



中華民國自來水協會 109 年度研究計畫

臺北供水區小區智慧化應用與發展探討

The Intelligent Application and Development of DMA (District Metering Area) in Taipei Area

委託單位：中華民國自來水協會

研究單位：中華民國自來水協會管理研究委員會

計畫主持人：王銘搏

協同計畫主持人：黃裕泰

研究人員：張世勳、廖芳麟、黃嘉昌、鍾育霖、張國峰

執行期間：109 年 3 月 1 日至 109 年 11 月 30 日

中華民國 109 年 11 月

目錄

第一章 前言.....	3
1.1 研究動機.....	3
1.2 研究目的.....	4
1.3 研究方法與架構.....	5
第二章 臺北供水區小區計量回顧.....	9
2.1 臺北供水區小區計量回顧及國外案例探討.....	9
2.1.1 試辦階段(民國 92-94 年).....	9
2.1.2 驗證推廣階段(民國 95 年迄今).....	16
2.1.3 國外小區計量案例.....	23
2.2 臺北供水區小區計量執行成果.....	38
2.2.1 小區計量量測方式的多元運用.....	39
2.2.2 管線汰換模式的進化.....	43
2.2.3 小區計量執行成果.....	46
2.3 執行分析與檢討.....	49
第三章 臺北供水區小區計量分級維護規劃.....	57
3.1 分級維護之重要性.....	58
3.2 以 WEBGIS 建立小區分級維護基礎.....	61
3.2.1 WEBGIS 發展歷程.....	61
3.2.2 於 WEBGIS 登載小區履歷.....	66
3.3 漏水潛勢評估.....	68
3.3.1 漏水與管材屬性分析.....	69
3.3.2 高漏水潛勢巷道分析.....	73
3.3.3 高漏水小區分析.....	77
3.4 建立臺北供水區小區分級維護制度.....	79
3.4.1 改善後分級維護.....	80
3.4.2 輪動健評方式探討.....	83

第四章 小區流量計安裝管理與優化方案.....	91
4.1 臺北供水區小區流量計發展歷程.....	91
4.2 小區流量計管理、測試與優化.....	94
4.2.1 小區流量計安裝原則	96
4.2.2 小區流量計現場校正	101
4.2.3 流量計性能評估	104
4.2.4 小區流量計優化	108
4.3 流量計與窰井之長期管理.....	109
第五章 智慧讀表於小區計量之應用.....	115
5.1 以即時流量評估漏水.....	115
5.1.1 小區漏水計量演進	116
5.1.2 DSM 流量計漏水計量方式.....	116
5.1.3.以 DSM 流量計漏水計量實例.....	120
5.2 壓力資料之應用	136
5.2.1 提供現場水流向判定	137
5.2.2 壓力趨勢的應用	139
5.2.3 漏水管控及即時處理	141
5.3 小區邊界封閉自動化判斷.....	143
5.3.1 使用 X-Y 散布圖進行小區封閉資料呈現	145
5.3.2 探討小區邊界封閉特性判讀方式	148
5.3.3 小區邊界封閉自動化判斷規劃	153
5.4 以中區規劃設置智慧讀表計量.....	154
第六章 小區智慧應用平台規劃與未來發展方向.....	157
6.1 WEBGIS 智慧小區應用與擴充發展.....	158
6.1.1 WEBGIS 於智慧小區應用	158
6.1.2 擴大 WEBGIS 應用發展.....	164
6.2 水資源平台建置.....	168
6.2.1 資料接收與管理	170

6.2.2 小區流量與壓力資料呈現	175
6.3 DSM 智慧化發展方向規劃	178
6.3.1 動態封閉計算售水率	178
6.3.2 壓力精緻化管理	181
6.3.3 以水理模型建立預測作業	184
第七章 結論與未來展望.....	187
7.1 結論.....	188
7.1.1 小區管理系統	189
7.1.2 智慧水表應用及管理	191
7.2 未來展望.....	194
參考文獻.....	198
期中報告審查意見及回應表.....	200
期末報告審查意見及回應表.....	203

圖目錄

圖 1-1 小區計量的四個步驟 [1].....	4
圖 1-2 研究架構圖.....	8
圖 2-1 作業流程圖.....	10
圖 2-2 小區計量流程圖.....	12
圖 2-3 改善前後售水率提昇圖.....	14
圖 2-4 改善方式與售水提昇關係圖.....	14
圖 2-5 小區計量規劃及分析流程圖.....	17
圖 2-6 豎軸葉輪式流量計安裝情形.....	20
圖 2-7 流量計記錄器安裝於排氣閥箱.....	21
圖 2-8 流量計及記錄器安裝於窰井.....	21
圖 2-9 第 1 批 DSM 流量計及傳訊器安裝於窰井.....	21
圖 2-10 東京水道局供水範圍[16].....	25
圖 2-11 福岡市水源水道設施概況[18].....	28
圖 2-12 車載式電磁流量計及記錄器[17].....	28
圖 2-13 小區執行夜間最小流示意圖[17].....	29
圖 2-14 坦洲鎮 1995 年計量檢核區範圍[6].....	30
圖 2-15 坦洲鎮 2010 年 DMA 範圍[6].....	30
圖 2-16 管線汰換前後漏水改善對照情形[7].....	34
圖 2-17 大哥本哈根地區 DMA 劃分 [3].....	35
圖 2-18 芙蓉市 NRW 下降曲線 [3].....	37
圖 2-19 北京市歷年漏水率[4].....	38
圖 2-20 夜間最小流推估漏水量.....	40
圖 2-21 管網分段檢驗漏水示意圖.....	41
圖 2-22 夜間最小流與用戶直抄所代表漏水量.....	43
圖 2-23 夜間分步測試示意圖.....	43
圖 2-24 小區改善前、後售水率分布情形.....	44
圖 2-25 運用高漏水潛勢巷道擬定施工改善策略.....	45
圖 2-26 歷年漏水率與管線汰換成果.....	47
圖 2-27 北水處小區分布圖.....	48
圖 2-28 北水處歷年小區累積改善完成與修漏件數.....	49
圖 2-29 北水處小區窰井及流量計安裝示意圖.....	53
圖 2-30 窰井安裝 300MM DSM 電磁式流量計.....	54
圖 2-31 歷年汰換管線比例與累積長度.....	55
圖 3-1 售水率已達 90%以上小區分布.....	59
圖 3-2 回頭複評售水率改變剔除偏差值.....	59

圖 3-3 以形成方式區分小區封閉時間	60
圖 3-4 原有圖資機房系統環境架構圖	62
圖 3-5 WEBGIS 系統環境架構圖	62
圖 3-6 規範整體架構圖	64
圖 3-7 設備管理操作畫面	65
圖 3-8 WEBGIS 操作畫面	65
圖 3-9 利用 WEBGIS 記載小區履歷	67
圖 3-10 WEBGIS 小區履歷查詢功能	68
圖 3-11 近 2 年管線材質檢修比例統計圖	70
圖 3-12 近 2 年檢修管線之漏水樣態統計圖	72
圖 3-13 改善完成小區 DIP、SSP 化關係圖	72
圖 3-14 高漏水潛勢巷道分佈	74
圖 3-15 透過 WEBGIS 以機器學習找尋管線弱點	75
圖 3-16 WEBGIS 顯示高漏水潛勢管線位置	76
圖 3-17 於 WEBGIS 將舊有圖資與照片結合以研判汰換手段	77
圖 3-18 北水處東、西分處小區高漏水量排名統計	78
圖 3-19 WEBGIS 顯示小區漏水潛能分佈	79
圖 3-20 SSP(栓)化與改善完成小區售水率下降之影響	81
圖 3-21 管線分級演算方式	81
圖 3-22 小區漏水潛能分佈	82
圖 3-23 完成改善小區進行分級維護[8]	82
圖 3-24 噪音收集紀錄器漏水判斷方式	84
圖 3-25 噪音收集器安裝於閥栓上	85
圖 3-26 輪動健評執行方式	86
圖 3-27 E09019 進行小區健評發現漏水點	88
圖 3-28 E08006 進行小區健評情形	89
圖 4-1 北水處流量計發展歷程	92
圖 4-2 北水處小區流量計演進過程	94
圖 4-3 流量計設備綜合管理週期	95
圖 4-4 流量計口徑選擇示意圖	97
圖 4-5 DSM 流量計現場安裝情形	98
圖 4-6 DSM 流量計傳輸設備於道路銑鋪後摔落損壞	98
圖 4-7 DSM 流量計設備流量精度誤差規定	100
圖 4-8 搭配 50-100MMC 級電磁式流量計量測小區域流量	101
圖 4-9 DSM 流量計因未妥善安裝產生流量錯誤案例	102
圖 4-10 電磁式流量計進行零點調整產生流量差異案例	103
圖 4-11 建議 DSM 流量計現場校正測試示意	104
圖 4-12 北水處流量計串聯測試場	107

圖 4-13 流量計現場串聯比對精度衰退趨勢示意	108
圖 4-14 流量計串聯測試夜間最小流	108
圖 4-15 北水處近年窰井安裝情形	110
圖 4-16 窰井內流量計拆裝方式	112
圖 4-17 窰井內管件無延性伸縮管導致無法拆裝流量計	112
圖 4-18 新式單承口單突緣套筒提供窰井改裝彈性	113
圖 4-19 小區窰井於 WEBGIS 上之資料記載	114
圖 4-20 窰井與流量計圖層建立之管理方式	114
圖 5-1 用戶智慧水表結合小區計量作業	119
圖 5-2 E09023 小區範圍圖	121
圖 5-3 E09023 封閉期間夜間最小流 3.44CMH(109/3/23 06:12)	122
圖 5-4 E09023 自評作業夜間最小流售水率(109/3/22~3/29).....	123
圖 5-5 E09023 複評作業夜間最小流售水率(109/6/1~6/15).....	125
圖 5-6 E13027 小區、次小區範圍及 DSM 位置圖.....	126
圖 5-7 E13027-A+B 次小區 DSM 歸零.....	129
圖 5-8 E13027-A+B 次小區評測結果(109.7.3~7.16).....	129
圖 5-9 E13027-A+B 次小區平常抄日平均用水量(由 WEBGIS 求得).....	130
圖 5-10 E13027-A+B 次小區用水狀況(109.7.3~7.16).....	130
圖 5-11 E13027-A 次小區評測結果(109.7.21~7.27).....	131
圖 5-12 E13027-A 次小區平常抄日平均用水量(由 WEBGIS 求得).....	131
圖 5-13 E13027-A+B+C 次小區 DSM 歸零.....	133
圖 5-14 E13027-A+B+C 次小區評測結果(109.9.10~9.16).....	133
圖 5-15 E13027-C+D 次小區 DSM-2 歸零.....	134
圖 5-16 E13027-C+D 次小區評測結果(109.9.3~9.9).....	134
圖 5-17 E13027 小區售水率自評結果.....	135
圖 5-18 WEBGIS 水壓等壓線分佈圖	138
圖 5-19 等壓線分佈參考圖	139
圖 5-20 內湖供水區域內各點壓力頻譜圖	140
圖 5-21 大同市區線一日出壓趨勢圖	141
圖 5-22 E09011 及 E09022 小區一日壓力趨勢圖(大同市區線).....	141
圖 5-23 常態分佈曲線示意圖	142
圖 5-24 壓力監視點移動平均及標準差趨勢圖	142
圖 5-25 WEBGIS 小區邊界與制水閥關係.....	144
圖 5-26 閥栓維護管理系統介面	144
圖 5-27 將小區流量與壓力佈於 X-Y 散布圖	145
圖 5-28 W12011 小區之流量與壓力資料展示於 X-Y 散布圖.....	146
圖 5-29 E09010 小區之流量與壓力資料展示於 X-Y 散布圖.....	147
圖 5-30 E09025 小區之流量與壓力資料展示於 X-Y 散布圖.....	148

圖 5-31 N19901 小區之流量與壓力資料展示於 X-Y 散布圖.....	149
圖 5-32 N19901 於 X-Y 散布圖找出重心點.....	150
圖 5-33 N19901 各日平均流量與壓力重心點分布情形.....	151
圖 5-34 S11008 於 X-Y 散布圖找出重心點.....	152
圖 5-35 S11008 各日平均流量與壓力重心點分布情形.....	152
圖 5-36 模擬小區封閉與流向智慧化自動顯示	153
圖 5-37 中區劃設及 DSM 安裝示意圖	155
圖 5-38 新北 01 中區及區內小區範圍圖	155
圖 6-1 智慧小區的發展基礎、方法與目標	157
圖 6-2 透過 WEBGIS 與水資源平台發展智慧小區	158
圖 6-3 WEBGIS 小區總覽功能	159
圖 6-4 利用 WEBGIS 小區總覽找到各種主題進行排名	160
圖 6-5 WEBGIS 小區資訊查詢功能.....	161
圖 6-6 WEBGIS 小區用戶日用水量查詢功能.....	161
圖 6-7 WEBGIS 小區範圍編修功能	162
圖 6-8 WEBGIS 小區初複評編修功能.....	163
圖 6-9 小區斷水區域追蹤.....	163
圖 6-10 各種施工與作業案件空間分佈	164
圖 6-11 小區 SSP 栓數計算與非 SSP 栓位置展示模擬畫面	165
圖 6-12 擴充漏水潛能分析模擬畫面	166
圖 6-13 小區動態健評管理模擬執行方式	167
圖 6-14 於 WEBGIS 上增加 DSM 設備資料之模擬	168
圖 6-15 智慧水資源管理服務平台系統架構圖	170
圖 6-16 HTTP REQUEST/RESPONSE CLIENT-SERVER 架構	171
圖 6-17 MQTT PUBLISH/SUBSCRIBE 的訊息傳送模式	172
圖 6-18 DSM 裝置回傳與後端系統整合示意圖.....	174
圖 6-19 TSDB 與 SQL 容量壓縮率比較.....	175
圖 6-20 DSM 收集之壓力、流量與時間趨勢圖(上)區間圖；(下)24 小時線圖	176
圖 6-21 DSM 裝置基本資料管理介面.....	177
圖 6-22 水資源平台售水率推算方式	179
圖 6-23 動態封閉小區計量示意圖	180
圖 6-24 以小區構成條件分類 DSM 長期監測小區方式	181
圖 6-25 DSM 流量計點位與加壓站供水範圍.....	182
圖 6-26 多點遠端迴授與變頻控制示意圖	183
圖 6-27 即時系統示意圖	185
圖 7-1 本研究團隊於台灣自來水公司進行交流會議	188
圖 7-2 本研究於 109 年所展現之初步效益	188

表目錄

表 2-1 區域基本資料一覽表	13
表 2-2 歷年小區計量標案一覽表	18
表 2-3 馬尼拉 2007 年水量分析表[7]	31
表 2-4 北水處 94 年與 108 年管線汰換情形比較	46
表 3-1 109 年輪動健評 C 級小區一覽表	86
表 3-2 109 年輪動健評完成結果一覽表(統計至 109 年 8 月)	90
表 5-1 E09023 DSM 封閉回傳流量及壓力資料(109/2/12)	122
表 5-2 E09023 小區複評成果表	124
表 5-3 E13027 各次小區以 DSM 評測漏水情形統計表	135

摘要

臺北自來水事業處至 108 年底已建置 828 個自來水管網小區 (District Metering Area, 簡稱 DMA), 十餘年來已累積相當豐富的管理經驗, 107 年開始安裝具自動讀取與無線回傳功能之流量計與壓力計(小區智慧讀表 District Smart Metering, 簡稱 DSM), 每日回傳大量的流量與壓力資料, 本研究探討如何有效地運用此龐大資料, 協助選擇最需要改善的小區進行管線汰換, 及幫助整體小區進行監控與管理。

要提升小區智慧應用能力, 除了安裝 DSM 流量計, 必須規劃搭配適合的管理應用平台, 考量未來小區操作、管理及預測等需求, 針對空間資料庫、網頁展現流程及查詢操作設計等各項工作予以詳實規劃, 本研究計畫分為 2 大主軸進行建置, 主軸一為靜態面, 以小區管線資訊為導向, 整合建構完整資訊系統平台, 包含管線統計分析、用戶資訊、小區施工資料、舊有圖資圖層、漏水潛能預測等資訊, 都在 WEBGIS 平台上予以應用呈現; 主軸二為動態面, 建立小區智慧化應用的資訊平台, 接收 DSM 流量計回傳資料, 有效運算以即時呈現流量、壓力、售水率, 並透過資料分析, 進而發展各項小區警報與預測模式。

本研究依照北水處過去的經驗與未來需要, 著手規畫相關智慧化管理網站系統, 結合 DSM 流量計即時資料與整合管線各項動態資訊, 建立系統進行主動監控與管理, 發展自來水管網小區智慧化應用。

Abstract

Taipei Water Department (TWD) had built 828 District Metering Areas (DMA) in the end of 2019, and accumulated a wealth of management experience more than ten years. TWD has installed the flow meters and pressure gauges with AMR and wireless transmission in DMA since 2018. We call it DSM (District Smart Metering). DSM returns a large amount of flow and pressure data every day. This study explores how to effectively use this data to help select DMA that most in need of improvement, and help the overall DMA to monitor and management.

To improve the smart application of DMA, in addition to installing DSM flow meters, it is necessary to plan and creative a suitable management application platform, consider the needs of future operation, management and forecasting in DMA. This study provides for detailed of planning about spatial database, web page display process and operation design. This research plan is divided into two main projects. The first project is WEBGIS, which is guided by pipeline information of DMA and constructs a complete information system platform, including pipeline statistical analysis, user information and water fee, DMA base data, map data layer and water leakage potential prediction, etc ; the second project is Water Data Platform, which establishes an information platform for the intelligent application of DMA, receives DSM data ,and effectively calculates the flow, pressure and Consumption Rate in real time. Through data analysis to develop various DMA warning and forecasting models.

Based on the past experience and future needs of TWD, this research set out to plan a intelligent management website platform, combined with the real-time data of DSM and pipeline dynamic information of DMA, and for active monitoring and management. Use this study to expand Intelligent Application of DMA.

第一章 前言

1.1 研究動機

臺北自來水事業處（以下簡稱北水處）供水轄區包括臺北市以及新北市中和區、永和區、新區店、三重區（二重疏洪道以東）及汐止區北山里、橫科里、宜興里、福山里、東勢里、忠山里及環河里等 7 個里，供水轄區內自來水管網綿延逾 6 千 2 百公里，形成北臺灣最大的都會區域公共給水系統。臺北地區隨著都市的快速發展，早年將大部份資源投入供水係統擴充，無暇控制漏水，近年在水資源有限的情況下，降低漏水率成為自來水事業首要目標，行政院亦宣示在民國 120 年將全臺灣漏水率降至 10%。

北水處自民國 95 年開始執行為期 20 年的「供水管網改善及管理計畫」，目標在民國 114 年將漏水率降至 10%。經過多年經驗之累積與逐步檢討改進，已確立小區計量手法為北水處主動漏水控制之核心工作。小區計量(District Metered Area, DMA)是 2001 年由國際水協會(International Water Association, IWA)所提出，為推動漏水管理主要策略，在歐美、日本等地區推動已有不錯的績效，其步驟可區分為初期的「區塊劃設」、裝置流量計後「漏水計量」、選擇售水率不佳之小區進行「管網改善」、及改善後售水率達到標準小區之日後「長期管理」等 4 大部份(圖 1-1)[1]。北水處至 108 年底已建置完成 828 個自來水管網小區，並藉由量測每一小區初始售水率，以弱區先行為原則，針對售水率偏低的小區優先進行管線汰換。北水處小區計量管網改善有效推動，使北水處轄區漏水率由 94 年的 26.99%，降低至 108 年底之 12.71%。

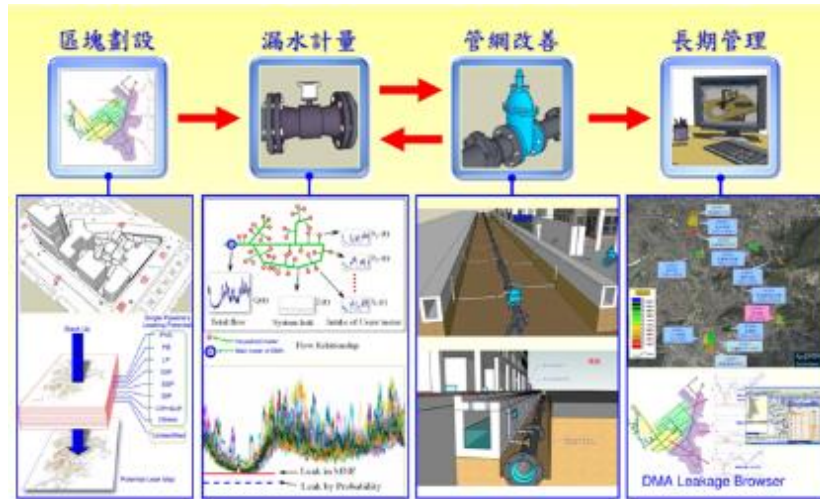


圖 1-1 小區計量的四個步驟 [1]

隨著科技的進步，小區的執行及管理亦應朝向更精緻化及即時化方向邁進。以流量計而言，北水處轄內小區已由早期採埋入方式裝設流量計，轉變為設置窰井並安裝可自動讀取並結合無線回傳功能之流量計與壓力計(簡稱小區智慧讀表 DSM，District Smart Metering)，至 109 年 6 月已安裝完成 250 只 DSM，預計未來 3 至 4 年將再安裝至少 500 只，如以 1 分鐘紀錄 1 筆資料，每日將得到將近 2 百萬筆流量與壓力資料，如此龐大的資料若能加以智慧化運用，對小區管理將提供莫大的助益。因此，冀由本研究研擬適合的管理平台與加值應用功能，管理即時流量、壓力資料，搭配北水處既有管線 WEBGIS 系統、MIS 系統，將其整合為北水處小區(DMA)智慧管理系統，進而發展北水處供水區 DMA 動態分級維護模式，並藉由本研究規劃出小區智慧管理的發展方向及藍圖，提供自來水界參考應用。

1.2 研究目的

北水處至108年底已建置828個自來水管網小區(簡稱DMA)，十餘年來已累積相當豐富且本土化的管理經驗，107年開始於小區進水點

安裝小區智慧讀表(DSM)，DSM具有自動讀取與無線回傳功能，能將現場流量與壓力資料回傳至管理端。本研究目的在探討如何有效地運用此龐大資料，並彙整北水處十餘年來管理經驗，包括DMA履歷及分級維護、流量計選擇與優化等，搭配適合的管理平台與增值應用功能，建置智慧DMA管理系統。除可即時呈現各小區流量、壓力、售水率，並透過資料分析與運算，達到DMA動態分級維護及漏水控制目的，進而發展各項DMA警報與預測模式，成為管線汰換、監控與管理之有效工具。另為使不同廠牌及型式DMA流量計回傳資料均能有效運用，必須統一回傳格式並建立共通性接收平台，本研究亦將對此共通性接收平台之架構加以探討。期能透過本研究對北水處小區智慧管理與應用提出具體構想，進一步達到自來水管網智慧化管理之目的。

1.3 研究方法與架構

本研究係針對臺北地區小區計量智慧化應用與發展進行探討，作為北水處小區長期管理的方針，確保維持小區改善的成果，研究結果亦可提供其他自來水事業單位參考。著眼於此，本研究首先蒐集國內外小區計量(DMA)相關文獻資料，瞭解國內外自來水事業執行DMA之方法、步驟、流程及管理方式，另外北水處執行DMA已有十餘年經驗，並摸索出適合臺北都會區DMA執行方式，在本研究也將作一完整回顧與說明，鑑往知來，才能擬定後續長期管理方式並有效導入智慧化管理。

為確實掌握研究方向及目標，擬訂本案研究架構如圖 1-2 所示，首先由所有研究成員共同確立本案研究範圍、方法及目的，並定期集會研討研究案內容及進度，以期如質如期完成本研究案，相關研究方法方向如下：

- 1、探討小區分級維護方式：建立每一小區基本資料，統計管線組成材料比例、漏水等資料，完成小區履歷建置，依照漏水復發風險將 DMA 進行評分，建立漏水潛勢分級，針對尚未施工改善小區可排列施工優先順序，對已完成改善小區依不同風險程度訂定輪動健評頻率，尤其對漏水復發高風險小區應加強檢查，確保漏水改善成果。
- 2、探討流量計選擇與管理方式：北水處流量計隨小區管理模式不同可分為快速計量期、長期管理準備期、智慧讀表(GSM)管理期等演進階段，目前採用之 DSM 主要為 200、300mm 電磁式流量計，以 4G 以上方式回傳資料，為確保資料準確性並能正確運用，須建立窰井及流量計長期管理方式，並透過現場實際測試與分析，嘗試優化並提出流量計選擇建議。
- 3、研究智慧讀表應用面向：智慧讀表傳回大量的數據，這些數據若能有效應用將成為有用的資料，可協助小區進行管線汰換、監控、管理與發展。本研究案將透過成員腦力激盪，構思智慧讀表除了計量外其他於管網改善之應用，例如漏水改善分步測試，另外以即時流量及壓力來判斷 DMA 封閉性，並結合噪音收集器等測漏等工具進行 DMA 漏水改善管理。
- 4、建立智慧 DMA 管理系統：智慧管理即在管理大量數據(Big Data)，因此在架構上要先建立資料蒐集平台，本研究案將請資策會智慧系統研究所擔任顧問，協助建立智慧水資源平台，以物聯網方式接收 DSM 回傳資料，智慧水資源平台亦可整合北水處現有 SCADA 資料，達到資料共享之目的。考量未來小區操作、管理及預測等需求，針對空間資料庫、網頁展現、查詢操作設計等各項工作詳

實規劃，並分為 2 大主軸進行建置，主軸一為靜態面，以小區管線資訊為導向，整合建構完整資訊系統平台，包含管線統計分析、用戶資訊、小區施工資料、舊有圖資圖層、漏水潛能預測等資訊，都在 WEBGIS 平台上予以應用呈現；主軸二為動態面，建立小區智慧化應用的資訊平台，接收 DSM 流量計回傳資料，有效運算以即時呈現流量、壓力、售水率，並透過資料分析，進而發展各項小區警報與預測模式。

- 5、規劃後續發展方向：DMA 長期管理是一項龐大的任務，建立管理系統亦非一蹴可及，必須按部就班循序漸進，方能確保辛苦改善的成果。本研究案旨在建立小區基本資料、探討管理模式、研擬智慧化應用方向、建立資料接收平台與 DMA 管理系統(初步)，另外很重要的是規劃系統後續發展方向，初步構想包括(1)介接北水處既有 GIS 系統、MIS 系統(水費系統、施工資訊系統等)，即時運算售水率，統整施工與小區閥栓操作；(2)隨管線動態之更新對小區進行動態分級維護；(3)結合測漏設備無線傳輸方式蒐集管網監測資料，成為智慧管網一環；(4)統計各流量與壓力發生機率，設定監控與警報臨界值。

透過本次研究，藉由整合大量的流量、壓力數據與建立 DMA 分級維護，將轄管範圍內之 DSM 流量計予以有效應用，可達成建立 DMA 完整資料及長期管理制度、DMA 流量計長期管理方式及選擇建議、建立小區漏水區域判斷及封閉性判斷等應用方式、規劃建立 DMA 智慧管理系統，即時呈現 DMA 流量、壓力、售水率等資訊及規劃後續系統發展方向，達到小區長期管理的目的，並成為智慧管網發展的基石。

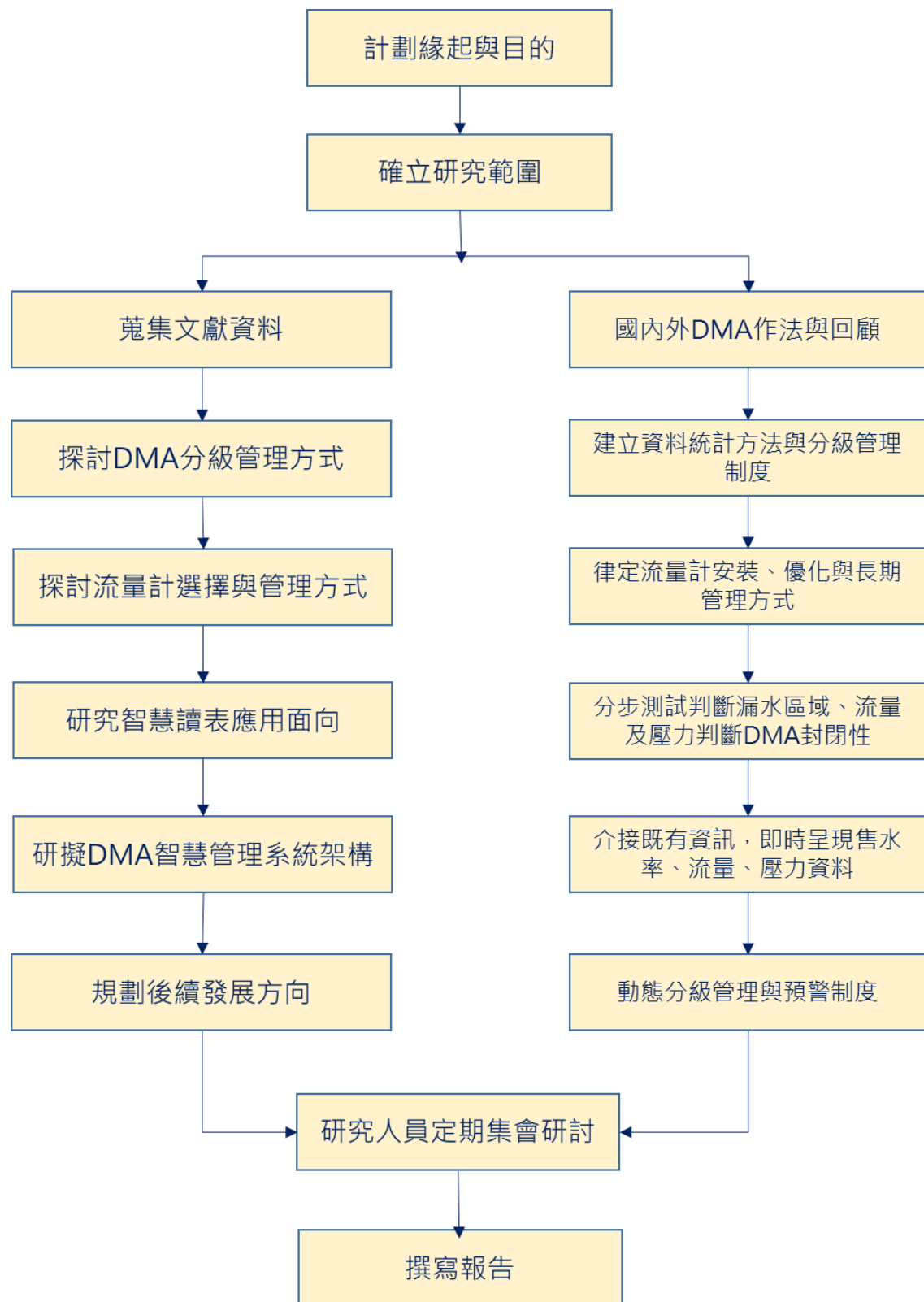


圖 1-2 研究架構圖

第二章 臺北供水區小區計量回顧

北水處早自民國 92 年起即逐步推廣小區計量並累積經驗至今，已確立小區計量手法為主動漏水控制之重點工作，並於民國 95 年擴大執行為期 20 年的「供水管網改善及管理計畫」，以小區計量為計畫執行核心策略進行管線汰換，已使轄區漏水率由計畫初期的 26.99%，有效下降至 108 年底之 12.71%。本章節將針對北水處近 20 年來，執行小區計量進行管汰之經驗作簡要回顧，這些經驗係小區智慧化應用與發展之重要基石。

2.1 臺北供水區小區計量回顧及國外案例探討

為檢核及驗證管網漏水改善之成效，北水處於國內首度嘗試以「小區計量」與管網改善工作結合，透過抄表計量瞭解區塊內漏水率之變化，徹底找出漏水癥結的所在，評估管網改善成果，同時利用最小流量方式掌握各階段施工效益，研判各計量區之初始售水率，選擇漏水嚴重之區塊，優先執行管線汰換，讓經費投入最迫切需要改善區域，以發揮最大經濟效益，茲就北水處於臺北地區進行小區計量的歷程作一說明。

2.1.1 試辦階段(民國92-94年)

1.成立漏水改善小組

北水處早年為因應大臺北地區經濟快速發展及滿足急遽增加之用戶，建設經費均投入水源開發、淨水場擴建及輸配水管佈設等開源工作，並無多餘經費從事管線更新、維護等節流措施，在漏水率居高不下的情形下，91年北臺灣地區發生50年來罕見乾旱，連續6個月降雨量偏低，翡翠水庫進水量入不敷出，導致水庫水位迅速下降，大臺北地區全體用

戶展開長達4個月的抗旱大作戰。

為此，北水處於92年1月21日成立漏水改善小組，期能找出漏水原因並提出改善對策。該小組成員含括北水處總工程司室、供水科、生產科(現為淨水科)、物料科(現為供應科)、營業分處、工程總隊等單位，成員多為實際從事漏水防治及管網改善人員。藉由定期會議，將營業分處及工程總隊等執行單位所遭遇的問題，快速地於會中反映，再經由討論後研議改善方向並回饋至現場作業，以擬定後續執行的標準作業程序，其作業流程如圖2-1。

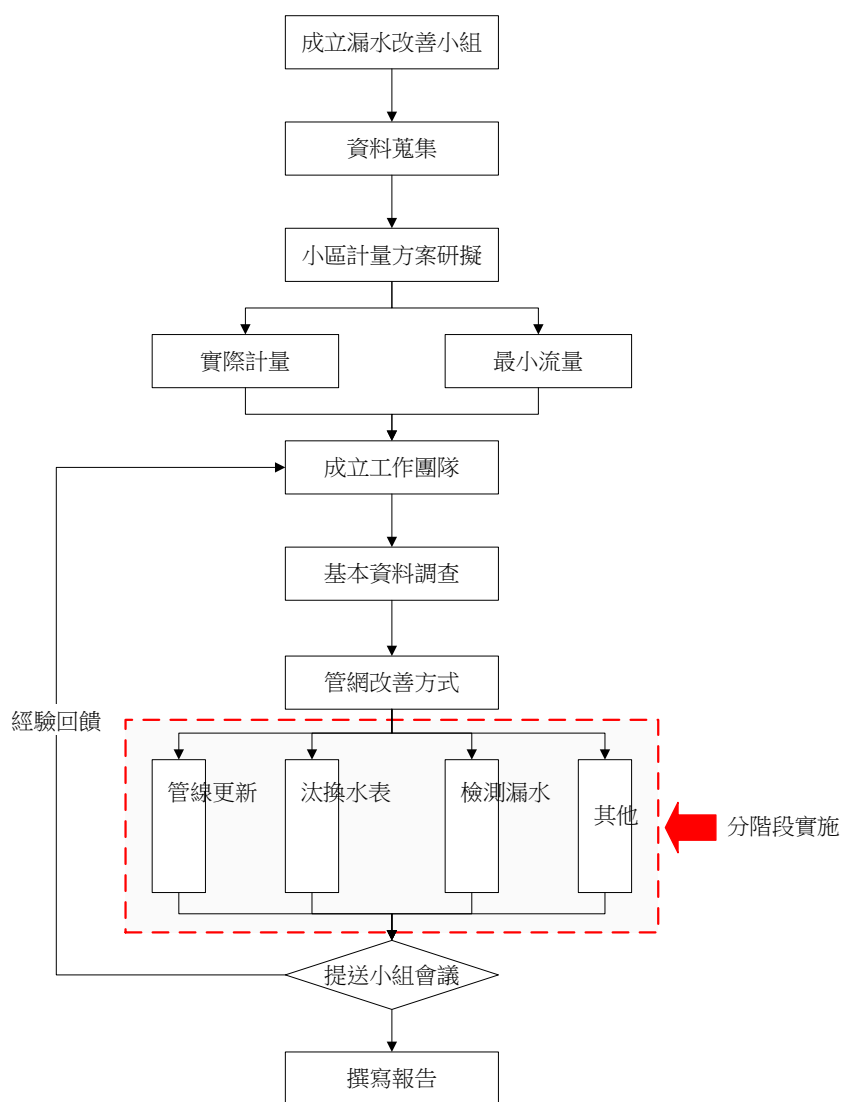


圖 2-1 作業流程圖

2.研提改善方案

小組成立之前，國內自來水事業體尚無成功執行小區計量工作的實例，因此小組成立後，就北水處管網條件、埋管環境、人文素養等因素及條件進行分析，另蒐集國內外相關報告，及邀請國外自來水事業單位及工程顧問機構至北水處座談、簡報。

經小組成員討論及參酌國外經驗，認為售水率的提昇必須從全面性、延續性及執行面等方向考量，初步研擬「小區計量」、「改善防火巷老舊管線」、「簡化申挖手續」等三項作為北水處提昇售水率的主軸。其中小區計量除能瞭解獨立供水區域之售水率，另可搭配現場檢測、修漏、管線更新、水表更新等方式，逐一比較售水率提昇情形，並分析各項漏水原因，以作為北水處轄區內各類似區域汰換管線之參考，其執行步驟如圖2-2所示。

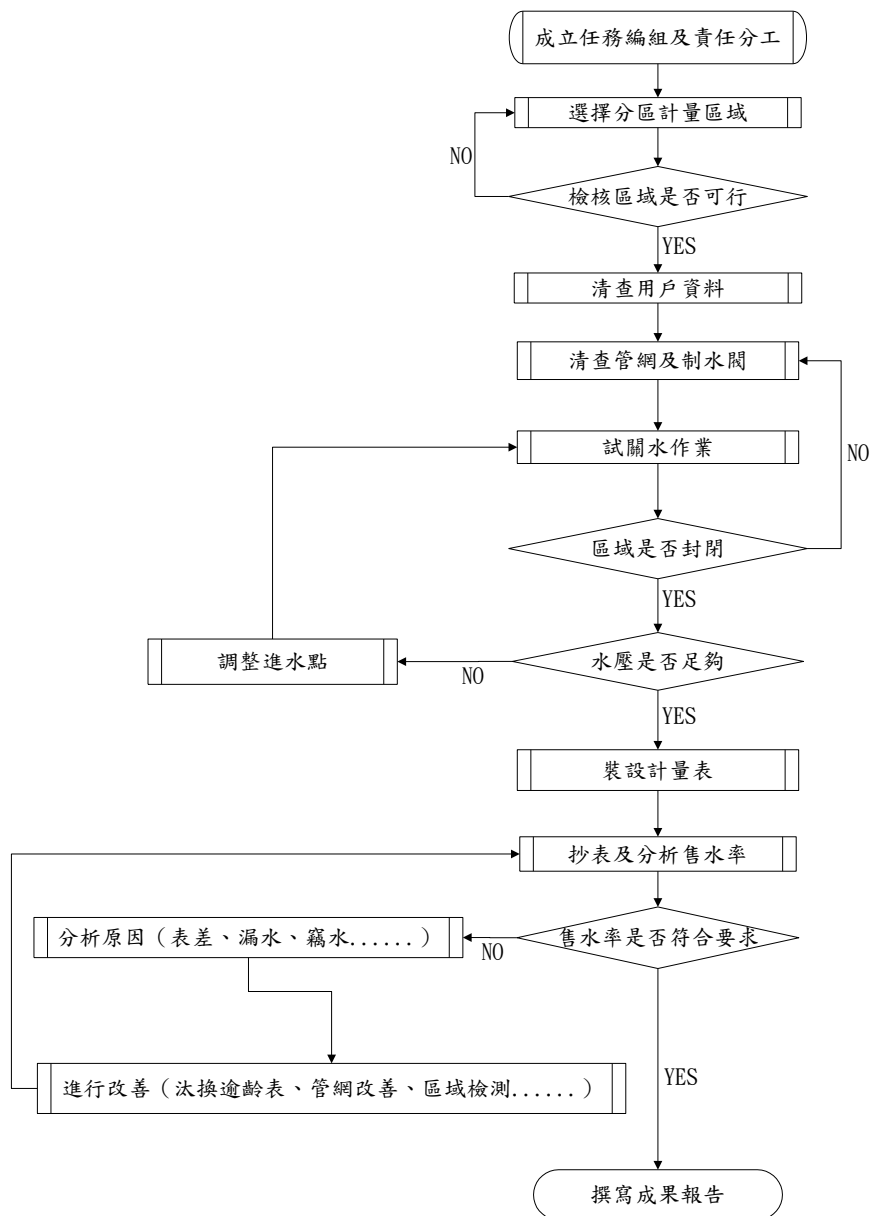


圖 2-2 小區計量流程圖

鑑於係初次試辦小區計量作業，為避免因區域過大及各項工作繁複，反無法聚焦於改善方案之擬定及效益評估，為此小組於計量區塊的選擇，以選取售水率低或管線材質特殊之可獨立計量區域。92年度各單位共擇定11處區域試辦小區計量，其採行方案與國際水協會(IWA)2001年所建議的漏水管理對策四大主軸方向相同，其差異僅在於係採單一作法或採複合做法，茲將各試辦區域概況及採行方案列如表2-1所示。

表 2-1 區域基本資料一覽表

名稱	戶數	區域特性	採行方案
西康里社區	43	區域供水係由平地加壓馬達加壓至山頂水塔，再由重力流至各用戶家中。長期因管線漏水嚴重，售水率明顯偏低。	管線汰換
康樂街	825	配水管為民國 72 年埋設之 DIP 管，用戶給水管材質多為 PB 管。	管線汰換、 汰換水表
民生社區	2444	社區多為直接用水戶，區域用戶給水管材質多為鐵管及塑膠管，然因屋頂加蓋違建，水壓須相對提高以供用戶用水，惟水壓提高漏水亦將相對增加。	管線汰換、 漏水檢修、 汰換水表
華江社區(北側)	150	社區建物老舊，部分巷道狹窄且違建林立，管線修理及汰換不易。	管線汰換
郵政新村	198	該區域位處新店係一封閉住宅社區，配水管為 DIP 管，用戶給水管則為 PVC 管。	漏水檢修、 汰換水表
青峰里	118	該地區位於北水處後方山坡地區，係一老舊雜亂充滿違建之退役眷舍，配水管線為 CIP 及 PVC 管、給水管線材質則為 GIP、LP、PVC 管，埋設年限多為 30 年以上之老舊管線。	管線汰換、 漏水檢修
家美社區(東側)	124	該社區位於木柵，係北水處早期接管之高地供水社區，設有一加壓站間接供水，配水管線與用戶給水管線材質均為 PVC 管。	管線汰換
重陽路一段 130 巷	257	區域配水管線以 DIP、PVC 管為主；用戶給水管線材質則以 LP 及 PVC 管為主。	管線汰換
中正北路 394 巷	375	本區特性為建物形式統一，所有用戶給水管材質皆為 PB 管，區域配水管線以 DIP、PVC 管為主。	管線汰換、 汰換水表
中央社區(第四水池)	264	社區建物多沿山坡地勢興建，且後巷違建林立，北水處既有管線目前大多位於用戶屋內，導致維修不易；且給水管線多為老舊鉛管，故長期以來售水率情形並不理想。	管線汰換、 壓力管理
三重中華路 一帶	2025	該區域係屬住商混合區，區域配水管線多為民國 75 年以前埋設之 DIP，用戶給水管材質皆以 PB 管為主。	漏水檢修、 汰換水表

3.改善成效及經驗學習

(1)售水率顯著提昇

由圖2-3可知，試辦的11個區域於實施小區計量之前的售水率平均為58%，經施以不同改善作為後，其售水率已提升至平均89%，已達到當時小組所訂之目標(80%以上)。惟其中仍有部分區域售水率低於平均值超過10%，經檢討未達售水率80%的小區係部分路段因禁挖等因素暫時未能汰換管線。

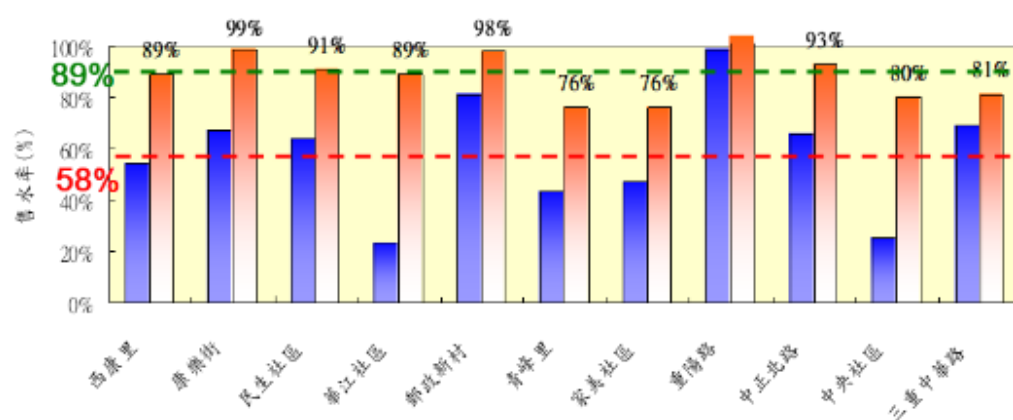


圖 2-3 改善前後售水率提昇圖

(2)分階段改善效益的呈現

由圖2-4發現，改善方式以管線更新效益最為明顯，其後分別為檢修漏水及汰換水表。惟檢修漏水僅係治標方式且有復發可能性，如經費及現地條件許可，仍宜採管線更新方式辦理。

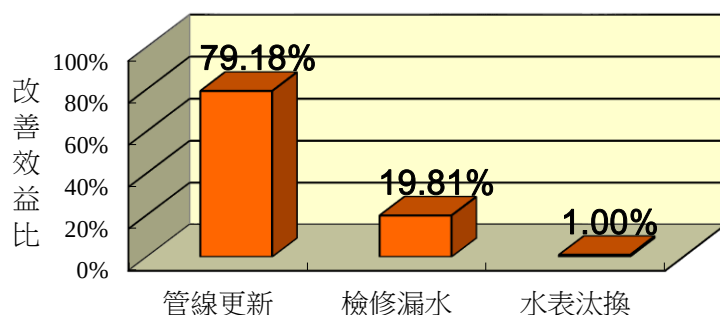


圖 2-4 改善方式與售水提昇關係圖

(3) 健全管網

試辦執行的 11 個小區，管線總更新長度達 5.7 公里；汰換水表總數為 426 只；檢修漏水 37 處。這些工作雖是北水處例行之工作，然透過小區計量的實施，方可有效地將經費投入於需要改善之處。因此採小區計量不僅可提昇售水率，同時亦健全區域管網，可謂一舉二得。

(4) 流量計精度對計量之影響

為瞭解整修表於小區計量之適用性，故選定部分小區採用整修後聯結式水表，惟其量測結果並不如預期準確。之後採用電子式流量計(機械表，電子表頭)，惟亦因夜間最小流量僅約 $0.1\text{m}^3/\text{hr} \sim 0.3\text{m}^3/\text{h}$ ，遠小於計量表啟動流量 $3\text{m}^3/\text{hr}$ 及準確下限誤差 $15\text{m}^3/\text{hr}$ ，故其準確度不足，無法以最小流量測方式正確推算漏水絕對量。鑑於流量計攸關小區計量結果之成敗，在辦理小區計量時應特別注意計量區內用戶用水之瞬間最大及最小量，應介於計量表最大流量及準確下限流量之間，故流量計的選擇應特別謹慎，以免影響小區計量結果。若需一併執行最小流量測時，則該流量計另需考慮管網改善後，其啟動流量甚或近似正確流量應小於瞬間最小用水量。

(5) 區塊選擇應嚴謹密

小區計量之成敗關鍵在於選區是否可獨立計量、進水點有無足夠空間可安裝流量計、區塊周邊制水閥功能是否正常、區塊內供水壓力是否可保持穩定及有無不明管線進出等等，這些前置作業必須非常嚴肅的面對，否則縱使進行全面改善亦無法評估改善成果。

2.1.2 驗證推廣階段(民國95年迄今)

為加速漏水改善成效，北水處從民國 95 年起推動 20 年管網改善長期計畫，共分四個階段執行，總預算為 200 億台幣，目標係在民國 114 年將漏水率由 95 年之 26.99%下降至 10%。執行方法採用國際水協會(IWA)建議的漏水改善四大手法，包括管線汰換、水壓管理、主動漏水檢測、改善修漏速率及品質。因北水處轄區管線長度將近 6,300 公里，必須將汰換管線重點放在管網漏水最嚴重的區域，才能達到最有效益的改善，而小區計量正是篩選管網弱區最佳的方式，經由小區計量試辦階段的經驗，北水處除擴大區域用戶數亦將小區劃設委外發包以加速計量區之建立，進而縮短整個漏水改善的期程。對於小區計量的改善方式，包括依據功能需求辦理流量計的採購、全線開挖徹底斷除不明管、逐巷直接法檢測等多項精進創新作法，並將管網改善後目標售水率提升至 90%，茲將北水處於本階段的執行特點說明如后。

1.小區劃設委外辦理

為加速小區計量執行，北水處於民國 94 年起委託專業廠商，以勞務標案方式辦理劃設及計量等相關作業，歷年執行標案整理如表 2-2 所示。從歷次委外案件可以歸納以下特點。

- (1) 招標方式：於民國94年嘗試第1次辦理委外作業，先嘗試以較小標案針對既有劃設小區委外進行計量，其決標方式係採公開招標，惟小區計量作業需要專業技術，方能有效、正確地執行，其成果才能作為後續小區進場改善的憑據。民國95年之後，北水處開始大規模進行委外劃區與計量，標案皆採用限制性招標方式辦理，藉由成立評選委員會，就廠商所提送的服務建議書、實績等資料，評選出最佳廠商。

- (2) 作業方式：北水處於每次小區計量委外作業完工後，皆會就標案執行過程及成效進行檢討，於94年所執行的標案，廠商係依據北水處所指定的小區進行售水率分析，亦即廠商於北水處已規劃好的小區進行表位勘查及抄表，作業內容單純且執行金額較少；95年之後，開始將小區劃設及計量作業全程交由廠商辦理，北水處負責目標管控及協助解決問題，廠商執行過程中必須確認小區封閉、進水點流量及壓力符合用戶需求等，作業時程長且難度高；106年之後，北水處更將小區計量作業與漏水檢測合併成為一案，以提升整體執行成效。
- (3) 標案規模：95-103年期間北水處投入相當多的人力、物力辦理小區劃設，其執行方式如圖2-5所示。由於小區劃設需反覆進行邊界閥栓及不明管線調查、長時間壓力確定等作業，故於此階段契約金額相對較高。惟於104年起，北水處小區劃設作業已大部分完成，後續作業主要係於已劃設的小區辦理計量分析作業，其執行方式如圖2-5所示，因性質相對簡易，故後續標案契約金額相對較小。

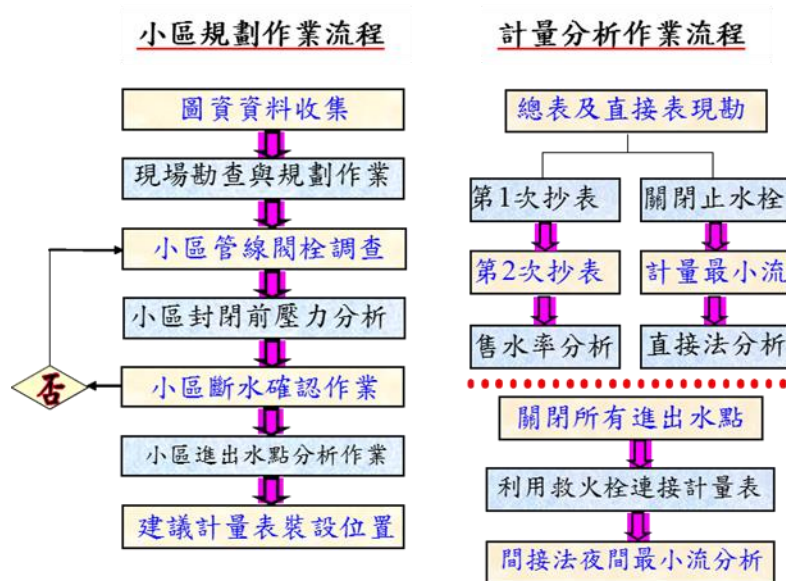


圖 2-5 小區計量規劃及分析流程圖

表 2-2 歷年小區計量標案一覽表

契約名稱	工期	契約上限金額	決標方式	作業方式
小區售水率暨最小流量委外計量工作	94/10-94/12	72 萬	公開招標	小區售水率分析；次小區規劃、分析、確認
供水小區委外規劃與計量工作	95/6-96/12	3,167 萬	限制性招標標準用最有利標	小區劃設、進出水點分析、最小流分析
96-98 年小區委外規劃與計量分析	97/1-98/12	4,874 萬	限制性招標標準用最有利標	小區劃設、進出水點分析、最小流分析、計量表埋設位置確認
99-100 年小區委外規劃與計量分析	99/1-100/12	4,860 萬	限制性招標標準用最有利標	小區劃設、進出水點分析、最小流分析、計量表埋設位置確認、計量表基本維護作業
101-103 年小區委外規劃與計量分析	101/5-103/12	7,500 萬	限制性招標標準用最有利標	小區劃設、進出水點分析、最小流分析、計量表埋設位置確認、計量表基本維護作業
103-104 年小區委外規劃與計量分析	103/12-104/12	987 萬	限制性招標標準用最有利標	小區劃設、進出水點分析、最小流分析、計量表埋設位置確認、計量表基本維護作業
105 年小區委外規劃與計量分析	104/12-105/11	987 萬	限制性招標標準用最有利標	小區劃設、進出水點分析、最小流分析、計量表埋設位置確認、計量表基本維護作業

106-108 年管網 防漏控制與小區 規劃計量整合作 業	106/6- 108/11	3,380 萬	限制性招 標準用最 有利標	小區劃設、進出水點分 析、最小流分析、計量 表埋設位置確認、計量 表基本維護作業；漏水 檢測
108-109 年管網 防漏控制與小區 規劃計量整合作 業	108/12- 109/11	1,792 萬	限制性招 標準用最 有利標	小區劃設、進出水點分 析、最小流分析、計量 表埋設位置確認、計量 表基本維護作業；漏水 檢測

2. 流量計的功能評估

由於大臺北地區地下管線密布且複雜，為爭取時效加速取得漏水嚴重區塊進行改善，因此在流量計型式的選擇上，需對安裝便利性、傳輸功能、精度需求等項目進行評估，茲將相關因素討論如下。

- (1) 流量計型式：北水處92年試辦小區計量係採用豎軸葉輪式流量計，該型流量計係北水處用於用戶端的水量計，然其流通能力小、壓力損失大及龐大的體積與重量，現場施工時必須有足夠的空間方可安放，如圖2-6。94年起開始採用電磁式流量計，具有體積小且具有無轉動機構、壓損小的特性。另北水處於105年採購超音波式流量計，委由小區承商拆裝移表計量，該型式流量計與電磁式具有相同優點，後續北水處小區計量採購的流量計即以電磁式及超音波式為主。



圖 2-6 豎軸葉輪式流量計安裝情形

- (2) 資料傳輸方式：95-101年期間，受限於當時的通訊技術，該等流量計係採埋入方式，其偵測管與記錄器採分離型式，偵測管與自來水管線一同埋入地下，偵測管與記錄器以電纜線連接，記錄器置於排氣閥箱內，如圖2-7，人員至現場開啟排氣閥箱，以筆記型電腦連接記錄器，將記錄器內流量資料下載至電腦內儲存，於辦公室進行流量資料及計量分析。102-106年，北水處配合窰井安裝，將流量計及記錄器安裝於窰井內，如圖2-8，其資料下載方式與埋入式相同。由於排氣閥箱及窰井蓋皆位於車流往來的馬路上，人員於現場下載檔案，有其危險性。現在通訊技術已有大幅的進步，北水處於107年採購具無線傳輸之流量計，如圖2-9，可傳訊顯示雙向流動之瞬間流量、累積流量值及壓力值，以4G無線傳輸技術，發送訊號回傳至北水處

資料庫，便於進行各式分析。



圖 2-7 流量計記錄器安裝於排氣閥箱



圖 2-8 流量計及記錄器安裝於窰井

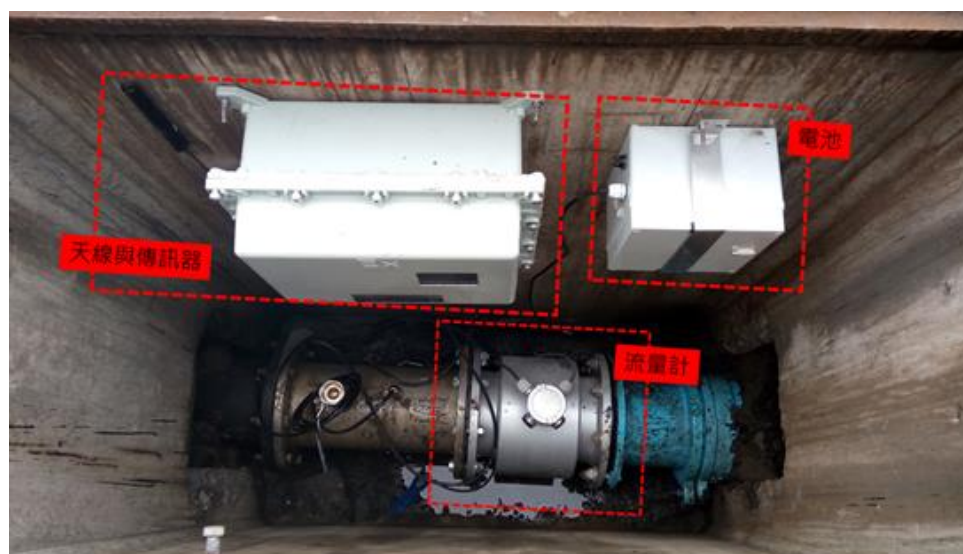


圖 2-9 第 1 批 DSM 流量計及傳訊器安裝於窰井

3.管線汰換方法及優良管材的選用

在有限的經費與施工能量下，找到最需要汰換管線的地方並予以對症下藥改善非常重要，另外都市內自來水管線施工及維護不易，因此需選用最優良的管材，一次改善到位，減少後續維護之困擾，相關對策與因素討論如下。

- (1) 弱區先行：北水處轄區自來水管線長度統計至108年計有6,274公里，面對如此龐大之管網系統，欲以有限之資源於計畫結束前將漏水率降至10%實屬不易，依過去管線汰換經驗，年汰換長度最多174公里，汰換率約2.84%，推估全部管線完成一輪汰換約需35年以上，加上管線達使用年限應更新長度，於中長程計畫期間勢必無法全數汰換完成，故採用小區計量工法進行管控，將供水轄區劃分為828個小區，並針對漏水率高、管材老弱與漏水量大之區塊優先進行施工汰換。
- (2) 優良的給配水管材質：北水處供水管網系統中，其輸配水管係以延性石墨鑄鐵管(DIP)為主流材質，另外重力輸水幹管部分則採用預力鋼線混凝土管(PCCP)，如位於礮區具腐蝕性土壤中，則以高密度聚乙烯管(HDPE)為主，另為提升區內管材耐震能力，106年度北水處亦引進試辦NS型耐震接頭延性石墨鑄鐵管線進行管線汰換；而給水管部分，則全面汰換為不鏽鋼管(SSP)，後續為改良其接頭可能形成之弱點，更全面改用不鏽鋼波狀管，除可配合現場障礙物進行彎折外，並可於地震時利用其本身之撓曲段，達到耐震之效果，且經由北水處進行回頭複評發現，改善完成的小區平均1年售水率下降僅0.21%，依回頭複評結果判斷管線漏水復發情況非常輕微，代表過去採用之汰換工法適當、選用管材品質良好。
- (3) 適合在地性工法：北水處針對配水管尚未屆齡不須汰換，又希望能

移除漏水的盲腸管採用全斷面開挖工法進行施工，施作時沿著配水管進行開挖，移除配水管頂部土壤，將所有連接在配水管上的給水管全部斷除，再按照實際水表數量重新安裝新的給水管，接著回填即完成施工；此為北水處針對臺北地區管線特性所發展的工法，雖然具有一定之效果，但是道路復原費用過高與民眾誤認重複挖掘觀感不佳，因全斷面開挖施工係沿舊配水管挖掘，過程並不汰換配水管，僅更新給水管，其挖掘面積並不比汰換管線小，道路修補與銑鋪費用往往高於埋設管線費用，如果全線開挖的結果並未斷除任何盲腸管，則更有浪費時間與經費的觀感，108年起除特殊條件外，已不再採用此一工法進行施工。

2.1.3 國外小區計量案例

自國際水協會(IWA)2001 年建議漏水管理對策四大主軸後，世界各國自來水事業依據其所揭櫫的方向，運用於小區售水率的改善，亦獲得令人滿意的成果，茲簡述下列國家改善方式，以作為國內自來水業界的參考。

1. 日本東京都

東京都為日本最大都市，供水面積達1,239平方公里，供水人口約1,350萬人，供水戶數643萬戶，供水普及率達100%，配水管長度27,195公里，淨水設施能力達686萬噸/日，日平均配水量421萬噸，年總配水量達153,822萬噸，供水範圍如圖2-10。在1940年代第二次世界大戰剛結束，東京都殘破不堪，那時漏水率高達80%，戰後國家緊急復原，到1949年漏水率降低到30%左右，接下來採取系統化的管理措施，至1992年漏水率降至10%，近年來則保持在3%左右。

面對如此龐大的供水規模，東京都的漏水率卻僅有3.5%，主要之漏

水改善對策包括機動作業及計畫作業兩部分。機動作業係指市民主動報修或員工巡查發現的地面漏水，採隨報隨修的方式處理，機動作業由東京都水道局所轄7個支所14個防漏團隊24小時待命負責維修；至於多摩地區則與多家自來水施工業者簽訂契約維護漏水案件，全部委託民間廠商不分夜間或假日24時待命維修。計畫作業係為找尋地面下潛在漏水，依水道局經驗及管理考量將供水轄區區劃若干小區，俾利控管及蒐集統計小區塊的管線漏水量、漏水特性及漏水維護案件等資料。

計畫作業又可分為以下三種作業模式[17]：

- (1)選別測定作業：即所謂小區漏水量測作業，將供水轄區整個配水管(口徑350mm以下)管網劃分成4,900區塊，每一個區塊的配水管長度約為2.5公里，選別測定作業即針對其中3,800區進行夜間最小流量(漏水量)測定，漏水量的大小即代表該區塊的管線漏水特性，可當成是否進一步檢漏的參考。另多摩地區的劃設係依配水管平均3.3公里為一區，全部劃設2,200區塊，同樣對其中的1,100區塊進行夜間最小流量測定。選別測定作業以水壓 2.5Kg/cm^2 為基準量測區塊的漏水量($Q=L/\text{min/Km}$)，並分成A($Q<20$)、B($20\leq Q<60$)及C($Q\geq 60$)三級，歸類A級的區塊，代表管線情況良好，該區塊的漏水採隨報隨修的機動作業；歸類為B及C等級則以聽音法或相關式進行檢漏措施。
- (2)巡迴調查作業：本項作業即一般所謂的主動漏水巡檢，東京都作業方式亦以區塊方式進行，區塊選定是依選別測定作業結果、機動作業數量多寡及參考以往作業實績而選定，其作業方式係於小區內以聽音棒或時間積分式測漏儀逐戶聽音調查；如夜間交通量少或無噪音影響的地區，則以電子式漏水探測器實施道路聽音調查。因漏水案件逐年減少，巡迴調查作業執行自2000年1,846公里下降至2005年為1,341公里，2006年起維持每年1,000公里之巡迴調查。

