

防治技術

氣泡式流體化床焚化爐之構造及焚化污泥之 操作技術

朱正先*

摘要

氣泡式流體化床焚化爐由於造價低，構造簡單以及燃燒效率高等優點最適合焚化污泥、廢煤等劣質燃料以及利用事業廢棄物來回收能源並解決環境污染問題。

工業廢水以及都市廢水經處理後所生成之污泥數量十分龐大，由於污泥呈顆粒狀並且含水分高，以氣泡式流體化床焚化爐來做焚化處理比較恰當，不但可有效使廢棄物做大幅之減量並可回收能源。

氣泡式流體化床焚化爐之爐床中含有床質粗砂，粗砂具有攪拌燃料以及貯存並傳遞大量熱能之功能，故焚化爐可採用連續或間歇性之操作方法。

本文就氣泡式流體化床焚化爐之構造以及焚化污泥之操作技術做扼要之介紹及說明，希望在國內缺少能源以及充斥廢棄物之情況下，能夠喚起業者來積極發展及推廣應用氣泡式流體化床焚化爐。

【關鍵字】

1. 氣泡式流體化床焚化爐(bubble type fluidized bed incinerator)
2. 污泥焚化(sludge incineration)

*私立逢甲大學環境科學系教授

一、前　　言

近年來由於工業之發達以及社會經濟之擴張導致廢棄物之產生數量日益增加，其中尤以日常生活及工業生產所產生之廢水數量十分龐大加以其中多含有化學劑及重金屬等有害物質對環境造成十分嚴重之危害。

污水處理之原則是將污水中所含之懸浮物及溶解物以物理、化學或生物方法來處理使懸浮物及溶解物能自污水中分離並產生沉澱，這些沉澱即是污水中之污染物一般統稱為污泥(sludge)。由於污水產量大，故相伴產生之污泥量亦大，如何能妥善處理污泥實在是環保工作中重要的一環。

自物理及化學方法處理污水所生成之污泥屬結晶體顆粒大小相差不大，如以生物法處理污水所生成污泥屬結晶體，物個體故顆粒大小亦十分均勻，這些污泥顆粒之大小及比重均十分接近，而且多含有機物質，恰好適合氣泡式流體化床焚化爐可處理之廢棄物性質之先決條件。

二、氣泡式流體化床焚化爐之構造及廢棄物焚化理論

氣泡式流體化床焚化爐在結構上可區分為風箱(windbox)、流體化床(fluidized bed)及乾舷(freeboard)三部分。風箱是流體化及燃燒用的空氣加入的部位，上面聯接流體化床，中間以氣體分佈板(gas distribution plate)相隔，氣體分佈板上有許多通風孔(tuyere)。流體化及燃燒用的空氣自風箱內上升經過通風孔進入流體化床中。流體化床一般含有床質(bed material)，床質應採用鈍性且呈顆粒狀之固體物，最常用的床質是粗砂。流體化及燃燒用空氣上升經過粗砂時呈氣泡狀(bubble)並使粗砂發生流體化(fluidization)。穿過流體化床的空氣將上升進入流體化床上方較大的空間(即乾舷)。氣泡穿過流體化床時往往在波動的粗砂表面攜帶一些粗砂顆粒向上進入乾舷部位，由於氣體在乾舷部分的流速頓減，可使絕大部分被攜帶出之粗砂顆粒回落入流體化床中而氣體則繼續上升自乾舷頂部之煙道排出焚化爐外。

於污泥焚化操作之前，須首先以預熱器來加熱在流體化床中之粗砂使達到污泥可適當燃燒之溫度，然後再加入流體化及燃燒用空氣以及污泥。廢棄物均含有水分尤其是污泥含水分往往在75%以上。廢棄物在受到焚化之前須將其中所含之水分蒸發迨盡。蒸發廢棄物中所含水分需要大量潛熱(latent heat)，這些熱量是取自高溫的粗砂。因流體化床中含有大量粗砂，故粗砂所蘊藏之熱量亦很大，在相對之情況下供給蒸發廢棄物所含水分所需之熱量不足以影響粗砂的溫度並且廢棄物與粗砂之溫度相差很大，所以一旦廢棄物進入流體化床中可在瞬時間將所含之水分完全蒸發，隨後乾燥的廢棄物立即被點燃並且受到激烈的氧化反應。廢棄物於燃燒時釋出熱量，這些熱量又被周圍的粗砂吸收。結果粗砂釋出熱量又吸收熱量，本身溫度不變，廢棄物藉粗砂的熱量吸收及釋放而達到焚化之目的。

