



成大核心設施中心
Core Facility Center, NCKU

儀器設備技術手冊與 訓練教材

HLS-氦液化系統

2022 年 10 月 25 日

目錄

1、 前言簡介	4
2、 背景知識與原理	5
3、 機台介紹	6
3-1、 氦氣壓縮機	6
3-2、 氦氣回收壓縮機 (BAUER Industrial High Pressure Compressors)	7
3-3、 氦氣純化機(MODEL 500 HELIUM PURIFIER)	9
4、 機台操作注意事項	10
4-1、 氦液化機(Linde Model L1610 Helium Liquefier)	10
4-2、 氦氣壓縮機(Linde Model RS Helium Compressor)	12
4-3、 氦氣回收壓縮機 (BAUER Industrial High Pressure Compressors)	12
4-4、 純化機	13
5、 液態氦製作流程	15
6、 筆電操作	16
7、 附件資料	23

圖目錄

圖 1. 氦液化系統.....	4
圖 2. 氦液化機(Linde Model L1610 Helium Liquefier).....	6
圖 3. 氦氣壓縮機 (Linde Model RS Helium Compressor)	7
圖 4. 螺桿壓縮機泵.....	8
圖 5. 氦氣回收壓縮機(BAUER Industrial High Pressure Compressors).....	9
圖 6. PROCESS SUPPLY SYSTEM.....	10
圖 7. 操作主畫面.....	16
圖 8. DATA 數據資料.....	17
圖 9. DATA 數據資料.....	17
圖 10. 監測各閥件是否動作.....	18
圖 11. RS 壓縮機數據資料.....	18
圖 12. 真空幫浦抽氣數據及閥件動作狀況.....	19
圖 13. 純氣體液化管路及各閥件的開關指示燈.....	19
圖 14. 不純氣體液化管路及各閥件的開關指示燈.....	20
圖 15. RS 壓縮機氣體、油路、冷凝管路循環圖及各溫度與壓力監測.....	20
圖 16. 液化機主管路圖(高壓、低壓).....	21
圖 17. 第一台壓縮機溫度、壓力及油壓之故障警示燈.....	21
圖 18. 液化機 PLC 控制參數設定總表.....	22
圖 19. 液化機管路圖 (包含純氣體線路與不純氣體線路).....	22
圖 20. 氦液化系統管路配置圖.....	23

HLS-氦液化系統

(一)前言簡介

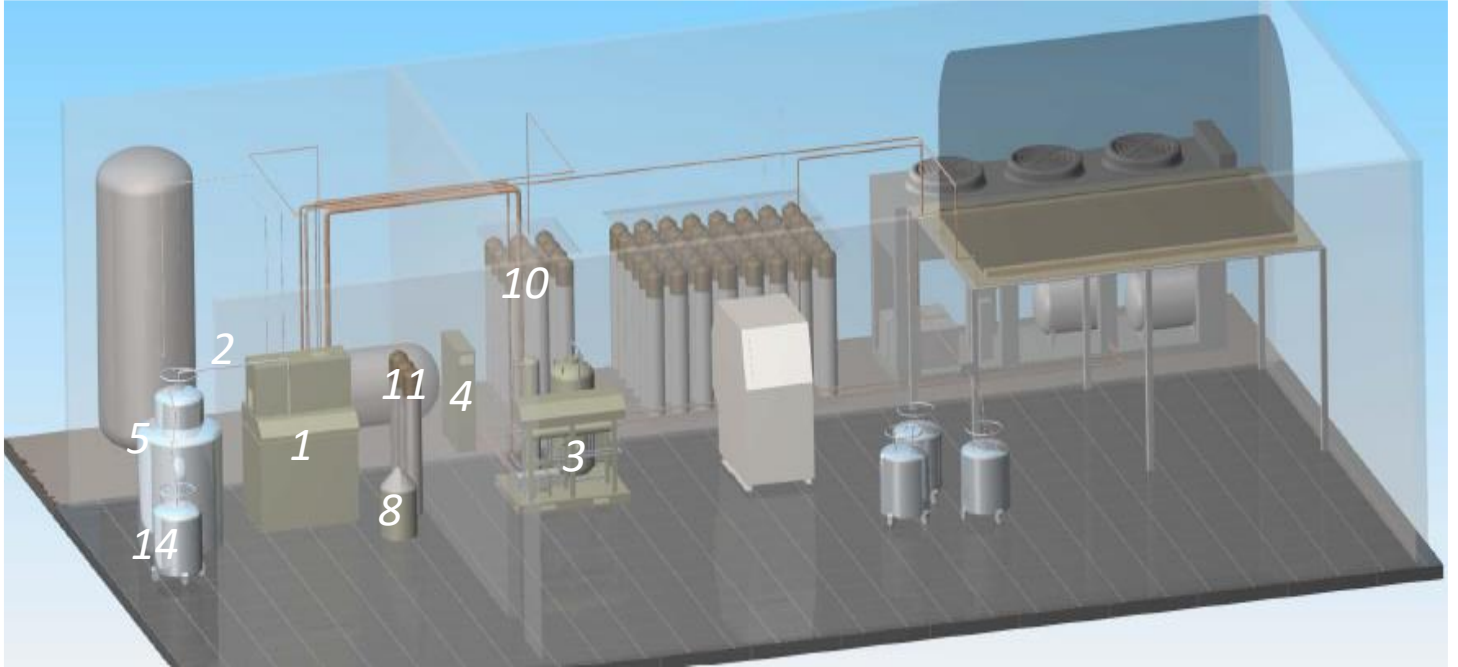


圖 1. 氦液化系統

- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1. 液化機 <u>L1610 Liquefier</u> | 8. 低溫吸附器 <u>Cryogenic Absorber</u> |
| 2. 轉移管 <u>RDT</u> | 9. 儲壓緩充桶 <u>Surge & Ballast Tanks</u> |
| 3. 壓縮機 <u>RSS/RS Compressor</u> | 10. 純氣鋼瓶組合 <u>Pure He Supply Cylinders</u> |
| 4. 啟動面板 <u>Starter Panel(操作筆電)</u> | 11. 純氣儲存桶 <u>Pure He Storage</u> |
| 5. 杜瓦桶 <u>Dewar</u> | 12. 不純氣鋼瓶組合 <u>Impure He Storage Cylinders</u> |
| 6. 氣袋 <u>Gas Bag</u> | 13. 液氮槽 <u>LN2 Supply</u> |
| 7. 回收壓縮機 <u>Recovery Compressor</u> | 14. 客戶杜瓦桶 <u>Mobile Dewar</u> |
| | 15. 冰水機 <u>Water Chiller</u> |

此套氦液化系統包含以下主要機台 Figure 1 所示

氦液化機 (Linde Model L1610 Helium Liquefier)

1. 功能規格:L1610 型液化機主要用於生產液氦。它有一個內置的自動淨化系統，可以使用回收的氦氣經濟地生產液氦。整個系統的主要零件有 L1610 型氦液化機模組、輸送管和一個或多個 RS 系列壓縮機。（壓縮機在下面進行描述。）

2. 廠牌型號:Linde CRYENICS MODEL L1610 Helium Liquefier

3. 公司或原廠狀況：Linde，營業中(<https://www.linde.com/>)
4. 台灣代理商或維修管道：台灣無代理商，維修管道為自行維修或尋求原廠檢修
5. 機台建置過程：先前使用的是 L1410 型，其裝機時間為 77 年 8 月，後來在 101 年 10 月汰舊換新為 L1610 型，建置過程由原廠指派專門工程師到台協助裝置。

氦氣壓縮機 (Linde Model RS Helium Compressor)

1. 功能規格：RS 型氦氣壓縮機是一種整套組合式的組件，由帶有馬達的密封立式螺桿壓縮機泵、注油和分離系統、水冷後冷卻器和油冷卻器以及包含儀表和控制器裝置的控制面板組成。氦氣壓縮機的功能在連續供應高壓的氦氣給液化機作為氦氣液化的原料，在液化機內經熱交換及膨脹閥產生液氦。
2. 廠牌型號：Linde Model RS Helium Compressor
3. 公司或原廠狀況：Linde，營業中(<https://www.linde.com/>)
4. 台灣代理商或維修管道：台灣無代理商，維修管道為自行維修或尋求原廠檢修
5. 機台建置過程：建置過程由原廠指派專門工程師到台協助裝置。

氦氣回收壓縮機 (BAUER Industrial High Pressure Compressors)

1. 功能規格：壓縮機組包括以下主要組件：壓縮機組、驅動電機、帶儀表板的框架和外殼組件、過濾器組、自動冷凝水排放以及電控和電子監控系統。
，回收壓縮機用來將回收在氣袋的氦氣加壓至回收鋼瓶中方能在製造液氦時使用，亦也用於將純化機純化後的氦氣輸送至生產用的高純度鋼瓶內，供液化機使用。
2. 廠牌型號：BAUER Industrial High Pressure Compressors
3. 公司或原廠狀況：BAUER，營業中(<https://www.bauercomp.com/>)
4. 台灣代理商或維修管道：台灣代理商為銘伸企業 (<http://www.3arrow.com.tw/>)，維修管道為自行維修或尋求代理商檢修
5. 機台建置過程：由台灣代理商銘伸企業提供裝置的服務。

氦氣純化機(MODEL 500 HELIUM PURIFIER)

1. 功能規格：MODEL 500 型 驅動電機、帶儀表板的框架和外殼組件、過濾器組、自動冷凝水排放以及電控加熱系統。經由氦氣純化機，將氦氣純度提高到 99.995
2. 廠牌型號：Linde Model 500 型 Helium Purifier
3. 公司或原廠狀況：Linde，營業中(<https://www.linde.com/>)
4. 台灣代理商或維修管道：台灣無代理商，維修管道為自行維修或尋求原廠檢修
5. 機台建置過程：建置過程由技術員自行裝置。

