

Less Air Loss Solutions

壓縮空氣零損耗解決方案

目 錄

第一章：壓縮空氣節能原理

第二章：壓縮空氣損失點地圖

第三章：壓縮空氣零損耗解決方案

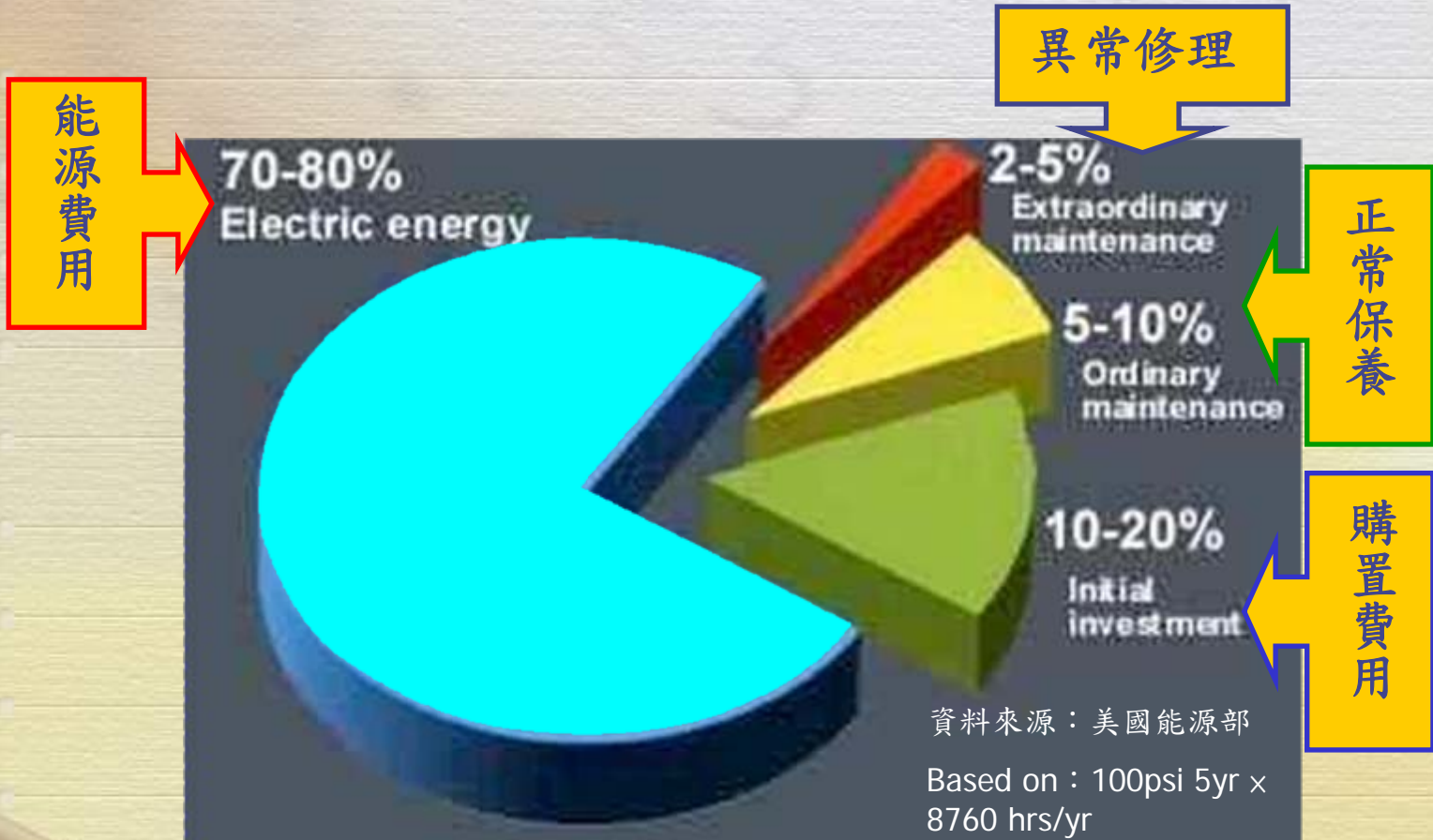
第四章：節能改善案例

第五章：結 論

第一章

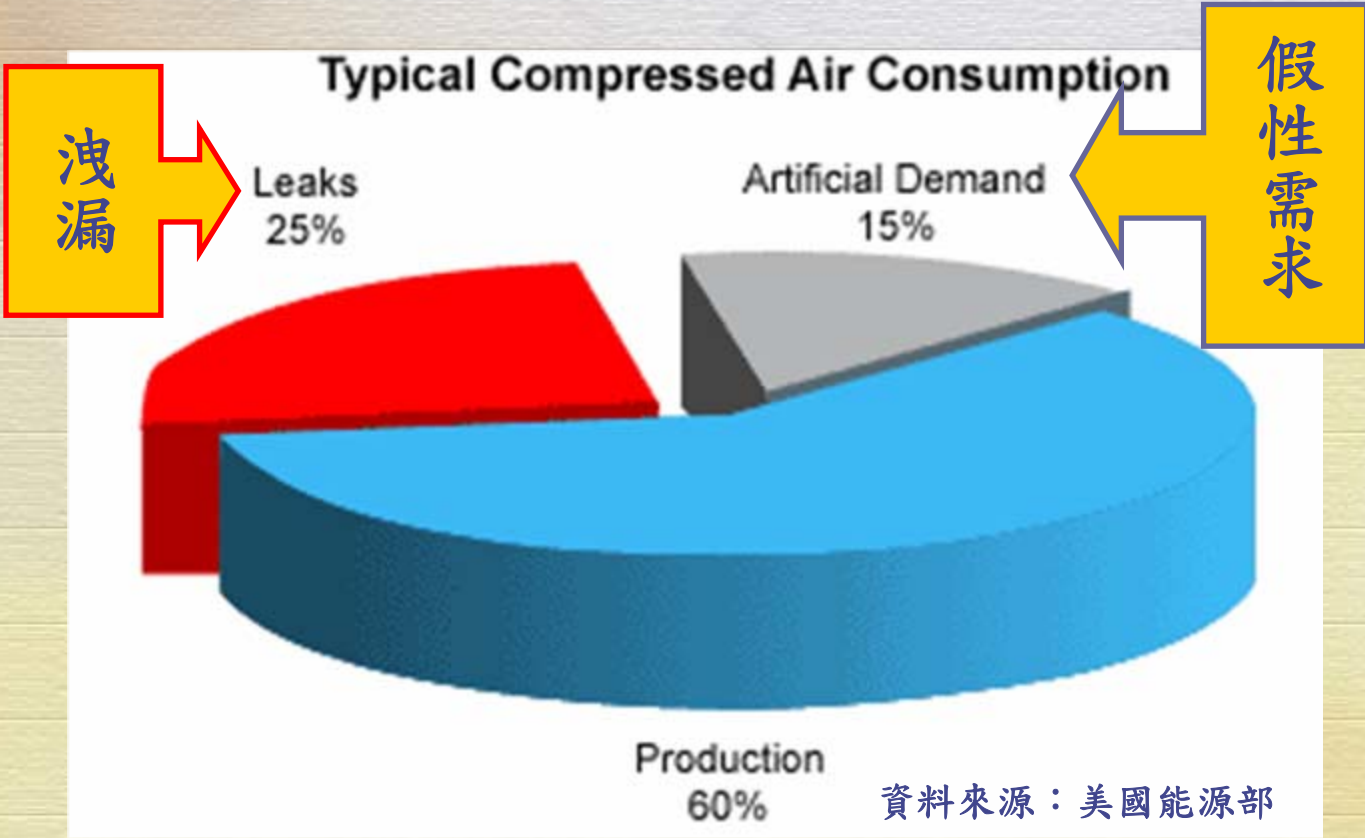
壓縮空氣節能原理

1.1 CDA總運轉成本分析



空壓機運轉**能源費用**遠大於初期**購置費用**

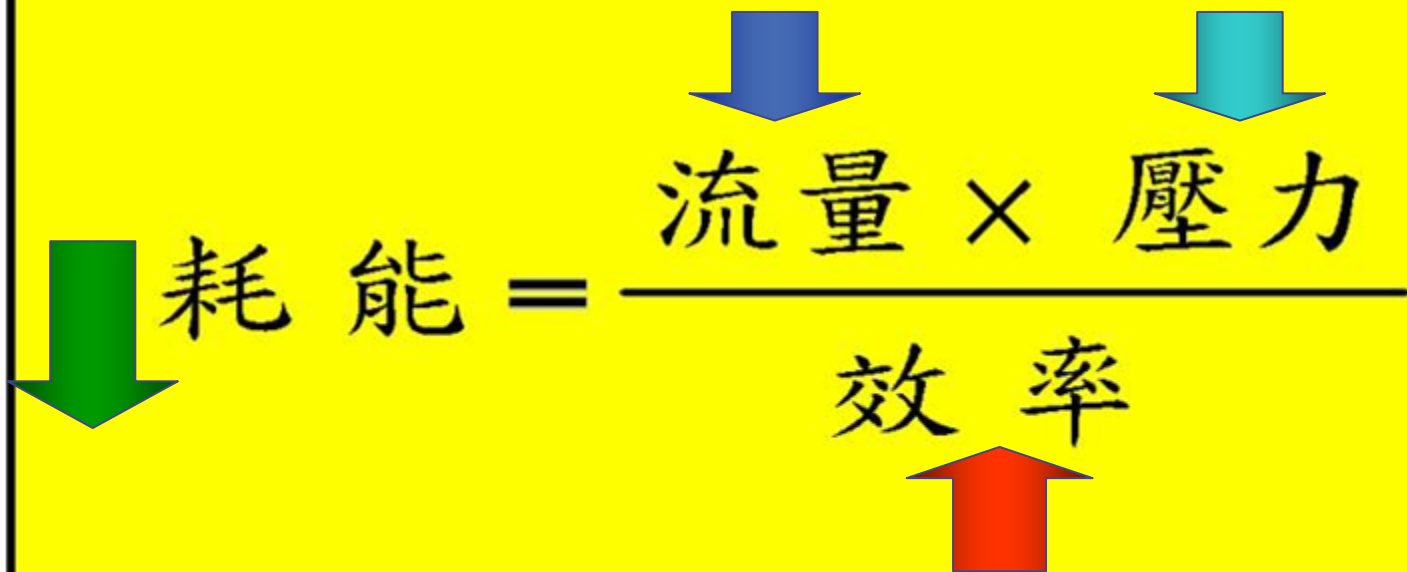
1.2 CDA 能源費用分析



能源費用中約 40% 係洩漏與假性需求所致

1.3 CDA 節能原理

壓空系統節能原理



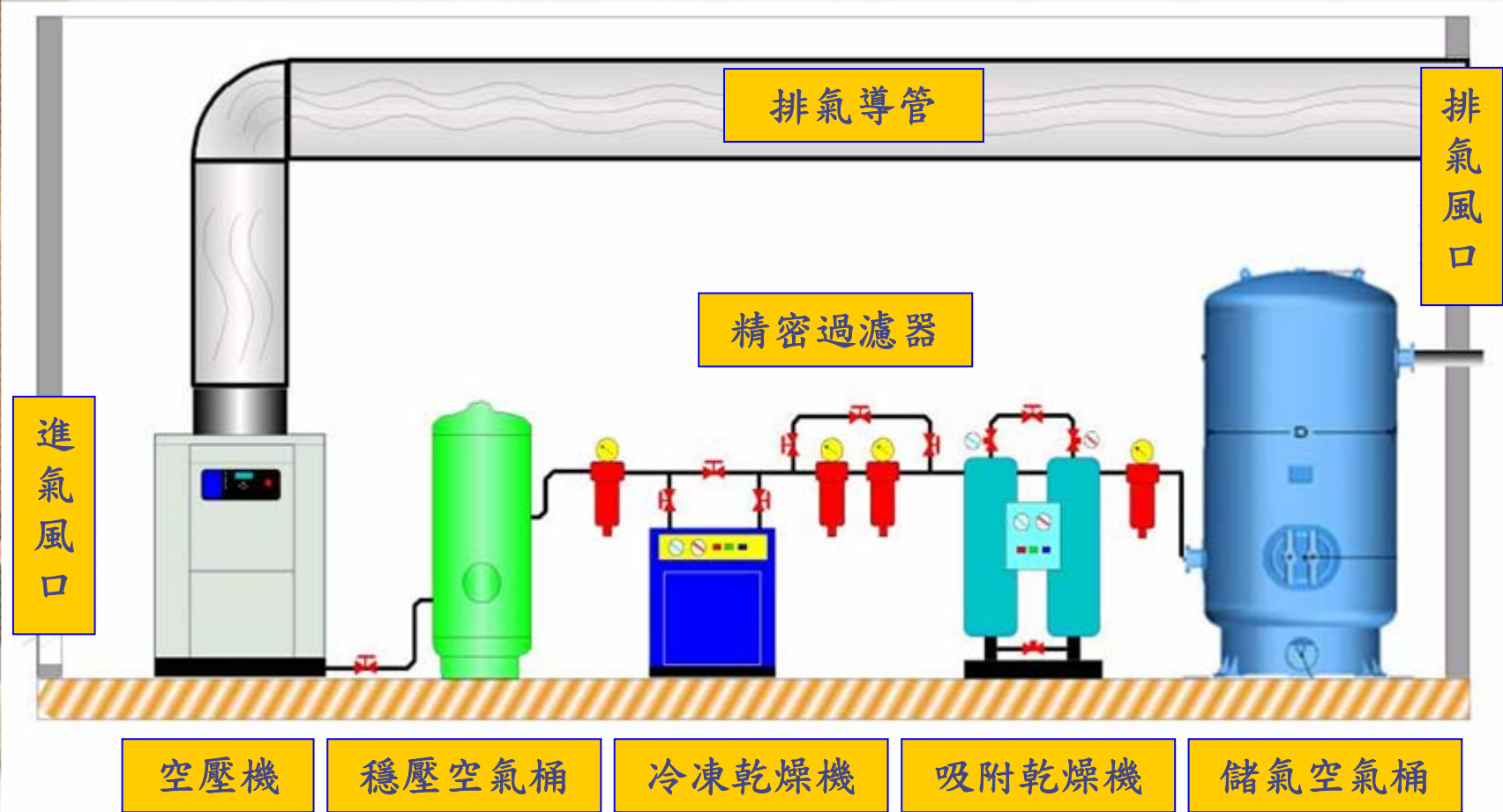
耗 能 = $\frac{\text{流量} \times \text{壓力}}{\text{效率}}$

The diagram features a yellow background with a black border. At the top, the title '壓空系統節能原理' is underlined. Below it, the equation '耗能 = (流量 × 壓力) / 效率' is displayed. A large green arrow points downwards from the left side of the equation. A blue arrow points downwards from '流量', and a cyan arrow points downwards from '壓力'. A red arrow points upwards from '效率'.

