低階熱能發電的有機朗肯循環機組開發與測試

Development of ORC for Low Grade Thermal Energy Conversion

郭啟榮
工研院
綠能與環境研究所
資源應用技術組

李毓仁
工研院
綠能與環境研究所
資源應用技術組部

郭吟翎
工研院
綠能與環境研究所
資源應用技術組

徐崧蔚
工研院
綠能與環境研究所
資源應用技術組

關鍵詞

- 有機朗肯循環 Organic Rankine Cycle
- 低溫熱能發電 Low Grade Thermal Energy Conversion
- 渦輪機 Turbine
- 螺桿膨脹機 Screw Expander

摘要

依據熱源、冷源溫度條件，選擇適用有機工作流體，有機朗肯循環(Organic Rankine Cycle，ORC)機組可將熱源和冷源間的溫差熱能轉換為電力輸出，適合工業餘熱、地熱/溫泉、廢棄物熱能、生質熱能、太陽熱能等低階或中階熱能利用。ORC迴路系統主要關鍵元件有昇壓泵浦、蒸發器、作功元件、冷凝器等，本文以工研院成功開發的10瓩ORC發電機組載台，探討介紹ORC機組的設計、開發和性能測試結果。

Based on the thermal energy potential between heat sources and heat sinks, Organic Rankine Cycles (ORCs) are suitable for the conversion of low grade and medium grade thermal energy (such as industrial waste heat, geothermal, biomass, solar thermal energy, etc.) into power. The main components of an ORC consists of a working fluid pump, an evaporator, an expander, and a condenser. By virtue of the successful development of an ORC with 10 kilo-watts power rating in ITRI, the ORC's design and performance test were investigated.

前言

■工作原理

有機朗肯循環(Organic Rankine Cycle，ORC)的基本架構和作動原理相同於蒸汽朗肯循環系統，不同點在於蒸汽朗肯循環使用水爲工作流體，其常壓沸點溫度爲 100℃；ORC 則使用有機工作流體(organic working fluid)，利用有機工作流體的蒸發和冷凝熱力性質特點，可適應不同冷、熱源條件。ORC 循環迴路內的主要關鍵元件有昇壓泵浦、蒸發器、作功元件(例如：渦輪機、螺桿膨脹機、渦卷膨脹機等)、冷凝器等(圖 1)，其熱能轉換爲(一)取熱：利用蒸發器擷取來自熱源端的熱載體熱能，使蒸發器內的有機工作流體蒸發爲汽態；(二)熱功轉換：利用作功元件轉換有機工作流體熱能和壓力能爲機械軸功，機械軸功再藉由發電機產生電力；(三)排熱：利用冷凝器內來自冷源端的冷載體帶走汽態有機工作流體釋放的熱能並將其冷凝爲液態；(四)昇壓：利用泵浦汲取、昇壓液態有機工作流體，並輸送至取熱單元，完成 ORC 動力系統循環。

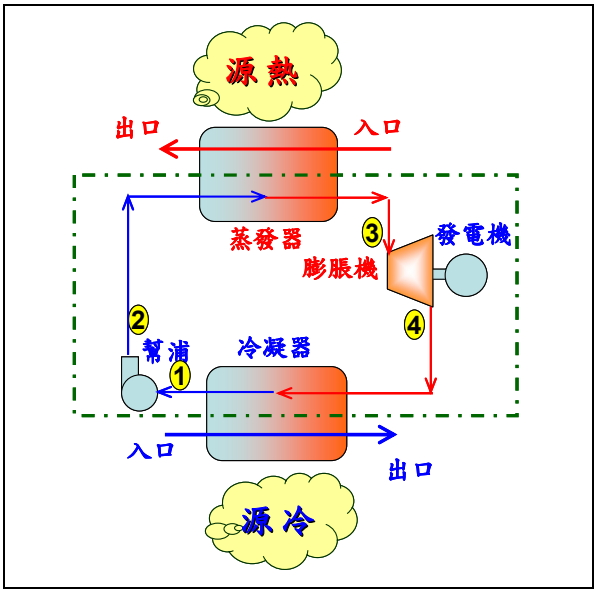

圖 1　ORC 動力循環系統圖

■工作流體特性

中、低溫熱源可來自汽電共生廠排放餘熱、製程餘熱、工業排放餘熱、地熱/溫泉、生質/廢棄物熱能、太陽熱能等，其形式有廢氣、蒸汽或熱水。因應中、低熱源溫度範疇，ORC 系統選用低沸點物質爲工作流體，歸納參考文獻[1]~[9]分析合適的 ORC 工作流體，其考慮因子有：可用性(availability)、工作溫度、工作壓力、作功元件設計考量、熱力性質、傳輸性質和系統熱效率表現。除上述外，理想工作流體篩選原則尚需考慮無毒、不爆炸、對金屬、非金屬無腐蝕作用、不燃燒、洩漏時易於察覺、化學性安定、對潤滑油無破壞性、對環境無害等。

有機工作流體中的氯化學成分導致可燃性、氯化學成分造成大氣臭氧層剝離(臭氧層破壞能力指數(ozone depletion potential))、氟化學成分造成溫室氣體(全球暖化能力指數(global warming potential))。以往工作流體大多採用 CFCs(氯化烴，chlorofluorocarbons) 或 HCFCs(氟氯烴，hydrochlorofluorocarbons)類，然而 CFCs 和 HCFCs 因含有氯的化學成分，1987 年蒙特婁協定和 1992 年哥本哈根修正案管制要求，CFCs 已限制使用，HCFCs 使用期限則至 2030 年。因此，使用替代工作流體和相關技術發展因應而生，以滿足迴路系統需要。目前可用的工作流體有 HFCs (hydrofluorocarbons)和自然工作流體。HFCs 冷媒屬於長期替代工作流體，未來工作流體則朝自然

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】343 期・100 年 10 月號

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

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw