

儲能電池與材料技術 智能化水處理回收與雲端監控技術

高安全性鈦酸鋰(LTO)電池於儲能技術之應用
以專利與論文地圖建立全固態鋰離子電池界面改質技術
鈦液流電池及其關鍵材料開發
鈉離子電池正極材料之介紹與研究發展現況

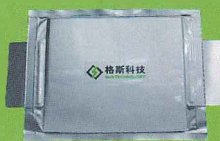
水資源AIoT管理平台的發展與應用
電鍍業工廠廢水排放監測與溯源分析
PCB廠含銅廢水程序智能加藥系統
水科技物聯網之發展與應用



格斯科技成立於2015年，原先專注於各式新穎材料與電池的開發應用，從2017年開始，利用自身分析材料優勢並集結國內人才成功轉型成為電芯製造商，並配合政策落實環保且多元的能源應用，提供台灣及世界一個新能源整合的方案。

電池封裝結構軟包技術為趨勢

格斯科技的強項在於軟包電池，比起圓柱或方形電池，軟包技術的優勢在於提供更高的能量密度、更輕的電芯重量。



格斯開發的LTO軟包電池芯具備四大技術亮點

- ✦ 高安全性：通過穿刺實驗，不燒不爆
- ✦ 應用溫度廣：從-40°C至75°C，電芯效能仍能維持一定水準
- ✦ 常循環壽命：8000次循環後仍有91%容量
- ✦ 快充：LTO電池芯充放過程中的溫昇較小，實現快速充放電的目標，亦較安全



VDA355 Cell/Module

VDA355為歐規電動車通用標準尺寸，透過此規格可以利於汽車製造商直接改良應用於現行車款，減少整車重新規畫的成本，並且搭配格斯科技優良的電芯方案，可根據不同的終端需求，選配高鎳三元或是鈦酸鋰軟包電池芯。



智慧家庭儲能系統

格斯科技開發的智慧家庭儲能系統為一套容量為15KWh的儲能系統，符合台灣家庭平均日用電10KWh的用電量，若發生停電也能正常用電。該儲能系統採用鈦酸鋰(LTO)電池，具備高安全、高功率、長壽命等特點，並可與太陽能系統結合，將再生能源有效的儲存起來。



水資源AIoT管理平台的發展與應用

Development and Application of Water Resources AIoT Management Platform

卓伯全 B. C. Cho¹、鄭博之 B. C. Cheng²、謝宏炅 H. J. Hsieh³、
劉厚伯 H. B. Liu⁴、邱俊憲 C. H. Chiu⁵
基士德環科股份有限公司(GSD Enviro Tech) ¹技術總監、²董事長特助、
³董事長、⁴工程師、⁵經理

摘要/Abstract

本文除闡述基士德集團於發展水資源AIoT管理平台及其延伸之污(廢)水管理系統AIoT管理平台的歷程外，更進一步說明藉由WaterOps智慧水務服務平台產生的A2O生物處理程序智能化控制/智慧型操作模組，部署至國內某科技園區水資源處理場，大幅提升水質處理成效及節能效益的成果。

In addition to describing the R&D course of GSD Group in development of the water resources AIoT management platform and its extended wastewater AIoT management platform, this article further demonstrates the smart control and intelligent operation modules of A2O process generated by the WaterOps smart water SaaS platform. The A2O smart control and intelligent operation modules were deployed to a water resource treatment plant in a biotechnology park in Taiwan, which greatly improved the water quality removal efficiency and energy-saving effectiveness.

關鍵字/Keywords

水資源AIoT管理平台(Water Resources AIoT Management Platform)、WaterOps智慧水務服務平台(WaterOps Smart Water SaaS Platform)、智能化控制/智慧型操作模組(Smart Control and Intelligent Operation Modules)、設備賦能(Equipment Empowerment)、程控智聯(AIoT Process Control)

前言

2010年以智慧導向的工業4.0時代被揭示後，「智慧」這個名詞儼然成為全球各企業數位轉型的目標，以及提升產品競爭力與加值服務不可或缺的要素。對環保產業而言，2013年「智慧環境」的理念重新定義了環境保護與永續發展的技术路線。基士德集團（以下簡稱「基士德」）於2015年成立智慧水務推動小組，聚焦於結合AIoT技術以提升水資源管理效率及效益的發展。

2018年更進一步提出「設備賦能(Equipment Empowerment)」及「程控智聯(AIoT Process Control)」兩大策略方向。設備賦能係以水泵、風機等單機設備的物聯網化為主，提供設備管控預警機制，以降低機組維護成本、延長使用壽命；程控智聯則著重於水與廢水處理流程中各單元監控與管理系統的智能化與智慧化，以及大數據分析、邊緣運算等關鍵核心技術的發展。以2019年開發完成之「生物與化學處理單元程序智能化控制與智慧型操作管理模組」為例，即能針對生物活性與污泥沉降性監測技術，配合精確曝氣與精確加藥等重點環節，有效提升營運管理績效。

2021年，基士德完成了ML/DL/AI等SaaS（軟體即服務）平台的研發工作，在智慧水務服務平台「WaterOps」上同時開發污水處理廠「數位孿生(Digital Twins)」技術，結合虛實相輔的孿生概念，使水資源管理系統日常營運或事前評估更為精準，並提供即時監控、遠程控管、成效評估、水質



