

# 節能技術與案例分析--空壓

主講人：顧問 簡坤煌

財團法人台灣產業服務基金會  
財團法人台灣綠色生產力基金會

經歷

中鼎工程顧問有限公司

中技社節能技術中心

中華民國100年10月21日

# 大綱

---

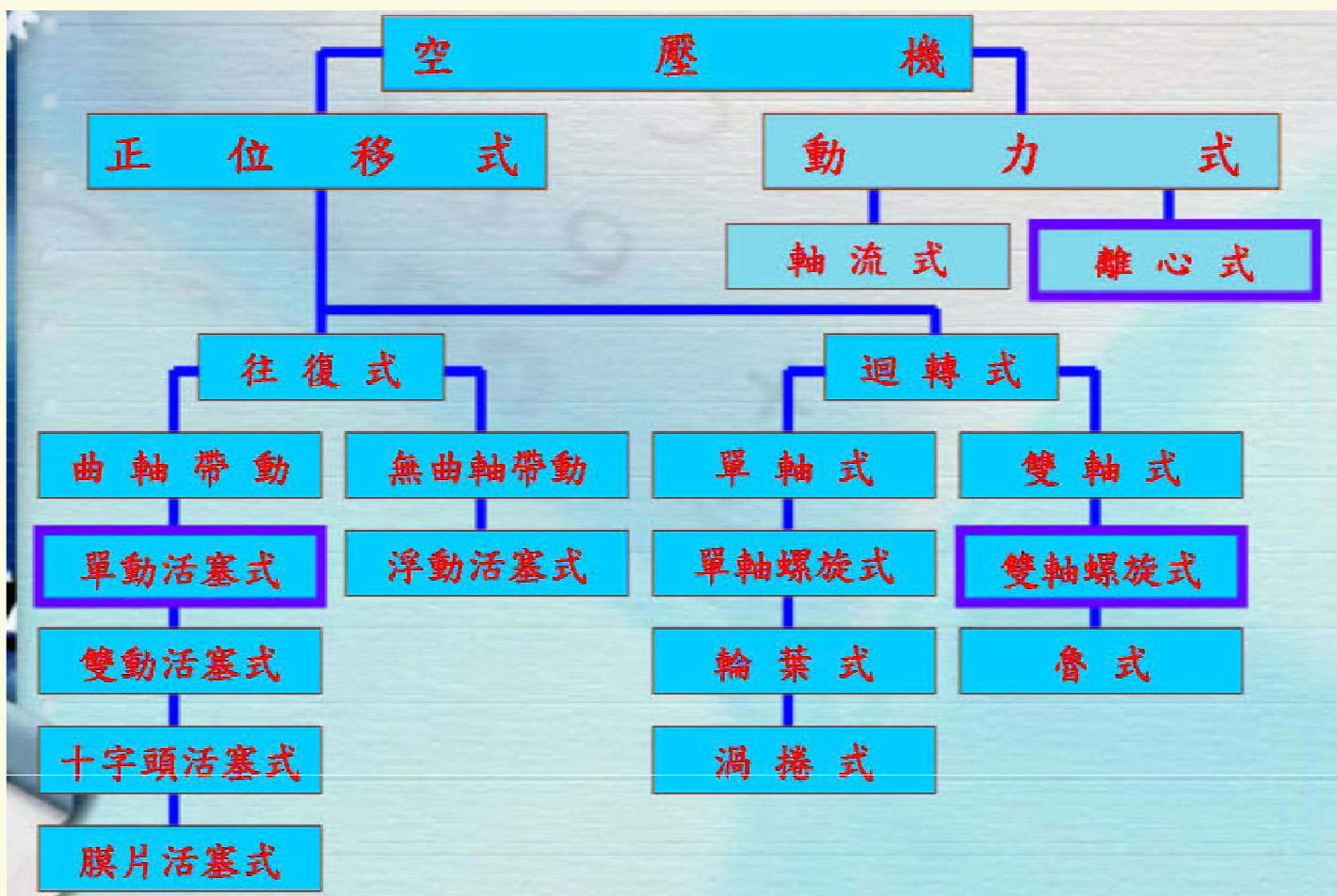
- 📄 前言
- 📄 空壓機簡介與基本說明
- 📄 空壓機系統介紹
- 📄 空壓機特性曲線測試
- 📄 壓縮空氣系統注意事項
- 📄 節能管理與做法
- 📄 案例分析
- 📄 結論

