

# 靜電收塵機操作維護之經驗

吳 欽 賢\*

## 摘要

在現代工廠之收塵系統中對淨化空氣回收粉塵使用最為成功最為有效之設備當推靜電收塵機 (electrostatic precipitator)。特別對於處理廢氣中懸浮狀態之細微粉塵尤具成效。因之目前工廠中除其廢氣具有易爆性或所含粉塵為可燃性之情況下，較重要之收塵裝置多採用為靜電式，尤以現代化水泥廠已成為其生產機器行列之主要輔機設備。然而欲使一既設之靜電收塵機能正常操作並維持一穩定之收塵效果而不衰減，則對此收塵機之操作維護必須有其正確之方法及檢護之步驟。筆者從業於水泥製造多年，願就水泥廠中靜電收塵機操作維護之工作，簡述其有關經驗之芻見供諸位參考。惟拙文中為側重實務，僅稍介紹原理構造更略去數學與電子上之理論。主要內容為：靜電收塵機之主要構造及原理；靜電收塵機電源供應及控制方式之簡介；廢氣情況與粉塵特性對收塵機之影響；火花放電與靜電收塵機之關係；靜電收塵機械設備方面維護之要點：如放電電極、收塵極板及敲塵裝置之調整保養、支承襯子、灰倉、導氣整流板及輸灰設備之維護；電氣設備維護之要點：如電源供應器、控制器、保護設備等之調整與保養，以及靜電收塵機開轉停轉時之注意點等。

## 一、靜電收塵機構造原理與設計之簡介

### (一) 構造原理

靜電收塵機主要之構造係由一組以金屬板或鋼骨水泥為外殼所構成兩端有進出氣道之包容體（收塵室），其中裝設多組平行配置之金屬薄板，稱為收塵電極板，實際上此板多作成略帶波浪形，S形或C形狀。每兩組極板間各吊設一組細長之金屬線或金屬線網，稱之為放電極線。通常極線多為帶尖刺之線體，此種為數甚多之極線組合成一極線架構；在其上端由兩個以上之支吊體各經一高壓絕緣瓷筒支承，懸吊於收塵室之頂部。一組以低壓交流為電源，經控制變升電壓後並整流為高壓直流之電力供應器，稱為 power pack (其輸出電壓約為 6,000~10,000 VDC)。其正電壓輸出端經接地再接至收塵極板組，負電壓之高壓輸出端則接到經絕緣物支承之放電極線架構上，當含有灰塵之工業排氣經前後風道通過此收塵室時，靠近極線處之氣體因高壓電之激勵而產生電暈作用 (corona) 而電離。氣中塵粒感應而帶負電荷，對收塵極板之正電位產生引力，此荷電之塵粒在隨氣流運行中偏向極板經碰觸後釋放其電荷而趨中和。並集附於極板上，終於漸集漸厚。此時附裝於極板機構上之定時敲震裝置 (rapper) 開始作定時之敲震，使集聚之塵粒墜落

\* 臺灣水泥公司花蓮廠電機工程師兼廠長

於收塵室下之灰斗（dust hopper 或稱灰倉）中，並以附設之輸灰裝置清除送離收塵機。在放電極線架構上亦有一組敲震裝置，經由特殊瓷碍子與極線架結合作定時之敲震，因極線接觸之灰塵因粘滯凝聚作用，時久亦會附集塵粒，必須予以敲除。

此外，收塵機內尚有若干附屬設備，或為增進收塵效果或為某種使用條件而附設者。譬如收塵機之進出口端多各裝有一組均流多孔板（gas distributing plate）；進出口通道或彎道處裝設導流板（guide plate.）組，其目的不外使進入極板中之塵氣流速均勻，以利收塵；灰斗前後邊緣裝設阻風板以阻捷流；亦有在進口氣室中裝置衝擊式降塵板（impact precollector）以預集粗塵；其他如機殼保溫裝置、防爆安全門、各處氣密裝置、碍子吹風裝置、碍子電熱器、工作門、檢視窗以及測溫、風壓計器等。

