

# 空壓系統節能量測與應用

## ENERGY EFFICIENCY AUDIT

康普艾節能科技 邱文禮



# A. 空壓系統成本架構

大多數公司不知道產生壓縮空氣的成本？

公司付出NTD0.28/M<sup>3</sup>而空壓系統的總能源又超過此金額。

請填入右方表格計算空壓機運轉十年所發生的購買成本，維護保養成本，及電費成本(以100hp為例)

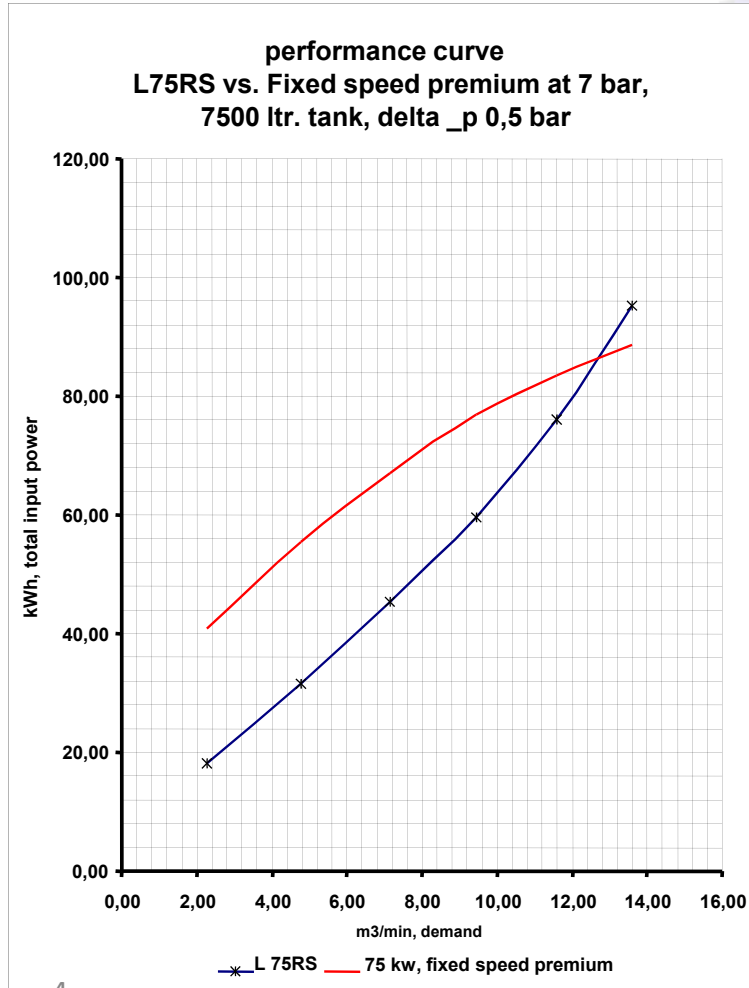
Year	Equipment	Maintenance	Energy
1	760,000	75,000	1,935,000
2		75,000	1,935,000
3		75,000	1,935,000
4		75,000	1,935,000
5		75,000	1,935,000
6		75,000	1,935,000
7		75,000	1,935,000
8		75,000	1,935,000
9		75,000	1,935,000
10		75,000	1,935,000
Total	760,000	750,000	19,350,000

# 油潤滑螺旋式空壓機能效分級基準值

油潤滑螺旋式空壓機能效分級基準值													
冷卻方式	電功率	額定排氣壓力Kg/cm <sup>2</sup>											
		7			8			10			13		
		比功率kw/(m <sup>3</sup> .min <sup>-1</sup> )											
kW/HP	1級	2級	3級	1級	2級	3級	1級	2級	3級	1級	2級	3級	
氣冷	7.5/10	7.5	8.4	9.5	7.9	8.9	10.1	8.7	9.9	11.2	9.9	11.2	12.7
	11/15												
	15/20	6.9	7.9	8.9	7.4	8.4	9.4	8.3	9.4	10.7	9.5	10.7	12.1
	18.5/25												
	22/30	6.8	7.6	8.3	7.2	8.1	8.8	8.1	9.1	10.2	9.1	10.2	11.5
	30/40												
	37/50												
	45/60												
	55/75												
	75/100	6.1	6.9	7.8	6.5	7.3	8.3	7.7	8.7	9.8	8.6	9.7	11.0
	90/125												
110/150	6.0	6.7	7.5	6.3	7.1	8.0	7.4	8.3	9.5	8.4	9.4	10.6	
水冷	7.5/10	6.9	7.7	9.0	7.3	8.2	9.5	8.6	9.7	10.7	9.5	10.8	12.1
	11/15												
	15/20	6.5	7.3	8.3	6.9	7.7	8.8	8.2	9.2	10.2	9.3	10.4	11.5
	18.5/25												
	22/30	6.2	7.0	7.9	6.6	7.4	8.4	7.8	8.8	9.8	8.7	9.8	10.9
	30/40												
	37/50												
	45/60												
	55/75												
	75/100	5.8	6.5	7.5	6.1	6.9	8.0	7.5	8.4	9.3	8.4	9.4	10.4
	90/125												
110/150	5.6	6.3	7.1	6.0	6.7	7.5	7.2	8.1	9.0	8.1	9.1	10.0	

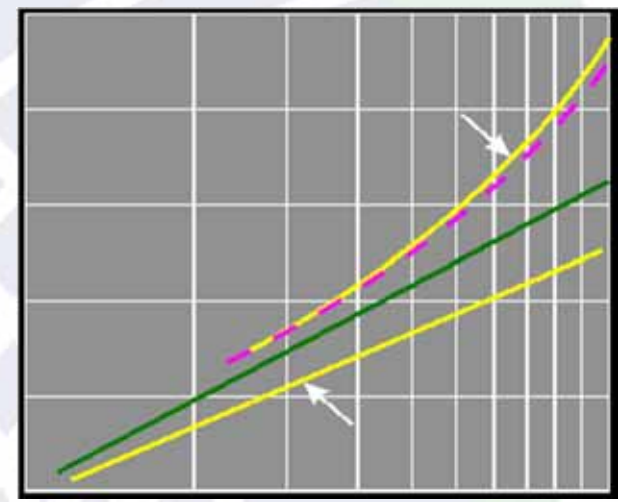


# 比功率性能曲線圖



P 單位耗能=  $\left[ \frac{\text{總輸入電力 kW}}{\text{自由出氣量 m}^3/\text{min}} \right]$   
(比功率)

總輸入電力



- ρ = 8.4
- ρ = 7.8
- ρ = 6.9
- ρ = 6.1

出氣量

# 節能概念

空壓機每增加1 bar壓力:

耗能增加 6 to 10 % 的空壓機效能

增加 8 °C的壓縮溫度

# 我所需知道的壓縮空氣系統?



- ▶ 壓力 (psi/bar) vs. 出氣量 (cfm/l/s/M<sup>3</sup>/min)
  - ▶ 壓力是測量能量
  - ▶ 出氣量是測量容量
- ▶ 增加任何一項會增加耗電量 Input hp/kW

# 我所需知道的壓縮空氣系統?

**1600 cfm @ 100 psi = 400 hp**

**1400 cfm @ 125 psi = 400 hp**

**1200 cfm @ 150 psi = 400hp**

**755 l/s @ 7 bar = 300kW**

**660 l/s @ 8 bar = 300 kW**

**566 l/s @ 10 bar = 300 kW**

案例中可以發現同一空壓機供應商所製造的設備,在不同的壓力下會有不同的出氣量,

因為配合現場要求壓力提高,就發現出氣量減少的事實.

當選錯機型,同樣用氣量需求的生產設備就,必須付出更高的電費.

## B.控制最佳化

主從控制

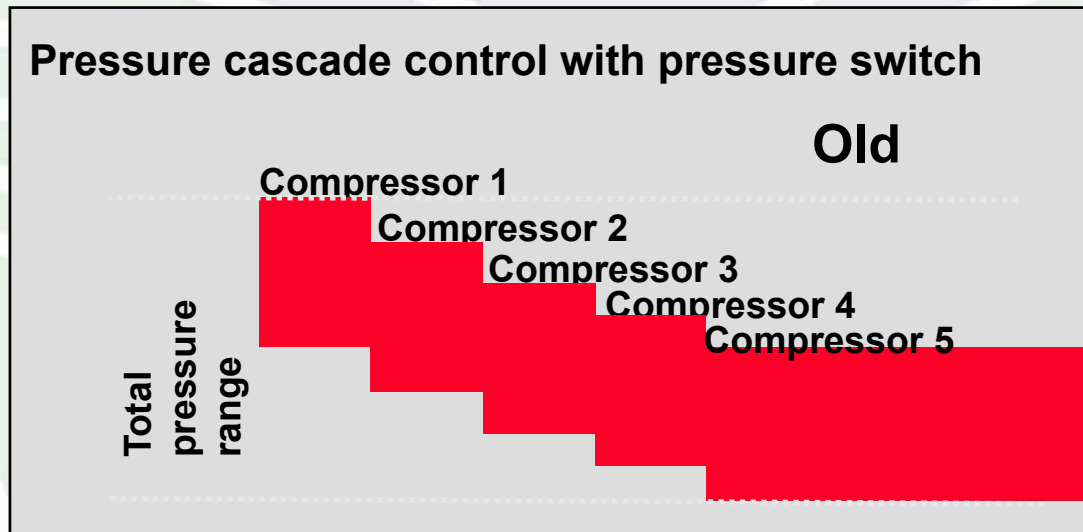
串聯控制

壓力範圍控制

混合控制



# 較耗能的壓力範圍控制

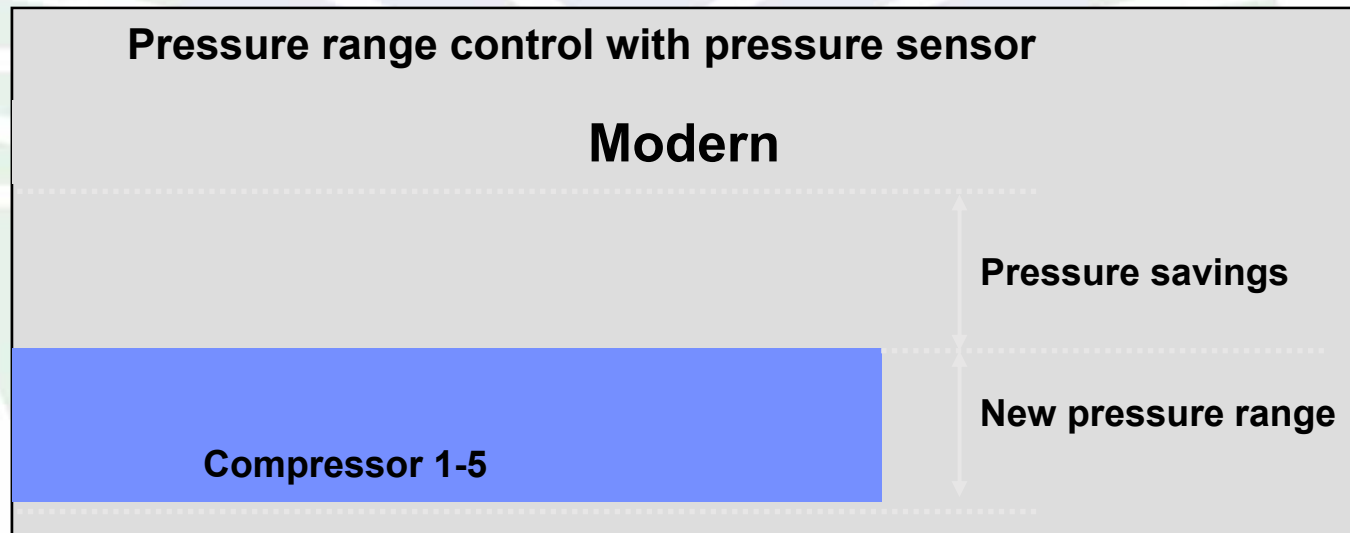


**Typical cascade control of several interconnected compressors:**

- The disadvantage of this arrangement is the summing up of the pressure ranges resulting in a common wide pressure range.
- Economically unfavorable

**Please note: a pressure increase of 1 bar = 6 to 10% higher input power!**

# 建議壓力範圍控制



## Modern control variant of several interconnected compressors:

- Advantage: All connected compressors are controlled using a common host pressure sensor within a very narrow pressure range. Pressure switch systems are also equipped with sensor control.
- Very economic

**Please note: A pressure increase of 1 bar = 6 to 10% higher input power!**

# C.控制模式

空壓機控制模式乃依據現場用氣需求而做的調控其有以下幾種方式:

## 控制模式

### 非持續性:

- 間歇性控制 (for smaller piston compressors)
- 空車運轉控制
- 空重車運轉控制

### 持續性:

- 變頻變速控制
- 入口容調閥控制
- 壓縮室改變容積控制

# 有任何控制模式是完美無缺的？

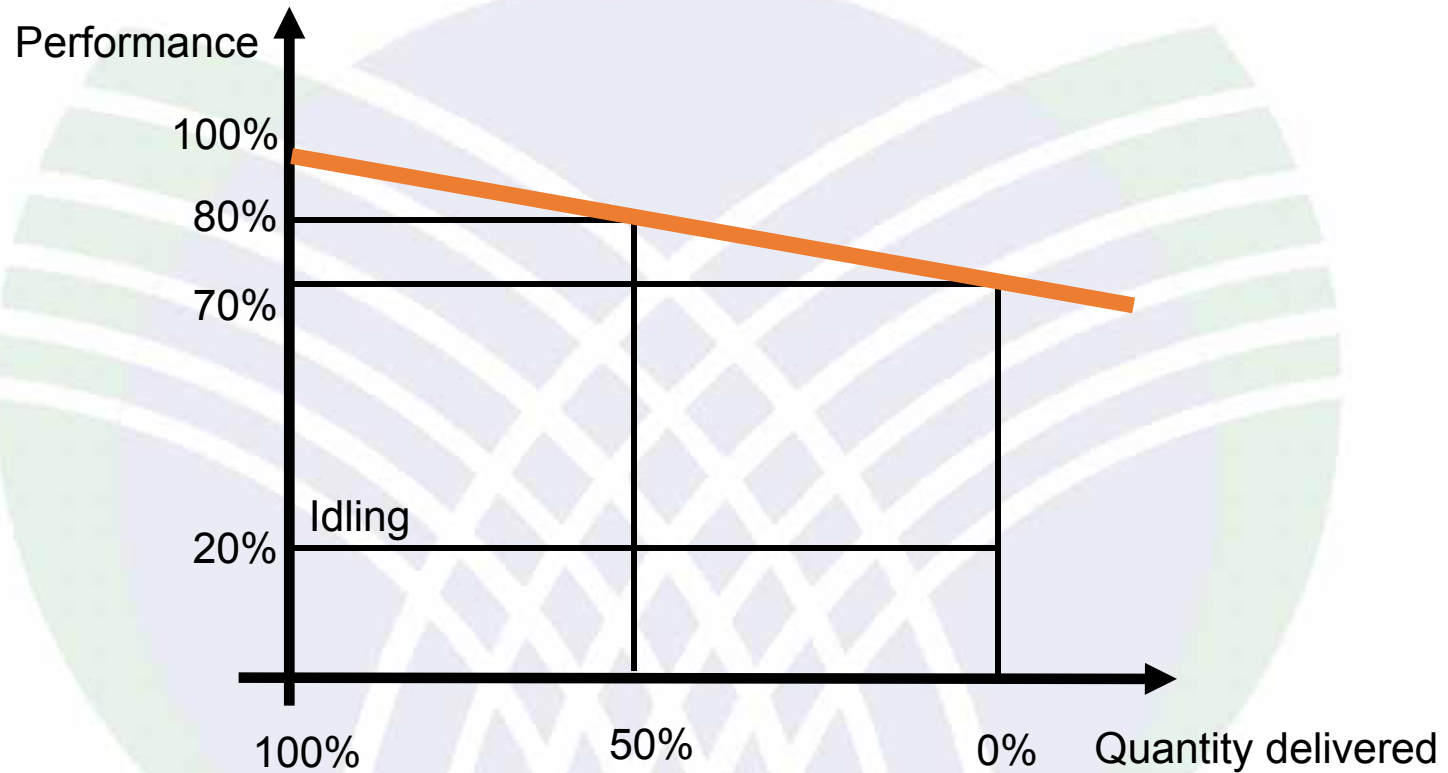
No !

A volume flow control depends on

- the properties of the compressor (model)
- drive engine (permissible number of starts per hour)
- compressed-air system
- control range required

目標： 盡可能使空壓機在全部重載狀況  
最少的空車時數

# 持續性:入口容調閥控制



- Continuously variable control of the inlet valve enables adjustment of the supply quantity between 100% and 50%
- Power consumption is reduced to min. 80%

# 變速變頻控制

- ▶ By means of Regulated Speed , there is good adjustment to varying consumption of compressed air
- ▶ No idling, therefore, no idling costs
- ▶ No peaks
- ▶ Increased investment costs (electrical system)

## **Advice:**

Plants with several compressors require tuning between controlling range and available standard compressors

## D. 高效率壓縮空氣新世代

- 選擇合適空壓機

減少空車運轉

使用高效率馬達

熱回收

系統壓降最小化

洩漏防止

節能監控系統

# 選擇合適空壓機

**Make energy consumption  
the first consideration!**

**WHY?**



# 壓縮空氣

## -如何降低投資成本-

如果貴廠每日24小時生產運轉, 每年約360工作日, 合計8600小時/年  
每度費以3元計(kW-H)

-50HP空壓機(37kW)壹年使用所需電費  $37\text{kW} \times 8600\text{小時} \times 3\text{元}$   
約= 954,600元/年

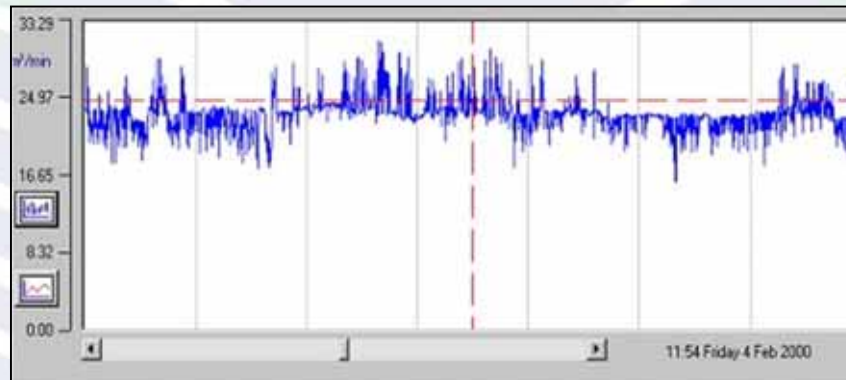
-75HP空壓機(55kW)壹年使用所需電費  $55\text{kW} \times 8600\text{小時} \times 3\text{元}$   
約= 1,419,000元/年

-100HP空壓機(75kW)壹年使用所需電費  $75\text{kW} \times 8600\text{小時} \times 3\text{元}$   
約= 1,935,000元/年

-180HP空壓機(132kW)壹年使用所需電費  $132\text{kW} \times 8600\text{小時} \times 3\text{元}$   
約= 3,405,600元/年

假設壹部空壓機有8萬小時(10年)的運轉壽命, 則上述電費須乘10倍, 選擇一部  
高效率的空壓機, 只要節省運轉電能10%以上, 其購機費用等於免購進!

## 選擇合適空壓機



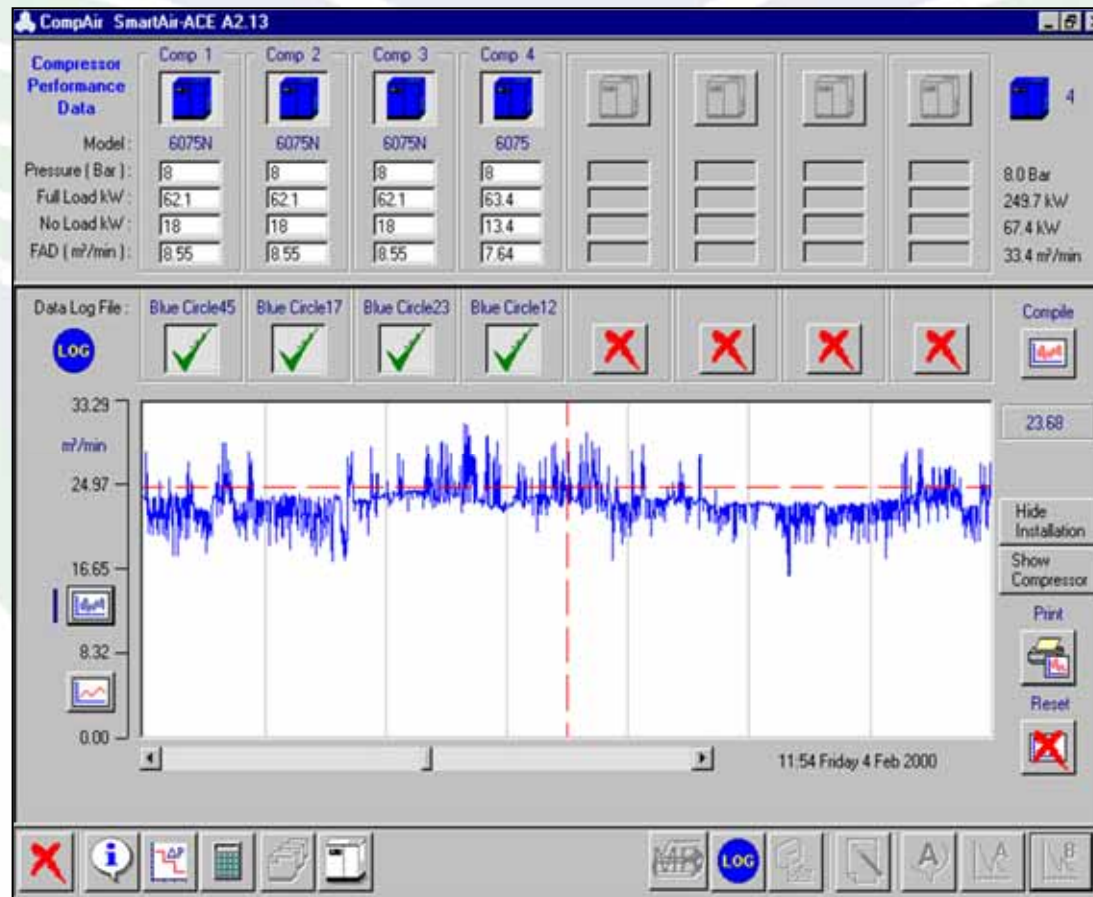
### Understand the air demand

It is important to understand the air demand so that the best solution can be identified