# 前言

- 📄 壓縮空氣清潔便利，為工廠自動化控制的主要動力來源之一，因為其安裝及使用方便，往往讓人忽略其運轉效率。
- 📄 壓縮空氣系統是產業的一個重要輔助系統，系統將空氣壓縮、過濾、乾燥後，為生產設備與儀控設備提供公用系統用氣和儀錶用氣。

# 空壓機簡介

- ☞ 空壓機分為定排量(正位移)式空壓機 (Positive Displacement Compressor) 與動能(動力)式空壓機 (Dynamic Compressor)
- ☞ 分為有油式與無油式
- ☞ 分為有水冷式與氣冷式
- ☞ 依壓縮段數分為單段式(Single Acting)與多段式壓縮機(Multi-Stage)
- ☞ 螺旋式與離心式空壓機在國內石化廠、化纖廠、鋼鐵廠及電子廠...等相當常見



# 壓縮機(Compressor)定義

- 📄 壓縮機(Compressor):是一種機械設備，用以壓縮空氣或其他氣體，使其壓力自原有的大氣進氣壓力，升至較高的排氣壓力。
- 📄 一般以壓至 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上的排氣壓力稱之。

# 螺旋式空壓機壓縮原理

在機器運轉時二轉子的齒互相插入對方齒槽，通過二個被齒隔開的空間，先在吸氣端**吸氣**且隨著轉子的旋轉向排氣端**傳輸**移動，使被對方齒所封閉的容積逐步縮小，將空氣**壓縮**，壓力逐漸提高，直至達到所要求的壓力時，此齒槽方與排氣口相通，實現了**排氣**。

# 離心式空壓機壓縮原理

離心式壓縮機用於壓縮空氣的主要工作部件是高速旋轉的葉輪和通流面積逐漸增加的擴壓器。簡而言之，離心式壓縮機的工作原理是通過葉輪對空氣做功，在葉輪和擴壓器的流道內，利用**離心升壓作用**和**降速擴壓**作用，將機械能轉換為氣體壓力能。

# 基本說明

- ☞ 對於壓縮空氣系統之運轉狀況，如現場實際需求量、實際供應量、系統供氣效率、現場洩漏量...等，若能充分掌握，進而適時提出各項改善方向與方案，才能降低壓縮空氣系統之運轉成本。
- ☞ 為使系統之使用效率達到最高化必須由節能三支柱—制度、管理、技術著手實施。

# 空氣壓縮機選擇

- ☞ 使用壓力
- ☞ 風量 --目前使用量  
--未來擴充時風量之增加量
- ☞ 空氣要求品質
- ☞ 適用機型 --基載機型  
--尖峰負載機型
- ☞ 控制方式(操作方式)
- ☞ 單機效率
- ☞ 系統供氣效率
- ☞ 能源使用效率