靜電收塵機由於操作維護較易而其收塵效率特高（通常均在99%以上），因之廣泛應用於水泥廠、肥料廠、鋼鐵廠、紙漿廠、垃圾處理廠、石化工廠以及大型燃煤鍋爐等，尤其是水泥製造廠中使用更多，幾乎所有粉體排氣（除煤粉外）之處理均幾乎用到（最近亦有特殊設計之煤粉收塵機亦用靜電式者）。使用於水泥廠中之靜電收塵機多屬橫型，視排氣量及含塵之多寡設計為多室式有併排有順列者（順列有到四室者）。排氣通過之風速均在  $1\text{m/sec}$  以下，全部風阻約為  $10\sim20\text{mm}$  水柱壓，送電電壓約為  $50,000\sim70,000\text{ V DC}$ ，整組電量電流約  $0.5\text{ mA}\sim0.9\text{ mA}/\text{Nm}^3\text{ gas}$ （以通過收塵機風量計），亦即電源供應設備所需電力為  $25\sim40\text{ watt}/\text{Nm}^3\text{ gas}$ .

## (一) 設計之原則

簡介到靜電收塵機之設計時，有幾項基本概念必須配合，首先是效率問題。通常下面各種條件與情況可以增進靜電收塵之集塵效果：

- (1) 在單位時間內通過收塵機之風量相對地增大其收塵極板之面積，將有效增進收塵效率。
- (2) 同理，對於一定型大小之收塵機，如減低通過之風量，亦有助於收塵效率。
- (3) 通過收塵機塵氣中之粉塵粒度增大，亦可增進收塵效率。
- (4) 減低通過收塵機塵氣之粘滯性則可改善收塵效果，通常降低氣體溫度可減低其粘性。
- (5) 適度增加收塵機之電場強度可增加收塵效率。

由上述可概言之，機型大之靜電收塵機即有較高之收塵效率，以水泥廠中為例，靜電收塵機之橫斷面積須大到使通過之排氣風速低到  $1\text{m/sec}$  以下，方可能獲致99%以上之效率。但如過份加大收塵機則不但增加投資費用，對於使用維護反有影響。

- (1) 收塵機型過大，其入口段收塵容量甚大，其下灰斗之負荷亦大，對卸灰處理較為困難。
- (2) 進口處通道擴張過大，粗灰沉降量大，前倉下灰斗易積灰，定時處理清灰問題不容忽視。
- (3) 大型收塵機因機件設備相對龐大複雜，對維護保養自較屬困難。

## (二) 靜電收塵機之電力供應

靜電收塵機由氣流中集聚塵粉，係靠電場力之引移作用。操作之目標係儘量提高電極間之電位差使維持一高電荷之狀態，但亦限於不致引起電場崩潰發生火花放電（sparkover）之程度，簡言之，靜電收塵機送電之情形如下：

- (1) 由低壓交流電源經升壓變壓器得出適當之高壓交流電。
- (2) 以整流器將此高壓交流電整流為一高壓脈波直流。

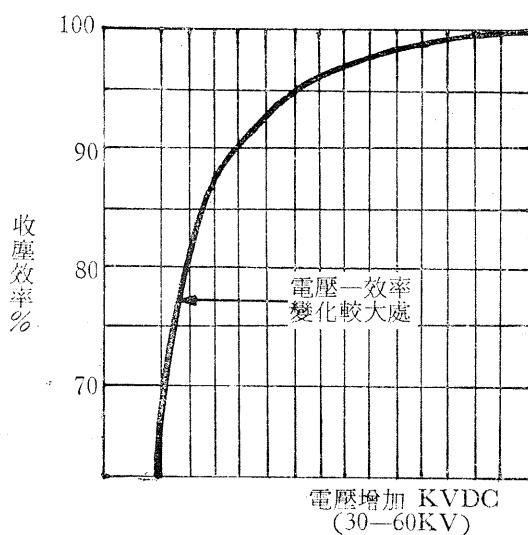
(3) 將此高壓直流之負極連接到靜電收塵機內經對地絕緣之放電電極；另一正極則接至收塵機內經妥為接地之收塵極上。放電電極最簡單者為一小至 2.~2.5mm 直徑之金屬線，送高壓時，電線周圍之氣體發生電暈現象，附近氣體中之粉塵感誘而生負電荷與極板間產生引力而移向極板中和其電荷而附着於收塵極板中。兩極之間距離通常為 100mm 至 150mm（新式寬距型可達 250mm）。

