向	120度方向	順 方 向	直 角 方 向	順 方 向	直 角、逆、順之混合		
構造與垃圾之流向							
F 一：電磁力							
備 考	不需磁束發生 用之電力	裝置簡單	構造簡單	可有效利用磁束	打散垃圾之效果大	打散垃圾之效果大	打散垃圾之效果大；不需磁束發生用電力

圖9.30 實用分選機之分選方式 Table schematic diagrams of reported eddy current separators .

下面擬就最被常用於都市垃圾處理(粗大垃圾處理設施、不燃物處理設施及資源再利用設施)之(E),(F)兩方式做更詳細的說明。

二、具體的實用機規格

(E)方式：如圖 9.31 所示由於設置於 FRP 製震動輸送機上下之直線馬達之作用，所投入之垃圾中僅有在非鐵金屬類內部會產生渦電流。

由於此渦電流與移動磁場之相互作用產生電磁力，非鐵金屬類被推向移動磁場方向飛出而達到分選效果。不受磁場影響的垃圾(塑膠、木片等可燃物)則從振動輸送機末端掉下。

(F)方式：如圖 9.32 所示由於設置於分選圓筒底下的拱形馬達之作用，所投入之垃圾中僅有在非鐵金屬類內部產生渦電流。由於渦電流與拱形馬達所作出之移動磁場之相互作用產生電磁力，非鐵金屬類及被推向移動磁場而飛出。分選圓筒則向此移動磁場相反方向迴轉，未受磁場所影響的垃圾(塑膠、木片等可燃物)經由摩擦力被帶向分選圓筒之迴轉方向刮集與非鐵金屬選別分離。分選圓筒因稍傾斜所以垃圾受重力往下方流動連續被分選。

三、後記

上面對渦電流分選機做了說明，目前非鐵金屬分選機已普遍被選為都市垃圾處理之構成設備，非鐵金屬之回收率純度均已提高為其原因之一。

【參考文獻】

富士時報 1981 年 vol.54.6 廢棄物處理特集。

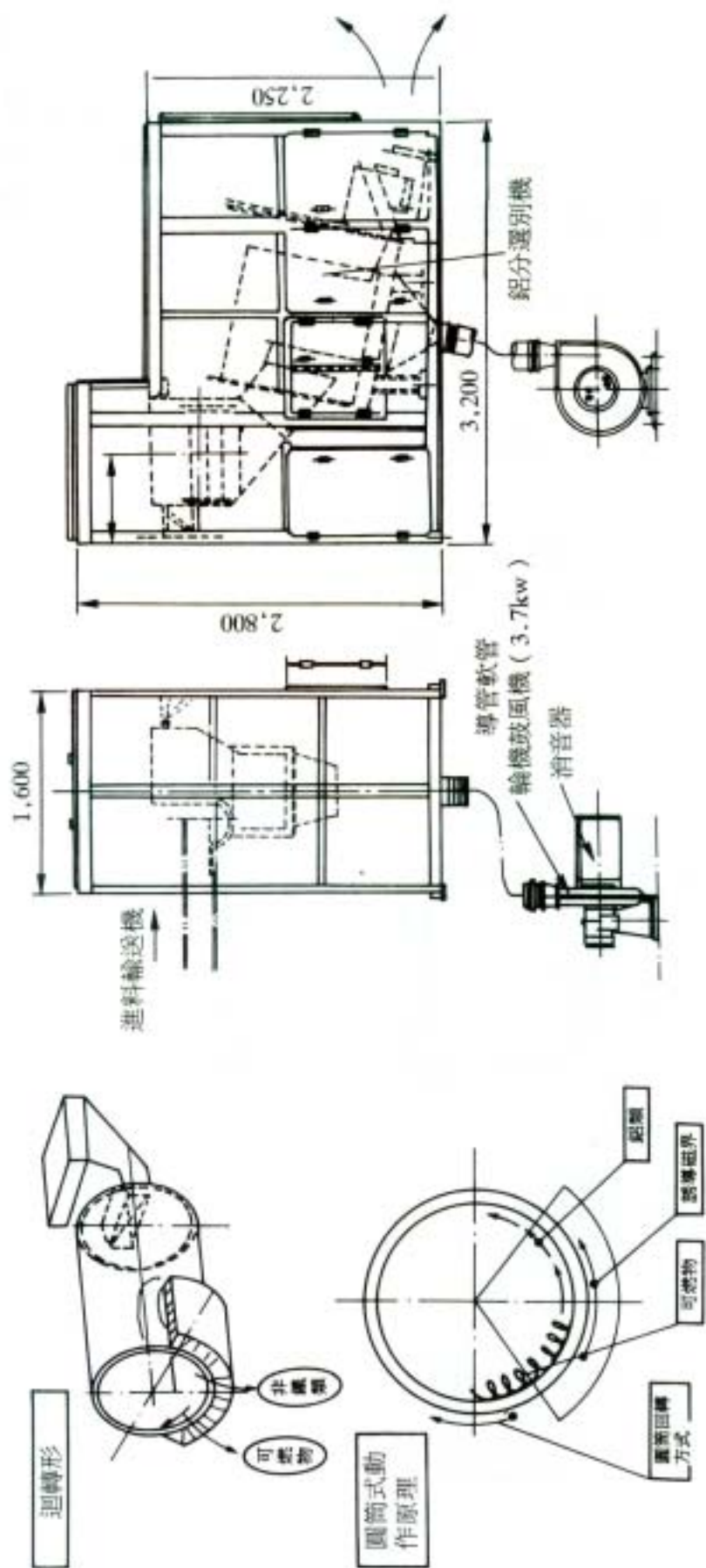


圖9.31 直線形分選機之動作原理及外形圖

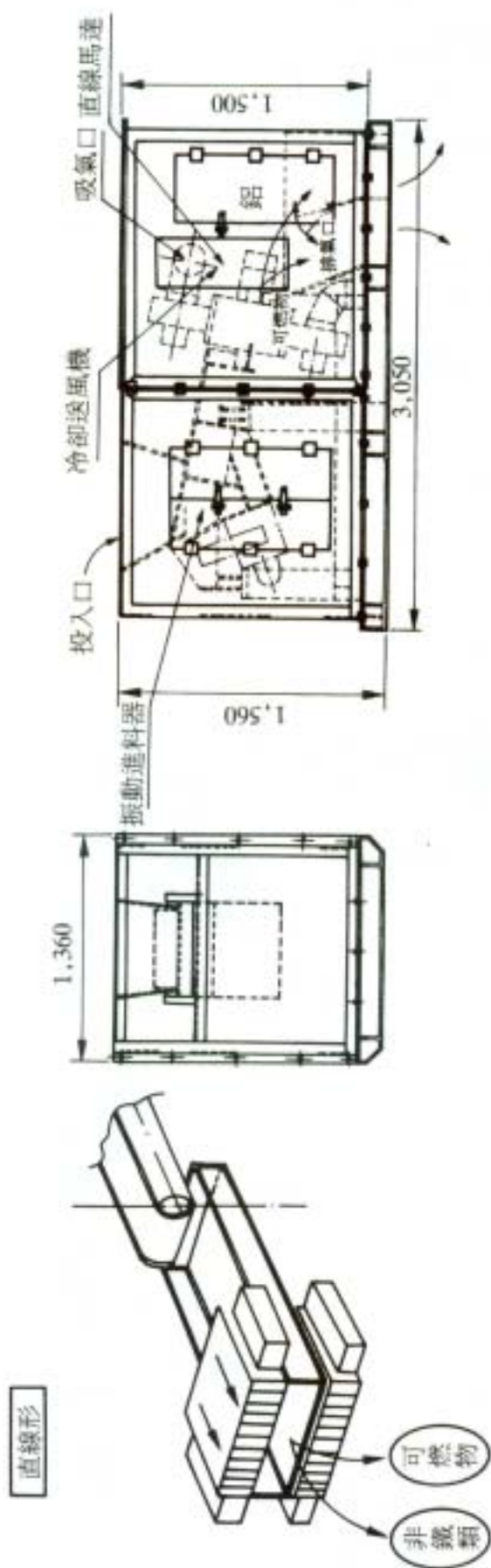
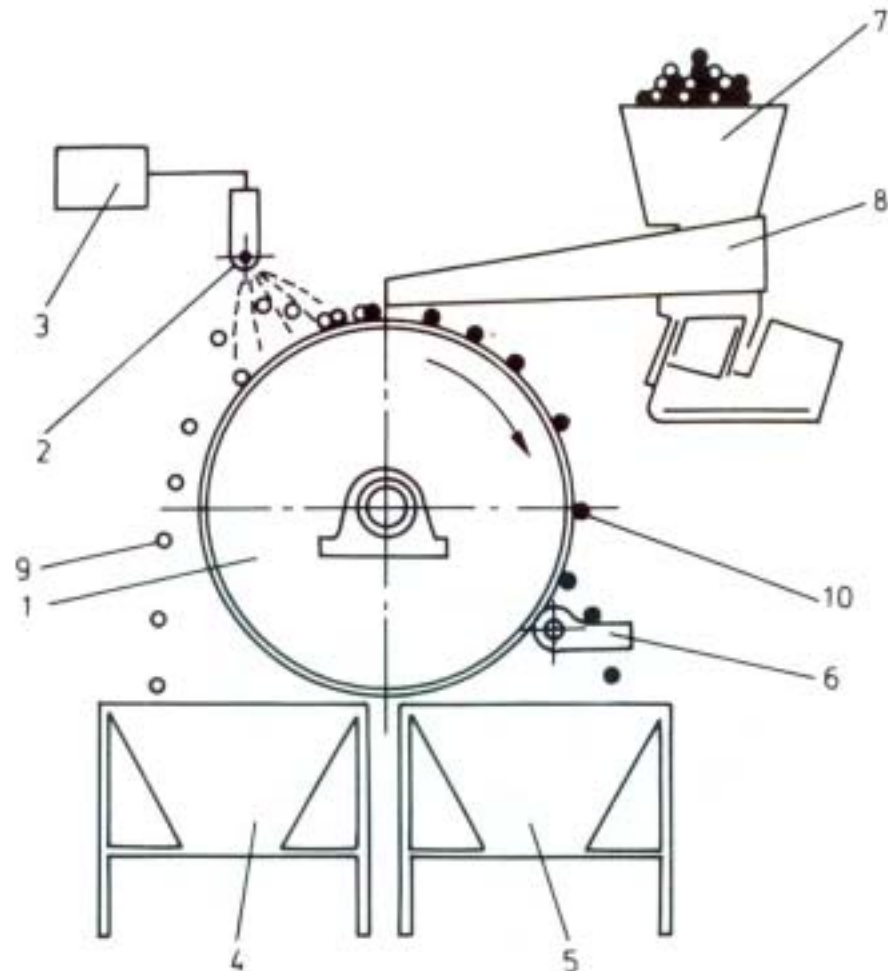


圖8.32 迴轉形分選之動作原理及外形圖

靜電分選(Electrostatic Separator)

一、靜電分選之原理性質

圖 9.33 為迴轉圓筒形靜電分選機之原理圖。靜電分選機是利用作用於被分選物的靜電力與重力的合力所決定的運動軌跡的差異進行分選。



- | | |
|--------------|---------|
| 1.迴轉圓筒（接地電極） | 6.刷子 |
| 2.高壓放電線 | 7.進料斗 |
| 3.直流高壓電源 | 8.振動進料器 |
| 4.堆肥斗 | 9.堆肥粒子 |
| 5.玻璃斗 | 10.玻璃粒子 |

圖9.33 迴轉圓筒形靜電分選機

在(1)迴轉圓筒(接地電極)與高壓放電線間通入直流高壓電，即產生強電場，在這種電場中被分選物以適當速度通過則各物質將帶電。

此原理圖所示通過堆肥粒子時堆肥粒子因含水分而顯示導電性，與圓筒表面接觸之同時即失去帶電的電荷，而後由於靜電感應在其表面感應與圓筒同符號的電荷而被不同符號之放電線側吸住，結果畫出(9)堆肥粒子的軌跡而貯留於堆肥斗。

混在堆肥粒子中的異物(玻璃粒子)因絕緣體即使以帶電狀態接觸圓筒表面以會失去電荷，仍由附著靜電力而向圓筒之迴轉方向(箭頭方向)移動，最後被裝在圓筒底下的刷子刷下收存於玻璃斗內。

因而為提昇分選效率，必須設法使導電性物質(堆肥)盡量移向高壓電極側。

已實用化的有如第 1 圖之將圓筒做多段組合者。

圖 9.34 為 Carpco 公司(美國)靜電分選裝置的內部構造之示意圖，有兩個圓筒並且配成兩段。

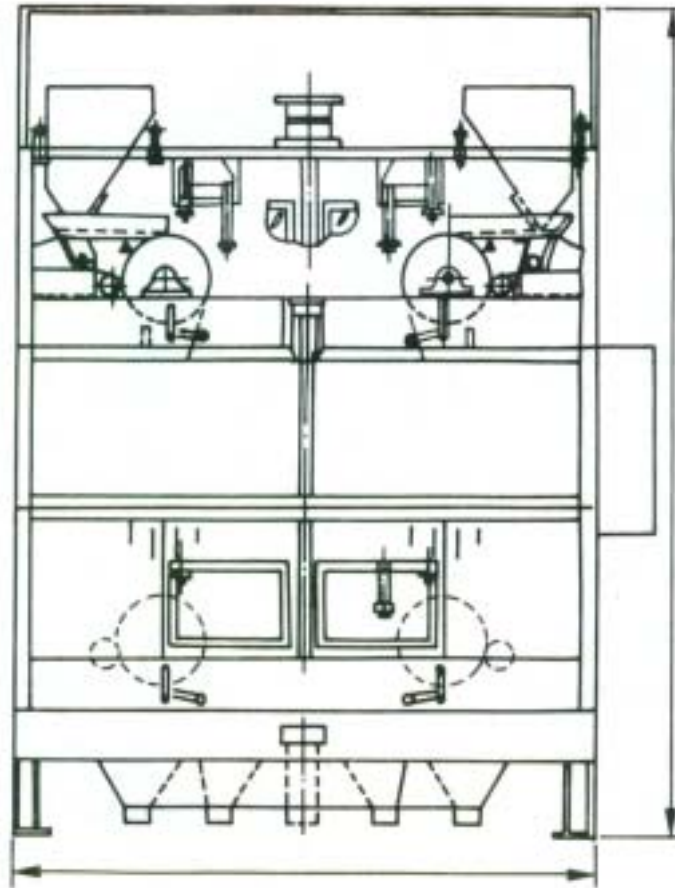


圖 9.34 Carpco 社 (USA) 實用機內部圖

另外被採用於日本國內堆肥設施的實用機的動作原理則如圖 9.35。基本原理與圓筒形相同，但高壓電極側與接地側都為平板構造。

在兩極板通高電壓使產生強電場，從下方接地極板上供應含有玻璃粒子的堆肥粒子。

導電性的堆肥粒子向高壓電極板上浮並產生激烈運動，飛出電磁外。玻璃粒子因係絕緣體保持帶電狀態殘存於接地極板上。

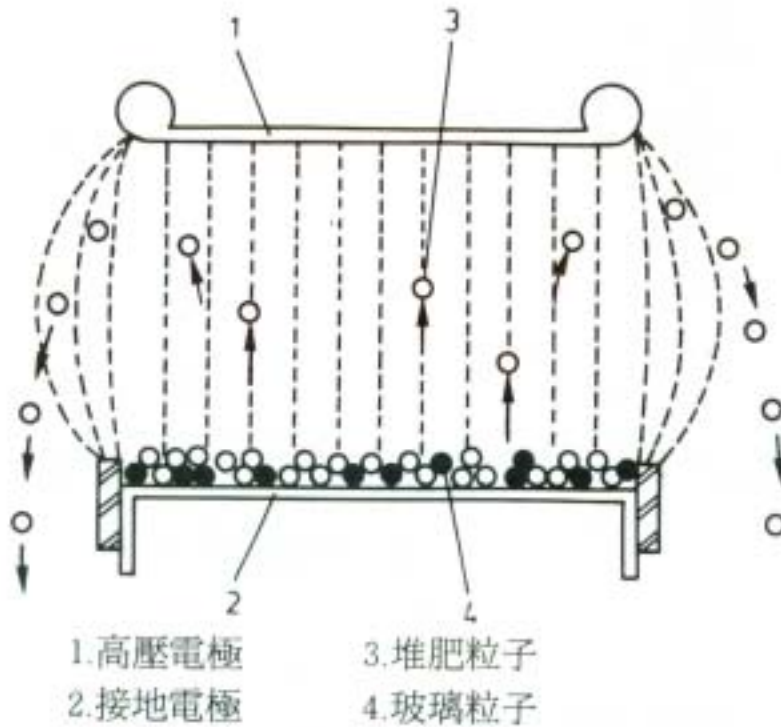


圖9.35 平板形靜電分選機的原理

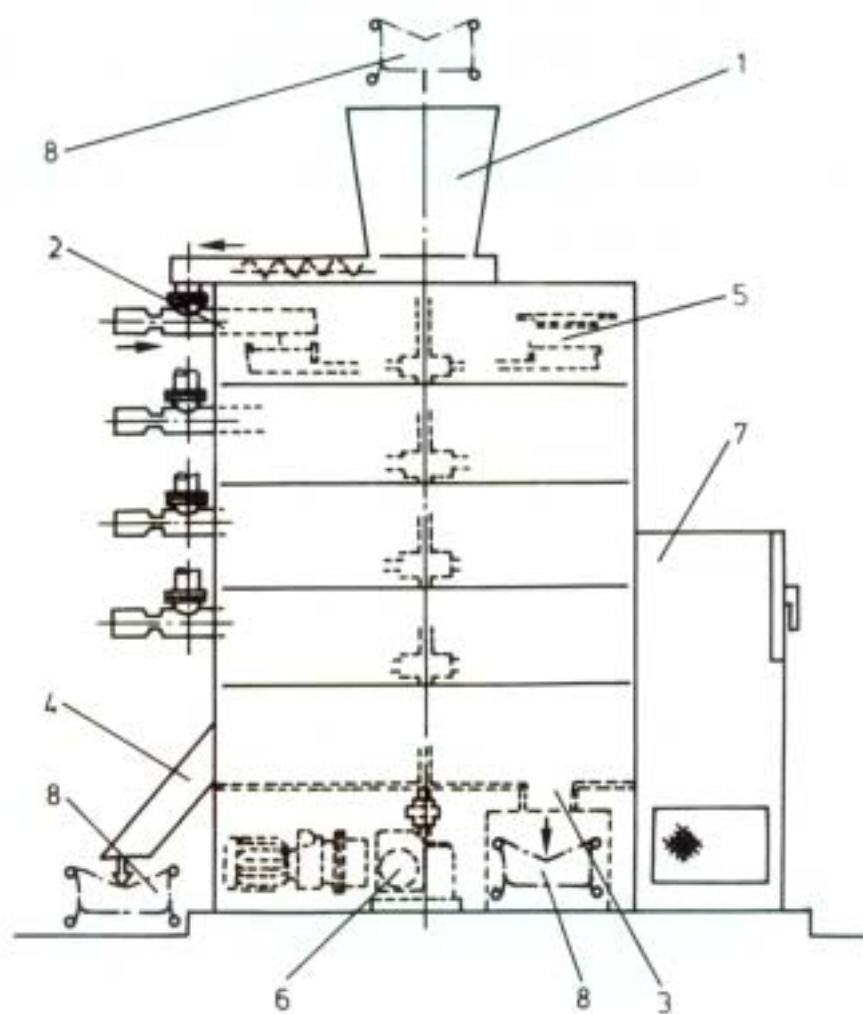
二、具體實施例

下面將對在日本國內所做堆肥設施例與海外所實施之廢棄物資源化設施之廢塑膠分選加以說明。

圖 9.36 為被採用於日本國內堆肥設施之實用機外形圖。

圖 9.37 為都市垃圾堆肥工廠之流程圖，最終段採用了靜電分選機。

在發酵處理前段利用磁力分選機或風力分選機等以除去異物殘渣後送到醱酵工程。



- | | |
|------------|-------------|
| 1. 原料堆肥貯槽 | 5. 分選部 |
| 2. 原料堆肥進料口 | 6. 驅動裝置 |
| 3. 精裝堆肥排出口 | 7. 電源、操作盤 |
| 4. 精巧雜物排出口 | 8. 進料、排出輸送帶 |

圖9.36 實用規模靜電分選機外形圖

Fig. Outer view of electrostatic separator

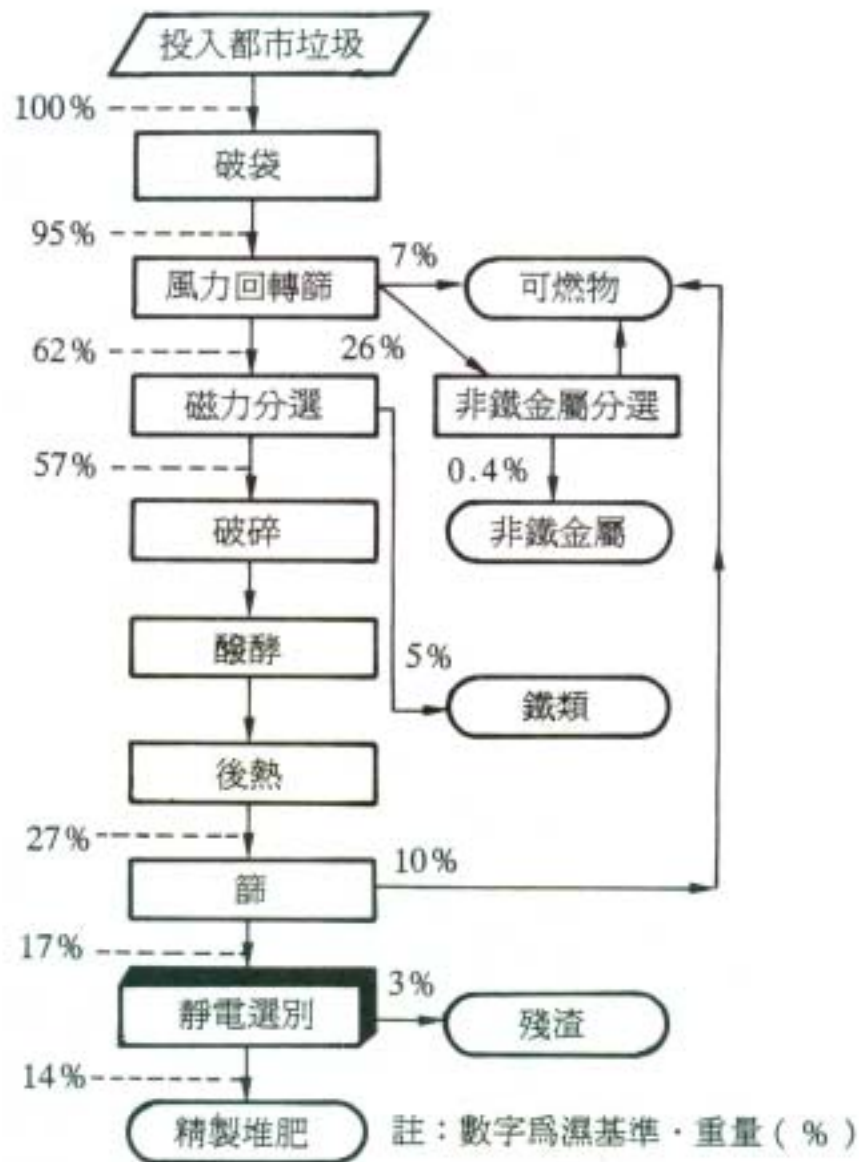


圖9.37 都市垃圾堆肥工廠流程圖

在設於醱酵槽後段之熟成場熟成後送到作後段之分選工程。

最後分選通過最後段篩裝置的玻璃粒子。

圖 9.38 為海外廢棄物資源化設施流程圖之一例。這是以最大能力分選都市垃圾中之再利用物質為目的，而裝於第二段之圓筒篩之後段。

為提昇各分選機的精度，以階段性搭配撕散機，在靜電分選機入口也裝有定粒度撒散機。

為提昇靜電分選機的性能必須整齊其粒度，正如在動作原理項所述。

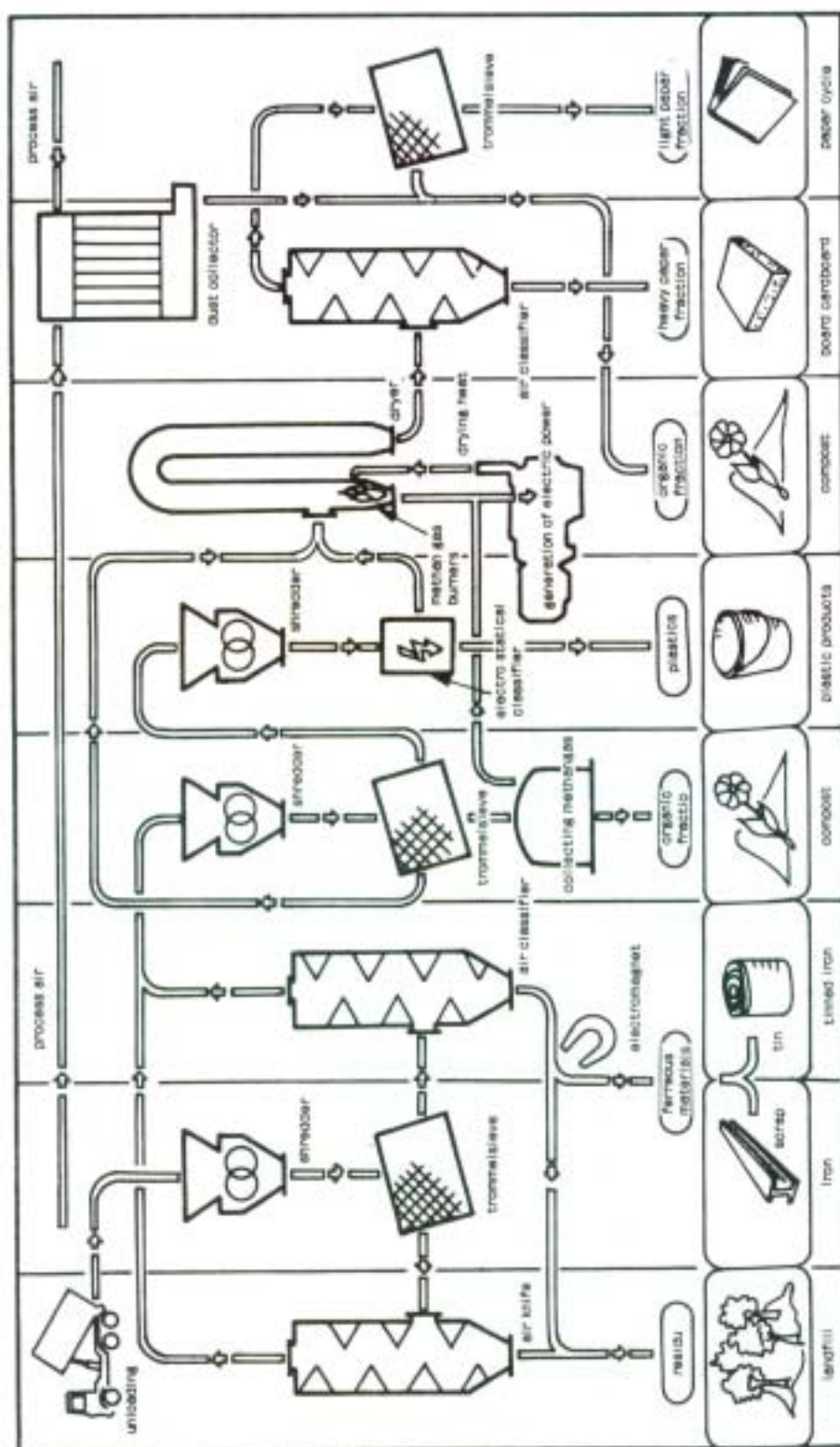


圖 9.38 VAM 公司廢棄物資源化設施流程圖 Fig.6 VAM RRR System

這是使用於廢塑膠與紙類之分選例子內部構造猶如圖 9.39 所示之機器及裝置等所構成，由定量進料裝置(振動輸送機等)將被分選物定量進料至高壓放電部與接地極(回收滾筒)所構成的強震場區。進料的物質則被分選為導電體物質與絕緣體物質。

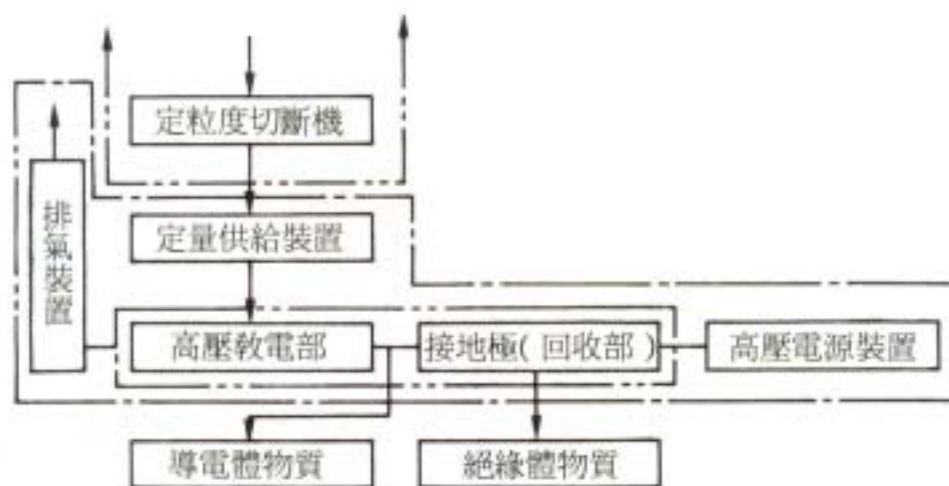


圖9.39 Carpco 公司內部機器構成圖

高壓電由高壓電源裝置供應，所使用電壓以直流 45KV 級較多。

如上例，使用靜電分選機時，重要的是在其前段須先做「粒子整齊化」、「去除鐵屑」、「去除非鐵金屬」等。其中最重要的是如果粒子不均則必須在靜電分選機之前段加裝使粒子均勻化的撒散機。又排風裝置是做為排出因空氣經由高電壓部離子化所產生的臭氧而用的。

三、後記

上面已就靜電分選機的概要做了說明，不過做為都市垃圾處理設施之構成設備，為確實去保其地位可能還得經過進一步的研究。計劃如何達到實用工廠水準的研究才是上策。

【參考文獻】

1. 富士時報 1981 年 Vol 54、6、廢棄物處理特集。

浮選

浮選在礦業的領域中是很發達的技術，在選礦法中佔有最為重要的席位。可適用的礦種不少，不只是硫化物、非硫化物之金屬礦物、微粉炭、珪砂、石膏等之非金屬礦物的選礦，也做為大量處理技術廣泛被應用。

近年來，已推廣至煉製工程中之金屬回收，廢水及廢液之處理等新領域之應用¹，(1)從煉銅轉爐之銅渣之回收²。(2)廢水中之重金屬之回收³。(3)從廢紙之脫墨等⁴，事例已進入實用化。

一、原理

浮選為分離異種固體之操作之一，係利用在液相(通常為水)中之固體粒子表面之物理化學性質(特別是潤濕之性質)的差異者。將混有異種固體的粉末懸濁於水中(這種粒子懸濁液之為漿(pulp))，調節該液之 pH 或利用活性劑或抑制劑做粒子表面之預備處理後，加捕收劑，使只有其中之特定固體不易潤濕之性質(疏水性)，然後添加起泡劑在浮選機導入空氣，則多數氣泡與粒子產生衝擊，疏水性粒子將附著於氣泡，利用氣泡的浮力一起浮上水面，易潤濕的性質(親水性)的粒子因不附著於氣泡，停留在漿(pulp)中而達成分離作用途 9.40。

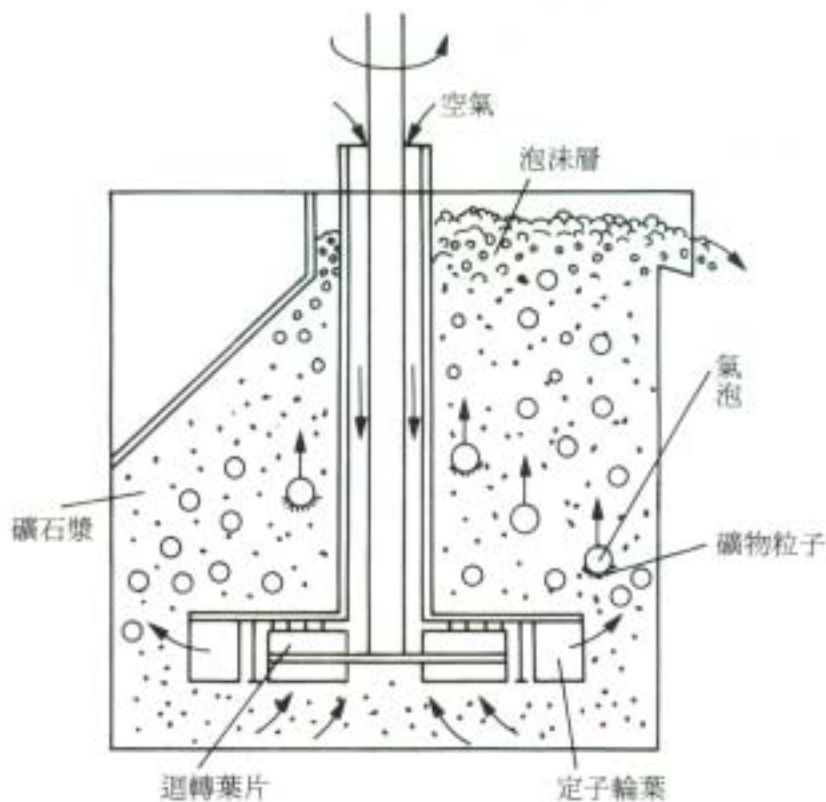


圖9.40 浮選原理

二、浮選劑⁶

用於浮選的藥劑統稱為浮選劑。可粗分為捕收劑、條件劑、起泡劑。

1. 捕收劑：使浮游固體粒子之表面疏水化機能的藥劑，可分類為陰離子捕收劑、陽離子捕收劑、非離子捕收劑以及油狀捕收劑。前兩者較普遍，使用量隨條件而異，礦石時為每噸數公克至數百公克。代表性的有黃原酸鹽(Xanthate)、油酸(Oleic acid)。
2. 條件劑：賦與浮選適當條件的藥劑，有為使捕收劑容易作用於目的物的固體粒子而做表面處理的活性劑，其反面效果的抑制劑，以及為調整溶液的 pH 使浮選劑達有效作用條件的 pH 調整劑等。
3. 起泡劑：係降低水的表面張力，幫助氣泡的分散與安定泡沫層的形成的藥劑，有松油、高級酒精等非離子性界面活性劑等。

三、浮選機⁶

浮選機之共同構成要素有下列五項，(1)懸濁液之引進，(2)氣體之引進，(3)泡沫層之採取，(4)殘留粒子之排出，(5)輔助裝置。由於各種要素(特別式氣體導入方式)之差異，有多種機種。選礦工程中，在日本常用的為機械攪拌方式，由下方吸入氣體或吹入氣體之 Fahrenwald、Fagergren、Warman、Agitair 等機種。另外做為廢水處理之浮上分離裝置有利用加壓或減壓之氣體析出方式之機種。

四、浮選技術之適用

適用浮選技術時，須考慮其作用方式、條件、系統等。作業條件之一為可適用浮選之固體粒子粒度雖因對象物而異，但在礦石時通常為 $5\mu\text{m}\sim 0.4\text{mm}$ 的範圍。塑膠的浮選時，此薄膜狀在 $10\sim 20\text{mm}$ 大小亦有可能⁷。

又特殊形式的浮選技術有(1)加界面活性劑作成不溶性化合物，特別容易去除之浮渣(Scum)已分離界面不活性離子的離子浮選，或(2)以適當的沉澱劑使離子成為硫化物、碳酸鹽、氫氧化物等沉澱，並利用界面活性劑使其浮上之沉澱浮選等²，這些即使為 $1\mu\text{m}$ 以下的粒度也可能浮選。這時與其固固分離倒是具有固液分離內容者較多。另外，具有固液分離內容的浮選又稱之為浮上法或浮上分離法。

【參考文獻】

1. 原田種臣「分析化學」Vo1.22、NO.4、p.476~484、1973、(社)日本分析化學會。

2. 「日本礦業會誌(選礦選炭號)」Vol.98、No.1134、p.854~864、P671~678、1982、(社)日本礦業會。
3. 長濱達也「日本礦業會誌」Vol.88、No.1013、p.401~409、1972、(社)日本礦業會。
4. 檜山俊一「浮選」Vol.23、No.3、p.135~143、1976、浮選研究會。
5. 山口梅太郎編「礦物資源開發(大學講座)」p.106、1981、旺文社。
6. 「日本礦業會誌(選礦選炭號)」Vol.86、No.991、p.644~648、p.653~658、1970、(社)日本礦業會。
7. 下飯板潤三他「日本礦業會誌」Vol.90、No.1042、p.775~779、1974、Vol.92、No.1064、p.675~679、1976、(社)日本礦業會。

光電分選 1~27

光電分選(Optical sorting)法係由英國之 Sortex 社開發之分選法又稱之為色彩分選。該法將人類以目視做分選的所謂手選法，利用光學裝置替代自動分選，並為分選手段之迅速反映，所以採用空氣噴射裝置。主要用於將透明物體如玻璃之類從石頭、陶磁器或瓶蓋等不透明物體分離，或做為分離明色物體與暗色物體之用。擬分離的粒子以機械方法供應，粒子被光學的識別，其結果經由電力的評價，訊號即動作空氣噴射裝置而加以分選。圖 9.41 為裝置之概要，被破碎的玻璃被振動托盤供應於料斗，再經過傾斜的滑槽供應於光學檢出裝置與電力評價單元，該檢出裝置係由電源與感應器所構成，將掉下來的粒子依據其透明度加以識別。檢出應去除的粒子時，即由電力訊號使空氣噴射裝置動作而分選其粒子，該方法可以說是一粒一粒仔細檢出的方法，因而對太細的粒子之選別並不理想，在 1/4~3/4 吋比較粗粒且粒子輕均勻者為分選之對象。理所當然所選別的粒子之顏色或光反射率有足夠的差異才可。在實際裝置裡，由調整粒子背景的颜色或使用濾光片以設法提高其分離性。光源除了普遍光源外最近也用到雷射光，又檢出器方面也開始使用 TV 攝影機或影像感應器(Image sensor)以替代過去之單一受光素子，甚至併用微電腦以進行形狀之認識等，朝向高度之識別能力方向做各種改良²。用之於豆類、稻米、碎玻璃等。本法之處理量少為其缺點。又為正確運轉電子透明度裝置或分色機械必須經常作調整，混入的有機物殘渣會使玻璃表面不透明或形成薄膜以致顏色或透明度的判讀產生不正確等等³。

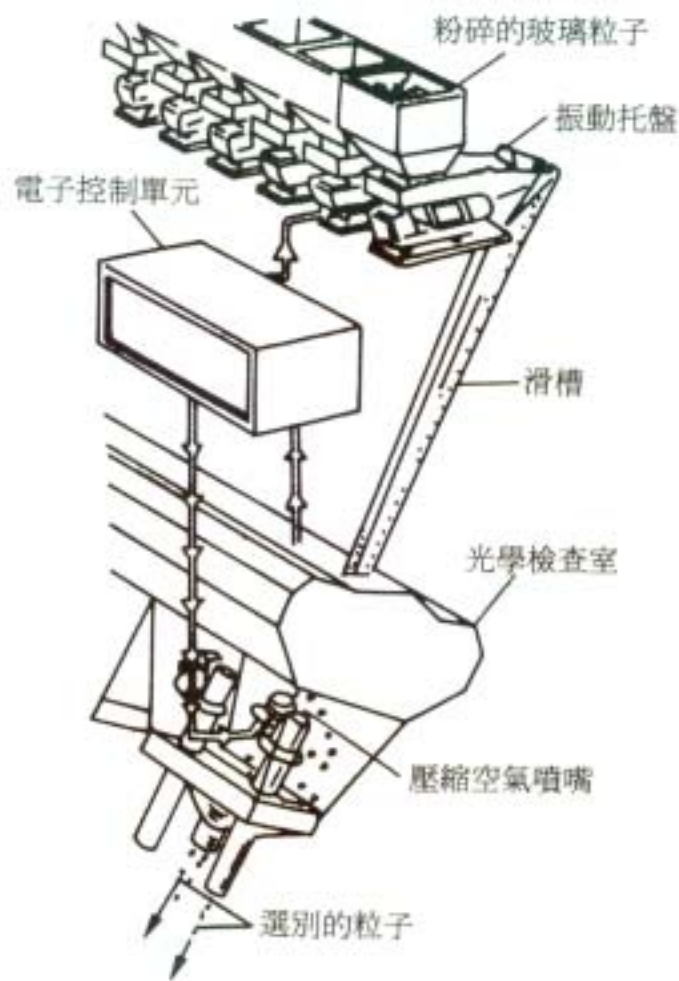


圖9.41 光電分選裝置（Sotex 社）

另一種光電分選為「photoelectric sorting」，不以肉眼而以光電管來感知礦物的光學性質之差，以進行機械性分選的方法。為分選純粹的螢石在美國研究的方法係依據如下原理而來⁵。在具有與螢石同一屈折率的液體中放入純粹的螢石結晶並不吸收光，但含有不純物的結晶因會吸收一部分光，因而照射光線於該結晶即在光電受像機產生陰影，其光量變換為電流，將其增幅使分選機之閘門動作即可去除含不純物的結晶。此法之分選，係為採去光學上純粹的螢石結晶的目的，由麻省理工學院所進行者，給礦的純度雖為 CaF_2 99% 以上，但這是為去除已肉眼無法識別的 SiO_2 ， CaCO_3 ， FeS_2 等不純物而做的。給礦的粒度為 4~10mesh，此法主要應用於透明礦物之分選。此外同樣的分選法另外有由 Battelle 所開發的⁶，此法係在擬分選的粒子表面之感熱性不純物做選擇性輻射加熱，則暗色的不純物暖熱化後選擇性地附著於表面而被分離，這種方式據說似有可能被應用於從都市垃圾中之橡膠或塑膠之回收。

【参考文献】

1. G. Tchobanoglous, H. Theisen and R. Eliassen; Solid Wastes, p.226 (1977) McGraw-Hill.
2. クリーン・ジャパン・センター：昭和55年度補助事業「再資源化技術の開発状況調査（分別技術）」報告書、p.95（1981）。
3. 大山義年：廃棄物資源化のシステムと技術、p.145（1977）日刊工業新聞社。
4. 原田種臣：鑛山讀本5・27、物理選鑛、p.202（1962）技術學院。
5. W.T. Turrall and D. Porter: Photoelectric Sorting of Optical Fluorspar, Mining Engineering, Vol.4、No.8、p.803（1952）。
6. 福本 勤：廃棄物処理技術、p.392（1977）共立出版。
7. BARTON, P. J.: AUTOMATED SORTING ON A SOUTH AFRICAN GOLD MINE, J. S. AFR. INST. MIN. METALL., Vol.80、No.3、p.103~111（1980）。
8. ASSANOVICH, K.S., A.I. LEVITIN & V.A. KUVAL'CHUK: FOTOMETRICHESKIY SEPARATOR SPOVYSHENNOY RAZRESHAYUSHCHEY SPOSUBNOST'YU. (高分解能をもつ光度選鑛機)、TSVETN MET., No.10、p.102~104（1978）。
9. TSYPIP, E. F. & S. G. KOMLEV: K OTSENKE OBOGATIMOSTI SYR'YA METUDAMI AVTOMATICHESKIJ SORTIROVKI. (自動摘出法による原料の選別性の評価)、IZV VYSSH UCHEBN ZAVED GORN, No.5、p.102~105（1983）。
10. GORSHKOV, A.I., I. V. KOSHELEV & V.A. NIKOLAEV: OTSENKA OBOGATIMOSTI FOTOMETRICHESKIM METODOM ZOLUTOSDERZHASHCHEY RUDY KORENNOGO MESTOROZHDENIYA. (光度法によるKOREN 鑛床産含金鑛石の選鑛度の評価)、TSVETN MET., No.4、p.98~100（1983）。
11. KURGANOV, E. N.: O VOZMOZHNOСТИ FOTOMETRICHESKOGO OBOGASHCHENIYA SIL'VITOVYKH RUD. (シルピナイト鑛の光度選鑛の可能性)、IZV VYSSHUCHEBN ZAVED GORN ZH, No.1、p.127~129（1983）。
12. CUNIN, P., B. GAVOILLE & J. MAILHAC: ESSAI D'UNE UNITE PILOTE DE TRI OPTIQUE A LA SOCIETE ANONYME DES TALCS DE LUZENAC (SATL). (予備試験段階にあるLUZENAC カッ石砂 (SATL) の光學的選鑛)、IND. MINER., Vol. 65、No.2、p.63~66（1983）。
13. WILLEY, G. J.: PHOTOMETRIC ORE SORTING AND MINING ECONOMICS. (光電選鑛與經濟性)、TUNGSTEN 1982、p.29~40（1982）。

14. KONAR, B. B. & G. G. SARKAR : DEVELOPMENTS IN COAL PREPARATION-NEW VISTAS. (選炭の發達—新しい展望)、J. MINESMET. FUELS, Vol.30、No. 3、p.120 ~128 (1982)。
15. SHEMYAKIN, V. S., F. F. FEDYAEV, A. V. OSIANIN, T. V. MAKAROVA & G. P. SAVEL'EV : OVOZMOZHNOСТИ OBOGASHCHENIYA BUKSITOV YUUBRA METODOM FOTOMETRICHESKIJ SEPARATSII. (測光選別法による南ウラルボーキサイト鑛石の選鑛の可能性)、IZV VYSSHUCHEBN' ZAVED TSVETN METALL., No.3、p.5~8 (1982)。
16. NAGARAJ, D. R. : '81 ANNUAL REVIEW : CONCENTRATION. (選鑛)、MIN. ENG. (LITTLETON COLO.)、Vol.34、No.5、p.523~525 (1982)。
17. GORSHKOV, A. I., V. A. NIKOLAEV, P. S. ARKHIPENKO, I. M. KUZ'MIN & L. V. GAVRIL'CHENKO : IZUCHENIE OBOGATIMOSTI DOLOMITOVOJ RUDY FOTOMETRICHESKIM METODOM. (光度計法による苦灰石鑛の選鑛度の研究)、GORN ZH, No.4、p.51~53 (1982)。
18. SCHEIBE, W. & J. GOTTSCHALK : EINSATZMOEGlichkeiten VON OPTISCHEN SORTIERMASCHINEN FÜR DIE REINIGUNG VON QUARZROHSTOFFEN. (光學的選別機による石英原料の精選の可能性)、FREIBERG FORSCHUNGSH A, No.651、p.107~120 (1981)。
19. ERSHOV, V. I., V. V. KOT & V. V. MEL'NITSKIY : FOTOMETRICHESKAYA SEPARATSIYA BARITOVOJ RUDY CHORDSKOGO MESTOROZHDENIYA. (CHORDSK鑛床の重晶石鑛石の光電選鑛)、TSVETN MET., No.2、p.100~102 (1982)。
20. 原田種臣 : 粗粒段階での脈石分離の意義與技術的展望、全國地下資源關係學協會合同秋季大會分科研究會資料J, p.24~27 (1981)。
21. VOJTENKO, A. K. : PUTI SOVERSHENSTVOVANIYA FOTOMETRICHESKOGO METODA OBOGASHCHENIYA RUD. (測光選鑛法の改善法)、TSVETN MET., No.3、p.101~104 (1981)。
22. TAVKCHI, V. M. : DVA ALGORITMA DLYA ZADACHIRAZDELENIYA. (分離問題のための二つのアルゴリズム)、IZV VYSSH UCHEBN ZAVED PRIBOROSTR, Vol.24、No.1、p.89~93 (1981)。
23. PHOTOMETRIC ORE SORTING (光度測定による鑛石の選別)、WORLD MIN., Vol.34、No.4、p.42~47 (1981)。

24. STEWART, R. D., R. J. MCKINLEY & R. C. BEERS : INDUCED FLUORESCENT SORTING TO MINIMIZE IMPURITIES IN LIMESTONE AND OTHER MINERALS. (石灰石やその他の鉱物の不純物を最少にするため、導入の蛍光による選別)、PREPR. SOC. MIN. ENG. AIME, No.80-22、8 p (1980)。
25. LOCK, J. : MAXIMUM VALUE RECOVERY NEEDED. (選鉱 最大限の實收率が必要)、PROCESSING (JOHANNESBURG), Vol.1、No.6、p.10、11、13 (1980)。
26. GORDEEV V. N., E. I. PUTILIN, L.M. LATUSHKINA & M. A. TANTSMAN : PLANIROVANIE EHKSPERIMENTA PRI ISSLEDOVANII EHKS PRESS-METODA KONTROLYA ZAGRYAZNENNOSTI STROITEL'NYKH MATERIALOV. (鉱物質建設材料のよごれ度の迅速管理法を研究する場合の實驗計畫)、TRANSP. STROIT., No.7、p.47~48 (1980)。

利用摩擦分選(專利 1144893 號)

一、原理與形狀

圖 9.42，9.43 為本裝置之基本構造。

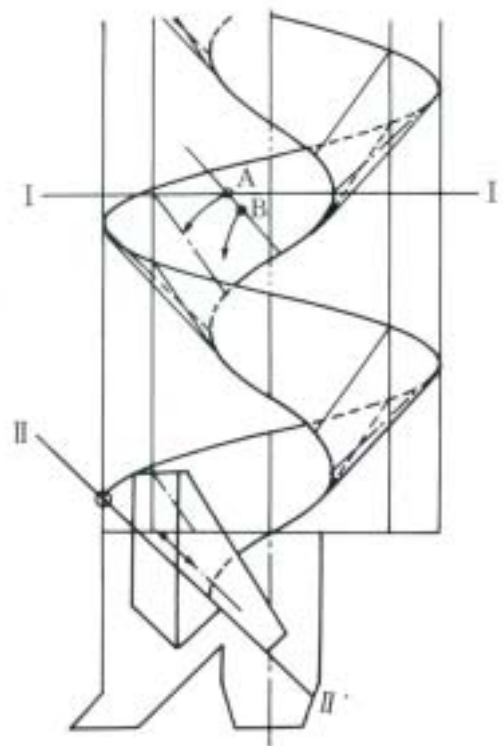
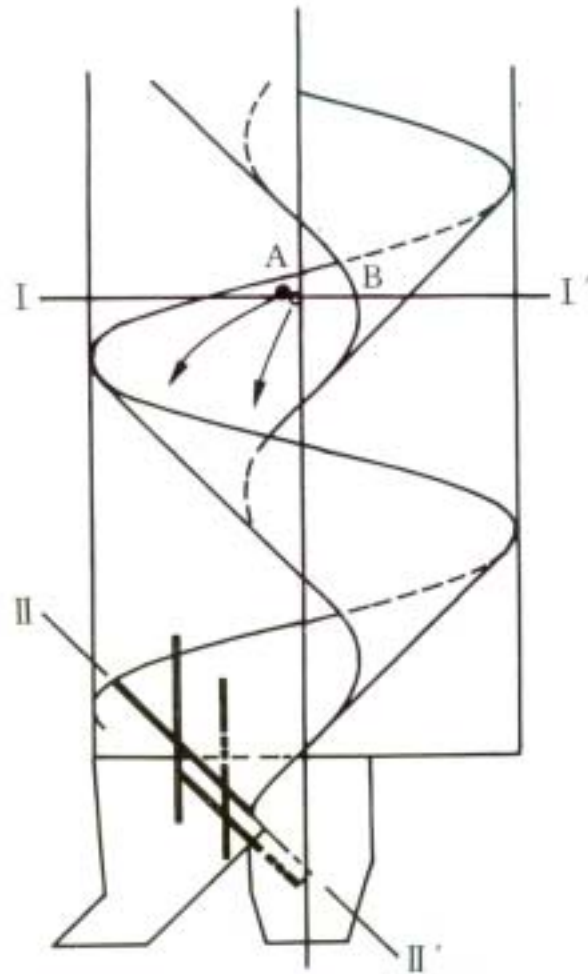


圖 9.42



9.43

物體在螺旋狀斜面往下滑時，越往下加速度越大，因迴轉而產生離心力。而摩擦係數小的物體，換句話說越容易滑的物體加速度越大、離心力也大且通過斜面的較高位置而滑降。

現在如從分離機上部的投入口依切線方向同時投入 A、B 兩種物體，當其開始滑降時，假如 A 的摩擦係數較小，則滑降到 I-I' 的位置時，因 A 的速度較快，其過點將比 B 高的位置。又摩擦係數較大的 B，如無法獲得充分的加速度時，因斜面的傾斜向中心方面較陡，在滑降途中逐漸流向中心側，最後從斜面脫落。因此只要選擇適當長度的斜面，則只有物體 A 能到達螺旋狀斜面終端之 II-II' (而可分離回收。假如 A、B 同時到達終端 II-II')，則 A 一定比 B 在外周側，A、B 分離。擬分離物體如係 3 種以上的混合體，雖可分離，但由上述原理可知，只能區分為摩擦係數最大與其他，或摩擦係數最小的與其他之二分法。只將中間從摩擦係數的物體以一階段分送抽出是不可能的。

二、用途

本裝置目前在從汽車或家電產品，或鋼製品等之廢料中回收鐵屑的撕散工場中，做為從磁選機回收鐵後所排出廢棄的撕散屑中，回收含有約 15% 的有價金屬、鋁、銅、黃銅等非鐵金屬用之裝置。從裝置的原理上，可知摩擦係數之差越大分離越有效，但從形狀看來呈球、圓筒或接近球形的塊狀而易滾動者與不易滾動者混在一起時，但兩者之分離亦更有效果。

