

2013新竹科學園區節能講習講座教育訓練研習會  
主辦單位：科學工業園區管理局  
執行單位：中興工程

廠務及製程的  
節能概念與實務應用

胡石政 博士  
台北科技大學能源與冷凍空調工程系教授  
潔淨技術研發中心主任

# 內容大綱

- 前言
- 產業界**廠務**設施及系統的節能
- 產業界**製程**設施及系統的節能
- 結論
- 參考文獻

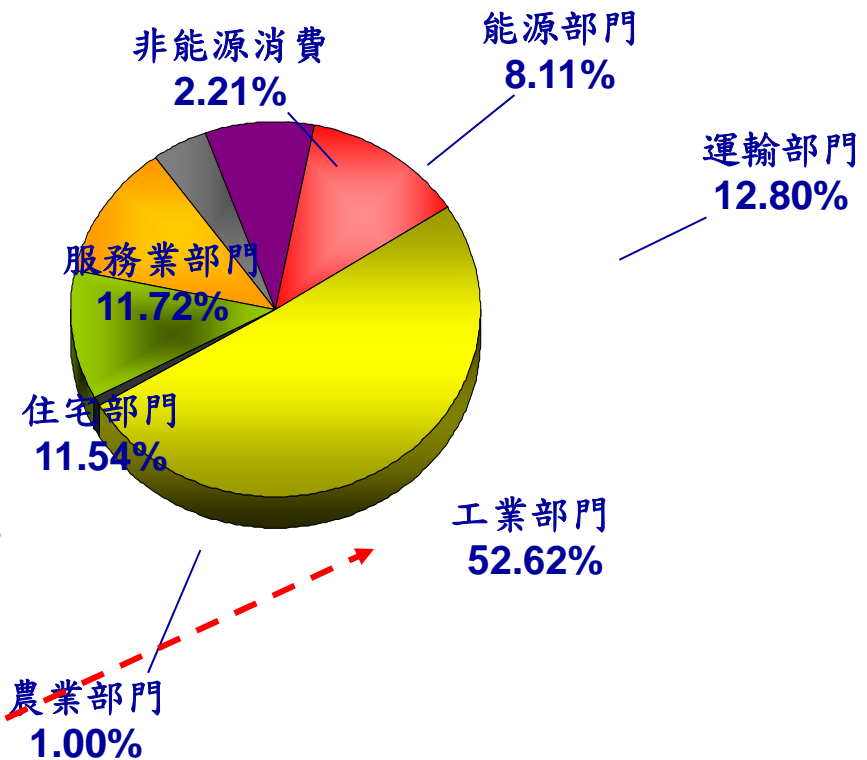
# 前言

- 「高科技產業」為我國重要產業，而電子業（半導體、面板）為高耗能產業
- 「高科技產業」中屬於「消極性」的投入亦即「生產成本」；因此對生產者而言消耗是越少越好已節省成本
- 依照96年台電統計資料：
- 製造業電力消耗占71%
- 電子零組件製造業消耗電力占總電力16.6%

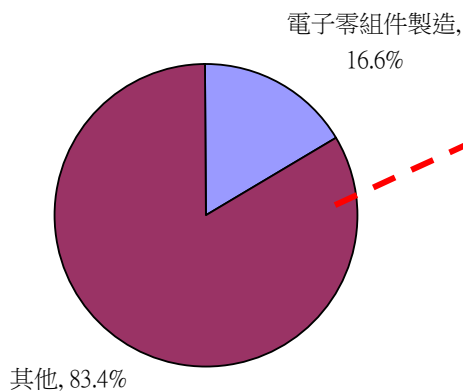
1. 2008年我國最終能源消費  
117.59百萬公秉油當量，  
1988~2008年能源消費平均成  
長率4.93%，同期GDP成長率  
為5.41%，與經濟成長尚未脫  
鉤。

2. 最終能源消費結構，工業部門  
仍占能源消費大宗。

3. 住商部門之能源消費比重增加。



製造業電力消耗



(部門別)

2008年

## 我國 CO<sub>2</sub>排放跨國比較

- **CO<sub>2</sub>成長趨緩**：我國1990-2007年平均成長率5.4%；其中1990-1998為6.9%，1999-2007年為3.9%，在第一次全國能源會議後成長趨勢逐漸趨緩；近年來(2005~2007年)成長率更降為2.2%。
- **達成京都議定書目標挑戰大**：我國2006年排放量為268.8百萬公噸，若以京都議定書規範設定1990年為回歸目標年，則超出157.8百萬公噸。

我國2006年CO<sub>2</sub>排放指標跨國比較

| 指標項目   | 我國     | 排名 | 全球     | OECD   | 日本      | 韓國    | 美國      |
|--|--------|----|--------|--------|---------|-------|---------|
| 排放總量 <sup>a</sup><br>(百萬公噸CO <sub>2</sub> )      | 270.33 | 22 | 28,003 | 12,874 | 1,212.7 | 476.1 | 5,696.8 |
| 每人平均排放<br>(公噸CO <sub>2</sub> /人)                 | 11.87  | 16 | 4.22   | 10.93  | 9.49    | 9.86  | 19.00   |
| 每單位GDP排放 <sup>b</sup><br>(公斤CO <sub>2</sub> /美元) | 0.45   | 51 | 0.49   | 0.41   | 0.34    | 0.47  | 0.51    |
| 每單位能源排放<br>(公噸CO <sub>2</sub> /toe)              | 2.51   | 31 | 2.39   | 2.32   | 2.30    | 2.20  | 2.45    |

說明：a. 不包括國際航運排放CO<sub>2</sub>， b. 以「購買力平價」(purchase power parity)及2000年美元幣值計。

資料來源：International Energy Agency, CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion, 2008.

## 我國與亞洲鄰近國家油價比較

| 國家               | 92汽油                    |                         | 95汽油                    |                         | 高柴                      |                         | 低硫燃料油                   |                         |
|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                  | 稅前<br>批售價<br>(元/公<br>升) | 稅後<br>零售價<br>(元/公<br>升) | 稅前<br>批售價<br>(元/公<br>升) | 稅後<br>零售價<br>(元/公升<br>) | 稅前<br>批售價<br>(元/公<br>升) | 稅後<br>零售價<br>(元/公升<br>) | 稅前<br>批售價<br>(元/公乘<br>) | 稅後<br>零售價<br>(元/公乘<br>) |
| 韓國               | <b>15.74</b>            | 40.07                   | <b>17.63</b>            | 42.15                   | <b>16.80</b>            | 34.34                   | 12,416                  | 14,216                  |
| 日本               | 16.40                   | 40.79                   | NA                      | NA                      | 18.70                   | 34.62                   | <b>11,012</b>           | <b>12,295</b>           |
| 新加坡              | 22.71                   | <b>37.11</b>            | 23.32                   | <b>37.78</b>            | 25.44                   | <b>28.46</b>            | NA                      | NA                      |
| 台灣(中<br>油)       | 15.53                   | 26.50                   | 16.19                   | 27.20                   | 16.77                   | 23.60                   | 11,012                  | 11,818                  |
| 與亞鄰<br>最低價<br>價差 | 0.21                    | 10.61                   | 1.44                    | 10.58                   | 0.03                    | 4.86                    | 0                       | 447                     |

資料更新日期98.05.30

# 各國住宅與工業用電電價比較

| 各國住宅用電平均電價比較表 |                  |      |                  | 各國工業用電平均電價比較表 |                  |       |                  |
|---------------|------------------|------|------------------|---------------|------------------|-------|------------------|
| 國 別           | 平均電價<br>(新台幣元/度) | 國 別  | 平均電價<br>(新台幣元/度) | 國 別           | 平均電價<br>(新台幣元/度) | 國 別   | 平均電價<br>(新台幣元/度) |
| 印 尼           | 1.9901           | 捷 克  | 4.5783           | 挪 威           | 1.5052           | 墨西哥   | 3.1985           |
| 馬來西亞          | 2.3019           | 波 蘭  | 4.7351           | 法 國           | 1.7560           | 土耳其   | 3.4180           |
| 台 灣           | 2.5855           | 法 國  | 4.9546           | 台 灣           | 1.8331           | 新加坡   | 3.5121           |
| 墨西哥           | 2.9163           | 紐西蘭  | 5.0486           | 美 國           | 2.0069           | 捷 克   | 3.6062           |
| 泰 國           | 3.0279           | 日 本  | 5.7067           | 紐西蘭           | 2.1323           | 葡萄牙   | 4.0138           |
| 南 韓           | 3.1985           | 斯洛伐克 | 5.8953           | 南 韓           | 2.1637           | 英 國   | 4.0765           |
| 美 國           | 3.3239           | 匈牙利  | 5.8953           | 印 尼           | 2.1678           | 匈 牙 利 | 4.2020           |
| *香 港          | 3.8242           | 菲律賓  | 6.2672           | 馬來西亞          | 2.2201           | 奧地利   | 4.2020           |
| 土耳其           | 3.8257           | 葡萄牙  | 6.6793           | 芬 蘭           | 2.5400           | 斯洛伐克  | 4.2960           |
| 挪 威           | 4.1393           | 奧地利  | 6.7106           | 波 蘭           | 2.5714           | 愛爾蘭   | 4.6723           |
| 瑞 士           | 4.2647           | 英 國  | 6.8674           | 瑞 士           | 2.6341           | 菲律賓   | 4.8722           |
| 新加坡           | 4.4842           | 愛爾蘭  | 7.6514           | 泰 國           | 2.7715           | 日 本   | 6.2404           |
| 芬 蘭           | 4.5469           | 義大利  | 8.0904           | *香 港          | 2.9565           | 義大利   | 7.4318           |

- 註：1.資料來源：資料來源：The International Energy Agency (IEA)《ELECTRICITY INFORMATION (2008 Edition)》、美國 The Energy Information Administration (EIA)及馬來西亞電力公司 (TNB) 2007 年統計資料。  
 2.台幣對美元換算匯率為 1 美元=31.358 台幣 (2008 年 8 月)。  
 3."\*"註記者為 2005 年資料。  
 4.2008 年電價調整後，我國工業平均電價預估為 2.1075 元/度 (電價排名為第 4 低)。

# 前言(續)

- 台灣地區電子工企業所有人要的經營型態為代工大量生產，是故如何降低製造成本，是經營團隊與廣大投資者所關心的課題
- SEMATECH便進行相關的半導體工業耗能研究，並根據半導體制程未來的發展趨勢，訂定了相關的進程圖(Roadmap)，使未來在半導體制造之耗能合乎環保及降低成本