(4) 由於電暈作用及粉塵吸附於正電極上電荷之交換，使變壓器一次側產生負荷電流。

此項變壓器之設計須考慮其線圈能耐受因火花放電至飛弧短路時之電磁應力。變壓器之單位額定容量約自 15 至 120KVA，二次交流約為 45,000V 至 55,000V，輸出直流最大達 2,000MA。新式之整流器多為矽整流體併裝於變壓器箱內藉油絕緣並冷卻。此一變壓整流之組合體簡稱為 power pack。早期之機械式及真空管式整流裝置則已淘汰。新式高效率之電力控制裝置已發展為閘流體（thyristor）之自動控制式，並已廣泛應用。惟較早之定電流飽和電抗器控制方式仍在使用之中，雖效率較差，但故障率則較低。

電力控制裝置（power pack 控制盤）所用之儀器通常包括電源電壓計，變壓器一次電壓計，一次交流計，收塵機 mA 直流計。另兩種儀器亦常見裝配於控制盤上，一為火花頻次計以表示每分鐘火花放電次數之平均數。另一使用較少者為用適當之分壓電阻器接於高壓直流端以量度收塵機局部分壓以表示 DC 千伏之平均值。收塵機電力供應須適當配合靜電收塵機之條件與操作情況，下述情形常以配合不當而遭受困難。

- (1) 電源供應部份變壓器前面之鎮流迴阻裝置不能有效遏制收塵機之火花放電。此情形常發生於電源設備容量過大於靜電收塵機操作電力之處。
- (2) 收塵機之機型大於電源供應設備之時，工作電壓降低致無法提高收塵效率。
- (3) 收塵機內通過之塵氣情況變化過大時，而使電壓電力關係亦變大，因電力輸入受制，導致收塵機內僅維持較低之電場強度，而影響收塵效率。



圖一 靜電收塵機收塵效率與最高工作電壓之關係

相同條件之靜電收塵機，如能保持高壓狀態及有利電量情況，當能產生較高之收塵效率。

圖一表示一代表性之靜電收塵機集塵效率與工作電壓之關係曲線。當然此僅表示某種條件之靜電收塵機，而每一靜電收塵機在許多因素下均有其自己之特性。而相同之要點則為：輸入電力為較低之電壓時，少許電壓之變動即將引起效率較大之變化。

## 二、水泥廠靜電收塵機之電氣特性

### (一) 設計之特性

每一水泥廠之靜電收塵機在決定其氣體與粉塵之狀況前均有其特有之電氣特性，設計時均首先考慮到下面之因素：

- (1) 電極間之距離
- (2) 放電極線之設計（特別是發生電暈作用處之面積）。
- (3) 極線之距離
- (4) 收塵極板表面形狀之設計
- (5) 電力供應之特性
- (6) 收塵面積與極線長度對電力供應之影響

一台靜電收塵機在初次啓用前，一項重要資料將可決定其收塵機之電氣特性。即係將收塵機先不使通過塵氣，其內僅為無塵之空氣。在常溫情況下，試將每段靜電收塵室分別送入高壓直流電，其電壓送至以下發生火花放電為度。此時由控制盤儀電計器上所記載之數據稱為此段靜電收塵機之空氣負荷值，(air load data) 以此數據可作為收塵機平時檢護之參考依據。譬如，停機維護後空荷送電之電計數值較上述參考值偏差大時即表示機件尚有缺失，或積灰待除，或極距尚需調整等。

### (二) 塵氣狀況與電力輸入

水泥廠之靜電收塵機在正常操作狀況下之電氣特性表示於其電計指示之變化。此數據有如上述之空氣負荷值，須頻予記錄研查，始有助於探悉在此生產製程中 (production process) 情況有無變易，水泥窯之靜電收塵機通常均呈現最少之火花放電，特別為較低溫之潮濕排氣，例如雷波式窯以及乾法窯排氣利用於生料研磨或原料乾燥後排氣所用之收塵機（濕法窯之排氣，最為代表性，惟本省無此例）。如為乾燥溫度較高之排氣，其水份含量在12~15%（容積比）以下者，則在收塵機之前段部份易發生火花放電，但後段即較少。下面數點準則將有助於維護人員評估收塵機電計指示數據之變化。