流體化床中所含之粗砂具有兩項功能：(1)貯存大量熱能執行熱傳遞工作，及(2)激烈的攪拌廢棄物使與空氣有充分的接觸機會。流體化床中由於粗砂受到流體化產生激烈的流動，可使流體化床達到高度之質傳及熱傳效果，導致床中溫度之分配十分均勻並且廢棄物在床中亦獲得均勻之分佈，遂在高溫下因攪拌而與空氣得到充分的接觸最後達到高燃燒效率。

廢棄物在流體化床中在受到燃燒之前首先經熱解(pyrolysis)之過程，熱解時廢棄物所含可燃成分受高溫分解及揮發，揮發物(volatile)遇到氧氣將立即燃燒生成二氧化碳及水。揮發後所剩餘的固定碳則在流體化床中繼續做較緩慢的燃燒直到形成二氧化碳。

廢棄物經燃燒後生成之灰燼，其中較細的部分將隨同流體化床中被磨損的粗砂小顆粒一齊被流體化空氣及燃燒後生成之廢氣攜帶往乾舷區自煙道排出焚化爐外，另外灰燼中較大的顆粒將混合入粗砂中，如生成量集存過多時則隨時由位於流體化床底部之固體溢流管(solids overflow pipe)排出。

廢棄物在流體化床中如未獲得完全燃燒時則將生成一氧化碳、黑煙（微小的碳顆粒）以及碳氫化合物等，這些物質將隨流體化空氣及廢氣進入乾舷區域內，一般乾舷區的溫度較流體化床之溫度較高，這些可燃物質在乾舷中受到高溫及充分的氧氣以及足夠廢氣停留時間可進一步獲得完全燃燒，如此可減少廢氣中所含污染氣體之排放濃度。

氣泡式流體化床焚化爐按加入流體化及燃燒用空氣溫度高低又可分為冷風箱式(cool windbox) (如圖 1 所示) 及熱風箱式(hot windbox) (如圖 2 所示) 兩種操作方法。採用何種操作方法端視廢棄物中所含水分之多寡來決定。如廢棄物中含水分多或熱值低，在焚化爐因燃燒所釋出之熱量不能補償因蒸發水分所需之熱量，這時造成焚化爐中之熱輸入(heat input)少於熱輸出(heat output)之不平衡現象，如欲維持焚化爐中燃燒溫度不變則需添加輔助燃料(supplementary fuel)來補充熱輸入及熱輸出之差額。在這種情況下也可以採取自熱廢氣中回收一部分熱量來補充焚化爐中熱不足之方法，即是以廢氣與流體化及燃燒用空氣以熱交換器(heat exchanger)來預熱流體化及燃燒用空氣然後

