

# 應用於工業污水處理廠之能源管理系統

鍾欣儀<sup>1\*</sup> 張亞菁<sup>1</sup> 曾仕民<sup>2</sup> 趙浩廷<sup>2</sup> 李中銘<sup>3</sup>

## 摘要

污水處理為一能源密集型技術，受到近年政府大力推動節能減碳政策影響，降低污水廠的能耗、進行能源合理分配已經成為污水處理廠運行效益好壞的關鍵。本研究應用能源資通訊技術，在不影響現有操作下，設計一套適用於工業污水處理廠的能源管理系統，透過無線電力監控系統，可以即時掌握各處理程序的能耗統計資訊；在多而分散的馬達驅動設備上，能經由設備異常診斷系統進行線上偵測，避免設備因運轉異常而低效運轉所產生之能源損耗問題，進而達到馬達運轉效能提升及能源使用最適化。本研究提出的系統為一結合能源管理、營運管理、設備異常診斷預知保養功能之完整之智慧工業污水處理能源管理服務。截至2014年5月底完成或預定架設能源管理系統的工業污水處理廠已超過5家，顯示污水廠已逐漸不再以排放水質符合標準為滿足，導入具ISO 50001標準的能源管理系統為提升監控管理效率降低營運成本的永續經營有效手段。

**關鍵詞：**污水處理、能源管理、電力監測、設備異常

## 1. 前言

近年來受到溫室效應影響，各地發生極端氣候的次數逐漸增加，八大主要工業國在2008年會議中達成2050年前全球溫室氣體排放量至少減半之共識，影響其他國家也產生應極力減少二氧化碳排放的危機意識提升。我國工業部門之電力消耗接近全國的60%，為主要耗能用戶，雖然工業在從事生產和提供服務方面扮演著重要角色，但同時也對周邊環境造成了威脅。因此推動工業能源資訊管理及能源效率優化對於國內的節能減碳行動格外重要。

「能源資通訊產業」為行政院依據96年產業科技策略會議結論所推動的產業發展主軸之一，能源局指出能源資通訊技術的應用目標為

協助達成政府的節能減碳政策：2016年之前能源密集度每年降低2%，並使2020年碳排放回歸到2005年的排放水準。產業發展目標則為切入國際供應鏈體系，成為關鍵技術的供應者。行政院已核定綠能產業旭升方案，積極推動我國綠色能源產業的發展，而能源資通訊產業為其中五項潛力產業之一，執行策略為結合臺灣現有電子與資通訊技術，開發相關能源診斷系統，廣泛應用於高科技廠、住商及公部門中。

工業上最耗電的設備是馬達驅動設備，在污水處理中各處理程序常使用泵浦系統與鼓風機系統提供動力來源進行污水處理。而動力設備在投產運行後機組效率將逐年降低劣化，以泵浦為例，泵浦系統在運轉3~5年後，多數機組效率衰退約10~20%，其中因效率劣化的

<sup>1</sup>工業技術研究院 研究員

<sup>2</sup>工業技術研究院 工程師

<sup>3</sup>工業技術研究院 副工程師

\*通訊作者, 電話: 03-5913616, E-mail: HYChung@itri.org.tw

收到日期: 2014年06月10日

修正日期: 2014年07月07日

接受日期: 2014年07月21日

電力浪費是相當可觀的，在無良好維護與管理的情況下，設備將難以達到原有性能進而能耗。此外，動力設備若不是在最佳操作點(Best Efficiency Point, BEP)下運轉，也會增加許多能耗。運轉操作點可能因需求端操作限制(如流量、壓力)或系統管路配置因素，導致系統實際效率與操作點位置偏離最佳操作點。

為了發現異常用電、實現需量分析與控制、節能對策分析與改善比較，一套電力與設備效率監測技術是污水處理中能源管理系統的基礎，可掌握廠區內各處理流程主要能耗動力設備之電能使用狀況及能耗累積資訊，建立主要能耗設備與污水處理單元之完整能耗基線與資料庫，作為異常用電、設備操作點調整及優化控制等改善前後之效能評估。

## 2. ISO50001能源管理系統介紹

根據ISO組織調查報告顯示，推動ISO標準可影響業者控制供應鏈成本、承擔能源價格風險及管理永續環境意願等，進而影響高達60%的能源使用(能源局，能源資訊網)。ISO 50001能源管理系統是與ISO 9001品質管理和ISO14001環境管理等重要標準緊密結合所制定之標準，並遵循規劃(Plan)、執行(Do)、查核(Check)與行動(Action)原則，持續性地改善組織能源運用方式，藉由降低能源成本、減少溫室氣體排放，達到永續經營與環境友善的目標。ISO50001的架構模型如圖1所示，提出的核心管理要素包含：

- 正式的能源管理規劃過程
- 管理層承諾與參與
- 能源管理目標明確納入組織政策
- 能源管理團隊建立與領導
- 組織共同意識與培訓
- 降低控制成本
- 建立能源績效指標、基線和目標

