

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書  
(出國類別：洽公)

第十一柴油加氫脫硫工場重大設備研討

服務機關：台灣中油股份有限公司興建工程處

姓名職稱：劉祺全工程師、陳兆彥工程師

派遣國家：日本、韓國

出國期間：105 年 05 月 25 日至 06 月 03 日

報告日期：105 年 06 月 15 日

## 摘要

本次公務出國選定韓國 DASAN DTS Inc.公司與日本神戶鋼鐵公司(Kobelco)高砂製作所為參訪對象。DASAN DTS Inc.公司為本案空氣冷卻器設備之製造廠商，該公司主要生產 Air cooled condenser(ACC) 及 Air fin cooler (AFC)；日本神戶鋼鐵公司(Kobelco)為本案往復式壓縮機系統之製造廠商，該公司跨足多項領域，主要產品有壓縮機、壓力容器、產業機械、鑄鍛鋼品、鈦合金、鐵粉等…。參訪該二家廠家以瞭解其設計理念並實地參訪其製造、組裝與檢驗流程，討論製作與檢驗之關鍵點，不僅加深對產品認知與瞭解，對於日後相關設備之設計、組裝及檢驗都能更加敏銳，期維護本公司之最大權益。另向日本神戶鋼鐵公司(Kobelco)公司叮嚀本案組裝及測試進度，期能達到要求之性能及品質保證，使工程順利推動，避免工期延遲。

# 目 次

壹、 目的.....	4
貳、 過程.....	5
參、 心得與建議.....	27

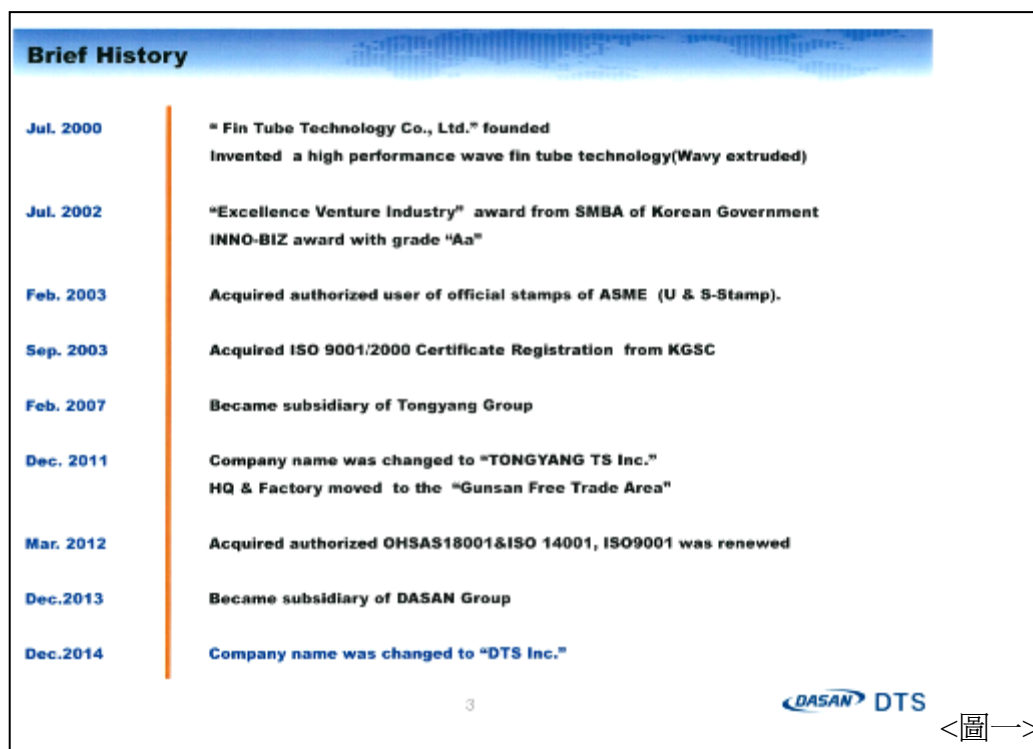
# 壹、 目的

- 一、 本案為大林廠第 11 柴油加氫脫硫工場統包工程，主產品柴油的保證產能為 40000BPSD(硫份<9wppm、Cetane Index<50、colour<0.5(by ASTM D-1500))。本案主要往復式壓縮機 C2301A/B(MAKE UP GAS COMPRESSOR)輸送氣體為氫氣(>99%)，用途為提供製程脫硫反應之氣體，2-stage 操作輸出壓力可高達 90Kg/cm<sup>2</sup>，係本案之關鍵設備。另外空氣冷卻器 E-2105 主要用途為冷卻粗產品柴油，設計壓力 27 Kg/cm<sup>2</sup>；空氣冷卻器 E-2005 主要用途為冷卻 R2002 塔頂油，設計壓力 82 Kg/cm<sup>2</sup>，皆係本案操作之主要設備之一。
- 二、 本次參訪空氣冷卻器(E-2105、E-2005)製造廠家(韓國 DASAN DTS Inc.公司)與往復式壓縮機(C2301A/B)製造廠家(日本神戶鋼鐵公司)，討論設計、建造、日常及大修時的維護、測試及安全性、保養經驗等相關議題，並實地查訪製作之關鍵流程。對於日後相關設備之招標文件撰擬、審查、設計及現場組裝、檢驗過程能更深入及敏銳的洞悉相關疑慮，提升工程品質、設備生產效率並降低檢修頻率，

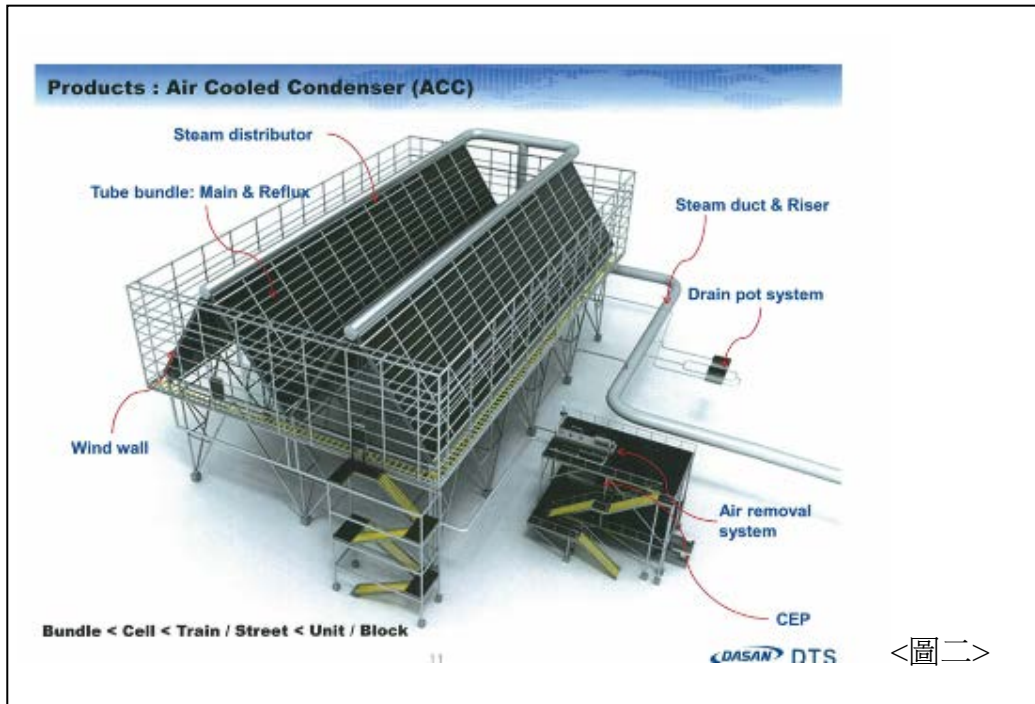
## 貳、 過程

### 一、 參訪韓國 DASAN DTS Inc. 公司

(一)DASAN DTS Inc.位於韓國中部 Gunsan Port 工業區內，工廠面積約相當於 3 座第 11 柴油加氫脫硫工場，公司自 2000 年成立，簡史詳下圖一：



