



城市智慧管理

輔助管汰工程 及 智慧管理 建構 不缺水城市

李承鴻／臺北自來水事業處供水科 三級工程師

黃騰宏／臺北自來水事業處技術科 股長

許家成*／台灣世曦工程顧問股份有限公司地理空間資訊部 副理

臺北自來水事業處為達成永續發展目標，擬定供水管網改善長程計畫（95 年～114 年），共分為四階段執行，期望於 114 年將管線漏水率降低至 10%，其中第三階段後期與第四階段管網改善所面臨的挑戰極高，如何尋找最適模式發揮效益，以期能達成將管網漏水率降低至 10% 以下之總計畫目標。本期計畫藉由圖資管線屬性（管材、管齡等）、歷史漏水點，結合機器學習進行漏水潛能分析，找出漏水機率較高路段，提供管汰順序的安排，精進開挖、達成節能減碳。積極推動智慧水管理應用，除建立數位孿生的基礎模型外，更強化自來水管線圖資與水理分析結果的即時應用，將水理分析軟體元件整合至 106 年所開發的臺北自來水智慧化資訊管理系統（Water Intelligent System of Enterprise, WISE），建立新一代 2.0 版應用系統，結合即時監控資料，進行擬真（Live）模型研究及試作，以模擬供水分區管網的水壓與流量，藉由試作及驗證過程，來進行即時（Real-time）水理模型應用情境未來規劃，系統可即時依據歷史資料，藉由數據統計分析方法，結合監控 24 小時資料值，做為未來預警值，當有數據異常時，可即時於地圖顯示，結合追蹤分析，讓監控中心同仁於系統可瞭解影響所及範圍，進行輔助決策，若有發生水壓不足時，亦可即時預警，降低災害風險。當發生爆管漏水時，監工透過行動裝置，藉由管線圖資拓模自動化應用，結合智能斷水追蹤功能，自動計算停水影響範圍，可確認需關閉開關及受停水影響用戶統計，加速漏水處理，避免災情擴大。

工程簡介

管線錯綜複雜程度超乎想像，整體改善所面臨的困難將愈來愈高，如何利用創新方法，透過數據或水理分析找出漏水機率較高路段，進行管汰作業，將漏水率由 26.99% 降低至 10% 以下，是計畫創新目標之一。由於漏水機率減少，除可阻斷管線內與外界接觸機會，提升系統水壓，避免系統內負壓產生污染水質風險，並有減少路面挖修影響交通、避免人民生命財產損失及提升政府形象等不可量化之效益；此外，無形中亦增加整體供水系統之備載量，有效舒緩未來水源不足的壓力。本專案創新應

用流程，主要可以分成三個面向進行分析，如下圖 1 所示，先擬定系統應用長程計畫，分年分期逐步推動，第二階段則是水理應用的擴展，將過去研發創新的構想，交由專業廠商開發實作，逐步推進分析成果應用，另外是機關內部大量資源投入及首長支持，才能充分達成需求訪談及經費爭取，最後達到智能管網加值應用的目標。

數位創新成果

創新應用上共研擬了五大關鍵課題，如圖 2。本期延續前期作業成果，並強化原有平臺精進系統自動化功能及智能運用，達成五大目標，包括分析平臺、模型校正、智能應用、圖資同步及知識分享五大面向。

