

# 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](mailto: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

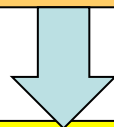
3. 煙氣ORC

4. 產品技術

5. 實績

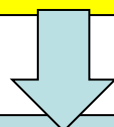
熱能來源(工業餘熱、地熱、生質熱、太陽熱等)  
量、質、成分、最低溫度限制、使用型態

(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

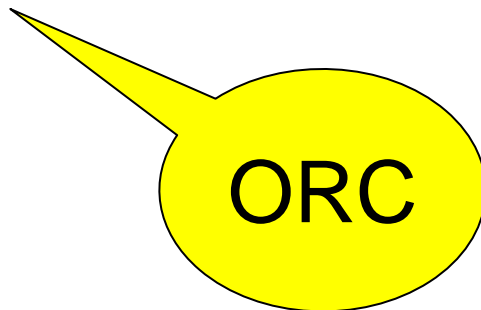
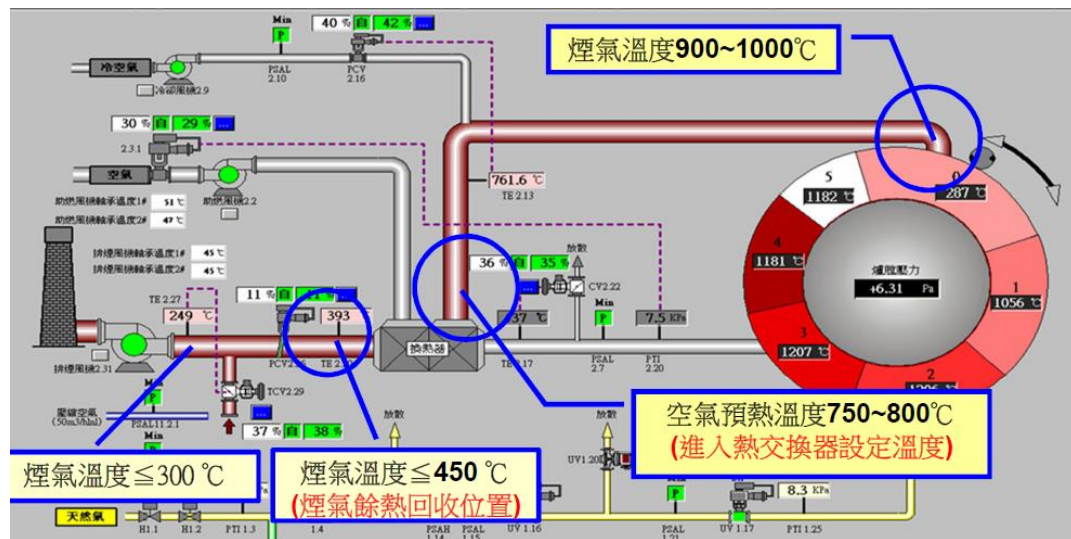
### ■ 中、低溫煙氣

■ 溫度：100~400°C

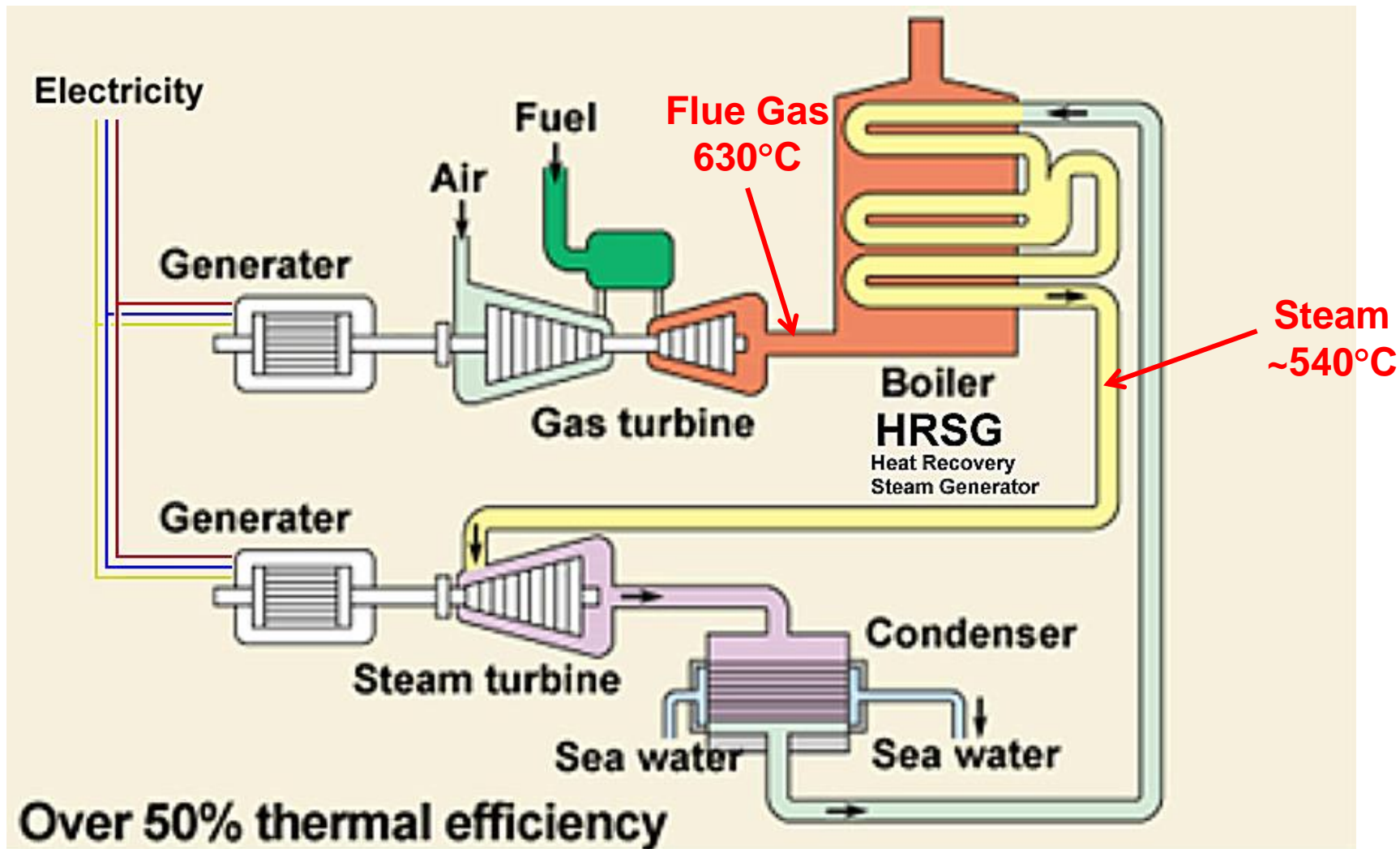
■ 因溫度低，過去較少利用。

● 直接排放

● 引冷空氣降溫排放



# 複合式燃氣電廠

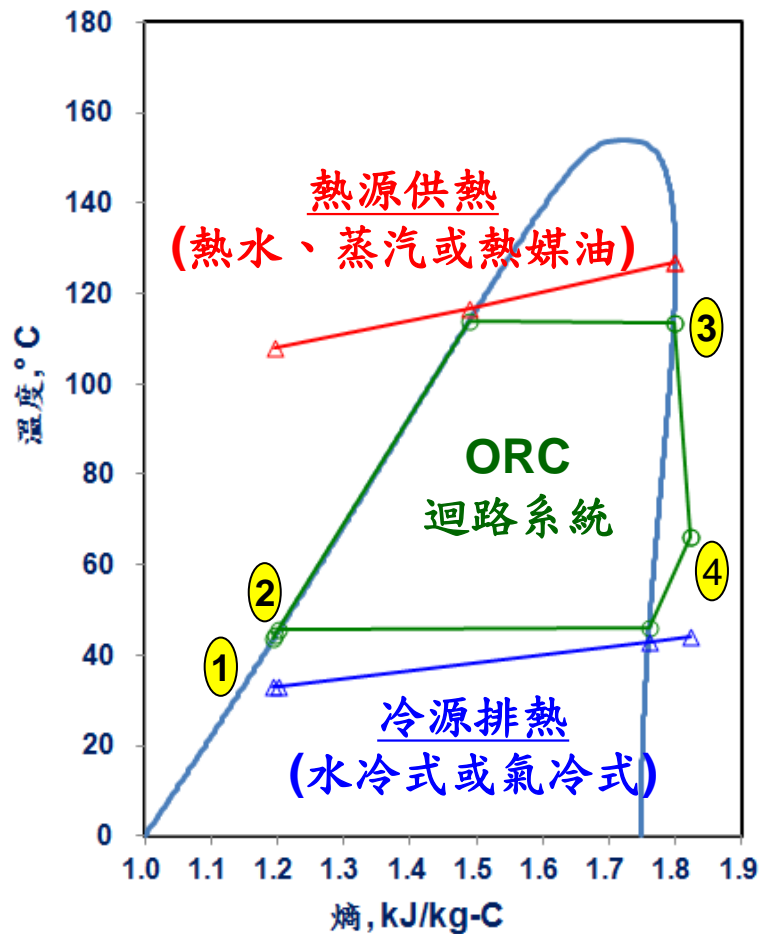
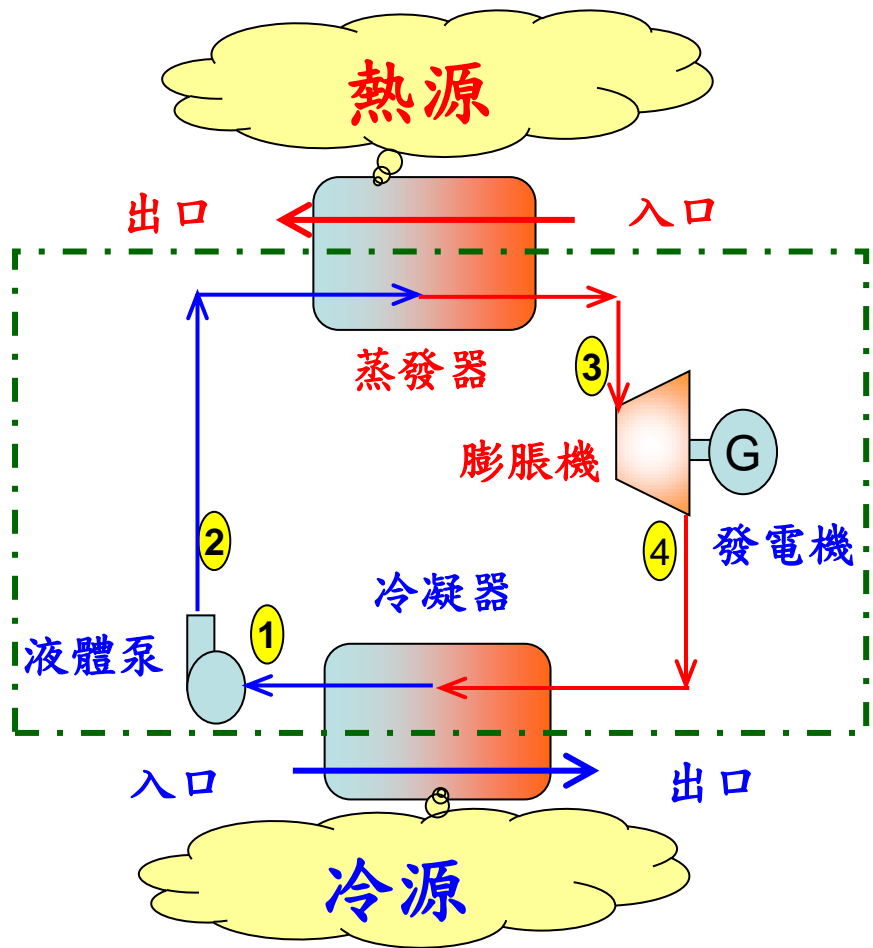


