

出國報告（出國類別：實習）

興達發電廠卸煤改善計畫連續式卸  
煤機統包工程機械儀控設計運轉及  
維護訓練

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：林盛立/機械工程師

派赴國家：瑞典

出國期間：97 年 07 月 28 日至 97 年 08 月 11 日

報告日期：97 年 09 月 16 日

# 興達發電廠卸煤改善計畫連續式卸煤機統包工程 機械儀控設計運轉及維護訓練

## 目 錄

|                      |    |
|----------------------|----|
| 壹、目的-----            | 1  |
| 貳、過程-----            | 1  |
| 參、實習內容-----          | 1  |
| 一、設計原理及改善演進過程-----   | 1  |
| 二、主要機械設備-----        | 6  |
| 三、控制系統簡介及人機介面系統----- | 14 |
| 四、運轉操作及維護保養注意事項----- | 23 |
| 肆、心得-----            | 30 |
| 伍、建議事項-----          | 31 |

## 壹、目的：

由於興達火力發電廠全年燃煤需求量約達560萬公噸，現行供煤系統係煤輪由高雄港大林#111 專用碼頭泊靠卸煤後，再由#112碼頭裝駁船，利用三艘10,000 噸級駁船轉運至24海浬處之興達電廠外海駁船碼頭卸料進電廠。目前不但碼頭設備趨於老舊，維護運轉費用成本墊高，且大林#111碼頭即將歸還高雄港務局。為了解決興達發電廠運轉使用之燃煤需求，「興達電廠卸煤系統改善計畫」在外海設置一深水煤輪專用卸煤碼頭，並新增兩部額定容量2,000 噸/小時 連續式卸煤機(Continuous Ship Unloader, CSU)，專供運煤輪船卸煤使用。該設備係瑞典MacGREGOR 公司設計及製造，依據合約規定應派工程師，前往設計製造廠家接受相關機械儀控設計、安裝及運轉維護等訓練，以瞭解其設計研發及改善的演進過程，設計理念與其他型式卸料機構的原理比較，並擷取國外裝機及運轉之實務經驗，做為日後設備改善、運轉維修及技術轉移之參考。

預期成果為使參與實習人員，能清楚瞭解製造廠家之設計準則、機構運作原理、顧客回饋的改善過程及連續式卸煤機之主要構件製造、組裝、測試及運轉模式，俾便日後協助機組安裝、測試及試運轉，使卸煤機如期完工，加入系統運轉，解決興達發電廠運轉使用之燃煤需求。

## 貳、過程：

自97 年07月28日至08月11 日共15 天，前往瑞典赫爾辛堡MacGREGOR 公司接受連續式卸煤機(CSU)設計、運轉、儀控系統及維修等訓練，並參觀協力製造廠家，瞭解主要構件之製造過程，同時就教原廠設計工程師及本案計劃經理Mr. Andersson 有關設計演進、裝機程序、品質要求及檢驗等技術；並至瑞典赫爾辛堡一家安裝了MacGREGOR連續式卸料機的工廠(Boliden Kemi )，實地瞭解該型式卸料機構的運轉操作情形及其保養維護之重點，獲益良多。

## 參、實習內容：

### 一、設計原理及改善演進過程

本公司現有的卸煤機中，除台中電廠目前仍有兩部抓斗式卸煤機(非連續式)外，自台中煤場第三部卸煤機起及安裝中、將來所有已招標及規劃中之卸煤機均已採用低污染之連續式卸煤機。連續式卸煤機也有三種不同型式，除了MacGREGOR 採用之螺旋式(Screw )外，尚有鏈斗式(Bucket chain)及輪斗式(Bucket wheel )，為了避免綁標之嫌，本卸煤改善計畫案將三種型式之卸煤機均納入規範中，訂定所需之卸煤公稱容量、效率及必須之使用年限，以使初設成本不盡相同之連續式卸煤機型式，能透過保固要求及維修備品數量，使投標者有公平競爭之起點。

在認識螺旋式連續卸煤機之前，先就兩大不同類型卸煤機及主要連續式卸煤機構做一初步在各領域方面之比較，以便於瞭解其設計的概念及原理：

| 類別                        | 連續式卸煤機             |                     | 非連續式卸煤機           | 備註                             |
|---------------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------------------|
| 型別                        | 螺旋式<br>Screw type  | 鏈斗式<br>Bucket chain | 抓斗式<br>Grab       |                                |
| 同一卸煤機適用船型                 | 很多                 | 中等                  | 很多                |                                |
| 最大卸煤容量                    | 超過 2400 t/h        | 超過 2500 t/h         | 超過 2000 t/h       |                                |
| 初設投資成本<br>(卸煤容量> 500 t/h) | 中等                 | 較高                  | 中等                | 500 t/h 以下之初設成本，抓斗式最低。         |
| 設備重量                      | 較輕                 | 較重                  | 較重                | 螺旋式較輕，可減輕碼頭之負荷，尤其新設外海碼頭。       |
| 額定容量卸煤效率<br>(%)           | 非常高<br>幾近 70%      | 低<br>70%以下          | 低<br>70%以下        | 卸煤效率較高可節省相關船舶租金及勞務成本…等支出       |
| 消耗電量                      | 約. 0,8 - 1,0 kWh/t | 約 0,5 - 0,65 kWh/t  | 約 0,5 - 0,8 kWh/t | 螺旋式卸煤機較耗電。                     |
| 環境污染程度(煤灰產生量)             | 非常低                | 中等                  | 非常高               | 螺旋式進料頭深入煤堆取料，幾乎密閉式設計，不會造成煤灰飛揚。 |
| 噪音                        | 低                  | 低                   | 低                 |                                |
| 飛濺灑出煤炭                    | 無                  | 無                   | 超過 2%             |                                |
| 維護保養成本                    | 低成本                | 中等                  | 低成本               |                                |
| 需技術勞工                     | 不需                 | 需                   | 不需                |                                |
| 船隻損壞風險                    | 非常低                | 低                   | 高                 |                                |
| 可伸入船身角落                   | 非常容易               | 尚可                  | 無法                |                                |
| 操作所需人員數                   | 1                  | 2                   | 2 - 3             |                                |
| 對於不同尺寸船隻之操作能力             | 非常好                | 卸料的效率將下降            | 受限                |                                |
| 對於海浪起伏的敏感度                | 不敏感                | 敏感                  | 不敏感               |                                |

表1. 不同型式之卸船機比較表

兩者進料機構的差異：

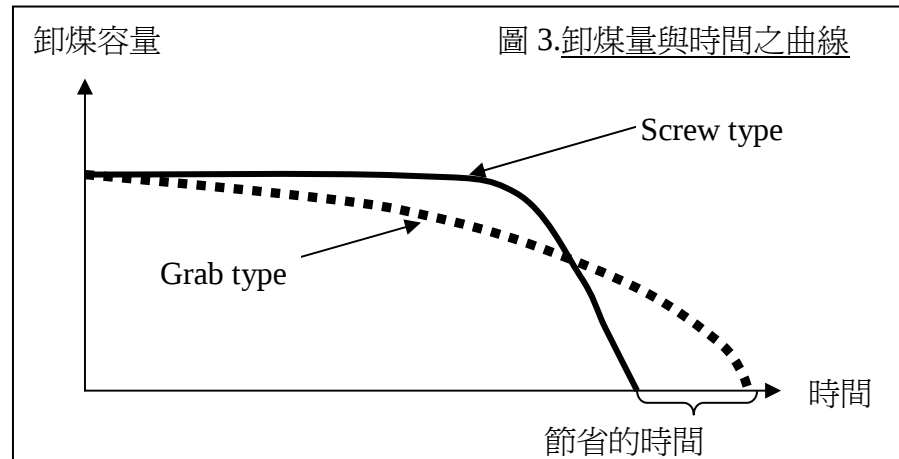


圖1.螺旋式(screw type)  
進料頭



圖2.鏈斗式(chain type)  
進料頭

從圖3.可看出螺旋式與抓斗式卸煤機在卸煤容量與時間的關係圖，所節省的時間便是整體卸煤效率的差異。而各型式的連續式卸煤機最主要的差別就在其進料機構設計上不同，早在1970年代Siwertell已發明反向旋轉的進料機構，以便於受到螺旋機構離心力作用往外甩出的煤炭能被推入進料螺桿，其動作原理，如圖4.。



MacGREGOR公司依據其在卸船機械上多年的專業經驗及技術知識，將所有鋼結構組件依FEM

(Federation Européenne de la Manutention)法規分別歸類出四種不同類別事例(case)，再界定各事例之安全裕度(safety margin)要求。此四事例的規範並經挪威船舶入級驗證公司(DNV- DET NORSKE VERITAS)驗證完全符合FEM之法規要求。包含：

(一)主負載(main loads)-係指涵蓋一般工作條件、狀況，FEM分級CASE

I。

(二)額外負載(Additional loads)- 係指涵蓋一般工作中的異常條件、狀況，FEM 分級 CASE II。

(三)特殊負載(Special loads)- 係指涵蓋偶而在極端的條件、狀況下才會發生的FEM 分級 CASE III。

(四)疲勞負載(Fatigue loads)- 係指保證鋼結構有足夠之使用年限。

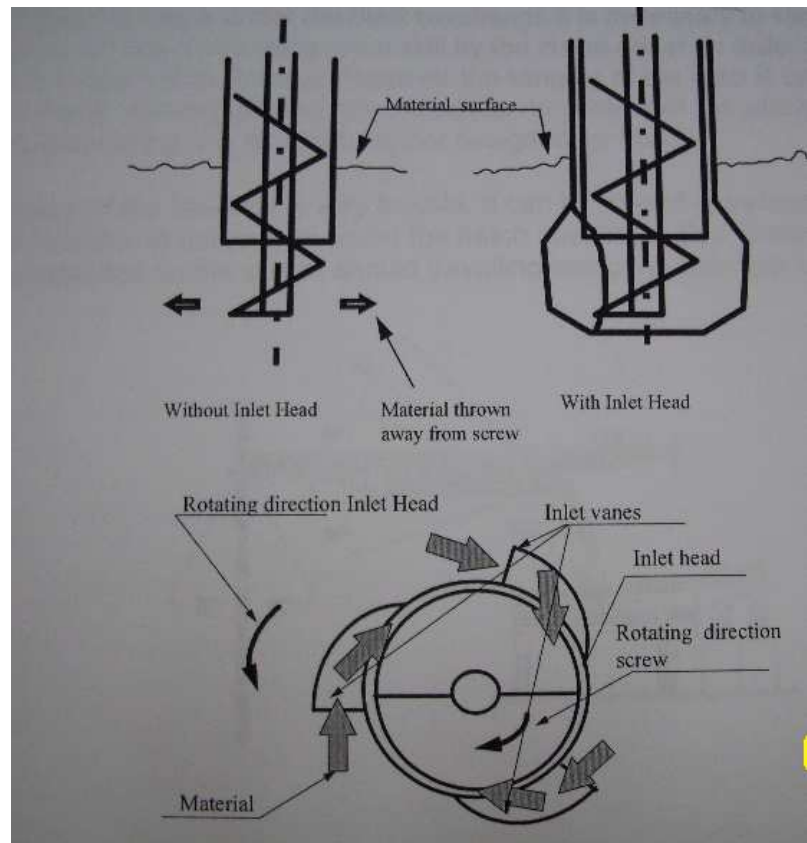


圖.4 進料機構作動原理

然後再將各負載事例細分成多項子事例，依據機構自重、卸料物種、其他荷重、風力及作動組件之運動角度，搭配自行開發之強度計算之應用程式軟體，檢驗各應力集中點，是否符合設計強度之安全裕度範圍內。

除了上述的設計理念外，客戶的實務經驗回饋仍是企業設備不斷改進的前進動力；以興達電廠舊有之卸煤機為例，20 年前由 MacGREGOR 前身公司所裝設之兩部螺旋式連續卸煤機，便有不斷研發改善設計的演進過程：

(一)垂直螺旋進料機構(vertical screw conveyor):

1. 進料頭(inlet feeder head)，如圖 5.原為二翼型(two wings)，現已改為三翼(three wings)；且其開合之 3D 角度，也是經過多年磨耗經驗不斷修正後才成型，不但減少進入的煤炭又被甩出的機率，減少震動增加穩定度、磨耗情形也能更均佈。同時底部的設計也由原先的球型，改成圖 5.上之平底形狀，減少留在艙底需其他輔具清除的煤量。

2. 套筒管材(tube):原採用硬度 120HB 碳鋼管，沒多久便嚴重磨損穿孔，最終改為管壁厚 15mm，硬度 470HB 的硬化鋼。

3. 螺旋葉片:原設計葉片厚度 8mm，底部較易磨耗的三道葉片增為 12mm 厚；並曾於易磨耗處焊接耐磨材料，但因兩種不同材質接合不良，易脫落。且價格昂貴，後來又不採用，改以管壁厚度 15mm，370HB 硬化鋼；但本次參觀 MacGREGOR 所設計之螺旋葉片已焊上特殊之耐磨材質，且已在其他案中有不錯的耐磨運轉效果。所以本案為了符合規範



圖 6..螺旋進料桿



圖 7. O-D 本體(house)

要求之構件耐用年限(wear screw service life Min. 4000hrs)，已加入此設計，如圖 6.。

#### 4.O-D 軸承:原設計本體

(house)及調整板(shims)為兩個調整口，現已改為四個(如圖 7.)，定期檢修時，藉由增減 shims 的數量，調校螺旋桿之垂直度，使螺旋桿組運轉順暢無阻，避免磨耗集中。而軸承支撐(holder)原設計兩個支撐臂，角度  $30^{\circ}$ ，因焊道磨耗嚴重而改為  $45^{\circ}$ ，與煤炭流向一致，現已改為兩只螺旋葉片(如圖 8.)組合，外緣一樣焊上碳化鎢耐磨材料(確實材質，因屬商業機密，未獲廠家證實)，與上下段螺旋桿葉片相承接，使煤流通暢無阻。



