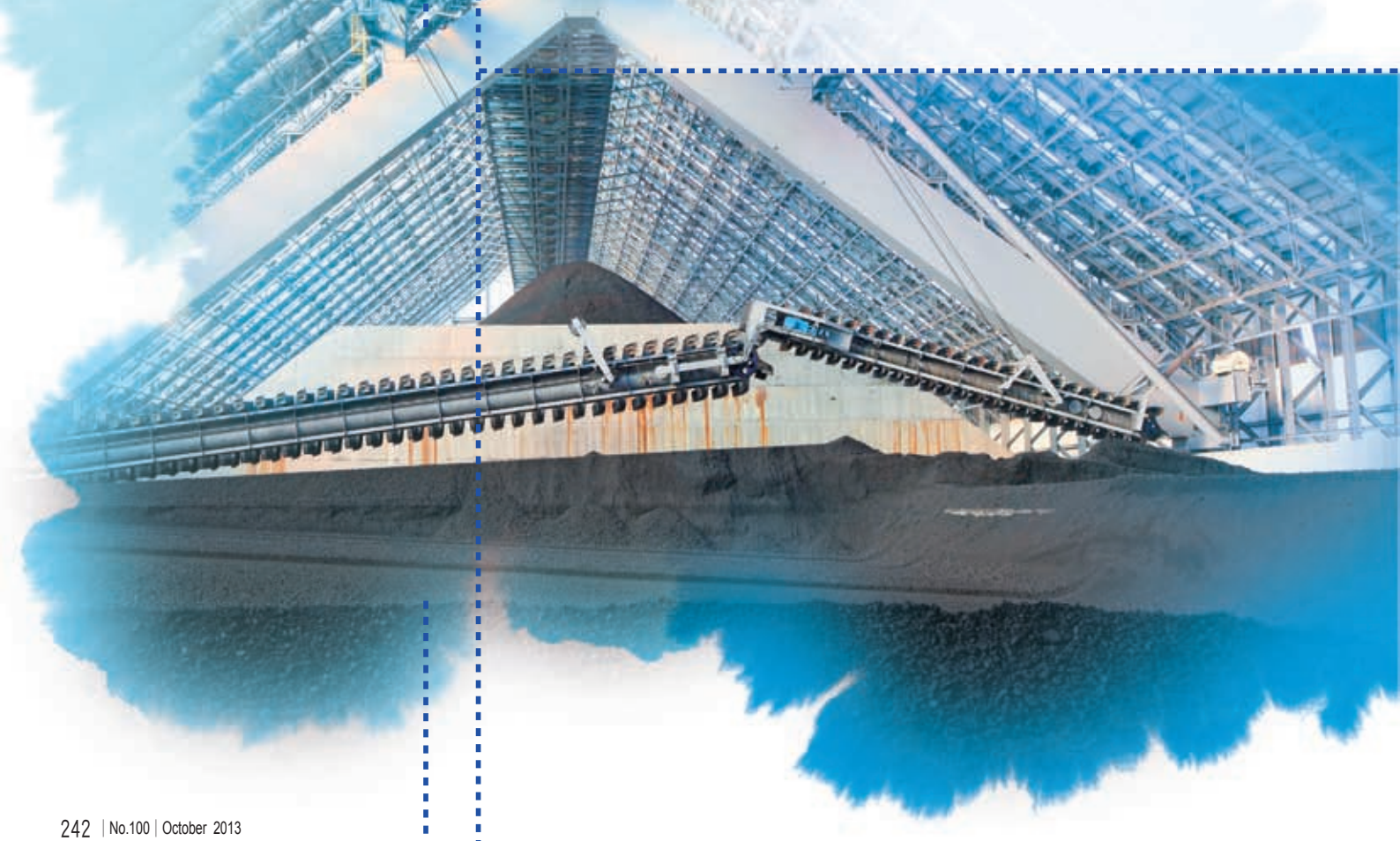
密閉式煤炭倉儲設施工程探討

關鍵詞：裝卸設備、倉儲設施

台灣世曦工程顧問股份有限公司／機械部／協理／施亮輝 ❶
台灣世曦工程顧問股份有限公司／機械部／技術經理／周振發 ❷
台灣世曦工程顧問股份有限公司／機械部／正工程師／鄭文雨 ❸



