

出國報告（出國類別：開會）

天然氣摻配系統之氮氣製造及壓縮 機維護技術研討會

服務單位：台灣中油公司天然氣事業部北區營業處

姓名職稱：張錦麗 北區營業處副處長

陳勝憶 北區營業處新竹供氣中心經理

派遣國家：義大利

出國期間：114 年 6 月 14 日至 114 年 6 月 21 日

報告日期：114 年 7 月 11 日

摘要

隨著天然氣 NG1 用量日益增加，氮氣製造工場機組穩定運作的生產氮氣為摻配作業必要之條件，藉由參與設備製造商 Sinergia 公司乾燥機、PSA(氮氣製造機)及 Siad 公司氮氣壓縮機之維護保養及應用效能等技術研討，以期能導入增強或改良台灣中油股份有限公司（以下簡稱本公司）天然氣事業部北區營業處林口天然氣摻配中心（以下簡稱本處）之現有系統及設備，俾確保供氣穩定之營運作為。

目錄.....	3
壹、 目的.....	4
貳、 過程.....	5
參、 心得與建議事項.....	13

壹、目的

本公司配合能源轉型政策，為滿足國內天然氣 NG1 市場的用氣需求及熱值，建置天然氣 NG1 摻配系統，輔以氮氣摻配調整熱值穩定 NG1 供應。氮氣製造工場其氮氣製造機(以下簡稱 PSA)及氮氣壓縮機為氮氣生產、加壓的重要來源，林口工場設備僅有兩套且互為備援，若配合尖峰時段需求產量或遷改管工程時兩套設備則需同時啟用，故其設備運作之可靠性至為重要。

本次奉派赴義大利參訪 PSA 設備製造商 Sinergia 公司、氮氣壓縮機設備製造商 Siad 公司，與人員進行技術交流，瞭解運作原理、製造流程及應用效能，討論最新適用產品、品質控管、組裝測試、備料交貨期程、維修保養，尤其針對 PSA 設備穩定性及組配件耐用度進行面對面研商，以評估導入可行性或改良現有設備，以確保其穩定性。

貳、過程

一、行程概述：

起迄日期	天數	到達地點	詳細工作內容
114/6/14~ 114/6/15	2	台灣→米蘭 →阿爾卑諾	1.啟程 2.前往 Sinergia 公司
114/6/16	1	阿爾卑諾	參訪 Sinergia 公司，研討乾燥機及氮氣製造機相關議題
114/6/17	1	阿爾卑諾→ 貝加模	上午參訪 Sinergia 公司，研討乾燥機及氮氣製造機相關議題，下午移動至貝加模
114/6/18	1	貝加模	參訪 SIAD 研討氮氣壓縮機相關議題
114/6/19	1	貝加模	參訪 SIAD 研討氮氣壓縮機相關議題
114/6/20~ 114/6/21	2	米蘭→台灣	返程

二、出國工作概述：

1. Sinergia 公司簡介：

Sinergia 成立於 1996 年，坐落於群山環繞的綠色高地。憑藉著專業敬業的團隊，透過將業務拓展至週邊既有的義大利北部工業重鎮，迅速發展壯大。由於迫切需要優化生產流程及物流效率並集中所有業務，Sinergia 於 2019 年遷至貝加莫附近，毗鄰高速公路和機場，進一步增強了與國際市場的聯繫。

多年來，Sinergia 已具備卓越的能力，能夠設計和製造多種配置和高度客製化的成套設備，例如空氣壓縮機、空氣乾燥器、熱交換器、氮氣產生器，並將個別設備系統化集結成一個 turn-key 小型工廠移交給客戶。目前專注於生產廠用空氣、儀錶空氣、薄膜式或 PSA 生產高純度氮氣、液態氮和液態氧氣。

