



中華民國自來水協會 113 年度研究計畫

智慧水表推動之研究- 以北水處為例

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：郭淑珍

協同計畫主持人：林明美

研究人員：林佳宜、翁弘翰、侯宛儂、李敏年、
廖宜洋

執行期間：113 年 3 月至 113 年 11 月

中華民國 113 年 11 月

摘要

臺北自來水事業處（下稱北水處）供水轄區約 168 萬只水表，為因應未來抄表勞動人員不足，且為達成計量管理與智慧管網的整合，並配合市府推動「智慧城市」與大數據應用的公共政策，2015 年起針對大用水戶優先進行智慧水表試辦，爾後逐年擴大至機關學校、新建社宅及部分民間住宅。

試辦成效符合預期，惟鑑於國內能提供完整智慧水表服務廠商較少，國外進口價格偏高且未必符合需求，因此，為促進國內產業發展及滿足既有建物換裝需求，北水處於 2018 年起分階段辦理技術試煉及營運測試，先以開放且有償的方式吸引廠商參與及測試技術可行性；再藉由一定營運規模與時間之實域運轉，評估產品之耐受性及功能性，成功促使不同產業廠商進行團隊合作，拓展國內智慧水表產業鏈，並投入設備開發，利於國內智慧水表發展。另一方面，亦透過增修智慧水表建置相關法令規章，2020 年起所有新建物申請接水案全面採用自動讀表（AMR）系統功能之智慧水表。

本研究透過文獻探討，分析國內外智慧水表推動狀況，彙整說明北水處各階段辦理智慧水表推動歷程，總結智慧水表於新建案、技術試煉及營運測試等成果、管理系統發展說明及功能演進、探討智慧水表於用水異常的應用與改善效益、研議設備故障與傳輸問題的解決方案等多面向，評估後續推動執行對象及方案，相關成果與建議期能作為北水處及其他自來水事業未來推動既有建物擴大換裝智慧水表擬定政策，及智慧水表數據應用推廣之參考。

關鍵字:智慧水表、技術試煉、營運測試、用水異常

目錄

目錄	I
圖目錄	IV
表目錄	IX
期末審查意見回復	XI
期中審查意見回復	XVII
研究計畫案申請審查意見回復	XXIII
第一章、前言	1
1.1、研究緣起	1
1.2、研究方法	1
1.3、研究範圍與限制	2
1.4、本研究預期研究成果	3
第二章、文獻回顧	4
2.1、智慧水表介紹	4
2.1.1、水量計介紹	4
2.1.2、智慧水表定義	7
2.1.3、無線網路傳輸技術分類與應用	10
2.2、國內外智慧水表推動	15
2.2.1、歐美國家推動情形	16
2.2.2、亞洲國家推動情形	31
2.2.3、國內自來水事業推動情形	50
2.3、小結	63
第三章、北水處智慧水表推動	64
3.1、推動歷程概述	64
3.1.1、2015 年起開始試辦	64

3.1.2、2019 年起智慧水表技術試煉與營運測試	74
3.2、業務管理系統發展說明	80
第四章、執行成果探討	103
4.1、技術試煉（POC）及營運測試（FOT）及新建案推動執行 成果探討	103
4.1.1、技術試煉（POC）推動成果	103
4.1.2、營運測試（FOT）推動成果.....	119
4.1.3、新建案建置成果探討及優化	139
4.2、智慧水表運用執行成效分析	151
4.2.1、用水異常樣態分析	151
4.2.2、用水異常改善預防性減少水資源浪費效益分析 ...	159
4.3、傳輸異常案例分析與改善	162
4.3.1、讀表異常案件分析（設備故障檢討及態樣分析）	163
4.3.2、廠商改善對策與成效彙整分析	174
4.4、智慧水表與複查案件分析	177
4.5、小結	181
第五章、既有建物推動營運測試 2.0 探討	182
5.1、建置策略檢討	182
5.1.1、推動安裝對象研擬	182
5.1.2、採購模式研擬	184
5.2、推動成果說明	187
5.2.1、推動方式	187
5.2.2、執行內容概述	189
5.2.3、廠商履約成果初探	198
5.3、小結	201
第六章、結論與建議	203
6.1、結論	203

6.2、建議	204
參考文獻.....	206

圖目錄

圖 1、研究流程圖	2
圖 2、水表自動讀表系統架構示意圖	10
圖 3、北水處採購規範自動讀表系統圖例	10
圖 4、通訊技術之傳輸距離與速率分佈圖	11
圖 5、智慧水表國際發展趨勢	15
圖 6、舊金山灣區聯盟 BAWSCA 水公司分布與清單	16
圖 7、谷區水務 Valley Water 聯盟水公司分布與清單	17
圖 8、灣區 BAWSCA 聯盟成員使用智慧水表之比例與傾向	18
圖 9、灣區 BAWSCA 與谷區 Valley Water 聯盟成員對共同計畫合作 意願.....	19
圖 10、舊金山 SFPUC 的容積型水表、MTU、現場整合於表箱蓋	20
圖 11、舊金山 SFPUC 的智慧水表計畫推行里程碑	21
圖 12、舊金山 SFPUC 自建 Fixed Network 未來可收集自家水電雙表	22
圖 13、舊金山 SFPUC 的 DCU 接收裝置	23
圖 14、SFPUC 委託量測 MTU 及 DCU 的電磁波強度數值（綠色）	23
圖 15、加拿大 NWWBI 水務公司群的智慧水表調查結果	26
圖 16、使用 Walk-by 功能讀取 MIU 接收的脈衝數據	28
圖 17、加拿大與美國常見的水表形式，許多水表附帶了智慧水表功 能.....	28
圖 18、泰晤士水務局使用智慧水表形式	31
圖 19、新加坡用戶水表類型	33
圖 20、新加坡第一階段安裝智慧水表地區	34
圖 21、新加坡水表安裝於騎樓牆邊或管道間	36

圖 22、新加坡智慧水表用戶應用與北水處智慧水管家比較	37
圖 23、東京都智慧水表樣式	44
圖 24、東京都水道局智慧水表數據傳輸 APP 顯示畫面	46
圖 25、香港水務署智慧水表樣式及相關設施	48
圖 26、香港特別行政區政府水務署自動讀表手機應用程式	49
圖 27、大澳自動讀表試驗項目展示示意圖	50
圖 28、馬公系統六個小區安裝智慧水表分布圖	53
圖 29、澎湖地區智慧水表分表直接傳輸案例	54
圖 30、澎湖地區智慧水表試辦分表集中傳輸案例	54
圖 31、澎湖地區智慧水表表位改善案例	55
圖 32、供水監測資訊平台畫面	58
圖 33、用戶用水分析平台畫面	59
圖 34、智慧水務營運平台畫面	59
圖 35、自動讀表智慧水管家平台及用戶透過 LINE 查詢用水狀態 ..	60
圖 36、試辦 100 處裝設 AMR 的挑選原則	66
圖 37、試辦裝設採用僅傳送水量之 AMR 設備 (GTI)	66
圖 38、興隆社宅 1 區各層樓管道間水表管路配置與有線集抄安裝情 形	69
圖 39、「臺北智慧水網示範區建置與分析計畫」場域範圍圖	74
圖 40、推動智慧水表各階段工作	75
圖 41、北水處召開智慧水表產業推動說明會現場參與情形	76
圖 42、智慧水表多元技術試煉	77
圖 43、既有用戶申辦智慧水表換裝流程圖	78
圖 44、一般使用者畫面	81
圖 45、社區管委會系統畫面	81

圖 46、網站管理者系統畫面	82
圖 47、自動讀表智慧水網系統架構	83
圖 48、進水譜分析	84
圖 49、案件登錄作業	85
圖 50、每日報表	86
圖 51、智慧水管家系統查詢用水量及用水趨勢	88
圖 52、智慧水管家系統異常用水警示條件	89
圖 53、智慧水管家系統水費試算功能	89
圖 54、自動讀表業務管理系統架構	90
圖 55、公有雲 A 系統規劃架構.....	91
圖 56、公有雲 B 系統規劃架構.....	92
圖 57、地端系統規劃架構	93
圖 58、履約績效管理管理示意圖	97
圖 59、傳輸率報表示意圖	97
圖 60、抄表正確率報表示意圖	98
圖 61、自動讀表成功計費率報表示意圖	98
圖 62、自動讀表抄表日成功回傳率報表示意圖	99
圖 63、通訊異常案件修妥率報表示意圖	99
圖 64、契約管理示意圖	100
圖 65、派工管理示意圖	100
圖 66、罰則管理示意圖	101
圖 67、施工管理示意圖	101
圖 68、績效管理示意圖	101
圖 69、新平台系統架構圖	102
圖 70、2019 年公告「智慧水表技術試煉方法」執行期程	104

圖 71、一般公寓 (I 型) 正確率結果	107
圖 72、集合住宅 (II 型) 正確率結果	108
圖 73、單獨表位 (III 型) 正確率結果	108
圖 74、一般公寓 (I 型) 傳輸率結果	109
圖 75、集合住宅 (II 型) 傳輸率結果	109
圖 76、獨立表位 (III 型) 傳輸率結果	109
圖 77、第 1、2 梯次團隊補傳資料時間分布	110
圖 78、第 1、2 梯次團隊傳輸率分布圖	111
圖 79、第 1、2 梯次團隊逾時回傳逐月變化	113
圖 80、第 1、2 梯次團隊資料無回傳資料逐月變化	114
圖 81、第 1、2 梯次團隊資料錯誤逐月變化	115
圖 82、營運測試案場域安裝照片	121
圖 83、雲端監測平台架構	122
圖 84、監測平台儀表板	123
圖 85、A 廠商異常態樣 1 異常突波圖及瞬間值	130
圖 86、A 廠商異常態樣 2 異常突波圖及瞬間值	131
圖 87、D 廠商異常態樣異常突波圖及瞬間值	132
圖 88、2019 年修訂表位設置原則內地面層智慧表裝置圖	147
圖 89、2019 年修訂表位設置原則內頂樓智慧表裝置圖	148
圖 90、2019 年修訂表位設置原則內分樓層智慧表裝置圖	148
圖 91、2021 年表位設置原則新增 AMR 用小型水表箱地面層智慧表 裝置圖	149
圖 92、2023 年表位設置原則內地面層智慧表裝置圖	150
圖 93、連續用水異常漏水範圍 (專用表、總表)	152
圖 94、連續用水異常漏水範圍 (分表)	152

圖 95、蓄水池浮球故障異常溢流案例	153
圖 96、馬桶異常漏水案例	154
圖 97、進水頻率異常漏水範圍（專用表、總表）	155
圖 98、馬桶異常漏水案例	156
圖 99、屋頂水塔異常漏水案例	157
圖 100、讀表頻率不足態樣	158
圖 101、傳輸數據位數不足造成判斷不易態樣	159
圖 102、斷訊異常案件各類型占比	168
圖 103、案例 1 水表設置情形.....	171
圖 104、案例 2 所在市場通訊線鼠咬情形	172
圖 105、案例 3 學校圍牆施工移動傳輸設備斷訊原因	172
圖 106、案例 4 通訊線頭進水導致讀表異常	173
圖 107、2018 年-2023 年複查案統計情形	179
圖 108、2022 及 2023 年複查案統計情形	180
圖 109、換表派工單案件處理畫面	190
圖 110、模組派工單案件處理畫面	191
圖 111、換表 APP 水表及模組處理畫面	191
圖 112、斷訊異常案件指派畫面	198
圖 113、換表 APP 斷訊異常案件處理畫面	198
圖 114、營運測試 2.0 案場域安裝照片	200

表目錄

表 1、灣區 BAWSCA 與谷區 Valley Water 聯盟成員讀表技術之比例	18
表 2、東亞鄰近大都市自來水事業概況	31
表 3、東京都智慧水表安裝地點	40
表 4、東京都推進計畫「用戶」智慧水表分年預定安裝數量	41
表 5、東京都推進計畫「配水管」智慧水表預定安裝數量	41
表 6、東京都推進計畫用戶智慧水表 2023 年止安裝進度	42
表 7、台灣自來水公司自動讀表收費標準	56
表 8、千度以上大用水戶安裝數	67
表 9、北水處試辦社會住宅安裝智慧水表建置情形	68
表 10、自動讀表業務管理系統預設異常判定規則	86
表 11、試煉場域類型、只數分配一覽表	105
表 12、參與團隊與技術列表	106
表 13、設備故障問題統計	116
表 14、營運測試各家團隊設備及傳輸架構	121
表 15、營運測試案驗測期程	123
表 16、營運測試各階段成績	127
表 17、FOT 各家團隊現場常見問題	129
表 18、瞬間值大於 15CMH 或小於-1CMH 統計表	130
表 19、各廠商操作 VM 次數統計表	133
表 20、營運測試廠商遭遇問題與解決方案一覽表	133
表 21、第三方公正單位提供未來發展建議一覽表	135
表 22、新建案歷年安裝智慧水表統計一覽表	146
表 23、用水異常改善後預防性節省水資源浪費量統計	160
表 24、用水異常改善件數統計	160

表 25、用水異常改善後預防性節水單位節水量統計	161
表 26、歷次自動讀表設備異常態樣分析會議重點內容	163
表 27、自動讀表異常分類表	167
表 28、可由廠商持續精進設備及技術常見異常案件統計	170
表 29、電信商訊號問題說明及改善措施	174
表 30、通訊線損壞（含鼠咬）問題因應措施	175
表 31、設備移動或更換問題因應措施	176
表 32、通訊線頭進水造成無法問題因應措施	177
表 33、SIM 卡故障問題因應措施	177
表 34、輔導用戶改善案件一覽表（統計至 2023 年底）	183
表 35、北水處新建案、既有建物(POC、FOT、FOT2.0)差異表 ...	186
表 36、FOT2.0 採購案表位改善歸屬表	188
表 37、營運測試 2.0 案驗測期程	193
表 38、營運測試 2.0 案傳輸服務及維護管理費組成一覽表	193
表 39、營運測試 2.0 案價金依全區傳輸率給付級距一覽表	195
表 40、營運測試 2.0 案回傳正確性查核案例說明	197
表 41、營運測試 2.0 各家團隊設備及傳輸架構	199

期末審查意見回復

審查意見	回復情形
一、王根樹主任委員	
<p>考量智慧水表所能提供之各項資訊，未來如何應用資訊管理系統分析各項數據，早期發現問題，並減輕同仁負擔?此部份建議在後續執行持續推動。</p>	<p>智慧水表透過密集數據資料收集可發現用水異常或設備異常(如連續無用水及連續進水等)，相關指標已納入系統平台進行預警設定，後續將透過執行經驗分析討論，滾動檢討系統預設值修訂，以降低無效警示、提高作業效率。長期規劃異常判斷及警示將結合AI，開發機器學習模型，辨識流量不良樣態圖。</p> <p>此外，後續將與小區測漏作業結合，透過智慧水表計量訊息，協助快速分析區域漏水狀況，輔助管網改善及長期管理，達到提升智慧化管理成效。</p>
二、張順莉副主任委員	
<p>1. 智慧水表推動遇有許多優勢，例如為用戶提供透明的用量和計費資訊、消除人工抄表和改進漏水檢測。然而，自來水事業需要克服多項的財務和技術挑戰。智慧計量系統通常需要依賴提供不同技術的多個供應商。例如，水表由一家廠商提供，而資料傳輸的通訊設備則由多家廠商提供，至於資料儲存和處理則由自來水事業自行辦理，期間介面整合即存在挑戰。另外，國內智慧水表相關產業技術仍在精進與整合中，尚存在供應商鎖定、不確定的升級成本和缺乏靈活的風險。本研究詳實說明臺北自來水事業推動智慧水表歷程，對階段執行結果進行剖析，並提出後續推動建議，其中有關：</p> <p>(1)未來採用國外水表之配套措施</p> <p>(2)以直總表為推動標的，對於總表分攤差異之因應</p> <p>(3)運用科技工具，導入A I管理</p> <p>(4)近年重視個資和隱私保護成為重要趨勢，然而這種趨勢卻與智慧建築的發展衝突，透過感測器蒐集資</p>	<p>謝謝委員建議，後續將依本研究建議事項持續進行探討與分析。</p>

<p>料進行分析、處理和利用之過程，不僅改變傳統蒐集資料的方式，使蒐集資料的人難以落實個資法要求，更使得許多原本並非個人資料之資料，在與其他資料比對後，有可能或可作為後續研究課題。</p>	
<p>2. 本研究結果甚為實用值得肯定。</p>	<p>謝謝委員。</p>
<p>三、林孟珠委員</p>	
<p>1. p38針對日本東京都推動智慧水表計畫有深入研究，在「價格面」智慧水表約傳統表的4~5倍，水道局在「財務面」上如何克服財務負擔；另外，在「傳輸方面」，初期傳輸通訊不成功的比例約佔3~10%，而對於已安裝智慧水表用戶會取消人工抄表，沒有對「正確率」進行核對，直接以智慧水表回傳的數值計量，東京水道局是否以此回傳數值計費開立水單？惟水表計量正確率攸關收費的公正性，該局如何處理數值不正確的個案及用戶爭議，以上問題建議補充說明，以釐清建置智慧水表最重要的兩個關鍵因素，正確率及傳輸率的克服方式。</p>	<p>1. 2023年參訪東京都水道局時，該局表示智慧水表的價格高於傳統水表甚多，大規模安裝確實會對其財務有所影響，故在其「水務智慧水表先期實施項目推進計畫」約13萬餘只2024年安裝完成後，會就成效及財務等進行評估，再研擬後續裝設規劃。</p> <p>2. 東京都水道局智慧水表的採購模式與一般傳統機械表相同，視為該局財產，且僅向廠商分別採購水表及傳輸設備，後續安裝及傳輸均由該局自行負責，安裝之水表取消人工抄表，並依回傳值計費。因前述運作模式，故對於正確率部分該局認為無需特別進行比對；對於異常或爭議案件的處理，比照一般機械表由該局派員處理。</p>
<p>2. p46東京水道局安裝智慧水表用戶可以看到比較詳細的用水資料及應用功能，並且提供App服務，但是用戶申請App的比例沒有比較多，原因為何，請補充說明。</p>	<p>東京都水道局並未將智慧水表的資訊以獨立APP供已安裝者使用，而是併入該局用戶服務相關用水服務(如水費訊息、支付、用水量分析等)APP內之一項查詢功能，因此智慧水表用戶申請比例並不會因此而增加。</p>
<p>3. p168北水智慧水表推動，近3年統計斷訊異常前五項中，有電信商訊號問題佔18.51%、電源供應站16.33%、通訊模組電力不足佔7.74%、通訊模組無法回傳佔7.12%，此4項合計就佔49.7%，即電信電源問題約佔近5成。而p179近3年複查案件未大幅增加，智慧水表複查案件約佔3%，是透過「自動讀表系統平台」篩選異常成案，故大多數案件經由人員判斷無需到現場複查，例如斷</p>	<p>目前系統設定設備異常警訊包含斷訊、電力不足、用水異常等不同類型，其中斷訊部分可由廠商設定後，透過系統自動發送警訊告知廠商，並由廠商依契約主動查證改善，並將結果通報北水處進行結案，因此，此項作業已由機關發起報修改為廠商自主管理，有效減少機關人員作業。</p> <p>另有關於用水異常部分，未來預計會分為以下3步驟進行：</p> <p>(1)異常值自動歸類功能，減少人工設定業務量，目前已開發完妥，但因</p>

<p>訊、低電壓、水表無顯示等。而p203建議3考量人力各營業分處多自行設定異常案件成案標準。實務上會產生異常無效派工案件多，建議再詳細補充說明系統平台應如何訂定篩選異常成案條件，來達到降低人工到現場複查的效果。</p>	<p>後續發現新建點位無參考值可自動歸類，目前功能調整中。</p> <p>(2)檢討成案標準值的合理性，目前針對異常案件開發成案類型統計(總處、分處、單表)，以利後續進行分析。</p> <p>(3)檢討成案時間的合理性，如大用水戶以外用戶，成案時間是否拉長，避免人力調度問題。</p>
<p>4. 本報告針對歐美、亞洲及國內各自來水事業推動智慧水表有深入研究，對於台水日後推動有前瞻性的策略指引，值得肯定。</p>	<p>謝謝委員。</p>
<p>四、董書炎委員</p>	
<p>1. 2024年營運測試2.0（一條龍整合服務）及目前新建智慧水表執行方式，建請列表說明比較其優缺點及成效，以作為其他單位推動參考。</p>	<p>已於5.1.2節列表比較說明差異。</p>
<p>2. 智慧水表的傳輸率會受到環境因素及傳輸技術的影響，例如被老鼠咬斷，電信信號弱受阻礙等，是否在安裝設置前先做環境評估並改善，以提高傳訊率及事後人力的維護。</p>	<p>新建案目前已於建物審圖階段導入廠商服務，由廠商先行於現場勘查建物區域電信情形及設備設置條件，並提出適當之讀表傳輸模組樣式，或不適合點位改善建議，以提高傳訊率。另針對動物破壞因素，部分係因屬點位環境特性導致(如市場)，廠商已透過設備改善，加強保護，目前相關異常案件已有改善。</p> <p>另針對既有建物部分，2024年推動營運測試2.0，採區域劃設安裝，廠商可預為進行環境勘查，了解水表安裝點位及通訊強度，亦可預為改善，有助後續安裝及傳輸管理。</p>
<p>3. 營運測試2.0採購係以勞務採購模式，整合成一條龍方式辦理，此方案立意甚佳，可以減少人力成本及執行上的困擾等，但只有兩家廠商團隊參與，雖然多數廠商表示未來有意願參與，但如何主動精進招標方式，提升廠商投標意願，是最重要的課題，以利未來推動。</p>	<p>目前智慧水表廠商關注採購重點為團隊整合方式、採購價格、價金給付方式及工期安排等，北水處已透過廠商說明會了解廠商需求及建議，後續將配合營運測試2.0採購案執行成果與遭遇困難等分析，一併進行後續採購招標方式檢討，以期廣邀廠商參與之目標。</p>

<p>4. 營運測試2.0 驗測期程，為送審資料核定次日起210日曆天，依分表清冊全數安裝完成，然後開始到第八年也就是121年12月31日屆期前執行傳輸服務及維護管理。請問後續的智慧水表逾齡汰換如何接續執行？</p>	<p>北水處現階段針對已安裝智慧水表達8年之建物，均由北水處編列預算換裝智慧水表，用戶無須另行付費安裝。8年後的汰換目前規劃仍安裝智慧水表，會比照現行智慧水表換裝模式辦理。</p>
<p>五、許敏能委員</p>	
<p>1. 智慧水表用戶用水數據龐大，廠商如何作到自動化介接水表傳輸率等狀況？水處如何有效消化大量用水數據及應用？</p>	<p>未來俟廠商介接傳輸資料API穩定後，北水處研擬開發相關水表傳輸狀態的API，提供廠商介接，讓廠商能更自動化更即時的了解水表傳輸情形。</p> <p>另新AMR平台系統使用匯流排與訊息佇列技術，能夠達到資料緩衝的需求，另外一方面也會跟廠商討論錯峰時段，達到資料分流。</p>
<p>2. 智慧水表斷訊故障保固維修經驗辦理檢討會議，訂定斷訊案件為7個工作天處理，請說明執行至目前情形，有多少案件？其因素分佈如何精進？</p>	<p>截至目前2.0斷訊水栓約計551案(113-061 1案、113-063 546案、113-075 4案)，除2案因用戶因素有逾期情形，其餘案件均能於時效內處理完成，另案件量較多原因為廠商VM操作問題。</p>
<p>3. 智慧水表異常成案準則影響業務人員工作能量與人力調度，請說明執行過程經驗，如何研訂統一管理標準？</p>	<p>未來預計會分為以下3步驟進行：</p> <p>(1) 異常值自動歸類功能，減少人工設定業務量，目前已開發完妥，但因新建點位無參考值可自動歸類，目前功能調整中。</p> <p>(2) 檢討成案標準值的合理性，目前針對異常案件開發成案類型統計(總處、分處、單表)，以利後續進行分析。</p> <p>(3) 檢討成案時間的合理性，如大用水戶以外用戶，成案時間是否拉長，避免人力調度問題。</p>
<p>六、柯祖穎委員</p>	
<p>1. 北水處歷經多年的試煉測試，尚無全面換裝的原因之一為成本效益問題，是否能夠說明財務上要達到那些條件，才具有全面實施的可行性。</p>	<p>近年因市場缺工缺料問題，設備成本提高，另因建置數量尚未達市場規模，因此，現階段廠商價格無法下降，惟考量北水處仍逐年推動智慧水表換裝，如新建案每年換裝約1萬只，以及北水處陸續辦理既有建物測試換裝，其在未來智慧水表安裝數量逐漸提升具規模性後，或廠商透過設</p>

	備改善達到產品化後，設備價格可望符合市場競價機制，屆時即可能達到全面實施之可行性。
2. 智慧水表回傳的數據量十分龐大，影響後續數據運用及儲存成本，在數據保留及刪除間，是如何做的?如果要刪除部分數據要如何取捨?保留大量的無用數據是否會形成垃圾資料。	1.目前系統規劃架構與規劃，盡可能保留數據資料，以利將來AI技術來將數據價值發揮最大化。 2.另依照機關檔案保存年限及銷毀辦法，將會每十年檢討其檔案保存年限。
六、謝素娟委員	
1. P.117提到團隊引進海量型物聯網設備massive IoT devices管理手段,....透過串流監控機制釐清故障問題，開創未來上百萬只智慧水表同時上線之管理機制，可否再進一步說明？	POC廠商於傳輸架構內導入傳輸及通訊服務監控進行設備及數據管理，透過模組回傳設備運轉數據資料，自主進行管理與改善。
2. P.187頁,營運測試2.0因採一條龍服務，設備均為廠商所有，水表不對材質進行檢驗，僅對性能進行檢驗，惟依水量計型式認證技術規 5. 技術要求 5.1 水量計中與水流接觸的材料必須是無毒、無垢的。此部分是否可確保?或由廠商取得型式認證即可?	現階段係於契約規範相關條款，並由廠商取得型式認證後即滿足契約規範。
3. 營運測試2.0版將對直總表進行全面換裝,長期自抄戶12萬戶亦列為優先換裝對象，故未來自抄之一般用戶亦為提供服務的大宗對象，而報告第183頁提到智慧水管家運用，直總表註冊率及使用率高達93%，分表僅占2%，建議未來可再加強自抄戶使用智慧E管家的誘因。	北水處未來針對長期自抄戶優先安裝智慧水表，主要是強化計量正確性及降低用戶不便，2024年完成新AMR平台系統建置，預計年底前正式啟用智慧水管家新操作界面，將配合推動營運測試2.0建置用戶進行推廣。
六、楊境維委員	
1. 有關小區管理與智慧水表之執行成效應用，建議持續進行相關研究。例如：透過AMR即時用戶用水資訊，相較於傳統人工抄計方式之時間差與推估值之盲點，可以統一時段一次取得用戶用水量，如此，可大幅縮短區域封閉時間，解決長期封閉壓力不足、用戶無水等問題，並可結合次分	謝謝委員，後續將協助相關單位持續進行研究，以達到智慧水表協助提升管網智慧化管理之效益。

<p>區，再利用閘栓操作直接鎖定漏水。此外，亦可將數個小區結合成中區，以中區計量方式，利用小區流量計配合AMR計量，搭配制水閘操作，即可快速獲知小區周邊管線漏水量，並將已完成改善小區再次複評、未完成改善小區再次初評，了解小區實際漏水狀況進行長期管理。</p>	
<p>2. 下列誤植部分請修正</p> <p>(1)(P116) 再來是有多數都發生的故障態樣，包含表「為」淹水或水表廠商安裝。請修正錯別字為「位」。</p> <p>(2)(P116) 表13設備故障問題統計異常態樣之「遭任意開啟頂蓋致曝光遭任意開啟頂蓋致曝光」，重複部份請刪除。</p> <p>(3)(P147)圖88至圖90，「2018」年修訂表位設置原則內分樓層智慧表裝置圖，其年份應修正為「2019」年。</p>	<p>謝謝委員，已於相關篇幅進行文字修正。</p>

期中審查意見回復

審查意見	回復情形
一、王根樹主任委員	
<p>1. 針對不同廠商使用機械表及電子表所得數據之比較可加強說明，以利了解裝設電子表之成效。</p>	<p>1. 以FOT為例，因規範未來規格資料有效小數位為小數點後1位，其中機械表廠商呈現所得數據為小數點後第1位，電子表則為小數點後全數顯示(4位數)，於營運測試案中僅針對傳輸率與正確率進行比對，故未全面性針對數據彙整分析，但依「智慧水表營運測試採購案（FOT）成效初探：以北區營業分處為例」一文研究指出，統計在連續用水異常漏水案件中，瞬間值於0.1CMH以下約佔40%，顯現自動讀表傳輸數據位數與實際分析應用之相關性，若傳輸數據最小單位僅至百升，將難以判讀異常用水。」，此部分已有在4.2節說明，顯見電子表呈現小數位數較多，可進一步進行更細緻之用戶用水分析。北水處曾洽詢機械表廠商表示，可依機關訂定規格進行開發，因此，未來仍須依廠商技術開發再進一步研究。</p> <p>2. 另依文獻指出，C級電子表且具備連續用水偵測、逆流偵測、用水次數、低電壓偵測等邊緣運算功能。其中連續用水偵測功能可即時提供異常用水警示，無須後端系統運算，加速釐清用戶用水狀況。</p>
<p>2. 數據正確率及傳輸率為智慧水表推動主要影響因子，針對此兩參數之需求，未來合理之規範宜有所探討。</p>	<p>感謝委員的建議，正確率及傳輸率確實為智慧水表推動上最為重要因子，以FOT為例，規範傳輸率應達85%以上，經實際驗測結果，大部分廠商傳輸率均能維持95%以上，但因FOT2.0安裝環境有所不同，雖已上修傳輸率達95%以上才100%給付，後續仍需依實際驗測結果滾動調整。另正確率於1.0及2.0均採以人工抄表及現場抽查方式辦理。</p>