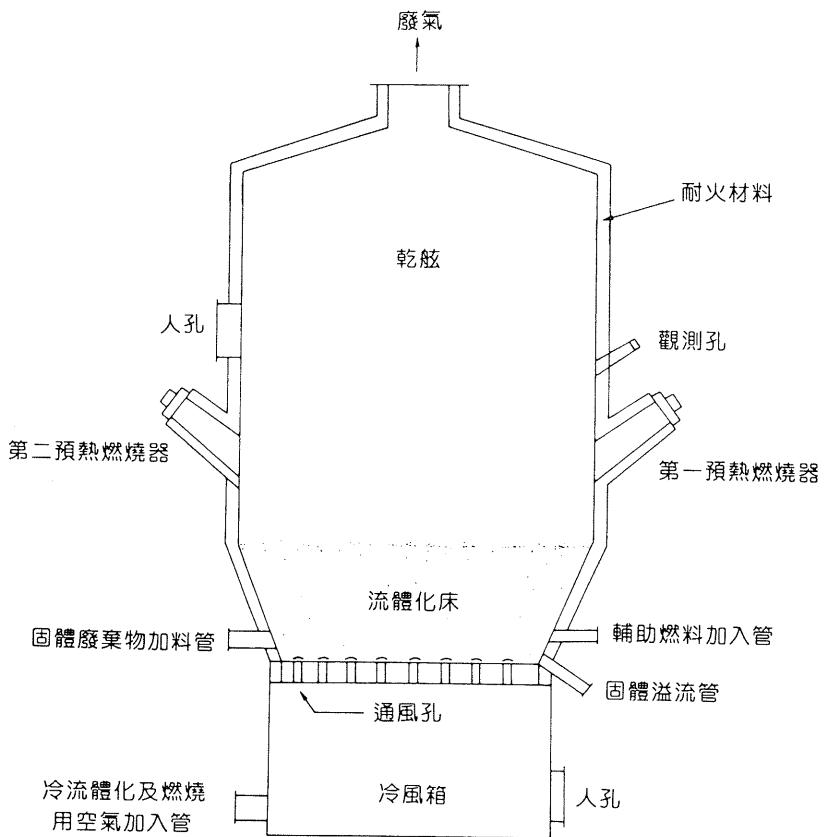


圖 1 冷風箱氣泡式流體化床焚化爐

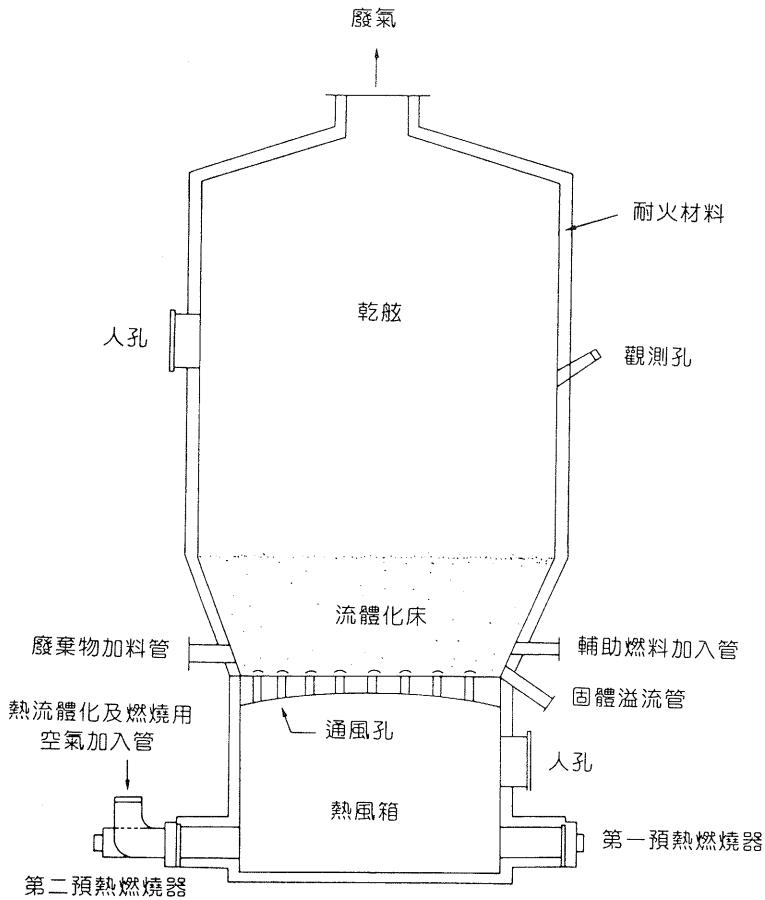


圖2 熱風箱氣泡式流體化床焚化爐

再自風箱加入焚化爐中以提高焚化爐之熱輸入，這就是所謂熱風箱操作。流體化及燃燒用空氣之預熱溫度一般在 500°C (930°F)左右，這時焚化爐之風箱部分須內襯耐火材料並且風箱與流體化床之間之氣體分佈板須以耐火磚砌造。如廢棄物中含水分少或熱值高，在焚化爐中之熱輸入量與熱輸出量相近，則焚化爐

將採用冷風箱式操作，這時流體化及燃燒用空氣不須預熱即可直接加入焚化爐中，所以風箱部分及氣體分佈板可用碳鋼製造。

三、流體化焚化技術

在廢棄物加入焚化爐做焚化處理之前，須以預熱燃燒器(preheat burner)將粗砂加熱至廢棄物可適當燃燒之溫度。於採用熱風箱操作方法時預熱燃燒器是安裝在風箱處，一般多採用兩台預熱燃燒器，一台預熱燃燒器是安裝在流體化及燃燒用空氣加入處，另一台預熱燃燒器是安裝在正對面處亦即是距第一台預熱燃燒器 180° 處，當預熱粗砂時，開啓預熱燃燒器並同時添加少量之流體化及燃燒用空氣使粗砂能開始流體化即可，這時粗砂溫度將逐漸上升直至 750°C (1380°F)時即可開始焚化廢棄物。於採用冷風箱操作方法時，預熱燃燒器是安裝在乾舷壁上，一般亦多採用兩台預熱燃燒器，兩台預熱燃燒器相隔 180° ，並以與水平面成 45° 之角度對準靜止粗砂表面，並且使噴出之火焰尖端在靜止粗砂表面上方約 $15\text{cm}(6")$ 處。當預熱粗砂時，只開啓預熱燃燒器加熱粗砂表面以及爐壁，然後每隔10分鐘，則啟動流體化及燃燒用空氣排氣風扇(forced draft fan)約10秒鐘，來攪拌粗砂直至整個流體化床中之粗砂溫度達到 750°C 時即可開始焚化廢棄物。