## 前言(續)

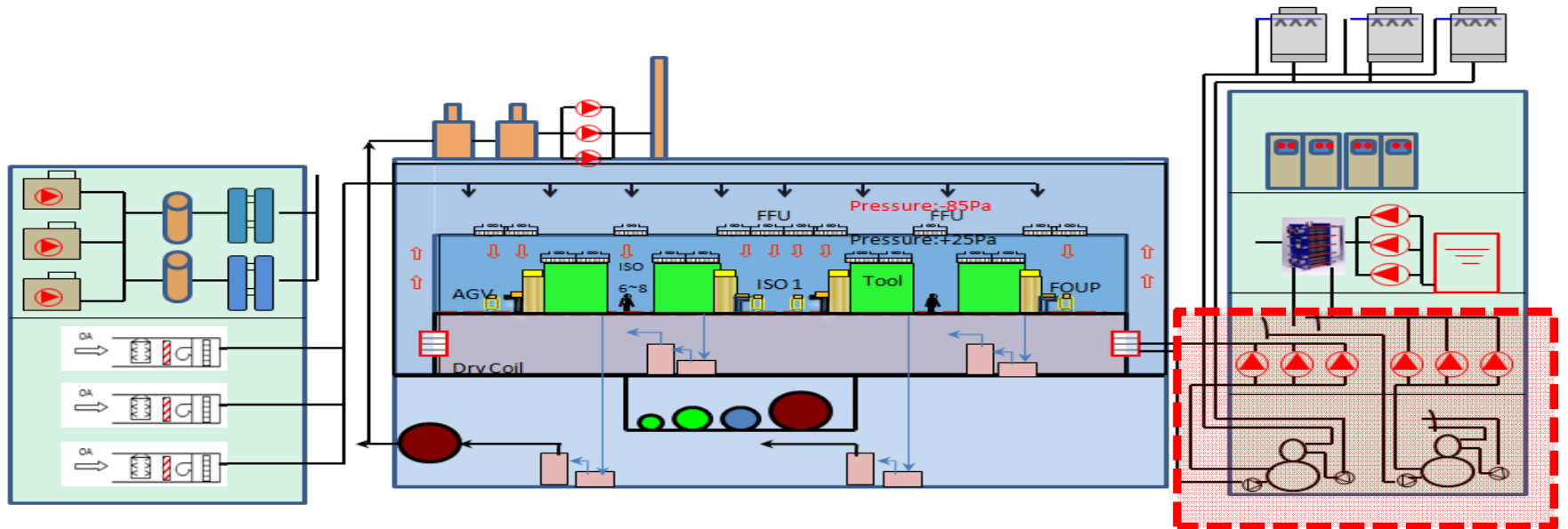
- 自2003年以後之七年內，晶圓尺寸將不像上世紀末，晶圓尺寸在短短十年內由125mm飛躍成長為300mm等級
- 未來潔淨廠房尺寸需求將不像過去有著驚人的成長，連帶的製程設備與周邊的廠務設施需求與發展也逐漸的趨向標準化

# 半導體設設施耗能指標

| <i>Year of Production</i>   | 2003    | 2004 | 2005    | 2006 | 2007    | 2008 | 2009 | <i>DRIVER</i>                      |
|---|---------|------|---------|------|---------|------|------|------------------------------------|
| <i>Technology Node</i>  |         | hp90 |         |      | hp65    |      |      |                                    |
| <i>Dram ½ Pitch (nm)</i>  | 100     | 90   | 80      | 70   | 65      | 57   | 50   |                                    |
| <i>Chemicals, Materials, and Equipment Management Technology Requirements</i> |         |      |         |      |         |      |      |                                    |
| <i>Resource Conservation Technology Requirements</i>                          |         |      |         |      |         |      |      |                                    |
| <i>Energy Consumption</i>   |         |      |         |      |         |      |      | <i>Sustainable growth and cost</i> |
| Total Fab tools (KWh/cm <sup>2</sup> )  | 0.5–0.7 |      | 0.4–0.5 |      | 0.3–0.4 |      |      |                                    |
| Total Fab support systems (kWh/cm <sup>2</sup> )                              | 0.5–0.7 |      | 0.4–0.5 |      | 0.3–0.4 |      |      |                                    |
| Tool energy usage per wafer pass (300mm versus 200mm); baseline 1999          | 1.5     |      | 1       |      |         |      |      |                                    |

# 產業界廠務設施及系統的節能分析

## 一 空調冰水系統-1



冰水主機加減載的設定方式

最佳冰水溫度

雙溫度（高溫/低溫）冰水供應系統

冷卻水塔的負載控制及主機最佳運轉點

高溫冷卻水的熱回收利用

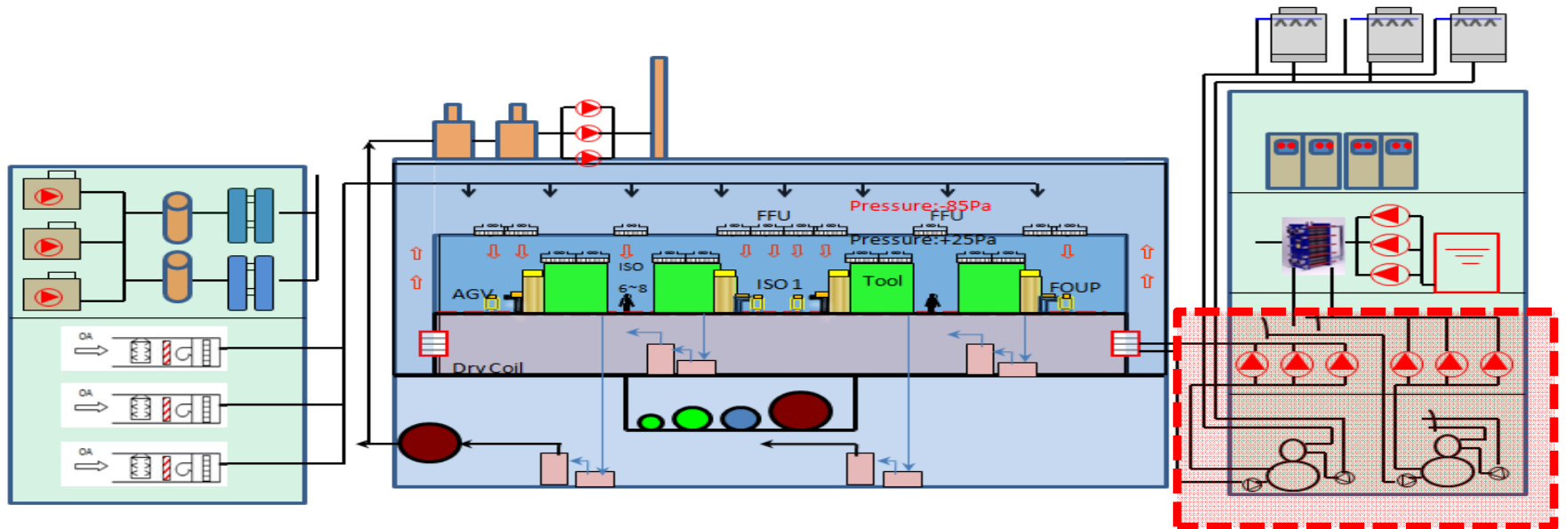
採用一次側定流量 / 二次側變流量水路系統的設計

熱回收冰水主機的採用

儲冰系統(視狀況)

# 產業界廠務設施及系統的節能分析

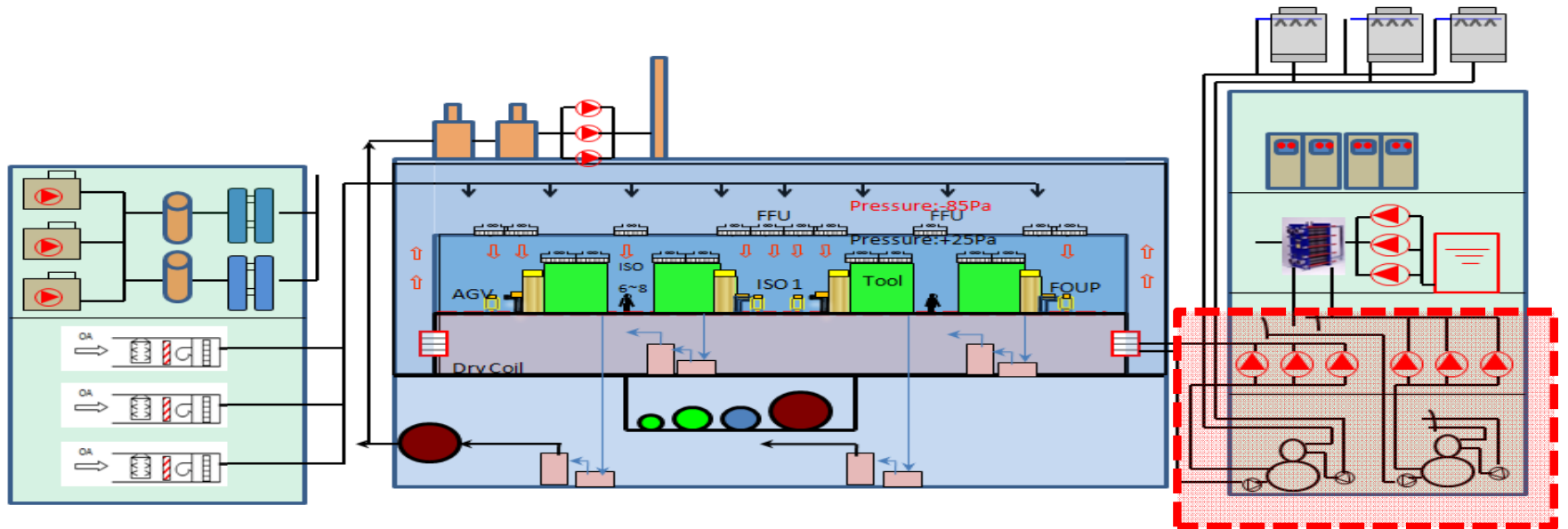
## 一 空調冰水系統-2



- 水塔風車加裝變頻器
- 冰水泵浦加裝變頻器
- 利用外氣冷房
- 空調箱合理化運轉
- 整合兩套以上冰水系統
- 將冰水管路改成P-S系統
- 調整冰水機冰水出水溫度
- 冰水主機台數控制

