

HANPOWER

HanPower Energy Technology Co. Ltd.
漢力能源科技(股)公司

中、低溫熱能回收及利用

ORC發電產品技術及應用

漢力能源科技(股)公司

徐崧蔚

E-mail: rosetty@hanpower.com.tw

<http://hanpower.com.tw>

Mobil:0989-742 788

Tel:03-4855178

桃園市幼獅工業區高獅路897號

July, 2016

大綱

ORC發電 產品技術及 應用

1. 廢熱回收&利用

2. 熱水/蒸汽/熱油ORC

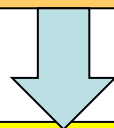
3. 煙氣ORC

4. 產品技術

5. 實績

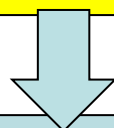
熱能來源(工業餘熱、地熱、生質熱、太陽熱等)
量、質、成分、最低溫度限制、使用型態

(例如：製程冷凝熱水、製程廢蒸汽、煙道廢氣等)



取熱/供熱技術
直接取熱、間接取熱(熱水/熱油循環)

(例如：熱交換器、節能器、廢熱鍋爐等)



熱能利用
預熱、發電(軸功率)、製冷

1. 預熱：鍋爐飼水預熱、空氣預熱、爐具設備預熱、供熱水、供暖
2. 發電：蒸汽渦輪發電、ORC發電、Kalina cycle、熱電晶片
3. 製冷：吸收式冷凍空調

工業製程中的煙氣餘熱

■ 高溫煙氣

■ 進氣預熱

■ 廢熱鍋爐產蒸汽

● For 製程

● Steam Turbine

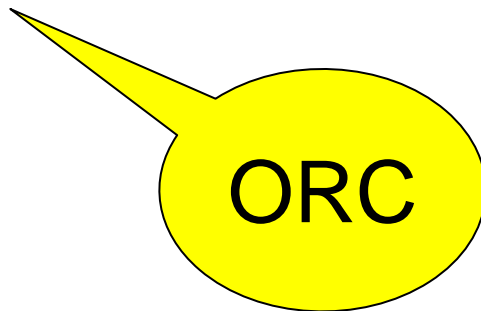
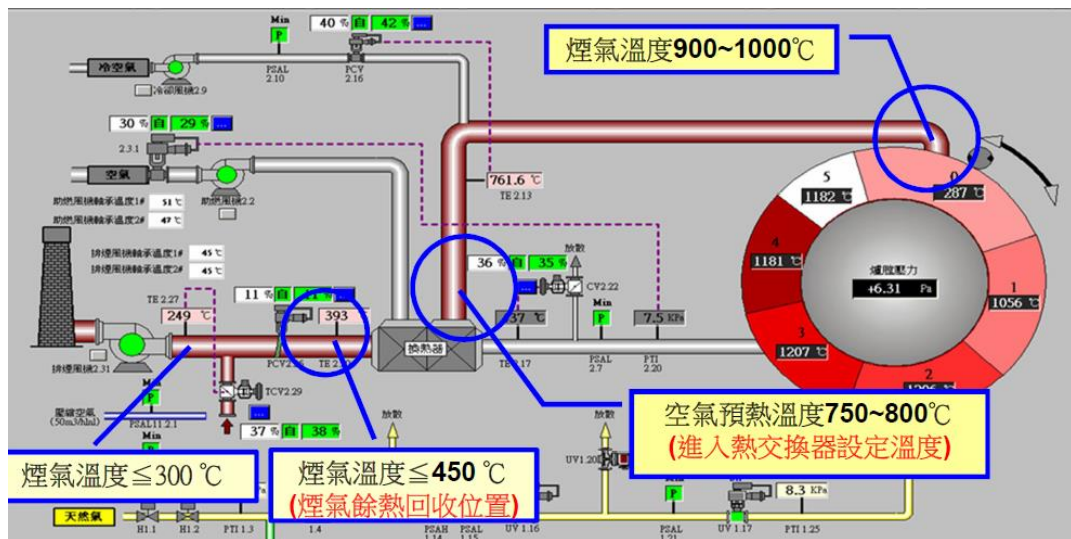
■ 中、低溫煙氣

■ 溫度：100~400°C

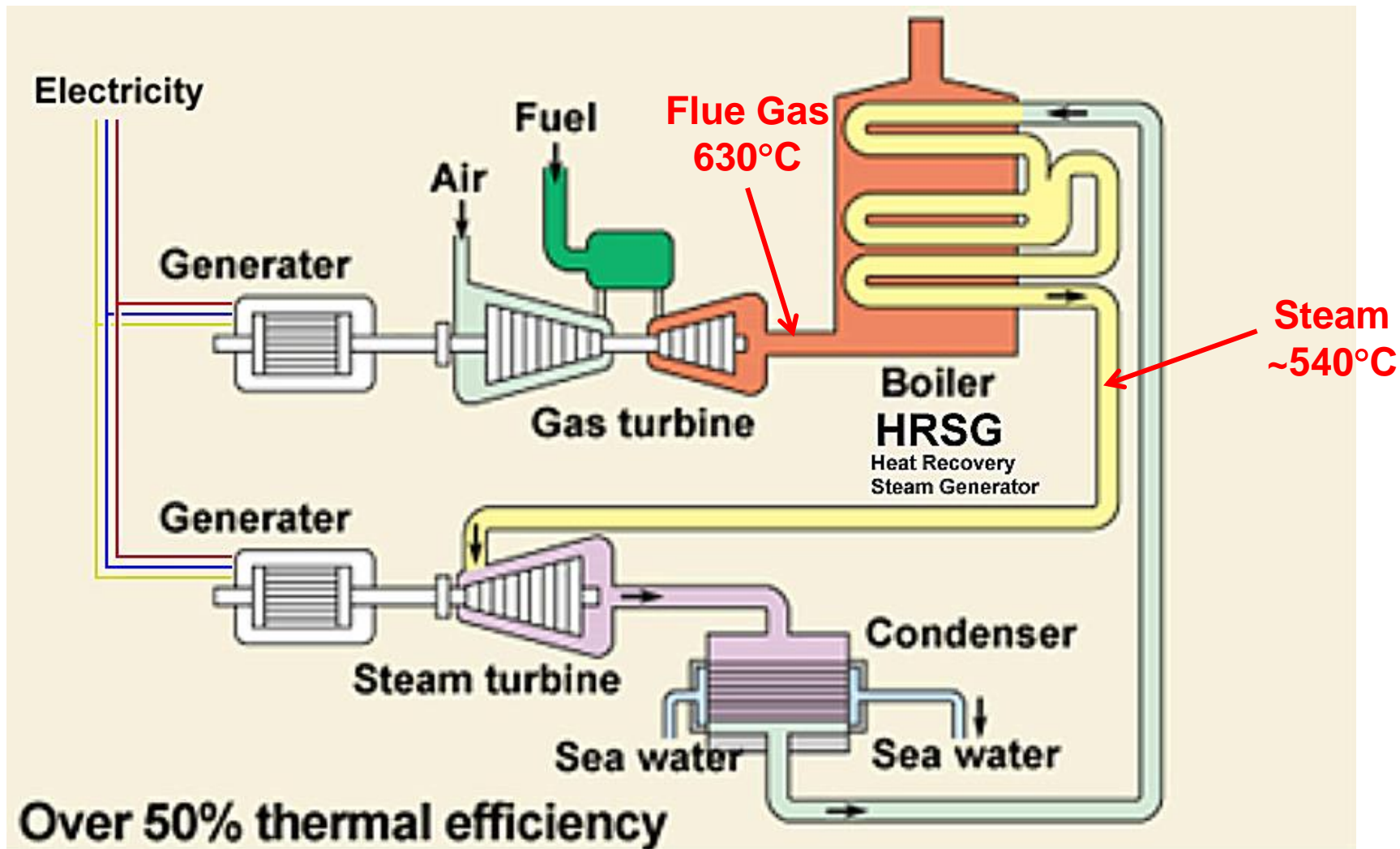
■ 因溫度低，過去較少利用。

● 直接排放

● 引冷空氣降溫排放



複合式燃氣電廠

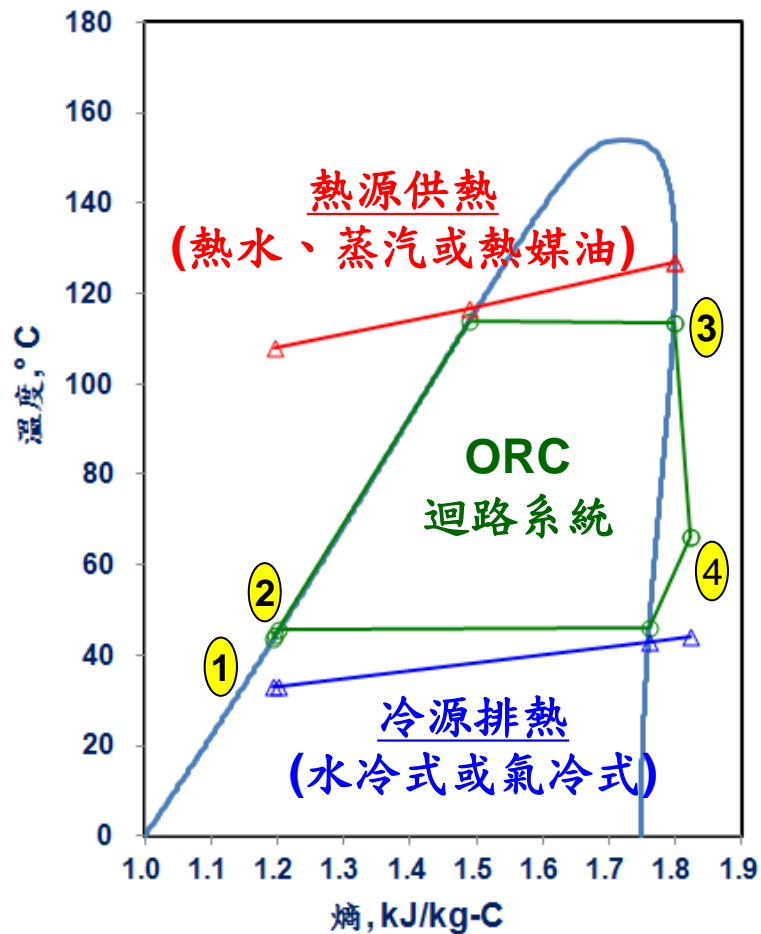
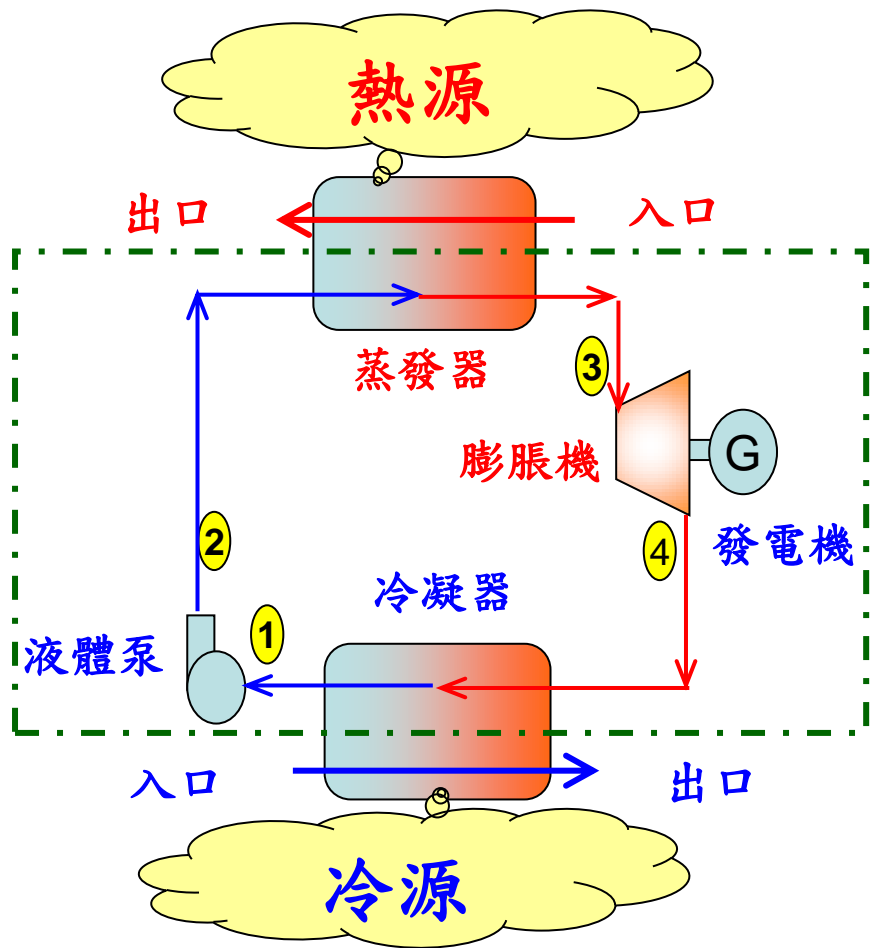


| H2P Technologies | Temp. | Heat Source | Application |
|----------------------------------|-------|--|--|
| Steam Rankine Cycle | 中、高 | 燃氣渦輪機排氣、往復式引擎排氣、焚化爐排氣、燃燒爐排氣、水泥窯爐排氣 | <ul style="list-style-type: none"> 廢熱/餘熱溫度 $\geq 500^{\circ}\text{C}$ |
| Kalina Cycle | 低、中 | 燃氣渦輪機排氣、鍋爐排氣、燃燒爐排氣 | <ul style="list-style-type: none"> 廢熱/餘熱溫度 $\geq 80^{\circ}\text{C}$ 熱源溫度變異範圍 $\leq 20^{\circ}\text{C}$ 冷源溫度變異範圍 $\leq 10^{\circ}\text{C}$ $80\% \leq$ 發電量範圍 $\leq 110\%$ |
| Organic Rankine Cycle | 低、中 | 煙道廢氣、製程廢蒸汽、製程熱水、鍋爐排氣、窯爐低溫排放廢熱、往復式引擎排氣和水套熱水 | <ul style="list-style-type: none"> 廢熱/餘熱溫度 $\geq 80^{\circ}\text{C}$ 熱源溫度變異範圍 $\leq 60^{\circ}\text{C}$ 冷源溫度變異範圍 $\leq 30^{\circ}\text{C}$ $30\% \leq$ 發電量範圍 $\leq 150\%$ |
| Thermoelectric Generation | 中、高 | 未有商業發電機組 | |

