

行政院所屬各機關出國人員報告書
(出國類別：實習)

台中九、十號機靜電集塵器之整體規劃
設計、組裝、運轉及維護訓練

服務機關：台灣電力公司核能火力發電工程處

姓名職稱：王奕筌 / 機械工程師

派赴國家：韓國

出國期間：94年10月31日至94年11月11日

報告日期：95年1月6日

出國報告審核表

出國報告名稱：台中九、十號機靜電集塵器之整體規劃設計、組裝、運轉及維護訓練		
出國人姓名	職稱	服務單位
王奕筌	機械工程師	台灣電力公司核能火力發電工程處
出國期間：94年10月31日至94年11月11日		報告繳交日期：95年1月6日
出國計畫主辦機關審核意見	<input type="checkbox"/> 1. 依限繳交出國報告 <input type="checkbox"/> 2. 格式完整(本文具備「目的」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input type="checkbox"/> 3. 內容充實完備. <input type="checkbox"/> 4. 建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 5. 送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 6. 送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 7. 退回補正，原因： <input type="checkbox"/> (1)不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> (2)以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> (3)內容空洞簡略容 <input type="checkbox"/> (4)電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> (5)未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 8. 本報告除上傳至出國報告資訊網外將採行之公開發表： <input type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會(說明會)，與同仁進行知識分享。 <input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 9. 其他處理意見及方式	
層轉機關審核意見	<input type="checkbox"/> 1. 同意主辦機關審核意見 <input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部分_____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 2.退回補正，原因：_____ <input type="checkbox"/> 3.其他處理意見：	

說明：

- 一、出國計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。
- 二、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 三、審核作業應於報告提出後二個月內完成。

報告人：	單位 主管：	主管處 主管：	總經理 副總經理：
------	-----------	------------	--------------

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱： 台中九、十號機靜電集塵器整體之規劃設計、組裝、運轉及維護訓練

頁數 13 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

王奕筌/台灣電力公司/核能火力發電工程處/機械工程師/02-23229541

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：94/10/31~94/11/11 出國地區：韓國

報告日期：95/1/6

分類號/目

關鍵詞：靜電集塵器(ESP)、空氣污染防治、低低溫靜電集塵器 (Low-Low Temp. ESP)

內容摘要：(二百至三百字)

國內環保意識日漸抬頭，政府環保法規亦日趨嚴苛，本公司除背負提供臺灣地區穩定電力之責外，還需維護良好的空氣品質使新設置燃煤電廠其排放之煙氣能符合新的環保要求，故於新設之台中九、十號機燃煤機組規劃設置靜電集塵器，以降低鍋爐燃燒後所排放煙氣中之粒狀污染物濃度。而為使本公司相關人員能更瞭解該系統之設計、運轉及維護工作，乃

於合約中要求得標廠商需提供本公司人員之技術訓練，藉以落實技術轉移。且為因應環保署所推動總量管制制度之相關要求，新設燃煤機組所採用之空氣污染控制技術亦須提高效率及可靠度，務使空污排放符合未來環保要求，故建議本公司新興機組應採用佔地面積小、除塵效率高之進步型低低溫靜電集塵，以提升空污環保設備效率。

目 錄

一、目的.....	1
二、本次研習過程與心得	2
1、國外研習之時程：	2
2、設備製造廠家K.C.公司簡介：	2
3、靜電集塵器設備：	2
4、靜電集塵器的設計製造基本原理：	3
5、靜電集塵器的規劃：	4
(一)、基本規範：	4
(二)、技術設計相關參數：	5
(三)、靜電集塵器設備細部要求：	7
6、低低溫靜電集塵器	11
三、建議事項.....	13

一、目的

行政院環境保護署推動分期分區總量管制制度，依序對高屏、中部、雲嘉南等超過國家空氣品質標準之區域實施總量管制，並公告各地區總量管制計畫，對總量管制區轄內縣市賦予各種空氣污染物之排放削減量目標及期程，冀望能在民國 95 年達成國家環境保護計畫所訂定之空氣品質改善目標，及全年空氣品質不良日數低於 2%，指定公告實施總量管制後，各縣市即依總量削減及空氣品質改善目標，訂定空氣污染防制計畫，指定區內之既存污染源削減量及期限，各污染源排放量若超過該總量值，於規定期限內完成減量改善，並進行移動污染源削減工作，以達成空氣品質目標。