- (1) 進入收塵機之氣溫增高，則送入電壓將會降低。
- (2) 進入收塵機塵氣之水份增加，則送入電壓會升高。假如收塵機之電壓因發生火花放電而抑低時，則增加排氣之水份將會提高電壓工作點。
- (3) 收塵機氣體含塵濃度增加，電壓會升高而電流降低。
- (4) 收塵機氣體含塵之粒度加大，電壓亦會升高，電流被抑低。
- (5) 收塵機內塵氣之流速增加，電壓會升高而電流變小。

(6)收塵機內部漏洩入空氣，亦可能引起火花放電從而將降低電壓。

(7)在多段串通之收塵機，如每段均係個別以獨立之 power pack 供電，則電計指示數據亦各不同，通常均為電壓／電流之比將隨氣體流向而減小。換言之，即供電電壓如相近，則次後級收塵室之電流將遞增。

### 三、靜電收塵機維護效果與電計指示數據之關係

前所討論到之操作情況並未考慮到收塵機經維護後之變動性，此將使電計中電壓與電流觀察值之分析趨於複雜化。本節將綜論此諸因素並指出其原因與相關作用，俾有助於維護之目的。

#### (一)電極之定線準心調整

有關收塵機內塵氣特性之電計數據，其應用之效果常賴具有正確之電極空間距離與電極有正確之準心，不然，可能變成一火花敏感性之靜電收塵機。多室型收塵機比較其相似之各段收塵室所得之電計數據，將可以鑑別出其內部之缺失。除此而外，如非詳細量測或檢視收塵機之內部並無二途。

收塵機極線極板之容許標準誤差有多種因素。但通常在 220mm 左右之極板空間中，極線在中心之偏差最好不超過 6mm。一根準心偏差之極線（可能偏心到 25mm）將影響同組若干極線之送電。此一不良極線將導致整段收塵機發生火花放電而降低電壓。假如係以正常之自動控制電力供應器，因尚可自動抑制關係，此情況或可維繫至數月。若控制設備不良，則因高度頻仍之火花放電將使極板極線造成電蝕而致損傷。

#### (二)放電極線上之聚塵現象

當一極線接入直流高壓負電送電時，線上亦會產生一層灰塵。有時集聚之灰塵可達 25~75 mm 厚度，視極線形狀與收塵機各段情況而異，較厚之極線上聚集灰塵並非完全由於電氣特性之影響，亦與粉塵之自然聚集作用有關。一般而言，整個極線上均被覆一層均勻之粉塵，在實際上並不一定會發生電計指示數據之變化或改變收塵機基本之特性。但如聚集過厚加大線徑，則必須有較高之電壓始能維持其電暈作用之電流，此情況將引起收塵機之電壓敏感性，最後因電極之極距間之電壓梯度增高過大而導致火花放電。

#### (三)集塵極板上之聚塵現象

集聚在收塵電極（極板）之粉塵始真正影響到收塵機之電計數據。雖然僅是薄薄一層但具有電阻性之粉塵亦可能導致收塵機產生火花敏感性。如非電阻性，則聚集到 25~50 mm 厚度亦不至產生電氣崩潰。但由於此灰層之積厚終會形成一電阻性被覆體而阻碍電子之流通將使電極電流減小（可想像為電極間之介電值增加），同時會升高電計之指示電壓。此種表示灰塵導電能力稱為靜電收塵機之電阻特性。通常以 ohm-cm 值表示之。實際上，收塵機不可能在操作時使收塵極板上之積塵達於完全清除之程度，在極板表面上通常均可能殘留有 3~10mm 厚之粉塵。不巧，具有較高電阻之物質多有較大之粘附性使粉塵易粘結於極板表面上。此種情況之灰塵積厚後，將使收塵機之電壓——電流值發生變動。雖然此情況之電壓梯度有類似於收塵機在較寬之極距狀況或塵氣通過於狹窄之通路而增加風速之情況。但此種情形均將減低收塵效率。

#### 四 火花放電特性之認識

了解收塵機火花放電之特性將有助於其維護功能。因火花放電之程度將嚴重影響到靜電收塵機之收塵效率。通常在收塵機最後一段收塵室中發生之火花放電為最小。火花放電發生後必須設法使之自動消滅，尤其不可任其延續而演變為電流短路，此現象是否發生則端視此段收塵機電力控制設備之設計以及使用效果而定，假定收塵機控制盤上未裝設火花頻度指示計，則只有以一次電源電流計之指示以代表此作用。茲將幾種觀念性問題介紹如下，以供操作者之參考：