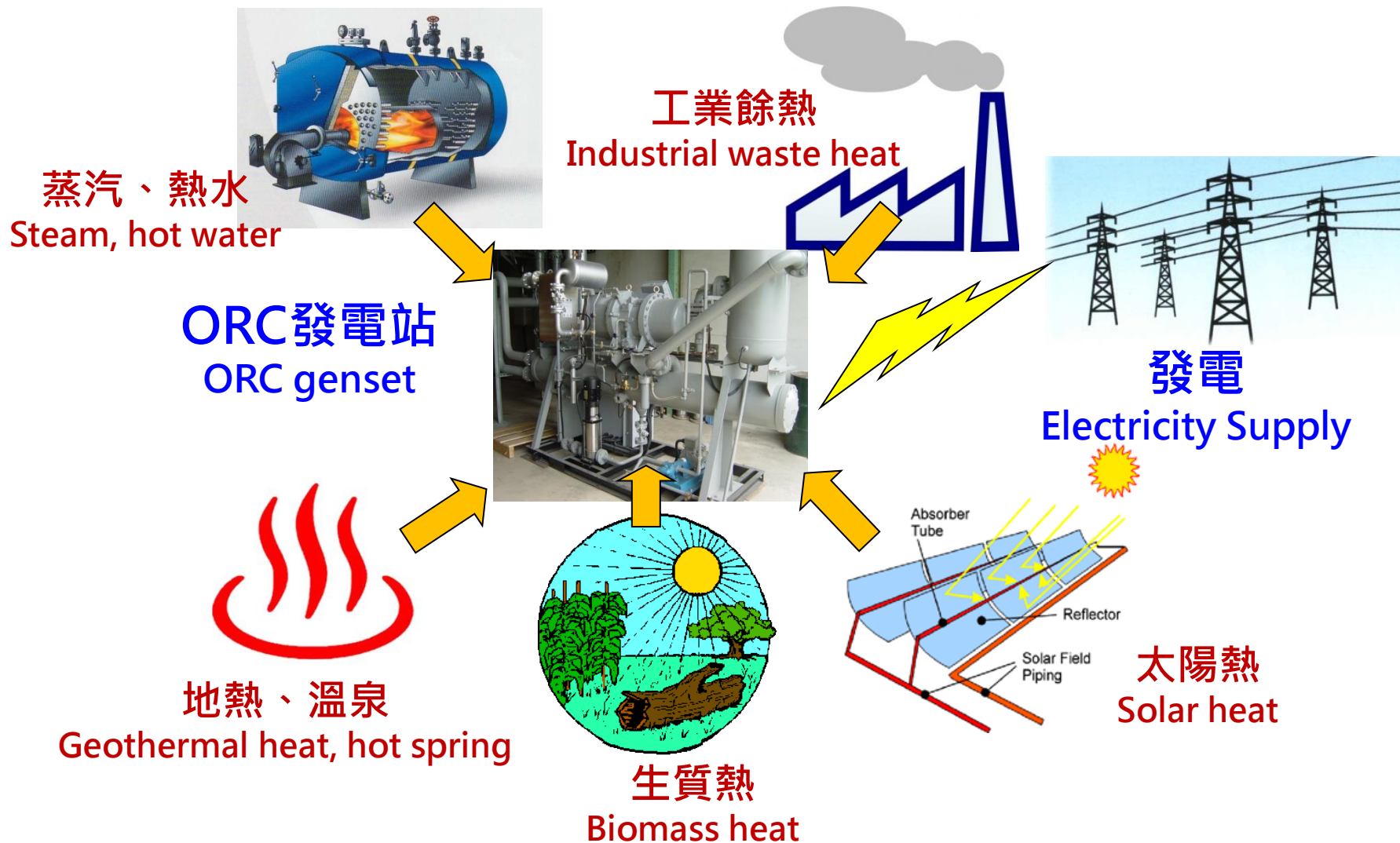
ORC工作原理

有機朗肯循環(Organic Rankine Cycle)

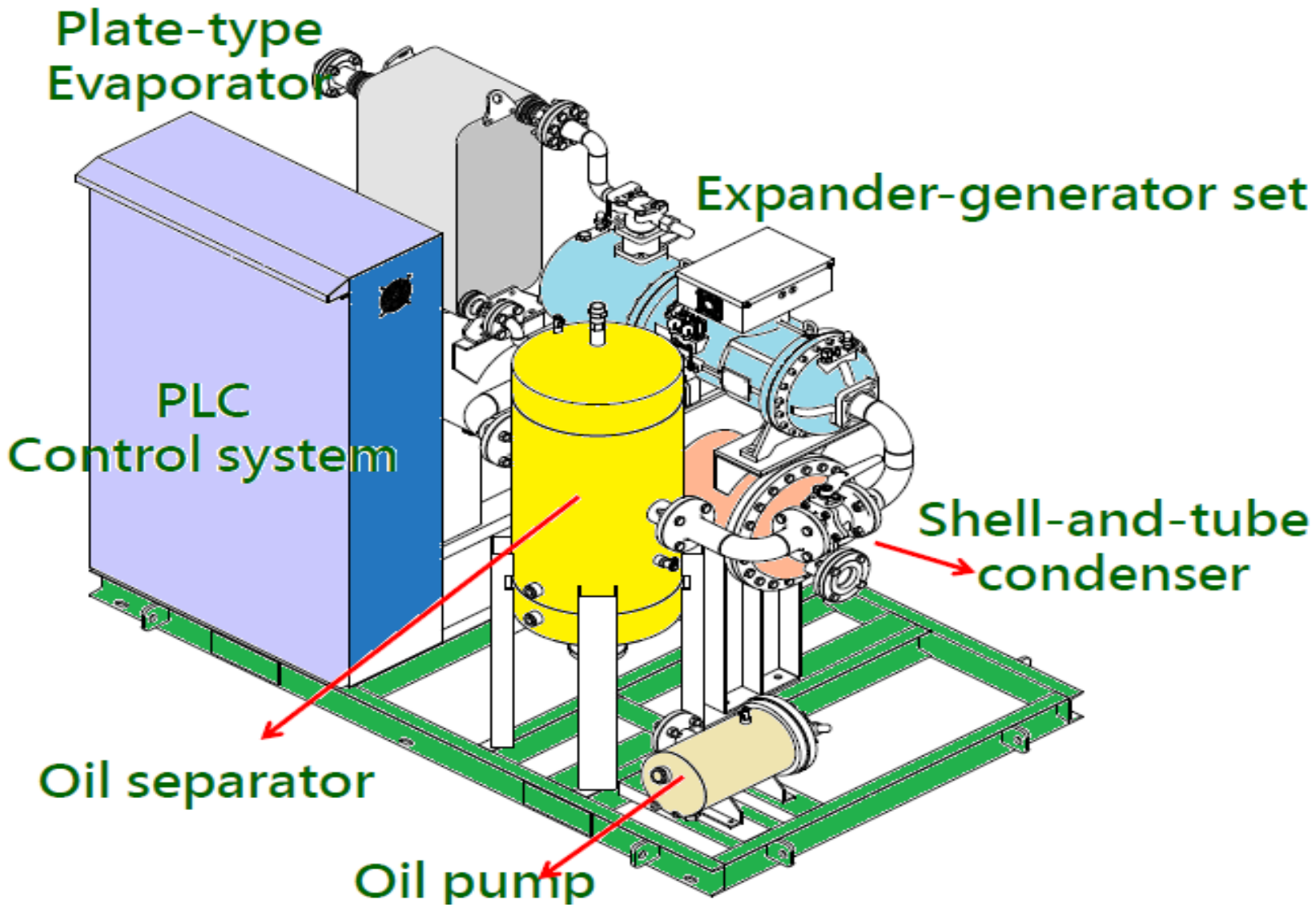
利用低溫沸點工質(冷媒)，將熱源、冷源溫差能轉換為電力輸出



中、低溫熱能ORC發電



ORC機組配置



需求分析&客製化設計

- 因應冷、熱源條件，優化ORC系統和機組設計，供應多樣化構型配置和多級距發電範圍的ORC產品

| 熱源形式 | 熱水 | 蒸汽 | 煙氣 |
|------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 適用溫度 | $\geq 80^{\circ}\text{C}$ | $\geq 70^{\circ}\text{C}$ | $\geq 120^{\circ}\text{C}$ |

- 量身訂做ORC機組，提升客戶群企業形象並落實用戶端經濟效益

| ORC發電系統需求表 | | 數值 | 備註 |
|--------------------------|---|----|--|
| 1 | 熱源條件 | | |
| 1.1 | 類型 | | ◇ 確定餘熱/廢熱類型，並提供流量 |
| <input type="checkbox"/> | 熱水，t/h (公噸/時) | | ◇ 若煙氣，提供燃料種類和煙氣成分，並確定風量單位：Nm ³ /min、Nm ³ /h、m ³ /min或m ³ /h (N：normal標態) |
| <input type="checkbox"/> | 廢蒸汽，t/h (公噸/時) | | |
| <input type="checkbox"/> | 煙氣，Nm ³ /min或m ³ /min | | |
| 1.2 | 取熱前的熱源參數 | | ◇ 若熱水、蒸汽，提供溫度、壓力 |
| | 溫度，°C | | ◇ 若煙氣，壓力假設為常壓 |
| | 壓力，kg/cm ² (G) | | |
| 1.3 | 取熱後的限制條件 | | ◇ 熱源取熱後是否有溫度限制或壓降限制？ |
| <input type="checkbox"/> | 溫度限制，°C | | ◇ 若為煙氣，是否考量酸露點？ |
| <input type="checkbox"/> | 壓降限制，kg/cm ² (G) | | |
| 1.4 | 排放時數，時/年 | | 每年餘熱/廢熱的排放時數 |
| 2 | 冷卻水條件 | | |
| <input type="checkbox"/> | 廠區是否提供冷卻水？ | | 若廠區冷卻水塔提供冷卻水 |
| | 最大流量，t/h (公噸/時) | | ◇ 冷卻水流量是否有限制？ |
| | 水塔冷卻水出水溫度，°C | | ◇ 回水冷卻水是否有溫度限制？ |
| | 水塔冷卻水回水溫度，°C | | |
| 3 | 電力條件 | | |
| | 伏特，V | | |
| | 頻率，Hz | | 50Hz或60Hz電力系統 |
| | 電價，元/kWh | | 廠區平均電價。 |

HANPOWER

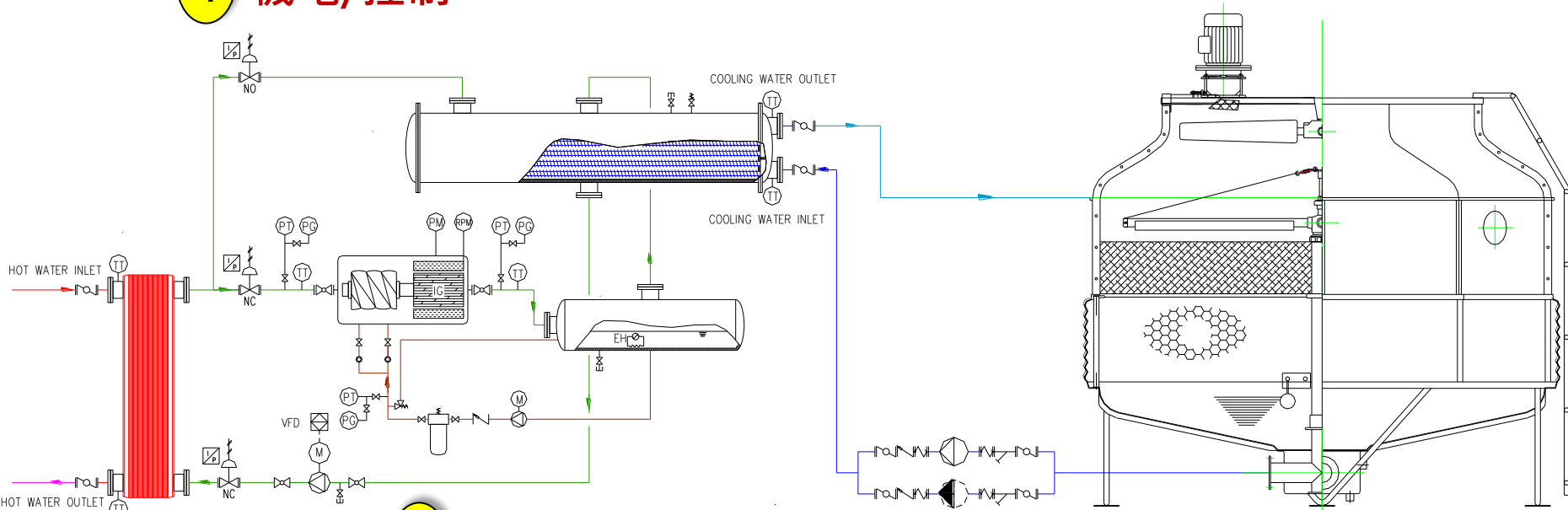
HanPower Energy Technology Co. Ltd.

