



泵浦空蝕效應模擬分析與性能研究

Numerical Investigation of Mixed-Flow Pump Cavitation Effects and Performance

¹翁英哲 / ²楊竣翔

¹工研院機械所 先進機械技術組 節能機械系統部 工程師

²工研院機械所 先進機械技術組 節能機械系統部 經理

摘要：本研究使用商用設計軟體 CFturbo 設計流體機械與數值計算流體力學軟體 ANSYS-CFX 模擬分析泵浦流場現象。泵浦由混流葉輪、球狀擴散器與導葉組合而成為一段。CFturbo 為設計泵浦主要的流力元件幾何外形，包含葉輪輸入出口大小、葉片厚度、葉輪直徑、葉輪厚度、葉片數、擴散器與導葉。ANSYS-CFX 為分析流體流經過泵浦葉輪至導葉的流場物理現象，以及利用不同流量下分析該泵浦操作曲線分布。數值分析結果顯示遇到偏離設計點時所產生問題與性能改善成果。

Abstract : This study numerically investigates the mixed flow pump performance with the commercial design software, CFturbo, and the computation fluid dynamics software, ANSYS-CFX. The mixed flow pump is made up of three impellers: the casing, the bowl diffusers and the guide vanes. The CFturbo software package is utilized to design the primary geometry of the impeller inlet and outlet, the impeller diameter, the blade thickness, the number of blades, the diffuser, and guide vane. The ANSYS-CFX is applied to analyze the flow field among the impeller, the bowl diffuser, and the guide vanes. The parameters in this article include different flow rate to find mixed flow pump working zone. The numerical results also show that the mixed flow pump flow field phenomenon at different operation conditions and the performance improvement effect.

關鍵詞：空蝕、效率、流角

Keywords : Cavitation, Efficiency, Flow angle

前言

為求有效進行產業節能之推動，美國能源局 (Department of Energy, DOE) 與歐盟等單位，曾對境內各主要行業別的系统耗電狀況進行研究調查。目前在工業中運用馬達作動力的主要耗電系統為：動力傳動系統、泵浦系統、壓縮空氣(空壓)系統、送風(通風)系統、變減速傳動系統，因此依據歐盟的調查，發展上述動力系統的節能技術，可最有效的提

高工業之節能效益。而依據歐盟之研究調查所得的比例狀況資料顯示如表 1 所示。

馬達動力設備使用上，依據美國馬達動力系統省能方案研究資料指出，如圖 1 所示，工業用電中泵浦佔 24.8%、空壓機佔 15.8%、風機佔 13.7%，是工廠主要的馬達用電設備，推估約消耗台灣電力約 650 億度。以節能的角來來看，改善泵浦、風機、空壓機等主要馬達動力設備效率的節能效益顯著。



表 1 歐盟各行業別系統耗能狀況

| (單位：TW) | Pumps | Fans | Air Comp | Cool Comp | Conveyors | Other |
|-----------|-------|------|----------|-----------|-----------|-------|
| 非金屬礦業 | 6.8 | 21.4 | 16.8 | 0.0 | 6.2 | 48.8 |
| 造紙、紙漿及印刷業 | 56.9 | 21.7 | 13.2 | 0.4 | 0.9 | 6.9 |
| 食品及煙草業 | 9.8 | 11.5 | 8.7 | 30.3 | 0.0 | 39.7 |
| 化工業 | 26.4 | 10.6 | 28.1 | 5.7 | 2.6 | 26.6 |
| 鋼鐵業 | 8.5 | 15.0 | 14.1 | 0.0 | 5.3 | 57.1 |
| 機械製造業 | 1.4 | 18.3 | 17.2 | 0.0 | 0.0 | 63.1 |

資料來源：工研院 IEK

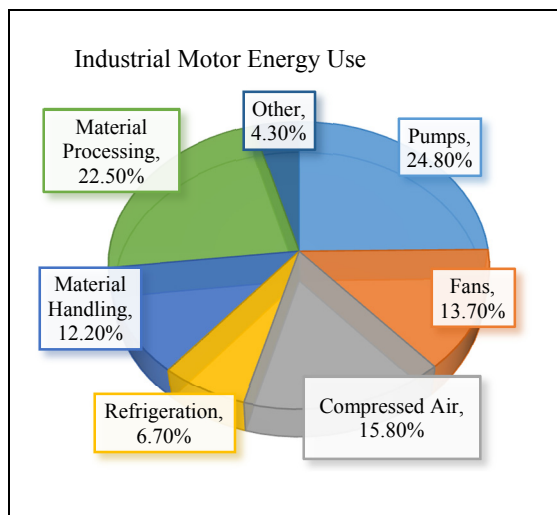


圖 1 馬達動力機械工業耗電比例

資料來源：DOE

以政策面的角度來看，若能進一步管制馬達單體及馬達動力設備能效，則能有效落實節能減碳目標。

目前泵浦、風機、空氣壓縮機、減速機等機械設備，也是我國工業廣泛使用的馬達動力系統產品，在國內馬達的產業應用上泵浦佔了 57%、風機佔了 23%、空壓機佔了 10%、減速機佔了 4%，因此為有效的提高國內工業之節能效益，此次研究選定以泵浦設備作為導入節能技術之標的。

工研院機械所在經濟部能源局的高效率馬達動力機械關鍵技術開發與推廣計畫支援下，針對流體機械設備-混流泵浦空蝕效應數值模擬分析。期望本文可給相關人員，在提升旋轉機械模擬技術與泵浦開發應用上的經驗與參考。

混流泵浦主要架構由葉輪、球型擴散器、導葉、馬達部、鐘型入口與吸入側部件組成，依需求增加級數。泵浦一直為工業中液體驅動的關鍵元件，應用相當廣泛，但因液體本身物性特徵，葉輪高速旋轉時於液體接觸面上之黏滯力與壓力梯度影響下，流體會產生渦流、分離、二次渦流與在葉片上低於液體飽和蒸汽壓時所造成之空蝕等現象，進而造成流體元件受氣泡破裂產生之壓力波而損壞，以及噪音與機構振動等不利於泵浦之影響，因此本研究使用計算流體力學軟體模擬分析與檢視空蝕現象對於性能優劣的影響。

空蝕(cavitation)現象一直為泵浦重要議題，過去文獻利用數值分析與最佳化泵浦以降低空蝕現象產生[1]，探討入口速度、空蝕係數與轉速對噴射泵浦之影響，發現空蝕產生時明顯減少了葉片之推力與力矩，效率隨之降低 15%。Domagala [2]利用 CFX 分析含有空蝕效應的兩級噴射泵浦，發現最大壓降來自入口設計不良，更透過葉輪放大此效應，導致存在更多氣泡，降低泵浦效能。Cunha[3]等人應用數值分析軟體 CFX 研究離心泵浦流體動態，空蝕伴隨著局部壓降與性能低落，藉由計算流體力學(Computational Fluid Dynamic, CFD)可預先找出此現象，將空蝕區域減小或是消除，以避免耗損泵浦使用壽命。Tan [4]等人運用全空蝕模型與 RNG k- ϵ 模型準確的以 CFD 描述空蝕流體對於泵浦的衝擊，空蝕現象最早出現在靠近前蓋葉片之吸力面，在葉輪入口所逐漸擴大的氣泡阻礙了流體流入葉

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】415 期・106 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

機械工業雜誌信箱：jmi@itri.org.tw