



中華民國自來水協會 105 年度研究計畫

新式漏水檢測及進階水壓管理應用研究

Application of advanced water leak detection and pressure management technologies

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技術研究委員會

計畫主持人：李丁來

研究人員：丘宗仁、盧烽銘、林子立、蔡博淵、隋忠寰、黃香蘭、

黃裕泰、林進誠、陳清華

執行期間：自 2016 年 4 月 1 日起至 2016 年 11 月 30 止

中華民國 105 年 12 月

摘要

目前國外已開發新式管線漏水檢測儀器及進階水壓管理控制技術已有使用案例，惟國內管線埋設環境、管線材質、管線圖資、供水壓力、傳訊條件、持（減）壓閥規格等，均與國外有所差異。本研究針對「噪音記錄器」、「多點相關儀」、「智能球」、「管道 CCTV 檢測技術」等新式漏水檢測設備及「減壓閥控制儀器」進行現場測試，分析其本土適用性，以做為後續導入應用參考。

本案測試各國際大廠所開發出來檢漏設備，其中「鸚鵡螺」漏水檢測技術因管線內部障礙影響測試成效；「JD7 管道檢測技術」較適用於管線狀況調查，對應用於漏水檢測尚須案例驗證；「噪音記錄器」偵測鄰近短距離的管段漏水均能有效檢出，惟台灣自來水事業特有管網操作模式，致使該設備的誤判率偏高；而「兩點漏水相關儀」及「多點漏水相關儀」，均能有效檢出漏水，俾利輔助檢漏人員執行後續的漏水點確認工作。

另外，本案現場測試進階式水壓管理技術，測試結果顯示夜間最小流明顯減少，惟整體日供水量降幅不如夜間最小流之降幅，對破管率及管線設備使用年限的影響尚須長時間研究驗證。然測試過程中，利用遠端遙控調節減壓閥出水壓力，可提高供水穩定及減少操作人力需求，具有長期投資之效益。

關鍵字：漏水檢測、水壓管理、管道檢測技術、進階水壓管理

Abstract

There have been many international cases of the applications of the existing leak detection equipment and advanced pressure management technology. Due to the difference between foreign and local water supply conditions, such as pipeline materials, GIS data, water supply pressure, network connection and valve specifications, the adaptability of the equipment and technology in Taiwan has to be examined. This study focuses on the field tests of the noise logger, multi-point correlation system, smart ball, CCTV and pressure reducing valve controller, and the adaption of these devices is analyzed. The results provide a guideline for the follow-up applications of the existing equipment and technology.

The field test results of some leak detection equipment are shown as follows: (1) The accuracy of the Aganova Nautilus System is affected due to the early pipeline construction; (2) JD7 is a specialized technology to inspect pipelines, but it needs more case studies to support its effectiveness of leak detection; (3) The noise logger is an effective technology to survey leaks in short-length pipes but its accuracy is limited by Taiwan's water network operation and (4) Both two-point and multi-point correlation systems are effective to detect leaks. Regarding the field test results of the advanced pressure management technology, the pressure controller significantly reduces the minimum night flow, but it fails to conserve water. Long-term investigation of the technology is needed to find out its effectiveness of reducing burst frequency and extending life. In summary, the advanced pressure management technology is a positive long-term investment because it enhances water supply stability and reduces the demand of manpower.

Keywords: Leak Detection, Pressure Management, Pipeline Inspection Technology, Advanced Pressure Management

目錄

第一章	前言.....	1
1.1	計畫緣起.....	1
1.2	計畫目標.....	2
1.3	預期成果.....	2
1.4	計畫進度.....	3
第二章	文獻回顧.....	5
2.1	漏水檢測儀器之演進.....	5
2.1.1.	非侵入式檢漏儀器.....	6
2.1.2.	侵入式檢漏儀器.....	12
2.2	水壓管理技術.....	17
2.2.1.	水壓管理發展歷程.....	17
2.2.2.	水壓管理策略方法.....	21
第三章	技術簡介及理論推導.....	24
3.1	漏水檢測漏之技術簡介及理論推導.....	24
3.1.1.	「噪音記錄器」技術簡介.....	24
3.1.2.	「兩點漏水相關儀」技術簡介.....	25
3.1.3.	「多點漏水相關儀」技術簡介.....	26
3.2	進階式水壓管理技術簡介及理論推導.....	28
3.2.1.	水壓管理理論推導：管網水壓與漏水量之關係.....	28
3.2.2.	進階式水壓管理技術簡介：調控模式.....	28
第四章	成果與檢討.....	32
4.1	西班牙 AGANOVA Nautilus (鸚鵡螺) 漏水檢測技術.....	32
4.1.1.	技術簡介.....	32
4.1.2.	測試規劃.....	33
4.1.3.	測試過程.....	34

4.1.4.	測試成果及檢討	35
4.2	英國 JD7 LDS100 侵入式管道漏水檢測技術	43
4.2.1.	技術簡介	43
4.2.2.	測試規劃	44
4.2.3.	測試過程	44
4.2.4.	測試成果及檢討	48
4.3	加拿大 Echologics 兩點漏水相關儀技術	54
4.3.1.	測試規劃	54
4.3.2.	測試過程	54
4.3.3.	測試成果及檢討	54
4.4	德國 Seba KMT 噪音記錄器及相關儀技術	60
4.4.1.	測試規劃	60
4.4.2.	測試過程	60
4.4.3.	測試成果及檢討	61
4.5	德國 SEWERIN 噪音記錄器及相關儀技術	68
4.5.1.	測試地點	68
4.5.2.	測試過程	68
4.5.3.	測試成效	68
4.6	日本 Fuji 噪音記錄器及相關儀技術	72
4.6.1.	測試地點	72
4.6.2.	測試過程	72
4.6.3.	測試成效	73
4.7	英國 Primayer 噪音記錄器及相關儀技術	79
4.7.1.	測試地點	79
4.7.2.	測試過程	79
4.7.3.	測試成效	80
4.7.4.	成功的案例	81

4.8	英國 HWM 噪音蒐集記錄器及相關儀技術.....	91
4.8.1.	測試地點	91
4.8.2.	測試過程	91
4.8.3.	測試成效	92
4.8.4.	成功的案例	97
4.9	GUTERMANN 線上多點漏水相關儀技術	112
4.9.1.	測試過程.....	112
4.9.2.	測試成效.....	112
4.10	國際六家公司兩點相關儀現場實測.....	117
4.10.1.	測試地點	117
4.10.2.	測試過程	117
4.10.3.	測試成效	117
4.11	英國 HWM PEGASUS+進階水壓管理技術.....	121
4.11.1.	HWM PEGASUS+系統設備簡介	121
4.11.2.	HWM PEGASUS+系統應用實績	123
4.11.3.	HWM PEGASUS+系統測試規劃	125
4.11.4.	HWM PEGASUS+系統設備安裝	128
4.11.5.	HWM PEGASUS+系統測試過程	130
4.11.6.	HWM PEGASUS+系統進階式水壓管理測試成果	133
4.12	英國 I2O 智能管網水壓監測及最佳化技術.....	136
4.12.1.	I2O 系統設備簡介	136
4.12.2.	I2O 系統測試規劃	138
4.12.3.	I2O 系統設備安裝	141
4.12.4.	I2O 系統測試過程	143
4.12.5.	I2O 系統智能水壓管理測試成果	145
第五章	結論.....	148
5.1	新式漏水檢測技術.....	148

5.2 進階水壓管理技術.....	154
參考文獻.....	157

圖目錄

圖 1、台灣引進漏水測漏器種類	9
圖 2、漏水相關儀	9
圖 3、近期檢漏儀器之開發	10
圖 4、透地雷達測漏	10
圖 5、磁力探測儀	11
圖 6、示蹤氣體檢漏	15
圖 7、智能球檢漏	15
圖 8、拖曳阻力傘式漏水檢測(Sahara).....	16
圖 9、英國 JD7 CCTV	16
圖 10、管網水壓與破管關係示意圖	19
圖 11、水壓管理前後漏水程度之變化示意圖.....	20
圖 12、破管頻率因子之推估	20
圖 13、傳統水壓管理—持壓水力控制模式	23
圖 14、傳統水壓管理的尖峰離峰水壓變化示意圖	23
圖 15、漏水相關儀計算式推導	26
圖 16、相關儀探頭配置及漏水點定位計算	26
圖 17、管網水壓與漏水量之關係	30
圖 18、進階水壓管理—時間調控模式	30
圖 19、進階水壓管理—流量調控模式	31
圖 20、進階水壓管理—迴路調控模式	31
圖 21、Nautilus 與泡棉球.....	38
圖 22、排氣閥安裝同步器圖	38
圖 23、Nautilus (鸚鵡螺) 免停水漏水檢測技術操作示意圖	38
圖 24、南化淨水場至豐德配水池 ϕ 2,000m/m 送水管示意圖	39
圖 25、 ϕ 2,000m/m 送水管水力坡降及同步器安裝點示意圖	39
圖 26、Nautilus (鸚鵡螺) 投入點南化淨水場清水池示意圖	40
圖 27、Nautilus (鸚鵡螺) 回收點豐德配水池示意圖	40
圖 28、豐德配水池裝設感測球回收網	41
圖 29、Nautilus (鸚鵡螺) 免停水漏水檢測技術及測試作業簡介.....	41
圖 30、南化淨水場清水池投入感測球	41
圖 31、測試管線盲管段	42
圖 32、LDS100 儀器配件	51
圖 33、LDS100 操作方式	51
圖 34、旗津廟前小路示範小區管線明細圖	52
圖 35、地下式消防栓改裝探頭插入接頭及探頭	52
圖 36、英國 JD7 Water Technologet 產品及本次測試作業簡介.....	52

圖 37、JD7 現場測試作業狀況	53
圖 38、加拿大 Echologics 兩點漏水相關儀技術測試規劃	57
圖 39、加拿大 Echologics 現場測試作業狀況	59
圖 40、德國 Seba KMT 測試規劃 (A 區)	63
圖 41、德國 Seba 測試地點水壓紀錄 (A 區)	63
圖 42、德國 Seba KMT 測試規劃 (B 區)	64
圖 43、德國 Seba 測試地點水壓紀錄 (B 區)	64
圖 44、德國 Seba 現場測試作業狀況	67
圖 45、德國 SEWERIN 測試規劃	70
圖 46、德國 SEWERIN 測試地點水壓紀錄(105/7/12)	70
圖 47、德國 SEWERIN 現場測試作業狀況	71
圖 48、日本 Fuji 測試規劃 (北 C 區)	75
圖 49、日本 Fuji 測試地點北 C 區水壓紀錄(105/8/18)	75
圖 50、日本 Fuji 測試規劃 (北 B2 區)	76
圖 51、日本 Fuji 測試地點北 B2 區水壓紀錄(105/10/1)	76
圖 52、日本 Fuji 測試地點北 C 區測試過程	77
圖 53、日本 Fuji 測試地點北 B2 區測試過程	78
圖 54、英國 Primayer 測試規劃 (北 A3 區)	82
圖 55、英國 Primayer 測試地點北 A3 區水壓紀錄(105/8/18)	82
圖 56、英國 Primayer 測試規劃 (北 B3 區)	83
圖 57、英國 Primayer 測試地點北 B3 區水壓紀錄(105/10/1)	83
圖 58、英國 Primayer 測試規劃 (南 B2 區)	84
圖 59、英國 Primayer 測試地點南 B2 區水壓紀錄 (105/7/12)	84
圖 60、英國 Primayer 測試地點北 A3 區測試過程	85
圖 61、英國 Primayer 測試地點北 B3 區測試過程	87
圖 62、英國 Primayer 測試地點南 B2 區測試過程	88
圖 63、宜蘭縣冬山鄉日新小區成功案例	90
圖 64、英國 HWM 測試規劃 (北 A2 區)	93
圖 65、英國 HWM 測試地點北 A2 區水壓紀錄(105/8/18)	93
圖 66、英國 HWM 測試規劃 (北 B2 區)	94
圖 67、英國 HWM 測試地點北 B2 區水壓紀錄(105/10/1)	94
圖 68、英國 HWM 測試地點北 A2 區測試過程	95
圖 69、英國 HWM 測試地點北 B2 區測試過程	96
圖 70、萬大路一帶佈設規劃噪音蒐集記錄器位置圖	99
圖 71、敦化南路二段間佈設規劃噪音蒐集記錄器位置圖	100
圖 72、新生南路一段間佈設規劃噪音蒐集記錄器位置圖	100
圖 73、經蒐集量測 1 週資料分析疑似漏水反應區域	101
圖 74、區域一相關儀測試位置圖	103

圖 75、3 和 4 位置間相關儀測試定位結果	103
圖 76、區域二相關儀測試位置圖	104
圖 77、B 和 E 位置間相關儀測試定位結果	104
圖 78、相關儀放置測試	105
圖 79、管線漏水位置定位點標示	109
圖 80、繪製管線漏水相對位置圖	109
圖 81、漏水位置開挖清理並完成修復	110
圖 82、漏水點與 B、E 二測點相對位置圖	110
圖 83、B、E 二測點維修前(漏水)之 Aqualog 檢測圖形	111
圖 84、B、E 二測點維修後(未漏水)之 Aqualog 檢測圖形	111
圖 85、金門烈嶼羅厝小區測試區	114
圖 86、小區採夜間分段計量	114
圖 87、GUTERMANN Zonescan Alpha 多點相關儀遠端測漏系統	114
圖 88、GUTERMANN 之多點相關儀佈設情形	115
圖 89、使用者可即時上網查看監漏訊息	116
圖 90、疑似漏水點開挖	116
圖 91、兩點漏水相關儀測試過程	119
圖 92、各廠牌漏水相關儀所呈現之檢測最終結果圖	120
圖 93、HWM PEGASUS+系統元件—控制盒與電磁閥	122
圖 94、HWM PEGASUS+系統元件—制動器	122
圖 95、大進小區安裝 HWM PEGASUS+系統	124
圖 96、HWM PEGASUS+系統試辦地點示意圖	126
圖 97、HWM PEGASUS+系統試辦地點空照圖	126
圖 98、HWM PEGASUS+系統試辦地點--現況分析	127
圖 99、HWM PEGASUS+系統安裝示意圖	128
圖 100、HWM PEGASUS+系統現場安裝	129
圖 101、水壓調控模式測試過程	131
圖 102、水壓調控模式閥後水壓設定	132
圖 103、水壓調控前後水量水壓變化	134
圖 104、水壓調控前後臨界點水壓變化	134
圖 105、I2O 系統元件—電子控制系統	137
圖 106、I2O 系統元件—進階嚮導閥	137
圖 107、I2O 系統試辦地點示意圖	139
圖 108、I2O 系統試辦地點空照圖	139
圖 109、I2O 系統試辦地點--現況分析	140
圖 110、I2O 系統現場安裝	141
圖 111、I2O 系統架構圖	142
圖 112、I2O 水壓控制曲線演算調整	142

圖 113、I20 第 1 期水壓優化過程	144
圖 114、水壓調控後水量水壓變化.....	146

表目錄

表 1、本計畫預計執行期程表.....	4
表 2、本計畫檢漏技術簡介表.....	14
表 3、所蒐集之聲音強度與頻寬紀錄值.....	101
表 4、區域一相關儀測試資料及結果.....	103
表 5、區域二相關儀測試資料及結果.....	104
表 6、大進地區多時段水壓調控之水壓值設定.....	124
表 7、大進地區多時段水壓調控前後差異分析.....	124
表 8、多時段水壓調控設定值.....	132
表 9、多時段水壓調控前後差異分析表.....	135
表 10、I2O 系統第 1 期水壓調控臨界點水壓目標值	144
表 11、I2O 系統第 2 期水壓調控臨界點水壓目標值	144
表 12、I2O 系統優化前後日供水量差異分析表	146
表 13、I2O 系統優化前後夜間最小流差異分析	147
表 14、I2O 系統優化前後臨界點尖離峰水壓差異分析	147
表 15、偵漏儀器現場實測成效評估彙整表.....	150
表 15、進階水壓管理技術測試成果彙整表.....	156

第一章 前言

1.1 計畫緣起

近年來因受到氣候變遷之影響，世界各國自來水事業皆致力於水資源保育及用水需求管理相關業務，加速提升供水效能並減少漏水損失，以滿足日益增加之用水需求。國際上廣泛採用降低實質漏水損失四大策略為「水壓管理」、「主動漏水控制」、「提升修漏品質效率」及「資產管理與維護」(Lambert, 2002)，其中「主動漏水控制」是有效管理漏損之必要策略，對於供水區域內所存在之不明破管或滲漏，透過漏水偵測儀器快速檢測破管或漏水位置，輔以修漏效率品質提升，達到降低漏損水量；另針對供水管網體質不佳或存在不明滲漏的區域，進行區域性「水壓管理」(Pressure Management)則能有效減少該區域之供水損失。

目前國際自來水事業普遍採用科技化儀器進行檢漏，除傳統聽音棒、測漏器等外，如噪音記錄器、兩點暨多點漏水相關儀、電磁波探測、智能球、內視鏡.....等先進測漏儀器陸續開發出來，藉以減少檢漏人力需求並縮短漏水修復的時程，本計畫所稱「新式」管線漏水檢測技術，係指國外已開發，惟國內尚未被常規採用；漏水相關儀約於70年代開發，惟當時電腦科技尚未蓬勃發展，對漏水點的準確度亦有相當的誤差，隨著科技進步，其在漏水點的解析與判讀的準確性上，

已提高甚多，且在儀器的操作流程亦已精簡不少；而「水壓管理」係具高經濟效益之降低漏損技術(Thornton et al., 2005)，過去為穩定供水，自來水事業多以滿足最大時用水需求為供水操作原則，其亦導致用水離峰期間水壓上升而造成系統漏水量增加，故如何在兼顧滿足用戶的用水需求情況下進行細緻化水壓管理為各自來水事業所面臨課題。

1.2 計畫目標

目前許多國外科技測漏產品在國際上已具個案實績驗證，惟國內管線埋設環境複雜，且管線材質、供水壓力.....等供水條件均與國外有所差異，為進一步實測各廠家產品之效能，本研究針對噪音記錄器、漏水相關儀等非侵入式儀器及智能球、內視鏡等侵入式儀器，探討該等產品於本土之適用性，做為台灣自來水界後續引進應用之參考。此外，為探討對台灣供水管網進行細緻化水壓管理之可行性，本研究針對目前國際上已具有應用實績之進階式水壓管理系統進行試辦，就台灣地區的供水管網體質及用水模式，在維持供水穩定及滿足最小用水需求下，探究在既有減壓設備上安裝水壓控制系統是否適用，並評估該系統之適用條件及節水效益。

1.3 預期成果

本研究預計擇定數個供水區域或部分疑似漏水管段，以傳統人力測漏方式先行檢測出可能之漏水點位，再與國際科技測漏產品所檢測

成果相互對照，評估在國內供水模式下該產品測漏之可靠性。此外，本研究預計擇定二個封閉小區進行水壓管理試行作業，探討該區域水壓控制前後供水量、夜間最小流及操作水壓之變化。

1.4 計畫進度

本研究計畫預定執行期程詳表 1。

第二章 文獻回顧

2.1 漏水檢測儀器之演進

檢漏即是調查漏水聲音的作業，漏水聲音是通過管體振動產生的聲波，並透過介質（空氣或固體、液體）的傳播，能被人之聽覺器官或儀器所感知的波動現象。漏水聲音振動是因為有一股支持的能量（水壓）。當漏水聲源振動時會推拉它附近的介質，漏水聲波正是介質在傳送時所產生的現象。當振動的管體向外振動時會擠壓介質，使介質的密度變大；而向內振動時，介質質點間の間隔則會變大，密度也就會跟著變小，這一疏一密的持續變化，就是漏水聲波的形成。漏水音包括水流出管外之際與管壁摩擦而發生之聲音，與其管四周不同密度土壤衝擊而發生之聲音，經非常複雜的合成後，以土壤為導體傳達地表面，其頻率會依據周圍之土壤、道路路面、管種以及土壤之含水情況等種種條件而有大幅變化（王炳鑫，2015）。

目前國際自來水界對漏水點的偵測仍普遍採用漏水聲檢測，其檢測工法可概分為侵入式與非侵入式，侵入式包括英國 JD7（內視鏡）公司、西班牙 AGANOVA 公司的 Nautilus（鸚鵡螺）、加拿大 Pure Technologies 公司的 SmartBall 及拖曳阻力傘式(Sahara)等免停水漏水檢測技術工法。非侵入式的儀器除了傳統的測漏器外，近 20 年來國

際上各檢漏儀器公司陸續開發出如噪音記錄器、兩點暨多點相關儀等測漏設備，並部分具網路雲端分析的功能，該等儀器仍屬輔助性的設備，惟確定漏水點仍以傳統的測漏器經驗檢漏為主，但最終仍需藉鑽孔探勘及地中聽音法，為最可靠的漏水點確認工法。至於其他如氣體、電磁波等工法則涉及應用的複雜度及操作人員的專業判讀經驗等，較難普遍廣泛推廣採用。

2.1.1. 非侵入式檢漏儀器

非侵入式的檢漏儀器，約從早期捕音儀器如測漏器、噪音記錄器、兩點或多點式漏水相關儀等，到有別於傳統測漏之氣體偵測器、電磁波探測儀等設備陸續被開發出來。自 1935 年第一個獲專利之偵測地下管線漏水聽音器問世，並取代普通聽音棒的附耳原聲聽音檢測，使得無法流出地面的地下漏水，可藉由聽音辨位而易於檢測出來。該儀器係利用漏水引起之震動聲，轉換以電氣方式而探測出漏水，原理係將探測所得震動能變換為電能，再予以加強擴大後變成聲音由耳朵聽得，惟聽音作業時，常有管內之流水音、車輛行走音、下水道衝擊音及其他震動音等類疑似音，均為聽音作業之障礙，故使用測漏器時，要能分別漏水音與雜音是非常重要的，因此檢漏人員應具備相當之經驗與熟練技巧（台灣自來水公司，1982）。

台灣約於 1971 年間自日本國引進漏水測漏器，並由當時台灣省

建設廳公共工程局來開設檢漏訓練班，推廣於時屬各鄉鎮市管轄的自來水廠使用。(詳圖 1)

1976 年，英國自來水研究所(Water Research Centre W.R.C.)開發「相關式漏水探知裝置」，1980 年，法國 Metravib 公司和英國 W.R.C. 技術合作，開發出「漏水音相關檢出器」(Acoustic correlation)，1981 年日本富士公司和英國 W.R.C. 技術合作，引進該儀器和技術，將軟、硬體加以改良及無線電化，並導入微電腦裝置，而開發出進階產品「相關式漏水探知裝置」(Leak noise correlator)。(王炳鑫，2015)(詳圖 2)

隨著科技的進步，約 2000 年間國際自來水各檢漏儀器公司，陸續開發出「噪音記錄器(Noise loggers)」以輔助漏水的檢測。俟約於 2006 年間整合「噪音記錄器」及「兩點漏水相關儀」，開發出「多點漏水相關儀(Multi-Point Correlation system)」，並隨著網路的普遍化，進階到原廠雲端分析，其軟體解析能力更可持續升級。(詳圖 3)

綜上儀器功能，對漏水的檢測均是捕捉漏水音來判斷，因此當水壓降低而漏水音強度亦隨之減弱時，漏水便不易發現；此外，不論以水壓監測進行檢漏或以分段測試(step test)計量作業來縮小漏水管段，亦會因漏水量降低，而使漏水產生的現象不顯著而不易發現漏水。

除以上非侵入式的聽音檢測漏水工法外，尚有影像判別的電磁波工法，較成熟的儀器有透地雷達，原開發該設備係尋覓地下的管線，

其係利用發射高能電磁波至地下，藉由反射回來之變異頻率予以判別出管線位置，當遇到有漏水的管線時，亦如上述藉反射回來之變異頻率予以判別出漏水處，惟其需相當的專業程度來判別。(王炳鑫，2015)

(詳圖 4)

另一為電磁波探測儀，實務上應用於漏水檢測者係 VLF(Very Low Frequency)低頻電磁波法，其波源一般為 3 至 30KHz。由於施測的地點距離電台很遠，所以可以視為一種平面波源。原始的電磁波僅有水平的磁場分量，無垂直分量，在水平地層無側向變化的情形下，亦無垂直之次生磁場，但因為受到地層不均的情形之影響，而產生垂直的磁場。在地層電阻率有側向的變化時，其磁場及電場均會有異動，透過量測電場或磁場的變化，以量測地層側量變化之處。(詳圖 5)

(三合技術工程有限公司，2012)



(a)FUJI WL91 測漏器



(b)FUJI WL100 測漏器



(c)FUJI HG-A2 測漏器

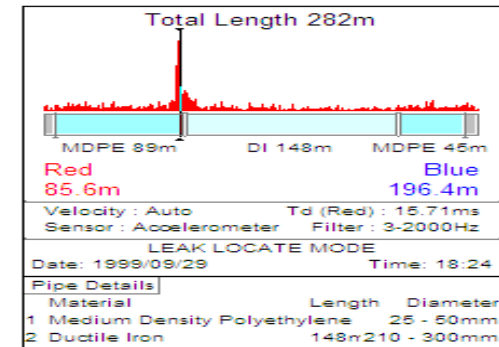
圖 1、台灣引進漏水測漏器種類



(a)相關式漏水探知器(1988)



(b)兩點漏水相關儀(2000)



(c)軟體判讀

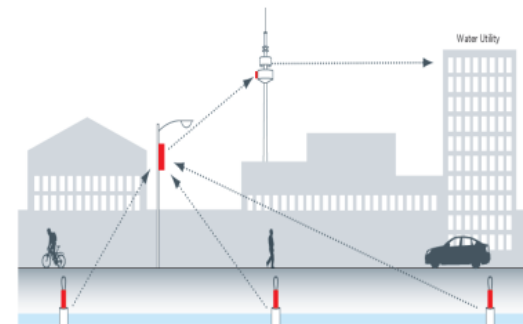
圖 2、漏水相關儀



(a) 噪音記錄器

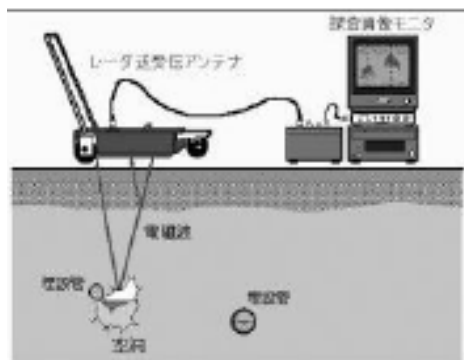


(b) 多點漏水相關儀



(c) 多點漏水相關儀-雲端分析

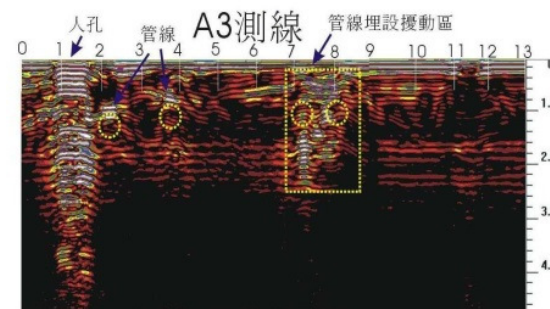
圖 3、近期檢漏儀器之開發



(a) 透地雷達示意圖



(b) 透地雷達-草地檢測



(c) 影像判讀

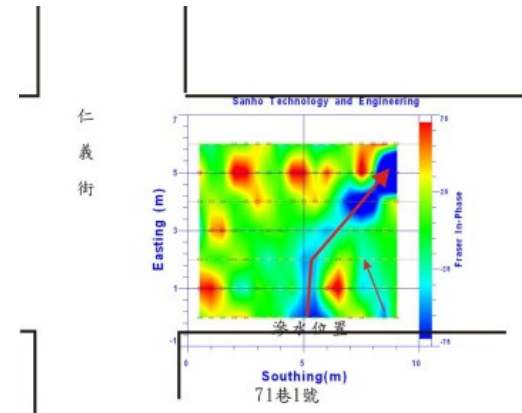
圖 4、透地雷達測漏



(a)加拿大 GSM-19 磁力探測儀(正面)



(b)GSM-19 磁力探測儀(背面)



(c) 軟體判讀

圖 5、磁力探測儀

2.1.2. 侵入式檢漏儀器

屬於侵入式的則有示蹤氣體、智能球及內視鏡等漏水檢測工法。

1. 示蹤氣體測漏

示蹤氣體一般係氫氣與氮氣混和而成，比較常見的氫氣與氮氣的比率為 10%：90%，此種混和的氣體濃度不易燃，也不會引起爆炸。示蹤氣體中的活躍成分是氫氣，即所有氣體中最小的氣體分子，因其可以穿透各種路面結構，如水泥、瀝青路面或其他相似的材質，只要對氣體進行適當的加壓，漏水點便可能被定位，惟在某些特定情況下，在進行示蹤氣體檢漏時，檢漏人員也需要對路面進行鑽孔以使得示蹤氣體能夠擴散到路面之上。此外，進行示蹤氣體偵測須關閉相關的制水閥，以利檢漏人員有足夠的時間找到漏水點。（詳圖 6）

2. 智能球


長程輸水管線音波漏水偵測(SoundPrint SmartBall)係由丹麥的派爾阿瑟列夫(PER AARSLEFF A/S)公司研發（詳圖 7），主要係為解決傳統非侵入式的測漏工法，常受限於環境背景噪音的聽音影響其準確性，故其採取侵入式的測漏方式，隔離並摒除環境的背景噪音，並藉由設置中途追蹤點，以音波感測器探測智能球位置，同時，採用先進濾波技術過濾管線內部的其它雜、噪音聲，藉由

特殊的濾波技術將其他雜訊濾除，並將各音波感應器所接收有效訊號之時間差及頻譜，精確計算出發生異常事件的位置及分析事件的種類，進而判讀管線漏水位置。實務應用上發現，漏水點的定位精度取決於多種因素，例如智能球感測器位置(SBR)的數量和水公司提供管線所有的圖面資料及其道路里程的精度等，故其軟體判讀出的漏水點位置，仍有無可避免的誤差值。另其需將沿途分歧管關閉，成為單一直管，以利智能球之投入與接收。目前國際上具此等技術者，已知有 Pure 公司的 SmartBall（智能球）及西班牙 AGANOVA 公司的 Nautilus（鸚鵡螺）。

3. CCTV 內視鏡

拖曳阻力傘式漏水檢測(Sahara)（詳圖 8），係丹麥的派爾阿瑟列夫(PER AARSLEFF A/S)公司研發，藉順流的水力帶動阻力傘，其前沿設內視鏡可觀察管內現況，並設麥克風可直接聽取管內聲音，及可由道路定位管線位置及精確定位漏水位置。國際上免停水內視鏡檢測工法技術已相當成熟，在台灣實證應用上，已有英國 JD7 公司研發之以手工推動鋼纜（詳圖 9），藉前沿 CCTV 檢視管內現況、可接收管線漏水音及 GPS 管線定位等功能。

表 2、本計畫檢漏技術簡介表

設備	功能	適用範圍
 <p>噪音記錄器 (leak noise logger)</p>	<p>可由儀器判別聲音振動幅度以判別漏水之可能性，並可將收集到之漏水聲以數位展示呈現</p>	<p>水表、用戶管線、消防栓</p>
 <p>相關分析儀 (Professional correlation)</p>	<p>將由水管兩端測得之聲音訊號傳送至筆電，藉軟體展示聲波變化並計算出可能之漏水點</p>	<p>地下自來水管線</p>
 <p>多點式漏水相關儀 (multi-point correlation system)</p>	<p>由多個感應器接收周圍聲音，若有漏水聲便藉由系統計算分析出漏水點，其定位原理與漏水相關儀相同</p>	<p>制水閥、消防栓或止水栓</p>
 <p>CCTV 管道內攝影檢測</p>	<p>用於地下管網的內窺檢測，攝影鏡頭在管道內移動，將拍到的即時影像傳至顯示器供操作人員探查管線有無漏水</p>	<p>用於管線內，適用口徑 60 mm 至 2,000 mm</p>
 <p>Pure Technologies 智能球 (smartball)</p>	<p>於管道內隨著水流長距離移動，將接收之水流聲轉換為聲波圖譜後藉波鋒判別漏水點，搭配定位系統後可以找到確切漏水點位置</p>	<p>用於管線內，口徑大於 300 mm 之水管</p>



(a)示蹤氣體(氫氣與氮氣)鋼瓶

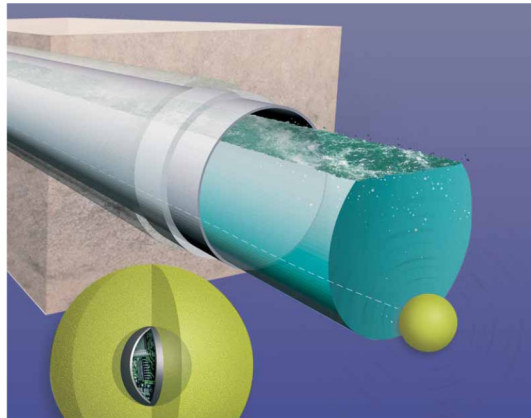


(b)氣體藉用戶表位之外線引入管線

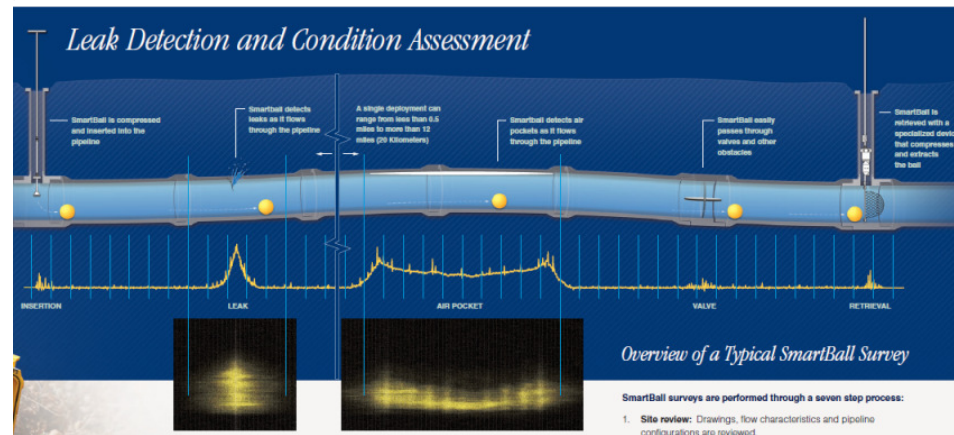


(c)偵測溢出路面的氣體

圖 6、示蹤氣體檢漏



(a)智能球(Smart Ball)

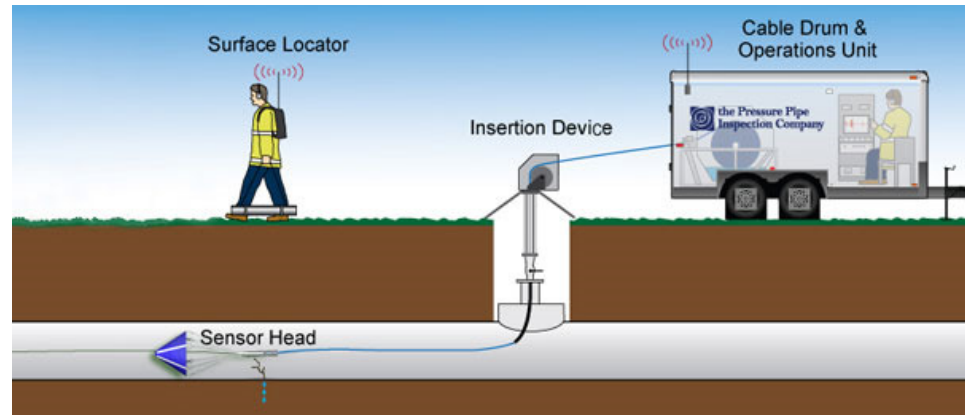


(b)漏水檢測和狀態評估

圖 7、智能球檢漏

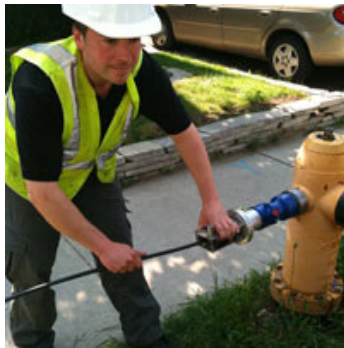


(a) 設內視鏡，可觀察管內現況



(b) 拖曳阻力傘運作方式

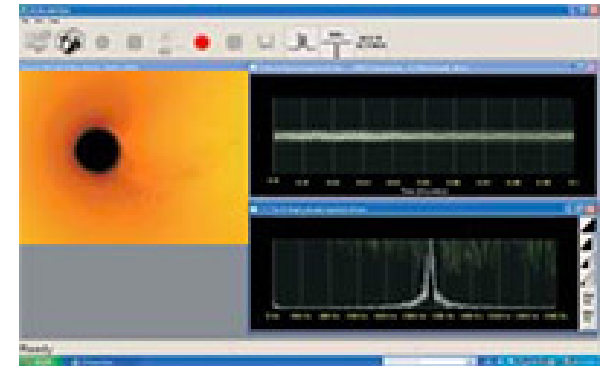
圖 8、拖曳阻力傘式漏水檢測(Sahara)



(a) 內視鏡頭由消防口進入



(b) 螢幕觀看管內狀況



(c) 軟體判讀-可聽取管內聲音

圖 9、英國 JD7 CCTV

2.2 水壓管理技術

2.2.1. 水壓管理發展歷程

國際水協會(International Water Association, IWA) 於 1996 年成立供水損失專責小組(Water Loss Task Force)，針對降低供水損失進行一系統研究，並發展水量平衡分析作為用水需求管理(water demand management)之重要工具；該工作小組成員 Thornton J.於 2003 年首次在 Water21 期刊發表一篇探討水壓管理對於供水系統在漏水管理方面之效益(Thornton, 2003)，該研究指出當時部分自來水事業質疑漏水量對水壓的變化並不敏感，然南非開普敦(McKenzie, 2002)及巴西聖保羅(Thornton, 2002)在安裝減壓系統後卻顯示供水量明顯減少的現象，故該研究引用 1994 年 May J.所提出 FAVAD(Fixed and Variable Area Discharges)之概念(May, 1994)與 Lambert A. 2001 年所推導漏水量與水壓之關係式(Lambert, 2001)，探討水壓管理所產生之效益，文中表示其效益包括：

- 推估系統供水壓力最小需求，以達到用水需求管理；
- 減少突波以延長管線設備使用年限及降低破管頻率；
- 降低超額水壓以減少管網內既有滲漏之漏水量；

該研究亦指出在漏水量與管網平均水壓 1.5 次方呈正比之情況下，減

少 10%的系統平均水壓，約可減少 15%的漏水量，故水壓管理為用水需求管理重要策略之一，亦為降低供水損失之有效手段。

2006 年，Thornton J.及 Lambert A.在 Water21 期刊發表關於水壓管理對破管頻率之影響(Thornton et al., 2006)，調查 10 個國家 110 個供水系統於水壓管理前後之變化，系統平均尖峰水壓減少 37%，破管頻率則平均減少 51%，該研究亦指出管線會隨環境因素（如老化、地表位移、車輛荷重、溫度）等影響，導致「臨界水壓」降低而影響供水壓力可操作範圍（詳圖 10—A 區），其亦說明為何在操作壓力不變的情況下，破管頻率逐年變化之原因，若利用水壓控制減少突波與超額水壓，則縮限供水操作壓力變化區間（詳圖 10—B 區），以減少破管頻率並延長設備使用年限。