摘 要 ABSTRACT

密閉式煤炭倉儲設施主要由卸煤機、廊道式輸送機、梭動機(Tripper car)、刮煤機(Reclaimer)、煤倉、發貨站、地磅、洗車池、水霧抑塵及監控系統等組成，操作方式係以設置於碼頭上方之螺旋式卸煤機及輸送機系統，將煤炭自載運貨船上輸送至發貨站出貨或進入煤倉暫存。貨主取貨時，利用煤倉內之刮煤機、輸送機輸送至發貨站卸煤裝載於貨車，煤炭之進倉、出倉完全以密閉式機械設備輸送，除了提高裝卸效率外，有效地減少裝卸過程粉塵飄散、降低環境污染，符合國內最新環保法規。本文以本公司辦理之「台中港104號碼頭密閉式煤炭倉儲設施工程」興建為例，說明密閉式煤炭倉儲設計需求、設施及選用原則。

壹、煤炭裝卸碼頭操作作業現況

煤炭(或大宗散雜貨等)在碼頭之裝卸，目前共有三種作業型態，包括船邊提貨、簡易設備裝卸及密閉式自動化機械式裝卸作業，三種作業型態說明如下：

一、船邊提貨作業

除以船舶自備之裝卸設備卸貨外，亦利用承攬商自備之吊桿、怪手、裝卸漏斗、抓斗等裝卸設備卸貨，此種作業方式裝卸過程極易造成粉塵飄散；另業者為加速裝卸速率，作業時通常將貨物堆置於碼頭面，作業完畢後之煤料、廢鐵、木屑、礦砂等之細微顆粒殘留於碼頭面上隨風飛散，造成碼頭作業區的嚴重污染，不符合環保法規，如圖1。

圖1 船邊提貨機具及污染情形

二、簡易設備裝卸作業

以船舶自備吊桿抓斗將貨物卸載至移動式卸料斗，利用輸送機直接輸送至煤倉發貨站內，將煤炭卸至卡車上直接出貨，如圖2。此作業型態，採用密閉式輸送機、於抓斗卸貨至大型漏斗及煤炭轉運處皆設有防止粉塵逸散之灑水設施，且直接出貨，煤炭不落地，作業完畢後煤料細微顆粒不會殘留於碼頭面上，尚能符合環保署100年修訂頒布之「固定污染源逸散性粒狀污染物空氣污染防制設施管理辦法」，屬在工程經費及碼頭後線土地受限情形下之權宜作法。

圖2 簡易設備裝卸方式

三、密閉式自動化機械裝卸作業

以自動化裝卸機械設備、密閉式輸送機及煤倉進行煤炭裝卸、儲存及出貨，如圖3所示，除了符合最新環保法令規定外，亦能提高裝卸效率，為現代化煤炭碼頭裝卸作業型態。

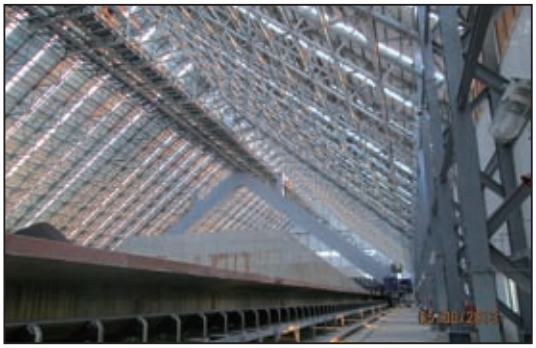


圖3 密閉式自動化機械裝卸作業

貳、密閉式煤炭倉儲設置案例

承如前節煤炭裝卸碼頭作業型態之說明，密閉式煤炭倉儲為低污染、現代化、高效率之作業型態，基於環境永續、保護生態之理念推廣，以下就台灣世曦工程顧問股份有限公司辦理業主安順裝卸股份有限公司之台中港104號碼頭密閉式煤炭倉儲設施工程之設計內容分別探討說明。