圖 8. O-D 螺旋葉片

(二)水平皮帶輸送機(Horizontal Belt Conveyor, HBC):原設計為直徑1,000 m/m 之螺旋式輸送，由於管壁磨耗，造成末端軸承下陷，導致水平螺旋進料機(HSC) 偏心，振動加大，現改為Belt-1800之皮帶輸送，長度31.5米。

(三)臺架皮帶(梭動)輸送機(Gantry Belt (shuttle)Conveyor , GBC):

原設計為直徑1,000 m/m 之螺旋式輸送設備，如上述原因，現改為BW-1,600 m/m之梭動式皮帶機(Shuttle head conveyor)。

(四)防撞系統：

原設計無此安全防護，現增設雷射探測系統，以防止兩台卸煤機互撞或垂直輸送機構撞及船艙。

上述的改善過程，除了不斷透過最新科技技術進步，仰賴電子計算機作各種動態模擬外，維護及保養經驗的回饋，也是該設備不斷有設計翻新的創新動力。

## 二、 主要機械設備

瑞典MacGREROR公司(前身是A.B. Siwertell)所產製之D-type 連續式卸船機，是重型螺旋式卸料機，卸料方式藉由反向旋轉進料頭及垂直螺旋取料上昇，轉換成皮帶機水平輸送之技術，卸料容量大，適用貨物及船型範圍廣，諸如裝

載粉狀物，豆類或塊狀煤之大型輪船，均可卸貨，目前最大卸貨能量為2,400 t/hr.，興達卸煤碼頭購買的是公稱能力2,000t/hr.，機械設備型號為ST-940 DOB。

控制系統採Simon HMI(觸控式人機介面)system，提供一個簡單、直觀的介面，供監控與操作者使用。保證能力 80,000DWT 船舶 公稱能量(Nominal capacity) 2,000t/hr.。全船平均卸煤能量(Through-the-ship average capacity) 1,350t/hr.。

總重量： 994 tons (含鋼構、機械設備、電氣設備等共764 t，配重230 t)

#### (一)、主要設備：

##### 1. 垂直進料器(Inlet feeder)：

由安裝於垂直臂上頭之馬達，減速機帶動連桿來驅動，作反時鐘方向迴轉，為無段變速，外部銲接T-型桿，藉由轉動進料頭，T型桿便可鬆動長程運輸後壓實的煤層，使進料較順暢，進料頭底部有三個開口，狀如鳥翼(Vanes)以挖掘並聚集煤料進入垂直螺旋輸送機。

(1)進料頭材質：非合金結構鋼 S 235 JR + 耐磨表面層表面硬化： $\geq 60$  HRC

(2)進料套管tube (lower transport tube) 材質：硬化鋼 (Hardened steel) 表面硬化處理：470 HB

2. 垂直螺旋輸送機(VSC)：係密閉式傳動螺旋桿，由安裝於垂直臂上馬達(3台)、減速機驅動，作順時針方向旋轉，承接垂直進料給煤，使煤垂直上昇，由6支螺旋桿(含套管)與連結OD軸承組合而成，固定於箱型鋼構的垂直臂上，型號：VST-940 OD，總長度30.75公尺。

(1) 螺旋葉片外徑： 925 mm， 轉速： 290 rpm

(2) 雙螺旋：節距 780 mm，材質：硬化鋼或淬硬鋼，厚度 15mm，表面硬化： $\geq 370$ HB。

(3) 螺旋桿軸材質： S-355(降伏強度355N/mm<sup>2</sup>) 直徑：323.9mm

(4) 套管(tube) 材料：硬化鋼，厚度：15 mm，表面硬化：Min470 Hb。

(5) O-D 軸承：

a.螺旋葉片：硬化鋼，外緣與套管接觸部份焊上硬質金屬(碳化鎢)。

b.軸套：硬化鋼

c.封蓋(套)：碳化鉻，墊片(shims)：不銹鋼。

d.本體：硬化鋼

3. 水平螺旋進料機(HSC)：由固定於水平桁臂上之馬達、減速機驅動，接收垂直螺旋進料機(VSC) 進煤(VSC最上頭部位是反螺旋，促使煤流由垂直轉成水平方向)，輸送到水平皮帶輸送機，套管分成上半部與下半部，上半部套管裝有握把部，為可掀開式，易於檢修。

型號：HST-1250 螺旋外徑：1250 mm，長度：6.0公尺

4. 水平皮帶輸送機(HBC)：

位於水平鋼構桁臂上，由桁臂上之馬達帶動，承接HSC 進煤，橫向輸送到裝於迴轉塔內之卸料槽，導入梭動皮帶機(Shuttle conveyor)，型號：Belt-1800，長度31.5公尺，為防止回程皮帶煤渣溢漏，頭端裝有刮泥器，採全線密閉，以減低煤塵污染。

型式：皮帶，寬度：1800 mm，皮帶速度：156 公尺/分

Trough 槽角：35°

頭輪：直徑  $\phi$  630 mm 外護橡膠

尾輪：直徑  $\phi$  630 mm

5. 台架皮帶輸送機(GBC)：

安裝於台架(gantry)上，將來自於砲塔內卸料槽的煤，輸送到碼頭皮帶機C-28 A/B，為防止煤碳溢流，下游GBC 之設計輸送能量略大於上游HBC，由於卸料槽落料點與C-28 A/B 間距小，無法安裝轉向閥(Diverted gate)及卸料管，故GBC 設計為可移動的梭動式皮帶機(Shuttle head conveyor)，往復卸料到C-28 A/B，頭輪上裝置有磁力分離器，以吸取鐵質物件，回程皮帶裝有刮泥器，以防煤渣掉落，型號：Belt-1600。

型式：皮帶，公稱容量：2000  $\pm$  10% t/h，皮帶寬：1600 mm，長度14公尺，

頭輪直徑：630 mm，尾輪直徑：630 mm

6. 卸煤(出料口)裝置

卸煤機出料口位於GHC 落料斜槽正下方，由耐衝擊床和滾輪組合而成，倒懸掛於門型構架上，碼頭皮帶機C-28 A/B 皮帶穿過出料口，將來自GHC 的煤帶出。密封皮帶(sealing belt)兩端固定於C-28 A/B 的頭尾端，中間部位跨越出料口，隨著卸煤機移動，將帶出的煤護蓋住，以防煤塵四散污染，雨天時，防止大量雨水滯留C-28 A/B 皮帶上，避免煤泥四溢。

## (二)、輔助系統：

- 1.自動潤滑系統：卸煤機大多數潤滑部位，如進料頭驅動齒輪、水平螺旋進料機軸承、水平輸送機滑輪軸承、砲塔機台之迴轉軸承等，均配管連結到潤滑

油脂單元，定期自動添加或更換油脂。潤滑油脂單元之包括泵，油脂桶、管路(閥)及電氣儀控設備等安裝於小型鐵箱內。

- 2.液壓油系統：有兩大液壓油系統作動垂直臂擺動與水平臂上揚下擺功能。液壓油單元包括馬達、管路(閥)及附屬電氣儀控裝置等，全部組裝於小型鐵箱內，出廠前已測試完成，作垂直臂擺動與水平桁臂上升下俯動作。

油壓缸位置：水平臂上

使用範圍：水平臂之俯仰，垂直臂之搖擺

工作壓力：250 bar

液壓油流量：192 L/min，液壓油儲槽：650 L

最高操作油溫：70°C。

維持系統溫度：低於60~65°C

- 3.緊急備用電源啟動系統：當卸船機電源中斷時，緊急備用電源啟動，使進料頭不致卡在船艙內。

- 4.煤塵抑制系統：

全部煤流轉換點，均有水霧噴灑裝置，以抑制煤塵飛揚。

### (三)、附屬設備：

- 1.單軌固定式吊車：一台20T 單軌固定式吊車安裝於水平桁臂上，供吊起小挖土機進去清艙或抓斗形裝煤槽到船艙底部作業用。另一台5T 單軌固定式吊車(塔吊)，裝於VSC 上頭，供馬達減速機維修用；另一單軌吊車，裝於門型架上頭，供吊卸廢鐵收集桶、磁鐵分離器或梭動式皮帶機維修用。

- 2.防颱裝置：

防颱時，機台車輪組中間位置，裝置有垂直插銷，將插銷置入地面開口(孔)，制止車輪轉動，鎖定機座，插銷有電控裝置，要插銷拔出，觸動極限開關，卸煤機才會移動。另一端將垂直臂上岸固定於立式柱臺上。