# 產業界廠務設施及系統的節能分析

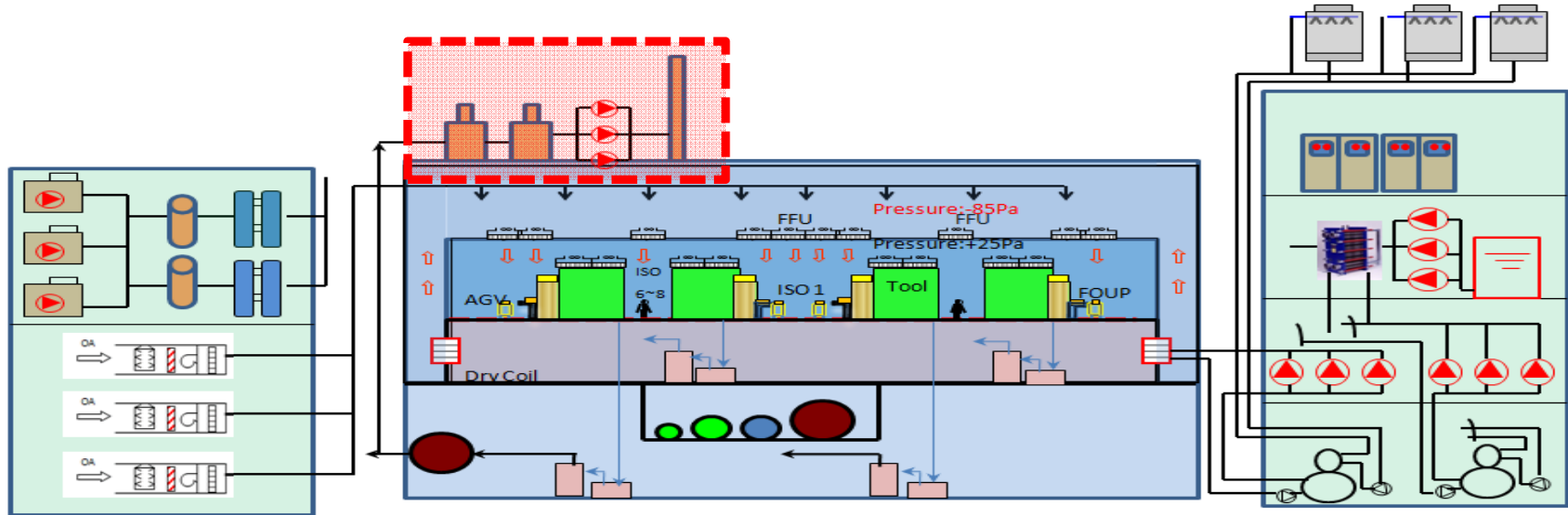
## 一 空調冰水系統-3



- 打開冰水管路共通管
- 修補管件（閥）及泵浦軸封洩漏
- 改善水塔配置
- 改善冷房溫度分佈
- 三通閥改二通閥
- 改善熱交換器結垢現象(增加砂濾器及加藥系統)
- 改善冷卻水塔散熱效率
- 汰換低效率冰水主機

# 產業界廠務設施及系統的節能分析

## 一 排氣系統



調降排氣壓力

部份排氣回收再利用以

VOC廢氣採用高溫氧化方式，尚可回收部份高溫廢氣中的熱能

系統低壓降

一般排氣的循環再利用

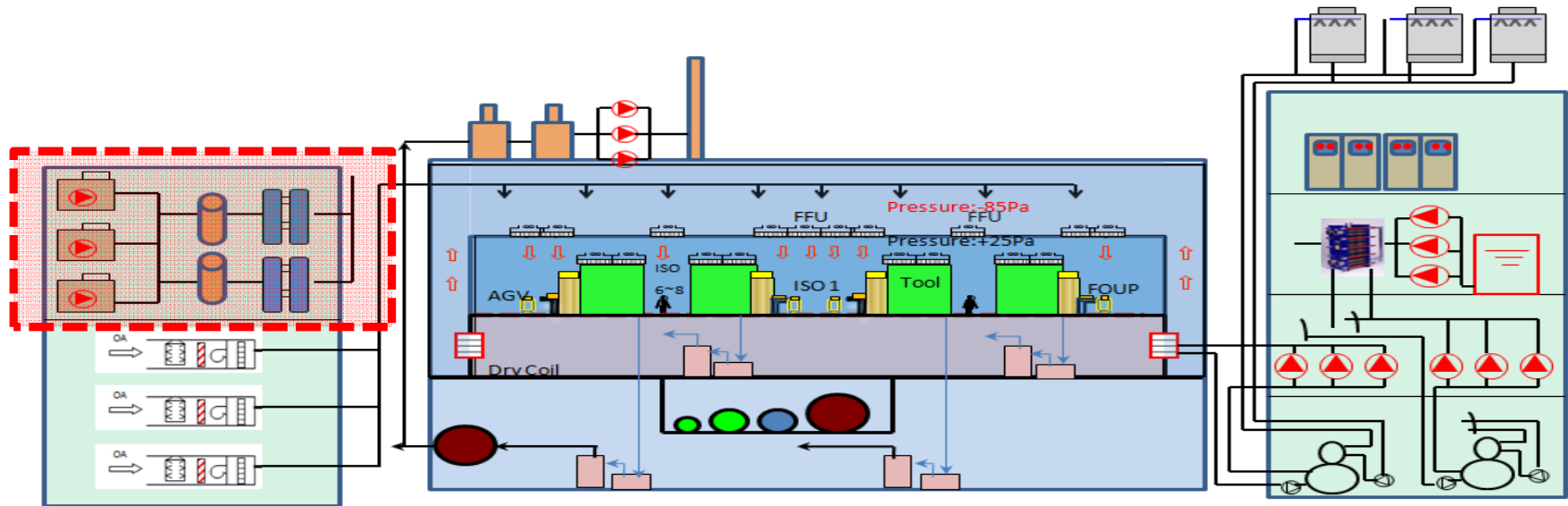
製程設備及製程本身的排氣需求減量

風機變頻控制

備用機組的投入

# 產業界廠務設施及系統的節能分析

## 一 空壓系統-1



採行之節能設計包括吐出壓力的選定

壓力露點的選定

乾燥機型式的選用（冷凍式、有熱或無熱再生、內部逆洗或外部逆洗）

空壓機冷卻方式（氣冷、各種溫度的冷卻水）等調配空壓機負載

汰換低效率機台

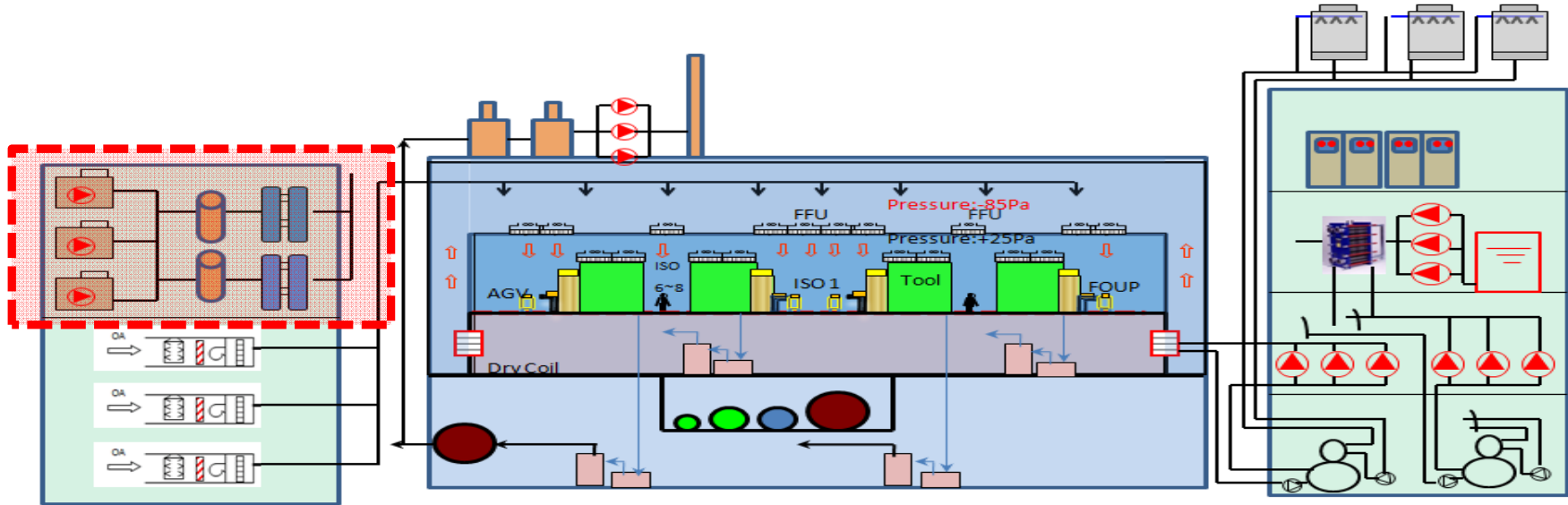
以小台空壓機取代大台空壓機

調降壓縮空氣壓力

檢修空氣壓縮機

# 三.產業界廠務設施及系統的節能分析

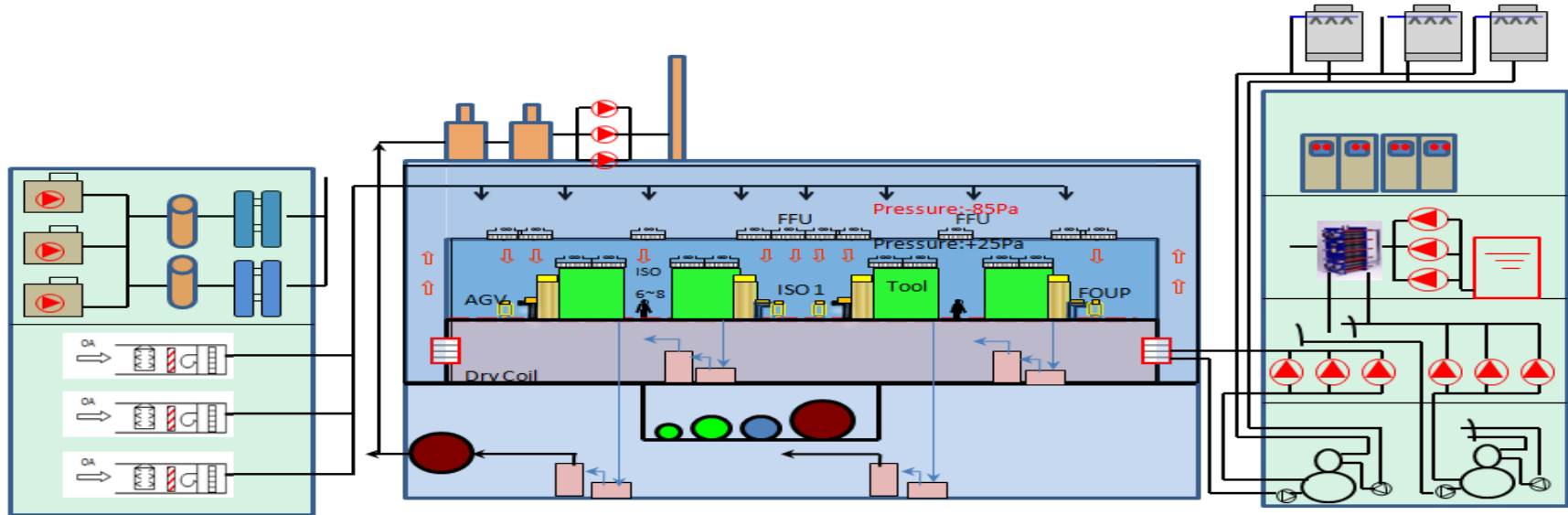
## 一 空壓系統-2



- 全廠空壓改成環狀迴路
- 將往復式空壓機汰換成螺旋式
- 管路漏氣改善
- 改裝無耗氣式祛水器
- 空壓機容量調整，降低空載頻率
- 全廠空壓高低壓分離
- 改善環境溫度，降低空壓機進氣溫度
- 採用變頻式空壓機以調節容量