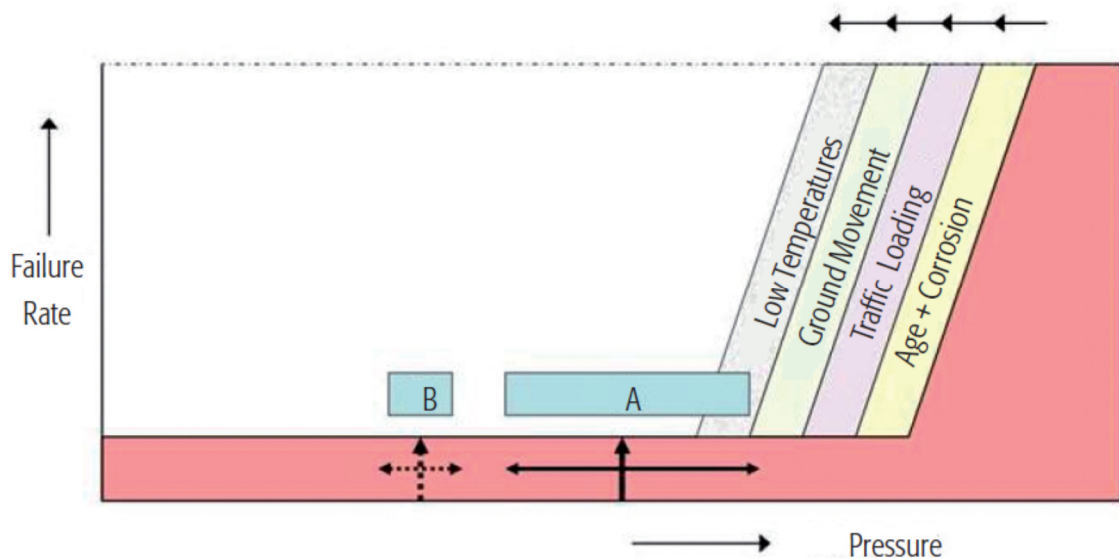
2007 年，Fantozzi M.及 Lambert A (Fantozzi et al., 2007)利用背景漏水量與破管頻率的關係推導經濟漏水水準(Economic Leakage Level, ELL)，並探討水壓管理對該水準的影響，文中提及水壓管理具有下列優點（詳圖 11）

- 減少明漏的破管頻率與流量
- 減少暗漏增加速率
- 減少經濟干預的頻率與成本
- 減少背景漏水量

Lambert A.及 Thornton J.並於 2011 年在 Water21 期刊共同發表水壓管理對破管頻率之關係(Lambert et al., 2011)，建議 Thornton 等人於 2007 年所推導破管頻率因子(Break Frequency Factor, BFF)之概念(Thornton et al., 2007)，破管頻率減少率為管網水壓峰值降低率的 BFF 倍，即

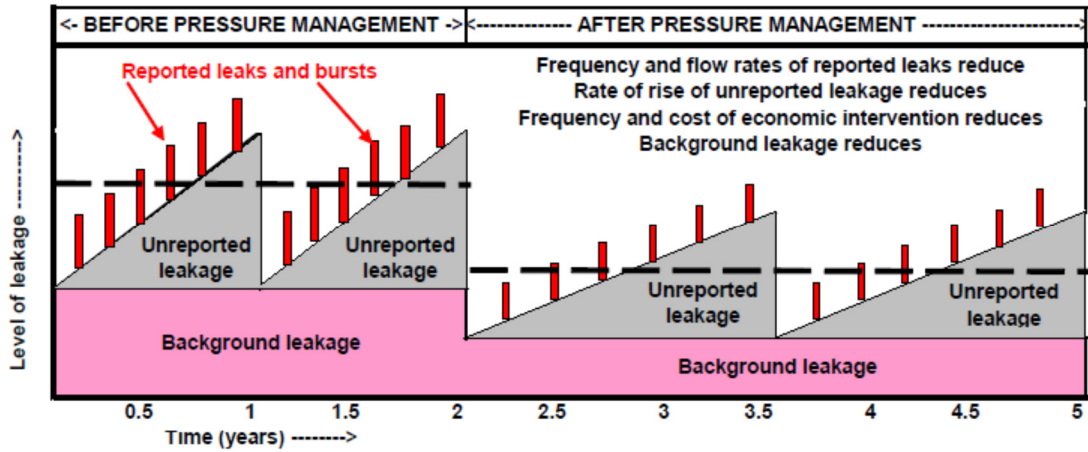
$$\% \text{ reduction in bursts} = \text{BFF} \times \% \text{ reduction in Pmax}$$

依據 10 個國家 112 個供水系統的破管數據，破管頻率因子 BFF 平均值為 1.4，然由於各供水管網特性不一，其倍數仍會變化(詳圖 12)。



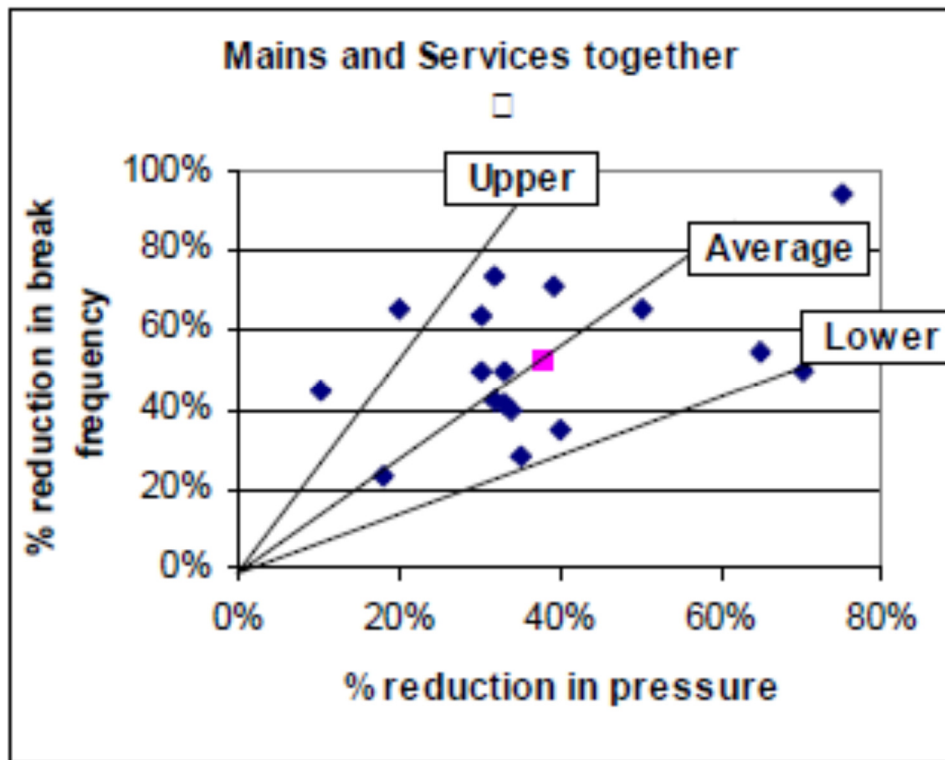
Source: Thornton and Lambert (2006)

圖 10、管網水壓與破管關係示意圖



Source: Fantozzi and Lambert (2007)

圖 11、水壓管理前後漏水程度之變化示意圖



Source: Thornton and Lambert (2007)

圖 12、破管頻率因子之推估

2.2.2. 水壓管理策略方法

自來水事業執行水壓管理方法眾多，水壓管理技術的細膩度取決於經濟效益與自來水事業維護管理的能力，常見水壓控制技術(Thornton, 2002)如下：

1. 分區管理(Sectorization)

自來水事業可針對局部區域管網執行水壓管理作業，並依據供水系統之地面高程、配水池、高架水塔、加壓站或制水閥所在位置劃設區域管網邊界。

2. 加壓控制(Pump Control)

為有效管理尖、離峰管網壓力及最佳化操作模式，加壓設備可依據系統用水需求而決定啟動與否，且為達到節約動力成本，加壓設備藉由加裝變頻器以視需求而調節出水，並減少突波以降低破管頻率。

3. 閥件節流(Throttled System Valves)

許多自來水操作人員利用閥件(如閘閥、蝶閥)部份關閉產生水頭損失達到降低供水壓力的效果，此方式常因管中雜質或積垢導致閥件損壞。

4. 持壓水力控制(Fixed Outlet Hydraulic Control)

傳統水壓控制是利用持減壓閥固定出水壓力，此方式適用於低用

水需求、用水量不易受到季節性因素的影響且穩定供水的區域。

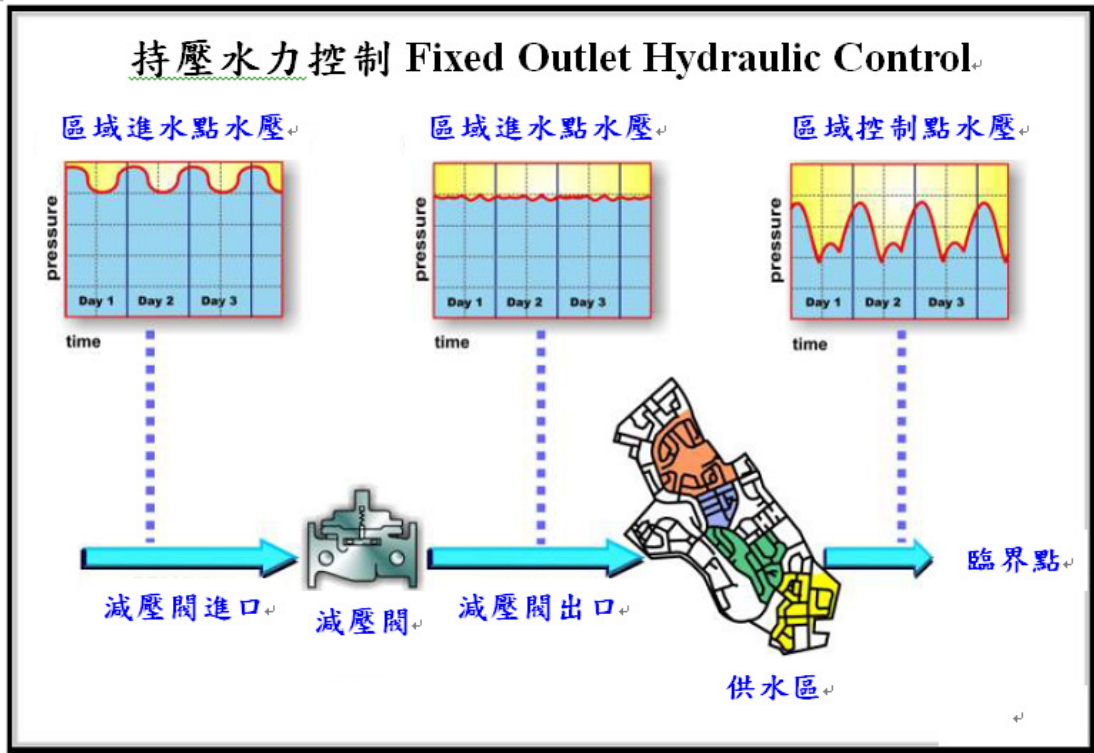
(詳圖 13)

5. 進階式水壓管理 (Advanced pressure management)

由於傳統水壓控制模式無法伴隨用水需求變化而調節出水壓力，其可能導致於離峰時段因管網下游段水壓升高產生破管之風險

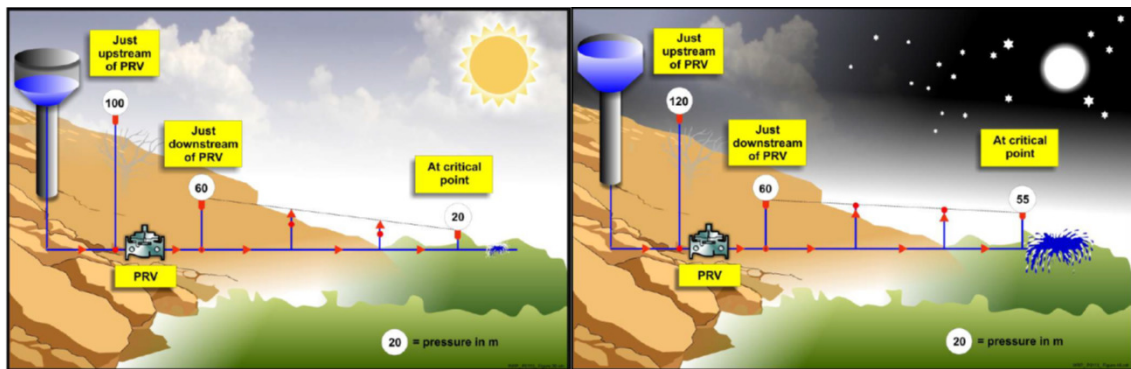
(詳圖 14)。為改善上述問題，近年來國際上發展出在既有的閘件或泵浦等水壓設備安裝控制系統，使得減壓設備之出水壓力可隨用水需求變化而具可調適性，以尋求維持下游測的供水壓力穩定，即在系統既有持減壓閘(PRV)裝置控制器(Controller)，藉由控制持減壓閘(PRV)以調節出水水壓，以維持臨界點(Critical Point)水壓值滿足最小壓力需求。

由於台灣自來水供給區域常因地形起伏導致部分地區水壓不足或過高之現象發生，因此，在穩定供水與降低漏損間取得適當之平衡點為台灣自來水事業在水壓管理作業上之艱鉅挑戰，故本研究係以進階式水壓管理技術探討其適用性及效益。



Source: : Mckenzie, R. and Wegelin, W. (2009)

圖 13、傳統水壓管理－持壓水力控制模式



Source: : Mckenzie, R. and Wegelin, W. (2009)

圖 14、傳統水壓管理的尖峰離峰水壓變化示意圖

第三章 技術簡介及理論推導

3.1 漏水檢測漏之技術簡介及理論推導

3.1.1. 「噪音記錄器」技術簡介

「噪音記錄器」顧名思義係紀錄其環境的聲音，其運用在自來水的漏水偵測上，則是將該紀錄器藉其底部的磁鐵吸附於所欲偵測的設備(如制水閥、救火栓)紀錄其聲音，由後端的解析軟體以分貝(decibel, db)及頻率(Frequency)等來判讀紀錄點是否有漏水，以供檢漏人員據予執行後續的檢測與漏水點確認工作，故「噪音記錄器」是由「點」來偵測鄰近短距離的管段漏水。由於台灣自來水從業人員對管網操作及道路環境等因素，致使該設備的使用誤判率偏高，從而減低人員的使用意願。基層管網操作人員習慣以制水閥閥開度來控制供往低地區的配水量，因此產生類縮管的干擾噪音，致使噪音記錄器誤判為漏水音，徒增後續檢漏人員的虛工作業。另因各地方政府「路平專案」之執行，致使即設制水閥盒下地埋沒，造成該設備無法充分發揮應有功能。隨著網路科技的進步，「噪音記錄器」已能定點常設，並藉網路的雲端分析，可即時判讀出臨近噪音記錄器的漏水訊息。

3.1.2. 「兩點漏水相關儀」技術簡介

「兩點漏水相關儀」係藉漏水處所產生之音源，沿管線兩端傳遞，由置於管線上的附屬設備（如制水閥、救火栓或排氣閥）裝設感測器 (sensor)，在兩端的感測器皆能收到漏水聲音後，藉由下列計算公式，及軟體的解析能力，計算出其間可能的漏水點距離，以輔助檢漏人員執行後續的漏水點確認工作，故「兩點漏水相關儀」是「線（管段）」的偵測。目前該儀器主要是搭配「噪音記錄器」所判讀出的漏水「點」，再採用此儀器以該點做前後左右管段的相關測漏分析，以確認漏水管段，亦有檢漏人員對現場檢出的疑似漏水點，採用該儀器提供的漏水點做現場研判的輔助參考。

漏水相關儀計算式(詳圖 15、圖 16)

$$L = \frac{[D - (V \times Td)]}{2}$$

L：漏水點位置

D：測管長度

V：聲音穿過管線的速率(m/ms；公尺/毫秒)

Td：延遲時間(ms；毫秒)

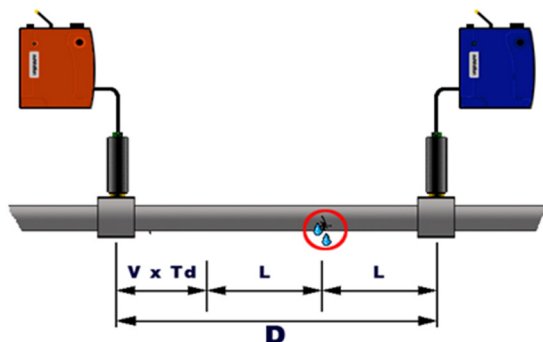


圖 15、漏水相關儀計算式推導

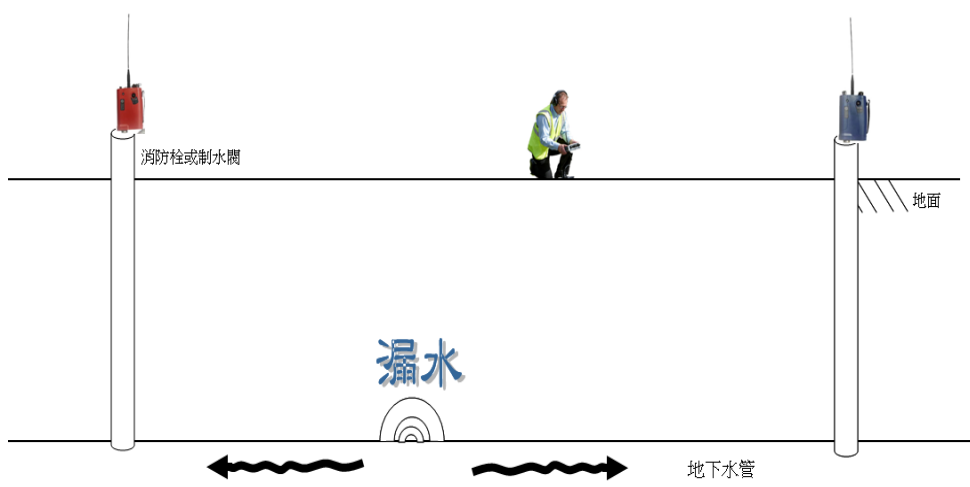


圖 16、相關儀探頭配置及漏水點定位計算

3.1.3. 「多點漏水相關儀」技術簡介

「多點漏水相關儀」則是「噪音記錄器」與「兩點漏水相關儀」的整合，其係將多只感測器安裝於類似棋盤上的多個交叉點，再藉相關儀的計算公式，及軟體的解析，一次作業即可計算出區域內可能的多個漏水點，以供檢漏人員據予執行後續的漏水點確認工作，故「多點漏水相關儀」是「面（區域）」的偵測。該設備於實證作業上，在適足的水壓下，對漏水點的檢出有極高的成功率。由於網路的普及化，

現今已將噪音記錄器及多點漏水相關儀，進階至常駐並藉網路來做雲端分析，亦能達到供水異常時的即時通報，且能判讀出漏水點相對距離的訊息。惟其運作成本及僅販售硬體等因素，尚待購置者加以評估。

3.2 進階式水壓管理技術簡介及理論推導

3.2.1. 水壓管理理論推導：管網水壓與漏水量之關係

May J.在 1994 年以能量守恆定律引入固定面積與變面積流量公式 (Fixed and Variable Area Discharges, FAVAD)，即

$$L = C_d \times \sqrt{2gP} \times A, C_d = \text{流量係數}$$

然國際上實際研究數據顯示漏水量並非與壓力的 0.5 次方呈正比，故 Lambert A.於 2001 年假設流量與水壓呈 N_1 次方關係，推導出漏水量與水壓之關係式（詳圖 18），即

$$\frac{L_1}{L_0} = \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{N_1}$$

其中 N_1 的變化所造成漏水量 L 與水壓 P 曲線的變化如下圖。經 Lambert A.分析包含日本、澳洲、巴西、加拿大、馬來西亞、紐西蘭、英國及美國等 100 個現地資料，推估 N_1 值約在 0.5 到 2.5 之間，其中日本所研究資料之平均值約 $N_1=1.15$ ，而英國所求得平均值約 $N_1=1$ ，而台北自來水事業處（以下簡稱北水處）所作研究則為 1.85。

3.2.2. 進階式水壓管理技術簡介：調控模式

由上述管網水壓與漏水量之關係可知，降低供水壓力可減少系統供水損失，目前國際上進階式水壓管理常見三種水壓調節控制模式如下：

1. 時間調控模式(Time-based Modulation) (如圖 18)

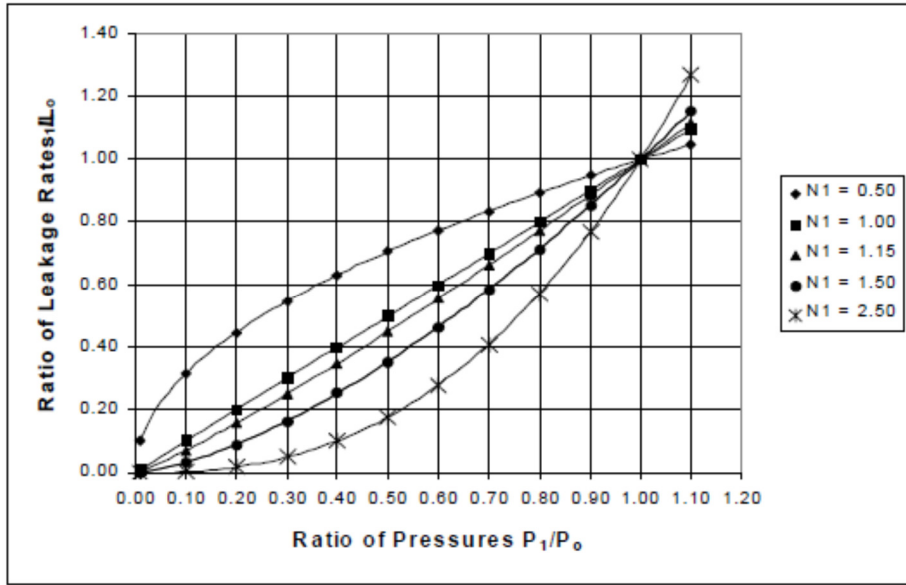
時間調控模式係控制系統依據該地區的用水模式，按每日尖峰及離峰時段調節供水壓力，其中以夜間減壓模式為最常見調控模式之一。此調控模式通常適用於用水模式及水頭損失穩定之地區，即週期變異性低之區域，而某些進階式水壓管理系統係利用計時器作循環控制，惟此類設備較無法因應緊急事件之需求。

2. 流量調節模式(Flow-based Dynamic Modulation) (如圖 19)

流量調節模式係依據減壓閥之出水壓力與流量的歷時資料，建立其水壓與流量關係，按流量變化調節減壓閥出水壓力之目標值，以滿足下游管網的用水需求。此控制適用於於用水模式週期性變化較高之區域，亦即可因應無週期性之臨時消防用水或工業用水需求。

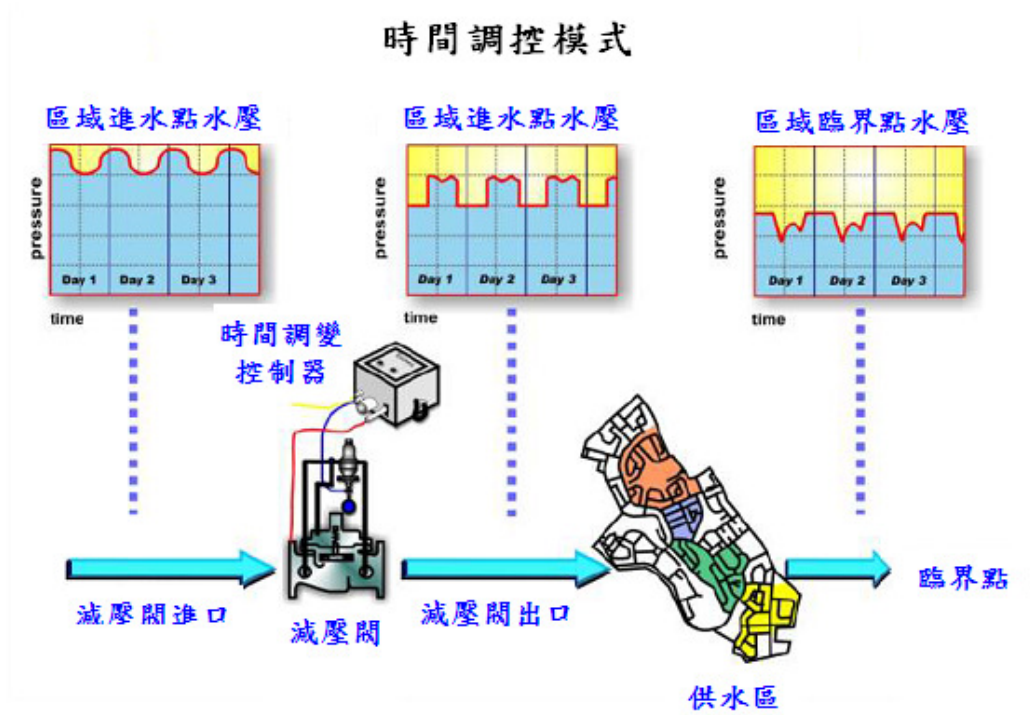
3. 封閉迴路控制模式(Closed loop control) (如圖 20)

封閉迴路控制模式係在單進水點或多進水點的 DMA 內，找出壓力臨界點(Critical Point, CP)，並在各個臨界點上設置遠端壓力監測設備(remote control data logger)，透過通訊線路、網際網路或者更方便的行動數據網路如 3G 或 4G，將臨界點壓力值傳送至控制系統以調控減壓閥出水壓力，以滿足臨界點用水需求，此模式亦可搭配流量調節模式做細緻操作控制。



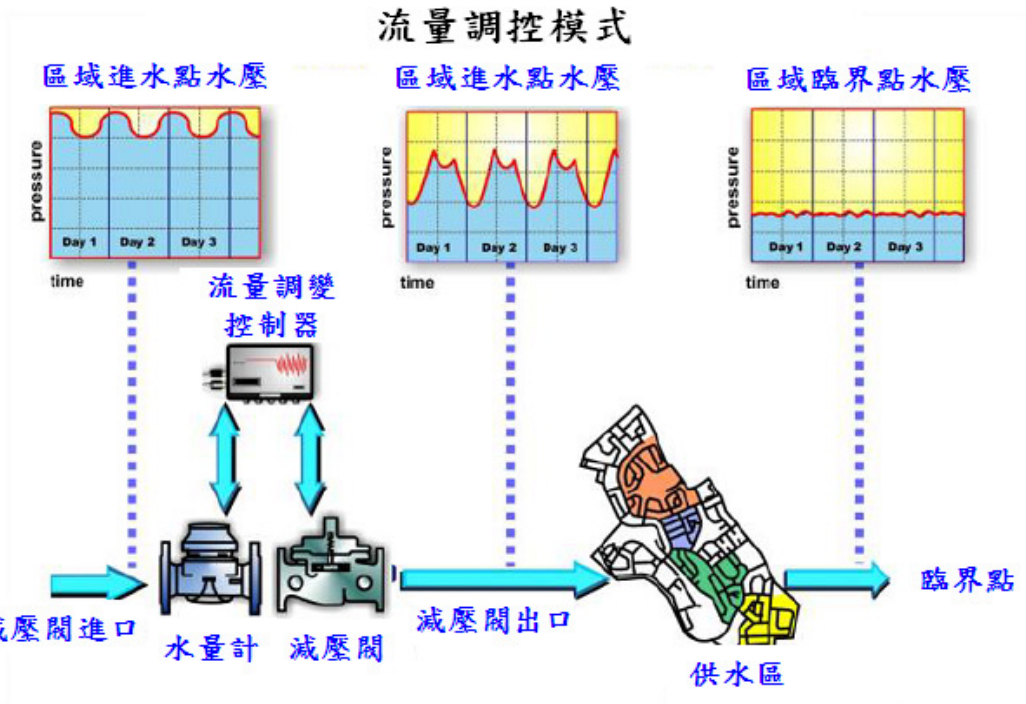
Source: Lambert A. (2001)

圖 17、管網水壓與漏水量之關係



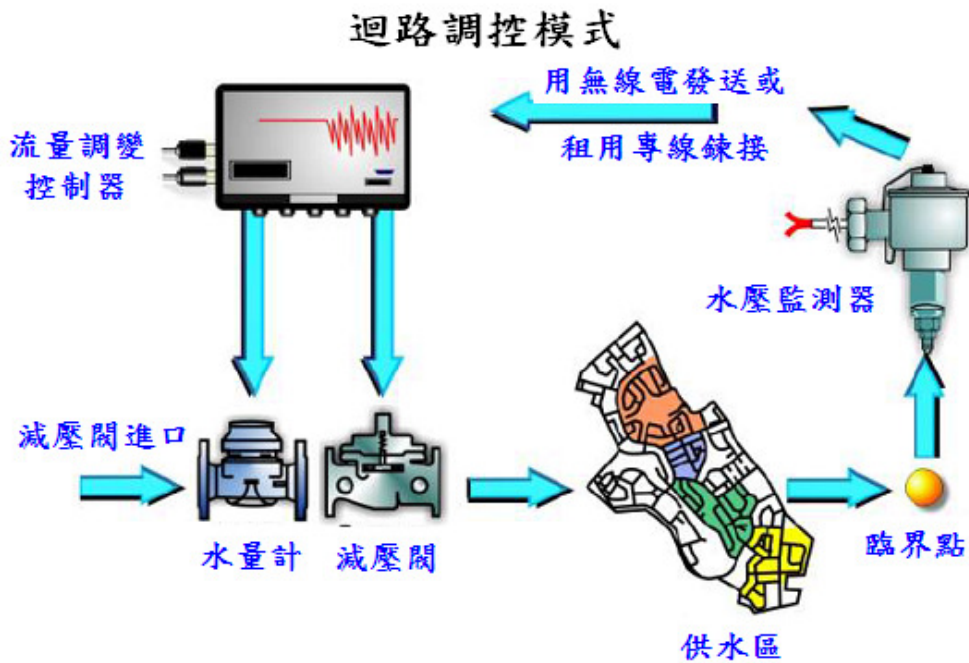
Source: : McKenzie, R. and Wegelin, W. (2009)

圖 18、進階水壓管理—時間調控模式



Source: : Mckenzie, R. and Wegelin, W. (2009)

圖 19、進階水壓管理－流量調控模式



Source: : Mckenzie, R. and Wegelin, W. (2009)

圖 20、進階水壓管理－迴路調控模式

第四章 成果與檢討

4.1 西班牙 AGANOVA Nautilus (鸚鵡螺) 漏水檢測技術

4.1.1. 技術簡介

Nautilus (鸚鵡螺) 免停水漏水檢測技術為西班牙供水管網漏水檢測、分析及控制技術廠商 AGANOVA 公司所研發，與加拿大 Pure Technologies 公司 SmartBall 技術相近。由鴻龍騰有限公司引進，與台水公司配合做實地測試，以驗證該技術之功能。

1. 儀器配件及功能

(1) Nautilus (鸚鵡螺)：內建音波接收器接收管線漏水音及訊號發射器於管內發射訊號，由管外同步器接收，增加漏水點定位精確度。(詳圖 21)

(2) 同步器：接收 Nautilus 發射訊號，增加漏水點定位精確度。(圖 22)

(3) 電腦主機：解讀 Nautilus 收錄之音頻，分析定位出漏水點。

2. 操作方式 (圖 23)

(1) 在測試管線起點、目標點裝設 Nautilus 投入及回收設施。

(2) 在測試管線沿線 (露明處) 約每 1 公里裝設同步器。

- (3) Nautilus (外包泡棉) 投入管線內，在管中隨水流流動，收集記錄管中漏水音。
- (4) Nautilus 流至目標點，以網回收。
- (5) 使用電腦主機讀取感測球內之聲波紀錄，透過分析聲波之波形，即可定出管線疑似漏水地點。
- (6) 管中水流速須 2m/sec 以上，管線沿線蝶閥開度須 50% 以上。

3. 技術優點

- (1) 可檢測至漏水量 0.04 公升/秒之孔洞微量漏水。
- (2) 適用各種材質管線，操作容易，檢測作業時不需停水。
- (3) 感測球比重接近水，測試時浮於管中，非於管底滾動前進，降低感測球附著異物阻礙前進之機率。
- (4) 適用管徑： ϕ 400mm 以上。
- (5) 每次施作距離長，施作費用較其他類似技術低。

4.1.2. 測試規劃

1. 管線選擇

測試管線為台水南化淨水場至豐德配水池 ϕ 2,000mm 送水管(長度約 20 公里)(詳圖 24)，該管線埋設於 80~82 年，大部分為鋼管(SP)及少數預力混凝土管(PSCP)。使用已逾 20 年，且早期對 SP 焊接施工較不嚴謹，近年發生多次焊道鏽蝕漏水，依據經驗漏

水機率應越趨頻繁。加上今年初台南 0206 大地震，台南地區大型送水管可能受地震影響發生漏水，經蒐集台水六區處所提供相關設施圖資研判後，決定應用 Nautilus 技術來協助檢測及評估上開送水管是否受到 0206 地震影響而發生漏水問題，以確保供水安全。

2. AGANOVA 公司測試初勘

105 年 3 月 4 日 AGANOVA 公司董事總經理 Mr. Antonio Agustin Ramirez Garcia 及國際事業部經理 Ms. Venessa van Rossum 赴台南化給水廠現勘南化淨水場至豐德配水池口徑 ϕ 2,000mm 送水管及蒐集相關設施圖資（管線、清水池與配水池竣工圖及水力坡降圖）（詳圖 25、圖 26、圖 27）、管線供水操作狀況（水壓、流速、水閘開度紀錄），攜回西班牙評估檢測可行性。

4.1.3. 測試過程

1. 測試前準備作業

105 年 5 月 10 日 AGANOVA 公司技師抵台南，11 日做測試前準備作業：

- (1) 送水管 9 處露明管線（排氣閘）裝設同步器。
- (2) 感測球投入點（南化淨水場清水池）勘查及製作投入設備。
- (3) 感測球回收點（豐德配水池）裝設回收網（詳圖 28）。

(4) 關閉南化複線 ϕ 2,400m/m 送水管分歧管。

(5) 確認管線蝶閥開度 50% 以上及流速保持 2m/sec 以上。

2. 測試作業

105 年 5 月 12 日於台水南化給水廠實作測試，台水各區管理處、國營會等單位派員觀摩：

(1) Nautilus (鸚鵡螺) 免停水漏水檢測技術及本次南化淨水場至豐德配水池 ϕ 2,000m/m 送水管漏水檢測作業簡介 (圖 29)。

(2) 關閉台水玉井所 ϕ 500m/m 及 ϕ 600m/m 二支分歧管。

(3) 中午 12 時於南化淨水場清水池投入感測球 (圖 30)，30 分後投入第二顆感測球。

(4) AGANOVA 公司技師估計，最慢約 5 小時感測球會到達豐德配水池，直至晚上 8 時 30 分仍未到達，AGANOVA 公司技師宣布結束測試作業。

4.1.4. 測試成果及檢討

1. 測試結果

本次測試感測球最後未回收，無法得知感測球是否有偵測到漏水點，105 年 5 月 13 日「初步檢測成果報告及」會議中，AGANOVA 公司技師與台水參與測試人員，對於感測球擱置在管中之可能原

因充分意見交換，AGANOVA 公司測試報告中分析造成感測球擱置原因百分比如后：

- (1) 管線中存有 2 至 3 公尺未切除的短分岐管段。(65%)
- (2) 泡棉球卡在蝶閥。(13%)
- (3) 過早開啟分岐管水閥。(8%)
- (4) 泡棉球因管內異物卡住。(7%)
- (5) 泡棉球仍停留在投入點清水池。(4%)
- (6) 管線存在 ϕ 2400mm 新分岐管。(2%)
- (7) 管線存在大漏水點。(1%)

2. 測試檢討

- (1) AGANOVA 公司 Nautilus (鸚鵡螺) 漏水檢測經驗最大管徑 800mm，本次測試管徑 ϕ 2,000mm 為首次嘗試，且測試長度達 20 公里，風險極高。
- (2) 前置準備作業只 1 天，對測試管線及供水操作未充分了解，AGANOVA 公司技師原計畫先放一顆測試用感測球，亦因時間不夠未執行，增加測試變數。
- (3) AGANOVA 公司前實作案例，感測球投入及接收皆於管中進行。本次測試於南化淨水場清水池投入，操作較難且無法清楚看到感測球確實進入管中。接收點在豐德配水池，水中作

業勞工安全衛生規定複雜，人員作業危險性高；另為配合裝設回收感測球網及回收感測球，動員極多人力進行調整水閥及供水方式。

(4) AGANOVA 公司本次測試使用之單向同步器未臻理想：

- A. 只能由感測球接收同步器敲擊管身之聲音，增加漏水點定位精確度。而同步器無法接收感測球發出之訊號，無法得知感測球是否通過同步器點位，因此感測球未到達豐德配水池時，無法得知感測球停留於那 2 個同步器間之管段，進而研判停留之可能原因，甚至尋求方法進入管內取出感測球。
- B. 同步器內建蓄電池電力不足。
- C. 同步器不防水，山區午後雷陣雨可能影響其功能。

(5) 台水公司早期管線設計、施工不夠嚴謹，造成國外成熟的漏水檢測技術，在國內測試時常遇瓶頸。例如感測球擱置最大可能原因—盲管，本次測試管線即有多處（詳圖 31）。此外早期大型管線施工品管不良，常有雜物留置管內，上開雜物如被沖至船型管，亦可能阻礙感測球前進，影響測試成效。