- 3.移動式操作室：內有操作臺，旋轉座椅、空調設備，窗戶為強化玻璃，內附百葉窗，外有電動雨刷。

- 4.可攜式無線控制器：包括二組發射器，提供操作者遠離操作臺(最遠距離200公尺)，於船艙頂部位置操作，以挖掘艙內隱避處煤堆，備有50公尺長緊急用電源線。

- 5.軌道夾緊器(Clamp)：海、陸側各有一隻，當卸煤機停止運轉，夾緊器自動

鎖住軌道。

6.磁鐵分離器：安裝於可梭動皮帶機上頭，以吸取鐵質物件。

7.皮帶磅秤機：安裝於水平皮帶機上，為具有連續秤重功能。

8.防撞系統：採雷射探測，防止垂直臂撞及船艙或兩台卸船機互撞。

9.電梯：安裝於門型構架上，供操作及維修人員搭乘，載重400kg。

主要組成構件圖，如圖9~14. 對應之構件編號對照，如表.2。

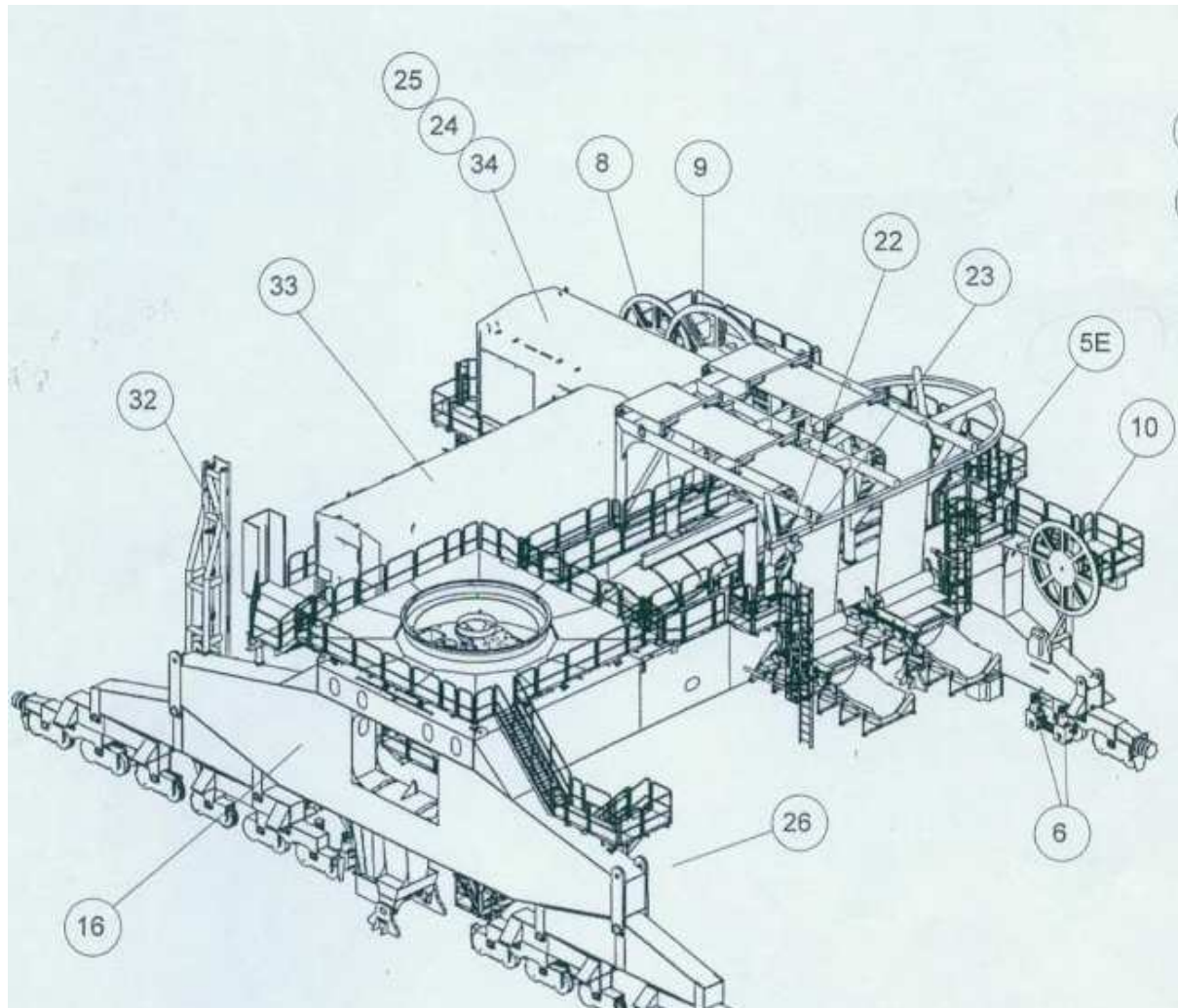


圖9. Gantry 組合圖

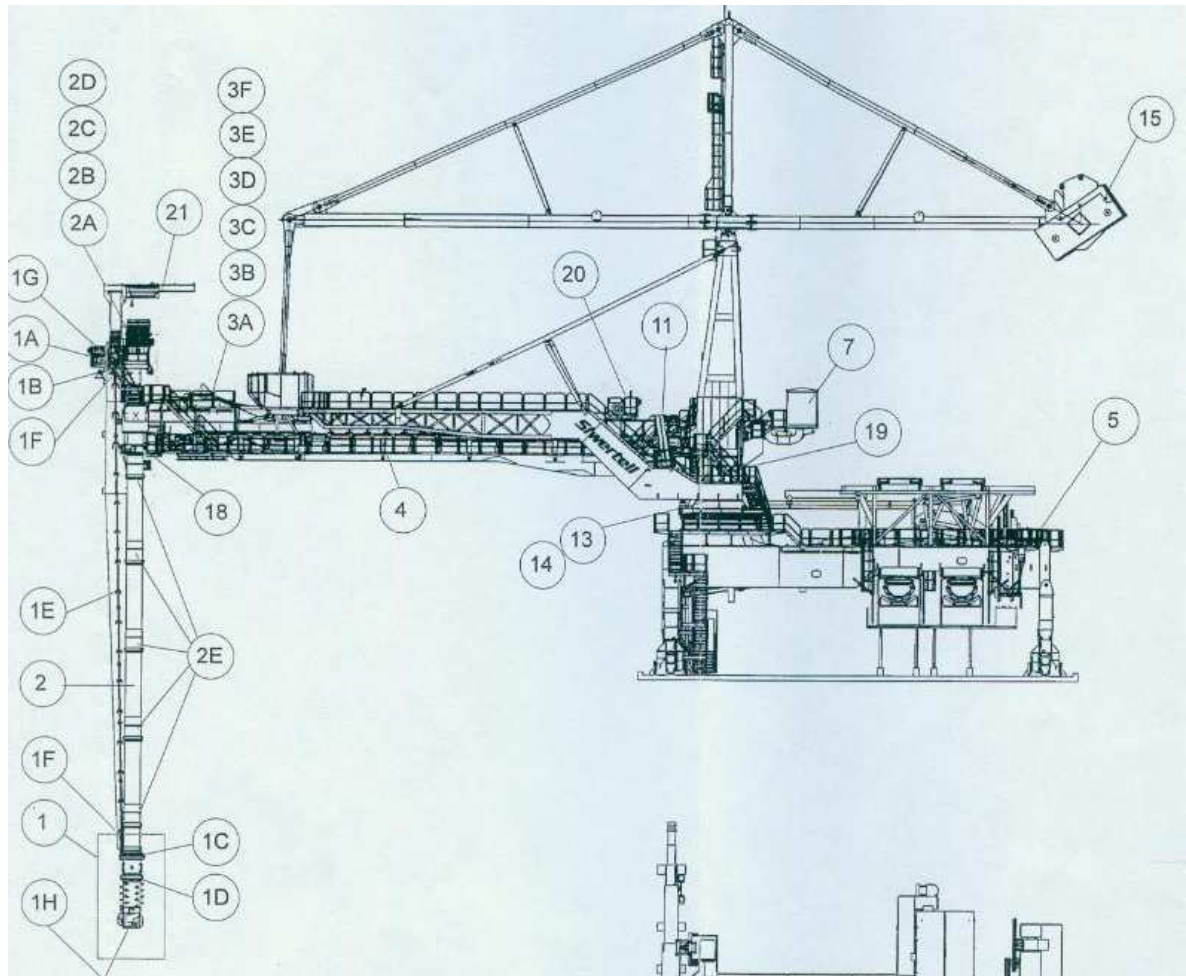


圖10. 垂直進料機構及水平螺旋進料機構

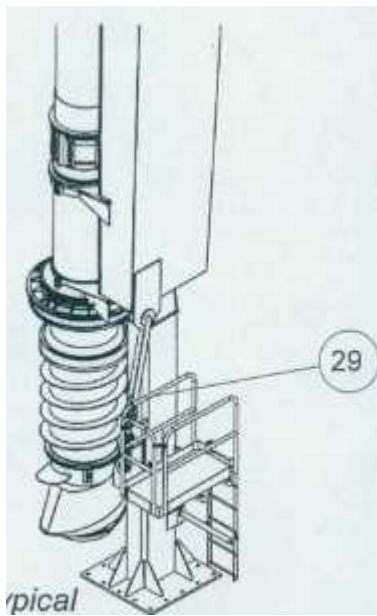


圖11. 防颱固定器

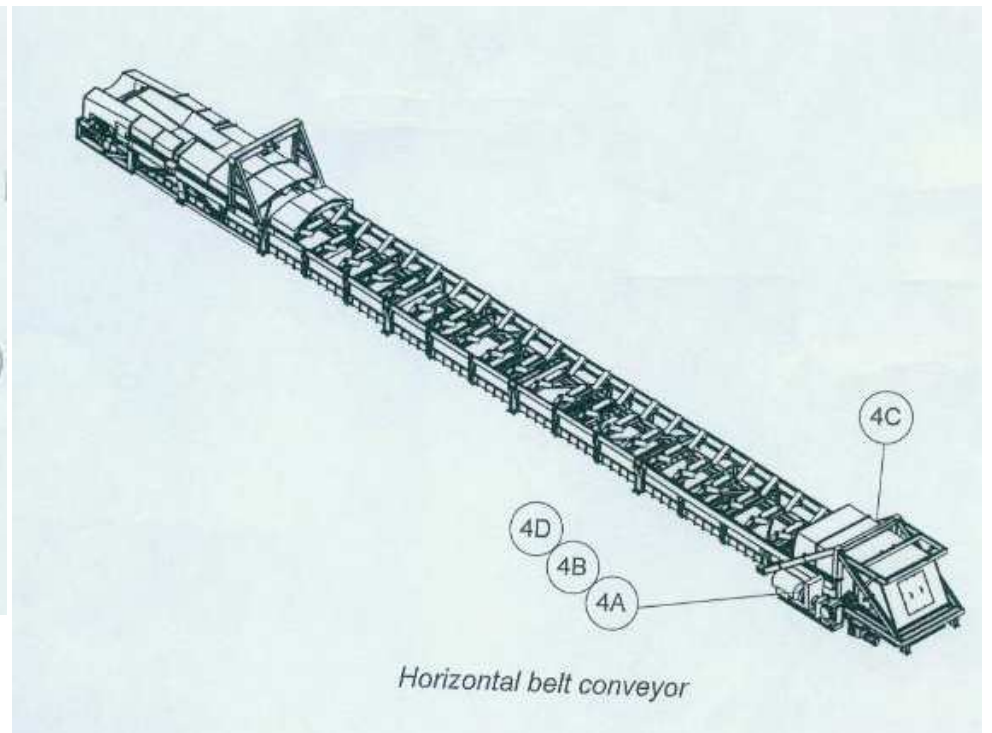


圖12. 水平皮帶輸送機

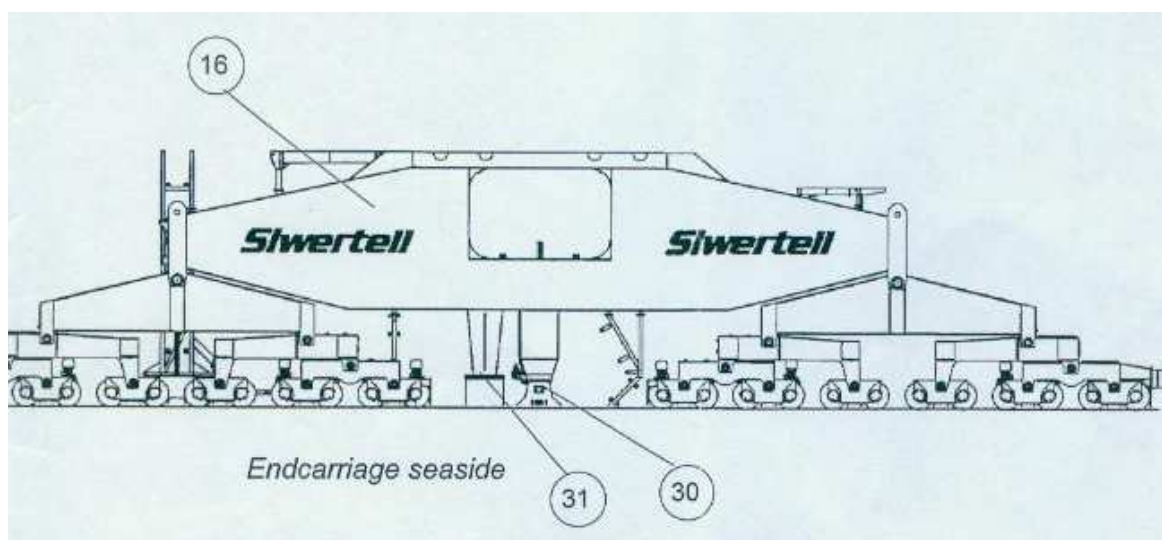


圖13. 車架

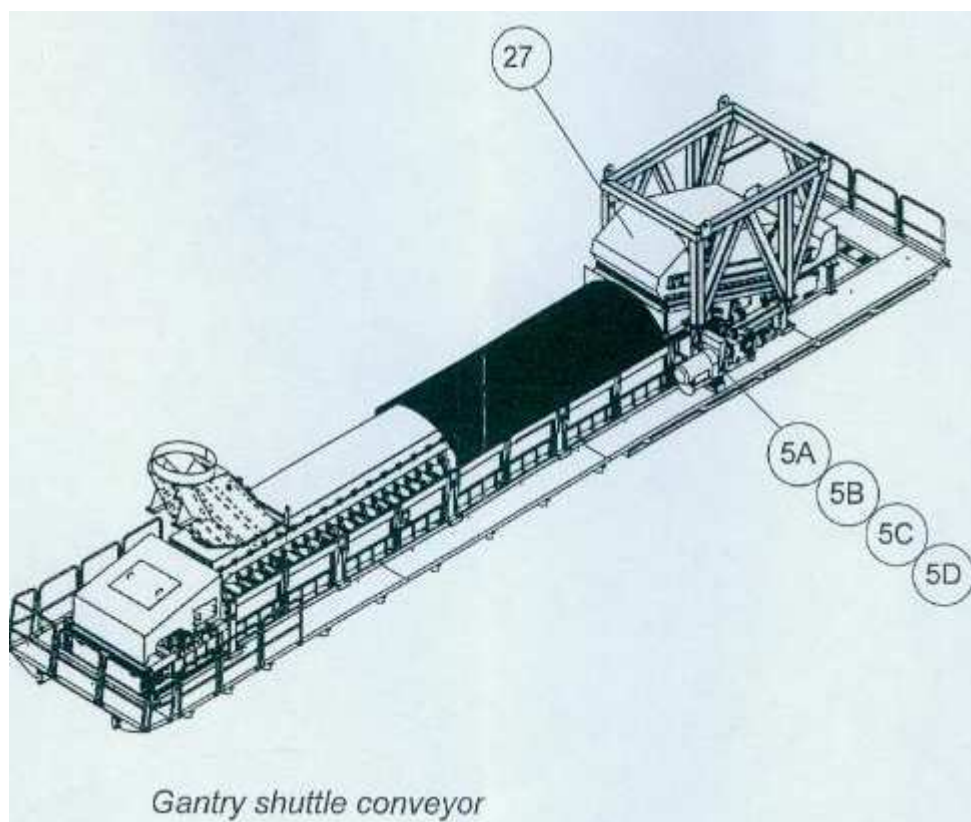


圖14. 臺架梭動皮帶機

表 2. CSU 組成構件表

| 編號 | 說 明                     | 備註 | 編號 | 說 明               | 備註 |
|----|-------------------------|----|----|-------------------|----|
| 1  | Inlet feeder            |    | 7  | Hydraulic Unit    |    |
| 1A | Motor                   |    | 8  | Signal cable reel |    |
| 1B | Inlet machinery gearbox |    | 9  | Power cable reel  |    |
| 1C | Inlet feeder gear       |    | 10 | Water reel        |    |

|    |                                    |  |     |                                      |  |
|----|------------------------------------|--|-----|--------------------------------------|--|
| 1D | Support bearing                    |  | 11  | Hydraulic cylinder luffing           |  |
| 1E | Transmission shaft                 |  | 12  | Hydraulic cylinder Pendulum          |  |
| 1F | Universal joint shaft(upper+lower) |  | 13  | Slewing machinery                    |  |
| 1G | Safety coupling inlet              |  | 14  | Slewing bearing                      |  |
| 1H | Bottom bearing                     |  | 15  | Counter weight                       |  |
| 2  | Vertical screw conveyor            |  | 16  | End carriage, seaside                |  |
| 2A | Motors                             |  | 17  | Pendulum leg, landside               |  |
| 2B | Gear Box                           |  | 18  | Outer hinge                          |  |
| 2C | Safeset coupling                   |  | 19  | Inner hinge                          |  |
| 2D | Universal joint shaft              |  | 20  | Auxiliary hoist                      |  |
| 2E | OD-support                         |  | 21  | service hoist at vertical            |  |
| 3  | Feeding conveyor, screw            |  | 22  | Telpher for scrap iron bin           |  |
| 3A | Motors                             |  | 23  | Service telpher at magnetic sep.     |  |
| 3B | Gear Box                           |  | 24  | Transformer                          |  |
| 3C | Drive bearing                      |  | 25  | Compressor                           |  |
| 3D | End bearing                        |  | 26  | Barrel pump                          |  |
| 3E | Universal joint shaft              |  | 27  | Magnetic separator                   |  |
| 3F | Automatic lubrication unit         |  | 28  | Speed guard (6 pcs)                  |  |
| 4  | Horizontal belt conveyor           |  | 28A | At safety coupling for inlet (2 pcs) |  |
| 4A | Motor                              |  | 28B | Vertical conveyor                    |  |
| 4B | Gear Box                           |  | 28C | Feeding conveyor                     |  |
| 4C | Drive bearing                      |  | 28D | Horizontal conveyor                  |  |
| 4D | Fluid coupling                     |  | 28E | Gantry conveyor                      |  |
| 5  | Gantry Shuttle conveyor            |  | 29  | Storm lock for vertical arm          |  |
| 5A | Motor                              |  | 30  | Storm lock for end carriage, 2pcs    |  |
| 5B | Gear Box                           |  | 31  | Rail clamps, 2 pcs                   |  |
| 5C | Brake                              |  | 32  | Elevator                             |  |
| 5D | Fluid coupling                     |  | 33  | Switchgear compartment               |  |
| 5E | Hoist                              |  | 34  | Transformer compartment              |  |
| 6  | Travelling                         |  | 35  | Emergency stop buttons               |  |
| 6A | Motor                              |  |     |                                      |  |
| 6B | Gear Box                           |  |     |                                      |  |

