

固定排放源之廢氣控制

何錦昌*

一、空氣污染控制方法

固定排放源所生空氣污染之控制，可用二種基本處理方法來完成：

第一種方法：將廢氣擴散至空氣中稀釋

第二種方法：在固定排放源處裝置處理設備，使空氣污染物排放減至最低程度。

(一) 稀釋廢氣擴散至空氣中之控制

減少空氣污染之正確方法是怎樣避免產生污染，如煙囪是利用大氣亂流來稀釋污染物，以減低污染物至地面的濃度，使其濃度不致於危害人體，這種方法是用來控制排放至某一程度，使符合空氣品質，因為大氣具有巨大的能力來稀釋擴散及去除人類排放之各種大量污染物質。

煙囪有效高度至少應為鄰近建築物高度之2—15倍，這樣高度可使煙囪向天空升起之煙柱順風的擴散至建築物高度之5至10倍，有效高度亦視風的因素，稀釋擴散及一般溫度而定，概估煙囪費用每1,000呎煙囪需要 200×10^3 美元。

社區計畫應予考慮大氣區域劃分(Air Zoning)以預防由指定地區(工業區)所發生之污染，而影響了社區之空氣，因此訂計畫時應考慮工廠位置，其設置煙囪之地點應在煙囪排煙擴散之最佳位置，且其排放物危害居民至最低程度為原則，社區之氣象研究能幫助大氣區域劃分工作諸如處理方法可用之數據或預期不利的天氣情況。由於每日氣象報告之獲得，可了解情況並控制煙囪之排放，避免空氣污染。

排煙之煙囪是很難看到的，有時候對於低飛的飛機是很危險的。煙囪不再是象徵工業之進步，除非是對於排放源有控制，否則其不能減少空氣污染。

(二) 排放源之控制

排放源之控制係將污染源所產生之污染物排放於大氣以前加以去除、改變或處理。

1. 排放源地點之變換。在社區大氣區域劃分之氣象影響之研究，有時發現排放源之地點會造成不能接受之空氣污染，因此，其排放源應予變換地點，在污染嚴重地區之排放源務須變更地點並採取優勢之風向，使污染物之排放達到可接受之空氣品質。
2. 排放源之關閉，即當空氣污染物已威脅到居民健康時，排放源可以短期間之關閉，如美國聯邦環境保護局及州政府空氣污染管制機構認為由於不利之氣候情況，威脅到空氣之污染，則可要求污染源之關閉，當居民健康受到污染之威脅，而工廠又不遵照聯邦或州政府之規定，則移送法院，由法院來執行污染源之關閉。
3. 燃料或能源的替代：為一種控制污染源的方法，以燃料或能量替代。如以無煙煤，殘渣油

*經濟部國營事業委員會科長

，蒸餾液油，或天然氣替代煙煤，甚至於更進一步的，以水力，電力，核能，太陽能，地熱能替代石化燃料。煤與燃油之燃料在燃燒之前可以先經脫硫處理，以天然氣製造液化天然氣或液化石油氣之前，亦可以先脫硫，以減少污染。

4. 製程改變可以有效的保存能量及減少空氣污染，例如鋼鐵工業以經控制之基本氧氣爐及電爐替代開放式爐，可減少黑煙，一氧化碳，金屬薰煙排放至大氣中，此種改變係裝置各種氣體清淨設施，有效的減少空氣污染。

5. 良好操作方法：

不論裝置設備之型式，在燃料之燃燒或原料使用時，作業人員為自排放源處可以減少空氣污染之關鍵人員，設備必須適當的使用，安裝，操作與保養，以減少污染物之排放，例如在硫酸工廠輸入過剩之液硫至燃燒爐，而沒有足夠之過剩空氣，將造成過多二氧化硫之排放。

另一實例，發電廠由於操作人員之粗心大意，輸入過多之空氣至鍋爐而造成排放過多之飛灰。

缺乏適當潤滑焚化爐之廢氣風扇而造成故障，因此缺少燃燒所需之空氣，而產生過多之空氣污染以及由於黑煙和火焰在運轉中迴流至進料管而造成的安全問題。

燃料工業，設備製造商及政府機關應預備良好操作之指南。美國國家煤炭協會曾為使用燒煤之鍋爐操作員舉辦指導訓練。有一些城市，如紐約市，要求鍋爐操作員必須參加訓練，以證明其能够以最佳步驟操作鍋爐。

6. 空氣污染控制設施或技術，為控制排放源之另一種方法，空氣污染控制設施的安裝操作或技術是用來去除、遮蔽（Mask）、中和或收集污染物。這些設施或技術常常需要安裝在污染源之適當位置以控制污染，方能達到所要求之空氣品質。

控制設施一般設計為控制氣體污染物或微粒污染物，而很少有設備可以同時有效的控制氣體及微粒污染物。

設備之選擇應考慮因素包括如下：是否包括成品之回收？是否包括灰塵及氣體二項？包括何種處理設施，是否有熱回收因素？是否有複合之因素（如捕集灰塵，化學物之副產品具有腐蝕性，是否需要特殊之處置）？

二、氣體污染控制設施與技術

控制氣體污染物技術與設施之使用，視受控制特殊氣體之性質而定。其技術與控制方法一般為下列五種不同處理方法之一。吸收，吸附，燃燒，密閉收集，回收系統遮蔽及中和。設備上應用這些方法其主要為控制氣體之排放，有一些設備亦可以減少可見的排放物及微粒。

（一）氣體吸收

氣體吸收原理為以氣體——液化接觸方法，使氣體分離。利用污染氣體在液相中之化學反應及其差異之溶解度。氣體吸收技術為流出氣體（氣體由排放源排出）經過含有液體吸收劑之吸收塔（洗塵器）吸收，以消除，處理，限制氣體流所含之厭惡成份。