該公司專案經理吳先生(오동필(O DongPil))親自進行簡報及相關議題討論，並陪同進行工廠製程查訪。公司主要產品之一為 Air cooled condenser(ACC)(如下圖二)，常見於電力發電廠，主要應用於 turbine 排放的蒸氣(exhaust steam)冷卻，並進行回收再利用，具有造價低廉、維修成本低及使用年限長等優點。

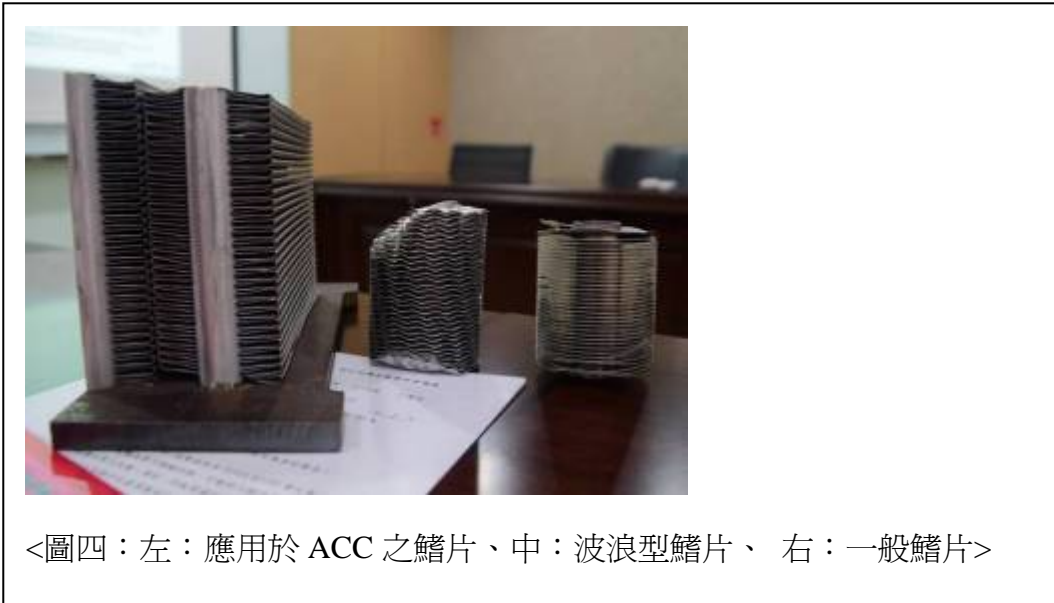


另外一項主要產品為 Air fin cooler 即本案之空氣冷卻器，常用於化學化工廠，(如下圖三)：



兩項主要產品皆提供予世界各地之 EPC 廠家。本公司尚有第 12 煤油加氫脫硫工場與第 3RDS Revamping 之空氣冷卻器於該廠製造中。

(二)Dasan DTS Inc. 擁有熱交換器管件之鰭片專利 WAVE EXTRUDED FIN，運用波浪型的鰭片可增加流體的滯留時間及接觸面積，惟該產品的造價較高，尚未廣泛的應用於市面上，構造請參考圖四：



圖五表列相關鰭片之優缺點及應用：

Products : Various types of fin tubes					
Type	Embedded (G-Fin)	Wrap-On (L-Fin)	Plain extruded fin	Wave extruded fin	Corrugated fin
Configuration					
Merits and Demerits	<ul style="list-style-type: none"> <li>Low initial cost</li> <li>Higher thermal contact resistance</li> <li>Applicable up to 400 °C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Low initial cost among all fin-tubes</li> <li>Largest thermal contact resistance among all fin-tubes</li> <li>Applicable up to 130 °C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Higher corrosion resistance in air</li> <li>Long life-time</li> <li>Cost effective due to longer life</li> <li>Applicable up to 285 °C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Higher corrosion resistance in air</li> <li>Long life-time</li> <li>Cost effective due to longer life</li> <li>Applicable up to 285 °C</li> <li>Some enhanced heat transfer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Increased effective surface area</li> <li>Elimination of flooding in reflux tube</li> <li>Elimination of sub-cooling</li> <li>Less contact resistance</li> <li>Less air side pressure drop</li> <li>Easy cleaning</li> <li>High initial cost</li> </ul>
Application	<ul style="list-style-type: none"> <li>Refinery plant</li> <li>Chemical plant</li> <li>Incineration plant</li> <li>Power plant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Refinery plant</li> <li>Chemical plant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Refinery plant</li> <li>Chemical plant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Multi-row (AFC/ACC)</li> <li>Low capacity as incineration plant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Single-row (ACC)</li> <li>High capacity as big power plant</li> </ul>
Bare tube Material	<ul style="list-style-type: none"> <li>Carbon steel</li> <li>Stainless steel</li> <li>Alloy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Carbon steel</li> <li>Stainless steel</li> <li>Alloy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Carbon steel</li> <li>Stainless steel</li> <li>Alloy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Carbon steel</li> <li>Stainless steel</li> <li>Alloy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aluminum clad carbon steel</li> </ul>
FPI	Max. 11	Max. 11	Max. 10.5	Max. 9.5	11
Tube / Fin OD	<ul style="list-style-type: none"> <li>25.4 / 51.75</li> <li>31.75 / 63.5</li> <li>38.1 / 69.9</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>25.4 / 51.75</li> <li>31.75 / 63.5</li> <li>38.1 / 69.9</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>25.4 / 51.75</li> <li>31.75 / 63.5</li> <li>38.1 / 69.9</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>25.4 / 51.75</li> <li>31.75 / 63.5</li> <li>38.1 / 69.9</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>219 x 19 / 19</li> </ul>

<圖五>

(三)期間於工廠參訪期間，與吳專案經理(O, Dong-Pil)討論關於 TRANSITION PLENUM、Fan dispersion angle、Blade pitch angle、Louvers、Inlet piping