如何做？

# Data-logging Process

- Log compressor system and generate demand profile

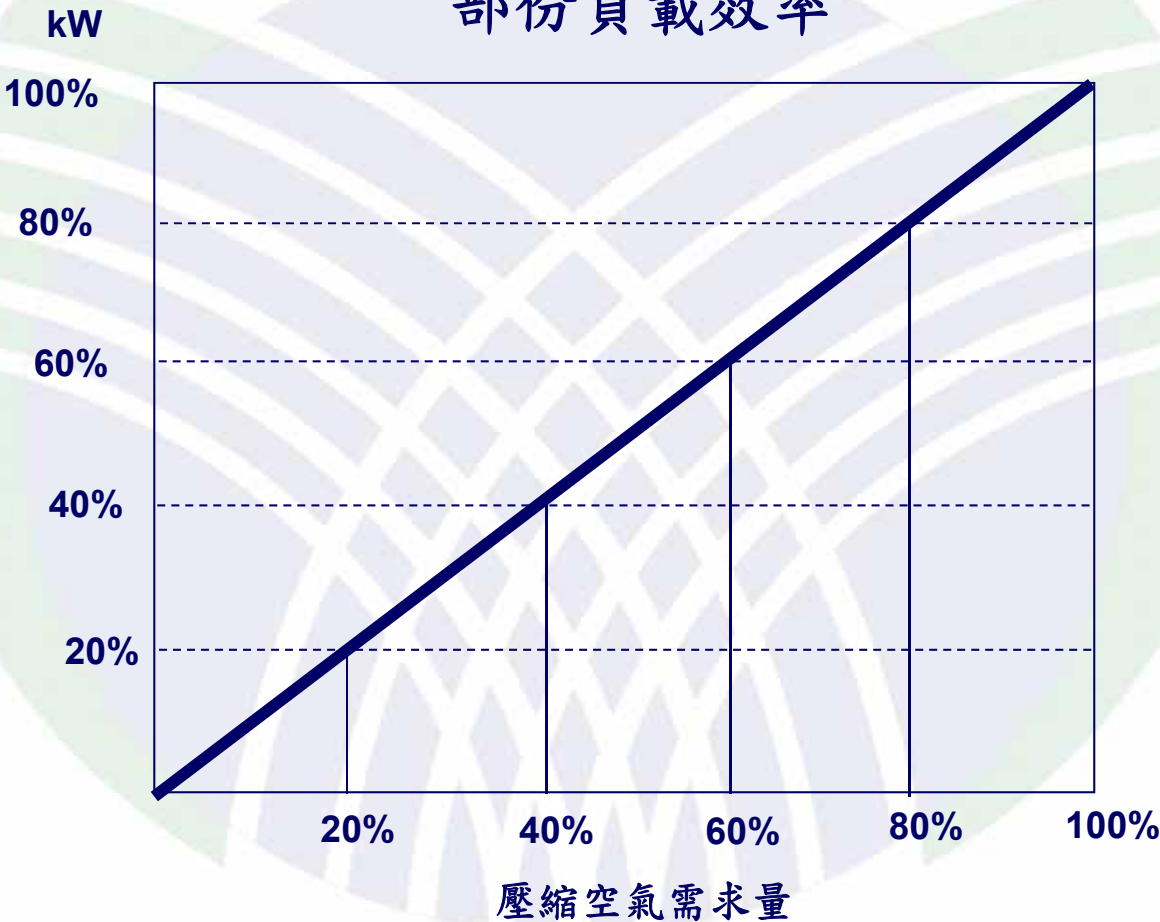


## 減少空車運轉

一般空壓機於空車運轉時無產生壓縮空氣,但仍然  
耗能相當滿載運轉時之35~50%

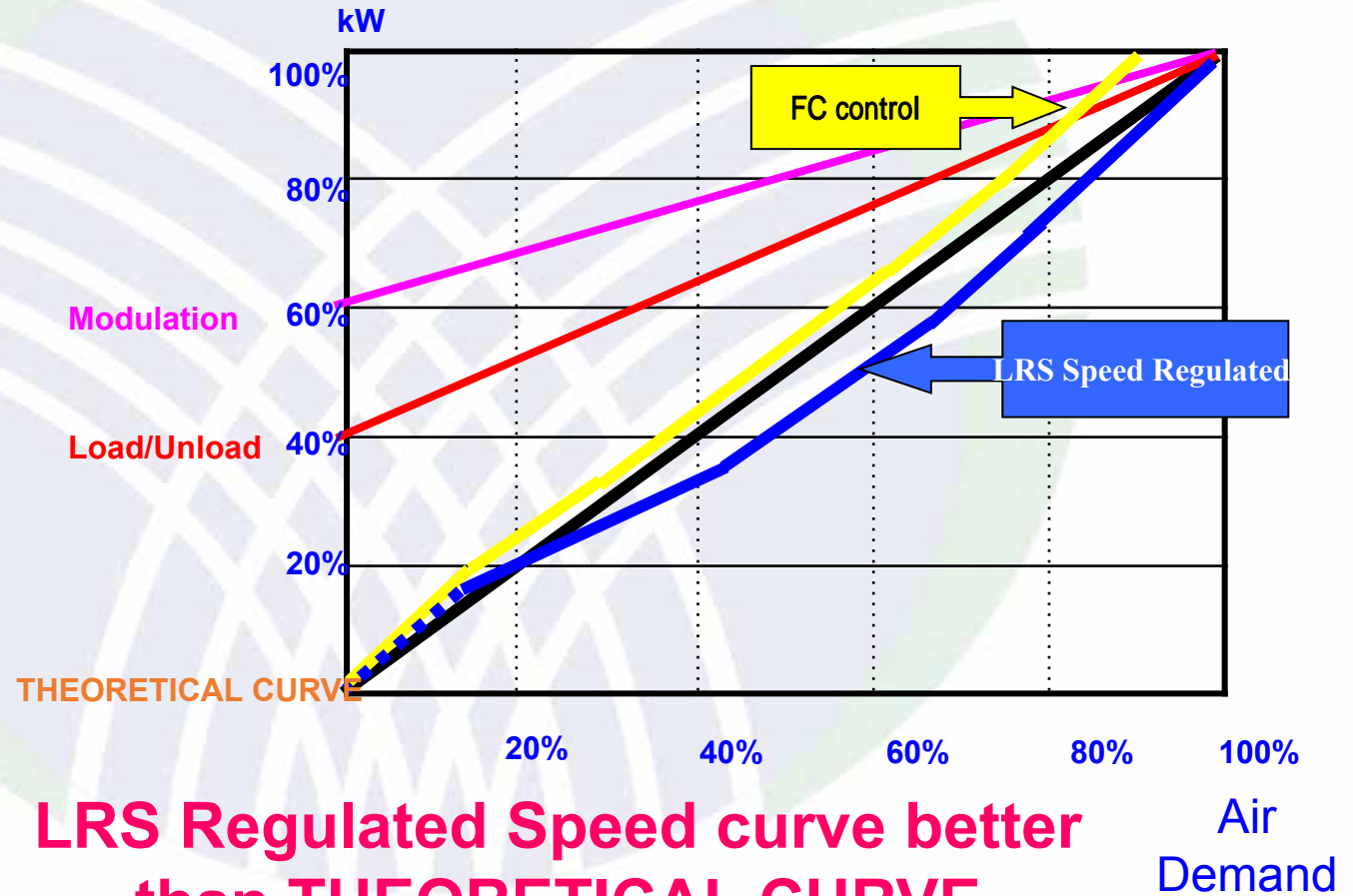
- **The addition of a speed regulated compressor to a system enables offload running to be minimised or eliminated thus saving energy**