其吸收效果，視氣體及液體間之表面接觸量（表面愈大，吸收愈佳），氣體停留與液體接觸時間，吸收媒體濃度及氣體與吸收劑間之反應速率而定。

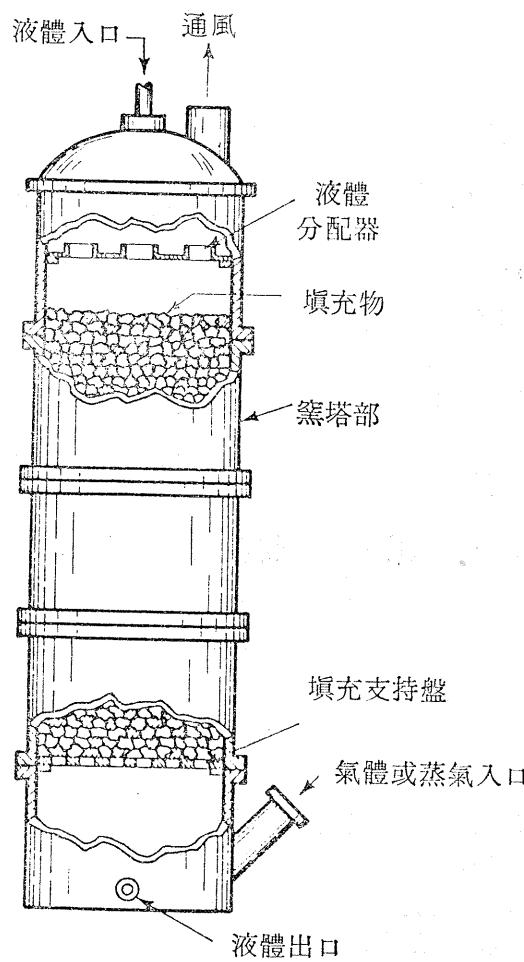
如利用吸收劑之化學變化來消除污染物，則液體吸收劑可以反應性來分類。例如煙道氣體中

二氧化硫之消除，先注入水及石灰石，使反應成氫氧化鈣，然後再與二氧化硫反應成硫酸鈣鹽 (Calcium Sulfate Salt) 其可用更多的水自氣流 (Gas Stream) 中洗滌排除。有的氣體可以很簡單的溶解而排除且無須經化學變化，此種吸收劑稱為非反應性吸收劑如水及含碳燃料油 (Heavy Carbon oils) 等。

吸收劑不能再生使用，必須拋棄，稱為非再生吸收劑，水即一個例子。若吸收劑能够反復地利用熱，蒸氣及壓力之變化迫使捕獲氣體污染物釋出者稱為再生吸收劑。再生吸收劑可使昂貴的化學物或觸媒劑再使用，可能需要以化學方法中和污染物，再當作固體或液體來處理，或增加氣體污染之濃度，再做更進一步之處理。例如四氯化碳之再生吸收劑，在有壓力下與氯氣化合，將氯氣自流出氣體中除去。由於除去塔中壓力及溫度之變化能使氯氣與四氯化碳再分離，使四氯化碳吸收劑可再使用，氯氣以氣態或液態回收，以供商業上用途。

吸收塔 (洗塵器) 之設備中含有液體吸收劑使流出氣體流過，其設計是設法使流出氣體中之污染物獲得最大的去除率。茲介紹吸收塔種類如下：

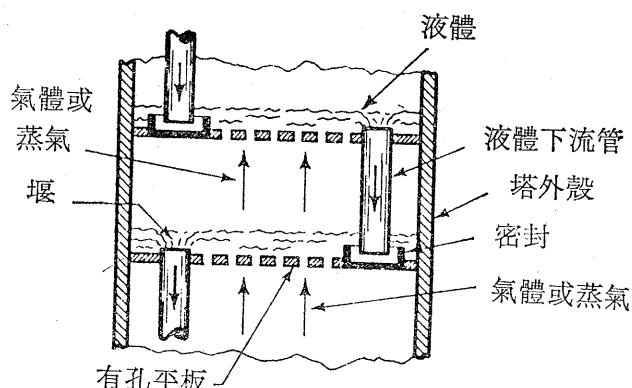
1. 填充塔 (Packed tower) 如圖一，即垂直塔內填滿適量之填料，例如使用聚乙烯為填料，其為螺旋狀，使形成油炸圈餅形狀。事實上其他塑膠填料不易破裂及比較輕，故適宜用在



圖一 填充塔吸收器

小型之吸收塔內。吸收劑流至填料表面形成薄膜，因此形成廣大的液體表面而充分與氣體接觸。在填充塔內氣體與液體經常是對流接觸，即吸收劑由塔頂細細地往下流，而氣體則由塔底經填料往上形成對流接觸。填充塔對於除霧（由蒸氣狀態之分子冷凝形成液體顆粒 10 microns 或較小顆粒）頗有效果。因為吸收腐蝕性氣體及蒸氣，填充塔應使用較為經濟耐腐蝕材料。在相當低壓力降之情況，為平衡操作情況，因此填充塔適宜在真空情況作業。起泡沫之液體經過填充塔情況較有孔板塔 (Plate Seiver) 為佳。

2. 有孔板塔如圖二



圖二 有孔板塔

垂直塔內裝置與塔內徑相同之許多有孔（篩孔）圓板。氣體及蒸氣泡沫由下往上經過每一有孔圓板上面液體之密封 (Liquid Seal)，氣體向上經過針孔，避免液體由該針孔流下，每一層圓板旁邊裝置導管，以供液體自該管往下，一層一層流過。有孔板塔的設計，當液體含有懸浮固體或相關之不溶性厭惡氣體，其處理效果較填充塔為佳，因其較易清理及處理較高流率。當溶液之熱量必須除去，則有孔板塔易於裝置冷卻蛇管，但是該塔初期裝置費用較填充塔為高。

3. 噴霧塔 (Spray tower) 如圖三

即垂直室內應用霧狀顆粒與噴霧小滴間之遮斷——接觸原理 (Principle of interception — contact)，吸收劑噴出並通過流出的氣流，使在氣相中（液體微滴外面之周圍）形成亂流，其對高溶性厭惡氣體之處理特別有效。由於應用離心力，同時流體噴霧至氣道 (Gas Path) 儘可能使氣體與液體有最大的接觸。噴霧塔對於大於 10μ 之液體顆粒及塵粒之去除頗有成效。

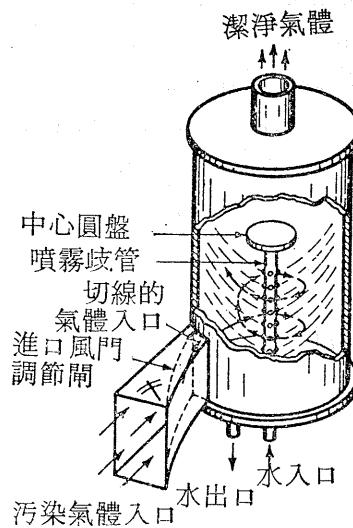
4. 噴水洗塵器 (A liquid jet Scrubber) 如圖四

其有二室之裝置，吸收劑由左室頂部噴嘴噴出，而氣體則自左上面的左邊引入，由於噴射使吸收劑形成霧狀或產生瞬間液霧微滴，捕集氣體顆粒，故增進捕集效率，而非冷凝頗有成效。氣體則自右室上方排出。