規劃的內容包括進行能源審查、訂定能源基準線、訂定能源績效指標等工作。能源審

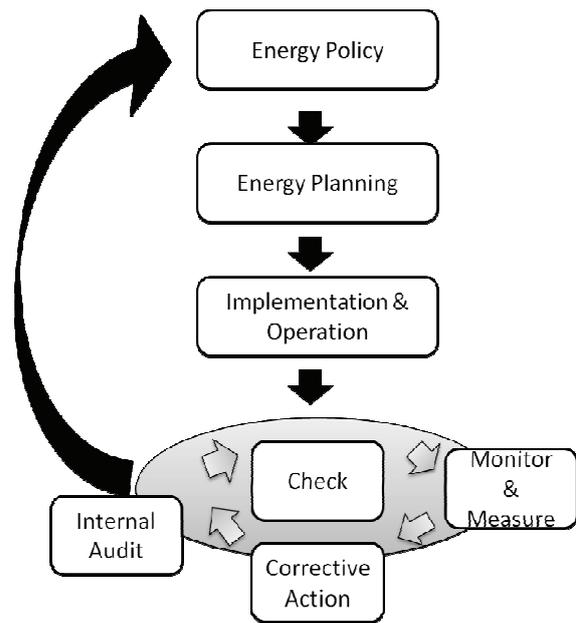


圖1 ISO50001能源管理系統流程(Chad *et al.*, 2011)

查須了解過去與目前的能源使用狀況，找出主要影響能源使用的原因、設備或區域等，進而找出改善機會並決定改善的優先順序；建立能源基準線則是為了改善後，可順利進行能源績效比較，利用資料量測與數據變動來判斷能源績效結果；而訂定能源績效指標則是可以幫助規劃者與使用者擁有相同的能源消耗認知，例如以每單位使用的耗電量(用電度)為指標。執行手段是針對採購、使用與最終處置各方面，從能源採購規格、供應商到維修計畫，提出明確的作法與程序，繼而改變管理方法及影響員工行為。接著進行查核與分析，經由績效檢查與監督量測，評估重大能源消耗，鑑別出新的或下一階段的改善機會，以持續改善能源績效。利用一連串的循環作業程序來確保能源管理系統的運作，實現節能減碳的目標。美國在能源管理及節約能源計畫中成立卓越能源績效(Superior Energy Performance, SEP)計畫，規劃一系列針對工業設施提供持續改善能源效率，並確保其競爭力的方案，透過認證與取得標準獲得優良供應商資格(U.S. SEP Program)。

一套優良的能源管理系統，除了可提醒用電端實施節能之外，亦可提供給供電端

進行電力供需預測與調度管理。國際能源署(International Energy Agency, IEA)已將能源管理系統(Energy Management System, EMS)之相關技術與應用發展列為21世紀最具發展潛力的節能應用之一。依據功能需求與應用目的，能源管理系統應具備：

- 獲取及建立即時能耗資料；
- 能耗資料統計與分析；
- 需量控制與用電規劃等。

傳統的工業設備控制多整合於廠務系統亦或是配合設備廠商的控制軟體系統進行運轉操作，節能議題在工廠營運並非首要考量。工廠營運常具備下列系統，分別為廠務系統(Facility Management Control System, FMCS)、製程執行系統(Manufacturing Execution System, MES)以及分散式控制系統(Distributed Control System, DCS)，當缺乏能源消費資訊與使用效率分析功能時，無法組合成完整的能源管理系統。能源管理系統的第一步應建立能耗監測系統，以取得各項耗能設備及耗能過程的變化數據，接著經由科學統計分析方法尋求客觀的耗能事件真相，瞭解原因後才有辦法針對問題點對症下藥，並藉由分析後數據與結果，輔以智慧化能源管理控制技術，讓耗能設備在操作上更有效率，發揮其最大效益，進而改善現況，達到降低能源耗損，提升能源效率目標。

全球工業部門能源管理系統市場，可依據

特性分為感測器、控制技術、通訊技術與軟體平台四類，除了通訊技術較成熟外，其餘三類在2010-2015之成長率約為3成左右，如圖2。因此也有多家國內外業者投入工廠能源管理系統開發，如Honeywell、Siemens、ABB、新鼎等，以軟體平台而言，常具備廠區用電總覽、需量預估、耗能趨勢、基線建置等功能。

### 3. 污水廠節能管理技術現況

污水處理為高耗能產業，歐美先進國家，如美國，水和污水處理的能源消耗達到都市公共設施用能的1/3，因此越來越多的公用事業意識到全方位管理的重要性，為了推動污水廠的優化節能產業發展，美國環保局擬定一份永續能源管理指導手冊，內容提到利用經營策略規劃及品質管理循環的系統方法，進行節能措施評估與實施全面能源管理計畫，是非常有效的手段，透過找出可控空間藉以調整控制，降低能源成本。

位於美國紐約洲的鳥島(Bird Island)污水處理廠從1994年開始為符合美國環保書清潔水法案開始執行長期控制計畫，處理水牛城共60萬人口的民生廢水，設計流量為一天1.8億加侖，每年耗電量約為6,400萬千瓦小時。為了處理如此大量的廢水，此污水廠的馬達大多為大馬力(3,000-5,000 hp)或使用多機並聯系統，透過