### 三、控制系統簡介及人機介面系統(SIMON SYSTEM)

#### (一) 螺旋式連續卸煤機控制系統簡介

本計畫卸煤機主要功能為將煤輪上的煤運送至卸煤碼頭上的皮帶機(C-28A/C-28B)上，經TR25轉運塔再由皮帶機(C-29A/C-29B)運送至岸邊TR26轉運塔，透過FLOW CONTROL SYSTEM進入皮帶機(C-6B/C-6C)再將煤運送至室內煤場儲放。每一部卸煤機使用PLC 來控制整部卸煤機的運作，一台觸控式人機介面PC 置於操作室(operator cabin)及一台桌上型PC 置於電氣室皆使用Ethernet 與卸煤機PLC 通訊，PLC 與現場設備間則使用DevicNet 作通訊。卸煤機PLC 系統介面信號使用Modbus RS-485 及硬線，經由卸煤機上之線輪(Cable wheel)連接至卸煤碼頭電氣設備室(EER #2)內之岸邊煤場控制系統PLC #4 remote I/O 單元，以傳送及接收卸煤機運轉狀態及控制訊號，構成完整的控制系統。

#### (二) 螺旋式連續卸煤機控制器簡介

##### 1、可程式控制器系統(PLC system)簡介

PLC 可程式控制器位於電氣室內，監視及控制所有連續式卸煤機系統。PLC具有輸入/出模組、資料處理單位、通訊模組及電源單元，其中PLC之CPU、電源模組、及通訊模組皆為複式模組，確保運轉時資料不會遺失以提高運轉的穩定度，PLC 的CPU有兩組 一為ON-Line 狀態，另一CPU 為Standby 狀態。Standby CPU 會監視所有的輸入輸出，但不會執行任何的控制功能，如果ON-Line CPU發生故障，Standby CPU 會自動擔任控制功能且在此兩個CPU 轉換期間不會中斷卸煤機的運作。輸入/出模組具有即插即用的功能，增加運轉與維修的便利性。每一台PLC 採用快閃記憶體(flash ROM)或備援電池以防因電源失效時，所有紀錄資料流失。

##### 2、網路(Network)簡介

卸煤機之遙控單元與slewing 及travelling 之位置感測器、馬達控制中心的過載電驛、及變頻器間的通訊方式使用Device net 1756-DNB 為PLC 上的通訊模組之一，Device net 是採用CIP(Common Industrial Protocol)通訊協定架構。在人機介面系統與PLC 之間的通訊，則是使用乙太網路TCP/IP 通訊協定。人機介面系統至PLC 間為複式網路架構，並有二個交換機(Switch)及二個網路卡。與卸煤碼頭電氣設備室(EER #2)內之岸邊煤場控制系統PLC #4 remote I/O 單元則是以Modbus RS-485 雙絞線方式通訊，Modbus 網路卡為複式架構為PLC 模組之一，並設定為Slave 模式，與設為Master 的卸煤碼頭上Remote I/O 單元通訊。

##### 3、無線遙控(Radio remote control)簡介

無線遙控單元包含一個具有備援電池的傳送器、50 公尺長的緊急電纜線、充電器、具DeviceNet 功能與PLC 作通訊的接收器。本無線遙控器最大的操作範圍為200 公尺。在卸煤機運作同時，位於操作室的選擇開關可以在無線遙控器及操作室之間切換接管控制卸煤機的運作而不用停止卸煤機的運作。當操作室的選擇開關切至”RADIO”位置時，無線遙控器會接管整個卸煤機的操作同時也可在二個無線遙控器之間作切換而不用停止卸煤機的運作。在駕駛艙內的操作人員可在任何時間，將選擇開關切至”Cabin”位置接管卸煤機的操作。每一台卸煤機皆配備有二台無線遙控器具相同的無線電波頻率但不同的標識碼。不同的卸煤機有不同的無線電波頻率。

### (三) 螺旋式連續卸煤機控制模式

#### 1、手動模式(Manual mode)

位於操作室控制盤上的開關選擇卸煤皮帶機(C-28A 或C-28B)及接收到岸邊煤場控制系統送出之允許信號後，即可按各個相關卸煤設備的啟動鈕啓停各設備。在手動模式中所有的卸煤設備例如進料器(Inlet feeder)、垂直輸送帶(vertical conveyor)、水平皮帶機(Horizontal belt conveyor)、梭動皮帶機(shuttle conveyor)等，從最下游設備依序手動起動，其中每個設備間啟動時間會延遲大約5 秒鐘，不論是個別按下按鈕大約5 秒鐘或按下按鈕保持不動直到設備如上述程式順序啟動後。Belt scale 及磁力分離器(magnetic separator)可以從操作室內啓/停或Bypass。在螺旋式連續卸煤機運動系統方面，移動(traveling)、轉動(Slewing)、上下擺動(Luffing)、擺錘(Pendulum)之功能皆可由操作室內的控制桿來手動運作。當進料器(Inlet feeder)移動卸煤時，此時卸煤機的水平臂會自動作上下擺動(luffing)的動作，以保持進料器(Inlet feeder)在固定的深度取煤。

#### 2、半自動模式(Semi-automatic mode)

當防撞系統啟動時，卸煤機可切換為半自動操作模式，此時PLC 會控制卸煤機的動作，依預先設定的程式卸煤。卸煤機半自動操作模式須由岸邊煤場控制系統下達許可信號後，方可切換為半自動操作模式。在所有卸煤設備起動前，警報會依預先設定的時間長度響起，設備起動從最下游設備依序起動。低速區域限定了半自動卸煤的工作區域範圍，也就是說卸煤機在每一次到達低速區時會改變方向。此卸煤程式規畫使用移動(Travelling)當為運動的第一選擇，即當卸煤機到達低速區域的左邊或右邊，在卸煤機移動到相反方向之後其會重新擺動(Pendulum)至另一列(Row)位置。當卸煤機移動到海邊或岸邊的低速區域時，其會重新上下擺動(Luffing)至新的高度(Level)。在列(Row)與高度(Level)之間的距離可由FIX-computer 所設定。假使操作人員移動控制桿或將開關切換到

中斷模式則此程式會被立即中斷。操作人員可在任何的時間移動卸煤機至新的位置或調整取煤的深度，而卸煤機會從新的位置開始繼續運作。此半自動操作模式是用來作自由掘煤的操作(free-digging)，操作人員仍必須待在卸煤機上。根據PLC 控制器內的演算法，卸煤機的移動速度由進料器(Inlet feeder)的轉矩大小決定，如果速度變的太快，位於垂直輸送帶頂端的tension sensor 會連鎖控制減低速度。

#### (四) 螺旋式連續卸煤機控制功能

##### 1、螺旋式連續卸煤機控制流程

卸煤機啟動程式為從最下游設備依序起動梭動皮帶機(shuttle conveyor)→水平皮帶機(Horizontal belt conveyor)→水平進料螺旋輸送機(Horizontal feeding screw)→垂直(螺旋式)輸送機(Vertical conveyor)→進料器(Inlet feeder)。以下就卸煤機主要控制程式煤處理設備(coal handling equipment)及卸煤機運動設備之互鎖信號控制邏輯作簡介。

##### (1) 煤處理設備(coal handling equipment)

###### a. 臺架皮帶機(Gantry belt conveyor)

臺架皮帶機(Gantry belt conveyor)啟動前須先由控制室/遙控裝置設定卸煤皮帶機(C-28A/ B)，梭動輸送帶(shuttle conveyor)運轉，俟接受到岸邊煤場控制系統(Coal handling control system)的信號”Belt C28-A Running”/”BeltC28-B Running”，此時按控制室/遙控裝置Conveyor ON，臺架皮帶機(Gantrybelt conveyor)啟動。

###### b. 水平皮帶機(Horizontal belt conveyor)

當臺架皮帶機(Gantry belt conveyor)轉動後會將運轉信號送至水平皮帶機(Horizontal belt conveyor)，此時按Conveyor ON，運轉信號送至水平皮帶機(Horizontal belt conveyor)，水平皮帶機啟動運轉。

###### c. 水平進料螺旋輸送帶(Horizontal feeding screw)

當水平輸送帶啟動後經5 秒鐘的延遲後會將運轉信號分送至潤滑泵浦(Lubrication pump)及水平進料螺旋輸送機(Horizontal feeding screw)，按Conveyor ON 後潤滑泵浦油(Lubrication pump)啟動，5 秒鐘後水平進料螺旋輸送帶(Horizontal feeding screw )馬達啟動運轉。

###### d. 垂直輸送帶(Vertical conveyor)

當水平進料螺旋輸送帶啟動後經5 秒鐘的延遲後會將運轉信號分送至Cooling fan vertical gearbox motor 及Vertical conveyor motor No.1，此時按Conveyor ON，Vertical conveyor motor No.1 正轉啟動運轉，每隔0.5 秒依序正轉啟動Vertical conveyor motor No.2 及Vertical conveyor

motor No.3。若此時按Vertical conveyor stop，一分鐘後按Vertical converse，Vertical conveyor motor No.1 反轉啟動，其作用是為清空皮帶機的煤。

e. 進料器(Inlet feeder)

當垂直輸送帶啟動後經3 秒鐘的延遲後會將運轉信號送至進料器(Inlet feeder)，按Conveyor ON 後，進料器啟動，卸煤機開始卸煤。此外進料器(Inlet feeder)的速度控制有手動控制及自動控制二種，自動模式時，其速度由PLC 自動調整。

( 2 )運動系統(Motion system)

螺旋式連續卸煤機之運動系統具有移動(traveling)、轉動(Slewing)、上下擺動(Luffing)、擺錘(Pendulum)四種運動功能。

a. 轉動(Slewing)

卸煤機的上半部可以旋轉使進料器(Inlet device)可以到達較大的水平區域，最大的旋轉角度為 $\pm 120^\circ$  度。當接收到碰撞保護(collision protection)的信號後，水平臂可由控制室的控制桿及無線遙控器控制向左/向右旋轉或半自模式時自動控制轉向，PLC 的AI 模組會接收絕對式編碼器(absolute encoder)的角度信號，並比較是否超過設定值旋轉角度 $\pm 120^\circ$ ，此時馬達才會被啟動達到轉動(Slewing)的目的地。

b. 上下擺動(Luffing)

上下擺動(Luffing) 位移動作可使水平臂向上或向下移動，克服煤輪在海平面上的垂直移動。上下擺動(Luffing)向上仰升的角度為水平面18 度，向下降的角度為水平面35 度，水平臂的向上/向下移動是由油壓設備趨動達成，因此上下擺動(Luffing)之前，必須先接收到油壓運轉(Hydraulic Running)的信號及裝置在水平臂上的雷射感測器(laser sensor)其用來監測撞區域並將信號傳送到PLC 以確保水平臂不會發生碰撞。此外Luffing 的角度感測器會將信號送到PLC 之類比信號模組，並與設定參考值比較是否在設定範圍內使水平臂操作在限制角度內。

c. 擺錘(Pendulum)

擺錘(Pendulum)位移動作可使垂直臂向外或向內移動，使進料器(Inlet device)在船的水平區域移動並可移動到艙底較隱蔽的區域。向外或向內移動的角度為垂直面約 $+18^\circ$  度至 $-35^\circ$  度之間，擺動(Pendulum)之前，必須先接收到油壓運轉(Hydraulic Running)的信號及裝置在垂直臂上的雷射感測器(laser sensor)其用來監測碰撞區域並將信號傳送到PLC 以確保垂直臂不會發生碰撞，此外擺錘(Pendulum)的角度感測器會將信號送到PLC 之類比信號模組，並與設定參考值比較是否在設定範圍內使垂直

臂操作在限制角度內。

#### d. 移動(traveling)

移動(traveling)位移動作可使卸煤機沿著軌道移動到不同的船艙位置。當卸煤機在無卸煤時可以在軌道上加速行駛以縮短行駛時間，Travelling 移動速度受防碰撞系統控制(anti-collision system)，當接收到 collision protection 的信號後，可由控制室的控制桿及無線遙控器控制卸煤機向左/向右移動或半自模式時自動控制轉向。