▲圖一 水資源AIoT管理平台功能架構

預測、污染預防及主動告警等功能。

水資源AIoT管理平台

以水資源管理的層面而言，智慧水務管理的範疇應包括：水源、淨水、用水、污（廢）水及回收再生水等。各管理範疇所面臨的水環境問題概可歸納為「水資源的調配及利用」與「水資源的保護及保育」問題。水資源AIoT管理平台(Water Resources AIoT Management Platform)建置的目的，係完備「符合水資源管理系統運轉功能需求」與「達到水資源管理系統營運管理績效優化」等全生命週期管理工作的需要，如圖一所示。由「設備賦能」及「程控智聯」兩大策略方向，分別開發滿足水資源管理系統運轉及營運管理需求的方案，包括：「智慧控制遠端控管」、「設備賦能 提高效率」、「預防維護 主動示警」、「智能曝氣 節省能耗」、「精確加藥 減少成本」及「趨勢分析 見微知著」等。並分別達到「設備延壽」、「操作優化」、「節能節費」及「E化巡檢」的目標。



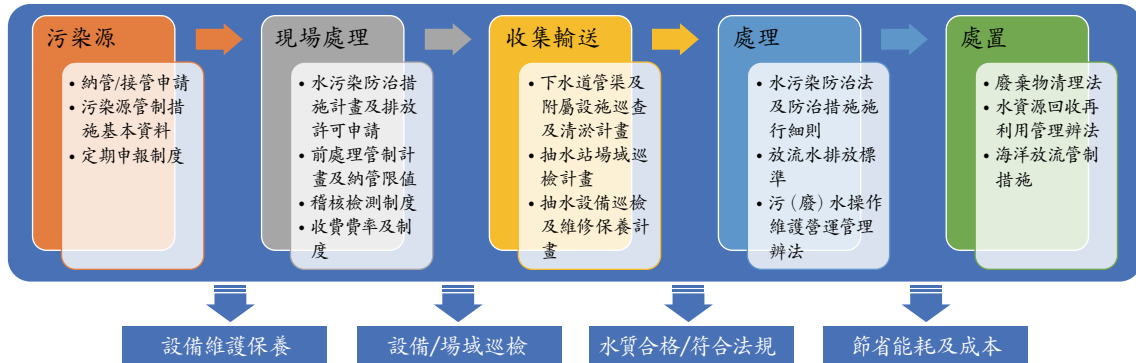
▲圖二 水資源AIoT管理平台物聯網分層功能架構

為達到水資源AIoT管理平台建置的目標，基士德由傳統物聯網三層架構（感測層、網路層與應用層），增加設備層及監控層，形成適用性高的水資源AIoT管理平台五層架構，如圖二所示。並分別於設備層、感知層、傳輸層及監控層，發展智能沉水泵漏水檢知、軸承溫度過高及葉輪鬆動等故障AIoT監測技術、單機多感測器設備健康診斷技術、網關閘道器EP6串聯組成區域多機監控聯控技術，以及單機IoT監控運用4G/WIFI/SMS提供遠端監控技術等，以奠定水資源AIoT管理平台具有即時監控、遠程控管、成效評估、水質預測、污染預防及主動告警等功能的基礎。

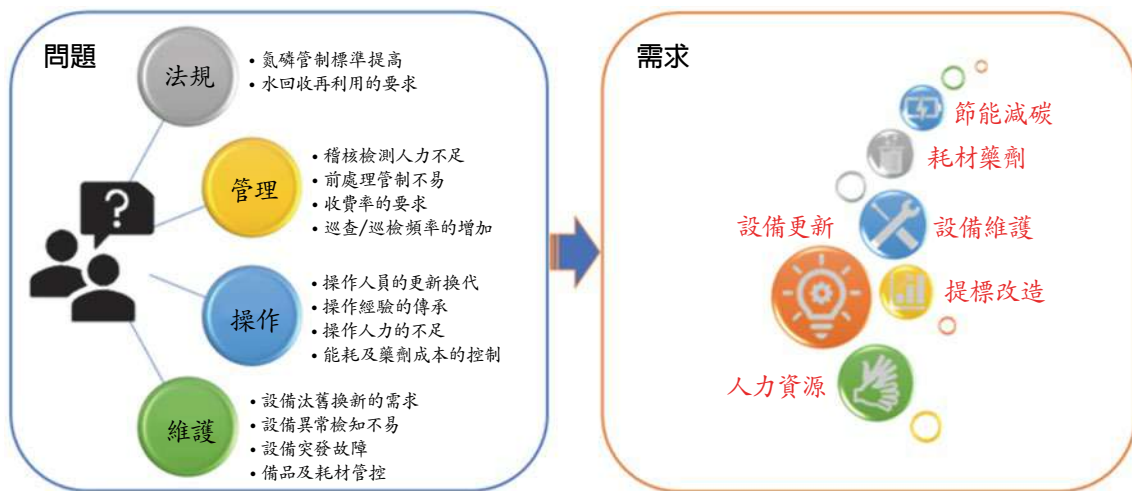
污（廢）水管理系統AIoT管理平台

污（廢）水管理系統中，各種物質、能

量、結構、型態、功能及其控制都是藉由操作運轉的過程表現出來的，因此掌握污（廢）水管理系統的動態行為是確保其操作運轉成效的關鍵。而污（廢）水處理系統之操作運轉又是屬於一個動態且十分複雜的過程，除了進流污（廢）水之水量與水質特性會隨著時間不斷改變外，處理子系統的程序操作控制，又受到微生物新陳代謝、機械運轉及環境條件變異等因素交互作用與影響，任何一方面的缺失或改變都將影響水質處理的成效及系統的穩定性。因此，污（廢）水管理系統必須發展出一個具有即時性、可視性及趨勢性的動態反饋控制機制。再者，污（廢）水管理系統與周圍環境之間通常都有物質、能量和資訊交換，環境的變化會引起系統特性的改變，相應地引起系統內部各單元、程序及子系統間交