圖 21、Nautilus 與泡棉球



圖 22、排氣閥安裝同步器圖

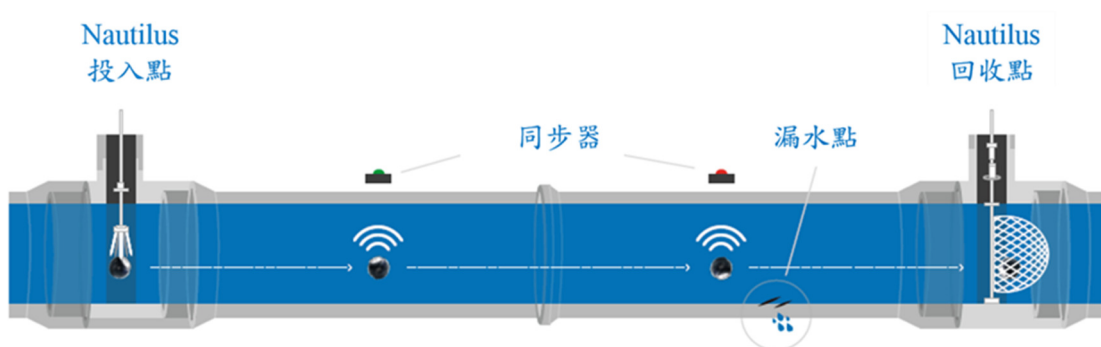


圖 23、Nautilus (鸚鵡螺) 免停水漏水檢測技術操作示意圖

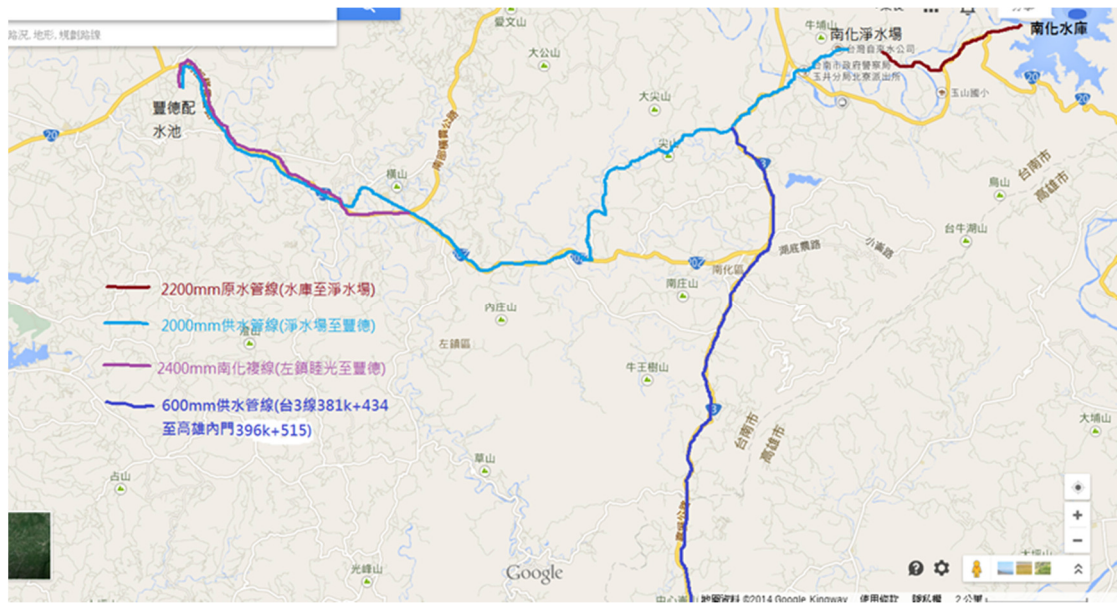


圖 24、南化淨水場至豐德配水池 ϕ 2,000m/m 送水管示意圖

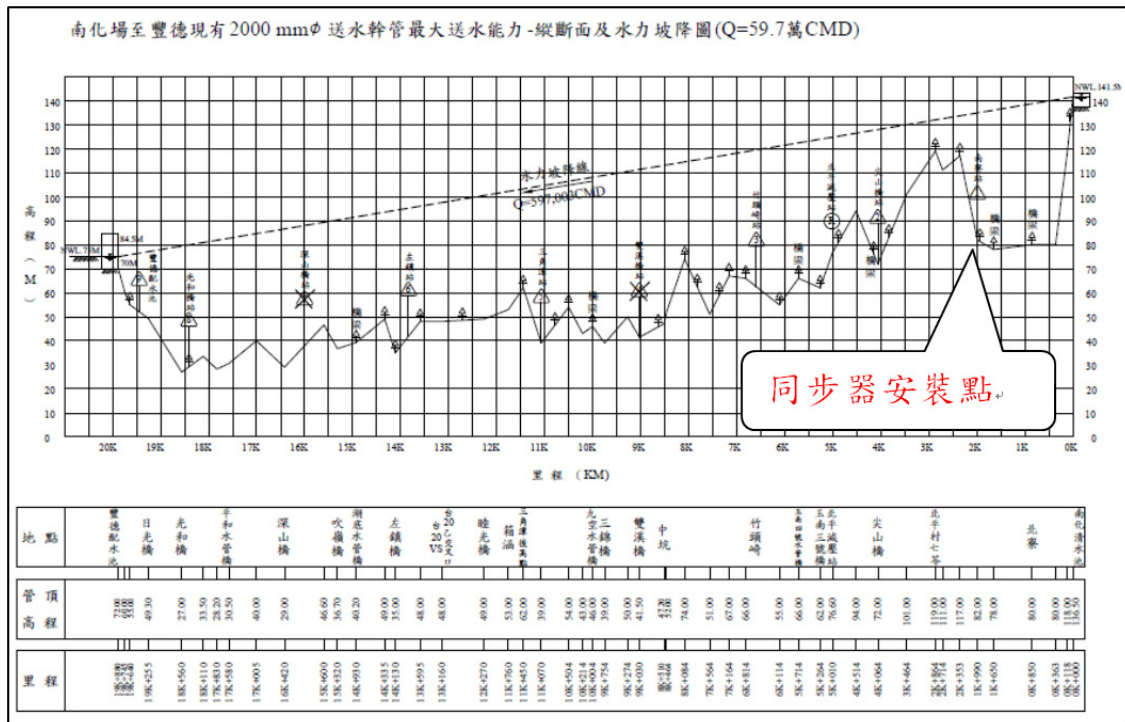


圖 25、 ϕ 2,000m/m 送水管水力坡降及同步器安裝點示意圖

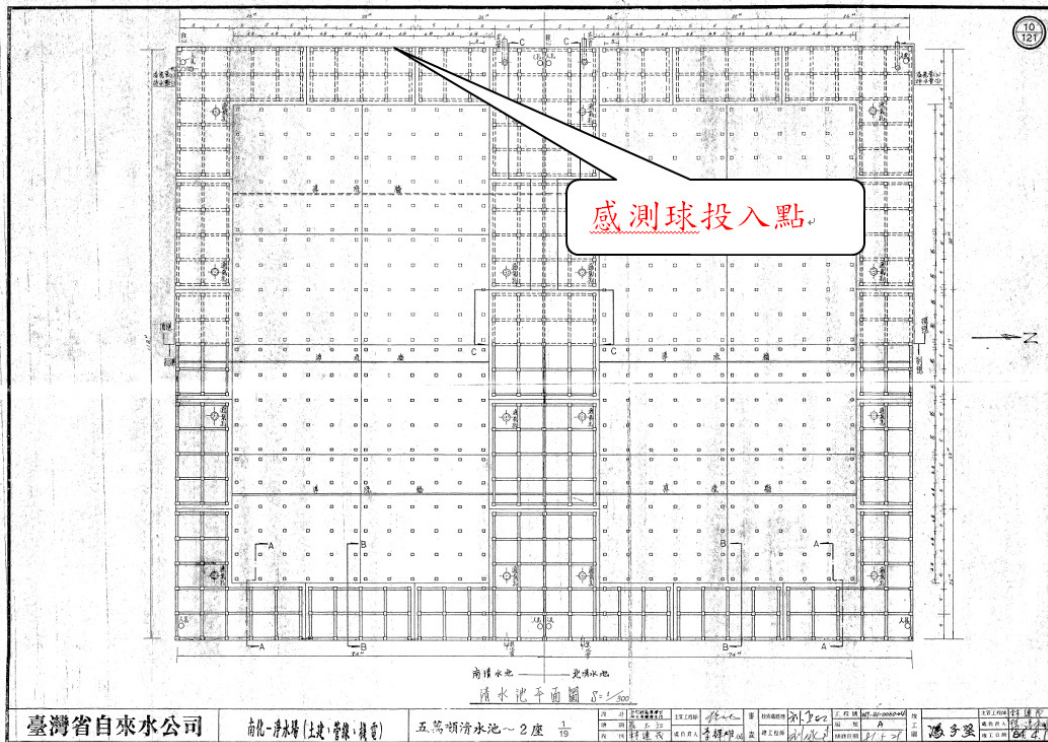


圖 26、Nautilus (鸚鵡螺) 投入點南化淨水場清水池示意圖

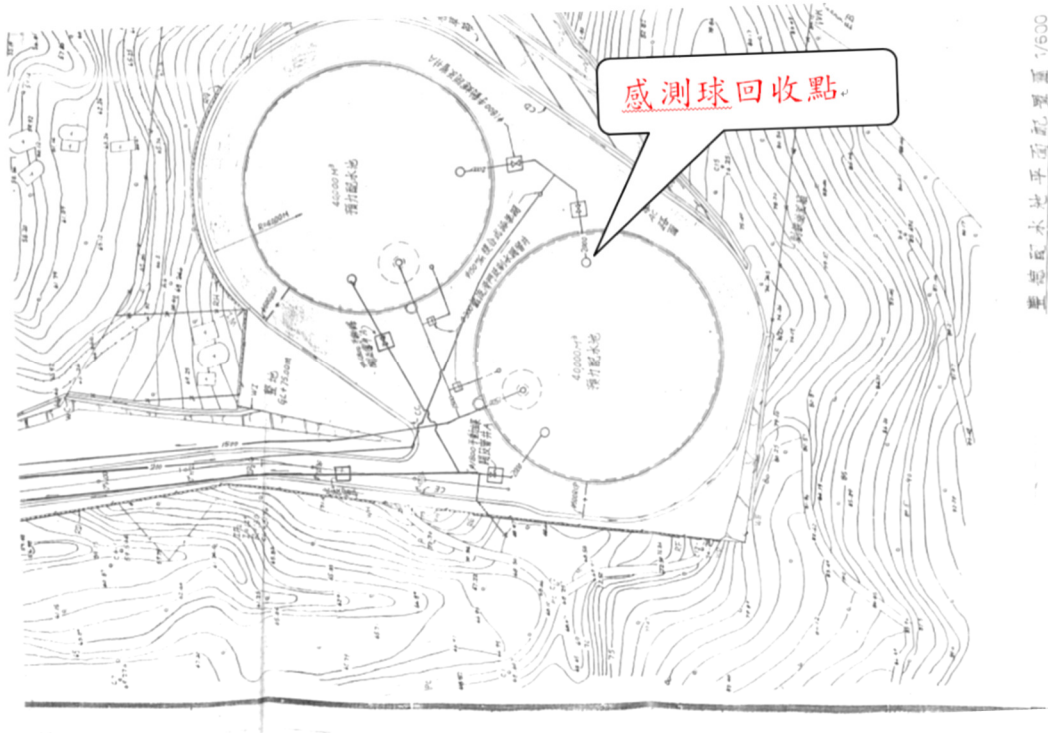


圖 27、Nautilus (鸚鵡螺) 回收點豐德配水池示意圖

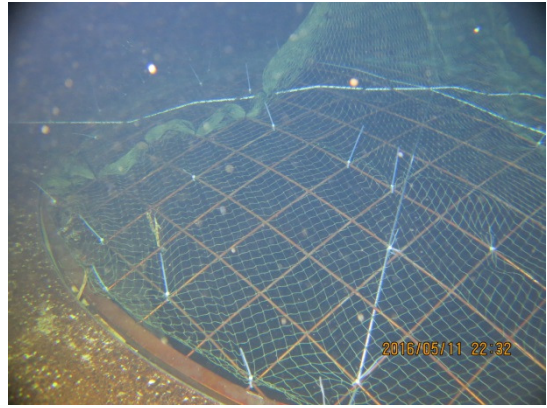
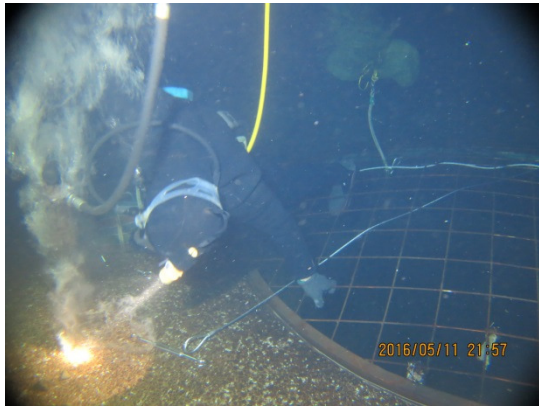


圖 28、豐德配水池裝設感測球回收網



圖 29、Nautilus (鸚鵡螺) 免停水漏水檢測技術及測試作業簡介



圖 30、南化淨水場清水池投入感測球

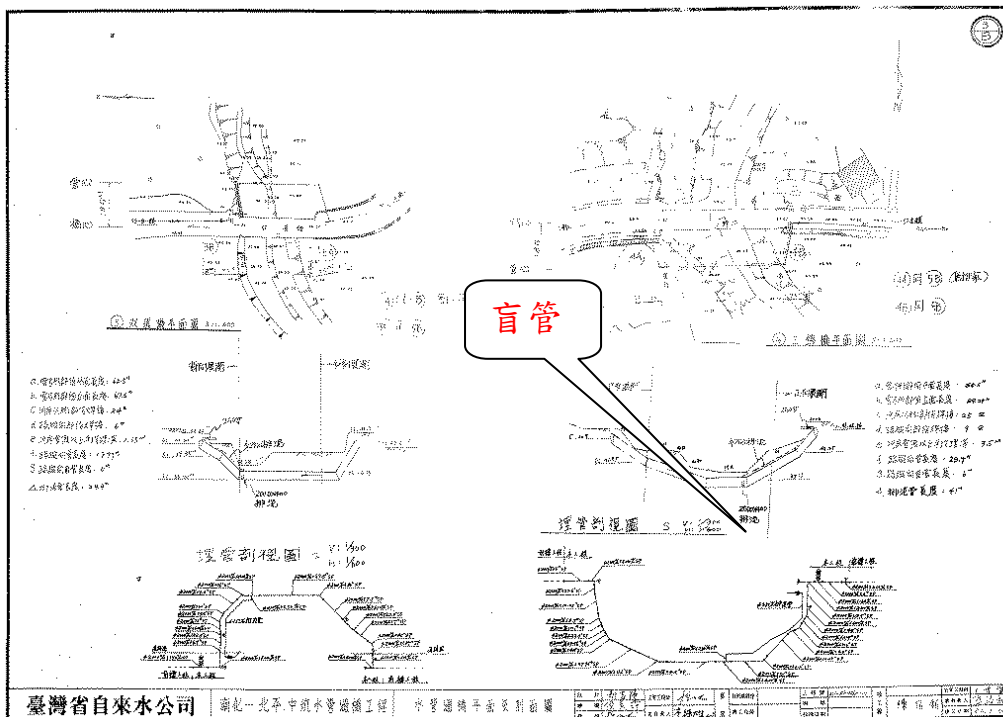
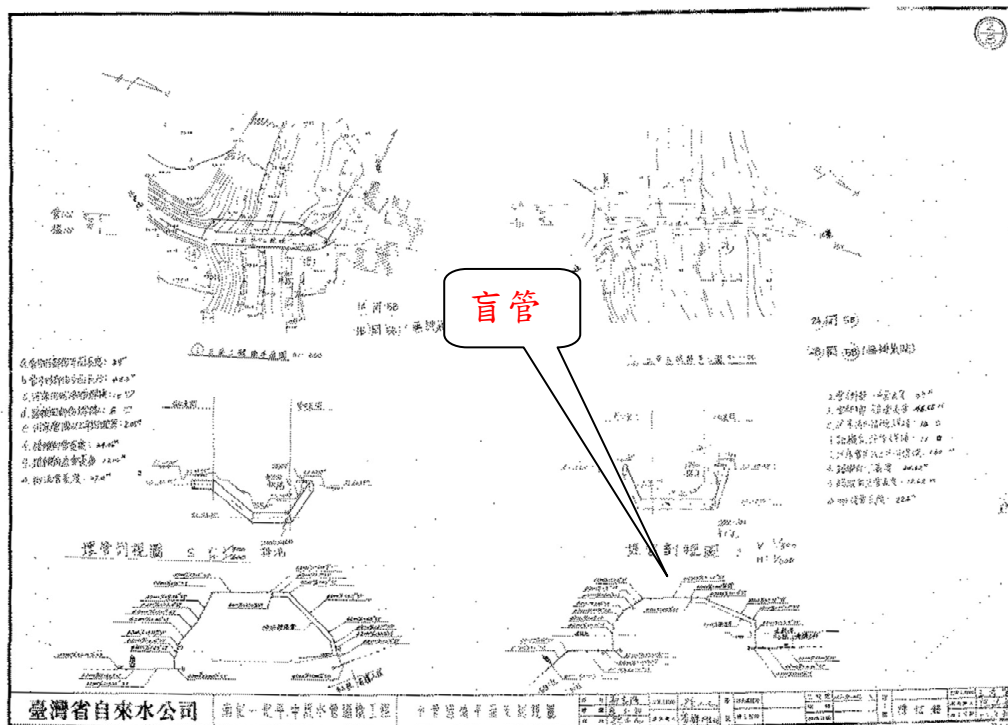


圖 31、測試管線盲管段

4.2 英國 JD7 LDS100 侵入式管道漏水檢測技術

4.2.1. 技術簡介

LDS 100 免停水侵入式管道漏水檢測器為英國 JD7 公司所開發，國內漏水檢測儀器商嵩鼎國際股份有限公司引進，提供台水公司做實地測試，以驗證該技術之功能。

1. 儀器配件及功能（詳圖 32）

- (1) 探頭：內建 CCTV 檢視管壁情況、音波接收器接收管線漏水音及訊號發射器於管內發射訊號，以訊號接收器於地面接收訊號，結合 GPS 做管線定位。
- (2) 鋼纜線：100 公尺，安放及接收探頭。
- (3) 主機：紀錄及觀看影像、音波，定位漏水點。
- (4) 訊號接收器：管線定位。

2. 操作方式（詳圖 33）

- (1) 探頭連接鋼纜由消防栓、排氣閥插入管線，藉推鋼纜讓探頭於管中前進，由主機銀幕觀看傳回影像及聲音波形。聲音波形異常時，由富檢漏經驗人員聽音研判是否為漏水聲。
- (2) 完成 100 公尺作業長度後，拉回鋼纜及探頭。
- (3) 使用訊號接收器於地面做管線定位。

3. 技術優點

- (1) 具有偵測管內狀況、管線漏水、管線定位、不明管線等功能。
- (2) 操作容易，檢測作業時不需停水。
- (3) 適用各種材質管線。
- (4) 適用管徑： ϕ 75~300mm。

4.2.2. 測試規劃

1. 測試管線選擇

高雄市旗津區 103 年春節假期間，因一條 ϕ 200mm CIP 管線地下漏水直接流至排水箱涵，由路面聽音測漏無法找到漏水點，停水多日造成極大民怨。後經分段測試縮小範圍，使用小型內視鏡穿入管內始偵測出漏水點。LDS100 免停水侵入式管道漏水檢測技術除 CCTV 可觀察管內狀況，更有偵測漏水功能，經評估高雄市旗津區應適合上開技術測試。本次測試即選擇「旗津廟前路示範小區」為標的（詳圖 34），該小區管線老舊，水公司多次派員前往檢漏，因水壓低檢漏成效不佳，因此希望藉本工法，於管中直接聽漏水音，提升檢漏績效，並驗證本工法之功能。

4.2.3. 測試過程

1. 測試前準備作業

105 年 5 月 16 日台水與嵩鼎公司人員會勘測試區域管線及地下式消防栓，選擇測試管段及並將地下式消防栓改裝探頭插入接頭點。

(1) 測試管段：

- A. 廟前路旗下巷管段 ϕ 80m/mPVCP-100 公尺。
- B. 廟前路管段（通山路口至海岸路口） ϕ 200m/mPVCP-100 公尺。
- C. 海岸路管段 ϕ 200m/mPVCP-200 公尺。

(2) 地下式消防栓改裝探頭插入接頭點：

- A. 廟前路旗下巷天后宮廣場前路口地下式消防栓
- B. 廟前路與通山路口地下式消防栓。
- C. 3.海岸路地下式消防栓。

105 年 5 月 24 日進行地下式消防栓改裝探頭插入接頭及探頭插入試作（詳圖 35）。

2. 測試作業

5 月 25 日於高雄市旗津區辦理實作測試，台水各區管理處、國營會等單位派員觀摩：

- (1) 英國 JD7 Water Technologet 產品，及本次 LDS100 免停水侵入式管道漏水檢測技術測試作業簡介（詳圖 36）。

(2) 現場測試作業狀況

A. 5月25日檢測廟前路旗下巷管段 ϕ 80m/mPVCP

由旗下巷天后宮廣場前路口地下式消防栓插入探頭。(詳圖 37(a))

- 探頭往東穿至廟前路1巷口制水閘，檢測長度84公尺，未發現漏水，本管段檢查為 ϕ 100m/mDIP，與圖資 ϕ 80m/mPVCP不符。
- 探頭往北穿至管塞，檢測長度30公尺，未發現漏水。探頭CCTV回傳清晰管內影像(詳圖 37(b))，清楚觀察管內狀況。技師由主機觀測探頭回傳音頻及戴耳機聽回傳聲音，研判管線漏水點(詳圖 37(c))，探頭於管內推進時，主機銀幕會有高音頻產生。如遇分歧管(三通管、十字管、接合管等)，探頭可由主機操控發射訊號，由接收器於地面接收(詳圖 37(d))，量測距離做管線定位。

B. 5月26日檢測廟前路管段 ϕ 200m/mPVCP

由廟前路與通山路口地下式消防栓插入探頭，探頭往東(往海岸路方向)穿至20公尺時，因管內生瘤積垢探頭

無法往前推停止作業（詳圖 37(e)），未發現漏水，本管段檢查為 $\phi 200\text{m/mCIP}$ ，與圖資 $\phi 200\text{m/mPVCP}$ 不符。

C. 5 月 26 日檢測通山路管段 $\phi 100\text{m/mPVCP}$

由廟前路與通山路口地下式消防栓插入探頭，探頭往南（往大觀路方向）穿至 30 公尺時，遇彎管探頭無法往前推停止作業（詳圖 37(f)），未發現漏水，本管段檢查為 $\phi 100\text{m/mDIP}$ ，與圖資 $\phi 100\text{m/mPVCP}$ 不符。

D. 5 月 26 日檢測海岸路管段 $\phi 200\text{m/mPVCP}$

由海岸路 17 號前地下式消防栓插入探頭，往上、下游各檢測 30 公尺，未發現漏水。

E. 6 月 27 日檢測廟前路管段 $\phi 200\text{m/mCIP}$

本管段 5 月 26 日檢測時，因管線生瘤阻礙探頭推進，本次更換較大尺寸探頭及鋼纜線重新測試。由廟前路與通山路口地下式消防栓插入探頭，探頭往海岸路方向檢測 50 公尺，檢測出離消防栓 2.5 公尺（詳圖 37(g)）及 17 公尺（詳圖 37(h)）2 處能漏水點。

F. 6 月 28 日檢測廟前路管段 $\phi 300\text{m/mDIP}$

本管段原為 ϕ 200m/mCIP，104 年抽換為 ϕ 300m/mDIP。

由廟前路與通山路口地下式消防栓插入探頭，往上游檢測

50 公尺，未發現漏水。

4.2.4. 測試成果及檢討

1. 測試結果

(1) 管線內部狀況功能

A. 廟前路旗下巷管段

- ϕ 100m/mDIP：管內清潔，水泥襯裡良好，距測試起點約 17 公尺處未滿管。

- ϕ 80m/mPVCP：管底積垢，探頭推進時水垢揚起，一段時間沉澱後始恢復清澈，距測試起點約 1 公尺處有一塊石頭。

B. 廟前路管段

- ϕ 200m/mCIP：管內生瘤嚴重，通水斷面縮小。

- ϕ 300m/mDIP：管內清潔，水泥襯裡良好。

C. 通山路管段： ϕ 100m/mDIP 管內清潔，水泥襯裡良好。

D. 海岸路管段：管底積垢，探頭推進時輕微水垢揚起。

(2) 漏水點檢測功能

- A. 除廟前路 ϕ 200m/mCIP 管段檢測出 2 處漏水點，其他管段未檢出。
- B. 廟前路旗下巷管段，測試人員由 ϕ 100m/mDIP 分岐用戶給水管直接供水龍頭開水，主機銀幕音頻沒有起伏，技師亦未聽到漏水聲。另 ϕ 80m/mPVCP 距測試起點約 19 公尺處，有一給水管已知漏水點（水公司人員事先檢出），主機銀幕音頻亦無起伏，技師亦未聽到漏水聲。

(3) 管線定位功能

於廟前路旗下巷、廟前路、通山路等管段測試管線定位功能，皆極精準。

2. 測試檢討

- (1) 本次測試各有一只消防栓埋沒及深度不足，無法改裝探頭插入特殊接頭，致實際測試管段與計畫稍有變更。
- (2) 本次測試廟前路 ϕ 200m/mCIP 管段檢測出 2 處漏水點，經派員複測 A 點經鑽探確認，無水跡亦無漏水音。B 點經量測管線水壓約 $0.8\text{kg}/\text{cm}^2$ ，用戶於水表後，加裝馬達直接抽水送至 4 樓頂水塔(約 $1.2\text{kg}/\text{cm}^2$)，當水塔滿水後，管內餘水回流入水公司管線，經查水表後及馬達水管均未設逆止裝置，故確認係內線水壓高於外線水壓時，致有螢幕微濁水痕跡現象。

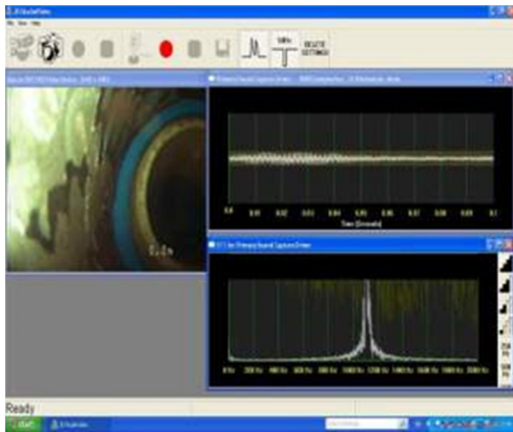
- (3) 本次測試部分已汰換而圖資未更新之管段皆能清楚調查出，藉由 CCTV 能明顯觀察管內生瘤積垢、分歧管等情況，加上管線定位精準，可驗證本技術相當適用於管線狀況調查。
- (4) 本次測試給水管已知漏水點，主機銀幕音頻沒有起伏，技師亦未聽到漏水聲。經嵩鼎公司技師檢討，可能是主機分析軟體有音頻設定功能，會將過高或過低之音頻過濾掉，包括給水管漏水音頻，該公司將向原廠查證此問題。否則給水管漏水測不出來，功能會打折扣。
- (5) 探頭於管底移動時易揚起管內沉積物，造成水濁，需經一段時間沉積物沉澱後水始恢復清澈，有影響水質之虞。
- (6) 探頭靠人推動鋼纜線於管底前進，因鋼纜線太軟，碰到生瘤或彎管處之阻力時即無法推進。因不同大小之探頭，有其固定尺寸之鋼纜線，嵩鼎公司將考量改善此問題，讓探頭能於管中順利推動。
- (7) 探頭沈於管底，CCTV 無法觀察到管內全貌，嵩鼎公司朝更換廣角鏡頭改善。另探頭遇硬物，鏡頭是否需有保護以免受損，應一併考量。



(a) LDS100 探頭



(b) LDS100 鋼纜線



(c) LDS100 主機



(d) 訊號接收器

圖 32、LDS100 儀器配件

- 反轉插入
- 無開挖
- 檢測
- 透過反轉插入進入水管
- 消防栓
- 流水測量儀器
- 閥

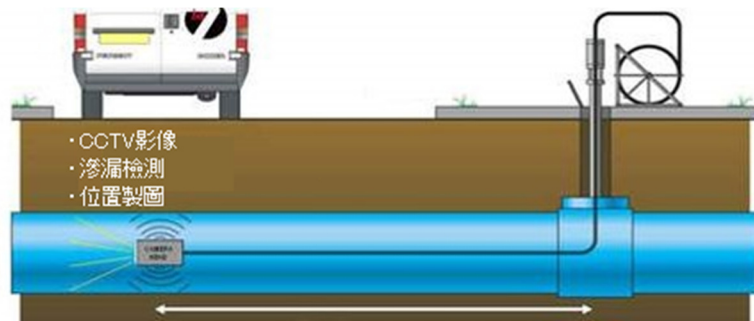


圖 33、LDS100 操作方式



圖 34、旗津廟前小路示範小區管線明細圖

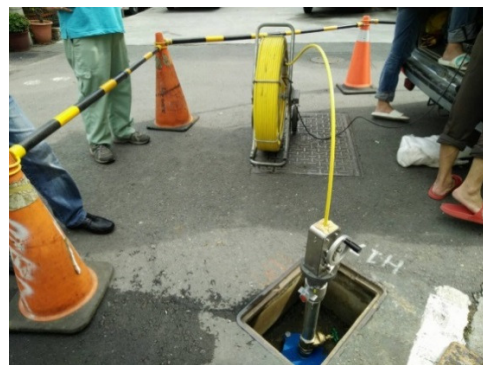


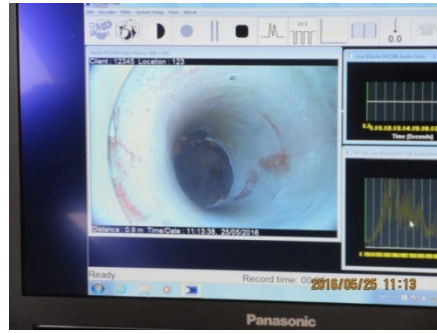
圖 35、地下式消防栓改裝探頭插入接頭及探頭



圖 36、英國 JD7 Water Technologet 產品及本次測試作業簡介



(a)探頭由消防栓插入



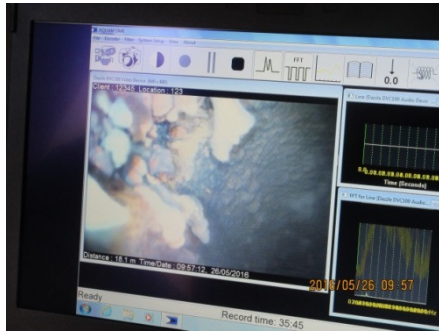
(b)CCTV 回傳影像及音頻



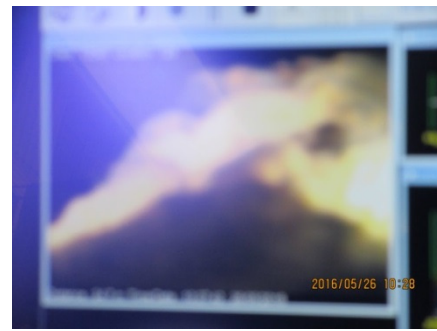
(c)技師主機前作業情形



(d)管線定位作業



(e)廟前路 CIP 生瘤情形



(f)通山路彎管阻礙探頭



(g)廟前路 2.5 公尺漏水點



(h)廟前路 17 公尺漏水點

圖 37、JD7 現場測試作業狀況

4.3 加拿大 Echologics 兩點漏水相關儀技術

4.3.1. 測試規劃

本案測試地點位於高雄市前金區七賢二路、自立一路、瑞源路及八德二路等區域，管徑在 $\phi 80\sim 200\text{mm}$ 之間，管種均為 PVC，區域水壓在 $0.9\sim 1.4\text{ kg/cm}^2$ 之間，平均水壓約 1.1 kg/cm^2 。(詳圖 38)

4.3.2. 測試過程

1. 第一階段作業由檢漏人員就檢出之已知暗漏點，查看鄰近管線圖，並逐一現場檢視閘栓（紀錄點）是否符合具佈放記錄器之條件，再量測各紀錄點之管段距離及管種、管徑、紀錄 24 小時水壓數位資料等，綜合以上資料可滿足作業需求後，編製相關資料表，移本案主辦人員，就所送資料現場複測，暗漏點聽音確認。
2. 第二階段作業主辦人員聯繫廠商攜帶儀器設備，會同現場作業，並擇期由修漏廠商開挖驗證。

4.3.3. 測試成果及檢討

1. 本案作業於 6 月 2 日傍晚藉攜帶型電腦設定並佈放共 10 處「HWM 噪音記錄器」，6 月 3 日凌晨 2-3 時啟動「噪音紀錄」作業，上午人工收取、攜帶型電腦分析，並針對該軟體判讀共三處漏水，隨

即執行「Echologics 兩點漏水相關儀」分析及測漏器聽音確認，最後由修漏單位針對確認漏水點開挖驗證，確屬管線漏水無誤。

(詳圖 39)

2. 「噪音記錄器」判讀三處漏水，經以五處管段作相關分析，並以測漏器聽音確認各管段相關分析所示之漏點距離：

(1) 相關分析二處初步判斷為用水因素干擾。

(2) 另一處漏點不在相關分析管段，但亦能顯示區外漏水訊息。

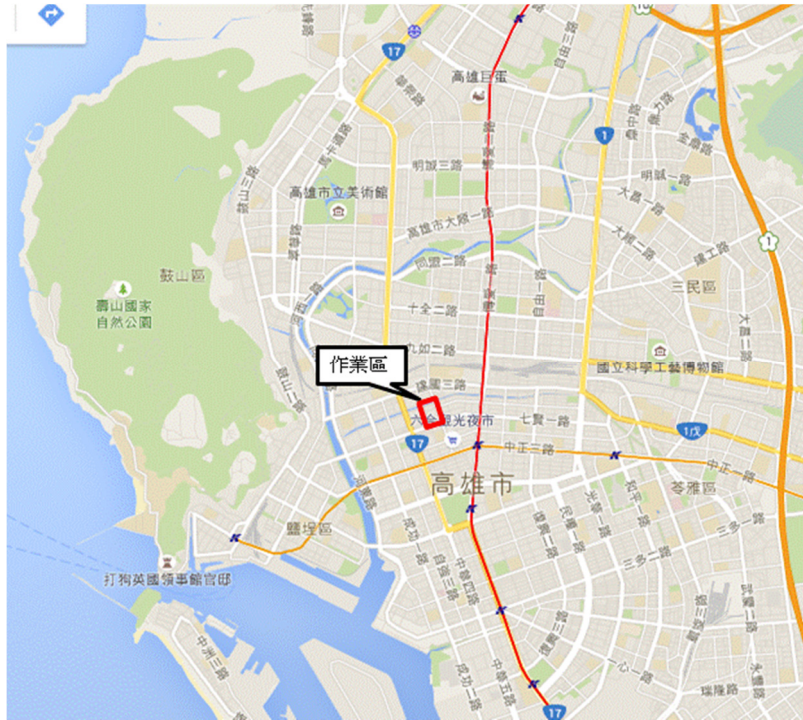
(3) 餘二處相關分析雖與實際開挖漏水點尚有差距，但已能有效偵出漏水範圍，供檢漏人員執行漏水點確認工作。

3. 「噪音記錄器」對漏水噪音強度與頻率做分析，但對低於該儀器判讀值之漏水，仍無法有效偵出。本案自立一路 41 巷 3 號隔壁漏水，距最接近之噪音記錄器約 25m，即判讀為無漏水，而由檢漏人員測出漏水。

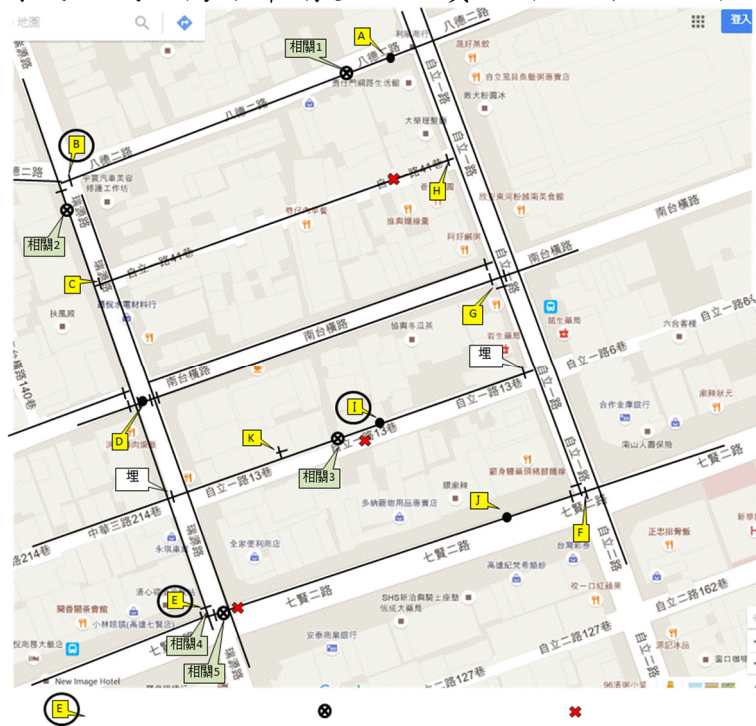
4. 關於自動漏水監測設備記錄器其布設距離受到水壓、管線材質影響甚鉅，台水公司管網水壓普遍偏低、塑膠管比例高，故記錄器須以短距離布設才能提高其精確度，由於目前各路權單位執行路平專案，要求管線單位閘栓盒、窰井蓋等孔蓋下地，如需使用閘栓或管線附屬設備，須經路權單位同意暫時提升孔蓋並於使用後

再行下地，導致現有閘栓間距離過長，影響記錄器捕捉漏水音之效能，對於自動漏水監測設備記錄器布設極為不便利之處。

5. 此外，由於大型管線可布設噪音記錄器之距離過長，亦影響記錄器捕捉漏水音之效能，故建議爾後大型管線埋設時，應於適當距離設置布設設施（如檢視人孔）。



(a)測試區域：高雄市前金區七賢二路、自立一路一帶

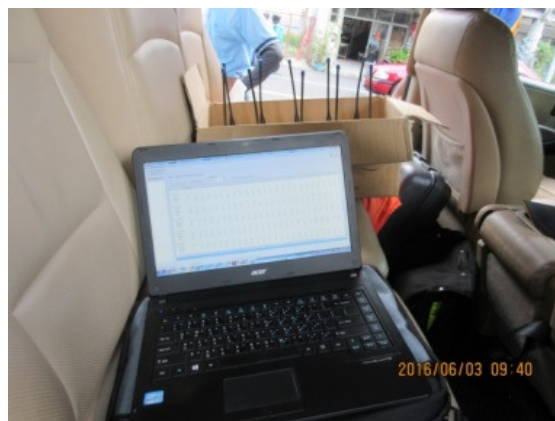


(b)測試地點管線略圖

圖 38、加拿大 Echologics 兩點漏水相關儀技術測試規劃



(a)HWM 噪音記錄器



(b)無線設定啟動及終止紀錄時間



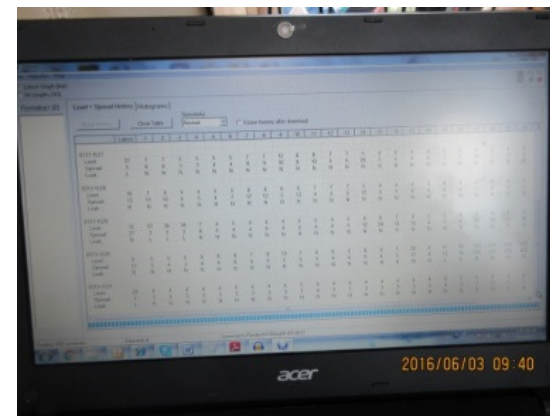
(c)掀制水閥蓋，置放噪音記錄器



(d)制水閥帽置放噪音記錄器



(e)凌晨紀錄完成，上午收取記錄器，車內無線下載記錄檔



(f)紀錄資料解析與判讀



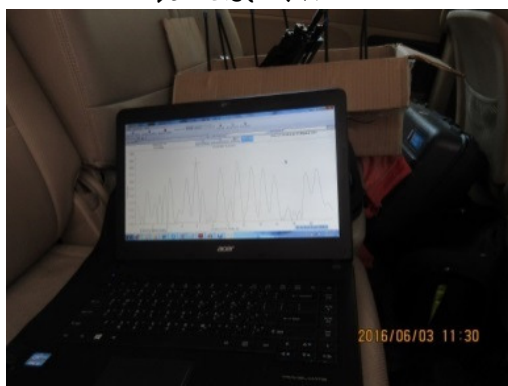
(g) 噪音記錄器判讀漏水處，管段兩端裝設感測器 A



(h) 噪音記錄器判讀漏水處，管段兩端裝設感測器 B



(j) 主機由車上做無線接收發射兩端感測器之數位資料



(k) 漏水相關分析，並顯示感測器兩端距漏水點之長度



(l) 疑似漏水點噴漆註記



(m) 修漏開挖驗證，係 ϕ 200-PVCP 裂縫漏水

圖 39、加拿大 Echologics 現場測試作業狀況

4.4 德國 Seba KMT 噪音記錄器及相關儀技術

4.4.1. 測試規劃

1. 測試地點 A 區位於台中市北區青島路二段、文昌東一街、天津路二段、文昌東二街等區域，管徑在 $\phi 100\sim 350\text{m/m}$ 之間，管種均為 PVC，區域水壓在 $1.29\sim 2.06 \text{ kg/cm}^2$ 之間，平均水壓約 1.67 kg/cm^2 。(詳圖 40、圖 41)
2. 測試地點 B 區位於台中市西屯區寧夏東一、三、四、六街等區域，管徑在 $\phi 100\sim 350\text{m/m}$ 之間，管種均為 PVC，區域水壓在 $1.144\sim 1.606 \text{ kg/cm}^2$ 之間，平均水壓約 1.367 kg/cm^2 。(詳圖 42、圖 43)

4.4.2. 測試過程

1. 第一階段作業由檢漏人員就檢出之已知暗漏點，查看鄰近管線圖，並逐一現場檢視閘栓（紀錄點）是否符合具佈放記錄器之條件，再量測各紀錄點之管段距離及管種、管徑、紀錄 24 小時水壓數位資料等，綜合以上資料可滿足作業需求後，編製相關資料表，移本案主辦人員，就所送資料現場複測，暗漏點聽音確認。
2. 第二階段作業主辦人員聯繫廠商攜帶儀器設備，會同現場做 A、B 兩區作業，並擇期由修漏廠商開挖驗證。

4.4.3. 測試成果及檢討

1. A 區作業於 5 月 23 日上午藉攜帶型電腦設定並佈放共 6 處「Sebalog N-3 噪音記錄器」，記錄 30 分鐘，隨以人工及車巡收取、攜帶型電腦分析，並針對該軟體判讀共二處漏水，即執行「SebaKMT C-3 漏水相關儀」分析，惟經執行三處管段皆無明顯峰值顯現，仍以測漏器聽音判斷一處漏水點，移送修漏單位，經 5 月 30 日會同修漏單位開挖，並無漏水跡象，惟仍有漏水音。(詳圖 44)
2. 本型號噪音記錄器具有車巡下載功能，故試行以車巡方式於車內收取訊號下載，惟因噪音記錄器係置於閘蓋內地下約 0.8 公尺深，其訊號發射與接收之品質本就不佳，又其收取方式，係自動依主機內設定之各機號，依序逐一比對，俟訊號符合，再行無線下載。故此種只能慢速車巡下載方式甚為費時，又處於車輛頻繁出入之都會區，極易造成交通堵塞，其屬訊號品質不良者，惟下車以主機靠近閘蓋、依序逐一比對或選定已知機號再無線收取。綜上，噪音記錄器作業模式不宜以車巡方式收取，宜採人工收取為之。
(詳圖 44)
3. B 區作業於 5 月 23 日下午藉攜帶型電腦設定並佈放共 7 處「Sebalog N-3 噪音記錄器」，記錄 30 分鐘，隨以人工收取、攜帶

