



台塑石化公司煉油廠

有機朗肯循環(ORC)

回收廢熱發電案例分享

報告人：鄭銘傑
2022年4月29日



目 錄



一.	煉油廠簡介	P. 1
二.	改善前現況說明	P. 5
三.	計畫摘要	P. 13
四.	專案執行說明	P. 17
五.	績效指標與效益分析	P. 29



麥寮廠區配置圖



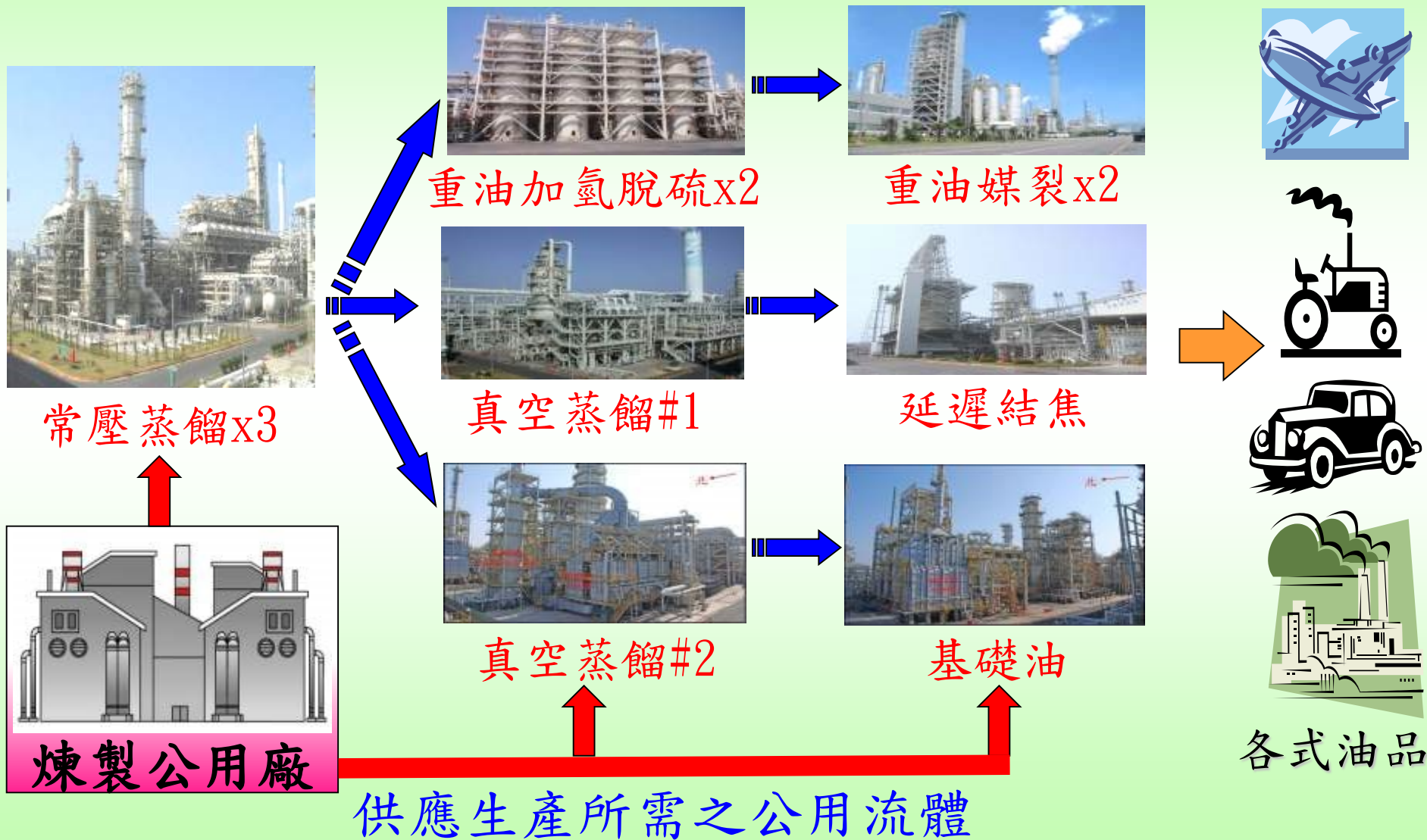
ORC

煉油廠

製程區



煉油廠主要製程





主要產品類別及用途



產品類別	用途
丙烯	石化原料
液化石油氣	車用、工業用、家用燃料
輕油	烯烴裂解廠/芳香烴廠原料
汽油	車用燃料
航燃/煤油	飛機燃料/加熱用油
柴油	車用燃料/工業燃料
基礎油	潤滑油/食品級白油
燃料油	工業燃料
其它	石油焦/硫磺

