

# 高科技廠房廢熱回收 應用實務

報告人

柯明村



國立臺北科技大學 能源與冷凍空調工程系

## 自我介紹

### 柯明村(Ming-Tsun Ke)

- 國立臺北科技大學 能源與冷凍空調工程系
- 合格國際量測驗證師 CMVP (IPMVP Level 3& Level 4, AEE and EVO)
- 中國制冷學會-制冷高級工程師
- 國家標準技術委員會委員
- 公共工程採購評選委員會專家學者
- 教育部 環保小組委員
- 財團法人台灣綠色生產力基金會節能技術發展中心—顧問
- 台灣能源技術服務產業發展協會—顧問
- 中華民國能源技術服務商業同業公會—顧問

能源  
室內空氣品質

### 能源服務相關經驗

- 政府與財團法人機構節能相關研究計畫主持人
  - ✓ 建立節能績效量測與驗證之程序及文件
  - ✓ 開發創新設備：蒸發式冷卻設備、溶液除溼空調箱、自然空調機、能源管理服務雲運算平台
- 產學合作 節能設備/系統開發、第三公正檢測、測試調整平衡(TAB)等專案合作計畫
- 中技社、財團法人台灣綠色生產力基金會 能源查核
- 財團法人台灣產業服務基金會 高科技廠節能輔導

# 內容

經濟部廢熱與廢冷回收節能  
技術補助

電子業應用技術

能資源整合與管理

## 一、經濟部廢熱與廢冷回收節能技術補助

### Heat Recovery

經濟部為推動節約能源工作，鼓勵業者進行廢熱與廢冷回收節約能源技術之研究及應用發展，成立「**廢熱與廢冷回收技術示範應用專案**」，補助產業購置廢熱與廢冷回收相關設備提升整體能源使用效率。

