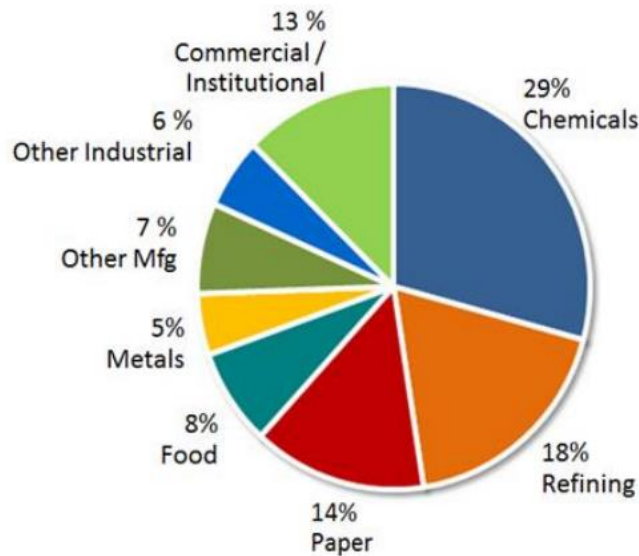


蒸汽壓降節能系統設計可行性評估

工業界中利用鍋爐產生蒸汽，以提供製程熱能需求，為因應製程需求，蒸汽在進入製程設備時，需串聯一減壓閥(Pressure Reducing Valve, PRV)，以降低蒸氣壓力，導致有紊流和噪音的現象，亦造成能源損失。此外，製程設備排放的蒸汽，仍有大量可用的熱能，若直接排放至環境中，亦會造成能源浪費和熱污染問題。採用蒸汽節能渦輪機(energy conservation turbine, ECT)或稱背壓式汽輪機(Back Pressure steam turbine)可解決此類問題，即利用工業製程中或製程後端的有效蒸汽熱能，於降壓過程中將其蒸氣內能轉換為渦輪的旋轉動能，以輸出產生電力或機械軸功。本工作內容以汽電共生系統的產業需求、汽電共生系統的類型、背壓式汽輪機系統的產值、背壓式汽輪機設計與製造、背壓式機組熱力系統分析與設計和渦輪膨脹機系統及機電整合控制設計，以六大主軸作為評估項目。

A. 汽電共生系統的產業需求

汽電共生系統主要應用於工業界或商用建築上，由於汽電共生系統為美國重要的發電資源，而美國現有的汽電共生系統多來自工業界，主要集中來自五大設施，即化工廠、煉油廠、造紙廠、商用建築及食品加工業，如圖 1 所示。美國為能源需求較高的國家，由於能源密集度高，再加上擁有集中電力及較高熱能需求，因此掌握較多汽電共生系統的技術能力。在投資上，美國能源局與汽電共生系統設備製造商合作，針對小型汽電共生系統之技術改進，致力於如何提高效率和熱能技術的應用。



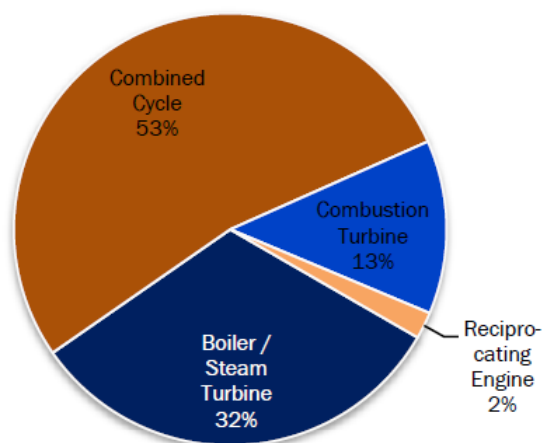
資料來源：ICF CHP Installation Database, 2012