# 三.產業界廠務設施及系統的節能分析

## 一 鍋爐及蒸氣等熱能系統-1



合適的操作壓力及溫度

購置高效率鍋爐汰換老舊鍋爐

蒸氣鍋爐加裝飼水節熱器回收排氣廢熱

熱煤鍋爐加裝給水預熱器回收排氣廢熱

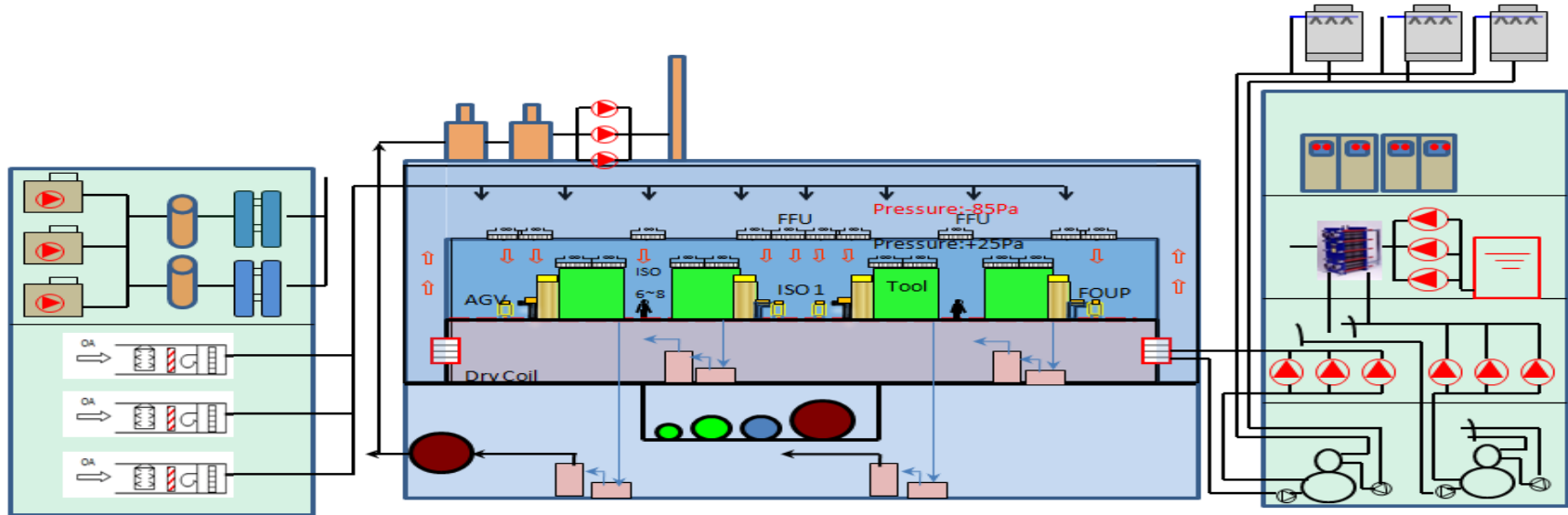
燃煤鍋爐檢修及更換鍋爐爐壁保溫

熱煤鍋爐降低空氣使用量使排氣含氧量降至5%以下

改善鍋爐補水水質以降低其連續沖放量

# 產業界廠務設施及系統的節能分析

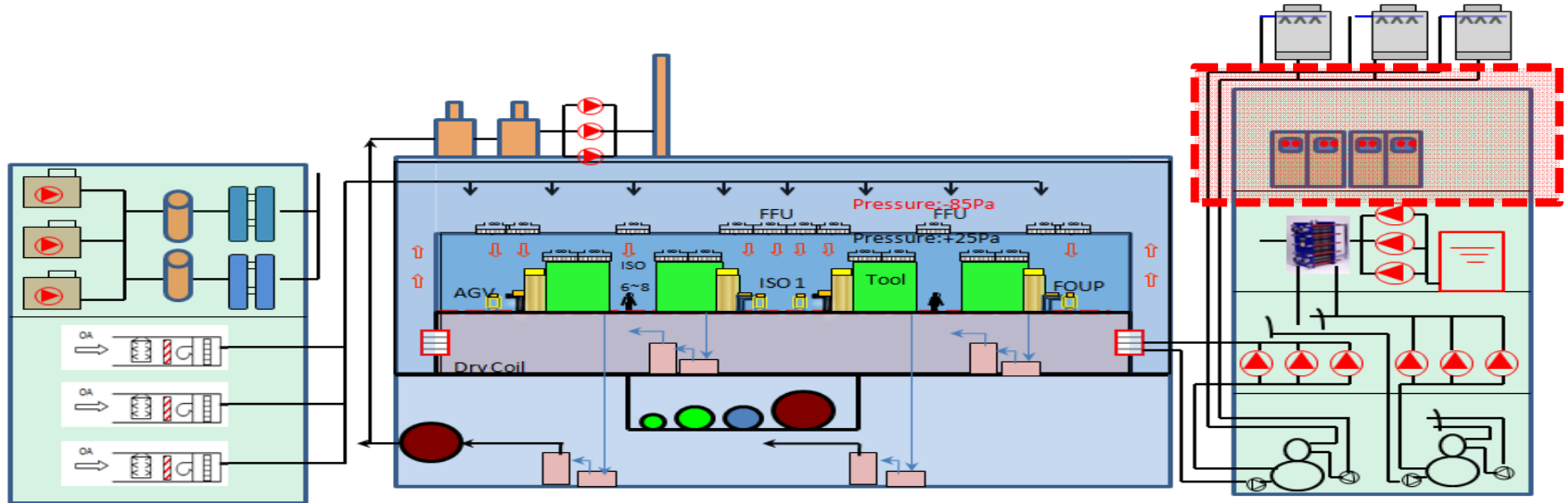
## 鍋爐及蒸氣等熱能系統-1



- 降低鍋爐之排氣含氧量
- 鍋爐廢熱回收及冷凝水回收
- 鍋爐燃燒系統改善
- 重油添加化學藥劑以提高燃燒效率
- 調整鍋爐ON-OFF時間
- 加強保溫

# 產業界廠務設施及系統的節能分析

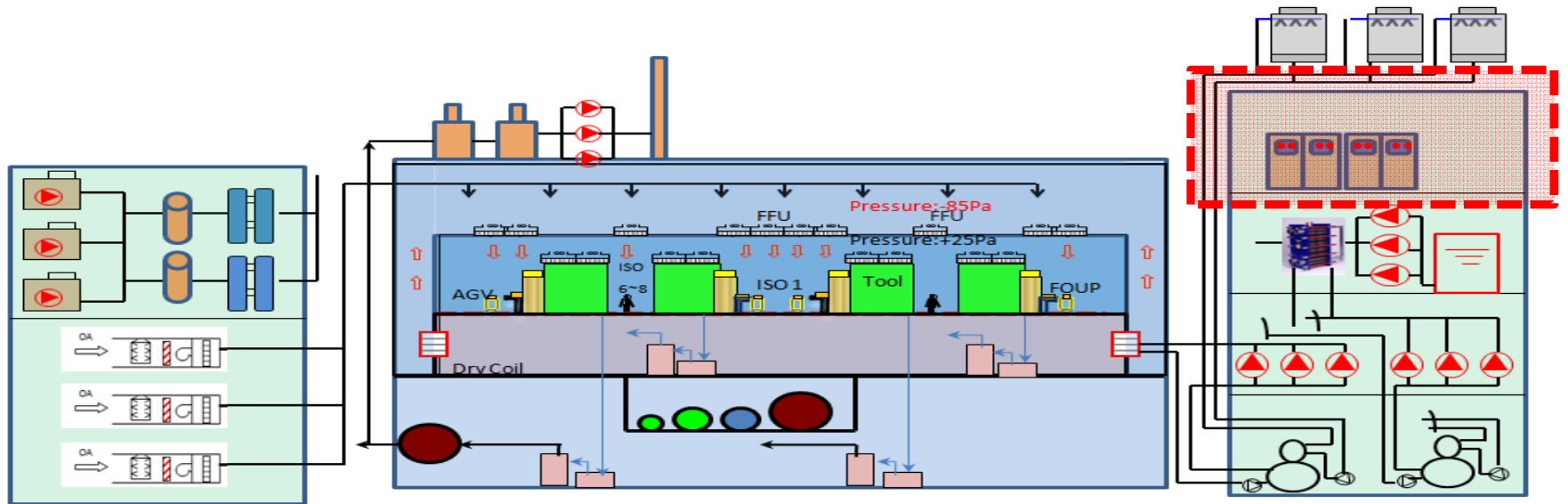
## 電力-1



- 合理契約容量
- 改善功率因素
- 採用需量控制系統
- 合併變壓器負載供電
- 選定時間電價計算方式
- 增設電力節能監控系統
- 加裝需量控制器以控制契約容量

# 產業界廠務設施及系統的節能分析

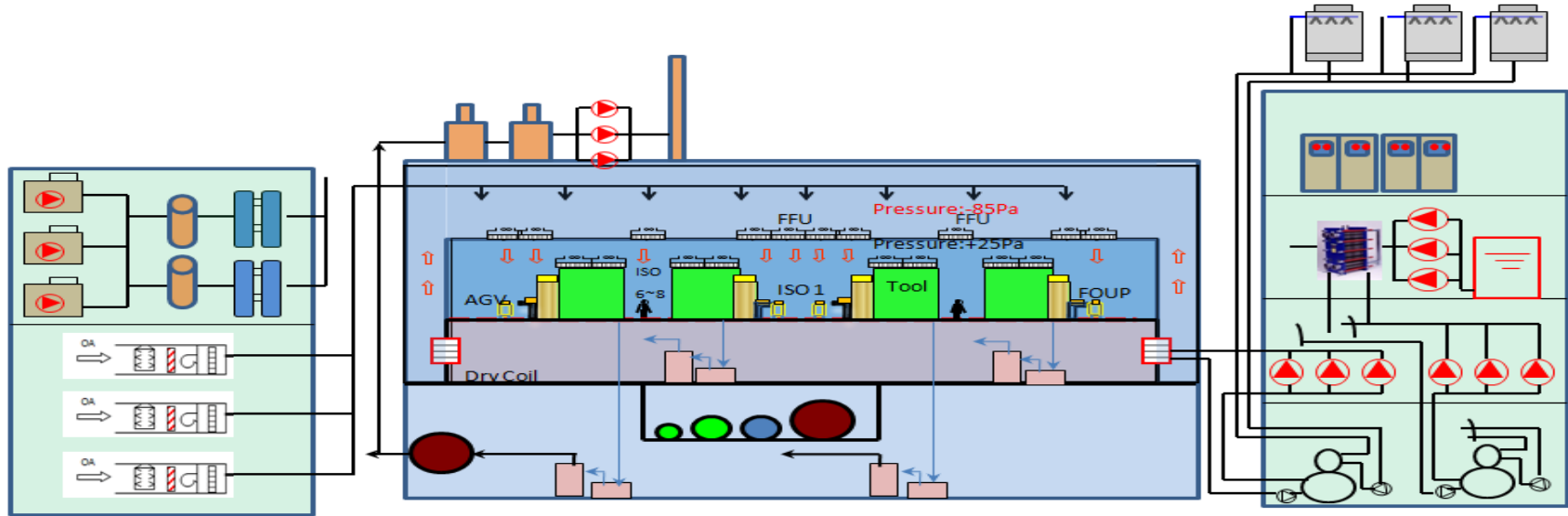
## 電力-2



提高設備使用電壓，降低線路損失  
裝設功因自動調整器  
諧波及功率因數改善  
變壓器更新為非晶質型

# 三.產業界廠務設施及系統的節能分析

## — 照明



增設照明節能監控系統

選用高效率燈具 ( T-5,LED )