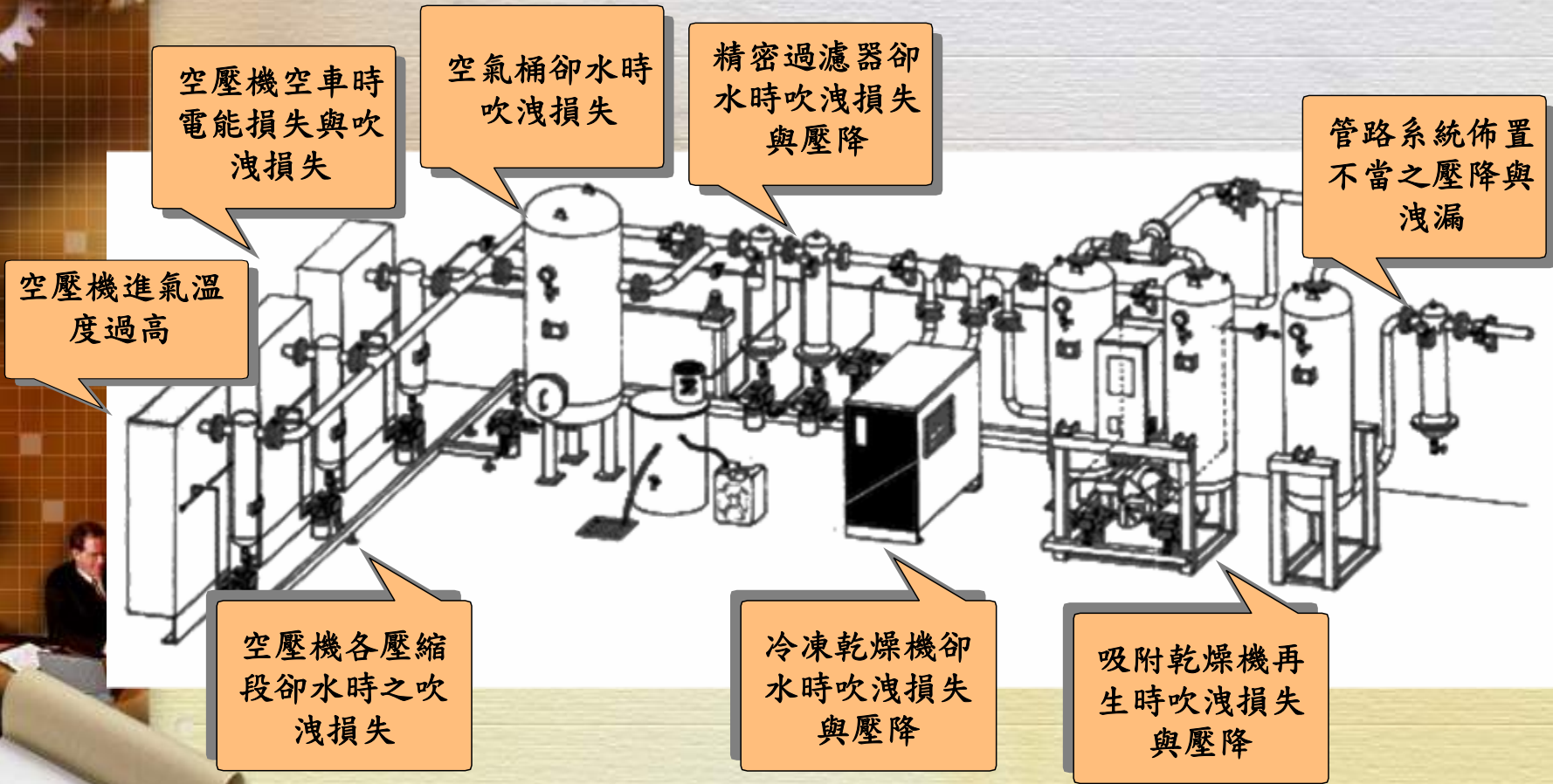
第二章

壓縮空氣損失點地圖

2.1 典型優質壓縮空氣系統



2.2 CDA Air Loss Map



空壓機空車時
電能損失與吹
洩損失

空氣桶卻水時
吹洩損失

精密過濾器卻
水時吹洩損失
與壓降

管路系統佈置
不當之壓降與
洩漏

空壓機進氣溫
度過高

空壓機各壓縮
段卻水時之吹
洩損失

冷凍乾燥機卻
水時吹洩損失
與壓降

吸附乾燥機再
生時吹洩損失
與壓降



2.2.1 降低空壓機入口溫度的節能效益

Air temperature reduction intake °C

COMPARATIVE AVERAGE LOAD (kW)	3		6		10		20	
	kWh SAVING	\$ SAVING	kWh SAVING	\$ SAVING	kWh SAVING	\$ SAVING	kWh SAVING	\$ SAVING
4	80	8	160	16	264	26	528	53
7.5	150	15	300	30	495	50	990	99
11	220	22	440	44	725	73	1 450	145
15	300	30	600	60	990	99	1 980	198
22	440	44	880	88	1 150	145	2 900	290
30	600	60	1 200	120	1 980	198	3 960	396
37	740	74	1 480	148	2 440	244	4 880	488
55	1 100	110	2 200	220	3 725	363	7 251	725
75	1 500	150	3 000	300	4 950	495	9 900	990
110	2 200	220	4 400	440	7 260	726	14 520	1 452

由上表可得知，一台75kw (100hp)的空壓機，每降低進氣口溫度10°C，在操作壓力為7bar，每年運轉小時為2,000小時之條件下，以每度電費2元計算，每年可節約電度4,950度，相當於節省電費支出新台幣9,900元。

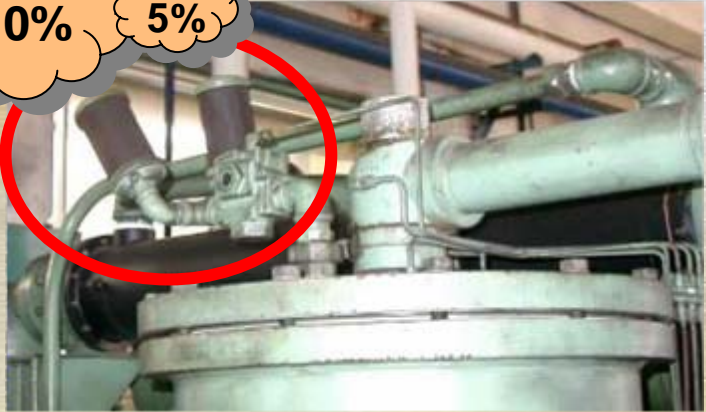
2.2.2 多機連鎖控制的節能效益



由上圖可知，在未連鎖前，空壓機根據本身的壓力設定範圍進行空重車運轉，將形成三台都有空車的現象；經連鎖後，會只剩下一台在空重車。根據圖中右表可計算出，連鎖前後的電力耗用約為**1.24 : 1.00**。假定每台空壓機均為**100hp**，每度電費為**2元**，每年運轉時數為**2,000小時**，每年將可節省電費達新台幣**26萬元**。當運轉時數**8,000小時**，年可省電費達**102萬元**。

2.2.3 空壓機的洩漏損失實例

10% 5%



空壓機的洩載排放洩漏

系統資料	信息說明	更改設定	
系統壓力	630.5	進氣閥開度	60
壓力設定點	630.2	旁通閥開度	24
電機電流	90.4		
運轉時數	42070	05-12-2003	11:06:51
最小載荷		選擇加載	1/4

離心空壓機旁通排放洩漏



空壓機的內部洩漏



管路接頭不良造成的洩漏

2.2.4 各卻水點的洩漏損失實例



離心式中間段卻水洩漏



空氣桶下方卻水洩漏



浮球式卻水器排水洩漏



離心式中間段卻水洩漏



電子式卻水器排水洩漏



倒筒式卻水器排水洩漏

2.2.5 乾燥機的排放洩漏實例

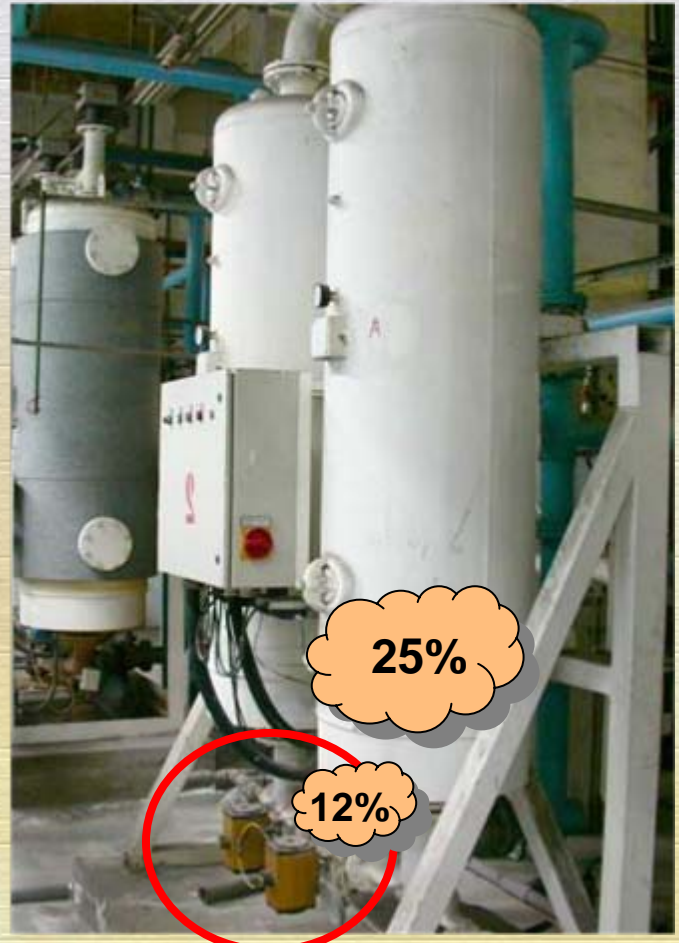
注意

一、本乾燥機卻水器保持微開，以確保冷凝水排放

二、每班至少全開二次，將冷凝水排光後保持微開



乾燥機的冷凝水排放洩漏



無熱吸附乾燥機的再生排放洩漏



2.2.6 減少壓空洩漏的節能效益

不同開口孔徑在不同壓力之下的空氣洩漏量(CFM)

壓力 (psig)	洩放孔徑(英吋)					
	1/64	1/32	1/16	1/8	1/4	3/8
70	0.3	1.2	4.8	19.2	76.7	173
80	0.33	1.3	5.4	21.4	85.7	193
90	0.37	1.5	5.9	23.8	94.8	213
100	0.41	1.6	6.5	26.0	104	234
125	0.49	2.0	7.9	31.6	126	284

註:洩放孔為全圓式開口時,乘**0.97**的洩放係數。洩放孔為半開尖銳開口時,乘**0.61**的洩放係數。

舉例說明：一般最為常見的洩漏發生在1/4"半開閥式的卻水裝置，假設每度電為2元，每年運轉時數為8,000小時，排氣壓力為100psig，噴嘴係數為61%。其洩漏量為 $104 \times 0.61 = 63.4\text{CFM}$ 。以標準空壓機的耗能比值為4cfm/hp計算，如此的洩漏相當於15.9hp的耗能。每年將浪費電費達新台幣23萬元。