# 部份負載效率



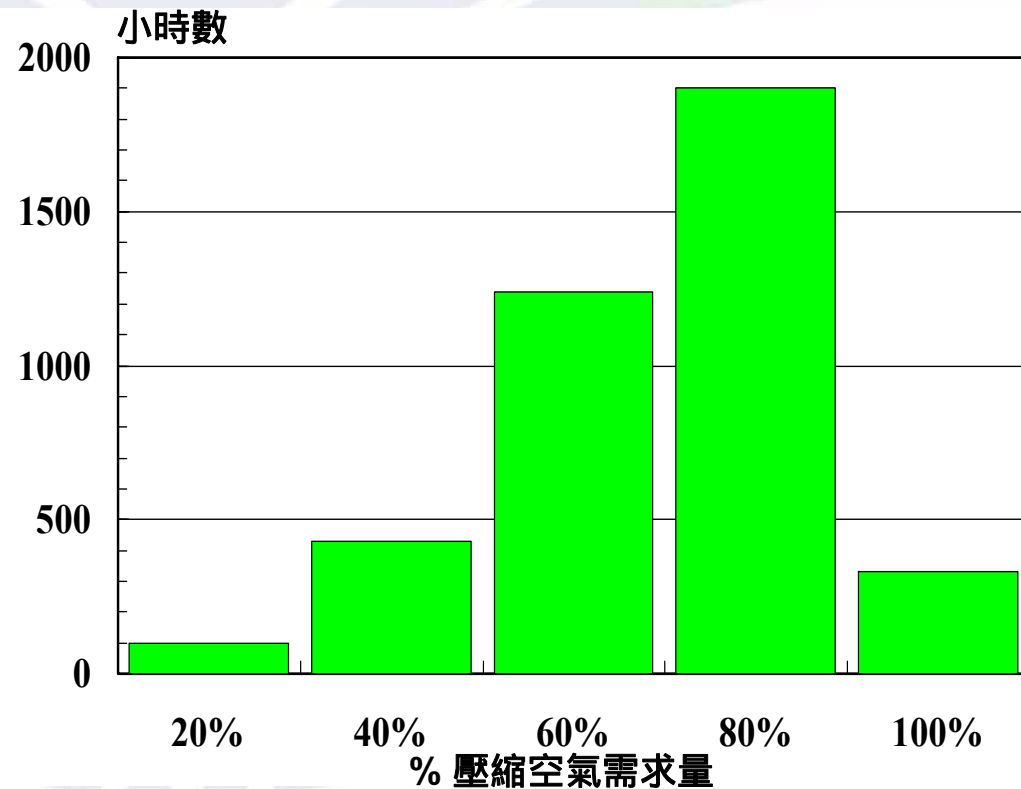
理想的壓縮空氣耗能曲線圖

# 容量調節系統 VS LRS-系列



## 典型的空壓機安裝使用狀態表

- 研究後顯示，一般空壓機安裝使用時，大約介於50%~70%的使用率(4000小時/年)，因此最大需求量僅被需求在圖表峰值長條圖部份

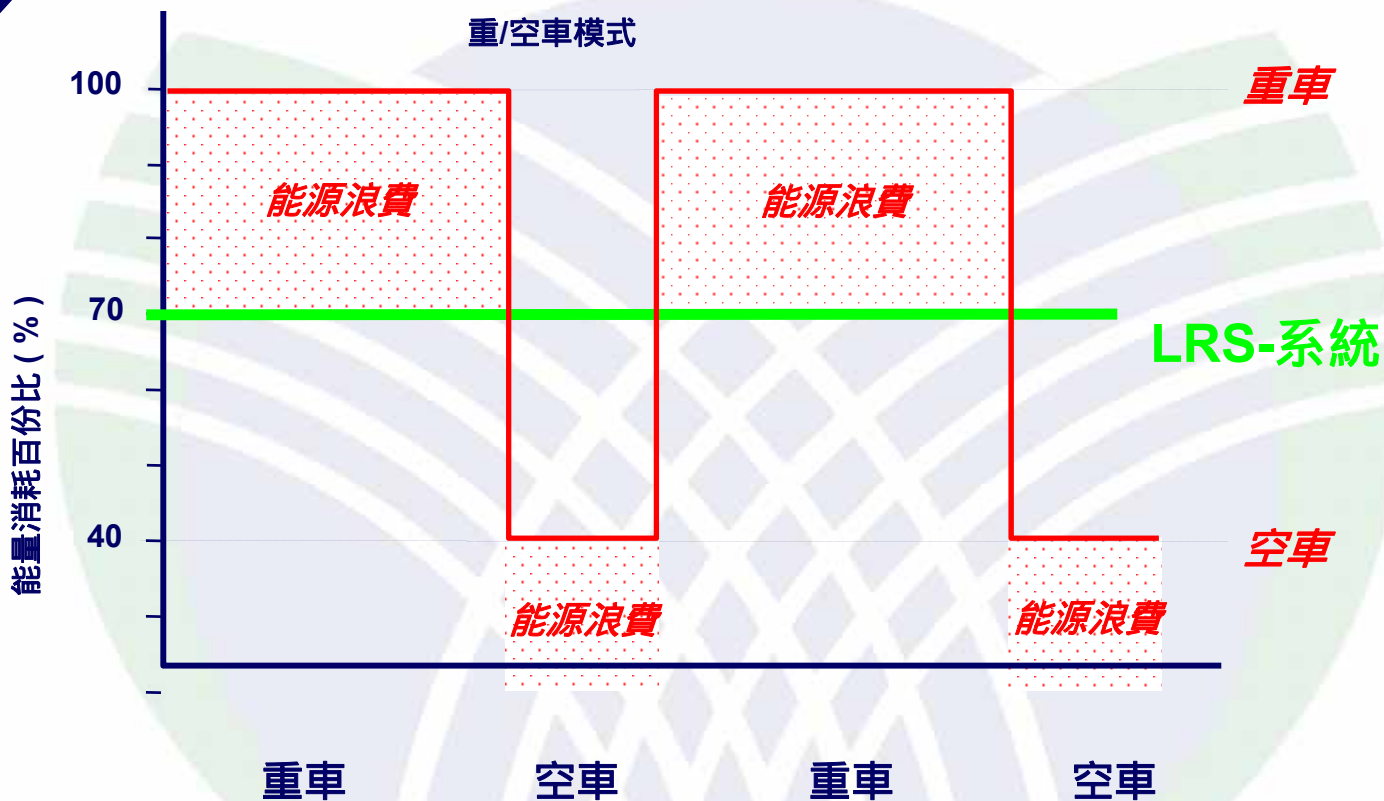


每年4000小時 平均約為50%~70%滿載容量

23%  
能源大幅節省

## 壓縮空氣能量消耗圖

例如 能源節省70%之滿載狀態



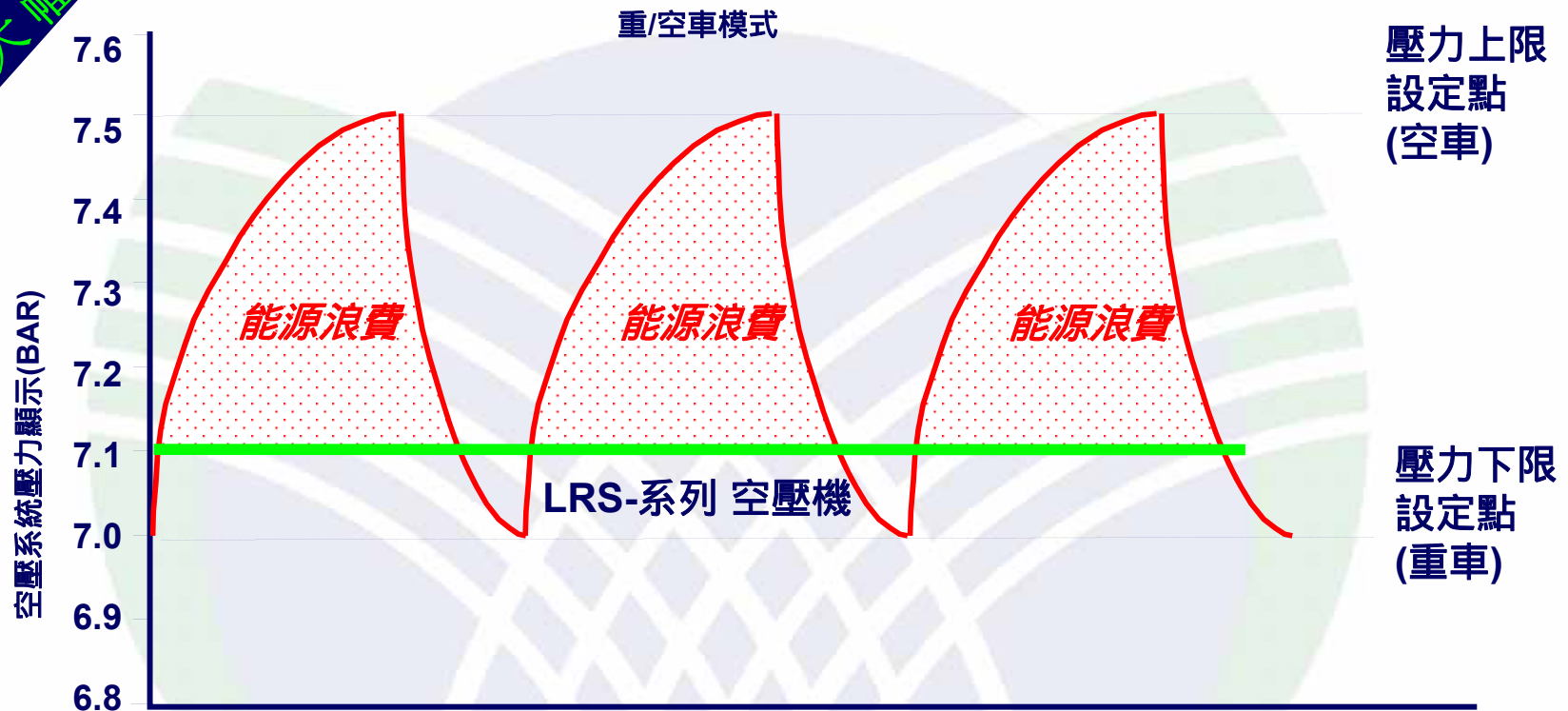
LRS-系列空壓機，維持能源消耗在綠色直線部份



1.5%  
能源大幅節省

## 壓縮空氣能量消耗圖

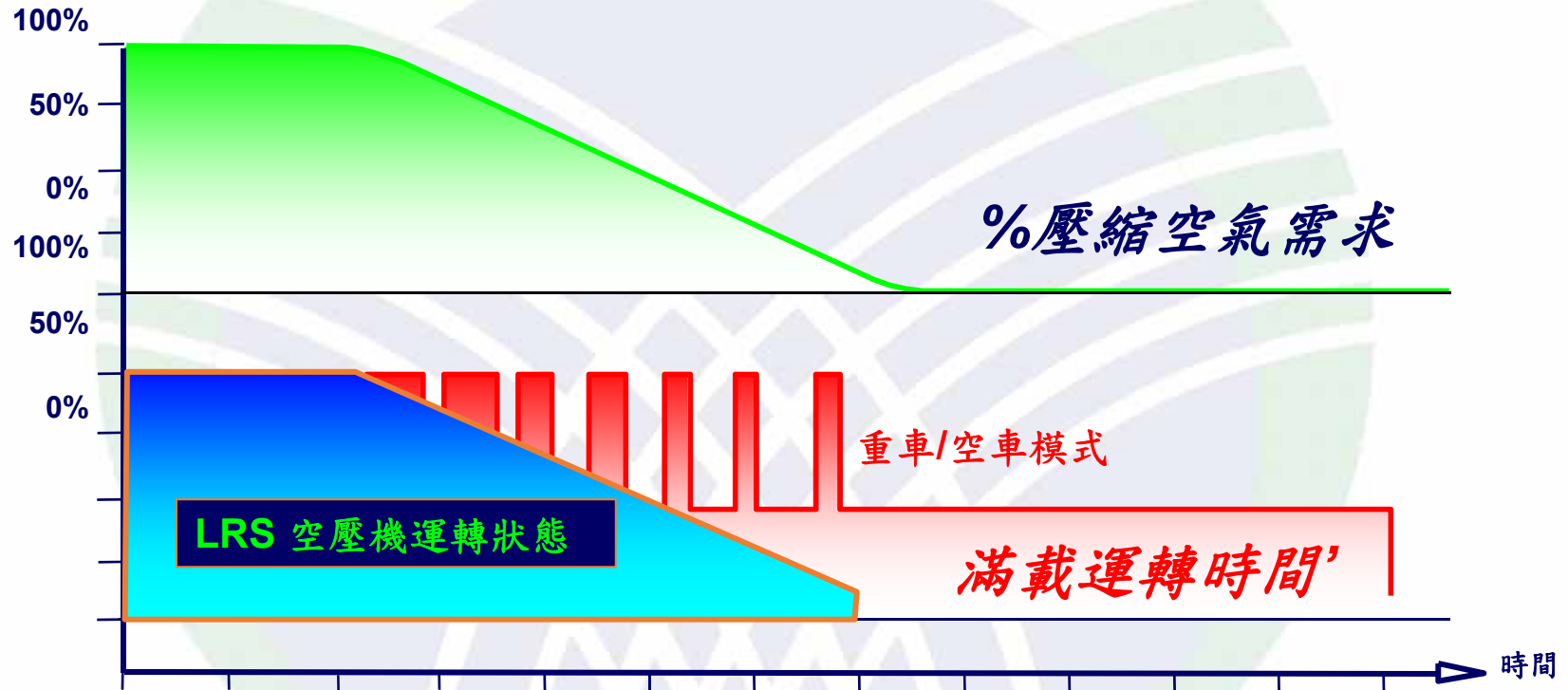
例如 能源節省70%之滿載狀態



LRS-系列 空壓機提供一個固定且平穩的壓縮空氣需求，無空-重車模式進而達到理想的能源節省及狀態

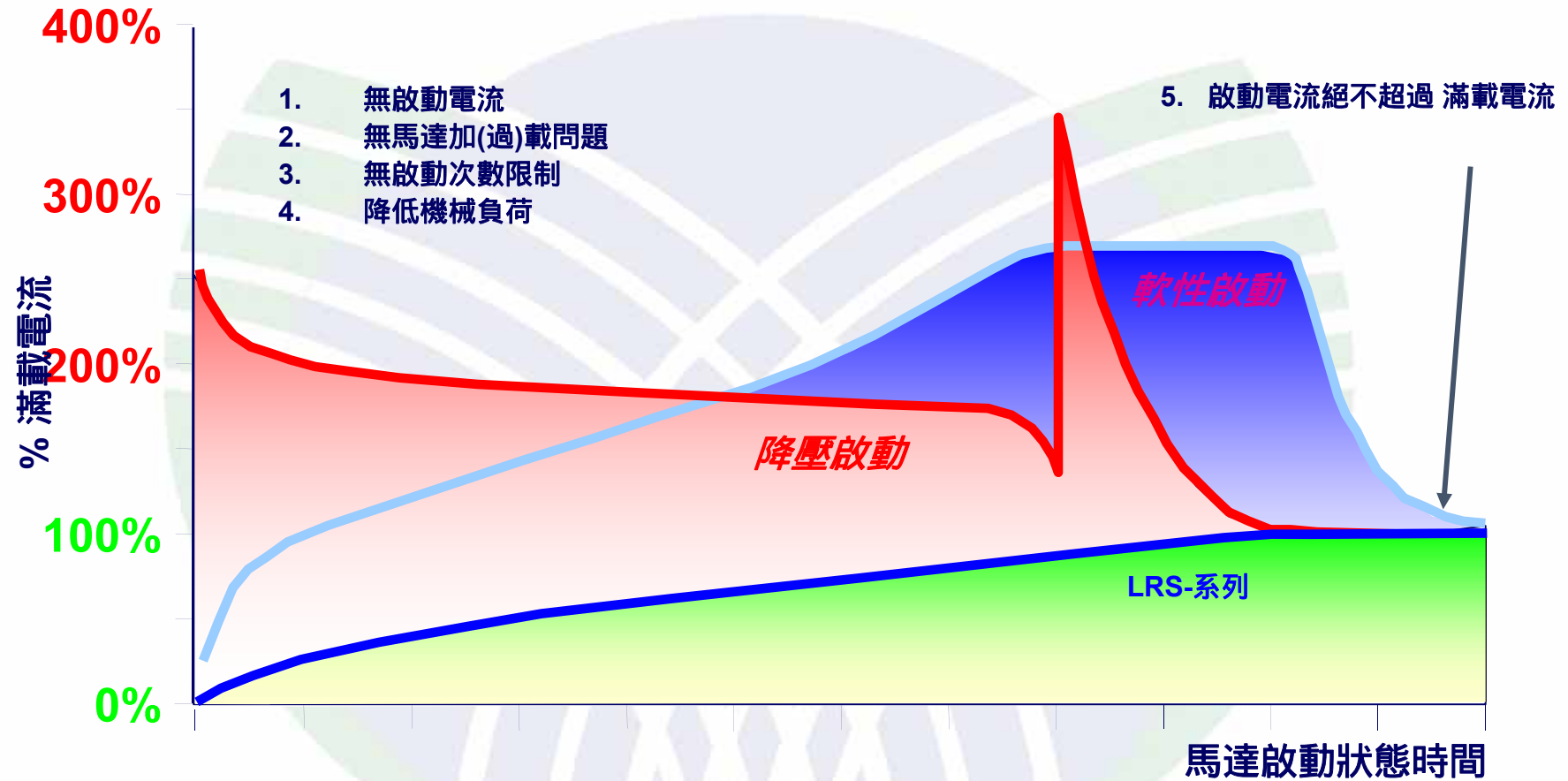
0.5%  
能源大幅節省

### 無馬達啟動次數之限制



無啟動次數限制、無馬達冷卻問題、無運轉時間

# LRS啟動優點

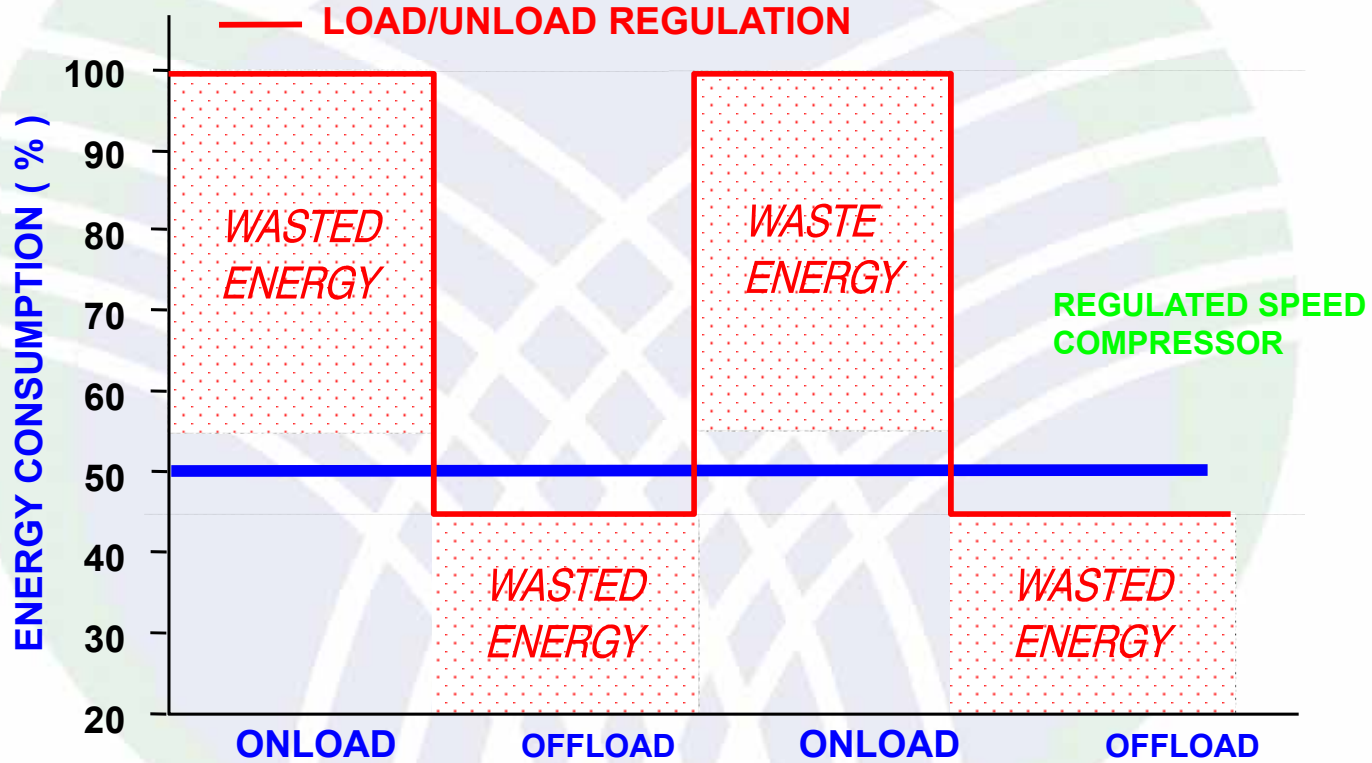


消除對於無效的峰值電流的浪費問題

36%

ENERGY SAVING

ENERGY CONSUMPTION COMPARISON  
EXAMPLE ENERGY SAVING @ 50% LOAD



**RS Keeps Energy Consumption  
In Direct Proportion to Air Demand**

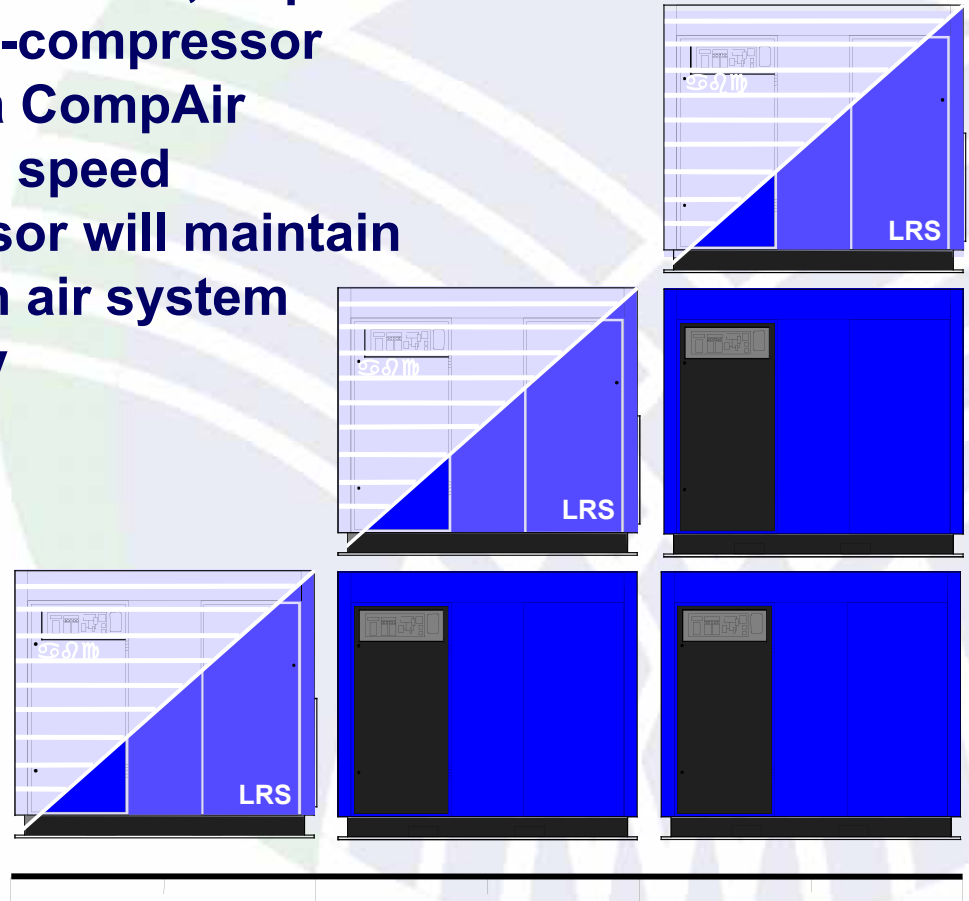
# The Benefits of Regulated Speed Compressor

- Unloaded running eliminated
- Near constant system pressure
- Soft starting with no current peaks
- No peak current energy cost penalties
- Unlimited stopping and starting
- Reduced mechanical loads

[Drawing](#)

# Maximise Air System Efficiency

As a stand alone, or part of a multi-compressor system, a CompAir regulated speed compressor will maintain maximum air system efficiency



Keep conventional compressors at full load to exploit their maximum efficiency

# 使用高效率馬達

在歐洲的馬達製造廠都同意配合馬達消耗能源分級(台灣亦於104年開始實施)

共分成三種級別IE1/IE2/IE3,規範範圍從1.1到 375kW,

**IE2在2011年6月16日已經是最低標準**

以IE 1 / IE 2 / IE 3分級區分 - IE 3 是最高等級標準

馬達	相當IE 3或更高	相當IE 2或更高	IE 1 以下
15kW	93%	91%	89.5%
37kW	94.5%	93%	91.2%
75kW	95.4%	94.5%	92.7%
90kW	95.4%	94.5%	93%



# 能源效率基準及檢查方式內容

## 附表二 低壓三相鼠籠型感應電動機IE3能源效率基準

額定輸出功率		2極			4極			6極			實施日期
		同步轉速 (rpm)	額定滿載效率η(%)		同步轉速 (rpm)	額定滿載效率η(%)		同步轉速 (rpm)	額定滿載效率η(%)		