一、計畫背景

臺中港在96年之煤炭裝卸量高達2,336萬噸，其中台電公司專用碼頭煤炭裝卸量為1,864萬噸，其餘約472萬噸係以船邊提貨方式裝卸，造成碼頭環境污染。爰此，臺中港務分公司為提高裝卸效率、減少環境污染，遂依商港法與商港棧埠管理規則，公告出租第104號碼頭岸肩暨後線土地，提供民間業者合作興建密閉式煤炭倉儲設施及自動化卸煤機械設備，解決現有船邊卸煤方式之碼頭污染問題，並藉以增進經濟效益，提昇臺中港埠競爭力。案經安順裝卸股份有限公司以最低保證運量每年220萬噸得標後，於民國98年6月簽約，並接續進行設計及施工，自102年7月起試營運。

二、營業計畫與免租年限

本計畫總投資興建成本包括合作興建之固定設施費用及自購之自動化卸煤機械設施費用，依「交通部臺中港務局出租臺中港第104號碼頭岸肩暨後線土地合作興建公司承租密閉式煤炭倉儲設施租賃契約」之規定，免租年限係以投資額(僅考慮固定設施所需負擔之興建成本)、現金流入(係考量依裝卸儲轉量衍生之裝卸及倉儲收入)，扣除土地使用費、管理費、人事費、設備維護費、鋪面成本、建物租金、照明設備租金、保險費、水電費、行政費、雜費、開辦費及相關稅捐等，以當年度台灣銀行基本放款利率基準，並參考「臺灣地區營造工程物價月總指數」最近六個月平均漲跌幅度計算，計算結果本計畫之免租使用年限約為21年6個月，並以工程結算調整免租使用年限。

三、設計需求

本計畫基地設計可停泊為60,000噸級貨輪碼頭，其岸肩及後線土地基地面積分別約為9,450平方公尺及28,921平方公尺。計畫以初期營運量2,200,000噸及最大營運量3,000,000噸為規劃目標。進行煤炭卸貨速率、發貨能力、倉儲能力、刮煤機速率、煤倉容量及入出倉輸送機容量規劃設計。

(一)煤炭卸貨速率

碼頭可作業天數約176天/年，卸船機最低卸貨速率(TTS (Through-the Ship) MIN. PER HOUR)約710噸/小時。於額定卸貨速率F.D.R 2000噸/時，在不考量移倉及準備時間情況下，60,000噸級貨輪靠港時間為30小時。

(二)發貨能力

發貨站每年可發貨天數為224天，每日15小時，發貨時間07:00至22:00，於每一散裝車道出貨能力約180噸/小時，共設置6車道。

(三)倉儲能力

以60,000噸級2船班作業期間為考量，煤倉最小儲存量約100,000噸。

(四)刮煤機速率

以最大發貨速率1,080噸/小時，刮煤機額定操作速率約為1,300噸/小時。

(五)煤倉容量規劃

煤倉內部尺寸為58.6公尺x180公尺，縱向兩側之擋牆高度約12 公尺，中間擋牆(二個煤堆之中間擋牆)高度約10公尺及刮煤機外部軌道之跨距約64 公尺，本計畫煤倉容量約120,000噸，如圖4。

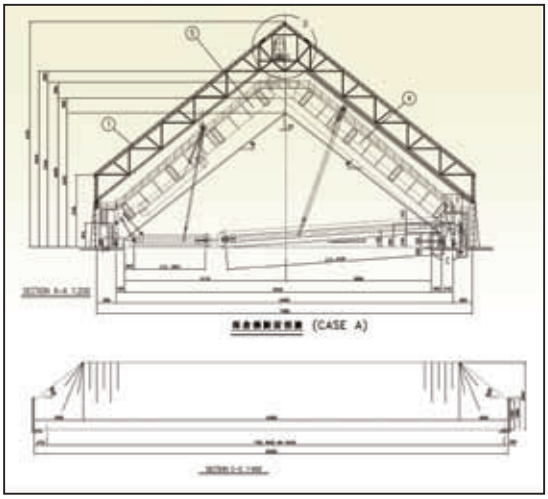


圖4 密閉式煤炭倉配置

(六)輸送機規劃

輸送機容量Q=60*G*A*V，比重G，截面積A，輸送速度V。

選用入倉皮帶輸送機為2,200噸/小時，出倉皮帶輸送機為1,300噸/小時。

四、煤炭裝卸流程

本計畫之煤炭裝卸流程，包括：進倉、直接出貨、出倉，其流程如圖5，說明如下：

(一)進倉：螺旋式卸煤機自貨船取貨、以輸送機輸送(於皮帶輸送機上裝設自清式磁選機與計量設備，將金屬部分排出及計量)，並以兩向分料滑槽設備（Two-way Damper）將煤碳輸送至煤倉上方，由梭動機(Tripper Car)分料至煤倉內儲存。