另根據空氣污染防治法第二十條「直轄市縣（市）主管機關得因特殊需要，擬定個別較嚴之排放標準，報請中央主管機關會商有關機關核定之」，為因應日趨嚴格之空氣污染排放標準，及臺中縣電力設施空氣污染物排放標準，台中發電廠九、十號機於設計之初即規劃裝設各種空氣污染防治設備：如 FGD、SCR 以及靜電集塵器（ESP）等等，如附表一，使鍋爐燒排之煙氣能符合新的環保法規要求，善盡優良企業之社會責任。

表一、台中發電廠九、十號機煙氣排放濃度合約保證值與法規值標準比較表：

	合約保證值		法規排放標準值
粒狀污染物	< 24 mg/Nm ³		< 32 mg/Nm ³
不透光率	< 20%		< 20%
硫氧化物	< 35 ppm		< 100 ppm
氮氧化物	< 35 ppm		< 100 ppm

其中粒狀污染物及不透光率兩項排放量控制均須與靜電集塵器設

備效率息息相關，故為使煙氣排放達到排放標準，避免污染，並熟稔本系統設備之設計原理、運轉、操作、維護等相關技術，因此於採購合約中規定承包廠商須提供設備技術訓練，落實技術轉移。

二、本次研習過程與心得

1、國外研習之時程：

94年10月31日	去程（台北→首爾）
94年11月1日~94年11月10日	靜電集塵器之整體規劃設計、組裝、運轉及維護訓練
94年11月11日	返程（首爾→台北）

2、設備製造廠家 K.C.公司簡介：

台中發電廠九、十號機靜電集塵器為 KOREA COTTRELL Co., LTD.所提供，該公司於 1973 年於韓國首爾創立，並於 1990 年於台灣成立分公司。在營業項目有：靜電集塵器（ESP）、排氣脫硫系統（FGD）、排氣脫硝系統（DeNO_x）、灰處理系統、焚化爐等排氣污染防治設備，並設立自有設備製造工廠。KOREA COTTRELL 公司所建置之設備除韓國以外，亦積極擴展亞洲地區市場，除台灣外亦成立有菲律賓、中國大陸等分公司。

3、靜電集塵器設備：

靜電集塵器廠家提供設備範圍：自空氣預熱器（APH）出口至引風機（IDF）入口間之所有機械、電氣設備，電源供應設備、儀器控制及 CRT 工作站運轉狀態指示等電腦週邊設備。

機械設備有：入口及出口煙道、膨脹接頭、靜電集塵器本體；本體主要由外殼及其內之頂樓、導流板、多孔板、集塵板、放電極、敲擊設備、灰斗、人孔走道及支持鋼架等組成。

電氣設備有：變壓整流器、支持礙子、礙子室清掃加熱風扇及加熱器、灰斗加熱器、冷卻風扇、維護用吊車、敲擊設備、人孔通道之鑰匙連鎖等。

電源供應設備：Power Center、MCC 及相關電纜。

儀控及電腦週邊設備：極板、極線敲擊器控制器（MIGITM Rapper Controller）、T/R Set 微處理控制系統（M.C.S.）、控制盤、可程式邏輯控制器（P.L.C.）、CRT 工作站、不透光率計、熱電偶、灰位計、流量計、壓力計等。

4、靜電集塵器的設計製造基本原理：

交流電源（480V）經升壓變壓器提升電壓，（電壓大小視靜電集塵器之容量而定），高電壓經由全波整流變成直流電，其接地之正電接至集塵板，負電則經由絕緣礙管接至放電極；放電極通以直流高電壓，如升高電壓值，則在某一臨界值電壓（此值稱電暈開始電壓），此時放電極產生負電暈放電，有如點狀之光點（亦稱負電暈點）出現，同時由此放電負極向集塵正極放電，而有負離子電流開始流動；如再把電壓提高，則由離子流所產生之電流（電暈電流）亦會上升。在某一電壓（火花電壓）時，發生「火花放電」，如果將電壓維持在稍微低於火花放電電壓，此時將含灰塵之污濁煙氣（Flue Gas）引入靜電集塵器，如下示意圖（圖 1）所示：