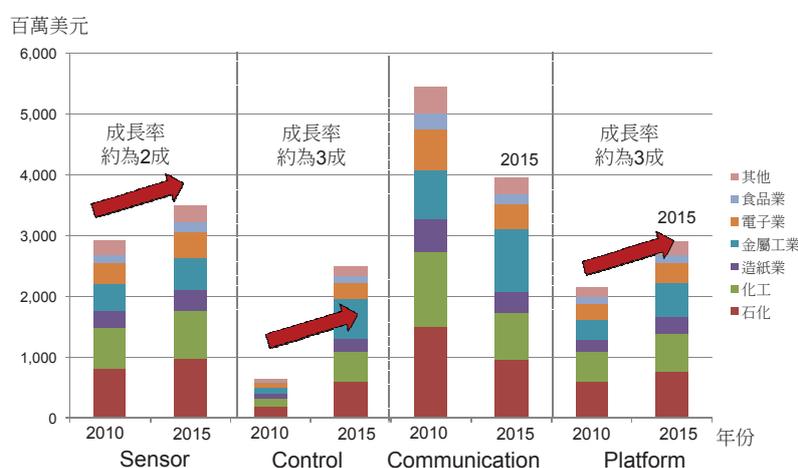


圖2 全球工業部門能源管理系統市場(本研究整理，BCC，2010)

SCADA系統進行水質監測與排程控制，在曝氣單元架設曝氣控制系統，如圖3，改善原有曝氣系統的穩定性，同時也提升波動負荷的處理能力，並獲得額外的節能效益。中國大陸的污水廠超過3,500座，是全球最大的污水處理市場，目前中國導入自動控制系統進行智慧控制，也透過能源審核提供可靠的基礎數據，做為節能方案可行性討論與節能改善的評比標準，並結合污水處理新工藝、新技術、新裝備，獲得更大的節能空間。

污水處理廠常用的節能管理技術是使用資料蒐集與監控系統(Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA)和變頻驅動系統，進行出流水水質和能源消耗的優化控制。一般來說高出流水水質往往也須消耗更高的能源，由於污水處理為一連續性程序，當前一個處理單元進行節能控制時，可能導致下一個程序需提高處理能量，才能使最終出流水達到放流標準，因

此如何取得能源與水質的最佳平衡，需仰賴處理技術與能源管理系統的整合達到效益最大化。圖4為一座活性污泥污水處理廠的用電需求分布圖，可以清楚各處理程序及設備的用電比例，進一步探討決定實施節能的方案。從圖4可看出曝氣單元(Aeration)、抽水系統(Wastewater Pumping)和厭氧消化(Anaerobic Digestion)的用電比例最大，污水廠的節能首要對象會針對這些系統進行改善，抽水系統常用的控制方式為液位控制、曝氣單元為溶氧即時變頻控制。但液位設定雖然簡單，但可能受到進水量變動影響，在特定情境耗能會增大，且水泵啟停頻繁，導致設備損壞機率增加。

另一方面，污水處理廠除了從既有的設備進行節能控制及改善處理程序效率外，例如將粗孔曝氣器更換為微孔曝氣器，也利用沼氣回收或架設太陽能板進行發電，讓廠內的能源使用更具彈性。美國國家環境保護局指出厭氧消



圖3 鳥島(Bird Island)污水處理廠曝氣單元與水質感測器

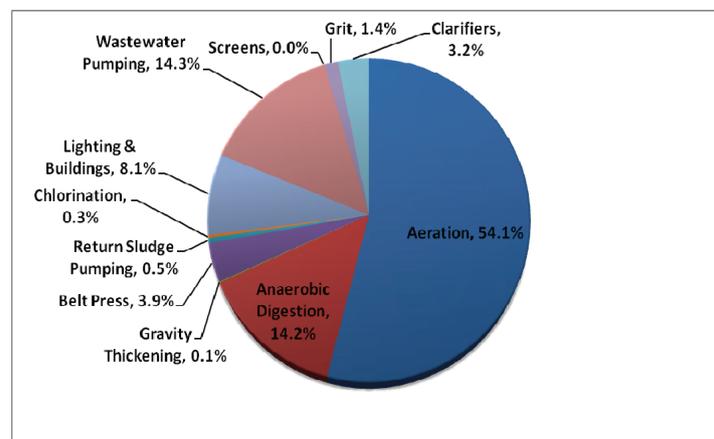


圖4 工業活性污泥污水處理廠用電需求分佈(The Focus on Energy Water and Wastewater Program, 2006)

化所產生的厭氧氣體，約3.5立方呎提供發電容量1 kW，且厭氧氣體生成量與污水中有機負荷相關。利用厭氧消化產生的沼氣發電量，雖然相較於動輒幾百馬力的馬達動力設備耗電需求影響不大，但若能在用電尖峰時期提供能源，仍可增加污水處理效率。

國內污水處理廠在設計建廠時，已大量採用可靠性高、維護簡便的各種檢測和線上水質分析儀表，但控制系統的監控和通訊功能在硬體和軟體發展利用方面存在著極大的不足，無法有效利用線上儀表的大量監測資料，使得運轉操作不易實現高效率，也導致能源浪費。在全球氣候變遷影響下，污水處理廠也逐漸重視廠內節能的規劃與執行，然而大多數污水廠僅有全廠總表電力監控。污水廠中典型的耗能設施包括抽水單元、曝氣控制單元、泵浦系統、鼓風機系統等，當沒有針對這些設施甚至各設備進行電力監控，就不易實踐節能管理。主要原因在於電力監控的成本昂貴，大場域的布線造成施工昂貴，且安裝維護不易，因此污水廠不願意投資。然而沒有細部設施電力監控，就無法建立各處理單元之完整能耗資訊與基準線。本技術團隊利用資通訊技術基礎，低成本嵌入式系統與無線化技術可使節能系統佈建成本大幅降低。