(3)漏水量測定作業：漏水量測定作業是為掌握區塊內的漏水量發展趨勢，另因應都會生活24小時皆有人從事各事各樣的活動，以往規劃的區塊規模，要精確的量測夜間最小流量有其困難，為克服環境的變化，將原有的區塊再縮小範圍，以每個區塊用戶數300栓來量測夜間最小流量。正確的瞭解區塊內配水管漏水量及特性，可推測未來漏水量的演進及提出具體的漏水防止對策。

除了儘速發現漏水修復外，防止新的漏水產生同樣重要，東京都水道局採取的措施就是提升管材的品質。早期配水管採用鑄鐵管，品質不佳易脆裂漏水，1960年代以後採用球狀石墨鑄鐵管，這種管材具有極佳彈性不易脆裂，以系統性方式將管材全面汰換，至2006年所有管道幾乎全部汰換完成，而且自1996年以後全面採用耐震接頭，可以抵抗地震及重車輾壓之震動。給水管早期使用鉛管，1980年以後全面採用不鏽鋼管，具有更高的強度且不易腐蝕。

東京の水道水源と浄水場別給水区域
～暮らしと都市を結ぶ水道～

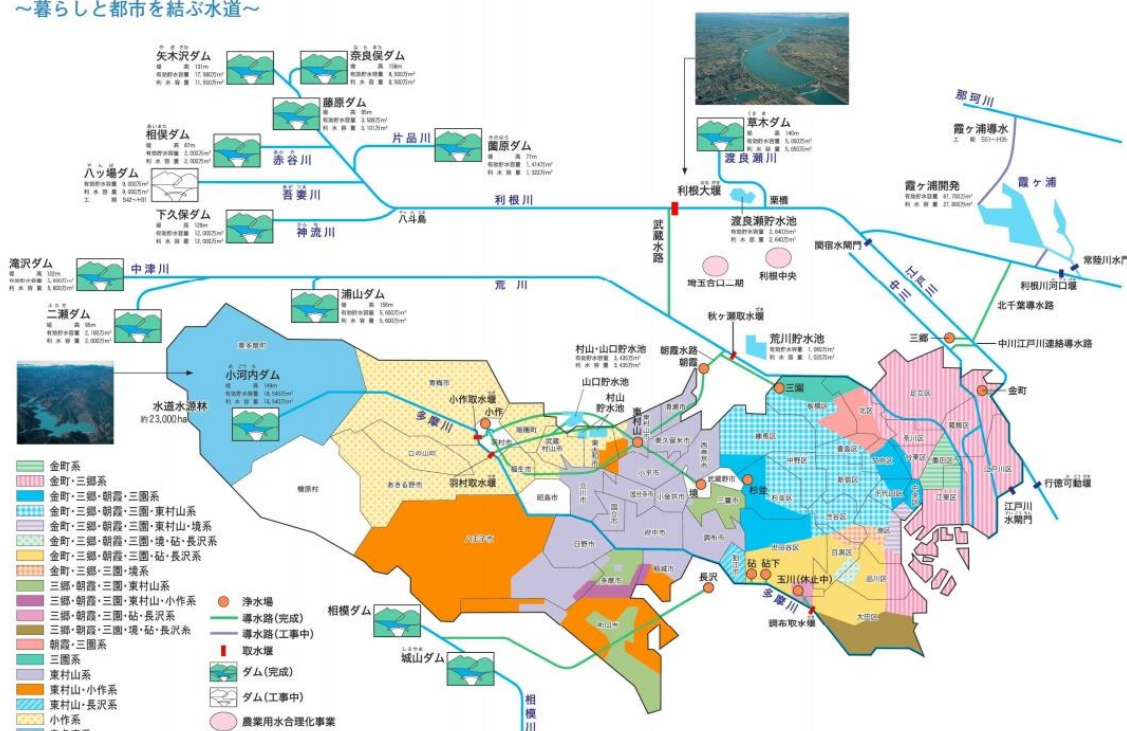


圖 2-10 東京水道局供水範圍[16]

2.日本福岡市

福岡市位於日本九州北部，鄰近亞洲大陸及韓國，自古以來即為異文化交流之窗口，並以商業城市發展至今，面積339平方公里，目前人口數約為140餘萬，供水戶數72萬戶，淨水設施容量74.8萬噸/日，配水管長度3,693公里。福岡市的水源包括：4條近郊河川、8座水庫及水道企業集團三個來源，如圖2-11。

福岡市自來水漏水率僅約2.9%，針對漏水防止擬訂『基礎對策』、『對症下藥對策』及『預防對策』等，以下分別介紹。[17]

- (1)基礎對策：漏水防止的根本方針，基礎對策的項目有漏水防止作業準備(財源籌措、單位成立、供水轄區圖面整備及設定調查範圍)、實況調查(配水分析、漏水原因追蹤及漏水維修資料保存)、研究開發、改良管材(研究給、配水管材料、閥栓材料及另件材料等研討配水管延長使用對策)、技移開發(漏水量測定法、埋沒物探知法、漏水發見法及修理方法)。
- (2)對症下藥對策：儘速查覺地下漏水及快速維修。近來環境變遷如交通複雜及人行道鋪面改善等，要檢測漏水已是一件不容易的事，對策項目有地面上漏水即時修理及地面下漏水儘早發現、修理。
- (3)預防對策：目標是如何防止供水管網發生漏水。本對策除了主要提升漏水防止成效外，也可避免道路因漏水案而造成沈陷的二次公害。預防對策中三個主要的工作項目包括給水管漏水處理(給水管漏水案佔所有漏水件數九成)、突發性的重大漏水案之供水調配、供水管網水壓管理。預防對策的工作項目有水道事業計畫(漏水防止總體計畫)、管線佈設的施工計畫(採用耐震性、耐久性、防腐性及水密性管材)、屆齡管線汰換(給、配水管線汰換工程)、給水管改善對策(給水

管材質改善、在公有道路上增設止水栓、水表遷移至便於抄錄地點、廢除殘存管、汰換配水管時一併更新給水管線、數位化的給水裝置管理)、配水管改善對策(防止腐蝕性、彎管部位的強化及電蝕防止)、巡查(其他管線施工時現場配合)、水壓管理。

為推動管線檢漏作業，福岡市將供水轄區以250*250平方公尺的區塊劃設為檢測區，計分為5,623區，根據每區塊內配水管修理件數、給水管栓數、漏水調查件數、正常水壓標準、管線調查結果與分析、配水管長度、殘存鉛管長度、全部的用戶數等相關關係，作成評價分為10等級，再依等級執行漏水調查，如第10級其檢測漏水的循環頻率為半年一次，而第1級則4年才做一次漏水檢測。

小區作業部分則以管線長度1.7公里為原則將福岡市劃分為1,875個小區，另部分管線長度較常區域則劃設107個中區。漏水量的測定是利用夜間用水量較少的時間進行，首先選定量測的區塊，封閉區塊配水管網的關鍵制水閥，使區塊內配水管網成為獨立系統，從區外的消防栓透過車載式電磁流量計(圖2-12)到區內的消防栓注入水量，由於電磁流量計連結時間記錄器，可記錄流量與時間的關係，觀察流量最小值即為該區塊的夜間最小流量(如圖2-13)。夜間最小流量測定可提供判定該區塊的漏水量是否落於可容許範圍內，如大於容許漏水量表示該區需要進行檢漏工作。

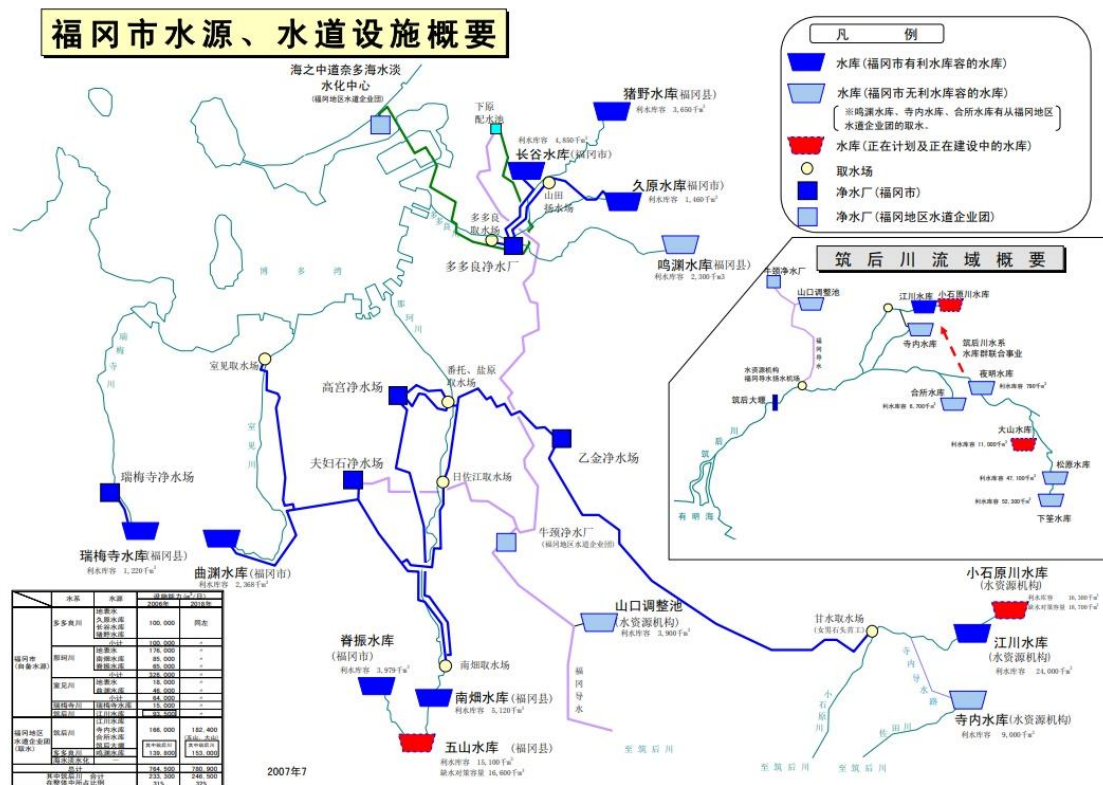


圖 2-11 福岡市水源水道設施概況[18]

車載式電磁流量計



記錄計



圖 2-12 車載式電磁流量計及記錄器[17]

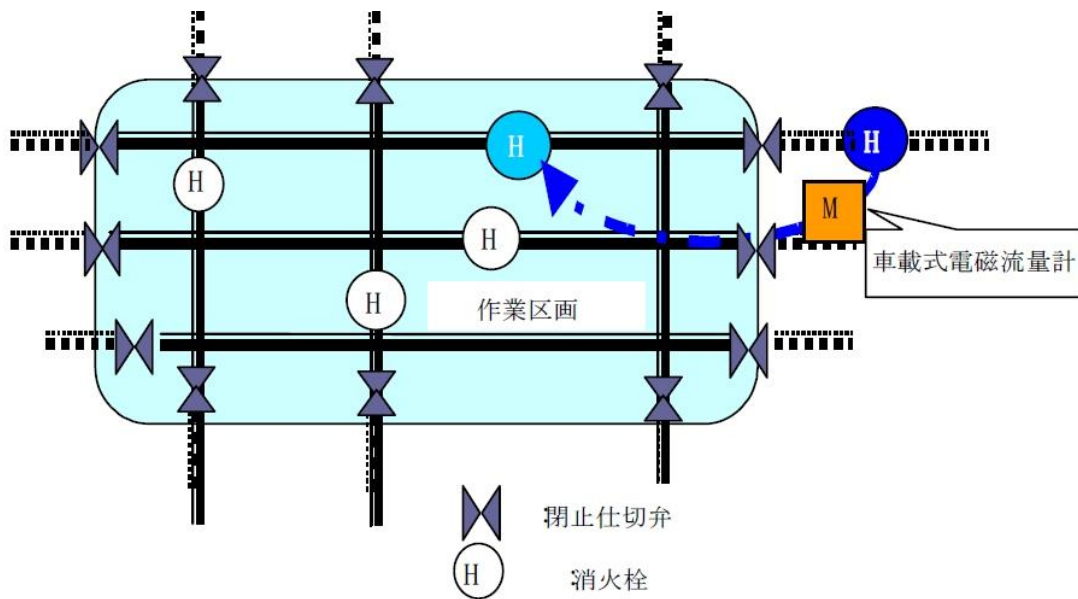


圖 2-13 小區執行夜間最小流示意圖[17]

3. 中國廣東省中山市坦洲鎮

坦洲鎮是中國廣東省中山市下轄的一個鎮，位於中山市最南端，珠江口的西岸，東面、南面與珠海相鄰。坦洲鎮總面積為 136 平方公里，人口約 22 萬（2010 年 11 月 1 日）。當地的供水主要是由中山坦洲自來水有限公司（簡稱坦洲水公司）負責，每日供水能量為 15 萬噸，管線總長度約 450 公里。

坦洲水公司 1995 年的無收益水量(NRW)為 35.76%，經過 15 年分五階段辦理改善後，已降至 5.92%，成效顯著。於 1995 年以前，當地的漏水檢測多採用聽音棒與電子式漏水探測器進行管線漏水檢測。1995 年之後的第一階段(Phase1)，坦洲水公司根據區域切割出 11 個計量檢核區(check meter zone)，如圖 2-14，利用計量表進行管線漏水檢測，檢修團隊都是採人工判讀夜間最小流，並據以研判此分區是否發生管線漏水現象。

然而隨著經濟發展及管網的拓展，於 2005 年的第五階段(Phase5)

開始，該 11 個計量檢核區已不足所需。因此，坦洲水公司建立新的水網監視系統，將坦洲鎮分成 4 大區 30 個 DMA 小區，配合地理資訊系統、水理模型的建立(如圖 2-15)，逐步將其成效能與開發國家相提並論



圖 2-14 坦洲鎮 1995 年計量檢核區範圍[6]

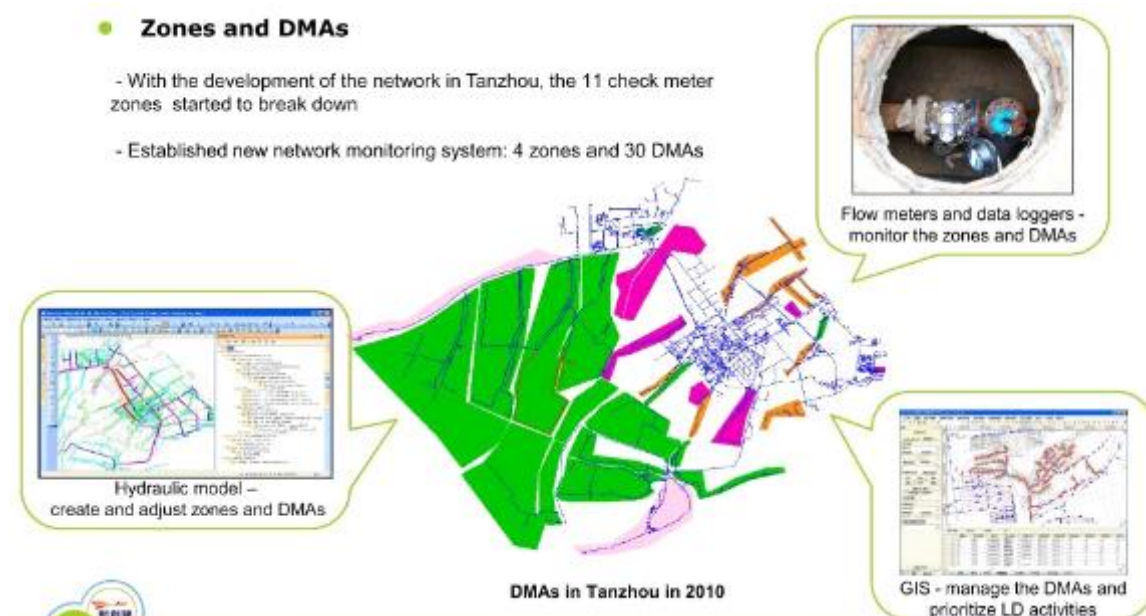


圖 2-15 坦洲鎮 2010 年 DMA 範圍[6]

4. 菲律賓馬尼拉

馬尼拉的人口約為 930 萬，涵蓋的區域 540 平方公里。馬尼拉於 80 年代便開始著手進行無收益水量的改善計畫，運用的概念為分區計量，其目標乃是改善輸配水管線藉以降低居高不下的無收益水費。計畫初期經由大量汰換老舊的管線，得到顯著的成效。但是改善的成效並沒有維持太久，因為缺乏後續的管理及維護，2007 年馬尼拉無收益水量的比率高達 66%，實際的漏水量約為 120 萬噸/日(如表 2-3)。

馬尼拉的輸配水管線不只涵蓋範圍大，許多管線已經年久失修，如果無法將其管線區分成較小的區域，將難以有效地進行管理。因此，馬尼拉的輸配水管網根據供水系統(Hydraulic Systems/Zones)以分區計量(District Metered Areas)方式進行有效管理。

表 2-3 馬尼拉 2007 年水量分析表[7]

System Input Volume 2,282 MLD (+/- 3 %)	Authorized Consumption 786 MLD	Billed Authorized Consumption 785 MLD	Billed Metered Consumption 785 MLD	Revenue Water 785 MLD
			Billed Un-metered Consumption 0 MLD	
		Unbilled Authorized Consumption 1 MLD (+/- 22 %)	Unbilled Metered Consumption Marginal	Non-Revenue Water 1,497 MLD (+/- 5 %)
			Unbilled Un-metered Consumption 1 MLD (+/- 22 %)	
	Water Losses 1,496 MLD (+/- 5 %)	Commercial Losses 293 MLD (+/- 20 %)	Unauthorised Consumption 202 MLD (+/- 29 %)	
			Customer Meter Inaccuracies and Data Handling Errors 91 MLD (+/- 14 %)	
		Physical Losses 1,203 MLD (+/- 8 %)		

分區計量的流量與壓力量測管理，能有效率的管理每個分區的輸配水管線，分區計量所量測出的漏水量代表的便是無收益水量，如能實際量測每個分區的漏水量，將能使得管線檢修效益得以呈現。至 2011 年，馬尼拉市已建置 798 個 DMA 小區，每個小區用水戶數平均為 858 戶，

其改善成效如下：

- (1) DMA範圍涵蓋整個馬尼拉市用戶數的70%。
- (2) 馬尼拉市56%的供水量是來自DMA。
- (3) 馬尼拉市69%的水費收入來自DMA。
- (4) 798個DMA的平均無收益水費為32%。

5. 巴西聖保羅

聖保羅市有 1,900 萬人口，面積 800 平方公里。該市輸配水管長度約 29,500 公里，接水戶約 360 萬戶，分為 6 個供水區域，每日供水量約 566 萬噸，每年預計增加 10 萬戶新用水戶，2006 年漏水量達 502L/(戶*日)。

為提升水資源的使用效率，聖保羅市將管網系統劃分為若干個小區，再按照 IWA 及 AWWA 的標準檢查每個計量區的漏水量，其相關改善措施說明如下。

- (1) 劃分小區：將聖保羅市劃分為120個小區，對於漏水情況嚴重的小區，深入分析其漏水量，進行N1的現地測試及設施條件因子(ICF)，以確定改善優先順序及改善方式。
- (2) 優化管網壓力：聖保羅市係採用重力流方式供水，約30%的管線使用超過40年以上，導致管線斷面減少，流速增加，在尖峰用水時段的水頭損失很大。目前聖保羅市於管網系統安裝954只減壓閥，以調整分區壓力，據估算1日可節省26.7萬噸的自來水。
- (3) 探查漏水：計畫每年對全部管網進行一次漏水檢測，對於漏水量大的計量區，則進行2至3次的檢測。

- (4) 更新用戶給水管：聖保羅市自來水管網最薄的部分是老舊用戶給水管。目前，每年約汰換10萬栓用戶給水管線，及其相對應1%的配水管線。由圖2-16得知，汰換新的管材後(HDPE)，管線漏水的機率明顯下降。
- (5) 提升用戶水表計量效能：每年更換45萬只用戶表，每個月約可從每戶端找回2.2噸的水量。對於大口徑的用戶表，則根據用水類型更換成適宜的口徑，並將大表使用年限設定為2年。
- (6) 強化漏水檢測能力：結合長期及各類型數據資料，以研判可能的漏水區域。對員工及廠商進行教育訓練以強化現場漏水檢測能力，並運用現代化的檢測設備，如微型照相機、聽音設備。這些措施每年可找回3,800噸的損失水量。

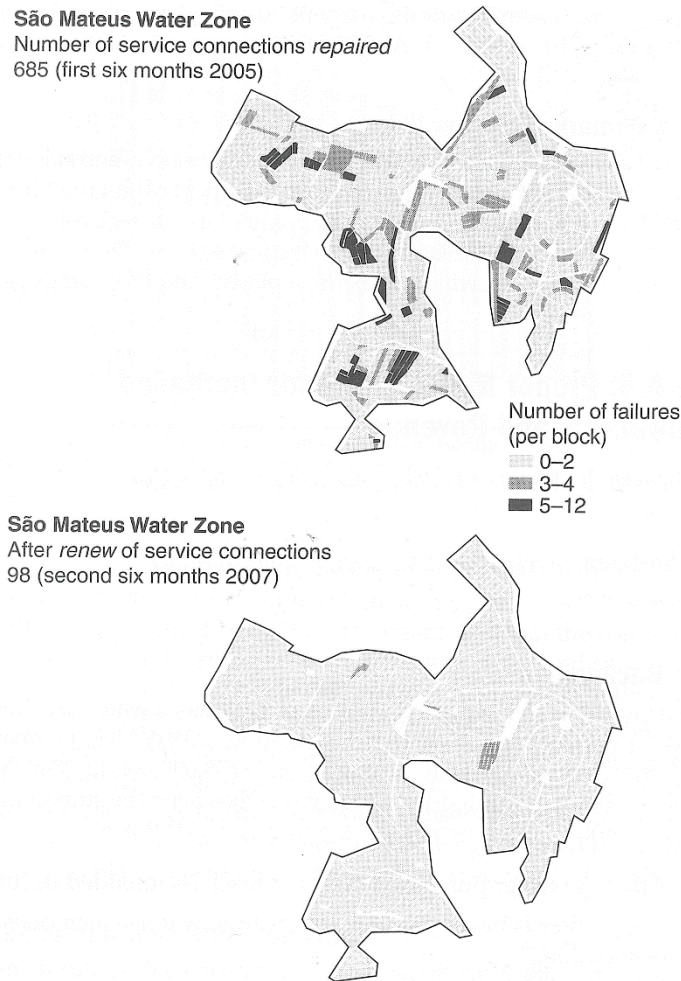


圖 2-16 管線汰換前後漏水改善對照情形[7]

6. 哥本哈根

哥本哈根市是丹麥最大都市，自來水事業由HOFOR公司負責經營管理，提供約100萬人飲用水(約為丹麥人口的1/5)。歌本哈哥市中心並無劃設分區計量區域(DMA)，其原因係哥本哈根是一個老都市，且非常注重都市景觀維護，申請施工並不容易，因此管線均已埋設經年，管線最大口徑僅100mm，若劃設DMA會造成水壓不足(其供水水壓規定在2.5至3bar)。因此哥本哈根市區係採用檢修方式，將市區分為70個區域，以3年為一輪進行檢測及維修，每年約可檢測出400件漏水事件。在哥本哈根市區發現漏水點通知廠商，廠商人員須於1小時內到場，配水

管線6小時維修完畢，給水管線4小時維修完畢，維修效率驚人，因為丹麥訂定法令規定自來水必須為天然、純淨、不加藥處理的「地下水」，因此自來水僅經過曝氣及過濾即供應給用戶使用。自來水中並無加氯，為確保水質不因漏水造成汙染，所以對維修速度有嚴格要求。

哥本哈根市區以外地區（大哥本哈根地區）則採用類似DMA的方式劃分分區(圖2-17)，並且裝表計量，目前已連續15年關注這些分區的漏水情形，計算未計量的消費水量並找出何處是水公司需要管理的地方，測漏的方法包括噪音紀錄器、地面麥克風、計算夜間最小流量、聲音相關儀、氣體追蹤等方法，哥本哈根地區水壓控制在3.8至4 kg/cm²，聽音測漏原理就在捕捉漏水噴出與管壁的摩擦音，利用這個聲音來定位，因此壓力越高摩擦音越明顯，越容易正確定位。哥本哈根地區目前的無計費水量（NRW）僅6%，丹麥政府規定水務公司NRW的標準應該在6%至8%，超過10%則會被罰款（漏水稅），因此丹麥各水務公司均非常致力於降低NRW[3]。

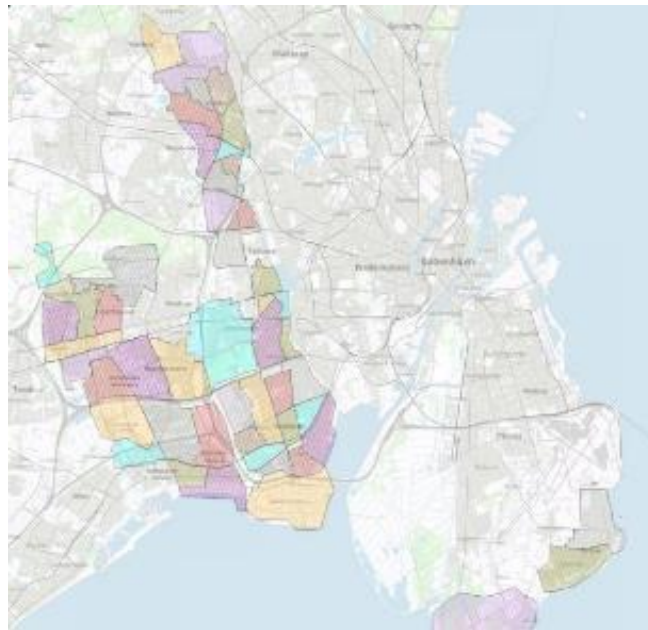


圖 2-17 大哥本哈根地區 DMA 劃分 [3]

7. Aarhus(奧胡斯)

奧胡斯是丹麥第2大都市和主要港口，人口約33萬人，自來水由奧胡斯水務公司負責供應管理。在30年前奧胡斯水務公司即注意到漏水管理的重要性，因此在1980年代所有用戶即安裝水表用以計量，這點與哥本哈根地區在1999年才開始裝表不同。2000年開始第1個DMA的設置，目前奧胡斯地區無計費水量（NRW）為6%，與哥本哈根相當。其採取的漏水控制措施包括漏水檢測、壓力管理、監測DMA夜間流量等方法，並不採取大規模管線汰換作法，而是依據管線年齡排序，依據需要進行小規模汰管。奧胡斯地區夜間最小流測試方法是使用專用的水箱拖車，將水運至DMA現場，以水箱的水供應DMA用水（4.3噸/小時），藉此計算夜間最小流量，對於拖車無法供應用水的較大地區，則使用消防栓來供應DMA用水，並且裝表計量供應之水量，這個做法與臺北地區巷弄直接法量測巷弄是否漏水的做法相同，同樣以消防栓來供水。丹麥政府規定水公司供水壓力不能低於 2.5 kg/cm^2 ，奧胡斯地區實際供應水壓力介於3至 3.5 kg/cm^2 ，在這麼高的水壓力下，其NRW仍可以控制在6%，代表其管網體質已臻完備[3]。

8. 馬來西亞芙蓉市(Seremban)

馬來西亞芙蓉市(Seremban)，位於馬來西亞南部的一個城鎮，也是該國森美蘭州的首府，人口24萬人，自來水管線長度800公里，供水系統與臺北類似，多採間接供水，因此水壓亦偏低。2006年其NRW高達39%，因此芙蓉市水務公司將NRW的改善委託給丹麥EnviDan公司執行改善計畫，目標在2年半將NRW降低至15%，EnviDan公司將芙蓉市劃分為55個DMA，並採用數據蒐集分析、建立管理系統、建立DMA、壓力管理、線上偵測漏水、熱點地區管線汰換、優化DMA邊界與效能等多

種方式，至2008年NRW已降至21%。改善計畫總費用為625萬美元，在計畫執行期間，總計節省2百萬美元，計畫執行後每個月可節省26萬美元，後續維持NRW的費用每個月每個DMA為11萬美元。

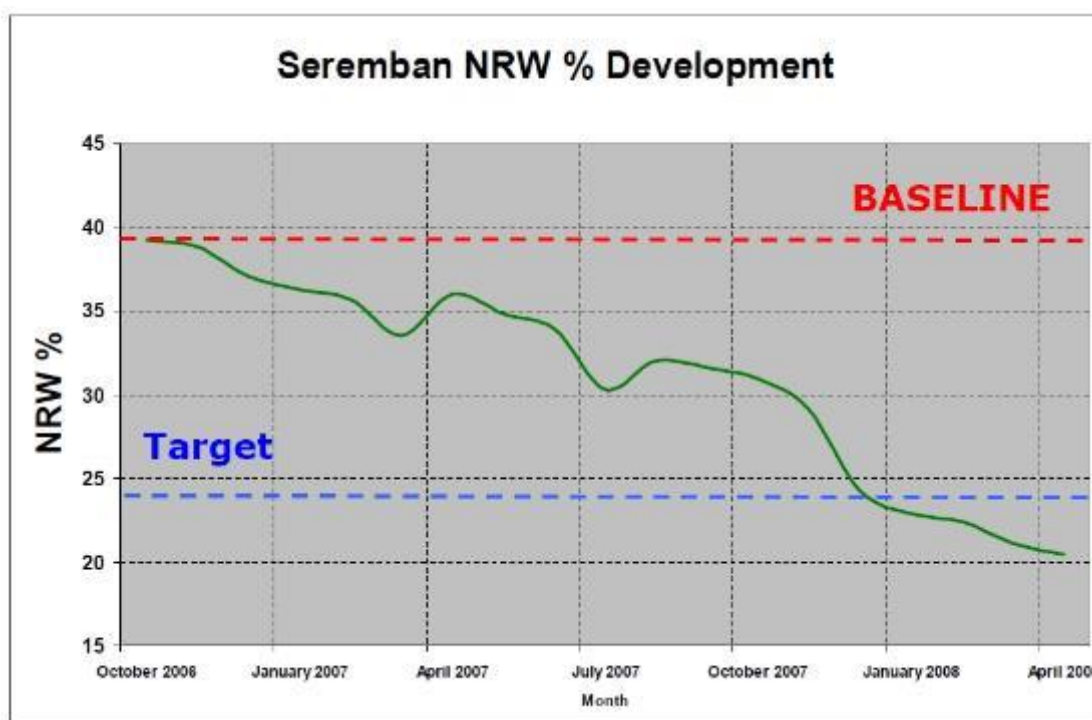


圖 2-18 芙蓉市 NRW 下降曲線 [3]

9.北京市

北京市的自來水係由北京市自來水集團負責供水任務，城中心共有自來水廠15座、調蓄水廠1座，郊區水廠14座，每日供水能力達450萬立方公尺，管網總長度13600公里，供水面積約1150平方公里，供水用戶500餘萬戶，供水規模相當龐大。在2000年以前北京市僅以總表計費，漏水率只有8%左右，2000年之後實施抄表到戶政策，每一用戶均安裝水表，因為分表的表差導致漏水率大幅上升至16%左右，且隨著管網規模擴大，漏水率持續攀升到18.5%，有鑑於此，北京市在2010年開始進行管網改善計畫，採用的方法與國際水協會(IWA)建議的漏水改善方式相同，包括管線更新、漏水檢修、DMA設置及壓力控制等，在這些努力

之下，漏水率已連續8年下降，至2018年降到14.69%(圖2-19)。

至2010年底至今已經累計汰換1300多公里破損管線，總投資金額達22億人民幣，整體管線平均管齡降至20.5年，顯著改善管網整體狀況並且降低漏水情形。管網水壓力分成3個層面予以優化，第1個層面是由淨水廠的加壓站做好出水端壓力管理，第2個層面是將供水範圍規劃為數個壓力控制區(PMA)進行壓力管控，第3個層面是針對壓力較大或壓力不均的DMA做壓力管控。第1層面目前有3個加壓站執行，第2個層面已設置4個壓力控制區，第3個層面則已有42個DMA執行壓力管理。北京市因為幅員廣大，僅先針對重點區域設置DMA，至2019年北京市中心已設置859個DMA，佔全北京市26.22%的用水量及41.3%的人口數[4]。

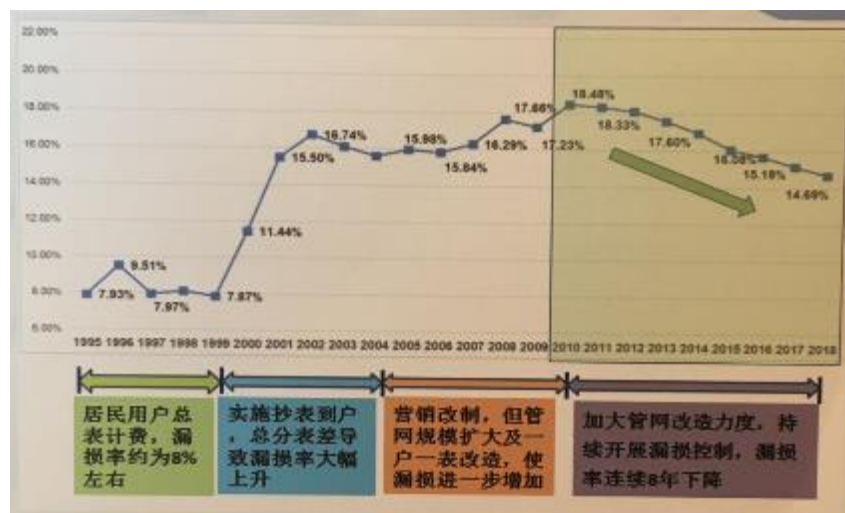


圖 2-19 北京市歷年漏水率[4]

2.2 臺北供水區小區計量執行成果

小區計量工法係於轄區供水管網中劃分許多獨立供水區域，將單一供水區域週邊的制水閥都關閉，依照區內、外供水壓力狀況，僅保留一或二個進水點，並藉由裝設於區域進水點之計量表，量測區域供水量，並與區內所有用戶用水量進行比對，進而求得區域售水率，而藉由區域

施工前、中、後售水率之量測，可確實掌控管網改善之成效。

2.2.1 小區計量量測方式的多元運用

北水處自 95 年起進行小區計量作業，經過多年實作經驗之累積與逐步檢討改進，針對現地不同的條件，發展出各種相關的計量方式，茲整理如下。

1. 實際計量(直接法)

以人工方式在小區現場於 4 個小時內抄讀小區所有用戶水表度數，14 日後再抄一次，搭配建置在小區邊界上的進流點流量計在抄表時間區段計量之數值，以此區間小區進流點計量表累積流量作為分母，小區內用戶用水度數作為分子，即可計算該小區之售水率。

2. 夜間最小流量測(間接法)

於該小區進水點安裝流量計，主要利用夜間用戶用水較少之特性，經由長時間紀錄流量資料推估漏水量(如圖 2-20)，因無需動員人力抄讀用戶水表度數，作業上較直接法相對簡易，但半夜如有用戶持續進水，利用本法所得最小流量常包含夜間用戶用水，造成漏水量估算準確度較實際量測為差，經常會高估漏水量，但因做法簡易且速度快，所得之最小流仍有參考價值。

目前北水處小區內售水率以直接法為評估準則，間接法則是為了提供參考數據作為後續是否進行管網改善或漏水檢測之評估依據。一般若是還沒進場改善的小區，以間接法先行評估售水率，通稱為初評，而已進場改善完成的小區，則以直接法量測售水率作為改善成效的確認，稱為複評。

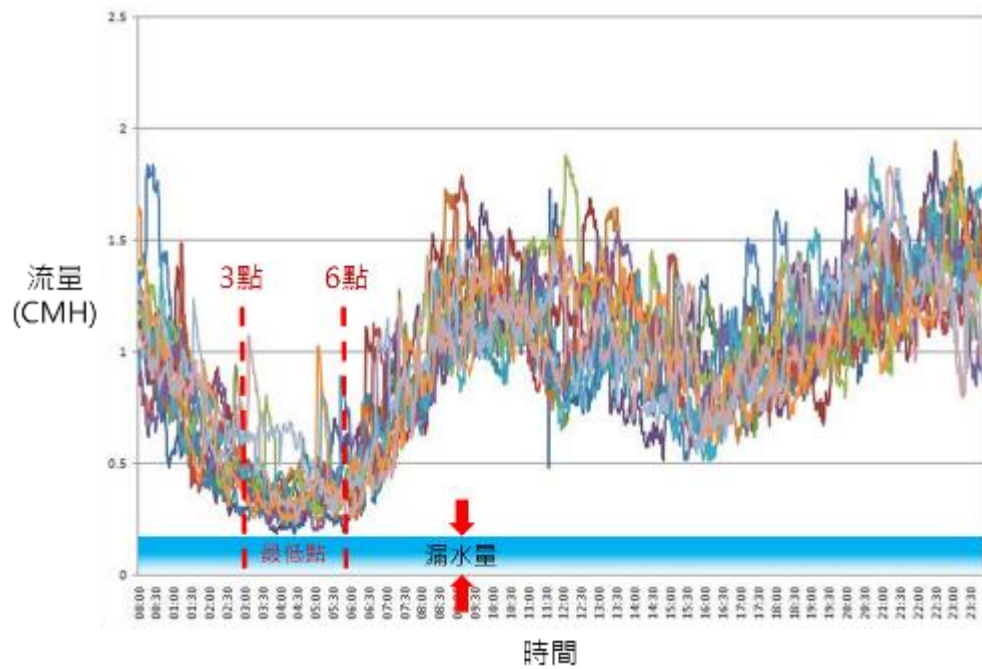


圖 2-20 夜間最小流推估漏水量

北水處 107 年起開始於小區進水點採用無線傳輸之流量計(District Smart Meter，簡稱 DSM)，可傳訊顯示雙向流動之瞬間流量、累積流量值及壓力值，以 4G 無線傳輸技術，發送訊號回傳至北水處資料庫，便於進行各式分析。經由 DSM 回傳之小區流量資料可藉由大數據處理及相關管理系統做有效的應用。施工中的小區可藉由制水閥的啟閉控制，以夜間最小流監測方式即時瞭解施工路段是否確實無漏水；對於施工完成的小區除可利用夜間最小流監測該小區漏水量，亦可結合區域內用戶抄表資料即時計算售水率。另外將這些回傳的流量及水壓資料疊合於 24 小時座標軸，將產生流量及壓力分布區間帶，依發生機率設置流量及壓力警訊值，超過警訊值即代表突發漏水或者制水閥遭到關閉，可即時處理避免狀況惡化。

3. 施工中分段檢核

小區施工往往長達 1~2 年，若施工完成後，期末複評才發現售水率未達標，總埋設長度已超過數公里，不易回頭找出問題出在哪裡。為了

改善此情況，北水處於 103 年開始試辦施工中分段檢驗作業。當小區管汰進行到一個段落，累積施工數條巷弄後，就使用「巷弄直接法」量測這些施工後管段是否漏水，具體操作辦法如圖 2-21 所示，首先將待測管段以制水閥封閉，於現場以管網中的消防栓引水通過流量計，由另一消防栓灌入待測管段，當水量充滿管線、壓力穩定之後，若流量計不再轉動，代表管段無漏水，如果流量計仍然不停轉動，代表管段施工後有漏水，可由計算一段時間流量計計量值，推估該封閉管段每日漏水量。每一施工區域可依此方式逐段量測各區段是否漏水，對於漏水的路段則要求廠商立即改善，如此作法可提早發現漏水路段，以避免整個小區施工完成後，才發現售水率無法順利提升，再進場找尋可能漏水管線施工汰換，造成反覆施工浪費各項資源。

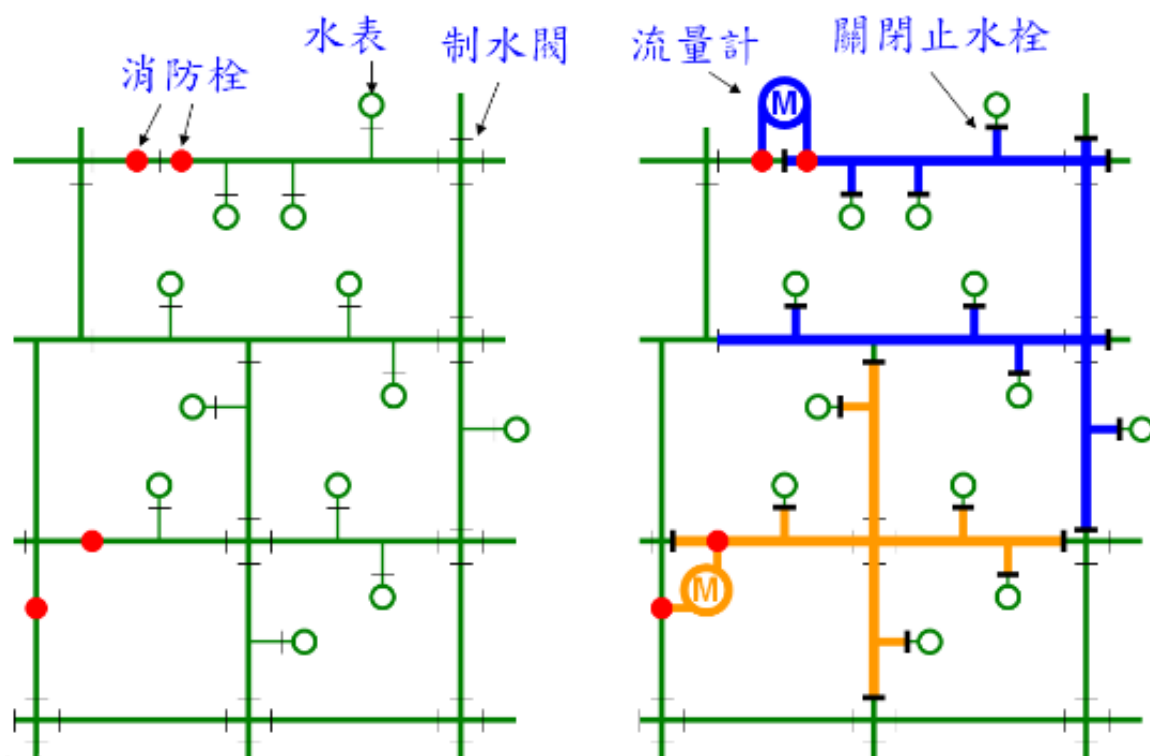


圖 2-21 管網分段檢驗漏水示意圖

4. 小區夜間分步測試

北水處利用 DSM 流量計搭配夜間最小流，進行夜間分步測試，一般純住宅區住戶夜間多已就寢，以圖 2-22 為例，當夜間用戶用水量越少，(A)夜間最小流將越接近(B)用戶直抄所得的流量，代表夜間最小流幾乎等於實際漏水量，所謂夜間分步測試是利用實際漏水量與夜間最小流量接近的小區，規劃利用現場制水閥，將小區切分為更小的單元後，利用夜間 3 點至 6 點時進行制水閥操作，區隔分出的管段，這樣可以在 DSM 流量計紀錄上取得每一小單元被區隔時的即時流量，當漏水嚴重的區域被切割排除在計量範圍外，於流量-時間圖上就可以看到明顯的下降(如圖 2-23)，當出現明顯的漏水單元，可以再切割為更小的單元以進一步確認漏水位置，但原則上現場必須有制水閥可以進行操作。

如果規劃各小單元的進、出水點得宜，每個單元的用戶將不會停水，但必須明確確定各單元的所有用戶水表位置以及那些位置是無法被區隔的。另分步測試必須大量操作制水閥且於夜間來執行，制水閥操作時利用消防栓排水，所排出自來水水質狀況於夜間較難以判斷，對於用戶用水有潛在性的水污染危害，所以，分步測試於夜間 3 點至 6 點作業，但對於事前的準備，包含制水閥啟閉切割單元及操作排水等，必須先於日間進行妥善的前置作業。

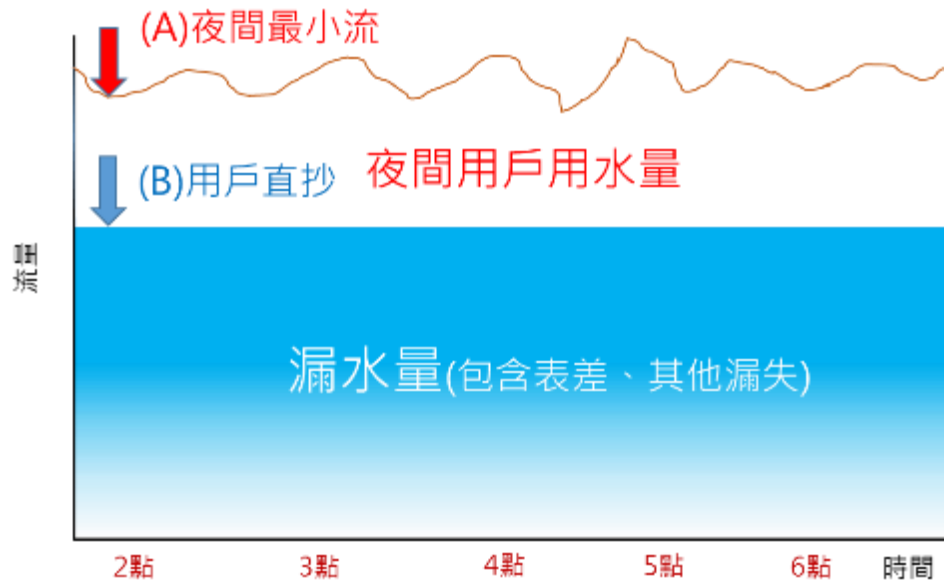


圖 2-22 夜間最小流與用戶直抄所代表漏水量

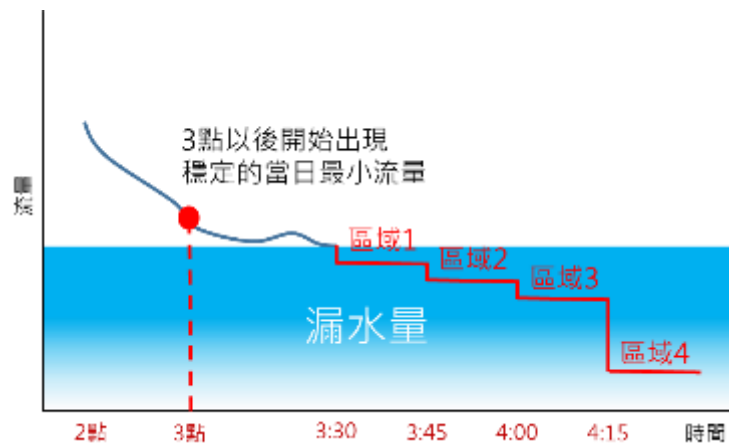


圖 2-23 夜間分步測試示意圖

2.2.2 管線汰換模式的進化

北水處轄區管網全長約 6,300 公里，其中輸配水管長度占 62%，給水管為 38%，為大型供水管網。面對北水處龐大的管網系統，欲以有限的資源於計畫結束前，將漏水率降低至 10%，勢必無法對整個管網進行全面汰換，為有效消弭漏水，北水處於執行管汰計畫時需研擬新的措施搭配執行。

1. 弱區先行作業模式

同樣的施工長度如果落在售水率較低的小區，改善的漏水量將比較多，對降低整體 NRW 貢獻較大，這樣的觀念一直是北水處的管汰策略。執行管汰計畫以來，以弱區(先行為原則，統計至 107 年底已將初評售水率 50%以下小區由 248 區大幅降低至 89 區(圖 2-24)，其中售水率 50%以下的 89 區中，北水處未進場改善仍有 65 個小區，因售水率 50%以下代表該小區內整體管線體質不佳以致有較多的漏水點產生，然修理了區內的某些漏水點，卻可能使原本已接近臨界點之未漏水脆弱管線引發漏水，導致改善後售水率有不升反降的情形，故針對體質不佳的小區仍舊必須採用一步一腳印的方式，紮實的全區汰換管線以杜絕漏水。

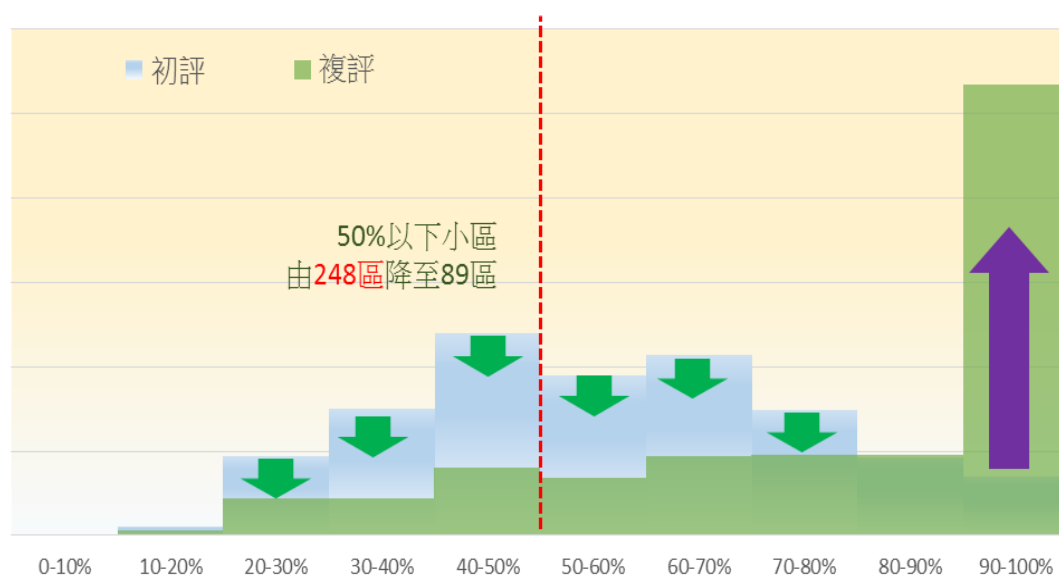


圖 2-24 小區改善前、後售水率分布情形

2. 高漏水潛勢巷道優先汰換模式

對於已完成工程改善惟複評未過小區，北水處多已進行巷弄直接法找尋漏水點，發現漏水點多集中於施工時未能順利抽換管線之偏弱體質巷道，經檢討發現，一般繪製設計圖時，因未考量管線漏水潛能等因素，

多直接以管線年限規劃全區設計汰換。而經全區施工後售水率卻無法提升，再檢視區內施工狀況，發現區內多有施工時因管障、禁挖、防火巷等無法汰換位置，使得區內仍存有未改善巷道，而這些管線的存在，使得最關鍵的漏水點無法消除，導致複評未過。

北水處利用圖資，將轄區內管線年份與材質設定權重，年份越大及較易漏水管線材質如 PB 等，其漏水分數越高，另外套繪過去漏水資料，將全轄區各巷道切割並編號後進行漏水潛勢排名，得到偏弱體質巷道清冊，各分處轄區可依此清冊排名得知區內改善管線巷道之優先順序。

另外再利用偏弱巷道清冊位置投影於 828 個小區範圍，更容易找到每個小區的弱點位置，低售水率且偏弱巷道密集之小區(如圖 2-25)，代表該小區整體體質不佳，應一次進行全區汰換；而低售水率惟區域內偏弱巷道不密集，則代表該小區可能漏水點少，但單一漏水點漏水量大，應著重於該漏水點的測漏定位，可運用巷弄直接法、噪音漏水記錄器、相關儀等設備，運用檢測方式，得到圖資及歷史上找不到的漏水點。



圖 2-25 運用高漏水潛勢巷道擬定施工改善策略

2.2.3 小區計量執行成果

小區計量的作業如同一個供應鏈，供應鏈中的「管線汰換」為主角，其餘則為配角，為挑選售水率低的區塊優先施工，必須先「裝表計量」，而計量售水率前必須先「劃設區塊」，茲將各項執行成果說明如下。

1. 管線汰換執行成果

以現今管材技術檢討過往使用之材質，配水管之 PVC、CIP、MJP 等材質應逐步汰換為延性鑄鐵管(DIP)，給水管之 GIP、LP、ABS、PB、PE 等則汰換為不鏽鋼管(SSP)。依北水處 94 年管線材質長度統計資料如表 2-4，當時 DIP 長度為 2,492 公里、SSP 長度 376 公里，而待汰換給、配水管線總長為 3,321 公里。

經北水處 15 年間持續辦理管汰作業，至 108 年底優良管材(DIP)長度為 3,287 公里，較 94 年增加 795 公里，而給水管 SSP 長度變化最大，至 108 年 SSP 管合計為 1,354 公里，與 94 年相比較，共改善 978 公里之給水管為 SSP 管，後續待汰換管線給配水管合計為 1,532 公里，其歷年管線汰換情形如圖 2-26。從漏水率隨著待汰換管線長度降低而持續下降，可以直接反應使用優質管材所帶來之影響。

表 2-4 北水處 94 年與 108 年管線汰換情形比較

年份	待汰換給、配水管(公里)	DIP 管(公里)	SSP 管(公里)
94	3,321	2,492	376
108	1,532	3,287	1,354
比較	-1789	+795	+978

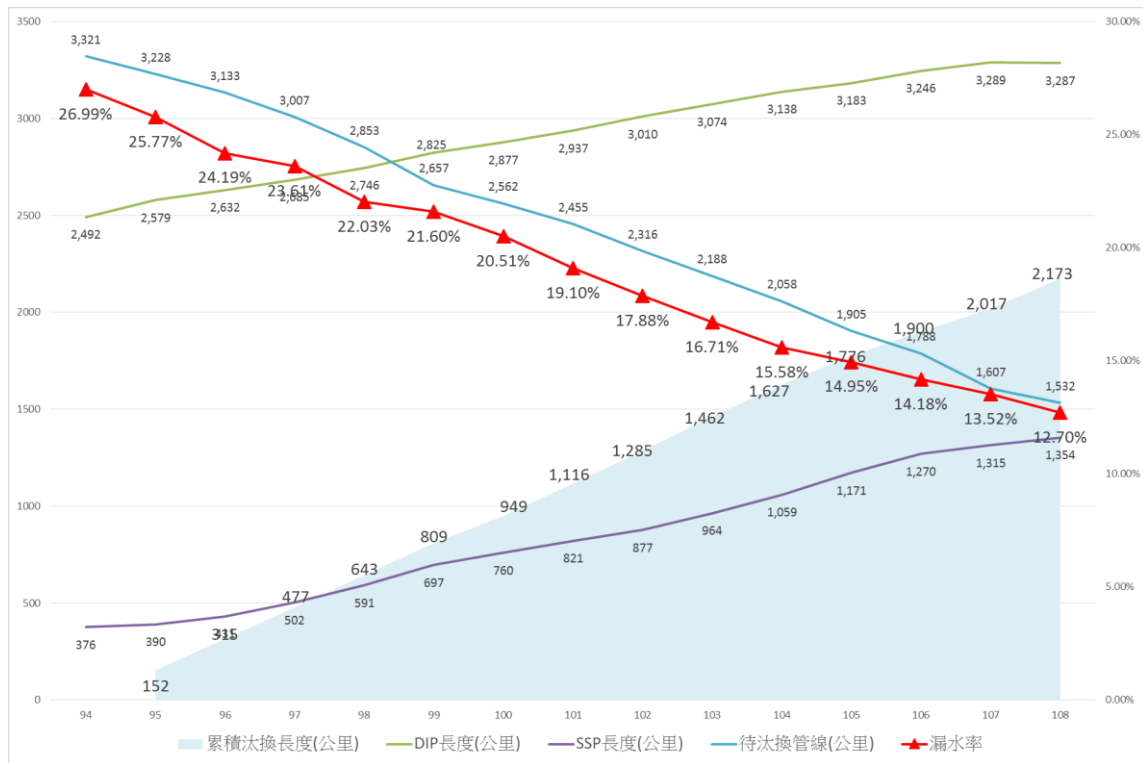


圖 2-26 歷年漏水率與管線汰換成果

2. 小區計量執行成果

各小區經歷建置、分割與重劃，將各小區以售水率分類，分為未計量小區(白色區塊)、未完成改善小區(售水率 50%以下紅色區塊、售水率 50-75%橘色區塊及售水率 75-90%淡藍色區塊)及售水率達 90%以上小區(深藍色區塊)，如圖 2-27，至 109 年 5 月底已劃設完成 828 個小區。其中共有 304 區完成改善，複評售水率計量達 90%以上，平均售水率由初期 51.65%提升至 93.95%。另加計初評售水率即達 90%以上 50 個小區，目前北水處轄區共計 354 區售水率計量達標準。

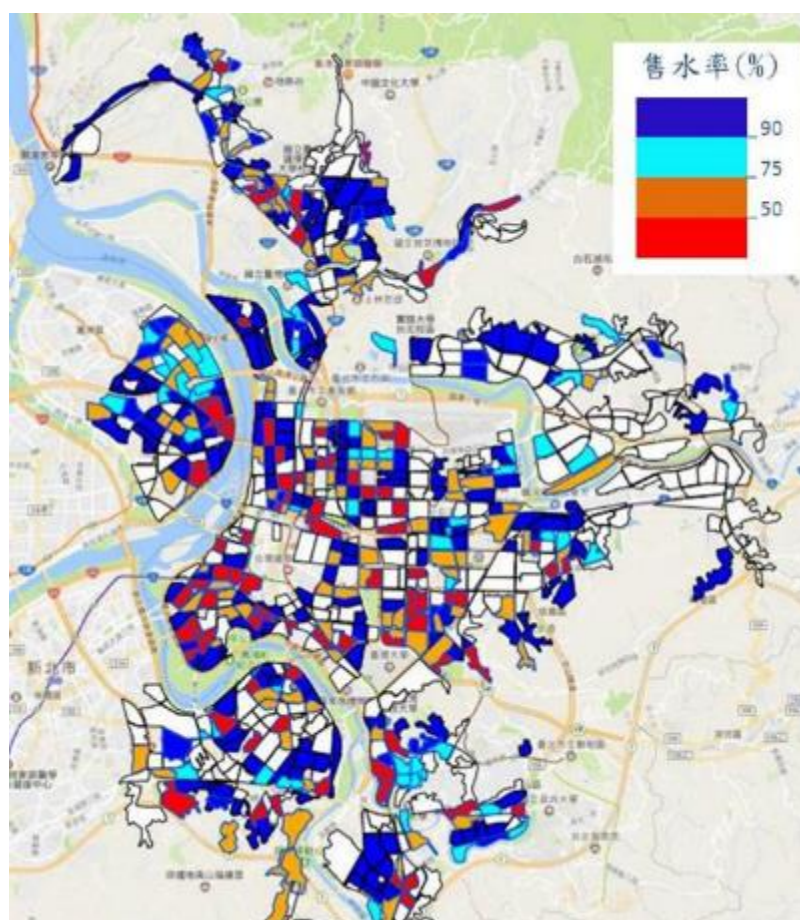


圖 2-27 北水處小區分布圖

因選區方式得宜，隨著小區陸續改善完成，較易漏水的管線也隨之汰換，直接使得漏水件數明顯下降，如圖 2-28 統計民國 94 年至 108 年，漏水件數由一年 11,283 件降為 2,641 件，降幅高達 76.6%，而減少 1 件漏水案件的發生，就是減少 1 件挖馬路及銑鋪道路的工作，有效降低北水處維修成本，並提升大臺北地區整體都市形象。且自民國 95 年本處開始進行供水管網改善計畫以來，歷年轄區配水量明顯逐年下降由 94 年度的 230.28 萬噸降為 108 年度的 180.49 萬噸，而支援附近台水公司供水轄區之水量，由 94 年的 19.45 萬噸增加至 108 年的 54.82 萬噸，這表示，在以前可能於管線中漏掉的自來水，現在不但沒有漏掉，更能將其供給附近需要自來水的區域，充分展現管線汰換的成果。

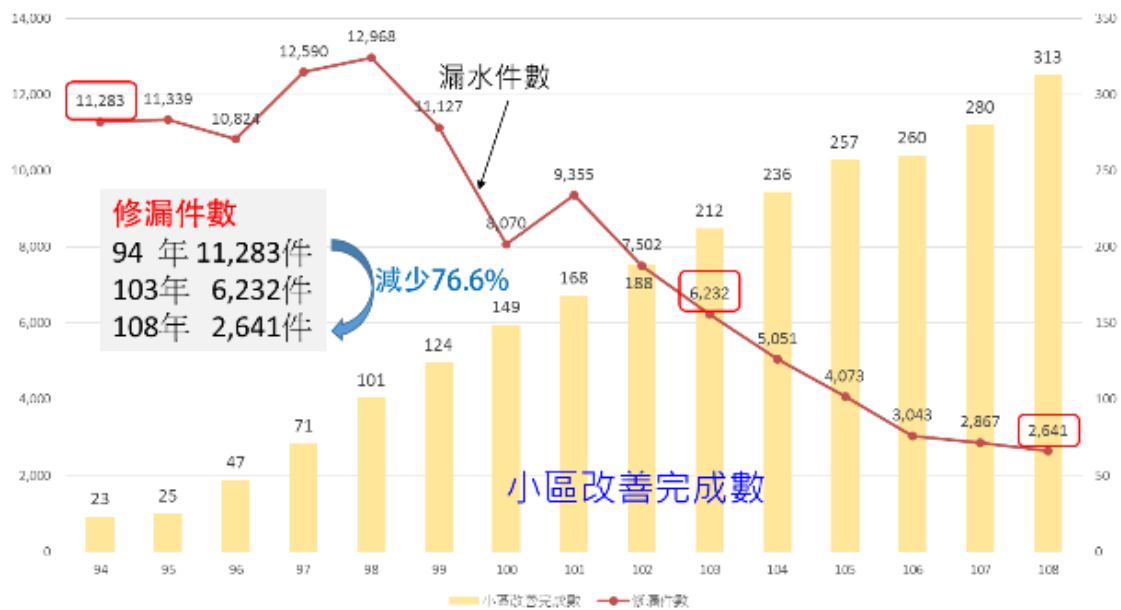


圖 2-28 北水處歷年小區累積改善完成與修漏件數

2.3 執行分析與檢討

各小區經歷建置、分割與重劃，至 108 年止北水處已規劃 828 個小區進行計量，至 109 年 5 月底共計 354 區售水率計量達標準。依北水處多年實際進行小區規畫經驗，小區劃設一般必須完成下列程序：

1. 現場勘查與規劃作業

以配水管線長度 2-4 公里或用戶數 1,000-2,000 戶為原則進行現場勘查與規劃作業。規劃時係以最少進水點、最少出水點、不影響用戶用水等為劃分原則，並須可完全斷水獨立成一個小區域。

2. 小區管線及閥栓測試調查作業

初步規劃完成之小區內配水管線（管徑 75~500 mm）及閥栓（制水閥與救火栓）全面進行現場勘查。利用北水處管線圖面資料，將區域內（含邊界）管徑 75~500 mm 之配水管線及現有管網供水系統進行

