



中華民國自來水協會 104 年度研究計畫

# 大用水戶用水管理模式 與智能推斷

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：陳明州

研究人員：林珈汶、周依奇、周家榮、蔡裕國、施俊宏

執行期間：自 104 年 6 月 1 日起至 105 年 5 月 31 日止

中華民國 105 年 5 月



## 摘要

現行自來水事業之用戶用水管理係利用人工抄表時針對異常情形加以記錄並通知用戶，後續再派員現場複查之方式進行。鑑於大用水戶係自來水事業售水量之關鍵來源，為確保水表正確計量，減少水量帳面損失，本研究透過下列作為，發展大用水戶用水管理機制，係全國自來水界之先驅。

- 一、以人工安裝水表記錄器，取得連續密集用水資料，建置用戶用水模式資料庫，並依據分析結果，進行水表口徑及表種改善。
- 二、選定 100 只大用水戶建置無線讀表系統，取代人工安裝水表紀錄器作業，讓用水紀錄時間窗口全開，一窺水表運轉特性全貌；並透過資料探勘找出可能降低計量不靈敏區間之控制因子。
- 三、建置智能推斷專家系統，將用戶用水模式資料結合水費水表營收系統，判斷水表之最適口徑及表種，並試用不同廠商之無線讀表系統，了解系統軟硬體介面優劣及發展需求，擬訂未來採購策略。
- 四、結合大用水戶無線讀表系統，建置水壓監視點，探討以較具效益方式提高水壓監視密度之可行性及具體作法。

經以上研究發現，用戶總水表口徑過大，經執行大改小後，水量收益率增加 4.22%；若 B 級表換裝為 C 級表同時搭配口徑大改小，其水量收益率因此提高至 7.11%；若僅將 B 級水表 C 級化，則水量收益率增加 0.21%，成效不明顯。另透過用水關聯性分析，發現與計量不靈敏區間高度正相關為水表口徑，高度負相關則有持壓閥設置、進水水壓、蓄水池位置深度、進水開關型式等。由於用戶用水成員、習慣或設備改變，造成用水量與水表口徑不匹配，用戶不會主動改善，故透過本研究發展之水表口徑及表種管理模式，有助於自來水事業之長期發展。

此外，本研究實地試用不同廠商之無線讀表系統並進行比較分析，提供自來水事業用水管理發展方向及未來採購建議，亦對結合無

線讀表系統擴充建置水壓及水質監測點提供具體作法，回饋廠商參考改進，有利相關軟硬體之在地化發展，並建構分散式管理架構，提升管理彈性及效率，增進其整合性及附加功能，將用水管理延伸至用戶端，邁向自來水全流程管理的最後一哩路。

## Abstract

The management of the domestic water consumption of the current water utility was the way of applying the time of manual meter-reading to record the abnormal conditions and notify users about that, and then assign personnel to re-check on site. Considering that bulk consumers were the key sources of water consumption for the water utility, in order to ensure correct manual metering and reduce water apparent loss, this research developed the management mechanism of bulk water consumer by the following practices, which was the leader in national water industry.

1. Use the man-installed data logger to get the continuous logging consumption data, to build up the databank of type of water meter and to improve the meters and types of water meter based on the result of analysis.

2. Designate 100 AMR (Automatic Meter Reading) systems for bulk consumers instead of the man-installed data loggers to have much wider time span of recorded data of water consumption, to view the appearance of characteristic of water meter operation and to find out the controlling elements which could probably reduce the zone of inaccurate registration by data mining.

3. Build a smart system and combine the data of domestic water consuming models with billing system of water charge and water meter to judge the appropriate meters and types of water meter. Try out AMR systems from different factories to know the advantage and disadvantage of software and hardware interface of different systems and the development requirements of water utilities and to work out purchasing strategies for the future.

4. Build pressure sensors combining with AMR systems of bulk consumers to discuss the feasibility and concrete operating methods of improving the density monitoring of water pressure in a more benefit way.

It was discovered from the above research that if an over sized water meter was re-sized to smaller one, the benefit rate of revenue would be increased by 4.22%; if the class-B meter was changed into class C meter and matching with smaller water meter re-sized from over sized one, the benefit rate of revenue would be increased by 7.11%; if the class-B meter was changed into class C meter only, the benefit rate of revenue would be increased by 0.21%, whose effect was not obvious. Besides, through the correlation analysis of water supply, there was a positive correlation between the height of zone of inaccurate registration and caliber of water meter, and a negative correlation

between the height of zone of insensitive interval and the elements such as pressure sustain valve, intake pressure, the depth of elevation of water tank position and control valve of intake etc.. The consumers would not improve the problem that the volume of water supply mismatching with meter of water meter due to the change of consumers, water use habits and equipments. Therefore, the management modes of the caliber and types of water meter which were developed through this research could contribute to the long-term development of consumers and water utilities.

Besides, this study tried out different AMR systems from different factories on site and then made comparison and analysis; provided concrete operating methods for combining expanding pressure and water quality monitoring to feed back to the manufacturer to refer to and improve systems, which was benefit to the localization development relevant software and hardware; and built up wide distributed sensors for smart management with IOT & ICT to improve flexibility and efficiency in management, to increase the integration and additional functions and to extend the water supply management to client, which was the last step of overall process management of water supply.

# 目錄

摘要 .....	I
目錄 .....	V
圖目錄 .....	VIII
表目錄 .....	XV
第一章、緒論 .....	1
1.1 緣起與目的 .....	1
1.2 預期效益 .....	4
第二章、研究架構及方法 .....	5
2.1 文獻回顧 .....	5
2.1.1 用水模式分析方法 .....	5
2.1.2 自動讀表暨管理系統應用之使用案例 .....	8
2.1.3 水壓對計量之影響 .....	13
2.1.4 水壓調查、等壓線繪製及GIS管線圖資系統應用 .....	18
2.1.5 資料探勘方法 .....	23
2.2 研究架構及內容 .....	29
2.2.1 研究架構 .....	29
2.2.2 研究內容 .....	30
2.3 用戶用水模式最適口徑智能推斷準則 .....	32
2.3.1 用水模式分析判讀原則 .....	32
2.3.2 主要判讀原則探討 .....	37
2.4 水表改裝效益評估方法 .....	38

2.4.1 個案分析方法 .....	39
2.4.2 宏觀分析方法 .....	40
<b>第三章、大用戶用水管理模式系統建置及應用 .....</b>	<b>43</b>
3.1 人工安裝紀錄器建置用戶用水模式之介紹.....	44
3.2 用戶用水模式類型探討.....	55
3.3 分析案例探討.....	66
3.4 水表改裝效益評估案例探討.....	70
3.4.1 宏觀分析 .....	70
3.4.2 個案分析 .....	72
3.5 大表用戶用水資料探勘.....	75
3.5.1 資料蒐集與前處理 .....	76
3.5.2 資料分析 .....	81
3.5.3 結果探討 .....	95
<b>第四章、無線讀表系統建置及應用 .....</b>	<b>99</b>
4.1 自動讀表系統建置與應用.....	99
4.1.1 建置系統介紹 .....	101
4.1.2 管理介面介紹 .....	103
4.2 自動讀表成本效益評估探討.....	111
4.2.1 建置成本 .....	111
4.2.2 建置效益 .....	112
4.2.3 成本效益探討 .....	116
4.3 水壓監測系統建置規劃.....	117
4.3.1 建置規劃 .....	117
4.3.2 建置成本效益探討 .....	120

<b>第五章、其他用水管理系統比較.....</b>	<b>124</b>
5.1 無線讀表暨管理系統試用探討.....	124
5.1.1 系統建置.....	124
5.1.2 管理系統功能探討.....	127
5.2 小口徑機械表無線讀表系統試用探討.....	140
5.2.1 產品與應用案例介紹與未來應用方向探討.....	140
5.2.2 成本效益分析.....	144
5.3 未來採購策略探討.....	145
5.3.1 試用系統基本比較.....	146
5.3.2 相關無線讀表使用經驗探討.....	147
5.3.3 未來採購策略探討.....	153
<b>第六章、執行成果與建議.....</b>	<b>156</b>
6.1 執行成果.....	156
6.2 建議事項.....	159
<b>參考文獻.....</b>	<b>161</b>
<b>附錄.....</b>	<b>163</b>
期中審查委員意見彙整表.....	163
期末審查委員意見彙整表.....	167
水表(C級)口徑大改小效益明細表.....	171

## 圖目錄

圖 2-1 各流量區段貢獻比例 .....	5
圖 2-2 器差曲線 .....	6
圖 2-3 器差計算 .....	6
圖 2-4 內湖大直地區水壓等高線.....	14
圖 2-5 水壓提升對不同位置水表的影響.....	14
圖 2-6 相對差率及收益率 2 個宏觀指標計算方式.....	15
圖 2-7 內湖大直地區的總表宏觀性能隨著水壓增加而提升.....	16
圖 2-8 臺北管網升壓前後的平均水壓與平均售水量.....	17
圖 2-9 水壓提升 0.5KG/CM <sup>2</sup> 時各種收益成份增加幅度.....	17
圖 2-10 管網比水表更敏感，加壓會產生更多漏水.....	18
圖 2-11 消防栓現場安裝水壓計量測作業.....	19
圖 2-12 水壓調查解決方案示意圖-1.....	19
圖 2-13 水壓調查解決方案示意圖-2.....	20
圖 2-14 內湖大直地區水壓等壓線.....	21
圖 2-15 調查區域水壓分布圖.....	22
圖 2-16 松山加壓站供水範圍量測點水壓趨勢圖.....	22
圖 2-17 HAN AND KAMBER 資料探勘流程.....	23
圖 2-18 資料探勘分類圖.....	24
圖 2-19 資料探勘與統計分析方法比較表.....	25
圖 2-20 資料蒐集與前處理流程.....	26
圖 2-21 不同用水種別之用水比較.....	27
圖 2-22 KALGOORLIE-Boulder 2012 年因應氣候差異之樣本週用水量.....	28
圖 2-23 研究架構 .....	30
圖 2-24 計量誤差產生說明 .....	33

圖 2-25 瞬間流量折線圖(展開圖).....	34
圖 2-26 瞬間流量折線圖(疊合圖).....	34
圖 2-27 進水譜 .....	34
圖 2-28 水量貢獻譜 .....	34
圖 2-29 11 只 75MM 口徑(表齡 3~8 年)器差曲線測試.....	38
圖 2-30 浮球開關進水歷時曲線(流量-歷時).....	40
圖 2-31 相對差率及收益率 2 個宏觀指標計算方式.....	41
圖 3-1 用戶用水模式建置及分析作業流程圖.....	45
圖 3-2 週期折線圖(用水具週期性).....	47
圖 3-3 週期折線圖(間歇性用水).....	47
圖 3-4 週期折線圖(用水具持續性).....	48
圖 3-5 瞬間流量(直接用水) .....	48
圖 3-6 瞬間流量(浮球閥) .....	49
圖 3-7 瞬間流量(定水位閥) .....	49
圖 3-8 瞬間流量(電磁閥) .....	50
圖 3-9 瞬間流量(混合式用水).....	50
圖 3-10 用水模式分析系統作業流程.....	54
圖 3-11 大用水戶用水模式管理分析系統架構圖.....	55
圖 3-12 週期折線圖(新店區中興路).....	56
圖 3-13 水量貢獻普(新店區中興路).....	56
圖 3-14 週期折線圖(北投區石牌路).....	57
圖 3-15 水量貢獻譜(北投區石牌路).....	58
圖 3-16 週期折線圖(文山區木新路 3 段).....	59
圖 3-17 水量貢獻譜(文山區木新路 3 段).....	59
圖 3-18 週期折線圖(信義區市府路).....	60

圖 3-19	水量貢獻譜(信義區市府路).....	60
圖 3-20	週期折線圖(中正區濟南路 1 段).....	61
圖 3-21	水量貢獻譜(中正區濟南路 1 段).....	62
圖 3-22	週期折線圖(內湖區舊宗路 2 段).....	62
圖 3-23	水量貢獻譜(內湖區舊宗路 2 段).....	63
圖 3-24	週期折線圖(中正區博愛路).....	64
圖 3-25	水量貢獻譜(中正區博愛路).....	64
圖 3-26	週期折線圖(信義區光復南路某號對面).....	65
圖 3-27	水量貢獻譜(信義區光復南路某號對面).....	65
圖 3-28	分析結果為口徑適當案例之瞬間流量圖及水量貢獻譜...	67
圖 3-29	分析結果為口徑過大案例之瞬間流量圖及水量貢獻譜..	68
圖 3-30	分析結果為口徑過小案例之瞬間流量圖及水量貢獻譜...	69
圖 3-31	用戶用水設備問題案例之瞬間流量圖及水量貢獻譜....	70
圖 3-32	蓄水池容積法評估大改小後效益.....	73
圖 3-33	水表加裝孔口片前後瞬間流量.....	74
圖 3-34	表後加裝孔口片水量貢獻譜.....	74
圖 3-35	表後加裝孔口片水量貢獻比例之差異.....	75
圖 3-36	水表改裝效益分析流程圖.....	76
圖 3-37	現場勘查紀錄.....	78
圖 3-38	進水開關型式之不靈敏區間水量貢獻比例.....	81
圖 3-39	蓄水池深度之不靈敏區間水量貢獻比例.....	82
圖 3-40	水壓之不靈敏區間水量貢獻比例.....	83
圖 3-41	孔口片之不靈敏區間水量貢獻比例.....	84
圖 3-42	持壓閥之不靈敏區間水量貢獻比例.....	85
圖 3-43	逆止閥之不靈敏區間水量貢獻比例.....	86

圖 3-44	表後制水閥之不靈敏區間水量貢獻比例.....	87
圖 3-45	口徑之平均最大流量.....	88
圖 3-46	口徑之不靈敏區間水量貢獻比例.....	88
圖 3-47	表齡之不靈敏區間水量貢獻比例.....	89
圖 3-48	蓄水池容量之不靈敏區間水量貢獻比例.....	89
圖 3-49	不靈敏區比例相關性分析及 3,148 只水表統計.....	91
圖 3-50	SPSS 訓練及測試-軟體操作分析過程.....	92
圖 3-51	SPSS CLEMENTINE 12.0 分析結果.....	93
圖 3-52	決策樹分類預測結果.....	95
圖 4-1	大用水戶建置 AMR 之合理費用與水量門檻.....	100
圖 4-2	試辦計畫挑選 100 只表的方法與結果.....	101
圖 4-3	孤立點大表之 AMR 傳輸方式.....	101
圖 4-4	AMR 建置架構圖.....	102
圖 4-5	無線傳輸介面可置入表箱內或直接取代現有遠隔顯示器.....	103
圖 4-6	自動讀表之用戶及用水量.....	105
圖 4-7	自動讀表用戶之日、週、月、年用水曲線圖.....	105
圖 4-8	自動讀表斷訊個案一.....	106
圖 4-9	自動讀表抄表錯誤.....	107
圖 4-10	自動讀表斷訊個案二.....	108
圖 4-11	用戶用水模式管理系統之 AMR 傳輸資料匯入功能.....	109
圖 4-12	用戶用水模式管理系統匯入之 AMR 傳輸資料畫面.....	109
圖 4-13	用戶用水模式管理系統自動繪製用水圖形.....	110
圖 4-14	系統自動進行傳輸資料之用水分析.....	110
圖 4-15	系統自動提供傳輸資料之分析結論.....	111
圖 4-16	自動讀表用戶用水設備疑似漏水情形.....	116

圖 4-17 表位設置取壓裝置方式一：水表組前 DIP 管裝設鞍帶取壓 .....	118
圖 4-18 表位設置取壓裝置方式二：拆換表前直管段更換為取壓設 備附快拆濾網.....	118
圖 4-19 A 牌自動讀表結合水壓計安裝(消防栓水壓量測檢核)..	119
圖 4-20 取壓設備附快拆濾網設計.....	119
圖 4-21 取壓設備附快拆濾網設備說明.....	119
圖 4-22 本研究 AMR(水壓及水量)系統架構圖 .....	120
圖 4-23 水汙染影響分布圖.....	120
圖 4-24 水壓、流量同步監控圖(資料來源：興隆國宅觀測數據) .....	122
圖 5-1 甲廠商用水管理硬體現場安裝相片.....	126
圖 5-2 甲廠商用水管理軟體實測登入畫面.....	128
圖 5-3 甲廠商用水管理軟體主面板清單.....	128
圖 5-4 甲廠商用水管理軟體所有設備列表登入畫面.....	128
圖 5-5 甲廠商用水管理軟體水表清單登入畫面.....	128
圖 5-6 甲廠商用水管理軟體水表操作面版.....	129
圖 5-7 甲廠商用水管理軟體流量貢獻譜.....	130
圖 5-8 甲廠商用水管理軟體進水譜.....	130
圖 5-9 甲廠商用水管理軟體流量貢獻相關資料選項.....	131
圖 5-10 甲廠商用水管理軟體流量貢獻的分析區間選項.....	131
圖 5-11 甲廠商用水管理軟體計量區間的體積百分比、時間百分比及 平均流量百分比選項.....	131
圖 5-12 甲廠商用水管理軟體計量區間的體積百分比、實計量測值選 項 .....	132

圖 5-13 甲廠商用水管理軟體計量區間的每日、每月及每年資料選項 .....	132
圖 5-14 甲廠商用水管理軟體計量區間每日、進水體積的實計值「數 值呈現」 .....	133
圖 5-15 甲廠商用水管理軟體計量區間水表特性概覽(本研究案 75MM 口徑水表為例).....	134
圖 5-16 甲廠商用水管理軟體水表一般資訊.....	135
圖 5-17 甲廠商用水管理軟體水表顧客資訊.....	135
圖 5-18 甲廠商用水管理軟體水表端裝置資訊.....	135
圖 5-19 甲廠商用水管理軟體不同天設定傳送資訊.....	135
圖 5-20 甲廠商用水管理軟體警示訊息種類.....	136
圖 5-21 甲廠商用水管理軟體警示訊息資料.....	136
圖 5-22 甲廠商用水管理軟體用水分析頁籤.....	136
圖 5-23 甲廠商用水管理軟體用水分析收費資訊.....	136
圖 5-24 甲廠商用水管理軟體用水分析-細部分析-月用水量每日用水 量 .....	137
圖 5-25 甲廠商用水管理軟體用水分析-細部分析-資料範圍選項	138
圖 5-26 甲廠商用水管理軟體用水分析-細部分析-建立比較(參考)用 水歷時資訊.....	138
圖 5-27 甲廠商用水管理軟體用水分析-細部分析-資料比對....	139
圖 5-28 甲廠商用水管理軟體用水分析-細部分析-紀錄數值資料顯示 .....	139
圖 5-29 乙廠商 無線讀表裝置底座固定.....	141
圖 5-30 乙廠商 無線讀表裝置組裝完成.....	141
圖 5-31 乙廠商無線讀表裝置運作測試.....	141

圖 5-32 乙廠商無線讀表裝置高度量測.....	141
圖 5-33 乙廠商無線讀表現場測試.....	142
圖 5-34 乙廠商無線讀表判讀區域框選.....	142
圖 5-35 乙廠商無線讀表度數判別結果.....	142
圖 5-36 乙廠商無線讀表裝置民生東路 4 段 80 巷安裝完成照片 .	142
圖 5-37 乙廠商整數位進位數判別有誤(將 71.561 誤判為 72.561 度) .....	143
圖 5-38 水表整數位數無對準線.....	143
圖 5-39 乙廠商無線讀表應用於小區計量.....	144
圖 5-40 2016. 3. 3 15:12PM 75MM 水表器示值 .....	150
圖 5-41 2016. 3. 3 15:12PM 甲廠商用戶端分析儀傳輸值 .....	150
圖 5-42 2016. 3. 29 14:58PM 75MM 水表器示值 .....	151
圖 5-43 2016. 3. 29 14:58PM 甲廠商用戶端分析儀器示值 .....	151
圖 5-44 甲廠商用水管理軟體 用水分析 2016 年 3 月 9 日最大流量疑似錯誤資料.....	151

## 表目錄

表 2-1 美國自來水事業實施水表自動讀表情形.....	10
表 2-2 臺灣地區自來水事業無線自動讀表實施情形.....	13
表 2-3 用戶用水管理模式繪圖方法與圖形分析.....	34
表 2-4 圖形分析系統評定邏輯.....	37
表 3-1 北水處大用水戶數及大口徑水表數統計表.....	43
表 3-2 大用水戶、大口徑水表相關定義說明表.....	43
表 3-3 大口徑水表月平均用水量低於 1,000 度統計表.....	44
表 3-4 水表紀錄器及自動傳訊紀錄器規格表.....	46
表 3-5 分析結果為口徑適當及改善方式.....	66
表 3-6 分析結果為口徑過大及改善方式.....	67
表 3-7 用戶用水設備異常案件統計.....	69
表 3-8 用水模式影響因子統計表.....	80
表 3-9 皮爾森相關係數的意義.....	90
表 3-10 模式規則.....	94
表 3-11 訓練及測試準確率.....	95
表 4-1 各口徑水表採取自動讀表所需成本估算表.....	112
表 4-2 水壓、流量同步數據例.....	123
表 5-1 用戶水栓背景資料詳如表.....	125
表 5-2 採乙廠商產品抄計小區計量表與傳統方式成本比較.....	145
表 5-3 甲廠商之用水管理軟體與北水處現行用水管理系統比較.....	146



# 第一章、緒論

## 1.1 緣起與目的

自來水事業主要營業收入為給水收入，須仰賴水量計之計量作為收費依據，故水量計能否充分發揮計量功能與自來水事業之經營息息相關。為確保水表正確計量，自來水事業單位從口徑設計、審查、採購、檢驗、安裝、維修及汰換，到進入用戶端的進水流量管理，均訂相關規範，以調整進水流量在水量計準確計量範圍內。

然而計量誤差除了水表器差外，尚因配水管水壓、蓄水池位置、浮球控制閥啟閉、用戶用水習慣隨著季節及用水標的改變而有不同的變化等因素影響計量之精確度。目前自來水事業依經濟部標準檢驗局 94 年 3 月頒訂「水量計檢定檢查技術規範」第 3.11 節規定：「水量計之檢定合格有效期限為 8 年。」故目前北水處所使用中之 165 萬只用戶水表，除透過定期抄表發現故障必須汰換外，其餘均以製造檢定年份屆滿 8 年再予汰換，並未特別予以評估其運轉狀況之合理性。

水表管理是一項繁雜且重要的業務，包括水表型式與口徑之選用、型式認證、測試和校準、水表設置與汰換及數據資料紀錄分析。惟現今不論水處或國際自來水同業，新設水表口徑僅由設計規範決定，於設計階段僅考量戶數及每人每日用水量，但安裝後並未回顧檢視實際用量是否與其口徑匹配，亦即欠缺「口徑管理」的機制，導致口徑永恆不變，往往發生損失應得的水量而不自知。

然因每一用戶用水習性迥異，水表最適表種及口徑選擇，應以進水譜(計量各區間之時間比例)為考量。由進水譜可了解進水最大最小流量分布於何水表特徵流量點區間及用戶 1 週進水分布狀況，不僅反映用戶用水模式並可得知其內線設備狀況，由進水譜可了解用戶用水各式流量組成比例，發覺是否小流偏多，據此可判斷水表型式與口徑是否匹配；以口徑 75mm 水表為例，同樣用水量為 85 立方公尺，卻因用戶用水行為模式不同(如 1 小時進水 85 立方公尺的流量過載或分 3 小時平均進水的妥適流量或長時期進水的低流量大誤差等)，導致進

水譜完全不同之結果。若水表長期處於超過適用流量範圍，導致機件磨損而損壞，不但造成換表成本增加，更因水表故障期間，無法正確計量而有水費營收短少之虞；反之，當水表長期進水量過小，產生不感度水量，不僅造成無計費水量且致抄表度數短少的情況發生。

進水譜之量測須採用連續紀錄之電子設備，其裝置成本較高，若普遍裝設則顯無效益，故應以大用水戶為主要考量，且大用水戶為自來水事業之關鍵營收來源，以北水處為例，每月用水量 1,000 度以上之大口徑水表(總表、直接表)約有 4600 只，水量卻佔轄區用水量的四分之一。因此，若能全面針對 50mm 以上大型用戶提升水表準確性，建置用戶用水進水模式，藉由有效的水表管理來發掘並解決問題，將可發揮管控關鍵少數，以最少成本獲取最大利益的效果。

基於上述理由，本研究前曾針對目前口徑 50 公厘以上總表及直接表，全面逐只檢視其用戶用水模式與檢討設計口徑是否合宜，藉由水表紀錄器記錄連續密集的用戶用水歷時及進水譜變化監測、用戶表位現況與進水控制普查，建立一表一卡檔案及資料庫管理。

隨著樣本數的增加，須建置完整資訊管理系統功能，以支援更進一步的應用與歸納分析，並與水費水表營收系統介接，加強系統管控機制，達適當的使用授權及資料管理，並即時更新資料庫及擴展資料運用，透過與水費水表營收系統結合，藉由水栓歷史用水資料分析，由系統執行自動進行適當口徑及表種之推論判斷。且計量誤差除源於水表器差曲線外，尚須整合各流量區間累計量與器差曲線之疊加，本研究建置大用水戶用水模式分析管理之專家系統，將提供各水栓最適表種、口徑之智能推斷功能，以增進水表計量準確性之診斷效率。

另，前述安裝水表紀錄器擷取瞬間流量時間序列，係以 1 週的資料量繪製流量趨勢曲線、水量貢獻譜等圖形，分析水表運轉流況是否匹配其特性。惟 1 週的紀錄時間窗口過窄，仍無法一窺水表運轉特性全貌。如能採用無線自動讀表(AMR)，上述問題便可獲得解決，不但時間窗口全開，且數據類型可依分析需求擷取瞬間、累計值，對水表

的特性與用戶用水模式可進行更為深入的了解。由於大表建置 AMR 時一併更新水表，可利用分析軟體做水表安裝後體質由新到舊的變化研究，將現地數據回饋廠商進行水表改良。又因為取得之數據為連續性，更可觀察大用戶用水模式於最大時、最小時的比例，提供管網水理分析之用，甚至由流量逆走判斷用戶是否倒裝竊水。

故本研究將對「用戶用水分析管理系統」進行功能建置，使該軟體除能匯入人工下載的紀錄檔，進行離線（Off-line）分析外，亦可介接 AMR 之回傳資料，對於用水趨勢與水表運轉狀況的變化情形，可做連續性的觀察，例如小流量區間運轉頻度遞減，可視為水表靈敏度衰退的指標；超載流量區間的運轉頻度，則屬於運轉極限負荷的指標，如果屢屢超載達一定次數，則水表極易損壞，即發出警報，讓管理單位可以採取必要措施。藉由無線自動讀表建置試辦，初步了解無線傳輸讀表設備之穩定性、耐用性及傳輸資料準確性，作為未來逐步擴大建置對象之參考依據。另利用即時回傳之資料進行分析，了解用戶用水狀況、水表是否衰退、口徑合適性，並評估取代既有人工抄表、改變水費疑義之複查與判定機制之可行性。更可了解民眾用水增減之趨勢，迅速察覺異常狀況或內線漏水，減少水資源浪費。

另著眼於自來水事業之日常營運支出以加壓站之耗能為大宗，故如能取得供水轄區內之水壓分布，便能有效區劃各加壓站之勢力範圍，並作加壓站之成本耗能估算，評估興建中小型加壓站之整體效益，以達到輸水之最佳化管理，然目前管網遠端傳輸水壓監控建置點較為稀疏，而興建壓力監視點之初期及維護成本高，亦不易廣設，因此配合 AMR 逐步推展，已提供資料傳輸平臺，若能搭配水壓計的安裝，更可藉力使力，協助自來水事業單位，規劃、評估、建置完整的水壓監視網。舉例來說，現行無線水壓監視點每點建置成本約 25 萬元，且維護不易，往後若結合於表位，成本應不致超過 3 萬 5000 元，實為對自來水事業單位及提供用戶即時供水資訊的雙贏。

據此，本研究將針對大用水戶透過有線水表紀錄器使用及 100 只

自動讀表系統試辦，作為大用水戶用水管理、口徑最佳化評估分析基礎，且配合結合表位水壓監測系統的規劃，提出北水處未來2016~2017年整體自動讀表1800處之軟硬體需求及發包策略建議，以供自來水事業後續可行的大用戶用水管理系統建置與營運。

## 1.2 預期效益

針對口徑50公厘以上總表及直接表，以人工裝設水表紀錄器，進行連續密集的進水歷時曲線記錄，並針對水栓進水背景(水壓、配水管種等)、現況(含持壓閥、地下水池浮球開關等)與歷史用水紀錄等進行普查，建立一表一卡檔案及資料庫。

利用水表紀錄器記錄用戶進水歷時資料，繪製各栓進水譜以了解流量分布區間、繪製週期(7天用水週期)折線圖以了解進水流量歷時、並了解各流量區間水量貢獻比等，以分析是否小流偏多，據此判斷水表型式與口徑是否匹配；再搭配內線設備的運作狀況，如持壓閥、水池開關種類、表後水池等設置情形，熟悉、確認用水設備與用水模式之關聯性。

本研究建置大用水戶用水模式分析管理之簡易判斷準則，提供各水栓最適表種、口徑之智能推斷功能，提升水表計量準確性。

試辦自動傳輸讀表，並經由測試結果，初步了解無線傳輸讀表設備之穩定性、耐用性、傳輸資料準確性及軟體操作介面需求，及取經驗作為未來逐步擴大建置對象(2016~2017)年北水處1800戶月用水千度以上用戶)之發包策略依據。另利用即時回傳之資料進行分析，了解用戶用水狀況、水表是否衰退、口徑合適性，並評估取代既有人工抄表、改變水費疑義之複查與判定機制之可行性。更可了解民眾用水增減之趨勢，迅速察覺異常狀況或內線漏水，減少水資源浪費。

針對大用水戶結合既有自動讀表傳輸介面建立，規劃未來安裝水壓計、快篩濾網、遠端控制開關等，增加管網中水壓偵測密度，利用具導壓功能之傳輸模組即時遠端傳輸水壓數據，透過網頁分享平台供相關人員以行動裝置即時監控，提供更佳的供水品質之政策方向。

## 第二章、研究架構及方法

本研究以建立用戶用水行為模式為基礎，建立用戶水表最佳口徑管理準則，長期並將搭配用戶端水壓監測之規劃、發展供水調配水壓管理，茲將蒐集相關文獻、研究架構及分析與應用方法論述如下。

### 2.1 文獻回顧

#### 2.1.1 用水模式分析方法

在 Julian Thornton & Reinhard Sturm & George Kunkel 之 Water Loss Control 一書中提到要評估水表的口徑與表種適應性，便必須進行各流量區段貢獻比例的計算及用戶水表器差曲線取得(如圖 2-1、圖 2-2)，而於計算用戶整體器差時，將兩者疊加計算。

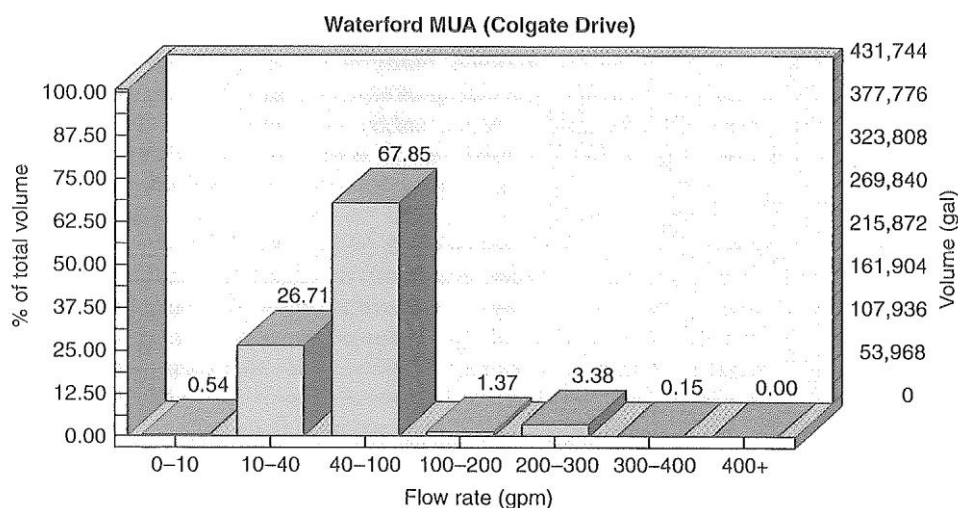


圖 2-1 各流量區段貢獻比例  
(資料來源：Water Loss Control)

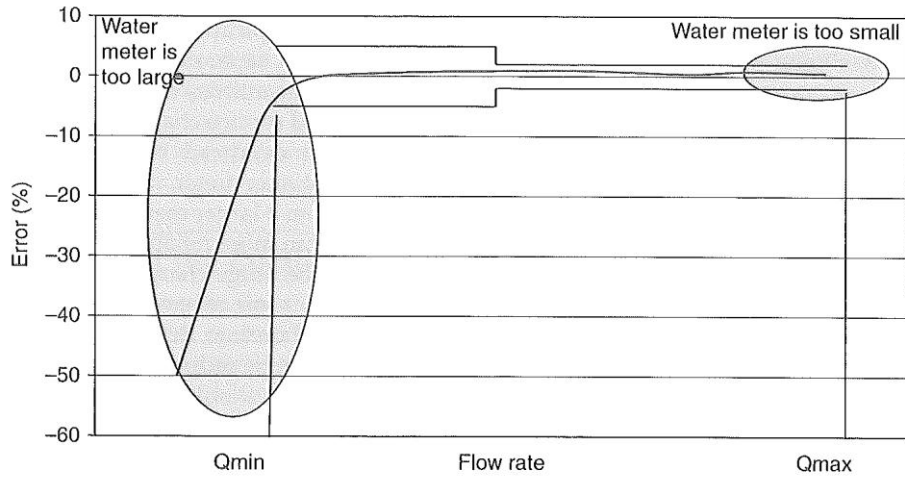


圖 2-2 器差曲線  
(資料來源：Water Loss Control)

Percent of Time	Range, gpm	Average, gpm	Percent Volume'
15	Low 0.50-1.0	0.75	2.0
70	Medium 1-10	5.00	63.8
15	High 10-15	12.50	34.2

Test Flow Rates	Mean Registration, percent
Low flow (0.25 gpm)	88.8
Medium flow (2.0 gpm)	95.0
High flow (15.0 gpm)	94.0

Percent Volume (%V)	Total Sales Volume' (Vt) million gal	Volume at Flow Rate (Vf) (%V × Vt) million gal	Meter Registration (R)† percent	Meter Error (ME) ME = Vf/(0.01R) - Vf million gal	Meter Error (ME) million gal
2.0	2,318.8	46.38	88.8	[(46.38/0.888) - 46.38]	5.85
63.8	2,318.8	1,479.39	95.0	[(1,479.39/0.95) - 1,479.39]	77.86
34.2	2,318.8	793.03	94.0	[(793.03/0.94) - 793.03]	50.62
Total Residential meter error (line 8).....					134.33

圖 2-3 器差計算  
(上：水量貢獻比例；中：各流量區段器差；下：器差計算)  
(資料來源：Water Loss Control)

如圖 2-3，上圖為各低、中、高水量貢獻比例，中圖為水表各流量區段之平均計量比率，下圖為計量誤差計算結果 134.33 百萬加侖，而總銷售量為 2318.8 百萬加侖，則計量器差為  $134.33 / (134.33 + 2318.8) \times 100\% = 5.5\%$ 。

另外，在 AWWA(American Water Works Association) 供水執行手

冊 M22 2004 年第 2 版手冊中提到要取得用戶水表之需求曲線(水量貢獻譜等)，則必須使用附加於水表上之特定流量紀錄器來加以應用，而裝設水表紀錄器有 4 目的：

- 一、檢測現有的水表規格是否適當，作為例行維修與更換程序的一部分。
- 二、執行用水審核和偵測漏水程序。
- 三、收集尖峰用水資料以作為成本研究。
- 四、收集尖峰即時需求資料作為需求曲線，此曲線圖作為新設和現有水表規格管理之依據。

而決定現有的水表規模是否恰當，進水資料必須提供精確的用水尖峰流量資料、整個紀錄區間觀測的流量及其各流量區間進水百分率(包括從零到最大的水流量紀錄)、最低的臨界流量(包括低於水表的某個特定精確範圍所設定分級範圍的水流量，即特徵流量點資訊)及高流量(特徵流量點之極限流量資訊)。

水表口徑最佳化的目標是在不影響供水壓力或是消防水量需求之下，獲得額外收入回報，但必須注意不致讓水表因經常使用較高流量區間而增加水表維修成本。舉例來說，該文獻提到經常用水量 600gpm (136.20 m<sup>3</sup>/hr) 的客戶使用 150mm 渦輪型水表可能會比 100mm 渦輪型水表更恰當，原因是，這兩種水表都能精確的測量水流量，但 150mm 渦輪較經得起耗損。恰當的水表口徑最直接的利益是精確的用水量，水表更符合用戶的用水型態，可更公平可靠的紀錄用水量並收費。額外的收入增加和適當的水表口徑有關係，但該文獻提到這種貢獻量通常不是很明顯。

另在 Tim Edgar 在大型水表手冊(1995, pp. 41—42)一書中的案例，100 單位(無法確知單位為何)公寓建築若改採口徑 100mm 渦輪型水表將增加其潛在收入。經該文獻評估若實際用水量是 1893 立方公尺，但是其中很多是落在既有水表(無法確知口徑，但口徑應大於 100mm)之不靈敏區間。因為原水表在低於 2.72 m<sup>3</sup>/hr 的最低流量較

不精確，估約 15%沒有被記錄、收費，其間接亦影響污水下水道使用費，故導致每年用水和污水下水道合計損失約 1700 美元。Edgar 指出，如果一個自來水公共事業口徑不適當的水表有 100 個，六年內將造成事業單位財政損失一百萬美元。

波士頓自來水及污水下水道委員會於 1990 年開始執行口徑縮小計畫。波士頓工程處長 John Sullivan 在 American Water Works Association 報告，1990 年 8 月到 1992 年 4 月之間，計費水量因縮小口徑而增加 3,222 噸，因此，合併自來水和污水下水道之收入，預期五年內將增加 6,800 萬元(1991 年幣值)。

用水資料應記錄一段持續期間，方可取得使用者的尖峰、平均和最低用水量。以學校或工廠為例，記錄其放假期間內的用水資料並不恰當，故用戶用水資料，至少應持續記錄一個星期，並考慮季節性及週期性循環等重要影響因子，例如，用戶在炎熱的夏天用水量大幅增加，記錄這期間的用水資料，可取得高峰流量重要用水資訊。

執行用戶用水分析時應預測潛在的需求改變，例如，在新住宅開發區之用水量，將因建案完工而下降；商辦大樓出租流動率高、製造瓶裝水公司可能改為倉庫或是物流公司而大幅減低用水，這些用水形式改變，對用戶用水分析調查結果有重要影響，若未適時重新調整水表的大小，該水表新的用戶將可能成為未計費水量的受益者。

### 2.1.2 自動讀表暨管理系統應用之使用案例

黃錦珍及林享禮於 1998 年「自動讀表系統概述」文中指出，自動讀表系統為電腦與通訊技術整合，其原理是能源公司將用戶使用能源(水、電、瓦斯)度數與使用狀況，透過電話線、網際網路、GPRS 等傳輸媒介傳回資料，以達能源公司計價收費、能源管理之目的。黃仲佑於 1997 年「自動讀表系統」文中，則將自動讀表系統分為「集中抄表型讀表系統」與「公眾網路型讀表系統」。其中「集中抄表型讀表系統」乃指大樓或社區內為了提高抄表效率，不干擾用戶日常生活與空間隱私，並提升安全管理需要，透過無線或有線型式進行集中

抄表作業。而「公眾網路型讀表系統」係利用現有通訊網路或傳輸網路為媒介，進行整個地區甚至全國性讀表工作。以下針對國內外使用情形進行說明。

#### 一、國外

國際水協會(IWA)2014年7月出版的 Water21 雜誌在「北美公用事業智慧型計量的新紀元」文章中指出，北美為減少自來水流失，並提供更符合成本效益的服務，其自來水及廢水工業致力於採用更先進的讀表技術，進行資料分析和用水管理。例如多倫多市將大約 47 萬只老舊水表更新為自動讀表系統，讓客戶透過網站查看自己的用水量，節省客戶服務專線的開支。另外，多倫多因天氣寒冷，水表均安裝於室內或建築物內，為避免打擾客戶、節省人工抄表成本，故利用傳訊普及化的優勢實施自動讀表。其自動讀表的傳訊器以電池供電，並以每次 0.25 秒的速度、一天回傳 4 次的方式傳輸資料，資料傳送後，裝置即自動關閉，以利系統能持續使用 20 年。消費者可透過國際網路連線得知即時的用水量，對節約用水有所助益。當客戶打電話異議水費突增時，服務中心可線上查詢用水量分析資料，正確指出問題所在，而非派遣技術人員前往客戶住處查看。全部預算約加幣兩億一千九百萬元，均由自來水事業支應，消費者不須支付額外的費用。由於自動讀表具有取代人工抄表、改善客戶服務等提高經營效率的效益，相關建置成本估計約六年可以回收。該公司在實施之初，即訂有縝密的客戶溝通計畫，使安裝新水表過程透明化，以增強客戶信心；教育第一線職員，以建立一致的基本知識；並和全市各行政區民意代表會面，持續不斷溝通，每週亦固定和承包商、收費部門、資訊部門及客服部門開會討論相關問題，整合收費、作業流程、設施資料等相關管理系統，以確保資料健全性。另外，發包水表系統因不同於典型的工程，必須仔細審視契約的條款細則和履約保證金及保險，以確定制訂的條款細則能讓廠商合理競標，這些細節都是實施自動讀表的成功關鍵因素。此外，多倫多南部負責管理全市共 280 個公園、林蔭道

路和休閒設施的政府部門，改採每 40 個小時讀表一次的智慧型水表並安裝智慧型水管理系統，即時監控水流量，發現異常地點快速回應，實施一年後即節省相關成本約一百萬美元。

有鑑於自來水事業近年來綠色環保、資料分析運用及積極改善無費水量的發展趨勢，美國的二代技術供應商 IBM 及 Itron 公司，積極投入自動讀表系統市場，研發相關智慧平台，結合多樣化的系統和資料，如監控系統和數據採集(SCADA)、客戶資訊系統、地理資訊系統(GIS)、企業資產管理、電腦維修管理系統、水位和流量監控系統等，提供自來水用戶的用水資料統計分析，使自來水事業透過該平台進行供水調配、漏水管理及推動節約用水。同時，平台亦提供客戶客製化方案，開發客戶專屬的應用軟體，結合異常偵測、警示和派工功能，派遣人員赴現場調查，並將資深人員的知識保留下來。

除此之外，美國喬治亞洲奧古斯塔市、印第安納州 Wayne 市、德州休士頓市、北卡羅來納州夏洛特市、堪薩斯市、威斯康辛州等自來水公司，自 1998 年起均陸續推動實施自動讀表系統，利用公司電腦及無線電波(RF, Radio Frequency)裝置，只要開車經過用戶附近區域即可自動搜集資料，縮短水費發單週期，使用戶較易掌握用水情形及減輕每期帳單金額，且可幫助用戶作預算執行及儘早發現漏水。本研究將相關資料整理如表 2-1。

表 2-1 美國自來水事業實施水表自動讀表情形

自來水公司	時間	自動讀表 戶數	備註
德州休士頓市自來水公司	1998 年	74%用戶	2004 年全美大城市中第一個全面實施自動讀表的城市。

費城郊區自來水公司(PSW)	2001 年	費城郊區 26 萬用戶	當時民營水公司中最大一項 AMR 實施計畫，亦是全美第三大 AMR。 水費發單由三個月一次改成二個月一次。
印第安納州 Wayne 市自來水公司	2002 年	約 7.5 萬戶	
北卡羅來納州夏洛特市自來水公司(Charlotte Mecklenburg)	2002 年	3 萬用戶	2007 年全面實施自動讀表
奧古斯塔市自來水公司(Augusta)	2003 年	6 千戶商業用戶 1 千戶家庭用戶	
堪薩斯市 WaterOne 水公司	2005 年	1.2 萬商業用戶	
多倫多自來水公司	2008 年	46.8 萬用戶(含 1.6 萬工業及商業用戶)	
威斯康辛州麥迪遜自來水公司(MWU, Madison Water Utility)	2013 年	6.7 萬戶	實施初期遭遇民眾質疑無線電波影響人體健康的阻力，故提供民眾有選擇自由退出的權利，惟經宣導有方，最後加入自動讀表的用戶高達 99%。

澳洲雪梨市目前自動讀表系統以無線抄表為主流，水表出廠時已有內建式遙讀設備。大部分自來水公司選擇無線自動抄表，抄表員可選擇走路或開車方式，將方圓 100 公尺內水表自動讀入，俟返回公司後再將抄表資料下載於主機進行收費及客戶分析。

日本自來水事業採用自動抄表系統者，東京都水道局約 5 萬件(占東京都整體表數約 1%)、埼玉市水道局約 7 萬件(占埼玉市整體表數約 25%)、蘆屋市水道部約 1 萬件(占蘆屋市整體表數約 50%)，主要係採用電子式水表或遙控式水表，操作模式係利用 NTT 電信線路，採有線通訊方式傳輸。其自動抄表系統通訊基準相關法規包括總務省訂定「有線電氣通信法及相關法規」及「日本電信電話株式會社規則及技術基準」等規範。

## 二、國內

因實施自動讀表，須將水表由機械式改為電子式，臺灣目前各口徑水表雖已有生產電子表，只要在水表上安裝傳訊設備即可實施自動讀表，惟價格約為機械表的 1.9 倍，在投資成本效益考量下，小口徑電子式水量器市場上僅有一家。目前國內水表應用自動讀表裝置與使用均止於小地區階段試辦性質，統計至 2014 年為止，台灣自來水公司共實施 1908 處；臺北自來水事業處共實施 51 處(如表 2-2)。

表 2-2 臺灣地區自來水事業無線自動讀表實施情形

年份	實施項目
2002 年	台水公司第六區管理處用戶表自動讀表
2003 年	台水第六區管理處總水量計自動讀表系統 台水第一區瑞芳所管理表自動讀表
2004 年	台水第六區管理處用戶表自動讀表(擴建) 台水第七區管理處用戶表自動讀表
2005 年	台水第二區出配水總水量計表自動讀表系統
2006 年	台水第一區出配水總水量計表自動讀表系統
2007 年	台水第七區出配水總水量計表自動讀表系統
2008 年	台水第三區出配水總水量計表自動讀表系統
2009 年	擴建台水第七區質、量、壓與馬達監測系統 台水第區四管理處 DMA 分區計量監測(水量、壓力)
2010 年	建置台水第區九管理處水量、水壓管理系統(結合 GOOGLE 地圖) 試辦臺北自來水事業處水量、水壓自動讀表無線監測回傳
2011 年	擴建台水第區七管理處澎湖離島質、量、壓與馬達監測系統 擴建台水第一區管理處質、量、壓管理系統(結合 GIS 地理圖資)

### 2.1.3 水壓對計量之影響

就一般常識所了解的，水壓愈大則計量效果愈佳，而北水處黃欽稜於 2013 年便曾以「管網水壓對水表計量之影響分析—以臺北為例」為題(An Analysis of Water Pressure Affecting Metering Performance of Domestic Meters in Taipei)作宏觀的資料分析，該研究以臺北市內湖大直地區之水壓等高線，經由 2000~2001 年臺北供水全面升壓，比對前後 1999 年及 2002 年未升壓之抄表資料來分析，分析結果為當管網水壓提升約 0.5kg/cm<sup>2</sup>，用戶水表「計量性能」增加 2.1%，自來水「實際用量」增加 2.1%，兩部分合計後使整體收益增加 4.2%。

該論文首先利用臺北市內湖大直地區 2009~2010 年經消防栓安裝水壓計作壓力普查的水壓等高線圖(如圖 2-4)，了解水壓等高線間

所有水表的供水壓力，然後透過分析等高線間用戶水表的用水度數。

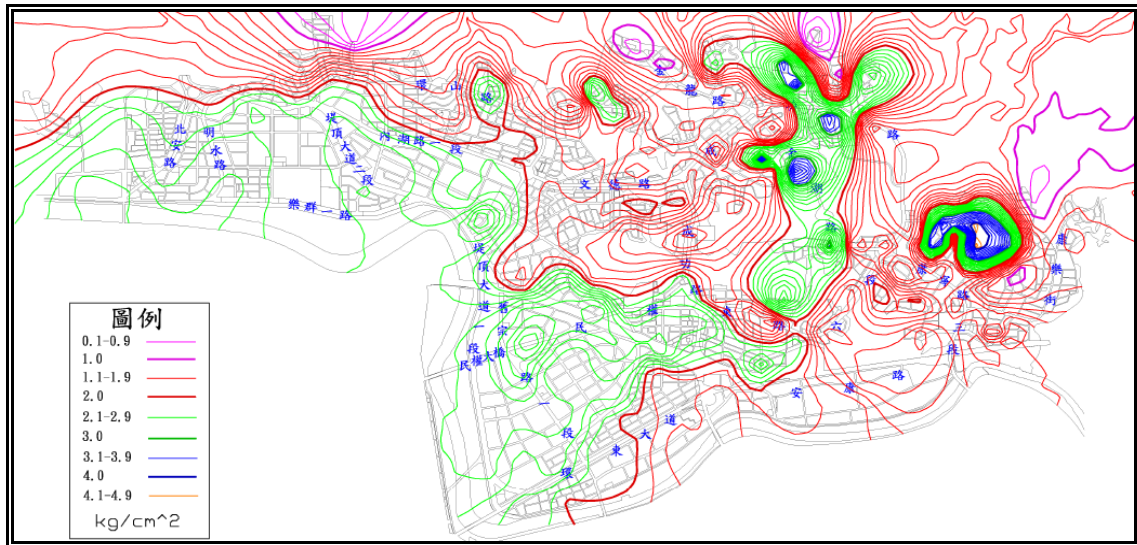


圖 2-4 內湖大直地區水壓等高線

(資料來源：黃欽稜，An Analysis of Water Pressure Affecting Metering Performance of Domestic Meters in Taipei, 2013)

而分析用水度數的思考如圖 2-5，可想見水壓會對直接表及總表有所影響，而對分表毫無作用，此外水壓對總表應只有計量效能的提升，而無使用量增加之狀況，故探討總表相對於分表計量之增加，即為水壓對計量性能提升之影響。

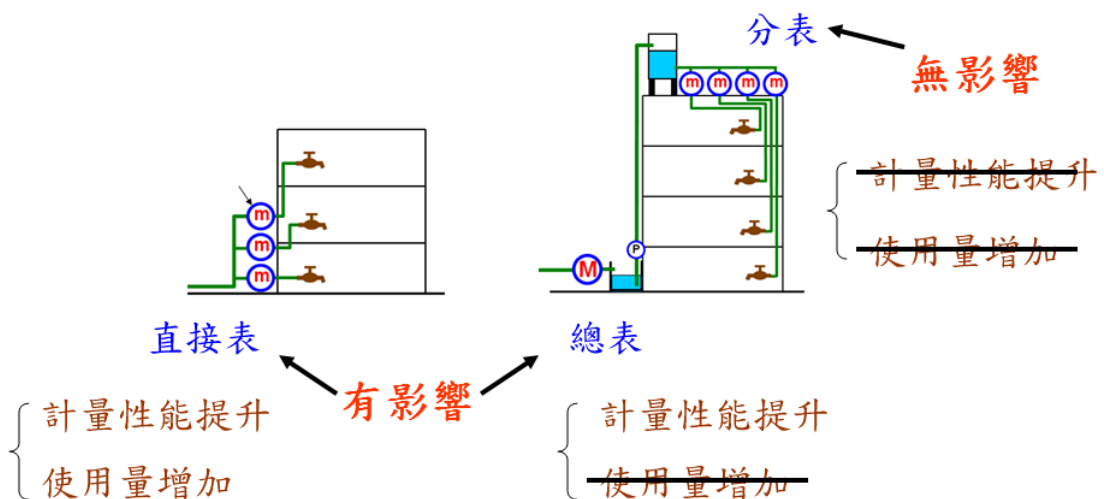


圖 2-5 水壓提升對不同位置水表的影響

(資料來源：黃欽稜，An Analysis of Water Pressure Affecting Metering Performance of Domestic Meters in Taipei, 2013)

其次，因水壓對直接表除增加計量效能外，亦因水壓增加造成水

龍頭開關啟閉瞬間流量的增大(即使用量增加)，因此在假定總表與直接表計量效能增加雷同的前提下，若了解整個區域的用水增量，扣除總表及直接表計量效能提升，即為不同水壓間對直接表使用量增加之影響。

然首先為評估總表計量性能增量，該論文設定兩個評估指標(如圖 2-6)，即相對差率 ( $\varepsilon$ ) (表示水表相對於分表度數之增加比率)及分攤收益率 ( $\beta$ ) (這是考量因水壓增加所能實質增加的營收比率)。

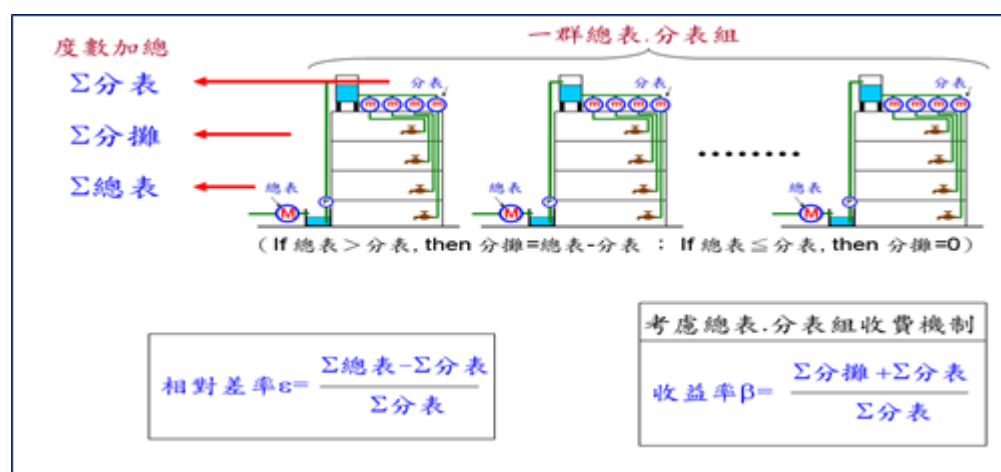


圖 2-6 相對差率及收益率 2 個宏觀指標計算方式  
(資料來源：黃欽稜，An Analysis of Water Pressure Affecting Metering Performance of Domestic Meters in Taipei, 2013)

經計算結果，可以發現透過線性迴歸得知，當水壓提升 0.5kg/cm<sup>2</sup>，若只看總表增量表現 ( $\varepsilon$ )，其計量效能提升 2.3%；若考慮收益增量 ( $\beta$ )，則提升 2.1%。因此，增加水壓 0.5kg/cm<sup>2</sup> 帶來的「實質」計量性能提升為 2.1%。如下圖 2-7 所示。

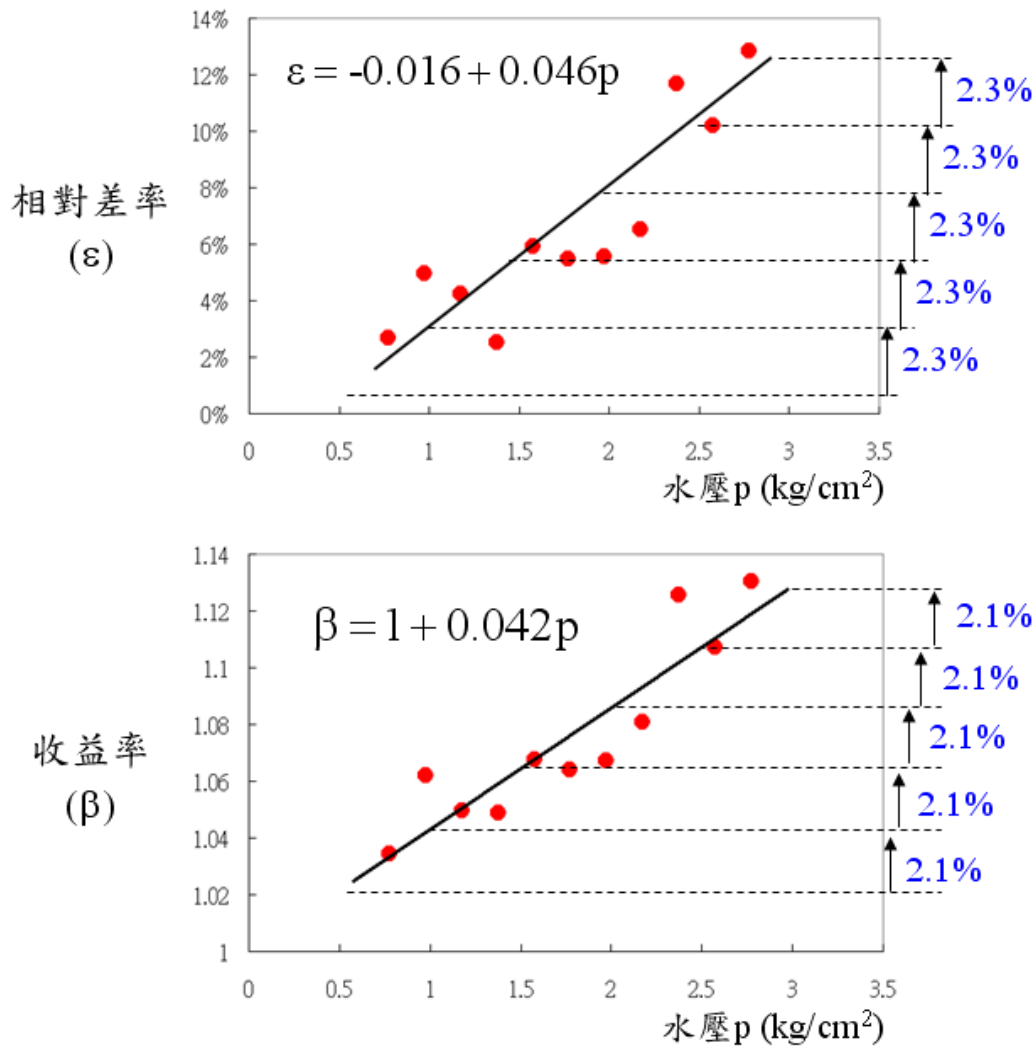


圖 2-7 內湖大直地區的總表宏觀性能隨著水壓增加而提升  
 (資料來源：黃欽稜，An Analysis of Water Pressure Affecting Metering Performance of Domestic Meters in Taipei, 2013)