(二)背景知識與原理

1905 年氦液化成功, 1911 年由荷蘭科學家—卡馬林·奧尼斯爵士發現了 $\rho = 0$ ，也就是超導體。液氦是在 4.2k 低溫的條件下，適合超導體，低溫物理，及材料性質等多方面研究的需要，許多科學家均積極進行實驗來觀察分析金屬於低

溫下的變化。

目前利用超導體的兩大特性—零電阻與反磁性，超導體需浸泡在液氦中以維持極低溫產生反磁性，可應用於：磁浮火車，超導電磁動力船，核磁共振斷層掃描儀(MRI)，超導量子干涉儀(SQUID)，核磁共振光譜儀(NMR)，超導導線電力傳輸，超導磁鐵，超導高能加速器等科學儀器上。

(三)機台介紹

氦液化機 (Linde Model L1610 Helium Liquefier) Figure 2



圖 2. 氦液化機 (Linde Model L1610 Helium Liquefier)

氦液化系統是將氦氣液化成液態氦，液化過程，是將純度 99.995% 以上氦氣連續壓縮經由雜質吸附器進入液化機，首先經由液氮預冷，再由五個熱交換器及二個膨脹引擎壓縮工作逐漸降溫到達 6k ~ 18k 溫度，經由 J-T 閥門轉變成液態氦，L1610 型液化機產能最高可達每小時 70 公升。

在機器啟動時，氦氣被壓縮並以大約 16.5 bar (240 psig) 的壓力輸送到液化機模組。氣體在液化機中通過以下方式冷卻：

- 1、使用預冷器時的液氮；
- 2、主換熱器內的傳熱；
3. 兩個膨脹機的等熵功提取；
4. Joule-Thomson 閥中的等焓膨脹。

所有這些過程都在高真空絕熱室中進行。產生的液氦通過可拆卸的真空絕緣輸送管輸送到位於外部的液化杜瓦瓶。

液化機運轉的功能：當氦氣進入活塞，活塞接近其衝程底部時，進氣門打開壓縮氦氣流入氣缸。氣體施加作用於活塞表面的力並驅動活塞向上。氣體繼續以幾乎恆定的壓力進入氣缸直到進氣門在截止時關閉。切斷後，氣體再隨著氣體膨脹，

氣缸繼續向上推動活塞，此循環可供活塞連續運轉(雙活塞交替壓縮)。
L1610 型液化機模組中的自動冷凍淨化器。不純的氦氣液化允許使用含有高達 10% 空氣雜質的氦氣操作，最小入口壓力為 34.5 bar (500 psig)。該系統通過冷凝和凍結雜質然後自動將它們排放到大氣中來進行淨化。(雜質量高時會降低液化機的使用時程)

液化及尾部的冷卻和液體產生，存放於杜瓦瓶。

使用液氮進行預冷時，確保 LN2 供應在 0.7 和 2.0 (10 和 30 psig) 之間不要讓氦氣供應壓力超過 2.4 bar (35 psig)。

氦氣壓縮機 (Linde Model RS Helium Compressor)



圖 3. 氦氣壓縮機 (Linde Model RS Helium Compressor)

RS 氦氣壓縮機由以下組件組成：

1. 帶驅動電機的油冷立式螺旋螺桿壓縮機泵；
2. 注油和分離系統；
3. 冷卻系統；冰水機
4. 儀表、控制和保護裝置。

氦氣進入螺桿壓縮機泵並按以下部分所述進行加壓。從螺桿壓縮機泵排出的高溫高壓氣體流經一個後冷卻器，然後通過一系列的四個油聚結器和一個吸附器，它們都屬於油分離系統，然後通過最終過濾器和排氣管接頭排出。在聚結器和吸附器之間，背壓調節器保持 12.4 bar (180 psig) 的排放壓力。

螺旋壓縮機當陽轉子的一個葉片開始從葉間空間中脫離啮合時母轉子，產生一個

空隙，氣體通過入口吸入口。隨著轉子繼續轉動，葉間空間增大氣體不斷流入壓縮機。就在這一點之前在葉間空間離開進氣口處，整個長度在工作吸力處，葉間空間完全充滿了氣體壓力。

隨著旋轉的繼續，葉間空間中的氣體被攜帶環繞壓縮機泵殼。進一步旋轉將雄葉與吸入端的葉間空間嚙合，並且沿排放口方向軸向壓縮氣體。因此，葉間空間內捕獲氣體的佔有體積為降低，因此氣體壓力增加，產生連續供應壓力源給液化機。

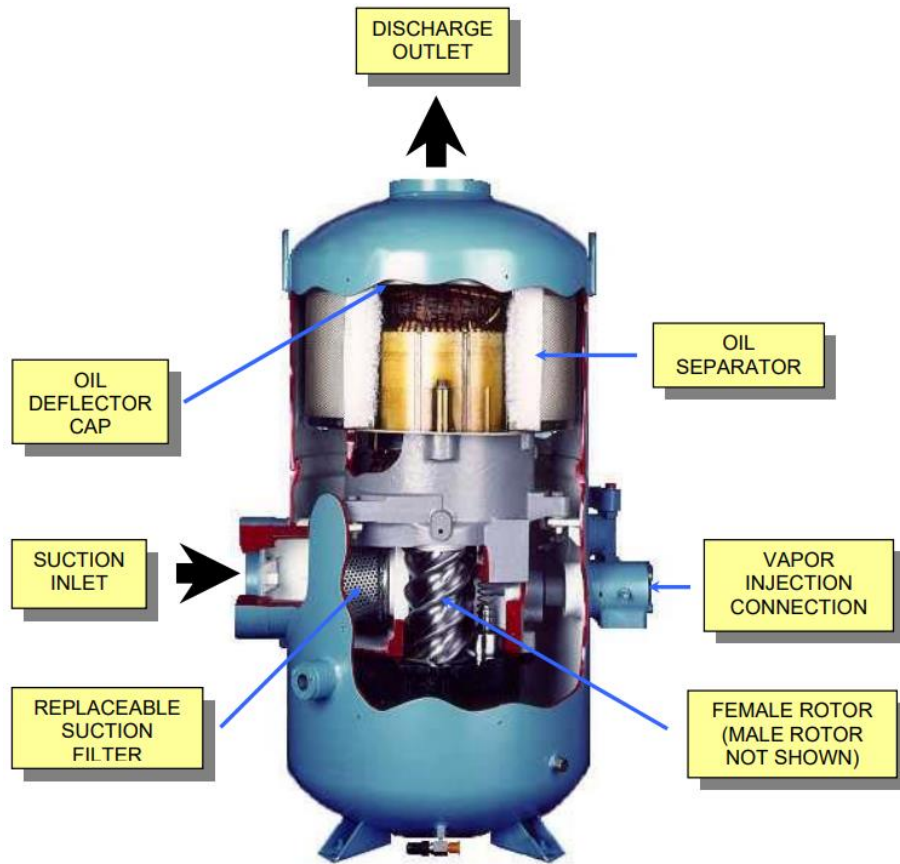


圖 4. 螺桿壓縮機泵

螺桿壓縮機泵：

螺桿壓縮機泵有以下特性：半封閉、容積式、螺旋軸流、油噴射，以上特性專為壓縮氦氣而設計。雙螺桿泵由兩個相互嚙合的螺旋轉子、一個內螺紋驅動轉子和一個外螺紋從動轉子組成，位於帶有吸氣和排氣的固定外殼中。壓縮機泵的運行是由陽轉子的一個葉片和陰轉子的葉片間空間通過一圈的行程來進行。壓縮機操作在由設計的“內置”壓縮比確定的點上，排氣口被打開，壓縮氣體通過葉和葉間空間的進一步嚙合。由於所有壓縮氣體排出，無餘氣量。儘管一對葉片的嚙合點在軸向移動，下一個氣體是被拉入空隙部分和工作階段壓縮機循環重複壓縮氣體。

氮氣回收壓縮機 (BAUER Industrial High Pressure Compressors)



圖 5. 氮氣回收壓縮機 (BAUER Industrial High Pressure Compressors)

氮氣壓縮機是低溫泵系統或其他製冷單元的驅動單元，用於向低溫泵或其他製冷單元提供高純度氮氣。壓縮機組包括以下主要組件：

- | | |
|-----------------|--------------|
| 1. 壓縮機組 | 4. 過濾器組 |
| 2. 驅動電機 | 5. 自動冷凝水排放 |
| 3. 帶儀表板的框架和外殼組件 | 6. 電控和電子監控系統 |

壓縮機配有低壓潤滑系統，油壓由低速齒輪泵產生，約為 4.5 bar \pm 1.5 bar (65 psi. \pm 22 psi)。該油泵將僅在正確的旋轉方向上運行，否則，將無法建立油壓，從而導致壓氣機機體損壞。

油泵與曲軸連接並由曲軸驅動。它將油底殼中的油通過機油細濾器和最小壓力閥泵送到最後一級氣缸。然後油由導向活塞分配並潤滑壓縮機機體的所有運動部件。最小壓力閥會在壓力表上指示油壓和電子油壓監測。

為了正確保養和維護壓縮機，使用正確的機油至關重要。根據壓縮機的應用，對油的要求是：• 無碳化效應(尤其是在閥門中) • 良好的防腐性能 • 曲軸箱內的冷凝水乳化。由於考慮到壓縮機的熱負荷，只能使用專用潤滑機油。