3.針對連江縣設置智慧水網之經驗，可針對其成效及問題有所討論，以獲取經驗。	本案經洽詢連江縣自來水廠請益有關該廠執行智慧水表相關經驗，並已整理於文獻回顧。
二、張順莉副主任委員	
5. 本研究文獻回顧對於國內外智慧水表推動內容豐富，建議可就關鍵因素-例如水價、供水條件、智慧水表相關設備供應與選用、採購安裝方式與成本、用水資訊管理等差異進行比較，以利歸納交互影響程度，提升推動成效。	相關內容已就查閱可得資料修正補述於內文中，未來將持續收集比較。
6. 北水處2019年起分階段推行智慧水表技術試煉與營運測試，對於目前及後續推動作業有關供應產業技術整合提升或招標方式之關係及影響。	已於第四章、第五章說明。
三、董書炎委員	
5. 北水處自2020年所有申請接水案均採付費申請升級為智慧水表，這段三年多期間是否有遭遇困難或問題？另外既有用戶之升級智慧水表，未來如何推動請加以說明。	針對新建案執行遭遇問題及未來推動已分別說明於4.1.3節及第五章。
6. 智慧水表除了取代人工抄表、掌握用戶用水資訊及異常警示等提升服務品質外，如透過資訊平台介接其他系統（如大數據或AI系統），以即時監測供水及漏水區域警示發揮更大價值，其應用經驗及成效如何？	目前初步裝設中，尚未與小區進行結合，後續規劃將依小區管理需求將用水資訊介接其他系統使用，未來將持續收集比較。
7. 文獻回顧中對於馬祖離島已全面建置智慧水表，其覆蓋率達百分之百，建議再補充其計劃效益如何及後續的維護情形。	連江縣全面建置智慧水表經驗，已洽詢該廠人員了解並補充於第二章內，惟連江縣智慧水表尚在進行第二期工作及驗證，故水網成效將於後續持續追蹤了解。
8. 智慧水表建置數量未來將持續增加，對後續之管理維護汰換等最適策略，宜加以說明。	目前除持續規範廠商最適當維護天數外，針對斷訊異常案等件，於系統成案後自動拋轉給廠商進行處理，並透過APP回報案件查察結果，後續將輔導廠商應具備自主管理機制。
9. 第60頁第八行及第九行千位數字標示錯誤及第3頁第一行224年應為2024年，請修正。	謝謝指教，已於報告書內修正。
四、許敏能委員	

<p>4. 業務管理系統發展說明所提目前日AMR新系統新增許多自動設定功能，如用水突增減及連續用水等警示，有效解決過去人工設定冗事，期望北水處能針對各類異常警示持續精進。</p>	<p>謝謝委員，目前北水處開發新AMR平台系統，已將常用警示條件納入，並參考用水級距擬定警示條件，未來北水處於2024年執行營運測試2.0採購案推動後，將依建置後各分處執行成果，檢討訂定異常警示預設值。</p>
<p>5. 技術試煉獨立表位初期採用15分鐘1次頻率原因?第3次改為1小時原因?另抄表比對方式及頻率為何?可補充於報告書內，以利後續研究人員了解。</p>	<p>1. 前兩梯次係因應不同運用需求訂定，一般公寓型及集合住宅型代表分表用戶，以用戶管理需求為出發，故以每日1筆進行傳輸；單獨表位型屬直總表用戶，其系統管線直接相連，因應管網管理之使用需求須採用較為密集之收集頻率，惟依水處規範採用每分鐘收集頻率門檻較高，故開放採用15分鐘1次頻率，以降低門檻逐步漸進達成POC目的。 第2梯次則係考量業務需求，調整為每小時1次，並已補述於4.1.1章節內。</p> <p>2. 另針對抄表比對，係於試煉結束前由北水處同仁會同整合團隊至現場，拍攝全部「試煉用水量計」表頭顯示之累積數值，辦理1次比對。</p>
<p>6. 營運測試（FOT）推動成果、（5）登入VM操作情形顯示廠商有一定需求登入VM進行各作業，若仍維持向北水處提出申請方式，光行政作業上恐造成廠商無法即時處理可能性，北水處如何應對此問題，希望能在研究成果中提出。</p>	<p>已於第5章補充，若維持北水處提供VM方式，除因提出申請容易造成拖延處理情形外，且傳輸資料若有異常情形，責任不易區分，目前已規劃FOT2.0由廠商自行提供VM建置維運接收程式。</p>
<p>7. 正確率與用戶計費息息相關，且更為自來水事業最基礎且最重要之工作，針對回傳正確性查核方式，希望能在研究成果中提出。</p>	<p>已於第5章補充，於FOT2.0將規劃3階段進行正確性查核，說明如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 維持6個月人工抄表及抄表正確性查核。 2. 視回傳正確性情形，轉為自動讀表指針計費與人工抄表正確性查核併行。 3. 視傳輸穩定及正確性，全面轉為自動讀表指針計費與正確性抽查併行。

8. 請檢視內文與圖表內所有的年份格式應有一致性。	已修正內文與圖表內年份格式，均改為西元年份呈現。
9. P158系統平台主動篩選異常成案47380件，經人工檢視需赴現場勘查為54件，建議重新審視、檢討原先的篩選條件。	2024年起已訂定系統預設值提供參考使用，並增加成案類型等欄位分析異常成案合理性，未來將依智慧水表建置及執行成果回饋，適時滾動檢討系統成案條件
五、柯祖穎委員	
3. 營運測試各廠商中，A、D廠商均採用照相讀表兩者的傳輸率與正確率有相當大差異，其原因為何?後續的標案如何避免再度發生(簡報P17)?	<p>營運測試中，A廠商採用照相辨識進行讀表，D廠商則為脈衝及照相搭配進行讀表，經分析兩者差異在於模組與水表接合後，D廠商防水及防塵性抗環境能力不足及接合處易脫落，導致讀表失敗，此部分已由廠商著手開發新設備以為改善。</p> <p>有關照相及脈衝讀表傳輸率與正確率部分，因與設備接合及辨識技術有關，惟各廠商開發形式技術不同，不易律定規範，因此，北水處營運測試2.0採購案採以傳輸率進行計價，並以查核方式檢核正確性，以鼓勵廠商於履約期間主動且持續改善設備與提升技術。</p>
4. 前兩階段的缺點與改善方式如何用在2.0的推動應多加衍釋說明。	已於第五章說明。
六、謝素娟委員	
4. 本研究梳理北水處十年來對自動讀表到智慧水表管理的開發、試煉發展及推動過程，不僅對抄表業務、廠商技術競爭及拉升發揮相當作用，更可貴的是北水處水價為其他國家水價(如新加坡及日本東京都水道局)的1/3，仍可透過分析找出未來發展的策略，值得肯定。	謝謝委員。
5. 報告中提到今年至新加坡及日本參訪，兩國也預計在2024年分別安裝30萬只(18.07%)及13萬只(1.66%)，兩國推動過程所遭遇的問題及所使用的水表類型、傳輸模式及服務模式可否在文獻探討中再加以分析。	已補充說明於第二章內。

<p>6. 北水處自104年推動至今，配合水表汰換年限8年已經過一個汰換週期，已裝置自動讀表（智慧水表）的用戶是否仍無償汰換自動讀表裝置。</p>	<p>已裝設智慧水表用戶，如水表使用期限已屆8年，目前仍以北水處編列預算免費換裝智慧水表方式辦理。</p>
<p>7. 在營運試煉階段提到二階段的測試，第二階段遇到廠商維護能力未能全面驗證問題，在延續八年水表使用期間，相關維運的責任分界為何？是否有權責較難釐清問題？</p>	<p>營運測試於2023年完成後，相關讀表傳輸設備由廠商拆回並改回人工抄表，現場僅保留水表供用戶計量使用，後續使用期間仍依北水處既有規範由廠商進行水表保固，如有壞表故障則由廠商維修後繳回；另因水表屬北水處購入財產，未來水表期限屆滿後，仍由北水處於換表合約拆除，故無權責釐清問題。</p>
<p>8. 北水處推動新建住宅安裝智慧水表，特別是依照2024年智慧建築標章評估標準已將智慧水表納入評估的基本項目，所以依期中報告表示未來推動將朝向小區全面換裝或新建大樓的安裝，而既有建築申請裝設為有償或無償，又在推廣智慧宅的部分是否在申請用水時即要求全面安裝智慧水表，貴處的推廣策略及作法亦請於報告中說明，未來將可供其他國內外自來水事業推動做參考，亦可提高本案研究之價值。</p>	<p>依現階段執行策略，新建案持續於申請用水時要求依審圖規範納入智慧水表設計及安裝；另既有建物部分配合北水處推動政策選定對象為無償換裝，如選定對象以外住戶有安裝智慧水表需求時，則依北水處頒定作業要點付費安裝。</p> <p>另現階段北水處推動政策選定對象為劃區內直接表、總表全數安裝為原則，分表採選棟安裝，其中以長期自抄戶為優先安裝。</p> <p>相關內容已分述於各章節。</p>
<p>9. 另目前非大用戶的使用滿意度可否在未來結案報告中再納入，以瞭解用戶消費者及自來水事業供給者間是否有gap須再微調之處，讓台灣智慧水表發展更加完善。</p>	<p>目前非大用戶使用智慧水表因註冊使用量較低，尚未進行滿意度調查，故本次尚未納入報告；感謝委員建議，未來俟營運測試2.0建置完成後，北水處將就新AMR平台系統所更新之智慧水管家平台予以宣導，將規劃進行滿意度調查，作為後續北水處及廠商改善參考。</p>
<p>六、楊境維委員</p>	
<p>3. 建議統一：（P66）智慧水表安裝數量單位有「栓」有「只」，（P67）興隆「國」宅、「公」宅。</p>	<p>已就報告內智慧水表統計數量統一以「只」為單位，另興隆、東明等市府興建公宅，統一名稱為社宅。</p>
<p>4. 本研究第二、三與四章部分內文圖和表部分建議加強連結，以利研究報告更完整。</p>	<p>已修正。</p>
<p>5. （P64）本研究第三章有關智慧</p>	<p>新建案部分規劃部分前已於第三章簡</p>

<p>水表推動歷程北水處由試辦、技術試煉到營運測試，但其中針對新建案部分著墨較少，建議補充目前執行相關資料，以提供國內各自來水單位推廣時之參考。</p>	<p>述，後續推動遭遇問題及改善優化，以及北水處為建置智慧水表所進行相關規範說明，另新增補充於4.3節。</p>
<p>6. 前次會議有委員提及因AMR後續投入資金龐大，其效益為何？惟目前本研究尚未完成此財務及效益分析部分，建議後續再補充。</p>	<p>北水處近年辦理智慧水表安裝，以協助用戶發現漏水為最大效益，相關數據業於4.2節說明。</p>

研究計畫案申請審查意見回復

審查意見	回復情形
一、王根樹主任委員	
1. 北水處推動設置智慧水表已有相當時日，針對推動成果評估其執行狀況、遭遇問題及未來推動方案有其價值。	感謝委員的肯定。
2. 針對智慧水表設置後，是否能達到原計畫推動之目的，包括在供水系統優化上之目的，亦宜有所討論。	北水處推動智慧水表建置，可提供用戶使用手機或電腦查詢即時用水量，有效管理用水方式，達到節約用水，2005年推動迄今已有成效。 另為提升管網智慧化管理，2023年調整以直接表、總表為優先設置，透過小區內直總表安裝，能在短時間內計算出區域水量，有助小區漏水量計算，藉以輔助供水系統，將於期末報告時，透過營運測試2.0執行成果，進行分析。
3. 針對智慧水表設置推動計畫，就北水處而言，其中、長程目標宜有所討論，以利推動計畫各期程工作方案之研擬。	北水處智慧水表推動政策，經2023年檢討後，調整為結合管網管理，以直接表、總表優先安裝為推動策略，並於2024年辦理營運測試2.0以驗測成效推動效益，如推動順利，中程目標將以安裝轄區內直總表、自抄戶為主要對象，以提升智慧水表運用效益。後續長程推動目標將視未來量產後，廠商的單價、設備品質、維運能力及北水處財務狀況等因素，檢討辦理。
二、張順莉副主任委員	
北水處推動智慧水表，歷經大用水戶及公有建物試辦安裝、技術試煉以及營運測試等各階段，積累豐富執行經驗，經由本案有系統地歸納分析，並對未來擴大推動策略提供建議，十分具有研究價值。	感謝委員的肯定。
三、林孟珠委員	
1. 裝置自動讀表後取代人工抄表，爾後在管理模式上如何轉型?並訂定適當管理模式(如稽查頻率)如何即時處理?	1. 裝置自動讀表取代人工抄表後，委外抄表契約內可納入現場巡查作業項目，透過設施巡檢來掌握現場表位及用水情形，加強水栓管理；且可作為自動讀表正確性抽查參考，確保智慧水表營運廠商履約品質。

	<p>2. 現階段因智慧水表業務尚未擴大，可由當年年度抄表作業，以每兩個月一次之頻率進行現場巡檢，後續穩定後，再以半年一次頻率，依北水處指定點位辦理抽檢。</p> <p>另依北水處2024年辦理營運測試2.0採購案，智慧水表建置改以買數據服務、勞務採購方式辦理，除依廠商回傳表現計價外，並透過系統發送警示，由廠商自主接收通知並進行異常管理與障礙排除，以提高處理效率。</p>
<p>2. 裝置自動讀表，投入資金龐大，其效益如何？</p>	<p>1. 現階段北水處辦理智慧水表建置，除可減少人工抄表外，主要效益反映在於即時用水異常警示，透過北水處輔導或用戶自主改善，改善異常用水設備，達到漏水改善、減少水資源浪費效益。</p> <p>2. 為提升智慧水表建置成效，北水處已於2024年結合計量小區，以劃區方式優先安裝區內直接總、總表，以協助管網漏控；另一方面，亦選擇長期自抄戶進行安裝，以提升用戶服務及計量準確度。</p>
<p>3. 照相式與數位傳輸二種讀表方式，其正確率比對、成本比較及效益分析，請提供資料列表說明。</p>	<p>目前北水處僅於技術試煉及營運測試中有使用照相式讀表方式，將於執行成果探討章節中進行相關分析。</p>
<p>四、許敏能委員</p>	
<p>1. 本研究應將系統開發與應用一併說明，方可完整展示推動之歷程。</p>	<p>系統開發應用已納入推動歷程說明，以完整展示智慧水表推動成果。</p> <p>另系統應用部分於第四章有對於系統發現的異常案件態樣及處理進行探討</p>
<p>2. 推動時各階段遭遇問題與解決對策，請說明？所擬定策略及建議等是否可應用於其他自來水事業？</p>	<p>推動各階段成果與因應分別於第三章及第四章說明，擬定策略與建議將運用於2024年度營運測試2.0案內，後續推動成果可提供其他自來水事業參考。</p>
<p>五、柯祖穎委員</p>	
<p>1. 北水處推動智慧水表試辦多年，累計出非常多的經驗與成果，透過這</p>	<p>感謝委員的肯定。</p>

<p>次的研究彙整可以留下非常多的寶貴資料，做為未來研究參考。</p>	
<p>2. 水表自裝置到汰換的生命週期間，傳統表及智慧表在價值工程上存在時間的變化性，現階段來看傳統表與人工抄表可能在財務上優於智慧表，但隨著時間變化此優勢是否可能逆轉，希望在此研究上能有所分析表現。</p>	<p>國內目前就智慧水表推動政策，除離島已有全面安裝經驗外，目前台水公司與北水處均採策略性安裝，且大用水戶多已安裝智慧水表；依北水處現行建置經驗來看，在市場需求數量未擴大情形下，廠商生產無法達經濟規模，設備成本仍未能有效降低，短時間不易達成優勢逆轉。</p> <p>未來如市場需求增加、更多廠商投入研發生產更精簡及穩定之設備以降低成本情形下，加上民眾對於節水意識增加後，或可能成為推動智慧水表實現市場化之契機。</p>
<p>3. 如果要加速智慧表的推動，政府或建築法規上應該要有那些誘因，希望能在研究成果中提出（比如優良管理社區評比、建物拉皮補助）。</p>	<p>目前北水處推動智慧水表，已於2020年起陸續配合修訂「營業章程」、「表位設置原則」、「自來水用水設備審圖、檢驗、設備作業手冊」，規定新建案均需裝設智慧水表，並依「用戶用水設備外線裝置工程費價格表」給付相關裝設費。</p> <p>針對既有建物部分，目前如非北水處劃設裝置對象，須由用戶主動付費申請，目前內政部建築研究所為執行行政院「智慧綠建築推動方案」，頒定「內政部建築研究所獎勵民間建築物智慧化改善作業要點」；另臺北市政府及新北市政府亦逐年辦理「優良公寓大廈評選活動」，內容均納入永續節能、節能減碳議題，後續將再針對法令面研擬可行建議。</p>
<p>六、楊境維委員</p>	
<p>本研究透過蒐集過去北水處 AMD 由技術試煉到營運測試的相關數據案例，提供後續自來水事業單位進行決策及持續推廣探討，結果應相當值得肯定，建議研究主軸仍以試煉與測試之經驗，加上輔導用戶改善用水異常案例分析及大用水戶、公有建物及新建案推動方案等做為後續智慧管網管理之參考。</p>	<p>本研究於第四章針對技術試煉及營運測試結果進行說明，並針對用戶水資源改善效益及智慧水表運作期間異常態樣分節說明，以呈現執行成果，並作為後續推定政策參考之基礎。</p>

第一章、前言

1.1、研究緣起

臺北自來水事業處（以下簡稱北水處）自 2015 年起陸續針對每月用水量超過千度大用水戶、市府新建社宅等，優先試辦智慧水表安裝，爾後因應智慧建築發展，2018 年配合部分民間住宅試辦申請安裝智慧水表，並於 2020 年起推行新建案全面安裝智慧水表。

另一方面，對於既有建物智慧水表換裝政策，考量轄區內水表數量達 168 萬只，數量龐大且環境複雜，須有更多產業供應商共同投入並開發多元化技術，爰於 2019 年起辦理智慧水表技術試煉及於 2020 年起辦理 3 年營運測試，以作為後續擴大推動政策之參考。

智慧水表屬智慧城市推動之一環，惟國內目前除離島外，均未有全面建置之經驗，故本研究期能透過北水處推動智慧水表之歷程梳理，檢視各階段工作辦理成效，同時進行成效分析與問題檢討改善，作為北水處及其他自來水事業未來推動既有建物擴大換裝智慧水表擬定政策之參考。

1.2、研究方法

北水處 2015 年起推動智慧水表，統計至 2024 年 9 月底止，已於轄區安裝大用水戶、府屬機關學校及新建案等不同類型智慧水表 56,862 只，並協助廠商完成 3 梯次共 720 只智慧水表技術試煉及 15,495 只智慧水表營運測試，本研究將透過各階段執行內容進行文獻整理、成果展現，以及個案分析或數據統計，同時納入近期參訪其他自來水事業之交流成果，以達成研究目的，相關研究內容與流程如圖 1 所示。

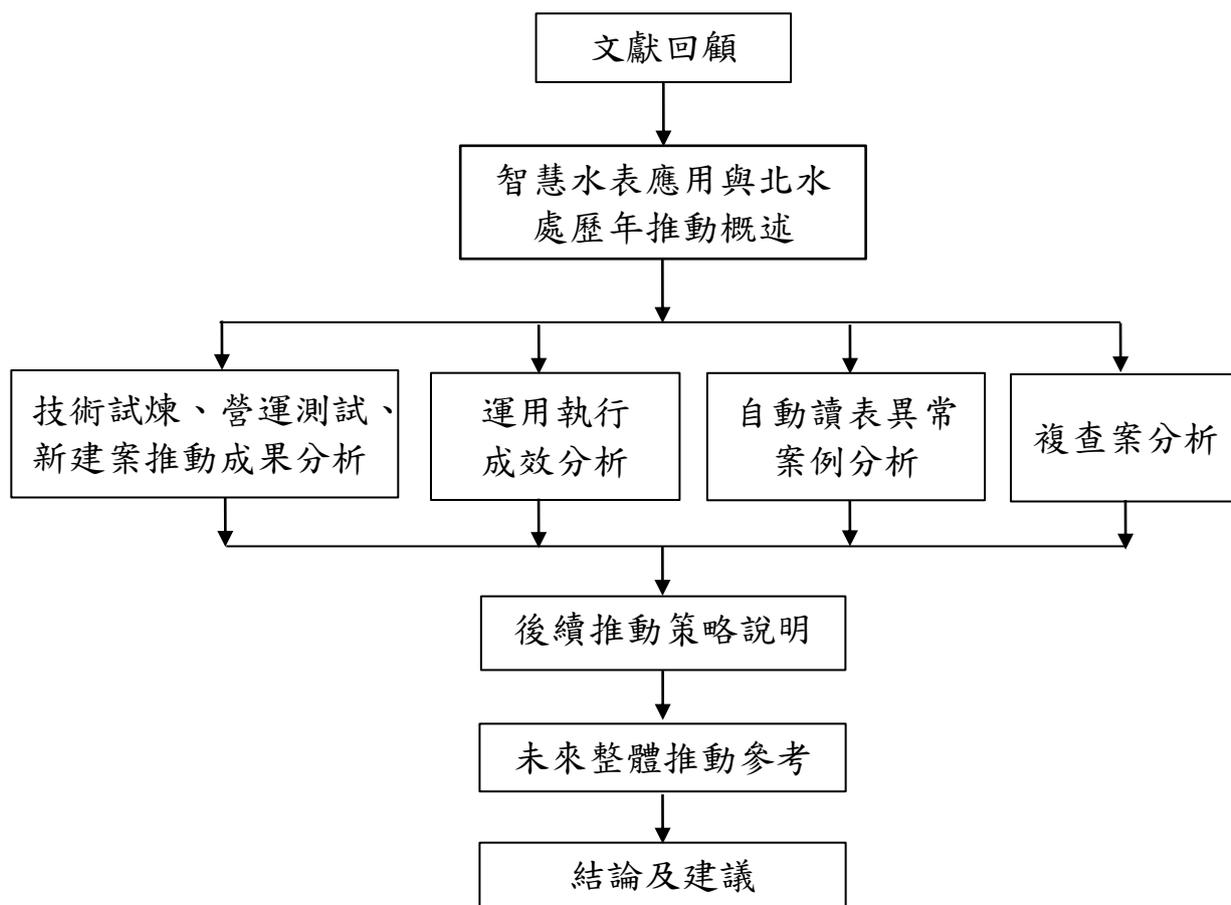


圖 1、研究流程圖

1.3、研究範圍與限制

本研究以北水處供水轄區之智慧水表用戶為範圍，就各階段推動成果報告予以收集分析，並以北水處水費水表營收系統、自動讀表業務管理系統等系統為相關數據來源，研究有下列限制：

1. 用戶用水異常改善成效為本研究展現成果之一，惟用戶內線涉及用戶私人領域，用水異常警示發生時，用戶端如未進一步查找漏水區域，或是發現後仍不為改善，則警示案件及相關樣態無法納入統計。
2. 本研究時間為 2024 年，資料蒐集包含 2015 年起至迄今各項辦理成果，惟 2024 年適逢北水處推動營運測試 2.0，案件雖

已於 2024 年 6 月 16 日決標 4 項次，但廠商安裝完成時間已至 2025 年，智慧水表傳輸率僅能依完成數量彙整計算，尚無法呈現不同供水方式及建物環境對智慧水表傳輸影響，且搭配小區計量管理成效因時程不及，無法展示說明，為本案限制因素。

1.4、本研究預期研究成果

1. 針對北水處於智慧水表推動各階段實施目的、推動方式及辦理情形等進行歷程梳理與展示，提供同仁後續執行推動之參考。
2. 透過既有智慧水表用水異常改善案之水資源效益分析及用戶服務效益分析，同時結合管網管理，找出智慧水表優先換裝推動標的，提升整體成效，並作為後續推動建議參考。

第二章、文獻回顧

2.1、智慧水表介紹

2.1.1、水量計介紹

「水量計」（俗稱水表，內文統一以水表說明）是自來水事業計量計費之基礎，為經濟部依據「度量衡法」所公告的法定度量衡器之一。水表於國內製造或國外輸入前須向度量衡專責機關「經濟部標準檢驗局」（以下均稱標檢局）申請型式認證之認可並取得證書，且檢定合格期間將由標檢局不定期進行檢查；依「智慧水網發展探討：智慧水表之應用研究」（林志麟等，2019）內文指出，水表多指測量封閉管道中之自來水且具備流量顯示之儀表設備，可作為自來水交易、證明、公務檢測、環境保護、公共安全等方面依據，在臺灣依據國家標準 CNS14866-1（標檢局，2017a）定義，為「水表適用於被定義為積算量測的儀器，不論其技術，可連續測定流過之水體積之水量計」。另經濟部公布之「水量計型式認證技術規範第 4 版」（標檢局，2022）及「水量計檢定檢查技術規範 CNMV49」（標檢局，2024）則均將水表定義為「用來連續量測、記錄以及顯示流經量測傳感器之水體積量之量測儀器，其指示裝置與水量計應為不可分離」。

另從水表計量原理來看，依「水量計型式認證技術規範」分為「容積型水量計（volumetricmeter）」、「速度型水量計（velocitymeter）」及「渦流式水量計（vortexflowmeter）」，依「水量計檢定比對研究」自行研究計畫（經濟部標準檢驗局新竹分局，2014）介紹如下：

1. 容積型水量計

容積型水量計是由已知容積之容器及藉水流驅動之機構所組成的一種裝置，適用於封閉導管，因此這些容器是以連續地充水及變空，指示裝置藉著計算通過此裝置的容積，總

和其流量體積。一般工業上常見的正位式流量計（positive displacement meter）即是屬容積型水量計。

常見的容積型水量計包含往復式活塞式、橢圓齒輪式、腰輪式、轉動葉片式、雙轉子式、擺動圓盤式及旋轉活塞式等類型，優缺點介紹如下：

(1) 優點

- A. 容積型水量計計量精度高。
- B. 不受旋轉流、管路阻流件及流速場的影響。
- C. 沒有前置直管段要求。
- D. 無需外部能源，可直接獲得累計總量，操作簡單。
- E. 計量特性隨時間產生計量偏差性能優。

(2) 缺點

- A. 結構較其它型式複雜。
- B. 量測室（chamber）是由內部可動件和固定外殼所組成，兩者之間必存在些許間隙，即會有少量流體由間隙流過（滲漏量產生）。
- C. 體積亦較大（重），僅適用於中、小口徑之水量計。
- D. 壓損較大。
- E. 運動元件若卡死，流體即無法通過，造成斷流，管路就不能使用，故對水質要求較高。
- F. 產生的噪音及振動較大。

2. 速度型水量計

速度型水量計是由水流速度直接移動運動元件所組成的一種裝置，適用於封閉導管。運動元件的移動藉由機構或其他方法傳送至指示裝置，由指示裝置總和流動體積。屬間接量測，如一般之流轉式流量計（current-type meter）即是屬速度型水量計。國內自來水事業大多使用此類型水表。

常見的水量計類型包含「單一噴嘴水量計（single-

jetmeter)」、「多重噴嘴水量計 (multi-jetmeter)」及「奧多曼水量 (woltmannmeter)」等；其優缺點說明如下：

(3) 優點

- A. 結構較輕巧，安裝維護方便。
- B. 重複性好，短期重複性可達 $\pm 0.05\%$ 至 0.2% 。
- C. 輸出脈波頻率訊號，可適於總量計量。
- D. 使用流率範圍大。
- E. 可製成插入型式，適用於大口徑量測。

(4) 缺點

- A. 計量曲線特性差，難於長期保持，需定期校正。
- B. 水量計受上游流速場分佈變化及旋轉流影響較大。
- C. 不適用於脈動流或混相流量測。
- D. 對流體清潔度要求高。

3. 渦流式水量計

渦流式水量計是一種可以連續地決定流過它的流體體積之整合、自足之量測儀器，係利用一個安裝在管道內之鈍型體（稱為漩渦致發器, vortexshedder），使用有偵測裝置偵測流體流經該鈍型體所產生渦流溢放之頻率（頻率約正比於流體速度），以計算出管道內流體流過之體積。

另一方面，在國際上依水表計量原理可簡易分為機械式水表與電子式水表。依據舊版 CNS14866-1（標驗局，2004）之定義，機械式水表為「利用一種直接的機械程序，包括使用具有可移動壁的體積容器（容積型水量計）或利用水流作用在運動機件的旋轉速率（速度型水量計）來量測」；2012年所公布的 CNS14866-1（標驗局，2012），則首次將電子式水表納入規範，定義其為「依電器或電子原理及依機械原理結合電子裝置，用以計量冷飲水及熱水實際體積流量之水量計」。

目前依中華民國國家標準 CNS14866 之規範，將水量計區分為 A、B、C、D 等 4 種計量等級作為型式認證的基礎規範，不同等級與口徑有其相對應的流量範圍與計量精確度；水量計等級 D 為最高，A 級最低，目前標檢局認可水量計型式中，僅有 A 至 C 等 3 種等級水表。另以目前一般常用 B 級表與 C 級表比較，在水量計界定 $N < 15$ （即口徑 40mm 以下之水量計），B 級表 Q_{min} （最小流量） $= 0.02N$ ，C 級表 $Q_{min} = 0.01N$ ，即代表 C 級表相較 B 級表具有較微小流量之量測能力。因 C 級表之技術規範、設計規格等相較 B 級表更為嚴謹與精密，其計量準確性相對較高。

目前國內主要水表生產分為 B 級機械表及 C 級電子表，其中 B 級機械表主要應用於用戶小口徑（13mm 至 40mm）水表換裝，另 C 級電子表則多應用於 50mm 以上大口徑水表，以北水處而言，過去為改善帳面漏損，已於 2010 年起分年度將口徑 50mm 以上水表逐步汰換可靈敏偵測較低進水量的 C 級表，目前大口徑水表均採 C 級表進行換裝；另台灣自來水股份有限公司（以下均稱台水公司）亦於 2013 年以後將 50mm 以上水表改採用橫軸奧多曼式 C 級表於現場運用（黃心怡等，2022）。

2.1.2、智慧水表定義

依「智慧水表之建置與應用發展」研究計畫（陳曼莉等人，2016）研究指出，第一代的智慧水表興起於 1960 年代，屬於「單向」（OneWay）資訊擷取模式，主要以手持接收設備、車載裝置至水表端擷取訊息，或由水表端主動發送訊號至管理端，所建置之資料擷取架構稱為「自動讀表系統」（Automatic Meter Reading, AMR）。

新一代的智慧水表則具有「雙向」溝通（Two-Way

Communication) 功能，除了水表端發送資訊至管理端的單向傳輸管道之外，管理端更有反向喚醒或設定水表端某些功能的管道，所建置之架構則稱為「先進讀表基礎建設」(Advanced Metering Infrastructure, AMI)。

AMR 與 AMI 兩個名詞在國內外有混用的情況，定義並不嚴格，某些具有雙向溝通的 AMI 系統仍被稱作 AMR。臺灣經濟部標準檢驗局制訂之自動讀表系統 CNS 標準 (CNS 14273)，適用於水、電、瓦斯表，雖然讀表界面 (Meter Interface Unit, MIU) 已含雙向溝通功能的水準，但仍以 AMRS (Automatic Meter Reading System) 稱呼之。

隨著科技的日新月異，水表端的功能逐漸發展至遠端讀取水表累積流量、壓力、溫度，管理端遠端設定更新水表... 等功能。但無論 AMR、AMI、SWM 系統下所用的水表，水表或表組應至少需搭載傳輸模組 (有線、RF、WiFi、4G.....) 之功能，擁有這樣功能之水表已可稱智慧水表。

智慧水表與其後端的讀取設備、傳輸網路、應用軟體是相輔相成的，無法各自獨立使用，所構成的系統不論稱為 AMR、AMI 或 SWM，主要的功能有下列四項：

1. 擷取表計值

取代人工抄讀作業,減少錯誤判讀、謄寫，更為不易抄見之屋內表的良好讀表方案,以達成降低人工成本、提升計費數據之正確性、縮短計費周期...等。此功能為歐美自來水事業發展智慧水表的初衷。