- (1) 在新式 power pack 之控制裝置中，徐徐調升電壓，在開始範圍內即發生火花放電時，電壓與電流計之指示均將作急遽上升而迅降之動作，但一瞬而過。
- (2) 較老式控制裝置，火花放電發生時，可看出電流計急遽升高而同時電壓計則劇降。
- (3) 在一良好之自動控制設備下，接近每分鐘 100 頻次之火花放電（火花頻度）時，電壓計衰減之每一擺動幅度約為 15V 左右（此處指 440V 之電壓計）。
- (4) 在 100 次／分之火花頻度下，計器再度開始發生擺動之前必會有幾次計器趨於靜止之情況。
- (5) 在上述現象下，須確實記錄下計器數據，即電壓計最高值與電流計最低指示值。
- (6) 在實際上常有可能在收塵機內部發生連續性起碼程度之火花放電時，將可能不會看到電計之擺動，但此時表示已發生不正常之低電壓高電流情況。

茲再將火花放電情況作一概述：

由於火花放電係靜電收塵機基本上之現象，茲再簡介下面幾點以供參考。

- (1) 低溫而潮濕之塵氣，其所生之火花放電為最少。收塵機進口處第一段收塵室對火花之敏感性最大。
- (2) 在乾式收塵機中火花放電為最常見之現象，如塵氣乾而溫度高，則不但發生在其前段收塵室中，即使其後幾段亦會發生。
- (3) 火花放電會隨時而自然地發生於收塵室中。此外收塵機特殊部份若有缺失亦是火花之主因。如電極準心失調或冷空氣滲漏等原因。冷空氣漏入易引起電場之亂調。通常此與空氣漏入之程度有關，當設備之排風機裝在收塵機後面時，此現象較利害。以水泥廠為例，當旋窯出口與收塵機之間如漏入過多冷空氣致將塵氣中有利之水份比例沖淡，則進口段收塵室對火花放電現象將呈現敏感性。當然嚴重灰塵集聚於極線極板上亦將加重火花放電之敏感性。
- (4) 嚴重之火花放電特別是局部性者，假如任其長時間連續，則將導致電極之損傷。收塵機之 power pack 如用手動控制時常會發生此種易受損害之情形。或雖然為自動式之操作如使用失當而不立予補救改正，亦會如上導致電極之損傷。

#### 四、其他方面靜電收塵機之維護

對靜電收塵機之維護操作應藉觀察火花放電之特性而作多方面從事於電氣監視與故障之偵察，甚多收塵機於故障時常可於電計指示數據呈現劇烈變化情況下發覺之。

##### (一) 灰斗內塵粉之集聚

排氣中之粉塵集聚於收塵機下灰斗中，若清理輸送不能配合而使積灰過多可能會碰觸垂下之

高壓放電極線而產生接地故障。使用 power pack 以自動化方式供電，則電壓將會自動抑制衰減到零或維持電流至某一最低程度。若使用手動操作則供電電流極可能突增以至電力自動遮斷為止。因此灰斗之積灰問題應作為收塵機操作維護之研究。在此簡介其幾點關鍵處如下：

- (1) 應確實作到清除灰斗中收集之粉塵，當然須檢討灰斗下送料設備之容量能力是否能配合其收塵量。此問題常易發生在收塵第一段收塵室下之灰斗中。
- (2) 灰斗之側壁特別是灰斗之頂部接觸塵氣之部份儘可能使之保持於露點以上，以免塵氣凝水，粘附粉塵而不易流動。此可以適當之絕熱墊料襯覆在灰斗內壁上，以利積灰之流動。
- (3) 避免灰斗下輸送設備之漏風。
- (4) 設計時即應考慮到若干因素以免影響到維護，如灰斗側壁之斜度，壁角之形狀，內部之障板以及儲量等。
- (5) 灰斗側壁上裝設震動器，惟祇限於金屬板所製之壁板，且實際操作應注意其時間震度等，以免集灰被抖擣緊密。此外附裝壓縮空氣吹管噴吹亦有幫助。
- (6) 考慮在灰斗上面加裝探測積灰料位之電儀設備 (level binder). 積料過位則發出警告或直接跳斷收塵機之供電。