三、特徵

裝置本體只不過是內藏螺旋狀斜面的簡單構造的塔，另外加上供應原料與排出分離物之輸送系統而已。因系統非常簡單，為其運轉不需特別知識及技術，也無應調整處所。

其最大特徵為利用自然落下之重力與利用物體與斜面的摩擦力，因而為分離不需動力這一點。

四、性能

本裝置之構造如圖 9.44、圖 9.45。設計能力為 4t/h，甚試驗係在過負荷狀態進行。

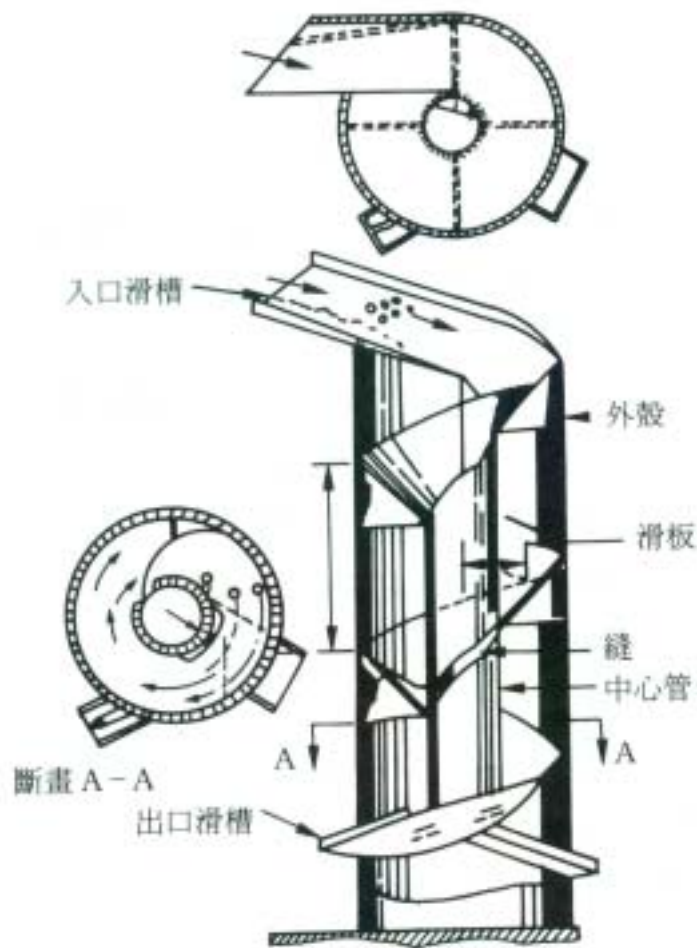


圖 9.44

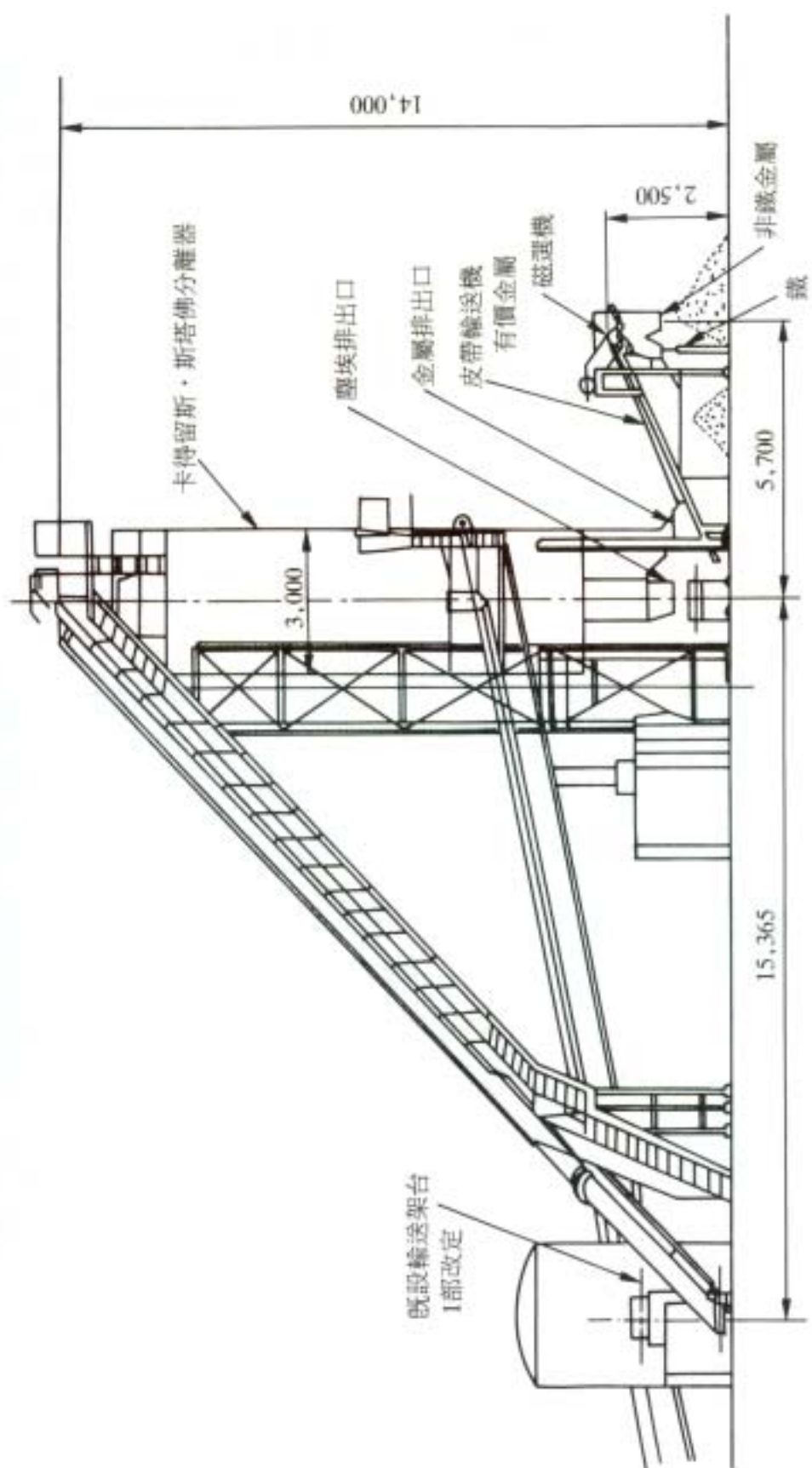


圖 9.45

表 9.8 為重量測定結果，表 9.9 為兵庫縣姬路地區 M 公司的實機的性能試驗成績。

表 9.8 重量測定(1 小時換算值)

單位：kg / hr

TEST No.	N—Fe		Fe	Dust		合計	備考 金屬回收 效率(%)
	Total ^{*1}	N—Fe ^{*2}		Total ^{*3}	N—Fe ^{*5}		
1—1	1.008	360	104	1.488	1.404	3.600	94.6
2	1.152	636	324	3.552	3.372	5.028	84.2
3	1.524	468	1.632	4.536	4.500	7.692	98.3
4	756	360	1.404	2.640	2.604	4.800	98.0
2—1	864	528	708	2.328	2.292	3.900	97.2
2	636	324	612	2.952	2.892	4.200	94.0
3	696	348	636	7.032	6.468	8.364	63.6
4	1.140	780	912	3.036	2.952	5.088	95.3
5	1.536	1.224	2.400	1.260	1.200	5.196	98.4
6	600	204	912	1.788	1.752	3.300	96.9
7	600	96	624	3.576	3.516	4.800	92.3
8	828	276	1.140	1.452	1.356	3.420	93.7
9	432	312	1.392	4.008	3.912	5.832	94.7
10	1.344	564	900	3.408	3.312	5.652	93.8
11	1.020	504	1.296	2.712	2.664	5.028	97.4
12	636	300	984	1.140	1.104	2.760	97.3
總合計 ^{*5}	14.772	7.284	16.980	46.908	45.300	78.600	4.920kg/hr

註 1.：*1 為計量 N—Fe 側全體重量

*2 為僅得 N—Fe 以手冊分選所計算的重量

*3 Dust 全體的計量值

*4 為除手選別金屬重量的重量

2.：*5 為看平均的傾向以縱方向合計的值

表 9.9 性能試驗成績

註 1：場所.姬路地區 M 公司內

2：日期.昭和 57 年 5 月下旬

表 9.9 性能測試成績

平均投入量	4,920kg/hr
投入成份組成：	
非鐵金屬	9.3%
鐵	21.6%
非金屬塵埃	69.1%
分選機排出口的處理材重量比	
非鐵金屬部分	18.8%
鐵分	21.6%
非金屬塵埃部分	59.6%
有價金屬(鐵分，非鐵金屬分)平均回收率	93.8%

【參考文獻】

1. Clean Japan Center 會報 Clean Japan Center 40 號 p.80~82。

第十章 物理與化學處理技術

乾式處理法

從各方面排出的產業廢棄物可經由上述各種技術為基礎，再配合合適的各種設備做組合加以處理處分，甚至更積極地作資源的再生。

這些技術可分為 1.物理的方法。2.化學的方法。3.物理化學的方法等三類。上述的脫水、乾燥、破碎、分選等可以說是物理方法，化學方可分為乾式法與濕式法，焚化、熱分解係屬於乾式法。化學方法從浸出、中和沉澱、硫化物沉澱、膠結等為數不少，這些將在以後補述。

焙燒

將礦石等加熱到不熔融為限度，以進行氧化、還原、或硫酸化、氯化等，使其變化為對下一工程最適合的化學組成者即為焙燒。

為此所應用的爐有豎立型多段爐、流動爐、迴轉爐等。豎立型多段爐過去都應用於硫化沉之焙燒，但目前已不多用，圖 10.1 為利用豎立型多段焙燒爐以焙燒含水銀廢棄物的例子。由爐頂投入之原料掉下最上段爐床，經由耙齒由外周集中後掉入下一段。下段與此相反由中心部向外周方向移動由外周落孔掉入下段。以下類推順次往下移，這中間原料即由預熱、乾燥、焙燒到冷卻最後由爐最下段排出。

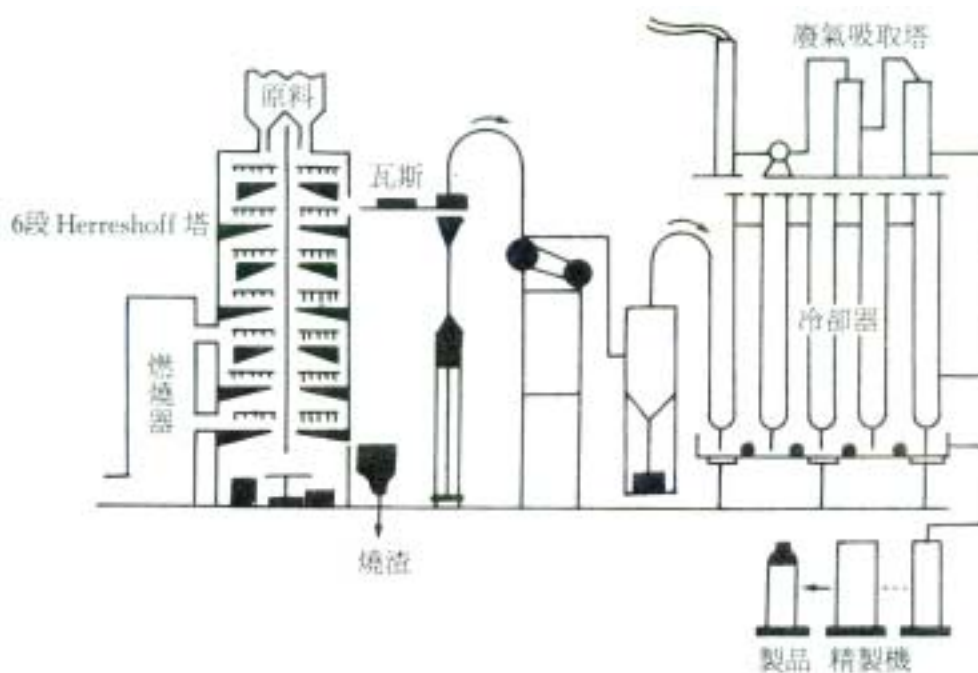


圖10.1 豎立型多段焙燒爐之含水銀廢棄物焙燒工程

焙燒溫度被調節為最適於回收水銀之 600~800 燃料主要為 LNG 與重油。

原料中之水銀以金屬水銀、氯化水銀、硫化水銀等各種形態被存在，另外鋅、鐵、銅等金屬也混在一起。隨這些原料之組成係加鹼等各種藥劑，焙燒後水銀即以金屬水銀型態蒸發。再利用冷擬器冷擬成為煙灰狀水銀回收，精裝後可得 99.99% 的工業用水銀出售。北海道之 Itomuca 礦業所目前仍順利運轉中。

流動焙燒爐目前主要被應用於硫化鐵礦之焙燒。圖 10.2 為其構造圖。空氣由下方送入，將裝在爐床上的粉狀礦石以流動狀態氧化焙燒。由於給礦方式、爐溫調節方法之差異有各種型式，但以 Dorrico 式較為普遍。

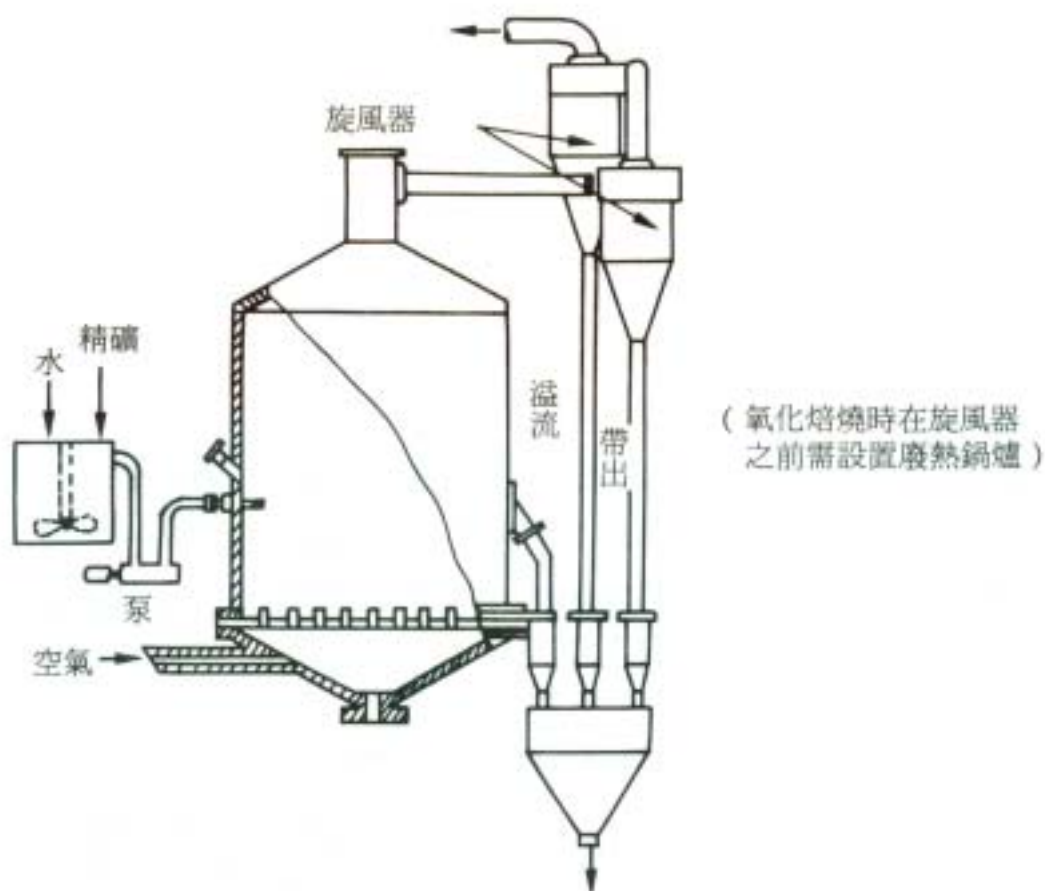


圖10.2 Dorrico 式流動焙燒爐

硫化鐵礦時由於 $\text{FeS}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SO}_2$ 而成為以 Fe_2O_3 為主成分之燒礦與 SO_2 瓦斯。因採取流動床方式所以反應速度大，排氣溫度高，可獲高濃度 SO_2 。排氣經由廢熱鍋爐後送至硫酸工廠製成硫酸。

燒礦除了氧化鐵外，雖然少量但仍含有銅、鉛、鋅等，所以無法直接做為煉鐵原料。必須與後述之氯化焙燒法組合，經由迴轉爐將氧化鐵中銅、鉛、鋅等氯化物揮發後成為赤鐵礦生鐵供做煉鐵原料。

熔融、熔煉

熔煉係將原料利用熔融分離、精裝為熔渣與金屬或鑄塊的方法，有這種爐被應用，其中主要的有熔礦爐、反射爐、迴轉爐、電爐、熔解爐等。

熔礦爐為煉製鐵、銅、鉛、鋅、鎳等所用的熔煉爐之一種，煉鋼時將鐵礦石與焦炭及石灰一起熔煉，做成洗鐵，因爐高相當高因而稱為高爐。爐的構造採從爐下方之口吹進預熱空氣之方式。

煉銅時因原料為硫化礦，因而與煉鋼不同，先做成鑄塊後再經由迴轉爐煉成粗銅。煉鉛則直接做成金屬鉛。鋅則做成金屬鋅或氧化鋅。鎳則製成鎳鐵。

廢鉛蓄電池的鉛屑與鐵屑粉以及焦炭一起由熔礦爐(豎立爐)上方投入，以1,000~1,300 高溫熔融後從爐底取出粗鉛。將其再以別的精製爐去除銅、錫、銻等，做成蓄電池用之3號硬鉛。不以豎立爐有時亦可利用直接反射爐加以精練。日本的鉛再精練業者總共有40家之多，大部分均以豎立爐精練，圖10.3為A公司廢鉛蓄電池精練操作系統圖。

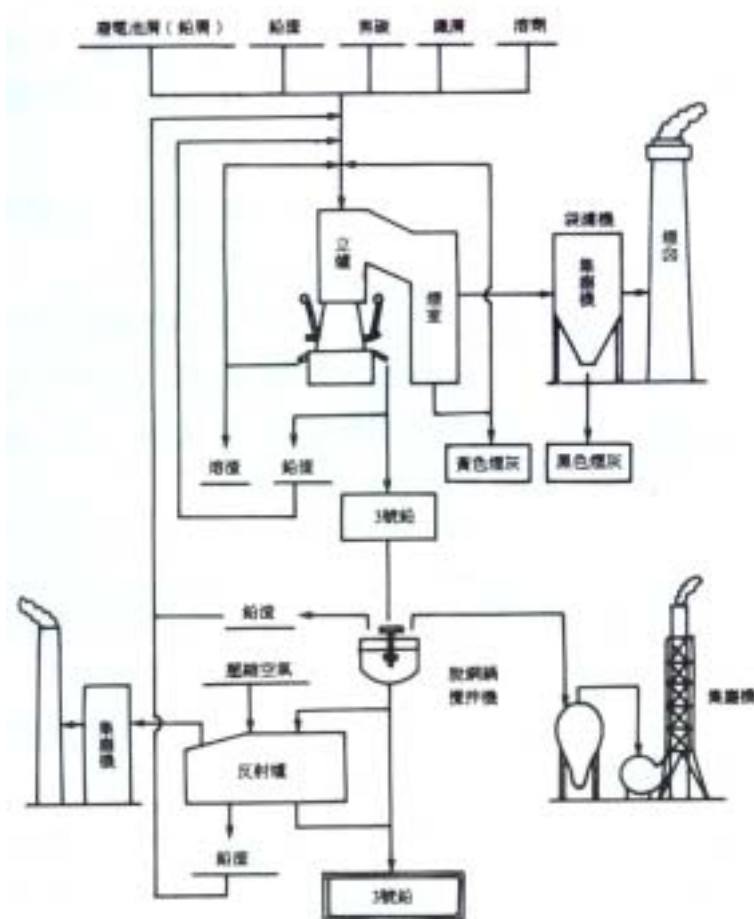


圖10.3 A社廢鉛蓄電池精練作業系統圖

在電鍍污泥或電子機器零件加硫化鐵礦以反射爐熔融，使之分離為熔渣與鑄塊後，將鑄塊送至煉銅工廠與來自銅礦石之鑄塊一起煉裝，得採取銅、金、銀等，這裡所採用的反射爐目前稱之為回收熔解爐。在日本礦業日立製煉所每月平均處理 2,200 噸之低品位礦原料、污泥等，生產約 570 噸鑄塊約 800 噸熔渣。熔渣經水碎後應用於土木工程。表 10.1 為回收熔解爐產物之分析值。

表 10.1 回收溶解爐產物分析值(%)

組成產物	Cu	Fe	S	Pb	Zn	As	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO
鑄塊	36.9	25.2	24.3	4.6	9.7	0.33	-	-	-	-
熔渣	0.8	24.6	0.8	0.14	6.12	0.06	31.5	8.4	5.0	4.1

圖 10.4 反射爐，該爐為具有寬又淺的爐床的扁平形爐，頂部成拱形。一邊有孔口供燃燒重油或瓦斯以加熱。因利用爐內之輻射熱加熱熔融裝入物，而稱之為反射爐。該爐係為處理粉礦而產生，設備簡單也容易大型化、自動化。

鑄塊得以迴轉爐加以精練如圖 10.5 係直徑 2.5~4m，長 4~9m 的爐，內襯耐火磚。下方有孔口，由此吹入空氣。

熔體之裝入排出係藉爐體之傾轉來進行。銅以粗銅取出，硫磺經過 SO₂ 階段成為硫酸。粗銅再經電解精練可得電解銅外另可獲得金、銀等。

鋅的熔煉爐有 ISP 爐，日本在八戶製煉公司及住友金屬礦山公司(播磨)兩地方有熔煉。鋅與鉛可同時煉裝。其構造與鉛之熔礦爐類似，鋅因以金屬狀揮發，因此得以熔融鉛的雨淋方式捕集。詳情擬省略，總之，含鉛、鋅的廢棄物仍可以這種 ISP 方式，在不攪亂工程之情況下加以資源化。

氯化揮發

雖然隨爐內之情況而變，但在含金屬的廢棄物中加氯化劑加熱即依序揮發金屬氯化物。利用各種金屬氯化物之揮發速度不同可分離各種金屬。

已述及利用迴轉爐可從氧化鐵分離銅、鉛、鋅等，而獲得赤鐵礦生鐵。該方法又稱為光和法，適用範圍頗廣。圖 10.6 表示金屬氯化物之蒸氣壓，顯然氯化鉛比金屬鉛在低溫下揮發。銅、鋅的氯化物也容易揮發。三氧化二鐵比起氯化鐵之揮發更為安定，因此鐵與鉛、鋅、銅等在爐溫 1,200~1,250 下即容易分離。

圖 10.7 為同和精礦公司尼崎工場之流程圖。除了硫化鐵之燒結處理外，也混合處理各種污泥、塵埃、含有金屬廢液等。

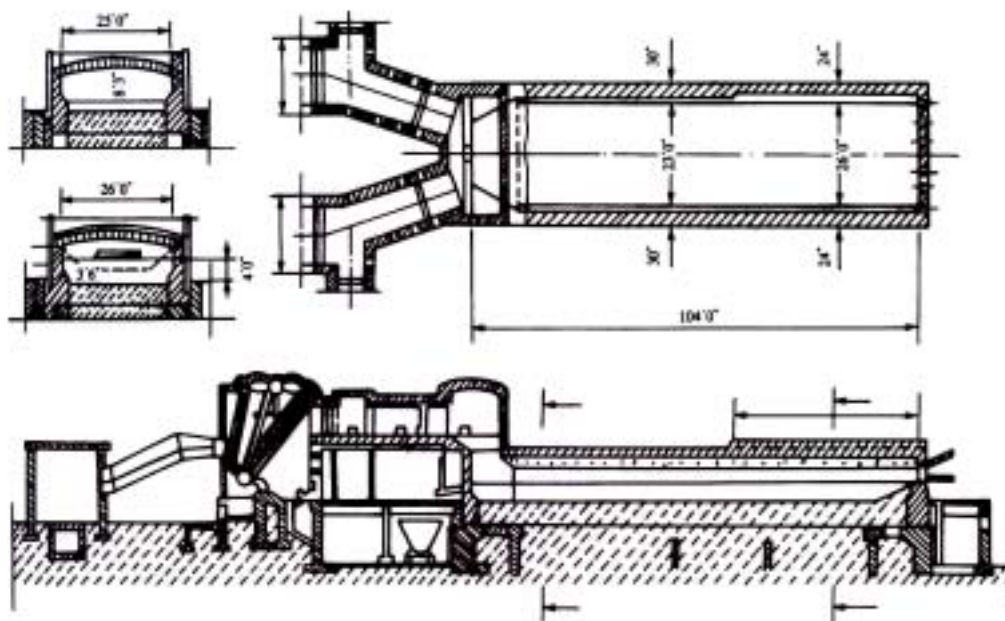


圖10.4 反射爐

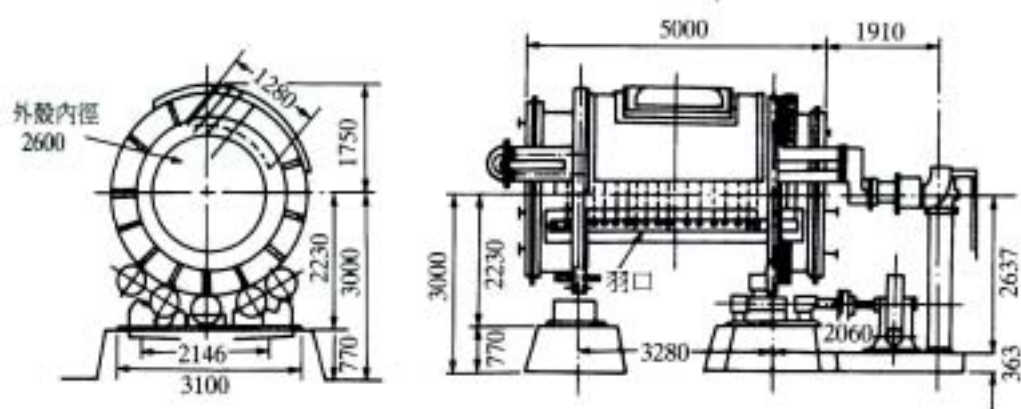


圖10.5 轉爐

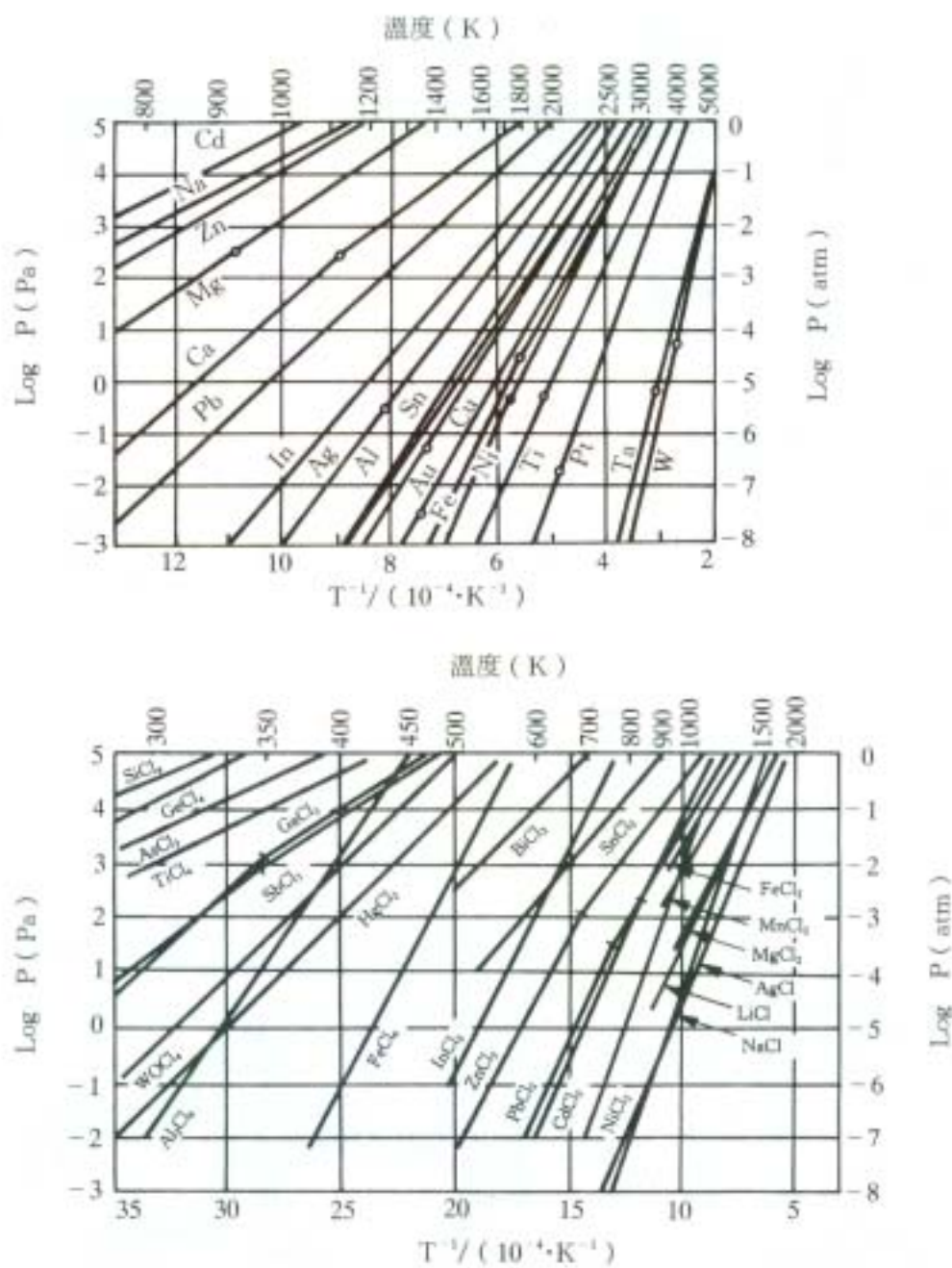
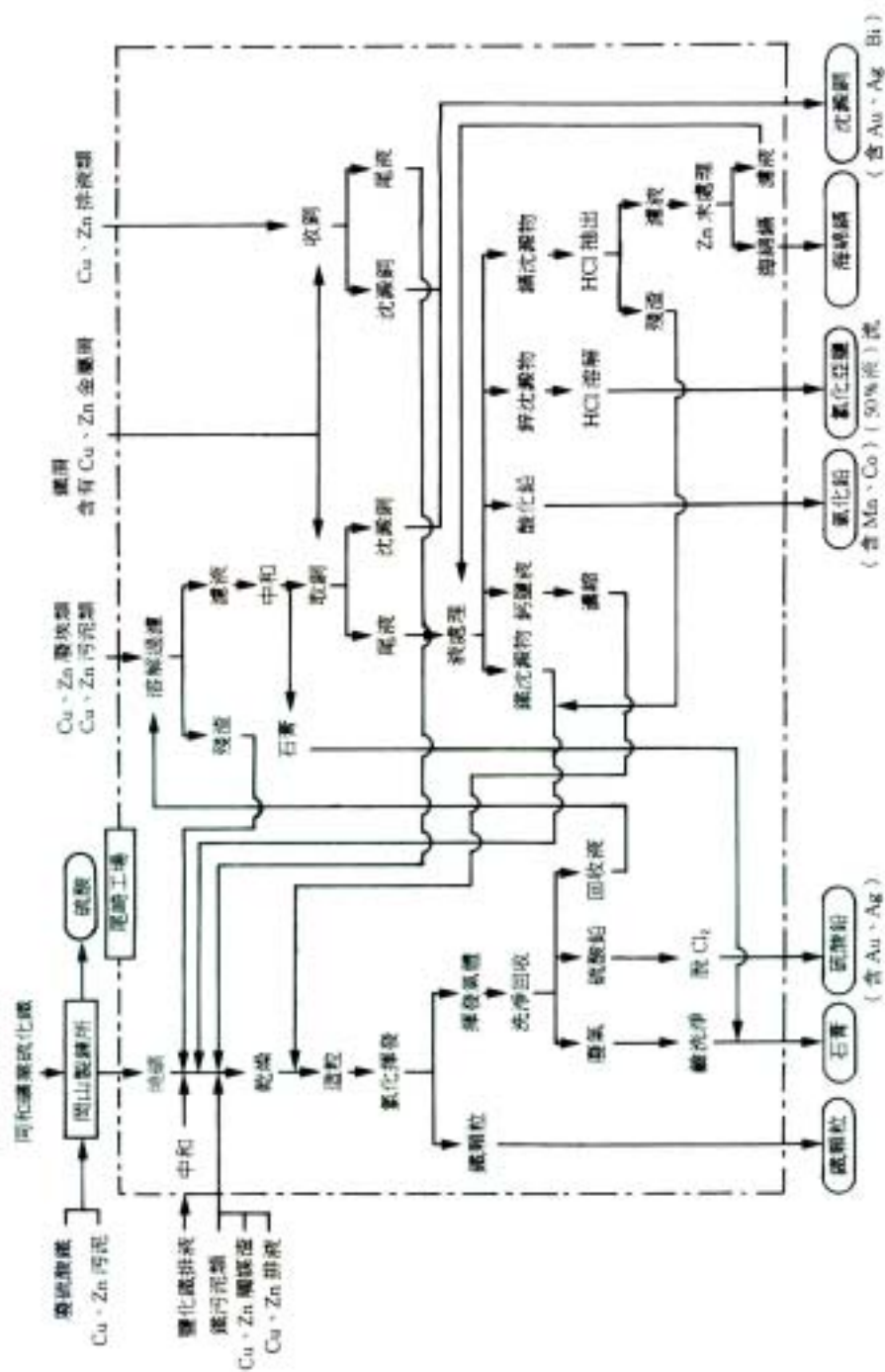


圖10.6 金屬及金屬氯化物之蒸氣壓



爐係使用迴轉爐，如圖 10.8 所示。以滾子支撐內部襯有耐火的可迴轉爐體。爐的直徑、長度、傾斜、迴轉數等隨其處理目的可做選擇。

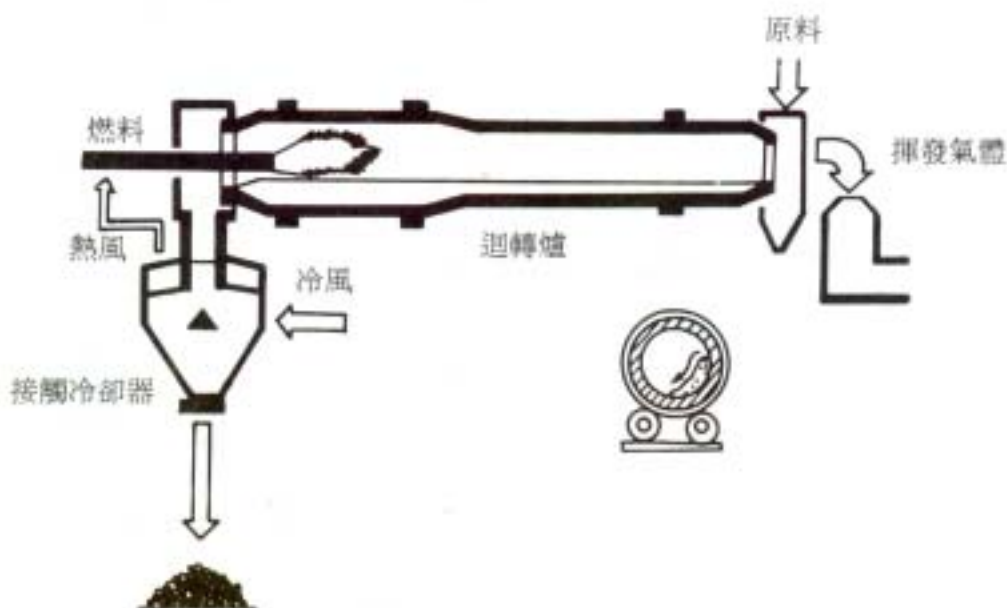


圖10.8 迴轉爐

光和精礦公司戶煙製造所除硫化鐵外，目前也將新日本製鐵公司八幡煉鋼廠所發生煉鐵塵埃類的一大半以此法處理。又利用含氯有機熔媒做為燒成顆粒時之燃料之一部份，可稱的上是妥善活用氯化揮發法的一個例子。另外，含油污泥、鹽酸廢液、瀝青渣、硫酸鐵等也以本法處理以揮發資源化。

蒸餾

石油可經由蒸餾法加以精製，同樣金屬亦普遍可經由蒸餾以獲得高純度金屬。前面曾圖示金屬及金屬氯化物之蒸汽壓，利用各金屬及金屬化合物之蒸氣壓差，可分離各金屬及其化合物。

圖 10.9 表示將從乾式煉鋅所獲得蒸餾鋅再加以蒸餾以煉成高純度鋅的精餾爐。可有效從鋅分離鉛、鐵、鎘等。爐以堆積多層碳化矽所製成的精餾托盤所構成。

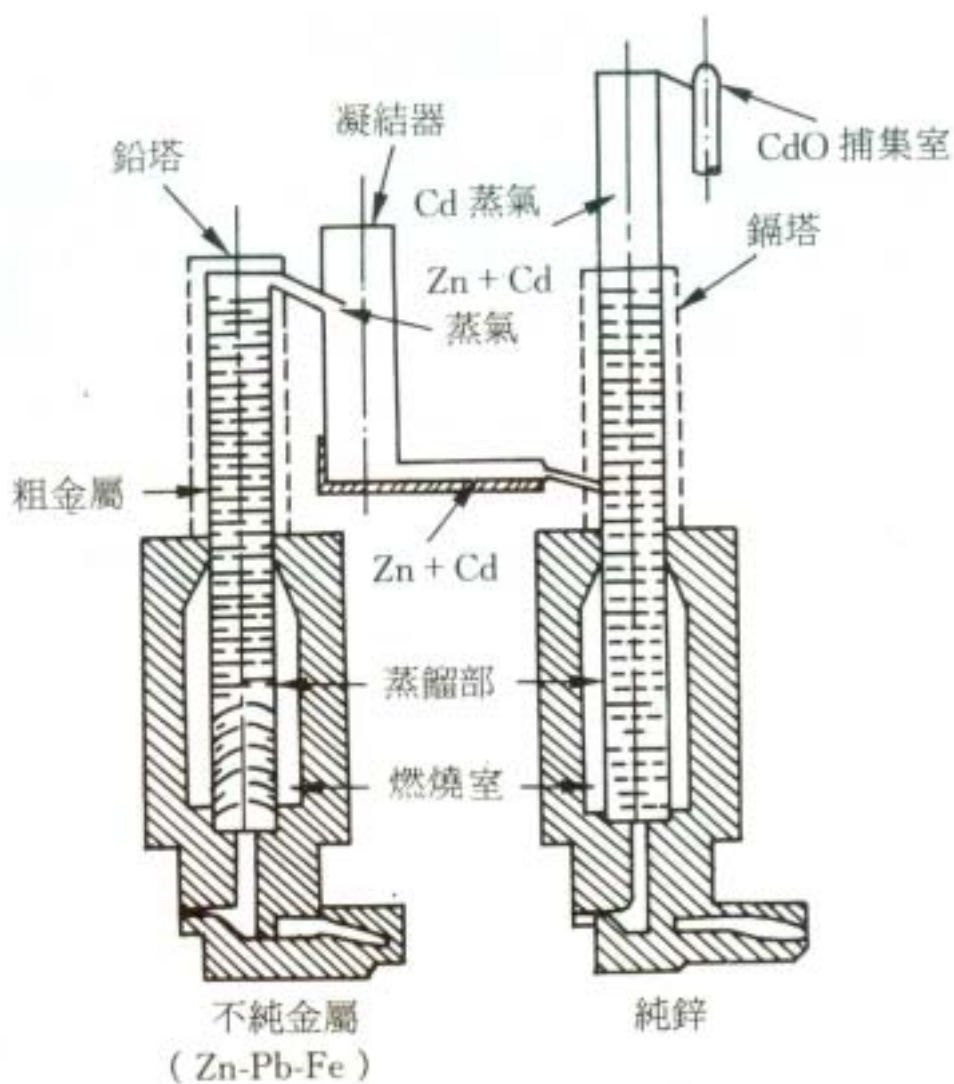


圖10.9 精餾爐

在高溫的還原性氣氛下鋅容易揮發，因此利用這種性質可從含鋅廢棄物分離金屬鋅或氧化鋅。維爾滋爐、還原爐等方法、半熔礦爐法、豎型蒸餾爐法、電爐法、ISP 法等都屬本方法。ISP 法已在熔煉章已少許述及。

一般鋅會附帶鎘，但鎘比鋅在低溫下揮發，所以先被捕集。絕少含混雜水銀，但正如已在焙燒章已提過，因此水銀更低溫下揮發，其捕集須特別加以注意。

濕式處理法

資源化各種廢棄物特別是含金屬廢棄物時，應採乾式法或濕式法當視其需求而異。但一般而言，品位較低，所含金屬種類複雜時採濕式法的情況較多。

濕式法可進行較細的分離，但比起乾式法其生產力較低。相對地乾式法的生產力雖高，但從石油危機以來由於油價之上漲，高溫焙燒、熔融、成本相當高，所以情況已有少許轉變。

乾式法與濕式法正因在廢棄物的處理、資源化上其優劣點相抵觸，目前所採行的方法也是乾式法濕式法各半的狀態。

濕式法比乾式法所對應的單元操作較多，因此無法將其全部加以記述。不過對特別是含有各種金屬的廢棄物資源化，則有濕式煉製一向採用的浸出、固液分離、中和沉澱成為硫化物沉澱的方法、滲金屬法、離子交換樹脂法、滲透膜法、溶媒抽出法、電解分離法等，以各種適當的組合被採用。

各種技術也日新月異，進步相當驚人，濕式法過去被認為不如乾式法，但已改善不少，正等待更進一步的技術開發。

濕式法不像乾式法之焙燒爐、熔煉爐之類構造複雜，大體上是以單純的槽加上若干附屬裝置組合而成。在浸出、中和沉澱、硫化物沉澱等個別說明之前，先就組合這些主要操作的實例加以說明。

上面曾以圖 1.7 表示過同和精礦公司尼崎工廠之金屬回收工程，由該圖不難理解將塵埃、污泥類之浸出、溶解、固液分離、鐵及鋅等之中和沉澱分離、銅及鎳之滲金屬法等做有機性的組合以分離金屬的例子。

圖 10.10 表示同和礦業公司小坂礦業利用濕式煙灰處理工廠處理自熔爐煙灰、佇藏煙灰、轉爐煙灰等，以分離回收銅、鉛、鋅、鎳等。此地也同樣將浸出、固液分離、中和、滲金屬法等之單元操作加以有機性的組合，使各種金屬有效分離。

砷與煙灰處理工程所發生氫氧化鐵同時成為安定的砷酸鐵、堆積於專用儲槽。鉛以硫酸鉛形態排出，經過迴轉離處理後以電解精裝成高純度電解鉛。從電解殘渣可分離回收銻、銻、銀等。

諸如此類，如何將每一個操作做有機性的搭配也是今後的一個重要課題。

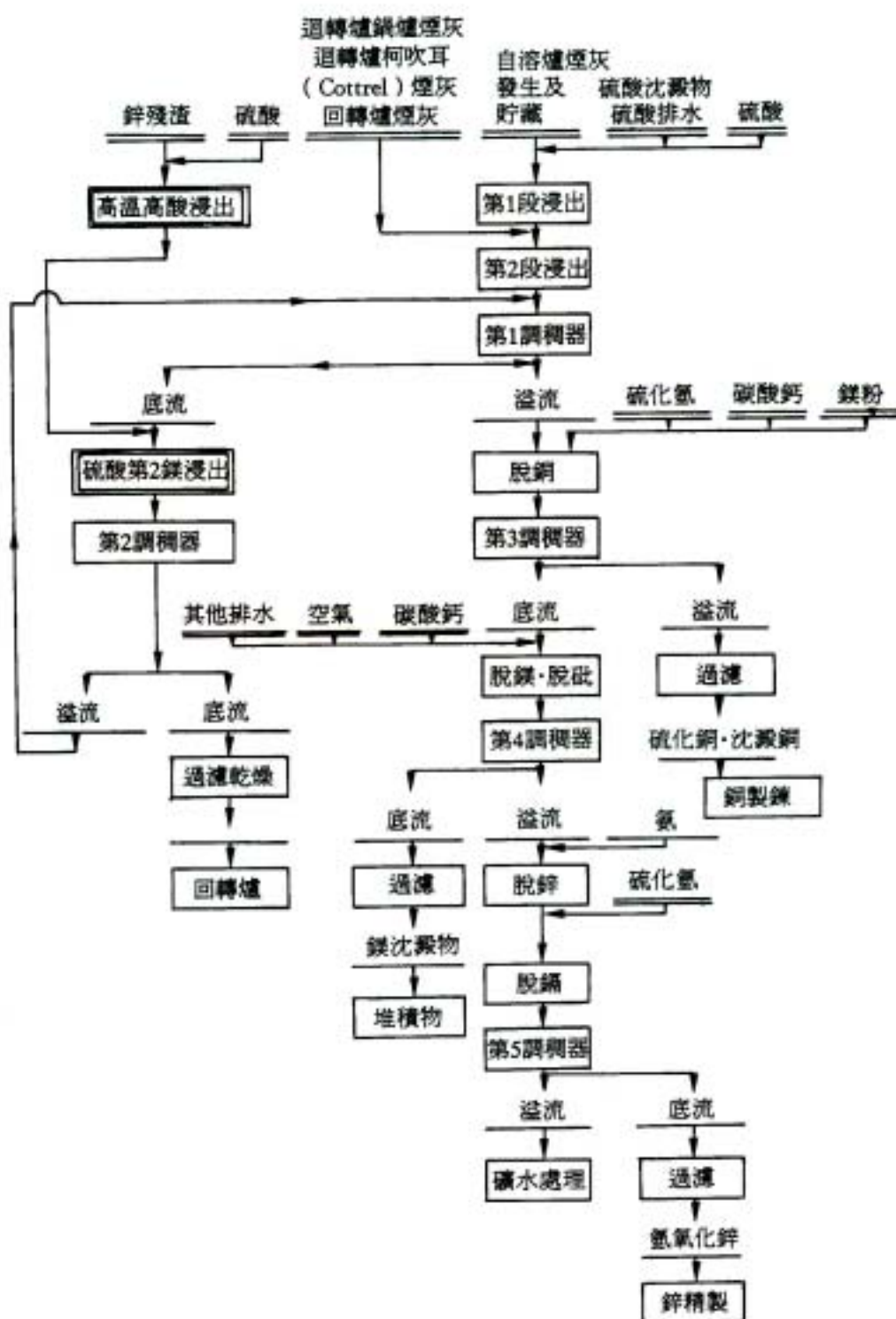


圖10.10 濕式煙灰處理作業系統圖

浸出、溶解

浸出工程中之溶液在酸性或鹼性進行，應視對象廢棄物分別選擇。大體上在酸性溶液進行的情形較多，尤以硫酸性溶液較普遍。目前耐酸性材料已容易獲得，因而浸出槽亦可自由選擇，以鹽酸酸性溶液浸出的例子也增加。鹽酸系比硫酸系容易組成封閉式系統為其優點。

常溫常壓下無法充分浸出時，勢必採取高溫高壓，這時可利用高壓鍋，但高壓鍋之操作比常壓下煩雜。

只浸出廢氣物中之目的成分的選擇性浸出廣泛被採用，這時常用的溶劑為鹼性，特別是鹼性溶液。

鎳、鈷、銅等易在鹼性溶液中成為銨醃體浸出，利用這種性質可將鐵、鋁等與鎳、鈷、銅加以分離。

藉氫氧化鈉從鋁土礦選擇浸出鋁，以製造高純度鋁的工程稱為拜耳(Bayer)法，在鋁煉製程上自古即被採用，到目前仍盛行。鋁以鋁酸鈉的型態被浸出，鐵成為殘渣而分離。

溶劑除變化為酸鹼外，可採加氧化劑或還原劑以進行浸出。錳團塊可以用亞硫酸、氯化亞鐵等還原劑輕易浸出錳，隨之鎳、鈷、銅等亦以高浸出率溶出。

中和沉澱

一般稱酸性物質與鹼性物質的反應為中和，常見的有在酸性溶液中加入石灰等鹼性物質以達到中和的例子。從 pH3 附近產生氫氧化鐵的沉澱、持續升高 pH 則產生氫氧化鋁的沉澱。將混有各種金屬的溶液以鹼中和，使之依序產生金屬氫氧化物沉澱分離，可以說是溶液處理中最為簡單的方法，因而普遍被採用。表 10.2 為金屬氫氧化物之溶解度積。

依據這些可求得 pH 與溶解金屬之關係。溶解度積為 K_s ，則 M^{2+} 時，

$$K_s=[M^{2+}][OH^-]^2 \quad (1)$$

$$\log[M^{2+}]=\log K_s-2\log[OH^-] \quad (2)$$

$$\text{設水之離子積為 } K_w, K_w=[H^+][OH^-]=10^{-14} \quad (3)$$

$$\text{又 } pH=-\log[H^+] \quad (4)$$

將(3),(4)帶入(2)

$$\log[M^{2+}]=\log K_s-2\log K_w-2pH=\text{const} \cdot -2pH \quad (5)$$

同理 M^{3+} 時

$$\log[m^{3+}]=\text{const} \cdot -3pH \quad (6)$$

表 10.2 金屬氫氧化物之溶解度積、金屬離子濃度與 pH 之關係

金屬離子	解離反應	溶解度積	金屬離子濃度與 pH 之關係
Fe ³⁺	Fe(OH) ₃ = Fe ³⁺ + 3OH ⁻	6.3×10 ⁻³⁸	log [Fe ³⁺] = 4.78 - 3 pH
Al ³⁺	Al(OH) ₃ = Al ³⁺ + 3OH ⁻	5.0×10 ⁻³³	log [Al ³⁺] = 9.70 - 3 pH
Cr ³⁺	Cr(OH) ₃ = Cr ³⁺ + 3OH ⁻	6.0×10 ⁻³¹	log [Cr ³⁺] = 11.78 - 3 pH
Sn ²⁺	Sn(OH) ₂ = Sn ²⁺ + 2OH ⁻	3.0×10 ⁻²⁷	log [Sn ²⁺] = 1.48 - 2 pH
Cu ²⁺	Cu(OH) ₂ = Cu ²⁺ + 2OH ⁻	1.6×10 ⁻¹⁹	log [Cu ²⁺] = 9.20 - 2 pH
Cr ²⁺	Cr(OH) ₂ = Cr ²⁺ + 2OH ⁻	1.0×10 ⁻¹⁷	log [Cr ²⁺] = 11.00 - 2 pH
Zn ²⁺	Zn(OH) ₂ = Zn ²⁺ + 2OH ⁻	4.5×10 ⁻¹⁷	log [Zn ²⁺] = 11.65 - 2 pH
Ni ²⁺	Ni(OH) ₂ = Ni ²⁺ + 2OH ⁻	1.6×10 ⁻¹⁶	log [Ni ²⁺] = 12.20 - 2 pH
Fe ²⁺	Fe(OH) ₂ = Fe ²⁺ + 2OH ⁻	1.8×10 ⁻¹⁵	log [Fe ²⁺] = 13.26 - 2 pH
Pb ²⁺	Pb(OH) ₂ = Pb ²⁺ + 2OH ⁻	4.2×10 ⁻¹⁵	log [Pb ²⁺] = 13.62 - 2 pH
Cd ²⁺	Cd(OH) ₂ = Cd ²⁺ + 2OH ⁻	2.0×10 ⁻¹⁴	log [Cd ²⁺] = 14.30 - 2 pH
Mn ²⁺	Mn(OH) ₂ = Mn ²⁺ + 2OH ⁻	2.0×10 ⁻¹³	log [Mn ²⁺] = 15.30 - 2 pH
Mg ²⁺	Mg(OH) ₂ = Mg ²⁺ + 2OH ⁻	8.9×10 ⁻¹²	log [Mg ²⁺] = 16.95 - 2 pH

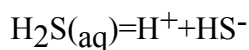
其結果如表 10.3，將其圖示於圖 10.11。依溶解度積較小的順序產生各氫氧化物，又顯示 pH 越高其金屬濃度越小。鋁、格、鋅、鉛等 pH 越高即有再溶解現象，但在中和沉澱分離時，包括這些都可進行各金屬之分離。

單純的水溶液時，如圖 10.11 依序會生成沉澱，可據以分離各金屬，但實際上因數種金屬離子混在一起，當這些沉澱時，由於共析現象，即使在比生成該金屬氫氧化物的 pH 較低處也沉澱，而常僅可獲得混和氫氧化物而已。

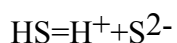
碳化物沉澱

這是藉硫化氫、硫化鈉、氫硫化鈉等，將水溶液中之各金屬做為硫化物回收的方法。表 10.4 為金屬硫化物之溶解度積。

以此為基礎來看各種金屬硫化物之溶解與[S²⁻]的關係即為圖 10.12



$$K_1 = [\text{HS}^-][\text{H}^+]/[\text{H}_2\text{S}] = 1.1 \times 10^{-7} \quad (1)$$



$$K_2 = [\text{H}^+][\text{S}^{2-}]/[\text{HS}^-] = 1 \times 10^{-14} \quad (2)$$

表 10.3 銅鍊製作業資料之例（昭和 52 年度月分）

自 溶 爐	裝 入	銅礦		62.262t						
		沈澱銅		124t						
		金銀礦		72t						
		銅渣		691t						
		其他		5.274t						
		回熔		4.672t						
		計		73.095t						
		種類	量 (t)	分析值（%）						
			Cu	Fe	S	SiO2	Pb	Zn		
	銅礦	62.262	28.1	25.6	28.7	—	0.34	0.67		
裝入全體	73.095	26.2	—	25.4	—	—	—			
產 出	鑄塊	29.494	59.3	16.0	22.8	—	0.59	0.57		
	熔渣	33.300	0.58	39.7	0.71	33.0	0.25	1.29		
轉 爐	裝 入	鑄塊		30.619t						
		珪酸礦		2.635t						
		回銅渣		24t						
		回熔（鑄造、粗銅等）		8.206t						
		其他		1.144t						
		計		42.628t						
	產 出	轉爐粗銅		22.265t						
		轉爐渣		11.957t						
爐 渣 選 礦	裝入	轉爐爐渣		15.369t						
	產 出	爐渣精銅礦		3.543t(Cu 30.00%)						
		爐渣精鐵礦		11.826t(Cu 0.41%)						