# 空壓機系統介紹

---

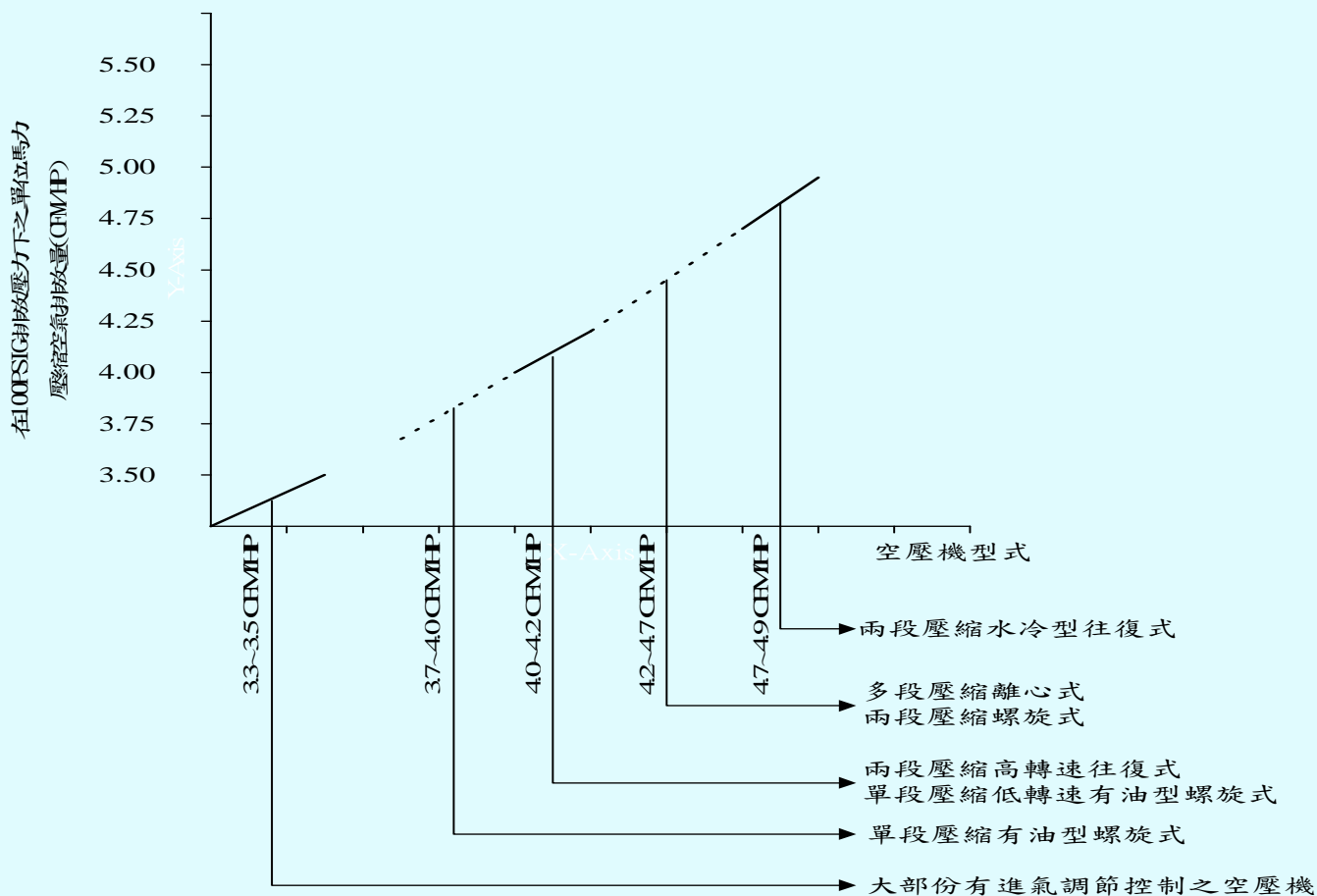
- ☞ 壓縮機
- ☞ 驅動機
- ☞ 容量控制裝置
- ☞ 穩壓空氣桶
- ☞ 過濾器
- ☞ 乾燥機
- ☞ 儲氣空氣桶
- ☞ 管路