### (二) 起動與停轉之問題

製程系統上有頻繁啟動與停轉對靜電收塵機將屬不利。但系統上之開停，收塵機本身屬於被動不能自主。茲僅列出幾項有關起動停轉時可能影響到操作維護上之問題以供參考。

- (1) 假如灰斗或支承碍子裝有電熱器，在啟動運轉之前（亦即收塵機送電之前）應予加熱至少三小時。
- (2) 在收塵機送電之前須確定（旋窓）排氣內有無可燃或後燃性。例如不完全燃燒所產生之 CO，以及游離燃料與過賸氧氣等，以免在收塵室中引爆或發生後燃。
- (3) 收塵機送電之前，宜設法使收塵機熱到相當溫度。換言之即設法先將已有相當溫度之塵氣通過收塵機一段時間，溫度能在 85~95°C 較宜。同時在預熱完成送電時，初送電力應調整至較低範圍，然後再慢慢提高。
- (4) 在開轉旋窓系統之前應先將所有敲震器啓用。
- (5) 在開轉旋窓系統之前須確切將灰斗內除灰並啟動相關之輸送設備。
- (6) 在製程系統停轉時，首先注意者如收塵機內塵氣之溫度下降到 95~105°C 以下時，必須將收塵機停止供電。停轉時應依次由進口之第一段以至最後段。同時各敲震器最好開到最强或震頻最多處。收塵機停電時並須估量時間範圍。應候烟囱中排氣灰塵減至最少時始予停電。相關之設備如排風機，所有清灰，敲灰以及輸送設備均須維持一段運轉時間不要立刻停，目的在於使收塵機內部不至有存積餘灰情形。

### (三) 支承碍子之維護

收塵機碍子之表面大部份均直接接觸到塵氣，而須有作到高壓絕緣及支承電極之任務，故操作保養工作亦需注意到碍子方面，茲舉一二要點供維護參考：

- (1) 碍子表面之環境如無適當之保護裝置，收塵機送電時可能引起漏電接地之故障。故送電前事先施以預熱或乾燥之措施步驟，則可減少上述事故。

- (2)每當收塵機由冷狀態送電時儘可能所有 power pack 均須先以手動方式以最低電壓試送，俾以確定檢出何處碍子可能發生漏電之情事。此可以電計中所發生低電壓高電流之指示檢定出來，其現象有似趨於劇烈變化之趨向。在此時，power pack 須立予斷電。若作此項操作之人員為一具有相當經驗者，彼可以 power pack 頻施啟動與停止之操作與檢試，則除可了解檢出碍子之故障外，很可能該漏電之碍子因其頻跳火花之洩漏處，將因火花熱度之乾燥作用而使碍子漏電情況改善。但須注意，按此種方式在每次試送電之前須有數度額外等待之技巧，不宜貿然頻施開停之操作而另引發故障。
- (3)改善或確保碍子部份之絕緣性以及用熱風吹入碍子部位乾燥均有助於減少碍子之故障。在碍子箱內裝設電熱體使碍子表面乾燥以保持在露點以上。
- (4)通常套筒式碍子之內表面因接觸在塵氣環境下，故每當休轉時，儘可能施以內部之清理。
- (5)取換收塵機之碍子套管係屬於特別慎重一件工作。高壓極線架之準心調整，更須小心，特別是線架為兩點懸吊之方式。在頂部支點 3mm 之偏差，即足以使收塵機下面發生極距空間不平衡之間題。

#### (四) 敲震裝置之維護

敲震裝置慎密維護之方法步驟對於水泥廠靜電收塵機而言，亦係一相當繁難之工作。敲震之目的係脫除電極表面集聚之粉塵並使儘量減少再飛揚之方式。同時不致因敲震而損及收塵機其他部品為原則。敲震器不良或維護不當而產生故障時因電極表面聚集粉塵過多，將會降低收塵效率。

敲震裝置有多種不同之設計，包括氣動式、衝擊式、電磁式以及電磁脈衝式等。惟不論何種型式其使用可靠性固在於廠家之設計與製作良否。但操作維護之是否適當亦關係甚大。茲擇要簡述數項與保養有關之注意點：

