



科學園區
溫室氣體減量作法

施顏崇

工研院 綠能所

溫室氣體與全球暖化

- ◆ 大自然原本就儲存二氧化碳在地底與海中，維持平衡狀態
- ◆ 人為活動使大氣中二氧化碳濃度升高，破壞了自然平衡

溫度上升



海平面升高



極端氣候事件



冰河融冰



溫室氣體減量與管理法

1. 國家氣候變遷行動綱領
2. 階段管制目標
3. 溫室氣體減量推動方案
4. 作業準則
5. 排放量盤查登錄
6. 抵換專案
7. 查驗管理
8. 溫室氣體管理基金
9. 效能標準獎勵
10. 其他獎勵辦法

國家因應氣候變遷行動綱領

1. 願景

制定氣候變遷調適策略，降低與管理溫室氣體排放，建構能適應氣候風險之綠色低碳家園，確保國家永續發展

2. 目標

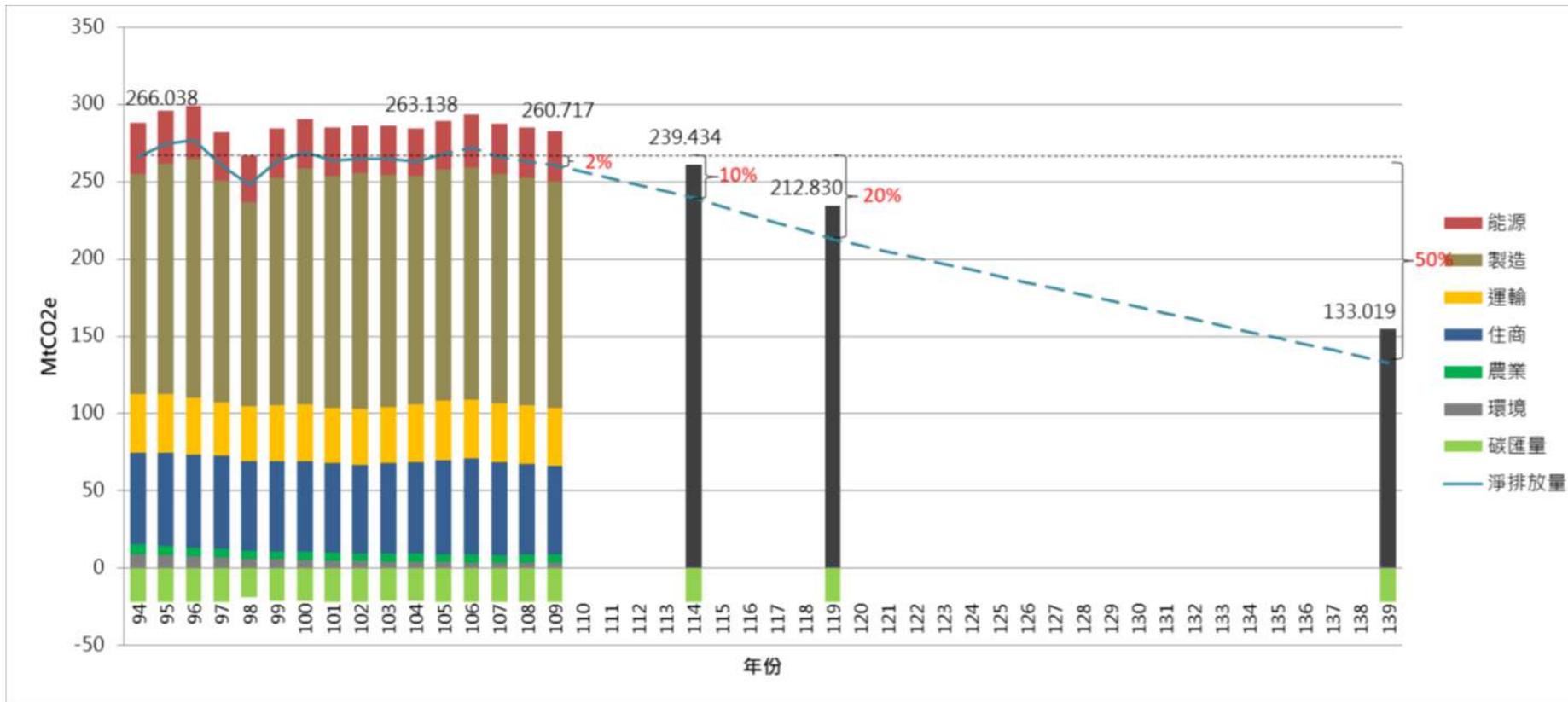
- 1)健全我國面對氣候變遷之調適能力，以降低脆弱度並強化韌性
- 2)國家溫室氣體長期減量目標為中華民國139(2050)年溫室氣體排放量降為中華民國94年溫室氣體排放量50%以下
- 3)前項目標，中央主管機關應會商中央目的事業主管機關，參酌聯合國氣候變化綱要公約與其協議或相關國際公約決議事項及國內情勢變化，適時調整該目標，送行政院核定，並定期檢討之

3. 行動綱領應每五年檢討一次

推動方案應包括階段管制目標、推動期程、推動策略、預期效益及管考機制等項目

六大部門排放現況與短中長期減量目標

- ◆ 設定109年(西元2020年)溫室氣體排放量較基準年94年(西元2005年)減量2%(即溫室氣體淨排放總量260.717百萬公噸二氧化碳當量，以下簡稱MtCO₂e)
- ◆ 以114年(西元2025年)較基準年減量10%及119年(西元2030年)較基準年減量20%為努力方向。



資料來源：環保署之溫室氣體減量推動方案(核定本)中華民國107年3月

國家溫室氣體減量目標



INDC：國家自定預期貢獻 Intended Nationally Determined Contribution
BAU：現況發展趨勢推估情境 Business as usual

109年溫室氣體排放量

- 國家溫室氣體淨排放量：降為94年溫室氣體淨排放量再減少2%(260.717 MtCO₂e)
- 部門別溫室氣體排放量：
 - 1.能源部門：32.305 MtCO₂e
 - 2.製造部門：146.544 MtCO₂e
 - 3.運輸部門：37.211 MtCO₂e
 - 4.住商部門：57.530 MtCO₂e
 - 5.農業部門：5.318 MtCO₂e
 - 6.環境部門：3.496 MtCO₂e
- 電力排放係數階段目標(109年目標值)：0.492公斤CO₂e/度
(不含發電廠廠用、自用發電設備廠用與自用及線損之電量與排放量)

國內溫室氣體減量第一期階段目標

◆第一期階段管制目標

105至109年間之溫室氣體排放管制總當量：

一. 國家階段管制目標：**1437.531 MtCO₂e**

二. 部門別階段管制目標：

1. 能源部門：**163.139 MtCO₂e**

2. 製造部門：**741.543 MtCO₂e**

3. 運輸部門：**189.663MtCO₂e**

4. 住商部門：**298.845 MtCO₂e**

5. 農業部門：**26.187 MtCO₂e**

6. 環境部門：**18.154 MtCO₂e**

三. 電力排放係數階段目標(年平均**值**)：**0.517公斤CO₂e/度**

國家溫室氣體減量策略

法源依據

「空氣污染防制法」

「溫室氣體減量及管理法」

強制盤查登錄
自願減量

效能標準
獎勵

總量管制
及排放交易

規範對象

- 特定產業
- 排放量達25,000公噸CO₂e之排放源

經公告之
排放源

分配減量責任
予排放源
所屬事業

管理措施

- 排放量定期申報
- 查驗機構管理機制
- 先期專案抵換專案

- 訂定效能標準獎勵
- 鼓勵未公告之排放源自願減量行動

- 公告納管排放源
- 逐步從免費核配到有價配售方式規劃
- 建置排放額度拍賣及交易機制

推動方案-六大部門推動策略重點

能源部門

- 分階段降低**電力排放係數**階段目標
- 避免**化石燃料不當補貼**，以逐步落實環境外部成本內部化

製造部門

- 推動工業部門**低碳燃料替代**，促使改用清潔燃料
- 協助企業建立**因應氣候變遷管理機制與組織權責**

運輸部門

- 強化公共運輸系統，建立**私人運具轉移至公共運輸系統之誘因機制**
- 持續**加嚴車輛耗用能源標準**，針對製造或進口車商**提升平均油耗**

住商部門

- 檢視修正建築相關法規，提高**建築物外殼節能設計基準值**
- 完備建築能源效能評估工具，規劃推動**建築能源護照**

農業部門

- 推廣友善之農林漁牧生產環境，並**加強農業能、資源循環利用**
- 積極推動植樹造林與撫育，**提高碳匯量並發揮碳吸存效益**

環境部門

- 建立循環型生產與生活方式，**促進廢棄物資源回收與再利用**
- 推動物料回收技術、回收國內貴重金屬，**邁向循環經濟社會**

推動方案-評量指標

落實六大部門評量指標，致力達成減量目標。

能源部門

109年、114年

- 再生能源設置量
109年10,875 MW
114年27,423MW
- 再生能源發電量
109年252億度
114年545億度
- 再生能源發電占比
114年20%

製造部門

109年及119年

- 碳密集度
109年較94年下降43%
119年較94年下降50%

農業部門

109年及114年

- 有機及友善耕作面積
109年達15,000公頃；114年達22,500公頃
- 輔導畜牧場沼氣再利用(發電)·其總頭數占在養量比率
109年達50%·119年達75%
- 造林面積
109年完成造林3,636公頃·114年完成造林7,176公頃

運輸部門

109年、111年及119年

- 全國公共運輸運量
109年較104年成長7%以上
119年較104年成長20%以上
- 全國電動機車銷售數量
107年至109年增加12.1萬輛
- 小客車、小貨車、機車之新車平均燃料消耗量容許耗用值·111年較103年分別提升30%、25%、10%

住商部門

109年及114年

- 新建建築之建築外殼設計基準值
109年較105年提高10%
- 公部門建築用電效率
109年較104年改善5%·
114年較104年改善10%

114年

- 研議建立建築能源資料庫·發展建築能源護照

環境部門

109年及114年

- 全國污水處理率
109年度達60.8%
114年達65.8%

溫室氣體排放源效能標準草案

- 第一批應盤查排放源 (105年1月7日公告)，且首次申請年度前三年排放量平均達二點五萬公噸二氧化碳當量以上

- 首次申請者
排放量差異 $\leq 10\%$ 者，採前三年算數平均值
排放量差異 $> 10\%$ 者，採前三年最低值
已依本標準取得額度者，採前次申請通過排放量為準

$$\text{排放量差異} = |(A-B)/B| \times 100\%$$

A：第N-1年排放量、第N-2年排放量

B：第N-2年排放量、第N-3年排放量

N：申請年度

適用對象規定

效能標準計算

- 第七條第一項修正：
 - 新增第二項：
獎勵額度=效能標準-申請年度溫室氣體排放量
 - 新增第三項：
電力排放係數應依最新公告知該申請額度年度電力排放係數計算之

獎勵申請額度

排除申請資格

- 第三條第二項新增：
關廠、停工、歇業導致減量者

公私場所應申報溫室氣體排放量之固定污染源

批次	固定污染源		條件說明
	行業別	製程別	
一	半導體業	積體電路製造程序	包括經由物理氣相沈積、化學氣相沈積、光阻、微影、蝕刻擴散、離子植入、氧化與熱處理等製程。
一	薄膜電晶體液晶顯示器業	具備薄膜電晶體元件陣列基板及彩色濾光片生產程序	指薄膜電晶體液晶顯示器製造過程中，包括擴散、薄膜、黃光顯影、蝕刻或彩色濾光片等程序。
一	各行業	公私場所之其他設備	公私場所全廠(場)化石燃料燃燒產生溫室氣體年排放量達一百萬公噸二氧化碳當量者。
二	各行業	公私場所之其他設備	公私場所全廠(場)化石燃料燃燒產生溫室氣體年排放量達二·五萬公噸二氧化碳當量。

公私場所應申報溫室氣體排放量之固定污染源

◆ 計算說明

1. 公私場所固定污染源具有左列任一製程或設備者，應依規定申報全廠(場)溫室氣體年排放量
2. 公私場所應依下列計算方式，判定全廠(場)化石燃料燃燒產生溫室氣體年排放量是否達一定門檻：
 - 溫室氣體年排放量(公噸二氧化碳當量/年)=當年原(物)料、燃料使用量、產品產量或其他經主管機關認定之操作量(公噸、公秉或千立方公尺/年) \times 排放係數(公噸/公噸、公秉/公噸或千立方公尺/公噸) \times 溫暖化潛勢
 - 前項原(物)料、燃料使用量、產品產量或其他經主管機關認定之操作量，以公私場所於中華民國101年之活動數據計算之
 - 但公告後始設立之固定污染源，其活動數據應採用最大設計值

$$\text{溫室氣體年排放量(CO}_2\text{e)} = \text{活動係數} \times \text{排放係數} \times \text{GWP值}$$

我國溫室氣體排放占比

我國溫室氣體排放量最新統計至2015年，GHG排放總量約為284.64百萬公噸二氧化碳當量(MtCO₂eq)：

- CO₂占溫室氣體總量的95.22%，其他包括CH₄、N₂O、SF₆、HFCs、PFCs、NF₃。
- 能源部門燃料燃燒排放CO₂占CO₂總量的93.69%，占溫室氣體總量的89.21%。

(資料來源：各部會2017.08.30提供之溫室氣體排放清冊統計數據)

我國2015年溫室氣體部門別結構：

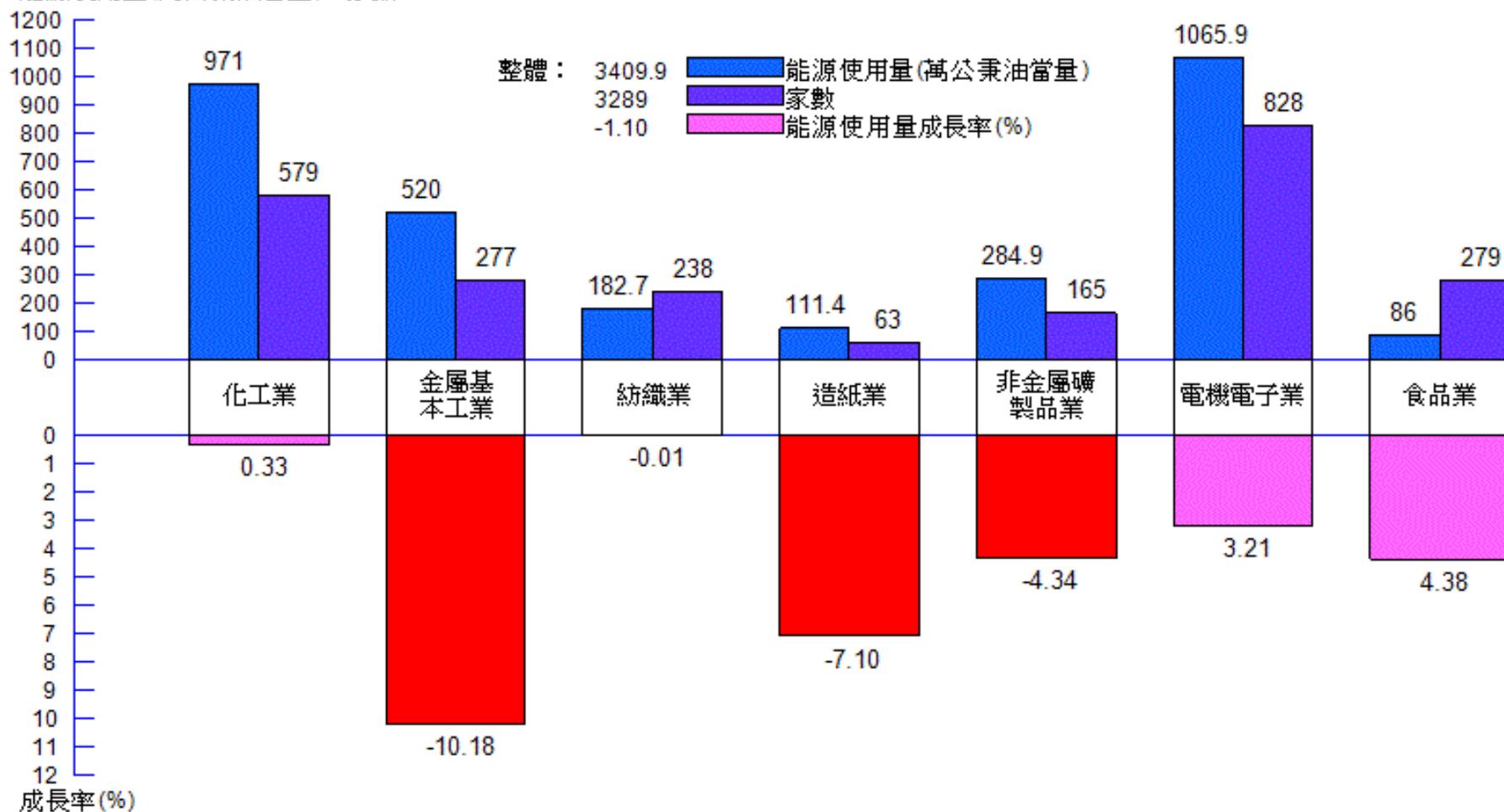
- 製造部門為最大占比51.92% (其中包括CO₂占48.89%、CH₄占0.06%、N₂O占0.69%、HFCs占0.36%、PFCs占0.46%、SF₆ 0.48%、NF₃0.41%)
- 住商部門 20.75% (其中CO₂占20.66%、CH₄占0.02%、N₂O占0.07%)。
- 運輸部門 13.10% (其中CO₂占12.81%、CH₄占0.10%、N₂O占0.18%)。
- 能源部門 10.91% (其中CO₂占10.88%、CH₄占0.0004%、N₂O占0.02%)。
- 農業部門 1.88% (其中CO₂占0.94%、CH₄占0.45%、N₂O占0.49%)。
- 環境部門 1.44% (其中CO₂占0.04%、CH₄占1.28%、N₂O占0.13%)。

資料來源：各部會2017.08.30提供之數據 (國家溫室氣體排放登錄平台)