H2P Technologies	Temp.	Heat Source	Application
<b>Steam Rankine Cycle</b>	中、高	燃氣渦輪機排氣、往復式引擎排氣、焚化爐排氣、燃燒爐排氣、水泥窯爐排氣	<ul style="list-style-type: none"> <li>廢熱/餘熱溫度 <math>\geq 500^{\circ}\text{C}</math></li> </ul>
<b>Kalina Cycle</b>	低、中	燃氣渦輪機排氣、鍋爐排氣、燃燒爐排氣	<ul style="list-style-type: none"> <li>廢熱/餘熱溫度 <math>\geq 80^{\circ}\text{C}</math></li> <li>熱源溫度變異範圍 <math>\leq 20^{\circ}\text{C}</math></li> <li>冷源溫度變異範圍 <math>\leq 10^{\circ}\text{C}</math></li> <li><math>80\% \leq</math> 發電量範圍 <math>\leq 110\%</math></li> </ul>
<b>Organic Rankine Cycle</b>	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"> <li>廢熱/餘熱溫度 <math>\geq 80^{\circ}\text{C}</math></li> <li>熱源溫度變異範圍 <math>\leq 60^{\circ}\text{C}</math></li> <li>冷源溫度變異範圍 <math>\leq 30^{\circ}\text{C}</math></li> <li><math>30\% \leq</math> 發電量範圍 <math>\leq 150\%</math></li> </ul>
<b>Thermoelectric Generation</b>	中、高	未有商業發電機組	

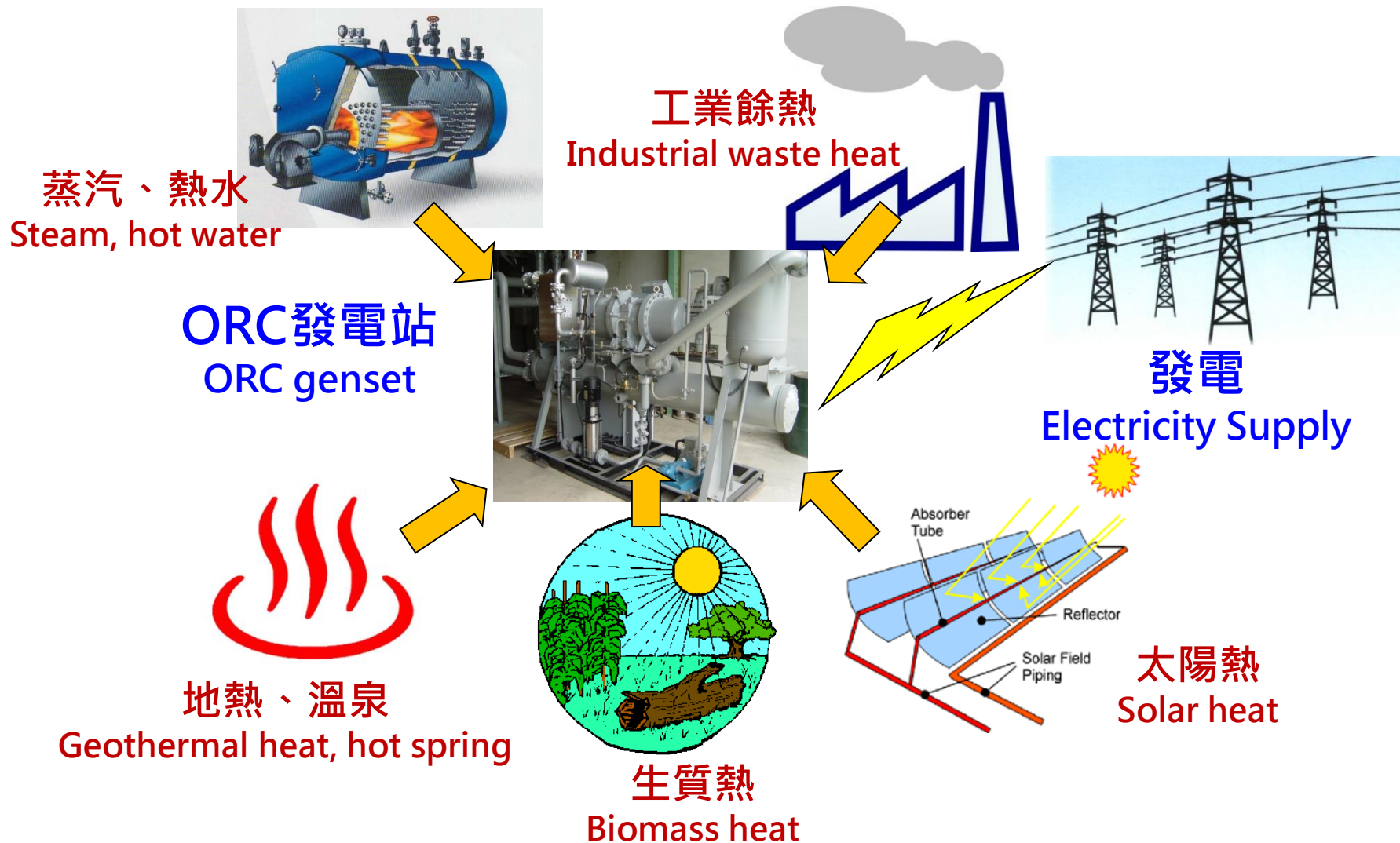
# ORC工作原理

## 有機朗肯循環(Organic Rankine Cycle)

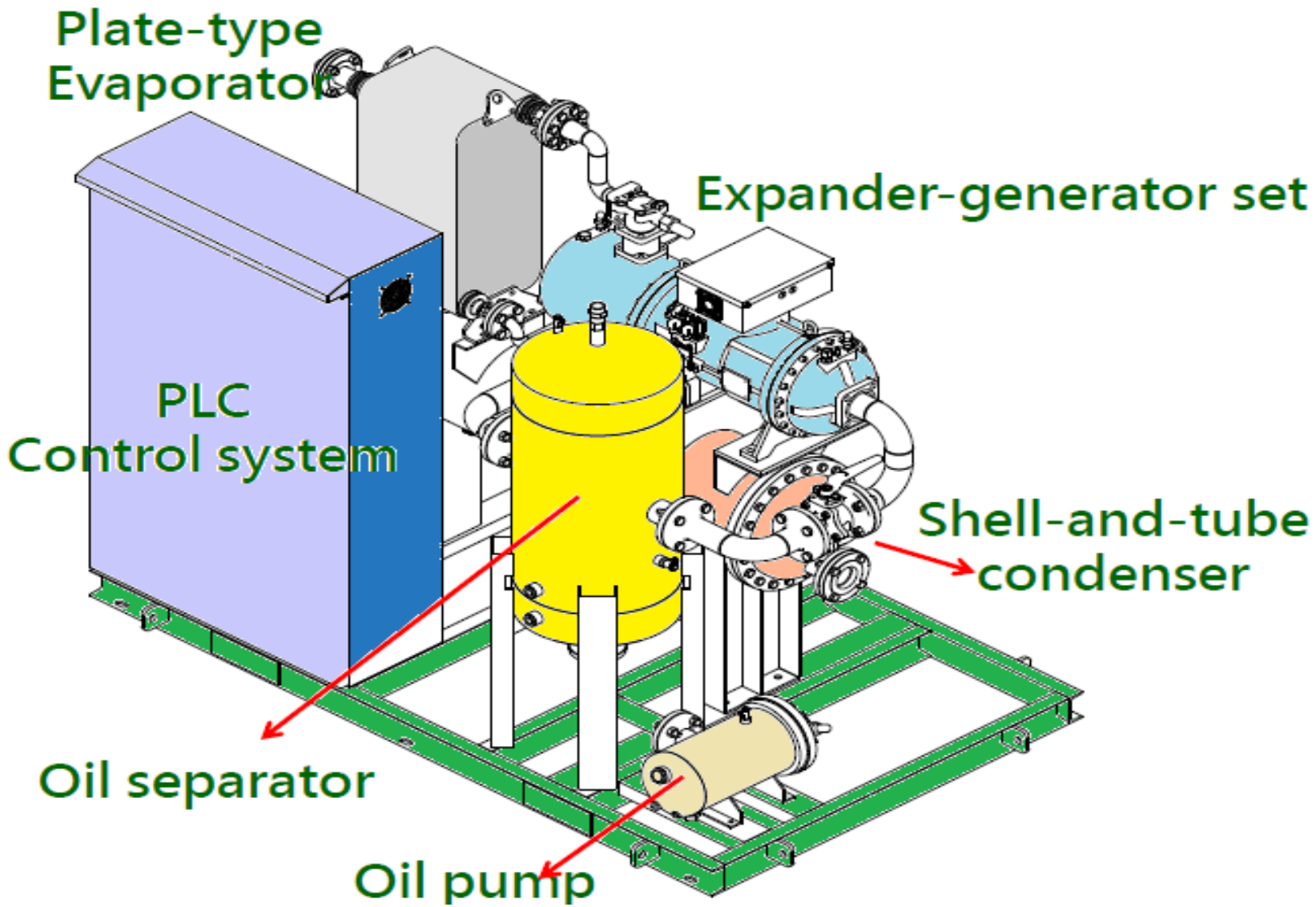
利用低溫沸點工質(冷媒)，將熱源、冷源溫差能轉換為電力輸出



# 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 <sup>3</sup> /min、Nm <sup>3</sup> /h、m <sup>3</sup> /min或m <sup>3</sup> /h (N：normal標態)
<input type="checkbox"/>	廢蒸汽，t/h (公噸/時)		
<input type="checkbox"/>	煙氣，Nm <sup>3</sup> /min或m <sup>3</sup> /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 <sup>2</sup> (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 <sup>2</sup> (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