全面調查，找出管末端未連通路段，做為後續管網改善施工參據。小區內須逐段管線進行閥類測試，以確認能否獨立封閉斷水及檢測造成水壓瓶頸管段，並製作小區管線現場調查報表（含管末端未連通路段及造成水壓瓶頸管段）。

閥栓測試調查作業(以夜間施作為主)，包含指定區塊內可目視及覓測提昇後之閥栓是否操作正常（機能測試）與維修等級、覓測無反應者是否必要增設與增設等級等資料，並製作含五百分之一圖號、閥栓編號、位置、各項作業結果等之閥栓現場勘查報表。

3.不明管線調查確認作業

不明管線係指北水處圖面資料無標註但現場存在之管線，抑或有標註（不含可明顯判斷係圖資誤植者）但現場不存在之管線。執行作業時就劃設小區內之不明管線，利用各種儀器進行調查，經確認後於現場標示明顯記號，拍攝探挖前照片及繪製管線位置、深度圖。

4.埋沒閥栓探測作業

小區內埋沒閥栓須利用各種儀器進行覓測，如經覓測有反應者，需於現場標示明顯易辨認記號，並將現場照片及位置圖提供各分處予以提升。

5.小區封閉前壓力分析作業

就所區劃之每個小區，於進行斷水確認作業前擇定 1 日，量測記錄小區內至少 8 處（小區內救火栓不足 8 處者，全數量測）、鄰近區域至少 4 處救火栓水壓，以瞭解小區封閉前水壓狀況，並做為後續規劃進、出水點參考。各點水壓量測期間為 10：00~16：00 與 18:00~22：00，且至少每分鐘記錄 1 筆資料，以利後續與小區進、出水點作業資

料進行比對分析。

6.小區斷水確認作業

完成該小區封閉前壓力分析作業後，始得進行斷水確認作業，以驗證每個小區均可獨立操作，其作業時間原則以 09:00~11:00 進行，並視實際工作需要調整。當關閉小區所有進、出水點制水閥後，並量測小區內至少 8 處（小區內救火栓不足 8 處者，全數量測）救火栓水壓為零時，該小區方視為通過斷水確認作業。小區斷水後之復水作業，因特別注意制水閥開啟順序及速度，以避免水污染事件或用戶無水等狀況發生。

7.小區進出水點分析作業

就所區劃之每個小區，量測封閉後區域內救火栓水壓至少 8 處（小區內救火栓不足 8 處者，全數量測）及鄰近區域至少 4 處，平均水壓不得低於封閉前同一時間原有值 70%為原則，測試可滿足壓力需求之進、出水控制點。經分析選定之進、出水控制點後，需於 11:00~15:00 量測記錄上述區域內、外各點（須與「小區封閉前壓力分析作業」所選定各點一致）水壓變化，且至少每分鐘記錄 1 筆資料；惟量測紀錄時間因斷水確認、進出水點分析等作業延誤時，則以量測至少 2 小時水壓紀錄做為比對分析。若區域內平均水壓太低，先進行供水調配；若埋沒制水閥關閉致管網無法連通，先進行供水調配或制水閥改善；若管網各自獨立，先進行管網連通工程，再行裝表計量。

8.小區長時間壓力紀錄作業

就完成進出水點分析作業或機關指定之小區，開啟小區進出水點分析作業所確認可行之進、出水控制點，觀察紀錄區域內至少 8 處救

火栓及鄰近區域至少 4 處至少 144 小時(6 天)之水壓變化（至少每 30 分鐘記錄 1 筆資料或依機關指定時間間距）後，開啟小區內制水閥再量測 24 小時(1 天)水壓變化。

9.計量表埋設位置確認作業

當小區進、出水控制點確認完成後，廠商應在考慮交通狀況、直管長度、管材、管徑等條件下，辦理計量表窰井裝設位置建議。針對計量表窰井裝設之建議位置，廠商應利用透地雷達調查地下管線埋設狀況（區域範圍至少須 6m × 2.5m；深度至少須至配水管埋設管頂處），並確認現場空間可否安裝窰井或僅能直接埋設計量表；如現場空間無法埋設計量表窰井，應立即尋覓其它可安裝地點。

由於「小區劃設」工作已接近尾聲，實際劃設作業已轉型成因應既有小區現場需求而進行分割或重劃工作，小區計量工作以「裝表計量」為最主要的工作。北水處為有效率計量並節省購表經費，辦理小區初評、施工過程計量等，於 105 年起小區流量計係採租用方式，由小區執行廠商負責提供流量計並安裝計量，經評估廠商僅需準備 10 只流量計，以輪動方式計量即可滿足年度計量需求，北水處則可節省大筆購表預算，以此方式執行近 4 年，以 107 年為例，一年則完成計量 123 區(次)，成效良好。然而以長期管理的觀點，配合施工計量及長期觀測所需應裝設固定式流量計，才能定期監控其售水率情形，達到長期管理之目的。以下提出 3 項重要執行過程：

1. 廣設小區窰井-自動讀表無線回傳

95 年至 101 年北水處推行管汰計畫初期，係以採取空間較小之埋入方式安裝流量計，以提高安裝成功率加速計量售水率。以此方式安裝於管網中，總計量次數超過 850 次，對選擇售水率低之小區優先進行汰換之政策順利推度執行功不可沒。至 101 年時北水處改善達標之區域已近 200 區，將近小區總數之 1/4，已預見長期管理將成為下個階段的執行重點，流量計若繼續採用埋入方式，將不利於未來長期管理，應以安裝窰井埋設固定式流量計方式方為長久之計。北水處蒐集市面上適合 DMA 流量計使用的窰井，其中電信 B 人孔尺寸(外部尺寸 80cmX140cm，內部尺寸 60cmX120cm)可符合 DSM 需求(圖 2-29~2-30)，且其體積不致過大，適合於臺北地區道路上安裝使用，因此北水處 101 年開始於小區進水點裝設窰井，至 108 年底已裝設 541 區窰井，已達所有小區數之 65.73%，後續針對未安裝窰井之 232 個小區，為能有效進行計量管理，已持續列管追蹤進行安裝。

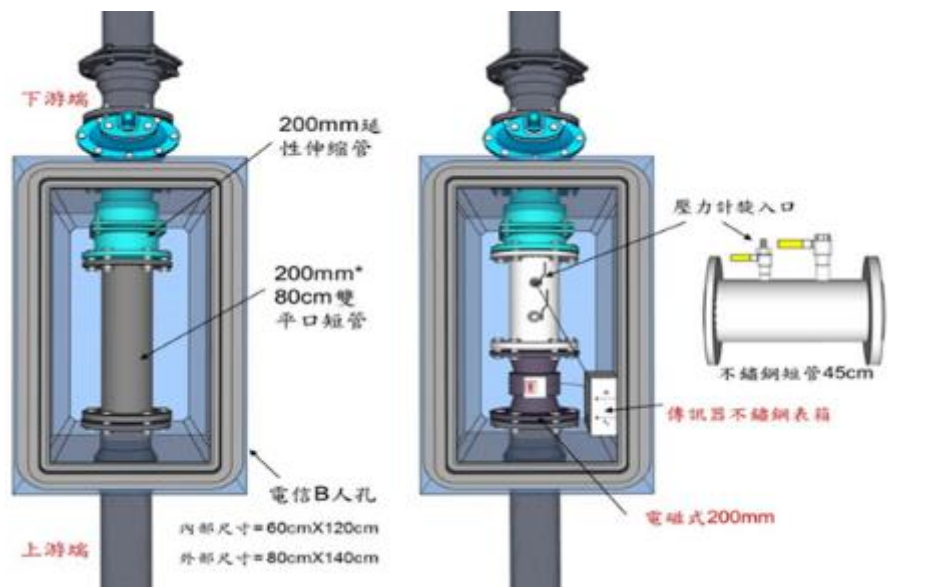


圖 2-29 北水處小區窰井及流量計安裝示意圖

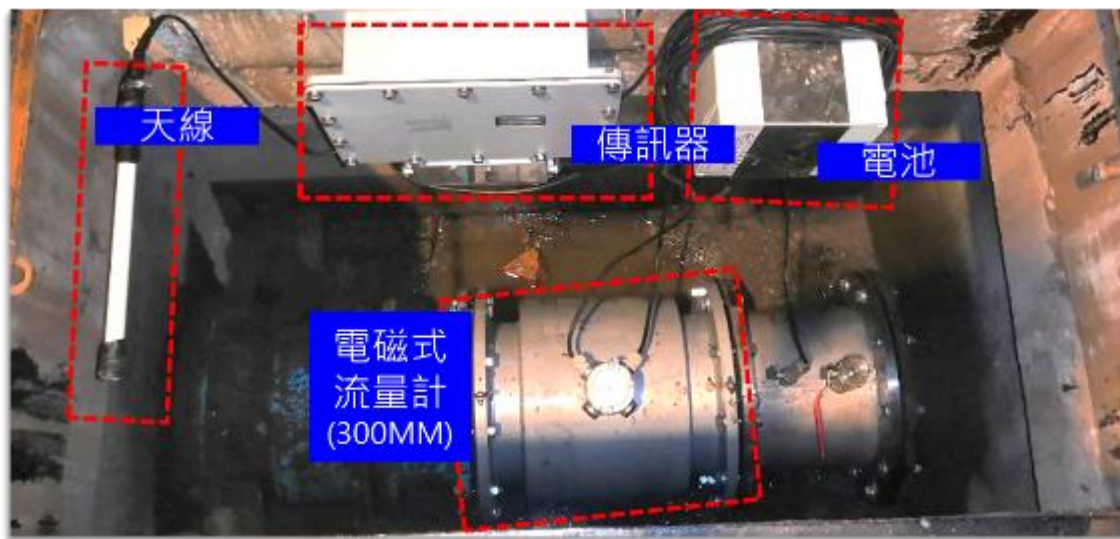


圖 2-30 窰井安裝 300mm DSM 電磁式流量計

2. 輪動式健評計量-小區分級

小區計量區域內管線更新達到售水率目標後，該小區並非從此即高枕無憂，管線埋設於地下後，隨著材質老化，漏水復發難以避免，管網內的漏水改善與復發是反覆循環的動態關係，因此後續長期監測漏水復發情形顯得相當重要。國際自來水協會(IWA)建議供水系統不致惡化每年應有 1.5%比例的管線抽換，如圖 2-31 北水處近 13 年來每年汰換比例均超過 1.5%，因此整體管網體質不致惡化，然針對已達到售水率標準之小區內漏水率復發等相關情形，國際間並無相關資料可供參考。經初步評估漏水率變化應與當地水壓、管線材質、施工品質、工法選擇及使用時間等因子有關，因此結合上述因子進行分析，瞭解何者係為影響售水率之重要因素，作為售水率量測頻率及控管參數之基礎，進而建立漏水風險評分，依照評分高低進行分級，以作為長期管理之參考。

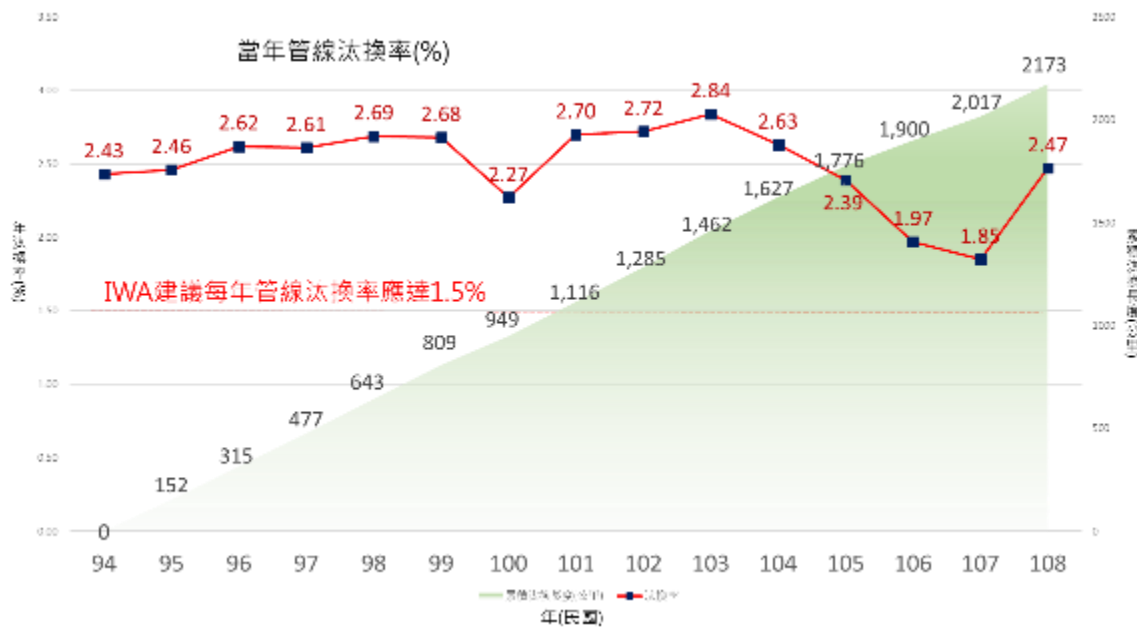


圖 2-31 歷年汰換管線比例與累積長度

3. 小區長期管理-建置管理系統主動監控

目前北水處小區各種資料儲存多散落於各分處，儲存模式多以報告形式存放或存於設備管理系統及各對口管理人員電腦中，未予以整合不利於長期管理，因此北水處於 107 年起推動建置各小區履歷，履歷內容包括：小區編號、範圍、給配水管長度、售水率、DIP 化、SSP 化比率、初複評完成時間、水表數量、用水量等資料，另外須特別註記施工過程的特殊事項，例如遇到管障未汰換位置、用戶拒換位置、穿越箱涵位置、不明管位置、禁挖位置等，詳細記錄這些施工時遇到的問題，有助於售水率無法提升時，後續接手處理的人可以由這些履歷記載找出可能的漏水地點及原因，以利研擬改善方案，目前這些履歷係登載於北水處 WEBGIS 中，可永久保存且方便存取及查找。

目前國外許多先進城市，對於小區計量已漸漸透過系統化的方式進行管理，亦有一些水務管理顧問公司發展 DMA 管理系統，包括 TaKaDu、Hitachi、SUZE 等公司，然而各都市建構及管理 DMA 都會依據管網特

性而有一些差異，因此這些市售系統不一定能適合北水處轄區使用，仍以發展本土化管理系統為宜。北水處目前共建置 828 個小區，並已開始設置可自動讀表、無線回傳的小區流量計，這些資料可成為系統化管理的基礎，整合現有 WEBGIS 的小區資訊，並結合流量計回傳之資料進行智慧化的監測與管理，北水處已開始著手建立智慧小區管理系統，對建立之 DMA 進行主動監控。

第三章 臺北供水區小區計量分級維護規劃

828 個小區依其售水率狀況，可簡單劃分為尚未計量、改善中及已改善完成小區，但小區除了售水率外還有許多重要統計資料，如管齡、DIP 化、SSP 化、表栓數、用戶數、用戶用水量等，這些資料可以用來判斷小區的體質並進行管理。以往要取得這些資料，必須經過多方的收集及繁雜的分類與計算，過程耗時且不容易，然小區若要進行智慧化應用，必須以便捷的方式收集與統計各項統計資料，再依照各種型態資料予以分析並輔以律定權重後，擬定優先順序進行分級維護。

對於小區各項資料的收集與統計，北水處近年來透過共通性地理資訊系統之建置，整合建構完整管線資訊、用戶用水資訊等各種系統平台，自民國 106 年起建置「WEBGIS」，執行期間配合小區各項應用，特別建置小區管理模組，提供小區內相關管線、閥栓、用戶、小區施工、舊有圖資圖層等資料，可快速取得小區內各項資訊，作為建立小區智慧化應用的基礎，另針對小區內各項珍貴的施工經驗、未汰換位置、可能漏水復發位置等資訊，都詳細記錄 WEBGIS 中，以類似履歷方式呈現，稱為「小區履歷」。

828 個小區在持續的管線汰換下，終有 1 日必能全部完成改善，然而改善完成後的管線，並非銅牆鐵壁，就算是最優質的管材，都有其終極之使用年限，隨著時間管線老舊漏水復發在所難免，此時最需要的就是如何運用有限的資源，針對改善完成的小區進行妥善維護管理，維持既有管汰成效。

本章節針對小區計量分級維護規劃方式，提出具體規劃方式，並介紹北水處 WEBGIS 的相關發展，以及「小區履歷」的建置等，希望透過共通服務性平台的架構，讓小區的分級維護朝向智慧化。

3.1 分級維護之重要性

依照第二章的說明回顧，可以理解北水處在執行小區內管線更新達到目標後，管線隨著材質老化及各種因素，漏水復發難以避免，因為管線的漏水改善與復發是反覆循環的動態關係，除了被動地修漏維護外，主動地管理維護更顯重要，因此能長期管理並規劃進行各項監測，以主動方式避免漏水復發顯得相當重要。小區內漏水率復發等相關情形之研究，國際間較少資料可供參考，北水處依照漏水率變化可能發生的原因，經初步評估應與當地水壓、管線材質、施工品質、工法選擇及使用時間等因子有關，因此結合上述因子進行分析，瞭解何者係為影響售水率之重要因素，作為售水率量測頻率及控管參數之基礎，作為長期管理之參考。

北水處自 103 年起即訂定「小區長期管理檢核售水率計畫」，試辦以 5 年時間針對售水率已達標準之小區(如圖 3-1)進行售水率追蹤，採用分層抽樣法取樣，分層條件以完成改善時間 3 年以上、不同解除列管時間、所屬各分處及市、郊區(或高地社區)等進行分層，並以現場表位有窰井可方便計量為優先原則，每年逐步提升抽樣區域數量，俟取得相關數據後建立資料庫，作為後續長期管理參考。自 103 年開始進行改善完成小區之回頭複評，統計至 107 年底，挑選 75 個小區(次)考量部分小區售水率降幅過大，並非正常的漏水復發情形，北水處使用標準差的方式，剔除這些售水率量測差過大的小區，(如圖 3-2)剔除後共保留 60 個區(次)，經統計後平均 1 年售水率下降約 0.21%。

於標準差外售水率下降幅度較高的小區，經分析漏水復發原因多為施工時因管障、防火巷狹小、路證管制、用戶不同意遷移表位等因素而未汰換之管線，隨著管線老舊導致開始漏水，致使小區售水率大幅下降，以長期管理角度而言實有必要訂定管理模式，以有效管控改善完成小區的售水率。

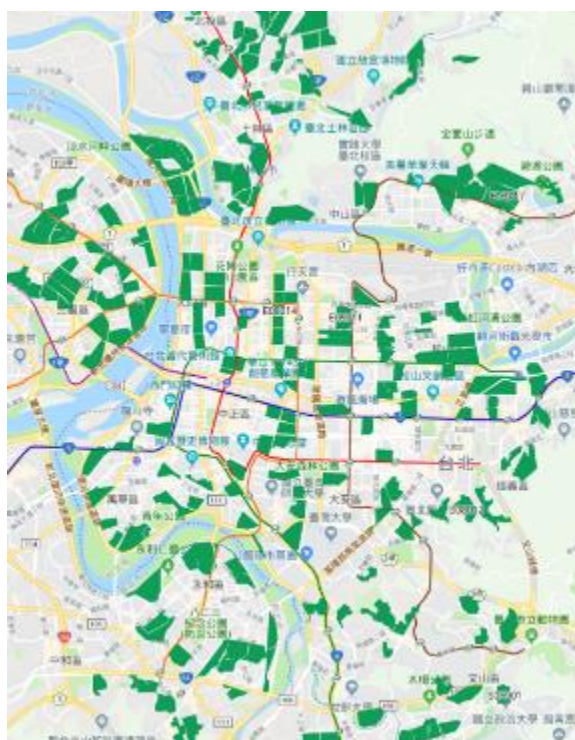


圖 3-1 售水率已達 90%以上小區分布

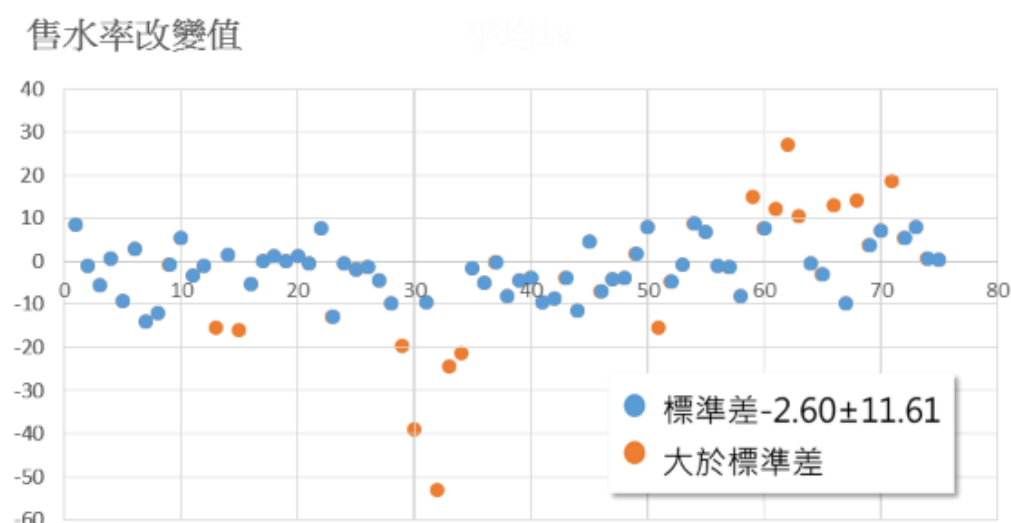


圖 3-2 回頭複評售水率改變剔除偏差值

以長期管理角度來看，小區的改善是一個反覆循環的關係，小區改善完成後，隨著時間的增加，小區內的管線也越來越老舊，其漏水的風險也跟著增加，當漏水發生到無法忍受的程度時，就必須進行漏水檢修與管線汰換，以幫助小區提升售水率。

對於改善完成的小區，應依照小區的形成方式進行分類(如圖 3-3)，找出可以長期封閉與無法長期封閉的小區，長期封閉小區可以簡單地使用流量計監測區內售水狀況，但北水處轄區內除獨立之小型加壓系統或郊區邊緣地帶的小區，多屬於類似棋盤狀，以邊界閘進行封閉區隔所形成的小區，因小區與小區間管線環環相扣，長期封閉會導致部分邊界巷道管線長期無法向外連通，形成管末端導致產生水質惡化情形，為使管網都能連通以輸送穩定壓力與水質之自來水，一般不建議長期封閉。

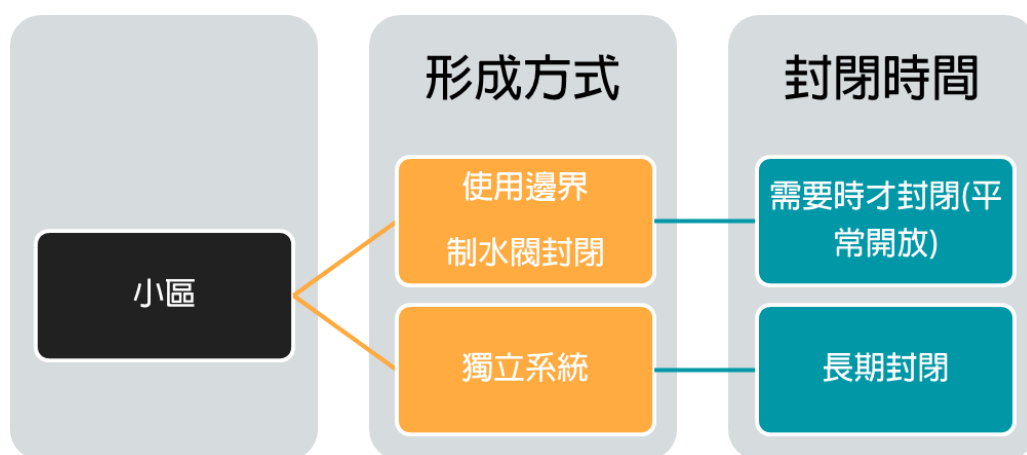


圖 3-3 以形成方式區分小區封閉時間

以流量計監測小區售水狀況必須封閉計量，在無法長期封閉的前提下，必須規劃每個小區封閉計量的頻率與順序，為此，改善完成小區應建立類似健康檢查的觀念，年輕又強壯的小區不需要健檢，反之，管線老舊的、體質不好的小區則必須增加健檢的頻率，因此，對於已改善完成小區應評估漏水復發的風險值，來決定該小區進行監測售水率的頻率。

3.2 以WEBGIS建立小區分級維護基礎

欲進行小區分級維護，除了售水率外必須取得許多重要統計資料，如管線材質、管線口徑、用戶用水資料、閥栓資料等，因為這些統計資料收集並不方便，過去北水處工程師只能對於幾個較熟悉的小區進行統計運算，較難以全面性的統計方式分析每個小區資料，為使各種小區統計資料能快速獲得與分析，北水處透過建立 WEBGIS 以作為取得小區分級等多種應用之基礎平台，以下說明北水處 WEBGIS 發展歷程及在小區管理上之應用。

3.2.1 WEBGIS發展歷程

北水處自民國 88 年著手建置管線資料庫及相關業務應用系統，以資訊系統支援業務發展之需求，並以 GIS 開發自來水管線、閥栓設備管理為導向的應用系統，將近百年圖資導入電子化流程作業，整合市府地形圖、地籍圖及門牌號碼等外部資源，結合水費抄表資訊，建立自來水管線資訊管理系統，考量資訊技術及應用層面與時俱進，近年新技術著重在資料共享、地理資訊倉儲、雲端服務、即時便民、管網監控、業務資訊整合、防災決策、大數據分析等，北水處於 20 年管網改善計畫中推動執行「擴大 GIS 多元運用及支援決策」專案，以現有組織及資訊發展趨勢為藍本，重新擘劃圖資整體資訊服務架構，並伴隨智慧型手持裝置的發展及資訊技術進步，提供 24 小時全年無休的政府服務 (Ubiquitous Government)。

北水處地理資訊系統之建置，考量使用者需求的系統，針對空間資料庫、網頁展現流程及查詢操作設計等各項工作予以詳實規劃，整合建

構完整資訊系統平台，其中並特別規畫小區管理模組，將小區內相關管線包含閘栓、用戶資訊、小區施工資料、舊有圖資圖層等資訊，都能在同一平台上予以利用，以建立小區智慧化應用的基礎平台；北水處將既有網路架構(如圖 3-4)，調整為以空間資料庫為架構，WEBGIS 的系統架構如圖 3-5。

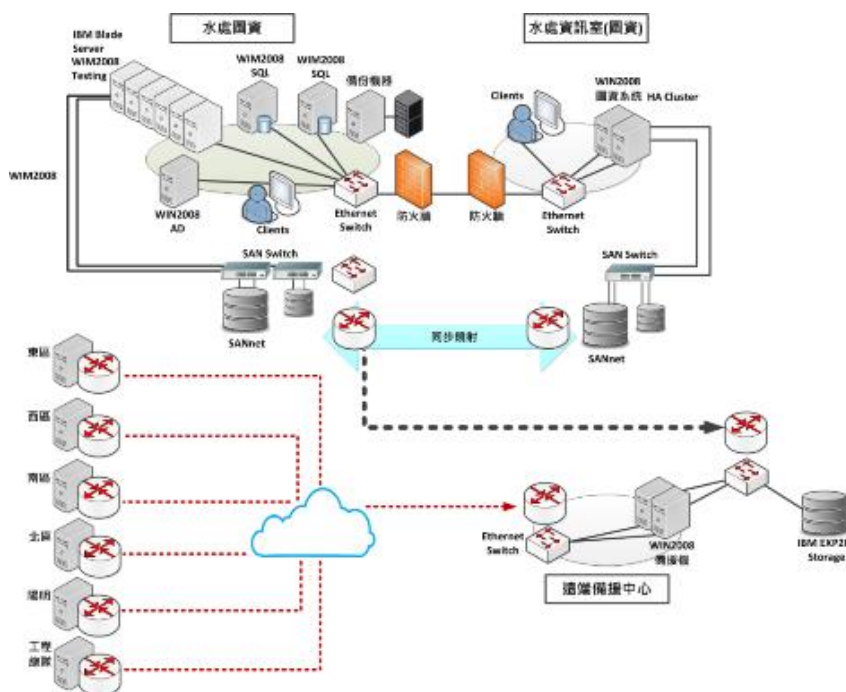


圖 3-4 原有圖資機房系統環境架構圖

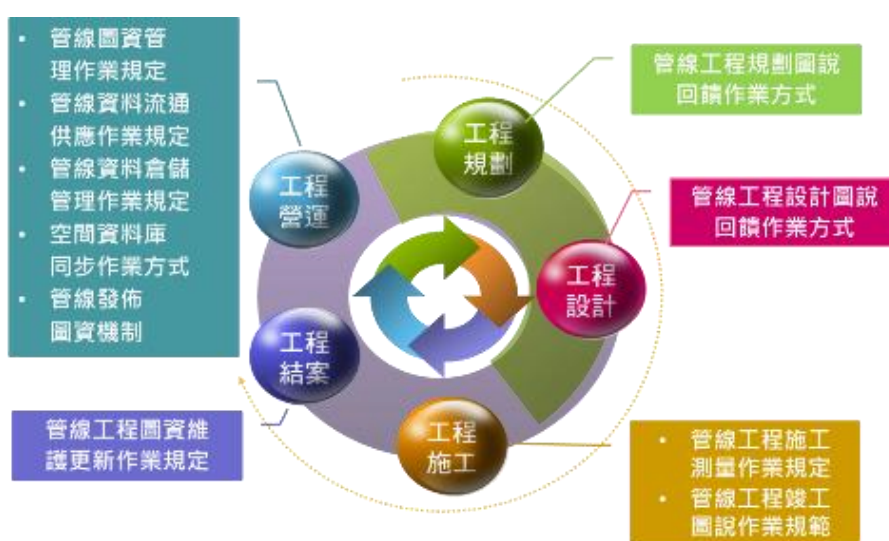


圖 3-5 WEBGIS 系統環境架構圖

北水處因各項業務繁多，皆與空間資訊及地圖關聯，例如：水質採樣、監控站分布圖、直飲台、工程案件分布圖、停水範圍分布、直飲點、加壓站範圍、修漏案件分布、加壓站範圍圖、地籍圖、門牌、高程、地形圖、影像、管線圖資、水質敏感區、竣工圖、施工資訊等應用格式繁多，為能方便日後使用字套圖，以現有自來水管網為基礎，導入空間資料庫管理架構，進行自來水管網的優化設計及資料重構，在空間資料庫導入過程中，解決過去有圖無資或圖資不符情形，作業過程中並引發出多元智慧化管網應用，並建立臺北自來水智慧化資訊管理系統(WISE)，系統以自來水設備圖資為基礎、整合多元底圖、閥栓巡檢、施工資訊、即時監控資訊、即時供水歷線等資料庫類型，並整合設計圖、竣工圖、閥栓卡等實體檔案類型，相關格式均統一至同一圖台進行呈現，系統以功能主題的方式呈現，使用者點擊最上層模組分類後，功能項目將以群組方式呈現。

北水處於「擴大 GIS 多元運用及支援決策」專案計畫執行期間，辦理自來水管線資訊數化及空間資料庫建置規範、使用者需求訪談、現地設備測量、空間資料庫調校及軟硬體設備更新等作業，確保新系統上線後，能滿足北水處業務及使用效能達到當初規劃的目標。

於計畫執行期間北水處建立自來水管線資訊數化及空間資料庫建置規範，作為北水處相關單位建立自來水設施管線資料庫及系統建置時，對於相關測量作業、竣工圖作業、數化作業、品質檢核、圖層定義、圖例線型及註記、各項欄位內容及圖資更新作業方式等內容能有所依據，規範整體架構如圖 3-6，此架構可將北水處使用之所有管線全週期納入規範架構中，利於後續管理發展及應用。

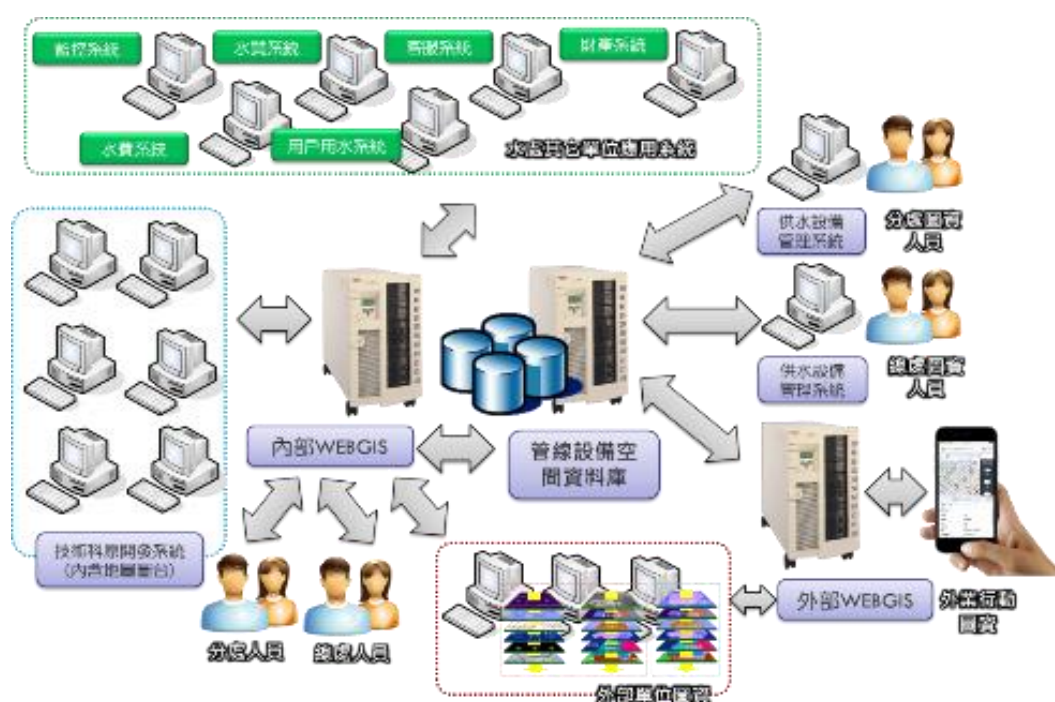


圖 3-6 規範整體架構圖

為幫助使用者能從原本舊有設備管理使用介面(如圖 3-7)，改為熟悉並習慣使用新的 WEBGIS(如圖 3-8)，藉由試營運方式，使北水處工程人員從實務操作中實際瞭解系統功能，並從中提供建置廠商能及時調整功能及問題排除，使系統運作更順暢。

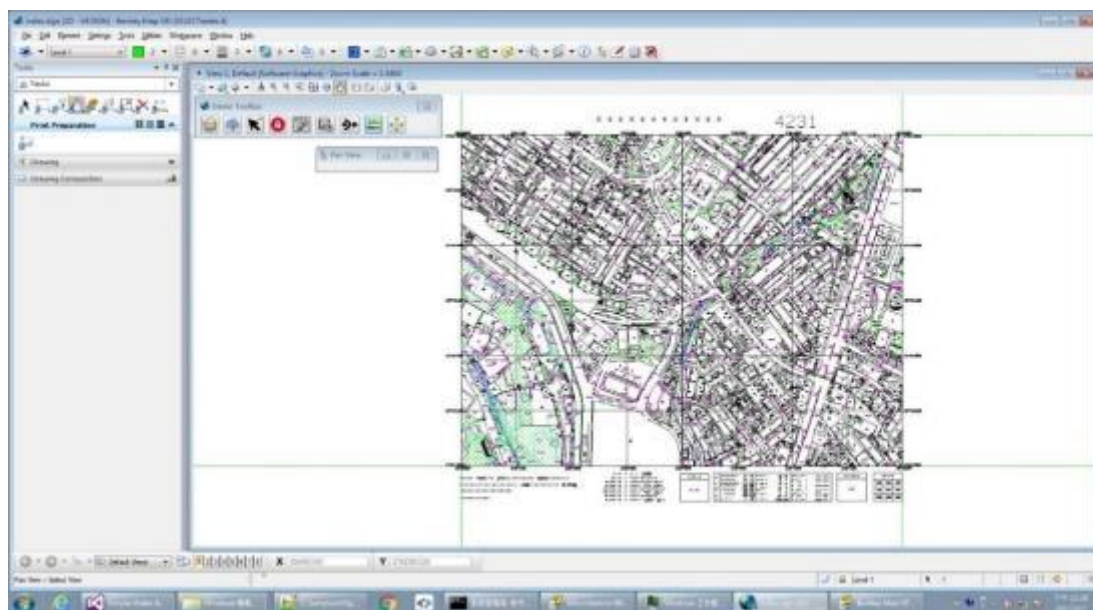


圖 3-7 設備管理操作畫面

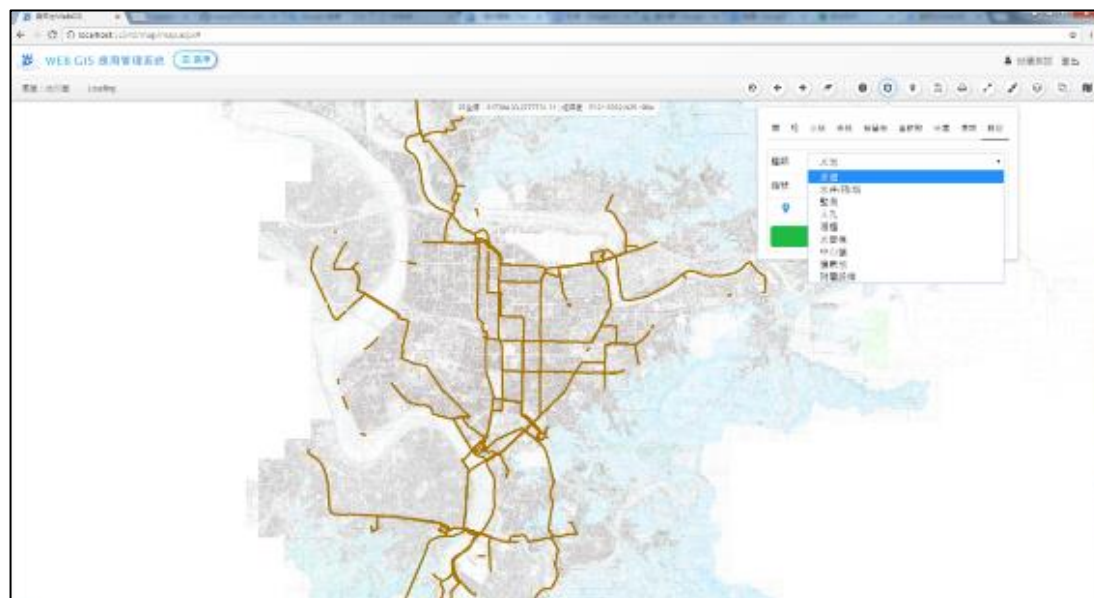


圖 3-8 WEBGIS 操作畫面

3.2.2 於WEBGIS登載小區履歷

北水處實際執行小區管汰基層人員，如監工員或設計員最能瞭解區內各種實際狀況，雖然管線完工後均繪製竣工圖，但對於部分第一線執行者遭遇現場各項問題之資料，如疑似漏水位置、管障未施工位置、用戶拒絕汰換等細部資料或照片，並無法於竣工圖上詳加記錄，而這些位置往往都是最容易漏水復發的地點，當小區有漏水復發情形，若有當初這些寶貴資料，就能夠以最快速的方式解決問題。

小區在施工過程往往會遭遇很多事件，包括管障無法施工、用戶拒換、埋深不足、舊管留用、道路禁挖等，造成無法完全依設計圖施工，這些未施工地點往往就是小區售水率無法提升的關鍵地點，因此如同人看病需登載於病歷表般，相關事件若可登載記錄成為小區履歷，後續小區管理者可查看每一個小區在建置及施工時遭遇的問題，以利尋求解決之道，對於每個監工員所負責之小區，如有人員異動時，更應將施工履歷於業務交接時交代清楚。

北水處原嘗試以紙本方式記錄各小區履歷，然因各階層人員隨時間多有異動，各項資料保存不易，必須將其資訊化才能永久保存。配合WEBGIS的發展，特別於其中建置小區履歷專區，解決資料保存問題。目前WEBGIS除了查詢管線資料外，各個小區已開始於WEBGIS記錄其履歷，包括初、複評計量時間、施工廠商與監工人員、無法汰換管線位置及原因、無法斷除之管線、臨時變更簽報表及其他需特別加註事件等詳列成「小區履歷」如圖 3-9。



圖 3-9 利用 WEBGIS 記載小區履歷

另外除了小區履歷建置，加入了小區履歷查詢功能，提供管理者查詢各別小區履歷以及各事件詳細資料，包括事件類型、時間、地點、監工人員、施工廠商、事件註記等資料(如圖 3-10)。這些小區的各項資料保存於 WEBGIS 中，可以永久保存不會遺漏，且所有使用者在相同平台上編寫、管理及操作，可達到即時呈現籍資料共享之目的，除了大大降低以往小區資料整理、查找的作業時間，亦改善小區資料保存不易的問題，對於後續小區長期維護管理作業及北水處在漏水改善業務面向，均提供極大的助益。

目前在 WEBGIS 上除了小區履歷以外，隨著本研究的進行，將以便利小區智慧化應用為目的，持續開發建置小區模組各項功能，並於後續章節詳細介紹。

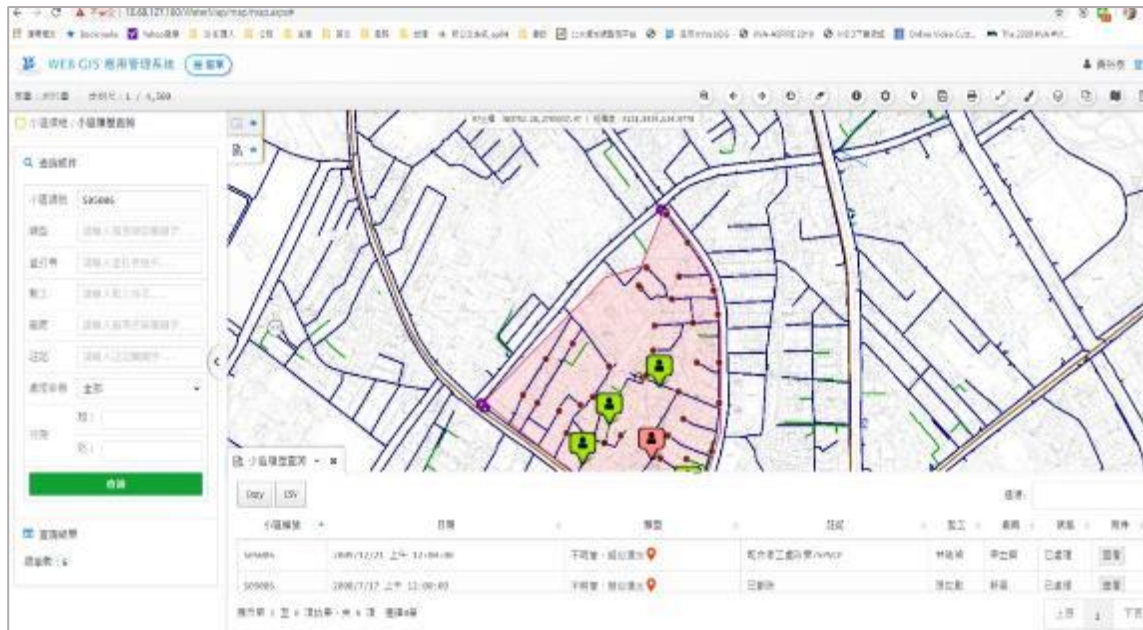


圖 3-10 WEBGIS 小區履歷查詢功能

3.3 漏水潛勢評估

為確保用水品質，消弭用戶用水疑慮，北水處在 104 年底宣布將於 105-107 年共計 3 年的時間汰換轄區全數鉛管，在各面向汰換策略使用並隨時滾動檢討下，臺北市提前於 106 年 9 月 30 日及新北市提前於 107 年 6 月 30 日已全數處理完成。而在北水處汰換的過程後期，開始思考並嘗試較以往汰換管線不同的策略與做法，北水處以往以弱區(售水率低於 50%)優先改善，然而在畫設小區時，小區與小區之間的管線往往既不屬於 A 小區也不屬於 B 小區，被排除在四周的小區之外，這些管線通常是主要配水管線，部分並已埋設久遠，這些管線反而是漏水嚴重的區域，因此即使小區都改善完成了，這些管線卻未被改善，對整體售水率造成影響。

其次，挑選小區施工時僅考慮售水率，未考量小區漏水量大小，例如，同時比較 2 個小區，Y13004 小區售水率 41.44%和 E06010 小區售

水率 54.82%，依目前北水處汰換流程，會優先選擇 50%以下售水率小區進行改善，因此售水率低的小區 Y13004 優先施工，然而 Y13004 小區雖售水率較低，但因每一小區供水量不同，換算 Y13004 之漏水量為 469CMD 卻遠小於 E06010 小區的 2,229CMD。因此若不考慮漏水量，將導致配水量大、售水率處於 50%至 70%左右的小區遭到忽略，所以除了以小區「面」的方式進行改善，亦須考量較易漏水管線巷道，以「線」的角度進行選擇汰換，茲將其評估方式與汰換策略於本節介紹。

3.3.1 漏水與管材屬性分析

要進行漏水潛勢評估前，可藉由北水處管線材質的修漏案件分析反映管網漏水組成的最新狀況，由於管網汰舊換新持續在進行，統計 108 年修漏件數為 2,641 件，相較 103 年時的 6,232 件，已大幅下降 57%，因此分析資料無須回溯多年，由最近一年修漏數據才能反應最近的材質表現。依近 2 年內年檢修資料製作之檢修比例統計，如圖 3-11，其中 92.23%的維修案件屬於口徑小於 75mm 的給水管，臺北管網配水管佔管線總長比率為 62%，給水管比率為 38%，給水管長度短，但維修次數卻高出配水管甚多，因此給水管損壞漏水頻度遠大於配水管，深究其因，給水管之主要維修來自於非 SSP 材質，PVC 與 PB 皆屬石化類合成塑膠材質，雖然價格便宜，初置成本低，屬於經濟型管材，但其易漏的特性，也導致這兩種塑膠管線的維修比例最高，在 107 年的給水管維修案件內即分別占了 64.15%(PVC)及 24.33%(PB)，反而必須付出更高的維護代價。而 PB 材質僅占給水管長度的不到 2%，數量極少，但漏水比

例相對卻很高，顯見此種材料品質不佳，不適用於壓力管線應優先汰換。

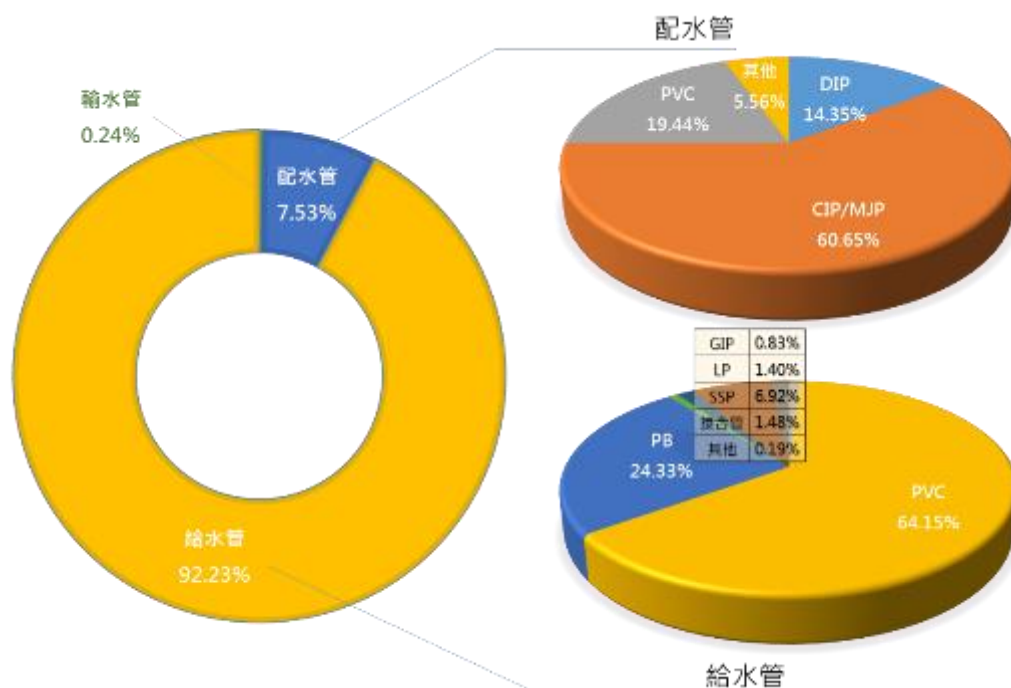


圖 3-11 近 2 年管線材質檢修比例統計圖

相較於給水管，配水管的長度較長，但漏水件數卻很少，僅占全部維修案件的 7.53%，維修頻度低很多，並不是管網漏水案件的大宗。但由其材質細項展開圖，很明顯其中 60.65%發生在老舊鑄鐵管(CIP、MJP)，顯見此等材質劣化嚴重，主要為材質特性與管齡兩個因素共同造成，CIP 與 MJP 為上一代的冶金技術，材料微構造中的石墨呈現片狀散佈組織，受載重時極易延著片狀結構發生微裂痕，當串聯成長裂縫即發生破壞，屬脆性材料無彈性可言，由於材質缺陷再加上埋設管齡皆已超過 30 年，材質也逐漸生鏽劣化。所幸這類管線已逐漸隨管網改善汰換，占配水管總長度比例愈來愈少，目前僅殘留 8.46%，持續列入北水處管汰計畫優先汰除對象。

其次，管線除了因為材料的差異、銜接方式的不同，也會有不同的漏水樣態，分析其樣態可以瞭解材料漏水的原因，更可從中釐清過去採

用的材質是否耐久，以採取適當的改良對策。由近 2 年檢修資料製作之漏水樣態統計(如圖 3-12)，不分給、配水管將漏水樣態展開後，其中「龜裂」件數高達 87.23%，而最易發生龜裂的材質即是 PVC、PB 等塑膠類管線，由於給水管之塑膠類管線占 30.53%，因該類管線龜裂漏水比例相當高，這代表塑膠管埋入地下不久即失去彈性，管線脆化，受震易開裂漏水，維修頻度很高。至於排名第二的「腐蝕」僅占 3.59%，多發生於配水管中的老舊 CIP 與 MJP。目前使用的鑄鐵管將全面更換為新式的延性鑄鐵管(DIP)，至 108 年底 DIP 管已占全部配水管管線之 83.76%，除了管壁有內襯較不易長瘤鏽蝕，而且材質具延展性，更能承受應力變形而不易開裂，因此大體而言，臺北管網的新式 DIP 管漏水問題不嚴重，然為預防早期 DIP 管因老舊而造成管線漏水情形，經北水處檢討對於民國 82 年以前埋設之 DIP 管線，考量當時 CNS 規範伸長率標準較低(5%以上)，導致管材石墨球化品質較差，為有效減少漏水損失，提升管線效能，針對這些早期埋設之 DIP 已開始逐步進行汰換。

以漏水的樣態分析資料，給、配水管材質若為非 SSP 及非 DIP 或管線年份較老舊者，幾乎是產生漏水最大的原因，將這樣的分析結果用來預測已完成改善小區的漏水復發風險，將北水處轄區內已改善完成的小區，依照小區內配水管及給水管的組成比例，統計了各小區的 DIP 化與 SSP 化程度(如圖 3-13)，可以看出目前改善完成小區其 DIP 化達 90% 以上之比率只有 58.3%，而以 SSP 化栓數來看改善完成小區 SSP(栓)化達 80% 以上比率也只有 41%，甚至配水管隨著汰換後時間的增加，有一半的配水管雖然為 DIP 材質，其年限卻都已達可汰換的條件，顯見就算是改善完成的小區，仍有相當多的小區內，存有漏水風險較高的管線，為確保漏水改善的整體成效，需要透過有效的方式進行管理汰換。

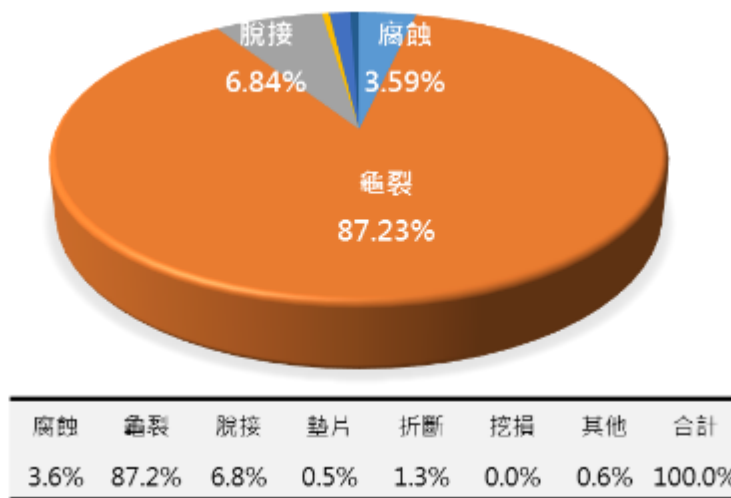


圖 3-12 近 2 年檢修管線之漏水樣態統計圖

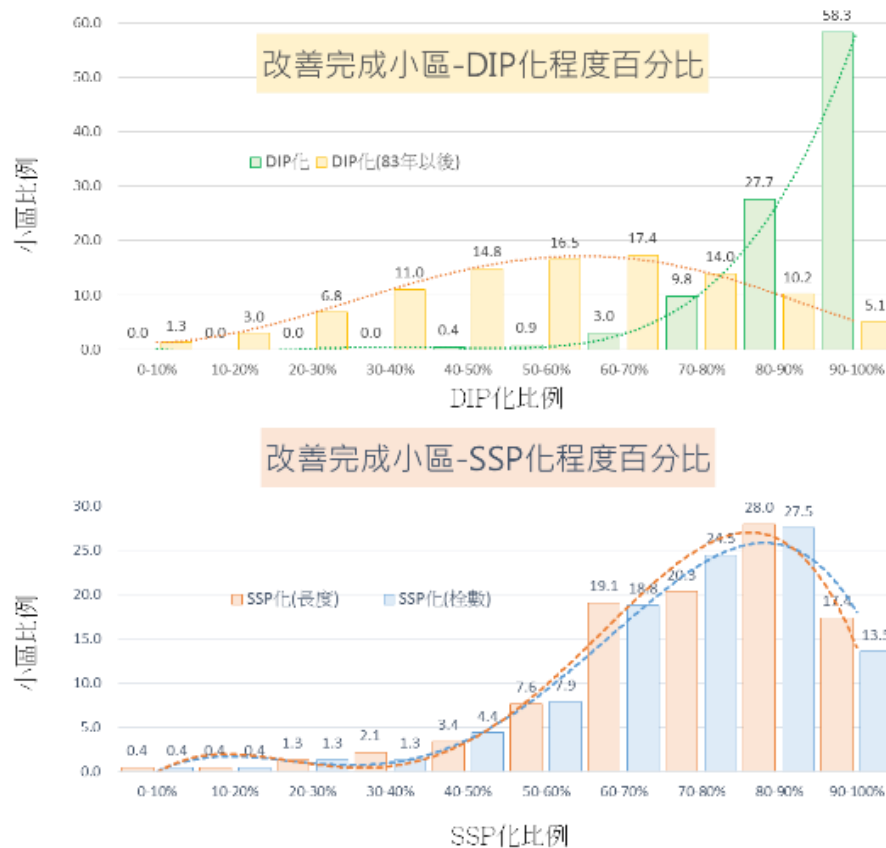


圖 3-13 改善完成小區 DIP、SSP 化關係圖

3.3.2 高漏水潛勢巷道分析

北水處針對已改善複評未過小區，多已進行巷弄直接法找尋漏水點，發現漏水點多集中於因各種因素而未抽換管線(舊管留用)之巷道，可稱為偏弱體質巷道，依北水處汰換流程，售水率低於 50%之小區係全區汰換，而不以漏水位置做為汰換考量，而全區施工後因歸責於管障、禁挖、防火巷、用戶拒換等無法完全汰換乾淨，使得區內仍存有未改善巷道。依照 3-1 節的統計，近 2 年北水處管線漏水有 92.23%發生於給水管，而給、配水管漏水原因以龜裂、腐蝕佔 90%以上，其中材質以 PVC、PB、GIP、CIP、MJP 等老舊管材佔漏水件數 92%，也就是說汰換掉這些老舊管材幾乎是解決了北水處 92%的漏水。

北水處利用管線圖資，將轄區內管線年份與材質設定漏水權重，年份越大及較易漏水管線材質如 PB，漏水權重分數越高，並套繪過去漏水點資料，將全轄區各巷道切割並編號後以程式進行漏水分數計算及排名，得到偏弱體質巷道清冊，將其佈設於圖資上如圖 3-14 所示(圖中以紅色顯示之巷道即為偏弱體質巷道)，各分處轄區可依此清冊排名得知最亟須改善管線巷道之優先順序，這些巷道也是轄區內的管網弱點及漏水熱點，將改善落在這些巷道將可得到最大漏水改善效益。

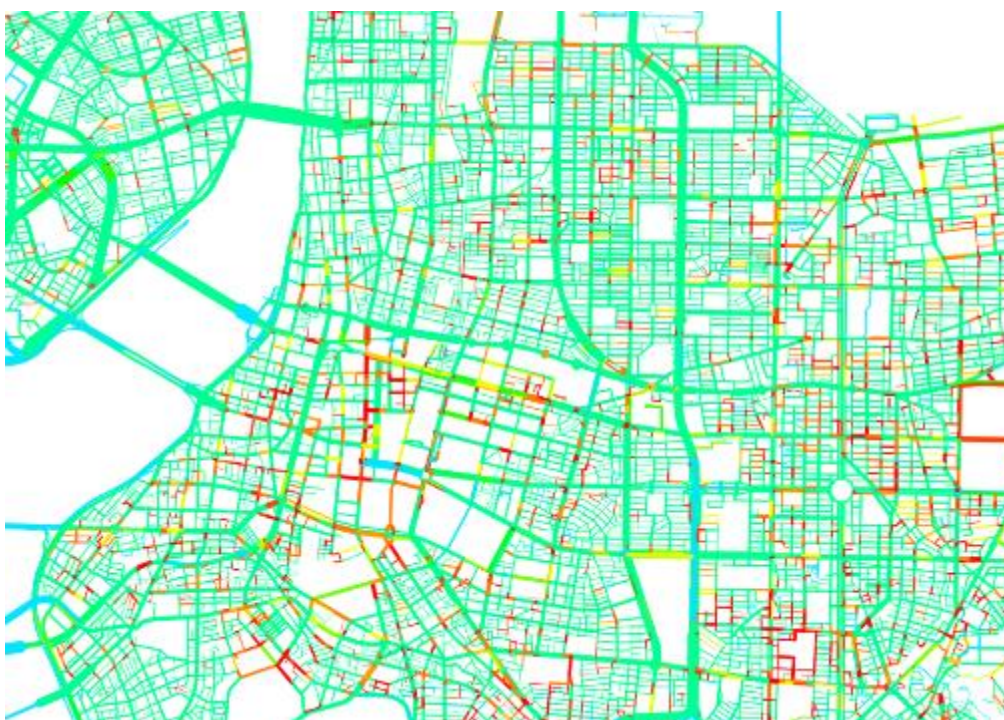


圖 3-14 高漏水潛勢巷道分佈

因北水處管網汰換係以小區方式進行，因此將偏弱體質巷道清冊與 828 個小區範圍加以投影，更容易找到小區的弱點位置，若低售水率小區且其中偏弱巷道密集，代表該小區整體體質不佳，因此採用全區汰換原則，將包含偏弱巷道在內的管線一併汰換；而低售水率小區惟其中偏弱巷道不密集，則代表該區漏水點不多，但漏水點的漏水量大，若全區汰換將花費大量經費與時間，不符效益，對於此類小區應著重於區域內漏水點的找尋，可運用巷弄直接法、相關儀、噪音漏水紀錄器、電子測漏器等設備，運用漏水檢測方式找到這些隱藏的漏水點。107 年起北水處開始利用此偏弱體質巷道清冊與小區資料結合，規劃年度預定汰換的施工位置，因為清冊上的巷道就代表整體管網的弱點，希望能發揮由鉛管汰換所學習到的徹底汰換精神，有效率的消除管網弱點，以協助小區管汰的進行。原則上偏弱體質巷道與小區以各 50% 的施工能量進行汰換，當待改善巷道如同拼圖般逐步完成後，再以小區售水率量測改善成果，其次，完成後的巷道因其權重分數會下降，未來將可利用 WEBGIS

逐年產製新的清冊進行應用。

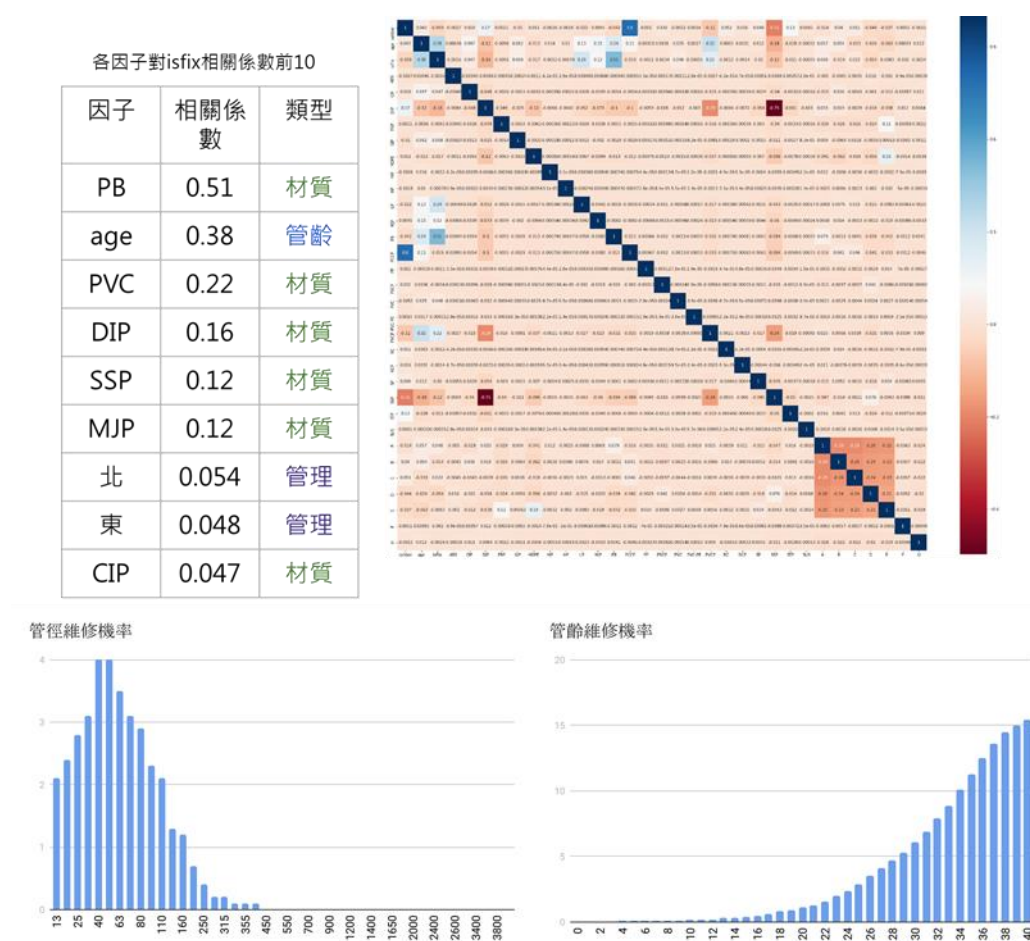


圖 3-15 透過 WEBGIS 以機器學習找尋管線弱點

隨著 WEBGIS 的發展，北水處以人工智慧方式 (AI)，利用 google 所提供的機器學習技術 TensorFlow，以學習、解決問題和模式辨識方式分析漏水潛勢巷道，TensorFlow 容許開發者自由配置運算環境來做深度神經網絡研究，但也足以支持普通環境所需要的服務（例如透過影片進行圖像辨識）；使用者可以部署 TensorFlow 在一個或多個 CPU 或 GPU 的桌機或伺服器上，也可以透過一個 API 部署在行動裝置裡，利用本系統結合管線資料及 101 年至 107 年漏水點的資料，並定義影響漏水的主要影響因子，分別為管線材質及管齡，如圖 3-15 所示，找出各因子的機率分佈圖，並以此為基礎進行分析。