加裝感應點滅開關

加裝日照點滅開關

採用電子式安定器

生產線增設反射燈罩

部分需要高照度之區域，採用點照度

廠房牆面、地板使用高反射率之顏色

採用自然光照明

# 產業界廠務設施及系統的節能分析

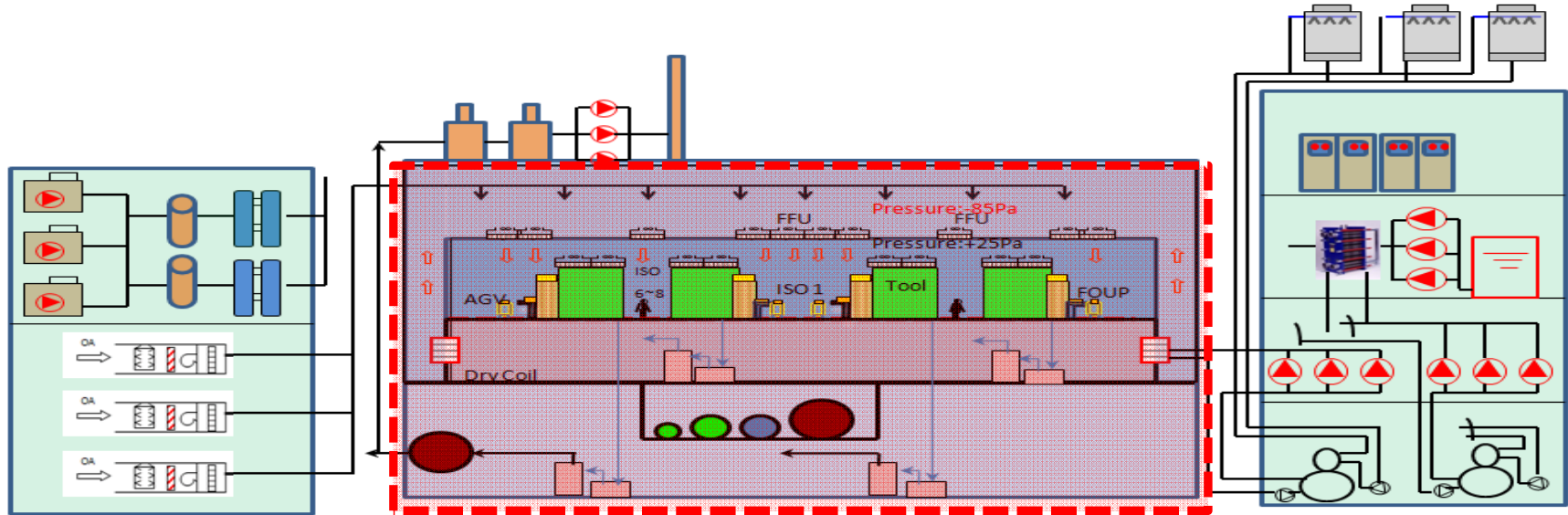
## 一 潔淨室空氣側的節能

(Abstracted from ITRS2006 )

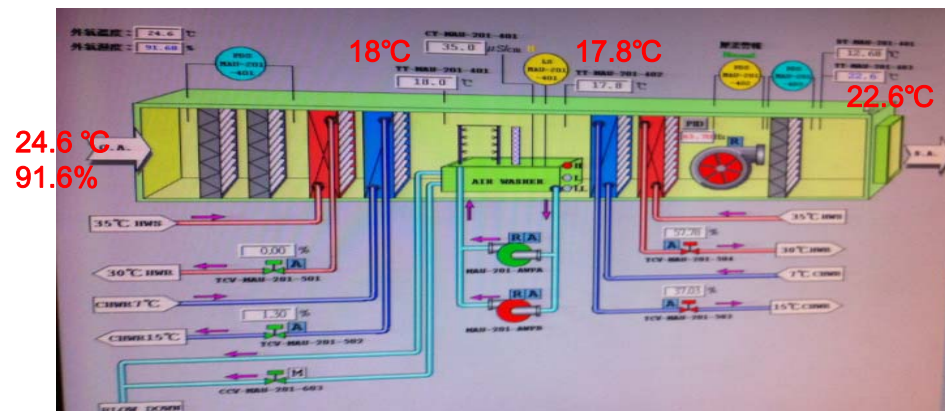
| Year   | 2005                                    | 2010                                    | 2015                                    | 2020                                    |
|--|---|---|---|---|
| <b>【Devices】</b>                             |   |   |   |   |
| minimum feature size                         | 80nm<br>1.2nm                           | 45nm<br>0.7nm                           | 25nm<br>0.6nm                           | 14nm<br>0.5nm                           |
| gate oxide thickness                         |   |   |   |   |
| <b>【Contamination control】</b>               |   |   |   |   |
| minimum particle size                        | 40nm                                    | 23nm                                    | 13nm                                    | (7nm)                                   |
| Chemical contamination (general environment) |   |   |   |   |
| Acid(SO4)                                    | 1000 pptM                               | 500 pptM                                | 500 pptM                                | 500 pptM                                |
| Base(NH3)                                    | 5000 pptM                               | 2500 pptM                               | 2500 pptM                               | 2500 pptM                               |
| Condensable Organics                         | 4000 pptM                               | 2500 pptM                               | 2500 pptM                               | 2500 pptM                               |
| Dopants(B,P)                                 | 10 pptM                                 | 10 pptM                                 | 10 pptM                                 | 10 pptM                                 |
| Chemical contamination(local environment)    |   |   |   |   |
| Acid(SO4, slication)                         | 100 pptM<br>(430ng/m <sup>3</sup> )     | 10 pptM                                 | 10 pptM                                 | 10 pptM                                 |
| Base(NH3, reticle stocker)                   | 2500 pptM<br>(1900ng/m <sup>3</sup> )   | TBD                                     | TBD                                     | TBD                                     |
| Chemical contamination(wafer surface)        |   |   |   |   |
| Organics (one-day exposed surface)           | 2 ng/cm <sup>2</sup>                    | 0.5 ng/cm <sup>2</sup>                  | 0.5 ng/cm <sup>2</sup>                  | 0.5 ng/cm <sup>2</sup>                  |
| Dopants (one-day exposed surface)            | 2×10 <sup>12</sup> atom/cm <sup>2</sup> | 1×10 <sup>12</sup> atom/cm <sup>2</sup> | 1×10 <sup>12</sup> atom/cm <sup>2</sup> | 1×10 <sup>12</sup> atom/cm <sup>2</sup> |
| <b>【Cleanness of cleanroom】</b>              |   |   |   |   |
| <b>Whole clean room</b>                      | ISO Class6                              | ISO Class6                              | ISO Class7                              | ISO Class8                              |
| <b>Inside of minienvironment</b>             | ISO Class2                              | ISO Class1                              | ISO Class1                              | ISO Class1                              |

# 產業界廠務設施及系統的節能分析

## 潔淨室空氣側的節能-1

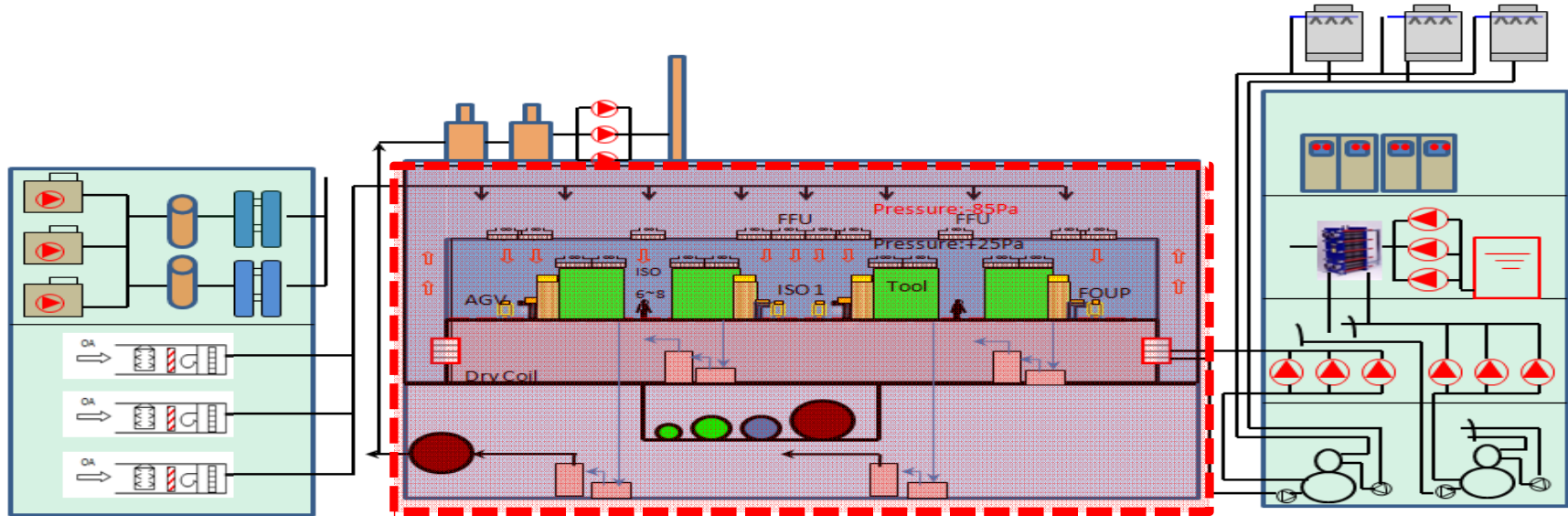


- 局部清淨化
- 外氣空調箱過冷卻及過加濕的防止
- 無塵室設計條件的適正性
- 調整室內正壓
- 降低MAU出風的溫度
- 再熱盤管的考量及選用
- 降低送風靜壓