（日本礦業協會調查）

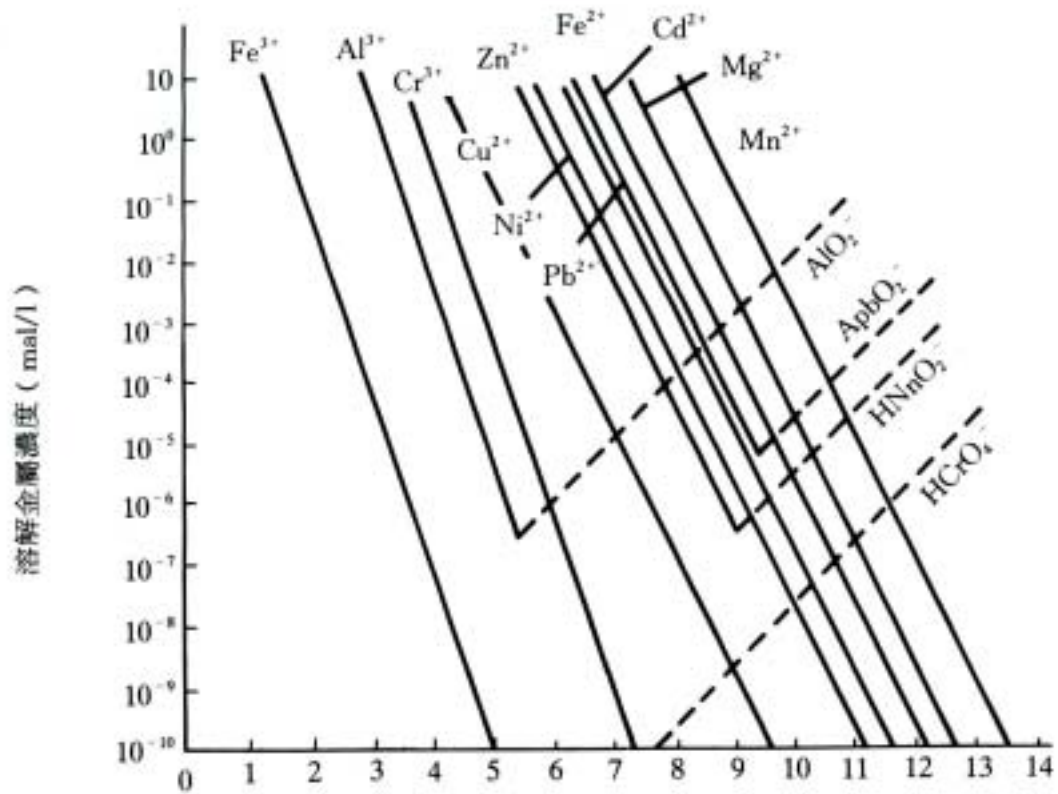


圖10.11 各種金屬水酸化物之溶解度與 pH 之關係

表 10.4 金屬硫化物之溶解度積

金屬離子	解離反應	溶解度積
Hg^{2+}	$\text{HgS} = \text{Hg}^{2+} + \text{S}^{2-}$	1.6×10^{-54}
Ag^+	$\text{Ag}_2\text{S} = 2 \text{Ag}^+ + \text{S}^{2-}$	6.3×10^{-50}
Hg^+	$\text{Hg}_2\text{S} = 2 \cdot \text{Hg}^+ + \text{S}^{2-}$	1.0×10^{-45}
Cu^{2+}	$\text{CuS} = \text{Cu}^{2+} + \text{S}^{2-}$	8.0×10^{-37}
Pb^{2+}	$\text{PbS} = \text{Pb}^{2+} + \text{S}^{2-}$	7.0×10^{-29}
Cd^{2+}	$\text{CdS} = \text{Cd}^{2+} + \text{S}^{2-}$	1.0×10^{-28}
Zn^{2+}	$\text{ZnS} = \text{Zn}^{2+} + \text{S}^{2-}$	7.0×10^{-26}
Co^{2+}	$\text{CoS} = \text{Co}^{2+} + \text{S}^{2-}$	5.0×10^{-22}
Ni^{2+}	$\text{NiS} = \text{Ni}^{2+} + \text{S}^{2-}$	3.0×10^{-21}
Fe^{2+}	$\text{FeS} = \text{Fe}^{2+} + \text{S}^{2-}$	4.0×10^{-19}
Mn^{2+}	$\text{MnS} = \text{Mn}^{2+} + \text{S}^{2-}$	7.0×10^{-16}

從(1),(2)式， K_1 ， $K_1=[S^{2-}][H^+]^2/[H_2S]=1.1 \times 10^{-21}$ (3)

因 H_2S 在 1 大氣壓， $25^\circ C$ 的溶解度為 $3.38g/l=0.1mol$,

$$\therefore [S^{2-}]=1.1 \times 10^{-22}/[H^+]^2 \quad (4)$$

溶解度積 $K_{sp}=[M^{2+}][S^{2-}]$ (5)

$$=[M^{2+}]^2[S^{2-}]$$

從(4)式及(5)式

$$[H^+]^2=1.1 \times 10^{-22}[M^{2+}]/K_{sp} \quad (6)$$

從(6)式試算將金屬離子濃度降至 $10^{-6}mol/l$ 程度的 pH 值可得如表 10.5。

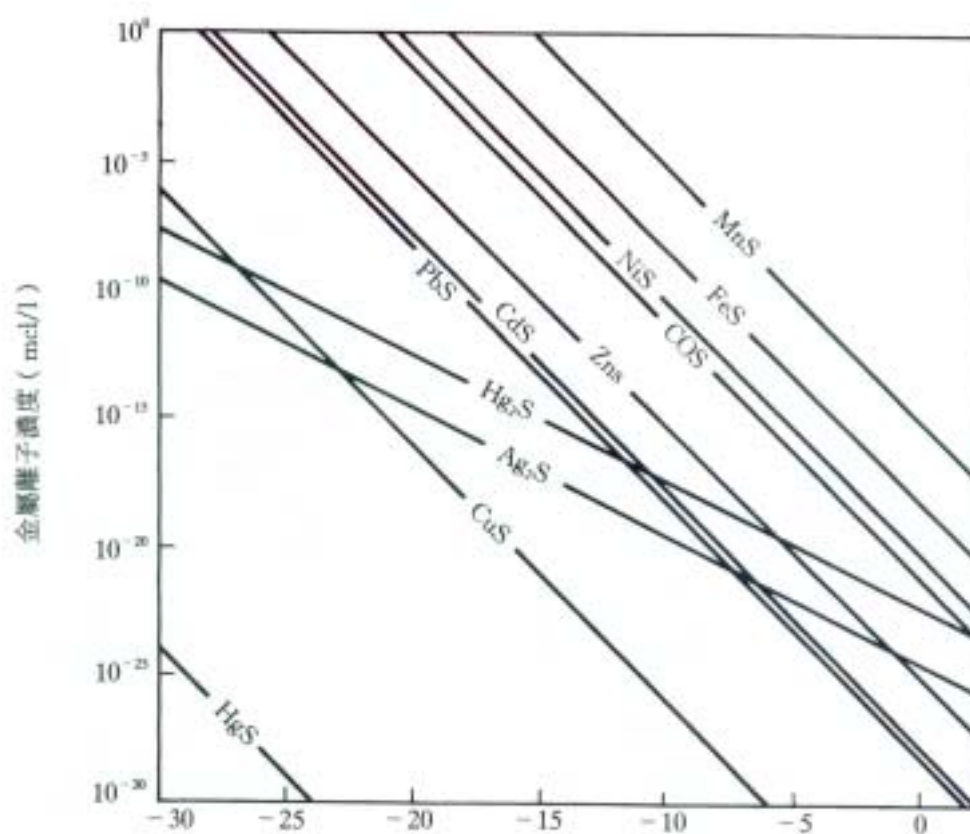


圖10.12 各種金屬硫化物之溶解度與 $[S^{2-}]$ 之關係

表 10.5 金屬離子濃度 10^{-6}mol/l 之 pH

Mn^{2+}	Fe^{2+}	Ni^{2+}	Co^{2+}	Zn^{2+}	Cd^{2+}
6.40	4.78	3.72	3.33	1.40	0

(設 H_2S 之溶解度 0.1mol)

如果高於這些 pH 值，即可使金屬離子濃度在 10^{-6}mol/l 以下。不過這時 H_2S 的溶解度係以固定不變的值來計算，如溶液的 pH 變低， H_2S 的溶解度將減低，所以考慮這些因素，則表 10.5 的 pH 值應少許偏高。

利用金屬硫化物溶解度之差，從水溶液依序分離回收金屬，似乎如同氫氧化物同樣可做到，但其實並不那麼單純。

在溶液中如有 Fe^{3+} ， CrO_4^{2-} 等，則硫化劑將被消耗這些量，而懸濁乳膠狀的游離硫磺。由於游離硫磺或金屬硫化物不易沉澱，必須要有去除殘存的 S^{2-} 的步驟，以及硫化劑價格不便宜等等關係，實施例並不多。有應用於銅、鉛、砷、鎘等之例子。

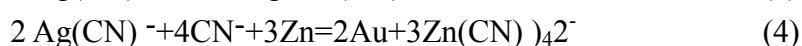
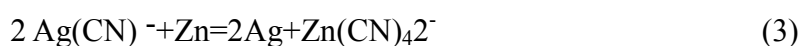
滲金屬法(Cementation)

銅礦山的廢水溶有硫酸銅，在此廢水中投入廢鐵以採取沉澱銅的例子，日本的小坂土銅、尾去澤礦山都可見到。

在含各種金屬的溶液中加入比目的金屬離子趨勢大的金屬，即產生置換反應而析出貴金屬。這叫做滲金屬法，如上述，這在濕式煉製中也是重要單元操作之一種。

對多種金屬以離子化趨勢之大小排順序可得金屬之離子化列，大體為：

$\text{K} > \text{Ca} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{Al} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cd} > \text{Fe} > \text{Co} > \text{Ni} > \text{Sn} > \text{Pb} > (\text{H}) > \text{As} > \text{Cu} > \text{Bi} > \text{Sb} > \text{Hg} > \text{Ag} > \text{Pt} > \text{Au}$



在(1)~(5)式列了幾個滲金屬法，(1)式為沉澱銅之生成反應式。(2)式及(5)式在鋅煉製之淨液工程經常被採用。又(3)式及(4)式為在金、銀之氰化煉製時以鋅粉末之金、銀滲金屬法。

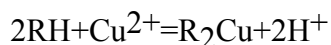
溶媒萃取

由於離子交換樹脂之出現，在濕式煉製開拓了新領域，同時由於各種有機溶媒之出現，在今後之濕式煉製更有創新的可能性。在混和器、沉降器或脈動柱等之進步外，加上 LIX，Kelex 等之銅選擇性有機溶媒之出現，使得溶媒萃取法不限於鈾即其他如鈾、鈾等之特殊金屬，也己能適用於銅、鎳、鈷、鋅等普通金屬。

溶媒萃取法之普及與有機溶媒之價格下降也有關，如能廉價供應，則溶媒萃取法將更有光明的將來。表 10.6 為目前已開發的萃取試藥。可分為中性萃取試藥、酸性萃取試藥、鹼性萃取試藥。另外表 10.7 為溶媒萃取工場。

萃取試藥直接使用時因粘性大，所以普通都加煤油或甲苯稀釋使用。如廢水處理從大量水溶液中萃取微量的金屬時，萃取試藥或稀釋劑對水的溶解度即成問題，因此從損失溶媒的觀點上，對廢水處理的應用例並不多。

對象金屬已應用，但配合各有機溶媒之金屬萃取曲線，調整水溶液之條件，尤其是 pH 的調節室極為重要的。與銅的反應式可以如下式表示，



隨萃取量之變化溶液會轉移為酸性側，圖 10.13 為藉 Kelex 100 萃取各金屬時受到 pH 之影響的關係圖，由圖不難理解 pH 下降，銅的萃取率也隨著下降。研究 LIX64 N.RD529 的結果也有同樣趨勢。

為保持 pH 的最適條件，必須添加一定量的鹼，實際操作即顯得煩雜。將水溶液保持在鹼性的萃取溶媒尚可，惟對氨的回收而言，則比酸性溶液複雜。

水溶液之 Fe^{3+} 濃度高時，由圖可知隨銅之溶媒萃取 Fe^{3+} 的萃取量也不可忽略，因而在銅之萃取前也應考慮設置萃取 Fe^{3+} 的步驟。

也有以硫化鎳、鈷混合物為原料，將其浸出後，對所得鎳、鈷混合液採取溶媒萃取法的例子。

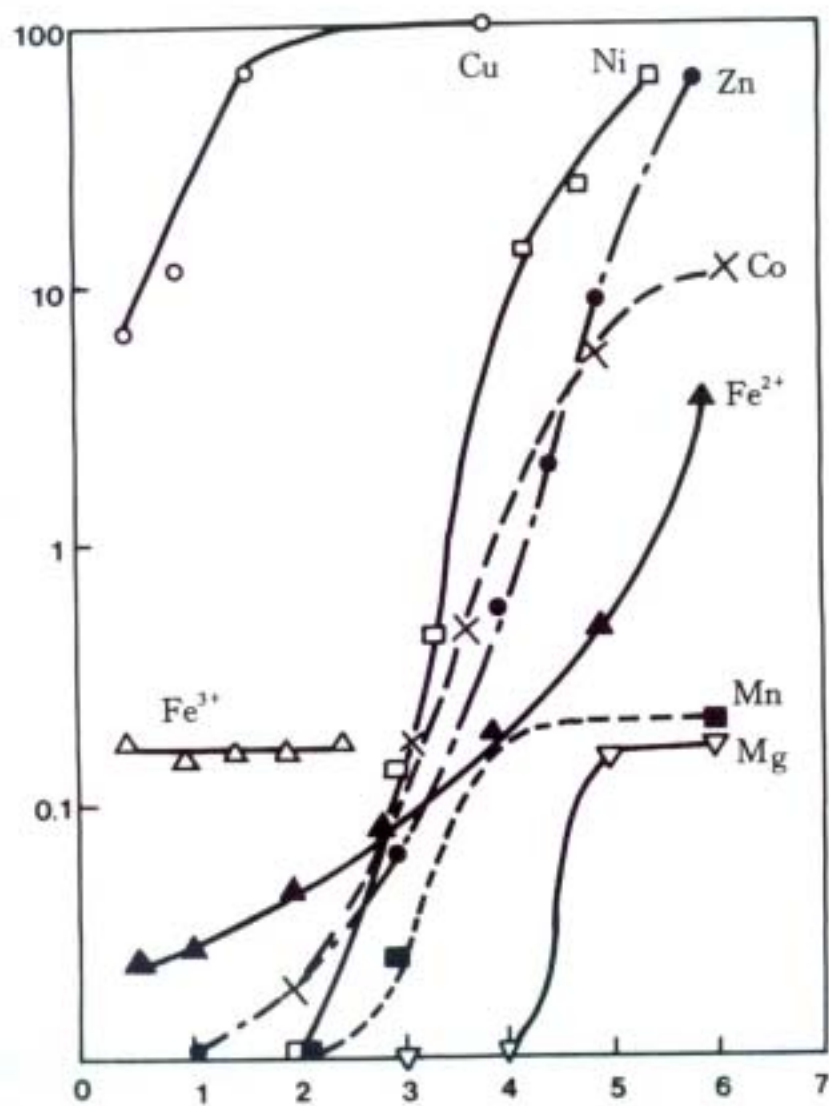
日本在住友金屬礦山公所別子事業所，以及日礦鎳、鈷煉製公司兩處。溶媒萃取工程雖有少許差異，但對水溶液中之鎳、鈷以外之金屬即鐵、銅、錳等均預先以淨液工程去除。溶媒萃取後，由逆萃取所獲得的高純度鎳、鈷溶液則經由電解採取而獲得更高純度的鎳、鈷等金屬。

表 10.6 萃取試藥

NO.	名稱	製造廠	對象金屬
中性萃取試藥	TBP MIBK C ₄ —C ₅ alc DBC	一般市販 一般市販 一般市販 一般市販	U、Re HNO ₃ 、HF Zr、HF Nb、Zr、HF H ₃ PO ₄ Au
酸性萃取試藥	Naphthenic. Acid Versatic acid D ₂ EHPA Moonion EPH DP-8R D ₂ EHDTPA LIX63 LIX64 LIX64N LIX65N LIX70 LIX71 LIX73 Kelex100 Kelex120 RD529 P-1 Polyol	Shell、Exxon、他 Shell Union Carbide 花王 大八化工 General Mills General Mills General Mills General Mills General Mills General Mills General Mills General Mills Ashland Chemical Ashland Chemical Shell Acorga 一般市販	M ²⁺ Rare earth Cu、Ni Zn、Ni、Co、Fe Be、V、U Rare earth As Cu Cu、Ni Cu、Ni Cu、Ni Cu、Ni Cu、Ni Cu、Ni Cu、Ni Cu、Ni、Co Cu、Ni、Co Cu、Ni Cu B
鹼性萃取試藥	Primen JMT LA-1、LA-2 Atamin336 Adogen368 Farmin T08 Alamin308 Adogen381 Aliquat336 Adogen464	Rohm & Haas(Organo) Rohm & Haas(Organo) General Mills Ashland Chemical 花王 Co General Mills Ashland Chemical	U、W U、V、W Co、Mo Re V Cr

表 10.7 溶媒萃取工場

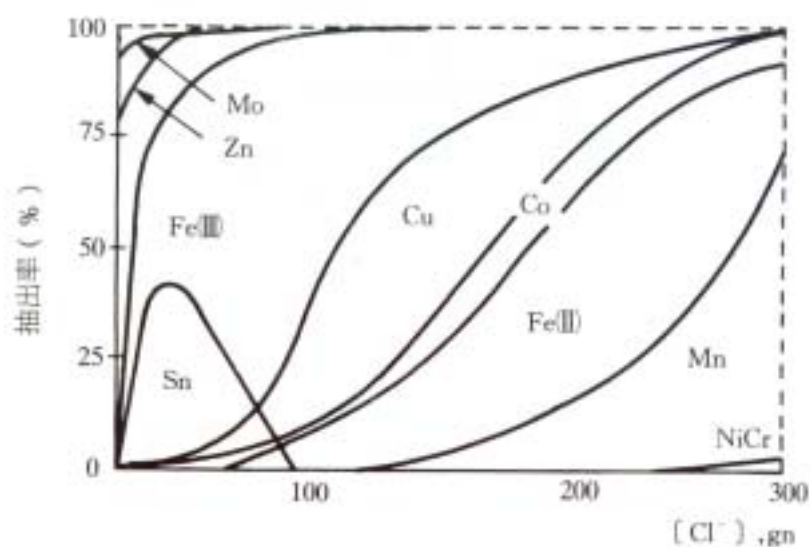
對象 金屬	工 場 名	水溶液	抽出劑	備註
Au	Inco.U.K	HCF HNO	Dibutyl carbitol	陽極電解液中萃取回收
B	American Potash and Chemical. U.S.A	鹽水	Polyol	
Be	Brush Beryllium Co.	H ₂ SO ₄	Organo phospgate	
Br	Vitro Minerals & Chemical	H ₂ SO ₄	D ₂ EHPA	
Co.Ni	Israe Min. Ind.	死海鹽水	Tetrabromoethane	
	Inco. Canada	H ₂ SO ₄	D ₂ EHPA	Mixer-settler
	The Pyrites Company Inc.	H ₂ SO ₄	D ₂ EHPA	
	Cullspang Electrochemical Co., Sweden	HCl.CaCl ₂	TOA	
	Falconbridge Nichel. Kristiansand	Ni 鑄塊 HCl 浸出	TBP Fe TIOA CU.CO	Mixer-settler
	住友金屬礦山、日本礦業	H ₂ SO ₄ HCl	Versatic acid D ₂ EHPA	Ni-Co 混合硫化物
Cu	Ranchers Bluebird. U.S.A	酸化礦硫酸浸出	LIX64N	7,000ton/年
	Bagdab Copper. U.S.A	酸化礦硫酸浸出	LIX64N	7,000ton/年
	Nchanga ConSolidated. Zambia	酸化礦硫酸浸出	LIX64N	90,000ton/年
	Capital Wire and Cable Co., U.S.A	NH ₄ OH.(NH ₄) ₂ CO ₃	LIX64N	廢 Cu
	SEC Oorp., El Paso.U.S.A.	Cu 電解尾液	LIX64N	1,820ton/年
	Johoson Matthey & Co. Ltd.,U.K.	Cu,Ni		
	Cyprus Johnson.U.S.A.	酸化礦硫酸浸出		5,000ton/年
Mo	Anamax. U.S.A.	酸化礦硫酸浸出		30,000ton/年
	Kerr McGee.U.S.A.	H ₂ SO ₄	Tert. amine	
	Kennecott Corp., U.S.A.	H ₂ SO ₄	Trilauryl amine	
Nb.Ta	Wah Chang, U.S.A.	H ₂ SO ₄ —HF	MIBK	Puls column
	Marincdrott, U.S.A.	H ₂ SO ₄ —HF	MIBK	
	Murex.U.K.	H ₂ SO ₄ —HF	MIBK	Mixer settler
	三井金屬、日本	H ₂ SO ₄ —HF	MIBK	Puls column
	Metallurgie Hoboken, Belgium	H ₂ SO ₄ —HF	MIBK	
	Hermann C.Stark, W.Germany	H ₂ SO ₄ —HF	MIBK	
PO ₄	Israel Min. Ind.	H ₂ SO ₄ —CaCl	C ₄ —C ₅ Alcohol	最初之 Plant(7ton/a)
Rare earth	Thorium Lid., U.K.	HNO ₃	TBP	
	Rare Earth Products Ltd., U.K.			Thorium Ltd.,Jonson Matthey Ltd., joint comp.
	Denison Mines, Canada	H ₂ SO ₄	D ₂ EHPA	Podbielnia 抽出器
	Megon,Norway	H ₂ SO ₄	D ₂ EHPA	Mixer settler
	Molybdenum Corp. U.S.A.	鹽酸浸出	D ₂ EHPA	Mixer settler
Re	Yurium Ltd.			Thorium Ltd 之技術
V	日本 Yttrium			Thorium Ltd 之技術
	Shattuck Chimical Co.	H ₂ SO ₄	quat. or tert amine	MoS ₂ 礦副產物
	Union Carbide Co. U.S.A.	氯化培燒浸出液	tert. amine	Podbielniac 抽出器
	Kerr Mcgee. U.S.A.	石灰添加氯化培 燒浸出液	tert. amine	Ferro phosphous. Mixer settler
	Swsquwhana Western 其他 8 工場 U.S.A.	H ₂ SO ₄	D ₂ EHPA tert.amine.quat. amine sec.amine tert. amine	U—V 礦石
W	Union Carbide Co.,U.S.A.	H ₂ SO ₄		Na ₂ CO ₃ 浸出
Zr.HF	其他 2 工場 U.S.A.			
	Amax Corp. S.A.	H ₂ SO ₄ —SCN	MIBK	
	Wah Chang Corp., U.S.A.	H ₂ SO ₄ —SCN	MIBK	
	其他 Germany. U.K. 日本	H ₂ SO ₄ —SCN	MIBK	
	Eldorado Nuclear. U.S.A.	HNO ₃	TBP	Mixco columu
	其他 France. U.S.A.	HNO ₃	TBP	
U	Eldorado Min & Ref.他多數	H ₂ SO ₄	Amine	U.S.A.14 工場中 7
	Kerr McGee oil.他多數	H ₂ SO ₄	D ₂ EHPA	工場
	Fernald Ohio 他	HNO ₃	TBP	



原液：各金屬5g/l，溶媒：Kelex 100, 0.5M,
水相/有機相 = 3/1，處理時間：3min

圖10.13 藉 Kelex100萃取各金屬時受之於 pH 之影響

目前雖然未將含鎳、鈷廢棄物積極資源化，但是將來很可能會有一番作為。
圖 10.14~10.16 為三級銨、D2 EHPA、Versatic 9 之萃取曲線。



有機相：25% Alamine 336,
15% dodecanol in Kerosene

水相：[Me] = 1g/l, pH ~ 2,
CaCl₂溶液

圖10.14 藉叔胺之金屬萃取曲線——氯離子濃度之效果

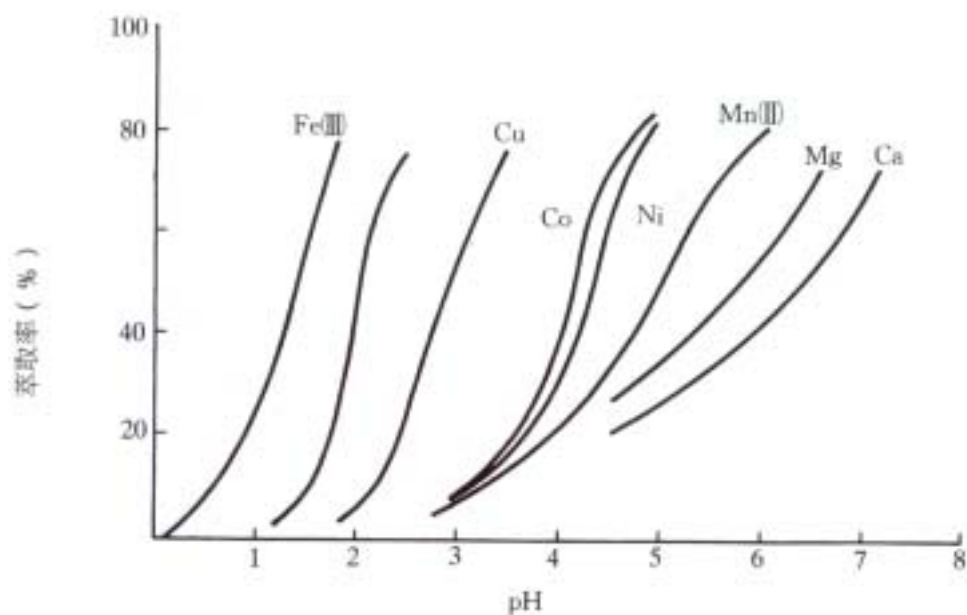


圖10.15 藉 D2 EHPA 之金屬萃取曲線

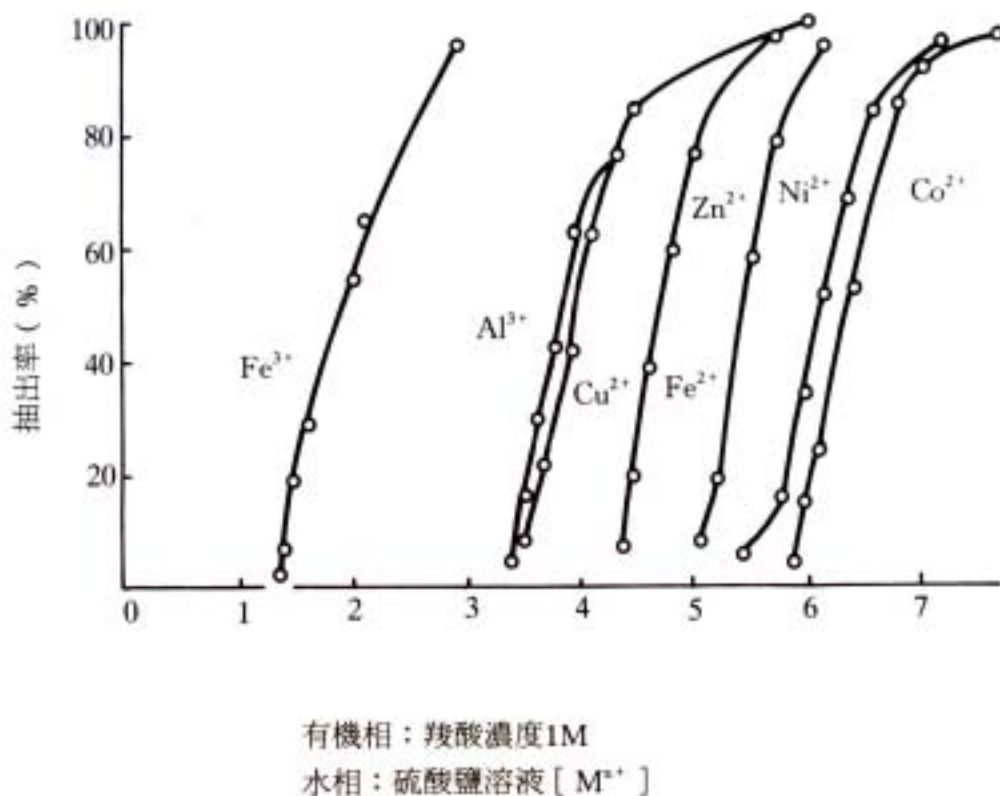


圖10.16 藉 Versatic 9之萃取曲線

電解

以粗銅為陽極電解即如同前述，在陰極可獲得高純度銅。粗銅中的金、銀殘留於粗銅中，或成為電解殘渣沉降於電解槽底，可做為高純度金、銀回收。

同樣，以粗鉛做為陽極電解，則在陰極獲得電解鉛，粗鉛中的金、銀同樣殘存於粗鉛中。銻、鉍等也成為電解殘渣而殘存，而由此可回收銻、鉍。

順著離子化趨勢，貴金屬成為電解殘渣殘存，卑金屬則溶出依序蓄積於電解液中。電解銅時砷、鎳等在電解液中將被濃縮，這些必須定期抽出於系統外。

如果陽極為粗銅、粗鉛等金屬時，即成為電解精製，但如陽極為不溶性電極時，即為電解採取。前述之從氯化鎳、氯化鈷，使鎳、鈷電著於陰極也相當於電解採取。

電解採取時，有時在電解槽放進隔膜分為兩室，以防止陽極室液與陰極室液相互混合之作法。這時在陽極側會產生電解氧化，陰極側則因電解還原而附著高純度金屬。

藉電解從含各種金屬的混合溶液順序分離金屬雖有可能，但離子化趨勢近似之金屬間的電解分離並不簡單，而大體上成為同時電著。

銅電解中對銅與砷的混合液可進行脫銅電解。這時電解液中的銅逐漸減少，繼續電解則附著砷化銅，目前也在進行將蓄積於電解液中的砷，不以電解而以溶媒萃取等分離方法進行的研究中。

銅電解、鉛電解主要為電解精製，但鋅則屬電解採取。陽極使用鉛極，陰極使用鋁。鎘與鋅同樣，也是利用電解採取，使金屬鎘附著於陰極。

汞齊法

正如水會溶解多種物質，水銀也會溶解多種金屬而生成汞齊。過去在金、銀的煉製常採用汞齊法，但由於水銀之環境污染問題，本法已消失其行蹤至今。

但被優異技術所保證的雙重、三重的安全裝置下，利用水銀所具有的神奇特性的汞齊法的檢討，為今後各種金屬的分離，可能再度發揮它的威力。

做為高純度金屬生成法之一的汞齊煉製的實施例為數不少，但這種汞齊煉製法可以說是在前述之滲金屬法、電解精製、電解採取等引進汞齊法有機性地組合而成者。

可分為從粗金屬原料以汞齊法萃取目的金屬成分的工程與從汞齊化的金屬分離金屬的兩工程，再加以細分則如下：

【汞齊化(萃取)工程參考文獻 1.】

1. 粗金屬之直接溶解萃取。
2. 做成金屬浸出液，藉於卑金屬汞齊之接觸置換反應而萃取。
3. 做成金屬浸出液，使其電解析出在陰極(Hg)而萃取。

【汞齊分解(分離)工程】

1. 晶析過濾分離。
2. 蒸發水銀分離殘渣。
3. 溶解陽極(汞齊)，使之在陰極電解析出而分離。

由於這些各工程之組合，本汞齊煉製法比起已往之金屬煉製工程，得以較少數工程即可進行純金屬之分離。圖 10.17 為金屬煉製工程圖。

有關各金屬對水銀之溶解度，已由不少研究人員測定出其基礎資料，請參見表 10.8。

銅、錳、鐵、鎳、鈷等之溶解度雖然顯示低到 10^{-2} ~ $10^{-7}\%$ ，但進行汞齊煉製時，汞齊中的金屬即使在其溶解度以上，仍對汞齊之流動性並無影響，因此銅、錳、鐵、鎳、鈷等之汞齊法煉製仍然得充分執行。

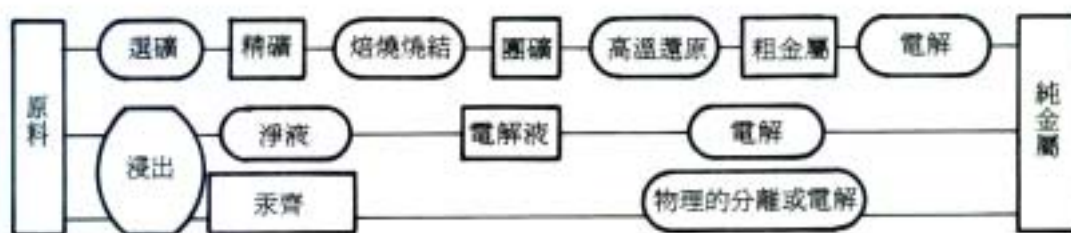


圖10.17 金屬製鍊工程圖

表 10.8 水銀中各金屬之溶解度

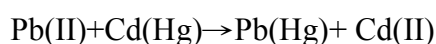
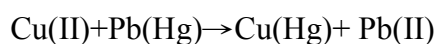
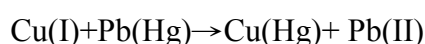
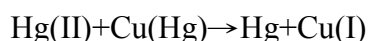
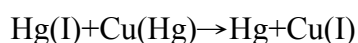
分類	金屬	溶解度 wt%	
		15~20℃	70℃
>10%	In	55	67
	Tl	43.0	52.0
1~10%	Cd	6.0	20.0
	Cs	3.5	4.0
	Zn	2.0	6.0
	Bi	1.4	11.0
	Pb	1.3	7.0
	Rd	1.2	3.5
0.1~1%	Sr	1.0	1.8
	Sn	0.6	4.0
	Na	0.6	1.0
	K	0.4	1.8
	Ba	0.3	0.8
	Ca	0.3	0.7
	Mg	0.3	0.7
0.01~0.1%	Au	0.1	
	Ag	0.04	
	Li	0.04	
10 ⁻² ~10 ⁻³ %	Cu,Mn,Al,Ge,Be		
10 ⁻⁵ ~10 ⁻⁷ %	Fe,Ni,Co,Mo,Cr,Ti,U,V,W		

藉離子化趨勢之差依序將金屬置換分離，已在滲金屬法提過，如果再引進汞齊法，則過去滲金屬法中進行得不順利的置換分離，也可使之更順暢。

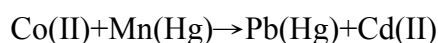
例如在鎘溶液中加鋅汞齊震盪，則在數分鐘內鎘即與鋅置換，可獲得鎘汞齊。如果選定溶液的 pH 在 1~2，則幾乎可如同 $\text{Cd}^{2+} + \text{Zn(Hg)} \rightarrow \text{Cd(Hg)} + \text{Zn}^{2+}$ 的理論式一般進行，由於汞齊之氫過電壓較高，因此幾乎無氫氣之產生。

在鋅的濕式煉製中在鋅浸出液之淨液曾加入過量之鋅粉末以置換鎘，但係在溶液之 pH 也在接近中性的情況下進行，以避免鋅粉末不致被游離的酸消耗掉。

汞齊法不限於鎘之置換，也常有效應用於各種金屬之置換，下列為幾個例子。



:
:
:



進行汞齊置換時，斷絕空氣之接觸，提高液溫，可使之較順暢。HgCl，CuCl 等因難溶於水，故提高 Cl-濃度，使之生成氯錯體，則更為有效。

汞齊法之各金屬分離順序為 Au-Ag-Hg-Sb-Bi-Cu-Pb-Cd-Ni-Zn-Fe-Co-Mn · Cr。以卑金屬之汞齊來置換鄰近之貴金屬，依序進行即可從含各種金屬之溶液中分離金屬。

汞齊法不抵置換分離，由於汞齊電解之組合，可做更有效的分離。利用汞齊法之電解採取、電解精製與汞齊置換同樣，比其他電解能較有效進行，所以正如上面以提過由這些組合就可以用少數程序分離出純金屬。圖 10.18 為分離銅、鉛、鎘、鋅的例子。

【參考文獻】

向正夫、小浦延幸：汞齊的物性與汞齊製煉、日礦業會誌 82(1966)35~51。

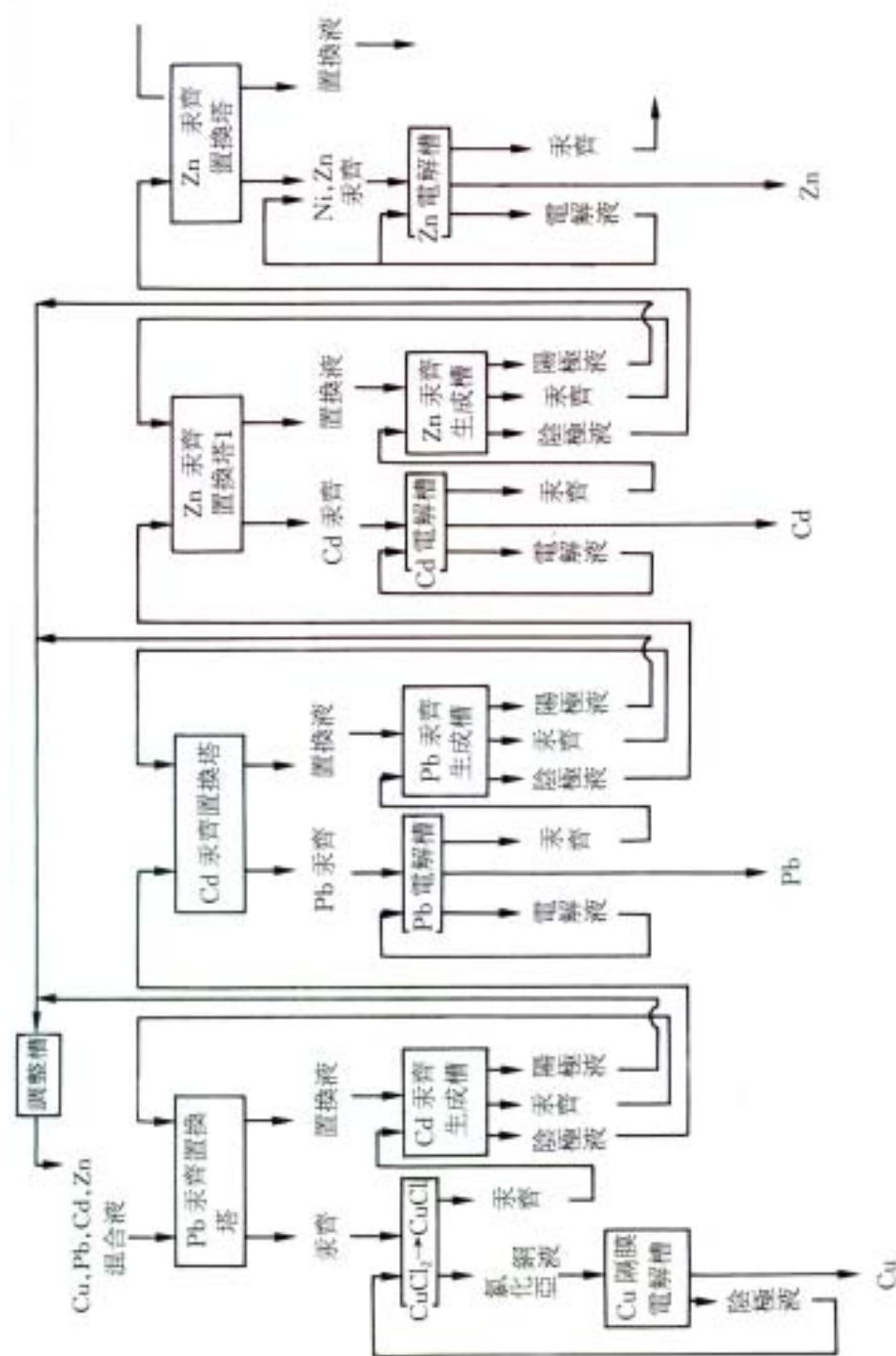


圖10.18 銅、鉛、鎘、鋅之分離工程圖

第十一章 生物處理技術

好氣性發酵

一、何謂堆肥

所謂堆肥(compost)係指以人工製成之腐植土而言。堆肥之施用於農地，完全是將獲之於大地者還之於大地，想儘可能接近大自然之物質循環，這是人類智慧而產生的運用產物。為奪回被文明社會斷絕的這種物質循環，將都市活中所排出的有機質廢棄物變為堆肥的形態還原於農地。

堆肥化的反應為藉微生物將生物可分解性有機物分解、資源化的反應。與過去農家所做，主要以厭氣性條件下做長時間堆肥的方法有所不同。通常的堆肥化方法係在好氣性條件下，盡量以短時間使原料有機物獲得生物性安定化的一次發酵過程，及施用於農地時不阻礙職務生育為目的的二次發酵過程等二各步驟所組成。

二、堆肥之原料

以都市垃圾中之有機質，廢水生物處理時所產生的污泥、畜糞、職務桿葉等廢棄物為其主要對象。

對這些主原料常常添加稻草、稻穀、木屑及其他主要為農林廢棄物等做為副原料。

三、堆肥化反應之支配因子 1~3

1.水分

為維持微生物活性的水分上限，理論上雖不存在，但母體堆積層內的過多水分將導致厭氣性條件，以致好氧性操作條件微生物活性將顯著下降。含水率的上限，可以以堆積層粒子間的空隙內不滲出水為界限值，該值隨固體之粒子特性而變化，一般都在 65~70%之範圍。含水率的下限以不影響微生物細胞內之水分濃度為限度，通常為 30%上下。

2.溫度

為原料中之病原菌或雜草的種子的死滅，只要維持 60℃ 以上的高溫 2~3 天即可。使其產生堆肥化反應速度最大的溫度為 60℃ 前後，超過 70℃ 以上的高溫

則顯著下降。為在水分較多的原料的堆肥化過程中，盡量蒸散水分，以獲得生物性較穩定的產品，最好是維持高溫，但這時應注意保持較高的排氣露點。

3.通氣

在一次醱酵條件下，為供應微生物所需要的氧氣到固體堆積層內，通氣為必要條件之一。實用過程之通氣量為，微生物所需氧氣量之 10 倍左右約 $0.05\sim 0.2\text{Nm}^3/\text{min}$ ，同時也擔負著從固相蒸發水分以及控制固相溫度之角色。在二次醱酵條件下，通常只要因堆積層表面的擴散而提供必須的氧氣即足夠。

4.翻堆

堆積層的翻堆係為促進固相之均勻反應的必須條件，在一次醱酵條件下每天須翻堆一次至兩次。以迴轉窯式的堆肥化裝置而言，隨窯之迴轉所產生固相之翻堆即可供應微生物所需氧氣。迴轉數最大以每 4 分鐘 1 轉即可。二次醱酵條件下即為每週 1~2 次的翻堆就足夠。

5.微生物

在 1 次醱酵的條件下擔任反應主要的微生物式高溫性細菌與放線菌，放線菌對惡臭物質的分解也負有重大角色。在反應初期及二次醱酵的條件下也可看到常溫性的微生物。絲狀菌主要在二次醱酵條件下發生。雖然無從期待藉特殊微生物的植種以促進堆肥化反應，但返送產品堆肥混入於原料，不但可縮短反應誘導期間，同時亦有脫臭效果。

四、堆肥化裝置

堆肥化方式可分為野外堆積方式與機械化方式兩種。前者之野外堆積方式為，通常在屋外將固體原料多積成 1~2 米高的蟹狀，從下方利用推送貨吸引方式加以通氣。一次醱酵期間以 1~2 日間隔進行堆積層的翻堆。在多雨的日本對屋內育糞的堆肥化常採用這種方式。這時須有充分的醱酵期間，普通不特別區分一次醱酵予二次醱酵。堆積層的翻堆，對大規模的野外堆積方式已開發有特別的機械，對小規模則使用鏟斗機。二次醱酵即在屋內外以堆積狀態進行醱酵，這時，堆積高度並不必要太高，翻堆頻率普通也僅為每週 1~2 次為限。

機械方式有如下的幾種方式被應用於一次醱酵時(參考圖 11.1)

1.臥型

在日本最普遍被採用。從上部開放成細長條的箱型槽的一端供應固體原料，堆積到 1~1.5 米之高，每天翻堆 1~2 次以將固體移動至他端，使之滯留必要時間，一邊從層床部強制通氣以進行堆肥化。切翻機械裝載在軌道上，可前後移動。

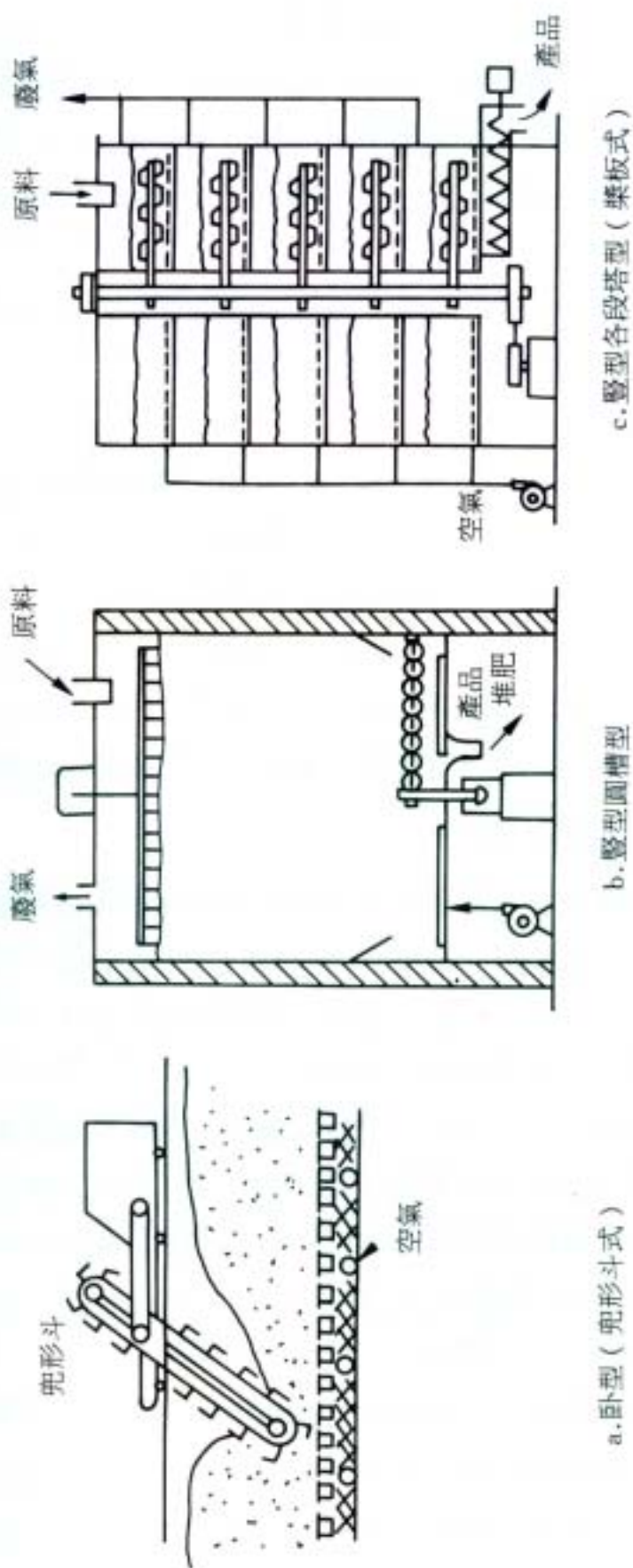


圖11.1 機械方式堆肥化裝置

2. 豎型

可分為圓槽型與多段塔型。前者為在無隔板之圓槽內由頂部供應固相原料堆積，從底部通氣使之堆肥化，經過必要滯留時間後的產品堆肥即由圓槽底部以機械方式取出。多段塔型裝置則在設有數段隔板上堆積固相原料，由上段往下段移動堆肥化。移動方法則有種種技巧。通常在隔板上之固體堆積層由上層往下層移動時進行固相之翻堆，但也有再隔板上進行機械式翻堆的裝置。

3. 迴轉窯型

將原料供應於迴轉窯之一端，如前述，藉窯之迴轉所產生之固體移動，送氧氣於堆積層內，使之反應。

4. 設備之建設費與運轉費

裝置之建設費隨堆肥化之方式、設備之規模、甚至建設年代而異，就最近的設備而言，大致可估算為設備的處理量每噸每天約 2~3 千萬日元。至於設備的運轉費包括人事費用(不含設備折舊費)每噸產品以廢氣食物等垃圾為原料時為 5 萬日元，下水道污泥時為 2.5 萬日元，畜糞時為 2.3 萬日元，植物桿葉時為 8 千日元上下。產品堆肥之售價方面，20 公斤袋裝每公斤約 20 日元，零售每噸植物桿葉以外者為 5 千日元~1 萬日元，植物桿葉堆肥為 1.5 萬日元。

五、產品堆肥之評價指標

一次醱酵後之生物性安定化的堆肥是指老鼠或蒼蠅已不感興趣，又不酸臭味的產品而言。pH 也在中性值附近，水分最好也降到 40% 左右。進一步更充分腐熟，施肥時不致給植物在生育上產生阻礙的堆肥，係指堆積狀態下已不酸熟，色彩或觸感上憑經驗可判斷為已完全成熟的產品而言。

未熟堆肥會阻礙植物生育原因，主要為有機酸之存在，堆肥後會有氨氣產生等。腐熟度之定量指標，自古就有所謂之固相成分之 C/N 比之變化，但這只不過是相對的指標，隨原料的種類，產品堆肥的 C/N 比值也有大幅度的差異。相對地，固相水抽出物之有機態 C 與有機態 N 之比率，C-org/n-org 的值，則與原料之種類無關，在完熟堆肥即顯示 5~6 之值⁴。

在農地施用時成為問題的有害物質為，下水道污泥及機械分選都市垃圾堆肥中之總水銀的濃度，常會檢出超過農林省對特殊肥料的限值 2 ppm 的情形⁵。在醱生源經由人工分選廢氣食物為原料之堆肥中的重金屬含量，比起機械分選原料而來的產品者，顯示大約低一位數之值。

厭氣性醱酵

一、甲烷醱酵之反應

甲烷醱酵中可從含水率大的有機質廢棄物產生良質甲烷瓦斯氣體燃料。在厭氣性條件下進行之該反應係由有機物之分解而生成低級脂肪酸之酸生成反應，以及持續由低級脂肪酸之甲烷生成反應所構成。前者由通性菌而進行，後者通常僅由稱之為甲烷菌之絕對厭氣性菌才能進行。甲烷菌有再 36°C 為最適之中溫菌與 55°C 為最適之高溫菌。這些菌的成長速度非常緩慢。

二、醱酵槽之容積效率

1. 傳統法醱酵槽

通常在氣密性的容器中間歇性地投入原料，適時排出泥漿狀的廢液。槽內容物藉機械力或循環吹進醱生瓦斯適時加以攪拌。以槽單位體積每日產生之瓦斯量來表示裝置之容積效率，則該值會如同表 11.1 所示隨原料之種類而變。

容積效率過低雖起因於甲烷菌之低成長速度，卻使得廢棄物處理過程之甲烷醱酵之經濟性劣化。提高容積效率之手段有如下之方法。

2. 兩相法

這是將酸生成反應與甲烷生成反應之兩種不同反應，分別在兩個個別的槽內，以個別的反應適當的條件下進行的方法。

3. 原料前處理

這是為使固體原料容易溶化，以酸、鹼等藥液或酵素處理的方法，但成本高，目前缺乏其經濟價值。

將原料榨汁，僅以易分解性的榨出液做為原料供給醱酵槽，分離的難分解性固形分則做堆肥化處理，在畜糞尿之甲烷醱酵上實際被應用。

4. 甲烷菌之固形化

在醱酵槽內使甲烷菌固著於載體上，提高槽內之菌濃度，以提昇容積效率之方法，有載體之固定層與流動層之兩種形式。對含有固形分的原料則不適合⁷。

表 11.1 傳統式甲烷醱酵槽之容積效率

原料	醱酵條件	瓦斯醱生原單位* (Nm ³ /kg-VS)	容積效率** (Nm ³ / m ³ · 日)
牛糞尿	中溫醱酵	0.1~0.3	0.2~0.3
豬糞尿	中溫醱酵	0.4~0.6	0.8~1.2
雞糞尿	中溫醱酵	0.3~0.5	0.7~0.9
屎尿	中溫醱酵	0.4~0.5	0.3~0.5
下水道污泥	中溫醱酵	0.5~0.7	0.3~1.1
酒精蒸餾廢液	高溫醱酵	0.5~0.7	3.0~4.0
	中溫醱酵		1.0~1.8
	高溫醱酵		2.9
酵母製造廢液		0.3~0.4	
	中溫醱酵		1.0~1.2
農村廢棄物			
(印度、中國)	常溫		0.15~0.6

*:原料有機物(VS)每單位質量之瓦斯醱生量、瓦斯中CH₄含有率通常為65~75%

**：裝置每單位容積、1日之瓦斯醱生量

三、能量收支

替代能源開醱之要求越形高漲的今天，做為產生能源之手段，甲烷醱酵已引起大眾的注目。不過由如表 11.2 所示之能量收支可知，以日本的條件而言，為槽

之加溫須投入大量能源，廢液處理也須能源，如果連建設醱酵槽及廢液處理設備所需能源考慮在內，則產生多餘的能源通常不是一件簡單的事。即在工業先進國家想以產生能源為目的的甲烷醱酵理應無從成立。

表11.2 甲烷醱酵之能源收支試算例

實能源收率以 $Y = (P - S) / Q_{no}$ 公式計算

式中，P：為生成瓦斯所保有之能量，S為工程所需能量，

Q_{no} ：投入原料之潛在能量（做為乾物之發熱量）。

總能量收率為 $Y_g = P / Q_{no}$

S如僅考慮運轉所需能量時為 Y_1 ，

S如設備建設所需能量也考慮在內時為 Y_2 。

原 料	$Y_g(\%)$	$Y_1(\%)$	$Y_2(\%)$	備 註
豬 糞 尿	26.3	4.5	- 0.33	豬17頭規模，廢液直接還原農地
豬 糞 尿	52.4	11.1	- 3.2	豬2,000頭規模，廢液處理
豬糞榨出汁	27.1	16.3	13.9	豬2,000頭規模，廢液直接還原農地
尿 尿	58.9	-13.5	-29.5	人口10萬人規模，廢液處理
下水道污泥	45.8	0.3	- 8.1	10萬人下水道處理場，廢液處理
都市垃圾	52.4	- 4.7	-12.1	100噸-VS/日，2相式，廢液處理

註：計算基準等詳細資料請參考文獻8

四、甲烷醱酵方法之經濟性

考慮以甲烷醱酵最做為對象廢棄物處理手段時，必須與其他處理、處分方法做比較，以檢討其經濟性才可。(參考表 11.3)。影響甲烷醱酵法之經濟性最大的是醱酵槽之建設費。不含固形分的原料，或容易分離固形分的液體原料為對象，可能的話這些如能高溫排出或能利用低溫之廢熱，這時甲烷醱酵才有其利用價值。另一方面，不易獲得柴火能源的發展中國家，特別是中國與印度，則為民生用能源之供應，在農村廣泛應用小型之甲烷醱酵槽。(中國 700 萬個，印度 8 萬個)。以人畜糞尿為主原料，使用低成本建設費的無加溫醱酵槽，並直接利用廢液做為

肥料。但由於裝置之建設費之負擔、維持管理等問題，冬季之瓦斯醱生量之減少等，以致不易普及的原因也不少。

表 11.3 多頭飼育養豬場之糞尿處理、處分方式與費用

方式	具體方法	費用 (千日元/頭.年)	特徵與問題點
甲烷醱酵 (豬尿混合處理)	水稀釋，廢液 活性污泥處理	15.6	設備費大，醱生瓦斯利益小，處理水中之 N 濃度大
堆肥化 (野外堆積方式)	調整水分後，在有屋頂 堆肥舍中滯留 100 天	2.3	產品堆肥售價與水分調整劑價格會左右其經濟性
堆肥化 (機械化式)	調整水分後，在堆肥槽 中滯留 14 天	5.1	同上
水稀釋活性 污泥處理	30 倍水稀釋，剩餘污泥 堆肥化	17.9	運轉動力費用大
尿分離，糞榨汁液甲 烷醱酵	尿、醱酵廢液直接還原 農地，榨渣堆肥化	8.0	先決條件微分離尿及醱酵廢液能還原農地
尿分離，糞堆肥化	尿還原農地，糞業外堆 積堆肥化	4.6	先決條件微分離尿及還原農地
糞尿直接還原土壤	無處理	7.3	僅有處分費用