Sinergia 成立時間雖短，但已在國際石油天然氣市場贏得了良好

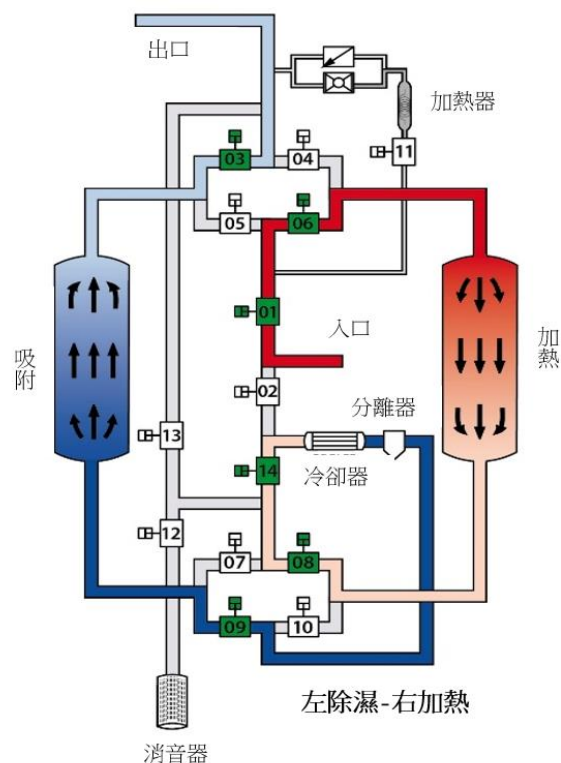
的聲譽。在 SABIC、Qatar Energy、TPC、CPC 皆有實績，並且也致力於跟全世界大型 E P C 配合，例如 CTCI、JGC、Saipem、Tecnimont 等等。這標誌著 Sinergia 致力於成為壓縮空氣和技術氣體生產領域的全球卓越典範，並進軍石化、化學、能源和鋼鐵等其他工業領域。近年來，Sinergia 不斷投資，以提高生產能力，並持續研發改進既有設備的效率及可靠度；這得益於引進更多的專業人才、電腦分析及自動化設備的引進，目前這一過程仍在持續進行中。

Sinergia 靈活的提供高度客製化的產品，最大限度地滿足最嚴格的規格和最極端的操作條件。並且永遠是讓使用者獲得最大程度的滿意。

2. Sinergia 乾燥機的特點：

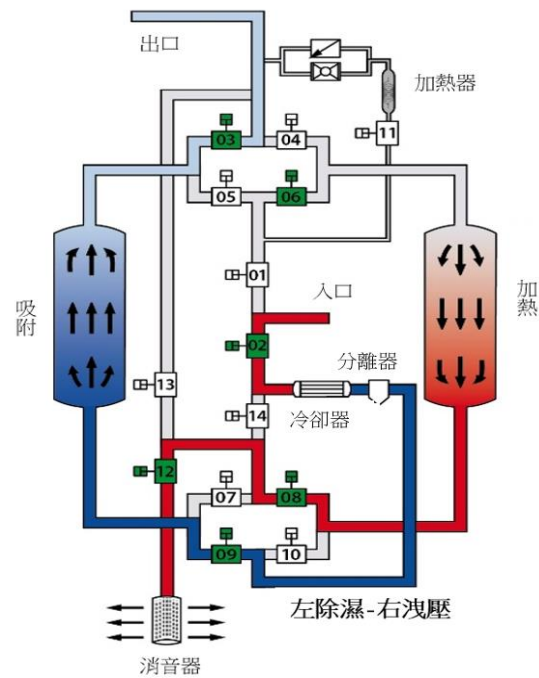
- (1) 節省空壓機的冷卻水用量
- (2) 節省空壓機及乾燥機占地面積
- (3) 節省乾燥機加熱器用電
- (4) 其工作原理及流程(以左邊桶槽除濕、右邊桶槽再生為例)如下圖一至圖五：

(圖一) 利用空壓機的熱空氣加熱氧化鋁



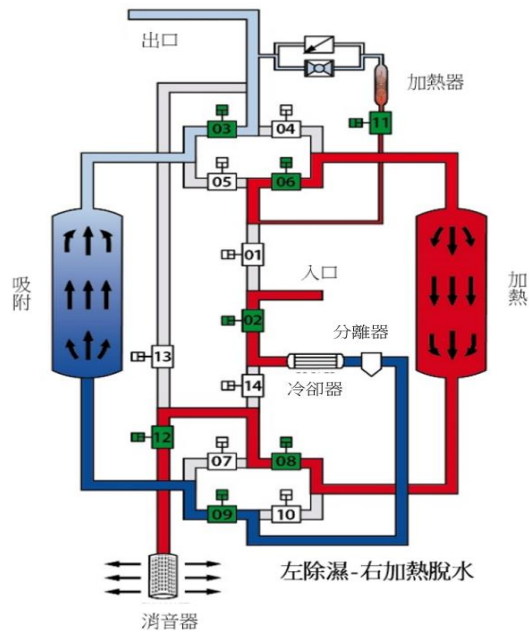
1. 氧化鋁直接吸收壓縮機來的熱空氣的大部分水分
2. 經過冷卻器的大部分冷凝水直接排掉
3. 過程時間:約 90 分鐘