KW	HP (參考值)	60Hz	全閉型	保護型	60Hz	全閉型	保護型	60Hz	全閉型	保護型	自一百零五年 七月一日起
0.75	1	3600	77.0	77.0	1800	85.5	85.5	1200	82.5	82.5	
1.1	1.5		84.0	84.0		86.5	86.5		87.5	86.5	
1.5	2		85.5	85.5		86.5	86.5		88.5	87.5	
2.2	3		86.5	85.5		89.5	89.5		89.5	88.5	
3.7	5		88.5	86.5		89.5	89.5		89.5	89.5	
5.5	7.5		89.5	88.5		91.7	91.0		91.0	90.2	
7.5	10		90.2	89.5		91.7	91.7		91.0	91.7	
11	15		91.0	90.2		92.4	93.0		91.7	91.7	
15	20		91.0	91.0		93.0	93.0		91.7	92.4	
18.5	25		91.7	91.7		93.6	93.6		93.0	93.0	
22	30		91.7	91.7		93.6	94.1		93.0	93.6	
30	40		92.4	92.4		94.1	94.1		94.1	94.1	
37	50		93.0	93.0		94.5	94.5		94.1	94.1	
45	60		93.6	93.6		95.0	95.0		94.5	94.5	
55	75		93.6	93.6		95.4	95.0		94.5	94.5	
75	100		94.1	93.6		95.4	95.4		95.0	95.0	
90	125		95.0	94.1		95.4	95.4		95.0	95.0	
110	150		95.0	94.1		95.8	95.8		95.8	95.4	
150	200		95.4	95.0		96.2	95.8		95.8	95.4	
185~200	250~270		95.8	95.4		96.2	96.0		95.8	95.8	

註: (1) 為額定滿載效率,實測滿載效率依中華民國國家標準CNS14400「低壓三相鼠籠型高效率感應電動機(一般用)」或依中央主管機關規定之標準試驗。

(2)廠商於銘牌上滿載效率標示值不得小於標準值。

(3)實測支滿載效率不得小於標示值η減去許可差,許可差計算方式如下:

$$\epsilon = (1 - \eta) \times 15\% \quad (\text{額定輸出功率} \leq 150\text{kw之電動機}) \quad \epsilon = (1 - \eta) \times 10\% \quad (\text{額定輸出功率} > 150\text{kw之電動機})$$

(4)滿載效率之實測值(%)計算至小數點後第一位,小數點後第二位四捨五入。

(5)若未表列之輸出功率「大於或等於」其大一級輸出功率和小一級輸出功率之平均值,以大一級輸出功率之效率為檢驗標準。

(6)若未表列之輸出功率「小於」其大一級輸出功率和小一級輸出功率之平均值,以大一級輸出功率之效率為檢驗標準。





# 有關空壓機房管路設計規劃：

200hp 26.4CMM  
 Modulation 6.7/7.7/7.2  
 208A/230A 4447/21610h

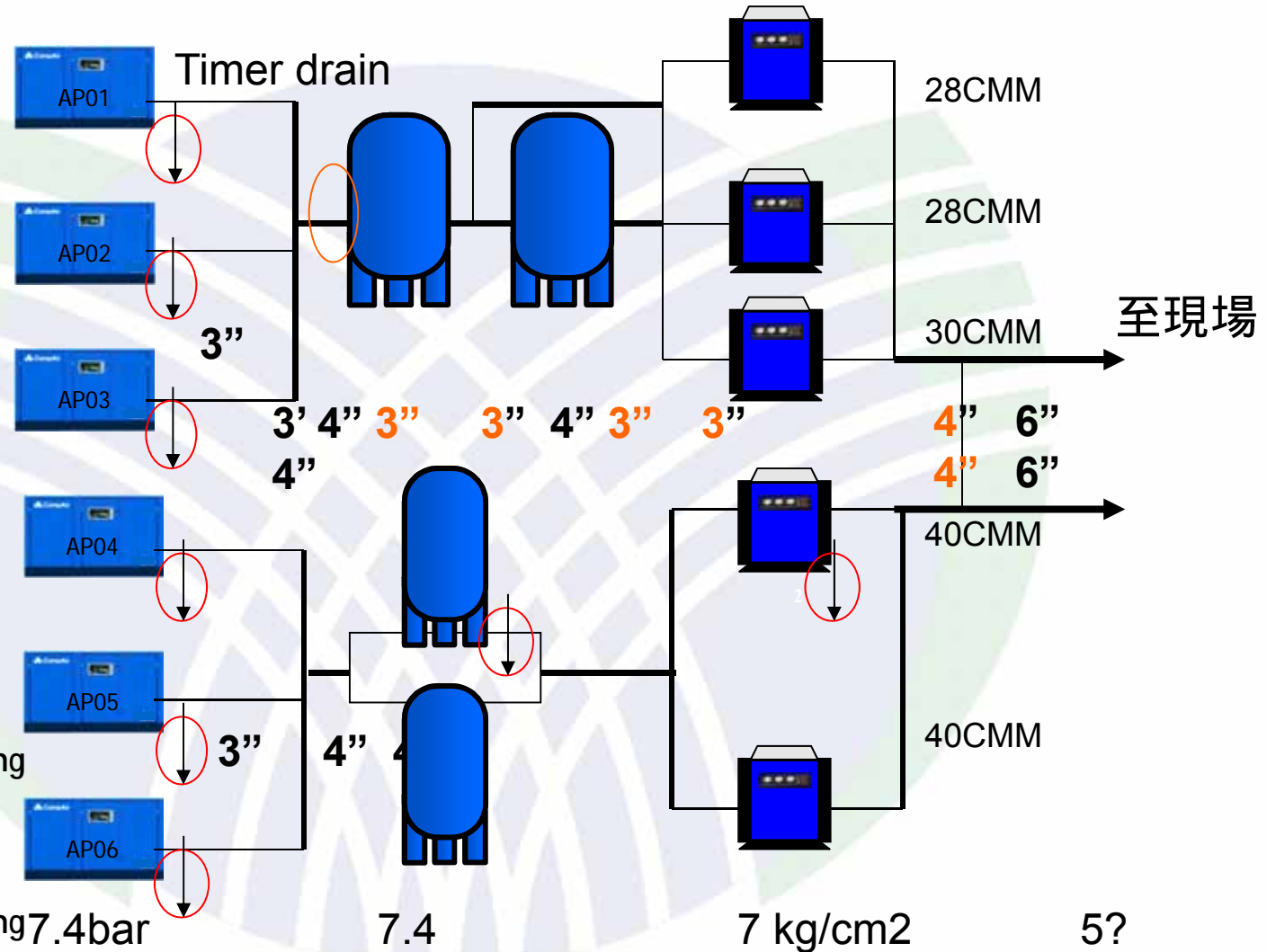
200hp 26.4CMM 213A  
 Modulation 6.6/7.5/7  
 53807/54547h

200hp 26.4CMM  
 Modulation 6.6/7.5/7  
 51359/54145h

200hp 26.4CMM 216A  
 Modulation 7/8/7.5  
 30222/30529h

220hp 24.4 CMM/8.6bar  
 load/unload 6.8  
 30397/88197h 34% loading

220hp 24.4CMM/10.8bar  
 Load/unload 6/7  
 42119/45851h 91% loading  
 7.4bar OFF