# 應用

---

- ☞ 依需求量變動區分基載與變動負載
- ☞ 依負載變動訂定機台控制與運轉模式
- ☞ 備用訂定
- ☞ 高低壓分流

# 壓縮機效率



# 空壓機設置環境

☞ 溫度與濕度的影響

☞ 粉塵的影響

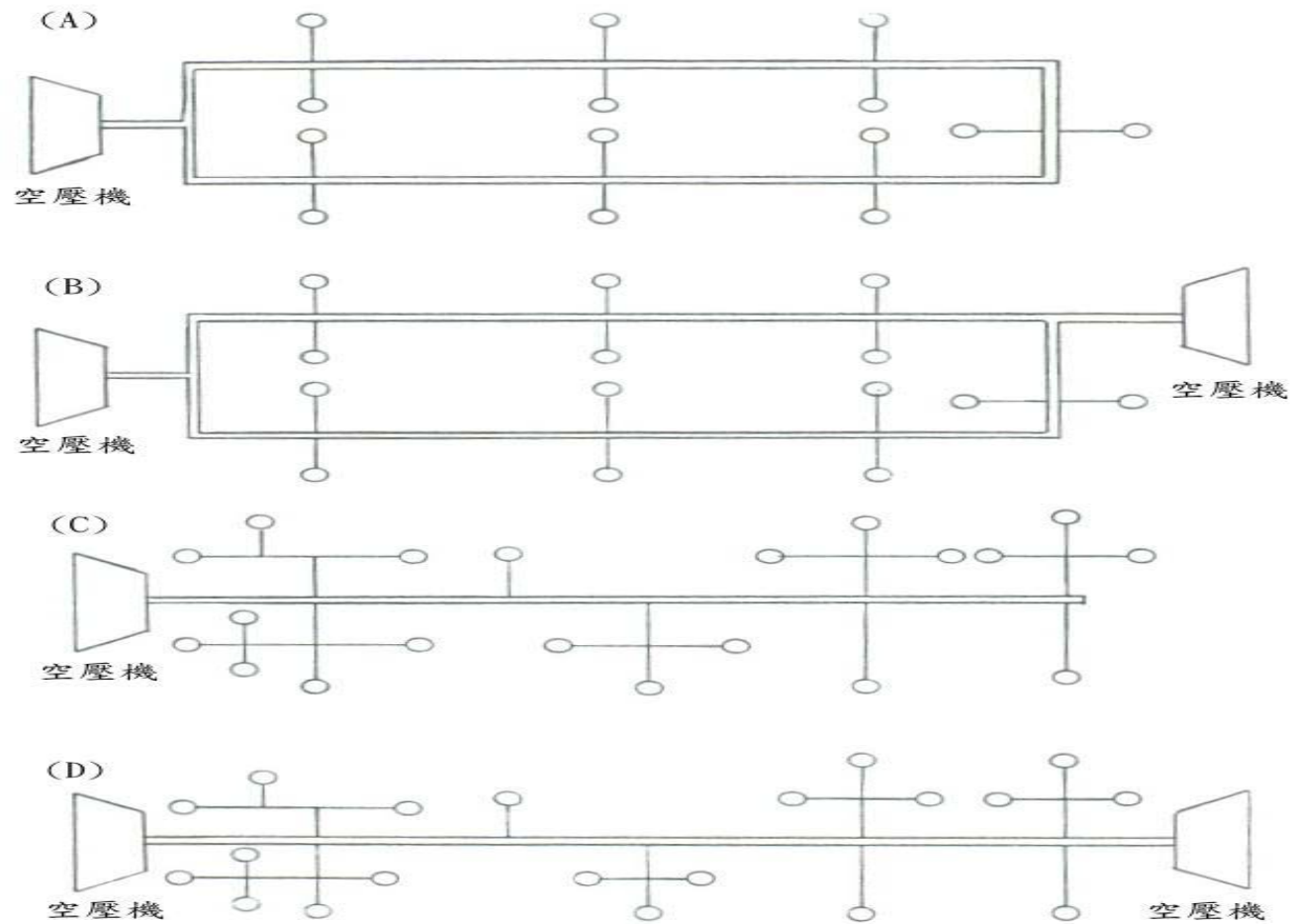
☞ 酸鹼的影響

結論：

空壓機設置場所應

1. 採光良好
2. 溫度低
3. 空氣清淨
4. 通風良好

# 管線配置



# 輸送管線檢討

## 📄 管徑

$$D=1.533 \times (Q/P)^{0.5}$$

上式中D：最小管徑(inch)