(圖二) 排出壓力及水分



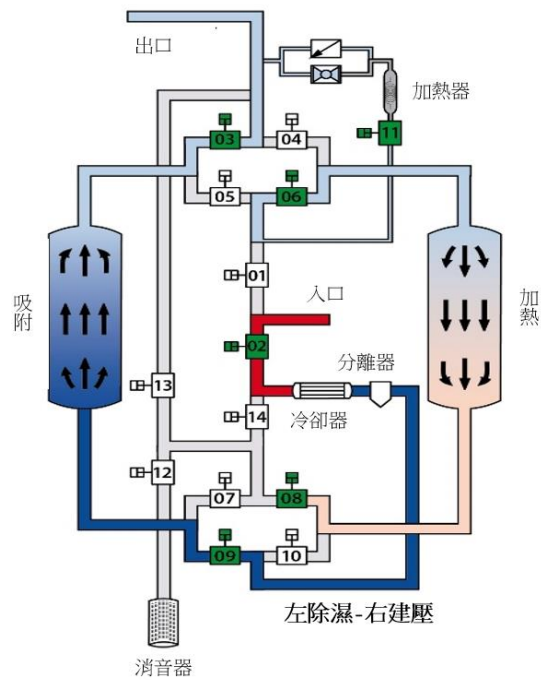
1. 壓縮機來的熱空氣直接經過冷卻器，冷凝水直接排掉
2. 同時為再生槽進行洩壓，剩餘的水分藉此由消音器排出
3. 過程時間: 不到一分鐘

(圖三) 利用加熱後的乾燥空氣進一步加熱並乾燥氧化鋁



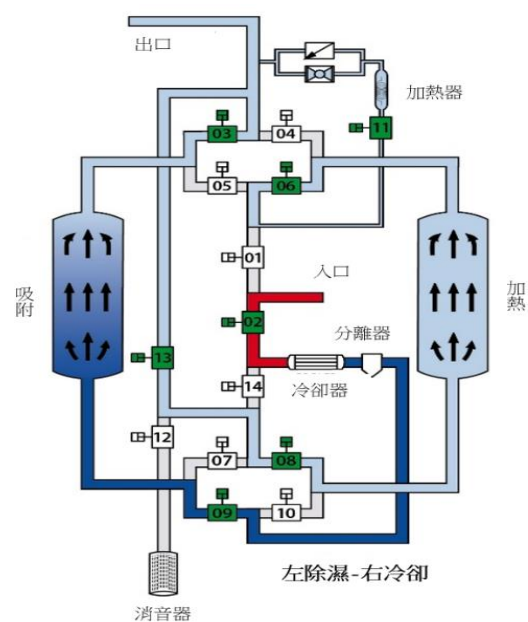
1. 為了排清部分積累桶槽深處內的水分，利用出口的乾燥空氣再加熱注入再生槽內使其水分蒸發排出消音器
2. 過程時間：約 90 分鐘

(圖四) 利用乾燥的冷空氣加壓桶槽



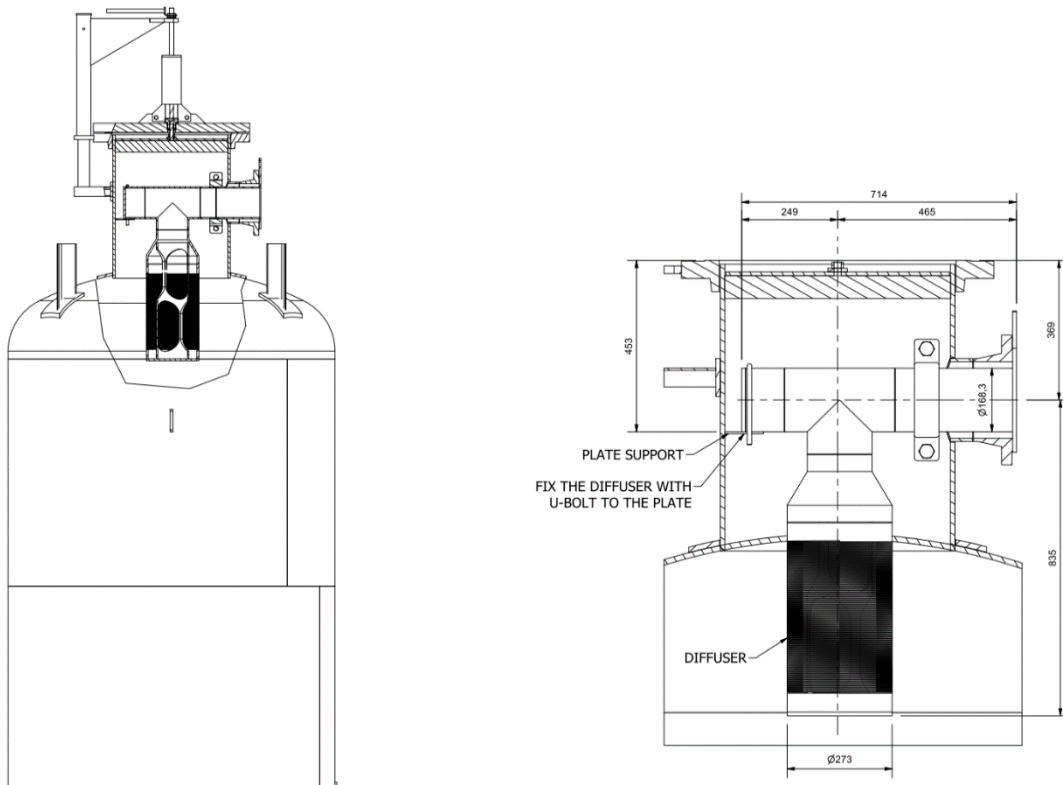
1. 為了避免製程中可能造成的震盪，排空的再生槽重新注入出口乾燥空氣，使其兩槽壓力平衡
2. 過程時間：約 20 分鐘

