

前 言

一個複雜且多元化的社會中，隨時在進步，維持原狀就是落伍，在進步的社會中，不但生產技術一直在精進且環境品質也一直在提升，要求也愈來愈嚴格，為了達到生產與環境保護的平衡發展，在煉油工業算是一種污染工業。時下由煉油而延生的民生必須品可能不勝枚舉，隨處多是，因此所帶來的污染源也為數不少，其中汽、柴油中硫含量在我們日常的交通工具的使用所產生的硫化物對環境污染造成嚴重影響，所以在汽、柴油中降低硫的含量乃是一種趨勢，非做不可！所以氫氣的使用量就需要增加，而以氫氣去硫份的設備中，壓縮機為必要的設備，其中往復壓縮機的設計被選用又佔大多數，然而這次討論的主題正是生命週期成本，焦點在於往復壓縮機的功能性、經濟性和可靠性的探討，報告中結合使用者的經驗與製造者新技術的不斷研究發展應用，提出說明講解，其目的都在於正確的設計、正確的選用及配合實際現場的應用，期使壓縮機配件使用週期的延長，預知機械損害程度，減少不正常停機的機率及能安全且連續的操作，達成投資有效成本創造最大效益的目的。

氫氣往復式壓縮機傳統與未來發展趨勢

一、 縮機元件的設計規範須能符合三大相標：

- 1 . 可靠性 (RELIABILITY) 及效益性 (AVAILABILITY)
結合使用者操作與維修的經驗，從壓縮機的失能原因探討改進，使設備元件被確認成功的應用於製程氣體環境，以提升可靠性與效益性。
- 2 . 監視器狀態與安全性
為了機械的保護，採用正確的監視器，應用其可保證的監測技術與工程技術，預知危險，以提升且保證機械的安全性。
- 3 . 能源與環境
能源的消耗及環境的影響是影響成本與環境品質的重要趨勢，壓縮機容量控制和能源有效應用對於能源消耗減至最小，使工場操作更彈性和有效率，環境控制測量對於消除易變的散射，減少滑油的使用和污染。

二、 壓縮機的可靠性規範說明：

一台往復壓縮機被選擇與使用，它必須能提供下列的優點：

- 1 . 操作模式必須是能彈性的。
- 2 . 為了不同的製程設備，可以設計個別的壓縮缸被操作使用。
- 3 . 對於製程狀態的變化能容易被適應操作且對於壓縮機性能上產生最小的衝擊。
- 4 . 對於壓縮機操作的外部須有一些空氣流動的限制。

一個詳細的往復壓縮機規範說明，在 API618 - 4thEdition 被規定另外，修正的 API618 被編輯是結合製程工場的經驗。工作環境構成元件的技術及增加壓縮機可靠性的新技術。

可靠性的規範說明包括：

- 1 . 製程必要條件：
定規範前必須完全瞭解製程要求和製程氣體狀態。一台製程氫氣壓縮機的規範，為了能達到彈性的操作狀態，必須考慮操作模式，製程要求及製程氣體狀態的參數確定，這些參數在壓縮機設計開始就必須被使用。最少的製程要求與設計狀

態須固定在壓縮機的速度彈性範圍內，但最大速度必須加 25% 的彈性範圍，以使能增加工場生產的彈性操作和補償在壓縮機效率方面的任何缺陷。

2. 氣體混合成分：

壓縮機在壓縮氣體的時候，氣體的分子重量是最重要的參數，純氫氣分子重量為 2，但如果是混合氫氣其氣體成分就可能含有乙烷、丙烷、丁烷及其他雜質等，而這些成份影響壓縮機的設計和材質的選擇是非常重大的。例如：