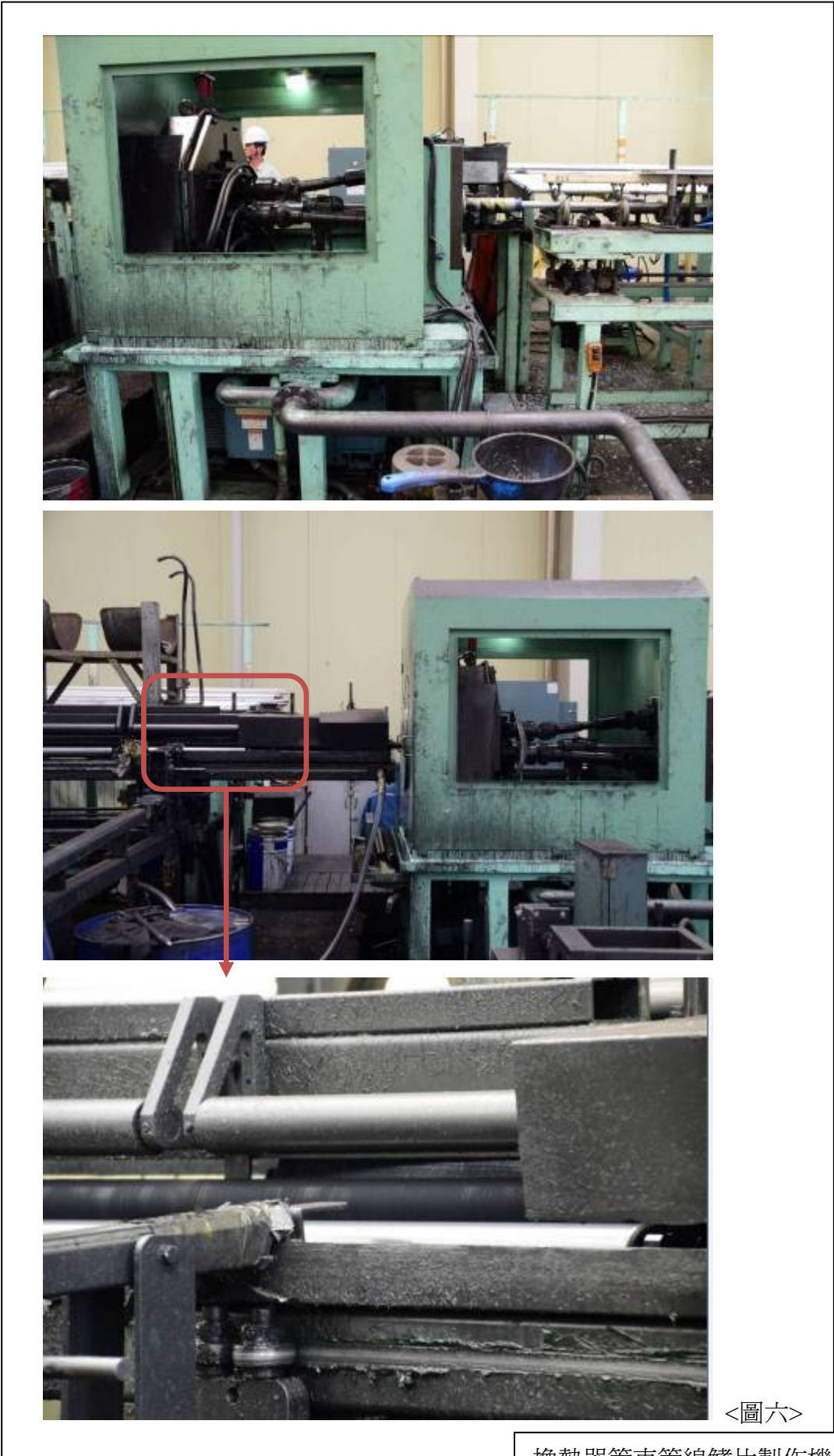
arrangement 等構造的應用、用途，實獲益良多。該工廠當時亦進行多項組裝及測試，其中主要參訪的項目摘要如下：

1. 換熱器管束管線鰭片製作機詳圖六、七。
2. 空氣冷卻器 header(待鑽孔與管束連結)，詳圖八。
3. 空氣冷卻器 header 與管束焊接面進行非破壞性檢驗 PT，詳圖九。
4. RT 檢驗工作場所，詳圖十。
5. 空氣冷卻器氣密測試檢驗，詳圖十一。
6. 空氣冷卻器 header plug 組裝，詳圖十二。
7. 熱交換器管束焊接與撐管作業(確保管束內徑暢通及尺寸均一)，詳圖十三。
8. 空氣冷卻器管件試壓及測漏(藉由右側水池)，詳圖十四。
9. ACC 管束清洗作業，詳圖十五。

該公司具有多個廠房，佔地非常遼闊，並有效的運用將廠區區分為管束製作、組裝、檢驗、倉儲…等區塊，整個生產動線連貫而不衝突，運用高精密的機械化設備以減少人力的輸出，並有效的提高生產效率。

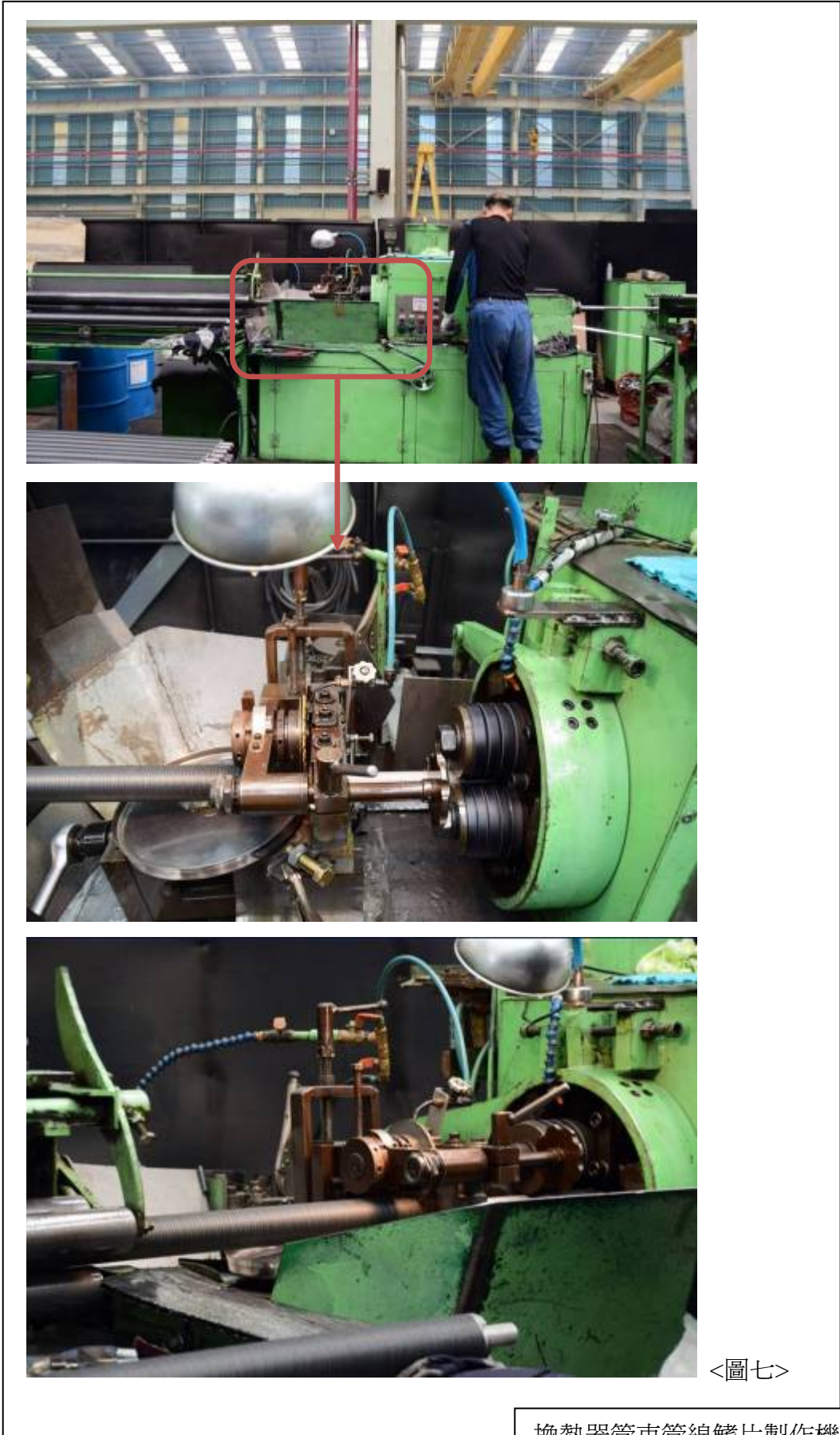
其人力分布大多數在製作管束(tube bundle)及鰭片部分，少部分進行檢驗及測試組裝，因該公司缺乏非破壞性檢驗人力，皆由認證機構進行相關作業。而廠房內的儀控設備皆係外購，並在廠內進行相關元件的組裝，再進行空氣冷卻器的整體性能測試，完成測試後拆解後送至現場交貨，進行現場組裝測試作業。