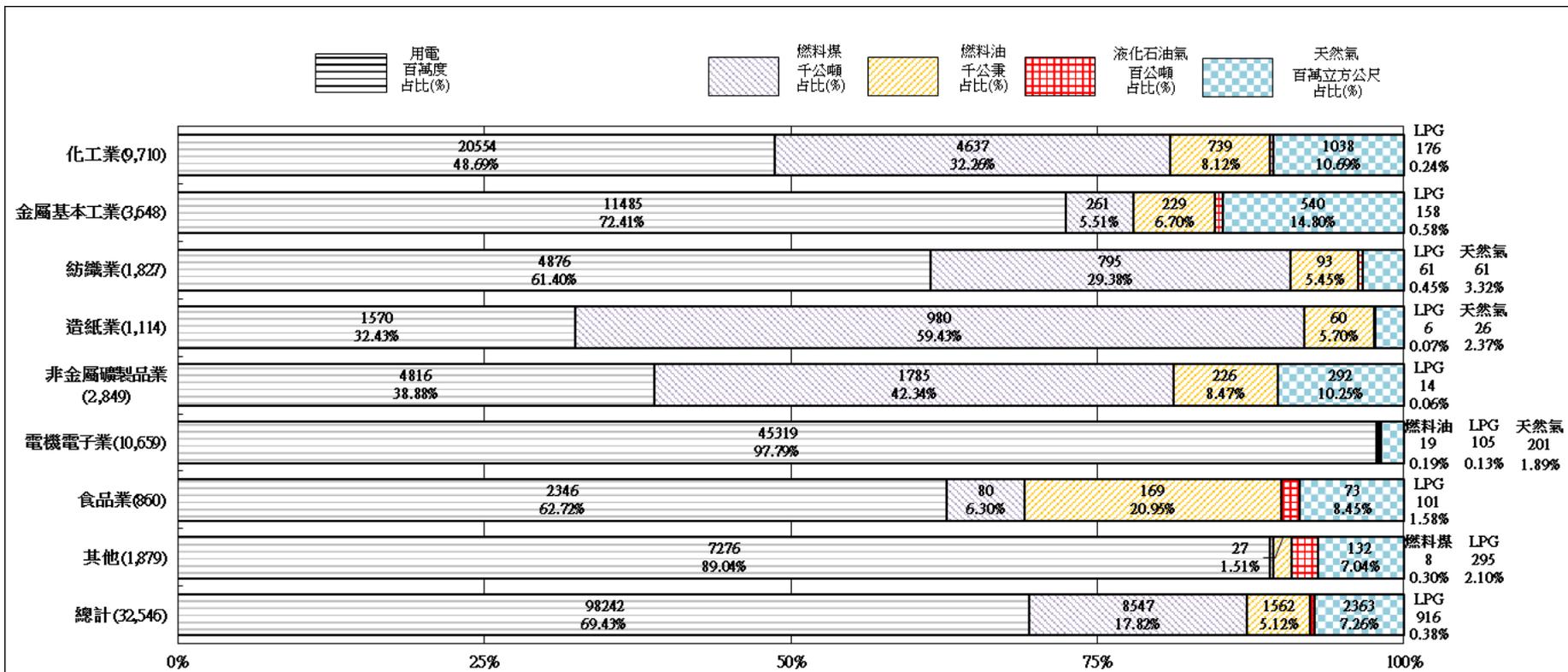
我國溫室氣體排放占比(溫管法部門別分類)

主要產業耗能量、家數、能源使用量年成長率

能源使用量(萬公秉油當量)、家數

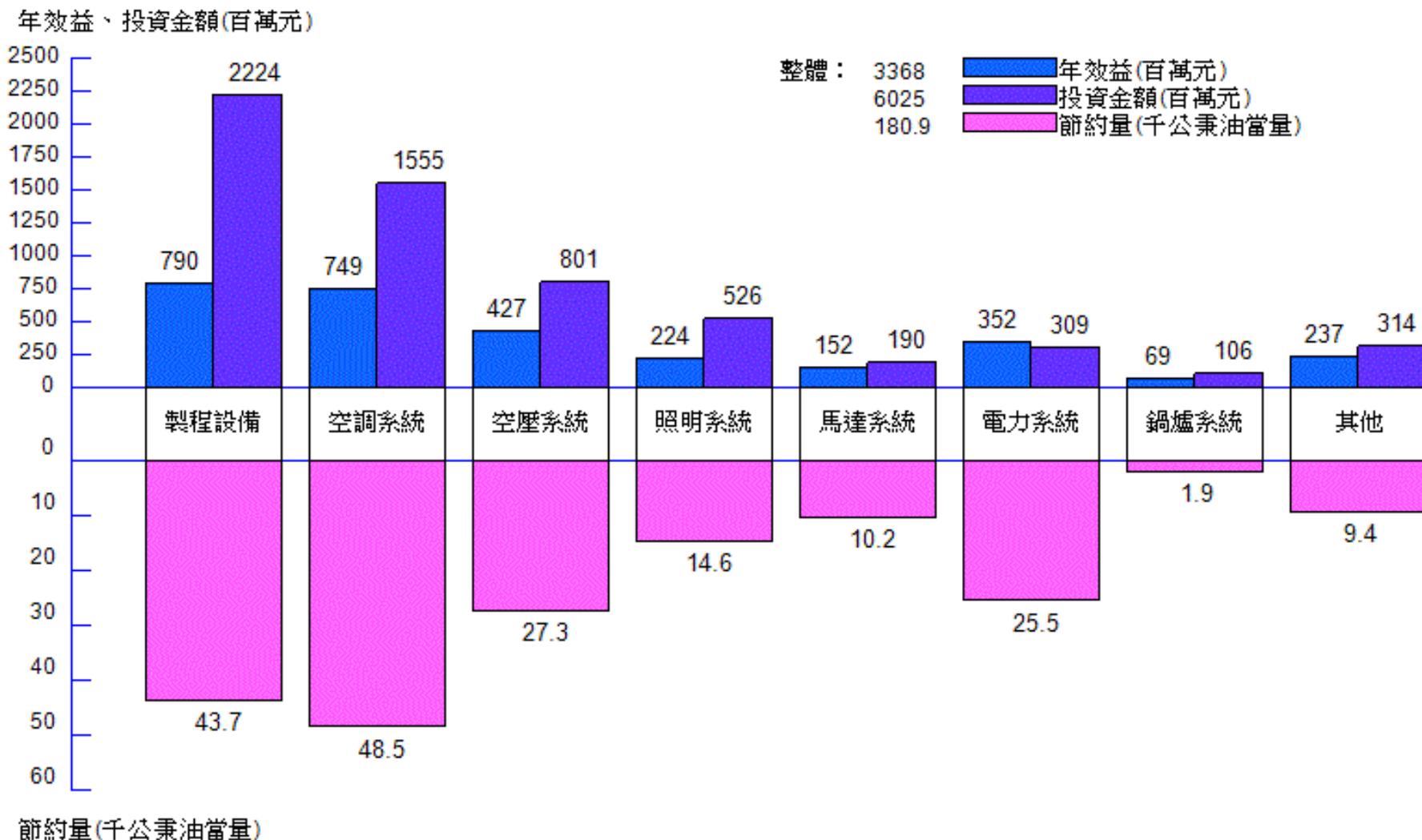


能源使用量與結構占比統計



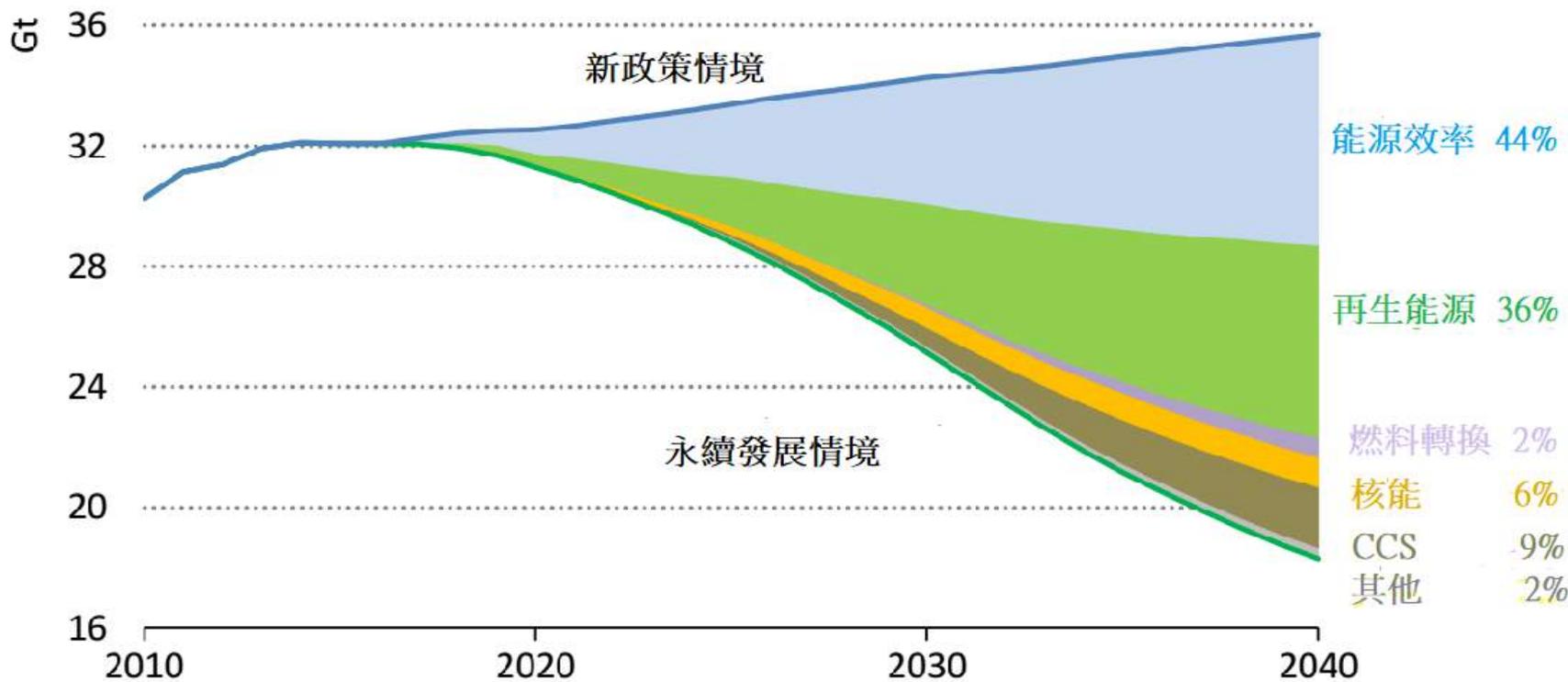
資料來源：工研院綠能所，「工業節能決策支援與能源查核輔導」計畫，2016年12月

電機電子業節能量、年效益與投資金額



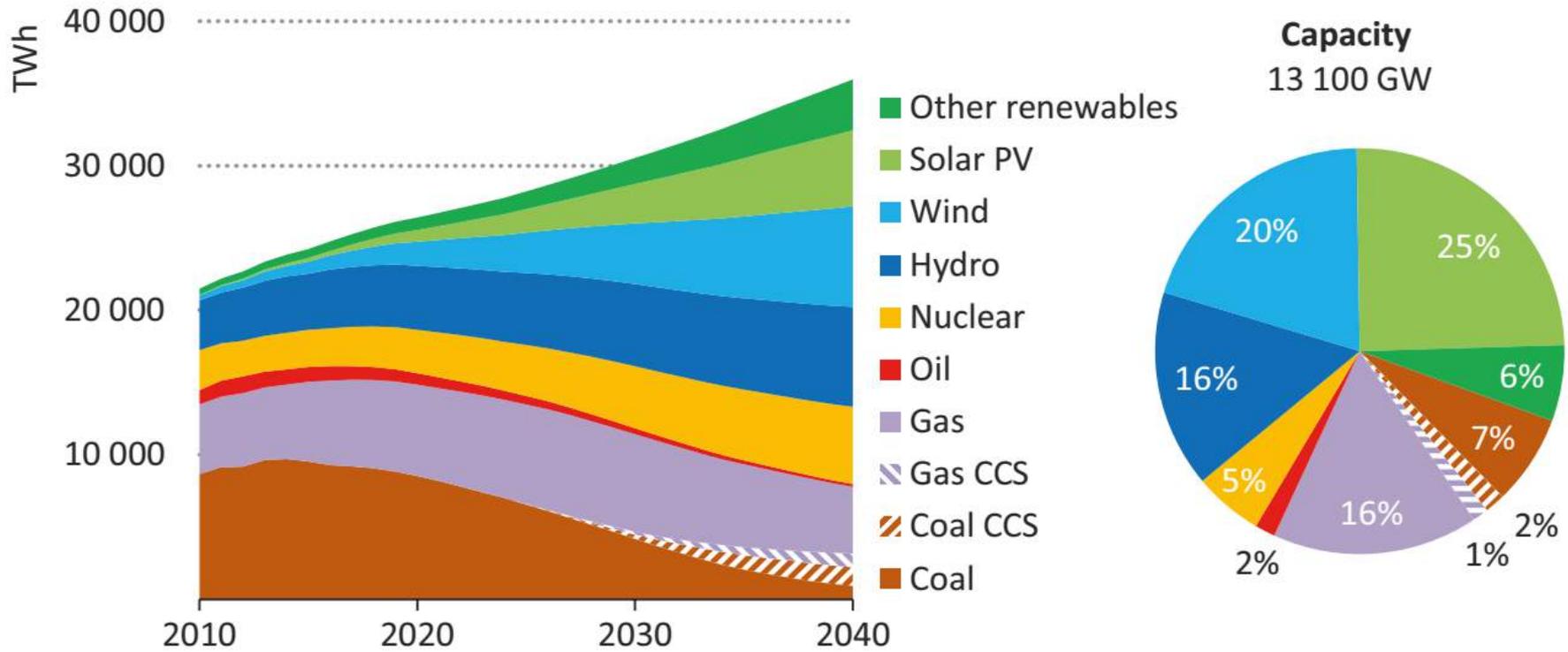
資料來源：工研院綠能所，「工業節能決策支援與能源查核輔導」計畫，2016年12月

IEA 預期各減量技術貢獻占比



Energy efficiency and renewables account for 80% of the cumulative CO₂ emissions savings in the Sustainable Development Scenario

永續發展情境於2040年的電力結構



Power generation all but decarbonises in the Sustainable Development Scenario

資料來源: World Energy Outlook 2017, International Energy Agency, 2017.

溫室氣體盤查作業參考國際規範

□ 經濟部標準局公布 CNS 14064

◆ ISO 14064-1

➤ 組織層級溫室氣體排放與移除之量化及報告附指引之規範

◆ ISO 14064-2

➤ 計畫層級溫室氣體排放減量或移除增量之量化、監督及報告附指引之規範

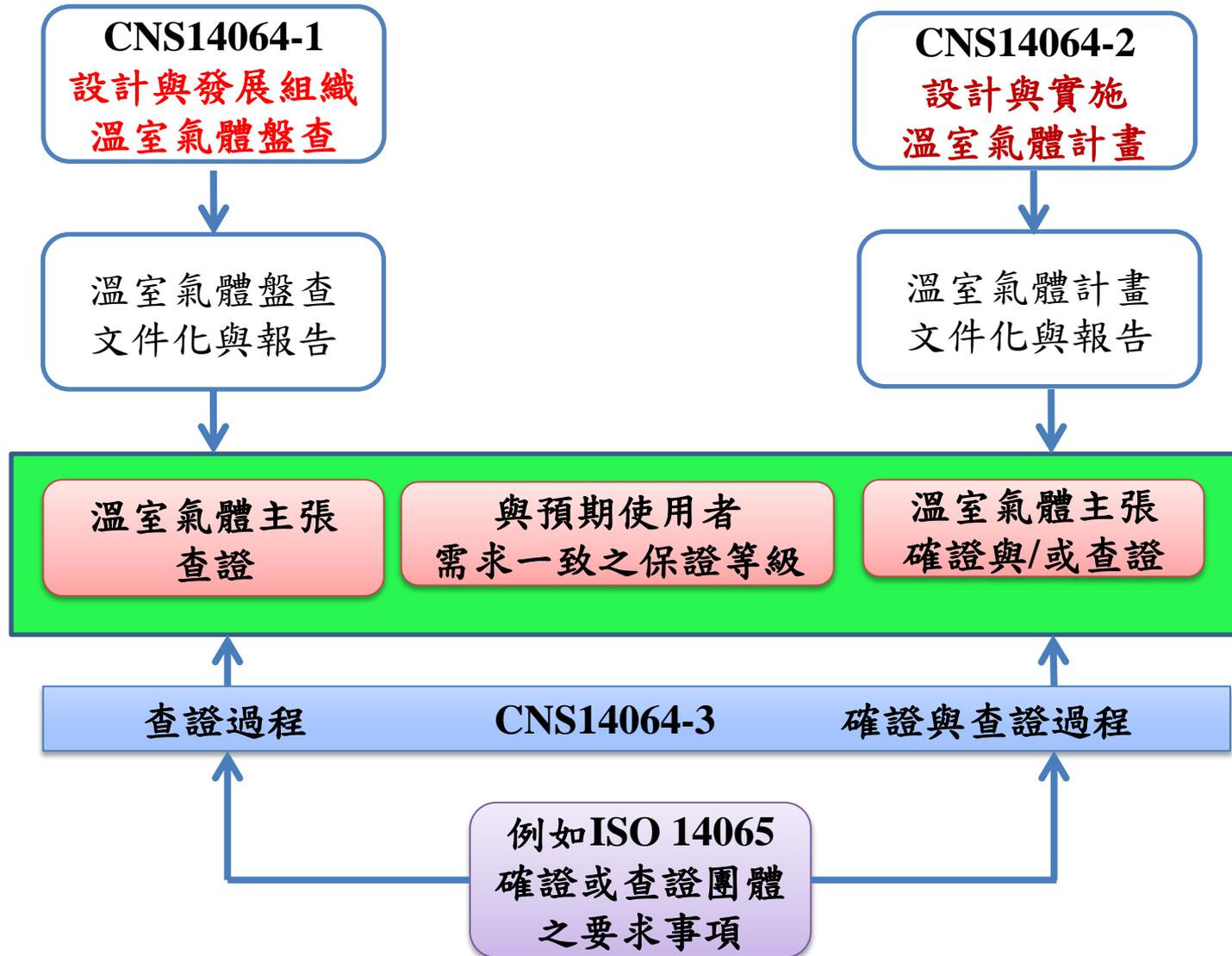
◆ ISO14064-3

➤ 溫室氣體主張之確證與查證附指引之規範

◆ ISO-14065

➤ 使用於溫室氣體確證與查證機構認證或其他承認形式之要求

CNS 14064 三部標準間之關聯性



溫室氣體種類與特性

種類

1. 第一大類(京都議定書規範)

- 1) 二氧化碳(CO₂)
- 2) 氧化亞氮(N₂O)
- 3) 甲烷(CH₄)
- 4) 氫氟碳化物(HFCs)
- 5) 全氟碳化物(PFCs)
- 6) 六氟化硫(SF₆)
- 7) 三氟化氮(NF₃)。

2. 第二大類(蒙特婁公約規範)

- 1) 氫氟碳化物(HFCs)
- 2) 氟氯碳化物(CFCs)

3. 第三大類

- 1) 水蒸氣(H₂O)
- 2) 臭氧(O₃)

特性

1. 全氟碳化物(PFCs)、六氟化硫(SF₆)及三氟化氮(NF₃)三類氣體造成溫室效應的能力最強
2. 對全球升溫的貢獻百分比來說，二氧化碳由於含量較多，所佔的比例也最大，約為55%
3. 溫室氣體的另一個特性是它們在大氣中停留的時間(亦即生命期)
 - 1) 二氧化碳的生命期為50~200年
 - 2) 甲烷較短為12~17年
 - 3) 氧化亞氮為120年
 - 4) 氟氯碳化物為102年



全球暖化潛勢(GWP)