【參考文獻】

1. Golueke, C.G.; Composting, A Study of the process and Its Principle, Rodale Press, 1972 •
2. Golueke, C.G.; Biological Reclamation of Solid Wastes, Rodale Press, 1978 •
3. 久保田 宏：再生與利用，3，No.11，21(1980)。
4. Chanyasak, V., Kubota, H., Journal Ferment, Technol., 59, 215(1981) •
5. Chanyasak, V., Kubota, H., Biocycle •
6. 本多勝男；畜產之研究、36，6，765(1982)。
7. Callander, I.J., Barford, J.P.; Process Biochemistry, August, 24(1983) •
8. Clean Japan Center; 再資源化技術之開醱情況調查報告書(微生物利用)，昭和 58 年 3 月。

第十二章 熱處理技術

熱解

廢輪胎之熱解

輪胎之成分，係如表 12.1 所示，主要由橡膠、纖維與鐵絲所構成。橡膠部分之組成已碳及氫為主如表 12.2，熱值達 9,000Kcal/kg 以上。

表 12.1 輪胎之構造

區分	原材料名稱	種類
鋼線	鋼線	鍍黃銅鋼線 鍍青銅鋼線
纖維	有機纖維線	尼龍、蠶絲、聚酯
橡膠	天然橡膠 合成橡膠 碳黑 其他	NR SBR、BR、CR、IR 碳黑 加硫劑，一氧化鋅，其他

表 12.2 輪胎的組成例

組成 樣品	發熱量 (Kcal/kg)	C (%)	H (%)	S (%)	N (%)	灰分 (%)
樣本 A	9,280	83.2	7.1	1.2	0.3	5.7
樣本 B	9,400	83.2	7.4	1.1	0.3	5.4

因此，雖可用廢輪胎為直接燃料，但是屬固體燃料，燃燒條件、處理量及用途等受到各種限制。所以預先把廢輪胎熱解成油、氣、及殘渣等，以擴大其利用範圍。

為分解有架橋構造之加硫橡膠，須考慮構造破壞與切斷主鍊分子。就分解方法而言，考慮熱解效率與經濟性最屬有利。

圖 12.1 表示橡膠之熱分析，由 400°C 起發生聚合體(polymer)熱解吸熱反應，重量及劇減少。最後剩下碳黑(Carbon black)，若有氧化環境，溫度加高，即產生二氧化碳，呈發熱反應¹。

分解溫度影響回收物回收率與分解速度。分解生成之油墨，再 450°C 附近為尖峰，雖溫度上升而減少，另一方面，氣體生成量將隨溫度上升而增加。換言之，分解溫度越高，碳化氫進行低分子化氣體化，氫氣與甲烷等會增加。殘渣之主體係碳黑，在無氧狀態下，幾乎不再變化^{1~4}。分解速度與分解溫度有密切關係，再 400°C 以下其分解速度急速地減慢²。因此，大量處理廢輪胎實，400°C 以上之分解溫度即成為必要條件。

再者，分解環境亦對分解速度、回收物性質也有關。如有氧狀態下，產生部分燃燒，作放熱反應；假如是無氧狀態時，只有熱分解且作吸熱反應。氧氣存在時，低溫即產生氧化分解，橡膠分子因有氧而促進分解，詳見報告⁴。又碳黑與水蒸氣及二氧化碳之氧化也無法完全防止。

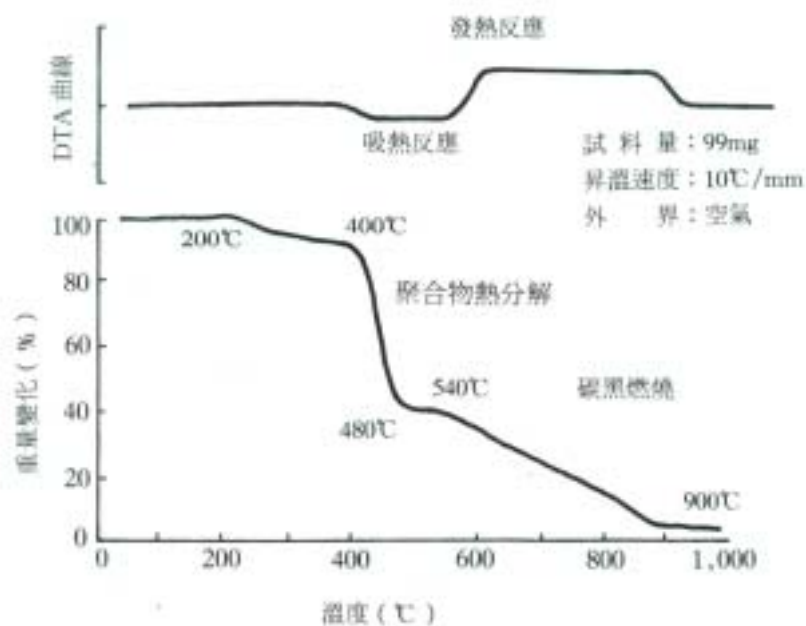


圖12.1 輪胎的熱分析

按照以上說明，關於廢輪胎之熱分解，須依回收生成物目的選擇分解溫度與環境等，而過程(process)也不一樣。

現在商業營運工廠，有內熱式(自燃式)及外熱式的工廠有連續運轉的實績。

外熱式工廠係以碳黑之回收為主，例如，昭和 51 年 10 月，財團法人 Clean Japan Center 事業、財團法人機械系統振興會事業，由財團法人兵庫縣資源再利用事業為中心，在住友水泥(株式會社)赤穂工廠內，完成具有處理能力 1.1ton/hr 之設備。

內熱式工廠之例，由小名濱製煉(株式會社)小名濱製煉所，以回收物當燃料為目的，在昭和 56 年 4 月建立 1.5T/hr，再於昭和 57 年 5 月建立 3.5T/hr 之工廠以下將介紹內熱式廢輪胎熱解裝置。

熱解裝置

一、概要

小名濱製煉(株式會社)小名濱製煉所，廢輪胎熱分解裝置是以下列項目為前提而設計之工廠。

1. 廢輪胎之熱解回收之油、氣或殘渣當然料使用。
2. 回收油利用廢為廣，盡量設計以回收油分效率良好之程序。
3. 儘可能大量處理廢輪胎，並連續運轉。
4. 儘可能選開工成本(initial cost)與週轉資金(running cost)較低的方法。

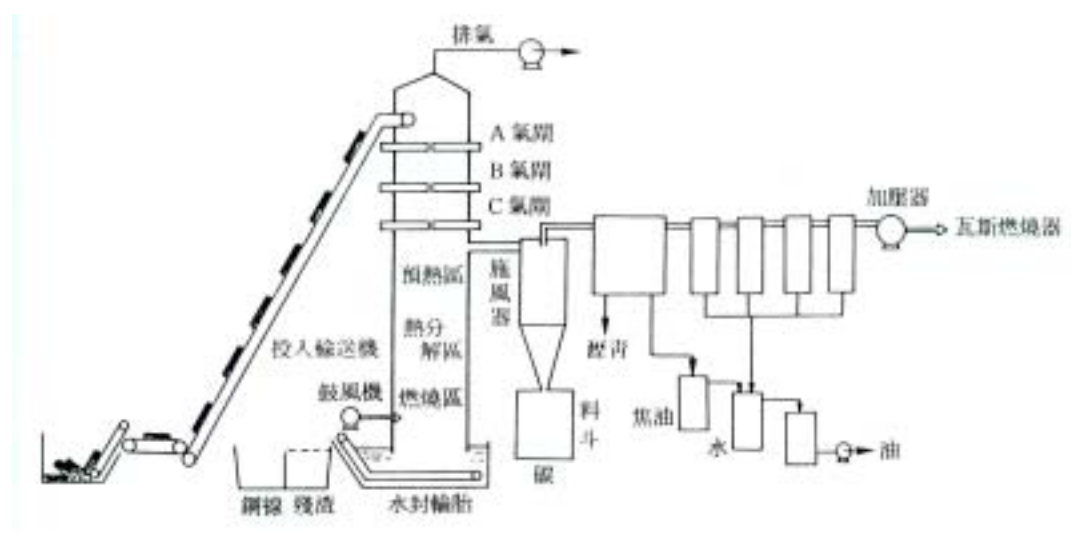


圖12.2 廢輪胎熱分解設備流程圖

依照原來廢輪胎的形狀裝入熱解爐內，不必切斷或破碎，投入方法簡單。

熱解爐式豎形爐，由上部投入輪胎，由爐底送入空氣，使輪胎部分燃燒，尤其燃燒熱做熱分解的內熱式(自燃式)。因此，不必像外熱式使用其他燃料或使用回收油、瓦斯等，運轉成本低廉。回收油或氣體可有效利用。

熱解爐之內部分為底部燃燒帶、中部熱解帶及上部預熱帶。

熱解爐之最底部為水封槽(pit)，輪胎之殘渣與鐵絲用鏈條輸送帶取出，爐內輪胎料位下降，即投入舊輪胎，連續進行熱解。

由爐底吹進的空氣，其中之氧氣在燃燒帶反應，產生的燃燒氣體經過「熱解帶」時，供給輪胎熱解所需的熱量，此熱解氣體又在其頂部「預熱帶」，預熱剛投入的原形輪胎後排出爐外。預熱具有加速輪胎熱解之效果，會影響設備之大小。用反應氣體直接預熱，可把熱解帶縮小，又不須在外部另設預熱器，熱效率可能較好。

由爐底取出的殘渣與鐵線通過水封槽冷卻後由分選裝置直接分離後分別處理。

反應氣體出爐時，因伴隨著碳粉，須先用旋風分離器捕集，然後經熱交換器冷卻回收油。出了熱交換器之氣體，經由增壓器(booster)送至燃燒器。

本廠以道前築爐工業株式會社之經驗為基礎，於昭和 56 年 4 月建設 1.5ton/hr 實爐規模之一號機，反覆試驗後，建立連續作業之技術。參考其成果，在昭和 57 年 5 月完成 3.5ton/hr 之二號機，現仍順利運轉中。

二、熱解爐

現仍在北海道工業開發試驗所的熱解爐，以流動層熱解進行基礎性研究，也參考道前築爐工業株式會社實爐規模之經驗，檢討如下之設計條件。

爐內滯留時間與處理溫度有密切關係，又橡膠熱傳導度非常不良，處理物大小不同期分解速度亦不同。

欲以 400~500°C 處理整個輪胎實，大約需要 20 分鐘之滯留時間。

為避免異常燃燒，爐內空氣速度有必要抑制在某一範圍內。視吹入空氣量與爐徑而定，7~19cm/sec 較為適當，有一報告說在 19cm/s 以上曾發生氣體爆炸²。

另一方面，吹入空氣量視處理輪胎量而定，一般約為 300~500Nm³/ton，與北海道工業開發試驗所的報告相符²。

依照以上想法，可決定熱解帶之大小與爐徑。當然爐徑至少要有可以直接投進整個輪胎的大小，又塔內應避免下方移動時成為障礙的任何機構。

又吹入空氣的流速必須吹到爐中心部，由數支噴氣口吹入，以能回旋的角度配置於考慮熱負荷之容量的燃燒待下方。

爐頂預熱帶為避免氣體溫度過度下降，產生凝縮物成為故障原因，須將氣體出口溫度溫持在 200~300℃之間。

熱解爐內部為防止漏氣，控制保持在正壓狀態。因此爐底部用水封住，輪胎投入口設三重節氣閘(damper)防止漏煙。

3 重節氣閘(ABC 氣閘)之下段節氣閘(C 閘)是為了檢測輪胎堆積高度。爐最下面的水封槽內的鏈輸送帶，把殘渣與鐵絲取出後，爐內之輪胎堆積層下降，先檢測 C 節氣閘完全關閉後，投入輸送帶才啟動。由此 A 節氣閘投入定量輪胎，其次開 A 節氣閘，輪胎落至 B 節氣閘之上。關閉 A 節氣閘後 B 節氣閘才會開，然後關 B 節氣閘關閉了，才開 C 節氣閘使輪胎裝進爐內。到 C 節氣閘全關為止，定期反覆開閉操作進行爐內輪胎堆積層高度之檢測工作。

開始作業時，使用點火燃燒器，在部分輪胎開始燃燒時關點火燃燒器，只吹進空氣，單靠輪胎之燃燒熱熱解。

熱解爐之控制以保持爐出口溫度在 250+-50℃為目標，調整空氣吹入量與殘渣抽出量。

三、附帶設備

1. 旋風集塵器(cyclone)

由熱解爐出來的氣體，伴隨著碳粉。如混入回收油中，會產生處理上之問題，故須用旋風集塵器捕集碳粉，儲存在下部漏斗，由搬運車搬出。進入集塵氣之氣體溫度 200~300℃，如溫度下降，即產生凝結物，故集塵器入口瓦斯管以可鑄耐火材料施工，本體加以保溫，圓錐部裝蒸氣管。又集塵器入口瓦斯道，本體內部及出口瓦斯道均無法避免附著碳法，有設置刮取碳粉裝備，又集塵器安裝有震動裝置，以防止閉塞。

2. 熱交換器

由集塵器出來的瓦斯約有 250℃溫度，須冷卻至約 40℃後回收油分，故設有熱換氣。

熱交換器分為數段，第一熱交換器冷卻至約 100℃。第一熱交換器因在集塵器無法捕集之若干碳粉會飛散，故前部成為空室。又有用隔板使之不致附著於直接管道之設計。

再者，第一熱交換器前部空室之內壁或隔板，底部管道，因為長期操作會產生碳粉附著故有設置刮取結構。

由第一熱交換器回收之油係比水重的瀝青狀；這須與回收油分別抽取後供為燃料用。

瓦斯中含有因燃燒發生的水蒸氣與水封槽蒸發出來的水蒸氣，由熱交換器回收油分時，這些水蒸氣將與油同時凝縮。因此回收油在油水分離器除去水，將水送回水封槽。

除去水分的油用幫浦送至使用場所。

在約 40℃ 下不凝縮的瓦斯成分用增壓機送至瓦斯噴火口。

3. 處理洩漏瓦斯設備

由熱分解爐頂，於投入輪胎器開閉時有若干瓦斯漏出，這用吹風機吸引後因大部分係空氣，故送至噴火口做為燃燒用空氣來使用。

回收物之性質與用途

就廢輪胎熱分解出來的回收物，於表 12.3 表示回收率與發熱量

表 12.3 回收物比率與發熱量

項目	回收率	發熱量
油	0.33 l/kg	7,900 kcal/kg
殘渣	0.19 kg/kg	6,800 kcal/kg
碳	0.13 kg/kg	7,200 kcal/kg
瓦斯	0.5~0.8 Nm ³ /kg	2,000~3,000 kcal/ Nm ³
鐵絲	0.1 kg/kg	

回收率依廢輪胎內鋼絲(wire)之比率當然會變化，但依操作條件之不同亦有若干之變動。

回收油知性質如表 12.4，比重是接近 1，水分分離有時部能完全故發熱量比重油稍低。但粘度與流動點是與 A 重油相同而有不必加熱即可立刻使用之優點，可直接做為重油噴口用燃料使用。

殘渣與碳粉性質表示於表 12.5。殘渣是由水封槽抽出，原狀是含有 40~50% 之水分，但經乾燥及粉碎後可做為燃料使用。

氣體(瓦斯)如表 12.6 含有吹入空氣中之氮或因燃燒而來的二氧化碳，故發熱量偏低 2,000~3,000kcal/Nm³，雖然此氣體燃燒溫度較低，但使用良好預熱器仍很有效。

表 12.4 回收油性質

項目	性質
比重 (15/4℃)	0.94~0.98
引火點 (℃)	50~70
粘度 (50℃ CSt)	5~20
流動點 (℃)	-5
灰分 (wt%)	0.1~0.5
S 分 (wt%)	0.5~1.4
發熱量 (kcal/kg)	7,900

表 12.5 殘渣與碳粉之性質

項目	殘渣	碳粉
發熱量 (kcal/kg)	6,800	7,200
水分 (wt%)	40~50	1
容積比重	0.5~0.6	0.5
真比重	1.8	1.6
平均粒徑 (mm)	1	0.14
固定炭素 (%)	88	65
揮發分 (%)	8	26
灰分 (%)	4	9

表 12.6 瓦斯成分(%)

H ₂	CO	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	CO ₂	O ₂	N ₂
8.3	10.0	5.3	0.5	1.1	2.9	6.9	1.5	53.1

鋼絲是由水封槽與殘渣同時取出，分離殘渣後可以當廢鐵(scrap)銷售。

如上述，熱分解廢輪胎變成油、氣體、殘渣等形狀，可提高廢輪胎當為燃料

此熱分解爐表示於圖 12.3 與一般流通層爐有異，無燃燒用空氣之分散板而設有多數之空氣噴嘴於流通層下部圓錐形部分之爐壁，由該口將空氣噴射進去，使流通砂上下方向激烈循環。

之價值。又廢輪胎熱分解工廠如前面所說，反覆試驗加予改良，現在已很順利進行連續運作。

【參考文獻】

1. 平田、日本協會誌、1973、46 卷 12 號。
2. 新田、細田、荒木、三井、遠藤、細田、北海道工業開發試驗所報告、第 15 號。
3. 川上、井上、PPM、1977、4。
4. 平田、日本協會誌、1976、49 卷 7 號。

廢塑膠之熱分解

（依深層流動層式熱分解，將塑膠所含廢棄物之氣體化技術。）

一、原理

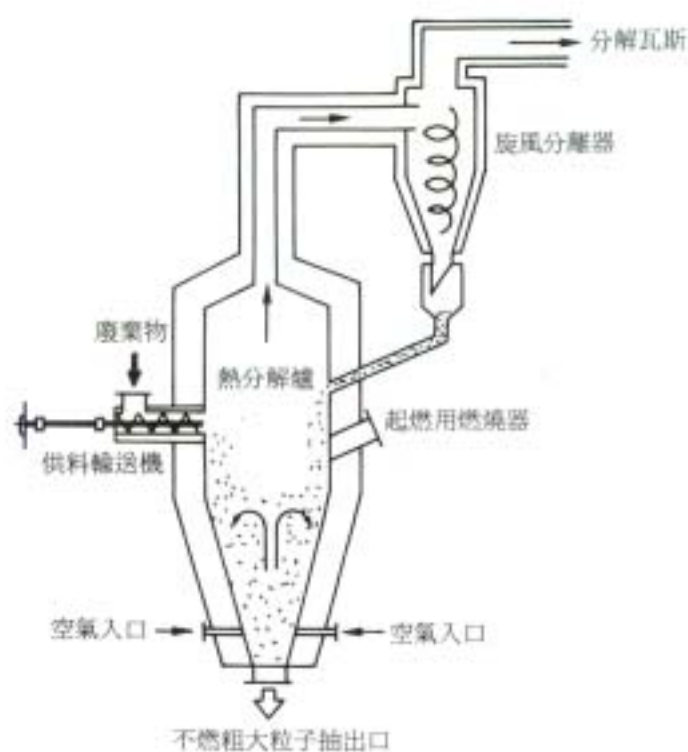


圖12.3 熱分解爐斷面圖

二、氣化工程(流程圖如圖 12.4)

含有塑膠之廢棄物脫水後，一面計量，一面供給深層流動層式熱分解爐。裝入爐內之廢棄物在流通層上部，利用流通砂之保有熱將廢塑膠熱分解成為可燃性氣體，其殘渣落到下部燃燒以保持流動層溫動在高溫狀態。

所生成氣體被旋風分離機-濕式洗滌器及電氣集塵機等設備，除去固體微粒子及霧，存留於氣體容器。

三、處理對象廢棄物之例

例如：將含有聚乙烯 15~35%之鮮乳紙盒或紙杯屑，打成紙漿，分離紙成分後之聚乙烯為主體的紙漿屑、篩渣做為處理對象。

依實驗結果，原料之組成係可燃物 34~37wt%，水分 62~65wt%，不燃分 1wt%。可燃物中聚乙烯膜 90wt%，廢紙漿 10 wt%，發熱量為 4,700kcal/kg(水分 50%換算)。

處理實績 10T/d(含水率 50%)，熱分解氣體有 1,600~2,000kcal/Nm³ 之熱量，使用於鍋爐(8T/h)之補助燃料。可燃氣體之回收熱量換算為重油相當於 3 kl/天。

〔註〕發明者：國井大藏(東京大學工學部教授)。

開發委託者：月島機械(株)。

設置場所：丸富製紙(株)(靜岡縣富士市)。

此一事業由新技術開發事業團完成。

【參考資料】

- 1.(社)プラスチック處理促進協會、廢プラスチック處理、資源化の經濟性向上に關する研究報告書(昭和60. 3)。
- 2.(財)クリーン、ジャパン・センター、昭和56年、再資源化技術の開発狀況調査報告(乾燥、熱分解技術)。

焚化爐

各種焚化爐之特徵

一、焚化爐之種類

產業廢棄物中需要焚化的物質，由發熱量、物理性質及焚化過程特性而言，極為廣泛且複雜。

如木屑、紙屑具有約 3,000kcal/kg 發熱量，進行氣化燃燒，灰分較多的廢棄物仍然使用機械式自動加料機(stoker)。但如廢塑膠燃燒時熔融且有流動性者，不適合機械式加料機，因而須採用床燃燒式或迴轉窯等爐子。又如廢油，除淨污泥後，噴霧燃燒最為容易。污泥類的發熱量少，水分多時，需用攪拌性強大的多段爐或流動床，然水分少，發熱量又不太低者可使用階段式或流動層式較適合。

處理廣泛的廢棄物之焚化爐，種類繁多是免不了的。

專門焚化單一種類的廢棄物時，可採用最適合其焚化的爐子，但需要用一個焚化爐來處理多種類廢棄物時，應該選擇應用範圍較大者較為有效。因此使用條件對焚化爐的選定上佔了重要地位。

使用條件內，不但是廢棄物種類，量之變動、開工時間，公害法定數值、餘熱利用之可否、作業員能力、廢棄物之處理系統及資金狀況等均屬重要因素。

目前所使用之焚化爐如下：

1. 火格子式(爐柵式)。
2. 固定床式。
3. 迴轉爐(rotary klin)。
4. 多段爐。
5. 流動床式。
6. 噴霧燃燒式。
7. 其他。

在下節將對這些焚化爐說明其利弊予適用性。

二、各種焚化爐利弊與適用範圍

1. 火格子(爐柵式)

向來普遍用於都市垃圾焚化，不必前處理，在火格子上垃圾經過乾燥、燃燒及後續燃燒。多數是把火格子之運動機械化且垃圾之進入及灰渣之排出也加

以自動化。

火格子式焚化爐，可大致分為往復爐床式與移動爐床式兩大類，往復爐床式可分為階段、並列往復式、遙動式、Maltin 式等，雖適合以木屑、紙屑做為主要內容廢棄物的焚化，但即使例如都市下水的熱處理脫水污泥之類，水分在 50% 以下，熱發亮在 1,000kcal/kg 以下的話也有利用階段式加煤機而成功的例子(參見圖 12.15)不過，這時段的高度應比一般垃圾大幅度減少，並為減少落塵應設法免除段上面的空氣孔。

運轉時間最好是 24 小時連續，但 8~16 時的運轉也可能。熱回收及排氣的處理容易，也有不少實例。

2. 固定床式

焚化廢塑膠等時，因會熔融無法使用爐床式，而大多採用固定床式。這時的床為皿狀，而大多由耐火材製成。有個例外是在床上移動火鉞以把出不燃物的方法(參見圖 12.7)。

上述固定床時整個床不通氣，因而爐床燃燒率不會太大，但可採用固定床以鋼板製造，挖多數針孔，將比較均勻的廢棄物(木皮等)平均散布以燃燒的方法。這稱之為散布機方法，可獲得較大爐床燃燒率。但因把灰無法連結，僅在灰分較少時才有效(參見圖 12.10)。

床燃燒式的機械裝置較少，不一定要 24 小時連續運轉。

3. 迴轉爐

迴轉爐式一般都係鋼製圓筒內部貼耐火的構造(圖 12.18)因而不需前處理，同時其適用範圍廣及固形物到污泥。

不過因只能從爐兩端供應空氣，並無法透過牆壁供應空氣因而燃燒速度較慢，空氣供應側易被冷卻為其缺點。為補救此一缺點，有以鋼鐵製成圓筒，從外壁經過小孔供應坑器的新型迴轉爐。

通常以耐火材料製造的迴轉爐最好能連續運轉，但鋼鐵製者則無此限制。

4. 多段爐

如圖 12.19 所示，豎型圓筒之中間設置許多階段，一面用把子(rake)扒動，一邊乾燥及燃燒的設備，稱為多段爐。多段爐對水分多的污泥之焚化性能極佳，排氣之熱量亦能徹底利用故在熱量經濟上亦非常優秀。但為排氣脫臭之需要，需再加熱時其經濟之有利性會失去，又污泥之水分減少發熱量增加時，在各段之中間，爐內容易發生過熱狀況。

5. 流動床式

如圖 12.7 爐內裝進深度約 1m 左右之矽砂，因爐床之多數小孔送進空氣，形成所謂「流動床」。送入燃料可供焚化爐使用，適合於 30mm 大小之固形物、污泥或某種程度流動物料之焚化。

從前曾發生不燃物之取出問題，但最近已經解決。

優點是對所處理之物性變化，可以廣泛地應付，爐之熱容量大，強度之下降低，故對間歇工亦可耐用。

缺點是為流動之空氣來源及前處理用切碎機之消費電力較大，爐灰大部分隨排氣飄散，因而排氣處理設備變為複雜。

6. 噴霧式

除去污泥的排油或流通性較高的廢液等，最好在高溫燃燒室內噴霧燃燒較為理想。此時噴液口之磨損或沖蝕，耐火材料會被噴霧沖蝕，因此，對耐火材料之損傷等，要細心注意。

7. 其他

以上解說了燃燒設備之單元，其他尚有無法明確分類的裝置，例如以耐火物做的回轉桌型爐床的爐子。但類似這種例外不多。

又 1~7 之組合亦非常的多。例如回轉爐上氣化後，在自動加料機上燃燒的爐子或再加上具有廢油用噴霧設備之焚化爐等，可說是範圍很廣(參閱圖 12.22)，符合現實需求的焚化爐設備。

廢塑膠焚化爐

塑膠與其他材料相比，其燃燒特性基本上就有異，因此與其他廢棄物一起燃燒時，將發生各種障害。都市垃圾中的塑膠，需先選別收集，事業廢棄物亦需用選別裝置，儘可能分離塑膠，再送往處理廢塑膠為主要目的之專用焚化爐，加以熱解處理。

廢塑膠之燃燒因其燃燒速度快，燃燒空氣之需求量多，又以高溫燃燒需要特別的燃燒技術，因此對爐之材質亦應有充分之對策始可。再者為防止產生有害氣體及重金屬之障害，所以焚化爐必須具有排氣處理、氣體洗滌排水處理及焚化灰分之處理等，防止二次公害之功能。

一、燃燒床式焚化爐

塑膠因熱而溶解，很容易塞住自動加料器(燃料輸送及火床兩用設備)之空氣孔，因此具平面爐床之焚化爐較多。

圖 12.5 是表示代表性燃燒床方式爐之結構。爐壁外尚有外殼(casing)，其內

部用循環水來冷卻，使爐壁之溫度降低，防止因高溫產生之損傷。由爐壁周圍之噴口(nozzle)強力送入空氣至爐內，與爐床上塑膠產生的可燃性氣體充分接觸，使之完全燃燒。

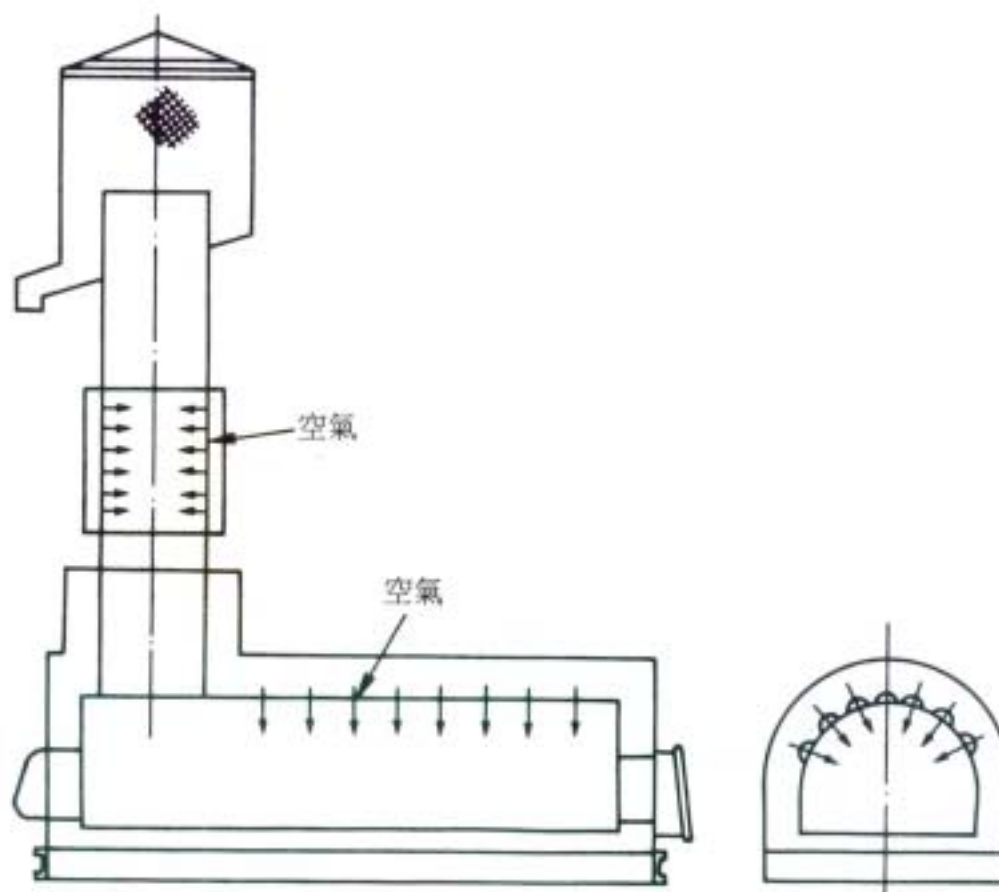


圖12.5 床燃燒方式（空氣強制攪拌）焚化爐

燃燒氣體在煙囪下部之再燃燒室與二次空氣接觸再燃燒，以達成完全燃燒。適合小規模烯烴(olefines)系塑膠之焚化。

圖 12.6 係附有刮板(scraper)之燃燒床式之焚化爐結構。圖 12.7 係其爐床斷面圖。

在平鍋(pan)型爐床之上，移動以無端鏈條連結的刮板，使投入的塑膠在爐床上燃燒，生成的爐灰由末端取出。在爐床上一次燃燒室由爐壁供應空氣，塑膠在 500~700℃ 分解燃燒，燃燒氣體送入第二燃燒室，以 900~1,200℃ 之高溫完全燃燒。

在三次燃燒室排氣被冷卻，經過洗煙塔處理後，由煙囪放出。試驗爐之能力是 100~250Kg/hr。

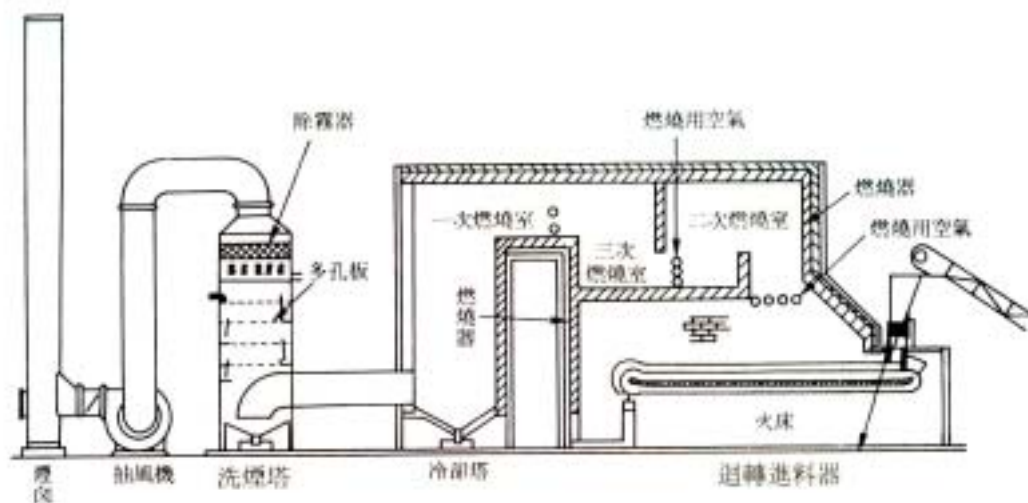


圖12.6 床燃燒方式刮板輸送機移動方式煖化鹽

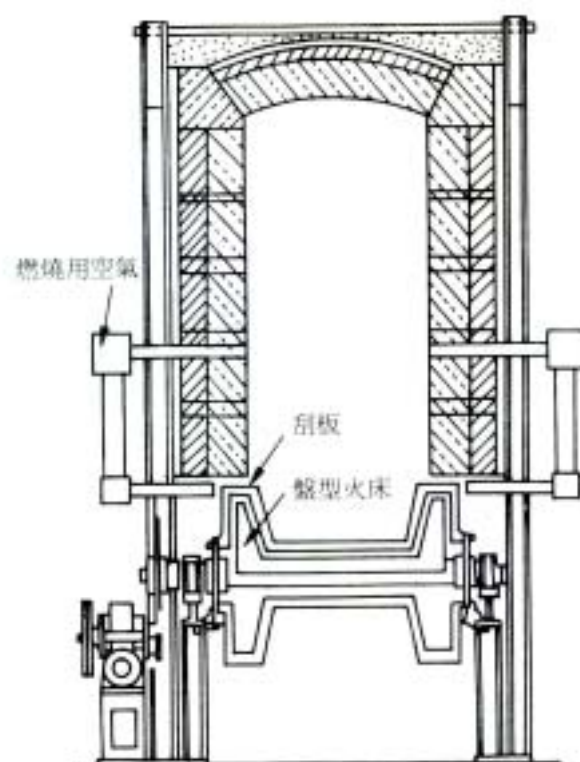


圖12.7 刮板式盤型火床斷面圖

二、迴轉窯式焚化爐

圖 12.8 係迴轉窯式焚化爐之系統圖。迴轉窯式爐由一次燃燒室與再燃燒室所構成。塑膠焚化常有問題之火格子結構已取消，氣化與燃燒分開實施，以期完全燃燒。廢塑膠經破碎後由加壓型投入裝置投入第一燃燒室。第一燃燒室是極力減少燃燒用空氣量已抑制燃燒只把材料熱分解氣化。第一燃燒是受再燃燒室熱輻射之影響，溫度在 $350\sim 1,000^{\circ}\text{C}$ 之間，不斷地起熔融，熱分解反應，並把燃燒物移至窯之後方，放出可燃氣體。可燃氣體被導至再燃燒室，以燃燒用空氣進行擴散燃燒。窯內熱解之殘渣經再燃燒室高溫燃燒後，爐灰由底部排出。可燃氣體在鍋爐冷卻後，經濕式排氣處理裝置及靜電集塵器，除去煤塵及有害氣體後排出。

試驗工廠有把低位發熱量 $8,740\text{kcal/kg}$ 之聚乙烯，以 100kg/hr 處理之能力。空氣過剩率 2.1 獲得再燃燒室負荷量為 $14\sim 24\times 10^4\text{kcal/m}^3\cdot\text{hr}$ 範圍之實驗結果。實用工廠現有焚化廢塑膠 375kg/hr ， 3.1T/hr 之能力。

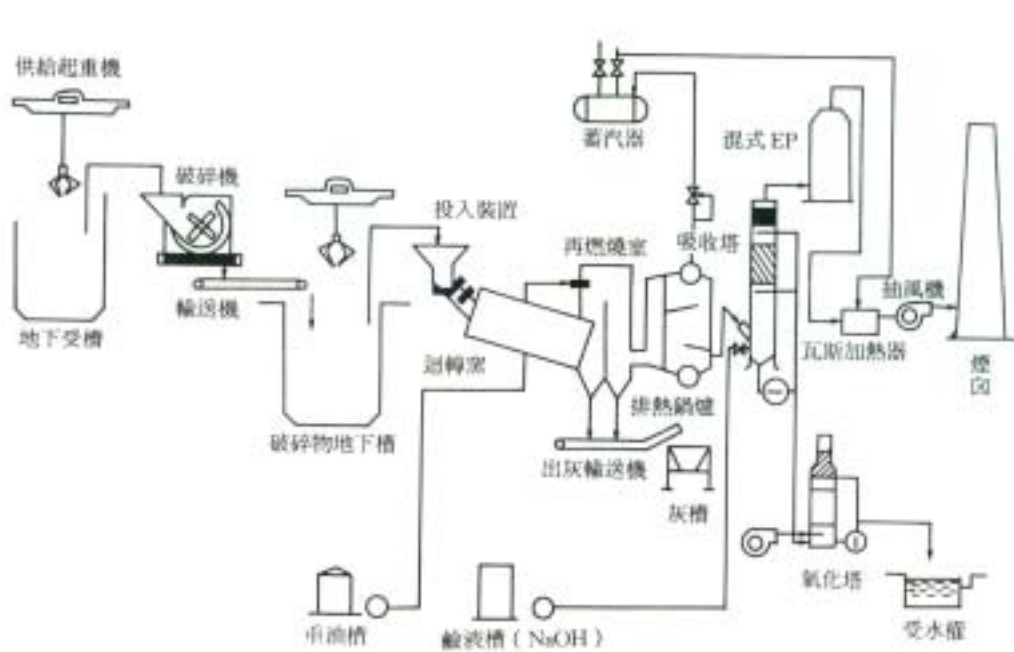


圖12.8 迴轉窯式焚化設備

三、聚氯乙烯系塑膠焚化爐

燃燒床式焚化爐主要是以聚氯乙烯廢棄物為對象而開發之爐。圖 12.9 是其結構。

具有平床之爐，分成第 1、第 2 及第 3 燃燒室，由設於爐壁的外殼透過噴嘴把空氣送入燃燒室內。破碎處理過之聚氯乙烯屑由料斗經螺旋供料器運進第一燃燒室，與空氣一起散佈，投入材料在高溫輻射熱區飛散著火，在火床面立即氣化。

由聚氯乙烯放出之氯化氫氣體與可燃性氣體同時產生與吹進之空氣接觸後短時間內完全燃燒，在二次燃燒室完全焚燒後看不出黑煙。排氣以文氏洗氣器，用鹼液洗淨，所生氯化氫氣體去除氯 98% 以上。燃燒室之溫度在第 1 燃燒室末端平均為 1,000°C。

以低熱值約 4,700kcal/kg 之硬質及軟質之氯乙烯作試驗。處理量為 60kg/hr，燃燒氣體中的氯化氫軟質氯乙烯時的濃度為 20,000ppm，硬質氯乙烯時 30,000ppm。在專門焚燒氯乙烯之焚燒爐時文氏洗氣器等設備需有 2 段以上，否則排氣難適合法令規定之排放標準。

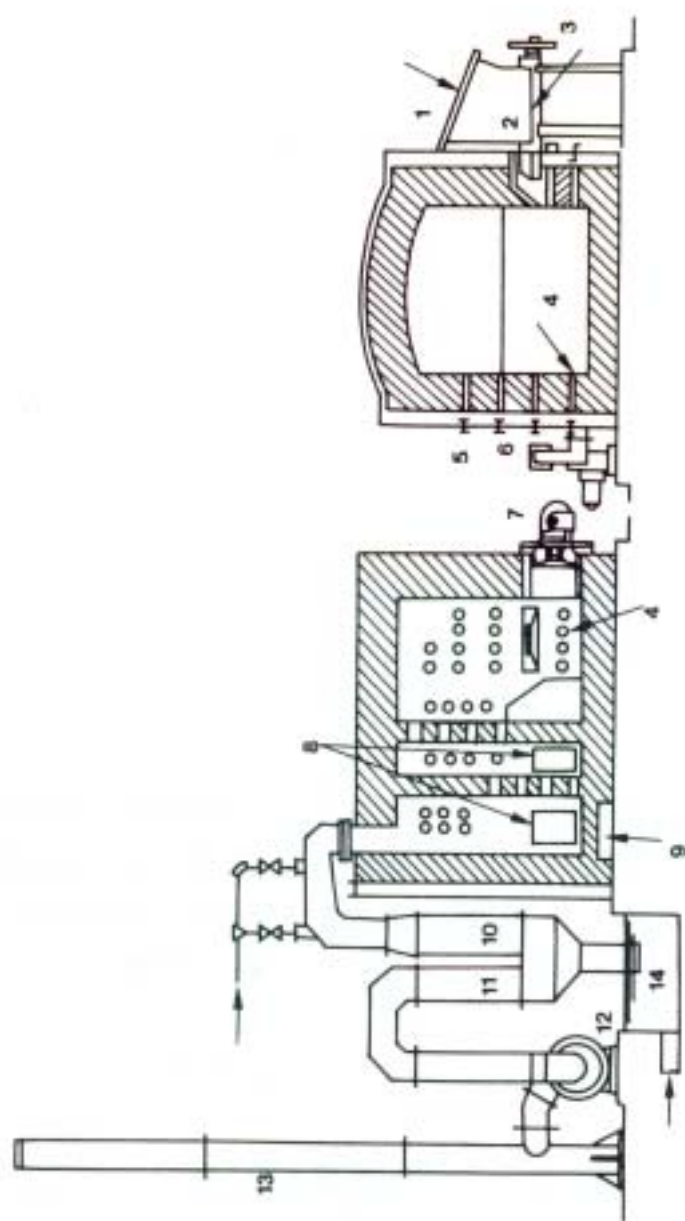
四、脫鹽酸式焚化爐

焚化含氯乙烯廢塑膠時，焚化之前處理，先把氯乙烯中之鹽酸予以熱解成綠化氫氣體，再焚化脫氯後之殘渣，是較合理的焚化方式。

圖 12.10 是本方式之一例。試驗工廠曾把產業系統及都市系統分開收集之廢塑膠加以焚化。處理能力為 5T/D。

破碎廢塑膠，定量供給脫鹽酸用之前處理裝置。在前處理裝置利用燃燒爐之廢熱，再約 280°C 溫度乾餾，廢塑膠中之氯乙烯經脫鹽酸反應發生氯化氫氣體。此氣體經由前處理裝置取出，用鹽酸回收裝置回收鹽酸。脫鹽酸後之廢塑膠殘渣由裝置取出，冷卻固化破碎後再焚化爐以 950~1,000°C 高溫完全燃燒，燃燒氣體經噴水冷卻後，經氣體加熱器用文氏洗滌器處理，由煙囪放出，其排水使用排水處理裝置淨化後再循環使用。脫鹽酸之加熱係在前述之氣體加熱器利用燃燒氣體之餘熱間接加熱。

經過長期試驗結果，產業系統之廢塑膠組成已明瞭，將各種混合氯乙烯含有量調整為 25% 供為試料。都市系統之廢塑膠亦以鹽素含有量約 10% (氯乙烯含有量約 25%) 為標準，做試料使用。為防止鹽酸裝置之腐蝕，前處理加熱溫度維持在 300°C 以下。只有氯乙烯時脫鹽酸之效果以 230°C 加熱即可除去 99%，但都市系統之異物多，氯乙烯含料 20% 時之脫鹽酸效果，在 280°C 之加熱下僅達到 93% 而已。回收鹽酸之濃度為 30%，帶有顏色。並排出不少油及焦油(tar)。



1. 投入口

2. 供料斗

3. 螺旋送料機

4. 空氣噴嘴

5. 空氣調節手柄

6. 壓力通風扇

7. 重油燃燒器

8. 出灰口

9. 風道

10. 文氏洗滌器

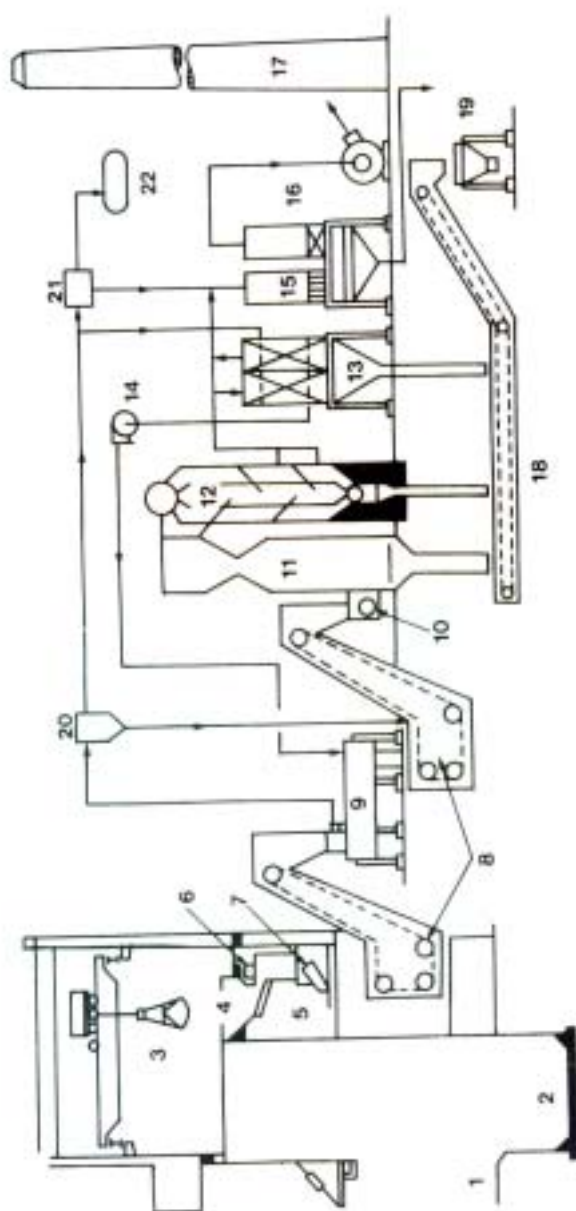
11. 水滴分離器

12. 抽風機

13. 煙囪

14. 排水中和槽

圖 12.9 床燃燒方式（空間燃燒併用）焚化爐



- | | | | |
|-----------|----------|-------------|------------|
| 1. 原料平台 | 7. 破碎機 | 13. 循環氣體加熱器 | 19. 灰塵庫 |
| 2. 供料槽 | 8. 定量供料斗 | 14. 氣體循環通風機 | 20. 集塵裝置 |
| 3. 供料吊車 | 9. 前處理裝置 | 15. 集塵裝置 | 21. 鹽酸回收裝置 |
| 4. 供料斗 | 10. 散布機 | 16. 抽風機 | 22. 鹽酸貯槽 |
| 5. 振動供料器 | 11. 焚化爐 | 17. 焚爐 | |
| 6. 金屬除去裝置 | 12. 鍋爐 | 18. 集出灰輸送帶 | |

圖12.10 脫鹽酸式變化爐

對原料中所含之 Cd, Pb 等重金屬亦做過追蹤調查。為了符合在空氣中排放標準值 $Cd=1mg/Nm^3$, $Pb=10mg/Nm^3$ 以下, 利用文氏洗滌器集塵裝置調查結果, 原料廢塑膠中 Cd 含量為 50ppm, Pb 為 600ppm 以下才合乎安全。

五、流動床焚化爐

流動床焚化爐用高溫砂作流動層, 連續投入打碎過的廢塑膠, 使其燃燒的方法。在圖 12.11 表示其一例。投入物在爐內被大致均一的溫度焚化, 由於具此特徵, 故不單焚化亦可適用於熱解反應。

污泥焚化爐

一、流動層式焚化爐

焚化爐下面裝入矽砂某一高度, 形成爐層, 由底部向上吹進熱空氣($500\sim650^{\circ}C$), 使矽砂成為懸浮狀態, 產生流動現象。利用此種現象, 進行污泥焚化, 稱為流動層式焚化。比傳統焚化爐再燃燒效率方面, 具有投入的污泥被流動矽砂粉碎、瞬間焚化、爐內溫度均勻等特殊性質。

1. 構造

本焚化爐係圓筒型或多角型, 由燃燒部與風箱部組成。外壁是軟鋼板製成, 內面貼襯耐火磚、隔熱磚或可鑄隔熱材料的耐火結構物。

燃燒部裝有流動用矽砂時, 依作用上可分流動層予噴鑄層空筒部 (free-board) 二部分。流動層底部設有分散板, 板上安裝許多分散噴嘴。透過此噴嘴送進燃燒用空氣, 形成流動層。分散噴嘴口係由特殊耐火鋼製成, 其空氣噴出空孔靜止時, 有防止流動砂層落入風箱, 發生塞住的措施。燃燒部裝有補助燃燒器、污泥投入口、目視鏡, 矽砂投入口之外, 還有檢視用人孔、溫度、壓力檢測器等。用溫度檢測器, 調節補助燃燒器燃燒量使爐內溫度保持一定, 用壓力檢出器測定爐內壓, 調節器閘 (damper) 之開度或抽風機之回轉保持 $5\sim40mmAq$ 。風箱部也裝有壓力檢測器, 可以檢測分散板之壓力損失, 以監視流動狀態。壓力降低時表示流動砂微細化, 被吹出爐外而減少, 因此需由矽砂投入口補給矽砂, 保持適當值 (圖 12.12)。

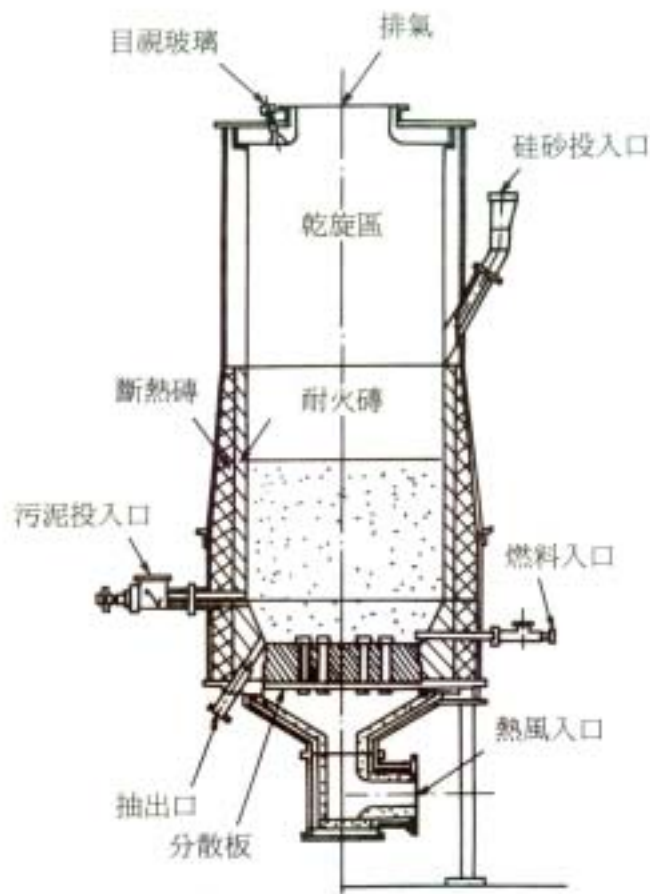


圖12.12 流體化床式焚化爐構造斷面圖

2. 特徵

- (1) 爐床部是由矽砂流動層所形成，使供給物與燃燒空氣可形成理想的混合，即使污泥之性質及供給量變動時，也容易操作可做到自動運轉。
- (2) 乾燥與燃燒在流通層內同時發生，得以保持高溫(750~850℃)且有均勻的溫度，因此沒有惡臭或未分解物質之生成。
- (3) 流動層之熱容量大，爐內不產生局部性高溫，耐火物之損傷少。
- (4) 爐內蓄熱量大，因間歇運動停止作業時爐內溫度之下降少。即使停止供料 12 小時後，爐內溫度降不到 600℃。在昇溫時不必使用啟動用熱風發生爐，只需開動補助燃料用燃燒器就可以。(圖 12.13)。
- (5) 爐內物料混合比其他焚化爐良好，可減少空氣過剩率($m=1.2\sim1.4$)，排氣處理裝置之規模可小，但爐灰將成為飛灰(fly ash)與污泥燃燒氣體同時排出，因此，需要設置處理灰塵濃度較高容量的集塵裝置(圖 12.14)。

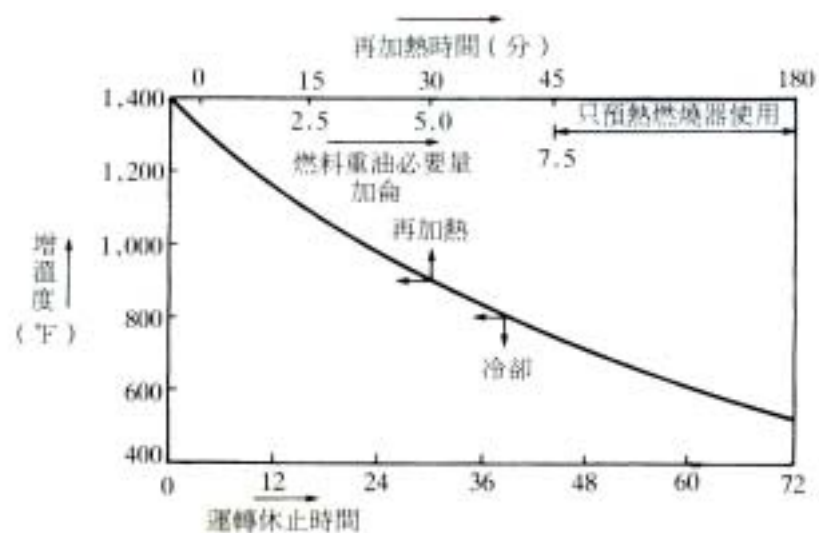


圖12.13 再運轉所必要燃料的量與時間

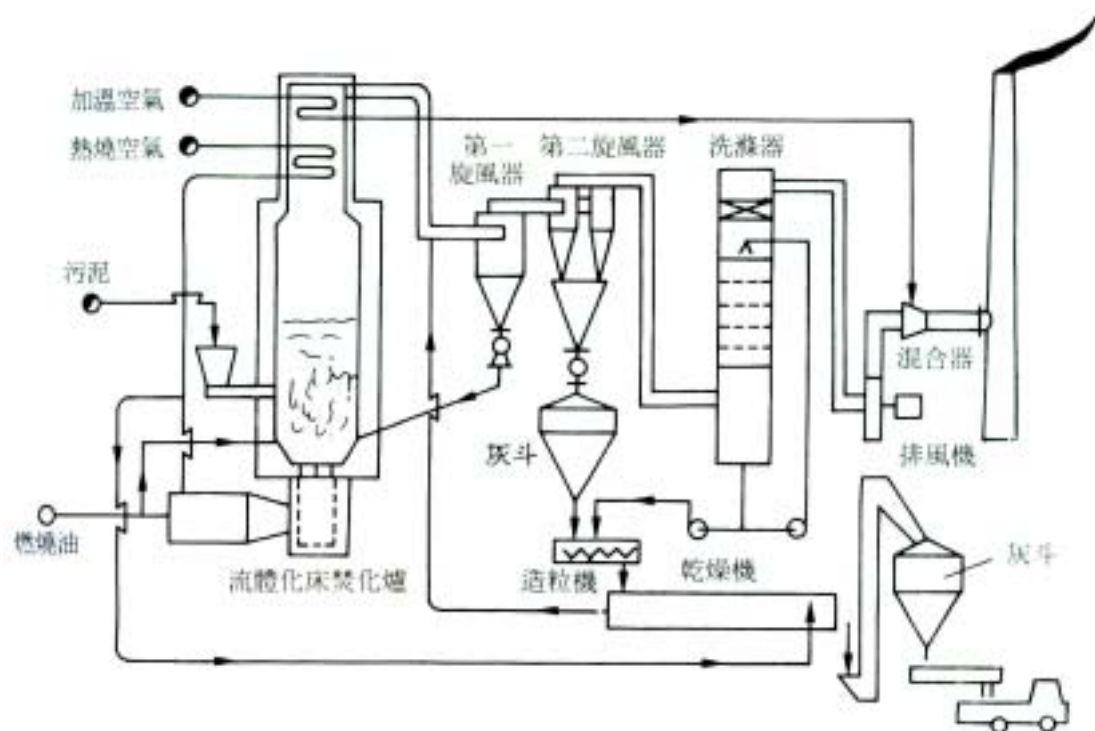


圖12.14 流體化床式焚化設備流程圖

(6) 開工中流動砂會減少，矽砂需要適當的補充。矽砂之減少靠風箱部之壓力減少而檢知。

(7) 高溫部全無機械驅動裝置，不會產生機械故障或爐體損傷。

3. 主要用途

(1) 工廠污水活性污泥之焚化。

(2) 下水道脫水污泥之焚化。

(3) 硫化礦砂之流動焙燒、石灰石之鍛燒。

現在流動層式焚化爐做為下水道脫水污泥之焚化爐以建造 10 幾座，其規模在 20~50T/D。間歇運作容易、運轉操作及修護方便，因此在累積其實績中，今後應會更普及。