(圖五) 利用乾燥的冷空氣降低氧化鋁溫度



1. 為了進行桶槽切換前的相關溫度，藉由出口空氣注入再生槽冷卻降溫，槽內的空氣再流至出口，持續的循環使其溫度平衡
2. 過程時間：約 40 分鐘

3. Sinergia PSA 氮氣生產設備的特點



- (1) 符合客製化要求，可以線上即時偵測 CMS(碳分子篩)高度，萬一高度降低可以即時添加 CMS，避免因為 CMS 跳動而造成粉化，進而損壞 CMS。
- (2) CFD(computational fluid dynamics-計算流體力學)軟體模擬出最佳化設計的擴散器：本公司使用的 PSA 由於場地因素，從三套減少為兩套，但是流量不變，此改變會造成單套設備的受力變大；Sinergia 利用 CFD 重新設計擴散器，將 PSA 中的 CMS 衝擊力量降低，進而延長 CMS 壽命
- (3) Sinergia 售後服務經理特別說明，PSA 因為其特性（每分鐘壓力變化一次），產生的氣流衝擊，會縮短設備磨耗零件的壽命，並且由於流量加大產生的瞬間氣流變大，每次壓力變化所造成的振動力量不可避免的也相對較大；設備必須相對注意保養週期，並且備妥相關零件備品。

圖六 全新未使用的碳分子篩



圖七 國外工廠碳分子篩開槽作業的情形

出國工作概述：

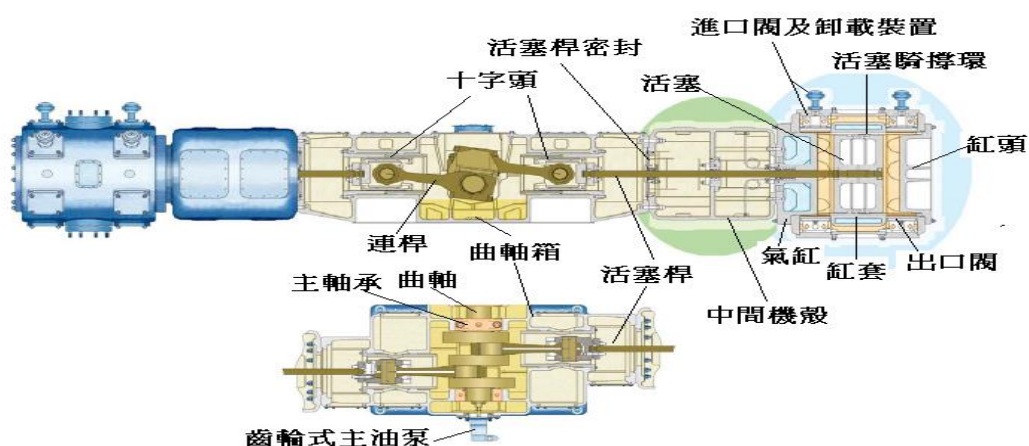
1. SIAD MACCHINE IMPIANTI 公司簡介：

SIAD 公司成立於 1927 年，是一間將近百年的家族企業，從販售氣體起家，在歐洲各地成立氣體廠，銷售給地區化工廠或是醫院使用；最開始並沒有生產壓縮機，而是壓縮機的使用者。1947 年 SIAD 業務快速擴張，公司負責人開始思考自己製造壓縮機使用而不是向外購置，於 1953 年 SIAD 公司決定將其機械設計製造與工業氣體製造整廠構建分開 SIAD MACCHINE IMPIANTI（以下皆簡稱 SIAD MI）公司因而成立！

此新公司（SIAD MI）具有往復式氣體壓縮機機械本體設計製造；並可以透過類似工程公司的模式，將之設計構建為工業氣體產製工場的整場賣出的能力而其產品通銷世界；該公司主要設計製造部門在義大利貝加模（Bergamo），其設計建造的氣體工廠分布歐洲各地，其製造的氣體壓縮機則銷售至全世界使用。

由於 SIAD MI 公司人員具有豐富的現場經驗，並且本身的氣體廠皆完全使用自產的壓縮機，故可提供使用者相關經驗之優點，故其產製之往復壓縮機正被廣泛使用於多種工業氣體輸送，本公司目前亦有多套各種不同機型設備正使用中。林口氬氣製造工場目前使用其最先進的 API618 小型水平式壓縮機！