而先前提過臺北曾經於 2000 年、2001 年全面提高管網水壓兩年，因管線漏水增加，之後再調回原水壓，這增壓兩年間，管網抄表所得之售水量成長（專線支援之售水量不計入），如圖 2-8 所示，比對未升壓的 1999 年及 2002 年，可算出水壓提高  $0.5\text{kg/cm}^2$ ，整體收益增加 4.2%。

	1999、2002年 (未升壓)	2000、2001年 (升壓)
平均水壓 (kg/cm <sup>2</sup> )	1.58	1.90
平均售水量 (億噸)	5.63	5.78

圖 2-8 臺北管網升壓前後的平均水壓與平均售水量  
(資料來源：黃欽稜，An Analysis of Water Pressure Affecting Metering Performance of Domestic Meters in Taipei, 2013)

故回推直接表的使用量增幅如圖 2-9，便可依照售水量比例計算出直接表的「使用量」增幅為 6.0%。


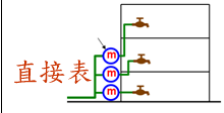
		水壓提升0.5kg/cm <sup>2</sup> ：			
		售水量 比例	計量性能 增幅	使用量 增幅	整體收益 增幅
	65%	2.1%	0	4.2%	
	35%	2.1%	6.0%		
平均			2.1%	2.1%	4.2%

圖 2-9 水壓提升 0.5kg/cm<sup>2</sup> 時各種收益成份增加幅度  
(資料來源：黃欽稜，An Analysis of Water Pressure Affecting Metering Performance of Domestic Meters in Taipei, 2013)

該論文有如下結論：

(1) 若不分水表安裝位置，依售水量比例加權平均後，當水壓提升 0.5kg/cm<sup>2</sup> 時，「計量性能」與「使用量」平均增幅為 2.1%，「整體收益」增幅則為 4.2%。詳圖 2-9 表格最後一列。

(2) 在臺北的水壓範圍內 (0.5~3 kg/cm<sup>2</sup>)，提高管網水壓的確可增加水表營收，並略呈線性關係，但水壓超過 3 kg/cm<sup>2</sup>，收益是否仍維持線性增幅，或者漸趨平緩，則因為缺乏數據，目前無法推論。

(3) 由於臺北管網體質不佳，漏水率偏高（2012 年約 20%），升壓後，老舊管線漏水增幅遠大於水表收益，如圖 2-10，臺北管網「水壓-漏水」關係式的  $\eta$  為 1.85，大於「水壓-水表收益」之  $\eta$  值，除非改善管網體質，否則不可透過提升水壓的手段來增加營收或降低 NRW。

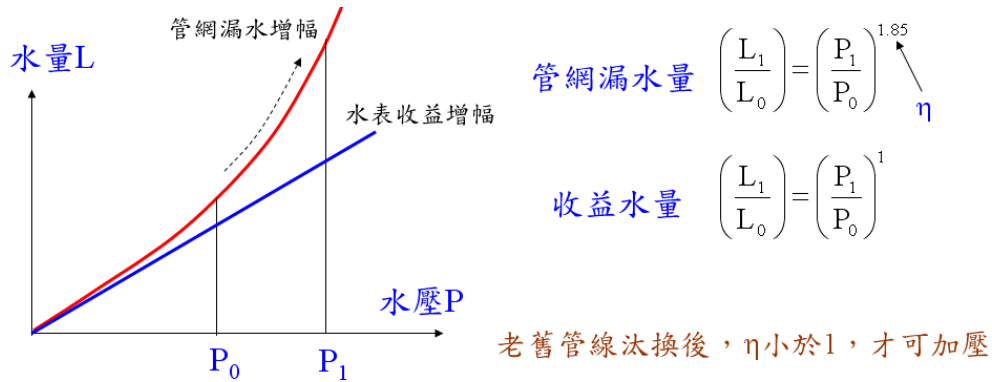


圖 2-10 管網比水表更敏感，加壓會產生更多漏水

#### 2.1.4 水壓調查、等壓線繪製及 GIS 管線圖資系統應用

水壓監視點的布設，除可作為管線末端壓力回饋的修正以外，更可作為供水管網各加壓站勢力區隔的定位點，有此勢力區隔，則在供水耗能的計算與調配上，便可較為精確，更可供成本計算，考量是否增設中小型加壓站，或調整各加壓站加的配比輸出，然依現有北水處所布設的水壓監視點，雖可足以應付一般性供水調配，但欲以較為精細實用的供水水壓等高線繪製則使不上力，更難以明瞭造成部分地區水壓偏低的原因為何。

據此，依彭伊呂、鄭答振「水壓調查及等壓線 GIS 圖資系統應用」(2010)的論文提及北水處選擇內湖、大直地區之消防栓均勻布設水壓紀錄器(如圖 2-11)，以了解區域內的水壓分布狀況。



圖 2-11 消防栓現場安裝水壓計量測作業  
 (資料來源：彭伊呂、鄭答振「水壓調查及等壓線 GIS 圖資系統應用」(2010))

然在完成水壓調查於圖資布點之後(如圖 2-12)，若須進一步繪製合理的等高線，就必須有合理的壓力調升(降)梯度，以細分壓力範圍，因此，合理假定水壓壓降與用水戶數間有一定之正相關，而透過壓力由高至低方向(代表水的流向)以 GIS 所附之圍籬框選功能，了解用水戶數，作為壓力調整權重分配之依據(如圖 2-13)。

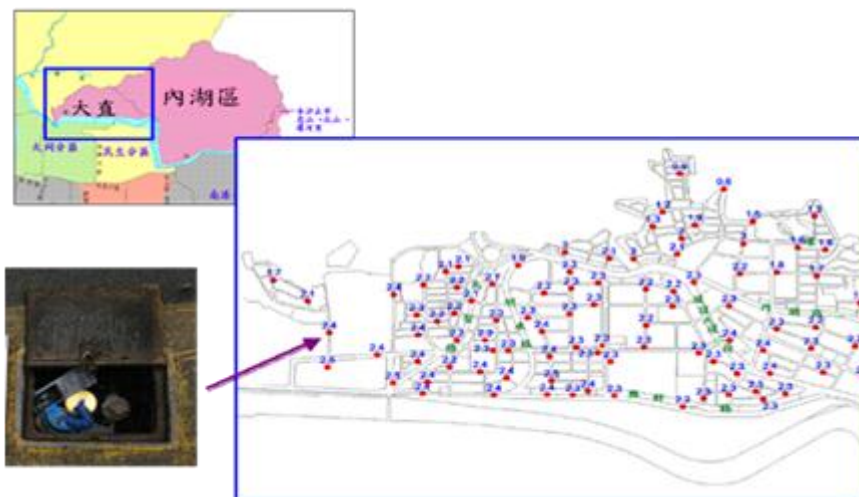


圖 2-12 水壓調查解決方案示意圖-1

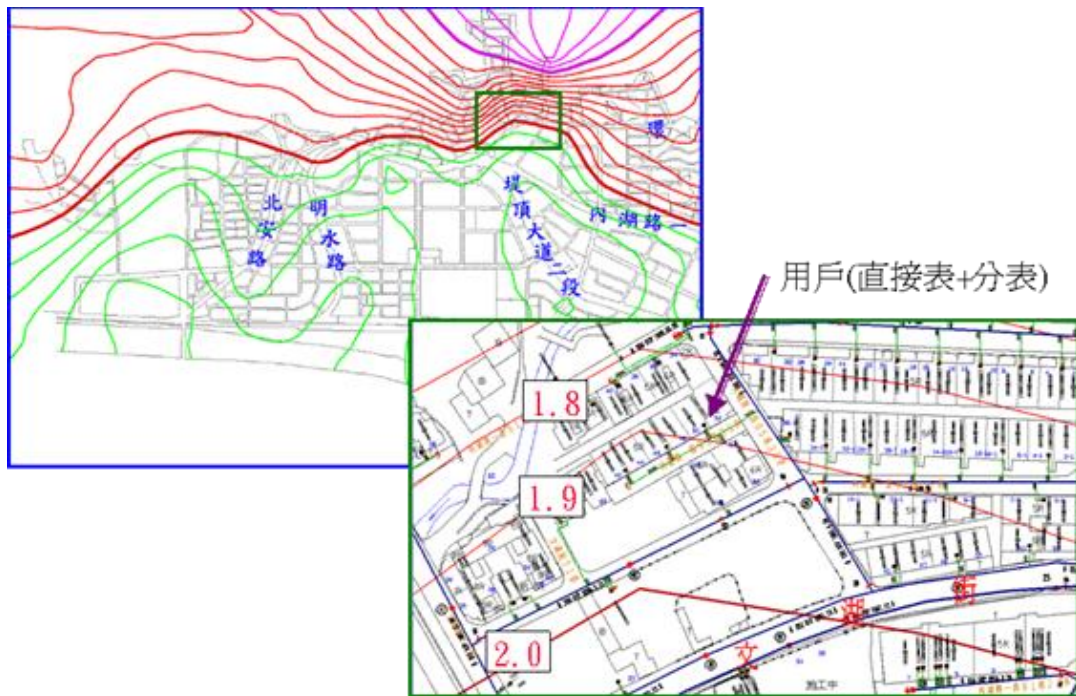


圖 2-13 水壓調查解決方案示意圖-2

(資料來源：彭伊呂、鄭答振「水壓調查及等壓線GIS圖資系統應用」(2010))

如圖 2-14 為依據量測點座標、平均水壓值繪製調查所得之等壓線圖，圖中綠色等壓線為  $2\sim 3\text{ kg/cm}^2$  之間，紅色為  $1\sim 2\text{ kg/cm}^2$  之間，桃紅色為  $1\text{ 公斤 kg/cm}^2$  以下，藍色為  $3\text{ kg/cm}^2$  以上，則係屬小型中繼加壓站勢力範圍。

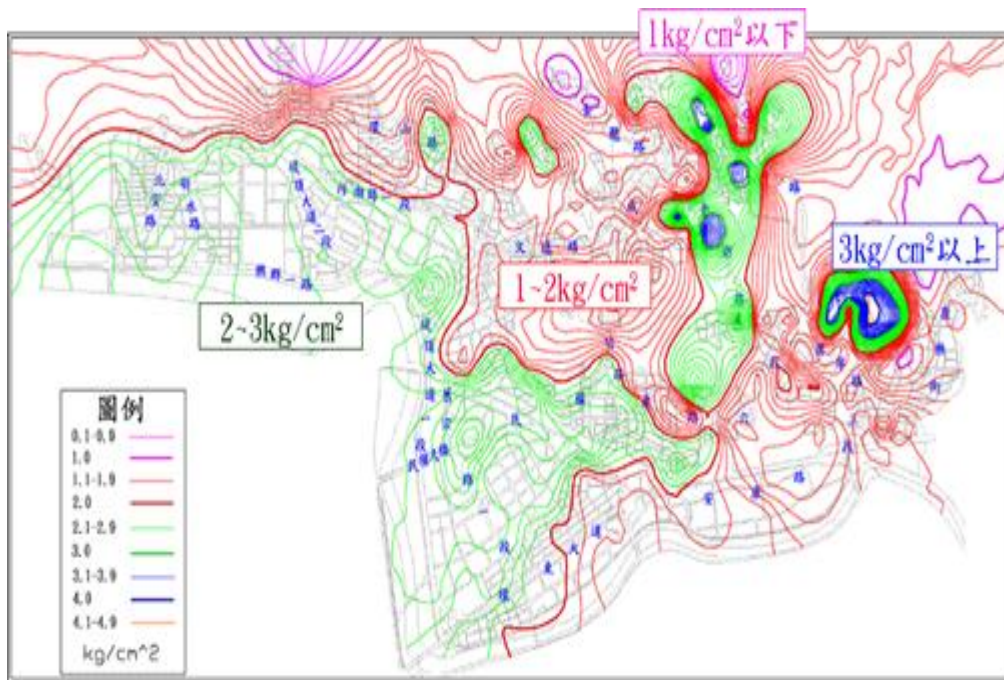


圖 2-14 內湖大直地區水壓等壓線  
 (資料來源：彭伊呂、鄭答振「水壓調查及等壓線 GIS 圖資系統應用」(2010))

如圖 2-15，可看出等壓線大致可以黑虛線作為松山加壓站內湖線與大同加壓站大直線的供水分界，大直線進入大直後水壓約 2.5 kg/cm<sup>2</sup>，由南向北、西向東遞降至 1~2 kg/cm<sup>2</sup>，再至末端降至 1 kg/cm<sup>2</sup> 上下；內湖線進入內湖後水壓約 2.8 kg/cm<sup>2</sup>，由西向東遞降至 1~2 kg/cm<sup>2</sup>，再到末端降至 1 kg/cm<sup>2</sup> 上下；另在末端有局部壓力較高、等壓線密集部分則為大湖等小型中繼加壓站供水範圍。

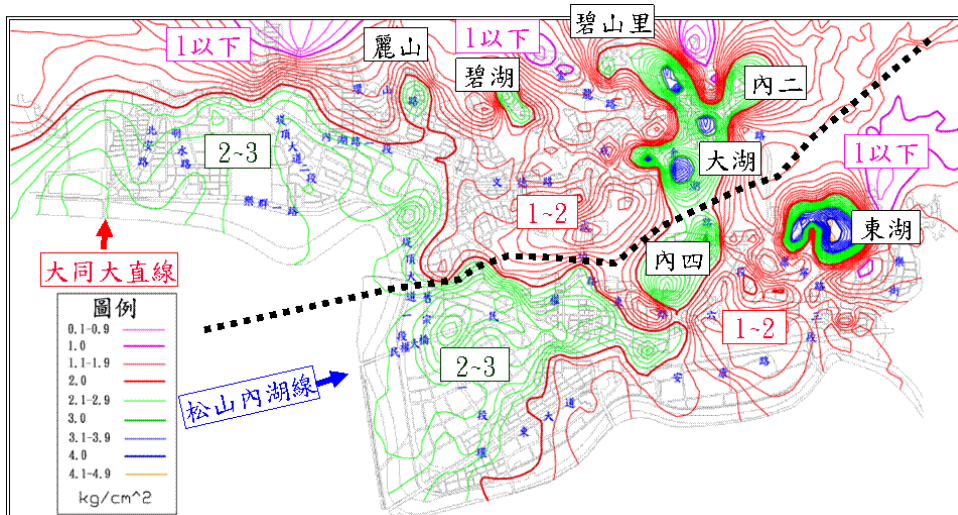


圖 2-15 調查區域水壓分布圖

(資料來源：彭伊呂、鄭答振「水壓調查及等壓線 GIS 圖資系統應用」(2010))

因此藉由等壓線圖便可瞭解區域內水壓不足地區，加以研究改善，然水壓等高線的另一功能，係透過分析量測點水壓歷時趨勢圖，亦可發現加壓站操作上應檢討改善事項，以松山加壓站為例，如圖 2-16 因松山加壓站早期無設置變頻設備，故無法於尖離峰用水狀況進行輸出微調，以保持出水或遠方監視點壓力穩定，以致供水範圍內尖離峰水壓差高達  $1 \text{ kg/cm}^2$  以上，造成能源浪費。因此，2010 年底北水處將該站抽水機汰換，且增設變頻設備以改善前述水壓不均現象。

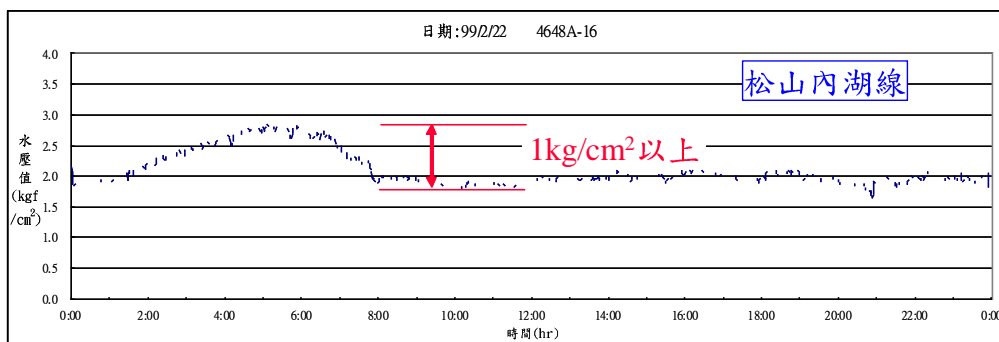


圖 2-16 松山加壓站供水範圍量測點水壓趨勢圖

(資料來源：彭伊呂、鄭答振「水壓調查及等壓線 GIS 圖資系統應用」(2010))

北水處過去水壓管理模式，乃依相關操作經驗及考量區域用戶用水特性，機動調整尖離峰時段抽水機運轉台數，以找出供水最適化模式。目前則已提升至利用變頻設備及管網末端壓力回授控制，滿足管

末端用戶水壓且維持管網水壓穩定，未來若能搭配大用戶端之水壓即時監測，便能有更多精緻化的管理。

### 2.1.5 資料探勘方法

資料探勘(Data Mining)是知識管理的應用技術之一，其主要目的在探討如何從資料庫(Database)、資料倉儲(Data Warehouse)或其他資訊儲存器的大量資料中，發掘出潛藏有用的資訊或規則，以提供決策參考之用。

依據 Fayyad 等人[Fayyad et al.,1996; 1997; Voro and Jovic, 2000; Lewis, 2000; Han and Kamber, 2001]所提出有關資料庫知識挖掘(Knowledge Mining)分析程序進行分析，其步驟如下圖 2-17 所示，主要包括有：

- (1) 資料清理(Data cleaning ):移除雜訊和不一致的資料。
- (2) 資料整合(Data integration):整合不同的資料來源。
- (3) 資料選擇(Data selection):選擇研究主題。
- (4) 資料轉換(Data transformation):集合目標資料。
- (5) 資料探勘(Data mining):資料挖掘技術萃取。
- (6) 類型評估(Pattern evaluation ):衡量判定有用的指標。
- (7) 知識詮釋(Knowledge presentation)：知識呈現使用者。

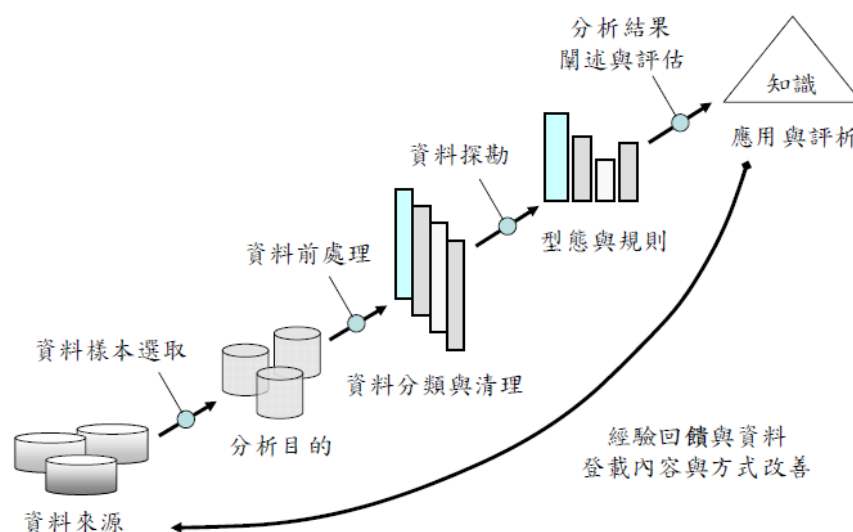


圖 2-17 Han and Kamber 資料探勘流程

資料探勘技術從龐大的資料中找出有意義的規則，以各種手段及工具分析、挖掘大量資料所進行之流程，可分為兩種類型(圖 2-18)。

(1)監督式(Supervised)：了解挖掘方向或要尋找的目標，例如： $y=f(x_1,x_2,..)$ ， $y$  目標函數為明確，方法有類神經網路、決策樹，即本研究後續將採用的方式。

(2)非監督式(Unsupervised)：探索一問題的背後，究竟是被那些變數影響，由資料分析的結果中去解釋與評估，再詮釋其中的意涵，K-means、兩階段集群、關聯規則。

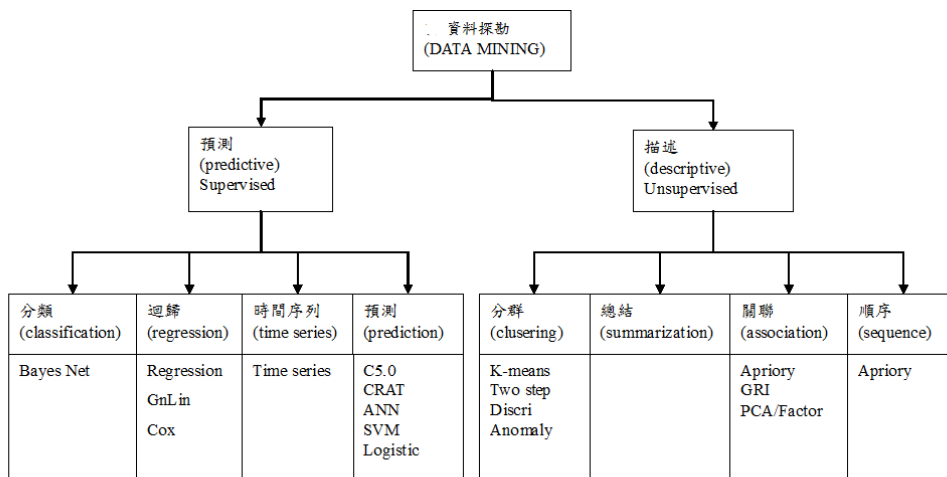


圖 2-18 資料探勘分類圖

資料比對(contrast data mining)為資料探勘之一環，泛指在不同類別或條件下，找出資料集間之差異。例如：兩個年齡層的就醫條件為何、投票給候選人的投票者群族有哪些差異，其與傳統統計分析之差異之如下圖 2-19。

比較項目	資料探勘	統計分析
資料處理量	極大量	大量
清楚定義分析資料屬性	必須	必須
解決問題之明確目標	必須	必須
分析演算法	統計分析法、決策樹、類神經網路等	統計分析法
模式建立	有多種模型，可用較短時間決定合適者	分析者須逐一分析變數重要性，才能建立模式
變數	可找出多個變數間之相關	一次檢查一個變數對結果之影響

圖 2-19 資料探勘與統計分析方法比較表

Dong 與 Li(1999)提出新現模式(emerging patterns)之概念，先將研究對象分為若干族群，找出各族群中顯著不同之關聯規則，並將之視為資料中的特徵，進而比較不同族群的不同。

以監督式資料探勘方式言，資料探勘前須將資料進行前處理(如圖 2-20)，包含整合、清理、轉換為可匯入軟體、應用分析之形式，而後可透過軟體進行相關性分析，篩選出可能的控制變因，然後搭配輸入系統判別準則(如本研究之水表大改小判別準則)，而後進行決策樹分析，展開各變數相關性統計分析結果。

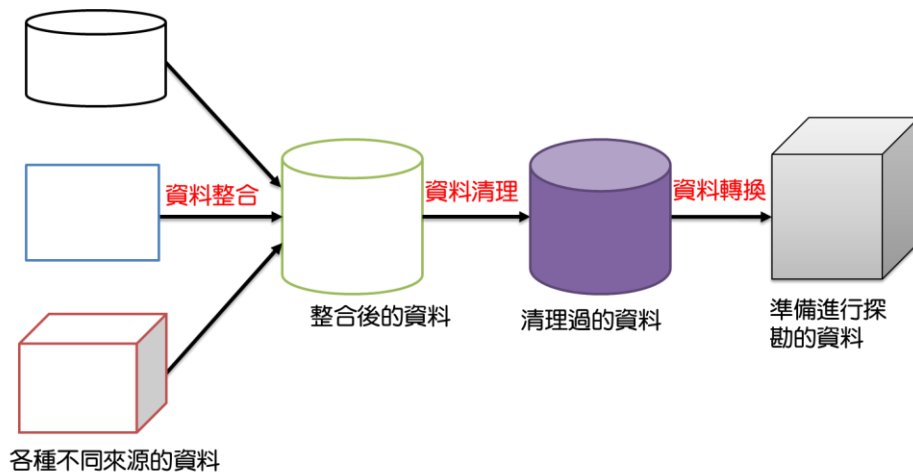


圖 2-20 資料蒐集與前處理流程

Rachel Cardell-Oliver & Garry(2013) 於澳洲水雜誌一篇名為「Making sense of smart metering data: A data mining approach for discovering water use patterns」談到使用無線讀表作用戶用水模式的資料探勘，研究案例為西澳大利亞水公司於 2011-2012 年所進行的 Kalgoorlie 市智慧讀表測試計畫，Rachel Cardell-Oliver & Garry 於該研究選擇 239 只水表、記錄每小時的使用度數，每只水表之資料種類有表號、用水種別及每日 24 筆用水紀錄，而紀錄中有 19% 的數據缺口(大部分是資料未回傳)，故該研究僅採用每天足額記錄 24 筆資料的資料群組作為分析應用。

資料探勘得出一些有趣的數據說明如下：在記錄的 170 天中有 61 天(時間占 36%)用水量相對較高(每天用  $2.78M^3$ )，這 61 天占總用水量 52%，有趣的是用水主要集中在星期三與星期六的上午 8-9 點。另外，在抽樣記錄資料中，有 84% 用戶曾發生連續流資料(作者定義為 24 小時皆至少有每小時 2 公升以上流量)，這可能為漏水潛勢用戶，而經統計漏水潛勢流量為全部計量 10%，而且此情形夏天較冬天嚴重。

另外，該研究亦對 Kalgoorlie-Boulder 10 種不同用水種別進行統計比較(如圖 2-21)，而該研究相對感興趣的為用水種別為「House」(住房)。

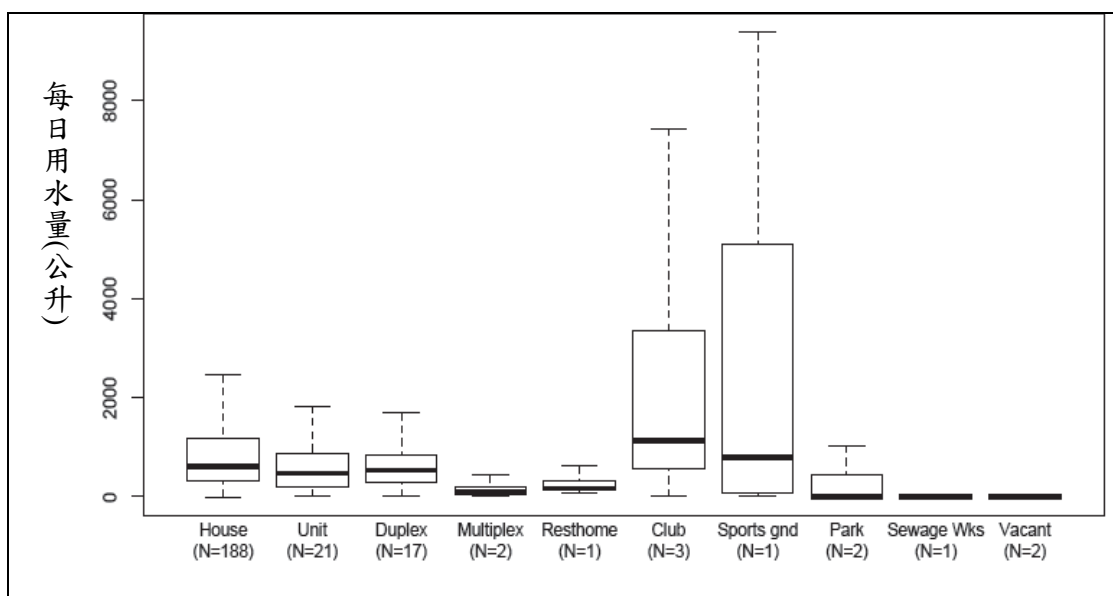
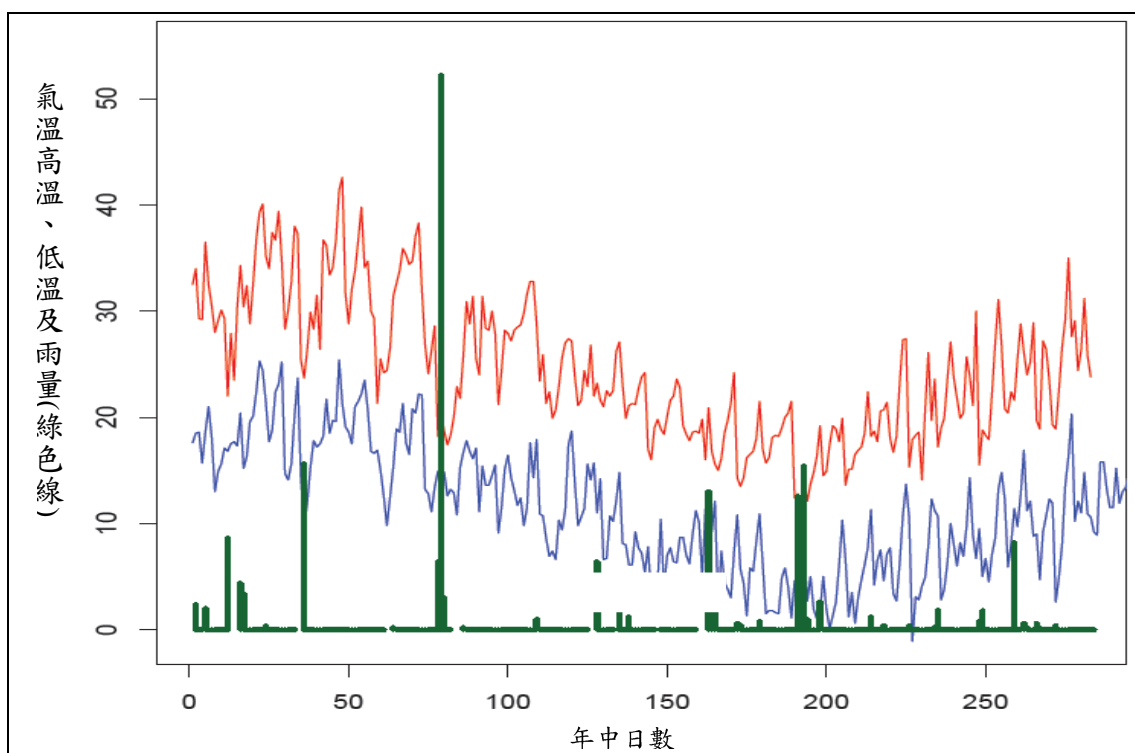


圖 2-21 不同用水種別之用水比較  
 (資料來源：Rachel Cardell-Oliver & Garry(2013)，Making sense of smart metering data: A data mining approach for discovering water use patterns)

該研究發現(如圖 2-22)，少雨的研究標的 Kalgoorlie 市，用水量與降雨量沒有明顯關係，然每日用水的多寡與溫度有 0.75 的正相關係數，而該研究考量用水多寡時有較長週期之趨勢(只考量每日並不準確)，故若改為每週之平均日溫度變化，則前述日用水量與氣溫之正相關係數可達 0.86。



Kalgoorlie-Boulder 紀錄 2012 年之日氣候 BOM 圖

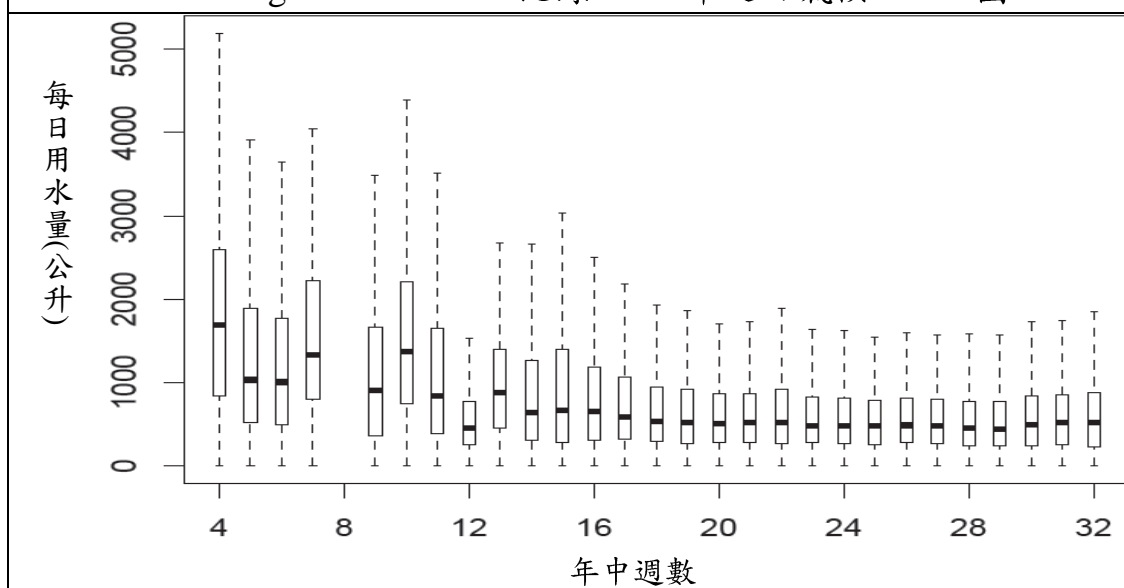


圖 2-22 Kalgoorlie-Boulder 2012 年因應氣候差異之樣本週用水量  
 (資料來源：Rachel Cardell-Oliver & Garry(2013), Making sense of smart metering data: A data mining approach for discovering water use patterns)

該研究之紀錄週期或許考量無線讀表之電池容量，僅採用每小時記錄 1 筆的資料型態，若可比照北水處 1 分鐘 1 筆以上精度之記錄型態，則更可分析家居用水類型與用水量關係，如每日如廁、洗澡等用

水量，作為後續節水(含節水器材使用)宣導的利器。

此外，近年來北水處亦針對小口徑水表(口徑 40mm 以下)大改小的準則進行大數據分析，而後選定較佳的篩選準則等等，亦採用此資料探勘的手法。

## 2.2 研究架構及內容

本研究將針對大用水戶透過有線水表紀錄器使用及 100 只自動讀表系統試辦，作為大用水戶用水管理、口徑最佳化評估分析基礎，且配合結合表位水壓監測系統的規劃，提出北水處未來 2016~2017 年整體無線監測、讀表 1800 處之軟硬體需求及發包策略建議，以供自來水事業後續可行的大用戶用水管理系統建置與營運。如下，分述研究架構及內容。

### 2.2.1 研究架構

本研究架構如圖 2-23 所示，茲將各階段方向、作為分述如下：

- 一、用戶用水模式分析、建置：透過水表紀錄器安裝，取得用戶用水模式，並透過參考國內外相關文獻探討及實地廠商參訪及專家訪談，建立用戶用水分析系統雛型。
- 二、建立專家系統：建立用戶水表最適口徑及其他逆流分析等智能判斷專家系統準則，並納入系統應用。
- 三、試辦自動讀表：試辦 100 只月用水 1000 度已上無線讀表之設備軟硬體建制並汲取相關使用經驗需求，作為後續擴大試辦之發包策略探討。
- 四、水壓監測系統規劃：配合 AMR 逐步推展，已提供資料傳輸平臺，若能搭配水壓計的安裝，更可藉力使力，協助自來水事業單位建置完整的水壓監視網。故本研究案將規劃、結合表位安裝水壓監視點之成本效益評估方向探討，以期此項計畫可達成北水處與用戶雙贏。

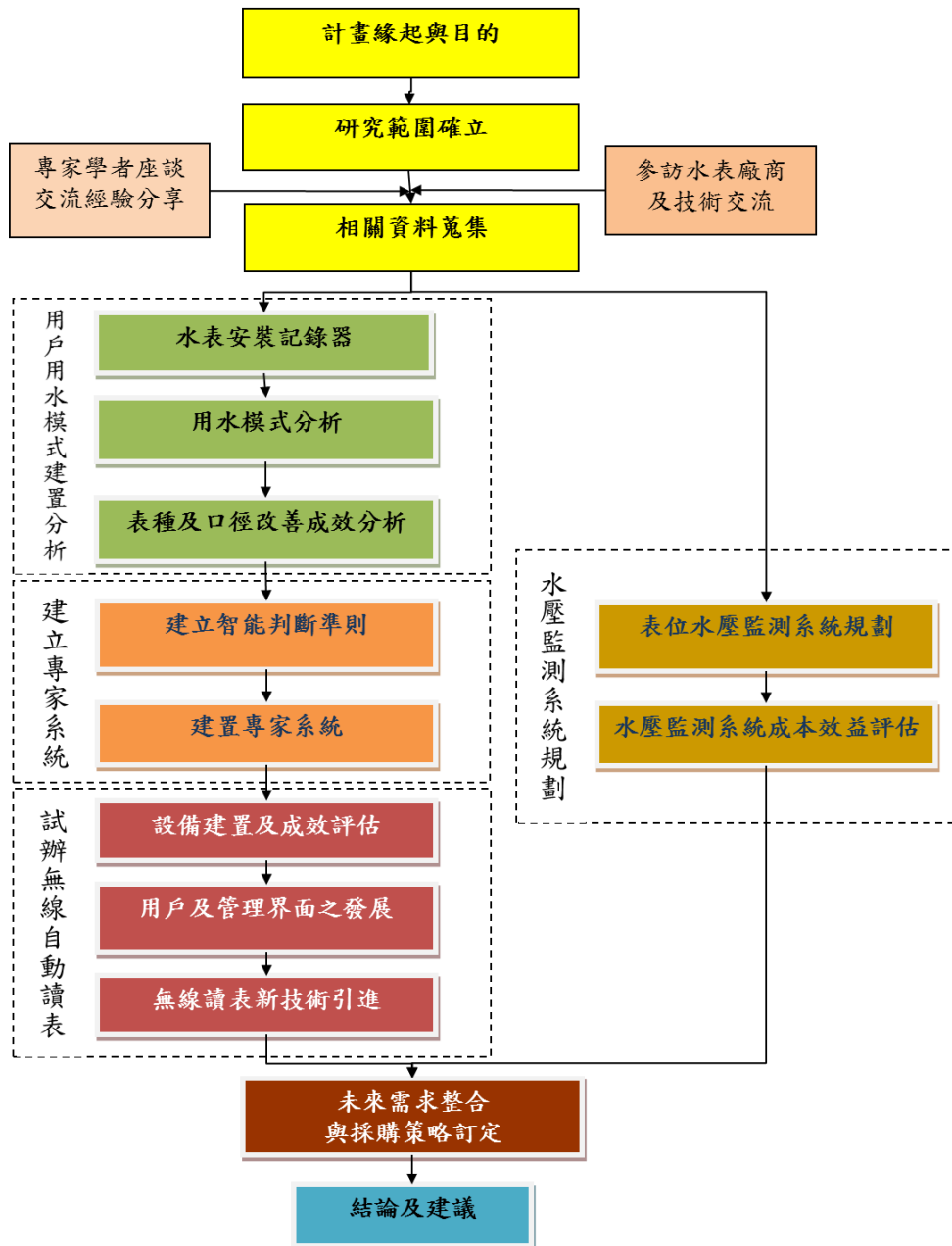


圖 2-23 研究架構

### 2.2.2 研究內容

茲將研究內容擇要分述如下：

- 一、大用戶用水管理系統建置：為減少帳面損失、精確計量及避免水量計過載損壞，以達成整體水資源及自來水事業營運之最有效管理，選擇最適宜的表種及口徑是極其重要的一件事，就現有的文

獻來看，目前自來水事業所使用的水表口徑普遍偏大，容易造成低流量不感，然記錄用戶用水習性(進水譜量測)之成本則相對較高，故選擇占少數之大用水戶以有效及有限度的管理，便可達成以管控關鍵少數，換取最大利益效果。據此，本研究分兩階段，首先於 2015 年底前選定 100 栓月用水量達 1000 度以上之大用水戶試辦，其次基於本研究之軟硬體使用經驗及效益分析，提出後續使用需求及發包策略，作為北水處 2016~2017 年選擇月用水量於 1000 度以上約 1700 用戶(含本研究 100 只試辦共 1800 只)擴大試辦之準備，以達到大用戶用水最佳化長期管理、增加營收及提升服務品質之目的。

二、其他用水管理系統引進比較：因目前所發展系統主要係以北水處功能需求所建置，在系統使用經驗不足的情況下，擬引進歐洲先進國家發展完善之用水管理系統(如甲廠商)及可將機械小表類比訊號轉為數位訊號之本土廠商(乙廠商)之管理系統，以彙整使用經驗、探討系統功能發展及應用方向，以期後續能發展出更合宜的管理系統。

三、供水調配水壓管理規劃：為因應北水處於 2016 年起大幅調整大用戶水價，亦計畫給予大用戶更多管理及服務資訊，首先於 2016~2017 年針對月用水度數達 1000 度以上之用戶端裝上自動讀表系統，此用戶數約 1800 戶，占北水處用戶總用水量 16.7% 以上，除可讓用戶隨時透過雲端掌握自身即時用水資訊，調整用水習慣、節約水資源，系統亦提供相關即時漏水警示，供用戶在最短時間內進行檢修，減少不必要支出；此外，在裝設智慧水表時，規劃一併將水表現有表前短管拆除，裝上兼具快拆濾網及電子水壓計之組件，除可協助用戶於積物阻塞時即刻排除外，更可將水壓資訊回傳，搭配現有少數的水壓監視點(171 點)共約近 2000 點，聯成綿密的水壓監視網，作為供水調配利器，協助了解各加壓站之勢力範圍，作整體供水效能評估及成本計算，另於

停復水時，亦可協助供水時程及狀況，未來若搭配表後遠端控制開關設置，則於發生水汙染時，可儘速作危機控管，避免災害擴大。惟本規劃預計於 2016~2017 年執行，已逾本研究案期限，後續將採規劃、結合表位安裝水壓監視點之成本效益評估方向探討，以期此項計畫可達成北水處與用戶雙贏境界。

## 2.3 用戶用水模式最適口徑智能推斷準則

本研究為發展大用戶用水管理模式之智能推論，故需發展依用水模式選擇口徑及水表妥適性之分析手法，以下就分析判讀原則及智能判斷的妥適性探討來說明。

### 2.3.1 用水模式分析判讀原則

本研究除匯入用戶水表抄表資料、現場勘查資料登錄，另相當重要的一部分為以安裝於用戶端的水表紀錄器下載每 10 秒鐘一筆的水表讀數紀錄資料(或採自動讀表將水表紀錄資料回傳)，並在本系統中將其轉換成較為實用的週期折線圖(進水歷時曲線)、進水譜(各流量區間進水占進水時間百分率)及水量貢獻譜(各流量區間累積流量所占總水量百分比)，以利評估水表採用的合適性；以下就水表計量誤差產生之基本概念及水表採用是否妥適的判讀原則進行說明。

#### 一、計量誤差推估之基本概念：

如圖 2-24，水表誤差產生源自於 2 個方面，首先便是水表自身的準確度(水表特性，或稱器差曲線)，因不會有所有流量都準確的水表，因此水表會訂定它的適應區間，因而產生標稱流量的概念(亦即水表上標註的 N 值)，有了標稱流量，接著便是此水表相對準確區間的範圍大小，因而有了量乘比的概念(即 CNS14866 101 年版之量乘比  $R=Q3/Q1$ ，類似  $Q_p \sim Q_{min}$  準確範圍大小概念，但一般  $Q3=0.8Q_{max}$ ，而  $Q_p=0.5Q_{max}$ )，在不同水表計量準確區間的差異，也許在於先天的製造，或後天的環境條件及水表老化、故障，而產生不同的器差曲線。

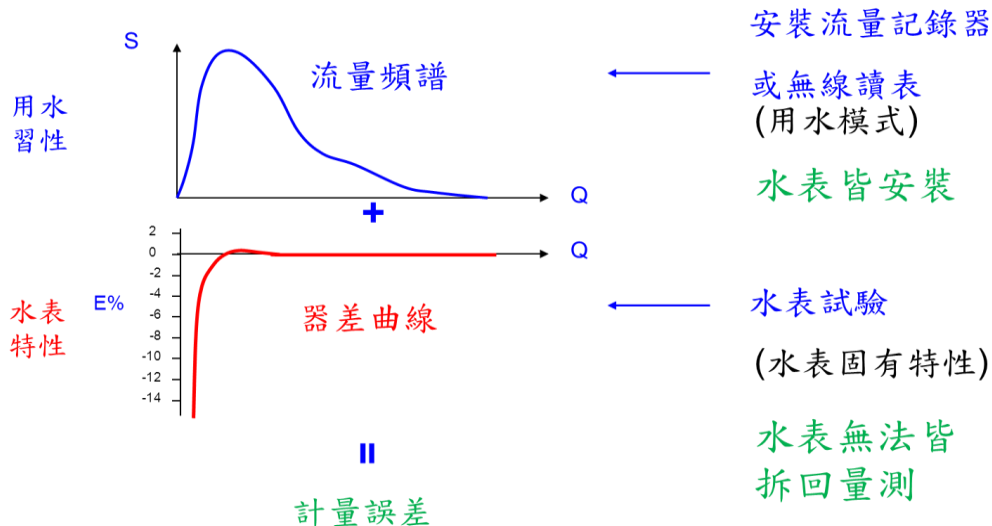


圖 2-24 計量誤差產生說明

其次在於用戶的用水習性，亦即平常經常使用大流量用水或較常使用低流量進水，因其相對於水表器差計算區間的差異，而會累積出不同的器差結果，然為了計算用水習性常落於何區間，首先就必須將流量由小到大區段化(舉例來說國內丙廠商水表會將水表由 0 至超載流量  $Q_{max}$  以上切割成 100 個區間以上，而國外甲廠商僅將以啟動流量  $Q_{start}$ 、最小流量  $Q_{min}$ 、分界流量  $Q_t$ 、標稱流量  $Q_n$ 、最大流量  $Q_{max}$  等點位切割成 5 段流量)，這是因為若不區段化，一個小線段上會有無限多點，若都不重疊，每個流量的機率都接近 0，看不出用水習性；然後將同區間的資料筆數累計計算，而若以總紀錄筆數正規化，便得到紀錄區間的時間發生百分率，這便是常用的進水譜。

進水譜可透過水表紀錄器安裝(或自動讀表)得到，安裝需考量成本效益，若用水量大，則安裝紀錄器方有其效益，故而適用在大用水戶之分析，本研究選擇針對月用水度數 1000 度之 100 戶安裝(2015 年底前)，及後續 2016~2017 年則選擇月用水度 1000 度之 1800 戶安裝；另器差曲線因蒐集累積之器差曲線測試數據不足，若逐只水表拆下測試安裝並不划算，所以考量水表之器差曲線會隨使用時間之增加而衰退，故接下來討論的用水模式分析方法，則會以較保守的方式選定。

## 二、系統用水模式判讀原則：

本研究系統以水表紀錄器取得之基本資料，繪製成 4 個圖幅，分別是瞬間流量折線圖(展開圖及疊合圖)、進水譜、水量貢獻譜(如圖 2-25~圖 2-28)；而用戶用水量繪製圖形及分析方法整理如表 2-3。

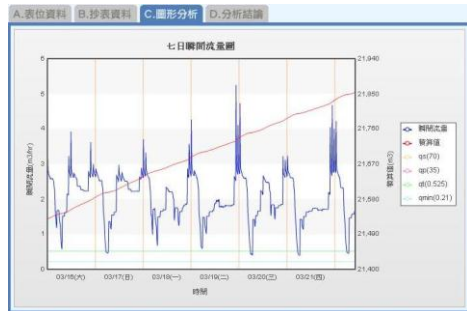


圖 2-25 瞬間流量折線圖(展開圖)

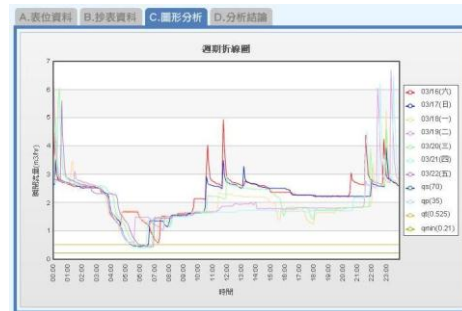


圖 2-26 瞬間流量折線圖(疊合圖)

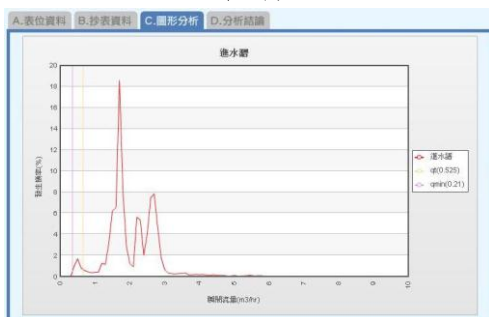


圖 2-27 進水譜

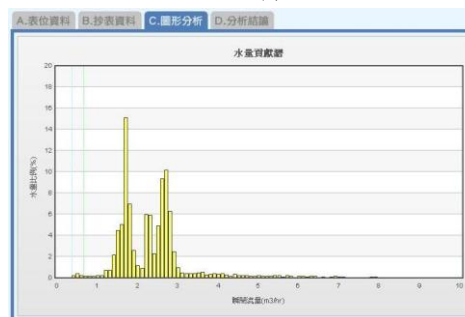


圖 2-28 水量貢獻譜

表 2-3 用戶用水管理模式繪圖方法與圖形分析

名稱	繪圖方法	圖形分析
瞬間流量折線圖(展開圖)	分析記錄區間內每日 24 小時用水變化週期展開圖，來判讀該用戶的用水習慣，如用戶是否有漏水現象與用戶進水模式是直接、間接或混合式用水，分析用戶後端進水控制設備，是否會影響水量計計量問題。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 直接用水:藉由給水栓及衛生設備之閥門操作直接調整流量大小。</li> <li>2. 間接用水:藉由蓄水池水面浮動上下而自動開關閥門，控制方式如下: <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 高壓浮球閥:藉由水面高低影響浮球位置以控制進水量大小。</li> <li>(2) 定水位閥:藉由浮動閥作子閥引導以控制母閥體，進而達到開關水之動作。</li> </ol> </li> </ol>

名稱	繪圖方法	圖形分析
		<p>(3) 電磁閥:配合電源控制閥體的開啟與關閉，動作原理與定水位閥相似，主要差異係以電磁閥取代浮動閥。</p> <p>3. 混合式用水:結合直接用水與間接用水供水方式。</p>
瞬間流量折線圖(疊合圖)	分析記錄區間內的每日24小時用水變化週期疊合圖，來判讀該用戶的用水習慣，如用戶用水模式是週期性、間歇性或持續性用水，分析用戶後端進水控制設備，是否會影響水量計計量問題。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 週期性用水:每日用水變化量與時間週期有一規律性。</li> <li>2. 間歇性用水:用水量隨著時間時而用水時而停水。</li> <li>3. 持續性用水:用水量隨著時間，持續不間斷。</li> </ol>
進水譜	「進水譜」為不同流量下通過水表的發生機率比例，橫軸為流量，縱軸為發生機率%，製作方式係將「發生機率」對橫軸流量描繪方式繪製。依進水譜分析用戶用水量發生機率，判斷水表口徑是否恰當，提供修正水表口徑之建議，以達到最佳計量範圍。	<p>為定量判定水表與用水量之匹配性，「水量貢獻譜」需分割三個區間:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 不靈敏區間: 0~<math>Q_p/3</math> 之水量比例。</li> <li>2. 最佳工作區間: <math>Q_p/3</math>~<math>1.9Q_p</math> 之水量比例。</li> <li>3. 過載區間: <math>1.9Q_p</math> 以上之水量比例。</li> </ol>
水量貢獻譜	由於進水譜僅是各流量發生的機率，無法直接判讀哪個流量下貢獻的水量體積較大，因此必須將進水譜每個機率值乘上該區間對應到的流量，再除以曲線下總面積做正規化，就得到水量貢獻譜。亦即水量貢獻譜為不同流量下流過水表的體	

名稱	繪圖方法	圖形分析
	<p>積比例，橫軸為流量，縱軸為發生機率，製作方式係將「進水譜」對橫軸流量取 1 次矩所得，以橫狀圖方式繪製，並將總橫狀面積正規化為 1。</p>	

另系統智能推斷的圖形分析系統評定邏輯方法如表 2-4。

表 2-4 圖形分析系統評定邏輯

圖表類型	判斷規則		輸出評語
七日瞬間流量(展開圖)	1	瞬間流量有出現負值	→ 出現反向流量 XX m3/hr，疑似逆轉
	2	瞬間流量沒有出現過零	→ 最小瞬間流量為 XX m3/hr，疑似漏水
七日瞬間流量(疊合圖)	3	瞬間流量最大值 > Qs 值	→ 最大瞬間流量 XX m3/hr 超過 Qs 值(XX m3/hr)，水表發生超量運轉。
進水譜	*	不靈敏區間 (0~Qp/3 之水量貢獻譜加總)	→ 不靈敏區間水量比例為 XX%
	*	最佳工作區間 (Qp/3~1.9Qp 水量貢獻譜加總)	→ 最佳工作區間水量比例為 XX%
	*	過載區間 (1.9Qp 以上水量貢獻譜加總)	→ 過載區間水量比例為 XX%
水量貢獻譜	1	IF 過載區間比例=0 IF 不靈敏區間 > 50% IF 瞬間最大流量 < 口徑縮小一級後的 Qs	→ Qp/3 以下不靈敏區間運轉水量超過 50%，建議縮小口徑或更換 C 級水表
	2	IF 過載區間比例 > 20%	→ 1.9Qp 以上過載區間運轉水量超過 20%，建議加大口徑

### 2.3.2 主要判讀原則探討

對於本研究分析系統之假設條件，經常會有人詢問水量貢獻譜選擇 Qp/3 以下為不靈敏區間之理由為何？會不會太過保守？若以中華民國自來水協會 2013 年研究計畫「用戶總表計量效能之宏觀分析與計量效能提升對策」選擇 11 只 75mm 口徑(表齡 3~8 年)作器差曲線

測試之結果(如圖 2-29)來看，B 級水表之  $Q_{min}$  流量點僅有 1 點超出出廠要求 5% 範圍且差異不大，而 C 級  $Q_{min}$  差異稍大，但不論 B、C 級水表其  $Q_t$  皆在 2% 之出廠器差要求範圍內，故選擇  $Q_p/3$  以下為不靈敏區間則顯見保守，但重點是，這是為數不多的試驗數據，且選擇  $Q_p/3$  的判定規則會讓更多計量區間落於較準確範圍，故不會更壞，除此之外，更可透過水表大改小減少水表採購支出；另選擇  $1.9Q_p$  為超載流量之判定準則是否適當，這將配合本系統運作及北水處 2016 年底新水表試驗場建置完成後提供更多的大表測試數據，再據以評估、修正。