2.3 CDA 節能措施與效益

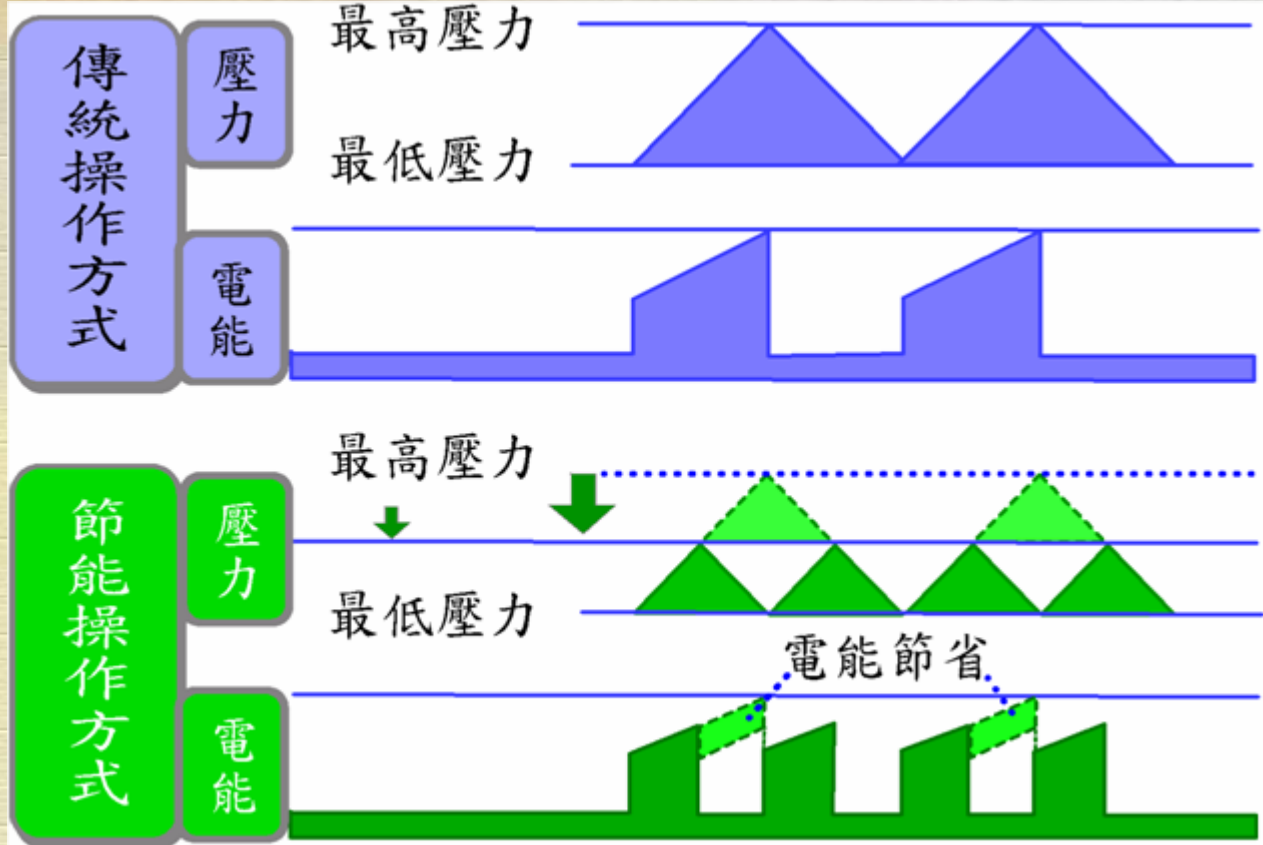
節能措施 (美國地區)	平均節 能率	最大節 能率	平均回收 年限
減少壓空洩漏	26.3%	59.3%	0.9
降低系統壓力	2.0%	10.6%	1.3
安裝/調整空車控制系 統	10.5%	33.5%	0.8
採用多機連鎖	7.6%	33.6%	2.7
減低總運轉時數	2.6%	15.8%	< 0.1
總節能比率 (per plant)	43.7%	65.0%	0.8

第三章

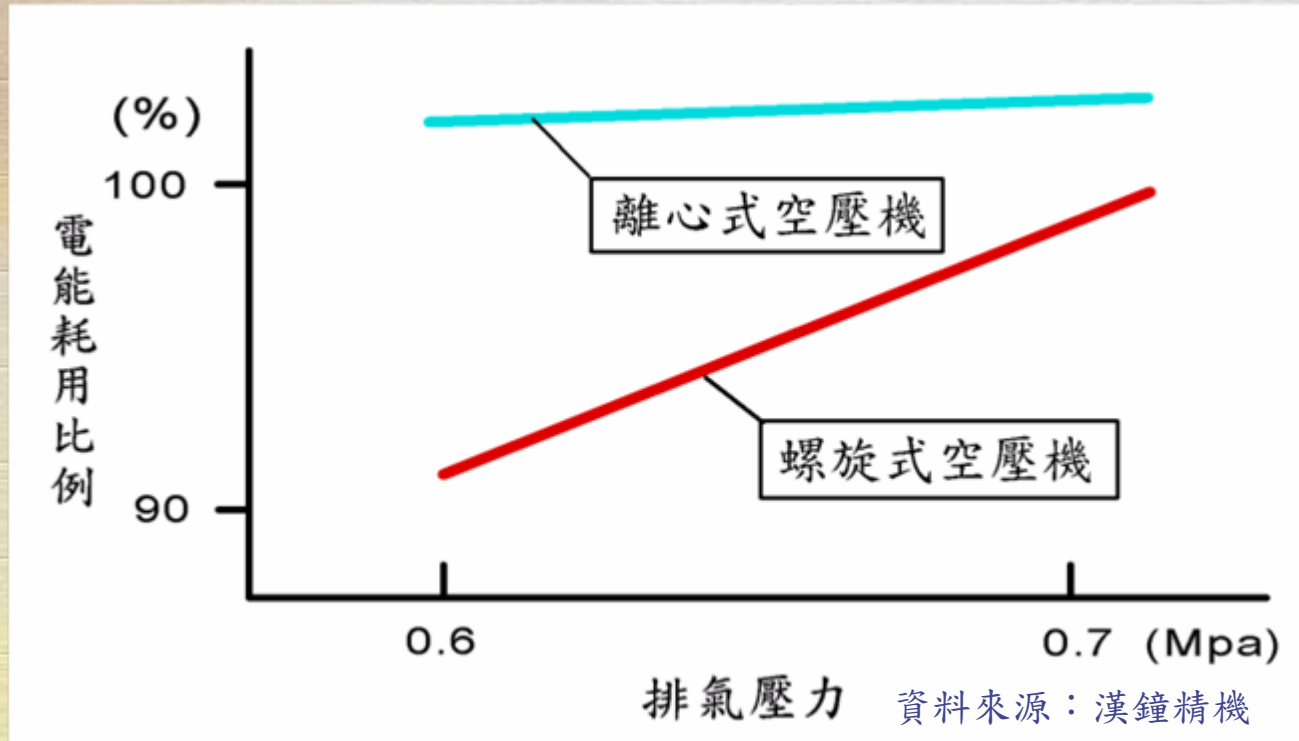
CDA 零損失解決方案

3.1 壓空系統控制最佳化-單機

採用壓力感測器取代傳統壓力開關控制模式，降低空壓機的空重車壓力範圍(Pressure Band)

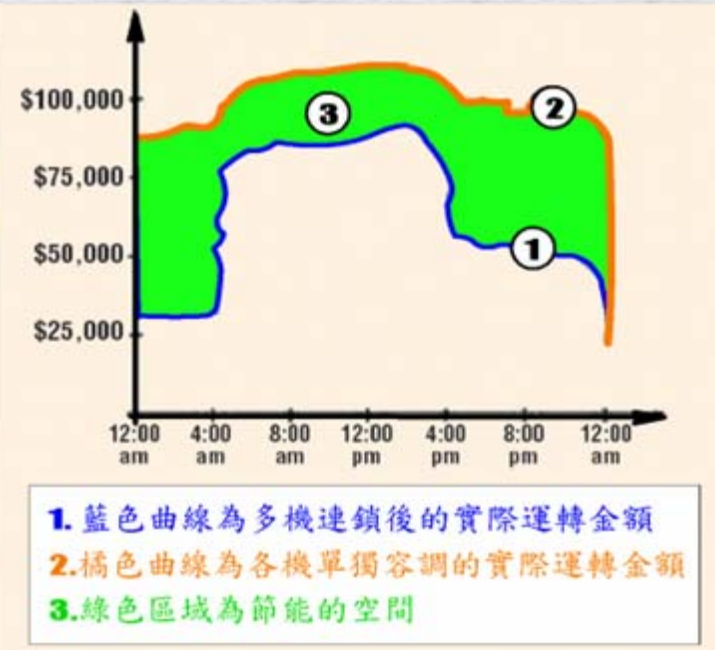
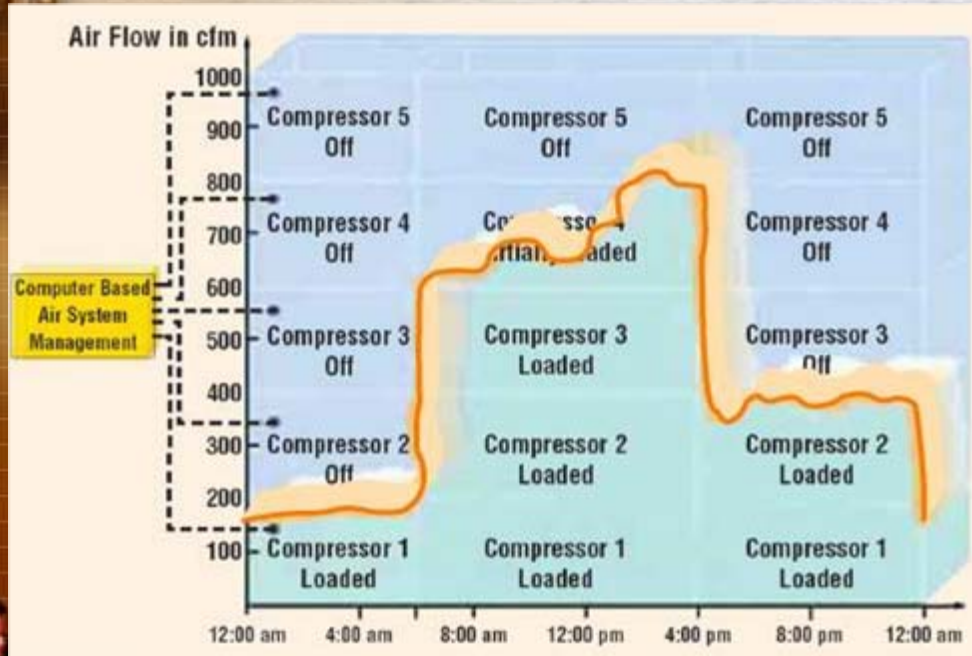