<圖六>

換熱器管束管線鱗片製作機



<圖七>

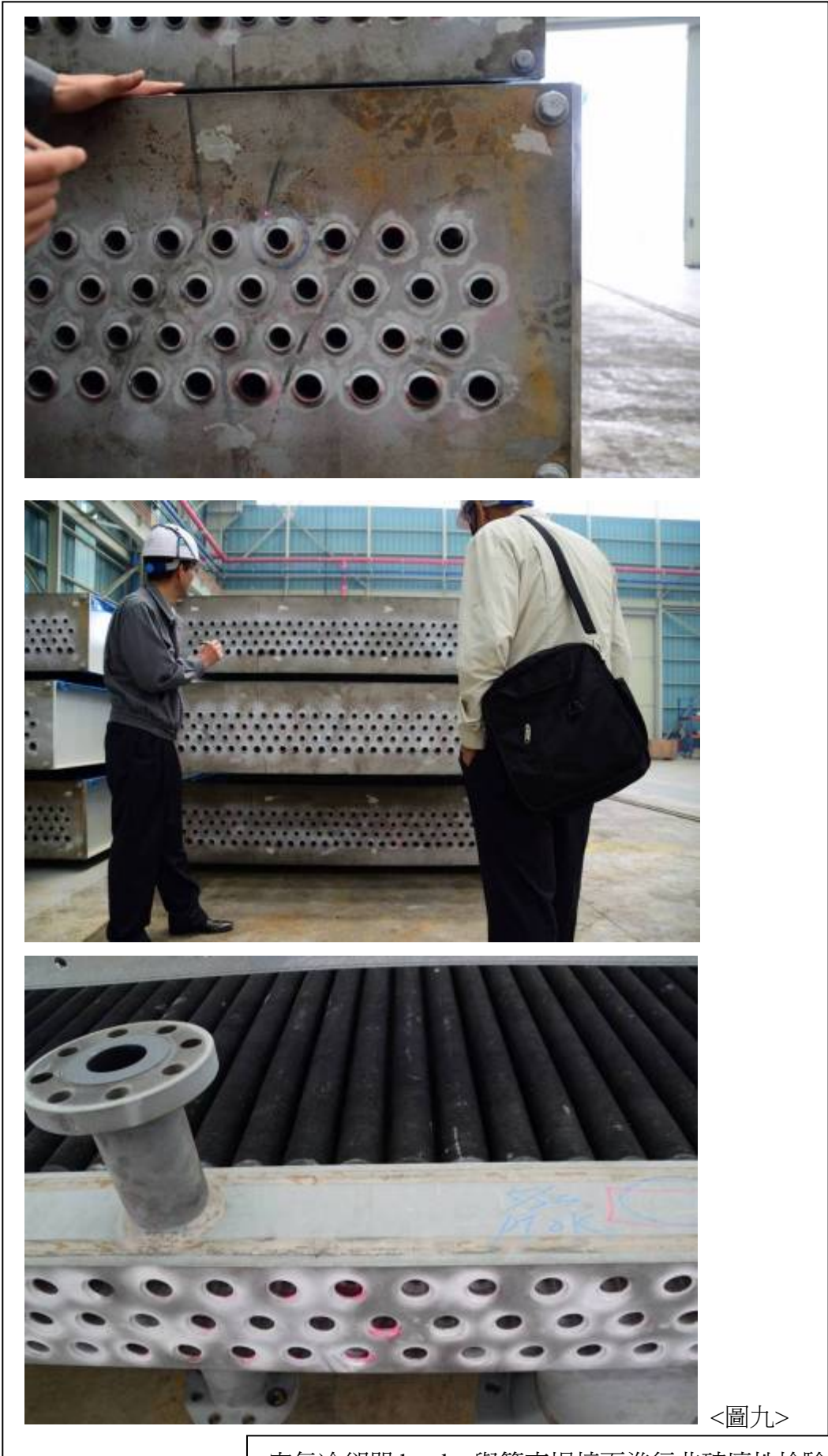
換熱器管束管線鰭片製作機





<圖八>

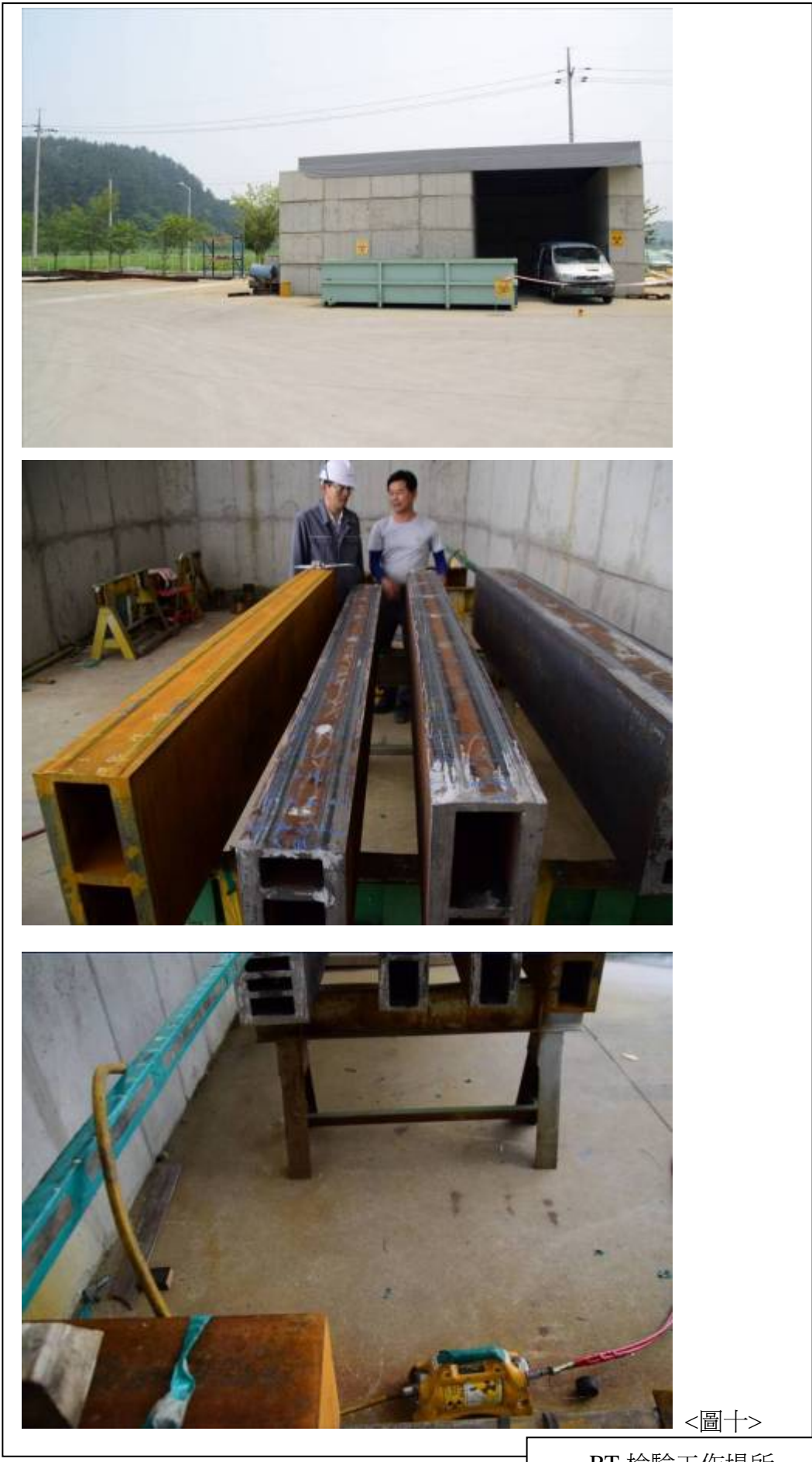
空氣冷卻器 header(待鑽孔與管束連結)