2. SIAD MACCHINE IMPIANTI 公司往復壓縮機構造及特點：



SIAD 壓縮機主要結構如下：

- (1) 全封閉之鑄鐵曲軸箱具有大的維修孔，可使具配重之曲軸、連桿、十字頭等內部機件拆修方便。
- (2) 曲軸箱及氣缸間之中間段具有刮油環及活塞桿密封環設計，其中刮油環可避免油漏入壓縮氣側，活塞密封環可以阻止壓縮氣體洩

漏至中間段;當壓縮危險性氣體時此中間段(室)須有惰性氣體加壓阻隔，避免危險氣體漏出。

- (3) 由曲軸帶動的齒輪式主油泵，具有開機即主動潤滑之功能。
- (4) 特殊合金鑄鐵氣缸(接觸製程氣體之金屬皆須客製化篩選)，單動或雙動由水冷的缸套經由高精度的加工製成。
- (5) 進出口閥皆為最先進設計，閥體具大流出截面及小行程(減少震動)，並具可調整是否做工的卸載裝置。
- (6) 汽缸分為有噴油潤滑或是無油式設計，其原理與製程氣體及製程壓力有關。(本次參訪將討論是否可以改為無油設計，並了解其優缺點)
- (7) 活塞通常由鋁合金製作，活塞環、油潤滑導環或固體潤滑的特殊導環皆依照不同製程氣體及壓力等客製化設計。
- (8) 現場可以設置控制盤，透過先進的大型HMI(人機介面)及PLC控制壓縮機，也可以由DCS監視壓縮機，控制方法具有高度客製化能力。
- (9) 電動馬達(林口工場使用東元電機 360kw，非本次參訪工廠設備)以V-belt 或撓性連軸器連接。
- (10)使用一體式鋼製基座，其優點為安裝迅速。若為大型水平式壓縮機則必須於現場組裝，因其重量、體積等因素無法使用一體式鋼製基座。

此外 SIAD 壓縮機機型由大到小分 HT、HSF、HD、HP、P、HM、M、W、T、I 型，其中 H 代表水平對臥形式，通常馬力數較大(400kw ~ 8000kw)，而 P、M、W、T 型馬力數較小(0 ~ 800 kw)，其中 I 型已不再生產，P 型為最新研發之大型非水平式壓縮機，適合場地空間有限的用戶，HM 為最新研發的小型水平式壓縮機，其震動較小，適合密集擺放或是精密製程的廠區(半導體等)。

一般而言，壓力數較大及馬力數較大者採鋼材缸套設計，而壓力數較小及馬力數較小者採鑄鐵材缸套設計；缸套鍍覆層以防蝕，一般石化事製程當輸送氣體 CO₂ 含量大於 10%體積百分比或 H₂S 大於 20%體積百分比或 CO 大於 10%體積百分比時，缸套內壁須加鍍覆層以防腐蝕生銹或是使用不銹鋼材料，BOG 壓縮機也會適當使用不銹鋼材料及超低溫碳鋼製造(材料皆為客製化)。除此之外排液桶亦須時常將壓縮過程之冷凝液或是潤滑油排去，以防液體被吸入下一級汽缸壓縮，而損傷活塞/汽缸或進出口閥，林口工場之輸送氮氣壓縮機其缸套不須鍍覆層，排液桶因為氣體相當乾燥沒有冷凝液，但需要定期排出潤滑油以免被吸入下一級造成壓縮機的損壞。(本次參訪將討論壓縮機改為無油式的優缺點)

活塞潤滑方面有油式與無油式均有產製，其中無油式者活塞導環（guide ring）間隙建議須每年量測一次，加上活塞桿設有垂降警示監測，若活塞桿變形造成導環異常快速磨損亦可預先警示，停機確認而予以換修，以防活塞刮磨缸套，林口工場由於原始規範要求，其汽缸採用有油式設計，但 SIAD 內部設計規範則表示可用無油式導環，無油式導環有其操作上的優勢，將於後面專門分析比較。

SIAD 往復壓縮機通常噴塗為海軍藍，低溫之壓縮機例如 B O G 壓縮機則為銀色，但皆可依照使用者需求噴塗。

3. SIAD MACCHINE IMPIANTI 公司製造工廠及模擬測試工場：

在義大利貝加模（Bergamo）SIAD MACCHINE IMPIANTI 公司擁有設備先進之製造工廠，每個設備的組裝皆由精密加工且品管人員控管，每個區塊有專門的職責，人員技能熟悉；並且在每個區塊皆有大型聯網螢幕，提供清晰的最新版次圖面給現場技術人員遵循。