▲圖三 污(廢)水管理系統「系統管理面」需求分析

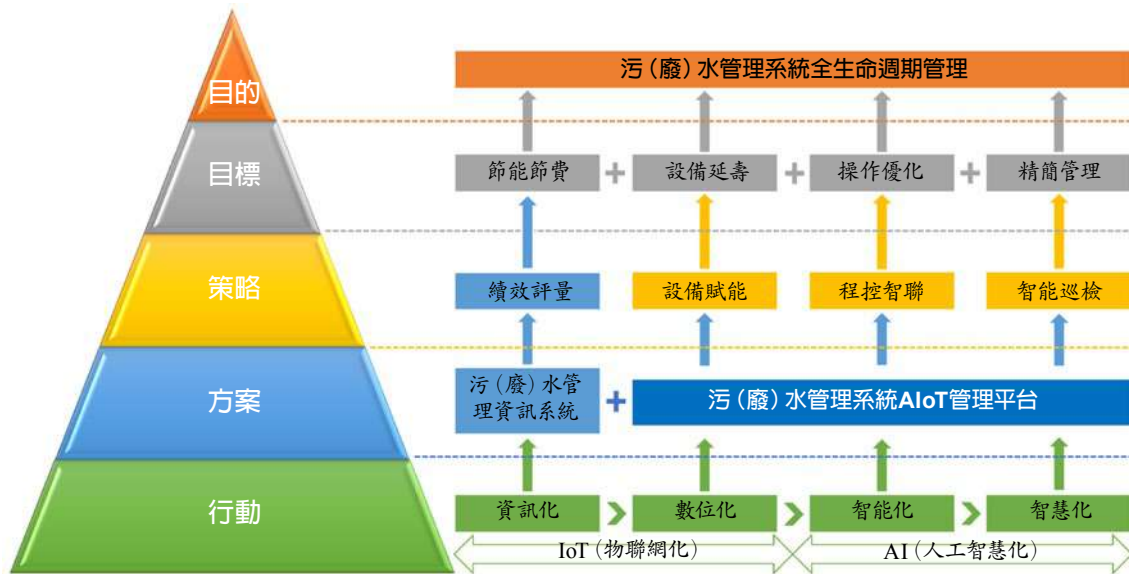


▲圖四 污(廢)水管理系統「營運管理面」需求分析

互關係與作用的變化。因此，污(廢)水管理系統必須具有反饋系統、自適應和自學習系統，以保持對客觀環境的適應能力。

各級污(廢)水管理系統均需在其所屬的污(廢)水管理辦法的管理機制中落實執行管制措施，以達到其設置的目的。因此，就污(廢)水管理系統的「系統管理面」而言，可歸納包括：①設備維護保養；②設備及場域巡檢；③水質合格及符合法

規；與④節省能耗及成本，以符合永續發展原則等需求，如圖三所示。另就污(廢)水管理系統的「營運管理面」而言，近年來氮磷管制標準的提高及水回收再利用程度與需求的增加，導致原本操作維護營運管理上的問題更錯綜複雜，包括人力資源、設備妥善維護率、設備汰舊換新、提標改造、耗材藥劑控管及節能減碳等需求相對提高，如圖四所示。

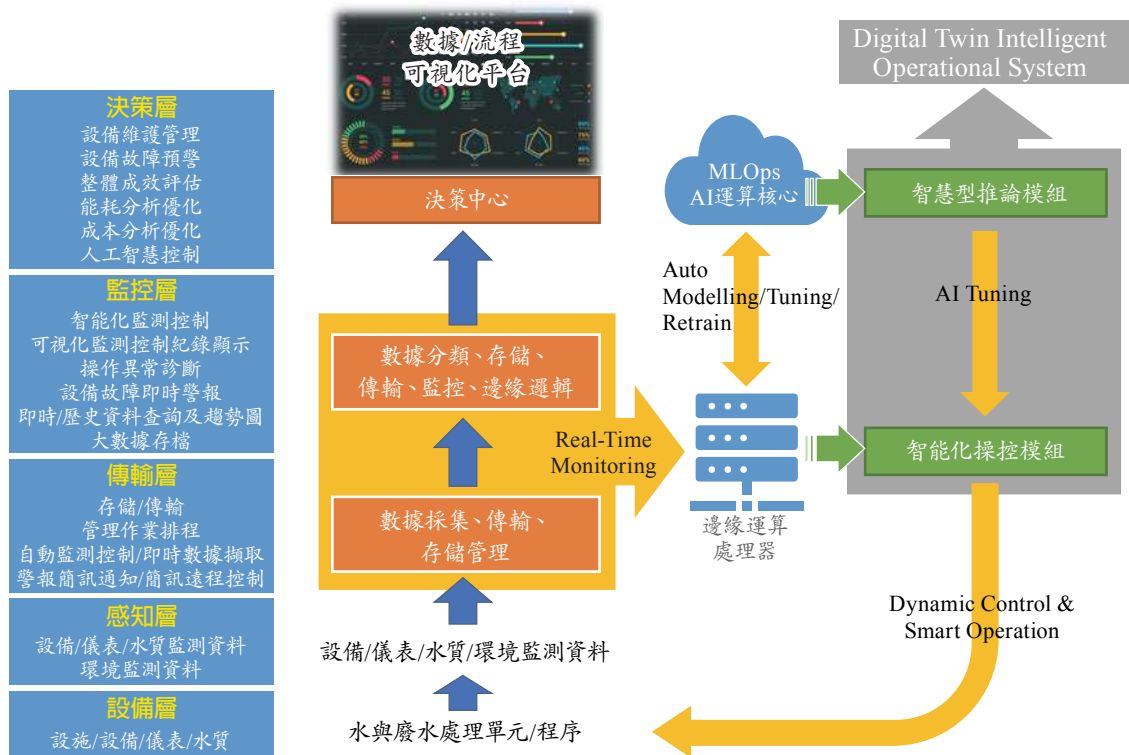


▲圖五 污(廢)水管理系統AIoT管理平台發展架構(彩圖請見材料世界網)