5. 攪拌槽 (Agitated tank) 如圖五

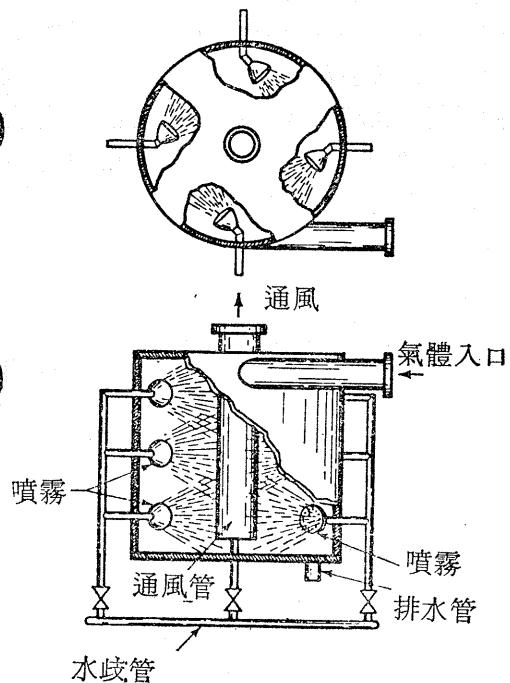
該槽具有攪拌裝置，使吸收劑與流出氣體對着槽旁邊之調節板摔出使成亂流，流入氣體含有顆粒及氣體污染物，由於亂流使液體吸收劑充分吸收污染物。

旋風噴霧洗塵器

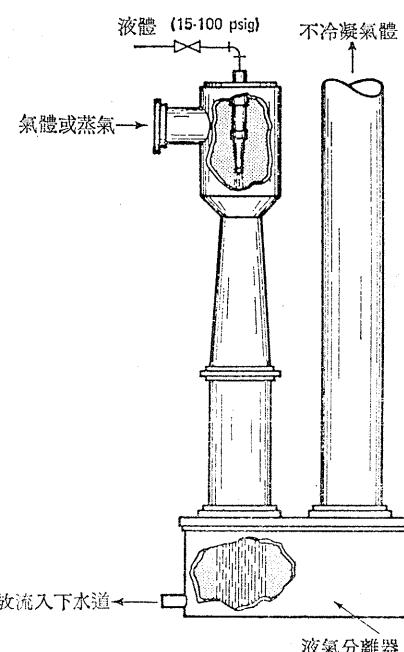


霧狀過濾器

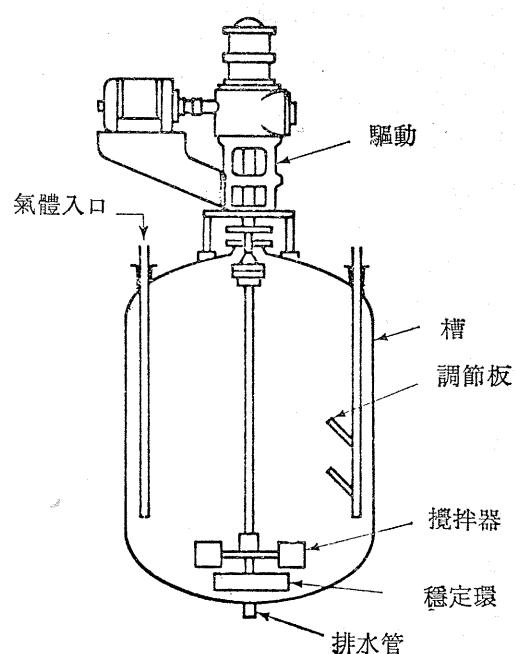
平面圖



圖三 噴霧塔



圖四 噴水洗塵器



圖五 攪拌槽

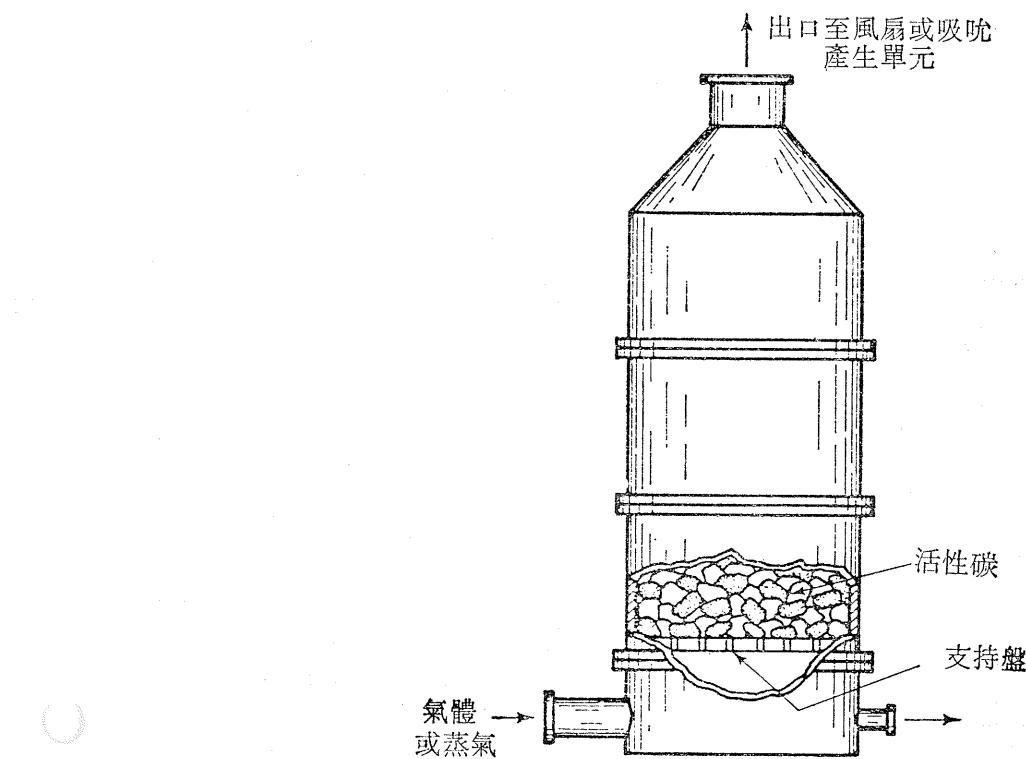
有些操作問題為吸收劑之使用時，其溫度必須保持 100°C 以下，使吸收劑保持在液體之狀態，意即煙囪氣體在沒有冷卻之情況下是不能處理的。因這樣會破壞自然通風及迫使工廠增加冷卻負荷，因此多數吸收塔之後裝置分離器，以防吸收劑之帶出及造成新的污染問題。

