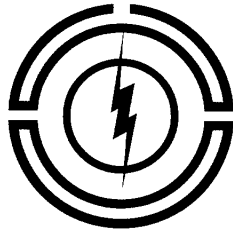
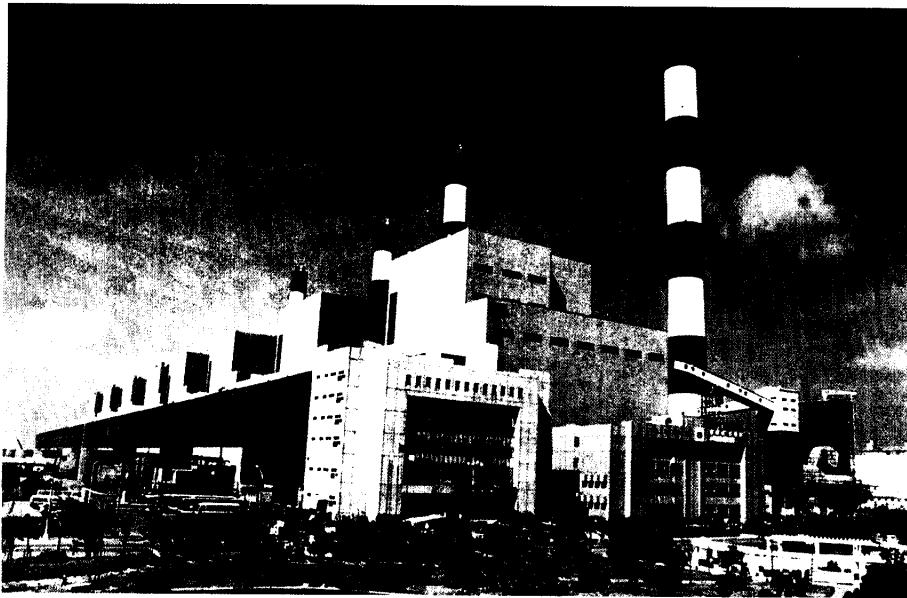


台灣電力公司



台中發電廠

台中九、十號機靜電集塵器
機械、電氣之規劃、組裝、運轉及維護
研習報告



中華民國 92 年 11 月 6 日

53/c09204/02

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：台中九、十號機靜電集塵器機械、電
氣之規劃、組裝、運轉及維護 C.09204102

頁數 43 含附件：是 否

出國計劃主辦機關/聯絡人/電話

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

姓 名：鄭清賢
服務機關：台灣電力公司
單 位：台中發電廠 電氣課
職 稱：電機二股股長
電 話：(04)26302123 分機 3530

出國類別：1考察 2進修 3研究 4實習 5其他

出國期間：92.10.01 ~ 92.10.14 出國地區：韓國

報告日期：92.11.06

分類號/目：

關鍵詞：

ESP：Electrostatic Precipitator（靜電集塵器）

T-R set：Transformer Rectifier Set（變壓器整流器組）

CE：Collecting Electrode（集塵極）

DE：Discharge Electrode（放電極）

MIGI : Magnetic Impulse Gravity Impact

(電磁衝力重力衝擊)

MCS : Microprocessor Control System

(微處理控制系統)

內容摘要：

台中九、十號機靜電集塵器 (ESP) 是由韓國 KOREA COTTRELL 公司承建；由於人民環保意識提高，政府環保法令也日趨嚴格，為符合環保法規並減少民怨，本公司火力機組均裝設 ESP，使煙氣排放達到排放標準。

煙氣排放能否符合環保排放標準，主要在 ESP 能否正常運轉，發揮應有之功能。對 ESP 之規劃、組裝、運轉及維護等相關先進技術有充分的了解，才能使台中九、十號機 ESP 之裝機、試轉、運轉及維護等工作順利進行，對 ESP 效率的提昇才能有所助益。

報告提要概述如下：

- 壹、KOREA COTTRELL CO., LTD. 簡介
- 貳、靜電集塵器 (ESP) 系統概述
- 參、靜電集塵器 (ESP) 的規劃
- 肆、靜電集塵器 (ESP) 的組裝
- 伍、靜電集塵器 (ESP) 主要設備概述
- 陸、靜電集塵器 (ESP) 的運轉
- 柒、靜電集塵器 (ESP) 的維護
- 捌、附圖 (照片)
- 玖、建議

() 電返國報字第 號出國報告

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

台中九、十號機靜電集塵器 機械、電氣之規劃、組裝、運轉及維護 研習報告

服務機關：台灣電力公司台中發電廠
出國人：職 稱：電機二股股長
姓 名：鄭清賢
姓名代號：505394

出國地區：韓國

出國日期：92年10月01日至92年10月14日

報告日期：92年11月06日

計劃編號：92年度第94號

目 錄

頁次

壹、國外研習之時程.....	2
貳、 KOREA COTTRELL CO., LTD. 簡介.	2
參、靜電集塵器 (ESP) 系統概述.....	3
肆、靜電集塵器 (ESP) 的規劃.....	6
伍、靜電集塵器 (ESP) 的組裝.....	10
陸、靜電集塵器 (ESP) 主要設備概述.....	13
柒、靜電集塵器 (ESP) 的運轉.....	21
捌、靜電集塵器 (ESP) 的維護.....	24
玖、附圖 (照片)	28
拾、建議.....	43

壹、國外研習之時程

92年10月01日	去程（台中→漢城）
92年10月02日	靜電集塵器機械、電
至	氣之規劃、組裝、運
92年10月13日	轉及維護實習
92年10月14日	返程（漢城→台中）

貳、KOREA COTTRELL CO., LTD. 簡介

Nov.1973 KOREA COTTRELL CO., LTD. 創立於韓國漢城。

Sept.1990 成立台灣分公司。

在國際污染控制市場上，KOREA COTTRELL 公司在環境工程方面之製造及建造，在亞洲地區表現頗為傑出。

KOREA COTTRELL 公司的營業項目有：靜電集塵器（ESP）、排氣脫硫系統（FGD）、排氣脫硝系統（DeNO_x）、焚化爐等及其他排氣清潔設備；最近為因應業務成長而擴大其工程及製造能量，它們同時也替客戶設計製造風門、換向閥及其他高精密鋼鐵製品。

KOREA COTTRELL 公司承建的工程，大部分在韓國國內，承建本公司工程則有如下數項：

1992年：大林廠三號機和四號機，375MW×2。

1992年：興達廠一號機和二號機，500MW×2。

1992年：深澳廠一、二和三號機，80、140、200MW。

2000年：台中電廠九、十號機，550MW×2。

參、靜電集塵器 (ESP) 系統概述

一、前言：

由於行政院環保署積極推動空氣污染總量管制計劃之規劃與制度建制工作，冀望能在民國 95 年達成國家環境保護計劃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%；總量管制實施後，環保主管機關將限定各污染源的排放總量，並導入差額排放量之保留、抵換與交易制度，各污染源排放量若超過該總量值，即需進行排放減量或向外界價購排放量，預估對台中電廠的營運將產生重大衝擊。依照行政院環保署之規劃時程，於民國 91 年 10 月完成縣市空氣污染防治計畫之核備，之後總量管制區內之大小固定污染源即需辦理排放量申請認可，並依照指定削減量進行空氣污染物減量，於目標年（第一階段為民國 95 年，第二階段為民國 100 年）以前達到減量目標。

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」，因台中電廠為既有大型火力燃煤電廠，為因應日趨嚴格之空氣污染排放標準，台中電廠九、十號機遂裝設各種空污改善設備：如 FGD、SCR 以及靜電集塵器 (ESP) 等等，使其所排放之煙氣能符合新的環保法規要求，減少民怨，善盡優良企業之社會責任。

92.07.01 起台中電廠機組煙氣排放標準：

SO _x	排放標準：< 100 ppm
NO _x	排放標準：< 100 ppm
Opac	排放標準：< 20%
Dust C	排放標準：< 32mg/Nm ³

台中電廠為 ISO 9001 及 ISO 14001 認證的電廠，品質目標為「環保合標準」，品質政策為「永續發電、環保為先」，為符合品質管理系統要求，使煙氣排放達到排放標準，避免污染，台中九、十號機裝設之靜電集塵器（ESP）能否發揮應有功能為關鍵所在。

台中九、十號機靜電集塵器（ESP）工程由韓國 KOREA COTTRELL 公司承建，對靜電集塵器（ESP）之規劃、組裝、運轉及維護等相關先進技術有充分的了解，才能使台中九、十號機靜電集塵器（ESP）之裝機、試轉、運轉及維護能順利進行，靜電集塵器才能發揮應有的功能。

二、靜電集塵器的範圍：

靜電集塵器的範圍：自空氣加熱器（AH）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（Penthouse）、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等組成。

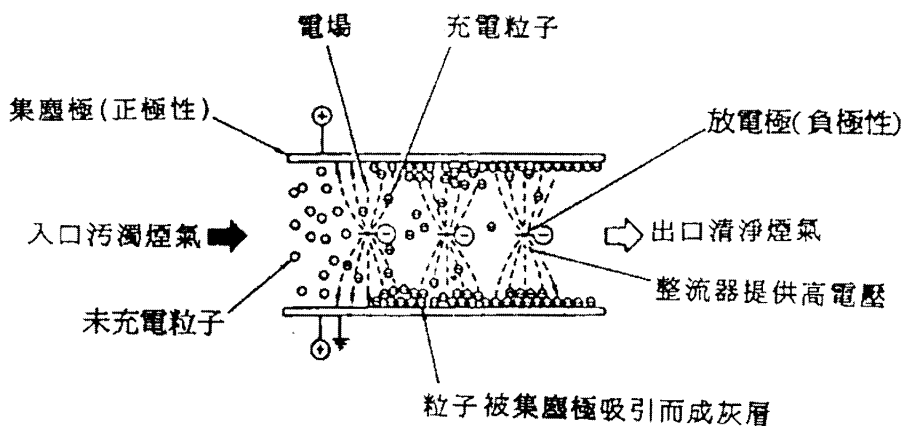
電氣設備有：T/R Set、支持礙子、礙子室清掃加熱風扇及加熱器、灰斗加熱器、冷卻風扇、維護用吊車、敲擊設備、人孔通道之鑰匙連鎖等等。

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、壓力計等等。

三、靜電集塵器的基本原理：

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：



靜電集塵器基本原理示意圖(圖1)

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形成，因此煙氣中之粒子會帶負電荷，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，此積層達一定厚度時，除了部分因重力而落下外，亦需藉助敲擊使其落下，因此就不會隨著煙氣流散，經處理之乾淨煙

氣由煙囪排出。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)。

灰塵粒子之一部份也會附著在放電極表面，積層增大，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。

一般靜電集塵器採用負放電，其理由係負放電之電暈放電電壓比正放電電壓低，火花放電電壓可取較高之故。

因靜電場 (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，使灰塵粒子帶電 (Charged Particles) 而附著於極性相反之電極，而達到集塵之目的，再藉敲擊系統將附著在極板及極線上之灰塵敲擊掉落在靜電集塵器底部之灰斗中，此即靜電集塵器之基本工作原理。

肆、靜電集塵器的規劃

一、靜電集塵器 (ESP) 的規劃工作：

任何工程不論規模大小、新舊，都需要有完善的規劃工作，才能詳細的分析其經濟效益和目的；對於靜電集塵器的規劃不論是新設、擴建增設或換裝等，必須作充分的規劃才能符合效益。靜電集塵器的大小與效率的關係，是成幾何級數跳升的，效率達到 99.9% 的靜電集塵器，約為效率 90% 的靜電集塵器的十倍大，故在規劃時須考慮成本與效率等相關問題。