溫室氣體	1995年第二次 評估報告	2001年第三次 評估報告	2007年第四次 評估報告
甲烷(CH ₄)	21	23	25
氧化亞氮(N ₂ O)	310	296	298
六氟化硫(SF ₆)	23900	22200	22800
氫氟碳化物(HFC)			
三氟甲烷(HFC-23、CHF ₃)	11700	12000	14800
二氟甲烷(HFC-32、CH ₂ F ₂)	650	550	675
1.1.1.2.2-五氟乙烷(HFC-125、C ₂ HF ₅)	2800	3400	3500
1.1.1.2-四氟乙烷(HFC-134a、C ₂ H ₂ F ₅)	1300	1300	1430

第五次評估報告採用四種代表濃度路徑(Representative Concentration Path)：RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0與RCP8.5，分別代表在21世紀末，人為溫室效應為2.6、4.5、6.0與8.5瓦/平方公尺，二氧化碳濃度則分別為421、538、670與936 ppm。

。

各溫室氣體的增溫效應及其排放來源

溫室氣體	全球暖化潛勢GWP	排放來源
CO ₂	1	化石燃料燃燒、砍伐(燃燒)森林
CH ₄	25	垃圾場、農牧業、化石燃料、煤礦開採、其他
N ₂ O	298	化石燃料燃燒、砍伐(燃燒)森林
HFCs	12 ~ 14,800	滅火器、半導體、噴霧劑
PFCs	7,390~12,200	鋁製品、半導體、滅火器
SF ₆	22,800	電力設施、半導體、鎂製品
NF ₃	17,200	顯示面板、太陽能電池

- ◆ 全球暖化潛勢(global warming potential, GWP)係指一物質在與CO₂比較下會造成大氣溫暖化的相對能力
- ◆ 舉例：將CO₂的GWP值設定為1的情況下，CH₄吸收的熱超過CO₂吸收的25倍，GWP值為25；N₂O所吸收的熱較CO₂多298倍，其GWP值即為298

IPCC第四次評估報告全球暖化潛勢值一覽表

	GHGs種類	生命週期(年)	GWP(20年平均)	GWP(百年平均)	GWP(五百年平均)
	CO ₂	>500(Bern model, 與大氣中CO ₂ 濃度相關)	1	1	1
	CH ₄	12	72	25	7.6
	N ₂ O	114	289	298	153
	SF ₆	3200	16300	22800	32600
	HFCs				
HFC-23	CHF ₃	270	12000	14800	12200
HFC-32	CH ₂ F ₂	4.9	2330	675	205
HFC-125	CHF ₂ CF ₃	29	6350	3500	1100
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	14	3830	1430	435
HFC-143a	CH ₃ CF ₃	52	5890	4470	1590
HFC-152a	CH ₃ CHF ₂	1.4	437	124	38
HFC-227ea	CF ₃ CHFCF ₃	34.2	5310	3220	1040
HFC-236fa	CF ₃ CH ₂ CF ₃	240	8100	9810	7660
HFC-245fa	CHF ₂ CH ₂ CF ₃	7.6	3380	1030	314
HFC-365mfc	CH ₃ CF ₂ CH ₂ CF ₃	8.6	2520	794	241
HFC-43-10mee	CF ₃ CHFCHFCF ₂ CF ₃	15.9	4140	1640	500
	PFCs				
Nitrogen trifluoride	NF ₃	740	12300	17200	20700
PFC-14	CF ₄	50000	5210	7390	11200
PFC-116	C ₂ F ₆	10000	8630	12200	18200
PFC-218	C ₃ F ₈	2600	6310	8830	12500
PFC-318	c-C ₄ F ₈	3200	7310	10300	14700
PFC-3-1-10	C ₄ F ₁₀	2600	6330	8860	12500
PFC-4-1-12	C ₅ F ₁₂	4100	6510	9160	13300
PFC-5-1-14	C ₆ F ₁₄	3200	6600	9300	13300
PFC-9-1-18	C ₁₀ F ₁₈	>1000	>5500	>7500	>9500
trifluoromethyl sulphur pentafluoride	SF ₅ CF ₃	800	13200	17700	21200

說明：

1.現行UNFCCC規範，使用IPCC AR4中GWP百年平均值，作為計算溫室氣體當量之基礎。

2.詳細資料請參考IPCC AR4，如下網址：https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html

3.UNFCCC規範，請參閱第Decision 24/CP.19決議文：「Revision of the UNFCCC reporting guidelines on annual inventories for Parties included in Annex I to the Convention」。

網址：<http://unfccc.int/resource/docs/2013/cop19/eng/10a03.pdf#page=2>，第24頁。

溫室氣體排放係數管理表 (6.0.2版本 105年1月)

使用限制：2015年(含2015年)後盤查對象應採用本版本(6.0.2版)之排放係數進行排放量計算。

修正日期	修正項目
-	1.修改GWP值，統一採用採IPCC 1995年第二次評估報告。
-	2.熱值修正： (1)固定燃燒源之焦煤、柴油、蒸餘油(燃料油)、天然氣(9906修正)、液化天然氣(9906修正)等熱質，根據能源局2009年公布資料進行更新； (2)褐煤(11.9TJ/Gg)、油頁岩(8.9TJ/Gg)、泥煤(9.76TJ/Gg)、奧里油(27.5TJ/Gg)、天然氣(44.2TJ/Gg)、頁岩油(38.1TJ/Gg)、乙烷(46.4TJ/Gg)等熱質，根據IPCC 2006年報告表1.2資料進行更新； (3)一般廢棄物熱值根據行政院環保署公佈之我國2009年我國垃圾之發熱量進行更新。
-	3.天然氣凝結油(NGLs)Natural Gas Liquids依IPCC定義為天然氣於製造、純化及安定化過程中的產物，其主要成分含乙烷、丙烷、丁烷、戊烷、天然汽油及凝結液。
-	4.GWP值修正與增列： (1)同時納入1996、2001、2006等三年IPCC報告公布之GWP值； (2)根據IPCC 2006年報告將R407更新為R407a； (3)根據IPCC報告增加 R500 等40項混合冷媒種類。
-	5.製程排放源：修正(三、玻璃製程、七、硝酸製程係數)，新增(十)~(二十一)(9907)。
102.11	6. 新增2011年、2012年電力係數，並追溯修正計算歷年2005~2010年電力排放係數。 7. 熱值修正： (1) 固定燃燒源之煙煤、自產煤、燃料煤、次煙煤(其他)及一般事業廢棄物的熱值，根據能源局2012年公布資料進行修正。 (2) 提供90年至101年之垃圾濕基低位發熱量(資料來自於中華民國環境統計年報,2013年)。 8. 熱值新增： (1) 新增固定燃燒源之次煙煤(發電業)熱值 9. 製成排放源：文字修正(三、玻璃製程)，應為CO2排放係數。 10. 新增歷年垃圾濕基低位發熱量-sheet 10.歷年垃圾濕基低位發熱量
本次修正項目 (104.12)	11. 新增2013年、2014年電力係數 12. 熱值更新： (1) 一般廢棄物熱值更新(資料來自於中華民國環境統計年報,2015年)。 13. 新增IPCC 2013 AR5 之GWP值。 14. 新增IPCC建議活動數據及排放係數之不確定性

設定組織邊界與營運邊界

➤ 組織應採取下列方法之一，以彙總其設施層級溫室氣體排放量與移除量：

1. 控制權

組織對財務或營運所控制的設施，負責所有量化之溫室氣體排放與/或移除；或

2. 股權持分

組織依比例負責個別設施之溫室氣體排放量與/或移除量。

➤ 當一個溫室氣體方案或是法定合約界定特定協議時，組織得使用不同的彙總方法。

➤ 當一設施由數個組織控制時，這些組織須採用相同的彙總方法。

➤ **公司可能產生的GHG種類及發生源，可概分為直接與間接排放源：**

1. 直接排放

排放源是由提報公司所擁有或所控制的，如從工廠煙囪、製程、通風設施及公司所擁有/控制的交通工具中的排放(範疇1)

2. 間接排放

排放的產生源自於提報公司的作業結果，但排放來自他家公司所擁有或控制的排放源，如外購電力所產生的排放、委外製造、員工商務旅行的飛行及產品使用期間所發生的排放(範疇2、範疇3)

典型溫室氣體排放源

➤ 固定燃燒源

指固定式設備之燃料燃燒，如鍋爐、熔爐、燃燒爐、蒸汽渦輪機、加熱爐、焚化爐、VOC、引擎及燃燒塔等

➤ 移動燃燒源

指交通運輸設備之燃料燃燒，如汽車、卡車、火車、飛機及船舶

➤ 製程排放源

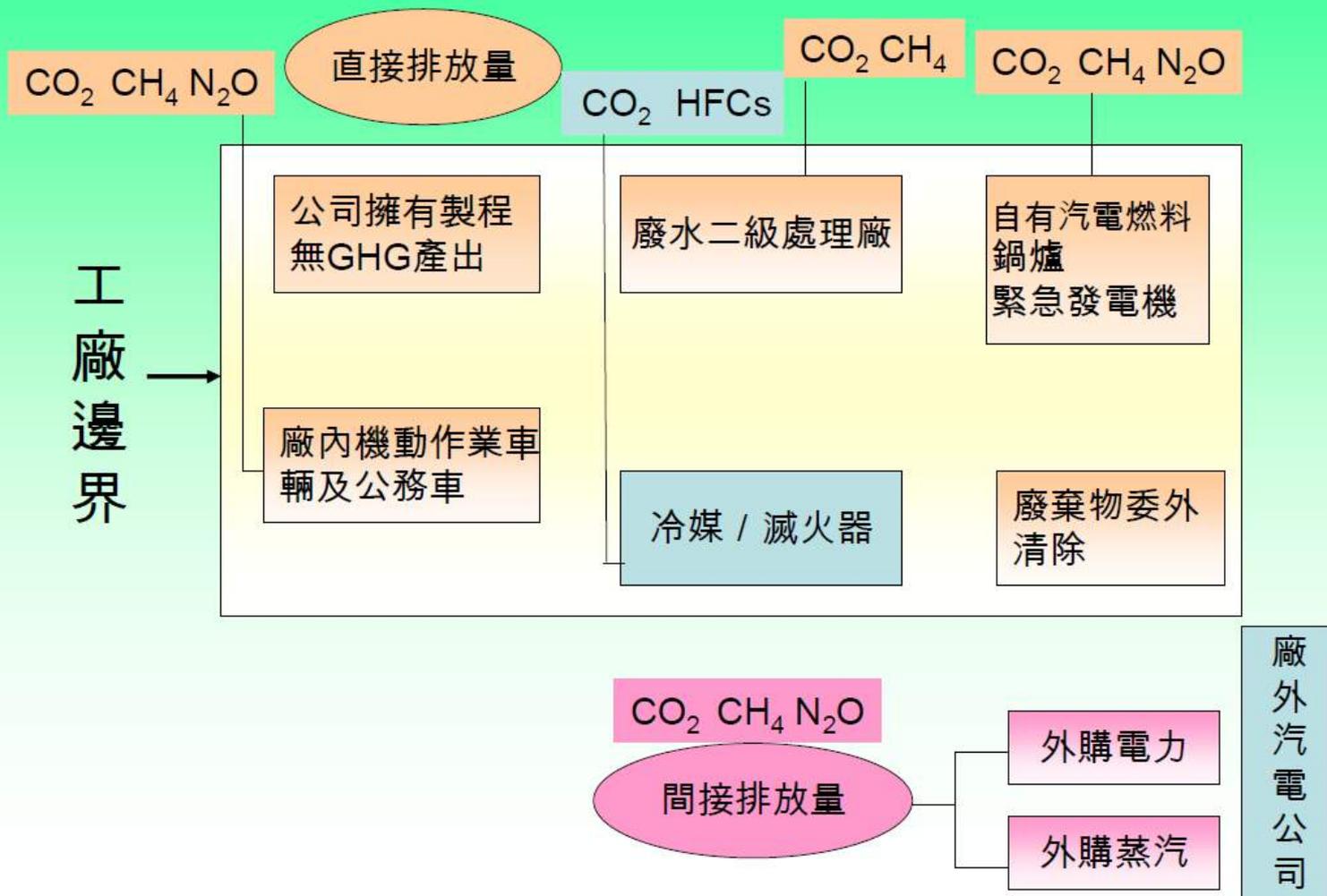
物理或化學製程之排放，例如：CO₂從煉油製程中之觸媒裂解、PFC從半導體晶圓製程及光電業之乾式蝕刻或清洗化學氣相沈積製程反應室所造成之排放等

➤ 逸散排放源

有意及無意的排放，如從設備之接合處、密封處、填料、填塞物之洩漏。亦可能含從煤堆、廢水處理廠、冰機(熱泵)、冷卻水塔之排放及從瓦斯加工設備排放的甲烷

工廠溫室氣體邊界例

工廠溫室氣體種類及邊界範圍圖範例



X公司之溫室氣體排放量化方法

1. 固定燃燒源(Stationary Combustion)	
溫室氣體排放量 = 固定燃燒源年活動數據 × 排放係數 × GWP值	
2. 移動燃燒源(Mobile Combustion)	
溫室氣體排放量 = 移動燃燒源年活動數據 × 排放係數 × GWP值	
3. 逸散排放源(Fugitive Emission)	
化糞池厭氣處理 • 甲烷(CH ₄)	溫室氣體排放量 = 全年在廠總工時數 × 排放係數 × GWP值
冷媒之逸散 • 氟氯碳化物(HFCs) • 全氟碳化物(PFCs) • 六氟化硫(SF ₆)	溫室氣體排放量 = 初始充填量 × 年逸散率(係數) × GWP值 (採用年逸散量計算：公務車、實驗設備、冰箱、冰水機、熱泵、飲水機等) 滅火器之逸散
滅火器之逸散 • 二氧化碳(CO ₂) • 氟氯碳化物(HFCs)	溫室氣體排放量 = 年使用量 × GWP值

➤ 量化之範疇

- 包含直接溫室氣體排放量與能源間接溫室氣體排放量
- 其他間接溫室氣體排放量因數據與係數不易取得，因此僅進行定性描述

➤ 關排放係數法說明如下

排放係數法即利用原料、物料、燃料之使用量或產量等數值乘上特定之排放係數所得排放量之方法

X公司之排放係數採用原則

排放係數之採用依準確度高低優先使用準確度較高者，採用順序如下：
 排放係數等級(依準確度高至低排序1-6)

1	2	3	4	5	6
自廠研發 係數	產業研發 係數	廠商提供 係數	區域公告 排放係數	國家公告 排放係數	國際公告 排放係數

除電力係數、蒸汽係數與化糞池係數外，其餘**排放係數**多採用**IPCC 2006年公告之原始數據**與**最新國家公告之熱值換算**而得之係數

1. 電力排放係數	
1) 台灣廠區	採用台灣能源局公告之電力係數
2) 大陸廠區	採用「中國清潔發展機制網」所公告之排放因子
3) 墨西哥廠	採用Mexico GHG Program公告之排放係數
4) 捷克廠	採用Greenhouse Gas Protocol Initiative公告係數
2. 燃料排放係數	
燃料排放係數 = IPCC排放係數X國家公告熱值	
IPCC排放係數(Kg/Kcal) = IPCC原始排放係數(kg/TJ) $\times 4186.8 \times 10^{-9} \times 10^{-3}$	
3. GWP係數	
全球暖化潛勢(Global Warming Potential, GWP)則參考台灣環保署公告之「溫室氣體排放係數管理表」，引用IPCC 2013年公告之係數(附錄一)，將所有溫室氣體排放量計算結果轉換為二氧化碳當量(CO ₂ e)，單位為公噸CO ₂ e	

X公司之免除量化原則

除電力係數、蒸汽係數與化糞池係數外，其餘排放係數多採用IPCC 2006年公告之原始數據與最新國家公告之熱值換算而得之係數。

捷克廠區(ICZ) 墨西哥廠區(IMX)	化糞池氣體排放量佔比甚小，故其逸散量免除量化。
桃園廠區(TAO)	無法確認環保海龍滅火器(yj30-000002)之海龍(HFC-227ea/HCFC-123)混合比例，故未能找到適用之GWP係數，因量化困難且排放量甚小，故予以免除量化。
XX科技公司(IPT)	無法確認1台雪櫃(151100067303)之冷媒(R22/R152a)混合比例，故未能找到適用之GWP係數，因量化困難且排放量甚小，故予以免除量化。
	1台天然氣/柴油兩用鍋爐(YY621/YY622)，僅於緊急情況時使用，因發生頻率甚低，且量化方式困難，故天然氣/柴油免除量化。

歷年電、水之碳排放係數

單位：公斤CO₂e/度

年度	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106
電力排放係數	0.555	0.562	0.558	0.555	0.543	0.534	0.534	0.529	0.519	0.518	0.525	0.53	0.554

年每生產1度水之CO₂排放約當量

年度	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106
修正前	0.200	0.195	0.191	0.193	0.194	-	-	-	-	-	-
修正後 (註)	0.175	0.170	0.167	0.169	0.167	0.164	0.156	0.155	0.154	0.152	0.162

註：配合經濟部能源局(<http://www.moeaboe.gov.tw>)

98~100年度因100年度全國電力排放係數調整，並追溯計算歷年電力排放係數，爰重新估算本公司歷年每生產1度水之CO₂排放約當量

➤ 燃料燃燒產生各類溫室氣體排放量(含CO₂、CH₄及N₂O)

CO₂排放係數(公噸/單位)

= 碳排放係數(公噸-C/TJ) × 燃料熱值(Kcal/單位) × 4.1868 J/cal × 碳氧化率 × 44/12

CH₄及N₂O排放係數(公噸/單位)

= 排放係數(CH₄/N₂O公噸/TJ) × 燃料熱值(Kcal/單位) × 4.1868 J/cal

➤ 燃料排放因子：採用溫室氣體排放係數管理表6.0.2版(106.02)

廢氣 (VOCs) 碳排放計算

- CO₂排放量計算—具廢氣進流量及入口VOC濃度值

$$\text{排放量} = \text{廢氣進流量} \times \text{VOC濃度} / V \times \text{捕集率} \times \text{燃燒效率} \times 44$$

廢氣進流量(Nm₃)：檢測數據，進入燃燒設備之廢氣流量

VOC濃度(ppm as CH₄)：檢測數據

V(L)：每mole氣體體積，於標準狀態下(0°C)氣體體積為22.4 L/mole

捕集率：廢氣產生後之捕集效率(介於0~1)

燃燒效率：燃燒設備之燃燒效率(介於0~1)

燃燒1 mole CH₄產生1 mole CO₂(分子量44)

- CO₂排放量計算—具廢氣出流量及出口VOC濃度值

$$\text{排放量} = \text{廢氣出流量} \times \text{VOC濃度} / V \times 44$$

- CH₄逸散排放量計算

$$\text{CH}_4\text{排放量} = \text{廢氣進流量} \times \text{CH}_4\text{濃度} \times (1 - \text{捕集率} \times \text{燃燒效率}) \times 16$$