# 產業界廠務設施及系統的節能分析

## 潔淨室空氣側的節能-2



低壓損的過濾器

選用高效率之風機與馬達

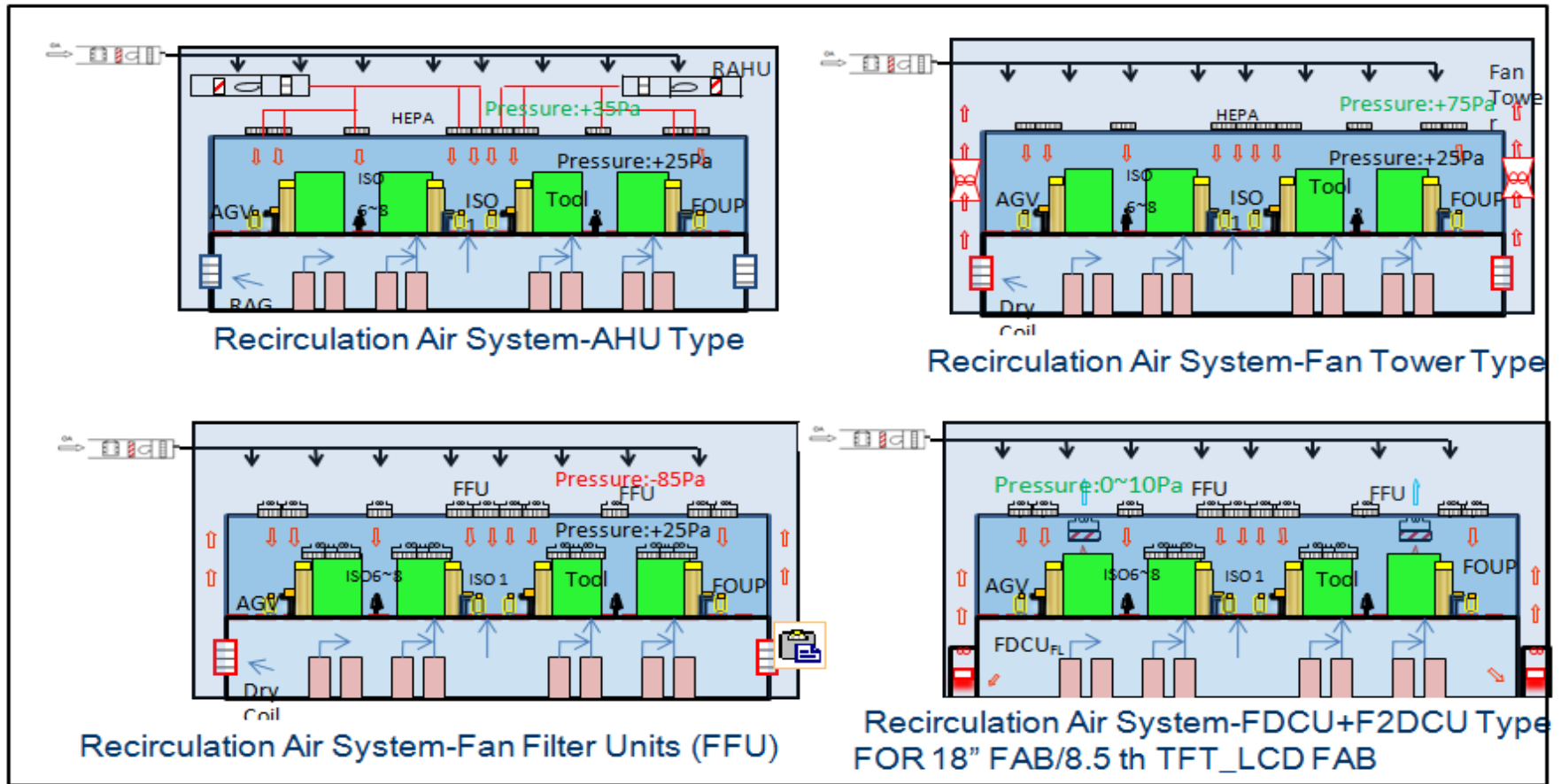
冷熱盤管合理的對數平均溫差

潔淨室內氣流最佳化

室內發塵的管理

# 產業界廠務設施及系統的節能分析

## 潔淨室空氣側的節能-3



台北科技大學潔淨技術研發中心2011研發聯盟年度會議及成果發表會資料

# 產業界廠務設施及系統的節能分析

## 一 潔淨室空氣側的節能-4

### 系統概述及比較

**Waill**

FFU: Fan Filter Unit    DCC: Dry Cooling Coil    RAG: Return Air Grille    MAU: Make Up Units

**FDCU**

FFU: Fan Filter Unit    FDCU: Fan Dry Cooling Coil    MAU: Make Up Units

### FDCU的好處

- Less negative pressure in the supply air chamber
- Reduced air infiltration
- Reduced the energy consumption
- Better cleanliness /AMC level
- Uniform temperature distribution in the working area
- Accuracy and high COP to treat heat of process tools
- Increased production area
- FDCU can be relocated with the process tools

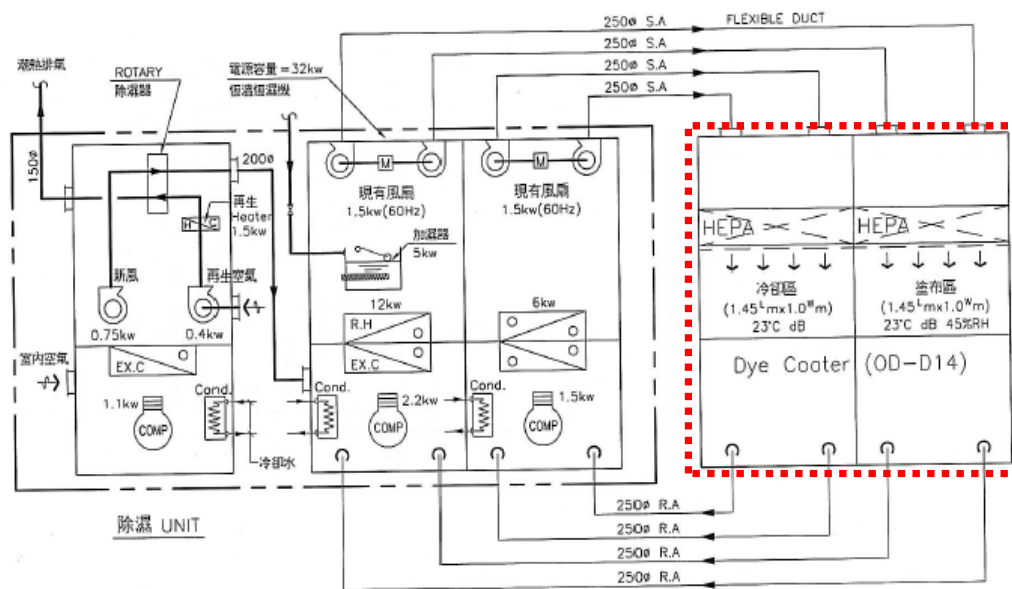
### 不同型式的FDCU

Patent NO.267614 (TWN),china)  
 Patent NO. 2008-8291 (Korea)  
 Patent NO. 241/CHE/2008(India)

# 四.產業界製程設施及系統的節能分析



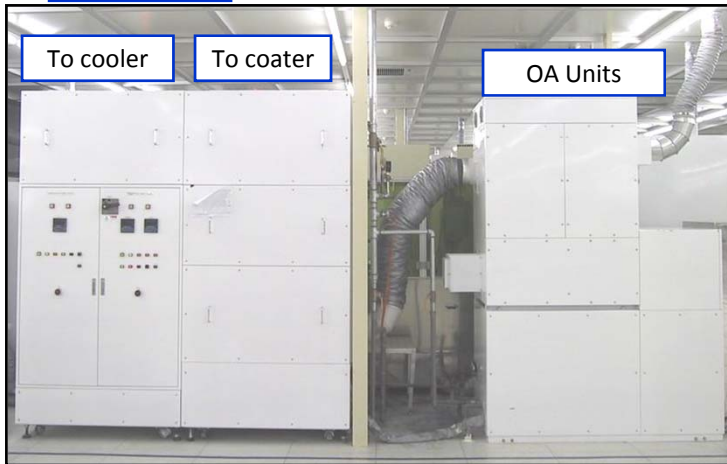
現有設備-系統示意圖



# 產業界製程設施及系統的節能分析

## OD-TYPE

Before



## R-TYPE

Before



After



|                 | Before             | After              |       |
|-----------------|--------------------|--------------------|-------|
| Yield           | 95 ~ 98            | 95.3 ~ 98.4        |       |
| Temperature     | ±0.28 °C           | ±0.2 °C            |       |
| Humidify        | ±2.66%             | ±0.2%              |       |
| Equip. Occupant | 4.23m <sup>2</sup> | 2.16m <sup>2</sup> | 49% ↓ |
| Power Consump.  | 439 kW.hr/day      | 20 kW.hr/day       | 95% ↓ |
| Equip. Price    |                    |                    | 50% ↓ |

# 四. 產業界製程設施及系統的節能分析

Y-TYPE

Before

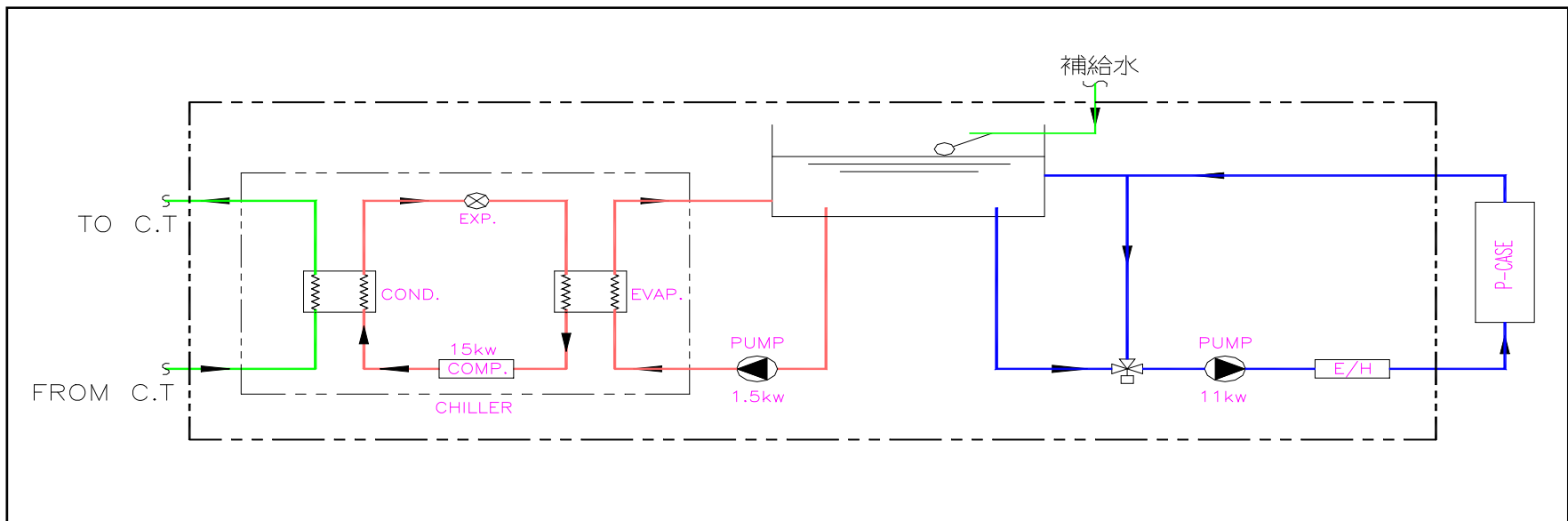


After



|                 | Before              | After                   |
|-----------------|---------------------|-------------------------|
| Yield           | 95 ~ 98             | 95.3 ~ 98.4             |
| Temperature     | 23°C±0.6°C          | 23°C±0.3°C              |
| Humidify        | 50%±4.4%            | 42%±1.9%                |
| Equip. Occupant | 3.47 m <sup>2</sup> | 1.33m <sup>2</sup> ↓62% |
| kW (Demand)     | 110kW/set           | 2.2 kW/set ↓98%         |
| Power Consump.  | 1,380 kW.hr/Day     | 45 kW.hr/Day ↓97%       |
| Equip. Price    |                     | ↓50%                    |