- 、氫氣使用於脫硫設備會產生硫化氫，屬於劇毒，且會產生氫應力腐蝕與氫脆裂等有害現象。
- 、氯化銨在觸媒重組中產生，由於氮氣在重組進料反應和觸媒中的氫氣產生氨，氨控制觸媒酸性程度，產生了氯化銨 (NH_4Cl) 這種物質會影響工場的可靠性，因氨會沉積在氣閥和氣體流道，減少流量面積和限制氣閥的作動。(如圖一、二)。
- 、防止任何液體被帶進壓縮機，因為這可能造成機件嚴重損害，如氣閥氣缸、活塞、活塞桿，氣密封部份，連桿等零件的損壞，而液體的產生大部份是由於氣體混合成份中某部份分子冷凝造成。

圖一：Chloride Deposits

圖二：Ring Valve Failure

3 . 可靠性的主要參數 :

往復壓縮機的製造包括外形、尺寸、速度 等。在 API618 提供設計的藍圖。

3.1 . 達到最大可靠性必須考慮下述機械的參數 :

- 、 活塞速度的限制。
- 、 氣閥保持器和閥座的衝擊速度限制。
- 、 結構的材料。
- 氣缸與填料止洩環 (Packing) 的潤滑。
- 、 活塞桿的表面處理。
- 、 配件固定方法的設計和鎖緊的方法。

3.2 . 重要配件的賣主和材料必須詳細規範如 :

- 、 氣閥 (Valve)
- 、 活塞 (Piston) 活塞環 (Piston Ring)
- 活塞支撐環 (Rider Ring)
- 、 高壓填料盒 (High Pressure Packing Box)
- 、 連軸器 (Coupling)

3.3 . 根據煉油廠壓縮機不正常停機分析有四大原因分佔比率如下 :

- 、 氣閥因素佔 3 6 %。
- 、 高壓填料盒佔 1 6 %。
- 、 製程問題佔 1 4 %。
- 、 活塞、活塞環及其支撐環佔 8 %。
- 、 其他 2 6 %。

4 . 持續性 (Maintainability) :

一個重要觀念「機械的可靠性取決於機械的持續性」。

效益性 = 可靠性 * 持續性

機械的失能 1 5 % 以上是出自於人的維修不良, 並不是配件的設計不良, 而是因為工作環境不易接近或不良的影響導致錯誤的安裝或不良的修理, 因此在規範說明必須考慮到維修與操作有充足的空間且配件設計須基於容易拆裝, 所以考慮

持續性的分析包括：

- 、 配件設計必須是能防止不正確的組合或配合。
潤滑與儀器的工作點須容易接近。
- 、 足夠的維修空間，為了好的工作姿勢與維修。
- 、 個別的配件須容易分類辨明。
- 、 對於重或大的配件須提供良好的吊裝設備。
- 、 機械的操作與維修須有詳細的程序規範。

二、 靠性在壓縮機的設計：

必須結合壓縮機失敗的經驗和改良，來提升可靠性，並做為指定規範說明，其零配件分別說明如下：

1 . 固定配件 (Stationary Components)：

1.1 . 氣缸設計：

如氣缸空間足夠，建議設計進口氣閥與釋荷閥 (unloader Valve) 分開槽穴，如此氣閥與釋荷閥分開被安裝，當需維修時，不必每次都同時拆裝，可個別維修。出口氣閥則裝在進口氣閥相對的一側出口端，另一與釋荷閥相對者則盲起來。致於大且重的出口氣閥，以設計在氣缸下方為佳，將氣閥及其保持器閥蓋固定組合，利用治具安裝一次完成。氣缸套採間接冷卻設計，不直接與冷卻劑接觸，這樣對於氣缸套的新安裝與換修較有利，其優點有容易安裝，氣缸套外側無腐蝕與污垢的問題，要拆裝較容易，只要以簡單治具即可完成，且冷卻劑無洩漏至氣缸的問題，氣缸較易保持密封。

1.2 . 氣閥何持器 (Cage) 與閥蓋 (Cover)

有三點須慎重考慮：

- 、 評估閥蓋的密封系統，確定氣體能夠牢固的密封，不外漏。
- 、 氣閥與閥墊圈，正確配合方法的確定，不內漏。
- 、 氣閥、閥蓋和保持器重量、強度、位置和組合方法的確認。