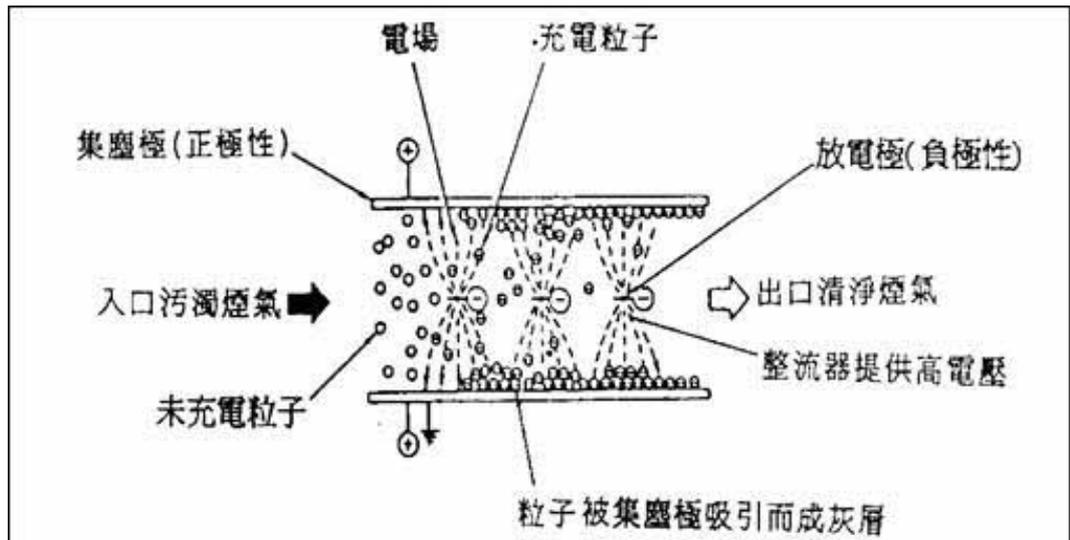


圖 1、靜電集塵器基本原理示意圖

因帶負電之放電極和帶正電之集塵板間有強力的直流電場而形成靜電場 (Electrical Field) 之游離效應，當污濁之煙氣流經靜電場時，由於離子化之作用，因此煙氣中之灰塵粒子會帶電荷 (Charged Particles)，並受到強大的庫倫力作用而向兩邊帶正電之集塵板移動，並累積成層附著在放電極表面，而達到集塵之目的，此積層達一定厚度時，如不加以處理，亦會阻礙放電作用，因此經過一段時間亦需加以敲擊使其脫落。此即靜電集塵器之基本工作原理。

此捕集灰塵粒子之電極稱為集塵極 (Collecting Electrode)，中間加壓之電極稱為放電極 (Discharge Electrode)。

5、靜電集塵器的規劃：

靜電集塵器規範書的訂定相當重要，因為妥善的規範，不但承包廠商得以遵行、設計、製造和安裝，將來憑以驗收亦可減少無謂的糾紛，一般規範書的訂定，必須包含下列各項：

(一)、基本規範：

(1)、一般範圍要包括設計、製造、安裝、測試、保證等項。

- (2)、承包商需指派現場安裝、起動、測試之工程師，並辦理訓練課程。
- (3)、提供 ESP 安裝地之每日最大、平均濕度、氣溫及地震等資料。
- (4)、工具、備品之種類與數量及說明書之提供。
- (5)、不符合保證值之罰則訂定。

(二)、技術設計相關參數：

- (1)、提供相關運轉條件資料：

- 1、鍋爐相關資料：

- 鍋爐廠家 (Mitsui Babcock)

- 燃料種類 (煤)

- 鍋爐 MCR 熱輸入 (煤-5359×106kJ/h)

- 鍋爐 MCR 煙氣流量 (1.68×10⁶ACFM 乾基、
1.86×10⁶ACFM 濕基)

- 鍋爐 MCR 煙氣溫度 APH Outlet (145℃)

- 鍋爐 MCR 煙氣壓力 APH Outlet (±39in H₂O G)

- 2、煤質資料 (乾基值為準；wt.%)：

- 水份 (1-10)

- 灰 (最大 19.0)

- 硫 (0.3-1.5)

- 氮 (0.4-2.0)

- 碳 (51.6-84.7)

- 氫 (3.4-6.0)

- 氧 (1.2-23.2)

- 可磨性指數 (最小 40)

- 煤粒 (最大 51mm)