一般新設靜電集塵器的規劃比較單純，其基本原則包括佔地的預留、預算的籌劃、煙氣處理的容量以及效率之要求等等。

二、靜電集塵器規範書之訂定：

靜電集塵器規範書的訂定相當重要，因為詳盡的規範，不但承包商得以遵行、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. 配合國產化政策，有些設備指定用國貨，有些設備則限定用外貨，如 T/R Set、放電極、礙子、微電腦自動控制系統、膨脹接頭等等。
3. 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。
4. 提供 ESP 安裝地之每日最大、平均濕度、氣溫及地震等資料。
5. 工具、備品之種類與數量及說明書之提供。
6. 罰則之訂定。

(二) 技術規範：

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- 5359×10^6 kJ/h)

鍋爐 MCR 煙氣流量 (1.68×10^6 ACFM 乾基、 1.86×10^6 ACFM 濕基)

鍋爐 MCR 煙氣溫度 AH Outlet (145°C)

煙氣壓力 AH Outlet (± 39 in H₂O G)

ESP 入口灰含量 (總灰含量之 90%)

(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):

SiO₂ (24-81.5)
Al₂O₃ (14-39.0)
Fe₂O₃ ((最大 19.0)
CaO (0.1-28)
MgO (0.2-8.5)
K₂O (最大 3.2)
Na₂O (瀝青型灰最大 2.0)
Na₂O (褐煤型灰最大 6.0)
TiO₂ (0.6-3.1)
SO₃ (0.01-11.0)
P₂O₅ (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 (最低規範要求):

(1) ESP 入口灰塵濃度 16900mg/Nm³ 時:

ESP 出口條件 (T/R Set 1 台停用):

灰塵濃度 最大 28 mg/Nm³

不透光率 20% 以下

ESP 出口條件 (T/R Set 全部使用):

灰塵濃度 最大 24 mg/Nm³

不透光率 20% 以下

(2) 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% 以上

b.T/R Set 全部使用時 99.86% 以上

ESP 集塵效率定義如下：

$$(B - A) / B \times 100\%$$

B：空氣加熱器出口灰塵濃度 (mg/Nm³)

A：靜電集塵器出口灰塵濃度 (mg/Nm³)

- (3) 兩組外殼 (Casing)，每組最少 12 個 T/R Set。
- (4) 兩組外殼，每組最少 6 個電場 (Field)。
- (5) 最小比收集面積 (SCA)：140m²/am³-s。
- (6) MCR 時 ESP 內最大煙氣流速：1.37m/s。
- (7) 最小長/高比 (Aspect Ratio)：1.8。
- (8) 最大集塵板高度：15.24 米。
- (9) 集塵板間距：400mm。
- (10) 最小灰斗容量：12 小時。
- (11) 外殼 (Casing) 最大寬度：24.1 米。
- (12) 外殼 (Casing) 最大長度：46.8 米。
- (13) 最大壓力損失：400pa。

三、靜電集塵器設備詳細規範要求項目：

(一) 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。

(二) 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。

(三) 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。

(四) 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。

(五) 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。

(六) 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。

(七) 鑰匙連鎖系統。

(八) 灰斗結構、灰位監視警報指示。

(九) 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):

如煙氣分配、接線和加熱器絕緣等測試。

4. 效率試驗 (Performance Test):

如效率、消耗功率、壓力降等。

(十) 保證與保證值。

伍、靜電集塵器 (ESP) 的組裝

多年來政府倡導國產化政策，盡力扶植國內工業，目前國內機械工業水準已相當高，故靜電集塵器規範書指定，靜電集塵器部份機械必須在國內製造，如：鋼架、外殼、灰斗、排氣扇、風道、軌道與吊車、隔熱包層 (Lagging) 等等。其他比較重要的設備，如：T/R Set、放電極、絕緣礙子、微電腦控制系統、PLC、膨脹接頭、灰位探測器、不透光率計等等，則限定採用外貨。

一、機械設備的組裝流程：

(一) 基礎螺栓安裝。

檢查基礎螺栓之距離、對角線距離、水平等等。

(二) 鋼架墊片 (Foundation Pad) 安裝。

檢查鋼架墊片之距離、對角線距離、水平等等。

(三) 支持結構安裝。

檢查支持結構之距離、對角線距離、水平等等。

(四) 外殼 (Casing) 組合。

邊牆 (Side Frame)、進出口噴嘴 (Nozzle)、灰斗、熱頂 (Hot Roof)、頂樓 (Penthouse) 端牆及頂樓頂板等。

(五) 本體設備安裝。

邊牆之平台 (Platform)、反潛逸擋板 (Anti-Sneakage Baffle); 端牆之第二及第三多孔板 (Perf. Plate)、砧樑 (Anvil Beam); 進出口底牆、中間頂梁、底部支持擋板、支撐拉桿 (Sway Brace)、進口噴嘴第一多孔板、出口噴嘴、灰斗及灰斗擋板、D.E.穩定框 (Steadying Frame); 檢查外殼對角線距離、垂直等。

(六) 集塵板安裝。

檢查集塵極 (C.E.) 頂部間隔、集塵極 (C.E.) 底部間隔、集塵板砧樑等。

(七) 放電極 (D.E.) 安裝。

安裝放電極支持框、吊框。

(八) 熱頂 (Hot Roof) 安裝。

安裝熱頂平板、支持套管襯墊、熱頂蓋板、敲擊器接頭 (Nipple) 等; 檢查 D.E. 以及 C.E. 頂部間隔、檢查 D.E. 以及 C.E. 底部間隔、檢查 D.E. 以及 C.E. 煙氣流向頂部間隔、檢查 D.E. 以及 C.E. 煙

氣流向底部間隔等等。

(九) 頂樓 (Penthouse) 端牆安裝。

安裝敲擊器桿、陶瓷軸等。

(十) 頂樓板 (Penthouse Roof) 安裝。

搭架、安裝人孔。

(十一) 設備安裝。

安裝變壓整流器、敲擊器、灰位探測器、灰斗加熱器等設備。

(十二) 屋頂 (Weather Enclosure) 安裝。

(十三) 空氣洩漏測試。

(十四) 空氣線測試。

(十五) ESP 保溫棉鋪設。

(十六) ESP 空氣流量平衡。

(十七) ESP 效率測試。

二、ESP 絕緣隔熱 (Insulation) 設備的組裝流程：

(一) 鷹架搭設。

目視檢查鷹架之穩定性。

(二) 保溫棉固定架及排水管安裝。

目視檢查固定架之焊接及間隔。

(三) 保溫棉固定網 (Wire Mesh) 及絕緣釘安裝。

(四) 保溫棉鋪設。

(五) 外殼鐵皮安裝。

(六) 排水管及排氣扇安裝、轉角加工處理。

(七) 防水密封處理。

(八) 最後檢查、鷹架拆除。

(九) 完工。

三、電氣及儀控電腦設備組裝：

(一) ESP 控制系統控制盤組裝：

1. T-R 控制箱組：每一 T-R 控制箱組由 16 個獨立 T-R 控制箱、1 個電源箱及 1 個輔助箱組成 (Casing A & B 各有一 T-R 控制箱組)。

2. 電源分配盤 (Casing A & B 共用)。

- 3.分析器盤 (Casing A & B 共用)。
 - 4.PLC 盤 , 2 盤 (Casing A & B 共用)。
 - 5.敲擊器控制盤 , 4 盤 (Casing A & B 各用 2 盤)。
 - 6.MCC 盤 , 2 盤 (Casing A & B 各用 1 盤)。
- (二) 現場控制箱 :
- 1.灰斗加熱器電源分配箱 , 64 箱 (Casing A & B 各用 32 箱)。
 - 2.灰斗灰位警報箱 , 4 箱 (Casing A & B 各用 2 箱)。
 - 3.敲擊器電源分配箱 , 4 箱 (Casing A & B 各用 2 箱)。
 - 4.清掃風扇及加熱器控制箱 , 2 箱 (Casing A & B 各用 1 箱)。
 - 5.電磁包封 (Solenoid Enclose) 箱 , 2 箱 (Casing A & B 各用 1 箱)。
 - 6.灰斗加熱器溫度控制箱 , 4 箱 (Casing A & B 各用 2 箱)。
- (三) 操作台 (裝於 EP/Ash 控制室) , (Casing A & B 共用)。
- (四) 工作站裝備 (裝於主控制室) , (Casing A & B 共用)。
- (五) 不透光率計和 SO₂ 分析器 , 4 套 (Casing A & B 各用 2 套)。
- (六) 灰斗灰位偵測器 , 64 只 (Casing A & B 各用 32 只)。
- (七) 灰斗加熱器 , 64 組 (Casing A & B 各用 32 組)。
- (八) 電纜托架、導線管及固定支持架等。

陸、靜電集塵器 (ESP) 主要設備概述

一、機械設備 :

(一) 外殼 (Casing) :

- 1.數量 : 每部機 2 只。
- 2.材質/厚度 , mm : A242 Corten/6。

- 3.設計壓力，kpa： ± 9.71 。
 - 4.體積（每一 Casing），長/寬/高，m： $42.43/24.04/19.37$ 。
 - 5.每一外殼箱（Chamber）數：2。
 - 6.每一箱（Chamber）電場（Cell）數：8。
 - 7.每一外殼匯流排數：32。
 - 8.每一外殼電場數/電場長度，m： $16/4.45$ 。
- （二）灰斗：
- 1.數量：每部機 64 只。
 - 2.材質/厚度，mm：A242 /6。
 - 3.灰斗出口凸緣尺寸，mm/ANSI PN class：
 $\Phi 300/20$ 。
 - 4.灰斗壁傾斜角（Valley Angles），degree：55。
 - 5.煙氣流向之灰斗數：8。
 - 6.灰斗儲存容量，每只/全部， m^3 ： $50.16/3210$ 。
 - 7.預期滿載時每只灰斗集灰量， m^3/h ：
 - （1）第一排：17.672。
 - （2）第二排：7.784。
 - （3）第三排：3.400。
 - （4）第四排：1.512。
 - （5）第五排：0.664。
 - （6）第六排：0.288。
 - （7）第七排：0.128。
 - （8）第八排：0.056。
- （三）入口煙氣分配裝置：
- 1.材質/厚度，mm：A242 /3.2。
 - 2.型式：多孔板（Perforated Plates）。
 - 3.每一外殼數量：6。
 - 4.每一外殼分配裝置敲擊器之數量：6。
 - （1）敲擊器製造廠/型式：K.C./MIGITM。
 - （2）操作方式：電磁落錘（Drop Hammer）。
 - （3）裝置位置：入口噴嘴上方。