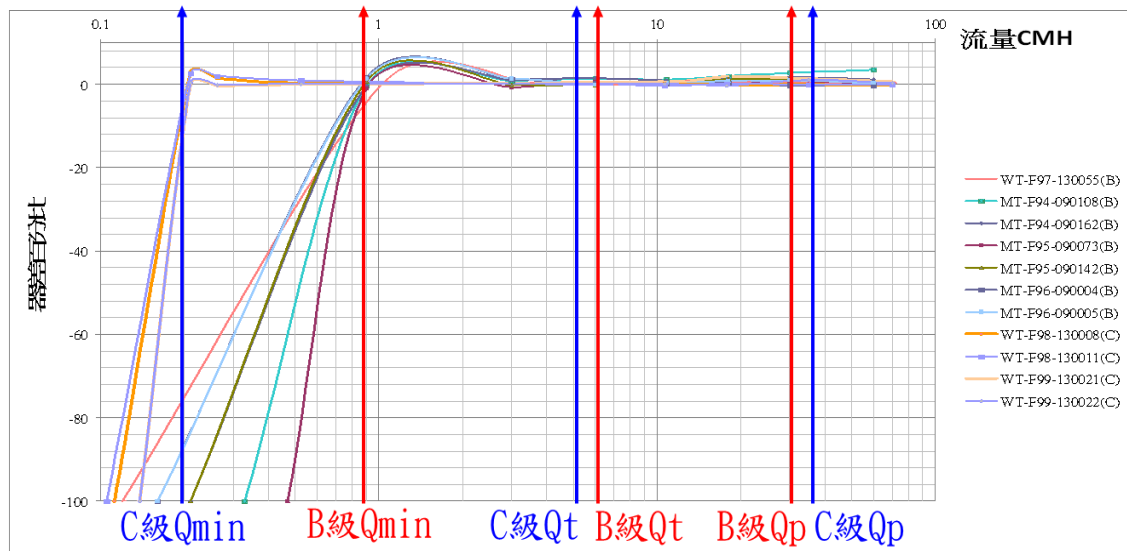


圖 2-29 11 只 75mm 口徑(表齡 3~8 年)器差曲線測試

## 2.4 水表改裝效益評估方法

因涉及基本費的收費差異，本研究辦理水表改裝以總表為主，若考量總表改裝效益，探討範疇主要為增加使用水量，所以早期操作上，多採用每期抄表度數增加量來評估，但這樣的評估方式，則可能因季節性變化、居住人口的消長、學校少子化用水變異及商業行為變遷等因素致單純以用水度數評估之方式降低可靠度，因此，實有必要考量總表與分表用水差益增量來作為較為客觀的水表改裝效益評估；另

若單純以水量之增加量來作評估，並不能全然反應水費增加效益，因為自來水事業機構機制中，分表用戶原則採該分表費用計收，惟若總表大於分表用水量時，則將總表差額分攤到每個分表用戶中，因此若原本該總表即無總表分攤，且分表和大於總表頗多，換表後雖總表計量增加，但仍未大於分表和，則整體換表看不出效益，故實有必要將水費收益列入探討變數，據此黃欽稜(2013，如 2.1.3 節水壓對計量之影響)提出宏觀指標，可作為總表計量效益(相對分表)及水表收費效益之探討，此將於 2.4.2 節作進一步闡述，此項指標的好處在於僅須每月抄表資料即可作評估，且可消弭季節、人口變異等浮動因素。

另透過自動讀表系統或水表紀錄器安裝，可得用戶使用水量歷時曲線，且搭配內線進水設備(如浮球閥或電磁閥)之每次啟動停止設定水量約略相同，則可有助於直接判斷換表前後於每次進水行程之水量差異(效益)。茲將兩種分析方式詳述如下。

#### 2.4.1 個案分析方法

如圖 2-30 為一水池之浮球開關進水流量歷時曲線，可以發現歷時曲線有其再現性，這是因為浮球開關係透過相同之用水設備進水(管線、彎頭、浮球開關等)，在相同之浮球開度及外部供水水壓下，理應有相同流量，而浮球開度則由水池之液面控制，故當頂樓水塔抵下限水位，馬達逕行抽水將水由下水池直抽至上水塔，補充用水至上限水位時停止抽水(其間歷時約 10 分鐘至半小時不等)，在頂樓水塔不致隨意調整馬達抽水水位上下限之前提下，每次進水的水量約略相同(當然，進水期間也不可有用戶大量用水)，因此下水池每次進水水量便為補足這些水量，理應每次進水量約略一致(浮球運作高度起迄相同)，故在所有機械操作及外部水壓皆相同的前提下，便可匯出相同的進水歷時曲線。本研究在比較口徑變異前後之換表計量差異時，便可採用上述特性，逕行比較每次計量差異，作法為計算進水起迄之水表度數差之差異，此作法同樣可消弭季節因素、人口變異等因素。

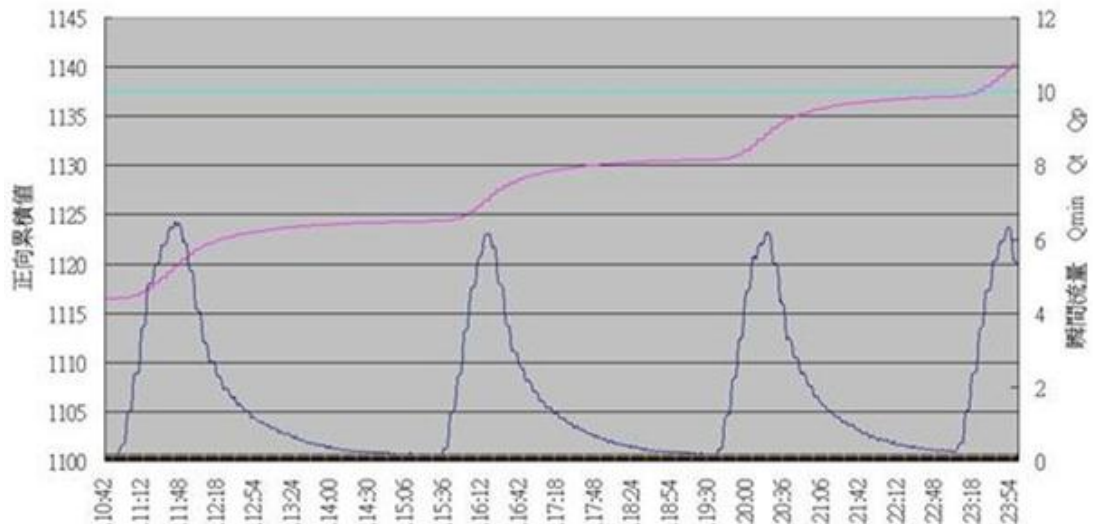


圖 2-30 浮球開關進水歷時曲線(流量-歷時)

另或許外部供水水壓會因自來水事業單位供水壓力有尖峰及離峰不同，而造成最大流量之大小差異，但可以想見，在相同之浮球啟迄位置下，若供水壓力差異不算太大，進水總量應約略相同，而比較需要關心的是馬達抽水期間是否有分表用戶用水，基此，在進行換表前後效益時，建議採同一時段且以用水量較少之半夜為宜(選擇同一時段亦可減少外部水壓力之影響)。

#### 2.4.2 宏觀分析方法

本研究 2.1.3 節曾提及為評估總表計量性能增量，黃欽稜(2013)曾設定兩個評估指標，即相對差率 ( $\epsilon$ ) (表示水表相對於分表度數之增加比率)及分攤收益率 ( $\beta$ ) (這是考量因水壓增加所能實質增加的營收比率)，其定義如圖 2-31。

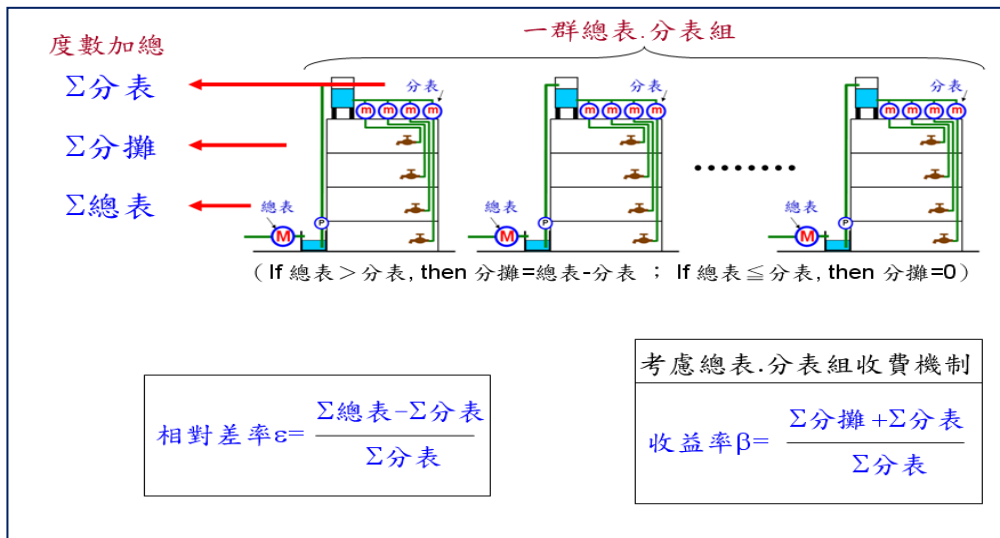


圖 2-31 相對差率及收益率 2 個宏觀指標計算方式  
若稍微將相對差異 $\varepsilon$ 的公式化簡如下：

$$\varepsilon = \frac{\Sigma \text{總表} - \Sigma \text{分表}}{\Sigma \text{分表}} = \frac{\Sigma \text{總表}}{\Sigma \text{分表}} - \frac{\Sigma \text{分表}}{\Sigma \text{分表}} = \frac{\Sigma \text{總表}}{\Sigma \text{分表}} - 1$$

可以了解若整體的總表用水量之和相對於分表用水總量增加，則 $\varepsilon$ 值亦將直接變大，而之所以要相對於分表，則如同前 2.4 節所述，為消弭季節及用水人口等變異，因此這個相對差異 $\varepsilon$ ，主要是要評估一群總表之計(水)量效能優劣， $\varepsilon$ 若愈大，則相對於同一群分表之計量效能愈佳、整體計收水量愈多。

然是否對整體營收有貢獻(這是經營自來水事業所更關注的)，我們同樣將收益率 $\beta$ 的公式化簡如下：

$$\beta = \frac{\Sigma \text{分攤} + \Sigma \text{分表}}{\Sigma \text{分表}} = \frac{\Sigma \text{分攤}}{\Sigma \text{分表}} + \frac{\Sigma \text{分表}}{\Sigma \text{分表}} = \frac{\Sigma \text{分攤}}{\Sigma \text{分表}} + 1$$

會有這樣的收益率 $\beta$ 假設，係因自來水的收費機制中，若分表的用水量大於總表，則以各分表使用度數收取水費，惟若總表計量大於分表和則以總表度數為準，除原本計收各分表戶之水費外，須在加上將總表與分表和之差額分攤到各分表戶身上(各戶分攤方式依用戶與自來水事業之事先約定，可採平均或用量大的用戶分攤多等方式，若未約定則採平均分攤)。

透過簡化後之 $\beta$ 可以了解 $\beta$ 必大於 1，而這 1 即意味分表計量 100%的收費，而公式其餘的總分攤增加量相對於總分表計量比例，即為相對 100%分表收費之增加比例，因此若總表換表前後之收益率增加即表示可收到的水費變多。

然在應用此兩評估指標時，常有人會問換表前後可得 $\varepsilon_1$ 、 $\beta_1$ 、 $\varepsilon_2$ 、 $\beta_2$ ，為何 $\varepsilon_2 - \varepsilon_1 \geq \beta_2 - \beta_1$ (亦即總表增加計量比例不能完全反映在收益比例增加上)? 假設換總表前總表計量 90 度、分表總共計量 110 度，換總表後總表計量 105 度，分表總共計量仍為 110 度，則總表計量雖增加，因此計費機制，完全無法回饋在收益上；另若換總表前總表計量 90 度、分表總共計量 110 度，換總表後總表計量 115 度，分表總共計量仍為 110 度，則雖總表計量增加 25 度，則收益僅部分反映增加 5 度；然若所有總表在換表前都有分攤、換表後亦皆有分攤，則上述 $\varepsilon_2 - \varepsilon_1 = \beta_2 - \beta_1$ 。

於此要特別說明，如同現行的很多文獻及北水處進行研究證明，分表用戶用水因家戶少子化(平均用水人口變少)等因素，用水習性多趨於使用水表準確區間的低流量部分，而總表因多採一次大量進水方式，則相對於使用水表準確區間的較高流量部分，故原則上總表計量較準確，故國際間自來水事業機構多採類似國內機構之收費機制，然因眾多分表若損壞 1 只，其對整體計費公平性無太大影響，但若總表損壞慢轉則會造成自來水事業莫大損失，故若發生總表無分攤之情形，仍以分表為收費基準，此概以現行相關文獻來看，即便總表較準、仍會面臨一定量的負器差，整體而言，自來水事業機構仍有實質少收水費之狀況，並非係佔用戶便宜。

本研究採用此兩指標計可顧及計收水量之增量、亦可評估營收之效益，並可消弭相關用戶季節等變異因素，且僅依用戶每月抄表度數即可做宏觀性評估。

### 第三章、大用戶用水管理模式系統建置及應用

本研究大用水戶定義為月平均用水量達 1,000 度以上之用戶，大口徑水表係為水表口徑大於 50mm 之水表。由於用戶數之定義，不應包含總表數，經統計北水處大用水戶為直接表及分表月用水量 1000 度以上者，計有 1,619 戶；使用大口徑水表則指水表口徑 50mm 以上之總表、直接表及分表，計有 8,023 只；由於大口徑水表，其用水量不一定為大用水量，故大用水量之大口徑水表，則指口徑 50mm 以上且月平均用水量達 1000 度以上之總表、直接表及分表，共計 3,111 只(詳見表 3-1、3-2)。

表 3-1 北水處大用水戶數及大口徑水表數統計表

栓數	13mm-40mm			50mm以上		
	月用水量<1000	月用水量>=1000	合計	月用水量<1000	月用水量>=1000	合計
總表	118,939	1,158	120,097	820	1,856	2,676
直接表	189,047	282	189,329	1,107	1,145	2,252
分表	1,332,406	82	1,332,488	2,985	110	3,095
合計	1,640,392	1,522	1,641,914	4,912	3,111	8,023

表 3-2 大用水戶、大口徑水表相關定義說明表

名詞	定義	計算方式
大用水戶	不論水表口徑大小，專指月均用水量 1,000 度以上之用戶	月均用水量 1,000 度以上之分表及直接表
大口徑水表	口徑 50mm 以上之水表	水表口徑 50mm 以上之總表、直接表及分表
大用水量之大口徑水表	口徑 50mm 以上且月均用水量 1,000 度以上之水表	水表口徑 50mm 以上且月均用水量 1,000 度以上之總表、直接表及分表
直接供水之大口徑水表	口徑 50mm 以上且為北水處供水可直接到達之水表	水表口徑 50mm 以上之總表、直接表

由上述可發現，北水處使用大口徑水表，月平均用水量卻低於

1,000 度計有 4,912 只(詳見表 3-3)。由於目前新設水表口徑僅由設計規範決定，設計僅考量表後栓數、用水人數及每人每日用水量，水表設置安裝後，並無事後衡量實際用水量是否與設置口徑匹配相關機制，為此，期透過本研究完成大用戶用水模式建置及計量分析建置，以檢討改善水表設計口徑與實際用水量不匹配情況，減少水表損壞及避免產生不感水量。

故就本研究期程而言，因相關無線讀表須辦理採購測試，故就既有人工安裝水表記錄器及資料下載，作為用戶用水管理系統模式發展與所得資料分析的基礎，後再配合無線讀表推展之使用經驗，並整合相關國內外無線讀表功能發展，而建構成 1 套在地完整、實用之用戶用水管理系統。

表 3-3 大口徑水表月平均用水量低於 1,000 度統計表

口徑 用水量	50 mm	75 mm	100 mm	150 mm	200 mm	250 mm	300 mm	合計	比率
300度以下	2,641	427	78	12	1		1	3,159	66.93%
301~500度	272	151	39	5				467	9.89%
501~1,000度	587	366	121	18			1	1,092	23.14%
合計	3,500	944	238	35	1	0	2	4,720	100.00%

基於上述，本研究針對直接供水之大用戶大口徑水表，建置其用水模式，以了解水表口徑及表種是否需進行改善，減少水表計量誤差情形。

### 3.1 人工安裝紀錄器建置用戶用水模式之介紹

#### (一) 資料建置及分析

直接供水之大口徑水表用水模式分析作業係由人工至現場裝置水表紀錄器，記載 7 日用水量後拆回記錄器，再將每 10 秒記錄 1 次之用水資料下載至系統中作繪圖分析。

## 1. 作業流程(如圖 3-1)

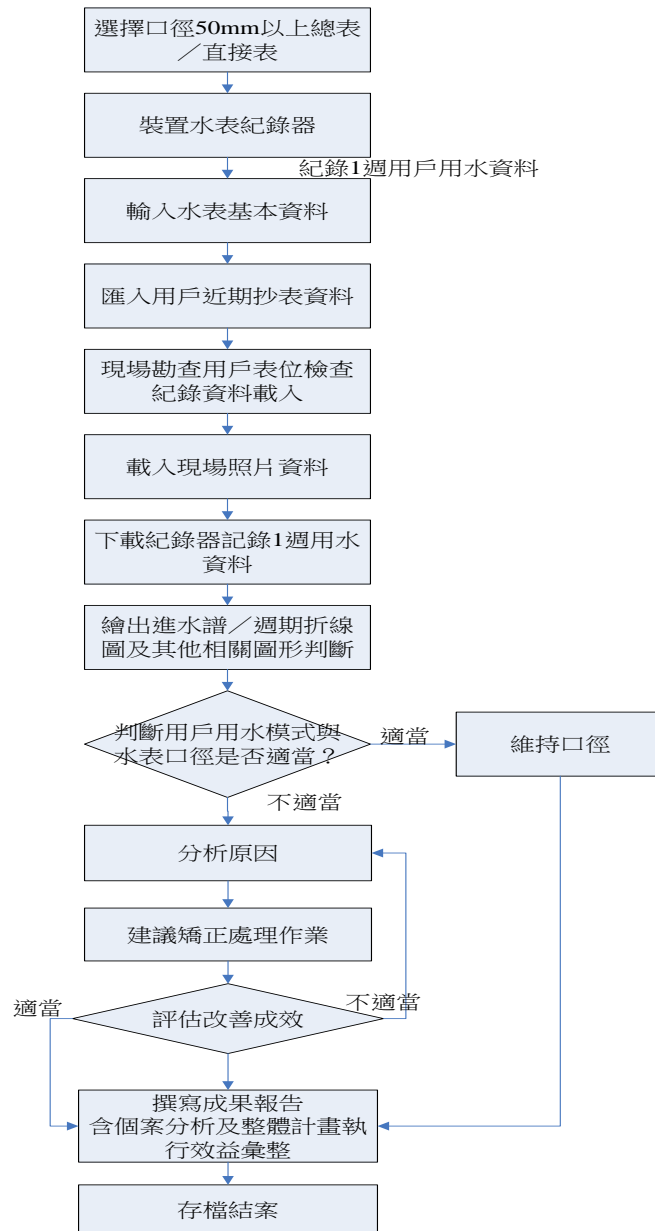


圖 3-1 用戶用水模式建置及分析作業流程圖

## 2. 設備規格

可引接電子式水量計(豎軸電子及螺旋電子)之水表紀錄器須具備下列功能：(1)LCD 液晶顯示水量計積算值，積算值需與電子式水量計同步，並每分鐘更新表值， $m^3$  以上顯示大位數、 $m^3$  以下顯示小位數。(2)紀錄器所記錄流量積算值，並能同步記錄當下積算值的時間；紀錄間距可自行設定，範圍於 10 秒及 1~180 分鐘記錄 1 筆資料。

(3)斷電時紀錄值不消失。(4)記憶體容量可連續記錄 60,000 筆以上資料。(5)與電腦連線傳輸下載資料。(6)防護等級需達 IP68 防水防塵等級，規格如下表 3-4 所示。

表 3-4 水表紀錄器及自動傳訊紀錄器規格表

儀器名稱	水表紀錄器	自動傳訊紀錄器
型號	MDR	GTI
輸入信號	一組數位編碼 RS485 信號；一組類比信號類比訊號、數位編碼、RS485	一組數位編碼 RS485 信號；一組類比信號類比訊號、數位編碼
通信方式	USB 或紅外線二種方式	USB
外接流量計種類	電子式流量計(豎軸電子及螺旋電子)；電磁式流量計	電子式流量計(豎軸電子及螺旋電子)；電磁式流量計
外接流量計數量	一只記錄器可連接一只流量計	一只記錄器可連接一只流量計
外接壓力計數量	一只記錄器可連接一只壓力計	一只記錄器可連接一只壓力計
工作溫度	-25~+75 °C -25°C ~70 °C	-25~+75 °C -25°C ~70 °C
工作濕度	相對濕度最高可達 95 % RH	相對濕度最高可達 95 % RH
使用電源	內建長效性鋰電池可使用 8 年	內建長效性鋰電池可使用 3 年
防護等級	符合 IP68 防塵防水等級	符合 IP68 防塵防水等級
外殼材質	PC 加 30%GF	PC 加 30%GF
安裝線材	22 AWG (三芯隔離網線材)	22 AWG (三芯隔離網線材)
外觀尺寸	256 mm × 160 mm × 52 mm	256 mm × 160 mm × 52 mm
重量	995 g	995 g
記錄資料比數	65000 筆	110000 筆

3. 用水分析：依表後用水習慣及設備而有不同的用水差異，說明如下。

(1) 週期性：以 7 日瞬間流量週期折線圖（疊合圖）匯出一日 24 小時用水週期變化，檢視每日用水變化量與時間週期有一規律性。如圖 3-2 所示。

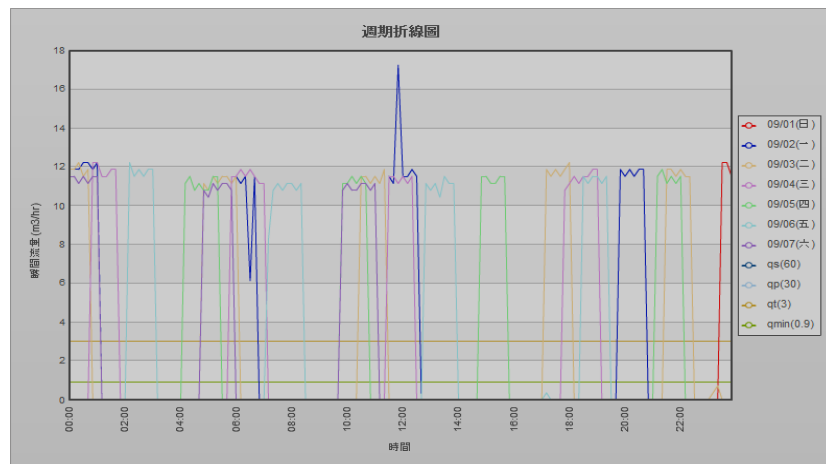


圖 3-2 週期折線圖(用水具週期性)

(2) 間歇性：以 7 日瞬間流量週期折線圖（疊合圖）匯出一日 24 小時用水週期變化，用水量隨著時間，時而用水時而停水。如圖 3-3 所示：

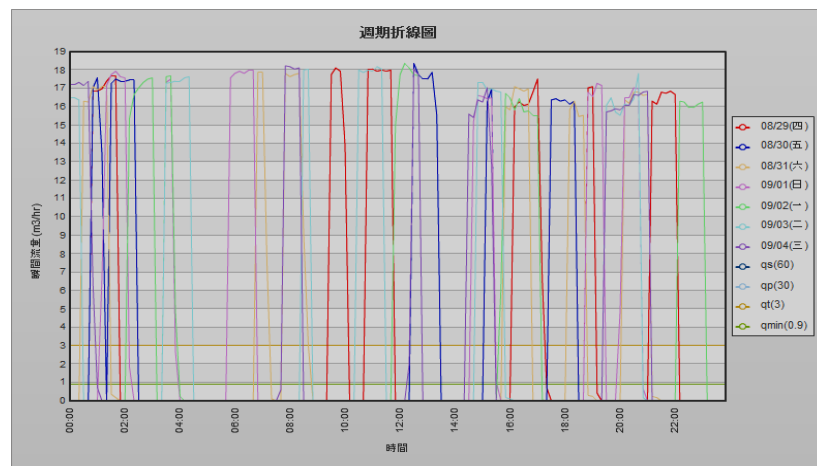


圖 3-3 週期折線圖(間歇性用水)

(3) 持續性：用水量隨著時間，持續不間斷。如圖 3-4 所示：

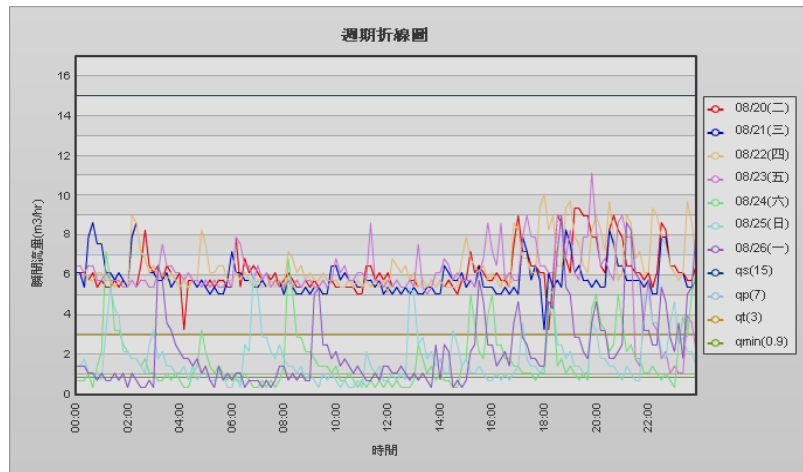


圖 3-4 週期折線圖(用水具持續性)

(4) 進水控制

A. 直接用水：藉由給水栓及衛生設備之閥門操作直接調整流量大小。如圖 3-5 所示：

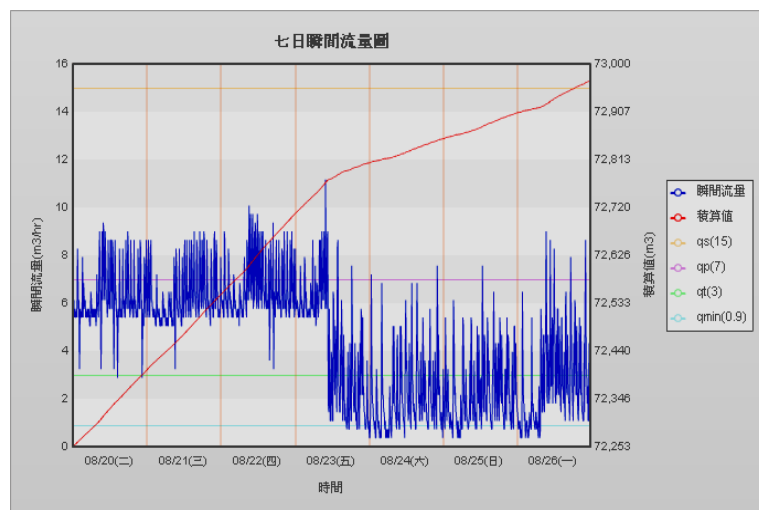


圖 3-5 瞬間流量(直接用水)

B. 間接用水：藉由蓄水池水面浮動上下而自動開關閥門，控制方式為：

(1) 高壓浮球閥：藉由水面高低影響浮球位置以控制進水量大小。如圖 3-6 所示。

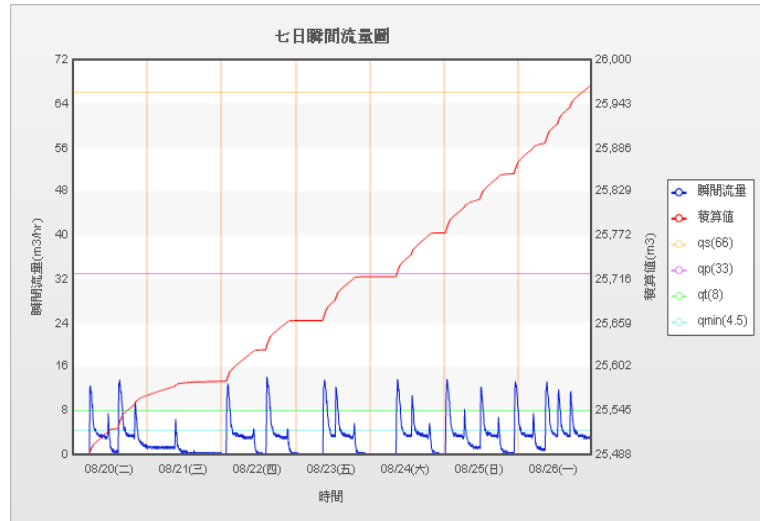


圖 3-6 瞬間流量(浮球閥)

(2)定水位閥：藉由浮動閥作子閥引導以控制母閥體，進而達到開關水之動作。如圖 3-7 所示：

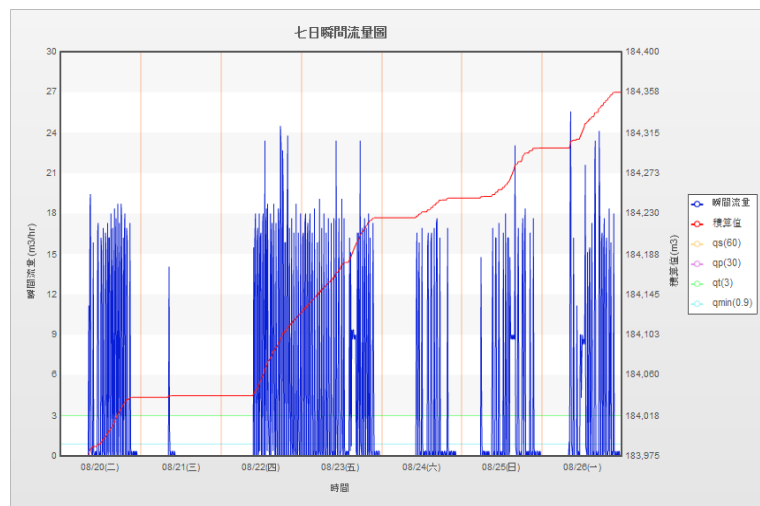


圖 3-7 瞬間流量(定水位閥)

(3)電磁閥：配合電源控制閥體的開啟與關閉，動作原理與定水位閥相似，主要差異係以電磁閥取代浮動閥。如圖 3-8 所示：

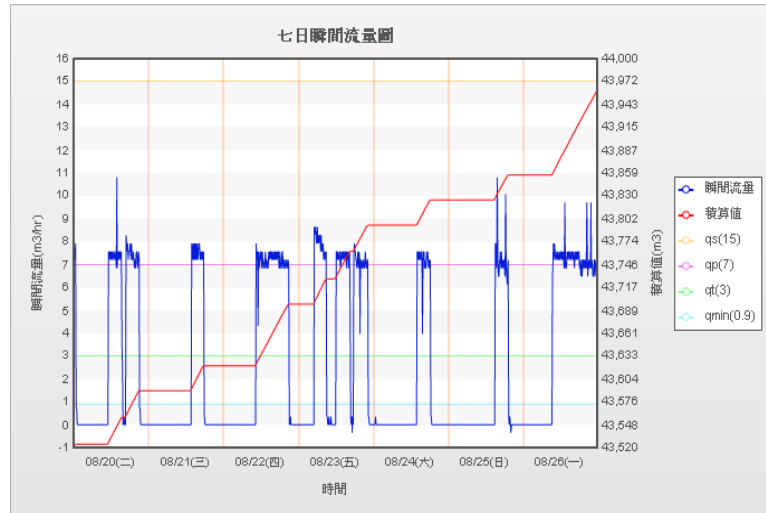


圖 3-8 瞬間流量(電磁閥)

(4)混合式用水：結合直接用水與間接用水供水方式。  
如圖 3-9 所示：

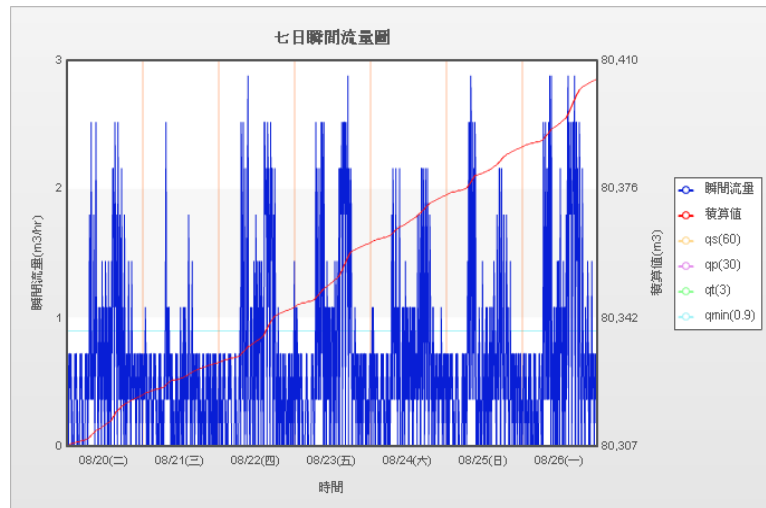


圖 3-9 瞬間流量(混合式用水)

#### 4. 改善措施建議

將收集之用戶用水記錄，即用戶用水模式資料，加以觀察、分析及探討，並建立用戶用水量資料庫，資料庫之用水量資料如下：

- A、週期平均用水量：可依時距觀測記錄每週、每日、每小時之平均用水量。
- B、最大用水量：連續記錄 7 日流量計量資料，取最大用水量。

- C、最低用水量：連續記錄 7 日流量計量資料，取最小用水量。
- D、日間用水量：觀測記錄日間上午 8 時至下午 5 時之進水量，以及非假日日間用水量與假日日間用水量。
- E、夜間用水量：觀測記錄夜間凌晨 2 時至 4 時之進水量，以及非假日夜間用水量與假日夜間用水量。
- F、有無漏水分析：觀測夜間用水量與日間用水量比較，如夜間進水不間斷或日夜持續用水，可判斷表後有漏水之可能性。

按一表一卡建立檔案資料，並依所量測之資料分析，並提供改善對策，經收集之用戶用水資訊及用水模式資料，針對發現異常者，分析原因並提出對策，即予改善。依據上述 4 種圖形分析，如具經常性或持續性，判斷超出水表特性之最大流量範圍者，應加孔口片；判斷低於水表特性之最小流量範圍者，應改小成適當口徑水表或選換適當的 C 級表種；發現屬於用戶問題者，則通知用戶會同實地勘查用水設備及提供改善建議，說明如下：

直接表若需大改小，則需判斷將損失多少基本費，除非大改小後，預期水費增加多少%才能彌補損失，否則建議維持口徑，或改採 C 級表。

口徑過小、流速太快，有容易超載情形者，則建議加裝孔口片，減緩流速。

口徑適當，但為提升計量精確性，則建議更換為 C 級表。屬於用戶因素者，例如疑似用水設備漏水或浮球開關進水問題等，則主動聯絡用戶，會同實地勘查協助用戶改善。

## (二)管理分析系統功能介紹

為清楚掌握大表用戶用水變化，藉由裝設水表紀錄器取得用戶完整用水資料，進行後續水表口徑管理及用水量分析，而水表紀錄器所

取得的大量數據如何產生所需各式圖表及初步判斷結果，必須透過系統完成智慧型資料分析功能，減少運用人力進行分析作業所耗用人工作業時間，為此特建置「用戶用水模式資訊管理系統」，以支援更進一步的資料應用與歸納分析，期望透過水栓歷史用水資料分析，由系統自動進行最適口徑之推論判斷，提升作業效率。相關系統作業流程及架構，如圖 3-10 及圖 3-11 說明如下：

1. 系統設定：

- (1) 與單一簽入系統整合，使用者可直接透過北水處「整合資訊入口網」登入用戶用水模式資訊管理系統使用。用戶用水模式資訊管理系統採 Web 架構建置，以方便使用者只要透過網頁瀏覽器(如 IE、Chrome、Firefox、Safari 等)即可使用系統功能。
- (2) 與水費水表營收資訊系統介接，可讀取其水表的基本資料與各期售水量數據，而無需於用戶用水模式資訊管理系統自建資料。使用者能迅速的分析水表的流量數據，並整合水表型式、口徑等基本資訊與用戶抄表履歷資料，產製個案的分析報告書。

2. 資料饋入：

- (1) 對於採用人工附掛水表記錄器採集流量數據的分析個案，作業人員一週後至現場取回記錄器，並將記錄器連接電腦以取出紀錄的流量數據檔(Excel 檔案格式)，系統提供水表記錄器資料匯入功能將數據檔匯入資料庫中，以作為用戶用水模式之分析樣本。
- (2) 針對可自動回傳流量數據的自動讀表表位，讓使用者自行指定分析的起迄期間，再由系統至自動讀表系統擷取此段期間的數據過來作為個案分析。或可由使用者設定定期擷取排程，由系統自動定期擷取立案。

3. 用水分析：

- (1) 可進行水表流量數據分析、個案分析報告書產製、彙總性統計報表列印的「用水分析」功能需求，除依匯入的記錄器流量數據自動繪製出七日瞬間流量圖、週期折線圖、進水譜、水量貢獻譜等四個分析圖表，以及自動計算出時、日、週、假日日間、非假日日間、假日夜間、非假日夜間等不同期間的平均用水量，以作為分析研判之依據外。同時，系統亦自動依各式流量計的  $Q_s$ ,  $Q_p$ ,  $Q_t$ ,  $Q_{min}$  等參考數值與實際曲線數值比對提供系統初步的判定結果供分析人員參考。
  - (2) 系統除提供個別案件的資料查詢與分析報告列印功能，及各季施作案件的彙整明細表之外，並提供分析報告批次列印功能，能輸入欲列印案件所屬分處、記錄器附掛起迄年月等條件，整批印出分析報告書。針對每季施作的案件尚可依用水模式、分析結果、改善結果與改善效益四個統計指標來輸出統計表，包括用水模式統計表、分析結果統計表、改善結果統計表、改善效益統計表(總表)、改善效益統計表(分表)、改善效益統計表(直接表)等報表輸出功能。
4. 追蹤改善: 經判定後續需追蹤改善的案件，可由各分處人員執行改善措施後將辦理情形輸入系統，作為統計分析之用。案件分析審查判定為口徑大改小或改為 C 級表等需進行後續改善之案件，俟各營業分處完成改善後，系統將自動擷取水費水表營收系統資料比對，確認已完成改善者，系統自動註記並解除列管，而尚未改善案件則持續於系統首頁警示提醒。
  5. 智能推斷: 系統提供多表計量靈敏性分析與改善案件及水表口徑大改小判斷分析功能。
    - (1) 多表計量靈敏性分析: 經搜尋或匯入一批水表明細，自

動計算該批水表落於  $0\sim 1/3Q_p$ (不靈敏區間)、 $1/3Q_p\sim 1.9Q_p$ (準確計量區間)、 $1.9Q_p\sim$ (過載區間)的水量比例圖表。其中「區間」採預設方式，但亦可依照使用者需求，於計算前事先設定。

(2) 口徑大改小判定:用水資料(流量貢獻譜等)依判斷準則進行適當口徑推論。

(3) 評定推論:分析總表差額是否合理、依連續進水、總表分攤度數、與前三期用水度數比對等進行判斷是否漏水、以反向流量範圍區間判斷是否逆流。

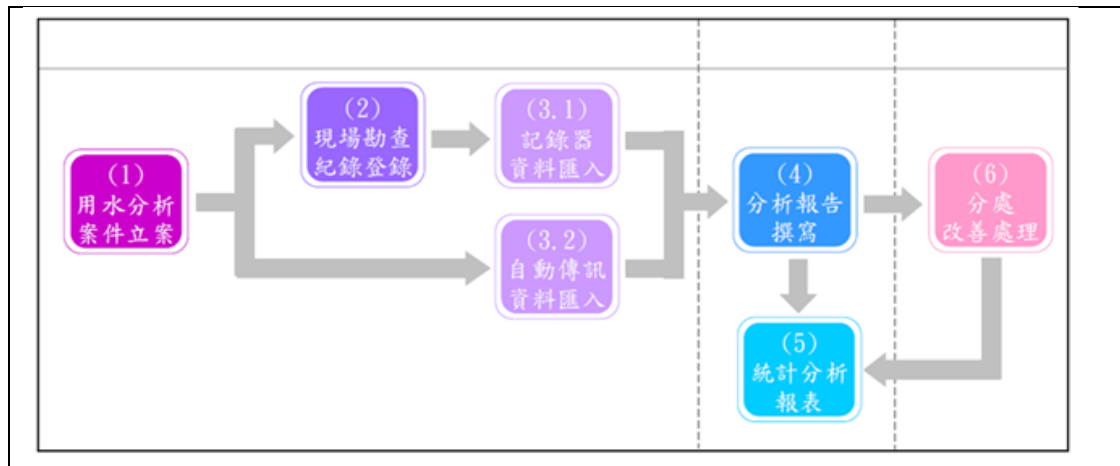


圖 3-10 用水模式分析系統作業流程

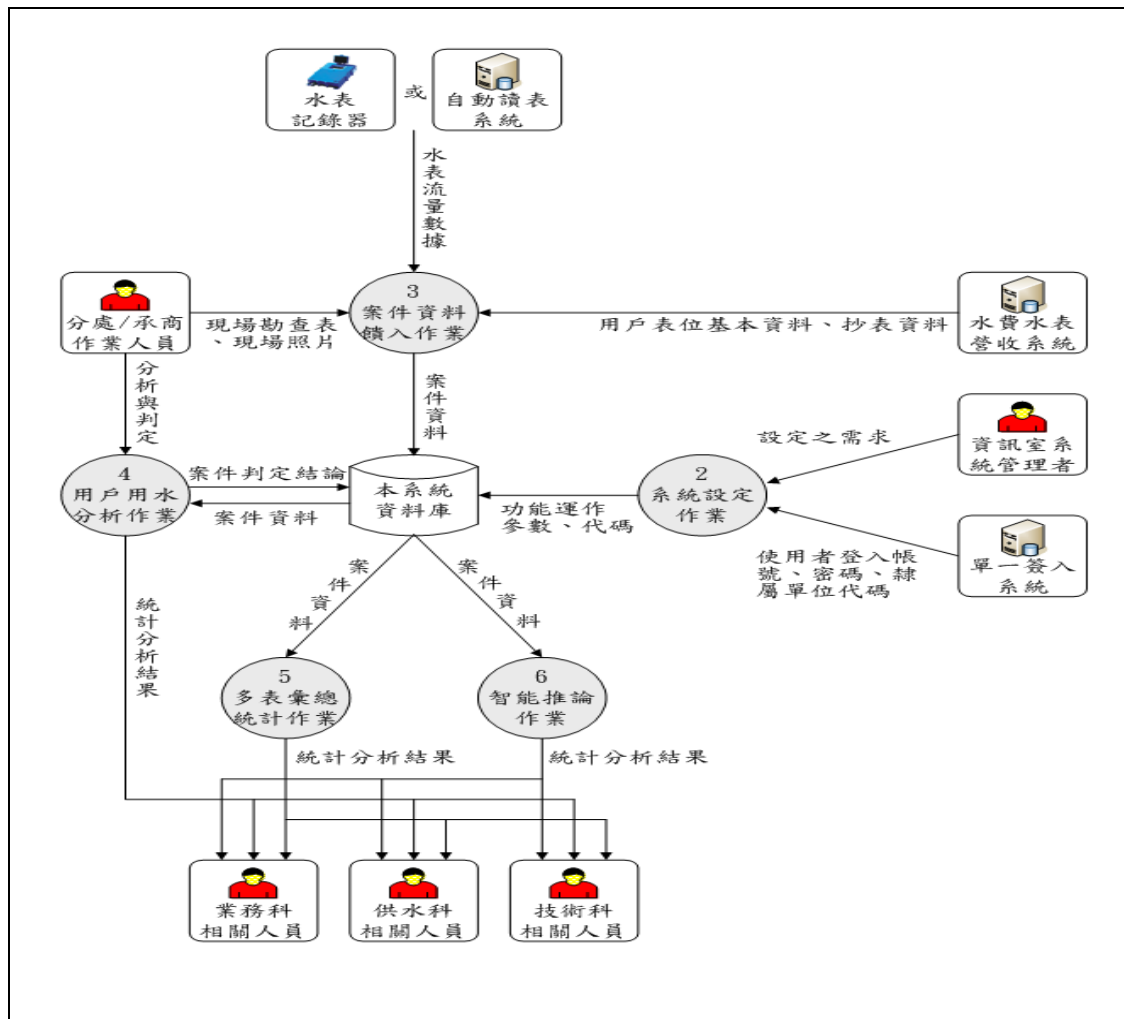


圖 3-11 大用水戶用水模式管理分析系統架構圖

### 3.2 用戶用水模式類型探討

利用水表紀錄資料，取得水表 1 週進水流量值(總表每分鐘 1 筆，直接表每 10 秒 1 筆)，分析 1 週水量中流量的貢獻組成比例，檢核口徑是否匹配，以下針對大表用戶用水種別有總表、營業、學校、行政機關、游泳池用水、市政、軍事、工程之類別，作分析原則舉例探討。

#### 1、總表

- A. 表位資料:地址新北市新店區中興路 3 段○號總表，水表口徑 150mm，分表戶 406，進水開關為機械浮球開關，水表記錄器設定以每分鐘讀取一筆。
- B. 抄表資料:2009 年~2015 年平均每期抄表實用度數 17,000，平均分攤度數為 0，分表和 17000，因長期總表分攤為 0，

故本只水表需檢核口徑是否過大。

C. 圖型分析(如圖 3-12 所示):

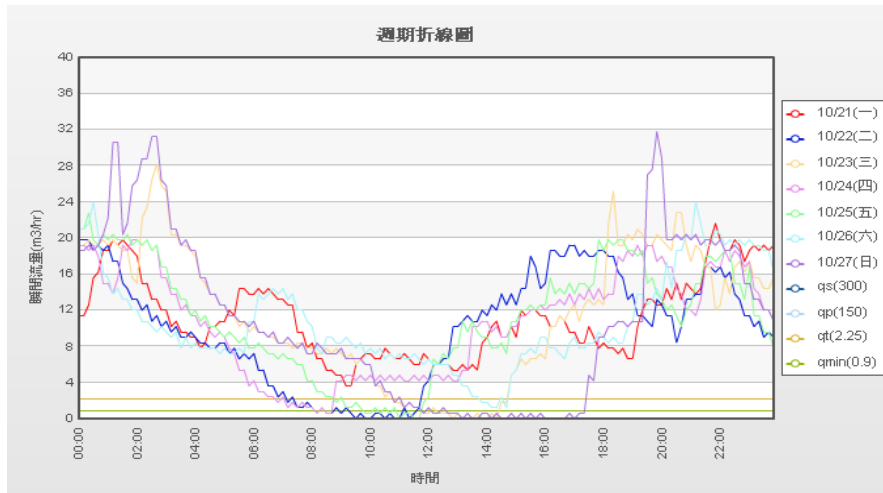


圖 3-12 週期折線圖(新店區中興路)

本只水表口徑 150mm，若以 1 週最高流量除以標稱流量 (1/3Qp~1.9Qp 為準確計量區間)， $q/Qp(150)=31.8/150=0.21 < 1/3$ ，水表進水流量均在 1/3Qp 內，亦在不靈敏區界限內，判定該表口徑過大。如圖 3-13 所示。

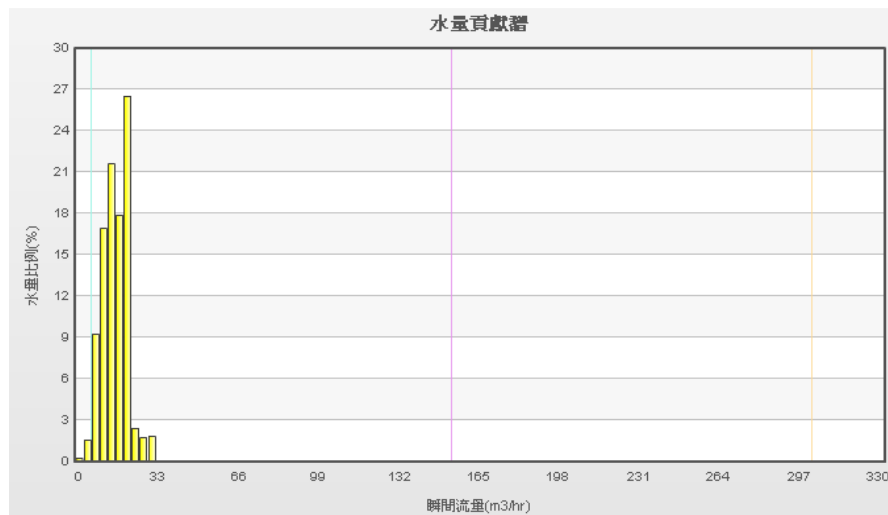


圖 3-13 水量貢獻普(新店區中興路)

D. 分析結論: 黃色柱狀圖不靈敏區間水量比例為 100%、最佳工作區間水量比例為 0%、過載區間水量比例為 0%、Qp/3 以下不靈敏區間運轉水量超過 50%，縮小口徑 75mmC 級水表。

## 2、營業用直接表

A、表位資料:地址臺北市北投區石牌路2段○號，水表口徑200mm，進水開關為機械浮球開關，水表記錄器設定以每10秒讀取一筆。

B、抄表資料:2009年~2015年平均每期抄表實用度數13,000降至11,000，且突增減次數過多，有口徑匹配的問題。

C、圖型分析(如圖3-14所示)。

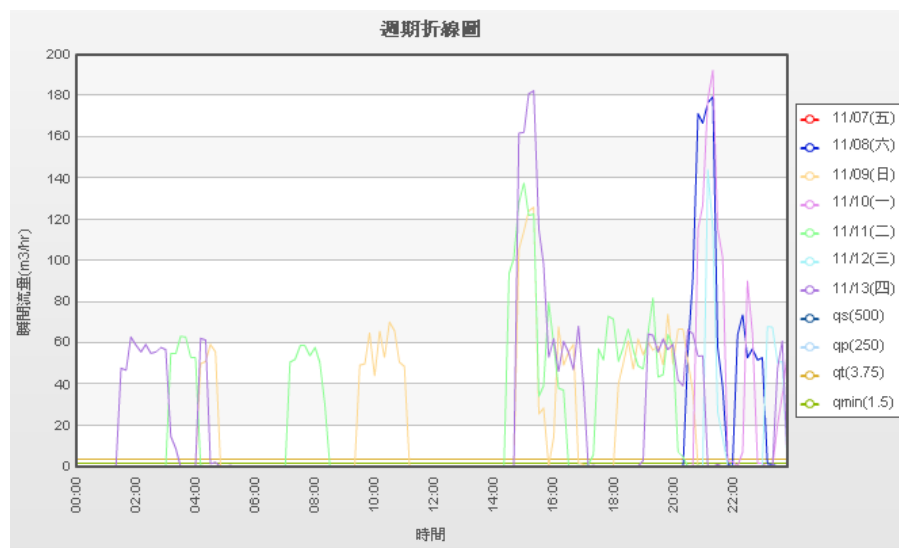


圖 3-14 週期折線圖(北投區石牌路)

本只水表口徑 200mm，若以一週最高流量除以標稱流量 ( $1/3Q_p \sim 1.9Q_p$  為準確計量區間)， $q/Q_p(150) = 192.6/250 = 0.77 > 1/3$ 。如圖 3-15 所示。

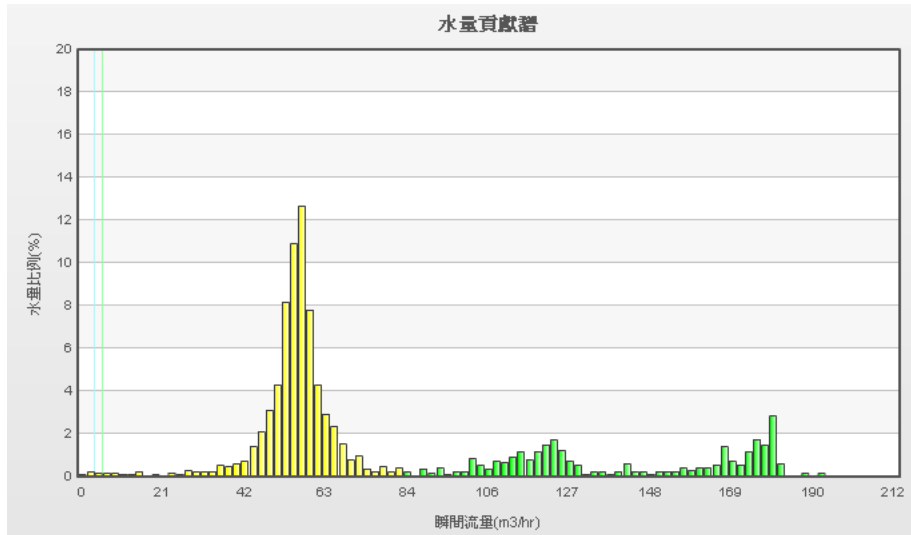


圖 3-15 水量貢獻譜(北投區石牌路)

D、分析結論: 黃色柱狀圖不靈敏區間水量比例為 70%、綠色柱狀圖最佳工作區間水量比例為 30%、過載區間水量比例為 0%，因不靈敏區間運轉水量超過 50%，應更換 C 級水表。

### 3、學校直接表

A、表位資料:地址臺北市文山區木新路 3 段○號，水表口徑 50mm，進水開關為機械浮球開關，水表記錄器設定以每 10 秒讀取一筆。

B、抄表資料:2013 年~2015 年平均每期抄表實用度數 2,000 降至 1,500，有口徑匹配的問題。

C、圖型分析(如圖 3-16 所示):

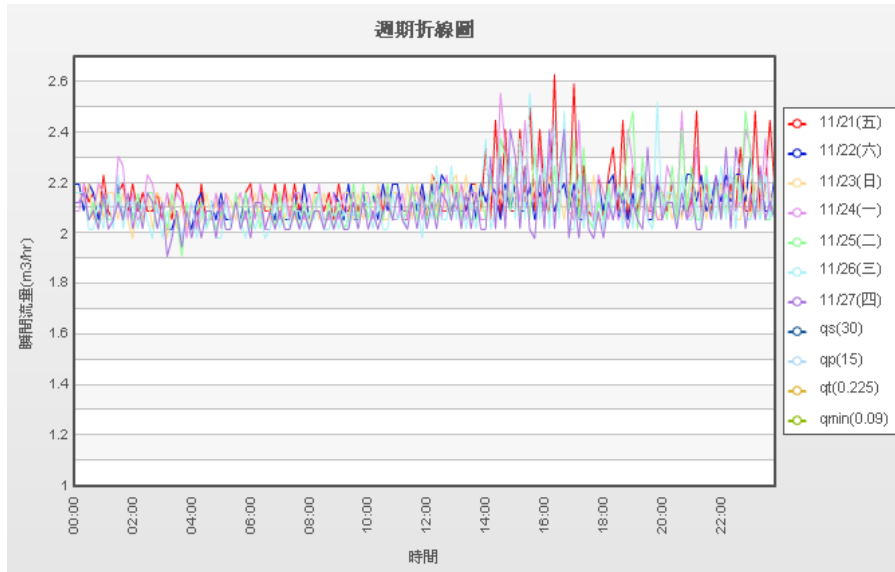


圖 3-16 週期折線圖(文山區木新路 3 段)

本只水表口徑 50mm，若以 1 週最高流量除以標稱流量 ( $1/3Q_p \sim 1.9Q_p$  為準確計量區間)， $q/Q_p(50) = 3.7/15 = 0.24 < 1/3$ 。如圖 3-17 所示。

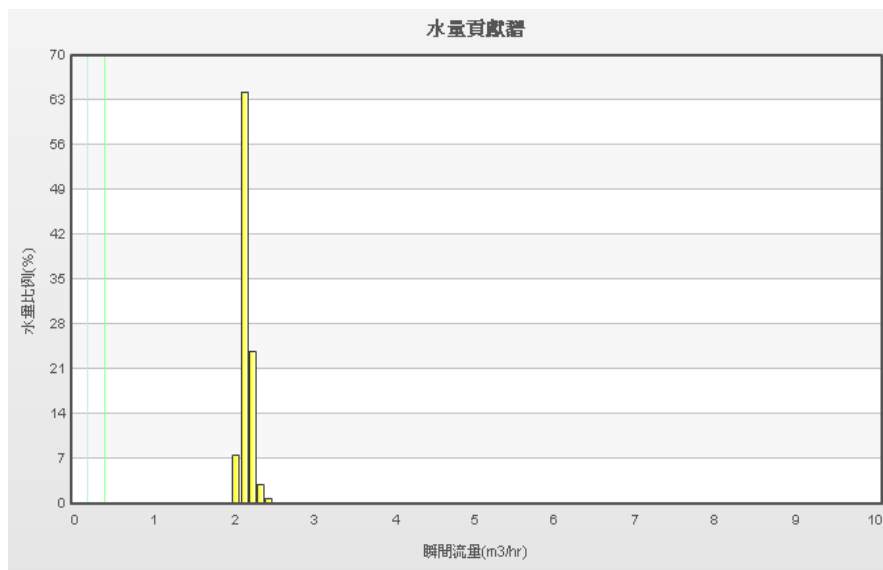


圖 3-17 水量貢獻譜(文山區木新路 3 段)

D、分析結論: 黃色柱狀圖不靈敏區間水量比例為 100%、綠色柱狀圖最佳工作區間水量比例為 0%、過載區間水量比例為 0%，因不靈敏區間運轉水量超過 50%，且每月用水量不大，應更換 C 級水表。