漢力能源科技(股)公司

蒸汽/熱水/熱油ORC

蒸汽/熱水ORC發電站配置

4 機電/控制

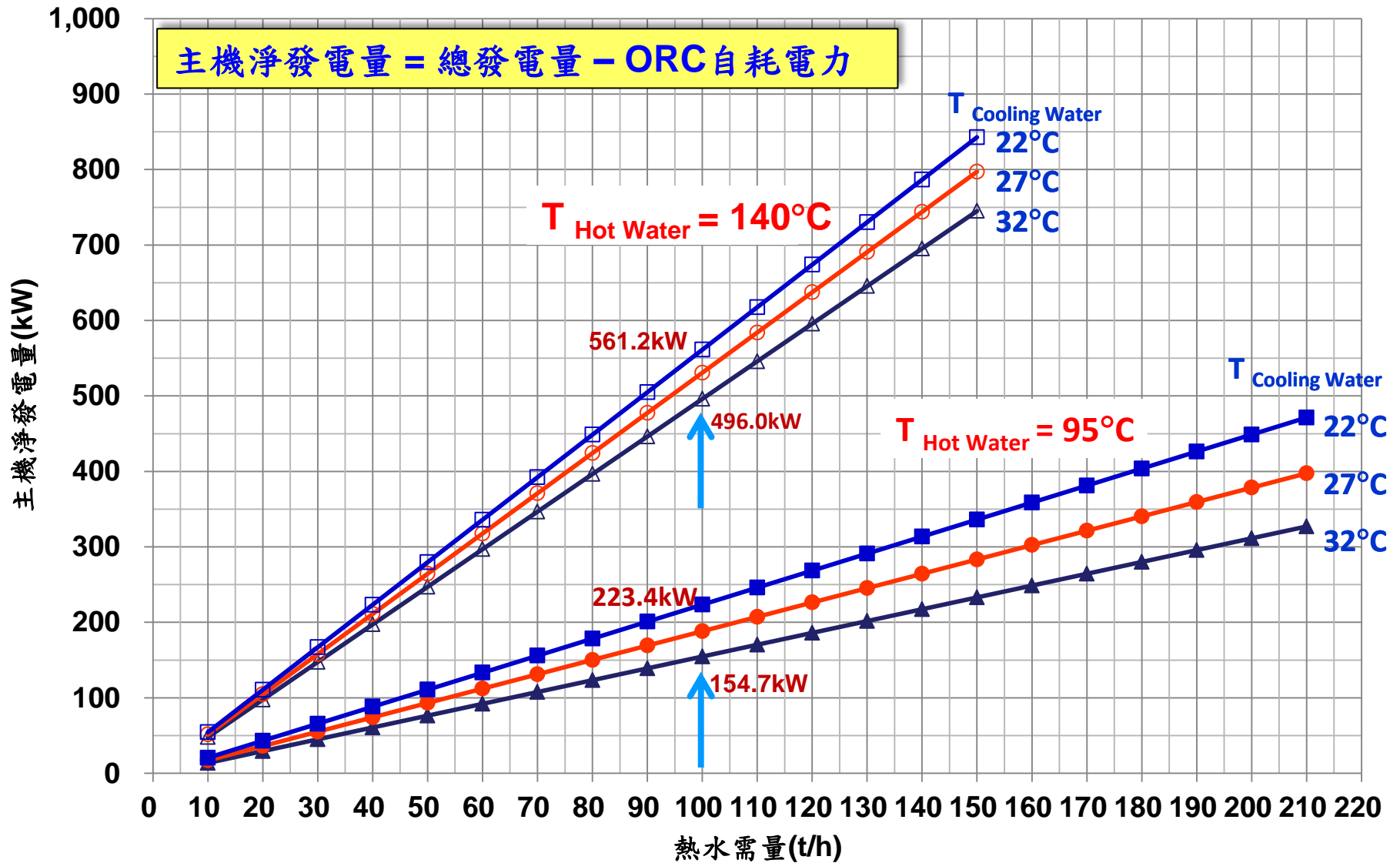


1 供熱及取熱

2 ORC機組

3 冷卻水排熱

ORC主機淨發電量 vs.熱水需求量



220kW 熱水 ORC

ORC 規格

- 運轉期間：2014.11迄今
- 產業別：Chemical Plant
- 累計運轉時數超過一萬小時
- 2015全年運轉時數8511小時
- 年度檢修狀況良好



■ 裝置容量 = 220kW

■ 工作流體 = R134a

■ 雙螺桿膨脹發電機

■ 殼管式蒸發器

■ 殼管式冷凝器

■ 熱源

● 製程冷凝水

● 溫度 = 82°C → 62°C

● 流量 = 200 TPH

■ Heat Sink

● 冷卻水塔冷水

● 溫度 = 32°C → 36.8°C

● 流量 = 800 TPH

136kW 蒸汽 ORC

ORC Features

- 應用端：菲律賓食品廠
- 出廠測試：Nov. 2015
- 現場運轉：March. 2016
- 特色：與蒸汽壓降發電機結合

■ 裝置容量= 136kW

■ 雙螺桿膨脹機

■ 板式熱交換器

■ 殼管式冷凝器

■ 熱源

● 飽和蒸汽

● 壓力 = 1 bar(g)

● 流量 = 2 TPH

■ 冷源

● 冷卻水塔冷水

● 溫度 = 32°C→37°C

● 流量 = 175 TPH



210kW 熱油 ORC

ORC Features

- 裝置地點：中國
- 出廠測試: March 2016
- 應用端: Solar Thermal Energy
- 正式運轉: End 2016

- 工作流體: R245fa
- 裝置容量: 213kW
- 熱源: 熱油
 - 溫度 = 180°C→102°C
 - 流量 = 67 TPH
- 冷源: 冷卻水
 - 溫度 = 30°C→38°C
 - 流量 = 200 TPH



HANPOWER

HanPower Energy Technology Co. Ltd.

漢力能源科技(股)公司

煙氣 ORC

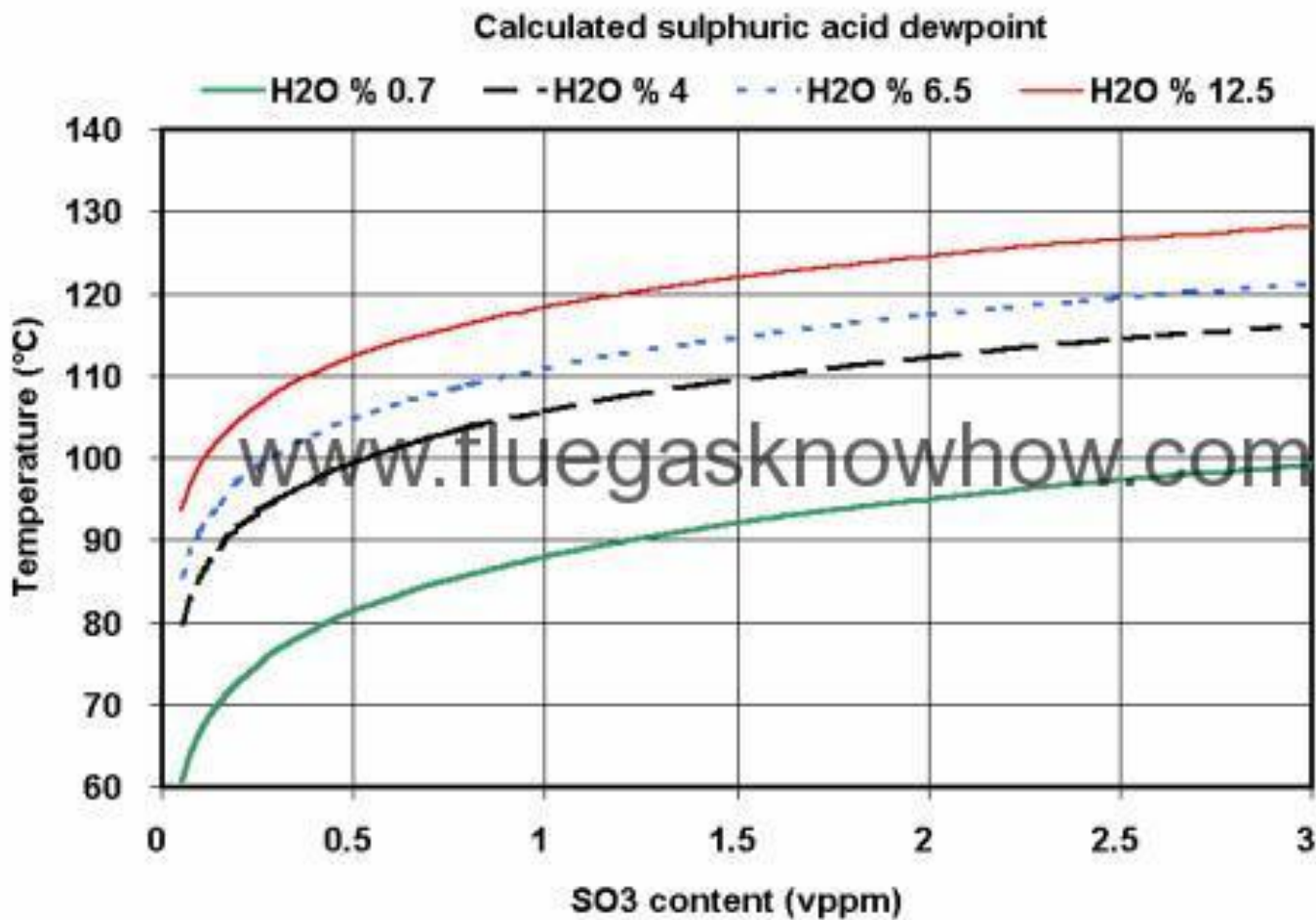
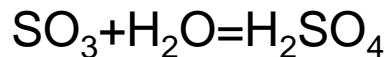
熱源分析

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-----------------|-------------------------|--------------------------|---|-------------------------------|------------------|--------------------|---------------------------------|--------|-----------------------------|----------------|----------|----|---|
| 狀況 | A. 燃料名稱: <u>天然氣</u> (含硫量: <u>—</u> %) , B. 燃料名稱: <u>—</u> (含硫量: <u>—</u> %) | | | | | | | | | | | | | | |
| | 混燒比例: A <u>—</u> : B <u>—</u> | | | | | | | | | | | | | | |
| 採樣時 防設 施操 作狀 況 | 空氣污染防 制設施名稱 | 主要操作參數(註明單位) | | | | | | 處理量(註明單位) | | | | | | | |
| | | 名稱 | 當日 | 許可用量 | 當日 | 許可用量 | | | | | | | | | |
| | A001 廢氣焚化爐 | 天然氣 | 62.7 m ³ /hr | 30~75 m ³ /hr | 771.02 Nm ³ /min | 700~1000 Nm ³ /min | | | | | | | | | |
| | | 爐內燃燒溫度 | 780 °C | 700~850 °C | | | | | | | | | | | |
| | | 爐內滯留時間 | 3.04 sec | 1.55~4.37 sec | | | | | | | | | | | |
| | | 風車運轉頻率 | 23 HZ | 16~45 HZ | | | | | | | | | | | |
| 防制前 後發氣 性質 | (1)排氣平均濕度: <u>3.92/4.40</u> % (2)排氣平均溫度: <u>136/144</u> °C (3)排氣平均速度: <u>7.89/8.94</u> m/s | | | | | | | | | | | | | | |
| | (4)平均濕基實測排氣量: <u>759.56/768.62</u> Nm ³ /min (5)平乾基實測排氣量: <u>729.78/734.80</u> Nm ³ /min | | | | | | | | | | | | | | |
| 檢 測 結 果 | 空氣污染物 | 排氣組成(%) | | | O ₂ 參 考 基 準 (%) | 空氣污 染物實 測值 | 空氣污 染物校 正值 | 濃度 單位 | 乾基排氣量 (Nm ³ /min) | | 空氣污 染物排 放量 (Kg/hr) | 削減 率 (%) | 排放 標準 | 合格 | |
| | 檢測方法編號 | CO ₂ | O ₂ | CO | | | | | 實測值 | 校正值 | | | | 是 | 否 |
| | 粒狀污染物 (A101.74C) | 0.6 | 20.0 | ND(<0.1) | — | 4 | — | mg/Nm ³ | 736.94 | — | 0.18 | — | 100 | ✓ | |
| | 硫氧化物 (A413.74C) | 0.6 | 20.1 | ND(<0.1) | — | 2 | — | ppm | 734.80 | — | 0.25 | — | 100 | ✓ | |
| | 氮氧化物 (A411.74C) | 0.6 | 20.1 | ND(<0.1) | — | 5 | — | ppm | 734.80 | — | 0.45 | — | 150 | ✓ | |
| | 揮發性有機物 (TNMHC) (A723.73B) | 防制前 | 0.0 | 20.6 | ND(<0.1) | — | 284 | — | ppm | 729.78 | — | 8.83 | 92.9 | — | ✓ |
| | 揮發性有機物 (TNMHC) (A723.73B) | 防制後 | 0.6 | 20.1 | ND(<0.1) | — | 20 | — | ppm | 734.80 | — | 0.63 | | — | ✓ |
| | 氧氣 (A432.73C) | — | — | — | — | 20.1 | — | % | — | — | — | — | — | — | — |