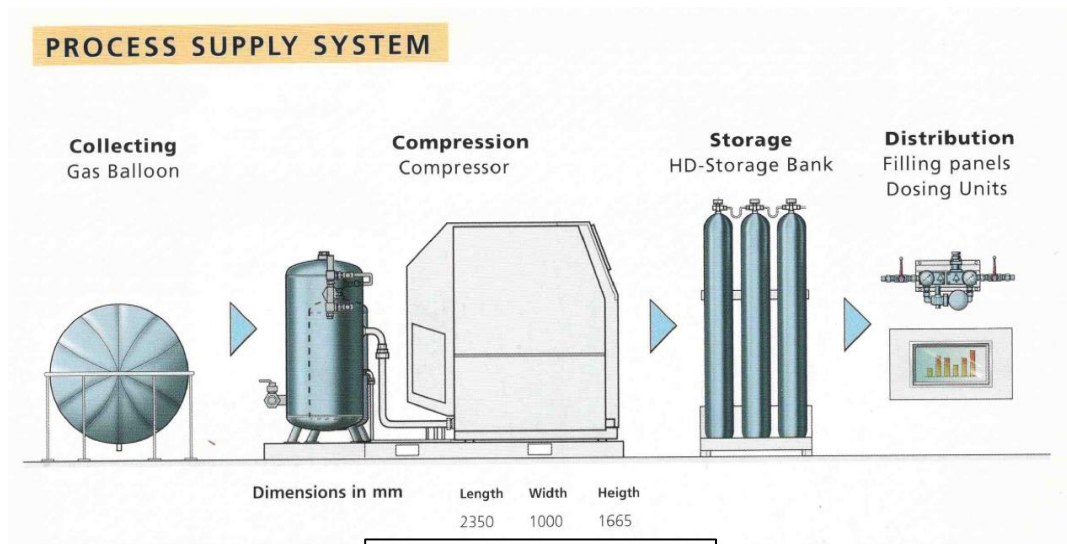


圖 6. PROCESS SUPPLY SYSTEM

氦氣純化機(MODEL 500 HELIUM PURIFIER)

回收氦氣純化至 99.995%純度，排除污染物以利液化。

(四)機台操作注意事項

警告!!!

氦液化系統主要是生產液氦供應，因高壓氣體，低溫液氦、液氦，皆是窒息氣體，處於高壓與極低溫工作環境下，所以不便開放外界自行操作，如有興趣者，則安排技術人員開機時協同操縱

氦液化機 (Linde Model L1610 Helium Liquefier)

啟動液化機的注意事項：

第一步要先進行一些基本的觀察，確保以下幾點的條件都有符合，條件如下：

1. 所有管道連接都正確。
2. 系統已確實清除雜質。
3. 液化器的控制線已連接，熔斷器已接合。
4. 三相電源電路開啟。
5. 如操作界面所示，真空套壓力小於 100 mTorr(兩年更換一次，若油位太低要補充油)。
6. 發動機氣門上的氣門夾間隙根據規定進行設置。
7. 進氣凸輪的位置須符合規定。
8. 外部的手動旁通閥關閉。
9. 供氣調節器 (V306) 設置為 4.1 bar (60 psig)，並且其排水管已被排空。
10. 使用液氦進行預冷時，確保液氦供應在 0.7 和 2.0 bar (10 和 30 psig)

之間並準備好使用，並且供應閥已關閉。

！注意 氮氣供應壓力不可以超過 2.4 bar (35 psig)。

接著要確定正確的閥門位置如下：

1. JT307 和 V308 閥門處於“自動”控制模式。
2. 閥門 V312、V339、V397、V396 和 V341 關閉。
3. 真空套壓力低於 100 mTorr，真空閥 V336 關閉。
4. 確認純氦補充氣體的閥門打開，最小壓力為 6.9 bar (100 psig)。

熱交換器的排污

如果液化器長時間未運行且溫度接近室溫，則須將主換熱器排空。該動作目的在去除在第一熱交換器和預冷器熱交換器中的任何水分。如果要使用淨化器，也須進行一樣的步驟。

1. 打開閥門 V312 並將液化器中的壓力降低到大約 0.34 bar (5 psig)。
2. 將鎖桿安裝在飛輪上。
3. 打開閥門 V806。
4. 啟動壓縮機。
5. 按下“HX FILL”按鈕為電磁閥 V323 通電，並讓氣體將系統加壓至工作壓力。閥門 V323 將在大約 10 秒後自動關閉。
6. 將閥門 V312 打開到二分之一圈以排空主管路的高壓氣體。
7. 當 PI-34 達到 1.4 bar (20 psig) 時關閉閥門 V312。

重複步驟 5~7 連續三次以淨化主管路。

8、不純管路的淨化：在[TO PURIFICATION MODE]按鈕內，按下淨化器“REGEN.”按鈕，可通過水和液態空氣排污閥自動排空不純管路的淨化器熱交換器。

L1610 型液化機的冷卻

當氦杜瓦瓶保持低溫並含有一些液氦時，液化機的冷卻和液氦生產是一個自動過程。在這種情況下，啟動和停止機組，並定期監測低溫系統的安全運行。若是需要使用升溫的液氦杜瓦瓶，則需進行進行冷卻。在這種情況下，需要對 J-T 閥和杜瓦回流閥 V308 的操作進行一些手動開啟，當系統將溫到 100K 以下，可切換為自動開啟。

在液化機運行過程中，直到第二缸的溫度低於 23 K 並且 J-T 入口溫度低於 8 K 時就會開始液化的冷卻。這將確保存在液化條件下正常運行。液化機以 PLC 的軟體設計監控壓力、溫度、轉速、閥門的進氣量與排氣量等，以順利生產液氦。

關機

1. 如果淨化器正在運行，請將其關閉。關閉液化機大約需要 5 分鐘才能完成。
2. 關閉液化機後。閥門 V323 會自動關閉，發動機將逐漸停止。低壓側壓力可能開始上升，此時 PLC 的低壓側壓力設定值將控制通過閥門 V378 到儲罐的氣體回收。

3. 發動機停止轉動後，手動停止所有壓縮機。
4. 安裝液化機的飛輪鎖桿。並關閉電源。

氦氣壓縮機 (Linde Model RS Helium Compressor)

啟動壓縮機的步驟：

第一步要先進行一些基本的觀察，確保以下幾點的條件都有符合，條件如下：

1. 所有互連接線均完整、正確連接並安全佈線。所有電氣外殼均已正確固定和關閉。
2. 已驗證正確的相序。
3. 有充足的電力供應並且壓縮機的三相電源斷開開關處於“ON”位置。
4. 所有氦氣管道互連均已完成且氣體管理系統完備。
5. 若壓縮機已向大氣開放，則壓縮機要先通過 CRYOGENIC ADSORBER 淨化 8 小時。
6. 確保打開氦氣管道中壓縮機的吸入手動閥。
7. 所有供水/回水閥均已正確設置，並有充足的冷卻水可用。如有必要，從水系統的最高點排出空氣，以確保系統不受空氣束縛。

操作注意事項

1. 按“啟動”。
2. 檢查吸入壓力和排出壓力指示器
如果吸入口壓力表上升到 2.1 bar (30 psig) 以上的壓力，請立即關閉壓縮機。檢查電源相位是否正確，如果不正確，互換壓縮機電機啟動器上的任意 2 根 3 相電源線。壓縮機是單向的，如果它以相反的方向運行超過幾秒鐘，可能會發生嚴重的壓縮機損壞。
3. 檢查泵油視鏡上的油位(每 8000 小時更換)。按下“LOAD”按鈕加載壓縮機，並觀察吸氣和排氣壓力，確保它們正確。
4. 在日誌中記錄操作條件。
5. 要關閉壓縮機，請按下“STOP”按鈕。當壓縮機關閉時，螺桿壓縮機泵會自動卸載。

在儲存期間必須保護螺桿壓縮機泵不受任何氣體污染物的影響，因此，它必須保持在大約 1.7 bar (25 psig) 氦氣的正壓下。建議每週檢查一次，並在日誌上記錄儀表讀數，以確保正確維持內部壓力。

氦氣回收壓縮機 (BAUER Industrial High Pressure Compressors)

啟動回收壓縮機的注意事項：

第一步要先進行一些基本的觀察，確保以下幾點的條件都有符合，條件如下：

1. 檢查油位。並根據維修手冊確定是否需要進行額外維護(油位太低要補充，每 2000 小時更換一次油)。

2. 檢查所有系統是否正常運行。如果發現任何故障，立即停止設備並查找故障原因。關閉閘門僅用於回收氮氣工作，以避免連接系統中的空氣進入或氣體損失。
3. 每兩周定期排放一次廢水跟廢機油(位於機台後面廢液儲存桶，以確保氮氣回收純度不受影響)。

啟動回收壓縮機的步驟

1. 按下綠色圖案的[I] - 是設備的啟動鍵。
2. 啟動時如有警報信息出現，即要排除故障。
3. 如壓力低於設定值或壓力高於設定值，則回收壓縮機控制系統會進入待機模式，要手動補充或卸載氣體壓力使回收壓縮機正常運作。

純化機功能：預先提升氮氣的純度，降低液化機內純化系統的負擔

一、注意事項

1. 確保內部管線正確設置、高壓測試
2. 確保所有電線正確設置
3. 液氮供應需在 70~140kPa(10~20psig)
4. 確保高壓氮氣供應(130Nm³)
5. 高壓氮氣儲存系統已設置能接收純化後的氮氣容量
6. V1 V2 V3 V4 V5 V8 V9 V14 閘都已關閉，V6 閘要設置在 1/4

二、液氮需求

以下的需求建立在正常運作狀況下

1. 降溫和填充：時間 60 分鐘；液氮量：150 公升
2. 穩態：時間 420 分鐘；液氮量：60 公升
3. 總計：時間 540 分鐘；液氮量：210 公升