(4) 最少加速度率，g：100g。

(5) 敲擊週期調整：可程式。

(四) 出口煙氣分配裝置：

1. 材質/厚度，mm：A242 /3.2。

2. 型式：多孔板 (Perforated Plates)。

3. 每一外殼數量：2。

(五) 膨脹接頭：

1. 每一外殼膨脹接頭數量：4。

2. 製造廠：Korea Cottrell。

3. 材質，ASTM：編織玻璃纖維內襯。

(六) 集塵板：

1. 每一外殼煙氣通道 (Gas Passage) 數：58。

2. 集塵板與集塵板間距離 mm：400。

3. 集塵板材質/厚度，mm：JIS G3125/1.6。

4. 形狀：G-Opzel。

5. 每一外殼集塵板有效長度，m：35.6。

6. 集塵板有效高度，m：14.88。

7. 每一集塵板之 W×H：2.225m×14.88m。

8. 集塵板的支撐及固定法：頂部懸吊，底部導正。

9. 每一外殼集塵板總集塵面積，m²：61448。

10. 每一外殼集塵板總數：960。

(七) 集塵板敲擊器：

1. 製造廠/型式：Korea Cottrell/MIGI™。

2. 每一外殼總敲擊器數目：256 (磁衝動式)。

3. 敲擊器驅動器 (Driver) 裝置位置：頂樓頂。

4. 敲擊器運轉頻率，r/min：可調整 (1 秒至 100 小時)。

5. 敲擊器加速度率，g：100g 最大 150g。

6. 最大加速度率連續敲擊時間：最少 5 年。

7. 距離 1524mm 時，最大噪音，dB：75。

8. 每一敲擊器敲擊的集塵板面積，m²：240 (平均)。

9. 每一外殼任一瞬間敲擊器敲擊的集塵板面積，m² /

- 佔全部集塵板面積之百分比：265/0.43。
- 10.裝置位置：頂樓，垂直安裝。
- (八)放電極：
- 1.放電極材質/厚度，mm：JIS G3125/1.2。
 - 2.形狀：Dura-TrodeTM。
 - 3.每一外殼總放電極有效長度，m：57833。
 - 4.每一外殼總放電極數目：3712。
 - 5.煙氣流向放電極之間距，mm：約 524。
 - 6.每一外殼放電極之高度，m：15.58。
 - 7.每一 T-R set 總放電極有效長度，m：3615。
 - 8.放電極的支撐及固定法：頂部懸吊，底部導正。
 - 9.每一外殼每一電場匯流排數：
 - (1)場一：2。
 - (2)場二：2。
 - (3)場三：2。
 - (4)場四：2。
 - (5)場五：2。
 - (6)場六：2。
 - (7)場七：2。
 - (8)場八：2。
 - 10.絕緣礙子數目，每一匯流排/外殼：4/128。
 - 11.絕緣礙子材質：陶瓷。
- (九)放電極敲擊器：
- 1.製造廠/型式：Korea Cottrell/MIGITM。
 - 2.每一外殼總敲擊器數目：128。
 - 3.敲擊器驅動器裝置位置：頂樓頂，垂直安裝。
 - 4.敲擊器運轉頻率，r/min：可調整（1秒至100小時）。
 - 5.敲擊器加速度率，g：100g最大150g。
 - 6.最大加速度率連續敲擊時間：最少5年。
 - 7.距離1524mm時，最大噪音，dB：75。
 - 8.每一敲擊器敲擊的放電極數目：20。

- 9.每一敲擊器敲擊的放電極總長度，m：451.8。
- 10.每一外殼任一瞬間敲擊器敲擊的最大放電極有效長度，m/全部放電極長度之百分比：
498.6/0.86。

二、電氣設備：

(一) 變壓器：

- 1.製造廠：NWL。
- 2.型式：油浸式。
- 3.設計溫昇， $^{\circ}\text{C}$ ：最高 40°C 。
- 4.每一外殼變壓器數目：16。
- 5.變壓器整流器額定 kV/mA (DC)：72/1000。
- 6.電壓波形：全波。

(二) 整流器 (Rectifier)：

- 1.製造廠/型式：NWL/Silicon Diode。
- 2.設計周溫， $^{\circ}\text{C}$ ： 40°C 。
- 3.設計溫昇， $^{\circ}\text{C}$ ： 40°C 。
- 4.整流器暫態保護：抗高頻。

(三) 整流器控制單元：

- 1.製造廠/型式：CASTLET/Microprocessor。
- 2.電壓控制：閘流體，微處理器。
- 3.裝置位置：ESP/Ash 控制室。
- 4.設計周溫， $^{\circ}\text{C}$ ： 40°C 。
- 5.整流器控制箱：

- (1) 每 1 外殼控制箱數量：16 只。
- (2) 型式：屋內 NEMA-12 型。
- (3) 控制箱內空間加熱器電壓： 220V ac 。
- 6.電弧監視：電弧計數器，微處理器。

(四) 每 1 外殼鑰匙連鎖系統鑰匙數量：

- 1.頂房人孔：4。
- 2.集塵器門：18。
- 3.灰斗人孔：64。
- 4.T/R Set 控制箱：16。

5. 接地開關：16。

6. 鑰匙總數量：118。

(五) 高壓支持絕緣礙子：

每一放電極系統，以兩只或更多只裝於煙氣流通道外之高壓支持絕緣礙子支撐，這些礙子以頂樓 (Penthouse) 保護並用加熱空氣加熱。

高壓支持絕緣礙子的兩種基本功能：

1. 支持放電極系統結構。
2. 做放電極對集塵器接地外殼電氣上的絕緣。

(六) 480V 馬達控制中心 (MCC)：

1. 製造廠：華城電機。
2. 尺寸，mm：15200L×550D×2200H。
3. 匯流排：

(1) 連續電流，A：

馬達和灰斗加熱器：

主迴路：800A。

分路：300A。

T-R Set：

主迴路：1600A。

分路：300A。

(2) 最大瞬間電流 A：

主迴路：2 kA。

分路：2 kA。

(3) 尺寸 (截面積)，mm：

馬達和灰斗加熱器：

主迴路：60×10。

分路：50×5。

T-R Set：

主迴路：80×10。

分路：50×5。

(4) 材質：

主迴路：銅。

- 分路：銅。
- (5) 絕緣等級，kV：
 - 主迴路：2.5。
 - 分路：2.5。
- (6) 匯流排支撐：絕緣礙子。
- (7) 接地匯流排尺寸，mm：
 - 主迴路：50×5。
 - 分路：50×5。
- 4.斷路器：主迴路：MCCB。分路：MCP。
 - (1) 製造廠：ABB。
 - (2) 框架容量 (Frame Size)：
 - 馬達和灰斗加熱器：
 - 主迴路：400AF。
 - 分路：100AF。
 - T-R Set：
 - 主迴路：1600AF。
 - 分路：400 AF。
 - (3) 額定遮斷電流，A：
 - 主迴路：22KA。
 - 分路：22KA。
 - (七) 灰斗加熱器：
 - 1.每 1 外殼加熱器數量：32 Set。
 - 2.型式：屋外型。
 - 3.製造廠：Jeil Electric。
 - 4.每 1 灰斗加熱能力，kW/kJ/h：9.6/34,560。
 - 5.每 1 外殼同一時間最大加熱能力，kW/kJ/h：
 - 307.2/1,105,920。
 - 6.控制箱型式：NEMA4x。
 - 7.加熱器高溫導線型式：Silicon-1000°F 額定。
- 三、儀控電腦設備：
 - (一) CRT 控制系統：
 - 1.製造廠/型號：CASTLET/01080。

2. PC 工作站型式：Pentium 3/933M Hz。
3. 邏輯控制箱數量：一部機 2 箱。
4. CRT 操作檯和邏輯控制箱功率消耗：5KVA
0.9p.f.。
5. 控制箱尺寸：
 - (1) 邏輯控制箱：1600W×2235H×700D。
 - (2) CRT 操作檯：1220W×800H×750D。
 - (3) 分析盤：600W×2250H×400D。
 - (4) T-R Set 控制盤：600W×2325H×600D。
6. CRT 控制系統特色：
 - (1) 單螢幕可顯示 ESP 運轉情形，包括：
 - a. 鍋爐負載。
 - b. ESP 設備用電量。
 - c. 排放煙氣的不透光率。
 - d. ESP 各種警報狀態。
 - (2) ESP 的遙控功能，包括：
 - a. T/R 功率設定。
 - b. 敲擊器運轉模式設定。
 - c. 灰斗及其輔助設備之運轉。
 - (3) 現場控制 ESP 的閉鎖能力。
 - (4) 顯示監視下列運轉狀態：
 - a. 全部 T-R Set 運轉狀態。
 - b. 全部敲擊系統運轉狀態。
 - c. 全部風扇運轉狀態。
 - d. 每台 T-R Set 一次側電壓電流。
 - e. 每台 T-R Set 二次側電壓 kv、電流 ma。
 - f. 每只灰斗灰位、溫度警報。
 - g. 每只灰斗加熱器運轉狀態。
 - h. 煙氣的不透光率和灰塵濃度。
 - i. 警報表。
 - j. T-R Set、敲擊器運轉 (L/R) 模式。
 - k. 機組負載。

- 1.省煤器出口煙氣 O₂。
- m.ESP 出口煙氣 SO₂。
- n.AH 出口煙氣溫度。
- o.其他必須資訊。

(二) 煙氣不透光率計：

- 1.製造廠/型號：SICK/OMD41。
- 2.功率消耗：20 VA 1.0p.f.。
- 3.重量：
 - (1) 透鏡頭單元：11.8 kg。
 - (2) 反射鏡單元：10.4 kg。
- 4.冷卻風扇：460V，1.0A，450W。

(三) 灰位開關：

- 1.每 1 外殼灰位開關數量：32。
- 2.製造廠/型號：HITROL/RF Series。

柒、靜電集塵器 (ESP) 的運轉

鍋爐煙氣排放是否符合環保規定？往往受靜電集塵器效率的左右，尤其在煤質、運轉條件無法改變下，想使煙氣排放符合環保規定只有藉助靜電集塵器功能的發揮了；此時靜電集塵器之妥善運轉顯得更為重要。

一、靜電集塵器之運轉說明：

靜電集塵器 (ESP) 送電後，電壓通常必須盡可能提高，以維持 ESP 的高效率。

懸浮灰塵受電場作用力之移動速度，與電場強度的平方成正比，因此 ESP 應在穩定的高電壓下運轉，此電壓則必須比引起間歇性閃絡的電壓稍低。

台中九、十號機的 ESP，其放電極連接至負極，可連續產生穩定的電暈放電，並獲得足夠的高電壓來集塵。

經長期停機或內部檢修後之初次起動運轉

，必需依下列各表做起動前之檢查：

(一) ESP 機械部份之檢查要項 (表 1)：

1. 確認無任何東西遺留在 ESP 內。
2. 極板、極線無灰塵附著。
3. 絕緣礙子無破損且擦拭乾淨，並清除其周圍任何有害物。
4. 集塵極無任何彎曲變形或鬆動，極板間之間距檢查正常。
5. 放電極無任何彎曲變形或鬆動，各電極之間距檢查正常。
6. 灰斗出灰乾淨。
7. 檢查所有人孔緊閉無空氣洩漏。

(二) ESP 電氣部份之檢查要項 (表 2)：

1. 確認無工作人員在 ESP 內，人孔已關閉。
2. 確認接地接線鎖緊正常。
3. 所有電氣絕緣礙子均擦拭乾淨且乾燥。
4. 檢查電氣線路均正常，尤其震動區域之接線端子。
5. 灰斗與礙子加熱器已送電，並運轉正常。
6. 各灰斗灰位開關檢查正常。
7. 檢查敲擊裝置正常：
 - (1) 所有敲擊裝置均運轉正常。
 - (2) D.E. 敲擊器絕緣軸正常。
 - (3) 所有敲擊器連杆無煙氣洩漏。
 - (4) 記錄敲擊裝置的運轉情形。
8. 清掃風扇及加熱器運轉正常。
9. ESP 無任何故障指示。