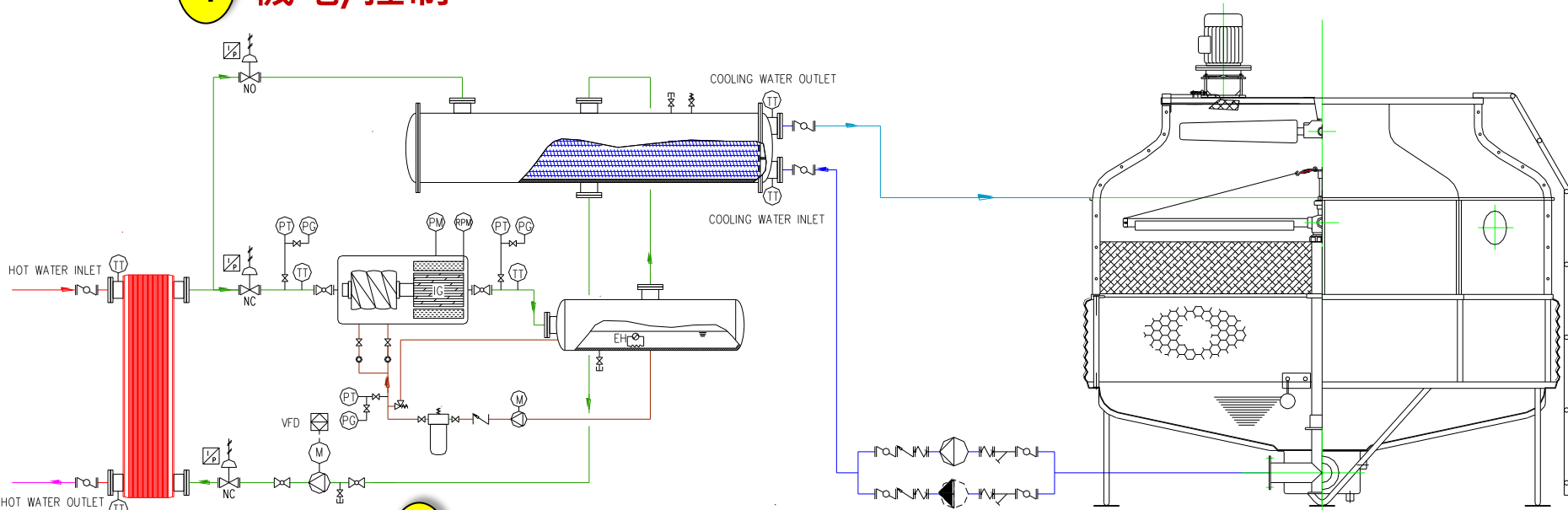
*HanPower Energy Technology Co. Ltd.*

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

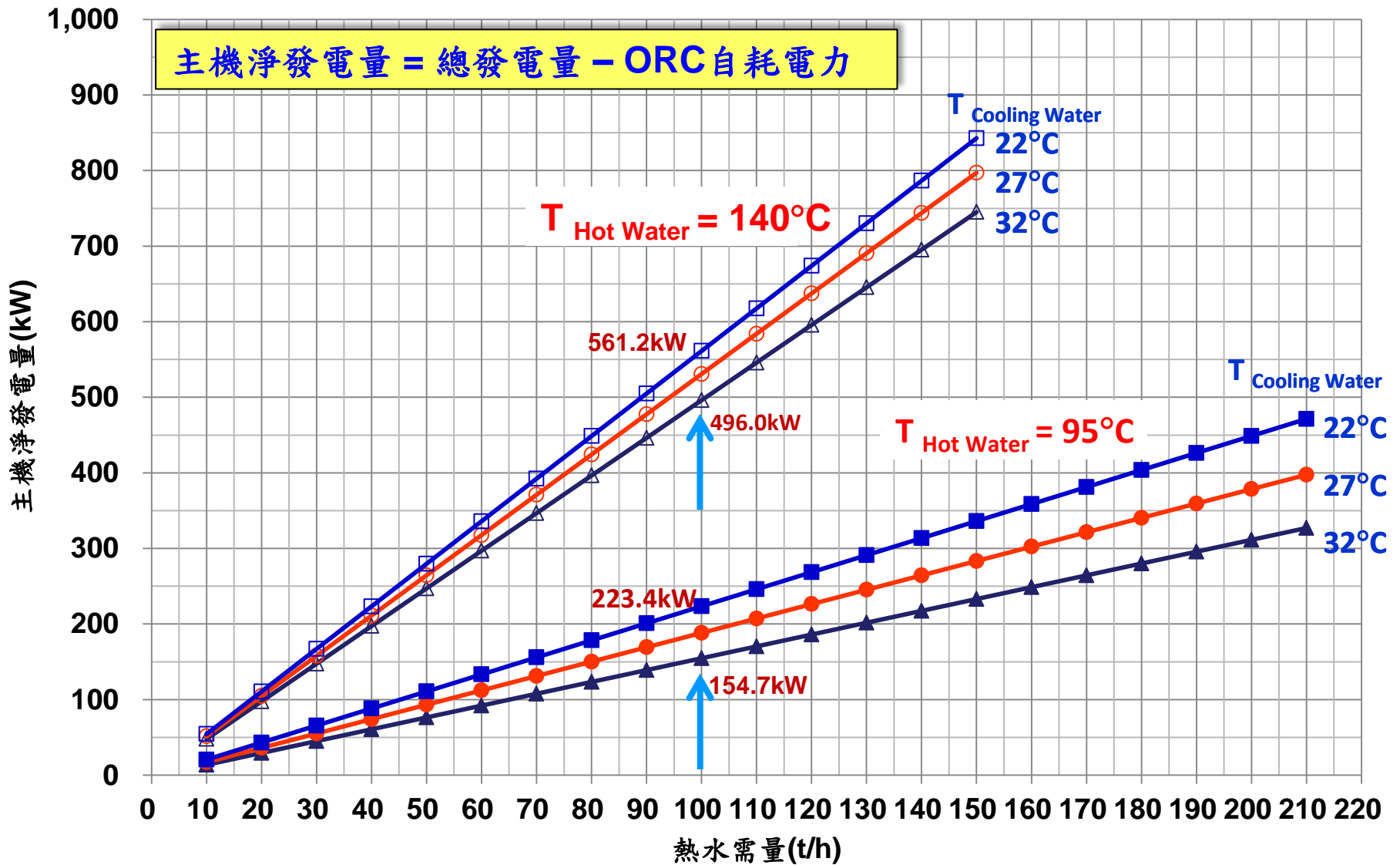


### 1 供熱及取熱

### 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

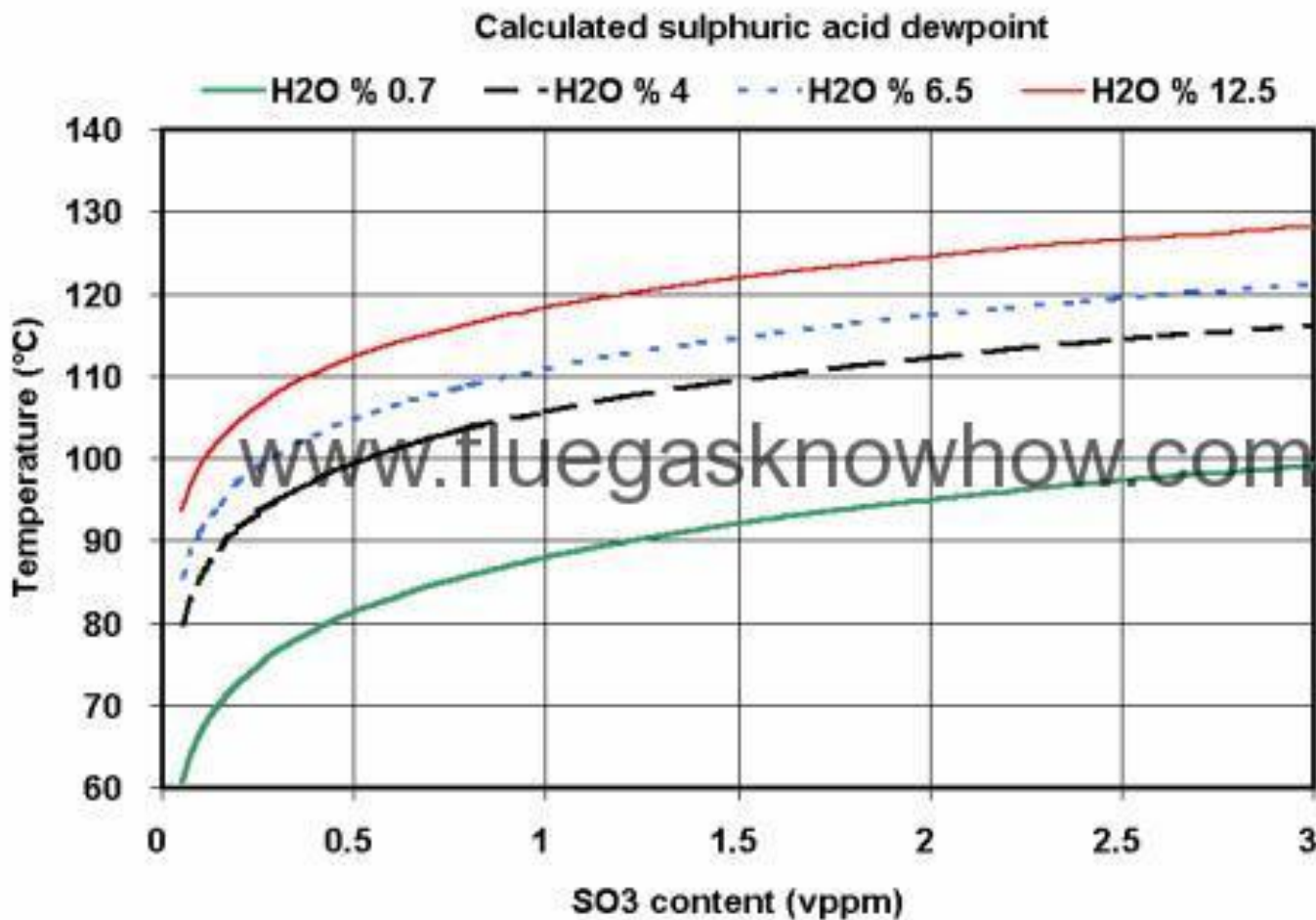
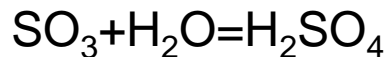
# 熱源分析

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 <sup>3</sup> /hr	30~75 m <sup>3</sup> /hr	771.02 Nm <sup>3</sup> /min	700~1000 Nm <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /min (5)平乾基實測排氣量: <u>729.78/734.80</u> Nm <sup>3</sup> /min														
檢          測          結          果	空氣污染物	排氣組成(%)			O <sub>2</sub> 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 <sup>3</sup> /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 <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	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 <sup>3</sup>	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	—	%	—	—	—	—	—	—	—