<圖九>

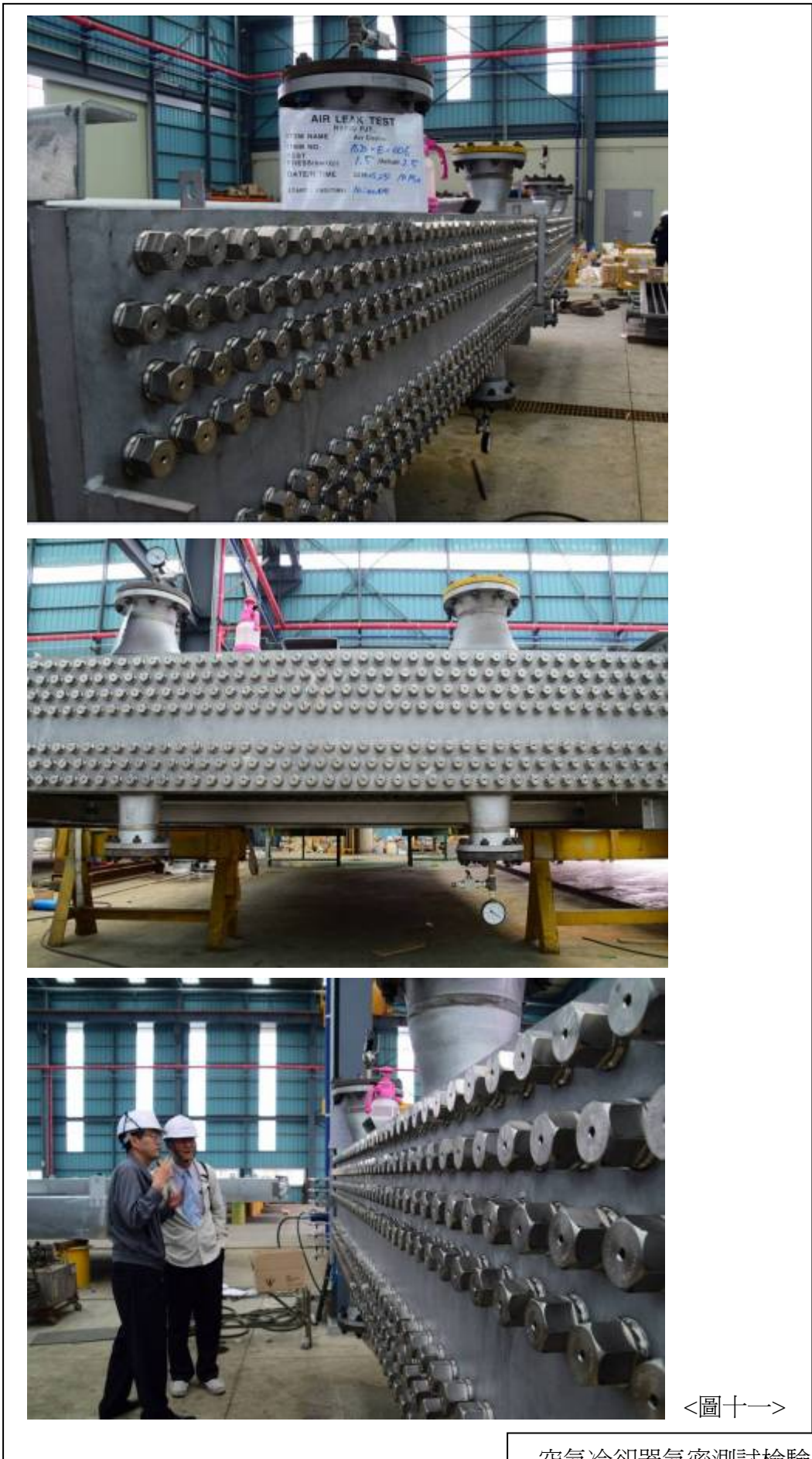
空氣冷卻器 header 與管束焊接面進行非破壞性檢驗 PT





<圖十>

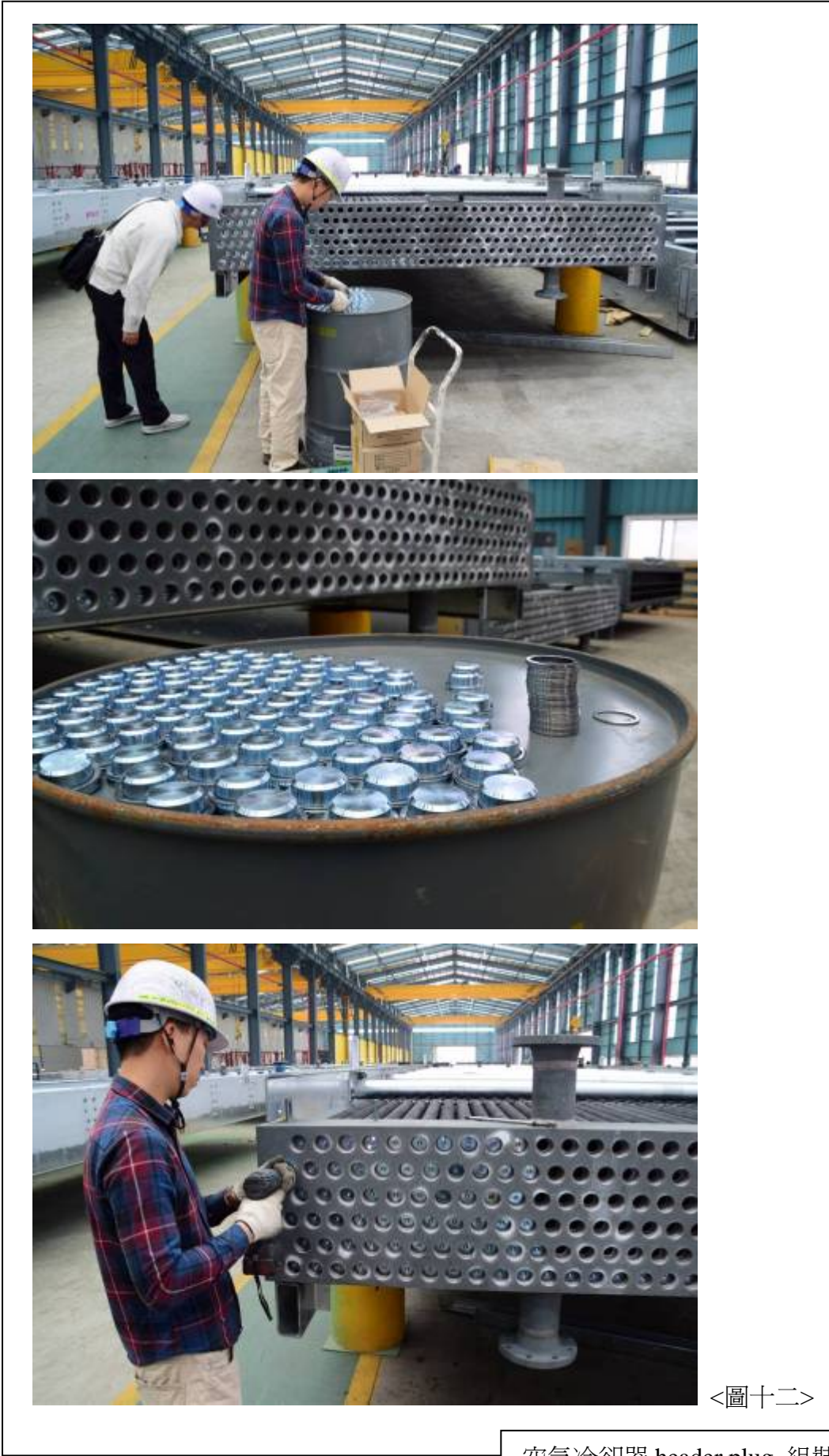
RT 檢驗工作場所



<圖十一>

空氣冷卻器氣密測試檢驗





空氣冷卻器 header plug 組裝



<圖十三>

熱交換器管束焊接與撐管作業





(四)參訪期間與吳專案經理討論操作及運轉該注意事項，並叮嚀本公司於啓動前需注意的操作重點事項列舉如下：

- 1.所有的控制及監測閥件需正常運作。
- 2.固定葉片的螺栓已確實鎖緊。
- 3.確認帶動葉輪的皮帶張力是否適當。
- 4.確認葉片前端的與基礎邊緣的間距是否洽當。
- 5 馬達試運轉數秒，以確認葉輪轉向是否正確。
- 6.確認葉片轉動部分是否有鬆動部份。

另外關於葉片轉動部份的定期偵測維護亦做出幾點建議：

- 1.螺絲螺帽的扭矩。
- 2.固定元件的腐蝕度。
- 3.葉片的腐蝕狀況。
- 4.轉動部的振動作連續性的監測及記錄。(作為日後不正常操作的指示)