綜上所述，為同時滿足污(廢)水管理系統在系統管理面與營運管理面的需求，各級污(廢)水管理系統可藉由數位化、物聯網化、智能化及智慧化的過程，結合資訊化過程所建置的污(廢)水管理資訊系統，建構「污(廢)水管理系統AIoT管理平台」，如圖五所示。其中，污(廢)水管理系統AIoT管理平台以「設備賦能」、「程控智聯」及「智能巡檢」三策略方向出發，分別建置智能化操控及智慧型管理方案，達到「設備延壽」、「操作優化」及「精簡管理」等目標。設備延壽、操作優化及智能巡檢對營運管理的績效指標，將結合系統管理面績效指標，納入污(廢)水管理資訊系統的績效評量系統中進行「節能節費」目標管理分析，以作為污(廢)水管理系統全生命週期管理決策的依據。

污(廢)水管理系統AIoT管理平台均藉由「即時監測(Real-Time Monitoring)」、「動態控制(Dynamic Control)」、「智能操作(Smart Operation)」及「智慧微調(AI Tuning)」等四個循環運作機制，使污(廢)水管理系統中設備的運轉、程序的操控及場域的巡檢能在動態環境中即時、正確、有效地被執行，即所謂的「智能化控制」。智能化控制的結果納入AI的運算核心產生智慧型控制/推論模型以進行診斷、評估及微調或糾偏，讓污(廢)水管理系統設備的運轉、程序的操控及場域的巡檢能在動態環境中即時回復到「對目好」的運轉狀態及操控範圍，提高系統的穩定性及降低決策的風險性並符合環保法規要求，此即為所謂的「智慧型控制」，如圖六所示。

污(廢)水管理系統營運管理績效最



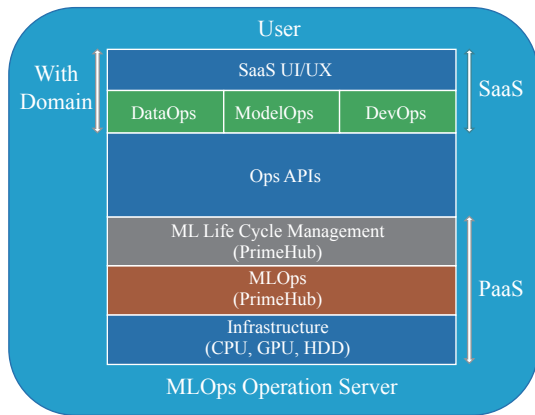
▲圖六 污(廢)水管理系統AIoT管理平台運作方式

佳化，包括設備效能最佳化、操作效益最佳化及管理效率最佳化。在設備賦能策略面，係藉由運轉指標即時化、異常診斷動態化、維保判斷智能化及維修決策智慧化等運作機制，以達到設備效能最佳化，進而符合設備延壽的目標。在程控智聯策略面，係藉由監測變數即時化、控制變數動態化、程序操控智能化及操控決策智慧化等運作機制達到操作效益最佳化，以推進操作優化的目標。在智能巡檢策略面，則係藉由偵測數據即時化、資訊整合動態化、風險警示智能化及應變對策智慧化等運作機制，達到管理效率最佳化，進而實踐精簡管理的目標。

WaterOps智慧水務服務平台

污(廢)水管理系統AIoT管理平台從智能化操控產生智慧型控制/推論模組的過程，需要一個AI的運算核心。以往要產生一個AI模型，不僅從資料準備、模型訓練到模型部署上線皆曠日廢時，且需要大量的資料科學家、資訊工程師和軟體工程師群策群力一起完成，但過程中若沒有掌握好領域知識(Domain Know-How)，極可能到頭來還是功虧一簣。

建立AI模型的過程中最常發生的問題，就是領域知識者若不具備AI的開發經驗，會認為建立一個模型，只需要做資料



▲圖七 WaterOps SaaS平台組成架構

準備、模型訓練就可以部署上線，但事實上所有的AI模型都是為了解決特定目的而產生的工具，且每一個階段都需要維運團隊（OT端）與開發團隊（IT端）多次整合協作。因此，要產出一個AI模型的過程，需要透過非常繁複的溝通交流，包含資料的擷取、清整、補值等；模型建立時的輸入/輸出變數的界定、演算邏輯、邊界條件及相關操控參數等；最後部署到實場的運用方式、限制、操作規劃等。

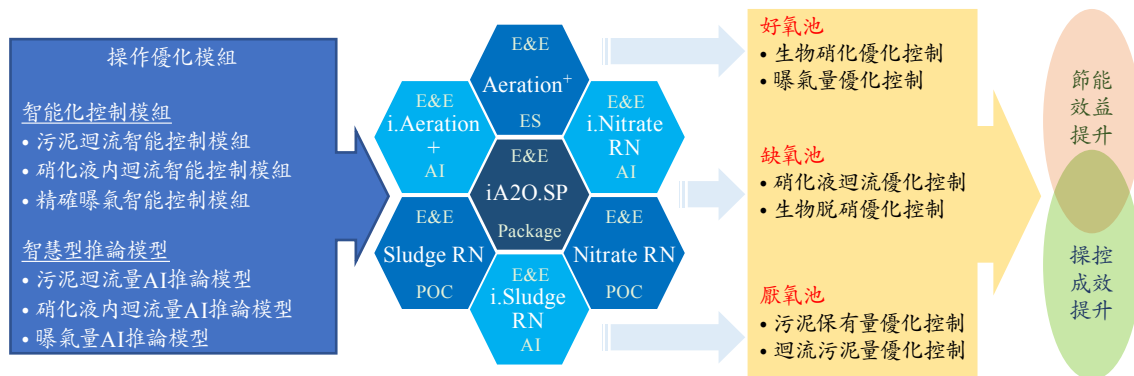
WaterOps智慧水務平台係為提供智慧水務領域免編程、快速上手的機器學習維運平台，透過此平台可以維護ML生命週期與改善DevOps的速度與敏捷性。WaterOps智慧水務服務平台在架構上可依客戶的企業型態或需求不同，用私有雲或公有雲的架構來提供服務，而最小的組成可以建構在單一的AI Server上，透過PaaS串接SaaS的方式，提供使用者經過設計的UI/UX畫面，如圖七所示。