### 2、 防碰撞系統(Anti-collision system)

碰撞系統可以防止卸煤機的垂直螺旋臂碰撞到船上的物件，防止撞到別台卸煤機的水平臂，以及防止在移動(Traveling)過程中撞上另外一台卸煤機。有4個雷射感測器(laser sensor)安裝在垂直臂的每一邊，第五個雷射感測器安裝在水平臂的下方，當水平臂上下擺動(Luffing)的角度太大時，這個雷射感測器用來防止水平臂撞上船艙口。每一個雷射感測器會感測三個區域，一為碰撞偵測，其餘二個為卸煤機到達碰撞前的低速偵測。在低速區時，卸煤機的所有方向的移動(Travelling)及轉動(Slewing)速度會被減慢至參考設定值，一直到卸煤機離開低速區為止。而水平臂的上下擺動(Luffing)速度及垂直臂擺錘(Pendulum)速度則不受此減速的限制。每個雷射感測器有三個輸出埠連接到PLC 系統的輸入埠，將三個區域的數位信號傳送到PLC。為預防這些雷射感測器因振動遭受損害，另有安裝振動感測器(Vibration sensor)，當振動幅度太大時，此感測器會產生警報信號送到PLC 顯示在HMI。防撞區域規畫有1 到2 公尺的安全距離，考量操作安全性，低速區在2 公尺前就會被啟動。當卸煤機進入到碰撞區時在操作室的指示燈會亮起，所有在碰撞區的動作皆會被互鎖，反之亦然，當進入到低速區時，指示燈會閃爍亮起，同時警報在HMI 會顯示卸煤機進入到那個區域。另碰撞系統可以被操作室內的開關所啓閉。

兩部卸煤機間的防撞(anti-collision system between unloaders)：每一部卸煤機皆備有角度感測器(angle sensor) 及絕對編碼器(absolute encoder)，可使PLC 得知卸煤機及水平臂的位置，這些位置資訊在二個卸煤機之間會作通訊以得知彼此之間實際的位置，可預防二台卸煤機之間發生互撞。

轉動(Slewing)位置感測器：為絕對式編碼器形式，其可從定義的零點量測出位置。在此例子中，零點定義為從水平臂的中心點垂直穿越至海面，也就是從中心線(center line)向外轉90 度的位置，其轉動範圍為 $\pm 110$  度。

上下擺動(Luffing)位置感測器：上下擺動(Luffing)位置感測器為角度感測器安裝在水平臂上。當水平臂在水平位置上時為零度，向下移動的角度為正值，反之向上移動的角度為負值。最大的上移動角度為-35 度，最大向下角度為+18

度。

擺錘(Pendulum)位置感測器：為角度感測器安裝在垂直臂上，當垂直臂在垂直位置上時為零度，向外移動為負值，向內移動為正值。最大的向外移動角度為-37度，最大向內角度為+30 度。

移動(Travelling)位置感測器：為絕對式編碼器，其可從定義的零點量測出位置，此零點對所有卸煤機而言必須在同一個地方，即使所有的卸煤機皆可到達此零點。當卸煤機在碰撞區時，只能移動(Travelling)，而轉動(Slewing)，上下擺動(Luffing)，及擺錘(Pendulum)皆不能動作。

#### (五)人機介面 SIMON系統 介紹

SIMON(Siwertell Monitoring System)是PC based 的 HMI 系統在iFIX Intellution軟體之基本架構下由BMH Marine 公司所發展，並可在Windows 作業平臺上執行，SIMON 系統是設計來滿足卸煤機及岸邊終端單元的需求。對於Siwertell 之卸煤機而言SIMON 系統不只用來作為人機介面工具，也可用來當作維修工具。

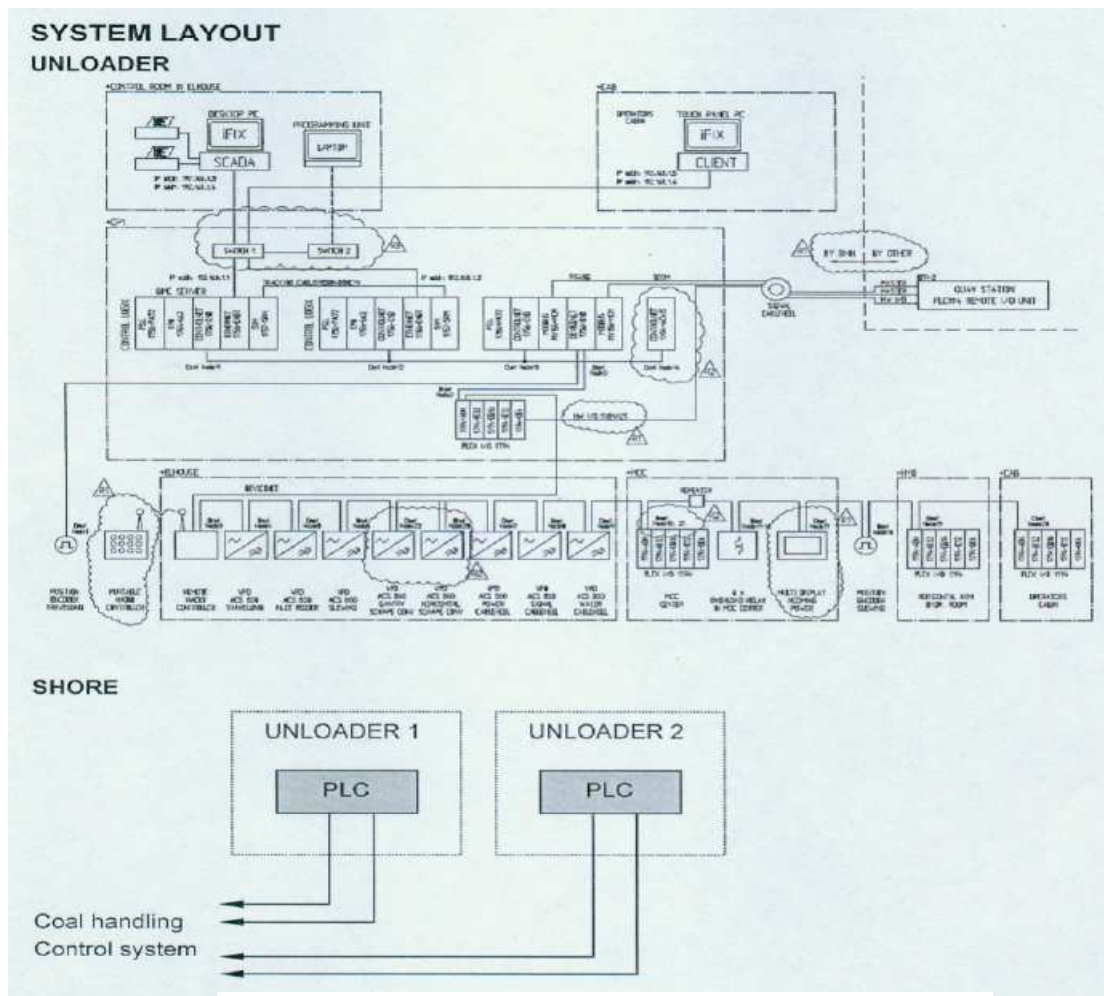


圖 15.SIMON 系統架構圖

SIMON 系統可以與所有主要的PLC 作通訊，系統資訊存取取決於連結到 PLC的信號數量。SIMON 系統可被連結到網路，直接線上存取SIMON 系統的資料。其概略架構如圖15.。

完整卸煤機的綜觀及所有主裝置的詳細資訊，例如：各組件狀態、馬達的溫升、齒輪箱的溫度、壓力、運轉電流、功率消耗以及容量等，全部都完整的呈現在友善的使用者環境，此外對於疑難排解更有高先進的輔助系統，可以用來幫助使用者決解問題。警報清單、歷史警報資料、歷史趨勢圖等皆為標準功能之一，使用手冊、運轉日誌、維護報告...都提供在系統中有助於卸煤機的維護排程，同時具有線上將圖面及指導手冊列印的功能。

SIMON 應用在Siwertell 連續式卸煤機之主要的優點為：

- 1.卸煤機啟動容易
- 2.預防性的保養維修
- 3.問題解決的分析工具
- 4.降低故障的追蹤時間
- 5.歷史資料的儲存
- 6.線上使用手冊

**SIMON 系統由主要的三個部份所構成：**

1. FIX VIEW – 於卸煤機正常的運轉操作下用來顯示各式選單及警報用。
2. ON LINE MANUALS – 作為線上使用手冊的顯示。
3. HISTORICAL DISPLAY – 用來檢視系統日誌中的紀錄值

**SIMON 人機介面控制軟體功能概述：**

#### **1.主畫面(MAIN VIEW)**

主畫面(MAIN VIEW)提供卸煤機簡要的功能概觀，如圖.16。選擇不同的功能鍵可快速進入不同的顯示功能畫面如圖17. 如示此功能鍵位於駕駛室左手邊的盤面上。假使有故障發生時，則功能按鈕上的字體顏色會轉變為紅色，使用者可藉由點擊亮紅色的字體直接進入到故障點。**Main view** 畫面也提供捷徑可直接點擊圖片中某些主要物件，便可直接進入該物件選單。

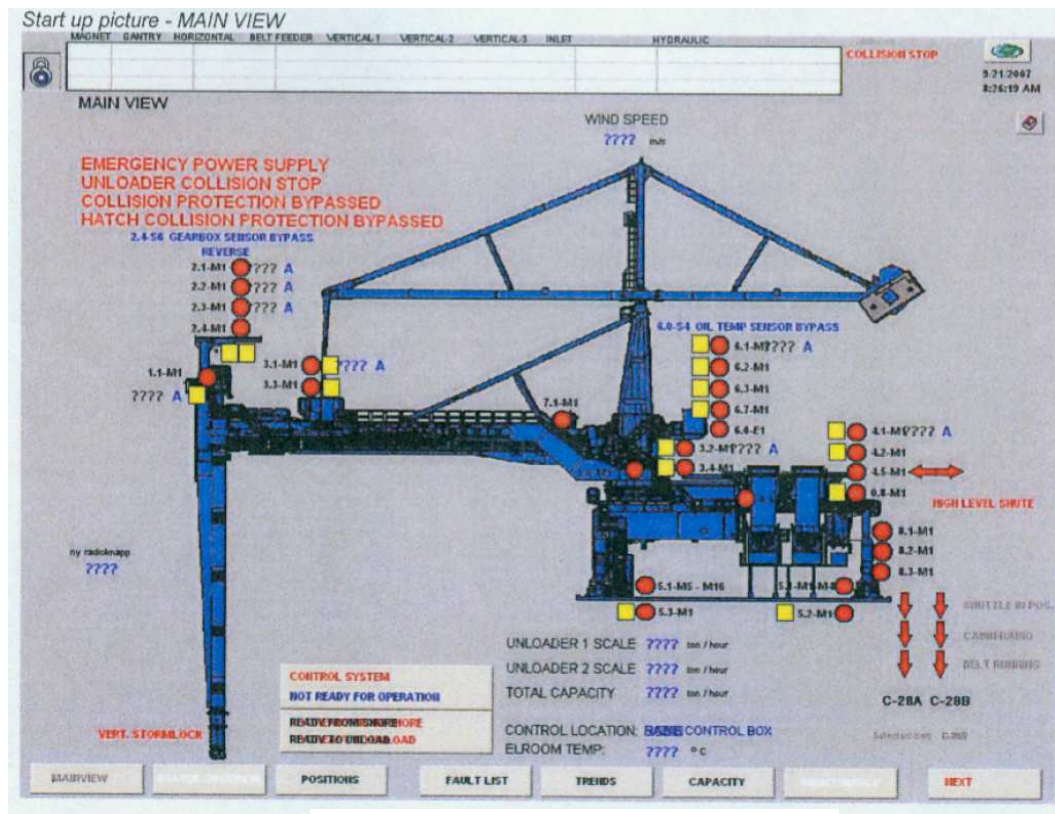


圖.16 主畫面(MAIN VIEW)

## 2. 狀態顯示(STATUS OVERVIEW)

此顯示畫面是卸煤機的各物件狀態群組，藉由選擇NEXT則可分別進入四個物件顯示組群。如下控制(CONTROL) 組群畫面、輸送帶(CONVEYORS)組群畫面、運動(MOVEMENTS)組群畫面及附屬設備(AUXILIARY EQUIPMENT)組群畫面，如圖17. 所示。

例如選擇CONVEYORS 欄下進入臺架輸送帶(Gantry conveyor)狀態畫面，此畫面為CONVEYORS 狀態選單的第一個畫面。此顯示畫面稱為物件選單(object menu)。物件選單項目內容如下：

- ☐ Power supply
- ☐ Control voltage
- ☐ PLC and system
- ☐ Emergency stop
- ☐ Gantry conveyor & magnet
- ☐ Horizontal conveyors
- ☐ Vertical conveyors
- ☐ Inlet device
- ☐ Hydraulic equipment
- ☐ Horizontal valves
- ☐ Cable reels
- ☐ Travelling