型電腦分析，並針對該軟體判讀共三處漏水，即執行「SebaKMT C-3 漏水相關儀」分析，惟經執行二處管段皆無明顯峰值顯現，尤其 GD 實際漏水管段，疑因現場有家庭工廠斷續產生的噪音值過大，干擾判讀，仍依測漏器聽音判斷一處漏水點，移送修漏單位，經 5 月 31 日會同修漏單位開挖，係 ϕ 20m/m PEP 脫接漏水。

4. 噪音記錄器執行尚能於晝間有效顯示漏水處，兩點漏水相關儀執行時水壓約 1.3kg/cm^2 ，惟檢測漏水點非屬配水管位鄰近之接合管漏水，係接合管外線約 2 公尺處之 ϕ 20m/m PEP 脫接，又該地下漏水已溢入旁側之電信人孔內，可判斷漏水點處已呈飽和水層，漏水音不易顯現，以聽音棒尚可附耳判斷出微漏水音，測漏器聽音亦可檢出。綜上，本案漏水環境及條件均不佳，於晝間相關儀甚難提供有效漏水點位之佐證數據。(詳圖 44)

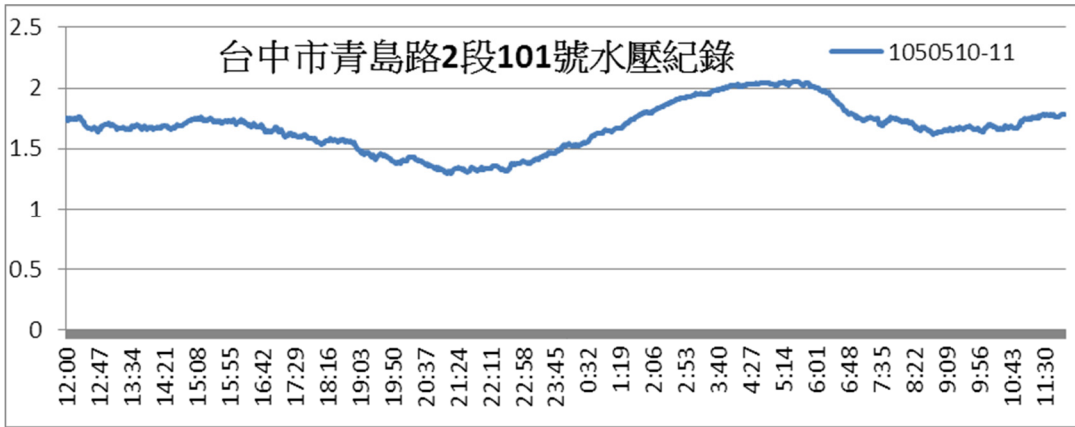


(a) 測試區域 (A 區)



(b) 測試地點管線略圖 (A 區)

圖 40、德國 Seba KMT 測試規劃 (A 區)

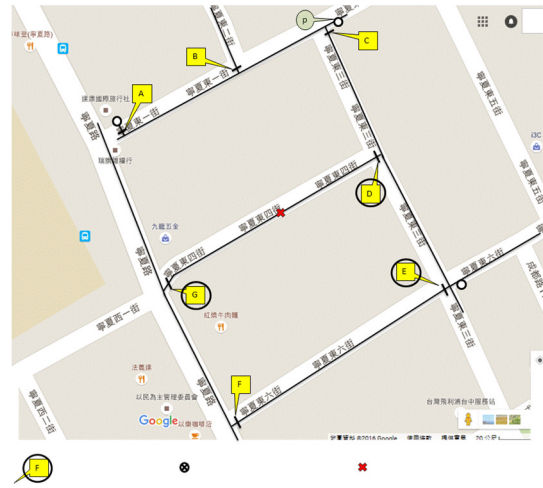


- A 區供水壓：台中市青島路 2 段 101 號。105/5/10-11 日水壓分布。
- 最高水壓=2.06、最低水壓=1.29、平均水壓=1.67 kg/cm²。

圖 41、德國 Seba 測試地點水壓紀錄 (A 區)

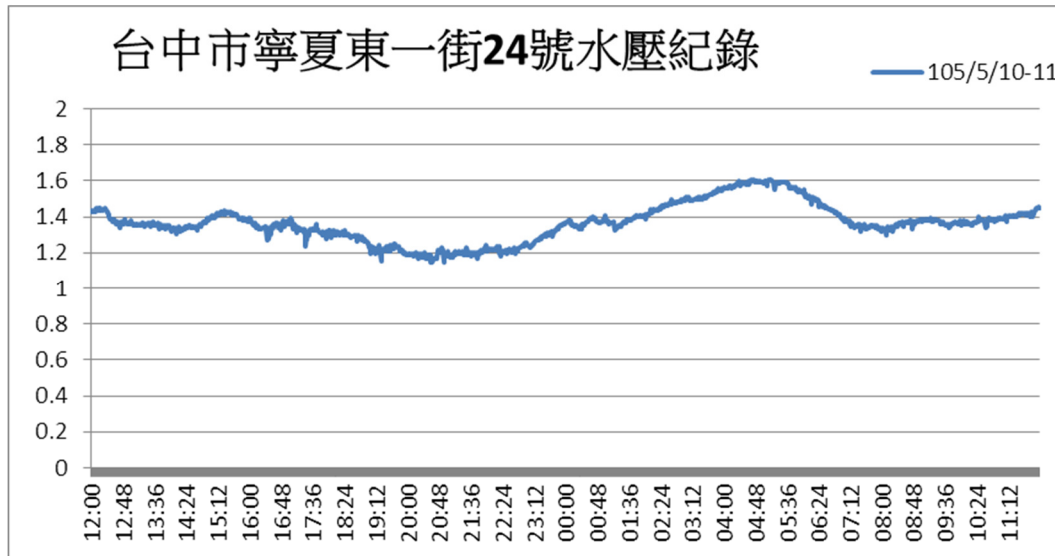


(a) 測試區域 (B 區)



(b) 測試地點管線略圖 (B 區)

圖 42、德國 Seba KMT 測試規劃 (B 區)



- B 區供水壓：台中市寧夏東一街 24 號。105/5/10-11 日水壓分布。
- 最高水壓=1.606、最低水壓=1.144、平均水壓=1.367 kg/cm²。

圖 43、德國 Seba 測試地點水壓紀錄 (B 區)



(a)Sebalog N-3 噪音記錄器



(b)無線設定啟動及終止紀錄時間



(c)制水閥帽置放噪音記錄器



(d)制水閥帽置放浸水式噪音記錄器



(e)車巡無線比對接收紀錄檔



(f)車巡無線下載紀錄檔



(h) 車巡訊號品質不佳，人工移動式無線下載



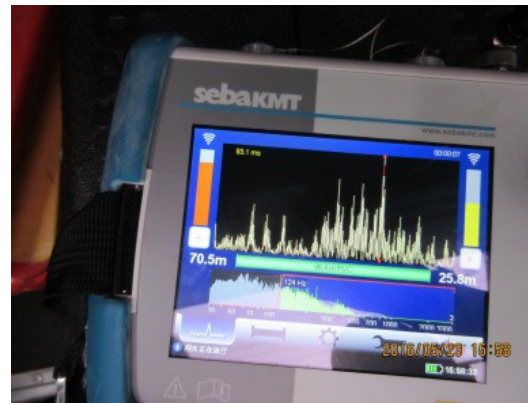
(i) 紀錄檔匯入，主機軟體判讀



(j) 噪音記錄器判讀漏水處，管段兩端裝設感測器



(k) 噪音記錄器判讀漏水處，管段兩端裝設感測器



(l) 兩點漏水相關分析，主機無線接收發射兩端感測器訊號



(m) A 區疑似漏水點噴漆註記



(n)A 區修漏開挖處無漏水，惟仍有漏水音待複測



(o) B 區疑似漏水點噴漆註記



(p)B 區修漏開挖係 ϕ 20-PEP 脫接漏水

圖 44、德國 Seba 現場測試作業狀況

4.5 德國 SEWERIN 噪音記錄器及相關儀技術

4.5.1. 測試地點

測試地點南 B1 位於高雄市瑞源路、中正四路、新盛一街、六合二路等區域，管徑在 $\phi 100\sim 150\text{mm}$ 之間，管種均為 PVCP，區域水壓在 $0.62\sim 1.08\text{ kg/cm}^2$ 之間，平均水壓約 0.89 kg/cm^2 。(詳圖 45、圖 46)

4.5.2. 測試過程

1. 第一階段由檢漏人員就檢出之已知暗漏點，查看鄰近管線圖，並逐一現場檢視閥栓（紀錄點）是否符合具佈放記錄器之條件，再量測各紀錄點之管段距離及管種、管徑、紀錄 24 小時水壓數位資料等，綜合以上資料可滿足作業需求後，編製相關資料表，移本案主辦人員，就所送資料現場複測，暗漏點聽音確認。
2. 第二階段主辦人員聯繫廠商攜帶儀器設備，會同現場作業，並擇期由修漏廠商開挖驗證。

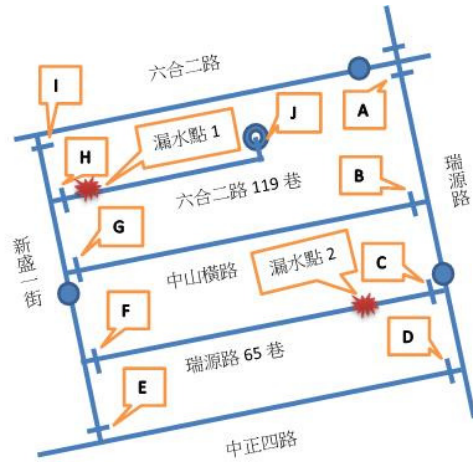
4.5.3. 測試成效

1. 本廠牌噪音紀錄器具無線接收功能，經現場實測仍以主機人工下車搜尋，較車巡易於接收。

2. 經相關分析 HJ 管段，漏水點 1 距 H 藍色捕音器 44.26m，測漏器聽音複測，疑似電器音干擾，惟測漏器聽音距 H→9.2m 處鑽探有漏水跡，經修漏開挖，該漏水點非測試管段，為早期於 I 點側埋設之用戶外線漏水。
3. 後續執行 CF 管段（漏水點 2）分析，疑似攜帶型電腦異常，無法執行該管段之相關分析，作業結束。
4. 本案兩處漏水點，「漏水點 1」非測試管段，「漏水點 2」漏水音微， $\phi 100$ -PVCP、測距 122m、水壓約 0.9 kg/cm^2 ，研判相關儀恐難有效測出漏點。（詳圖 47）



(a) 測試區域



(b) 管線暨相關設備位置略圖

圖 45、德國 SEWERIN 測試規劃

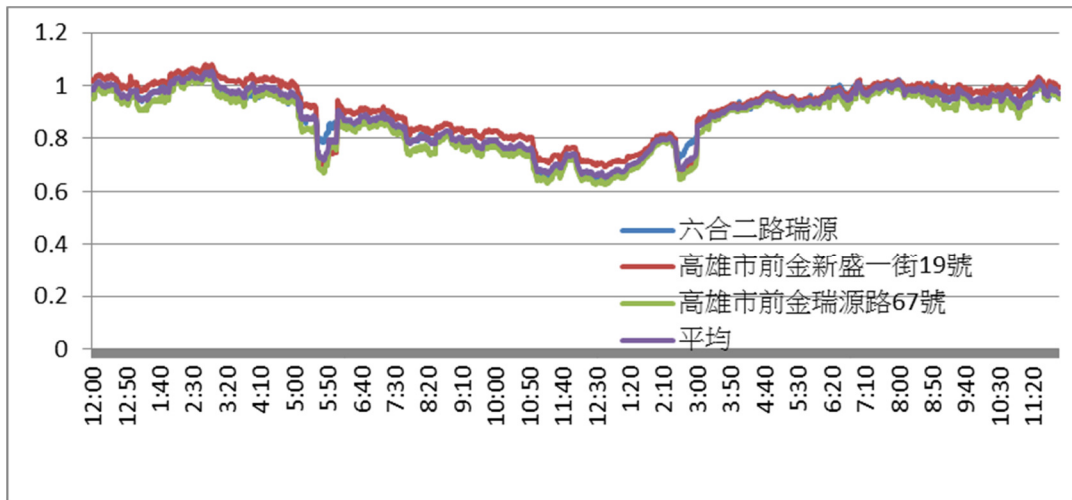


圖 46、德國 SEWERIN 測試地點水壓紀錄(105/7/12)



(a) 噪音記錄器



(b) 相關儀閥聽作業



(c) 相關儀分析



(d) 瑞源路 65 巷 2-1 號溝底漏水
用戶拒修，仍持續溝通並列案追蹤

圖 47、德國 SEWERIN 現場測試作業狀況

4.6 日本 Fuji 噪音記錄器及相關儀技術

4.6.1. 測試地點

1. 測試地點北 C 區位於基隆市仁愛區復興街 113 巷 12 號區域，管徑在 ϕ 100~250mm 之間，管種為 CIP、DIP 及 PVC，區域水壓在 4.80~2.46 kg/cm² 之間，平均水壓約 3.64 kg/cm²。(詳圖 48、圖 49)
2. 測試地點北 B2 區位於基隆市仁愛區祥豐街 68 巷區域，管徑在 ϕ 80~150mm 之間，管種均為 PVC，區域水壓在 3.06~0.05 kg/cm² 之間，平均水壓約 1.93 kg/cm²。(詳圖 50、圖 51)

4.6.2. 測試過程

1. 第一階段由檢漏人員就檢出之已知暗漏點，查看鄰近管線圖，並逐一現場檢視閥栓（紀錄點）是否符合具佈放記錄器之條件，再量測各紀錄點之管段距離及管種、管徑、紀錄 24 小時水壓數位資料等，綜合以上資料可滿足作業需求後，編製相關資料表，移本案主辦人員，就所送資料現場複測，暗漏點聽音確認。
2. 第二階段主辦人員聯繫廠商攜帶儀器設備，會同現場做 A、B 兩區作業，並擇期由修漏廠商開挖驗證。

4.6.3. 測試成效

本儀器測試案，經台灣代理商電洽，由日本 FUJI 公司特派原廠技師兩人，以四個工作天攜帶儀器親臨現場實測，由於天候時陰時雨，不利現場作業，除以兩點相關儀檢測外，並一再以次管段反覆測試，及測漏器確認漏水點。本兩案工作於第三天結束，據悉，針對噪音記錄器有異常反應者，其第四天仍利用上午再前複測，並於中午趕往桃園機場，搭機返回日本，對其工作態度之認真投入，確值得學習與嘉許。

1. 測試地點北 C 區

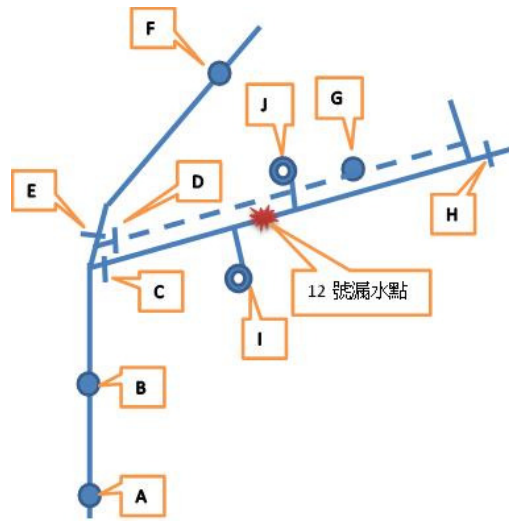
- (1) 本區域於 8 月 17 日檢出 113 巷 6 號漏水點，惟因修漏監工異動，致於 10 月 5 日逕予修復。本案廠商於 10 月 17 日傍晚藉攜帶型電腦設定並佈放共 8 處「LNL-1 噪音記錄器」，18 日凌晨 2:00-4:00 時啟動「噪音紀錄」每 10 秒一筆，共 720 筆紀錄資料，上午人工收取、主機即時分析。
- (2) 「噪音記錄器」判讀僅 C 點有漏水，經以 CH、CI、CJ 等管段作相關分析，並以測漏器聽音確認漏水點位於 113 巷 12 號前分歧管，待開挖驗證。(詳圖 52)

2. 測試地點北 B2 區

- (1) 「噪音記錄器」判讀 C、D 二點有漏水，以 BC、CD、DE、DF 等管段作相關分析，皆無漏水峰值：
- A. 經縮短 DF 距離，DH 相距 51.3m 仍無反應，再縮短 HI 管段相距 27.4m，判定漏水處距 I 點 6.7m，實際距 I 點 5.1m 為分歧點後管線 20-PVCP 漏水，差距約 1.6m。
- B. 經縮短 BC 距離，BK 相距 53.4m 仍無反應，再縮至 BJ 相距 14.2m，判定漏水處距 B 點 7.89m，實際距 B 點 9 m 為 25-PVCP 漏水，差距約 1.11m，。
- (2) 作業期間 10 月 17-18 日天候不定，時雨時陰，且該處為山坡地，有多處山泉水溝，不利噪音紀錄及相關儀作業，據該廠商檢漏報告所述，為了避免管線資料誤差，以相關式漏水探測器抓到後，仍須以測漏器確認正確位置，不能完全依賴相關式漏水探測器。
- (3) 本案受測廠牌之噪音記錄器可有效測出儀器所設定之異常值，惟進階之相關儀測試，則受限於管長、水壓及漏水材質影響，需逐段縮短管段方能有效測出漏水點。(詳圖 53)
- (4) 本廠牌噪音紀錄器具無線接收功能，經現場實測仍以主機人工下車搜尋，較車巡易於接收。



(a) 測試區域



(b) 管線暨相關設備位置略圖

圖 48、日本 Fuji 測試規劃（北 C 區）

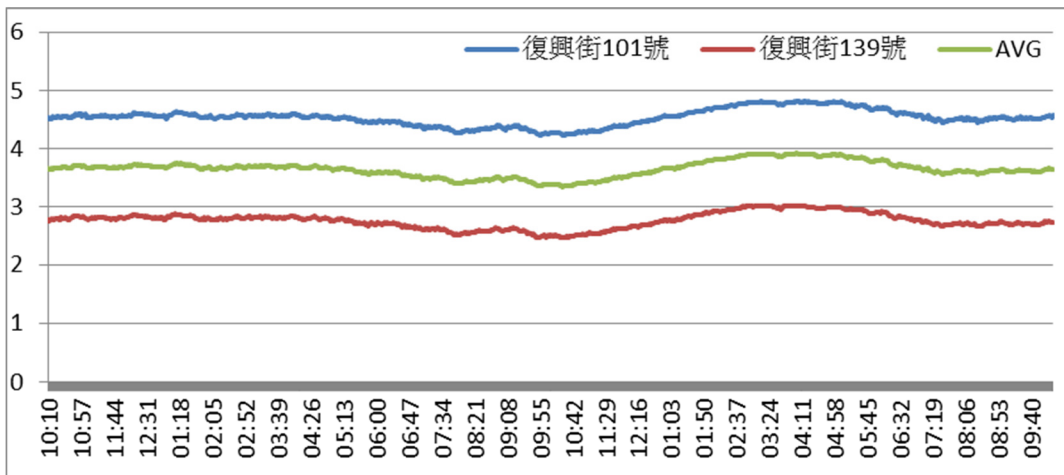
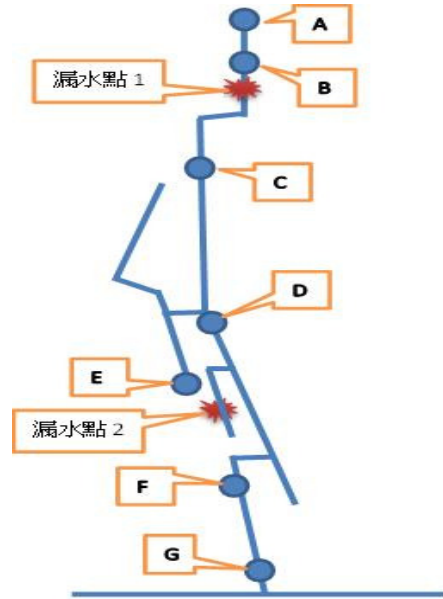


圖 49、日本 Fuji 測試地點北 C 區水壓紀錄(105/8/18)



(a) 測試區域



(b) 管線暨相關設備位置略圖

圖 50、日本 Fuji 測試規劃（北 B2 區）

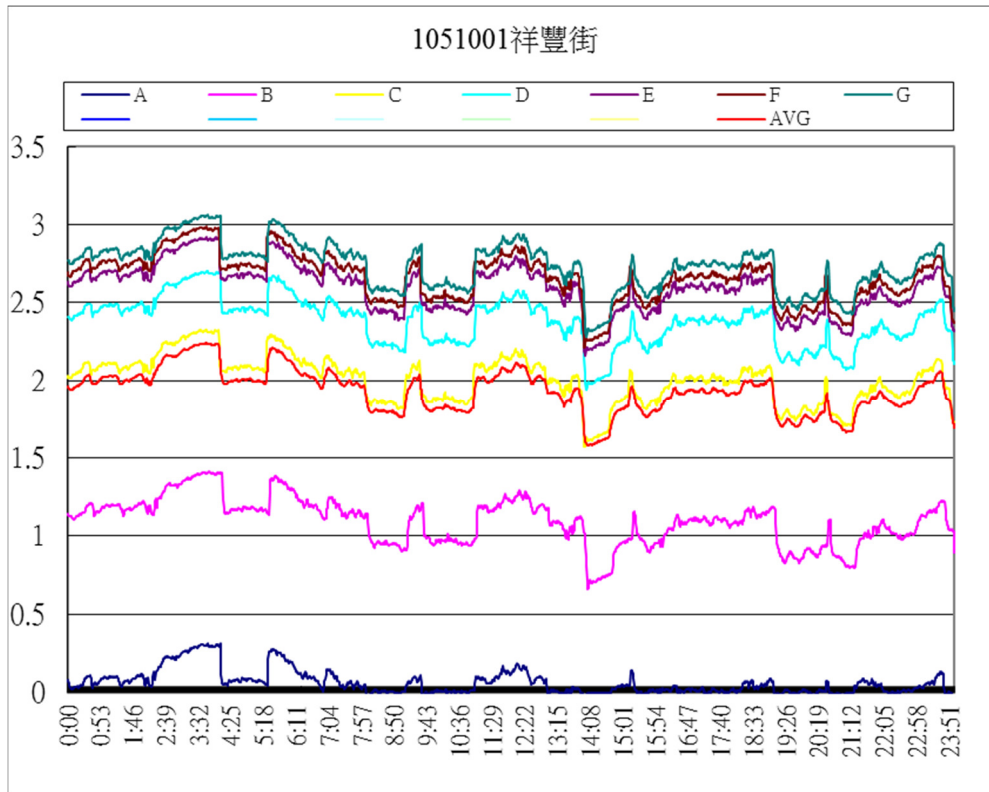
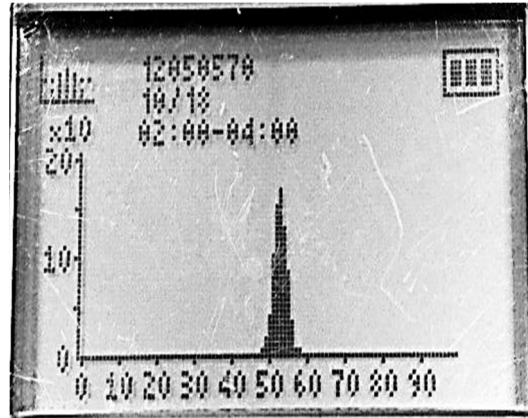


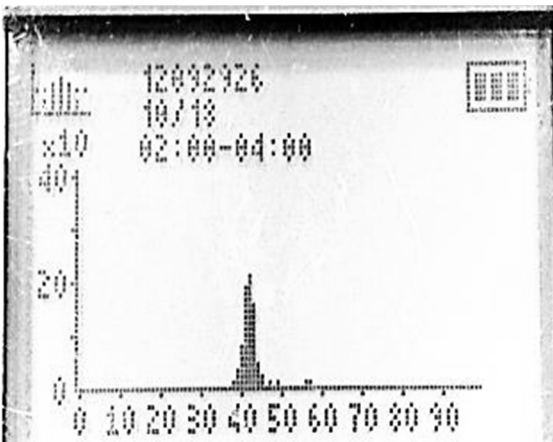
圖 51、日本 Fuji 測試地點北 B2 區水壓紀錄(105/10/1)



(a) CH 管段於 113 巷 6 號漏水點開挖修復



(b) 噪音記錄器判讀 C 點數值 48 且分布較集中，研判有漏水機率高。



(c) H 點數值 38 且分布較集中，研判有漏水的可能。

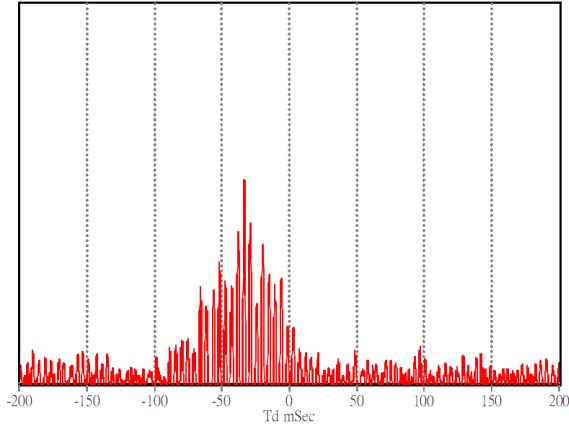


(d) 相關儀複測 CH 管段，測出 113 巷 12 號另一漏水點。

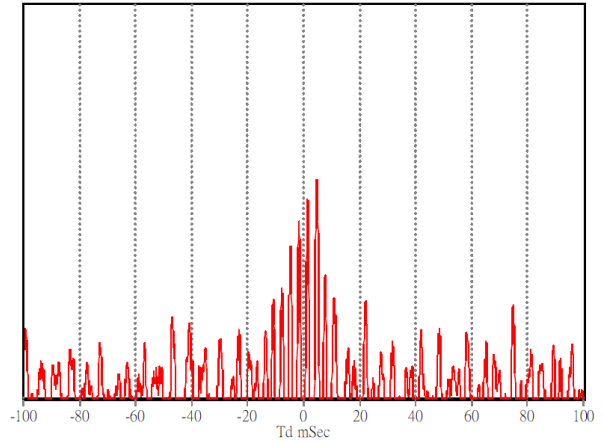


(e) 經聽音複測，確認於 113 巷 12 號外線分歧點處漏水

圖 52、日本 Fuji 測試地點北 C 區測試過程



(a) HI 管段 27.4M 相關儀定位，判定漏水處距 I 點 6.7m，實際距 I 點 5.1m 為分歧點後管線 20-PVCP 漏水，差距約 1.6m。



(b) 經再縮短 BM 管段 ϕ 100-14.2M 相關儀定位，判定漏水處距 B 點 7.89m，實際距 B 點 9 處 25-PVCP 漏水，差距約 1.11m。



(c) 噪音記錄器無線接收

圖 53、日本 Fuji 測試地點北 B2 區測試過程

4.7 英國 Primayer 噪音記錄器及相關儀技術

4.7.1. 測試地點

1. 測試地點北 A3 區測試地點位於位於基隆市仁愛區復興街 113 巷 6 號區域，管徑在 $\phi 100\sim 250\text{mm}$ 之間，管種為 CIP、DIP 及 PVC，區域水壓在 $4.80\sim 2.46\text{ kg/cm}^2$ 之間，平均水壓約 3.64 kg/cm^2 。(詳圖 54、圖 55)
2. 測試地點北 B3 區地點為基隆市仁愛區祥豐街 68 巷區域，管徑在 $\phi 80\sim 150\text{mm}$ 之間，管種均為 PVC，區域水壓在 $3.06\sim 0.05\text{ kg/cm}^2$ 之間，平均水壓約 1.93 kg/cm^2 。(詳圖 56、圖 57)
3. 測試地點測試地點南 B2 位於高雄市瑞源路、中正四路、新盛一街、六合二路等區域，管徑在 $\phi 100\sim 150\text{mm}$ 之間，管種均為 PVC，區域水壓在 $0.62\sim 1.08\text{ kg/cm}^2$ 之間，平均水壓約 0.89 kg/cm^2 。(詳圖 58、圖 59)

4.7.2. 測試過程

1. 北 A3 區測試過程詳圖 60。
2. 北 B3 區測試過程詳圖 61。
3. 南 B2 區測試過程詳圖 62。

4.7.3. 測試成效

1. 測試地點北 A3 區：

- (1) 本案作業於 105 年 8 月 30 日下午藉攜帶型電腦設定並佈放共 8 處「Enigma 記錄器」，於當日下午 2:40、2:50、3:00 時啟動各 60 秒紀錄，並於 3:05 人工收取、攜帶型電腦即時分析。
- (2) 由於非夜間紀錄，恐受用戶用水及車輛經過之干擾，經各管段相關分析，其噪音值超過上限值者 C、D、H 三處，皆符合漏水管段邊界點應有之噪音反應，惟進階漏點分析，並無峰值顯現。並於當天夜間再次紀錄，惜因設定錯誤，無紀錄值。
- (3) 本設備為「多點漏水相關儀」，非傳統之「兩點漏水相關儀」可即時於現場短距測試，故現場作業並未再次執行縮短距離之次管段相關作業。

2. 測試地點北 B3 區：

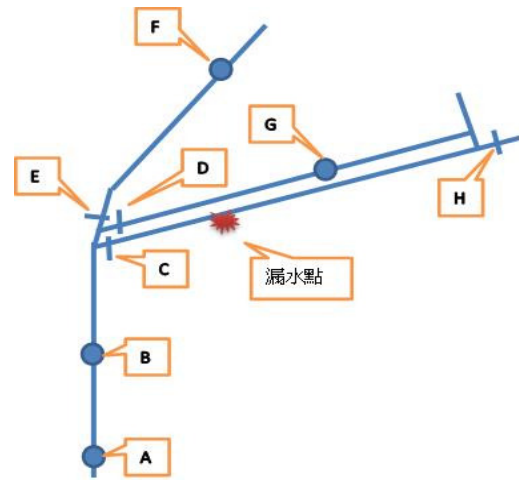
經各管段相關分析，軟體判讀皆無漏水峰值。惟 137m 之 DF 管段 D→29.4m 處有次峰值，查係實測距 29.3m，為分岐管後端大漏水所產生之急縮低頻音，該儀器可偵測出異常峰值，誤差率僅 0.07%(0.1/137)亦屬不易。

3. 測試地點南 B2：

各管段分析，各點噪音值皆低於 20 以下，顯示無漏水異常現象。本案兩處漏水點，「漏水點 1」非測試管段，「漏水點 2」漏水音微，其現場 $\phi 100$ -PVCP、測距 122m、水壓約 0.9 kg/cm^2 等之條件，俟後詢原廠所提供之訊息，除非再縮短測距，否則恐難有效測出漏點，惟現場作業並未再次執行縮短距離之次管段相關儀作業。

4.7.4. 成功的案例

本設備曾於 95 年 11 月 26 日在宜蘭縣冬山鄉日新小區實測，在約 2 kg/cm^2 的水壓下，有效的偵出三處漏水點。綜上，如 A、C 點屬高頻率與較強的金屬震動音，及 B 點高頻的接頭噴激音，均易於讓「多點漏水相關儀」有效偵出，經線上輸入管線資料，即可標定出漏水距離。(詳圖 63)



(a) 測試區域

(b) 管線暨相關設備位置略圖

圖 54、英國 Primayer 測試規劃（北 A3 區）

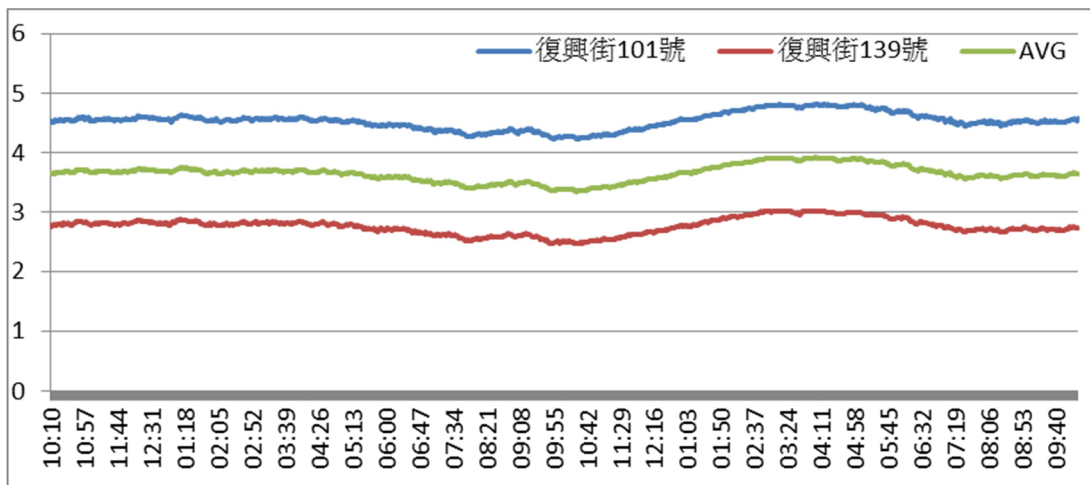
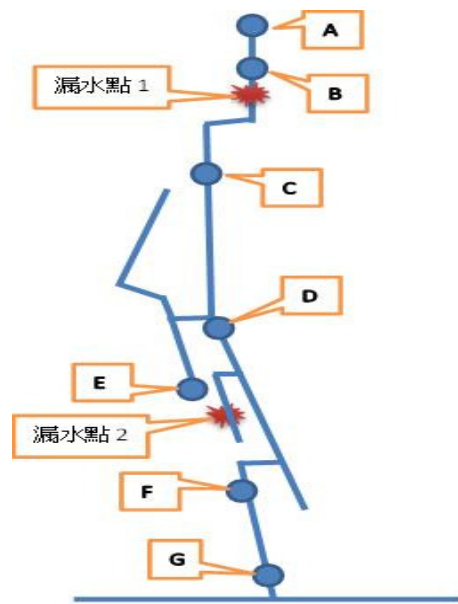


圖 55、英國 Primayer 測試地點北 A3 區水壓紀錄(105/8/18)



(a) 測試區域



(b) 管線暨相關設備位置略圖

圖 56、英國 Primayer 測試規劃（北 B3 區）

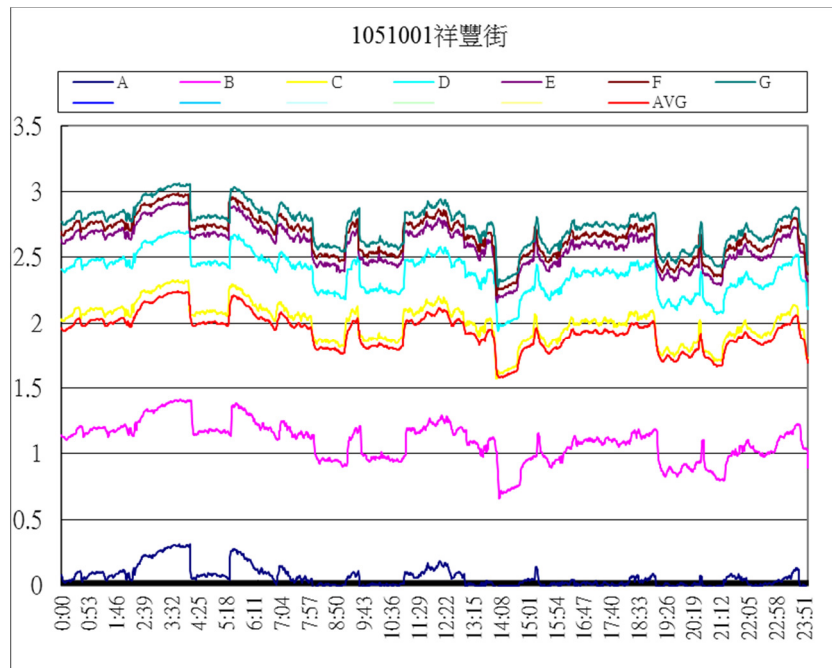
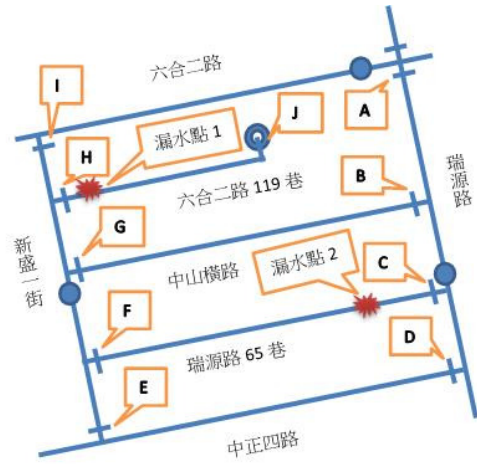


圖 57、英國 Primayer 測試地點北 B3 區水壓紀錄(105/10/1)



(a) 測試區域



(b) 管線暨相關設備位置略圖

圖 58、英國 Primayer 測試規劃（南 B2 區）

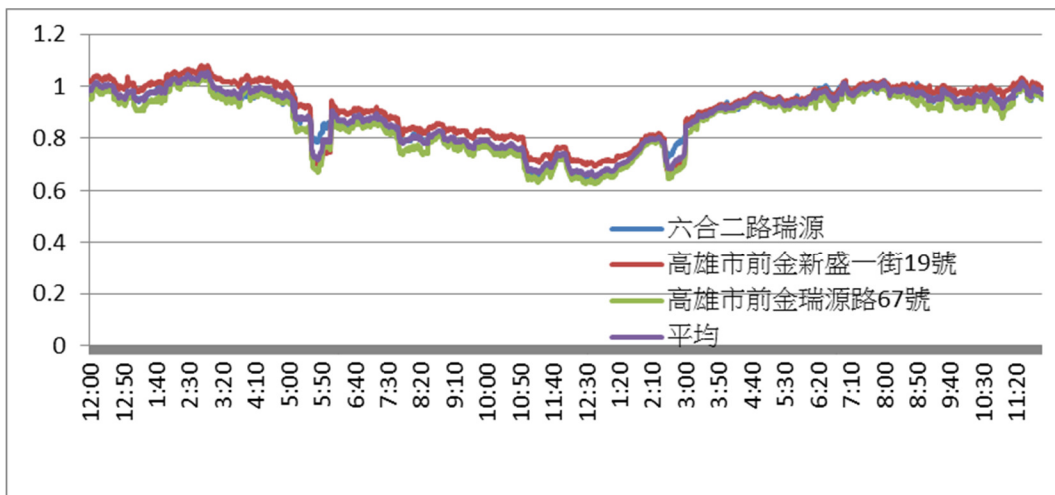
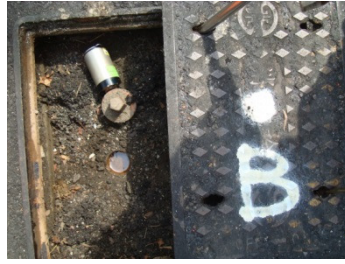


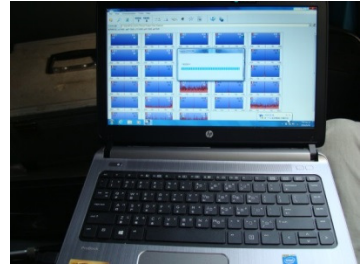
圖 59、英國 Primayer 測試地點南 B2 區水壓紀錄 (105/7/12)