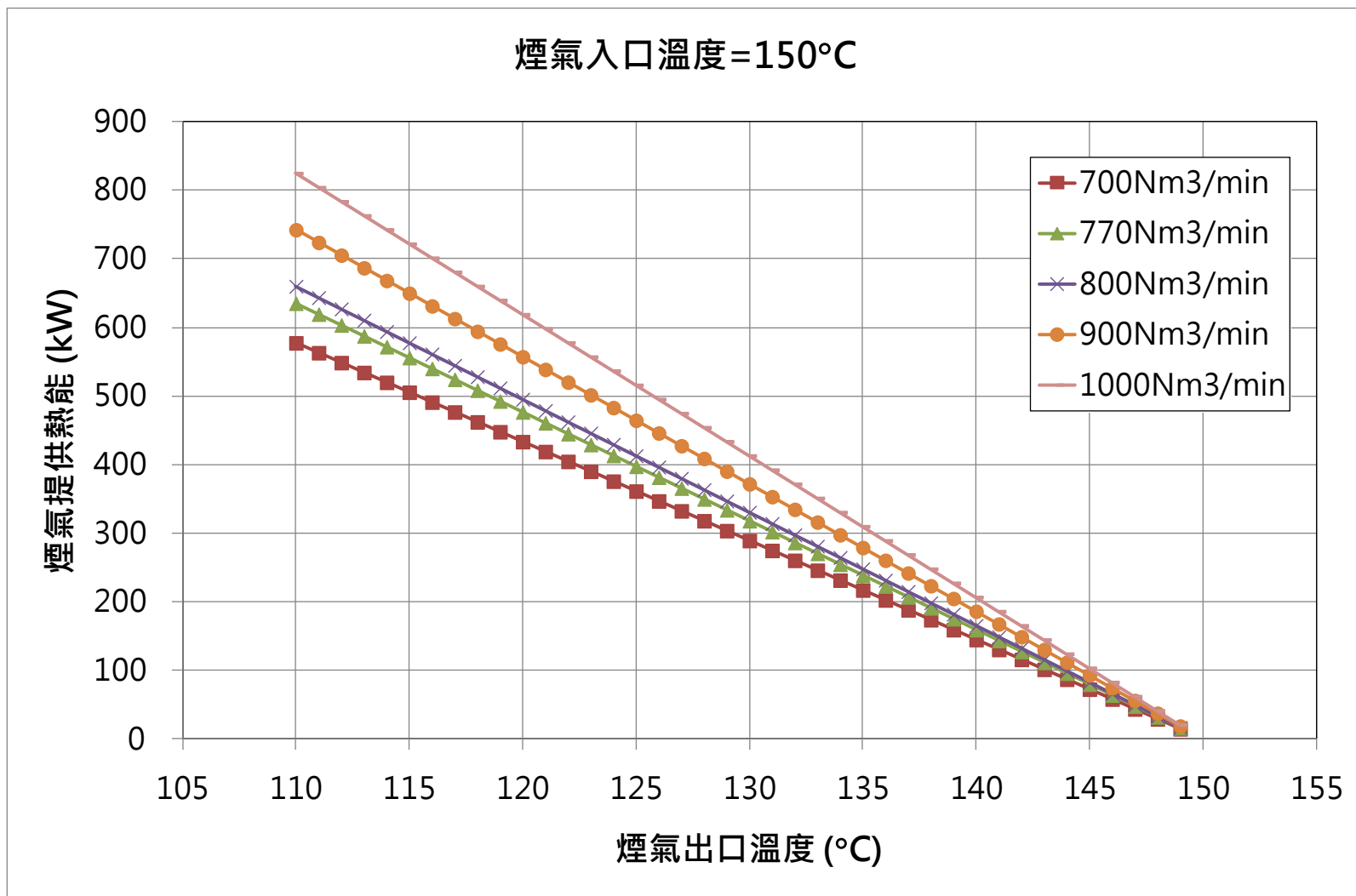
一、本報告已由核可報告簽署人審核無誤，並簽署於內部報告文件，簽署人如下：

蔡漢山

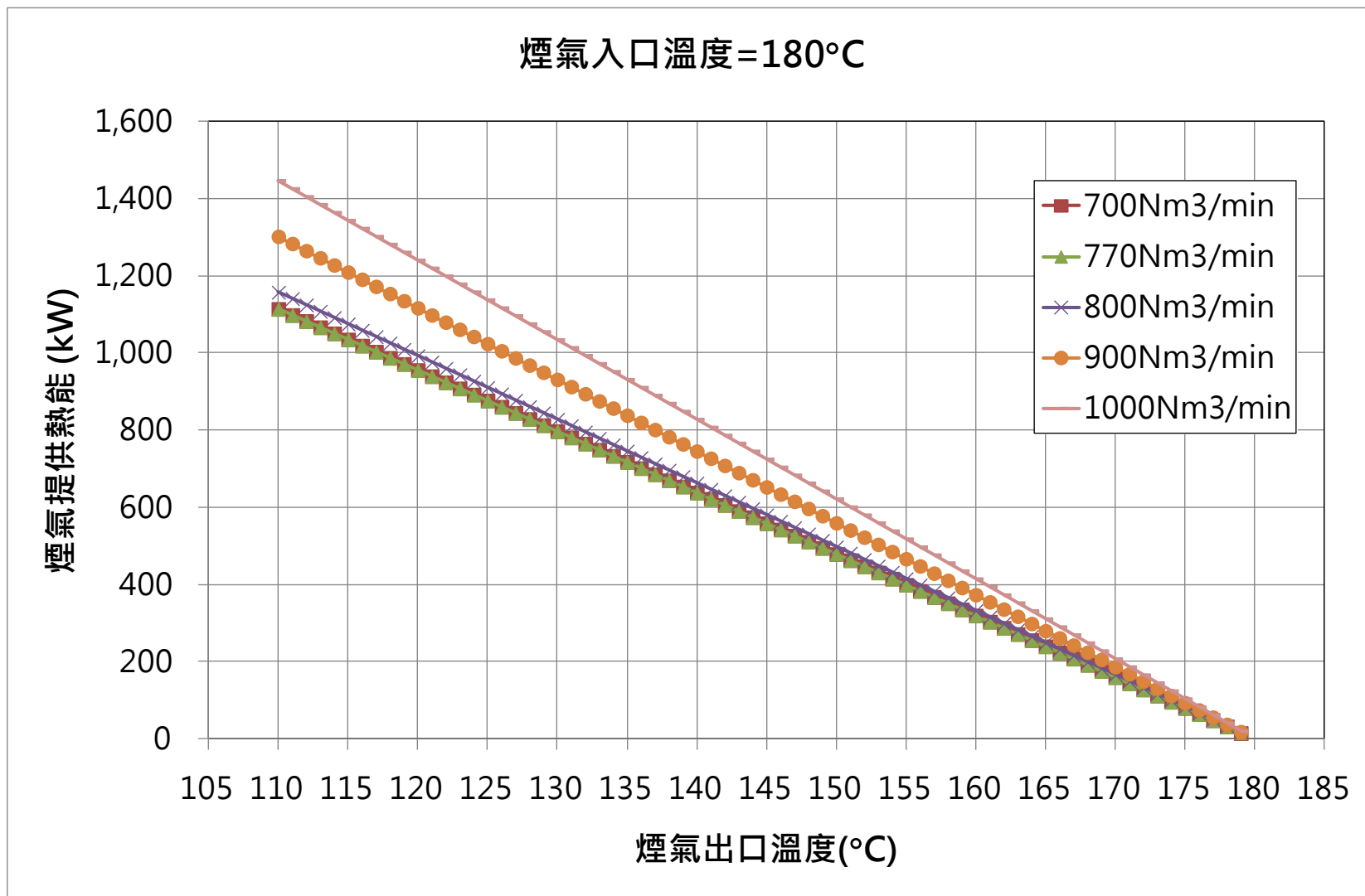
酸露點限制排氣溫度



150°C 煙氣可取出熱能分析

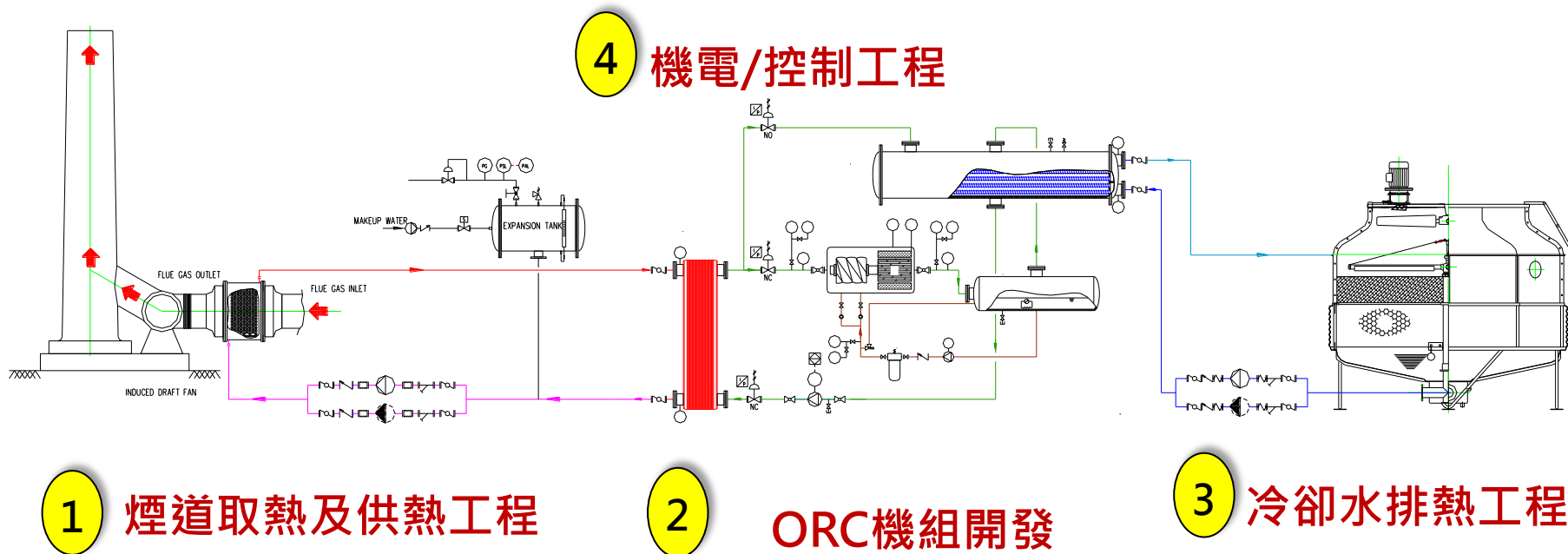


180°C 煙氣可取出熱能

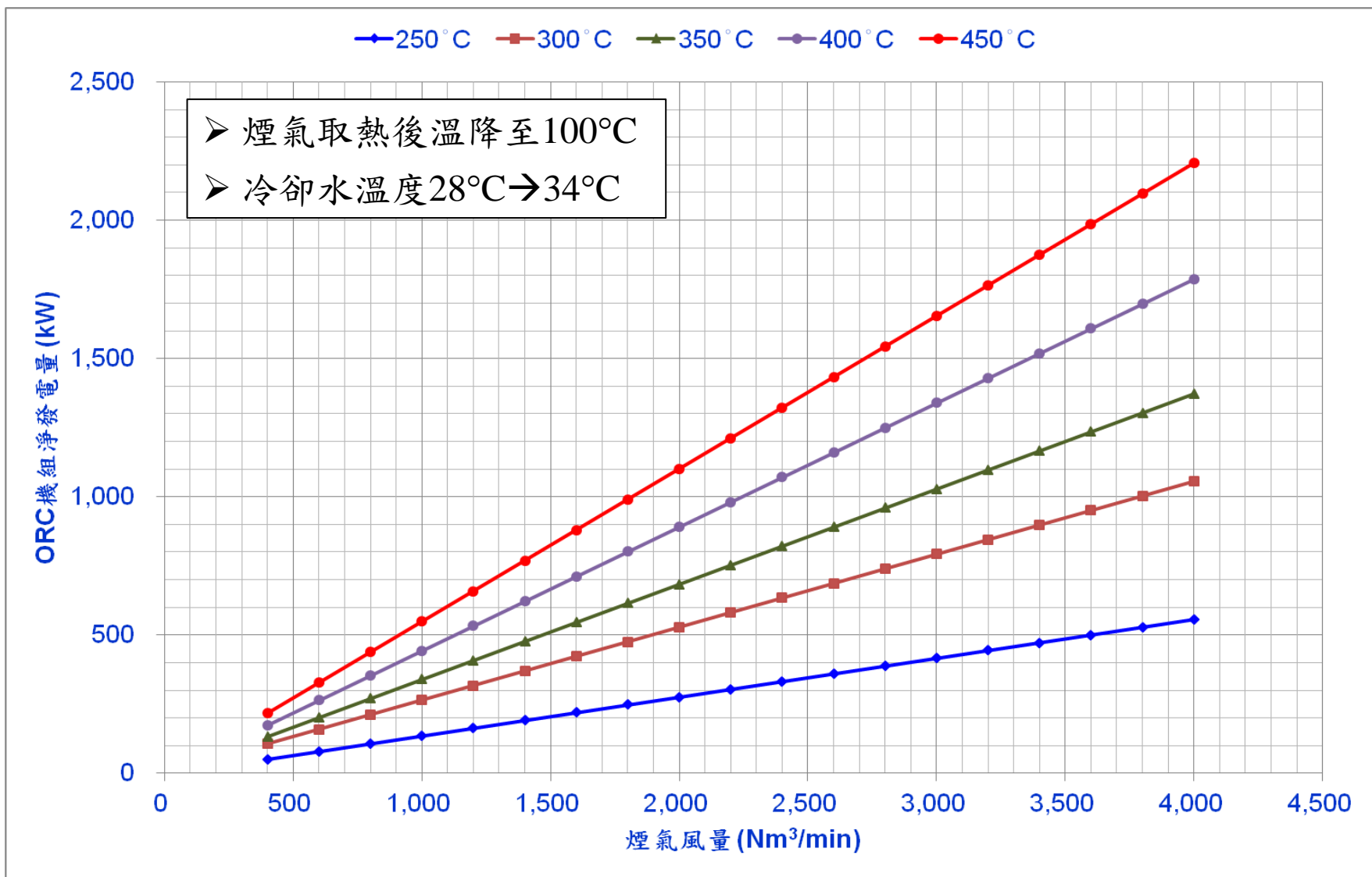


間接式煙氣/熱氣餘熱ORC

- 適用範圍：煙氣溫度 $>170^{\circ}\text{C}$ 。
- 附加效益：引風機耗電降低。



間接式煙氣ORC



ORC Features

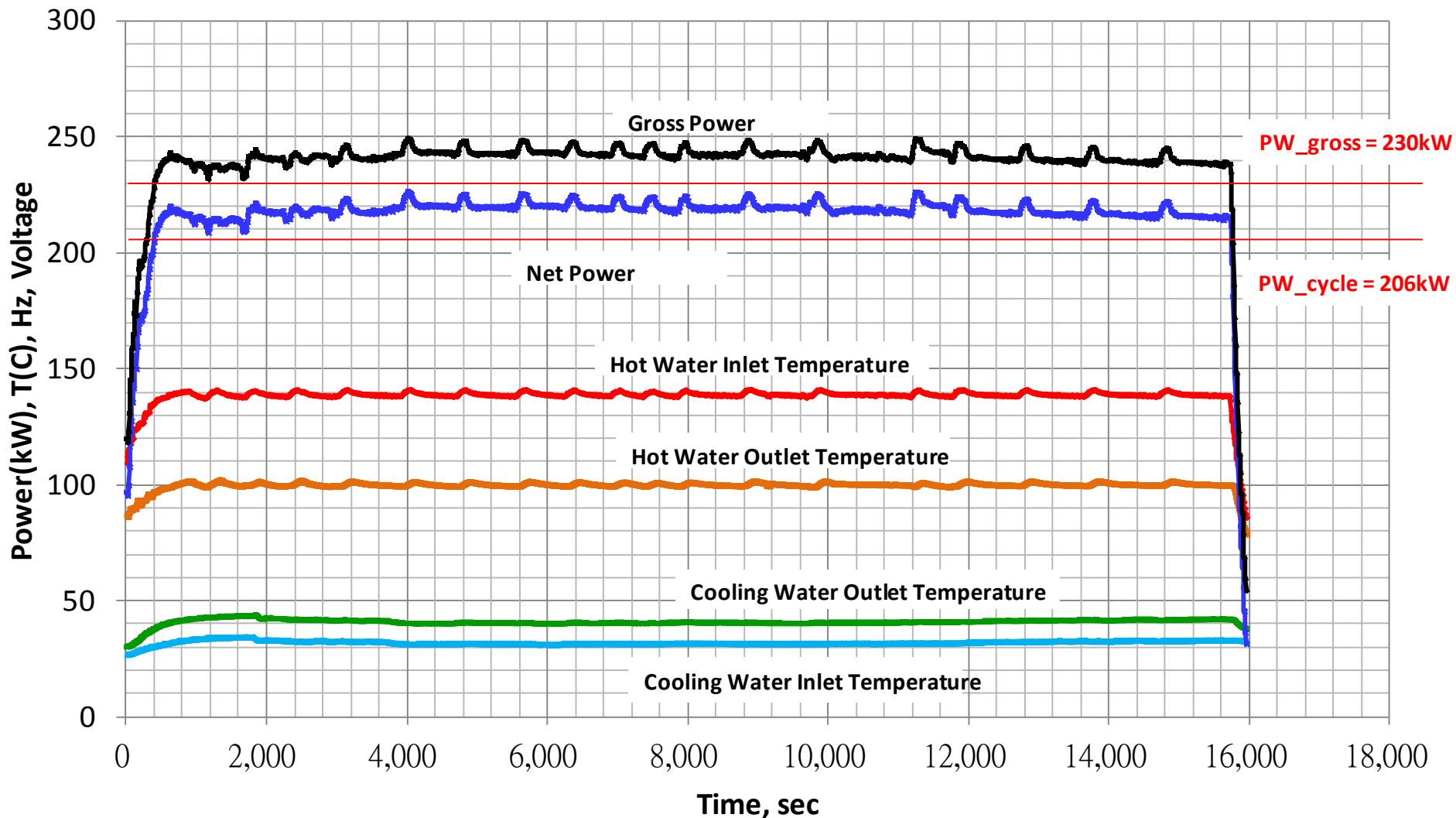
- 裝置地點：泰國
- 應用端：鋼鐵廠
- 出廠測試：Nov. 2015
- 正式運轉：Dec. 2015