一種好的設計可作參考使用，氣閥與氣缸使用金屬墊圈，閥蓋使用 O 型環做密封。

1.3 . 曲軸箱機體 (Frame)

機體對於壓縮機的可靠性是非常重要的，機體內裝的是壓縮機的主傳動件曲軸，機體的材質，強度均直接影響壓縮機的可靠性，強度設計不足，會導致壓縮機高振動，曲軸撓曲度 (Deflection) 過大，氣缸與機體偏位等重大問題。因此設計體的分析須考慮壓縮機的全速運轉範圍和負荷。機體內是壓縮機本身潤滑油的貯櫃，除曲軸外、有連桿及一些附屬配件須考慮維修與清理空間。附屬設備，包括注油器、加油口、透氣孔、油位計、低油位警報、低油位跳機、加熱器、主潤滑油泵等等。均須在設計時一並考量。

1.4 . 間隔間 (Distance Pieces)

間隔間連結氣缸與機體，以螺栓一側固定於氣缸，另一側固定於機體滑塊座，螺栓鎖緊尤其重要，通常以扭力 (Torque) 或螺栓伸長 (Bolt Tensioning) 鎖緊，而以後者較準確省時間。

其次間隔間內有一重要配件，即高壓填料盒

(Packing Box) 這是防壓縮氣體從活塞桿的洩漏，設計時需考慮有足夠的空間，可做填料盒的分解與組合，最好能整組進出，避免發生錯誤的組裝，影響可靠性。間隔間上方有一排氣口，下方一排液口均須保持暢通，避免不通時，因為蓄積氣體或液體過量而發生危險。

2 . 轉動元件 (Rotating Components) :

2.1 . 活塞 (Piston) 與活塞桿 (Piston Rod)

活塞與活塞桿的設計與組合，須正確評估維修與操作時的可靠性，包括：

- 、兩者固定螺帽正確緊固方法的確認。
- 、組合後同心度的確認。

- 、操作中兩者緊固的維持不致於鬆脫。
- 、活塞桿的磨耗率須最低化。

傳統設計活塞與活塞桿的組合，將單一螺帽的鎖緊，公螺紋則在活塞桿上，活塞採單件設計，因螺帽大，則所需扭力也大，因此工具也須大，所以緊固就較不容易。新設計方式，活塞採二件分開式（如圖三），活塞桿不須螺紋，採用較大的外徑被夾二件活塞之間，靠多根較小螺絲平均鎖緊完成兩者緊固，鎖緊的方式可達到簡單化及省力的效果，可靠性增高。活塞桿表面有部份與 Packing Ring 相對磨擦，因此其表面硬度就非常被重

視，

建議以碳化鎢噴焊加工處理，以增長使用時間，減少因洩漏而導致不定時停機維修，降低可靠性，增加成本。

圖三：Piston Design

2.2 . 十字頭 (Crosshead)

十字頭是連結連桿(Connecting Rod)與活塞桿的配件，即迴運動變成往復運動的樞扭。

傳統設計十字頭與活塞桿的連結方法和活塞與活塞桿的結合相似，以大螺帽緊固，新設計（如圖四），設計由多支較小螺絲緊固，拆裝均較單純化、效率化、可靠性高。

圖四：Crosshead Design

十字頭導槽 (Guide) 傳統設計是鑄造在導槽的間隔間上，上下加工成半月形以引導十字頭做往復運動。新設計是採管狀十字頭導槽 (Tubular Crosshead Guide) 設計，(如圖五)，是可以拆裝的，因此可替換維修較容易且快速簡單。

圖五：Tubular Crosshead Guide

2.3 . 十字頭軸套和梢 (Small End Bearing and Pin)

十字頭軸承受雙動作活塞往復運動，從壓力到張力的連續作用，為得到良好的潤滑和可靠性的操作，作動時須要有一個逆轉的負荷支撐，但當壓縮機氣閥失能時，即

產生無逆轉負荷狀態，在此情況下可能導致十字頭軸套快速損壞，並可能與其配的梢（Pin）燒結在一起。為避免此狀況發生，有一種新設計（如圖六）正在機械工廠運轉測試中。

圖六：Small End Pin

3 . 壓縮機氣閥（Valves）與釋荷閥（Unloader）：

3.1 . 氣閥：(如圖七)