* 通訊作者，terryshiu@ceci.com.tw



圖 1 北水處推動數位創新應用中長程計畫

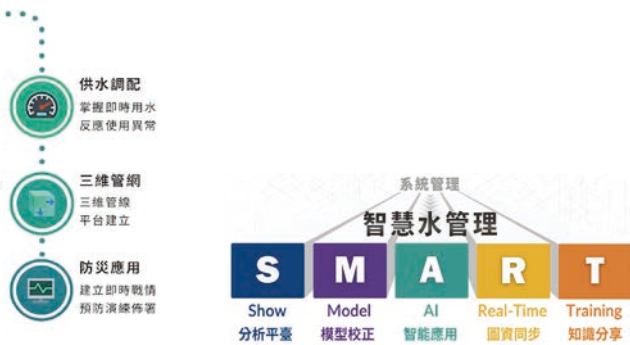


圖 2 本期數位創新五大面向

分析平臺

過去使用者僅能使用 EPANET 單機軟體進行水力分析成果檢視，並無法於 EPANET 中與動態地圖相互整合，分析成果亦無法與現有設備及管網套疊，使用者無法瞭解其分析結果是否正確，因此在 WISE 平臺中開發動態展示分析結果功能，當同仁在 EPANET 中完成水力分析後，以 WISE 做為分析結果展示的平台，可讓其他同仁或長官在不受地點與軟體的限制下，查看管網模擬結果，與即時實際監測數值做比較，協助判斷管網運行狀況。另外，若於分析結果中發現有異常情形，亦可利用 GIS 地圖套匯及定位功能快速查找可

能造成影響範圍與地點，加速管線修漏或修改管網圖資問題，操作範例如圖 3 及圖 4。

為使未來水力分析系統能達到全自動化的目標，本計畫先行試辦擬真（Live）模型研究及試作，建立一套可運作的流程及確認未來展示內容，依據現有的空間資料庫成果尚無法達到擬真模型展示，需分成五個面向進行精進，始可完成任務，包括：模型拓模匯出、智能水源設定、模型校正、擬真模型展示平台建立與加值應用功能研析，各項精進內容，請參閱圖 5。