- 工作流體: R245fa
 - 溫度 = 440°C → 180°C,
 - 流量 = 37600 Nm³/h
- 熱源: 煙氣
- 冷源: 冷卻水塔冷水
 - 溫度 = 32°C → 37°C
 - 流量 = 220 TPH



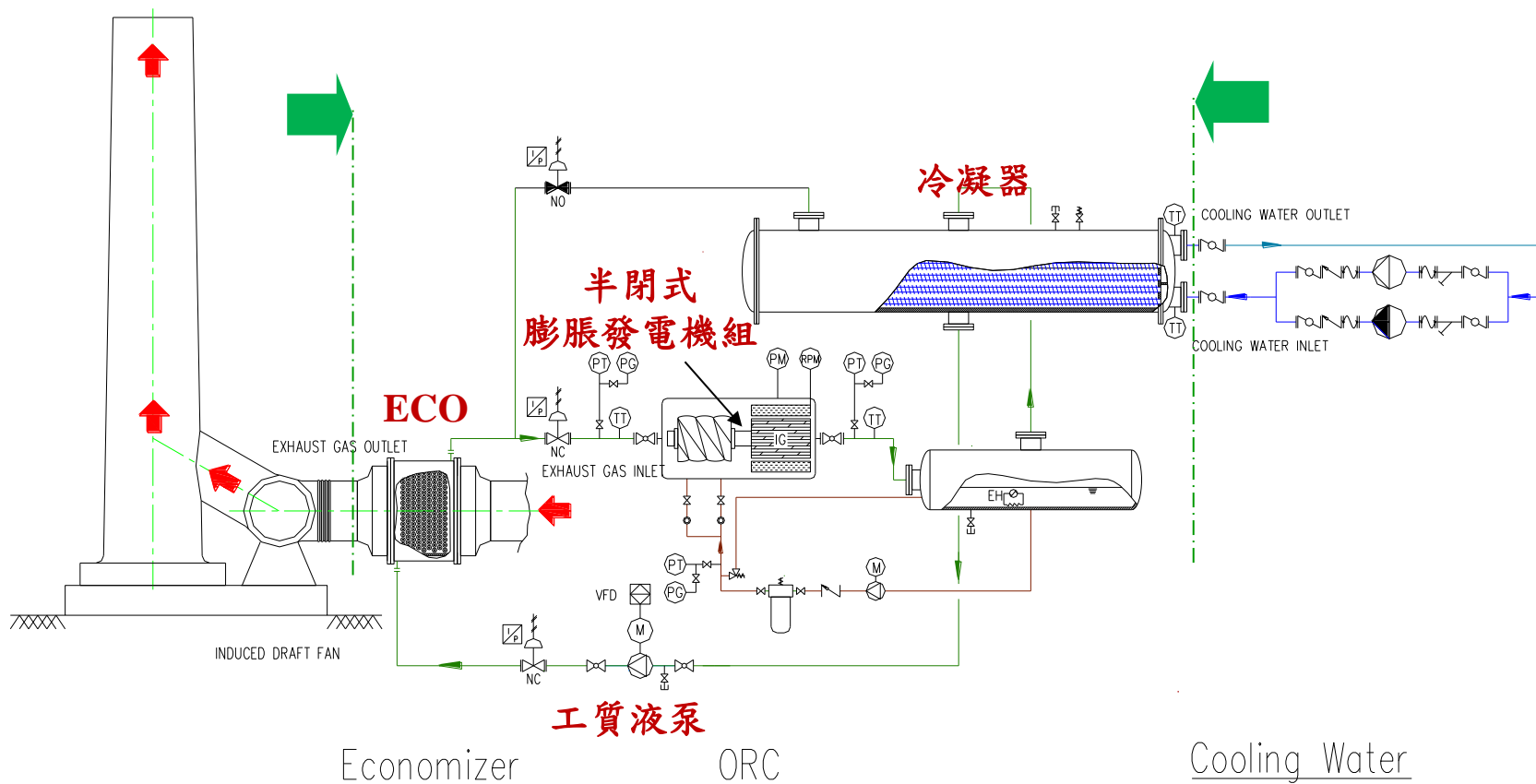
允收測試

— HW inlet, C
 — HW outlet, C
 — CW inlet C
 — CW outlet C
— V_avg, Voltage
— PW_net, KW
— PW_gross, kW



直接式煙氣ORC系統配置

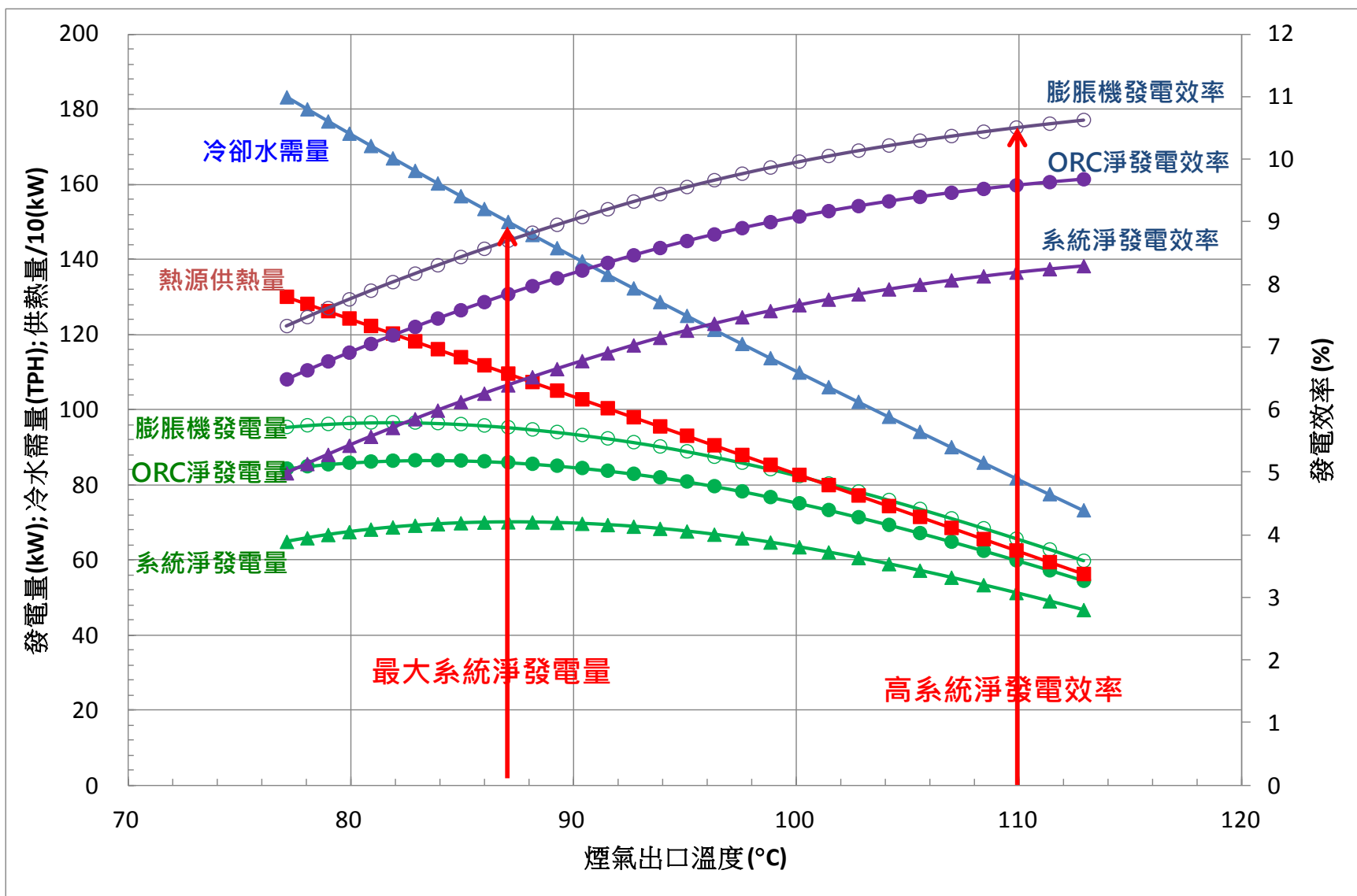
- 適用範圍：煙氣溫度 < 170°C
- 附加效益：引風機耗電降低



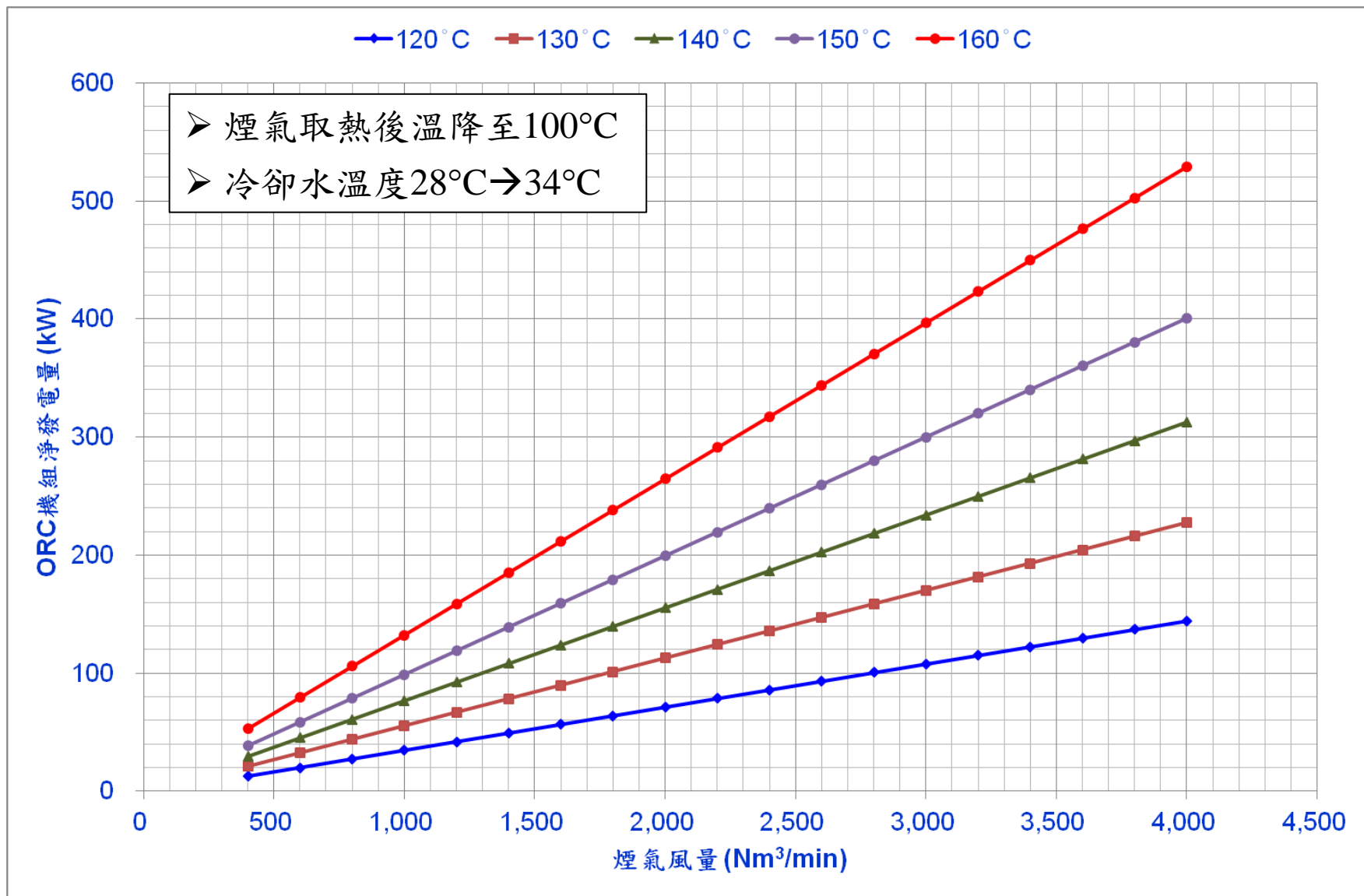
直接式煙氣ORC-案例分析

| R245fa Screw Expander ORC: 60Hz, 380V, 3φ 感應式(異步)發電機 | | | |
|--|------------|----------------|------------|
| 膨脹機發電量, kW | | 81.5 | |
| 機組發電量, kW | | 74.3 | |
| 系統淨發電量, kW | | 62.6 | |
| 蒸發器 | | 冷凝器 | |
| 熱源: Flue Gas | | 冷源: Water | |
| 流量, Nm ³ /min | 1,000.00 | 流量, T/h | 110.0 |
| 入口溫, °C | 140.0 | 入口溫, °C | 28.0 |
| 出口溫, °C | 99.8 | 出口溫, °C | 33.8 |
| 供熱量, kW | 833 | 排熱量, kW | 732 |