亦針對振動原因提出幾個檢查方向：

- 1.葉片的安裝不平衡。
- 2.葉片的安裝角度不正確。
- 3.葉片前端與支撐的間距太小。
- 4.基礎安裝疏失。
- 5.葉片間的共振。

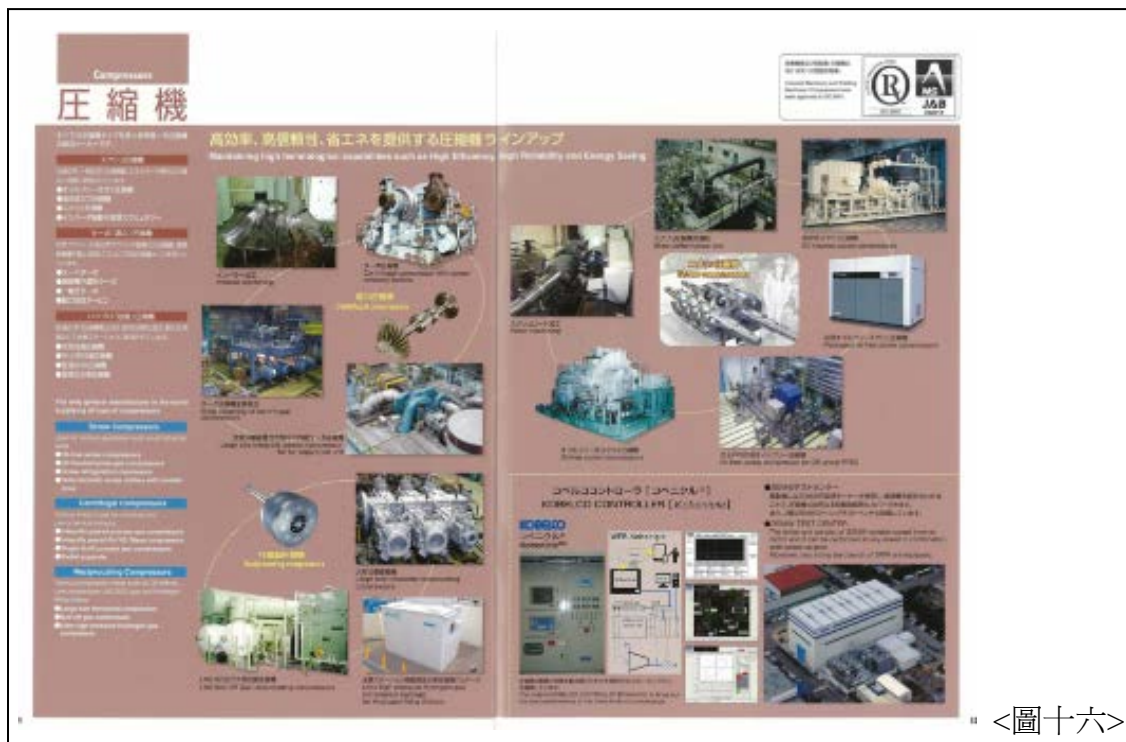
6.葉片輪軸安裝位置不正確。

7.葉片軸承磨損。

以上皆係空氣冷卻器轉動部分安裝與維修過程中易疏失之處，經過吳專案提點後，對這些監控點更加敏銳，並有更深一層的了解。

## 二、 參訪日本神戶鋼鐵公司\_高砂製作所(TAKASAGO)

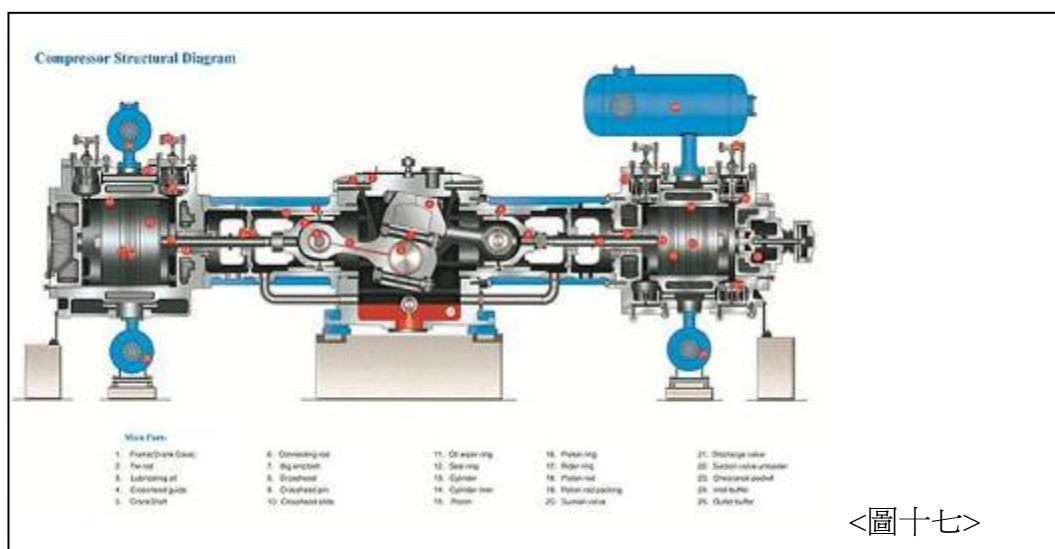
(一) KOBELCO TAKASAGO 位於大阪西方的兵庫縣高砂市，該公司已有百年歷史(1905 年成立)，工廠遍佈全日本，產品有鑄鍛鋼品、鐵粉、鈦合金、產業機械、壓縮機、原子力機械等...，海外設廠於中國大陸無錫，壓縮機部分於日本國內市場為大宗、東南亞僅銷售 20 餘台。該公司生產各種型式壓縮機(往復式、離心式、螺旋式)並檢附圖片如下：



「 <圖十六>

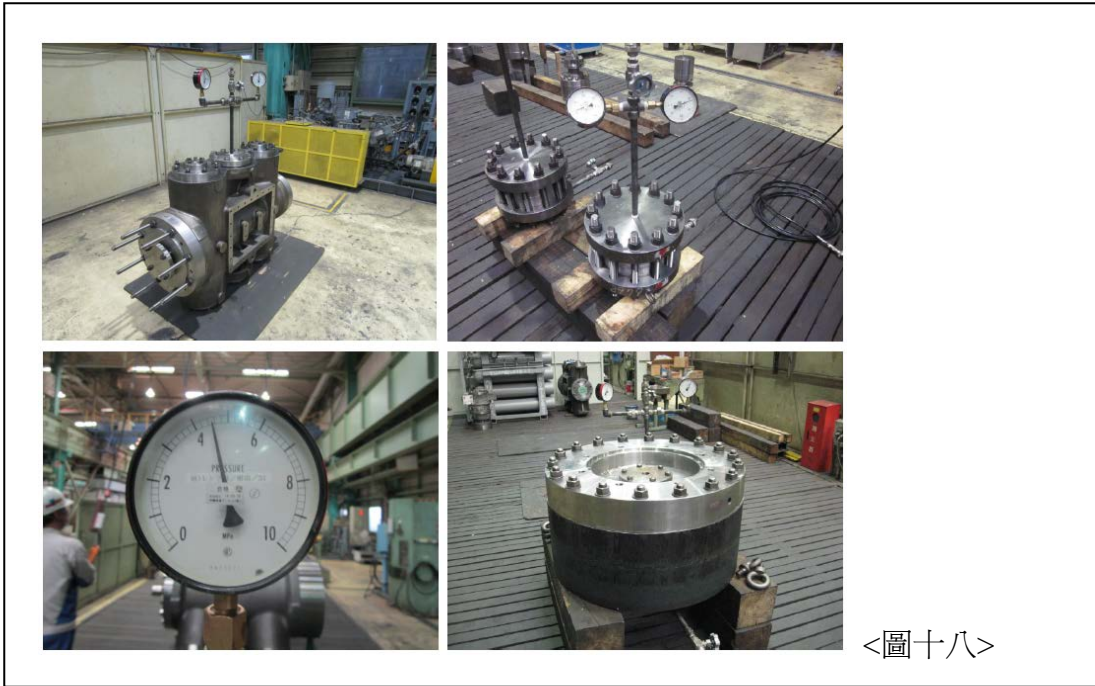
目前本公司 LNG 事業部台中廠亦向該公司辦理採購中。

(二)參訪期間由壓縮機事業部業務河井康秀先生接待、工廠參訪及簡報討論分別由壓縮機事業部製造部門的国政晴子小姐及大西洋輔先生負責。簡報介紹往復式壓縮機的基本構造如 cylinder(piston、piston sleeves、rider ring、unloading valve、suction&discharge valve、bearing)、crank case(crank shaft、crosshead、connecting rod)、spacer(piston rod packing、spacer、wiper ring)、motor...，構造參照下圖：