吸收器設備之應用，包括除去燒煤蒸汽鍋爐工廠煙道氣中之二氧化硫，精鍊廠之二氧化硫，油漆顏料製造之硫酸氯，天然氣及石油氣之硫化氫，化學製程之氯氣、鹵素，二氧化碳，實驗室流出氣體之顆粒，硫酸及硝酸工廠之二氧化氮，鍍金製程中之鹽酸氯等等。

(二) 氣體吸附

氣體吸收如前述，主要基於氣體與液體吸收劑之反應，其發生於分子或原子散布在互相作用狀態之容積內。在另一方面氣體吸附基於氣體與固體吸附劑之反應，其發生於分子或原子之吸收，僅集中在固體界面上。氣體吸附係利用使流出氣體通過一內含固體吸附劑的吸附收集裝置，吸附之本性可能是物理或化學的。

吸附裝置之效果因各種因素而定。在適當溫度及壓力下，物理吸附發生在任何氣體——固體系統，然而化學吸附只發生在氣體能與表面形成化學鍵 (Chemical Bond) 的情況下，而且物理吸附分子在同溫度及減壓下，能被吸附而除去。化學吸附層之除去則較為困難。被吸附氣體與固體吸附劑間的邊界層在相位反應作用上 (Phase interaction) 是非常重要。故為便於在固相獲得



圖六 活性碳吸附器

最大表面積，吸附劑應予選擇以適宜氣體之吸附。另外之因素為吸附劑的再生以及氣體的處理應考慮氣體污染物經固體吸附劑吸附後之分離。有些情況下，分離氣體及吸附劑是不經濟的，但是有一些例子氣體污染物之回收是具有經濟價值的。

工業用的固體吸附劑，對於有機及無機氣體均有吸附能力，然其差異的吸附特色及不同的物理性質，在特殊應用上每一種多少有其特性。

吸附器（如圖六）之設備，實質上含有固體吸附劑並使流出氣體通過，其型式如下：

1. 薄層吸附器係使用活性炭為薄層（ $\frac{1}{2}$ 吋厚）為吸附劑，因為可減少空氣流動之阻力故可以節省電力並以設計爐罐式 Foldedcell，以容納吸附劑。淨化由室外吹進室內的空氣，常使用薄層吸附器，雖然空氣有時有高度污染，同時亦被極端的稀釋，故僅含少量污染物，吸附之進行很快。污染物在薄層表面不會迅速增加，而使薄層吸附器之收塵效率降低。
2. 厚層吸附器係使用活性炭為吸附劑（厚層大於 $\frac{1}{2}$ 吋）其所佔空間小，較薄層吸附器易於製造。厚層吸附器使用在節省電力不如其他因素重要的地方。例如為由室內抽除含有高濃度污染物的廢氣，則吸附器污染量迅速增加，如在薄層吸附器則造成阻塞。
3. 其他設計包括垂直或水平圓柱體內之固定床吸附器，可移動床吸附器（含有迴旋的鼓狀物），以及吸附器串聯，每一設計均考慮便於在特殊情況下使用。

吸附設備之應用包括柑橘水果處理工廠異丙醇之回收，電影製片廠氯仿（Chloroform）之回收，威士忌倉庫乙醇蒸氣之回收，廚房排氣之淨化，作業室及電子控制室空氣污染物之去除。

（三）燃 燒

製造作業排放之許多有機化合物，經燃燒後能變成無害之二氧化碳及水。為獲得完全燃燒須有適當比例的氧氣，溫度，攪流及時間（即燃燒）必需供給。

「氧氣」是燃燒過程所必需的，燃燒後之產物視氧氣之供應而定。例如甲烷在氧氣不足下燃燒結果產生固體碳，而形成煤灰粒及煙。氧氣充足下燃燒則完全變為二氧化碳。

「溫度」必須保持在燃燒溫度（溫度可使反應產生許多熱），易燃物質之燃燒溫度有很大的範圍：例如硫 470°F，木炭 650°F，甲烷 1170–1380°F，一氧化碳 1130–1215°F。在系統內為減少熱損失，則需要保溫。適當煙囪高度將幫助保持煙道氣體溫度使高於包圍的空氣溫度（Ambient air temperature）此種情況有助於氣體擴散於大氣中。

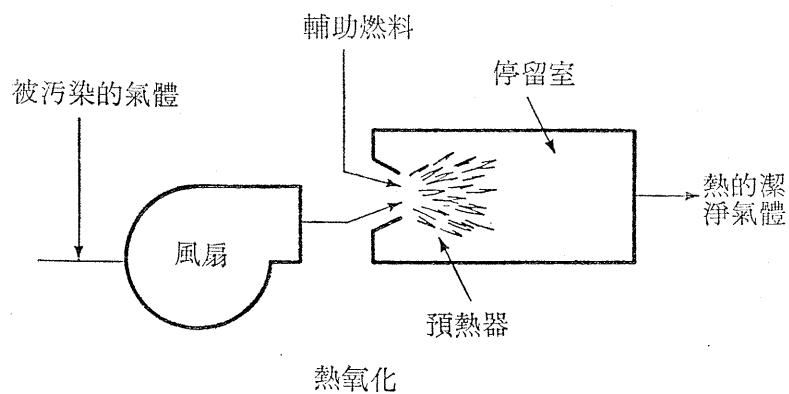
「攪流」（Turbulence）使氧氣與燃燒物質始終保持密切混合，煙囪形狀及高度亦是提供產生攪流因素之一。