## 4. 能源管理系統關鍵模組設計與成果

本研究應用資訊與通信技術(Information and Communication Technology, ICT)及無線感測網路建立污水廠能源管理系統，監控污水廠重要水質水量及處理單元與設備的用電狀況，本系統包含全廠能源管理平台及電力監測子系統與設備異常診斷子系統，在系統參數與環境參數方面，通常於污水處理廠建置階段，即建立於圖控系統，本研究先著重於補強電力資訊收集與處理設備效能進行子系統開發，下面說明各子系統功能。

### 4.1 電力監測子系統

本子系統目的為掌握廠區內各處理流程中主要能耗動力設備之電能使用狀況及能耗累積資訊，建立各主要能耗設備與污水處理單元之完整能耗基線與資料庫，作為動力設備之異常修復、操作點調整及節能改善等前後效能評估基準。

傳統電力監控是以有線方式進行，例如透過RS485、RS422或乙太網路連結電表至後端監控平台，有線系統除了材料與施工成本較高外，另一問題是異常排除時耗時耗力，通訊線常因為施工不慎或線材老舊造成異常，此時要查出異常線路相當不易，重新換線更是費時費工、所費不貲。使用無線傳輸技術可克服上述所有問題，無線通訊具有低成本、施工容易與維護方便等優點(陸等，2012)，尤其適合已存在污水廠之電力監控系統導入。本子系統採用無線通訊IEEE 802.15.4 Zigbee技術，Zigbee是近十年來常見於定位應用、自動控制、保全監控、環境監測、健康照護中的低速率無線個人區域網路通訊協定(洪志宏，2005)，其具備功耗低、成本低且優良的網路拓樸能力，可以達到快速建置電力監測的目的。本技術開發電表專用之RS485無線傳輸模組，採用Zigbee無線技術連結前端智慧電表電力資訊至後端電力監控模組，RS485無線傳輸器具單向廣播功能可提高通訊穩定度(封包損失率 $< 0.3\%$ )與資料採樣頻率(1筆/分鐘)，以全數位的方式，量測三相(或單相)電力系統的用電狀況。連結示意圖如圖5。

### 4.2 設備異常診斷子系統

本子系統針對在污水處理廠內由馬達所驅動之設備，包含泵浦、鼓風機等耗能設備，設計馬達驅動設備異常診斷分析子系統，透過分散式原則，以不變更原有設備架構下將感測模組增設於馬達驅動設備上，以無線感測系統監測動力設備運轉參數。當泵浦或鼓風機設備



圖5 數位電表及無線傳輸模組配置圖

發生異常徵兆，但未達跳脫警報程度時，透過異常診斷演算模組即時指出其不合理異常程度，分析異常原因，提早進行維護，以降低整體設備耗能及維修成本，提高設備運轉效率安全性。本子系統設計三大主要模組，分別是管理分析、問題報表與診斷演算，提供的功能如下：

- 具備基本設定功能，包含人員權限管理、群組管理、設備管理。

- 具備振動頻譜資料分析功能，可自動完成計算、鎖定、比對及判讀各階特徵頻率，並包含波形頻譜繪圖、振動/溫度趨勢分析。
- 具備專家與模糊類神經網路診斷功能，可診斷如不平衡、不對心、共振、潤滑、鬆動與軸承等異常問題，並輸出報表
- 具備資料庫管理功能，以儲存各模組回傳之資料，包含資料庫伺服器管理、基本資料庫管理、操作權限管理

設備異常診斷子系統的資料顯示與繪圖功能提供多種分析工具供使用者使用，其中主要功能為即時繪圖介面，此繪圖介面除了即時顯示所有資料的原始訊號圖形外，亦可以進行頻譜、趨勢圖等高階分析應用，同時提供各種動態圖面的操作工具，讓使用者可以更簡易的方式擷取出設備運轉資料中重要的分析資訊。振動頻譜繪製結果，如圖6所示，透過振動量測訊號之演算分析，可得圖7之耗能趨勢曲線，由此曲線顯示可快速掌握設備耗能動態，當耗能處於向上趨勢或超過警戒範圍時，系統便會提出警告，讓使用者能及早反應。

本系統同時運用經驗法則模型與模糊類神經網路模型，在演算法架構上各自扮演不同角色，首先將振動原始訊號，利用傅立葉轉換 (Fourier Transform) 將特徵訊號(包含倍頻峰值、