二、ESP 之起動順序：

- (一) 前述 (一)、(二) 項檢查均已完成並確認正常。
- (二) 關閉人孔：確認 ESP 內部已無工作人員，連鎖鑰匙取出並插在定位。

(三) 打開 T-R Set 接地開關，連鎖鑰匙取出（如接地開關未開啟定位，鑰匙將拔不出）。

(四) ESP 起動：

1. 各 MCC 電源斷路器 ON。
2. 各 MCC 負載斷路器 ON。
3. 礙子清掃加熱用熱風系統 ON (ESP 起動前運轉 2 小時以上，視頂樓內溫度變化情形而調整運轉時間，熱風溫度 70°C 以上)。
4. 起動敲擊系統。
5. 灰斗加熱器 ON，溫度設定 130°C ±10%。
6. 出灰系統起動。
7. T-R Set 加壓起動（先限制一次測電流在最小，逐台起動，不可 16 台 T-R Set 同時起動，以免 1600A 斷路器過載）。
8. 敲擊系統敲擊時間設定在最佳狀態。
9. T-R Set 置於自動控制狀態。

三、ESP 之停止順序：

* 原則上與起動順序相反；停用之條件必須鍋爐已停機且已無煙氣流過。

- (一) 鍋爐停機。
- (二) T-R Set OFF (依序停止各 T-R Set)。
- (三) 灰斗加熱器 OFF (灰斗已出灰乾淨才停用)。
- (四) 敲擊系統 OFF (敲擊系統繼續運轉至少 2 小時以上)。
- (五) 出灰系統 OFF (出灰系統繼續運轉至少 2 小時以上，直到灰斗飛灰已出清)。
- (六) 礙子清掃加熱用熱風系統 OFF (繼續運轉至少 96 小時以上才停用)。

四、ESP 之運轉監視：

為使靜電集塵器的效率達到最高，發揮靜電集塵器應有功能，運轉中各設備的狀況、數據等，均要監視，並且隨時修正調整。

- (一) ESP 之荷電狀態：T-R Set 之電壓電流、有無火花、電壓有無異常降低、電流有無異常增加。
- (二) 敲擊裝置之運轉狀況：敲擊裝置有否正常運轉，集、放電極之敲擊週期是否在最理想狀況？
- (三) 煙氣排放情形：灰塵濃度、不透光率等等。
- (四) 礙子加熱系統（加熱器及風扇）運轉情形。
- (五) 灰斗加熱器運轉情形。
- (六) 出灰系統運轉情形。

捌、靜電集塵器（ESP）的維護

要使 ESP 有效率且可靠的運轉，過去的運轉資料和紀錄很重要；適當的詮釋運轉紀錄和操作參數，將有助於 ESP 可靠度和性能的提昇。

預防保養工作是維持可靠的 ESP 性能的關鍵，廠家推薦的預防保養步驟包括：每日、每週、每月、每季、每半年、每一年及有異常情形時。

一、每日：

- * 記錄電氣設備運轉讀數。
- * 核查電廠運轉資料（鍋爐負載、 O_2 含量）。
- * T/R 運轉記錄（溫度、電壓、電流）。
- * 敲擊器控制箱運轉狀況檢查（ERROR、FAULT、TRIP 等）。
- * 核查灰斗和出灰系統的運轉情形，確保灰斗不積灰且出灰順利。
- * 檢查 ESP 控制室排氣散熱系統。
- * 比較表計讀數，判斷有無誤差，以免有異常而被忽略。

二、每週：

- * 檢查清潔空氣濾網。
- * 檢查控制組內部。
- * 核查敲擊系統運轉情形（敲擊強度、敲擊週期等）。

- * 目視檢查 T/R 和 敲擊器控制盤內部。
- * 檢查邊牆人孔，確認墊片在正常位置，人孔門緊密閉合無洩漏。

三、每月：

- * 檢查備用清掃加熱用風扇運轉情形。
- * 檢查灰斗加熱器運轉情形。
- * 檢查灰斗灰位警報器運轉情形。
- * 檢查出灰系統空氣洩漏情形。

四、每季：

- * 檢查並校準傳送表計。
- * 檢查敲擊系統的接觸子（是否清潔、運轉情形是否正常？）。

五、每半年：

- * 清潔並潤滑通道人孔的旋轉螺栓和鉸鏈。
- * 清潔並潤滑連鎖鑰匙及鑰匙蓋。
- * 清潔並潤滑測試用連接線。
- * 檢查各設備外部有無劣化、異常震動、異常噪音、洩漏等。
- * 檢查變壓器整流器油溫。

六、每一年：

- * 檢查風道內部。
- * 清潔頂樓及全部電氣絕緣礙子表面。
- * 檢測並清潔所有接觸子，檢查所有電氣連接線是否鎖緊。
- * 清潔並檢查所有連接風道的襯墊，檢查並調整切換開關的動作，檢查並鎖緊敲擊器絕緣連桿。

七、有異常時停機期間的維護：

- * 記錄停機時以及停機前之空氣流量及煙氣流量讀數，停機超過 72 小時時，清潔並檢查內部控制設備。
- * 停機超過 5 天時，清潔並檢查所有內部礙

子套管等。

- * 停機超過 72 小時時，檢查所有接地設備的狀況。
- * 每次停機時，修護所有短路的故障。
- * 每次停機時，核查所有警報、連鎖和所有其他保安裝置。
- * 每次停機時，核查所有集塵板敲擊器連桿有無龜裂鬆弛等等。

八、需要記錄的 ESP 入口運轉情形：

ESP 的入口和內部運轉情形，可精確的判斷出 ESP 的出口情形，下列為重要的 ESP 入口情形：

- * 煙氣的流量、流速和煙氣的一致性。
- * 煙氣的溫度。
- * 煙氣的溼度。
- * 燃料的型式和等級。
- * 灰塵濃度。
- * 灰塵的大小分類、感受度和其他特性。
- * 灰塵的含碳量和其他鍋爐運轉狀況。

九、需要記錄的 ESP 內部運轉情形：

下列資料可做為 ESP 內部運轉情形的記錄：

- * 用電量讀數。
- * 電壓-電流曲線和波型資料。
- * 出灰系統的運轉情形。
- * ESP 內部檢查報告。
- * 更換配件的記錄。

十、變壓器-整流器控制表計的讀數：

記錄變壓器-整流器控制表計的讀數，從各種偏差的表計讀數，能判斷出可能代表某些必須核對的問題，下列異常的表計讀數，可能代表某些故障的徵兆：

- * T/R 電壓異常低、電流較正常值高；灰斗喉部冷：

- ※灰斗可能堵塞。
- * T/R 電壓表讀數 0、電流表讀數高；灰斗喉部熱：
- ※絕緣礙子間可能短路。
- * T/R 表計讀數有節奏的擺動：
- ※反擺動（Anti-Swing）裝置可能斷裂。
- * T/R 電壓表讀數異常低、匯流排導管內有異聲：
- ※高壓匯流排導管內之絕緣礙子或支持礙子可能故障。
- * T/R 電壓表、電流表讀數低：
- ※灰斗灰位高，碰觸集塵板。
- * T/R 電壓表讀數高、電流表讀數低：
- ※灰斗灰位高，碰觸放電極或燃氣溫度高於額定。

註：1.*表徵兆；※表原因。

2.必須每日比較表計讀數，如忽略表計讀數的偏差，可能導致上述的問題。

十一、內部設備檢查資料：

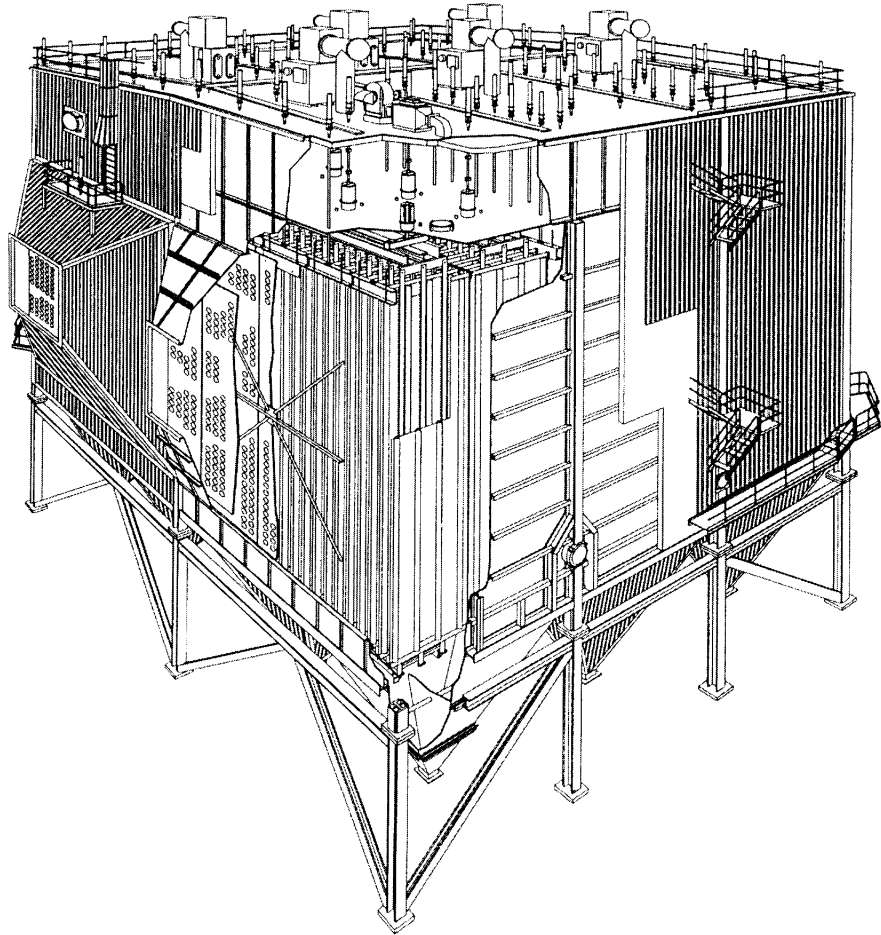
如停機時間足夠長，必須檢查 ESP 內部，內部檢查的主要項目包括：

- * 集塵板及放電極上積存微粒的數量。
- * 集塵板間的校直。
- * 放電極的彎曲和變形。
- * 集塵板的彎曲和變形。
- * 爐渣的型態。
- * 支持礙子和其他絕緣礙子的清潔，並做記號追蹤。
- * 極度清潔和極度骯髒區域與正常區域做比較。