氣泡式流體化床焚化爐之操作主要是藉溫度與壓力兩個因子來控制，溫度及壓力測定及控制儀是分別安裝於風箱、流動化床及乾舷三個部位。於熱風箱操作方式中流體化及燃燒用空氣在風箱之溫度是用來控制熱廢氣進入熱交換器之流量使流體化及燃燒用空氣之預熱溫度保持在 $500^\circ\text{C}(930^\circ\text{F})$ 左右。流體化床溫度是用來控制污泥之加料量，如流體化床溫度高，這時須減少污泥加料量，同樣如流體化床溫度降低則須增加污泥加料量，如果溫度仍然降低這時須將輔助燃料直接加入流體化床中來提昇燃燒溫度，輔助燃料可採用NO.2燃料油或天然氣並且可採用廢機油、廢油脂以及污水處理廠產生之浮渣(scum)等。乾舷溫度之控制是用來保護焚化爐下游設備如熱交換器及鍋爐等避免受到高溫之損害。

壓力計是分別安裝於風箱、流體化床底部以及乾舷等三部位如圖3所示。於風箱部位之壓力計是測定排氣風扇將流體化及燃燒用空氣加入風箱之壓力。

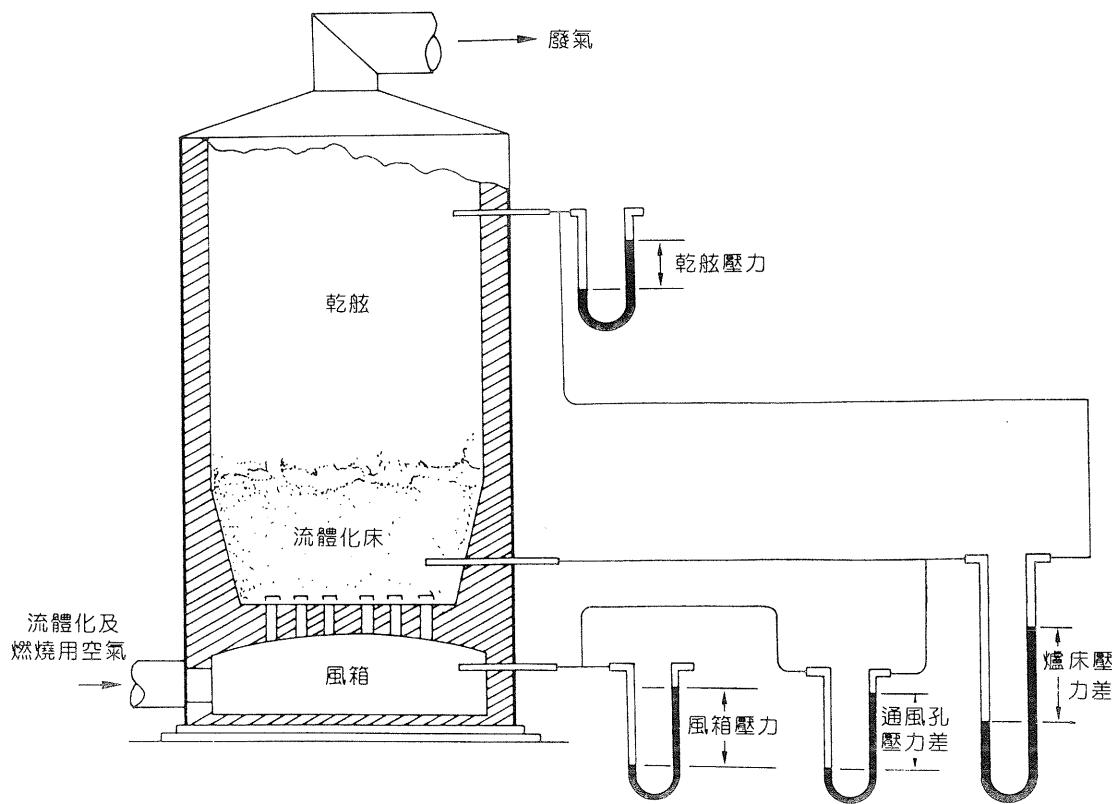


圖3 氣泡式流體化床焚化爐壓力之測定

一般氣泡式流體化床焚化爐在乾舷部位之操作壓力多設計為零(0 psig)，則加入風箱之流體化及燃燒用空氣壓力應為流體化床操作之壓力，該壓力是流體化及燃燒用空氣通過通風孔所產生之壓力差以及流體化床所含粗砂之重量所產生之壓力之總和。因將粗砂流體化所需之動能很大，故排氣風扇之負荷量大，一般均在數百匹馬力左右。在風箱中之壓力計是決定排氣風扇之功能是否可產生足夠之流量及壓力將流體化及燃燒用空氣加入風箱中並經通風孔再穿過流體化床。於流體化床底部所測定之壓力與在風箱中所測定之壓力之差別是顯示通風孔（見圖4）之功能，一般流體化及燃燒用空氣通過通風孔所產生之壓力差應至少為整個流體化床壓力差（包括通風孔之壓力差）之25%以上，如此方可使