為能有效的燃燒，須適當大小的燃燒室，以便有充足「時間」燃燒。增加煙囪高度給予充分時間燃燒，因此可減少黑煙之排放。

燃燒方法之型式及使用視燃燒所用燃料之類別而定，不論燃料是固體、液體、氣體，大多數會有碳、氫、氧及硫，其產生二氧化碳，一氧化碳，二氧化硫，水及未燃之碳氫（HC）。

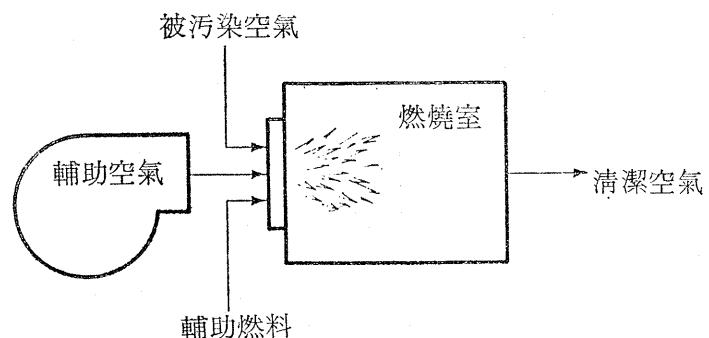
倘保持適當的氧氣混合、時間、攪流及溫度維持適當混和，燃燒碳一磅將產生 14600 BTU 熱，燃燒一磅氫將產生水蒸汽相當於 62000 BTU，燃燒一磅硫則產生二氧化硫相當 4050 BTU，由上述表示煤所含之三種主要成份，硫產生之能量最少，故脫硫煤相對的減低些許之能量，但是脫硫可增加碳之燃燒，以及減少產生二氧化硫污染。燃燒分為爐燒，燃燒塔燃燒及觸媒燃燒。爐燒的特色含污染製程氣體，輔助燃燒，燃燒空氣及燃燒室。當污染氣體含有之易燃物在爆炸下

限時，爐燒之類別為熱氧化。氣體污染物熱氧化，使形成二氧化碳及水是在有燃料及空氣——火焰曝露及攬流混和的情況下所完成的。該火焰使焚燒爐溫度升高範圍由 1000°F 至 1500°F 。短而強烈的藍火焰容許在狹窄空間完全氧化。如圖七



圖七 热氧化 (Thermal Oxidation)

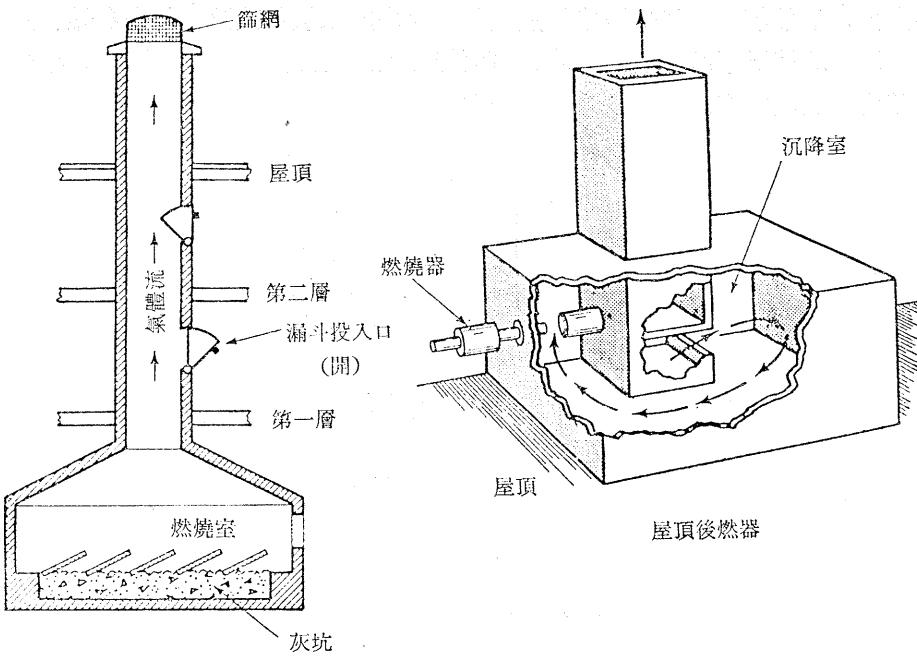
當污染空氣含有充足可燃物，而在適當輔助空氣下點燃，則爐燒之類別為直接火焰燃燒。熱量產生氧化污染物，使排放於大氣中，這一種燃燒類型產生發光的黃色火焰如下圖八



圖八 直接燃燒

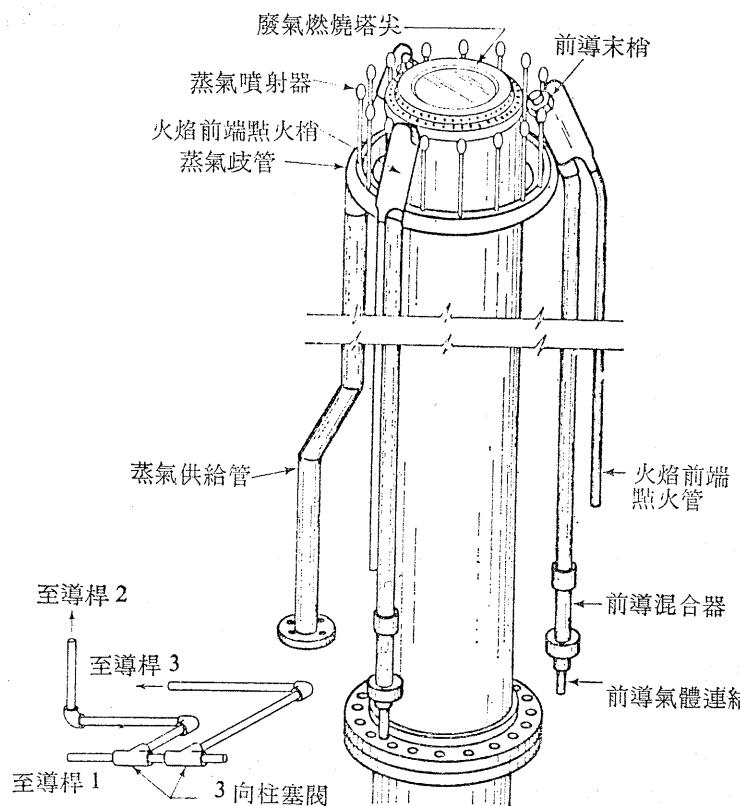
爐燒可用於控制牛皮紙紙漿製造之甲基硫醇，硫化氫，甲硫醚，臭味；油漆時之蒸氣控制，咖啡烘焙器之味道控制，公寓用焚化爐之蒸氣及顆粒控制，後燃裝置之應用為使焚化爐流出氣體有效而全燃燒，沈降室用來收集塵粒，如圖九、十為公寓用焚化爐裝置、後燃裝置及沈降室。