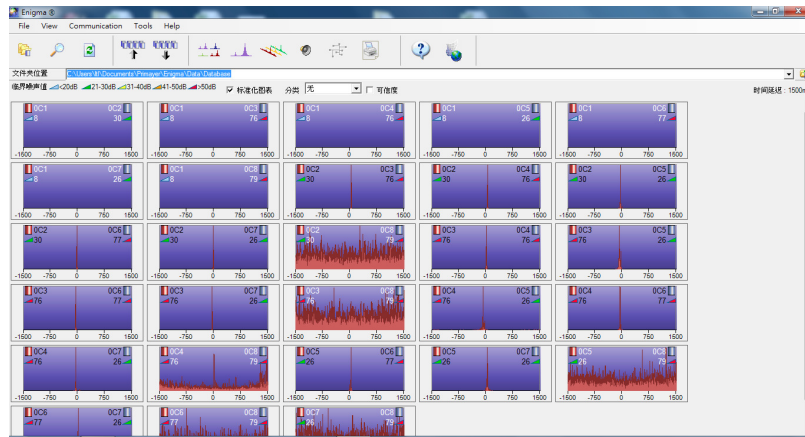
(a) 設定紀錄時間



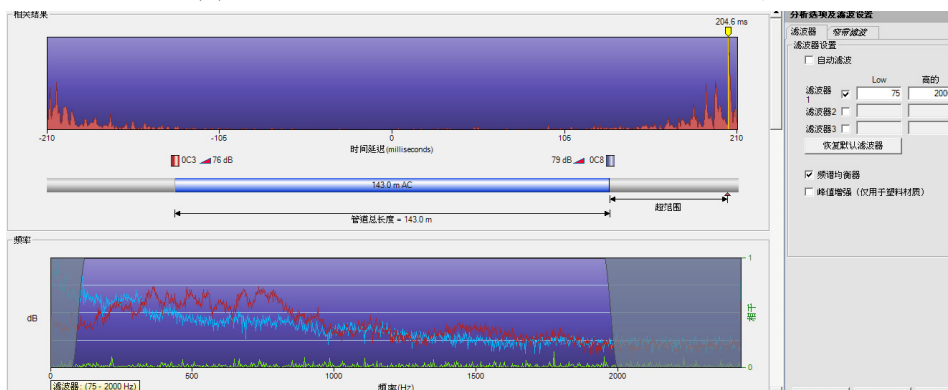
(b) 現場安裝



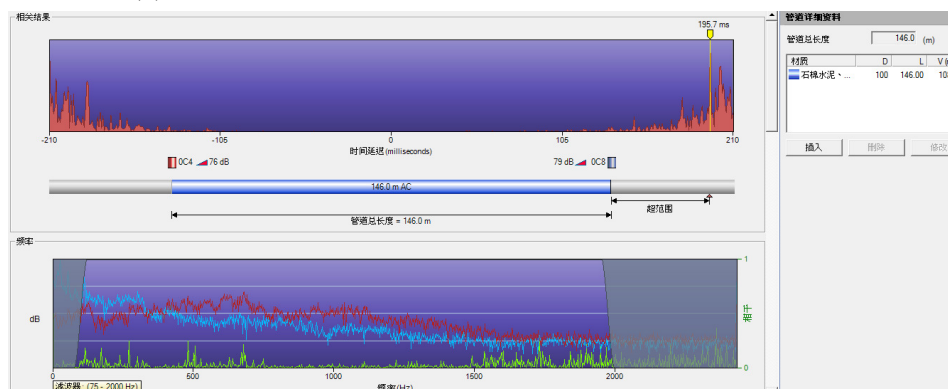
(c) 當日拆卸車內判讀



(d) 現場記錄檔匯入軟體，初始各管段分析



(e) 取噪音值俱高之 CH 管段，檢視並無峰值顯現。



(f) 取噪音值亦高之 DH 管段檢視，亦無峰值顯現。

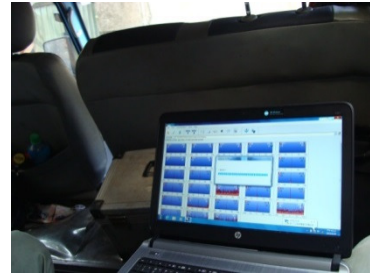
圖 60、英國 Primayer 測試地點北 A3 區測試過程



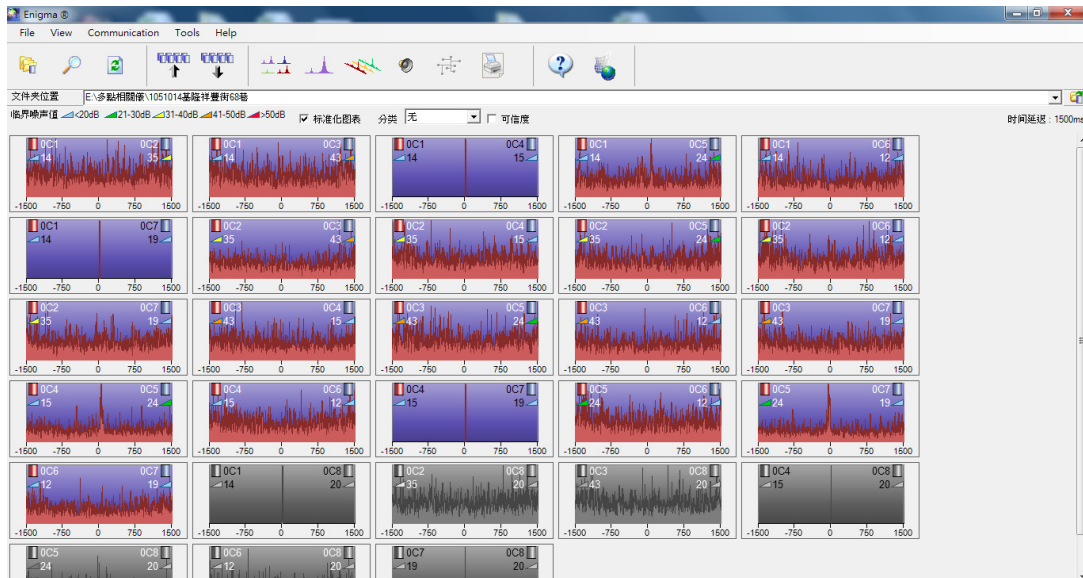
(a) 設定凌晨紀錄時間



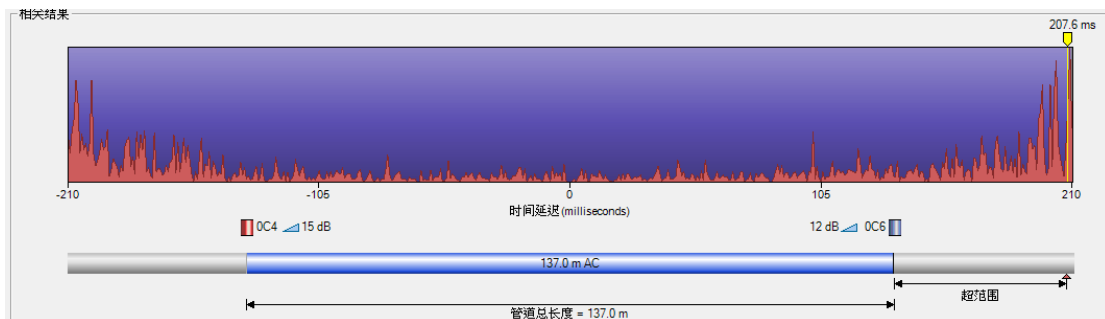
(b) 現場安裝



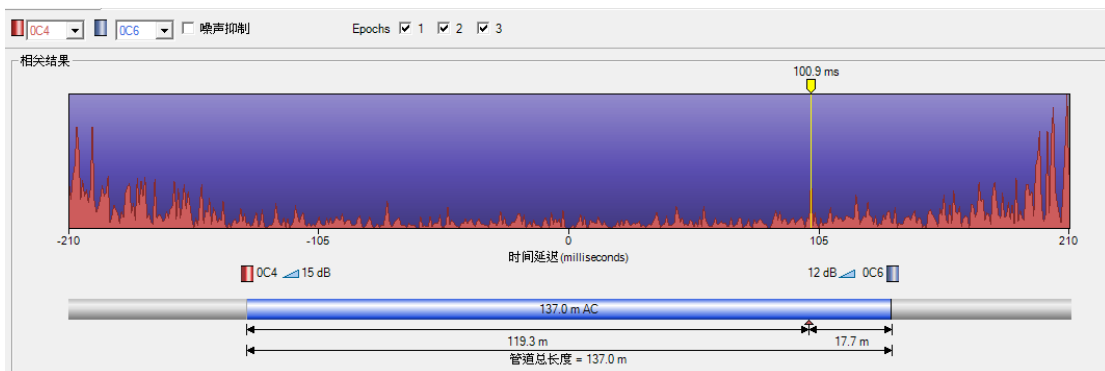
(c) 翌日拆卸車內判讀



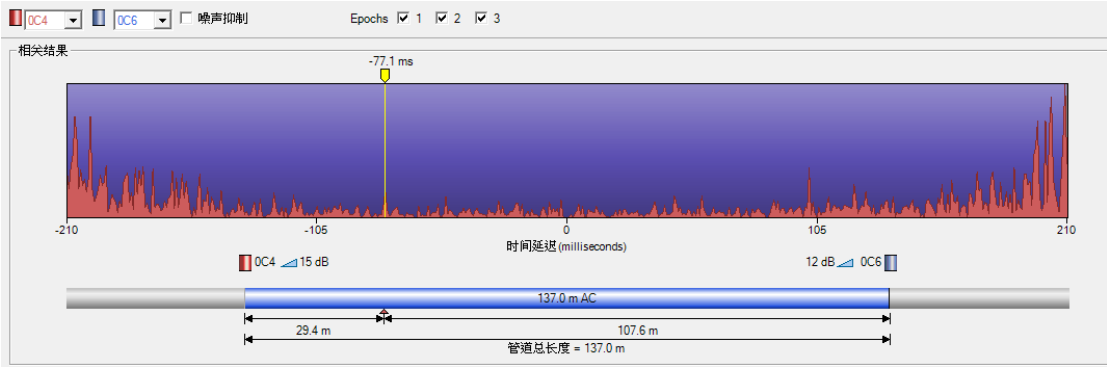
(d) 現場記錄檔匯入軟體，初始各管段分析(OC8 未安裝，剔除其灰色圖相關分析)



(e) DF 管段 ϕ 100-137M 多點漏水相關儀定位。



(f) DF 管段 D→119.3 有一最高峰值，測漏器複測，無明顯異常音。



(g)DF 管段 D→29.4m 有一次峰值(實測距離 29.3m), 即為分歧管後端大漏水所產生之急縮低頻音, 該儀器可偵測出異常峰值, 亦屬不易。

圖 61、英國 Primayer 測試地點北 B3 區測試過程



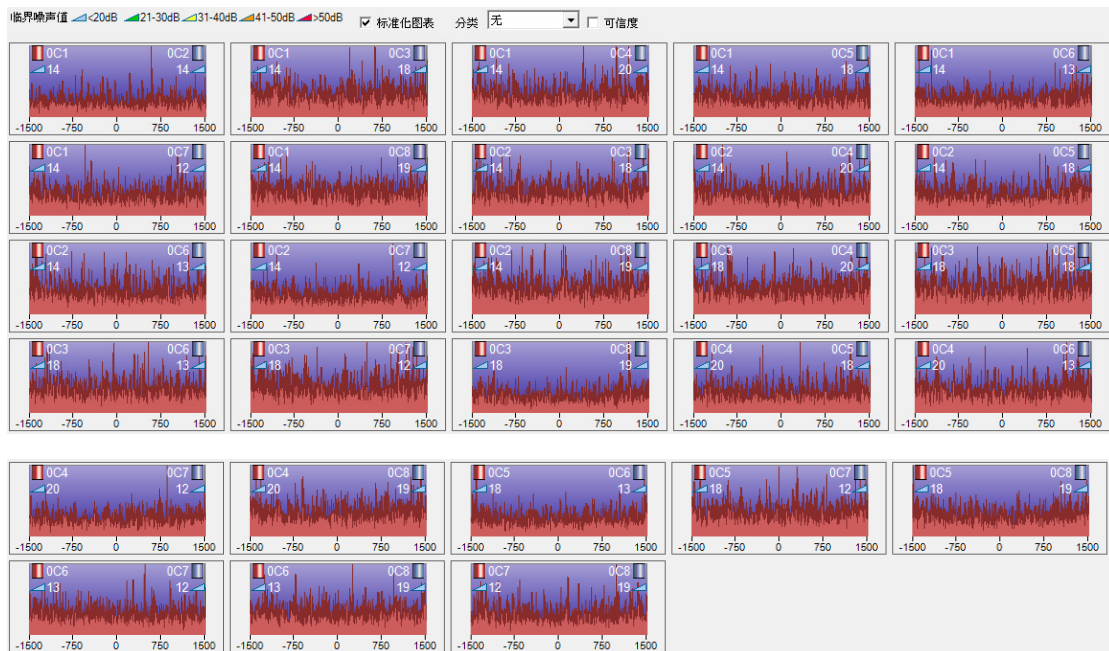
(a)設定紀錄時間



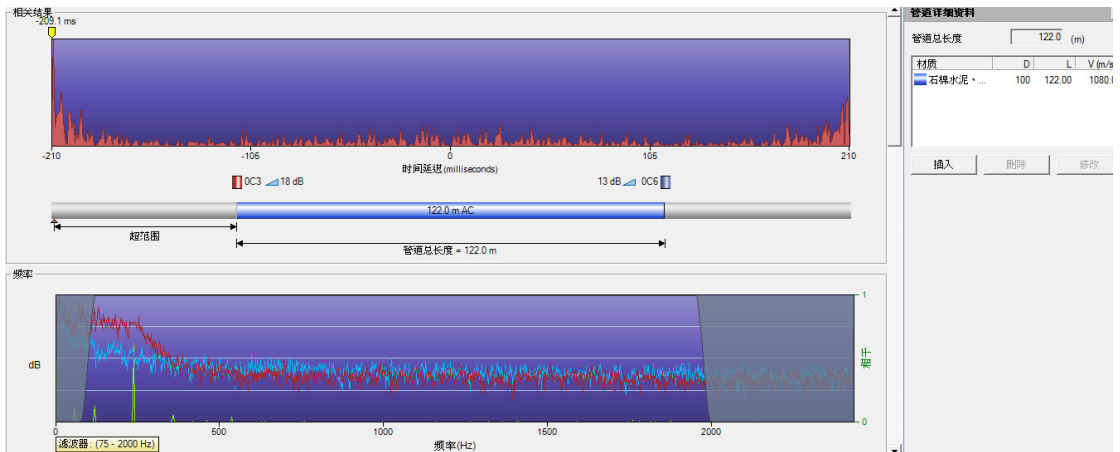
(b)現場安裝



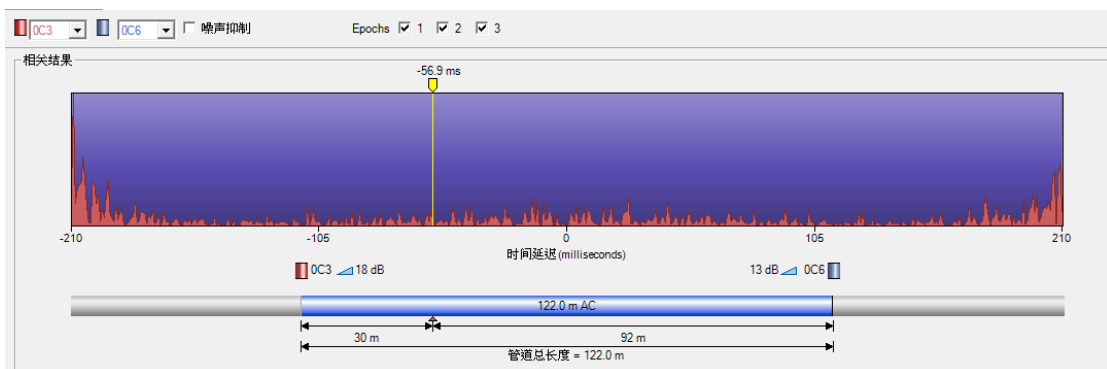
(c)翌日拆卸車內判讀



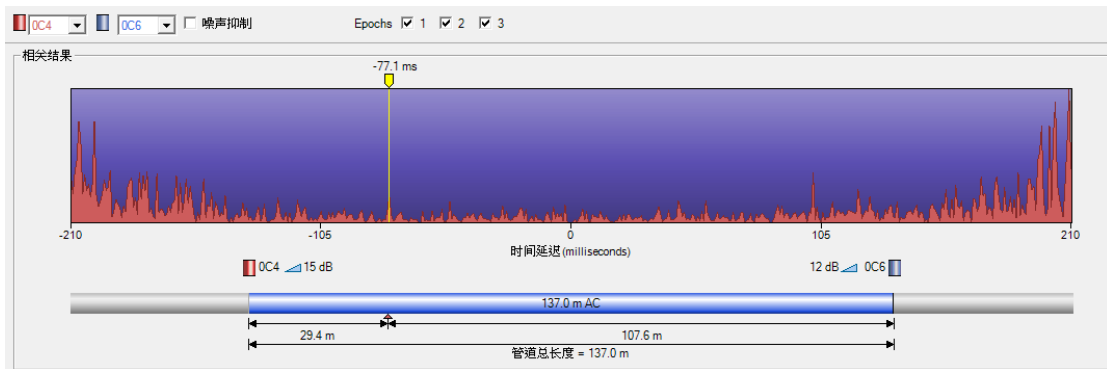
(d)現場記錄檔匯入軟體, 初始各管段分析, 各點噪音值皆低於 20 以下。



(e)取已知漏水之 CF 管段檢視，並無明顯峰值顯現。



(f)取 C→28.3m 已知漏水點附近，僅 C→30m 尚有不明顯之峰值。



(g)DF 管段 D→29.4m 有一次峰值(實測距離 29.3m)，即為分歧管後端大漏水所產生之急縮低頻音，該儀器可偵測出異常峰值，亦屬不易。

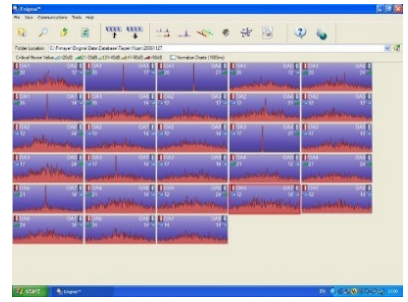
圖 62、英國 Primayer 測試地點南 B2 區測試過程



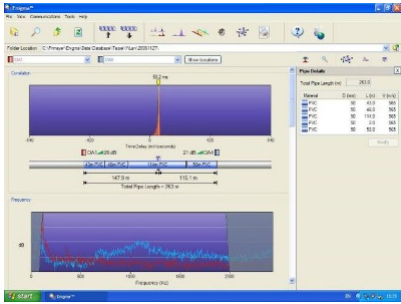
1. 設定



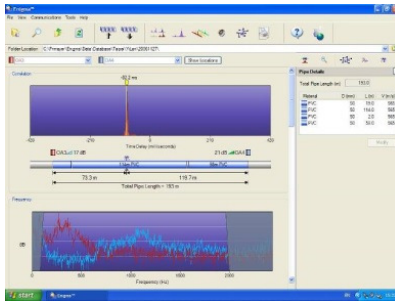
2. 佈放



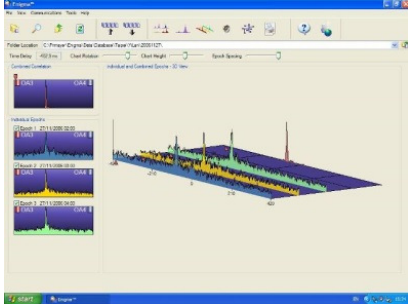
3. 收取分析



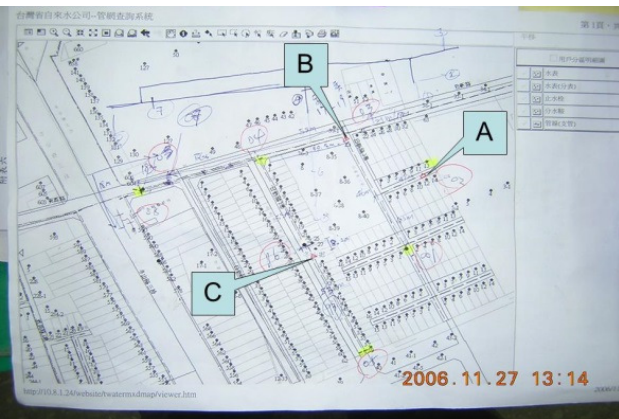
4. 判讀



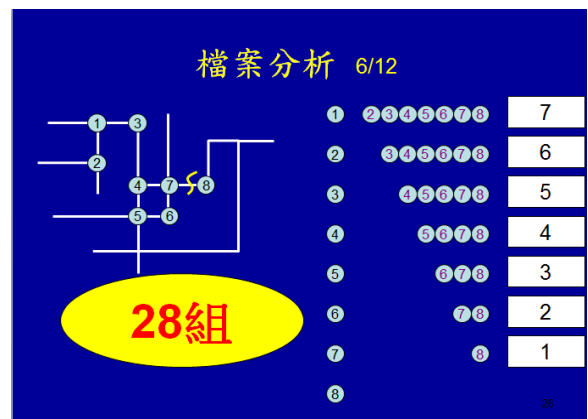
5. 判讀



6. 判讀



7. 漏水點標示



8. 單點多組交叉比對分析



9. A 漏水點-2 巷 23 號， $\phi 20$ 接合管管套節鉛管焊接點穿孔漏水



10. B 漏水點-3 巷 12 號， $\phi 50$ 塑膠管考克接頭漏水



11. C 漏水點-3 巷 1 弄 9 號- $\phi 20$ 接合管穿孔漏水
圖 63、宜蘭縣冬山鄉日新小區成功案例

4.8 英國 HWM 噪音蒐集記錄器及相關儀技術

4.8.1. 測試地點

1. 測試地點北 A2 區測試地點位於位於基隆市仁愛區復興街 113 巷 6 號區域，管徑在 $\phi 100\sim 250\text{mm}$ 之間，管種為 CIP、DIP 及 PVC，區域水壓在 $4.80\sim 2.46\text{ kg/cm}^2$ 之間，平均水壓約 3.64 kg/cm^2 。(詳圖 64、圖 65)
2. 測試地點北 B2 區地點為基隆市仁愛區祥豐街 68 巷區域，管徑在 $\phi 80\sim 150\text{mm}$ 之間，管種均為 PVC，區域水壓在 $3.06\sim 0.05\text{ kg/cm}^2$ 之間，平均水壓約 1.93 kg/cm^2 。(詳圖 66、圖 67)

4.8.2. 測試過程

1. 第一階段由檢漏人員就檢出之已知暗漏點，查看鄰近管線圖，並逐一現場檢視閥栓（紀錄點）是否符合具佈放記錄器之條件，再量測各紀錄點之管段距離及管種、管徑、紀錄 24 小時水壓數位資料等，綜合以上資料可滿足作業需求後，編製相關資料表，移本案主辦人員，就所送資料現場複測，暗漏點聽音確認。
2. 第二階段主辦人員聯繫廠商攜帶儀器設備，會同現場做 A、B 兩區作業，並擇期由修漏廠商開挖驗證。

4.8.3. 測試成效

1. 「噪音記錄器」判讀 C、D、E 三點有漏水，以 BC、CD、DE、DF 等管段作相關分析，其中 DF 管段判定漏水處距 D 點 30.7m，實際距 D 點 29.3M，為分歧點後管線 20-PVCP 漏水，差距約 1.4M，誤差率 1.02%(1.4÷137)。
2. 作業期間 105 年 10 月 11-12 日適逢豪大雨，且該處為山坡地、有多處山泉水溝，不利噪音紀錄作業，據該廠商檢漏報告所述：
 - (1) 位置 593 的數值 43/20 Level 較高，但是 Spread 高達 20，疑為水溝流水音干擾。
 - (2) 594-593 測試三次有三種不同答案，推測與下雨日時，水溝內水流有關，故無結果。
3. 所擇 BC 管段「漏水點 1」其音和緩，凌晨噪音記錄期間水壓約 1.3-1.4 間，且適逢豪大雨，晝間相關作業，仍為豪大雨，水壓約 0.9，因測距長達 111m，故相關儀無漏水峰值顯現，判定無漏水。
4. 另 DF 管段「漏水點 2」為 $\phi 150*50$ m/m 之分歧點，故該節點音非噴激漏水聲（漏水點為 $\phi 50$ m/m 後約 40m 之 20pvcp 漏水），屬後端大漏水所產生之急縮低頻音，該儀器可偵測出異常峰值，殊屬不易。（詳圖 68）

5. 本廠牌噪音紀錄器具無線接收功能，經現場實測仍以主機人工下車搜尋，較車巡易於接收。



(a)測試區域

(b)管線暨相關設備位置略圖

圖 64、英國 HWM 測試規劃（北 A2 區）

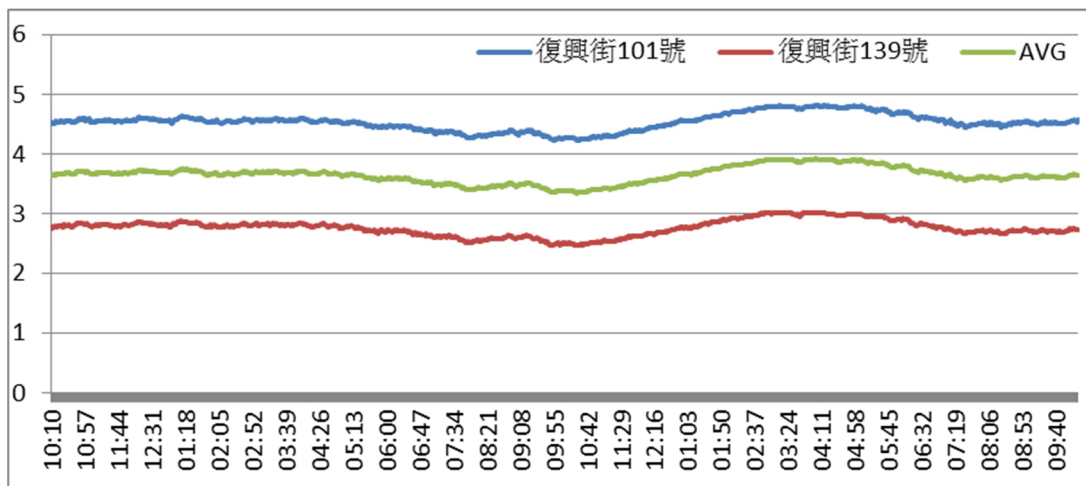
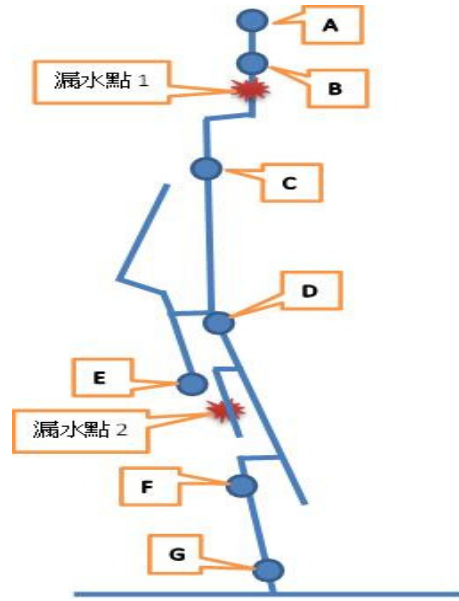


圖 65、英國 HWM 測試地點北 A2 區水壓紀錄(105/8/18)



(a) 測試區域



(b) 管線暨相關設備位置略圖

圖 66、英國 HWM 測試規劃（北 B2 區）

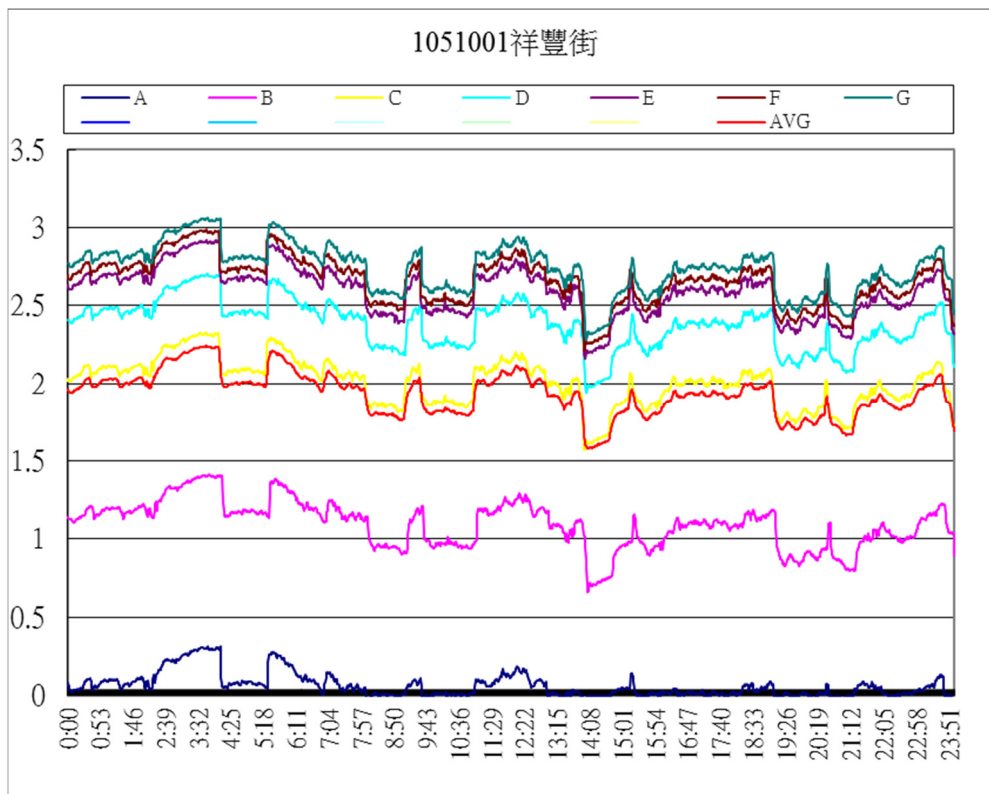
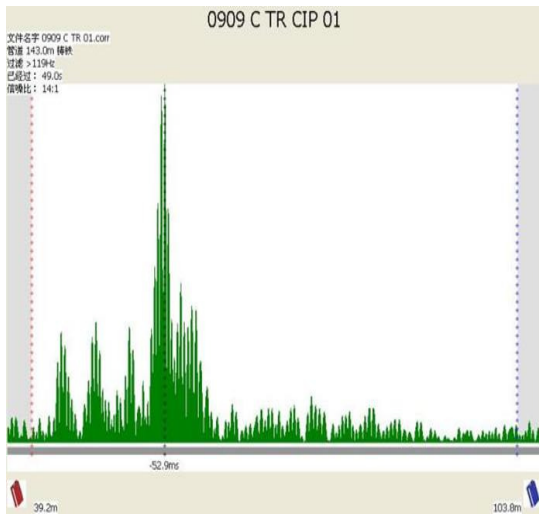
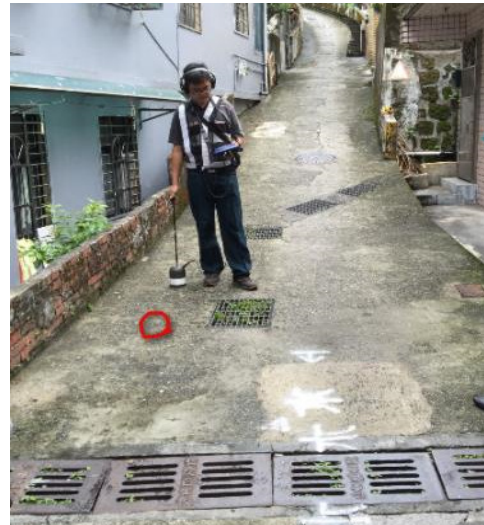


圖 67、英國 HWM 測試地點北 B2 區水壓紀錄(105/10/1)



(a) 相關儀峰值圖



(b) 測漏器確認漏水點

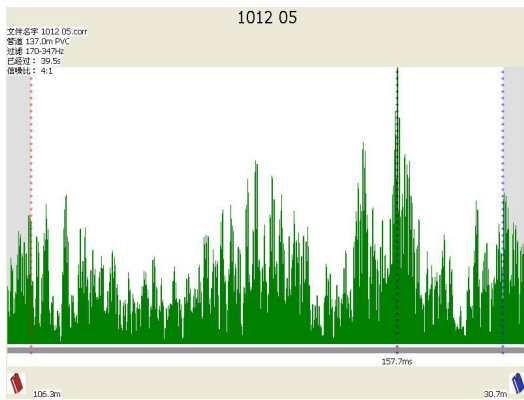


(c) DH 管段(序號 10)地下漏水-開挖處



(d) DH 開挖實際漏水點-20PVCP 漏水

圖 68、英國 HWM 測試地點北 A2 區測試過程



(a)相關儀峰值圖



(b)相關儀確認漏水點



(c)DF 管段 (序號 6) 分歧管巷內
20 漏水



(d)DF 實際漏水點-20PVC 漏水

圖 69、英國 HWM 測試地點北 B2 區測試過程

4.8.4. 成功的案例

1. 檢測步驟：

- (1) 檢測區域內之制水閥或消防栓
- (2) 清除選定之制水閥或消防栓閥栓箱內之淤泥
- (3) 佈設噪音蒐集記錄器連續定時收音記錄
- (4) 下載記錄器資料研判漏水管段
- (5) 使用相關儀於漏水管段判斷出漏水位置
- (6) 地面聽音棒漏水位置再確認

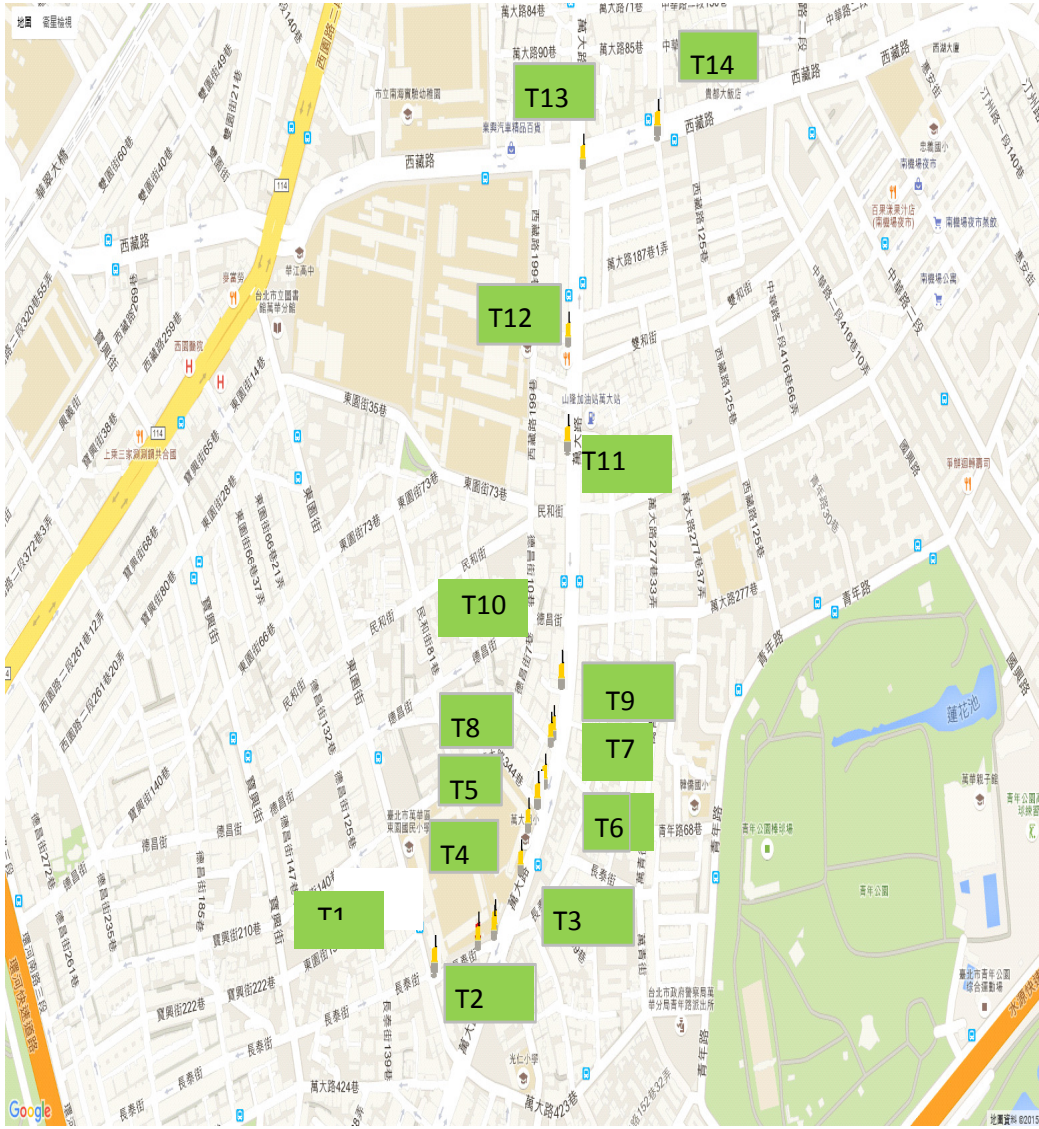
2. 檢測範圍：

為了解本處於交通繁忙申挖不易之老舊配水管線潛在漏水情形，選定 3 處測試地點供檢測：

- (1) 區段 1：北市萬大路（西藏路與長泰街間），本線西側全長約 1,000 公尺之 ϕ 400mmMJP、區域水壓 1.2-1.3 kg/cm²。
- (2) 區段 2：敦化南路二段（171 巷至和平東路間）本線東側全長約 400 公尺之 ϕ 400mmMJP、區域水壓 1.2-1.3 kg/cm²
- (3) 區段 3：新生南路一段（濟南路二段至仁愛路間）本線西側全長約 200 公尺之 ϕ 400mmCIP、區域水壓 1.2-1.3 kg/cm²，進行本噪音記錄器及相關儀之測試區段範圍。

3. 佈設規劃：

- (1) 經現場勘查於萬大路與西藏路交口、萬大路本線及長泰街一帶，於制水閥內擺 PermaLog，地下消防栓擺放 PermaNet 共安放噪音蒐集記錄器共 14 只（如圖 70）。
- (2) 敦化南路二段（171 巷至和平東路間）之制水閥及地下消防栓計 5 處，分別擺放 5 只 PermaLog 噪音蒐集記錄器（如圖 71）。
- (3) 新生南路一段（濟南路二段至仁愛路間）長約 200 公尺計 4 處制水閥及地下消防栓，擺放 4 只 PermaLog 噪音蒐集記錄器（如圖 72）。
- (4) 本次測試 3 個區段數據分析及研判方法均相同，以下以萬大路安放 14 只噪音搜集器為例，說明數據分析及研判方式：由表 3 所得資料分析顯示連續 1 週聲音強度 >22 且頻寬 <11 為漏水機率較高之可疑區段。研判 T1 有相當穩定強度與頻寬帶，故判定漏水，T10 及 T11 等位置亦有相同疑似漏水聲響反應，需再進一步以相關儀追蹤 T1 與 T10 區域二、T10 與 T11 區域一內管段漏水位址（如圖 73）。