底層PaaS層主要功能為管理及分配硬

體資源、更新及控管程式碼版本，為充分運用硬體資源，使用MLOps軟體妥適且動態地管理、分配及調用電腦CPU、GPU或硬碟等硬體架構(Infrastructure)，將整個模型建構及服務執行等生命週期各階段做有效率的管理。

而SaaS層主要功能為提供機械學習/深度學習建模生命週期中最重要的三大流程，包含資料處理相關的功能(DataOps)、模型建置微調相關的功能(ModelOps)以及特定目的功能決策模擬的相關功能(DecisionOps)，同時透過各式各樣的應用程式介面(API)來串接這些功能流程。這些功能按水資源管理相關的產業/領域知識專家提供的參數相關性、限制因子、專業術語及操作邏輯，設計出快速應用的使用者介面(UI/UX)，而為提升使用性，這些簡明操作頁面均無需撰寫程式碼即可使用。

現階段，基士德已將實際場域中的智能化及智慧型控制與決策判斷需求所開發的演算法及模型，以MLOps架構搭載於WaterOps智慧水務服務平台上，其中的數位孿生(Digital Twins)技術，讓客戶無須另組AI團隊，即可運用領域知識使用平台上的AI模型進行模擬分析的功能。客戶僅需先將基本水務資料輸入WaterOps中產生AI模型，自動串接成虛擬決策分析系統，一方面借助AI模型進行前期模擬（虛），完成後再對照建置實體系統與AI管理中心；另一方面可依現場監測數據不斷修正調整（實），所得成果可再回饋到虛擬系統持續優化更新模型。虛實相輔的孿生概念，讓日常營運或事前評估都能更為精準。透過WaterOps智



▲圖八 A2O程序操作優化執行目標、策略及方案

慧水務服務平台中即時推論與AI控制模組的結合，數位孿生技術與MLOps架構能因應動態得知進流量、水質變化及環境條件變異等參數，採用適性高且調控彈性佳的神經網路演算法建模，藉由大數據運算機制，提供即時監控、遠程控管、成效評估、水質預測、污染預防及主動告警等功能。

應用案例分享

為解決國內某科技園區水資源處理場所面臨之污泥迴流控制不當，造成污泥流失現象；曝氣控制不當，導致終沉池污泥上浮；氨氮、總氮放流水質超標等問題，率先導入污（廢）水管理系統AIoT管理平台，進行A2O (Anaerobic-Anoxic-Oxic)程序操作優化策略、智能化控制以及智慧型操作管理方案的建置與執行工作，以同時達到水質處理及操控成效與節能效益提升的目標，如圖八所示。

1. 水質處理成效評估

彙整自2022年7月1日至2022年10月

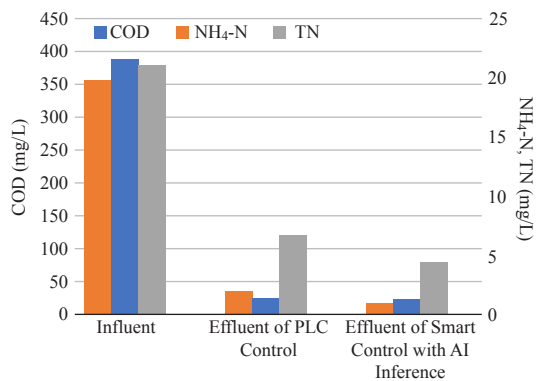
31日，A2O程序於智能化與智慧型操作控制過程之月平均水質檢測資料，如表一所示。平均進流水COD、氨氮(NH₄-N)及總氮(TN)之水質濃度值，分別為389 mg/L、19.75 mg/L及21.08 mg/L。經智能化及智慧型操作控制後之平均放流水COD = 25 mg/L、NH₄-N = 1.05 mg/L及TN = 4.49 mg/L，優於2021年同期由PLC控制之平均放流水COD = 26 mg/L、NH₄-N = 2.02 mg/L及TN = 6.72 mg/L。由於智能化及智慧型控制能有效掌握好氧硝化及缺氧脫硝反應特徵點，包括ORP Valley-point及ORP Knee-point等，因此，自智能化及智慧型控制模組部署後，TN放流水水質均可控制在環評承諾的10 mg/L以下，如圖九所示。

比較對於水質處理之提升成效，經智能化及智慧型操作控制後平均COD、NH₄-N及TN之去除率，分別為93.6%、94.7%及78.7%，優於2021年同期由PLC控制之平均COD、NH₄-N及TN之去除率，分別為93.2%、89.8%及68.2%。如圖十所示，其中，NH₄-N及TN之水質處理提升成效高