二、階段性焚化爐

本焚化爐適合於低水分高熱值脫水污泥之焚化。熱值雖不高但水分低(低位發熱量 1,000kcal/kg 以上)，不必使用補助燃料亦可焚化，此時所發生的熱量可有效回收用於廢熱鍋爐。

1. 結構(參見圖 12.15)

本焚化爐式臥式長方型，由乾燥部、燃燒部、冷卻部、灰分搬出部、污泥供給部等組成。外板式軟鋼板製，內部用耐火磚及隔熱磚貼壁面。爐床配有耐熱鑄鋼之爐柵(roaster)的耐火構造物。

污泥之供給設於乾燥部頂棚的回轉供料口，爐內與外界是隔離的。污泥由可動與固定交互配置爐柵而成，可動爐柵以水平往復運動，幫助污泥投入爐內。可動爐柵分別連結於乾燥部與燃燒、冷卻部各處，行程(stroke)數目及行程長度由油壓或空氣汽缸(cylinder)調整，可以改變污泥在各部滯留時間。污泥在爐內滯留時間依污泥水分而異，通常為 30~60 分鐘。

投入爐內的污泥，因可動爐柵之前後運動，一面在各爐柵反轉，一面徐徐由階段下降，與設於爐柵前面之供給孔噴出之溫空氣與爐內逆流火焰接觸後，順次經過乾燥、著火、燃燒、冷卻之各種過程。焚化後的爐灰由設於冷卻部後面的螺旋輸送帶排出爐外。

污泥燃燒氣體是由設於乾燥部上端的頂棚排出口排出，視情況有時燃燒氣之一部分亦可由冷卻部上端排出。爐內之溫度是 750~850℃，排出口溫度亦相同。污泥焚化用空氣按必要量均等供應到裝配於乾燥部，燃燒部、冷卻部下方之空氣室。階段之傾斜度為緩和的 10~20 度，為防止污泥之短傳(short pass)，段高僅為 30~50mm 之薄型，以防止厚層焚化及因灰熔融結塊而阻礙輸送污泥之停滯。啟動用燃燒器安置於燃燒部後方壁面，以防火焰不致直接碰到

爐柵及爐磚，以避免過熱。其他裝備尚有溫度、壓力檢測器，檢查用人孔，檢視鏡。

為維持爐內壓力在 $-1\sim-5\text{mmAq}$ ，得調整節氣閘(damper)開合度或抽風機之回轉數。

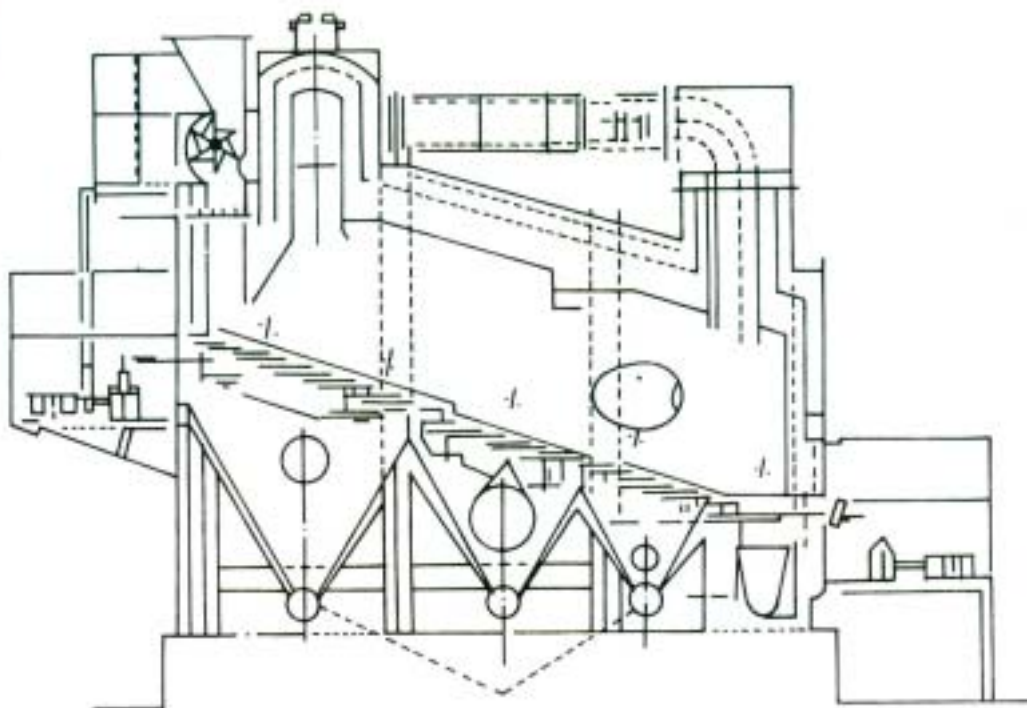
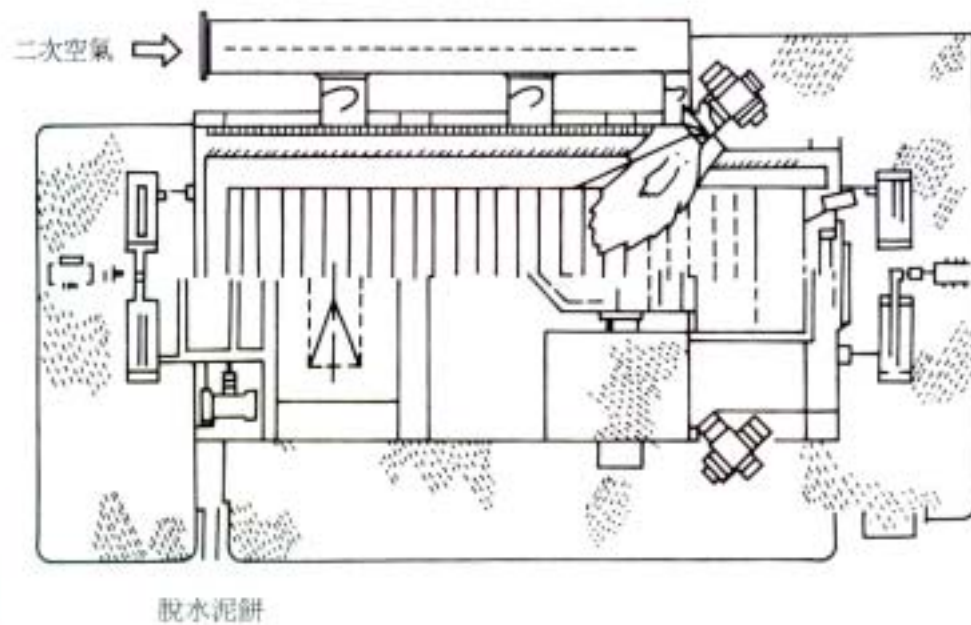


圖12.15 階段式焚化爐構造斷面圖

3. 主要用途

- (1) 下水道脫水污泥中，低水分，高熱值，且焚化時部產生腐蝕性氣體之污泥，是最適合此階段式焚化爐。特別適合於熱處理污泥之焚化。
- (2) 都市垃圾、屎渣之焚燒亦可能適用，但須先予充分乾燥及破碎。

向來屎渣之焚化採用固定爐，爐灰的搬動為手動，且為間歇作業。本焚化爐可連續作業，並自動搬出爐灰，比固定爐燃燒效率優良，係今後可以充分利用的焚化爐。

三、迴轉窯型焚化爐(rotary kiln)

有同流式與逆流式二種方式，一般所使用的是逆流式。同流式被用於焚化揮發性高的與含沸點低的高熱值物質者。

投入迴轉窯之污泥隨窯體之回轉，被帶至回轉方向之高處，然後轉動落下，緩慢往前移動至窯之出口。污泥被攪拌，與高溫氣體及耐火物面接觸進行熱交換。窯之內部可分為乾燥部與燃燒部。乾燥部由預熱、蒸發及加熱帶構成。投入窯內之污泥與高溫氣體接觸，預熱到濕球溫度，使水紛蒸發。污泥溫度保持在界限含水率為濕球溫度($60\sim 70^{\circ}\text{C}$)，其後再被加熱昇溫到著火溫度開始燃燒。

燃燒部是由熱分解、燃燒及燒成帶而成，由乾燥部所得之乾燥污泥，靠熱含量與補助燃料，燃燒後變成灰分。焚燒溫度通常在 $700\sim 900^{\circ}\text{C}$ ，燃燒部之後設燒成帶，加更高溫，使灰分成半融狀態後凝集成為固體或燒結塊(clinker)。(請見圖 12.17)。

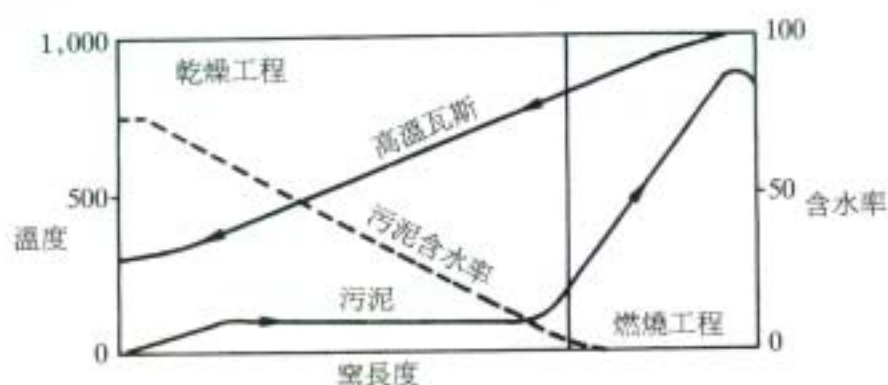


圖12.17 迴轉窯內瓦斯・污泥之溫度與污泥水分之分布

1. 構造

窯本體係長度/直徑之比值較大的圓筒型，筒體內面貼上耐火物，緩緩地回轉，迴轉數為每分鐘 0.5~3.0 次，以污泥之供給量、性狀及水分的狀態，均可改變污泥在爐內之滯留時間。筒體是順污泥之流向傾斜。其傾斜度普通為 1/100~3/100，安定窯時固定(圖 12.18)。

窯之尺寸，焚化普通污泥時用直徑 1~2.5m，長度 8~30m 之範圍內，一般產業界則用直徑 5m 程度者較多。所以污泥焚化窯處理大量污泥，提高處理規模等不會有機械問題。筒體之材質是鋼板，不用特殊材質。

入口氣罩設有污泥送入筒體之供給裝置與誘引燃燒氣體排出的排氣口。出口氣罩具備將爐體送來的焚化灰由底部排出的排出口及補助燃燒器。氣罩出入口之材質均屬鋼板，內襯耐火與斷熱材，因自立固定所以在氣罩與回轉筒體間，設有氣密(air seal)機構。

爐體有 2 個大輪環以 2 個滾輪(roll)支撐。

2. 特徵

- (1) 迴轉式焚化爐使用歷史很久，實績豐富。
- (2) 容許脫水污泥之性狀及供給量之變動幅度大，運轉操作亦容易。
- (3) 不只焚化污泥，亦可處理部分事業廢棄物。
- (4) 爐內構造極簡單，從脫水污泥之性狀或爐內高溫操作等而言需要簡單的結構。
- (5) 高溫部沒有金屬部分及機械性運動部分，因此容易維持管理，維護費用低廉。
- (6) 低熱值污泥焚化時，係在焚化灰排出口 hood 裝置燃燒器，雖然溫度控制容易，但對熱值高可自燃之污泥，難於在任意位置供應冷卻空氣。
- (7) 燃燒部之後設置燒成帶部，提高溫度後，焚化灰可作為燒結塊(clinker)。
- (8) 不適合於間歇作業。這是因包括焚化設備昇溫、降溫在內所造成的時間損失，反覆加溫及冷卻對爐材之影響，以及裝置會大規模化等缺點所致。
- (9) 焚化爐本身不產生任何噪音。

3. 主要用途

- (1) 高分子物質之焚化。
- (2) 非鐵製煉、製鐵關係的熔融爐、保持爐。
- (3) 下水道污泥之焚化。最近的動向顯示漸漸被用於都市垃圾資源化之反應裝置。

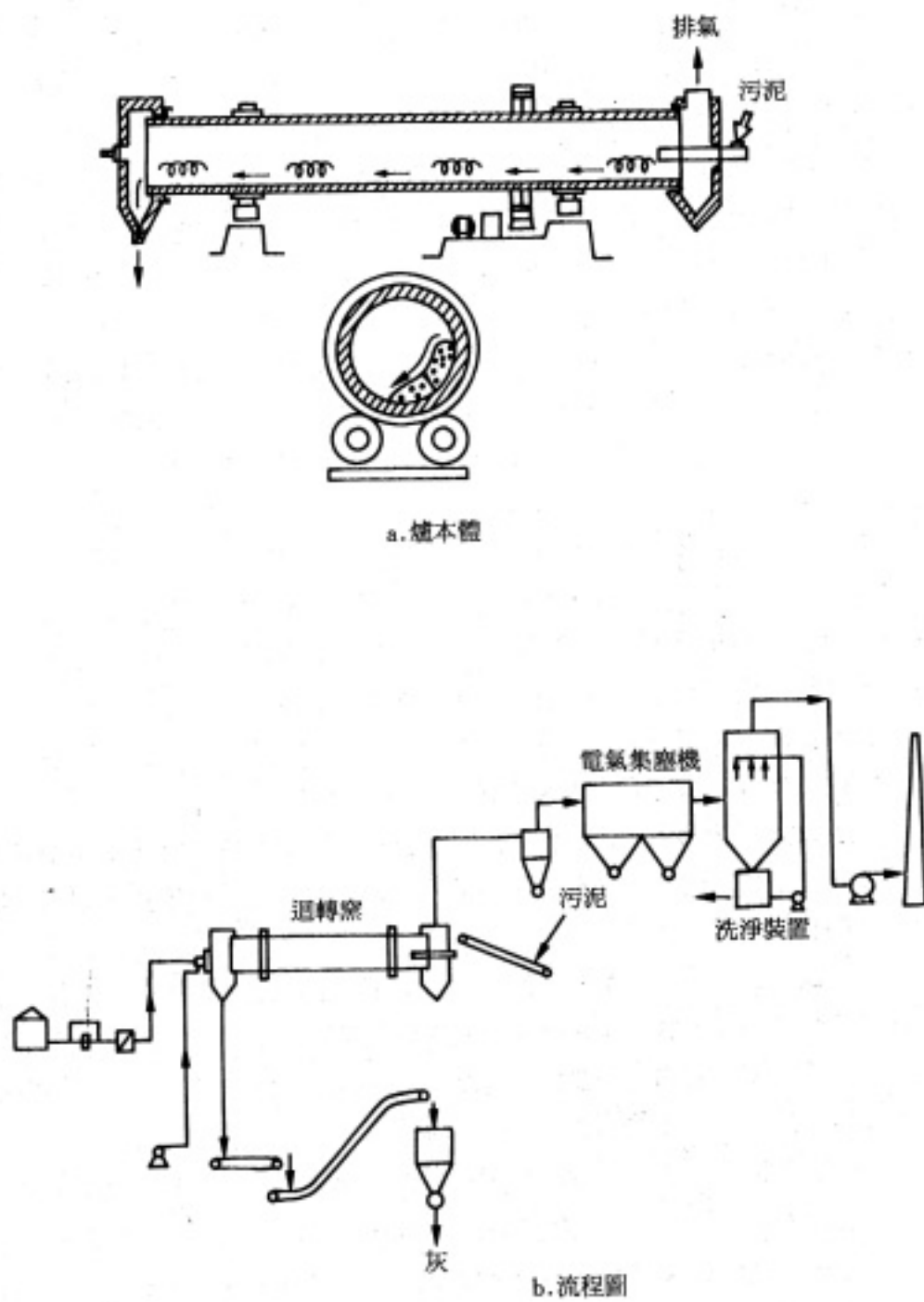


圖12.18 回轉窯構造概要

四、豎立式多段焚化爐

焚化爐之型式雖多，但今日最普遍被採用的是本型式者。

由爐頂連續投入的污泥，經由投入擋板落入最上段爐床，被攪拌臂上的齒子由外周收集到中心部而掉入下一段。在下段泥餅則由中心部向外周方向被移動，由外周之出口落入下段。如此依序移動落到最下段。由於攪拌齒子的攪拌效果泥餅被細碎增大表面積，泥餅表面之山與谷部更形成大於爐床面積的接觸面積。進入爐內的空氣通過與污泥相同路徑反方向上升，在下方的段再被加熱後做為污泥的燃燒用成為燃燒瓦斯，與由泥餅中水分所蒸發的水蒸氣與補助燃料之燃燒瓦斯一起由最上段瓦斯出口排出爐外。

爐內泥餅經由預熱、乾燥、燃燒、冷卻後成為無機質之灰分由爐最下段以 200~300℃ 的溫度被排出。燃燒帶的溫度約為 750~850℃。一段主燃燒帶在 6 段爐時為第 4 段，8 段爐時為第 5~第 6 段，10 段爐時為第 7~第 8 段。

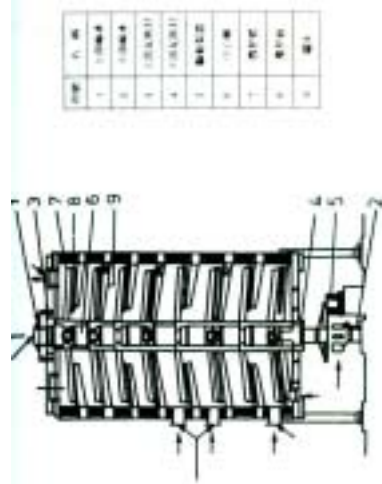
1. 構造

焚化爐本體為圓筒豎立型，外板為軟鋼板，內側第 1 層為耐火磚，第 2 層為斷熱磚，第 3 層為斷熱可鑄性耐火材料等 3 層所構成，全壁厚度約 345mm，以期爐壁之熱損失為最低限度。其內部由 6~14 斷爐床所隔開，爐床每隔一段交叉在中心或中邊有泥餅掉下口而獲得相連。本體經由支柱支撐再基礎上。中心部有耐熱合金鑄件之中心軸垂直通過，軸上再各段爐床以 Byonet 方式裝有 2~4 支之特殊耐熱鑄鐵的攪拌臂，並以插銷固定(參見圖 12.19)。

另外攪拌臂隨各段多少有差異，但為攪拌污泥使之擴散移動都裝有攪拌齒。攪拌臂隨不同種類的污泥以每分鐘 0.5~1.5 轉的低速度邊轉邊依序刮泥餅使之掉下(參見圖 12.20)。

各層設有 1~2 個人孔及檢查口。焚化爐裝設爐內壓力檢測器，以保持爐內壓力為 -2~-5mmAq，調節節氣閘或抽風機之回轉數。燃燒部是由熱風發生爐送進熱風，並為保持爐內一定溫度，用溫度自動調節裝置增減熱風量。各層都裝有溫度檢測器，可由外部掌握爐內之燃燒狀況。

中心軸及攪拌棒(rabble arm)均由二重筒式構造而成，因露於高溫氣體中，故用風扇由內部強制冷卻。此排氣因形成 100~150℃ 之熱風，再熱經濟上，可當作燃燒用二次空氣回送到爐的最下段或做為白煙防止用空氣使用。



编号	名称	规格	数量	备注
1	炉膛	10000m ³	1	
2	水冷壁	Φ108×10	100	
3	过热器	Φ108×10	100	
4	再热器	Φ108×10	100	
5	省煤器	Φ108×10	100	
6	空气预热器	Φ108×10	100	
7	除尘器	Φ108×10	100	
8	引风机	Φ108×10	100	
9	送风机	Φ108×10	100	
10	磨煤机	Φ108×10	100	
11	给煤机	Φ108×10	100	
12	渣斗	Φ108×10	100	
13	灰斗	Φ108×10	100	
14	除尘器	Φ108×10	100	
15	引风机	Φ108×10	100	
16	送风机	Φ108×10	100	
17	磨煤机	Φ108×10	100	
18	给煤机	Φ108×10	100	
19	渣斗	Φ108×10	100	
20	灰斗	Φ108×10	100	
21	除尘器	Φ108×10	100	
22	引风机	Φ108×10	100	
23	送风机	Φ108×10	100	
24	磨煤机	Φ108×10	100	
25	给煤机	Φ108×10	100	
26	渣斗	Φ108×10	100	
27	灰斗	Φ108×10	100	
28	除尘器	Φ108×10	100	
29	引风机	Φ108×10	100	
30	送风机	Φ108×10	100	
31	磨煤机	Φ108×10	100	
32	给煤机	Φ108×10	100	
33	渣斗	Φ108×10	100	
34	灰斗	Φ108×10	100	
35	除尘器	Φ108×10	100	
36	引风机	Φ108×10	100	
37	送风机	Φ108×10	100	
38	磨煤机	Φ108×10	100	
39	给煤机	Φ108×10	100	
40	渣斗	Φ108×10	100	
41	灰斗	Φ108×10	100	
42	除尘器	Φ108×10	100	
43	引风机	Φ108×10	100	
44	送风机	Φ108×10	100	
45	磨煤机	Φ108×10	100	
46	给煤机	Φ108×10	100	
47	渣斗	Φ108×10	100	
48	灰斗	Φ108×10	100	
49	除尘器	Φ108×10	100	
50	引风机	Φ108×10	100	
51	送风机	Φ108×10	100	
52	磨煤机	Φ108×10	100	
53	给煤机	Φ108×10	100	
54	渣斗	Φ108×10	100	
55	灰斗	Φ108×10	100	
56	除尘器	Φ108×10	100	
57	引风机	Φ108×10	100	
58	送风机	Φ108×10	100	
59	磨煤机	Φ108×10	100	
60	给煤机	Φ108×10	100	
61	渣斗	Φ108×10	100	
62	灰斗	Φ108×10	100	
63	除尘器	Φ108×10	100	
64	引风机	Φ108×10	100	
65	送风机	Φ108×10	100	
66	磨煤机	Φ108×10	100	
67	给煤机	Φ108×10	100	
68	渣斗	Φ108×10	100	
69	灰斗	Φ108×10	100	
70	除尘器	Φ108×10	100	
71	引风机	Φ108×10	100	
72	送风机	Φ108×10	100	
73	磨煤机	Φ108×10	100	
74	给煤机	Φ108×10	100	
75	渣斗	Φ108×10	100	
76	灰斗	Φ108×10	100	
77	除尘器	Φ108×10	100	
78	引风机	Φ108×10	100	
79	送风机	Φ108×10	100	
80	磨煤机	Φ108×10	100	
81	给煤机	Φ108×10	100	
82	渣斗	Φ108×10	100	
83	灰斗	Φ108×10	100	
84	除尘器	Φ108×10	100	
85	引风机	Φ108×10	100	
86	送风机	Φ108×10	100	
87	磨煤机	Φ108×10	100	
88	给煤机	Φ108×10	100	
89	渣斗	Φ108×10	100	
90	灰斗	Φ108×10	100	
91	除尘器	Φ108×10	100	
92	引风机	Φ108×10	100	
93	送风机	Φ108×10	100	
94	磨煤机	Φ108×10	100	
95	给煤机	Φ108×10	100	
96	渣斗	Φ108×10	100	
97	灰斗	Φ108×10	100	
98	除尘器	Φ108×10	100	
99	引风机	Φ108×10	100	
100	送风机	Φ108×10	100	

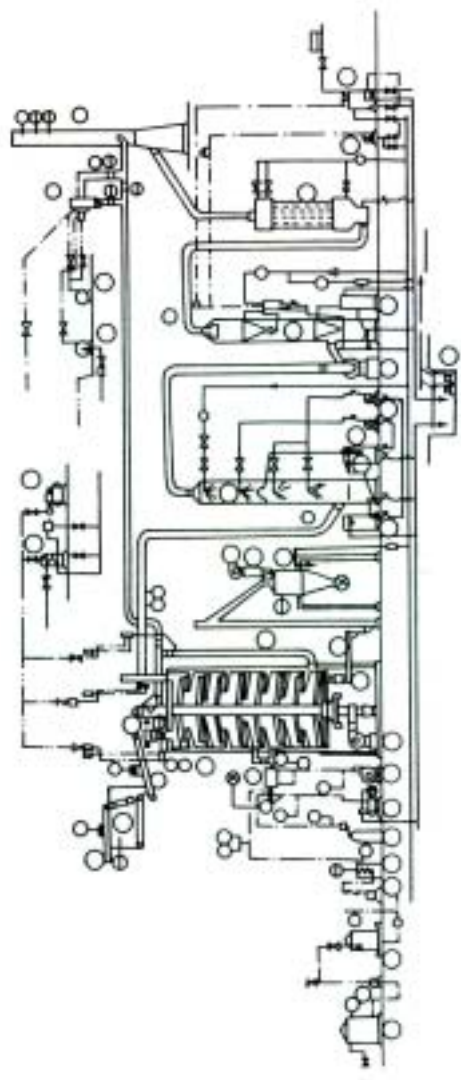


圖12.19 多段爐構造斷面圖

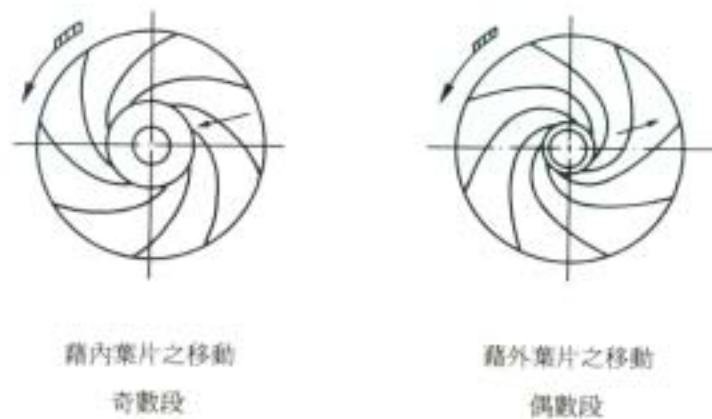


圖12.20 段上之泥餅之移動

2. 特徵

- (1) 之燃燒狀態不隨污泥之性狀及供給量之變動而大幅變化，因此操作容易，可以自動運轉。
- (2) 內污泥用機械移送，因而污泥無滯留塞住之虞。
- (3) 化爐軸之回轉速度，可輕易變更污泥在爐內滯留時間。
- (4) 因各段爐床互相隔離，溫度管制容易，排出氣體之性質安定，容易執行排氣處理。
- (5) 粉塵之排出濃度量 $0.5 \sim 2.0 \text{g/Nm}^3$ 少於他種爐子。
- (6) 設備佔地面積小，運轉成本較省。
- (7) 連續作業較理想，不得已採間歇運轉時，須保持爐內溫度為 $500 \sim 600^\circ\text{C}$ 。
- (8) 爐內之金屬零件會有消耗，特別是高溫燃燒段之三通、臂或爐磚需要充分的檢查。

3. 主要用途

- (1) 下水道脫水污泥之焚化。
- (2) 礦業用焙燒。
- (3) 工業廢水活性污泥之焚化。

豎型多段焚化爐之實績多，均維持安定的性能，今後其需要可能會增加。

【參考文獻】

1. 「1975 年廢棄物燃燒與能源利用技術全國會議資料」。
2. 「1974 年污泥處理技術講習會資料」。
3. 「濃縮脫水過濾」、「廢水管理叢書」。
4. Environment Creation, Vol. 3, No. 11, 1973。
5. 「下水道之污泥處理」、「第 13 屆下水道研究發表會講演集」。

廢油與其他焚化爐

一、廢油焚化爐

廢油之焚化爐一般有回轉式、二流體式及壓力噴霧燃燒式等，或者這些方式的互相組合。在其他廢棄物(工廠塵埃、污泥等)焚化時，廢油可作為補助燃料或再燃料用燃料使用。

回轉式噴霧燃燒法，適合於粒徑大之污泥或水分含量較多之廢油之焚化。此法可使含水分 70% 左右之廢油自燃。圖 12.21 是噴霧燃燒式廢油焚化爐之流程圖。使用二流體燃燒器，廢油與蒸汽由同一噴嘴噴霧燃燒。含污泥之廢油，微粒化後使其完全燃燒。

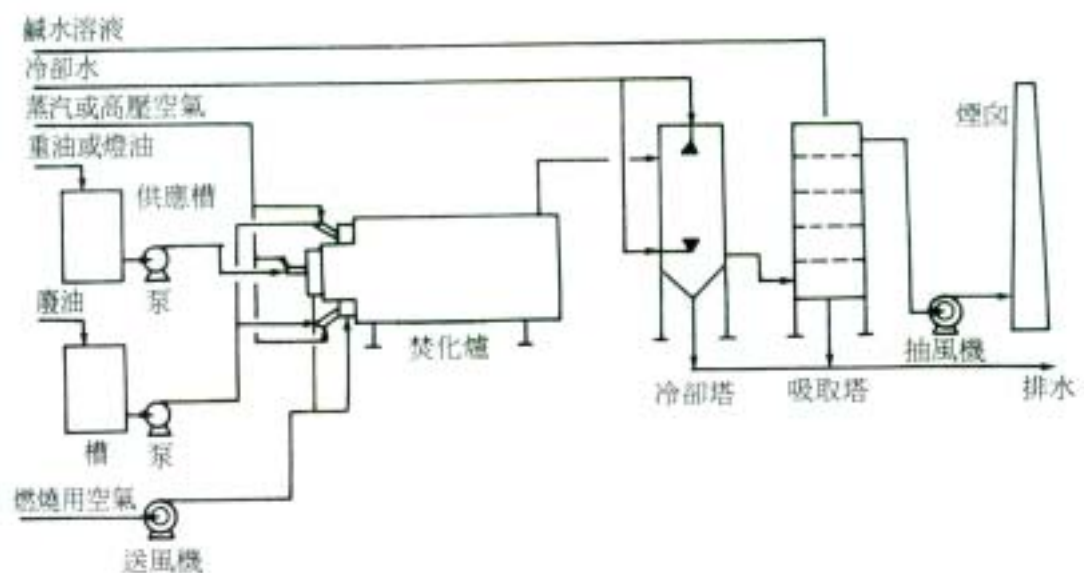


圖12.21 噴霧燃燒式廢油焚化裝置流程圖

圖 12.22 是西德 BASF 社的廢油焚化爐，在迴轉窯內投入廢油污泥，液狀殘渣及廢容器等予以焚化。在再燃燒室燃燒廢油，完全焚化。又燃燒排氣之廢熱回收用作鍋爐之蒸氣。

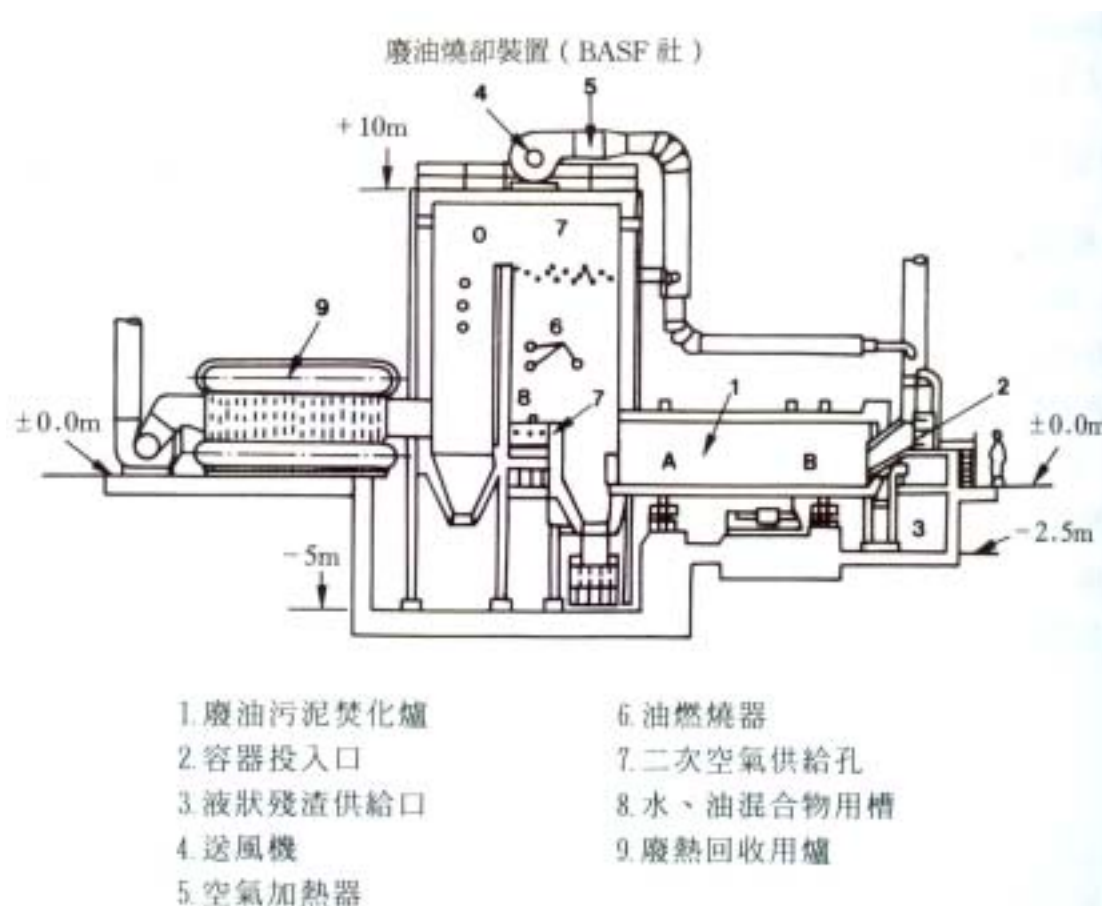


圖12.22 廢油焚化裝置

圖 12.23 係美國之 Rohm and Hass 社開發的廢油焚化爐。廢油由噴嘴向爐內噴霧，燃燒用空氣由爐周邊多數葉片口旋渦狀吹進爐心燃燒，爐壁由加壓空氣的保護殼做為冷卻用。

圖 12.24 係燒瓶型焚化爐。爐呈長頸燒瓶型，燒瓶底部為一次燃燒室，頂部頸口作二次燃燒室。適合於熱值高的廢油、廢溶劑或廢脂肪等之焚化。

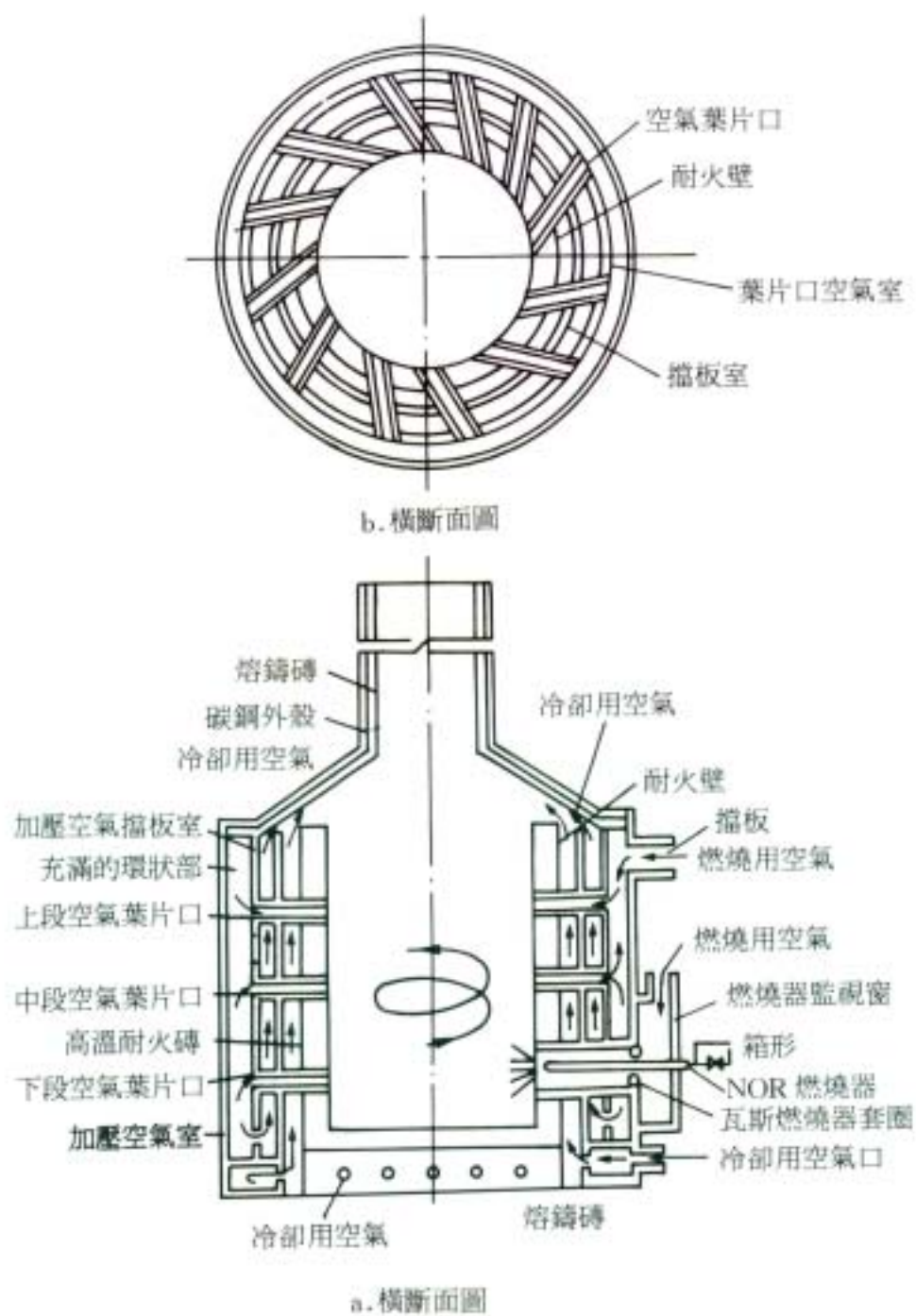


圖12.23 Rohm and Hass 社廢油焚化爐

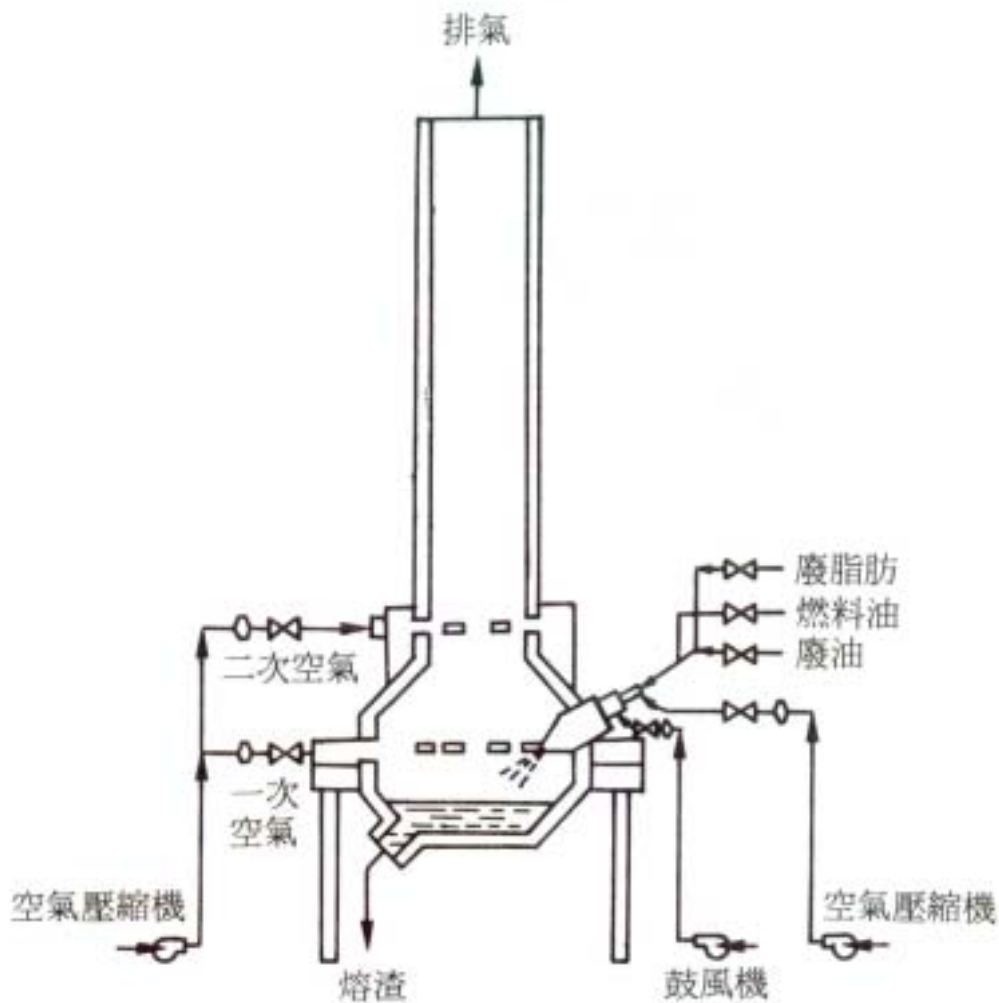


圖12.24 燒瓶型焚化爐

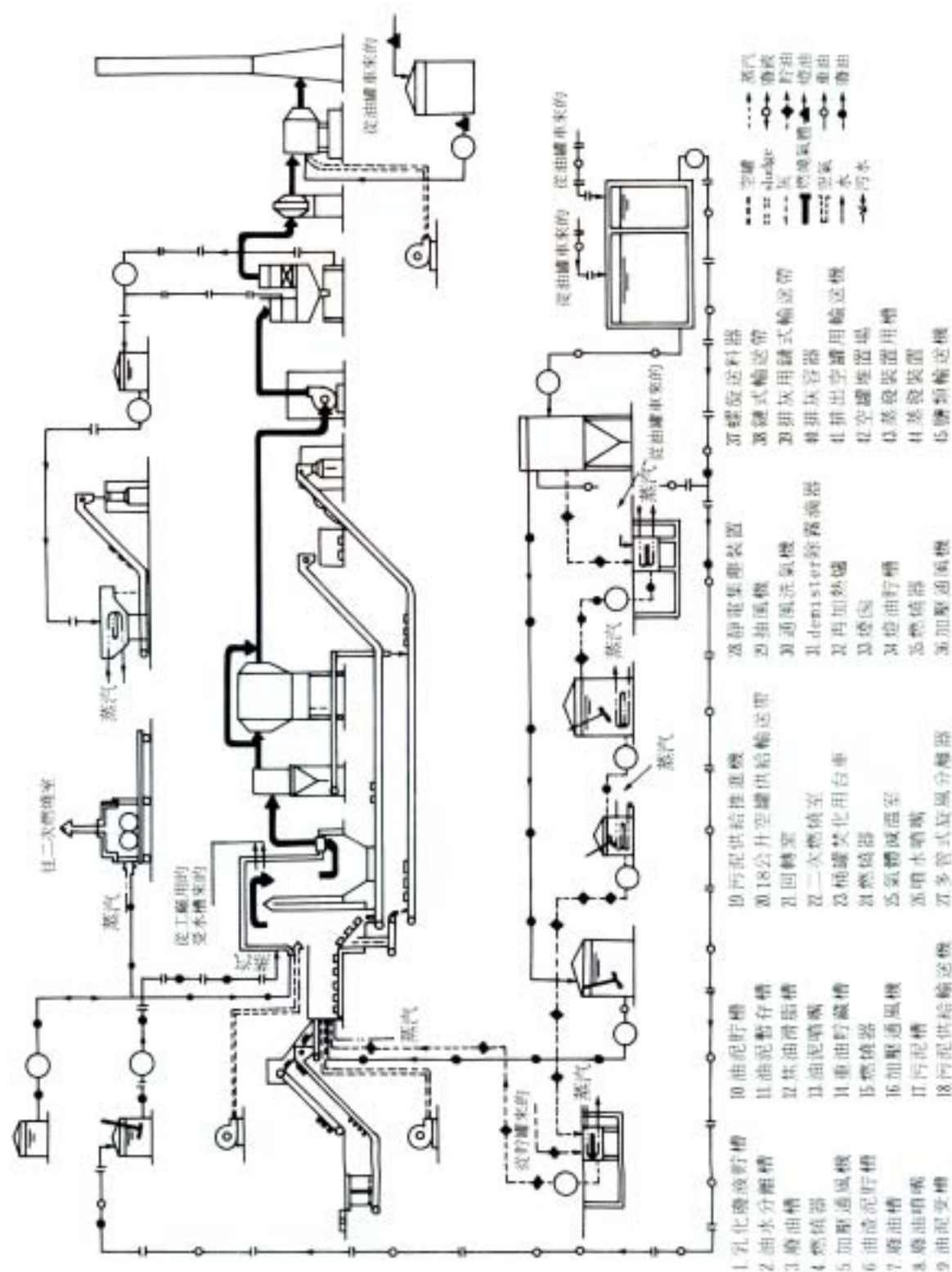
二、廢油處理設備

工廠產生之廢油、廢液、焦油、滑脂、油泥，排水處理污泥等綜合處理的設備流程如圖 12.25。焚化爐由迴轉窯予二次燃燒室構成，燃燒瓦斯經噴水減溫後，用多管式炫風分離器(multicyclone)、靜電集塵器除去粉塵，再用文氏洗氣器(Venturi scrubber)，洗去有害氣體，用燈油再加熱防止白煙後由煙囪排出。廢棄物中，乳化廢油須先作油水分離。油泥與焦油，滑脂，排水污泥及由輸送帶送來的 18 公升空罐，一起投入於窯中焚化。廢油、油渣、污泥以燃燒器在二次燃燒室，與窯內燃燒氣體一起完全燃燒。空罐在窯內輸送機燒完內部廢液後，由窯出口與灰同時被排出。

表 12.7 處理對象物處理量

焚 化 爐	焚 化 法	種類	成為焚化物的過程	低位發熱量 (kcal/kg)	處理量 噸/10 小時	成分		
						油分	污泥	水分
迴 轉 窯	油 燃 燒 器	油污泥	將槽底廢油再生排水做 油水分離者	10,160	1.8	87.0	2.6	10.1
		蒸餾殘渣	稀釋劑洗油之廢油經油 水分離者	10,100	1.5	94	1	5
	迴 轉 窯	廢油吸著劑	使用過之白土、真珠岩活 性炭等	3,510	1.0	10~ 30	70~ 90	-
		紙類、梱包材	從工廠發生裝入於 181 罐者	3,430	0.01	-	-	30
二 次 燃 燒 室	噴 霧 燃 燒	汽油桶洗滌水	汽油桶洗滌水經油水分 離者	-	5.0	1	-	99
		油槽排水	油槽排水經油水分離者	(8,980)	5.5	3.6	0.3	96.1
		乳化廢液	切削、壓延油等之乳化廢 液經油水分離者	(9,350)	10	2.2	0.2	97.6
		油渣污泥	油系廢水、地下池槽水	-	4	-	3.6	96.4
		生活廢水	所內廢水經過 20 網目的 濾網過濾的水	-	6.4	-	-	100
		廢水處理污泥	油系廢水處理污泥	-	4.0	2.8	2.5	94.7
		再生燃料油	-	-	3.4	99.8	0.12	-
合計			含助燃 不含助燃	- 39.21	42.61 39.21			

註：()表示去除水之後僅就油所測定之發熱量。



三、廢液焚化爐

廢油、廢溶劑如果含水量高，且含多量有機物時，油水分離不易，以活性污泥法處理因有機物濃度高，設備費與維持費有時並不經濟。BOD 在數萬~數十萬的廢液可採直接噴霧燃燒或液中燃燒方法，因設備簡單處理，可完全燃燒易於防止二次公害。

圖 12.26 為噴霧燃燒型的廢液燃燒爐。爐係上部有煙囪的豎立型圓筒，廢液由噴嘴噴霧入以補助燃料加熱的燃料室內，在爐內迴旋蒸發水分並完全燃燒分解，維持燃燒室上方的溫度在 600°C ~ 700°C ，即可使有機物完全分解。

表 12.8 表示以噴霧燃燒所處理工廠廢液的種類，每天運轉 16 小時可處理 29 噸的廢液。

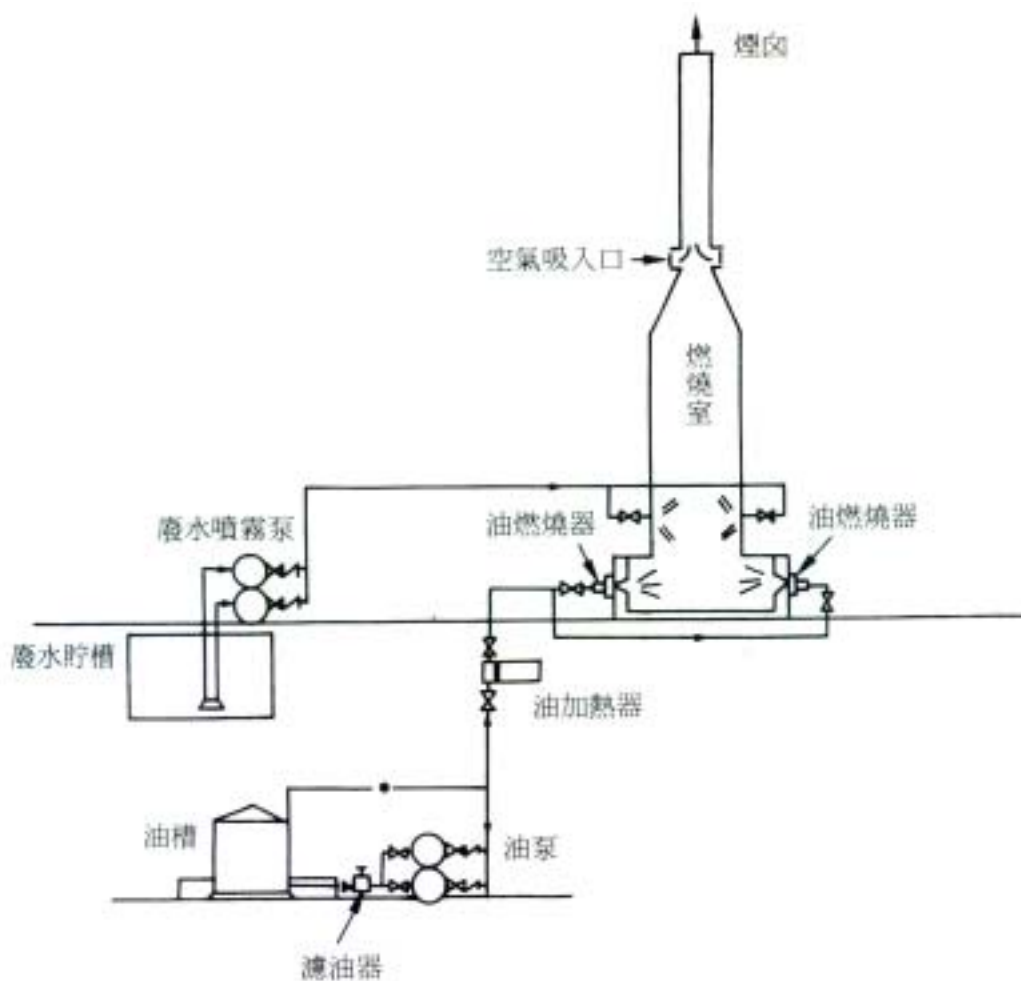


圖12.26 廢液焚化裝置

表 12.8 工場廢液之種類

項目	A 廢液	B 廢液	C 廢液
水分(%)	86.0	96.5	98.0
丙酮(%)	7.0	0	0
DMF(%)	3.5	3.5	2.0
乙酸乙脂(%)	3.5	0	0