三、高壓不純氮氣供應

純化機設計用來純化不純氮氣(17Nm³/hr)，淨化級別最高為 40% 空氣，此流量是 PSI 50B 型氮氣的典型流量，最小工作壓力為 1800psig，最大工作壓力為 2500psig。

四、冷卻，正常時間為 1 小時

1. 按照規定開關閘門以進行冷卻，確認液氮供應且連接到 N12
2. 打開控制電源(PB-1)
3. 如果加熱器” TRIP” 的燈亮，確保蓋盤(cover plate)的溫度適當(低於 75 度 C)

五、穩態純化，正常時間為 7 小時以上

1. 按照規定打開純化閘門以進行純化
2. PCV-1 可允許最大壓力達 1800psig，調整 PCV-1 如果有必要
3. ” Crack” 打開 V4 約 30 秒以排出冷凝水蒸氣在冷卻期間
4. 按下液態空氣控制” AUTO” 按鈕，正常情況下，氮氣不純度要在 5%以下，若不純度大於 10%，則會自動打開 V6 閘門以排出液態空氣

5. 一旦系統達到工作壓力(1800psig)，確保 PCV6 設定為 90psi 純化機若發生以下事件則需要關機：

1. 不純氦氣停止供應
2. 純氦氣壓力達到最大值
3. 吸附器飽和

發生上述三種事件之一時，關閉壓縮機和關掉 V14 和 V2 閥門

六、排掉液氮，正常時間為 1 小時

1. 停止壓縮機，關閉 V14 和 V2
2. 液氮控制開關關閉(PB-3B)
3. 關閉液態空氣自動控制，按住” manual” 按鈕以手動排出液態空氣
4. 打開 V1 以降低壓力到大氣壓力
5. 打開加熱器，他會在進行此步驟開始加熱液氮以維持正壓
6. 打開 V7 閥以讓 LN2 排出，排完後關閉 V7 閥

七、純化機內部的吸附器再生，正常時間為 3 小時

1. 確保加熱器開啟
2. 一旦加熱器達到 110 度 C，開始進行 HX-1 預熱，再生控制應保持開啟，直到 HX-1 預熱和乾燥完成

八、HX-1 的預熱和乾燥，正常時間為 1 小時

1. 打開 V5 以降低系統壓力為大氣壓力
2. 重新開啟壓縮機以讓常溫氣體流過 HX-1
3. 停止壓縮機，關閉 V14 和 V4 閥門

九、淨化系統，正常時間為 0.5 小時

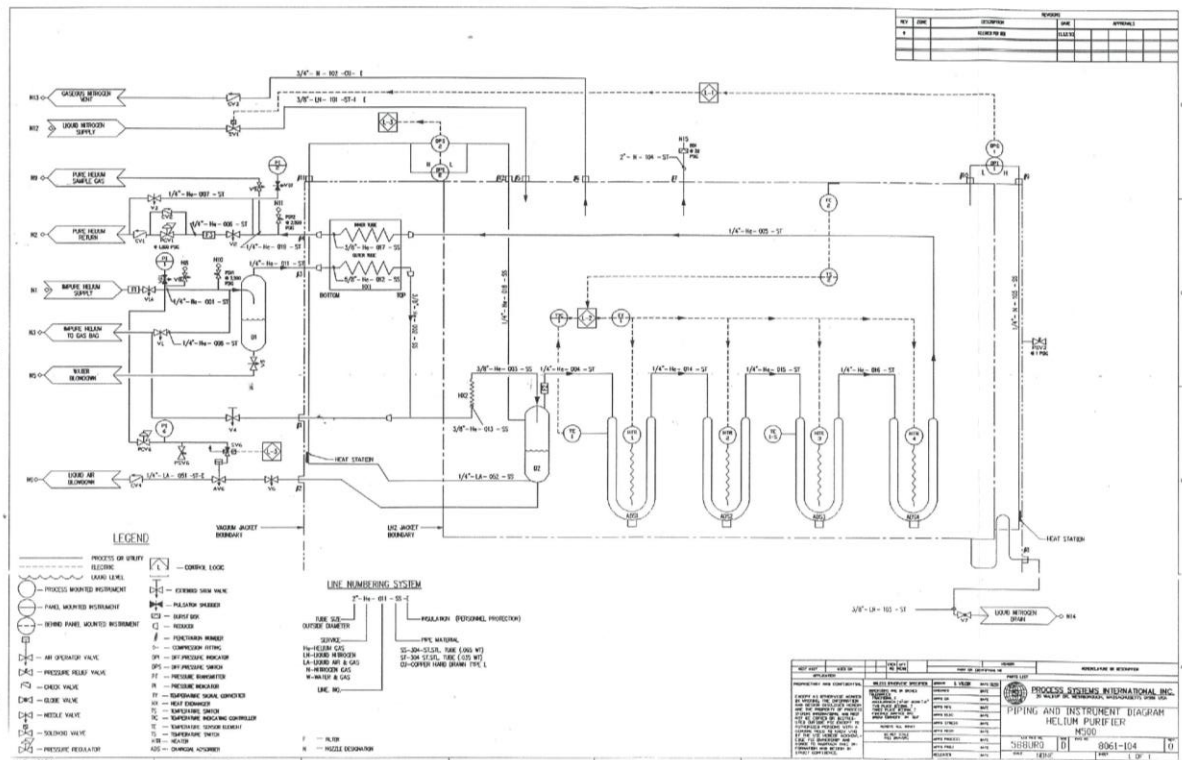
1. 確保吸附器達到 110 度 C
2. 利用 V3 閥補充系統壓力到 100psig
3. 短暫排汗利用 V5 和 V4 閥
4. 透過 V1 釋放剩餘壓力
5. 重複 2~4 的步驟總共三次
6. 關閉加熱器
7. 關閉 LN2 排放閥，V7，以進行下個階段

十、回填(backfilling)系統，正常時間為 10 分鐘

1. 在再生之後都要回填系統
2. 透過 V3 回填系統達到 200psig，透過切換液態空氣控制到” manual” 以排汗 AV6

說明：

客戶回收的氣體會先經由純化機純化，之後以氣體的形式儲存在鋼瓶內。
液化機液化時所用到的氦氣是由這些鋼瓶內的氣體提供的。



圖片說明：純化機管路圖

(五)液態氮製作流程(以筆電程式操作以及操作經驗、故障排除)

1. 啟動液化機的電源，開啟操作筆電進入程式畫面
2. 進入壓縮機操作畫面(Figure17)，按下 START 鍵啟動壓縮機，確保壓縮機顯示壓力介於正常值 (245~255 psi)，如果無法啟動，電腦螢幕上會出現故障信息(紅燈)，等待排除故障，所有信息均為綠燈後再重新啟動。
3. 進入液化機 PLC 控制參數設定總表(Figure18)畫面，啟動 HX_FILL，使氣體進入液化機，再將進入液化機內的氣體排出，重複此步驟三次，以清除上次液化時殘留的汙染
4. 拉開液化機上方飛輪的固定插銷，需開啟 308 閥於手動模式[OPEN]，等待溫度降至 100k 以下後再切換回自動模式。
- 5A. 純氣體液化： 進入操作主畫面(Figure7)，啟動 To Liquefaction Mode，液化機就自動開始運轉，所有相關的參數 (溫度、壓力、轉速...等)會顯示在 DATA 數據資料(Figure8)，需運轉 3~4 小時後才會開始生成液氮，此時可看到純氣體液化管路(Figure13)畫面的(JT307)氣閥開啟，並自動調節液化量(0~100%)當 TA 的溫度低於 18K 後，即可啟動不純氣體的液化，若純氣體量比較多，也可以在達到目標溫度後繼續使用純氣體，再視情況切換為不純氣體液化。
- 5B. 不純氣體液化： 進入操作主畫面(Figure7)，啟動 To Purification Mode，液化機便會藉由不純氣體管路的降溫自動純化氮氣，純化情況會顯示在不純氣體

液化管路(Figure14)，純化時會以液體(V632 閥門)與氣體雜質(V609 閥門)的形式累積，到一定量時自動排出

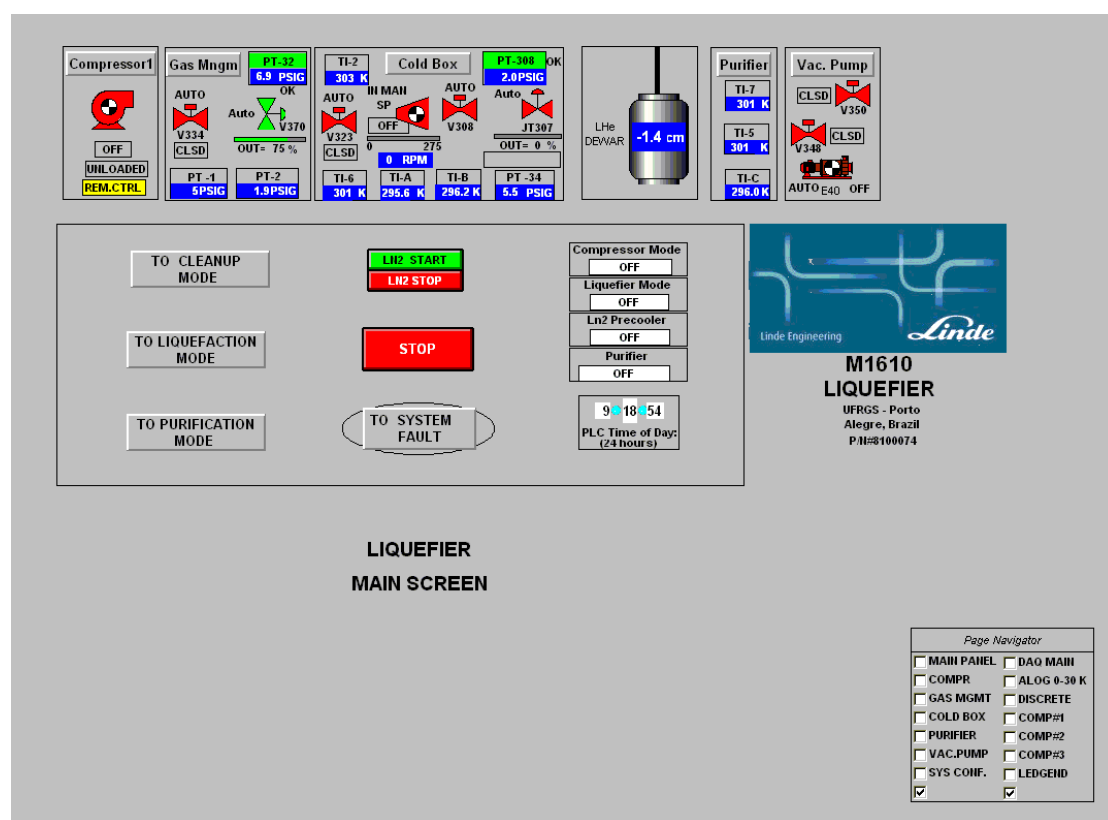
6. 整個液化流程結束後，先進入操作主畫面(Figure7)，按下 STOP 鍵停止運轉，液化機的馬達會高速旋轉使管路內部氣體壓力降低，飛輪會自動停止運轉