#### 4、行政機關直接表

A、表位資料:地址臺北市信義區市府路○號，水表口徑

150mm，進水控制間接用水浮球閥開關，設有中繼水槽，水表記錄器設定以每 10 秒讀取一筆。

- B、抄表資料:2013 年~2015 年平均每期抄表實用度數 10,000 降至 6,500，有口徑匹配的問題。
- C、圖型分析(如圖 3-18 所示):

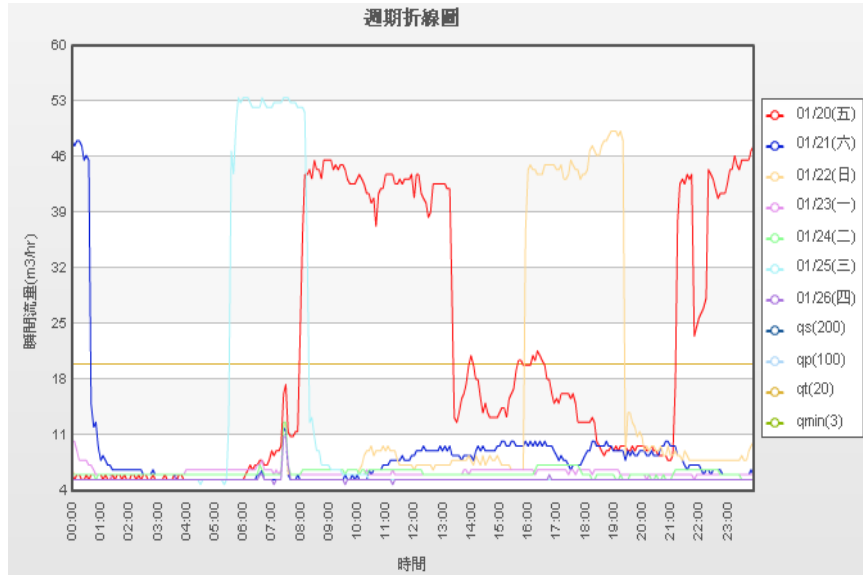


圖 3-18 週期折線圖(信義區市府路)

本只水表口徑 150mm，若以 1 週最高流量除以標稱流量 (1/3Qp~1.9Qp 為準確計量區間)， $q/Q_p(150)=46/100=0.46 > 1/3$ 。如圖 3-19 所示。

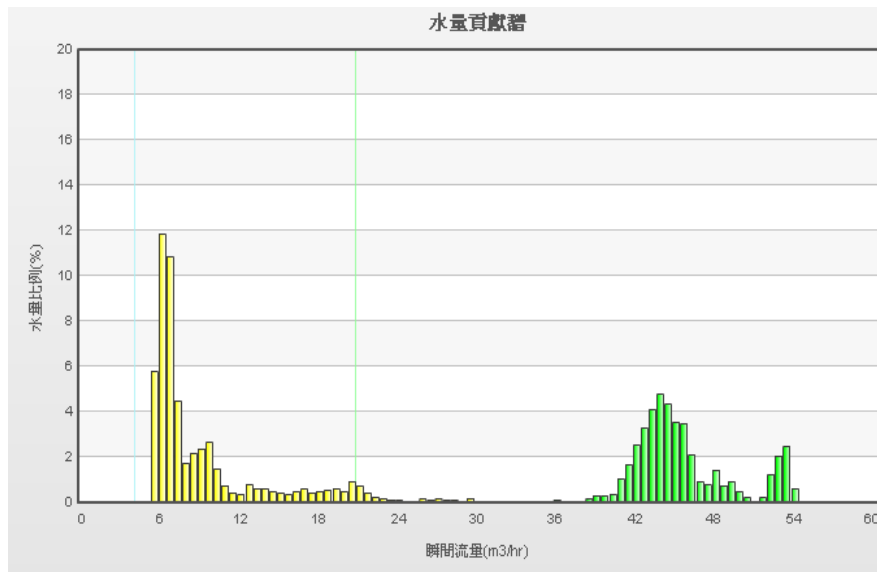


圖 3-19 水量貢獻譜(信義區市府路)

D、分析結論: 黃色柱狀圖不靈敏區間水量比例為 56%、綠色柱狀圖最佳工作區間水量比例為 44%、過載區間水量比例為 0%，因不靈敏區間運轉水量超過 50%，應更換 C 級水表。

### 5、游泳池直接表

A、表位資料:地址臺北市中正區濟南路一段○號(體育館), 水表口徑 75mm, 進水型態為(定水位閥), 無浮球開關效應, 水表記錄器設定以每 10 秒讀取一筆。

B、抄表資料:2013 年~2015 年平均每期抄表實用度數 2,000 降至 1,500, 有口徑匹配的問題。

C、圖型分析(如圖 3-20 所示):

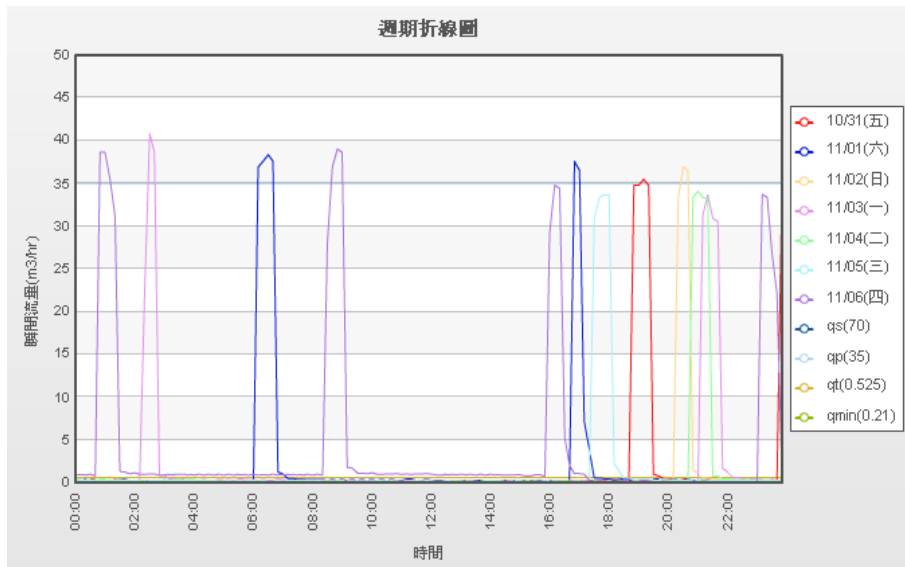


圖 3-20 週期折線圖(中正區濟南路 1 段)

本只水表口徑 75mm, 若以 1 週最高流量除以標稱流量 ( $1/3Q_p \sim 1.9Q_p$  為準確計量區間),  $q/Q_p(75) = 40.8/35 = 1.2 > 1/3$ 。如圖 3-21 所示。

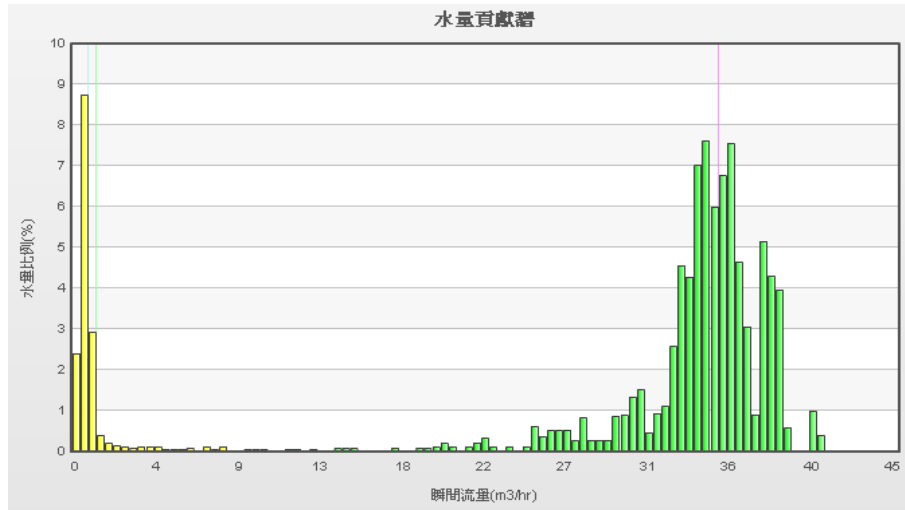


圖 3-21 水量貢獻譜(中正區濟南路 1 段)

D、分析結論: 黃色柱狀圖不靈敏區間水量比例為 16%、綠色柱狀圖最佳工作區間水量比例為 84%、過載區間水量比例為 0%，口徑合宜。

#### 6、市政用水直接表

A、表位資料: 臺北市內湖區舊宗路二段與民權東路橋下，水表口徑 75mm，本栓為公園處水車取水口，水表記錄器設定以每 10 秒讀取一筆。

B、抄表資料:2013 年~2015 年平均每期抄表實用度數 200。

C、圖型分析(如圖 3-22 所示):

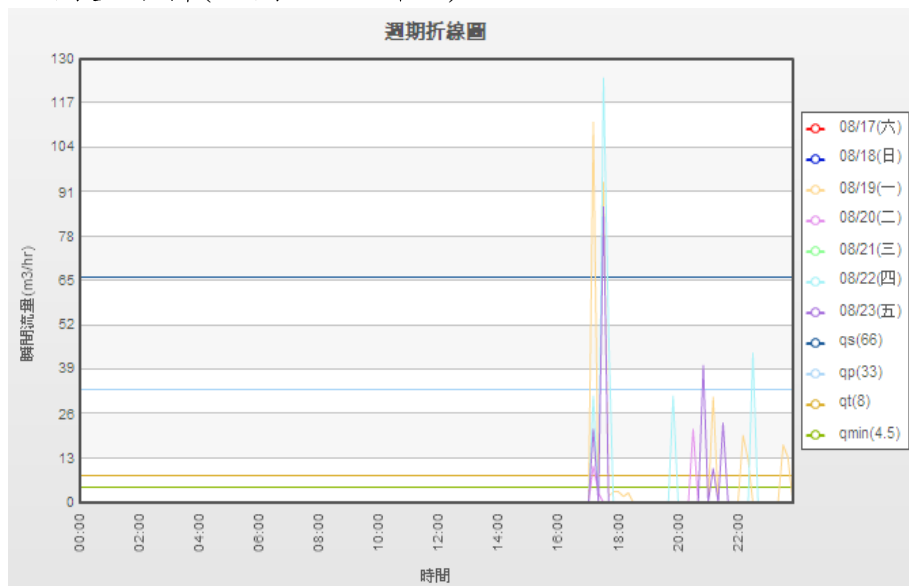


圖 3-22 週期折線圖(內湖區舊宗路 2 段)

本只水表口徑 75mm，若以一週最高流量除以標稱流量 ( $1/3Q_p \sim 1.9Q_p$  為準確計量區間)， $q/Q_p(75)=124/35=3.5 > 1/3$ 。如圖 3-23 所示。

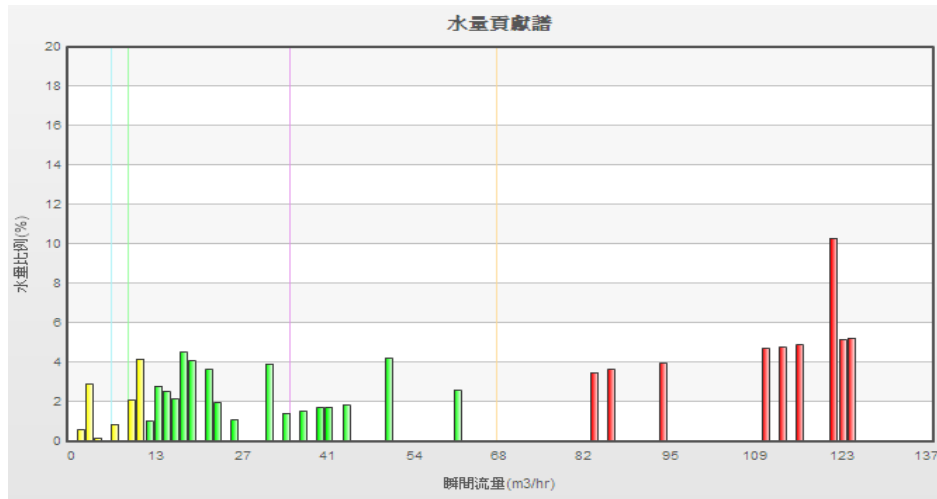


圖 3-23 水量貢獻譜(內湖區舊宗路 2 段)

D、分析結論: 黃色柱狀圖不靈敏區間水量比例為 9%、綠色柱狀圖最佳工作區間水量比例為 45%、過載區間水量比例為 46%，口徑過小。

#### 7、軍事用水直接表

- A、表位資料: 臺北市中正區博愛路○號，水表口徑 100mm，進水開關為機械浮球開關，水表記錄器設定以每 10 秒讀取一筆。
- B、抄表資料: 2013 年~2015 年平均每期抄表實用度數 8,000 降至 5,500。
- C、圖型分析(如圖 3-24 所示):

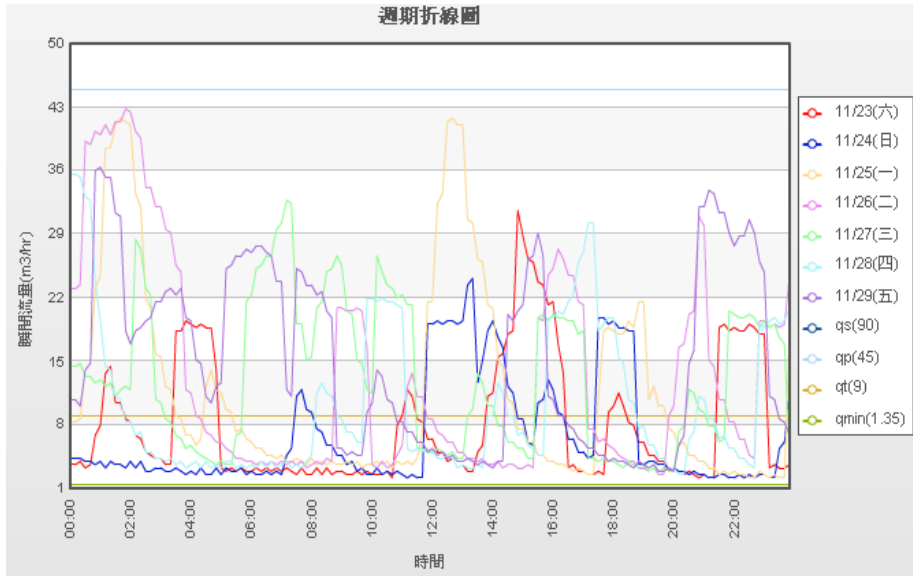


圖 3-24 週期折線圖(中正區博愛路)

本只水表口徑 100mm，若以一週最高流量除以標稱流量 (1/3Qp~1.9Qp 為準確計量區間)， $q/Q_p(100)=48.6/45=1.1 > 1/3$ 。(如圖 3-25 所示)

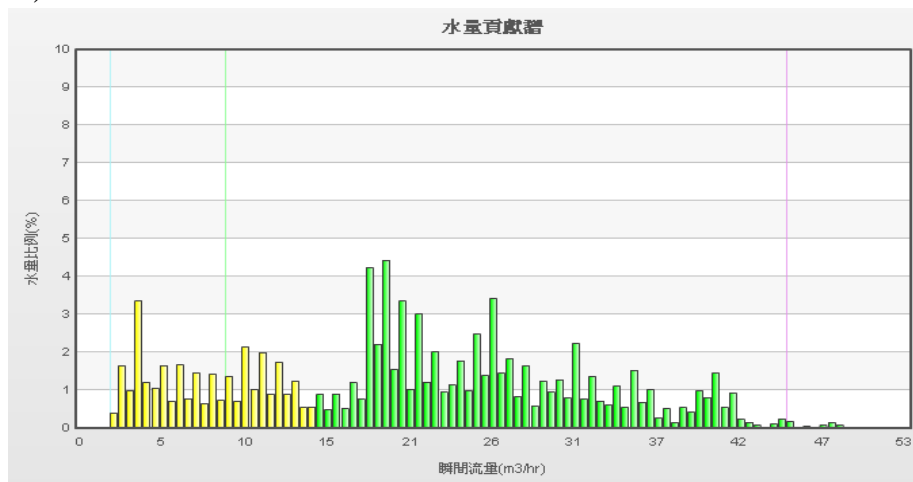


圖 3-25 水量貢獻譜(中正區博愛路)

D、分析結論: 黃色柱狀圖不靈敏區間水量比例為 31%、綠色柱狀圖最佳工作區間水量比例為 69%、過載區間水量比例為 0%，口徑合宜。

### 8、工程用水直接表

A、表位資料: ○營造股份有限公司，臺北市信義區光復南路 O 號對面(工程用水)，水表口徑 75mm，進水控制間接用水浮球閥開關，水表記錄器設定以每 10 秒讀取一筆。

B、抄表資料: 2013 年~2015 年平均每期抄表實用度數 2,000 度至 4,800 度。

C、圖型分析(如圖 3-26 所示):

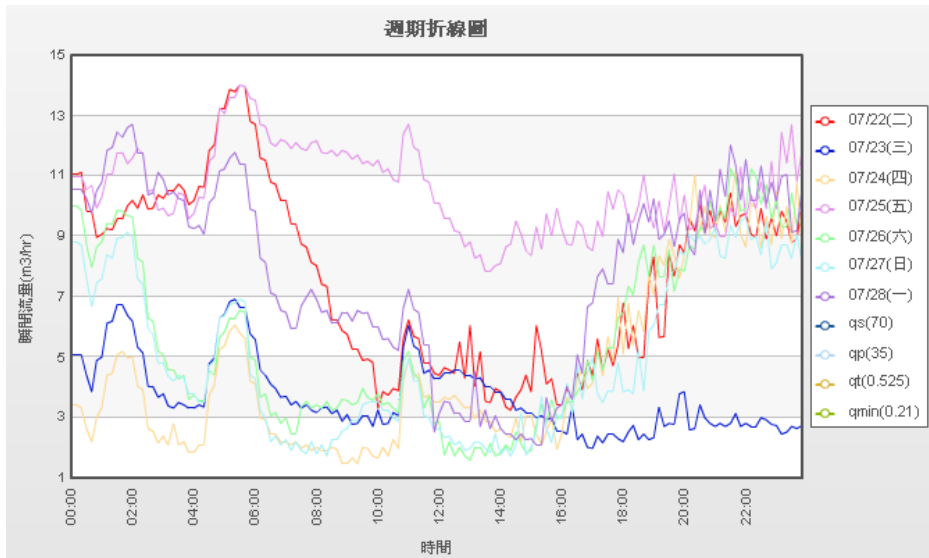


圖 3-26 週期折線圖(信義區光復南路某號對面)

本只水表口徑 75mm，若以一週最高流量除以標稱流量 (1/3Qp~1.9Qp 為準確計量區間)， $q/Q_p(75)=26/35=0.7>1/3$ 。如圖 3-27 所示。

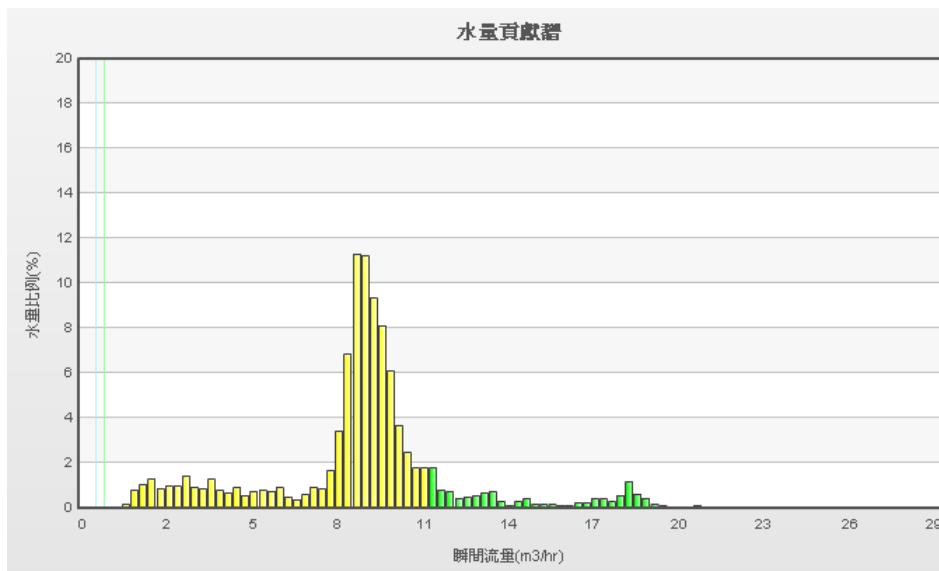


圖 3-27 水量貢獻譜(信義區光復南路某號對面)

D、分析結論: 黃色柱狀圖不靈敏區間水量比例為 87%、綠色柱狀圖最佳工作區間水量比例為 13%、過載區間水量比例為 0%，口徑過小。

### 3.3 分析案例探討

本研究用戶用水模式建置主要係對大口徑總表及直接表進行口徑與用水量是否匹配調查分析，建置對象之篩選以 C 級表、大用水戶及異常用水戶等三類，共執行建置 3,148 只水表。將分析結果區分為「口徑適當」、「口徑過大」、「口徑過小」等三種態樣，執行結果分述如下：

#### 1. 口徑適當

水表設置口徑透過進水譜、週期折線圖及水量貢獻譜分析方法，分析結果為口徑適當，計有 2,255 只，佔總執行量 3,148 只之 71.63%，詳如表 3-5 所列，建議改善方式計有下列三種方式：

- (1) 改為 C 級表：將原使用 B 級表建議汰換為準確性較佳之 C 級表以提升較佳計量準確性，計有 425 只，佔總執行量 13.50%。
- (2) 其他改善措施：計有 145 只，佔總執行量 4.61%，該案件係屬用戶用水設備問題，建請用戶改善，如發現疑似漏水或浮球開關進水問題，則主動告知用戶及協助用戶改善。
- (3) 不需處理：已安裝 C 級表並且口徑匹配適當，無須再處理，計有 1,685 只，佔總執行量 53.53%。

表 3-5 分析結果為口徑適當及改善方式

口徑適當				
改善方式	改為 C 級表	其他改善措施	不需處理	合計
水表數	425	145	1,685	2,255
佔總執行量比例	13.50%	4.61%	53.53%	71.64%

個案位於臺北市大安區仁愛路 3 段之公共用水水表，表位勘查有持壓閥，無逆止閥，進水開關為機械浮球開關，進水模式為自然流進

水，依其水量貢獻譜，不靈敏區間水量比例為 0%、最佳工作區間水量比例為 100%、過載區間水量比例為 0%，如圖 3-28 所示，顯示水表口徑設置合理，因此建議維持原口徑。

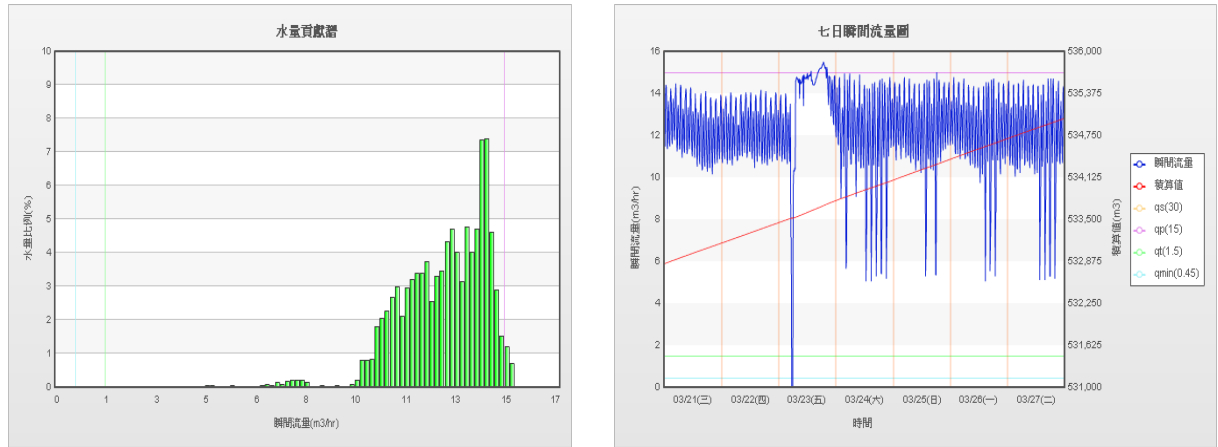


圖 3-28 分析結果為口徑適當案例之瞬間流量圖及水量貢獻譜

## 2. 口徑過大

水表設置口徑透過進水譜、週期折線圖及水量貢獻譜分析方法，分析結果為口徑過大者，計有 884 只，佔總執行量 3,148 只之 28.08%，詳見表 3-6。

表 3-6 分析結果為口徑過大及改善方式

口徑過大								
改善方式	$\phi$ 100 → $\phi$ 50	$\phi$ 75 → $\phi$ 50	$\phi$ 75 → $\phi$ 40	$\phi$ 50→ $\phi$ 40	$\phi$ 50 → $\phi$ 25	改為 C 級 表	直接表 或無配 件，暫 不改善	合計
水表數	92	210	67	93	19	63	340	884
佔總執行量 比例	2.92%	6.67%	2.13%	2.95%	0.60%	2.00%	10.80%	28.07%

由上列口徑過大資料所示，北水處裝置用戶端之大表確實有口徑過大與用水量不匹配的情況，甚至部分水表使用口徑小 2 級之水表即可。分析結果口徑過大，僅須將裝設之 B 級表汰換為計量較精確之 C 級表者計有 63 只；如為口徑過大，但因係直接表，考量基本費收入

且須用戶申請方能變更口徑縮小者計有 289 只，另執行大口徑如 200mm 縮小 150mm 及 100mm、150mm 縮小 100mm 或 100mm 縮小 75mm，因現行尚無相關水表口徑大改小之零組件計 51 只，均建議維持現狀，暫不改善。

個案位於臺北市松山區三民路之總表，表位勘查無持壓閥，無逆止閥，進水開關為機械浮球開關，進水模式為自然流進水，依水量貢獻譜不靈敏區間水量比例為 100%、最佳工作區間水量比例為 0%、過載區間水量比例為 0%， $Q_p/3$  以下不靈敏區間運轉水量超過 50%，如圖 3-29 所示，建議縮小口徑或更換 C 級水表。

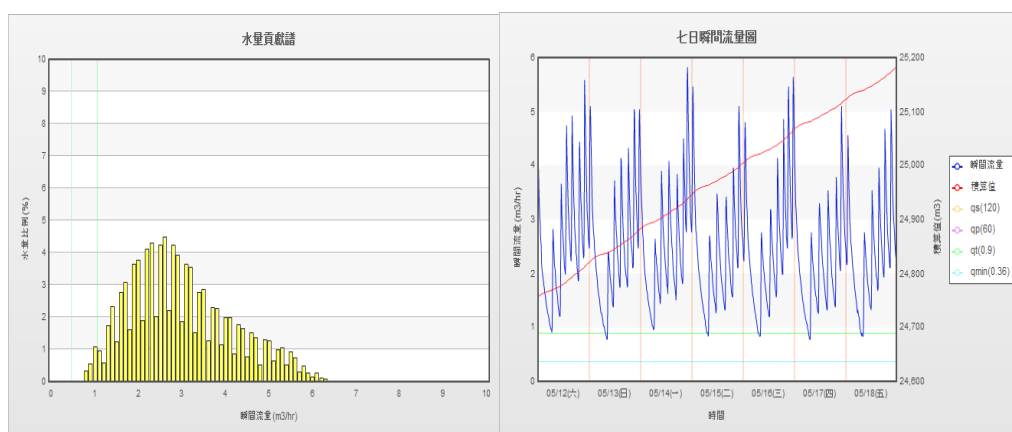


圖 3-29 分析結果為口徑過大案例之瞬間流量圖及水量貢獻譜

### 3. 口徑過小

水表設置口徑透過進水譜、週期折線圖及水量貢獻譜分析方法，分析結果為口徑過小者，僅有 9 只，佔總執行量 3,148 只之 0.29%，以加裝孔口片，控制水流，避免造成水表流量超載。

個案位於臺北市內湖區舊宗路 2 段與民權東路橋下，表位勘查無持壓閥，無逆止閥，進水開關為電動開關，進水模式為自然流進水，依水量貢獻譜，系統判定結果，不靈敏區間水量比例為 9%、最佳工作區間水量比例為 45%及過載區間水量比例為 46%，因  $1.9Q_p$  以上過載區間運轉水量超過 20%，如圖 3-30 所示，此為用戶直接表，用水量已經超過其  $q_s$ (超載流量)，目前研判一週用水有 3 次超量，需與用戶協商更換較大口徑或降低瞬間水量延長進水時間。

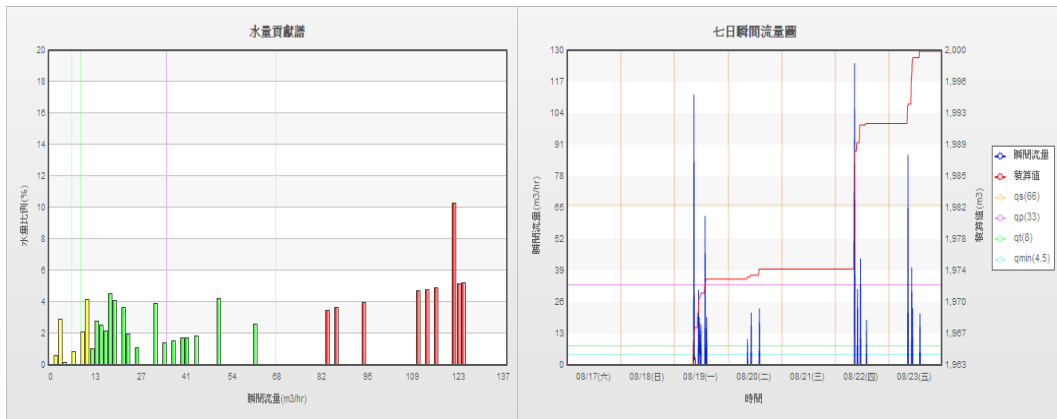


圖 3-30 分析結果為口徑過小案例之瞬間流量圖及水量貢獻譜

#### 4. 用戶用水設備異常案件

由進水譜、週期折線圖及水量貢獻譜分析，一般而言，在用戶用水較少時，會測得瞬間流量最小值，故當夜間大部分人都睡(無用水)，若仍有流量持續進出，其原因可能是用水設備異常或漏水，應主動通知用戶注意。一般可依假日與非假日之夜間流量進行比對，可發現是否具持續性或間歇性，判斷漏水之可能，並即時發現異常進水態樣之用戶，如浮球開關效應造成不感流量差異及疑似漏水跡象，主動提醒告知用戶修理改善。

本研究大用戶用水模式建置 3,148 件，用水用水設備異常疑似漏水、浮球開關未緊閉及浮球開關水位過高件數總共 585 件，佔總執行案件數 18.58%，如表 3-7 所列。

表 3-7 用戶用水設備異常案件統計

用水設備異常			合計
疑似漏水	浮球開關未緊閉	浮球開關水位過高	
332	207	46	585
10.55%	6.58%	1.46%	18.58%

以下介紹用戶用水設備異常案例，係臺北市松山區南京東路三段總表，依其 7 日瞬間流量圖分析，夜間有微量進水，應該為蓄水池微量補水。再依其週期折線圖判斷，該用戶總表應該是住商混合大樓，

每日日進水週期相當一致，為浮球開關控制進水。其中 8 月 31 日有降至 0 點流量，如圖 3-31 所示，因此總表至浮球開關段進水無漏水。但是每月分攤度數與用水度數接近一倍，又明確不合理，所以研判是用戶水池有滲漏或是浮球開關無法緊閉造成溢流及總表差額分攤度數。綜合以上建議，維持原口徑，通知用戶檢查水池與浮球開關無法緊閉造成溢流。

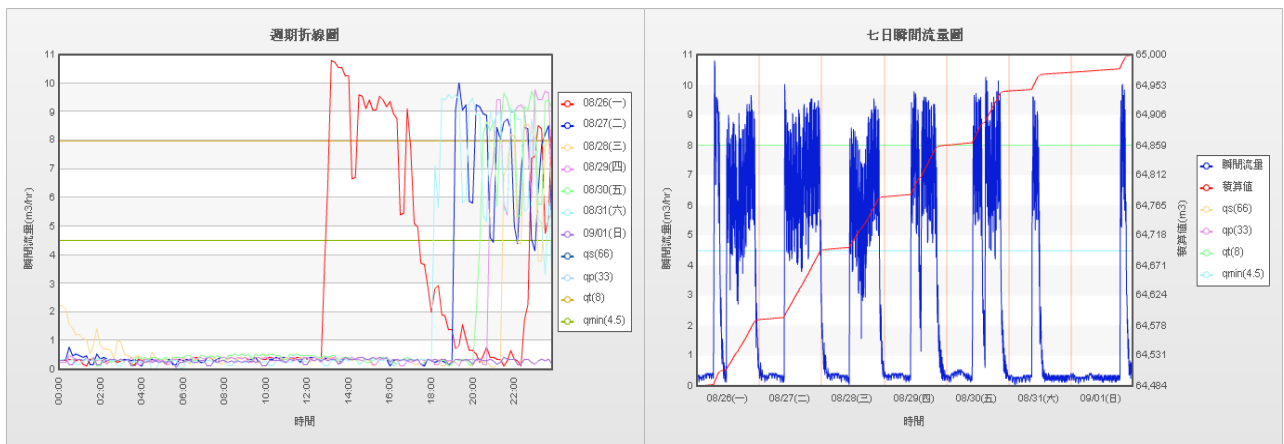


圖 3-31 用戶用水設備問題案例之瞬間流量圖及水量貢獻譜

### 3.4 水表改裝效益評估案例探討

如 2.4 節，以下水表改裝效益評估可分成宏觀分析與個案分析來作探討。

#### 3.4.1 宏觀分析

直接用水易受用水人口改變、季節性及用水習慣變化所影響，水表進行改裝所產生效益尚難評估，故本研究將以總表整體準確度及整體計量是否增加(即採用觀察總表性能之相對差率及收益率 2 個宏觀指標，詳 2.4.2 節)評估口徑大改小與 C 級化成效。

##### 1. (C 級)水表口徑大改小成效

用戶用水模式針對總表口徑過大之改善措施主要為口徑縮小，本研究挑選近 3 年北水處執行用水模式調查後，審查為口徑過大，並已完成口徑縮小作業 57 只之總表，其中水表口徑 50mm 縮小為 25mm

及 40mm 各有 1 只，水表口徑 75mm 縮小為 40mm 及 50mm 各有 3 只及 32 只，水表口徑 100mm 縮小為 50mm 則有 20 只，按前述觀察總表性能之相對差率及收益率 2 個宏觀指標進行分析，結果發現，相對差率 $\varepsilon$ 增加 4.41%，水量收益率 $\beta$ 亦增加 4.22%，顯示口徑大改小改善措施的確發揮效果，另因口徑縮小減少之購表成本約為 589,000 元 (57 只，平均每只至少節約 1 萬元以上)，具有雙重效益，未來若擴大辦理用戶用水模式建置，針對系統智能分析判定之口徑過大進行口徑縮小作業，應可為北水處帶來更大經濟效益，而其 8 年內水表生命週期，長期效益應仍持續觀察。

## 2. B 級水表 C 級化效益分析

大表口徑過大或口徑適當之 B 級表因逾齡汰換為較精確之 C 級表，本研究共執行 247 只原本為 B 級表改採用 C 級表。其中 241 只用水模式調查，審查結果為口徑適當，為避免不感流量產生，改採用計量較精準之 C 級表，非因流量貢獻譜落在小流不感應區而設定 B 級改 C 級表，結果發現相對差率增加 0.66% (原 247 只為 0.55%)，水量收益率亦增加 0.21% (原 247 只為 0.13%)，初步探討較可能原因如圖 2-23，其實大部分水表(非個案壞表)，長期衰退並不嚴重，若流量貢獻譜之流量絕大部分皆大於 B 級水表的  $Q_t$ (更或者  $Q_{min}$ ) 以上，則器差曲線與流量貢獻譜疊加產生之器差，B、C 級表差異將不大；另 6 只用水模式評斷為口徑過大須辦理口徑大改小，惟目前尚未採購相關大改小組件(尚無經濟規模、開模不划算)，暫將原 B 級表改為同口徑 C 級表，惟發現成效同樣不明顯，可能係樣本數不足(僅 6 只)，宜俟統計數量足夠時，再行評估。

## 3. B 級水表 C 級化且大改小效益分析

為了解原採用 B 級水表且用水模式審查為口徑過大之總表，改善措施為汰換 C 級表且同時辦理口徑縮小成效，本研究篩選分析符合前述前述改善條件 24 只總表，結果發現相對差率 $\varepsilon$  增加 7.60%，水量收益率 $\beta$  亦增加 7.11%，顯示縮小口徑且同時使用 C 級表，改善

效益顯著，且同樣可節省水表採購經費。

然為何前項 B 改 C 級水表效益不明顯，而本項卻較第 1 項 C 級大改小效益有明顯增加，其實包括第 1 項只應用 57 只水表數據，而本項僅 24 只水表數據，樣本尚未臻足夠，效益易受單一水栓影響，如漏水、水表故障及抄表錯誤造成計量偏差，而影響整體效益；其次，每項次其中包含大改小的內容亦有差異(例如未必皆同樣 100mm 改 50mm、100mm 改 40mm 等比例相同)。

### 3.4.2 個案分析

經利用安裝於用戶端之水表紀錄器，紀錄水表運轉計量數值，轉換成週期折線圖、進水譜及水量貢獻譜，評估水表運作是否於合理之工作區間，利用設定系統設定最適口徑推斷準則，分析水表口徑與用戶用水量之匹配適當性，以下就水表改裝之個案進行分析。

#### 一、蓄水池進水容積評估法

口徑大改小之效益評估，利用換表前後抄表有可能季節性的因素或房屋用途、人口的改變不盡客觀，故可利用每次進水計量蓄水池容積評估，評估改善前後之計量差異，如下圖 3-32，因浮球閥閉合不良，且有拖尾現象，利用水表記錄器資料，同樣條件下，每次地下水池進水體積應相同，惟大改小前口徑 75mm 水表計量  $201.72\text{M}^3$ ，改為口徑 50mm 水表計量  $223.43\text{M}^3$ ，單一次浮球開關運作行程進水水量增加  $21.71\text{M}^3$ ，增加 10.76% 水量收益。

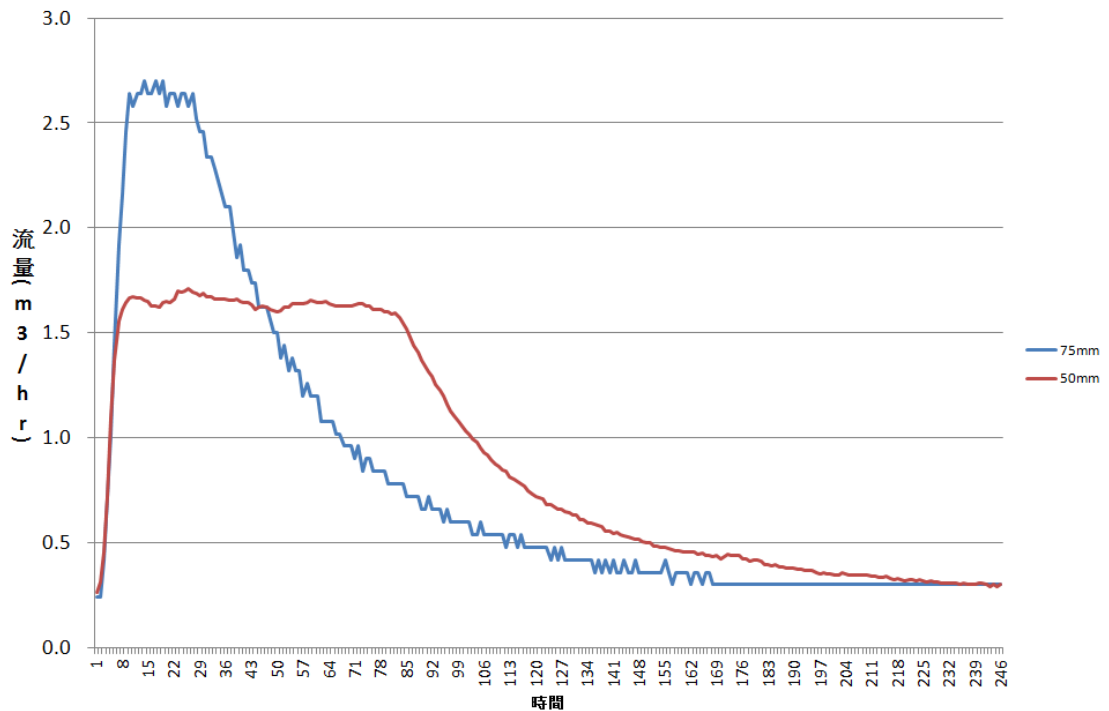


圖 3-32 蓄水池容積法評估大改小後效益

## 二、孔口片安裝個案探討

對於超載流量比率過多個案，常會於水表表後加裝孔口片，以便於不改變水表口徑而降低用水流量。

案例探討：

1. 表位資料:地址臺北市內湖區洲仔街總表，水表口徑 75mm，分表戶 3，進水開關為電磁閥開關，水表記錄器設定以每分鐘讀取一筆。
2. 抄表資料：98 年~104 年平均每期抄表實用度數 5,000~1000 度，103 年 5 月換表為口徑 75mmC 級表並加裝表後縮小孔口片(75x50mm)。
3. 瞬間流量圖比對: 紅色線為 75mm 豎軸電子式 B 級表週期折線圖，103 年 5 月換表為同口徑螺旋電子 C 級表並加裝表後縮小孔口片週期折線圖。

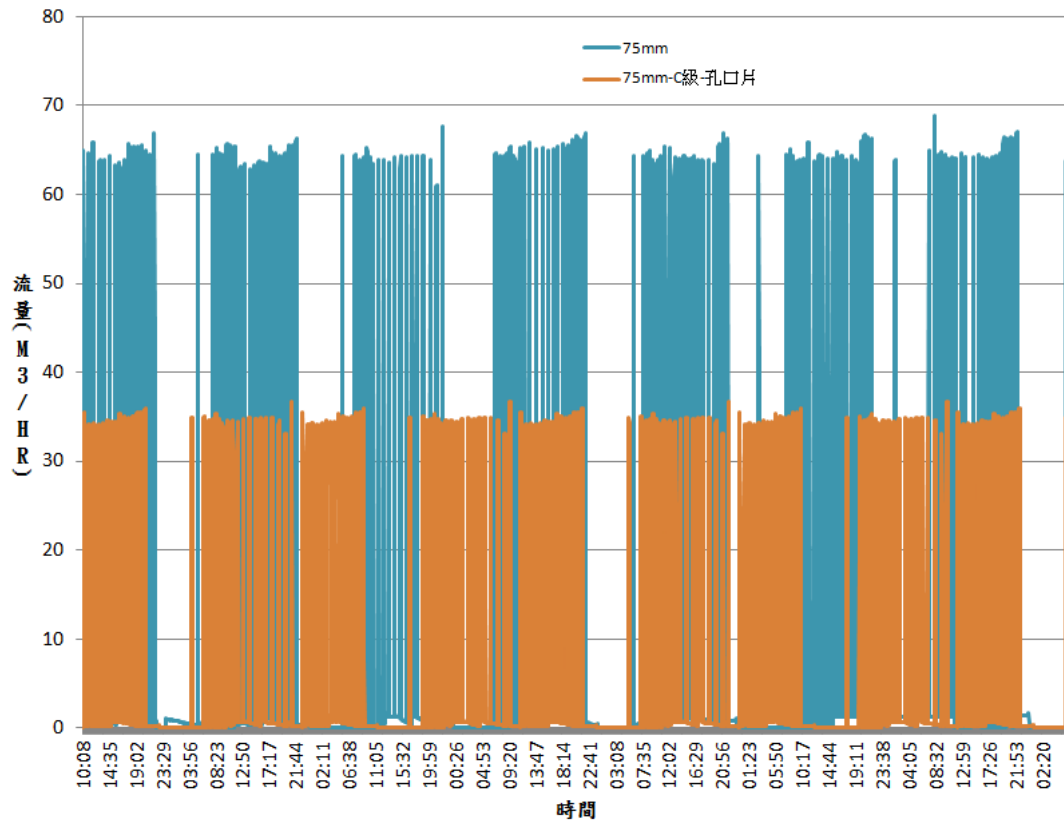


圖 3-33 水表加裝孔口片前後瞬間流量

4. 水量貢獻譜前後比較表：

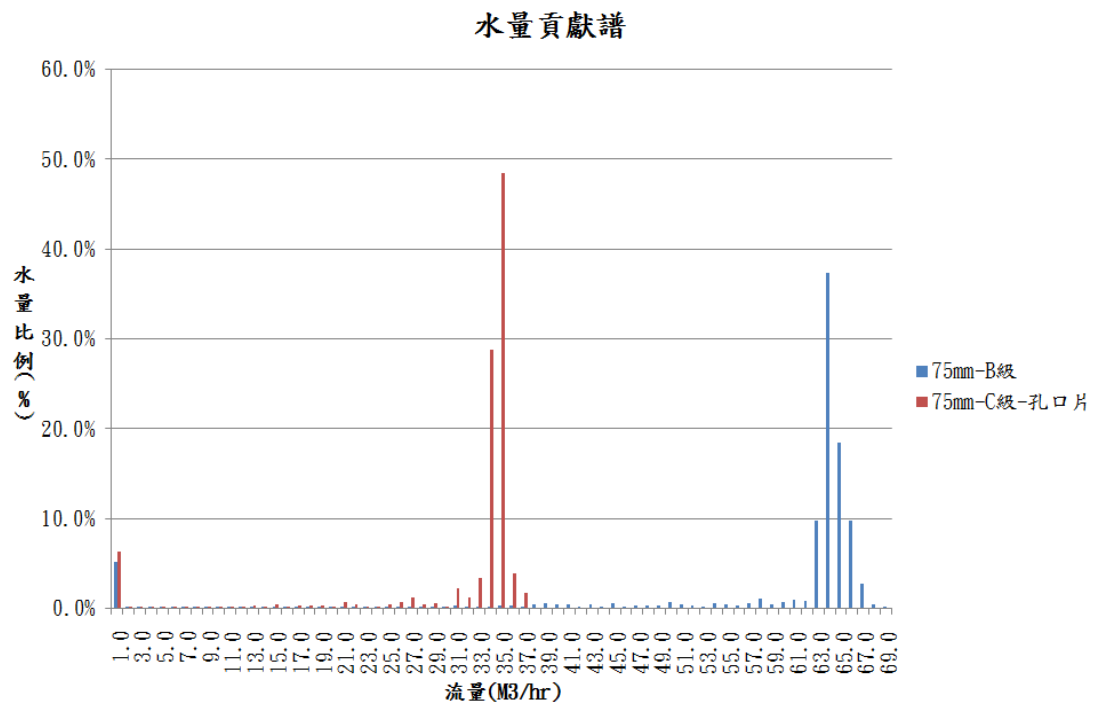


圖 3-34 表後加裝孔口片水量貢獻譜

5. 工作區比對：口徑 75mm-B 級不靈敏區間水量比例為 6%，

最佳工作區間水量比例為 92%，過載區間比 2%，口徑 75mm-C 級加裝孔口片不靈敏區間水量比例為 8%，最佳工作區間水量比例為 92%。

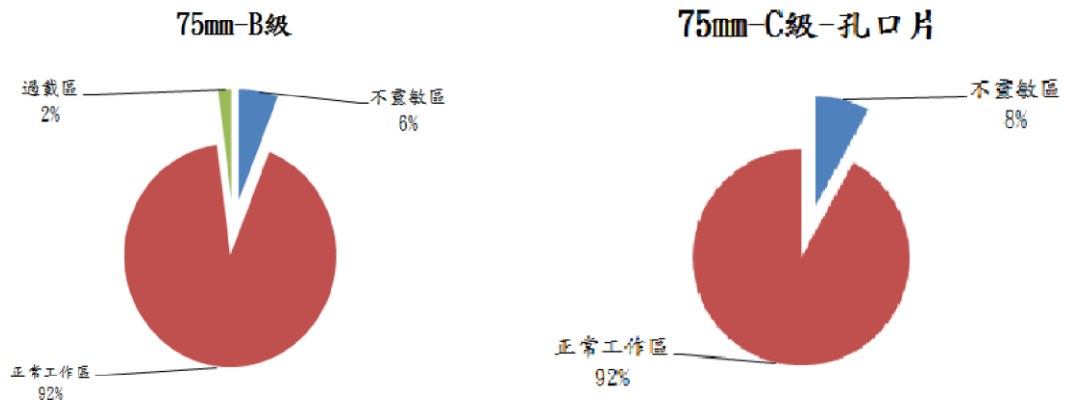


圖 3-35 表後加裝孔口片水量貢獻比例之差異

6. 效益探討: 過載區減少雖可增加水表使用年限，案例卻發現可能降低瞬間流量，造成不靈敏區間比例增加(6%增至 8%)，而減少水量收益(每期平均減少 609M<sup>3</sup>)，故須權衡口徑改大之工料費及加裝孔口片所損失的水費收益，以本栓而言，未來可考量放大口徑。

### 3.5 大表用戶用水資料探勘

本研究為辦理用戶用水管理模式之智能推斷，曾保守的訂定相關用水模式分析判讀準則，然此判讀準則之妥適與否，恰可透過資料探勘、因果資料交叉比對，發掘潛藏規則(或可能發現無明確規則-模型訂定不妥)的方式來執行，若發現潛藏規則有相當好的因果關係(相關係數)，則本研究所訂定判讀準則較為可行，否則應辦理修正。

過去多以口徑改小降低不靈敏區間水量比例、增加計量收益，本節嘗試利用大表用戶用水模式建置系統資料庫，對已建置完成 3,148 只水表以資料探勘方法，找出其它改變降低水表不靈敏區間的控制因子，除作為日後訂定增加水量收益措施之參考，更可協助檢視本研究判讀準則之可靠性。

3,148 只水表雖不能稱是巨量資料，然本研究亦對往後之資料剖

析方向，提供可行的分析模式，如圖 3-36 可找出與產生不靈敏區間高度相關的 control 變因，而後便能應用操控這些變因，以降低不靈敏區間、增加計量收益。

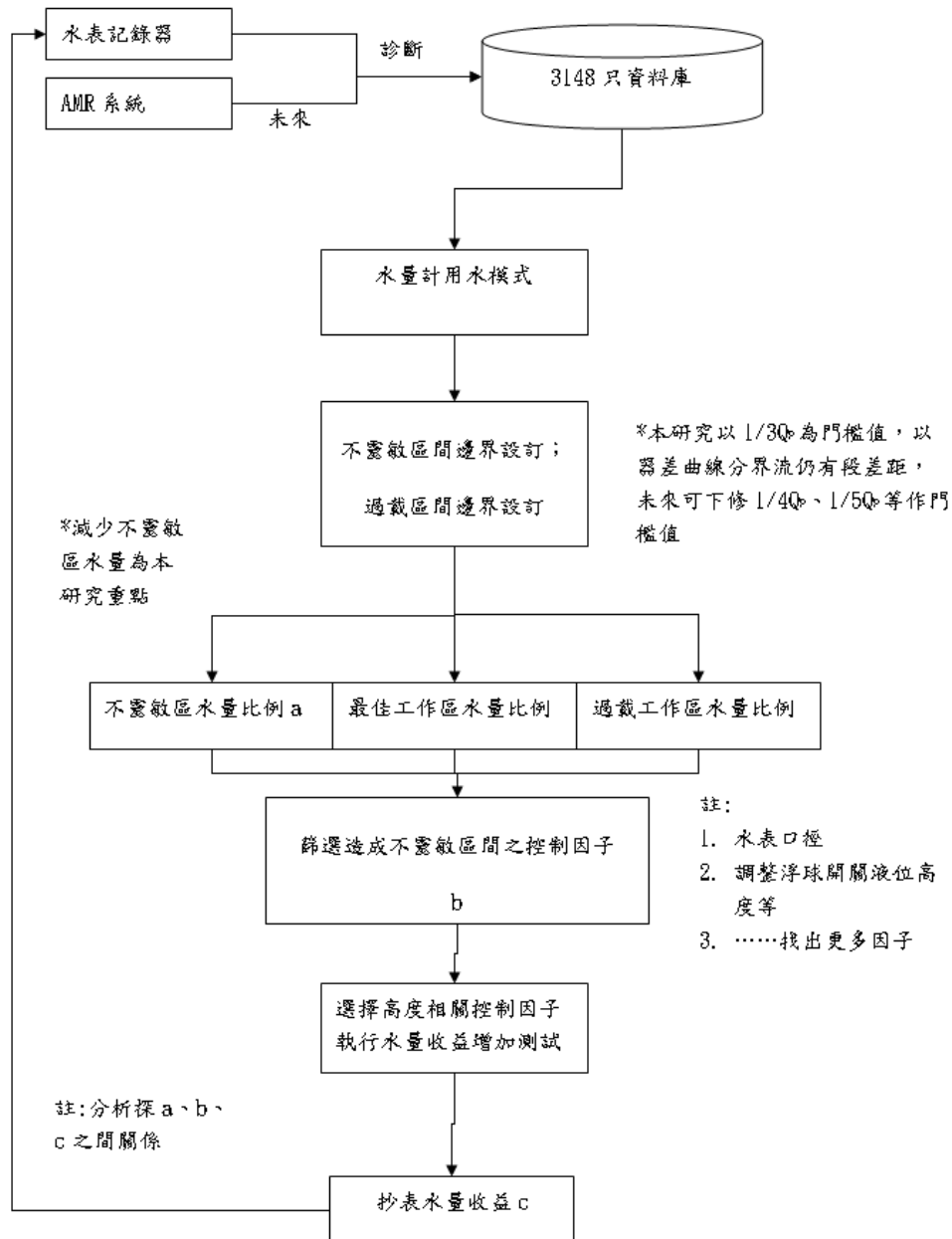


圖 3-36 水表改裝效益分析流程圖

### 3.5.1 資料蒐集與前處理

本研究針對已完成用水模式建置資料，分析水表紀錄資料之不靈敏區間比例，再以資料探勘技術探討各種進水因子(口徑、進水開關

型式..等)與產生不靈敏區間之相關性，找出可能高度相關之控制條件，期望有效降低不靈敏度水量比例，因此在進行資料探勘前必須蒐集相關資料與進行資料前置處理。

本研究案水表安裝適當與否的主要判讀原則為以  $Q_p/3$  為不靈敏與最佳工作區間之界線，每栓用水模式可提供各不靈敏區間、最佳工作區間及過載區間之用水比例(流量貢獻比例)，這可稱為本研究案計量分析的「果」，而相關可能的「因」就由逐栓填列之現場調查記錄表內容來篩選，這些調查紀錄表記錄的項目便是當初評估可能影響水表計量的變因及其他水表基本資料所組成，其項目包含：如水號、分處別、表號、口徑、表種、用水種別、供水方式、分戶數、郵遞區號、縣市別、行政區、街道名、巷、弄、號、號之、樓、樓之、其他及通過總表水號等相關資料(如圖 3-37)。