- ☐ Hoist
- ☐ Lubrication
- ☐ Slewing

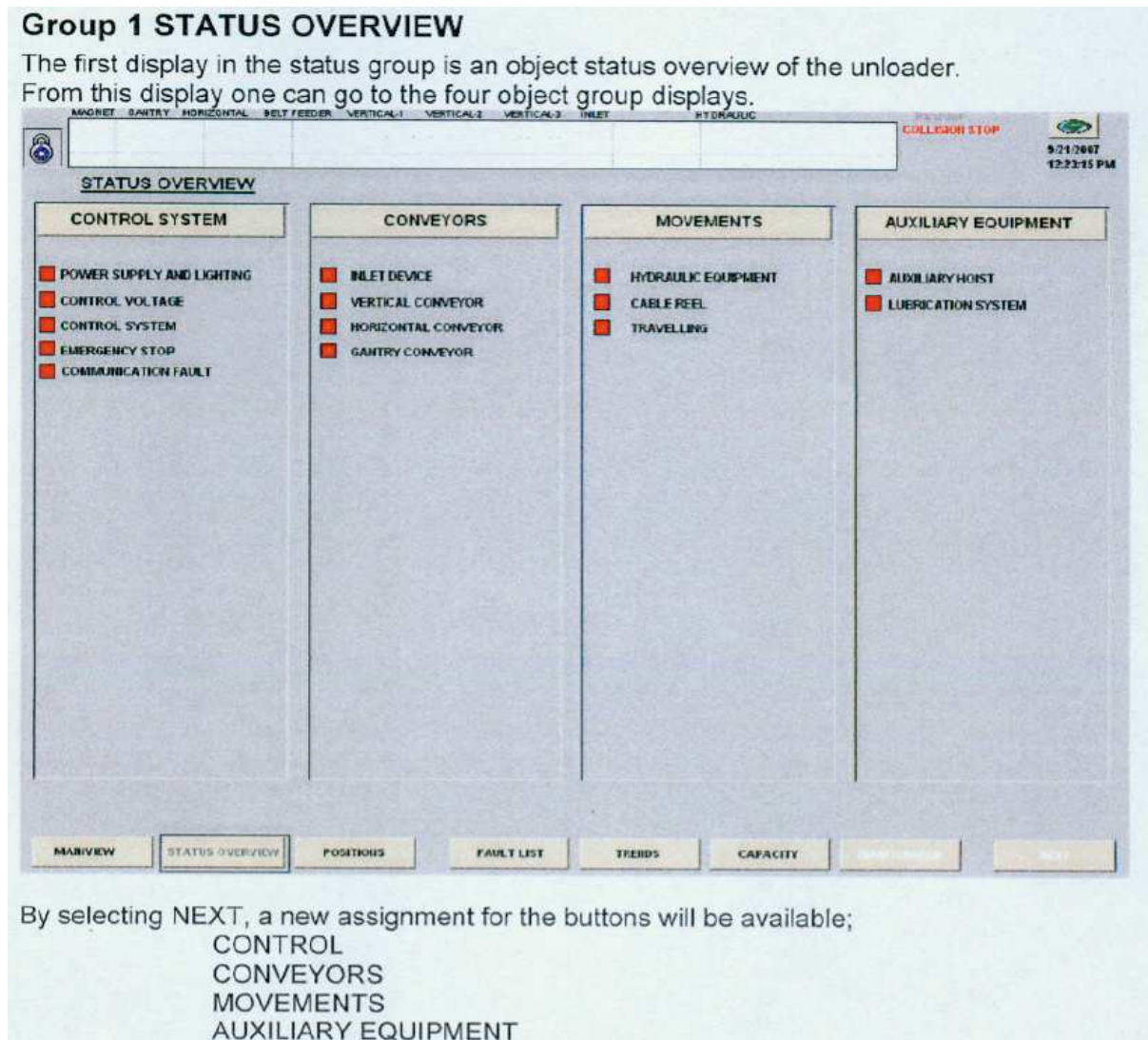


圖.17 狀態顯示(STATUS OVERVIEW)

從“Object status”圖中，可進入包含Inlet device、Gantry conveyor、Horizontal conveyor、Vertical conveyor及 Test run 等畫面，如圖.18。

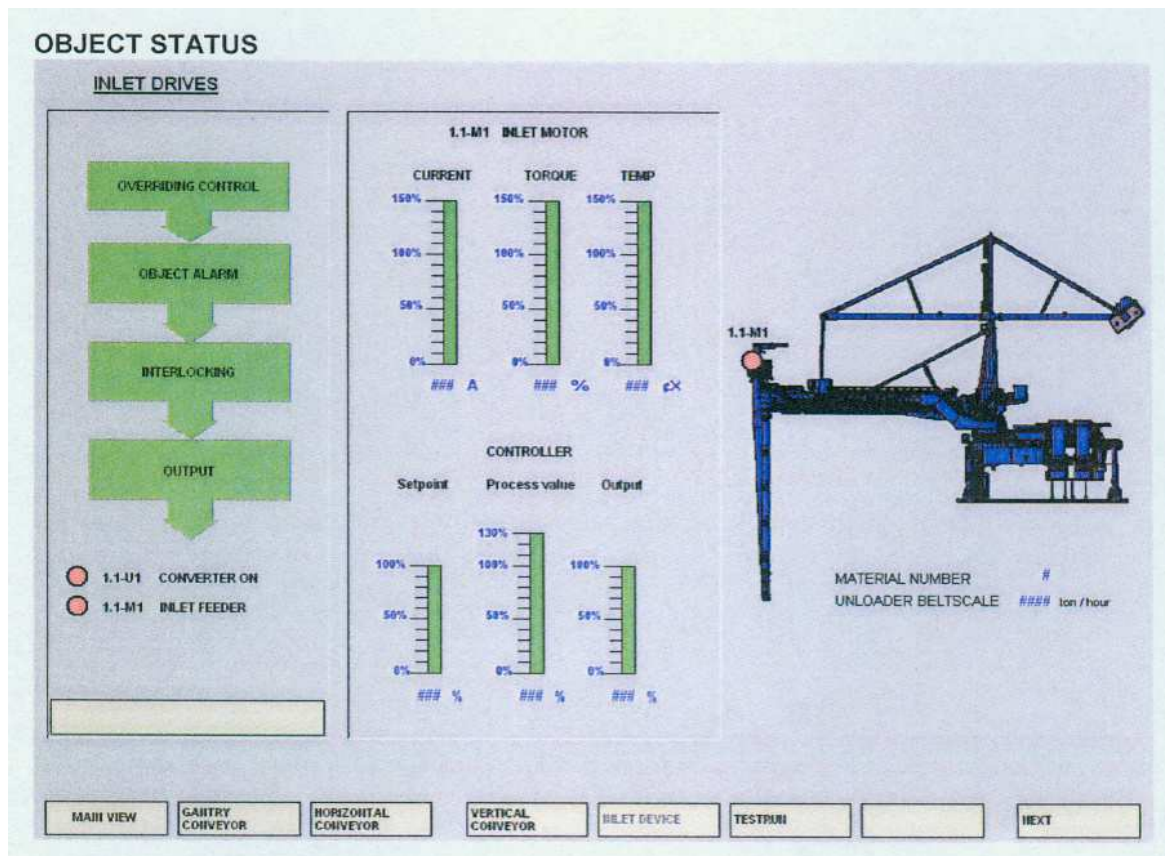


圖18. Object Status

除此之外，尚有位置(PPOSITIONS)、故障清單(FAULT LIST)、趨勢圖(TRENDS)、容量(CAPACITY)、維護(MAINTENANCE)等多項功能。連續式卸煤機配有一套FIX SIMON(Siwertell Monitoring)系統，有一線上文件資訊設備，透過Internet Explorer 網路瀏覽器顯示。此線上資訊系統可隨時上網查詢，不影響FIX操作系統的正常運作。

#### 四、運轉操作及維護保養注意事項

##### 運轉操作部份：

- (一) 啓動前:
  1. 預防性潤滑及控制: 在啓動卸煤機或每次移動前，需做預防性潤滑。先備好一只充滿 TYPE E 的潤滑油脂槍和一罐 TYPE D 的潤滑油脂。風速超過 18m/sec 時應停止操作，並以防颱固定及軌道煞車。
    - ◆轉動的環狀齒輪及開放的齒條，必要時將齒條塗滿潤滑油脂。
    - ◆檢查液壓油位及油溫，檢查是否漏油。
    - ◆解開防颱固定器及軌道煞車。
  2. 控制:
    - ◆確認沒有工作人員在卸煤機的轉動件上出現。
    - ◆檢查有無任何零件或工具，留在各懸臂系統上。特別在維修保養後。

◆檢查筒狀泵(barrel pump)是否有油。

(二) 操作策略：1. 在未受安全操作訓練前，絕不操作卸煤機。

2. 在未研讀及瞭解操作、潤滑保養及維修手冊前；相關工作人員未熟悉工作守則及工安法規前，絕不操作卸煤機。

(三) 啓動程序：1. 如果” COMMON ALARM” 燈亮，在 HMI 盤上檢查原因並修復。

2. 將開關切至” MOVEMENTS ON” ，台架上的蜂鳴警示燈動作 20 秒後，移動動作便就緒。

3. 檢視卸煤機週遭，確認有一個無阻礙的工作範圍。

4. 移動卸煤機使其進料頭貼近將開始卸料之煤堆上方約 1 米處。

5. 設定所需卸載容量，先設定 40%，然後再依所需容量慢慢增加。

6. 確認所有岸上的設施已經就緒可卸煤，” READY FROM SHORE” 燈變綠燈。

7. 按下” CONVEYORS ON” 啓動輸送皮帶，首先沿著水平臂、擺動平台及台架輸送帶的 3 只蜂鳴警報器會作動 20 秒，然後皮帶開始從出口端啓動。

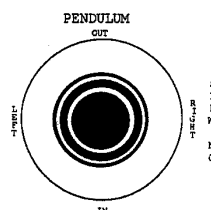
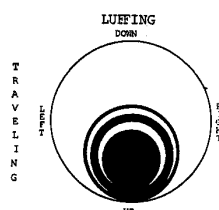
8. 順序：蜂鳴器警報 20 秒→壓縮機啓動→梭動皮帶機移至最右端→抑塵系統、台架皮帶機、磁力分離器啓動→水平皮帶機啓動→進料輸送機啓動→垂直輸送機啓動，5 秒後進料頭啓動。

(四) 練習操作無線控制器及熟悉操作室的控制功能，包含各式移動：

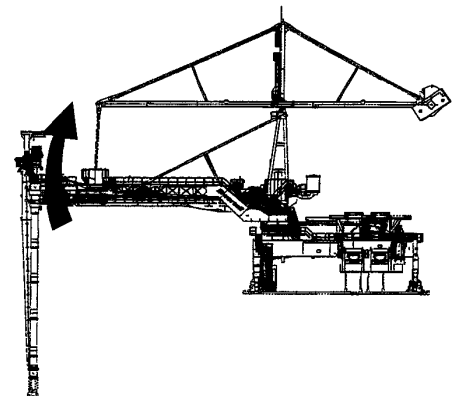
1. 拉下左手搖桿以舉升水平臂(luffing up)。

## Movements

### Luffing up

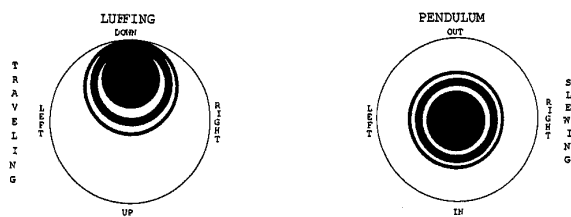


Pull the left-hand joystick for lifting horizontal arm.

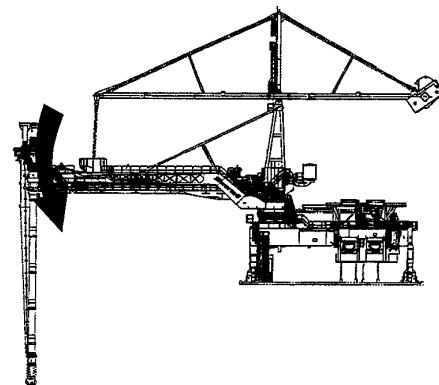


2. 推上左手搖桿以降下水平臂(luffing down)。

## Luffing down

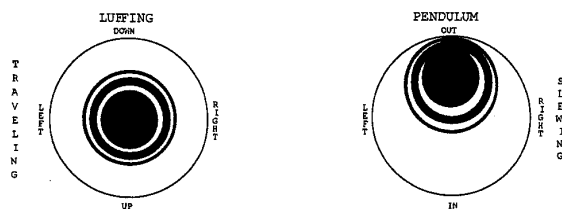


Push the left-hand joystick for lowering the horizontal arm.

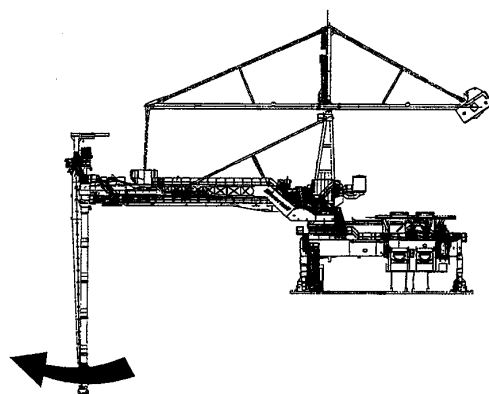


3. 推上右手搖桿以將垂直臂向外擺出(pendulum out)。

## Pendulum out

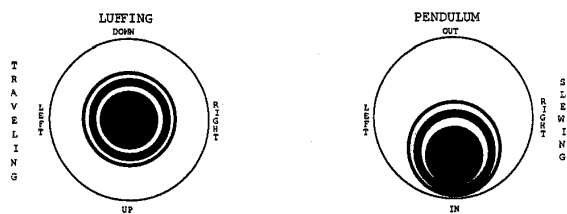


Push the right-hand joystick to pendulum the vertical arm outwards.

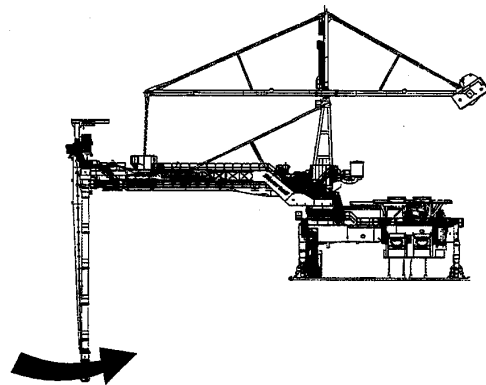


4. 拉下右手搖桿以將垂直臂向內擺動(pendulum in)。

## Pendulum in

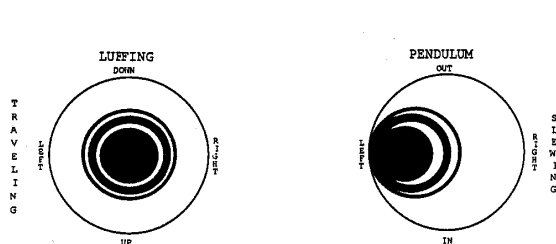


Pull the right-hand joystick to pendulum the vertical arm inwards.