工業部門溫室氣體減量策略

- 要達成嚴峻的減量目標，除過去執行減量措施外：
1. 運用產業減碳大數據來探索節能減碳潛力
 2. 驅動各界投資節約能源及溫室氣體減排之設備、軟體或技術
如高效率節能技術與設備(包括如懸浮式設備、高溫熱泵、超能效泵(IE 4)、吸附式乾燥機、低溫發電技術、儲能技術…等)
 3. 智能化能源管理
 4. 低碳燃料/ 生質燃料替代等前瞻減碳措施
 5. 使用綠能和低排碳溶劑(介質)



溫室減量依據原則

■ 建立專責機構

- 直屬高階管理層與充分權責
- ISO-9000、ISO-14000、ISO-45001和ISO-50001
做四合一管控模式
- 碳足跡盤查標準：
 - 組織碳足跡(ISO 14064-1)
 - 產品碳足跡(PAS 2050/ISO 14067)
- 水足跡盤查認證：
 - ISO 14046：2014 (Water Footprint)
- 溫室氣體盤查相關標準：
 - ISO 14063-1、ISO 14063-2、ISO 14063-3

■ 永續循環經濟：

- 提升能源及資源使用效率，達成經濟與環境雙贏之永續發展，確保生態環保
- 使用綠色能源、設備與產品

建立專責機構

- 建立專責機構職責，具體實施**六大步驟**：
 1. 獲得企業高階管理層的支持，組建專責機構，層級應置在高層管理階級。
 2. **建立一個可信的數據收集系統，測量和監測企業當前的運籌狀況。**
 3. 詮釋需要收集的數據，並**評估所選定的指標。**
 4. 通過與內部和外部的標竿進行比對，評估改進的潛力與方法。
 5. 制定明確的**改進目標。**
 6. 利用最佳實踐，明確並**實施改進方案、步驟和量測驗證。**

能源資源管理&節能資源管理

➤ 能源資源管理：

- 如何用好能源，為能源供應側服務。
- 高效利用能源外，還有能源安全、多樣化、能源儲存、風險…問題。
- **注重解決問題。**

➤ 節約能源資源管理：

- 如何少用能源，為需求側能源服務。
- **注重發現問題。**
- 形成一個標準化的制度。
- **針對性很強。**

工業能效提升的突破

1. 結構面節能

- 推進節能政策與宣示
- 優化結構：產業結構優化、產品結構優化和能源消費結構優化，提高清潔能源資源利用

2. 技術面節能

- 推動節能技術改造
- 提升工業鍋爐、窯爐、電機系統(包括電機、風機、水泵、壓縮機、…)、配電變壓器等量大面廣的高耗能通用設備能效水平
- 推進系統節能改造和先進節能技術的集成優化運用，強化能源梯級利用
- 推動餘熱餘冷餘壓高效回收利用

3. 製程面節能資源

- 製程設備與附屬設備節能
- 製程優化運用

4. 管理面節能資源

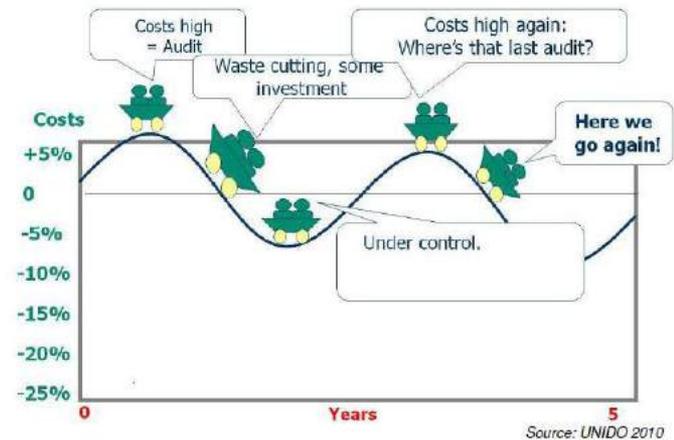
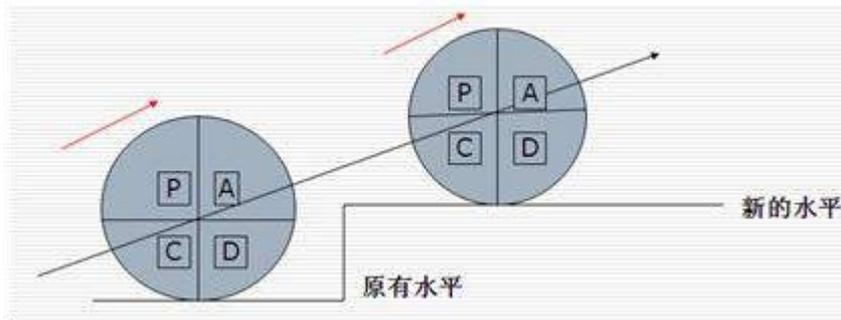
- 提升能源資源管理水平，推動能源資源管理體系建立
- 展開能效對標達標工作
- 提升節能資源管理能力，提高能源資源管理意識
- 強制性能耗、能效標準貫標及落後用能設備淘汰等為重點
- 監控管理體系建立與工作機制，依法實施能耗專項稽核督查

能源資源效率持續改善

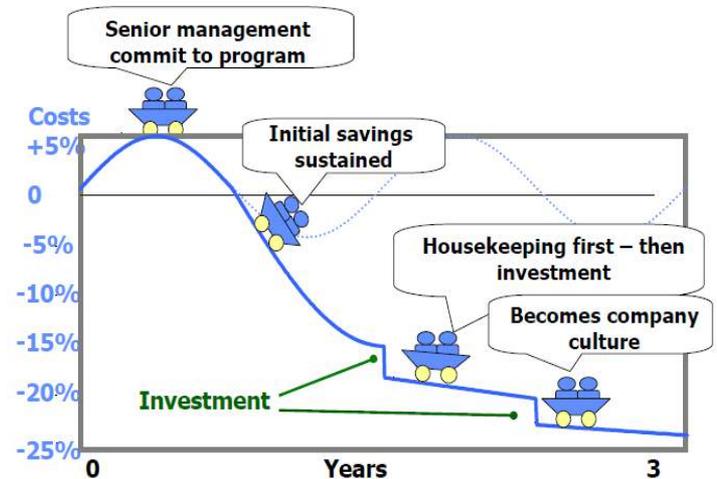
- ◆ 能源績效之管控對組織的生存和發展以及外部形象至為重要。
- ◆ 能源資源效率管理體系為組織持續提高能源管理績效和能源利用效率，有系統的管理手段：
 - 一次性改善
推動一次性的節能改善活動後，可能因為缺乏適當的管控機制，無法造成有效的追蹤其節能成效。
 - 持續性改善
建立能源資源效率管控系統後，可以透過PDCA的管理循環，引導持續改善節能績效，降低能源使用成本為標地。

◆ PDCA循環的特點：

- 大環套小環，小環保大環，互相促進，推動大循環。
- PDCA迴圈是爬樓梯上升式的迴圈，每轉動一周，節能量就提高一步。

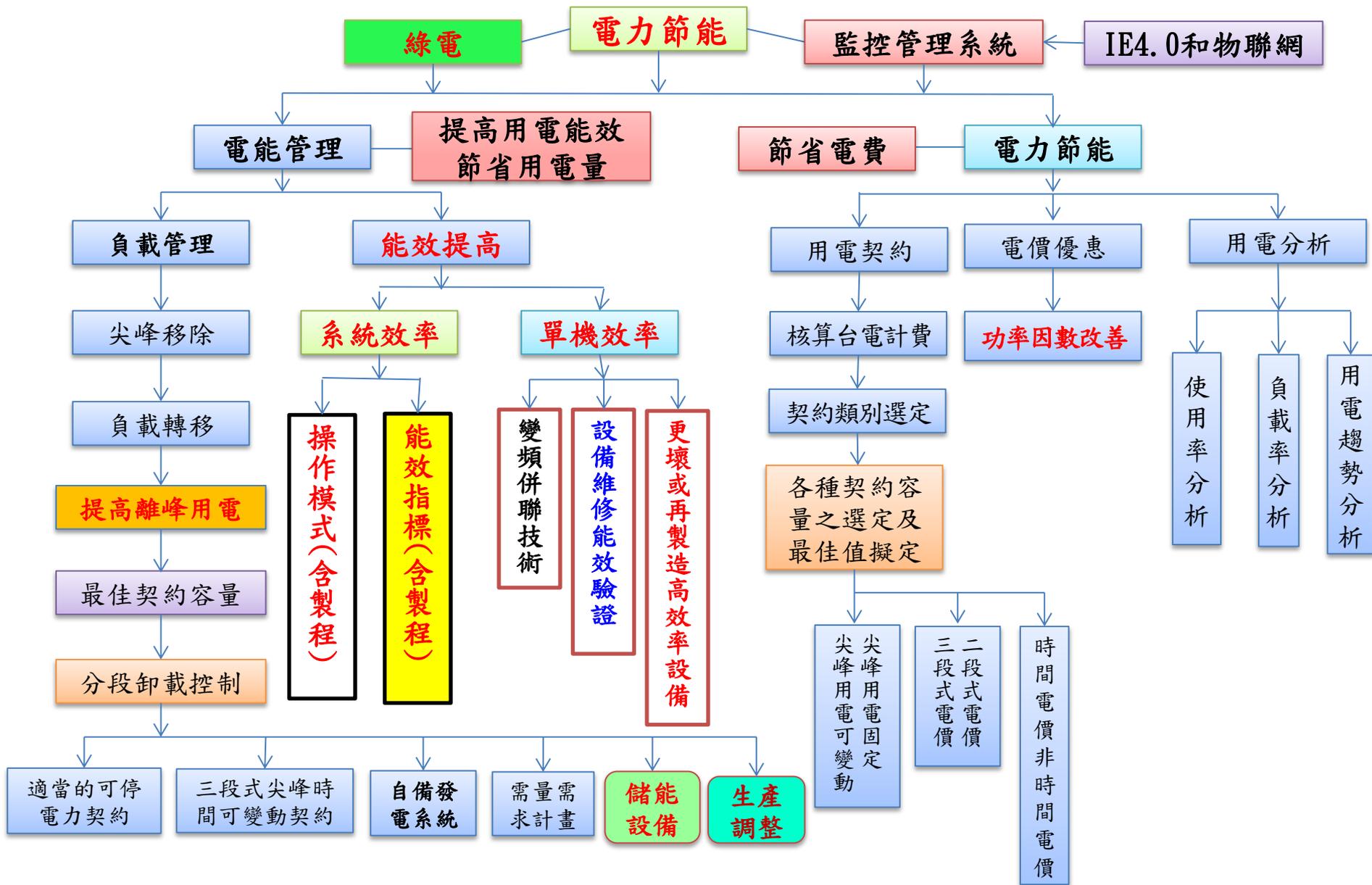


Source: UNIDO 2010



Source: UNIDO 2010

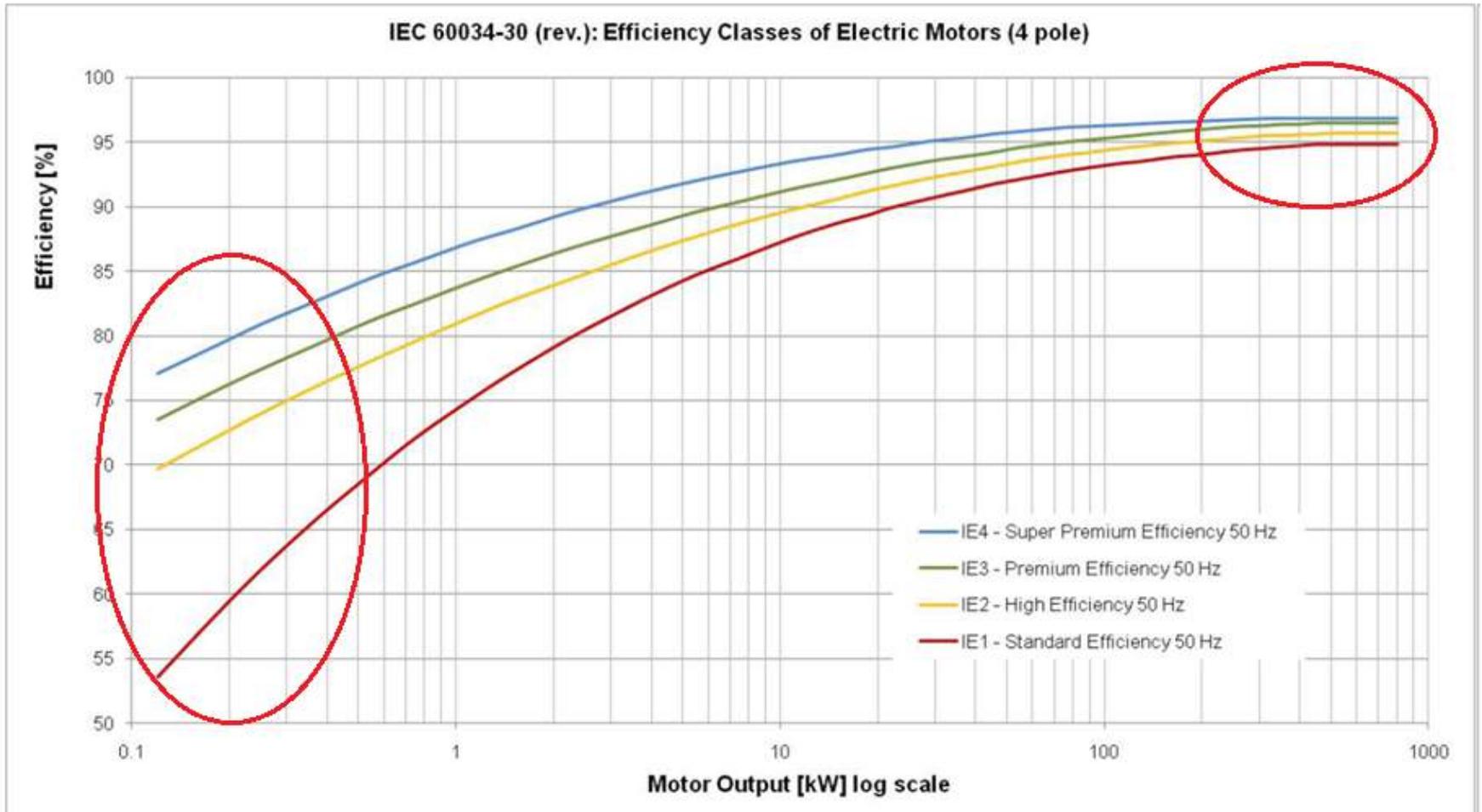
電力節能減排步驟



供配電節能設計原則

- 變壓器的台數和容量應根據生產製程、公用動力設施的用電負荷特點和變化狀況合理選擇和配置，並應符合下列要求：
 - 1) 應選擇低損耗、低噪音的高效節能型變壓器
 - 2) 多台變壓器之間宜設低壓聯絡
 - 3) 變壓器正常時，**實際運轉負荷在 $(N-1)/N$ 或 $(N-2)/N$ 以下**，控制平均負荷約**40%~60%**
- 功因補償裝置的設置應符合下列要求：
 - 1) **當採取提高自然功率因素措施後，若達不到電網合理運轉要求時，應採用並聯電力電容器作為功因補償裝置**
 - 2) 容量較大，負荷平穩且經常使用的用電設備，功因宜單獨就地補償
- 用電終端設備的配置宜符合下列要求：
 - 1) 功率 $\geq 200\text{kW}$ 的電動機，採用高壓電動機
 - 2) 功率 $\geq 200\text{kW}$ 的用電裝置，配置電流表、有供電能表等計量裝置
 - 3) **電動機使用之安全係數應控制在合理範圍內**
- 供配電線路的設計應符合低線損的基本原則，並應符合下列要求：
 - 1) 低壓供配電線路半徑不宜超過150m
 - 2) 低壓供配電線路導線截面的選擇，宜符合經濟電流密度的要求
- **防止諧波與阻抗的設計**

IE 國際馬達效率標準



泵系統的改善節能機會

➤ 美國能源部報告中提到對泵系統的改造可以帶來的節能機會。包括：

- 1) 降低泵的速度。
- 2) 泵的尺寸與負荷匹配。
- 3) 降低系統總體要求衡。

措施		系統能耗節約的潛力 (%)
1	流程優化	25~30%
2	優化物流	16%
3	製程鏈整合	30%
4	開發新產品	10~40%
5	向最佳做法看齊	15%

➤ 泵浦系統效率比較例

高效率泵浦系統	一般泵浦系統
1) 馬達成本與實體方面：94%	1) 一般馬達效率：90%
2) 配合變速傳動(VSD)效率：90%	2) 節流閥效率：70%
3) 一般聯軸器效率：98%	3) 一般聯軸器效率：98%
4) 高效率泵浦設計效率：80%	4) 一般泵浦設計效率：68%
※系統整體效率：66%	※系統整體效率：42%

電動機額定功率的選擇

- 選擇額定功率時，宜使電動機的平均負載率不低於60%
- 電動機的平均負載率低於50%時，在改建和擴建設計中，宜更換成較小額定功率的電動機
- 流量在額定流量的90%以上變化時，風機、泵類負載不宜用變頻調速裝置
- 電動機額定功率大於250kW時，宜優先選用高壓三相交流電動機
- 負載穩定、連續運轉的電動機，宜使其長期運轉在75%~85%負載率
- 對於變工況連續工作的電動機，宜根據負載變化情況求出平均等效功率，電動機的額定功率宜大於等效功率，並對電動機的起動性能和過載能力進行核校
- 對於短時間或斷續工作制的電動機，宜選用相應工作制的電動機，並使電動機額定的功率略大於負載的功率
- 對於負載經常變化的電動機，可採用調壓、調速…等節電裝置運轉
- 適當的餘量(安全係數)

電動機額定功率的選用

➤ 電動機額定功率的選擇

- 對風機機組、泵機組起動、制動和過載能力沒有特殊要求時，電動機的額定功率按下式計算：

$$P_m = \frac{P_p(1 + \alpha)}{\eta_t}$$

式中

P_m — 電動機功率，單位為千瓦(kW)；

P_p — 額定流量下的軸功率，單位為為千瓦(kW)；

η_t — 傳動效率；

α — 餘量(安全係數)

55kW以下 $\alpha=0.1\sim0.2$

55kW~250kW $\alpha=0.05\sim0.15$

250kW以上 $\alpha=0.02\sim0.05$

泵系統的優化原則

➤ 泵機組運轉方式及泵設計流量

- 應根據所供應區域需求總流量計算泵系統總流量，其**總管道最大流量不宜超過總流量的50%**
- 應結合泵的型號與規格選擇泵機組群的台數，在保證供應液需求的情況下，使**每台泵的運轉效率在額定效率的80%以上**

➤ 選型步驟

- 應合理選擇泵的類型、規格和附件
- 按管網和供、排液流量方案計算泵揚程
- 按管網供、排液要求和供、排液圖表確定泵的台數、運轉方案
- 按供、排液要求的泵流量和計算的泵揚程初步選擇幾種轉速和泵型號方案
- 在初選泵的性能曲線上，繪出不同工況性能曲線，求出工作點的變化
- **每種工況變化時，曲線上每工況點的效率不宜低於泵額定效率的80%**
- 進行技術經濟比較分析，選擇優化方案