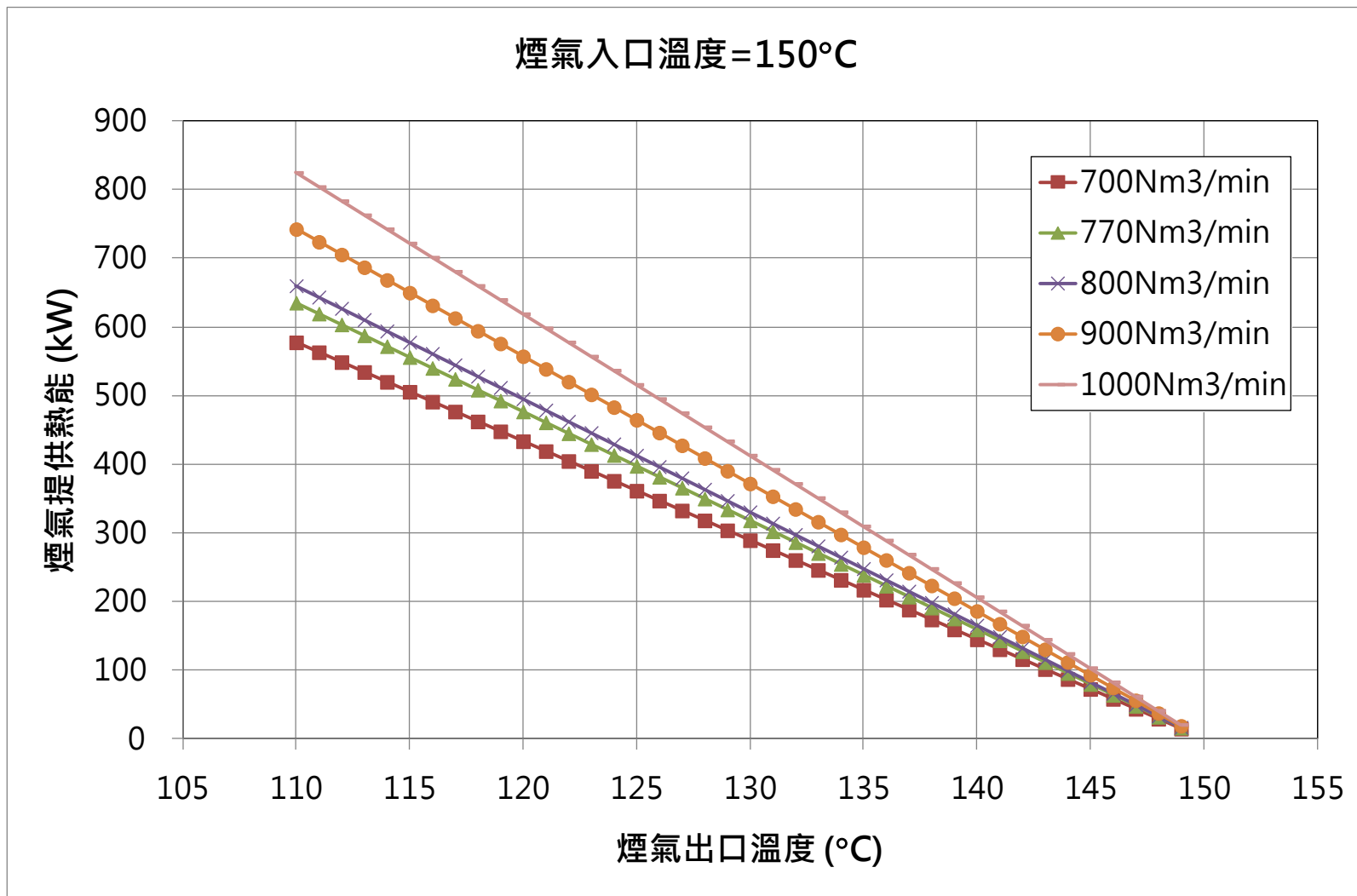
一、本報告已由核可報告簽署人審核無誤，並簽署於內部報告文件，簽署人如下：

蔡漢山

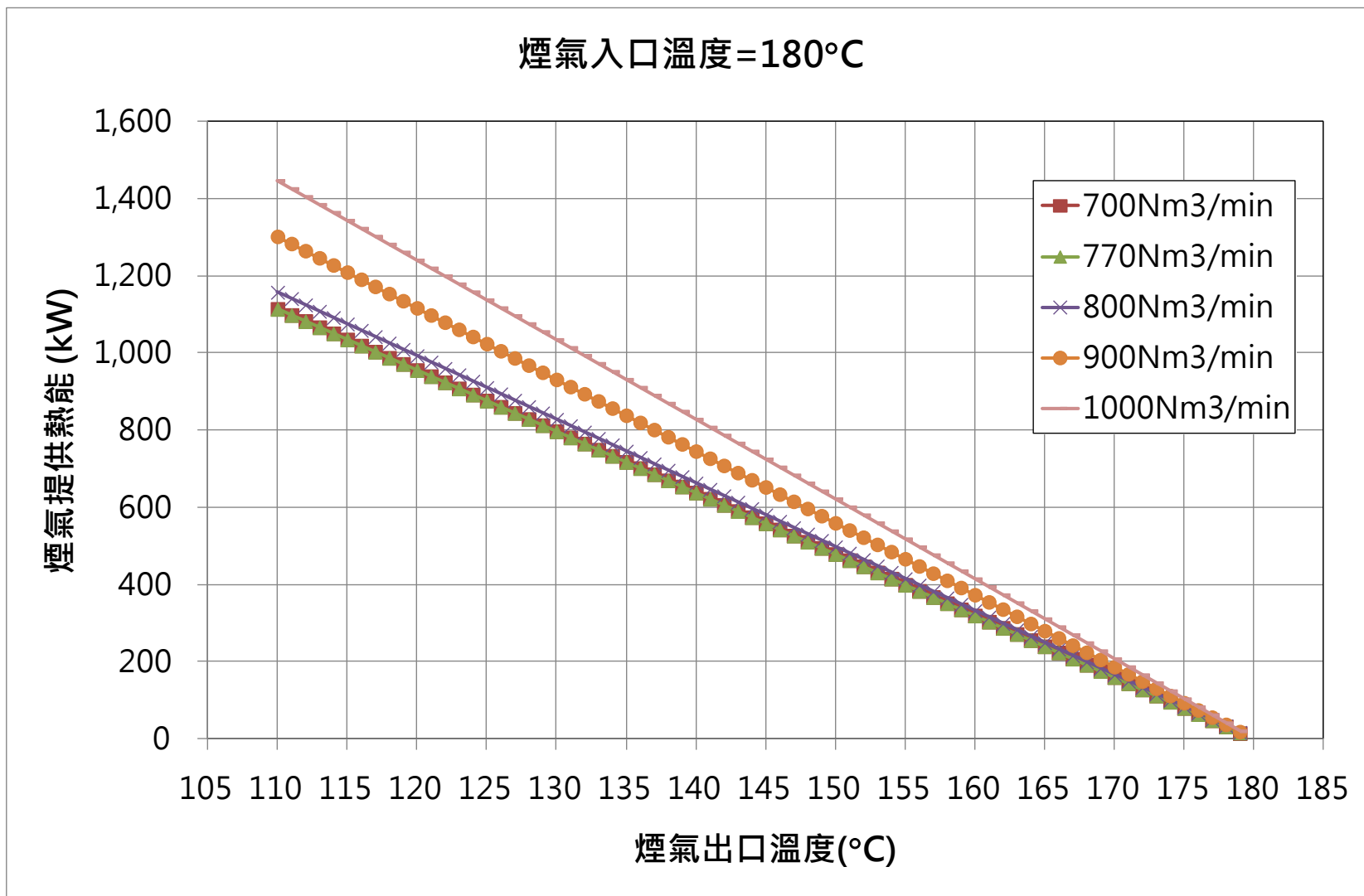
# 酸露點限制排氣溫度



# 150°C 煙氣可取出熱能分析

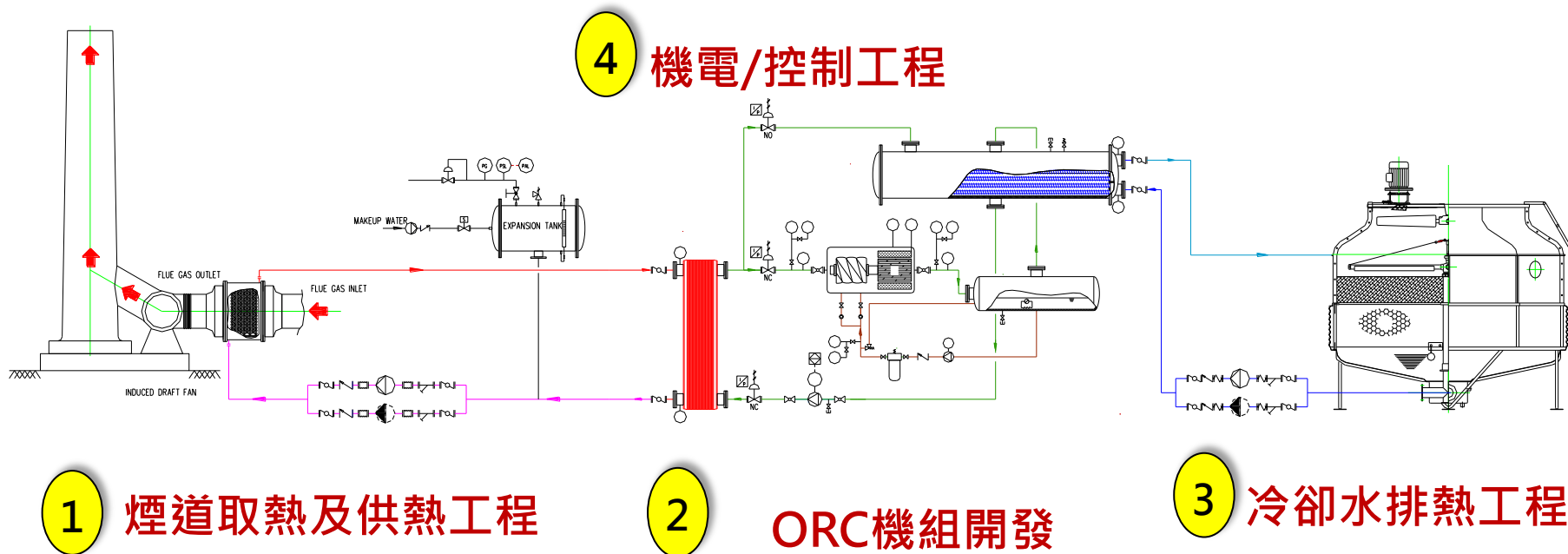


# 180°C 煙氣可取出熱能

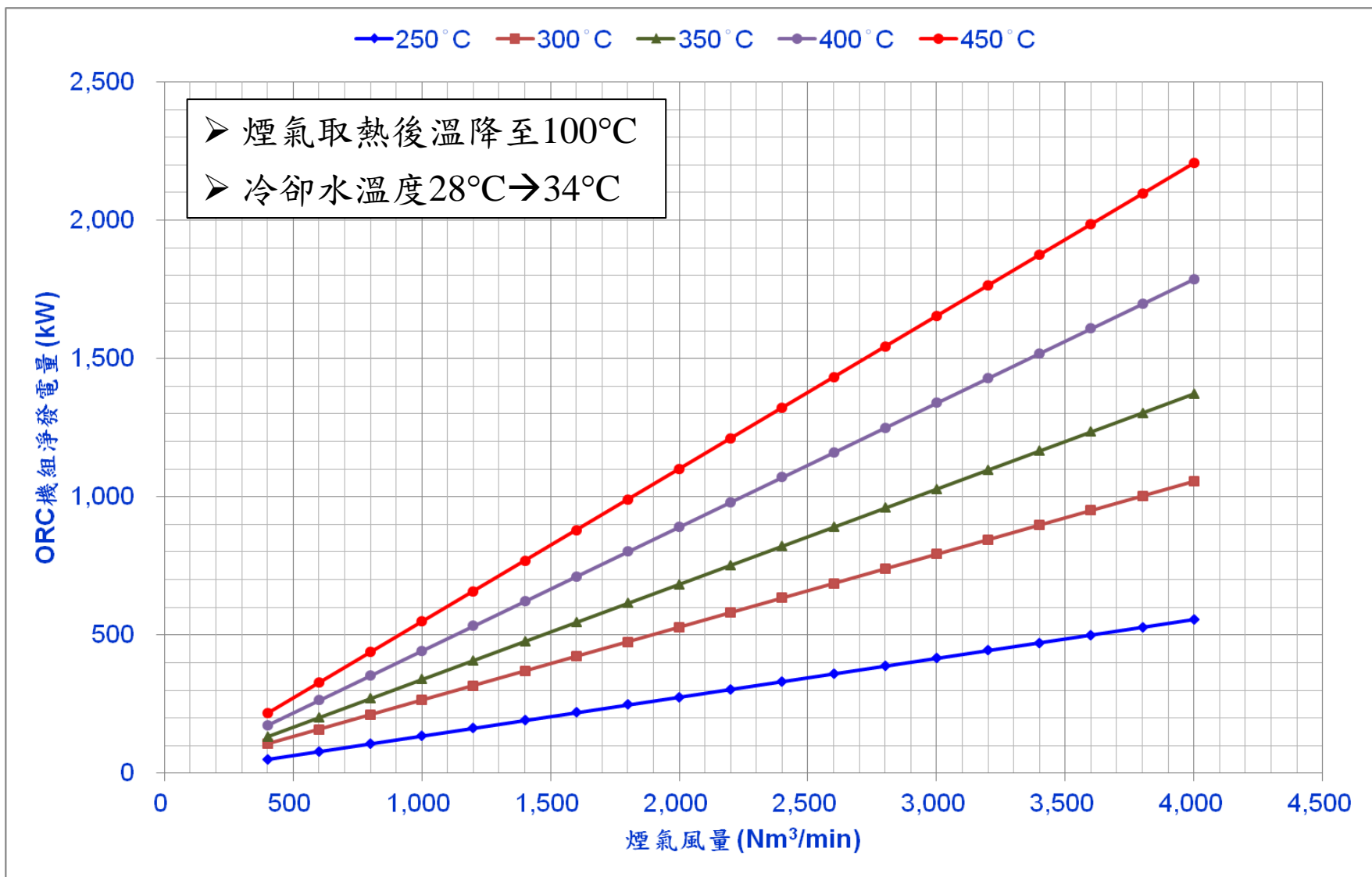