- 揮發性物質 (24-42)

3、灰質（乾基值；wt.%；最大可接受範圍）：

SiO ₂	(24-81.5)
Al ₂ O ₃	(14-39.0)
Fe ₂ O ₃	(最大 19.0)
CaO	(0.1-28)
MgO	(0.2-8.5)
K ₂ O	(最大 3.2)
Na ₂ O	(瀝青型灰最大 2.0)
Na ₂ O	(褐煤型灰最大 6.0)
TiO ₂	(0.6-3.1)
SO ₃	(0.01-11.0)
P ₂ O ₅	(0.01-3.8)

4、MCR 時 ESP 內最大煙氣流速：1.37m/s。

5、最大消耗電力之限制：430kw。

(2)、ESP 設計參數：

1、ESP入口灰塵濃度 16900mg/Nm³：

2、ESP 出口條件（T/R Set 1 台停用）：

灰塵濃度	28 mg/Nm ³
不透光率	20%

3、ESP 出口條件（T/R Set 全部使用）：

灰塵濃度	24 mg/Nm ³
不透光率	20%

4、煙氣流量 1.68 x 10⁶ Nm³/h（乾基）

1.86 x 10⁶ Nm³/h（濕基）

5、實際煙氣流量設計點 1.68 x 10⁶ ACFM（乾基）

1.86 x 10⁶ ACFM（濕基）

6、煙氣溫度 145°C

7、效率，ESP最低集塵效率（灰塵濃度在 8000 至 16900 mg/Nm³時）：

a. T/R Set 1 台停用時 > 99.83%

b. T/R Set 全部使用時 > 99.86%

ESP 集塵效率定義： $(B - A) / B \times 100\%$

A：靜電集塵器出口灰塵濃度（mg/Nm³）

B：空氣加熱器出口灰塵濃度（mg/Nm³）

8、兩組外殼（Casing），每組最少 12 個 T/R Set。

9、兩組外殼，每組最少 6 個集塵區（Field）。

10、最小比收集面積（SCA）： $140\text{m}^2/\text{am}^3\text{-s}$ 。

11、MCR 時 ESP 內最大煙氣流速：1.37m/s。

12、最小長/高比（Aspect Ratio）：1.8。

13、最大集塵板高度：15.24m。

14、集塵板間距：400mm。

15、最小灰斗容量：12hours。

16、外殼（Casing）最大寬度：24.1m。

17、外殼（Casing）最大長度：46.8m。

18、最大壓力損失：400pa。

(三)、靜電集塵器設備細部要求：

(1) 靜電集塵器本體：

靜電集塵器本身之外殼、屋頂結構（Penthouse Enclosure）、礙子室、灰斗、集塵板與放電極、檢查人孔及附屬門戶、內部走道等。

(2) 風道及支持鋼架：

與引風機連結之風道、風道材質與板厚、檢查人孔大小、設計壓力等。

(3) 靜電集塵器附屬設備：

敲擊設備型式與週期控制、樓梯走道與平台結構、煙氣分配設備、維護用吊車及軌道、屋頂通風設備、礙子等。

(4) 電氣設備：

電源之供給、T/R Set 之型式及連接方式、控制方式；敲擊系統電氣設備、接地系統、馬達及馬達控制中心、電纜、電線、端子板之規定。

(5) 儀控設備：

控制盤或控制箱，壓力、灰位、溫度之控制，運轉監視及跳脫指示，警報系統、電磁閥之控制等。

(6) 微電腦控制系統 (M.C.S.)：

CPU 規範…硬碟、軟碟、工作站、通信界面、印表機等。

CRT 功能…可顯示 T/R Set 控制程序及運轉情況，敲擊器及灰斗加熱器、灰斗灰位、煙囪排煙灰塵濃度與不透光率大小等各種運轉情況及其他所需之訊息。

AVC 功能…自動偵測火花次數、逆電暈發生，做 SCR 點火脈波控制。

(7) 鑰匙連鎖系統。

(8) 灰斗結構、灰位監視警報指示。

(9) 測試 (Testing) 種類：

1. 模型試驗 (Model Test)
2. 廠內試驗 (Shop Test)
3. 現場試驗 (Field Test)
4. 效率試驗 (Performance Test)：