3.2 離心式與螺旋式共構系統



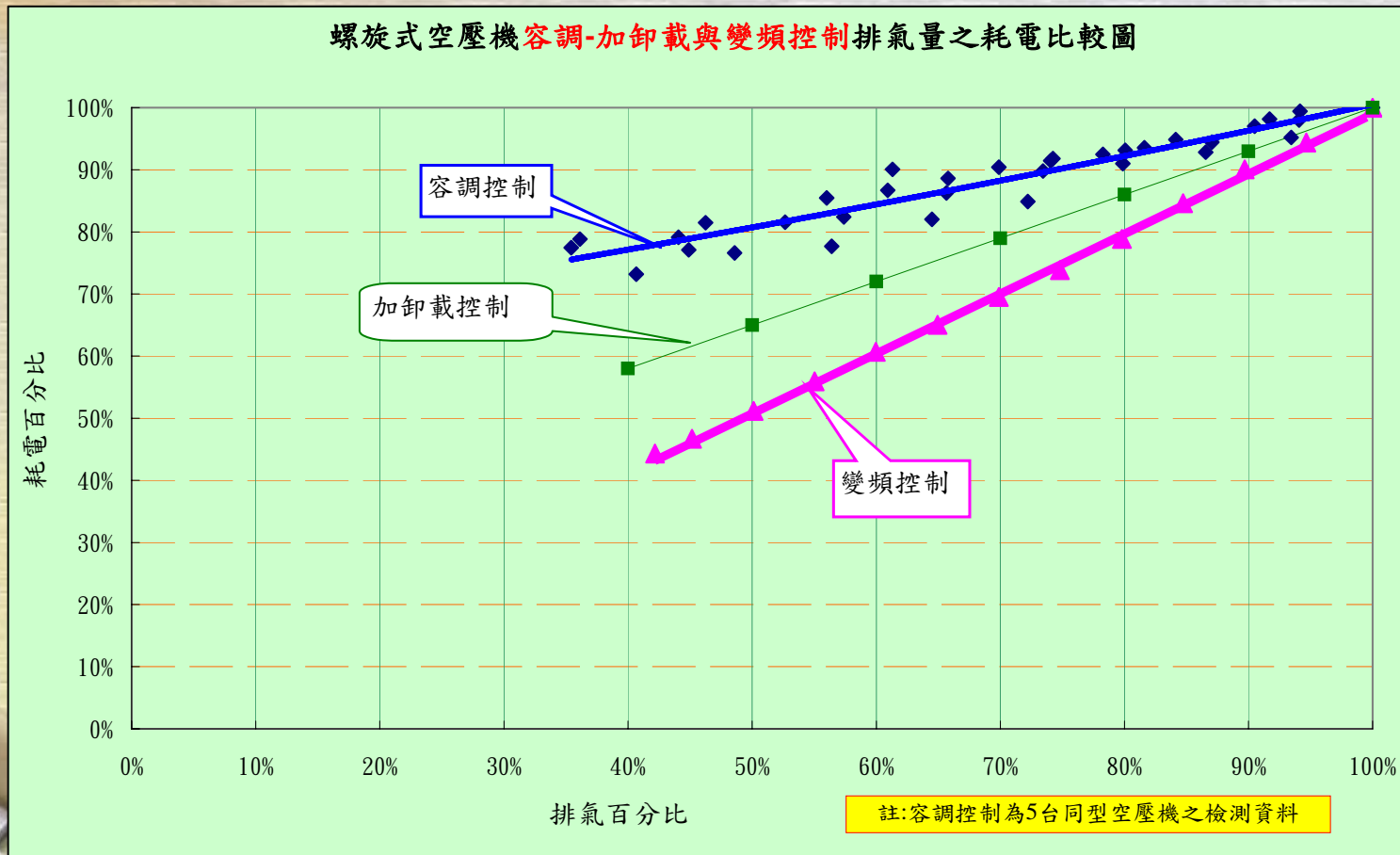
離心式空壓機基本上為定壓力輸出，並使用IGV及BOV來進行容量調節，以避免產生Surge現象，由上圖可知離心式空壓機的耗電量相對輸出壓力的高低，無顯著變化。換言之，離心式空壓機**並不適合**做為容量調整使用。變動負荷最好搭配螺旋機使用。

3.3 壓空系統控制最佳化-多機

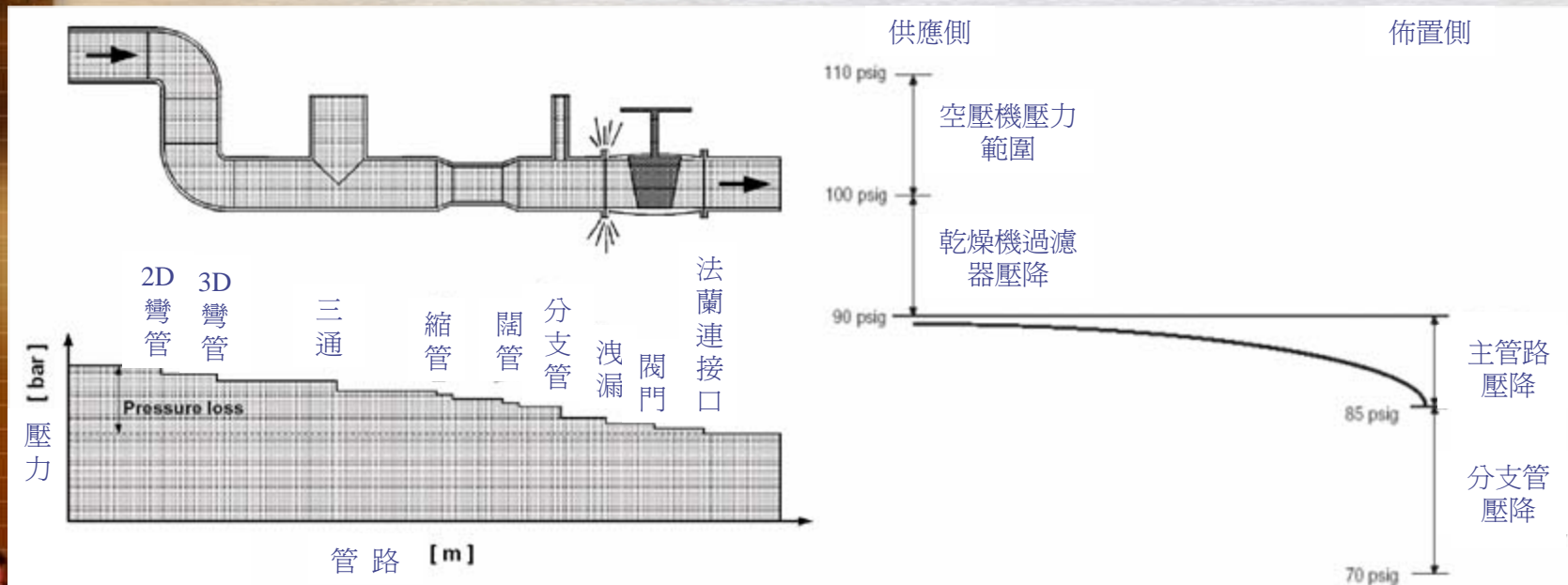


空壓機的多機控制系統，已經由最早期的順序控制方式（目的在於平均各台空壓機的使用時數）提升至【主副機多機連鎖控制】。由控制主機根據系統壓力的升降，經由CPU智慧運算後直接下達開機或停機指令給其他副機。多機連鎖後可將單機容調耗能曲線2，變化成為多機連鎖耗能曲線1，節能空間將如圖中3的區域，能源節約率可高達30%。