# 間接式煙氣/熱氣餘熱ORC

- 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

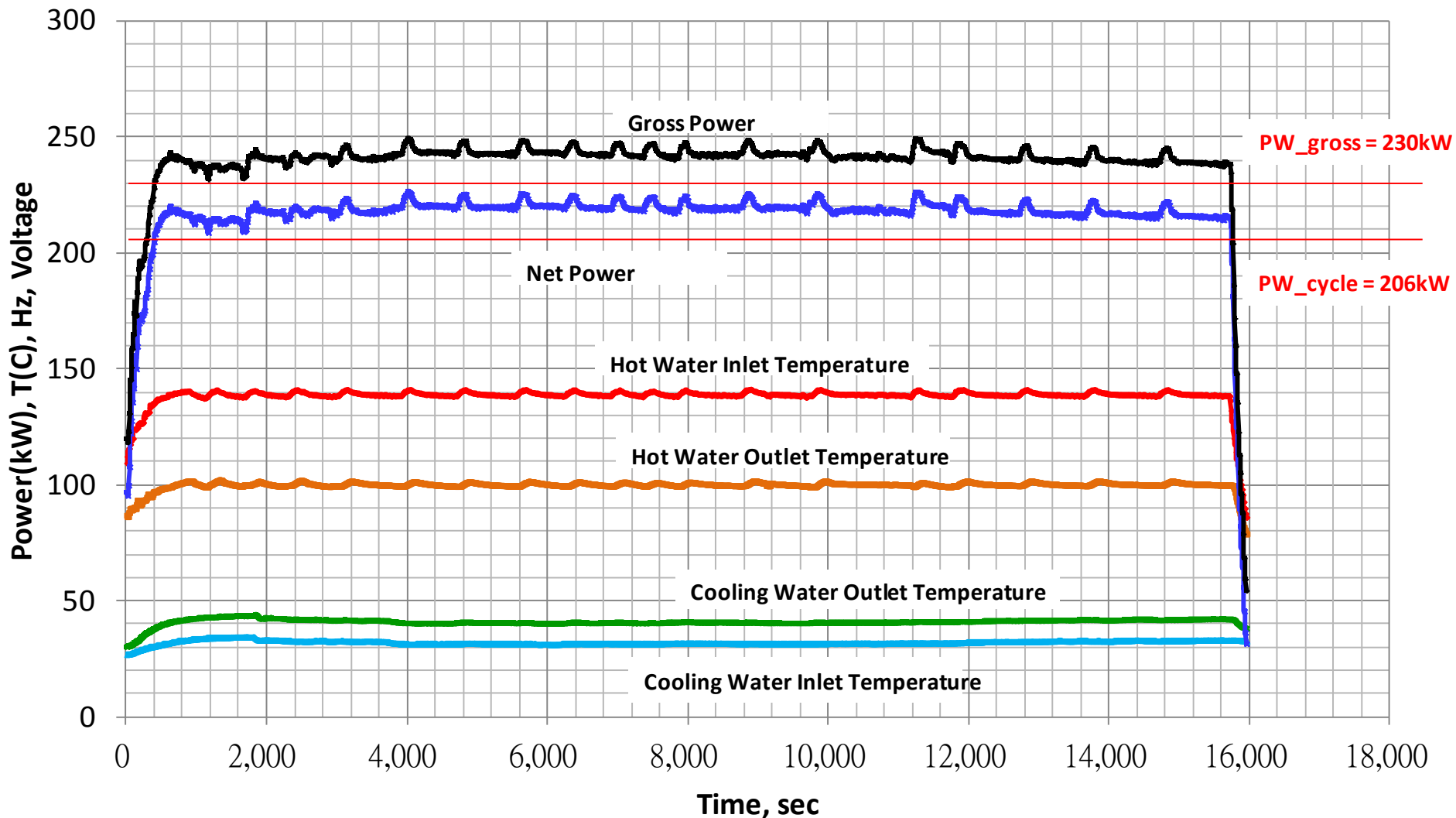
- 裝置地點：泰國
- 應用端：鋼鐵廠
- 出廠測試：Nov. 2015
- 正式運轉：Dec. 2015

- 工作流體: R245fa
  - 溫度 = 440°C → 180°C,
  - 流量 = 37600 Nm<sup>3</sup>/h
- 熱源: 煙氣
- 冷源: 冷卻水塔冷水
  - 溫度 = 32°C → 37°C
  - 流量 = 220 TPH