電動機調速方式的選擇原則

◆ 風機、泵適用變頻的條件

- 風機、泵的運轉工況點偏離高效區，可通過調速使運轉工況處於高效區
- 中、低流量變化類型的風機、泵負載及全流量間歇類型的風機、泵負載運轉工況在滿足壓力時、宜符合下列要求：
 - 流量變化幅度 $\geq 30\%$ 、變化工況時間 $\geq 40\%$ 、年運轉時間 $\geq 3,000\text{h}$
 - 流量變化幅度 $\geq 20\%$ 、變化工況時間 $\geq 30\%$ 、年運轉時間 $\geq 4,000\text{h}$
 - 流量變化幅度 $\geq 10\%$ 、變化工況時間 $\geq 30\%$ 、年運轉時間 $\geq 5,000\text{h}$
- 空氣壓縮機適用變頻調速的條件
對於長時間處於變負載運轉的螺旋式空氣壓縮機，宜採用變速調速

泵浦效率對能源使用的影響例

有兩台直結式水泵(水比重為1)欲作選擇，其泵浦的規格資料說明如下

A泵浦：流量 $6\text{m}^3/\text{min}$ ；揚程 50m ；泵浦本體效率 85% ；馬達為額定輸出 $100\text{Hp}/4\text{P}$ ，**滿載效率為 93.6% 的高效率馬達**

B泵浦：流量 $6\text{m}^3/\text{min}$ ；揚程 50m ；泵浦本體效率 75% ；馬達為額定輸出 $100\text{Hp}/4\text{P}$ ，**滿載效率為 89.0% 的一般馬達**

A泵浦：

$$\text{水馬力(WHP)} = 0.163 \times 1 \times 50 \times 6 = 48.9 \text{ (kW)}$$

$$\text{軸馬力(BHP)} = 48.9 \div 0.85 = 57.53 \text{ (kW)}$$

以馬達額定輸出 $100\text{Hp}(75\text{kW})$ 來看此時負載率為 $57.53 \div 75 \times 100\% = 76.7\%$

以馬達的特性來看，馬達負載率在超過 75% 後，其效率值已趨近於滿載效率

$$\text{馬達輸入功率(Pin)} = 57.53 \div 0.936 = 61.46 \text{ (kW)}$$

(註：因泵浦採用直結式連結，所以連結效率目前假設為1)

B泵浦：

$$\text{水馬力(WHP)} = 0.163 \times 1 \times 50 \times 6 = 48.9 \text{ (kW)}$$

$$\text{軸馬力(BHP)} = 48.9 \div 0.75 = 65.2 \text{ (kW)}$$

以馬達額定輸出 $100\text{Hp}(75 \text{ kW})$ 來看此時負載率為 $65.2 \div 75 = 86.9\%$

以馬達的特性來看，馬達負載率在超過 75% 後，其效率值已趨近於滿載效率

$$\text{馬達輸入功率(Pin)} = 65.2 \div 0.89 = 73.26 \text{ (kW)}$$

(註：因泵浦採用直結式連結，所以連結效率目前假設為1)

由上得知A泵浦與B泵浦在馬達輸入功率(Pin)部分其差額為：

$$\text{馬達輸入功率(Pin)差額} = 73.26 - 61.46 = 11.8 \text{ (kW)}$$

風機系統管網設計原則

- 風機系統中的管網設計一在優化生產製程條件下，確定合理的配置方案和輸送半徑
- 依生產製程要求，合理確定管網的材料和尺寸，以達到經濟流速的要求
- 合理布置管網、支管宜從主管的上面或側面連接，盡量減少90°彎管、閘門、接頭及通流截面突變的管件，降低其阻力係數
- 合理布置風機進出口管道
- 對高速氣流的管網，轉彎處應採用曲率半徑大的彎管，分流與匯流時宜採用30°的Y形分支管
- 管網負載應保持平衡，送、排風系統個並聯環路壓力損失的差額不宜大於10%。當通過調整管道斷面還無法到要求時，宜安裝調節裝置
- 選用先進的密封技術，減少風管洩漏率；一般送、排風系統洩漏率宜控制在10%以內
- 減少肘管、彎管、弓形管路中流動損失，可加裝導流葉片，使流速沿截面的分布均勻，減少阻力

風機系統優化設計的評價

風機系統平均輸送每千噸氣體的能耗(e_w)作為風機系統優化評價指標，對於風機系統的 e_w 應小於0.25

e_w 按式計算：

$$e_w = \frac{\sum_{i=1}^n E}{0.36 \rho g \sum_{i=1}^n q_v P t}$$

式中

e_w —輸送每千噸氣體能耗，單位為千瓦時每千噸(kW·h/kt)

E —風機每時段的耗能值，單位為千瓦時(kW·h)

ρ —輸送氣體出口密度，單位為千克每立方米(kg/m³)

g —重力加速度，單位為米每二次方秒(m/s²)

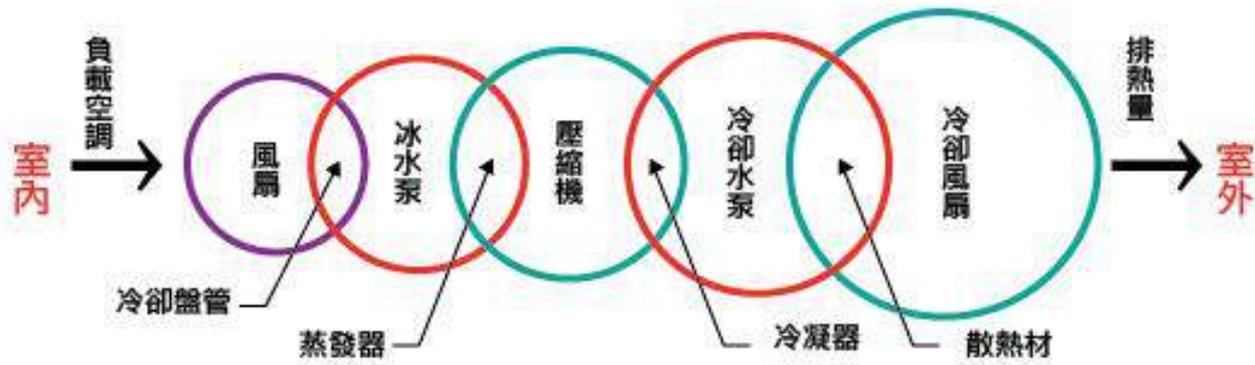
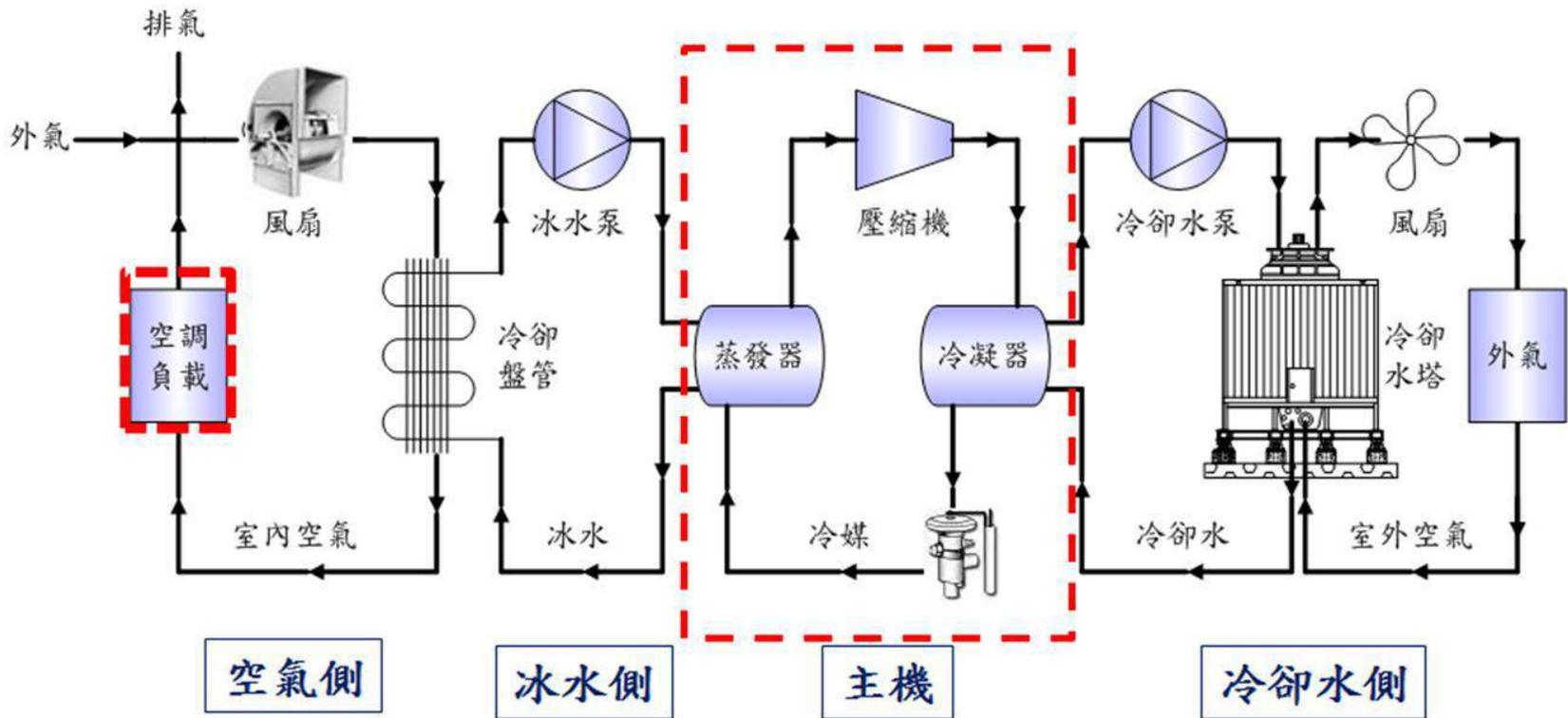
q_v —風機某時段內排出氣量，單位為立方米每秒(m³/s)

P —相應時段內風機出口平均壓力，單位為帕(Pa)

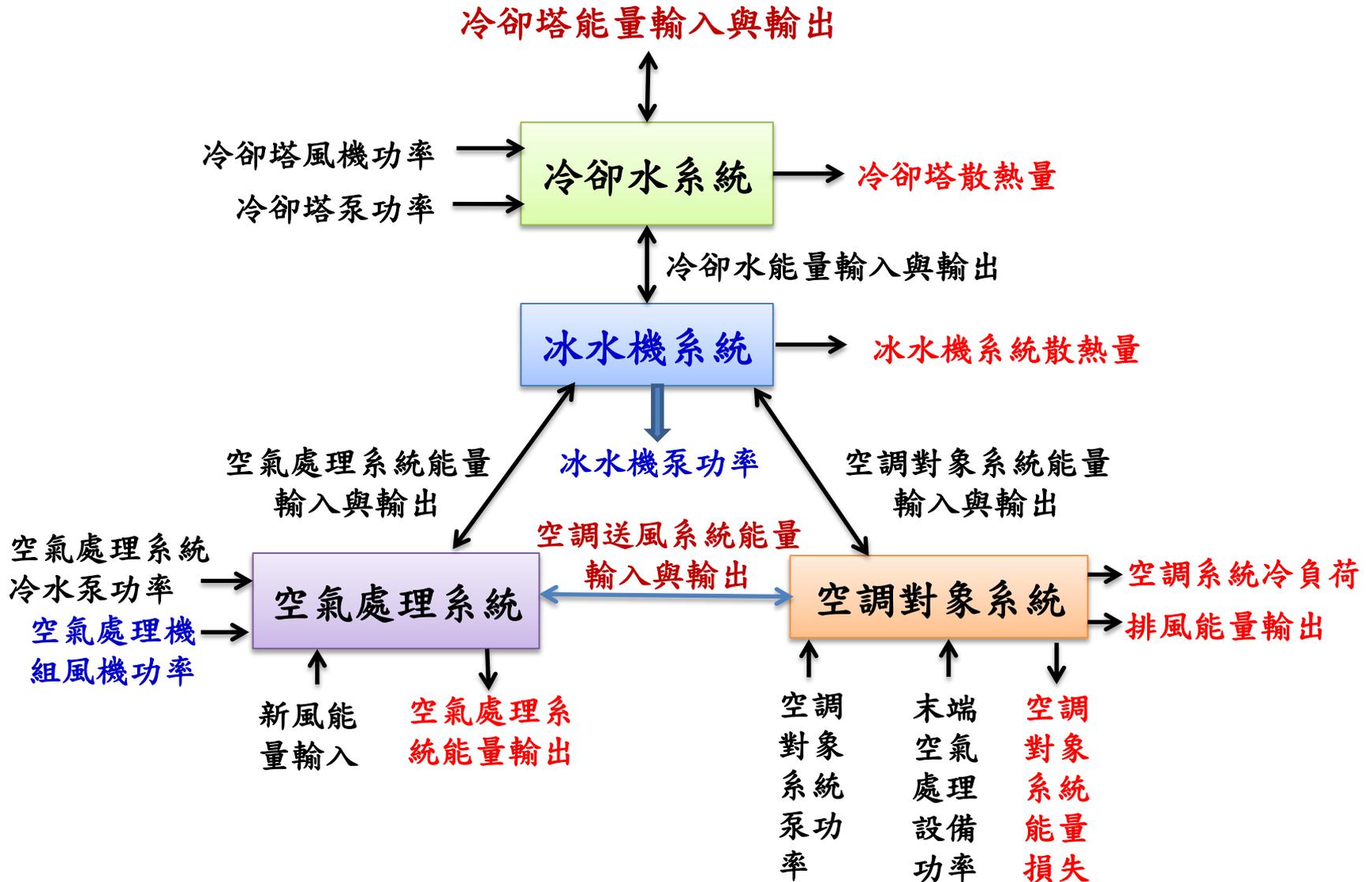
t —每時段的排氣時間，單位為時(h)

n —時間段數量

空調系統的組成



中央空調系統經濟運轉



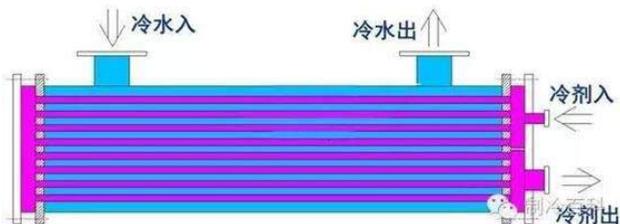
冰水機組能效限定值及能效等級

類型	額定製冷量 (CC)/kW	能效等級			
		1	2	3	
		IPLV(W/W)	IPLV(W/W)	COP(W/W)	IPLV(W/W)
氣冷式或蒸 發冷卻式	CC ≤ 50	3.80	3.60	2.50	2.80
	CC > 50	4.00	3.70	2.70	2.90
水冷式	CC ≤ 528	7.20	6.30	4.20	5.00
	528 < CC ≤ 1163	7.50	7.00	4.70	5.50
	CC > 1163	8.10	7.60	5.20	5.90
類型	額定製冷量 (CC)/kW	1	2	3	
		COP(W/W)	COP(W/W)	COP(W/W)	IPLV(W/W)
氣冷式或蒸 發冷卻式	CC ≤ 50	3.20	3.00	2.50	2.80
	CC > 50	3.40	3.20	2.70	2.90
水冷式	CC ≤ 528	5.60	5.30	4.20	5.00
	528 < CC ≤ 1163	6.00	5.60	4.70	5.50
	CC > 1163	6.30	5.80	5.20	5.90
		環境標誌低 碳產品	節能評價值 環保標誌產品	能效限定值	

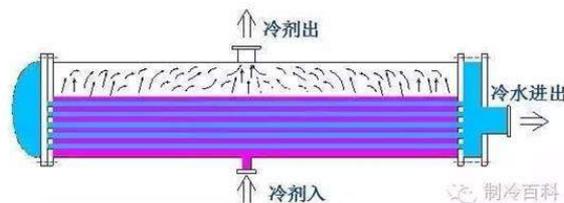
空調節能技術

1. 磁懸浮無油運轉技術
2. 變頻技術
3. 智能控制技術
4. 噴淋(降膜)式蒸發技術(減少冷媒同等冷量的機組減少40%的冷媒充注量，對大氣的破壞越少)
5. 自然冷卻技術或使用高能效冷卻技術
6. 水蓄冷技術
7. 新風利用
8. 分層空調和置換通風
9. 全熱交換器熱回收
10. 中央節能控制系統
11. 合理的控制室內參數，減低空調冷負荷，**建置能效值**
12. 提高輸配系統的效率

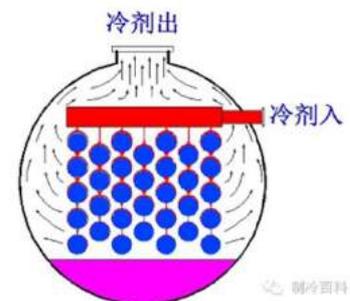
乾式蒸發器



滿液式蒸發器



降膜式蒸發器



一般空調的原則

- 同一建築內的普通空調系統劃分，應符合下列要求
 - 1) 使用時間、溫度、相對溼度等，要求不同的空調房間或區域，應分別設置
 - 2) 需空調的房間或區域之間的距離大於80m時，分別設置
 - 3) 需空調的房間或區域的送風量大於50,000m³/h時，分別設置
- 設計變風量全空氣空調系統時，應採用變頻自動調節風機轉速的方式，並應規定每個變風量末端裝置的最小送風量
- 房間應設置固定式電風扇調風改善熱環境
- 當設有較大面積的空調內區的空調系統或建築中有相當部分空調系統由於房間內設備發熱量較大需要長年供冷時，應採取相應的熱回收系統或水循環熱泵系統等節能技術措施
- 普通空調節能系統符合下列條件之一時，應設置排風熱回收裝置
 - 1) 送風量 $\geq 2,000\text{m}^3/\text{h}$ 的直流式空調系統，且新風量與排風的溫度差 $\geq 8^\circ\text{C}$
 - 2) 設計新風量 $\geq 3,000\text{m}^3/\text{h}$ 的普通空調系統，且新風量與排風的溫度差 $\geq 8^\circ\text{C}$
 - 3) 設有獨立的新風和排風系統
- 冰水供、回水溫度差
 - 1) 不應小於 5°C
 - 2) 當技術、經濟合理，應加大供回水溫度差

中央空調安裝新風系統節能措施

- **新風、排風全熱交換實施**
 - 熱回收方式分為全熱回收和顯熱回收裝置兩種
 - 整個過程中節約有顯熱和潛熱的低階能源回收，節能效果佳
- **新風、排風全熱交換設計**
 - 合理的設置空調機房
 - 排風熱回收裝置的合理設置
- **氣象資料**
 - 使用時間排風熱回收裝置設置的重要影響因素
 - 進行全熱回收系統的設計時應全面考慮所要安裝的大小及其運轉期間的可靠能力和設置的配置問題
- **新風補給的合理性**
 - 考慮補償排風、有害氣體的稀釋及正壓和衛生等問題
- **節能空調的選擇**
 - 空調的系統設計中**要敢於創新**，探索節約能源的系統設置
- **重視空調設備和管線的保溫與過冷**
- **建立和完善運轉管理制度**