簡報亦提及相關控制偵測點，如滑油系統壓力、軸承振動及溫度、第一級氣缸出口溫度、出口壓力、冷卻水壓力、進口壓力等...。而雙方討論議題著重於製作過程的檢驗停留點及需要 EPC 廠家到場簽證項目，摘錄如下：

第一點 KOBELCO 公司係建議部份元件完成時需進行氣密試驗與水壓試驗(需要 EPC 廠家於現場進行簽證檢查)，避免日後氣體逸散影響操作效益及現場安全，請參照圖十八：



需要進行水壓試驗的構件：Base (Crankcase)、 Cylinder assembly (Cylinder body, Cylinder head, valve cap)、 Drain pot、 Suction gas strainer、 Lube oil pump、 Lube oil filter、 Lube oil cooler、 Piping (Gas, Lube oil, Water, Nitrogen)。

需要進行氣密試驗的構件：Cylinder assembly (Cylinder body, Cylinder head, valve cap)。

第二點係建議於整體壓縮機構件完成時進行組裝，並於工廠區作機械運轉測試，確保能達到設計效能，此步驟需要 EPC 廠家於現場進行簽證檢查，測試狀況請參照圖十九：





<圖十九>

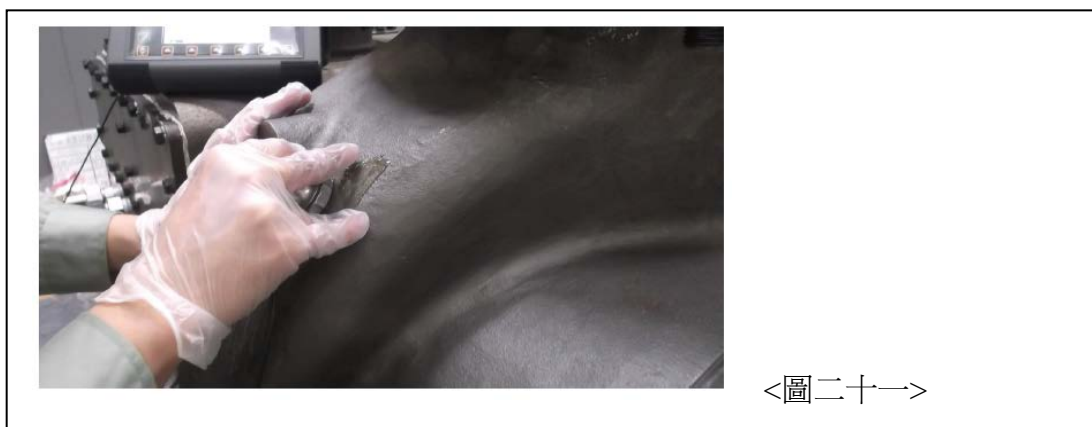
第三點係建議於壓縮機相關構件(crank case、Crosshead guide, Crank shaft、Connecting rod、Cylinder body、Cylinder head、Cylinder liner、Piston、Piston rod valve cap、Drain pot、Suction gas strainer、LO unit,Lube oil cooler、Piping of frame lube oil line、Safety valve、Control valve 等...)完成時，進行尺寸檢查，並需要 EPC 廠家於現場進行簽證檢查，以符合設計圖說及現場安裝需求，請參考圖二十：