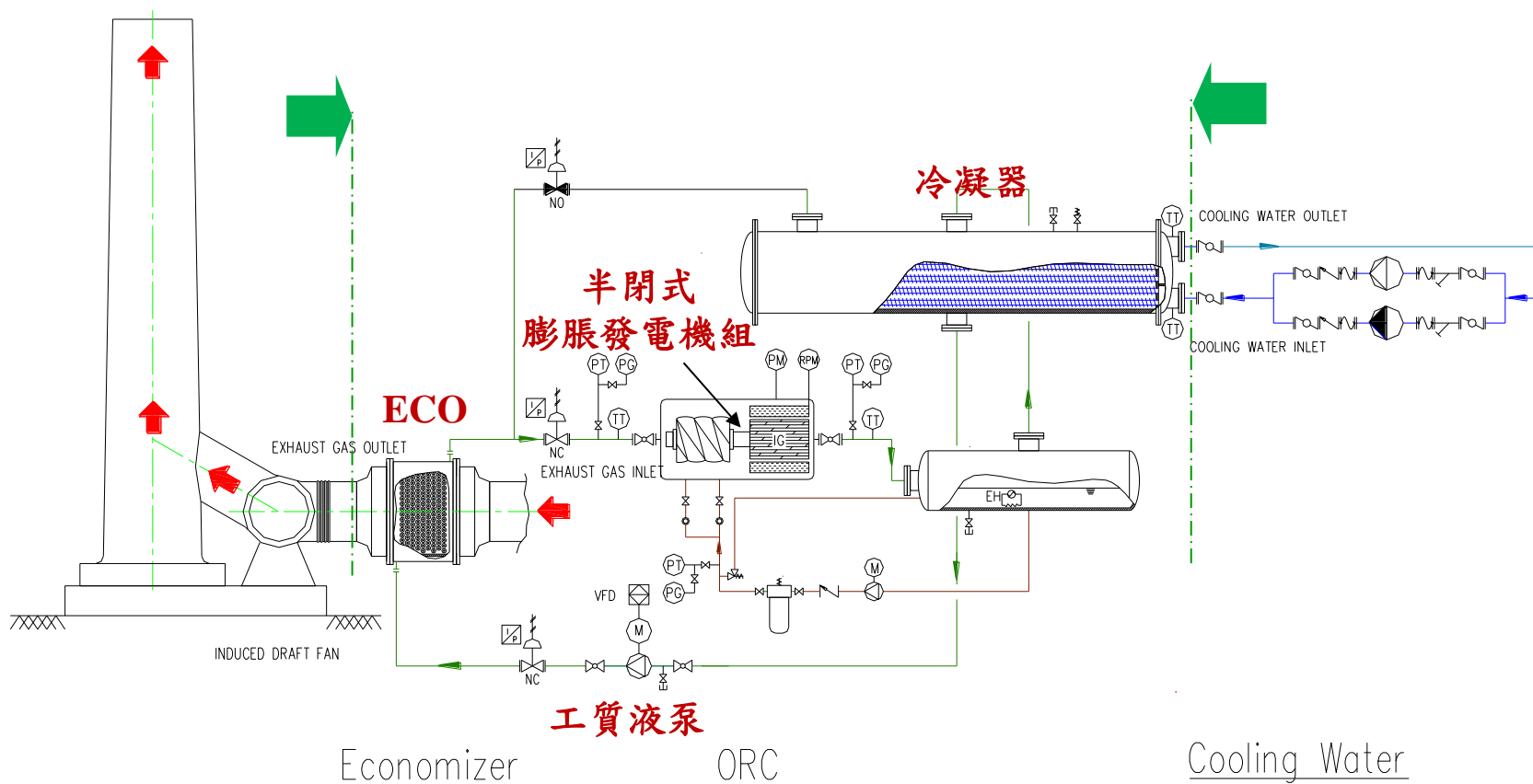
## 允收測試

— 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

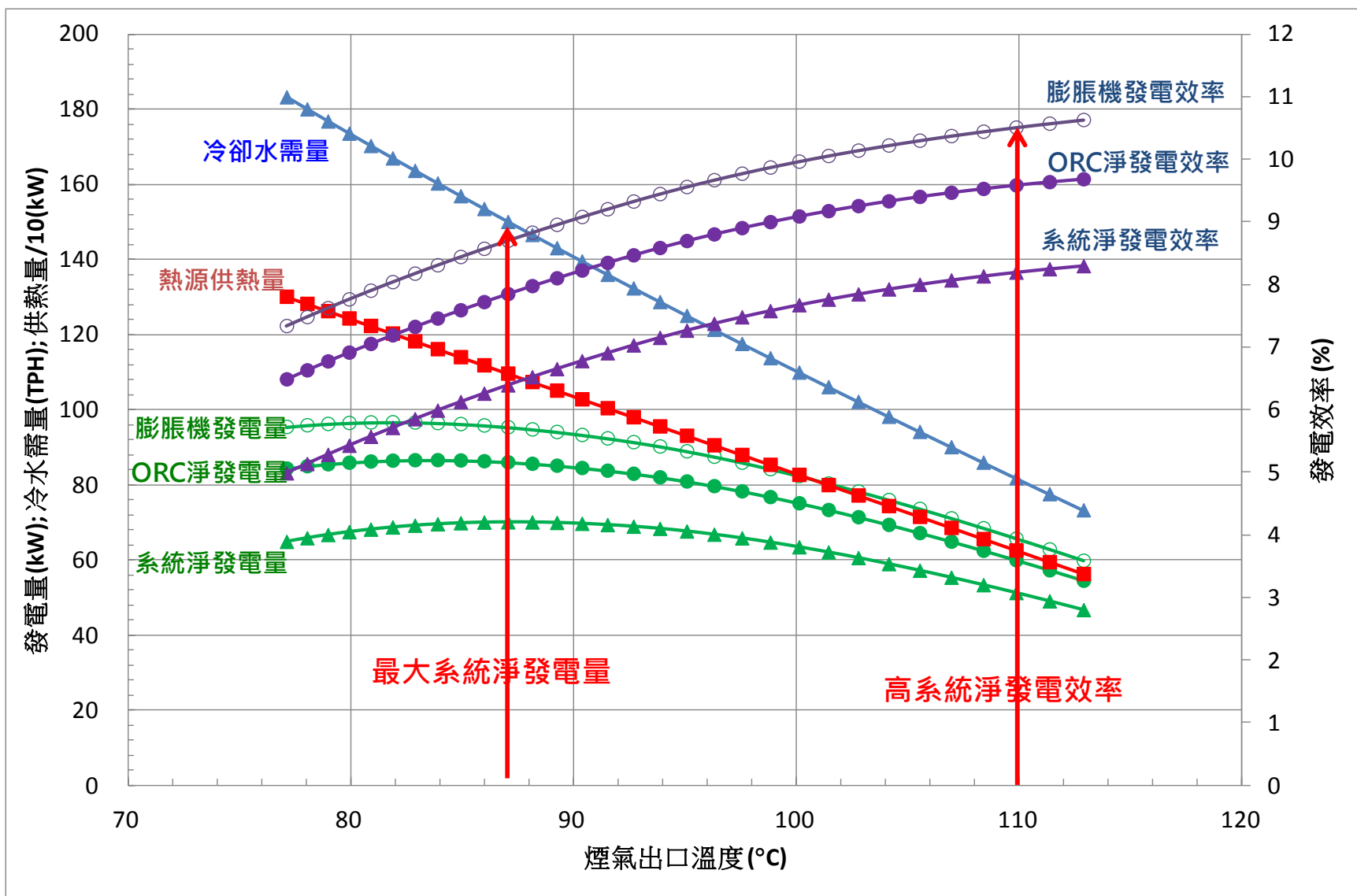
- 適用範圍：煙氣溫度 < 170°C
- 附加效益：引風機耗電降低



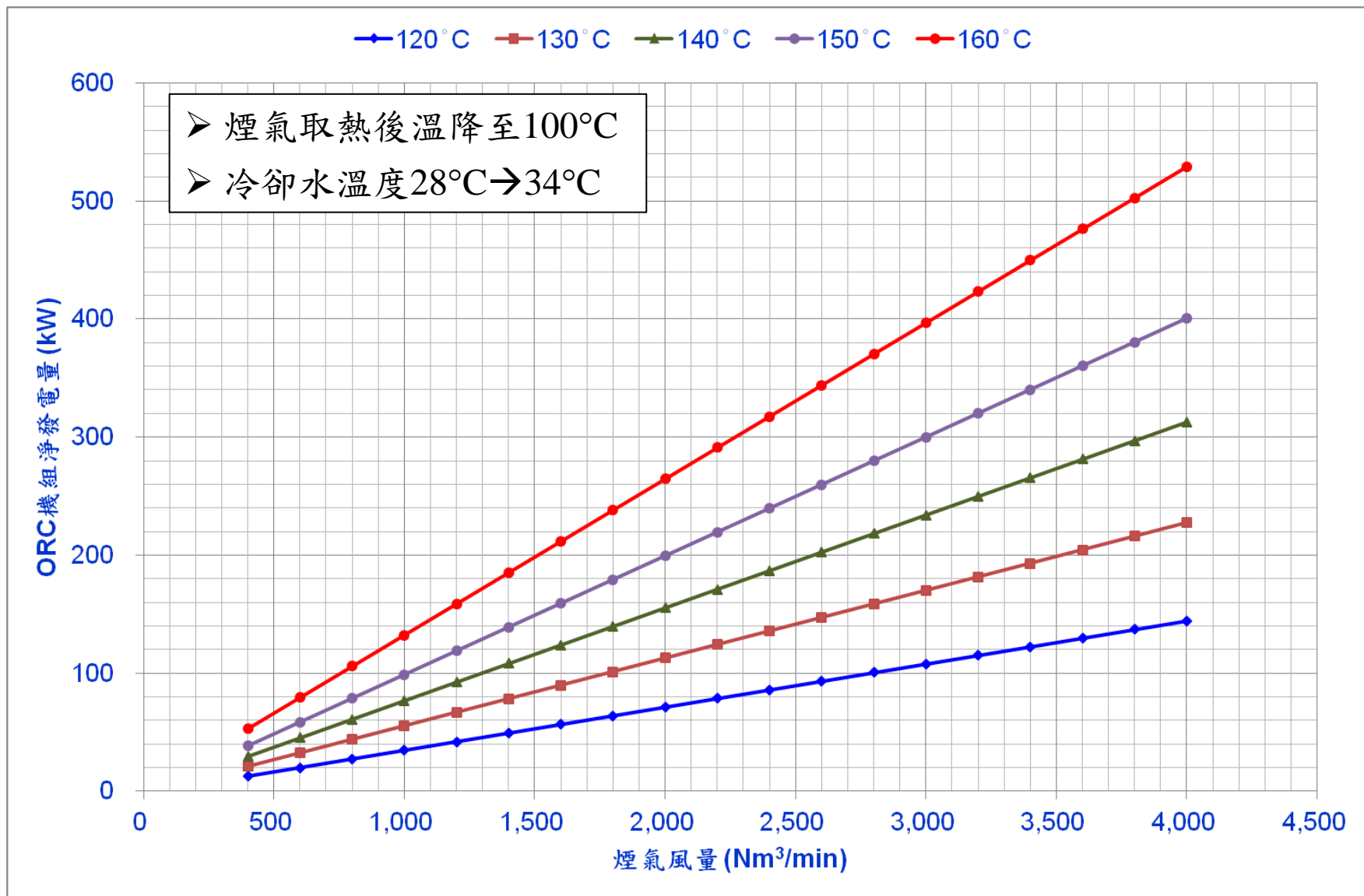
# 直接式煙氣ORC-案例分析

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	
<b>蒸發器</b>		<b>冷凝器</b>	
熱源: Flue Gas		冷源: Water	
流量, Nm <sup>3</sup> /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
<b>供熱量, kW</b>	<b>833</b>	<b>排熱量, kW</b>	<b>732</b>

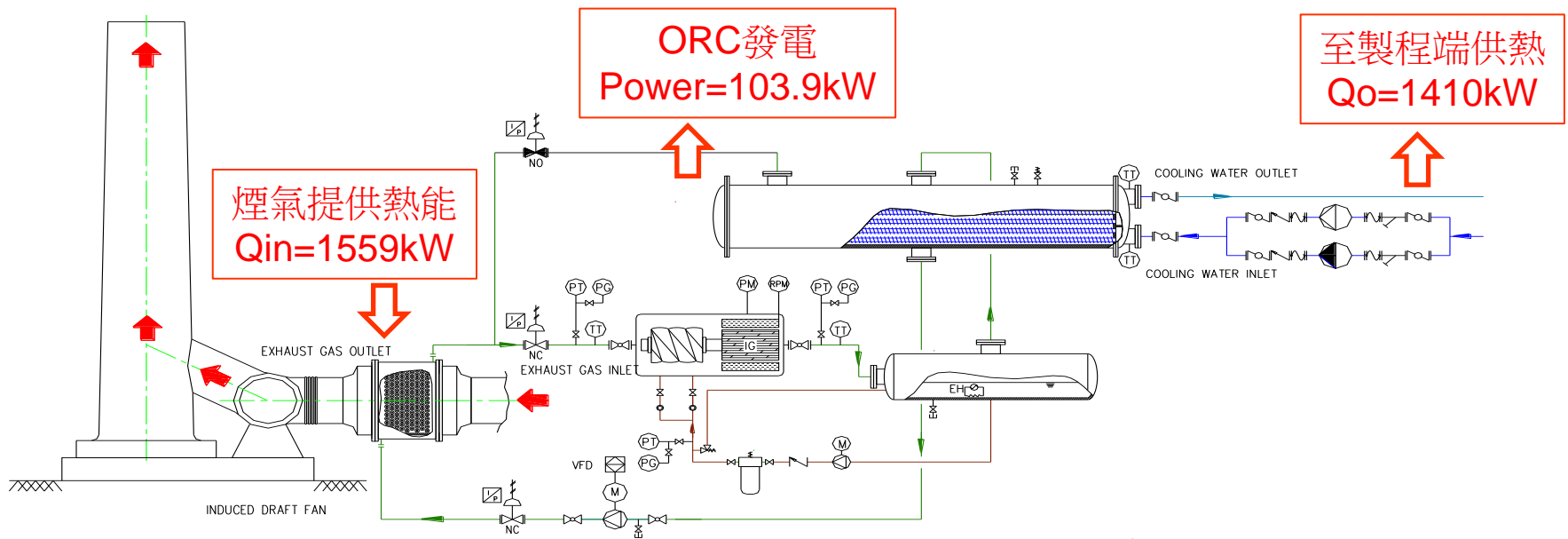
## 140°C, 1000Nm<sup>3</sup>/min 煙氣ORC



# 直接式煙氣ORC



# 直接式煙氣ORC-熱電聯產



R245fa Screw Expander ORC: 60Hz, 380V, 3φ 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, °C	140.0	入口溫, °C	32.0
出口溫, °C	98.6	出口溫, °C	54.3
供熱量, kW	1559.5	排熱量, kW	1410