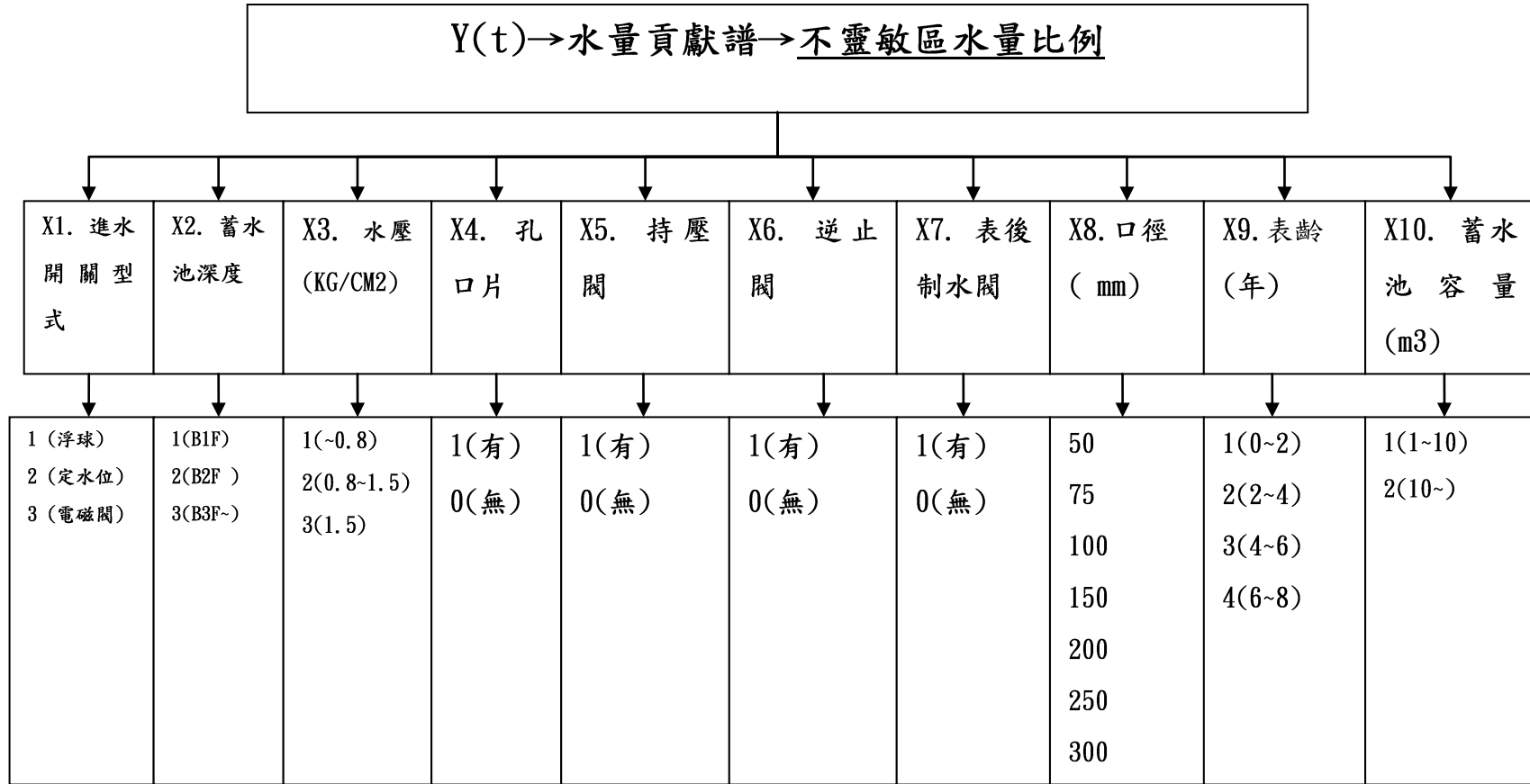
現場勘查紀錄		勘查時間：2011/09/19 09:19					
一、表位環境							
表位積水	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否	表位過深	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	表蓋過重	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否	表位髒亂	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否
雜物堆積	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否	孔口片 <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 不知					
二、水量計							
表種	橫軸葉輪 CNS-14866 B 級(93 年版)			口徑	150mm		
進水量	32.000 噸/小時	漏水天數	0 天	電力不足天數	0 天	磁干擾天數	0 天
指針顯示正常	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	鉛封完整	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	水表裝置水平	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否		
拆裝時有異物	<input type="checkbox"/> 是 (異物描述: _____) <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 不知			接水點是否在防火巷	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 不知		
接水處接水方式	<input type="checkbox"/> 鞍帶 <input type="checkbox"/> 丁字 <input checked="" type="checkbox"/> 不知 主管口徑 X 支管口徑 _____			配水管是否單向供水	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 不知		
與原給水新設口徑相同	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 (原給水管口徑為 mm) <input type="checkbox"/> 不知			相鄰表位有無馬達直抽	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 不知		
三、遠隔顯示器							
有無安裝	<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	是否固定	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	是否正常	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	通訊線破損	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否
四、表位配件							
持壓閥	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 不知	逆止閥	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 不知	表前制水閥	<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	表後制水閥	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無
五、用戶進水裝置							
蓄水池深度	<input type="checkbox"/> 進地下 1 樓 <input type="checkbox"/> 進地下 2 樓 <input checked="" type="checkbox"/> 進地下 3 樓或更深水池 <input type="checkbox"/> 無法判斷						
進水開關	<input checked="" type="checkbox"/> 機械浮球開關 <input type="checkbox"/> 定水位閥 <input type="checkbox"/> 電磁閥			監控點水壓	<input checked="" type="checkbox"/> 附近水壓為 kgw/cm <sup>2</sup> <input type="checkbox"/> 不知		

圖 3-37 現場勘查紀錄

而本研究篩選之水表進水影響因子為如圖 3-37 現場勘查紀錄表

四、五項次記載之相關調查資料、表後孔口片安裝與否及水表口徑等資料（紀錄表），茲彙整如下表 3-8，並作基本統計瞭解分佈情形。

表 3-8 用水模式影響因子統計表



### 3.5.2 資料分析

茲將各可能控制變因與不靈敏區間計量比例>50%之分析資料及其相關性敘述如下，並透過相關性分析，評估真正的控制變因，而後透過評估變因與判斷準則的輸入，發展決策樹，期間為確認本研究準則之可靠性，將 3,148 只測試樣本拆成訓練組與測試組，了解類神經學習與測驗之準確與一致性。本研係究採用 SPSS 軟體進行，分析步驟分述如後。

#### 一、各控制變因之不靈敏區間分析：

1. 進水開關型式(X1): 藉由蓄水池水面浮動上下而自動開關閥門，控制方式有三，1 為高壓浮球閥，藉由水面高低影響浮球位置以控制進水量大小，2 為定水位閥，藉由浮動閥作子閥引導以控制母閥體，進而達到開關水之動作，3 為電磁閥，配合電源控制閥體的開啟與關閉，動作原理與定水位閥相似，主要差異係以電磁閥取代浮動閥，1 高壓浮球閥不靈敏區間水量比例為 70%，2 定水位閥不靈敏區間水量比例為 67%，3 電磁閥不靈敏區間水量比例為 59%，浮球開關拖尾效應，整體而言，增加 10%的不靈敏區間水量比例。

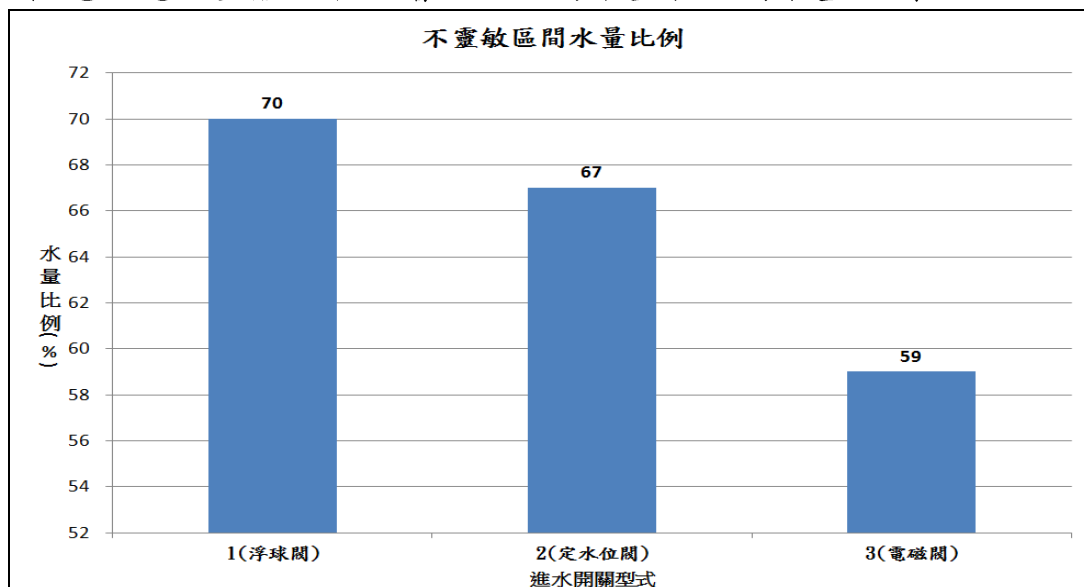


圖 3-38 進水開關型式之不靈敏區間水量貢獻比例

2. 蓄水池地下深度(X2):虹吸作用，揚程逾高流量增加，1 為蓄水池位於地下 1 樓層，水表不靈敏區間水量比例為 74%，2 為蓄水池位於地下 2 樓層，水表不靈敏區間水量比例為 68%，3 為蓄水池位於地下 2 樓層以下，水表不靈敏區間水量比例為 48%。而地下蓄水池位置愈深，雖能增加計量之敏感區間，然亦須考慮虹吸產生負壓若遇管線老舊、破損則易吸入污染物影響水質。

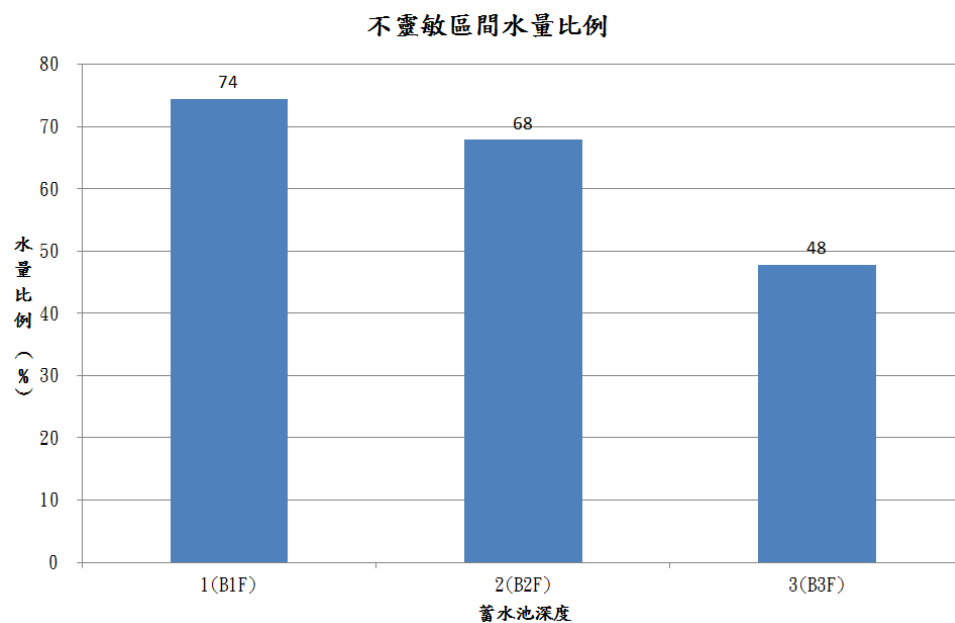


圖 3-39 蓄水池深度之不靈敏區間水量貢獻比例

3. 水壓(X3):流體力學上，水壓與流量正相關，為減少管網的漏損，採取水壓管理，使得供水壓力普遍偏低。1 為配水管水壓 0.8 KG/CM<sup>2</sup> 以下，水表不靈敏區間水量比例為 72%，2 為配水管水壓 0.8 ~1.5KG/CM<sup>2</sup>，水表不靈敏區間水量比例為 64%，3 為配水管水壓 1.5KG/CM<sup>2</sup> 以上，水表不靈敏區間水量比例為 39%。

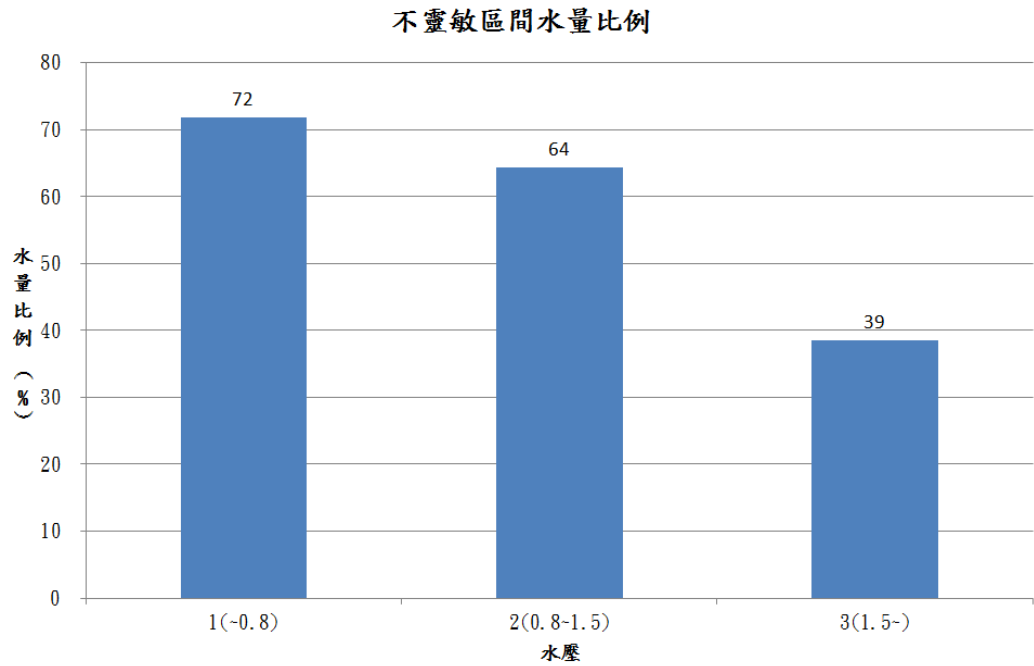


圖 3-40 水壓之不靈敏區間水量貢獻比例

4. 孔口片(X4): 表後縮小孔口片，減少出水斷面，如同制水閥降底開度。0 為無孔口片水表，1 為有表後有裝設孔口片水表，無孔口片水表不靈敏區間水量比例為 65%，裝設孔口片水表不靈敏區間水量比例為 82%，整體而言，有裝設孔口片增加 17% 的不靈敏區間水量比例。然孔口片之使用，係在放大水表或表前管線口徑有困難或其他疑慮時，為改善因水表口徑過小、用水流速過快，易造成水表過載損壞之不得已措施，故孔口片雖增加計量之不靈敏區間，然其利弊得失仍須個案權衡。

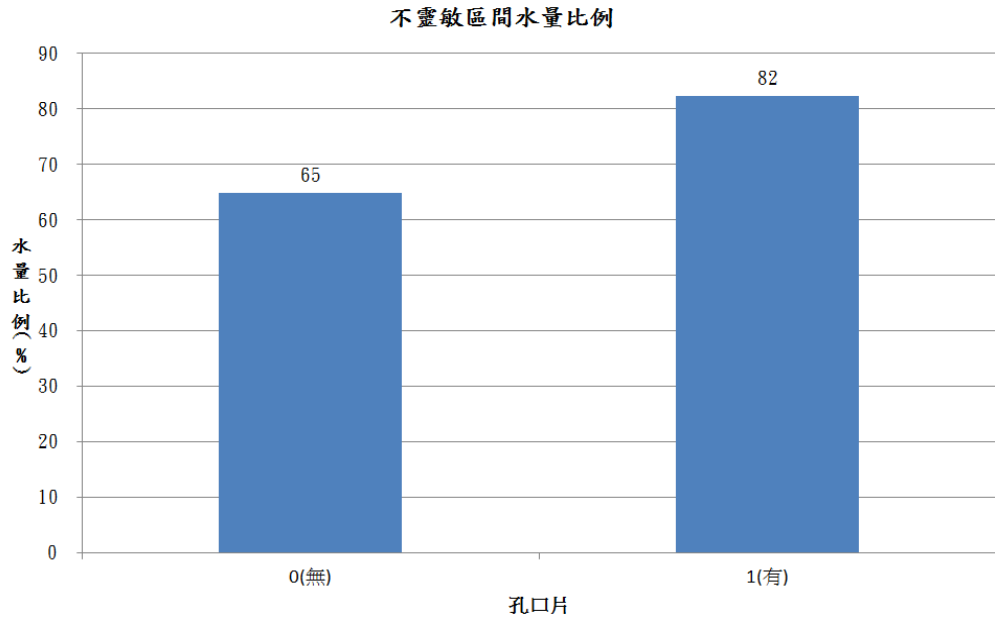


圖 3-41 孔口片之不靈敏區間水量貢獻比例

5. 持壓閥(X5)：0 為無持壓閥水表，1 為有表後有裝設持壓閥水表，無持壓閥水表不靈敏區間水量比例為 70%，裝設持壓閥水表不靈敏區間水量比例為 58%，配水管水壓超出持壓閥設定時進水，進水時壓力較大、流量較高，整體而言，有裝設持壓閥者，減少 12% 的不靈敏區間水量比例。

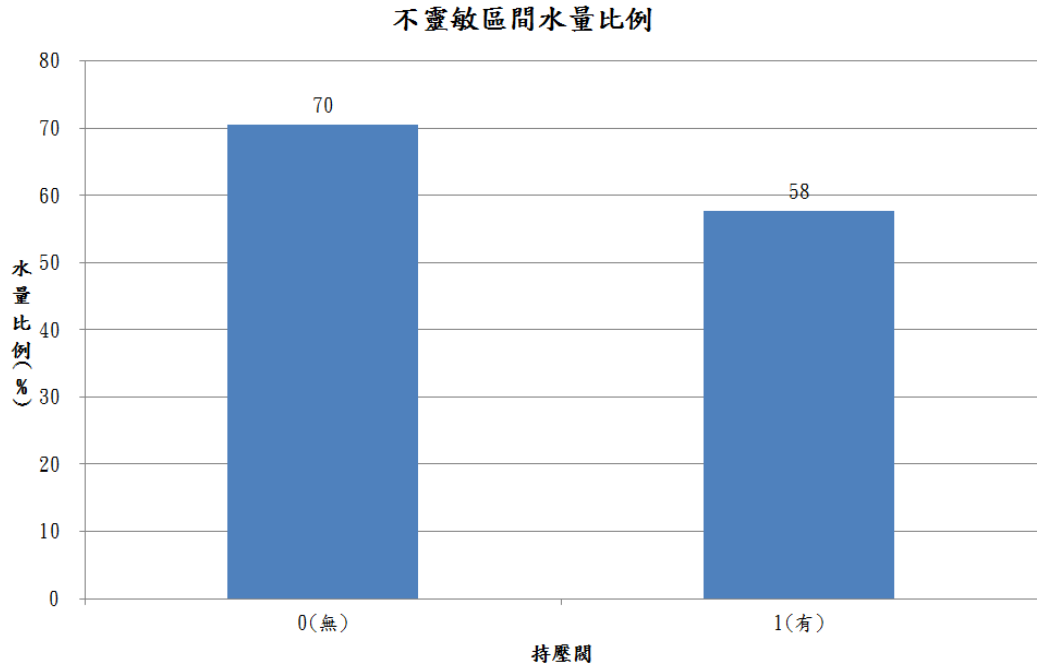


圖 3-42 持壓閥之不靈敏區間水量貢獻比例

6. 逆止閥(X6): 0 為無裝設逆止閥水表, 1 為表後有裝設逆止閥水表, 無裝設逆止閥水表不靈敏區間水量比例為 65%, 裝設逆止閥水表不靈敏區間水量比例為 71%。逆止閥裝置表後, 防止用戶端水表逆流, 惟造成水壓損失, 降低流量, 整體而言, 有裝設者增加 7% 的不靈敏區間水量比例。裝設逆止閥有其避免用戶端自來水倒流影響配水管水質之目的, 故裝設逆止閥雖增加不靈敏區間, 仍有其必要性。

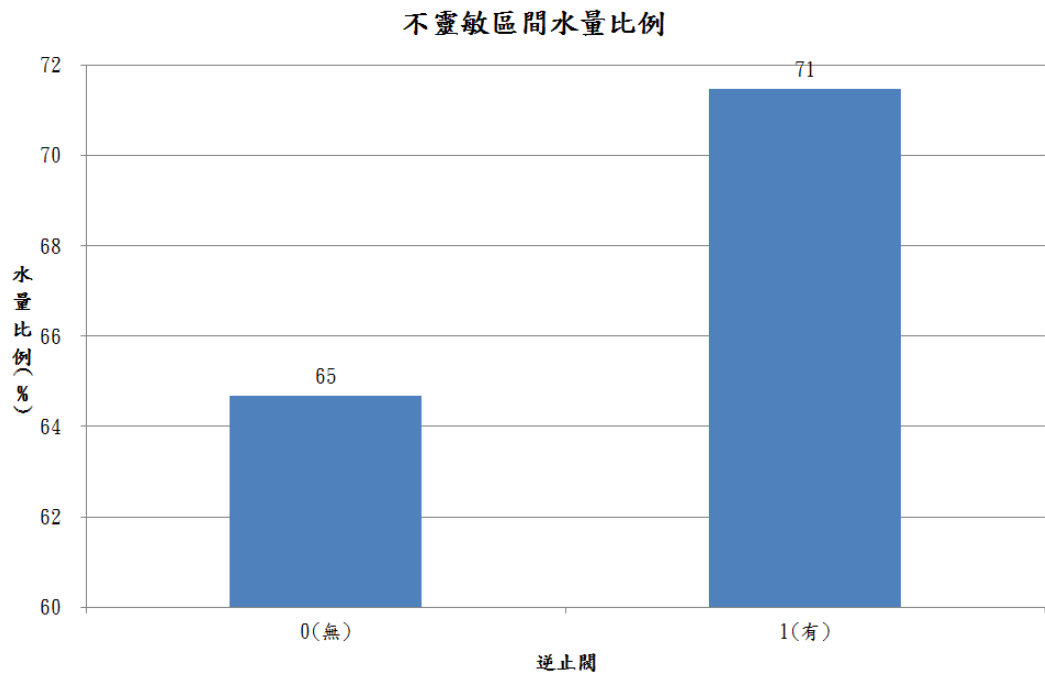


圖 3-43 逆止閥之不靈敏區間水量貢獻比例

7. 表後制水閥(X7): 0 為無裝設表後制水閥水表，1 為表後有裝設表後制水閥水表，無裝設表後制水閥水表不靈敏區間水量比例為 71%，裝設制水閥水表不靈敏區間水量比例為 66%。表後制水閥裝置表後，係為用戶蓄水池清洗使用，然表後制水閥或多或少部分關閉、將降低流量，整體而言，有裝設雖增加 5% 的不靈敏區間水量比例，然仍有其必要性。

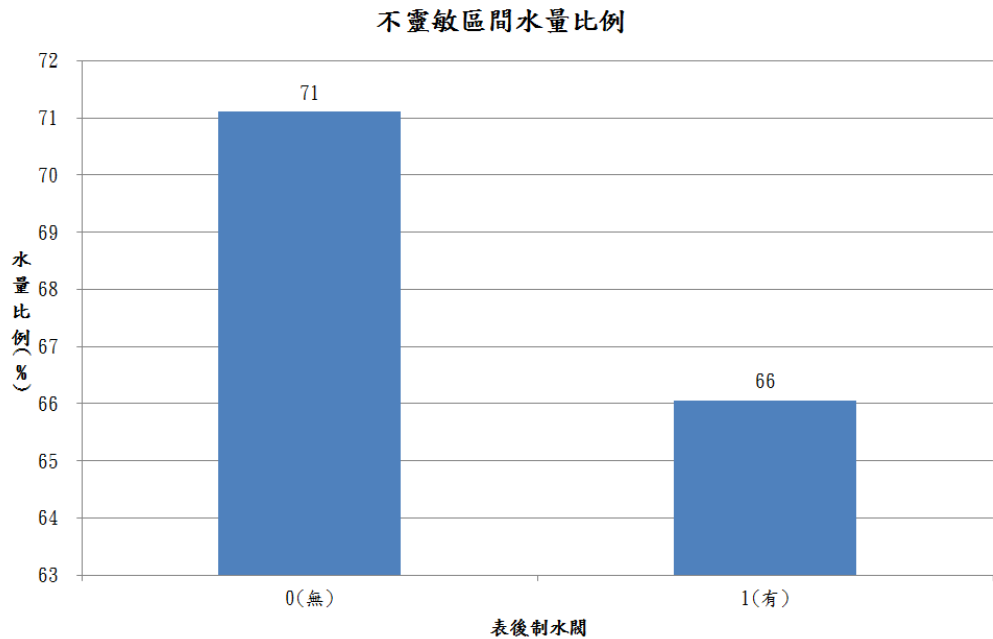


圖 3-44 表後制水閥之不靈敏區間水量貢獻比例

8. 水表口徑(X8):水表口徑 50mm、75 mm、100 mm、150 mm、200mm、250 mm、300mm 不靈敏區間水量比例為 53.2%、67.6%、68.3%、82.1%、95.6%、84.2%、84.6%，口徑越大，不靈敏區間水量比例逐漸增加，150mm 以上超出 80%極需改善，可能為北水處用戶新設之水表選用原則過於保守，宜再檢討。

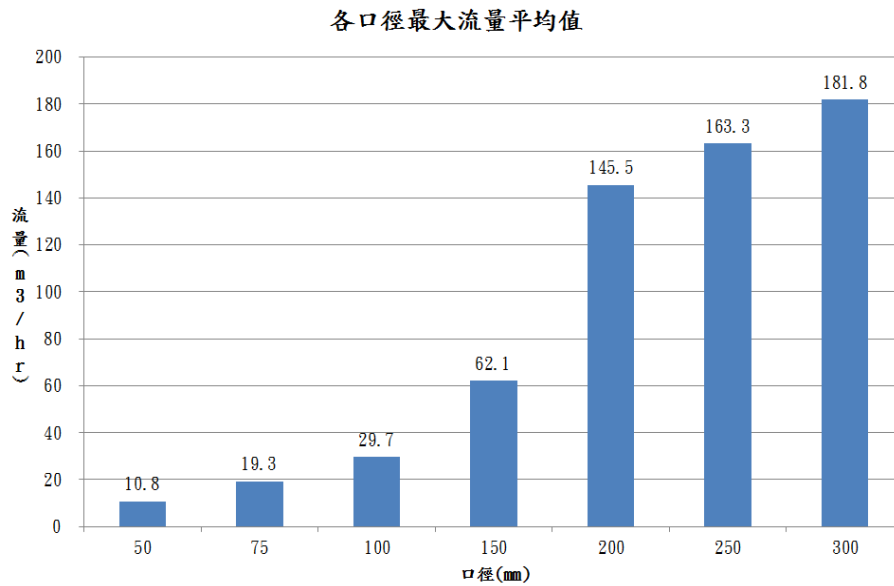


圖 3-45 口徑之平均最大流量

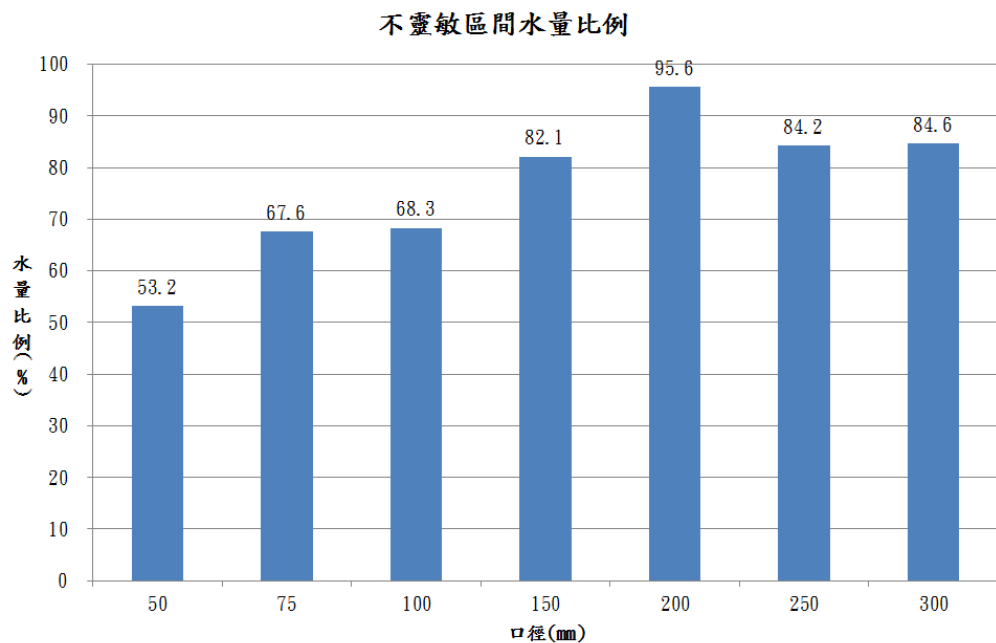


圖 3-46 口徑之不靈敏區間水量貢獻比例

9. 表齡 (X9): 學理上水表隨著表齡增加, 機件磨耗造成水表不靈敏, 但亦可能隨表齡增加造成濾網阻塞, 造成噴流快轉, 惟並非每個水表的濾網都會造成阻塞。而分析結果發現, 總體而言, 隨表齡增加, 每年約增加 5% 不靈敏區間, 而表齡 5 年後無增加趨勢。

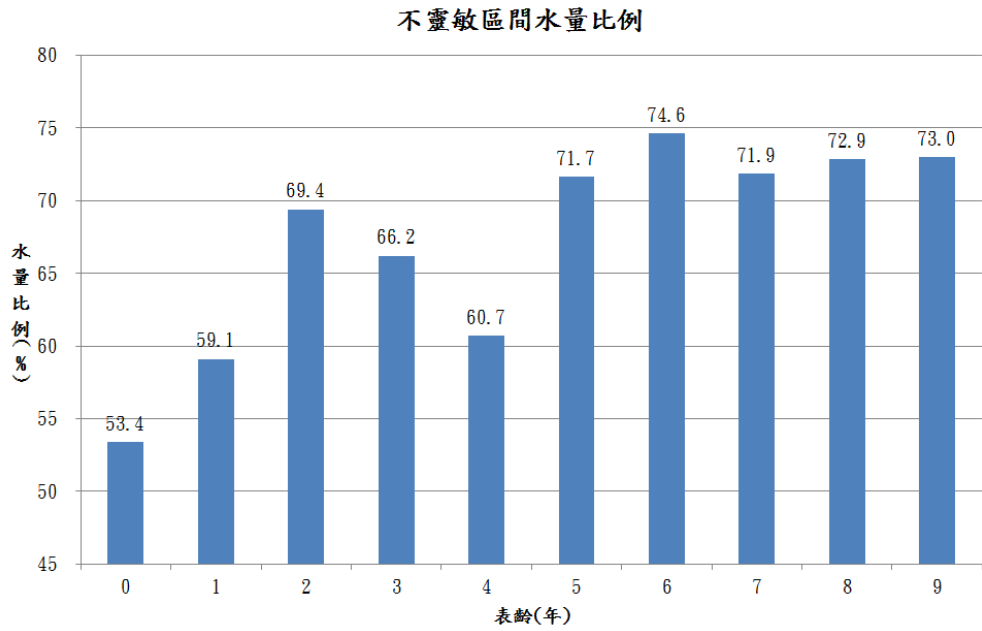


圖 3-47 表齡之不靈敏區間水量貢獻比例

10. 蓄水池容量(X10): 蓄水池容量影響進水時間及頻率，當蓄水池容量小，進水時間短，進水時間頻繁，1 為蓄水池容量  $10\text{m}^3$  以下，2 為蓄水池容量  $10\text{m}^3$  以上，1 及 2 水表不靈敏區間水量比例為 66%、68%，差異不大。故蓄水池大小主要為考量滯留水水質變化與用戶備用水源足夠與否。

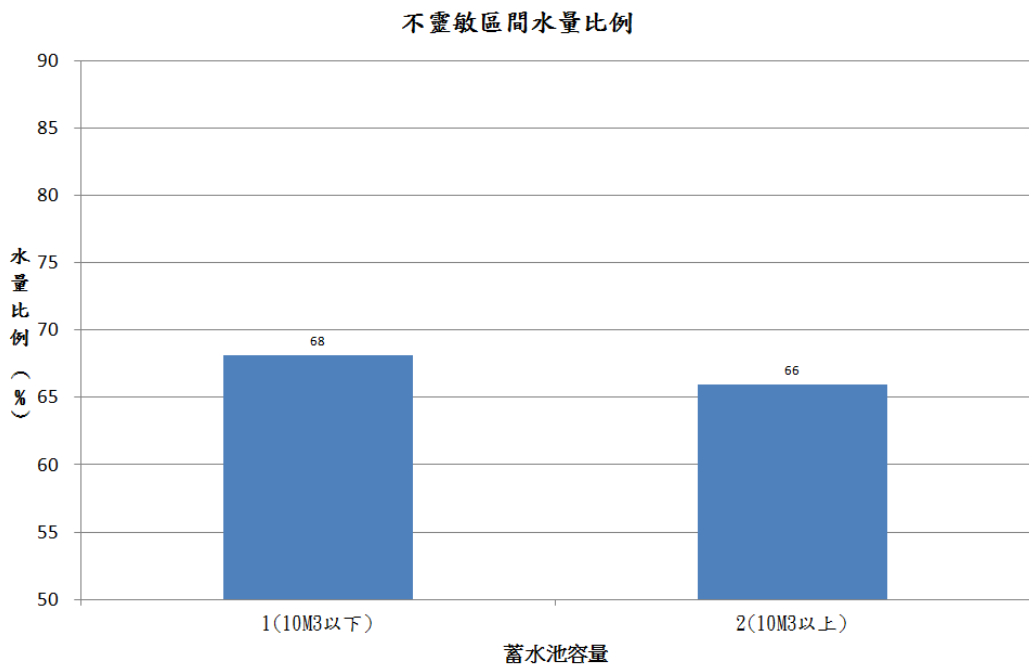


圖 3-48 蓄水池容量之不靈敏區間水量貢獻比例

二、變數相關性分析：相關係數 (correlation coefficient) 乃是指皮爾生相關係數(Pearson correlation coefficient)，其用途在於測量兩個數值變數間的線性關係，當兩變數有相關存在，並不代表兩者一定存在因果關係，但是當相關程度高的時候，彼此的預測能力也高，而相關係數的代表意義如下表 3-9。

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{(n-1)S_x S_y}$$

表 3-9 皮爾森相關係數的意義

相關係數 ( $r$ )	相關程度
0.8 以上	極高
0.6 - 0.8	高
0.4 - 0.6	普通
0.2 - 0.4	低
0.2 以下	極低

因相關性高不見得為控制變因，然不相關則非控制變因，故分析前須先求得不靈敏區間間之可能控制變因，再透過樣本訓練及樣本測試了解分析模式之可靠度。

相關係分析結果如下圖 3-49，可發現逆止閥、表後制水閥、蓄水池容量與不靈敏區間為不相關或低度相關，故此 3 種變因將於稍後的決策樹控制變因中刪除。

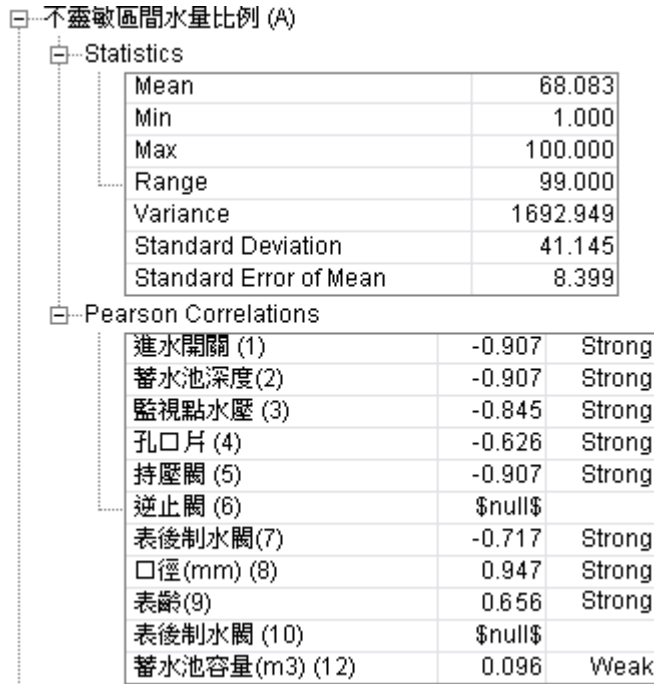


圖 3-49 不靈敏區比例相關性分析及 3,148 只水表統計

三、規則輸出規則：本研究案採 SPSS Clementine 12.0 進行分析，操作流程基本上可分為：資料匯入、過濾不必要欄位、資料格式設定、統計模式、輸出等(如以流量貢獻譜小於  $Q_p/3$  之用水量超過 50% 與否等規則，詳 2.3.1 節)，訓練樣本 60%，測試樣本 40% 設定(一般訓練樣本需大於測試樣本，訓練及測試比例可設為 60：40 或 70：30 等)，透過設定後之數據分析，可了解分析結果之可靠度及評估確實影響之控制變因。

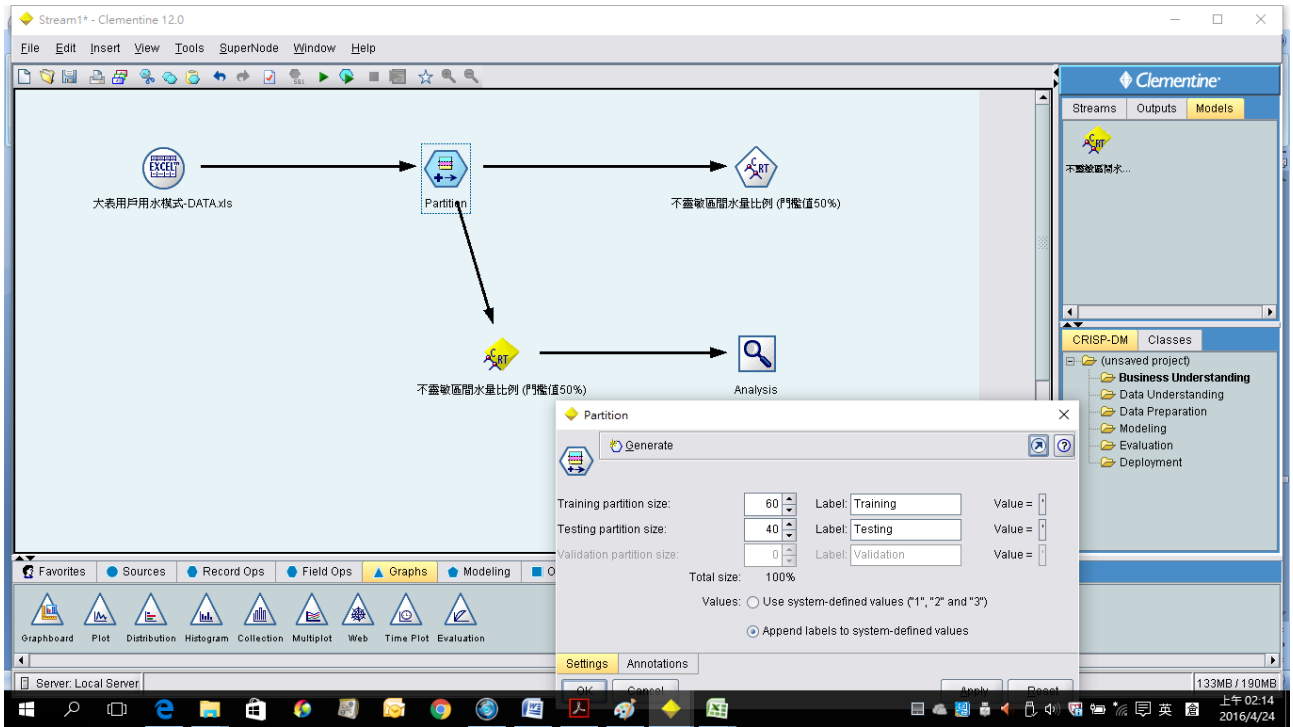


圖 3-50 SPSS 訓練及測試-軟體操作分析過程

四、決策樹：分析結果如圖 3-51，變數重要度依序為口徑、進水開關、水壓、蓄水池深度、持壓閥、孔口片、逆止閥、表後制水閥。

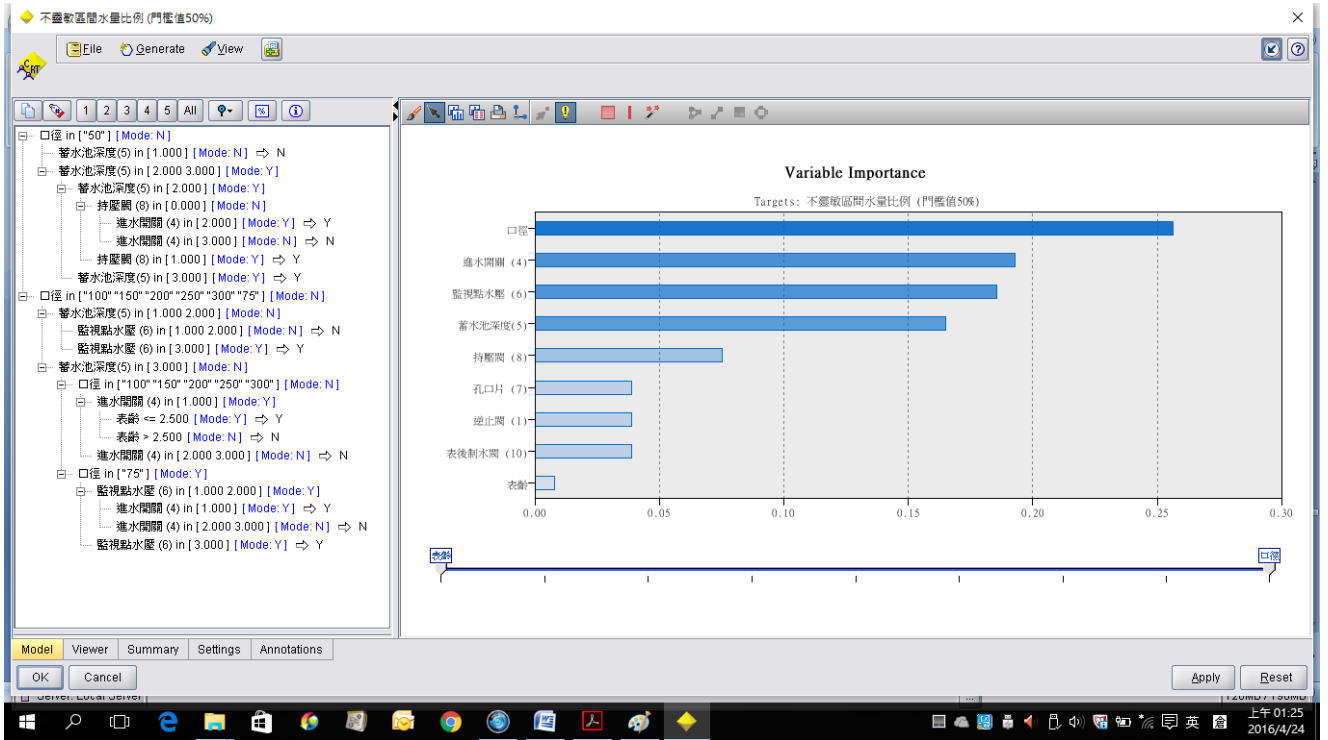


圖 3-51 SPSS Clementine 12.0 分析結果

衍生模式規則如下表 3-10(以下為系統產出 Y、N 以流量貢獻譜小於  $Q_p/3$  之用水量超過 50% 設定，結果 Y 表示不靈敏區間 < 50%、N 表示不靈敏區間 > 50%)

表 3-10 模式規則

規則	條件	結果
1	口徑 in [ "50" ] & 蓄水池深度 in [ 1 ] => N	N(50~100%)
2	口徑 in [ "50" ] & 蓄水池深度 in [ 2 ] & 持壓閥 in [ 0 ] & 進水開關 in [ 1、 2 ] => Y	Y(0~50%)
3	口徑 in [ "50" ] & 蓄水池深度 in [ 2 ] & 持壓閥 in [ 0 ] & 進水開關 in [ 3 ] => N	N(50~100%)
4	口徑 in [ "50" ] & 蓄水池深度 in [ 2 ] & 持壓閥 in [ 1 ] => Y	Y(0~50%)
5	口徑 in [ "50" ] 蓄水池深度 in [ 3 ] => Y	Y(0~50%)
6	口徑 in [ "75" "100" "150" "200" "250" "300" ] & 蓄水池深度 in [ 1、 2 ] & 監視點水壓 in [ 1、 2 ] => N	N(50~100%)
7	口徑 in [ "75" "100" "150" "200" "250" "300" ] & 蓄水池深度 in [ 1、 2 ] & 監視點水壓 in [ 3 ] => Y	Y(0~50%)
8	口徑 in [ "75" "100" "150" "200" "250" "300" ] & 蓄水池深度 in [ 3 ] & 口徑 in [ "100" "150" "200" "250" "300" ] & 進水開關 in [ 1 ] & 表齡 <= 2.500 [ Mode: Y ] => Y	Y(0~50%)
9	口徑 in [ "75" "100" "150" "200" "250" "300" ] & 蓄水池深度 in [ 3 ] & 口徑 in [ "100" "150" "200" "250" "300" ] & 進水開關 in [ 1 ] & 表齡 > 2.500 [ Mode: N ] => N	N(50~100%)
10	口徑 in [ "75" "100" "150" "200" "250" "300" ] & 蓄水池深度 in [ 3 ] & 口徑 in [ "100" "150" "200" "250" "300" ] & 進水開關 in [ 2、 3 ] => N	N(50~100%)
11	口徑 in [ "75" "100" "150" "200" "250" "300" ] & 蓄水池深度 in [ 3 ] & 口徑 in [ "75" ] & 監視點水壓 in [ 1、 2 ] [ Mode: Y ]	Y(0~50%)
12	口徑 in [ "75" "100" "150" "200" "250" "300" ] & 蓄水池深度 in [ 3 ] & 口徑 in [ "75" ] & 監視點水壓 in [ 1、 2 ] & 進水開關 in [ 3 ] => Y	Y(0~50%)
13	口徑 in [ "75" "100" "150" "200" "250" "300" ] & 蓄水池深度 in [ 3 ] & 口徑 in [ "75" ] & 監視點水壓 in	N(50~100%)

	[ 1、 2 ]&進水開關 in [ 1、 2 ] => N	
14	口徑 in [ "75" "100" "150" "200" "250" "300" ]&蓄水池深度 in [ 3 ]&口徑 in [ "75" ]&監視點水壓 in [ 3 ] => Y	Y(0~50%)

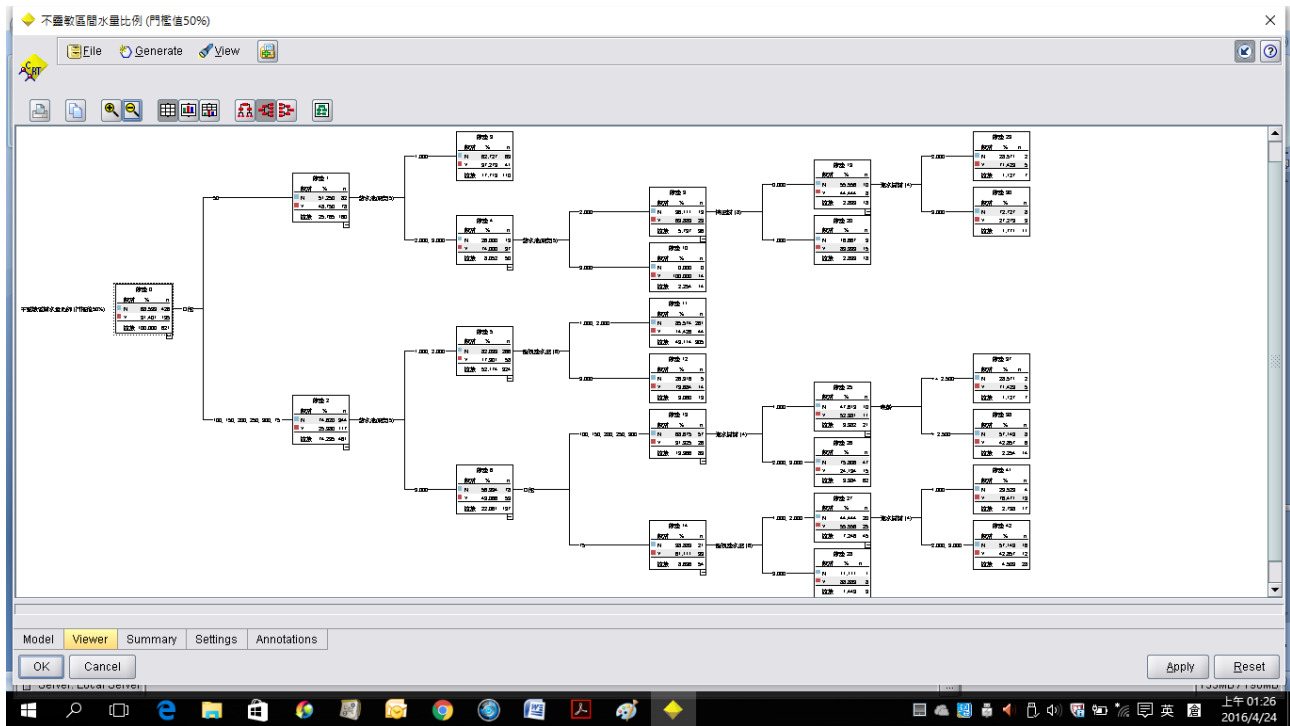


圖 3-52 決策樹分類預測結果

在本研究中，以 C&R 演算法訓練組與測試組準確率 77.48%與 78.23%，一般為 80%以上較佳，產生原因多為判別規則設定不當或有其它未引進的控制變因造成，而推測本研究應屬因不靈敏區間設定  $Qp/3$  過於保守。

表 3-11 訓練及測試準確率

Partition	Training	Testing
Correct	77.48%	78.23%
Wrong	22.52%	21.77%
Total	100.00%	100.00%

### 3.5.3 結果探討

一、變數相關性統計分析：

1. Y(t)值代表水表的不靈敏區間水量比例，X1 代表果進水開關型式，1、2 皆有浮球開關效應，2 為定水位閥其水位高度較高，3 代表電磁閥開關， $r=-0.907$ ，Y(t)值與 X1 呈現極高負相關，故 X1 為變數重要因子。
2. X2 代表蓄水池深度，1 代表地下一層 B1F、2 代表地下二層 B2F，3 代表地下三層 B3F 以下， $r=-0.907$ ，Y(t)值與 X2 呈現極高相關。
3. X3 代表水壓，本項因子採用設備系統監視點水壓，1 代表 0~0.7kg/cm<sup>2</sup>、2 代表 0.7~1.5kg/cm<sup>2</sup>，2 代表 1.5kg/cm<sup>2</sup> 以上， $r=-0.845$ ，Y(t)值與 X3 呈現極高負相關。
4. X4 代表孔口片，0 代表無安裝、1 代表有安裝， $r=-0.626$ ，Y(t)值與 X4 呈現高度負相關，故 X4 為變數重要因子。
5. X5 代表持壓閥，0 代表無安裝、1 代表有安裝， $r=-0.907$ ，Y(t)值與 X5 呈現極高負相關，故 X5 為變數重要因子。
6. X6 代表表後制水閥，0 代表無安裝、1 代表有安裝， $r=-0.717$ ，Y(t)值與 X5 呈現極高負相關，故 X6 為變數重要因子。
7. X7 代表口徑，分別為 50、75、100、150、200、250、300mm， $r=0.947$ ，Y(t)值與 X7 呈現高正相關，故 X6 為變數重要因子。
8. X8 代表表齡，0~9 年，Y(t)值與 X6 呈現高正相關， $r=0.947$ ，故 X8 為變數重要因子。
9. X9 代表蓄水池容量，1 代表 0~10m<sup>3</sup>、2 代表 10~m<sup>3</sup>， $r=0.096$ ，Y(t)值與 X9 呈現極低正相關。

## 二、結果詮釋：

以不靈敏區間水量 50% 為門檻值，高於 50% 結果為 N，低於 50%

結果為 Y，多變量之決策關係結果分析如下：

1. 由規則 2、3 之差異比對，進水開關型 1、2 相較於 3，因浮球開關效應，造成不靈敏區間水量大於 50%。
2. 由規則 3、4 之差異比對，有裝設持壓閥用戶，造成不靈敏區間水量小於 50%，有裝設持壓閥用戶於配水管壓高於閥設定壓力時開啟，因進水壓力較強，而減少不靈敏區間水量比例。
3. 由規則 6、7 之差異比對，水壓高於 1.5kg/cm<sup>2</sup>，造成不靈敏區間水量小於 50%，水壓大；進水時瞬間流量大，減少不靈敏區間水量比例。
4. 由規則 8、9 之差異比對，口徑 100mm 以上，表齡高於 3 年，造成不靈敏區間水量大於 50%，分析其原因，不乏表前濾網阻塞，造成用戶端反映進水太小案例，其綜合效應，使得不靈敏區間水量逐年增加。
5. 由規則 2、3 之差異比對，口徑 50mm，當蓄水池深度位於地下一層 B1F，不靈敏區間水量大於 50%。然地下蓄水池位置愈深，雖能增加計量之敏感區間，亦須考慮虹吸產生負壓若遇管線老舊、破損則易吸入汙染物影響水質。

理論上大表由 B 級表改為 C 級表，理應增加計量，然依本研究資料來看並沒有明顯的差異，這或許是樣本數不足(判定需 B 級改為 C 級表者僅 6 組)，或大部分口徑適當逾齡表一併改為 C 級表，其流量貢獻譜本多集中於  $Q_t$  以上，故 B 級表改為 C 級表效益不明顯，因此整體而言，相關數據仍有待強化。在 CNS14866(101 年版)之趨勢要求下，若想保有既有  $Q_{min}$ 、 $Q_{max}$  等邊界設定，則水量計必須 C 級化，故北水處目前大表雖無實質數據可確保改為 C 級表將可避免進水閥開關等因素影響，但仍將朝向將大表改為 C 級表之執行方向。

本研究經以 C&R 演算法分析，訓練組與測試組準確率均未達 80%，後續研究可透過圖 3-36 流程圖反覆測試，以求得較佳之不靈敏區間設定值，進而應用在直接表的裝設判別基準，而非現今遇直接表多採「考量基本費收益，保留原口徑設定方式」。

## 第四章、無線讀表系統建置及應用

有了前章的用戶用水管理系統發展經驗，接著便是藉由本研究之經費，進行無線讀表之測試、研究，於此，北水處選用 100 栓大用水戶進行無線讀表之建置與應用，以擷取使用經驗，而後整合相關國內外無線讀表功能發展，而建構成 1 套在地完整、實用之用戶用水管理系統。

### 4.1 自動讀表系統建置與應用

北水處的抄表數據主要係向用戶收費之用，為每期之用水量，數據型態屬於累計值 (Lump Sum Value)，每年約有 1 千萬筆，長年以來的累積下已形成大數據資料庫。近年北水處針對抄表數據開發的 Data Mining 技術與觀察指標，如相對差率、收益率...等宏觀指標，稍能判斷整體的統計行為，並已成為口徑縮小的重要判斷工具，然而抄表度數不具瞬間流量之重要物理成分，不易由其中剖析出更多行為。

前章節介紹藉由人工安裝水表記錄器擷取瞬間流量時間序列，以 1 週的資料量繪製流量趨勢曲線、水量貢獻譜等圖形，藉以分析水表運轉流況是否匹配其特性。惟 1 週的紀錄時間窗口過窄，仍無法一窺水表運轉特性全貌。若建置 AMR 後，上述問題便可獲得解決，不但時間窗口全開，且數據類型可依分析需求擷取瞬間、累計值，對水表的特性與用戶用水模式可進行更為深入的了解。對於數據的加值運用愈徹底，才能發揮 AMR 的價值，昂貴設備的投資才能回本。

北水處目前口徑 50mm(含)以上且月平均用水量達 1,000 度以上之直接表及總表約 4 千餘只，僅佔總用戶數 0.19%，用水量卻高達北水處轄區用水量 25% 以上，為北水處須加強管控之重點大用戶群。然而這些大用戶水表卻四散於轄區，每只水表皆為孤立點，必須單獨配置傳輸模組，以無線方式回傳流量訊號，無法採用集抄方式建置 AMR，相形之下，一表一套傳輸模組，每顆表的平均建置費用較集抄式 AMR 更為昂貴。若大表用水量偏低，設置 AMR 將不敷成本，

因此必須設定合理水量門檻，北水處針對用水量達 1,000 度以上之大用戶進行 AMR 設置，以達成本效益。

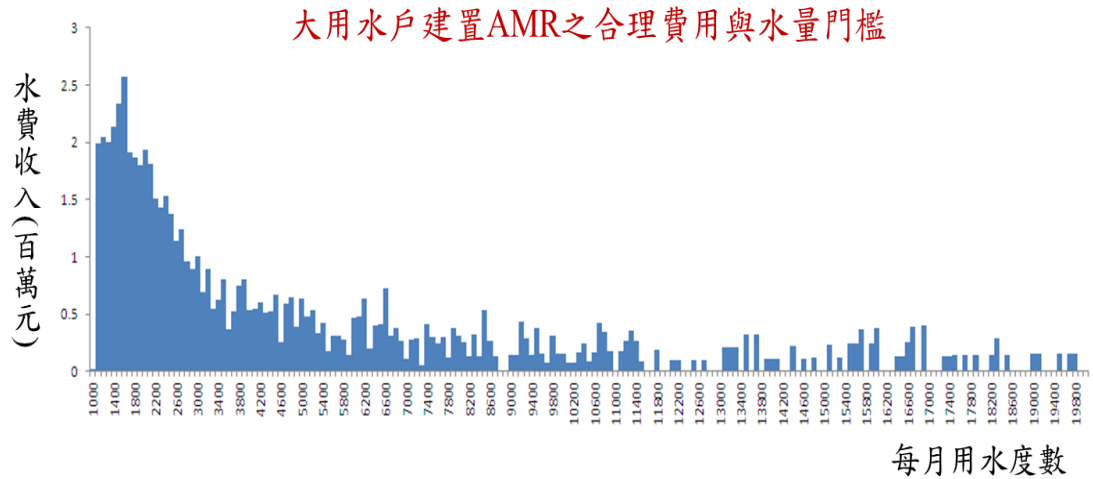


圖 4-1 大用水戶建置 AMR 之合理費用與水量門檻

以合理 AMR 建置水量 1000 度以上門檻為挑選主要原則，但篩出之數量過多，不宜全部一起建置 AMR，因此本研究再加上其他篩選準則，包含水表即將屆齡、用水量下滑等挑選項目，合計篩選出 100 只，作為試辦的對象，如圖 4-2。其中考量水表即將屆齡之篩選項目，用意在於更換水表時一併建置 AMR，讓設備與水表都是新的，水表準確度與傳輸穩定性將較有保障，可避免舊表故障而丟失訊號。