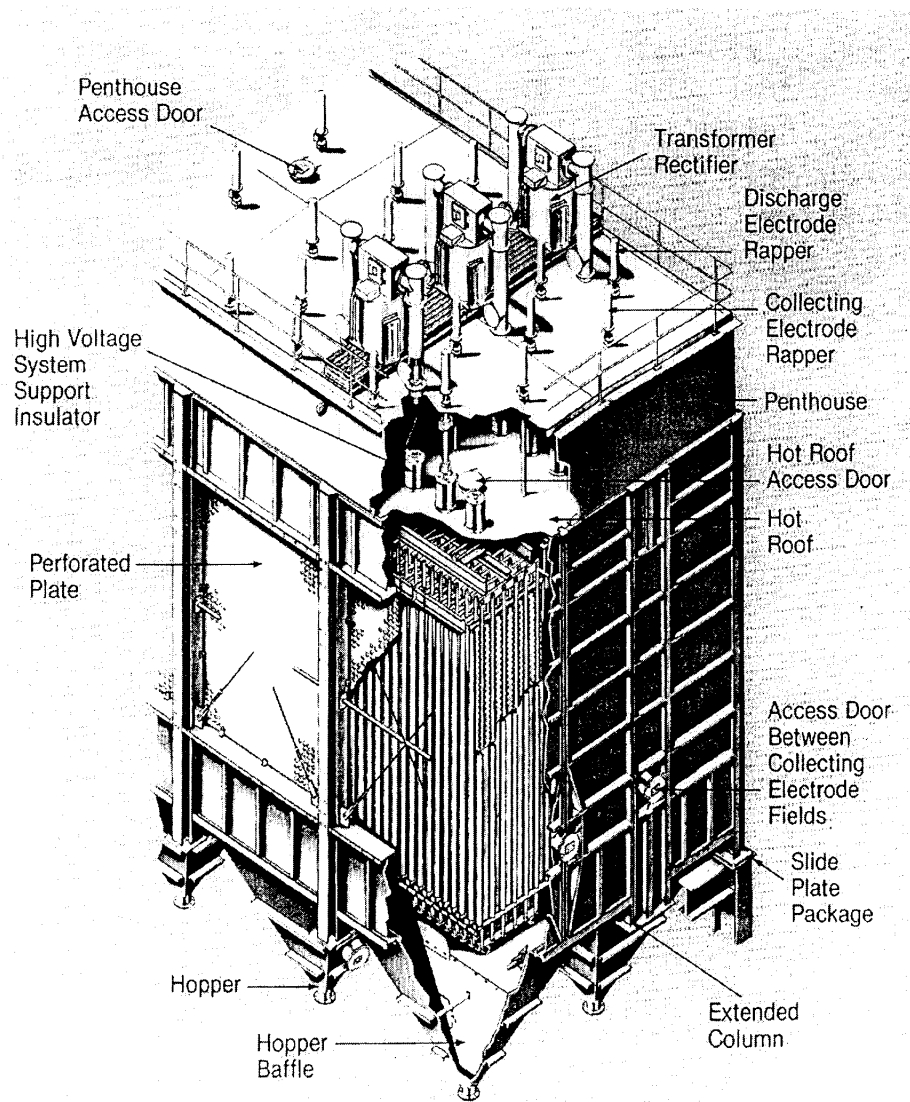
不定期停機時，實施 ESP 內部檢查特別重要，尤其當 ESP 局部地區電氣性能已不佳時。