# 四.產業界製程設施及系統的節能分析



# 產業界製程設施及系統的節能分析

Before

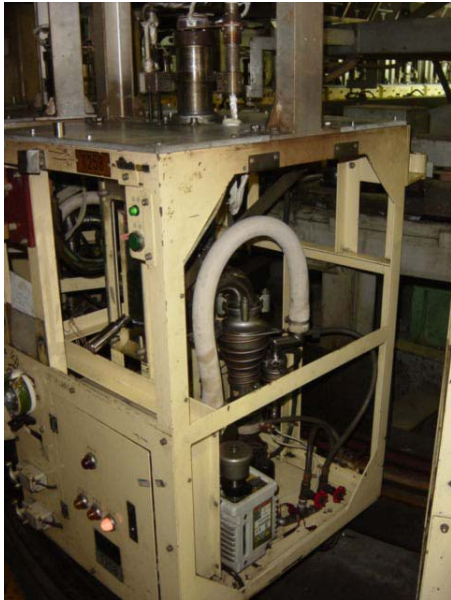


After

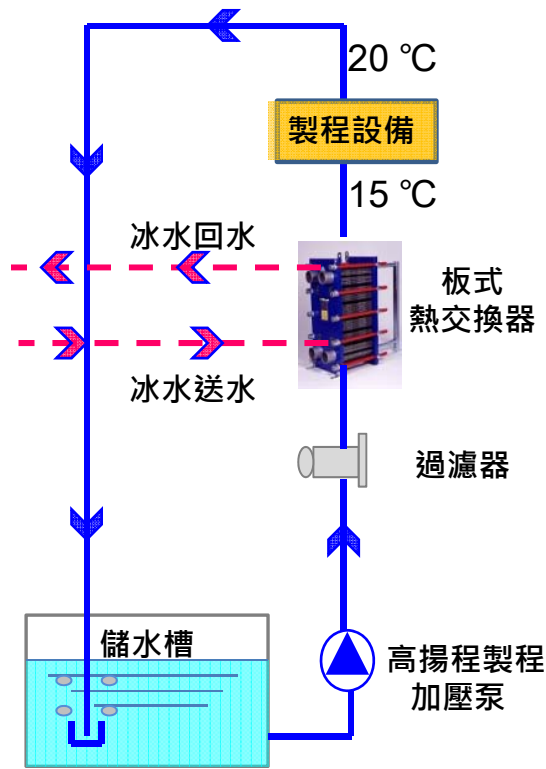


|                   | Before               | After                    |
|-------------------|----------------------|--------------------------|
| Water Temperature | 18°C±2°C             | 18°C±2°C                 |
| Equip. Occupant   | 2.3 m <sup>2</sup>   | 1.5 m <sup>2</sup> ↓ 50% |
| kW (Demand)       | 39 kW/set Type(1)    | 1.5 kW/set ↓ 96%         |
|                   | 28 kW/set Type(2)    | 1.5 kW/set ↓ 95%         |
|                   | 13.25 kW/set Type(3) | 1.1 kW/set ↓ 92%         |
| Equip. Price      |                      | ↓ 50%                    |

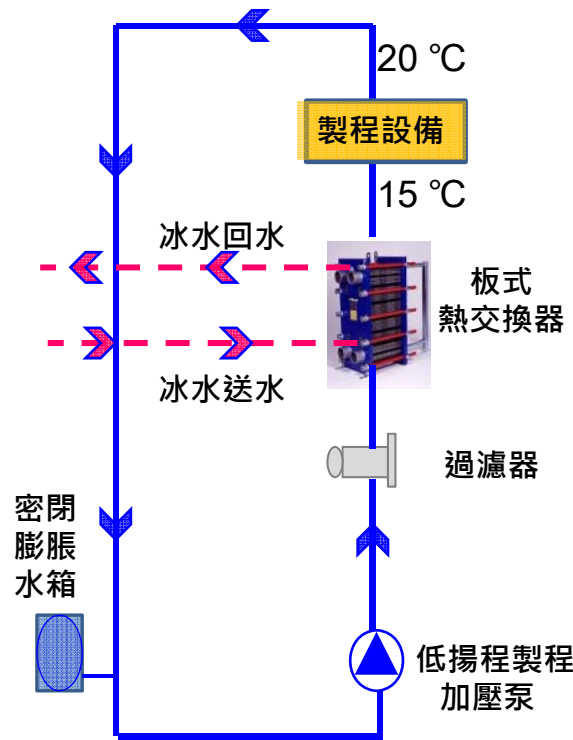
# 產業界製程設施及系統的節能分析



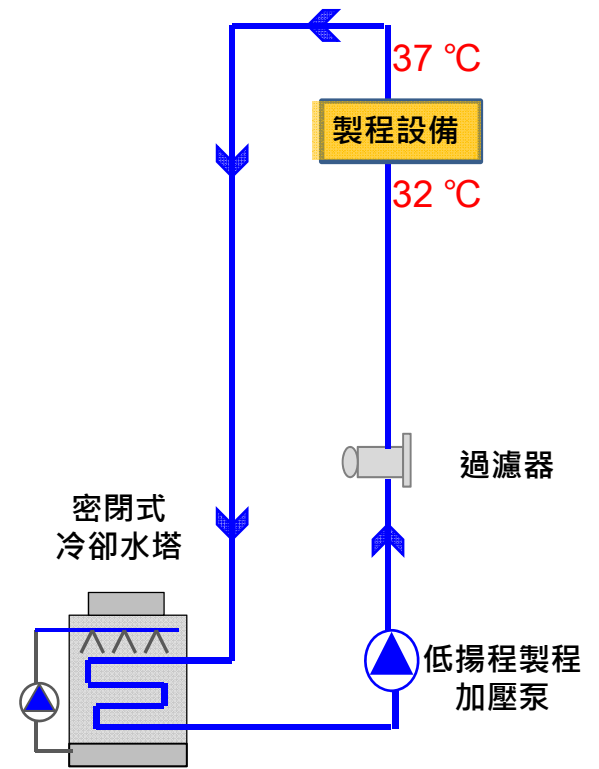
# 產業界製程設施及系統的節能分析



製程冷卻水系統(開放式)

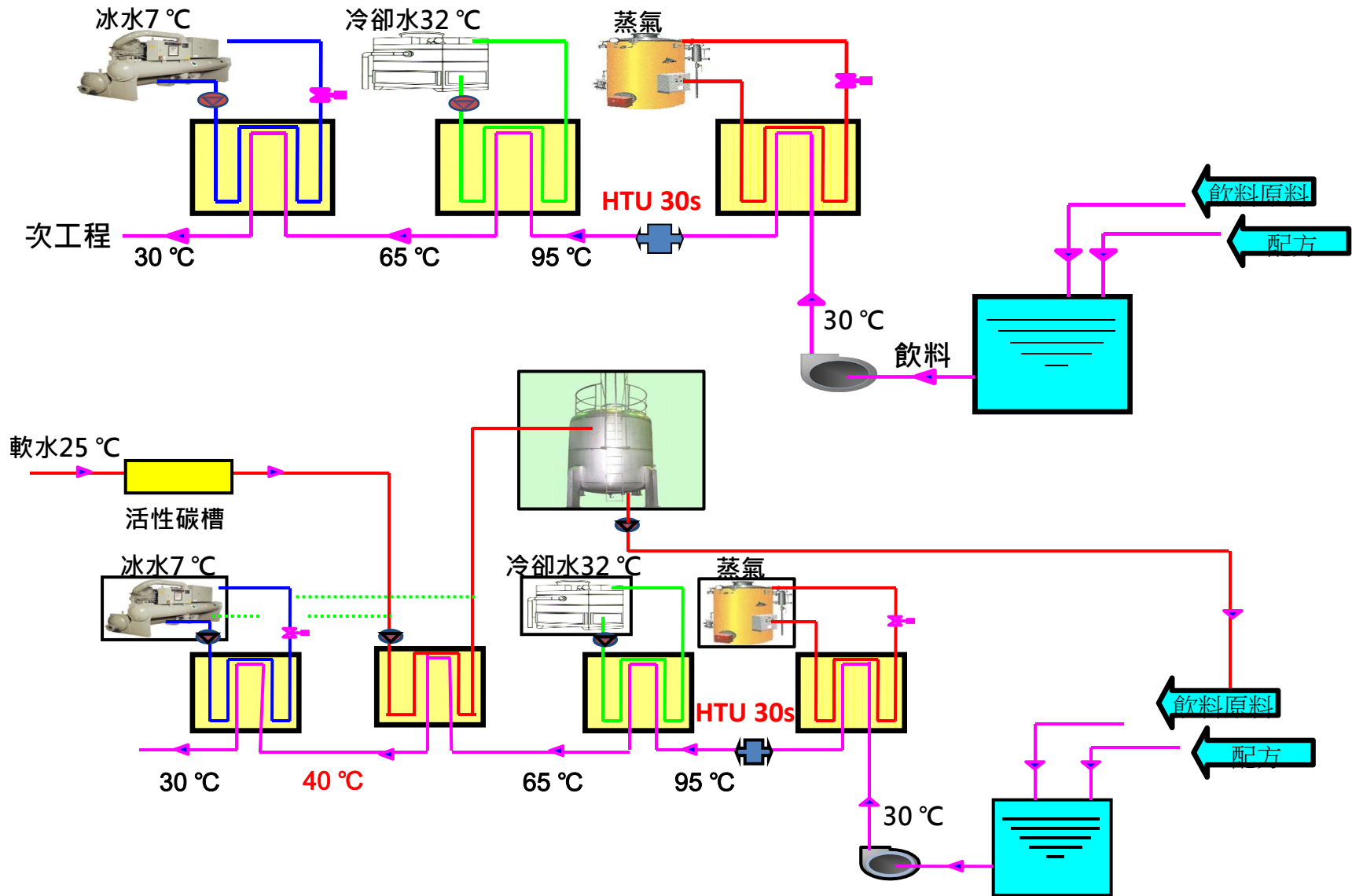


製程冷卻水系統(密閉式)