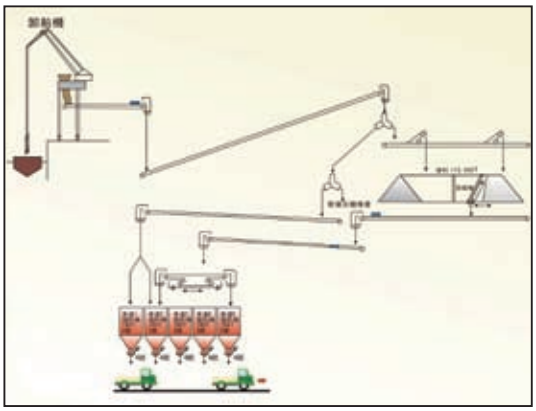


圖5 煤炭裝卸流程

(二)直接出貨：螺旋式卸煤機自貨船取貨、以輸送機輸送並以兩向分料滑槽設備（Two-way Damper）將煤炭直接輸送至發貨站，經由兩向分料滑槽設備下至車道之儲料桶，將煤炭卸載至卡車上。

(三)出倉：刮煤機(Reclaimer)刮起倉內之煤炭、以輸送機輸送至發貨站之分料滑槽設備，下料至車道之儲料桶，將煤炭卸載至卡車上。

五、工程配置

依照上述進、出貨、儲存及裝卸需求，且考量未來可擴充性，計畫之工程配置如圖6，整體設施項目及規格如表1所示。

六、設備之選用

(一) 螺旋式卸船機(SCREW TYPE SHIP UNLOADER)