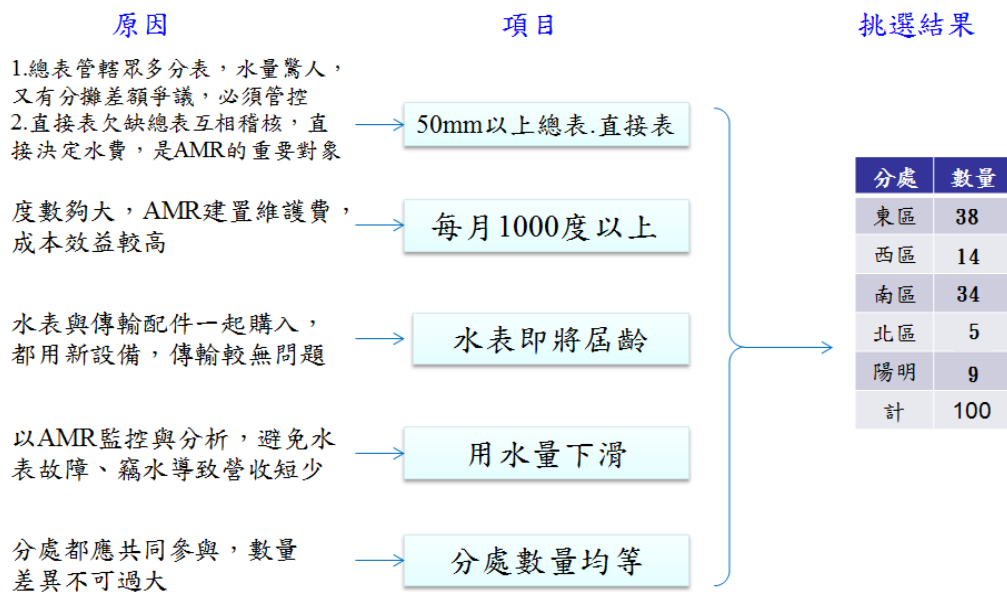


圖 4-2 試辦計畫挑選 100 只表的方法與結果

#### 4.1.1 建置系統介紹

本研究試辦大用水戶 AMR 建置，因進行研究之北水處大型水表多為電子表，具有電子輸出埠，過去僅以遠隔顯示器插入埠口，拉線至表箱外，以便抄表人員在不掀開表箱蓋板下進行抄表，若欲設置 AMR，僅需加購無線傳輸模組，取代遠隔顯示器，接收電子輸出埠的訊號即可將資料回傳，如圖 4-3 所示。因此，在目前大表皆有電子輸出埠的情況下，必須採購能匹配該水表輸出埠的傳輸模組，不宜使用他牌模組，以避免不相容的情況。



圖 4-3 孤立點大表之 AMR 傳輸方式

本研究所採用的無線傳輸模組具有 GPRS(3G)功能，訊號封包透過手機基地台接收，北水處僅須向電信業者採購 SIM 卡，插入傳輸

模組內，水表將具有手機傳送訊息的功能。至於北水處接收訊號方式，可向電信業者設定資料擷取專用 IP 點，即能利用 PC 透過乙太網路擷取電信業者接收的流量訊號。

傳輸模組以鋰電池供電，發送訊號封包時最為耗電，為延長使用壽命，本試辦案將測試「每分記錄、累積數小時發送」的方式，既能取得高頻度流量紀錄，又可節省電力的 AMR 運作方式。相關建置架構如圖 4-4 所示。

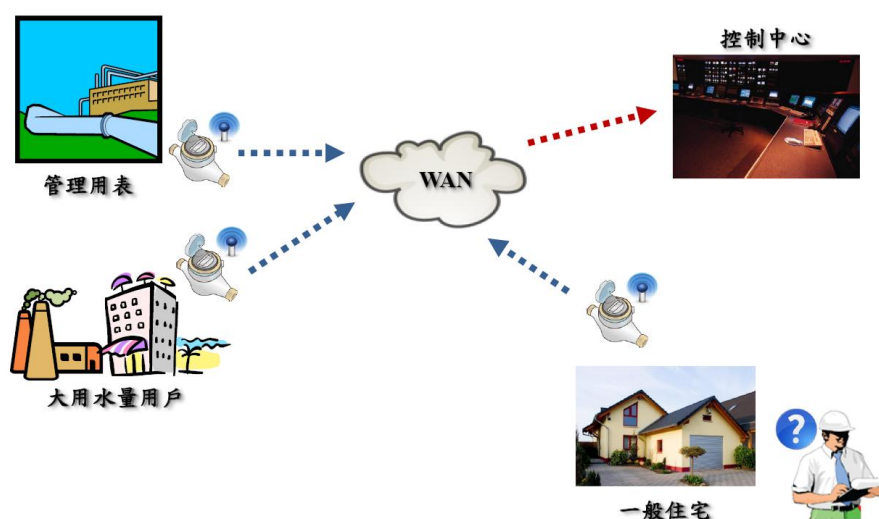


圖 4-4 AMR 建置架構圖

前面提到，大用戶水表卻四散於轄區，每只水表皆為孤立點，必須單獨配置傳輸模組，以無線方式回傳流量訊號，相關硬體設施功能敘述如下：

1. 3G 雙模組通訊方式:未來除流量外，尚可內建壓力計，並可同時連接水量計及各類型類比儀器。(如：液位計/水質計/減壓閥/持壓閥…)
2. 自備電源、無線傳輸、IP68 防水防塵等級，免立桿、免電力申請、免電費、免 RTU 控制器，安裝不受限制，設置地點容易搬遷。
3. 硬體記錄時間可達到秒刻度，傳訊最短間距建議五分鐘回傳一次，電力保固需依回傳頻率次數為據。本研究試辦 100 只，設定以每分鐘紀錄一次，每日回傳二次方式辦理。

4. 定時間、定時距自動回傳，可遠端更改設定，不用浪費人力至現場更改。
5. 水量可多時段分別設定警報上下限值，並可即時發訊警報至個人手機或伺服器。
6. 分時段設定記錄時距，可抓到最小流量。
7. 內建資料記錄器，斷訊資料不流失，可記錄達 50 萬筆以上資料。
8. 內建一次鋰電池每分鐘紀錄電力可達 8 年，資料回傳次數可達 5,000 次。外加電池包進行密集性回傳；157,680 次/262,800 次可客製化。
9. 無線傳訊介面可置入儀表箱內或直接取代遠隔顯示器，以符合現地需求，如下圖 4-5 所示。



圖 4-5 無線傳輸介面可置入表箱內或直接取代現有遠隔顯示器

#### 4.1.2 管理介面介紹

本研究建置之 AMR 管理分析軟體依使用目的，可分為日常觀察及深度分析二種。日常觀察使用之軟體具有簡易的異常警示功能，並可開放用戶查詢，以利用戶自我管理；深度分析軟體係介接用戶用水模式管理系統，讓使用者針對特殊案件，擷取一週以上的 AMR 傳輸資料，繪製瞬間流量圖、週期折線線、進水圖及水量貢獻譜等四種圖形，作深入分析，以進一步了解用戶用水行為並分析水表口徑、表種

之匹配性，作為後續改善依據。以下依二種觀察作業分別介紹：

#### 一、日常觀察作業

本研究試辦大用戶自動讀表，為配合掌握裝置自動讀表抄表相關資料的回傳運用，使用網頁介面，便利用戶或北水處管理使用者透過電腦、平板或手機登入使用，以即時掌握用戶用水狀況、得到用水異常警示及用戶用量趨勢分析。如圖 4-6~圖 4-7 所示。

系統於使用者登入時，呈現已建置自動讀表之區塊便利使用者選取欲查詢用水相關資料，大用戶建置自動讀表之 100 栓詳細資料，系統並有漏水及斷訊之警示燈號。其中燈號呈現綠色表示傳訊正常、灰色表示斷訊、呈現黃色表示疑似用戶用水設備漏水。

除可即時可得知用戶用水情形，提早發現漏水及用水異常，並可提供用戶雲端查詢，了解自身用水趨勢之增減，進行用水之自我管理，提升節約用水意識。

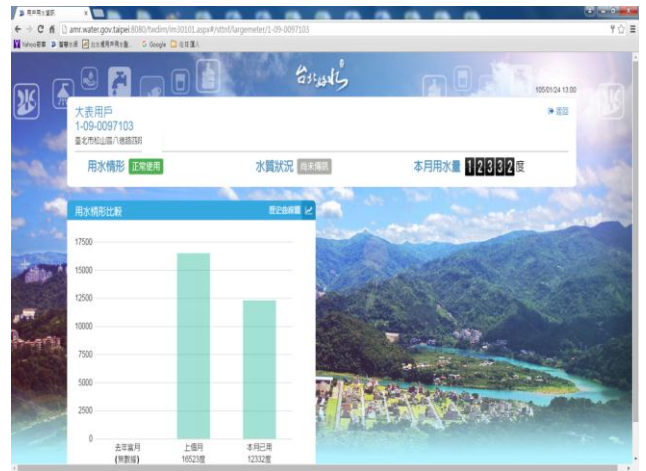


圖 4-6 自動讀表之用戶及用水量

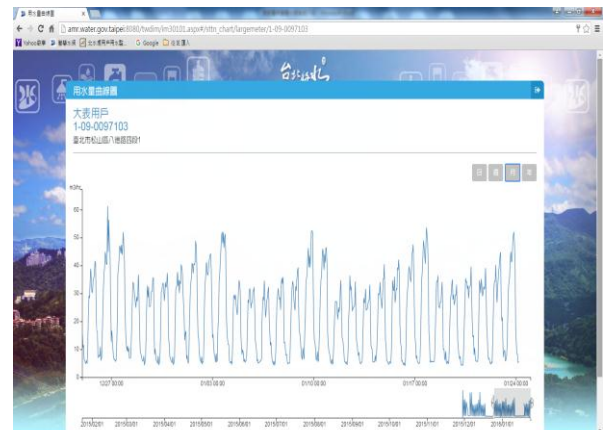
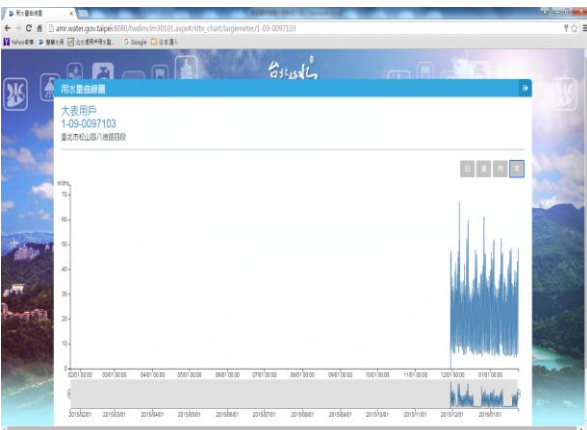


圖 4-7 自動讀表用戶之日、週、月、年用水曲線圖

而本研究執行試辦 100 只自動讀表過程中，即透過系統找出異常個案，說明如下：

#### (一)提早發現壞表案例

2015 年 12 月 8 日由 AMR 管理分析軟體分析發現圖 4-8 之自動讀表用戶抄表資料未回傳，於系統畫面呈現用水情形尚未傳訊訊息，立即成案派員現場勘查。經複查員現場勘查，該水表為 C 級電子式水表，其液晶面板無數據顯現，無法顯示計量，確為壞表，立即回報派工進行汰換。

依該用戶月平均用水量約 1680 度，若無裝置自動讀表設備，須俟該表抄表日期 22 日抄表員查抄水表才可能發現壞表，壞表無計量期間至少 14 日，推估當月將有 23500 度用水量未正確計量。藉由提早發壞算表，對於大用水戶的計量正確性及提升用戶對自來水事業的信賴度均有助益。



圖 4-8自動讀表斷訊個案一

#### (二)抄表錯誤發現案例

2015 年 11 月 20 日抄表時發現用水度數突減，該址於 12 月 1 日建置 AMR 設備，2015 年 12 月 13 日由 AMR 管理分析系統呈現圖 3-20 之自動回傳指針數值 4421 與 11 月 20 日人工抄見指見 626，12 月 14 日用水量高達 3795 與該用戶每月平均用水量僅 2800 度差異過大，經派員查看水表指針度數，與自動讀表回傳數值相近，判定抄表員抄表

錯誤。為避免因抄表錯誤造成的水費短(溢)收，增加人工核算、更正重新發單等後續行政處理成本，且會降低用戶對自來水事業的信賴，自動讀表可取代人工查抄的錯誤，提昇抄表準確的品質。



圖 4-9自動讀表抄表錯誤

### (三)傳訊設備回傳訊號受水表箱蓋厚度影響案例

2015年12月9日發現監控燈號呈現灰色，如圖4-10所示，用水資料數據無回傳訊號，立即成案派員複查，經現場勘查，發現水表運轉正常，經現場查看，發現係因水表箱蓋過厚，造成回傳訊號不穩定，12月11日調整該自動讀表傳訊器位置，由原裝設表箱內離地平面較深處移至靠地平面之位置，回傳訊號即恢復正常，而之前斷訊之用水資料，亦於恢復傳訊後一併補回傳，用水資料無遺漏。

經驗顯示，自動讀表回傳訊號受水表箱蓋厚度阻隔訊號傳輸強度，因此，進行自動讀表裝設時，應調整訊號最佳傳送位置或依地理環境採取附掛地上牆面，而非設置於地下表箱方式，以保持訊號傳送的穩定性。另證實自動讀表資料因訊號中斷未回傳至系統，水表相關用水資訊仍持續紀錄於自動讀表設備中，一旦恢復通訊正常，斷訊期間資料數據，仍可回傳補齊。



圖 4-10 自動讀表斷訊個案二

## 二、深度分析軟體

本研究建置「用戶用水模式資訊管理系統」，可介接 AMR 之回傳資料，每次取樣分析的時間窗口亦成為可變區間，不限定僅有 1 週，對於用水趨勢與水表運轉狀況的變化情形，可做連續性的觀察，例如小流量區間運轉頻度遞減，可視為水表靈敏度衰退的指標；超載流量區間的運轉頻度，則屬於運轉極限負荷的指標，如果屢屢超載達一定次數，則水表極易損壞，即發出警報，讓管理單位可以採取必要措施。

由於大表建置 AMR 時一併更新水表，故可利用分析軟體做新舊水表體質變化研究，將現地數據回饋廠商進行水表改良。又因為取得之數據為連續性，更可觀察大用戶用水模式於最大時、最小時的比例，提供管網水理分析之用，甚至由流量逆走判斷用戶是否倒裝竊水。

使用者可於用戶用水模式管理系統輸入水號及至少一週之紀錄期間，將 AMR 傳輸資料匯入，系統依指定水號及需求期間，自動產製用水模式圖形供使用者分析，後續作業並可由用戶用水模式管理系統產製分析結論及列入追蹤改善。如圖 4-11~圖 4-15 所示。



圖 4-11 用戶用水模式管理系統之 AMR 傳輸資料匯入功能



圖 4-12 用戶用水模式管理系統匯入之 AMR 傳輸資料畫面

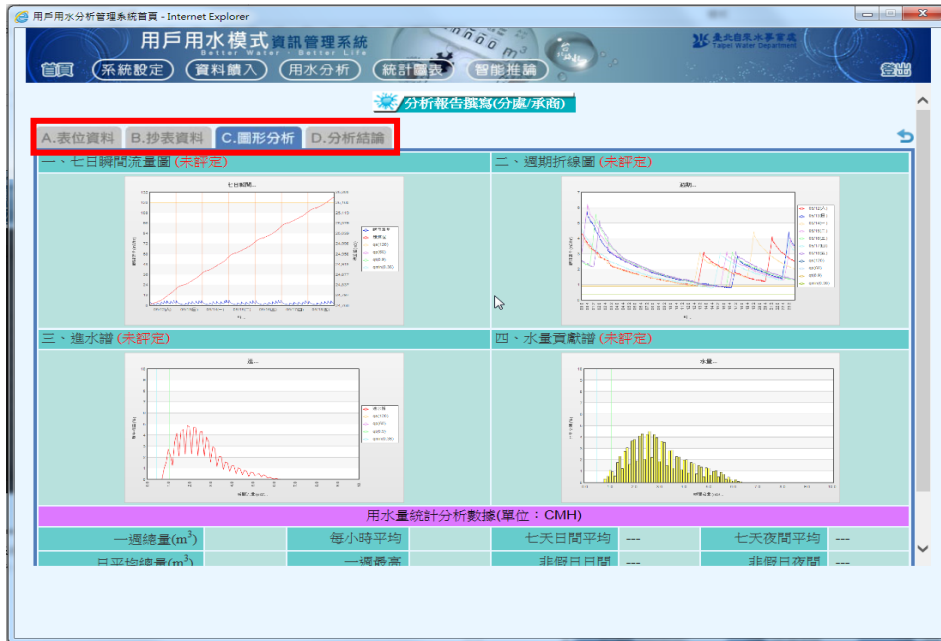


圖 4-13 用戶用水模式管理系統自動繪製用水圖形



圖 4-14 系統自動進行傳輸資料之用水分析



圖 4-15 系統自動提供傳輸資料之分析結論

## 4.2 自動讀表成本效益評估探討

自動讀表除取代既有人工抄表，降低抄表錯誤及改變水費疑義之複查與判定機制，回傳數據，更可了解用戶用水狀況、水表體質狀況、口徑匹配性之功能，然建置無線讀表系統，須另行購置無線傳輸配件，並將機械水表汰換為電子式水表，另向電信業者申請無線傳輸服務及開發用戶用水模式分析與用戶查詢互動系統軟體，以下章節將就其建置成本與效益分析作探討。

### 4.2.1 建置成本

大用水戶建置自動讀表所需軟、硬體包括電子式水表、水表流量傳訊器、無線讀表系統、傳輸費等。分述如下：

1. 電子式水表:無線讀表之水表必須採用電子式水表，以北水處各口徑水表採購單價來看，機械式水表改為電子式水表之價差，50mm 為 18846 元、75mm 為 12536 元、100mm 為 14887 元、150mm 為 43193 元、200mm 為 63887 元、250mm 為 58895 元、300mm 為 103960 元;可使用 8 年。

2. 傳訊費:以本研究試辦 100 只無線讀表，每只每月傳輸費為 60 元。
3. 水表流量傳訊器:水表安裝流量傳訊器每只 12000 元，可使用 8 年。
4. 系統建置費:系統包含回傳讀數處理、對內分析數據及監控用戶用水情形、對外供大用水戶查詢使用…等所需軟、硬體，約需 250 萬元，財產年限 8 年計算。
5. 以上述項目加總，換算為各口徑水表採取自動讀表每月所需成本。

由表 4-1 計算可知，目前大用戶每月人工抄表費用約 20 元，改為自動讀表，每月成本高達 383 元至 1270 元，因此應優先建置於大用水戶以符經濟效益。

表 4-1 各口徑水表採取自動讀表所需成本估算表

口徑	50mm	75mm	100mm	150mm	200mm	250mm	300mm
機械表價格 (元/8年)	7,734	19,726	24,891	42,185	76,712	110,026	121,879
電子表價格 (元/8年)	26,580	32,262	39,778	85,378	140,599	168,921	225,839
水表價差(元/8年)	18,846	12,536	14,887	43,193	63,887	58,895	103,960
傳訊器(元/8年)	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000
系統建置軟硬體費 (元/8年)	174	174	174	174	174	174	174
通訊費(元/8年)	5,760	5,760	5,760	5,760	5,760	5,760	5,760
無線讀表成本合計 (元/8年)	36,780	30,470	32,821	61,127	81,821	76,829	121,894
無線讀表成本合計 (元/月)	383	317	342	637	852	800	1,270

#### 4.2.2 建置效益

隨著科技進步無線網路的普及與通信品質的穩定，透過設置自動讀表方式取代人工抄表，可以迅速便捷的方式，獲得大量精確的抄表

數據，讓自來水事業及用戶能提前發現異常、處理異常，相關效益分項說明如下：

一、 節省每月人工抄表費 20 元

二、 提早發現水表故障

透過自動讀表系統可擷取用戶連續密集的用水資料，由於大用水戶每日用水量非常大，當發現水表讀值顯示未傳訊狀態或回傳之用水量有突減情形，可立即派員實地了解，除非用戶用水行為或經營型態改變，應可判定該水表故障，進而提早汰換壞表，無須俟固定人工抄表時間後始能發現，減少造成自來水事業計量損失的機會。另因人工抄表時發現水表損壞須採推定計費，常發生與實際用水量有所差異而產生爭議，透過自動讀表即時傳訊功能及早發現水表異常，可確保自來水事業與用戶雙方交易公平性及提升用戶信賴感。

三、 避免人工抄表作業可能產生的錯誤及後續更正成本

正確無誤的抄表數據是向用戶收費的依據，自動讀表系統可將用戶端水表數值正確無誤的回傳水費計費系統，避免人工抄表可能因抄表員目視錯誤或數據誤植…等情形而產生抄表錯誤，亦可減少因鎖門、表位埋沒、表位積水、表前積物等無法抄表而必須採推定計量等情形，減少自來水事業之營業收入損失及後續複查、更正成本。

四、 減少客服人員負擔

用戶對用水量有疑義，撥打電話至自來水事業查詢時，依目前作法，客服人員僅能參考用戶用水歷史紀錄先予回復，再另行派員至現場複查。自動讀表系統建置後，可提供客服人員經過分析後之用水資訊，例如水池進水連續 48 小時未歸零，疑似浮球失靈、設備漏水或用水形態突然改變之時點…等，供用戶參考並自主檢查，除可減少自來水事業後續派工處理作業成本

外，並可提升用戶滿意度。

#### 五、簡化異常案件報表審核成案之人工作業

目前自來水事業於抄表計費階段，針對用水量異常案件會產製報表，由專責人員審核篩選後，成案派工複查，以進一步找出原因所在。未來自動讀表系統針對用水量突增、突減或水表異常，可設定標準化或客製化之成案複查條件，自動產製派工資料，減少人工報表審核及派工作業，縮短內部作業流程，提昇行政效率。

#### 六、取代人工建置用戶用水模式

由於大用水戶水表口徑大、表箱蓋較重，為取得用戶用水模式資料，每次至少須派 2 人至現場安裝水表紀錄器，紀錄用戶用水情形 7 天後，再派員將水表紀錄器拆回，下載紀錄器資料，完成用戶用水模式建置。若裝置自動讀表系統，則可完全取代人工作業，且可隨時遠端擷取資料，充分掌握用戶用水動態，不受營業週期、季節改變之限制，例如百貨公司可分析平常及週年慶期間用水模式之差異；針對游泳池業者則可分析夏天與冬天之用水差異。

建置用戶用水模式，租用水表紀錄器及委外安裝每處成本約 900 元，若以北水處每年約需評估大表大用水戶約 1,800 只計算，改用自動讀表系統擷取用戶用水模式每月每只可節省 75 元，且可隨時擷取任一時段分析，不再囿於人工裝置作業僅紀錄固定某 7 日之限制，對提升評估之正確性及效率性有所助益。

#### 七、降低與用戶約抄之時間成本及保護用戶隱私

大用水戶對本身用水量特別關注，因行業特殊性及安全機密考量，如軍事或情報機關等，採用人工抄表作業，須事先約定日期，並由專人會同，方可抄見水表。自動讀表建置後，即可直接於系統查詢水表指針度數，免與用戶約抄，節省自來水事業

與用戶約抄之時間成本。

#### 八、 滿足企業帳務管控需求

以北水處為例，目前抄表作業，須歷經資料上、下傳及系統資料彙整、計費等程序，抄表後第 6 個工作日，用戶方能收到水費帳單。另逢例假日，抄表則須順延或提前，造成用戶每月計費週期差異，以北水處 104 年大用水戶每戶每月平均達 4,400 度計算，1 天用水量差異達百度以上，抄表日順延或提前，將造成每月計費差異過大，無法滿足企業用戶對帳務及預算控管之需求。自動讀表系統建置後，可免除人工抄表資料上、下傳及資料彙整作業時間，縮短發單期程，提升自來水事業應收帳款週轉率，更因可固定時點擷取用水量讀值，不受例假日影響，使大用水戶用水量之計算更符實際。

#### 九、 系統提供連續密集之用水資料，有利用戶自我管控

自動讀表系統建置後可提供用戶查詢連續密集的用水量變化，如果系統偵測到連續 1 週小流量進水，亦可發出警訊告知用戶內線疑似漏水，提醒用戶及早檢查修繕。另多數大用水戶為營業戶，系統提供之連續密集用水量資料，可與其營業額或來客數作分析比對，找出用水尖、離峰時段，研擬節約用水對策或其他用水調配，以達節約用水、珍惜水資源之目標。

本研究試辦 100 只大用水戶自動讀表，以萬華區某大用水戶為例，該用戶用水量每日瞬間流量最小值高達 14CMH，且 24 小時無間斷進水，疑似有漏水情況如圖 4-16，反觀人工抄表數值因長期維持高用水量，但與上期抄表比較並無水量突增情形，故未提供用戶用水異常警示，造成珍貴水資源流失。

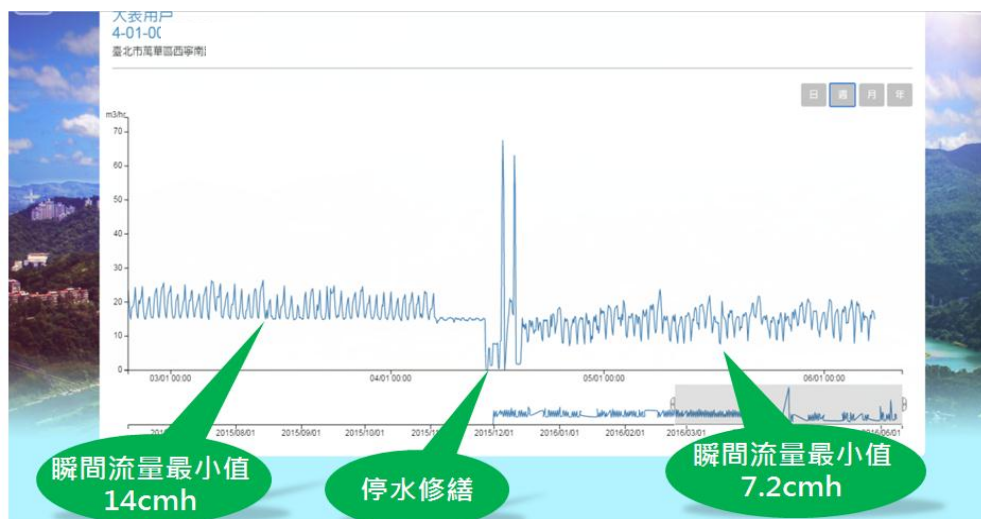


圖 4-16 自動讀表用戶用水設備疑似漏水情形

- 十、自動讀表系統結合水壓監測設備，節約水壓監視點建置費用  
現行無線水壓監視點建置每處約需 25 萬元，若採水壓監視設備  
搭配自動讀表系統安裝，成本約 3 萬 5 千元，若單純考量增加  
水壓監測增加約 1 萬 2 千元，每只約節省 23 萬 8 千元，假設北  
水處須增設 200 處水壓計，共可節省 4,760 萬，若以 8 年折舊，  
攤提於 1,800 只水表，每月每只水表節省約 275 元。

#### 4.2.3 成本效益探討

- 一、有形效益：對口徑 50mm~100mm 約本益兩平，說明如下。

相關有形成本如 3.6.1 節所敘述口徑 50mm~300mm 建置成本由 383 元至 1270 元不等，目前大用戶每月人工抄表費用約 20 元，改為無線讀表每月成本雖達 317 元至 1270 元不等。

相關實質經濟效益節省每月支出如下：

- (1) 人工抄表 20 元。
- (2) 取代人工建置用戶用水模式例行性觀測 75 元。
- (3) 結合水壓監測設備，節約水壓監視點建置費用 275 元。

合計可節約 350 元，相較北水處水量計主流為口徑 50mm(成本 383 元)、75mm(成本 317 元)、100mm(成本 342 元)，已有可執行誘因。

- 二、無形效益：除如 3.6.2 節所述相關效益，另無線讀表提供長期觀

測資料，並透過用戶端水壓量測，提供遠端級區域水壓控制點供應用，未來更可結合表後持壓閥及遠端開關控制，有效率控制停復水之管線末端停復水期程及水汙染範圍控制等。

### 4.3 水壓監測系統建置規劃

本研究前述章節已提及水壓監視點的應用非常廣泛，惟北水處現行水壓監視點多設置於道路上，其設置須考量道路開挖(申請路單、道路施工及銑鋪結案)、市電供給，設置並不容易，歷經多年，北水處亦僅設置水壓監視點 171 組(有線水壓監視點 134 點、無線水壓監視點 37 點，後續仍將持續增加)，應付一般供水調配尚且足夠，若提及細部的水壓操作管理則顯不足，且設置因涉道路挖掘復舊等作業，成本昂貴，即便以較便宜的水無線水壓監視點，設置 1 處須 25 萬元，仍顯昂貴，故本研究若能結合自動讀表與水壓量測的應用，應可大幅降低水壓量測成本，並增加水壓量測監測密度。

本研究案因時程限制無法將相關表位安裝水壓設備研究成果敘述於本報告內，惟以下章節將就其建置規劃與成本效益分析作探討。

#### 4.3.1 建置規劃

要節省水壓監視點的建置與營運成本，最方便的方式便是在既有表位裝設水壓計，其既可降低開挖的相關程序作業及經費，亦可整合水量計之傳輸模式、費用與資料應用。

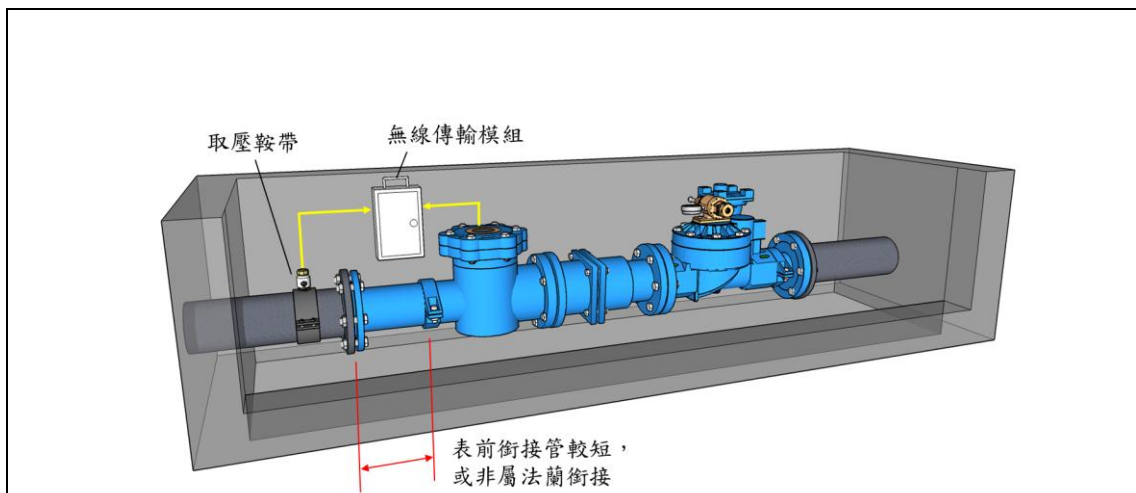


圖 4-17 表位設置取壓裝置方式一：水表組前 DIP 管裝設鞍帶取壓

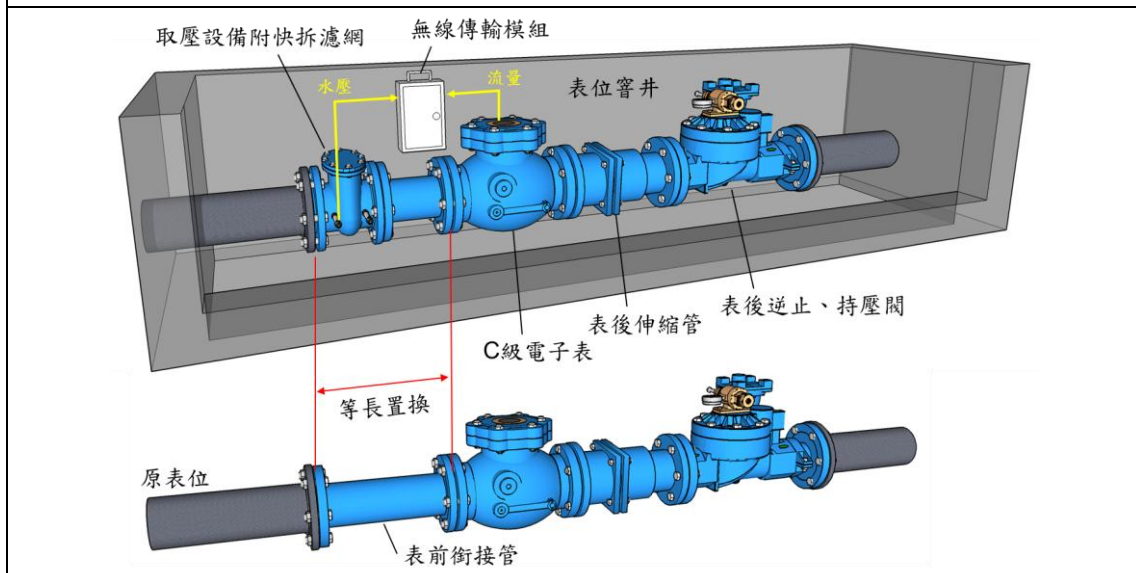


圖 4-18 表位設置取壓裝置方式二：拆換表前直管段更換為取壓設備附快拆濾網

如圖 4-17、圖 4-18 為目前規劃的 2 種既有表位設置取壓管的可能方式，其中第一種為「既有水表組前延性鑄鐵管直管段裝設鞍帶取壓」：其應用於既有水表組之直管段非以法蘭連接(屬較舊型的豎軸葉輪水表)，無法拆換水表直管段為表前快拆濾管，故得需於水表組前之 DIP 直管裝設鞍帶，以其取水口作為鞍帶取壓管。

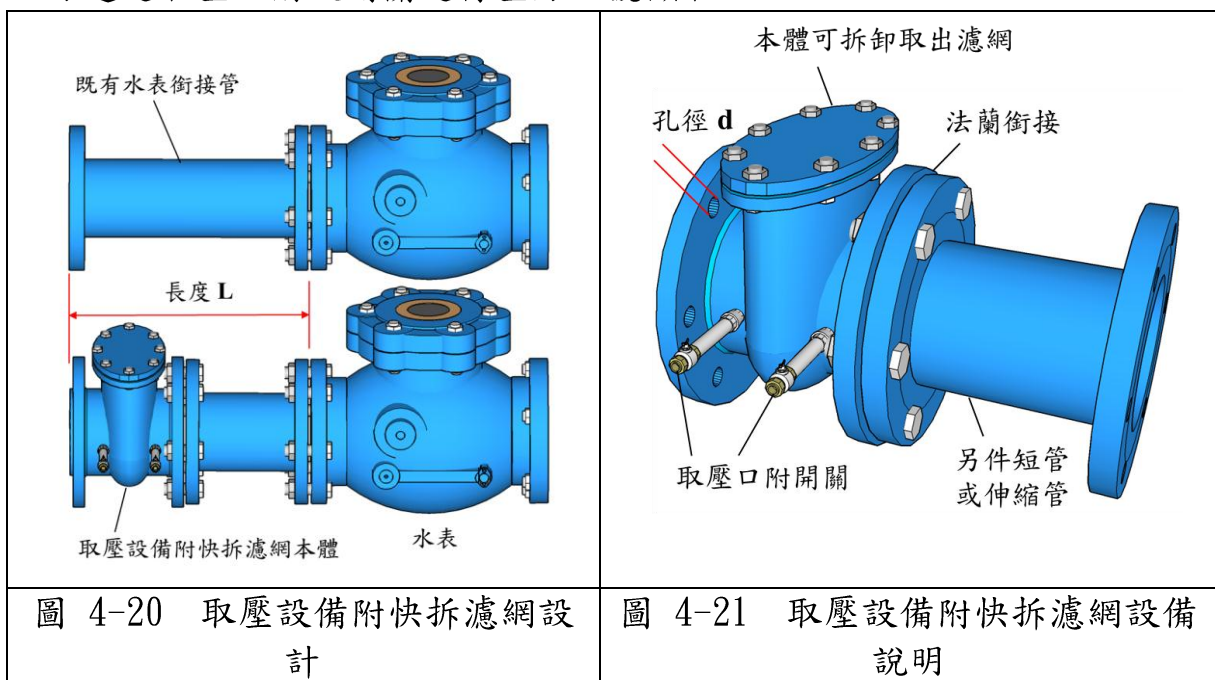
如圖 4-19 為現場 A 牌自動讀表結合水壓計安裝現場照片，並透過附近地下式消防栓水壓檢測，確認量測水壓之準確性，惟本研究因時間關係並未取得太多水壓測試數據可分析，將於研究案後續再行分

析及探討。



圖 4-19 A 牌自動讀表結合水壓計安裝(消防栓水壓量測檢核)

第二種為「拆換表前直管段更換為取壓設備附快拆濾網設備」：多應用於現行橫軸奧多曼水表，水表為符合既有同口徑水表之標準表長，多設有表前直管段來進行統一長度的動作，惟考量部分水表設置於管線末端，其大量用水常造成表前濾網積物阻塞，在水表拆裝相形麻煩的前提下，水表製造商開發出表前快拆濾管(圖 4-20、圖 4-21)，可供取代水表組直管段，除可於積物阻塞時簡易、快速排除積物，亦可透過取壓口附設開關進行壓力訊號擷取。



而本研究之整體水壓、用水量量測之 AMR 系統架構圖如圖 4-22

除可提供北水處對相關轄區水壓、用戶水量進行查詢外，亦可反向進行控制，調整監控之傳送密度(頻率)，以了解加壓站細部調控的遠端即時反映及水表疑似損壞的用戶用水模式連續性觀察，並整合水壓、水量的整體行為，未來若能配合表後遠端遙控開關之設置，則可於停水後復水時，整體調控區域大用戶表後開關，讓管線末端用戶提前供水，且若供水轄區發生水汙染時，可協助控制、降低水汙染影響範圍、用戶數，如圖 4-23。

此外，系統亦可供用戶查詢自身使用水量、水壓，便於資訊透明化及大用戶有效節省水資源。

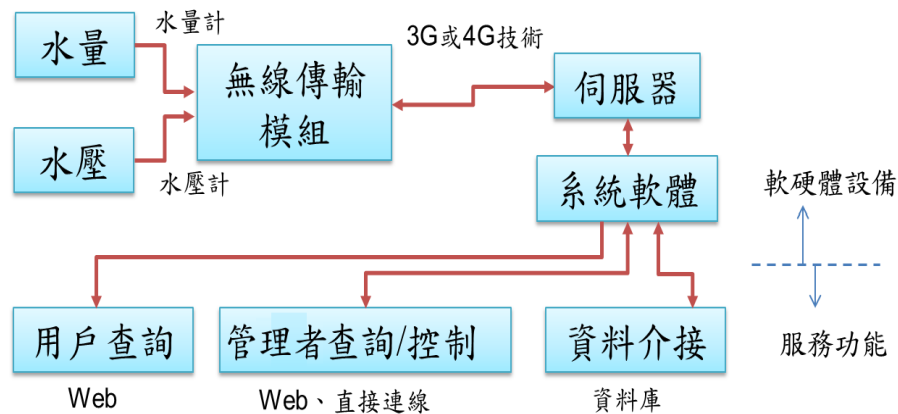


圖 4-22 本研究 AMR(水壓及水量)系統架構圖



圖 4-23 水汙染影響分布圖

#### 4.3.2 建置成本效益探討

前節提及既有水壓計設置須考量道路開挖、市電供給等因素，每只無線水壓計至少需 25 萬元(且須繳交道路使用費)，若結合既有表位設置水壓計則每只不超過 3 萬 5 千元，節省 85% 以上成本，故後續在水壓監視點的設置上，應可整合考量。

然現行水表之 AMR 在節合水壓量測之實質應用上仍有如下待克服事項：

(一)水壓、水量傳輸資料非「即時」，用電須克服：

目前自動讀表傳輸間距已可縮短至 1 分鐘或更短時間，但系統為節省電力消耗及通信費，系統喚醒時間多設為每 24 小時 1 次，亦即管理者要求相關執行指令，系統須於設定時間(如每天 0 時)喚醒時才可執行指令，且相關資料傳輸，儘管紀錄時間密集，仍集中於每天 1 次至 2 次的設定時間回傳，如此便無法達到現有水壓監測功能，較可行的做法為洽用戶介接市電，並以折減部分水費、基本費作為誘因。

(二)表位大量進水影響配水管水壓監測之正確性：

安裝水壓監視點之目的主要在了了解轄區配水管之水壓，然若水壓監視點安裝於表前直管段，若適逢水表大量進水則會產生壓降，如圖 4-24，可發現每次大量進水時將連同水壓降低約 0.1~0.2kgw/cm<sup>2</sup> 不等，雖差異不算太大，然此壓降會隨表前直管段長短(至配水管長)、給水與配水管口徑比值及流量大小等因素有所不同(直管段愈長、流量愈大、給配水管徑比值愈大，壓降會愈明顯)，故在應用上若能隨進水流量適度修正水壓，便可回饋到正確的配水管水壓，便於自來水事業監控中心應用。

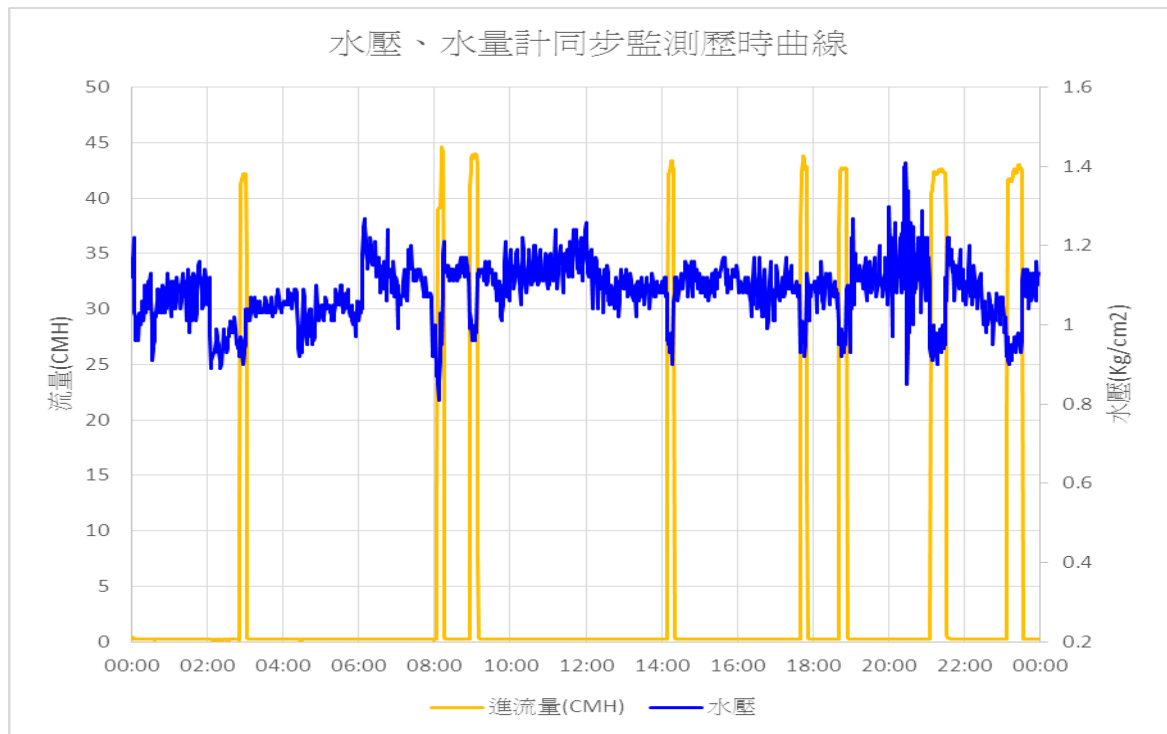


圖 4-24 水壓、流量同步監控圖(資料來源：興隆國宅觀測數據)

因為水壓壓損正比於前述變數( $\Delta p \propto L, Q, [d/D], 1/C$ ).....)( $\Delta p$ ：壓力損失； $L$ ：表前直管長度； $Q$ ：流量； $d/D$ ：給水管與配水管管徑比值； $C$ ：管壁粗糙係數)，對每一場址上述變數皆不同，無法有萬用公式之產生，然對同一場址，唯一的變數為流量  $Q$ ，又 $\Delta p = kQ^2$ ( $k$  為常數係數)，故每一表位應有 1 特定的場址係數  $k$ ，以圖 4-24 為例，為避免量測過程中背景水壓(配水管水壓)發生變動，選取進水前後壓力約略相同的 2 時段來做說明(如表 4-2，選擇上午 9 點及下午 14:15 前後)，另外因兩時段進水前後流量不大(僅 0.22~0.23CMH)，其對壓力的影響我們不予考慮，故整理結果可得此場址之平均  $k$  值為  $9.79 \times 10^{-5}$ ，故可得壓損 $\Delta p = 9.79 \times 10^{-5} Q^2$ 。

表 4-2 水壓、流量同步數據例

時間	8:42AM	9:00M	9:12AM	14:01PM	14:15PM	14:35PM
水 壓 (Kgw/cm2)	1.13	0.96	1.14	1.11	0.92	1.12
壓力損失 (Kgw/cm2)	0.175			0.195		
進水流量 (CMH)	0.23	43.93	0.23	0.22	43.15	0.23
係數 k	$9.07 \times 10^{-5}$			$1.05 \times 10^{-4}$		
平均 k	$9.79 \times 10^{-5}$					

以相同理念取得每 1 場址之壓損方程式，便可應用於未來以表前水壓回饋配水管水壓之評估，避免監控中心人員須作配水管水壓是否因表前進水產生異常之人為判定壓力。

## 第五章、其他用水管理系統比較

北水處對大用戶用水管理已具既有之理論基礎與管理手法，惟尚欠缺相關完備之管理軟硬體，故本研究案亦引進、測試及探討國內外之水表管理軟硬體系統，以整合北水處未來需求及擬定採購發包策略，供自來水事業後續可行的大用戶用水管理系統建置、營運。

本研究除執行北水處現行具雛形之自動讀表安裝測試外，於有限的研究經費下，亦選用國外知名大廠甲廠商之用水管理軟體，以了解此歷經使用者考驗之軟體優勢，另外因北水處所使用水量計 99.5% 以上為口徑 40mm 以下之機械水表，若遇大用水戶需進行用水模式觀察，常需換成電子表，但另一個選項便是採用本研究嘗試應用的國內乙廠商無線讀表系統，它是透過照相、影像辨識與數值紀錄回傳等資訊作用水模式紀錄。

### 5.1 無線讀表暨管理系統試用探討

甲廠商之用水管理軟體為一用水管理介面導向軟體(用水資訊提供最快為 15 分鐘產出 1 筆，不適合作為個案用水模式細部探討)，提供簡易、可親與周全的用水量資訊供自來水事業單位管理人員輕鬆做日常用水管理；此外，該用水管理軟體亦整合水壓監測功能(選擇配件)，可適時提供用戶端(可為管末端)之實質用水品質供水資訊，以下就其系統建置與操作介面功能作一概述。

#### 5.1.1 系統建置

本研究選擇 2 水栓進行管理軟、硬體之安裝測試，其中 1 處僅記錄水用水量、另 1 處採水壓、用水量同時監測，用戶水栓背景資料詳如表 5-1 如示。

表 5-1 用戶水栓背景資料詳如表

代號	表種	口徑 (mm)	用水地址	紀錄參數	月均用量	備註
A	奧多曼橫軸電子	75	臺北市內湖區康樂街186巷	水量	1,400M <sup>3</sup>	
B		150	臺北市松山區民生東路五段	水量、水壓	10,000M <sup>3</sup> ~ 13,000M <sup>3</sup>	

國外甲廠商水表因尚未通過國內水表型式認證，故無法直接安裝於用戶端(且因大表表位限制，亦無法與既有用戶表作串接測試)，故在使用上須將現場既有國內丙廠商水表轉接於傳訊器後銜接甲廠商用戶端傳訊、分析設備，再將擷取訊號回傳，其現場配置如下圖 5-1 所示。



圖 5-1 甲廠商用水管理硬體現場安裝相片

甲廠商用水管理硬體現場須安裝於表箱外，並另設一保護箱，廠商表示因該設備防水為 IP67 等級，擔心因表箱積水造成設備毀損，另外，亦顧慮傳訊不良，故設備需設置於表箱外，此對臺北都會區是個困擾，因許多大表位位於建築線退縮之公共通道，要額外設置突出地面之保護箱並不容易，後續應用上，產品需克服上述防水及訊號傳送遮蔽要求。

甲廠商用水管理軟體在資料處理上有一特點，即在用戶端作簡易的資料分析處理，而傳送時僅傳送處理過後的資訊，以減少資料傳輸

量，這相較於國內現有將每筆水表讀數精確記錄、逐筆回傳的方式顯有不同。

甲廠商用水管理軟體記錄方式係將水表傳遞過來的即時類比脈衝(pulse)訊號與其時間間隔個別分析應用的紀錄方式，簡單的說，水表每一個脈衝產生有其代表的水量值(本研究設定採 0.01 m<sup>3</sup>)，而隨脈衝產生的時間間隔愈短，代表通過流量愈大，故在應用上，甲廠商用水管理軟體會記錄脈衝累計值(而不是度數，僅僅在現場安裝時抄見水表初值設定同步)，其次它透過脈衝產生時間間隔分析即時流量，然後提供每一時段之最大流量、最小流量、即時進水譜(目前進水譜切成 5 區段，最小時段為 15 分鐘，而此廠商稱之即時係有其限制，稍後說明)及是否漏水、逆流、遭破壞、有電無等項目簡易資料而已，回傳數據較為簡潔。且為節省電力，為每日彙整資料傳送一次(預設為每日 0 時，可個別修正設定)。

此種處理數據方式較現行臺灣廠商所使用之記錄大量的水表指針(可能至每 10 秒一筆的巨量數據)，再回推非即時進水譜、流量等方式，顯然有其管理目的導向，即以甲廠商的經驗，評估這些是真正有用的資料，而未來為避免過分龐大的資料庫拖垮運算速度，資料的取捨顯然亦是自來水事業單位用水管理發展的重要課題。

另外，各家廠商水表產生每一脈衝代表水量大小不盡不同，故在甲廠商用水管理軟體擷取國內丙廠商水表訊號上，需調整訊號擷取的放大係數(調整跳針 jump)。

### 5.1.2 管理系統功能探討

茲將相實際操作甲廠商用水管理軟體(單機版)之相關功能、界面敘述如下。

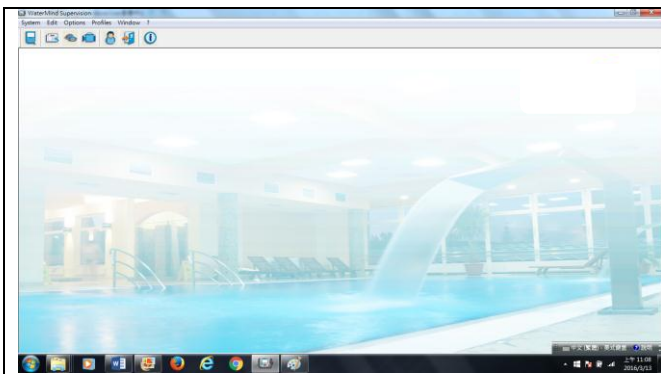


圖 5-2 甲廠商用水管理軟體實測登入畫面

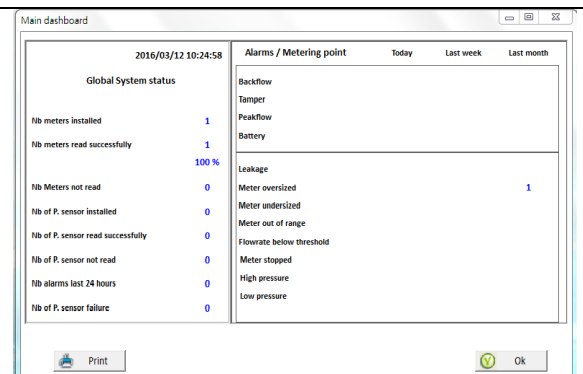


圖 5-3 甲廠商用水管理軟體主面板清單

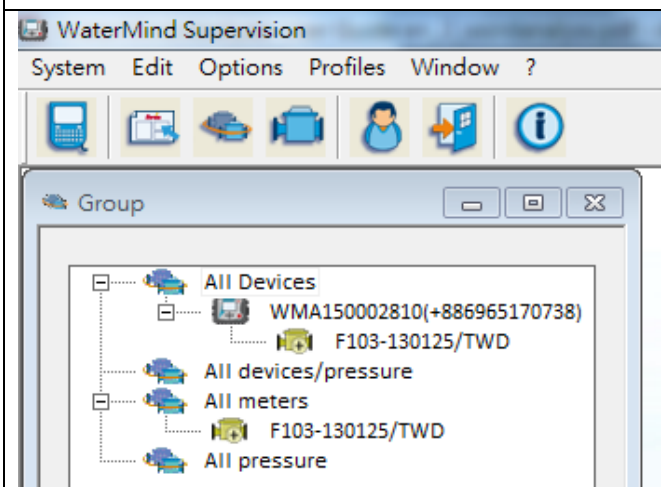


圖 5-4 甲廠商用水管理軟體所有設備列表登入畫面

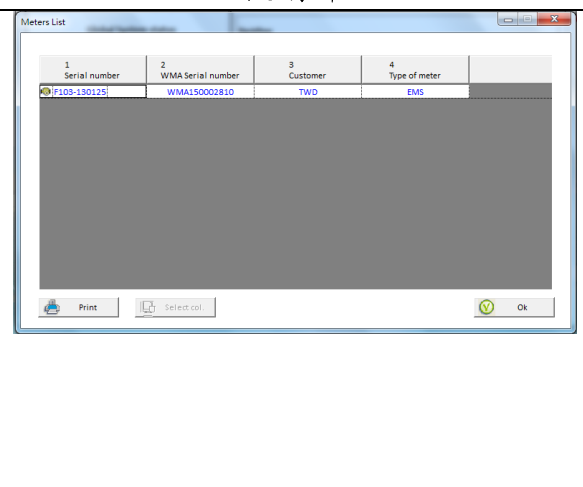


圖 5-5 甲廠商用水管理軟體水表清單登入畫面

甲廠商用水管理軟體登入後畫面非常簡單(如圖 5-2)，上面有一排功能選單及點擊圖示，圖示分為終端機連接設定、主操作面版(如圖 5-3)、所有設備列表(包含所有甲廠商用水管理軟體用戶端傳輸設備、水表、水壓計(如圖 5-4)、水表清單等(如圖 5-5)，而主操作面版(如圖 5-3)左側整體系統清單可概覽安裝水表數量、水表前日資料成功回傳數量、水表前日資料未回傳數量、壓力計安裝數量、壓力計前日資料成功回傳數量、壓力計前日資料未回傳數量、過去 24 小時警報數量、壓力計故障數；右側係警示及進水譜清單，包含了今日、過去 1 週、及過去 1 月之逆流、人為破壞、尖峰流量、電池警示(少於蓄電容量 20%)、漏水、水表口徑太小、水表口徑太大、過載、不感流量、水表不轉、水壓過高、水壓過低等。

面版上所有藍色的文字都可點擊進去看細部設備及資料，如圖 5-5 水表「F103-130125」點入便可看到水表操作面版清單(圖 5-6)，此亦為本系統水表管理之主要操作畫面，操控面版區分成 4 個畫面，分別為計量區間比率(Metering point)、資訊(Information)、警報(Alarms)、用水分析(Consumption analysis)等，以下逐一介紹：