3.4 容調、加卸載與變頻控制之空壓機在部分負載下的耗電比較圖



3.6-1 壓空管路的壓力降來源

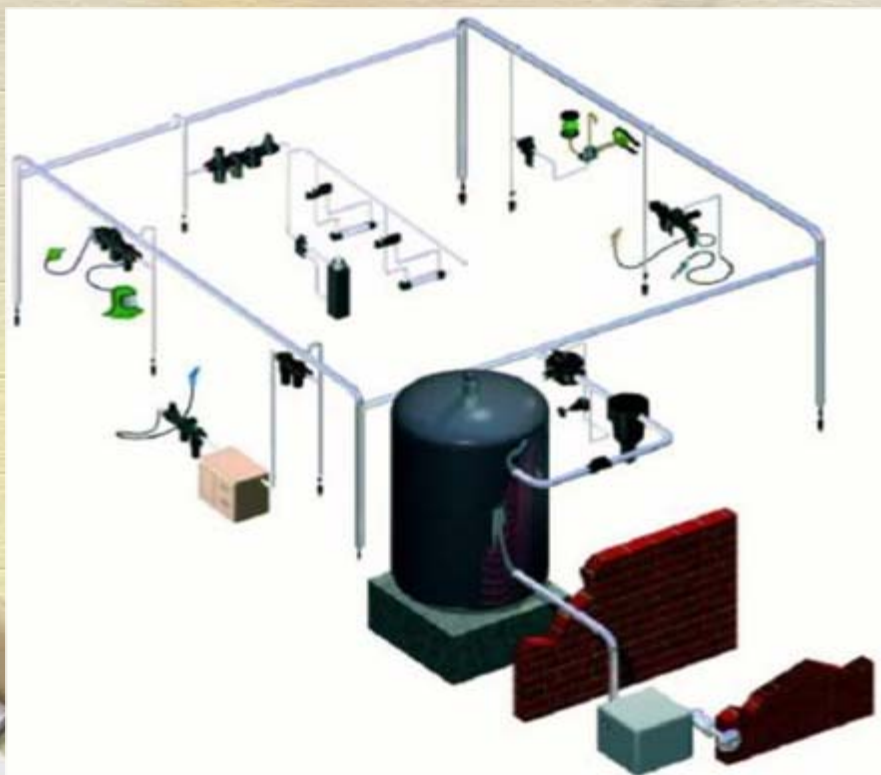


壓空系統的壓力降包含乾燥機及精密過濾器等附屬設備的必要壓差；直管、彎管、三通、縮管、支管、閘件等的壓損；整個管路系統中洩漏所造成的壓力降及經過三點組合、調壓閘的壓差。若不能有效管理此等壓力降，就必須以提高空壓機的排氣壓力來彌補。而每調高空壓機的排氣壓力1.0bar將導致6%的電力及8%的排氣損失。

3.6-2 設定管路壓降目標與環狀管路

※ 管路管徑過小或佈置不當，造成假性壓力降

➔ 『設定管路壓降目標並架構環狀管路系統』



管路壓降目標

(系統壓力為8bar時)

主幹管 $\Delta P \leq 0.04 \text{ bar}$

分支管 $\Delta P \leq 0.04 \text{ bar}$

連接管 $\Delta P \leq 0.03 \text{ bar}$

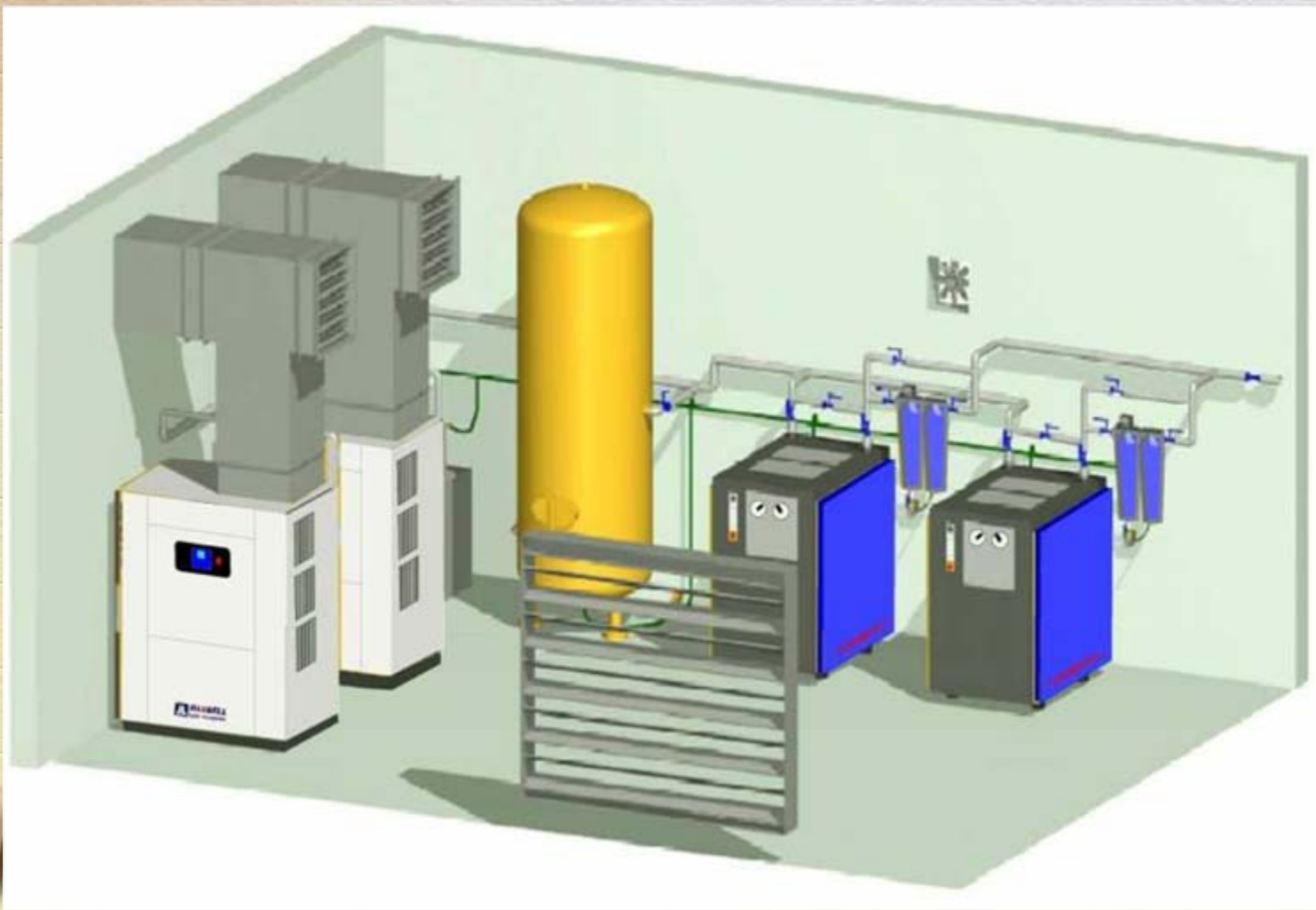
+) -----

總壓降 $\Delta P \leq 0.10 \text{ bar}$

系統壓力 $\leq 5\text{bar}$ 時，

總壓降 $\Delta P \leq 1.5\% \times P_{\max}$

3.7-1 空壓機房的通風與佈置



3.7-2 環溫改善措施實例



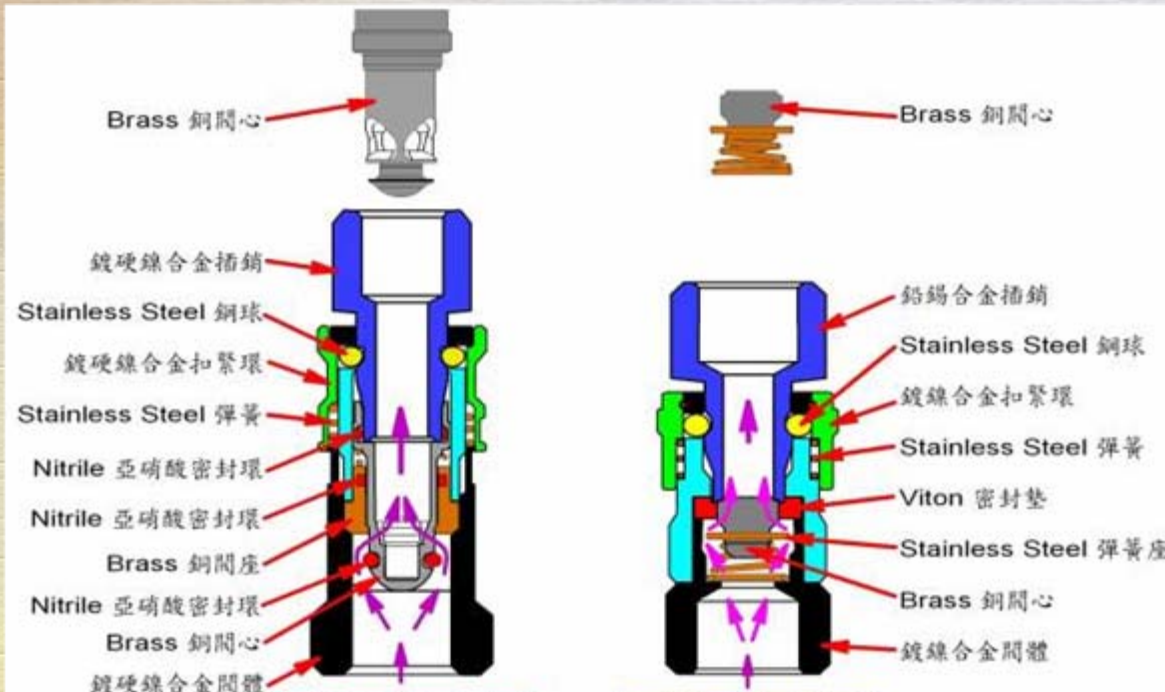
3.8 空壓機的效率管理

世全鋼鐵企業股份有限公司---空壓機效能檢測分析總表 日期: 2004/05/26

項次	廠別	機號	機型	額定馬力 HP	測定壓力 kg/cm2G	平均電壓 Volts	平均電流 Amps	實測風量 m3/min	估計馬力 HP	耗能比值 m3/min/HP	標準值 m3/min/HP	差異 %	備註
1	高雄廠	1	Sullair	100	7	205	297	10.903	127.22	0.085702	0.113	75.84242	當緊急備機
2.1		2	Sullair	75	7	205	247.5	4.639	106.01	0.04376	0.113	38.72568	汰換
3		3	Hitachi	30	7	215.55	75.5	3.426	34	0.100765	0.113	89.17231	移往他處使用
2.2		2	Sullair	75	7	207.5	247.5	2.866	107.3	0.02671	0.113	23.63731	汰換
2.3		2	Sullair	75	7	205	247.5	3.844	106.02	0.036257	0.113	32.08611	汰換