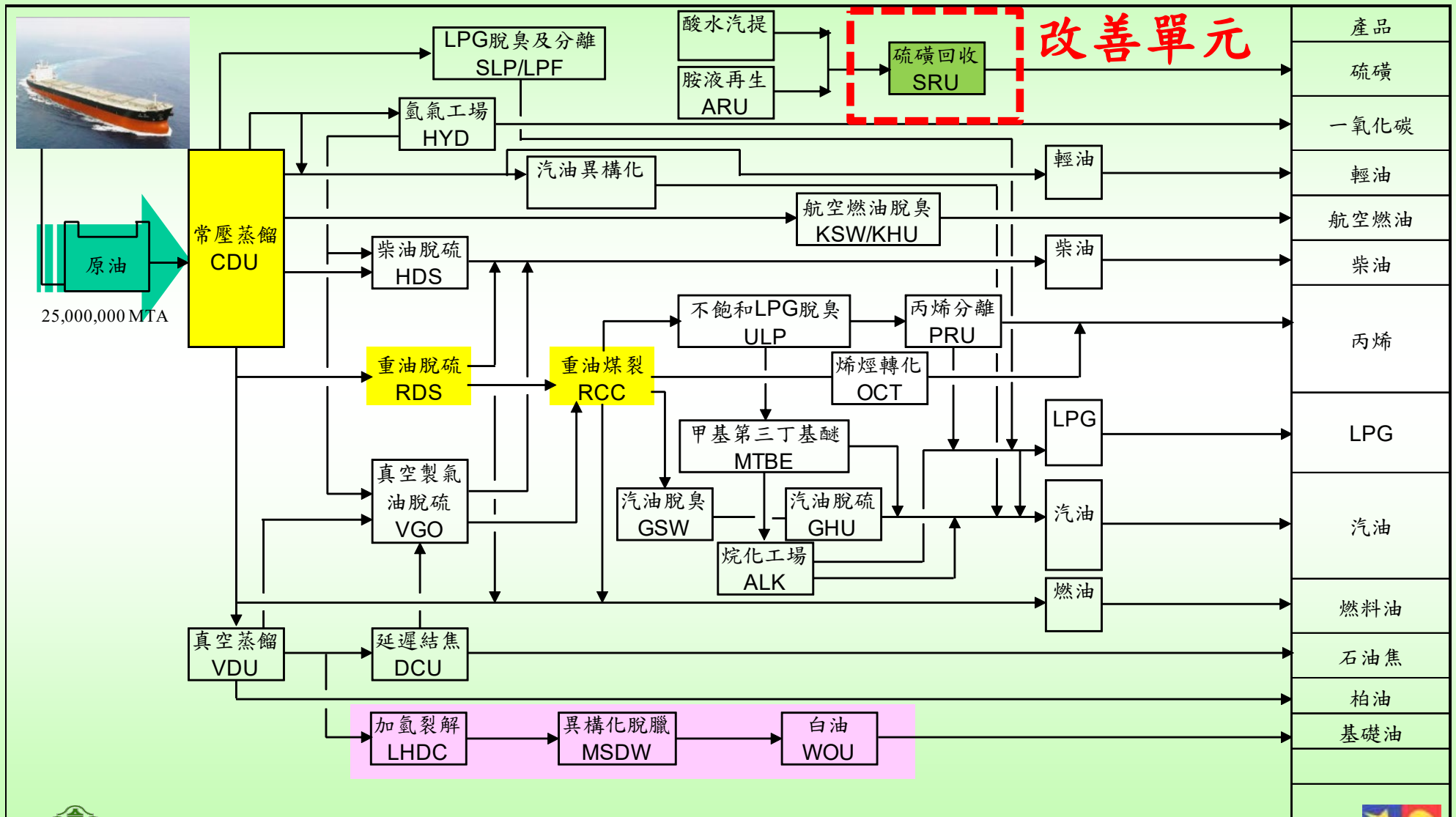
目 錄



一.	煉油廠簡介	P. 1
二.	改善前現況說明	P. 5
三.	計畫摘要	P. 13
四.	專案執行說明	P. 17
五.	績效指標與效益分析	P. 29



煉油廠流程說明



硫磺回收單元製程說明

一、製程原理：

本製程收集胺液再生及酸水汽提單元之酸氣，經熱反應爐及克勞斯觸媒床反應後產出液態硫磺，液硫再泵至液硫儲槽，最後送至固硫工場進行固化製粒。未反應完之酸氣經尾氣處理段處理再回收，使硫磺回收單元排放尾氣符合環保排放標準。



硫磺回收單元製程說明

二、廢熱來源：

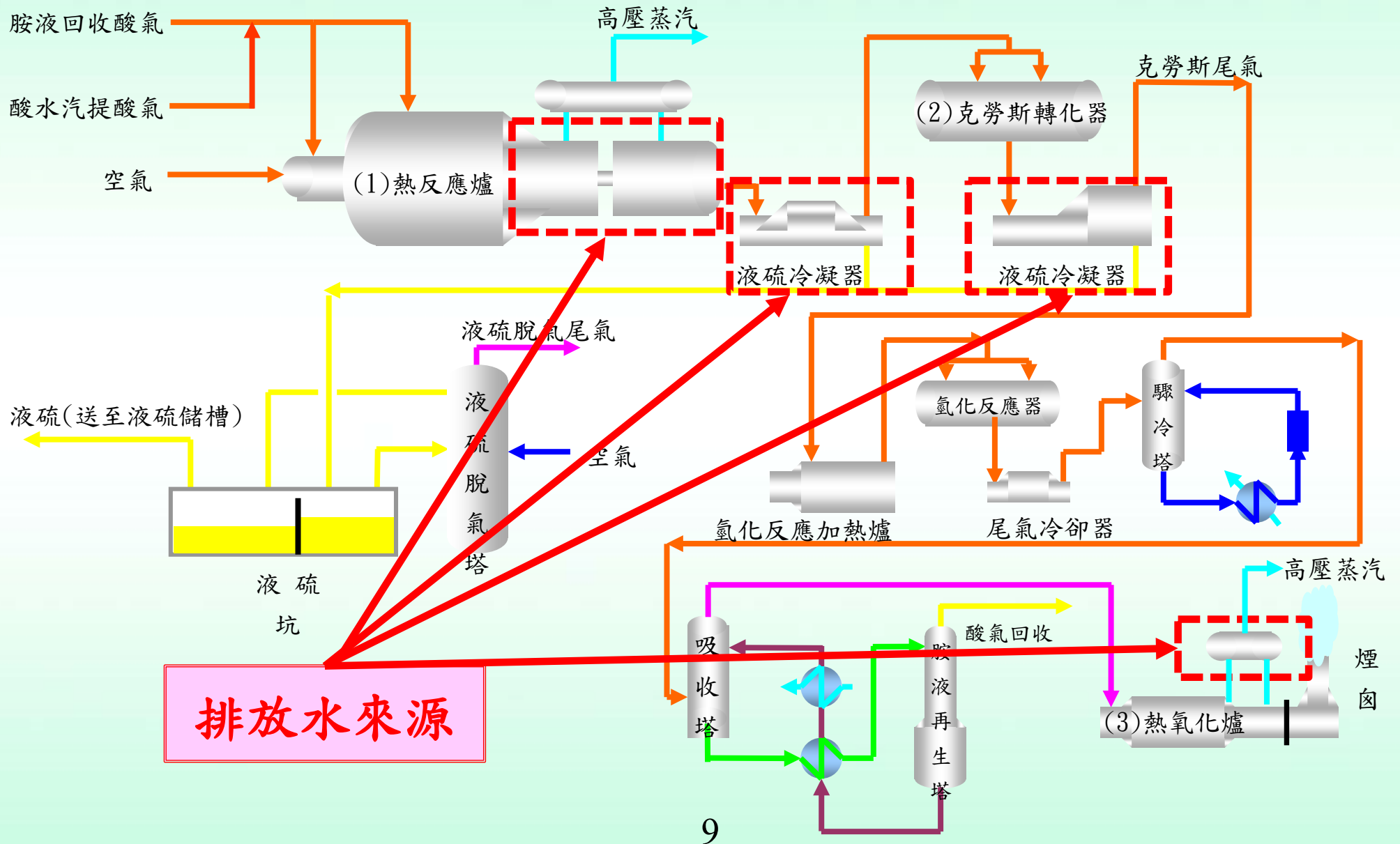
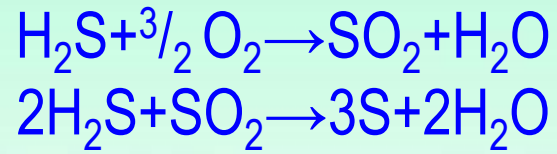
SRU單元於生產過程中，熱反應爐、克勞斯觸媒床及熱氧化爐會產生大量製程廢熱，經製程換熱器回收廢熱並產製高壓(41Kg/cm²G)及低壓(3.5Kg/cm²G)蒸汽回送煉油廠其他單元使用。

