

113年度經濟部中小企業處
新創採購-場域實證·共創解題

提案書

變頻抽水機組合控制最佳化

提案機關：台灣自來水（股）公司
第八區管理處操作課

中華民國 113年 4月 19日

提案機關 或企業	台灣自來水（股）公司第八區管理處操作課
提案名稱	變頻抽水機組合控制最佳化
配合單位	台灣自來水公司第八區管理處清洲淨水場
◆ 提案 概要 （具體並 簡要說明 實證背景、主 題）	<p>台灣自來水事業單位與各縣市政府追求水資源安全與永續目標，致力於飲用水質管理與優化，其中清洲淨水場供水區域包括宜蘭羅東鎮、三星鄉、冬山鄉、蘇澳鎮等地區，並同步配合縮小廣興淨水場供水範圍。宜蘭、羅東供水系統已完成跨區管線聯通水源，可由清洲淨水場支援深溝淨水場宜蘭地區供水。清洲淨水場112年平均日出水量4.20萬立方公尺，目標廣興供水區域供水人口數120,249人，供水用戶數45,450戶。現以沉砂、快混、膠凝、沉澱、快濾、消毒等淨水流程確保飲用水品質，設計處理能力約為每日8萬立方公尺，擁有原水、淨水、供水等單元，並且擁有完整廢水處理設備用以處理流程產生廢水，其中蘭陽溪以南區域供水使用250HP 2台、100 HP 2台搭配變頻器，調整適當的水壓水量至供水區。</p> <p>本計畫旨在解決供水區域抽水機操作未落在最佳效率點所造成的能源浪費問題。由於用戶用水習慣不同，每時、日、週...等都有不同用水變化；操作人員為滿足群體用水需求，必須時時關注其變化，適時調整抽水機運轉組合及其變頻器的頻率設定，以滿足水量及水壓的需求。然而多台抽水機並聯運轉時，無法確認個別抽水機頻率該如何設定才可處於最佳效率點，僅能以滿足供水需求進行調整，所以已遠離最佳效率點操作卻不自知。事實上，當抽水機遠離最佳效率點運轉時，不僅效率降低，亦可能造成逆流及加速抽水機故障，也導致能源浪費。再者，現場操作人員苦於監控其他各項儀表設備，分身乏術或是專業知識不足，無法時刻正確判斷適當的操作頻率。</p> <p>本案計畫引入「變頻抽水機組合控制最佳化」系統，藉由抽水機實驗及最佳化數學模型研究，計算不同需求下最佳的抽水機頻率組合。以清洲淨水場為測試場域，結合現有供水抽水機與變頻最佳化計算系統，將實際操作需求運算出組合最佳化數據。本提案旨在最大程度地提高系統運行效率，進而降低用電成本。這種技術的應用使得抽水機能夠根據實際需求靈活調整運行頻率，從而在不同操作條件下實現最佳效能，為供水系統帶來更大的節能潛力。</p>

◆ 提供之行政協處內容	協調清洲淨水場可應用的場域抽水機變頻最佳化建模與水場系統介面銜接與資訊安全等相關協助				
◆ 預計期程	民國 113 年 6 月 15 日至 112 年 12 月 31 日。依經濟部中小企業處補助契約所定契約期間。(以 6 個月為原則)				
申請機關或企業聯絡窗口及主管	機關或企業	姓名	職稱	電子信箱	聯絡電話及手機
	台灣自來水(股)公司第八區管理處操作課	林志憲	課長	ighslin@mail.water.gov.tw	03-9229847 #350

申請提案即同意經濟部中小企業處為執行採購案蒐集、處理或利用個人資料及檔案（指自然人之姓名、身分證統一編號、職業、聯絡方式、社會活動、其他得以直接或間接方式識別該個人之資料等個人資料保護法所指之個人資料）所涉個人資料(附件2)。