2. 監控用水量

對於大用水戶，不僅能監看 (Monitoring) 更能控制 (Control) 其用水情況，以線上即時訊息管理用戶，取代過去頻率偏低的拜訪式抄表 (人工抄表或車輛 drive-by 讀取)，以防止不易察覺的漏水情事。此功能之概念主要由工

業界的製程監控而來。

3. 服務與溝通

利用智慧水表與 AMR/AMI 系統的連續紀錄功能，察覺用戶端的異常行為，而提早告知用戶進行處置。例如連續不停用水可能為內線漏水、獨居老人或殘疾者多日無用水紀錄可能已經臥病無法行動。此功能使得精緻化客戶服務在未來得以推行。

4. 數據分析應用

系統所擷取的資訊不停湧入，除了可用於即時監控，所累積成的大數據庫更是隱含寶貴資訊等待挖掘，包含用戶用水行為、水量供需狀況、水表準確性衰退、水表口徑匹配性等，結合 GIS、MIS、SCADA 等資料庫加值分析後更有無限可能。此功能為自來水事業水量調度、計畫預測、水理分析、水表管理之利器。

智慧水表之自動讀表系統架構，係由「水量計」搭配相關之不同模式「讀表通訊模組」共同組成，透過讀表通訊模組技術（如電子訊號直接傳輸、表盤面指示器影像辨識、脈衝訊號計數），可讀取水表數值，並將資料透過無線網路傳輸技術，傳送至管理單位既有或新開發的平台，達成自動資料傳輸功能，其架構依 CNS14273 規範如圖 2 所示，依北水處採購規範說明，以圖 3 圖例表示。

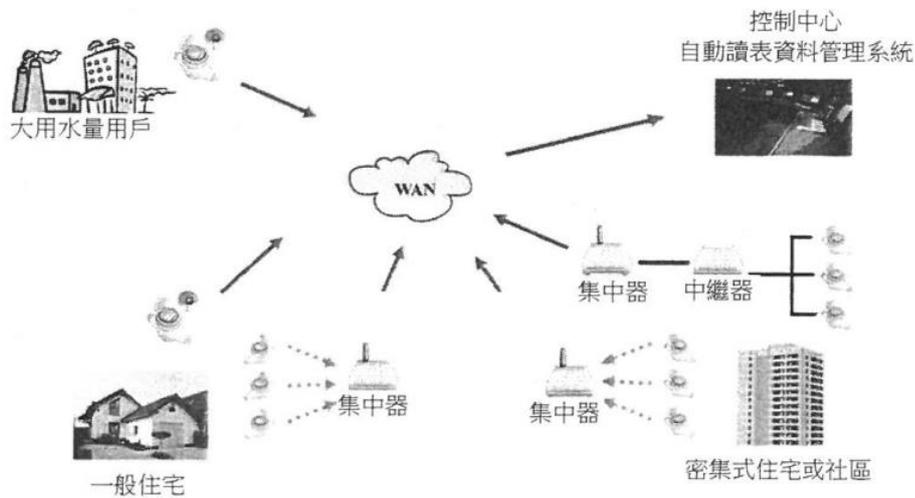


圖 2、水表自動讀表系統架構示意圖

資料來源：CNS14273（經濟部教準檢驗局，2017）

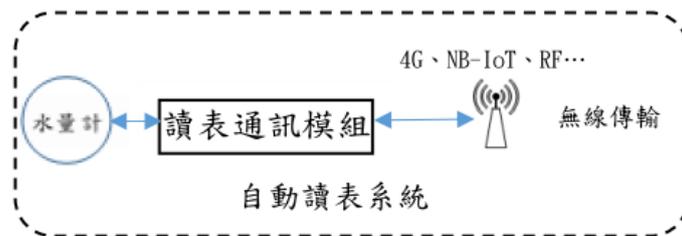


圖 3、北水處採購規範自動讀表系統圖例

另通訊模組依照讀表數值收集形式，可分為單一水表搭配一只傳輸介面之直接傳輸型（下稱單傳），或者多只水表搭配一只傳輸介面以完成訊號傳輸之集中傳輸型（下稱集抄）。透過自動讀表功能，用水量數據可完成可視化，管理者可即時監測區域用水狀況，以便及早發現異常狀況並進行改善。

2.1.3、無線網路傳輸技術分類與應用

網路層利用無線網路進行物聯網架構中感知層與應用層之溝通，依據北水處 2020 年自行研究計畫「智慧水表 POC 成效之研究-以臺北自來水事業處為例」內文指出，在智慧水表

的傳輸需求中，基本上可以分為 3 種，第 1 種是直接將水表資料回傳（直接傳輸到資料庫，資料量較小）、第 2 種是集中水表資料（水表短程傳輸到 Gateway）、第 3 種是集抄後將所有水表資料回傳之集中傳輸（Gateway 傳輸所收集到所有水表資料到資料庫，傳輸量較大）。

在物聯網的網路技術分類中，可以從傳輸的距離面向以及資料傳輸速率面向來進行象限的大致分類，在距離面向分為短距離以及長距離；而在資料傳輸可以分為低傳輸率及高傳輸率等初略之二分法。劃分出之包含第一象限（長距離高傳輸率）；第二象限（長距離低傳輸率）；第三象限（短距離低傳輸率）；第四象限（短距離高傳輸率）等（如圖 4），個別特性分述如下：

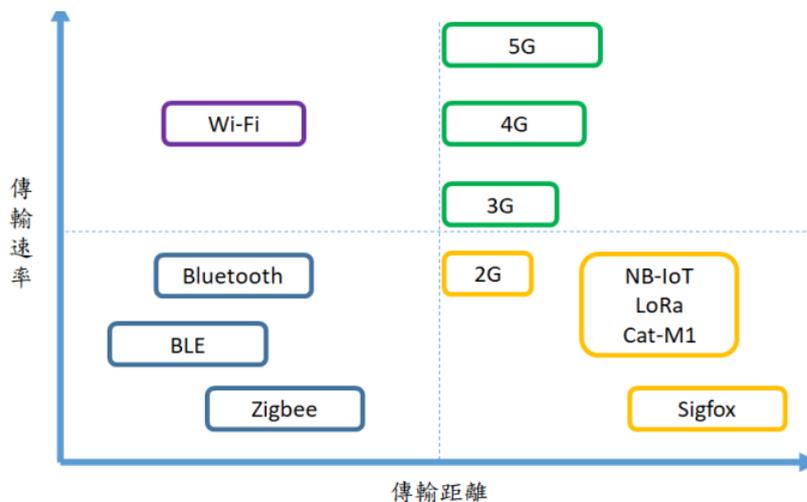


圖 4、通訊技術之傳輸距離與速率分佈圖

資料來源：智慧水表 POC 成效之研究-以臺北自來水事業處為例（邵功賢等人，2020）

1. 第一象限：長距離高傳輸率

包含 5G、4G、3G 等幾種無線傳輸技術，傳輸距離可達數公里以上，資料傳輸量可達 300 kbps 至數百 Mbps；其中 3G 為第三代行動通訊技術（3rd generation），因 4G 技術的使用而逐步淘汰，至 2024 年 3 月 30 日，臺灣 3 大電信業者宣

布將於 6 月 30 日完全中止服務。

(1) 4G：

4G 的全名是第四代行動通訊技術 (4th generation)，是 3G 之後的延伸，亦為目前 (2020 年) 應用最廣泛的無線傳輸技術，相較於 3G 及 5G，是目前基礎建設最完整的傳輸技術，其長距離及高速之傳輸速率，可以提供智慧水表包含集抄數據回傳、影像回傳等應用。

(2) 5G：

5G 的全名是第五代行動通訊技術 (5th generation)，是最新一代的行動通訊技術，也是 4G 的延伸技術，未來能成為物聯網的基礎網路建設技術。5G 具有高速度、低延遲、多連結之特性，最高傳輸速度可到 1Gbps，下載影片或傳輸大量資料可減少許多時間，惟現階段建置成本仍高。

2. 第二象限：長距離低傳輸率

(1) LPWAN

智慧水表傳輸以回傳用水度數及管理資料為需求，實際上所需要的傳輸資料並不多，再加上水表的分布距離是非常廣大的，因此在無線集抄甚至是回傳的時候，LPWAN (Low Power Wide Area Network, 低功耗廣域網路) 技術進而蓬勃發展，因其資料量少、長距離傳輸及省電的特性，在物聯網應用領域中極具競爭力。LPWAN 技術傳輸距離可達數公里至 20 公里，只要幾個基站就能覆蓋大面積的訊號範圍，因此能縮減佈建成本；另可採電池或市電作為電力來源，更是比 WI-FI 及 4G 等節省電力，亦可省略了電力佈線問題，讓感測器的安裝步驟更簡易。

目前市面上推廣的 LPWAN 技術分別是 LoRa、Sigfox 和 NB-IoT，這三種技術具有各自的優勢，其中 LoRa 與 Sigfox 等技術都具有長距離、低功耗的特點，可延長電池壽命，形

成大範圍的訊息傳輸；其次，兩者使用免執照頻段，不需額外付出授權費用，可節省通訊成本，且由於電子晶片製造技術的突破，兩項技術的硬體製造成本不斷降低。

(2) LoRaWAN

是由各產業聯盟共同推動的網路標準，提供開放式技術，只要取得關鍵內容，就能開發個別應用。LoRa 好比小型的私人網域，傳輸距離最遠可達 20 公里，只要掌握技術，就能自行架設基站，自由度更高。考量實務上設站的區域性，目前北水處廠商運用 LoRa 技術並非作為終端設備使用（回傳資料），而是作為集抄的手段，利用 LoRa 技術長距離的特性，將不同棟大樓的頂樓水表，以遠端傳輸至某一終端設備（Gateway）後，再以 4G 或其他技術回傳到資料庫，可有效降低成本。

(3) Sigfox

Sigfox 是由法國公司自行開發的技術，負責核心網路的營運和布建，並在全球進行網路基地部署，目前已能同時在 36 個國家使用可連結的網域和設備。以類型來說，Sigfox 是以全球為營運目標，不斷擴展網路基地的藍圖，可提供使用者既有的網路佈署及雲端服務，但平台方案完整，不須額外布建網路，資料可以無需進行集抄就直接以低廉的價格進行回傳，比如在臺灣產業已經啟用的 Sigfox，月租費最低只要 2 元（依通訊量而定）。

Sigfox 的傳輸距離可達 50 公里，是 3 種技術當中範圍最廣的。不過為達到低功耗的目標，LoRa 和 Sigfox 的每日傳輸次數都有限制，一天當中的傳輸時間很短，適合發揮在沒有即時通訊需求的領域，比如每日固定回報數據的感測器，可測量溫溼度、PM2.5 等特定環境數據，藉由長距離、少次數的傳輸型態，形成較大面積的物聯網應用。

(4) NB-IoT

是由 3GPP (3rd Generation Partnership Project) 組織所制定的技術，使用需授權的 GSM 和 LTE 頻段，意即 NB-IoT 必須藉由電信產業買下頻段授權，使用者只能透過電信業者或第三方代理商取得授權技術和頻段，才能使用相關服務。NB-IoT 優勢是因為由現有電信業者推出的技術，不需重新布建網路，只要更新軟體，就能使用現有的 4G 電信基地台和相關設備；另一方面，採用電信級的網路，在通訊品質和訊息安全性擁有高度的保障。

(5) Cat-M1

使用現有的 LTE 網絡進行操作，但是不同於 NB-IoT (NB-IoT 使用未使用的頻譜或著位於保護頻帶中的頻譜進行操作)，Cat-M1 在與用於蜂巢應用中的相同 LTE 頻帶內進行工作。其優點之一是它具有從一個小區站點向另一個小區站點之間切換的能力，這使得可以在移動應用中使用該技術 (為智慧水表係固定式，尚無需此一優點)；而 NB-IoT 不允許從一個小區站點移動切換至另一個小區站點，因此只能用於固定應用，即僅限於單個小區站點覆蓋的區域內的應用。由於 Cat-M1 技術能夠與 3G 和 4G 行動網路共存，因此具有行動網路的所有安全和隱私功能的優點，例如支持用戶身份保密性，實體認證，機密性，數據完整性以及對移動設備鑑定的功能等。

3. 第三象限：短距離低傳輸率

bluetooth (藍牙)、ZigBee：在其他無線通訊技術裡，bluetooth (藍牙)、ZigBee 這幾類較早推出的應用已經在各自合適的領域中得到發展，因為短距離及較少傳輸資料的特性，多用於個人週邊的無線通訊運用。

4. 第四象限：短距離高傳輸率

WI-FI：適用於大資料量的傳輸，比如影音傳輸或者 AR/VR 等領域，同時也是一般無線網路的基礎，惟耗電量大為其缺點。

2.2、國內外智慧水表推動

歐美國家最早發展智慧水表以解決抄表人力與供水管網調配，除發展自動計量外，更有運算分析功能，有效降低區域漏水量；由 2018 年 MarketsandMarketsTM 公司的全球智慧水表市場分析與預測，到了 2020 年全球智慧表與自動讀表市場的佔比，將以北美與歐洲最多，分別約佔全球市場的 2/3 及 1/4，合計約佔全球九成，詳圖 5 所示。而根據該公司 2022 年 12 月發布的報告，預測 2022 年至 2027 年間，亞太地區將成為全球智慧水市成長最快的地區，其次是北美和歐洲。

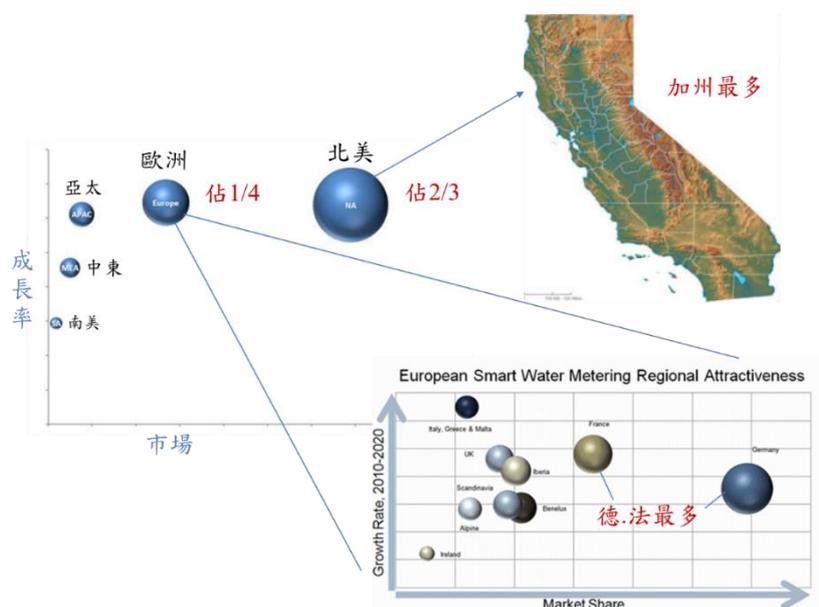


圖 5、智慧水表國際發展趨勢

資料來源：智慧水表 POC 成效之研究-以臺北自來水事業處為例（邵功賢等人，2020）

2.2.1、歐美國家推動情形

1. 北美發展經驗

(1) 加州舊金山灣區聯盟與谷區水務聯盟推動狀況

加州舊金山灣區 (San Francisco Bay Area) 由 26 個水公司各自服務當地用戶，這些水公司組成「灣區聯盟」BAWSCA (Bay Area Water Supply & Conservation Agency) (詳圖 6 所示)，聯盟成員只提供用戶給水、管網操作維護、抄表收費及客戶服務，而無水源及淨水廠，其自來水統一由舊金山公用事業處 SFPUC (San Francisco Public Utilities Commission) 由東邊山區的水源區以大型輸水管送至灣區，並沿線以大表批量販售給 BAWSCA 成員，另亦有位於舊金山市直接服務的區域及用戶。SFPUC 的供水範圍全部人口高達 270 萬，舊金山市則有 17 萬個用戶，居民約 87 萬人。

舊金山灣區的南方也有許多水公司組成「谷區聯盟」(Valley Water)，其中聖塔克拉拉、聖荷西為較大的水公司，人口也比較多，詳圖 7 所示，由於兩個聯盟彼此南北相接，因此居於中間的 9 個水公司便同時加入兩個聯盟。

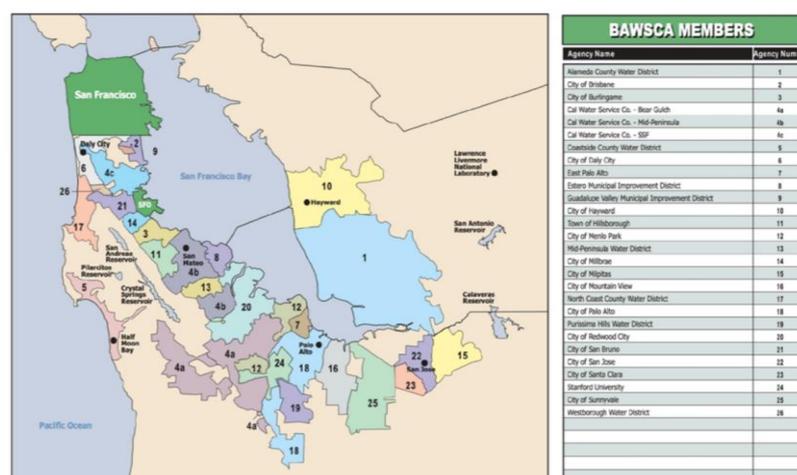


圖 6、舊金山灣區聯盟 BAWSCA 水公司分布與清單

資料來源：智慧水表 POC 成效之研究-以臺北自來水事業處為例 (邵功賢等人, 2020)

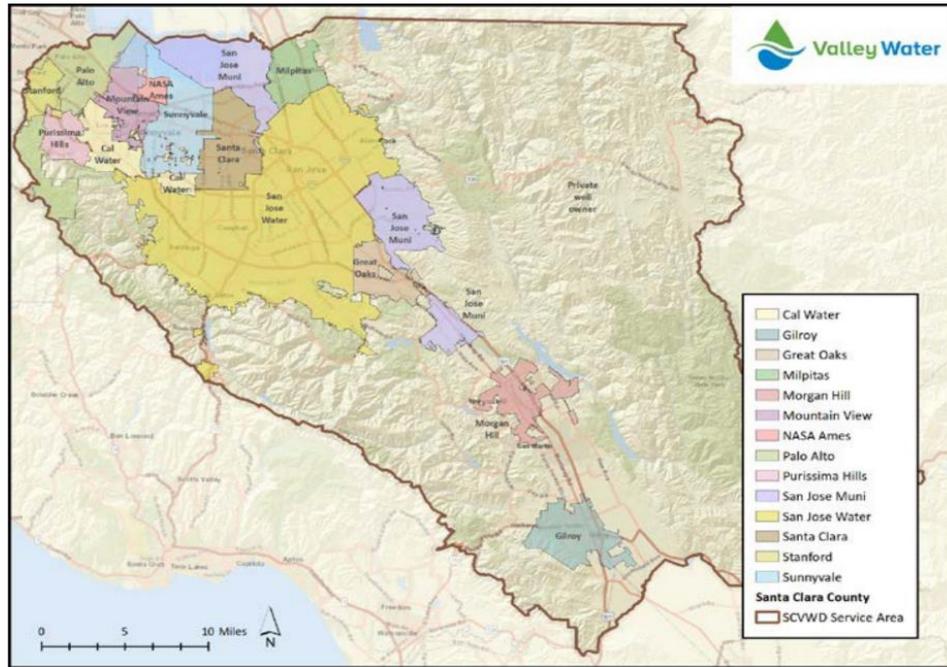


圖 7、谷區水務 Valley Water 聯盟水公司分布與清單

資料來源：智慧水表 POC 成效之研究-以臺北自來水事業處為例（邵功賢等人，2020）

2019 年 BAWSCA 的工作小組委託顧問公司調查了 BAWSCA 及 Valley Water 聯盟成員，共計有 29 個水公司，分析區域智慧水表的運用現況，並瞭解成員對未來發展與合作計畫的看法。

由表 1 的統計表可看到，兩個聯盟的成員已經廣泛使用自動讀表技術，其中過半水表透過固定通訊網傳輸與透過手持或車載無線讀表的水公司，分別為 11 家與 4 家，還有一種透過手持讀表器，觸碰具有感應線圈的遠隔顯示器，藉以讀取表頭度數（Touch Pad 讀表技術）也佔了 4 家，但是過半採用傳統的人工抄表仍有 10 家水公司。

大體上來看，BAWSCA 聯盟採用智慧水表的比率遠高於南邊的 Valley Water 聯盟。而 BAWSCA 聯盟更有 3 個水公司已經全面升級為 100% 安裝智慧水表，其中有 1 家水公司對商業大用戶全面採智慧水表，住宅區也安裝了 3 成；比例最少的為聖荷西，僅有 1% 水表安裝智慧水表（聖荷西也同時加入

了 Valley Water 聯盟) (詳圖 8)。整個灣區及谷區，僅有 7% 水公司對智慧水表不感興趣，其餘 93% 有興趣，圖 9 為高度興趣的成員，37% 已經安裝智慧水表，38% 正在規劃或試辦之中，因此在這個區域內智慧水表不但已經站穩腳步，而且未來市場的成長將十分可觀。

即便灣區的成員們對願景充滿期待，但仍有大部分成員認為以水公司內部的問題較為嚴重，包含 31% 缺少足夠經費、43% 不確定效益、44% 的水公司缺少重新打造計費系統的知識，另 53% 欠缺執行計畫的人力與人才，因此可見，但本次調查仍有隱憂及共同的挑戰。

表 1、灣區 BAWSCA 與谷區 Valley Water 聯盟成員讀表技術之比例

	AMI >50%	Manual/ Visual >50%	Touchpad >50%	Mobile AMR >50%	
TOTAL	11	10	4	4	29
BAWSCA	7	2	4	2	15
Valley Water	2	3	0	0	5
BAWSCA/Valley Water	2	5	0	2	9

資料來源：(摘錄)智慧水表 POC 成效之研究-以臺北自來水事業處為例 (邵功賢等人，2020)

BAWSCA Agency	Current Percentage of Accounts on AMI Systems
Estero	100%
Hillsborough	100%
Westborough	100%
San Bruno	100% commercial and 30% commercial
Stanford	95%
Mid-Peninsula Water District	67%
Redwood City	60%
Purissima Hills	52%
Hayward	50%
Coastside	10%
Sunnyvale	2%
San Jose	1%

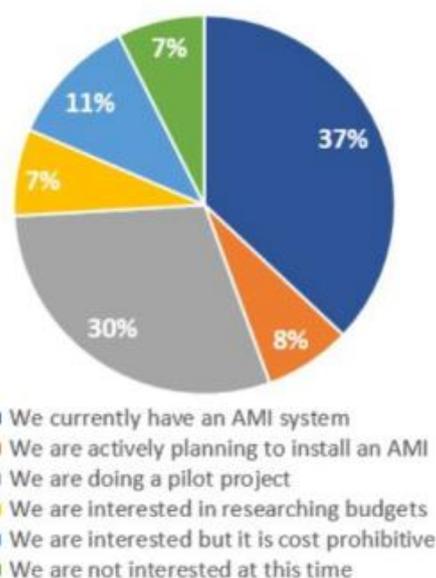


圖 8、灣區 BAWSCA 聯盟成員使用智慧水表之比例與傾向

資料來源：智慧水表 POC 成效之研究-以臺北自來水事業處為例 (邵功賢等人，2020)



圖 9、灣區 BAWSCA 與谷區 Valley Water 聯盟成員對共同計畫合作意願
 資料來源：智慧水表 POC 成效之研究-以臺北自來水事業處為例（邵功賢等人，2020）

(2) 舊金山計畫的成功經驗

舊金山公用事業處 SFPUC（San Francisco Public Utilities）推動自動讀表 Automated Water Meters，使用無線固定網絡系統部署了 Aclara 固定網絡 AMISTAR®系統（Aclara Fixed Network AMI STAR® System,），其中水表採用正位移式（Positive Displacement）容積型機械表，表頭內建訊號輸出纜線，出廠時與水表傳輸單元 MTU（Meter Transmission Units）相連而成為智慧水表（詳圖 10 左上及左下）；智慧水表採每小時收集水表讀數，並於每 6 個小時透過 RF（Radio frequency）射頻發射訊號，將讀數發送到數據蒐集單元 DCU（Data Collector Units）收集，舊金山全市共有 81 個數據收集器位於 SFPUC 設施以及市有電線桿和屋頂上，並將水表讀數傳輸到 SF Water, Power 和 Sewer 的 AWMP 數據庫中，SFPUC 計費系統將使用數據來計算用水量並製作帳單；此外 SFPUC 於 2014 年 5 月啟動「My Account」，用戶可透過網頁介面至系統平台查詢用水資訊。目前舊金山的 178,000 個用戶

中的幾乎所有水表都設有智慧水表傳輸單元。



圖 10、舊金山 SFPUC 的容積型水表、MTU、現場整合於表箱蓋
資料來源：智慧水表 POC 成效之研究-以臺北自來水事業處為例（邵功賢等人，2020）

舊金山 SFPUC 的 AWMP 計畫（Automated Water Meter Program）源起於 2006 年 10 月，機關先依需求提出初步徵求建議書（Request for Proposal, RFP），公告後納入最新研究與細部規範擬定，再據以修訂為第 2 階段 RFP。上網公告取得廠商的服務建議書之後，進行半年的提案評估選定最有利廠商，SFPUC 於 2009 年批准啟動議約程序，半年後決標，經董事會核定後，得標廠商 Aclara 於 2010 年進行 1.1 萬只水表的試作（Pilot Phase），確保 DCU、MTU、資料平台、施工班運作無虞，接著 2011 年完成第一階段累計 5.8 萬只，2013 年完成第二階段累計 17.2 萬只，2015 年最後收尾累計 17.8 萬只，廠商於當年 3 月將水表、通訊網路、後端平台點交給公用事業處。

該計畫由擬定兩階段 RFP，開始了長達 8 年半的工作，詳圖 11，由委外廠商把所有 17.8 萬個機械表，汰換為新的智慧水表、取代人工讀表，系統能夠每小時紀錄一筆數據、每天回傳一次。採用的標案執行模式為統包，Aclara 為統包商，通訊設備及接收平台為 Aclara 的產品，分包商 Elster 為水表供料，團隊成員也包含水表安裝工班，不由機關員工拆裝。

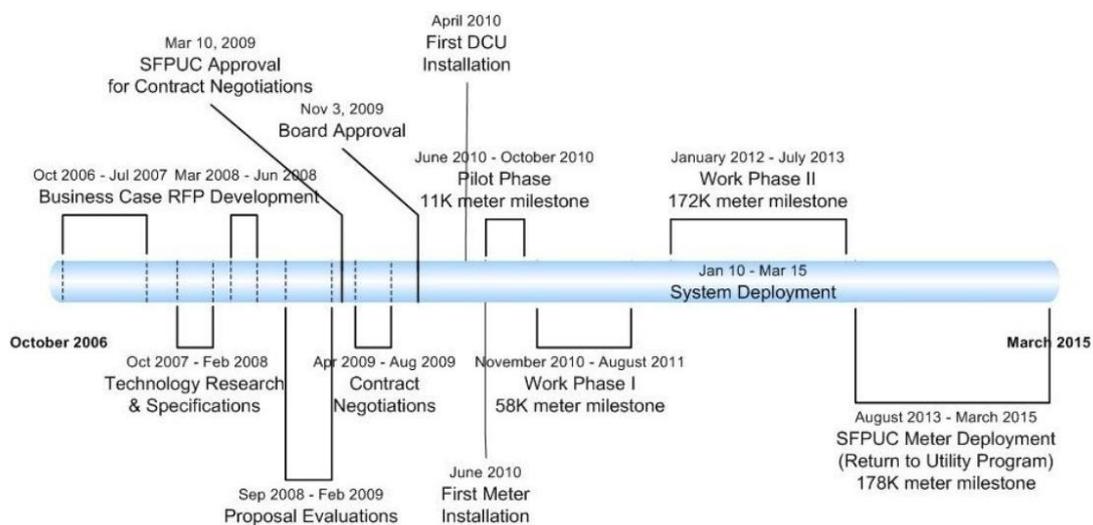
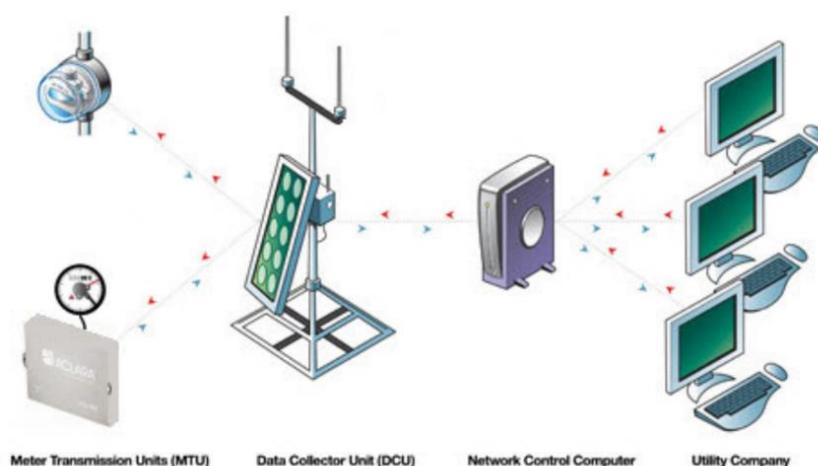


圖 11、舊金山 SFPUC 的智慧水表計畫推行里程碑

資料來源：智慧水表 POC 成效之研究-以臺北自來水事業處為例（邵功賢等人，2020）

SFPUC 的供水範圍包含灣區及舊金山市，全部人口高達 270 萬，舊金山市的 17 萬個用戶約 87 萬人為 SFPUC 直接服務的區域（稱為 Retail Sale），也是安裝智慧水表的區域，其餘灣區 SFPUC 只賣水給當地水公司（Bulk Sale），由 BAWSCA 聯盟 26 個水公司各自服務當地用戶，但 SFPUC 並未加入 BAWSCA，而是自己經營。SFPUC 的業務包含了上下水道、供電三大項目，因此透過本次智慧水表的建設，未來電表的自動讀表也可利用這一套固定網路回傳數據，如圖 12 所示，不必再另建一套通訊系統，達成水電雙表整合共用

系統的目標，省下電表人工抄表費。



1. Meter Transmission Units

Connected to each meter

2. Data Collector Units

On poles or rooftops throughout the City

3. Network Control Computer

Located at SFPUC and integrated with CC&B

圖 12、舊金山 SFPUC 自建 Fixed Network 未來可收集自家水電雙表
資料來源：智慧水表 POC 成效之研究-以臺北自來水事業處為例（邵功賢等人，2020）