**Total 130CMM**

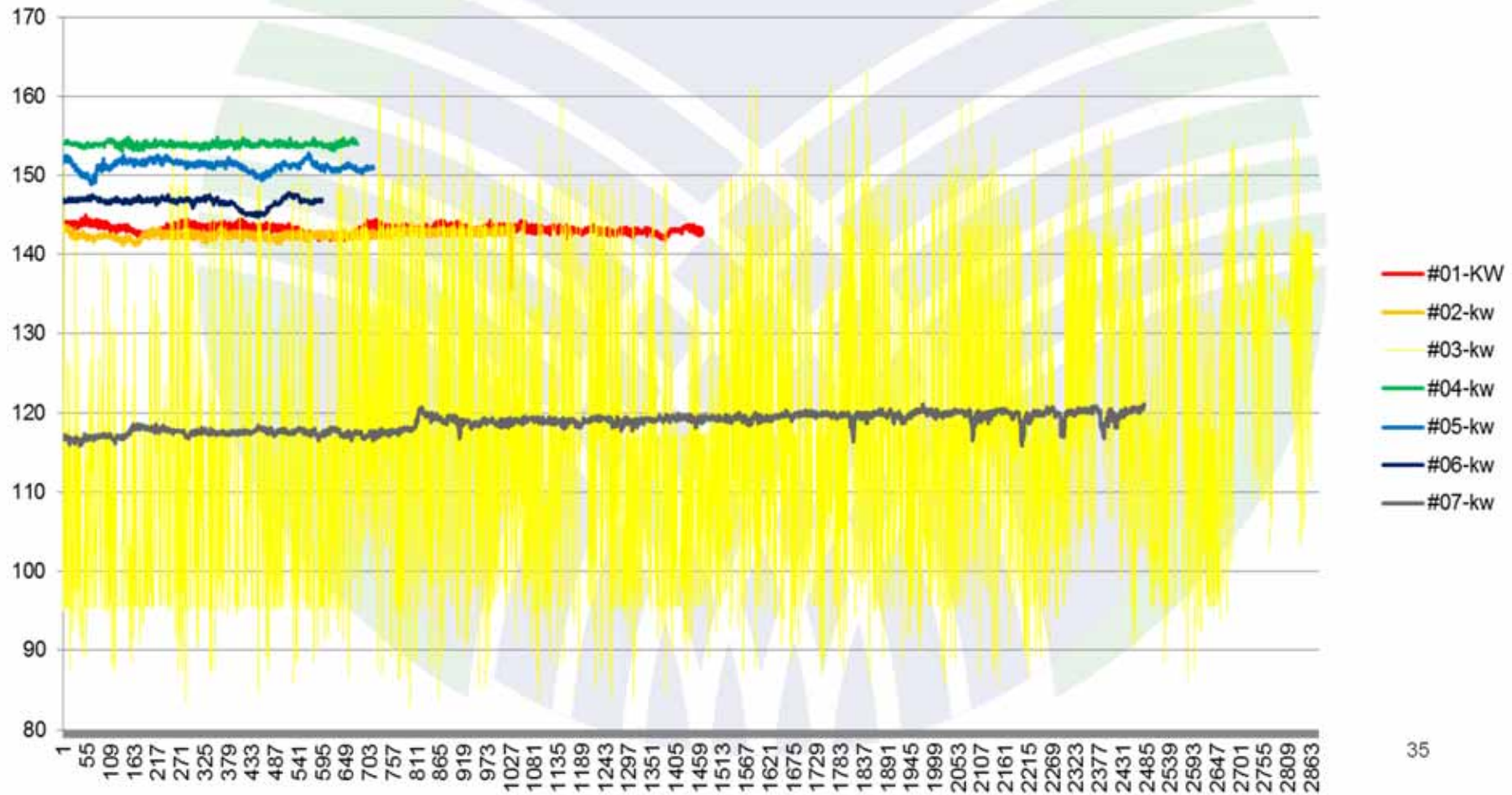
**166CMM**

**90~120CMM**

# 基線建立:kW量測



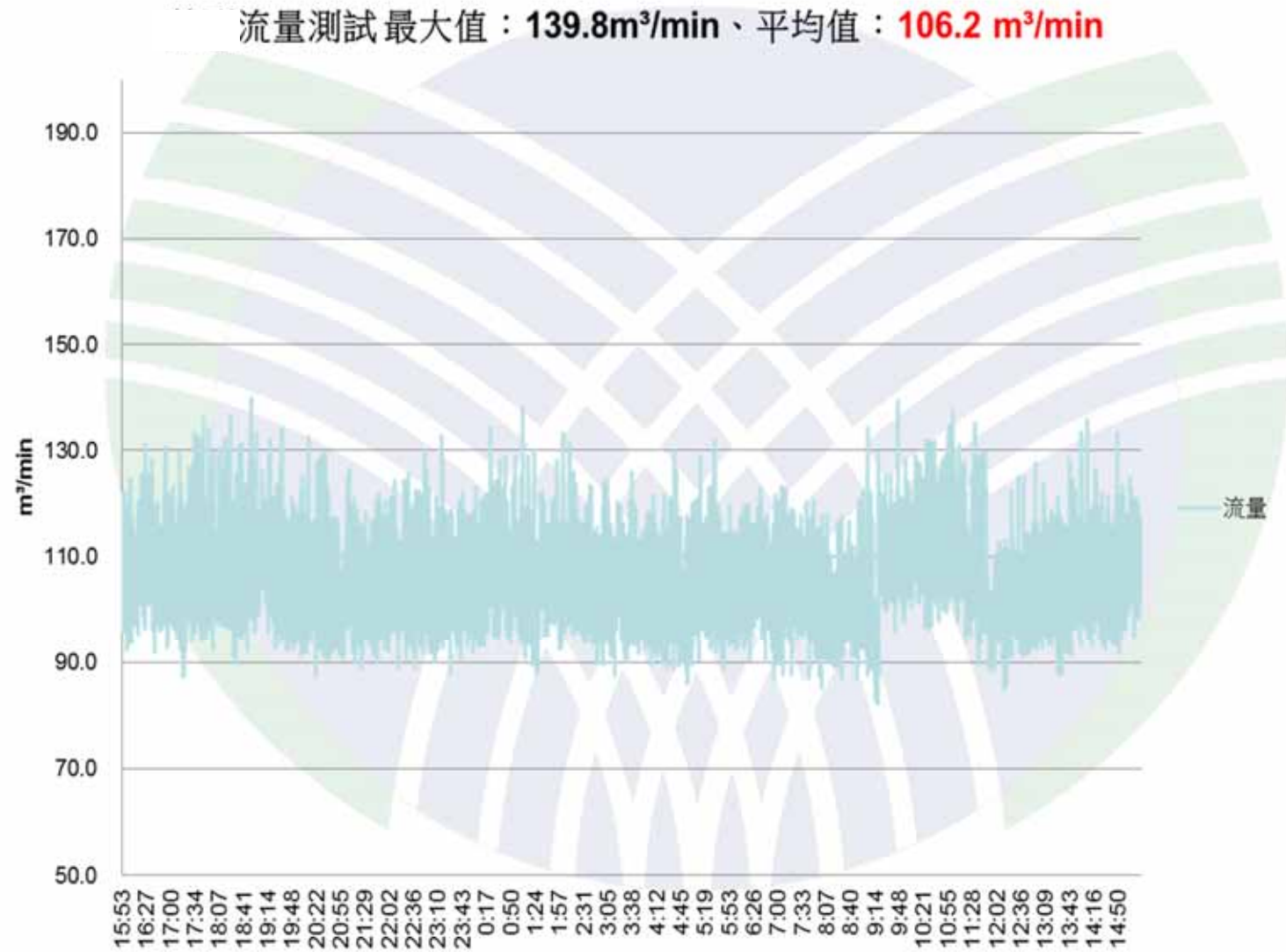
# Air compressor power consumption:



# Flow meter installation



# 流量Flow status:



## #2 200hp 單機耗能比值測試



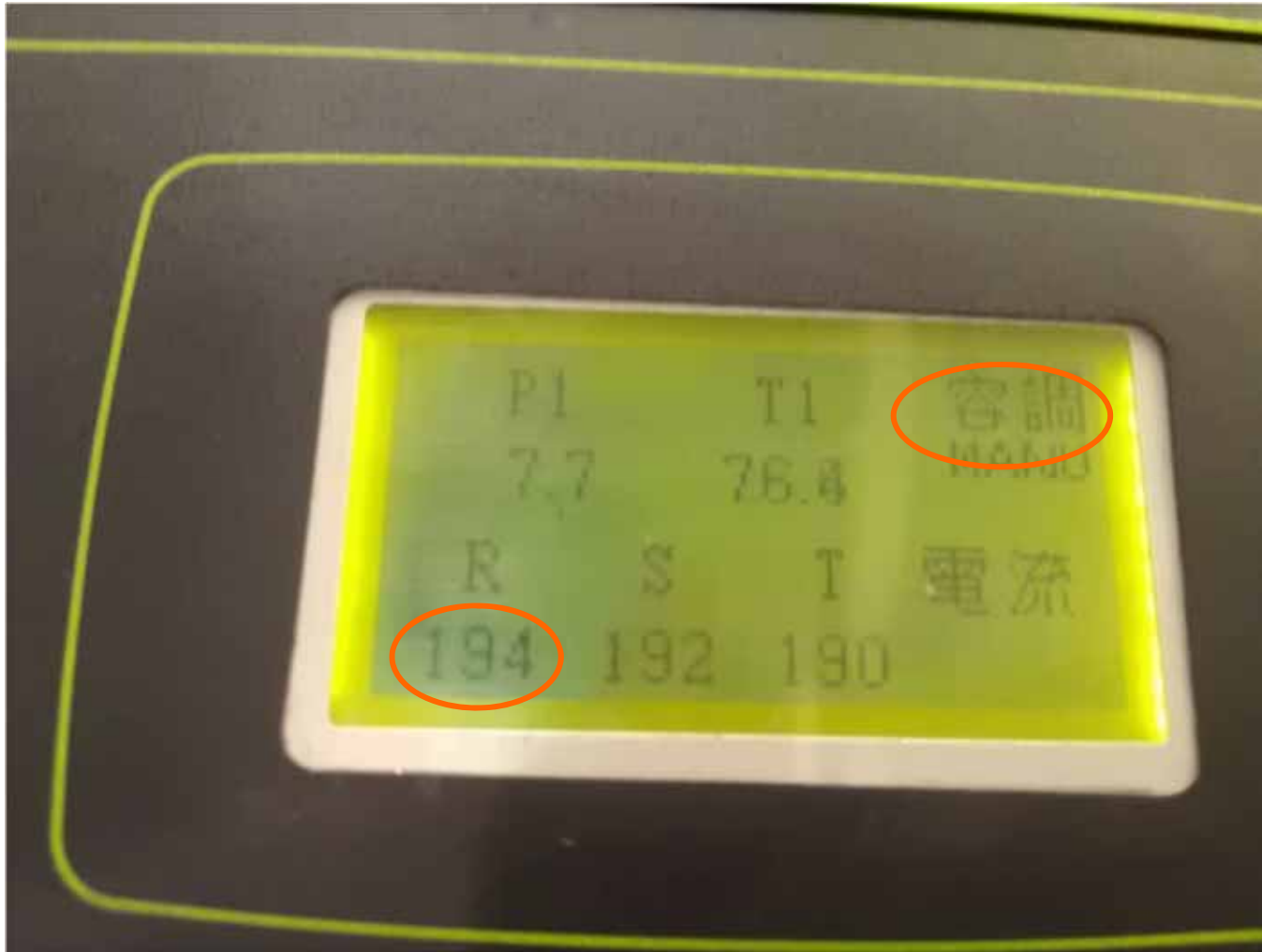
38



#1 drain air lose

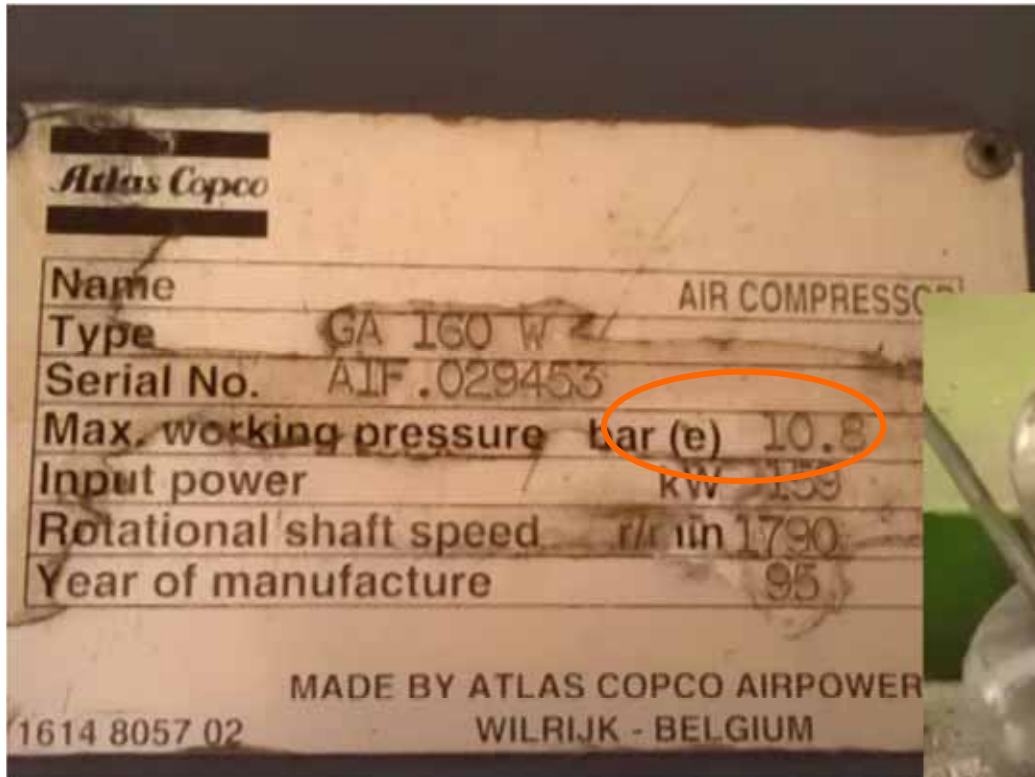


26.4CMM at 8 bar



#2/3 air compressor running at load Modulation





#6 air compressor 10.8 bar model

Tank drain air lose

# 管路排放耗氣量圖表：



耗氣量(l / m)