圖 12.27 表示液中燃燒型焚化爐之流程，這是適合於高濃度廢液之方法，將燃燒瓦斯排出於水中不但可減少排氣熱損失又可防止灰塵之飛散。

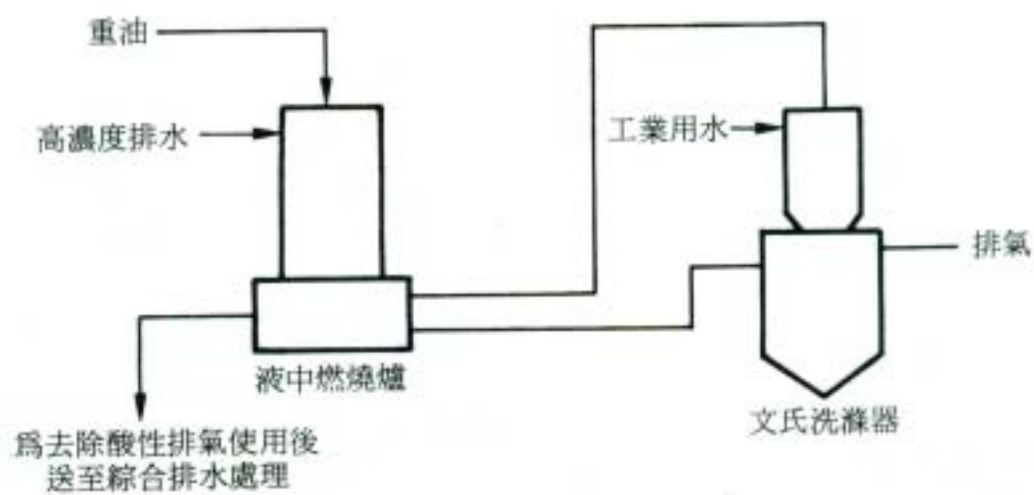


圖12.27 液中焚化流程圖

第十三章 固化處理技術

固型化裝置

水泥固化

一、前言

為安定含有產業廢棄物或有害物質的污泥或底質之固化處理方法中之一，有水泥固化。昭和 52 年 3 月 14 日，部分修改了有關廢棄物之處理處分規定之「廢棄物處理法(有關廢棄物之處理及清除之法律)」，並經由環境廳公告第 5 號具體訂定關於有害廢棄物固型化基準，自同年 3 月 15 日開始適用，其中有關掩埋處分(含海面掩埋處分)基準中規定結合材需用水硬性水泥，其配合量為每一立方米水泥固型物 150 公斤，強度每一軸壓縮強度須在 10kg/cm^2 以上，又有關投入海洋基準即為 100kg/cm^2 以上，不過，之後再昭和 52 年 5 月 12 日及同年 8 月 16 日之環境廳所發給各政令都市的通報中以「固型畫法有關補充說明」只要能滿足該令之基準的話，不限於固化方法，對投入海洋以外的處分，使用水硬性水泥以外的結合材亦可，因此目前根據這一理念，以水泥固化維新，瀝青固化，塑膠固化法也被廣泛採用，這裡擬就最為普通的水泥固化處理法，介紹其理論以及幾各實例。又本文所列實例並不限於有害廢棄物之無害化，在環境整臂上必須的高含水量污泥或低含水量污泥的安定固化處理也包括在內。

二、水泥的水和反應與有害物質固定之機構

水泥已有 100 年以上的歷史，水泥構造物的高度安定性，歷史上已獲得證實。其固化處理極為容易，且做為材料的水泥可以說是最為廉價的代表例。這種水泥的優點有效利用於含有有害物質的粉體或泥狀物的安定化固化。如表 13.1 所示，卜特蘭系水泥之化學成分中主要為 CaO 及 SiO_2 二種，兩者之含量高達 87%，其次分別為 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 SO_3 等等。這些並非單獨以氧化物存在，而以化合物結晶存在，與水反應析出水合物結晶，因而被稱為水硬性礦物，而大致有表 13.2 的組成。

普通的卜特蘭水泥而言，支配其水和後的固化強度的主要礦物稱之為 A 鹽 (Alite)，化學式為 $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ 的化合物與 B 鹽 (Belite) $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ 的化合物，兩者的合計量佔全體之 76%。兩者與水反應均生成化學式 $3\text{CaO}_2 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 的矽

表 13.1 各種卜特蘭系水泥之化學成分

項目 水泥	化學成分 %									
	Igloss	insol	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	Total
普通卜特蘭水泥	0.6	0.1	22.2	5.1	3.2	65.1	1.4	1.6	0.7	100.0
快乾卜特蘭水泥	0.9	0.2	21.0	4.9	2.8	66.2	1.1	2.5	0.6	100.2
超快乾卜特蘭水泥	0.9	0.5	20.3	4.3	2.3	65.0	2.0	3.2	—	98.5
高爐水泥	0.7	—	25.3	8.5	2.2	57.1	2.9	2.3	—	99.0

表 13.2 普通卜特蘭水泥之水硬性礦物・水和生成物

項目 水硬性礦物	水泥中的 含有量%	水和反應生成物
3CaO · SiO ₂	41.6	3CaO · 2SiO ₂ · 3H ₂ O + Ca(OH) ₂
2CaO · SiO ₂	34.3	3CaO · 2SiO ₂ · 3H ₂ O + Ca(OH) ₂
3CaO · Al ₂ O ₃	6.7	3CaO · Al ₂ O ₃ · 6H ₂ O 與 1 分 CaSO ₄ 反應
4CaO · Al ₂ O ₃ · Fe ₂ O ₃	9.5	3CaO · Al ₂ O ₃ · 6H ₂ O + 3CaOFe ₂ O ₃ · 6H ₂ O
CaSO ₄	4.0	CaO ₄ · 2H ₂ O → 3CaO · Al ₂ O ₃ · 3CaSO ₄ · 32H ₂ O
合計	96.1	—————

* 註 $3(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) + 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + 20 \text{H}_2\text{O} = 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$

另一方面，其他主要礦物中含氧化鋁(Al_2O_3)的相中有 $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (氧化鋁三石灰)及 $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (氧化鋁·氧化鐵·四石灰)等，這些與水反應均可析出化學式為 $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 之立方晶系結晶。這時如果有硫酸根 SO_4^{2-} 存在，氧化鋁石灰鹽將與之結合析出無機複鹽 $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ 的短形或針狀的結晶 ettringite。該結晶在一分子中即擁有 32 分子水分子做為結晶構造單位。這些水和物結晶之中，強度最大者為矽酸石灰鹽水和物，又最快析出的結晶即係含 SO_4^{2-} 的複鹽 ettringite²。請參照圖 13.1。另一方面，該水和反應如上述之式

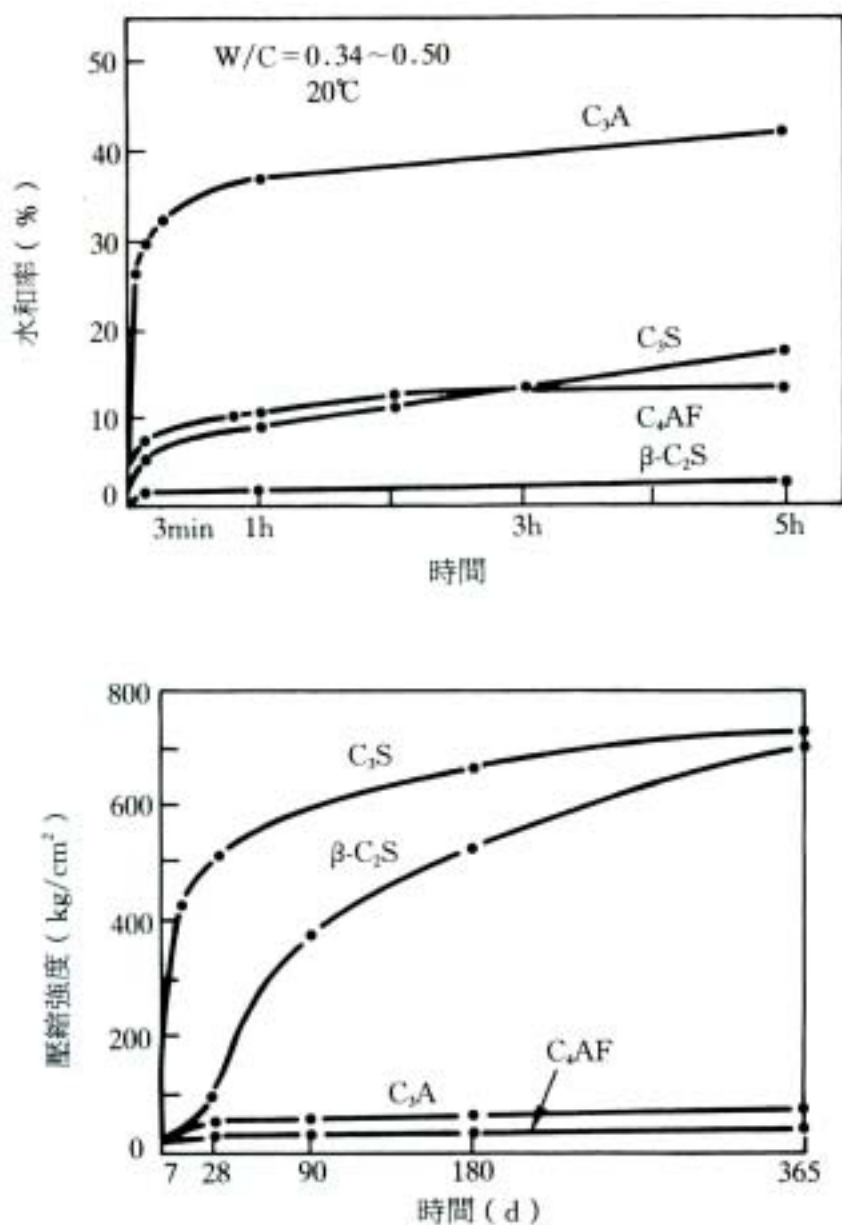


圖13.1 水泥化合物的水和速度(1-1)與水和強度(1-2)

子，隨水和而產生 Ca(OH)_2 ，這在水中解離所生成的 OH^- 離子使得液相的 pH 高到 12 呈現強鹼性。水硬性礦物的水和就在此鹼性領域進行，所析出的結晶複雜物交絡而構成強固的固化體。在水泥水和反應中之高鹼性、活性的 Ca^{2+} 離子之生成。微細結晶的組合所生成的硬化體之內部表面等，可以說都是在水泥固化中對有害物質之安定化有所貢獻的要因。即各種重金屬離子或有害物質均被構成水和物之內部表面所吸著，又在強鹼性液相中形成溶解度低的水和物或安定的石灰鹽而沉澱，被封進固化體構造中，而形成無害化。諸如此類，水泥的安定化處理效果係以化學的金屬離子的難溶性化合物沉澱效果與界面電力作用、范德瓦耳斯力所引起的物理性吸著效果為其主體，其他效果則有結晶析出時所伴隨之共沉效果、離子置換等。水泥的有害物質固定機能大部分來自石灰之效果。因此，利用消石灰固定重金屬離子的方法亦可使用。1973 年在舊金山所召開的第 3 屆國際石灰大會上所發表的有關利用石灰沉澱法之重金屬除去效率顯示，除 Cr^{3+} 之外其他重金屬幾乎都有極高的值³。(請參見圖 13.2)，在石灰水中大多數金屬鹽類之溶解度之所以比純水顯著低。正表示，對這種石灰沉澱效果的佐證，表 13.3 的鹽類溶解度表示鉛化合物與氧化格都有極高的溶解度。

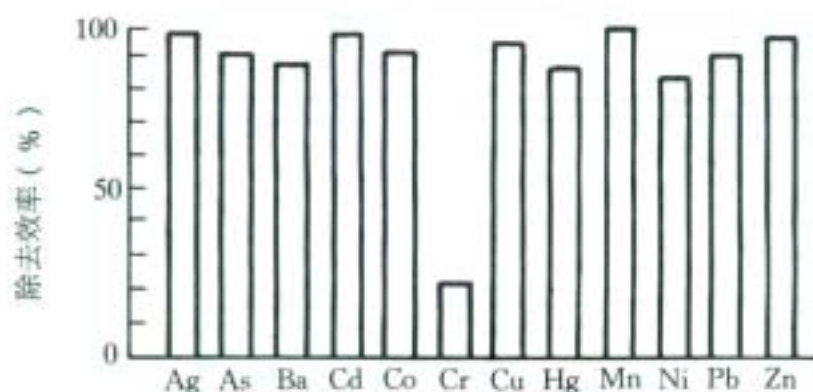


圖13.2 藉石灰之重金屬離子之除去效率

例如六價格在鹼性領域中，形成 CrO_4^{2-} 而不產生氫氧化物。實例中，就含多量 Cr 離子的污泥，以溶出試驗檢不出 Cr^{6+} 的卻由於以水泥固化後反而溶出，而抵觸規定值得案例亦為常有的事。其理由被認為在高鹼性領域中，污泥中的三價格離子由於 Cl_2 、 H_2O_2 、 PbO_2 等存在較易被氧化，變為六價格酸離子 CrO_4^{2-} ，生成易溶性鹽類所致。因而水泥固化時，必須以格均形成 CrO_4^{2-} 存在做為前提來考慮對策才可。一般認為水泥的水和物之中，最近析出的 enttringite、 $3\text{CaO} \cdot$

$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ 將會與格離子進行離子交換。即含於結晶相的 Al^{3+} 與 Ti^{3+} 、 Cr^{3+} 、 Mn^{3+} 、 Fe^{3+} 等之三價離子置換，形成 $\text{Ca}_6[\text{M}(\text{OH})_6](\text{SO}_4)_2 \cdot 26\text{H}_2\text{O}$ 的置換體，又 SO_4^{2-} 與 CrO_4^{2-} 置換形成 $\text{Ca}_6[\text{Al}(\text{OH})_6]_2 \cdot (\text{CrO}_4)_3 \cdot 26\text{H}_2\text{O}$ 的置換體

表 13.3 重金屬鹽類在純水與在飽和石灰水中的溶解度

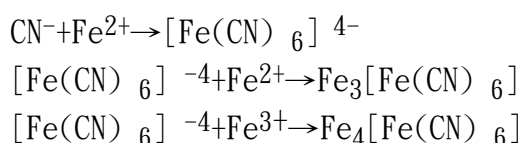
化合物	對純水的溶解度 g/100ml	對飽和石灰水的溶解度 g/100ml
$\text{CdCl}_2 \cdot 2\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$	90 (0 °C)	0.82 (24 °C)
$3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	76 (0 °C)	1.21 (24 °C)
CdS	0.13×10^{-3} (18C)	0.13×10^{-5} (24 °C)
PbCl_2	0.67 (0 °C)	0.68 (24 °C)
PbSO_4	4.3×10^{-3} (25 °C)	1.4×10^{-3} (24 °C)
PbO	1.7×10^{-3} (20C)	44×10^{-3} (24 °C)
PbS	0.9×10^{-4} (18 °C)	33×10^{-3} (24 °C)
ZnCl_2	432 (25 °C)	1.45 (24 °C)
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	96.5 (20 °C)	1.10 (24 °C)
ZnO	0.16×10^{-3} (29 °C)	0.47×10^{-3} (24 °C)
ZnS	0.69×10^{-3} (18C)	0.78×10^{-3} (24 °C)
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	143 (0 °C)	1.24 (24 °C)
CrO_3	164.9 (0 °C)	>2 (24 °C)

高橋秀夫等：藉水泥固化含重金屬產業廢棄物的基礎研究小野田研究報告 25(90)

等，如此與鉻酸離子置換的 enttringite 一般稱之為 chromate enttringite。事實上，enttringite 的生成量與 Cr^{6+} 的溶出量之間經過測定顯示有如圖 13.4 之固定效果。同時如同後述，調整成容易析出多量 enttringite 的水泥，一般均有克服阻礙水泥之水和反應之要因，使之快速硬化的性質，因此普遍被採用為污泥或產業廢棄物的固化材料，Pb、Zn 也與 BCr 同樣，在鹼性領域中形成陰離子(原子團)。但雖同樣是鹼性，起因於石灰的鈣鹼與起因於苛性鈉的鈉鹼，其舉動並不見得一致，例如 Zn 時在鹼性中形成的 ZnO_2^{2-} 鹼中與 Ca 結合生成 CaZnO_2 ，此化合物因溶解度極低，所以幾乎不溶出，另一方面，在鈉鹼中則生成 Na_2ZnO_2 ，這因溶解度大而融化。圖 13.5 為就兩種鹼，實測從電鍍污泥在鹼性領域中的 Cr^{6+} 溶出量的值。Hg 也是在鹼性中難於固定的對象之一。Hg 在鹼性領域中形成氫氧化物或可溶性錯離子而不易溶解。但水泥固化時，隨處理後的材齡溶出量會大幅度減少。這種現象與其說是由於化學性的安定化，不如說是伴隨水和反應之進行被吸著於迅速增大的固化體的內部表面所致⁶。其程度根據實測值，以有將經由水泥固化可固定之 Hg 離子量(溶出量)，以每公斤污泥 34mg 定為界限值得試算例 7。

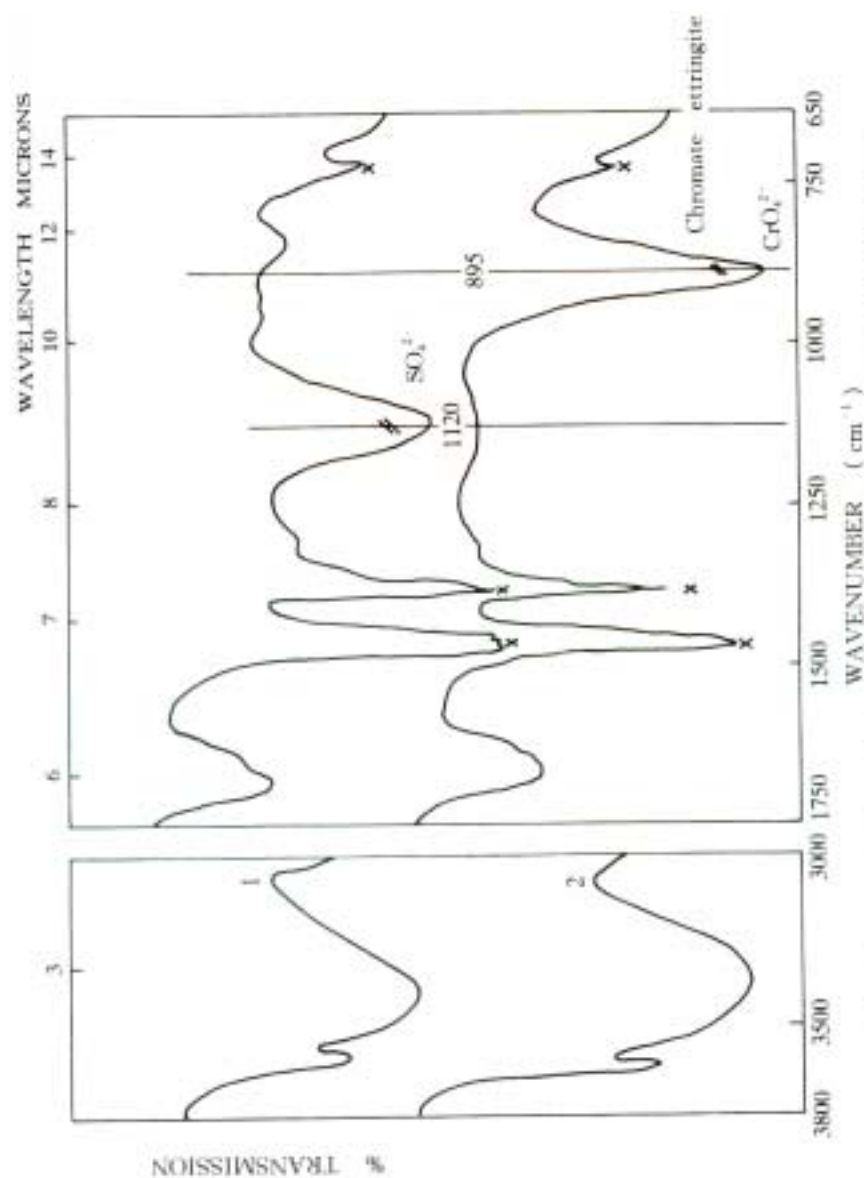
另外 CN 係以金屬錯體存在於污泥中，依據現行的溶出檢定法，被認為是難以水泥固定化固定的對象，表 13.5 為各種氰化物之溶解性。

要將其變為如此表所列的鹼性不溶性的錯鹽，如果期望於水泥的水和反應是不可能的，必須依據別種化學反應材可，有一個對策是添加亞鐵鹽使生成氫亞鐵酸鐵。



各種六氰亞鐵酸鹽的溶解度積(Ksp)如表 13.6 所示，與 Zn、Pb、Co、Cd 等金屬結合者為 $\text{Ksp}=10^{-15}\sim 10^{-17}$ ，但與二價或三價的鐵所構成的錯鹽，或水銀、銀等錯鹽的 $\text{Ksp}=10^{-41}$ ，顯示超過 20 倍以上的難溶性，為將污泥中之重金屬離子做為安定硫化物使之安定化為目的添加硫化鈉 Na_2S 混合處理時，合併使 CN 離子成為難溶性錯鹽為目的添加過量硫酸亞鐵，再將其以水泥固化的實驗例如圖 13.6。這是在以 CN 做為 NaCN 負荷時的污泥中添加硫酸亞鐵與硫化鈉，再加上對污泥之 20%之普通卜特蘭水泥混揉後材齡 3 天的測定例。

結果顯示 Na_2S 的存在確實使 CN 錯離子的溶出量增加，硫酸亞鐵的添加也對 CN 溶出的抑制有幫助⁷。如上述，利用水泥固化的有害物質的固定機能，隨所含化合物自燃就有其界限，期望普遍有效是不太可能的。不過因故化而產生的吸著能力的增加，倒相當可靠，所以理論上先實施化學的前處理，而後利用水泥固化以求安定化的處理方式應是可行的方法⁷，將這些總括於表 13.7。



Infrared spectra of 1) ettringite, 2) chromate-ettringite in the ranges 650–1750 cm^{-1} and 3000–3800 cm^{-1} in Nujol mull media.
 X = Bands due to Nujol mull medium.

圖13.3 Ettringite 與 chromate ettringite 紅外線吸收光譜線圖

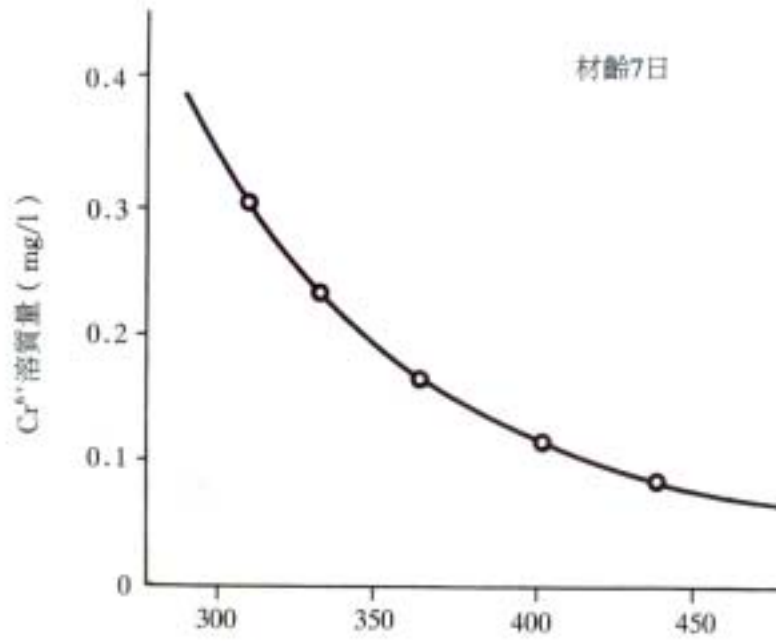


圖13.4 ettringite 生成量與 Cr^{6+} 溶出量之相關關係

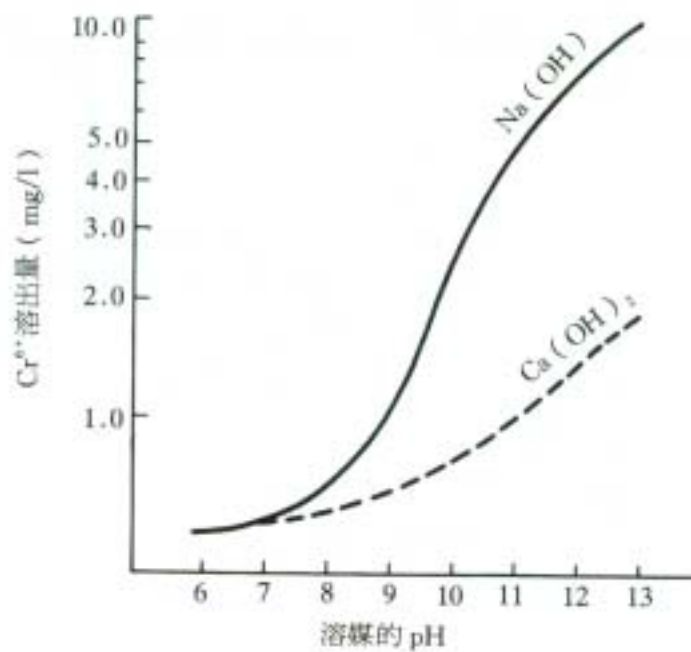


圖13.5 藉溶出溶媒之 pH 所得原污泥含水率75.7%全鉻含量約7%之電鍍污泥之 Cr^{6+} 之溶出量

表 13.4 水泥固化水銀污泥物的 Hg 溶出量

項目 試料	固化體的 pH		Hg 溶出量(mg/l)	
	7 日	28 日	7 日	28 日
1	13.1	12.7	0.170	0.0049
2	13.0	12.8	0.140	0.0060
平均	13.1	12.8	0.155	0.0054

表 13.5 氰化物之分解溫度及溶解性

氰化物	m.p.分解溫度	溶解性
Zn(CN) ₂	在 800°C 分解	溶於鹼
AgCN	在 320°C 分解	—————
CuCN	在 474°C 分解	不溶於鹼
AuCN	高熱(>800°C)分解	不溶
K ₃ Fe(CN) ₆	在 398°C 分解	溶於鹼
Pb(CN) ₂	在 220°C 分解	微溶
Fe ₃ [Fe(CN) ₆]	在 220°C 分解	不溶
Fe ₄ [Fe(CN) ₆]	在 220°C 分解	不溶
Ca(CN) ₂	在 350°C 分解	分解

表 13.6 各種六氰亞鐵酸鹽之溶解度積(Ksp)

六氰亞鐵酸鹽	溶解度積 Ksp
Zn[Fe(CN) ₆]	4.0×10^{-16}
Pb[Fe(CN) ₆]	3.5×10^{-15}
Cu ₂ [Fe(CN) ₆]	1.3×10^{-16}
Co ₂ [Fe(CN) ₆]	1.8×10^{-15}
Cd ₂ [Fe(CN) ₆]	3.2×10^{-17}
Fe ₄ [Fe(CN) ₆]	3.3×10^{-41}
Ag ₄ [Fe(CN) ₆]	1.6×10^{-41}

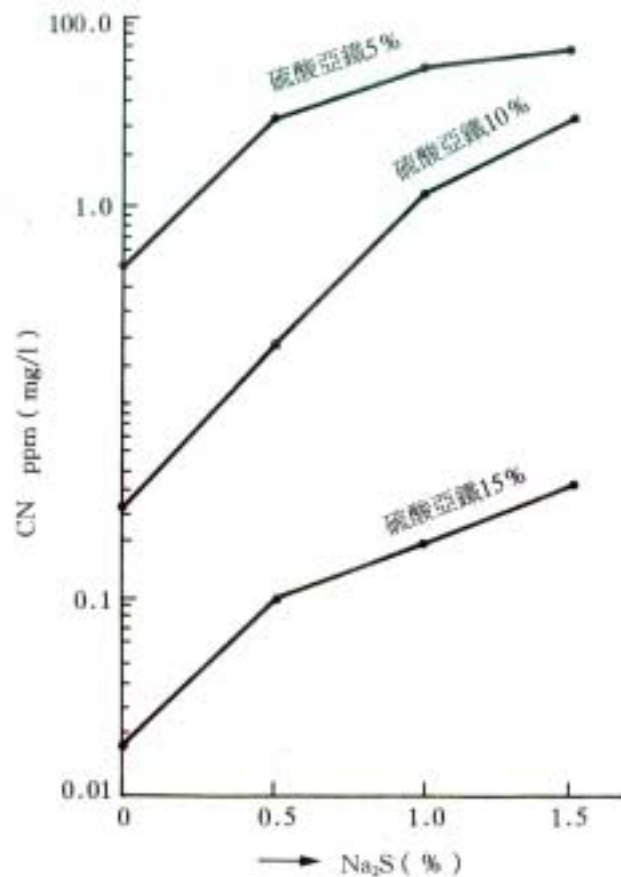


圖13.6 電鍍污泥固化體（材齡3天）之CN溶出量mg/l與硫酸亞鐵及硫化鈉的添加效果（材齡3天）

表 13.7 以水泥固化石時之有害物質固定之機構

項目 有害 物質名稱	藉水泥固定之機構		對策
	化學的效果	物理的效果	
Cd	氫氧化物沉澱效果 $\text{Cd}(\text{OH})\text{K}_{\text{sp}}=2.0 \times 10^{-14}$	收著效果	-
Pb	氫氧化物沉澱效果 $\text{Pb}(\text{OH})\text{K}_{\text{sp}}=5.5 \times 10^{-20}$	收著效果	-
Cr^{6+}	離子置換固溶效果 $\text{Ca}_6[\text{M}(\text{OH})_6]_2 \cdot (\text{SO}_4)_3$	收著效果	Ettringite 增量、 $\text{Al}^{3+}, \text{SO}_4^{2-}$
Hg	無效果	收著效果	$\text{Na}_2\text{O}; 2\text{S}$ 之添加、 $\text{HgS} \cdot \text{K}_{\text{sp}}=10^{-54}$
As	石灰鹽沉澱效果 $2\text{CaO} \cdot \text{As}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 共沉效果 ($\text{Fe}^{2+} + \text{As}^{3+}$ or As^{5+})	收著效果	-
CN	無效果	收著效果	亞鐵鹽之添加難溶錯體 生成

三、水泥固化處理時之固化阻礙要因

利用水硬性水泥做固化處理時，成對象的污泥、底質、產業廢棄物等多少都具有阻礙水泥之水和反應的性質。將其性質分類為化學的阻礙效果，物理的阻礙效果如下。

1. 化學的固化阻礙要因

水泥粒子與水接觸產生水和反應的過程先由水硬性礦物與水反應而分解生成 Ca(OH)_2 ，在液相溶出 Ca^{2+} 離子，繼之 SiO_4^{4-} 、 Al(OH)_6^{3-} 等原子團溶出而與液相中纖溶出之 Ca^{2+} 離子反應，析出以水做為結晶水所構成的各種水和物結晶，經過這些複雜的交絡而形成膠束構造的固化體。這種反應過程中在液相中如果有與 Ca^{2+} 離子迅速結合的成分的話，則生成對固化毫無幫助的石灰鹽，而綿密地被覆水泥粒子的表面以遲緩水和反應的持續，甚至使之停止等等的固化阻礙效果。這種作用在一部分無機鹽類也有這種現象但以有機物較為顯著。為有機物含阻礙水泥固化的實例，特於圖 13.7 表示含有機物底質的水泥固化材齡 28 天的強度趨勢。圖中橫軸表示有機物含量的代用特性值得強熱減量。另在表 13.8 表示在下水道污泥中添加各種水泥混揉時的強度表現。

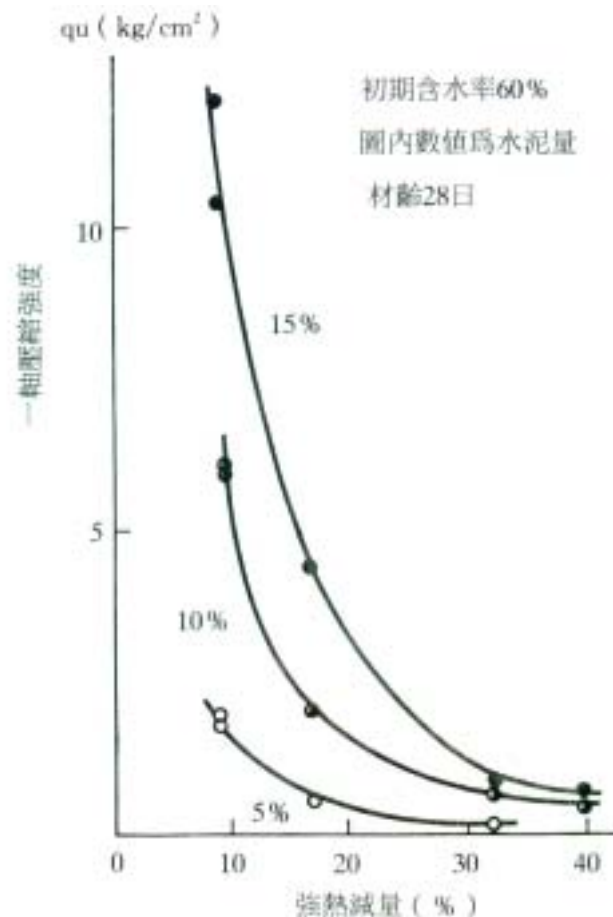


圖13.7 軸壓縮強度與強熱減量之關係（材齡28日）
（水泥對含有機物底質之固化強度趨勢）

表 13.8 在下水道污泥添加混練各種水泥時之強度

項目 水泥種別	下水道污泥之水泥添加率(%)			
	10	15	20	40
普通卜特蘭水泥	0.03	0.03	0.03	0.08
飛灰水泥	0.04	0.04	0.05	0.21
快乾卜特蘭水泥	0.04	0.05	0.05	0.15
高爐水泥	0.04	0.04	0.05	0.56

註 1.：初期含水率 67%

2.：材齡 1 日

為分析各種有機物對水泥固化阻礙要因，對水泥以 1%之量添加各種酸或鹽類，以實施凝結、強度、液相分析果如表 13.9⁹。

其目的在於想明瞭將這些鹽類從系外加入於水泥時之水和反應過程中之變化。表示液相中的 Ca^{2+} 離子濃度之比水泥高，被認為是由於鹽類的作用促進了 Ca^{2+} 離子從水泥中溶出，或者是形成可溶性的石灰鹽而游離在液相中，又反而低者，即是因所溶出的 Ca^{2+} 離子形成不溶性鹽，從液相移轉為固相所致。表中，水泥的液相中 Ca^{2+} 離子濃度在一天後雖為 8.8mM/l，但 Ca^{2+} 濃度比這個低的例中，水泥漿的強度急劇下降，在本實驗中可看出 6mM/l 以下均完全不硬化。其理由如下即以水混揉水泥時，雨水接觸的水泥粒子將從其表面分解使 Ca^{2+} 離子游離於水中。在這個水中如果也溶有鹽類或酸，而與 Ca^{2+} 化合時，化合物如果對水不溶性者即在水泥粒子表面陸續析出，而將粒子表面覆蓋住，阻礙水泥與水的化學反應，這時，液相中的 Ca^{2+} 濃度自然就減少。另一方面，液相中的 Ca^{2+} 離子之所以增大，被認為是因如上述的反應所生成的化合物為鹼性可溶性， Ca^{2+} 離子無從成為，在液相中游離所致。

表 13.9 水泥中添加 1%有機物時之物理特性、液相分析結果

項目 添加物		凝結試驗			壓縮試驗 qu kg/cm ²				萃取液相之分析值			
		水量 %	起始發	終結	1 日	3 日	7 日	合計	萃取之時 間	離子 Mm/l		
										2OH ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺
無添加(水泥+純水)		40.0	5.15	8.30	38	120	225	383	24	38.8	10.1	8.8
單糖類	半乳糖	40.0	8.30	-	0	0	0	0	24	41.3	4.9	4.5
二糖類	蔗糖	40.0	-	-	0	0	0	0	24	57.3	0.5	4.3
多糖類	糊精	40.0	-	-	0	0	0	0	24	27.5	28.8	24.2
六價酒精	甘露糖醇	40.0	-	-	0	0	0	0	24	46.7	2.6	6.1
高分子 有機酸	木質系	40.0	18.0	-	0	0	0	0	24	53.8	0.0	6.1
	月寧酸	40.0	2.20	-	0	0	0	0	24	176.2	5.5	3.0
	發煙酸	40.0	-	-	0	40	126	167	24	63.4	106.5	8.1
羧酸	乙醇酸	40.0	0.48	4.48	0	0	159	159	24	31.4	0.0	36.6
	酒石酸	40.0	-	-	0	0	0	0	24	12.2	41.2	33.1
	枸橼酸	40.0	-	-	0	0	0	0	24	22.5	33.6	28.0
	蘋果酸	40.0	-	-	0	0	0	0	24	20.3	43.0	111.0
	琥珀酸	40.0	9.47	21.00	15	127	274	416	24	12.8	0.0	63.0
	蟻酸	40.0	3.16	5.06	32	108	215	355	5.06	13.2	5.8	180.5
	醋酸	40.0	4.30	6.40	27	132	252	411	6.40	10.6	0.0	190.0
	乳酸	40.0	10.00	12.00	30	89	299	418	12.00	24.2	1.6	60.0
	谷氨酸	40.0	5.50	7.20	38	127	210	375	7.20	15.2	11.4	115.5
酒精	甘油	40.0	5.22	7.06	20	126	250	396	7.05	74.0	0.0	12.7
胺類	三乙醇胺	40.0	9.00	10.00	14	130	214	358	9.30	71.5	0.0	6.58
無機物	磷酸	40.0	12.15	15.10	19	109	218	346	15.10	51.7	0.0	9.3
	硼酸	40.0	6.00	20.00	3	48	123	174	20.00	38.2	24.4	25.4
	硅氟酸鈉	40.0	11.00	14.00	13	112	203	328	14.00	98.5	48.2	6.2

由表 13.10 可之 1 天後溶存於水泥漿液相中之 Ca²⁺離子濃度與水泥灰漿之硬化狀態是有相關關係的，表 13.11 與圖 13.8 則表示各種鹽酸石灰鹽對水的溶解度與加 1%會生成這種鹽的鹽酸的水泥灰漿之強度經 1 天、3 天、7 天的連結強度。由相關關係可知，石灰鹽之溶解度越低所表現強度也越低，這正可證明前述之因被覆、閉塞所產生之阻礙效果。對這種阻礙要因可藉水泥之化學性機能之改善予以對應。

表 13.10 為總括這些有機物的效果。

有機物 \ 項目		水泥漿之初期 硬化狀態	JIS 凝結 試驗	1 天後之液相 中 Ca 離子濃度
單醣類	葡萄糖、果糖、半乳糖	不能硬化	瞬結	↓
雙醣類	蔗糖、乳糖	不能硬化	瞬結	↓
六價酒精	甘露醣醇	不能硬化	瞬結	↓
多醣類	糖原、糊精	不能硬化	瞬結	↗
高分子有機酸	木質磺酸鈣	不能硬化	瞬結	↓
	丹寧酸	不能硬化	瞬結	↓
	發煙酸	第 3 天起硬化	緩結	↓
含氧酸	枸橼酸	不能硬化	緩結	↗
	乙醇酸	第 7 天起硬化	急結	↗
	酒石酸、蘋果酸	第 28 天起硬化	緩結	↗
	乳酸	正常	急結	↗
飽和二羧酸	琥珀酸	第 1 天強度低	緩結	↗
	草酸	正常	正常	↗
脂肪酸	蟻酸、醋酸	正常	正常	↗
1 價、3 價酒精 及其他	乙醇、異丁醇、甘油 三乙醇胺	正常 正常	正常 瞬結	↓

註：1.水泥漿之初期硬化：不能硬化——材齡到 28 天仍不硬化者

2.凝結：瞬結—注水後 1 小時內終結者

3.急結—注水後 1 小時內開始發生者

4.液相中之 Ca 離子濃度：↓ [Ca²⁺] 比標準低者，↗ [Ca²⁺] 比標準高者

表 13.11 添加羧酸 1% 水泥之硬化狀態與羧酸石灰鹽之溶解度

項目		溶解度		硬化狀態	
		g/100ml	°C	qukg/cm (1 日+3 日+7 日)	因水泥之 硬化狀態
羧酸石灰鹽					
酒石酸石灰	Ca CH-OH-CO ₂	0.038	18	0	不硬化
枸橼酸石灰	Ca CH-OH-CO ₂ CH ₂ -CO ₂ H	0.085	18	0	不硬化
蘋果酸石灰	Ca CH ₂ -CO ₂ H CH • OH • CO ₂	0.839	15	0	不硬化
琥珀酸石灰	Ca CH ₂ CO ₂	1.27	20	416	硬化稍慢
乳酸石灰	Ca CH ₂ CO ₂ CH ₃ CHCO ₃	10.5		418	硬化正常
蟻酸石灰	Ca CO ₂ H	16.6	20	355	硬化正常
醋酸石灰	Ca CO ₂ H CH ₃ CO ₂	34.7	20	411	硬化正常
	CH ₃ CO ₂				

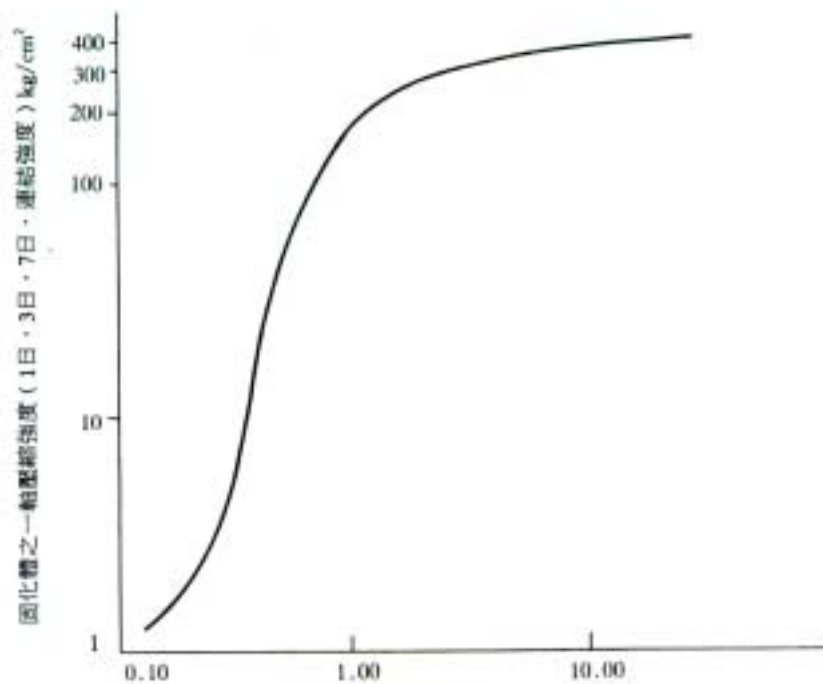


圖13.8 添加各種羧酸1%水泥漿之強度與同羧酸之石灰鹽溶解度之關係

2. 物理的固化阻礙要因

大部分物理的阻礙要因也並非與化學反應毫無關聯，例如因震動所引起的硬化遲延、混揉過頭所引起的硬化不良等，其要因都是對順利進行化學反應的阻礙。下面並不討論從系外的物理要因，而擬提出系內的化學反應影響到物理的阻礙效果的例子，例如屢見於低含水污泥因發泡而產生膨脹、破壞等。具體而言，當含於垃圾焚化飛灰的 Al、Zn 等兩性金屬微細粉末在水泥固化時，與鹼性溶液一接觸即快速腐蝕而產生氫氧化物，並將水分解游離氫氧，其發泡壓力即成為因水泥之水和物而破壞固化體構造之固化阻礙效果¹⁰。氫氣的發生量與飛灰的色調有密切關係，越暗色氣體的發生量越多，這正表示由於不完全燃燒，含越多未燃燒的飛灰，垃圾原有的金屬未被氧化而以單體殘存。發泡現象使固化處理產生困難，往往是越緻密、堅固固化者越有易崩潰的趨勢。對這種固化阻礙要因必須選擇適當的固化方法予以對應材可。

四、固化材

卜特蘭系水泥雖然藉水和反應產生物理的固化之同時，並以化學作用將有害物質安定化，發揮無害化機能，但依化學品種類及其含量，對水泥的機能有其界限是無可否認的⁴。另外成為一般對象之高含水率污泥因有阻礙水泥之水和反應的性質，所以卜特蘭系水泥有時對成為安定化前提之固化仍有不夠充分的現象。因而對水和反應阻礙效果大的污泥固化時，必然需要能改善化學的機能的固化材。所考慮到的對策微設法作成在機構上能比水和阻礙反應快速析出水和物，排除固化材粒子表面被其他石灰鹽閉塞而進行固化的化學組成。卜特蘭系水泥的主成分為矽酸石灰鹽，但如果作成比此更快速產生水和作用的鋁酸石灰鹽的組成的話，即成為符合此一目的的對策。特別是作為促進初期固化的對策，做出在常溫下能析出大量反應生成速度大的 ettringite 結晶最為有效。況且，如前述這種 ettringite 具有將卜特蘭系水泥難於固定的 Cr^{6+} 離子，藉離子交換加以封住的機能⁵。Ettringite 為複鹽型結晶的代表性化合物而普通被得知，但其他還有各種初鹽¹¹ 亦可與污泥中之有機基化合析出安定的結晶。目前市售的大部分固化材幾乎都依據上述理論而具有活用鋁酸石灰鹽的機能的化學性質者，這可以說也就是其共通點。

表 13.12 與鋁酸石灰鹽水和物反應所析出的各種 ettringite

複鹽 \ 項目	結晶形	複屈折率		結晶的名稱
		w	E	
$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$	六面柱狀角柱・針	1,464	1,458	ettringite
$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	六角板狀或顆粒	1,504	1,488	mono sulfate
$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{Ca}(\text{HCO}_2)_2 \cdot 30 \text{H}_2\text{O}$	針狀	-	-	蟻酸 ettringite
$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_5\text{CO}_2)_2 \cdot 30 \text{H}_2\text{O}$	針狀、不完全	-	-	ethylene ettringite
$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaCO}_3 \cdot 27\text{H}_2\text{O}$	針狀	1.46	-	ettringite 碳酸鹽
$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_4 \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	偽六角皮狀	-	-	friedel 鹽
$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_4 \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	-	-	-	chloro ettringite
$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_4 \cdot \text{CaBr}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	六角板狀或顆粒	1,556	1,546	bromo ettringite
$3\text{CaO} \cdot \text{CaI}_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$	同上	1,575	1,572	iodo ettringite
$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	同上	1,502	1,532	硝酸石灰 ettringite
$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Ca}(\text{ClO}_3)_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	同上	1,519	1,521	氯酸石灰 ettringite
$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{Ca}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$	同上	-	-	methylene ettringite

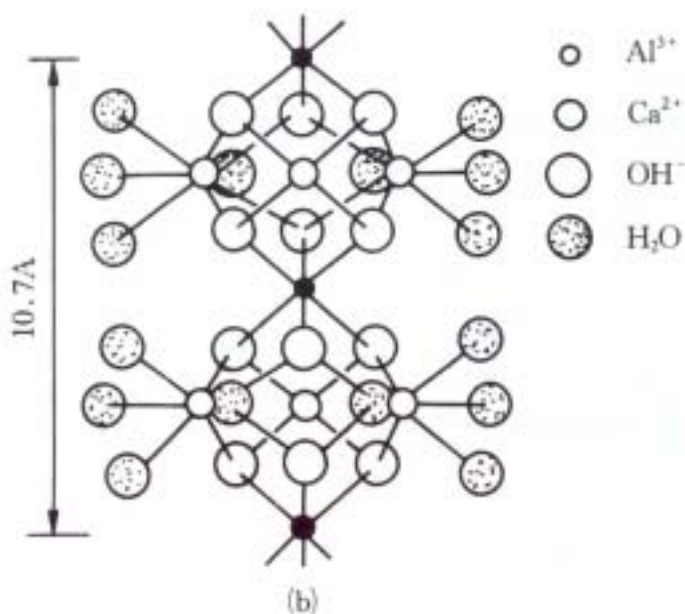


圖 13.9 ettringite 之構造 (A.E. Moore et. al., 1968)

四、固化處理方法

1. 高含水污泥之固化處理方法

一般而言，電鍍污泥、下水道脫水污泥等之高含水污泥之固化處理法，大都係在污泥中添加粉末狀之固化材(水泥系)，以機械攪拌混合，利用污泥中之水分進行固化材之水和反應以達到固化的方法，這時的問題就在於固化後的強度，對有害產業廢棄物以外的污泥的期待強度，大約為可供掩埋處分的土質程度，一軸壓縮強度 $1\sim5\text{kg}/\text{cm}^2$ 即可。當然，有害物質的溶出量必須抑制在基準值之下。這時的處理方法可分為(1)定置式固化處理法與(2)移動式固化處理法兩大類。前者適於處理物以連續大量供應時，後者適於儲存於儲池中的污泥、須小量且間歇式處理的污泥時。又此地對有害之產業廢棄物處理有關之成型方法則省略。

(1) 定置式固化處理方法

通常以黏稠泥狀物為處理對象，固化處理必須在黏稠泥狀物均勻分散、混合乾燥粉末之水泥系固化材，因而對輸送、混合的工程要有特殊設計，才能作成有效率且容易維護的處理系統。特別是黏性強的污泥尤須注意混合機之選擇，符合此目的的機種，有適合於連續式的處理的吮達型的混煉機，適合於間歇式的內藏高速攪拌翼的攪拌混煉機¹⁵以及強制攪拌混煉機¹⁶等。系統之流程圖大約如圖 13.12

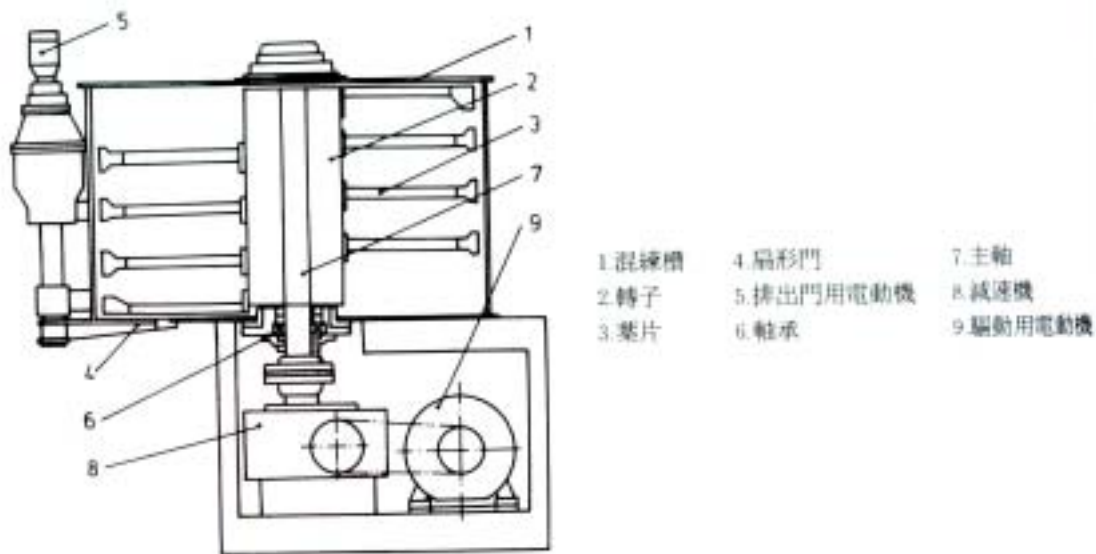


圖13.10 攪拌混煉機（高粘性型、高速混合機）

另外對下水道污泥脫水餅等，比較軟質且具流動性污泥時，除了這些工廠處理方法外，另有地坑方式即移動攪拌機以進行坑內污泥固化處理者¹⁷。該方法係並排4槽以上複數之地坑，分別以儲存、攪拌、老化、搬出的各工程以日單位順次迴轉以進行固化處理，固化材的散佈、混合攪拌，則藉在地坑上規道移動的散佈混合機來進行。

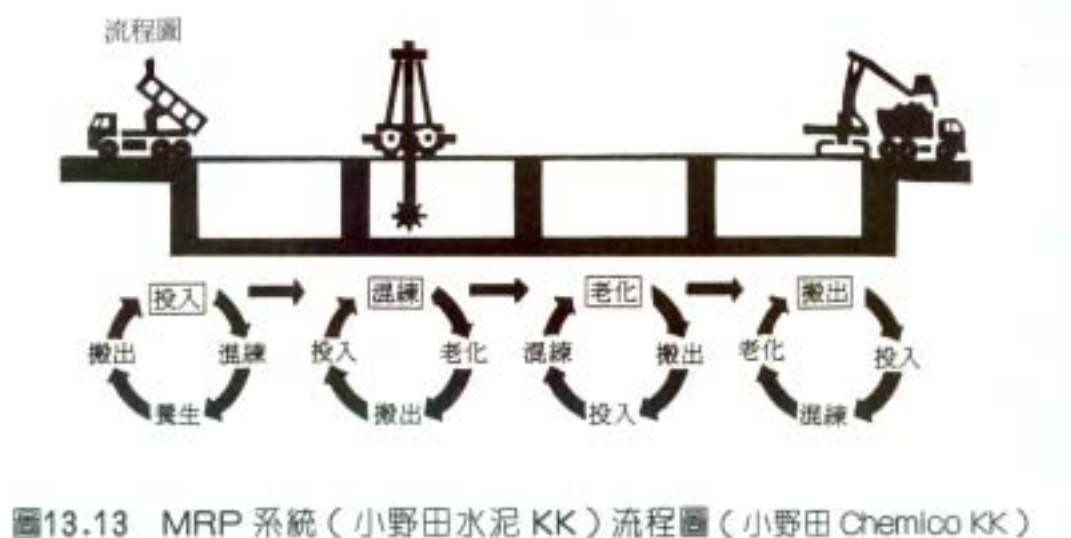
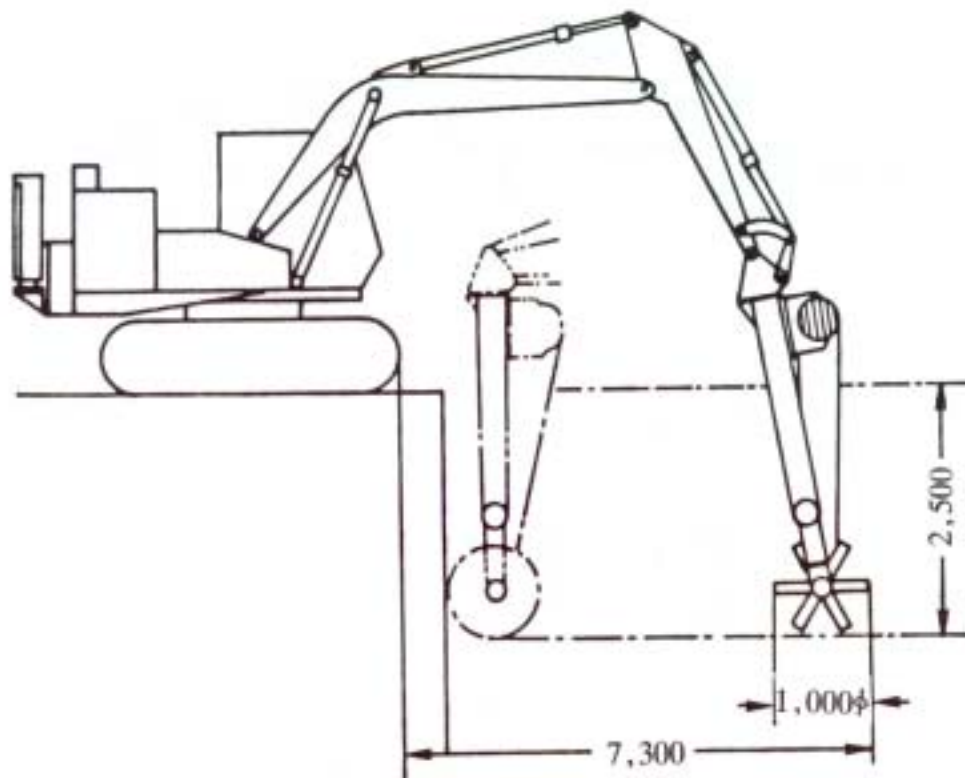