DCU 為固定網路關鍵設備之一（如圖 13），DCU 有兩根天線，其中 1 根是以 467MHz 接收水表 MTU 傳來的資料，另根天線以 462MHz 發布時間同步訊息給水表 MTU，以確保每個水表的時間經過校正。水表數據收集完成後，DCU 就透過 SIM 卡以 840MHz 頻段傳送數據給電信業者基地台，再由電信業者以網際網路將封包送入 SFPUC 指定系統頭端（Head-end）的網路 IP 地址，完成數據傳遞。由於舊金山很重視電磁波對人體的影響，雖然設備均通過聯邦通訊委員會（FCC）認可，電磁波的暴露風險很低，但 SFPUC 仍委託量測讀表發射器 MTU、集中器 DCU，發現電磁波極低，對人體毫無影響，詳圖 14 所示，不但遠低於 FCC 的暴露標準，若與其他常見家電、手機比較，電磁波暴露強度也遠低於這些設備，安全無虞。

此外，用戶可連上官網登入 My Account 查詢自己水表的度數，下載每小時、每天、每月的用水報告，查看用水情況並發覺是否有漏水，SFPUC 宣導品「漏水指南」教導用戶自主管理、運用智慧水表抓漏的方式很像北水處的「水管家」。

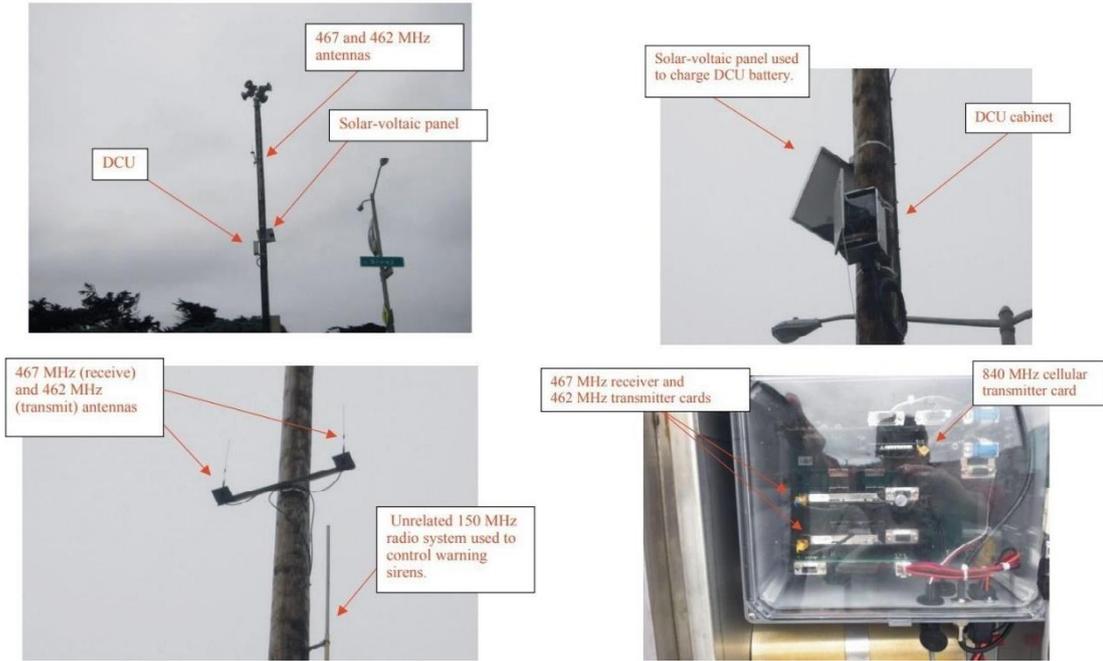


圖 13、舊金山 SFPUC 的 DCU 接收裝置

資料來源：智慧水表 POC 成效之研究-以臺北自來水事業處為例（邵功賢等人，2020）

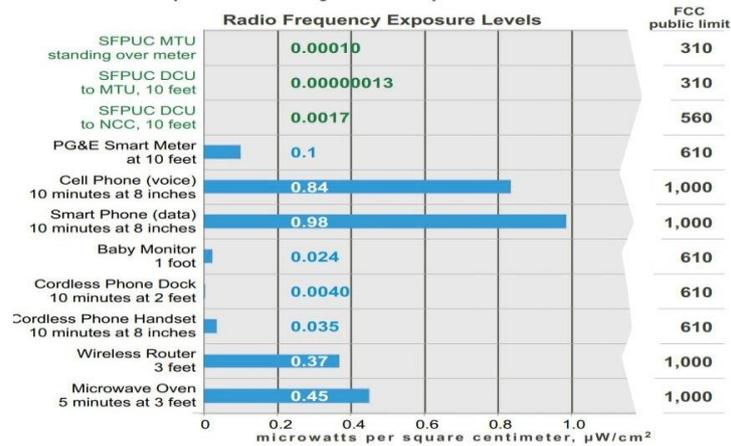


圖 14、SFPUC 委託量測 MTU 及 DCU 的電磁波強度數值（綠色）

資料來源：智慧水表 POC 成效之研究-以臺北自來水事業處為例（邵功賢等人，2020）

2. 加拿大發展經驗

加拿大自來水源取自於地下水，以及湖泊和河流等地表水，其供水服務由市政府提供，水費由市政府收取，或者可向委託公司繳費，因應居住的城市，計算方式可能不同。依 IWA 2022 年公布資料，加拿大平均水價約每度 63.16 元新臺幣（以家戶全年使用 200 度水之水費為比較基準，周國鼎，2023），其推動說明如下。

(1) 加拿大智慧水表推行近況

成立於 1998 年的「加拿大上下水道標竿比對網」（National Water and Wastewater Benchmarking Initiative Network, NWWBI）共有 55 個市政水務公司參與其中，成員橫跨全加拿大，可讓國內的水務機構有了統一的標竿指標，互相學習、比對。2018 年艾伯塔省（Alberta）的卡加利市（Calgary）委託顧問公司進行全國水表計量技術的比對，便使用了 NWWBI 的資料與 KPI 進行分析，項目包含水表形式、安裝方式、水費結構、用水量、水表調校等。

加拿大許多水務公司已經使用自動讀表，透過 Walk-by 及 Drive-by 的方式收集數據，有部分水務已經自行建構 Fixed Network 通訊網路，透過免人工的智慧水表自動收集資料（詳圖 15），但許多水務公司因欠缺資金無法全面升級。

大約在 1950~1960 年代，加拿大經歷一波水表升級，已將大部分人工直讀式（Direct Read）水表升級為脈衝輸出表，也有一些加裝遠隔顯示器（Touchpad），透過接觸遠隔顯示器感應取得表頭編碼數據，這一波汰換讓自動讀表技術開始發展，但仍需人工攜帶讀表裝置以 Walk-by 或 Drive-by 讀取數值。加拿大的智慧水表雖推展很早，但迄今仍有許多水公司裝表普及率偏低，僅能按口徑計費。也有水公司對新建案強制安裝水表，但既有建物採用志願安裝水表的政策，

並透過宣導教育節約用水，推行全面裝表試圖降低民眾用水量。

加拿大認為智慧水表優勢除了不用人工赴現場收數據，節省人力成本，智慧水表透過固定通訊網路自動回傳數據，雖然不是即時資料無法用於 SCADA 控制，但應用性很高。數據上的應用包含：

- A. 節水效益的評估（數據回傳頻率高，可每天觀察用戶行為的改變）
- B. 提早偵測內線漏水（早期自動讀表或人工讀表，數個月後才察覺漏水）
- C. 用戶服務的升級（漏水告警、查詢歷史用量讓用戶看見數據，自我管理）
- D. 提供他系統介接（數據提供給 SCADA，結合聽音儀分析管網漏水）

卡加利市委託的顧問公司發送問卷給 NWWBI 所有水務，最後有 10 個公司回復調查，雖然無法普查，但仍可一窺加拿大自動讀表的概況。這 10 個水公司屬於中小型水務，管理水表數量為 1.4 萬只~34.5 萬只不等，由於加拿大許多水公司並非全面裝表，而且不安裝頂樓分表，若以臺北直接表及總表的數量 31 萬只相比較，本次問卷的水公司規模大部分比北水處小的多。由圖 15，顯示加拿大水務在自動讀表採用的水表本體、輸出模組、讀表系統、水表檢驗等 4 面向比例。

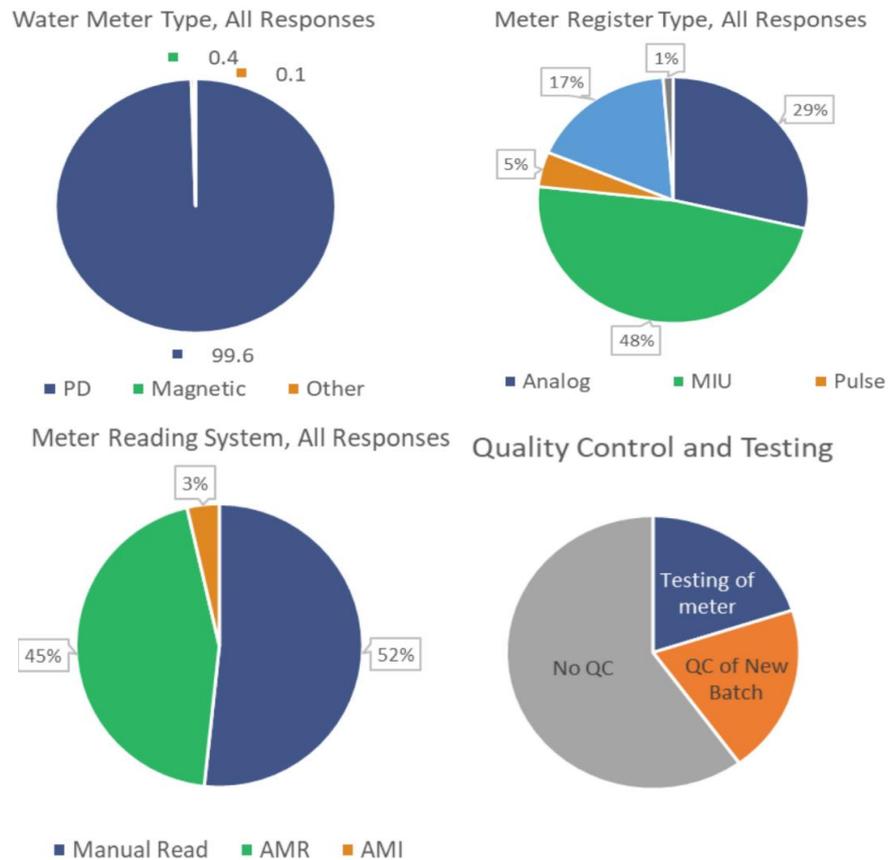


圖 15、加拿大 NWWBI 水務公司群的智慧水表調查結果
 資料來源：智慧水表 POC 成效之研究-以臺北自來水事業處為例（邵功賢等人，2020）

加拿大的表種仍是北美最盛行的 PD 式（Positive Displacement，正位移式），這種取得 NSF61 認證之無鉛銅殼容積型水表佔比高達 99.6%，C 級準確性無庸置疑，而且不會像北水處使用之速度型多重噴嘴式水表（B 級表）有小流不感、水表自走的問題。此外，加拿大開始有一些新表採用電磁式小表，如 Itron 或 Sensus 的一體型電磁民用表，只要換表，就可透過內部 SIM 卡回傳資料，不用額外佈建固定網路的集中器、收集裝置，算是走在 NaaS（Network as a Service）的潮流上。

模組部分，加拿大有 48% 採用較新的 MIU（Meter Interface Unit）接收水表數據轉成數位輸出，其次為舊款的類比輸出模組，佔比為 29%，以及稍微新款的編碼輸出（遠隔

顯示器 Touchpad，接觸器讀取），佔比為 17%，還有更舊款的脈衝水表佔了 5%，屬不同時期國際大廠產品，可能因加拿大中小型水務公司的選擇性不多，只能接受市面主流產品並採購安裝。目前大多仍是讀取機械表輸出、模組進行表端運算（Edge Computint）、M-Bus 通訊為主。

讀表系統上，最多的仍是無系統的人工抄讀，佔了 52% 的表量，其次是舊型自動讀表系統（包含 Walk-by、Drive-by、Touchpad 等技術），佔比為 45%，最後才是全自動透過固定網路通訊回傳的智慧水表系統，僅佔 3%。但加拿大各水務公司近十年都在推動全面裝表計畫，搭配國際大廠贊助節約水資源等論壇的置入行銷與推廣，因此隨著換表排程，未來升級智慧水表的比率將愈來愈高。

關於水表檢驗，報告中並沒有提及加拿大有類似臺灣的「法定度量衡器」生產前取得型式認證、販售前檢定水表準確度、使用中政府抽驗檢查等規定，因此水表採購僅須符合政府或水公司較簡單的規範；而且北美洲的水表經常使用十多年不汰換，沒有法定使用年限，通常是水公司認為水表慢轉，收入減少到一定程度才換表，大部分的水表不經測試器差就交貨安裝，但有些水公司自己訂定了認證與檢驗的制度，確保水表的品質。

（2）亞伯斯福（Abbotsford）推動經驗

北美的自動讀表產品成熟且選擇很多，包含自動讀表系列的 Handheld device（walk-by）（圖 16），Vehicle units（drive-by）或者智慧水表系列的固定網路以 RF 收集自動回傳的架構。水公司僅需要評估選型及成本後挑選區塊試辦，許多小型的水公司甚至跳過試辦直接分期安裝。

英屬哥倫比亞省的亞伯斯福市，於 1995 年就已經全面裝表，但該市水公司同時供應給鄰近的米遜（Mission）地區，

而該區僅部分裝表，而且沒按表計費，到了 2006~2007 年水廠的出水能量已經飽和，幾乎不能滿足尖峰用水，除了敦促米遜地區能夠節約用水之外，亞伯斯福決定全面升級為智慧水表，試圖降低漏水減少尖峰時段配水量。

2011 年亞伯斯福市為達到透過智慧水管理的技術降低漏水，並減少系統出水量之目的，因此，由機械表升級為智慧水表，改以固定網路系統回傳數據，本次升級使用的智慧水表系統，由第三方承包商 ITRON 負責安裝軟硬體，並整合到既有水公司軟體系統中，常見水表形式如圖 17 所示。

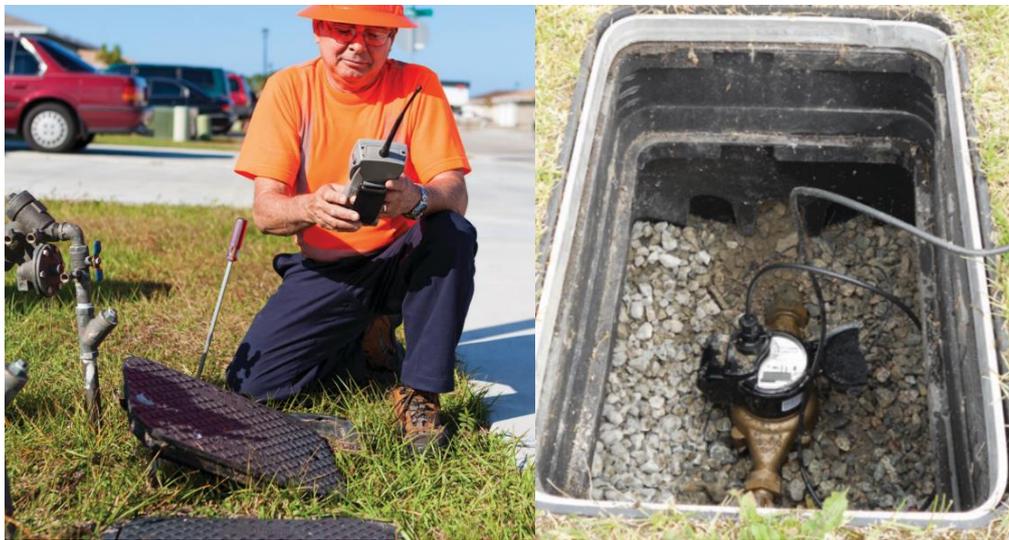


圖 16、使用 Walk-by 功能讀取 MIU 接收的脈衝數據

資料來源：智慧水表 POC 成效之研究-以臺北自來水事業處為例（邵功賢等人，2020）



圖 17、加拿大與美國常見的水表形式，許多水表附帶了智慧水表功能

資料來源：智慧水表 POC 成效之研究-以臺北自來水事業處為例（邵功賢等人，2020）

升級為智慧水表之後，亞伯斯福市由過去每年繳費 1

次，變成每 2 個月繳費，更省下了抄表人力。另透過智慧水表的應用分析，每年察覺約 3 千到 6 千件民眾內線漏水案件，所省下的漏水有效降低管網尖峰流量。2018 年亞伯斯福市透過 WaterWise 的 Web 入口網站，提供民眾直接查詢用水狀況與漏水偵測的結果，WaterWise 讓用戶自行設定警報，當有漏水發生就會通知用戶。

此外，亞伯斯福市於官網公告於 2023 年 5 月推動智慧水表更換計畫（Advanced Metering Infrastructure Replacement Program），讓居民更好地追蹤他們的用水習慣。計畫由市政府聘請的安裝承包商 Metercor 公司執行，並由廠商安裝團隊於 10 個月安裝期間內，為全市水表箱更換水表介面單元（MIU）、天線和蓋子，並停止 WaterWise 入口網站使用。

（3）多倫多市（Toronto）的推動經驗

多倫多市發現升級為智慧水表之後，水公司顯著節省了人工讀表團隊費用之營運成本，每年約節約 5 百萬加幣；多倫多更透過智慧水表系統提供用戶「近即時」（Near Real-time）的用水監看網頁，讓用戶自主管理。

多倫多升級智慧水表的經費，並非透過固定資產投資改良，而是全部透過費調漲，增加 9% 的水費支付取得升級智慧水表經費，該市的水費結構並無基本費，全部是變動費率，按用戶實際使用的水量計費，用多少計多少，因此隨著該市營運、維護、資本支出增減，皆可反映到水價上（邵功賢等人，2020）。

多倫多市於 2010~2015 年間，花了 6 年才完成智慧水表升級，其運作方式，依多倫多市官網公告（2024），較小的住宅用戶每天發送 4 次水表讀數，另用水量大的大用戶會每小時發送 1 次讀數。水表傳輸單元每次傳輸時間約為 0.25 秒

(頻率為450-470MHz)，一旦發送讀數，傳輸設備就會完全關閉。不過多倫多市目前也面臨水表傳輸單元 (MTU) 因故障導致無法傳輸之情形，但因採用機械表，因此仍能持續計量，該市表示自2024年6月起，MTU過早失效的用戶將暫時轉為依歷史用水量資料進行估計計費，用戶除將收到通知外，另市政府亦保證將來當MTU更換並獲得實際讀數後，將依差額進行調整，用戶不會被多收費。為因應此問題，多倫多市已在規劃加速進行MTU汰換，且用戶無須支應費用 (多倫多市政府官網，2024)。

此外，某些住戶因為擔心智慧水表的電磁波對健康有害，抗拒升級為智慧水表，市政府因此由健康部門出面宣傳水表的安全，並透過現地量測電磁波強度，證明健康無虞；2016年推出「MyWaterToronto」入口網站，讓用戶得以查詢日常用水、了解用水習性，如有漏水警示也能立刻提醒，逐漸獲得廣大民眾的肯定。

3. 英國倫敦

倫敦由泰晤士水務公司 (Thames Water Utilities Ltd.，簡稱 Thames Water) 負責供水，該公司是英國最大的供水和污水處理服務公司，在倫敦和泰晤士河谷地區擁有 1,600 萬用戶；該公司採 6 個月計費 1 次，每公噸自來水收費為 191.45 便士，約為 77 元新臺幣 (帳單外另收固定費用每年 29.14 英鎊，約 1,173 元新臺幣) (2024)；依據該局官網 (2023) 公布消息顯示，該局最早於 2016 年開始推動用戶智慧水表 (圖 18)，除倫敦外，2021 年起陸續於薩里郡哈斯爾米爾 (Haslemere) 及旺茲沃思區 (Wandsworth) 等地區住宅推動換裝，迄 2023 年 12 月止，該局已於供水轄區安裝超過 100 萬只智慧水表，並預計於 2024 年在泰晤士河谷和倫敦再安裝

78,000 個智慧水表，其中 45,000 預計安裝於泰晤士河谷地區，另 33,000 個則是安裝於倫敦地區，依該公司 2024 ESG 報告，2024 年 3 月底止共完成安裝 1,039,913 只智慧水表。



圖 18、泰晤士水務局使用智慧水表形式

資料來源：Getting data from Thames Water meters guidance (Thames Waters website,2023)

2.2.2、亞洲國家推動情形

亞太地區鄰近國家如日本、香港、新加坡、越南、泰國、菲律賓、中國等地均有推行智慧水表計畫，以鄰近地區推動情形，整理如下表。

表 2、東亞鄰近大都市自來水事業概況

地區	2022 平均水價 (新臺幣)	用戶數	推動起始	已安裝數	推動情形
北京	17.77 元	550 萬	2018 年	430 萬只	①每年估計換裝 100 萬只。推動 1 戶 1 表便於集合住宅物業管理，為新建集合小區重點政策。 ②統計至 2024 年 3 月；預計 2025 年達成全覆蓋。
新加坡	40.00 元	160 萬	2016 年	30 萬只	①試辦 4 年技術成熟，於公宅、工商業區等多個區域推動。 ②第一階段計畫已於 2024 年完成換裝 30 萬只。
東京	33.89 元	781 萬	2010 年	8.5 萬只	①2025 年預計安裝 13 萬只。用於家戶節水、區塊漏損控制之計量。 ②統計至 2023 年底止。

地區	2022 平均水價 (新臺幣)	用戶數	推動起始	已安裝數	推動情形
香港	15.82 元	323 萬	2013 年	500 只	①水務署於 2013 年開展試驗計畫，並於政府宿舍及 2 座公共租住屋邨安裝 350 只智慧水表。 ②2018 年配合智慧城市推動，將於新建公營及私人發展項目引入智慧水表系統；首先於大澳作為首個無線自動讀表系統的試點，並於 2021 年安裝 500 只智慧水表以研究無線技術可行性。

資料來源：1.數據統計自各城市自來水公司官網、相關期刊論文及新聞公報公開資料
 2.平均水價資料參考「2022 國際水價現況解析」（周國鼎，2023）

以下針對 2022 年至 2024 年間北水處參訪新加坡公用事業處及東京都水道局經驗交流成果，以及其他參考文獻整理進行分享。

1. 新加坡

新加坡土地面積 733 平方公里，年降雨量 2,166mm，人口約 545 餘萬人，飲用水總管線長度 5,800 公里、漏水率 8.2%，依 IWA 2022 年公布資料，新加坡平均水價約每度 40.00 元新臺幣（以家戶全年使用 200 度水之水費為比較基準，周國鼎，2023）。新加坡由於國土面積不大加上地形較為平坦，收集和儲存雨水的土地有限，常面臨乾旱、洪水和水污染，又長期依賴向馬來西亞購水，供水協議時常淪為外交政治談判籌碼，因此激發了新加坡透過多元途徑統籌水資源管理運用，並尋求保護寶貴水資源的方法。對水資源以開源節流並行，致力於相關水管理、水處理技術之研究發展，並推廣節約用水成為一種生活方式。

新加坡公用事業局（Public Utilities Board，PUB）2010 年起針對大用水戶及一般用戶進行智慧水表試辦作業，對自動讀表推動逐漸有信心。該局先後在 2016 及 2018 年於榜鵝、

裕華兩地試辦安裝 800 只智慧水表，試辦後評估節水效益可達 3-5%，且用戶因能及時得知漏水情況，而能有效養成節水習慣；在經過小型試辦後，2021 年 PUB 開始推動第一階段大規模建置計畫。

北水處於 2022 年 10 月 30 日至 11 月 4 日期間，配合臺北市政府考察新加坡數位轉型交流作業，由產發局主政前往新加坡進行考量，期間排定 11 月 2 日拜會新加坡公用事業局（PUB）進行交流，交流內容分述如下。

（1）第一階段計畫推動情形

為協助公眾掌握耗水量已達到有效降低每人每日用水量之目標，PUB 於 2021 年起展開推動第一階段 30 萬只智慧水表建置計畫（Smart Water Meter Programme），並將依成果評估設定的目標達成情形，作為未來推動之依據，如果計畫執行順利，後續預計在 5-8 年內全面安裝完成 166 萬只智慧水表之目標，此方式與北水處滾動式修正計畫之方法相似。



用戶傳統水表

智慧水表

非用戶水表

圖 19、新加坡用戶水表類型

資料來源：考察新加坡數位轉型政策及推動作為（臺北市政府產業發展局，2022）

新加坡第一階段 30 萬只既有用戶安裝計畫合約金額 1 億 2,370 萬新加坡元（約 27 億新臺幣），採公開招標、綜合評分法，價格佔 40%、質量佔 60%，由最高分之投標公司得標。該計畫由新加坡能源有限公司（Singapore Power Ltd；

SP，簡稱新能源，又稱新加坡電力，由新加坡政府投資的淡馬錫控股集團全資控股）得標，其中水表及模組由得標廠商供貨，並負責現場安裝及未來 15 年的雲端系統、計量服務及網路通訊服務等維運管理，水表及模組財產屬於 PUB。

第一階段計畫安裝地區由 PUB 選定，包括淡濱尼、後港、裕廊西、武吉巴督、大士、淡濱尼北部和登加等 7 個區域，如圖 20，主要為政府組屋、工商業區大樓及新住宅區等建物，換裝智慧水表用戶無須付費，完全由 PUB 免費換裝。



圖 20、新加坡第一階段安裝智慧水表地區

資料來源：考察新加坡數位轉型政策及推動作為（臺北市府產業發展局，2022）

（2）智慧水表設備及價格

PUB 對水表的種類、性能於標規內有明文規定，對競標的潛在廠商，採類選擇性招標方式，先針對水表技術規格進行測試後建立合格名單。每家廠商送審 12 只水表，資格預審（Pre-qualify）之測試包括 Q1、Q2、Q3、Q4 之流量性能測試、以計量 2,000 度模擬 15 年耐久性測試及準確度測試，通過後才准予投標。本案的水表由分包商 ITRON 公司提供，通

訊網路部分則屬於開放式標規，明訂不限制通訊技術，由投標廠商自行決定、自行負責，不限單傳或集抄後再傳輸。水表讀表頻率為每小時 1 筆，每天需傳輸 4 次，傳輸時間為 01:00、07:00、13:00 及 19:00。於製造工廠進行測試後，需出具遺漏脈波（Missing pulse）很低的報告，以確保可達高傳輸率。目前採用的通訊技術是不需要基地台如 4G 之方式，而是透過之前佈建智慧電表時自建基站的 Access Point 通訊架構回傳到水表數據管理系統（MDMS），所以數據格式就需符合電力通訊系統。而讀表技術部分因之前做過 reed switch（磁簧開關）及 inductive（感應式）兩種脈衝表讀表試煉，reed switch（磁簧開關）會將逆流計算為正流導致計量錯誤，因此規範中明訂不准採用 reed switch 的讀表技術。依標規在執行本案 15 年間，無線通訊服務或設備技術有更新或變化都不能更改。

新加坡智慧水表全部採用電池供電，沒有考慮成本較低的插座電力供電方式，主要是因為插座供電會涉及誰要付電費的問題，因此評估後只採用電池供電。標案規定水表含讀表通訊模組供電都須維持 15 年，雖然廠商對電池可供電 15 年很有信心，但是 PUB 仍訂定保固條款，未來如果發生水表或模組沒電的情況，廠商必須依規定整組一併換新。

安裝水表前得標廠商會在工廠將每只智慧水表及讀表通訊模組組裝好，確認資料都有進入到 MDMS 系統，並以人工及自動讀表數值進行確認都無誤後，才會裝出到用戶端。MDMS 目前設計水表資料容量只針對 30 萬只，之後會視安裝情況再逐漸擴大硬體容量。

SP 公司對於用戶端需負責的部分，包括前往安裝智慧水表前要發書面通知給用戶，安裝後如漏水、系統發出異常警報，例如水流反向、水表沒有傳輸資料等，均由廠商負責派

人到現場處理。用戶如果損壞水表及讀表通訊模組，則需要賠償。因屬於免費換裝計畫，所以目前用戶對於智慧水表接受度良好，傳輸設備電磁波需通過新加坡國家認證不得超過500mW（毫瓦），並無用戶因質疑電磁波對健康可能的影響而抗拒換裝之案例。

對於傳輸率要求部分，新加坡水表一般為立式表位，安裝於牆邊、服務管道（service duct）或計量室（meter chamber），如圖 21，設備周圍結構多為混凝土材質，且以 Access Point 傳輸，目前尚未發生無法通訊的問題。設備中也有 3P solution，可以把天線安裝到通訊良好的地方，但還未使用過。



圖 21、新加坡水表安裝於騎樓牆邊或管道間

資料來源：考察新加坡數位轉型政策及推動作為（臺北市政府產業發展局，2022）

安裝智慧水表後 PUB 也會定期以人工抄表及自動讀表來確認數據的正確性測試，作法與北水處推動 FOT 案的人工現場讀表比對方式相同。將人工抄表數值與 MDMS 數據做比較，取一個時間區間內度數，只要數值在誤差範圍內就合格。目前新加坡傳統表抄表頻率和北水處一樣是每 2 個月人工抄表 1 次，但他們是每月收費，其中 1 個月是用推定方式計費，均外包給新能源公司，水、電及瓦斯合併帳單向用戶

收費。

標案付費方式分設備與通訊服務兩部分核算費用給廠商，設備包含水表及讀表通訊模組，驗收合格後先付 1 筆費用、水表含讀表通訊模組安裝後付 1 筆費用、完成長期品質 QA/QC 後再付最後費用。通訊服務費用則是依實際傳輸服務分期付款。

(3) 客戶服務應用程式

因應第一階段智慧水表建置，PUB 於 2022 年 3 月推出測試版的智慧水表線上應用平臺 MySmartWaterMeter，用戶的用水量數據通過智慧水表記錄傳輸到 PUB，用戶只要註冊 MySmartWaterMeter 帳戶後，可以隨時查看即時用水量，並可收到疑似漏水警示，可快速檢測家中的漏水點，即時修復，避免浪費水資源和收到昂貴的帳單。用戶也可以自行設定每月用水量目標，透過改善用水習慣以管理家戶用水量和節省水費。該系統功能與目前北水處的智慧水管家相似，如圖 22。



圖 22、新加坡智慧水表用戶應用與北水處智慧水管家比較
資料來源：考察新加坡數位轉型政策及推動作為（臺北市政府產業發展局，2022）

新加坡第一階段智慧水表建置計畫於 2022 年 1 月開始換

裝智慧水表，原定於 2023 年底完成，惟因 COVID-19 疫情影響，全球晶片供應短缺導致進度延遲，2023 年 11 月經洽詢 PUB 至北水處參訪人員後了解，除上述因晶片短缺影響安裝進度外，建置期間因應之挑戰包含建立智慧水表網路的穩定傳輸設定，另一個遭遇問題則是因為水表與讀表設備（MIU）因接合不當導致脈衝讀取遺漏，均由該公司透過設備設定及加強人工訓練獲得解決。