粗砂在流體化床中產生均勻之流體化，否則將產生成渠現象(channeling)，成渠現象將造成流體化燃燒爐床局部過熱現象並嚴重的損害爐床結構。如通風孔有局部堵塞則壓力差將昇高，如某一個通風孔因固定不良而脫落則將造成壓力差之急劇下降。通風孔壓力差昇高及降低均迫使焚化爐做緊急停工。於乾舷部位所測定之壓力應為零，乾舷部位所測定之壓力與在流體化床底部所測定之壓力差即為流體化床中所含粗砂所產生之壓力是用來測定流體化粗砂爐床之高度。因粗砂於流體化時受到磨損(erosion)而逐漸變成粉末狀，粉末狀粗砂將被流體化空氣攜出爐外，時間一久則流體化床中粗砂之高度將下降。另一方面如污泥中含灰分多並且灰分如果是大顆粒鈍性物質，則於污泥焚化後這些物質將與粗砂混合，時間一久則流體化粗砂高度將上昇，為了保持流體化粗砂有一定的高度，如爐床之高度降低則需添加粗砂至爐床達到預定之高度；如爐床之高度增加則須開啓在流體化床底部之固體溢流管排出粗砂至爐床達到預定之高度。使用粗砂之流體化床之密度恰巧與水之密度十分接近，所以將壓力計上所測出之壓力換算成水柱高度即為流體化粗砂床之高度。

四、流體化床焚化爐之優點及缺點

流體化床焚化爐具有兩項主要的優點：

1. 可焚化處理劣質燃料，劣質燃料是指含不燃物多也即是熱值低，水分高之物質，這些也是廢棄物之一般特性，只要廢棄物呈顆粒狀並且其中所含各成分之比重相差不大則均可在流體化床中受到流體化，其中可燃物獲得焚化而不可燃物受到流體化時當即與可燃物分離最後形成爐灰的一部分，故流體化技術對廢棄物可做有選擇性之燃燒處理。
2. 劣質燃料往往含多量硫及氯成分，硫及氯受到高溫氧化後將形成二氧化硫及氯化氫等空氣污染物，在這種情況下只要將石灰石粉與廢棄物一齊加入焚化爐中，則在燃燒時所生成之二氧化硫及氯化氫將在爐床中立即與石灰石粉反應而生成固體形態之硫酸鈣(CaSO_4)及氯化鈣(CaCl_2)等無害物質，如此可減少下游空氣污染防治設備之負荷量。