Q：流量(Nm<sup>3</sup>/min)

P：絕對壓力(錶壓力 Kg/cm<sup>2</sup> + 1.033 Kg/cm<sup>2</sup>)

## 📄 閥件及接頭

## 📄 洩漏點點檢及維修

❏ 避免不合理的吸氣狀況

❏ 吸氣管線90°彎頭採用2.5~3D

❏ 吸氣管線長度不超過12m

❏ 吸氣管徑流速不超過8m/s

❏ 吸氣管線壓降0.5mmHg/m

# 運轉模式

---

☞ 單機控制

☞ 多機控制應用

☞ 遠程監控

# 單機控制

---

☞ 空重車控制

☞ 容調控制

☞ 變頻控制

# 多機控制

---

☞ 手動控制

☞ 順序控制

☞ 多機連鎖

☞ 變頻控制

# 空壓機變頻效益

---

- 📄 節約能源
- 📄 運轉成本降低
- 📄 提高系統壓力的精度
- 📄 延長壓縮機使用壽命
- 📄 降低空壓機產生的噪音

# 變轉速效能

rpm	2899	3499	4010	4500	4990
入口壓力(kpa)	101.17	101.17	101.17	101.17	101.17
入口溫度(°C)	32.2	34.2	34.4	34.4	35.3
排氣壓力(Mpa)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
排氣溫度(°C)	77	81	84	95	100
排氣量(m <sup>3</sup> /min)	2.44	2.99	3.44	3.85	4.01
軸功率(KW)	15.74	19.32	22.51	25.69	29.69
冷卻水量(kg/min)	20	20	20	19	19
效率 (KW/(m <sup>3</sup> /min))	6.41	6.46	6.54	6.67	7.4

# 節能三支柱

---

📄 制度—有計畫、有效的推動

📄 管理—鉅細靡遺且依目標、方向與有系統來完整的實施

📄 技術—成功的基石

# 壓縮空氣系統管理

- ☞ 掌握能源浪費狀態
- ☞ 掌握耗能實態與注意事項
- ☞ 計算總用氣的費用與單位用氣的成本
- ☞ 掌握系統單機效率與供氣效率
- ☞ 比較新設基準值與實際值
- ☞ 檢討目標與差異

# 能源浪費狀態的掌握

- ☞ 隨著季節、時間差或其他因素導致壓縮空氣的變化量超過某一範圍(視機種而定)，或是實際使用風量很可能遠低於購置空壓機前的估計值時
- ☞ 空重車時間比例是否過高
- ☞ 多台機組是否同時在部分負載下運轉
- ☞ 是否定期有作壓縮空氣洩漏總量測試與耗電量測試或估算