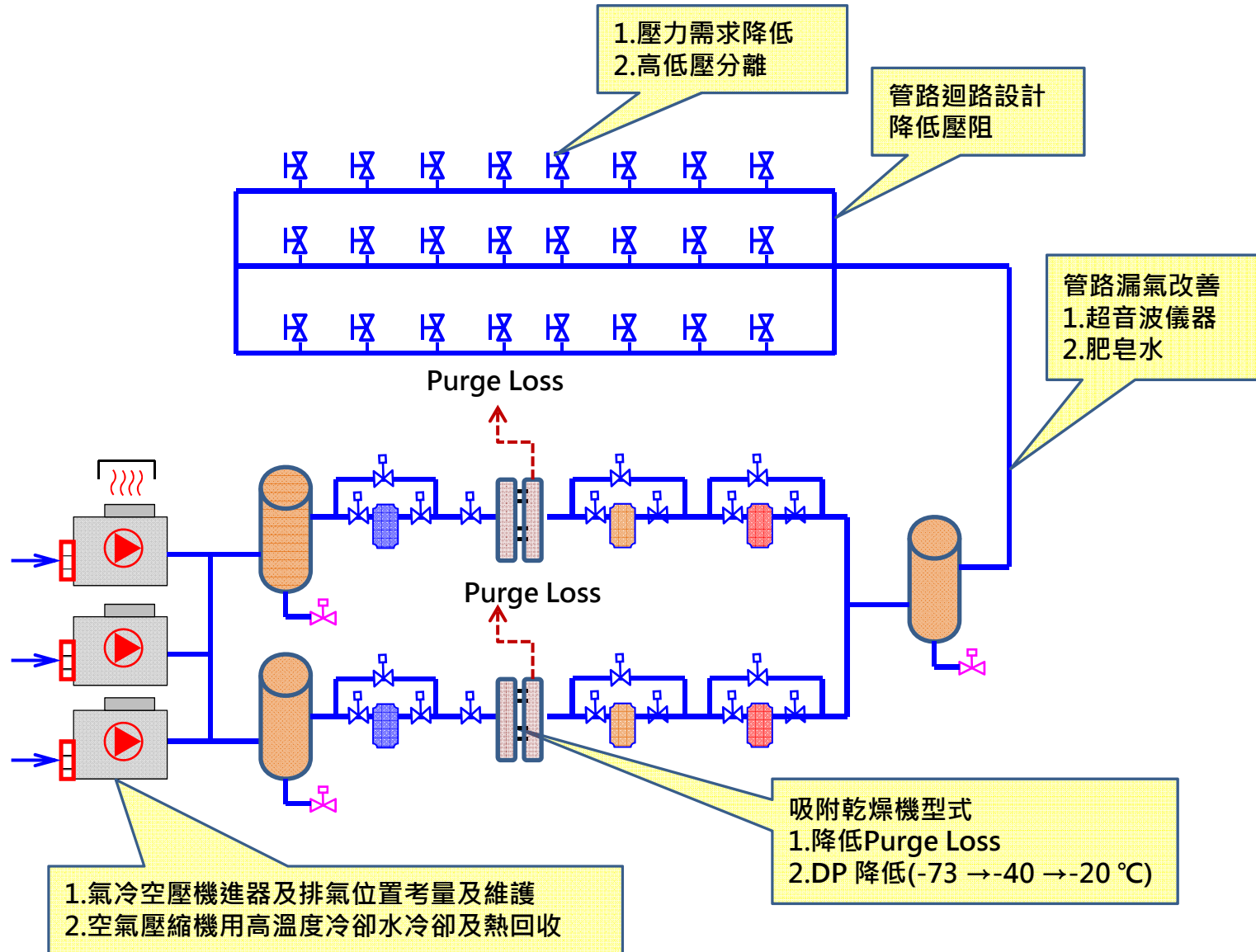


製程冷卻水系統(密閉式)

# 產業界製程設施及系統的節能分析



# 產業界製程設施及系統的節能分析

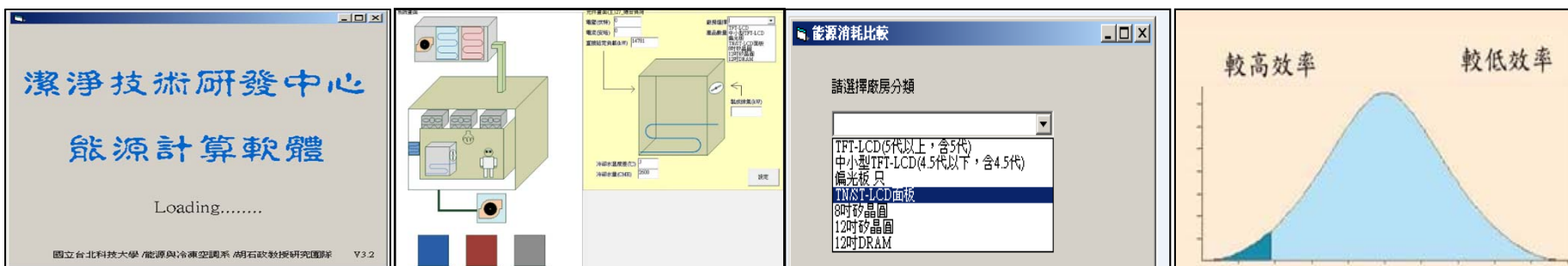


# 產業界製程設施及系統的節能分析

|            | 方法  |
|------------|---|
| 無塵室系統能耗改善  | <p>FFU 覆蓋率從30% → 20% → 15% → 12.5%</p> <p>Clean Room 的回風Chamber內氣密調查及再密封,以免影響無塵室溫濕度</p> <p>無塵室正壓逐步調整(32 Pa → 20 Pa)</p> <p>無塵室內開孔封閉,減少洩漏量</p> <p>盤點並調小各製程排氣,Hook Up風門開度,減少MAU用量</p>   |
| 空壓機系統能耗改善  | <p>CDA 空壓逐步壓力下降,從7.5Kg/cm<sup>2</sup>,到5 Kg/cm<sup>2</sup></p> <p>針對部分需要高壓力的浮力傳輸設備,採行 Air Booster Compressor 來採少耗電</p> <p>CDA的露點溫度的檢討,(-70°C → -40°C → -20°C )</p> <p>針對Clean Machine所需的機台,採用低壓Air Blower取代CDA</p> <p>變頻空壓機做為製程所需之加減載用,降低原先大型機組低效率之運轉</p> |
| 冷卻水系統能耗改善  | <p>PCW溫度逐步調高(18°C → 20 °C → 23 °C → 28 °C)</p> <p>需於歲修時增加管路,做為冬季Free Cooling的再利用</p>  |
| 空調系統能耗改善   | <p>提高中溫冰機出水溫度,(10°C → 12°C → 14°C)</p>  |
| 鍋爐系統能耗改善   | <p>預熱回水提高自來水溫度,減少鍋爐提供RO再生需熱,節約天然氣及電熱</p>  |
| LCM潔淨室能耗改善 | <p>FFU 覆蓋率從25% → 12.5% → 10%</p> <p>操作桌黏著劑排氣系統與機台聯鎖</p> <p>操作桌,離子除塵器及FFU潔淨氣流合理化</p>   |

# 結論

| 管理方法 | 紀錄及指標建立                                 | 需求探討               | 維護操作及自動控制          | 運轉時間               | 汰舊換新         | 尖峰負載管理                                     |
|------|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--|
| 行動   | 建立耗能記錄<br>分析帳單<br>建立運轉模式<br>建立指標        | 設備實際需求<br>壓力<br>流量 | 濾網清潔<br>燈控<br>最佳化  | 降低停機耗能<br>停機設備進行儲冷 | 更換系統<br>高效設備 | 可停電力分析<br>合理契約容量<br>採用需量控制系統<br>選定時間電價計算方式 |
| 功能   | 確立產品單位能源<br>使用量需求<br>確立耗能設備單耗<br>節能目標設定 | 降低初設成本<br>減少負載     | 提高設備妥善率<br>減少人為誤判  | 降低耗能               | 降低耗能<br>減少需求 | 減少負載                                       |
| 目的   | 新設廠指標<br>知識管理                           | 減少成本               | 減少風險<br>減少成本提高能源效率 | 減少成本               | 提高能源效率       | 減少成本                                       |



# 參考文獻

- [1] 經濟部能源局100年長期負載預測與電源開發規劃摘要報告
- [2] Energy use in the semiconductor manufacturing industry, Washington DC, United States Environmental Protection Agency, 1998.
- [3] Williamson, M. C. (1999) Energy efficiency in semiconductor manufacturing: a tool for cost savings and pollution prevention: Semiconductor Fabtech – 8th edition, Anna Pink, editor, IGC Publishing Ltd. London. p77-82.
- [4] Energy consumption survey report, 1991, Tokyo: Japan Mechanical Association. 1990 (in Japanese)
- [5] SEJA(2003) , “Guidelines for Energy Quantification on Semiconductor Manufacture Equipment and Utility”。
- [6] Semiconductor Industry Association. (2008). Roadmap for the semiconductor manufacturing industry. San Jose, CA.
- [7] Tschudi, W. and Xu, T. (2003). Cleanroom energy benchmarking results. Lawrence Berkeley National Laboratory Report, LBNL-50219. ASHRAE Transactions. 109(2):733~739.
- [8] Naughton, P. (2003) Proceedings of the International SEMATECH Semiconductor Symposium, TX. USA.
- [9] Hu, S.C. and Chueh, Y.K. (2003). Power consumption of semiconductor fabs in Taiwan. Energy – The International Journal, 28:895-907.
- [10] Chang, Cheng-Kuang; Hu, Shih-Cheng; Liu, Vincent; Chan, David Yi-Liang; Huang, Chin-Yi; Weng, Ling-Chia. (2012) Specific energy consumption of dynamic random access memory module supply chain in Taiwan. Energy, Volume 41, issue 1 (May, 2012), p. 508-513
- [11] 詹益亮, 林幸秋, 黃啟峰, 蔡憲坤, 林煒俊, 唐陽明等, 工業部門能源查核管理及節能輔導趨勢分析
- [12] 台北科技大學潔淨室網站 <http://wwwcctr.web.ntut.edu.tw/bin/bbindex.php>

# Thank you

## Q & A

### Special Thanks due to



益昇系統科技股份有限公司

Yi-Sheng Systems Integration Co., Ltd

張振光副總 E-mail:andy5310biz@gmail.com