玖、附圖（照片）

一、靜電集塵器：

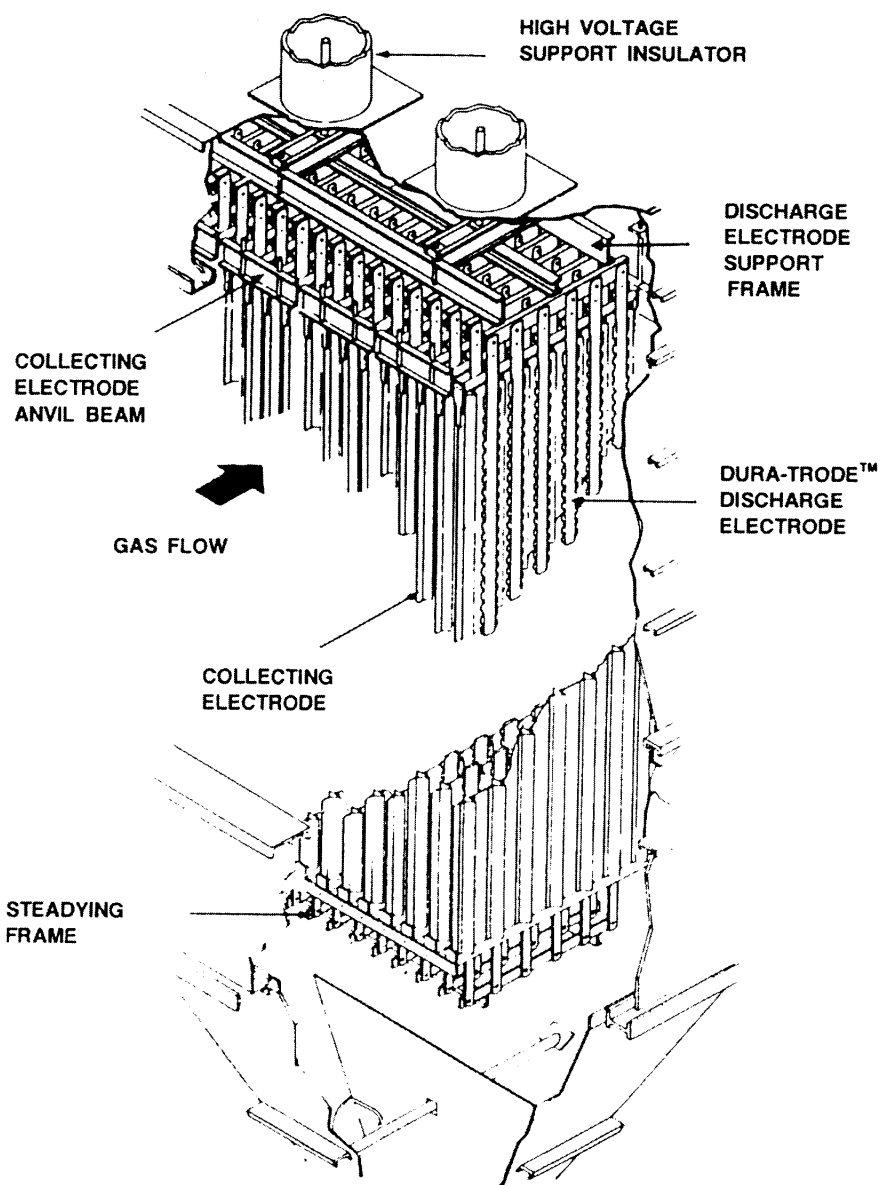


二、靜電集塵器各部份名稱：

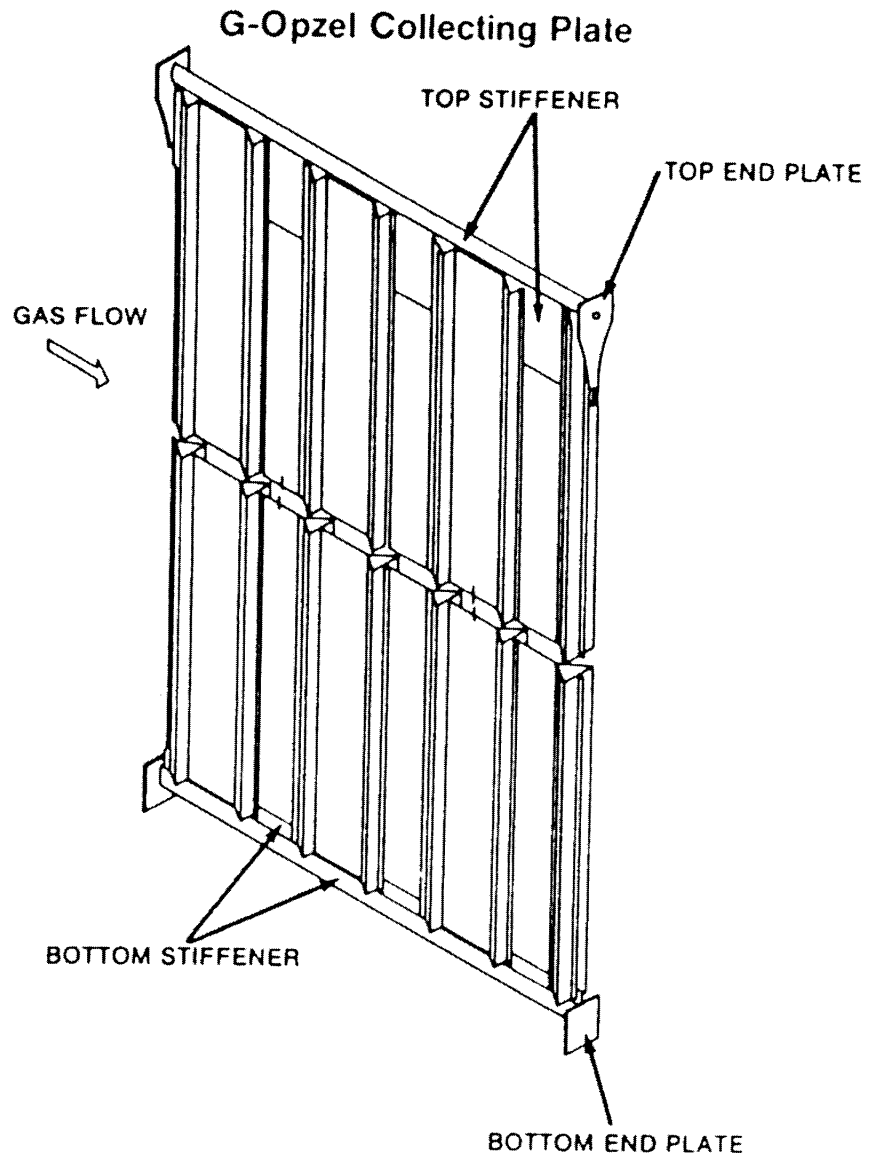


三、放電極和集塵極的排列：

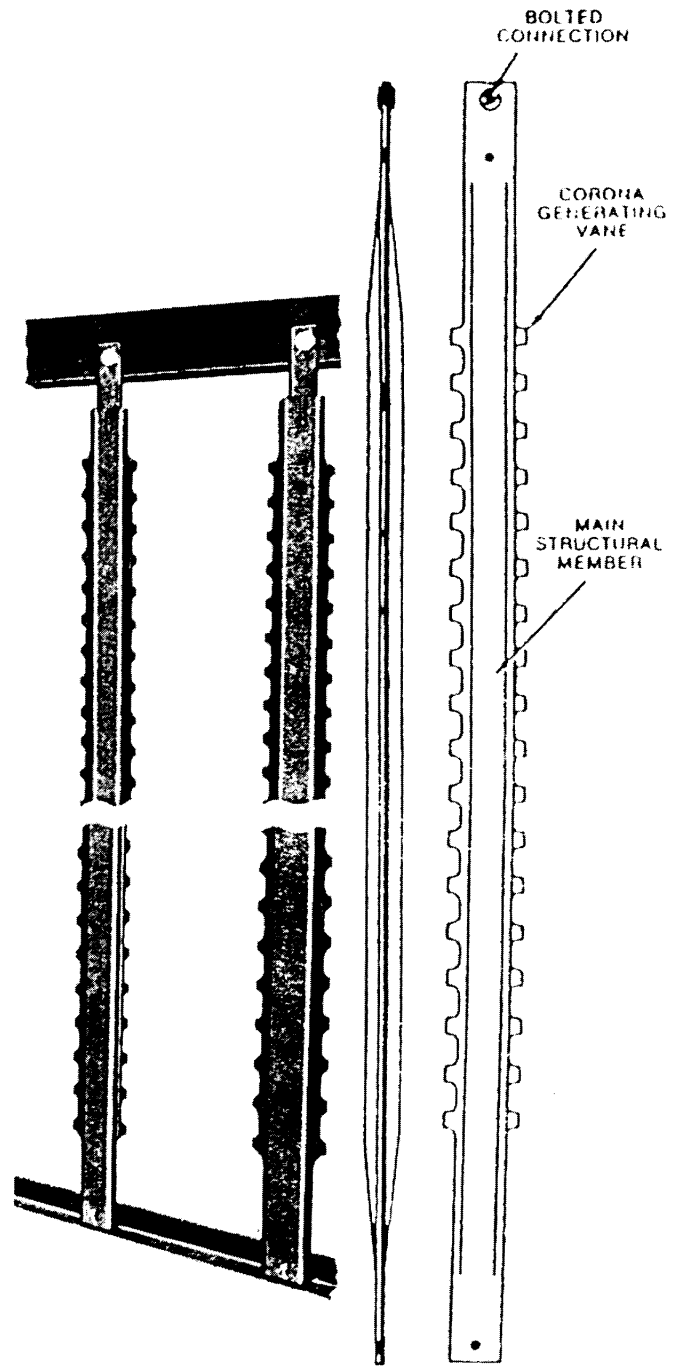
Dura-Trode™ Precipitator



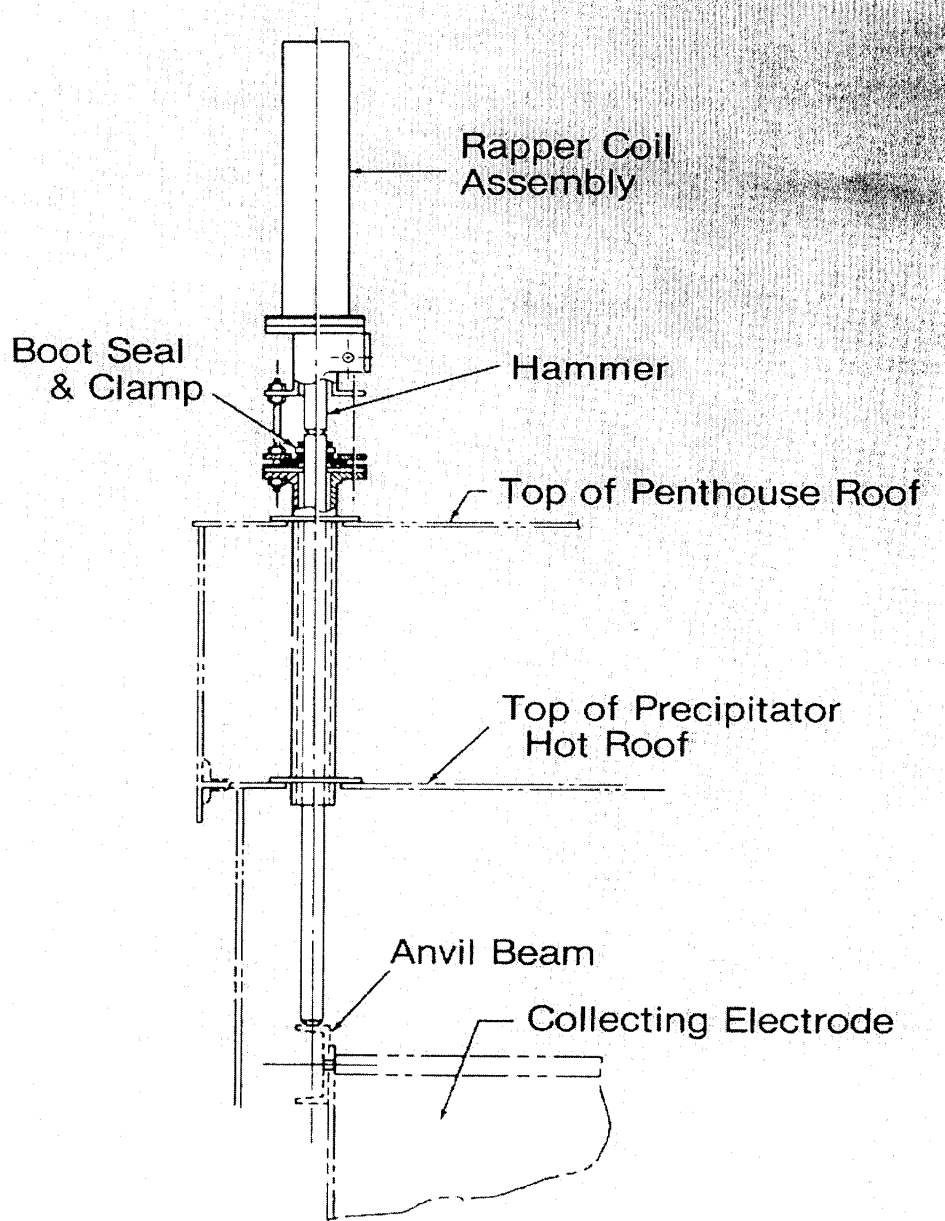
四、集塵板：



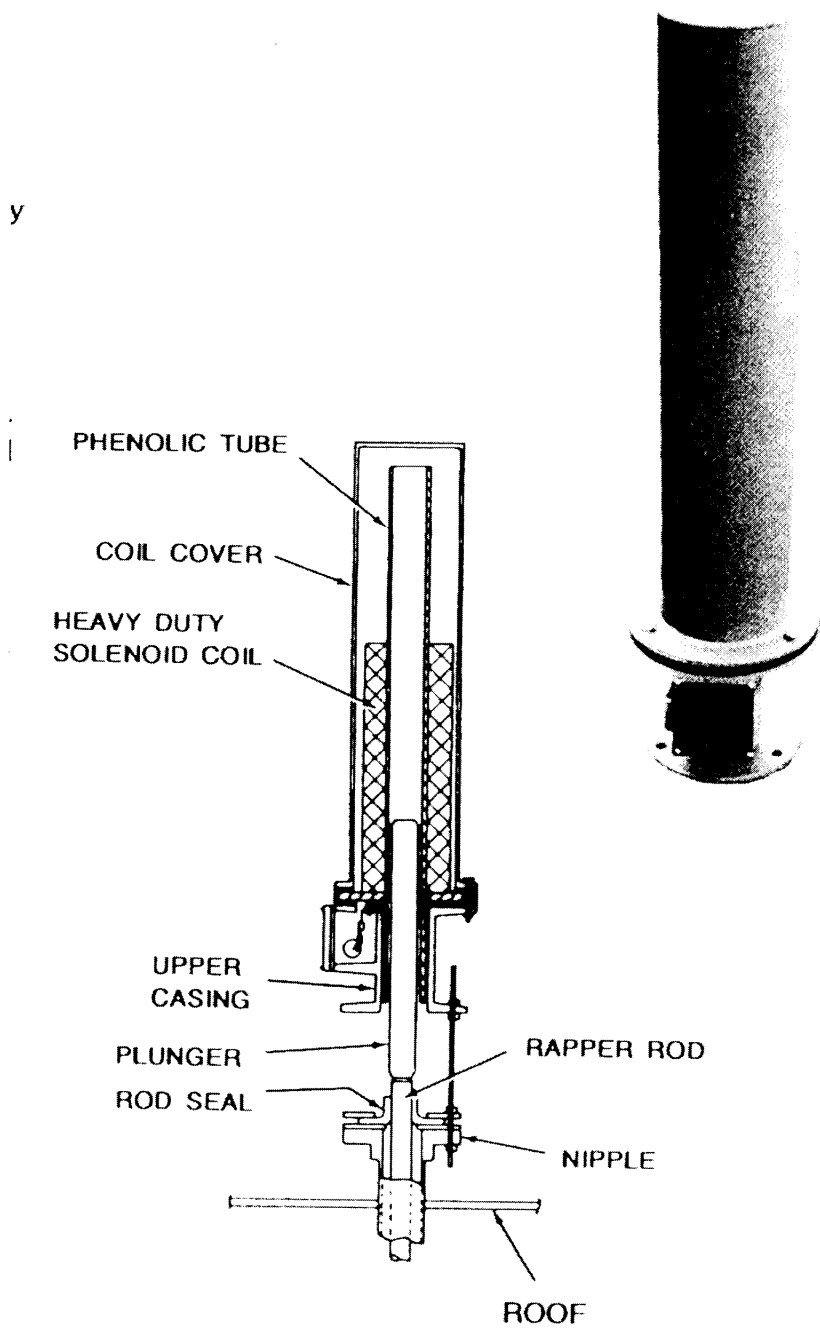
五、放電極：



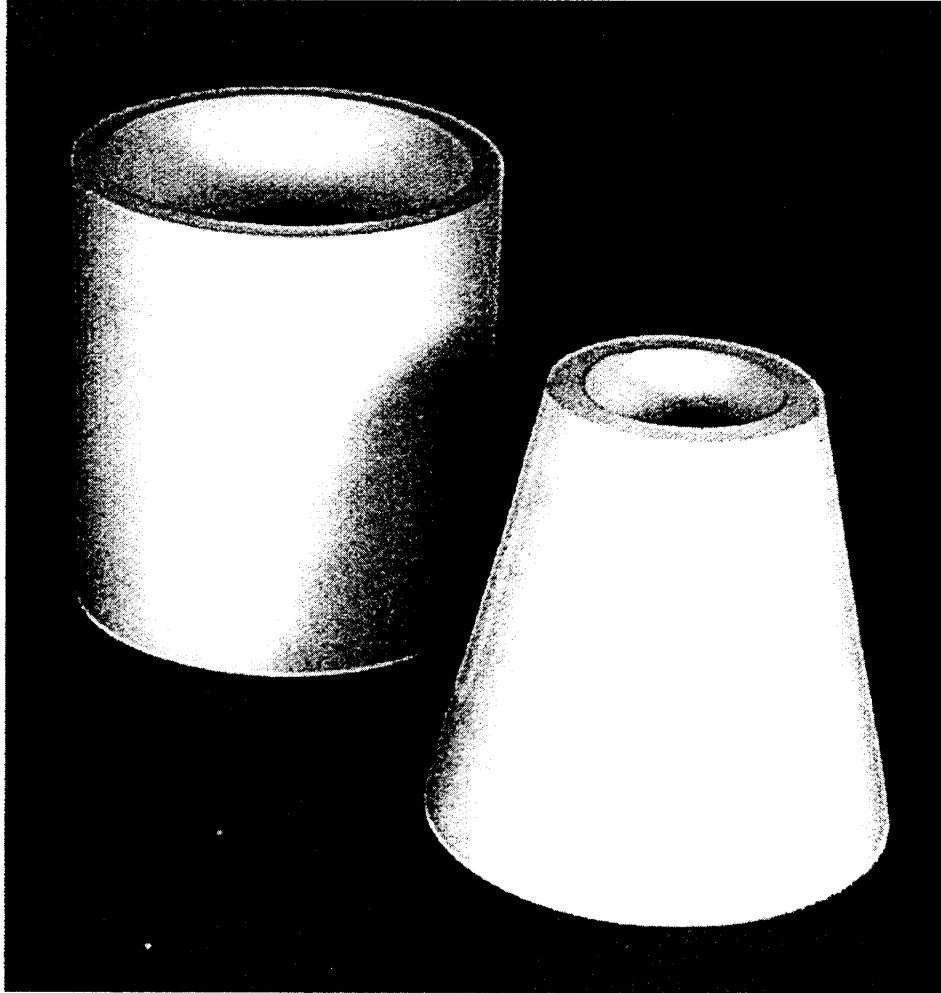
六、MIGI™ 敲擊器組裝圖：



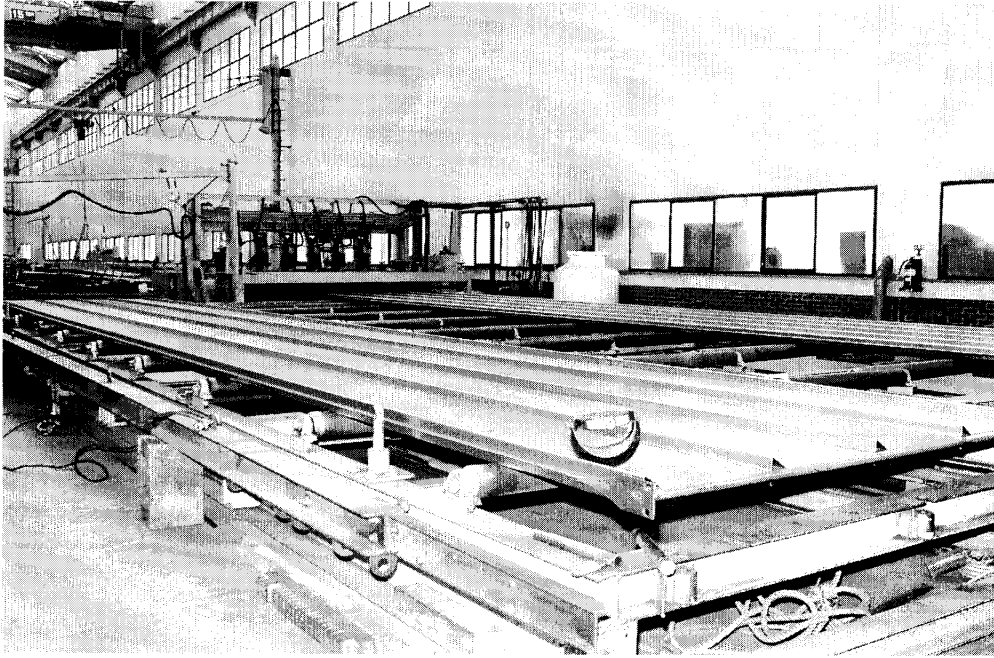
七、裝於頂樓部份的敲擊器組裝圖：