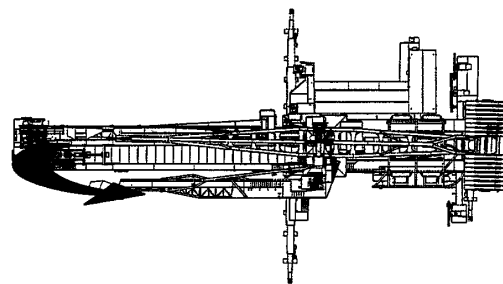


5. 推右手搖桿至左側將整組懸臂轉向左邊(slewing left)。

## Slewing left

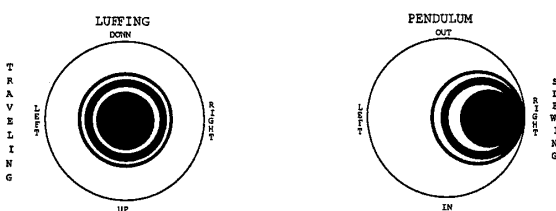


Slewing of the arm system to the left is achieved if the right-hand joystick is moved to the left.

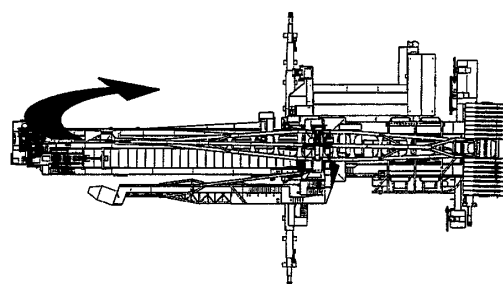


6. 推右手搖桿至右側將整組懸臂轉向右邊(slewing right)。

## Slewing right

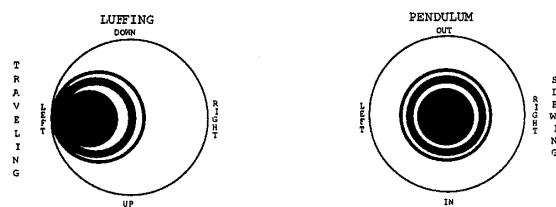


Slewing to the right (clockwise) is achieved when moving the right-hand joystick to the right.

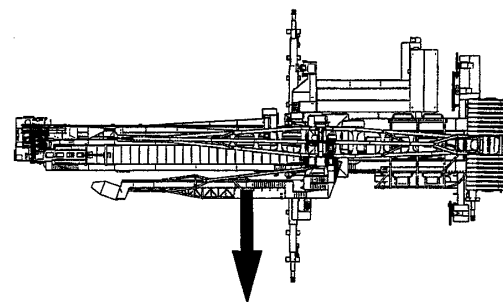


7. 推左手搖桿至左側將整組卸煤機往左平移(travelling left)。

## Travelling left

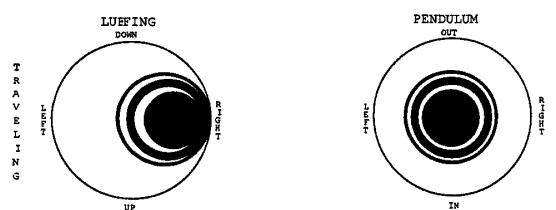


Travelling to the left is achieved if the left-hand joystick is moved to the left.

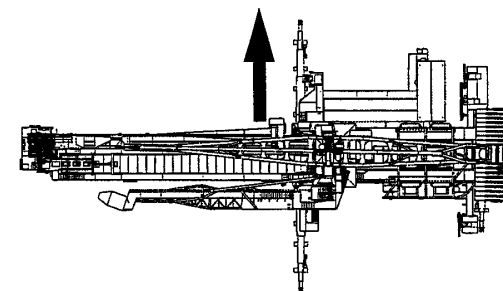


8. 推左手搖桿至右側將整組卸煤機往右平移(travelling right)。

## Travelling right

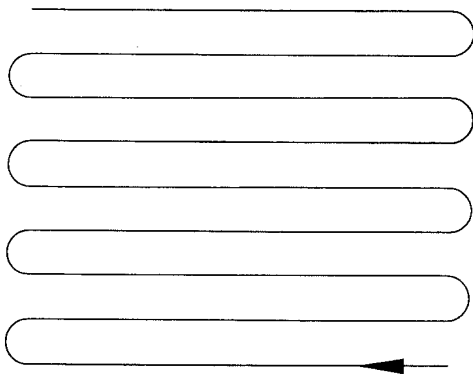


Travelling to the right is achieved if the left-hand joystick is moved to the right.

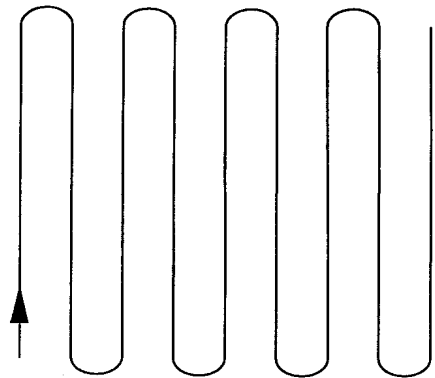


(五)卸煤技術：一旦進料頭啟動，便同時開始卸煤；垂直輸送螺旋不要空轉。進料頭需插入煤堆內 1~1.5 米。用下列任一方式卸煤。

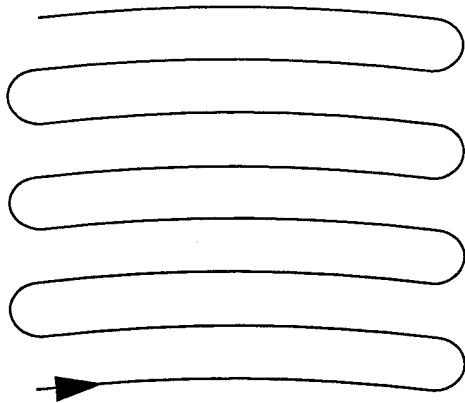
**Longtravel (parallels)**



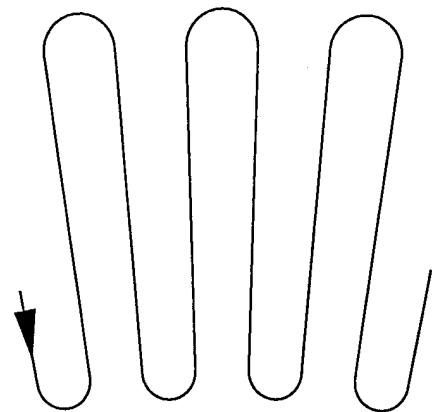
**Pendulum (parallels)**



**Slewing (concentric lines)**



**Pendulum (fan shape)**



(六)此外，尚有緊急柴油發電機，當正式電源故障時，從 CSU 的 MCC 室切換” Power supply Normal/Emergency”，以便做必要之移動。20 噸的輔助天車可在操作室內控制，升降都需按鈕操控，有過載保護，如果水平臂下降低於  $0^\circ$ ，天車會被鎖住。另外卸煤機上配有風速偵測裝置，當風速超過 18m/s 時，會有警報亮起，應立即停止操作，並以防颱固定裝置(storm locking)固定之。

**保養維修部份：**

- (一)預防性保養：維持 SIWERTELL 卸煤機長時間正常運作，正確的保養是必要的。
- (二)SLEWING 環狀齒輪及軸承：在所有設備組裝完成後，試運轉期間由 MacGREGOR 工程師檢查及調整齒輪背隙(backlash)，爾後每年由使用者測量紀錄後，送一份給 MacGREGOR。
- (三)磨耗會導致轉動(slewing)軸承的垂直餘隙(play)增加，最大的允許餘隙增加值為 1.03mm，原始值在試運轉期間由 MacGREGOR 工程師檢查紀錄。

(四)輸送機系統：處理傳送螺桿的一般建議，

- 傳送螺桿的運送必須雙數的支撐固定，小心運送。
- 使用木材或橡膠保護螺旋葉片表面。
- 吊運螺桿只能使用繩子或鏈條，不能使用堆高機。
- 所有組件(螺桿、OD 軸承…)在拆解前，需先將每部份標明，以利組裝。
- 在將垂直螺桿從垂直臂外筒組裝或拆解時，可用堆高機推上或卸下；惟必須保持垂直，以避免任何彎曲。

(五)底部軸承的檢查及更換

1. 拆下進料頭。
2. 檢視及清潔軸承(bearing halves & shaft)
3. 如果軸承狀況還好，加完潤滑油脂後，再以適當扭矩組裝。
4. 軸承 halves & shaft 如果任一有狀況，應整組一起更換相同品質之配件。

(六)、維修保養程序：

主要磨耗件為進料頭、底端螺旋葉片、套筒、O-D 軸承及垂直螺旋桿組，需定期檢修、添加油脂及更換潤滑油：

- 1.進料頭：卸料作業時，飼料翼或T 型棒因撞及硬塊狀物如鐵件而變形，需藉由加熱矯正或切割鉚補。

- 2.底端螺旋葉片(wear section)：該三節葉片因在煤流入口處，最易磨損，現場以鉚接耐磨鉚條修補，若更換備品，步驟如下：

將垂直臂直立(90°)，拆下進料頭，鬆開銜接螺栓，卸下磨耗葉片，更換新備品。

- 3.底部輸送套筒(Lower transport tub)：其最底端管節，位於進料翼處約300mm長，最易磨耗變短，會使煤塊隨煤流往上，擠入進料頭與套筒間隙，導致進料頭轉動受阻。

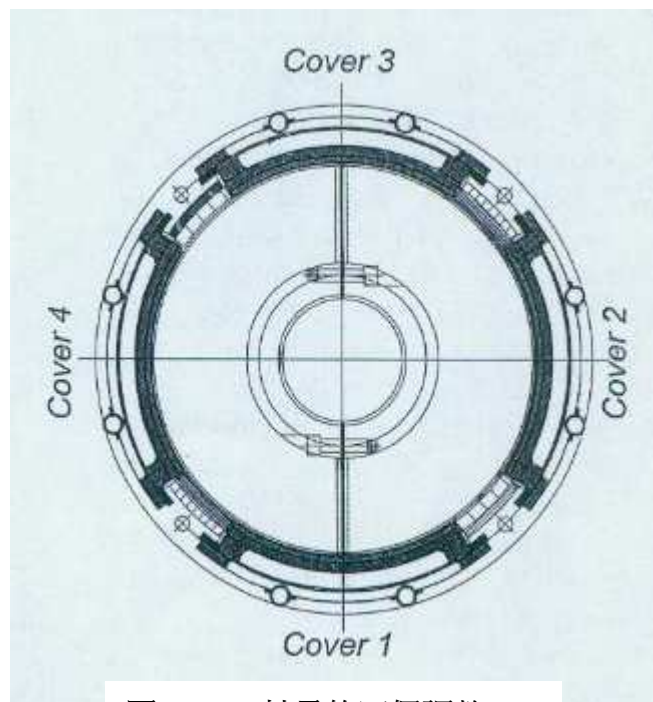


圖.19.OD 軸承的四個調整口

定期從翼口處檢查，若發現該處管節有變短，需進行銲補增長，步驟如下：

將垂直臂直立(90°)，拆下進料翼，從法蘭面下方約40mm處切斷，銲接新管節，若該處管節已耗盡，需整支套筒拆回工廠進行分解修理。

4.O-D 軸承：垂直輸送機之螺旋，由六支垂直螺旋桿聯結，長達30 m，中間有五個O-D 軸承支撐，需定期檢查與調校螺旋葉片與調整板之間隙，以維持螺旋桿組之垂直度，使螺旋轉動不偏離中心。

定期調校方法：

- (1)將垂直臂直立於岸邊檢查平臺或高空作業車(Cherry picker)。
- (2)從最上頭之O-D 軸承開始，往下調校。
- (3)拆下No.1 調整板(每個O-D 軸承，有四塊調整板，每塊註記編號與安裝方向)，使開口全開。
- (4)量測螺旋葉片與No.2、No.4 調整板之間隙，增加或減少墊片(每塊Shim1~2mm厚，材質不銹鋼片)，使間隙小於4mm。
- (5)復裝No.1 調整板。
- (6)拆下No.2 調整板，需確認墊片數與安裝方向。
- (7)量測螺旋葉片與No.1、No.3 調整板之間隙，增加或減少墊片，使間隙小於4mm。
- (8)螺旋桿空載轉動測試，若有異常振動，需將間隙再減小。進行上述調校時，若O-D 螺旋葉片有磨薄或去角，需銲接耐磨銲條修補，並加以整修，否則煤流經過，會有不順或間斷，導致效率降低。

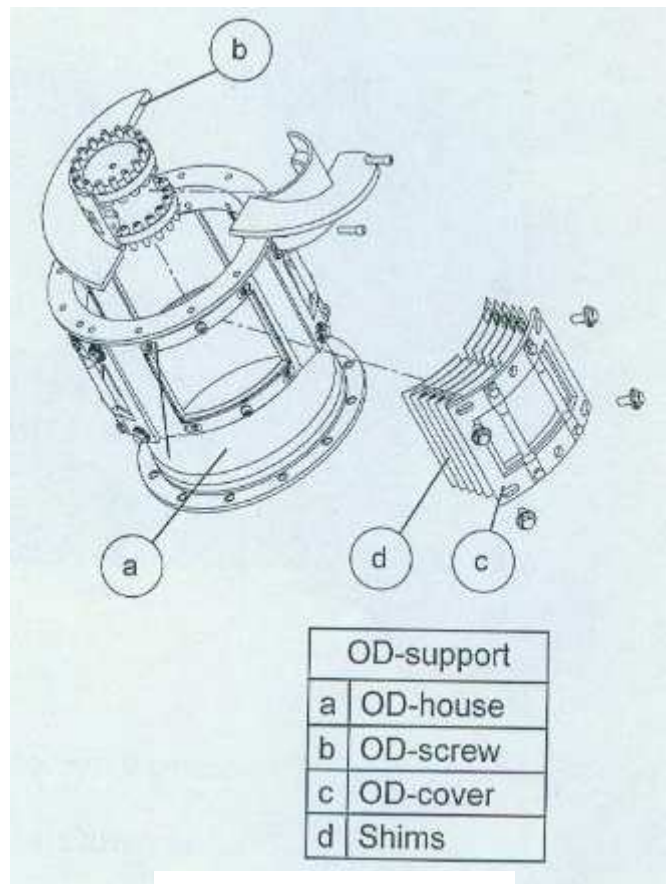


圖 20. OD 軸承剖視圖

5. 垂直螺旋桿組拆卸：共有六支，包括Top screw 一支，Intermediate screws 四支，Bottom screw 一支，設計上垂直輸送機以配重方式做平衡，故拆卸作業前，需先將垂直臂直立，以鍊條拉吊器或鋼索懸吊於防颱腳柱上，防止垂直臂往上翹。拆卸步驟：