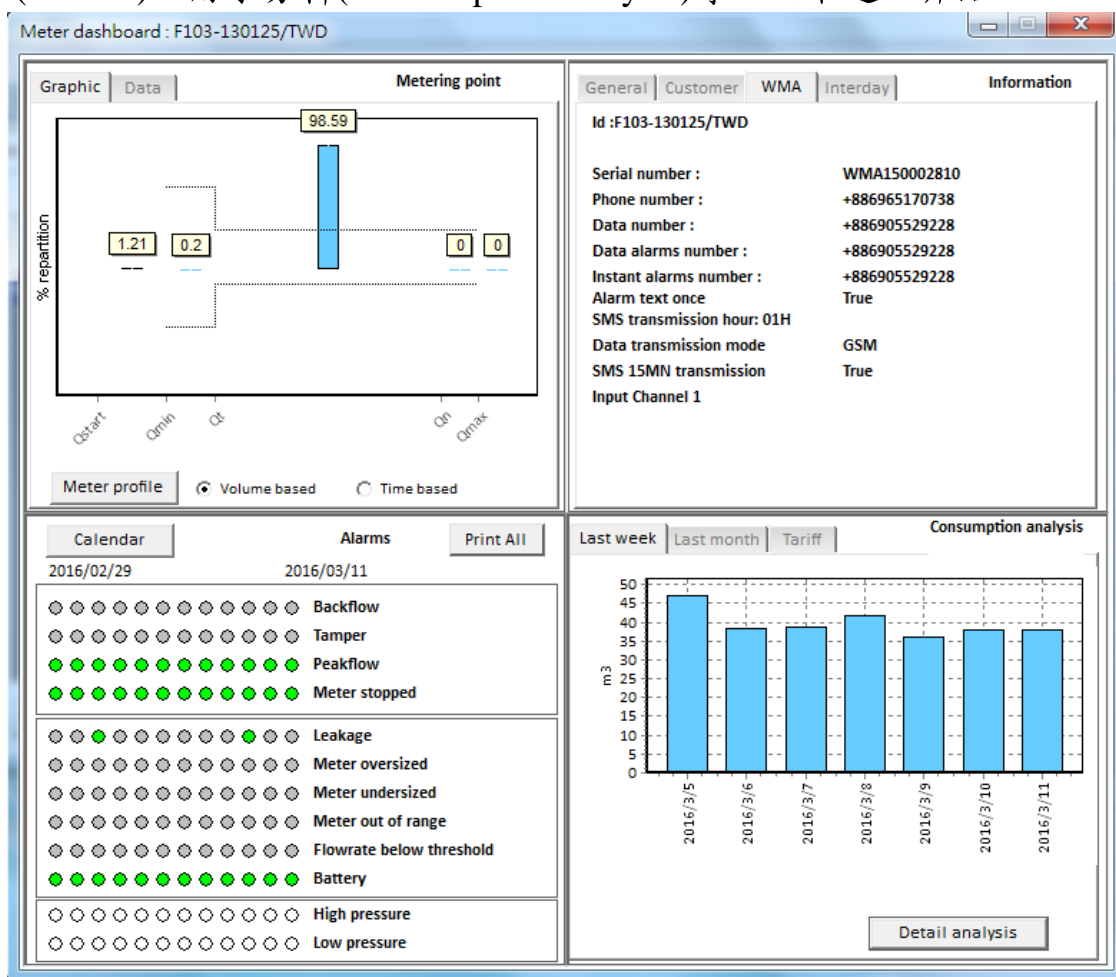


圖 5-6 甲廠商用水管理軟體水表操作面版

### (一)計量區間比率(Metering point)

甲廠商用水管理軟體將流量區分成 5 個區間，分別為啟動流量-最小流量、最小流量-分界流量、分界流量-標稱流量、標稱流量-極限流量、大於極限流量等，甲廠商用水管理軟體在每一次收到脈衝訊號時，會依此脈衝與前一脈衝的時間間隔計算流量，然後依照計算流量的大小把他歸類到 5 個 Metering Point(計量區間、進水譜)(5 個儲存區)，然後每個儲存區會記錄儲存每個脈衝之累計脈衝總數、該計量

區間累計進水時間，然後每 15 分鐘、每計量區間只要保留 2 種資料，一為累計體積、一為累計時間，這樣就可以以最小的資料量，在前端先行處理 5 個計量區間的進水時間百分率(進水譜)及進水體積百分率(流量貢獻譜)，另外，在每筆脈衝的流量計算上，他會同步記錄及比較此流量是否為該時間區間的最大或最小流量(另一儲存區)，若「是」，則取代掉最大或最小流量的值，但經實計測試，最大最小流量曲線僅出現在間距 1 小時的歷時曲線上，間距無法更小。

因此，如下圖 5-7 為由甲廠商用水管理軟體安裝至今各流量區間的進水體積百分率、如圖 5-8 為由甲廠商用水管理軟體安裝至今各流量區間的進水時間百分率，另若進一步想了解它的紀錄資料，可進一步點選了解(圖 5-9)，如圖例可看到提供最近一筆讀取資料時間、通過 5 個計量區間的體積及時間百分率、較有效率的計量累計時間(下圖為 675 小時又 4 分鐘)及所占時間百分率、紀錄區間的最大及最小流量，另外它的紀錄區間僅有 3 個選項(圖 5-10)為從安裝起、今天及上個月。

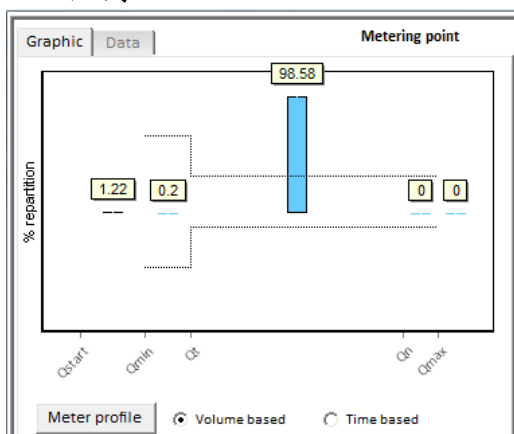


圖 5-7 甲廠商用水管理軟體流量貢獻譜

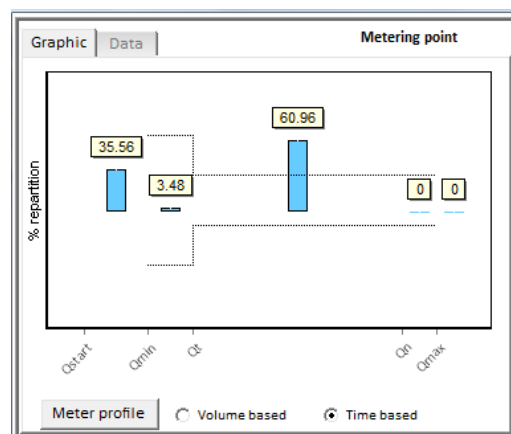


圖 5-8 甲廠商用水管理軟體進水譜

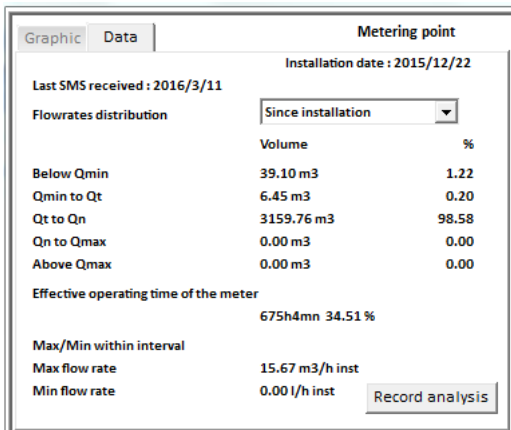


圖 5-9 甲廠商用水管理軟體流量貢獻相關資料選項

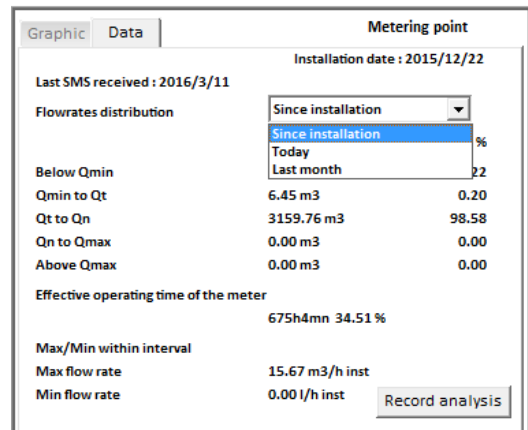


圖 5-10 甲廠商用水管理軟體流量貢獻的分析區間選項

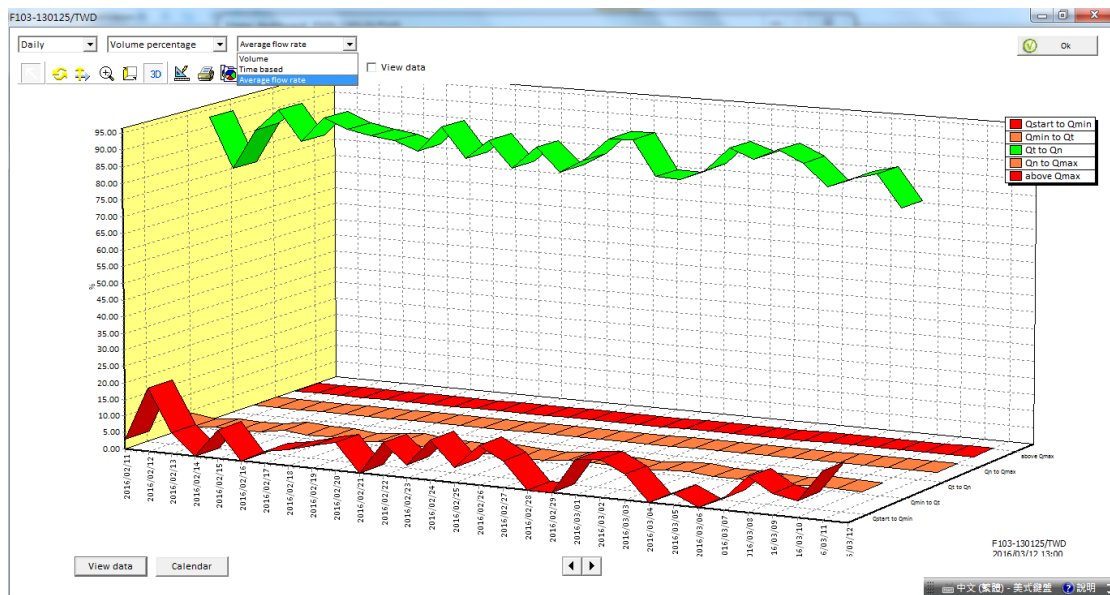


圖 5-11 甲廠商用水管理軟體計量區間的體積百分比、時間百分比及平均流量百分比選項

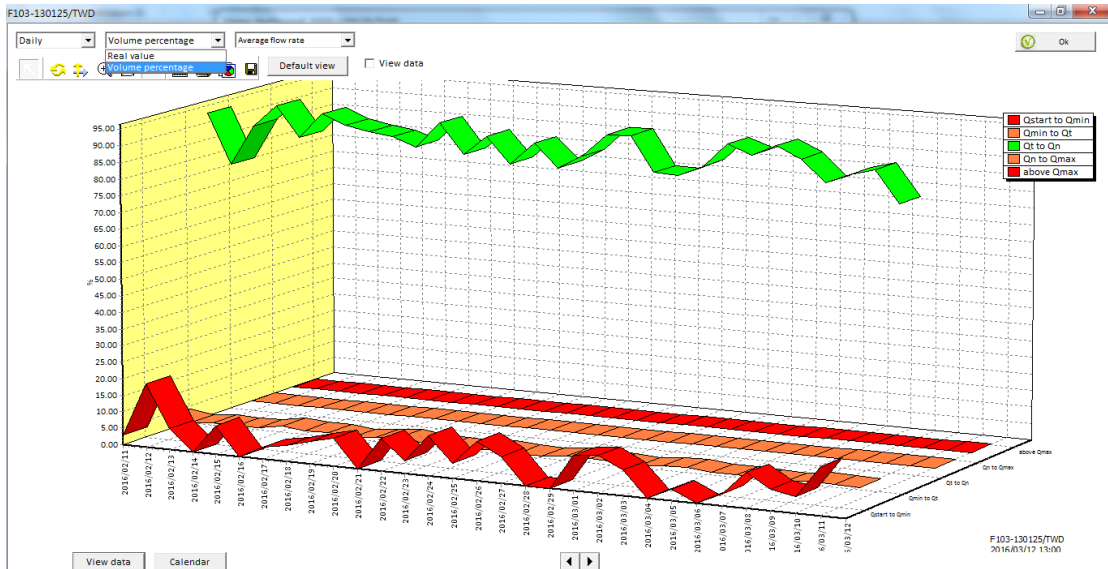


圖 5-12 甲廠商用水管理軟體計量區間的體積百分比、實計量測值選項

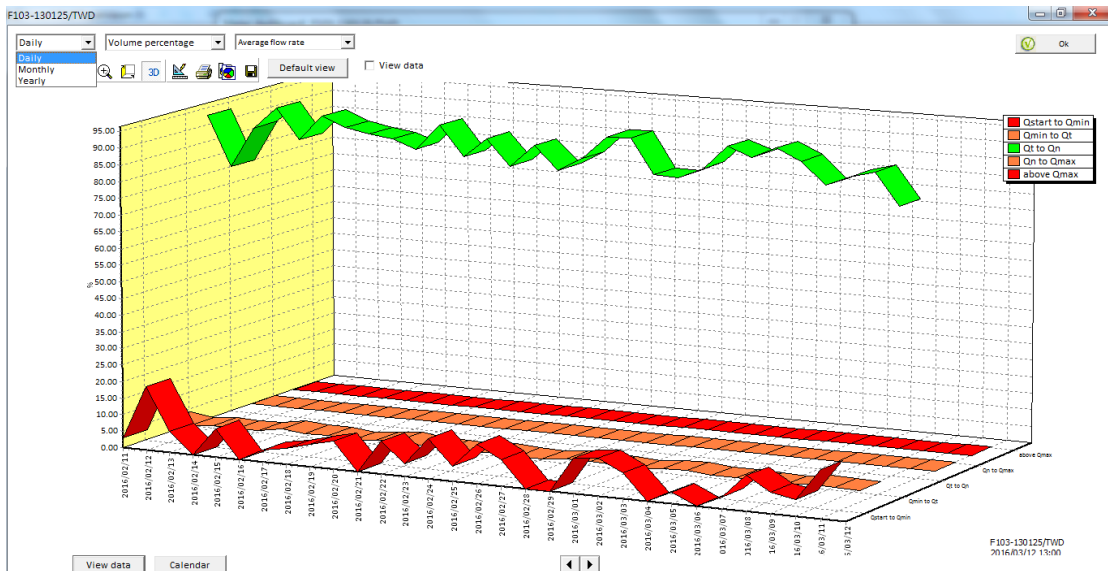


圖 5-13 甲廠商用水管理軟體計量區間的每日、每月及每年資料選項

另外，系統亦有繪圖及數值資料提供的選項，圖 5-11 為篩選計量區間的時間百分比、體積百分比及平均流量百分比；圖 5-12 為篩選計量區間的實際值(隨前項選擇時間或體積而定)或 5 計量區間的百分率；圖 5-13 為篩選計量區間的時間區間為每日、每月及每年。另系統亦允許選取圖型顯示的起始日期、左右方向鍵則可平移圖型的日期區間，另外也可顯示圖型的計量數值資料(如圖 5-14)，而其資料可以列印或 txt 檔匯出。

date	Qstart to Qmin (m3)	Qmin to Qt (m3)	Qt to Qn (m3)	Qn to Qmax (m3)	above Qmax (m3)
2016/02/11	0.13	0.06	37.46	0.00	0.00
2016/02/12	0.13	0.09	37.82	0.00	0.00
2016/02/13	0.18	0.07	37.32	0.00	0.00
2016/02/14	0.08	0.03	50.47	0.00	0.00
2016/02/15	0.11	0.06	32.92	0.00	0.00
2016/02/16	0.10	0.05	39.26	0.00	0.00
2016/02/17	0.13	0.06	36.98	0.00	0.00
2016/02/18	0.10	0.04	37.30	0.00	0.00
2016/02/19	0.06	0.04	34.23	0.00	0.00
2016/02/20	0.07	0.04	37.41	0.00	0.00
2016/02/21	0.06	0.05	51.34	0.00	0.00
2016/02/22	0.07	0.09	38.35	0.00	0.00
2016/02/23	0.14	0.04	35.92	0.00	0.00
2016/02/24	0.13	0.07	39.34	0.00	0.00
2016/02/25	0.15	0.08	34.44	0.00	0.00
2016/02/26	0.11	0.11	37.24	0.00	0.00
2016/02/27	0.11	0.07	44.23	0.00	0.00
2016/02/28	0.04	0.07	38.02	0.00	0.00
2016/02/29	0.09	0.06	50.55	0.00	0.00
2016/03/01	0.10	0.07	40.41	0.00	0.00
2016/03/02	0.08	0.11	37.71	0.00	0.00
2016/03/03	0.10	0.08	43.88	0.00	0.00

圖 5-14 甲廠商用水管理軟體計量區間每日、進水體積的實計值「數值呈現」

此外計量區間操作面版的圖型亦提示水表特性概覽，可分成 3 個區塊，第一區塊可看到水表廠牌、計量單位、水表口徑、計數器設定、脈衝當量大小等參數；第二區塊可看到水表等級及 5 個計量區間的特徵值設定(起動流量、最小流量、分界流量、標稱流量及最大流量等)；第三區間可以看到尖峰流量(尖峰流量持續時間-秒)、漏水警示設定(每小時低流量設定、漏水偵測區間長短、漏水時間整數區間)、收費門檻(量與時間)、口徑妥適評估時間區間、水表定義停止之時間間隔、水表過大之定義為 Q2 以下流量之百分比、非妥適計量流量比例為小於 Q1 及大於 Q3 之流量比例、水表過小為大於 Q3 比例、低水壓門檻、高水壓門檻。本頁設定僅有管理者才可設定、一般使用者無法更改，如圖 5-15 所示。

水表過大、過小或漏水的判斷，目前沒有一定的定論，目前北水處發展的作法則較保守，後續會持續累積北水處之水表使用經驗而加以修正。

Meter profile

Meter profile type: Customized Meter profile ID: 30000 Meter profile Rev.: 1

Meter type: EMS Meter DN: 80

Unit of measurement: m3 Register: 5x2

Division factor: 1 Pulse weight: 0.01

Approval reference: CEE/ISO

Metrology class: C

Qstart (m3/h): 0.05 Qmin (m3/h): 0.18 Qt (m3/h): 0.45 Qn (m3/h): 30 Qmax (m3/h): 60

Peakflow (%): 0 peakflow duration (s): 10

Leakage (l/h): 60 Leakage detection interval (mn): 11 Leakage integr. interval (day): 7

Tariff threshold: 0 Interval (mn) 0=instantaneous: 0

Meter sizing integr. interval (day): 30 Meter stopped interval (mn): 1080

Meter oversized time below Q2 (%): 14 Meter out of range below Q1 over Q3 (%): 5 Meter undersized time over Q3 (%): 6

Low pressure threshold: 1 High pressure threshold: 10

Enable parameters

Ok Cancel

圖 5-15 甲廠商用水管理軟體計量區間水表特性概覽(本研究案 75mm 口徑水表為例)

## (二) 水表資訊(Information)

甲廠商用水管理軟體的水表資訊有 4 個選項，分別為一般、顧客、水表端分析裝置及不同天設定等，分述如下：

1. 一般：圖 5-16，顯示最後讀值(顯示度數)、最後資料讀取日期、前一日用水量、前一日資料讀取時間、前一日水表讀值、每月計費結算日(預設為 1 日 0 時)。
2. 顧客：圖 5-17，顯示水表號碼、顧客代碼、水表安裝日期、水表系統設定編號、廠牌、口徑及計量單位。
3. 水表端分析裝置：圖 5-18，顯示水表號碼、甲廠商用水管理軟體水表端裝置序號、傳輸電話號碼、傳輸資料代號、警示裝置代號、每日即時警示訊息傳遞(或每日即時訊息傳送 10 次)、警示傳輸預設時間、網路傳輸模組、15 分鐘傳輸簡訊啟用、輸入頻道。
4. 不同天設定傳送資訊：圖 5-19，可依使用需求設定不同天的

回傳資料種類，可傳回時間、資料序號、水表度數、目前流量、溫度、水壓及警示訊息啟動等。

甲廠商用水管理軟體用戶端分析設備可透過遠端修正、要求傳送相關資訊，但必須為設備為喚醒狀態(如預設的每日零時零分)。

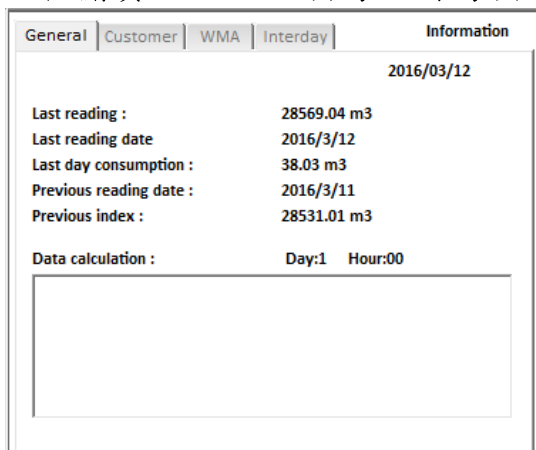


圖 5-16 甲廠商用水管理軟體水表一般資訊

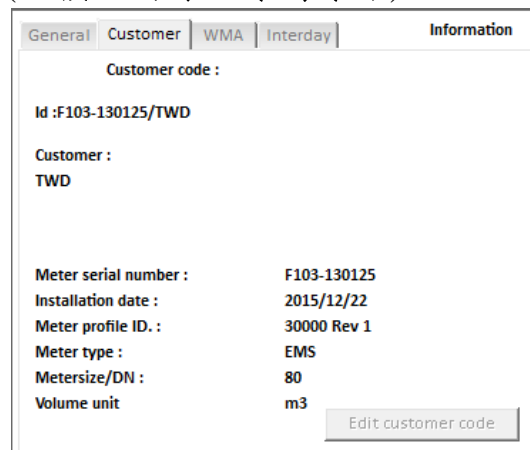


圖 5-17 甲廠商用水管理軟體水表顧客資訊

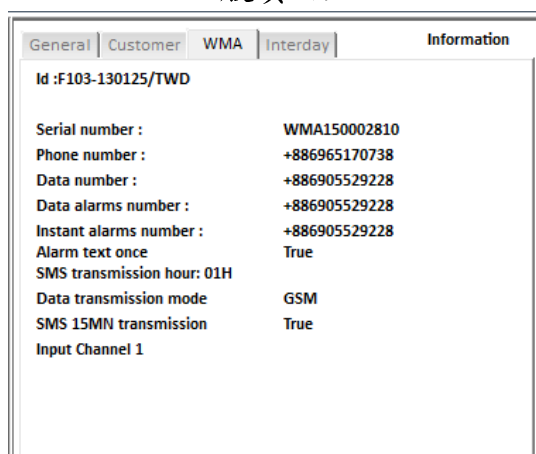


圖 5-18 甲廠商用水管理軟體水表端裝置資訊

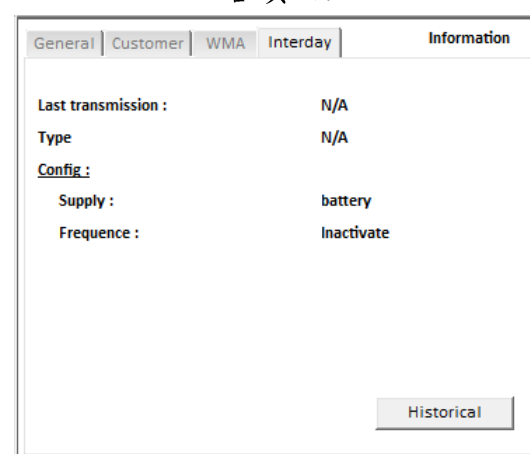


圖 5-19 甲廠商用水管理軟體不同天設定傳送資訊

### (三) 警示(Alarm)

甲廠商用水管理軟體警示訊息係採用燈號顯示相當簡單易懂，綠燈表示正常、紅燈表示接收到警告訊息、灰燈表示未啟用或未設定、白燈表示未收到訊號、橘燈表示電池容量不足 20%。

甲廠商用水管理軟體的警示訊息(圖 5-20)包含逆流、人為破壞、尖峰流量、水表停止、漏水、水表口徑過大、水表口徑過小、進水流量不在正常進水區間、流量低於門檻、電池電量、低水壓、高水壓；

另外，系統可供選取警示起訖之時間點(可選擇日顯示會月顯示)、亦可作列印相關警示訊息；另外在主要操作面版亦可點選相關警示訊息列表(圖 5-21)，查看相關訊息的進一步資訊。

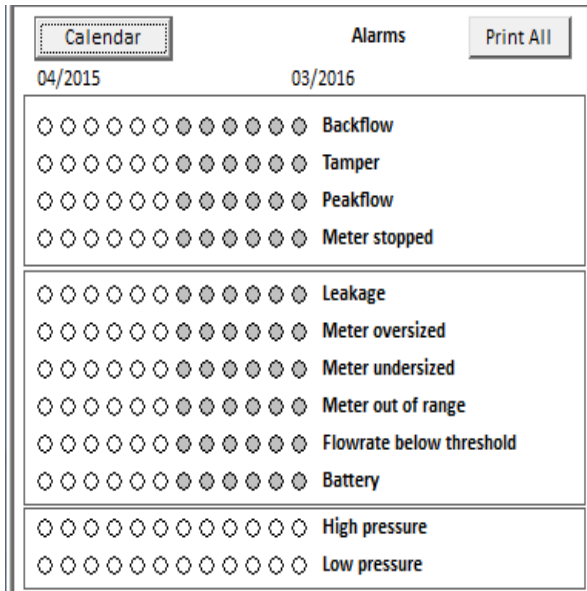


圖 5-20 甲廠商用水管理軟體警示訊息種類

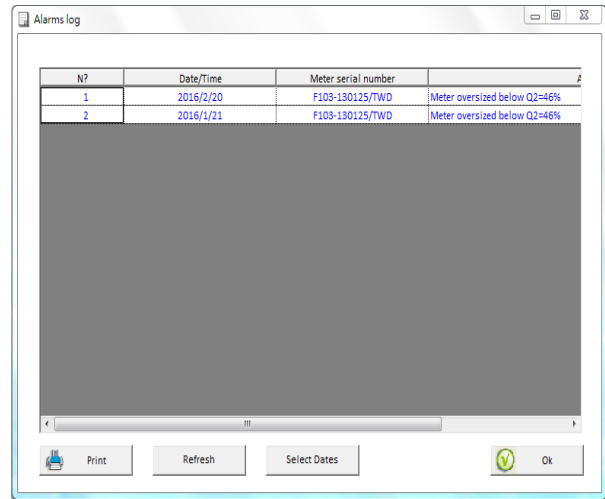


圖 5-21 甲廠商用水管理軟體警示訊息資料

#### (四) 用水分析(Consumption analysis)

甲廠商用水管理軟體用水分析可提供上星期資料、上月資料及水費資料(圖 5-22)，若想要進一步了解用水資料則逕行核取相關資料選項，若可供查詢收費門檻設定、計費水量與計費時間等資訊(圖 5-23)。

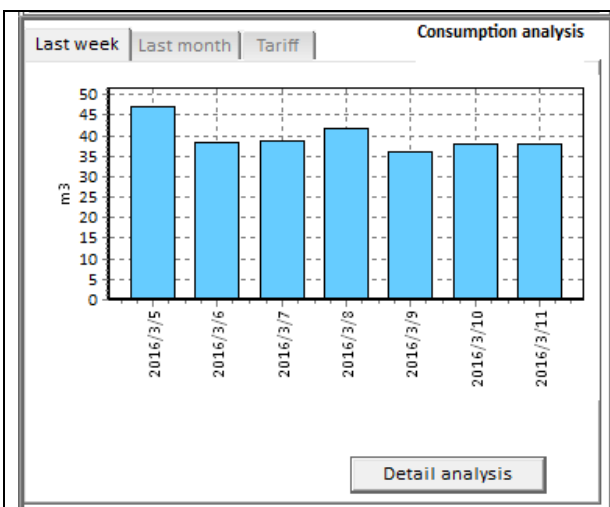


圖 5-22 甲廠商用水管理軟體用水分析頁籤

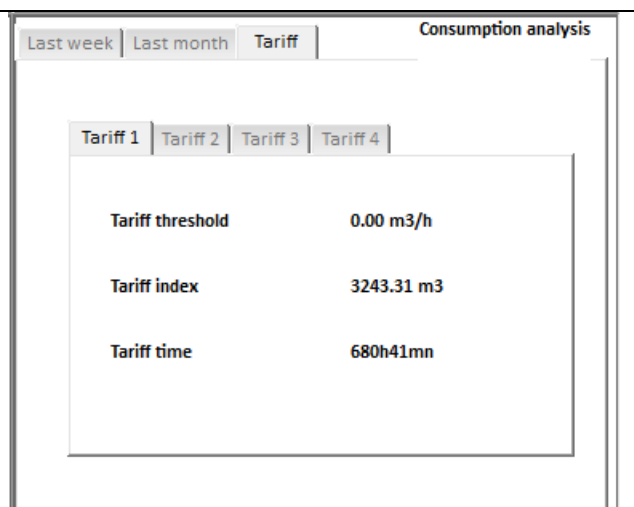


圖 5-23 甲廠商用水管理軟體用水分析收費資訊

另外，系統可供篩選該用戶細部的用水資訊，如圖 5-24 為選取月用水量之每日用水量，同時顯示每日最大及最小用水量及每日用水量數值，若一併安裝水壓計時，則可選擇出現每日最大、最小及平均水壓等資料；另外，如同進水譜資料，可選擇資料的起訖時間，且方向鍵頭亦提供日期平移的直接功能。

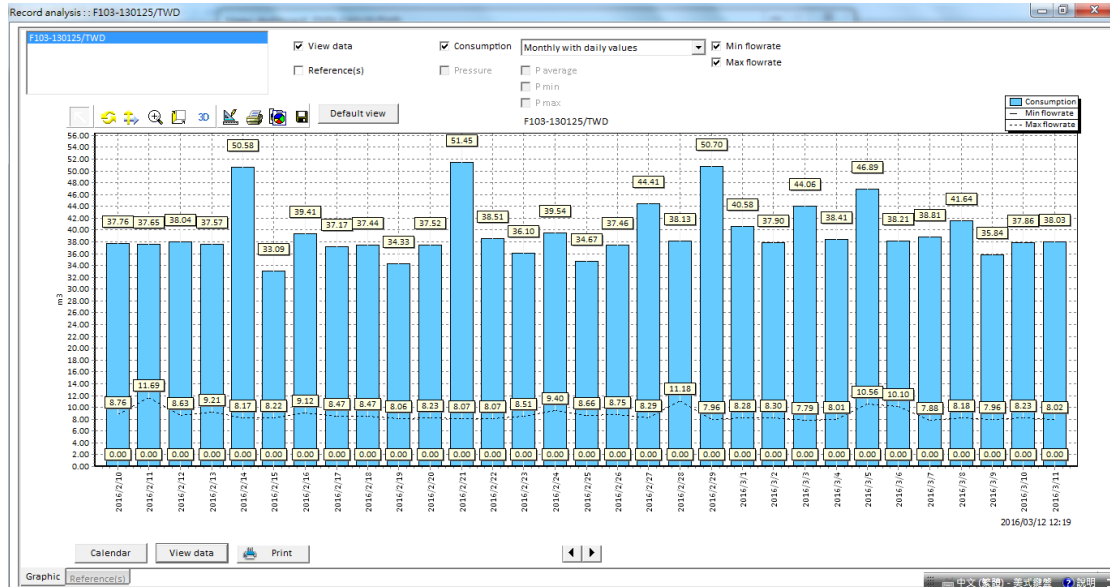


圖 5-24 甲廠商用水管理軟體用水分析-細部分析-月用水量每日用水量

另外，如圖 5-25 可下拉選取資料型態為日每小時進水量值、月每日僅水量值、月每小時進水量值、年每月進水量值、年每日僅水量值、年每小時進水量值、整個月用水量值、整日用水量值、日每 15 分鐘用水量值、月每 15 分鐘用水量值、定義區間每日用水量值、定義區間每小時用水量值、定義區間每 15 分鐘用水量值等。

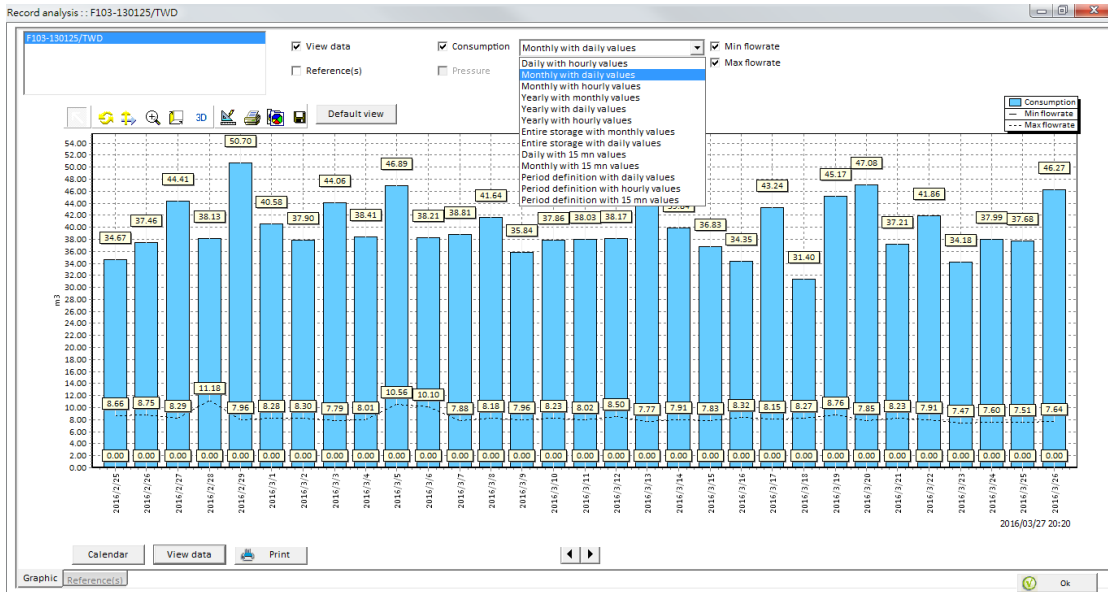


圖 5-25 甲廠商用水管理軟體用水分析-細部分析-資料範圍選項

此外，系統亦提供建立相關用水歷時資料庫，作為比較同一時間之用水差異之用。

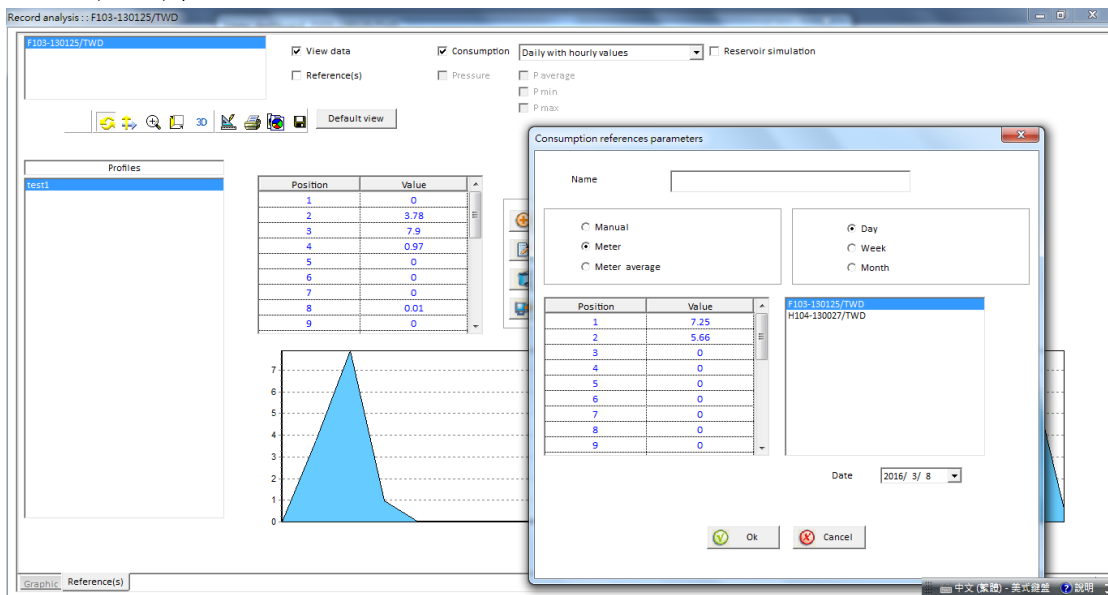


圖 5-26 甲廠商用水管理軟體用水分析-細部分析-建立比較(參考)用水歷時資訊

圖 5-27 為進行目前用水與比對標的用水比對分析，而以上相關圖型皆可選擇立體圖型或顏色標示等選項輸出。

此外，圖 5-27 右方核取方塊有模擬配水池選項，經詢問廠商為未來將發展的功能，目前尚未啟用，亦不明確其應用範圍，惟就本研究的觀點(如同 2.4.1 節所述)，可能嘗試模擬進水起訖流量為「零」區間之總進水量，藉以推估水池容量，不過同該節所述，此應較接近

為頂樓水塔之容量。

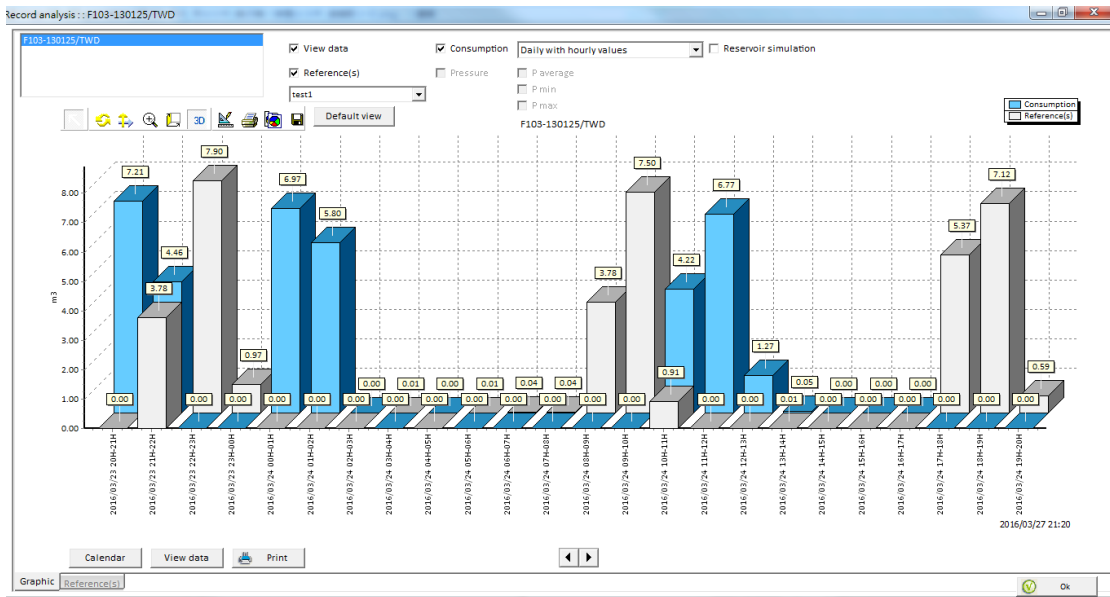


圖 5-27 甲廠商用水管理軟體用水分析-細部分析-資料比對

此外，系統亦提供由設計出值及脈衝訊號累加後之用水度數歷時

資料，如圖 5-28。

Date	Index (m³)	Consumption (m³)
2016/03/11 10:45-11:00	28543.72	0.03
2016/03/11 11:00-11:15	28543.73	0.01
2016/03/11 11:15-11:30	28543.76	0.03
2016/03/11 11:30-11:45	28543.76	0.00
2016/03/11 11:45-12:00	28543.76	0.00
2016/03/11 12:00-12:15	28543.78	0.02
2016/03/11 12:15-12:30	28543.86	0.08
2016/03/11 12:30-12:45	28545.68	1.82
2016/03/11 12:45-13:00	28547.54	1.86
2016/03/11 13:00-13:15	28549.41	1.87
2016/03/11 13:15-13:30	28551.31	1.90
2016/03/11 13:30-13:45	28553.20	1.89
2016/03/11 13:45-14:00	28555.04	1.84
2016/03/11 14:00-14:15	28555.93	0.89
2016/03/11 14:15-14:30	28555.95	0.02
2016/03/11 14:30-14:45	28555.95	0.00
2016/03/11 14:45-15:00	28555.95	0.00
2016/03/11 15:00-15:15	28555.95	0.00
2016/03/11 15:15-15:30	28555.95	0.00
2016/03/11 15:30-15:45	28555.95	0.00
2016/03/11 15:45-16:00	28555.95	0.00
2016/03/11 16:00-16:15	28555.95	0.00

圖 5-28 甲廠商用水管理軟體用水分析-細部分析-紀錄數值資料顯示

另外，目前該公司亦開發 WEB 版、手機版的管理介面，功能亦較單機版的甲廠商用水管理軟體多且易操作，增加內容包括可提供近 2 期用水度數比較、任意選取區間顯示流量等資訊(較單機版流暢)、以月曆圖示方式顯示警示異常訊息、進行多組用水資料歷時比較、水表位置圖資標示及報表(報告)製作等功能，管理系統發展完備。

## 5.2 小口徑機械表無線讀表系統試用探討

北水處月用水量超過 1,000 度以上小口徑機械表(口徑 13mm~40mm)約有 1,500 餘只(直接表及分表亦有 360 餘只)，雖然或許在成本考量下，直接換裝小口徑電子表為較佳的用水模式觀測及無線讀表方式，然基於增加實務研究的廣度及考量部分不可能換表之作業(如小區計量抄表及水費爭議壞表複查等)，故本研究引進照相辨識無線讀表系統。

本研究結果雖然發現因電池續航力之不足(記錄約 360 筆資料)，後續之應用較受限，惟仍將相關研究過程闡述如下，以期引起更多發展之可能性或有助於相關產品應用決策。

### 5.2.1 產品與應用案例介紹與未來應用方向探討

乙廠商原發展目的僅為用戶收費之週期性抄表(1 或 2 月)，故其設定僅辨識機算盤的整數位數，應本研究的要求，一併開發小數位數的辨識，以下就安裝、原理及測試結果作說明。

#### 安裝方式

為確保系統讀取水表積算盤的資料正確及避免設備過多的判斷負擔，設備安裝前會將固定底座安裝於水表視窗鏡面上，並使整數位數視窗框準確包覆積算盤周圍(如圖 5-29)，接者透過卡榫組裝乙廠商無線讀表設備(圖 5-30)，然後連接電腦進行測試(圖 5-31)，本研究乃選定 40mm 丁廠商水表進行測試(不同廠家積算盤各指針配置位置稍有差異)，本測試設備高度約 11 公分(不含水表，如圖 5-32)，廠商表示後續若有市場可再進行高度壓縮，以符合現場表位安裝。



圖 5-29 乙廠商 無線讀表裝置底座  
固定



圖 5-30 乙廠商 無線讀表裝置組裝  
完成



圖 5-31 乙廠商無線讀表裝置運作測  
試



圖 5-32 乙廠商無線讀表裝置高度量  
測

### (一)原理說明

乙廠商無線影像辨識自動抄表系統可應用於機械式小型水表用水行為分析原理係採照相及影像辨識後回傳辨識後水表讀數，可採用 3G、4G 及 Wifi 網路傳輸，水表端設備可儲存 1 萬筆度數資料及 100 幀水表影像，若傳輸中斷可自度判別補傳，亦可同時傳送 2 伺服器作備份工作，而傳送至伺服器資料，於每次傳送時會保留 1 筆水表影像及相關指針紀錄數值，另據廠商說明硬體進行每幀照片之照相及判讀最小僅約需 12 秒；安裝於既有機械水表鏡面之上，所以無需拆裝水

表。

圖 5-33 及圖 5-34 為安裝於現場後，於資料回傳前，先以電腦下載判讀資料是否正確，圖 5-34 中可發現電腦螢幕有 4 個框選，此為定位判別區域的手動式範圍調整操作(廠商說若有市場有改為自動調整)，選定後即可逕行測試，測試後判別資料如圖 5-35，可發現讀數為「Reading 14348-095」，與圖 5-36 顯示相同，似電腦測試無誤後，後續即可進行自動讀表，如圖 5-36 為本研究實際於民生東路 4 段 80 巷進行資料回傳的測試照片。



圖 5-33 乙廠商無線讀表現場測試

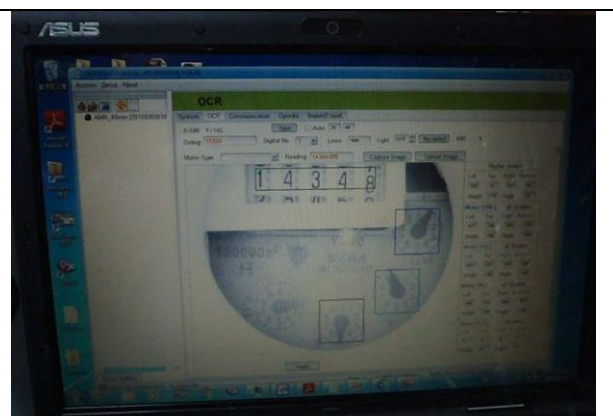


圖 5-34 乙廠商無線讀表判讀區域框選

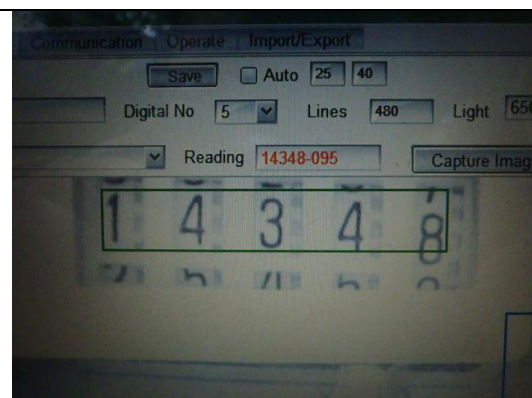


圖 5-35 乙廠商無線讀表度數判別結果



圖 5-36 乙廠商無線讀表裝置民生東路 4 段 80 巷安裝完成照片

## (二)測試結果

測試結果如同本節前述所言，電池續航力尚不足，以每小時記錄 1 筆，具承商回報約 15 日便顯示電力不足(約 360 筆資料)，故後續難以進行較綿密的用戶用水模式觀察；另就資料判別的正確行言，其對

小數指針度數的判別準確度高，而於積算盤之數字位數( $1M^3$  以上)大致準確，然對部分將進位而尚未進位的數字，則偶爾會有誤判情勢(如圖 5-37)，然系統若能連續性記錄、判讀小數位數指針是否累進(或增加數字盤切換時的字形順序辨識加上小數第 1 位的數值聯合判讀)，作為整數位數之除錯、更正，應可消弭錯誤、正確判讀，然目前因電池續航力無法連續性觀測，故每次判讀皆視為獨立操作致錯誤。

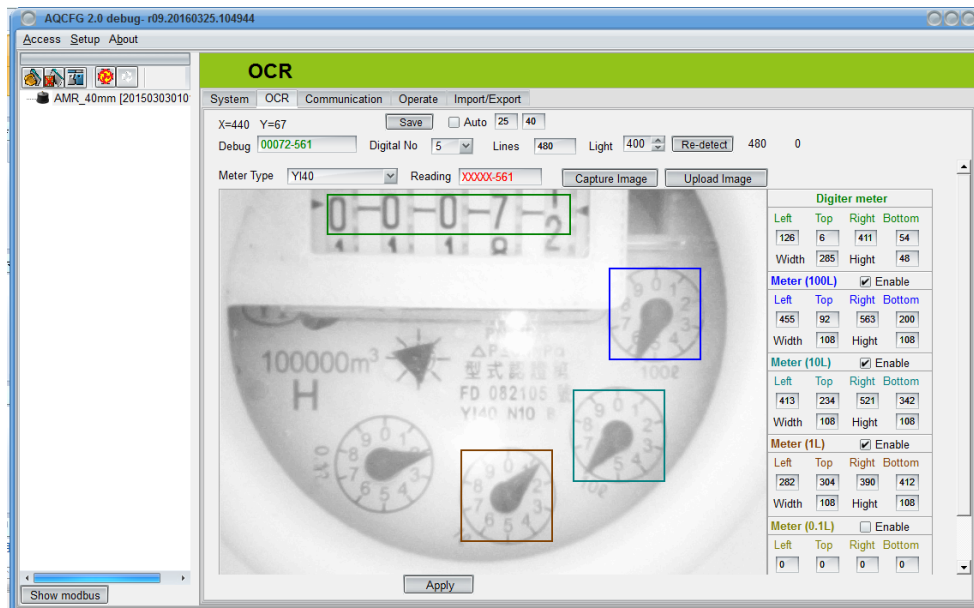


圖 5-37 乙廠商整數位進位數判別有誤(將 71.561 誤判為 72.561 度)

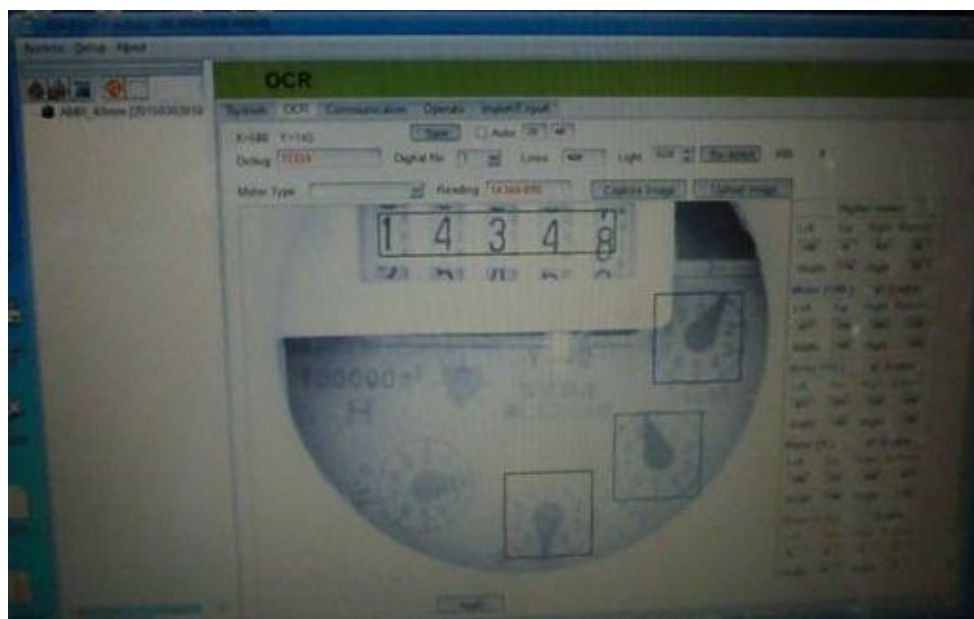


圖 5-38 水表整數位數無對準線

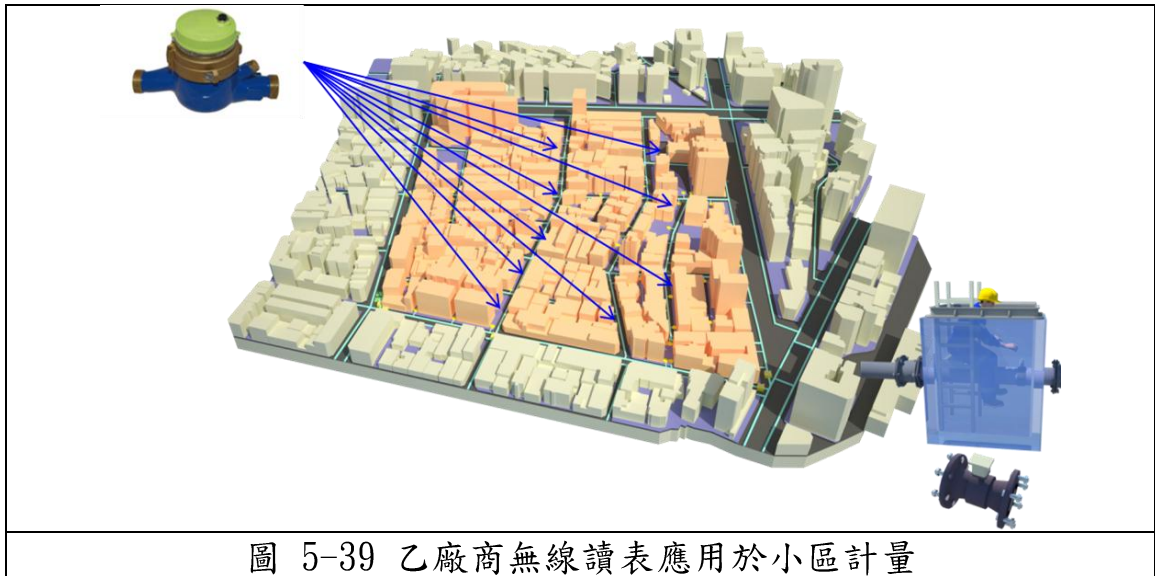
另測試時亦發現，因北水處水表採購規範修訂，要求新水表積算

盤整數位數部分要有對齊線(以人工資抄表判別)，如圖 5-38 如示，故廠商初研發時之硬體文字辨識處理為無對準線，若遇現場安裝為新水表，其判別亦容易出錯，此亦為發展相關照相辨識設備的挑戰。

本產品原僅應用於國外週期性水費計費抄表，作為用水模式詳細紀錄之技術雖未臻完美，然已具雛型，後續亦希望替北水處及承商找到能應用的商機以茲鼓勵廠商研發，據此，提出乙廠商小口徑機械表無線讀表系統之應用在於：透過無線定時回傳水表紀錄資料，可對特定多只水栓進行同步與同時區之用水量進行觀察，減少觀測時間差之計量誤差，其應用上包括小區計量、社區總表分攤差異分析等。

### 5.2.2 成本效益分析

因若僅欲進行用戶用水模式研究，僅需將水表改裝成電子表即可，故本研究針對應用乙廠商無線讀表於小區計量初複評售水率量測來分析此產品之成本效益，如圖 5-39 所示。



目前小區計量售水率之初複評係採人工抄表，而人工抄見僅抄計整數位數，而北水處轄區每人每日用水量約 0.218M3(即 218 公升)，為避免計量週期過短產生進位誤差及完成 1 個小區的所有水表抄見約需 4 小時，其與小區管理表之使用度數將產生抄見時間誤差，一般小區計量約需 2 星期的抄表周期，故小區初、複評的作業將相當費時，若採本研究乙廠商無線讀表設備，因其計讀至小數下 3 位(精度

高)且可另所有水量計同步(同時)回傳讀數，可縮短與小區管理表之計量時間誤差，若以每栓水量計 3 人用水計，若採乙廠商設備安裝後 24 小時抄見，計量誤差將小於 0.2%【紀錄最小位數  $0.001M^3/(0.218M^3*3)=0.153\%$ 】，故整體小區計量初複評時程將由 14 天縮減為 2 天(1 日安裝、1 日回傳及拆除設備)。

經目前初步訪價乙廠商每組約需 2 萬元，應用於小區計量需購置備品 1 成，使用壽命以 300 次計，故平均每次每只使用折舊為 73 元，以小區 300 栓用戶為例，作列成本比較：

表 5-2 採乙廠商產品抄計小區計量表與傳統方式成本比較

300 栓小區	採乙廠商抄計小區計量表	傳統人工抄計小區計量表
裝置成本	$73*300=21,900$ 元	0
人力成本	約 30(工作人時)*2000(元/人-天)/8(小時/天)=7,500 元	約 20(工作人時)*2000(元/人-天)/8(小時/天)=5,000 元
報告等雜支	1,000 元	1,000 元
時間成本	2 天	14 天(僅前後各 1 天，共 2 天)
每區成本	30,400 元	6,000 元

作上述分析有一點需注意的是，採傳統人工抄表，抄表時間亦僅水表抄見之 2 工作天，若在案件不多的前提下，採購乙廠商則不划算，好處僅有增加計量精確度，故本方案之優點僅為人力應用均化、避免人為抄見錯誤、減少抄表後數據處理成本。而以目前廠商的報價言，其尚無實質市場性。

### 5.3 未來採購策略探討

由以上相關系統剖析，了解現行用戶用水管理系統的能力與限制，再搭配我們對未來系統發展的需求，便可訂出未來相關設備系統的採購策略與發展方向。

### 5.3.1 試用系統基本比較

甲廠商之用水管理軟體與北水處現行用水管理系統比較：如下表

5-3

表 5-3 甲廠商之用水管理軟體與北水處現行用水管理系統比較

系統比較	甲廠商用水管理軟體	丙廠商用水管理系統 (北水處現行系統)	乙廠商用水管理系統 (小口徑機械表)
適用口徑	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 若介接國內電子表則僅適用口徑 50mm 以上電子表。</li> <li>2. 若採用原廠水表則不限口徑。</li> </ol>	可應用於數位輸出之電子表： <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 成本考量，目前僅安裝於口徑 50mm 以上電子表。</li> <li>2. 未來可針對大用水戶之小口徑用水栓，於安裝電子表後採行無線讀表系統。</li> </ol>	僅適用於小口徑基表。
積算原理	類比脈衝(pulse)積算，須抄計表頭初值	數位記錄，直接抄計器示值	照相辨識，直接判別、記錄水表讀數
資料處理介面	水表端資料處理，篩選必要資料傳送，減輕資料傳送負擔	後端平台處理，前端僅傳送原始數值	後端平台處理，前端僅傳送原始數值
資料時間密度 (即時性)	依脈衝當量(pulse weight)設定及測定流量大小而定，可能小於 1 秒或大於數百秒(流量愈大、時間間隔愈小)	廠商說明最低可為每 10 秒 1 筆，測試期間最低為每分鐘 1 筆	廠商說明可達 12 秒 1 筆資料，實測以電池容量考量進行每小時 1 筆資料
友善操作介面	提供完整的單機、web 操作介面，功能齊全	目前僅提供用水量等相關簡易查詢	廠品試用階段、廠商未提供操作介面