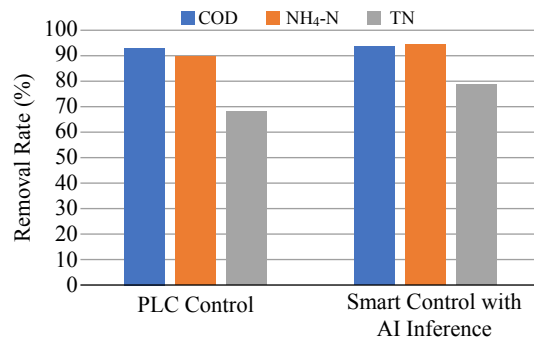


▼表一 不同控制方法水質處理結果

Sample		Month	COD	NH ₄ -N	TN
Wastewater Quality Concentration (mg/L)	Influent	Jul	382	19.67	21.03
		Aug	423	17.56	18.78
		Sep	310	21.86	23.45
		Oct	442	19.90	21.08
		Mean	389	19.75	21.08
	Effluent of PLC Control	Jul	27	2.11	7.09
		Aug	19	3.27	9.94
		Sep	36	1.10	5.01
		Oct	25	1.58	4.82
		Mean	26	2.02	6.72
	Effluent of Smart Control with AI Inference	Jul	25	1.23	4.74
		Aug	23	2.23	6.70
		Sep	28	0.66	3.27
		Oct	22	0.08	3.24
		Mean	25	1.05	4.49
Removal Rate (%) of Wastewater Quality Parameters	PLC Control	Jul	93.1	89.3	66.3
		Aug	95.5	81.4	47.1
		Sep	88.5	95.0	78.6
		Oct	94.4	92.1	77.1
		Mean	93.2	89.8	68.2
	Smart Control with AI Inference	Jul	93.4	93.7	77.5
		Aug	94.5	87.3	64.3
		Sep	90.9	97.0	86.0
		Oct	95.0	99.6	84.6
		Mean	93.6	94.7	78.7



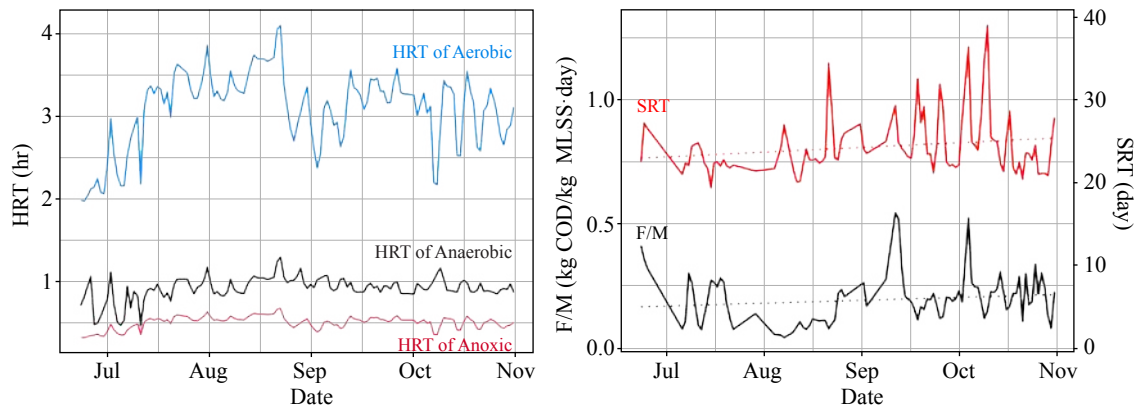
▲圖九 進流水及不同控制方法處理水質之比較



▲圖十 不同控制方法水質去除率之比較

▼表二 智能化及智慧型操作下，A2O系統操作參數HRT、F/M及SRT評估結果

Month	HRT of Anaerobic (hr)			HRT of Anoxic (hr)			HRT of Oxidic (hr)		
	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min
Jun	1.07	0.72	0.49	0.37	0.34	0.33	2.25	2.08	1.97
Jul	2.43	0.94	0.47	0.91	0.53	0.36	5.52	3.19	2.16
Aug	1.30	1.00	0.83	0.68	0.56	0.45	4.10	3.39	2.70
Sep	1.08	0.94	0.85	0.59	0.52	0.39	3.59	3.15	2.38
Oct	1.17	0.94	0.85	0.58	0.49	0.36	3.55	3.00	2.17
Month	FM (kgCOD/kgMLSS-day)			SRT (day)					
	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min			
Jun	0.42	0.37	0.32	21.79	20.35	17.99			
Jul	0.30	0.18	0.08	19.87	17.86	15.53			
Aug	0.24	0.11	0.04	27.58	19.22	16.10			
Sep	0.55	0.22	0.11	26.08	20.12	16.97			
Oct	0.53	0.23	0.08	31.22	20.06	16.36			



▲圖十一 智能化及智慧型操作下，A2O系統操作參數之變化

達4.9%及10.5%，顯示智能化及智慧型操作控制可有效提升污水中氮系水質成分的处理成效。

2. 操控成效評估

智能化及智慧型控制主要在於建立一個動態反饋機制，以因應進流量及水質、環境條件的動態變化與各生物反應池

中活性污泥的生化活性及生化反應狀態。因此，智能化及智慧型控制的結果，操作參數如水力停留時間(HRT)、食微比(F/M)及污泥停留時間(SRT)等，將會產生動態(Dynamic)變化而非穩態(Steady-state)的操作值，如圖十一所示。

彙整自2022年7月1日至2022年10月31日，A2O程序於智能化與智慧型操作控制



▼表三 A2O程序主要受控設備用電量統計及節電效益分析

受控設備	污泥迴流泵			硝化液內迴流泵			鼓風機		
	Power Consumption (kWh)			Power Consumption (kWh)			Power Consumption (kWh)		
操控模式	PLC Control	Smart Control	AI Control	PLC Control	Smart Control	AI Control	PLC Control	Smart Control	AI Control
Jun	1,080	534	361	2,160	1,125	881	7,325	5,280	3,190
Jul	3,510	1,649	1,581	7,020	2,594	3,312	34,793	26,572	24,236
Aug	2,790	1,431	1,565	5,580	2,702	3,122	32,046	26,545	26,135
Sep	2,700	1,419	1,517	5,400	2,771	2,949	17,396	11,846	13,450
Oct	2,700	1,408	1,557	5,400	3,231	3,181	20,601	14,403	16,177
Total	12,780	6,441	6,581	25,560	12,423	13,445	112,161	84,646	83,188
操控模式	Power Saving Efficiency (%)		Power Saving Efficiency (%)		Power Saving Efficiency (%)				
	Smart Control	AI Control	Smart Control	AI Control	Smart Control	AI Control			
Jun	50.60	66.54	47.90	59.21	27.91	56.45			
Jul	53.02	54.95	63.05	52.81	23.63	30.34			
Aug	48.72	43.92	51.58	44.05	17.16	18.44			
Sep	47.46	43.80	48.68	45.39	31.91	22.68			
Oct	47.84	42.32	40.17	41.09	30.09	21.47			
Mean	49.53	50.30	50.28	48.51	26.14	29.88			

