

超臨界水發電機組的發展與未來趨勢

梁明在

從熱機上看來，電廠的熱效率可藉提高蒸汽溫度以及冷卻排放溫度來加以提升。雖然將蒸汽從傳統的次臨界蒸汽提高到臨界溫度與臨界壓力以上，熱效率可以顯著地提升，但是仍然受限於設備材料所能承受的嚴苛條件。除了熱效率的提升以外，使用超臨界蒸汽因為不會有相變化，所以傳統發電廠的蒸汽產生器、蒸汽分離器、與蒸汽乾燥器等便不再需要了，所以簡化了設備以及佔地。及至 2004 年止，全球已經有 462 套機組(約 270 GW)使用超臨界水發電機，其中幾乎全都是燃煤發電機。預估未來 10 年內，超臨界水發電機組每年可以增加 25~40 GW 的水準。

超臨界水電廠所具有的主要優點有：

1. 熱效率提高，降低燃料成本；
2. 相同的發電量，二氧化碳的排放量比傳統電廠減少 15%；
3. 工程技藝與經驗已經相當成熟，可以與傳統的次臨界蒸汽發電廠相比擬；
4. 電廠建廠成本與次臨界水機組相當；
5. 較高的熱傳效率。

傳統次臨界蒸汽電廠的熱效率大約僅只有 35% 左右，但是將溫度提升至 600 C 以後，則效率可以達 45%，如果再進一步將溫度提高至 650~700 C，則有機會將熱效率提高到 50~55%。但是並非單獨提高蒸汽溫度便可以將熱效率提高，仍需搭配其它的整合設計，如降低排放溫度以及增加熱回收等。

目前超臨界水發電機組的研究與發展，主要為日本與歐洲，未來的研究重點與發展有：

1. 目前以鎳基合金材料為主，未來將繼續開發其他更高溫高壓的新材料，期望可以在未來 10 年內達到 700/720 C 的水準；
2. 目前的應用以煤漿燃料的火力發電廠為主，未來將推廣應用於各式的鍋爐，包括核電廠機組；
3. 利用直接加熱的超臨界水氧化反應器，除了超臨界水發電機組的優點外，更不會形成 NO_x 與 SO_x，所以可以簡化尾氣處理設備，以及使用較少的空氣量(但是必須加壓)，所以有更高的能源效率，但是燃料以及空氣需要預熱；
4. 各種材料的耐腐蝕研究，以及氧與各種鹽類與離子在反應器內的相行為等。

參考資料：

1. www.berr.gov.uk/files/file18320.pdf
2. J. Nuclear Materials, 371 (2007) 176-201
3. Fuel 83 (2004) 195-204

資料來源:義守大學 梁明在副教授提供