根據統計因氣閥失能造成非計劃停機維修的機率佔 36 % 為最大宗，所以壓縮機的可靠性對於氣閥形式選擇和材質的選用佔最重要的地位。從傳統的平板氣閥（Plate Valve）因為設計的進步和材質技術的應用如：Ring Type Valves 被設計，thermoplastic sealing materials 被選用，更提升了壓縮機的可靠性，但是無論如何總是有極限的，氣閥的選用必須考慮其形式、材質氣體成分、分子重量、升程、氣體溫度、流量等要素做最適切的選擇。為了壓縮機氣閥的可靠性，有 Dynamic Valve Analysis（DVA）被指定規範，來分析全壓縮循環的動作，氣閥性能和可靠性評估。

圖七：Poppet Valves

3.2 . 釋荷閥：

傳統型指針式釋荷閥（Finger unloader）被設計使用，但因其與進口氣閥相連結，所以每次氣閥維修，均須被一起拆下，且須重新量測正確的升程位置，很浪費時間，

所以就有另一種型式叫 port unloaders 被設計使用，這是一種類似塞閥型式，只有開與關兩種動作，不須調整正確升程，但維修時仍須和氣閥一起拆裝。再有一種更新設計被設計使用，即進氣閥與釋荷閥被分設於進氣側的兩個 port（如果空間足夠）這樣進氣與釋荷可以分立，維修即可單獨維修，減少很多時間，且故障判斷分明，不易發生誤判，不必調整，拆裝更容易，因此其可靠性可提升不少。

4 . 壓縮機受磨擦元件：

4.1 . 高壓的填料盒（Packing Ring Box）

此元件裝於氣缸與間隔間之間，做氣缸側與活塞桿間高壓氣體的密封之用，有潤滑式與非潤滑式（自潤式）兩

種型式被選用，一般以潤滑式的可靠性較高，被選擇使用也較多，使用壽命也較長，根據使用統計可達 2.5 倍。其理由有：

- 、潤滑液是一種冷卻劑，可降低 Packing 與 Rod 的溫度。
- 、潤滑能產生薄膜保護，減低磨擦。
- 、packing 必須是可動的，不能被夾死，有潤滑其對磨處不易產生相變化，磨損相對可減低。

另外一種在特殊的氣體環境，有增加氮氣除淨系統被選用，加上氮氣其主要功能有：

- 、防止氣體洩漏至間隔間，而排至大氣影響環境。
- 、防止氣和油的沉積，導致洩漏增大，並且可能阻塞通大氣排放口造成積氣的危險。
- 、可裝監視系統，監視 packing 與 Rod 的受損程度，當排氣口的壓縮氣體壓力和氮氣壓力增大時，表示 packing 磨損增大，packing 失能中。

在歐洲氫氣壓縮機有二種新材質被選用，均能增加 packing 的使用壽命，下面做個比較：

- 、PTFE (Poly-Tetra-Fluoro-Ethylene) 此材質使用比傳統使用材質可增加一年使用壽命。
- 、PEEK (Poly-Ether-Ether-Ketone) 可增加三至四年使壽命。

因為材質硬，不會卡在活塞桿上且自己會產生一層薄膜保護。目前最新有使用碳纖材質正在使用測試中，情況也不錯。

基於以上理由，材質的選擇，對於耐磨元件須得到最大耐磨能力，並非最昂貴、最難修理的元件才是最優者，因此材質選用須適所、適用。

4.2 . 刮油環 (Oil Wiper Rings)

刮油環是阻擋活塞桿與十字頭的滑油回收至曲軸箱內

再循環使用，不要漏至間隔間。

刮油環型式與材質的選擇也是重要的。刮油環如不適用，壽命減短增加維修成本，當滑油漏出由間隔間排出，不但破壞環境，且浪費油料，如回收更增加成本，因此為了達到減少曲軸箱油的消耗量，操作成本和增加其可靠性，刮油環以 OT (Over lapping Tangent) 型式設計，被指定選用。

4.3 . 活塞環 (Piston Ring) 和支撐環 (Rider Ring)

活塞環是在防止壓縮氣體在活塞兩側互通，使壓縮氣體受正常的壓縮作用，達到做功的目的，支撐環是在支撐活塞，保護活塞，兩者做往復運動，直接與氣缸磨擦，為了不損害氣缸，活塞環與支撐環材質與型式的選用特別重要。兩種材質 PEEK 和 PTFE 被使用，取其適用性選擇之，為了達成良好的作功與可靠性，設計選用以兩環式 (Two-pieces) 以上為佳。如此不但可減少磨擦，且密封效果較良好，效率較佳，使用壽命以達到 3 年以上為目標。密封為了達到高的壓縮效率，活塞環接頭宜採 Lap-Joint 設計為宜。其特徵是可以適應高度的徑向磨損，密封效果比其他接頭良好，增加機械效率。至於支撐環設計在其外側使用迴紋狀細長孔設計，其優點可防止支撐環轉動及壓力被建立，避免過度磨擦，而損害支撐環本身或氣缸。

5 . 壓縮機的潤滑 (Compressor Lubrication)

5.1 . 傳統設計是包括由曲軸帶動的主油泵，另外一馬達帶動的輔助油泵，壓縮機起動前以輔助油泵建立油壓循環，壓縮機起動後由主油泵供油，輔助油泵自動停止。如果主油泵失能時，輔助油泵再自動起動供油，這時便無備泵可用了，所以必須停機修理主油泵，因此可靠性相對減低。再者，油冷卻器設計只有一座且大多數是以碳鋼製作，容易造成污染與腐蝕等狀況，且當冷卻器失

能時也必須停機，修理冷卻器又費時。

基於以上理由，新設計趨勢被採用，潤滑油泵由二台馬達帶動，二台泵浦各自分開，可以互換操作，一台故障由另一台操作，故障泵修理後再被操作，就不必有因備泵問題而停機。再者冷卻器，亦以兩座被設計使用，且採不銹鋼材質，包括油路管線在內，且能互換操作，以上兩者雖增加投資成本，但對於壓縮機的可靠性持續操作效益增大太多了。油過濾器傳統與新設計均以兩座設計，沒什麼差別。

由以上所述新設計就可以百分之百排除因潤滑系統而導致停機的損失。

5.2 . 氣缸和高壓填料環（ Packing Ring ）的潤滑

傳統設計是由曲軸帶動注油器凸輪軸，再帶動注油器供定量油潤滑，當注油器曲軸傳動故障時，就須停機修理。

新設計採不用曲軸帶動，另由一獨立電動馬達帶動注油器凸輪軸，且有一支個別注油器，建立壓力經傳送器至 D.C.S 控制系統，當注油器傳動失能時，即可告知操作人員，注油器傳動有問題。注油器供油，為了防止高壓氣體迴流，在設計上均採用兩組以上的單向閥，一在注油器出口，一在進入高壓氣體側。

6 . 冷卻水系統：

正確的冷卻水系統設計對於壓縮機的可靠度也是一個重要參數，此系統在控制氣缸溫度有兩個重要原因：

- 、氣體溫度必須保持在製程氣體的露點以上。
- 、氣缸溫度必須保持在適當設計值以下，不能由於超溫太大，導致影響壓縮機性能。

冷卻系統水質的要求，為了減少沉積與堵塞的困擾是必須講究的。冷卻效果差，不但影響冷卻效果，影響機械性能，且可能造成氣缸上配件的損壞，降低壓縮機可靠性，增加維修

成本。

7 . 容量控制：

能源的費用在煉油廠是一個主要操作成本，為了減少製程氣體成本，須要考慮氣體壓縮動力必須能減到最小，因此對於以壓縮機容量控制來達到能源的有效控制，有四種方法被設計使用：

7.1 . 不同速度控制 (Variable Speed)