依上述平台架構，本案已設計擬真模型展示平台畫面，將以地圖呈現為主軸，兩側輔以供水分區關鍵

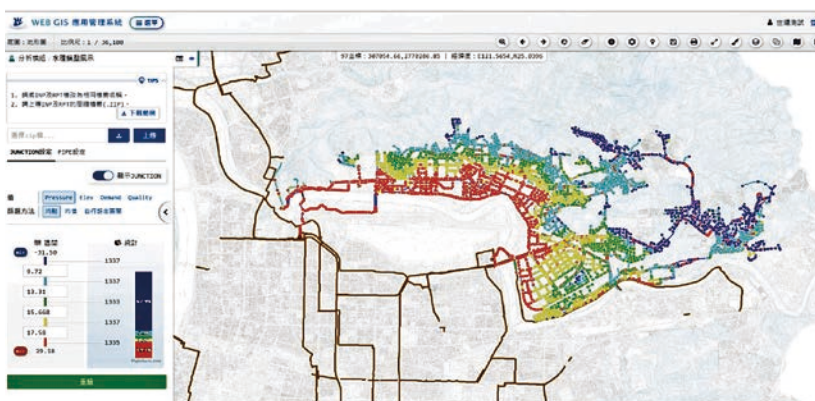


圖 3 水力分析成果展示範例圖

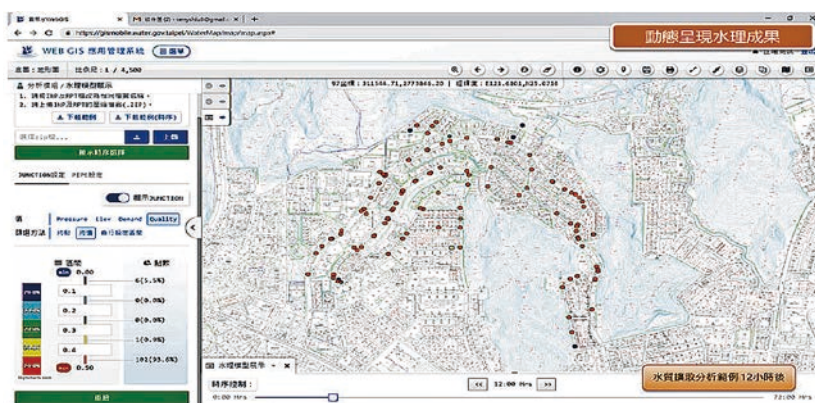


圖 4 依動態時序顯示水力分析成果範例圖



圖 5 擬真模型展示作業規劃

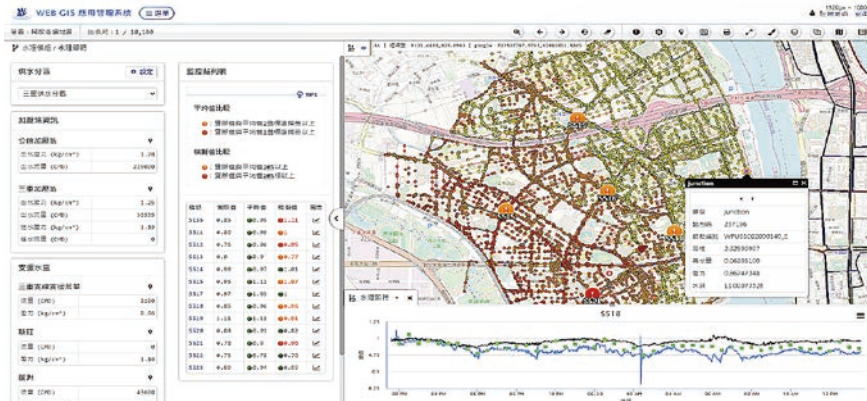


圖 6 水理分析展示成果

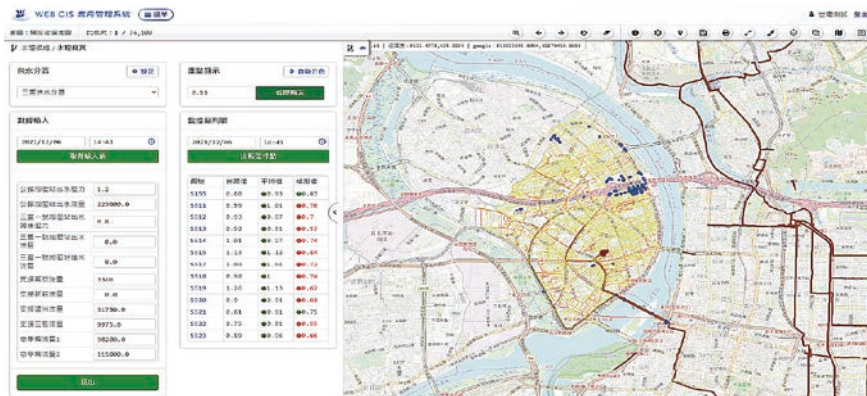


圖 7 擬真模型展示成果

數據，如支援量、加壓站出水壓（量）、監控點監測值等，輔助相關業務人員掌握供水狀況。以 WISE 做為分析結果展示的平台，可讓其他同仁或長官在不受地點與軟體的限制下，查看管網模擬結果，與即時實際監測數值做比較，協助判斷管網運行狀況，如圖 6 及圖 7。

模型校正

本系統為國內首創自行研發的水理分析計算平臺及模型基礎校正軟體，結合遺傳演算法（GA）和水理分析函式庫（EPANET.dll），建立自動化基礎校正軟體，遺傳演算法經由精英選擇、世代交配及定額突變率，來進行粗糙係數（ROUGHNESS）的調整，再經由不斷迭代，去找出符合實際量測值的最佳化解，其研究結果顯示模型於校正前後 0% ~ 10% 誤差率可提升 21%，並與 24 小時監控點的資料進行比對，其誤差平