PUB 認為安裝智慧水表後，財務收支從有形的數字分析一定無法達到損益兩平，必須要用無形的效益如每個月正確計量收費、輔助異常處理、減少人力支援、減少水資源浪費等成效目標來進行整體效益評估，未來 30 萬只智慧水表完成後，預期可提高整體供水服務計算準確性、節省水資源至少 3-5% 及改善用戶節水習慣，為應用智慧水表主要之無形效益；該局 2024 年 6 月前已完成 30 萬只智慧水表建置，相關效益及後續計畫尚待評估。

2. 日本東京都

東京都水道局是日本最大的自來水公司，供水人口 1,400 萬，供水戶 765 萬戶，依 IWA 2022 年公布資料，東京平均水價約每度 33.89 元新臺幣（以家戶全年使用 200 度水之水費為比較基準，周國鼎，2023）。因人口減少造成的用水需求下降和收入減少、供水設施老化、抄表勞動力短缺、技術傳承等，東京都水道局在水務事業開始面臨一些嚴峻的挑戰。為水務事業永續發展，東京都水道局積極在管理上做出努力，盡量減少漏水等無收益水量，並確保收取作為水業務運營資本金的水費。有鑑於 ICT 領域的快速發展，為解決上述問題，東京都水道局已積極開始投入智慧水表推動，期望達到提高抄表工作效率、利用儀表數據改善客戶支援服務、及時發現並處理漏水、倒流等事故等目標。依東京都水道局照井

奈々帆等發表研究指出（2020年），東京都水道局原規劃配合奧運選手村設置，於中央區晴美5丁目原址的約6,000個普通住宅單元中實施智慧水表示範專案，並於第二階段推動試辦計畫，目標是到2024年進行10萬只智慧水表換裝。基於上述規劃，東京都水道局先於令和元年（2018年）12月先行導入試裝48只智慧水表，試辦情況通信成功率為99.8%；惟後續因COVID-19疫情影響取消奧運，因此，第一階段6,000只智慧水表亦未能如期完成換裝（東京都水道局，2020年）。

北水處於2023年10月16日與東京都水道局參訪，交流內容分述如下：

（1）推進計畫的擬定及執行

東京都水道局後於令和4年（2022年）擬訂「水務智慧水表先期實施項目推進計畫」，預定於2024年前完成13萬只用戶智慧水表，以及110只配水管流量計及壓力計安裝，希望藉由改善用戶服務，達成及時的客戶回應、早期發現漏水、提供新的服務，自動抄表及推廣無紙化等目的；同步增進營運效率，因應勞動人口減少也能穩定抄表；並於供水業務營運上發揮幫助，除優化設施維護，也可及早於地震或事故發生時識別受損地區，使修復工作順利進行。

在為期3年（2022-2024年）的安裝期間，用戶智慧水表依照安裝區域特性，分為先導區（pilot）、智慧城市、重建區、集合住宅、抄表困難及公共設施等6大態樣（詳表3）；配水管智慧水表則擇定用戶安裝區內的部分商業、住宅、行政中樞等區。

用戶智慧水表各態樣分別具有其代表性及擇定理由，先導區包含像商業區（晴海）、辦公區（霞關）等不同性質相同使用區域；智慧城市區為配合政策將水電表都換成智慧表

區域（像西新宿、豐洲）；困難區域包括郊區偏遠用戶分散的山區、大表（表箱重）、及因安全因素不易抄表用戶（軍事設施等）；集合住宅區包含公營及都營的公宅；重建區為配合建設大型開發案址（虎門等）；公共設施包含學校及公園等（詳列如表 4）。

另為了解各安裝區的供水狀況，包含管網壓力及供、售水情形，作為管理使用，該計畫依各區特性於配水管適當距離處，裝設合計 110 餘只流量計及水壓計（設於消防栓處）。規劃在其中的 10 個用戶智慧水表安裝區內之配水管加裝智慧水表，分布於先導區的霞關（政治中心）、立川（重要設施集中區）及櫻丘、鷺宮住宅區等（詳如表 5）。透過不同距離的安裝，驗證最佳的間隔距離及基準。

表 3、東京都智慧水表安裝地點

安裝位置	假定數	引入時間	概念介紹
先導區	64,512	3 年內在	<ul style="list-style-type: none"> 選擇具有不同使用區域、供水使用模式和配水管安裝條件的區域 “中部中心區”、“居住區”、“商業區”、“工業區”、“山區” 5 種類型 我們還安裝了小型配水管智慧水表，確認了多方面的效果
智慧城市	25,044	區域內 全域	<ul style="list-style-type: none"> 在東京都正在推進的“智慧東京先行地區”之一的西新宿對該項目進行初步驗證 介紹到實施智慧城市項目的地區，為項目的推廣貢獻力量
重建區	5,689	大樓的 重建時	<ul style="list-style-type: none"> 安裝在東京都政府計劃的大規模再開發項目創建的城市中 用作適合新城鎮的新技術，例如高保障住房
集合住宅	13,036		<ul style="list-style-type: none"> 在重建市政住房和公共住房時逐棟引入 確認新的客戶服務需求和技術問題
抄表難的地方	14,900	更換現有儀 表時	<ul style="list-style-type: none"> 在客戶分散的山區安裝大口徑、用厚重的鐵蓋封閉的儀表，檢查抄表工作的效率
公共設施	4,669		<ul style="list-style-type: none"> 在無人值守等情況下漏水難以察覺的“學校”和“公園”等地引入，確認了早期漏水檢測的有效性
合計	127,850		

資料來源：水道スマートメータ先行実装プロジェクト推進プランについて（東京都水道局及北水處人員翻譯，2022）

表 4、東京都推進計畫「用戶」智慧水表分年預定安裝數量

安裝位置		想定個數	設置時期			安裝位置		想定個數	設置時期		
			4年度	5年度	6年度				4年度	5年度	6年度
先導區	霞が関	1,649	262	148	1,239	重建區	晴海	4,258	939	3,319	-
	立川	27,704	5,919	11,599	10,186		虎ノ門	1,431	1,431	-	-
	上用賀・桜丘	16,508	876	10,777	4,855		小計	5,689	2,370	3,319	0
	鷺宮	1,376	144	619	613	集合住宅	都営住宅	12,000	4,000	4,000	4,000
	多摩新城	584	231	172	181		公社住宅	1,036	134	733	169
	本郷	6,386	557	4,456	1,373		小計	13,036	4,134	4,733	4,169
	八王子	1,286	434	493	359	抄表部分	大口径水表	14,861	4,347	5,392	5,122
	晴海	8,851	43	7,082	1,726		山間部	39	39	-	-
	昭和島	63	9	54	-		小計	14,900	4,386	5,392	5,122
	青梅	105	105	-	-	公共施設	学校	1,654	512	559	583
	小計	64,512	8,580	35,400	20,532		公園	3,015	957	1,045	1,013
	小計	64,512	8,580	35,400	20,532		小計	4,669	1,469	1,604	1,596
智慧城市	西新宿	4,948	4,948	-	-	合計	127,850	29,211	57,521	41,118	
	大丸有	462	40	64	358						
	竹芝	1,639	24	19	1,596						
	豊洲	17,995	3,260	6,990	7,745						
	小計	25,044	8,272	7,073	9,699						

資料來源：水道スマートメータ先行実装プロジェクト推進プランについて（東京都水道局及北水處人員翻譯，2022）

表 5、東京都推進計畫「配水管」智慧水表預定安裝數量

區域	供水 假設智慧水 表數量	配水小管 智慧水表		使用面積	區域
		水壓表	流量計		
霞が関	1,649	43	8	首都中枢地域	区部
立川	27,704	7	6	首都中枢地域	多摩
上用賀・桜丘	16,508	17	4	住居地域	区部
鷺宮	1,376	1	1	住居地域	区部
多摩新城	584	1	1	住居地域	多摩
本郷	6,386	2	3	商業地域・住居地域	区部
八王子	1,286	1	1	商業地域・住居地域	多摩
晴海	8,851	1	1	商業地域・住居地域	区部
昭和島	63	1	1	工業地域	区部
青梅	105	5	5	山間部	多摩
計	64,512	79	31		

資料來源：水道スマートメータ先行実装プロジェクト推進プランについて（東京都水道局及北水處人員翻譯，2022）

東京都水道局自 2022 年 10 月起正式執行該計畫，依規畫期程，2022 至 2024 年分別需完成約 3 萬、6 萬及 4 萬用戶的安裝，為掌握區域內實際用水量、及利設施設備的管理維護，區內已裝水表，無論年限、供水方式（直、總表及分表）為全數汰換。參訪當時統計至 2023 年 10 月安裝數約 5

萬只，另 2023 年底進度依東京都水道局公布資料，已完成約 8.5 萬只（表 6），除重建區因建案較預期少進度較為落後外，其他態樣各區安裝數與預期差相符。後續將此試辦計畫完成後成效、價格及表商的供應量能等因素再評估後續執行計畫。

比較北水處與東京都水道局智慧水表的執行情形，與東京都水道局不同處，北水處自 2015 年起即陸續於大用戶、機關等特殊用戶安裝智慧水表，自 2020 年起新建案更要求全面安裝；另為累積現場安裝及傳輸經驗，了解廠商技術等，並分別辦理 POC 及 FOT 等小型計畫，預計 2024 年辦理第 2 階段的營運測試，與東京都水道局的 3 年安裝計畫，將安裝區域及數量一次訂出較不同；惟 2 者均表示透過計畫的執行、檢討與修正，找出最佳的安裝模式後，再進行大規模或全面安裝規劃。

表 6、東京都推進行計畫用戶智慧水表 2023 年止安裝進度

安裝位置		計畫數 (令和4年~令和5年)		安裝數 (令和4年~令和5年)	
先導區	霞が関	410	43,980	395	44,386
	立川	17,518		17,660	
	上用賀・桜丘	11,653		11,535	
	鷺宮	763		819	
	多摩新城	403		455	
	本郷	5,013		5,231	
	八王子	927		911	
	晴海	7,125		7,221	
	昭和島	63		57	
	青梅	105		102	
智慧城市	西新宿	4,948	15,345	4,931	16,743
	大丸有	104		59	
	竹芝	43		1,256	
	豊洲	10,250		10,497	

安裝位置		計畫數 (令和4年~令和5年)		安裝數 (令和4年~令和5年)	
重建區	晴海	4,258	5,689	4,256	4,714
	虎ノ門	1,431		458	
集合住宅	都営住宅	8,000	8,867	5,040	5,508
	公社住宅	867		468	
抄表困難部分	大口徑水表	9,739	9,778	10,686	10,721
	山間部	39		35	
公共施設	学校	1,071	3,073	1,083	3,123
	公園	2,002		2,040	
合計		86,732		85,195	

資料來源：水道スマートメータ先行実装プロジェクト実施状況（令和5年度下半期）
（東京都水道局及北水處人員翻譯，2024）

(2) 智慧水表設備及價格

東京都智慧水表均使用電子式分離型，也就是電子表和通信設備是分離的，利用專用通信的設備連電子表。主要設備包含水表、傳輸器、及結合器（連接水表及傳輸器的設備），如圖 23，由該局以財物方式分別辦理採購，再另行發包由委外廠商進行換表及設備安裝。設備均屬水道局財產。

為統一各設備採購規範，水表依型式認證規格，傳輸器訂有公規可相容，不同廠牌設備間均可相容或互通流用，也因向各設備商僅採購產品，後續安裝時不會因區域不同而有同區廠牌統一之考量。比較各設備的採購單價，以 20mm 口徑為例，2022 年平均單價水表為 7,495 日圓（較 2021 年上升）、傳輸器 4,616 日圓（較 2021 年下降）、結合器 1,661 日圓（較 2021 年上升），合計 13,772 日圓（約新臺幣 3,000 元），其中因傳輸器降幅較多，所以總價較 2021 年減少 938 日圓。以東京都目前主要使用機械表每只採購價約 3,000 日圓計算，該局表示智慧表設備費用約傳統表 4 至 5 倍。東京都另需支出電信公司通訊費每月 1 至 2 美元。通訊機器的價格會與當年度半導體的供應情況有關；水表的價格會與銅金屬價格有關。採購部分水表一定要跟表商採購，但通訊機器可以是相關廠商來生產提供。

比較北水處與東京都水道局智慧水表的設備及價格，北水處並未全面要求電子式水表，允許機械式水表配合脈衝或照相等方式，目前 2 者均擁有水表及設備的所有權，北水處單價含 8 年傳輸及維管，東京都水道局則另須支付傳輸費，並由其自行維管。



說明：A-水表、B-傳輸設備、C-結合器、D-組裝情形

圖 23、東京都智慧水表樣式

資料來源：A 至 C:北水處「參加 2023 年日本水道展及東京、大阪自來水技術應用交流」出國報告，2023）；D:東京都水道局官網（2024）

（3）智慧水表的傳輸

東京都目前採購的智慧表傳輸均採用 1 對 1 模式（單傳），電力來源為利用電子式水表及傳輸器的內建電池，傳輸方式為 NB-IoT，內建的電池（有 3 至 4 顆）電力足以傳輸至少 8 年，與北水處不同處主要為北水處要求新建案分表戶需利用市電傳輸。另外，東京都沒有在推動智慧三表整合傳輸的方式，但以後會研究採用 Wi-sum 的方式進行近端無線集抄。

對於智慧水表回傳資料要求為每小時紀錄 1 筆，內容包含水表讀值，及漏水、逆流、用量太多（少）、電力等串流資料（streaming data），每天回傳 1 次（24 筆）昨天資料，若回傳失敗，則每 3 分鐘後再傳 1 次，可連續重傳 3 次，若仍無法成功，則為節省電力不再補傳輸。統計傳輸失敗率約

2%，主要問題為建物阻隔造成的訊號遮蔽。另外初期主要不良情況多為溫度過低、軟體更新異常、多次重新傳輸造成沒電等，另外從數據看來，設備缺陷所導致的通訊不成功比率大約佔有 3% 至 10%。

東京都智慧水表均由水道局自行管理，與一般委外建置不同，沒有對正確率等進行查核或比對，且安裝前並不會對案址訊號值進行量測，目前試辦案均一律安裝，也因此即便資料傳輸成功與否，不會對於智慧水表供料廠商祭出罰則。另傳輸平台也是該局自建，資訊流由電信公司伺服器將訊號傳輸到該平台，傳輸的資安要求，包含雲端及地端均須符合政府的規定。

對於已安裝智慧水表用戶，東京都水道局會取消人工抄表，以回傳值計量，至於北水處安裝於集合式果菜市場智慧水表傳輸線常遭鼠咬破壞，或傳輸接頭進水造成斷訊等平日管理上遇到的問題，該局表示目前尚未有相同的情形發生。

比較北水處與東京都水道局對於資料的傳輸，北水處因包含機械表，所以通訊技術較東京都水道局多樣，另該局對於智慧水表的資料於回傳日後並無補傳機制，而回傳的串流資料，包含讀值以外的資訊。

(4) 客戶服務應用程式

東京都水道局於 2022 年 10 月推出用戶服務 APP，並將智慧水表的查詢、通知等列為其中一項服務，如圖 24，水道局用戶服務 APP 中有關智慧水表的服務，主要包含下列幾項：

- A. 利用圖表可視化功能，可以查詢每天及每月的用水量，用戶於隔日上午 8 點可上 APP 看前 1 天全天水量。當水量比上月或去年同期增加一定比例時，會通知用戶注意。
- B. 具有監控功能，透過電子郵件通知已設定用戶相關用水

資訊，包含連續用水或一段時間未用水等。

- C. 結合其他 APP 的功能，可線上申請各項業務、支付水費（以信用卡付費、支援 5 種手機電子錢包支付例如 Paypay），即時訊息通知等。

水道局開發提供用戶服務 APP 主要想達成目的如下：

- A. 提升客戶服務。
- B. 推廣線上申請服務、網路付費業務。
- C. 提升業務部門效率化並替代紙本文件。過去紙本文件輸入到系統後需要水道局人工確認輸入內容，APP 系統可以讓客戶自己輸入內容，水道局不用再自己修正。

以申請比例來說，安裝有智慧水表的用戶可以看到比較細且多的資料及應用功能（智慧水表用戶可看到每小時用水量、一般用戶能看到每期用水量），但智慧水表用戶申請 APP 的比例並沒有比較多。

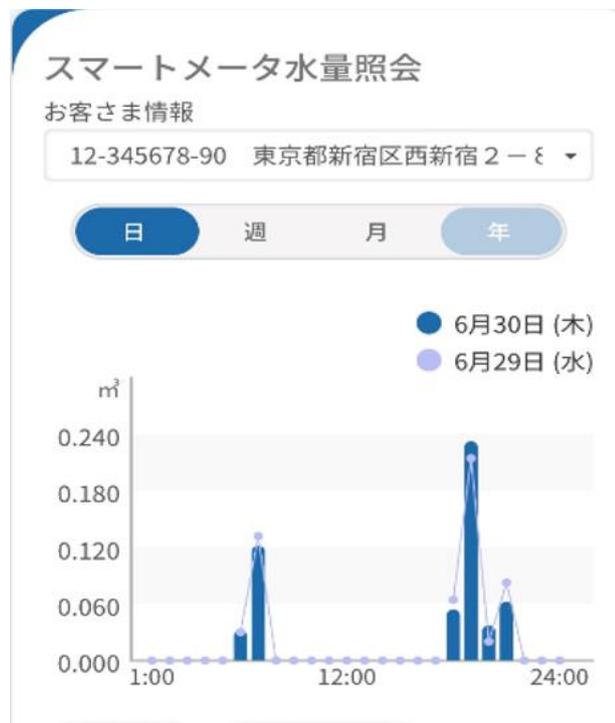


圖 24、東京都水道局智慧水表數據傳輸 APP 顯示畫面

資料來源：東京都水道局網站（2024）

綜觀東京都水道局推動智慧水表建置，首先依據地域特性，擬定完整可行的中短期計畫（3年），優先選擇出未來分年、分區施作的對象、數量，對施作區均能有一定代表性理由，事前規劃作業縝密值得學習。另水道局對於擇定區域內之用戶為全區施作，與北水處辦理之營運測試 FOT 2.0 結合小區，於擇定區內直、總表全數施作，分表戶部分施作略有不同。主要係機關間考量因素較不同，東京都水道局因為轄區漏水率低，智慧水表的安裝主要著重在提升用戶服務；北水處則希望藉由直、總表用水量結合管網漏水改善作業，分表則優先安裝長期自抄戶或難以抄表戶。惟兩機關均表示考量智慧水表的安裝成本，較傳統機械水表大幅增加，及其他如廠商製造能力等因素，後續是否可大規模或全轄區安裝，仍有待評估，未來可持續追蹤該局後續的規劃或提出之相關結果，做為擬定安裝策略參考。

3. 香港地區

水務署（英語：Water Supplies Department，縮寫：WSD）是香港特別行政區政府發展局轄下的部門，專門負責香港供水，包括供水及配水系統的規劃、建造、運作和維修保養；香港沒有天然湖泊、大河或地下水，供水系統主要來自當地集水區收集的雨水、從廣東輸入的東江水，以及沖廁用海水等3個分支，供水人口約754萬人，截至2024年3月31日止用戶數約323萬戶。

香港用戶水費採每4個月結算1次，依住宅用水及非住宅用水（商業用水、建築用水、非遠洋輪船用水及遠洋輪船用水）有不同計算標準，以住宅用水而言，計算水費的方法是將用水量分為4級，然後按每級的漸進式收費率計算水費；依IWA 2022年公布資料，香港平均水價約每度15.82元

新臺幣（以家戶全年使用 200 度水之水費為比較基準，周國鼎，2023）。

香港智慧水表的推動，最早始於 2013 年開展試驗計畫，於政府宿舍及 2 座公共租住屋邨安裝 350 只智慧水錶，以評估自動讀表系統的技術表現和處理數據的可靠度。2016 年進一步推展計畫，透過手機應用程式向相關的用戶發放用水資訊。在 2017 年 12 月公布的「香港智慧城市藍圖」內，香港已把在樓宇內提供智能水錶系統（即自動讀表系統）的要求，納入東九龍出售新地段時加入提供智能水錶系統之規定，作為發展綠色和智慧社區的措施之一；另依據 2022/23 年報指出，2018 年配合智慧城市推動，水務署已將於新建公營及私人發展項目引入智慧水錶系統（圖 25）。

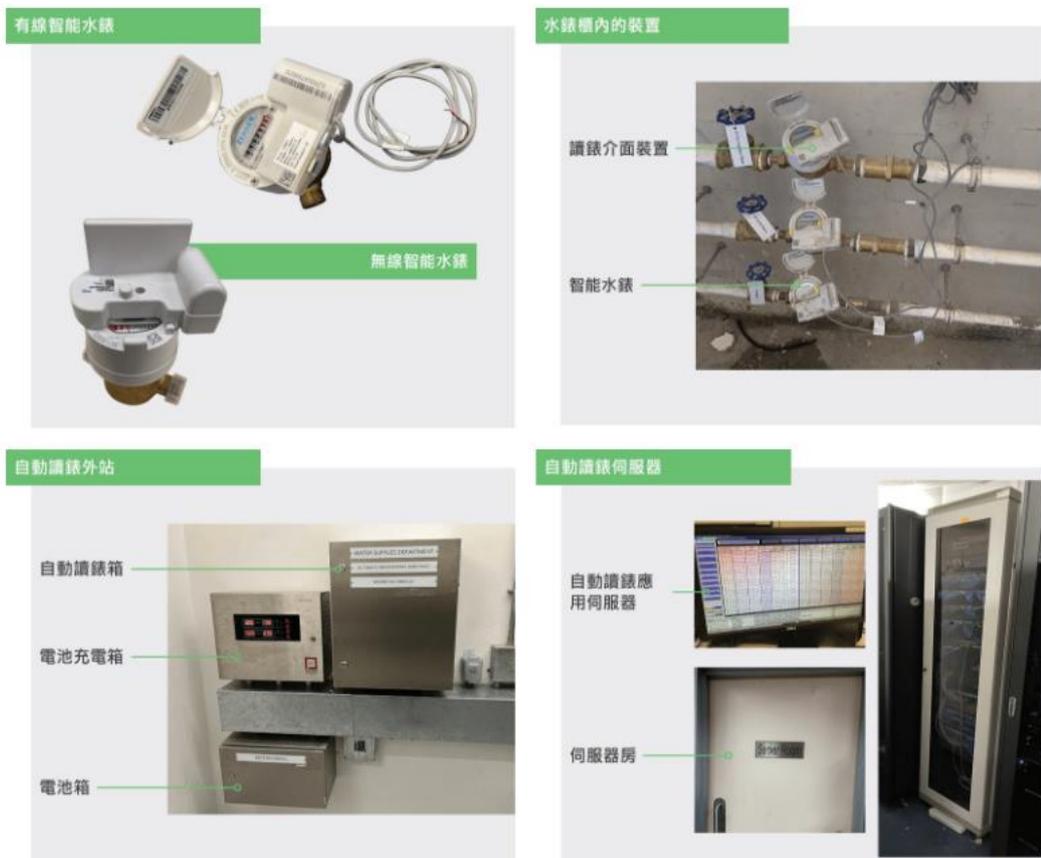


圖 25、香港水務署智慧水錶樣式及相關設施
資料來源:香港特別行政區政府「水務·務水」網站 (2024)

此外，2020 年開發自動讀表手機應用程式（圖 26），以提供智慧水表用戶透過手機查詢用水數據及相關資訊，其功能包含查閱用水數據、提供耗水量對比的資訊及預估水費功能，以及用戶漏水警示。



圖 26、香港特別行政區政府水務署自動讀表手機應用程式
資料來源:Google Play 頁面 (2024)

另針對既有建物，水務署 2022 年於大澳完成試點計劃，將漁村棚屋、村屋、公共屋邨及政府設施的傳統機械水表更換成無線智能水表，共計 500 個測試點以測試訊號涵蓋能力（圖 27），成果尚算滿意，故水務署進一步研究為其他現有建築物安裝無線智能水表的可行性和策略。



圖 27、大澳自動讀表試驗項目展示示意圖

資料來源: 2022「科學為民」服務巡禮論壇及講座系列 - 水務署自動讀錶系統的應用 (2022)

2.2.3、國內自來水事業推動情形

1. 台灣自來水股份有限公司

台水公司於 2023 年底用戶數約 756.8 萬戶，供水人口達 1,835.1 萬人，台水公司為掌握大用戶用水狀況，2004 年擇台南及高雄地區月均用水量大於 1,000 度之工業、商業或機關用戶，試辦電話線路自動讀表計約 280 只、建置經費約 832 萬

元，後續因維護成本高昂，以及換表後傳輸碼無法讀取等問題而停用。2017 年再擇高雄工業大用戶 17 只，除依其歷史用水量評估口徑大小適宜性辦理縮小口徑外，並在電子表加裝傳輸介面記錄用戶用水資訊，同時建置「全區用戶表監測系統」，將表值回傳至監測系統，協助管理單位分析大用戶用水量是否落在水量計合理計量範圍內及用水量是否異常（黃心怡等，2022），後續雖然有相關的智慧水表建置案件，但多為零星案例，直到 2020 年才實施針對大用水量用戶的大型規模的試辦案件。

(1) 大用戶智慧水表試辦計畫

台水公司於 2020 年擇定每月用水量大於 5,000 度之大用水戶及每月用水量大於 2,000 度之中小學等用戶，合計 1,700 只既有大型水量計採購自動讀表傳輸介面進行安裝，完成自動讀表應用。該試辦計畫傳輸介面分別使用電子訊號及影像辨識等兩種不同技術，其中電子訊號傳輸介面直接讀取水量計訊號，而影像辨識則是採影像拍攝水量計表值，利用機器學習神經網路演算法進行辨識後將資料傳出。依黃心怡等人（2022）研究指出，該計畫試辦後，彙整智慧水表安裝遭遇問題如下：

A. 表位問題影響傳輸穩定性：

- a. 口徑 50mm 以上大型水表箱或水表組併入用水設備內線由申請人施作，惟並無限制水量計箱體尺寸及材質，然實務上多使用大理石、厚鐵板或是人口蓋等材質作為表箱蓋，造成訊號被遮蔽而影響傳輸訊號不穩定，需額外加裝訊號強波器或天線外移至空地，以克服訊號不良問題。
- b. 早期大口徑窰井表多未預留適當排水設施，易有淹水、泥沙淤積狀況，造成電磁波衰減、訊號被分散而無法回傳，須待積水消退才能補回傳，影響傳輸穩定性。

B. 水量計或傳輸介面異常影響傳輸正確性：台水公司口徑 50mm（含）以上水表均使用電子表，惟電子表可能因表殼漏水滲入液晶螢幕，或表位潮濕或抄表後表蓋未蓋回，致使長時間陽光曝曬造成液晶螢幕淡化、指針數斷字、殘影或無法判讀指針數等情形，造成影像辨識技術無法正確讀取造成讀表失敗。

綜上，該研究提出傳輸介面增加傳輸正確性之驗證機制、鼓勵大用戶改用立式表位、系統新增異常案件自動派工及結案回報功能及增加智慧水表每日回傳頻率等解決方案及未來推動建議，有助於後續推廣參考。

（2）澎湖馬公系統建置智慧水表導入智慧水網

台水公司配合經濟部水利署 2020 年核定「建置水資源智慧管理及創新節水技術計畫」，擇定供水成本較高（每公噸供水成本約 60.775 元）之澎湖地區為推動示範區建構自來水智慧型水網，規劃分為硬體建置與軟體建置計畫等兩個子計畫辦理，其中硬體端計畫為擇馬公系統已封閉 6 個小區建置智慧水表，另軟體建置計畫為建置澎湖地區智慧水網管理資訊系統，整合 13 個既有系統至單一系統平台，並開發八大功能模組，透過智慧水表傳輸設備及導入智慧水網系統分析，從用戶端用水管理擴展至小區供售水管理，提供一站式水務智慧化應用，同時配合管線汰換及主動檢漏管理，以輔助降低漏水率，及提升供水調配管理效率。

依北水處 2024 年 4 月前往台水公司第七區管理處參訪交流經驗，台水公司於澎湖地區智慧水表安裝對象之擇定，係以已封閉且售水率低於 80% 之小區，且小區內水表換裝數量至少須達 5,000 只等因素，擇定馬公北側三多小區、城北小區及馬公南側案山小區、民生小區、文澳小區、民族小區共 6 個試辦小區安裝智慧水表（如圖 28），安裝對象為口徑 15

(13) 至 40mm 水表全面汰換為 C 級電子表與加裝自動讀表傳輸介面，以及月用水量 1,000 度以上之既有大型（口徑 50mm 以上）電子水表加裝自動讀表傳輸介面外，另擇分表戶數 14 戶以上之 9 棟社區大樓，則除汰換水表為 C 級電子表外，採加裝中繼器與資料收集器方式辦理，以利評估集抄與單傳之差異（安裝情形如圖 29、圖 30）。澎湖地區智慧水表建置計畫於 2021 年 10 月 26 日啟動，至 2022 年 9 月 16 日完成，共計完成 5,122 只智慧水表。