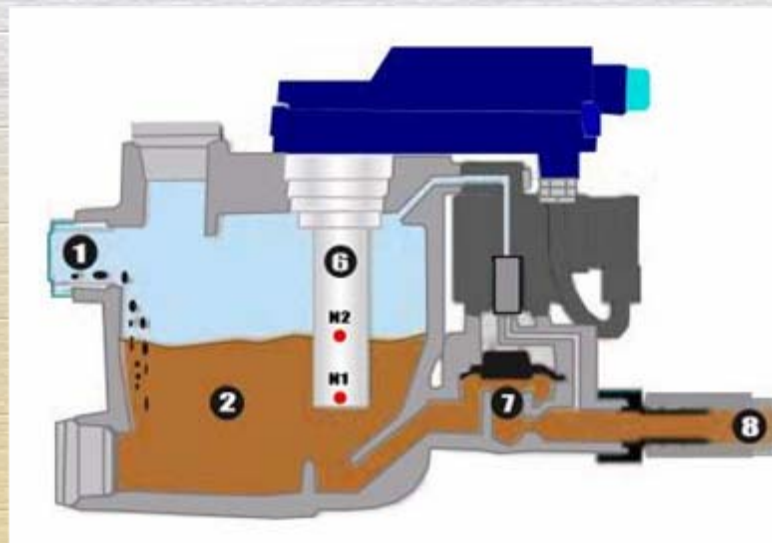
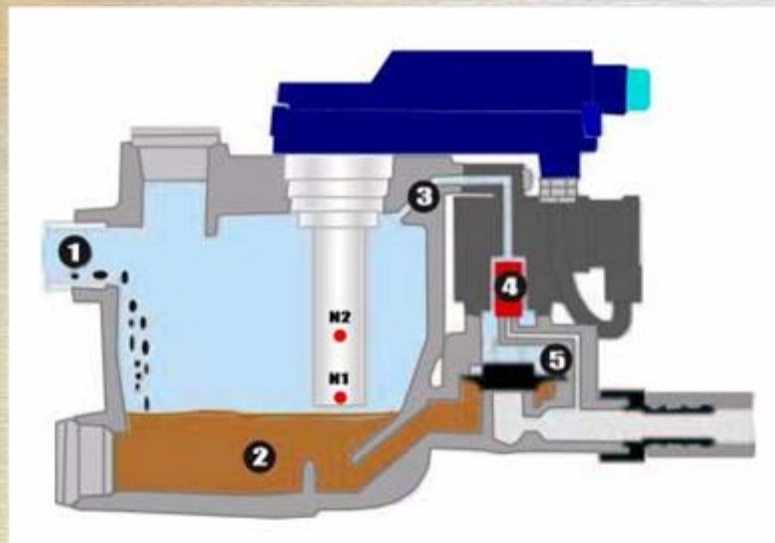
空壓機的容積效率及馬達效率會隨著使用時間的增加而降低（起因於內部洩漏、間隙擴大、機件磨損增加、熱交換效率變差等因素）。耗能比值因而下降。用戶必須定期實施空壓機的『效能檢測』，再根據檢測結果，進行開機順序的調整及必要的汰換工作。

3.9 單擊雙密封免漏快速接頭



接合方式	無背壓單擊快接	高背壓聯接
處理風量	1460 L/min	小於800 L/min
最高工作壓力	35 Bar(508 PSI)	15 Bar(218 PSI)
測試壓力	50 Bar(725 PSI)	不保證
爆破壓力	140 Bar(2030PSI)	不保證
工作溫度	-40℃ to +100℃	+5℃ to +70℃
通閥壓損	0.1Bar@600L/min	0.3 to 1.0Bar@600L/min

3.10 解決方案：無耗氣式自動卻水器

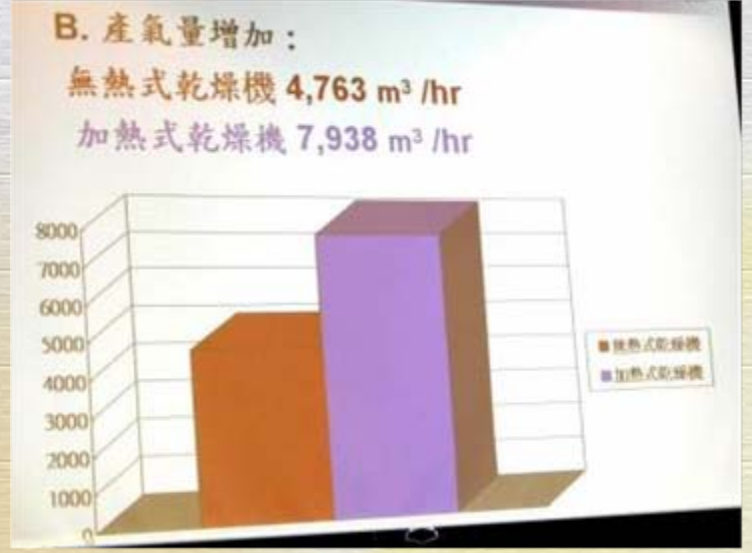


在低水位時(2)電磁閥關閉，水與氣皆不會排出閥外。當水位上升至高水位時，液位檢知棒(6)感應，激磁電磁閥將閥門開啟，此時冷凝水經由通道(7)排出閥體之外(8)。待水位回降到低水位時，液位檢知棒(6)不感應，電磁閥將閥門重新關閉，閥內永遠保持一定的水位。

EVERAIR No Loss Drain



3.11 無損失外部加熱吸附式乾燥機



無熱式、加熱式乾燥機抄表記錄總結

機型	月份	產氣量 (m³)	耗電量 (kWh)	耗氣量 (m³)	單位成本 (元/m³)
無熱式	一月	95,900	20,381	1,074,077	0.3613
	二月	86,402	19,875	946,067	0.3911
加熱式	五月	149,152	19,585	1,032,152	0.2232
	六月	151,598	19,768	1,008,178	0.2217
	八月	178,436	22,350	1,177,933	0.2130
	九月	188,722	23,107	1,178,430	0.2081
	十月	181,579	21,947	1,156,598	0.2055
	十一月	162,955	33,601	1,008,032	0.2062
無熱式		91,151	20,128	1,010,072	0.3762
加熱式		168,740	23,393	1,093,554	0.2130



第四章

節能改善案例

(採M&V OPTION A精神)

4.1-1 改善前



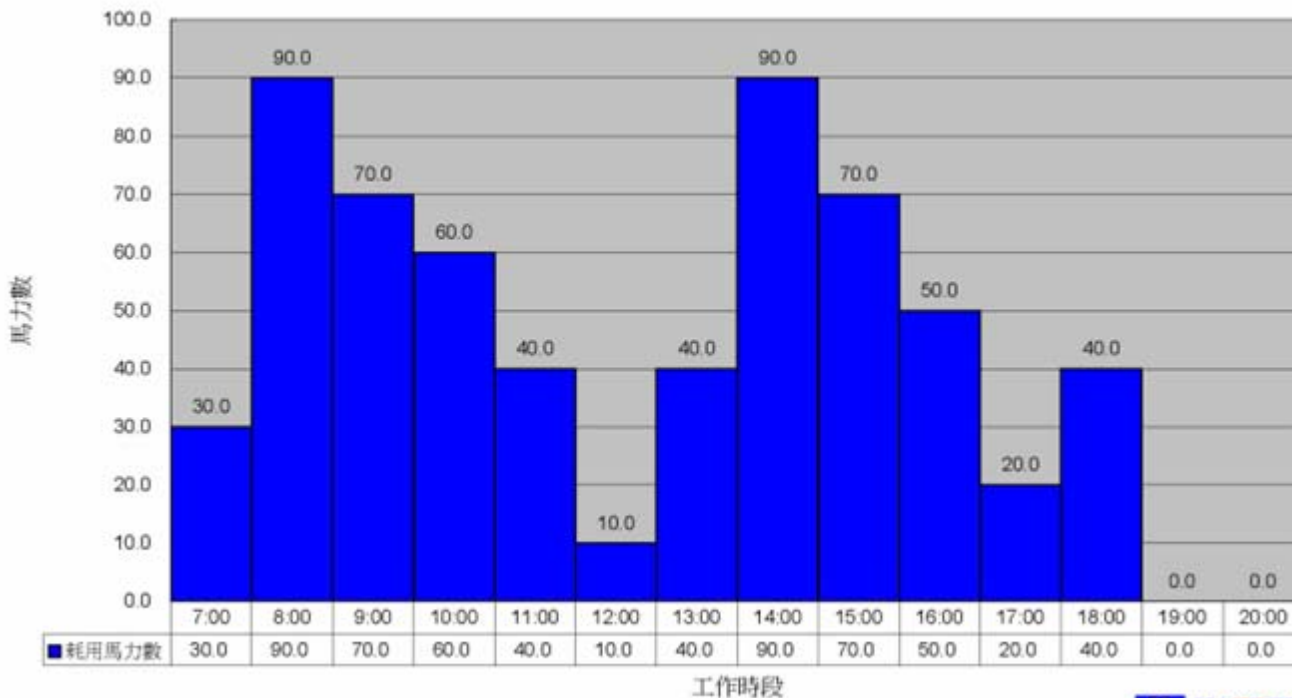
空壓機使用5~10年不等，散佈廠房各區，難以管理，空壓機的效率如何？無法得知。

4.1-2 改善前診斷



4.1-2 改善前-用量分析

典型白天正常上班型-壓縮空氣系統耗能



根據實際量測與討論得知其平均每日用量變化(如上圖)：日實際應耗用總馬力數**610HP**，日電費**1,071元**，年電費**321,219元**；現日耗用總馬力數**1,021HP**，日電費**1,792元**，年電費**537,649元**，可改善空間高達**40%**。