三、廢熱排放現況：

為維持廢熱鍋爐之鍋爐水品質，須持續進行鍋爐水排放並回收至冷卻水系統節水，排放水的廢熱未能充分回收再利用。



硫磺回收單元流程



硫磺回收單元製程說明



(1)熱反應爐



(2)克勞斯觸媒床



硫磺回收單元製程說明



尾氣處理段



(3)熱氧化爐





鍋爐水操作說明

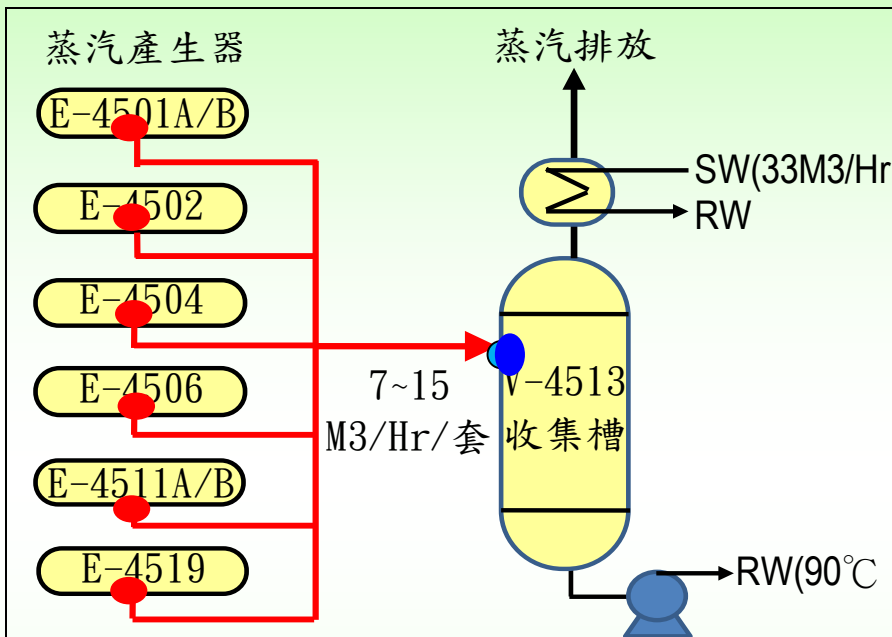


圖1：SRU單元鍋爐排放水處理流程

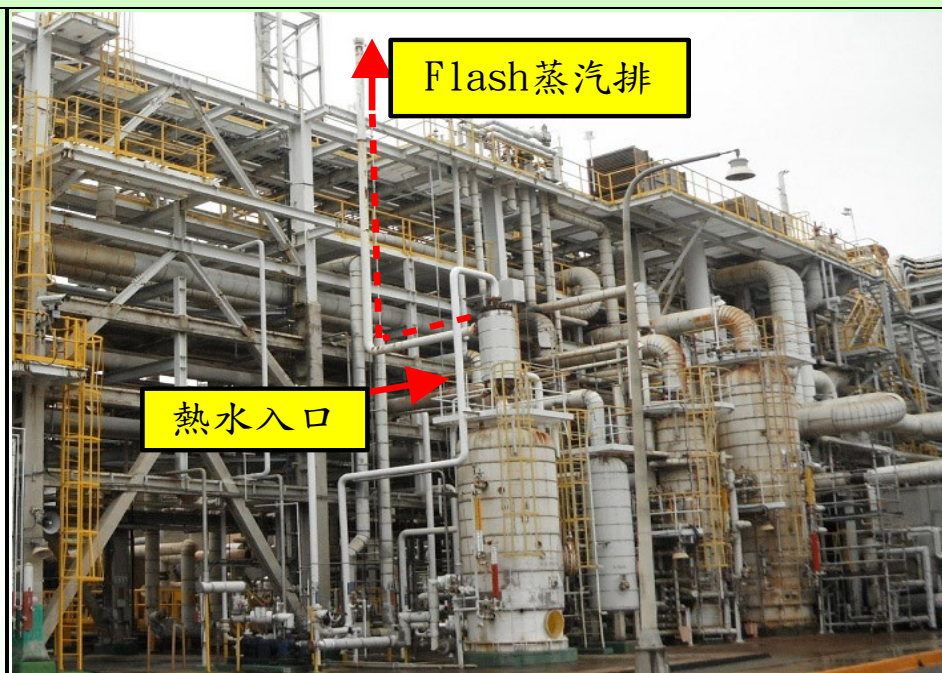


圖2：V-4513現場照片

說明

1. 煉油廠每套SRU單元設有8座蒸汽換熱器來回收製程廢熱，並產製高壓/低壓蒸汽回送煉油廠蒸汽主管線。
2. 各蒸汽鍋爐排放水(7~15M³/Hr.套)於收集後排入V-4513收集槽，Flash蒸汽以冷卻水冷卻後直接排放大氣，高溫水(約90°C)以泵浦回收至冷卻水系統。
3. 高溫排放水直接回收至冷卻水塔不僅增加冷卻水塔熱負荷，Flash蒸汽排放現場亦浪費能源及現場觀瞻不佳等問題。
4. 三套SRU單元蒸汽鍋爐排放水量合計21~45(M3/Hr)。

目 錄



一.	煉油廠簡介	P. 1
二.	改善前現況說明	P. 5
三.	計畫摘要	P. 13
四.	專案執行說明	P. 17
五.	績效指標與效益分析	P. 29





餘(廢)熱再利用