直徑 (mm)	錶壓( bar )				
	2	4	6	8	10
0.5	8	12	15	20	25
1.0	30	45	65	85	105
1.5	55	90	125	160	200
2.0	100	170	240	310	380
3.0	225	375	520	675	825
4.0	330	550	780	1250	1500
5.0	510	850	<b>1200</b>	1870	2300
6.0	720	1220	1700	2750	3350
8.0	1000	2150	3000	4800	5850
10.0	1570	3400	4700	7500	9200

## A.排水系統之節能：

- 一.目前貴公司在冷凍式乾燥機後方的排水使用液位自動排水器。
- 二.空壓機部分則採用Timer(8s/15s\*4 sets)+手動排水的方式。
- 三.參照上表,排水出口配置1/2" (排放口徑以12mm計算),壓力在6kg/cm<sup>2</sup>時,手動排放時排放口徑約為5.0mm,此時排放量每分鐘為1200L,一年總耗氣量為:  
$$1200\text{L}/\text{min} * [1 + (8/15 * 5)] = 4.4\text{CMM}$$
  
以150kW為例,馬達消耗功率150kW,26.4CMM/8bar,電費每度以2.3元計算  
$$4.4/26.4\text{CMM} * 150\text{kW} * 8000\text{hrs} * \text{NTD}2.3\text{元}/\text{kW-Hrs}$$
  
**=NTD 460,000元/年**
- 五.基於上述,建議排水系統使用無耗氣的自動排水器,這麼一來就不會損失上列計算的金錢,可替貴公司省下大量能源。

## B.空壓機電能之節省：

貴廠空壓機使用Load/unload+ Modulation做為容量控制,其中

#2 200HP(150kW) 205/230A(89% power consumption)70~80% capacity

#3 200HP(150kW) 216(167)/230A(72~94% power consumption)40~60% capacity

#7 200HP(150kW) 180(167)/230A(78% power consumption)50~60% capacity

共浪費(至少可節能)能源：

{[150kW\*[(89%-75%)+(83%-50%)+(78%-55%)]}X8000h

\*NTD2.3元/kW-Hrs = NTD**1,932,000元/年**

貴廠使用Load/unload,其不僅壓力較不穩定且空壓機在unload時仍消耗45~50%電力電,建議用**變頻變速**空壓機,其可依壓力設定使其其他機台處於滿載上線,備載不足部份由**變頻或變速空壓機調節**,既節能又可使每一空壓機有較高效率運轉時間。



# J-BEMS

(Building Energy Management System)

## 廠房大樓節能監控系統設計功能

# 一、功能說明

## ▶ 效率最佳化控制

根據**壓力設定值**，由程式判斷效率最佳之空壓機及附屬設備優先開啟，再依序開啟所需之機組，將採**定期輪替啟動機制**，避免機組久未運轉故障，若開啟過程發生機組故障，除了發送警報，並即時啟動下一順序機組替代，確保系統壓力穩定。

## ▶ 能源可視化

可透過通訊將各廠牌集合式電錶數據進行紀錄，並將數據透過**JPC能源報表平台**進行呈現，隨時監看能源耗用情形。

## ▶ 數據分析及耗能管控

可根據產能及天候變化，**比較各年/月能源變化**，進而分析產品單位耗能是否合理，並可**設定警戒值**，即時通知能管員，進行討論及改善。



## ▶ 時程控制

根據產線上下班及加班時間，可利用萬年曆進行系統開關時程設定，可大大**避免人為操作失誤**，機組故障或忘記關閉之情形。

## ▶ 系統壓力流量紀錄可視化

可**即時紀錄(每秒)壓力及流量變化**，若發生故障，可比對當時紀錄數據加以分析，並**可定時檢討趨勢報表**，針對趨勢圖中較異常之時段進行檢討，加以改善製程流程或調整設備參數，進而提高製程良率及降低耗電量。

## ▶ 系統效率計算及運轉時數紀錄

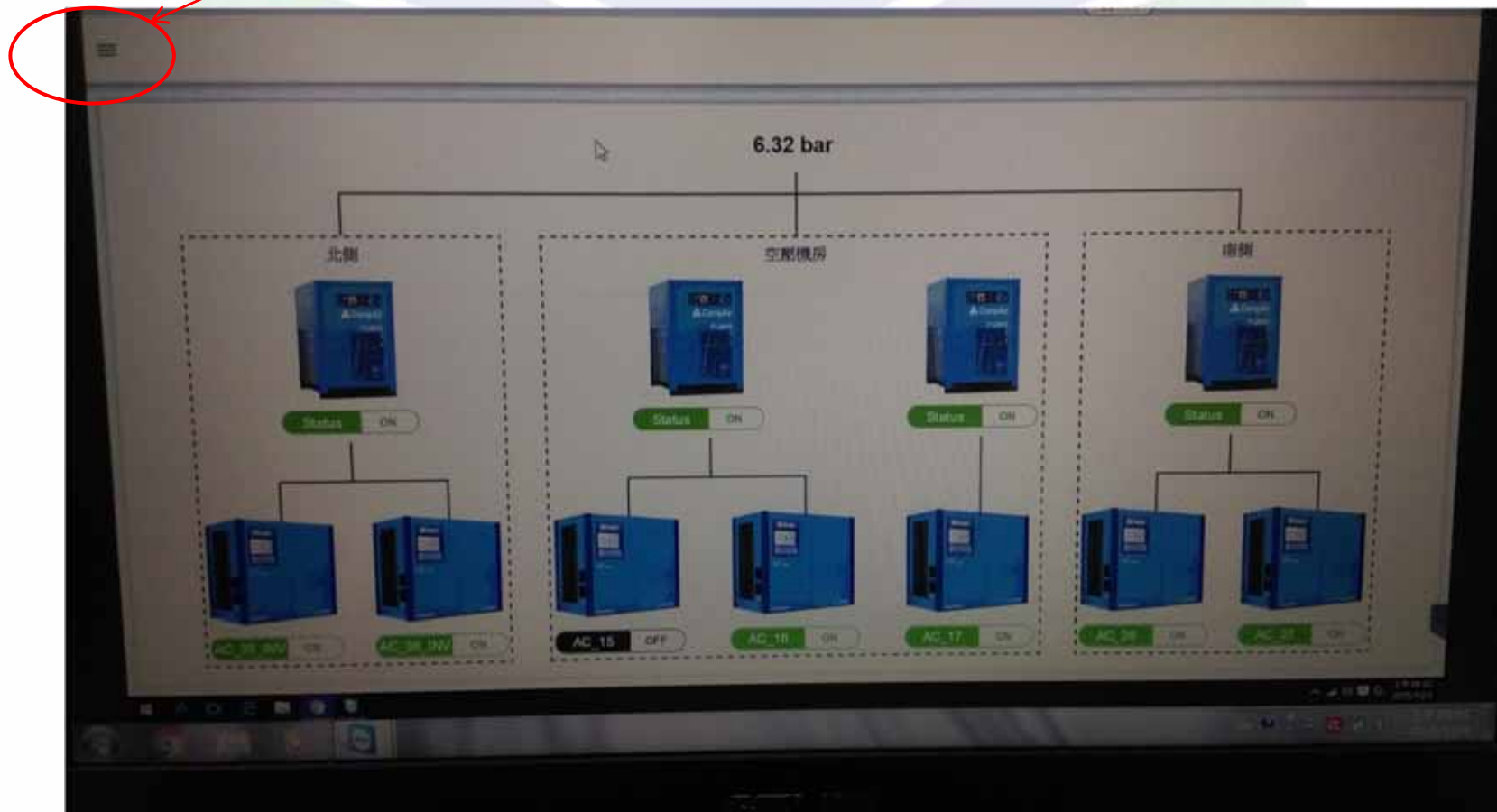
可搭配設備瓦時計即時進行**空壓系統效率監控**，並可設定警戒值，適時**提醒能管員需進行改善**，另可紀錄各機組運轉時數，可提醒需進行設備維護。

## ▶ 多平台遠端監控

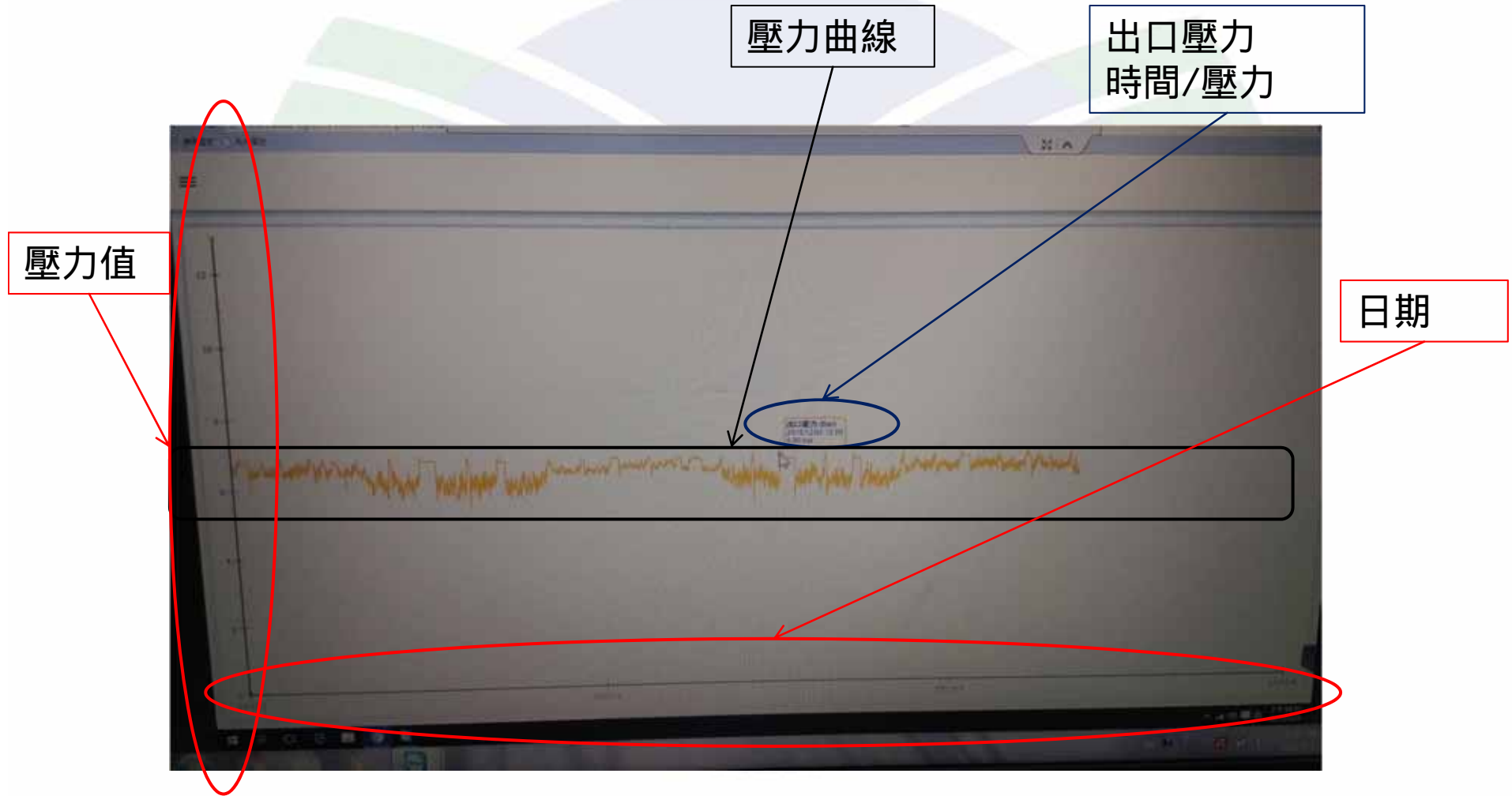
可利用任何可上網之設備(筆電、平板、手機)即可遠端進行操作控制，可提升管理時效，進而提高系統穩定度及故障搶修時程。