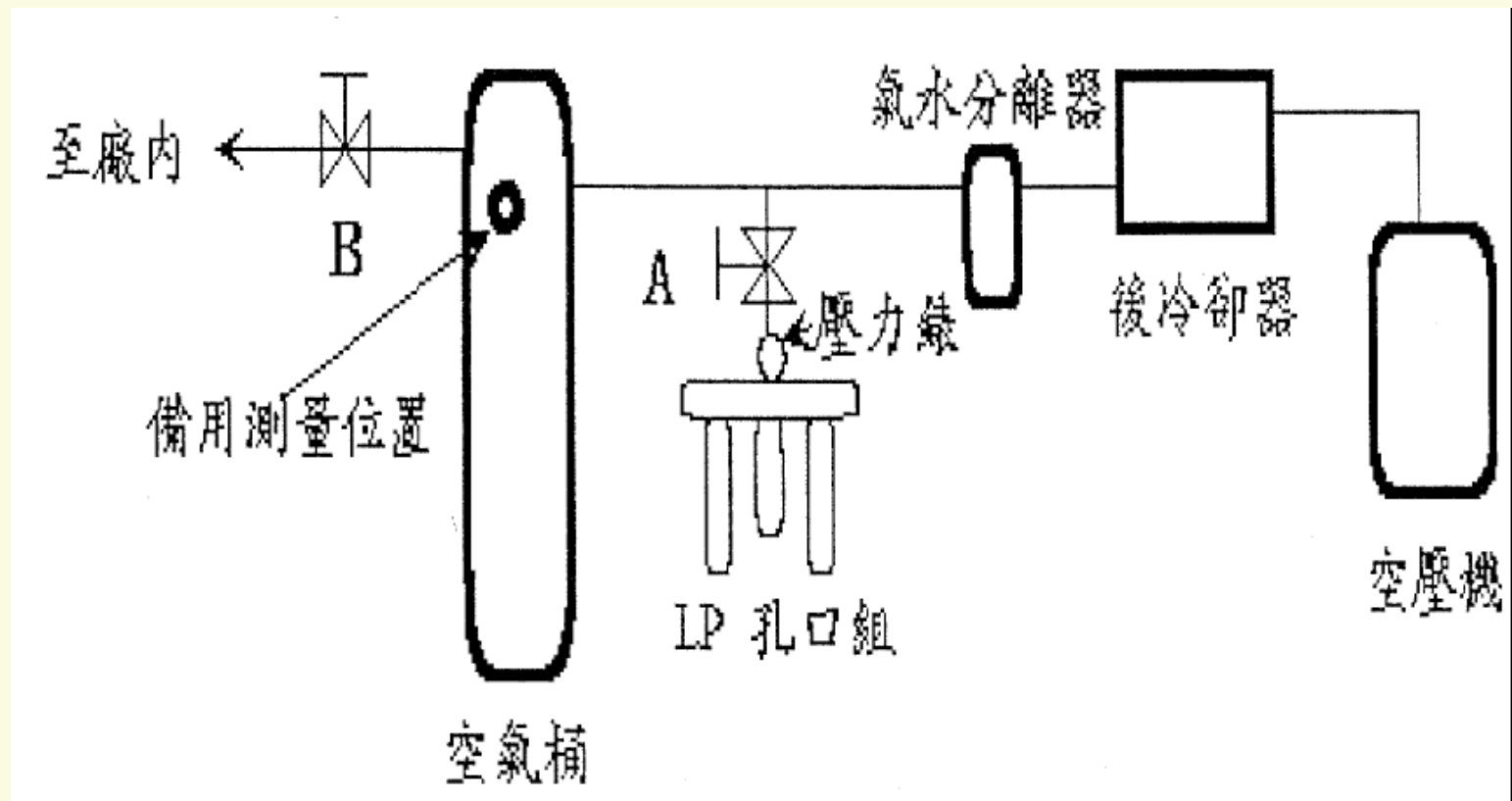
# 壓縮空氣系統耗能注意事項

- ☞ 空氣壓縮機效率差
- ☞ 壓縮空氣洩漏大
- ☞ 管路配置不當，管路末端壓力不足
- ☞ 機組出口壓力是否過高
- ☞ 冷卻功能是否不良
- ☞ 壓縮空氣系統是否常時間在低效率下運轉
- ☞ 空氣壓縮機是否同時在部分負載下運轉
- ☞ 機組負載調配是否不佳