SIAD MI 在工廠內有專門測試平台及測試用馬達，並且有大型 H M I 可以監控機械運轉測試的各項數據！若需要做模擬性能測試，SIAD MI 在貝加模附近的氣體工廠，可以提供最接近的模擬氣體做模擬性能測試，以確保設備出廠前的品質！另設有訓練教室，提供專業的壓縮機訓練課程，進行特定客製化訓練，旨在確保設備操作的安全性、最大化壓縮機性能並最小化維護成本。

圖八 SIAD 往復式壓縮機測試平台



圖九 教學用 P 型往復式壓縮機



4. 無油式汽缸的優點：

起因：由於科技的進步，現在新型汽缸導環及汽缸環的材質，不需要潤滑油也可以達到幾乎相同的壽命及效率，因為摻配工場的空間、人力、製程下游有精密儀器(如線上熱值儀、露點分析儀)等特性，SIAD MI 提供壓縮機升級為無油潤滑的選項，壓縮機汽缸不需要潤滑油包含下列許多優勢

(1) 主要可以避免因為主油泵故障而造成的意外停機：

目前的設計，若主油泵無法將潤滑油注入汽缸，壓縮機會動跳俾保護

機制，若改為汽缸無潤滑油設計，則可避免無預警跳俾情形，使壓縮機能持續穩定運作，提高設備的可靠性。

(2) 減少人員巡檢加油，降低輪班人員工作負荷：

目前每班人員必須監測每個注油點的注油量，若注油量不正確則必須及時微調；並且注意油 tank 的剩餘油量，油量不足時，輪班人員必須提著 10KG 左右的油桶使用爬梯翻越機台上 2.5 米高的平台進行補油。

(3) 使用過的汽缸潤滑油會定時排放至廢油桶，為避免溢出廢油桶，影響作業人員安全，每日需派員收集至大型回收桶，並於固定時間請回收商來載走及事業廢棄物申報，此過程需有專人負責管理。

(4) 無需支付額外潤滑油的費用

(5) 產出的氣體為完全無油狀態，不影響下游各精密分析儀器及閥件的精準度，延長下游高價值設備的使用壽命。

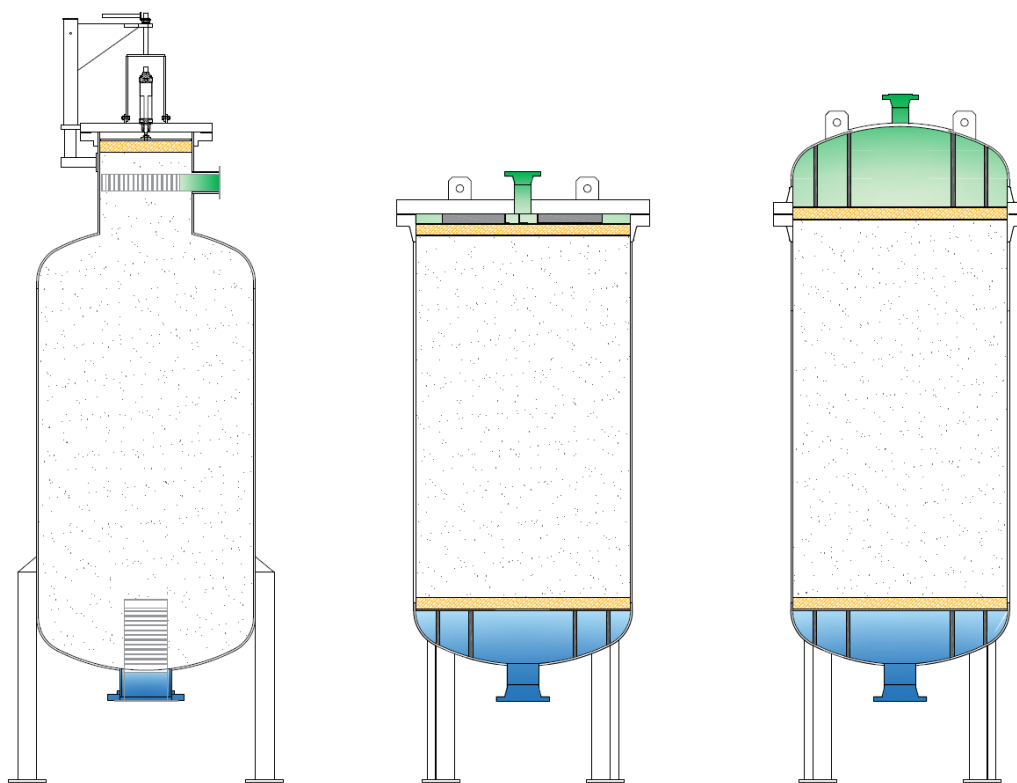
參、心得與建議事項

參訪工廠後對設備製造的過程更有概念，也較能理解壓縮機組配件及 PSA 的 CMS 交貨期為何較為冗長，另因請購作業的流程亦為繁雜，故交貨及請購時程必須逐項追蹤，及早發現癥結與真相，並尋求對策及解決之道，設備商才能準時交貨，現場的製氮作業將得以持續運作。