## 二、工程案例畫面展示

目錄按鍵

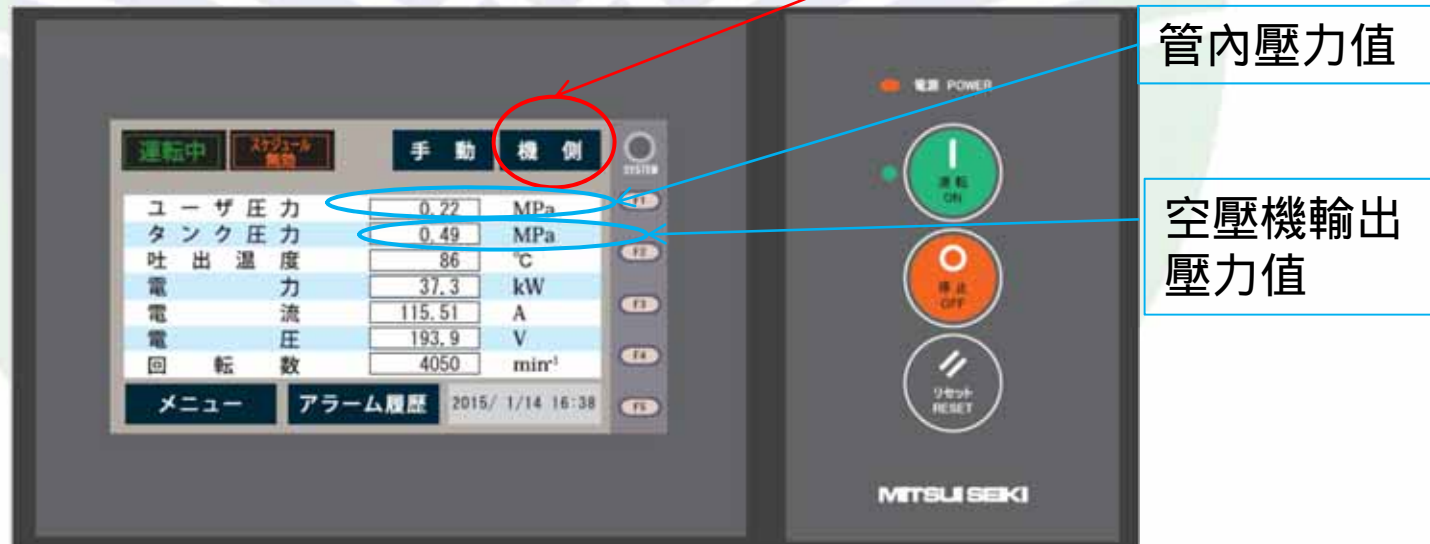


# 壓力趨勢圖



# 機組改機(不限品牌)

機側:表示機器本身控制  
遠方:表示遠端控制



壓力單位: 1 MPa= 10 Bar

## 三、JPC服務特點

- ▶ 多年空壓/空調節能工程經驗
- ▶ 空壓機不限廠牌改機服務
- ▶ 空壓/空調系統維護保養團隊
- ▶ 改善前後績效驗證服務
- ▶ 後續持續提出系統改善建議
- ▶ 客製化監控操作頁面

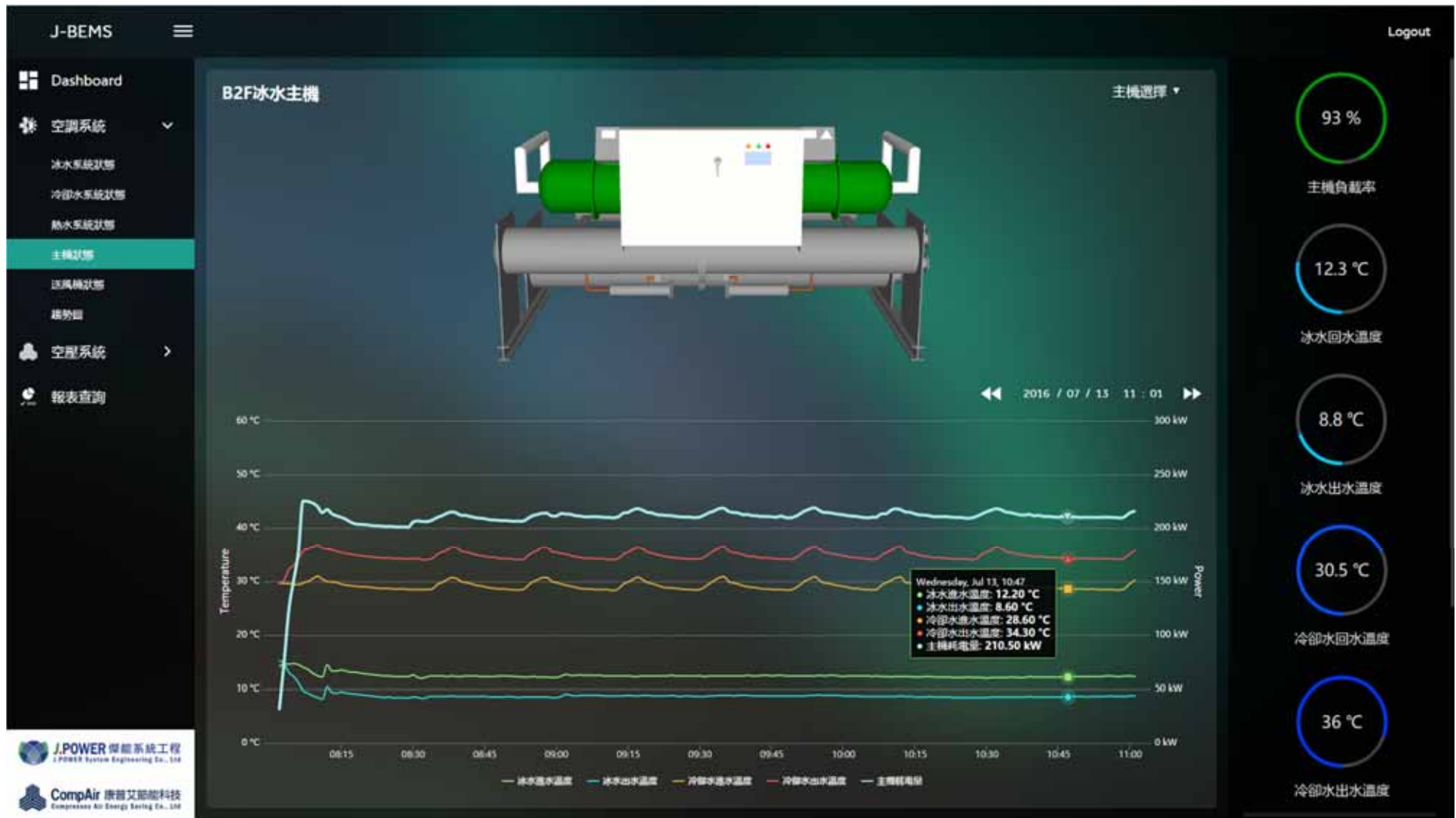


# 節能監控系統-空壓監控畫面

- 首頁
- 空調系統
- 空壓系統
- 用電資料
- 設定
- 警報狀態
- 報表查詢
- 空壓系統狀態
- 壓力趨勢圖



# 冰水機狀態



# 送風機狀態



# 即時用電比率

電力報表系統

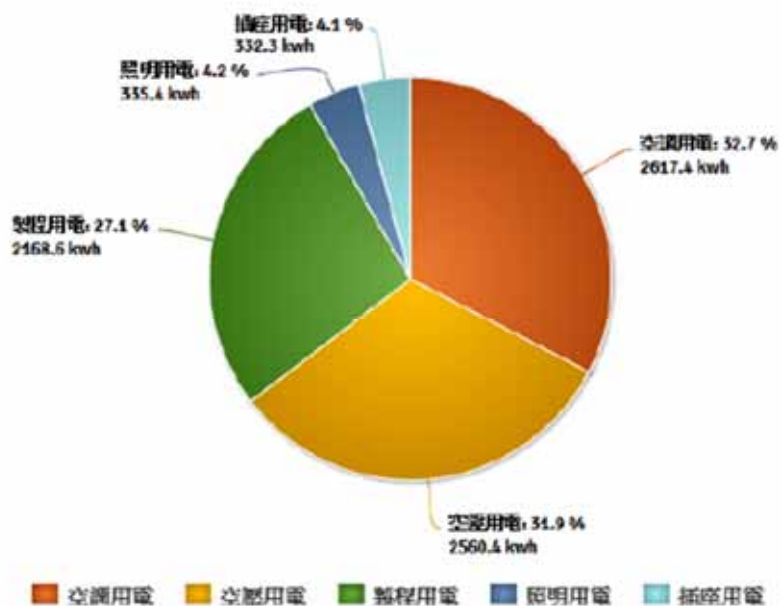
總覽

電力報表

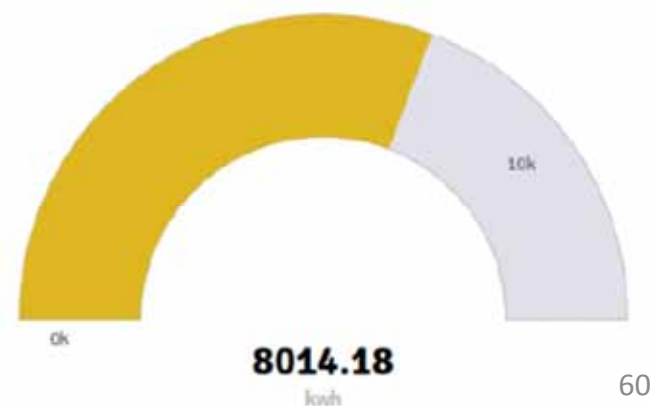
首頁

2015-07-07

### 即時用電比例



### 今日累積耗電量



# 電力報表



J.POWER 傑能系統工程  
J.POWER System Engineering Co., Ltd

CompAir 康普艾節能科技  
Compresses Air Energy Saving Co., Ltd

# 電力與上月/年比較

電力報表系統

總覽

電力報表

首頁

總用電

- 電力平衡圖
- 總用電

空調用電

空壓用電

製程用電

照明用電

插座用電

其他用電

2015年 ▾

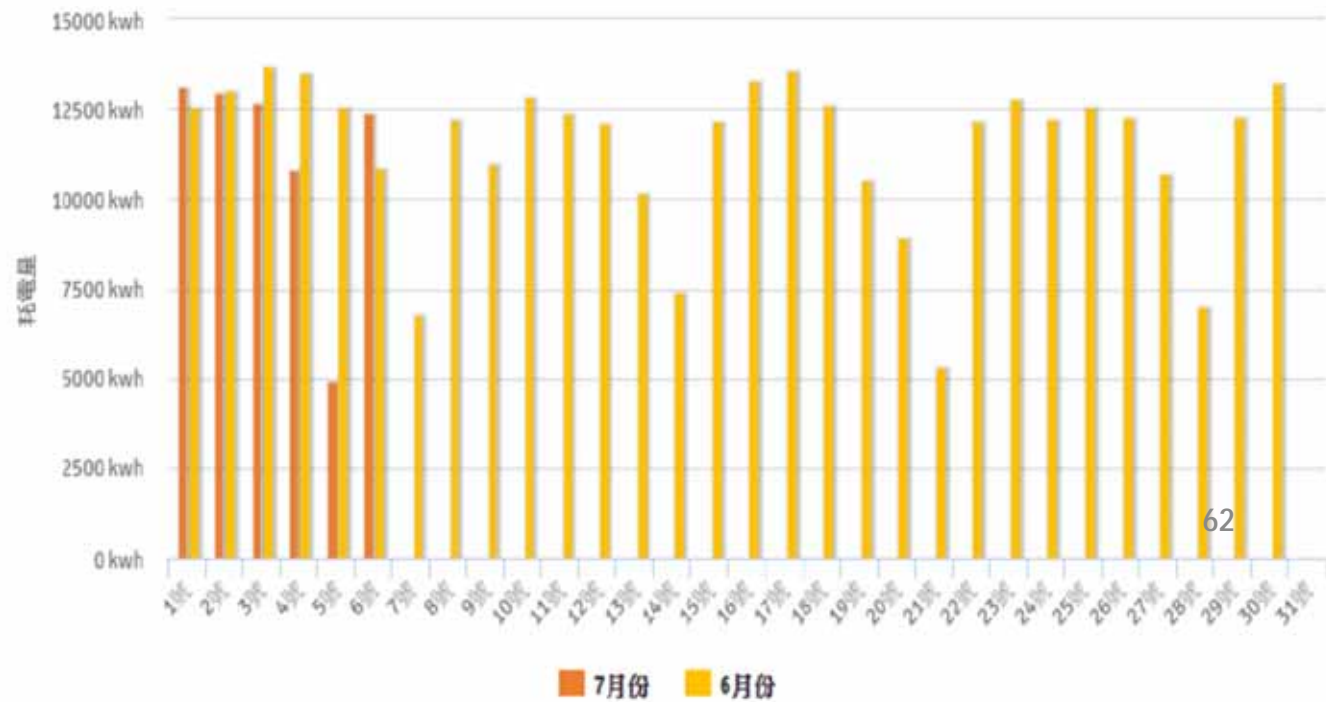
7月份 ▾

電力總表

去年同期

上月同期

總電力 - 2015年7月份與6月份同期比較



**謝謝您的參與！**  
**期望您在節能減碳上共同盡一份心力！！**

**康普艾 邱文禮**

**TEL:886-2-26016589**

**Cell phone:0938111525**

63