將現有全部管線進行漏水潛能分析，透過 WEBGIS 所開發的介面，分析管線資料後，對各管線的漏水潛能進行分析判斷後分佈展示如圖 3-16，可預先針對管線汰換提供建議。

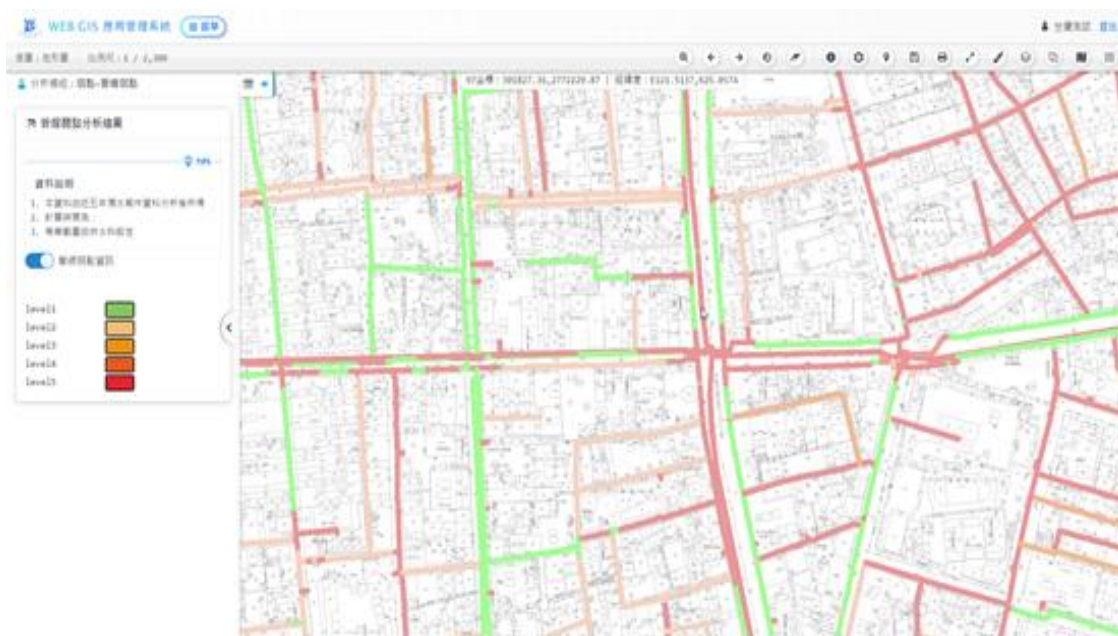


圖 3-16 WEBGIS 顯示高漏水潛勢管線位置

在執行高漏水潛勢巷道分析的過程中，原本以 EXCEL 試算表建立清冊，供北水處各單位工程人員判斷汰換管線順序及位置，而 WEBGIS 的高速發展，可將高漏水潛勢巷道利用 WEBGIS 即時動態展現，以圖面顯示的方式，更能幫助瞭解整體管線汰換之樣貌，另以北水處汰管多年經驗來看，能改善成功多著重於事前的準備，對於舊有圖資與用戶原始接水圖資必須能有完整的收集，以研判施工可能遭遇的問題與影響，而在 WEBGIS 上更能一併找到過去的圖資(如圖 3-17)，針對將施工之癥結點或各種不良表位，可先行研擬改善對策，利用投單或是夜間拜訪方式，逐一向用戶說明，盡量將不良表位改至屋前，以杜絕殘管的存在。



圖 3-17 於 WEBGIS 將舊有圖資與照片結合以研判汰換手段

3.3.3 高漏水小區分析

以往要計算 1 個小區內的用戶用水量，必須收集該小區內每一條巷弄所有直接表與總表表栓用水資料後，彙整再予以加總，過程相當費時且容易遺漏，一般只有在要進行小區售水率計算時，針對這個小區去蒐集資料進行分析。而透過 WEBGIS 的發展，北水處所有用戶最新的用水資料都能介接進 WEBGIS，只要於圖層上框選出想要蒐集的用戶資料範圍，即能將此範圍內所有用戶用水資料加總呈現，而有了這樣的工具，即可隨時快速地知道每個小區內用戶的總用水量，透過多年來售水率的量測成果，對於已有售水率紀錄的小區，即可以售水率推測漏水量，是小區長期管理相當實用的工具。

北水處以往汰換準則係以售水率低的小區優先汰換，然由前述分析管線汰換不應侷限於低售水率，漏水量大的小區更有改善效益，挑選出漏水量大的小區來施工，才能將有限的資源用在改善效益最大的地方。透過 WEBGIS 得到每個小區漏水量的資料後，將其排名並予以統計，以北水處漏水量最大的 2 個分處統計(如圖 3-18)，漏水量排名前 20 的小區總漏水量，分別占了轄區推測漏水總量的 6 成以上，北水處即利用這樣的統計資料，於 109 年開始優先汰換漏水量前 20 名之小區，以全面掌握的方式，將錢花在刀口上，為管網智慧化發展的重要應用。

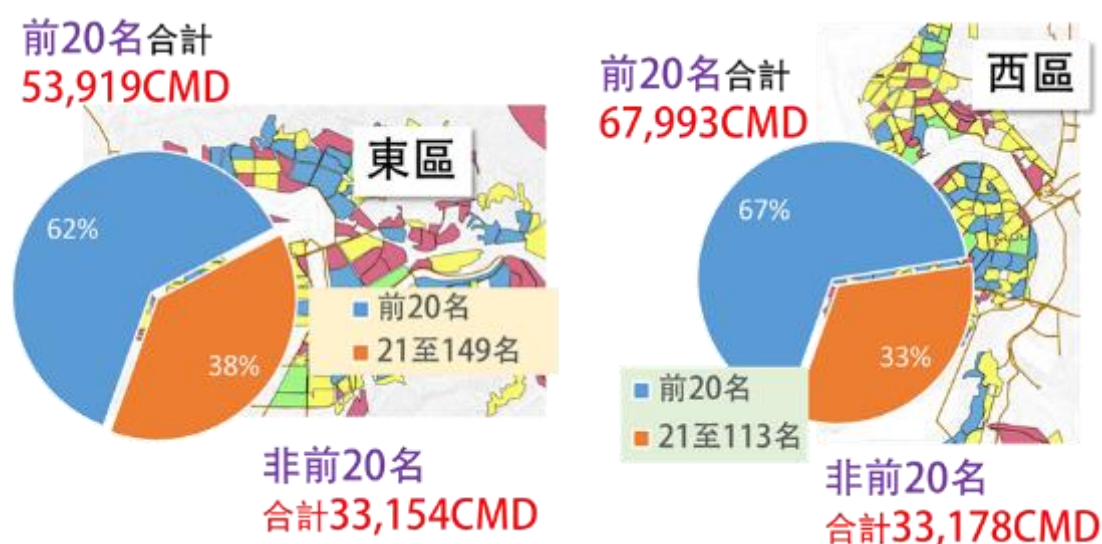


圖 3-18 北水處東、西分處小區高漏水量排名統計

另前節介紹的管線漏水潛能分析，透過 WEBGIS 所開發的介面，分析管線資料後，除了能對巷道的漏水潛能分佈展示，亦可將漏水潛能巷道的密集度與漏水潛能，疊加於小區上，以小區為單位進行判斷，運算後以不同色彩顯示各小區漏水潛能高低(如圖 3-19)，使用者可輕易地判斷各小區的漏水潛能，使北水處跳脫以往之框架，除了以經驗判斷舊市區可能較易漏水外，透過 WEBGIS 以智慧化方式推算未知售水率小區之「漏損機率」，依此漏損機率即可排定各小區之優先汰換順序並進行裝表計量，可提早確認管線漏損情形並加速評估汰換，降低管線漏水

率，提升整體汰換效能。

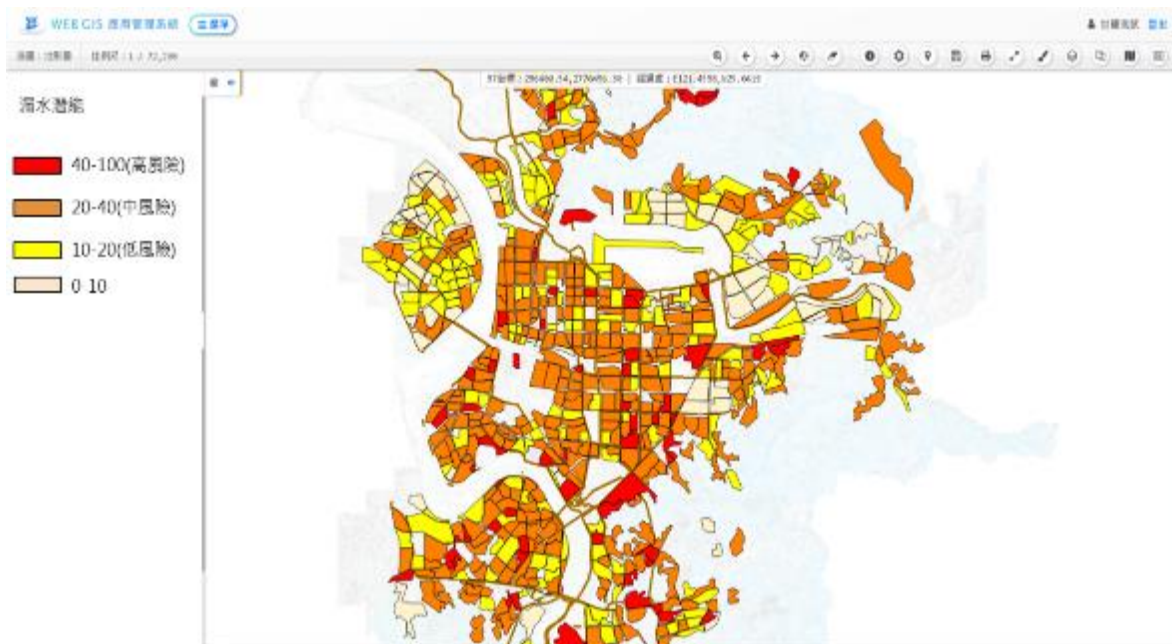


圖 3-19 WEBGIS 顯示小區漏水潛能分佈

3.4 建立臺北供水區小區分級維護制度

北水處為改善轄區漏水情形，自民國 95 年起推動 20 年管網改善計畫，並以劃設小區量測售水率，計量出售水率較低區域並評估管線老舊程度後，進行管線汰換。以此有效策略執行多年，使漏水率自 95 年之 26.99%降低至 108 年之 12.71%，並持續以 114 年降至 10%為目標。因漏水原因及類型多樣，過去多以「管線老舊程度」判斷舊市區管線漏水情形較為嚴重，而隨北水處各相關業務精進發展，108 年下半年完成自來水管線圖資躍升，使北水處跳脫以往舊有圖資之框架，透過 WEBGIS 利用管線材質、年份與近年漏水紀錄，以科學方式推算未知售水率小區之「漏損機率」後，排定各小區之汰換優先順序進行裝表計量。北水處自 108 年開始透過 WEBGIS 統計並推估各小區之漏水量，以漏水量較大之小區為營業分處優先改善之目標，主要就大量漏損較高之小

區進行管線汰換，為北水處目前管汰重心。

而針對已改善完成之小區，於 109 年開始進行輪動「健評」，如同健檢的概念，體質好的人不用每年健檢，體質差的則可加強健檢。因此利用 WEBGI 統計區內管線組成材料比例、漏水等資料，設定風險判斷準則，直接計算出每個小區漏水復發風險，並將每個小區進行漏水風險評分，依照評分高低進行分級，風險高的優先進行檢查，檢測出漏水都將立即處理，確保漏水改善成效。

3.4.1 改善後分級維護

對於已完成改善之小區，可以利用區內管線組成材料比例、漏水等資料，透過統計每個小區的 DIP、SSP 化比例、平均管齡及漏水頻率等相關主題，以平均管齡大的、經常漏水的、DIP 或 SSP 化比例較低的，將各項因子賦予權重，例如 SSP(栓)化百分比之影響，經北水處統計其對於售水率下降的影響最大，以圖 3-17 為例，漏水復發情形以 SSP 栓比例越低者越嚴重，所以在所有因子中，SSP(栓)化給予最高之權重，計算各項因子權重後，將各項分數疊合，算出每個小區所得的總分高低並予以排名，為建立長期管理分級制度，依照漏水復發風險將每個小區進行漏水風險評分，依照評分高低進行分級(如圖 3-20)，風險高的優先進行檢查，並於每年度重新檢討漏水風險後進行輪動分級維護[8]。

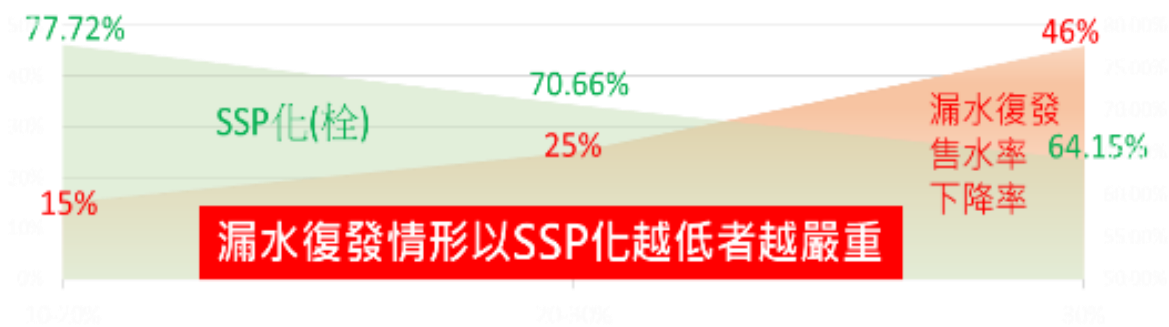


圖 3-20 SSP(栓)化與改善完成小區售水率下降之影響

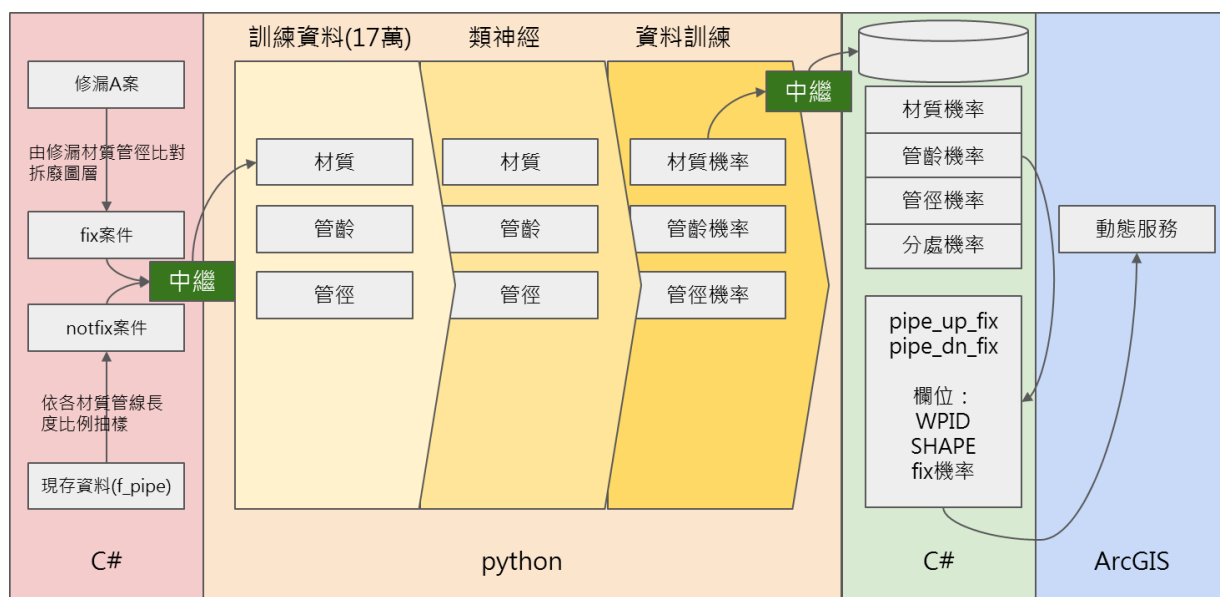


圖 3-21 管線分級演算方式

北水處利用 WEBGIS 系統開發時，以 google 所提供的機器學習技術 TensorFlow，以系統結合管線及 2012-2018 年漏水點的資料，並找出影響漏水的主要影響因子，分別為管線材質、管齡，如圖 3-21 所示，算出各因子的機率分佈情形，並以此為分析基礎，將現有管線進行潛能分析，透過 WEBGIS 所開發的介面，上傳管線資料，並整合至小區進行顯示如圖 3-22，讓使用者可瞭解管理範圍內各管線的漏水潛能及小區分佈。

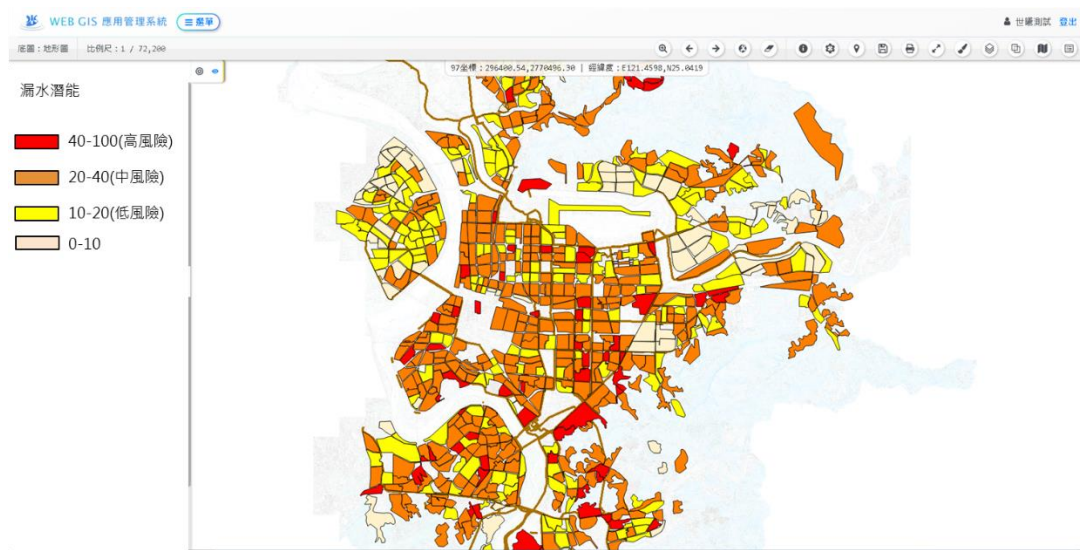


圖 3-22 小區漏水潛能分佈

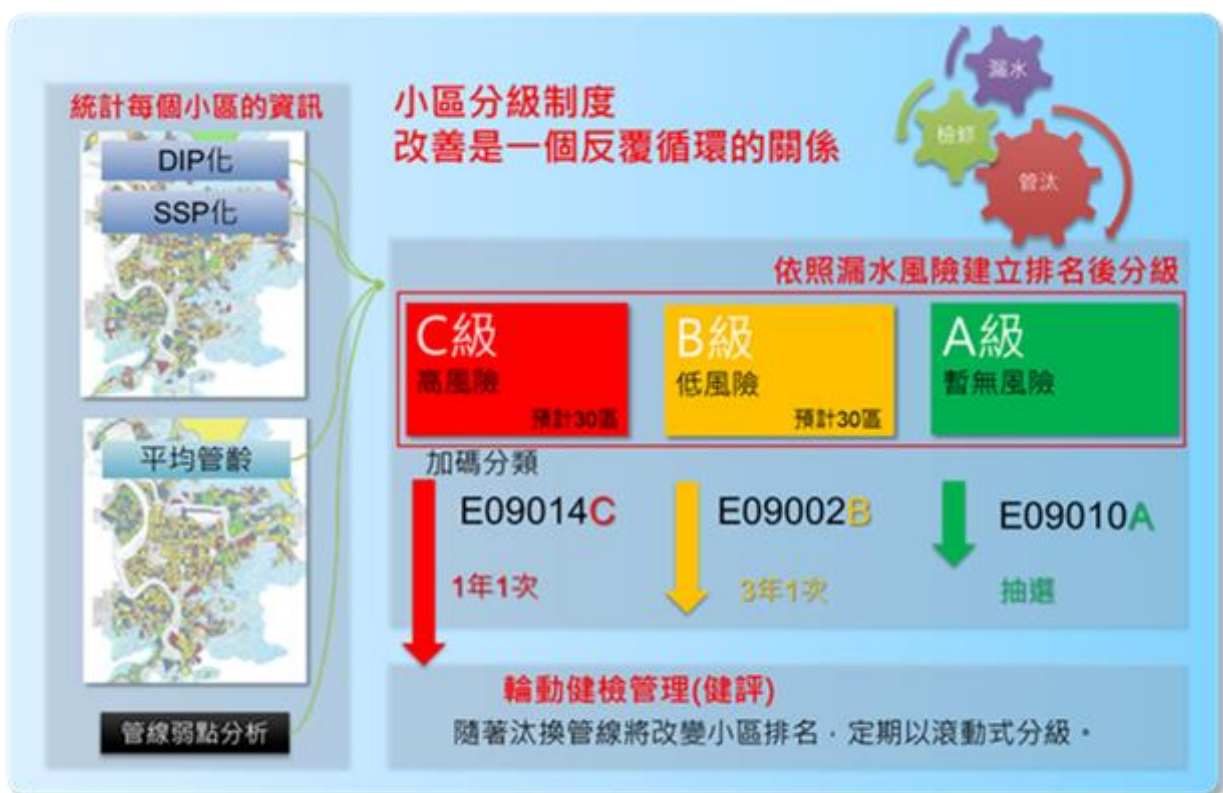


圖 3-23 完成改善小區進行分級維護[8]

使用分級維護的觀念，依據每年健評可處理的能量，假設前 30 名視為漏水復發高風險小區，直接在小區編號最後加註「C」以供辨識，31 至 60 名視為低風險小區，小區編號加註「B」，其他小區則視為暫無

風險小區，小區編號加註「A」，依照風險等級進行不同頻率之健檢，作為長期管控之依據(圖 3-23)，高風險(C 級：每 1 年健檢)、低風險(B 級：每 3 年健檢)、暫無風險(A 級：抽檢)。

於健檢時量測到售水率下降的小區，經再進場改善後，相關分析因子如 SSP、DIP 比例將會提升，將改變該小區風險排名，所以這是一個動態的變化，因此在每年年底應再重新律定排名，重新進行分級調整及管控，以滾動方式規劃選擇後續要進場檢查的小區。當然這些都需要透過有計畫的長期資料累積與計算，才能夠付諸實現，所以必須將這些預設條件律定於 WEBGIS 系統內，透過系統對於小區內的管線資訊改變，每年進行自動更新排名，協助管理人員列出後續須進行健檢的小區，提早發現體質惡化的小區加以改善。

3.4.2 輪動健評方式探討

對於改善完成的小區進行輪動健評，依照漏水復發風險將每個小區進行漏水風險評分，依照評分高低進行分級，風險高的以高頻率進行檢查，並於每年度重新檢討漏水風險後進行輪動分級維護。因輪動健檢係針對已改善完成的小區進行檢查，若健檢時採取傳統封閉小區計量方式，將耗費大量人力及時間，且每年小區計量能量有限，每年僅初評及複評數量即將近 80 個區域，因此經研討輪動健評不採用過去封閉計量的方式，而是直接放置噪音紀錄器來進行健評。

噪音紀錄器(noise logger)的原理是當液體洩漏時因為壓差使流體在間隙中摩擦產生高頻聲音，且當漏水發生時，若不關閉制水閥停止供水水源，漏水是連續不停斷地，所以漏水的聲音有持續性，於管網或巷道管線中安裝噪音收集紀錄器，收集器自動於每天夜間干擾最少時啟動

(例如每天凌晨 2 點)，收取一段時間的聲音資料，間隔 1 小時後再啟動一次，若有重複的聲音，其強度很大且離散度小，即判斷為相同音源，若持續性產生則判斷為洩漏，若聲音強度大但離散度也大，表示非持續性音源，不符合漏水物理現象，判斷為非漏水，判斷方式如圖 3-24。噪音收集記錄器放置於管線上的時間可以實際需要調整，通常至少放置 5 天，若 5 天中所蒐集的數據均顯示相同的漏水判斷，則可判斷為管線漏水。噪音收集記錄器並無法定位漏水點位置，僅能判斷該管線是否漏水，定位方式仍需以相關儀或者電子式測漏器等儀器以人工方式定位，目前市面上已有多點相關式噪音紀錄器可以直接定位漏水點，惟臺北地區管線複雜，其定位準確度不佳，仍以傳統漏水定位方式較佳。

噪音收集紀錄器於管線中之安裝方式係以其底部強力磁鐵吸附於管線制水閥、消防栓、排氣閥等管件上或吸附於管線本身(圖 3-25)。收取資料的方式如為移動式配置，可將收集器回收後再統一讀取判讀，如長期置放現場，亦可以使用專用主機行經(例如開車)各布點處直接無線收集資料，並可快速判讀漏水路段，極具便利性。

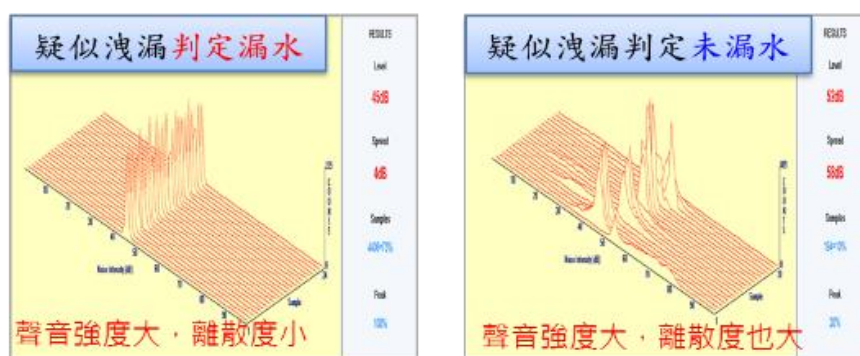


圖 3-24 噪音收集紀錄器漏水判斷方式



圖 3-25 噪音收集器安裝於閥栓上

採用噪音收集記錄器進行健評無須關閉制水閥封閉小區，對用戶用水無影響且無水污染之風險。執行時係先調查小區範圍內所有的制水閥與消防栓狀況，並擬定布點計畫，通常噪音紀錄器彼此之間距控制在 50 至 100 公尺之間，依布點計畫將噪音紀錄器安裝於閥或栓上，現場放置 5~7 天，再以人工方式將噪音紀錄器收回，於辦公室以軟體進行蒐集噪音分析，如有疑似漏水音則在圖面上顯示漏水(紅色)，再針對這些疑似點所在之巷弄以電子聽音或相關式等方式進行漏水點確認。噪音收集器因係蒐集連續性的漏水音，在現場容易受到持續性的排水聲(汙水井)、變電箱雜音、冷氣噪音等的影響，而產生漏水疑似音，這時需要有經驗的工程師至現場作判斷，排除這些干擾因素，以提升噪音收集器的準確度。

如查無漏水，將該區視為狀態良好不必辦理直抄複評，執行方式如圖 3-26，如發現漏水修妥後再辦理直抄複評，以確保售水率能有效維持。以往對於完成改善小區進行回頭複評，是以封閉計量方式，若發現售水率下降，須再以其他檢測方式找尋漏水位置進行改善，目前健評採用的方式優點在於直接找尋漏水點改善，節省資源且因不封閉計量，大幅降低用戶用水所造成之潛在性危害。

北水處於 109 年開始正式實施輪動健評，利用 WEBGIS 統計各小區內管線資料後，加權考量前述各項分析因子並賦予權重後，將各項分數疊合予以排行，取漏水潛勢最高的前 30 名列為 C 級風險小區進行輪動健評，以前述健評執行方式，預計於 1 年內完成此 30 個 C 級風險小區之輪動健評，相關小區資料如表 3-1。



圖 3-26 輪動健評執行方式

表 3-1 109 年輪動健評 C 級小區一覽表

排名	小區名稱	管轄分處	初評售水率	複評售水率	漏水潛勢分數
1	E09019	東區	90.66%		0.186937
2	W10038	西區	100%		0.176291
3	E10022	東區	98.36%		0.173389
4	E08001	東區	45.61%	94.15%	0.172357
5	E07016	東區	64.00%	91.00%	0.165865
6	S08002	南區	31.73%	93.00%	0.165193
7	W10029	西區	92.05%		0.16514
8	S13015	南區	29.67%	93.66%	0.160623
9	E07007	東區	100.00%		0.159134
10	E06017	東區	65.00%	93.50%	0.15732

11	S03902	南區	43.00%	96.00%	0.155785
12	E08010	東區	38.94%	97.13%	0.150995
13	Y13X13	陽明	91.10%		0.14859
14	E08005	東區	47.08%	92.26%	0.147711
15	Y06012	陽明	92.31%		0.144983
16	E08014	東區	27.10%	96.93%	0.143125
17	S10029	南區	24.05%	98.40%	0.142529
18	W09001	西區	95.94%		0.142309
19	W16001	西區	100.00%		0.140354
20	E09010	東區	33.08%	96.20%	0.139627
21	E10017	東區	49.61%	92.21%	0.139283
22	E08008	東區	58.63%	90.21%	0.139008
23	E07012	東區	49.03%	94.94%	0.138599
24	S04902	南區	76.00%	90.00%	0.13859
25	N05006	北區	89.12%		0.135547
26	E06014	東區	62.30%	94.61%	0.13537
27	E08006	東區	68.19%	91.00%	0.13239
28	N04901	北區	84.50%	87.90%	0.132131
29	E11009	東區	83.14%	99.00%	0.131285
30	S04901	南區	67.00%	96.00%	0.131038

以漏水風險排名第 1 的 E09019 小區為例，小區位於新北市汐止區林森街以東、林森街 69 巷以北、宜興街以南、林森街 69 巷 3 之 1 號至東勢街 3 號沿線範圍，本小區於 109 年 2 月 11 日前往小區進行佈署噪音收集器，每處連續放置 5 天後完成作業，109 年 2 月 15 日回收噪音收集紀錄器，相關擺放位置(如圖 3-27)，經分析有 2 個疑似漏水音點，經檢測人員以電子測漏器實地聽音，其中 1 個應為污水管排水聲，而另

1 個則確認了 1 個漏水點。



圖 3-27 E09019 進行小區健評發現漏水點

為能與噪音測漏器所求得的健評結果互相驗證，E09019 在實施健評的同時，北水處一併實施了封閉計量量測售水率，以封閉小區 14 日量測進水量與用戶用水量，得到實際售水率為 77.64%，與原售水率 90.66%相比確實下降了 13.02%，復發漏水量約 170 CMD，研判應為此漏水點造成。

再以漏水風險排第 27 名的 E08006 小區為例，小區位於臺北市中山區新生北路二段（不含本線）以東， 長春路（不含本線）以北， 吉林路（不含本線）以西，民生東路二段（不含本線）以南。本小區於 109 年 2 月 22 日依圖 3-28 位置，進行放置噪音收集器，每處連續放置 5 天後完成作業，109 年 2 月 26 日回收噪音收集紀錄器，經分析有 3 個疑似漏水音點，由小區縮小為此 3 點範圍後，檢測人員於此 3 位置附近，使用相關式測漏器及人工實際聽音檢測後，查無漏水疑似音，研判並無漏水情形。

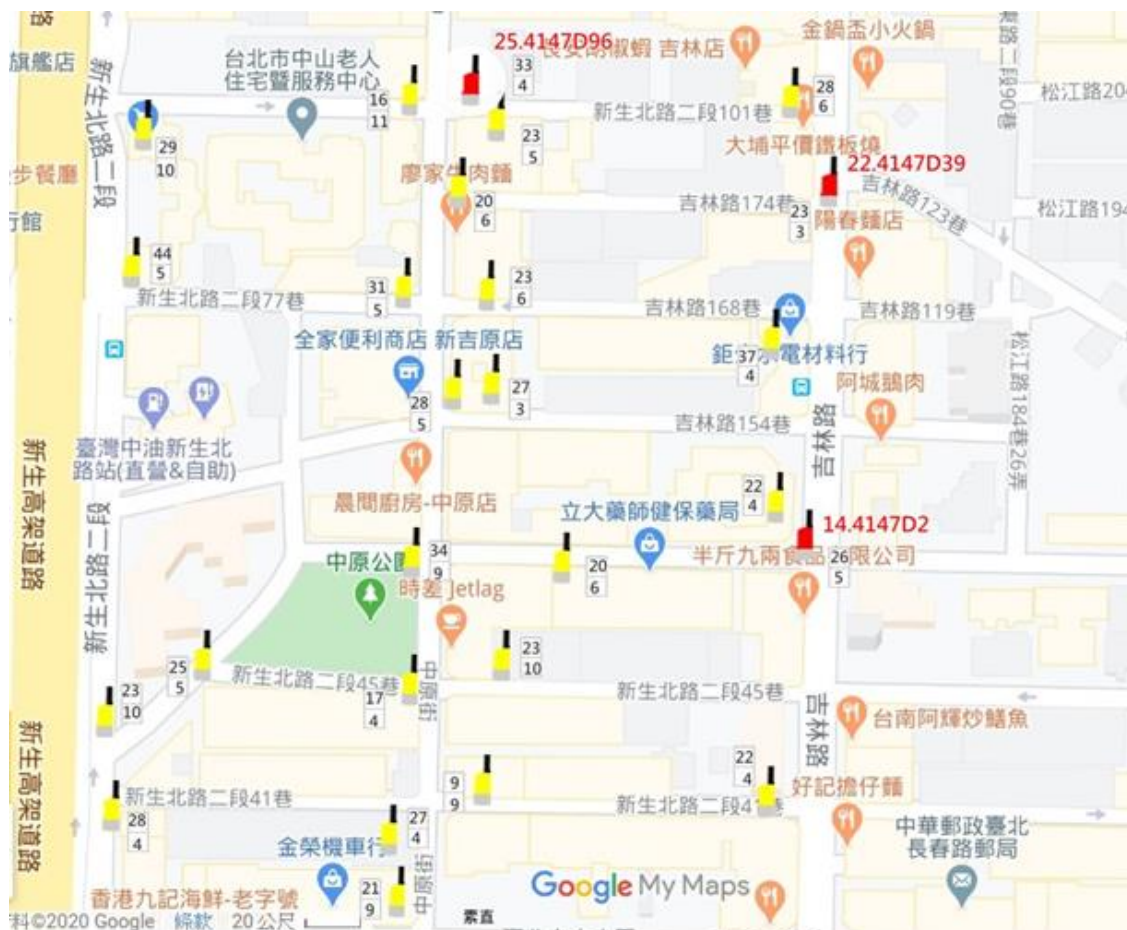


圖 3-28 E08006 進行小區健評情形

為能與此結果互相驗證，E08006 在實施完成健評的後，北水處實施了封閉計量量測售水率，以封閉小區 14 日量測進水量與用戶用水量，得到實際售水率為 96.82%，以健評方式證明 E08006 小區確無漏水復

發。

統計至 109 年 8 月已完成 25 個 C 級風險小區之輪動噪音健評(如表 3-2)，25 個小區中，總計安放 716 只噪音收集紀錄器，其中紀錄器數值符合原廠設定疑似漏水音(強度>19 且頻寬>5)計有 21 個小區共 80 處，經廠商派員現場以電子式漏水探測器及相關式測漏器探測後，確認漏水點位計有 14 個小區共 25 處。

表 3-2 109 年輪動健評完成結果一覽表(統計至 109 年 8 月)

排名	小區名稱	初評售水率	複評售水率	漏水潛勢分數	佈點數	疑似點	確認點
1	E09019	90.66%		0.186937	23	2	1
2	W10038	100.00%		0.176291	-	-	-
3	E10022	98.36%		0.173389	18	7	0
4	E08001	45.61%	94.15%	0.172357	20	5	1
5	E07016	64.00%	91.00%	0.165865	25	3	0
6	S08002	31.73%	93.00%	0.165193	-	-	-
7	W10029	92.05%		0.165140	47	2	0
8	S13015	29.67%	93.66%	0.160623	45	3	1
9	E07007	100.00%		0.159134	20	1	1
10	E06017	65.00%	93.50%	0.157320	32	3	1
11	S03902	43.00%	96.00%	0.155785	5	0	0
12	E08010	38.94%	97.13%	0.150995	28	12	4
13	Y13X13	91.10%		0.148590	61	3	3
14	E08005	47.08%	92.26%	0.147711	43	5	1
15	Y06012	92.31%		0.144983	17	3	1
16	E08014	27.10%	96.93%	0.143125	35	2	0
17	S10029	24.05%	98.40%	0.142529	17	0	0
18	W09001	69.09%	0.00%	0.142309	-	-	-
19	W16001	100.00%		0.140354	-	-	-
20	W09010	0.00%	0.00%	0.083441	-	-	-
21	E10017	49.61%	92.21%	0.139283	25	3	2
22	E08008	58.63%	90.21%	0.139008	24	0	0
23	E07012	49.03%	94.94%	0.138599	45	1	0
24	S04902	76.00%	90.00%	0.138590	22	1	1
25	N05006	89.12%		0.135547	40	9	4
26	E06014	62.30%	94.61%	0.135370	22	3	1
27	E08006	68.19%	91.00%	0.132390	26	3	0
28	N04901	84.50%	87.90%	0.132131	21	4	0
29	E11009	83.14%	99.00%	0.131285	43	5	3
30	S04901	67.00%	96.00%	0.131038	12	0	0
合計					716	80	25

後續為能將各個小區噪音輪動健評的結果加以記錄，北水處將實施測漏器佈點位置及漏水點資料，紀錄於 WEBGIS 上，使所有小區售水率量測與各種測漏紀錄，都能在共同化的空間平台上予以整合進行智慧化運用。

第四章 小區流量計安裝管理與優化方案

隨無線傳輸技術的進步，流量計各項數據可搭配各種無線回傳方式，將資料直接回傳至管理端。民國 107 年北水處開始於小區進水點，利用窰井按裝具無線傳輸功能之流量計(小區智慧流量計 DSM，District Smart Metering)，藉由無線傳訊方式將小區資訊回傳至管理端，使得小區能同時監控流量及水壓，目前 DSM 安裝後已開始對小區進行即時售水率追蹤、評估施工成效、供水監控等應用，並將進而以智慧化方式整合運用於供水小區管網；目前 DSM 安裝以後至少都將使用 5 年以上，對於每處 DSM 都將進行妥善追蹤、維護與管理，於使用期間評估設備表現之實際性能及分析各項衰減情形，規劃後續 DSM 管理與優化方案，以利小區流量計能妥善並穩定的進行長期管理。

4.1 臺北供水區小區流量計發展歷程

依北水處實際操作經驗，臺北地區小區之規模以配水管長度 2-4 公里，或用戶數 1,000-2,000 戶為最適當，並以最少進水點、最少出水點、不影響用戶用水與水壓，且須可完全斷水獨立成一個小區域為原則[10]，至今已實際劃設完成 828 個小區。配合計量需求，北水處逐年採購安裝適合小區計量用流量計，已使轄區售水率逐年穩定成長。小區進水點流量計之選擇必須考量價格、型式、準確度、操作性、安裝性與維護等因素，北水處自民國 92 年起採購流量計安裝於小區進水點，迄今已有十

餘年的經驗，其發展歷程如圖 4-1 所示。



圖 4-1 北水處流量計發展歷程

92 年試辦小區作業時，係使用一般大表用戶使用之電子表頭葉輪式水表作為分區計量流量計，這種流量計屬於機械構件式水表，其特性為壓損大、啟動流量大，因水表體積大埋設須有較大空間，現場安裝不易，且窰井孔蓋笨重開啟不易，資料下載也不方便。為避免因流量計內部構件造成管網壓損，自 94 年開始採用無轉動構件、體積較小且較為精準的電磁式流量計。電磁式流量計具有長度短、體積小、重量輕、可雙向計量、壓損小、可記憶流量資料並整合壓力感測器、流速範圍廣、可由電池供電等優點。

此階段為北水處推動小區計量的初期階段(94 年至 100 年)，最重要的工作就是大量計量(快速計量期)，快速找尋出管網中的弱點區域，以利施工單位排定改善順序，因此此階段不安裝窰井，流量計採埋入方式安裝(安裝後與管材一起回填)，可使道路挖掘面積最小，安裝與影響時間最短，此階段以電磁式流量計埋入安裝為主。因係採埋入方式，電磁

式水表之偵測管與記錄器多採分離型式，偵測管與自來水管線一同埋入地下，並與記錄器以電纜線連接，記錄器置於排氣閥箱內，若需計量必須至現場開啟排氣閥箱，以筆記型電腦連接記錄器，將資料下載至電腦內儲存，於辦公室進行流量資料運算及分析[13]。

至 101 年改善完成小區已近 200 區，可以預見小區長期管理將成為下個階段的重點，改以安裝窰井裝設流量計方式方為長久之計(長期管理準備期，101 年至 107 年)。北水處開始於小區進水點裝設窰井，於 101 年配合窰井裝設採購 100 只電磁式水表，以輪動方式進行計量。而隨流量計技術的發展，北水處於 105 年開始亦採用具精度更高、不受流場限制、且可使用電池之新式超音波流量計，一併加入輪動方式進行計量。

而自 104 年開始搭配小區作業承商負責提供流量計並安裝計量，經評估廠商僅需準備 10 只流量計，以輪動方式計量即可滿足年度計量需求，北水處則可節省大筆購表預算，以此方式執行近 4 年，成效良好。至 107 年小區窰井裝設已近 700 區，改善完成小區已超過 300 區，以長期管理的觀點，改善完成之小區應裝設固定式流量計，才能定期監控其售水率情形，達到長期管理之目的。

至目前北水處在已建置 828 個小區中，計量達標準(售水率 90%以上)小區已達 354 區。改善完成小區為確保改善成果應持續追蹤售水率變化情形，另施工中小區亦可利用流量計即時檢核其售水率，評估改善成效。民國 107 年以前，北水處安裝之小區流量計，計量時須至現場打開道路上窰井蓋，連接電腦下載數據，在市區道路上操作非常不方便且具危險性。隨著物聯網的快速發展，各種數據傳輸模式運應而生，流量計流量數據可藉無線回傳方式傳輸至管理者端，管理者於辦公室即可監

看各計量數值變化情形。因此民國 107 年開始北水處於小區進水點按裝具無線傳輸功能之流量計(小區智慧流量計 DSM, District Smart Metering), 口徑為 200mm 及 300mm, 每套流量計並按裝壓力計, 藉由無線傳訊方式將雙向流動之瞬間流量、累積流量及壓力值, 一併回傳至管理端, 同時監控流量及水壓。首批小區計量管理用無線傳輸流量計設備, 安裝後已能順利對小區進行售水率追蹤、即時評估施工成效等應用, 後續希望能藉由小區智慧化的各項應用與探討, 開發相關智慧平台, 以提昇北水處管網漏水改善之效能, 乃至於整體水資源之有效利用。北水處小區計量流量計演進過程如圖 4-2 所示。



圖 4-2 北水處小區流量計演進過程

4.2 小區流量計管理、測試與優化

小區智慧流量計 DSM 的選擇應根據流量計設備的工作條件, 考量設備價格、型式、準確度、操作性、安裝性與維護等因素納入評估, 選擇最適合的流量計設備, 採購並進行安裝與校正測試, 安裝後的目標,

是讓設備在使用週期內所提供的效益能達最大化，在理想的狀況下，DSM 設備都應該受到獨立的維護與管理，並於使用時期連續性地評估 DSM 設備所表現的實際性能及分析各項衰減情形，進而提出後續改進方案，並決定最佳 DSM 設備更換週期及綜合管理週期(如圖 4-3)

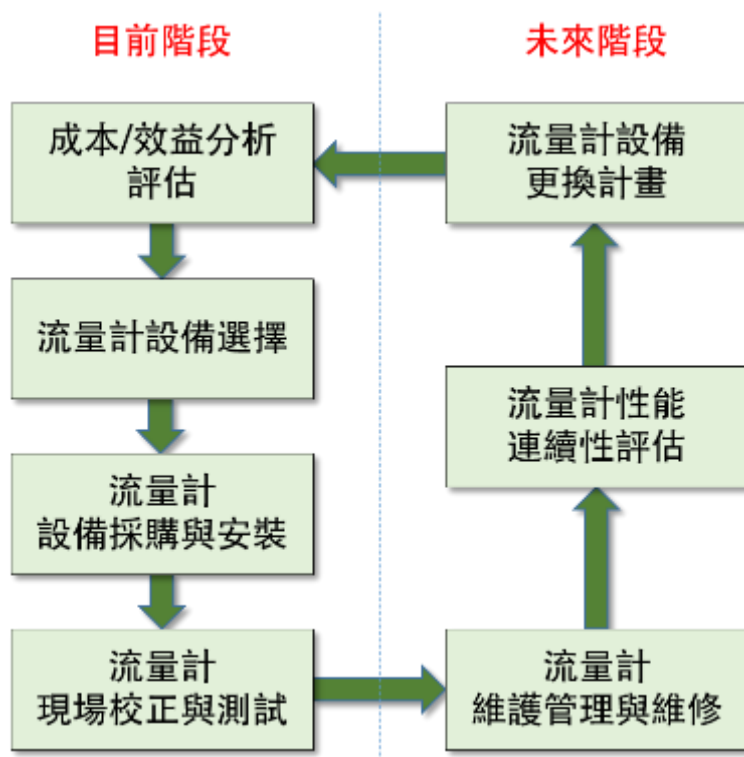


圖 4-3 流量計設備綜合管理週期

目前採用具無線傳輸功能之流量計都是複雜的電子設備，很難預測未來的計量性能變化，因此並不適合在未能完全確認性能的狀態下，在整個管網系統中一次全部安裝單一型式的流量計，如果這款流量計的使用或功能發生問題，就會對整個管網系統的計量與監測產生嚴重影響[9]。北水處依據這樣的概念，於 107 年度開始採購第 1 批共 250 只 DSM 流量計，並於規範要求窰井內所有設備，包括偵測管、壓力感測器、無線訊號傳輸模組及外掛電池等均須符合 IP68 防水保護等級，以避免電子設備窰井內泡水故障，另外於安裝使用過程中隨時滾動檢討流量計於

實際場域中各項性能之適用性，並開始針對準確性衰退及耐用性等，著手進行各項連續性驗證，以優化後續設備採購。

4.2.1 小區流量計安裝原則

為便於後續維護管理，考量採購流量計時儘可能單純化，不須購置太多種不同口徑的流量計，一般小區進水點或出水點配水管徑約在 200mm 到 400mm 之間，以北水處經驗 200mm 與 300mm 口徑最具安裝彈性，遭遇不同口徑變化時，可採縮口方式安裝計量表，除了可提升流經流量計的流速以提高量測精度外，亦可使電磁式流量計其量測電極不易結垢，在選擇小區進水點時(如圖 4-4)，須注意區內用戶尖峰用水量與離峰用水量為何，不可遷就現場管線口徑來選擇流量計，並須考量流量計可測得之最小流量，若流量計口徑選擇太大，則因區域內最小流量常低於流量計容許之最小流量，導致精確度下降，反之，若選擇口徑太小，雖然對最小流量的量測可以更精準，但也會影響區內用戶用水量與供水壓力，所以口徑選擇不正確將可能影響計量結果之準確性或無法滿足用戶用水[10]。



圖 4-4 流量計口徑選擇示意圖

電磁式流量計偵測管主要由量測管、勵磁系統、電極等組成，故須注意安裝地點是否有受高壓磁場干擾，且為避免水流經過偵測管處為非滿管情況，應避免安裝於易聚積氣體管線之高點，並須注意直管上、下游長度是否夠，且窰井前後最好都能安裝制水閥，以儘可能降低流量計安裝或換裝時，用戶被停水的時間，另目前北水處採 4G 無線訊號回傳方式，對於窰井位置內、外 4G 訊號是否能順利通訊，為資料能否即時回傳之重要關鍵。

電磁式或超音波式流量計都可以記錄正、反流向，在相鄰的小區經過管網調配，可以安裝單一流量計作為 2 區間共同之進水點，如此可在不同時間內完成 2 區計量作業，以節省流量計採購經費，若因一個進水點無法滿足用戶用水量，或會影響其他小區供水時，可視實際狀況再開啟另一個進水點或出水點，以開放式方式進行計量作業，實際售水率的計算就必須透過 2 只流量計先進行時間校正後，以疊加方式進行運算。

北水處目前均採窰井內安裝流量計(如圖 4-5)，安裝時須考量窰井積水會影響流量計使用，所以相關偵測管、傳訊器、電池、傳輸線與接頭等設備，必須具有 IP68 之防水保護等級。



圖 4-5 DSM 流量計現場安裝情形



圖 4-6 DSM 流量計傳輸設備於道路銑鋪後摔落損壞

因窰井內空間有限，對於流量計各項設備尺寸及安裝位置，必須考量後續維修便利性，過大或過重的設備將影響後續維護與管理，另窰井

因位於道路上，安裝時必須特別注意相關設備及電纜線之固定，是否能承受外管線施工挖掘、道路銑鋪或重型車輛輾壓所產生之震動；北水處曾於 108 年間發生已安裝之 DSM 流量計設備，遭其他單位施工並進行道路銑鋪後，發生訊號斷訊情形，經檢視窰井現場狀況，發現整組傳輸設備已掉落於窰井內(如圖 4-6)，研判因掉落力道過大，導致傳輸設備立即摔壞，因此後續對於各項設備之安裝固定方式必須更加重視。

流量計的精確度直接影響小區計算售水率的分析結果，由於在量測夜間最小流時，實際流量若低於流量計可測得之最小流量(q_1)，會造成不感計量導致售水率異常等情形，故必須依小區用戶用水流量範圍來分析進水管適用之口徑與可測得之最小流量，由於北水處小區一律採用 200mm 及 300mm 口徑之流量計，為適合此等口徑之最大及最小流量，規劃以配水管長度 2-4 公里，或用戶數 1,000-2,000 戶來控制小區內基本 1 日總配水量。目前依照一般市面上較普遍之 200mm 與 300mm 口徑流量計，精確度多可達到 C 級(量程比 R 大於 160)，目前北水處採購 DSM 各口徑之相對應流量值詳如圖 4-7，從 q_1 (含) 到 q_2 (不含) 的流量範圍，最大許可誤差是 $\pm 5\%$ ，在上區從 q_2 (含)到 q_4 (含) 的流量範圍，最大許可誤差是 $\pm 2\%$ ，且量程比 $R(q_3/q_1)$ 不得小於 160。

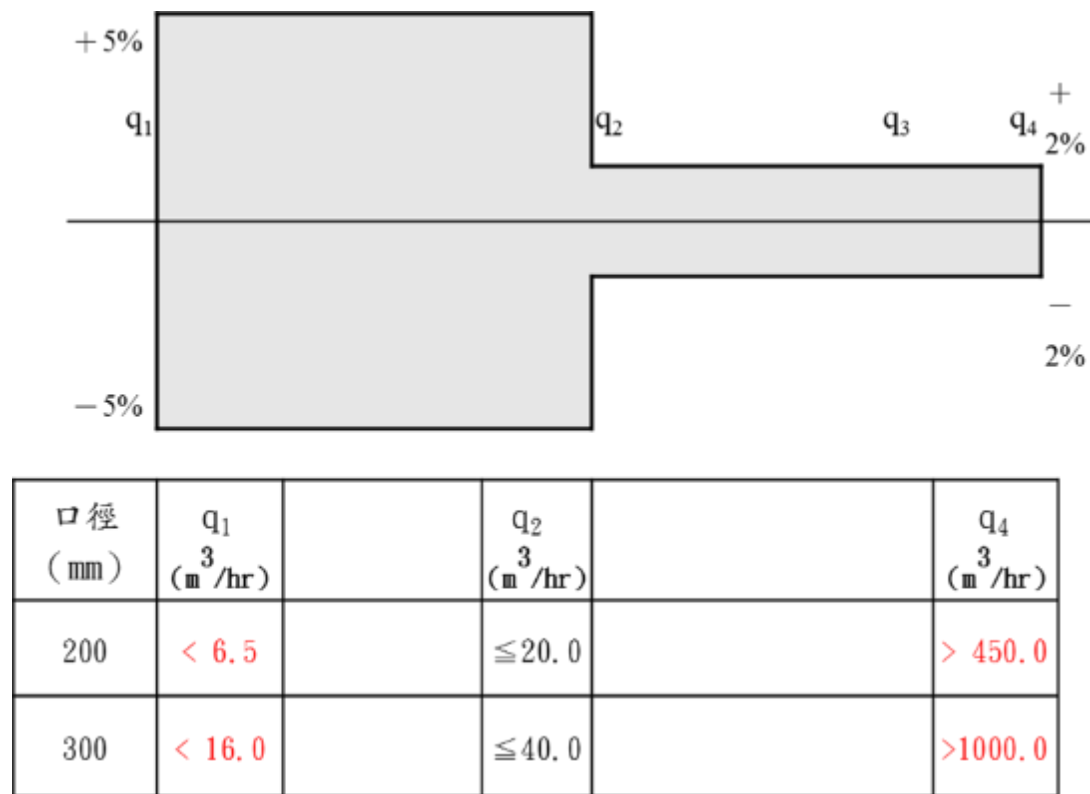


圖 4-7 DSM 流量計設備流量精度誤差規定

若劃設小區區域太小或為求更精確之漏水位置時，必須使用次小區或巷弄直接法，切割小區成為更小的範圍，此時因用戶 1 日總用水流量必然隨之減小，夜間最小流量也相對變小，可能導致欲量測的流量低於流量計可準確測得之最小流量，為避免不感計量或流量誤差太大，有此種縮小範圍計量需求時，可採用較小口徑之 C 級流量計，如 50mm-100mm 口徑之電磁式流量計(如圖 4-8)，利用區域內、外消防栓連結流量計方式執行，以機動性架設方式進行各巷道或次分區分段計量，記錄約 10 到 15 分鐘供給之瞬間流量，紀錄頻率以 10 秒或更小為佳，執行時亦必須考量用戶止水栓是否易於關閉、影響用戶用水時間，及供水是

否可使區內管線滿管等因素，一般劃分時以總栓數不超過 200 栓為原則較為恰當。



圖 4-8 搭配 50-100mmC 級電磁式流量計量測小區域流量

4.2.2 小區流量計現場校正

為能達到北水處所要求之各項精度，流量計在安裝前，必須由具 TAF 認證合格之試驗室，或其試驗場所量槽、標準母表或荷重元等，經國內度量衡檢定機構認證合格之試驗場所，依照圖 4-7 的要求，由試驗室量測各點流量是否符合相關誤差規定。流量計在試驗室經檢驗後，必須再經運送、接線安裝、流量計接地等程序，為避免設備安裝程序不當或因現場環境影響造成流量失真，每只流量計安裝後，建議均需進行現場安裝校正測試作業。

現場安裝校正測試係於流量計完成現場安裝後，立即於現場實地進行流量比對作業，惟目前北水處 DSM 流量計於安裝後並未進行此項測

試作業，其原因係北水處一般的小區在未計量時多為全區開啟狀態(未進行封閉)，未封閉小區之流量資料除非經過水理分析，其即時流量數值較難代表其實際意義，無法由流量數值判斷流量計是否準確，所以實際安裝到封閉計量，真正運用分析其數值資料來計算售水率時，多為流量計現場安裝後數 10 日甚至數月後，此時若發現流量數值錯誤，將導致各項前期操作資源浪費，或設備因不正常安裝導致加速損壞。

依照北水處實際使用經驗，因窰井操作環境相對不佳，而 DSM 流量計係為精密的電子設備，若在安裝過程產生失誤，都會導致流量數值錯誤，以圖 4-9 為例，北水處曾發生流量計參數使用錯誤之情形，以 200mm 口徑之流量計，若設定誤用為 80mm 參數將導致流量大幅縮小，另外，接線或接頭若有鬆脫，因水氣進入設備，亦將會導致流量不正常大幅度跳動，以圖 4-9 為例，一般為 100 CMH 之流量將呈現不正常之數千 CMH 之跳動。



圖 4-9 DSM 流量計因未妥善安裝產生流量錯誤案例

此外電磁式流量計在現場安裝完成後必須進行「流量零點調整」作業，這項作業是在電磁式流量計測量通道中充滿被測介質(在小區作業中為自來水)，測試在無流量通過的情形下，偵測管的計量確實為零，若不為零則為稱為零點飄移，必須將其修正歸零。這一點對於電磁流量計尤為重要，因為測量管空管時，電極之間開路，使示值超過滿度，致使大多數電磁流量計在空管時都會指向滿度值，零點調整時必須先使流過流量計的流量真實為零，然後讀取流量顯示儀表的示值。若未進行零點調整，實務電磁式流量計於現場完全封閉未用水時，會產生數值跳動現象，且未於零點之跳動偏離可能導致一天產生 80 噸異常流量(如圖 4-10)；流量計在管網中的零點調整，一般來說相對容易，只要關閉流量計之前、後制水閥，在滿管水流無流動時進行流量零點補償修正即可。

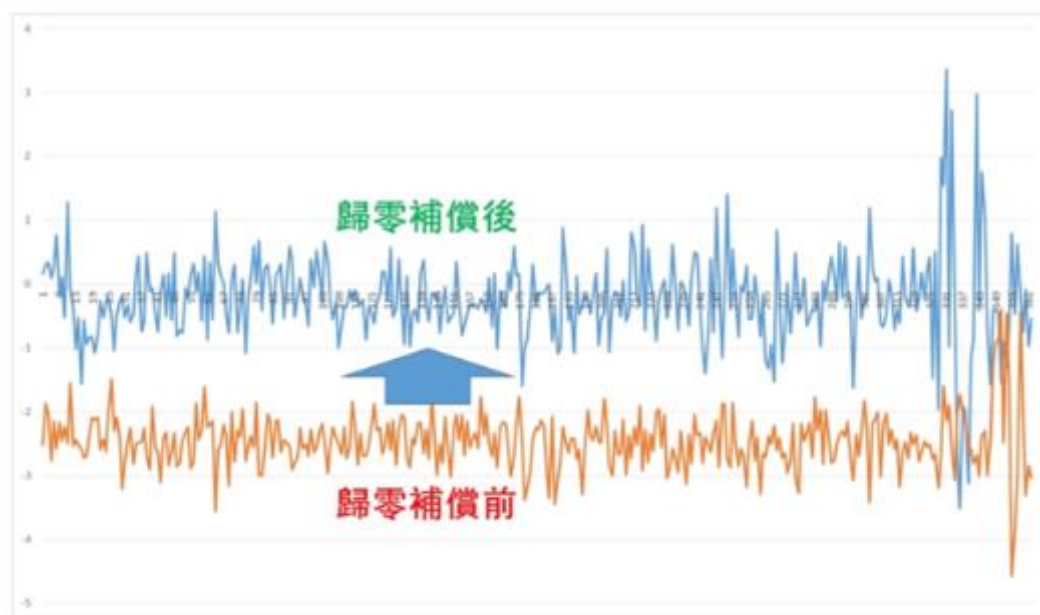


圖 4-10 電磁式流量計進行零點調整產生流量差異案例

北水處建議每套 DSM 流量計設備安裝完成後，由水表廠商負責現場校正測試作業，依照每只流量計安裝之現場條件，如圖 4-11，以制水閥封閉並保留任一消防栓為出水點進行測試，並於消防栓出水口以連接

設備安裝測試用口徑不拘之水表或流量計，排水比對至少 5 分鐘，並將測試情形填列於測試作業報告。前後制水閥間可能包含用戶水栓，為避免影響用戶用水，建議不須關閉用戶表前止水栓，因本測試目的在於杜絕安裝或現場環境所產生之錯誤情形，本項測試以流量趨勢接近即可，一般建議比對值約在 80%相符，而前述測試用水表或流量計，廠商須提出經 TAF 認證合格實驗室之相關流量計試驗合格證明，若對於校正測試作業能提出其他更優測試方式，如採管夾式流量計於窰井內直管段安裝，或使用插入式流量計，插於流量計前之不銹鋼短管插入孔後量測比對，均可予以替代，另若該流量計設備因現場狀況條件(例如就近無制水閥)實無法進行測試作業，經北水處同意後可免予作業，但建議予以註記，儘早進行小區封閉作業，以供研判其流量之合理性。

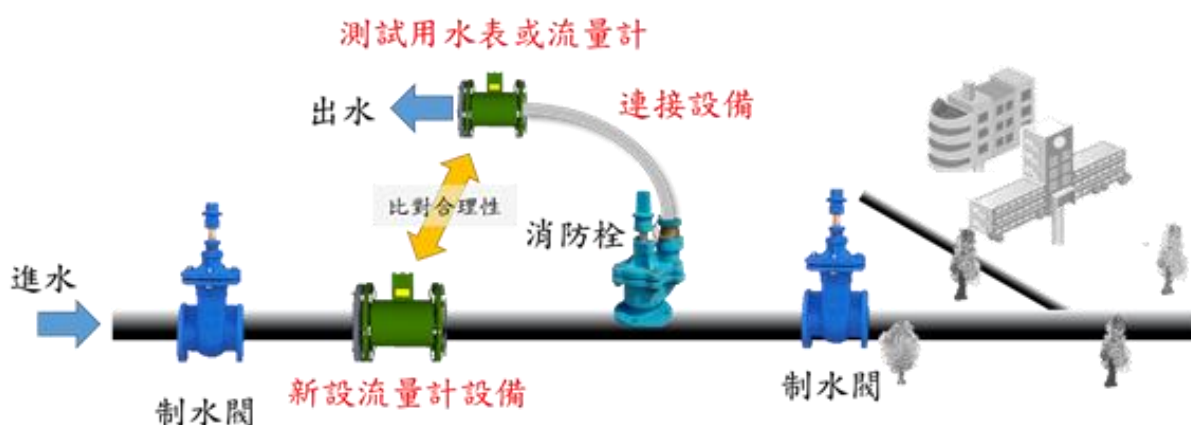


圖 4-11 建議 DSM 流量計現場校正測試示意

4.2.3 流量計性能評估

在臺灣一般家用水表依法規規定 8 年必須汰換一次，而管理用流量計雖然沒有相關規定一定要定期更換，但流量計不管準確度或耐用性等都會隨著時間衰退，應該在使用期限內對於其性能之變化情形，預先妥善規劃連續性評估方式，當性能衰退到無法接受之程度，可提供後續