圖13.13 MRP 系統（小野田水泥 KK）流程圖（小野田 Chemico KK）

（2）移動式固化處理方法

固化處理下水道污泥或泥漿的不定型儲池或處理小規模間歇性發生的污泥時，不用如上述的固定式方法，而移動混合攪拌裝置較為方便。這種方式所用的混合機，例如有庫勒拉式混合裝置，可移動至任何位置充分攪拌混合所儲留的污泥，可以說是原位置移動式攪拌機¹⁸。固化材可將容器袋懸吊在起重機或反向鏟上，在泥上散佈預定量後以反向鏟粗混合，再利用移動式攪拌機作細混合，即可得均勻的固化處理，前普遍被採用。



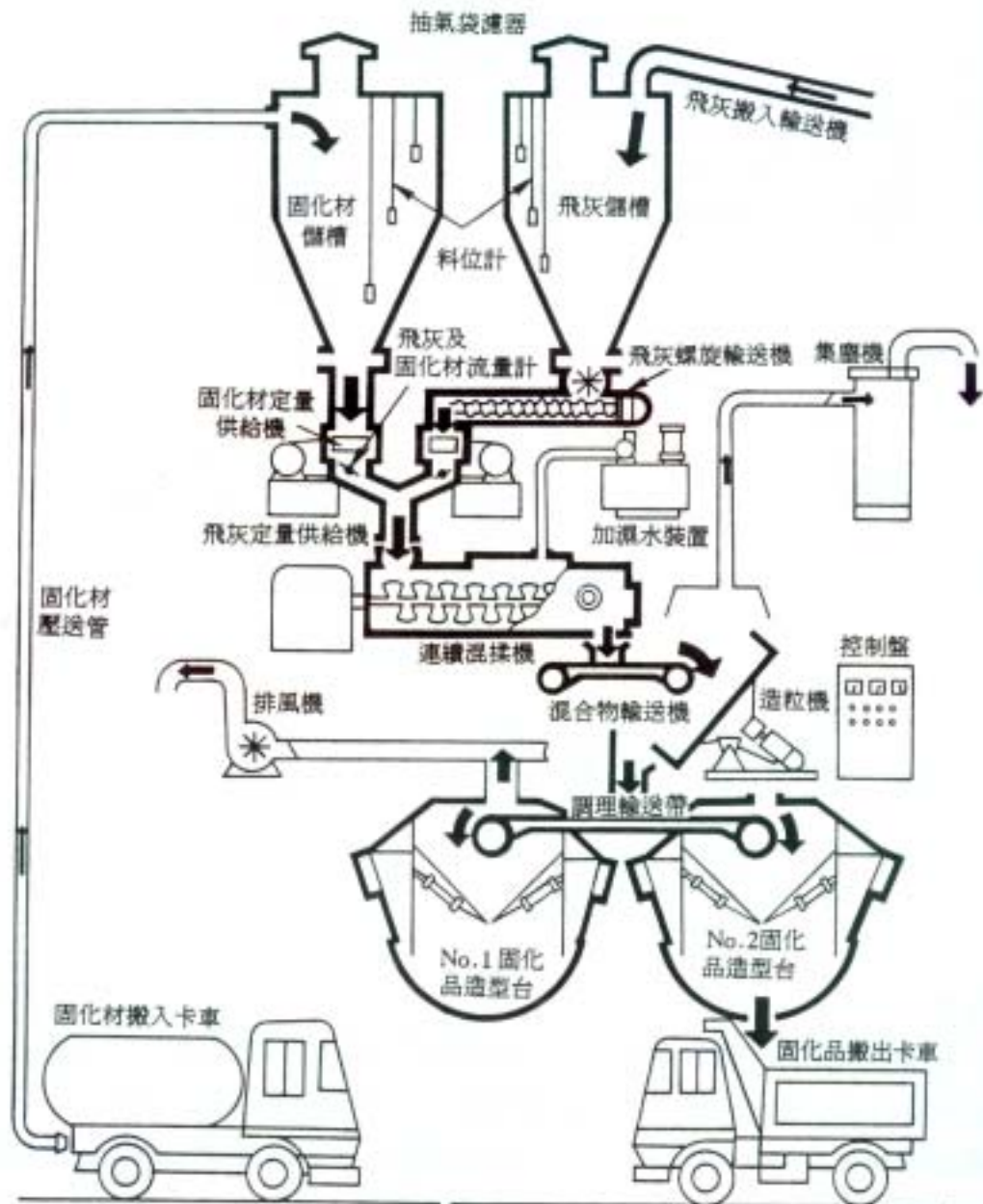
II A 型

圖 13.14

2. 低含水污泥之固化處理方式

高含水污泥時，固化材的水和反應所需水量可由污泥供應，但這裡所謂的低含水污泥必須在固化材之外，從系外添加為固化材的水和作用所需的水分。

其典型的例子有都市垃圾之焚化飛灰之固化處理。如前述飛灰中因含有金屬微粉末，由於固化材之水和反應所產生的鹼性而發泡，以致產生硬化體之崩潰現象。為其對策，發現了使固化體高於開放氣孔，隨時將所發生氫氣輕易排放道系外的轉動造粒方式之球型固化體最為適合。目前利用此一方式的固化處理工廠在全國已高達十數所之多。(昭和 59 年 4 月)，這是預先將固化材粉末與飛灰以乾燥粉末狀態均勻混合，而後邊加溫邊混揉，利用盤式造粒機之類之轉動造粒機造粒固化的方法¹⁹，也能將飛灰中有害的重金屬離子安定地固化，作成堅固的球狀體，使之易於掩埋的極為優異的處理方法。



· 圖13.15 飛灰造粒・固化處理 Plant 流程圖
(小野田-大太平洋 System)

六、結語

污泥的水泥固化，係利用卜特蘭系水泥對重金屬離子的固定機能，如果因高含水或有機物氣等因素而阻礙固化時，可提供富化水泥礦物中之急硬性化合物的

特殊組成物等，以實施可靠度高的處理方式，但如果期望有萬全的處理效果的話，則必須徹底調查污泥之性質，環境條件等，選定最適固化材，機械的處理系統，以實施最符合處理目的，最合理又經濟的處理才是重要的。

【參考文獻】

1. 高橋秀雄・他，重金屬を含む産業廢棄物のセメントによる固化の基礎研究，小野田研究會報告26(90)。
2. セメントの常識，セメント協會，1978-10。
3. 第3回國際石灰會議資料，石こうと石灰誌より選粹。
4. 木次恭一，有害物質のセメント固化に關する問題點，産業公害誌，V-15，NO-3。
5. John Bensted et. al. Studies of Ettringite and its derivatives. Silicate Industrials.
6. 田代忠一，有害汚泥のセメント固型化處理，セラミックデータブック，1976, No-59。
7. 中小企業公害防止對策研究報告書，産業公害防止協會編，昭-57-3。
8. ヘッド口處理工事および處理工法機械の實態調査報告書。底質淨化協會編，昭-50。
9. 木次恭一，下水汚泥の固化處理について，小野田セメント技術資料，昭-55-8。
10. 木次恭一，都市ごみ焚化爐飛灰のパンペレタイザによる造粒固化技術について，都市と廢棄物誌，V-12，No. 9 木次恭一，造粒技術テキスト，日刊工業新聞社。
11. 淺岡勝彦，セメントの知識。
12. 内川浩，自然環境下における重金屬化合物の安定性について。（予稿）
13. G. Yamaguchi et. al., 4th International Symposium, on the Chemistry of Cement 1960. Washington.
14. 荒井康夫，セメントの材料化學，1984-3. 大日本圖書。
15. 大太平洋金屬（株）ハイ・スラッジャ型錄。
16. 大太平洋金屬（株）ウェイスト・ミキサ型錄。
17. 小野田セメント（株）MRP システム・型錄。
18. 小野田ケミコ（株）MR.型錄。
19. 小野田セメント-大太平洋金屬。飛灰造粒システム.型錄。

瀝青固化法

一、原理

瀝青固畫法並非藉重金屬予瀝青的化學反應來防止溶出，而是利用瀝青之耐水性、疏水性、耐候性、熱可塑性等物性，在處理物粒子表面構成被覆固定，以防止與水接觸使其難溶化，除非難於做到完全不溶出化的 Cr^{6+} 、Hg、As、 CN^- 等重金屬類的含有率離譜地高，否則便具有可作成「ND」的特徵。本方式因利用單純的物理現象，所以工程中之混揉、成型方法會大大地左右固化物的性能，固化物可獲得耐衝擊性高、優良耐浸出性、對酸鹼也頗為安定的東西。

結合材之選擇必須考慮混柔性能高、長時間不變質，在常溫下強度高者。瀝青之種類雖不太多，但其組成或物性倒頗有差異。一般常被採用者為純瀝青、改質瀝青等。適用廢棄物為乾燥或濕潤狀態的粉末為對象的方法，以及高含水污泥類為對象的方法兩大類。前者已敘述其概要此地擬省略，而專對污泥固化法加以解說。

二、實施例(污泥)

1. 污泥固化法

可分為將高含水污泥直接投入於熔融狀態的瀝青混合，利用瀝青的保有熱使水分蒸發的濕式法，以及經過乾燥機的乾燥工程以混揉的乾式法，圖 13.16 為其概略流程

2. 污泥固化體之性狀

表 13.13 為鍍絡污泥固化體性狀例，比重為海洋投棄基準之 1.2 以上，減容率為原污泥之 $1/4 \sim 1/2$ 。表 13.14 為各種污泥固化體與原污泥之溶出值。另外為了解經過長期間後的溶出性能，以各液體浸漬 1 年後的結果獲得如表 13.16 可以說安全性相當高。

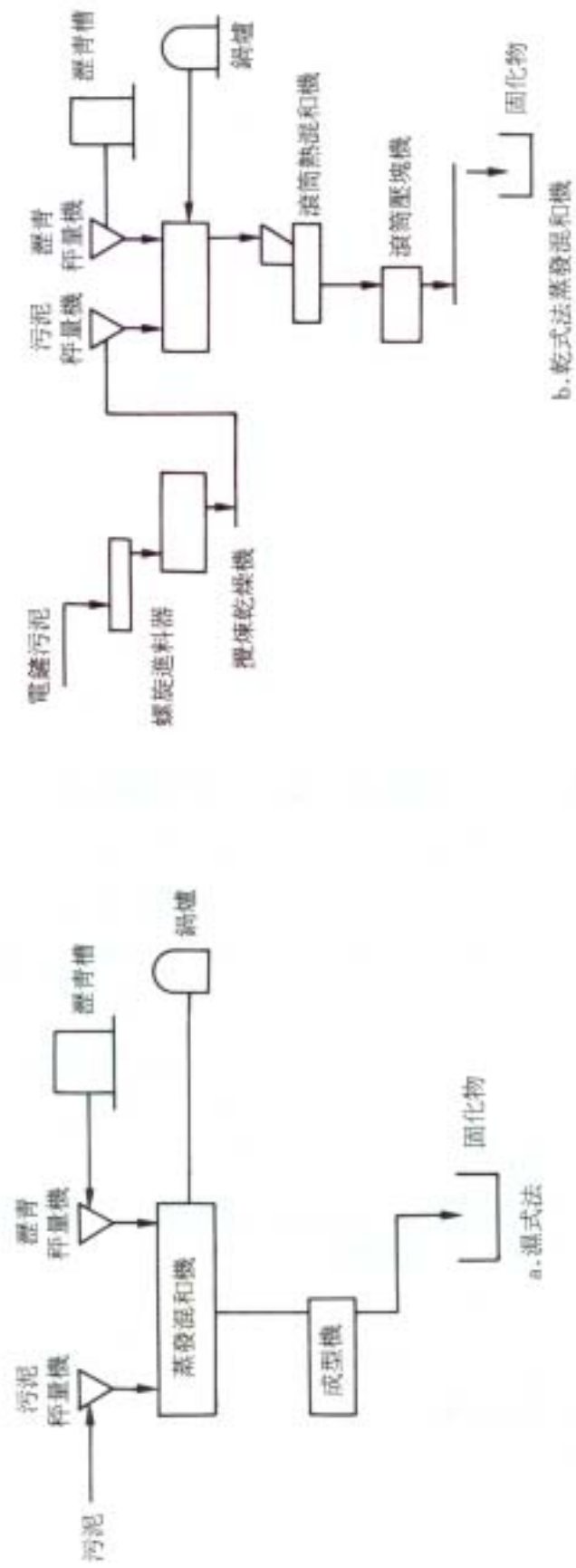


圖13.16 污泥泥水固化裝置

表 13.13 污泥瀝青固化體的性狀

項 目	數 值	備 考
瀝 青 添 加 率	40~60	重量%
比 重	1.3~1.6	海洋投入基準 1.2
軟 化 點	100~145	加熱到軟化溫度℃
含 水 率	<3	固化體中之水分重量%
體 積 減 少 率	1/2~1/4	固化體之體積/污泥之體積

表 13.14 瀝青固化體之溶出試驗結果

(ppm)

掩埋基準	物 質 名	紙漿・污泥		水銀污染・污泥		河川・污泥	
		原 污 泥	固體化之 溶出	原 污 泥	固體化之 溶出	原 污 泥	固體化之 溶出
不 得 檢 出	烷基水銀	檢不出	檢不出	0.005	檢不出	檢不出	—
0.005 以下	總水銀	0.03	檢不出	329	檢不出	0.63	檢不出
0.3 以下	鎘	0.15	檢不出	15.3	檢不出	2.8	檢不出
3 以下	鉛	1.25	檢不出	850	檢不出	54.7	檢不出
1 以下	有機磷	檢不出	—	檢不出	—	檢不出	—
1.5 以下	6價鉻	檢不出	—	—	—	5.6	檢不出
1.5 以下	砒素	0.02	檢不出		檢不出	4.4	檢不出
1 以下	CN	檢不出	—	檢不出	—	檢不出	—
0.003 以下	PCB	270	檢不出	7.0	檢不出	—	—

註：1. 原污泥的數值為含有量

註：2. 固化物的溶出試驗係依據環境廳公告第 13 號

表 13.15 電鍍污泥的固化體的溶出試驗結果例

有害物質	全 Hg	Cd	Pb	As	Cr	CN	PCB
添加劑	HgCl ₂	CdSO ₄	Pb (CH ₃ COO) ₂ 3H ₂ O	As ₂ O ₃	Na ₂ CrO ₄	KCN	PCB
添加粒 (mg/l 乾 污泥)	500 (asHg)	600 (asCd)	6000 (asPb)	40 (asAs)	2400 (asCr ⁶⁺)	100 (asCN)	25
溶出量 (mg/l)	<0.0005	<0.01	<0.1	<0.01	<0.01	<0.1	<0.0005

表 13.16 電鍍污泥的固化體的浸漬試驗結果例

項目	(1) 浸漬日數	純水	海水	酸性 pH5.5 HCL	酸性 pH8.0 NaOH
(2) Cr ⁶⁺ 溶出量 (mg/l)	13 日後 365 日後	<0.01 <0.01	<0.01 <0.01	<0.01 <0.01	<0.01 <0.01
(3) Cr ⁶⁺ 溶出量 (mg/l)	13 日後 365 日後	0.11 0.12	0.04 0.10	0.04 0.06	0.03 0.11
(4) Cr ⁶⁺ 浸出速度 (m · cm ² /d)	13 日後 14 ~ 365 日	6.8×10 ⁻⁵ 2.3×10 ⁻⁷	2.5×10 ⁻⁵ 1.4×10 ⁻⁶	2.5×10 ⁻⁵ 4.5×10 ⁻⁷	1.8×10 ⁻⁵ 1.8×10 ⁻⁸
(5) 固化體的溫度 (一)	13 日後 365 日後	1.01 1.05	1.02 1.05	1.01 1.01	1.01 1.03

3. 特徵及適用有害廢棄物

- (1) 重金屬之溶出效果佳。
- (2) 實施壓縮整型時，非常緻密水的浸出性不良，可延緩潮解性鹽類的溶出速度。
- (3) 瀝青的化學性質安定，固化體經過長時間也不致變質。
- (4) 不必做固化體之老化，攝氏 100 度以上的環境下也不軟化。
- (5) 減容率視加壓整型可減低至 1/3 以下。
- (6) 如果注意下列各點，也可適用於各種有害廢棄物。
 - 不可使用於含有在 150~180 度的低溫下即揮發的有害物質。
 - 處理物之粒度粗大時：為提昇被覆效果必須粉碎為 10mm 以下。
 - 處理中含大量有機性腐敗分時：因會影響到固化體的龜裂、耐浸水性的惡化，所以應盡量去除。

塑膠固化

一、塑膠固化之原理與特質

此地所謂之塑膠係指都市垃圾中之塑膠而言。將塑膠減容掩埋所做的減容固化法係為掩埋地之延命與減低運輸成本而實現的。

目前塑膠減容固化法有下列幾個例子。

1. 直接加熱融化，利用模加以固化。
2. 與其他物質(細砂等)混和加熱攪拌使粒狀化。
3. 混揉使之發熱成軟膠狀物，直接押出成形，或粒狀化。

特別是第 3. 法，因利用作用於塑膠的剪斷力自行發熱，所以可自行控制溫度於軟化點左右，不產生氯化氫瓦斯為較其他方法優異的地方。目前 1. 及 3. 的例子實際上已應用在都市垃圾處理體系中。對 3. 的方法少許再加補充說明。

圖 13.17 為螺旋混揉方式之塑膠固化裝置之斷面圖，填充於外殼與中央部之螺旋之間的塑膠，經由螺旋的回轉被往前推送外，由於如圖示之塑膠之動作被混揉、破碎、粒子變小、充填密度上升、均勻化徹底混揉，並因塑膠粒之相互摩擦及與外殼之摩擦而開始融化。溶化的東西流動化成為粘合劑更升高密度，動作更滑溜直到全部溶融經過成形噴嘴固化排出。溫度可自動地控制在大約 150 度左右。

如此固化的塑膠大約可減容到 1/13~1/20。因連內部都均質化安定化，因此不會在掩埋後膨脹或變質，地盤可安定。

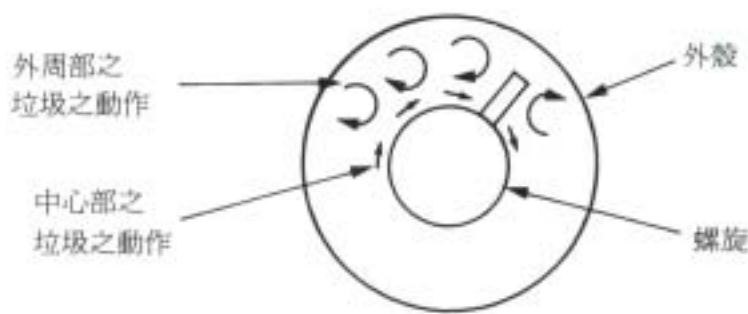


圖13.17 螺旋固化裝置斷面

二、具體例

圖 13.18 為在不燃物、粗大垃圾之處理系統中，將其做為其副系統的例子。先將投入之垃圾加以破碎、選別回收鐵、鋁後，剩餘部分的塑膠則加以減容固化。

塑膠處理促進協會在昭和 57 年所做研究開發時，所使用的螺旋式減容固化裝置。能力為 200kg/hr。

三、海外的塑膠固化例

海外的例子幾乎都以燃料化為目的做成顆粒狀固化物。日本也試過都市垃圾之燃料化，但實際上因氯乙烯之混入率高，到目前為止並無成功例。

表 13.17 為其代表例。如表中所示，係將紙與塑膠利用螺旋與模方式固化為 8~40mm 之圓柱或角柱狀顆粒。

四、後記

塑膠固化，由於掩埋處分成本之高漲，很可能會快速普遍化。因而研究開發會持續進展，技術上的追求也應會加緊才對。

【參考文獻】

塑膠垃圾簡易減容固化技術之研究開發報告書昭和 58 年 3 月(社)塑膠處理促進協會。

表 13.17 各國的實施例

有關固化項目	Byker Reclamation Plant(英國)	The BRINI Recovery System(瑞典)	BRGM 研究所方式(法國)
顆粒化的目的	燃料化	燃料化	燃料化
顆粒的組成	紙類主體	紙類主體	塑膠主體
顆粒的尺寸形狀	20 ϕ *40 γ (圓柱狀)	37.5*37.5*1(角柱)	8 ϕ *301(圓柱狀)
顆粒的容積比重	$\gamma=1.35$	$\gamma=1.3$	$\gamma=1.22$
顆粒的發熱量	水分(30%) 3,300~3,900kcal/kg	水分(25%) 4,000kcal/kg	3,500~4,000kcal/kg
固化方式	螺旋與模式	螺旋與模式	螺旋與模式
設施的全體處理量	30t/H	—	—
顆粒生產量	10t/H 目標值 3 t/H 現在值	—	—

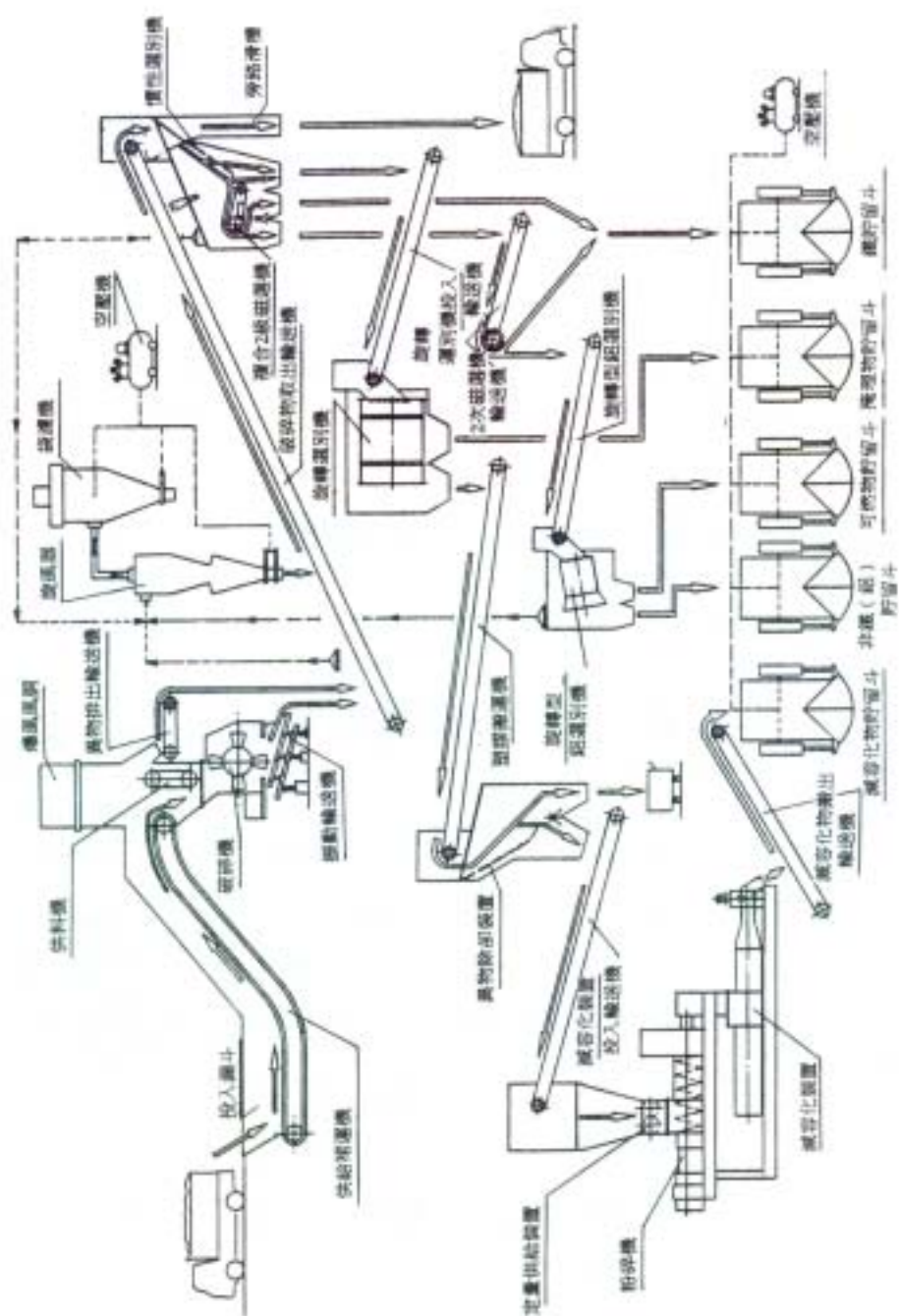


圖13.18 含塑膠固化系統的不燃・粗大垃圾處理設施流程圖

燒結固化

一、燒結的原理與特質

污泥之加熱處理有燃燒有機物使之減容化的焚化法，與做到防止重金屬之溶出為止的熔融法。對此而言燒結的固化可以說是這兩者之間，燒結污泥中的無機物以達到減融化與防止重金屬之溶出者。普通污泥因含有 SiO_2 、 Al_2O_3 、Fe、Ca、Mg、Na、K、P、Cr、Cu 等之氫氧化、硫酸鹽、氧化物等，在燒結過程中伴隨熱分解，固相反應進行玻璃化產生收縮、緻密化、再結晶使得粒子與粒子間結合固化。

另一方面如果生成熔融液，粒子有適當黏性，而由於反應發生瓦斯($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CO}_2$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{O}_2$ ， $\text{FeS} \rightarrow \text{S}_2$)的話，將因發泡而獲得輕量燒結物，具某一定強度者還可利用為輕量骨材。這是由於因燒結而充分固化的狀態下，重金屬將被封進玻璃構造中而不再溶出。適合這種條件的材料組成範圍，Riley¹ 將其以 SiO_2 、 Al_2O_3 與 Flux(FeO 、 Fe_2O_3 、 CaO 、 MgO 、 Na_2O 、 K_2O)的三成分圖來表示，以圖 13.19 的實線表示其適當範圍。燒結方式以迴轉窯最為普遍，其他還有再礦石等之燒結所使用的 sinter band。這些在工業上的應用時，燒結常伴隨熔融，因此實際上操作時均在熔融點前的溫度下進行。對那些特別容易熔融材料時，則採取以氧化鋁、矽石粉等高融點物做為防止融化劑散佈於燒結帶的方法。最近開發可以氣流中燒結的特殊爐，即使在脫離適當範圍以外的材料也能進行發泡燒結。

二、燒結法的具體例²

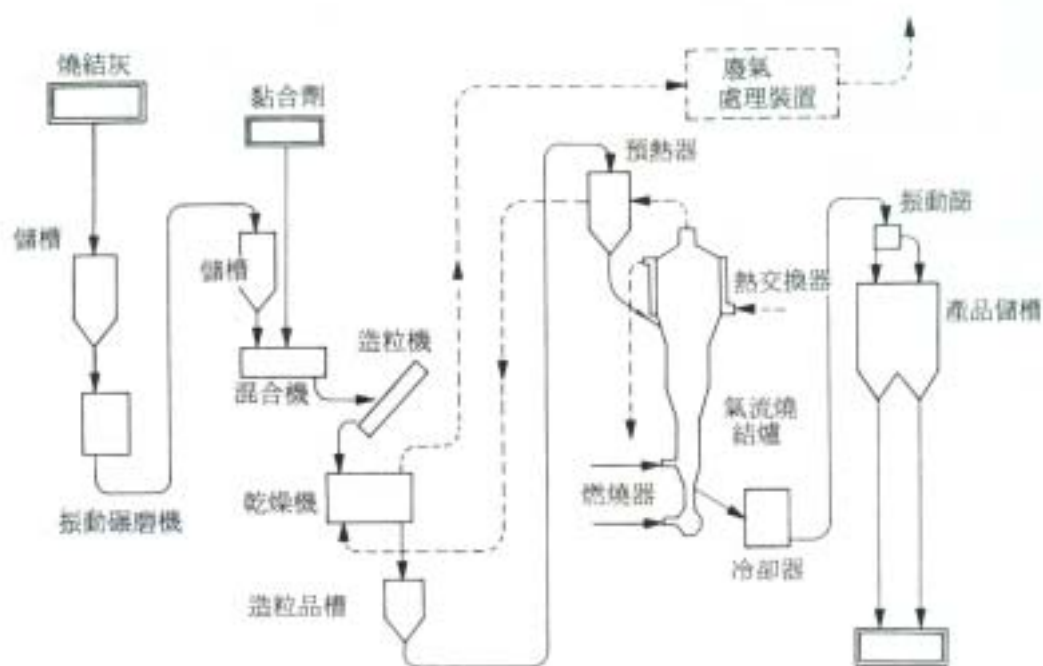
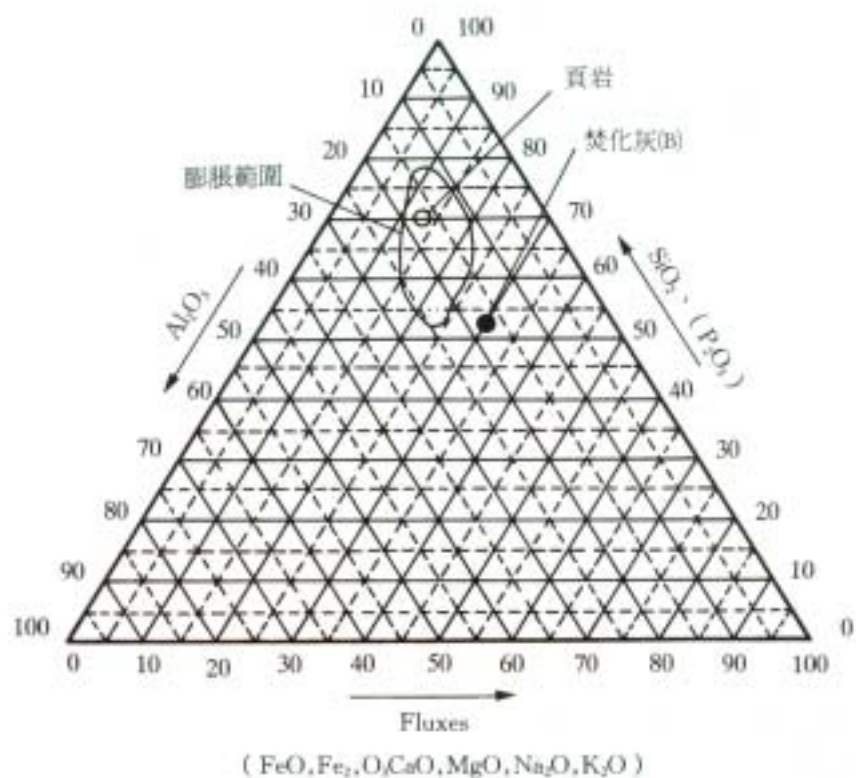
下面介紹將下水道污泥焚化灰經過造粒-乾燥-燒結以做成不溶出重金屬的燒結細粒的燒結方法，圖 13.20 為其流程圖。

1. 前處理工程

為易於造粒及燒結須先將下水道污泥焚化灰(利用高分子凝集劑的污泥的焚化灰)加以微細粉碎。高含水污泥的話，事先須脫水乾燥。

2. 造粒、乾燥工程

再混和機內加水與粘合劑(酒精工廠廢液)於焚化灰充分混和調濕後，連續送入皿型造粒機造成 0.6~3.5mm 的顆粒。乾燥係利用流動型乾燥機以燒結爐廢氣之熱進行。



3. 燒結爐

乾燥造粒物經由預熱器後裝入特殊構造的豎型氣流燒結爐，再上升的燃燒瓦斯中燒成到約 1,050 度變成輕量(發泡)燒結物由下方排出，冷卻後除藏於除槽。燒結爐在構造上可保持因快熱而產生的發泡瓦斯成分，並藉材料之激烈動作可防止熔融。

4. 廢氣處理工程

燒結爐的廢氣經過乾燥機後在通過為去除粉塵與脫硫的洗滌塔、電氣集塵機等高性能處理設備等而放出大氣中。

5. 燒結物的品質與用途

粒徑：0.6~3.5mm

粒的比重：1.4~1.6

粒的壓潰強度：4.1(+1.73)kg/粒，1.2~1.7mm

重金屬的溶出：無

上述的燒結固化物由於輕量及高強度，被利用於窯業產品的素材，輕量細骨材，危險物槽類之裡襯材等。本方式可以說是將污泥之無害化進一步推展到資源化的例子。

【參考文獻】

1. C. M. Riley: Relation of Chemical Process to the Bloating Clay, J. Am. Ceram. Soc., Vol. 34, No. 4 p. 121~128(1951)。
2. 山田昭捷：利用下水道污泥製造之輕質細粒材，工業材料 Vol31, No. 2, p. 102~108(1983)。

熔融固化

一、熔融固化之原理與特質

加補助能源於被處理物，或也利用處理物本身的燃燒熱將其加熱到高溫，使水分或揮發分完全瓦斯化，僅使無機質一旦熔融成爐渣狀後水冷或氣冷以固形化的方法，減容效果顯著，固形物完全無害化。

熔融固化法可大分為下列兩大類

1. 以電熱熔融處理物或焚化處理後的灰渣的方法。
2. 僅利用處理物的燃燒熱或追加適當的補助燃料而加以熔融的方法。

第 1. 的方法可附加於既有的處理設備上，設備也小巧，係最容易採用的方法。本方法為電弧式熔融爐，微波熔融爐等。

電弧式熔融爐係由，內襯耐火材之容器，由上蓋貫穿的 3 支電極及其支持裝置，通電於電極的供電設備與處理物裝入口，熔融爐渣排出設備及發生瓦斯排放口等所構成。通交流電壓於 3 支電極，使其在爐底熔融物之間產生交流電弧。電弧之溫度高至 4,000~8,000 度，係利用其高溫輻射熱與熔融物之熱傳導而進行熔融處理。處理物連續由上方裝入口投入，熔融爐渣則由出渣口連續或間歇性地排出，冷卻固化。不限於處理對象物之質、形狀、量，僅憑投入電力之增減與發生電弧之安定化控制，即可輕易獲得均勻的熔融狀態。爐渣的溫度與處理物之組成有關，大致可達到 1,400 度左右到 2,000 度上下。因使用電力所以氣體的發生少，爐內在還原氣分下，對 Cr^{6+} 等有害金屬類之無害化有利。電弧式熔融爐之示意圖如圖 13.21。

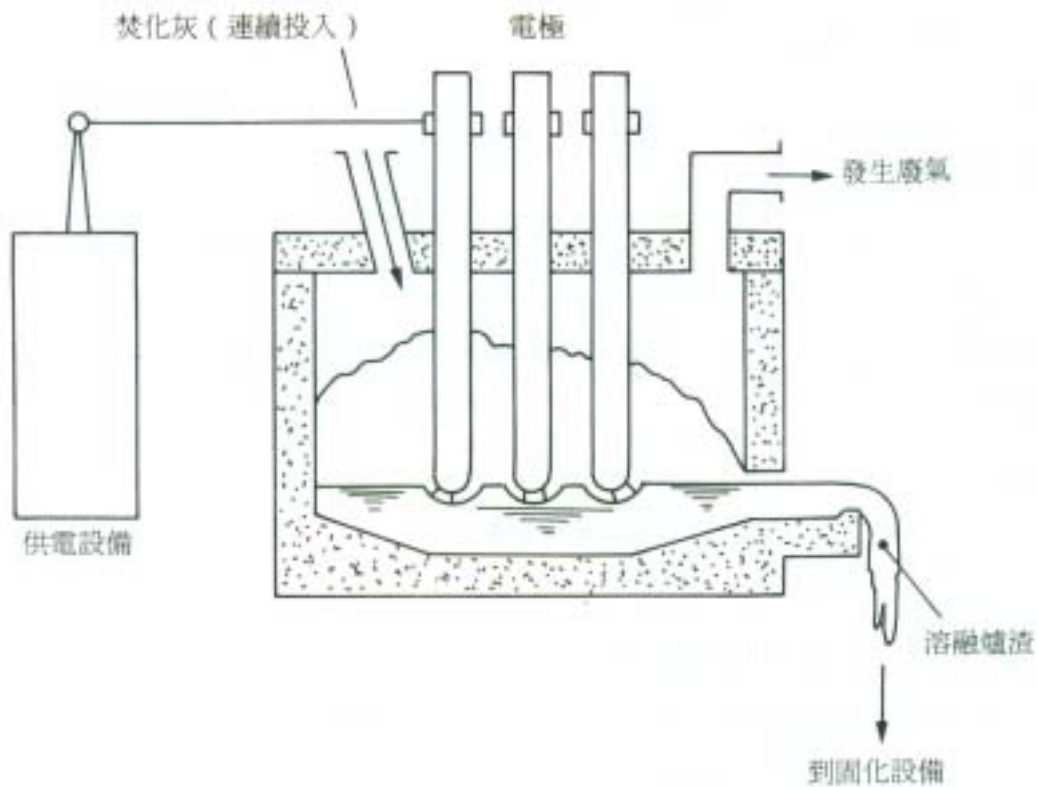


圖13.21 電弧式熔融爐（焚化灰之一例）

微波係對波長 1m~1cm 電磁波的總稱，將其照射於無機質主體的灰分，則因灰分為導電體，由分極現象產生分子震動而發熱，終至熔融。應用此一原理即為微波熔融爐。

本方式幾無可動部分，熱效率佳，但如有金屬存在，則散亂以致效率會惡化。又目前的微波發生壯志之容量比較小，因而處理物之性狀或量均受到限制。

第 2. 法之中，僅利用燃燒熱的方法從節省能源的觀點而言可以說是頗為理想，但對熱量之集中化方面上有問題，目前極待開發中。追加補助燃料的方法已有高爐(Shaft furnace)、表面熔融爐等之實用機種。

高爐係由上方充填處理物、助燃材、下方裝入空氣、燃料，使固體與氣體逆流接觸以形成移動層者，系統雖然簡化，但為維持爐內之通氣性，必須考慮處理物的性狀等。

表面熔融爐為在處理物表面噴射高溫瓦斯，除焚燒可燃分外，還有熔融灰分者。如果處理物表面不均勻，則易產生殘熔或飛散等，因此經考慮其處理物形狀及供應方法等。

二、下水道污泥熔融固化之實施例

下面說明乾燥下水道污泥後，以電弧式熔融爐熔融固化的實機工廠的實例。

1. 污泥乾燥工程

利用熱風並流式乾燥機將污泥乾燥到水分 15~20%為止，為去除乾燥廢氣等之臭氣及灰塵，須附設燃燒脫臭爐、電氣集塵器等。

2. 污泥熔融工程

將乾燥污泥投入電弧或熔融爐連續操作，有機質進行熱分解，並將無機質熔融成爐渣。

3. 爐渣固化工程

熔融爐渣由出渣口排出，藉高壓噴射水固化為 1~5mm 之細砂狀。此爐渣幾乎看不到重金屬等有害物質之溶出，無二次公害之虞。又可利用為土木資材。

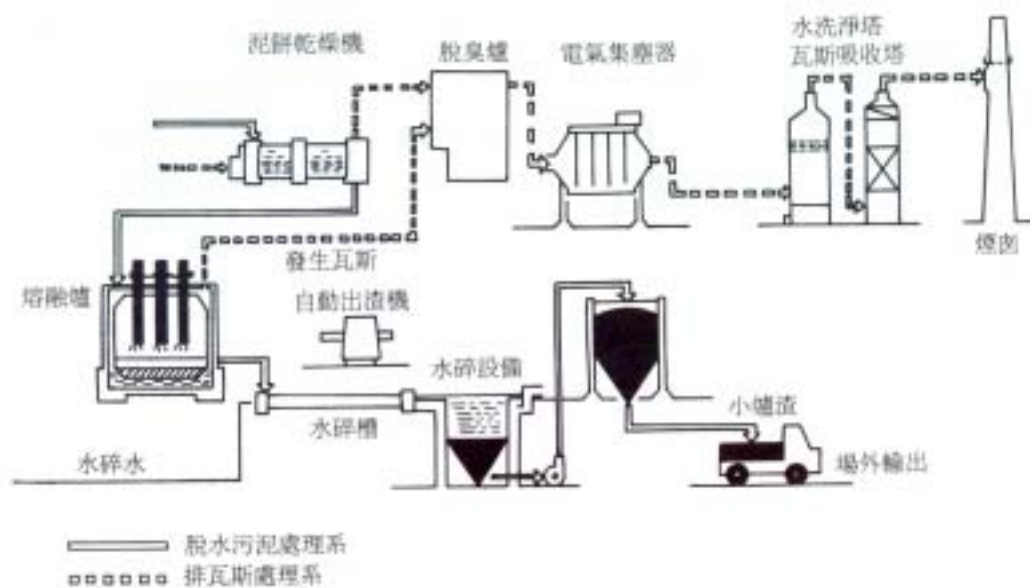


圖13.22 流程圖

造粒

一、前言

造粒之定義一般為「將粉體或塊狀物或液體狀的材料，做成有一定的均一形狀、大小的成形物的操作」。自古，在礦業燃料領域被應用於團礦、豆炭、練炭之成形，近來，則在醫學、農藥、觸媒、飼料、食品業界為提高其使用時的效率、商品價值，或為改善由生產工程所產生的粉塵等作業環境，以及供給產業活動之廢棄物之有效在利用或使用之感善等，創出了各種造粒方式並予以實施。本搞擬就這些造粒方式之產業廢棄物之適合性來做檢討。

一、造粒方法條件

造粒方法隨廢棄物之性狀或造粒目的，可分為造粒粉體時(將塊狀物造粉的方法，本次擬省略)以及造粒液狀物之兩大類，造粒時隨各種材料所具有的特性(形狀、粒度、含水率、可塑性、附著性、自硬性等)所左右，因此必須選擇符合對象材料的造粒方法才可。又所得東西有無符合使用目的，操作是否為容易又經濟的方法都是重要的，必須要與這些條件一致才好。

三、各種造粒方法

1. 擠壓造粒

擠壓造粒機有如圖 13.23 所示方式，一般係從具有一定孔徑的模孔中強制將材料擠出。隨所要求之造粒物之品質、材料物性，可選擇濕式、乾式或加熱熔融擠壓等等。

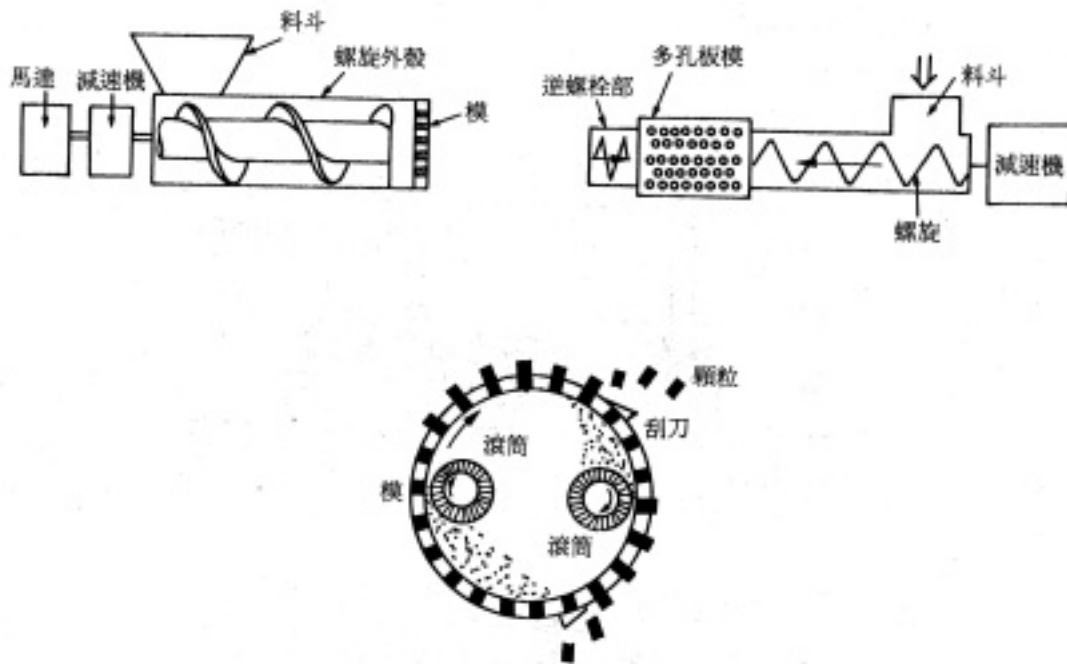


圖13.23 擠壓造粒機

濕式造粒係使材料帶著適度的水分及黏性以造粒的方法，常須加結合材而成為軟質的造粒廣泛應用於肥料及食品業界。本方式較重要的事前處理的粉碎、混和、混揉工程，可獲得廣範圍的材料之適應性。乾式造粒則加壓到材料之降伏點以上的壓力而造粒的方式，過去被利用於飼料業界，但最近在固形燃料領域中由於各種木質系資源的能源化而逐漸普遍化。這時在材料上施加數百氣壓之壓力，在模孔出口被切斷成一定的長度而保持其形狀。加熱熔融造粒適合於熱可塑性材料或其複合物的造粒，係將加熱熔融物或半熔融物從模孔擠出的方法，不管採用哪一方式，因在模上受到相當大的壓力，所以磨粒性大，如材料中混入砂、金屬片等異物即易產生阻塞以致生產停頓。另外每噸產品所需驅動馬力太大為其缺點。

2. 轉動造粒

轉動造粒機通常為如圖 13.24 之方式，較適於供應迴轉體的材料經由迴轉運動相互附著成長，大量做成較軟性形狀且粒子整齊的球狀物。依據用途面的品質條件有些須前處理，有自硬性材料者單憑水即可造粒，但有些則須添加結合劑。床較適合於將微細粉體做成 20mm 左右的球狀。一般普遍被應用於鋼鐵、窯業、肥料業界。本法的驅動馬力雖小，但因造粒時的水比其他造粒方法多因而乾燥成本高。

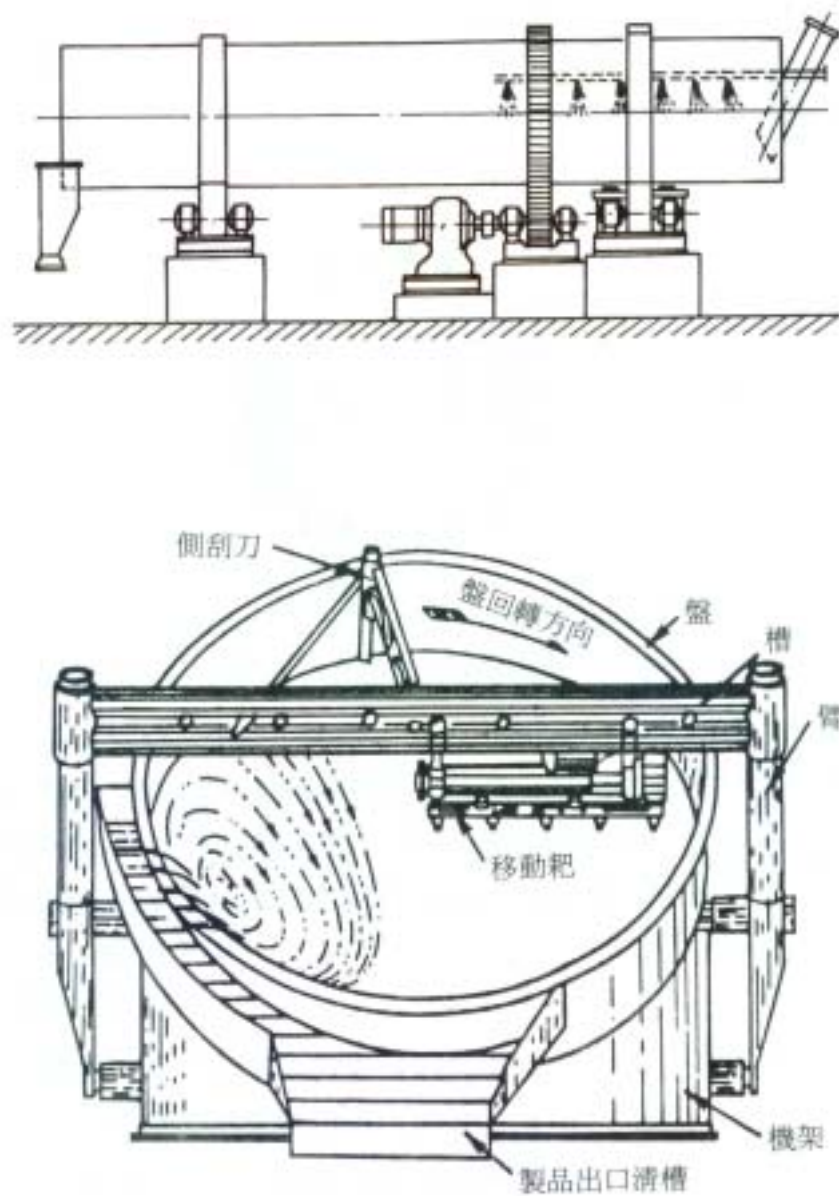


圖13.24 筒形造粒機

3. 滾筒成形

滾筒成形機通常有如圖 13.25 所示方式，在一對相對迴轉滾筒刻有凹狀袋口，由上部供應材料造成一定形狀造粒物的裝置，適合於大量生產。改變滾筒所刻袋口的形狀大小即可造出任意大小的粒子。本成形機自古即被應用於礦產物、鋼鐵、肥料、燃料等領域配合材料之物性，有使用結合材與不使用之情形，前者在前處理須做混和混揉等加任意壓力以成形。金屬粉等時，有時會用到每 cm^3 噸壓力。這時所進行的前處理即成為易脫膜的重要技術。本成形方式視材料之物性進行前處理，因而適用範圍頗廣。比其他造粒方式處理能力大，廣泛被應用於焚化灰或集塵機灰塵之造粒。

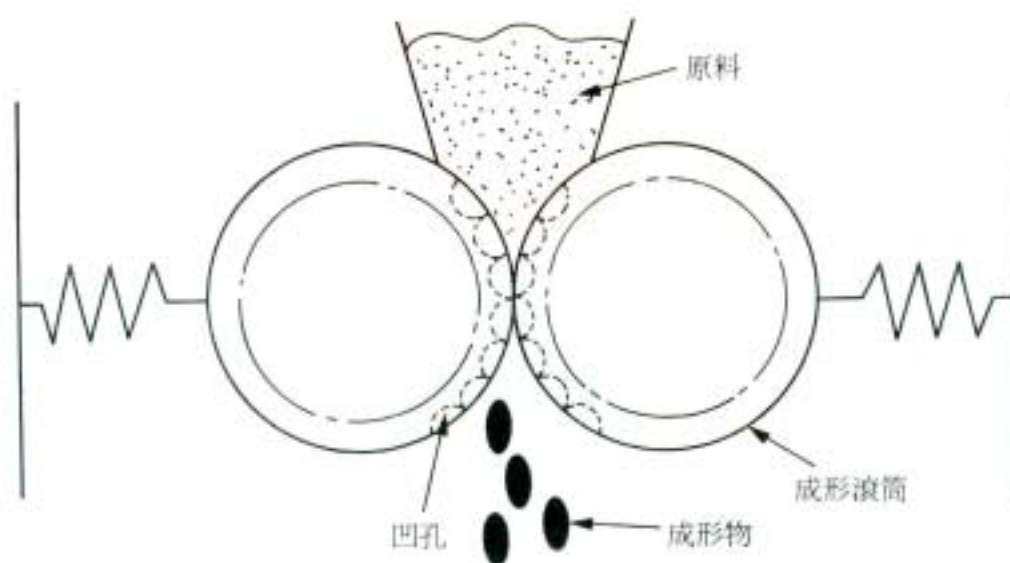


圖13.25 造粒機原理圖

4. 打錠式造粒

圖 13.26 為打錠式造粒機之構造圖，充填材料於排成放射線狀的模具中，藉壓棒壓縮，接著排出造粒物。連續此操作，通常以每分鐘 100 個左右的速度打錠。本方法廣泛被應用於醫藥品、食品、飼料、觸媒、電氣零件、燃料業等。本方法因特別用到模具所以磨耗性較大的東西或流動性不佳的材料均不適用，尤其處理廢棄物時必須要有適當的前處理。

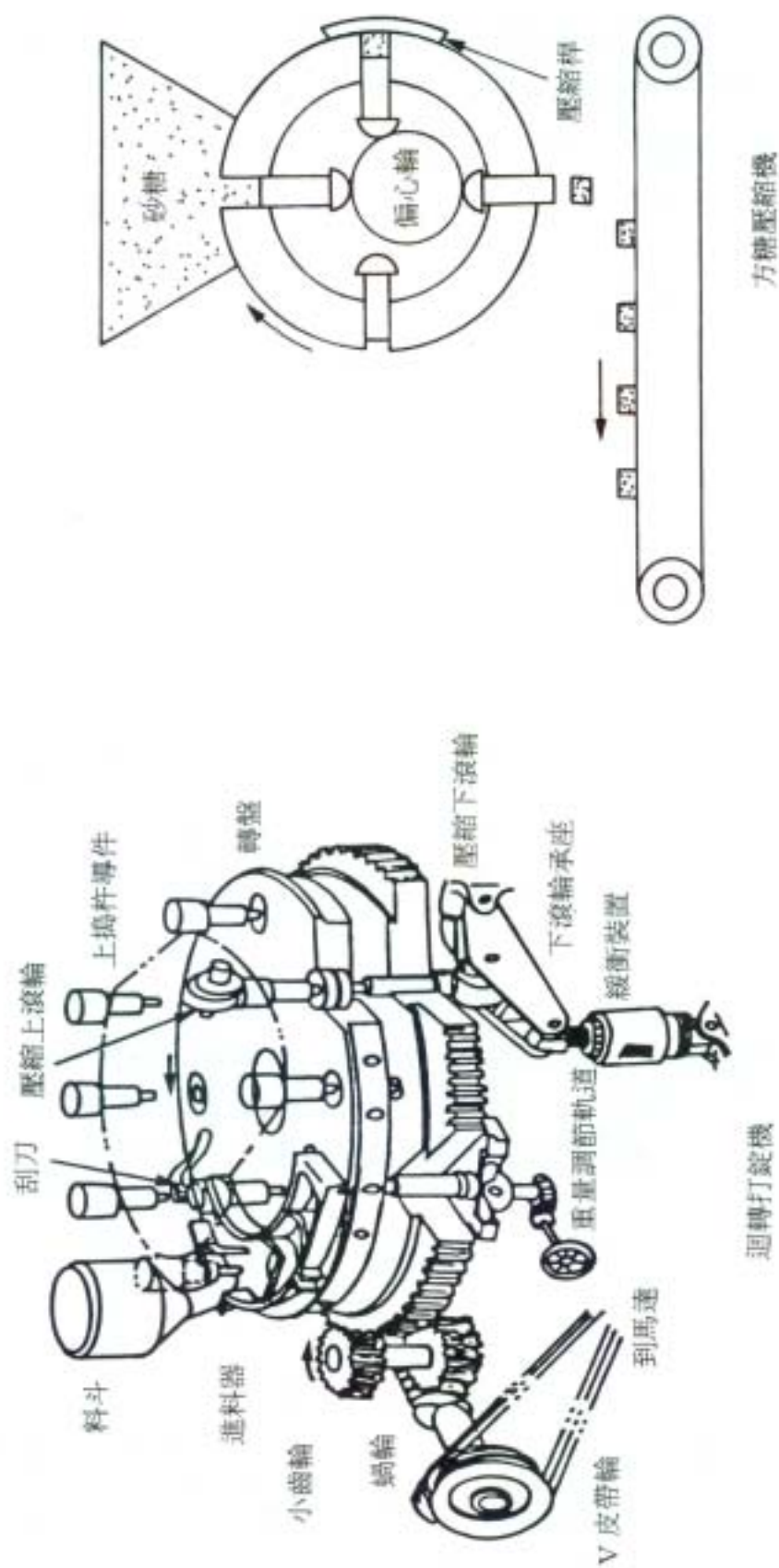


圖13.26 打錠式造粒機

5. 片狀式造粒

圖 13.27 為片狀式造粒機本法係使熔融物或泥狀材料附著於迴轉筒或鋼帶上，藉冷卻或加熱使其成形為片狀而造粒的方法，過去一直被應用做為乾燥前的處理裝置。本法雖結構簡單，但造粒時幾乎不須壓力，而成為軟形造粒易粉化粒形不固定，因而通常以本法做為最終產品的造粒物，除了特殊用途外並不多見。用途以食品、醫藥、觸媒、窯業、有機化學界為主體。