均值僅為 7.63%，顯示其校正結果非常良好，可大幅增進模型的可靠度。校正工具整體計算架構包含資料前處理，首先從研究區域之空間資料庫轉換為初始水理模型，第二步則是在此模型中，以理論經驗公式計算一組初始化粗糙係數 C，並且進行管網設定，第三步進入校正流程則是透過遺傳演算法及 EPANET.dll 改正 C 值以使模擬壓力 P 值與實測壓力差異最小化，最後產出校正後的 INP 檔案。本研究所設計的遺傳演算法運算，共分成三個階段，包括資料準備、分析計算及結果儲存等，流程如圖 8。

基礎校正軟體開發完成後，以中和永和供水分區進行驗證，校正後模擬結果如表 1，校正後之壓差統計結果可發現，140 點水壓量測點中有 75 點壓差在 0.1 kg/cm² 以下，39 點在 0.1 ~ 0.2 kg/cm² 之間，18 點在 0.2 ~ 0.3 kg/cm² 之間，1 點在 0.3 ~ 0.4 kg/cm² 之間，7

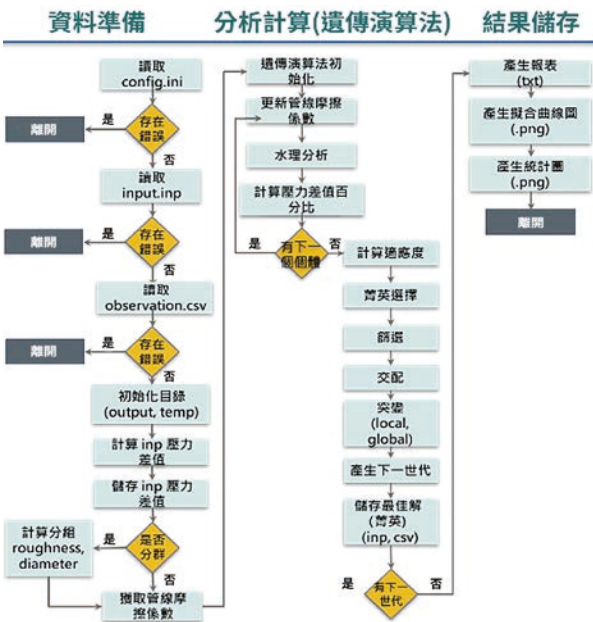


圖 8 遺傳演算法運算流程

點在 0.4 kg/cm² 以上。而誤差在 20% 內的點位共有 114 點，占總數 81.4%，且其中誤差小於 10% 從 57 點增加至 70 點，顯示整體供水分區壓差有明顯改善，如表 2 所示，各點位壓差絕對值與誤差往較低區間靠攏，惟誤差較大之點位仍多維持在管線末端之區域。

以 WaterGEMS 校正後與 WaterCali 比對，校正結果如表 3，誤差在 20% 內的點位為 112 點，為占總數之 80.0%，其中誤差小於 10% 維持在 57 點，可以發現 WaterCali 可以得到更好的成效。

表 1 中和永和供水分區校正前壓差統計表

壓差(kg/cm ²)	數量	占比(%)	誤差(%)	數量	占比(%)
<0.1	63	45.0	<10%	59	42.1
0.1 ~ 0.2	45	32.1	10% ~ 20%	53	37.9
0.2 ~ 0.3	18	12.9	>20%	28	20.0
0.3 ~ 0.4	7	5.0			
>0.4	7	5.0	20%以內小計	112	80.0

表 2 中和永和供水分區校正後壓差統計表

壓差(kg/cm ²)	數量	占比(%)	誤差(%)	數量	占比(%)
<0.1	75	53.6	<10%	70	50.0
0.1 ~ 0.2	39	27.9	10% ~ 20%	44	31.4
0.2 ~ 0.3	18	12.9	>20%	26	18.6
0.3 ~ 0.4	1	0.7			
>0.4	7	5.0	20%以內小計	114	81.4

表 3 水理軟體壓差分析比較表

WaterGEMS			WaterCali		
壓差	數量	佔比(%)	壓差	數量	佔比(%)
<10%	64	45.7	<10%	71	50.0
10%~20%	48	34.3	10%~20%	45	31.4
>20%	28	20.0	>20%	24	18.6
<20%總計	112	80.0	<20%總計	116	81.4