4.1-3 改善前- 效能檢測

世全鋼鐵企業股份有限公司---空壓機效能檢測分析總表 日期: 2004/05/26

項次	廠別	機號	機型	額定馬力 HP	測定壓力 kg/cm2G	平均電壓 Volts	平均電流 Amps	實測風量 m3/min	估計馬力 HP	耗能比值 m3/min/HP	標準值 m3/min/HP	差異 %	備註
1	高雄廠	1	Sullair	100	7	205	297	10.903	127.22	0.0857	0.113	75.84242	當緊急備機
2		2	Sullair	75	7	205	247.5	4.639	106.01	0.0438	0.113	38.72568	汰換
3		3	Hitachi	30	7	215.55	75.5	3.426	34.00	0.1008	0.113	89.17231	移往他處使用
4		4	Sullair	75	7	207.5	247.5	2.866	107.30	0.0267	0.113	23.63731	汰換
5		5	Sullair	75	7	205	247.5	3.844	106.02	0.0363	0.113	32.08611	汰換

註:本檢測數據係由漢鐘精機原廠技師2004/05/05 於世全鋼鐵高雄廠依據 ASME PTC 9標準進行量測結果

製表: 黃茂興



根據實際檢測發現：

1. 所有空壓機運轉在額定壓力時，實際馬力都超過額定馬力數。
2. 其中有三台空壓機的耗能比值，僅餘新機出廠標準值的23~40%



4.2 節能改善方案

單位：HP & NTD

時段	實耗氣量 (HP)	舊系統 A		新系統 B 耗氣量(HP)				新系統 C 耗氣量(HP)				新系統 D 耗氣量(HP)			備註
		耗氣量(HP)	比實耗損失	主機	副機	合計	比A節省	變頻機	副機	合計	比A節省	變頻機	比A節省		
07-08	30.0	78.0	48.0	43.0	0.0	43.0	35.0	31.2	0.0	31.2	46.8	31.2	46.8		
08-09	90.0	97.0	7.0	50.0	47.0	97.0	0.0	41.6	50.0	91.6	5.4	93.6	3.4		
09-10	70.0	91.0	21.0	50.0	41.0	91.0	0.0	20.8	50.0	70.8	20.2	72.8	18.2		
10-11	60.0	88.0	28.0	50.0	37.5	87.5	0.5	10.4	50.0	60.4	27.6	62.4	25.6		
11-12	40.0	82.0	42.0	47.0	0.0	47.0	35.0	41.6	0.0	41.6	40.4	41.6	40.4		
12-13	10.0	73.0	63.0	37.5	0.0	37.5	35.5	10.4	0.0	10.4	62.6	10.4	62.6		
13-14	40.0	82.0	42.0	47.0	0.0	47.0	35.0	41.6	0.0	41.6	40.4	41.6	40.4		
14-15	90.0	97.0	7.0	50.0	47.0	97.0	0.0	41.6	50.0	91.6	5.4	93.6	3.4		
15-16	70.0	91.0	21.0	50.0	41.0	91.0	0.0	20.8	50.0	70.8	20.2	72.8	18.2		
16-17	50.0	85.0	35.0	50.0	0.0	50.0	35.0	0.0	50.0	50.0	35.0	52.0	33.0		
17-18	20.0	75.0	55.0	41.0	0.0	41.0	34.0	20.8	0.0	20.8	54.2	20.8	54.2		
18-19	40.0	82.0	42.0	47.0	0.0	47.0	35.0	41.6	0.0	41.6	40.4	41.6	40.4		
19-20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
20-21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
日合計	610.0	1021.0	411.0	776.0			610.0	622.4			398.6	634.4	386.6		
日電費	\$1,071	\$1,792	\$721	\$1,245			\$547	\$999			\$794	\$1,018	\$774		
年電費	\$321,219	\$537,647	\$216,428	\$373,481			\$164,165	\$299,555			\$238,091	\$305,331	\$232,316		

說明

- 1)螺旋式空壓機一般容調方式控制時,其排氣量與耗用馬力數的關係為(排氣量比:耗能比)
10%=73%, 20%=75%, 30%=78%, 40%=82%, 50%=85%, 60%=88%, 70%=91%, 80%=94%, 90%=97%, 100%=100%
- 2)假設:每日壓縮空氣系統耗能狀況如“典型白天正常上班型”;每度電 2元;每年工作 300天;
舊系統馬達效率85%,新系統馬達效率93%
- 3)新系統 B 採用漢鐘多機連鎖系統;新系統 C 採用漢鐘多機連鎖+變頻系統;新系統 D 採用漢鐘變頻系統
- 4)變頻空壓機耗能以實際耗能*1.04計算
- 5)日電費=(馬力數*0.746*2元)/馬達效率;年電費=日電費*300天

由上述資料進行比較,顯示採用漢鐘多機連鎖+變頻控制方式效益最佳,投資最省,每年可回收電費NTD 238,091元

最終解決方案：採用“高效率馬達”+“主副機多機連鎖控制”+“變頻空壓機調控”+“無耗氣式自動卻水器”+“壓降0.1K管徑環狀管路”+“單擊雙密封快速接頭”，日耗用總馬力數降為622HP，日電費降為999元，年電費降為299,555元，改善效果高達44%。



4.3-1 空壓機系統配置最適化



主電氣箱 - 分
線輸出



電源線連結 - 防
潮、隔離



三台定頻螺旋空壓機搭
配一台變頻空壓機



空氣管連結 - 關
斷閥與防鏽



空氣管連結 - 歧
管與卻水



穩壓空氣桶與冷
凍式乾燥機

4.3-2 空壓機系統配置最適化(續)



管路除塵過濾器 - 傍通管路



精密過濾器 - 傍通管路



乾燥機及精密過濾器 - 卻水管路



空氣桶 - 無耗氣式自動卻水器



乾燥機 - 無耗氣式自動卻水器



精密過濾器 - 壓差裝置

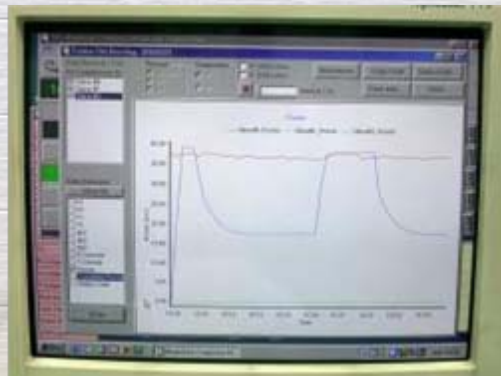
4.3-3 空壓機系統配置最適化(續)



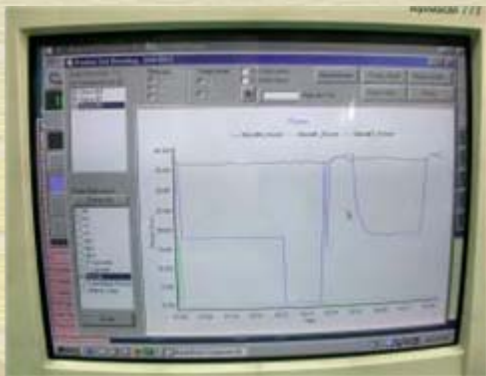
遠端監控 - 多機
ON/OFF



遠端監控 - 空壓
機運轉狀態表



遠端監控 - 空壓
機運轉KW值



遠端監控 - 空壓
機運轉KW值(續)



管徑加大 - 壓降
控制在 < 0.1K



環狀管路改善 -
雙進氣管路

總結

35%的CDA壓空能源損失，透過『**Less Air Loss**節能改善技術』可快速、有效防治『洩漏』，減少『假性需求』，平均0.8年即可回收。今日不做，明日就後悔。



報告完畢 謝謝指教

研討連絡 請洽 **TAESCO** 協會

或 綠色生產力基金會

或 weibell.com@msa.hinet.net

威鐘 Gino Huang 黃茂興

或前往工研院 能源資訊網 點選線上教學

<http://emis.erl.itri.org.tw/news/trainUnit/list.asp>