電動馬達以不同的頻率驅動，產生不同的速度，提供彈性的流量，給彈性的操作系統使用，在最節約動力能源下，達到製程需求，是最經濟的方法。

7.2 . 槽孔釋荷控制 (Port Unloader)

此容積控制是在進口側或進口氣閥做釋荷動作，使進口氣閥在不做功下達到流量的控制。釋荷閥被設計成與進口氣閥一起或分開二種，如氣缸空間足夠，建議選擇分開式較理想，可以增加維修的可靠性，進而降低維修成本，此法控制體積流量，可分 1 0 0 %、5 0 %、0 % 的不同控制。

7.3 . 袋口餘隙控制 (Clearance Pocket)

一般 Clearance Pocket 被設計裝於氣缸外側，以調整餘隙容積的大小，來達到容積流量的小與大，此法可以提供更小的容積流量控制至 1 0 %。

7.4 . 迴流管線控制 (Recycle Lines)

此法是以出口流量迴流進口設計。這是一種最簡單，但最浪費動力的流量控制方法。

以上四種控制可能被單獨被設計使用，也可以混合被設計使用，依製程情況，選擇最適當的設計，達到容易操作、可靠性高、降低成本、獲得最大效益。

比較 (如圖八)

圖八：Capacity Control Efficiencies

8 . 驅動設計 (Driver Design):

8.1 . 驅動機設計

當前氫氣壓縮機的驅動設計以交流同步馬達驅動較大宗，交流同步馬達內部轉子、定子須定期保養維修，可靠性要到 3 年連續運轉的標準較難。另者以透平機驅動，則須配一變速齒輪箱，其安裝操作空間更大，能源消費更大，因此成本也相對提高。因此有一新驅動方式被設設，即使用感應電動馬達，用不同頻率驅動

(Variable Frequency Drive) 簡稱 V.F.D 系統，能夠解決上述缺點，可以減少系統的複雜性，增加壓縮機的可靠性，彈性操作增加循環效率，減少功的損失。

其次同步馬達採單軸承(一邊靠壓縮機主軸承支撐) 及使用剛性連軸器連結設計，但是 V.F.D 設計馬達本身使用的雙軸承及撓性連軸器連結其優點有：

、馬達可以單獨試運轉。

- 、對於壓縮機電的絕緣容易（使用絕撓性連軸器）
- 、驅動扭力反應較彈性，較不易產生振動。
- 、啟動電流不高，對於馬達線圈減少溫升和應力。
- 、馬達啟動不必很多限制。如壓縮機在氣液分離器高液位跳車時，V.F.D 系統可以在液位排盡後立即啟動，但如以固定轉速直接驅動馬達，可能被限制在一定時間（如 1 小時）以後，才能再啟動。

8.2 . 撓性連軸器（Flexible Coupling）

傳統往復式壓縮機同步馬達以單軸承設計配合曲軸主軸承支撐，中間採剛性連軸器及飛輪做配重設計，構造複雜，安裝不容易。因此為了連軸器結構的單純化扭力計算，減少安裝空間，降低連軸器成本費用及安全考量。

撓性連軸器被設計使用（如圖九）。

圖九：Coupling Design

其特點有：

設計與組合簡單化。

、整組連軸器，連結馬達與壓縮機的安裝與拆離容易。

、撓性連軸器配件分解簡單。

、扭力強度可調整。

- 、不須安全驅動系統。
- 、從馬達驅動可以做好電的絕緣。

連軸器配件的損害，須結合很多因素，如：對心不良，不良的安裝，高溫的環境或其他不良的環境的影響，(如圖十)

圖十：Coupling Element Damage

9 . 壓縮機的附屬設備：

9.1 . 緩衝罐 (Pulsation Dampeners)