燃燒塔燃燒有時被認為是直接燃燒。燃燒塔燃燒是氣體與空氣直接混合使成明火達成燃燒，煙囪頂部之補助火種為初次點火之用，明火之產生是因火焰周圍的氧氣與擴散出來之碳氫化合物接觸燃燒所致的，所有製造工廠對於碳氫化合物，氯氣，氨，氰酸其他毒性或危險氣體之處理遇上緊急情況時偶而需要大量排放，以策工廠及人員之安全，燃燒塔之燃燒是處理上述污染物最佳方法，如圖十一為蒸汽噴射類型燃燒塔。



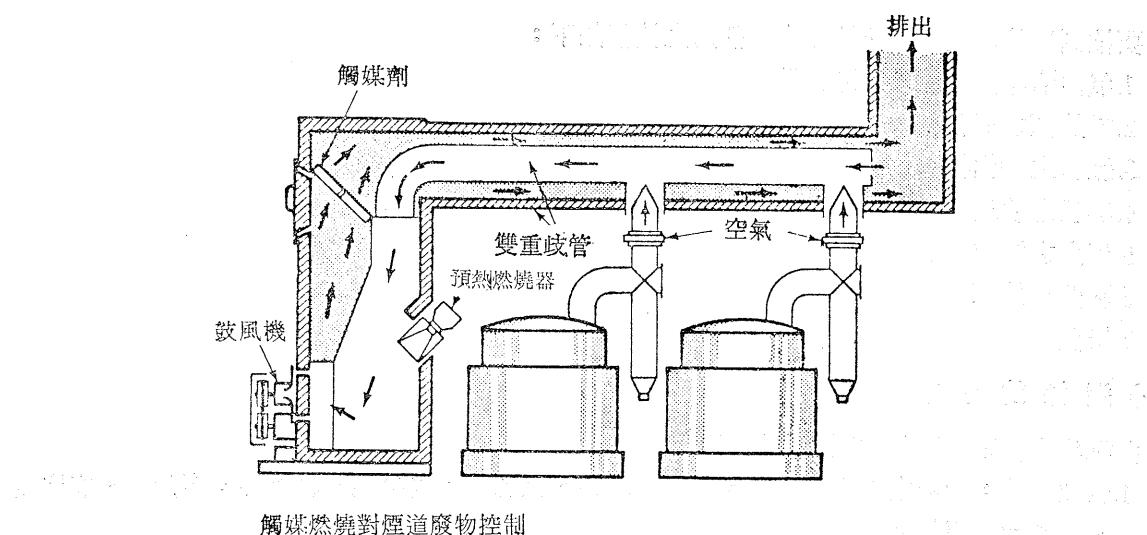
圖九 Flue-fed 焚化器

圖十 屋頂後燃器 (roof afterburner)



圖十一 蒸氣噴射型燃燒塔

觸媒燃燒為處理較冷及較清淨氣體排放控制之一種低溫無火焰的方法。亦即當氣流含有氯化或氣體易燃物而不含大量之顆粒，製程氣體在溫度 600°F 直接通過觸媒床，在此時溫度增加及發生氧化，以消耗或驅除氣體中之令人厭惡的元素。觸媒劑加速製程氣體中易燃物之氧化率及使其濃度低於燃燒範圍，這一種技術需要低燃料消耗。鉑合金及一些氧化物或五氧化钒，常常用作觸媒劑，因為它們具有能力產生最低觸媒溫度。此種技術有時應用在石版印刷爐，油漆烘乾爐，硝酸製造工廠，油脂精製工廠如圖示十二之觸媒燃料系統。



圖十二 觸媒燃燒

(四) 氣體污染物之其他控制

石油儲槽若有相當量的蒸發時，可採密閉收集 (Closed collection) 及回收系統 (Recovery system) 在浮頂油槽上方捕集及冷凝這些碳氫化合物，以避免排放至大氣中而損失。

臭味控制，以遮蔽及中和來完成，其加入高濃度有舒適味道之元素來遮蔽有臭味的東西，或加入適量之香味混和互相抵消其臭味，惟必須注意，保證在工作區域所產生之香味中和物，應無毒性的，不引起過敏症的，無易燃的或無腐蝕性的。遮蔽的一種例子，在污水處理工廠注入香精於初步沈澱池，以減少排放之硫化氫及甲烷之臭味，許多香精在包圍情況 (Ambient Condition) 下，能以液體存在；冷却其蒸氣可利用簡單的蒸氣冷凝除去許多臭味。如精製工廠鍋爐及紙漿工廠均用上述技術，許多有臭味的有機氣體及蒸氣能採用化學氧化使成無臭化合物。一般使用的氧化劑諸如氯、臭氧或過錳酸鉀；如魚肉臭味的處置即是利用化學氧化法來除去的。