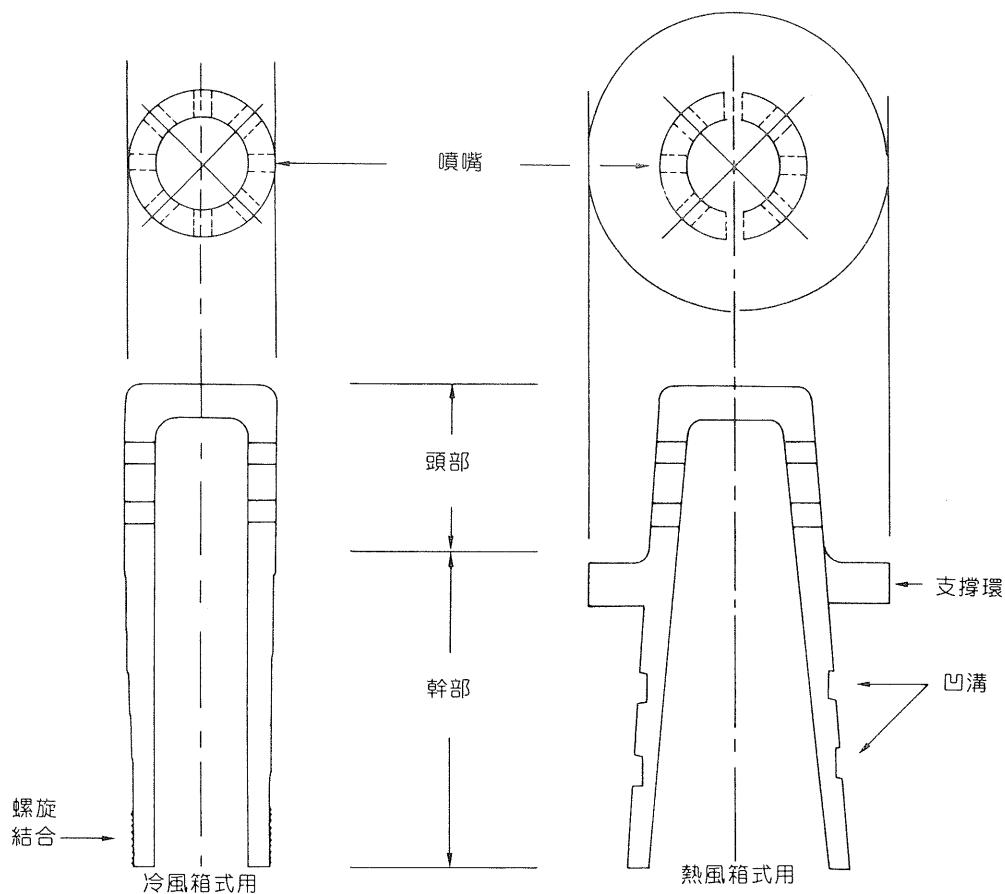


圖 4 通風孔

流體化床焚化爐亦有兩項最大的缺點：

1. 因加入焚化爐中之廢棄物或燃料須在爐床中受到流體化，故廢棄物或燃料須呈顆粒狀並且顆粒大小不得相差太大，另外不同物質之比重亦應相近，如此則所加入焚化爐中之固體顆粒在爐床中可以受到均勻的流體化，否則較大及較重之固體顆粒將沉於爐床底部，阻礙流體化及燃燒用空氣自通風孔之排出，因之固體顆粒在粗砂爐床不能做均勻的分佈，極易形成成渠現象。另外較小及較輕的固體顆粒在爐床中易於被吹起進入乾舷區導致在爐床中停留時間短不能在爐床中獲得完全燃燒，進入乾舷區的固體顆粒將在乾舷區引燃做激烈燃燒造成乾舷區受到過熱之問題。

2. 為了在流體化床中能貯存大量的熱能則須貯存大量具有高溫的粗砂用做熱傳遞媒體(heat transfer medium)，流體化大量的粗砂須要大量的動能，故供給流體化及燃燒用空氣的排氣風扇需要相當大的馬力，因之將消耗大量的動能。不過流體化床焚化爐構造簡單並且操作容易，亦即是建造成本及操作費用低，足可抵消龐大動力之花費。流體化床焚化爐在處理廢棄物及能源回收兩方面佔有重要之角色，適合以流體化床焚化爐來處理之廢棄物種類十分廣泛，諸如一般廢棄物（垃圾）、工業污泥、生物污泥、劣質煤、浮渣、廢機油、廢油脂以及農業廢棄物等均為流體化床焚化爐最適當之燃料。

五、氣泡式流體化床焚化爐之操作及維護

如前所述氣泡式流體化床焚化爐具有構造簡單及操作簡單之優點並且可採連續操作或間歇操作之方式。茲將這種焚化爐之操作準則及維護要點分別介紹如下：

5.1 氣泡式流體化床焚化爐之操作準則

5.1.1 污泥之性質

污泥之性質是直接影響焚化爐之操作。污泥之性質主要者有三項因素，即水分含量、熱值及灰分含量。

1. 污泥水分含量

污泥含水分之多寡是選擇及決定污泥加料設備之依據。一般來說如污泥含水分在75%以下是採用螺旋加料器(screw feeder)，如含水分在75%以上適合使用漸近窩式加料器(progressive cavity pump)。螺旋加料器可輸送濃稠的污泥，如果在操作之中，污泥變為稀薄，由於稀薄污泥之阻力小，如果污泥是採流體化床上方加料方式則稀薄污泥可以勉強落入爐床中，但是如果是採流體化床底部加料方式，由於流體化床中壓力較大（一般多在 0.14kg/cm^2 或2.0 psig左右），這時不但污泥不能加入流體化床中，反而流體化床中之熱空氣以及熱砂將隨著螺旋加料器之通道向外噴出來，如不注意將傷及操作人員。