(10) 保證與保證值。



圖二、放電極



圖三、集塵極



圖四、放電極與集塵極



圖五、台中九、十號機模型

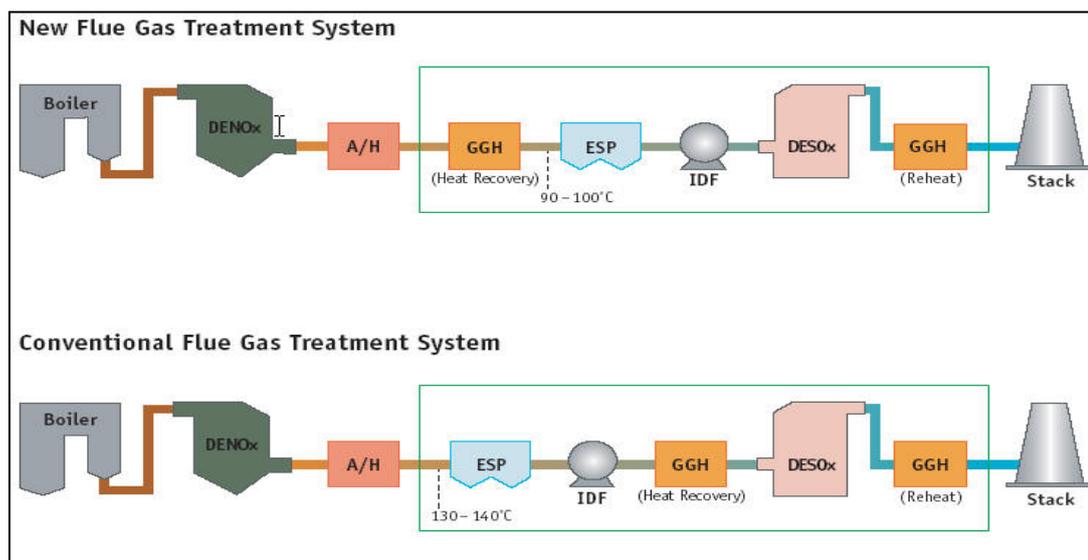
6、低低溫靜電集塵器

國外先進火力發電廠已採用低低溫靜電集塵器（Low-Low Temp. ESP），低低溫靜電集塵器具有佔地面積小、除塵效率高的特點，與傳統低溫靜電集塵器之優劣，比較如下表二。

表二、低低溫靜電集塵器與傳統低溫靜電集塵器比較表

項目	低低溫靜電集塵器		傳統低溫靜電集塵器	
SCA	55% Base	優	Base	劣
興建成本與用地需求	<100% Base	優	Base	尚可
功能效益	佳	優	可	尚可
本公司經驗	類似	尚可	豐富	優
國外實績	日本	尚可	歐、美、日、韓	優

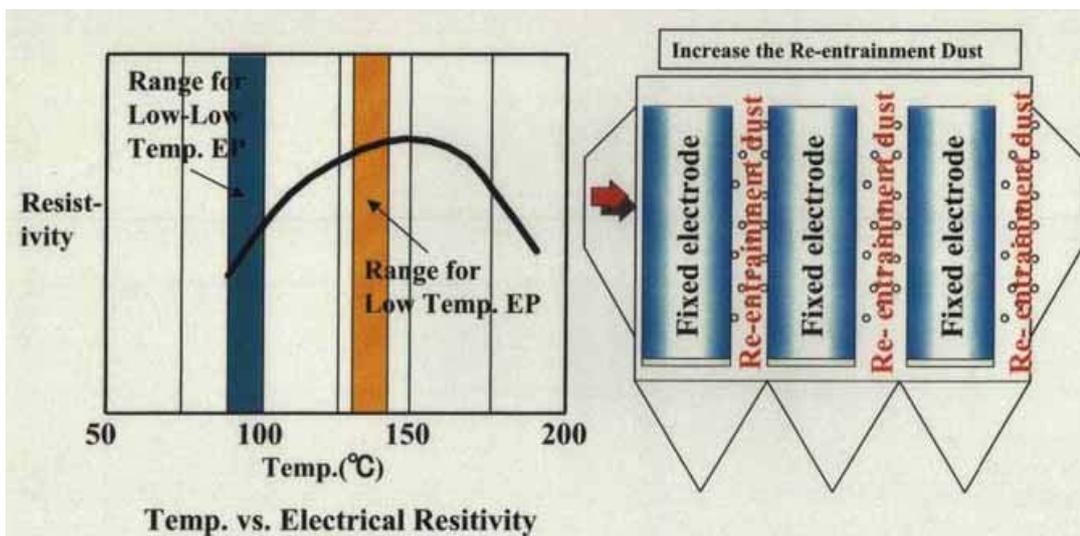
配置方面與傳統低溫靜電集塵器主要的不同點在於低低溫靜電集塵器設置在煙器除硫系統（FGD）之氣氣熱換器（GGH）冷端（cooler）前，如圖六所示。