內文內容

壹、問題背景：

「供水系統使用變頻器調整抽水機效率，但常未落於最佳效率點」：

痛點：抽水機設備使用變頻操作，常未使用在最佳(高)操作點，造成能源使用效率下降，並降低抽水機使用壽命。

台灣自來水事業單位與各縣市政府追求水資源安全與永續目標，致力於飲用水質管理與優化，其中清洲淨水場供水區域包括宜蘭羅東鎮、三星鄉、冬山鄉、蘇澳鎮等地區，並同步配合縮小廣興淨水場供水範圍。宜蘭、羅東供水系統已完成跨區管線聯通水源，可由清洲淨水場支援深溝淨水場宜蘭地區供水。清洲淨水場112年平均日出水量4.20萬立方公尺，目標廣興供水區域供水人口數120,249人，供水用戶數45,450戶。現以沉砂、快混、膠凝、沉澱、快濾、消毒等淨水流程確保飲用水品質，設計處理能力約為每日8萬立方公尺，擁有原水、淨水、供水等單元，並且擁有完整廢水處理設備用以處理流程產生廢水，其中蘭陽溪以南區域供水使用250HP 2台、100 HP 2台搭配變頻器，調整適當的水壓水量至供水區，如[圖一]。

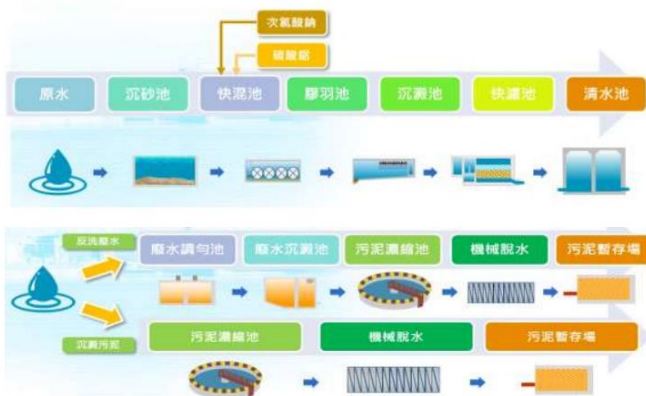
本計畫旨在解決供水區域抽水機操作未落在最佳效率點所造成的能源浪費問題。由於用戶用水習慣不同，每時、日、週…等都有不同用水變化[圖二]；操作人員為滿足群體用水需求，必須時時關注其變化，適時調整抽水機運轉組合及其變頻器的頻率設定，以滿足水量及水壓的需求。

配置單台抽水機的供水系統，設計時會依據規劃計算出水量及揚程(水壓)需求，而選用抽水機額定點滿足前述水量及揚程，並接近該水機的最佳效率點[圖三]。在理想條件下，抽水機的操作範圍大多會運轉在最佳效率點附近。在特殊條件下，如：供水系統隨時間的推移而需求大幅改變，變動的水量及水壓會使抽水機運轉超出操作範圍，使抽水機運轉效率大幅下降；而這種特殊條件卻越發常見，因此加裝變頻器使抽水機的操作範圍大幅加寬，是目前慣用有效的解決方案。

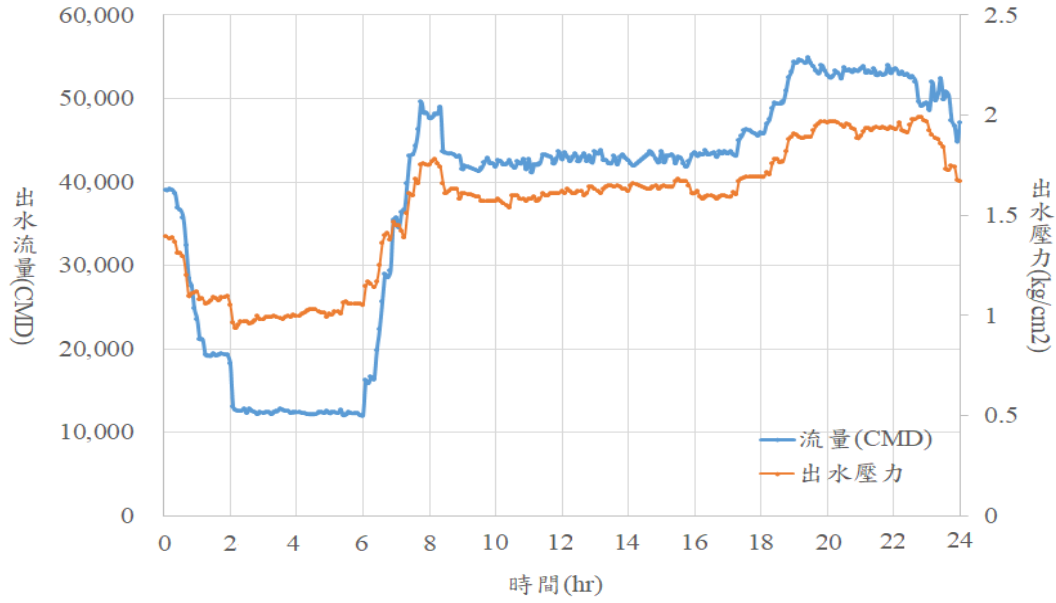
配置多台抽水機並聯運轉的供水系統，常因規劃與現實的差距，初期可能會發生選用的抽水機超出本身的操作範圍，這原因將使抽水機如何運轉在最佳效率附近成為需要思考的問題，再疊加多台抽水機運轉則將問題變為棘手，此時無法像單台抽水機