# 壓縮空氣系統診斷

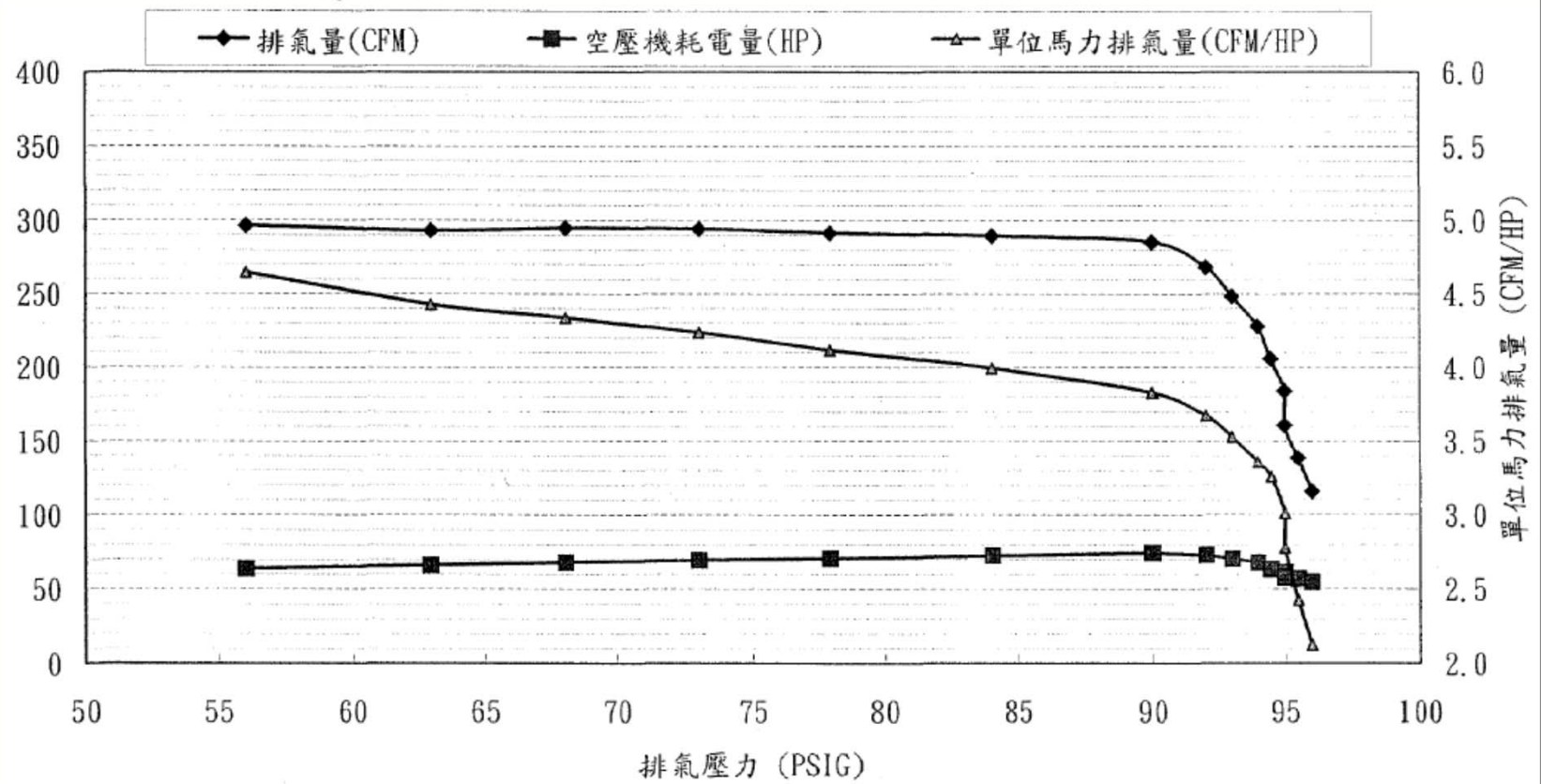
- ☞ 檢測空壓機的排氣量耗電量及效率
- ☞ 了解系統壓力及用氣量的需求
- ☞ 檢測壓縮空氣區域洩漏量與洩漏總量
- ☞ 檢討空壓機房環境
- ☞ 檢討系統與系統管路配置
- ☞ 改善方向與方案的確立