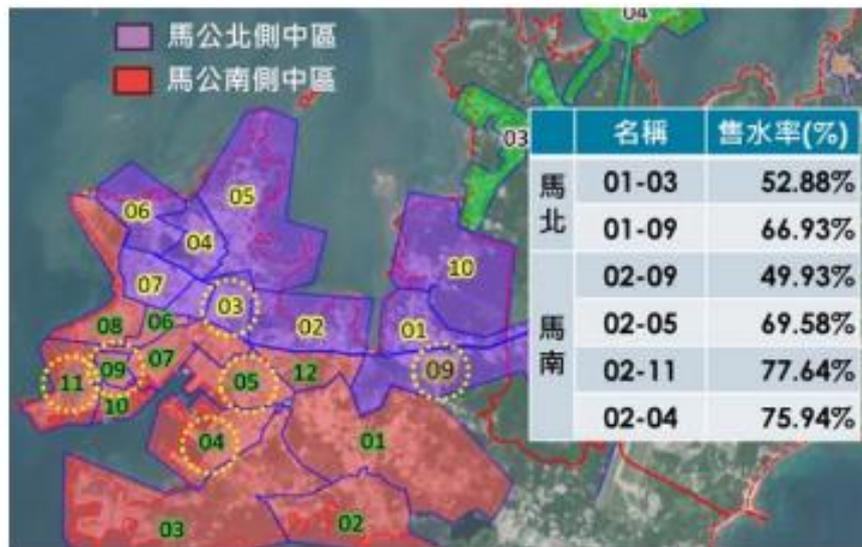


圖 28、馬公系統六個小區安裝智慧水表分布圖

資料來源：澎湖馬公系統建置智慧水表導入智慧水網效益分析（2023）



圖 29、澎湖地區智慧水表分表直接傳輸案例

資料來源：參訪行程自行拍攝

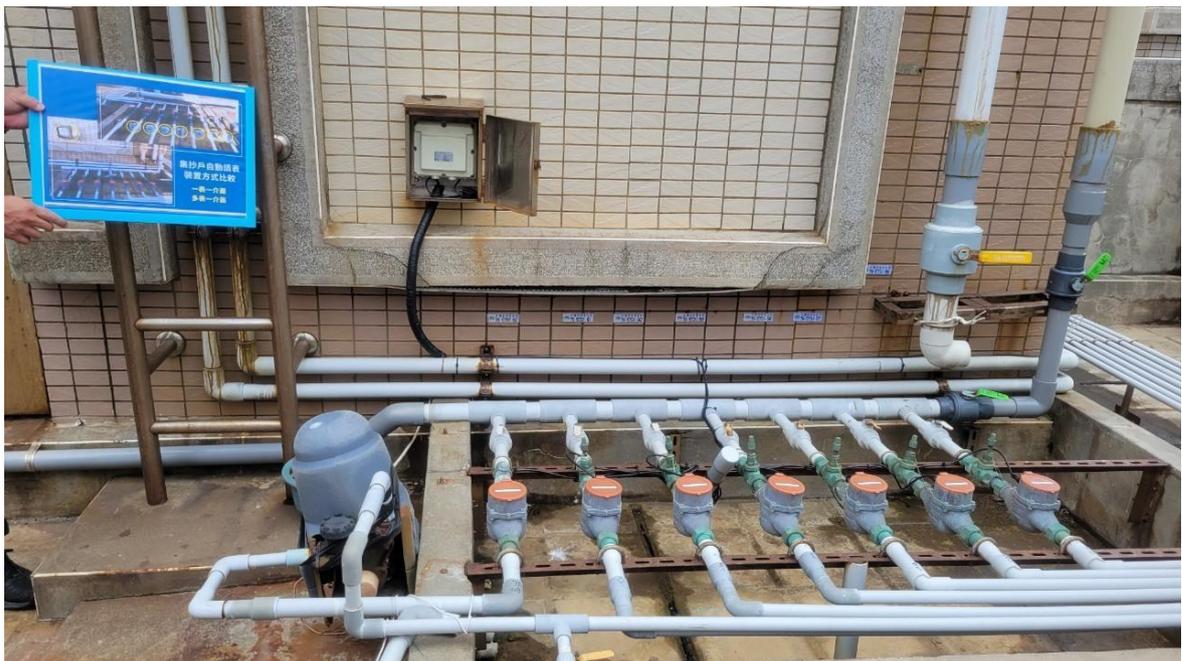


圖 30、澎湖地區智慧水表試辦分表集中傳輸案例

資料來源：參訪行程自行拍攝

台水公司本次計畫推動，經參考 2020 年度執行大用戶智慧水表建置經驗，有鑑於傳輸品質因受表位環境影響，為避免不良表位影響智慧水表後續維護及訊號傳輸穩定性，故於

採購規範將換表及表位改善等作業納入契約執行，除可提升傳輸穩定性，並可避免二次施工造成用戶困擾，計畫執行共計完成表位不當改善 518 處，包含表位遷移 65 處、表位提升 105 處、表位埋固 122 處及水表箱拆裝 226 處，其中表位遷移改善案例如圖 31 所示。



圖 31、澎湖地區智慧水表表位改善案例

資料來源：參訪行程自行拍攝

台水公司經統計自 2022 年 9 月 16 日驗收完成後，至 2024 年 9 月 30 日止，除採購案已換裝完成之智慧水表外，後續又針對新啟用戶及月用水量 1,000 度以上大用水戶（7 戶）及偏遠地區用戶（3 戶）等 10 戶安裝智慧水表，合計 5,198 只，期間用戶內線漏水、用水異常增加，經通知修復而減少內線漏水計 223 件，預估降低售水量 23,688 公噸，減少用戶水費支出 259,857 元，並預估減少供水成本虧損約 1,179,781 元。另一方面，透過小區內智慧水表建置，可即時掌握馬公系統售水量，成效十分顯著。

(3) 未來智慧水表推動策略

在本島部分，台水公司已於 2023 年 9 月 15 日起，於二區處（桃園市）與四區處（台中市、南投縣等）優先營運開辦受理用戶（新建案或既有建物）申裝智慧水表，其對象除

獨立戶外，公寓、大樓、集合式社區等均以社區管理委員會或全體住戶（需推派代表人）為單位辦理，不受理個別用戶辦理申請建置或解約。收費標準依直總表及分表依不同口徑計費（如表 7），費用採一次給付，內含 8 年通訊、保固及維護。期滿後用戶可選擇是否繼續自動讀表服務，如選擇續約時，須於期滿前 2 個月辦理續約申請並依自動讀表收費標準收費。後續將於試營運 1 年後，俟全區用戶表監測系統（自動讀表系統平台）運作穩定，及申辦作業流程更完備後，再開放各區處受理用戶付費申請。

表 7、台灣自來水公司自動讀表收費標準

單位:元

金額 類別 口徑	分表	總表(獨立表)
20m/m	3,997	8,468
25m/m	4,216	8,687
40m/m	4,838	9,207
50m/m		26,915
80m/m		30,789
100m/m		35,955
150m/m		38,538
200m/m		42,413
250m/m		46,287
300m/m 以上		48,870

資料來源：台灣自來水公司官網（2024）

另一方面，依據北水處 2024 年 4 月前往澎湖地區參訪交流，未來台水公司除試辦用戶申裝服務外，後續亦配合專案執行，規劃未來將配合內政部行政法人國家住宅及都市更新中心（HURC）推動，預計 8 年內新建 8 萬戶以上（每年 1 萬戶）社會住宅包租代管計畫且全數建置智慧水表。

2. 連江縣自來水廠

連江縣自來水廠供水區涵蓋四鄉五島（南竿鄉、北竿鄉、莒光鄉東莒島、莒光鄉西莒島、東引鄉，以下簡稱馬祖地區），全縣 2023 年底止供水戶數計 3,207 戶，供水人口 12,194 人。連江縣因年降雨量較少，水資源利用極為困難，民國 90 年以後逐步建置海水淡化廠，以解決用水需求問題，惟其每單位造水成本高昂（依 2023 年水廠決算報告計算，一度水需花費約 96.83 元供水成本，平均水價約為 11.3 元），因此，為節省珍貴的水資源，連江縣自來水廠依據經濟部水利署前瞻計畫內水環境建設，研提「連江縣自來水智慧水網計畫實施計畫」，希望透過計畫之執行，積極建置連江縣智慧水網基礎設施，打造馬祖成為離島中自來水供水智慧化城市，並透過大數據演算分析，藉以了解整體供用水情形，有效即時控管供配水調度，以節省整體供水成本。

連江縣自來水智慧型水網分兩階段，第一期於 2018 至 2020 年，由中華電信公司進行智慧水網基礎設備建置及架設智慧水監測系統平台，另美商傑明工程顧問公司擔任總顧問，預計將全區 3,120 戶（含大用水戶及一般家庭住宅）的傳統機械式水表汰換為智慧水表（蘇政賢，2023），經詢問 2020 年底完成後，共計安裝 3,330 只智慧水表（含訊號傳輸）安裝，全縣智慧水表覆蓋率達 100%。

第二期於 2021 至 2025 年辦理，由勤匯通公司為統包商，目標主要是延續前期工作，補強前期工程之缺口、修正管線及設備問題圖資、封閉小區用戶名單持續校正、改善淨水場電力系統監控，同時改善傳輸妥善率及設備保養維護等方式，藉此將智慧水網更具完備。計畫共計開發供水監測資訊平台、用戶用水分析平台、智慧水務營運平台及智慧水管家平台等 4 項平台系統，其中除智慧水管家平台屬開放用戶使

用外，其餘 3 個平台為廠內運用，各平台功能依連江縣自來水廠展示說明如下：

(1) 供水監測資訊平台

整合用戶以外的原水、淨水、管網供水監測站動態資訊（圖 32），如水質、水量、水壓、電力、水位與馬達起停狀態等，讓自來水廠的營運人員具有統一的平台介面掌握即時供水資訊，也可透過開發的行動 App 版本現場即時查詢比對，讓供水異常狀況更有效被發現、確認與排除。



圖 32、供水監測資訊平台畫面

資料來源：連江縣自來水廠提供（2024）

(2) 用戶用水分析平台

收集儲存連江縣已換裝智慧水表用戶之用水資訊（圖 33），透過設定的記錄與傳輸頻率自動收集與回傳用戶用水資訊，自動統計分析不同類型用戶之用水情形與型態，也能自動偵測用戶異常用水情形主動通知警示，並掌握每只智慧水表電量狀態（顯示每只用戶智慧水表之傳輸模組剩餘電量及水表電力不足之異常警示），強化自來水廠用戶管理能力。



圖 33、用戶用水分析平台畫面
資料來源：連江縣自來水廠提供 (2024)

(3) 智慧水務營運平台

包含決策分析、決策管理以及報表系統等 3 大功能模組，讓管理人員可隨時掌握重要資訊輔助決策 (圖 34)。



圖 34、智慧水務營運平台畫面
資料來源：連江縣自來水廠提供 (2024)

(4) 智慧水管家平台

民眾可透過此平台了解自家用水情形比較、用水量趨勢及用水歷史曲線等資訊，並可透過智慧用水型態量身訂定警示條件，藉由電子郵件或 Line 官方帳號推播訊息通知 (如圖

35)。系統平台於 2023 年測試穩定後，由水廠於 2024 年起開始擴大宣傳及輔導用戶使用，2024 年 10 月上旬統計 line 官方帳號使用人數為 789 位，相較智慧水表安裝數而言，估計有近三成用戶參與使用，未來將透過每年配合地區活動（如牛角做出幼、燒塔節等）及走訪馬祖地區進行宣導，持續進行推廣運用，以達到智慧化便利的生活及永續水資源的多重效益。



圖 35、自動讀表智慧水管家平台及用戶透過 LINE 查詢用水狀態

資料來源：連江縣自來水廠提供（2024）

連江縣自來水廠已達成馬祖地區用戶換裝智慧水表目標，亦逐年配合新設用戶裝設智慧水表，智慧水網計畫績效有成，除入圍 2023 年天下城市治理卓越獎外，另獲 2024 年智慧城市創新應用獎殊榮，其效益說明如下（連江縣自來水廠工作報告，2024）：

(1) 減少漏水率

透過供水監測資訊平台掌握水壓、水量資訊以協助漏水改善，馬祖地區 2021 年漏水率為 5.13%、2022 年漏水率為 3.68%、2023 年漏水率為 1.61%，漏水率持續下降。

(2) 提升機關服務品質：

資訊平台自動生成管理報表，有效提升人員工作效率達 50%，如過往平均花費 5 小時（人月）填報紙本表單，表單線上化後時間降低為 2.5 小時（人月）。

(3) 強化用水管理效率

透過「用戶用水分析平台」之異常管理功能，針對異常用水之用戶進行主動告知改善，2021 年節水量 41,310 公噸、2022 年節水量 30,300 公噸、2023 年節水量 41,280 公噸。

(4) 提升自動控制化程度

透過水庫及集水池之監控系統整合優化，強化監控設備穩定性，協助機關達到水網可監可控，截至 2023 年底，南竿鄉及莒光鄉工程自動控制化分別提升了 28%、33%，強化了智慧水網系統整體運作效能。

(5) 強化監測覆蓋率

藉由屆齡管理用表汰換、水情監測儀器點位增設（如流量及水壓監測站等），將各區重要訊息連結成分區子系統，最後透過數位化即時傳輸介面進行與「智慧水務營運平台」通訊，建立充足自來水前端水源及產水重要水情資訊，可提供管理者作為供水異常管理、決策分析與資訊整合時之依據。

在設備管理方面，經詢統計至 2024 年 9 月底，智慧水表用戶共計 3,828 戶；用戶智慧水表採每小時記錄 1 次，水廠每日安排 3 次固定的時間上傳數據至智慧水網系統，並由專責人員每日透過用水分析平台上的異常清單進行管理，當系統顯示斷訊 2 日以上，則通知廠商現勘處理，並於 10 日內完成修繕，以確保設備完善。目前用戶表傳輸妥善率（傳訊合格設備數量/設備總數）為 99.4%，經統計最常斷訊原因為水表沒電或年限即將到期，以及傳訊設備故障或損壞。

另進一步詢問該廠執行智慧水表推動遭遇困難，首先是操作人員需改變舊有流程方式配合線上平台及圖控作業管理，如此數位化設備對於年紀較長之人員較有抗拒心理，須耐心溝通且持續辦理教育訓練，藉以改變操作者們的習慣。另外，因設備多屬數位化、資訊化設備，價格較為高昂，其後續維運成本需多增列預算因應；又馬祖地區配水池多位於高處，易受春雷影響導致電子設備損壞，已由該廠持續針對避雷設備優化，研擬改善方案。

連江縣自來水廠二期工程仍由美商傑明公司擔任總顧問，工作內容包含全期管網工程設計管理與計畫執行營運轉期間功能驗證，驗證工作預計於 2025 年 1 月完成，後續將進行管理效益評估與指標研究，以供水廠作為未來管網管理之參考。

3. 金門縣自來水廠

金門縣自來水廠供水區域包含大小金門，全縣 2023 年底止供水戶數 27,033 戶，供水人口數共計 88,668 人。金門地區因地形及氣候限制，平均年雨量僅約 1,000 毫米，僅為台灣的 40% 左右，且降雨時間與分布極不平均，75% 集中於 4 月至 9 月之梅雨及颱風雨，形成雨量少而蒸發量大之乾燥氣候；加上集水條件不佳等問題，水資源之涵養與開發困難，近年因開放觀光旅遊及外流人口回流等因素影響，致使水資源管理變得更加複雜。

金門地區目前水資源開發依水源別分類計有當地湖庫、大陸原水、地下水及海水等 4 大類，為有效管理用水，金門縣自來水廠 2020 年開始起試辦裝設智慧水表，將傳統機械水表換裝為智慧水表，為了解地區水表訊號之網路傳輸及電池壽命等狀況，首波試辦先選定用水量較大、不易抄表之 151 個用戶，包括金酒公司、機關學校和大型飯店、旅館等優先

換裝智慧水表，透過智慧水表直接傳送用水度數及網路用水分析平台的功能，偵測漏水、提升用水管理效率與推廣節約用水。依據金門水廠 2023 年 1 月所公布大事紀，搭配前瞻計畫相關智慧水務建設作業，降低漏水率成效已從 2018 年 21.3% 降到 2021 年的 16.47%，爰該廠亦表示期許未來能夠逐年穩定降低，同時加速推動用戶智慧水表的安裝，期能精準掌握售水量，並有助於查漏與減漏。

該廠於 2023 年推動「烈嶼鄉全島換裝智慧水表試辦計畫」，針對烈嶼地區換裝智慧水表，案於 2023 年 11 月底完成安裝作業，總計完成 1,421 只智慧水表建置。經洽詢該廠後續推動方案，現階段考量就金門地區大口徑水表用戶、烈嶼地區新設建物、困難抄表地區等，另將依後續整體執行效益評估後，規劃換裝推動方案。

2.3、小結

因應極端氣候影響，水資源的有效利用為各國自來水事業單位近年關注重點，智慧水表的建置有助於減少水資源浪費，惟因設備成本仍無法降低，因此如何充分提升智慧水表運用成效亦為重要課題。亞洲地區如新加坡、東京都等，目前均以劃區設置方式辦理第一階段建置計畫，並將成果作為後續擴大推動參考，與北水處做法雷同。

台水公司於澎湖地區結合小區建置智慧水表及納入表位改善之作法，與北水處後續營運測試 2.0 選區規劃原則相同，惟北水處後續以勞務買數據方式辦理，且安裝標的以直總表優先安裝，分表則以自抄戶為主要對象；另連江縣政府自來水廠已完成全區智慧水表安裝，未來結合智慧水網之運用亦可作為進一步了解與討論。建議未來可持續就相關執行成果與相關單位進行交流分享，以作為後續評估參考。

第三章、北水處智慧水表推動

3.1、推動歷程概述

臺北供水轄區約 168 萬多只水表，傳統機械表僅能用來記錄度數，必須再派員抄表讀值，而抄表環境不佳、陽光過大、雨天或是陰暗表位，可能影響抄表員抄表正確性及工作意願。為因應未來可能面臨抄表勞動人員及意願不足問題，並達成計量管理與整合智慧管網，以提升供水效能節省水資源，北水處積極配合北市府推動智慧城市與大數據應用的公共政策，規劃建置智慧水表，將水表計量轉成數位訊號自動回傳，未來不須派員抄表，以下就各辦理階段簡要說明。

3.1.1、2015 年起開始試辦

1. 安裝情形

北水處自 2000 至 2001 年間針對學校、飯店、用戶總表及支援台水公司等地點，採用國內水表製造商 A 研發電子水表，試辦 20 只計量收費中水表之自動讀表系統，經由市內電話（PSTN）回傳使用水表積算值、瞬間流量，及偵測漏水、正轉、電力不足……的天數功能。2005 年於處本部試辦無線自動讀表系統，依據研究成果水表透過無線網路技術（WiFly）進行自動讀表技術上應屬可行，該研究試辦讀表成功率平均達 99.8%、讀表正確率為 100%，惟當時所需投入建置及後續通訊、維護等成本偏高，技術問題待克服及經濟效益不高而暫停實施（陳曼莉等，2015）。

後鑑於國內智慧水表發展已漸成熟，借鏡水利署及台水公司研究成果，加上北市府推動「智慧城市」與大數據應用的公共政策，並因應調整水價提升服務，北水處 2015 年 6 月開始執行「建置自動讀表系統試辦計畫」安裝智慧水表，並依「回饋大戶水費漲幅，安裝 AMR 協助節約用水」、「配合

公共住宅政策、免費安裝智慧水表」、「因應建商智慧新建案、付費升級安裝智慧水表」及「建置智慧水表資訊平台、提供民眾增值服務應用」等 4 個構面，切入智慧水表運用。說明如下：

(1) 大用水戶及府屬機關學校

- A. 北水處 2015 年擬定水價調整計畫，內容就增收水費之運用及協助大用水戶調適水價與提升服務方面，規劃裝設智慧水表以提供用戶即時用水數據、瞭解用水狀況並管理用水量，協助檢查或警示漏水，降低因漏水突增水費。水價調整案經奉臺北市議會 2016 年 1 月 20 日同意辦理，自 2016 年 3 月 1 日起實施。
- B. 為實踐水價調整的承諾與回饋，有鑑於當時北水處月平均用水量達 1,000 度以上之直接表及總表量超過 4,000 只，其中口徑 50mm（含）以上數量約 3,000 餘只，雖僅佔總用戶數 0.19%，然用水量卻高達轄區用水量 25% 以上，如漏水常造成大量水資源流失，屬需加強管控之重點大用戶群，故推行之初即針對每月用水量超過 1,000 度以上大用水戶免費安裝。
- C. 考量每月千度大口徑水表數量過多，北水處先於 2015 年針對每月用水量超過千度以上用戶，再加上其他篩選準則，包含水表即將屆齡、用水量下滑、特殊建物用戶等挑選項目（如圖 36），優先篩選出 100 戶大用水戶為試辦對象安裝自動讀表設備，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。試辦計畫中所選用大表為國內水表製造商研發之電子水表，因此，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。初期試辦 100 只採用可匹配電子表且具 IP68 防水防塵效果之無線傳訊紀錄器 GTI（單傳），現場安裝照片如圖 37，該無線傳輸模組具有 3G 無線傳輸功能，訊號以封包透過手機基地台接收，由北水處採購電信業者 SIM 卡，並採用「每分鐘記錄，每天發送 1 次」的方式進行網路傳輸。2016 年 2 月提出 2015 年大用戶自動讀表試辦報告，並預定於 2016 年至 2018 年再續行辦理大用戶智慧水表安裝試辦。

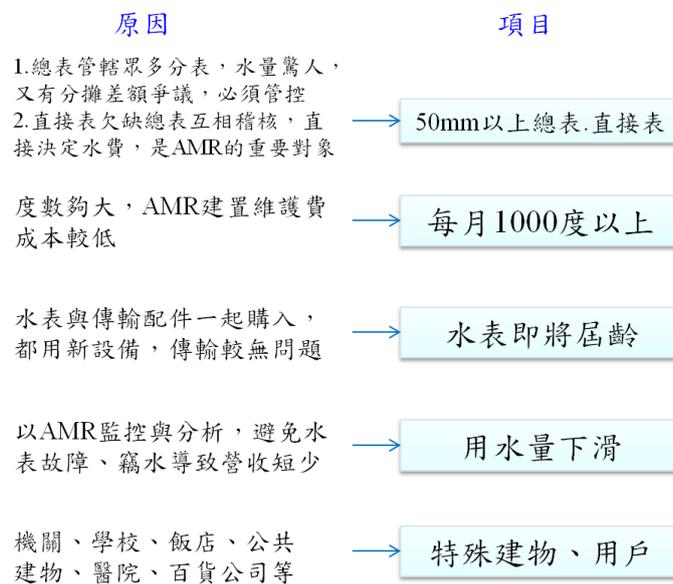


圖 36、試辦 100 處裝設 AMR 的挑選原則

資料來源：北水處 2015 年大用戶自動讀表試辦報告（2016）



圖 37、試辦裝設採用僅傳送水量之 AMR 設備（GTI）

資料來源：北水處 2015 年大用戶自動讀表試辦報告（2016）

D. 2015 年完成 100 只智慧水表試辦後，2016 年起北水處將大用戶安裝智慧水表列入執行 KPI，至 2018 年間依規劃數量陸續完成月均千度以上大用水戶安裝自動讀表設備，4 年間共計安裝 1,809 只，安裝數如表 8。

表 8、千度以上大用水戶安裝數

年度	2015	2016	2017	2018	合計
數量（只）	100	750	950	9	1,809

E. 2019 年針對重點用戶安裝 590 只，以及月均 200 度府屬機關安裝 412 只，合計兩者安裝自動讀表設備共計 1,002 只，藉由前安裝大用水戶經驗及相關用戶針對自主用水管理需求較高，主要選用水表為國內水表製造商研發之電子水表，讀表通訊模組選用單傳 4G 讀表通訊模組（定時間/定時距（1 分鐘至 24 小時）自動回傳設定，具 IP68 防塵防水設置），其功能除回傳水表積算值及瞬間值等資訊，且具備偵測漏水、正轉、電力不足天數等功能，並針對 40mm 以下水栓以水表搭配讀表通訊模組整組採購方式辦理。

F. 2022 年針對新增之月均 1,000 度以上重點用戶安裝 89 只，及月均 100 度以上府屬機關安裝 216 只，共計安裝 305 只智慧水表，因評估 100 度以上府屬機關水栓，多為非機關主要使用水栓，因此主要選用水表為國內水表製造商研發之電子水表，讀表通訊模組選用高傳透力、低功耗、低成本的單傳 NB-IoT 讀表通訊模組，其讀表間距 1 小時讀表 1 次，1 天回傳 1 次，具 IP68 防塵防水設置，功能除回傳水表積算值及瞬間值等資訊，並具備偵測漏水、正

轉、電力不足天數等功能，針對 40mm 以下水表則以新建案採購案辦理。

(2) 公共住宅試辦

A. 臺北市政府推動公共住宅智慧社區，於 2017 年公告「臺北市公共住宅智慧社區建置規範手冊(2.0)」，將安裝智慧三表(水表、電表、瓦斯表)等智慧設施列為必須建置項目，北水處配合北市府都市發展局社會住宅完竣工期，就 2015 年起規劃興建之 5 處社宅列入免費安裝智慧水表，依表 9 所示，分別為文山區興隆社宅 1 區、文山區興隆社宅 2 區、松山區健康社宅、萬華區青年社宅及南港區東明社宅。

表 9、北水處試辦社會住宅安裝智慧水表建置情形

名稱	數量(只)	完成年度
興隆社宅1區	275	2015年
興隆社宅2區	533	2018年
健康社宅	524	2018年
青年社宅	280	2019年
東明社宅	718	2019年
合計	2,330	

B. 2015 年興隆社宅 1 區採建置智慧水表及水質監測等設備先行試辦(安裝情形如圖 38)，完成後，就另 4 處社宅持續配合安裝試辦，至 2019 年共完成 5 大試辦社會住宅安裝智慧水表，合計共為 2,330 只。

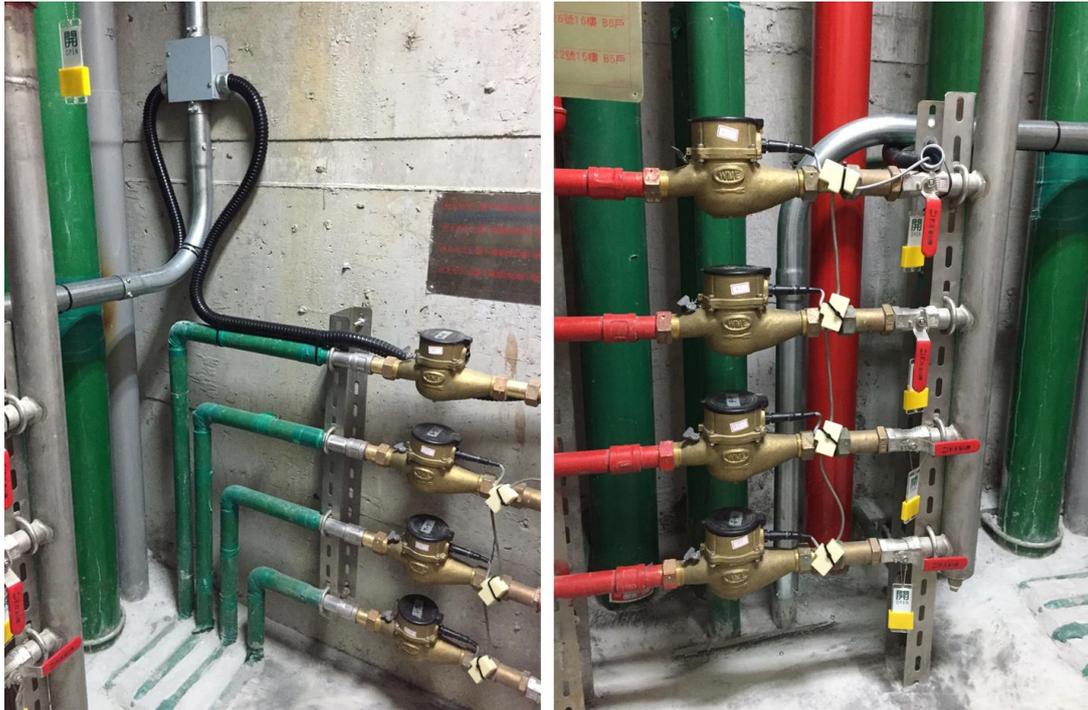


圖 38、興隆社宅 1 區各層樓管道間水表管路配置與有線集抄安裝情形

- C. 智慧水表安裝用戶分表採用集中抄表的方式（有線集抄），水表採用國內水表製造商研發之電子水表，以有線方式連接至集中器，再由集中器有線連結至讀表通訊模組，並可以透過無線 4G 網路或連結網路線方式將資料傳送至北水處訊號接收主機，其讀表間距 1 小時讀表 1 次，1 天回傳 1 次，上述設備功能除回傳水表積算值及瞬間值等資訊，並具備偵測漏水、正轉、電力不足天數等功能。
- D. 依據「臺北市公共住宅智慧社區建置規範手冊（2.0）」規範，北水處配合透過 API 格式介接提供社宅總表、各公共水表及用戶水表積算值及瞬間值等用水資訊至社宅之中央控制系統，系統以視覺化顯示連續之用水量資訊，符合智慧建築標章指標之節能管理指標。
- (3) 新建案付費裝設智慧水表
- A. 為落實臺北市發展智慧社區政策，考量私宅用戶亦有使

用智慧水表的需求，北水處於計畫內將智慧水表推廣至臺北市及新北市屬於北水處供水轄區範圍內之私宅用戶。考量使用者付費原則，2018 年即修改公告收費標準，在原用水設備施工費用外，增加建置智慧水表及相關服務之「智慧水表增值服務收費價格表」，並依據該價格表之設備單價及所需數量進行收費，設備數量由北水處派員至現場依據用戶需求、水表位置及傳輸方式（有線或無線）等進行評估設計，讓建商新蓋建物之際，付費升級為智慧水表，提升建案智慧宅價值，2019 年試辦期間共 3 個建案申請安裝，合計 333 只，除水表由水處提供外，傳輸設備及傳輸費等皆由申請人（建商）付費。

- B. 另為擴大安裝智慧水表，及臺北市議會於 2019 年第 13 屆第 1 次定期大會有多位議員提案：「茲因極端氣候影響，致使水資源供給面臨嚴重短缺和不均，為節約用水保護環境，請市府制定相關法令，要求新建案強制裝設智慧型水表，讓民眾可及早發現漏水情況，以避免水資源浪費」。北水處積極規劃增修智慧水表收費價格及相關法令規章，奉臺北市政府核定後經 2019 年 11 月 15 日函頒公告周知，自 2020 年 1 月 1 日起，所有新建案申請接水案全面採用自動讀表（AMR）系統功能之智慧水表，北水處配合修訂「營業章程」、「表位設置原則」、「自來水用水設備審圖、檢驗、設備作業手冊」及「用戶用水設備外線裝置工程費價格表」，以利順利推動；每年新建案新增安裝數量約為 1 萬只，其中針對市府推動之社宅及新建市場等，均納入執行。
- C. 針對新建案初期採用水表與讀表通訊模組分開採購方式辦理，發現針對每一場域各類讀表通訊模組預計採購數

量評估困難，且如讀表通訊模組有拆回情形，不易另尋適合點位再裝出，後續改為北水處僅購入水表，讀表通訊模組採樣本穩定性測試型態，並由廠商自行評估各場域所需數量，若水表有拆回情形，再裝出時廠商依契約規定提供傳輸服務，有效提高北水處智慧水表運用範圍，且此採購方式延續至今；新建案多為大樓，一般用戶較多，用水量較小且穩定，目前採購案使用水表為國內水表製造商研發之電子水表，讀表通訊模組則考量過去社宅及前瞻計畫安裝經驗，直總表部分選用高傳透力、低功耗、低成本的單傳 NB-IoT 或 Sigfox 讀表通訊模組，其讀表間距 1 小時讀表 1 次，1 天回傳 1 次，具 IP68 防塵防水設置，分表部分則選用集中抄表的方式（有線集抄），水表以有線方式連接至集中器，再由集中器有線連結至讀表通訊模組，透過無線 4G 網路將資料傳送至資料中心，其讀表間距 1 小時讀表 1 次，1 天回傳 1 次，上述設備功能除回傳水表積算值及瞬間值等資訊，並具備偵測漏水、正轉、電力不足天數等功能。

- D. 北水處所屬轄區範圍內之新建案已全面實施付費裝設智慧型水表，並提供「智慧水管家」系統協助用戶及早發現漏水，用戶可於系統設定異常用水警示條件及留存聯絡人資訊，若有異常警則發送通知至留存之聯絡人，除可及早發現漏水情況，也能透過連續無用水之警示偵測家中長期無用水，即會自動發送訊息通知家人，以防獨居長者在家發生意外卻無人知曉；而針對獨居長者，則可設定通知對象為大樓管理中心，透過上述智慧水表與系統結合，發揮智慧社區之效益。另一方面，新建案用戶為進一步取得智慧建築標章，部分用戶向北水處提出將用水量資訊介接至大樓管理中心之中央監控，以符合