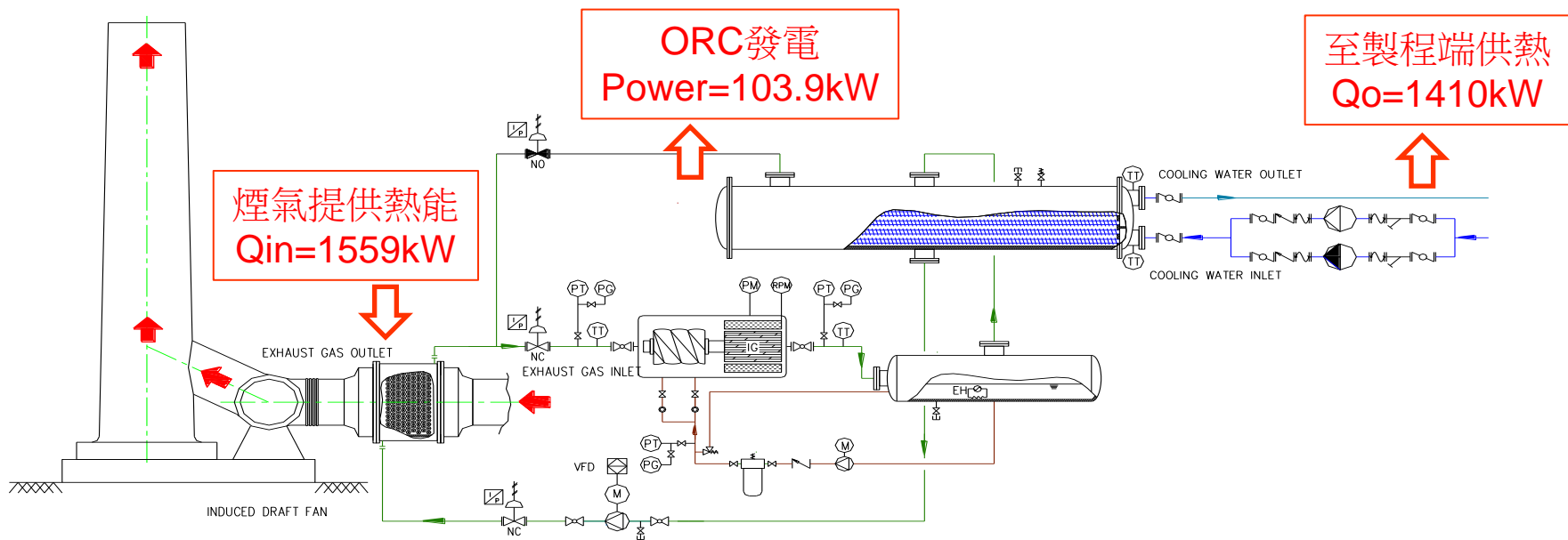
140°C, 1000Nm³/min 煙氣ORC



直接式煙氣ORC



直接式煙氣ORC-熱電聯產



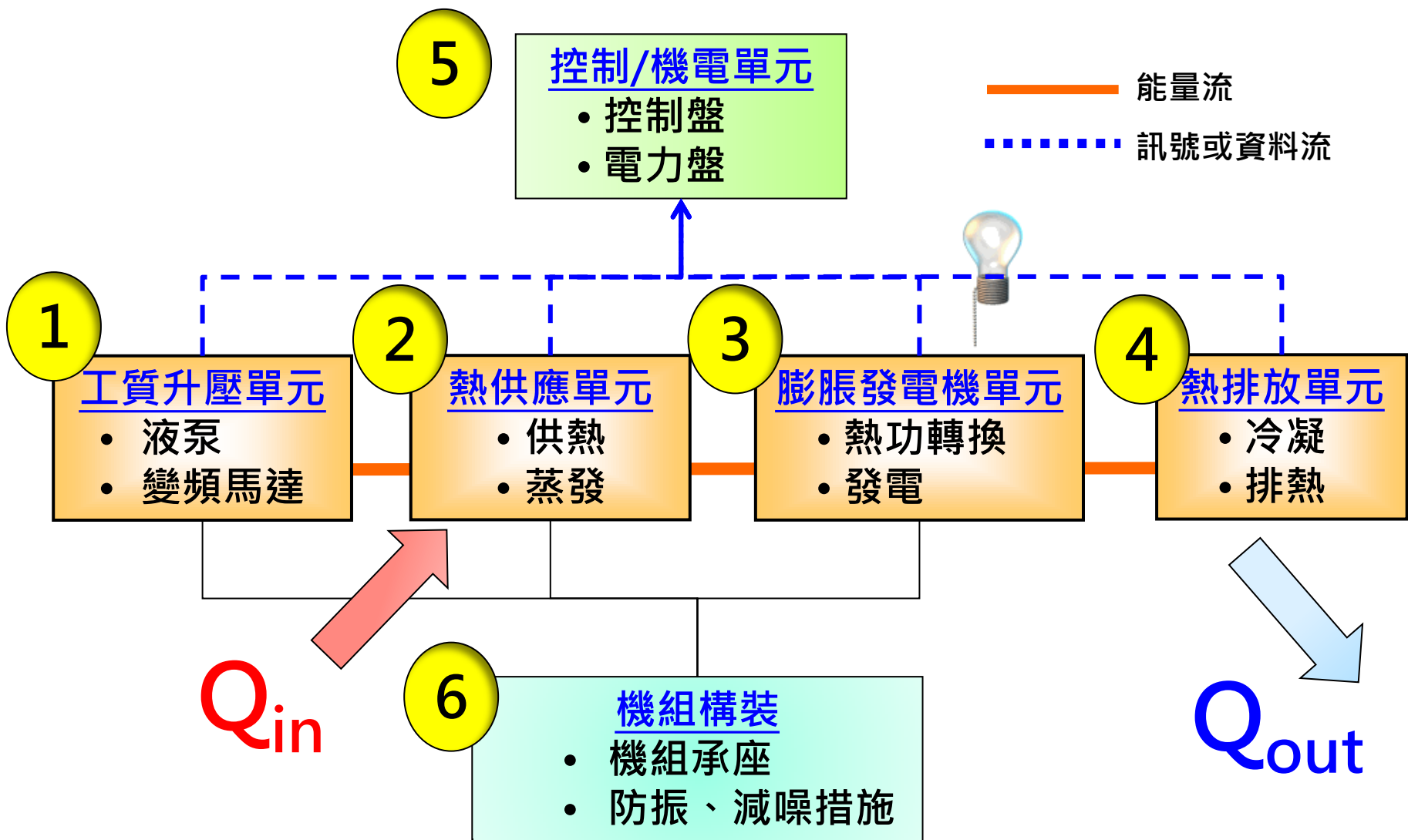
| | | | |
|--|--------|-------------------------|------|
| R245fa Screw Expander ORC: 60Hz, 380V, 3 ϕ 感應式(異步)發電機 | | | |
| 膨脹機發電量, kW | | 116.2 | |
| 機組發電量, kW | | 103.9 | |
| 蒸發器 | | 冷凝器 | |
| 熱源: Air | | 冷源: Water | |
| 流量, T/h | 133.92 | 流量, T/h | 55.0 |
| 入口溫, $^{\circ}\text{C}$ | 140.0 | 入口溫, $^{\circ}\text{C}$ | 32.0 |
| 出口溫, $^{\circ}\text{C}$ | 98.6 | 出口溫, $^{\circ}\text{C}$ | 54.3 |
| 供熱量, kW | 1559.5 | 排熱量, kW | 1410 |

HANPOWER

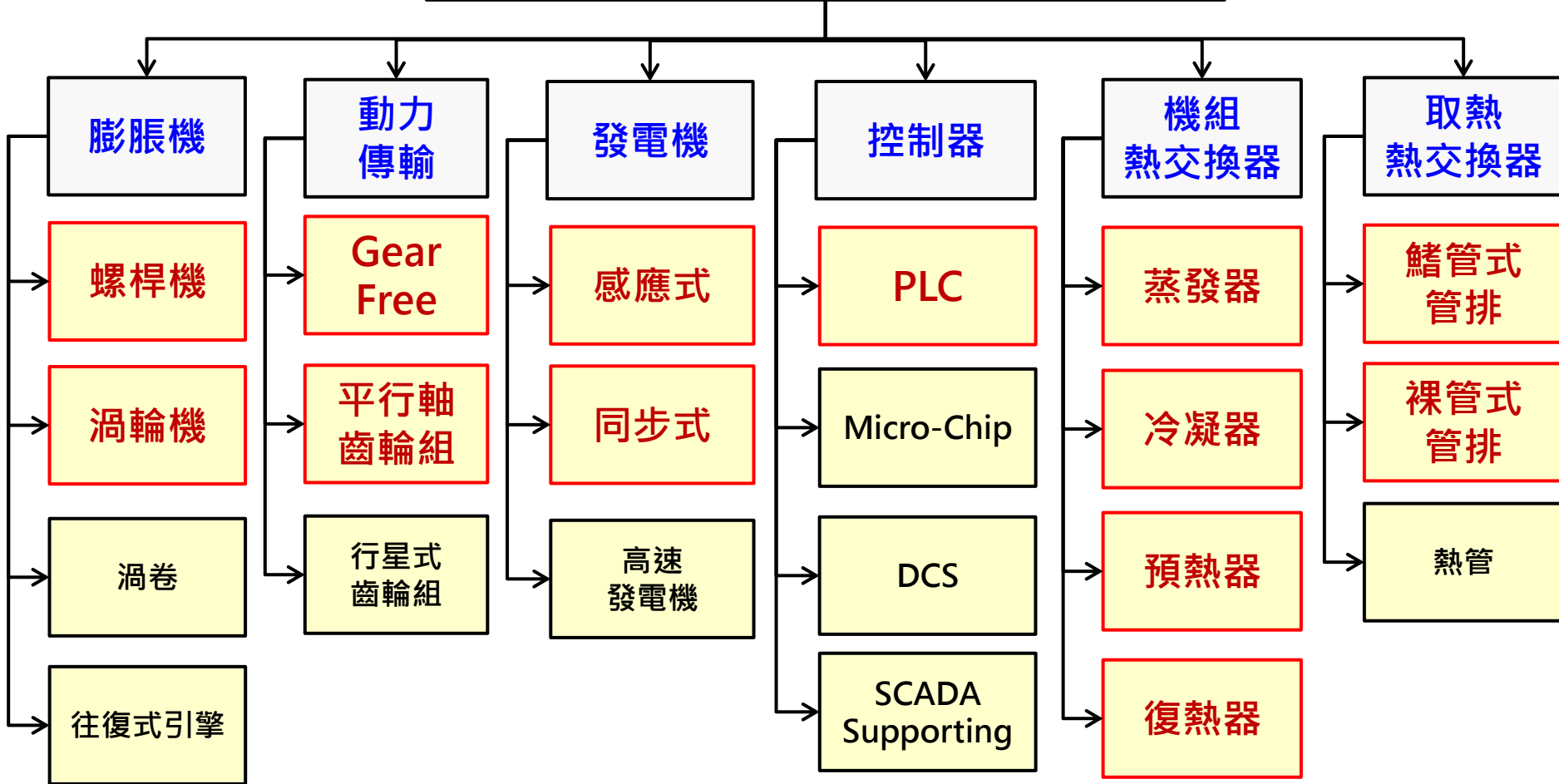
HanPower Energy Technology Co. Ltd.
漢力能源科技(股)公司

ORC產品特性

產品功能架構



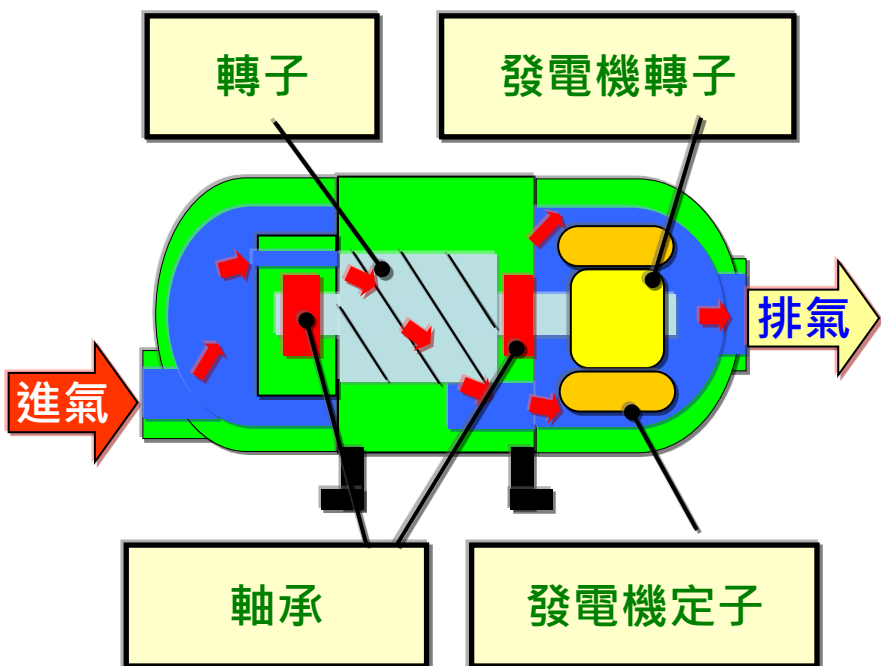
ORC關鍵元件/技術



膨脹機 + 發電機

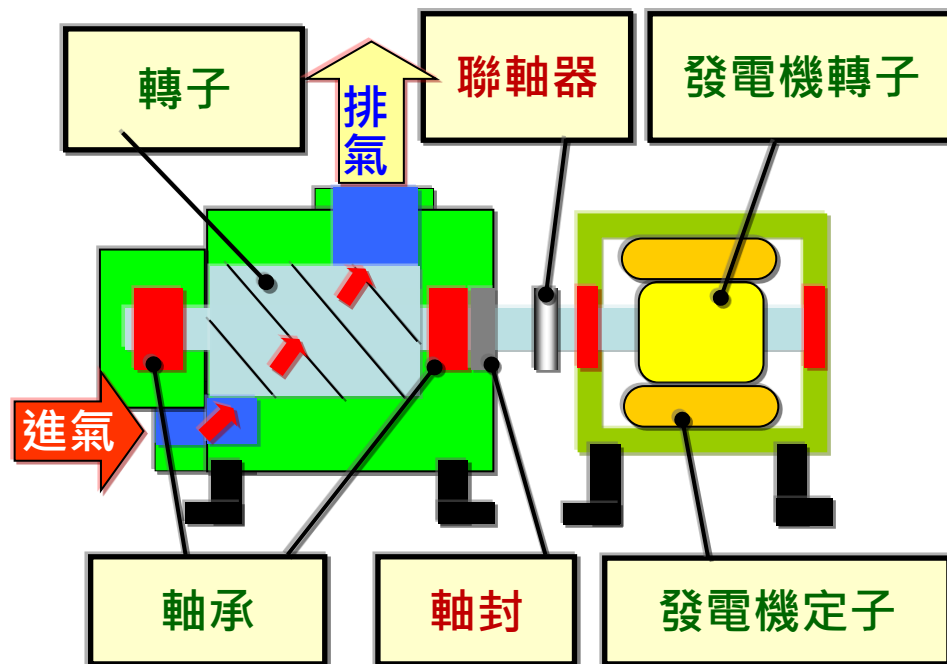
半密式(半封式)