# 補助之技術範疇

補助計畫以導入下列技術進行全廠或部分製程改造，所購置之全新設備為限：

有機朗肯循環 ( Organic Rankine Cycle, ORC ) 廢熱回收發電技術

固態熱電材料廢熱回收發電技術

工業加熱器熱輻射選擇性吸收技術

蓄熱式燃燒技術

全熱交換系統低溫廢熱回收技術

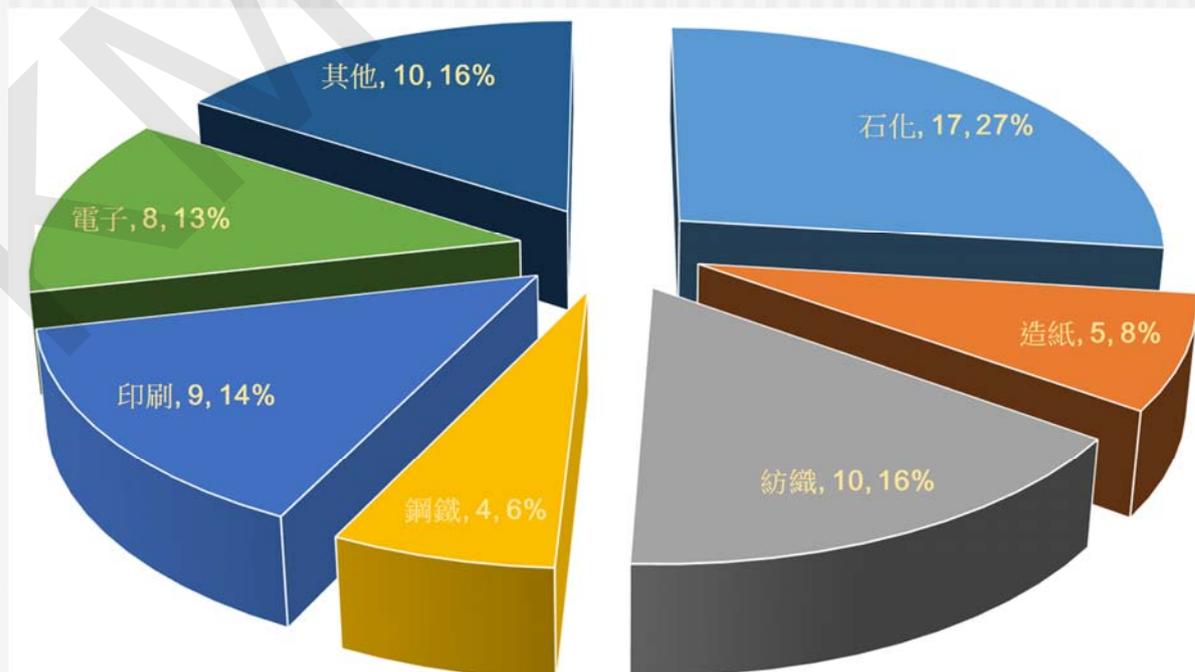
吸附式廢熱製冷技術

吸收式廢熱製冷技術

其他經證明具有顯著節能效益或研究發展潛力之廢熱與廢冷回收技術

# 歷年補助之產業與應用技術

## 歷年補助之產業別



# 歷年補助之產業與應用技術

## 應用技術別

技術	案件數
ORC	4
RTO/RRTO	15
壓降發電	4
空壓機廢熱回收	3
吸收式冰機	5
其他	....

## 電子業應用技術

製程循環水廢熱回收系統

空調箱使用空壓機熱回收

製程冷卻水廢熱回收配合熱泵技術之應用

清洗機增設熱交換系統廢熱回收

清洗機排水之廢熱回收應用

離心式空壓機三段廢熱回收

揮發性有機物蓄熱式燃燒廢熱回收

# 空調箱使用空壓機熱回收

## 改善前

- 空調箱以電熱再熱，經統計其佔用空調耗電約24%。
- 空壓機以冷卻水塔散熱排至大氣。
- 經計算後，空壓機排熱量穩定、且足以供應空調箱再熱能量。
- 經評估後，熱回收設計可不影響空調箱出風條件以及空壓機散熱要求。

## 改善後

- 回收空壓機第一、二段壓縮熱能，供應MAU再熱盤管使用。
- 節能效益：
  - ✓ 節省全年度電熱用電量 933萬kWh
  - ✓ 投資費用2,130萬元
  - ✓ 回收年限0.85年

# 空調箱使用空壓機熱回收

## 討論事項

- 須不影響空壓機散熱穩定、且不應影響其效率。
- 空調箱再熱，與空壓機廢熱回收，二者能量須能匹配。
- 以空壓機第一段與第二段壓縮回收熱能？
- 須審慎評估(計算)CDA供氣、與MAU送風，二者條件不應影響使用需求。
- 需考慮操作之穩定性：
  - ✓ 冬季熱需求多(熱回收少)、夏季熱需求少(熱回收多)
  - ✓ 霸王寒流
  - ✓ 系統設置形式與成本
  - ✓ 進行嚴謹之績效量測與驗證(Performance Measurement and Verification, M&V)

# 製程冷卻水廢熱回收配合熱泵技術之應用

## 改善前

- 製程需求需加熱升溫以縮短反應時間，而完成後又必須降溫以恢復材料特性。
- 以鍋爐供應蒸氣加熱純水供應製程熱能。
- 經評估後單獨回收加熱製程熱能、與CDA熱能，並無法獲得節能效益。
- 以7°C冰水供應製程降溫。
- 整廠冰水系統耗能30%、熱能系統耗能3%。

## 改善後

- 依距離、回收效益、和使用溫度需求考量，選定「水對水取熱型熱泵」設計熱回收系統。
- 從製程冷卻水回水熱回收供熱純水、並提供冷端製冷冰水供製程需求。
- 節能效益：
  - ✓ 熱能節能206.35 kW /約4,022,041元/年
  - ✓ 冷卻水節能40 kW /約 773,062元/年
  - ✓ 新設熱泵耗電61.7 kW /約 1,194,487元/年
  - ✓ 總節省運轉費用3,600,616元/年