採購優化建議與更換計畫。

不管是水表或是流量計，合理有序地更換是一件非常複雜的問題，尤其大量更換流量計需要大量的資源(經費、人員、時間)，因此確定合適優化的等級非常重要。水表的更換因涉及水價、收入、水表成本、高低用水量和供水特性、誤差曲線衰退等因子，影響每種水表的最佳更換週期[9]；而管理用流量計因不需考慮收入來平衡更換週期，且在安裝前對於需要口徑、精度若已有妥善安裝規劃，那實際上真正必須考慮的，就是針對管理用流量計每年的誤差衰退情形及其在窰井惡劣環境下的耐用能力，在使用期間進行性能連續性評估，並考量供水管網預算決定流量計更換計畫。

流量計性能連續性評估，依照北水處使用現況與測試環境，建議可針對以下 3 項方式進行評估測試：

1.外觀與功能耐久性測試

將安裝於窰井內的流量計，每年依比例取樣，將整組流量計拆卸進行目測檢視，並測試資料讀取與傳輸功能。具複雜電子裝置的流量計設備，應有良好的表面處理，一般若採碳鋼製品時，須做必要的防蝕處理，北水處規範規定內外需以環氧樹脂粉體塗裝，塗裝厚度內部 0.3mm 以上，外部 0.15mm 以上；經使用後每年後應以目視檢查，是否有毛刺、劃痕、裂紋、銹蝕、霉斑或塗層剝落現象，另外亦檢查偵測管內測是否已長生物膜，過厚的生物膜會阻礙電磁式水表電磁感應，影響流量量測，如已產生生物膜應加以清除。建議除目視外，更可將流量計定期拆下進行靜水壓試驗，以試驗水壓為 2 倍最高工作壓力 (15 kgf/cm^2)，歷時 3 分鐘，測試各部位是否有漏水、冒汗、損壞或變形。

另外資料讀取與傳輸則是檢查流量計現場顯示設備是否能正常運

作，及其顯示之各項資料數值是否可正常回傳與接收。

2. 流量誤差測試

每年取樣拆下的流量計送至 TAF 認證試驗室進行流量誤差測試，測試流量點與驗收時相同，分別為測試最小流量 $Q_1 \sim 1.1Q_1$ 、分界流量 $Q_2 \sim 1.1Q_2$ 、常設流量 $0.9Q_3 \sim Q_3$ ，以檢定每年流量計量測精度是否有衰退之情形。

3. 現場串聯比對測試

為瞭解不同廠牌、型式之流量計計量之差異性，在現場將流量計串聯測試是最直接的方法，北水處在 101 年選定 E10024 小區作為流量計串聯測試場域，於小區進水點埋設 2 只串聯的流量計窰井，其中 1 只流量計為標準流量計，而另一只流量計為被測試流量計(如圖 4-12)；標準流量計於每年比對測試前應經過 TAF 試驗室相關流量測試合格。串聯比對測試每年可針對固定區間量得之總流量與最小流量進行比對，以瞭解流量計長期使用後與標準流量計之間的差異性，將每年比對值之誤差測出後，可嘗試找到流量計精度之衰退趨勢(如圖 4-13)。

串聯比對測試無須將流量計整組拆下送試驗室測試，執行上較為便利，北水處於 107 年第一批 50 只 DSM 流量計安裝時即挑選 1 只 DSM 流量計安裝於 E10024 小區之串聯測試場，並將持續於每年底，與現場標準流量計進行比對，以瞭解現場使用實際精度衰退趨勢。

小區最小流量之量測準確度對於售水率的估算相當重要，為瞭解安裝之 DSM 流量計對最小流的量測是否準確，且量測結果是否有衰退情形，北水處於 E10024 小區觀察 6 個月最小流的變化狀況(108 年 4 月開始至 108 年 9 月)，結果如圖 4-14，可發現在安裝後 1 年內，受測流量

計(DSM)與標準流量計之夜間最小流及次低夜間最小流發生時間幾乎相同，標準流量計最小流發生在 9 月 19 日 4 點 44 分，流量為 360cmd，推估售水率為 78.48%；DSM 流量計最小流發生在 9 月 19 日 4 點 35 分，流量為 383cmd，推估售水率為 77.99%，售水率誤差值僅 0.49%，代表 DSM 流量計使用 1 年後計量狀況維持良好狀態。

後續北水處每年將持續觀察 E10024 小區串聯之 DSM 流量計與標準表，檢視比對其總流量與最小流量，瞭解 DSM 流量計計量精度是否衰退，未來若再採購不同廠牌或不同型式的 DSM 流量計，建議可再增加一只窰井，以 3 只流量計串連方式進行連續性測試，以供流量計後續更新計畫評估參考。



圖 4-12 北水處流量計串聯測試場



圖 4-13 流量計現場串聯比對精度衰退趨勢示意

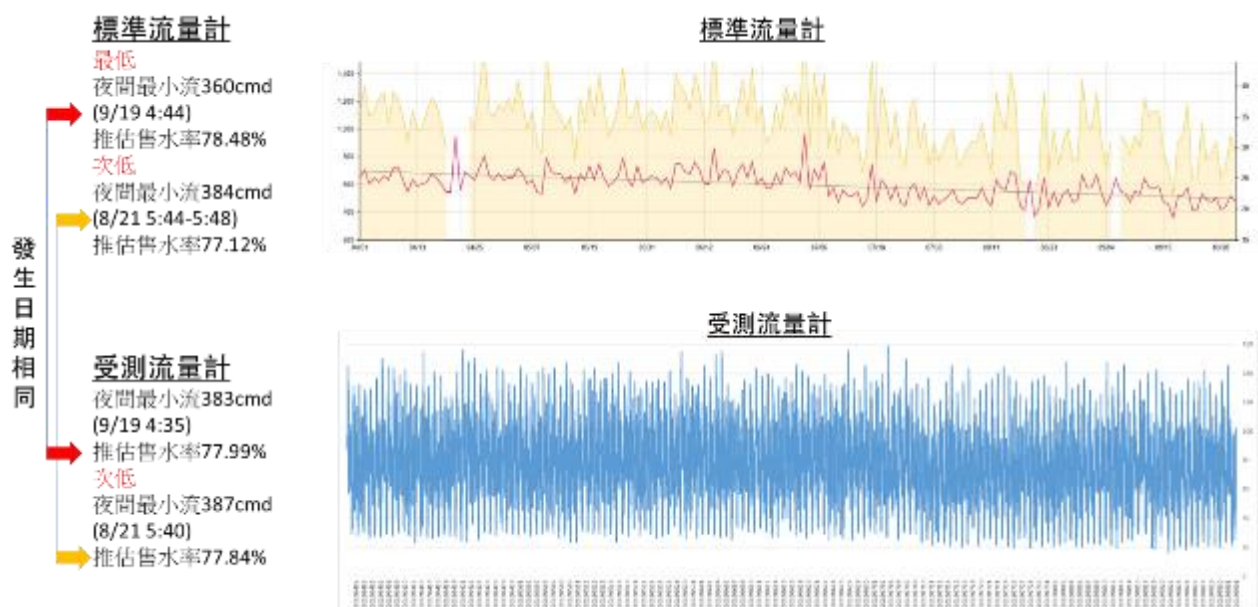


圖 4-14 流量計串聯測試夜間最小流

4.2.4 小區流量計優化

依照本章節對於 DSM 流量計實際採購與測試經驗，北水處將持續依實際需求項目及數量辦理設備採購，依照小區特型持續安裝供應 200mm 及 300mm 口徑電池供電式 DSM 流量計、水壓力感測器、無線訊號傳輸模組設備，比較 106 年執行之「小區計量管理用無線傳輸流量計設備」，針對下列項目進行合適性優化。

1. 原要求電池保固一年，因此每年都必須更換電池，為避免窰井人孔反覆開啟拆裝設備導致損壞，適度增加電池基本容量，並以不斷電為原則供電。
2. 搭配連續性評估測試，適度延長設備保固期。
3. 為避免設備安裝後因現場環境影響造成計量失真，每只流量計安裝後，均需進行現場安裝調校作業。
4. 擴大智慧化之相關應用，增加 DSM 資料傳輸拋轉與平台呈現工作。
5. 為利北水處研究規劃 DSM 未來發展方向，廠商於執行標案過程中針對實際設備安裝、資料拋轉與呈現、遭遇困難與克服方式、效益分析、創意加值應用及建議事項等，提出成果報告，以利提供後續執行建議。
6. 為確保北水處權益，訂立設備異常處理程序及相對應罰則。

4.3 流量計與窰井之長期管理

北水處自 101 年起開始由埋入方式安裝流量計改由先設置窰井再安裝流量計，101 年配合採購 100 只電磁式流量計進行輪動安裝計量，初期計量成效良好，然因當時規劃由各營業分處自行輪動安裝，而安裝人員多為廠商自來水管線汰換或修漏現場工作人員，並未具備相關流量計安裝知識技能，將流量計視為一般管材而非設備儀器，因此運送及安裝時未能妥善保護設備及其接頭，安裝時未能妥善進行接地，因此安裝後經常發生設備損壞或計量資料有異常跳動情形，導致本批流量計後期計量困難。

經北水處檢討，流量計安裝須搭配具流量計基本技能之專業技術人

員，不可交由一般管線施工人員安裝，且自 106 年起導入可自動讀表、無線傳輸之 DSM 流量計後，設備包含傳輸設備等精密電子零件，為避免反覆運送與拆裝導致設備損壞，應以固定流量計長期安裝於窰井內方式進行，因此後續對於流量計與窰井的長期管理方式更顯重要。

北水處自 101 年開始於小區進水點安裝窰井，小區要進行售水率計量之先決條件即在該小區是否有窰井，且為永續經營，北水處於 105 年底開始建立長期管理小區之觀念，遂於 105 年底開始要求各營業分處加速安裝窰井，使得具備窰井之小區數量大幅提升，安裝窰井比例已由 105 年 1 月時的 38.2%，大幅提升至 108 年 12 月之 83.0%，828 個小區中已有 687 個小區已完成窰井安裝(如圖 4-15)。

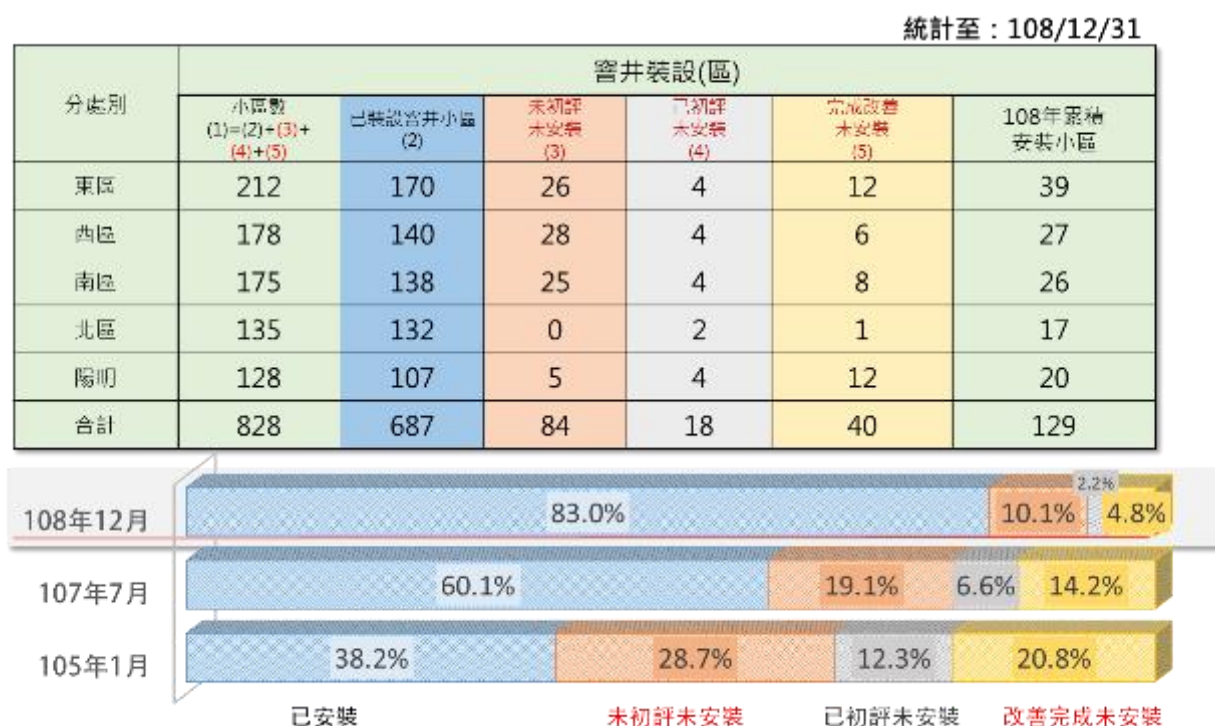


圖 4-15 北水處近年窰井安裝情形

在 4.2 節中提及，流量計是複雜的電子設備，很難預測未來計量性能之變化，因此不適合在未能完全確認適用性的狀態下，在整個窰井內一次全部安裝單一型式的流量計，而北水處於 107 年度所採購第 1 批

共 250 只 DSM 流量計，將連續測試並檢討流量計現場真實使用下之各項性能，以優化後續設備採購，所以並非一次就要採購 687 只 DSM 流量計進行安裝，因此安裝時須考量每個小區重要性及計量順序，依序逐步安裝，一般而言，順序多以漏水較為嚴重的區域為優先，因漏水原因及類型多樣，北水處過去多以「管線老舊程度」判斷舊市區管線漏水情形較為嚴重，而隨北水處各相關業務精進發展，108 年下半年完成 WEBGIS 後，使北水處跳脫以往之框架，利用管線材質、年份與近年漏水紀錄，以科學方式推算未知售水率小區之「漏損機率」後，排定各小區之優先順序進行窰井安裝及裝表計量，以提早確認管線漏損情形並與評估汰換，加速降低管網整體漏水率，藉由累積 DSM 的計量經驗，亦可探究流量計之適用性，並能達滾動檢討優化流量計規格之效。

目前北水處窰井埋設方式主要可細分成 2 種，第 1 種為埋設於配水管本線，另 1 種為以旁通方式埋設於路邊或人行道上，此 2 種方式取決於拆裝表時其小區內是否容許暫時停水或拆裝表時是否嚴重影響交通或更換流量計之人員是否有施工上的危險等因素[14]。目前流量計係採固定安裝方式，並以第 1 種埋設於配水管本線為主要方式。因市區道路底下管障眾多，窰井安裝原則最重要之前提就是以現場能順利裝設窰井為最高原則，為使窰井安裝能標準化便於後續管理，北水處提出窰井內各管件標準組合方式，確保在窰井有限空間內皆能容納各必要管件及流量計設備，當然在實際安裝案例中也有因地下障礙或其他因素，導致部分窰井內埋設管件不符合原安裝設計標準，以圖 4-16 為例，窰井內流量計安裝主要仰賴延性伸縮管之伸縮性能，若因故未安裝延性伸縮管或伸縮管故障無伸縮性，將影響後續流量計拆裝(如圖 4-17)。

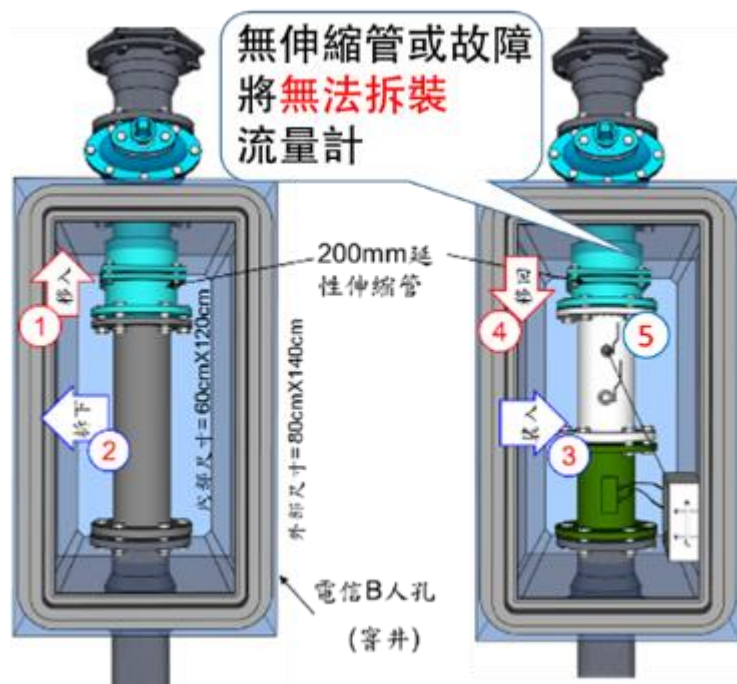


圖 4-16 窰井內流量計拆裝方式



圖 4-17 窰井內管件無延性伸縮管導致無法拆裝流量計

以往遇到窰井內未安裝伸縮管或伸縮管故障時，為安裝流量計必須將原有窰井打除，管線切管後重新安裝伸縮管及流量計，工程浩大、費時，且現場不一定有空間安裝伸縮管。為改善此種情況，提供小區窰井內未安裝延性伸縮管之改善方式，且能提供更經濟更易安裝的選擇，解決現場窰井及流量計安裝之困難，北水處於 108 年設計採用新式單承口單突緣套筒，這項新式管材具有能反覆使用，且能輕易地在配水管上

滑動之特性，因此可取代伸縮管功能，不需要拆除整個窰井，即可於窰井內直接改裝(如圖 4-18)，大幅提升流量計安裝之成功率，並提升後續維護管理能力。



圖 4-18 新式單承口單突緣套筒提供窰井改裝彈性

為便於小區窰井之管理，北水處針對目前所有小區窰井位置，如同各項管線、閥栓、水表設備圖層，已將窰井進行道路位置實測數化於 WEBGIS 圖層上(如圖 4-19)，並可將小區窰井屬性資料予以展開，可查詢窰井型態、孔蓋種類、施工廠商、埋設日期、蓋部大小、高度、圖卡、孔深、竣工圖編號、監工人員、座標及測量日期等資料。

除了目前的記載外，北水處預計將持續擴充將窰井位置與流量計資料帶入 WEBGIS 上，以圖 4-20 為例，要完整建立小區、窰井與流量計的資料，必須先利用北水處共通使用性極高的 WEBGIS 平台，先將所有小區資料建立於最底層後，再將已經有窰井的資料鍵入第 2 層，使得小區與窰井的資料能相對應連結，目前此 2 層皆已建立完成，然依照圖 4-19，窰井位置尚無法直接連結於小區基本資料，後續北水處將持續建立其相關性，接下來就是建立 DSM 流量計基本資料，包含流量計編號、型式、口徑及安裝日期等屬性資料，都必須詳加建立於第 3 層圖層內，

並考量後續持續採購之 DSM 流量計，保留擴充位置，相信在此 3 層皆能完成後，予以互相連結善用，能便於管理者在 WEBGIS 上都能隨時能找到小區、窰井及 DSM 流量計相關連結資料，更可與 WEBGIS 其他各項空間資料互相搭配使用，非常有利於長期管理應用



圖 4-19 小區窰井於 WEBGIS 上之資料記載

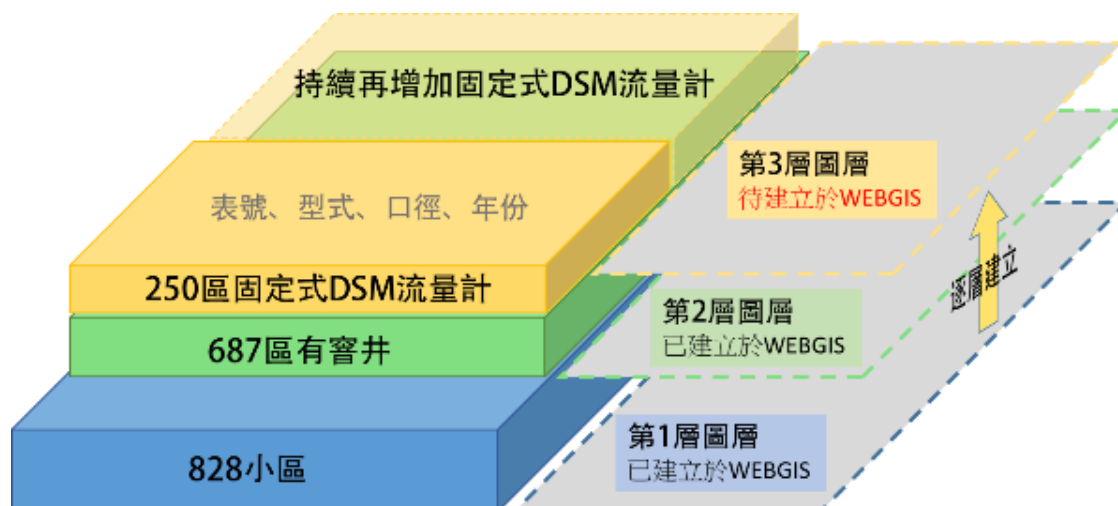


圖 4-20 窰井與流量計圖層建立之管理方式

第五章 智慧讀表於小區計量之應用

目前 DSM 流量計回傳之流量、壓力等資料，如要進行相關智慧化應用，必須將所得到之流量及壓力等資訊訂定規則，才能使得到的數據成為有意義的資料，提供各項供水管網改善及監測應用，本章節將利用目前北水處對於 DSM 流量計資料之實際運用方式，提出相關構想與操作方式，以作為小區智慧化應用平台之規劃與未來發展方向之基礎。

5.1 以即時流量評估漏水

過往為評估規畫小區改善前之供水狀況，係委由專業承商以夜間最小流（屬間接法）估算該小區初始售水率（初評作業），作業方式係於小區進水點先行安裝流量計，再關閉該小區邊界閥並確認可完全封閉後封閉 7 天，封閉期間以流量計記錄每分鐘進水量，完成前述作業後再讀取紀錄器內資料，以夜間最小流量作為該小區推估漏水量，據以估算該小區初始售水率。至於改善中小區，北水處轄區分處於完成數條巷弄管線汰換後以巷弄直接法進行該巷弄漏水評測，以確認是否有漏水，因此法需關閉用戶水表，需相當多人力且耗時，是以目前多視個案需求始辦理，至於小區完成管線汰換後因小區尚未安裝流量計致轄區分處無法自行評估改善後售水率，需委由專業承商評估其售水率（複評作業），作業方式係於小區進水點先行安裝流量計，於關閉邊界閥完成封閉後，關閉小區內用戶表前止水栓進行第 1 次抄表作業及記錄流量計讀數，封閉 14 天後再進行第 2 次抄表作業及流量計讀數，利用 2 次抄表及流量計差值做為此小區封閉期間用戶用水量及進水量，可得改善後小區實際售水率，此法仍需於計量前、後進行流量計之拆裝，且抄表所需人力、耗時較多。

鑒於前述售水率初評、複評作業均需委由承商辦理，僅於評測時才拆裝流量計，因無法長期使用，屬一次性作業，另轄區分處於小區施工前、中、後亦無法先行自行評測售水率，且無法獲取即時流量及壓力等資料，此一情形於北水處安裝智慧讀表(District Smart Meter 簡稱 DSM)後已大幅改善，本章節將介紹 DSM 評測漏水作業方式並以實際案例說明。

5.1.1 小區漏水計量演進

北水處為利小區計量長期管理及優化，故自 107 年起即陸續規劃並設置小區 DSM，因屬長期性監測設備，設置完成後若無特別因素即不再隨意拆裝，故進行相關評測時均無須再行拆裝，另配有 4G 無線傳輸模組，其傳輸外盒具 IP68 防塵防水等級，故傳輸穩定性佳，且每分鐘可回傳雙向瞬間及累計流量、壓力及電量等資料至資料庫特性，由資料庫即時獲取小區進水量及壓力，相當具即時性。

利用 DSM 安裝後不再拆裝及即時無線傳輸優點，可以節省相當人力，且可獲取即時流量、壓力及電量等相關資料，藉由前述資料並利用 WEBGIS 系統獲取小區內用戶的總用水量，可分析小區漏水率、用戶用水型態及即時漏水等資訊，是以目前北水處已逐步於各小區安裝 DSM 並利用 DSM 進行小區改善前初始售水率、改善中次小區(分段)售水率自評及改善後小區售水率自評及複評等作業。

5.1.2 DSM流量計漏水計量方式

本章節將探討並介紹如何利用 DSM 搭配各種評測方式獲得小區、次小區漏水情形，並以實際案例驗證其特性及功用，有關 DSM 的評測

方式如下：

評測前置作業：由於北水處於 DSM 安裝後並未隨即進行現場安裝校正測試作業，為免影響後續小區售水率評測結果準確性，於評測前需完成 DSM 流量零點測試作業，其方式為將 DSM 前、後制水閥關閉，檢視回傳流量值是否趨近零，若未趨近零，則需在滿管水流無流動時進行流量零點補償修正，始得進行後續封閉、評測作業。

小區封閉測試：前置作業完成後，接續進行小區封閉測試作業，方式為先開啟小區內、外數只消防栓，並量測其壓力值，隨後將邊界制水閥全部關閉，再將 DSM 前制水閥關閉數分鐘，隨後同時檢視 DSM 回傳流量值是否歸零及觀測小區內消防栓是否已無出水，以判定小區是否已完全封閉，俟確認完全封閉後，將 DSM 前制水閥開啟進水，並量測前述小區內、外消防栓壓力，封閉後水壓若大於封閉前 70%以上則進行小區封閉測試，封閉數日(建議至少 3 日)若無異常則接續進行後續評測作業。

小區初評作業：北水處目前對於小區未改善前之初始售水率仍以夜間最小流進行推估，是以若小區已完成 DSM 安裝，則可由 DSM 回傳夜間最小流量及平均日流量推算初始售水率。其方式為完成小區封閉測試後，考量用戶用水使用週期性，封閉至少 7 日以上，再利用 DSM 無線回傳之流量、壓力等數值，可獲得封閉期間夜間最小流量及平均日流量，即可推估該小區之漏水量、漏水率(漏水率=夜間最小流量/平均日流量)及售水率(售水率=1-漏水率)，由於夜間最小流量可能包含漏水量、用戶用水量或表差等，故所推估漏水量、漏水率均較實際值為高。

小區自評作業：過往北水處因小區未安裝 DSM 故無法自行辦理改善中或改善後售水率自評作業，是以無法確知改善成果。現今若小區已

安裝 DSM，則可自行規劃評測時程、區域、人力，利用 DSM 回傳資料求得小區漏水量及售水率。目前北水處利用自評作業求得售水率方式有 2 種，即初評作業所用之夜間最小流推估售水率及利用 WEBGIS 系統介接抄表系統所得用戶日平均用水量(下稱平常抄)來推估售水率，其中平常抄所得售水率，係以北水處 WEBGIS 系統介接抄表系統所求得小區內用戶近期總用水量，推算用戶日平均用水量(下稱平常抄日平均用水量)，再利用封閉期間由 DSM 回傳資料所推算之平均日流量，可求得平常抄售水率 ($\text{WEBGIS 用戶日平均用水量} / \text{DSM 平均日流量}$)，由於平常抄用水量係為前期直接抄錄用戶用水量，故所得之售水率相較於夜間最小流所的售水率更為精準。

小區複評作業：小區售水率之複評作業係以直接抄表獲得之用水量進行推估，為利後續抄表作業進行及其準確性，承商需依北水處提供用戶表位資料先行勘查，於 4 小時內完成小區內用戶抄表作業。其評測方式為承商完成小區封閉後，即進行第 1 次抄表作業，持續封閉 14 日後於同時段再次進行小區第 2 次抄表作業，將第 1、2 次抄表值相減即可獲得封閉期間各用戶用水量，將其加總即為該小區用戶總用水量，而封閉期間小區總進水量則由 DSM 回傳累計流量資料即可獲得，利用抄表所得用戶總用水量及 DSM 紀錄小區總進水量，即可推估該小區售水率及漏水率。

用戶智慧水表結合小區計量作業：目前國際間已廣泛推廣用戶智慧水表(Smart Water Meter, SWM)，智慧水表具備有自動讀表、遠端讀取數值及後端服務管理等功能應用，北水處已於 107 年底完成 1,800 戶大用水用戶智慧水表安裝，並於臺北市木柵二期建置智慧水網示範區，將區內 2,600 戶、128 棟建築物全面汰換為智慧水表區，後續將更擴大服務進行全轄區智慧水表裝設。智慧水表具每 1 小時紀錄 1 筆用戶水表之

累計值資料，並於每 24 小時定時回傳 1 次之功能，過去，小區漏損改善過程中需進行多次用戶抄表計量，而人工抄表耗時費力，現在，小區進水點搭配 DSM 流量計安裝並進行封閉(如圖 5-1)，透過智慧水表準時且自動的紀錄用戶 1 日用水量，可隨時分析小區漏水，且排除人工抄表時序問題，能精確評估小區售水狀況。



圖 5-1 用戶智慧水表結合小區計量作業

次小區漏水評測：為瞭解小區內漏水分布狀況，此水處採用方式之一係依區內用戶數、制水閥佈設位置及管線汰換狀況，將小區先劃設為數個分區（簡稱次小區），再逐步擴大或縮小封閉範圍評測各次小區漏水率，其漏水量可採前述自評作業時所採用之夜間最小流量或平常抄推估求得。若採逐步擴大封閉方式，則為封閉一次小區數日後，依 DSM 回傳之最小流即可推估該次小區之漏水量，之後再將另一次小區納入擴大封閉區域，重複前述封閉作業即可測得該 2 次小區之累計推估漏水量，扣除前一次小區推估漏水量後即可獲得另一次小區之推估漏水量，依此方式重複作業，即可獲得各次小區之推估漏水量。針對漏水嚴重次小區再輔以巷弄直接法、相關式檢測、噪音紀錄器檢測及聽音檢測等測漏方式，即可逐步縮小漏水區域，確認漏水位置。

當 DSM 回傳之流量及壓力相較於平常值突然有大幅變化，表示區內有大表進水、尖峰時段用水或大口徑管線漏水情形，因管線漏水屬持

續性，若輔以檢視夜間最小流變化，應可研判是否為管線漏水。

5.1.3.以DSM流量計漏水計量實例

為瞭解應用 DSM 在小區漏水計量之特性及功用，北水處分別選定 E09023(改善完成)及 E13027(改善中)等 2 小區為實際案例，說明如何以 DSM、自評作業及複評作業評測其漏水狀況。

1、E09023 小區(改善完成小區)

- (1) 小區範圍：臺北市松山區龍江路以東、長春路以南、復興北路以西及南京東路 2 段以北所圍設區域（圖 5-2）。
- (2) 初始售水率：經 107 年初評，售水率為 50.47%
- (3) 小區 DSM：編號 EB7-19020145-003(口徑 200mm)，於 108 年 12 月裝設，埋設位置詳圖 5-1。
- (4) 小區施工期程：於 108 年 7 月進場改善，於 109 年 2 月上旬完成改善。

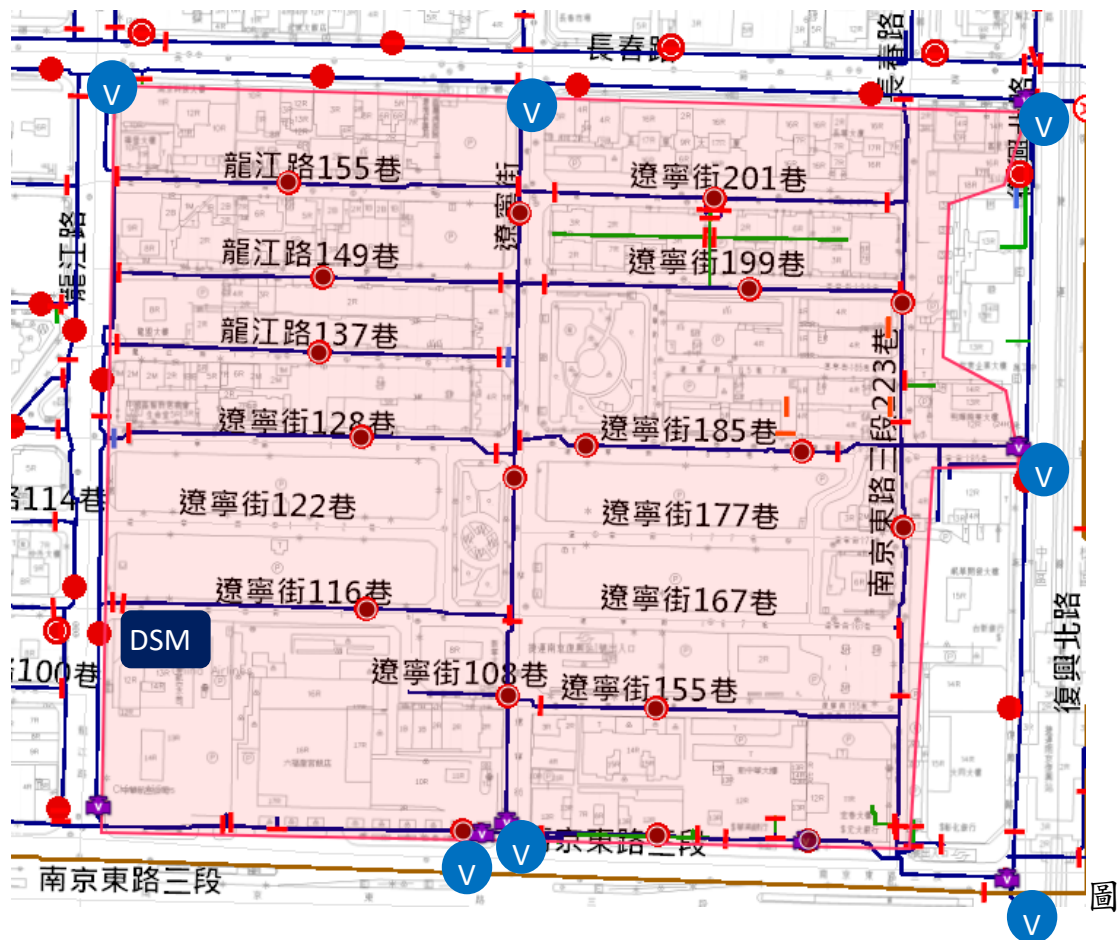


圖 5-2 E09023 小區範圍圖

(5) 小區自評作業：

轄區東區營業分處於本小區改善完成後為確認汰換成果是否達送複評作業條件（夜間最小流售水率 85%以上），著手利用 DSM 進行售水率自評作業，惟進行自評作業前需先行確認 DSM 是否正常及小區是否可完全封閉，遂於 109 年 2 月 12 日上午進行長時封閉測試，首先開啟區內及區外消防栓並量測水壓約為 $0.9\text{kg}/\text{cm}^2$ ，接著逐一關閉 7 只小區邊界閥（詳圖 5-1），關閉後再將 DSM 前端制水閥緩慢關閉，直至前述區內消防栓出水逐漸消退至無水，此時持續關閉制水閥 4 分鐘（10：33~10：37），並檢視 DSM 回傳流量及壓力數值確實歸零（詳表 5-1），表示 DSM 運作正常且小區確已完全封閉，開啟 DSM 前端制水閥後量測區內消防栓水壓約為 $0.8\text{kg}/\text{cm}^2$ ，區外水壓則無明顯變化，是以接續

進行封閉測作業至 2 月 17 日，期間並無用戶無水或水小等異常情形，
依此確認可接續辦理後續自評、複評作業。

表 5-1 E09023 DSM 封閉回傳流量及壓力資料(109/2/12)

	Date	Time	flow_rate	forward_total	reverse_total	bi_drection	pressure	voltage
19020145-003	20200212	103401	-0.68525958	20771.79834	5096.694931	15675.10341	0	14.05825
19020145-003	20200212	103501	-0.99204761	20771.79834	5096.711465	15675.08687	0	14.13592
19020145-003	20200212	103601	-1.13921535	20771.79834	5096.730452	15675.06789	0	14.14078
19020145-003	20200212	103701	-0.81016344	20771.79834	5096.743955	15675.05438	0	14.14563

北水處接續於 3 月 22 日下午進行小區售水率自評作業，於再次確認 DSM 歸零後隨即進行小區封閉 7 日至 3 月 29 日下午，依據 DSM 回傳數據資料進行分析，封閉期間夜間最小流為 3.44CMH (3 月 23 日上午 6 時 12 分)(詳圖 5-3)，平均日流量為 786.43CMD，依此可推估小區漏水量約 3.44CMH (82.56CMD)，漏水率為 10.5% ($82.56/786.43=10.5\%$)，售水率約為 89.5%，詳圖 5-4。本次利用 DSM 自評作業可知本小區經管線汰換後售水率由 50.47%提升至 89.5%，已大幅改善漏水，且已達複評作業條件。



圖 5-3 E09023 封閉期間夜間最小流 3.44CMH(109/3/23 06:12)

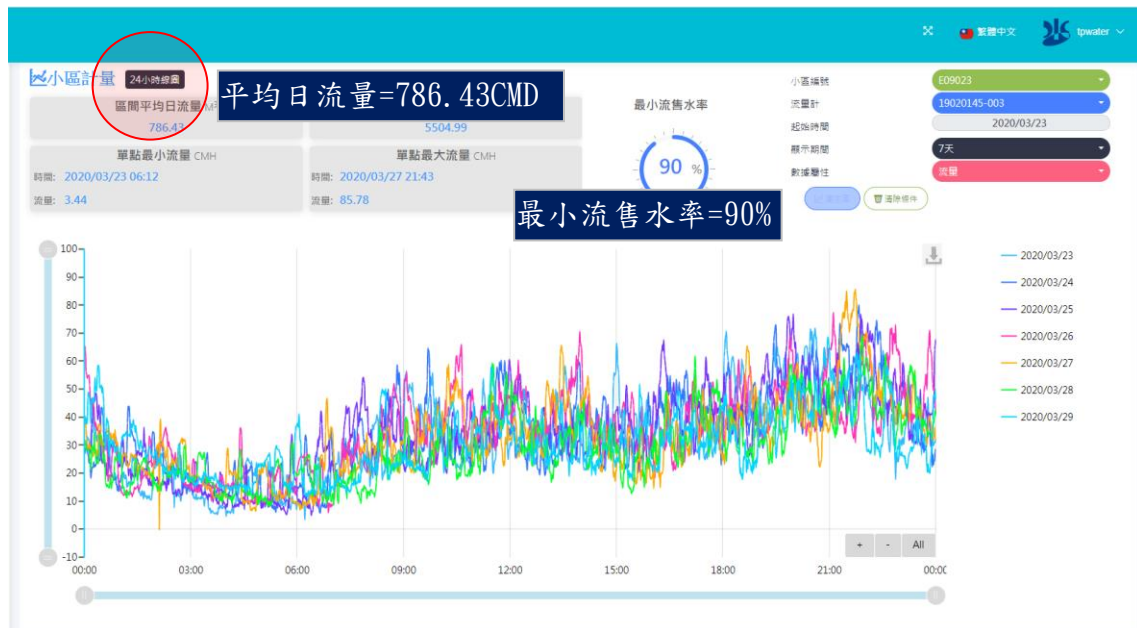


圖 5-4 E09023 自評作業夜間最小流售水率(109/3/22~3/29)

(6) 小區複評作業：

本小區自評售水率雖達 89.5%，惟因該售水率係利用夜間最小流推估，其準確度相對較低，且依北水處規定完成改善小區之售水率仍須以複評作業所得售水率為認定標準，遂委由「108-109 年管網防漏控制與小區規劃計量整合作業」專業承商進行後續複評作業。因本小區前已完成封閉測試及自評作業，是以本次承商不需進行長時封閉測試，僅於 109 年 5 月 19 日至 5 月 20 日封閉測試 1 日，經封閉確認無相關無水案件，且 DSM 回傳數據正常，故接續於 5 月 29 日進行現場表位調查作業。

承商於封閉測試及表位調查等前置作業完成後於 6 月 1 日下午開始進行小區複評作業，於確認小區完全封閉且 DSM 運作正常後即進行 DSM 流量讀數(85,664 度)及小區內用戶水表讀數紀錄（第一次抄表作業，抄表時間：14:05~16:40）並持續封閉 14 日至 6 月 15 日下午止，於當日下午完成 DSM 流量讀數(97,330 度)及用戶水表讀數紀錄（第二次

抄表作業，抄表時間：13:10~15:50)，將第一、二次抄表各水表讀數相減，可知封閉期間用戶總用水量為 10,696 度，另由封閉前後 DSM 讀數相減則可得封閉期間總進水量為 11,666 度(97,330-85,664=11,666)，依此計算本小區複評售水率為 91.68%，詳表 5-2-E09023 小區複評成果表。另依據 DSM 回傳封閉期間夜間最小流 4.52CMH(6 月 7 日上午 5 時 23 分)，日平均流量 829.13CMD，可推估自評售水率為 86.98%，如圖 5-5。

由 E09023 小區售水率自評及複評作業，可知藉由 DSM 除可減少人力、經費且可即時、快速得知小區詳細供水狀況。

表 5-2 E09023 小區複評成果表

108-109年管網防漏控制與小區規劃計量整合作業												
東區 營業分處 E09023					現場勘查日期：109年05月29日					抄表時間：14:10-16:55		
DSM 19020145-003					第一次抄表日期：109年06月01日					抄表時間：14:05~16:40		
作業範圍：臺北市中山區龍江路以東、復興北路(不含本線)以西、長春路以南、南京東路二段(不含本線)以北等所屬範圍。					第二次抄表日期：109年06月15日					抄表時間：13:10~15:50		
序號	地址	表號	日期	時間	現勘度數	日期	時間	第一次抄表	日期	時間	第二次抄表	用水度數
1	臺北市中山區遼寧街199巷27號	A107004223	109.05.29	14:49	219	109.06.01	14:34	219	109.06.15	15:38	225	6
2	臺北市中山區龍江路155巷18號	A103010406	109.05.29	16:05	2926	109.06.01	15:50	2927	109.06.15	14:23	2945	18
3	臺北市中山區遼寧街138巷27號總表	B109015914	109.05.29	16:05	100	109.06.01	15:50	101	109.06.15	14:12	128	27
4	臺北市中山區龍江路149巷9號	A101001836	109.05.29	16:05	無人	109.06.01	15:50	無人	109.06.15	14:11	無人	2
5	臺北市中山區龍江路149巷11號樓下	A103005307	109.05.29	16:05	187	109.06.01	15:50	187	109.06.15	14:37	188	1
6	臺北市中山區遼寧街199巷23號總表	C106111074	109.05.29	15:39	8117	109.06.01	15:24	8125	109.06.15	14:37	8250	125
7	臺北市中山區龍江路149巷13號	A103018882	109.05.29	14:34	無人	109.06.01	14:19	無人	109.06.15	14:37	無人	5
8	臺北市中山區龍江路149巷15號	A101003806	109.05.29	14:34	無人	109.06.01	14:19	無人	109.06.15	14:37	無人	4
9	臺北市中山區龍江路149巷17號	A108011274	109.05.29	14:26	找無	109.06.01	14:11	找無	109.06.15	14:44	找無	11
10	臺北市中山區龍江路149巷19號	A102003329	109.05.29	14:26	無人	109.06.01	14:11	無人	109.06.15	14:10	無人	39
239	臺北市中山區南京東路三段189號總表	C108087101	109.05.29	14:20	1316	109.06.01	14:05	1322	109.06.15	15:50	1424	102
240	臺北市中山區長春路346號之7	A101003805	109.05.29	14:10	找無	109.06.01	14:10	找無	109.06.15	13:20	找無	7
241	臺北市中山區長春路334號總表	D106006246	109.05.29	14:15	找無	109.06.01	14:15	找無	109.06.15	13:32	找無	374
242	臺北市中山區龍江路135號總表	B107075955	109.05.29	15:12	找無	109.06.01	15:12	找無	109.06.15	13:25	找無	18
243	臺北市中山區龍江路137巷1號	A108011227	109.05.29	16:00	找無	109.06.01	16:40	找無	109.06.15	14:23	找無	3
244	臺北市中山區龍江路137巷3號	B107075956	109.05.29	16:01	找無	109.06.01	16:01	找無	109.06.15	14:28	找無	17
245	臺北市中山區龍江路141號之2	A107010619	109.05.29	16:05	找無	109.06.01	16:05	找無	109.06.15	14:30	找無	16
											總用水度數	10696
總用戶數：853戶		第一次抄表	第二次抄表	售水率(%)		=總計用水度數/大表度數						
總表及直接表表數:245只		已抄表數：202只	已抄表數：202只			=10696/11666						
直接表表數：200只		未抄表數：43只	未抄表數：43只			=96.68%						
已勘查表數：202只		達成率：82.45%	達成率：82.45%									
未勘查表數：43只		DSM讀數=85664	DSM讀數=97330									
達成率：82.45%		DSM讀數差值=11666										

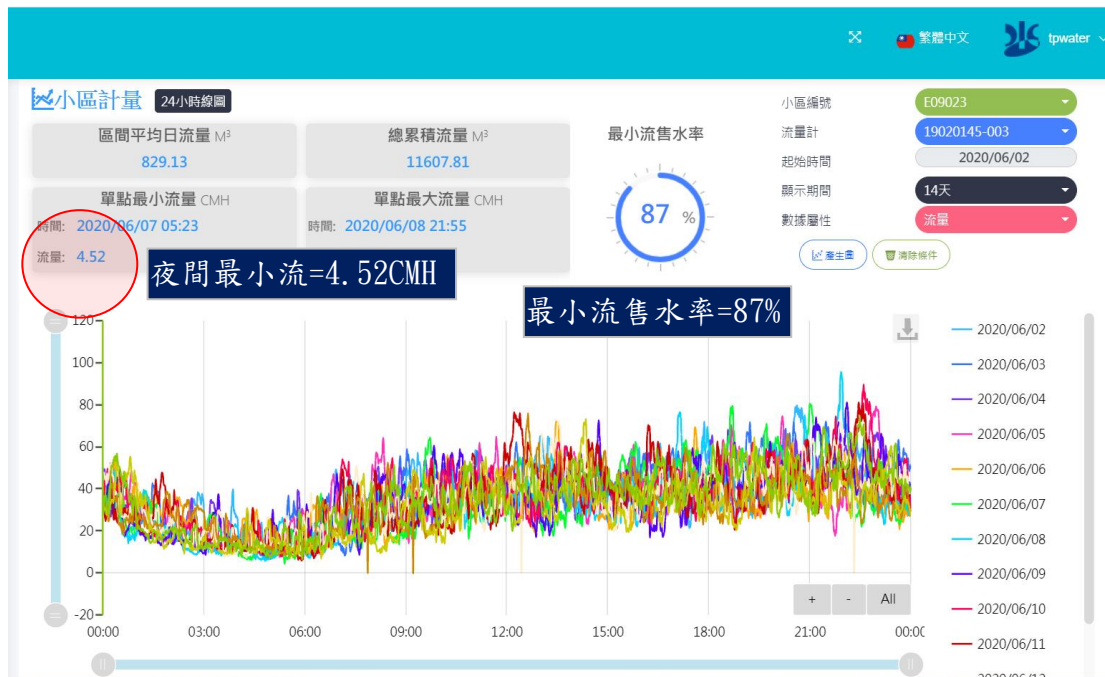


圖 5-5 E09023 複評作業夜間最小流售水率(109/6/1~6/15)

2、E13027 小區(施工中小區-採小區分區漏水評測)

- (1) 小區範圍：臺北市松山區復興北路以東、南京東路 3 段以南、光復北路以西及八德路 3 段以北所圍設區域（詳圖 5-6）。
- (2) 初始售水率：經 106 年初評, 售水率為 45.18%
- (3) DSM 設置：本小區因計量區域因素共設置 2 只 DSM，分別為 DSM-1：190800270014(200mm)、DSM-2：EB7-1903002-118(300mm)，其埋設位置如圖 5-5 所示。
- (4) 小區狀態：敦化北路 4 巷以北 E13027-A 及 E13027-B 次小區，於 108 年 12 月進場改善，於 109 年 3 月上旬完工；敦化北路 4 巷以南 E13027-C 次小區尚未進場改善、E13027-D 次小區則前於 90 年、100 年、103 年已汰換部份區域。
- (5) 次小區漏水自評：本小區屬施工中小區，部份區域已進場完成管線

汰換，部份區域則尚未汰換，北水處為瞭解汰換成果及未汰區域漏水狀況，依據 DSM、制水閥設置位置及管線汰換狀態進行次小區範圍規劃，因敦化北路 4 巷以北已完成管線汰換，遂以該巷道為界，規劃成以北次小區(E13027-A 及 E13027-B)及以南次小區(E13027-C 及 E13027-D)，其中以北次小區雖已完成管線汰換，惟有部分地點因管線障礙、後巷違建搭涉及私地等因素致無法汰換，另區內尚有數棟辦公大樓，假日用水量少，本次將利用 WEBGIS 系統所得平常抄日平均用水量及 DSM 回傳資料推估漏水率並分析用戶用水情形；至於以南次小區雖尚未完成改善，本次亦將利用 DSM 評測其售水率，一併瞭解其漏水情形。

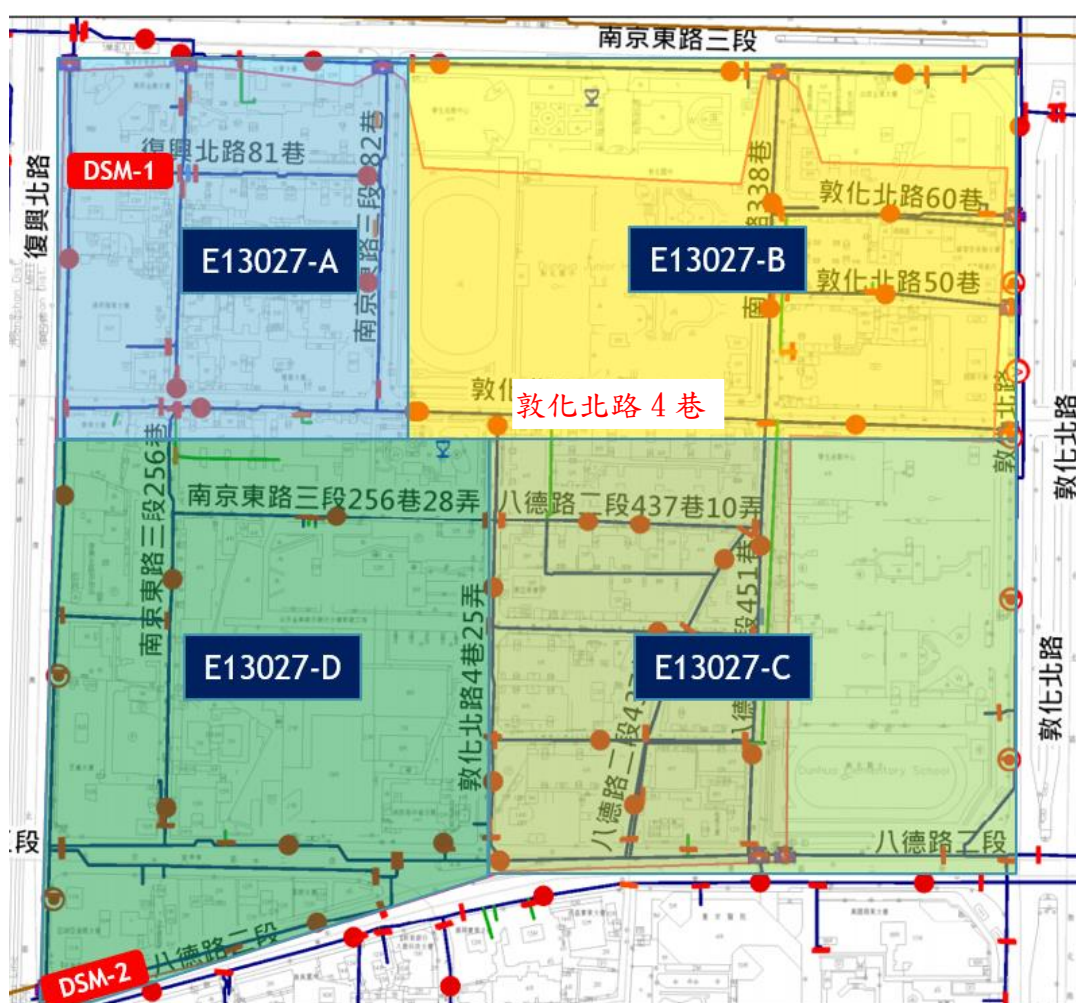


圖 5-6 E13027 小區、次小區範圍及 DSM 位置圖

(6) E13027-A 與 E13027-B 次小區漏水評測：

本小區雖設有 2 只 DSM，惟考量 DSM 口徑與設置位置、封閉區域範圍、需關閉制水閥位置及數量及停水影響用戶數量等因素，由圖 5-6 可知以 DSM-1 (190800270014，口徑 200mm)進行敦化北路 4 巷以北次小區售水率自評作業為佳。

於 109 年 6 月 23 日關閉本次小區邊界制水閥，經測試區外水壓無明顯變化維持 0.95kg/cm^2 ，區內水壓則由 0.95kg/cm^2 降為 0.87kg/cm^2 ，封閉測試完成後持續長時封閉 3 日至 6 月 26 日止，期間並無接獲相關無水案件，遂排程進行後續封閉及售水率評測作業。經考量本次小區已完成汰管，為評測更精確漏水情形，遂嘗試將次小區封閉時間由原訂 7 日延長為 14 日，於 7 月 2 日上午完成 DSM 歸零作業（詳圖 5-7）後即進行次小區封閉至 7 月 16 日，依 DSM 回傳 7 月 3 日至 7 月 16 日共計 14 日資料進行分析，夜間最小流為 4.61CMH （7 月 6 日上午 6 時 45 分），平均日流量 767.90CMD ，可推估本次小區漏水量約 4.61CMH （ 110.64CMD ）、漏水率為 14.41% ，售水率為 85.59% ，評測結果詳圖 5-7；另若以平常抄日平均用水量計算本次小區售水率，即由 WEGGIS 框選本次小區範圍，可得平常抄日平均用水量為 695.4CMD （詳圖 5-9），而 DSM 所測得平均日流量 767.90CMD ，依此可求得平常抄售水率為 90.56% ，該售水率確實比夜間最小流所得之售水率為高且準確性亦較高。

另分析 DSM-1 回傳本次小區 109 年 7 月 3 日至 16 日期間流量資料，可知上班日每日用水量約 850CMD ，假日每日用水量約 550CMD ，相當具規律性且假日用水量明顯減少約 300CMD （圖 5-10），研判係因 E13027-A 次小區鄰近復興北路側之辦公大樓（圖 5-10）於假日期間用

水量大量減少所致，依此可知利用 DSM 回傳用水資料亦可分析區內用水型態。

敦化北路 4 巷以北次小區以夜間最小流推估之售水率為 85.59%，顯示本區尚有較大漏水區域，遂計畫縮小封閉區域僅封閉 E13027-A 次小區，俟測得該次小區推估漏水量，再推估 E13027-B 次小區漏水量，以確認漏水分布於哪個次小區內。北水處遂於 7 月 20 日調整制水閥啟閉將 E13027-A 及 E13027-B 分隔為獨立區域，並將 E13027-A 次小區封閉 7 日至 109 年 7 月 27 日止，依 DSM 回傳數據資料分析，其夜間最小流為 2.74CMH (7 月 23 日上午 3 時 43 分)，平均日流量為 512.38CMD，可推估 E13027-A 次小區漏水量約 2.74CMH(65.76CMD)，漏水率為 12.83%，售水率為 87.13%，詳圖 5-11；若以平常抄計算本次小區售水率，即由 WEGGIS 框選本次小區範圍，可得平常抄用戶用水量為 467.22CMD(詳圖 5-12)，而 DSM 所測得平均日流量 512.38CMD，依此可求得平常抄售水率為 91.19%。另前述 E13027-A 與 E13027-B 次小區合計推估漏水量 4.61CMH，扣除 E13027-A 推估漏水量 2.74CMH，可推估 E13027-1-B 漏水量約 1.87CMH (44.88CMD)，DSM 推估平均日流量為 255.52CMD，可求得夜間最小流推估之售水率為 82.44%，惟若以平常抄計算本次小區售水率，由 WEBGIS 系統介接抄表系統所得之日平均用水量為 228.18CMD ($695.4-467.22=228.18$)，而 DSM 平均日流量為 255.52CMD，可知平常抄售水率 89.30%。

以上可知，E13027-A 及 E13027-B 之夜間最小流所推估售水率均小於以平常抄所得之售水率，符合夜間最小流售水率小於平常抄售水率理論。另依售水率研判，敦化北路 4 巷以北次小區漏水量較集中於 E13027-B 次小區內，後續將採巷弄直接法縮小疑似漏水範圍並輔以聽音檢測、相關式檢測方式改善漏水。



圖 5-7 E13027-A+B 次小區 DSM 歸零

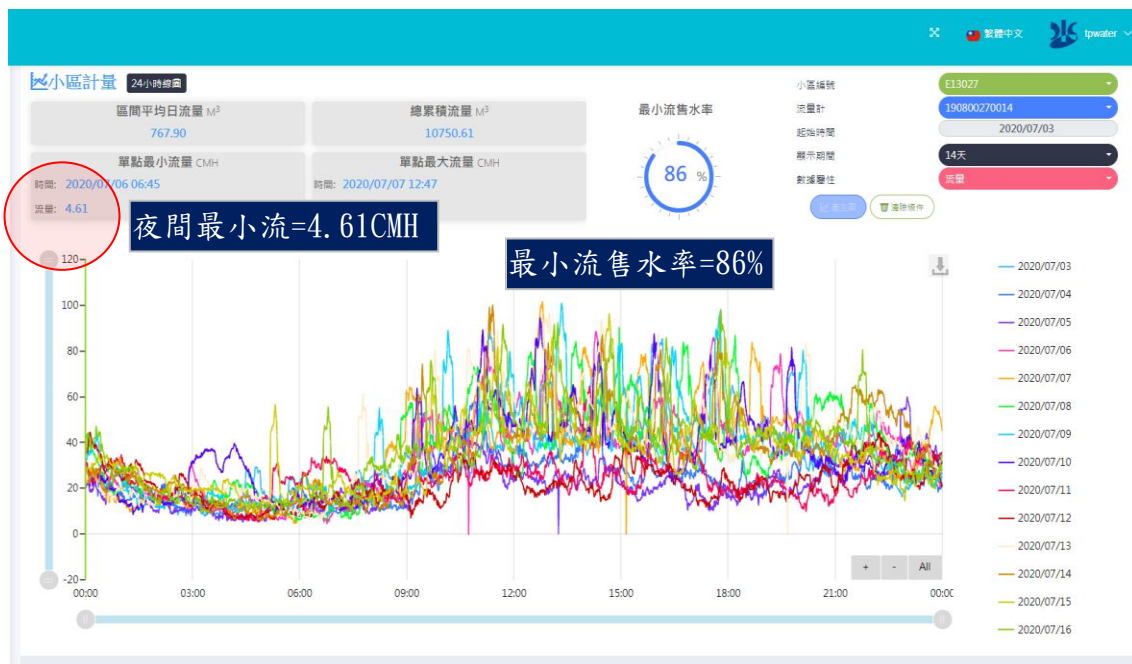


圖 5-8 E13027-A+B 次小區評測結果(109.7.3~7.16)

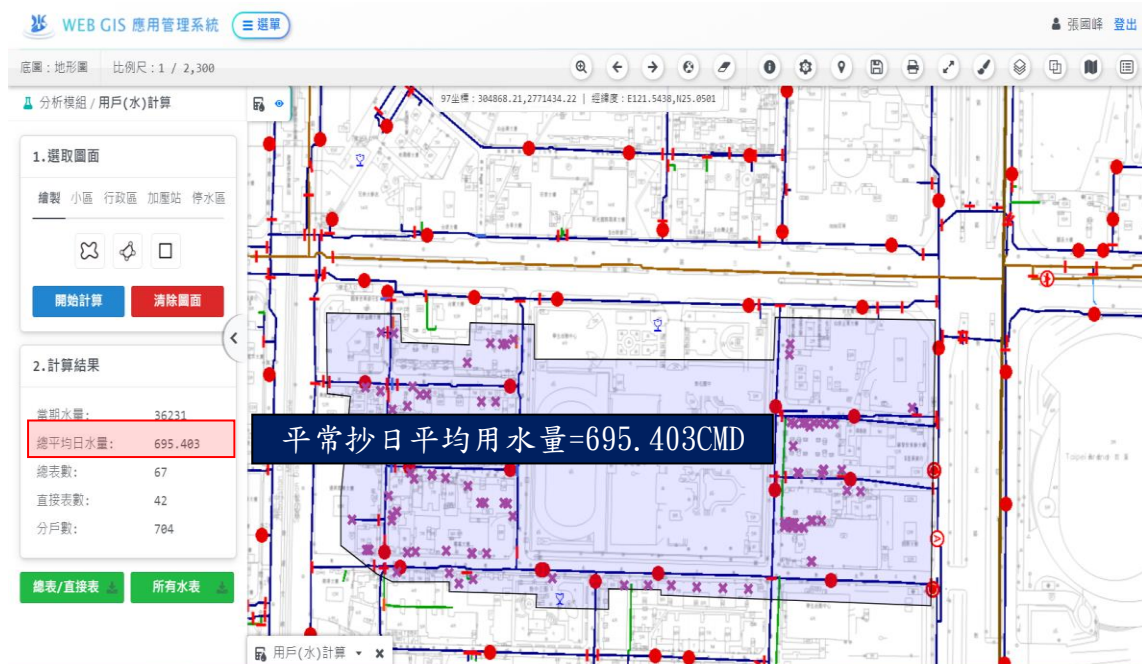


圖 5-9 E13027-A+B 次小區平常抄日平均用水量(由 WEBGIS 求得)