307 閥為空氣供應調整閥，由程式自動開啟 0~100%，空氣供應壓力為 60psi 以上

7. 液化機關閉後，壓縮機還在運轉，進入壓縮機操作畫面(Figure17)，按下 STOP 鍵停止壓縮機運轉

8. 插回飛輪的固定插銷，手動打開液化機 V312 門閥，使溫度上升時產生的氣體排放到回收系統，即完成整個液氮製備流程

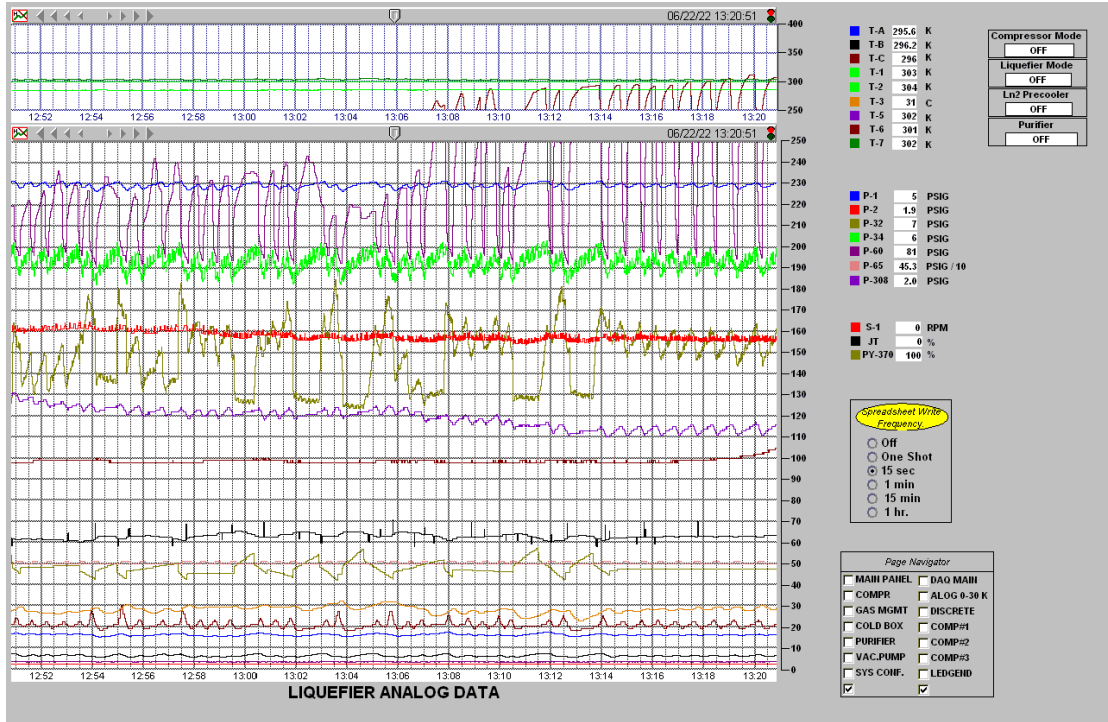
(六)筆電操作(作業系統為 Windows XP,所有的設備都透過電腦連線)



圖片說明：

圖 7. 操作主畫面

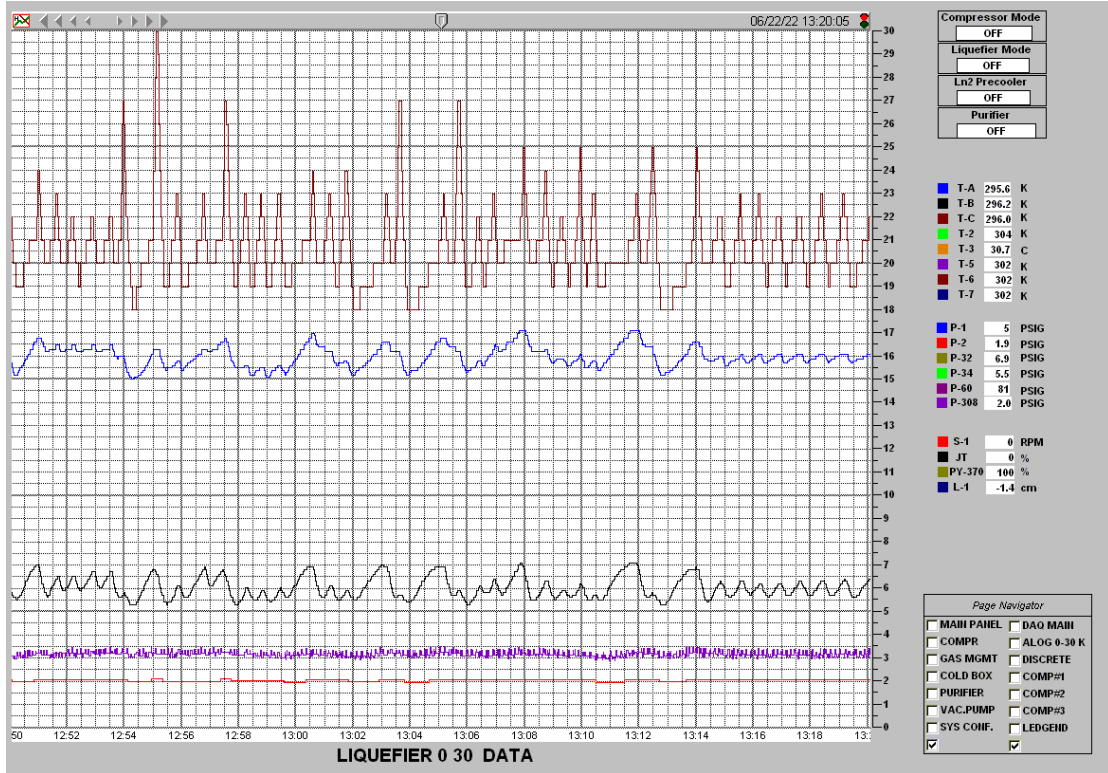
1. 重新裝機、管內有空氣或改裝管路時，需用 cleanup 清理 8 小時
TO CLEANUP MODE
2. 啟動液化機純氮液化
TO LIQUEFACTION MODE
3. 啟動液化機不純氮液化
TO PURIFICATION MODE
4. 啟動/關閉 液態氮預冷系統 LN2 START/STOP
5. 關機鍵 STOP
6. 監測系統問題 TO SYSTEM FAULT



圖片說明：

圖 8. DATA 數據資料

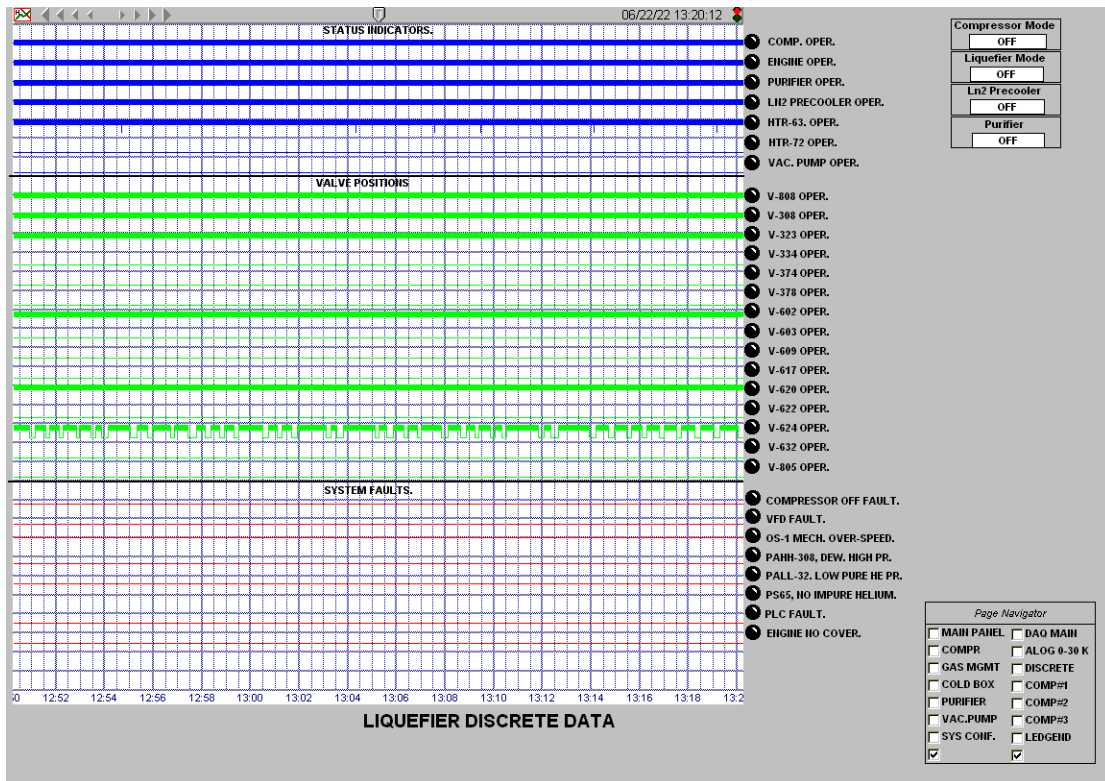
數據資料顯示轉速、各點溫度及壓力(圖篇中縱軸值為 0~400)