每個氣缸進出口各分開被設置，依據 API618 附錄 M 標準。其結構材質設計對於氫，硫化氫及可能有氯化銨等環境因素必須被慎重考量設計與選用。

9.2 . 噪音控制：須達距離壓縮機 1 公尺其噪音量不得超過 8 5 dBA。

9.3 . 儀器連鎖系統：壓縮機跳機系統為避免不必要的跳機，此系統均須採雙重的選擇佈置，以使不正確的跳機減至最少。

四、狀態監視 (Condition Monitoring)：

壓縮機的狀態監視包括振動、軸移、溫度、壓力、流量 等，量測數據加上儀器分析，提供詳細資料來判斷機械的正常性，做為維修計劃的基礎和有缺失配件的提早發現。

1 . 監視系統 (Monitoring Systems)：

有六種監測或量測在此系統被整合設計使用。

1.1 . 曲軸與連桿連結配合的大端軸承溫度量測：此軸承的損害可能因為安裝不良、潤滑不良、配合間隙不正確等問題，導致磨擦過熱而燒毀振動，可以由溫度量測來判斷軸承運轉正常與否。（如圖十一）因過熱導致曲軸的損害。

圖十一；Crankshaft Damage

大端軸承量測系統 TB 2 佈置圖，已成功被使用中（如圖十二）

圖十二：Big End Temperature Measurement

- 1.2 . 曲軸主軸承溫度量測：以電阻式溫度檢出器量測連接至控制盤顯示。
- 1.3 . 進出口氣閥溫度量測：以電阻式溫度檢出器量測，各裝於進出口端及連接至控制盤顯示，可檢出進出口氣閥的正常與否。
- 1.4 . 活塞桿填料盒的溫度與流量量測：在高壓排放口，可測得洩漏量的大小，判斷是否須作維修。
- 1.5 . 活塞桿的下垂度量測：預知活塞環或支撐環之磨損程度，此量測以探頭配合渦電流技術，對於活塞桿的監測。
- 1.6 . 性能監視 - PROGNOST 線上性能監視系統基本上由以下輸入系統組成。
 - 、 8 - Cylinder pressure Transducers
 - 、 4 - Cylinder Vibration Accelerometers
 - 、 4 - Crosshead Vibration Accelerometers
 - 、 4 - Rod Drop Monitors
 - 、 1 - once per Revolution Trigger Signal

配合 PROGNOST - NT 軟體使用，自動地完成正確數據，繪圖與分析。利用數據分析、頻率範圍、時間區域、壓力與體積圖，方位分析等方法結合完成，來判讀機械的正常與否。此系統也可做功率分析，(如圖十三、十四)

圖十三：PROGNOST P-V Diagram

圖十四：Power Display

2 . 電動馬達監視：

主要以徑向探頭偵測轉軸與軸承的振動與溫度狀況，傳送至監視系統做判讀。

五、命周期成本分析 (Life Cycle Cost Analysis , L.C.C)：

依據 API618 標準，結構設計最低使用年限 20 年；不間斷操作最少要滿足 3 年，這是對一台壓縮機考慮最基本的設計要求。還有一些間接影響因素也必須被考慮，如：壓縮機賣主效益因素、可靠性保證、維修計劃及壓縮機配件可靠性 等的損失。另外，對於壓縮機備用零件的備存成本也必須慎重考慮是在賣主或買主須做一正確分析，以上所提，多關係到直接與間接成本效益問題，必須全盤考量。

六、結論：

- 1 . 往復壓縮機可靠性與效益性的提升，須要「設計者的細心，賣主的保證，買主與操作者的用心，及維修者故障排回饋」相輔相成的結合。這個觀念與作為是完全正確的，所以不單是設計者要瞭解壓縮機，應該所有相關人員都必須瞭解。瞭解愈深，才能徹底改善，達到低成本、高效率、高可靠性的目的。因此，研討會就各有其報告。(如附件一)
- 2 . 檢討大林廠氫氣往復壓縮機故障停機檢修的原因，乃以氣閥故障為大宗，而檢討故障起因是由於分子重量偏高和過量潤滑油形成油黏現象，致使閥片碎裂，這符合研討會中報告所述。
- 3 . 氣缸與曲軸箱十字頭相連結的間隔間 (Distance piece) 上方的排氣孔及下方的排液孔一定要注意隨時保持暢通，這兩個孔可以預知填料環 (Packing Ring) 的洩漏量大小程度，及滑油漏失的程度，如兩孔均堵，其洩漏無處洩，可能會導入曲軸箱，而造成危險。