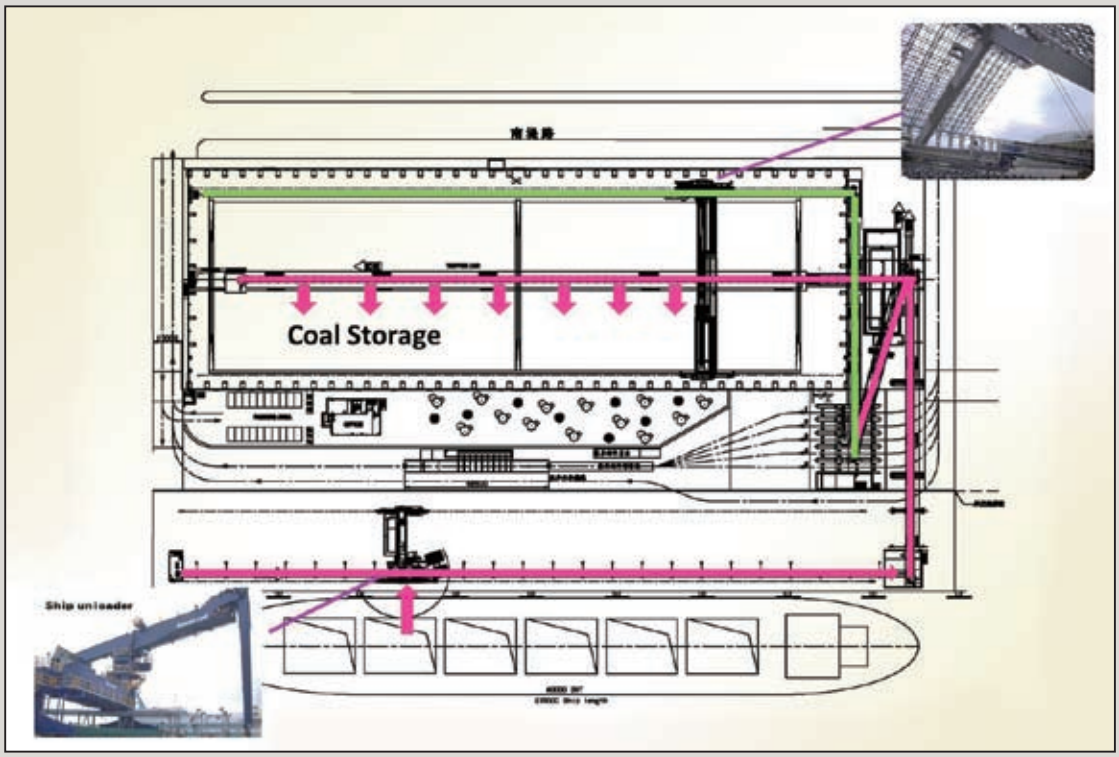


圖6 台中港104號碼頭密閉式煤炭倉儲設施工程配置

表1 台中港104號碼頭密閉式煤炭倉儲主要設施

設備名稱	說 明	數量
卸船機(Ship Unloader)	螺旋式，額定輸送量2,200噸／小時	1部
入倉輸送機	槽型皮帶式，額定輸送量2,200噸／小時，含自清式磁選機、電子式計量器	4部
梭動機(Tripper car)	槽型皮帶式，往復式，自動/手動，額定輸送量2,200噸／小時	1部
密閉式煤倉	總容量約12萬噸，分成兩個儲倉	1座
刮煤機(Reclaimer)	門式(PORTAL TYPE)，額定輸送量1,300噸／小時	1部
出倉輸送機	槽型皮帶式，額定輸送量1,300噸／小時	2部
分料輸送機	槽型皮帶式，額定輸送量1,300噸／小時	1部
發貨站	5個車道，180噸儲料桶5只，每車道出貨容量180噸／小時・	1式
儀控設施	圖控系統，複聯式（Redundant）控制系統，包括安全開關、現場儀表設備及控制箱、梭動機控制系統、輸送設備整合監控系統、煤倉管理資訊系統(MIS)	1式
地磅	坑式全電子式，數位型，荷重60噸及車牌辨識系統	5座
環保設施	洗車設備、水霧抑塵設施	1式

1. 卸船機型式

依作業特性，卸煤機可分為連續式與不連續式，其特性說明如下：

(1) 連續式卸煤機：如螺旋式(Screw type)，卸煤機之挖掘頭(Digging head)與輸送設

備之作業，可長時間連續作業，效率及環境保護相對較高。螺旋式卸煤機初置成本較高，其挖掘頭(Digging head)如有損壞，修護成本亦較高。

(2) 不連續式卸煤機：如抓斗式(Grab type)，詳圖7，卸煤機抓斗與輸送設備之作業間歇進行，藉抓斗來回週期性運作，具較高操作可靠性、易維護性且價格較低，但操作效率及環境保護較差，不及連續式。

2. 卸煤機選用

卸煤機之選用必須滿足下列要素，包括卸貨速率及停靠船型。本計畫選用螺旋式卸煤機，其構造及照片如圖8。於設計上需要注意卸煤機軌道接續方式、安裝精度、碼頭面平整度、卸煤機與岸肩輸送機相對位置及消防通道、操作監控系統及電力電纜設置位置。