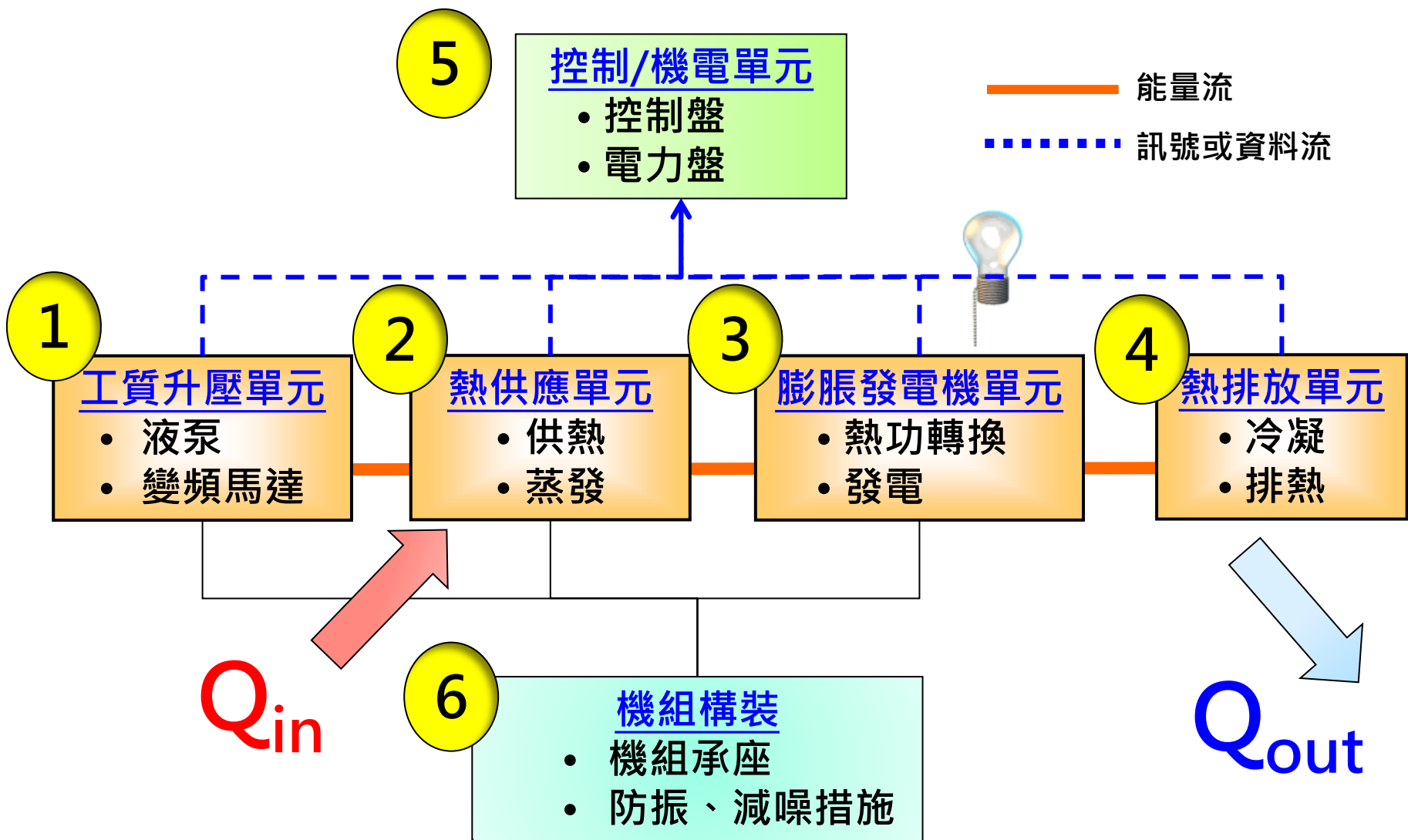
# HANPOWER

*HanPower Energy Technology Co. Ltd.*

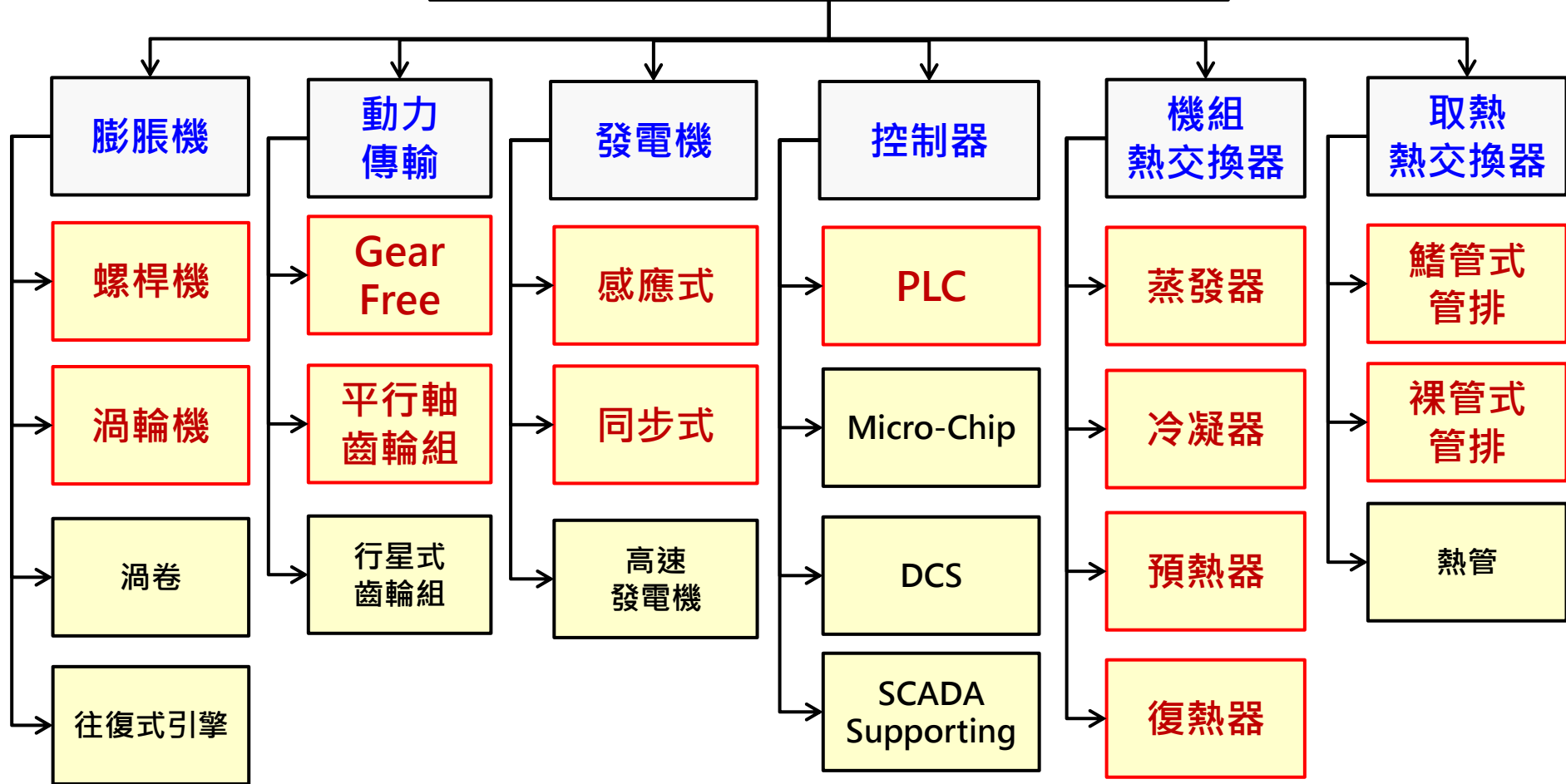
漢力能源科技(股)公司

## ORC產品特性

# 產品功能架構



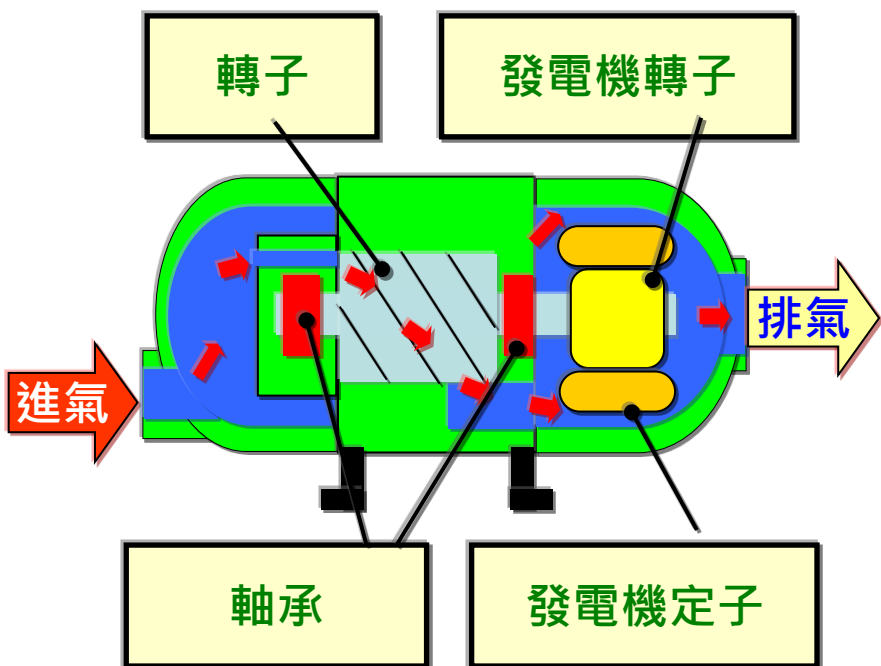
# ORC關鍵元件/技術



## 膨脹機 + 發電機

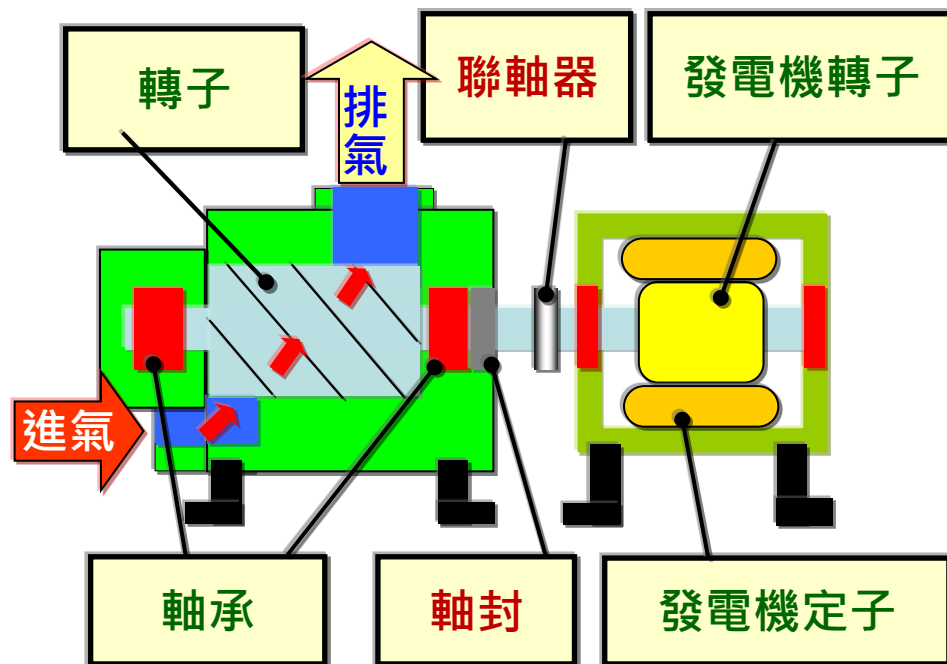
### 半密式(半封式)

- 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 $\leq 300$ 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

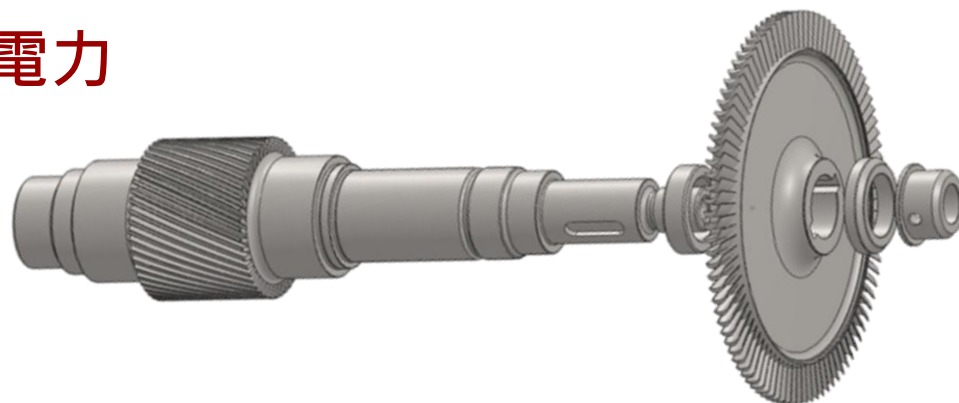
## ■ 發電量 $\geq 200$ 瓩

■ 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

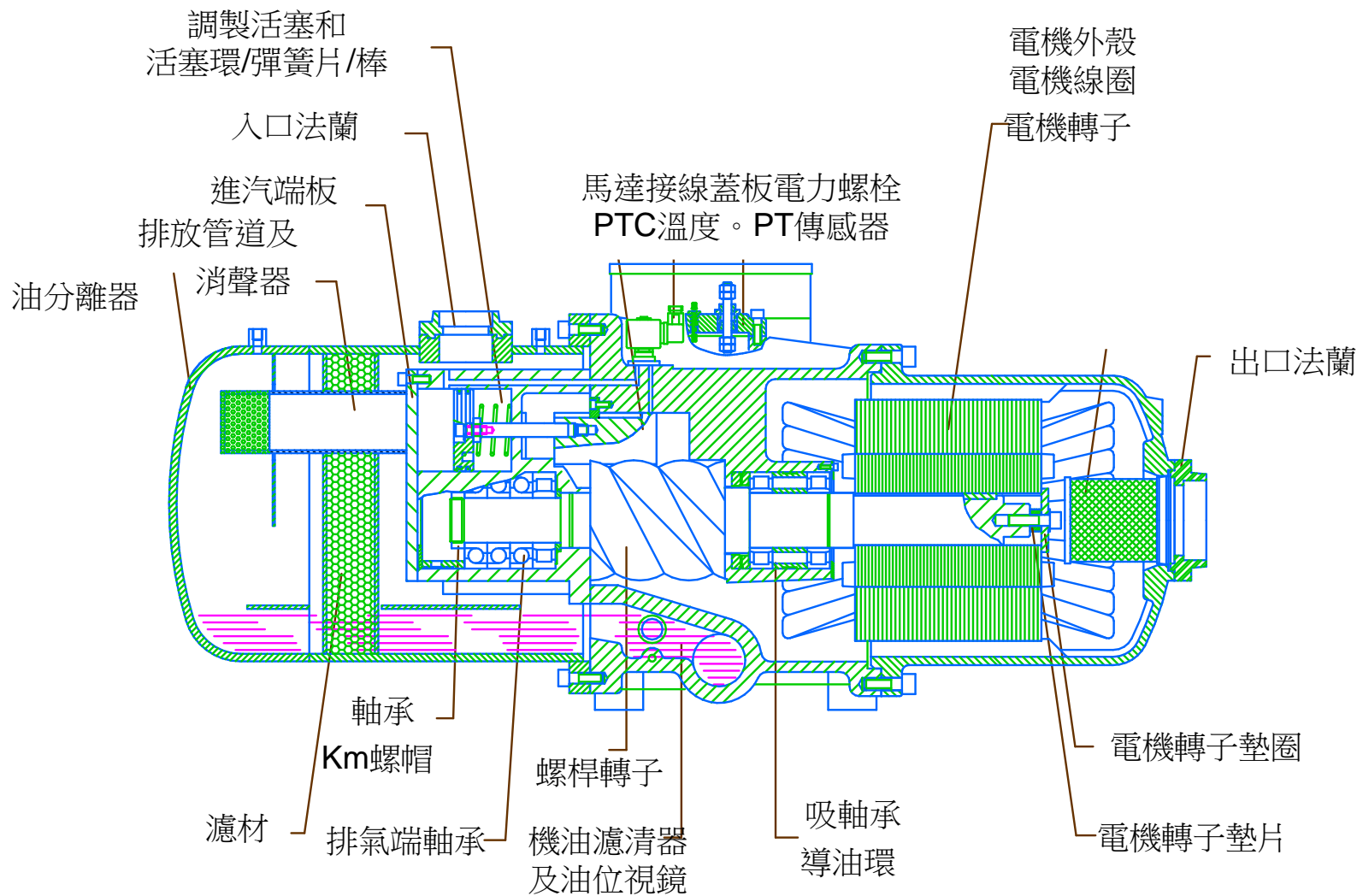
- 感應式發電機
- 頻率(Hz)：50/60
- 電壓(V)：220, 380~460, 3K/6K/10K

