

都市垃圾焚化爐操作參數之多變量分析規劃與應用 之探討

□ 環境保護局中區資源回收廠/楊宏文、劉興銓、謝耀德、何奇峯 乙等獎

壹、研究緣起與目的

一、研究緣起

高雄市中區資源回收廠（以下簡稱本廠）位於高雄市三民區，地處高雄市北方。為紓解民國 80 年代日益嚴重之垃圾處理壓力，自民國 79 年通過審查通過環境影響評估規劃審查，並於民國 80 年初步規劃焚化廠建造設計規範，84 年順利將主體建造工程發包興建，民國 87 年底開始試燒運轉後，於 88 年 7 月 1 日正式由本廠進行營運操作運轉工作。

近年來，隨著廢棄物資源化比例的提高，廢棄物進廠的成分與當初建廠時之設計參數有別，隨著科技化的進步，廢棄物的性質、種類、成分也趨於多樣且複雜，多年來，焚化設備亦不斷汰換及技術更新或重置，因此，重新探討操作參數的特性並適度的改變操作方式實有其必要性。

除藉由重新了解各系統之操作參數的特性及參數間相互關係，並探討各焚化單元在不同操作狀態下之特性，以期能找出適合本廠的較佳操作處理模式，作為本廠改善操作效能及節省污染防治成本的重要參考。

二、研究目的

本廠現有的操作參數及各項空氣污染防治設備，初始數據是經由試算及焚化模式所發展的效能參數，經由現場垃圾焚化廠操作後所決定出之操作模式，並訂定出各項操作參數之操作範圍，雖然從焚化爐的監控與各單項操作資料，可以瞭解焚化爐的各項操作條件及性能表現是否正常，惟焚化系統之間事具有連動性，顧及單一項目的操作條件或許是較容易也容易判斷其紀錄數值是否正常，但往往單一操作參數改變後，其後端各項製程也會隨之改變，較難經由某些單一數值評估出最佳操作條件與焚化爐性能表現相關性。

因焚化系統操作參數相當多，使用傳統之統計方法或單一操作參數，較難處理及釐清各操作變數之間的相關性及其相對權重，但若藉由多變量統計分析方法之主成分分析及因子分析，可將垃圾進料、各項焚化處理操作參數、空氣污染防治設備監測數值等完整紀錄，並深入瞭解都市垃圾焚化廠的處理過程的優、劣狀況，並可嘗試採歸類分析方式，將各種不同操作類別之屬性予以分類，並研判分析各類群之操作屬性，對於新操作資料的歸屬亦可以作集群屬性分類，其結果除可了解操作人員之操作變化狀況，亦可作為操作狀態指標參考之用。

貳、研究方法與過程

本案之研究方法主要以多變量統計分析方法之主成分分析、因子分析、集群分析、判別分析等方式嘗試分析現有焚化系統操作參數間的共同相關屬性、集群屬性，並經由判別分析所建立之判別函數交叉驗證集群分析之準確性，並對於日後所有之操作資料依所建立之操作屬性作分類。

本案之研究方法及大綱如下所列，研究流程詳圖一說明：

- 一、焚化操作系統之監測資料收集
- 二、不同監測系統資料整合
- 三、適用資料之篩選及分析表單之建立
- 四、主成分分析及因子分析
- 五、集群分析及建立分類群組
- 六、各集群屬性判斷及操作資料分類
- 七、判別分析及判別函數之建立
- 八、集群分析與判別分析之交叉驗證
- 九、利用集群分析建立操作績效指標
- 十、新操作資料應用與驗證分析
- 十一、後續可行性研究分析探討