潔淨空調節能

- 無塵室(區)與周圍空間的靜壓差值，應按工程設計值進行控制或參考相關規定。
- 當工程設計無規定，且無塵室(區)的新風量由補償室內排風量和保持無塵室(區)與周圍空間靜壓值差值所需新風量之和確定時，應按現行國家或世界相關標準規定下的**下限值進行控制**。
- 淨化空調系統採用集中空氣處理和集中送風方式，且按潔淨度要求確定的風量大於消除熱濕負荷計算的風量時，應採用二次回風的送風系統。
- 生產製程特殊要求外，在同一空氣處理系統中，**不應同時有加熱和冷卻的運轉過程**。
- 淨化空調系統採用新風和循環風分別處理的方式時，用於**空調冰水宜按控溫、調濕要求採用不同的供水溫度**。
- 淨化空調系統宜採用變頻調節送風量，應合理選擇變頻調節控制方法與檢測參數。
- 淨化空調系統**的空氣處理機組**，應選用氣密性優良的產品，其**洩漏率應低於1%**。

無塵室降低冷(熱)負荷節能原則

- 降低冷負荷是降低無塵室能耗的有效途徑，主要措施有
 - 利用無塵室的回風
 - 減少無塵室、生產設備的排氣量
 - 減少無塵室、淨化空調系統的洩漏量
 - 降低無塵室內生產設備的散熱量
 - 減少無塵室內的發塵量，降低送風量
 - 採取措施減少系統阻力和洩漏量
 - 加強隔熱措施，選用優質隔熱材料；採用變風量、變頻機等
- 提高設備效率
 - 在可能條件下採用熱回收裝置
 - 採用高效冰水機、風機、水泵和熱交換熱設備
 - 採用高效電氣裝置(含照明)，合理配線
 - 合理配置設備，防止大馬拉小車現象
 - 採用回風冷(熱)量回收裝置、排氣冷(熱)量利用裝置
 - 在合適的條件下採用冰水機的冷凝熱利用裝置(非熱回收冰水機)
 - 製程設備的冷(熱)量回收裝置

中央空調系統綜合控制節能技術例

超威半導體技術(中國)有限公司(AMD Tech China)，位於中國蘇州工業園區

- 空調系統分工藝製程及舒適兩部分(辦公)。製程空調全年24小時運轉。舒適空調夏季製冷，冬季制熱。原有空調系統COP為0.763
- 冰水機房的節能改造方案
 - 冰水系統大溫差: 由7°C-14°C($\Delta T=7^\circ\text{C}$)→6.5°C-14.5°C($\Delta T=8^\circ\text{C}$)
 - 冷卻水系統大溫差: 由37°C-32°C($\Delta T=5^\circ\text{C}$)→37.5°C-31.5°C($\Delta T=6^\circ\text{C}$)
 - 冰水系統(一次泵)變流量(VPF)
 - 冷卻塔出水溫度最佳化

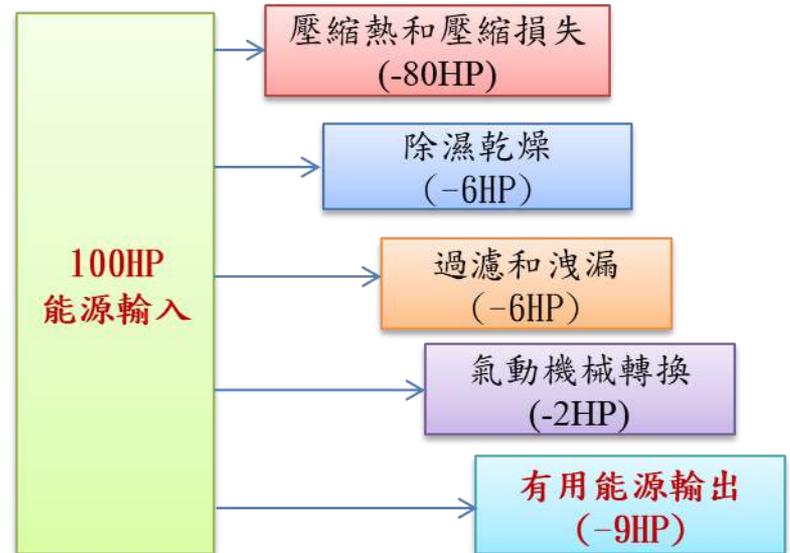
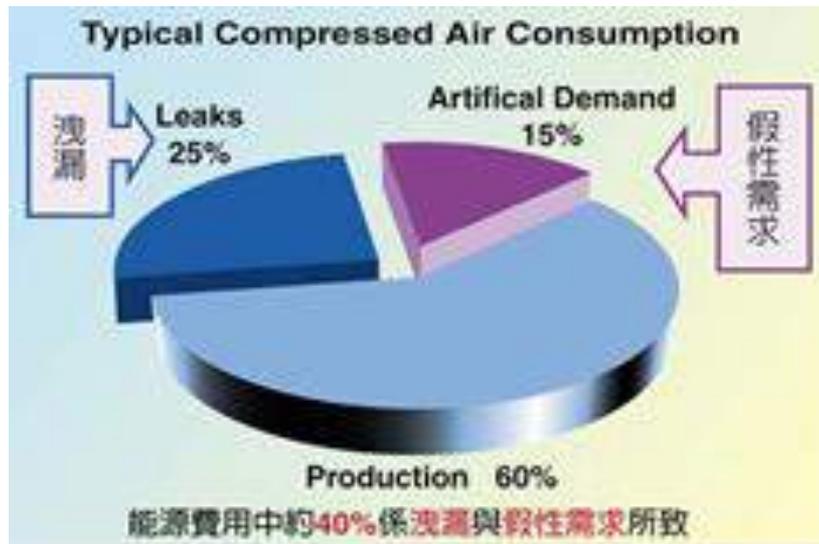
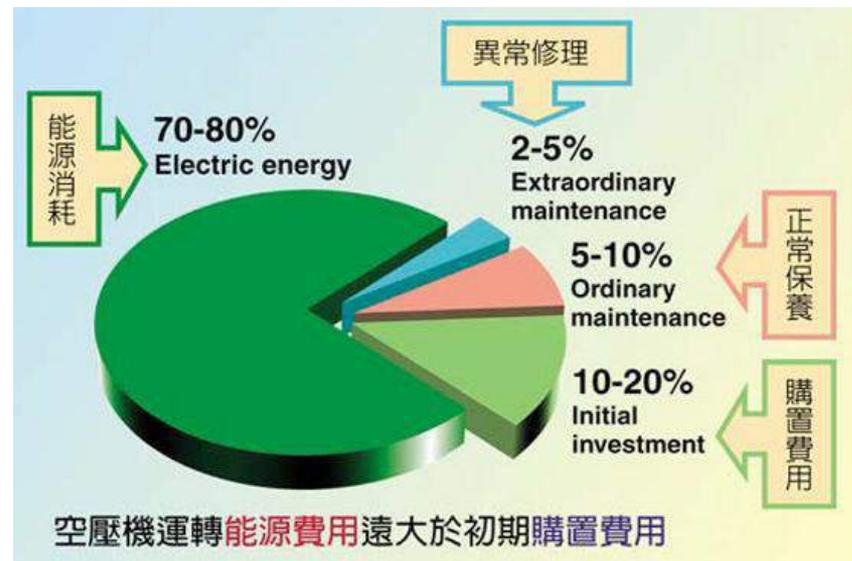
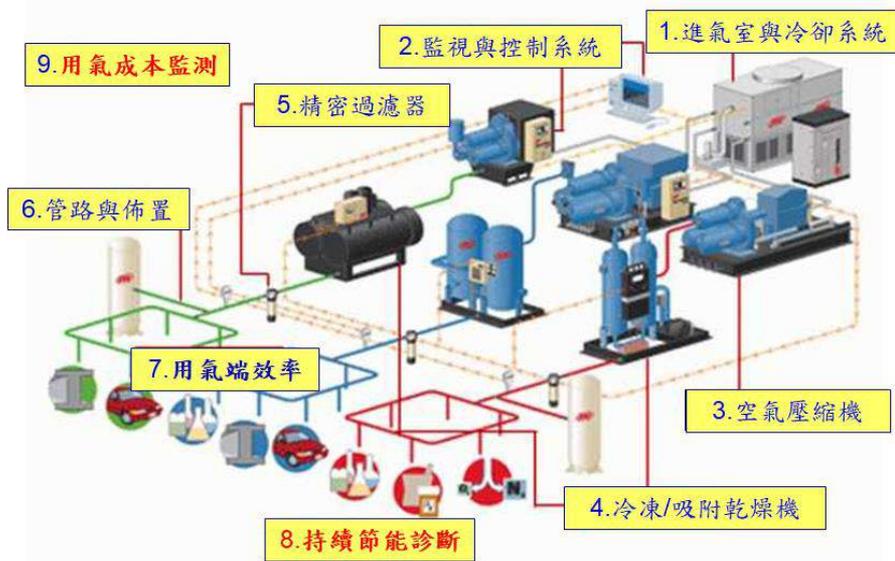
能耗比較表

		原系統		改造後		節約	
溫度范围	冰水	7°C	14°C	6.5°C	14.5°C		
CHILLER	冷卻水	32°C	37°C	31.5°C	37.5°C		
+		kWh	CNY	kWh	CNY	kWh	CNY
PUMP	大溫差(Earthwise)			8,479,451	5,084,696	545,806	313,725
+	大溫差+VPF			7,815,705	4,703,727	1,208,552	694,694
+	大溫差+VPF+CT			7,743,380	4,664,396	1,280,877	734,025
CT	合計	9,024,257	5,398,421			14.19%	

結論

- 最大的優點：
 - 以整個系統（包括主機、水泵和冷卻塔）的能耗作為一整體來考慮，從而進行系統能耗的優化，達到節能的最佳化。
- 此系統節能最佳化方案：
 - 針對冰水機房，可大幅提高能源利用率，最大效益是降低系統的運轉費用，協調設備間的運轉模式及運轉效率，在保證系統運轉穩定、安全的基礎上，達到真正可靠實際的節能效果。

壓縮空氣-如何降低投資成本



不同供給壓力和管徑尺寸洩漏率

- 洩漏率是非控制系統中供給壓力的一個數，並隨著系統壓力的增加而增加。
- 洩漏率的單位是立方尺/每分鐘(cfm)，它還與管口直徑的平方數成比例。

洩漏率* (cfm)

壓力 (psig)	管口直徑 (英寸)					
	1/64	1/32	1/16	1/8	1/4	3/8
70	0.29	1.16	4.66	18.62	74.40	167.80
80	0.32	1.26	5.24	20.76	83.10	187.20
80	0.36	1.46	5.72	23.10	92.00	206.60
100	0.40	1.55	6.31	25.22	100.90	227.00
125	0.48	1.94	7.66	30.65	122.20	275.50

*洩放孔為全圓式開口時為，成以0.97的洩放係數；洩放孔為半開尖銳開口時為，成以0.61的洩放係數。

例：

以一個常見的1/4英寸半開式祛水器來說，若其排氣壓力為100psig，假設每年運轉8000小時：

分析：

- 從表中，當1/4英寸的管徑在100psig的壓力下，其洩漏量為100.90(CFM)。
- 半開尖銳開口之洩放係數為0.61，其產生的洩漏量為 $100.90 \times 0.61 = 61.55$ (CFM)。
- 假設此空壓機的耗能比值為4 cfm/Hp。
- 此洩漏量相當於耗用15.39 Hp
〔 $61.55(\text{CFM}) \div 4(\text{CFM}/\text{Hp})$ 〕之電能。
- 每年因此洩漏的電費支出
 $15.39\text{Hp} \times 0.75\text{kW}/\text{Hp} \times 8000\text{h}/\text{年} \times 2.5\text{元}/\text{kWh} \doteq 23\text{萬}$

祛水器常見洩漏處

祛水器常用在壓縮空氣系統：空壓機冷卻器、空氣桶、冷凍式乾燥機、精密過濾器地方，常見的祛水器洩漏情形。



離心式中間段祛水洩漏



空氣桶下方祛水洩漏



浮球式祛水器排水洩漏



離心式中間段祛水洩漏



電子式祛水器排水洩漏

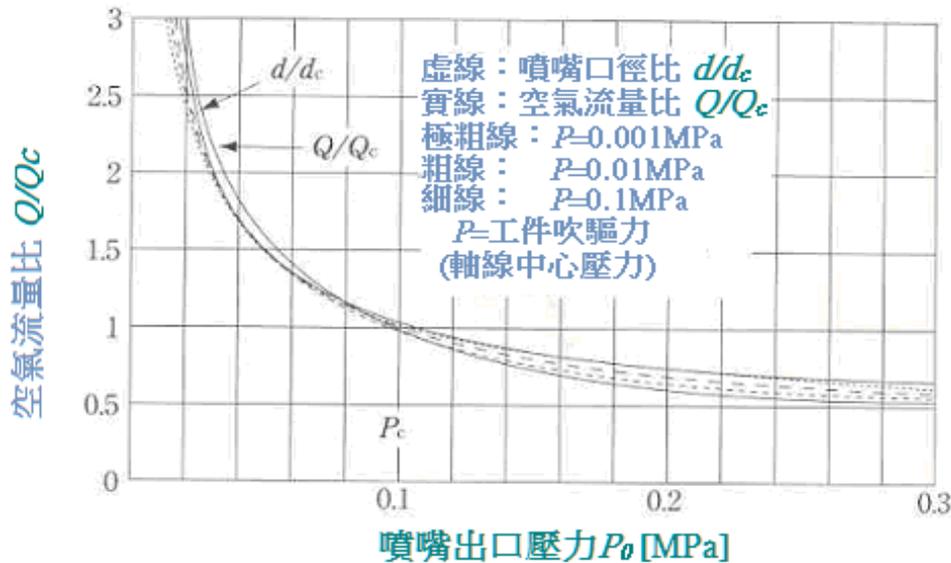


倒筒式祛水器排水洩漏

空壓機系統節能措施

1. 提高空壓機自身效率
定期檢測驗證能效、保持空壓機高效運轉、低能效空壓機進行更新
2. 空壓機集中管理控制系統技術
3. 需求壓力與流量管理控制技術
 - 系統供氣壓力每增加0.1MPa將會使系統多消耗14.2%的壓縮空氣量
 - 降低系統的供氣壓力，減少系統壓降 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ ，約節省6%電力
4. 變頻調速技術：減少空車運轉時數
5. 消除壓縮空氣的不正當使用
6. 建立洩漏檢測和管理程序
7. 對壓縮空氣進行正確處理
8. 系統壓力降的最小化：從儲氣桶到使用端的壓力損失不應大於空壓機出口壓力10%
9. 供氣壓力波動應小於0.04MPa
10. 高低壓分流
11. 合理配置存儲氣系統
12. 餘熱回收再利用
13. 系統單位能效值建立與先進值比對

噴槍噴嘴口徑小壓力高例



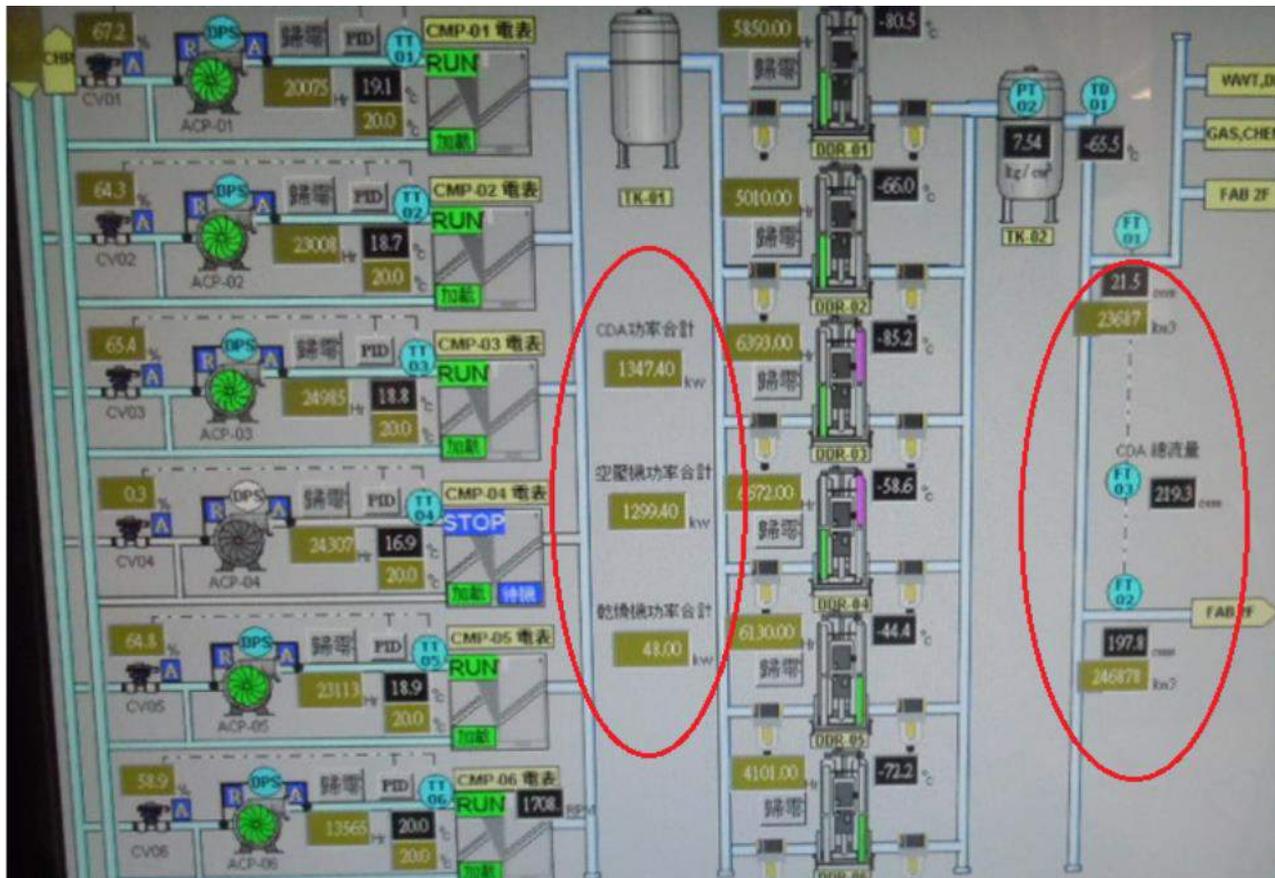
吹驅壓力與距離保持固定時噴嘴出口壓力與空氣流量之關係

例：降低壓縮空氣流量

	噴嘴口徑 [mm]	出口壓力 [MPa]	吹驅壓力 [MPa]	工件距離 [mm]	空氣流量 [dm ³ /min(ANR)]
現狀	4	0.02	0.0014	100	121
改善1	1.7	0.10	0.0014	100	49
改善2	1	0.28	0.0014	100	33