由於 PSA 的 CMS 為易碎材料，安裝初期若沒有將 CMS 妥善按照要求填充，將會導致粉化；並且桶槽內流場若無均勻化，將造成局部流速流率過大，亦會大大降低效率，甚至造成 CMS 不可逆性的全面損壞，為目前使用需改善的地方。

建議增強或改善方案如下：

1. 盲法蘭設計或頂蓋設計的桶槽，可以增加 CMS 安裝後的穩定度及流場分布，提升效能及流率。



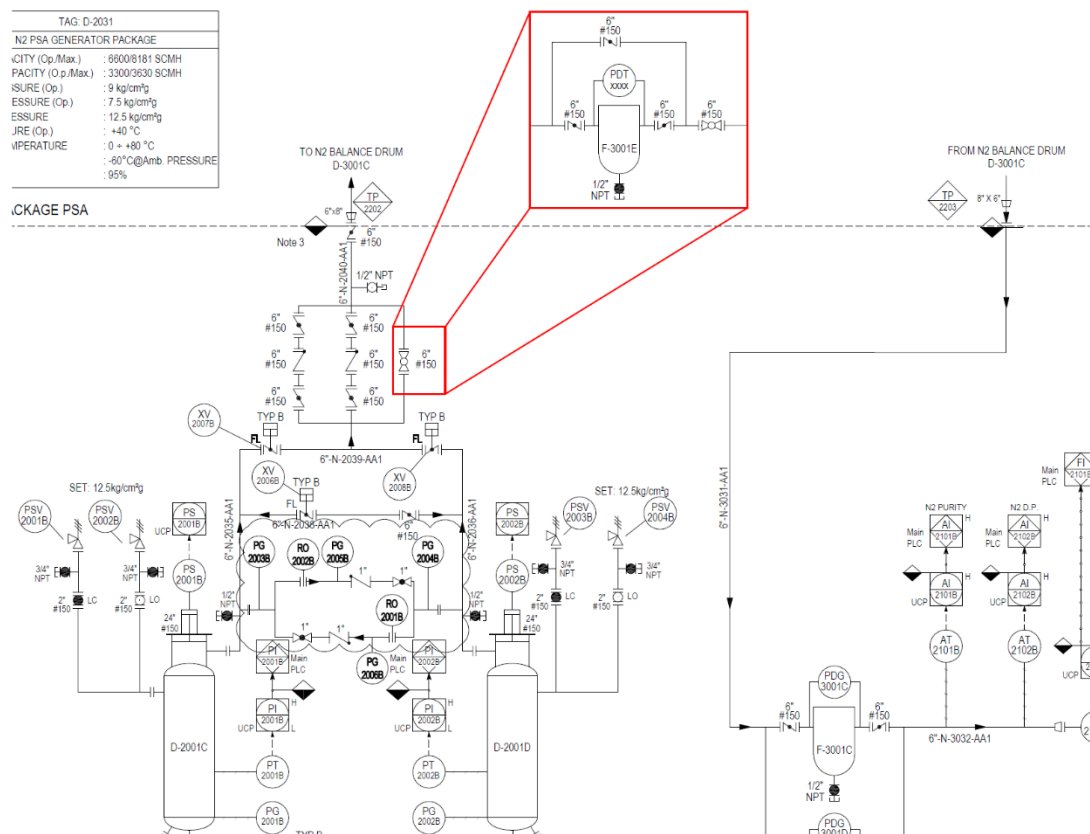
既有 PSA 桶槽設計

盲法蘭設計

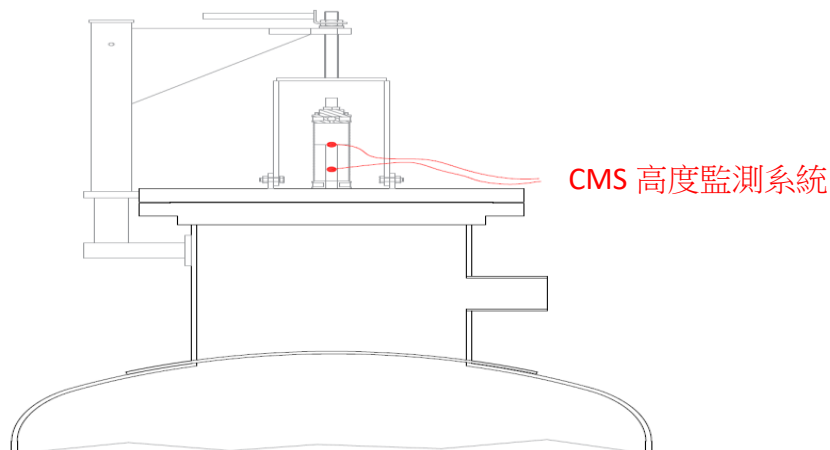
頂蓋設計

- (1) 頂蓋設計為最佳設計，流場分佈最佳化，可以增進效率及可靠度。
- (2) 桶槽經 CFD 模擬及國外 SABIC 公司使用實績，CMS 不會因長久運作震動而有相關損壞。