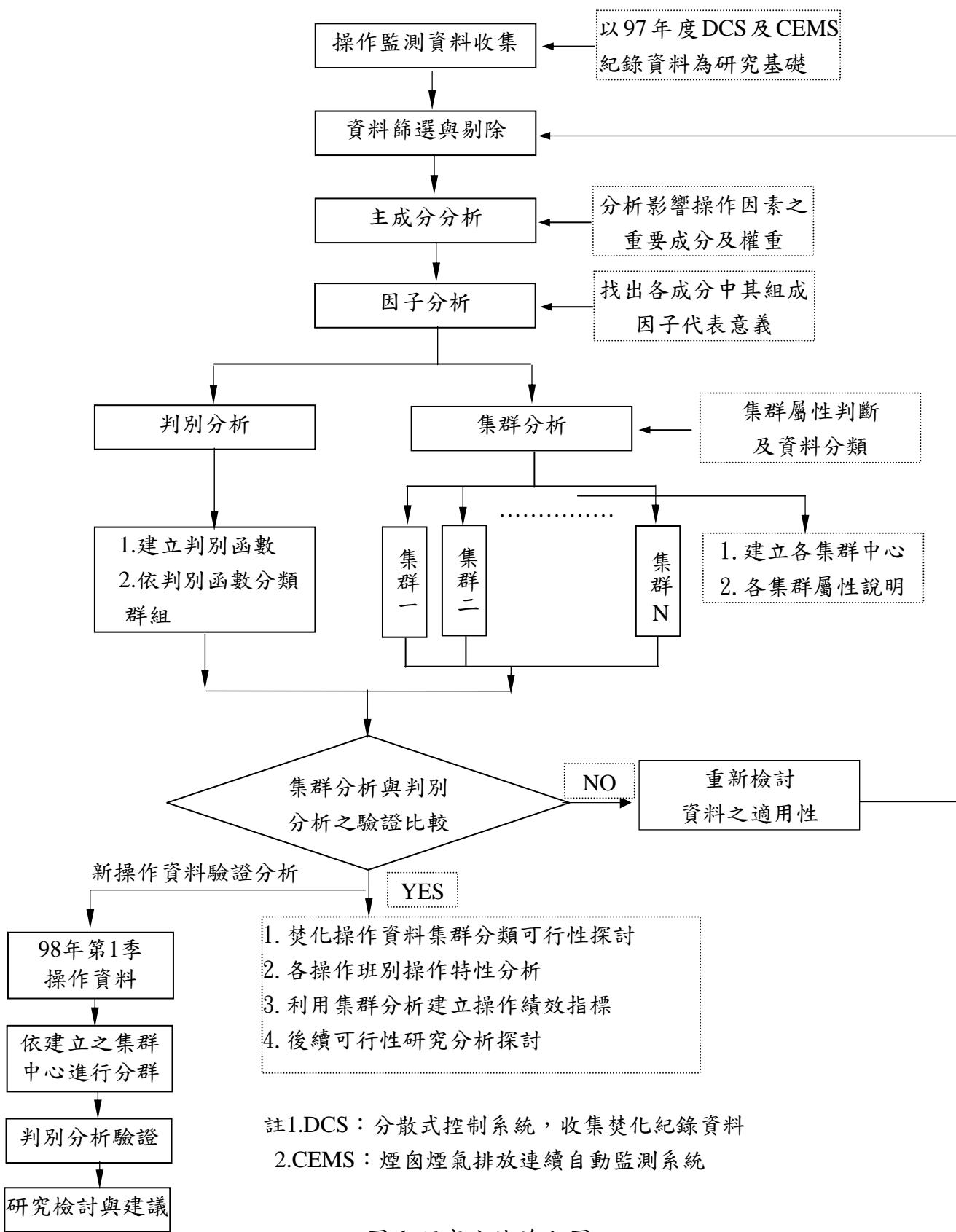


圖 1 研究方法流程圖

參、研究發現與建議

一、研究發現

- (一)本廠以多變量統計分析之主成分因子分析法，其焚化操作參數可萃取出 16 個特徵值大於 1 之主成分因子，若選取成分因子具有 3 個以上、因子負荷達 0.5 以上且特徵值大於 1.2 者之代表參數，共可篩選 12 個較具解釋特性成分因子，分別為「鍋爐蒸氣產量控制因子」、「蒸氣品質及管道溫度控制因子」、「燃燒速率控制因子」、「煙氣排放監測因子」、「NOX 濃度影響因子」、「空氣流量控制因子」、「輔助燃料控制因子」、「爐內風壓因子」、「ECO_N02 之影響因子」、「ECO 端硫氧化物影響因子」、「煙氣不透光率影響因子」，其可解釋之變異量可達 72.38%，亦即選取此 12 個因子可具有 72.38% 之代表性。
- (二)上述前 4 個因子為「鍋爐蒸氣產量控制因子」、「蒸氣品質及管道溫度控制因子」、「燃燒速率控制因子」、「煙氣排放監測因子」其累積之變異量可達 47.05%，由上述因子可知，焚化操作之重點為蒸汽產能控制及能源回收、燃燒控制、污染防治，其重要性已接近 50% 左右，與焚化廠實際操作方向及目標相當一致。
- (三)本研究針對焚化操作參數進行集群分類，可得 5 種類群來區分焚化操作參數集群間的差異，並以集群分析所得的分群進行判別分析建立判別函數，可以比較以集群分析之分群及判別分析之分類之吻合度，兩者具有 90% 左右之吻合度，亦即說明本研究採用集群分類經由判別分析的驗證是可行的。
- (四)依據 97 年度之焚化操作資料所建立之集群中心點為基礎，以此集群中心點對 98 年第 1 季之操作資料做集群分類，可發現二者之「操作班別與集群分佈比較圖」具有某種程度上的雷同性，亦即說明各操作班別有自己固定的操作模式及特性，且各操作班別間對於焚化爐之操作方式，有某種程度上的差異。
- (五)以 97 年所建立之集群中心，應用於 98 年度第 1 季之焚化操作資料，仍具有相當高的集群分類之準確率，整體平均判別率仍可達 91%，因此，經由集群分析的結果及判別分析的檢定，對於日後之焚化操作資料，其所建立之集群中心是可以做為分類使用，以作為了解整體焚化操作特性及不同班別間的趨勢變化。
- (六)本次研究可知，焚化操作參數是可以有效分群分類，若考量以集群分析建立操作績效指標，則因操作參數眾多，尚難以定訂各類群的操作特性之優劣性，如針對各類群之操作參數賦予不同程度積分，由累計之積分數來評估當月、當季、當年度之操作狀況，則是屬於較可行之方式，惟各操作參

數之影響程度所賦予之積分數，則需經過嚴謹且審慎客觀的探討。

二、研究建議

- (一)本研究初步係採用 1 號爐進行多變量多變量統計分析，並具有初步之成果，日後之研究方向，可以採同樣之研究方法對 2、3 號爐進行分析，並比較不同班別或不同爐體間的差異性。
- (二)本案研究可知對於焚化爐之操作，各班別有自己固定的操作模式及特性，且各班別間對於焚化爐之操作方式，有明顯不同操作特性上的差異，建議對於各班別間，可進行焚化操作技術交流研討，如此可降低不同班別對於操作上的差異變化，對於焚化操作技術亦可趨於一致且穩定。