噴嘴出口壓力能提高到0.1MPa以上，噴嘴口徑就會縮小到 $4 \div 2.3 = 1.7\text{mm}$ ，空氣流量則降低到 $121 \div 2.5 = 49\text{dm}^3/\text{min(ANR)}$ 。如果再將噴嘴口徑縮小到1mm，依 $d/dc = 1 \div 1.7 = 0.59$ 時，照圖示噴嘴出口壓力變成0.28MPa，此時流量比 $Q/Qc = 0.66$ ，空氣流量為 $49 \times 0.66 = 33\text{dm}^3/\text{min(ANR)}$ ，也就是降低目前的1/4

X廠空壓系統監控系統



設備名稱	PV值	HH設定
出口壓力	7.691 Bar	9.0 Bar
濾網壓差	-0.0470 Bar	0.00000 Bar
機油壓力	2.5 Bar	3.5 Bar
出口溫度	21.7 °C	45.0 °C
一次轉子溫度	161.1 °C	230.0 °C
二次轉子溫度	163.9 °C	230.0 °C
冷卻水入水溫度	19.5 °C	35.0 °C
冷卻水出水溫度	33.1 °C	50.0 °C
低壓冷卻水溫度	32.5 °C	45.0 °C
機油溫度	47.7 °C	80.0 °C
二次轉子入口溫度	22.3 °C	34.0 °C
運轉時數	14271 hr	
加載時數	11721 hr	

設備名稱	PV值	HH設定
出口壓力	7.609 Bar	8.5 Bar
濾網壓差	-0.0180 Bar	1.00000 Bar
機油壓力	3.1 Bar	4.0 Bar
出口溫度	22.3 °C	45.0 °C
一次轉子溫度	152.9 °C	230.0 °C
二次轉子溫度	149.5 °C	230.0 °C
冷卻水入水溫度	20.4 °C	35.0 °C
冷卻水出水溫度	28.0 °C	45.0 °C
低壓冷卻水溫度	28.7 °C	45.0 °C
機油溫度	37.6 °C	80.0 °C
二次轉子入口溫度	22.3 °C	34.0 °C
轉速	RPM 1544.00	2800.00
頻率	51 Hz	
運轉時數	13549 hr	
加載時數	0 hr	

生產節能設計之基本要求

- 工程新建項目設計
 - 應選用**高效節能型或低能耗產品**
 - **嚴禁採用能耗過高設備和生產產品落後之技術**
- 工程改建、擴建項目設計
 - 應依既有工廠狀況，採用**有效與可行的節能技術措施**
- 節能設計
 - **落實政策**：循環經濟、節能、節水、環境保護…等，與**相互結合原則**
 - **有效可行的的節能新製程、新技術、新設備**
 - **開發和推廣效益顯著的節能技術**
 - 利用**餘熱、低位階熱能、尾氣、固體廢物、廢液均回收再利用**等資源
 - **提高能源利用率，降低單位產品能耗**
 - **制定能源績效指標值和能源基線和節能量量測驗證方法**
- 專業節能設計
 - 應以國家現行有關設計標準和規定為基礎，朝世界先進技術標準圍標
 - 按規範的規定採取有效的、可行的節能技術措施
- 用水原則
 - 用水設備、水處理系統、排水水量、水質之條件，**應採用循環水系統，並應以最大限度回收再利用資源**
- **工程的設計應設有能耗計量系統、供能系統及設備的監控系統**
- **製程冷卻水應提高循環使用率，減少排放**

製程設備節能設計

➤ 製程設備

- 分析、統計與能耗
- 使用能源及功能介質消耗的數量、質量
- 合理的安全係數
- **確定能量消耗指標**

➤ 製程設備選擇

- 按產品種類、生產規模和生產製程等進行選擇
- 選用物料消耗少、能量消耗低、能源利用效率高的設備
- **不得採用技術落後、能耗高的生產設備**
- 不得採用國家節能減排政策、法規限制的或淘汰的生產設備
- **待機模式是否可調整**
- **冷卻溫度需求**
- **餘熱排放是否可再利用**
- 安裝應注意原設備之管線與距離

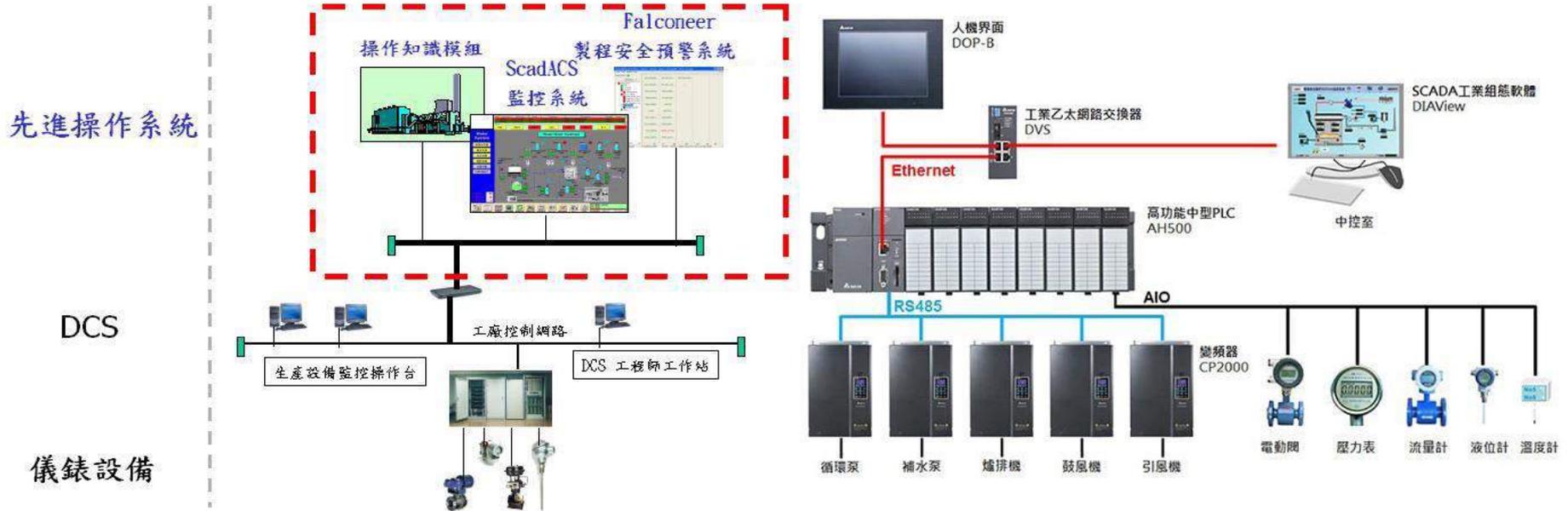
製程節能設計

- 生產區布置應利於降低能耗和物料消耗，並應符合下列要求
 - 平面布置應合理、緊湊和符合工安相關法規要求
 - 減少無塵室(區)或普通空調房間面積
 - 應優化產品生產動線、物料動線、人員動線和設備維護動線，應合理進行空間布置，並宜降低空間高度
 - 能耗較大的生產區(庫間)、製程或設備，宜靠近動力供應源設置
 - 房間參數相近之空間，在滿足生產製程前提下，宜靠近布置
 - 有排氣之設備應安裝在風機進口風罩處
- 製程設備之溫度高於或低於生產環境度，應設置可靠隔熱(保溫)或隔離措施，宜回收再利用
- 製程節能設計應按電子產品生產製程的需要，合理選用滿足節能設計要求及生產要求的採暖、通風、潔淨、空調的相關參數，以及生產設備的動力、氣體動力、生產用水等的相關參數
- 應注意製程設備內管線配置
- 製程應使用智能自動化系統
- 製程廢水(溶劑)應依不同成分分流回收再處理再利用為原則

熱源節能設計

1. 在核實生產製程以及所需各種製程介質製備、供應等特點後，應制定低位熱能的合理利用措施
2. 供熱源採用鍋爐時，應符合國家標準
3. 燃煤或燃油、燃氣鍋爐的選擇，應符合下列要求
 - 單台鍋爐容量的選擇，應充分核實全年熱負荷狀況，並應滿足峰谷熱負荷時均可高效運行的要求
 - 鍋爐台數不應少於2台，在冬季、夏季熱負荷差很大時，宜設一台小容量鍋爐
 - 採用燃氣鍋爐時，宜利用煙氣排放做冷凝熱之熱回收裝置，使**排煙溫度可控制在60°C~80°C**
 - **燃氣鍋爐的排放之含氧量應控制在2%以下(DOE)。**
4. 採用蒸氣熱源時，應充分利用冷凝水，且宜採用密閉式冷凝水回收方式；應選用性能可靠的排水裝置，排水器前應設過濾器
5. **VOC應採用節能設計，降低排放溫度、減少混風排放廢氣**

鍋爐監控系統架構



建立操作營運管理知識模組的關鍵績效指標KPI：

- 鍋爐效率指標、熱交換效率指標、水平衡、破管指標、飼水泵能源效率指標、風機能源效率指標
- 降低廢氣排放量
- 最適化操作效率達到節能環保的目標
- 排氣含氧量可控制在2%以內

煙氣餘熱應用ORC例

用戶：鋼鐵廠

產品特性

- 工質：R245fa
- 發電容量= 230kW
- 熱源條件 煙氣/熱水 = 140°C
- 冷源條件 冷卻水入口溫 = 32°C



用戶：台灣石化業者

產品特性

- 工質：R134a
- 發電容量= 220kW
- 熱源條件 熱水溫度= 82°C
- 冷源條件 冷卻塔冷卻水溫度 = 32°C



VOC煙道氣低溫回收例

用戶：汽車之塗裝場

裝機地點：楊梅

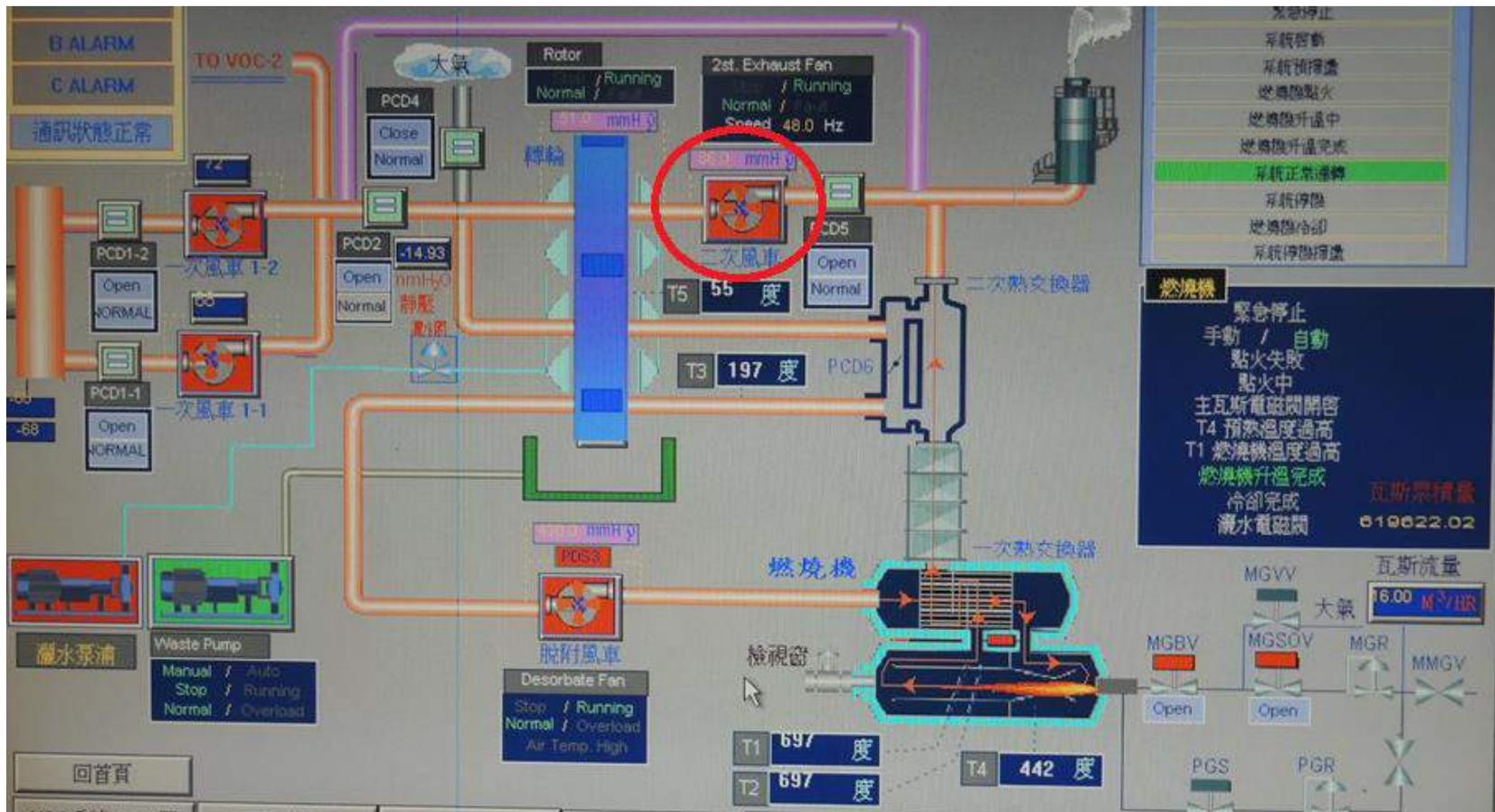
燃料：天然氣

酸露點溫度：約 101°C

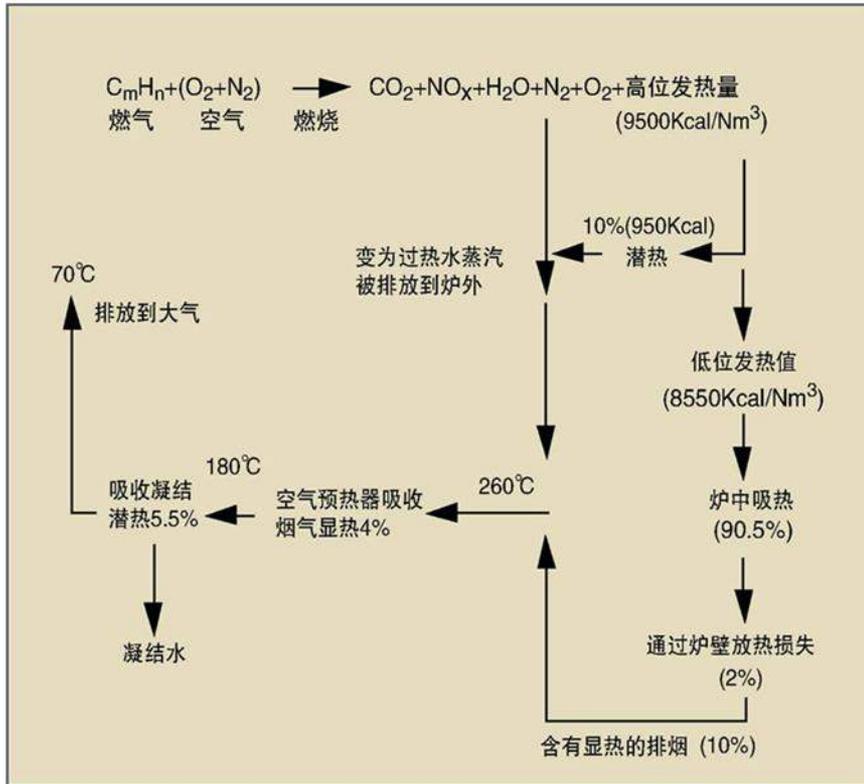
煙氣排放溫度： 160°C 降至約 110°C 以下



X廠VOC熱回收裝置例



冷凝式廢熱回收裝置例



- 4T/h蒸汽鍋爐煙氣餘熱回收項目，項目在鍋爐後端安裝半冷凝煙氣餘熱回收器。
- 鍋爐130°C排煙溫度的煙氣降低至90°C以下。
- 項目實施後，每年減少天然氣耗量約4萬度，節約燃料費用每年約64萬元。



- 在1台WNS4-1.25-Q燃氣鍋爐尾部加裝半冷凝式煙氣餘熱回收器。
- 將排煙溫度由185°C降低到65°C。
- 經過檢測，該專案的實施提高鍋爐系統熱效率超過8%。

吸收與吸附式冰水機比較

		吸附式製冷系統	吸收式製冷系統
性能	COP	0.4~0.68(冰水出水溫度7~9°C)	<ul style="list-style-type: none"> 單效0.6~0.8 (冰水出水溫度7~9°C) 雙效 ~1.50 (冰水出水溫度7~9°C)
	驅動熱源溫度	<ul style="list-style-type: none"> 熱源溫度100°C以下沒有限制 熱源溫度50°C以上即可驅動 	<ul style="list-style-type: none"> 穩定供應85°C以上的熱源 額定能力50%以上熱源溫度必須達80°C以上 75°C無法驅動
	熱水流量與冷卻水溫度	<ul style="list-style-type: none"> 熱水流量±50%以上的變動 冷卻水溫度沒有限制，冷卻水溫度愈低COP愈高 	<ul style="list-style-type: none"> 熱水流量必須穩定 冷卻水溫度限制22 °C以上，以避免溶液結晶
運轉操作性	冷卻水溫度管理	<ul style="list-style-type: none"> 運轉中冷卻水溫度不用管理 冷卻水配管不需要配置三通閥 	<ul style="list-style-type: none"> 運轉中冷卻水溫度須控制22 °C以上 冷卻水配管需要配置三通閥
	開機時間	運轉開始後10分鐘即可供應冰水	運轉開始後需30分鐘方可供應冰水
	停機操作	可以立即停止運轉	需進行15分鐘的溶液稀釋方可停機
	操作與維護	<ul style="list-style-type: none"> 不需日常點檢 定期維護所需時間約1天 	<ul style="list-style-type: none"> 需進行日常點檢 定期維護所需時間約3天以上
環保性	環境保護	<ul style="list-style-type: none"> 吸附式冰機吸附材為矽膠、沸石等 冷媒為水 運轉期間不會產生事業廢棄物 廢棄物處理沒有限制，不會對環境造成傷害 	<ul style="list-style-type: none"> 吸收式冰機吸收液為溴化鋰 冷媒為水 吸收液含重金屬添加劑，運轉期間在維護時進行溶液交換或添加重金屬添加劑，會產生廢棄物，而廢棄物處理有限制，對環境造成傷害