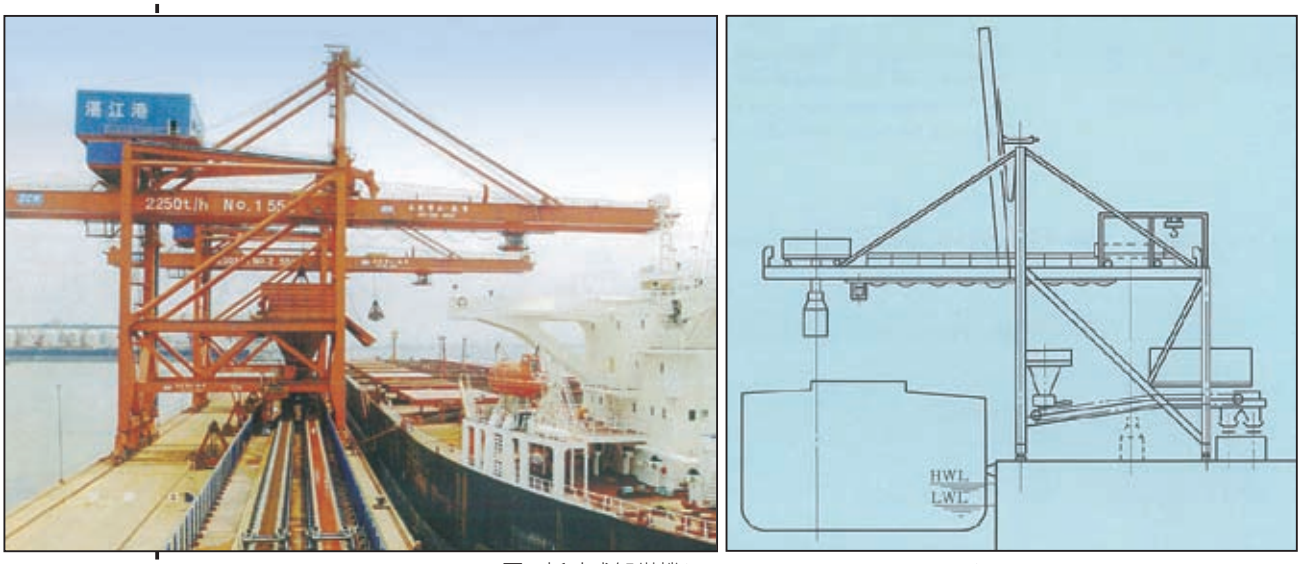


圖7 抓斗式卸煤機(GRAB TYPE SHIP UNLOADER)

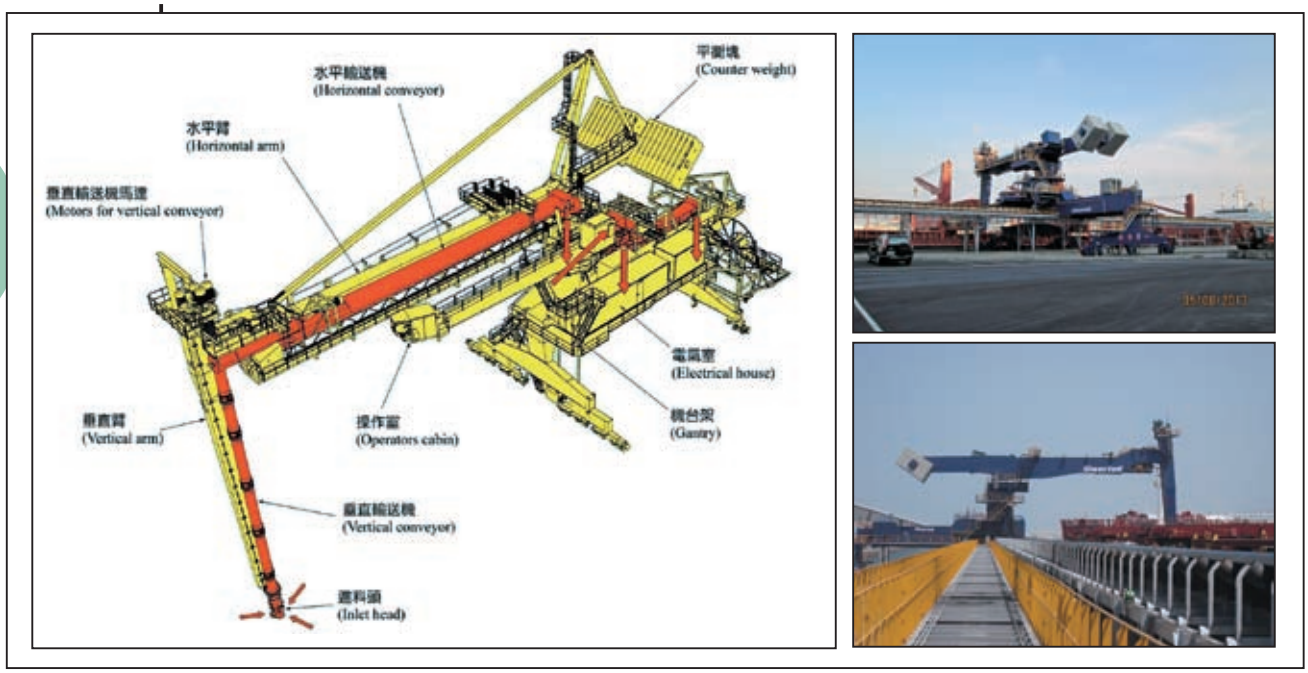


圖8 螺旋式卸煤機(SCREW TYPE SHIP UNLOADER)構造圖

(二) 刮煤機(Reclaimer)