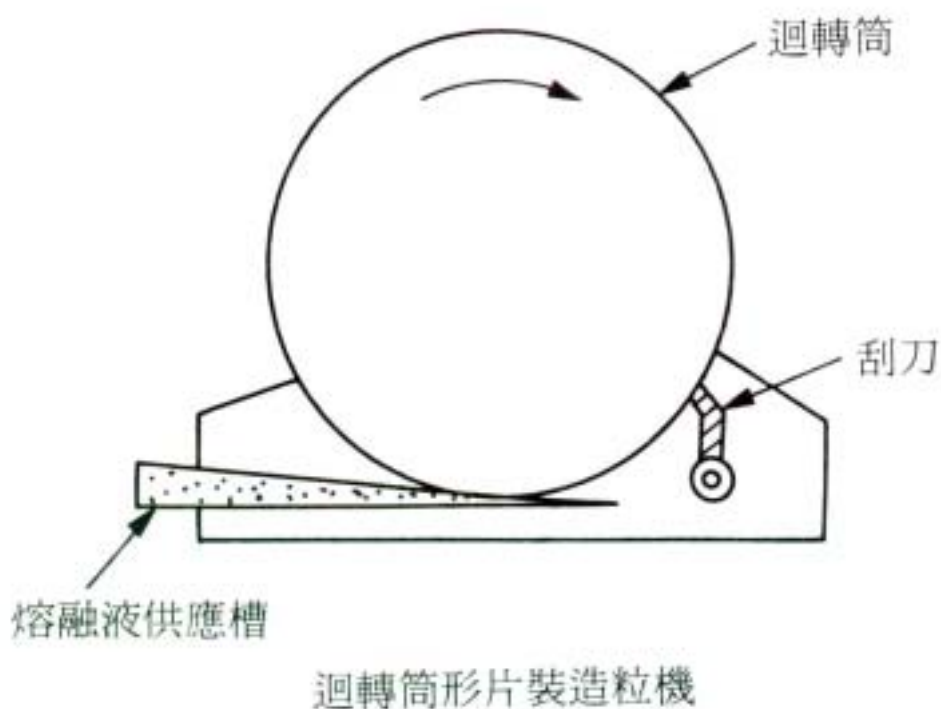


圖13.27 片狀式造粒機

6. 噴霧乾燥造粒

噴霧乾燥造粒機一般如圖 13.28 所示的構造適合於可用汞輸送的泥狀材料之造粒。一直被應用於食品、藥品、清潔劑的相關領域。本法係利用噴嘴將材料噴霧於造粒室內，另一方面平行吹進熱風同時進行乾燥的方法，可造成粒子最大為 0.5mm 左右。因造粒時之水分較多，因而比起其他造粒方法形成多孔質容積密度小的產品，乾燥成本高。材料中如果混入異物易產生噴嘴阻塞等問題。適用於廢棄物時，材料的選擇成為重要項目。

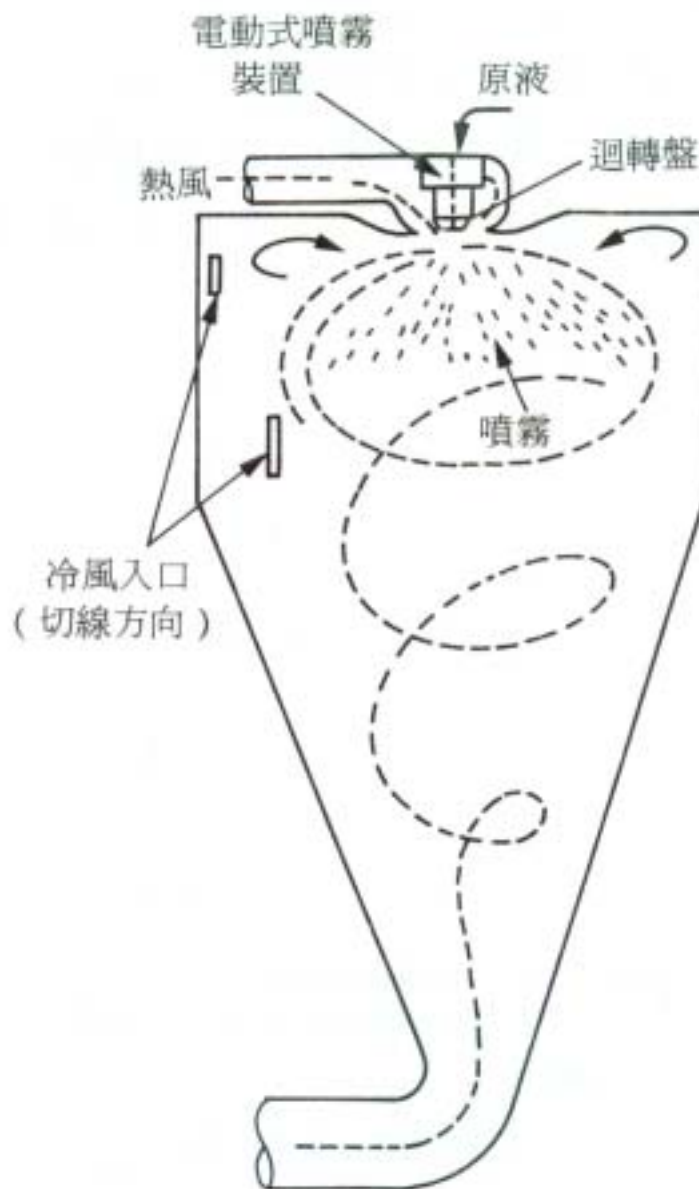


圖13.28 噴霧乾燥造粒機

四、結語

這次以產業廢棄物之造粒適合性為主題介紹了幾種造粒方法，由於篇幅關係未介紹到的也有頗被廣用的，這些將待有機會時在予介。本搞如能被應用為廢棄物處理處分的手段，而獲得資源的有效活用的話，相信將是一件極有意義的事。

【參考文獻】

1. (社)日本機械學會「造粒與造粒裝置」1967。
2. 日本粉體工業協會「造粒便覽」1979。

射出成形

所謂射出成形(Injection moulding)係將塑膠機熱熔融射出充填於模具內，冷卻後做為成形品取出的成形操作。一般而言塑膠之熱傳導性、熱安定性並不佳，另外也有熔融粘度較高的種類，因而射出成形機對塑膠之可塑化熔融部、射出部等主要部分都做了特殊的設計。

射出成形機的種類隨原料塑膠之加熱可塑化熔融部之機構可大致分為柱塞式螺旋式(又稱 screw in-line 式)及預塑化式(preplasticating type)其代表例如圖 13.29。

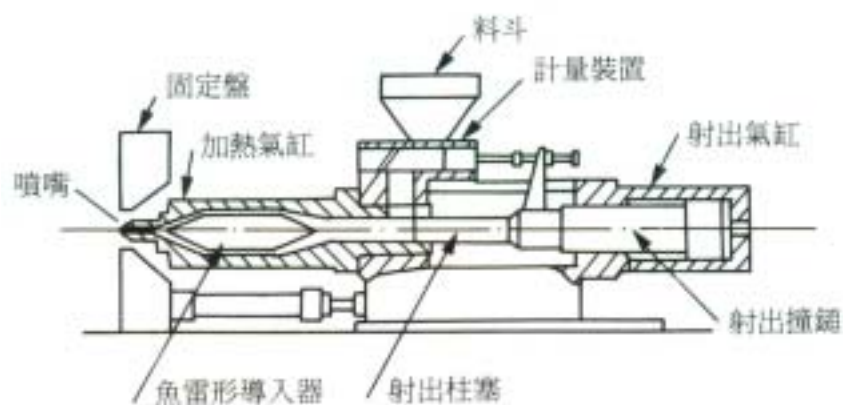
柱塞式適合於易熔融塑膠，但最近已被預塑式取代。螺旋式有具有可塑化與射出兩機能的往復動作螺旋，另外有將原料以蓄積於汽缸前部之熔融塑膠計量的計量機能者。這種形式可充分適用於熔融粘度高的塑膠。

預塑化式係指 pre-plasticating type 而言，有預先可塑化的預塑化裝置，分為柱塞型與螺旋形兩種。將原料塑膠預先可塑化的預塑化裝置予射出可塑化物的獎誌由別的汽缸來進行，所以不但可提升可塑化效率，同時可減輕射出時的壓力損失。另外由於可塑化與射出為獨立單元，因而可塑化也可連續化，可充分對應成形之高速化。

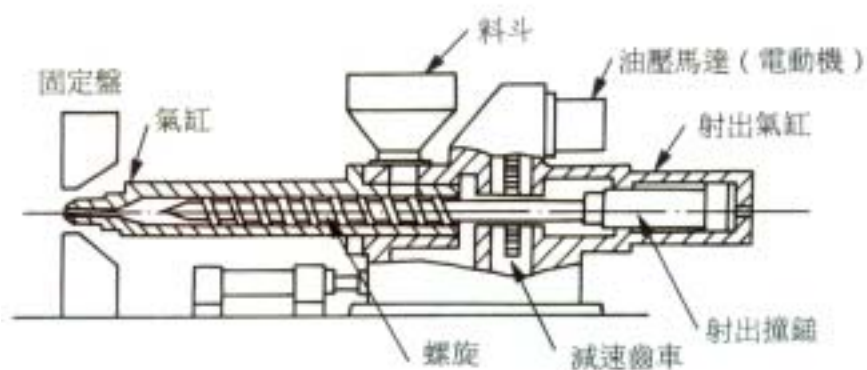
射出成行機之射出壓力隨所使用原料速機之熔融粘度與膜具內之熔融塑膠之流動阻力而異，一般為 $800\sim 1,500\text{kg/cm}^2$ 。

上述係以新鮮塑膠為對象的資料，如以產業排出的廢塑膠為對象的再生加工則還得另外考究才可。

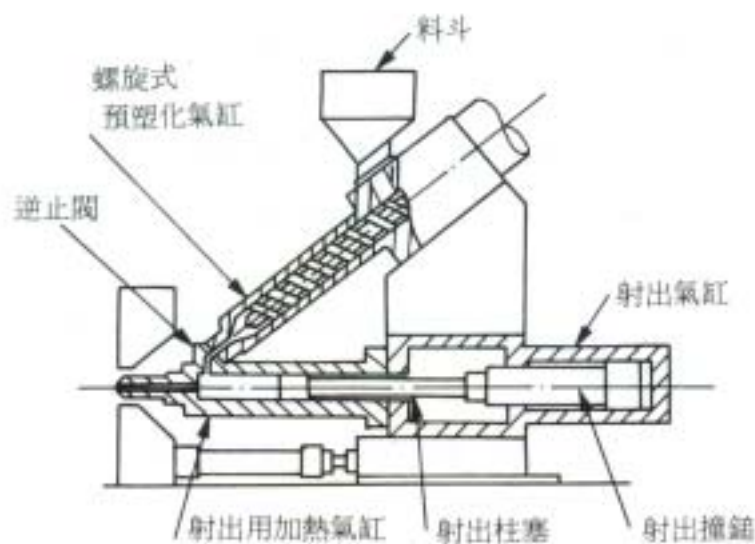
再生加工時，首先須將廢塑膠分選去除異物，將塑膠依主類別加以分類。然後視其必要加以粗碎，再度分離異物後粉碎。到此為止即為前處理。最後隨產品之形狀依照各種成形法成形。成形品如為棒、樁、板、固定形狀者則先以螺旋形擠壓式熔融機或柱塞熔融機將前處理後之廢塑膠加以熔融，將熔融物擠壓於模具，利用螺旋或柱塞之擠壓壓力使之成形。這種加工法雖然是一種射出成形，但射出壓力僅為 $30\sim 150\text{kg/cm}^2$ 比通常之射出壓力稍低。業界稱此法為「注膜成形」，大半的業界均採用此法。此外，產品如為成形品、板子之類需要強度時即採用衝壓成形。衝壓成形時係以注膜成形同樣的溶融機熔融塑膠，將其裝入模具以強大壓力壓縮成形的方法，最近這種方已引起大家的注意，另外也有利用 banbury 等之混揉機混揉熔融後以研光輥壓延製成板狀產品，或以壓出機製成管狀的方法。



1. 柱塞式射出成型機



2. 螺旋式射出成型機 (screw inline)



3. 螺旋・預塑化式射出成型機

圖13.29

射出成形之一的注膜成形可以說是佔再生加工之大部分，下面就來介紹其代表性成形機。圖 13.30 為注膜成形專用機，三菱油化公司出品之「Reverser」，其機構為將塑膠在螺旋式之熔融部可塑化熔融後，將熔融部以垂直來回動作的螺旋擠入模具內。能力為 300~500kg/h 比較大，但加工速度因受到成形品的冷卻有一定的時間，所必須在輸送機上放置多數模具才可。模具因擠壓壓力不大，鋼板製即可應付。

冷卻則以噴淋方式或投入水槽中均可。

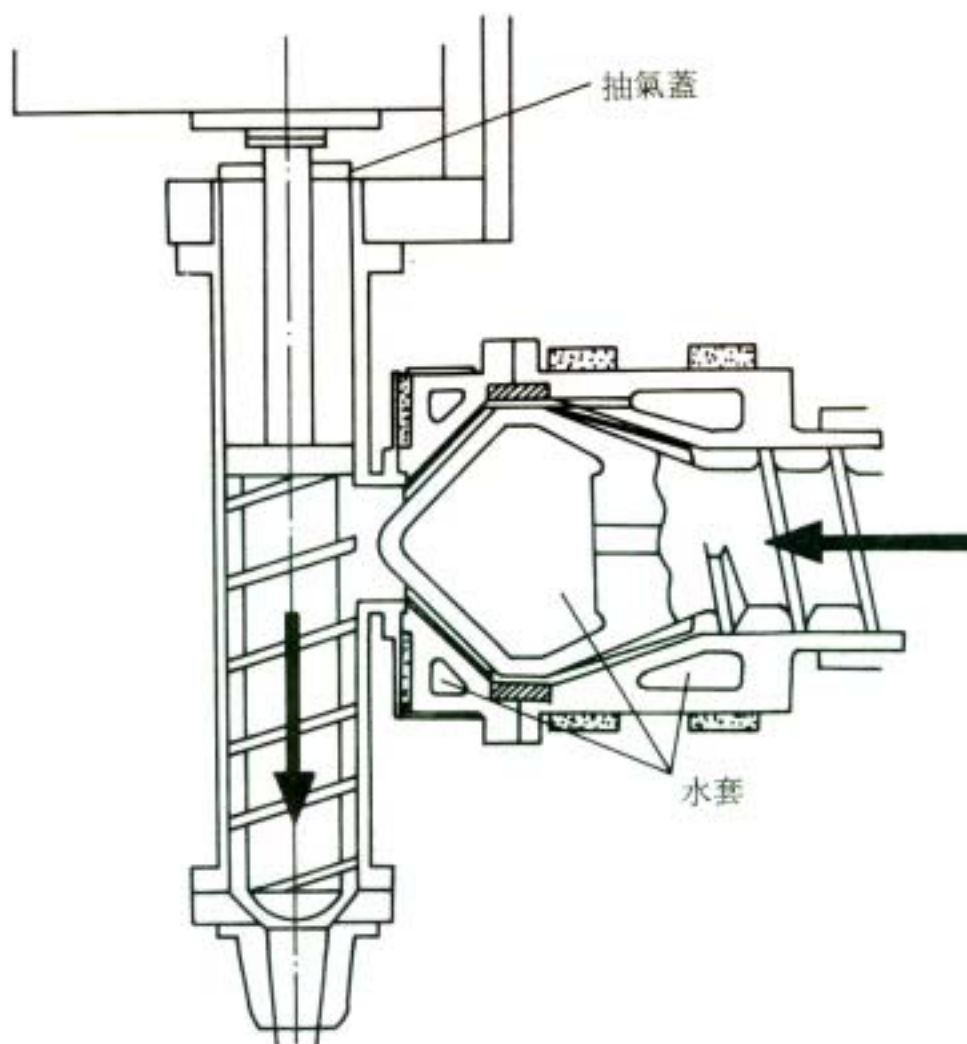


圖13.30 Reverser 說明

【注膜成形機主要製造廠】

三菱油化公司-三菱油化工程公司，Sugue 電機公司，積水工機製作所、遠州製作公司、日本 Zeon 公司、日本製鋼所、三信電機。

【參考文獻】

Plastic 處理促進協會、再生便覽 1982，改訂版。

附錄一 我國廢棄物清理趨勢

一、現行廢棄物清理法

(一)沿革

1. 63 年 7 月 26 日公佈
2. 69 年 4 月 9 日第一次修正公布
3. 74 年 11 月 20 日第二次修正公布
4. 79 年 11 月 11 日第三次修正公布

(二)內容架構：全文共分六章三十六條

1. 第一章 總則（第一條~第六條）
2. 第二章 一般廢棄物之清理（第七條~第十二條）
3. 第三章 事業廢棄物之清理（第十三條~第十九條）
4. 第四章 公民營廢棄物清除、處理機構之管理（第二十條~第二十一條）
5. 第五章 獎懲（第二十二條~第三十三條）
6. 第六章 附則（第三十四條~第三十六條）

(三)相關條文內容

茲將廢棄物清理法中所提到的重要名詞定義及條文做如下之說明。

(1)廢棄物之定義

第二條 本法所稱廢棄物，分下列二種：

一、一般廢棄物：垃圾、糞尿、動物屍體或其他非事業機構所產生足以污染環境衛生之固體或液體廢棄物。

二、事業廢棄物：

（一）有害事業廢棄物：由事業機構所產生具有毒性、危險性，其濃度或數量足以影響健康或污染環境之廢棄物。

（二）一般事業廢棄物：由事業機構所產生有害事業廢棄物以外之廢棄物。

前項有害事業廢棄物認定標準，由中央主管機關會商中央目的事業主管機關訂定公告之。

游離輻射之放射性廢棄物之處理，依原子能法第二十六條第十款之規定。

(2)主管機關及執行機關(表一為廢棄物清理機構分工表)

第四條 本法所稱主管機關：在中央為行政院環境保護署；在省(市)為省(市)政

府；在縣(市)為縣(市)政府。

第五條 本法所稱執行機關，謂直轄市政府環境保護局、省轄市政府及鄉(鎮、市)公所。

前項執行機關，應設專責單位，辦理廢棄物之清除、處理及稽查工作。

表 1 台灣地區廢棄物清理機構分工表

機關層級	機關性質		
	主管機關	執行機關	執行負責機構
中央	行政院環保署		
直轄市 省	直轄市政府 省政府	環境保護局	環境保護局
直轄市 縣	直轄市政府 縣政府	環境保護局 鄉鎮市公所	環境保護局 清潔隊

(3)事業廢棄物清理

1. 清理之責任

第十三條 產生事業廢棄物之專業機構，其廢氣物應自行或委託公、民營廢棄物清除、處理機構負責清除、處理之。

前項一般事業廢棄物，能與一般廢棄物合併清除、處理者，得繳付所需費用，委託執行機關辦理。有害事業廢棄物，不得與一般廢棄物或一般事業廢棄物合併清除、處理。

第十四條 中央主管機關，對於須經特殊技術處理之有害事業廢棄物，得會同中央目的事業主管機關，設置適當設施，代為儲存、清除或處理，並收取必要費用。

前項有害事業廢棄物，由中央主管機關會同中央目的事業主管機關公告之。

2. 清理之標準(設施標準、核准、許可)

第十五條 事業廢棄物之儲存、清除或處理方法及設施，應符合中央主管機關之規定。

3. 紀錄申報

第十六條 事業機構或公、民營廢棄物清除、處理機構，對於有害事業廢棄物儲存、清除或處理之操作或檢測，應作成紀錄妥善保存，

並定期申報直轄市、縣(市)主管機關備查。

4. 稽查

第十七條 主管機關得派員檢查事業廢棄物之儲存、清除或處理情形。必要時得採樣並索取有關資料；其不合規定者，應通知限期改善。

前項檢查人員執行檢查時，應出示身分證明。

5. 輸出入許可

第十八條 有害事業廢棄物之輸入、輸出或在利用，應先經中央主管機關許可。

6. 緊急措施

第十九條 事業機構或公、民營廢棄物清除、處理機構於儲存、清除或處理事業廢棄物，危害人體健康或農、漁業時，主管機關應立即命其改善，並採取緊急措施，必要時得命其停工或停業。

(4)公、民營廢棄物清除、處理機構之管理

1. 機構之管理輔導

第二十條 公、民營廢棄物清除、處理機構經營廢棄物之儲存、清除或處理業務，應列明專業技術人員儲存清除、處理之工具、方法、設備及場所，向地方主管機關申請核發許可證。但從事有害事業廢棄物之儲存、清除或處理者，地方主管機關應先報請中央主管機關核准，始得發給許可證。

2. 資格要件

第二十一條 前條、公、民營廢棄物清除、處理機構管理輔導辦法及專業技術人員之資格，由中央主管機關定之。

(5)獎懲(第二十二條至第三十三條)

1. 績效優良者獎勵(第二十二條)

2. 按日連續處罰(第二十三條、第二十四條、第二十五條)

3. 停業處分或部分或全部停工(第二十三條之一、第二十五條)

4. 公民營清除機構之歇業處分及連日處罰(第二十六條、第二十七條、第二十八條)

5. 刑事責任分別處罰(第三十二條)

6. 罰緩由執行機關為之，拒不繳納者移送法院(第三十二條、第三十三條)

(6)附則

1. 代清理之規定

第三十四條 不依規定清除、處理之廢棄物，主管機關或執行機關得代為清除、處理，並得向其所有人、使用人或管理人收取必要費用。

2. 施行細則

第三十五條 本法施行細則，由省(市)主管機關擬訂，報請中央主管機關核定之。

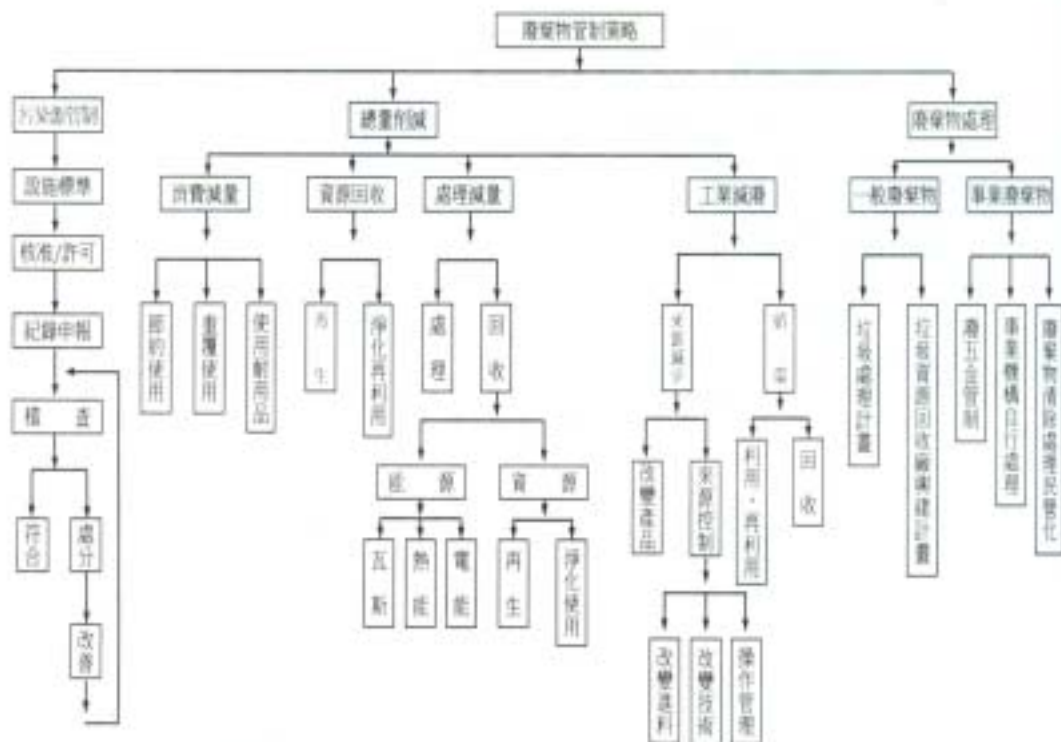
二、未來之廢棄物清理趨勢

(一)前言

現行「廢棄物清理法」，自民國六十三年七月間公佈施行以來，雖為因應社會需要，先後於民國六十九年四月、七十四年十一月、七十七年十一月進行三次修正，然而，十五、六年來，由於經濟成長足發展，國人物質生活水準大幅提昇，致廢棄物之數量，逐年急劇升高，廢棄物之潛在毒害性，亦嚴重惡化。加以民國六十三年間，國人對於廢棄物清理政策之體認，尚較粗淺。屢次修正，又未作全面性、整體性問題之深入探討分析，以致法律規定之不完備，日益顯現。

(二)廢棄物管制策略

政府有鑑我國地狹人稠，深刻了解廢棄物管制策略，須由單存的收集掩埋，走向兼顧污染源管制、總量削減及資源回收之綜合性廢棄物管理，如下圖所示。



資料來源：行政院環境保護署

(三)廢棄物清除未來之趨勢

未來廢棄物清除法將建立所謂 4R(Recovery、Recycle、Reuse、Reduction)法制，亦即清除、處理之外，更強調回收、在利用，不但在 84 年 7 月 19 日修正公告的事業廢棄物儲存、清除處理方及設施標準中，增加事業廢棄物在利用之相關條文，且環保署也將陸續公告一般事業廢棄物須再利用之類別及管理方式。

附錄二 廢棄物清理相關法規

一、廢棄物清理之相關重要法令一覽表

法令名稱	法源依據	最新條定日期
廢棄物清理法		77 年 11 月 11 日
廢棄物清理法台灣省施行細則	廢清法 35 條	79 年 6 月 5 日
廢棄物清理法台北市施行細則	廢清法 35 條	79 年 10 月 16 日
廢棄物清理法高雄市施行細則	廢清法 35 條	76 年 7 月 7 日
事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準	廢清法 15 條	84 年 7 月 19 日
有害事業廢棄物認定標準	廢清法 2 條	83 年 3 月 10 日
公民營廢棄物清除處理機構管理輔導辦法	廢清法 21 條	78 年 3 月 31 日
廢一般容器回收清除處理辦法	廢清法 10 條之一	83 年 4 月 15 日
廢機動車輛回收清除處理辦法	廢清法 10 條之一	83 年 10 月 21 日
廢潤滑油回收清除處理辦法	廢清法 10 條之一	83 年 4 月 29 日
廢輪胎回收清除處理辦法	廢清法 10 條之一	83 年 6 月 15 日
廢鉛蓄電池回收清除處理辦法	廢清法 10 條之一	83 年 6 月 29 日

二、新修訂事業廢棄物儲存，清除處理方法及設施標準條文 事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準

中華民國七十八年五月八日(78)環署法字第 0 九九 0 六號令發布

中華民國八十四年七月十九日(84)環署廢字第 二九一七一號令修正發布

第一章 總則

第一條 本標準依廢棄物清理法（以下簡稱本法）第十五條規定訂定之。

第二條 本標準專有名詞定義如左：

- 一、儲存：指事業廢棄物於清除、處理前，放置於特定地點或儲存容器、設施內之行為。
- 二、清除：指事業廢棄物之收集、運輸行為。
- 三、處理：指左列之行為：
 - （一）中間處理：指事業廢棄物在最終處置前，以物理、化學、生物、熱處理或其他處理方法，改變其物理、化學、生物特性或成分，達成分離、減積、去毒、固化或安定之行為。
 - （二）最終處置：指衛生掩埋、封閉掩埋、安定掩埋或海洋棄置事業廢棄物之行為。
 - （三）再利用：指事業機構產生之事業廢棄物自行、販賣、轉讓或委託做為原料、材料、燃要、填土或其他經中央主管機關及目的事業主管機關認定之用途行為，並應符合本標準規定者。
- 四、清理：指儲存、清除或處理事業廢棄物之行為。
- 五、相容性：指事業廢棄物與容器、材料接觸，或二種以上之事業廢棄物混合，不發生左列效應者：
 - （一）產生熱。
 - （二）產生激烈反應、火災或爆炸。
 - （三）產生可燃性流體或有害流體。

(四) 造成容器材料劣化，致降低污染防治之效果。

六、建築廢棄物：指營建或拆除建築物或其他工程所產生之廢棄物。

七、固化法：指利用固化劑與事業廢棄物混合固化之處理方法。

八、熱處理法：

(一) 焚化法：指利用高溫燃燒，將事業廢棄物轉變為安定之氣體或物質之處理方法。

(二) 熱解法：只將事業廢棄物至於無氧或少量氧氣之狀態下，利用熱能裂解使其分解成為氣體、液體或殘渣之處理方法。

(三) 其他熱處理法。

九、滅菌法：指在一定時間內，以物理或化學原理將感染性事業廢棄物中微生物消滅之處理方法並經中央主管機關核准者。

十、掩埋法：

(一) 安定掩埋法：指將一般事業廢棄物置於掩埋場，設有防地盤滑動、沉陷及水土保持設施或措施之處理方法。

(二) 衛生掩埋法：指將一般事業廢棄物掩埋於不透水材質或低滲水性土壤所構築，並設有滲出水、廢氣收集及處理設施及地下水監測裝置之掩埋場之處理方法。

(三) 封閉掩埋法：指將有害事業廢棄物掩埋於以抗壓及雙層不透水材質所構築，並設有阻止污染物外洩及地下水監測裝置之掩埋場之處理方法。

十一、海洋棄置法：指運送一般事業廢棄物至海域投棄或置放之處理方法。

十二、破壞去除效率(DRE)：指主要有害有機物質(POHCs)經熱處理後，所減少之百分比。

十三、燃燒效率(CE)：指煙道出口之排氣中所含二氧化碳濃度與二氧化碳及一氧化碳濃度總和之百分比。

第三條 主管機關為管理事業廢棄物之儲存、清除及處理，得命事業機構定期申

報事業廢棄物之種類、數量、儲存方式及清除處理方法，事業機構不得拒絕。

第四條 經中央主管機關指定公告之事業機構，於向目的事業主管機關申請設立或變更前，應先檢具事業廢棄物清理計劃書，送地方主管機關同意。於運作前，並應檢具必要資料。向地方主管機關申請核准。

前項事業機構從事有害事業廢棄物之儲存、清除或處理者，省(市)主管機關應先核轉中央主管機關核可後，始得核准。

第一項地方主管機關之同意獲核准，在直轄市，由直轄市主管機關為之；在縣(市)，由縣(市)主管機關轉請主管機關為之。

第一項變更係指左列情形之一：

一、事業機構負責人、名稱或地點變更。

二、新增或改變主要原料。

三、新增或改變主要產品。

四、新增或改變產品主要製造過程或廢棄物清理方法、設施改變者。

其他變更足以導致廢棄物質、量改變者。

第五條 前條清理計劃書，應載明左列事項：

一、產品製造或使用過程。

二、事業廢棄物之產生源、成分及數量。

三、事業廢棄物之清理方式。

四、事業廢棄物減廢計劃。

五、事業機構停業或宣告破產時，對於尚未清理完之事業廢棄物之處置。

六、從事有害事業廢棄物之儲存、清理或處理，應提緊急應變計劃，其內容應包括應變組織、應變措施及所需急救藥品。

前項第四款之事業機構由中央主管機關公告之。

第六條 事業機構或公民營廢棄物清理處理機構產生或受委託清理處理本法第十條之一所公告應回收之一般廢棄物，應依相關回收清除處理辦法規定清除處理之。

第七條 事業機構自行清理所產生之事業廢棄物係指左列行為：

- 一、事業機構自行或其他事業機構共同清理其產生之事業廢棄物。
- 二、事業機構聯合具有清理廢棄物意願者，聯合清理其產生之事業廢棄物。
- 三、其他經中央主管機關指定或公告者…。

前項第一款、第二款共同或聯合組織為本標準所指事業機構。

第二章 事業廢棄物之儲存

第八條 有害事業廢棄物應與一般事業廢棄物分開儲存。

第九條 一般事業廢棄物之儲存方法，應符合左列規定：

- 一、儲存地點、容器、設施應經常保持清潔完整，不得有廢棄物飛揚、逸散、滲出、污染地面或散發惡臭情事。
- 二、儲存容器、設施應與所存放之廢棄物具有相同性，不具相容性之廢棄物應分別儲存。
- 三、儲存地點、容器、設施應於明顯處以中文標示廢棄物之名稱。

第十條 有害事業廢棄物之儲存方法，除感染性事業廢棄物外，應符合左列規定：

- 一、應以固定包裝材料或容器密封盛裝，置於儲存設施內，分類編號，標示產品廢棄物之機構名稱、儲存日期、數量、成分及區別有害事業廢棄物特性之標誌。
- 二、儲存容器或設施應與有害事業廢棄物具有相容性、必要時應使用內襯材料或其他保護措施，以減低腐蝕、剝蝕等影響。
- 三、儲存容器或包裝材料應保持良好情況，如有嚴重生鏽、損壞或洩漏之虞，應即更換。
- 四、儲存以二年為限，超過二年時，應於屆滿三個月前向儲存設施所在地主管機關申請展延。

第十一條 感染性事業廢棄物之儲存方法，應符合左列規定：

- 一、左列事業廢棄物應以紅色可燃容器密封儲存，並標示感染性事業廢

棄物標誌；其於常溫下儲存者，以一日為限，於攝氏五度以下冷藏者，以七日為限：

- (一) 手術房、產房、檢驗室、病理室、解剖室、實驗室所產生之廢檢體、廢標本、人體、動物殘肢、器官或組織等。
- (二) 傳染性病房或隔離病房所產生之事業廢棄物。
- (三) 廢透析用具、廢血液或廢血液製品。
- (四) 其他曾與病人血液、體液、引流液或排泄物接觸之可燃性事業廢棄物。
- (五) 其他依「有害事業廢棄物認定標準」三、(五)規定屬可燃感染性事業廢棄物者。

二、左列事業廢棄物應以不易穿透之黃色容器密封儲存，並標示感染性事業廢棄物標誌：

- (一) 廢氣之針頭、刀片、縫合針等器械，及玻璃材質之注射器、培養皿、試管、試玻片。
- (二) 其他曾與病人血液、體液、引流液或排泄物接觸之不可燃性事業廢棄物。
- (三) 其他依「有害事業廢棄物認定標準」三、(五)規定屬不可燃感染性事業廢棄物者。

前項第一款規定之儲存時間、溫度及感染性事業廢棄物標誌，應標示於容器明顯處。

第一項第二款之感染性事業廢棄物採焚化法處理者，得依第一項第一款之規定儲存。但儲存容器仍應以不易穿透之材質為限。

第十二條 一般事業廢棄物之儲存設施，應符合左列規定：

- 一、應有防止地面水、雨水及地下水流入、滲透之設備或措施。
- 二、由儲存設施產生之廢液、廢氣、惡臭等，應有收集或防止其污染地面水體、地下水體、空氣、土壤之設備或措施。

第十三條 感染性事業廢棄物之儲存設施應除符合前條規定外，並應符合左列規定：

- 一、應於明顯處標示感染性事業廢棄物標誌及備有緊急應變措施，其

設施應堅固，並與治療區、廚房及餐廳隔離。但診所於治療區設密封儲存設施。

二、儲存事業廢棄物之不同顏色容器，須分開置放。

三、應有良好之排水及沖洗設備。

四、具防止人員或動物擅自闖入之安全設備或措施。

五、具防止蚊蠅或其他病媒孳生之設備或措施。

第十四條 有害事業廢棄物之儲存設施，除感染性事業廢棄物外，應符合左列規定：

一、應設置專門儲存場所，其地面應堅固，四週採用抗蝕及不透水材料襯墊或構築。

二、應有防止地面水、雨水及地下水流入、滲透之設備或措施。

三、由儲存設施產生之廢液、廢氣、惡臭等，應有收集或防止其污染地面水體、地下水體、空氣、土壤之設備或措施。

四、應於明顯處，設置白底、紅字、黑框之警示標誌，並有災害防止設備。

五、設於地下之儲存容器，應有液位檢查、防漏措施及偵漏系統。

六、應依儲存事業廢棄物之種類，配置監測設備、警報設備、滅火、照明設備或緊急沖淋安全設備。

第三章 事業廢棄物之清除

第十五條 清除事業廢棄物之車輛、船隻或其他運送工具於清除過程中，應防止事業廢棄物飛散、濺落、溢漏、惡臭擴散、爆炸等污染環境或危害人體健康之情事發生。

清除有害事業廢棄物於運輸途中有任何洩漏情形發生時，清除人應立即採取緊急應變措施並通知相關主管機關，產生有害事業廢棄物之事業機構與清除機構應負一切清理善後責任。

第十六條 不具相同性之事業廢棄物不得混合清除。

第十七條 事業機構自行或委託清除其產生之事業廢棄物至該機構以外，應紀錄清除廢棄物之日期、種類、數量、車輛車號、清除人及保留所清除事業廢棄物之處置證明。

前項資料應保留三年，以供查核。

第十八條 清除有害事業廢棄物之車輛應符合左列規定：

- 一、應標示機構名稱、電話號碼及區別有害事業廢棄物特性之標誌。
- 二、隨車攜帶對有害事業廢棄物之緊急應變方法說明書及緊急應變處理器材。

第十九條 事業機構自行或委託清除機構清除有害事業廢棄物，至該機構以外之儲存或處理場所時，須填具一式六聯之遞送聯單。

前項之遞送聯單經清除機構簽收後，第一聯送事業機構所在地之主管機關備查，第六聯由事業機構存查，第二聯至第五聯由清除機構於十日內送交處理機構，由處理機構簽收，清除機構保存第五聯，處理機構於收到廢棄物之翌日起三十日內，將第三聯送回事業機構，第四聯送事業機構所在地之主管機關備查，並自行保存第二聯。事業機構於接收第三聯十日內應將第六聯及第三聯影印送中央主管機關備查。

有害事業廢棄物輸送國外處理前之暫時儲存免填第二聯及第三聯，第四聯由清除機構於廢棄物運至儲存場所後簽章填送。

前項清除或處理機構，將有害事業廢棄物轉託他機構清除或處理者，應依前項程序辦理。處理機構發現事業廢棄物成分、特性、數量與遞送聯單所載不符者，應於發現之翌日起十日內，請求清除機關或事業機構補正，並向當地主管機關報備。事業機關於廢棄物清運後四十五日內未收到第三聯者，應主動追查委託清除知有害事業廢棄物流向，並向當地主管機關報備；本項規定於第二項之清除或處理機構準用之。事業機構自行清除、處理又有害事業廢棄物者，其填具一式六聯之遞送聯單，應由執行清除、處理者簽章在經事業機構簽章後，並依第一項程序辦理。

第一項及前項之遞送聯單，應保存三年，以供查核。

第二十條 經中央主管機關公告一定數量以上之一般事業廢棄物，事業機構自行或委託清除至該機構以外之儲存或處理場所時，應依前條第二項、第四項、第五項、第六項、第七項規定填送及保存遞送聯單。

第二十一條 建築廢棄物之清除方法，由省(市)主管機關另定之。

第二十二條 感染性事業廢棄物之清除方法，除清除廢棄物之車輛依第十五條至第十八條之規定外，並應符合左列規定：

- 一、以不同顏色容器儲存之廢棄物不得混合清除。但以黃色容器儲存之感染性事業廢棄物採焚化法處理者，不在此限。
- 二、於運輸過程，不可壓縮及任意開啟。
- 三、不可燃感染性事業廢棄物直接清除至最終處置場所前應先經滅菌處理。
- 四、運輸途中應備有冷藏措施。

第四章 事業廢棄物之中間處理

第二十三條 左列事業廢棄物除在利用及中央主管機關另有規定外，應先經中間處理，其處理方法如左：

- 一、污泥：無機性污泥脫水或乾燥至含水氣百分之八十五以下；有機性污泥脫水或熱處理法處理。
- 二、有害事業廢棄物認定標準所列之任一種含有毒重金屬廢棄物：以固化法、電解法、薄膜分離法、熱蒸發或熔練法處理；含氰化物者，以氧化分解法、焚化法或濕式氧化法處理。乾基每公斤含汞及其化合物濃度高於二百六十毫克者，應先以熱處理法回收汞。
- 三、廢油：由油水分離、蒸餾或經採焚化法處理。
- 四、廢酸或廢鹼：以蒸發、蒸餾、薄膜分離或中和法處理；含氰化物者，應先經氧化前處理，在以中和法處理或濕式氧化法分解之。
- 五、廢塑膠類、廢橡膠類：經破碎、切斷處理至十五公分以下，或經採蒸餾法、分類回收法、熱熔法或熱處理法處理。
- 六、廢溶劑：以萃取法、油水分離法、蒸餾法或經採熱處理法處理。
- 七、含農藥、多氯聯苯、戴奧辛之廢棄物：以熱處理法處理。
- 八、含石棉之廢棄物：經潤濕處理，在以厚度萬分之七十五公分以上塑膠袋雙層盛裝後，置於堅固之容器中，或採具有防止飛散措施之固化處理法處理。
- 九、含氟氯碳化合物之廢棄物；以回收處理。

十、鋼鐵業集塵灰：以回收處理。

十一、皮革削邊皮、皮粉：以蒸製皮革粉回收處理。

十二、其他經中央主管機關公告者。

第二十四條 感染性事業廢棄物除中央主管機關另有規定外，先經中間處理，其處理方法如左：

一、紅色容器儲存之感染性事業廢棄物：以焚化法處理。

二、黃色容器儲存之感染性事業廢棄物：以滅菌法處理或以焚化法處理。

三、廢棄之針頭、針筒：以焚化法處理或應經滅菌後粉碎處理。

第二十五條 有害事業廢棄物採熱處理法者，應提出試燒計劃，報請省(市)主管機關核轉中央主管機關核可後，自行委託經中央主管機關認可之檢驗測定機構或經中央主管機關核准之學術、顧問機構，於各級地方主管機關監督下，依試燒計劃進行測試。測試完成後，應檢具測試報告，經省(市)主管機關核准後，始得處理。

前項試燒計劃及試燒報告格式由中央主管機關公告之。

試燒之前之試運轉應報省(市)主管機關備查後為之。試運轉期限以三個月為限，但特殊情形報經當地主管機關同意者，不在此限。

第二十六條 事業廢棄物之中間處理設施，除中央主管機關另有規定外，應符合左列規定：

一、應有堅固之基礎結構。

二、設施與廢棄物接觸之表面，採抗蝕及不透水材料構築。

三、設施周圍應有防止地面水、雨水及地下水流入、滲透之設施或措施。

四、應具有防止廢棄物飛散、流出、惡臭擴散及影響四周環境品質之必要措施。

五、應具污染防制設備及防蝕措施。

第二十七條 有害事業廢棄物之焚化處理設施，除依前條規定外，並應符合左列規定：

一、燃燒室出口中心溫度應保持攝氏一千度以上；燃燒氣體滯留時間，感染性事業廢棄物在一秒以上，其他有害事業廢

棄物在二秒以上。

二、燃燒感染性事業廢棄物者，燃燒效率達百分之九十九·九以上。

三、除燃燒感染性事業廢棄物外，其他有害事業廢棄物之有機氯化物總破壞去除效率達百分之九十九·九九以上，多氯聯苯(PCBs)及2、3、7、8四氯戴奧辛(2,3,7,8-TCDD)2、3、7、8四氯聯苯夫喃(2,3,7,8-TCDF)總破壞去除效率達百分之九十九·九九九以上，其他毒性化學物質破壞去除效率達百分之九十九·九以上。

四、具有自動監測及緊急應變處理裝置。

五、其他經中央主管機關公告之事項。

流體化床廢棄物焚化爐不受前項第一款及第二款之限制。

第二十八條 有害事業廢棄物採焚化法以外之熱處理法處理者，其設施應符合第二十六條、第二十七條第一項第三款之第五款之規定。

第二十九條 一般事業廢棄物之熱處理設施，應符合第二十六條與第二十七條第一項第四款及第五款之規定。

第三十條 固化處理設施，除依第二十六條規定外，並應具有將廢棄物即固化劑混合均勻之設備。

第五章 事業廢棄物之再利用

第三十一條 一般事業廢棄物再利用之類別及管理方式，由中央主管機關會商目的事業主管機關後公告。

未經公告再利用之一般事業廢棄物，計劃進行再利用，得檢具再利用計劃，向地方主管機關申請核轉中央主管機關核准。

第三十二條 一般事業廢棄物之再利用應符合左列規定：

一、再利用之用途應符合主管機關或目的事業主管機關之相關規定；其輸出國外或大陸地區者，應符合該國或地區之規定。

二、一般事業廢棄物再利用於原料、燃燒者，以經政府機關登記有案之工商廠場為限，其再利用為燃燒者，燃燒設備及廢棄排放應經當地主管機關核准。

第三十三條 事業廢棄物於再利用前之儲存清除應符合本標準之規定。

第三十四條 提供一般事業廢棄物再利用之事業機構應於每年六月及十二月底將一般事業廢棄物再利用之名稱、總類、數量、用途及再利用者向事業機構所在地之主管機關申報備查。但其他法令另有規定者，不在此限。

第六章 事業廢棄物之最終處置

第三十五條 事業廢棄物具有左列情形之一，禁止以掩埋法處理或稀釋、散佈於土壤。但經中央主管機關核可者不在此限：

- 一、依規定應先經中間處理，而未遵行者。
 - 二、屬液體廢棄物。
 - 三、未經前處理或未符合水污染防治法對土壤處理之規定者。
 - 四、其他經中央主管機關公告者。
- 不具相容性之事業廢棄物，不得合併掩埋。

第三十六條 事業廢棄物經中央主管機關及中央目的的事業主管機關認定，以再利用方式較符資源永續使用方式者，不得以再利用以外方式最終處置。

第三十七條 有害事業廢棄物掩埋場址，應符合中央主管機關之規定。

第三十八條 玻璃屑、陶瓷屑、建築廢棄物、天然石材下腳碎片(塊)或經中央主管機關公告之一般事業廢棄物，得以安定掩埋法處理，其設施應符合左列規定：

- 一、於入口處豎立標示牌，標示廢棄物種類、使用期限及管理人。
- 二、於掩埋場周圍設有圍牆或障礙物。
- 三、有地盤滑動、沉陷之虞者，應設置防止之措施。
- 四、依掩埋廢棄物之特性及掩埋場址地形、地質設置水土保持措施。
- 五、防止廢棄物飛散之措施。
- 六、其他經中央主管機關公告者。

第三十九條 安定掩埋場最終使用者，應覆蓋厚度五十公分以上之砂質或泥質黏土。

第四十條 一般事業廢棄物無須中間處理者，得以衛生掩埋法處理，其設施除依

第三十八條第一項第二款至第六款規定外，並應符合左列規定：

- 一、於入口豎立標示牌，標示管理人、掩埋廢棄物種類、掩埋區地理位置、範圍、深度及最終掩埋高程。
- 二、掩埋有機性廢棄物者，應設置廢棄處理設施。
- 三、掩埋場之底層級周圍應以透水係數低於 10^{-7} 公分/秒，並與廢棄物或其滲出液具相容性，厚度六十公分以上之砂質或泥質黏土或其他相當之材料做為基礎，或以透水係數低於 10^{-10} 公分/秒，並與廢棄物或其滲出液具相容性，單位厚度 0.2 公分以上之人造不透水材料做為基礎。
- 四、應有收集及處理滲出液設施。
- 五、須在掩埋場周圍，依地下水流向，於上下游各設置一口以上監測井。
- 六、除掩埋物屬不可燃者外，須設置滅火器或其他有效消防設備。
- 七、其他經中央主管機關公告之事項。

一般事業廢棄物經中間處理後，或有害事業廢棄物經中間處理，並經省(市)主管機關認定為一般事業廢棄物者，適用前項之規定。

第四十一條 衛生掩埋場於每工作日結束時，應覆蓋厚度十五公分以上之土，並予以壓實；於終止使用時，應覆蓋厚度五十公分以上之砂質或泥質黏土。

第四十二條 安定掩埋場、衛生掩埋場之覆蓋，能以其他有效方法或無須每日覆蓋者，得申請省(市)主管機關核准後為之。

第四十三條 有害事業廢棄物，應以封閉掩埋法處理，其設施除依第三十八條第一項第二款至第六款及第四十條第一項第一款、第四款、第五款規定外，並應符合左列規定：

- 一、掩埋場應有抗壓及抗震之設施。
- 二、掩埋場應鋪設進場道路，其寬度為五公尺以上。
- 三、應有防止地面水、雨水及地下水流入、滲透之設施。
- 四、掩埋場之周圍及底部設施，應以具有單軸抗壓強度二百四十五公斤/平方公分以上，厚度十五公分以上之混凝土或

其他具同等封閉能力之材料構築。

五、掩埋面積每超過五十平方公尺或掩埋容積超過二百五十立方公尺者，應予間隔，其隔牆及掩埋完成面以具有單軸抗壓強度二百四十五公斤/平方公分、壁厚十公分以上之混凝土或其他具同等封閉能力之材料構築。

六、依有害事業廢棄物之種類、特性及掩埋場土壤性質，採防蝕、防漏措施。

七、埋場之底層級周圍應以透水係數低於 10^{-7} 公分/秒，並與廢棄物或其滲出液

具相容性，厚度六十公分以上之砂質或泥質黏土或其他相當之材料做為基礎，或以透水係數低於 10^{-10} 公分/秒，並與廢棄物或其滲出液具相容性，單位厚度 0.2 公分以上之人造不透水材料做為襯裡。

八、應有收集及處理滲出液之設施。

九、其他經中央主管機關公告之事項。

封閉掩埋場設置左列連續三層設施者，不受前項第四款、第五款及第七款之限制：

一、埋場之底層級周圍應以透水係數低於 10^{-7} 公分/秒、厚度九十公分之黏土，再覆以單位厚度 0.076 公分以上雙層人造不透水材料。

二、中層須覆以透水係數大於 10^{-2} 公分/秒、厚度三十公分之上之細砂、碎石或其他同等材料，並設置滲出液偵測及收集設施，再覆以透水係數低於 10^{-7} 公分/秒、厚度三十公分之黏土層。

三、上層須覆以透水係數大於 10^{-2} 公分/秒、厚度三十公分之上之細砂、碎石或其他同等材料，並設置滲出液偵測及收集設施，再覆以厚度三十公分砂質或泥質黏土。

第四十四條 封閉掩埋場終止使用者，應先覆以厚度十五公分砂質或泥質黏土，再覆蓋透水係數低於 10^{-10} 公分/秒、單位厚度 0.2 公分以上之人造水材料及厚度六十公分以上之砂質或泥質黏土，並予壓實。前項掩埋場不得做為建築用地或其他工作場所。

第四十五條 一般事業廢棄物採海洋棄置法處理者，應由產生事業廢棄物之機構

檢具左列文件，向省(市)主管機關核轉中央主管機關核可後，始得核准：

- 一、事業機構或公民營廢棄物處理機構證照。
 - 二、廢棄物種類及數量。
 - 三、廢棄物分析報告及樣品。
 - 四、棄置地點、日期及時間。
 - 五、棄置方法。
 - 六、海洋棄置之理由。
 - 七、廢棄物海洋棄置對海洋生態影響評估報告及監測計劃書。
- 前項核准有效期限最長不得超過一年，期限屆滿二各月前，得申請展延。

第四十六條 一般事業廢棄物採海洋棄置法處理者，應符合左列規定：

- 一、船舶棄置廢棄物之速率，應具適當之系統控制，並有連續紀錄，以供主管機關查核。
- 二、不得在政府公告之水產及動、植物保育區或人工魚礁區三哩海域內棄置。
- 三、前條核准事項。

第四十七條 左列事業廢棄物禁止採海洋棄置法處理：

- 有害事業廢棄物及其固化處理後之固化物。
- 二、不易沉澱之灰渣、礦渣、塑膠屑、橡膠屑、紙屑、木屑、纖維屑或非水溶性無機污泥。
 - 三、廢油。
 - 四、含酚類或含油分一百毫克/公升以上之污泥、廢酸或廢鹼。
 - 五、其他經中央主管機關公告者。

第四十八條 經固化處理後之固化物，其處理應符合左列規定：

- 一、衛生掩埋：固化物之單軸抗壓強度，應在十公斤/平方公分以上。
 - 二、再利用：固化物之單軸抗壓強度，應在一百五十公斤/平方公分以上。
- 有害事業廢棄物採固化處理者應依「有害事業廢棄物認定標準」附表三判定為一般事業廢棄物，其採衛生掩埋處理者，應獨立分區掩

埋管理。

第七章 附則

第四十九條 事業機構或公、民營廢棄物處理機構能以本標準規定以外之其他方法更有效去毒、減容、減積處理所產生或所接受委託處理之事業廢棄物者，應檢具左列文件，向地方主管機關提出申請，並由省(市)主管機關核轉中央主管機關核准，不受第二十四條、第二十五條處理方法之限制：

一、廢棄物特性、組成及成分分析。

二、處理方法、原理及流程。

三、主要設備及功能說明。

四、污染防治計劃書。

五、商業運轉實績證明：再外國者須經權責主管單位證明後，譯成中文再經外交部授權機構或駐外單位驗證，並經外交部認證；再大陸地區者，須經海基會認證；國內無商業運轉實績者，得檢附品質保證書。

第五十條 事業機構委託未取得公、民營廢棄物清除處理許可證之機構清除處理事業廢棄物者，視為違反本標準。

第五十一條 本標準修正前已設立之事業機構，對於本標準修正新增規定應於本標準發布後一年內完成改善；未能於一年內完成改善者，得於期限屆滿二各月前，向地方主管機關申請延長。

事業機構於前項改善期限內，免於處罰。

第五十二條 本標準所稱之標誌，由中央主管機關公告之。

第五十三條 本標準之檢測方法，由中央主管機關公告之。

前項檢測方法應由其他中央相關權責主管機關訂定者，依該權責主管機關公告之方法為之。

第五十四條 本標準自發布日施行。