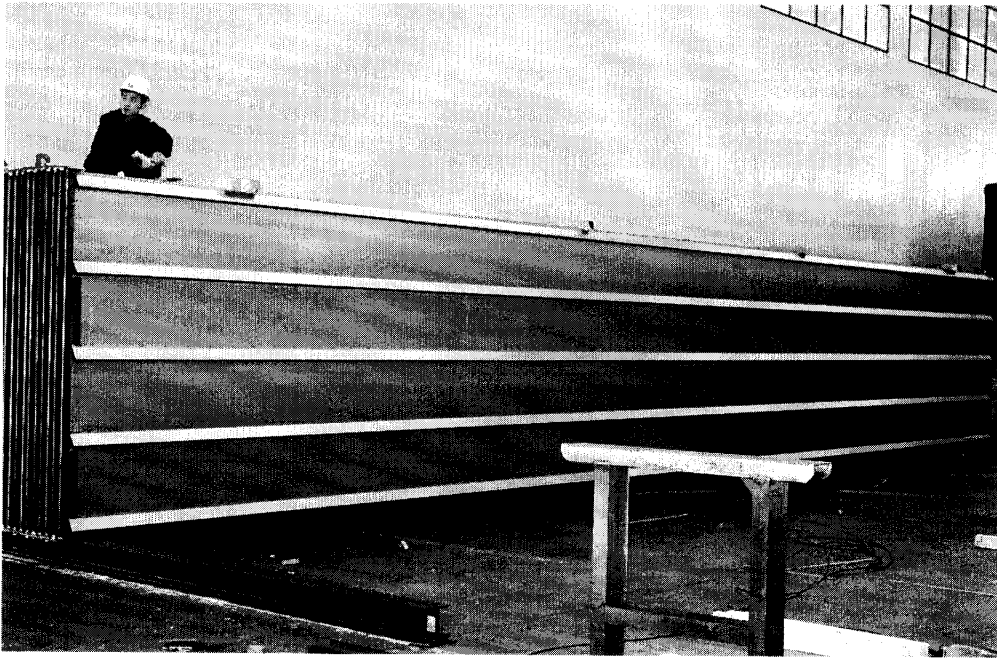
八、高壓支持絕緣礙子：



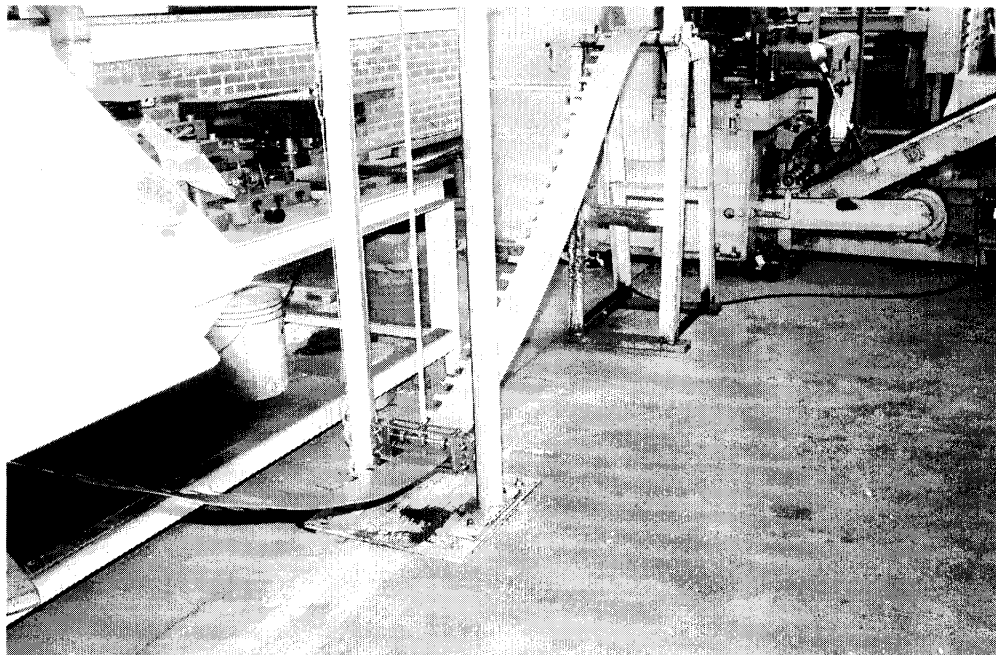
九、集塵板在工場製作情形（之 1）：



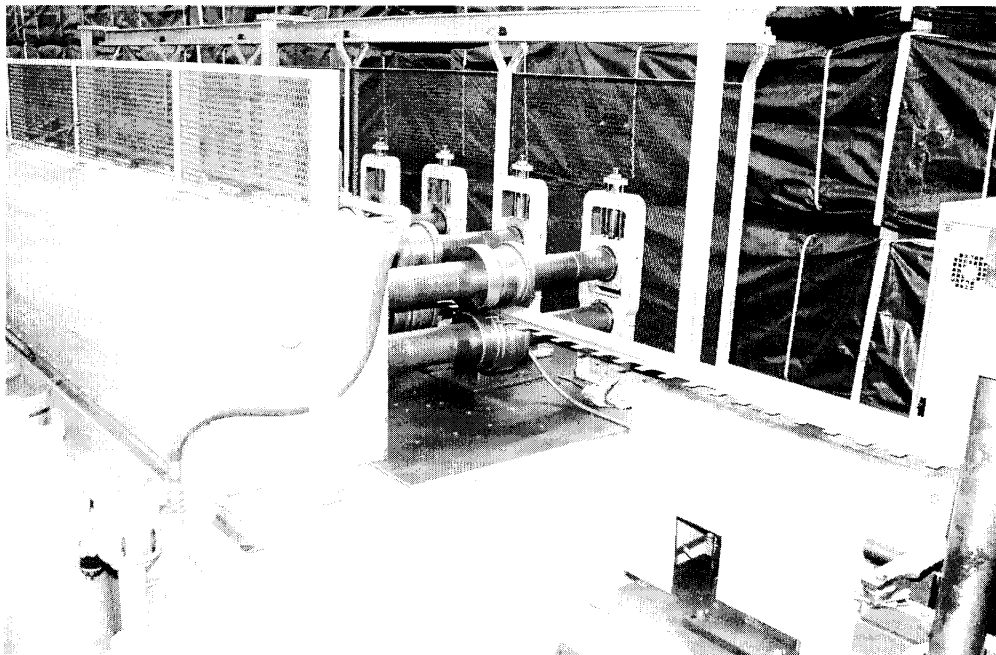
十、集塵板在工場製作情形（之 2）：



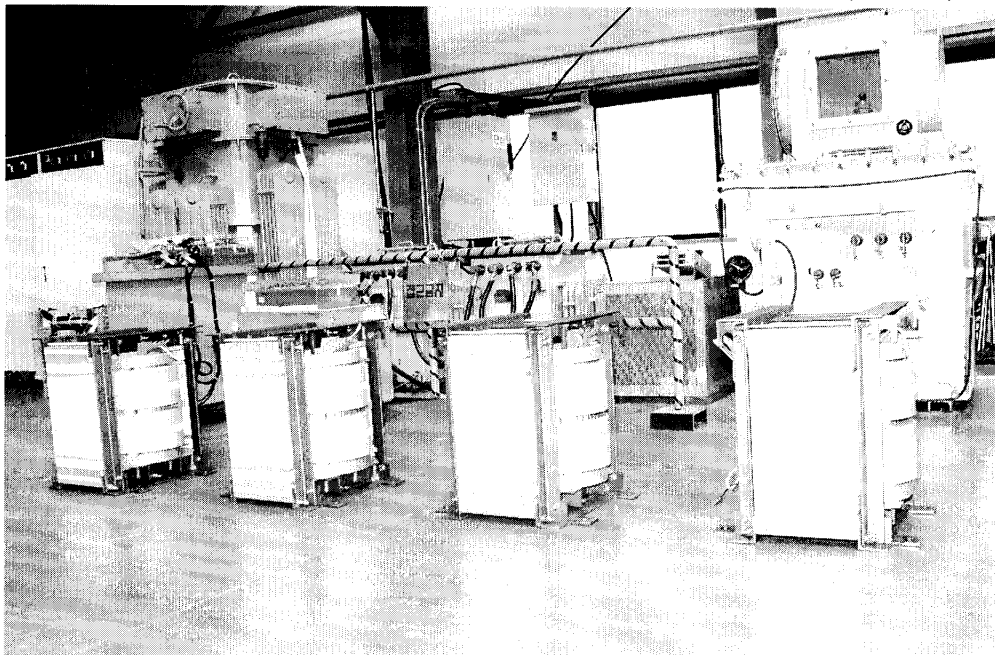
十一、放電極在工場製作情形（之1）：



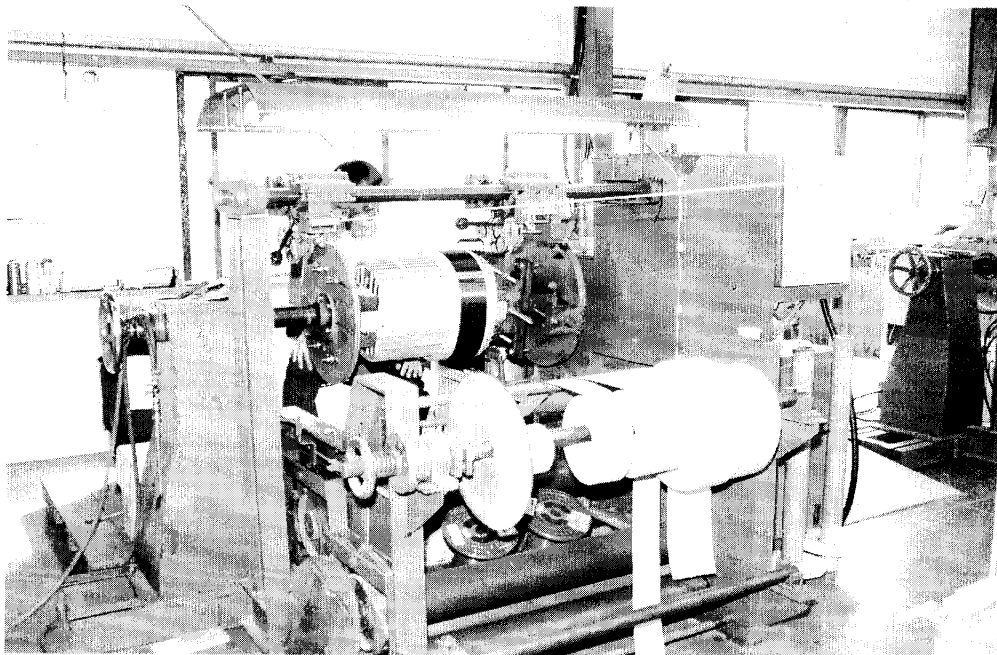
十二、放電極在工場製作情形（之2）：



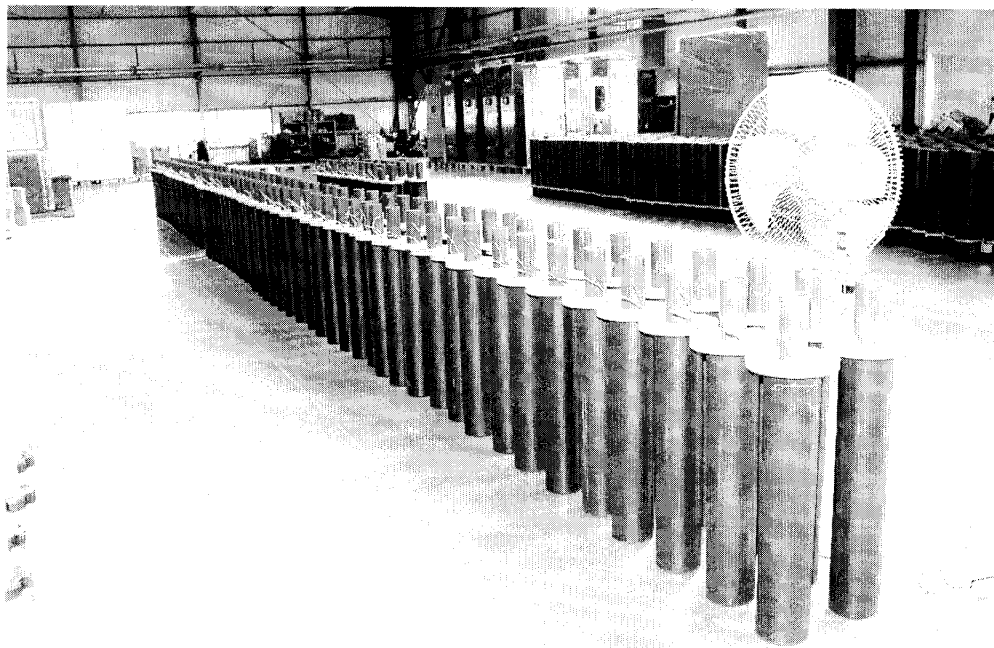
十三、變壓器在工場製作情形，線圈未乾燥（之 1）：



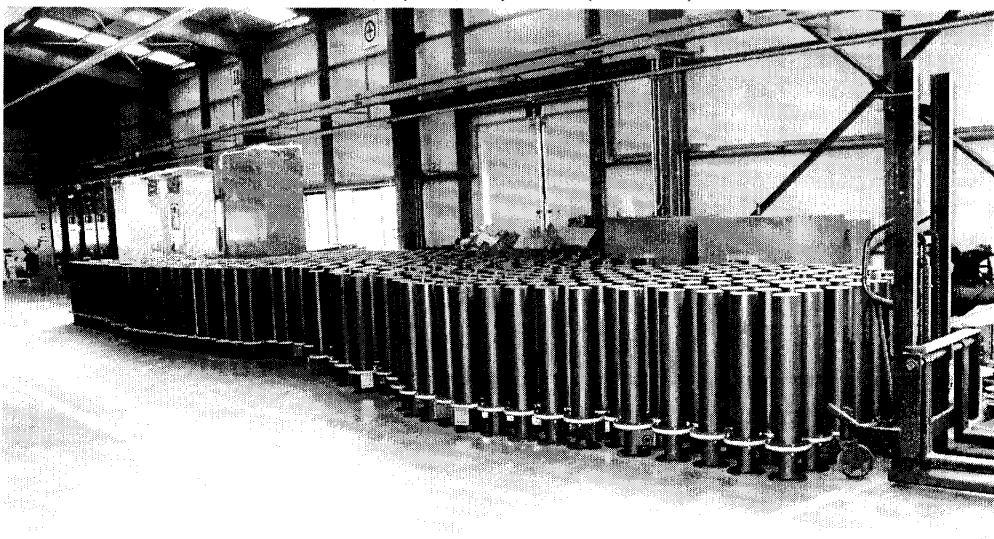
十四、變壓器在工場製作情形，線圈繞線（之 2）：



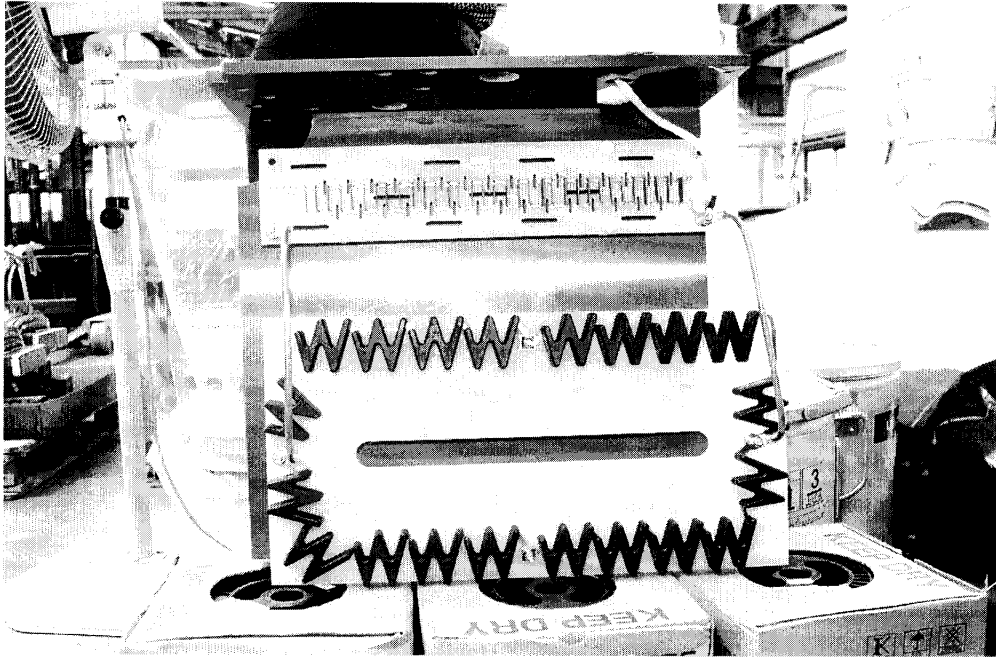