三、顆粒污染物控制技術及設施

在空氣中之顆粒污染物來自固體排放源及車輛廢氣，1969 年美國之大氣中顆粒排放估計如下：

	百萬噸
工業製程	14.4
在固定排放源之燃料燃燒	7.2
運輸或車輛排放源	0.8
固體廢料處分	1.4
其他	11.4
合計	35.2

要控制排放源或減少顆粒污染，應用之技術如下：

- 1.氣體清淨設施，以去除顆粒
- 2.排放源之遷移
- 3.燃料之替代物
- 4.製程之改變
- 5.優良之操作方法
- 6.關閉排放源
- 7.擴散

(一) 選擇的標準

選擇集塵器及清淨設施應考慮如下：

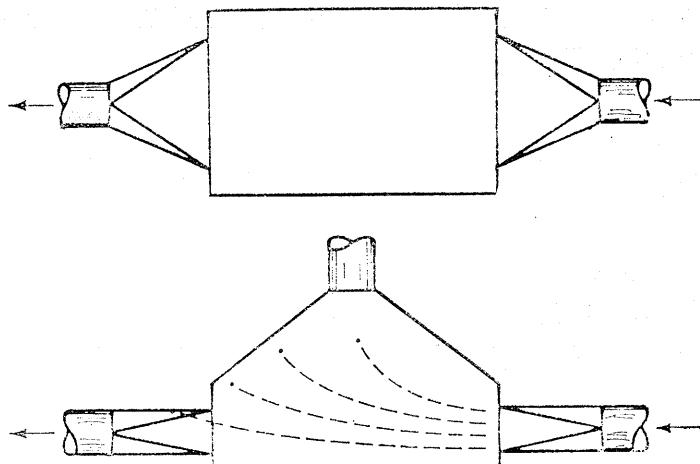
- 1.顆粒特性：顆粒之大小、形狀、密度、粘性、吸濕性，電氣性、易燃性、腐蝕性、磨擦性、流動性及毒性。
- 2.氣體性質 (Carrier-gas properties)：氣體（含有顆粒）之溫度、水份、腐蝕性、易燃性、壓力、濕度、密度、粘度、導電度及毒性等。
- 3.製程因素：特殊製程的排放、氣體流率、粒子濃度、容許壓力降、連續或間斷作業，要求的效率及廢物處分的極限等。
- 4.經濟因素：安裝費用、操作費用及保養維護費用等。
- 5.收塵效率：選擇控制設備，使氣流進口之粒子依大小漸次沈澱，頗為重要，因為粒子大小及分佈與收塵效率息息相關，例如大顆粒能應用重力集塵器有效的收集。反之，濾袋則可收集較細之粒子，因其有迅速被大粒子所阻塞之傾向。

(二) 氣體淨化設施的型式

這些設備之術語及類別，包括下列主要種類：機械設備，濕式洗塵器，過濾系統，靜電吸塵器及後燃裝置。

1.機械設備包括沈降室及旋風分離器 (Cyclone)

(1)沈降室(如圖十三) 為密閉室，係用來使載媒劑氣體 (Carrier-gas) 速度充分的降低，因此氣流中灰塵之粒子及霧由於重力而沈降下來，這一種設備對於大粒 (大於40 Micron) 之收回，頗為有效；較大質量之顆粒，效率亦較佳。因為顆粒大小的限制，用沈降室除去小顆粒頗不經濟，沈降室常被用為預先清淨器，以除去大顆粒，緊接着裝置較高效率設備，以專門除去較小顆粒；這種方法減少小顆粒收塵器之阻塞。有一些乾燥爐、熔礦



圖十三 沈降室

爐主要係應用上述方法。

(2) 旋風集塵器（或乾式離心集塵器）包括圓柱狀的外殼，並裝有切線的進口，其為含塵氣體之入口，而軸方向的出口管為淨化氣體之排出口，圓錐形底及漏斗是促進灰塵之收集及除去。由於風扇之幫助含塵氣體在圓柱及圓錐斷面內依切線方向成漩渦打轉，氣體朝下進行至圓錐部份，在盤旋下降範圍內，形成另一向上螺旋形氣體，由出口管排出，顆粒自迴轉流線（rotating streamline）擲出，撞擊到旋風集塵器內壁而滑落至漏斗中。

大型旋風集塵器可單獨使用；然而各個低容量之單元並聯安裝，可增加效率，由於可以縮短流線半徑（the streamline-radius），故可增加其離心力。小型旋風集塵器顯示有一些困難。因小型旋風集塵器較大型旋風集塵器易阻塞及有高速磨損之傾向。旋風集塵器主要用於水泥廠，金屬工業，食品及穀類工廠，瀝青工廠及煉油廠，如圖十四之複式旋風集塵器。

2. 濕式洗塵器依據粒子收集方法分為液體運送及粒子調理，液體運送是以液體之移動體攜帶所收集之灰塵顆粒至洗塵器外面，當粒子打到洗塵器內之液體表面而與氣體產生分離，液體可避免粒子再隨氣流排出，以及將粒子輸送至指定地點，作最後處理。

粒子的調理：係增加小顆粒的大小，再以其他收集機械裝置來收集，粒子大小的增加係由於水在高於露點時，凝結在灰塵粒子上。小顆粒灰塵大小的增加，亦是由於液體微滴、細粒灰塵的遮斷現象所致。結果形成較重的灰塵—液體凝聚體。

濕式洗塵器設備包括如下

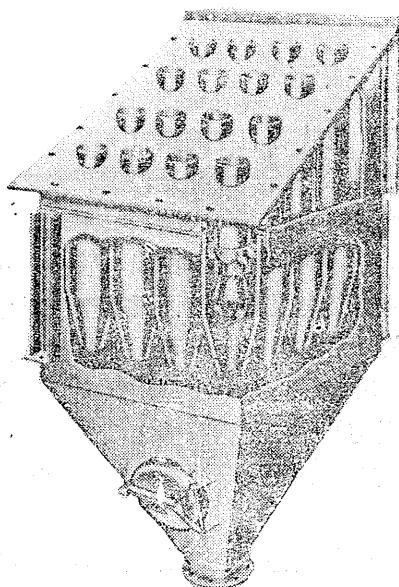
1. 重力噴霧塔；在塔內，許多因重力作用而下降的液體球狀小滴與上升的灰塵顆粒接觸而凝聚收集。
2. 文氏洗塵器（Venturi scrubber）：氣體通過文氏窄喉管，並有噴射水霧，以噴霧收集氣體中之灰塵顆粒。
3. 粉碎機洗塵器（disintegrator scrubber）：包括了交錯排列的固定片及旋轉桿，水由軸的方向注入，由於快速的迴轉翼使水粉碎成細霧，以此細霧收集灰塵顆粒。

4. 濕式動力沈澱器：併合迴轉扇輪之動力，使顆粒撞到許多特殊形狀的葉片上。由於噴射水使該葉片上形成薄膜，而將氣體中灰塵收集。

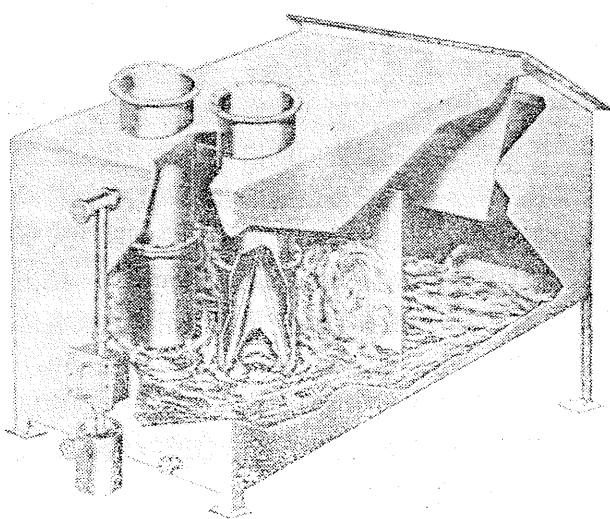
5. 濕式衝擊洗塵塔 (wet impingement scrubber)：其垂直殼內裝置許多等體積圓形有孔板，在每平板一邊有導管稱為下噴管 (down spout)，其噴出之液體由平板層往下流過，在板之另一邊有類同之導管使液體朝上流，含塵氣體通過孔板，撞到目標板 (target plate) 及噴霧而收集。