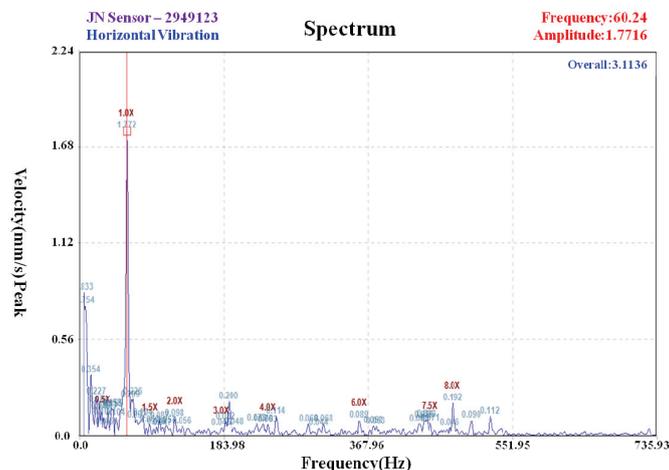


圖6 振動頻譜繪製結果

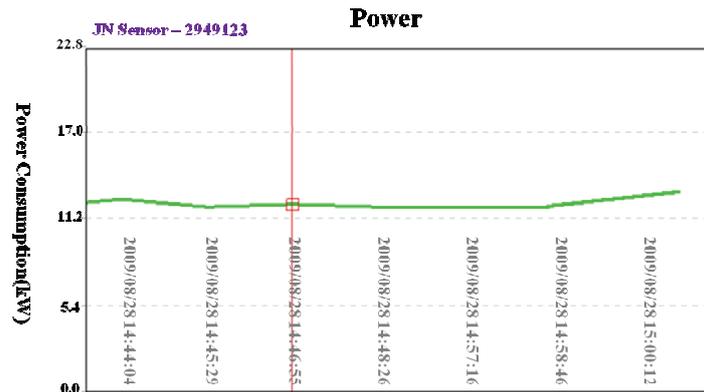


圖7 耗能趨勢分析

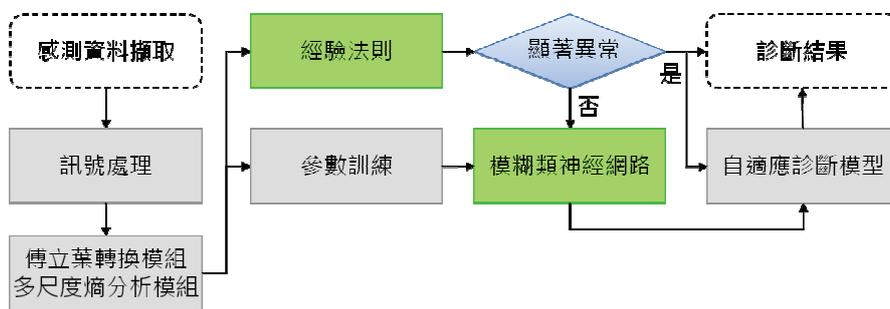


圖8 振動異常診斷演算流程

特徵頻率值…等)由原始訊號中擷取出，再透過經驗法則與模糊類神經網路模型進行異常問題診斷。在經驗法則模型上，是根據常見已被證實的經驗法則，歸類出診斷分析邏輯；在模糊類神經網路模式中，先利用參數訓練，再採用一般非線性近似函數針對模糊信號、根因嚴重度進行預測分析，最後判斷出設備運轉狀態。演算流程如圖8，若判斷有故障，可輸出如圖9的預測結果，協助使用者進行問題研判，降低人工檢核時間。

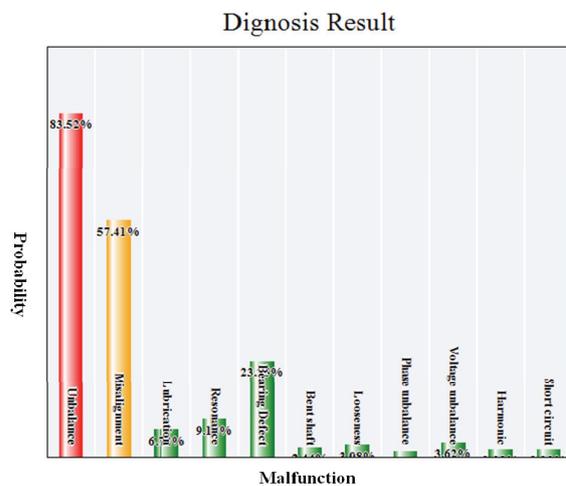


圖9 異常分析預測結果

### 4.3 能源管理平台網站

本管理平台為網頁應用程式，具有全廠首頁、處理單元首頁、即時資訊(系統/設備)、資料查詢、產生報表、異常管理、ISO50001管理工具以及系統設定。使用者可使用網頁瀏覽器開啟網站，管理全廠動力設備能耗與異常狀態，本網站亦具備使用者權限管制功能，依據使用人員屬性，操作瀏覽的項目應隨著不同。截至本文刊登前網站功能仍陸續增加修訂中，