- 不需聯軸器：膨脹機、發電機轉子同軸
- 不需軸封：膨脹機、發電機安裝於一機匣內
- 不需風扇：工質直接冷卻發電機



開啟式

- × 需聯軸器：有對心、振動問題
- × 需軸封：有老化及工質洩漏問題
- × 需散熱風扇：降低發電機效率



膨脹機 (作功元件) 特性

■ 型態

■ 容積式：螺桿、渦卷、往復式引擎

■ 動力式：渦輪機

■ 發電量 ≤ 300 瓩

■ 熱功轉換核心

● 注油式雙螺桿膨脹機

● 發電容量小時，機構簡單，且高穩定度、高等熵效率

■ 直接驅動發電機產生電力

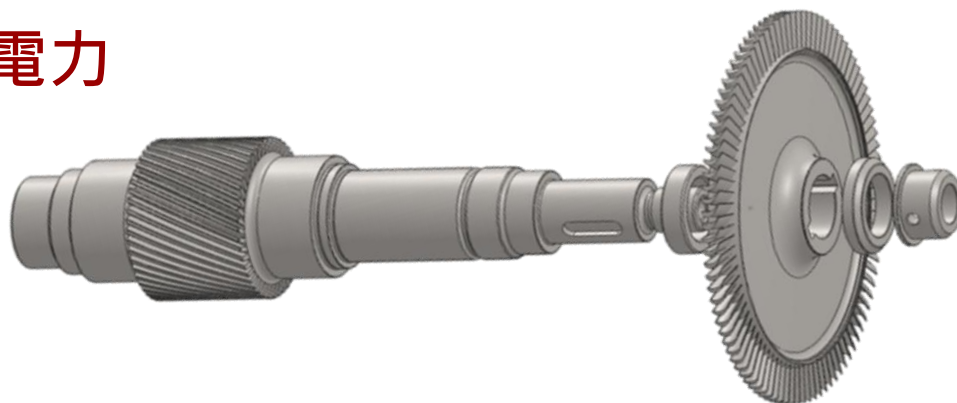
■ 發電量 ≥ 200 瓩

■ 熱功轉換核心

● 渦輪機

● 發電容量大時，體積小、重量輕，且高等熵效率

■ 需配置減速機構以耦合發電機組(或採用高速發電機)



螺桿機ORC產品特性

● 高效能雙螺桿轉子-軸系

- 高效率螺桿機齒型專利
- 高穩定度轉子-軸系

● 高效率&高可靠度發電機

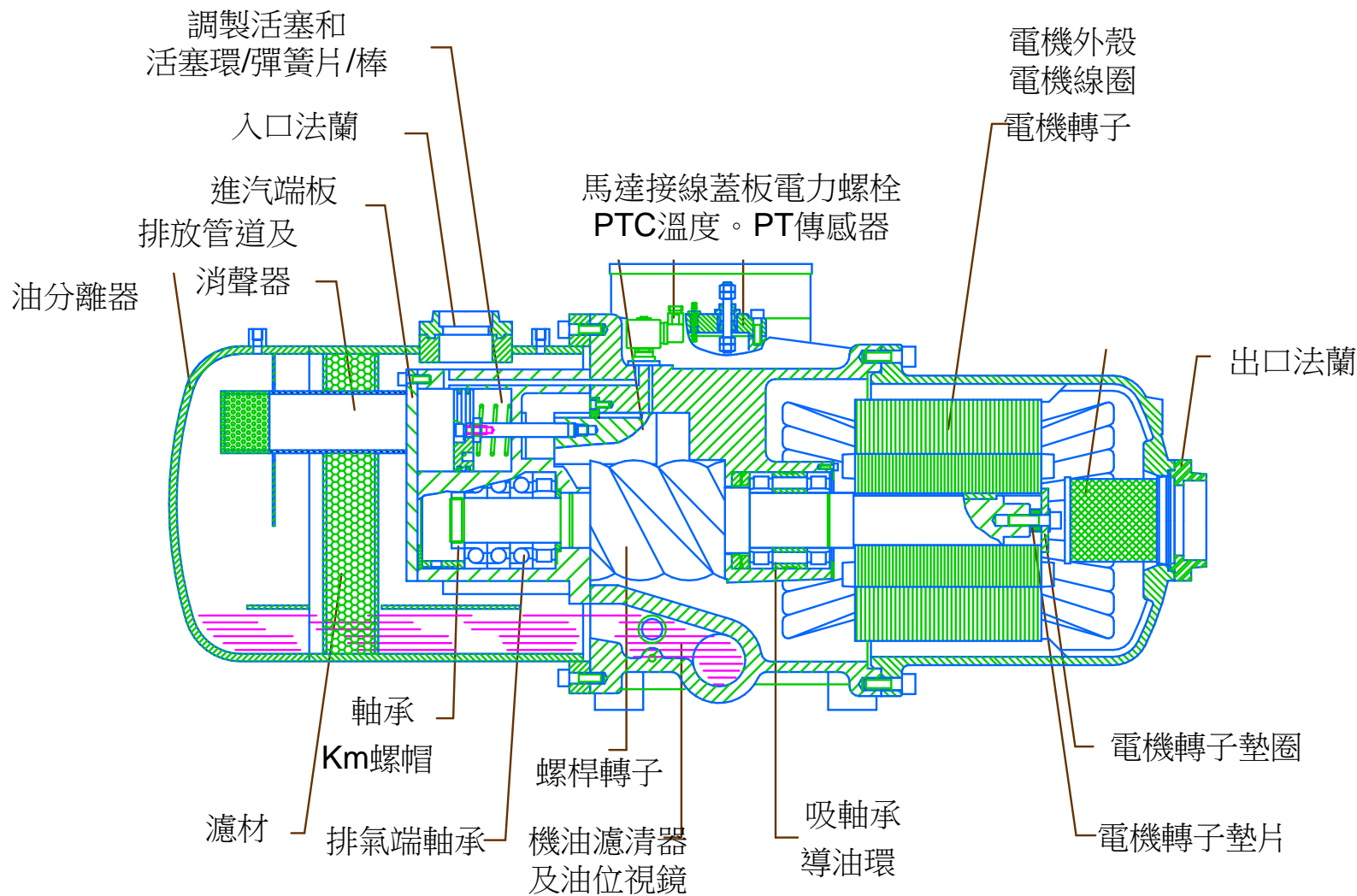
- 感應式發電機
- 頻率(Hz)：50/60
- 電壓(V)：220, 380~460, 3K/6K/10K

● 產品特性

- 產品系列
 - 發電容量10kW ~300kW
 - 依據用戶端工況，優化設計，提供最適機組
 - 100% 掌控研發及自製技術
- 操作範圍寬廣
 - 發電量20%~130%額定發電量內順暢運行
- 半密式構型，無機械式軸封、無洩漏之虞
- 產品壽期超過20年
 - 低維修需求、低維修成本



螺桿發電機組結構



渦輪機ORC產品特性

● 高效能渦輪機

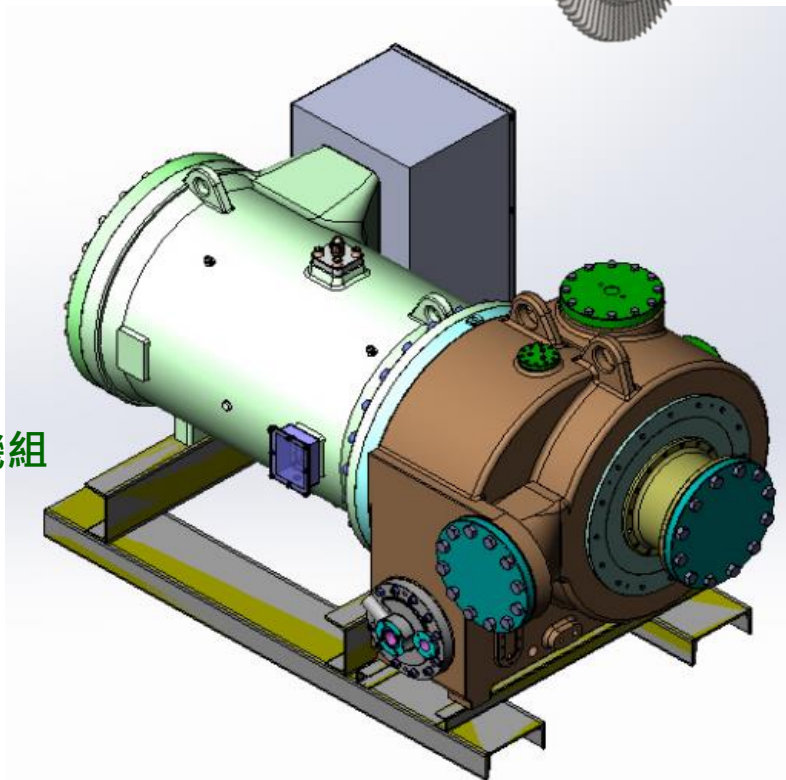
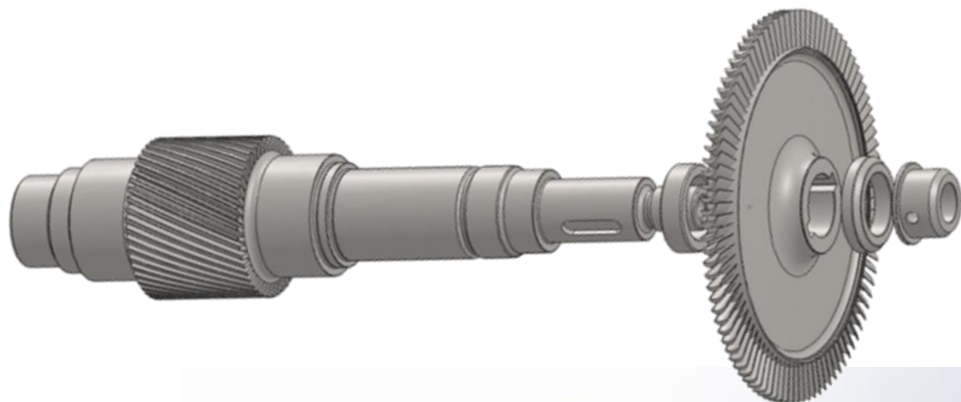
- 軸流式渦輪，結構簡單
- 剛性轉子，操作區間無共振
- 等熵效率 $\geq 78\%$

● 高效率&高可靠度發電機

- 感應式發電機
- 頻率(Hz)：50/60
- 電壓(V)：380~460,3K/6K/10K

● 產品特性

- 產品系列
 - 發電容量200kW ~ 1,000kW
 - 依據用戶端工況，優化設計，提供最適機組
 - 100% 研發及自製能力
- 半密式構型，無機械式軸封、無洩漏之虞
- 產品壽期超過20年
 - 低維修需求、低維修成本



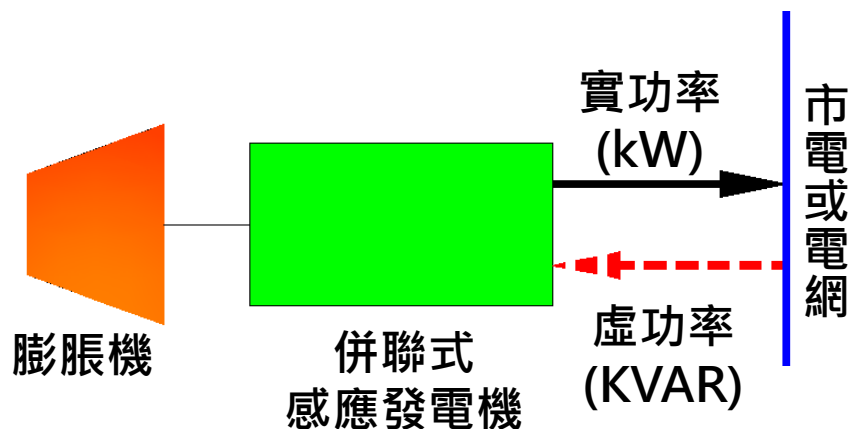
電力輸出

■ 感應式發電機

- 利用市電或電網提供虛功率，維持發電機定子磁場
- 產生的實功率併入市電，供廠區用電
- 發電機的電壓、頻率與市電同，無須併聯盤與同步裝置
- 缺點
 - 電機缺乏獨立激磁電路，必須與市電系統連接，獲取虛功率
 - 市電系統發生當機，無法維持定子激磁時，發電機無法運轉