圖片說明：

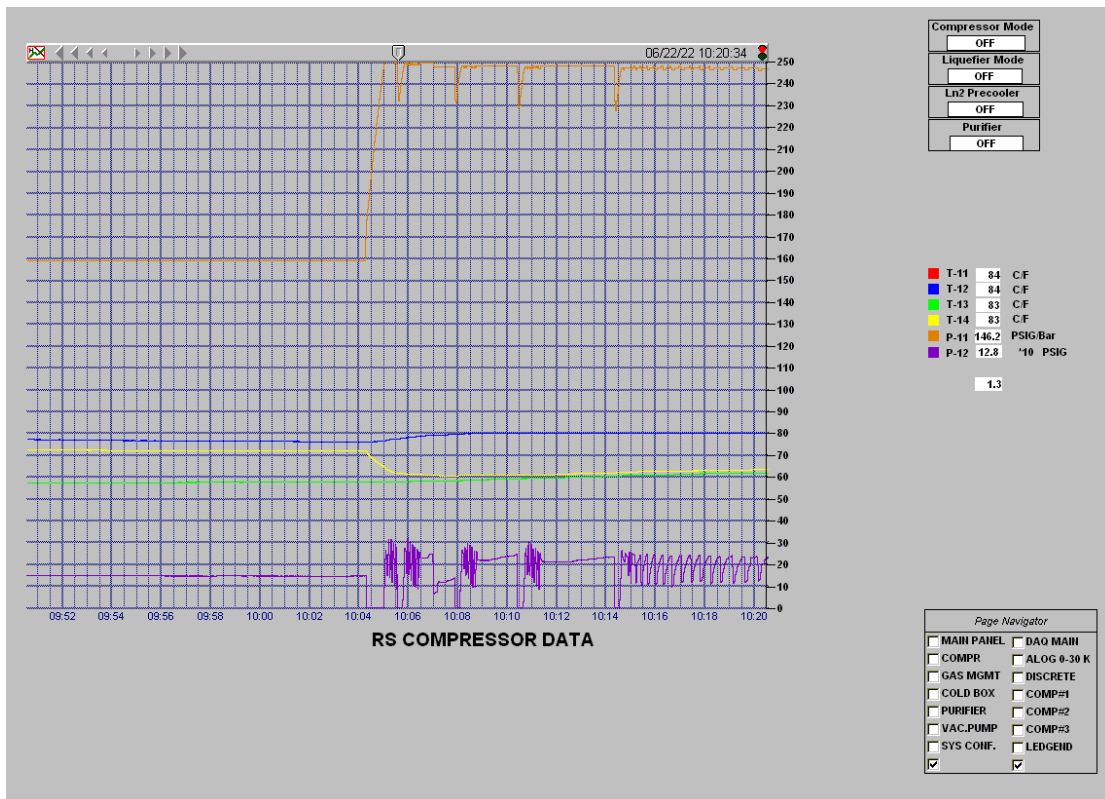
圖 9. DATA 數據資料

數據資料可調整縱軸規模放大縮小(圖片中縱軸值為 0~30)