符號說明：  安放位置

圖 70、萬大路一帶佈設規劃噪音蒐集記錄器位置圖



圖 71、敦化南路二段間佈設規劃噪音蒐集記錄器位置圖



圖 72、新生南路一段間佈設規劃噪音蒐集記錄器位置圖

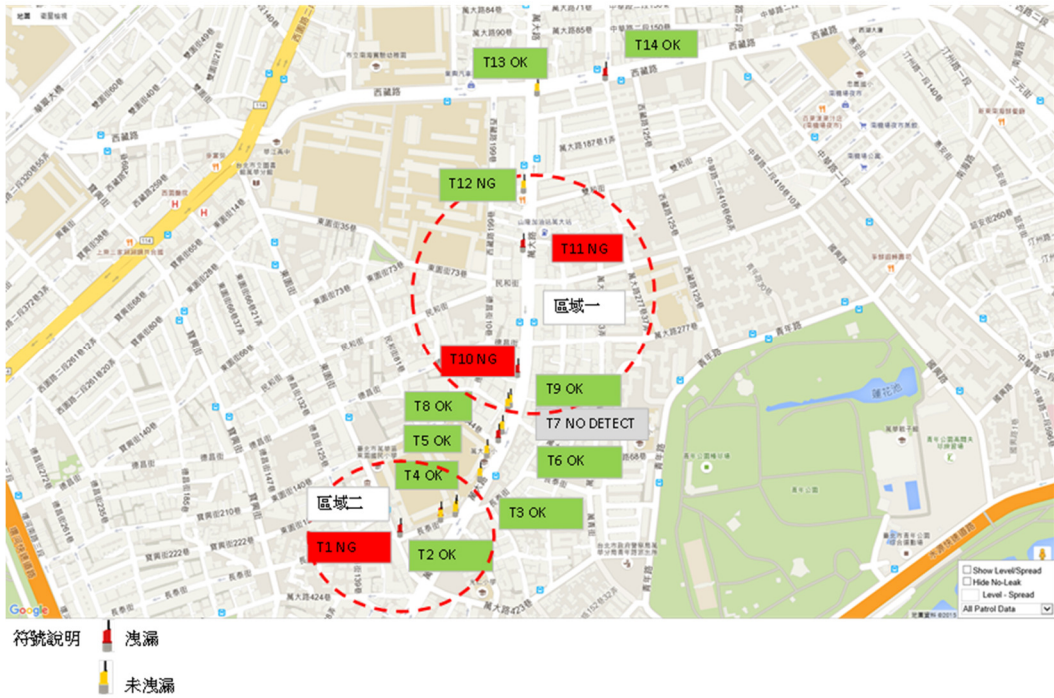


圖 73、經蒐集量測 1 週資料分析疑似漏水反應區域

表 3、所蒐集之聲音強度與頻寬紀錄值

時間		9/8	9/9	9/10	9/11	9/12	9/13	9/14	9/15	判定
位置	儀器									
T1	PermaLog	33/7	34/8	34/6	34/8	35/8	35/7	36/5	35/6	Leak
T2	PermaLog	10/14	13/15	10/11	22/12	55/27	10/12	11/15	14/17	No Leak
	PermaNet	8/16	7/13	7/11	27/15	60/5	39/6	26/9	23/7	
T3	PermaLog	10/3	10/3	10/3	10/3	10/3	10/3	10/3	10/2	No Leak
	PermaNet	9/16	19/21	6/18	8/16	14/16	8/21	14/15	10/14	
T4	PermaLog	5/16	6/21	7/15	6/17	6/18	6/19	6/15	10/10	No Leak
T5	PermaLog	8/11	8/18	10/12	9/15	9/14	8/17	8/13	21/7	No Leak
T6	PermaLog	7/10	6/14	10/12	6/14	7/11	7/15	6/9	36/4	No Leak
T7	PermaNet		17/102	17/102	27/102	21/102	21/102	23/102	18/102	No Leak
T8	PermaLog	19/9	20/16	19/10	20/14	20/12	20/16	20/10	26/23	No Leak
T9	PermaLog	18/6	21/6	19/7	11/17	20/6	16/11	18/6	15/15	No Leak
T10	PermaLog	25/5	26/5	25/6	24/5	24/5	23/6	24/5	23/6	Leak
T11	PermaNet	32/5	27/7	30/7	28/9	32/7	28/10	36/7	37/7	Leak
T12	PermaNet	28/5	19/9	21/9	20/9	22/10	27/11	21/6	23/11	No Leak
T13	PermaNet	8/5	8/6	6/8	5/12	7/5	8/12	6/7	7/7	No Leak
T14	PermaNet	28/10	26/14	28/7	23/14	38/6	26/14	28/9	38/5	No Leak

※數值格式為 "Level / Spread"，Level > 22 and Spread < 11 漏水機率較高。

4. 相關儀測試：

- (1) 相關儀定位（區域一）：針對區域一內設定 1、2、3、4 的位置，進行兩兩聽音與相關儀確認（如圖 74），相關儀測試資料（如表 4），聽音確認無漏水，相關無結果。經兩兩相關測試，在民和街往北進行相關，靠近 4 位置(約 15 公尺)（如圖 75），民和街巷內與萬大路 218 巷口處地上有中華電信的電信箱，確認有電子聲響，經進一步聽音確認無漏水，此相關無結果。
- (2) 相關儀定位（區域二）：針對區域二設定 A、B、C、D、1 等位置，在進行兩兩相關儀測試後發現漏水點靠近位置 B 約 2 公尺，判定可能往另一測延伸（位置 E），故再追加延伸至位置 E，針對區域二內設定 A、B、C、D、1、E 的位置，進行兩兩聽音與相關儀（如圖 76），相關測試資料（如表 5），最後結果定位在靠近 E 位置 32.5 公尺處（如圖 77、圖 78），聽音確認有疑似漏水聲音，相關儀定位初判有結果，移請開挖確認。

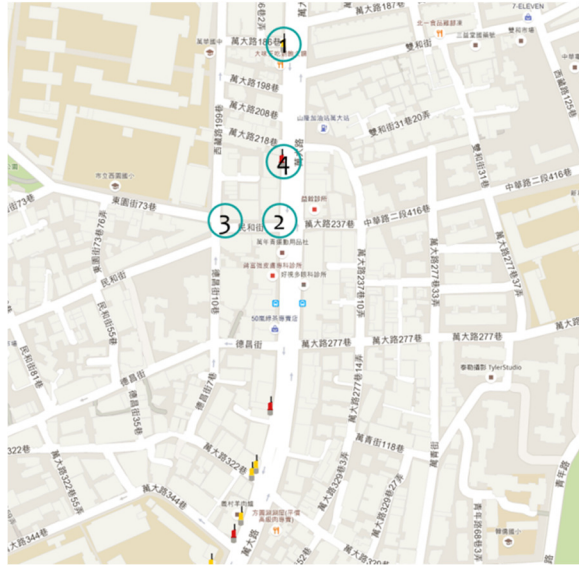


圖 74、區域一相關儀測試位置圖

表 4、區域一相關儀測試資料及結果

項目	說明	紅機	藍機	SNR	結論
1	萬大路186巷VS.民和街與萬大路口	1	2	4:1 & 3:1	無相關結果
2	民和街巷內與萬大路交叉口	3	2	3:1 & 4:1	無相關結果
3	民和街巷內VS.萬大路218巷口	3	4	4:1 & 6:1	定位出靠近位置4約15公尺

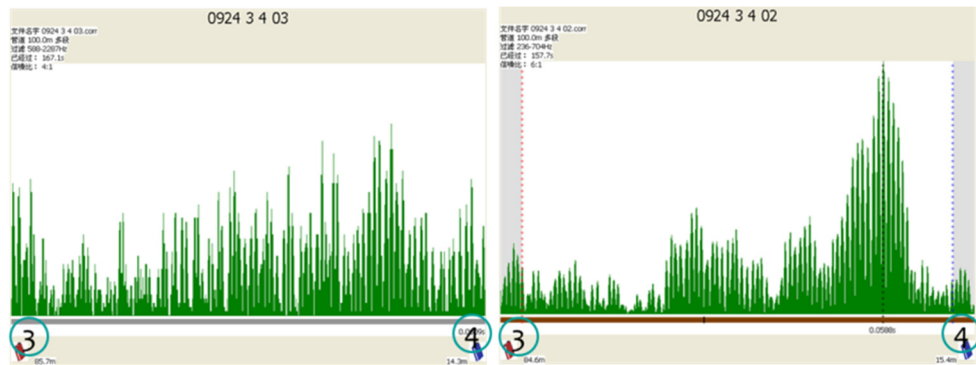


圖 75、3 和 4 位置間相關儀測試定位結果

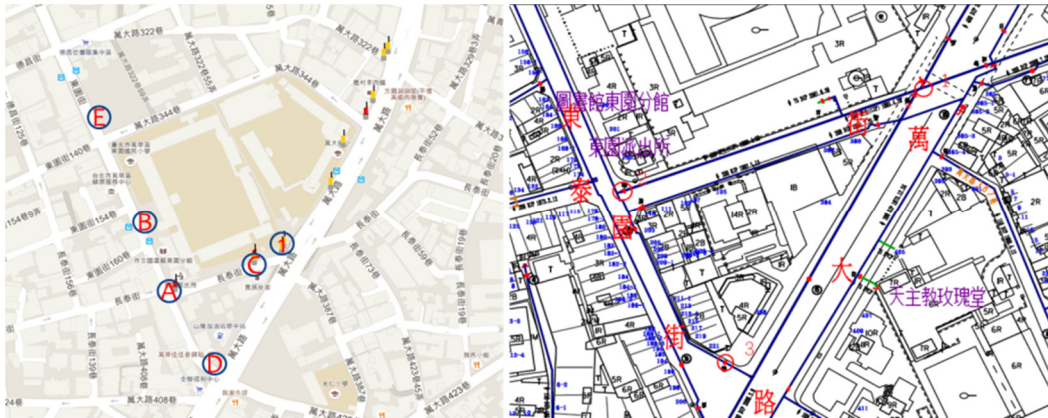


圖 76、區域二相關儀測試位置圖

表 5、區域二相關儀測試資料及結果

項目	說明	紅機	藍機	SNR	結論
1	長泰街(中間)往萬大路	C	1	3:1	無相關結果
2	長泰街(中間)至警察局	C	A	3:1 & 4:1	無相關結果
3	警察局往東園國小前	A	B	14:1 & 15:1	相關結果近東園國小往派出所2.7公尺
4	東園國小前往東園與萬大交叉口	D	B	11:1 & 21:1	相關結果近東園國小往派出所4.1公尺
5	東園國小往東園排骨飯門口	B	E	24:1 & 16:1	相關結果近東園排骨飯往國小32.5公尺

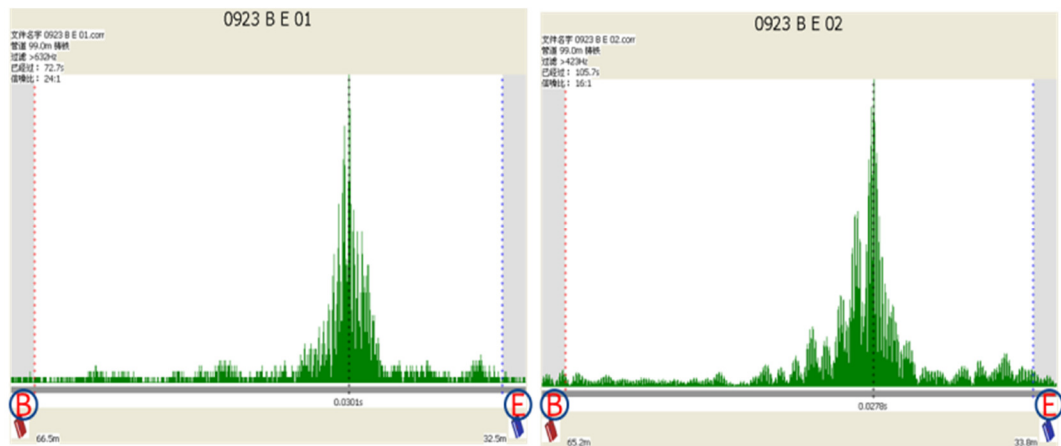


圖 77、B 和 E 位置間相關儀測試定位結果



圖 78、相關儀放置測試

5. 測試成效

- (1) 由相關儀初步定位後，再由聽音檢測確認無誤並於現場標示漏水點記號並繪製相對位置圖（如圖 79、圖 80）。
- (2) 依標示漏水位置進行開挖作業，確認標示點 1M 範圍內下方 1.3M 深度 ϕ 200mm 管線裂損，該受損管線夾於電信及電力管線間 RC 披覆下方，經開挖清理並完成修復作業（如圖 81）。
- (3) 修復完成後於修漏點前後閘栓點位（如圖 82）再以 PERMANET 內之 Aqualog 功能校核修復成果並確認已無其他漏水疑似音。於漏水修復後再次進行測試，聲音強度及頻寬測試值均有下降（如圖 83、圖 84）。
- (4) 本次測試所檢測之漏水點位於深度 1.3M 下電信及電力管線包夾及 RC 披覆層下，為一般人力聽音檢測所無法查察之位址，若非利用儀器的偵測及蒐集數據研判，將難以找尋出該漏水點並加以修復，可藉由適當儀器的使用彌補人力檢測不到的盲區域。
- (5) 原為 ϕ 400mm 之 MJP 管檢測而來，卻在儀器數據呈現與現地環境相互比對下逐一篩除可疑漏水點，並延續可能的漏水區段，最終查出 ϕ 200mm 之 DIP 管之裂損點，可見其檢測的一

貫性及延續性，不論材質及口徑皆可準確檢出漏水點，同時也對原 $\phi 400\text{mm}$ 之 MJP 管做了完整的漏水體檢。

- (6) 本儀器另 2 處測試路段亦依原先規劃佈設點位，以相同程序步驟收集相關資料及分析研判後皆能標定出漏水點位，敦化南路管段測出平行於水溝邊 1 支 50mmPB 分支管裂漏，新生南路管段則於人行道地磚鋼絲網混凝土下測出 1 支由配水管分出之 20mmLP 管破損漏水，上述測點經開挖後皆確認漏水無誤。
- (7) 本次 3 處試驗路段所測之點位皆為傳統人力檢測不易檢出的環境狀態，若再進一步挑選較為特殊環境進行測試，增加儀器使用的廣度及檢出度，將可提升以往不易檢測出的漏水點。
- (8) 本儀器檢測方式係由面的佈設方式，先行蒐集資料篩出疑似漏水路段，再由相關儀檢測兩兩相連線段，進一步定出漏水點位，由廣大的面佈設，漸縮小到線進再到點的測定，大量節省了傳統人力地毯式巡查檢測並提高檢出效能。
- (9) 本檢測方式可進一步應用於計量小區內之漏水檢測，可快速檢出漏水加以修復以提升售水率。

- (10)使用本檢測方式及儀器應用於坡地不明漏水或出水點非原始漏水點的狀況，預期將可提高漏水檢出率。
- (11)應用於小區長期管理上，可定期取得該小區漏水情況，得知復漏惡化情形，提早擬定改善措施及因應計畫。
- (12)固定重點式放置儀器，可長期監控局部重要路段或區域管線漏水情形，達預防災害性的漏水損壞發生。



圖 79、管線漏水位置定位點標示

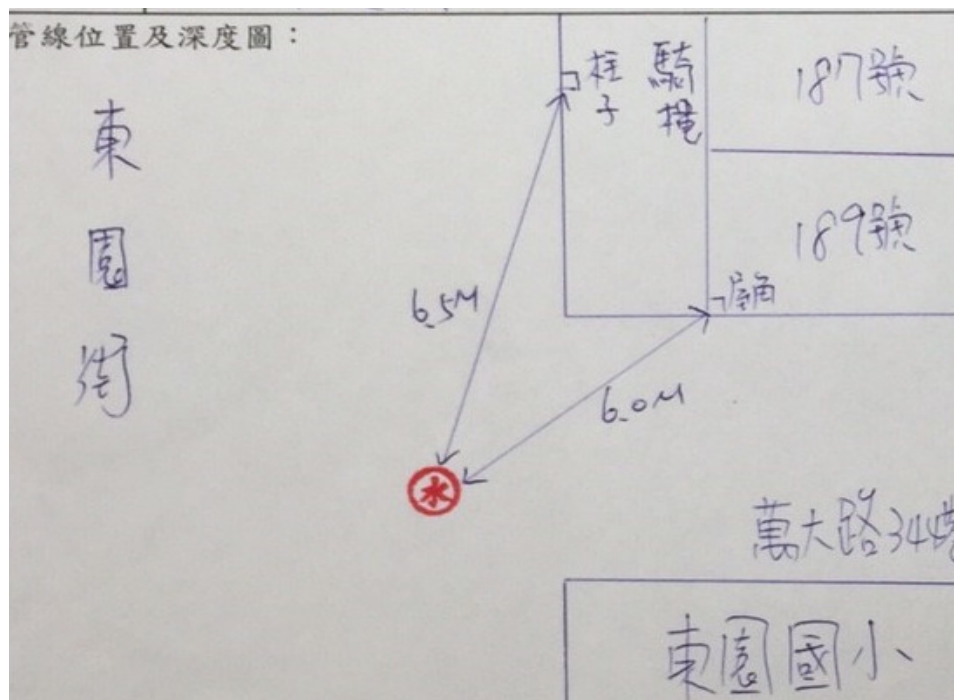


圖 80、繪製管線漏水相對位置圖



圖 81、漏水位置開挖清理並完成修復



圖 82、漏水點與 B、E 二測點相對位置圖

4.9 GUTERMANN 線上多點漏水相關儀技術

4.9.1. 測試過程

本案源自某承商於金門自來水廠之檢漏報告述及金門烈嶼(詳圖 85)羅厝小區檢修後漏水率 38.37%，漏水嚴重，無法達到售水率 85% 之目標。故由金門自來水廠將該小區採夜間分段計量(step test)確認(詳圖 86)，其第 5 段 165.9CMD、第 6 段 85.1 CMD，合計 251CMD 之近似漏水量，約佔整個管段 307.3CMD 的 81.7%。該兩段恰位於北環道，在 $\phi 80$ -PVCP、水壓約 2 kg/cm^2 、長度約 2 公里、管線埋設於路旁之砂質地層，且不利於適用硬質路面測漏器聽音之條件下，遂洽金成公司引進國際知名 GUTERMANN 之多點相關儀遠端測漏系統(詳圖 87)，希冀藉其長期觸管感測之優勢，能有效偵出漏水並降低漏水率。其執行方式概以每 200 公尺設一測漏探頭，共設 11 處(詳圖 88)，透過該測漏系統找出漏水點(詳圖 89)，並以 ± 3 公尺為誤差範圍。

4.9.2. 測試成效

1. 本案係 $\phi 80$ -PVCP、水壓約 2 kg/cm^2 ，共偵出 6 處漏水點，於 104.11.12 至 16 日開挖，計 3 處無漏水、3 處有漏水(詳圖 90)。

2. 本案特殊處在於管線埋設於路旁之砂質地層，有最不利於常態適用硬質路面測漏器聽音之現場條件，由分段測試之夜間最小流量值觀之，欲找出漏水點，最適宜採用「管夾超音波二分法」計量工法，且因管線埋設於砂質地層更利於開挖確認。
3. 本案採用線上測漏系統，於 104 年 11 月 12 至 16 日開挖修漏，其有漏水及無漏水件數各佔 50%，由於係採觸管捕音工法，如能進階採用水聽探頭工法，應有更佳效果之呈現。
4. 本監測系統需由使用者上網查看監漏訊息，惟本報告並未提供判讀畫面，無法進一步與開挖現況結合並驗證之。
5. 據悉，該公司對本測漏系統除硬體可予購置外，其核心之分析軟體並不出售，並需另外支付軟體服務使用費及網路通訊費，恐不利日後使用者之採購。

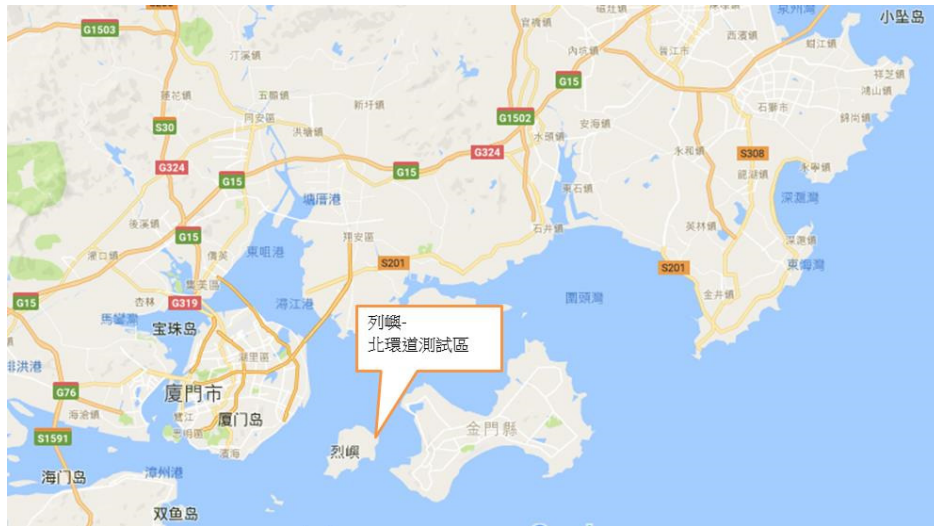


圖 85、金門烈嶼羅厝小區測試區

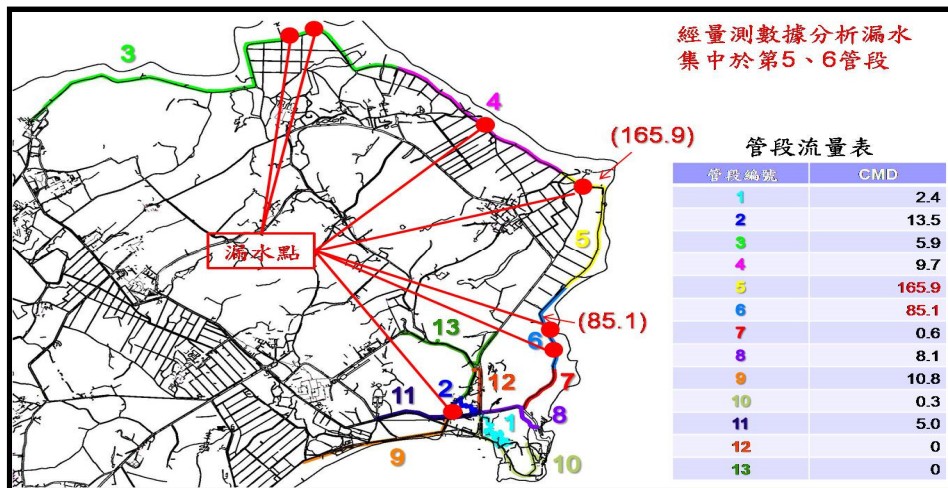


圖 86、小區採夜間分段計量

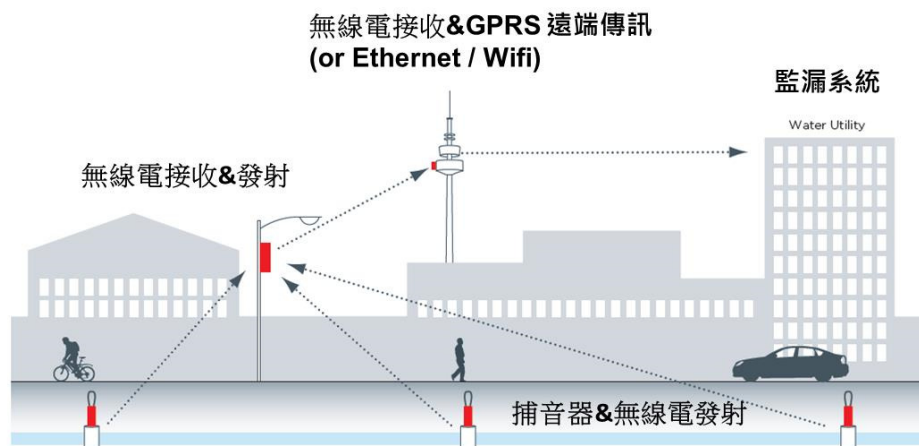


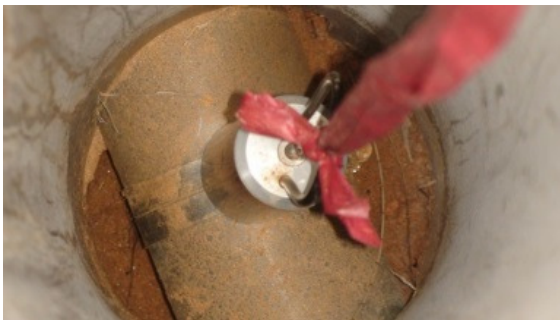
圖 87、GUTERMANN Zonescan Alpha 多點相關儀遠端測漏系統



(a)每 200 公尺共設 11 處測漏探頭



(b)捕音器探頭安裝



(c)PVC 管線開挖佈放探頭



(d)回填後露管利於無線傳輸偵測



(e)制高點安放-無線電接收&發射器



(f)最高點麒麟山放置-無線電接收&GPRS
遠端傳訊，回傳至美國監漏中心

圖 88、GUTERMANN 之多點相關儀佈設情形

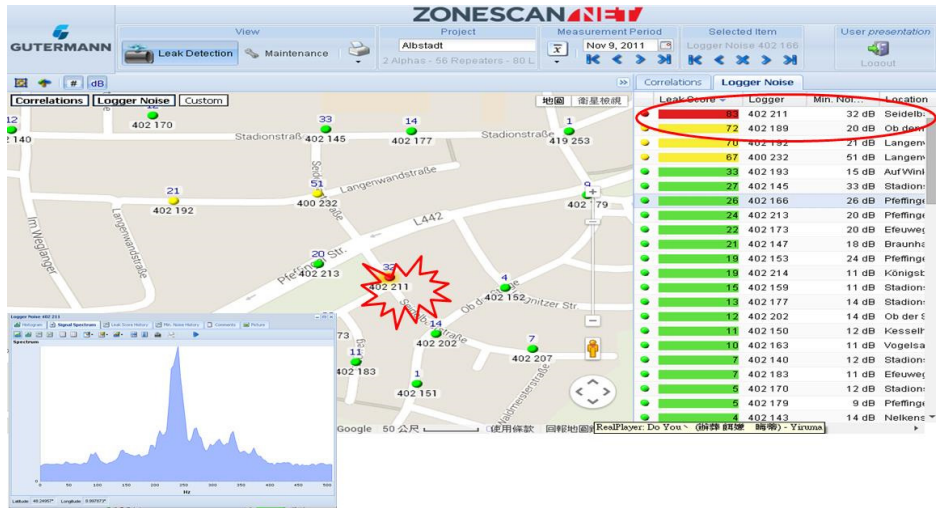


圖 89、使用者可即時上網查看監漏訊息



(a) 開挖 A 點 - 無漏水



(b) 開挖 B 點 - 無漏水



(c) 開挖 C 點 - 無漏水



(d) 開挖 D 點 - 接頭漏水



(e) 開挖 E 點 - 接頭漏水



(f) 開挖 F 點 - 接頭點滴漏水

圖 90、疑似漏水點開挖

4.10 國際六家公司兩點相關儀現場實測

本案邀集國際大廠計有瑞士 GUTERMANN、英國 HWM、德國 Seba KMT、加拿大 Echologics、英國 Primayer 及德國 SEWERIN 等六家測漏儀器製造公司，以其研發之兩點漏水相關儀於 105 年 8 月 1-2 日凌晨參與實測。

4.10.1. 測試地點

測試地點位於台中市東勢區本街 349 至 297 號管段，在兩測點相距 133 公尺、 ϕ 150m/m DIP、水壓約 2.0 kg/cm² 等條件下，執行實測。

4.10.2. 測試過程

本案實績測試時間，包括發射器之捕音探頭浸水測試 10 分鐘，後即做相關儀測試，時間共 1 小時。(詳圖 91)

4.10.3. 測試成效

本案邀集國際大廠測漏儀器製造公司，以其研發之兩點漏水相關儀於 105 年 8 月 1-2 日凌晨參與實測，六家實測結果，僅一家未測出有效數據，餘五家實測漏水點距為 26.6、26.9、27.4、27.8、29.0m，經 4 日開挖驗證現場實際漏水點為 28.73m，最大誤差率為

$(28.73-26.6)/133*100\%=1.6\%$ ，顯見各廠牌漏水相關儀均能有效偵出漏水範圍，供檢漏人員執行下階段的漏水點確認鑽探工作。(詳圖 92)



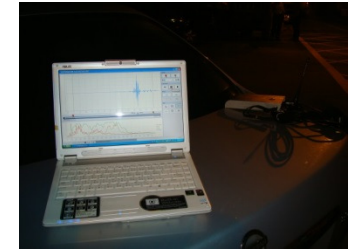
(a)相關儀捕音探頭-浸水 10 分鐘



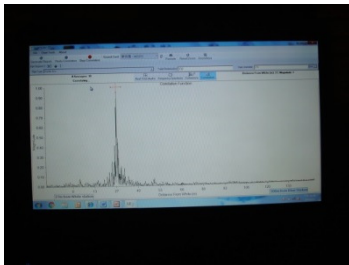
(b)捕音探頭放置



(c)相關儀實測



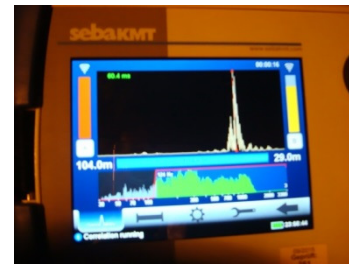
(d)瑞士 GUTERMANN 相關儀



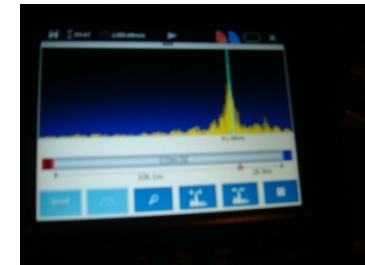
(e)加拿大 Echologics 相關儀



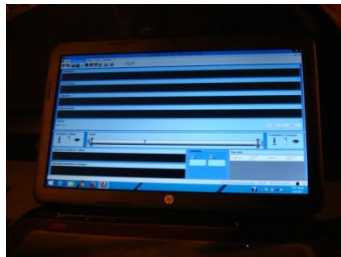
(f)英國 HWM 相關儀



(g)德國 Seba KMT 相關儀



(h)英國 Primayer 公司相關儀



(i) 德國 SEWERIN 相關儀



(j)漏水點開挖前

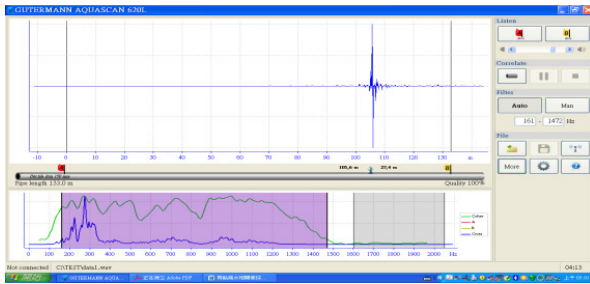


(k)水點開挖中-發現漏水

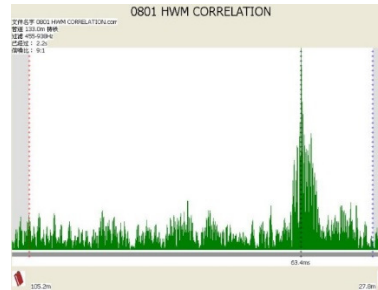


(l) § 20-接合管管套節折斷漏水

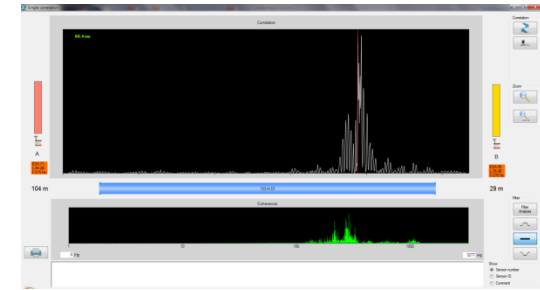
圖 91、兩點漏水相關儀測試過程



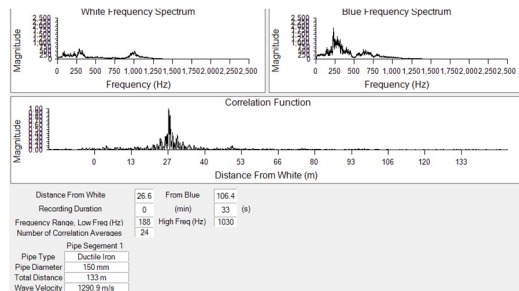
(a)瑞士 GUTERMANN 公司 AQUASCAN620L 相關儀。距 B→27.4 公尺。



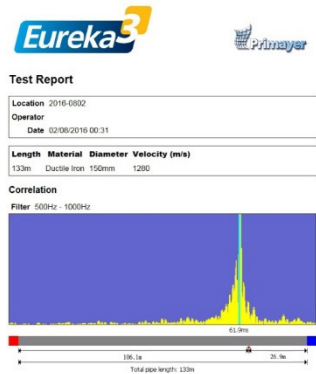
(b)英國 HWM 公司 Touch Pro 相關儀。距 B →27.8 公尺。



(c)德國 Seba KMT 公司 COR C-3 相關儀。距 B→29.0 公尺。



(d)加拿大 Echologics 公司 LeakFinderST 相關儀。距 B→26.6 公尺。



(e)英國 Primayer 公司 Eureka 3 相關儀。距 B→26.9 公尺。

圖 92、各廠牌漏水相關儀所呈現之檢測最終結果圖

4.11 英國 HWM PEGASUS+進階水壓管理技術

4.11.1. HWM PEGASUS+系統設備簡介

1. 電子控制系統（控制箱及電磁閥盒）：

電子控制系統內建壓力記錄器以存取減壓閥上下游端所偵測水壓值，操作人員可根據減壓閥之上下游端及臨界點之水壓、流量資料，判斷該地區供水情形及用水需求，透過控制系統之內建通訊設備，選擇適當的調控模式，遠端遙控減壓閥之出水壓力。（詳圖 93）

2. 制動器：

該元件安裝於減壓閥之嚮導閥上，以代替原嚮導閥之調節螺栓，並利用可動閥桿上之調節螺絲束制該閥桿上下可移動範圍，以控制減壓閥後端出水壓力之上下限作為安全機制，避免控制系統失效時所產生破管或無水之風險；電子控制系統之電磁閥以充水或排水的方式令可動閥桿機械式上升或下降，並提供適當的阻力予嚮導閥內彈簧，藉此調節減壓閥之出水壓力。（詳圖 94）



控制盒

電磁閥

圖 93、HWM PEGASUS+系統元件—控制盒與電磁閥

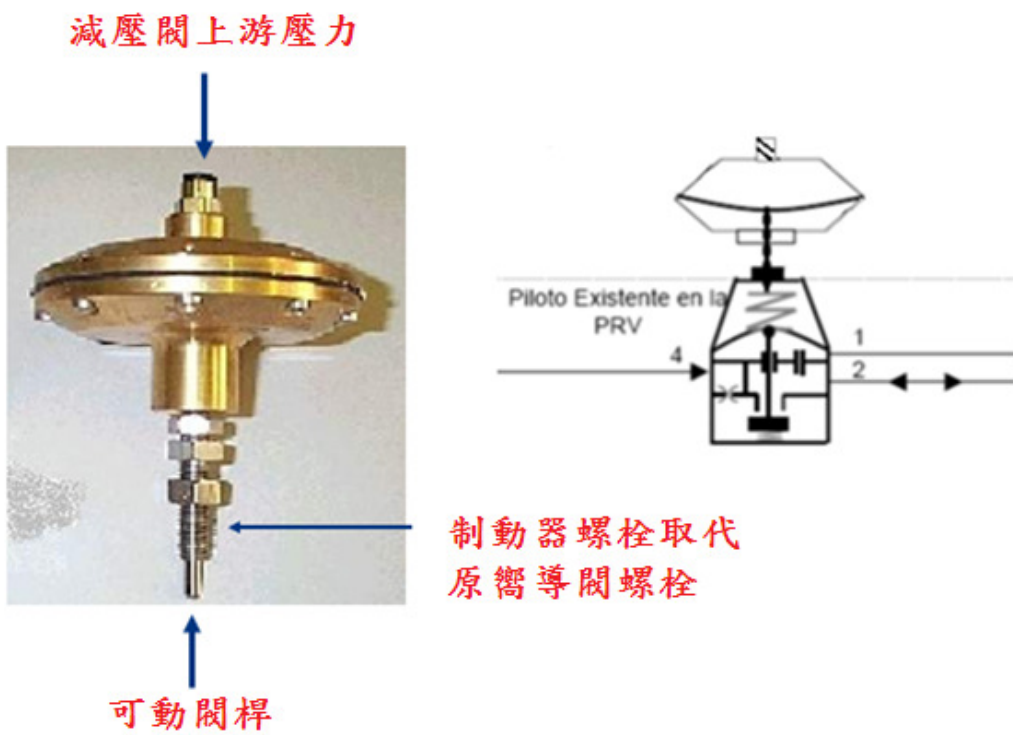


圖 94、HWM PEGASUS+系統元件—制動器

4.11.2. HWM PEGASUS+系統應用實績

為測試 HWM PEGASUS+系統之可行性，於 103 年選擇台水公司宜蘭大進小區進行小規模試辦。該區域用戶數約 200 戶屬鄉村用水型態，為一個獨立的水壓管理區，該區域於供水離峰時段因用水大幅減少致管網水壓過高，故於該小區進水點 ϕ 100m/m 減壓閥安裝 HWM PEGASUS+水壓調控系統（詳圖 95）。由於該區域用戶分佈高程差異小，故採多時段調控模式。該系統於 103 年 9 月間初步以漸進式調降減壓閥出水壓力，以推估該區域用水模式，並確保用戶供水無虞，並於 10 月間開始採多時段水壓調控；用水尖峰時段預設減壓閥出水壓力由 30m 降至 28m；離峰時段，則減壓閥出水壓力由 19m 提升至 21m（詳表 6）。該測試採 103 年 9 月 12-17 日水壓調控前與 10 月 21-27 日水壓調控後之日供水量進行比較，如表 7 所示，日供水量約減少 33.68%，成效顯著。



圖 95、大進小區安裝 HWM PEGASUS+系統

表 6、大進地區多時段水壓調控之水壓值設定

Type	Time	Pressure(m)
Everyday	04:55	21.0
Everyday	05:00	27.0
Everyday	11:25	27.0
Everyday	11:30	25.0
Everyday	12:25	14.0
Everyday	12:30	23.0
Everyday	15:55	23.0
Everyday	16:00	25.0
Everyday	17:55	25.0
Everyday	18:00	28.0
Everyday	21:55	28.0
Everyday	22:00	25.0
Everyday	22:55	25.0
Everyday	23:00	21.0

表 7、大進地區多時段水壓調控前後差異分析

時間			日供水量	時間			日供水量
月	日	星期	(m3)	月	日	星期	(m3)
9	12	Fri	161.33	10	21	Tue	215.47
9	13	Sat	202.65	10	22	Wed	177.12
9	14	Sun	226.09	10	24	Fri	100.80
9	15	Mon	281.61	10	25	Sat	116.91
9	16	Tue	268.85	10	26	Sun	123.98
9	17	Wed	251.50	10	27	Mon	188.94
平均值(調控前)			232.01	平均值(調控後)			153.87
差異分析				-33.68%			

4.11.3. HWM PEGASUS+系統測試規劃

為進一步驗證進階水壓管理之適用性及其節水成效，本研究試行地點係以單一進水點設有減壓閥之封閉小區為選定依據，並於減壓閥及供水臨界點（即最不利點，通常位於高程最高處或管線末端）安裝記錄器，以記錄減壓閥水量水壓及臨界點水壓資料，並評估該小區供水現況及用水模式，以擇定適當水壓調控模式。

1. 測試地點

本研究試行地點位於苗栗縣公館鄉公館交流道附近，由於苗栗系統現有水源不足，故每日由鯉魚潭給水廠經伯公坑加壓站行經龜山橋、永通橋重力供水支援公館全鄉，公館系統用戶數約為 3,500 戶，平均用水量約為 3,000CMD，為一個獨立且封閉之水壓管理區。永通橋設有 ϕ 300mm 減壓閥，其閥前水壓約 8~9 kg/cm²，閥後水壓約 6 kg/cm²，供水臨界點（不利點）位於公館淨水場附近（詳圖 96、圖 97）。

2. 現況分析

本研究於控制系統安裝前對公館供水系統進行現況分析，依據監測資料得知該供水系統於用水離峰時段（約上午 4 時）減壓閥前端壓力約為 8.7 kg/cm²、供水量約 2,000CMD、臨界點水壓約 1.7 kg/cm²，而用水尖峰時段（約下午 9 時）減壓閥前端壓力約為

6.0kg/cm²、供水量約 3,800CMD、臨界點水壓約 1.0 kg/cm²，由於離峰時段因用水大幅減少，致尖、離峰水壓差異明顯，減壓閥後端出水壓力則維持約 5.7kg/cm²。(詳圖 98)