# 空氣壓縮機效率檢測



# 空氣壓縮機性能曲線圖

## 復盛SA-475W水冷螺旋式，75HP



# 輸出壓力與效率關係

壓力降	效率提昇比率(%)		
	一段壓縮	二段壓縮	三段壓縮
4->3	20.1	18.0	17.4
5->4	14.5	12.8	12.3
6->5	11.2	9.9	9.4
7->6	9.1	7.9	7.6
8->7	7.6	6.6	6.3
9->8	6.6	5.6	5.3
10->9	5.7	4.9	4.6
11->10	5.1	4.3	4.1
12->11	4.5	3.8	3.6

# 節能管理與做法

---

- ☞ 能源浪費狀態的掌握
- ☞ 維持空壓機房優良環境
- ☞ 配管面的改善
- ☞ 系統面的改善
- ☞ 節能管理的運用

# 配管的設計或施工不良問題

---

- 1. 壓力降變大，流量不足
- 2. 凝結水無法排出
- 3. 氣壓設備作動不良，產品品質不穩定
- 4. 保養及檢修困難

# 系統面的改善

---

- 📄 提升空氣壓縮機效率
- 📄 降低機房和系統上壓縮空氣洩漏量
- 📄 降低系統運轉壓力
- 📄 變頻的運用
- 📄 確認運轉在高效率區
- 📄 修改管路配置
- 📄 監控系統調配空氣壓縮機的負載
- 📄 維持應有高效率的狀態

# 案例分析1

- ❏ 廠內有3台800HP空壓機，系統間有管路相通，平日互相支援
- ❏ 3台800HP空壓機額定用氣量為9,600CFM
- ❏ 2台800HP空壓機皆為全載在運轉，另外一部空壓機有部份負載外
- ❏ 廠內平均用氣量為7,540CFM，全年用電量為16,800,000 kWh。

# 改善前

📄 檢測現場空壓機且經分析計算後，空壓機的狀況如下：

編號	kw	cfm	效率(CFM/HP)
#1	610	3200	3.9
#2	327	1160	2.65
#3	608	3180	3.9
合計	1545	7540	3.6

# 改善後

- 📄 壓縮空氣系統的節能目標即為減少主要用電部分-即為空壓機的耗電量
- 📄 平日運轉時，系統依據現場用氣量及壓力的需求，以部分空壓機為基本負載
- 📄 且配合一小台400HP的空壓機，增設監控系統，使供應端量和需求量相符合
- 📄 提升壓縮空氣系統的運轉效率至3.87CFM/HP。

## 改善後運轉

編號	kw	cfm	效率(CFM/HP)
#1	610	3200	3.9
#4	234	1160	3.7
#3	608	3180	3.9
合計	1452	7540	3.87

# 節能

📄 節省電力費用約為172萬元，節省電量為93KW。

📄 節省量： $(1545-1452)/1545 \times 16800000$  kWh /年  
= 1011260kWh /年

📄 節省費用： $1011260\text{KWH} / \text{年} \times 1.7 \text{元} / \text{KWH}$   
=172萬元/年。

📄 回收年限:2.3年

## 案例分析2

- ❏ 廠內有4台空壓機，各為 75HP、50HP、30HP 2台空壓機出口皆連接至共通主管路，50HP為變頻式空壓機，4台空壓機皆在運轉，為現場提供系統用氣
- ❏ 75HP、30HP空壓機負載控制為空、重車控制方式
- ❏ 50HP、30HP空壓機在部分負載下運轉

# 改善後

---

- 📄 將30HP空壓機關掉，系統壓力
- 📄 50HP變頻式負載加大空壓機頻率變高

# 節能

---

📄 節省2台30HP空壓機運轉電力

# 結論

- ☞ 壓縮空氣系統的節能並不困難，主要為及採用高效率機組與高效率系統控制
- ☞ 在日常使用中應降低用氣量與提升系統運轉效率
- ☞ 需診斷系統的主要問題對症下藥，方能有事半功倍效果
- ☞ 系統雖簡單，但需有效管理
- ☞ 加強改善使節能三支柱完整堅固