■ 廢熱型態：

- 輻射型：旋窯、軋鋼製程
- 迴路型：煙氣、冷凝水、尾端蒸汽、熱液、熱氣

■ 回收方式

■ 直接利用

- 空氣預熱 鍋爐飼
- 水預熱 製程用熱
- 水、蒸汽 廠區用
- 熱水

■ 間接利用

- 溫差發電
- 吸收式冰機
- 高溫熱泵
- 壓差發電





ORC有機朗肯循環



■ 利用有機物質(例如：冷媒)取代水作為工作流體

■ 工作原理與傳統利用水蒸汽朗肯循環(Steam Rankine Cycle)相同。
→系統穩定。

■ 採用有機物質作為工作流體，與水比較，可於相同溫度時可以有較低的沸點與較高的蒸發壓力。
→適用於較低溫的熱能應用。

■ 利用低溫沸點的有機工作流體(例如：冷媒、氨等)的熱機循環系統。
→將低溫熱能轉換為電力(Heat to Power)。



	水	冷媒(R245fa)
沸點(1 Bar)	100°C	15.6°C
沸點(19.6 Bar)	212°C	121°C



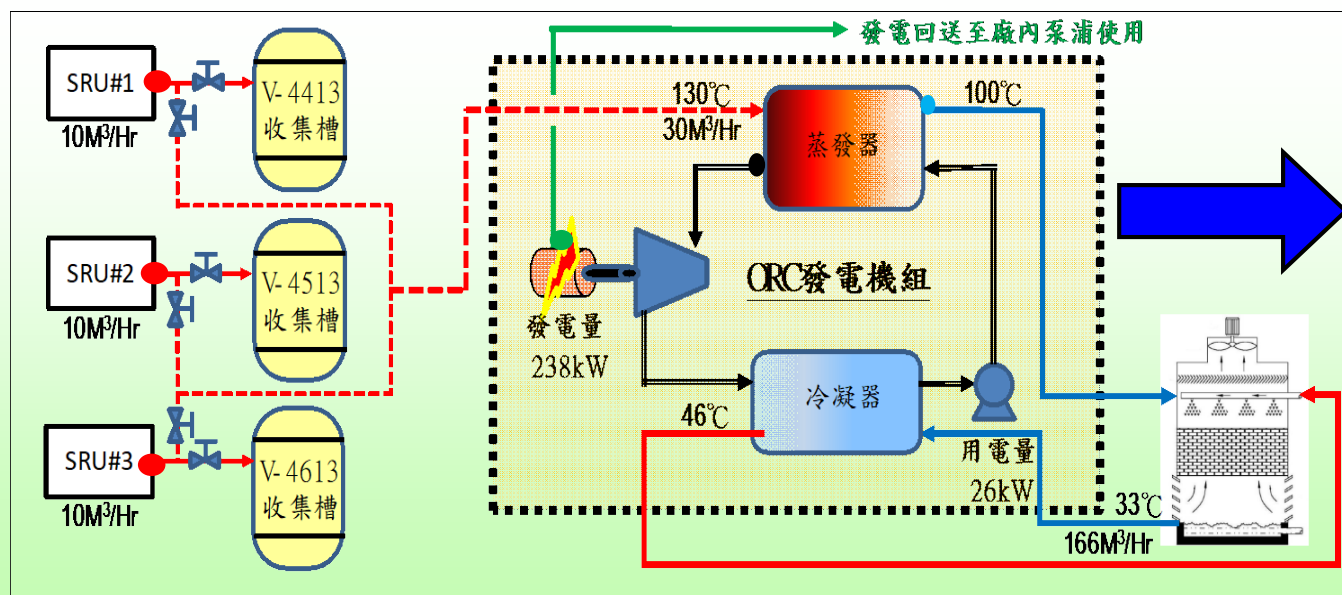


ORC廢熱發電



- 規劃設置防爆型有機朗肯循環發電設備(ORC)，回收鍋爐排放水低溫廢熱由130°C降至100°C，可減少冷卻水塔熱負荷，設計毛發電量為238kW，扣除自身動力需求26kW，**淨發電量為212kW**。(設備規格如下表所示)
- 本專案規畫**2019年9月完成，10月試車發電**。