系統比較	甲廠商用水管理軟體	丙廠商用水管理系統 (北水處理系統)	乙廠商用水管理系統 (小口徑機械表)
用水管理系統功能	提供進水譜、用水分析、警示訊息判別(含用水妥適分析)及傳遞及其他水表背景資訊等，系統因運用處理過資料，系統運作較為流暢	後端平台提供進水譜、用水分析及簡易智能分析用水妥適與否功能，因系統以大量原始資料運算，運作稍遲滯	廠品試用階段、廠商未提供操作管理系統介面
設備建置目的	自水事業日常用水、收費管理，不可進行複查個案高密度用水觀測(最低資料間隔為 15 分鐘)	自水事業日常用水及必要時進行複查個案高密度用水觀測(測試最低資料間隔為每 10 秒鐘)	小區計量售水率初複評使用
可否搭配水壓觀測	可	可	否
管理軟體費用	須另行租用	內含	內含
硬體安裝要求	須於表箱外另設保護箱安裝，以 3G(或 GPRS)網路傳遞訊號	可裝置表箱內，以 3G 或 4G 網路傳遞	須於表箱外另設保護箱安裝，以 3G 或 4G 網路傳遞
客製化能力	低	高	高
硬體成本	稍高，每組約 4 萬元	稍低，每組約 2 萬 5 千元	每組約 2 萬元

### 5.3.2 相關無線讀表使用經驗探討

以下就甲、乙、丙廠商之使用經驗分別進行探討

- 一、甲廠商：相對於國內既有發展之用戶用水管理系統正處於萌芽階段，甲廠商的用水管理軟體之整體架構則顯得成熟而建全，惟於研究試用期間，仍以有限的軟、硬體使用經驗，作如下方向探討

及建議：

### (一)硬體安裝

甲廠商用水管理軟體用戶端設備為避免表位內受潮及傳訊不良，須安裝於表箱外之保護箱內，此對臺北都會區許多大表位位於建築線退縮之公共通道，要額外設置突出地面之保護箱是個困擾，故後續應用上，產品需克服上述防水及訊號傳送遮蔽要求；其次，甲廠商大口徑水量計尚未取得國內型試認證，故目前應用上尚須透過傳訊器連接國內廠牌大表，而相關傳訊器未能將水量計所有電子訊號轉出(如偵測水表逆流之訊號即未轉出)，甲廠商用水管理軟體應用功能上將打折扣，若引進甲廠商大表辦理型式認證，即便認證符合要求，相關指示裝置之規格仍與國內自來水事業現行採購規範稍有差異；再者，該系統為記錄與分析脈衝訊號，不直接記錄水表表頭讀值，故在硬體安裝時，須設定水表初始值，建議須關閉表前或表後開關，使水表靜止便於同步設定，以避免遇 24 小時持續進水用戶，無法正確設定水量計初始讀值。

### (二)成本說明

本研究甲廠商用水管理軟體設備約需 4 萬元(不含傳訊器)，軟體須另行租用，惟軟體開發完整、有廣泛應用實績，後續較不可能客製化，而本研究國內系統硬體設備約 2 萬 5 千元，惟控制軟體須另行開發，尚能客製化。

### (三)資料處理特色

甲廠商用水管理軟體在資料處理上有一特點，即在用戶端作簡易、即時的資料分析處理，而傳送時僅傳送處理過後的資訊，以減少資料傳輸量，這相較於國內現有將每筆水表讀數精確記錄、逐筆回傳的方式顯有不同，其於後續日常管理的資料應用上，可大幅增加資料處理速度、減輕系統管理負擔，惟若該系統限制水量計紀錄時間最小刻度為 15 分鐘，若用於問題直接用水水表之觀測上，則顯不足。

另外，該系統除提供進水譜、流量貢獻譜、詳細用水分析資料外，其簡易的燈號警示顯示及即時簡訊通知方式，對於管理者言，相當淺顯易懂、便於反應，此外，其於水表之週期性記錄，亦允許有 2 種以上之差異性設定。

#### (四)資料「即時」處理的限制

目前自動讀表的功能雖說已經發展成雙向的傳輸控制，但各家系統為節省電力消耗，系統喚醒時間多為每 24 小時 1 次，亦即管理者要求相關執行指令，系統須於設定時間(如每天 0 時)喚醒時才可執行指令，而相關資料傳輸，雖採 24 小時記錄，然仍須集中在每天 1 次至 2 次的設定時間回傳，除可減低電池的消耗，亦大幅減少通訊費用，惟必要時甲廠商用水管理用戶端設備可發送即時簡訊。故整體而言，即便觀察時間設定再密集，回傳皆是昨日之舊資料，無法稱即時，此為各家設備亦然。

另外，甲廠商用水管理軟體說明它的進水譜、最大及最小流量等「即時量測」，(它的量測方式為計算任兩筆脈衝的流量、時間間隔等資訊)，但關鍵在於每 1 筆脈衝當量的(pulse weight)的大小，若以本研究所採用的 75mm 口徑水表設定來說，脈衝當量設定為 0.01 立方公尺(每 1 脈衝產生所代表的水量)，參考圖 5-15，若流量為標稱流量為 30CMH 時，脈衝量測時間間隔約為 1.2 秒(即 0.01/30 小時)，可說反應相對快(國內大口徑水表最小量測時間間隔約為 10 秒鐘)，可稱即時「real time」，但若考量最小流量 0.18CMH，脈衝量測時間間隔為 200 秒(即 0.01/0.18 小時)，便較不「即時」；然或許可考量將脈衝當量縮小，以提高量測低流量的精度，但如此電力輸出損耗較快，且於產生大流量時若脈衝類比訊號未全然歸零，又產生下 1 脈衝訊號則會發生誤判(如若將 pulse weight 設為 0.001M<sup>3</sup>，則流量  $Q_{min}$  之時間間隔為 20 秒、流量  $Q_n$  之時間間隔為 0.12 秒，以本研究 75mm 口徑水表為例)。

#### (五)脈衝訊號損失與資料錯誤探討

本研究關心的另一議題為脈衝訊號損失(Pulse loss)，因採用脈衝訊號積算，其在乎的是觀測紀錄的相對值及初始設定時的正確設定初值，故產生脈衝訊號的相關水表設備及傳訊設備皆需要較高的穩定性要求，否則發生水表表頭讀值與觀測回傳值的差異時(Pulse loss)，易對自來水事業單位造成困擾，造成民眾的不信任感。

本研究裝設包含 75mm 及 150mm 口徑水表之甲廠商用水管理軟體各 1 組，其中 75mm 水表設定之脈衝當量為 0.01M3，顯示位數為「5+2」位(整數 5 位、小數 2 位)，觀察期間由 2015 年 12 月 22 日下午 15 時 15 分起、器示值為 25325.68 度(表頭讀數亦同)，至 2016 年 3 月 3 日下午 15 時 12 分甲廠商用戶端分析儀器示值為 28235.03 度(表頭讀數為 28235.05 度)，減少 0.02 度，至 2016 年 3 月 29 日下午 14 時 58 分甲廠商用戶端分析儀器示值為 29278.17 度(表頭讀數為 29278.195 度)，減少 0.025 度(如圖 5-42、5-43)，差距有逐步拉大之趨勢(至 2016 年 6 月 15 是差異為 0.04)，後續仍須觀察其產生原因與穩定性；另其中 150mm 水表設定之脈衝當量為 0.1M3，顯示位數為「6+2」位(整數 6 位、小數 2 位)，這樣脈衝當量為 0.1M3 設定，造成小數位數第 2 位僅能為「0」，沒有實質意義，故觀察其間雖由 2016 年 1 月 12 日起至今，然並未累積至有效位數 0.1M3 的誤差，所以仍難以判定是否訊號損失。

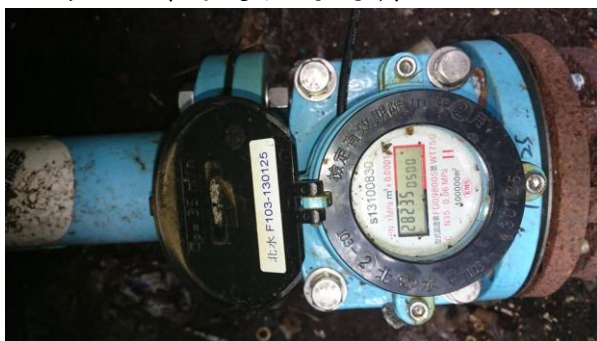


圖 5-40 2016.3.3 15:12PM 75mm 水表器示值

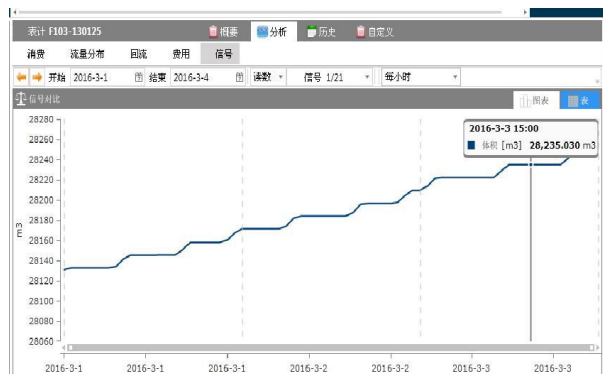


圖 5-41 2016.3.3 15:12PM 甲廠商用戶端分析儀傳輸值



圖 5-42 2016.3.29 14:58PM 75mm 水表器示值



圖 5-43 2016.3.29 14:58PM 甲廠商用戶端分析儀器示值

此外，於本研究過程中亦發現疑似錯誤訊號，如圖 5-44 為 150mm 口徑水表為 105 年 3 月 9 日，其最大流量為 523.60CMH 相較平日最大流量穩定於 42~44CMH 大了許多，原因不明，已反映經銷商。

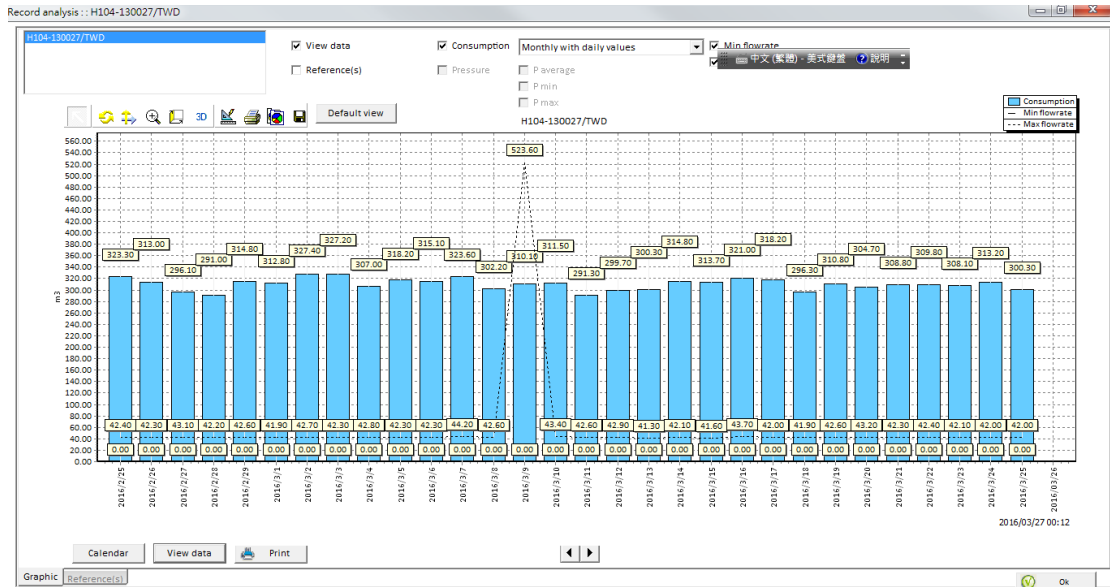


圖 5-44 甲廠商用水管理軟體 用水分析 2016 年 3 月 9 日最大流量疑似錯誤資料

以上的問題或可能因不同廠家的使用介面問題，可能發生於傳訊器、甲廠商用水管理用戶端設備或附近訊號的干擾，然為避免計量爭議，仍須於未來採購時，考量資料的正確與穩定性。

二、丙廠商：國內既有之用戶用水管理系統係配合北水處市場需求導向，應用北水處用水管理分析準則，開發無線讀表之管理系統，其相關應用尚有發展空間，以下提供研究試用期間，有限的軟、硬體使用經驗作探討及建議：

#### (一)紀錄資料正確性

因丙廠商係直接記錄度數，並將讀值回傳，故其資料之正確性高，且即便因收訊不良亦可於調整配置位置後，補傳相關遺失資料。

#### (二)硬體安裝

安裝簡便，加以傳訊設備 IP68 之防水等級，可直接放置於表箱內，設備可採 3G 或 4G 訊號傳遞，收訊效果佳。

#### (三)資料處理特色

資料係用戶水表端 100% 的讀數回傳，前處理能力不足(或尚未發展)，而後續相關進水譜、流量歷時、用水模式分析等皆透過後端平台處理，優點為可還原實際進水流程，缺點為後端平台處理量過大、拖累系統處理速度及系統資料管理不易。

#### (四)資料「即時」性分析

目前測試時為每分鐘記錄 1 筆資料，應用於總表水池進水尚可，若應用於直接表則可能不足，若採每 10 秒 1 筆資料，則累計資料傳送過於龐大，建議僅於複查案個案應用時採用。

#### (五)用水管理系統尚待發展

丙廠商無線讀表及用水管理模式尚在發展初期，目前管理介面僅提供用水度數等基本資料，其他用水管理功能尚待健全，惟亦因尚在發展，故其客製化能力高。

三、**乙廠商**：本案於國外僅應用於小口徑機械表之每期用水水費計量抄表，用於用水之細部管理則因廠商未提供相關操作介面、較難探討，以下提供研究試用期間，有限的軟、硬體使用經驗作探討及建議：

#### (一)電池續航力

因依廠商說明，電池以每小時記錄讀數 1 次，僅能約使用半個月，對用水之日常管理應用限制較多。

## (二)硬體安裝

目前因防水性限制，若應用於一般地下表箱安裝有其限制，若安裝在北水處之一般用戶恐不適宜；另因採照相辨識，測試時會因機械表之規範修改，造成系統軟體需重新修正，比如一開始廠商發展之系統設備適合北水處舊式數字輪無對齊線之數字指針，後來套用至新水表便須重新改裝。

## (三)資料判讀準確性

使用經驗發現，數位辨識在數字輪數字指針之進位中偶發生誤判資料，而指針式資料判讀準確性較高，但偶仍會誤判，後續仍有改進空間。

## (四)市場取向

目前分析較可能應用為小區計量之售水率初、複評，為經成本效益分析，目前該廠商產品尚無競爭性，後續發展仍待找出產品之市場性。

### 5.3.3 未來採購策略探討

透過前述章節了解現有產品之運作原理、應用限制及能力，再輔以自來水事業班為之需求，便可訂定後續採購策略及大用戶用水管理發展方向。

#### (一)需求說明：

用水管理系統係建構在「自動讀表+用水管理系統」上，另若加上水壓量測，則有3個面向的使用需求，以下針對此3面向提出說明：

1. 自動讀表：對於一般水表之要求可分成耐水壓、準確度(器差)、壓力損失、材質、尺寸、標示、耐久性(長時運轉)等項目，但對自動讀表，主要是能將水量計相關資訊準確回傳，無誤差及損失(即便漏失亦能補傳)，此外，讀表間隔可依我們要求設定(平日可採每小時回傳1次、進行個案觀測時可縮短

至每分鐘 1 筆)，電力可維繫水表使用之 8 年壽命，設備需防水，可及時提供漏水、逆流等警訊。

2. 用水管理系統：可提供用水歷時分析、進水譜(流量貢獻譜)、水栓基本資訊、簡易智能分析(含判斷水表口徑過大、過小、逆流、過載、漏水等)，可分成用戶端監看介面與事業單位管理介面 2 種。
3. 水壓量測：可安裝於水表箱內、可即時回傳水壓監測值(時間間隔小於 5 分鐘)。

## (二)未來採購策略探討：

基於以上設備需求，初步建議未來採購方向如下：

### 硬體要求：

1. 水量計及自動讀表設備等回傳計量增值需相符：為避免回傳值與表頭讀值不同，其可能衍生產生度量衡計量爭議。
2. 試辦：因國內尚無大規模安裝自動讀表經驗，而國外設備尚未經過型式認證，即便通過相關認證，相關產品亦未見得符合國內需求且自來水事業目前需求亦未見得明確，故建議先行少量標的採購試辦，以免履約爭議。
3. 相關用戶端設備需安裝於表箱內，且需符合防水 IP68 等級、傳訊無礙：因臺北市多數表箱位於開放空間地面下，若需額外增設保護箱、訊號線，易妨礙行人安全，然若確有必要，其相關費用、現場協調由得標廠商負責。
4. 電池能力：每 15 分鐘紀錄 1 筆用水資料、電池可用 8 年(28 萬筆資料)(假設平日為每小時 1 筆，及每年 2 次 7 天連續每 1 分鐘資料觀測)。
5. 採 3G 或 4G 網路：以目前主流 3G 網路為基本要求，未來若因基地台不足致訊號不良，廠商須提升相關設備至 4G。
6. 量測時間間距：水量計平日為每小時 1 筆，若有個案需求得採每分鐘以內 1 筆；水壓計則採 1 分鐘 1 筆資料

7. 資料回傳間距：水量計資料得採 24 小時回傳、水壓計則採每分鐘即時回傳，若有相關資料漏失，須於 24 小時內重新補傳。
8. 資料正確性要求：相同時間點回傳資料與現場器示值一致，並於驗收流程及未來現場使用時加入相關檢驗(保固)條款。
9. 防磁要求：整體設備應具備 1500 高斯以上之防磁功能。

#### **用水管理軟體要求：**

1. 可提供用水歷時分析：可依選擇時間區間進行用水分析(含圖形、數值輸出)，可選定不同時段、用戶用水歷時資料進行堆疊比對，相關資料輸出、顯示不停滯(如可設定為 1~3 秒)。
2. 可提供進水譜(流量貢獻譜)：依選定時間區間分析(含圖形、數值輸出)，進水譜之最小採樣間隔依使用單位定義，並以日為最小分析單位。
3. 簡易智能分析及警示(含判斷水表口徑過大、過小、逆流、過載、漏水等)：相關準則可供管理者輸入，亦可內含於硬體建置直接提供相關資訊。
4. 可供水壓、流量同步觀測：並容許提供回饋配水管之壓力(因流量)修正程式。
5. 提供水表相關背景資訊：可連結用戶歷史用水(水費)資料庫、病歷表、表位照片等相關資訊。
6. 提供控制自動讀表設備相關控制介面及資訊：僅提供管理者操作使用。
7. 提供用戶端水壓、水質監看介面資訊。

以上僅就本研究觀察提供概略方向，其細節仍需由使用單位自行於招標文件中詳細訂定。

## 第六章、執行成果與建議

### 6.1 執行成果

本研究藉由裝設水表紀錄器，對大用水戶進行連續密集的進水歷時曲線記錄，利用水表紀錄器記錄用戶進水歷時資料，繪製各栓進水譜、週期折線圖，以了解進水流量歷時及各流量區間水量貢獻比等，並以本研究建置大用水戶用水模式分析管理之簡易判斷準則，目前該系統已具有自動判定水表口徑過大、口徑適當及口徑過小等機制，提供各水栓最適表種、口徑之智能推斷功能，提升水表計量準確性，因受限於研究經費及時間，未來該系統對水表及用戶用水模式更深入精確之智能管理，將列為後續研究議題。另藉由試辦自動傳輸讀表，初步確定無線傳輸訊號穩定性、設備耐用性、傳輸資料準確性及軟體操作介面需求，已列為北水處作為未來擴大建置對月平均用水量千度以上大用戶之發包策略依據。經本案研究成果、發現臚列如下：

一、本研究用戶用水分析模式可行：

(一)效益：水表口徑過大者，經執行大改小後，水表計量落入不靈敏區間比例降低 58%，且計費水量增加約 4.22%。B 級表換裝為 C 級表同時搭配口徑大改小，其計費水量提高至 7.11%，若僅將 B 及水表 C 級化，則水量收益率增加 0.21%，成效不明顯。用戶長期於水表計量不靈敏區間使用，可能產生無計費水量，按用戶用水模式，選擇換裝最佳水表口徑，可達計量正確及水表採購成本下降雙重效益，並降低水量帳面損失。另大用水戶自動讀表系統建置成本僅佔其水費收入約 1%，且具有可提早發現水表異常、提升抄表正確性、減少客戶服務成本、隨時進行水表口徑及表種管理…等優點。

(二)研究發現：

1. 裝設孔口片影響：水表口徑過小者，加裝孔口片，其水量落入水表計量過載區間比例下降，減少水表機件損壞機會，但卻可能降低瞬間流量，造成不靈敏區間比例增加，而造成水

量帳面損失。

2. 降降低不靈敏區水量，可增加水量收益率，經用戶用水模式建置資料統計分析發現，水表口徑、表位持壓閥、孔口片、表後制水閥、水壓、進水開關型式、表齡、逆止閥等八項因子，可改變不靈敏區水量，影響程度依序為口徑、表齡、孔口片、水壓、表位持壓閥、進水開關型式、逆止閥、表後制水閥；不靈敏區間水量較高之水表，可朝上述控制因子進行改善方案。
3. 水表口徑及表種確為影響水表計量正確性之重要因子，為大用水戶建立定期擷取連續性用水資料、分析用水模式之機制，係自來水事業營運的重要工作，建置水表最適口徑及表種之智能推斷專家系統，並參考不同廠商水表管理軟體使用經驗，了解系統軟硬體介面優劣及發展需求，擬訂未來採購策略，應可增加計量收益。
4. 本研究所定目前大改小標準  $Q_p/3$  以下不靈敏區間運轉水量超過 50%，為縮小口徑判別，雖顯見較為嚴苛，惟仍有助於水表採購成本降低、節省支出。

## 二、後續推廣：

- (一)大表用戶無線讀表系統建置：大用水戶自動讀表系統建置成本僅佔其水費收入約 1%，且具有可提早發現水表異常、提升抄表正確性、減少客戶服務成本、隨時進行水表口徑及表種管理…等優點，後續將配合逾齡表汰換，針對 1800 大用水戶持續進行無線讀表設備安裝，並進行口徑、表種及用水管理。
- (二)推廣至小表大用水戶：透過將小口徑大用水戶之機械表換裝為 C 級電子表，便可結合無線讀表，落實真正大用戶(不分大、小口徑)之用水管理。

## 三、技術回饋業界：

- (一)硬體分散式管理：目前國內既有發展之管理系統正處於萌芽階

段，國外廠商提供之系統架構則成熟健全，引進國外資料前處理之技術，有助降低資料庫負擔，提升系統效率，有效管理用戶用水。

(二)軟體技術再提升：本研究除自行發展北水處使用之大用戶用水管理模式與智能推斷系統，亦引進國際大廠之用水管理軟體、探討使用經驗，可為自來水事業往後發展健全管理介面參考。

(三)監控功能多元應用：本研究提供水壓因應用戶供水量調整之可行修正方程式，可初步為整合用戶端水壓、水量管理提供方向。

#### 四、附加價值：

(一)水壓合併監測：搭配大用水戶自動讀表裝設，建置水壓監視點之應用，可大幅降低水壓監測成本，提升水壓監控密度，惟應克服即時資料傳輸之用電量大及表位大量進水影響配水管水壓監測正確性等問題。單一建置水壓監視點興建壓力監視點之初期及維護成本偏高，北水處目前管網遠端傳輸水壓監控建置點較為稀疏，為達到輸水之最佳化管理，因此配合自動讀表逐步推展，已提供資料傳輸平臺，若能搭配水壓計的安裝，協助自來水事業單位，規劃、評估、建置完整的水壓監視網。

(二)提供用戶用水雲端資訊：可供大用水戶可及時監看自身用水資訊，即時反應用水異常，共同節約水資源。

(三)未來搭配遠端控制持壓閥或表後開關可控制水污染區域，災後復水之管線末端用戶提前供水。

另水表口徑(表種)選用係按用戶新設之「人口數」、「建築物種類」、「樓地板面積」、「水栓數」、「用水時間」、「同時用水量」等資料推估設計用水量來決定，據此北水處曾因應相關資料更新如每人每日用水量(原 250 公升/日減為 225 公升/日)、設計流速(由原 1M/s 修正為 1.2M/s)等，據以修正審圖檢驗標準，修正完後總表口徑平均縮減為 0.86 倍，惟此修正雖為使口徑較佳化，仍不能免除個案現地表現差異(如住房率低大樓或地區水壓差異造成過載等狀況)，故本研究宗旨在

發展務實、主動用戶用水管理，非為用水設備審查原則訂定唯一標準。

## 6.2 建議事項

### 後續執行建議：

- 一、本研究針對大口徑且月平均用水量大於 1,000 度之用戶建置無線自動讀表系統，經測試通訊及計量品質無虞，除可日常觀察用戶用水情形，提早發現及處理異常外，並可在時間窗口全開的狀態下，利用專家系統分析連續密集用水資料，建置用戶用水模式，對水表口徑及表種作最適化管理，建議未來可擴大應用至小口徑大用量用戶。
- 二、目前試辦自動讀表傳訊設備體積較大，尚無法配合小口徑大用戶表箱位置裝置，建議廠商研發更精巧設備，俾利小口徑大用戶安裝運用。
- 三、大用戶用水管理若能搭配水壓監測方能發揮最大管理效益，惟水壓監測須提供即時資訊，惟尚需解決傳訊設備電力不足問題，建議以水費回饋為誘因，增加用戶配合提供用電源之意願。
- 四、大用戶用水管理系統採購需考量表頭讀值與資料回傳計量差異之風險，並透過試辦避免標地採購執行風險，本研究僅就觀察提供部分採購策略建議。
- 五、北水處大用戶用水管理系統功能未臻健全，未來可整合國際大廠與在地需求，訂定系統發展方向。
- 六、發展無線讀表需搭配相關傳輸標準規範，然中央標準檢驗局尚未完成自動讀表系統水量器附錄 B 的部分，建議後續請該局儘速完成相關規份制定，以配合國際與國內無線計量潮流與趨勢發展接軌，並讓自來水事業產業發展有所依循。

### 未來研究建議：

- 一、目前大改小相關判別基準國際並無定論，由於本研究以 QP/3 作為不靈敏區間的門檻值，不靈敏區間水量偏高，未來可透過 3.6 節資料探勘方法再進行不靈敏區間設定研究；後續亦可配合北水

- 處南港水表試驗廠建置，辦理大表測試、提供相關測試資料應用。
- 二、水壓與水量管理為供水兩大議題，2016 年北水處將完成全區水壓(供水等壓線建置)調查，若可再搭配水壓監視點密度提高，應可對於水壓管理有進一步研究與回饋；另未來亦可進行裝設持壓閥及遠端進水開關控制系統之研究，以利颱風後管線末端用戶停復水控制及發生水汙染時之風險控管。
- 三、北水處用戶型態缺乏工業用戶用水類型，依相關專家建議，未來台水若辦理相關計畫，可將工業用戶列入研究，並將研究結果提供國內自來水事業應用參考。

## 參考文獻

1. 彭伊呂、鄭答振(2011):水壓調查及等壓線 GIS 圖資系統應用。自來水會刊第, 30(1)。
2. 黃佑仲(1997):自動讀表系統。電機月刊。7(6), 212~216。
3. 黃欽稜(2013): An Analysis of Water Pressure Affecting Metering Performance of Domestic Meters in Taipei(2013)。
4. 黃錦珍、林享禮(1998):自動讀表系統概述。電信研究月刊, 28。
5. 臺北自來水事業處(2012):水表測試計畫。
6. 鄭國華、許敏能、黃欽稜、周家榮、蔡淑惠、蔡裕國(2013):用戶總表計量效能之宏觀分析與計量效能提升對策。中華民國自來水協會研究計畫(2013)。
7. 鄭錦澤、曾喜彩、周家榮、林哲生、梅英昌(2013):自來水事業建置水量計試驗室之研究。臺北市政府自行研究報告(2013)。
8. American Water Works Association(2004). Sizing Water Service Lines and Meters,11-24.
9. C.L.Huang.(2013). An Analysis of Water Pressure Affecting Metering Performance of Domestic Meters in Taipei,2013,5th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition
10. Edgar H. Johnson.(2009). Management of Non-revenue and Revenue Water Data 2nd Edition. (EA Books, 2Ernest Place, Crows Nest, NSW 2065)
11. Fayyad, U. M.,(1996). Data mining and knowledge discovery: Makingsense out of data, IEEE Expert, 11 (5),22-23.
12. Fayyad, U. M., Stolorz, P.,(1997). Data mining and KDD: Promise and challenges, Future Generation Computer Systems, 13 (2-3), 99-115.
13. Han, J. W., Kamber, M.,(2001). Data Mining: Concepts and Techniques, Morgan Kaufmann, San Francisco.

14. Julian Thornton, Reinhard Sturm, George Kunkel,P.E.(2008) ,Water Loss Control,2nd Edition,177-184.
15. Lewis, R. J.,(2000). An introduction to classification and regression tree(CART) Analysis.
16. Rachel Cardell-Oliver & Garry(2013) Making sense of smart metering data: A data mining approach for discovering water use patterns,Australian Water,April 2013,2-6.
17. Tim Edgar(1995).Large water meter handbook.Published 1995 by Flow Measurement Publishing .
18. Voro, A., Jovic F.,(2000). Multipleattribute entropy classification ofschool-age injuries, Accident Analysis and Prevention, 32 (3), 445-454.
19. Water21 Magazine of the International Water Association (2014). New era of smart metering for North American utilities.

## 附錄

### 期中審查委員意見彙整表

項次	委員意見	委員姓名	所在章節	修改說明	備註
1	水表紀錄器的觀測是隨機於每個月中選一週，但月有大小月，請說明如何選定？	董委員 書炎	通案	無線讀表即可做長周期觀察	
2	P.51 之 4-1 及 4-2 的表是以大表作研究，但其中有 3 顆是小表但在 1000 度以上，希望可以一併納入研究。	董委員 書炎	第四章	遵照委員意見辦理	
3	P.68 表 4-7 大口徑表從 75 改為 50，建議可以將流量圖、折線圖及水譜圖等圖片納入，可更清楚看出效果。	董委員 書炎	第四章	遵照委員意見辦理	
4	P.69 效益部分已可看出成效，但 B 級表改 C 級部分台水經驗值為 3.5%，但看本案是 0.8%，請說明。另外，口徑大改小及 B 級改 C 級部分，相對差率及水量受益率差異很大，建議可用口徑及用水種別以表格作進一步分析，使資料更有價值。	董委員 書炎	第四章	本處辦理水表口徑大改小皆為總表，將依委員意見辦理口徑及效益分析，並與台水相關資料做比較。	
5	北水處新設口徑依用水栓數，於本研究後會修正嗎？	董委員 書炎		本研究後會提出相關建議	
6	本案綜整水處多年來水表改進方式，當中多項主題很有創意也很有研究價值，但 P.27 研究架構部分包含主題過多顯得太亂，建議可再精簡並加強關連性。	范委員 煥英	第二章	遵照委員意見辦理	
7	可能因本案共同撰寫或翻譯造成一些名詞未統一用語，另如 P.29 量乘比及 P.77 相對差率等名詞不太能了解其定義，希望能在適當的地方予以定義。	范委員 煥英	通案建議	遵照委員意見辦理	
8	P.39 有提到 93 栓 40 口徑水表的	范委員	第三章	若整合所有內容、選擇	

項次	委員意見	委員姓名	所在章節	修改說明	備註
	計劃，此計劃整體的成果建議應予以呈現。	煥英		保留此章節，則遵照委員意見辦理修正	
9	P.55 提到重量法及體積法是在實驗室裡作的，現場部分僅提及一個案例似嫌薄弱，建議再增加案例較有說服力。	范委員 煥英	第三章	若整合所有內容、選擇保留此章節，則遵照委員意見辦理修正	
10	P.65 的四個分類建議要再釐清一下，建議最小口徑改為低於最小流量，另建議加大口徑改為超出最大流量。	范委員 煥英	第四章	參考委員意見辦理再予敘明	
11	P.67 大改小及 B 改 C 的標準，如那一類是屬於大改小，那一類是屬於 B 改 C，建議說明較有依據。	范委員 煥英	第四章	若不敏感區間水量大於 50%則考慮改小口徑 C 級表，惟若口徑改小後之最大流量超過最大流量，則選擇 B 級改 C 級表，以增加計量精確	
12	內容有深度、大膽假設小心求證，可做為將來改進之參考，值得讚許	陳委員 瑞忠	通案建議	謝謝指教	
13	引進先進水表、儀器軟體，加入大數據分析，完整而用心	陳委員 瑞忠	通案建議	謝謝指教	
14	本案綜整了水處多年來水表的研究，但回歸到本案主題，恐需再精簡及進一步作資料篩選，以突顯研究主題。期末報告時要先確立研究主軸後，進一步做資料篩選。	陳委員 曼莉	通案建議	遵照委員意見辦理	
15	希望說明現行大用戶管理到底存在何種問題，為何需要更精進，為何需要對大用戶用水做研究，對此需再做更進一層的分析。	陳委員 曼莉	通案建議	遵照委員意見辦理	
16	本案目前是對 100 指大表用戶作分析並對應到明年的採購 1800 只，但看不出二案有何關聯性，	陳委員 曼莉	第四章	遵照委員意見辦理	

項次	委員意見	委員姓名	所在章節	修改說明	備註
	及為何要選這 100 只的理由，P.76 要再加強說明。				
17	本案效益要作量化，另每只口徑投入的成本是多少要再說明。	歐委員 秋聲	通案建 議	遵照委員意見辦理	
18	AMR 若要用 GPS 傳輸，由用戶 ADSL 回傳，那每月的是否要減免用戶的水費，效益才會更好。	歐委員 秋聲	通案建 議	傳輸費每只水表每月只要 60 元	
19	P.75 成本計算式為何？請列式說明。	歐委員 秋聲	第四章	遵照委員意見辦理	
20	架構有提列大小表，因小表採購達 100 萬只，國外廠商需先提型式認證方能參與，建議政府相關單位應鼓勵廠商多元生產，讓多家廠商具有電子表傳輸技術。	楊委員 碧變	通案建 議	本處對相關水表製造廠家亦採開放態度，鼓勵廠家進入市場	
21	P.8「或許使用 100MM 渦輪式水表」請刪除「或許」不肯定語氣；另渦輪式水表是否用於用戶端仍有爭議。	楊委員 碧變	第一章	本案屬參考文獻內用語，非本處立場，後續將予敘明	
22	P.14 自動讀表實施情形是否全為無線，該表缺漏第七區處 2004 年建置用戶端自動讀表系統。	楊委員 碧變	第二章	本研究包含有線及無線部分用戶用水模式分析，另缺漏之第七區處自動讀表資料將於期末補正	
23	P.22 水壓調升後再調降是否能有調降後數據比較，售水量的成本扣除比較其他地區自然成長量後併入實際整體盈收。	楊委員 碧變	第二章	水壓調升確實提升售水量，將遵照委員意見於期末報告敘明	
24	P.40 水表損害判定標準作業流程紀錄表，建議不要用判定一詞，不要用糾紛度量衡之鑑定相似，建議用計劃標準之推斷水表損害之標準作業流程。	楊委員 碧變	第三章	遵照委員意見辦理	
25	有關傳訊有提到無線傳訊，也有定期到場擷取資料，不甚了解。另傳訊費用多少？請參考納入管	藍委員 炳樟	通案建 議	本研究包含有線及無線部分用戶用水模式分析，傳輸費每只水表	

項次	委員意見	委員姓名	所在章節	修改說明	備註
	理分析成本內。			每月只要 60 元	
26	智慧水表僅以國內一家廠商及國外法國一家來分析，是否稍薄弱。	籃委員 炳樟	通案建議	研究經費有限，後續將增加其他廠商之文獻探討	
27	文章內日期有用西元或民國不一，請統一用法。	籃委員 炳樟	通案建議	遵照委員意見辦理	
28	北水報告用標楷體，台水用細明體，看是否統一字體。	籃委員 炳樟	通案建議	遵照規定統一辦理	
29	本案研究非常具有參考性，但較可惜是僅有北水的研究資料，若能加內台水的大用水戶資料會更好。	籃委員 炳樟	通案建議	時程及經費有限，將納入後續研究方向	
30	本案與技術組智慧水表之建置與應用發展有部分雷同，要再區隔。	吳秘書 長陽龍	通案建議	遵照委員意見辦理	
31	期末報告希望有更多量化的數據，或對目前台北市如加壓站的配置等有進一步的建議等，	李主任 委員公哲	通案建議	遵照委員意見辦理	
32	在文獻整理時對不同議題綜整出來，改以附件或附錄的方式呈現。	陳委員 明州	第一章	遵照委員意見辦理	
33	大用戶小口徑用戶的管理要有區隔、相關的圖表及名詞再補充、另 B 改 C 或相串或口徑變更等以前計劃是否適用本主題要再清楚釐清。	陳委員 明州	通案建議	遵照委員意見辦理	

期末審查委員意見彙整表

項次	委員意見	委員姓名	所在章節	修改說明	備註
1	進水閘開關影響水量的分析請於本節結束論述是否可透過更換 C 級表來改善不敏感度，以作為台水公司參考。	楊委員 碧變	3.5.3 節	遵照委員意見增列於 3.5.3 節	
2	AMR 自動讀表系統水量器附錄 B 的部分中央標準檢驗局尚未型式認證，本文應加入建議中央將附錄 B 盡速通過型式認證，使自來水事業於採購時有所依循。	楊委員 碧變	6.2 節	遵照委員意見增列於 6.2 節	
3	第 11 頁第 3 段第 3 行投資成本效益考量之後增加「小口徑電子式水量器市場上僅有一家」	楊委員 碧變	2.1.2 節	遵照委員意見辦理修正	
4	第 146 頁建議事項第 4 點，自動讀表系統與水量器合併採購風險很大，國內 75mm 以上水量器僅有一家廠商容易引起爭議，建議文字修正。	楊委員 碧變	6.2 節	遵照委員意見辦理修正	
5	本研究案挑選 247 支水表 B 改 C 初步成效並不明顯，判斷是因流量供獻譜落在小流不感應區，可否說明當初設定 B 改 C 的理由為何？	董委員 書炎	3.4.1 節	本研究案完成 247 只 B 改 C，其中 241 只用水模式調查，審查結果為口徑適當，為避免不感量產生，故改採用計量較精準之 C 級表，非因流量供獻譜落在小流不感應區而設定 B 改 C。另 6 只因無口徑大改小組件，故換裝為 C 級表。	
6	本案對專家系統論述較少，請問目前的執行概況為何？	董委員 書炎	3.1~3.3 節 6.1 節	專家系統於本研究案第三章概述，並於第五章提出相關研究發現及建議，因囿於研究經費及時間限制，更深入	

				之專家系統建置及功能運用，未來將列入後續研究議題。	
7	結合大用戶無線讀表系統、建置水壓監視點，形成水壓監視網，以利供水調配及供水效能分析，另設置遠端控制閥使發生水污染能及時控管及管末高地復水更迅速，值得學習	董委員 書炎		感謝委員指教	
8	自動讀表系統建置是自來水事業未來的業務趨勢，本研究案詳細分析解說其成本效益及個案分析為詳細，且效益多元值得推廣。	歐委員 秋聲		感謝委員指教	
9	P.3 頁 1.2 預期效益，一、…與「歷史病歷」等進行審查，建請修飾用辭。	歐委員 秋聲	1.2 節	依委員意見修正文字用辭。	
10	P.4 頁預期效益具有多項成果，除有流量外尚可將水壓偵測納入傳輸，可做為配水管水壓的管理，建請藉此傳輸平台增設水質濁度偵測器兼顧水質的安全效益更佳。	歐委員 秋聲	1.2 節	感謝委員建議，北水處現搭配北市府公營出租住宅計畫裝設水質監測設備，並搭配無線讀表系統定時回傳，兼顧用水品質，目前已完成興隆國宅案例，後續亦將持續進行研究、試辦。	
11	利用水表記錄器所記錄用戶用水資料匯入系統繪製之圖表，提供作為判斷口徑是否恰當或是偏大、偏小、或改為 C 級表之建議，相關案例說明相當清楚，如能增加或補述參照其判斷異動用戶口徑或變更表種後之相關數據彙整表，應更能呈現報告整體效益。例如 P.74 頁 1.(C 級)水表口徑大改小成效，審查為口徑過大並已完成口徑縮小作業 57 只，結果發現相對差率 $\varepsilon$ 增加 4.41%，水量收	歐委員 秋聲	附錄	依委員意見製作相關數據彙整表，並加列水表口徑資料，相關表格併於附錄。	

	益率 $\beta$ 亦增加4.22%，究竟是各口徑都此數據？還是平均數據？建請能將各口徑縮小結果列出彙整將更能瞭解各不同口徑的成效。3.B級水表C級化且大改小效益分析亦請比照以表列出。				
12	本研究案對大用戶用水管理模式進行深入研究，研究方法嚴謹並富創意，研究結果深具實用性，對自來水事業助益甚大	范委員 煥英		感謝委員指教	
13	3.6.1節資料探勘方法之概述部分建議移至「貳、研究架構與方法章節」中。	范委員 煥英	3.6.1節	遵照委員意見辦理修正於2.1.5節	
14	第31頁出「場」要求器差建議改為出「廠」。	范委員 煥英	2.3.2節	遵照委員意見辦理修正	
15	3.6.2資料分析章節中，對各控制變因之不靈敏區間分析係由勘查結果紀錄表之結果統計分析而得，請注意分析結果之論述，以免讀者誤導(有很多因子，其中不靈敏區間的比例不應是由單一因子造成，應是綜合許多因子，請問是如何得知是受何因子影響?)	范委員 煥英	3.6.2節	遵照委員意見辦理修正於3.5.2節	
16	第87頁有裝孔口片增加17%不靈敏區間，屬負面成效造成誤解好像不應裝孔口片，裝孔口片是不好的，但其實是那幾個不該裝孔口片，又如蓄水池地下深度一般是越低越不好，因造成虹吸越大，但在本文因流速很快不靈敏反而不會發生，越低越不會發生，是與設施標準是背道，雖在結論的論述是正確的，但在此處的論述需再交代清楚。	范委員 煥英	3.6.2節	遵照委員意見辦理修正於3.5.2節	
17	因颱風停水造成管線末端水污染，建議再繼續研究裝設持壓閥	郭委員 明欽		遵照委員建議，列入未來研究建議	

	及遠端控制系統，以防止管末水污染。				
18	研究團隊能充分嘗試運用國外較先進之科技、儀器、設備以期達到更好的用水管理系統，非常值得鼓勵及支持。	陳委員 瑞忠		感謝委員指教	
19	自行建置系統研究架構及方法，及時取得各項大量紀錄資料和數據以資分析，頗為用心、值得肯定。	陳委員 瑞忠		感謝委員指教	
20	管理控制關鍵少數、可以提升整體效益之改善，頗為有智慧作法，其中結果研究效益有助未來採購及用水管理之提昇，尤其是附加價值之貢獻不少，值得學習。	陳委員 瑞忠		感謝委員指教	
21	4600 只大表其水量占北水處供水水量 1/4，以 165 萬只水表來看，所占比率僅 0.28%，故其口徑管理、合理水壓等，可以獲得更佳的收益，值得肯定。	籃委員 炳樟		感謝委員指教	
22	本文對 100 只大口徑用水分析用戶的類別，但因北水沒有工業用水，不像台水工業用水佔所有 33% 以上，建議台水公司能繼續本案補足工業用水之研究。	籃委員 炳樟		遵照委員意見，列入未來研究建議	
23	研究結果頗為具體，分析也屬周延；本案所具之無形及附加價值頗高，建議自來水事業單位可參考應用。	李主任 委員公 哲		感謝委員指教，北水處後續將持續執行	

水表(C級)口徑大改小效益明細表

水號	換表前						換表後(大改小)						改善效益	
	口徑 (mm)	總表 (度)	分表和 (度)	分攤 (度)	相對差率	水量收益率	口徑 (mm)	總表 (度)	分表和 (度)	分攤 (度)	相對差率	水量收益率	相對差率	水量收益率
1-04-0001***	75	10712	6142	4570	74.41%	174.41%	50	30097	15374	14723	95.77%	195.77%	21.36%	21.36%
1-05-0051***	100	33401	33216	219	0.56%	100.66%	50	123611	121556	2200	1.69%	101.81%	1.13%	1.15%
1-06-0169***	75	31082	30012	1208	3.57%	104.03%	50	28906	24467	4439	18.14%	118.14%	14.58%	14.12%
1-12-0038***	100	16013	8116	7897	97.30%	197.30%	50	14295	6282	8013	127.55%	227.55%	30.25%	30.25%
1-12-0048***	100	14819	14692	220	0.86%	101.50%	50	14676	13517	1159	8.57%	108.57%	7.71%	7.08%
1-15-0002***	75	17534	17322	257	1.22%	101.48%	50	17963	15439	2524	16.35%	116.35%	15.12%	14.86%
1-15-0054***	75	20489	18236	2253	12.35%	112.35%	50	30076	22215	7861	35.39%	135.39%	23.03%	23.03%
1-17-0061***	100	21818	16175	5643	34.89%	134.89%	50	91983	47117	44866	95.22%	195.22%	60.34%	60.34%
2-05-0045***	75	13314	13242	99	0.54%	100.75%	50	49907	50514	89	-1.20%	100.18%	-1.75%	-0.57%
2-05-0072***	100	19360	15735	3625	23.04%	123.04%	50	18326	15615	2711	17.36%	117.36%	-5.68%	-5.68%
2-05-0081***	75	8728	8903	0	-1.97%	100.00%	50	35926	36303	290	-1.04%	100.80%	0.93%	0.80%
2-05-0159***	75	12954	11924	1030	8.64%	108.64%	50	49760	45654	4106	8.99%	108.99%	0.36%	0.36%
2-05-0160***	100	25694	22121	3573	16.15%	116.15%	50	95377	91304	4073	4.46%	104.46%	-11.69%	-11.69%
2-07-0029***	75	8129	7853	395	3.51%	105.03%	50	17447	13780	3667	26.61%	126.61%	23.10%	21.58%
2-08-0001***	75	16554	16001	553	3.46%	103.46%	50	72599	69868	2771	3.91%	103.97%	0.45%	0.51%
2-08-0049***	100	20655	19807	848	4.28%	104.28%	50	51218	49800	1418	2.85%	102.85%	-1.43%	-1.43%
2-10-0029***	75	14854	14175	679	4.79%	104.79%	50	19296	17634	1736	9.42%	109.84%	4.63%	5.05%
2-16-0031***	75	27164	26276	888	3.38%	103.38%	50	65460	60710	4750	7.82%	107.82%	4.44%	4.44%
3-01-0021***	75	19567	19139	428	2.24%	102.24%	50	47739	43871	3868	8.82%	108.82%	6.58%	6.58%
3-04-0019***	100	23327	21072	2255	10.70%	110.70%	50	48797	44498	4299	9.66%	109.66%	-1.04%	-1.04%
3-04-0019***	100	12404	11940	464	3.89%	103.89%	50	29346	26665	2681	10.05%	110.05%	6.17%	6.17%
3-06-0034***	100	8053	7937	124	1.46%	101.56%	50	19424	18386	1038	5.65%	105.65%	4.18%	4.08%
3-06-0043***	100	20917	13962	6955	49.81%	149.81%	50	68667	43612	25055	57.45%	157.45%	7.64%	7.64%
3-08-0004***	100	15279	13976	1303	9.32%	109.32%	50	51635	44024	7611	17.29%	117.29%	7.97%	7.97%
3-09-0000***	75	22443	20733	1710	8.25%	108.25%	50	52947	49370	3577	7.25%	107.25%	-1.00%	-1.00%
3-15-0027***	100	35056	26984	8072	29.91%	129.91%	50	91832	85252	6580	7.72%	107.72%	-22.20%	-22.20%
3-16-0013***	75	26699	14427	12272	85.06%	185.06%	50	124062	94871	29191	30.77%	130.77%	-54.29%	-54.29%
4-06-0007***	100	23503	21404	2099	9.81%	109.81%	50	54374	46481	7893	16.98%	116.98%	7.17%	7.17%

4-12-0020***	50	2154	2037	117	5.74%	105.74%	25	7883	7970	20	-1.09%	100.25%	-6.84%	-5.49%
4-14-0043***	75	14170	13836	334	2.41%	102.41%	50	52374	53326	0	-1.79%	100.00%	-4.20%	-2.41%
4-18-0003***	75	3258	3593	0	-9.32%	100.00%	40	6766	6643	188	1.85%	102.83%	11.18%	2.83%
4-18-0036***	50	3435	3450	15	-0.43%	100.43%	40	5178	5030	157	2.94%	103.12%	3.38%	2.69%
4-21-0004***	75	3838	4053	0	-5.30%	100.00%	40	7937	8205	4	-3.27%	100.05%	2.04%	0.05%
A-21-0258***	75	16303	16336	126	-0.20%	100.77%	50	41348	37729	3619	9.59%	109.59%	9.79%	8.82%
A-21-0351***	75	3549	3454	95	2.75%	102.75%	50	9784	9510	286	2.88%	103.01%	0.13%	0.26%
C-03-1294***	75	14479	13474	1005	7.46%	107.46%	50	62439	54362	8077	14.86%	114.86%	7.40%	7.40%
C-14-1001***	75	17154	17684	0	-3.00%	100.00%	50	35425	32675	2750	8.42%	108.42%	11.41%	8.42%
F-24-0853***	100	16109	12383	3726	30.09%	130.09%	50	26576	19775	6801	34.39%	134.39%	4.30%	4.30%
H-13-0394***	50	6728	6445	283	4.39%	104.39%	40	23699	24068	76	-1.53%	100.32%	-5.92%	-4.08%
J-17-0444***	75	12078	10861	1342	11.21%	112.36%	50	33680	29467	4213	14.30%	114.30%	3.09%	1.94%
L-12-0305***	75	5273	4179	1094	26.18%	126.18%	50	7979	6090	1889	31.02%	131.02%	4.84%	4.84%
L-20-0159***	75	13365	13702	0	-2.46%	100.00%	50	25440	24057	1383	5.75%	105.75%	8.21%	5.75%
P-08-0344***	75	13848	13591	257	1.89%	101.89%	50	20827	18993	1834	9.66%	109.66%	7.77%	7.77%
S-15-1246***	75	26696	22627	4069	17.98%	117.98%	50	66982	44519	22463	50.46%	150.46%	32.47%	32.47%
S-15-1796***	75	14375	14523	11	-1.02%	100.08%	50	43919	42056	1863	4.43%	104.43%	5.45%	4.35%
S-17-1641***	75	16327	14541	1786	12.28%	112.28%	50	39045	36123	2922	8.09%	108.09%	-4.19%	-4.19%
S-22-1483***	75	7552	7212	340	4.71%	104.71%	50	17415	15478	1937	12.51%	112.51%	7.80%	7.80%
W-15-0389***	75	21396	14599	6797	46.56%	146.56%	50	55026	36777	18249	49.62%	149.62%	3.06%	3.06%
W-20-0313***	75	21032	20874	323	0.76%	101.55%	50	64450	52343	12107	23.13%	123.13%	22.37%	21.58%
W-20-0314***	75	26903	25600	1422	5.09%	105.55%	50	74443	66672	7771	11.66%	111.66%	6.57%	6.10%
W-20-0316***	75	26325	25685	640	2.49%	102.49%	50	74085	66313	7772	11.72%	111.72%	9.23%	9.23%
X-18-0000***	100	18331	17591	740	4.21%	104.21%	50	45022	40624	4398	10.83%	110.83%	6.62%	6.62%
Y-04-0763***	75	14965	14000	965	6.89%	106.89%	50	46794	43108	3686	8.55%	108.55%	1.66%	1.66%
Y-07-0624***	100	22177	21793	384	1.76%	101.76%	50	54869	49577	5292	10.67%	110.67%	8.91%	8.91%
Y-10-0796***	75	20576	20710	77	-0.65%	100.37%	50	44233	36634	7599	20.74%	120.74%	21.39%	20.37%
Y-16-0580***	100	17236	12224	5012	41.00%	141.00%	50	52329	38676	13653	35.30%	135.30%	-5.70%	-5.70%
Y-19-0232***	100	20291	18607	1684	9.05%	109.05%	50	26219	25010	1209	4.83%	104.83%	-4.22%	-4.22%
總計		960445	861186	102283	11.53%	111.88%		2487912	2145989	345407	15.93%	116.10%	4.41%	4.22%

### B級水表C級化且大改小效益明細表

水號	換表前						換表後(B改C且大改小)						改善效益	
	口徑 (mm)	總表 (度)	分表和 (度)	分攤 (度)	相對差率	水量收益率	口徑 (mm)	總表 (度)	分表和 (度)	分攤 (度)	相對差率	水量收益率	相對差率	水量收益率
1-12-0038***	100	7033	2829	4204	148.60%	248.60%	50	6850	2599	4251	163.56%	263.56%	14.96%	14.96%
1-12-0048***	100	5680	5682	46	-0.04%	100.81%	50	5876	5353	523	9.77%	109.77%	9.81%	8.96%
1-15-0002***	100	7798	7687	139	1.44%	101.81%	50	7399	6484	915	14.11%	114.11%	12.67%	12.30%
2-07-0029***	75	8129	7853	395	3.51%	105.03%	50	17447	13780	3667	26.61%	126.61%	23.10%	21.58%
2-08-0049***	100	20655	19807	848	4.28%	104.28%	50	38226	37148	1078	2.90%	102.90%	-1.38%	-1.38%
2-16-0031***	75	27164	26276	888	3.38%	103.38%	50	52365	48775	3590	7.36%	107.36%	3.98%	3.98%
3-01-0021***	75	19567	19139	428	2.24%	102.24%	50	33783	31660	2123	6.71%	106.71%	4.47%	4.47%
3-04-0019***	100	12404	11940	464	3.89%	103.89%	50	29346	26665	2681	10.05%	110.05%	6.17%	6.17%
3-06-0034***	100	8053	7937	124	1.46%	101.56%	50	15974	15096	878	5.82%	105.82%	4.35%	4.25%
3-06-0043***	100	20917	13962	6955	49.81%	149.81%	50	57218	37417	19801	52.92%	152.92%	3.11%	3.11%
3-08-0004***	100	15279	13976	1303	9.32%	109.32%	50	41768	35669	6099	17.10%	117.10%	7.78%	7.78%
4-06-0007***	100	23503	21404	2099	9.81%	109.81%	50	40120	34364	5756	16.75%	116.75%	6.94%	6.94%
A-21-0258***	75	16303	16336	126	-0.20%	100.77%	50	29153	27264	1889	6.93%	106.93%	7.13%	6.16%
A-21-0351***	75	3549	3454	95	2.75%	102.75%	50	7118	6877	253	3.50%	103.68%	0.75%	0.93%
C-14-1001***	75	17154	17684	0	-3.00%	100.00%	50	28185	26370	1815	6.88%	106.88%	9.88%	6.88%
F-24-0853***	100	16109	12383	3726	30.09%	130.09%	50	26576	19775	6801	34.39%	134.39%	4.30%	4.30%
J-17-0444***	75	12078	10861	1342	11.21%	112.36%	50	26384	22627	3757	16.60%	116.60%	5.40%	4.25%
L-12-0305***	75	4361	3395	966	28.45%	128.45%	50	4672	3430	1242	36.21%	136.21%	7.76%	7.76%
L-20-0159***	75	13365	13702	0	-2.46%	100.00%	50	15432	14543	889	6.11%	106.11%	8.57%	6.11%
P-08-0344***	75	11016	10825	191	1.76%	101.76%	50	11915	11011	904	8.21%	108.21%	6.45%	6.45%
S-22-1483***	75	7552	7212	340	4.71%	104.71%	50	11782	10735	1047	9.75%	109.75%	5.04%	5.04%
X-18-0000***	100	18331	17591	740	4.21%	104.21%	50	33405	30193	3212	10.64%	110.64%	6.43%	6.43%
Y-07-0624***	100	22177	21793	384	1.76%	101.76%	50	39647	36074	3573	9.90%	109.90%	8.14%	8.14%
Y-10-0796***	75	20576	20710	77	-0.65%	100.37%	50	31669	26976	4693	17.40%	117.40%	18.04%	17.03%
總計		338753	314438	25880	7.73%	108.23%		612310	530885	81437	15.34%	115.34%	7.60%	7.11%