十五、敲擊器在工場製作情形（之1）：



十六、敲擊器在工場製作情形（之2）：



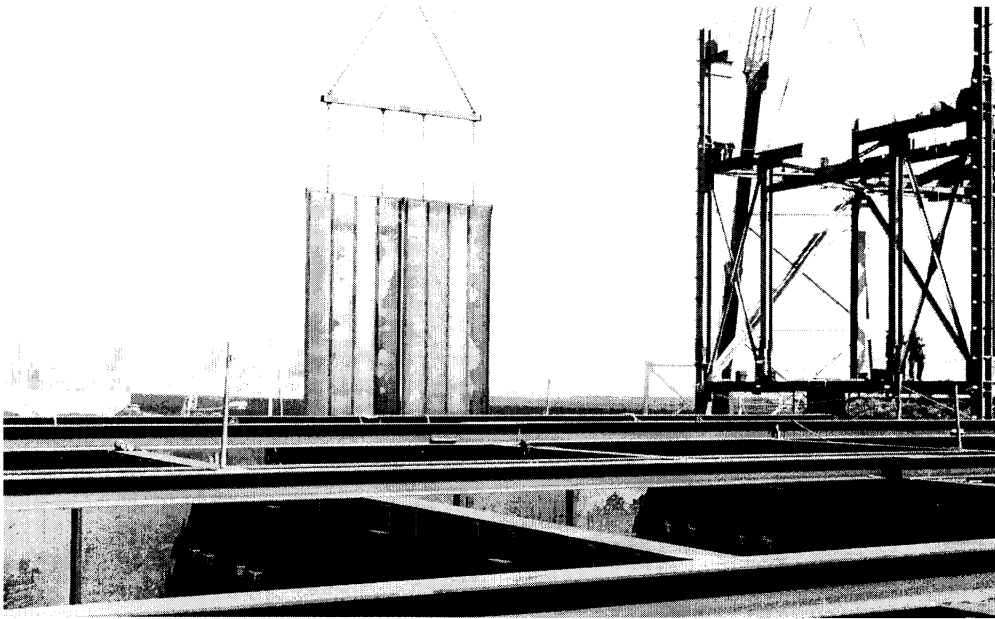
十七、整流器：



十八、外殼：



十九、集塵板吊裝情形：



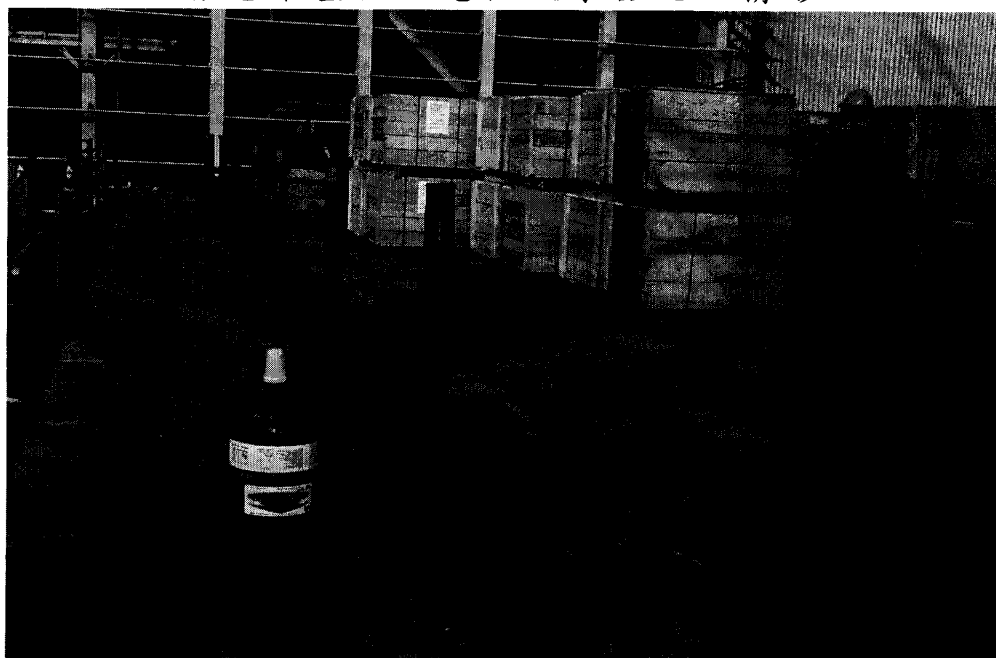
二十、集塵板安裝在定位情形：



二十一、靜電集塵器支持結構的施工情形：



二十二、靜電集塵器放電極敲擊器施工情形：



拾、建議

靜電集塵器之發展歷史已相當久，用於發電廠的排氣除塵也有幾十年經驗，技術已相當成熟，以目前國內的工業水準，應具承建類似台中九、十號機靜電集塵器的能力。

建議爾後靜電集塵器工程由國內廠家承建，如此可降低建廠支出，備品取得也較容易，可降低備品準備量，進而降低營運成本，再者，因承建廠家在國內，維修時之技術支援較容易，可確保靜電集塵器的效率，站在扶植國內工業的立場，更能符合政府倡導國產化的政策。