

300 kW 有機朗肯循環系統於低溫熱源條件下之耐久測試

Endurance Test of a 300 kW Organic Rankine Cycle System in Low Grade Heat Source Condition

陳妙如^{1*}、賴泰華²、王大維³、蔡禮豐³、廖榮皇⁴

¹ 工研院綠能所 資源應用技術組 溫差發電技術研究室 副研究員

² 工研院綠能所 資源應用技術組 溫差發電技術研究室 研究員

³ 工研院綠能所 資源應用技術組 溫差發電技術研究室 工程師

⁴ 工研院綠能所 資源應用技術組 溫差發電技術研究室 資深研究員

摘要：為確認由工研院綠能所團隊所開發的 300 kW 渦輪 ORC 系統商轉可行性，對系統進行至少 100 小時的連續運轉測試，以評估系統的耐久可靠度。經過本次約 105 小時的耐久測試(含 110% 系統超載測試)，顯示該 ORC 系統能夠經受最後的時間考驗。分析結果指出，該系統於冷熱源溫差小於 90°C 的條件下，其系統的熱轉換效率仍可超過 9%，其效率已超越國際上已揭露之同級產品，顯示 ITRI 300 kW 渦輪 ORC 系統具有相當的國際市場競爭力。

Abstract : In order to confirm commercial operation of the developed 300 kW turbine ORC system by ITRI's team, the system was tested for at least 100 hours of continuous operation to assess the endurance of the test system. After about 105 hours of endurance testing (including 110% system overload test), the ORC system was able to successfully complete the test. The analysis results show that the system can achieve system efficiency over 9% under the condition of temperature difference of 90°C(or less), and its efficiency has surpassed internationally disclosed products. It shows that the ITRI 300 kW turbo ORC system is competitive in the international market.

關鍵詞：有機朗肯循環、耐久測試、系統效率

Keywords : Organic rankine cycle, Endurance test, System efficiency

前言

隨著經濟迅速的發展，能源為全球經濟發展之重要關鍵因素之一。全球有 52% 的能源以廢氣或廢水形式排放至空氣中，不僅大量熱能被浪費外，也造成環境的熱汙染及增加溫室氣體的排放，其中工業排放廢熱的溫度達 300°C 以下以及發電部門排放的廢熱溫度約 100°C 以下 [1]。相較於火力發電，工業廢熱之可用能低、系統熱效率低，發電設備投資成本高，但其因不需另外燃燒額外的燃料來發電，以達所要的製程溫度或發電，故可

節省燃料成本，且一般工業廢熱多以 24 小時連續不間斷的排放，若能有效加以利用來源豐沛的廢熱，如工業之廢熱為製程間或製程後未經熱交換器設備回收再利用的殘餘熱能，必能提高整體熱源的使用率，以降低能源消耗、減少溫室氣體排放及創造更高的能源效益。

針對低溫廢熱的特性，若以傳統蒸汽動力循環的方式進行回收再利用，其能量轉換回收率偏低，無法有效回收低溫廢熱，所伴隨而來之經濟效益亦不高，若於較低溫的熱源條件，採用 ORC 系統則相對較為適宜；由於一般 ORC 系統，所採

用之工作流體為沸點較低之有機流體，其於低溫的熱源條件下便可化成蒸汽，以其高壓狀態來推動渦輪，可應用的領域相當廣泛。至今為止 ORC 發電技術的發展已相當成熟，因應不同的廢熱溫度及製程狀況，採用各種不同工作流體之客製化 ORC 系統亦已被提出並也實際進行商轉。工業廢熱回收產業，如造紙、金屬熱處理廠、化工、鋼鐵及石化廠等，發電容量由 100 kW 至 500 kW，皆可看到採用 ORC 系統進行廢熱發電的實際案例。ORC 發電系統除了可用於工業廢熱回收外，應用範圍甚至可用於地熱發電、生質能發電、海洋能發電及太陽能發電 ... 等，也就是說有冷熱源溫差即可發電。而經濟效益的關鍵因素，則依回收廢熱是否容易回收廢熱的量、冷熱源的溫度、關鍵元件效率、發電效率、工廠廠房空間限制、回收成本、客製化及優化廢熱回收配置系統等條件有關。ORC 機組發電系統之技術在全球商業應用與功率範圍為 50 kW 至 2 MW，發電量仍持續提升中。