加裝變頻器就可輕易的解決問題，因為個別抽水機有個別的性能曲線，每台抽水機的變頻設定會影響其他台的效率表現，因此操作人員無法確認個別抽水機頻率該如何設定才可處於最佳效率點，僅能以滿足供水需求進行調整，所以抽水機運轉已遠離最佳效率點、效率嚴重低下卻不自知。事實上，當抽水機遠離最佳效率點運轉時，不僅效率降低，亦可能造成較低揚程抽水機逆流及加速抽水機故障，也導致能源浪費[圖四]。再者，現場操作人員苦於監控其他各項儀表設備，分身乏術或是專業知識不足，無法時刻正確判斷適當的操作頻率。

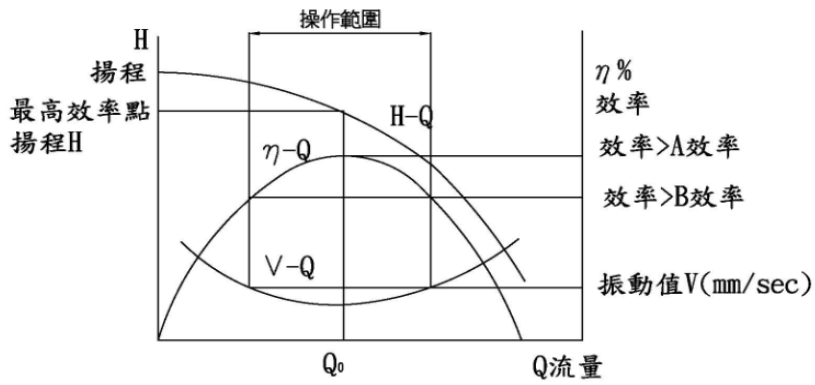
本案計畫引入「變頻抽水機組合控制最佳化」系統，藉由抽水機實驗及最佳化數學模型研究，計算不同需求下最佳的抽水機頻率組合。以清洲淨水場為測試場域，結合現有供水抽水機與變頻最佳化計算系統，將實際操作需求運算出組合最佳化數據。本提案旨在最大程度地提高系統運行效率，進而降低用電成本。這種技術的應用使得抽水機能夠根據實際需求靈活調整運行頻率，從而在不同操作條件下實現最佳效能，為供水系統帶來更大的節能潛力。