工業用水用途分類

工業用水用途

冷卻用水

1. 直接冷卻用水
2. 間接冷卻用水
3. 空調用水
4. 生產機台冷卻用水

製程用水

1. 原料、**產品清潔用水**
2. 生產機台清潔用水
3. 傳送原料、產品用水
4. 物理化學反用水
5. 原料用水
6. 污染氣體洗滌

鍋爐用水

1. 蒸汽用水
2. 排放廢氣處理用水
3. 節熱器清潔用水
4. 爐水排放

生活用水

1. 衛生用水
2. 員工飲用水
3. 廚房用水

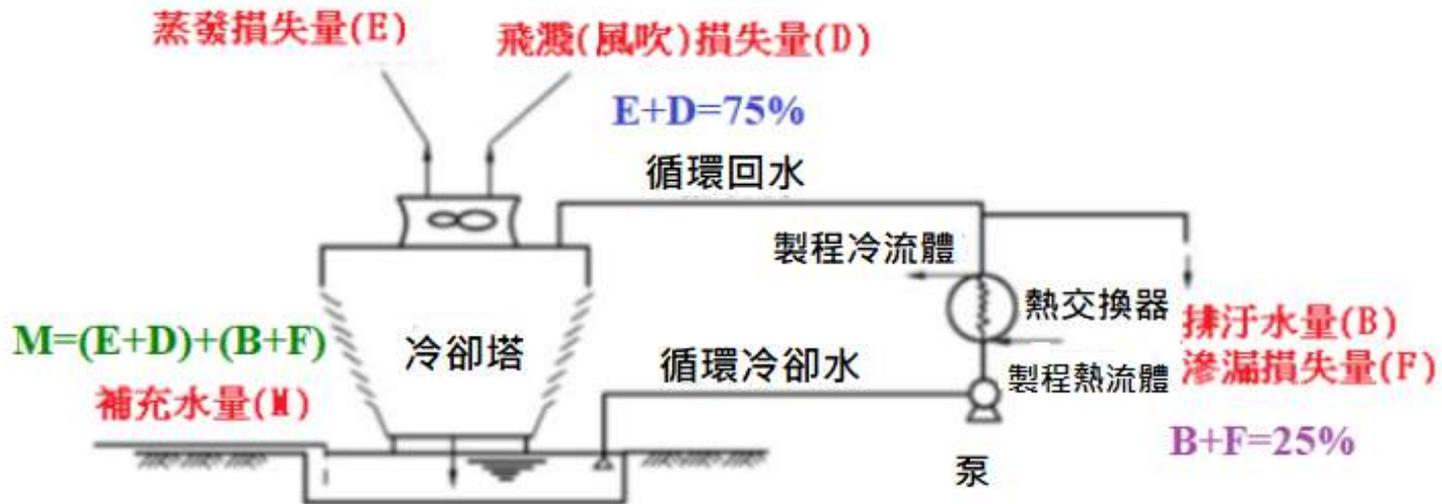
其他用水

1. 景觀用水
2. 消防用水
3. 維修用水
4. 營建用水

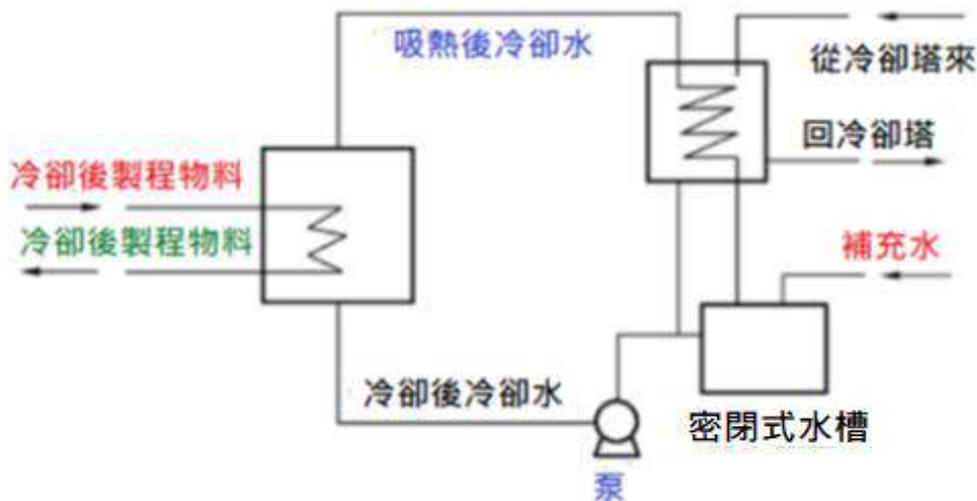
水系統節能措施

1. 給水系統的設置應充分利用自來水供水壓力，並應符合下列要求
 - 1) 當自來水管網的水量、水壓滿足需求時，應利用自來水管網直接供水
 - 2) 給水系統的豎向分區，應根據用水設備的最低水壓要求，合理確定直接利用自來來供水的建築層數
 - 3) 當採用直接資來水管網吸水的疊壓供水時，應符合現行國家標準的有關規定
2. **RO膜應使用低壓型膜管和高能效泵，提高產水率，在水質合格範圍內應減少UV燈**
3. 當純水製取採用逆滲透裝置時，其進水加熱熱源的選擇應符合下列要求
 - 1) **應充分利用低位階餘熱、餘能**
 - 2) 應充分利用熱源的潛熱和顯熱，應多次利用
 - 3) **應利用大中型氣體壓縮機、冰水機的排氣熱、冷凝熱的熱回收裝置**
4. 生產製程用水的直接排水，若具有可利用顯熱(冷)量時，應根據其有害物質的濃度、危害程度，**經利用、分流回收和處理，達到中和水(雜排水)水質後，用作加熱或冷卻用水**
5. 當生產供水採用水泵直接供水時，生產供水泵宜採用變頻調速恆壓機組

循環冷卻水系統分類



開放式循環冷卻水系統



密閉式循環冷卻水系統

提高冷卻水濃縮倍數例

例：濃縮倍數1.5~10.0的條件下，通過對循環冷卻水量為10000m³/h：
條件：氣溫40°C，K值選用0.0016/°C

計算項目	濃縮倍數							
	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	10.0
循環冷卻水量R(m ³ /h)	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
水溫差Δt(°C)	10							
排汙水量B(m ³ /h)	320	160	80	53.3	40	32.0	26.7	17.8
補充水量M(m ³ /h)	480	320	240	213.3	200	192	186.7	177.8
排汙水量占循環冷卻水量的百分比(%)	3.20	1.60	0.8	0.53	0.4	0.32	0.27	0.18
補充水量占循環冷卻水量的百分比(%)	4.8	3.2	2.40	2.13	2.00	1.92	1.87	1.78

- 提高冷卻水濃縮倍數，若從3倍提高至5倍，節水成效為0.4%
 - 一般濃縮倍數控制為5倍，可提高至適當倍數
- 蒸發損失係數K**

進塔大氣溫度(°C)	-10	0	10	20	30	40
K(1/°C)	0.0008	0.0010	0.0012	0.0014	0.0015	0.0016

常用水質分析方法

➤ 朗格利爾飽和指數(Langelier Saturation Index)：飽和指數(L.S.I.)

➤ 雷茲納穩定指數(Ryznar Stability Index)：穩定指效(R.S.I.)

- 大陸國家標準採用此法
- 日本JRA採用類似方法
- $L.S.I = pH - pH_s = pH - (9.3 + A + B - C - D)$
- $R.S.I = 2pH_s - pH$

- ✓ pH_s：水中飽和時pH值
- ✓ A：總溶解固體物(mg/L)
- ✓ B：水溫(°C)
- ✓ C：鈣離子濃度(mg/L as CaCO₃)
- ✓ D：鹼度(mg/L as CaCO₃)

Nerdell飽和指數：A、B、C、D係數換算表

總溶解固體 mg/L	A	溫度 °C	B	鈣硬度或M鹼度 (CaCO ₃ 計)mg/L	C或D	鈣硬度或M鹼度 (CaCO ₃ 計)mg/L	C或D
45	0.07	0	2.60	10	1.00	130	2.11
60	0.08	2	2.54	12	1.08	140	2.15
80	0.09	4	2.49	14	1.15	150	2.18
105	0.10	6	2.44	16	1.20	160	2.20
140	0.11	8	2.39	18	1.26	170	2.23
175	0.12	8	2.34	20	1.30	180	2.26
220	0.13	10	2.21	25	1.40	190	2.28
275	0.14	15	2.09	30	1.48	200	2.30
340	0.15	20	1.98	35	1.54	250	2.40
420	0.16	30	1.88	40	1.60	300	2.48
520	0.17	35	1.79	45	1.65	350	2.54
640	0.18	40	1.71	50	1.70	400	2.60
800	0.19	45	1.63	55	1.74	450	2.65
1000	0.20	50	1.55	60	1.78	500	2.70
1250	0.21	55	1.48	65	1.81	550	2.74
1650	0.22	60	1.40	70	1.85	600	2.78
2200	0.23	65	1.33	75	1.88	650	2.81
3100	0.24	70	1.27	80	1.90	700	2.85
≥4000	0.25	80	1.16	85	1.93	750	2.88
≤13000				90	1.95	800	2.90
				95	1.98	850	2.93
				100	2.00	900	2.95
				105	2.02		
				110	2.04		
				120	2.08		

飽和指數和穩定指數意義

飽和指數(LSI)	意義說明	穩定指數(RSI)	意義說明
> 0	傾向結垢	< 7	傾向結垢
= 0	傾向平衡	= 0	傾向平衡
< 0	傾向腐蝕	> 7	傾向腐蝕

冷卻塔水分配系統

逆流式

- 加壓設計水分配系統，灑水面積大
- 可拆卸螺紋端帽，能清潔噴淋管內雜物，防止堵塞
- 可移除噴嘴

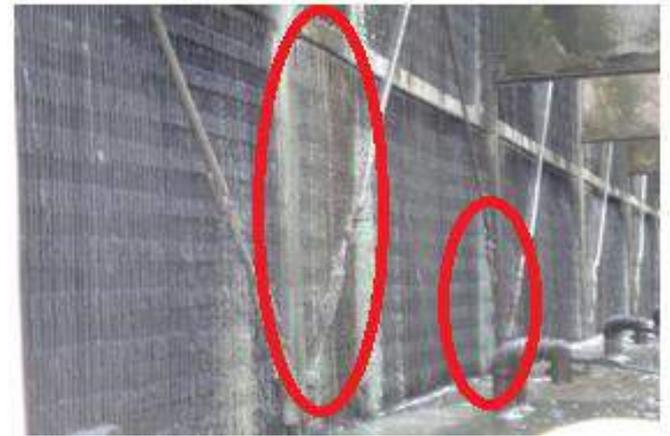
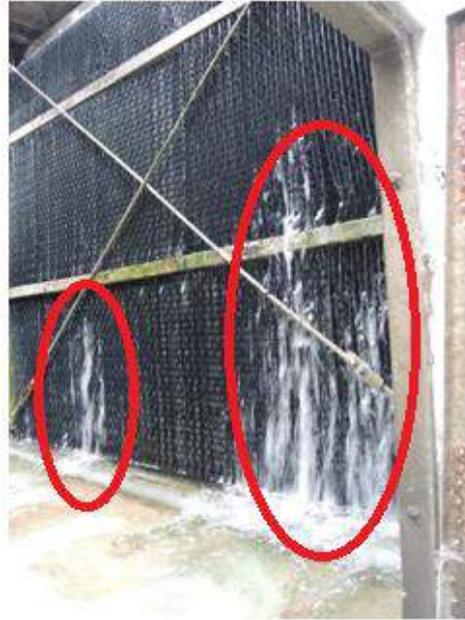


直交流式

- 重力供水
- 各水盤間需保持精確的平衡，避免水跑到位置最低的水盤，造成散熱不良
- 配管需有平衡閥，增加施工成本



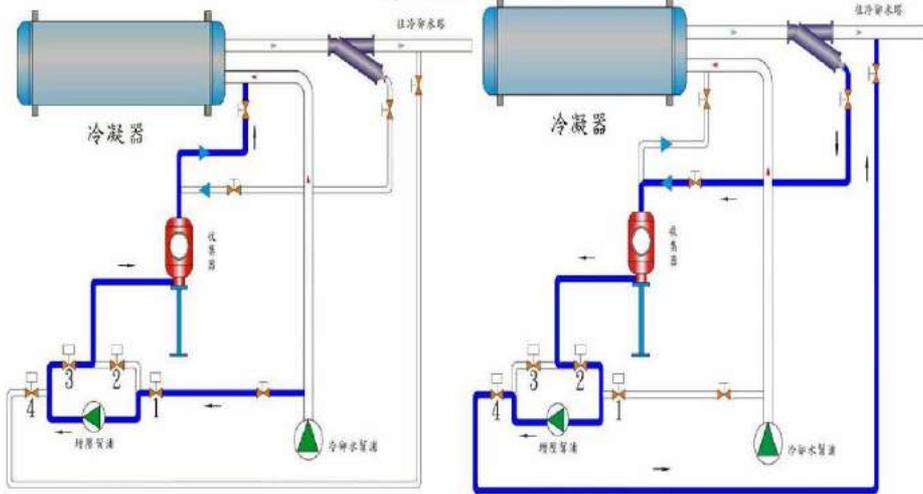
X廠冷卻水塔例



嚴重汙泥長藻與結垢

熱交換器之清洗

ACTS系統動作原理



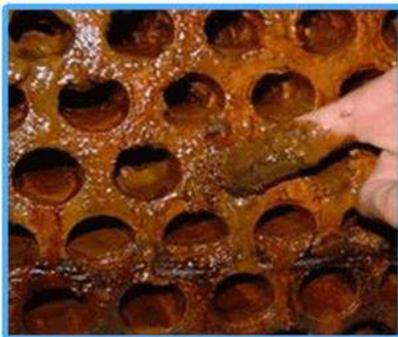
棉球發射說明

棉球收集說明

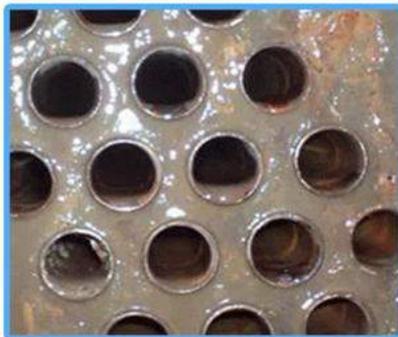


高壓水清洗

自動棉球清洗冷凝器程序



使用前



使用后



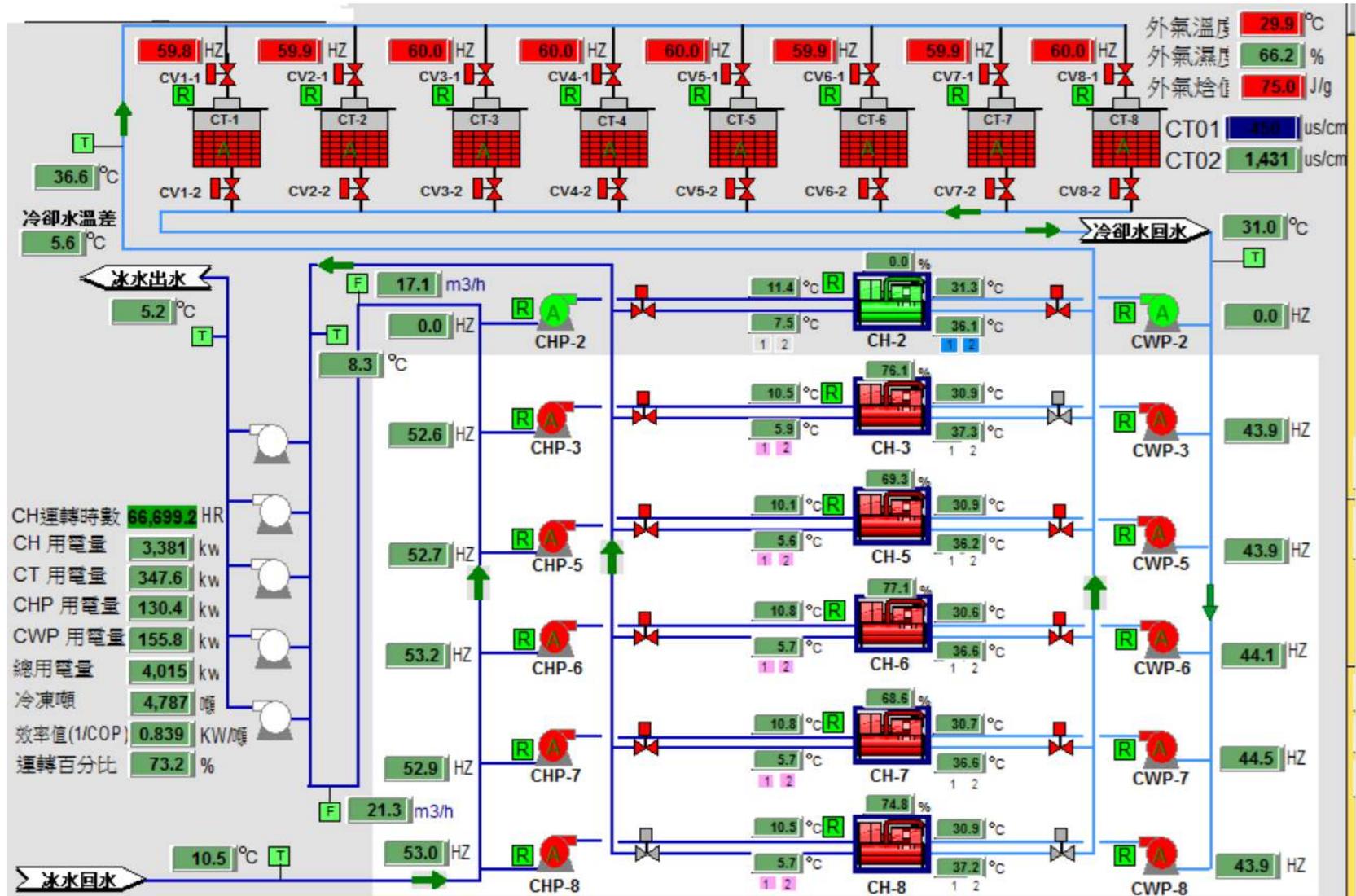
沒有任何處理



經處理後熱交換器

化學藥機清洗

X廠冰水系統監控統



工業用冷卻水效率提升原則

1. 冷卻方式選擇(節水和環保)與高能效冷卻能力技術
2. 高效循環冷卻水處理技術(循環水系統除垢、防垢節能技術)
3. 冷卻塔的出水溫度控制
4. 風機和水泵採用調速控制
5. 高效熱交換設備擇和熱交換效率提升
6. 製程設備之機台參數調整
7. 製程廢水分流與回收水再利用
8. 製程產生的餘熱或餘冷回收再利用
9. 製程的冷卻水系統之供應調控方式
10. 系統定期檢查和維修
11. 收集和建立用水與用能之先進指標值與比對機制
12. 建立用能與用水一體的管理控制系統

提升工業用水效率的技術

- 工業用水重複利用技術
- 冷卻節水技術
- 熱力和製程系統節水技術
- 洗滌節水技術
- 工業給水和廢水處理節水技術
- 非常規水源利用技術
- 工業輸水管網設備防漏和快速堵漏修復技術
- 工業用水計量管理技術
- 工業水管控、分析、比對和分析系統

生態環保節能
資源永續循環
再利用

施顏崇

E-Mail : syc123s@yahoo.com.tw