背景說明

有機朗肯循環 (Organic Rankine Cycle, ORC) 衍生自蒸汽朗肯循環 (Steam Rankine Cycle)，蒸汽朗肯循環的工作流體為水，利用昇壓泵浦將水送入蒸發器，藉由蒸發器吸收外界的熱源將水汽化為飽和蒸汽，排至渦輪機入口，再推動渦輪機進行熱能及壓力能的轉換，產生電力或軸功率，作功後的飽和蒸汽因溫度與壓力的降低轉換為濕蒸汽，再透過冷凝器進行熱交換完被冷凝為飽和液體，再送往昇壓泵浦，完成整體循環。而全世界 90% 的電力來自朗肯循環，但由於工業廢熱的溫度較低，系統為了要擷取低溫熱源及產生較高的經濟效益，改用有機溶液作為工作流體，因此稱為有機朗肯循環，與朗肯循環系統同樣架構、原理及迴路下，如圖 1 所示，有機溶液的沸點較水低的特性，且可配合不同的工業熱源溫度、熱源形式及熱源壓力，選擇合適的工作流體、熱交換器類型及膨脹機等，並可配合廠區的冷源，進行中、低溫熱能發電，如熱源與冷源的溫差大於

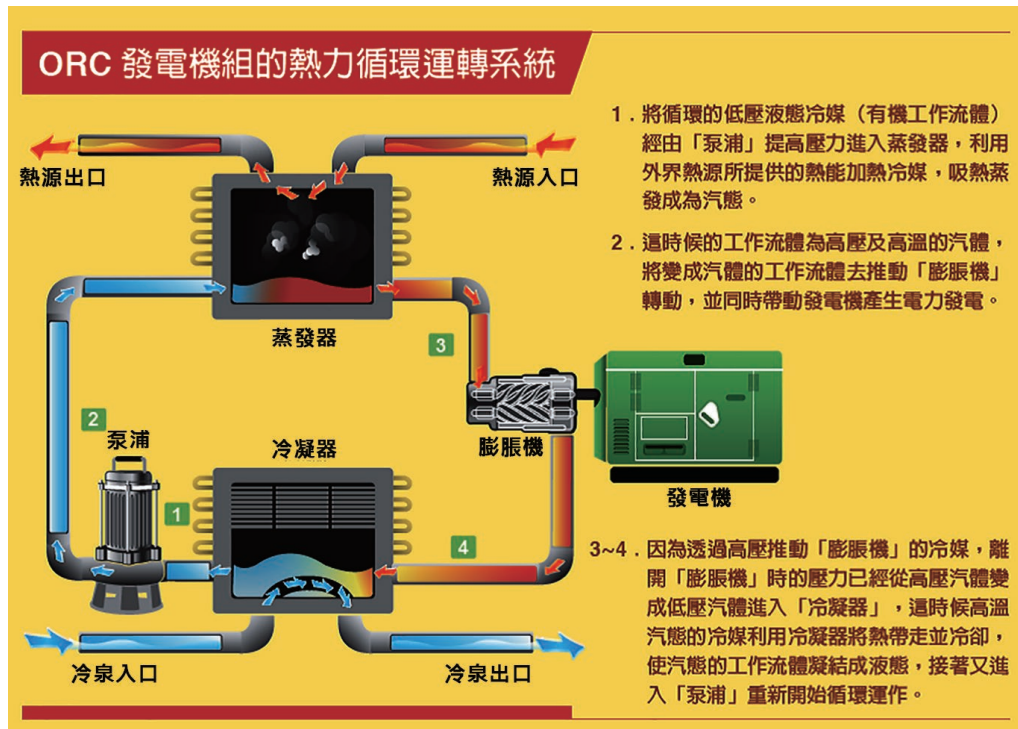


圖 1 為 ORC 產品架構圖與關鍵元件 (能源報導, 2014 年 9 月)

更完整的內容

詳見 ■ 機械工業雜誌 ■ · 427 期 · 107 年 10 月號

機械工業雜誌 · 每期 **220** 元 · 一年 12 期 **2200** 元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

匯款帳號：兆豐國際商業銀行新竹分行(代號 017)，帳號/ 203-07-02288-0

訂書專線：03-591-9339

傳 真：03-582-2011

機械工業雜誌 · 官方網站：www.automan.tw

機械工業雜誌 · 信箱：jmi@itri.org.tw