設備編號	設備類型	生產商	型號	設備規格 (kW)
Y-4505	有機朗肯循環(ORC) 廢熱發電系統	漢力能源 科技公司	PSZAX-240W	238



目 錄



一.	煉油廠簡介	P. 1
二.	改善前現況說明	P. 5
三.	計畫摘要	P. 13
四.	專案執行說明	P. 17
五.	績效指標與效益分析	P. 29





ORC專案管理



(4)ORC測試驗收



(1)ORC改善規劃



(3)改善進度監控



(2)成立改善團隊





工程規劃與實際完成日



專案執行內容	年度	2018												2019											
	月份	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1. 專案提案			■	■																					
2. 發包採購			■	■																					
3. ORC製造(含工檢)					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
4. 基礎/配管/配電工程								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
5. ORC設備組裝																						■			
6. ORC機組參數調整																						■			

2018/10/5
簽訂合約

2019/8/6
ORC交機

2019/9/18
竣工檢查

2019/10/4~10/16
ORC參數調整

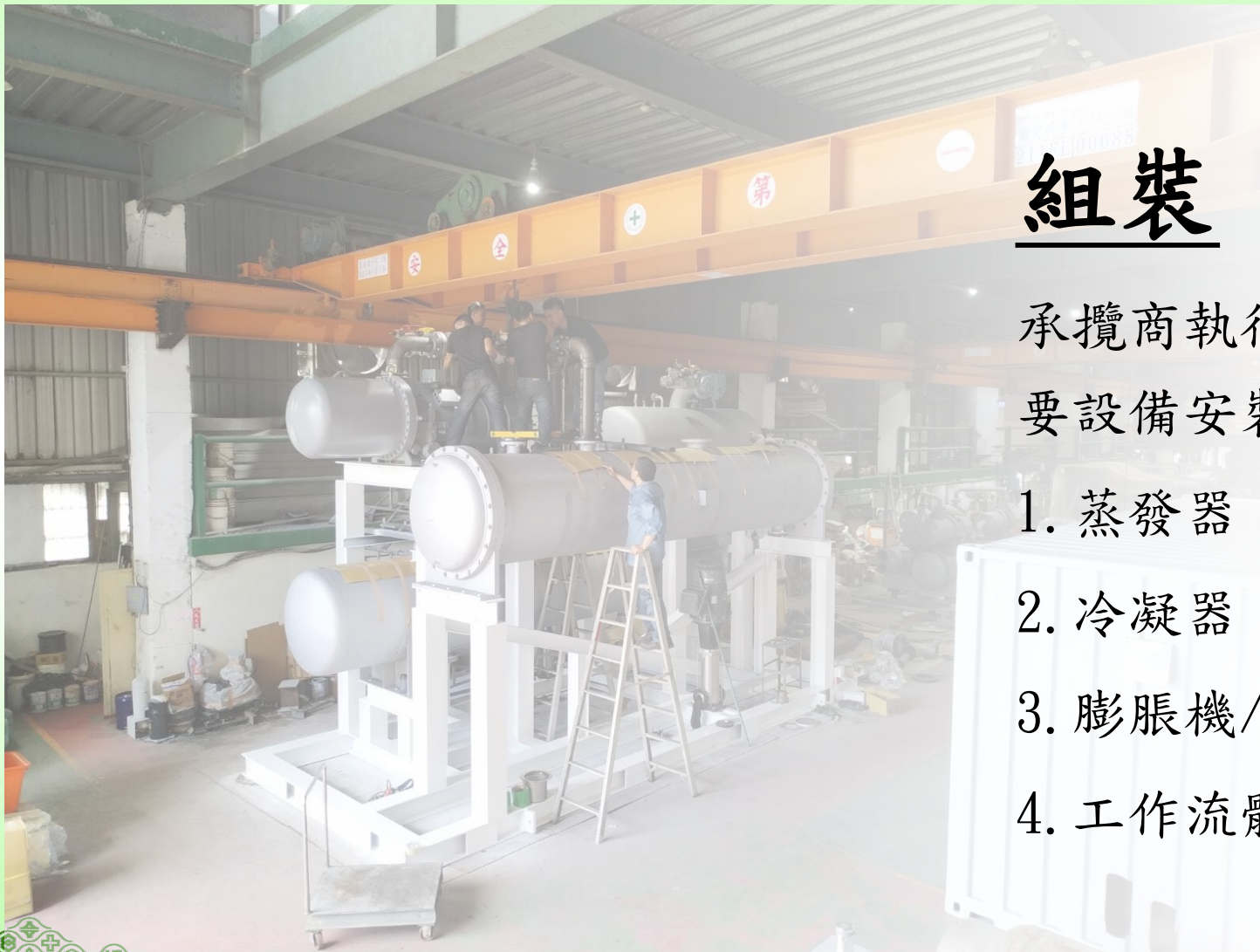
2019/10/16~11/6
連續運轉21天

註：符號說明 ■：計畫時程 ■：實際時程





專案執行

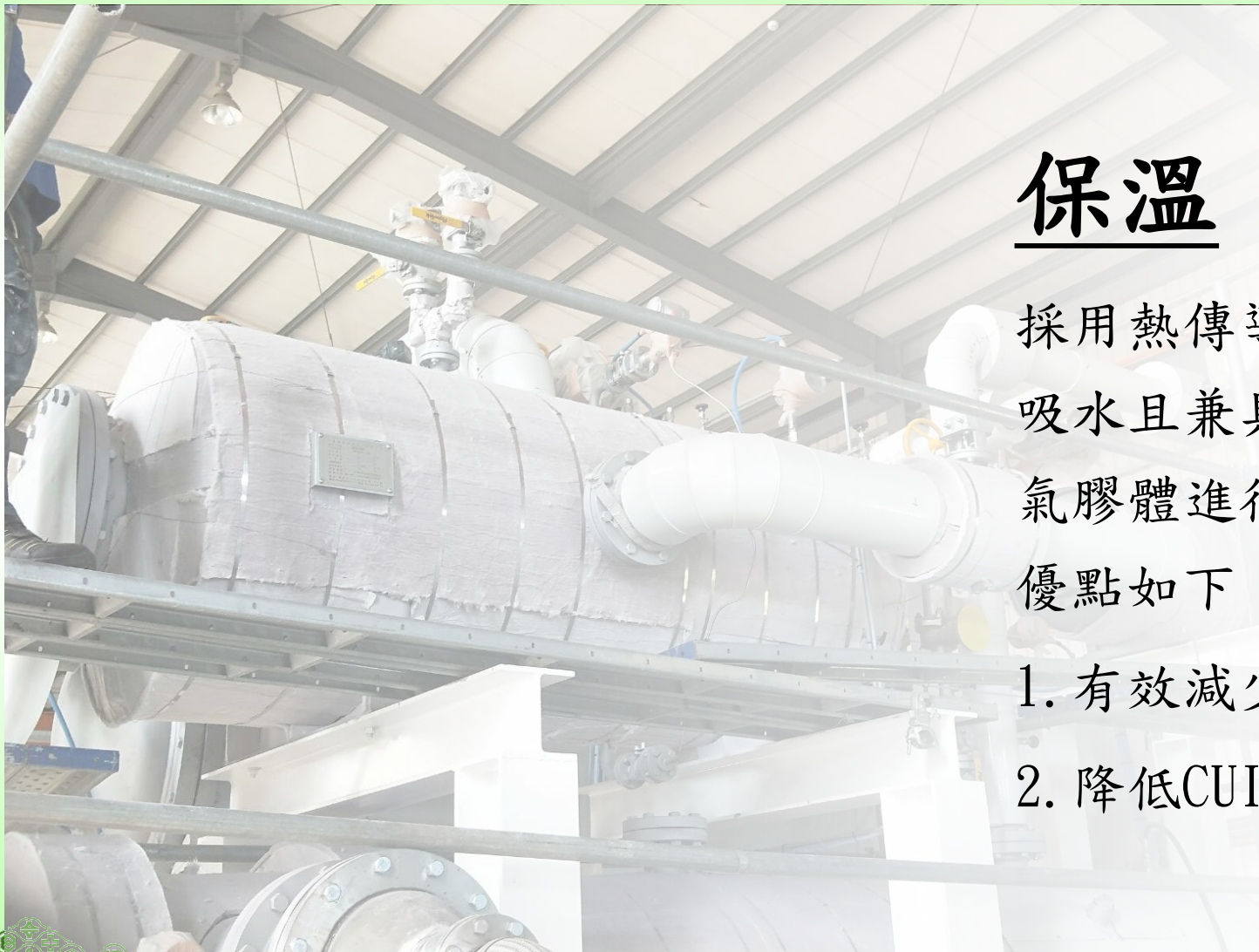


組裝

承攬商執行ORC機組主要設備安裝，包含：