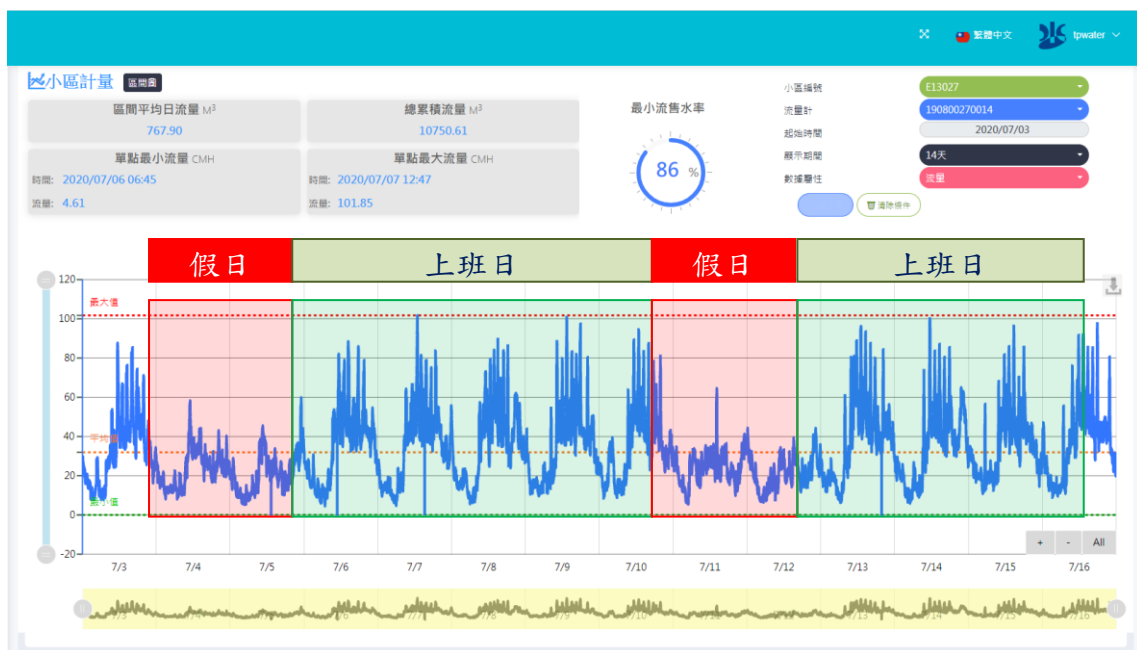
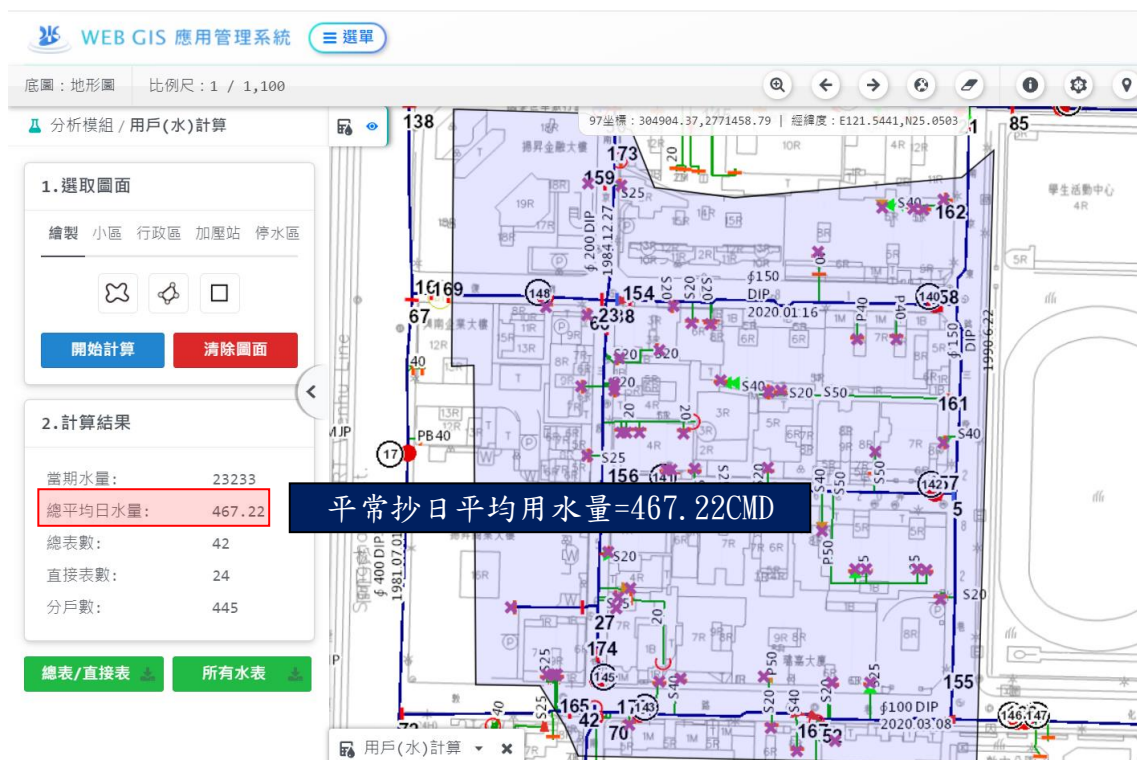
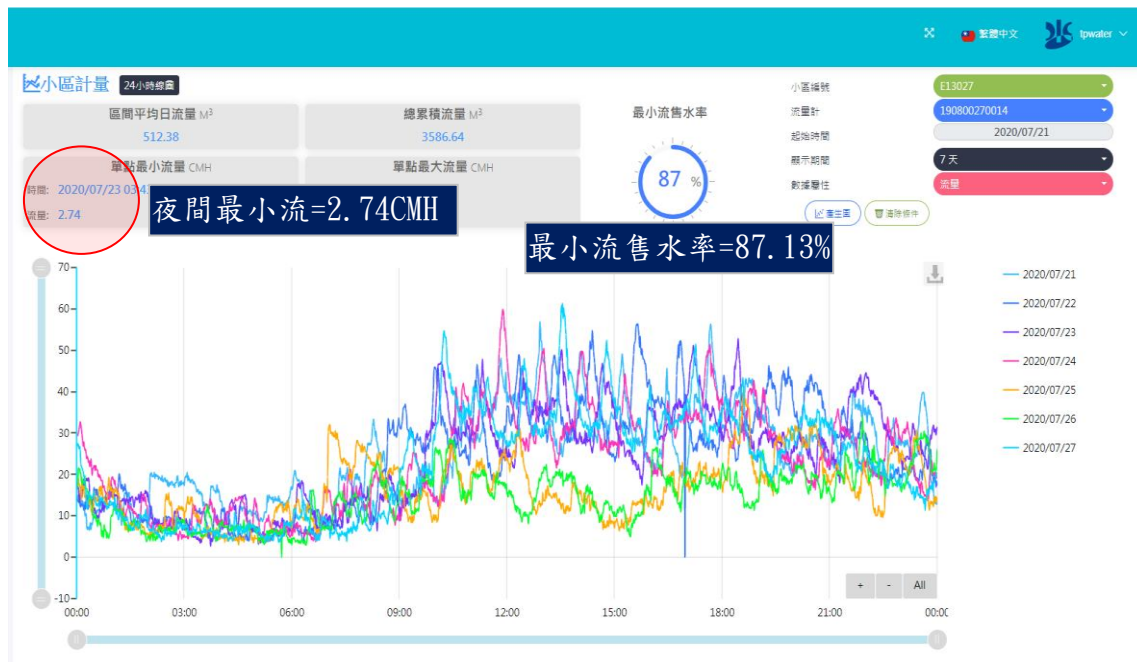


圖 5-10 E13027-A+B 次小區用水狀況(109.7.3~7.16)



(7) E13027-C 與 E13027-D 次小區漏水評測：

E13027-C 及 E13027-D 兩次小區屬尚未完成改善區域，僅需初步瞭解其漏水狀況，故其售水率自評作業將以夜間最小流推估。其中 E13027-C 區內多屬老舊建物，配水管線為 71 年所埋設球化率較不佳之石墨鑄鐵管，用戶給水管線多為 PVC 管，研判漏水應較為嚴重；至於 E13027-D 區內配水管線則多為 99、100 及 103 年所埋設石墨鑄鐵管，尚餘部份地點管線較為老舊須汰換，研判漏水應較為輕微，本次將利用 DSM 評測該兩次小區目前漏水分佈情形，俾作為後續改善之參考。

北水處為獲知 E13027-C 次小區漏水狀況，於 8 月 5 日以 DSM-1 進行計量，並擴大封閉區將 E13027-A、E13027-B 及 E13027-C 等 3 個次小區納入評測，經封閉測試 DSM-1 可歸零（詳圖 5-13）後於 8 月 10 日起封閉 7 日至 8 月 16 日，依 DSM 回傳數據資料分析，其夜間最小流為 20.49CMH（8 月 15 日上午 7 時 31 分），日平均水量為 1568.82CMD，售水率僅 68.65%（詳圖 5-14），扣除 E13027-A 與 E13027-B 之夜間最小流 4.61CMH、日平均用水量 767.9CMD，可推估 E13027-C 次小區漏水量為 15.88CMH（381.12CMD）、日平均用水量 800.92CMD，售水率僅 52.42%，顯示其漏水嚴重，亟需進行改善。

為測得 E13027-D 次小區漏水情形，北水處於 109 年 8 月 17 日以 DSM-1 計量並擴大封閉區域至 E13027 全區，惟因 DSM-1 為口徑 200mm 流量計進水量不足、E13027-C 次小區漏水嚴重且區內有多只 75mm、100mm、150mm 等口徑大表用戶用水等因素，是以封閉後水量及水壓均有不足情形，遂於當日解除封閉，擬改以口徑 300mm 之 DSM-2（EB7-1903002-118）進行計量。接續於 109 年 9 月 2 日改以 DSM-2 計量進行 E13027-C 及 E13027-D 次小區封閉測試，經封閉測試 DSM 可歸零（詳圖

5-15) 後，於 9 月 3 日起封閉 7 日至 9 月 9 日，依 DSM-2 回傳數據資料分析，其夜間最小流為 23.71CMH (9 月 9 日下午 6 時 4 分)，日平均水量為 2680.58CMD，推估售水率為 78.77% (詳圖 5-16)，若扣除前述 E13027-C 之夜間最小流為 15.88CMH、日平均用水量為 800.92CMD，可推估 E13027-D 次小區漏水量為 7.83CMH (187.92CMD)、日平均用水量為 1879.66CMD，推估售水率為 90%，顯示本次小區漏水量小。



圖 5-13 E13027-A+B+C 次小區 DSM 歸零

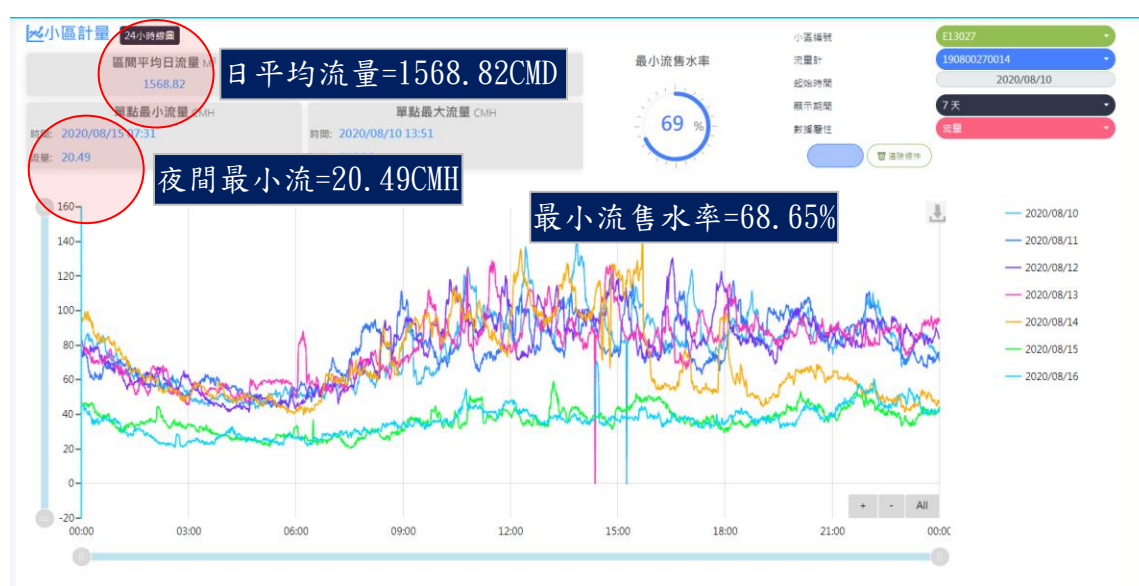


圖 5-14 E13027-A+B+C 次小區評測結果(109.9.10~9.16)



圖 5-15 E13027-C+D 次小區 DSM-2 歸零

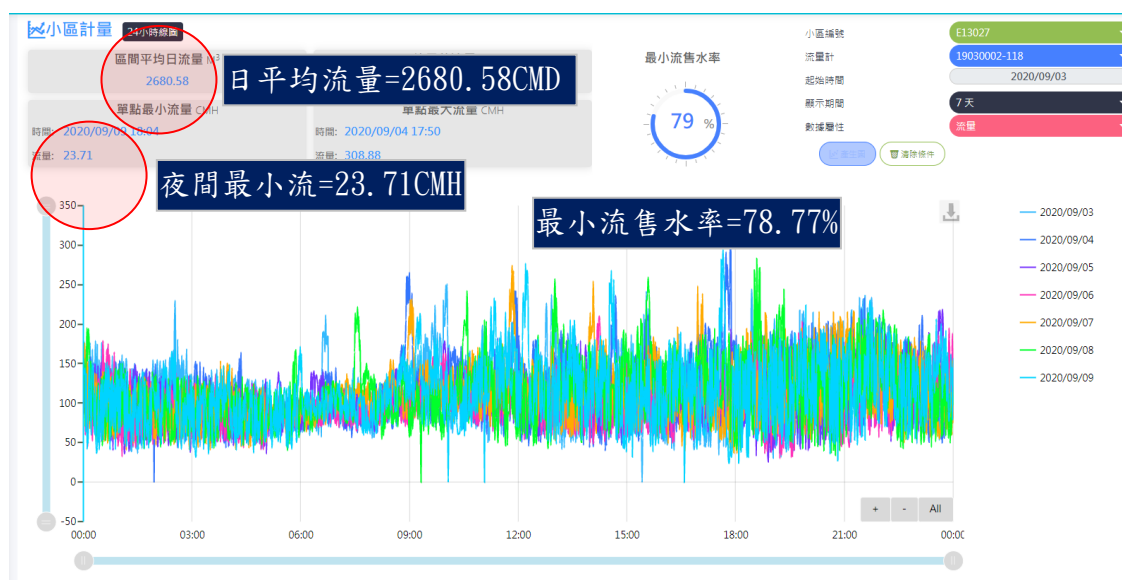


圖 5-16 E13027-C+D 次小區評測結果(109.9.3~9.9)

本次利用 DSM-1 及 DSM-2 進行 E13027 各次小區售水率自評結果如表 5.3 及圖 5-17，可分析 E13027 小區目前漏水分佈狀況，其中 E13027-A 及 E13027-D 次小區目前供水狀況尚佳，E13027-B 次小區則仍有漏水需檢測修理，至於 E13027-C 次小區則漏水嚴重，亟需進行管線汰換，前述各次小區漏水情形與區內管線新舊及是否汰換關聯性相當高，顯見利用次小區規劃、WEBGIS 系統及 DSM 自評作業，可於短期內獲知小區

漏水分佈狀況，可據以作為日後漏水改善之參考依據。

表 5-3 E13027 各次小區以 DSM 評測漏水情形統計表

次小區	DSM日平均流量(CDM)(A)	DSM夜間最小流(CMH)(B)	推估漏水量(CMD)(D)	夜間最小流漏水率(%) (E=D/A)	夜間最小流售水率(%) (F=1-E)	平常抄日平均用水量(CMD)(G)	平常抄售水率(%) (G/A)	備註
E13027-A	512.38	2.74	65.76	12.83	87.17	467.22	91.19	已進場改善
E13027-B	255.52	1.87	44.88	17.56	82.44	228.18	89.30	已進場改善
E13027-C	800.92	15.88	381.12	47.59	52.41	/	/	尚未進場改善
E13027-D	1879.66	7.83	187.92	10.00	90.00	/	/	局部未改善

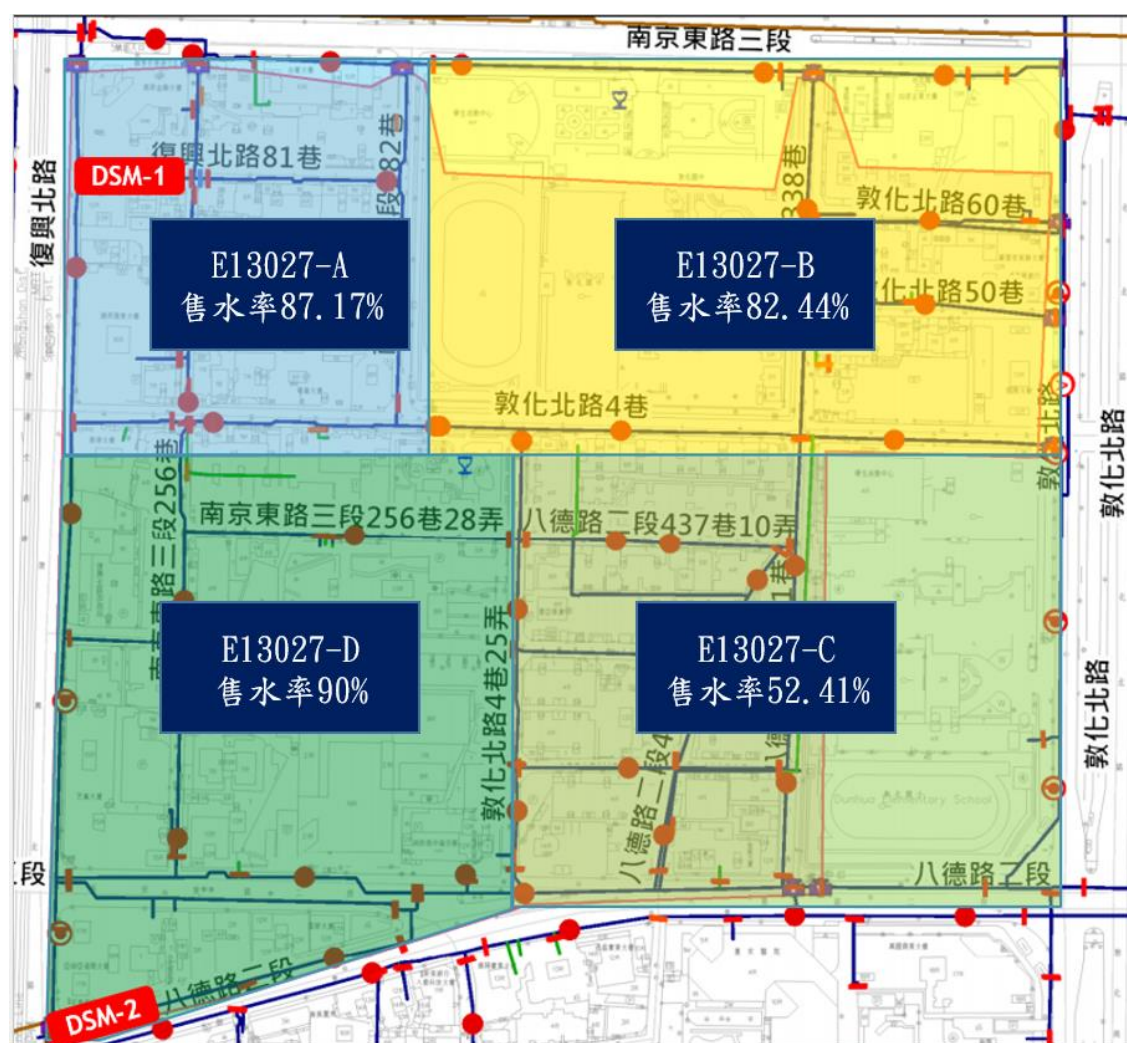


圖 5-17 E13027 小區售水率自評結果

5.2 壓力資料之應用

依據國際自來水協會（IWA）建議，成功漏水管理對策，主要作業內容包含管線汰換、修漏品質、漏水檢測及水壓管理四大要項。壓力管理本就是自來水事業單位進行漏損控制的手段之一，一般而言，在同樣的流通斷面積之下，壓力的變化會直接影響流體的速度，也就影響了流量的多寡，換言之，當管線一旦發生了破損，高壓力一定比低壓力的漏水量高。為減少漏水量而降低水壓，易因水壓太低造成供水品質不良，而水壓太高則增加漏水量亦浪費加壓站動力能源。水壓、漏水量、能源三者要取得平衡點頗有難度，也是自來水事業單位持續辦理的重要課題。

現行利用壓力紀錄的方式，當監控到管網中監測點（RTU）或小區智慧讀表（DSM）紀錄到某一時段發生壓力下降且水量增加之情況，就極有可能表示在監測範圍或所計量範圍內發生了漏水。管網漏水容易造成不穩定的供水壓力，而不穩定的壓力也會造成材質不佳或使用年限較久的管線發生破損及更大的漏水，進而影響後端管線供水，管線末端用戶就會反映用水品質不良，如熱水器點不著、壓力忽大忽小及水量不夠等問題。

目前水壓監視點除上述漏水判定外，已將部分壓力監視點提升其參考的強度，朝向精緻水壓操作及管理，北水處於管汰計畫初期即引進變頻設備，並發展遠端壓力回授控制，將加壓站範圍末端管網壓力定為回授控制的參考壓力點，依據末端壓力需求調整變頻式抽水機供水能量，滿足管末端水壓，也維持供水系統水壓穩定[20]，對漏水率之降低及節電成效顯著。

供水範圍內土地價值高昂購置不易，再者，臺北市政府為有效管理道路管線及降低管線施工挖掘道路之次數，於 104 年 7 月 1 日成立臺

北市道路管線暨資訊中心後，已加強道路挖掘之管控，新北市政府亦於 109 年 7 月 16 日成立智慧道路管理中心加強道路挖掘管理，現階段若需增設監視點已越發困難，遂如何利用既有監視點及資料，更進一步使用小區智慧讀表的水壓、流量測量及紀錄等功能，成為即時監測水壓及水量，是北水處當前著重的課題。

接下來就目前壓力資料應用的方式進行闡述：

5.2.1 提供現場水流向判定

目前 WEBGIS 平台已依據 100 年至 105 年轄區水壓全面調查結果，將已調查完之供水分區部分繪製之等壓線圖建置於圖台上供參考(如圖 5-18)，惟該資料係 105 年前以現場消防栓量測水壓後所繪製之成果，部分區塊因應供水範圍、模式調整及政策改變等，或部分區域水源配合能源最大化利用已調整供水方式，現況已與目前測量之成果略有不同。遂為取得符合現況的等壓線，應辦理等壓線定期調整，惟若仍循以往方式以大量佈點量測區內消防栓的壓力並長時紀錄，亦過於浪費人力及資源，甚有影響救災之可能，現行智慧化方式即利用既有監視點及智慧讀表之即時壓力來調整等壓線。另於相同量測範圍的條件下，水壓量測點越多等壓線繪製精度也越高，惟在供水大系統範圍內，如大型加壓站範圍在一定數量下所繪製之等壓線圖仍具有參考價值，惟小型加壓站範圍水壓量測點之數量差異對等壓線之精度就有明顯之影響[21]。

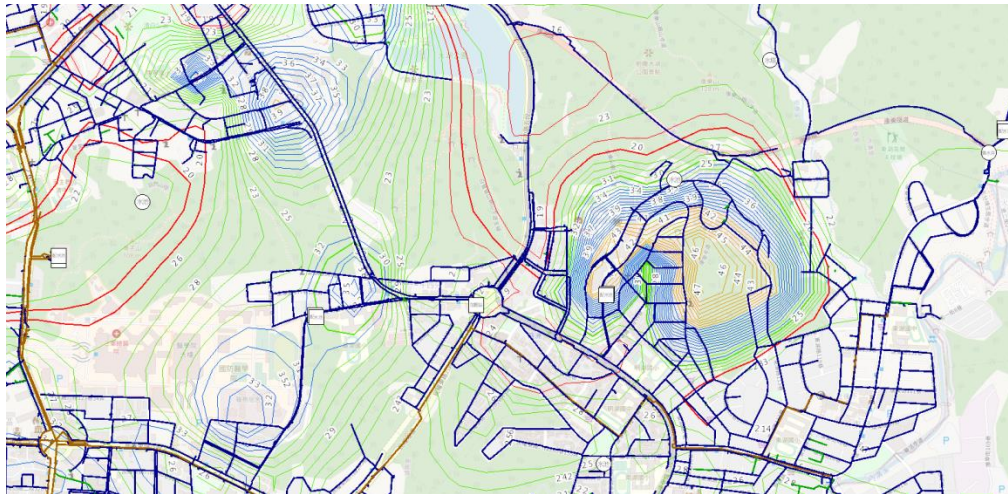


圖 5-18 WEBGIS 水壓等壓線分佈圖

截至 109 年 6 月止，可監測水壓紀錄的監視點約計有 189 處，再加上目前已安裝於小區進水點之 250 只小區智慧讀表，現階段雖僅約有 439 處水壓監視點，分佈率雖不高，惟已可利用各點壓力紀錄值統計出各點之平均、最大及最小壓力值，依資料庫之記錄狀況，將可依每季或逐年移動進行平均、最大及最小壓力值之現況計算，及據以內插等方式繪製出等壓線供作業參考。而北水處未來 3-4 年計畫以小區計量窰井續裝設至少約 300 只小區智慧讀表，將使壓力分佈等壓線圖更具代表性。

將等壓線依壓力高低給予不同色階，如最高為紅色或最低為藍色等，現場作業人員即可利用不同壓力色階之等壓線分佈圖輔以鄰近監視點之壓力值，就可判定水流走向，並成為現場作業或啟閉閘栓之順序參考，減少操作造成水流方向的改變（如圖 5-19）。



圖 5-19 等壓線分佈參考圖

等壓線圖亦可提供瞭解區域內水壓較低的範圍，配合小區計量區劃分及智慧讀表判定最小流等方法後，可研議該區塊是否為管末或漏水嚴重，及是否納入管網改善優先序列中。若遇突發緊急案件發生，如區域壓力驟降，為釐清問題所在，依以往方式往往是派遣人力至現場佈點逐一測試制水閥及量測消防栓水壓，先行確認自來水流向，再逐一關閥測試壓力前後變化，此一作法耗時耗力。若以智慧即時繪製等壓線圖後，即可前後比對壓力變化範圍，並確認管段水流方向，縮小測試範圍，再配合監視點及小區智慧表的壓力變化，可較快速找出原因並解決問題。

5.2.2 壓力趨勢的應用

將小區智慧讀表或監視點的壓力值依時間序列變化劃設即可得該點的水壓趨勢圖。於獨立封閉的管網系統中，若不考慮任何的能量轉換或損失，依能量守恆定律，動力起始端的壓力變化應跟管網中各點的壓力變化相同，惟自來水經管網輸送能量遞移受摩擦損失、老舊管線漏損或用戶用水等影響後，遠端壓力應低於起始端，惟同供水範圍內之監視點等趨勢圖上仍應有變化雷同的高低峰，即所謂壓力頻譜（趨勢）應近似（如圖 5-20），而利用近似的壓力頻譜就可以進行簡易的應用及管理。

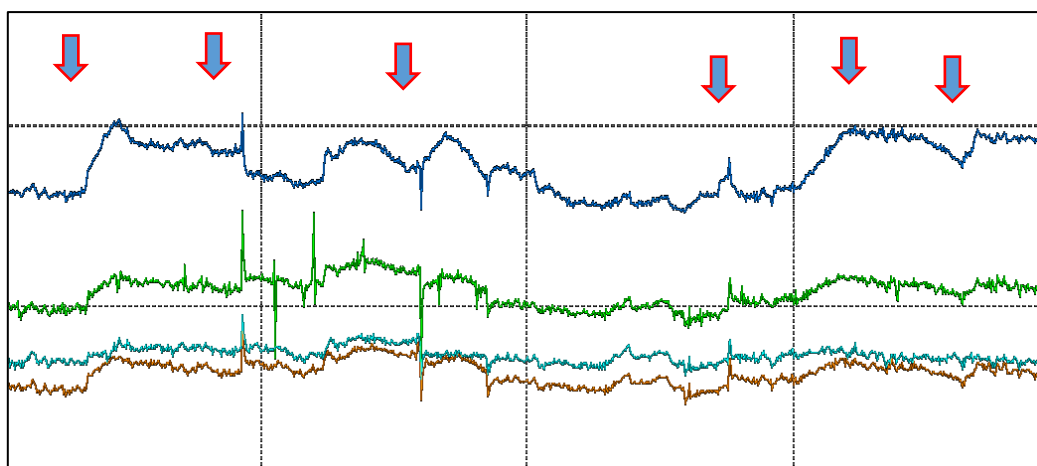


圖 5-20 內湖供水區域內各點壓力頻譜圖

同樣的，在同一供水範圍內鄰近的兩個未封閉小區也應有近似的壓力頻譜（如圖 5-21 及 5-22），反過來說，管理者即可利用近似的壓力頻譜來判斷管網範圍係屬於哪一加壓站或供水系統，系統利用各小區智慧讀表資料建立頻譜並進行比對，同一類群的壓力頻譜就可視為同一供水或加壓範圍。利用既有壓力趨勢資料先行建立各供水區的壓力群組後，系統可每年或隔年定期進行自我比對，當有某一點壓力頻譜已偏離原先的高低峰範圍即可視為非屬此一供水區壓力群內，即跳出警訊或傳出訊息通知管理單位，管理單位即可針對該點現象進行確認，是否供水區域遭不明原因改變邊界閥、管線已有嚴重漏水或監視點鄰近已新增大用戶用水，其用水狀況已長時段影響監視點紀錄值等，而無論如何均非健全管網及良好供水系統應存在的現象。

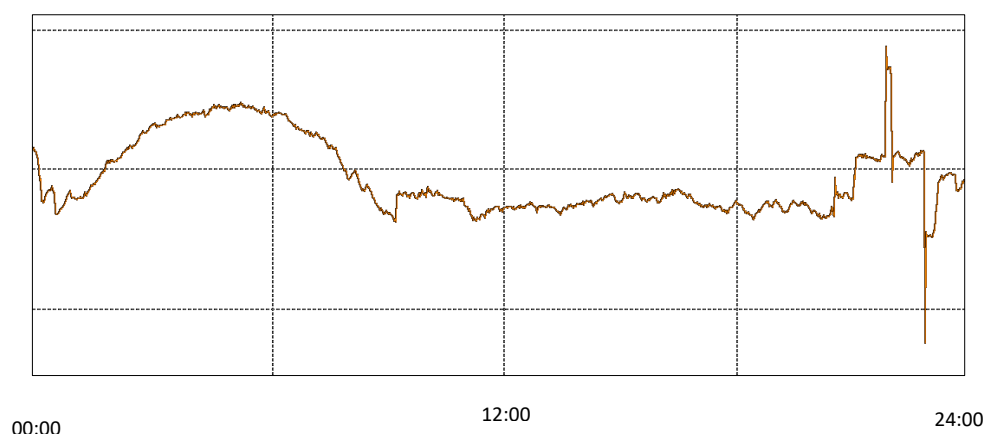


圖 5-21 大同市區線一日出壓趨勢圖

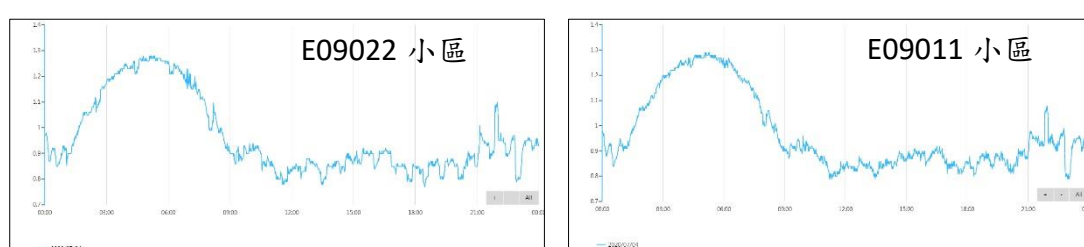


圖 5-22 E09011 及 E09022 小區一日壓力趨勢圖(大同市區線)

5.2.3 漏水管控及即時處理

監測壓力的變化是最常見的漏水管控方式，當某一時段發生壓力下降出水量增加的現象，經先行判定是否有非屬常態之大量用水行為，若否，且在無外加能量的狀況，即可能為管網漏水發生。於須同時面對 2 至 3 百個監視點的監控人員來說，該如何即時發現類似的事件，這就有賴於智慧化系統的協助，以北水處 SCADA 系統（Supervisory Control And Data Acquisition）目前就是結合統計學上的常態分佈（Normal Distribution）及 6 個標準差（Six Sigma）的概念作為判斷依據。

常態分佈係指將一連續變項之觀察值發生機率以圖形呈現其分布情形，且具有以下特性：「以平均數為中線，構成左右對稱之單峰、鐘型曲線分布。68.3%的數值落在平均數 ± 1 個標準差間；95.4%的數值落

在平均數 ± 2 個標準差間；99.7%的數值落在平均數 ± 3 個標準差間[22]，
如圖 5-23 所示。」

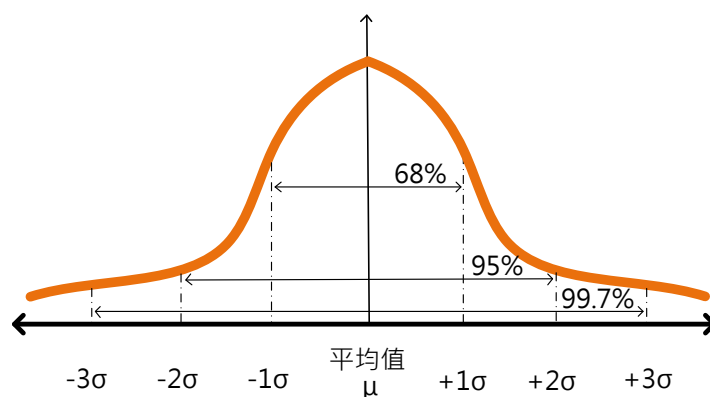


圖 5-23 常態分佈曲線示意圖

系統自動將各個壓力監視點以其 24 小時各時間點近 30 日的資料核算各時間點之平均值此為移動平均，而以各時間點資料又可以算出每點標準差的範圍（圖 5-24）。當現場壓力值落在 ± 2 個標準差就算是尚可接受的範圍值；當現場壓力值超出 ± 2 個標準差就發出黃色警訊；當現場壓力值超出 ± 3 個標準差就發出紅色警訊。管理人員當接受到異常警訊後就可以提高對該點的注意力，並進行相關的詢問及調查，並依狀況進行即時的處置。

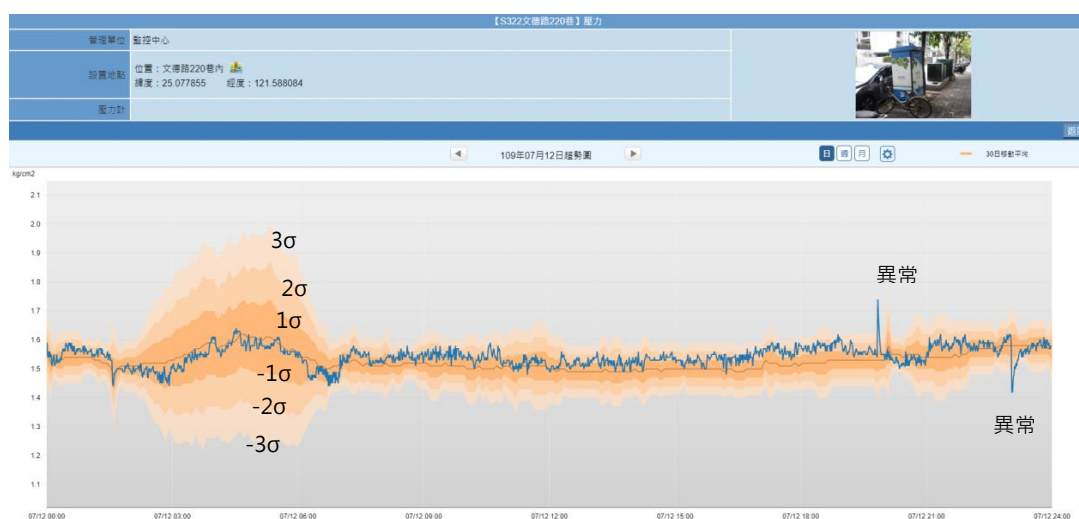


圖 5-24 壓力監視點移動平均及標準差趨勢圖

以小區智慧讀表之壓力紀錄同樣也利用常態分佈及標準差之概念，數值紀錄可依小區是否封閉為區分，未封閉小區的智慧讀表的壓力數值及即可視為單一監視點，當發生壓力或流量數值異常時，系統就可以發出警訊至管理人員，經由管理人員的判斷，是否 DSM 附近有大用戶大量用水或是發生漏水情形，也就是說若發生超出 ± 2 個標準差的數值產生，就可以提醒轄區分處人員注意，若狀況持續甚或有一段時間超出 ± 3 個標準差的數值，就應至現場確認狀況，是否鄰近有制水閥遭作動，若搭配流量增加，則可能有漏水的產生，此時可再配合小區內細分區塊封閉測試，搭配最小流及聽音檢測，就可提早發現及處理漏水或異常狀況。

5.3 小區邊界封閉自動化判斷

為能形成小區，除區域條件為單一進水點或獨立供水系統外，必須將小區所規劃之邊界制水閥關閉，讓小區獨立形成單一或限定少數之進出水點後，才成為計量小區，大臺北地區小區規劃方式幾乎都以道路街廓為邊界切分區域，故邊界制水閥多位於巷道口(如圖 5-25)，而制水閥的啟閉狀況與操作是否確實，影響小區計量結果甚劇，目前對於制水閥與消防栓的維護管理已建立「閥栓維護管理系統」(如圖 5-26)，對於閥栓使用的各項維護均能妥善管理，而一般 400mm 以下制水閥為手動方式操作，在操作制水閥時，對於閥的實際開度狀況必須確實回報反映於該系統上，以利後續維護管理，然制水閥其實只要簡單工具即可進行操作，若施工或其他人員前往私自操作且未回復原有開度，則現場閥的實際狀況為開啟或關閉將無法得知，也會造成閥栓維護系統與現場狀況不

一致，另對於閘與閘之間的連動關係，在作業上必須再經由圖面判斷，以確定區域內管線的供水關聯。

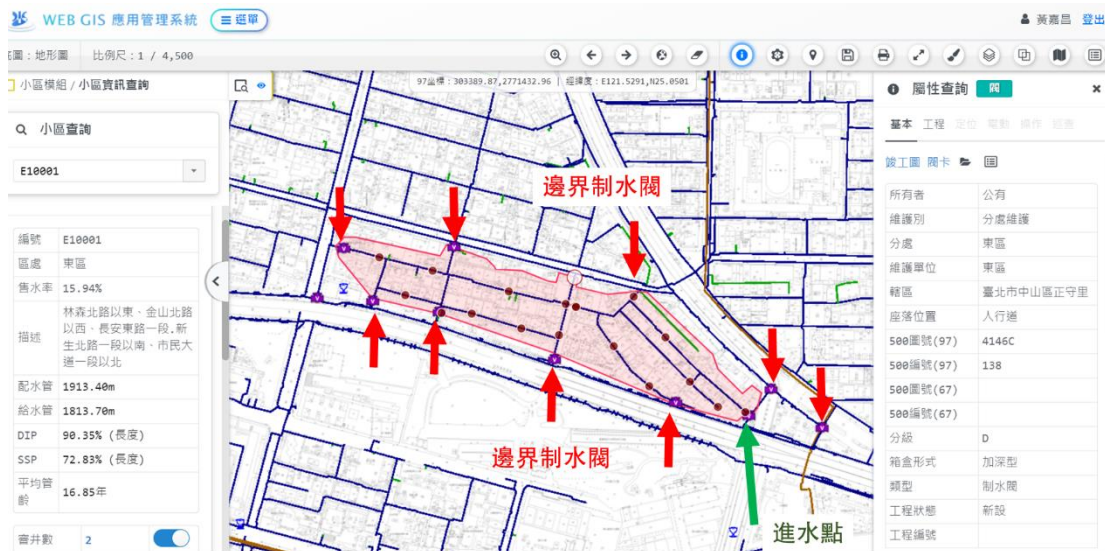


圖 5-25 WEBGIS 小區邊界與制水閘關係



圖 5-26 閘栓維護管理系統介面

而小區因邊界制水閘較多，當進行計量封閉時，小區以外周圍管線之制水閘若未經通盤考量而操作，易造成小區外周邊管線供水狀況異常，以(圖 5-25)E10001 小區為例，目前在系統上均可以將小區範圍及邊界制水閘位置標出，但對於小區目前是否為封閉狀況則無法得知，若能在小區本身或周圍進行制水閘操作前，系統能自動顯示該小區的封閉狀況，

將有利於各項作業進行。本章節將透過實際小區操作，利用 DSM 流量計所回傳之流量與壓力資料，藉由找出小區封閉與不封閉的不同特性，將其特性作為未來系統機器學習之基礎，發展小區自動封閉判斷模組。

5.3.1 使用X-Y散布圖進行小區封閉資料呈現

利用 DSM 每分鐘所回傳的一筆流量與壓力資料，一日可產生共 1,440 筆資料，將流量定義為 X、壓力定義為 Y，布點於 X-Y 向量上，對於有封閉與未封閉區塊，應該可以在圖形上發現其位置與形狀不同，利用北水處 Y11003、E09008 與 S10001 小區，在 108 年 6 月封閉前與封閉後各找出 1 日將其 1 日內之 1,440 筆流量與壓力資料佈於 X-Y 散布圖上(如圖 5-27)，在 Y11003 與 E09008 可以明顯看出圖形的形狀與位置明顯改變，而 S10001 位置只有小幅度的改變。

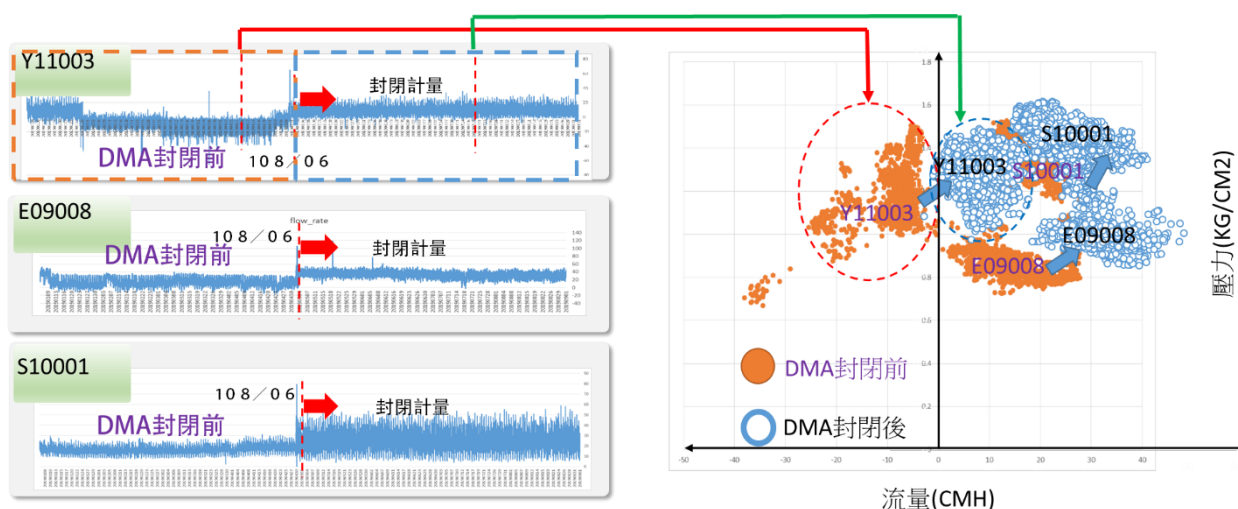


圖 5-27 將小區流量與壓力佈於 X-Y 散布圖

美商傑明工程顧問(股)台灣分公司何媚華等 5 人曾針對台中供水系統已建置之小區為研究對象，擷取各小區半年內之水量、水壓監測數據，據以繪製 XY 散布趨勢圖進行分析。樣態成果概略分為 8 類，包括(1)完整封閉、(2)水量與水壓起伏趨勢相似、(3)夜間最小流偏高、(4)夜間

最小流偏低、(5)平均水量呈現向下、(6)平均水量呈現向上趨勢、(7)監測資料缺漏、(8)監測數據不合理…等。其中完整封閉之小區在該研究中流量與水壓明顯呈反比關係 [19]。對於小區是否能完整封閉，利用制水閥將唯一進水點關閉，以區內 2 至 3 個消防栓確認是否完全斷水後，再開啟單一進水點且經過數日的觀察無供水不足情形發生後，再開始進行計量，除非小區內有不明管連接於區外，所得到的資料應是完整封閉狀況。以 W12011 小區為例(如圖 5-28)，無須利用邊界制水閥封閉，本身即為單一進水點小區，觀察其在 109 年 7 月 29 日至 8 月 1 日之 X-Y 散布圖，可以明顯發現每日圖形類似，且經由趨勢線可以發現，該小區流量與水壓確實呈反比關係。

W12011-天然單一進水點(絕對封閉)

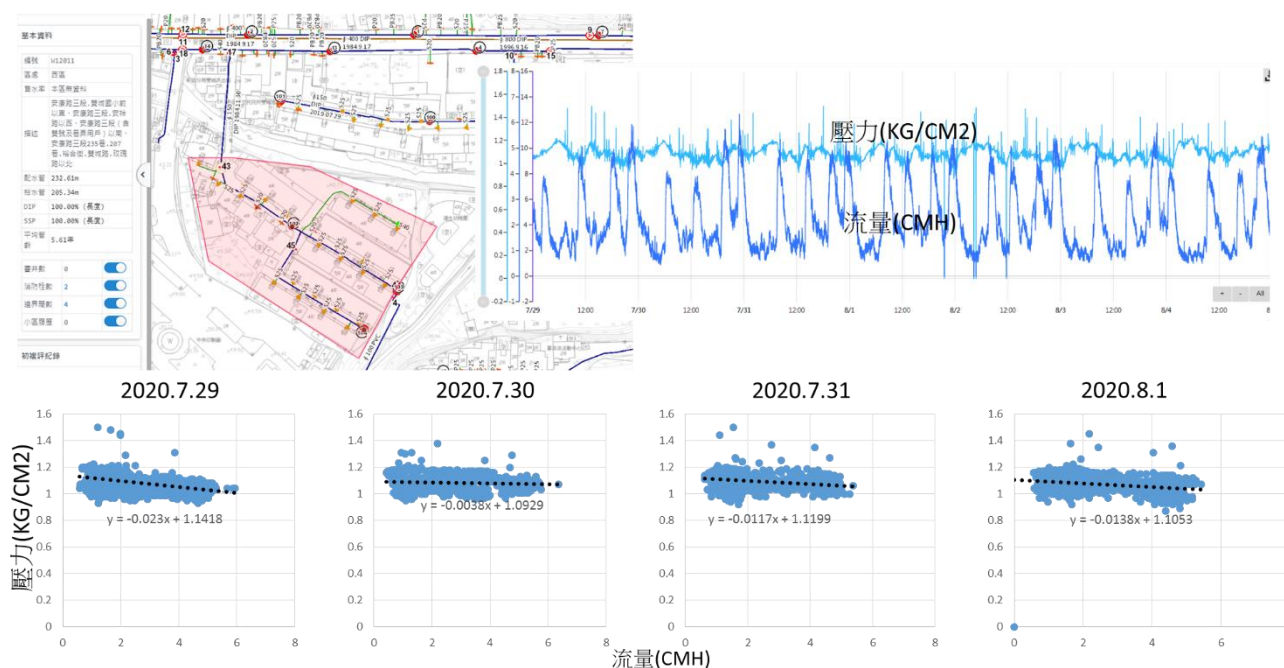


圖 5-28 W12011 小區之流量與壓力資料展示於 X-Y 散布圖

再以 E09010 小區為例，E09010 位於臺北市中山區，屬於利用多個小區邊界制水閥關閉所形成獨立進水區域，在 109 年 7 月 30 日至 8 月 3 日所繪製的 XY 散布圖(如圖 5-29)，可以發現每日均為類似的圖型，

且流量與壓力趨勢均成反比，而本區自 107 年完成管線汰換後，利用 DSM 流量計連續監測，售水率均維持 90%以上，其流量在夜間壓力值最大時相當接近於 0，可見本區域維持狀況良好，並無漏水情形。

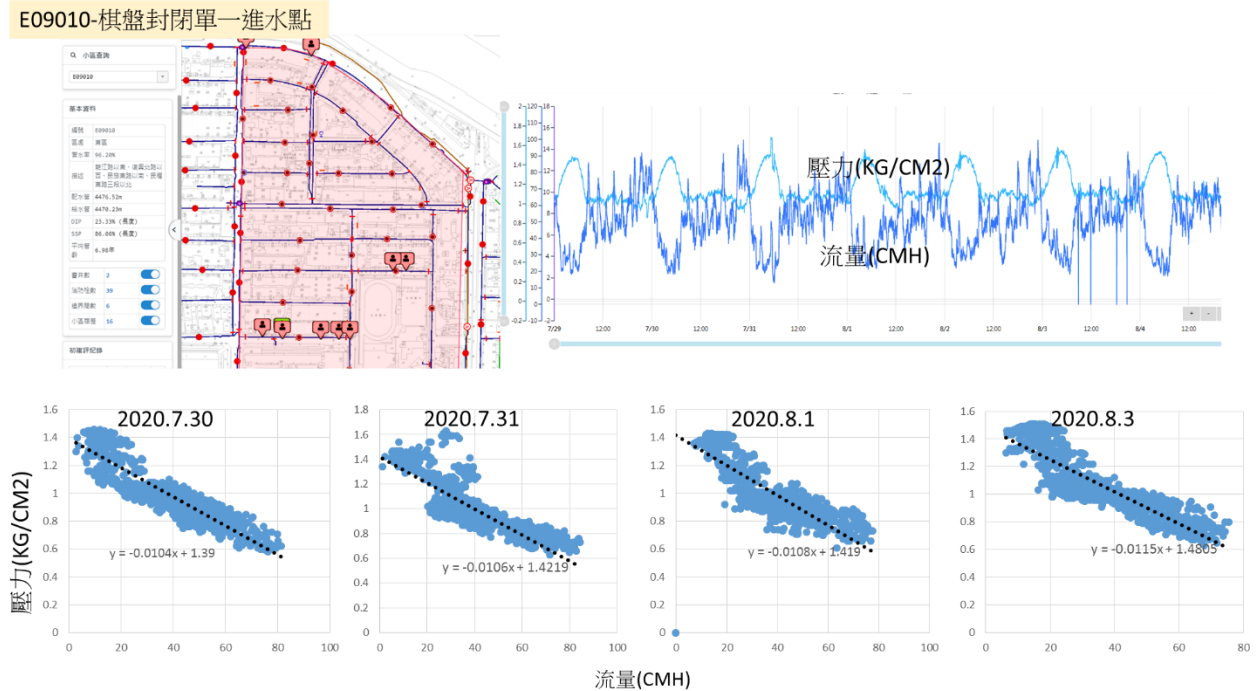
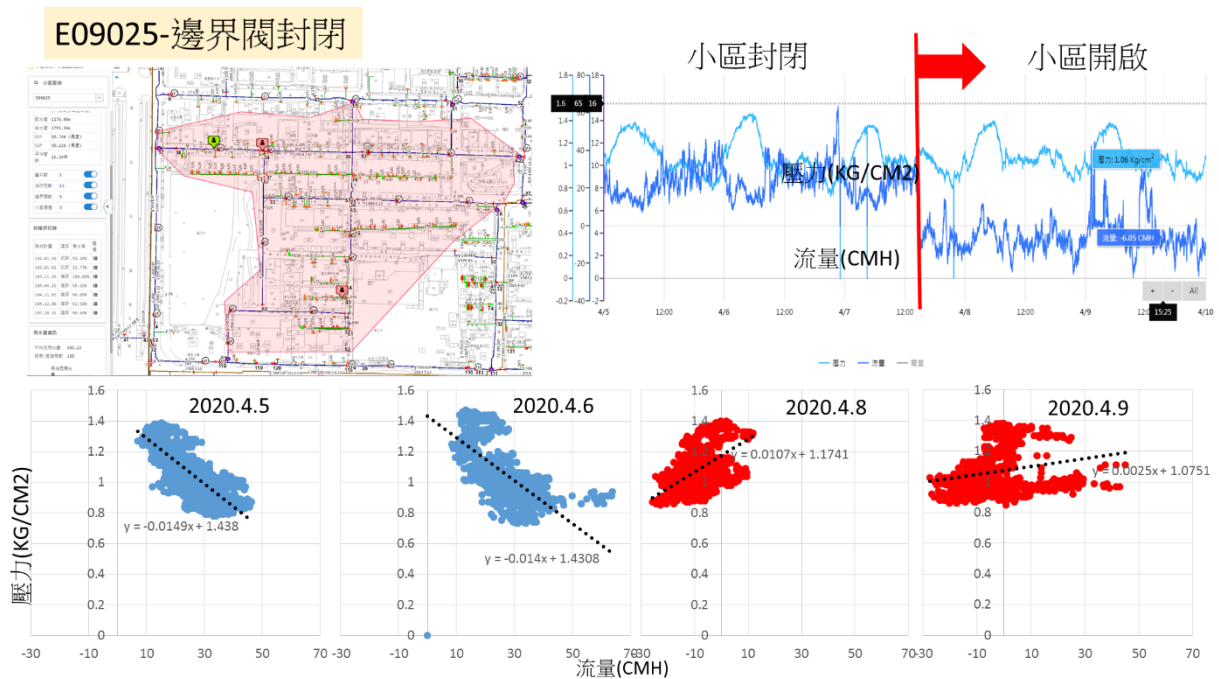


圖 5-29 E09010 小區之流量與壓力資料展示於 X-Y 散布圖

對於確實封閉的小區可以獲得一個初步的結論，就是利用 XY 散布圖，每日的圖型類似且流量與壓力呈現反比之趨勢，接下來比較同一個小區封閉與不封閉的圖型，E09025 小區(如圖 5-30)在 109 年 4 月 6 日以前小區為封閉計量狀態，而在 4 月 7 日以後計量完成進行邊界閥開啟，因為小區與管網連通後，形成多個進、出水點，在圖型上可以明顯發現因流量計位置管線流向變化大，所以在流量上產生了負值，而流量與壓力的趨勢明顯呈現正比，另外，比較開啟後 4 月 8 日與 4 月 9 日這 2 日，也可以發現其圖型結構完全不同，流量與壓力趨勢圖雖然成正比，但卻有著不同的斜率。



以 E09025 在封閉呈現規律圖型且流量與壓力趨勢成反比，而不封閉圖型呈現不規律情況下，應該可以利用其特性，找到封閉後流量與壓力在 XY 散布圖的規律結構，當該特殊結構能夠被定義出來，未來只要流量計所回傳每日的流量壓力資料符合該結構，電腦就可以智慧化判斷該小區為封閉狀況或開啟，以輔助各項區內外閥栓操作；而如何定義該結構，在下一節進一步說明。

5.3.2 探討小區邊界封閉特性判讀方式

以 E09025 小區為例，因為解除封閉後流量計所在之管線，明顯由正向流，改變為正逆向之綜合流向，在圖型上可以以肉眼明顯判斷其不同處，但若是小區解除封閉後其流量計位置管線流向不變且流量與壓力大小差異不大，要靠圖型判斷是否封閉，必須要找到封閉與不封閉之間最大的不同點，才能讓電腦進行判讀。

以 N19901 小區的 XY 散布圖為例(如圖 5-31)，端看 4 張圖型除了 9 月 8 日的圖型因流量較大明顯不同，另外 3 張圖形類似，憑肉眼較無法判斷其差異，另外比較趨勢線的斜率，4 條都呈現反比，而其中 109 年 8 月 15 日與 8 月 28 日的斜率類似，而 8 月 21 日與 9 月 8 日的斜率類似。

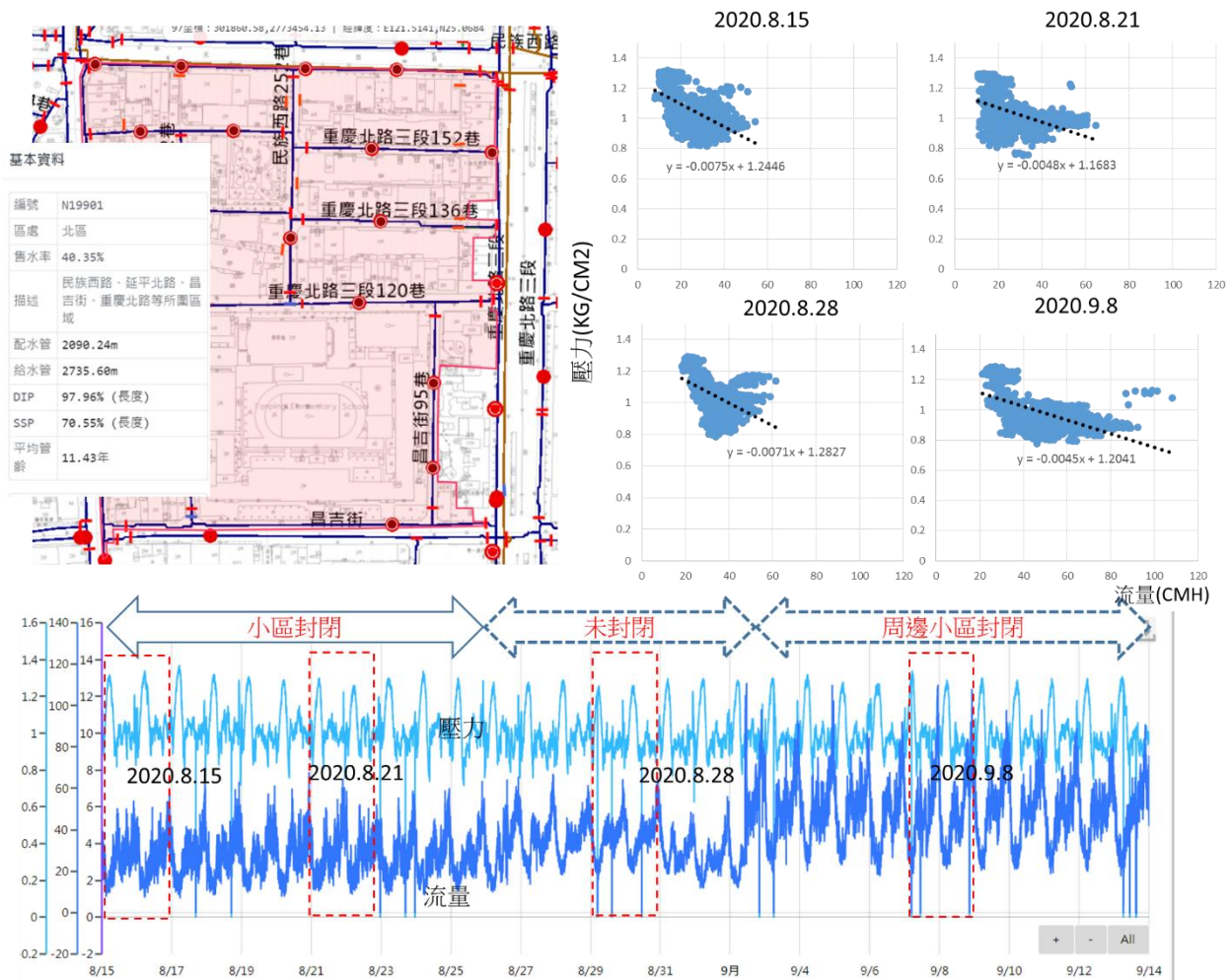


圖 5-31 N19901 小區之流量與壓力資料展示於 X-Y 散布圖

事實上這個小區在 8 月 15 日與 8 月 21 日為封閉狀況，而 8 月 28 日小區未封閉為開啟狀況，而在 9 月 2 日以後 N19901 小區旁的 N19902 小區進行封閉，反倒讓 N19901 的 DSM 流量計管線位置產生更大的流量，使得 9 月 8 日的流量明顯大於其他時間，而因為 8 月 28 日不封閉

期間流量與 8 月 21 日以前之封閉狀況非常類似，在圖型上難以分辨，另對於趨勢線的斜率封閉與不封閉也非常類似，所以在這種狀況下，無法利用趨勢線作為是否封閉的依據。

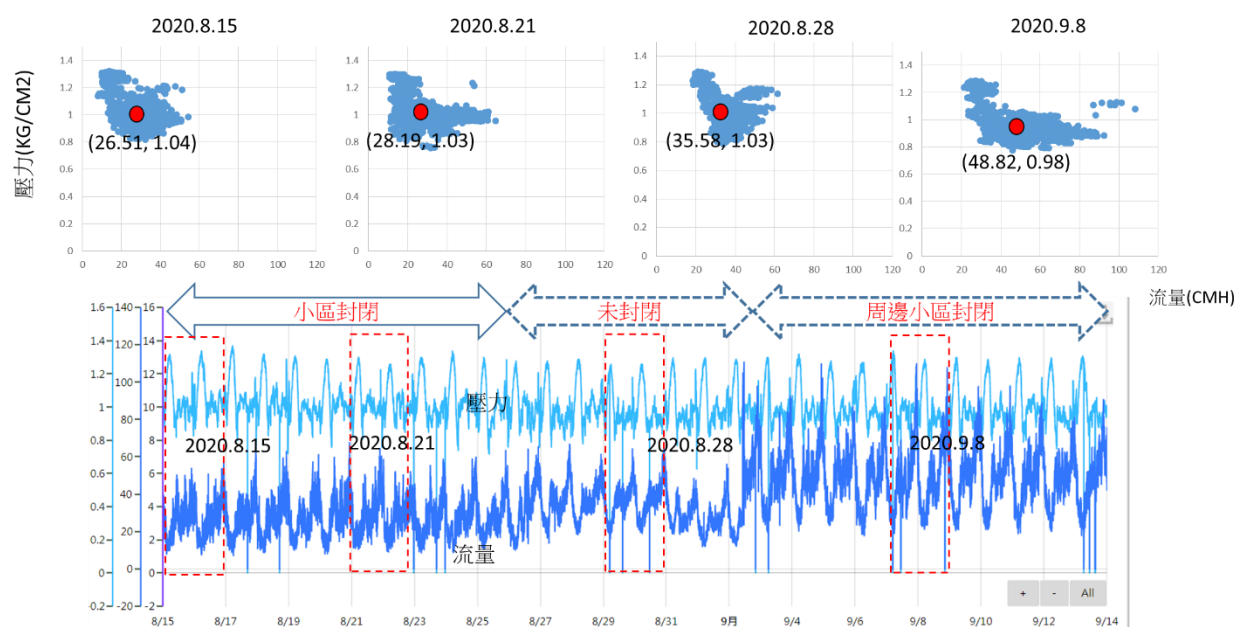


圖 5-32 N19901 於 X-Y 散布圖找出重心點

對於 N19901 將每日所得到的流量與壓力以均值聚類的方式，先計算出每日 1,440 筆流量與壓力資料的重心如(圖 5-32)，封閉時 8 月 15 日的重心為 26.51CMH 與 1.04kg/cm² 及 8 月 21 日的重心 28.19CMH 與 1.03kg/cm²，而不封閉且圖形接近的 8 月 28 日的重心為 35.58CMH 與 1.03kg/cm²，已經可以從重心流量數值看出明顯的不同。再將 N19901 在封閉時 8 月 15 日至 9 月 14 日各重心點標示在同一圖面上如(圖 5-33)，確實可以明顯以肉眼判斷，N19901 小區在封閉時每日的平均流量與壓力非常接近，而在非封閉狀況就算以(圖 5-32)流量與時間的關係中，較難判斷小區封閉與不封閉的差異；所以利用每日平均流量與壓力匯出一個點在 XY 散布圖的方式，就算是封閉前後流量差異不大的小區，以均值聚類將每日重心繪出，並繪在同一張 XY 散布圖後，封閉可以呈現大