智慧建築標章指標之節能管理指標，惟北水處基於資訊安全防護考量及礙於個人資料保護法相關規定，並未開放北市府都發局社宅以外之私宅智慧水表用戶申請用水資訊介接需求。考量長期智慧建築推動及智慧建築標章取得之趨勢，建議未來需將擷取用戶用水資訊之相關個資法令修訂提供相對應之規範或措施。

(4) 前瞻計畫（木柵二期）

- A. 經濟部水利署為擴大探討智慧水表對小區家戶建置之成效，自 2018 年於前瞻基礎建設—水環境建設項下，編列預算委託北水處代辦「臺北智慧水網示範區建置與分析計畫」，針對「木柵二期重劃區」有意願的社區建物，整棟分表換裝為智慧水表。
- B. 木柵二期重劃區位於臺北市政治大學東側丘陵地（如圖 39），屬於高地供水孤立封閉區塊，區域內建物 110 棟於 2018 至 2020 年間全數建置完成，總計完成總表 138 只、直接表 402 只、分表與公共用表 1,737 只，共計 2,277 只換裝作業。
- C. 木柵二期案內選用國內水表製造商研發之電子水表，讀表通訊模組可分為針對用戶總表及直接表，因有配合管網即時管理需求，因此選用單傳 4G 讀表通訊模組（定時間/定時距（1 分鐘至 24 小時）自動回傳設定，具 IP68 防塵防水設置），大樓分表部分為考量需求及經濟性，則採用集中抄表的方式（有線集抄），水表以有線方式連接至集中器，再由集中器有線連結至讀表通訊模組，透過無線 4G 網路將資料傳送至資料中心，其讀表間距 1 小時讀表 1 次，1 天回傳 1 次，針對公寓用戶分表部分，因用水量小且無公設，無須密集數據，若使用 4G 網路傳訊方式易造成傳輸成本過高，故選擇高傳透力、低功耗、

低成本的單傳 NB-IoT 或 Sigfox 讀表通訊模組，其讀表間距 1 小時讀表 1 次，1 天回傳 1 次，上述設備功能除回傳水表積算值及瞬間值等資訊，並具備偵測漏水、正轉、電力不足天數等功能。

- D. 本案藉由裝設智慧水表，可於表計端立即處理複雜的用水資訊，減少後端系統運算負荷。除智慧水表內建之智慧功能外，本案運用供水監測資訊平台進行數據閱覽與分析，供水監測資訊平台協助進行供水管網的水資源動態監測，其功能包含即時監測，管網水量水壓數據變化、漏損管理、數據分析，如異常用量/點位查詢或流量壓力對照趨勢圖、異常警示、進水譜流量區間等管理功能。
- E. 另一方面，智慧水表與通訊設備結合，建置遠端水資源監測管理中心，作為供水調配依據，並即時確認水壓與水量關係；配合分區計量作業的進行，短時間迅速回傳資訊，即時掌握漏水區域，並能提早獲知爆管警訊。建立用戶用水分析，可應用在大型用水用戶管理，降低漏水造成的資源浪費，而小型用戶亦能了解家中是否漏水及用水模式，以達節約用水之目的；配合智慧城市的建置，從社區住宅開始，民眾用水資訊隨時可掌握，更貼近民眾生活。

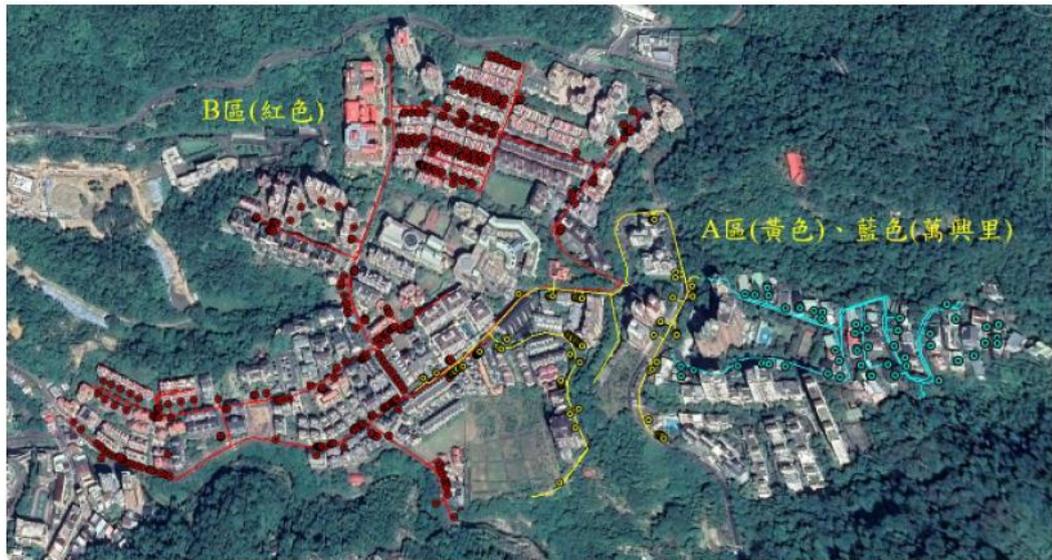


圖 39、「臺北智慧水網示範區建置與分析計畫」場域範圍圖
資料來源：臺北智慧水網示範區（木柵二期）建置與分析應用（時佳麟等人，2021）

3.1.2、2019 年起智慧水表技術試煉與營運測試

為推動既有建物智慧水表建置，有鑑於試辦初期國內智慧水表產業能提供完整智慧水表服務廠商較少，試辦建置智慧水表之執行，雖讓國內產業萌芽，但當時智慧水表品質與物聯網 IoT、資通訊 ICT 技術整合還需提升，考量當廠商缺乏經濟規模時難以投資改善，若能預告產業發展政策，利用臺灣資訊科技產業與製造成本管理優勢，在品質與價格可接受情形下，導引協助本土產業加快投入研發新產品，將有助帶動及扶植國內產業發展，因此規劃分階段辦理「技術試煉」與「營運測試」（圖 40），以逐步結合國內技術團隊、拓展產業鏈。



圖 40、推動智慧水表各階段工作

1. 辦理說明會以蒐集相關供應鏈廠商對推動模式的可行性意見

(1) 2018 年 12 月 26 日智慧水表產業發展暨產業供應鏈廠商座談會

包含水表商、設備商、系統商等共 22 家 59 人與會，與會代表反應熱絡，除表達應開放業界進行新技術開發之市場機制外，更強調資料標準定義之重要性及提供未來加強效能提升之作法等相關建議。會後，與會代表更相互交流，積極尋求上下游供應鏈廠商可合作模式。

(2) 2019 年 1 月 29 日舉辦市府智慧水表產業推動座談會

包含水表商、設備商、系統商等共 41 家 65 人與會，針對未來試煉方案提供多項意見，包含市電斷電復歸與電池耐用性測試、資料傳輸成功驗證方式、通訊技術不斷更新因應、以及未來試煉場域選擇原則等，藉由各界提供專業經驗及建議，以利後續場域試煉方案更契合實務，並媒合各領域專業廠商，創造更有利商機。

(3) 2019 年 4 月 26 日舉辦智慧水表產業政策推動說明會：

包含水表商、設備商、系統商等共 45 家 82 人與會，會中宣布未來產業政策推動方向，包含北水智慧水表分階段推

動規劃、大用戶與社宅實績、試煉方案與組團方式。(圖 41)



107年12月26日下午舉辦「智慧水表產業發展暨產業供應鏈廠商座談會」



108年1月29日、4月26日與市府資訊局及智慧城市辦公室共同舉辦「智慧水表產業推動政策說明會」

圖 41、北水處召開智慧水表產業推動說明會現場參與情形

2. 辦理技術試煉

為於推動全域換裝前，先擴大國內外供應鏈產業參與及提升技術服務成熟度，北水處於 2019 年、2020 年及 2022 年辦理 3 梯次「技術試煉」，為全國首例以媒合供應鏈方式整合團隊參加，團隊包含上下游供應鏈，包含團主、水表商、讀表通訊模組商、系統商等共同團隊，透過北水處提供之試煉場域，以每組團隊 60 只水表之建置規模，測試設備軟硬體之技術可行性，改良並發展可用產品，逐步提升品質，共計 11 組團隊、19 家廠商參與，合計 720 只水表實地安裝進行測試；廠商團隊採用讀表技術包含照相式、脈衝式與電子訊號式等 3 種類型；通訊技術採用包含 4G、NB-IoT、WiFi、LoRa、Sigfox、RF 無線射頻及有線傳輸等多種技術（如圖 42）。其執行成果等於後續章節詳細說明。

「智慧水表技術試煉」為全國自來水事業首創辦理，成

功媒合 10 組 18 家上、下游產業鏈投入智慧水表研發，並引進國外水量計、通訊模組與模式等先進技術與國內產品共同試煉，促進國內廠商交流學習，使智慧水表供應團隊之數量、技術、品質等都獲得長足進步，其成果「臺北供水區智慧水表推動策略」榮獲第 8 屆 2021「智慧城市創新應用獎」，係政府智慧治理組唯一獲獎單位。

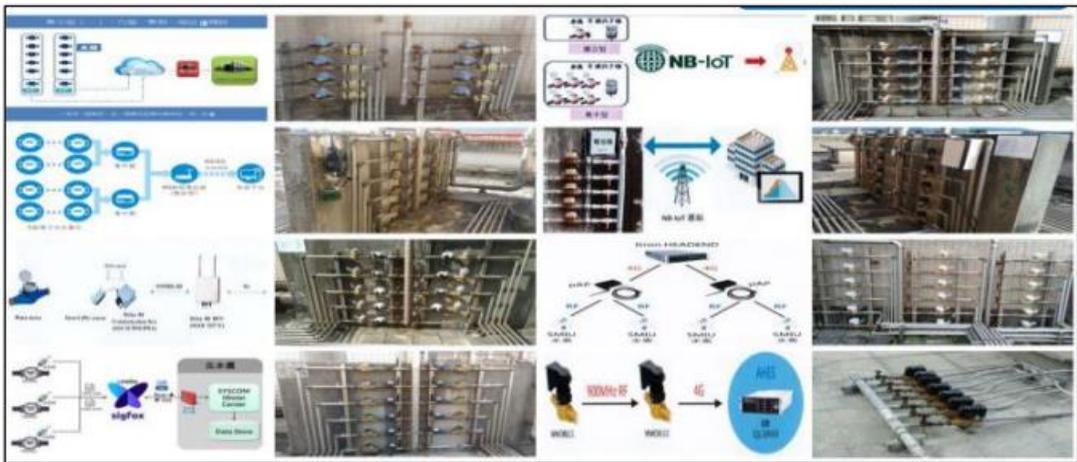


圖 42、智慧水表多元技術試煉

3. 智慧水表營運測試

為評估廠商團隊之整體服務成本與品質可行性，俾利規劃未來全面推動之最適執行模式，技術試煉完成後，北水處接續針對既有建物於 2020 年辦理營運測試案。案以公開招標最低標複數決標方式廣納優質廠商團隊，共有 11 組廠商團隊參與，經資格及規格審查再經比價後，計有 7 組廠商團隊得標，使用國內外 3 家廠牌水表及 4 家讀表通訊模組。

營運測試針對臺北市分表 12 戶以上、且全棟各戶水表屆齡占比達 91% 以上之大廈集合社區為優先換裝對象，每標安裝約 2,000 只智慧水表，其中分表占總安裝數約 97%，全案共安裝 15,495 只智慧水表並於 2023 年 10 月完成測試作業。針

對執行成果探討將於第四章詳細說明。

4. 訂定既有建物申請換裝智慧水表作業要點

北水處所屬轄區自 2020 年 1 月 1 日起，新建案已全面實施付費安裝智慧水表，惟有部分既有建物用戶陸續提出希望北水處協助換裝智慧水表之需求，因此，北水處於 2023 年 02 月 09 日頒布「既有建物申請換裝智慧水表作業要點」，以滿足既有用戶需求，協助提前付費換裝智慧水表。

作業要點申辦方式比照用戶申請用水口徑變更方式及作業流程於給水設計系統內新增換裝智慧水表工項，並於完成計算換裝工料費後通知用戶繳費，其收費標準依新建案辦理。相關流程如下圖 43。

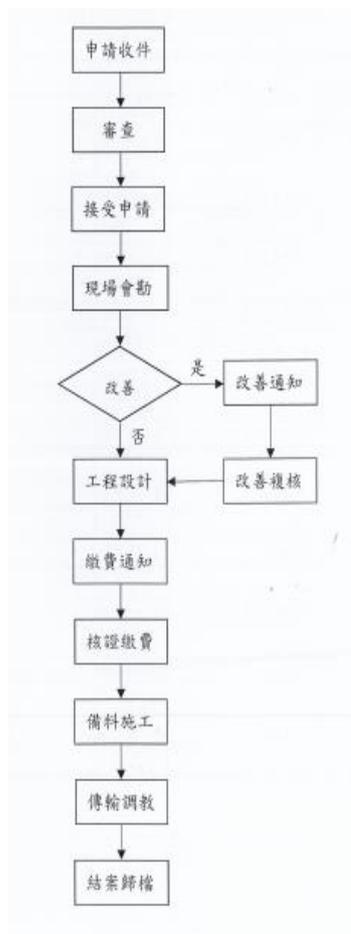


圖 43、既有用戶申辦智慧水表換裝流程圖

另考量換裝之整體效益及計費管理，既有建物申請換裝智慧水表，依作業規定須採整棟（總表及通過總表以下所有分表）換裝，因此，須建物管委會或取得全體用戶同意之住戶代表（無管委會者），填寫申請書及繳交申請費後，始接受申請；申裝完成後，即納入北水處後續屆齡換裝智慧水表方式辦理。作業頒布迄今（統計至 2024 年 9 月底止），共計受理 32 案申請，完成申裝共計 28 案，其中多數為台灣電力股份有限公司變電所申請案件，部分為營業用戶及私人學校，僅 1 案為一般用戶；另其他 4 案則因現場表位需進行改善，故尚未施作。

5. 推動營運測試 2.0

營運測試期間，北水處持續研擬後續既有建物智慧水表擴大換裝之推動方案，2022 年依北市府加速加速推動智慧水表安裝及相關軟硬體設施建置之指示，經辦理廠商說明會後，擬定「臺北供水區智慧水表管理計畫」；原計畫於 2023 年提前啟動商轉，配合水表 8 年屆齡期限逐年汰換，前 2 年先建置數分別為第 1 年 5 萬只、第 2 年增加至 12 萬只，並逐年滾動檢討及修正，如執行情形良好，規劃於第 3 年（2025 年）起配合廠商產能、逾齡表汰換等，增加建置數至每年 21 萬只。

隨著營運測試的持續辦理，逐漸發現既有建物場域環境條件複雜，尚有不良表位改善、訊號遮蔽及民眾拒裝等眾多問題待克服，因此，於擬定推動方案時，經再次檢視計畫內容，並就已完成智慧水表執行成果進行效益分析及需求檢討，2023 年北水處智慧水表推動政策遂配合評估結果調整，因此，此計畫並未推動執行，並於 2023 年底研擬「營運測試 2.0」（FOT 2.0），2024 年辦理採購作業，後續將依測試結果滾動檢討，找出最適管理方案，以提升建置成效，達成用

戶、廠商及水處三贏之永續經營管理方針。

3.2、業務管理系統發展說明

為滿足北水處營運及管理上實用需求，應用系統建置也成為重點規劃項目，北水處透過積極管理及實地接觸等方式累積相關經驗，逐步針對系統化契約管理、罰則管理、派工管理、施工管理、用水管理、績效管理及統計分析等項目規劃最適當管理方式並進行系統開發，以下針對自動讀表業務管理系統 3 個階段建置歷程進行說明。

1. 第 1 階段-2015 年建置智慧水網系統

為達智慧化管理水表，北水處於北市府新建之興隆社宅 1 區先行辦理智慧水表換裝，將原有機械式水表改換為可輸出電子訊號之電子表，回傳每只水表流量訊號並加值處理，以監控每日用量，將過去僅為收費之水表，轉化為智慧管理工具；同時設置數位水質監測器，將水質訊號回傳北水處並公開水質資訊。

另為提供用戶查詢即時水質狀況，2015 年同步開發自動讀表智慧水網系統，提供智慧水表回傳指針度數查詢功能，依據使用對象如社區住戶、管委會及網站管理者等，規劃設計不同使用者介面，呈現包括用水量比較、時間區間之曲線統計圖、水量歷史明細資料、社區總表及所有公共水栓的水質及水量狀況等資料。

(1) 一般使用者介面

依圖 44 所示，一般使用者介面以簡約頁面呈現上期用水量和目前用水量比較、提供水質的餘氯、濁度與酸鹼值等資訊，以利北水處同仁查看用水及水質狀況，並可進一步利用各時間區間之曲線統計圖表查詢水質、水量之歷史明細資料。



圖 44、一般使用者畫面

(2) 社區管委會介面

在社區防災中心辦公室的監控面板中，提供查詢社區總表及所有公共水栓的水質及水量狀況，利用其統計圖表之歷史明細資料，可觀察社區公共水栓是否有持續性出水、疑似漏水、水質異常，或自動讀表訊號接收失敗的狀況，以供社區管委會即時應變處理，系統畫面如圖 45。



圖 45、社區管委會系統畫面

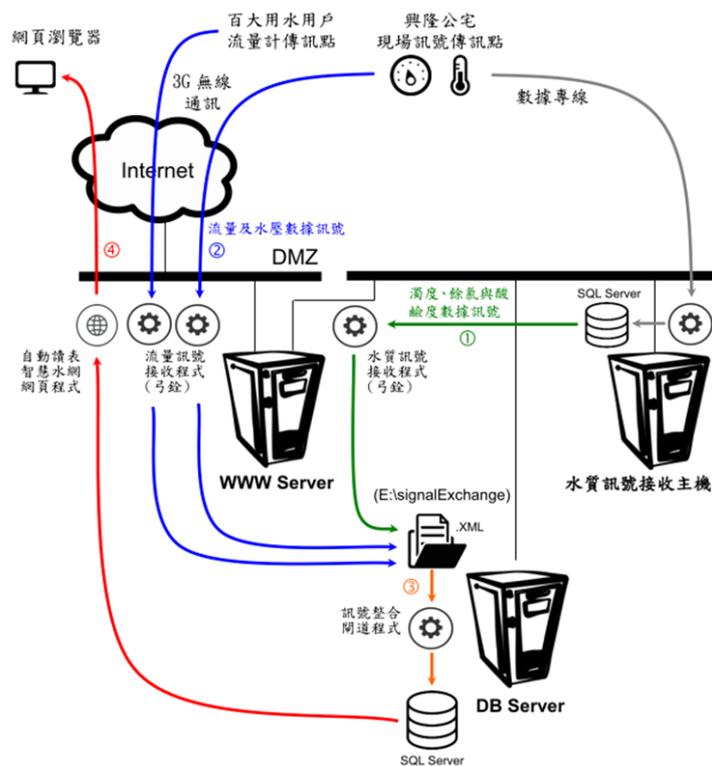


圖 47、自動讀表智慧水網系統架構

透過智慧水網系統開發應用，一方面可提供良好的智慧聯網平台，協助廠商發展全方位的解決方案，二者可建立即時的偵測增值應用以提供市民享有便利的智慧生活，讓興隆社宅 1 區的防災中心及用戶可透過智慧水網，於手機、平板或電腦上瀏覽查詢社區即時水質及用水情況，以及早察覺異常用量或提早發現漏水；而北水處亦可透過智慧水網連續性、不間斷的方式回傳資訊，於高取樣頻率中訊號隱含的累進積用水量、瞬間流量等，解此據此察覺內線漏水、分析用戶用水模式、及瞭解水表靈敏度的衰退現象，進一步運用遠端的水表訊號分析，達到水資源管理的行動依據。依上述等智慧水網應用成效，北水處於 2016 年 3 月獲頒臺北市電腦公會「2016 智慧城市創新應用獎」之智慧家庭優勝獎項殊榮。

2. 第二階段-2017 年建置自動讀表業務管理系統

隨著智慧水表安裝數增加，業務管理功能需求也隨之增

加，但因第一階段的自動讀表智慧水網欠缺異常主動警示、進水譜分析（

圖 48）、產製統計報表及列管追蹤等功能，因此於 2017 年起，結合業務需求規劃建置新系統，針對設備斷訊及低電壓、用水量異常及點位建置異常等項目進行自動成案通知及每日報表檢視，以用水突增減為例，主要透過用戶用水情形，以群組或單表方式進行一定期間內，用水量突增減百分比數值與突增減度數等參數進行設定，於警示成案後，由管理者進行案件查處（圖 49），並於確認無異常後以相對應之查察結果、建議方案及處理結果登錄案件處理情形及產製異常案件處理清冊，協助同仁能更完善的查察及處理設備與用水異常案件。後續綜整分處同仁累積之異常案件處理經驗，陸續精進增修異常成案判斷邏輯，更利於準確地判斷異常，提升同仁異常處理效益。

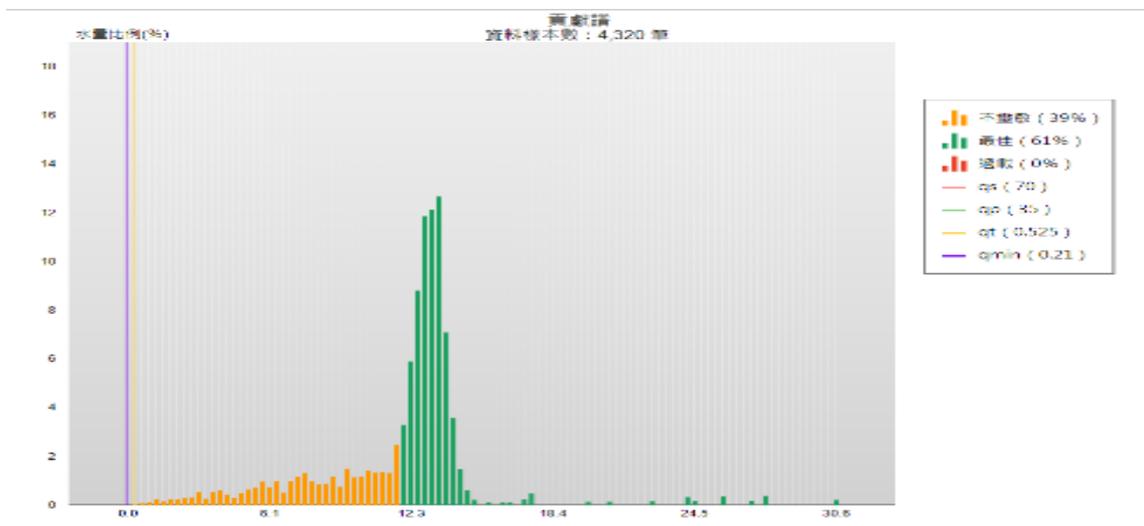


圖 48、進水譜分析

The screenshot displays a water management system interface. The top section shows a calendar for May 2024 (113年 05月) with a grid of dates and icons representing cases. The right side of the calendar shows a list of cases with columns for '案件編號 / 日期 / 冊別 / 水號 / 用戶' and '異常資訊'. Below the calendar, there is a detailed view of a specific case (E3113062900392) with fields for '基本資料' (Basic Information) and '異常處理' (Abnormality Handling). The '異常處理' section includes a line graph titled '前3日用戶曲線圖' (User Curve Graph for the Last 3 Days) showing flow volume (CMH) over time. The bottom section contains a form for '通報結果' (Reporting Results) and '建議方案' (Recommended Solutions).

圖 49、案件登錄作業

其中每日報表針對斷訊 1 日以上水栓、模組電壓小於 3.42V、水量計電力不足天數、AMR 水栓未開始回傳、低電壓成案未結案共 6 項明細資料，每日透過 mail 傳送（圖 50），有效增加承辦人與廠商管控機制。

水號	流量/壓力	分處	日序	冊別	浮動抄表日	表號	傳輸介面型號	地址	斷訊長度	AMR水栓註記	採購契約案號	採購契約止日期
2-01-	流量	東區	1-04	A04	20240828	B108800534	集抄電池供電	臺北市中正區忠孝東路一段**巷**號八樓	斷訊3日以上	Y	109北水財字第013號	1170907
2-03-	流量	東區	1-03	A29	20240827	B112802326	NB10T	臺北市中山區濱山街**號	斷訊3日以上	A	111北水財字第013號	1190517
2-04-	流量	東區	1-04	A13	20240828	C109810212	集抄電池供電	臺北市中山區長安東路一段**號五樓	斷訊1日	Y	109北水財字第041號	1180301
2-05-	流量	東區	1-05	A17	20240829	B106800073	集抄電池供電	臺北市松山區健康路**號九樓之1	斷訊3日以上	Y	106北水財字第007號	1151031
2-07-	流量	東區	1-10	A14	20240906	G105130041	設備回傳	臺北市中山區天津街**號總表	斷訊1日	A	105北水財字第019號	1110912
2-07-	流量	東區	1-10	A28	20240906	D108830225	設備回傳	臺北市中山區南京東路一段**號二樓	斷訊2日	A	108北水財字第014號	1170821
2-13-	流量	東區	1-12	A05	20240910	B108801521	集抄電池供電	臺北市中山區中山北路二段**巷**號十一樓之5	斷訊3日以上	Y	109北水財字第013號	1170907
2-14-	流量	東區	1-21	B32	20240830	F108130174	設備回傳	臺北市中山區合江街**號之1	斷訊3日以上	Y	105北水財字第019號	1110912
4-11-	流量	西區	2-07	B31	20240806	B111810177	集抄電池供電	臺北市萬華區青年路**號十樓之1	斷訊3日以上	Y	106北水財字第007號	1151031
4-11-	流量	西區	2-07	B31	20240806	C109251592	集抄傳輸	臺北市萬華區青年路**號七樓之5	斷訊3日以上	Y	106北水財字第007號	1151031
4-11-	流量	西區	2-07	B31	20240806	B111810111	集抄電池供電	臺北市萬華區青年路**號十三樓之6	斷訊3日以上	Y	106北水財字第007號	1151031
4-12-	流量	西區	2-12	B30	20240813	C108801649	集抄電池供電	臺北市中正區南昌路一段***巷**號三樓之1	斷訊3日以上	Y	109北水財字第013號	1170907
4-12-	流量	西區	2-12	B28	20240813	C110801119	集抄電池供電	臺北市中正區重慶南路三段**號九樓	斷訊2日	Y	109北水財字第041號	1180301
4-12-	流量	西區	2-12	B28	20240813	C110801120	集抄電池供電	臺北市中正區重慶南路三段**號十樓	斷訊2日	Y	109北水財字第041號	1180301
4-12-	流量	西區	2-12	B28	20240813	C110801121	集抄電池供電	臺北市中正區重慶南路三段**3號十一樓	斷訊2日	Y	109北水財字第041號	1180301
M-08-	流量	南區	2-05	B14	20241001	C108301021	集抄電池供電	臺北市文山区政大二街***巷**號四樓	斷訊3日以上	Y	107北水財字第027號	1141210
M-08-	流量	南區	2-05	B14	20241001	C108301018	集抄電池供電	臺北市文山区政大二街***巷**號八樓	斷訊3日以上	Y	107北水財字第027號	1141210
M-08-	流量	南區	2-05	B12	20241001	D108300109	設備回傳	臺北市文山区政大二街**號	斷訊3日以上	Y	107北水財字第027號	1141210
M-08-	流量	南區	2-05	B12	20241001	B107300247	集抄電池供電	臺北市文山区政大二街**號	斷訊3日以上	Y	107北水財字第027號	1141210
M-08-	流量	南區	2-05	B13	20241001	B107300220	設備回傳	臺北市文山区政大二街*6號	斷訊3日以上	Y	107北水財字第027號	1141210
M-08-	流量	南區	2-05	B12	20241001	B107300147	設備回傳	臺北市文山区政大二街**號一樓	斷訊3日以上	Y	107北水財字第027號	1141210
M-08-	流量	南區	2-05	B12	20241001	A109300004	集抄電池供電	臺北市文山区政大二街***巷**及**號總表	斷訊3日以上	Y	107北水財字第027號	1141210
M-08-	流量	南區	2-05	B13	20241001	C108300877	集抄電池供電	臺北市文山区政大二街***巷**號四樓	斷訊3日以上	Y	107北水財字第027號	1141210
S-13-	流量	北區	1-11	A02	20240909	B111800460	集抄電池供電	新北市三重區重新路四段***號四樓	斷訊1日	A	109北水財字第041號	1180301
S-13-	流量	北區	1-11	A02	20240909	C111800570	集抄電池供電	新北市三重區重新路四段***號六樓	斷訊1日	A	109北水財字第041號	1180301
S-13-	流量	北區	1-11	A02	20240909	C111800571	集抄電池供電	新北市三重區重新路四段***號七樓	斷訊1日	A	109北水財字第041號	1180301
S-13-	流量	北區	1-11	A02	20240909	C111800572	集抄電池供電	新北市三重區重新路四段***號八樓	斷訊1日	A	109北水財字第041號	1180301
S-13-	流量	北區	1-11	A02	20240909	C111800573	集抄電池供電	新北市三重區重新路四段***號九樓	斷訊1日	A	109北水財字第041號	1180301
S-13-	流量	北區	1-11	A02	20240909	C111800578	集抄電池供電	新北市三重區重新路四段***號十四樓	斷訊1日	A	109北水財字第041號	1180301
P-03-	流量	陽明	1-02	A04	20240826	C108801071	集抄電池供電	臺北市北投區福美路**號四樓	斷訊3日以上	Y	108北水財字第014號	1170821
P-03-	流量	陽明	1-02	A04	20240826	C108800992	集抄電池供電	臺北市北投區福美路**號四樓	斷訊3日以上	Y	108北水財字第014號	1170821
P-03-	流量	陽明	1-02	A04	20240826	C108801023	集抄電池供電	臺北市北投區福美路**號三樓	斷訊3日以上	Y	108北水財字第014號	1170821
P-03-	流量	陽明	1-02	A04	20240826	C108800987	集抄電池供電	臺北市北投區福美路**號七樓	斷訊2日	Y	108北水財字第014號	1170821

圖 50、每日報表

系統內針對斷訊、低電壓、逆流、用水增加、連續用水、用水減少及連續無用水 7 個大項進行日常管理需求之主動警示 18 項細項開發，分別為設備異常管理 2 大項 3 細項及用水異常管理 5 大項 15 細項（表 10）。

表 10、自動讀表業務管理系統預設異常判定規則

自動讀表業務管理系統異常判定規則		
異常類型	異常細項	警訊規則
斷訊	斷訊	訊號已 () 天 (含) 以上未回傳至後端伺服主機
低電壓	傳訊模組低電壓	傳訊模組電壓連續 () 天低於 () V
	水量計低電壓	水量計電力不足天數大於 () 日
逆流	逆流	日反向累積量大於日正向累積量的 () % (含) 以上
用水增加	日用水量增加	正偏離：日用水量不在 30 日平均日用水量正 () 個標準差內
		突增：日用水量較 30 日平均日用水量突增 () % (含) 且增加 () 度 (含) 以上
	週用水量增加	與去年同期比較：週用水量較去年同期週用水量增加 () % (含) 且增加 () 度 (含) 以上 與 1 年週平均比較：週用水量較 1 年平均週用水量增加 () % (含) 且增加 () 度 (含) 以上 與上期比較：週用水量較上週用水量突增 () % (含)