過程之HRT、F/M及SRT等操作參數評估結果，如表二所示。厭氧池HRT介於0.47~2.43 hrs，月平均值介於0.72~0.94 hrs；缺氧池HRT介於0.33~0.91 hrs，月平均值介於0.34~0.56 hrs；好氧池HRT介於1.97~5.52 hrs，月平均值介於2.08~3.39 hrs。

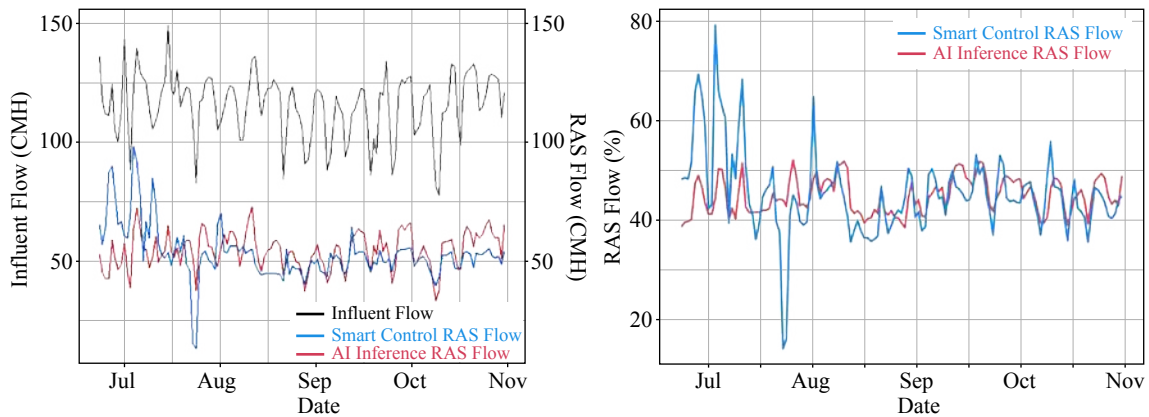
其中，厭氧池及缺氧池之月平均HRT，尚能符合內政部營建署「污水下水道工程設計指針與解說」規定之0.5~1.5 hrs及0.5~1.0 hrs。雖好氧池之月平均HRT小於該設計指針與解說規定之3.5~6.0 hrs，然A2O程序仍能維持良好的除氮成效，顯示智能化與智慧型控制具有即時反應A2O系統的動態變化提供控制決策的能力，可解決因水力時間停留不足影響操作的問題。

A2O系統F/M及SRT等操作參數分析

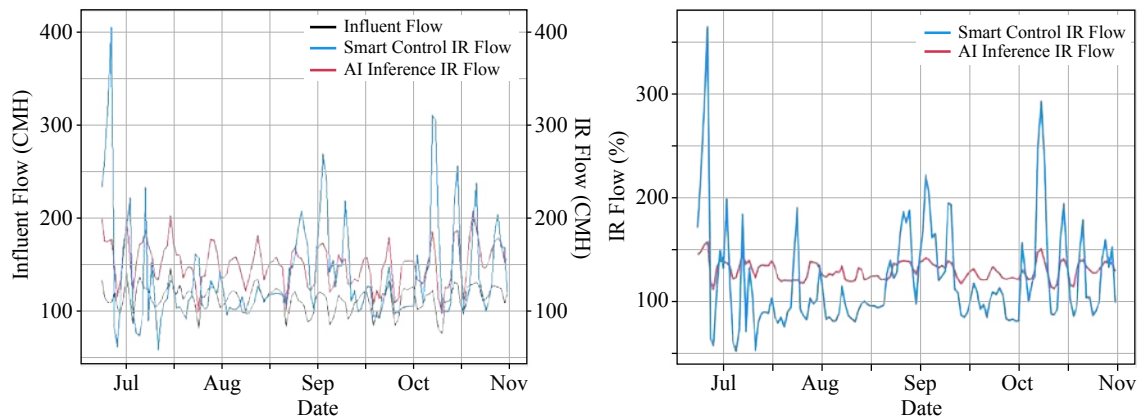
結果顯示，F/M值介於0.04~0.55 kg COD/kg MLSS/day之間，月平均值介於0.11~0.37 kg COD/kg MLSS/day之間；SRT值介於15.53~31.22 day之間，月平均值介於17.86~20.35 day之間。顯示智能化與智慧型控制具有因應動態污染負荷的能力，並可即時提供良好的控制決策；且能有效控制活性污泥的生長環境及條件，進而達到提供A2O系統穩定性的功能。

3. 節能效益評估

A2O程序主要受控設備包括：污泥迴流泵（5 HP，2台）、硝化液內迴流泵（5 HP，2台）及鼓風機（15 HP，3台）。各受控設備於智能化及智慧型操控期間用電量統計及節電效益分析結果，如表三所示。



▲圖十二 智能化及智慧型操控期間，A2O系統污泥迴流量及迴流率變化（彩圖請見材料世界網）



▲圖十三 智能化及智慧型操控期間，A2O系統硝化液內迴流量及迴流率變化（彩圖請見材料世界網）

污泥迴流泵(RAS Pump)之累計用電量分別為6,441 kW及6,581 kW，均較2021年同期累計用電量12,780 kW為低；月節電效益分別介於47.46~53.02%及42.32~66.54%之間，平均節電效益分別為49.53%及50.30%。硝化液內迴流泵(IR Pump)之累計用電量分別為12,423 kW及13,445 kW，亦均較2021年同期累計用電量25,560 kW為低；月節電效益分別介於40.17~63.05%及