1. 蒸發器
2. 冷凝器
3. 膨脹機/發電機
4. 工作流體泵浦





保溫

採用熱傳導係數低、不吸水且兼具潑水特性的氣膠體進行設備保溫。

優點如下：

1. 有效減少能量損失
2. 降低CUI發生機率





性能測試

於完成機組組裝之後，執行ORC性能測試，確保ORC發電量、PLC自動控制系統、機組保護系統、通訊界面……等均符合設計要求。





現場工程

FPCC同步進行ORC基礎
與相關管線配置：

1. 熱水管線：783米
2. 冷卻水管線：180米
3. 電纜：2,750米
4. 閥組：75顆





專案執行



ORC吊裝

協力廠商於2019年8/6
載運ORC機組至本廠，
完成吊裝及定位。





ORC竣工檢查



中華民國108年09月18日發給

合格證 第 212108S1563 號 (高壓氣體特定設備)竣工檢查結果報告表

編號 12S39A1020410

事業單位名稱 台塑石化股份有限公司麥寮一廠(煉油事業部煉製一廠)

事業單位地址 雲林縣麥寮鄉台塑工業園區15號

型式及名稱 臥式多管型蒸發器

構造檢查打印號碼 211SU02331

最大蒸發最高使用壓力 胴側:21 管側:7 kgf/cm²

最高使用溫度 胴側:150 管側:165 °C

內容積 胴側:2.96 管側:1.17 m³

項目	種類	材料	最大內徑或內緣半徑	長或高	厚度	管板型式	管口型式	種類
鍋體	胴體	SA516-70	945	5464	10	圓筒型	圓筒	
	胴體(管側)	A240-304	949	710	8	圓筒型	圓筒型	
	胴體端板	SA516-70	945		10	平板型	2:1半橢圓型	
	管板	SA240-304L	1140 OD				平板型	87
	蓋板	A240-304	1140 OD		55		平板型	
凸緣	凸緣	A182-F304	1140 OD		60		捷數插入型	
	(鎖)墊圈	AMF34	1140 OD		1.5		環型	