圖 1、2012 年美國汽電共生系統應用於產業之比例

汽電共生系統應用的產業，除了上述的設施外，也應用於垃圾焚燒場、供熱廠、地熱、船舶動力等。在未來汽電共生系統的市場上，發展中的國家對於紙和紙類相關產品，需求量的增加，如印度和印尼，市場預測將會提高汽電共生系統建置需求，進而增加發電量，以彌補發展中國家的電力不足問題，而其所用的汽電共生系統即為背壓式汽輪機系統。

B. 汽電共生系統的類型

汽電共生系統的類型，美國將其主要分成四大種類，如圖 2 所示，複循環發電佔的比例最大，其原理為結合兩個或兩個以上的熱力循環；佔第二大宗的類型為蒸氣汽輪機，其中背壓式汽輪機佔的比例為 10%，原理為高壓蒸氣推動渦輪機旋轉，產生電力輸出或軸功輸出；其次為燃氣渦輪發動機，原理為新鮮空氣被加壓縮成高壓氣體，再藉由噴嘴噴出燃油與空氣混合成高溫高壓氣體，進而推動渦輪機產生電力或軸功輸出；最小比例為往復式引擎，原理為一個或一個以上的活塞，將壓力能轉換成旋轉動能，接著產生電力。

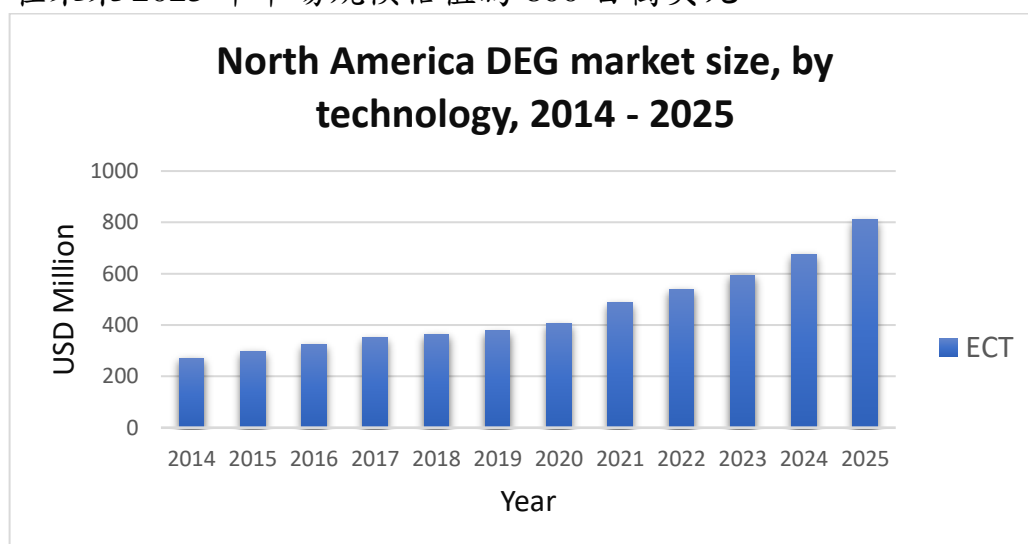


資料來源：Global climate change 2011

圖 2、美國汽電共生系統的類型圖

C. 背壓式汽輪機系統的產值

北美政府將獎勵及計畫推動分散式發電(Distributed Energy Generation, DEG)，促進分散式發電應用在商業及工業上，分散式發電為電網連接各種小型發電設備及儲能技術的系統，分散式發電的優點在於減少電力長程傳輸的損失、無法建立長途電網的地區及利用發電的廢熱回收利用。其中，背壓式汽輪機系統在北美分散式發電中，在未來 2025 年市場規模估值為 800 百萬美元。



資料來源：Grand View Research

Research

圖 3、北美背壓式汽輪機系統在分散式發電之市場規模

2025 年預期亞太地區為分散式發電成長最快的地區，由於經濟發展速度取決於能源消耗，在電網連接缺乏及工業化需求不斷增加的情況下，分散式發電能降低電量不足的問題，如印度被視為成長率最高的國家。