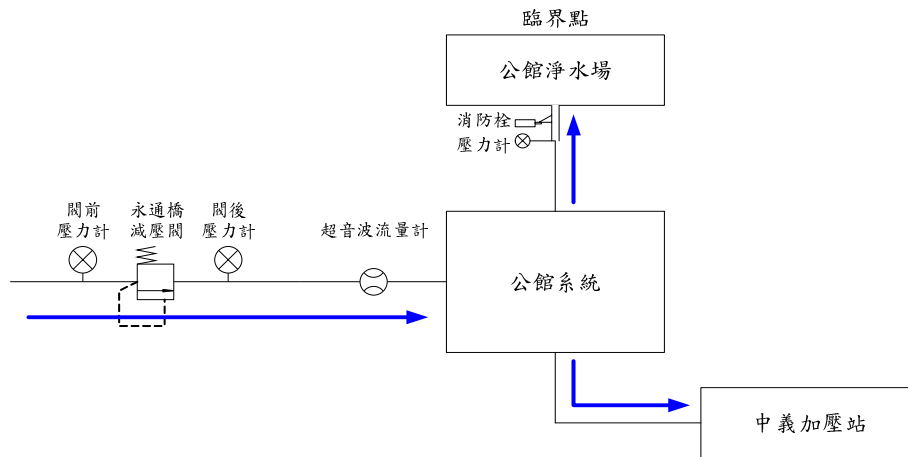


圖 96、HWM PEGASUS+系統試辦地點示意圖

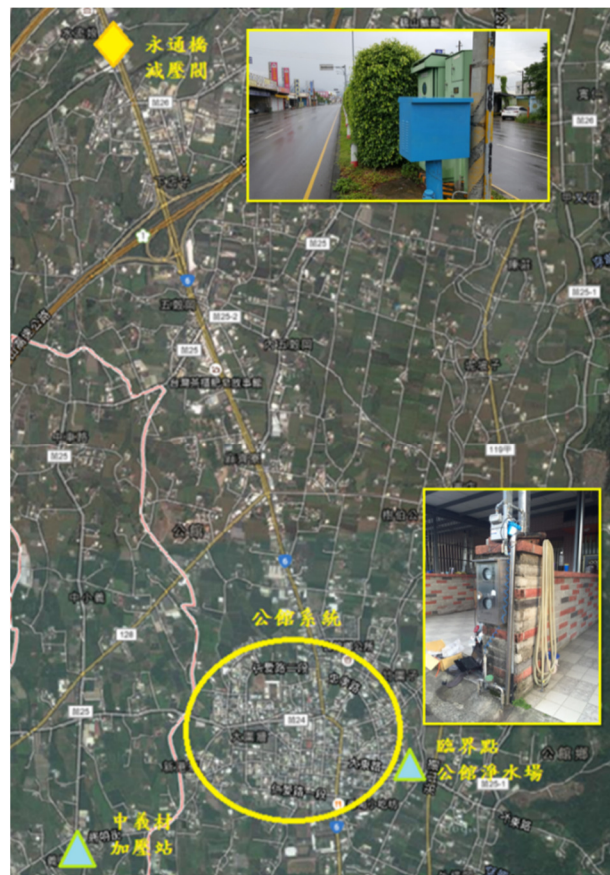
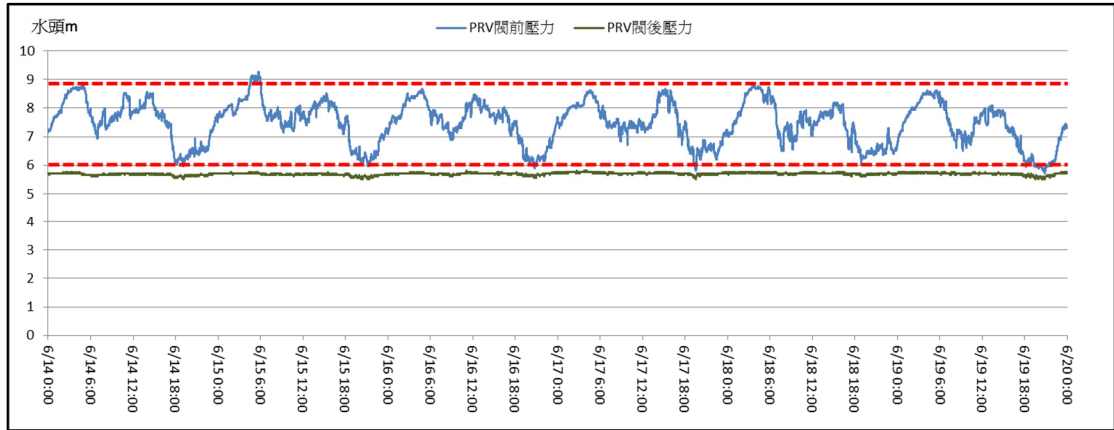
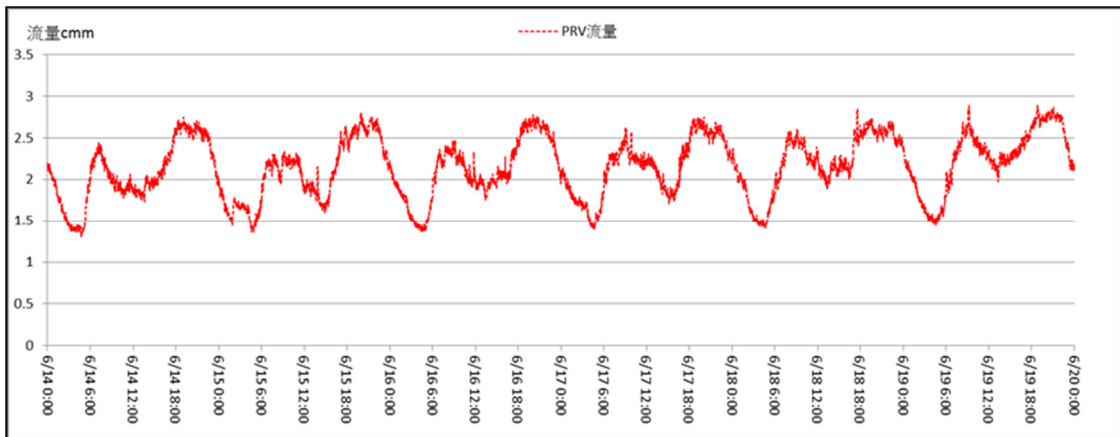


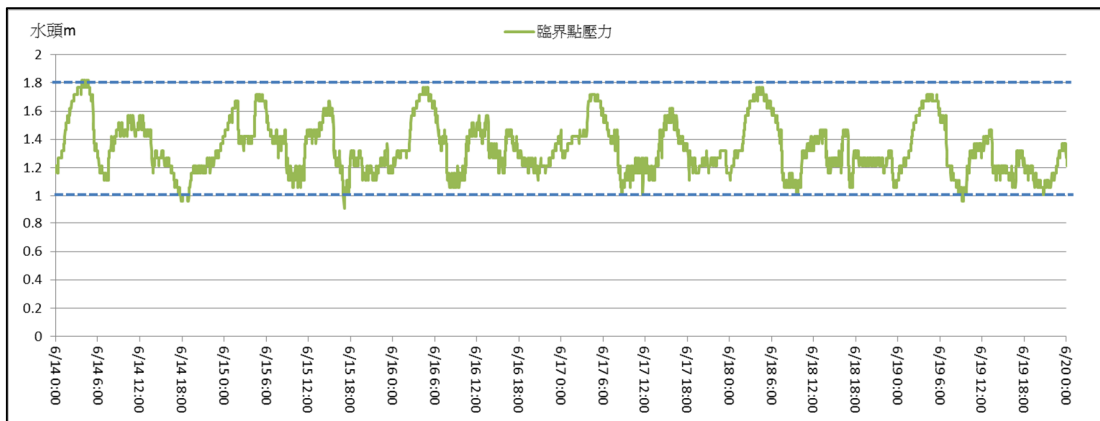
圖 97、HWM PEGASUS+系統試辦地點空照圖



(a)減壓閥前後端水壓



(b)減壓閥流量



(c)臨界點水壓

圖 98、HWM PEGASUS+系統試辦地點--現況分析

4.11.4. HWM PEGASUS+系統設備安裝

HWM PEGASUS+系統設備安裝連接圖示（詳圖 99）。減壓閥上下游端分別連接控制盒與電磁閥傳遞水壓，而控制盒連接天線將所記錄減壓閥上下游端壓力資料上傳，亦接收操作人員所下達控制訊號，透過電磁閥及制動器提供控制力予嚮導閥彈簧。本研究擇定苗栗縣公館鄉交流道為 HWM PEGASUS+系統測試地點，控制系統安裝於持減壓閥之嚮導閥箱體，安裝情形詳圖 100 所示。

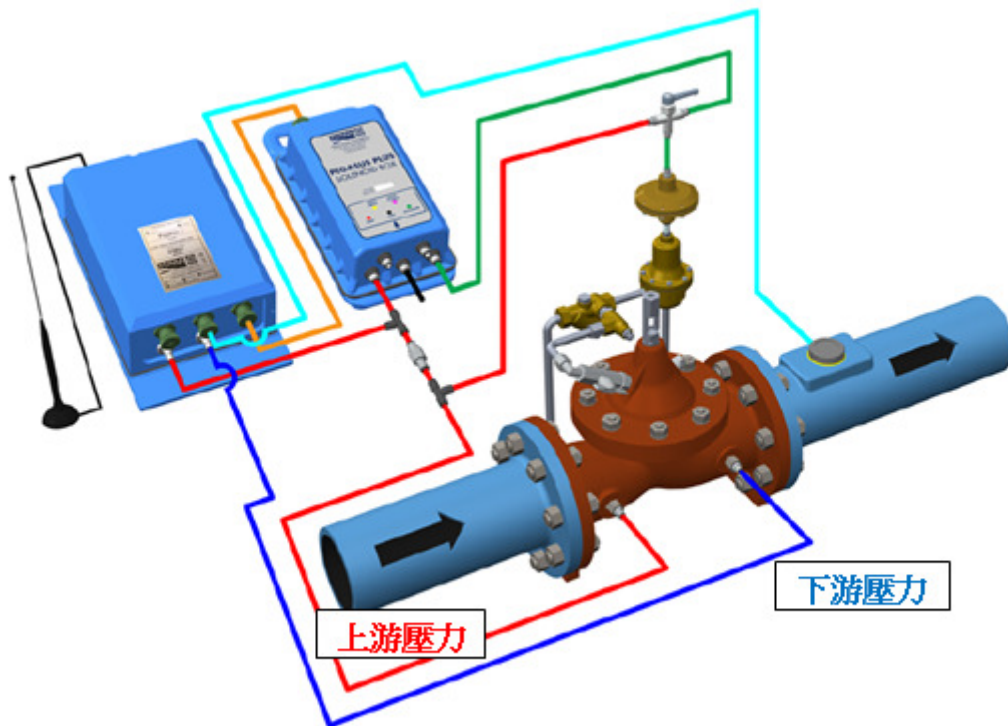


圖 99、HWM PEGASUS+系統安裝示意圖



(a)安裝前



(b)安裝後

圖 100、HWM PEGASUS+系統現場安裝

4.11.5. HWM PEGASUS+系統測試過程

1. 推估減壓閥最高出水壓力

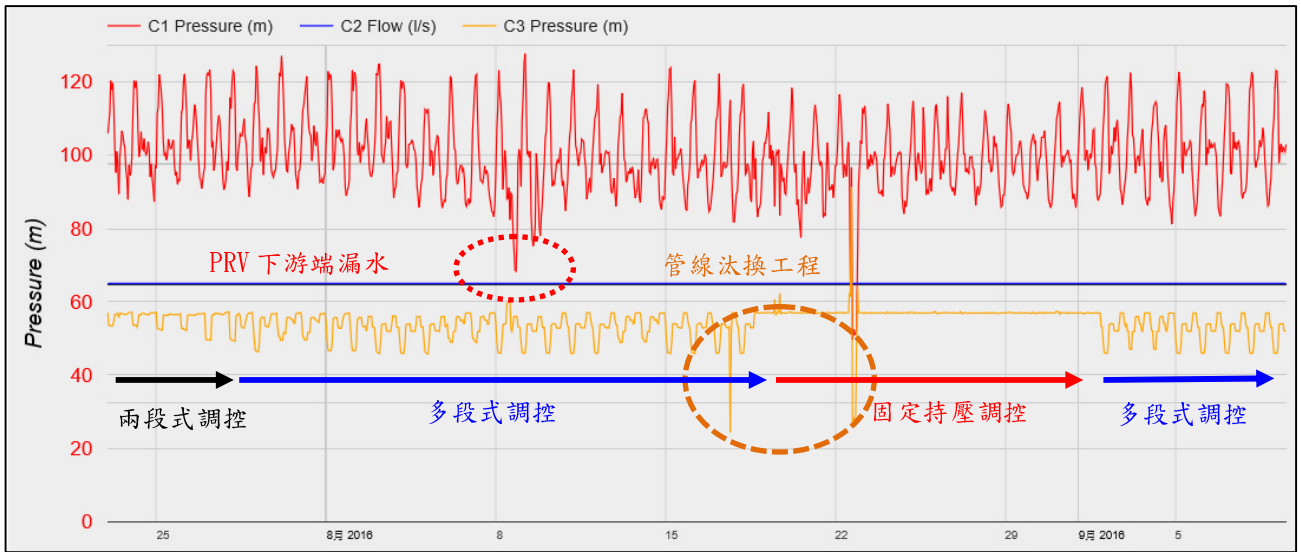
系統初期測試預設減壓閥固定出水壓力為 5.4kg/cm^2 ，以維持臨界點水壓在 $0.8\sim 1.2\text{kg/cm}^2$ ，惟該測試地區適逢假日大量用水，部分用戶反映無水情形發生，為滿足下游端用水需求，故上調閥後水壓至 5.7kg/cm^2 為上限。

2. 設定水壓調控模式

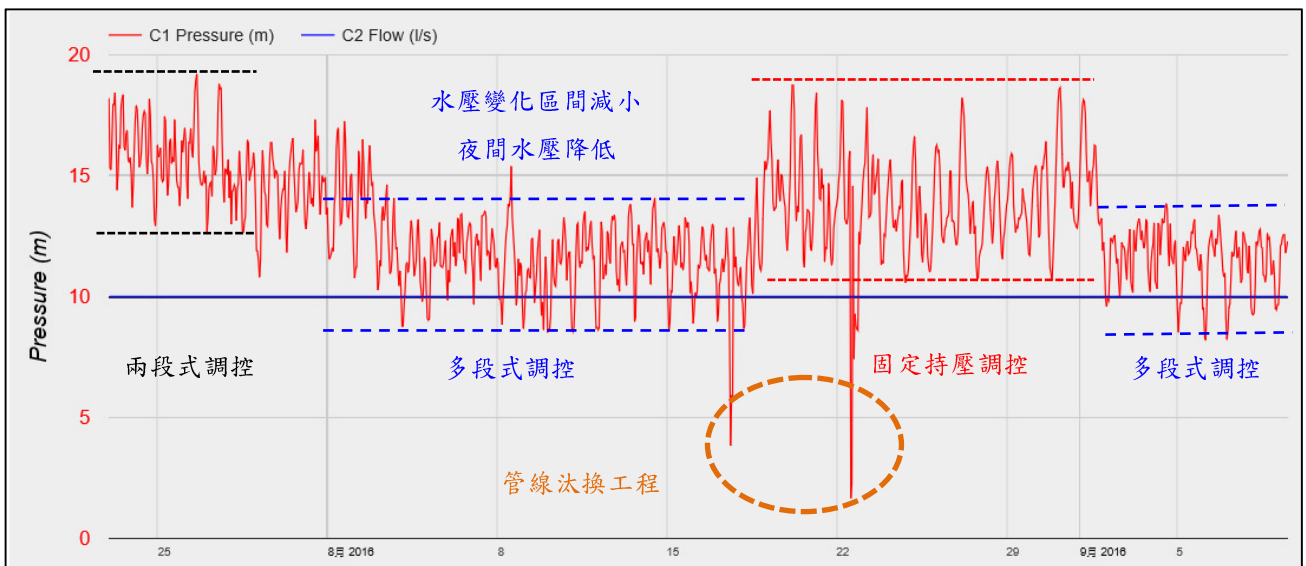
水壓調控初期係採夜間減壓控制之兩段式調控，惟測試期間於減壓閥上游側龜山橋 $\phi 300\text{m/m}$ 制水閥及下游側兩處 $\phi 100$ 及 150m/m PVC 管檢出漏水，並配合部分管段進行汰換工程，導致該系統供水模式持續改變，該水壓調控模式測試過程詳圖 101。

3. 微調減壓閥出水壓力

為因應該地區假日大量用水之特性，使該系統供水操作較具彈性，以避免影響用戶用水權益，本研究採工作日及假日多時段水壓調控模式，用水尖峰時段減壓閥最高出水壓力設定 5.7kg/cm^2 ，工作日用水離峰時段減壓閥最低出水壓力設定 4.6kg/cm^2 ，假日則為 4.7kg/cm^2 ，目標係使臨界點水壓維持在 0.8 至 1.4kg/cm^2 ，各時段閥後水壓設定值詳如表 8。



(a) 減壓閥前後水壓變化



(b) 臨界點水壓變化

圖 101、水壓調控模式測試過程

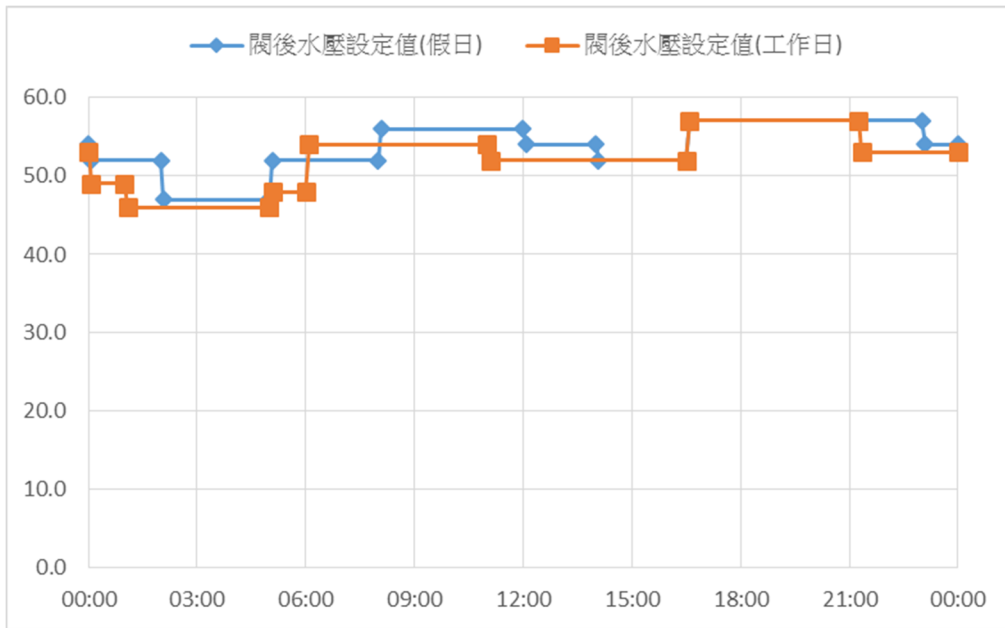


圖 102、水壓調控模式閥後水壓設定

表 8、多時段水壓調控設定值

Type	Time	Pressure(m)	Type	Time	Pressure(m)
Weekday	00:00	53.0	Weekend	00:00	54.0
Weekday	00:05	49.0	Weekend	00:05	52.0
Weekday	01:00	49.0	Weekend	02:00	52.0
Weekday	01:05	46.0	Weekend	02:05	47.0
Weekday	05:00	46.0	Weekend	05:00	47.0
Weekday	05:05	48.0	Weekend	05:05	52.0
Weekday	06:00	48.0	Weekend	08:00	52.0
Weekday	06:05	54.0	Weekend	08:05	56.0
Weekday	11:00	54.0	Weekend	12:00	56.0
Weekday	11:05	52.0	Weekend	12:05	54.0
Weekday	16:30	52.0	Weekend	14:00	54.0
Weekday	16:35	57.0	Weekend	14:05	52.0
Weekday	21:15	57.0	Weekend	16:30	52.0
Weekday	21:20	53.0	Weekend	16:35	57.0
			Weekend	23:00	57.0
			Weekend	23:05	54.0

4.11.6. HWM PEGASUS+系統進階式水壓管理測試成果

本案測試期間因部分管段發生破管事件及配合汰換工程，導致該系統供水模式持續改變，故該系統於 105 年 8 月 24 日 0 時至 9 月 1 日 24 時採固定持壓調控之供水模式，即固定減壓閥出水壓力，以作為進階式水壓管理之對照組，並於 105 年 9 月 2 日 0 時至 9 月 9 日 24 時採多時段水壓調控之供水模式為實驗組，比較調控前後之差異。

1. 日供水量

在進行多時段水壓調控後其平均日供水量約減少 6.0%，再將其細分工作日及假日供水進行比較，可得知工作日平均供水量約可減少 8.2%，反觀，假日平均供水量調控前後相差無幾（詳表 9），其可能係因該系統具假日大量用水之特性所導致。

2. 夜間最小流

表 9 顯示平均每日夜間最小流量在進行多時段水壓調控後約降低 39.7%。

3. 尖離峰水壓值

由表 9 可知，調控前後臨界點尖離峰供水壓力平均減少約 20%，其水壓變化區間亦減少約 25%，其反映在多時段水壓調控模式下可降低水壓操作區間，並可提高供水穩定度。

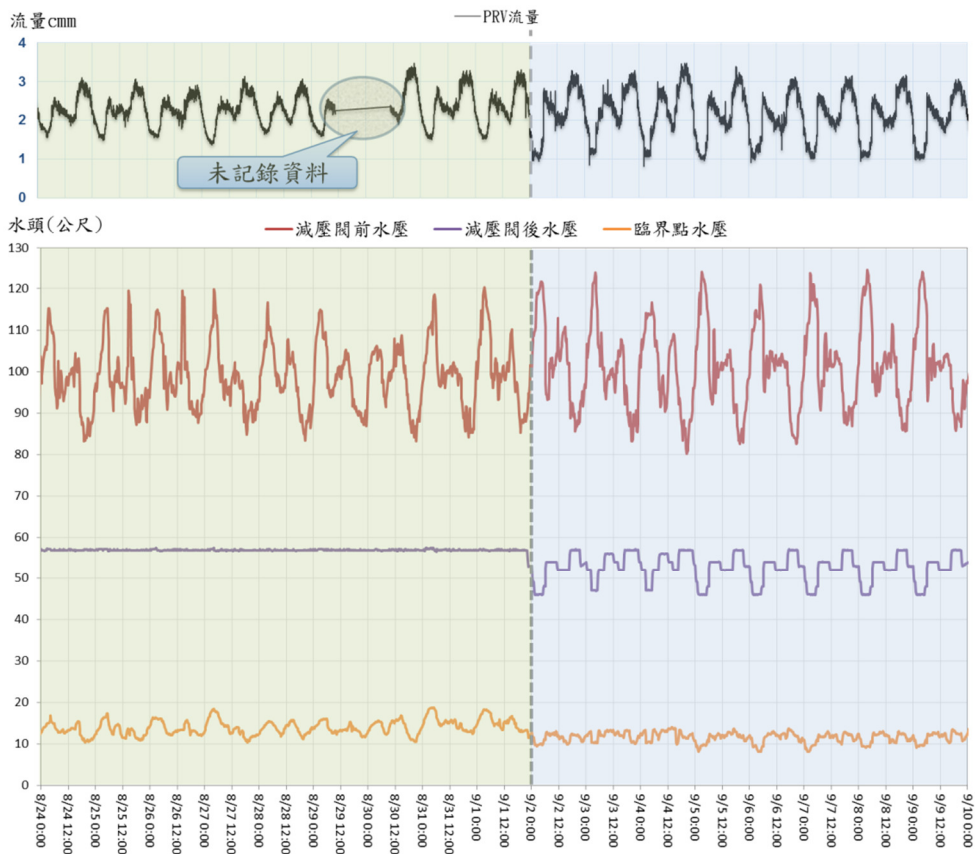


圖 103、水壓調控前後水量水壓變化

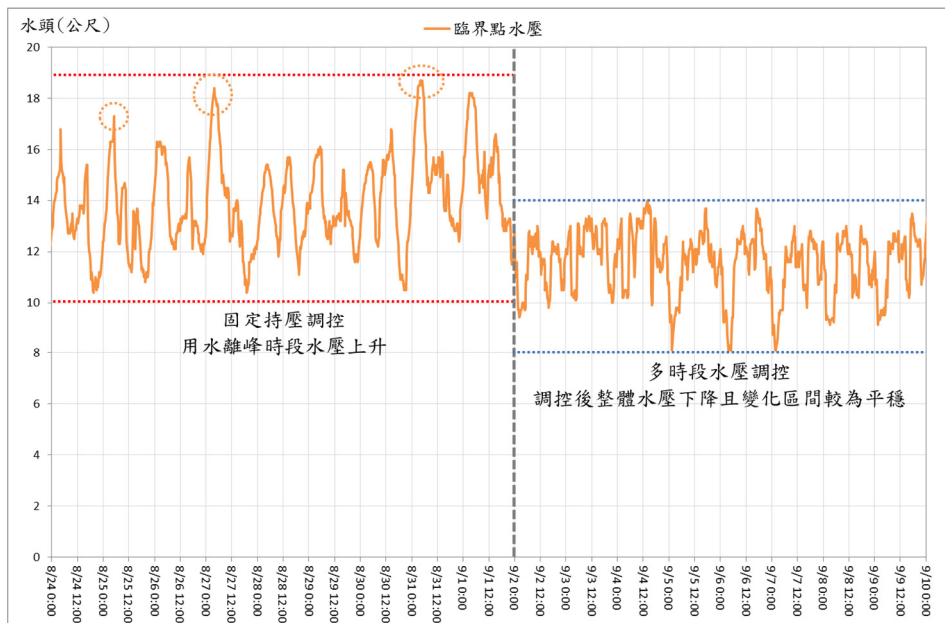


圖 104、水壓調控前後臨界點水壓變化

表 9、多時段水壓調控前後差異分析表

時間			日供水量	夜間最小流	CP 最高供水壓力	CP 最低供水壓力
月	日	星期	(m3)	(cmm)	(m)	(m)
8	24	Wed	3257	1.55	16.80	10.40
8	25	Thu	3233	1.49	17.30	10.80
8	26	Fri	3195	1.55	16.30	11.90
8	27	Sat	3233	1.37	18.40	10.40
8	28	Sun	3275	1.64	15.70	11.10
8	29	Mon	(資料不完整)	1.58	16.10	11.60
8	30	Tue	(資料不完整)	(未記錄資料)	16.80	10.50
8	31	Wed	3434	1.50	18.70	12.40
9	1	Thu	3368	1.51	18.20	11.50
9	2	Fri	3135	0.93	13.00	9.40
9	3	Sat	3255	0.85	13.40	10.00
9	4	Sun	3287	0.81	14.00	9.90
9	5	Mon	3041	0.96	13.70	8.10
9	6	Tue	2964	0.90	13.70	8.10
9	7	Wed	3050	1.00	13.00	8.10
9	8	Thu	3016	0.93	13.00	9.10
9	9	Fri	2959	0.97	13.50	9.10
工作日(調控前)			3297	1.52	17.46	11.40
工作日(調控後)			3027	0.95	13.32	8.65
差異分析			-8.19%	-37.61%	-23.73%	-24.12%
假日(調控前)			3254	1.51	17.05	10.75
假日(調控後)			3271	0.83	13.70	9.95
差異分析			0.52%	-44.85%	-19.65%	-7.44%
平均值(調控前)			3285	1.52	17.14	11.18
平均值(調控後)			3088	0.92	13.41	8.98
差異分析			-5.99%	-39.70%	-21.77%	-19.71%

4.12 英國 I2O 智能管網水壓監測及最佳化技術

4.12.1. I2O 系統設備簡介

1. 電子控制系統(Controller)

I2O 電子控制系統內建壓力記錄器以存取減壓閥上下游端所偵測水壓值，上傳至 I2O 數據管理平台，該平台依據所蒐集數據運算適當的水壓調控模式並回傳予控制系統，並驅動進階嚮導閥調節減壓閥之出水壓力。(詳圖 105)

2. 進階嚮導閥(Advanced Pilot Valve)

傳統控制系統嚮導閥是利用導入液壓或空壓脈衝進入偏壓室，以施加一定的控制力予傳統嚮導閥彈簧(Conventional Pilot Valve Spring)，惟氣動式系統易發生閥室進水及耗電等缺點，故 I2O 發展出改良式之進階嚮導閥(Advanced Pilot Valve, APV) (詳圖 106)。該元件為一機械單元，取代傳統以氣體為媒介推動制動器提供控制力之方式，而改以電子控制系統供電驅動 APV 內建馬達，透過齒輪連接調節螺栓進行調控。



圖 105、I2O 系統元件－電子控制系統

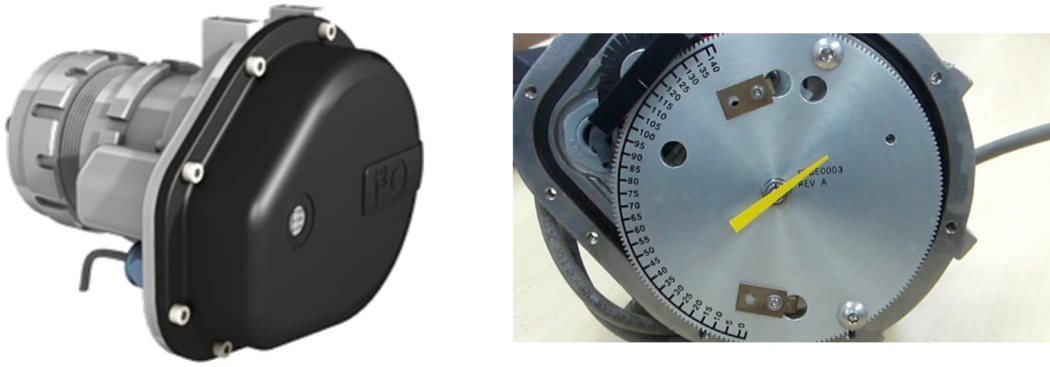


圖 106、I2O 系統元件－進階嚮導閥

4.12.2. I2O 系統測試規劃

1. 測試地點：南投縣名間鄉客庄巷

本研究試行地點位於南投縣名間鄉之華山社區，該地區用戶數約為 625 戶，用水量平均約 495m³/day，屬鄉村用水型態，其水源係由南投集集供水系統支援行經新街橋 ϕ 1350m/m 管線重力供水，再經由客庄巷管徑 ϕ 200m/mDIP 供應該社區，為一個獨立且封閉之水壓管理區，客庄巷前端設有減壓閥，供水臨界點位於該社區之制高點。(詳圖 107、圖 108)

2. 現況分析

本研究於控制系統安裝前對華山供水系統進行現況分析，依據監測資料得知該供水系統於用水離峰時段（約上午 3-4 時）減壓閥前端壓力約為 6.5 kg/cm²、供水量約 240CMD、臨界點水壓約 2.6 kg/cm²，而用水尖峰時段（約下午 9 時）減壓閥前端壓力約為 5.0 kg/cm²、供水量約 790CMD、臨界點水壓約 2.1 kg/cm²，由於離峰時段因用水大幅減少，致尖、離峰水壓差異明顯，減壓閥後端出水壓力則維持約 4 kg/cm² 上下。(詳圖 109)

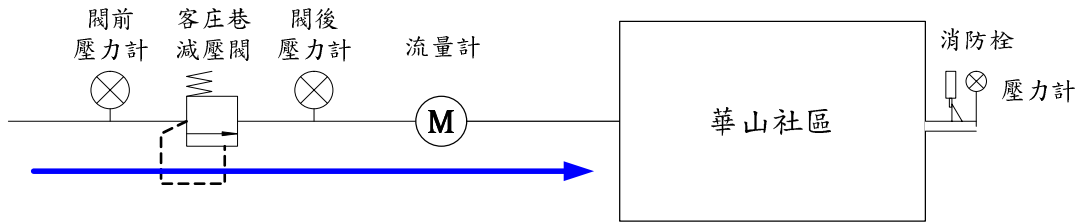
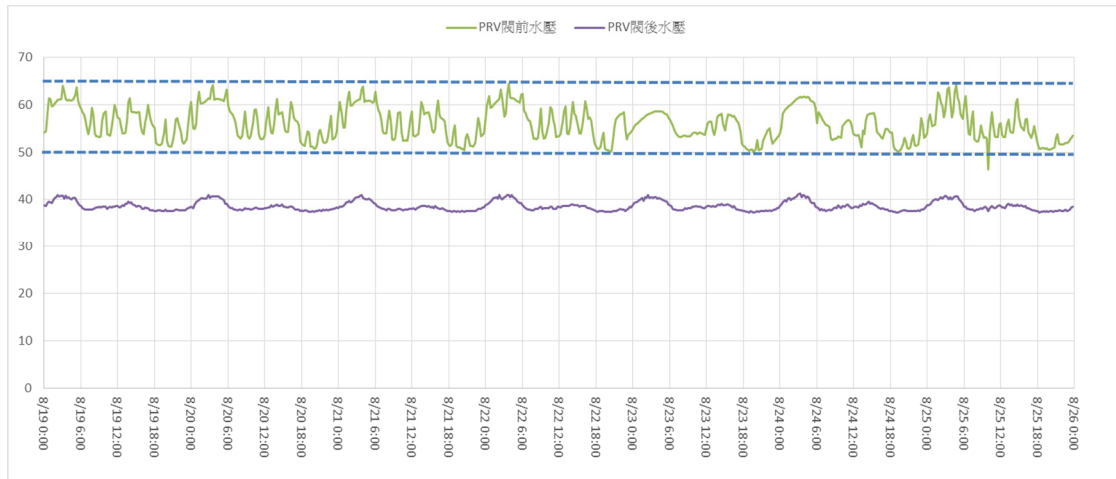


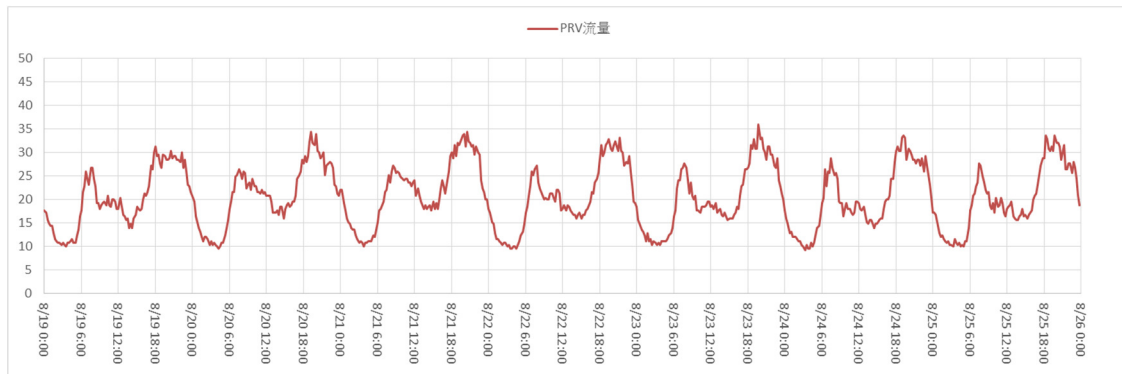
圖 107、I2O 系統試辦地點示意圖



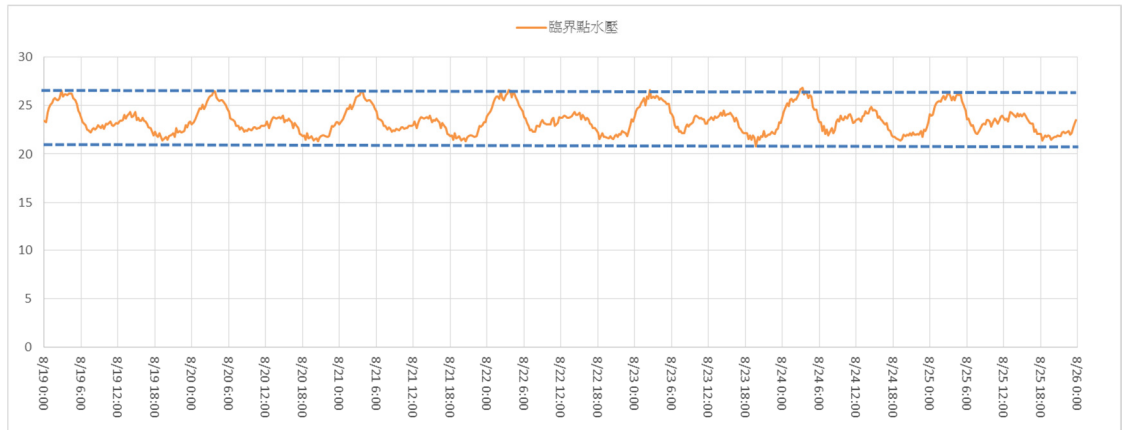
圖 108、I2O 系統試辦地點空照圖



(a)減壓閥前後端水壓



(b)減壓閥流量



(c)臨界點水壓

圖 109、I2O 系統試辦地點--現況分析

4.12.3. I2O 系統設備安裝

本研究 I2O 系統安裝於減壓閥窰井內，其無須對原嚮導閥進行拆卸，直接以三通的方式連結到減壓閥，如遇緊急狀況，系統可輕易切換為現場人工操作模式；另供水臨界點則安裝水壓記錄器，以監測臨界點之水壓變化（圖 110）。I2O 系統之特點係將減壓閥及臨界點所量測數據透過行動網路上傳至 I2O 伺服器，該平台會依據所蒐集資料進行演算並選擇適當的調控模式，以達到水壓調控最佳化（詳圖 111）。I2O 系統會依據供水現況不斷蒐集數據調整控制曲線，數據蒐集期間越長，則曲線信心度越高，控制曲線相應調整會較細緻，水壓調控制亦較精準。（詳圖 112）



圖 110、I2O 系統現場安裝

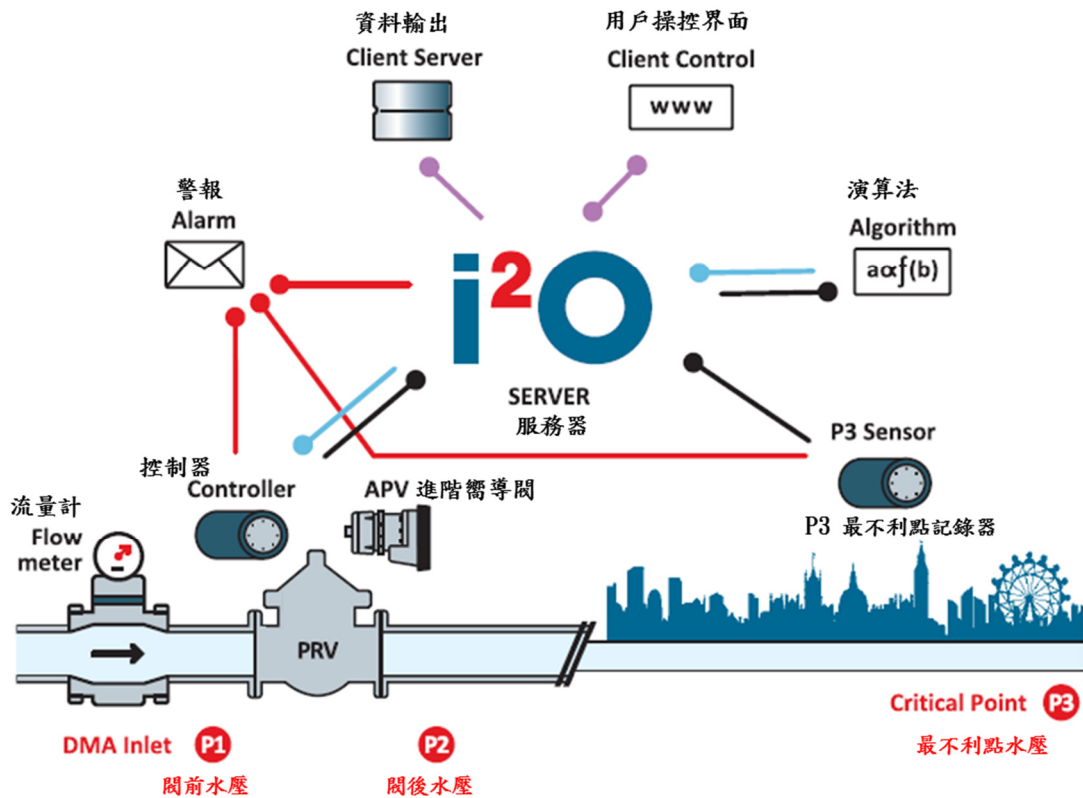


圖 111、I2O 系統架構圖

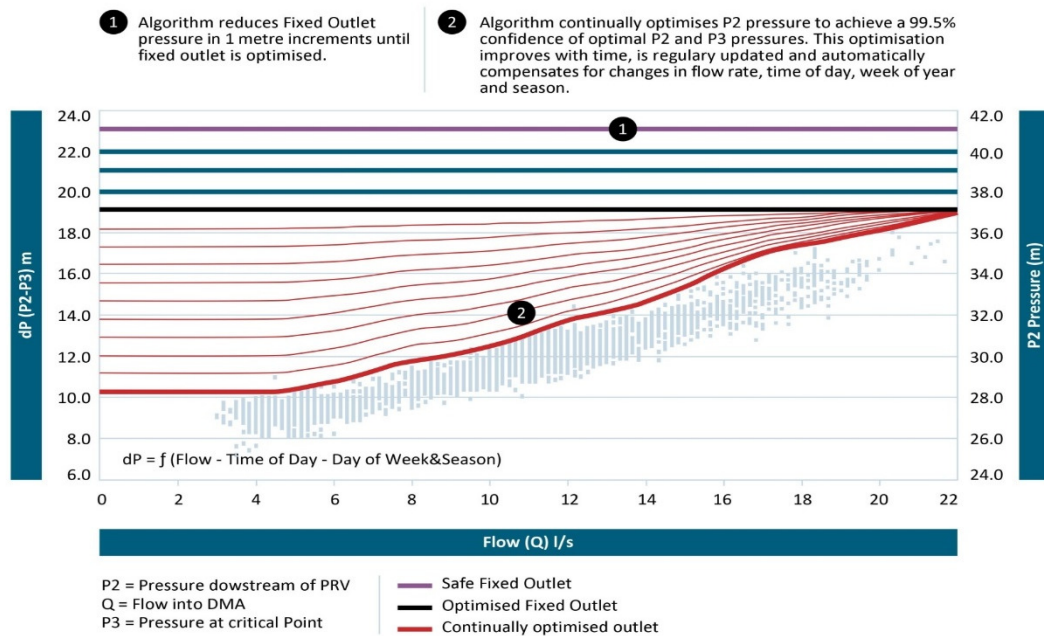


圖 112、I2O 水壓控制曲線演算調整

4.12.4. I2O 系統測試過程

1. 第 1 期水壓調控

為推估臨界點最低水壓需求，於 105 年 9 月 1 日開始執行第 1 期水壓調控，採 7 個階段水壓優化過程（詳圖 113），目標係使臨界點水壓滿足設定值（詳表 10），其中 I2O 系統可依據每日供水情形隨時調整臨界點目標值（包括水壓與尖離峰時段），以便配合因應任何事件發生。系統初期係逐步調降臨界點水壓目標值，以推估該區域日間用水需求，再行降低臨界點夜間水壓目標值，以利進行夜間減壓兩段式調控。