補充說明: m=

螺絲類 SA193-B77 SA193-ZH1 主要規格及數量: M22x 20pcsx 2SET

胴體縱接頭種類及其效率 V型對頭端接頭 η=1.0

種類	項目	材料	規格	數量	備註
孔	人孔		4"	1	檢査孔
			2"	1	裝卸孔

種類	項目	材料	規格	數量	備註
噴嘴	噴嘴	A213-TP304L	19.05	1.65	330

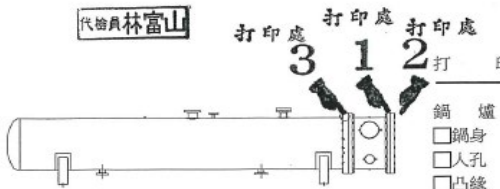
安全或代用品 自動控制概要

製造廠及製造年月 力菱機電事業股份有限公司

壓力	最大長度	管口直徑	管口數量	管口直徑	管口材料	管口內徑
108年09月16日	108	108	108	108	108	108

中華鍋爐協會

拓印紀錄



代檢員

社団法人 機械設 此影本與

第 212108S1563 號

(高壓氣體特定設備)檢查合格證

事業單位名稱 台塑石化股份有限公司麥寮一廠(煉油事業部煉製一廠)

設置地址 雲林縣麥寮鄉台塑工業園區15號

型式 多管型

最高使用壓力 胴側:21 管側:7 kgf/cm²

傳熱面積或內容積 胴側:2.96 管側:1.17 m³

製造廠及製造年月 力菱機電事業股份有限公司 108年06月

編號 12S39A1020410 構造或重新檢查合格打印號碼 211SU02331

檢查日期	有效期限	檢查員簽章
108年09月16日	自108年09月16日至109年09月15日	代檢員 蔡昌豐 (1086 P18)
年月日	自 年 月 日至 年 月 日	
年月日	自 年 月 日至 年 月 日	
年月日	自 年 月 日至 年 月 日	
年月日	自 年 月 日至 年 月 日	
年月日	自 年 月 日至 年 月 日	
年月日	自 年 月 日至 年 月 日	
年月日	自 年 月 日至 年 月 日	

壓力

- 胴
- 凸
- 圓
- 管
- 端
- 人
- 蓋
-

中華民國 108年09月18日

勞動部職業安全衛生署

QR Code

本案由代行檢查機構實施檢查本署僅依檢查站來發證





專案執行



測試&調整

ORC機組完成熱水管線、冷卻水管線、供電/送電電纜、訊號線連接，於2019年10/4執行第一次開機測試，10/E完成相關功能測試及調整。





電力系統示意圖



電力系統

ORC機組

ORC發電3,300 V
毛發電量238 kW



電盤供電380V
設計用電量26 kW





ORC運轉測試



	熱水流量 (TPH)	熱水入口 溫度(°C)	熱水出口 溫度(°C)	熱水壓力 (K)	冷卻水入口 溫度(°C)	冷卻水出口 溫度(°C)	毛發電 (kW)	自用電 (kW)	淨發電 (kW)
10/17	11.6	131.1	89.3	1.88	28.7	33.5	68.5	7.8	60.7
10/18	11.7	131.1	88.7	1.88	27.5	32.2	71.1	7.8	63.4
10/19	11.7	130.7	88.2	1.85	27.9	32.7	70.4	8.0	62.5
10/20	11.7	131.1	88.7	1.88	27.2	32.0	71.7	7.9	63.8
10/21	11.7	131.8	89.4	1.94	27.3	32.2	72.1	7.9	64.2
10/22	11.7	131.1	90.5	1.89	27.0	32.0	72.2	7.9	64.3
10/23	11.7	130.3	89.8	1.82	27.5	32.4	73.2	8.0	65.2
10/24	11.6	130.0	88.0	1.79	28.0	33.1	73.1	8.1	65.0
10/25	11.4	131.8	86.5	1.95	27.6	32.6	71.6	8.0	63.6
10/26	11.3	131.9	87.9	1.96	27.2	31.9	66.0	7.6	58.4
10/27	11.3	132.2	88.5	1.98	27.6	32.3	65.2	7.6	57.6
10/28	10.0	129.3	88.7	1.76	28.4	33.1	59.8	7.4	52.4
10/29	11.3	132.3	88.5	1.99	28.1	32.9	60.6	7.5	53.1
10/30	11.3	131.5	88.1	1.93	28.5	33.4	60.7	7.6	53.1
10/31	10.7	130.8	89.7	1.87	29.2	34.1	59.0	7.5	51.5
11/1	11.4	132.3	91.1	1.99	29.1	34.2	60.9	7.6	53.3
11/2	11.8	131.7	92.9	1.94	28.5	33.6	61.4	7.5	53.9
11/3	12.0	131.8	92.7	1.94	29.1	34.2	61.2	7.5	53.6
11/4	11.9	131.1	90.3	1.89	28.3	33.4	60.6	7.5	53.2
11/5	12.5	132.6	91.9	2.02	28.1	33.2	60.9	7.4	53.4
11/6	11.9	129.7	91.3	1.78	27.5	32.4	57.6	7.2	50.4

註：運轉測試日期為2019年10/17~ 11/6。



目 錄



一.	煉油廠簡介	P. 1
二.	改善前現況說明	P. 5
三.	計畫摘要	P. 13
四.	專案執行說明	P. 17
五.	性能測試與效益分析	P. 29





性能測試規畫



性能測試計畫	日期	11/21				11/22				11/23				11/24				11/25			
	時間	06	12	20	24	06	12	18	24	06	12	18	24	06	12	18	24	06	12	18	24
1. 增加熱水引入量																					
2. ORC機組調整																					
3. ORC性能測試																					