D. 背壓式汽輪機設計與製造

依製程條件所需，完成熱力性能評估，再進行汽輪機流道輪廓線尺寸及定子轉子葉片設計，並以三維黏性計算流體力學分析工具進行蒸氣流場性能計算作為設計調整依據。轉子轉盤構型將以鋼及鋁合金材質進行初步之結構應力分析，以確認機械強度特性及操作安全性。接著完成定子轉子葉輪工程圖面發包及零組件製造。

E. 背壓式機組熱力系統分析與設計

蒸汽壓力如何有效利用，除了提升背壓式汽輪機效率之外，鍋爐效率的提升，也是蒸汽壓降節能發電技術之高效率利用之一，因此，有效利用鍋爐產生的蒸汽，除了能提供穩定壓力之高品質製程蒸汽之外，同時解決鍋爐負載問題，以降低能源耗量。提升鍋爐效率的方法為提高燃燒效率、減少氣體排放至大氣的熱損及增加鍋爐內熱傳效率。而一般工業界採用鍋爐產生中、低壓蒸汽以供製程加熱居多，其蒸汽鍋爐產汽量為 3~50 tons/hr，經驗顯示多數鍋爐作業負載在 50~80%，排氣溫度在 170~210℃。此外，背壓式汽輪機效率的提升，在汽輪機能負荷的情況下，提高蒸汽進口溫度及壓力、降低汽輪機的溫度及壓力、汽輪機間隙調整、汽封改造和汽輪機閥門管理優化，皆能提升汽輪機的效率。

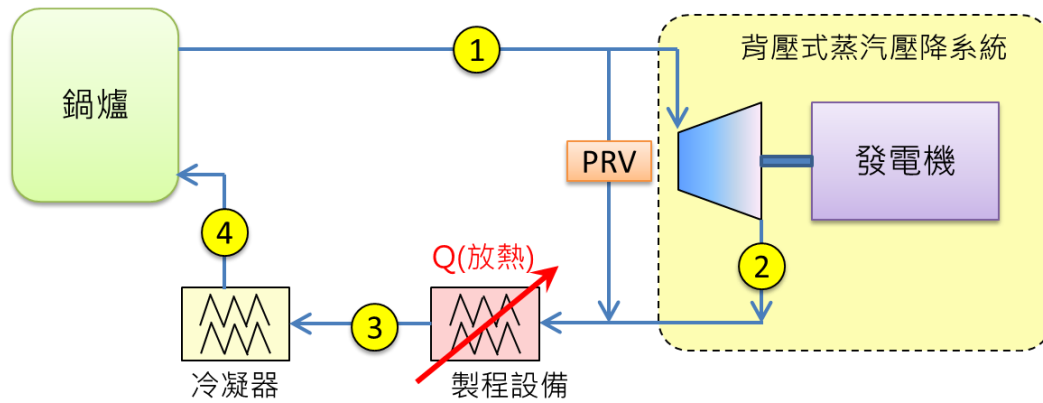


圖 4、背壓式機組的系統配置簡圖

如圖 4 所示，在未裝置背壓式蒸汽壓降系統時，製程設備熱能需求量取決於站位(1)和站位(3)的蒸汽焓值變化量；在裝配蒸汽輪機後，製程設備熱能需求量則取決於站位(2)和站位(3)的蒸汽焓值變化量。由於裝配蒸汽輪機，蒸汽做功後(其溼度亦上升約 2~4%，即乾度約為 96%~98%)，站位(2)的焓值低於站位(1)，所以需視產線製程需求稍補充熱能，以符合製程設備需求。

F. 渦輪膨脹機系統及機電整合控制設計

在不影響原有產線製程情況下，設置背壓式蒸汽壓降系統取代減壓閥，並以維持穩定的工況條件及使用者方便性，作為機電與控制系統零組件機組之開發目標，以符合使用者的需求。

蒸汽節能渦輪系統主要以 PLC 作為機組系統控制核心，利用配置數位輸出/輸入功能和搭配類比輸入模組與類比輸出模組完成背壓式汽輪機壓降機組控制系統。