■ 同步式發電機

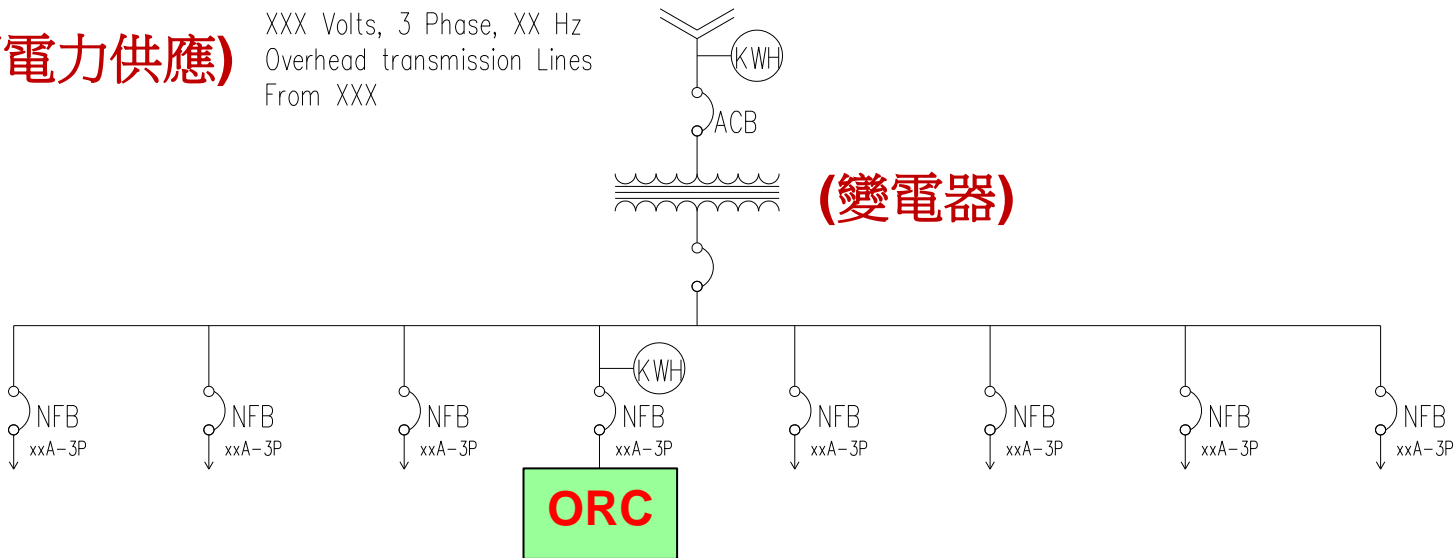
- 可獨立發電
- 缺點
 - 需併聯盤與同步裝置



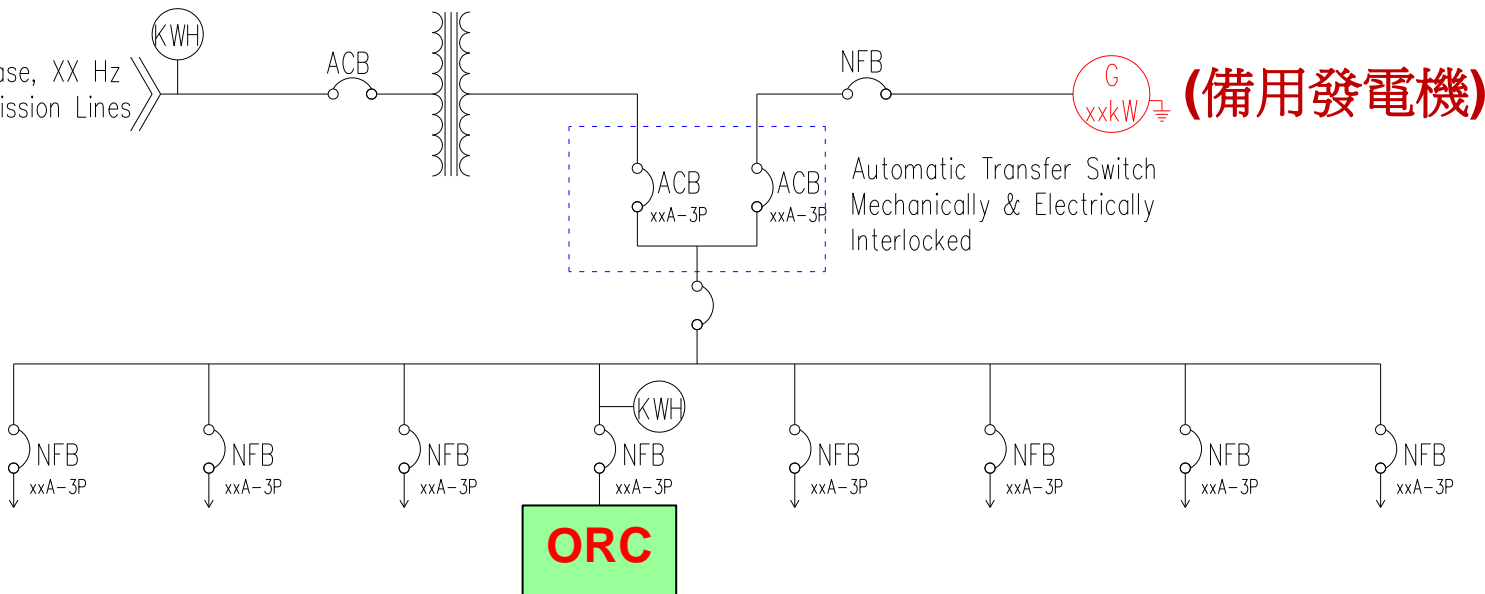
電力圖-廠區

(電網電力供應)

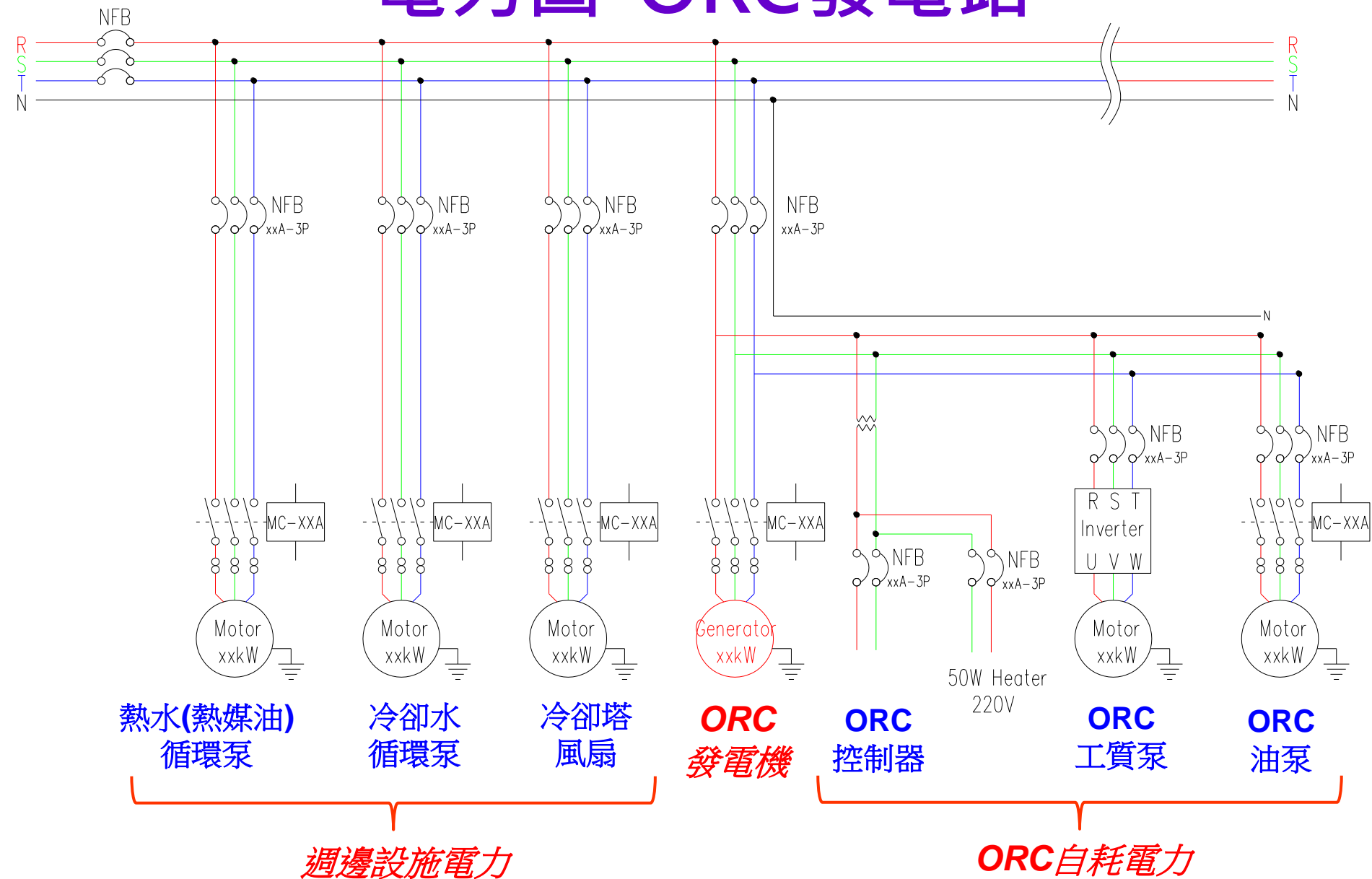
XXX Volts, 3 Phase, XX Hz
Overhead transmission Lines
From XXX



XXX Volts, 3 Phase, XX Hz
Overhead transmission Lines
From XXX



電力圖-ORC發電站



■ 產品壽期

- ORC機組壽期 > 20年、軸承壽期(L₁₀): 6萬~8萬小時

■ 機組操作

- 全自動控制(起機、運轉、發電、停機、事故處理等)、離點操作範圍寬廣
- 無須專人照料(Install & forget)

■ 維護保養

△：檢查或清潔 ○：更換

| 項目 | 500 hrs | 3,000 hrs | 6,000 hrs | 10,000 hrs | 15,000 hrs | 20,000 hrs | 25,000 hrs | 30,000 hrs |
|--------|---------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 油位 | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ |
| 冷凍油過濾器 | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ |
| 電氣絕緣 | | | | △ | | △ | | △ |
| 管路及外觀 | | | | △ | | △ | | △ |
| 蒸發器 | | | | △ | | △ | | △ |
| 冷凝器 | | | | △ | | △ | | △ |
| 潤滑油 | | ○ | | △/○ | | △/○ | | △/○ |

熱水餘熱螺桿ORC

- 用戶：運轉展示
- 裝機/運轉：2015年5月
- 裝機地點：泰國



產品特性

- 工質：R134a
- 發電容量 = 20kW
- 注油式雙螺桿膨脹機
- 板式蒸發器
- 殼管式冷凝器
- 多級離心泵
- 熱源條件
 - 熱水入口溫 = 90°C
- 冷源條件
 - 冷卻水入口溫 = 32°C

熱水餘熱螺桿ORC

- 用戶：運轉展示
- 裝機/運轉：2015年
- 裝機地點：中國北京

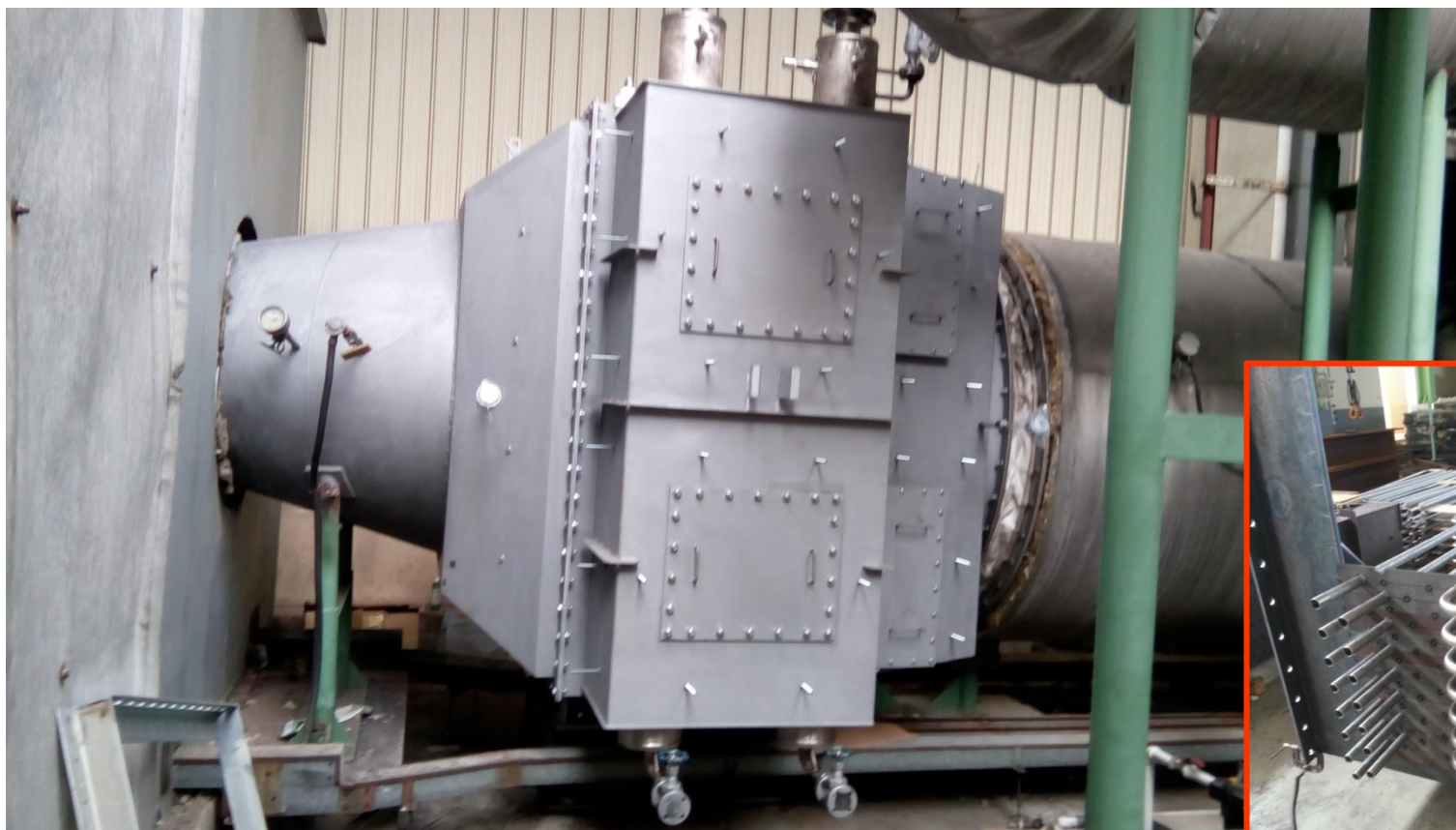


產品特性

- 工質：R245fa
- 發電容量 = 10kW
- 注油式雙螺桿膨脹機
- 板式蒸發器
- 殼管式冷凝器
- 多級離心泵
- 熱源條件
 - 熱水入口溫 = 90°C
- 冷源條件
 - 冷卻水入口溫 = 32°C

煙氣餘熱回收

- 用戶：汽車塗裝場
- 裝機/運轉：2015年12月
- 裝機地點：楊梅/台灣
- 燃料：天然氣
- 煙氣溫度：160→110°C
- 風量：770 Nm³/min



220kW 煙氣 ORC

ORC 規格

- 裝置地點：台灣
 - 應用端：鋼鐵業
 - 出廠測試：： June 2016
 - 正式運轉： Dec. 2016
- 工作流體: R245fa
 - 裝置容量: 220kW
 - 煙氣→ 熱水
 - 溫度 = 136°C→104°C
 - 流量 = 60 TPH
 - 冷源: 冷卻水塔冷水
 - 溫度 = 36°C→41°C
 - 流量 = 318 TPH



210kW V.S 10kW



Thank You