致相同的向量位置，明顯可以用來判斷小區是否封閉的依據。

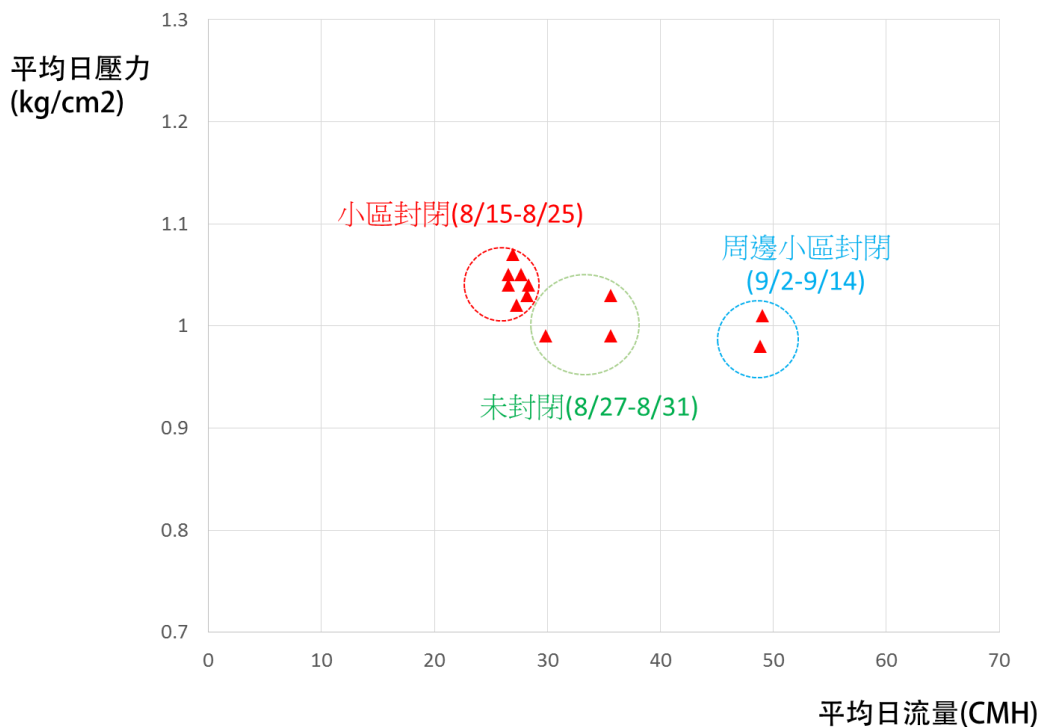


圖 5-33 N19901 各日平均流量與壓力重心點分布情形

依照將每日所得到的平均流量與壓力以均值類聚的方式找出小區封閉的流量壓力重心樣態，以作為智慧小區封閉自動化判斷的依據，而小區過去紀錄之流量與壓力資料可用來判斷小區當時是否封閉，以 S11008 小區為例子說明(如圖 5-34)，S11008 小區在南區分處改善完成後提出複評，當 109 年 8 月 19 日北水處計量操作人員前往關閉邊界開關進行小區封閉時，發現該小區早已完成封閉，經洽南區分處表示，該小區約在 109 年 7 月底，為瞭解管線改善情形自行封閉辦理自評，因成效良好隨即提出辦理複評計量。將 7 月 25 日至 8 月 23 日流量壓力重心繪製於平均流量與壓力分布圖上(如圖 5-35)，7 月 25 日至 29 日以綠色三角形表示、7 月 30 日至 8 月 18 日以黑邊框三角形表示、8 月 19 日至 23 日重心以紅色三角形表示。以重心點觀察可以發現，黑色邊框三

角形與紅色三角形位置相近，代表封閉狀態，綠色三角形與其他三角形位置明顯不同，代表開啟狀態，可由圖上確定真實的封閉時間由 109 年 7 月 30 日開始。

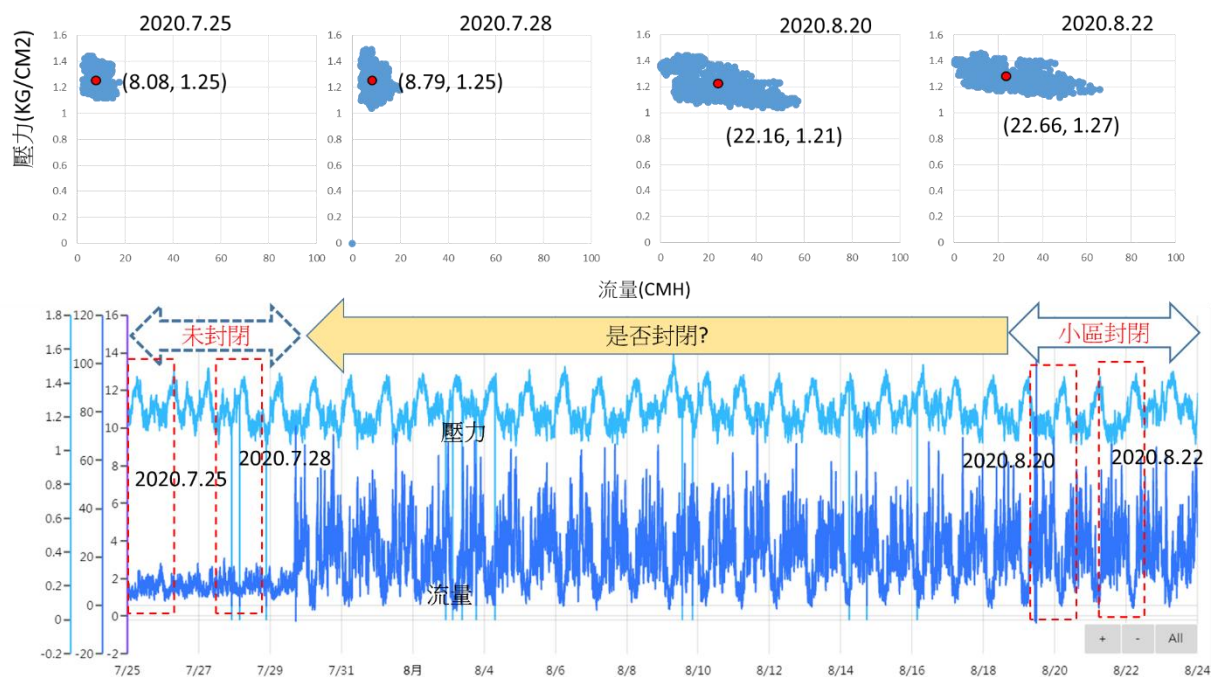


圖 5-34 S11008 於 X-Y 散布圖找出重心點

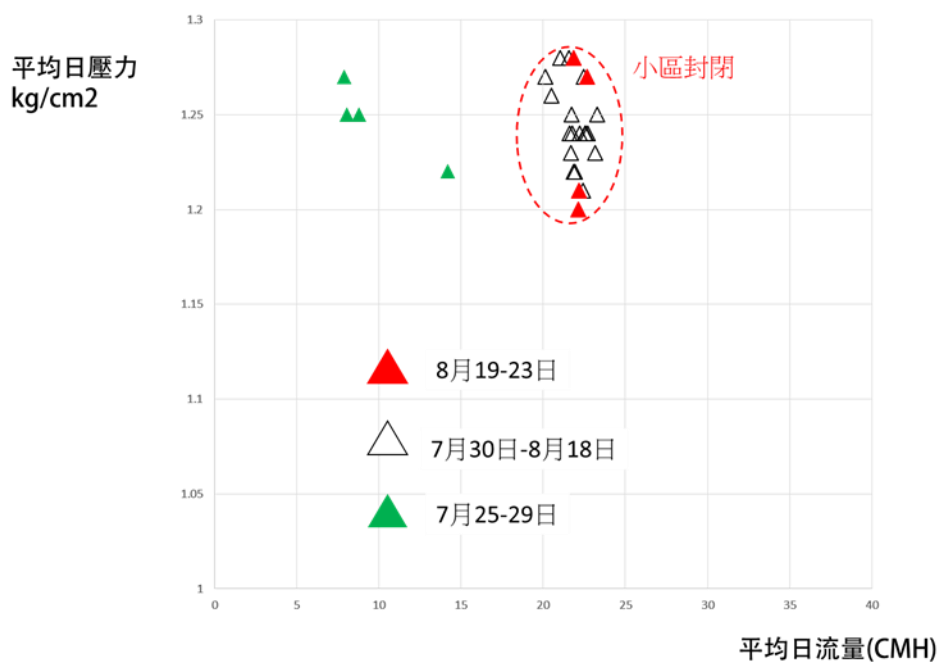


圖 5-35 S11008 各日平均流量與壓力重心點分布情形

5.3.3 小區邊界封閉自動化判斷規畫

醫生之所以能從 X 光片，判斷病患究竟得到什麼樣的病，或是由斷層掃描機，得到掃描人體的各種圖形後，能發出警告病患得到怎麼樣的病，就是藉由各種實際圖形的紀錄學習以後，才能對於再發生的圖形，憑學到的經驗作準確的判斷。以 DSM 流量計所得到的資料，經由適當圖形呈現，找到規則才能使機器經由學習，進而作出各種智慧化應用。在前一節，利用 DSM 流量計回傳每日平均流量與壓力匯出一個點在 XY 散布圖的方式，再以均值聚類將每日重心繪出，並都繪在同一張 XY 散布圖後，封閉可以呈現大致相同的向量位置，可作為判斷小區是否封閉的依據。

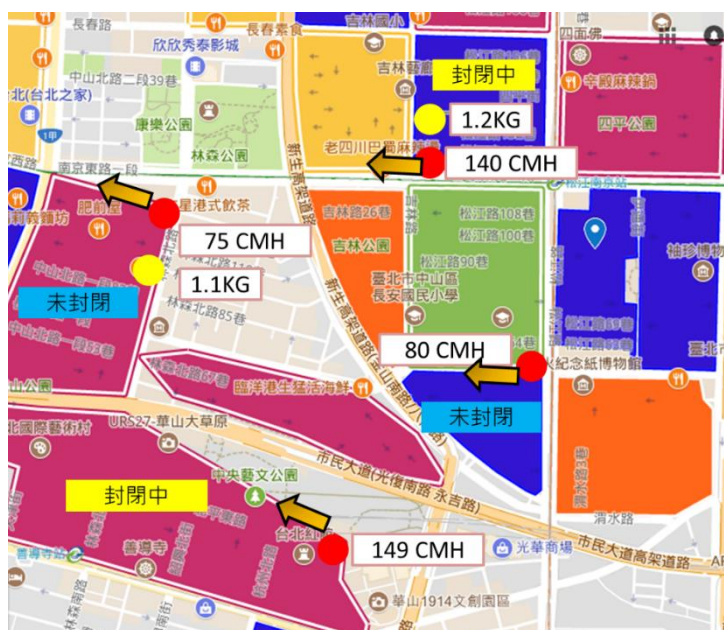


圖 5-36 模擬小區封閉與流向智慧化自動顯示

將小區封閉判斷邏輯與圖形大小，寫入電腦後，當小區的每日平均流量與壓力資料符合設定的範圍大小，即可再利用空間圖形化界面(如圖 5-36)，即時呈現該小區目前的封閉狀況，使得有裝 DSM 流量計的小區，經由人性化的地圖圖形化系統，直覺的顯示小區封閉狀況，另更

可進而獲知邊界制水閥的啟閉狀況，便於小區周圍各項管線閥栓操作工作。另外，目前北水處的 DSM 流量計均可雙向記錄流量，在系統上之向量可將其流向予以定義，讓 DSM 流量計的正、逆流，例如正流時為東向西、逆流為西向東，利用箭號即時呈現於系統上，以智慧化方式幫助各種管線操作維護工作。

5.4 以中區規劃設置智慧讀表計量

為有效改善轄管區域管線漏水，自民國 95 年起即以小區計量模式推動漏水管理，其方式為考量用戶數量、管線長度、制水閥分佈及區域特性等條件進行區域劃設，再以管網改善方式進行汰管，截至 108 年已完成 828 個小區建置，完成 350 小區改善，漏水率亦從 26.99%降低至 12.71%，顯見以小區計量方式改善漏水之成效。雖然以小區計量方式可逐步改善小區內漏水，惟小區劃設時常未將小區邊界周邊道路之管線納入，致常有小區完成管線汰換後未將小區間道路管線併同汰換，故無法確知其漏水狀況，有可能成為管網未來供水弱點，是以北水處研擬依用水戶數、用水量及小區範圍將數個小區及各小區間未計量區域劃設為一中區，並依需求於各小區及中區進水點裝設 DSM，利用 DSM 回傳資料觀測、分析中區內各小區及小區間未計量區域之供水狀況，並作為長期供水監測工具。

DSM 目前主要裝設於小區，用以長期監控供水及進行小區售水率初評、自評、複評及健評作業，本次則規劃於中區建置完成後將 DSM 裝設於中區進水點，並利用原有裝設於小區 DSM，進行供水評測並探討各 DSM 之間的關聯性。

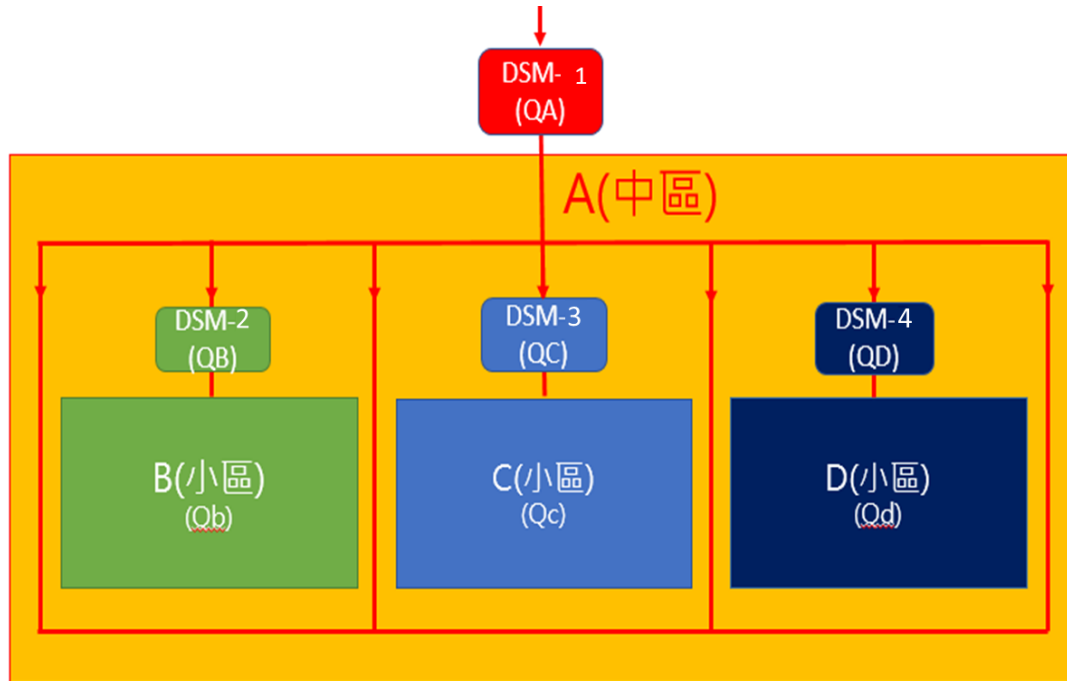


圖 5-37 中區劃設及 DSM 安裝示意圖



圖 5-38 新北 01 中區及區內小區範圍圖

有關中區劃設及 DSM 安裝示意圖如圖 5-37 所示，其中 A 中區範圍含括 B、C、D 小區及各小區間未計量區域，並分別於進水點裝設 DSM-1、DSM-2，DSM-3、DSM-4(如圖 5-38)。於 DSM 安裝作業完成後即進

行各小區及中區長時封閉測試，於封閉測試完成後即進行評測作業，藉由各小區及中區 DSM 回傳封閉期間總流量，可推估其日平均流量(QA、QB、QC、QD)，另可由 WEBGIS 系統介接抄表系統所得之平均日用水量（平常抄）所推估售水率，據以推估其供水情形。

目前各 DSM 基本資料及量測區域如下。

DSM-1 (口徑 300mm)，量測 S13X11 小區進水量。

DSM-2 (口徑 300mm)，量測 S13X11、S13X12 小區進水量。

DSM-3 (口徑 300mm)，量測 S13X13、S13X15 小區進水量。

DSM-4 (口徑 300mm)，量測 S13X14 小區及新北 01 中區進水量。

北水處考量新北 01 中區因 DSM 設置位置因素，致進行全區封閉評測時 S13X14 小區無法獨立計量，遂於中區封閉評測前先行以 DSM-4 量測該小區日平均流量，以作為後續中區評測時參考數據。經實際操作後初步發現確實可利用 DSM 回傳資訊配合 WEBGIS 介接抄表係系統資料，於短時獲知各小區及小區間未計量區域之供水狀況及用水型態，作為後續漏水改善參考依據，另亦可利用回傳資訊進行長期監視供水狀況及用水型態。是以除持續以小區計量方式改善漏水外，於規劃中區並設置 DSM 以評測小區間未計量區域漏水狀況，並針對漏水嚴重區域再進行改善，將可更完整改善漏水並降低漏水率。

透過 DSM 流量計的安裝，將提供更多不同區域位置的壓力資料，等同提供更多的區域壓力變化值，使得藉由這些壓力資料，妥善規劃區域壓力空間分佈，規劃調整更合理之中區範圍，讓中區能以實際壓力空間切分。

第六章 小區智慧應用平台規劃與未來發展方向

對於小區智慧化應用發展來說，數位化是各種智慧水管理最重要的基礎(如圖 6-1)，對於各種設備即時回傳的數位化資料，搭配小區內管線設備、用戶水表水費資料、施工資訊等各種基礎資料予以數位化並加以整合後，後續透過數據收集、觀察數據，以提升小區維護與管理效率為目標去尋找數據規則，發現有用的規則後採取行動應用，以可視化方式呈現數據，是目前北水處對於智慧小區發展的重要程序。



圖 6-1 智慧小區的發展基礎、方法與目標

本章節透過北水處前面各章節所介紹相關小區改善的經驗與現有智慧化應用，透過瞭解未來長期管理需求，以提升小區改善與維護管理效率為目標，著手規畫小區智慧化管理，結合 DSM 流量計即時資料(水資源平台)與 WEBGIS 整合管線各項動態資訊，利用此 2 個應用平台以雙核心方式建立北水處的智慧小區管理。



圖 6-2 透過 WEBGIS 與水資源平台發展智慧小區

6.1 WEBGIS 智慧小區應用與擴充發展

對於小區各項資料的收集統計與數位化，北水處近年來透過共通性地理資訊系統之建置，整合建構完整管線資訊、用戶用水資訊等各種系統平台，自民國 106 年起建置「WEBGIS」，執行期間配合小區各項應用，特別建置小區管理模組，提供小區內相關管線、閥栓、用戶、小區施工、舊有圖資圖層等資料並將其數位化後，已能快速取得並統計小區內各項資訊，作為建立小區智慧化各項應用的基礎。

6.1.1 WEBGIS於智慧小區應用

WEBGIS 整合北水處的各種業務資料如水質監測、監控點壓力等，方便同仁進行整體管理，其中有關小區智慧應用功能除了第三章介紹的小區履歷功能外尚包括：小區總覽、小區資訊查詢、小區範圍編修、小區初複評編修、小區斷水追蹤及各種施工與作業案件空間分佈等六大功能，說明如下：

1、小區總覽

本項功能係以地圖形式提供已建置完成之 828 個小區快速總覽功能，如圖 6-3，於 GIS 圖層上可快速點選所需的小區，提供該小區位置、管線長度、水表數量、日用水量、初複評結果、售水率、管線平均年齡等基本資料。

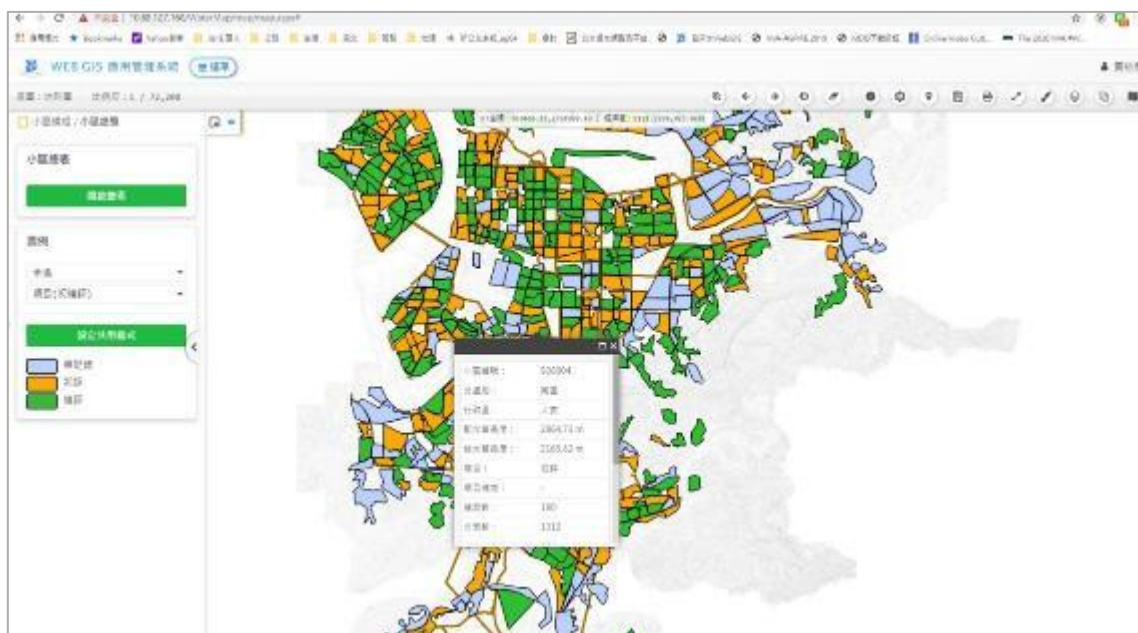


圖 6-3 WEBGIS 小區總覽功能

利用小區總覽功能可以設定各類主題後即時快速排名，以圖 6-4 為例，若要推測小區的平均漏水量，就可以利用此功能找出 828 個小區中，用戶用水量且售水率又低的小區，即代表其漏水量大，109 年北水處以此種方式分析出各營業分處漏水量排名前 20 名的小區，各分處主要以這 20 個大漏水量大的小區優先進行改善，目前成效良好，且小區內用戶用水量及售水率在 WEBGIS 中為不斷即時變動的動態資料，每一年度均可以此方法再排出最新漏水量小區排名，讓北水處的小區改善目標非常明確。

除了以漏水量為目標，在小區總覽上也可以設定材質排名，例如

對於小區內給水管 SSP 化的比例與給水管線長度予以排名，互相搭配後將可以發現那些小區給水管非 SSP 的待抽換長度最多，以此項目鎖定目標後進場改善。

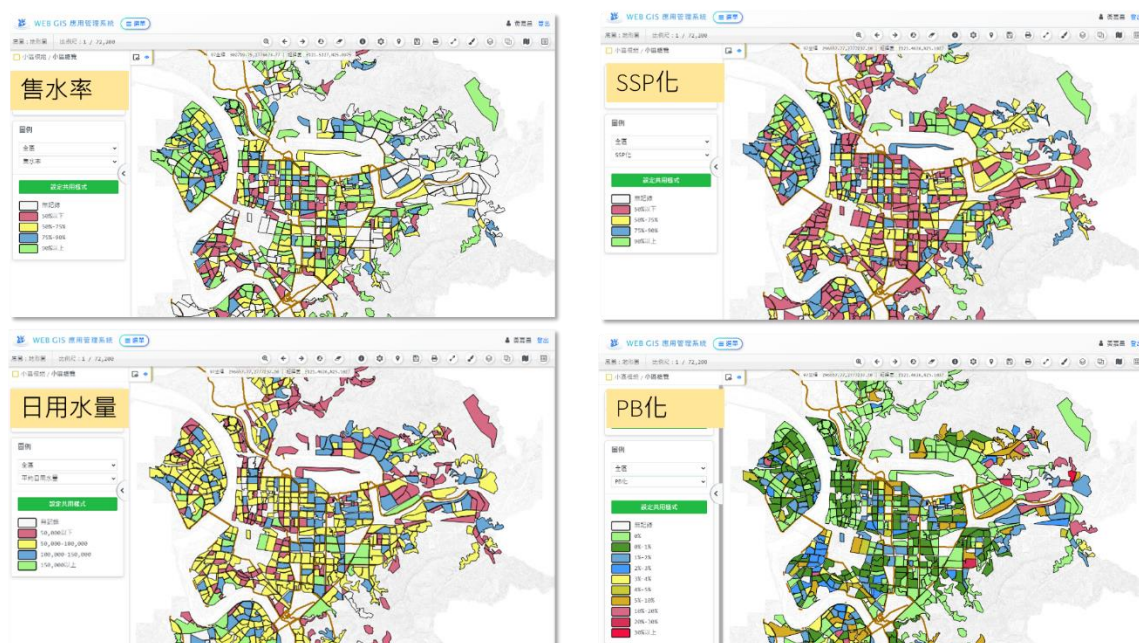


圖 6-4 利用 WEBGIS 小區總覽找到各種主題進行排名

2、小區資訊查詢

能在 WebGIS 圖台上查詢小區範圍，透過框選小區範圍內的水表，即時介接用戶用水量資料庫，除可呈現前述小區基本資料外，另可呈現小區 DIP 化及 SSP 化比例、售水率、用戶用水量、窰井數、消防栓數、邊界制水閥數、初複評記錄、履歷事件填報數量等資料(如圖 6-5)。

只要知道小區在進水點的日平均進水量，再搭配小區用戶日平均用水量，就可以輕易的推估漏水量，所以對於小區內用戶日平均用水量的統計非常重要，WEBGIS 將北水處業務單位的水費系統納入，只要框選到所需要的小區或特定範圍(如圖 6-6)，都能即時統計這個區域內近 6 期抄表員所抄得的水費資料，再予以換算後成為日平均用水量，突破以往需透過各種報表累加，才能統計用戶用水量資料，且予以數位化後

便於各種運算分析。

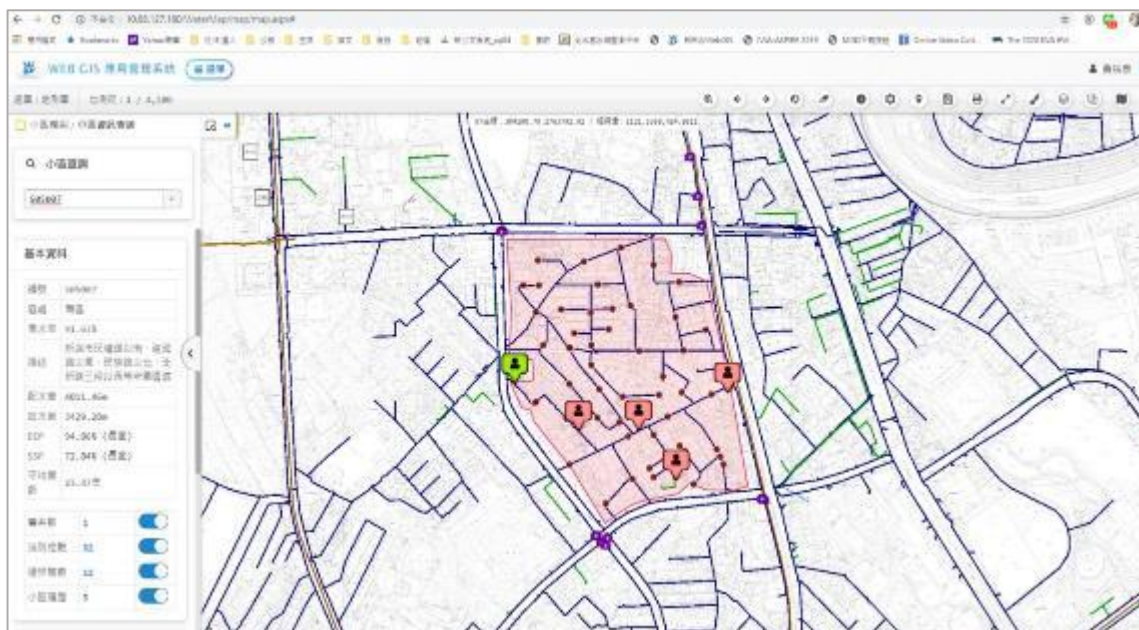


圖 6-5 WebGIS 小區資訊查詢功能

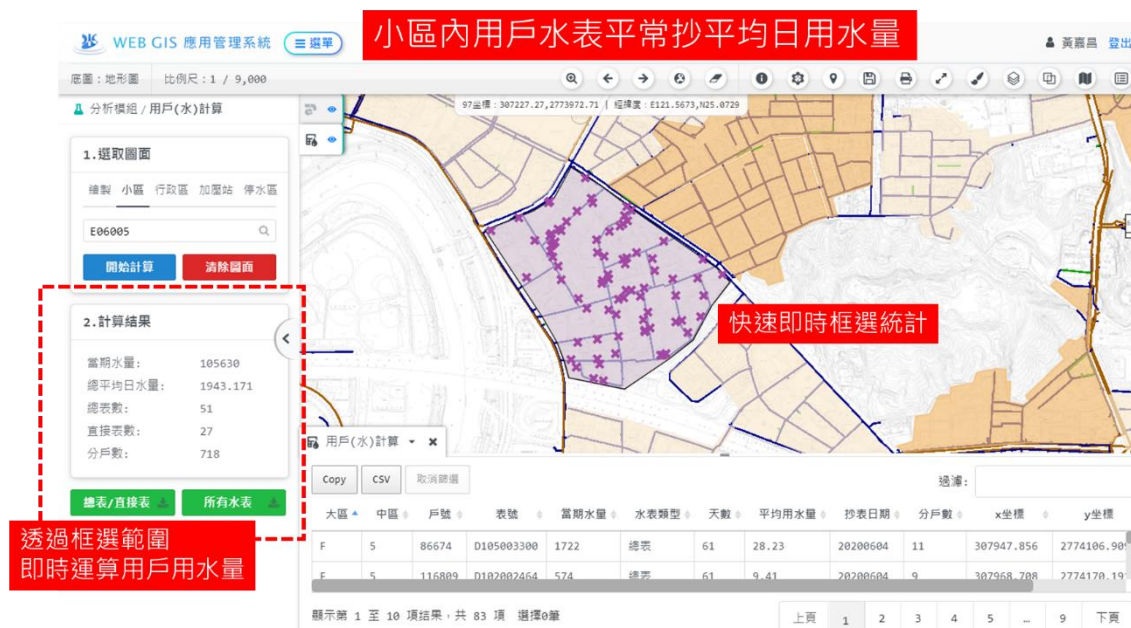


圖 6-6 WebGIS 小區用戶日用水量查詢功能

3、小區範圍編修

本功能提供管理者於圖面上調整小區範圍，許多小區在執行過程中因為管線配置、制水閥位置、水表位置及施工因素等問題必須重新調

整小區範圍，此時即可使用這項功能在 GIS 上編修小區範圍(如圖 6-7)，只要透過小區範圍編修，區內的各種統計資料如管線長度、各種材質比例、用戶平均日用水量等，都會再重新統計，讓小區內的各種資料保持在最新且最正確的狀態。

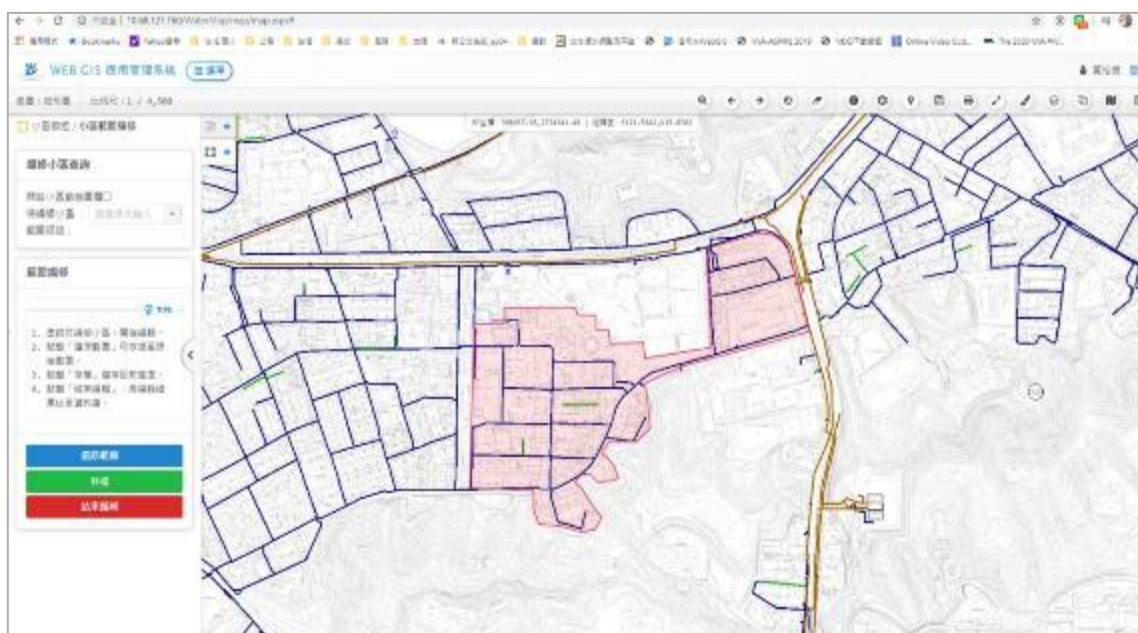


圖 6-7 WEBGIS 小區範圍編修功能

4、小區初、複評計量資料編修

本功能提供記錄小區各次初評、複評結果，內容包括：初複評日期、售水率、封閉天數、水表型式、作業方法等資料，將各小區初複評計量結果列表呈現，方便管理者依據歷次初複評結果評估該小區改善情

形(如圖 6-8)。

完成日期	項目	售水率	編輯
103.01.01	初評	33.08%	■
107.08.10	複評	94.05%	■
107.10.26	複評	93.66%	■
107.10.31	複評	99.99%	■
107.10.31	複評	93.33%	■
107.11.2	複評	96.20%	■

圖 6-8 WEBGIS 小區初複評編修功能

5、小區斷水追蹤

小區要能夠封閉必須透過邊界制水閥關閉，在小區斷水追蹤功能中，可以透過智能斷水判斷，在小區所框選的範圍內，自動建議所需關閉的制水閥，以協助現場操作人員進行邊界閥確認，並可自動化依據封閉的範圍，判斷受影響的用戶，讓操作人員在作業前主動通知停水訊息，讓民眾即時取得停水資訊，提升北水處用水服務品質(如圖 6-9)。

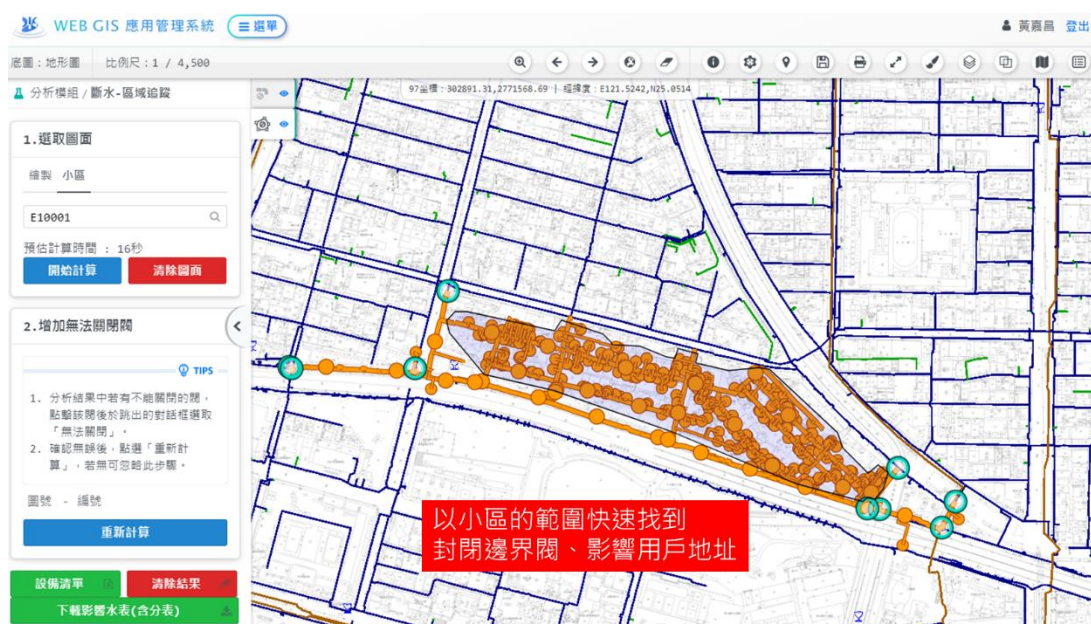


圖 6-9 小區斷水區域追蹤

6、各種施工與作業案件空間分佈

北水處主要由分處對小區進行管網施工改善及漏水維修，且對於施工後的小區售水改善情形必須利用 DSM 或巷弄直接法等方式進行成效確認，確認完成改善後再交由供水科進行正式複評計量售水率判定，在各單位都有可能進場施工或作業情況下，就需要透過可視化地圖空間分佈，以瞭解是否會有作業干擾，WEBGIS 可將北水處各類施工及作業予以整合，透過可視化方式將當日或未來特定時間之案件以地圖空間呈現(如圖 6-10)，對於整體管網的操作提供極大的助益。

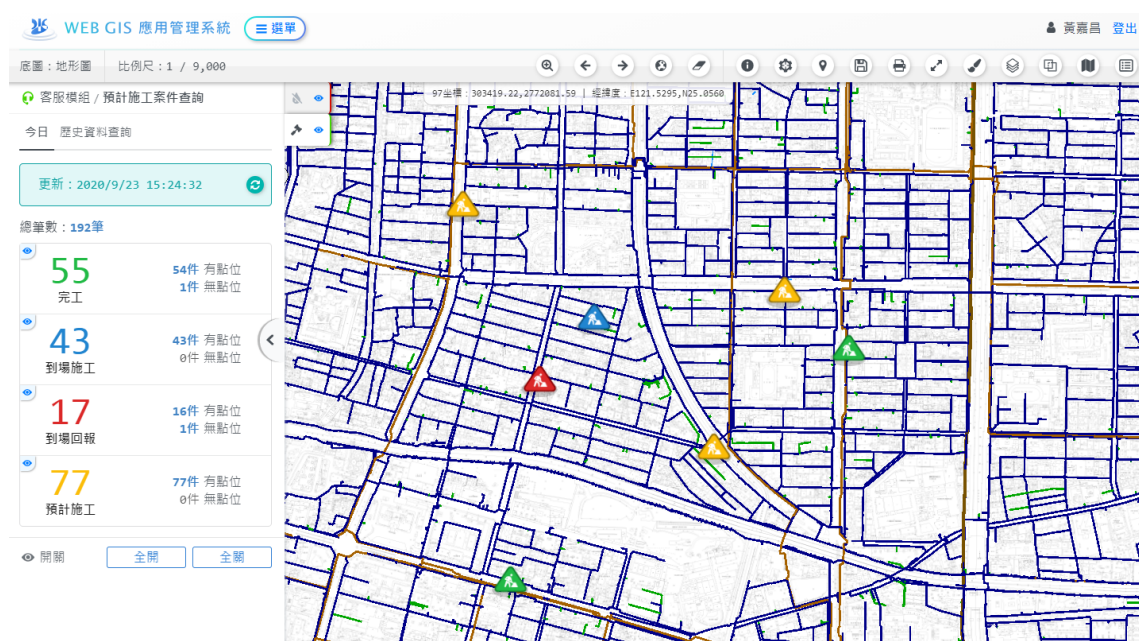


圖 6-10 各種施工與作業案件空間分佈

6.1.2 擴大WEBGIS應用發展

北水處工程師對於 WEBGIS 小區模組各種功能已有近 2 年的使用經驗，為了持續以智慧化方式提升小區改善與維護管理效率，藉由本計畫探討小區於 WEBGIS 上的擴大應用，預計將再完成下列功能，讓使用者在管理端能以更有效率方式執行小區管汰與管理。

1、小區 SSP 栓數計算與非 SSP 栓位置展示

北水處以小區售水率提升至 90%以上為目標汰換管線，而汰換管線以配水管全部更新 DIP、給水管全部更新 SSP 為手段，其中，給水管經由多年的汰換，統計全北水處轄區 SSP 佔全部給水管栓數比例，已由 94 年的 17.76%，至 109 年 8 月提升為 61.16%，在每年持續提升 SSP 栓數比例之下，漏水率也隨之下降，經由前面章節的介紹，北水處轄區漏水最容易發生在非 SSP 給水管上，雖然現階段仍以小區售水率提升至 90%以上為目標，但對於後續長期管理，應找出未汰換 SSP 栓的位置，並以小區內給水管 SSP 栓化 90%以上為目標，進行重點精緻化管汰。

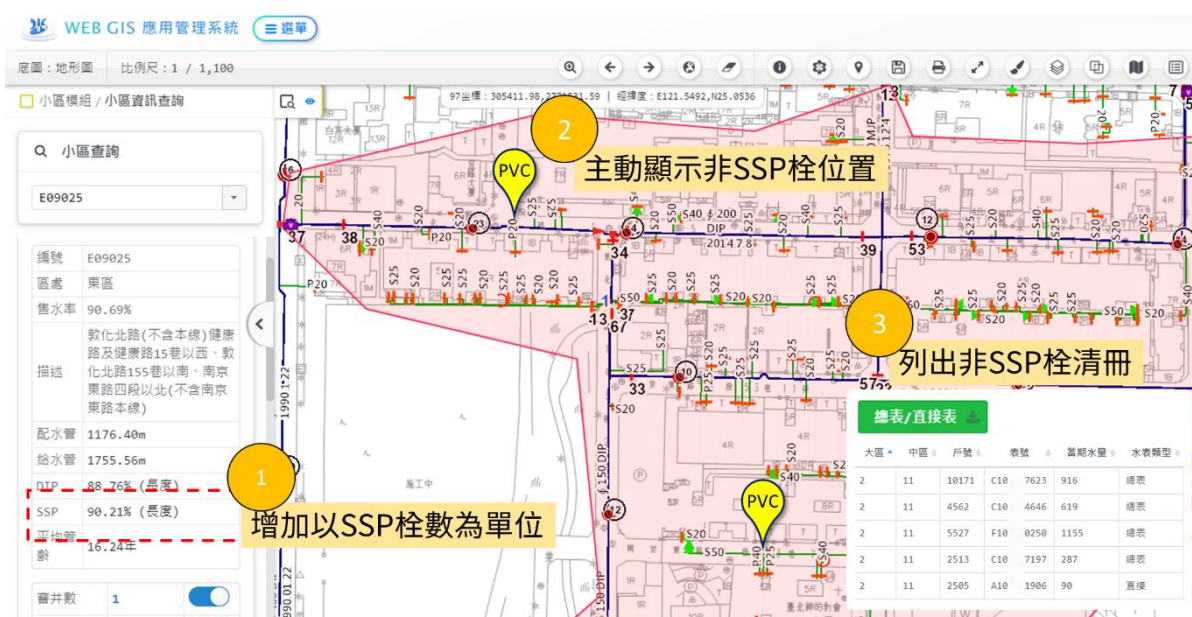
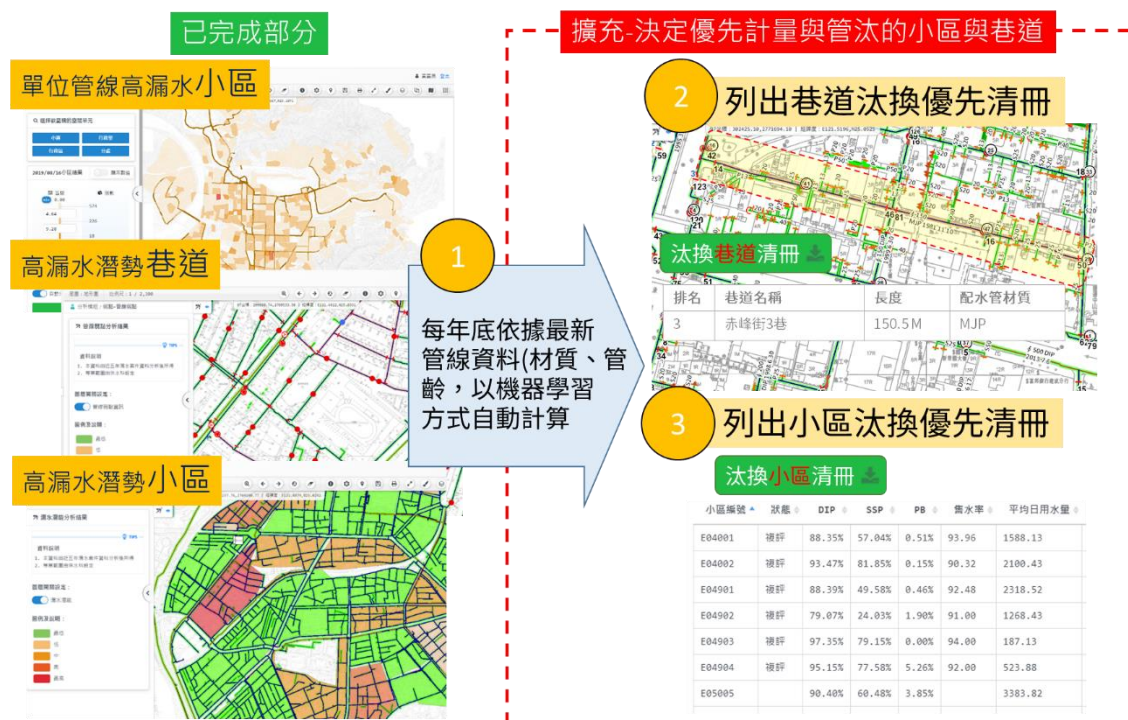


圖 6-11 小區 SSP 栓數計算與非 SSP 栓位置展示模擬畫面

以圖 6-11 為例，利用現有管網的拓撲關係，找出水表前給水管連至配水管前，是否有屬於 SSP 材質的給水管線，可提供單栓或多栓計算，另外亦需設計排程進行所有栓數的計算。並能列出小區內非 SSP 栓於空間上位置及非 SSP 各總表及直接表清冊包含其材質。

2、提升漏水潛能分析功能

前期 WEBGIS 成果已具備全轄區管線及小區漏水弱點計算，考量實務運作及後續工程施工排序，需將管線漏水弱點分析計算結果，以最近距離方式，重新自動化分配至道路，並整合小區管理模組所需功能，以利產出相關報表(如圖 6-12)，且漏水潛能小區能於每年底以管線材質、管齡為主要影響因子，自動上傳管線資料，透過機器學習技術，將現有管線進行漏水潛能分析定期更新並能列出各小區漏水潛能分數與排名及其清冊。



3、小區動態健評管理

對於售水率已達 90%之小區，透過 DIP、SSP 比例、管齡，推算漏水潛能得知漏水復發風險，每年能自動依照漏水復發風險，依評分高低進行分級，例如：前 30 名為 C 級、第 31 至 60 名為 B 級、其他為 A

級，並於每年度底能重新依照當時管線資料檢討漏水風險後，產生動態分級名單(如圖 6-13)，於該年底時告知小區管理者明年度須辦理健評小區之名單，並能於完成健評後由管理者回報結果，作為下年度健評對象之參考，逐年動態輪動，以健全改善完成小區之長期管理。



圖 6-13 小區動態健評管理模擬執行方式

4.、小區噪音測漏資料佈點

將噪音測漏器佈點於 WEBGIS 管線圖層閥栓上，且將所測得之疑似或確認漏水點佈於圖層上，並以既有小區履歷的方式展現，可使小區履歷成為分處施工履歷與北水處供水科執行噪音測漏之共同圖層及紀錄平台。

5、增加 DSM 設備資料

以本計畫 4.3 節所說明方式，將窰井及小區流量計屬性資料列入設備資料庫內並以圖層方式呈現，以利小區整合管理。另外對於水資源平台的 DSM 資料，也能透過介接的方式，將水資源平台所能展現的流量資料包含圖型，能即時展現基礎資料於 WEBGIS 上，以方便使用者運

用(如圖 6-14)。

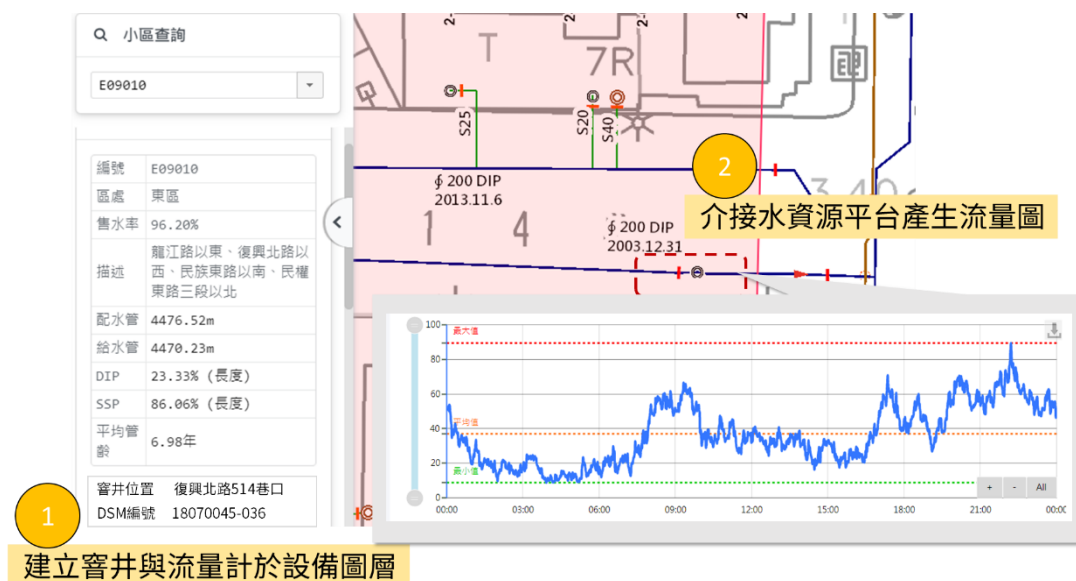


圖 6-14 於 WEBGIS 上增加 DSM 設備資料之模擬

6.2 水資源平台建置

分區計量(DMA)可有效掌握自來水管線之漏水情況，進而判斷是否具有採取檢、修漏作業之必要性。以往採用人工方式收集各計量區用水相關資訊方式，因資料即時性、透明性及可用性不佳，後續數據整合及漏水分析不易。為掌握小區漏水潛勢，有效提供檢、修漏決策依據，分區計量需有一套可快速進行大量資料運算及分析的平臺，讓資料充分發揮效用，提供策略發展及檢、修漏資源分配最適化之附加價值。總之，因應自動讀表計的資訊回傳機制，以邁向未來小區智慧化的應用與發展，建立長期可方便擴展應用服務的小區管理系統平台是關鍵的基礎建設。

建立雲端平台之基礎環境為提供高效率且可靠性的服務模式，以北水處實質場域應用各種數據處理、儲存、網路互通和基礎運算資源、部署與執行作業系統或應用程式等整合服務。所涉及應用的軟體及框架具備易維護性、易升級性，以及快速修補性。基於混合多層(N-tier)和微服

務(Micro-service)架構，以軟體模組化完成各階層與不同應用的任務，以達到可擴充性、可連結性、易維護/升級性等優點。其功能應包括自動化佈署與管理，並可依需求進行環境及資源擴展之特性，且可視連線負載，彈性配置虛擬主機並可視資源使用狀況調整虛擬化機器(Virtual Machine)資源。

該平台包含以標準網路協定連接加壓站 PLC/物聯網匯集器裝置、小區流量計回傳同步機制及資料庫、GIS 地圖資訊系統(圖資來源:北水 GIS 系統)和相關水資源管理監控節點設備，存取即時和歷史的監控數據，以跨平台網頁方式以達到智慧水資源管理的可視化圖表管理、排程分析與主動式警報推播功能。不僅僅對小區流量計裝置回傳應用提供可靠接收服務，以及為因應長時間序列大數據儲存應用發展，對於下一階段智慧化分析建立了穩定的基礎架構和數據服務框架。該平台以智慧物聯匯集器介面 API，透過 HTTP/MQTT/AMQP 等常用標準化網路傳輸協定，從加壓站 SCADA 與其資料庫、窰井/流量計、地圖資訊系統等來源端，以收集水資源管理數據串流至平台完成整合、加值與進階的處理，該平台系統層面架構如圖 6-15 所示：

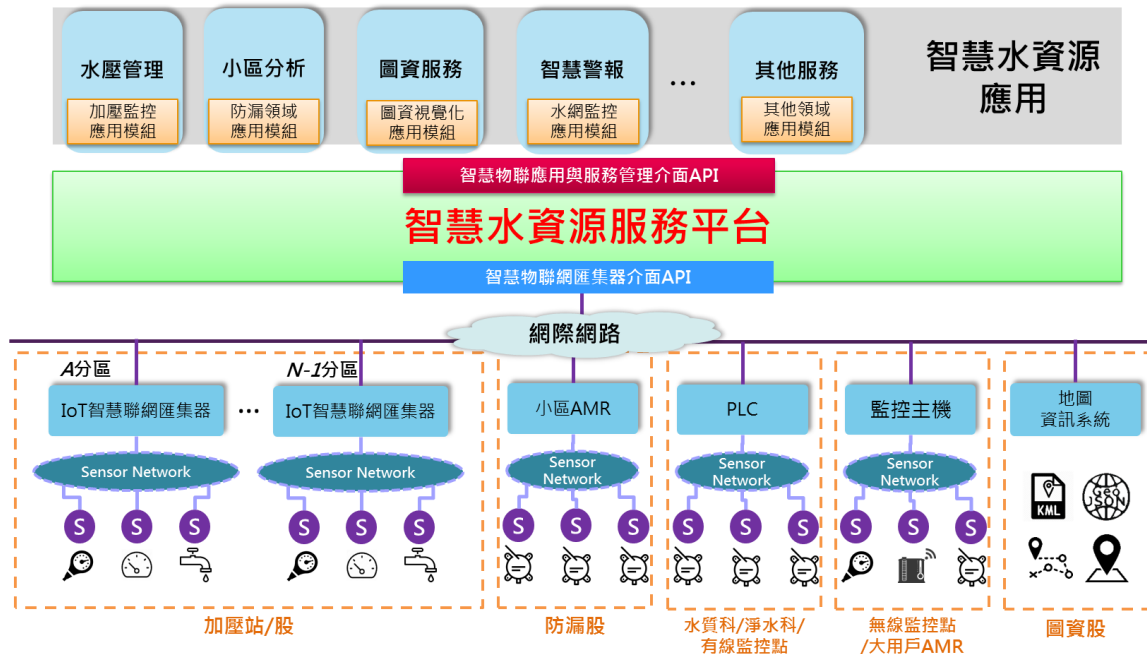


圖 6-15 智慧水資源管理服務平台系統架構圖

6.2.1 資料接收與管理

感測資料依據其傳輸距離遠近及資料類型不同使用傳統之 3G/4G 無線通訊技術，或資料量、頻寬需求不高及節電考量使用低功耗廣域網路 (Low Power Wide Area Network, LPWAN)，如 Sigfox、LoRa、NB-IoT 等。分區計量使用之流量記錄及收發裝置(Digital Smart Meter, DSM) 透過無線網路傳送時間序列資料至遠端接收伺服器後並無法立即產生資訊，需要進一步傳送到可以運算和分析的平台進行解析處理。茲就現階段北水處感測裝置元件傳送資料至接收伺服器或後端平台之主要傳輸協定及儲存管理說明如後。

1、超文本傳輸協定 (HTTP)

HTTP 協定係建構於 TCP (Transmission Control Protocol)協定為基礎的一種傳輸控制協定(如圖 6-16)，優點是安全、流量穩定、講求封包

的傳輸順序，但缺點是效率低、連接耗時。HTTP 協定由客戶端主動發起連接，向伺服器請求 XML 或 JSON 數據，適用於瀏覽器的上網，目前在 PC、手機、Pad 等終端裝置上都廣泛應用，但並不適用於物聯網環境。

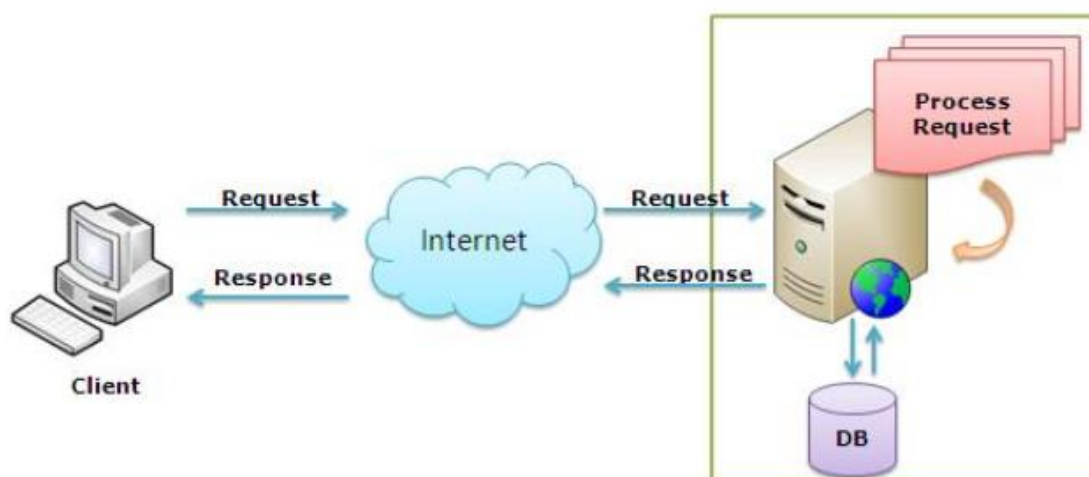


圖 6-16 HTTP Request/Response Client-Server 架構

2、遙測傳輸協議 (MQTT)

MQTT 是由 IBM 和 Eurotech 主導開發的通訊協定，在 2014 年成為 OASIS 國際標準，是為了物聯網 (IoT, Internet of Things) 所開發的一種通訊架構，其建構於 TCP/IP 之上，特別針對資源有限環境下實現端點訊息之傳送與接收。MQTT 協議使用發布/訂閱(Publish/Subscribe)模式(如圖 6-17)，發送端稱為發布者，接收端稱為訂閱者，任何端點裝置可同時具備發布者與訂閱者角色，端點間可進行雙向非同步資料收發，與 HTTP 之客戶端/服務器架構 (Client/Server) 不同。MQTT 協議中發布者和訂閱者不需要知道彼此的存在，也不需要同時運行，他們只需要知道代理伺服器(Broker)的 IP 地址即可。訊息的發佈者不用將訊息發送至訂閱者，而是將訊息發佈至第三方代理伺服器(Broker)，訂閱者亦不需要知道誰是訊息發佈者，只要訂閱其所需的內容或是主題(Topic)就可

收到訊息通知。

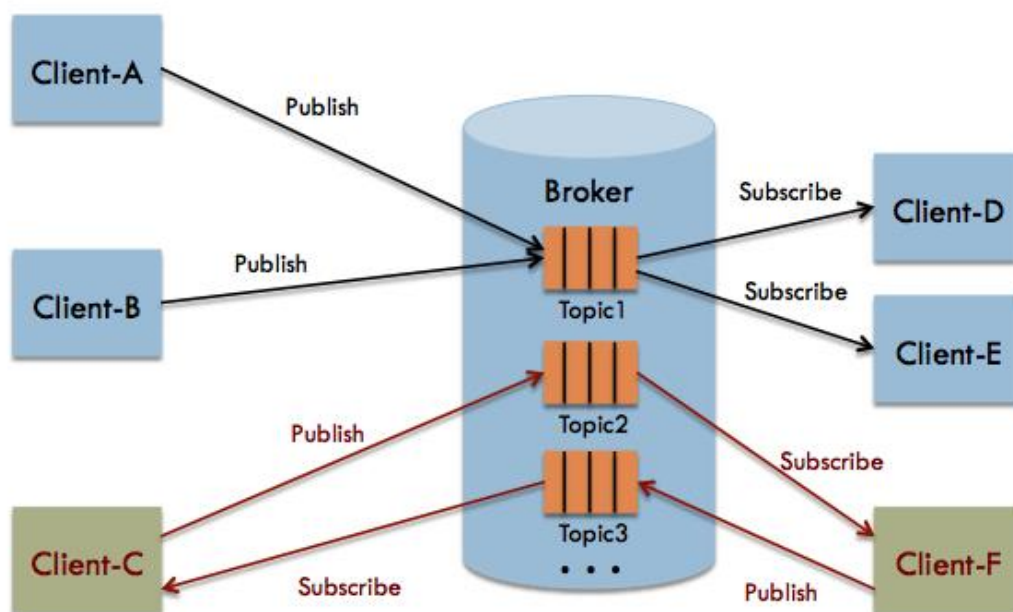


圖 6-17 MQTT Publish/Subscribe 的訊息傳送模式

MQTT 協議最初設計用於 M2M 資料交換，是一種非常輕量級的通信協議，因為很容易在客戶端實現，且數據資料量較小，所以非常適合於資源、頻寬有限的設備環境下使用，目前在各種應用物聯網系統、小型設備、嵌入式系統及移動裝置等方面廣泛應用。

3、系統應用與資訊回傳機制

本系統架構是遵循國際物聯網標準為物聯網基礎架構，提供完全開放的互操作性、共同性資源管理和確保異質聯網傳輸之品質。透過 IT 技術建置工業物聯網(IIoT)系統串聯雲端服務，提升管理人員作決策效率及分析運用。並要求資料傳送安全/傳送資料的品質管理/裝置監測與回饋以符合資訊安全控管。

基於軟體模組化架構完成小區智慧化應用需求，以達到易於擴充管理、維護與升級等優點。水資源管理應用層透過智慧物聯服務管理介面

API 連結，可檢視、編輯與管理平台之各項應用服務。各小區監控中心、監控設備與小區流量計透過 HTTP/HTTPS/MQTT/AMQP 等網路傳輸協定即時傳輸至具 oneM2M 物聯介面標準 API 之匯集器，匯集器再透過高速傳輸至水資源管理服務平台，最終以即時圖、表格與地圖等資訊方式呈現，以方便視覺化管理。

首先，施工人員在佈建 DSM 裝置於現場之前，必須先透過平台將 DSM 的表號資訊建立於平台系統，以確保平台的接收介面可以開通該流量計表號的數據回傳，以避免待接收的流量計網路封包資料不會被忽略或捨棄掉。由於在外部網路(Wide Area Network, WAN)進入到內部網路(Local Area Network, LAN)有許多攻擊或冗餘的封包資訊必須被監管過濾。在資料庫上建立該流量計的儲存區域及基本屬性資料等數據，以確保未來 5 年以上每分鐘的數據能被保留。當施工人員開啟流量計回傳開關後，會將資料回傳匯至 DSM 接收程式，紀錄於每日的列表檔案；同時發送 HTTP 界面的資料匯集接收 API 再進到水資源平台。所以後端網頁可以將彙整的資料提供區間圖/24 小時線趨勢圖、地圖系統疊加數據、檔案輸出匯出介面等功能，讓內部人員可以方便做數據統計、預測分析及應用加值，如圖 6-18 為 DSM 裝置回傳與後端系統整合的示意圖。