1. 刮煤機型式及選用

刮煤機型式可分為門式(Portal type)、半門式(Semi- Portal type)、橋式(Bridge type)、圓形(Circular type)、輪斗式(Wheel type)。其中，刮煤機之選用主要考量要素，包括：儲倉型式(煤倉配置、倉容)、刮煤速率及造價成本。於設計上需要注意刮煤機軌道規格及接續式、梭動機滑槽落料位置及維修通道配置。

2. 刮煤機自動化作業

本計畫依據配置與儲倉型式需求，選用門式(Portal type)刮煤機，煤倉刮煤機配置剖面及照片如圖9。其運作主要藉由裝在刮料臂(Boom)的偵測器，進行煤料堆位置、型式及端點的偵測，並將資料回饋至系統，以進行自動化刮煤作業。

圖9 煤倉門式刮煤機配置剖面及照片

(三) 輸送機(Conveyor)

1. 輸送機型式及選用

固定密閉型大宗散裝貨物輸送機型式，有密閉廊道式輸送機及雨罩式輸送機二種，如圖10，基於密閉廊道式輸送機之環保性較佳及易於維護保養等因素，本計畫採用密閉廊道式輸送機設計。

圖10 固定密閉型輸送機型式

表2 輸送機規格一覽表

編號	輸送機角度	皮帶寬(mm)	輸送機長度(m)	輸送容量(T/hr)	輸送機馬力(kw)	皮帶材質	皮帶最大張力(kg)
BC-01	0°	1600	247	2200	90	EP	3410
BC-02	15.5°	1600	106	2200	270	EP	9489
BC-03	$15^{\circ}/0^{\circ}$	1600	233	2200	200	EP	7310
BC-04	$5.5^{\circ}/0^{\circ}$	1400	70	1300	55	EP	2384
BC-05	$0^{\circ}/9^{\circ}$	1400	218	1300	55	EP	2527
BC-06	10°	1400	90	1300	140	EP	6037
BC-07	0°	1400	13.5	1300	22	EP	1657

2. 密閉式輸送機規格

依據輸送作業需求，分為入倉段及出倉段輸送機，本計畫輸送機規格如表2。設備組成包括特多龍(EP)皮帶、重載型電焊鋼構且以橡膠包覆皮帶輪、滾輪、垂直重力式緊帶裝置、清潔器及V型刮料器皮帶清潔器、皮帶逆止器、驅動裝置(含減速器、馬達、聯軸器及基座)、滑槽、安全裝置(安全保護開關，包括速度開關、拉線開關、偏斜開關、緊帶裝置、極限開關、堵料開關、警報器與警示燈)等。

(四)監控系統

本計畫監控系統除控制及監視煤炭輸送系統、梭動機、煤塵抑制系統、發貨站設備，及將刮煤機及卸船機之自動 /手動控制、連鎖及遠端監視等功能整合納入外。另將煤倉管理資訊系統(Management Information System, MIS)與前述監控系統整合，提供完整之煤倉監控及倉儲管理系統，如圖11。