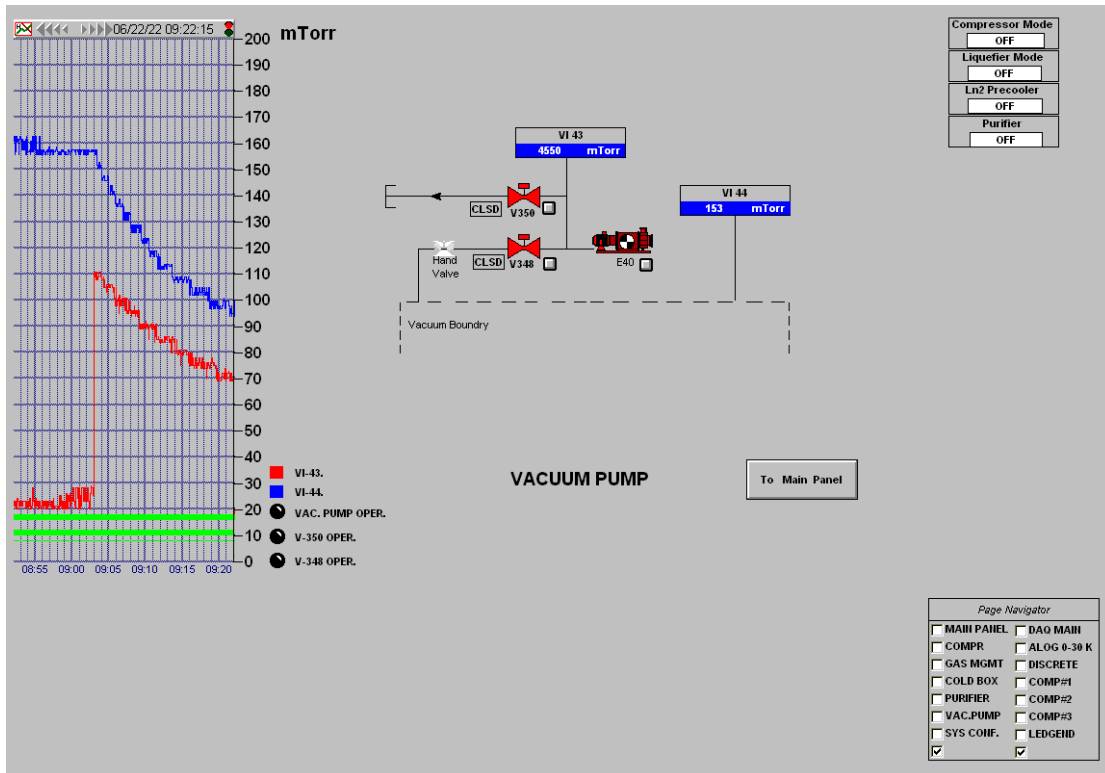
圖片說明：

圖 10. 監測各閥件是否動作



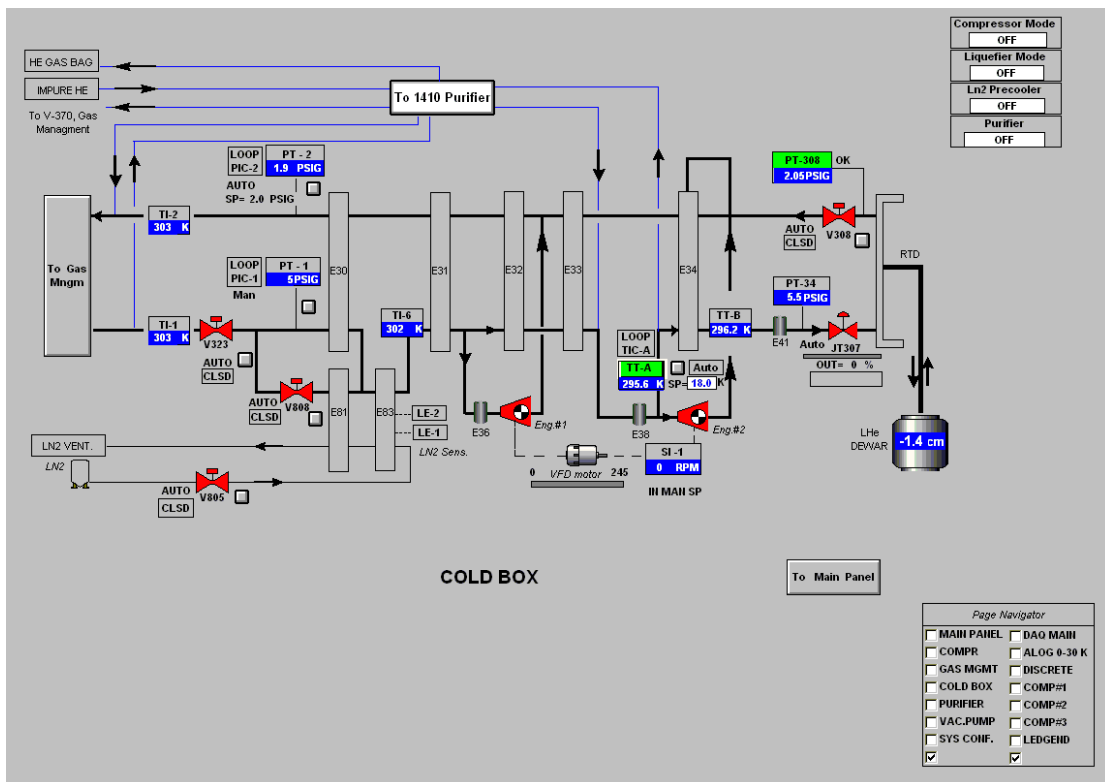
圖片說明：

圖 11. RS 壓縮機數據資料



圖片說明：

圖 12. 真空幫浦抽氣數據及閥件動作狀況



圖片說明：

圖 13. 純氣體液化管路及各閥件的開關指示燈

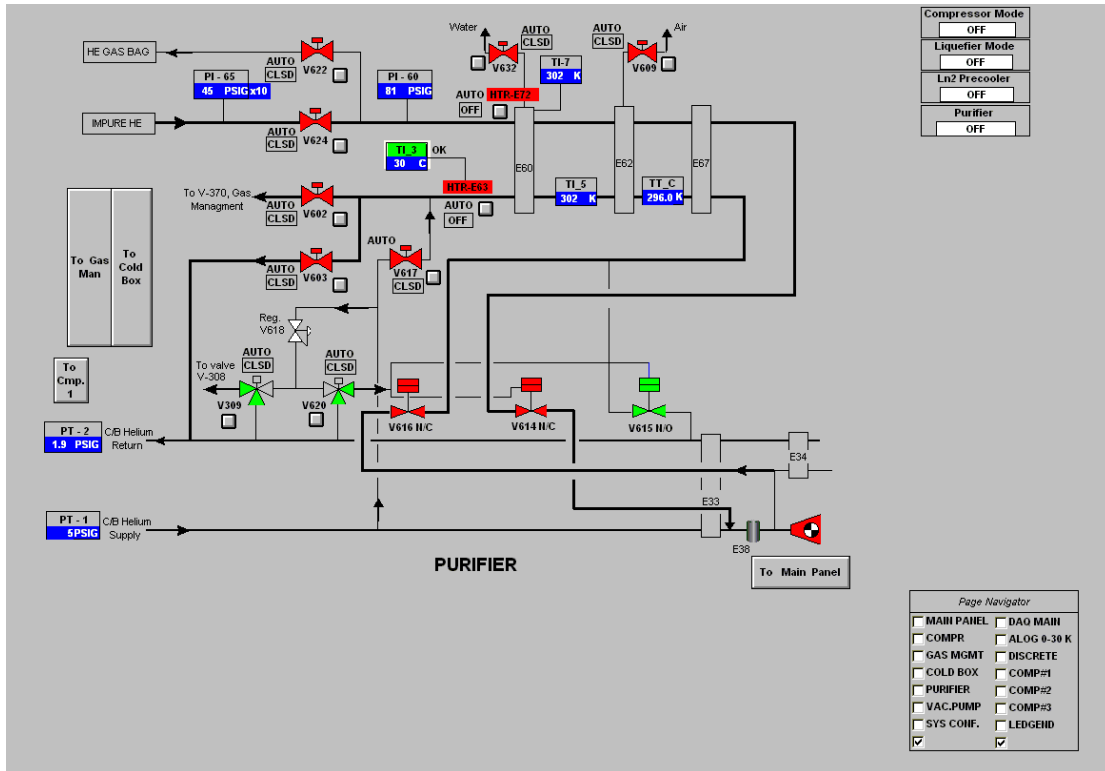


圖 14. 不純氣體液化管路及各閥件的開關指示燈

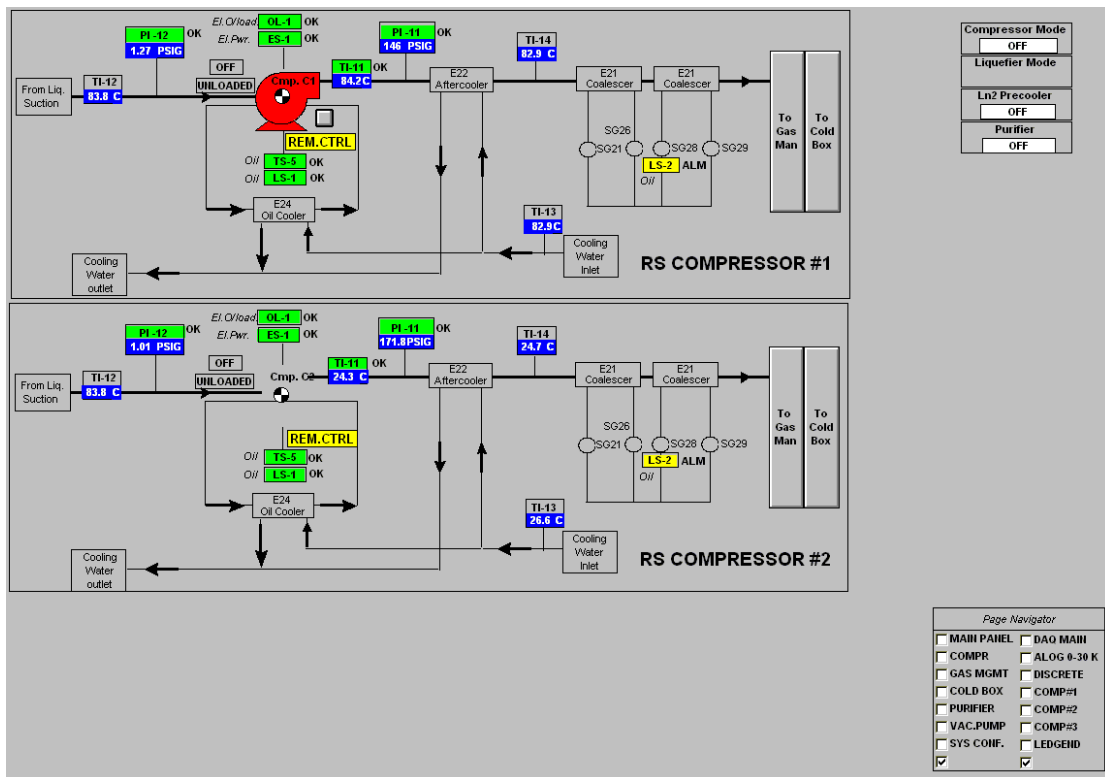
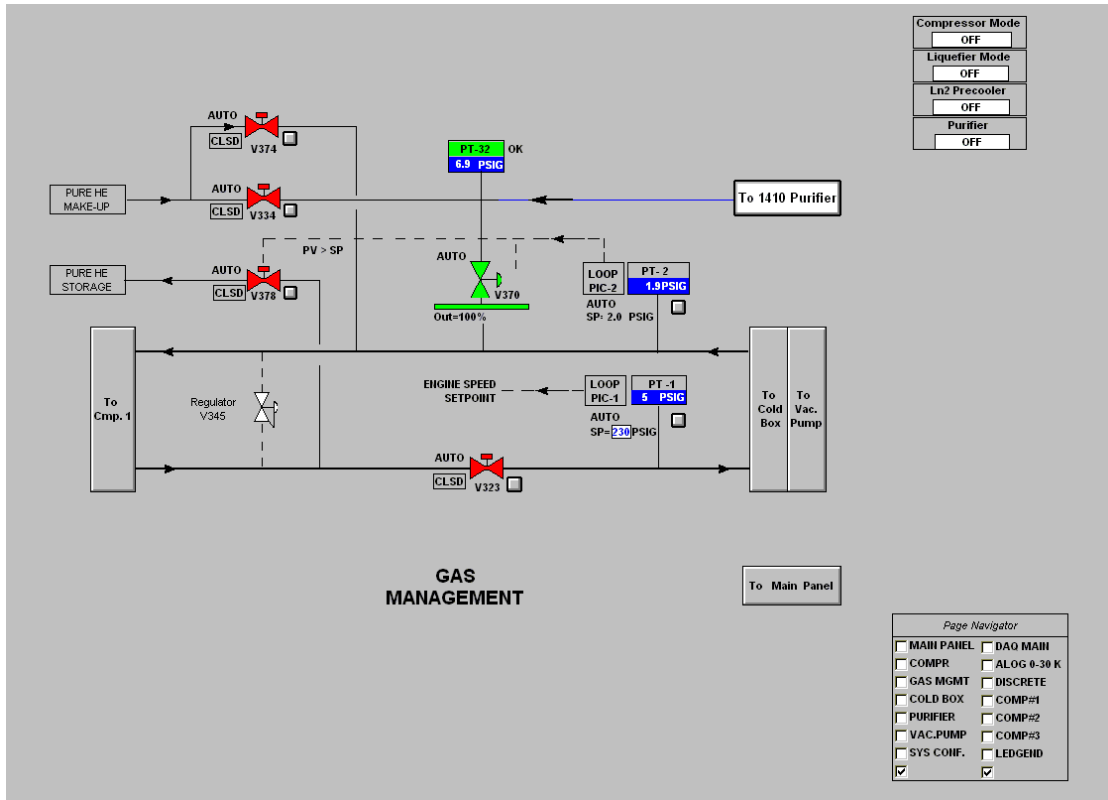


圖 15. RS 壓縮機氣體、油路、冷凝管路循環圖及各溫度與壓力監測



圖片說明：

圖 16. 液化機主管路圖(高壓、低壓)

圖片說明：

圖 17. 第一台壓縮機溫度、壓力及油壓之故障警示燈

第二台及第三台壓縮機無法顯示上圖資訊，需重新升級監測軟體才可顯示。

LIQUIFIER PLC CONFIGURATION

LN2 "remembers" the last state
LN2 is off on engine start
(V1551)

Engine stops w. lack of impure He
Engine switches to pure He
(V1552)

Compressor loads on T.A<100K
Compressor loads manually
(V1555)

VFD MOTOR
To test without the drive belt
LOOP MODE
MAN AUTO
0 Eng. speed indicator
34 Eng. speed cmmid 0.235 RPM.