- 4 . 往復壓縮機基本的設計都已能符合要求，為了求進步，在此次研討會大部份都注重在能源的節省，如使用變頻馬達，在量的控制採取更彈性化閥門的控制設計，材質提升的應用及監測系統的運用。得到預知失能的效果，減低重大損壞發生等，達到可靠性增高、零故障、使用生命週期的延長、降低成品增加利潤、保護環境的目的。
- 5 . 新增壓縮機設備應嚴謹規範要求可靠性高、生命週期長的組合，才不致於造成往復操作與維修的困擾，要修改一個不良的設計或不當的選用是困擾且不單純的。不合乎成本效益的。
- 6 . 本次 EFRC (European Forum for Reciprocating Compressors) 在荷蘭海牙舉行，二年後預計在奧地利舉行，有興趣者應從早計劃。

參訪 HOERBIGER 壓縮技術事業部

- 一、由業務經理 Mr.Wunderlich 介紹 HOERBIGER Group 及亞洲技術工程師 Mr.Horinek 介紹新設計理念與產品，(如附件二)
- 二、參訪 HOERBIGER 起源地 - 奧地利維也納閘門專業製造廠，1895 年從平面閘門 (Plate Valve) 做起，發展到目前的 HOERBIGER Group，分三個事業部，有超過 3,300 名員工，60 幾個分公司或製造工場分佈於世界各地，年營業額超過 38 億歐元，其中歐洲佔 71%，美洲佔 20%，亞洲佔 9%。
- 三、HOERBIGER Group 分：
 1. 壓縮技術事業部：員工約 1800 人，年營業額約 18 億歐元。
 2. 自動化技術事業部：員工約 1000 人，年營業額約 13 億歐元。
 3. 驅動技術事業部：員工約 500 人，年營業額約 7 億歐元。
- 四、參觀閘門製造程序說明：
 1. 接收訂單後，製作工作流程記錄傳遞工單。
 2. 下料 (一般閘體是用成品棒材，閘片是用平板材) 使用機具為帶鋸機。
 3. 上下閘座外尺寸加工
 4. 上下閘座鑽孔，銑長孔，使用精密鑽床，銑床加工氣體流道與上下閘座配合，因定位置，加工後去毛邊。
 5. 閘片製作，大量時使用衝剪床，小量時使用雷射切割機，完後去毛邊。
 6. 閘座與閘片配合密封面研磨，使用砂輪研磨機或振動研磨機。
 7. 閘門配件品管檢查，包括形狀、尺寸、精密度 等。

- 8 . 配件組合或閥門個體。
- 9 . 洩漏試驗：測量密封能力。
- 10 . 通過測試檢驗，良好包裝完成。

四、材料試驗室：

備有萬能試驗機、材質分光儀、硬度試驗機、顯微分析儀等主要設備，其目的在做進料材質檢驗確認、問題材料的檢驗分析、不良品破壞後的檢驗分材、客戶不滿意產品的再分析確認、新研發材料品質材料確認。

五、新產品介紹包括：(如附件二)共六種，目前只有 CX - Valve 選用在 H.D.S 工場。

六、結論：

能夠生存超過一個世紀的公司，雖然在其生產工廠看不出其特點，但仔細探討卻有其優點如：

- 1 . 設計、製造、試驗、使用者回饋，連成一體作業，研討。
- 2 . 每台工作母機都配有電腦操作面盤，可減少人為的錯誤，輸入數據即可完成所需之形狀及尺寸，不須具備高深的操作技術，且安全防護良好。
- 3 . 小至加工刀具都由自己設計、製造、研發。
- 4 . 設計研發能力的不斷精進，品質的提升與保證。
- 5 . 多角化經營延伸至世界各地。
- 6 . 周全的服務網，讓顧客滿意。