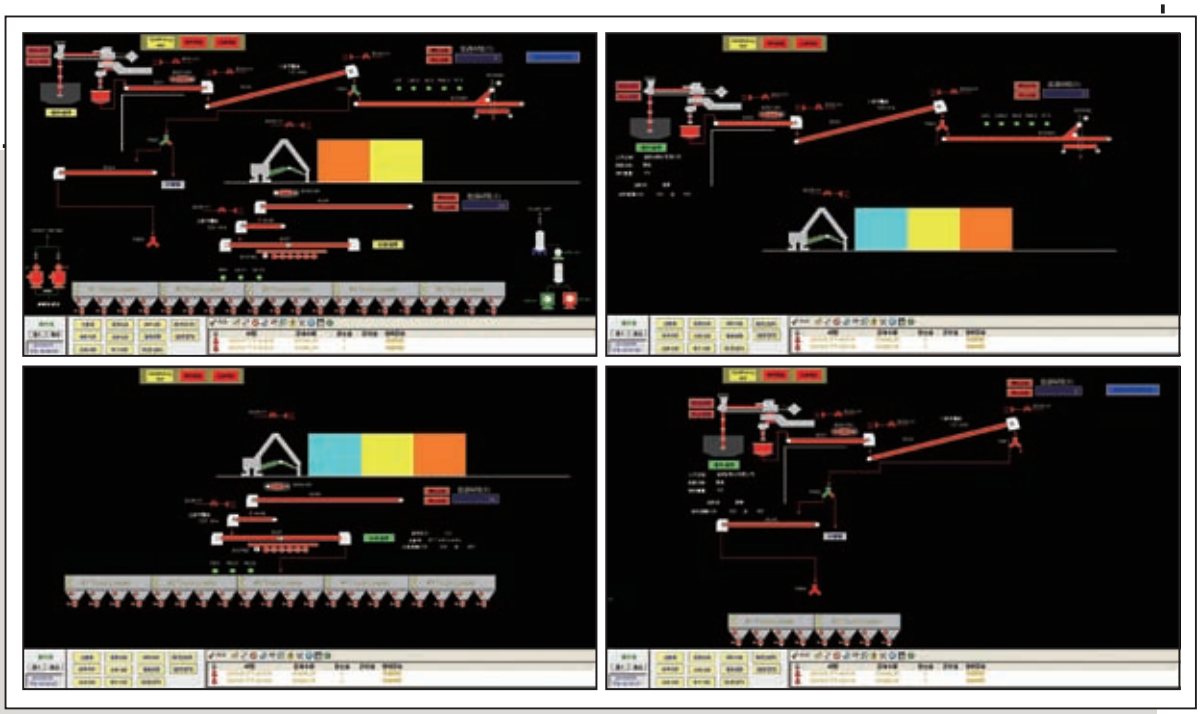


圖11 煤倉監控及倉儲管理系統

參、結語

環境過度污染進而導致全球氣侯變遷已是不爭的事實，在二十世紀及二十一世紀工業活動的急遽擴張，大量工業生產及消費，造成環境高度污染，其中散裝作業之碼頭污染非常嚴重，因此環保署於民國100年修訂通過「固定污染源逸散性粒狀污染物空氣污染防制設施管理辦法」，其中第7條即明訂公私場所從事易致粒狀污染物逸散之製程、操作或裝卸作業，應設置或採行有效收集或抑制粒狀污染物逸散之設施，包括設置圍封式集氣系統、局部集氣系統、採用密閉式作業、於封閉式建築物內操作、於作業期間灑水使物料保持濕潤等方式。

爰此，國內各散雜貨碼頭須有防止污染之整套裝卸設備，才能滿足新環保法規需求，安順裝卸股份有限公司之台中港104號碼頭密閉式煤炭倉儲設施，除了完全滿足最新環保法規，有效控制裝卸過程粉塵飄散、降低環境污染外，利用自動化之螺旋式卸煤機、刮煤機、輸送機、發貨站設備進行高效率裝卸作業，足可做為國內各散雜貨碼頭裝卸作業改善之楷模。

參考文獻

1. 「台中港第104號碼頭岸肩暨後線合作興建密閉式煤炭倉儲設施案」營業計畫書(2009)，安順裝卸股份有限公司。
2. 「台中港第104號碼頭岸肩暨後線合作興建密閉式煤炭倉儲設施案」細部設計(2011)，安順裝卸股份有限公司。
3. 「台中港第104號碼頭岸肩暨後線合作興建密閉式煤炭倉儲設施案」報告（2012)，安順裝卸股份有限公司。
4. Siwertell網站，http://www.siwertell.com，2013.09 。
5. SCHADE 網站，http://www.schade.com，2013.09。
6. Conveyor components catalogue（1993)，NIPPON CONVEYOR Co.Ltd.
7. 大連華銳重工網站，http://www.dhidcw.com，2013.09。