尚未定版，網站預設首頁畫面如圖10，具備污水廠單元分布圖、廠區去年/今年用電比較、年/月/日用電量、即時用電與需量趨勢統計圖表。功能介紹如表1。

## 5. 完整智慧工業污水處理系統

智慧工業污水處理廠應具備「對設備的

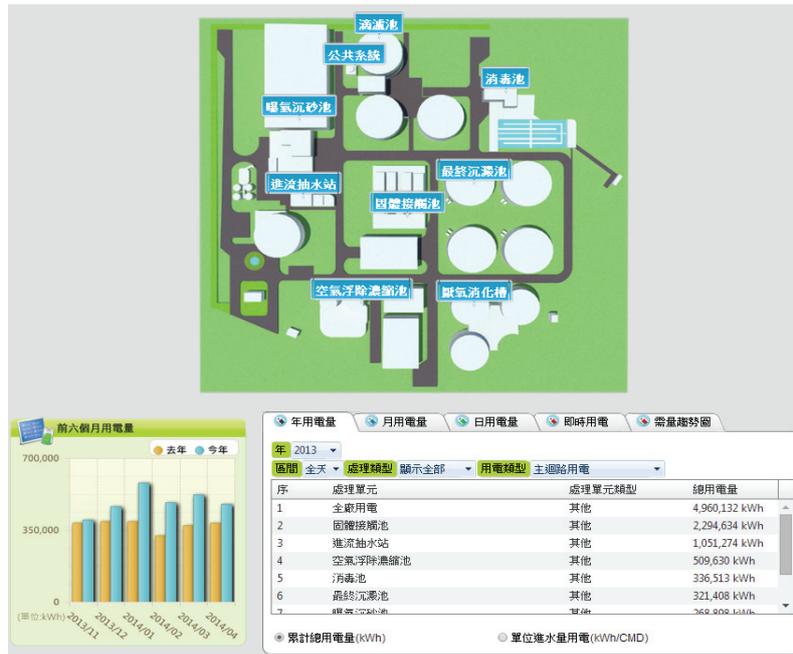


圖10 能源管理平台網站預設畫面

表1 能源管理平台主要功能設計

功能選單	廠區首頁	處理單元頁面	ISO50001管理工具
項目	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 重要訊息顯示</li> <li>● 廠區即時資訊</li> <li>● 廠區處理單元鳥瞰圖</li> <li>● 前六個月用電量統計</li> <li>● 用電統計資訊</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 即時資訊</li> <li>● 異常警報</li> <li>● 歷史資料查詢</li> <li>● 圖表統計</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 用電模型分析</li> <li>● 能耗基線分析</li> </ul>

能源耗用進行透明描述」的能力，並將能源管理、營運操作管理與維護管理並列，成為建構完整智慧工廠架構的三大主要管理範疇。典型的污水處理程序如圖11，分為預處理、一級處理、二級處理、三級處理與污泥處理。污水處理廠由於所執行之污水生物處理操作維護程序不同難以跨廠比較，再加上目前尚無針對工業污水處理提出能源管理服務的監控佈建架構，為此，本系統分析工業污水處理的處理程序，提出工業污水處理能源流程分析、工業污水處理能源平衡分析所需電力與水質監控佈建

架構，將污水處理能源管理階層區分為四大階層，分別為全廠、處理設施、系統單元與高耗能動力設備。並依各廠處理規模不同定義應監測之高耗能設備，提供污水廠能源管理方案設計與導入之佈建架構、監控系統架構與資料交換方式。

電力與水質監控系統的電表與相關水質、水量感測器佈建架構如圖12所示，共有四個階層，分別為全廠、處理設施、系統單元與高耗能動力設備，其中處理設施包括預處理、一級處理、二級處理、三級處理、污泥處理、公共

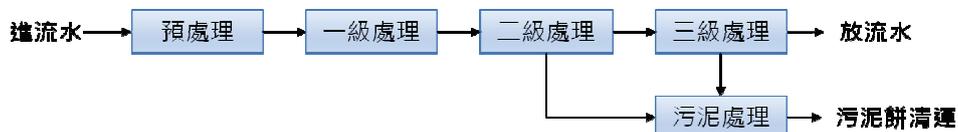


圖11 典型污水處理程序

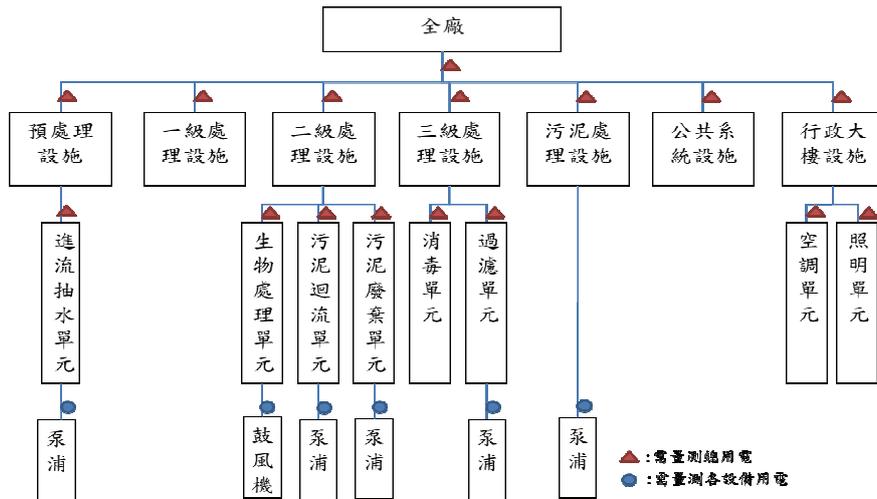


圖12 電表與相關感測器布建架構

系統與行政大樓，重要系統單元包括進流抽水單元、生物處理單元、污泥迴流單元、污泥廢棄單元、消毒單元、過濾單元、空調單元及照明單元等。高耗能動力設備則包括水泵、鼓風機等，不同階層皆必需安裝電表與相關水質、水量感測器。

## 5.1 全廠

為了解全廠能源使用狀況及整廠能耗分布，須架設全廠總電表進行整廠能源使用量測與基線建立，並於適當位置安裝水量、水質感測器，未來在進行節能改善分析時，可利用水量、水質等變數進行迴歸與分析。

## 5.2 處理設施與系統單元

須於各處理設施總用電與部分重要系統單元動力設備等處架設電表，以及其他感測設備。電表可量測各處理設施能耗與基線建立外，還可做為未來各處理設施節能改善評估。一般污水廠污水處理方法，依不同的處理程度，處理設施可分為預處理設施、一級處理設施、二級處理設施、三級處理設施、污泥處理設施等。此外，污水廠中的行政大樓與公共系統設施，也歸類至處理設施中。