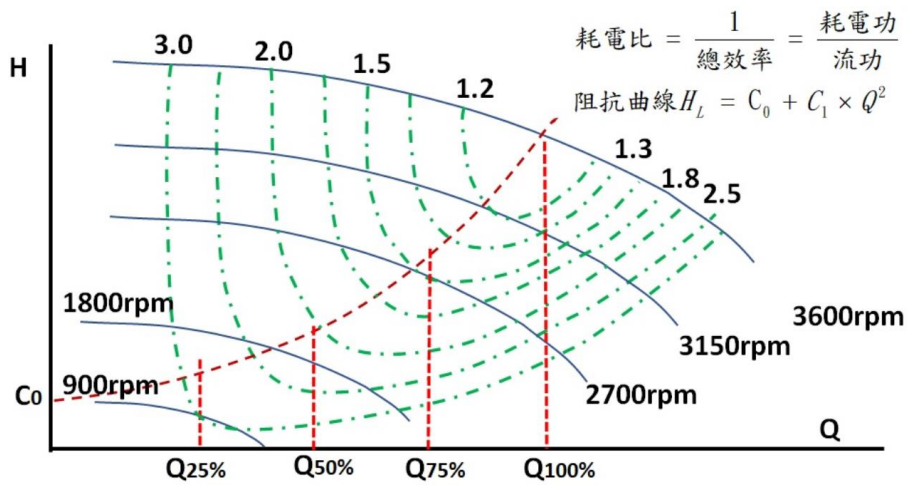
圖一 清洲淨水場流程及供水系統



圖二 清洲淨水場供水時序變化圖



圖三 單台抽水機效能圖



圖四 抽水機變頻性能曲線圖

貳、實證主題

本案提出建立變頻抽水機組合效率計算系統，搭配現有水場中加壓抽水機與感測器，執行抽水機效能最佳化模型，透過現場水壓、水量需求，可即時解算所需抽水機數量及對應調整頻率，使之數位轉型為新型態智慧水場，作為未來全面導入自來水之示範水場，除了降低供水能耗外，也可以延長抽水機的使用壽命。

參、解題構想

本提案並不限制可行技術的種類範圍。廠商使用水力及電力量測儀器，測試現場個別抽水機在不同揚程、頻率下之完整水力及電力數據，並建立抽水機於現場並聯狀態下出水效率的演算式，能依據操控所需條件，自動計算出變頻時的最佳效率點，讓個別抽水機處於最佳效率點之90~100%效率區間(若抽水機組合無法達成，應於系統內提出警示)，並回授抽水機選擇方案及所需頻率。

本案最終目標為建立自動演算系統，操作人員輸入現場供水量及水壓需求，藉由系統所自動計算最佳效率運轉組合及變頻器頻率設定，並透過介接現有控制系統，安全及穩定地自動調整實際變頻抽水機組合。於現有圖控系統，要能顯示個別及總和抽水機及時效率，提供操作人員即時追蹤抽水機變化，建立低能耗供水模式。

註：現場監控系統已接取各抽水機電壓及電流、總出水量、出水壓、水池水位、變頻器頻率之監測數據(未校正)。

肆、預期功能或規格

本提案不限制可行技術的種類範圍，隨時可依據操作人員所輸入的供水量及水壓需求，藉由所建立的數學模型自動計算最佳效率運轉組合含變頻設定，介接現有控制系統，安全及穩定地自動調整實際變頻抽水機組合，並於現有圖控系統，控制變頻抽水機及顯示個別及總和抽水機及時效率，提供操作人員即時追蹤抽水機變化，建立低能耗供水模式，並滿足操作人員所設定的供水量及水壓。變頻抽水機組合效率計算系統連續監測記錄使用中抽水機的效率及運轉狀況，提供保養人員作為保養或汰換依據。

一、計算系統顯示面板上需要顯示以下數據：

- (一) 各抽水機供水量及總和
 - (二) 各抽水機出水壓力值
 - (三) 各抽水機電流值
 - (四) 各抽水機及時效率及總效率
 - (五) 及時總效率與最佳效率比
 - (六) 抽水機異常警訊
- 二、計算系統對於操作人員所輸入建議數值(水量、水壓)，並且需要配合清洲場現有供水機組合規格計算出合適數值，所用單位須配合現有操作系統，其反應時間不得大於3分鐘，以避免操作人員因換算延誤時間。
 - 三、計算系統應提供抽水機組合建檔及規格輸入功能，以方便現場抽水機更換時能無縫接軌以及線上即時比對。
 - 四、有鑑於現場抽水機因維修或汰換，機組有變動可能，應建置不同規格抽水機標準化導入流程。
 - 五、計算系統應利用監控系統數據計算使用中抽水機組合實際效率，與原有數據進行即時比對，對於及時總效率與最佳效率比低於設定%時，應提出警示。並且分析各項監測數據，如有出現不合理，須於系統上鮮明顯示哪台儀器故障，其中應以現有操作系統上代號及中文名稱顯示。
 - 六、系統建立並測試完成後，須配合淨水場舉辦一場完整系統訓練課程，包含日常維護、原理、操作說明與功能解說。
- 伍、試作或實證場域及範圍
- 台灣自來水(股)公司第八區管理處清洲淨水場
- 陸、提供行政協處內容
- 一、測試場域內設備使用及行政程序協調。
 - 二、為配合測試場域內的所需管線及機電整備、水量及揚程變化條件，由本處負責。
 - 三、抽水機現場測試過程，本處派員會同並指導。
 - 四、若所選定之測試場域因故無法提供完整測試，由本處負責安排其他可供測試場域。
- 柒、預計期程
- 一、113年3月送審提案書
 - 二、6月公告結果
 - 三、7月現裝抽水機完整電力及水力測試。
 - 四、8月前完成計算系統建立並且提供操作人員手動測試效果