## ● 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

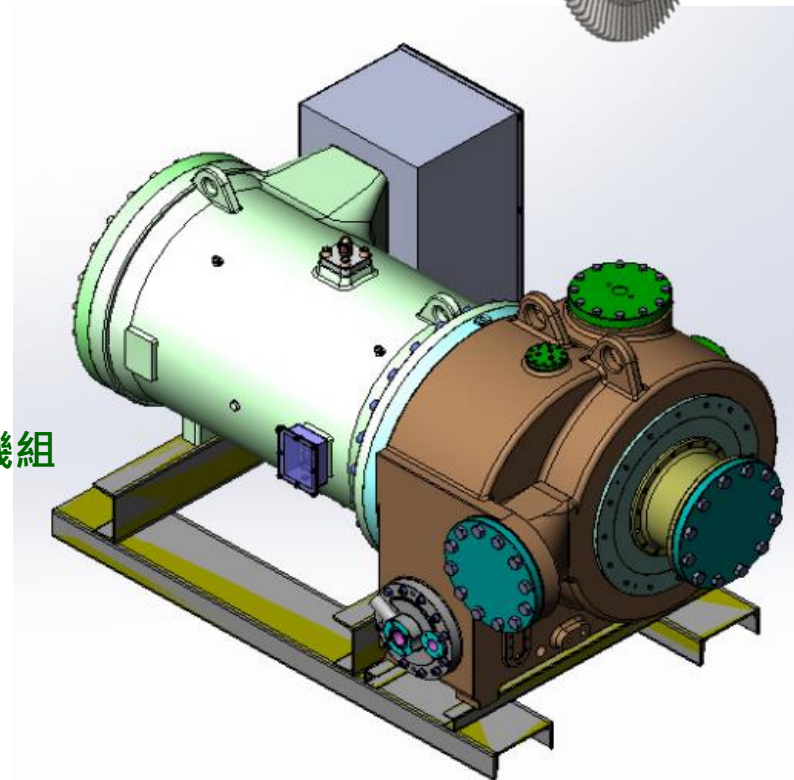
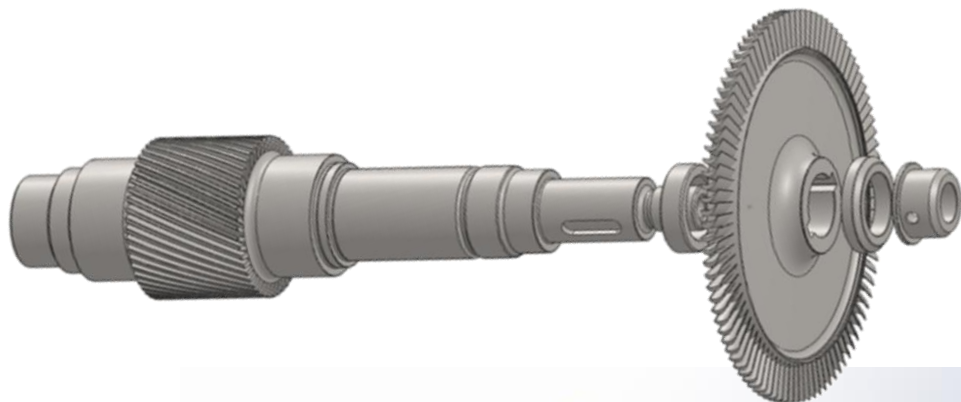
- 軸流式渦輪，結構簡單
- 剛性轉子，操作區間無共振
- 等熵效率 $\geq 78\%$

## ● 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



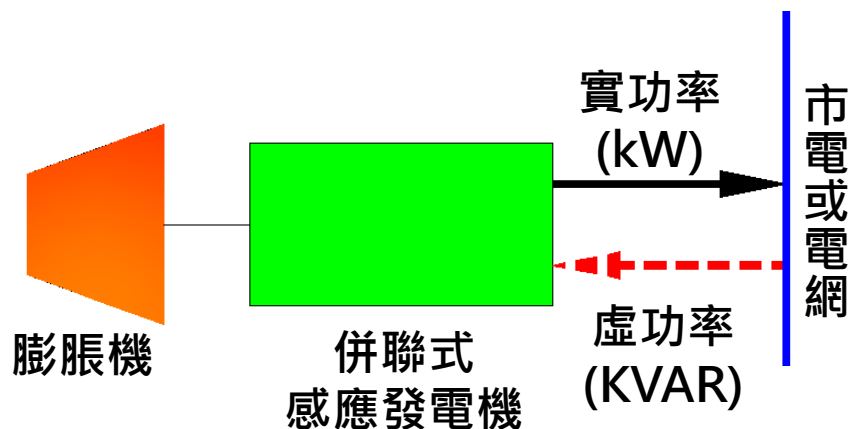
# 電力輸出

## ■ 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

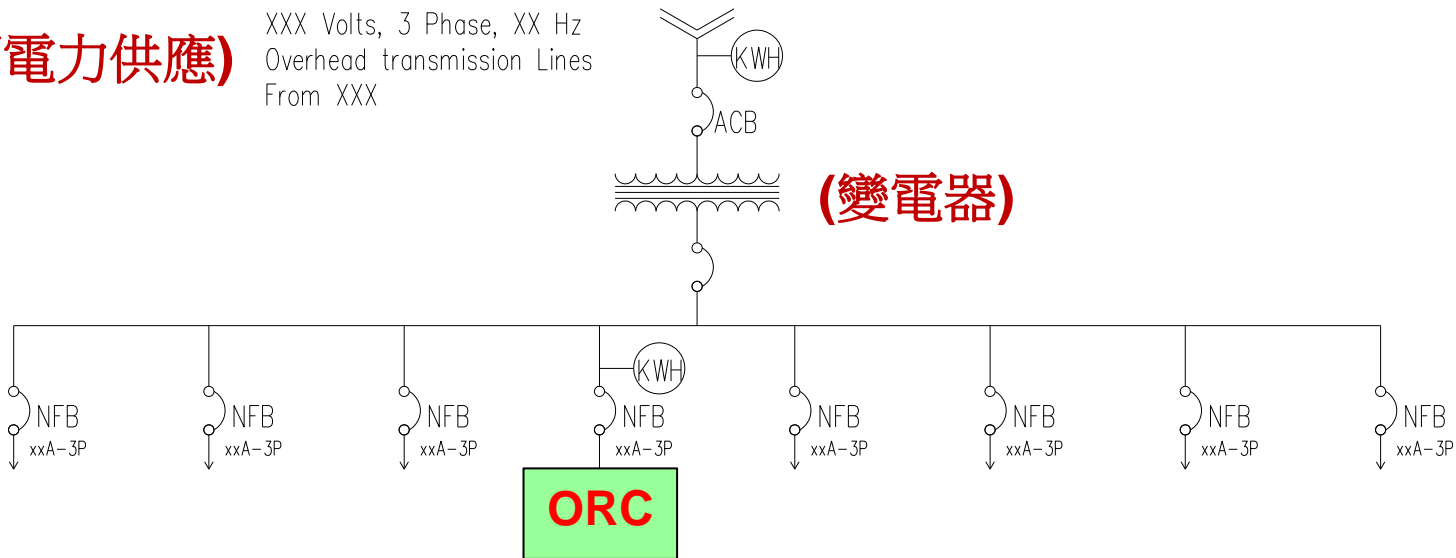
- 可獨立發電
- 缺點
  - 需併聯盤與同步裝置



# 電力圖-廠區

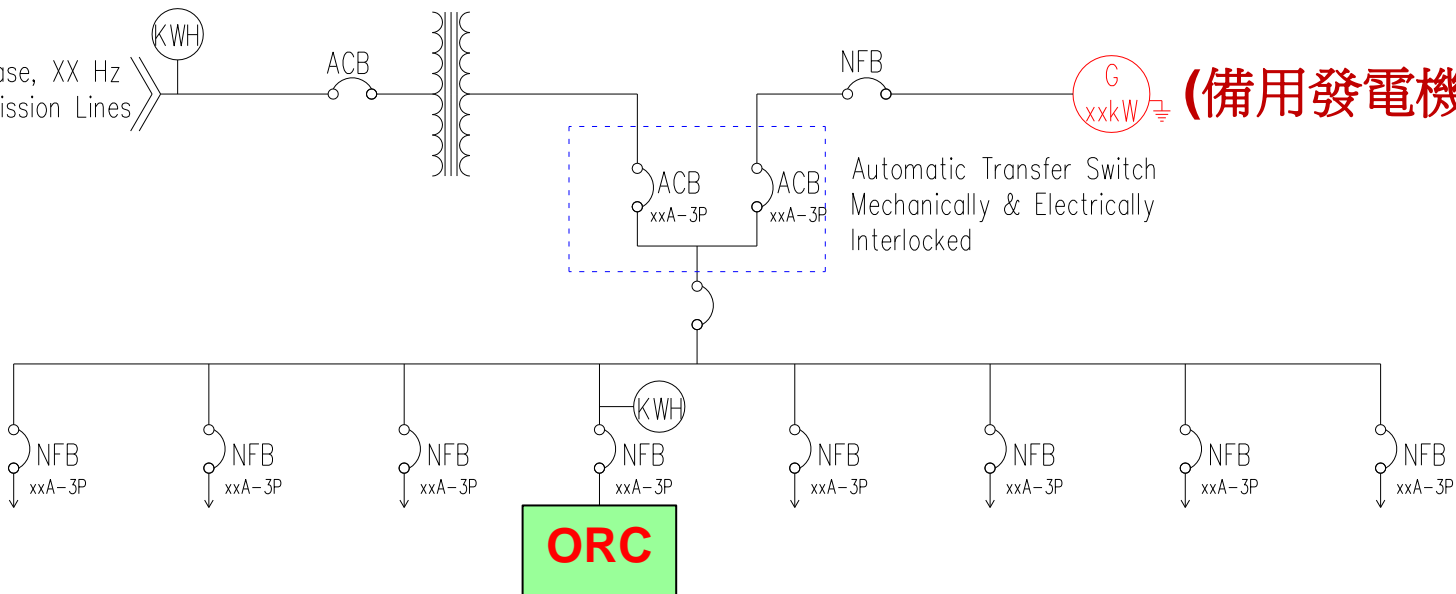
(電網電力供應)

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



(變電器)

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



(備用發電機)

# 電力圖-ORC發電站



## ■ 產品壽期

- ORC機組壽期 > 20年、軸承壽期(L<sub>10</sub>): 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

# 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