## 5.3 高耗能動力設備

除上述全廠、各處理設施、系統單元之外，還須針對廠內各高耗能動力設備架設電表，進行設備能耗監控，動力設備種類包括水泵、鼓風機等。並依據各廠處理規模區分不同之高耗能設備定義。

本系統整合現行污水處理廠之中控管理系統、能源管理，可清楚瞭解耗能分布與追蹤整個過程的電能使用，迅速找到節約電能成本的機會，並可參考歷史資料趨勢，進行操作維護策略調整，以提升能源使用效率和監控工廠節能情況，另一方面融入設備異常診斷預知保養功能，有助於維護和發現並排除故障，並可即時獲取廠區設備的運轉動態資訊，作為設備操作維護決策依據。本系統架構如圖13，為一結合能源管理、營運管理、設備異常診斷預知保養功能之完整之智慧工業污水處理能源管理服務，目前此系統已由國內污水處理操作業者導入多廠，進行跨廠區能源管理，此系統可結合污水處理過程與現場操控管理，將水務生產、管理、監控、分析進行結合，進一步整合遠端管理、流程管理、維護操作管理、營運管理，可提升控制管理效率降低營運成本。

本研究在協助此系統導入建置過程中，初步可即時掌握各處理單元用電能耗狀況及設備運轉是否正常，另外亦發現兩項可能發生的實施困難，分別描述如下：

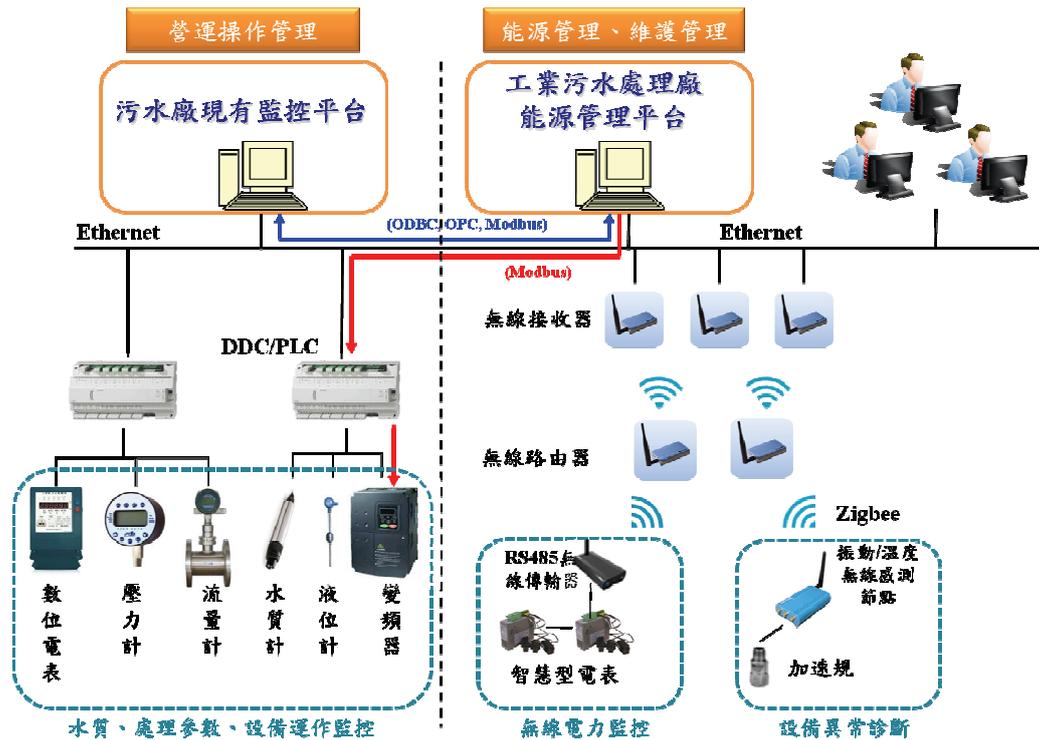


圖13 結合能源管理、營運操作管理與維護管理之智慧工業污水處理系統架構

- (1). 參與動力不彰：國內污水廠的操作模式大多為委外代操作型態，由主管機關發包交由民間廠商進行操作，在管理態度上仍易出現維持設備正常運轉、放流水質符合標準，而對於能源管理等議題缺乏積極參與的動力。
- (2). 資料整合限制：在與營運操作系統資料整合時，發現原有設置之監控平台可能因保固期已過或是商源已消失，造成資料交換不易，影響智慧工業污水處理系統可達成效益。

第一項與ISO 50001核心要素中的能源管理目標明確納入組織政策、組織共同意識與培訓息息相關。因此建議能將能源系統導入及使用經驗列入委外代操作投標評比，一方面可提升國內污水廠代操作業者的技術層次，另一方面亦可提升工業污水處理廠的操作效能進而達成節能減碳的目標。第二項為現況限制條件，目前常用之解決方法為借助第三方設備如：直接數據控制器(DDC)、程式式控制器(PLC)等設備進行整合。或者建議未來污水廠預計提升功能

時，可考慮適度增加設備通訊模式連結功能與增強中央監控平台外接整合性。未來在工業污水處理廠能源管理系統導入使用上，若可先評估解決此兩項問題，應可使系統減少經費及時間成本的支出，並發揮最大效益。