6. 濕式離心洗塵器：依賴粒子撞向潮濕的收集面或粒子衝擊到小滴 (droplet) 然後噴射泥濘小滴 (dirty droplet) 在洗塵器內壁上而收集之。

濕式洗塵器，廣泛應用於牛皮紙工廠、鑄造廠、肥料廠、礦廠、噴漆、電鍍及化學工廠等。濕式洗塵器之重要因素是用水及廢料處理。沈澱槽及沈澱池可幫助廢料處置，過濾及化學處理可使水經處理後再循環使用如圖十五。



圖十四 複式旋風集塵器



圖十五 濕式洗塵器

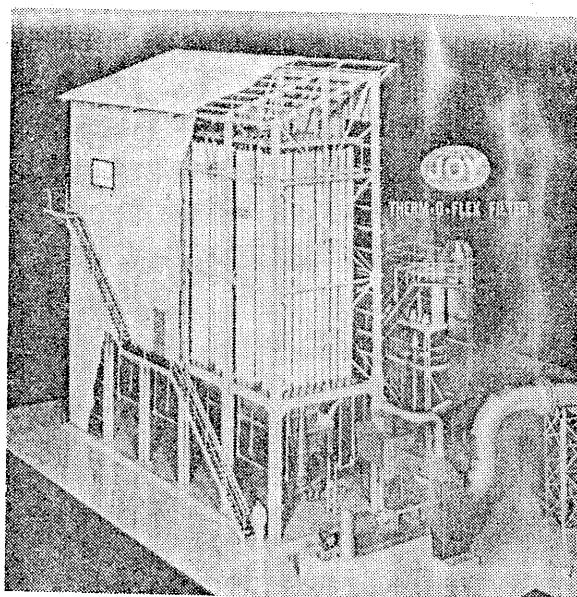
過濾系統：含塵氣體被迫通過一編織或毛氈的織品，這種織品被紡成袋形，而裝置於濾袋室裡。由於各種因素之組合使許多灰塵顆粒收集在濾袋的纖維上。當編織袋使用結果而有塵餅 (dust cake) 的形成並依次之主要作用為篩分之機械裝置。若使用毛氈織品濾袋，由於織品之特性所形成，塵餅極微或不存在。主要過濾機械裝置是結合了慣性力，靜電力，衝擊，擴散及重力沈降以捕集顆粒於濾袋內。當顆粒在編織袋內被收集時，通過濾料的壓力降將增加，濾袋須清理以使風扇不超載，因風扇為驅使含塵氣體通過濾袋。清理時可振動濾袋以除去濾袋上之灰塵，或以拍擊，空氣警報器之音波，逆向之氣流，壓力噴射或以平穩的摺疊除去之。

濾袋室內用之濾袋有各種形式的紡織品及不同的編織型，選擇紡織品應考慮一些因素如其溶解溫度、耐酸、耐鹼、空氣的浸透性、耐磨力及收縮力等。有一些纖維包括棉，羊毛，尼龍，Nomex，石棉，奧龍，達克龍，矽處理之編織玻璃及鐵氟龍被使用。濾袋室常常成列裝置在機

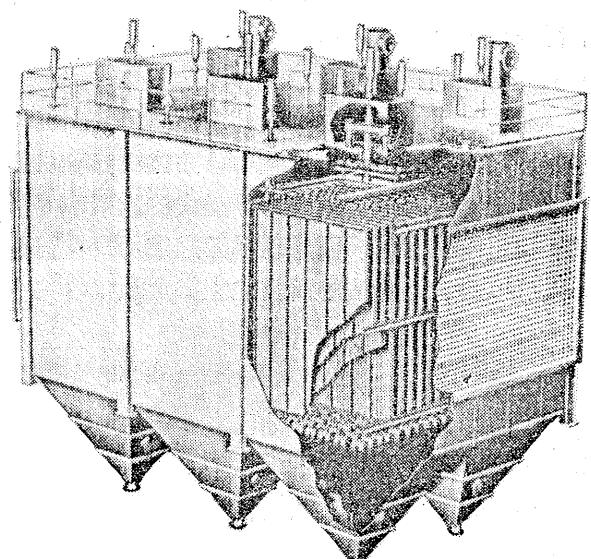
械除塵器之後，以收集機械除塵器未能處理之細粒子，因粗粒子除去後，濾袋磨損及清理的次數可以減少，故粒徑在 0.01μ 以下可以有效的積聚。水泥窯，開放式熔爐，煉鋼爐，穀類處理作業等常使用袋濾器如圖十六。

靜電吸塵器：係用極端的高壓電流以分離氣流中含塵埃，薰煙霧。其含有四個基本步驟：離子化使顆粒感應帶電；在電場中使帶電顆粒受電力作用而沈降在集塵面；中和集塵面帶電的顆粒；並除去之。除去顆粒方法可用拍擊及清洗的方法來完成。

這種設備能高效率的收集很細顆粒（1至 44μ ）。當有灰塵負荷大之情況時，則在靜電吸塵器之前面裝置機器收塵器，以先收集可能會損壞袋濾器的酸，高溫廢料及腐蝕物料。靜電吸塵器常用於燒煤之火力發電廠，鋼鐵廠，水泥廠，紙漿廠如圖十七。



圖十六 過濾袋



圖十七 靜電吸塵器

References:

1. U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Air Pollution Control Technique Manuals, PHS (NAPCA), Pub Nos.
AP-51 Particulates, 1969
AP-52 Sulfur Oxide, 1969
AP-65 Carbon Monoxide from Stationary Sources, 1970
AP-67 Nitrogen Oxide from Stationary Sources, 1970
AP-68 Hydrocarbons and Organic Solvent from Stationary Sources, 1970
Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
2. U.S. Department of Heath, Education, and Welfare, Air Pollution Engineer Manual, PHS, Pub, No. 999-AP-40. Washington, D.C: U.S. Government Printing Office, 1967.