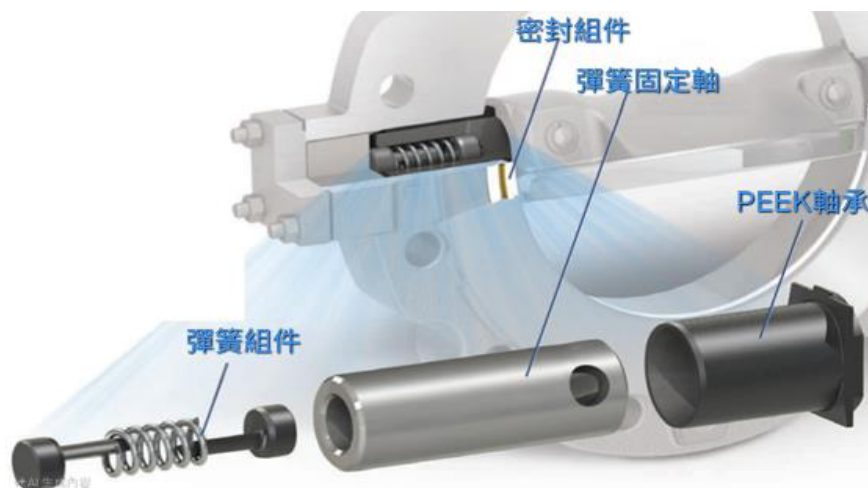
2. 增加一組過濾器在 PSA 中，可以大幅改善系統效率及壽命。



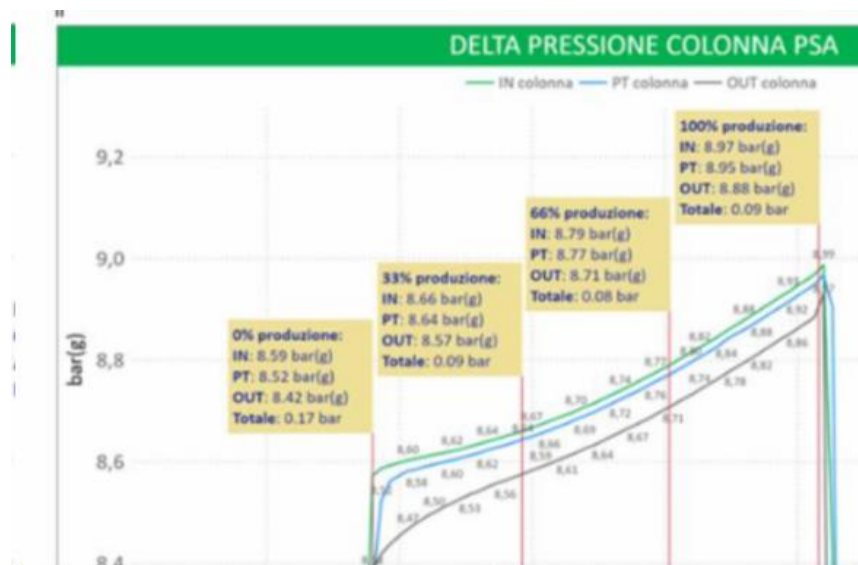
- (1) 增加一組後過濾器，即使 CMS 粉化也不至於影響系統運作的狀況。
- (2) 使用後過濾器後，可改善現有少量粉塵從消音器噴出，工作場所更清淨。
3. 透過前述兩項改善， 可以移除現有 CMS 高度監測系統， 以避免過度的震動耗損。
4. 移除 CMS 高度監測系統， 雖然將會無法監測 CMS 高度， 但是 CMS 穩定度會得到極大的改善，其使用壽命足以到下一次開槽檢驗(每年一次高度檢查並補充 CMS，每三年開槽檢查並更換 CMS)。



5. 更換更耐用的 PSA 專用閥，可超過 100 萬次以上的作動。



6. 可以遠端監控 PLC，即時了解 PSA 系統運行狀況，可以線上提出建議，甚至提早預知或規劃保養時間。



設備的穩定性及可靠性固然重要，隨著全球節能需求的增強，工業設備行業跟著現代的科技發展，新一代設備設計著重於降低能耗，例如使用智能控制系統或節能電機來減少能源損耗，因此思維的角度、心態與行為亦應跟著適時調整，並配合政策推動大型節能專案為另一作為。