41.09~59.21%之間，平均節電效益分別達到50.28%及48.51%。依據圖十二及圖十三顯示，智能化及智慧型操控期間，A2O系統之污泥迴流率及硝化液內迴流率變化校核結果，污泥迴流率分別控制在14.3~79.2%及38.5~52.2%，平均為45.3%及44.9%；硝化液內迴流率分別控制在54.2~365.8%及113.6~159.2%，平均為123.0%及131.7%，均遠低於設計之污泥迴流率100%及硝化液內



▼表四 A2O程序主控設備之單位廢水用電量

Control Approach	Month	Power Consumption per m ³ of Wastewater (kWh/m ³)			
		Blower	IR Pump	RAS Pump	Total
PLC Control	Jun	0.33	0.10	0.05	0.48
	Jul	0.39	0.08	0.04	0.50
	Aug	0.37	0.07	0.03	0.47
	Sep	0.22	0.07	0.03	0.32
	Oct	0.24	0.04	0.03	0.30
	Mean	0.31	0.07	0.04	0.41
Smart Control	Jun	0.24	0.05	0.02	0.32
	Jul	0.29	0.03	0.02	0.34
	Aug	0.31	0.03	0.02	0.36
	Sep	0.15	0.03	0.02	0.20
	Oct	0.17	0.04	0.02	0.22
	Mean	0.23	0.04	0.02	0.29
AI Inference	Jun	0.14	0.04	0.02	0.20
	Jul	0.27	0.04	0.02	0.32
	Aug	0.30	0.04	0.02	0.36
	Sep	0.17	0.04	0.02	0.22
	Oct	0.19	0.06	0.02	0.27
	Mean	0.21	0.04	0.02	0.27

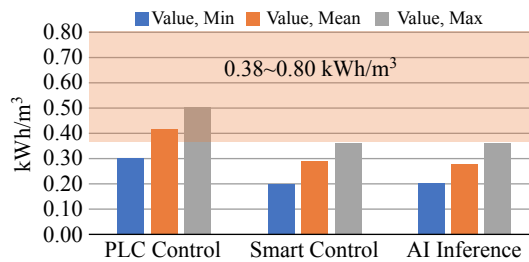
迴流率300%，故可獲致較高的節電效益。

上述結果顯示，污泥迴流及硝化液內迴流智能化及智慧型控制模組均能有效節省污泥迴流泵及硝化液內迴流泵之用電量。惟智慧型控制模組係根據智能化控制模組長期運轉的結果，以WaterOps AutoML建置的AI模型所推論出來的控制值，具有經驗學習、控制邏輯優化及精確控制的能力，因此，污泥迴流率及硝化液內迴流率的變動性較低、操控性較佳，對A2O系統的穩定性及水質處理成效提升的可靠度較顯著。

鼓風機之累計用電量分別為84,646 kW及83,188 kW，均較2021年同期累計用電

量112,161 kW為低；月節電效益分別介於17.16~31.91%及18.44~56.45%之間，平均節電效益分別為26.14%及29.88%。此結果顯示，精確曝氣智能化控制模組及曝氣量AI推論模型均能有效節省鼓風機之用電量。惟曝氣量AI推論模型係依據長期智能化控制的結果進行優化，更能因應好氧池活性、污泥的生物活性及反應狀態進行最佳曝氣量的推論，對鼓風機節能效益較佳。

分析單位廢水用電量，如表四所示。智能化控制及智慧型控制下，鼓風機之單位廢水用電量分別為0.15~0.31 kWh/m³，平均值為0.23 kWh/m³及0.21 kWh/m³，較2021年同期之鼓風機單位廢水用電量平均值0.31



▲圖十四 智能化控制及智慧型控制下，A2O程序主要受控設備單位廢水用電量及比較

kWh/m³為低。硝化液內迴流泵及污泥迴流泵之單位廢水用電量亦同。A2O程序之平均單位廢水用電量分別為0.29 kWh/m³及0.27 kWh/m³，均低於2021年同期之平均單位廢水用電量0.41 kWh/m³，亦遠低於國內污水處理廠單位廢水用電量0.38~0.80 kWh/m³，如圖十四所示。

結 論

隨著人工智慧與機器學習科技持續發展，大眾的生活習慣、工作模式與社會的商業行為也將受到影響與變革。當智能化及智慧化介入水資源AIoT管理系統時，最直接衝擊操作管理上的問題是由穩態操

控模式轉變為動態操控模式，由於此轉變往往會凸顯日常操作管理上不易察覺或潛在性的問題，而造成操作管理者之恐慌及憂心。但驗證結果顯示，智能化及智慧化不僅有效提升水質處理及操控成效與節能效益，同時也利於察覺系統上的成效限制因子，藉由智能化控制及智慧型操作模組於特徵鑑別及經驗學習優化過程中，逐步消弭此等成效限制因子。國內的污水處理廠大部分將屆使用年限，不論是要全面新建或分區逐步更新，都能應用WaterOps智慧水務服務平台(WaterOps Smart Water SaaS Platform)進行全生命週期管理。現階段在智慧水務的發展上，國內外大致上都還處於物聯網(IoT)化及數位化階段，基士德WaterOps智慧水務服務平台將有助於加速智能化及智慧化的發展進程，助益各級政府推動水資源智慧管理。同時，應用WaterOps智慧水務服務平台設備賦能及程控智聯技術中的智能化控制及智慧型操作管理模組，可強化水資源的保護、保育與調配及利用，以響應政府及社會發展循環經濟與水資源永續發展的趨勢及策略。■