# 製程冷卻水廢熱回收配合熱泵技術之應用

## 討論事項

- 須不影響製程供熱穩定、且不應影響其鍋爐效率。
- 需不影響製程冷卻降溫之要求。
- **熱泵熱端與冷端操作須能平衡**。
- 節能效益計算須審慎進行：
  - ✓ 進行嚴謹之績效量測與驗證 (Performance Measurement and Verification, M&V)
    - 改善邊界、逐時、同步、能源基線、...
  - ✓ 能源分析須能符合能量守恆
  - ✓ 能源回收需考慮「熱傳」，而非僅僅考慮「熱力」分析

# 清洗機增設熱交換系統廢熱回收

## 改善前

- 清洗機約占製程用電8.5%、占整廠用電3.7%。
- 清洗機使用常溫RO水，以電熱加熱至60°C，進行溫水清洗後約55°C排放。
- 評估從排放之溫水進行熱回收，修改設備增設：
  - ✓ 單一設備或中央系統？
  - ✓ 板式熱交換器、水泵、及附屬管路管件
  - ✓ 控制系統
  - ✓ 運轉監視系統

## 改善後

- 原溫排水熱回收可取代部分電熱用電。
- 清洗機運轉功能穩定。
- 節能效益：
  - ✓ 電熱節能量推估4,605,590 kWh/年
  - ✓ 節能率約70.1%
  - ✓ 總節省電費13,492,315元/年
  - ✓ 回收年限約1.21年

# 清洗機增設熱交換系統廢熱回收

## 討論事項

- 清洗機改善須不影響製程穩定。
- 需考量新設熱回收系統之穩定與維護保養。
  - ✓ 改善前電熱操作相對穩定
  - ✓ 改善後為水泵水路系統
  - ✓ 板式熱交換器清洗維護
- **進行嚴謹之績效量測與驗證：**
  - ✓ 逐時、同步、能源基線、...

## 離心式空壓機三段廢熱回收

### 改善前

- 空壓機耗電佔整廠用電6%  
，且以冰水冷卻。
- 廠內製程熱水與MAU再熱/加濕，皆需使用蒸氣。
- 蒸氣為外購，費用約3千萬元/年。
- 空壓機採冰水冷卻、且製程與MAU大量使用蒸氣，亟需改善。
- 經評估廠內使用條件和需求，市場成熟之空壓機第三段廢熱回收無法滿足需求。

### 改善後

- 採用空壓機三段廢熱全部回收之技術。
- 使用蒸汽加熱之設備部分變更為使用熱水。
- 熱回收之熱水應用於製程加熱與MAU。
- 節能效益(預估):
  - ✓ 蒸汽節能約1100 kLOE /約1千5百萬元/年
  - ✓ 冰水節電約164萬 kWh /約 350萬元/年
  - ✓ 新增熱水泵耗電、減少乾燥機耗電
  - ✓ 總節能約16001100 kLOE /年節省運轉費用約2000萬元/年

## 離心式空壓機三段廢熱回收

### 討論事項

- 須不影響空壓機散熱穩定、且不應影響其效率。
- 製程熱需求與空壓機廢熱回收，二者能量須能匹配。
- 以空壓機三段壓縮皆回收之技術穩定性？
- 須審慎評估(計算)CDA供氣、與MAU送風，二者條件不應影響使用需求。
- 需考慮操作之穩定性：
  - ✓ 冬季熱需求多(熱回收少)、夏季熱需求少(熱回收多)
  - ✓ 霸王寒流
- 節能效益計算須審慎進行：
  - ✓ 進行嚴謹之績效量測與驗證 (Performance Measurement and Verification, M&V)
    - 改善邊界、逐時、同步、能源基線、...