智能應用

當現場發生漏水、爆管情形時，智能斷水分析功能可提供使用者，現場停水方案模擬分析結果，自動建議所需關閉的制水閥位置，協助現場人員在停水影響範圍最小的情況下，用最短時間完成閥關閉作業，縮短民眾不便時間，並自動化依據關閉範圍，統計受影響用戶，並可結合市政簡訊平臺主動發送停水訊息，讓民眾可即時取得停水資訊。另針對自來水施工工程進行作業前宣導，研判受影響區域，預先通知可能受影響用戶，以提昇水處服務品質及民眾滿意度，詳細作業流程如圖 9。



圖 9 智能斷水自動顯示需關閉之閥位置圖



圖 10 圖資異動更新流程圖



圖 11 未來推動構想圖

圖資同步

本案計畫目標乃重新檢視北水處空間資料庫內容及作業流程，擬定與雙北市道路主管機關空間資料同步作業方式，這樣的流程改造不但獲得雙贏，更是全國第一個採用此制度的模範。針對上述問題，提出三階段解決方法，各階段設計說明如下：

現行測量廠商交付測量資料後，主要交付檔案給監工人員進行存查作業，查核完成後，並無統一管理機制，本團隊於工程維運管理雲平台上建立測量 GML 收納平臺，由測量廠商直接上傳測量檔案至收納平臺，並建立測量成果檔案儲存區。監工人員可於平臺上進行查核作業，確認無誤後，即可將成果置於暫存區。接續由數化人員進行版本確認作業，檢核無誤後，可將測量成果 GML 資料匯入至空間資料庫中，並開啟設備管理系統圖資繪製模組，進行以測量成果配置圖資，數化過程中的各項圖資編修程序，將會完整紀錄於「工單異動資訊」當中，待繪製完成後即可將本次異動結果，同步至北水處空間資料庫中。異動更新會分成二部分進行，一部分是依路證編號匯出異動資料，並分成臺北市格式及新北市格式，供監工同仁上傳至雙北市道路管理機關進行結案作業。另一部分則是每日同步異動資訊，將各「工單異動資訊」的成果，從空間資料庫轉製成 GML 檔案格式，並依據雙北市道路管理機關的要求，存放於特定位置，每日進行圖資異動同步更新，詳細作業流程可參考圖 10 所示。

知識分享

水理分析工作，是北水處很重要根基知識，因此在本期計畫中，特別強調水理模型建模、分析、模擬等工作需要從顧問公司經驗傳承北水處同仁，因此如何於執行計畫期間協助同仁累積水理分析知識，開創模型多元化應用，是計畫重點課題。隊針對上述課題，擬定見習計畫作法如下，主要參考卡內基的訓練架構，並加以調整，課程內容設計上將使每位學員有參與感、並與工作融為一體，藉由互動的練習開始（非單純聽講），並將所學運用於生活、工作中，建立自己真正的經驗，經過數週不斷練習新的技能，使學員能養成新的思考行為。

本期計畫已有不錯執行成果，惟受限時間及經費緣故，後續仍有相關面向可再精進，建議事項說明如下：供水分區模型續辦作業、模型更新自動化、水理資料庫建立、擬真模型參數設定、即時系統開發及應用及加值應用功能開發，如圖 11 所示。

結語

為期二十年的管網改善計畫推動，已至提升精緻化的智能管理，達成計畫目標的最後一哩路，筆路藍縷推行至今，成果反映出當初藍圖擘劃遠見，務實不怠精神，及持續長期難題的挑戰。漏水率達成目標僅為計畫之重要里程碑，為讓臺北成為宜居永續城市，北水處將持續推動管網改善工作，打造直飲、效能、永續的臺北好水，以提供用戶質優量足的自來水。