JT VALVE
LOOP MODE
MAN AUTO
0 J-T position indicator
15 J-T position cmmid 0.100 %
LV FILL

PLC Time of Day
(24 hour 0)
84000
Enter New Time

V1600

60 V1600, PALL32 pure He supply fault setpoint, 60 = 60 psig.
65 V1601, PALL32 pure He supply alarm setpoint, 65 = 65 psig.
20 V1602, P-2 press. setpoint, 20 = 2.0 psig.
10 V1603, P-2 press. incr. for V1378 to open, 10 = 1.0 psig.
10 V1604, P-2 press. incr. for V1374 to close/open, 10 = 1.0 psig.
72 V1605, T-C temp. SP, 72 = 72 K.
230 V1606, PIC-1 setpoint, 230 = 230 psig

V1610

1000 V1611, T-A temp for JT to start ramp open (1000 = 100K)
60 V1612, T-S Regeneration temp, 60 = 60K.
230 V1613, T-S Purify Permissive, 230 = 230K.
280 V1615, T-J-SP, Water blowdown heater SP, 280 = 280K.
65 V1616, PAH-308.SP Dewar pressure alarm, 65 = 6.5 psig.
80 V1617, PAH-308.SP Dewar press. shdn. 80 = 8.0 psig.

V1620

70 V1620, T-C Regen heating termin., 70 = 70K
150 V1621, T-C temp. of the final regen, 150 = 150K.
200 V1622, T-B to stop the JT ramp, 200 = 20K.
720 V1623, JT ramp duration, 720 = 720 min.
2500 V1624, T1-A temp. V-348 open limit (2500 = 250K).
20 V1625, TC-3.SP, E-63 heater setpoint, 20 = 20C.
50 V1627, JT position for Clean-up Mode, 50 = 50%.

V1630

450 V1631, P-1.SP2, setpoint to stop the engine, 450 = 25 psig, 900 = 50 psig.
230 V1632, P-1.SP323, HX fill press. limit, 230 = 230 psig
230 V1633, engine high speed limit, 235 = 235 RPM.
50 V1634, Timer step for JT ramp open (50 = 5 sec).
5 V1635, Timer step for JT ramp close (5 = 5 sec).
4250 V1636, setpoint for PALL-60 sp. (4250 = 425 psig)
4000 V1637, setpoint for PALL-60 sp. (4000 = 400 psig)

V1640

275 V1641, Water blowdown low temp alarm, 275 = 275K.
230 V1642, T-A = OK in range, 230 = 23.0 K
85 V1643, T-B=OK, Temp B in range, 85 = 8.5 K.
90 V1644, TAL-ASP, T.A low alarm, 90 = 9K.
6000 V1645, Comp. stops w.delay (6000s = 10 min). 0 = no stop.
25 V1646, JT position during regeneration, 45 = 45%.
6 V1647, local gauge pressure offset, 6 = 0.6 psig.

V1510 (NO OPERATOR CONTROL)

180 V1515, TC-ASP for no LN2 precooling (low capacity) 180 = 18 K.
160 V1516, TC-ASP for LN2 precooling (high capacity) 160 = 16 K.

Compressor Mode
OFF
Liquifier Mode
OFF
LN2 Precooler
OFF
Purifier
OFF

MEM PLC ENTER DEFAULT (C140)

HMI PLC ENTER NEW (C136)

Page Navigator

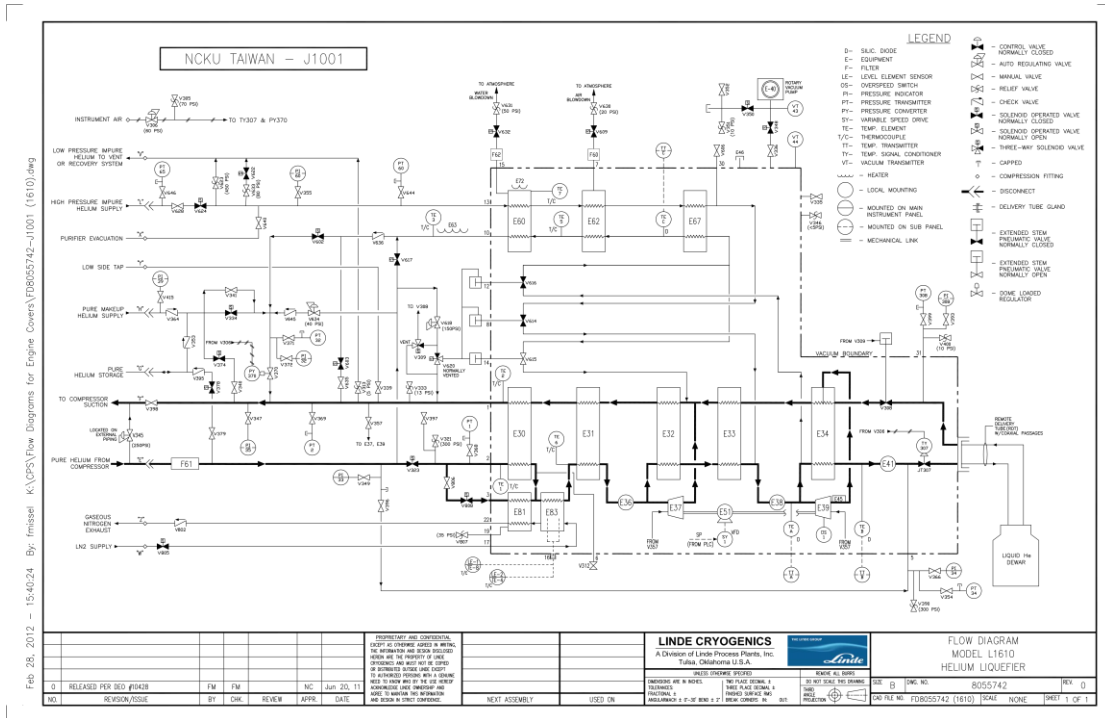
- MAIN PANEL
- COMPR
- GAS MGMT
- COLD BOX
- PURIFIER
- VAC.PUMP
- SYS CONF.
- DAO MAIN
- ALOG 0-30 K
- DISCRETE
- COMP#1
- COMP#2
- COMP#3
- LEDGEND

	GAIN	RESET	RATE
PIC-1	30 (30)	750 (750)	
PIC-2	1000 (1000)	2000 (2000)	
TIC-A	700 (700)	5000 (5000)	
TIC-3	300 (300)	1000 (1000)	

* Values for cool-down

圖片說明：

圖 18. 液化機 PLC 控制參數設定總表



圖片說明：

圖 19. 液化機管路圖 (包含純氣體線路與不純氣體線路)

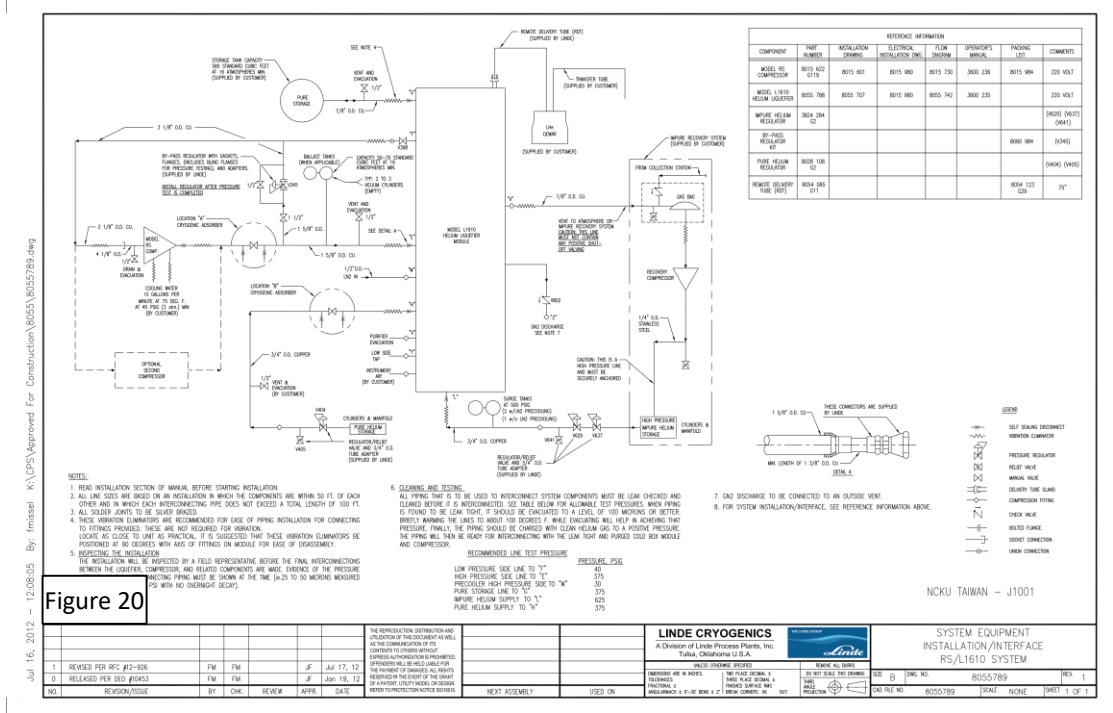


Figure 20

圖片說明：

圖 20. 氮液化系統管路配置圖

(七)附件資料

Linde 公司: 液化機、RS 壓縮機、純化機

國外廠商: E-Mail: cryosales@linde.com

Phone: +1 918 477 1123

Scott Wolff E-Mail: scott.wolff@linde.com (業務經理)

德國 BAUER 回收壓縮機

國內代理商: 銘伸企業股份有限公司

TEL: 02-2809-5789

冰水機廠商

國內廠商: 中泰冷凍工程開發有限公司

負責人: 戴進泰 0928-372769



液化機操作手冊.pdf



壓縮機操作手冊.pdf



回收壓縮機手冊.pdf