- (1)拆下進料頭。
- (2)將底部第一個O-D 軸承之No.1、No.3 調整板鬆開卸下，橫放二支方形鋼棒做支撐，鋼性強度需足以支撐六支垂直螺旋桿重，再以鍊條拉吊器固定螺旋，防止轉動。
- (3)開頂部螺旋桿之聯結螺栓。
- (4)使垂直臂往上提升，離地面約5.5m 高，等於最長一支螺旋桿外加50cm長度。
- (5)將堆高機刀叉撐住底部螺旋桿下方(支撐部位墊上橡膠或木質材料，防止損傷葉片)，然後移除第2 項之鋼棒與鍊條拉吊器。
- (6)堆高機刀叉降下，底部螺旋桿露出套筒。
- (7)於第一個O-D 軸承處，放回方形鋼棒。
- (8)分解O-D 軸承之螺旋葉片。
- (9)使用移動式吊車懸吊螺旋桿上方。
- (10)拆掉聯結螺栓。
- (11)吊起第一支螺旋桿。
- (12)重覆第5～11 步驟，將全部螺旋桿卸下檢修。

6.垂直螺旋桿組復裝：是拆卸作業的反向，第六支螺旋桿先復裝，接續第五～第一支螺旋桿，最後進料頭安裝。

## 肆、心得

從這次的國外實習經驗，對於 MacGREGOR 的螺旋連續式卸煤機，除了基本整體系統的機械結構、軟體系統的人機介面以及操作維護保養等等層面，均有了全面性的認識與演進改善過程有更進一步的了解。

此外，螺旋進料機構可說是整組 CSU 重點中的重點，從設備製造到運送，組裝過程到現場安裝，運轉及至維修保養每一環節均密切關係著 CSU 的運轉穩定度，進而影響電廠燃煤供給的可靠度。也可從不斷的研發改進過程，了解到螺旋進料機構日新月異，不斷發展新技術及新材料，提升效率及延長使用壽命等工程技術的追求。

不均勻的進料如同放置衣服偏心重量的洗衣機，脫水時搖擺發出撞擊筒壁的聲響，會有嚴重的偏心力矩，尤其垂直進料螺桿轉速近 290rpm，操作時如圖 21.所示，

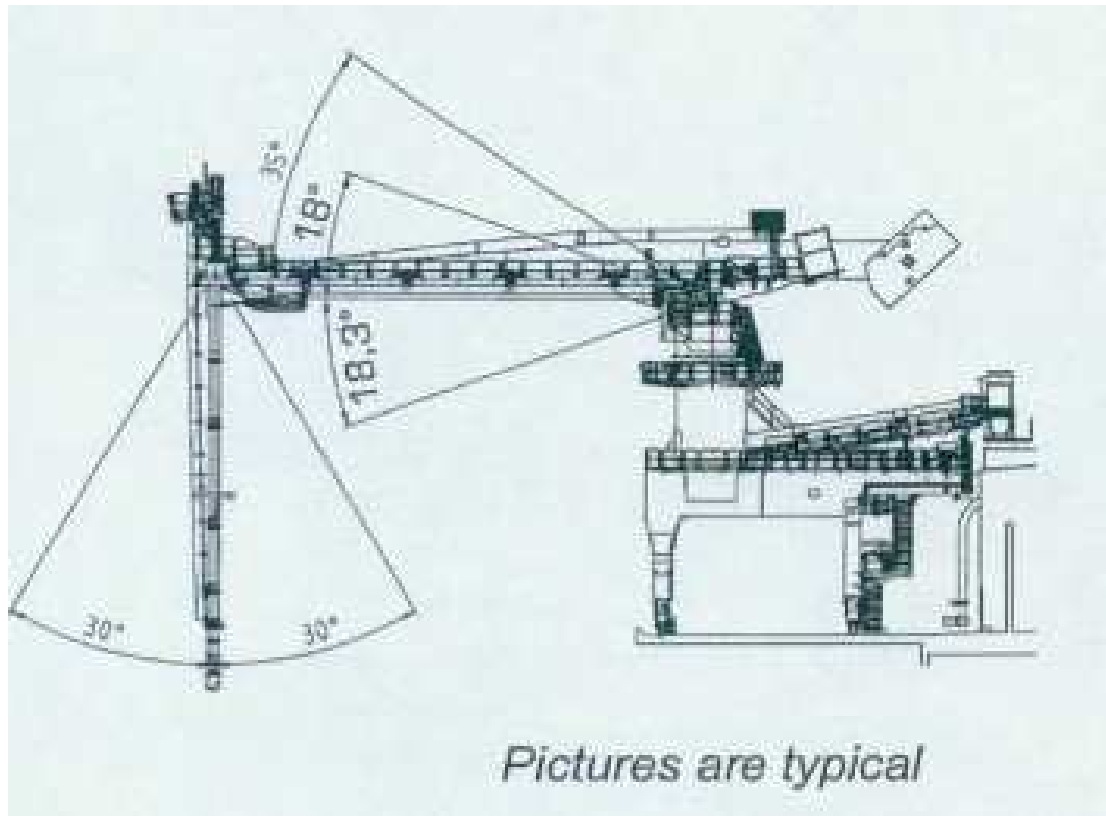


圖 21.二維操作時角度限制

在上下舉起或下降(Luffing)及鐘擺內外(Pendulum)，此二維運動方向相較於水平的平移(traveling)及旋轉(Slewing)，更易出現進料不均或海浪敏感度高，產生偏心力矩的機會也較大，因此操作上對於此二維操作也需較為謹慎。

另外，進料機構磨耗速度也取決於定期檢修時，仔細的調整及維修，調校螺旋葉片與調整板的間隙，維持螺旋桿組的垂直度是使螺旋轉動不偏心的重要工作，不能輕忽。至於人機介面的控制模式，即使可在啟動防碰撞系統下切換至半自動的操作模式(Semi-automatic mode)，依原先設定的卸煤程序由 PLC 控制卸煤機的動作。其可工作的範圍仍需人為加以限制，依船型、天候條件，規劃出低速區域(卸煤機運轉接近該區必須往反方向移動)，人員也不得離開，還是需緊盯著卸煤機運作，以便隨時掌握卸煤情況。

高效率(全船平均卸煤效率 $\geq 70\%$ )、低污染的螺旋連續式卸煤機絕對是未來發展的趨勢，但在這個設備基礎上，操作技術及維護保養仍有許多改善以增加使用年限的空間，值得持續探究。

## 伍、建議事項

一、垂直臂上方的維修用天車(hoist)的實用性：

(一)依該合約規範(1752-MS-001)第 7.33 節規定爲了馬達及配件維修方便，需設置天車於垂直臂上方，在規範中不管是輪斗式、鏈斗式或螺旋式連續式卸煤機均有要求設置。得標的 MacGREGOR 公司爲螺旋式垂直進料機，螺旋運轉因擺動及離心力扭矩的交互作用，本來就較容易因外力造成螺旋桿偏斜，鋼結構的重量平衡屬重要之設計考量因素，也才會將螺旋桿分成五段，以 OD 軸承連結，以減低偏斜造成磨耗；此額外增加的偏心荷重必定對此配重系統造成相當程度影響，實際情形尙無實際運轉數據可供參考。

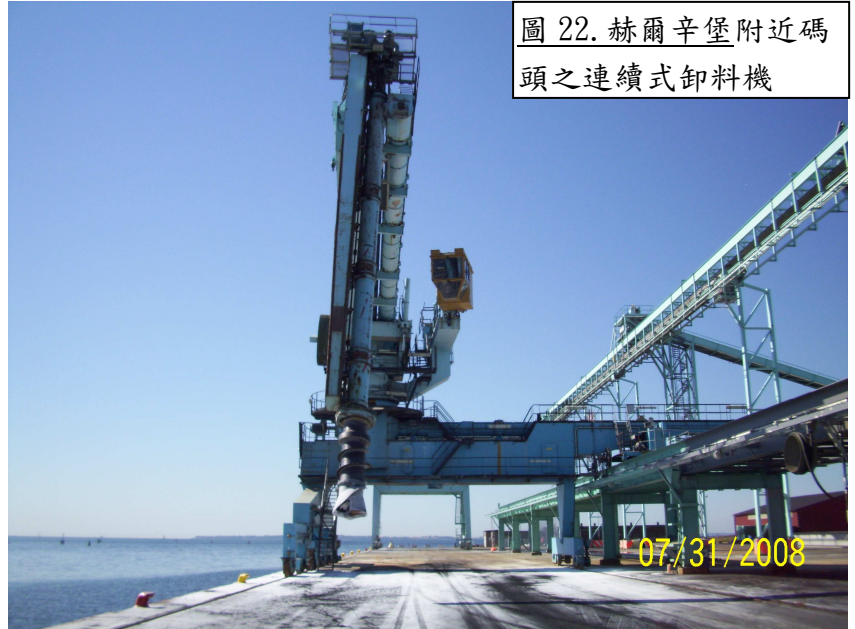


圖 22. 赫爾辛堡附近碼頭之連續式卸料機

(二)在出國實習期間，MacGREGOR 公司之本案計劃經理 Mr.Andersson，指出在他們的標準結構設計中沒有該設備，過去的所有安裝過的 CSU 也沒有該項要求，參觀赫爾辛堡工廠(Boliden Kemi)現場的 CSU 操作設備，確實也沒有相關設計；雖說 MacGREGOR 有根據規範要求，對此輔助天車使用中之力矩負載對上臂及塔座之影響，有做詳細的檢驗計算，但在 MacGREGOR 操作保養手冊中強調(warning)這是一套配重式卸料系統，超過 1500 公斤的荷重增減都將嚴重影響系統穩定度，此輔助天車一千多公斤的額外荷重，已使安全裕度達臨界點。



圖 23. 將吊裝之輔助天車

(三)目前安裝工程接近完工階段，在爲了符合合約規定，MacGREGOR 公司也即將安裝該設備，並進入試車階段。因

該設備相較於整體垂直臂機構，重量比例不大，影響不易被察覺。但合約規範仍有相關構件耐用年限之保證要求。

，是否造成影響?可能需一年的運轉維護後才能作出評估，因此建議電廠依據維修手冊在定期檢修時，檢視磨耗情形，與舊電廠卸煤機(同為 MacGREGOR 建置)維修資料比較，視其影響程度，如果足以影響合約規定之最低保證使用年限，應考慮是否拆除該設備。

## 二、半自動卸煤模式的進化：

由於興達卸煤碼頭屬外海深水碼頭，受潮汐及天候海浪影響較鉅，而螺旋進料頭的吃料深淺，直接影響扭矩的偏心與否，所以卸煤操作的技術關係著進料螺旋整組的使用壽命。除了人為操作需要相當的技巧外，在加入防撞的系統保護，並限制相當的卸料範圍，可以有半自動操作模式，卸煤頭的移動速度便由進料器轉矩感應器來決定。

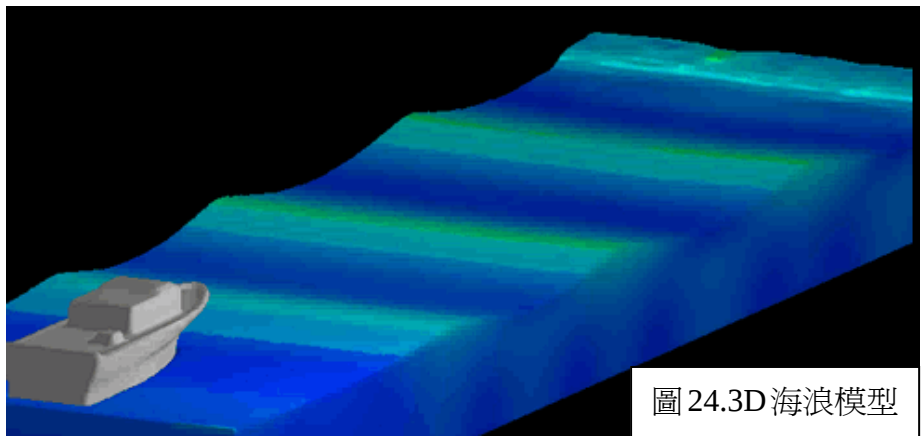


圖 24.3D 海浪模型

然而由於電腦運算速度的

倍數提升，即時 3D 的波浪動態模擬軟體，已在近年快速發展，只是要求越真實，模擬速度會相對減慢；但是若能結合海浪即時動態系統，對於進料頭挖掘深度可以有更精準的自動調整，不但可以擴大卸料範圍，減輕專業操作人員技術的依賴，更可減輕螺旋設備偏心磨耗的機率，延長使用壽命，朝全自動化操作模式的理想前進。