第四點係建議於整體壓縮機構件組裝並完成油漆塗裝後，進行油漆塗裝的檢驗 (需要 EPC 廠家於現場進行簽證檢查)。

第五點係建議針對壓縮機構件(Connecting rod、Crosshead pin、Piston rod, Lube oil filter、Lube oil cooler、Piping of frame lube oil line、Safety valve)進行 PMI 檢測。

第六點係建議於 Crank shaft 及 Connecting rod 兩處進行 UT 檢測，以確保整體壓縮機的聯動機制得正常運作，請參照圖二十一：



第七點係建議於 Cylinder body、Piston、Piping of frame lube oil line 進行 PT 檢測，以確保氣缸及活塞得承受高壓力及低壓力的往復衝擊，請參照圖二

十二：



第八點係建議於 Crank shaft, Connecting rod, Big end bolt, Crosshead pin, Piston rod 處進行 MT 檢測，以確保壓縮機聯動處得正常運作，降低檢修頻率。

請參照圖二十三：





(三)於工廠參訪期間見識到該公司的規模組織龐大，參觀了檢測、試壓、試運轉廠房，並了解各細部構件的構造及組裝過程，還有該公司自動化的倉儲管理系統，有機會可以更深入了解該公司如何管理及運轉龐大的生產線及廣泛的產品，該公司的自動化管理及高效的生產系統實足以令人借鏡。

除此之外，為確保壓縮機的正常運轉、避免氣漏及跳車等問題，KOBELCO 公司建議下述高磨損率的相關構件必須定期更換，並列為必需備品之一：

- 1.Rings (Piston ring, Rider ring, Piston rod packing ring, Oil wiper ring, etc.)
- 2.Bearings (Main bearing, Crankpin bearing, Crosshead pin bush, etc.)
- 3.Components of cylinder valve (Valve ring set, Valve spring, etc.)

另外關於定期檢修事項，除了每年的定期檢測項目外，KOBELCO 公司建議於往復式壓縮機正式啟動後半年，針對相關構件的磨損率、間距、尺寸等做重點檢測並紀錄，作為日後定期檢修的比較基準，以確保壓縮機的正常運轉。

相關每年定期檢查及建議事項列舉如下：

- 1.常時運轉部分(如 cylinders, cylinder covers, bearing caps)的螺栓、螺帽必須用特定的扭力扳手，檢查再重新鎖緊。
- 2.測量並記錄主要部分的尺寸間距及外觀，並與上次定期性檢查紀錄比較是否有異常。
- 3.建議定期拆裝檢查時，將氣缸的閥件更換為新品。
- 4.檢查 PISTON ROD 跟 PACKING 間的滑動面磨損狀況，並針對 PISTON ROD

作非破壞性檢驗，必要時應將 PISTON ROD 或 PACKING 更換新品。

5.建議在定期檢測拆修時，將所有跟桿狀聯動器接觸的 packing 皆更換為新品。

6.針對 crosshead pin、crank pin and crankshaft journal bearing 的表面作目視檢查或 MT 非破壞性檢驗。

往復式壓縮機正式啓動後半年，需作的檢測及建議事項列舉如下：

1.Crank case 的潤滑油在運轉 4000~8000 小時後需更換。

2.檢查 piston rod 的變形情況。

3.檢查並記錄活塞 rider rings 與 piston rings 的磨損情形。

4.檢查間隔室前後端軸承( piston rod packing rings and oil wiper packing rings) 的磨損情形。

5.拆裝檢查氣缸吸入及排放閥(suction and discharge valves)。

6.檢查氣缸內有無異物沉積。

檢測及須注意的事項項目繁雜，上述僅列舉部分重點，仍需要熟習操作及維護手冊內的重點，並增加現場拆裝檢測經驗及配合平時操作所累積的經驗，以保持壓縮機的正常運轉，避免無預警跳車所造成的生產損失。

## 參、心得與建議

此次參訪韓國 DASAN DTS Inc.公司與日本神戶鋼鐵公司(Kobelco)高砂製作所，詳細了解空氣冷卻器及往復式壓縮機的元件構造及工廠製作、檢驗流程，並與製造廠家討論關鍵的製作及檢驗點，了解設計、組裝及操作所需的注意事項。對於日後在招標文件中相關設備規範的撰寫可以更加深入。

本案往復式壓縮機 C2301 A/B 屬於水平式，輸送量約 3800kg/hr，主要流體為 H<sub>2</sub>，二階段式加壓輸出之壓力可高達 90kg/cm<sup>2</sup>、出口溫度約 125°C，係屬於相關危險的設備，因此常時轉動部件及易磨損部分皆需定期檢查更換，一旦停車不但影響生產效益，更有造成工安事故的疑慮，因此舉凡柄軸(crankshaft)、主軸承(main bearing)、曲柄(Crank pin)、連桿軸承(connecting bearing)、連桿襯套(connecting Bushing)、十字頭插銷(crosshead pin)等…的磨耗量測檢查，十字頭滑塊(crosshead shoe)及導軌(crosshead guide)間隙的量測檢查，曲柄軸的變形量(Arm deflection of crankshaft)與滑油系統濾蕊(lube oil filter)的定期檢查外，還有許多需要注意之處，因為往復式壓縮機構件繁多，必須要了解各構造組成暨運作原理，得更進一步了解其磨耗機制，進而安排檢測項目，除了參考廠商提供維修手冊外，更可以加入自身的經驗，以維持壓縮機的正常運轉。

本案採購的空氣冷卻器皆係屬於引導式，E2005 處理量約 70300 kg/hr、設計壓

力 82 kg/cm<sup>2</sup>，E2105 處理量約 270000 kg/hr、設計壓力 28kg/cm<sup>2</sup>，兩者皆係 2BAY 的設計。除了管束與 HEADER 設計部份，還有轉動部份如馬達及葉輪都是主要構件之一，整個監測重點除了進出口溫度及壓力外，還有一點就是震動，因為這牽扯到組裝時的作業完成度，故本文中提及相關須注意事項以避免震動發生，並列舉相關震動原因，都可以做為日後操作維修的參考。

安全及正常的操作前提都是建構在謹慎的製造過程配合緊密的檢驗流程、還有現場按部就班的組裝流程，因此即便是簡單的設備，還是有許多需注意的地方，經過這次參訪經驗後對日後招標書規範、還有文件審查、相關設備製作流程的監控都得更進一步及敏銳的洞悉力，實獲益良多。