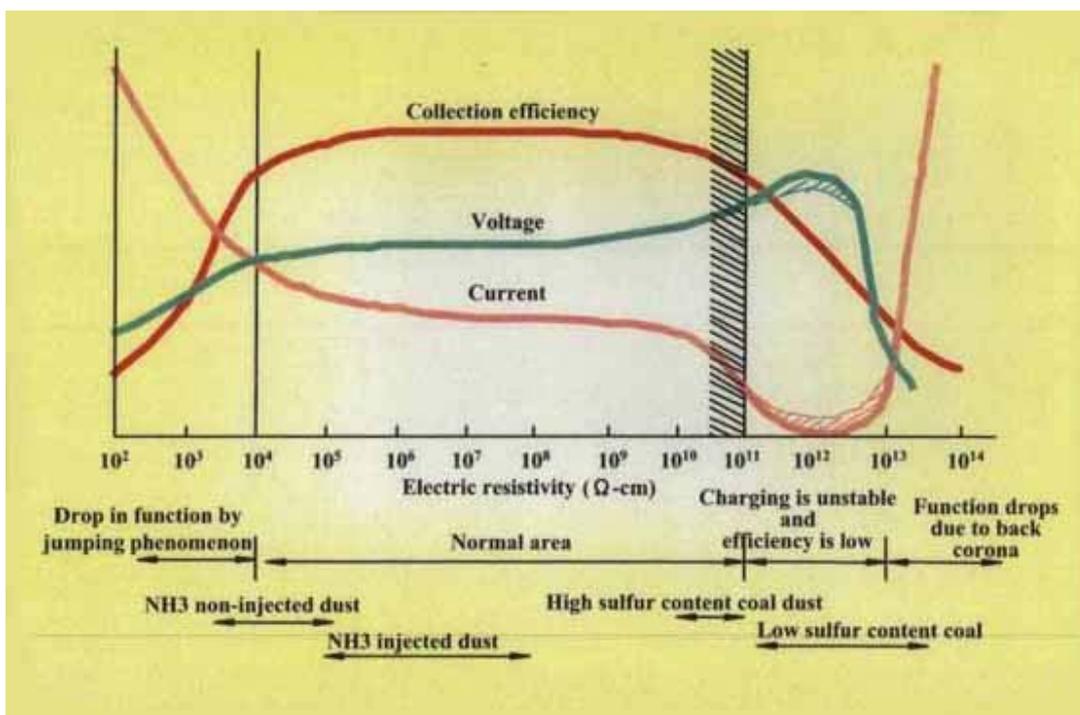
圖六、低低溫靜電集塵器與傳統低溫靜電集塵器配置比較圖

煙氣先經過 GGH 降溫至 105°C 左右後再進入低低溫靜電集塵器除塵，與傳統低溫靜電集塵器的煙氣溫度 140°C 相較，較低之煙氣溫度可降低煙氣體積使得低低溫靜電集塵器的設備體積大幅減少，減少用地面積，節省鋼構材料，且由於低溫

效應使得飛灰的電阻抗降低，如圖七所示，因此低溫靜電集塵器更容易捕集塵粒並可避免再揚塵，提升集塵效率。



圖七、由於低溫效應使飛灰電阻抗下降



圖八、電阻抗與極塵效率圖

三、建議事項

面對環保署未來可能更加趨嚴之空污排放標準之規定，參考上述低低溫靜電集塵器具有佔地面積小、節省鋼購材料設備成本、除塵效率高的特點，建議本公司於未來新興機組均採用低低溫靜電集塵器（Low-Low Temp. ESP），且建議持續派遣相關技術人員前往低低溫靜電集塵器廠家學習相關技術及並瞭解國外先進電廠採用低低溫靜電集塵器之實際運轉情形，供新機組引用參考。