漸近窩式加料器由於結構較嚴密可用來添加稀污泥，但污泥不能摻雜有任何金屬碎片，否則極易損壞漸近窩式加料器中以硬橡膠製成的固定器(stator)部分。

如果在操作中污泥之含水率有顯著之變化，這時要採取短時間應變措施。當污泥含水量突然減少，這時應在污泥輸送之過程中斟量添加水分；而當污泥含水量突然增加，這時應在污泥輸送之過程中添加腐殖土(peat moss)或紙屑以及鋸末等使污泥變粘稠並且這些添加物可增加熱輸入量以補償多餘水分之蒸發熱量。

2. 污泥之熱值

污泥之熱值將影響焚化操作之熱平衡。如果在焚化操作時污泥之熱值有明顯的增加，這時焚化爐之燃燒溫度將逐漸上昇，應變之方法是減少污泥之加入量，如果溫度仍然上昇則只有依賴焚化爐中緊急噴水系統(emergency water spray)作短時間之溫度控制，但同時應立即採取措施使燃燒溫度恢復正常。於相反的情況下如果在操作時污泥之熱值有明顯的下降，這時焚化爐之燃燒溫度將逐漸下降，初步應變之方法是增加污泥之添加量，如果溫度仍然下降，這時須添加輔助燃料。最常發生燃燒溫度下降之情況是因為污泥含水量之增加。

3. 污泥灰分含量

污泥灰分含量即指不燃物之含量。如灰分顆粒較小則灰分將隨廢氣排出焚化爐外；如灰分顆粒較大將與流體化床中之粗砂混合並貯存在爐床中，直到爐床所含粗砂高度超出預定值時，可開啓位於流體化床底部之固體溢流管將多餘之固體排出。

當污泥中含有多量低熔點之無機物，如鈉、鉀、鐵及鋁等之化合物，於污泥焚化期間，這些低熔點物質將受熱變粘並與粗砂粒粘結成大顆粒固體，大顆粒固體將沉降並聚集在流體化床底部並阻礙通風孔之空氣流通。時間一久將促使流體化及燃燒用空氣在流體化床上呈不均勻的分佈，最後將導致流體化床發生成渠現象(channeling)或去流體化現象(defluidization)，一旦造成流體化床成渠或去流體化現象，則流體化床不能達成流體化之功能，這時須做緊急停工。

如污泥中含有低熔點無機物可以在污泥中混合一定量之黏土，黏土在高溫時將與低熔點無機物化合生成具有高熔點之共熔點混合物(eutectic mixture)。這些混合物之熔點高於焚化溫度因之亦不產生粘結物。

5.1.2 爐質粗砂之性質

流體化中所含之粗砂其功能有二，即1.做攪拌污泥用，並藉粗砂之流體化運動來破碎較大之濕污泥塊促使污泥受到流體化並使與空氣有充分接觸的機會。2.做熱量傳遞媒體，以粗砂所含之熱量來乾燥污泥所含水分，待污泥燃燒時再吸收因污泥燃燒所釋出之熱量。

粗砂應考慮選擇硬度較大之矽砂，顆粒應力求均勻，至少有70%以上粗砂顆粒其直徑之差別應在2.3倍之範圍內，另外亦需要5%左右之細砂，細砂直徑要比平均粗砂直徑小2.5倍左右。細砂之功能是在粗砂流體化時減少粗砂顆粒之間之磨擦力，多少具有滑潤劑之能用。但含細砂之比例不能多，否則細砂將在短時間內被廢氣攜出爐外而逸失(carry-over)。粗砂應不含氯化物並且在1,000°C(1,800°F)時不得呈現黏性。另外粗砂在800°C(1,500°F)時不能有明顯之高爆破率(decrepitation rate)。能符合上述規格之粗砂將會維持較低之粗砂損失率。在一般焚化操作中粗砂損失率應不超過每日粗砂總量之3%。

粗砂顆粒大小之選擇是根據在流體化床之平均流體化速度(superficial fluidization velocity)來決定。平均流體化速度是流體化及燃燒用空氣之體積流率除以流體化床之截面積。粗砂在燃燒溫度之情況下其終端速度(terminal velocity)須遠大於平均流體化速度以減少粗砂之逸失量。