五、9月第一次工作會議檢討，並介接現有監控系統直接控制並且開始測試

六、11月前完成場域測試及教育訓練

七、12月完成全部相關內容並驗收

柒、查核依據

一、使用水力及電力量測儀器，測試現裝抽水機在不同揚程、頻率下之完整水力及電力數據(最高總效率之70%範圍內變動揚程至少施做13點、變動頻率在50%~100%範圍至少施作10點)。(10%)

二、建立全天24小時的變頻抽水機組合效率計算系統及整合現有監控系統，連續監測供水抽水機儀表板顯示即時監測數據，系統連接包含水場原有終端感測設備、資料收集器、資料傳輸器，可視需求調整及換算。須每分鐘至少記錄1筆抽水機出水量及揚程(8%)、抽水機電功率及頻率(8%)、總效率與最佳效率比(4%)等資料，並可自動保留監測記錄至少連續2個月以上，有效紀錄達98%以上(24小時*98%=23.52小時)，提供顯示管理平台，有利於給水廠、淨水場整合場內機電暨水質監控系統資訊。(20%)

三、計算系統與現有監控系統進行介接，提供操作人員即時進行供水機組合計算，控制變頻抽水機組合及顯示個別及總和抽水機及時效率，並有相關運轉歷史曲線可供查詢紀錄。(10%)。

四、經數學模型解算後，其運轉的個別抽水機效率應在該抽水機最佳效率點(BEP)之90%以上。如因水量及水壓條件惡劣，無法達成前項目標，亦應提出系統告警，通知操作人員此時運轉在效率不佳區間。(15%)

五、計算系統應提供抽水機組合建檔及規格輸入功能，以方便現場抽水機更換時能無縫接軌以及線上即時比對，並建立抽水機變更時的標準化導入流程。(15%)

六、計算系統應利用監控系統數據計算使用中抽水機組合實際效率，與原有數據進行即時比對，對於及時總效率與最佳效率比低於設定%時，應提出警示。並且分析各項監測數據，如有出現不合理，須於系統上鮮明顯示哪台儀器故障，其中應以現有操作系統上代號及中文名稱顯示。(10%)

- 七、系統建立並測試完成後，須配合淨水場舉辦一場完整系統訓練課程，包含日常維護、原理、操作說明與功能解說、課程時間至少 2 小時，學員人數至少 10 人次，其訓練成果包含課程表、講師名單、簽到簿、課程過程照片、實地操作照片及滿意度調查表，滿意度達 80% 以上。(10%)
- 八、對於本案裝設的水力及電力感測器，結案後應協助進行一年內定期維護與校正作業，並建立故障時維修作業的 SOP。(10%)

捌、預期效益

- 一、實測現裝抽水機在不同揚程、頻率下之完整水力及電力數據，建立性能測試報告，作為精準控制的數據基礎。
- 二、建立全天 24 小時的建立變頻抽水機組合效率計算系統及介接現有控制系統，自動解算最佳效率運轉組合含變頻設定，安全及穩定地自動調整實際變頻抽水機組合，並於現有圖控系統，顯示個別及總和抽水機及時效率，提供操作人員即時追蹤抽水機變化，建立低能耗供水模式。計算系統提供可視化介面，有利於給水廠、淨水場整合場內機電暨水質監控系統資訊，並且即時顯示及記錄抽水機效能資訊。
- 三、面對來逐漸提高的電費及國家能源政策，抽水機操作最佳化可達到節能減碳，並且延長抽水機使用壽命。未來本提案計畫實行成功，更可複製到全台灣使用多台變頻抽水機驅動的供應系統，如自來水事業單位淨水場及加壓站、石化工廠、具可變需求液體供應系統之工廠。抽水機用電佔淨水場內 70% 電力成本，透過更精準的調控，達到節能減碳與 ESG 與 SDGs 加分多重效益。