## 6. 結 論

在本研究中，以能源管理角度提出工業污水全廠操作與維護管理架構，目前由經濟部工業局與科技部轄管的工業污水處理廠超過50座，若能針對能源監控設計與儀表圖控設計進行標準制定，制定範疇包含污水廠能源相關儀表裝設範圍、系統架構、資料交換等準則，除了能協助單一廠區與全國工業污水廠能耗基線建置，將污水廠營運、環保、能源等進行管理與整合，未來可分析各級污水廠之耗能總量及特性，作為節能、政策制定參考。截至2014年5月底完成或預定架設能源管理系統的工業污水處理廠已超過5家，顯示污水廠已逐漸不再以排放水質符合標準為滿足，導入具ISO 50001標準

的能源管理系統亦為永續經營目標手段之一。

目前在都市區域的用電需求常居高不下，尤其在尖峰用電時間可供電量已達上限，且供應瓶頸在核四廠興建問題與核一、核二廠即將除役的影響下逐漸顯著，在污水處理廠中可以透過需量卸載、運轉時間調整及動力設備優化控制技術，達到電力調度與節能目標。利用合適於污水處理程序的能源管理系統，長期監控用電狀態與能耗基線資訊建立電能管理制度，使動力設備運轉管理合理化，強化設備使用效率及用電高效管理。

## 致 謝

本研究承經濟部能源局提供經費，論文得以完成，僅表致謝。

## 參考文獻

資策會，2011，能源管理系統應用發展趨勢分析，經濟部能源局。

洪文雅、林信作，2010，國際能源管理系統 ISO/DIS 50001標準及發展趨勢，綠基會通訊。

中國節能線上，2011，污水處理廠運行的節能降耗技術進展。

梁仲暉、王郁萱、朱敬平、鍾裕仁、趙永楠、王國樑，2010，全國廢污水處理廠放流水再生潛勢調查，永續產業發展雙月刊。

陸忠憲、黃坤霖、湯新達、李中銘、陳暉祁，2012，以 Zigbee 無線通訊技術建構電力監控系統，電機月刊

蔡禮豐、曾仕民、鍾欣儀、鍾欣蘭，2009，馬達異常耗能演算診斷系統，中華民國系統工程學會。

工業技術研究院綠能與環境研究所，2013，水處理系統動力設備能耗最佳化控制技術之研究-以鳳山溪污水廠為例，內政部營建

署。

以能源使用績效建構新一代智慧工廠，2012，DAF 2012 第二屆 臺灣智慧工廠論壇。經濟部能源局，能源資訊網，<http://emis.erl.itri.org.tw/EMIS/EnergynTwo/searea/TechNew/File/37/05.ISO%2050001%20%E6%A8%99%E6%BA%96%EF%BC%9A%E8%83%BD%E6%BA%90%E7%AE%A1%E7%90%86%E8%AA%8D%E5%8F%AF%E5%92%8C%E9%A9%97%E8%AD%89%E6%9E%B6%E6%A7%8B.pdf>。

Chad G., Patricia H., Kim B., Kelly P. and David G., 2011, Leveraging ISO 50001 for Utility and Government Program Effectiveness, ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Industry.

Lisa T., Katherine S., Alex L., and Aimee M., 2008, Automated Demand Response Opportunities in Wastewater Treatment Facilities, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory.

Science Applications International Corporation, 2006, Water and Wastewater Industry Energy Best Practice Guidebook, Focus on Energy.

Tom T., Ram K., Paul S., Aimee M. and Frank M., 2011, Breakdown Barriers to Industrial Energy Efficiency: Applied Technology and the Role of Industrial Energy System Assessment Standards, ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Industry.

U.S. Council for Energy-Efficient Manufacturing. 2011. Superior Energy Performance program website. <http://www.superiorenergyperformance.net>. Washington, D.C.: U.S. Council for Energy-Efficient Manufacturing. U.S. Environment Protection Agency, 2012, Planning for Sustainability – A Handbook for Water and Wastewater Utilities.

# An Energy Management System for Wastewater Treatment Plant in Industry

Hsin-Yi Chung<sup>1\*</sup> Ya-Ching Chang<sup>1</sup> Shih-Ming Tzeng<sup>2</sup>  
Hao-Ting Zhao<sup>2</sup> Chung-Ming Lee<sup>3</sup>

## ABSTRACT

Sewage treatment is an energy-intensive technology. Due to the policy of energy conservation & carbon reduction is vigorously promoted. Energy conservation and rational use of energy become the key successful factors for sewage treatment plant operation. Water treatment system processes use lots of motor-driven equipment such as pumps and blowers are the main energy-consuming facilities. This research presents an intelligent energy management for wastewater treatment plant by using information and communication technology (ICT). We implemented the monitoring module for apparatus such as pump and blower systems to diagnose the real time operation efficiency and to analysis the energy consumption and health of equipments. After that, we could reduce a lot of wasted energy and increase the operation performance. This system is a smart energy management services for industrial wastewater treatment with combination of energy management, predictive maintenance, and operations management. Undoubtedly, this system is an excellent tool to improve efficiency and reduce operating costs control management of sustainable effective means.

**Keywords:** wastewater treatment plant, energy management services, fault diagnosis

---

<sup>1</sup> Researcher, Green Energy and Environment Research Laboratories, Industrial Technology Research Institute

<sup>2</sup> Engineer, GEL/ITRI

<sup>3</sup> Assisitant Engineer, GEL/ITRI

\* Corresponding Author, Phone: +886-3-5913616, E-mail: HYChung@itri.org.tw

Received Date: June 10, 2014

Revised Date: July 07, 2014

Accepted Date: July 21, 2014