於焚化操作時如污泥之熱值持續上昇，這時如不願減少焚化爐之污泥處理能量則須增加流體化及燃燒用空氣流量，同時在流體化床中之平均流體化速度亦將增加為了保持流體化床中之粗砂不致逸失，必要時要更換較粗之粗砂。於相反的情況下如污泥之熱值持續下降而不能增加污泥之添加量時，這時須減少流體化及燃燒用空氣加入量，但是往往導致流體化床中平均流體化速度之降低。為了能維持流體化床中粗砂有足夠之流體化則需要減少流體化床之截面積，最簡單減少流體化床截面積之方法是按對稱的位置堵塞一部分通風孔這樣子即可昇高平均流體化速度以維持流體化床中有足夠之流體化程度。

5.1.3 氣泡式流體化床焚化爐之彈性操作方法

氣泡式流體化床焚化爐一般均設計較大的爐型使污泥焚化量超過污泥供給量，如此可採用間歇操作方式。

任何型式焚化爐均應採取連續操作方式，因每次焚化爐之停爐及啓爐均不利於焚化爐之結構，尤其是耐火材料部分受到頻繁冷熱變化之損害。因氣泡式流體化床焚化爐構造簡單加以保溫良好，故熱散失量很少。一般大型爐於停工後，每小時爐體溫度下降約在3至5°C之間，即使停工兩日後，爐體溫度仍舊可維持在650°C(1,200°F)左右，故於啓爐時可立即添加污泥或同時加入少許輔助燃料即可達到正常之操作情況，不須每次在啓爐時做長時間爐體預熱之過程。

5.2 氣泡式流體化床焚化爐之維護要點

焚化爐是一項昂貴的設備故焚化爐之維護是一件重要的工作。焚化爐中主要並且最易受損之部分即是內襯之耐火材料，故對廢棄物之性質之控制以及焚化操作情況之控制均應顧及到耐火材料之維護為原則。

1. 廢棄物性質

廢棄物性質要儘量符合設計之基準，不得有明顯或急劇之變化，一般於廢棄物加料之前應有較大的貯存槽，在貯存槽中對廢棄物加以攪拌務使加入焚化爐之廢棄物具有均勻之性質。廢棄物之性質中影響耐火材料至鉅者為水分含量，尤其是含水分過多者，因水分隨廢棄物加入焚化爐中遇到高溫之粗砂，當立即蒸發產生大量水蒸汽，水蒸汽驟然膨脹將激起粗砂對爐壁處的耐火材料產生嚴重之侵蝕(erosion)。另外在水分蒸發期間，廢棄物本身之溫度不易昇高，往往使其所含之可燃物在流體化床中受到熱解但未獲得充分之燃燒，這些因熱解而生成之揮發性物質將隨流體化空氣及廢氣上升進入乾舷區而在乾舷區開始燃燒，往往使乾舷區受到高溫之損害。

2. 啓爐及停爐

焚化爐體之造價有60%來自耐火材料部分。耐火材料屬熱傳導係數十分小之物質，如受到驟熱或驟冷時，因表面與內部膨脹率或收縮率之不同而使表面層發生崩裂 (spalling) 之現象。故焚化爐應採連續操作方式儘量避免啓

爐及停爐之步驟。如需啓爐及停爐時，每次加熱及冷卻之速率以不超過 $55^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ ($100^{\circ}\text{F}/\text{hr}$)為基準。如耐火材料發生龜裂(cracking)，可在裂縫中塞入耐火棉(refractory wool)以防止廢氣中所含酸性氣體及鹼性粉塵之滲透及腐蝕(corrosion)，如果耐火材料表面發生崩裂則須以耐火水泥(refractory cement)加以修補。

六、結論

1. 氣泡式流體化床焚化爐由於構造簡單及操作容易適合焚化處理事業廢棄物以及劣質燃料並可回收能源。
2. 都市廢水及工業廢水經處理後生成之污泥具有含水分多，熱值高並呈顆粒狀等特性，尤其適合使用氣泡式流體化床焚化技術來做減廢處理。
3. 氣泡式流體化床焚化爐可設計較大型式因爐體貯存熱量多，並且熱損失低，可因應污泥之生產量做短時間具有彈性之間歇方式操作。
4. 爐體造價其中有60%來自耐火材料部分，故應注意加以維護。於操作時應力求廢棄物性質之均勻，尤其是含水量如超過80%，將嚴重損害爐床部分之耐火材料。

參考文獻

1. Metcalf & Eddy Inc., Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse, McGraw-Hill Book Co., New York, U.S., 1972.
2. Zenz, F.A. and D.F. Othmer, Fluidization and Fluid-Particle Systems, Reinhold Publishing Co., New York, U.S., 1960.
3. 焚化爐設計及操作維護管理，經濟部工業局人才培訓事業廢棄物專業技術人員講訓班，80年3月。