註：1.11/6完成試運轉後，於2019年11/21安排ORC連續三天(72小時)性能測試。

2.11/21 16:00~ 24:00引入第一套SRU單元鍋爐排放水，以提高ORC入熱條件。

3.11/22 00:00~ 24:00完成ORC發電機組參數調整。

4.11/23~11/25日完成連續3天(72小時)ORC機組發電量測試。





ORC性能測試紀錄

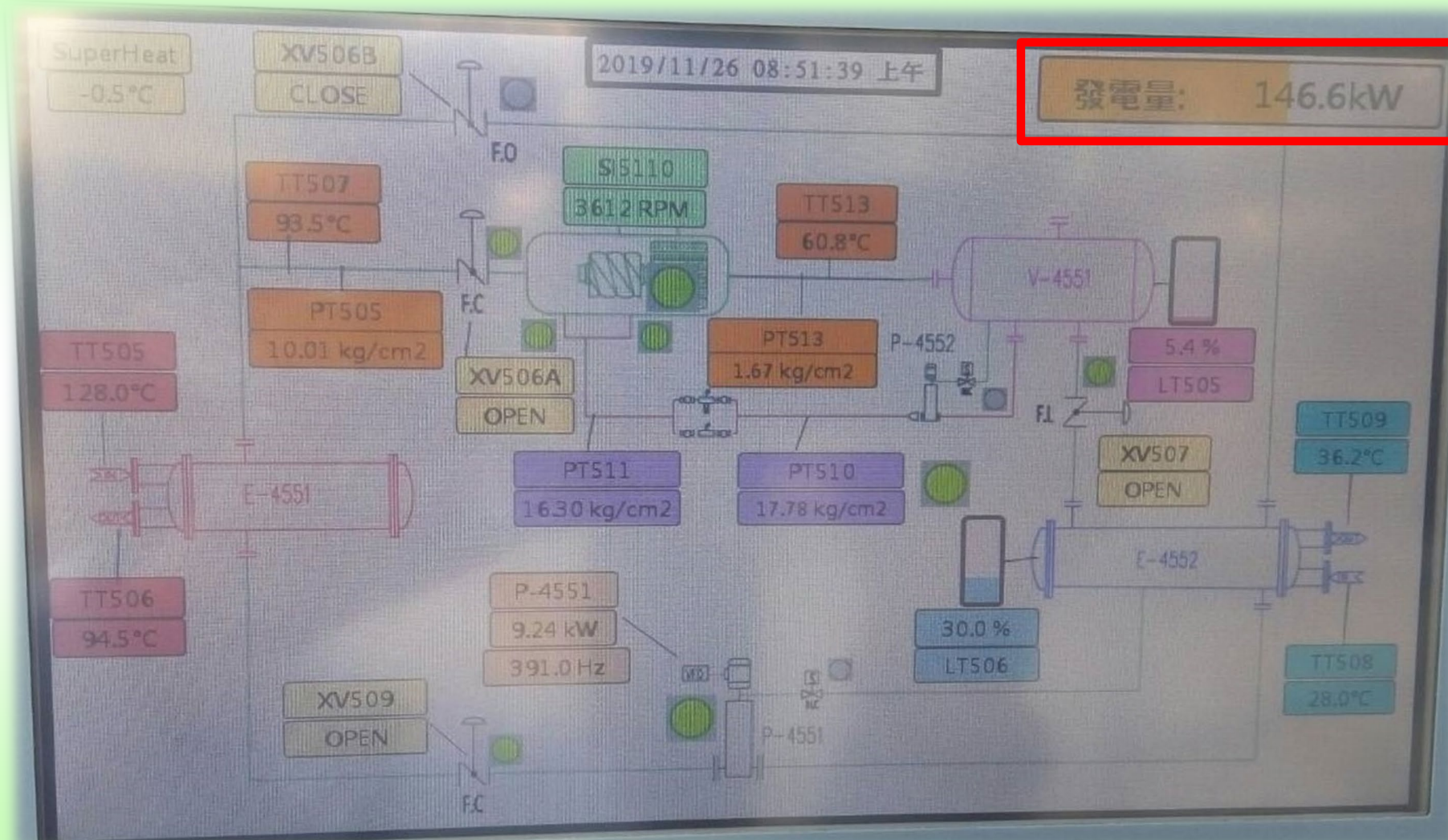


性能測試日期		2019/11/23~2019/11/25
熱水	熱水來源	熱水來源為SRU#1/3單元
	熱水壓力	1.58~1.81 kg/cm ² G(平均1.69 kg/cm ² G)
	熱水流量	26.1~29.8噸/時(<u>平均27.5噸/時</u>)
	熱水入口溫度	126.8~129.8°C(平均128.2°C)
	熱水出口溫度	92.6~96.7°C(平均94.7°C)
實際淨發電量		118.6~145.5 kW(<u>平均134 kW</u>)





ORC機組PLC操作盤照片





績效指標



		計畫書		性能測試	
基礎資料	ORC投資金額	18,500千元		平均熱水量	27.5噸/時
	總投資金額	52,723千元		淨發電量	134.0 kW
	電力單價	2.2元/度		實際淨發電量	1,118,393度/年
	計畫書熱水量	34噸/時		預估節省金額	2,460仟元/年
	計畫書淨發電量	940,042度/年		回收年限	21.4年
				性能測試 (SRU1/3)	

- 註：1. 計畫書年發電量940,042度/年，係以2015~2017年平均熱水量34噸/時推估。
 2. 性能測試之改善效益以年操作時數8,760時計算，再扣除ORC須配合SRU#2單元每兩年停車34天(平均每年為408小時)之發電損失。
 3. 年淨發電=134(kW) x 8,760時/年= 1,173,840度/年。
 4. 每年發電損失=135.9 kW x 408時/年=55,447度/年。
 (135.9 kW為ORC機組熱水操作量20噸/時(乾度為10%條件下)之理論淨發電量 x 0.95)
 5. 年淨發電量=1,173,840度/年 - 55,447度/年 = 1,118,393度/年。
 6. 溫室氣體減量=1,118,394度/年 x 0.8676噸/千度 = 970噸/年。