- (1)電磁式震動器彈簧及線圈之故障常由於過度作頻繁強力之敲震此點宜儘量避免；維護中應隨時或定時檢校調整電磁鐵之氣隙。
- (2)氣動式敲震器所用之壓縮空氣必須確實予以除水。即氣源設備應有後冷器，進管處須附裝自動除水裝置。同時進氣管線最好施以絕熱被覆以防管外冷空氣接觸管壁冷卻管內空氣而發生凝水。
- (3)裝設敲震器控制箱之環境必須清潔，機箱應為防塵式，尤其是內部為電磁繼電器及凸輪定時器之類。
- (4)如為機械式鎚擊敲震器，隨時檢校敲震軸伸入收塵室機殼內連接之處，與敲震系統接觸到內器，隨時檢校敲震部塵氣處之機件，如轉動原件之磨耗，軸之調心以及防漏墊料之緊密等。
- (5)收塵機件上之螺絲孔過大，易導致螺絲鬆脫或折斷。
- (6)敲震器之鎚頭型式與效率有關，假如在某種條件下敲震器始終不能發揮效果時，似可考慮改善鎚頭，改用衝擊式應屬有利。
- (7)電極系統上之集灰照一般設計頗難達到均勻之清除。敲震作用之衰減及諧振現象常發生於極線架構上。敲震作用一直不甚理想之處，似可考慮酌增敲震器以改善之。
- (8)如製程操作或條件上有實質上之改變時，則原定之敲震頻度與強度均應考慮調整修正。作內

部之機視及觀察有關電計數據紊變情態將有助於調節改善。

(9)塵氣之特性對於有效清除電極上之積塵有相當關係。在某種塵氣溫度下高鹼性之粉塵將成為粘結性問題。似此，加強敲震設備是為必要。

#### (五)電極之故障

發生在水泥廠用靜電收塵機設備中之電極故障，無論為放電極線或收塵極板均與收塵機之設計特點與製程特性有關。下面所簡介幾點須予注意處以供維護之參考。

- (1)放電極線之絕緣故障多發生在運轉之最初一個月內。製造上或裝配上之缺失在最初之試轉中多僅為表面性。如極線不斷故障則屬於真正不正常，必須設法找出其原因所在。
- (2)發生故障之電極，其型式與發生位置須予記錄。電極破裂故障應探研出原因，究係金屬材料之疲勞抑或為電蝕關係。
- (3)放電極線一再故障頻仍，相對地在收塵電極表面必有相當障礙，可觀察出者如電蝕狀態等。
- (4)電極表面之傷蝕，一般多發生在收塵機出口段近壁之頂部。漏風因素常導致局部性極板之傷蝕。
- (5)假定電極與敲震機構密接處發生機械上之損傷，須立即設法減少敲震。
- (6)假如電極損傷在收塵機底部角上而面對收塵機分段處，則猜測可能由於高壓極線架發生擺動。
- (7)灰斗內粉塵之聚集延伸至收塵機架構底部將引起電極局部之損傷。
- (8)劇烈之溫度變化梯度易使極板表面發生彎變不平。
- (9)對靜電收塵機經過一相當時間之操作，以其電計數據與特性資料將可探研出電極故障原因之所在。頻仍之火花放電將產生高週波振盪，除引起高壓電纜因誘導火花放電損傷絕緣外，電極碍子有時亦將受損。

### 五、結論

靜電收塵機為現代化工廠生產過程中（特別是水泥廠）改善環境衛生必需之設備。因其效率高，且特對於有礙人體健康細微粉塵之收聚與防洩尤其著效。故裝設靜電收塵機主要之目的乃在於維持廠內工作環境之清潔，保護從業人員身體之健康，至於回收粉塵經濟上之價值倒屬其次。為確保一既設靜電收塵機之正常運轉，及經常維持該機達於最佳之使用效果而不衰減，則對此設備必需有一正確之操作方法且平常即應予以週密詳慎之維護保養。雖然，靜電收塵機之型式頗多，使用場合亦有不同。操作維護之方式個個不相同，但其基本原則彼此應屬可以類通。本篇報告，作者就其實際工作經驗之心得而摒略靜電收塵機理論方面之說明，僅提述有關操作維護上簡實扼要之方法與要點供各方先進之參考。雖內容側重於水泥廠之條件，但切要之點應亦可供一般之參考。