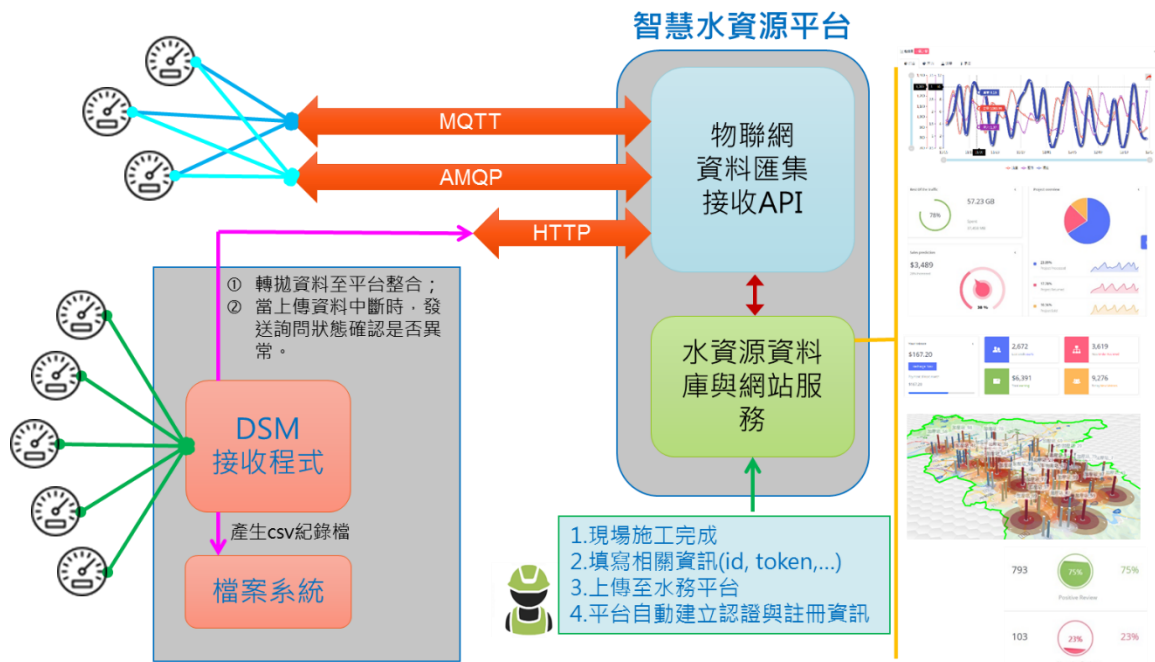


圖 6-18 DSM 裝置回傳與後端系統整合示意圖

4、感測資料儲存管理

時至今日，數據資料以前所未有的速度及規模生成，為因應不斷增長的數據內容及滿足分析管理使用需求，選擇合適的數據管理解決方案將決定後端平台是否能滿足 DSM 數據成長需求成敗之關鍵。

現階段分區計量感測資料使用傳統的關聯式資料庫系統(RDBMS)，其使用結構化查詢語言 (Structured Query Language, SQL)做為主要的程式界面，可針對資料庫進行資料新增、更新、刪除及管理的所有面向，美國國家標準協會 (ANSI) 在 1986 年將 SQL 納入標準。但隨著 DSM 裝置數量增加，動態資料處理、實時查詢及實時分析等需求大幅提高，傳統的關聯式資料庫因受限於資料規模及效能，已無法針對需要大量和低延遲的數據資料進行最佳化之儲存及處理。因此，北水處將就小區時間序列資料特性，搭配具備巨量資料擴充性、低延遲讀寫及高可用性之非關聯式資料庫(Not-only SQL, NoSQL)、時間序列資料庫(Time

Series Data Base, TSDB)等，俾以滿足未來小區智慧化發展需求。TSDB 讀寫速度可較傳統 SQL 提升約 10-20 倍，容量壓縮率高達 1/100(如圖 6-19)，意即在降低大量資料儲存成本條件下，可同時得到高效能資料運算分析服務。

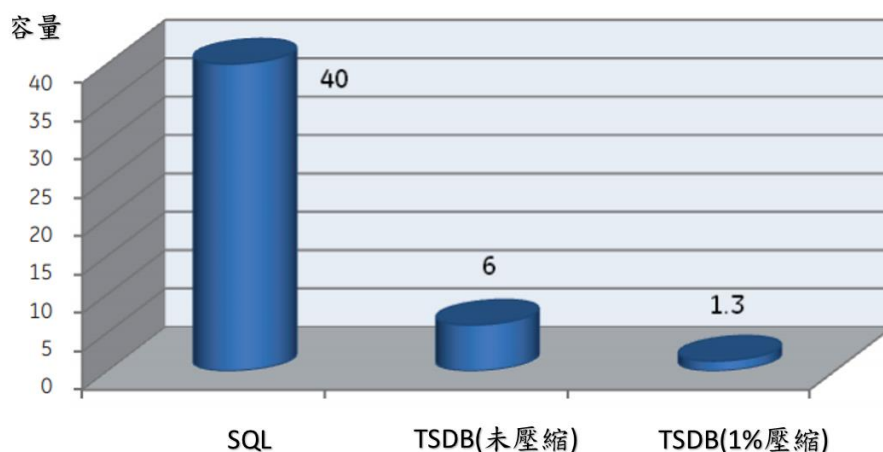


圖 6-19 TSDB 與 SQL 容量壓縮率比較

6.2.2 小區流量與壓力資料呈現

現階段約 250 餘個 DSM 相關數據資料，每個裝置會將每分鐘的感測數據包含日期/時間、流量計裝置表號、壓力、瞬時流量、累積流量、信號強度及電量資訊等係透過 4G LTE 傳送至中繼伺服器後寫入紀錄檔案，再以 HTTP 協定拋轉至後端平台進行解析作業，包含感測資料重複、遺漏、補償及連線異常等處理，且能同時接收數十個(含)以上的連線處理，以及當傳輸異常或斷線後，發送端須備存資料於一定的時間範圍(至少 1 週)內，當網路連線正常能在 60 秒內具備自動連線機制，且裝置端和平台端傳輸所有的資料必須保證可以到達且不可造成遺失。並能針對 DSM 感測資料進行基本運算、顯示多種趨勢線圖及提供裝置相關管理介面如下。

1、產供數據趨勢圖與統計分析運算

綜合性壓力、流量和電量區間數值趨勢，並依據選擇的時間範圍，分析出平均日流量、累積總流量、單點最大最小值流量的時間與詳細數據，並計算出該區間最小流售水率(如圖 6-20)。

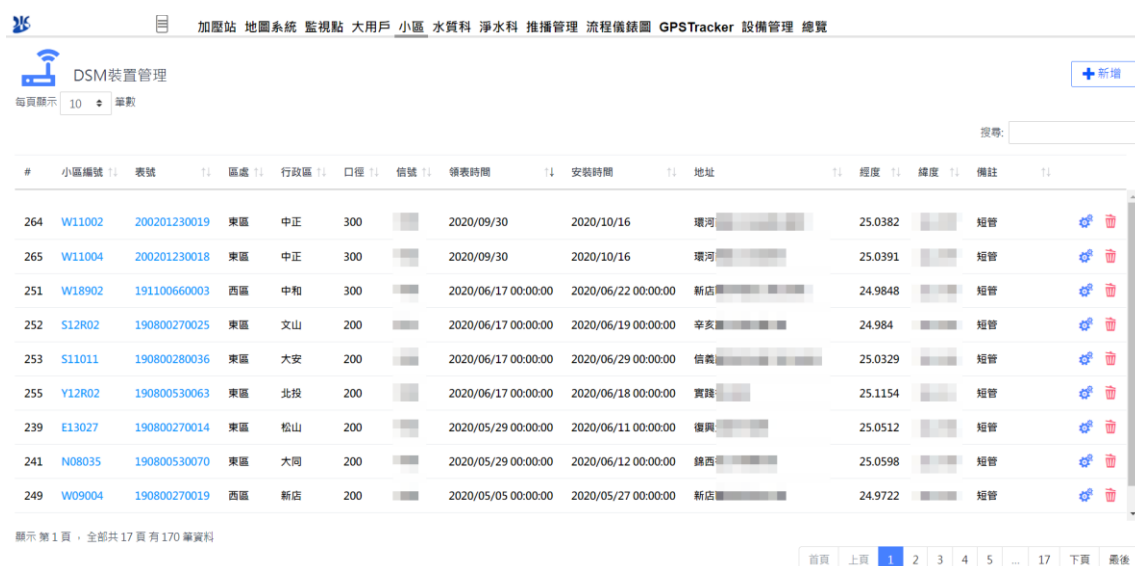


圖 6-20 DSM 收集之壓力、流量與時間趨勢圖(上)區間圖；(下)24 小時

線圖

2、DSM裝置基本資料管理介面

提供水表或窰井裝置資訊，包含小區群組分類、行政區、安裝與設置時間、ISP 電信商信號、地址、經緯度座標以及管徑基本資料管理(如圖 6-21)。



The screenshot displays the 'DSM裝置管理' (DSM Device Management) interface. At the top, there is a navigation bar with various system links. Below it, a search bar and a '+新增' (Add) button are visible. The main area contains a table with columns for device details. The table lists 10 records, each with a unique ID, device name, meter number, district, administrative area, pipe diameter, signal, meter installation time, device installation time, address, longitude, latitude, and remarks. Each record has edit and delete icons. At the bottom, there is a pagination bar showing '顯示 第 1 頁，全部共 17 頁 有 170 筆資料' and a set of page navigation buttons.

#	小區編號	表號	區處	行政區	口徑	信號	領表時間	安裝時間	地址	經度	緯度	備註
264	W11002	200201230019	東區	中正	300		2020/09/30	2020/10/16	環河	25.0382		短管
265	W11004	200201230018	東區	中正	300		2020/09/30	2020/10/16	環河	25.0391		短管
251	W18902	191100660003	西區	中和	300		2020/06/17 00:00:00	2020/06/22 00:00:00	新店	24.9848		短管
252	S12R02	190800270025	東區	文山	200		2020/06/17 00:00:00	2020/06/19 00:00:00	辛亥	24.984		短管
253	S11011	190800280036	東區	大安	200		2020/06/17 00:00:00	2020/06/29 00:00:00	信義	25.0329		短管
255	Y12R02	190800530063	東區	北投	200		2020/06/17 00:00:00	2020/06/18 00:00:00	實踐	25.1154		短管
239	E13027	190800270014	東區	松山	200		2020/05/29 00:00:00	2020/06/11 00:00:00	復興	25.0512		短管
241	N08035	190800530070	東區	大同	200		2020/05/29 00:00:00	2020/06/12 00:00:00	錦西	25.0598		短管
249	W09004	190800270019	西區	新店	200		2020/05/05 00:00:00	2020/05/27 00:00:00	新店	24.9722		短管



The screenshot shows the 'DSM裝置 修改設定' (DSM Device Modification) form. It contains various input fields for editing device information. The form is organized into sections with labels on the left and input fields on the right. The fields include: # (251), 表號 (191100660003), 小區編號 (W18902), 區處 (西區), 行政區 (中和), 口徑 (300), 信號 (selected from a dropdown), 領表時間 (2020/06/17), 安裝時間 (2020/06/22), 地址 (新店區), 經度 (24.9), and 緯度 (12).

Field	Value
#	251
表號	191100660003
小區編號	W18902
區處	西區
行政區	中和
口徑	300
信號	[Selected from dropdown]
領表時間	2020/06/17
安裝時間	2020/06/22
地址	新店區
經度	24.9
緯度	12

圖 6-21 DSM 裝置基本資料管理介面

6.3 DSM 智慧化發展方向規劃

除了本研究介紹各種智慧小區已在運用的模式，為能繼續提升小區改善與維護管理效率，北水處將持續以智慧化方向規畫小區發展，未來在圖層上的運用、漏水潛能機器學習判斷、動態健評管理等，在 WEBGIS 的擴大發展運用在 6.1.2 節已作詳細介紹，並且 WEBGIS 擴大運用預計將於 110 年開始逐項完成建置；而 DSM 流量計設備端，北水處目前已完成安裝 250 只，至 112 年將再逐步安裝共 300 只，成為 550 只 DSM 流量計安裝於約 500 個小區中，為讓這 550 只 DSM 流量計設備能徹底發揮效能，讓小區乃至整體管網更能提升工作效率，在本節提出規畫方向。

6.3.1 動態封閉計算售水率

目前水資源平台已具備推測小區售水率的功能，其推測方式以判斷最小流的方式，找出 DSM 流量計在單位時間(1 日、3 日、5 日、7 日、14 日、30 日等)內所發生最小流量，並視為漏水量再與單位時間之總進水量相比得到推測售水率(如圖 6-22)。然而當用戶持續用水也發生在最小流量內時，將被一併計入視為漏水量，導致所推估出來的售水率較實際偏低，一般低估量約在 10-30%之間。而透過 WEBGIS 的小區資訊查詢，現可由北水處業務單位抄表員平常所抄得之用戶用水資料，將其換算為小區內的日平均用水量，與 DSM 流量計所測得之平均日進水量比較後獲得售水率，在本研究第 5.1 節已有詳盡的示範，目前，北水處在初評及自評計量時以多採用此售水率量測方式，惟此法用戶所測得的日平均用水量為該區域內前半年內所抄得之日平均量，故與實際售水率也會有偏差，然因北水處轄區多位於都市內，用戶組成較為固定，除了重

劃區以外，用戶平均用水量穩定，使目前小區內以用戶平常抄方式推估其售水率與實際真值差異約在 10%以內，相當好用且準確，故非常適合以平均法作為長期售水率變化趨勢的分析與判斷。



圖 6-22 水資源平台售水率推算方式

在本研究第 3.1 節提及，北水處轄區多屬於類似棋盤狀，以邊界閥進行封閉區隔所形成的小區，因小區與小區間管線環環相扣，為使管網都能連通以輸送穩定壓力與水質之自來水，除非北水處大幅提高供水水壓，並不建議大量小區長期封閉。但不封閉對於小區來說，事實上就無法計量求得售水率，在小區無法長期封閉的前提下，DSM 流量計如果廣泛的安裝於小區中，除了獨立之小型加壓系統或郊區邊緣地帶的小區，可透過天然唯一進水點長期以 DSM 流量計監控其是否發生漏水外，無法長期封閉的小區可以採用動態封閉的方式進行監控。

如圖 6-23，動態封閉小區就是利用前面章節所談到分級維護的觀念，將轄區內所有小區依照管線材質與管齡老舊狀況予以排名，有計畫

性地，在不會因為關閉制水閥而互相影響的前題下，建立每年要進行封閉計量的小區名單與時間點後，依順序進行封閉，在完成所需要計量的時間後，如 7 日或 14 日等，就將小區邊界閥開啟，以此方式循環進行，在封閉的時間，因為未來各小區已幾乎都完成裝設 DSM 流量計，其封閉期間小區累積流量與最小流等資料，都會自動回傳至北水處水資源平台，再透過 WEBGIS 統計小區內近期用戶用水量，將這些計算程序律定於系統中，再由系統自動產出售水率，簡單的說，只要依照計畫逐小區進行封閉與開啟，不需要派員抄表與計算，就可以透過系統逐小區自動產生售水率，並可搭配設定警報值，若小區量測到售水率過低或與前次比較有明顯降低，由系統發出警訊，告知北水處該小區必須進場檢測或進行管線汰換。

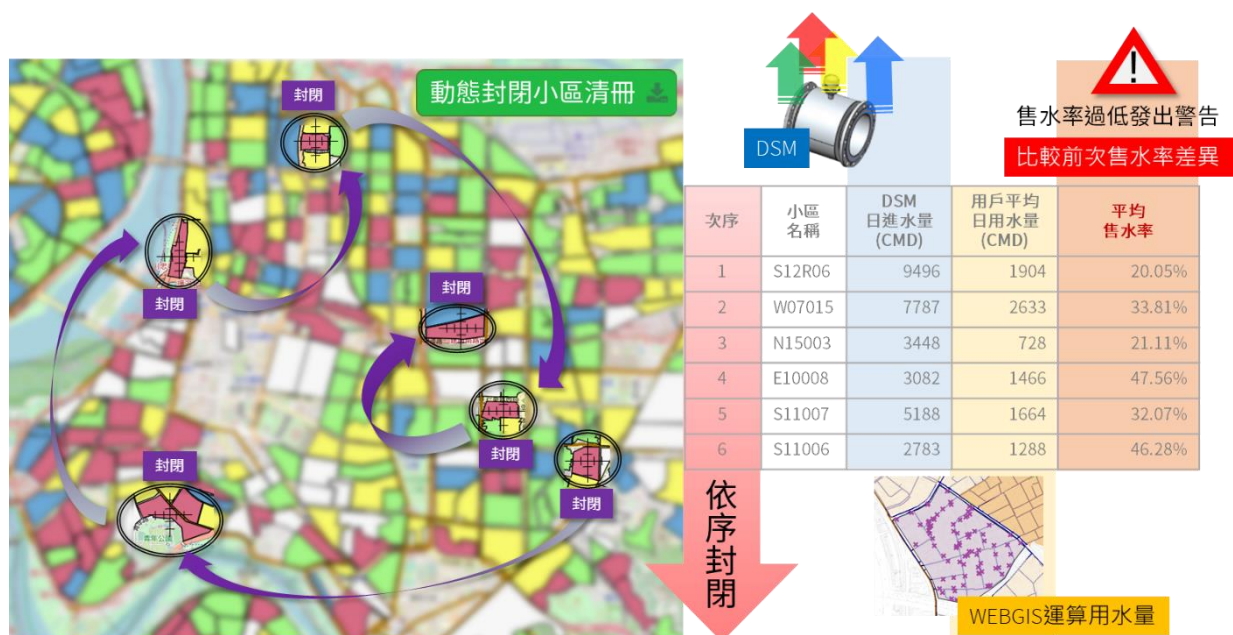


圖 6-23 動態封閉小區計量示意圖

以此動態封閉小區的方式，持續監控小區售水率，發現售水率下降即進場檢測或改善，由於北水處小區間管網環環相扣，只要每年執行的小區數量足夠，將逐步剔除轄區漏水癥結點，以管網相連形成更穩固的

供水脈絡。在此，綜合本研究所述，以小區構成條件去完整分類 DSM 流量計用於長期監測小區的方式如圖 6-24，在大量安裝 DSM 流量計的情況下，將圖 3-3 以小區形成方式分類，以封閉時間分類為平常時開放與長期封閉共 2 大類後，佔較多數的平常時開放小區以本節所提出動態封閉小區方式進行長期監控，一但觀測到售水率低於 50%即發出警訊；而較少數的長期封閉小區，則以標準差設定流量與壓力上下限值長期監測，如壓力大於 3 個標準差則發出警訊等方式，將此 2 種類方式與規則律定於系統中，未來僅須由系統告知需封閉的小區對象與時間後，派員前往封閉制水閥並於完成後開啟，即可全盤掌握北水處轄區所有小區的售水狀況。

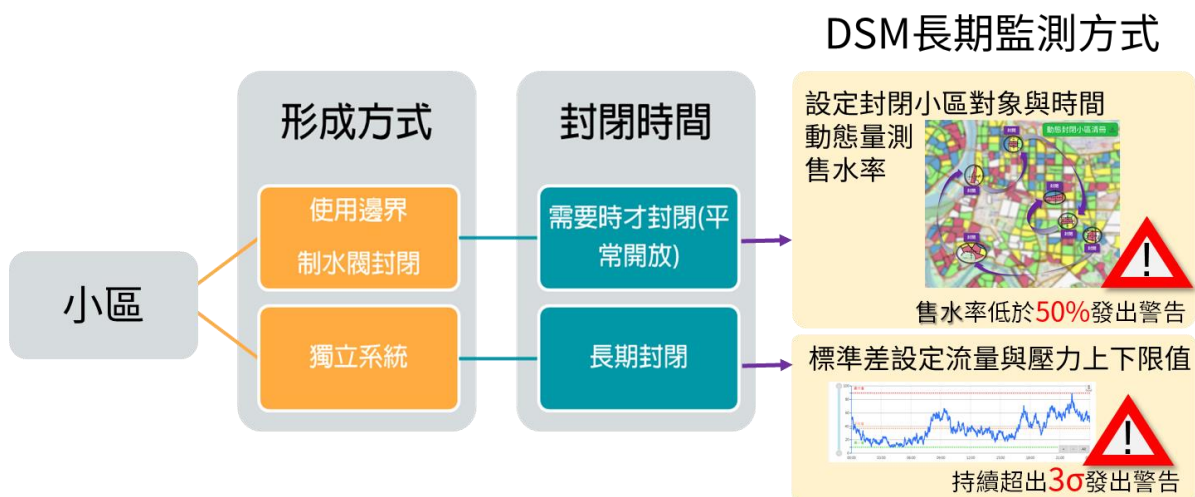


圖 6-24 以小區構成條件分類 DSM 長期監測小區方式

6.3.2 壓力精緻化管理

為使後續能精緻化管理水壓，首要仍須廣設水壓監視點，現階段北水處轄區約有 439 處水壓監視點（含小區智慧讀表），雖已可進行部分壓力運用，後續北水處亦將持續利用小區智慧讀表的壓力及流量記錄功能，以北水處未來 3-4 年計畫小區計量窰井續裝設至少約 500 只小區智

慧讀表，等同未來就將近 1,000 處的水壓監視點分布於北水處轄區內(如圖 6-25)，就能更好的將供水管網中水壓及水量等即時資訊進行分析，並作為精緻水壓操作與系統管理之重要參考依據。

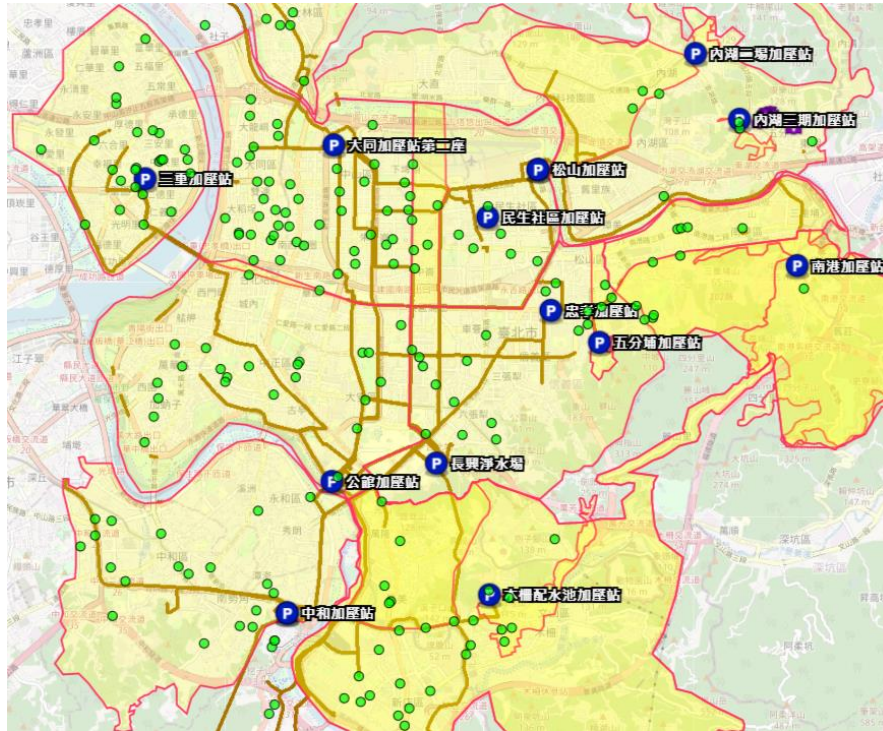


圖 6-25 DSM 流量計點位與加壓站供水範圍

當水壓監視點數量達到一定規模後，可依每季等固定時段移動進行平均、最大及最小壓力值之現況計算後，再以內插等方式繪製出等壓線、壓力趨勢線或範圍線等，並將其於北水處的 WEBGIS 系統展示，配合各加壓站所在位置及供水模式，就可更細緻的描繪出加壓站加壓範圍，壓力範圍精準化是很重要的，一旦發生壓力變化就可以明快的確認原因，也可以快速進行應對反映。另外，藉由各個加壓站精緻範圍內挑選其適當位置設置迴授控制點，就可讓迴授訊號更貼近用戶端小口徑配水管線，加壓站配合運轉後，再從後續現況的即時壓力值反饋是否需調整迴授控制點位置及迴授點所設定的壓力值大小等，以滿足用戶用水需求，亦達加壓站能量運作最佳化；另外亦可同時挑選 2 處或 3 處以上迴授控制點，將其壓力值依趨勢進行權重分配，加壓站抽水機組的變頻設備就以

分配後的水壓進行變頻運作，而達到「多點」平均的需求，就不再僅是考慮單點滿足，能源使用也就更精準，如圖 6-26。

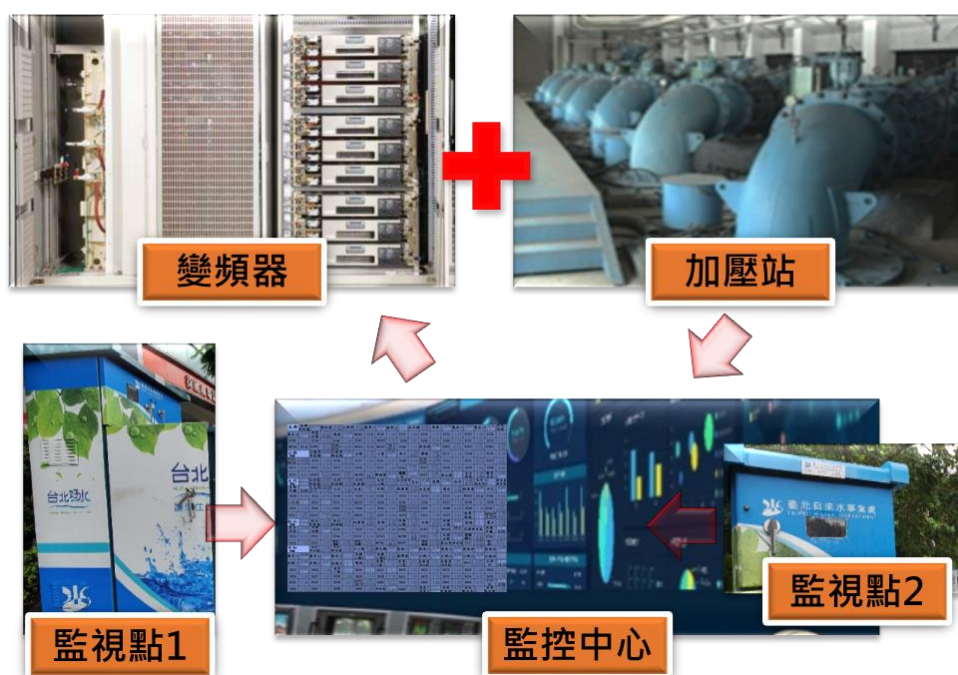


圖 6-26 多點遠端迴授與變頻控制示意圖

當監視點分布廣泛後，同一供水區即可利用能量到達壓力變化去確認並記錄反應時間，以各點時間差即可確認能量傳遞的時程及水流方向等狀況，而相鄰兩點間其壓力變化的時間點應非常相近，甚至近乎相同，然若明顯有時間差時，應可合理懷疑兩點間管段非相連，如制水閥關閉，或有明顯管損狀況，如漏水或管徑大變化等因素造成，藉此就可更細微的察看並瞭解管網狀態，而此判定方式仍須利用系統提供及演算。

另外，監視點壓力與流量的關係就先前所述的漏水管控及即時處理的應用，能夠處理的範圍仍偏向區段或較大範圍，如何更精細進行突發性不明幹管漏水之位置分析，亦是精緻化管理的重點。未來透過 500 只以上的 DSM 流量計安裝，能提供轄區內各種位置的即時壓力狀況，藉由這些壓力資料，可以妥善規劃各區域壓力空間分佈，規劃調配更合理之

中區或大區範圍，讓中區或大區能透過實際壓力空間切分。如此一來，若能搭配於中區或大區進水點增設壓力控制閥，微控水壓力，讓加壓站的供壓能量更能直達轄區邊緣地帶，將讓目前的水壓管理從時間管理更進一步到空間管理，以達水壓精緻化。

另於 WEBGIS 系統建立全轄區水理分析模型，利用水理分析就可以知道每一節點應有的水壓及流量，倘發生管線老舊或其他原因導致突發性不明幹管漏水時，輪流將水理模型內之每一個節點分別代入，獲得每一模擬狀況下供水區域內每個節點之壓力變化，再透過供水分區之監視點數據壓力，將前揭水壓資訊與水理分析結果進行比對，以誤差最小所對應模擬狀況下之漏水節點周遭即為可能漏水區域，甚至再經由節點間壓力比對就可縮小範圍至某一管段內，藉此縮短查察漏水點之作業時間，大幅降低現場所需確認查察的範圍，降低漏水量及減少供水風險，並提供了緊急漏水等狀況之決策參考。

6.3.3 以水理模型建立預測作業

北水處後續的工作重點也就是利用長期資料進行「智慧化」發展與管理，而智慧化的方式就是建立即時的系統分析，北水處正逐次將轄區內 11 個供水分區建立水理分析模型，目前模型建置程度將進入多時段的動態模型，模型建置後將朝即時系統分析發展。

即時系統分析模型經結合監控中心 SCADA 系統及小區智慧讀表等設備的水壓及流量之相關數據，除利用即時資料，須先將過去資料以科學方法進行分析，如以遺傳演算法處理上述回傳資料，運算出各時段數值，如場站供水量、出水壓、監視點、小區智慧讀表之管網流量及壓力等所應有的正常值或常態範圍，將分析所得的資料形成系統資料庫。即

時系統就可以固定時段或某一時段動態擷取淨水場或加壓站即時出水壓及流量，進行各管網節點的分析，演算結果可與現況值或與資料庫運算之系統正常值進行比對，當偏離時間及數量超過一定值時，系統就發出警訊通知，通知事件包含流量異常、水壓異常、設備故障及夜間流量異常等異常事件警示，輔助管理者進行判讀並提前進行處置，如調動現場人員進行區段確認或先行以關閉管段等方式進行避險措施等以降低未來之影響，如圖 6-27。

另即時系統建置完成後，即可協助現場模擬啟閉制水閥造成影響，如將預定關閉的區域套入該系統後，程式自動運算關閉閥類後之節點壓力變化，當壓力變化值超過容許範圍，即可對應搜尋影響路段及用戶，系統並自動分析關水範圍外並產製出影響範圍，相較以往僅能以實際關閉制水閥確認關水區域外是否影響等，可大幅減少判定時間，並可協助現場工作人員判定及簡化工作量。



圖 6-27 即時系統示意圖

系統發展的最後就是進行管線及設備風險評估，也就是系統預測，當系統自動將各管段的影響狀況，如管材、管齡、漏水次數及地震等環

境災害等影響因子進行重要等級配比並分析，進而考量影響用戶數（包含停水戶數及水壓降低戶數），當影響用戶數越多，表示該管段或設備所影響的風險越高，甚至評估風險年限並排序。以每 2 至 3 年等頻率進行上述風險預測分析，分析結果對應風險等級管線圖標示所對應之顏色於 WEBGIS 系統展示可提供參考。此預測分析結果亦可作為短、中、長期等管線或設備汰換依據及進行對策研擬，再搭配現場管線巡查，依管段災害風險等級訂定巡查頻率，如此系統方能永續發展及健全。

第七章 結論與未來展望

北水處自民國 95 年推動 20 年管網改善計畫，並以劃設小區方式，由漏水嚴重的小區開始進行管線汰換，汰換完成的小區以小區計量方式評估其改善成果，十餘年下來已建置 828 個小區，改善完成售水率達到 90%以上小區超過 350 區，轄區漏水率由 94 年底 26.99%下降至 108 年底 12.71%。隨著改善完成小區日益增加，為確保改善成果，北水處小區執行重點由劃設區塊及管網改善逐步演變為小區長期管理。本研究首先蒐集國外小區執行案例並對北水處小區執行歷程及目前成果做回顧及探討，接著探討小區分級管理制度及小區流量計管理與優化方案，以這些探討作為基礎，發展二項小區智慧管理平台，其一為 WEBGIS 平台，其二為水資源平台，二者互相支援搭配達到小區智慧化管理之目的，另外本研究對於智慧水表於小區安裝測試準則及實際應用亦提出構想與操作方式。

本研究團隊於 109 年 9 月 28、29 日至台灣自來水公司進行參訪，如圖 7-1，雙方對於台灣 2 大自來水事業之小區維護與管理方式充分交流，利用這次難得的機會，研究團隊詳實地介紹小區智慧化應用與發展之研究內容，台灣自來水公司也提供在分區計量管網的管理方式與 WADA 系統於漏水偵測的應用，雙方對於小區的各種名詞上的統一、實際執行面的問題等做了廣泛的討論，相信除了對本研究計畫的發展有所幫助，對於台灣 2 大自來水事業體於智慧化發展上提供極大的助益。

本章節利用彙整方式說明本研究案執行成果與智慧化平台在未來發展上給予建議。



圖 7-1 本研究團隊於台灣自來水公司進行交流會議

7.1 結論

隨著本研究的進行，對於漏水改善上，已在 109 年開始產生效益，在建立小區智慧化的過程，利用 WEBGIS 俯瞰所有小區，經統計與計算後，發現本處的 66% 的漏水量，落在推估漏水量排名前 20 的小區內，考量各小區道路挖掘許可與經費後，再挑選這些小區進行管線汰換，而在汰換管線的過程中，再利用 DSM 流量計所回傳的資料，由水資源平台即時計算售水率以掌握施工成效，使 109 年統計至 10 月小區改善漏水量已達 19,281CMD，大幅超越 108 年度的 11,968CMD，對漏水改善已具有相當之的效益。如圖 7-2。



圖 7-2 本研究於 109 年所展現之初步效益

本研究獲致主要成果可概分為二大項，第一大項為小區管理系統面，第二大項為智慧水表應用及管理面。以下分別敘述：

7.1.1 小區管理系統

1、於 WEBGIS 建立小區智慧管理功能

北水處過去以 CAD-based 的 GIS，以圖幅切割管網成為數百幅圖面，產生許多拓樸斷點，難以作為統計分析工具，北水處於 107 年開始將原有架構轉正為空間資料庫(WEBGIS)，所有拓樸斷點全部接上，重新建構的 WEBGIS 可作為統計分析的有力工具，北水處透過 WEBGIS 作為小區各種智慧管理的基礎平台，目前已完成 7 項應用功能，說明如下：

- (1) **小區履歷功能**：本項功能提供登載小區執行過程中遭遇之各項問題及待解決事項，除小區施工廠商、監工等基本資料外，包括無法汰換管線位置及原因、無法斷除之管線、臨時變更設計簽報表等均可詳實紀載於小區履歷上，方便後續人員接手。
- (2) **小區總覽功能**：提供已建置完成之 828 個小區快速總覽功能，提供該小區位置、管線長度、水表數量、日用水量、初複評結果、售水率、管線平均年齡等基本資料。另外本功能最主要係可設定各類主題後即時快速排名，例如小區漏水量排名、SSP 汰換率排名、PB 管殘留排名等，方便管理者進行重點管理。
- (3) **小區資訊查詢功能**：透過框選小區範圍內的水表，可即時介接用戶用水量資料庫，除可呈現小區基本資料外，另可呈現小區 DIP 化及 SSP 化比例、售水率、用戶用水量、窰井數、消防栓數、邊界制水閘數、初複評記錄、履歷事件填報數量等資料。尤其用戶日平均用水

量搭配小區進水點日平均用水量即可很容易推估漏水量。

(4) **小區範圍編修功能**：許多小區在執行過程中因為管線配置、制水閥位置、水表位置及施工因素等問題必須重新調整小區範圍，此時即可使用這項功能在 GIS 上編修小區範圍，之後進行各項統計即依據最新範圍重新計算。

(5) **小區初、複評計量資料編修**：提供記錄小區各次初評、複評結果，包括：初複評日期、售水率、封閉天數、水表型式、作業方法等資料，將各小區初複評結果列表呈現，方便管理者依據歷次初複評結果評估該小區改善情形。

(6) **小區斷水追蹤功能**：透過智能斷水判斷，在小區所框選的範圍內，自動建議所需關閉的制水閥，協助現場操作人員進行邊界閥確認，並可自動化依據封閉的範圍，判斷受影響的用戶。

(7) **施工與作業案件空間分佈功能**：將北水處各類施工及作業予以整合，進行中各項施工與作業案件佈於地圖空間，以瞭解彼此是否會有作業干擾，透過可視化方式將當日或未來特定時間之案件以地圖空間呈現，對於整體管網的操作提供極大的助益。

2、建構水資源共通平台及完成小區管理介面

北水處既有監控系統每日接收傳回之大量管網訊息(流量、壓力、水質、加壓站資訊.....)，若再加上 DSM 回傳的資料將造成數據量暴增，對現有伺服器造成很大的負荷，且這些數據因為通訊協定不同，資料儲存格式不同，很難加以搭配應用。因此配合北水處新監控中心及小區智慧管理之需求，建構共通服務平台，各單位將資料拋轉至共通平台，達到資訊共享目的。各單位均可至此平台撈取所需資訊再配合開發之軟體

或 APP 進行分析管理。

搭配共通服務平台本研究案已開發小區管理介面模組，針對DSM感測資料進行基本運算、顯示多種趨勢線圖及提供裝置相關管理介面。趨勢圖包括流量、壓力、電量之時間趨勢，並可依據選擇的時間範圍，分析平均日流量、累積總流量、單點最大最小值流量，並計算出該區間最小流售水率。基本資料管理介面提供水表或窰井裝置資訊，包含小區群組分類、行政區、安裝與設置時間、ISP電信商信號、地址、經緯度座標以及管徑基本資料管理。

7.1.2 智慧水表應用及管理

1、建立長期管理小區分級管理制度

改善完成的小區隨著材質老化及各種因素，漏水復發難以避免，經過北水處的研究，每個小區漏水復發的程度不同，主要原因為施工時因管障、禁挖、用戶不同意施工等因素而未汰換完全，隨著時間殘留老舊管線開始漏水。另外經過統計漏水大都發生在塑膠類給水管材，包括 PB 管及 PVC 管，因此殘留越多此類管材的小區其漏水復發機率越高。

利用 WEBGIS 統計小區內管線組成材料比例及歷年漏水資料，設定風險判斷準則，可計算出每個小區漏水復發風險，將每個小區進行漏水風險評分，依照評分高低進行分級，目前北水處將改善完成的小區分為 3 級，A 級代表暫無風險，採用抽檢方式管理；B 級代表低風險，每 3 年健檢 1 次；C 級代表高風險，每年健檢 1 次。檢查出漏水復發的小區依其嚴重性安排進場改善，以此方式確保改善成果。

2、完成小區流量計安裝與性能測試準則

小區流量計是小區作業重要工具，用以評估小區改善狀態及後續改善行動之依據，為達智慧化管理之目的，北水處於 107 年開始安裝具無線傳輸功能之 DSM 流量計(電磁式或超音波)，可回傳每分鐘的流量及壓力值至管理端，透過相關智慧平台的開發即可進行智慧化管理。為避免 DSM 口徑過多不易管理，北水處統一 DSM 口徑為 200mm 及 300mm，依小區內用戶用水量選擇適合的口徑，以利夜間最小流的量測。安裝應注意準則包括：安裝地點是否有高壓磁場干擾，避免非滿管，上下游長度應足夠，並且具有制水閥以利流量計安裝。另外安裝時應測試窰井地點傳輸訊號是否能順利通訊，避免安裝後資料無法回傳。

流量計安裝前必須由 TAF 認證合格之試驗室進行流量試驗及傳輸測試，安裝於現場後需進行現場校正測試作業，依北水處使用經驗，安裝過程產生之失誤包括接地不確實或接線鬆脫，造成資料大幅跳動；另外安裝過程可能會設錯口徑參數，造成數據不正確；還有流量計零點漂移的問題。這些問題必須在現場安裝完成後進行校正測試，於新設 DSM 下游保留一消防栓作為出水口進行串聯測試，消防栓出水口連接水表或流量計進行比對測試，以確認安裝之 DSM 流量之準確性。

3、以即時流量評估漏水

DSM 流量計最大的優點即在於可回傳即時流量，再利用 WEBGIS 系統介接抄表系統可得用戶日平均用水量，即可推估售水率，由於平常抄用水量係為直接抄錄用戶用水量，故所得之售水率相較於夜間最小流所得之售水率更為精準。另外可將小區分割為數個次小區，以逐步擴大或縮小範圍方式搭配 DSM 回傳之夜間最小流即可得到每一次小區之漏水量，針對漏水嚴重次小區再輔以巷弄直接法、相關式檢測、噪音紀錄器

檢測及聽音檢測等測漏方式，即可逐步縮小漏水區域，確認漏水位置。

4、壓力資料之應用

DSM 回傳之壓力資料可做多方面之運用，可與既有監視點搭配，應用包括：

- (1)提供現場水流向判定：北水處監測水壓紀錄的監視點約計有 189 處，再加上 250 只小區 DSM，可利用各點壓力紀錄值統計出各點之平均、最大及最小壓力值，將可依每季或逐年移動進行平均、最大及最小壓力值之現況計算，及據以內插等方式繪製出等壓線供作業參考。現場作業人員可利用不同壓力色階之等壓線分佈圖輔以鄰近監視點之壓力值，就可判定水流走向，做為現場作業或啟閉閥栓之順序參考，減少操作造成水流方向的改變。
- (2)以壓力頻譜進行供水管理：同一供水區域內之小區應有相同之壓力頻譜，管理者即可利用近似的壓力頻譜來判斷管網範圍係屬於哪一加壓站或供水系統，若頻譜產生變化，可立即檢查是否供水區域遭不明原因改變邊界閥、管線已有嚴重漏水或監視點鄰近已新增大用戶用水，提供有效之供水管理。
- (3)即時管控漏水事件：利用常態分佈及標準差之概念，未封閉小區的智慧讀表的壓力數值及即可視為單一監視點，當發生壓力數值異常時，系統就可以發出警訊至管理人員，經由管理人員的判斷，是否 DSM 附近有大用戶大量用水或是發生漏水情形。

5、小區邊界封閉自動化判斷

以往為判斷小區是否封閉，須派員至現場檢查邊界制水閥，耗費相

當多人力及時間，利用 DSM 流量計回傳每日平均流量與壓力匯出一個點在 XY 散布圖的方式，再以均值聚類將每日重心繪出，並繪在同一張 XY 散布圖後，若小區為封閉狀態，其重心呈現在大致相同的向量位置，若小區邊界被打開，其重心位置會偏移，可以此作為判斷小區是否封閉的依據，方便管理者判斷即時流量及壓力之真實意義。另外，目前北水處的 DSM 流量計均可雙向記錄流量，在系統上可將其流向予以定義，讓 DSM 流量計的正、逆流利用箭號即時呈現於系統圖面上，以智慧化方式幫助各種管線操作維護工作。

6、以智慧水表評估小區與小區間主要道路漏水量

小區與小區間以街廓區隔，因此往往一些主要道路成為三不管地帶，不屬於任何小區，其漏水狀況不明，以合併小區為中區的作法再搭配 DSM 可以評估這些主要道路的漏水量，通常一個中區包含 3 至 5 個小區，合併後除各小區原有 DSM 外，於中區進水點亦裝設 DSM，藉由封閉期間回傳各 DSM 流量資料，可以推估未包括於小區範圍但屬於中區範圍內的道路漏水狀況，若漏水嚴重，再搭配噪音紀錄器及相關儀等設備，找出漏水點修復或進行整段汰換。以 DSM 流量計取代現場抄表，可以加速整體中區計量時間，藉由制水閥的操作，可以將區塊逐一隔離，找出最嚴重的漏水區塊或道路，達到重點管理之目的。

7.2 未來展望

本研究已建構小區管理之系統工具(WEBGIS)，並完成 DSM 回傳數據之接收、資料整理與初步應用(水資源共通平台)，並於小區現場實

際運用 DSM 作為售水率計算、壓力監測、漏水監測、流向判斷等之工具，已獲致初步成果，未來配合北水處擴大 GIS 應用與水資源平台之發展，在小區智慧管理方面仍有相關面向可再精進，對未來展望初步構想重點工作如下：

1、小區 SSP 栓數計算與位置展示

利用現有管網的拓撲關係，找出水表前給水管連至配水管前，是否有為 SSP 材質的給水管線，可提供單栓或多栓計算，且設計排程進行所有栓數的計算。並能列出小區內非 SSP 栓的位置，成為進場汰換對象，使後續各小區都能以給水管 SSP 栓化 90%以上為目標，進行重點精緻化管汰。

2、小區動態健評管理

透過管線材質配水管 DIP、給水管 SSP 比例高低、管線年齡大小等因子，由系統推算漏水潛能得知漏水復發風險，每年能重新依照當時管線資料檢討漏水風險後，自動產生動態排名，於該年底時告知小區管理者明年度須辦理健評小區之名單，並能於完成健評後由管理者回報結果，作為下年度健評對象之參考，逐年動態輪動維護。

3、動態封閉計算售水率

透過廣泛安裝 DSM 流量計後，建立計畫安排每年計量順序，由系統告知需封閉的小區對象與時間後，派員前往封閉制水閥並於完成後開啟，不需要派員抄表與計算，就可以透過系統逐小區自動產生售水率，並可搭配設定警報值，若小區量測到售水率過低或與前次比較有明顯降低，由系統發出警訊，告知該小區必須進場檢測或進行管線汰換，逐步剔除轄區漏水癥結點，相連形成更穩固的供水網路。

4、壓力精緻化管理

原有水壓監視點搭配 DSM 流量計的安裝，北水處轄區水壓監視點數量將達到 1,000 點，可依每季等固定時段移動進行平均、最大及最小壓力值之現況計算後，再以內插等方式繪製出等壓線、壓力趨勢線或範圍線等，配合各加壓站所在位置及供水模式，可更細緻的描繪出加壓站加壓範圍，使其壓力範圍精準化亦達加壓站能量運作最佳化。

5、以水理模型建立預測作業

將轄區內 11 個供水分區以水理分析建立多時段的動態模型，模型建置後將朝即時系統分析發展，即時系統分析模型經結合監控中心 SCADA 系統及小區智慧讀表等設備的水壓及流量之相關數據，除利用即時資料，須先將過去資料以科學方法進行分析，如以遺傳演算法處理上述回傳資料，運算出各時段數值，如場站供水量、出水壓、監視點、DSM 流量計管網流量及壓力等所應有的正常值或常態範圍，將分析所得的資料形成系統資料庫。資料庫完成後進行管線及設備風險評估，進行系統預測，當系統自動將各管段的影響狀況，如管材、管齡、漏水次數及地震等環境災害及用戶等影響因子進行重要等級配比並分析，評估預測風險年限。

6、利用 DSM 壓力資料回饋分級維護

未來透過 500 只以上的 DSM 流量計所得到之壓力資料，可進行壓力區塊佈設，並以壓力大小進行排名，找出長期壓力不佳的小區，與 WEBGIS 管線材質、管齡圖層進行套疊應用，舉例：壓力低、管齡較大的代表該小區管線長期體質不佳，應受到高度的關注，提高健評的次數。故將所得壓力資料回饋列入輪動健評之風險評核因子，更能健全小區分

級維護管理制度。

7、結合智慧水管家

目前本處已於 107 年底完成 1,800 戶大用水用戶智慧水表安裝，並於臺北市木柵二期建置智慧水網示範區，將區內 2,600 戶、128 棟建築物全面汰換為智慧水表區，後續將更擴大服務進行全轄區智慧水表裝設，並以「智慧水管家」平台收集智慧水表的用水數據，用戶可透過平台查詢用水資訊，且系統偵測到異常，會主動提醒用戶查看用水量變化及檢查用水設備。未來可利用本研究計畫所建立之智慧小區平台，結合智慧水管家，例如：小區內將施工停水，可透過智慧水管家主動向用戶推播，通知民眾提前因應並即時告知施工與復水資訊等應用方式。

參考文獻

1. 王致善、黃裕泰，小區長期管理新技術-無限回傳結合二分逼近法，中華民國自來水協會第34屆自來水研究發表會，2017。
2. <https://www.ems.com.tw/ColumnDetail.aspx?id=14&a=&b=1&c=1>
3. 陳錦祥、時佳麟、黃裕泰，考察智慧城市在自來水領域之運用及防漏測漏等相關科技，108年度臺北市政府出國報告，2019。
4. 陳曼莉等，國際水協會第8屆亞太地區會議出國報告，2019。
5. 黃裕泰、黃嘉昌，分區計量長期管理結合智慧水網應用模式探討，第35屆自來水研究發表會，2018。
6. Successful NRW Reduction Experience in China - Iwa-waterloss.org，2015
7. Julian Thornton，Water Loss Control Manual，2008。
8. 臺北自來水事業處，供水管網改善及管理計畫-第四階段計畫，2019。
9. F. Arregui、Enrique Cabrera Jr、R. Cobacho，Integrated Water Meter Management，IWA，2007。
10. 陳明仕，小區計量管理用計量表安裝與應用探討，漏水防治與管理研討會，臺北自來水事業處，2009。
11. 臺北自來水事業處「小區計量管理用無線傳輸流量計設備」財物契約，臺北自來水事業處，2017。
12. 黃嘉昌，應用AMR流量計等設備進行全階段小區計量精緻化，中華民國自來水協會第36屆自來水研究發表會，2019。
13. 黃裕泰、黃嘉昌，分區計量長期管理結合智慧水網應用模式探討，中華民國自來水協會第35屆自來水研究發表會，2018。
14. 鄭錦澤、周家榮、李垂勳，漏水長期管理的前提－窰井的選用與施工實務探討，中華民國自來水協會自來水會刊第32卷第1期，2012。
15. 黃嘉昌，建構智慧化分區計量長期管理模式，第36屆自來水研究發

表會，2019。

16. 東京都水道局網站，

<https://www.waterworks.metro.tokyo.jp/suidoigogyo/torikumi/kadai/plan2004/02.html>

17. 范煥英、梁世誠、許敏能，赴日本考察漏水改善之小區計量規劃與執行心得報告，2006。

18. 福岡市水道局網站，<https://www.city.fukuoka.lg.jp/mizu/keikaku/0059.html>

19. 何媚華、卓昱宏、林金龍、莊立偉、李家修，分區計量管網建置後之維護管理與檢討-以台中供水系統為例，中華民國自來水協會第36屆自來水研究發表會，2019。

20. 王銘博、楊境維、黃欽稜，供水管網水壓精緻操作與管理－以臺北地區為例，中華民國自來水協會自來水會刊第32卷第1期，2012。

21. 彭伊呂、鄭答振，水壓調查及等壓線GIS圖資系統應用，中華民國自來水協會自來水會刊第30卷第1期，2010。

22. 郭寶錚、陳玉敏，生物統計入門，五南圖書出版，2007。

期中報告審查意見及回應表

王主任委員根樹		研究單位
審查意見	回應	修正頁碼
1. 小區智慧化管理之應用對於配水系統水質、水壓管理有其應用價值，期末報告針對小區智慧化管理之應用，建議可針對運用之管網（都會區、郊區）、小區劃分（區域大小）等加以討論，並提出建議，以利事業單位參考應用。 2. 國外應用經驗部份是否有日本之應用經驗可參考？ 3. 為利後續 WEBGIS 之應用，現有各項圖資系統之格式宜有所統一，以利逐層套圖及使用並利於管理。 4. 小區的分級管理比較像是分級健檢維護，而且會隨管線改善後而變動，建議可以再檢討使用文字。	1. 期末報告將針對小區內水質及水壓等智慧化管理應用方式詳加介紹，另對於本處小區劃分等原則與方式，補充於期中報告第 2.3 節執行分析與檢討內。	48
	2. 期中報告第 2.1.3 節國外小區計量案例，增加日本東京都與福岡市之小區發展經驗。	22
	3. 本處 WEBGIS 目前以自來水設備圖資為基礎、整合多元底圖、閘栓巡檢、施工資訊、即時監控資訊、即時供水歷線等資料庫類型，並整合設計圖、竣工圖、閘栓卡等實體檔案類型，相關格式均統一至同一圖台進行呈現，功能項目將以群組方式呈現，以便於日後管理，相關內容補充於期中報告第 3.2.1 節 WEBGIS 發展歷程。	62
	4. 本報告統一修正分級”管理”為分級”維護”。	
王副主任委員藝峰		研究單位
審查意見	回應	修正頁碼
1. ”智慧”水務重點在提供新的公共服務，目前計畫的應用重點仍在提昇北水處自己的行政效率（例如檢漏、維運等），尚未發揮智慧化的最大效益。建議後續可朝下列深入研究： (1). 智慧化數據去識別化。 (2). 建立兼顧資安及營運安全的大數據供應平台。 (3). 結合新創、研發跨域加值服務。	感謝委員指導，本研究計畫目前於期中報告執行進度，主要以探討目前各種不同態樣小區的改善維護原則與方式，並整合現有智慧化設備與平台發展為主，對於智慧化之應用，將以提升行政效率為目標，發展各種小區之智慧化的應用；另對於智慧化數據去識別化及建立跨域應用的數據平台等發展，本處也將於期末報告時一併納入探討。	

2. 計畫迄今重點仍在硬體改善，即便智慧化應用以水公司或水處業務為主，仍未見深化的軟體開發。例如：“關燈淨水廠”的研發。		
范委員煥英	研究單位	
審查意見	回應	修正頁碼
1. 請於期末報告中詳細說明小區分級制度其預設條件之訂定規則與檢討機制。 2. 安裝噪音測漏器確可瞭解管網之漏水可能，並進行改善作業，惟需待進一步累積辦理經驗分析其能有效判斷小區良窳之關聯性。	1. 小區分級維護之預設條件與方法補充於期中報告第 3.4.1 節改善後分級維護。 2. 感謝委員提醒，對於以噪音測漏執行健評方式，本處於 108 年提出並於 109 年正式執行，對於第 1 年之執行累積成果，本處將於 109 年底加以分析檢討，以滾動精進本處未來年度長期維護管理方式。	80
董委員書炎	研究單位	
審查意見	回應	修正頁碼
1. P.17 圖 2-2 契約上限金額差異很大，但契約名稱、作業方式均相同，雖在 P.16 有說明金額少的原因，建議併入表內說明。 2. P.14 小區之回頭複評，平均 8 年漏水率復發為 1.7%，平均 1 年售水率下降 0.21%，其分析結果建議以圖表方式說明，以更清楚呈現。 3. 智慧化的運用在未改善的小區能找出漏水量大的小區以改善，建議能將 WEBGIS 平台分析結果於期末說明呈現。 4. 改善後之分級管理是以 Noise logger 作業，建議 logger 的佈置數量、範圍、效益如何，能於期末說明。 5. 流量計均設於窰井內，雖各設備都有規範防水，但如長期泡水，對設備的妥善率影響評估。	1. 本處 94 年所執行的標案，主要於已規劃好的小區進行表位勘查及抄表，作業內容單純執行金額較少等原因修正於期中報告。 2. 為避免說明方式造成混淆，改以「經統計後平均 1 年售水率下降約 0.21%」方式說明。 3. 本處將針對利用 WEBGIS 平台分析結果並進行漏水量大之改善結果於期末說明呈現。 4. Noise logger 的佈置數量、範圍等，增加於期中報告第 3.4.2 節輪動健評方式探討內說明。 5. 本處對於 DSM 採購規範內要求窰井內所有設備，包括偵測管、壓力感測器、無線訊號傳輸模組及外掛電池等均須符合 IP68 防水保護等級，以避免電子設備窰井內泡水故障。	16 57 84 94
白委員榮裕	研究單位	

審查意見	回應	修正頁碼
1. P. 39 管線汰換執行成果 (1). 94 年給水管總長度約 2664 公里，108 年底給水管總長度為 2370 公里，給水管長度減少是筆誤或有何原因？ (2). 量化資料文字敘述容易混淆，建議儘量以表格方式呈現。另，P. 40 圖 2-2 模糊不清楚。 2. P. 67 北水處以往汰換準則係以售水率低的小區優先汰換，然由前述分析管線汰換不應侷限於低售水率，漏水量大的小區更有改善效益…。建議： 可考量利用管網弱點等相關資料預估管汰工程費，於系統中開發「管線汰換效益評估」之功能，計算出小區內降低漏水量之單位成本（降低每噸漏水需花費多少工程費用），以效益排序進行管線汰換，而不以小區漏水率或漏水量做優先汰換的篩選條件，將有限的資源作最大的運用，並可將相關評估資料列入小區履歷，施工完成後再比對預估效益，亦可重新檢視原相關資料是否與現況有所差異。 3. 錯字請更正： P. 17 委外「暨」量 → 「計」。 P. 43 因此北水處 101 年開始於「個」小區… → 「各」。 P. 65 對於舊有圖資與「台帳」必須能… → ??。 P. 67 除了以經驗「盼」判斷 → 刪除。	1. 於期中報告內增加本處 94 年與 108 年管線汰換情形比較表，並修正文字呈現方式，以避免混淆。 2. 針對小區智慧化，除了量測小區售水率等應用方式，本處將於期末報告加入探討，以利用空間管理的方式，將每個小區的範圍內所有管線、水表資料及漏水紀錄等，直接計算出每個小區的平均用水量、DIP、SSP 比例或漏水的頻率等相關主題，予以排行，並帶入管線汰換所需單位工程費，每年即可以可支用預算，來找出最適合目前需要汰換的小區，以達智慧化之目的。 3. 錯字部分完成修正。	45

期末報告審查意見及回應表

王主任委員根樹		研究單位
審查意見	回應	修正頁碼
1. 本研究成果優良，對自來水事業提升管網智慧化管理有極高參考價值，未來可評估如何適度開放資訊，以提升計量成果應用之整體價值。 2. 本案經與台水公司技術交流，有關交流成果可適度於報告中加以彙整，以展現研究成果之應用價值。 3. 第七章標題可改為”結論與建議”或”結論與未來展望”。	1. 感謝主委給予肯定。並感謝水協會給予這個難得的研究機會，研究過程讓本處在小區智慧化管理獲得很大的助益，研究內容已成為本處在提升小區維護與管理上的重大工作項目，本研究內容將藉由水協會成為公開的刊物，提供各界參考。 2. 本案於 109 年 9 月 29 日與台灣自來水公司技術交流部分補充於研究報告內。 3. 本報告第七章標題修正為”結論與未來展望”。	186 186
王副主任委員藝峰		研究單位
審查意見	回應	修正頁碼
1. ”資訊整合”來優化服務或創新服務是”智慧化”的核心。本研究呈現北水處運用 WebGIS 結合小區履歷及智慧讀表的資訊整合成果，值得肯定！ 2. 目前運用方式仍以提升內部業務效率為主，建議後續評估如何去識別化及安全防護確保下，建立對外開放的資料平台。 3. 本報告詳實記載北水處推動 DMA 及 DSM 的歷程，甚具參考價值。 4. 人口老化、氣候變遷等趨勢讓智慧水務的發展日益迫切，建議目前的研究成果能加速並擴大內部參與，以激發新的 philosophy。	感謝副主任委員給予肯定。 目前本處已於 107 年底完成 1,800 戶大用水用戶智慧水表安裝，並於臺北市木柵二期建置智慧水網示範區，將區內 2,600 戶、128 棟建築物全面汰換為智慧水表區，後續將更擴大服務進行全轄區智慧水表裝設，並以「智慧水管家」平台收集智慧水表的用水數據，用戶可透過平台查詢用水資訊，且系統偵測到異常，會主動提醒用戶查看用水量變化及檢查用水設備。後續本處將利用本研究計畫，結合智慧水管家，例如：小區內將施工停水，本處可透過智慧水管家主動向用戶推播，通知民眾提前因應並即時告知施工與復水資訊等應用方式。讓本研究計畫成果使民眾有感，以積極推展智慧水務。	196

董委員書炎		研究單位	
審查意見	回應	修正頁碼	
1. 輪動健評是運用 WEBGIS 註記區內管線材料年齡、材質、漏水記錄等資料，計算出漏水復發風險，以進行小區分級管理維護。由於水壓是造成漏水的因素之一，是否可列入評估考量，以使風險評核更精準。	1. 感謝委員的寶貴意見，利用 DSM 流量計所得之壓力資料進行壓力區塊佈設，並與管線材質、管齡圖層進行套疊應用，舉例：壓力低、管齡較大的代表該小區管線長期體質不佳，的確可列入輪動健評之風險評核因子。將本方法補充於報告內。	80	
2. P. 185 執行上有很多成果，建議再補充增列「產生效益」。	2. 補充增列本研究於 109 年所產生之效益。	187	
3. P. 51、P. 53 序號 1，2 請修正。	3. 完成修正。	51	
4. P. 154 進水點裝設 DSM-A、DSM-B、DSM-C、DSM-D，(如圖 5-38)，但圖 5-38 係以 DSM-1、DSM-2、DSM-3、DSM-4 表示，建議修正一致。	4. 完成修正。	154	
5. 小區夜間最小流作自評與複評，驗證結果可簡單又快速作漏水評測，本計畫以實際案例敘述相當清楚詳實，表示肯定。	5. 感謝主委給予肯定。		
范委員煥英		研究單位	
審查意見	回應	修正頁碼	
1. 2.2.3 章節小區計量執行成果，建議增列配水量/售水量/支援量之變化。	1. 感謝委員的建議，本處將近年轄區配水量與支援水量的變化與效益，補充於期末報告內。	47	
2. 水處於管汰計畫初期即引進變頻設備，並發展遠端壓力回授控制，對漏水率之降低及節電成效顯著，請修正 5.2 章節之文字，另利用變頻設備做壓力控制僅能在時間上控制均壓，若小區、中區搭配使用壓力控制閥控制區內進水量及水壓可進一步於空間上控制均壓，建議可納為 6.3.2 章節精緻水壓管理之手段。	2. 修正 5.2 內章節文字，搭配中區進行空間控制部分，於回應 3 一併說明。	135	
3. 5.4 章節以中區規劃設置智慧讀表計量，除能完整改善漏水外，並提高區塊可以常時封閉的機率，有利長期監控管理，另搭配使用壓力控	3. 本處開始嘗試以 DSM 流量計搭配，以數個小區合併的方式建立中區，並進行長期封閉監控管理，透過 DSM 流量計的安裝，提供更多個即時壓力資料，且預計於 112 年前將完成 500 個以上 DSM 流量計設備安裝，將提供更多的區域壓力變化值，使得藉由這些壓力資料，妥善規劃區域壓力空間分佈，規劃調整更合理之中區範圍，讓中區能以實際壓力	155 182	

制閥，可優化均壓管理。	空間切分。如此一來，若能搭配於中區進水點增設壓力控制閥，微控中區水壓力，讓加壓站的供壓能量更能直達轄區邊緣地帶，將讓目前的水壓管理從時間管理更進一步到空間管理。本次將以上論述補充於期末報告內 5.4 與 6.3.2 章節，以提供後續水壓管理與中區建立之規畫方向。	
--------------------	--	--