## 沸石轉輪濃縮蓄熱式焚化爐設備 廢熱回收與吸收式廢熱製冷

### 改善前

- 製程產生之VOCs廢氣以洗滌塔處理後排放至大氣。
- 環保法規趨嚴、以及提升能源效率考量，急需整體改善之具體可行作法。
- 經評估後，擬採「沸石濃縮轉輪+蓄熱式燃燒焚化爐(RTO)」處理VOCs。
- 由於該技術RTO的尾氣排放溫度高達200-300°C，具有熱回收再利用的價值。且廠內製程需要冰水冷卻、以及製程烘乾乾燥之預熱需求，故評估增設「吸收式廢熱製冷」與「熱回收產製熱水」之技術吸收式廢熱製冷。

### 改善後

- 設置「沸石濃縮轉輪+蓄熱式燃燒焚化爐(RTO)」處理VOCs。
- 設置熱交換器，利用RTO尾氣熱回收產製熱水，供烘乾乾燥使用。
- 設置150RT熱水型吸收式冰機(COP=0.75)，以該熱回收熱水供應再生熱能以產製冰水，供製程冷卻。
- 節能效益(預估)：
  - ✓ RTO: 節省天然瓦斯110萬 Nm<sup>3</sup>/年 / 1,326萬元/年(依操作許可申請每天操作24小時/每年300天計)
  - ✓ 廢熱製冷之能源效益: 節省天然瓦斯32萬 Nm<sup>3</sup>/年/387萬元/年
  - ✓ 廢熱製熱之能源效益: 節省天然瓦斯44萬Nm<sup>3</sup>/年 / 531萬元/年

## 沸石轉輪濃縮蓄熱式焚化爐設備 廢熱回收與吸收式廢熱製冷

### 討論事項

- 需申請「固定汙染源設置許可證」之操作許可。
- 個別系統改為整合系統之穩定性與風險性。
- 對吸收式冰機須具有專業之操作與維護能力。
  - ✓ 運轉問題：結晶、真空度...
  - ✓ 運轉效率
- 節能效益計算須能嚴謹進行：
  - ✓ 進行績效量測與驗證(Performance Measurement and Verification, M&V)
    - 改善邊界、逐時、同步、能源基線、...
    - 個別系統評估



# 能源系統審計與診斷

## 執行事項

- 能源審計
- 設定邊界
- 能源系統規格、數量與相關資料務必確實與正確
- 現場查核與確認
- 可考慮建立線上申報平臺  
(如能源局能源查核系統)

# 建立能源基線

## 執行事項

- 目標與邊界
- 鑒定相關變數
- 量測與要求
- 如何建立？
  - ✓ 能源績效指標(Energy performance indicator, EnPI)
  - ✓ 能源基線(Energy baseline, EnB)
  - ✓ 資料量測與迴歸分析
- 能源績效之量測與驗證

# 診斷與節能潛力

## 執行事項

- 依個別能源系統所獲得的資料，進行**專業**判斷！
- 單一設備 vs. 能源系統
  - ✓ 回歸基礎物理原理
  - ✓ 需符合廠商需求-安全性、易於施行、經濟效益...
  - ✓ 公正評價
- 改善提案務求量化呈現
  - ✓ 合理與透明
  - ✓ 包括節能量、節費量、回收年限、溫室氣體減量...
- 不影響制程或使用需求
- 需考慮各能源系統之交互影響

# 節能措施探討

## 注意事項

- 個別能源系統
- 基本物理原則：
  - ✓ 減少熱能排放、減少冷熱混合、減少洩漏...
  - ✓ 降低壓損
  - ✓ 矯正過大設計
  - ✓ 變流量風車定律
  - ✓ 使用新的高效技術與設備
  - ✓ ...
  - ✓ 不影響製程或使用需求
- 案例探討

# 能源管理系統

## 發展架構

- 能源資通訊EICT
- 雲端平臺
  - ✓ Big Data大資料分析
  - ✓ 能源績效即時監控
  - ✓ 優化操作管理
  - ✓ 預知維護保養
- 工業物聯網IIoT

# 能資源整合與管理

## ERP、MES、EMS系統





Q & A

柯明村

mtke@ntut.edu.tw