2. 第 2 期水壓調控

由於受到中度颱風梅姬（105 年 9 月 27 日）及輕度颱風艾利（105 年 10 月 5 日）之侵襲，導致上游供水量不足，故於測試期間二度切換為現場人工操作模式，且零星用戶反映水壓不足及水塔夜間無法蓄滿等問題，故於颱風過後上調日間壓力，夜間並採多時段調控，臨界點水壓目標值詳表 11。

表 10、I2O 系統第 1 期水壓調控臨界點水壓目標值

Stage	Date	Day (8 AM – 8 PM)	Night (8 PM – 8 AM)
Pre-Optimisation	2016/9/1	26 mH	26 mH
1	2016/9/5	25 mH	25 mH
2	2016/9/8	24 mH	24 mH
3	2016/9/11	22 mH	22 mH
4	2016/9/14	20 mH	20 mH
5	2016/9/17	20 mH	15 mH
6	2016/9/20	17 mH	15 mH
7	2016/9/23	15 mH	15 mH

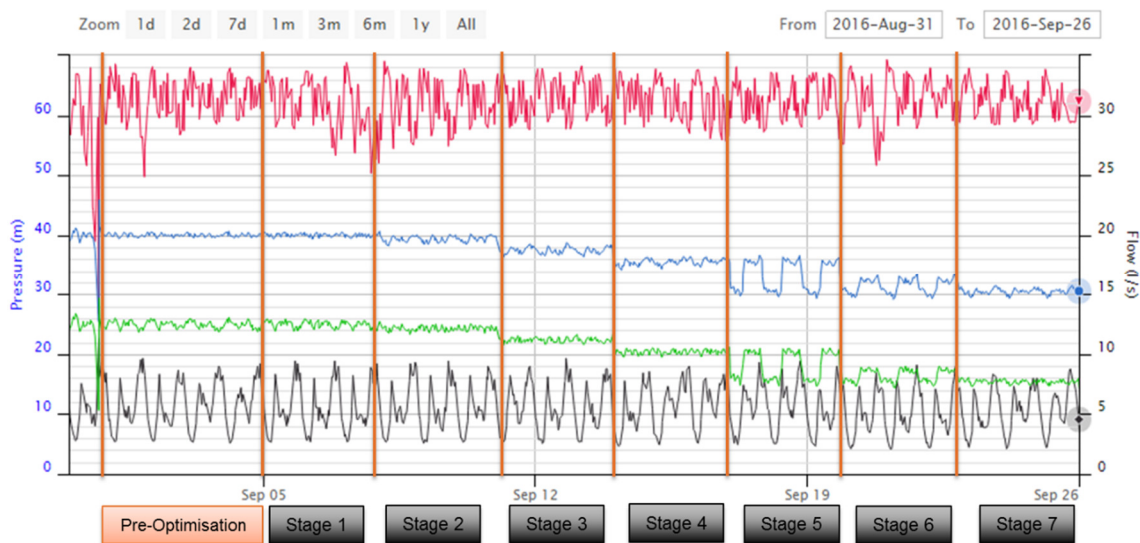


圖 113、I2O 第 1 期水壓優化過程

表 11、I2O 系統第 2 期水壓調控臨界點水壓目標值

Type	Time	Pressure(m)
Everyday	0000-0100	15
Everyday	0100-0600	16
Everyday	0600-2300	18
Everyday	2300-2400	16

4.12.5. I2O 系統智能水壓管理測試成果

I2O 系統水壓調控係以臨界點達到不同的壓力目標為原則，而不是減壓閥出水壓力，故該系統於 105 年 8 月 18 日 0 時至 8 月 24 日 24 時之供水模式作為智能水壓管理之對照組，圖 114 顯示水壓調控後減壓閥與臨界點水量水壓變化。

1. 日供水量

在進行多時段水壓調控後其平均日供水量約減少 8.53% (詳表 12)。

2. 夜間最小流

表 13 顯示平均夜間最小流量在進行多時段水壓調控後約降低 19.93%。

3. 尖離峰水壓值

由表 14 可知，調控前後臨界點尖離峰供水壓力平均減少約 29%，其水壓變化區間亦減少約 26%，其反映在多時段水壓調控模式下可降低水壓操作區間，並可提高供水穩定度。

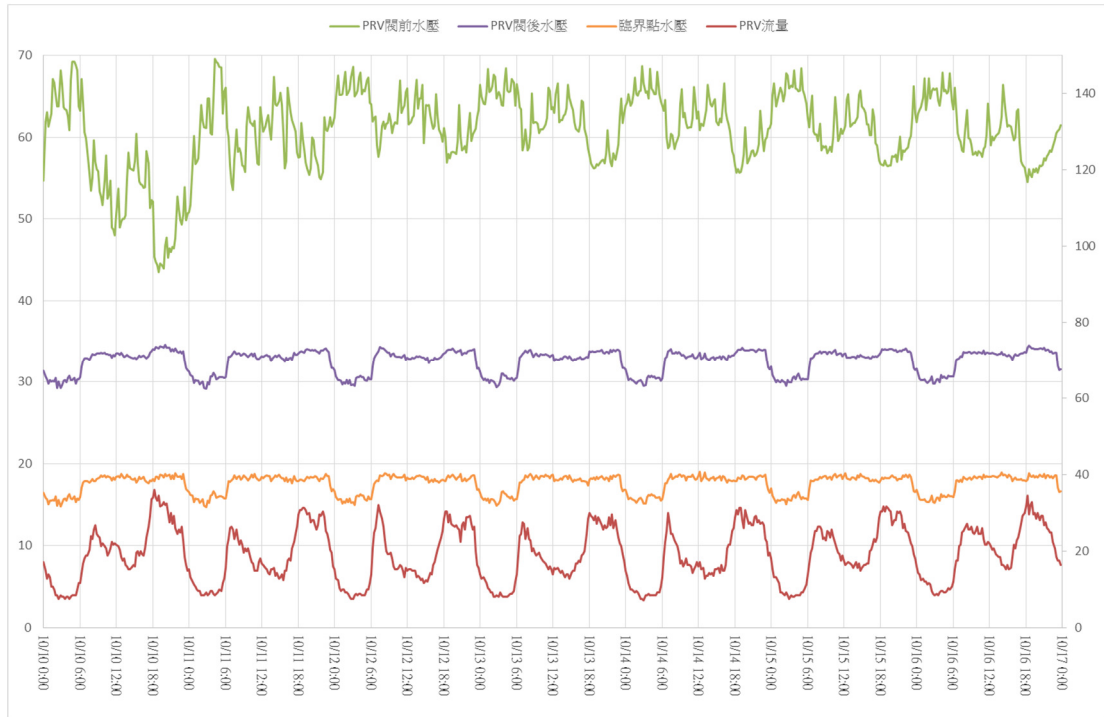


圖 114、水壓調控後水量水壓變化

表 12、I2O 系統優化前後日供水量差異分析表

水壓調控前		第 1 期水壓調控		第 2 期水壓調控	
Date Time	日供水量 (m3/Day)	Date Time	日供水量 (m3/Day)	Date Time	日供水量 (m3/Day)
8 月 18 日	510.7	9 月 19 日	499.1	10 月 10 日	482.8
8 月 19 日	472.9	9 月 20 日	444.6	10 月 11 日	472.8
8 月 20 日	484.6	9 月 21 日	430.8	10 月 12 日	444.9
8 月 21 日	502.5	9 月 22 日	432.9	10 月 13 日	429.9
8 月 22 日	520.8	9 月 23 日	428.9	10 月 14 日	434.9
8 月 23 日	487.8	9 月 24 日	433	10 月 15 日	436.8
8 月 24 日	486	9 月 25 日	458.3	10 月 16 日	467.6
平均值	495.04	平均值	446.8	平均值	452.81
			-9.74%		-8.53%

表 13、I2O 系統優化前後夜間最小流差異分析

水壓調控前		第 1 期水壓調控		第 2 期水壓調控	
Date Time	夜間最小流 (CMD)	Date Time	夜間最小流 (CMD)	Date Time	夜間最小流 (CMD)
8 月 18 日 03:52	232.4	9 月 19 日 04:37	216.0	10 月 10 日 03:52	187.5
8 月 19 日 03:07	249.7	9 月 20 日 02:37	189.2	10 月 11 日 02:22	206.5
8 月 20 日 04:07	240.2	9 月 21 日 03:22	184.9	10 月 12 日 02:52	189.2
8 月 21 日 03:52	254.0	9 月 22 日 04:07	194.4	10 月 13 日 04:07	191.8
8 月 22 日 03:52	235.0	9 月 23 日 04:07	203.9	10 月 14 日 02:37	184.9
8 月 23 日 03:22	254.0	9 月 24 日 03:07	194.4	10 月 15 日 03:22	191.8
8 月 24 日 03:37	232.4	9 月 25 日 03:52	194.4	10 月 16 日 03:07	206.5
平均值	242.8	平均值	184.9	平均值	194.4
			-23.84%		-19.93%

表 14、I2O 系統優化前後臨界點尖離峰水壓差異分析

水壓調控前			第 1 期水壓調控			第 2 期水壓調控		
Date Time	CP 最高水壓(m)	CP 最低水壓(m)	Date Time	CP 最高水壓(m)	CP 最低水壓(m)	Date Time	CP 最高水壓(m)	CP 最低水壓(m)
8 月 18 日	26.51	21.38	9 月 19 日	20.99	14.77	10 月 10 日	18.8	14.77
8 月 19 日	26.48	21.34	9 月 20 日	17.84	14.59	10 月 11 日	18.73	14.67
8 月 20 日	26.48	21.34	9 月 21 日	18.04	14.36	10 月 12 日	18.86	14.98
8 月 21 日	26.61	21.52	9 月 22 日	17.99	14.65	10 月 13 日	18.76	14.87
8 月 22 日	26.58	20.82	9 月 23 日	16.14	14.61	10 月 14 日	18.99	15.13
8 月 23 日	26.81	21.4	9 月 24 日	15.91	14.71	10 月 15 日	18.82	15
8 月 24 日	26.35	21.42	9 月 25 日	15.98	14.71	10 月 16 日	18.87	15.25
平均值	26.55	21.32	平均值	17.56	14.63	平均值	18.83	14.95
				-33.87%	-31.38%		-29.05%	-29.86%

第五章 結論

5.1 新式漏水檢測技術

由第四章新式漏水檢測技術之測試成果彙整於表 15，摘要說明如下

1. 「噪音記錄器」

其是藉「點」來偵測鄰近短距離的管段漏水，本專案所擷取的各國國際大廠所開發出來的「噪音記錄器」，皆能有效的滿足前述需求。然而，台灣自來水從業人員因傳承老師傅的管網操作模式，致使該設備的使用誤判率偏高，從而減低人員的使用意願。惟該設備確可增加偵測點鄰近管段的檢漏工作量，但，對於因管材或水壓不足等無法偵出的微弱漏水音，其所形成的遠端管線漏水，仍須由傳統一步一腳印的測漏器聽音工法來檢測。另因政府的「路平專案」，其普設於路口的制水閘盒必須下地，致該設備無法充分發揮應有功能。惟民情因素，致該設備恐有竊失風險之虞，亦將影響人員的使用意願。

2. 「兩點漏水相關儀」

該儀器主要是搭配「噪音記錄器」所判讀出的漏水「點」，再採用此儀器以該點做前後左右管段的相關測漏分析，以確認漏水管段。本專案測試的各國國際大廠所開發出來的「兩點漏水相關儀」，

大部分皆能透過次管段來偵出漏水，有效輔助檢漏人員執行後續的漏水點確認工作。

3. 多點漏水相關儀

其是「噪音記錄器」與「兩點漏水相關儀」的整合，一次作業即可計算出區域內可能的多個漏水點，以供檢漏人員據予執行後續的漏水點確認工作

以上設備，在適足水壓及管段的條件下，對漏水的偵測應有正向的功効。

4. 「智能球」

為國際目前唯二的免停水漏水檢測技術，均具接收智能球發射之訊號，解讀收錄之音頻，增加漏水點定位精確度。管中水流速須 2m/sec 以上、可檢測至漏水量 0.04 公升/秒之孔洞微量漏水、適用管徑 ϕ 400mm 以上。

5. 「管道 CCTV 檢測技術」

免停水侵入式管道漏水檢測器，其探頭內建 CCTV 檢視管壁情況、音波接收器接收管線漏水音及訊號發射器於管內發射訊號，以訊號接收器於地面接收訊號，結合 GPS 做管線定位，並由主機紀錄及觀看影像、音波，定位漏水點。

表 15、偵漏儀器現場實測成效評估彙整表

序	廠牌	型號	區域	日期	水壓	管徑	管種	成效評估
1	英國 HWM	Permalog+ 噪音紀錄器	高雄市前金區七賢二 路、自立一路一帶	105.06.03 凌晨	0.9~ 1.4	80~ 200	PVCP	噪音器可有效偵出鄰近管段漏水
2	加拿大 Echologics	LeakFinderST 兩點相關儀	高雄市前金區七賢二 路、自立一路一帶	105.06.03 上午	0.9~ 1.4	80~ 200	PVCP	1. 相關儀可有效偵出管段漏水，誤差率 2.3%((10.5-8)/107)。 2. 能偵出測試管段外之鄰近管線漏水。
3	德國 Sewerin	SePem 噪音紀錄器	高雄市瑞源路一帶	105.09.07 凌晨	0.62~ 1.08	100~ 150	PVCP	可有效偵出鄰近管段漏水
4	德國 Sewerin	SeCorr 300 兩點相關儀	高雄市瑞源路一帶	105.09.07 上午	0.62~ 1.08	100~ 150	PVCP	疑似攜帶型電腦異常，無法執行相關分 析
5	德國 Seba KMT	Sebalog N-3 噪音紀錄器	台中市北區青島路二 段、天津路二段一帶	105.05.23 上午	2.06~ 1.29	100~ 350	PVCP	可有效偵出鄰近管段漏水
6	德國 Seba KMT	SebaKMT C-3 兩點相關儀	台中市北區青島路二 段、天津路二段一帶	105.05.23 上午	2.06~ 1.29	100~ 350	PVCP	管線圖資不明，致相關測試無明顯峰值
7	德國 Seba KMT	Sebalog N-3 噪音紀錄器	台中市西屯區寧夏東 一、六街等一帶	105.05.23 下午	1.6~ 1.1	80~ 350	PVCP	可有效偵出鄰近管段漏水

8	德國 Seba KMT	SebaKMT C-3 兩點相關儀	台中市西屯區寧夏東 一、六街等一帶	105.05.23 下午	1.6~ 1.1	80~ 350	PVCP	1. 測距 96M、距 40M ϕ 20-PEP 脫接漏水、非配管漏水、飽和水層、漏水音微、未偵出漏水點 2. 疑因現場有家庭工廠斷續產生的噪音值過大，干擾判讀
9	英國 Primayer	Enigma 多點相關儀	基隆市復興街 113 巷 6 號一帶	105.08.30 上午	4.8~ 2.4	100~ 200	PVCP CIP DIP	1. 噪音值可有效偵出鄰近管段漏水 2. 相關無峰值顯現
10	英國 HWM	Permalog+ 噪音紀錄器	基隆市復興街 113 巷 6 號一帶	105.09.09 凌晨	4.8~ 2.4	100~ 200	PVCP CIP DIP	噪音器可有效偵出鄰近管段漏水
11	英國 HWM	Touch Pro 兩點相關儀	基隆市復興街 113 巷 6 號一帶	105.09.09 上午	4.8~ 2.4	100~ 200	PVCP CIP DIP	相關儀可有效偵出管段漏水，誤差率 1.95% $((39.2-36.4)/143)$ 。
12	日本 FUJI	LNL-1 噪音紀錄器	基隆市祥豐街 68 巷一帶	105.10.18 凌晨雨天	3.1~ -0.05	80~ 150	PVCP	噪音器可有效偵出鄰近管段漏水
13	日本 FUJI	LC-2500 漏水相關儀	基隆市祥豐街 68 巷一帶	105.10.18 上午	3.1~ -0.05	80~ 150	PVCP	相關儀可有效偵出分歧管後之外線漏水，誤差率 5.83% $((6.7-5.1)/27.4)$ 。
14	英國 HWM	Permalog+ 噪音紀錄器	基隆市祥豐街 68 巷一帶	105.10.12 凌晨雨天	3.1~ -0.05	80~ 150	PVCP	噪音器可有效偵出鄰近管段漏水
15	英國 HWM	Touch Pro 兩點相關儀	基隆市祥豐街 68 巷一帶	105.10.12 上午雨天	3.1~ -0.05	80~ 150	PVCP	相關儀可有效偵出分歧管後之外線漏水，誤差率 1.02% $((30.7-29.3)/137)$ 。

16	英國 Primayer	Enigma 多點相關儀	基隆市祥豐街 68 巷一帶	105.10.13 凌晨兩天	3.1~ -0.05	80~ 150	PVCP	1. 噪音值可有效偵出鄰近管段漏水 2. 相關次峰值偵出分歧管後之外線漏水，誤差率 0.07% $((29.4-29.3)/137)$ 。
17	日本 FUJI	LNL-1 噪音紀錄器	基隆市復興街 113 巷 12 號一帶	105.10.18 凌晨兩天	4.8~ 2.4	100~ 200	PVCP CIP DIP	噪音器可有效偵出鄰近管段漏水
18	日本 FUJI	LC-2500 兩點相關儀	基隆市復興街 113 巷 12 號一帶	105.10.18 上午兩天	4.8~ 2.4	100~ 200	PVCP CIP DIP	相關儀可有效偵出漏水，修漏開挖誤差率 0% $((40.21-40.21)/47.8)$ 。
19	瑞士 GUTERMA NN	多點相關儀遠 端偵漏系統	金門烈嶼北環道	104.10	2.0	80	PVCP	1. 相關儀可有效偵出漏水 2. 核心軟體不出售，故使用者購硬體，需再支付軟體服務使用費及網路通訊費
20	英國 Primayer	Enigma 多點相關儀	宜蘭縣冬山鄉日新小區	95.11.26	2.0	80~ 100	PVCP	相關儀可有效偵出漏水
21	英國 HWM	Permalog+ 噪音紀錄器	北市萬大路	105.9.8 ~15	1.2~ 1.3	400	MJP	噪音器可有效偵出鄰近管段漏水
22	英國 HWM	Touch Pro 兩點相關儀	北市萬大路	105.9.8 ~15	1.2~ 1.3	400	MJP	相關儀可有效偵出漏水

23	瑞士 GUTERMANN 英國 Primayer 英國 HWM 德國 Seba 加拿大 Echologics	AQUASCAN620L Eureka 3 Touch Pro COR C-3 LeakFinderST	台中市東勢區本街	105.08.01 ~02 凌晨	2.0	150	DIP	相關儀皆可有效偵出漏水 最大誤差率： $(28.73-26.6)/133*100\%=1.6\%$
24	西班牙鸚鵡 螺	Nautilus System	台南市南化淨水場至豐 德配水池送水幹管	105.05.12	2.0~ 5.0	2000	SP、 PSCP	未充分了解台水公司埋管方式，成效未 如預期。
25	英國 JD7	LDS 100	1.高雄市廟前路旗下巷 2.高雄市廟前路(通山路 口至海岸路口) 3.高雄市海岸路管段	105.05.25	0.7~ 0.8	80 200 200	PVCP- 100m PVCP- 100m PVCP- 200m	1. CCTV 能明顯觀察管內生瘤積垢、分 歧管等情況，管線定位精準，可驗證 本技術適用於管線狀況調查。 2. 有一外線已知漏水點，感測器置於配 水管分歧點，主機銀幕音頻無起伏波 形，技師亦未聽到漏水聲。
說明	<p>1. 本次實測報告 4.8.3 略示：適逢豪大雨，且該處為山坡地、有多處山泉水溝，不利噪音紀錄作業；及 4.4.3-3 疑因現場有家庭工廠斷續產生的噪音值過大，干擾判讀等因素影響分析。</p> <p>2. 其判讀一般以噪音之 Level(強度)及 spread(範圍)兩項互為佐證，綜合各家參數逾 40 者(含說明 1)，即符合其「有漏嫌疑」之條件。</p> <p>3. 噪音紀錄器之捕音探頭，據工研院專家表示該設備已屬成熟非高科技的產品，故其靈敏度各家廠牌大同小異，均能有效偵出。</p> <p>4. 至於與傳統工法之搭配，國際上普遍的做法係將噪音紀錄器佈於路口之制水閘，惟其僅能偵測鄰近管段，對於台灣路權單位要求路平閘栓下地者，恐難極致發揮該噪音紀錄器的效果，故傳統計畫型一步一腳印的測漏器聽音檢漏，仍不可免。</p> <p>5. 儀器準確性，序 23 各儀器於東勢區本街同測案，最大誤差率在 1.6%及序 18 於個案經實測開挖驗證，均具可接受的準確性。序 4 因疑似攜帶型電腦異常，無法執行相關分析，故無實績可佐證其準確性。</p>							

5.2 進階水壓管理技術

由第四章進階式或智能水壓管理之成果詳表 16，摘要說明如下

1. 夜間最小流成效明顯，惟日供水量降幅不如預期，其可能係該地區用戶大多安裝蓄水桶間接供水，導致夜間仍有用水情形發生，且本研究測試期間歷經破管事件、管汰工程及颱風侵襲，無法長時間蒐集資料以修正供水模式，致使離峰時段短暫且無法大幅減壓。
2. 水壓控制成效佳，降低水壓操作區間並提高供水穩定度，惟對破管率及管線設備使用年限的影響尚須長時間研究驗證。然測試過程中，利用遠端遙控調節減壓閥出水壓力，大幅減少操作人力需求。
3. 目前國際上多已採行進階式或智能水壓調控，以達到水壓管理最佳化及自動化，然因受限政府採購法規範下，現場監測設備與中心監控設備、軟體分屬多個廠商，系統整合不易，故未來採購水壓管理技術應考量系統整合的能力。
4. 由於台灣供水地區管網體質不佳，多數地區用戶水壓遠不如國外供水壓力，致使水壓調控應選擇尖離峰壓差較大之區域成果較為顯著，然長期而言，利用進階式或智能水壓管理調節水壓以增加

供水穩定降低破管風險及減少操作人力需求是為長期性的正向投資。

表 16、進階水壓管理技術測試成果彙整表

技術名稱	HWM 進階水壓管理技術	I2O 智能水壓管理技術
產品特色	<ol style="list-style-type: none"> 1.依用水需求進行多點調控水壓 2.可進行多時段水壓調控 3.設有安全機制以應付緊急事件 4.結合行動數據網路全時段遠端監控水壓 	<ol style="list-style-type: none"> 1.資料可回傳遠端邏輯伺服器進行分析，依用水需求進行自動最佳化水壓 2.原嚮導閥不須改裝 3.可切換人為操作以應付緊急事件 4.結合行動數據網路全時段遠端監控水壓 5.除購置設備，尚需租用遠端邏輯伺服器
測試地點	苗栗縣公館系統	南投縣名間鄉華山社區
測試現況	用戶數約為 3,500 戶 用水量平均約 3,000 m ³ /day 減壓閥前端壓力約為 8~9 kg/cm ² 減壓閥後端出水壓力約 6 kg/cm ² 臨界點平均水壓約 1~1.7 kg/cm ²	用戶數約為 625 戶 用水量平均約 495 m ³ /day 減壓閥前端壓力約為 5~6.5 kg/cm ² 減壓閥後端出水壓力約 4 kg/cm ² 臨界點平均水壓約 2.1~2.6 kg/cm ²
測試時間	105 年 8 月 24 日至 9 月 9 日	105 年 8 月 18 日至 10 月 16 日
測試結果	日供水量	-5.99%
	夜間最小流	-39.70%
	臨界點尖離峰水壓	最高水壓 -21.77% 最低水壓 -19.71%
		第 1 期水壓調控：-9.74% 第 2 期水壓調控：-8.53% 第 1 期水壓調控：-23.84% 第 2 期水壓調控：-19.93% 第 1 期水壓調控： 最高水壓 -33.87% 最低水壓 -31.38% 第 2 期水壓調控： 最高水壓 -29.05% 最低水壓 -29.86%
效益分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 夜間最小流成效明顯，惟日供水量降幅不如預期。 2. 水壓控制成效佳，惟對破管率及管線設備使用年限的影響尚須長時間研究驗證。 3. 該技術可遠端遙控調節減壓閥出水壓力，大幅減少操作人力需求。 4. 進階式或智能水壓管理技術可增加供水穩定、降低破管風險及減少操作人力需求是為長期性的正向投資。 	
適用性	<ol style="list-style-type: none"> 1. 單一進水點之封閉區域 2. 進水點設有減壓閥 3. 管網尖離峰水壓差明顯 4. 用水模式穩定且用戶多屬直接供水之區域效益較為明顯 	

參考文獻

1. Lambert, A. (2002). International Report on Water Losses Management and Techniques: Report to IWA Berlin Congress, October 2001. Water Science and Technology:Water Supply 2(4)
2. Thornton, J. and Lambert, A. (2005). Progress in Practical Prediction of Pressure: Leakage, Pressure: Burst Frequency and Pressure: Consumption Relationships. Proceedings of IWA Special Conference 'Leakage 2005' , Halifax, Nova Scotia, Canada, September 12-14 2005
3. Thornton, J. (2003). Managing Leakage by Managing Pressure. Water 21, October 2003
4. McKenzie, R. (2002). “Khayelitsha: Leakage Reduction through Advanced Pressure Control”. Journal of the Institution of Municipal Engineering of South Africa, Vol. 27, No 8, pp 43 to 47, August 2002. ISSN 0257 1978.
5. Thornton, J. (2002). Water Loss Control Manual, McGraw-Hill, 2002, ISBN 007-1374345
6. May, J. (1994). Pressure Dependent Leakage. World Water and Environmental Engineering, October 1994.
7. Lambert, A. (2001). What do we know about Pressure: Leakage Relationships, paper presented to IWA Conference ‘System Approach to Leakage Control and Water Distribution Systems Management’, Brno, Czech Repub May 2001. IWA, Conference Proceedings, ISBN 80-7204-197-5.
8. Thornton, J. & Lambert, A. (2006). Managing pressures to reduce new break frequencies, and improve infrastructure management. Water 21, December 2006.
9. Fantozzi, M. & Lambert A. (2007). Including the effects of Pressure Management in calculations of Economic Leakage Level. Proceedings of IWA Special Conference ‘Water Loss 2007’, Bucharest, Romania, September 2007
10. Lambert, A. & Thornton, J. (2011). The relationships between pressure and

bursts – a 'state-of-the-art update'. Water 21. April 2011, 37-38

11. Thornton, J. & Lambert, A. (2007). Pressure management extends infrastructure life and reduces unnecessary energy costs. Proceedings of IWA Special Conference 'Water Loss 2007', Bucharest, Romania, 23-27 September 2007
12. Thornton, J. & Lambert, A. (2012). "Pressure: Bursts Relationships: Influence of Pipe Materials, Validation of Scheme Results, and Implications of Extended Asset Life ". In IWA Water Loss 2012. (Manila, Feb. 26-29).
13. Mckenzie, R. & Wegelin, W. (2009). Implementation of pressure management in municipal water supply systems.
14. 王炳鑫, (2015). 「檢漏作業技術與實務」
15. 台灣自來水公司, (1982). 「檢修漏作業概要」
16. 三合技術工程有限公司, (2012). 「三星地區地下漏水檢測研究案」

第 1 案：漏水監測及進階水壓管理應用研究漏水監測及進階水壓管理應用研究

中華民國自來水協會技術研究委員會

105 年度研究計畫案期中報告審查意見表

委員 姓名	審查意見	回復意見
林財富	<p>1、建議期末報告時，能說明各方法的優缺點、適用條件，作彙整(表)說明。</p> <p>2、文獻回饋中提到許多方法，但都分在後續研究中並未說明為何不使用，例如電磁波法、電磁力法及透地雷達法。</p> <p>3、若能在同一天內，用不同的方法作測試，可比較其優缺點。</p> <p>4、同意原題目修正為”新式漏水檢測及進階水壓管理應用研究”以反映實際工作內容。</p>	<p>1、遵照辦理。</p> <p>2、所述工法之儀器，均需專業之判讀，且現場需花費更多時間作業，相較於以其他工法找出漏水點而言，非國際自來水界之主流工法，故非常態使用。</p> <p>3、受限於現場作業流程(噪音記錄器及相關儀)及配合廠商時間，故不易於同一天用不同方法同時做測試。</p> <p>4、謝謝指教。</p>
吳振榮	<p>1、建議採雙面印刷以減少紙張使用量。</p> <p>2、對於測試過程發現如：圖資之管徑、管種與現地不符、管壁生瘤積垢等，建議能即時回饋管理單位改善。</p> <p>3、引進各項檢測漏儀器及水壓管理技術，對漏水防治有其正面意義，值得肯定。期望探討之成果檢討對於日後實際應用之適宜性，能有具體之建議，俾供自來水從業人員導入應用參考。</p>	<p>1、遵照辦理。</p> <p>2、遵照辦理。</p> <p>3、謝謝指教。</p>
陳曼莉	<p>研究中將選擇二封閉小區進行水壓管理測試，請進一步說明選定依據及後續作法。</p>	<p>遵照辦理，補充於 4.11.3. 節。</p>

史午康	<p>1、建議期末報告考量將所測試之各項儀器系統、技術之本身之重要性/適用條件/前提及本土現況/問題/彌補之道，做成對照表(水壓 vs 靈敏度.....)及相似技術間之比較分析，以利參考。</p> <p>2、除檢測漏及水壓管理外，不可諱言，工作鏈上下游端的管線設計、施工、維護管理等皆攸關管網體質之良窳，及日後維護管理之唯易，所謂的「系統觀」，建議考量發揮本研究成果之槓桿效益包括相關規範及相關夥伴單位間之更有效協作方式？</p> <p>3、建議藉研究所發現之問題，啟動單位間的對話，以利自來水之永續發展，如：用戶馬達直接抽水缺逆止閘、本土洩水式進水(造成噪音干擾過大?)閘蓋/窰井蓋下地之問題，管網設施不明.....等。建議參考國外定期管網檢視/維護之作法 vs 本土現況，回饋到設計規範之修正，必要時面對路平專案之要求，須作的專業堅持。</p>	<p>1、遵照辦理。</p> <p>2、本研究目的係評估國際技術對本地供水管網適用性探討，研究成果可作為相關單位後續應用導入之參考依據，惟國內外具相似技術廠商眾多，且囿於本案經費有限，建請另案蒐集相關資料以訂定技術規範。</p> <p>3、遵照辦理。</p>
康世芳	<p>1、 四個國家(西班牙、英國、德國及加拿大)之漏水監測及水壓管理設備，於現場實測其效果，有助益國內漏水改善技術提升。</p> <p>2、 建議取得各國設備初設費。</p>	<p>1、謝謝指教。</p> <p>2、兩點相關儀之設備每套約 70 萬元。</p>

<p>黃志彬</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、建議針對「新式」作定義及解釋。 2、找文獻資料中建議可整理現階段各國使用之測漏設備或技術，即非「新式」之技術亦可在此作表述。 3、如有機會，不同檢測技術可用同一段管線作測試比較。 	<ol style="list-style-type: none"> 1、有關「新式」的定義已說明於 1.1 節文中。 2、現階段國際自來水測漏設備及技術，主要仍以噪音記錄器來偵出鄰近短距離的管段漏水，藉兩點漏水相關儀以前述該點做前後左右管段的相關測漏分析，確認漏水管段並提供數公尺範圍的可能漏水點，最後，再藉測漏器及鑽探作業來確認漏水點。 3、後續如有機會，將採同一段管線以不同檢測技術作測試比較。
<p>洪世政</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、水壓管理部分南投名間鄉客庄巷測試發生水壓調降發生水壓偏低供水不足之現象，究係大量用水或水壓調降不夠造成破管漏水，請了解說明並作為改進之參考。 2、檢漏技術部分、西班牙鸚鵡螺採單向測試，塞於盲管處故測試失敗，其他技術亦因甚多水公司設計，或用戶未設置逆止閥造成回流而測試失敗，希望期未能就各技術在臺灣適用的限制予以了解整理找出最佳策略。 	<ol style="list-style-type: none"> 1、關於本研究水壓管理試辦地點南投名間鄉客庄巷因行動網路訊號異常，導致水壓控制系統準度不足，目前尚無水壓偏低或供水不足現象。惟試辦地點公館供水系統於測試過程中發生破管漏水事件，由於本研究水壓調控係以原減壓閥出水壓力為上限值，故破管事件應係管線老舊或不當荷重所造成。 2、鸚鵡螺檢漏技術，已建議廠商可採雙向定位器，利於後續作業。

黃子鑑	<p>1、本研究嘗試以國內外現行檢漏技術，應用於國內現有管網之漏水問題，研究主軸有改善國內檢漏技術，值得肯定。</p> <p>2、本計畫採用六種檢漏技術，均有正負面效果，建議能綜整測試結果，並說明各種方法之較適合管網條件，例如管徑/管材/管壓/流速/流量等。</p> <p>3、期末報告撰寫格式及編排印刷建議參照水協會規定格式辦理。</p>	<p>1、謝謝指教。</p> <p>2、遵照辦理，詳表 2。</p> <p>3、遵照辦理。</p>
陳立儒	<p>1、本研究對實務管網配置相當有幫助，經過測試後，建議期末報告可提出管網設置設計時須配合之規則式指引，可避免全面執行時須大幅改設置。</p> <p>2、漏水分析依靠原廠軟體，因地區性質不同，原廠是否可藉由收集臺灣地區資料，優化原來的軟體，以增加準確度？</p>	<p>1、遵照辦理。</p> <p>2、歐美國際大廠所開發之儀器，在歐美及先進國家要求的高水壓(約 3 kg/cm² 以上)管網皆易於檢出漏水點。台灣雖有最低 1 kg/cm² 以上供水壓的要求，但是低於該要求者，易普遍存在。所建議者將藉機提供。</p>
葉宣顯	<p>1、本報告對國際上現有多種自動管線漏水檢測儀器之原理及實際用於國內配水管網之檢漏均有相當詳細之敘述，值得肯定。</p> <p>2、建議在期末報告時，可就各種檢漏方法之優缺點及其適用之條件等，做一比較，以供後續實際採用時之參考。</p> <p>3、建議在適當之地方，就「臨界點壓力」之定義做一說明。</p>	<p>1、謝謝指教。</p> <p>2、遵照辦理。</p> <p>3、遵照辦理，補充於 4.11.3. 節。</p>

第 1 案：漏水監測及進階水壓管理應用研究漏水監測及進階水壓管理應用研究

中華民國自來水協會技術研究委員會

105 年度研究計畫案期末報告審查意見表

委員 姓名	審查意見	回復意見
林財富	<p>1、建議加入英文題目及摘要並於定稿中。</p> <p>2、本案測試相當多技術，建議彙整一表，綜述說明各技術名稱、特性、測試時間及地點、測試結果及優缺點分析、適用性等，以利參考。</p> <p>3、報告第一及二章中缺少參考文獻，敬請補充。</p> <p>4、P.49，2.(2)，請說明 200m/m CIP 管測試漏水點是否確定有漏。</p> <p>5、第 4.10 節中誤差$\pm 1.6\%$，請定義誤差。</p>	<p>1、遵照辦理。</p> <p>2、遵照辦理，已於 5.1、5.2 節補述。</p> <p>3、遵照辦理。</p> <p>4、遵照辦理，已於 4.2.4. 節補述。</p> <p>5、遵照辦理，已於 4.10.3. 節補述。</p>
吳振榮	<p>1、由儀器檢測漏水的技術實測，可看出部分廠牌已能提供具正面的初步漏水管段篩選功能，建議彙整各家廠牌實測的成效，就其所需費用、適用性、準確性，提出綜合評價與具體建議，俾供自來水從業人員及相關單位參考。</p> <p>2、本研究關於進階式水壓管理技測試結果如預期對供水調配及降低漏水具有正向成效，但結論應突顯測試前後臨界點尖離峰壓力降幅才是水壓管理的主題。另期望研究團隊能針對該技術後續引進應用之適用條件提出具體建議，以利實際導入應用。</p>	<p>1、遵照辦理，已於 5.1 節補述。</p> <p>2、遵照辦理，已於 5.2 節補述。</p>

陳曼莉	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究對不同的水壓管理及漏水檢測技術皆作了深入的探討，建議綜整資料，就各種不同管線施工及供水條件進行比較，建立可供工作師參考之 guideline。 2. 有些測試或許受限於測試時間，未能展現更具體之成效，建議後續可再持續進行。 	<ol style="list-style-type: none"> 1、遵照辦理，已於 5.1、5.2 節補述。 2、謝謝指教，台水公司目前已擇定宜蘭地區進行進階水壓管理試辦，以作後續長時間測試及效益評估。
史午康	<ol style="list-style-type: none"> 1、本案之執行相當辛苦難得，建請將結果作綜整以利參考，包括適用之條件，阻礙干擾因素(背景噪音干擾上限…)、靈敏度、與傳統方法之搭配…等。 2、P.71，溝底漏水用戶拒修之反思？在自來水事業權衡對用戶的權利、義務後，對專業的堅持？ 3、P.91~112，4.8 英國 HWM 成功 vs. 失敗之反思？ 4、P.117 vs. P.119，誤差±1.6%如何得到？ 5、文中不清楚的圖，儘可能予以清晰化。 6、文中稱測試失敗的原因，往往是管線/管網當初設計、施工不夠嚴謹。建請針對立刻可具體建議修正部分提出回饋建議。 7、有關背景噪音值「過大」，其允許上限為何？(考量納入前意見 1.之綜整表中) 8、P.154 右欄最後一行未完成？ 	<ol style="list-style-type: none"> 1、遵照辦理，已於 5.1、5.2 節補述。 2、本案仍需與用戶溝通，並持續列管進度。 3、英國 HWM 儀器於台水公司與北水處試作案例，因測試環境及天候不同，造成不同測試結果。 4、遵照辦理，已於 4.10.3. 節補述。 5、遵照辦理。 6、遵照辦理。 7、原 P.154 最後一行於 P.155 第一行接續，已重新排版修正。

<p>陳立儒</p>	<p>1、兩點偵測在現場應用可行，可持續應用累積經驗。</p> <p>2、多點系統是數據分析，因此考量長期使用，台水可考量自行開發在地化設施。</p> <p>3、水壓調整監控，因台灣各地有不同用水模式，離峰時因水塔儲水，仍有節省電費功能，本控制結果仍有幫助。</p> <p>4、本報告工作內容充實，值得鼓勵。</p>	<p>1、謝謝指教。</p> <p>2、.謝謝指教，台水公司目前各實測儀器之開發已與國內相關技術研究單位洽談中。</p> <p>3、謝謝指教。</p> <p>4、謝謝指教。</p>
------------	--	--