		且增加 () 度 (含) 以上
	月用水量增加	與去年同期比較：月用水量較去年同期月用水量增加 () % (含) 且增加 () 度 (含) 以上 與 1 年月平均比較：月用水量較 1 年平均月用水量增加 () % (含) 且增加 () 度 (含) 以上 與上期比較：月用水量較上月用水量突增 () % (含) 且增加 () 度 (含) 以上
	瞬間流量超出 QS	瞬間流量超出 () 個 QS (含) 以上
	總表週用水量分攤增加	總表分攤度數 (總表-分表和) 較上週增加 () % 且分表平均分攤度數大於 () 度 (含) 以上
	總表月用水量分攤增加	總表分攤度數 (總表-分表和) 較上月增加 () % 且分表平均分攤度數大於 () 度 (含) 以上
連續用水	連續用水	連續用水：瞬間流量連續 () 天 (含) 以上不曾為 () cmh (含) 以下
用水減少	日用水量減少	負偏離：日用水量不在 30 日平均日用水量負 () 個標準差內
		突減：日用水量較 30 日平均日用水量突減 () % (含) 且減少 () 度 (含) 以上
	週用水量減少	與去年同期比較：週用水量較去年同期週用水量減少 () % (含) 且減少 () 度 (含) 以上
		與 1 年週平均比較：週用水量較 1 年平均週用水量減少 () % (含) 且減少 () 度 (含) 以上
		與上期比較：週用水量較上週用水量突減 () % (含) 且減少 () 度 (含) 以上
	月用水量減少	與去年同期比較：月用水量較去年同期月用水量減少 () % (含) 且減少 () 度 (含) 以上
		與 1 年月平均比較：月用水量較 1 年平均月用水量減少 () % (含) 且減少 () 度 (含) 以上
與上期比較：月用水量較上月用水量突減 () % (含) 且減少 () 度 (含) 以上		
連續減量	日用水量連續 () 日皆較前一日減少 () % (含) 以上	
總表週用水量分攤減少	總表分攤度數 (總表-分表和) 較上週減少 () %	
總表月用水量分攤減少	總表分攤度數 (總表-分表和) 較上月減少 () %	
連續無用水	連續無用水	瞬間流量連續 () 天 (含) 以上持續為 0 異常案件因查察結果判定為空屋案而停用本警訊，如結案日期次月起每月用水超過 () 度 (含) 以上則重啟警訊

另為協助用戶自主用水管理，2018 年啟用「智慧水管家」系統平台及申請商標權，提供已安裝智慧水表用戶可透過電腦、手機或平板隨時瀏覽用水情況，及早發現用水異常，讓水資源管理更有效率。系統以圖形化呈現用水型態，

包含用水量圖、用水趨勢圖（圖 51）、歷史曲線圖等，並可設定異常用水警示條件、留存聯絡人資訊、用水指針查詢... 等功能，大大提升用戶管理用水的便利性，使北水處成為國內第一個利用智慧水表提供用戶增值服務應用的自來水事業。

異常用水警示條件主要由用戶針對連續 7 天累積用水量較上週、最近 1 個月週平均、去年同期突增及連續 30 天累積用水量較去年同期突增之比例及度數進行基本警示設定，並可針對夜間用水、逆流、連續用水及連續不用水進行進階設定，若產生異常警示則透過用戶所留存聯絡人資訊（手機及 mail）發送通知，使用戶有效進行用戶自主用水管理，如圖 52。



圖 51、智慧水管家系統查詢用水量及用水趨勢

警示設定管理

無警示

連續七天累積用水量

較上週增加

較最近一月的週平均用水量突增

較去年同期突增

連續三十天累積用水量

較去年同期突增

挑選上方警示後請設定警示的百分比或警示值(若無警示不需填寫)

較最近一月的週平均用水量突增 % 且 度以上

進階設定(可複選)

夜間用水(01:00~06:00期間)大於連續七天的平均日用水量 % (含) 且 度以上

夜間用水(01:00~06:00期間)較前一日增加達 % (含) 且 度以上

逆流：日反向累積量大於日正向累積量的 % (含) 以上

連續用水達 日警示

連續不用水達 日警示

圖 52、智慧水管家系統異常用水警示條件

2019 至 2021 年期間考量各項業務變革，陸續增修自動讀表業務管理系統功能，並一同增修智慧水管家功能以符合用戶使用需求，包括用戶水費試算、自動提示繳費訊息等功能，如圖 53。

水費試算

□ 徑 100

用水計費時間起迄 ~ 指針起迄 ~

試算

如何找到以上資訊？請參考以下水單示意圖

臺北自來水事業處水費通知單(繳費憑證)
Taipei Water Department Water Bill (Certificate of Payment)

收件地址：臺北市中正區 服務電話：87335678、33431678
服務地址：10678 臺北市格致街 3 8 號
用戶姓名： 本處統一編號：03774909

水 號 (Account Number)	序號	類別	期別	收費年月 (Year/Month)	繳費期限 (Payment Due Date)	應繳總金額 (Total Amount Due)
大區 中區 戶號 終	1	A	B32	105年12月	106年01月11日	\$283

用水地址：臺北市中正區

繳具類別(6位) 密碼(8位)

※本處自105年起配合開立無實體電子發票，若方之繳具號碼係對應雲端發票之唯一識別碼，遺失無法補發。繳費後請妥善保存，如發票中獎請另函通知，屆時請至全省四大超商多媒體機輸入繳具號碼，列印中獎電子發票證明聯至中獎獎金代發單位兌領。

複本印製 正式單據已寄出

基 本 資 料		口徑/基本費	
水表號碼：	3 → 290	口徑/基本費：	1 → 20 / 136.0
本期指針：	290	用水費：	0.0
上期指針：	0	違約金：	5.0
本期用水量：	0	暫欠水費：	141.0
總用水量：	0	水費項且小計：	282.0
用水計費期間：	1051013 / 1051212	水務保留費(含基本費1.0元)：	1.0
下次抄表/收費日期：	1060214 / 1060220	代繳費款小計：	1.0
		應繳總金額(元)：	283.0
		(本期金額：136.0元)	

圖 53、智慧水管家系統水費試算功能

由於智慧水表安裝數增加，依水表特性開發多隻接收程式，採平行作業處理，再批次處理進資料庫，以利達到效能需求（圖 54）。並且針對每日用水度數進行日結作業，利用日結度數資料進行異常成案排程作業，並針對斷訊水表產出報表，彙整給負責分處，即時了解水表狀況並與廠商一同改善水表傳輸率。亦隨著社宅智慧水表建置，系統提供各社宅用水度數供介接。

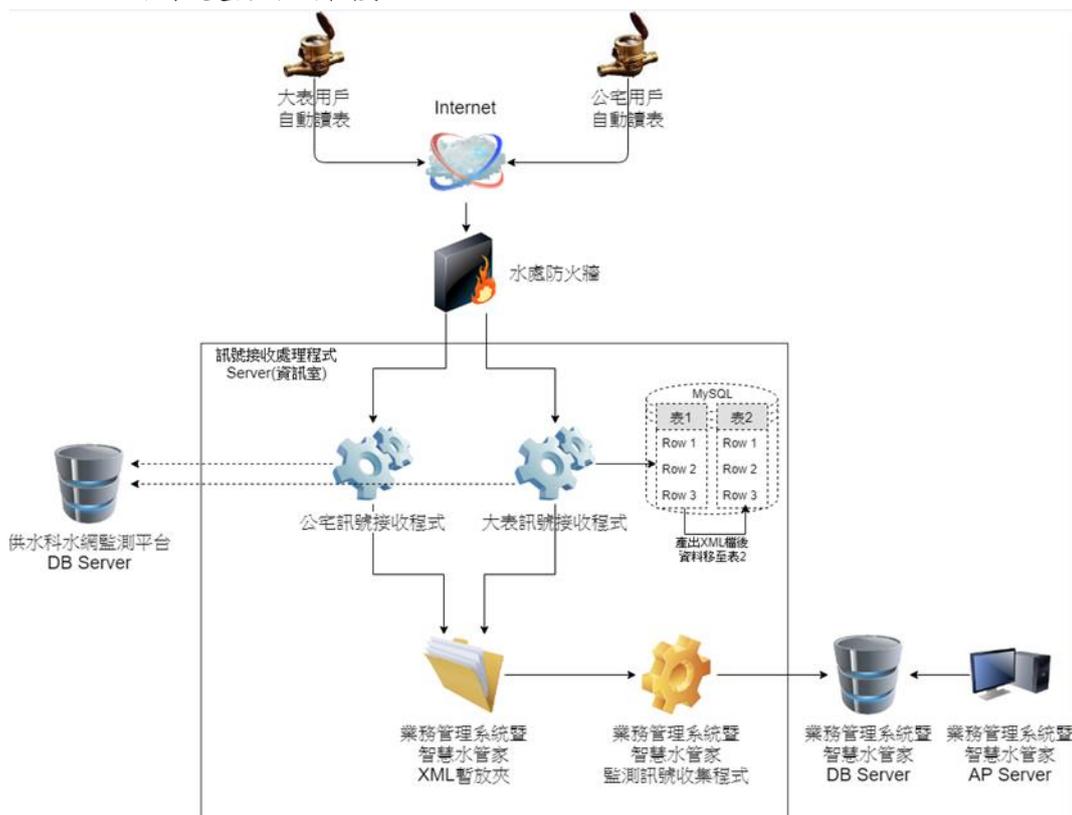


圖 54、自動讀表業務管理系統架構

3. 第三階段-2023 年起開發新 AMR 平台系統

為因應持續推動既有建物換裝智慧水表，同時考量系統效能及擴充性，由於水表數量日俱增加，前階段的系統負荷漸漸加重，已經發現每日日結作業延遲現象，除了日結作業尚有前端的水表資料消化進資料庫的排程作業，以及日結後的異常成案相關作業，這些作業對效能需求考驗極大，此階段系統必須針對未來將所有 168 萬只水表，納入自動讀表來

做系統規劃開發，必須能夠作到平行彈性擴充軟硬體配置，達到滿足每個階段水表數量的效能需求，為此新平台系統針對系統架構、程式設計、資料庫等重新規劃建置。

系統架構面，改採雲地分工以及分散式可擴充之架構，考量到使用者及數據大量增加產生的連線及資料傳輸需求，並且可快速的彈性配置及擴充運算資源、儲存空間及網路頻寬。公有雲 A 上建置資料管理系統，負責智慧水表數據收集，以 RESTful API 介接方式進行資料傳輸整合，符合 OGC SensorThings API 國際標準，並使用 SLB 連線負載平衡機制，將水表廠商上傳智慧水表數據之連線與流量，進行分流分散給多個水表數據資料收集微服務處理，及提供儀表板監控數據傳訊品質，如圖 55。

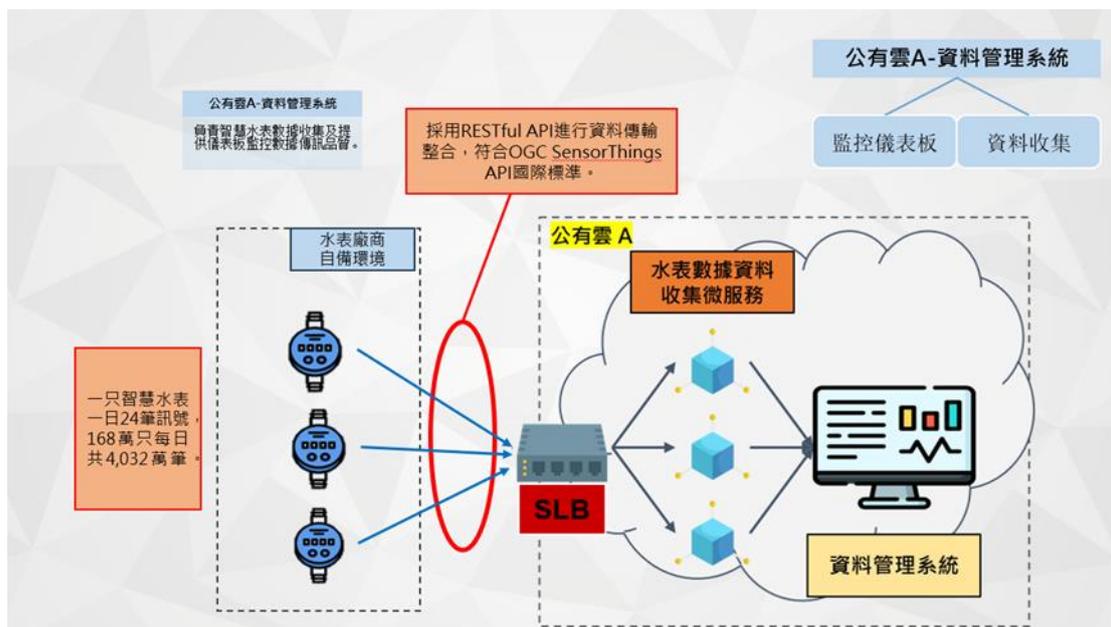


圖 55、公有雲 A 系統規劃架構

公有雲 B 上建置智慧水管家系統，負責對外開放民眾查詢用水狀況，提供異常警示供民眾進行自主管理等目的，如圖 56，利用公有雲頻寬、主機等擴充性佳特性，及需面對不同 IP 使用者（用戶），可同時滿足流量衝擊及資安面考量、

另外使用 CDN 服務 (Content Delivery Network) 將造成大流量的圖片、說明文件、CSS、JavaScript 等靜態檔案，放置於 CDN 網路的儲存空間，避免造成網路流量瓶頸，亦可提高網頁的反應速度。

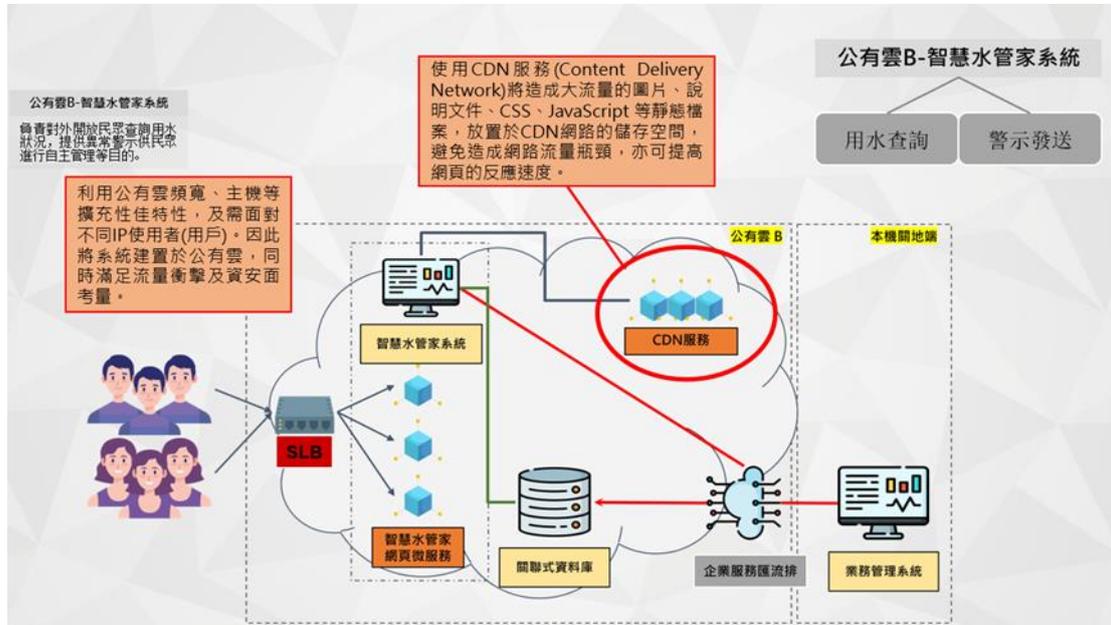


圖 56、公有雲 B 系統規劃架構

而於地端建立業務管理系統，負責數據資料儲存與運算，提供機關內部使用者進行智慧水表用水管理，並配合管理需求建置相關功能，如圖 57，在資料庫配置方面採用 NoSQL 資料庫與關聯式資料庫並行，NoSQL 資料庫存取水表原始訊號資訊，搭配關聯式 SQL 資料庫存取彙整後資訊（如日結、異常案件等）。

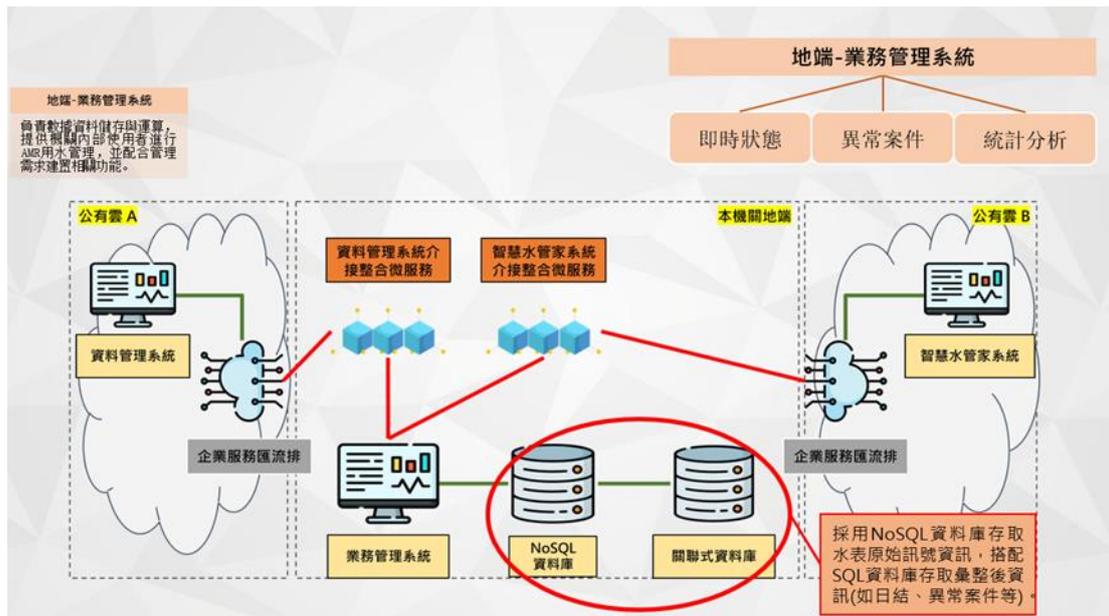


圖 57、地端系統規劃架構

在程式設計面，採微服務架構設計及容器技術環境配置，有別於過去單體式程式設計方式，在數據量增加時系統方能有效處理且快速橫向擴充，且較快速因應業務需求改變而做調整功能。

在資料傳遞面，不管是 API 接收到水表數據，到消化進系統之中，微服務之間、雲地之間處處都存在資料互相傳遞的效能議題，為此系統採用訊息佇列（Message Queue）的方式傳遞資料，發送方（Producer）只要負責丟資料給訊息佇列 MQ（Broker），接收方（Consumer）便能依序的從中拿取資料，彼此獨立互不影響，這樣就可以達到任務緩衝、水平擴展、暫存容錯、系統解耦等優點，解決資料傳輸造成的效能瓶頸，本系統訊息佇列採用的開放標準的應用層協議為 Advanced Message Queuing Protocol（AMQP）高級消息隊列協議。

在資料庫面，採 NoSQL 資料庫，與關聯式資料庫適性分工處理，水表原始訊號（Raw Data）的時序型資料就存放在 NoSQL 資料庫，經過運算過後的資料、報表存放在關聯式資

料庫；有別於以往僅使用關聯式資料庫存放原始訊號資料與彙整加總資料，大量數據寫入較無法負荷。另外分離區分冷熱資料以提昇資料庫存取效率。

在資訊安全的規劃方面，雲地混合的架構下，必須有更高規格的要求，針對整體防護、資料儲存、資料傳輸、資安檢測等四個面向來探討。

(1) 整體防護

規劃在雲端租用防火牆、地端配置網路防火牆、防毒系統、入侵偵測系統、入侵防禦系統等防護解決方案，阻斷 DDoS、惡意 IP、防毒及防止 APT 等惡意攻擊，並且進行網路的區隔，以及系統介接上的管理。

(2) 資料儲存

依行政院資安處公布的指引建議，雲端服務所屬一切的資料存取、備份及備援的實體所在地必須為我國境內，而且系統中的機密資訊應進行加密，個資及機敏資料則存於地端，資料也會定期備份以及建置叢集備援的架構。

(3) 資料傳輸

建置 VPN 傳輸通道，採用加密傳輸協定，並強化遠端存取的控制，以最嚴謹開放為原則，來確保雲地資料的傳輸安全無虞。若須檔案之間的交換或是透過 Web Service 等機制傳輸資料的話，也會進行安全性的防毒檢測後放行。

(4) 資安檢測

實施原始碼弱點安全性檢測、主機安全性檢測、網頁安全性檢測及滲透測試等，並依據檢測結果進行漏洞的修補。也會有即時的資安監控以及異常通報，並且有系統的復原機制。

在業務需求功能方面，主要針對確保支撐轄區內換裝智慧水表每日 24 筆數據收集與完成日用水量結算、自動異常成

案歸類、契約管理、罰則管理、派工管理、施工管理、績效管理及統計分析等作業進行全系統化開發如圖 58 至圖 68，其中包含資料管理系統（廠商用）、業務管理系統（北水處用）及智慧水管家系統（用戶用）進行開發，並完成雲地端混合架構規劃如圖 69。

系統優化功能特色如下：

(1) 關鍵績效指標儀表板

以廠商、契約編號、採購編號做為篩選條件，統計其傳輸率、抄表正確率、自動讀表成功計費率、自動讀表抄表日成功回傳率、通訊異常案件修妥率等各項統計報表，有效分析該廠商履約績效，並開發排除功能，若非屬廠商因素，可由系統新增排除單，並於排除後重新計算，有效改善過去紙本排除作業不便利性。

(2) 用水突增減預設警示以用水級距自動歸類功能

以週用水突增為例，原 AMR 系統若預設值均設定突增 30% 警示，則導致週用水約 10 度用戶，突增至 13 度以上則警示，週用水約 250 度用戶，需突增至 325 度以上警示，導致預設標準無法通用，為優化此功能，於 AMR 系統開發透過用水級距自動歸類用水突增減異常警示功能，透過拆分用水級距（共 8 個級距），以用戶平均用水量進行自動歸類，減少人工逐栓警示設定工作量，並自動於每年重新歸類。

(3) 連續用水預設警示以每日最低瞬間值平均自動警示設定功能

用戶用水設備設置及用水習慣等均有不同，無法僅透過供水方式、用水種別等進行預設警示設定，導致預設標準無法通用情形，於 AMR 系統開發以各水栓近半年每日最低瞬間值平均（排除負值）自動警示設定功能，透過系統自動抓取水栓每日最低瞬間值以及計算平均值，自動每年重新設定，

有效解決過去須逐栓人工設定冗事。

(4) AMR 水栓中止、停水及復水自動派工功能

中止、停水及復水除派工拆除及安裝水表外，還須另行派工至智慧水表廠商辦理模組拆除安裝作業，導致 1 案 2 次派工冗事，且容易忘記派工，造成智慧水表裝出無傳輸卻無人發現問題，於 AMR 系統開發將暫時停用水栓自動歸類至待復水區，於待復水區水栓復水後自動進行模組派工功能，有效解決 1 案 2 次派工或忘記派工之情形。

(5) 系統化契約管理流程

分析所有智慧水表契約特性，整合契約管理、罰則管理、派工管理、施工管理、估驗計價等作業，開發相關功能，並規劃將 AMR 系統與換表 APP 進行結合，實現全施工系統化流程整合。

(6) 水管家重點用戶設定及依供水方式設定用水量顯示

於自動讀表業務管理系統能設定大用水戶清單，再依大用水戶、總表、直接表及分表等不同類型用戶管理用水需求不同，可調整最小用水量顯示單位，分別可設定為依每小時（預設介面）、日、週、月、年等不同時間區間顯示用水量，除可於管理端設定，也可提供用戶自行設定，讓用戶自主管理用水更便利。

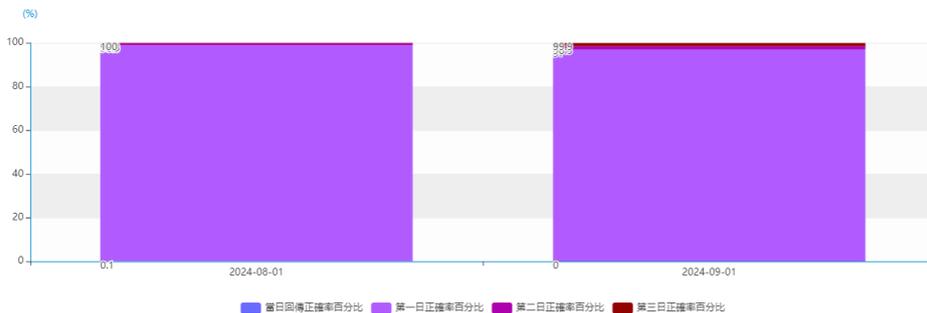


圖 58、履約績效管理管理示意圖



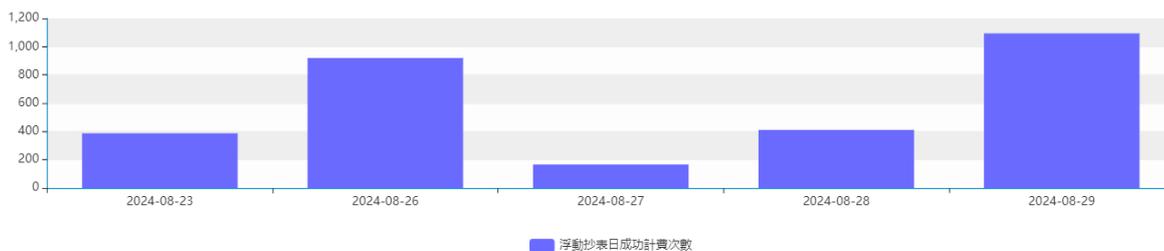
圖 59、傳輸率報表示意圖

補傳天數 當日回傳 第一日補傳 第二日補傳 第三日補傳



日期	模組廠商	模組採購編號	模組契約案號	總水表數	總手抄表數	正確數	不正確數	排除數	正確率(%)	當日累積正確率(%)	第一日累積正確率(%)	第二日累積正確率(%)	第三日累積正確率(%)	操作
2024-08-01-2024-08-22	弓登企業股份有限...	N/A	113北水...	4691	1180	1123	0	57	100	0.1	98.9	99.8	100	明細
2024-09-01-2024-09-22	弓登企業股份有限...	N/A	113北水...	6445	944	922	1	21	99.9	0	97	98.5	99.9	明細

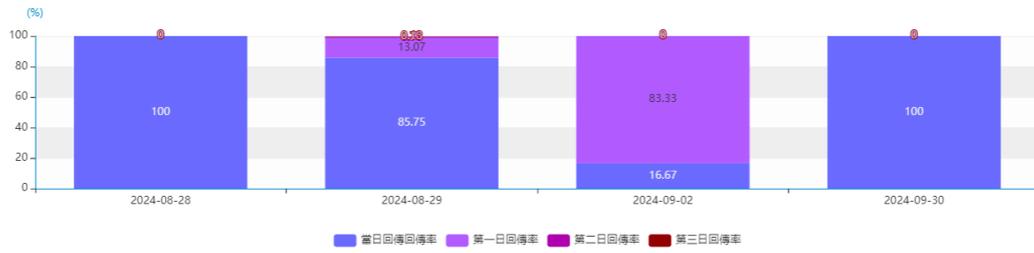
圖 60、抄表正確率報表示意圖



固定抄表日	浮動抄表日	成功計費次數	不成功計費次數	抄表日成功傳輸率	應抄次數與明細
2024-09-01	2024-08-23	387	0	100%	387
2024-09-02	2024-08-26	920	0	100%	920
2024-09-03	2024-08-27	166	0	100%	166
2024-09-04	2024-08-28	410	1	99.8%	411
2024-09-05	2024-08-29	1094	0	100%	1094

圖 61、自動讀表成功計費率報表示意圖

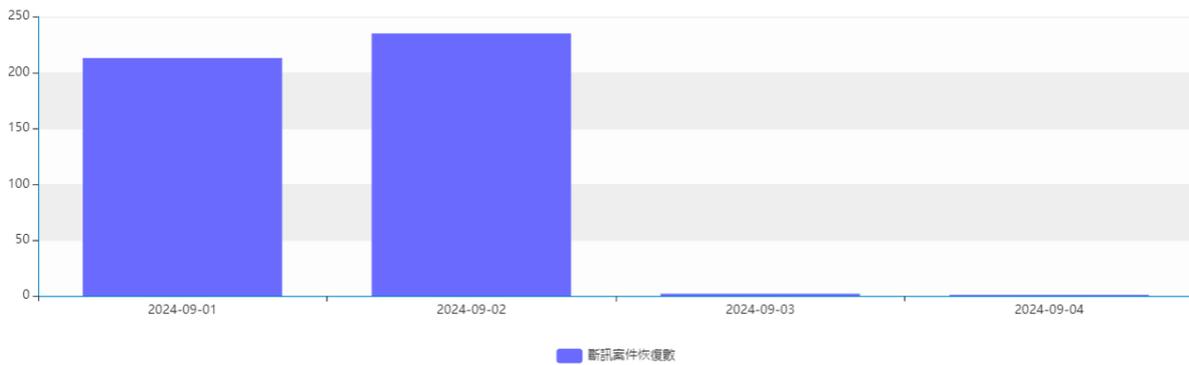
補傳天數 當日回傳 第一日回傳 第二日回傳 第三日回傳



固定抄表日	浮動抄表日	成功回傳次數	不成功回傳次數	排除數	抄表日當日累積回傳率	抄表日第一日累積回傳率	抄表日第二日累積回傳率	抄表日第三日累積回傳率	應抄次數與明細
2024-09-04	2024-08-28	27	0	0	100	100	100	100	27
2024-09-05	2024-08-29	763	2	0	85.75	98.82	99.61	99.74	765
2024-09-06	2024-09-02	150	0	0	16.67	100	100	100	150
2024-09-21	2024-09-30	2	0	0	100	100	100	100	2

圖 62、自動讀表抄表日成功回傳率報表示意圖

(案件數)



日期	案件總數	恢復正常案件數	斷訊異常案件修妥率(%)
2024-09-01	213	213	100
2024-09-02	235	235	100
2024-09-03	2	2	100
2024-09-04	1	1	100

圖 63、通訊異常案件修妥率報表示意圖

契約案號	是否啟用	契約類型	契約階段	採購編號	維護廠商	管理單位	聯絡人	起始日期	迄止日期	查看	水表取號	批次交料	物料管理	日期記事	異動歷程	罰則	水表匯入匯出
105北水	啟用	採購契約	已確認契約	1050601	股份有限公司 (862)	臺北自來水	股份有限公司	2017-09-12	2022-09-12	🔍	📄	📄	📄	📅	📅	📄	📄
105北水	啟用	採購契約	已確認契約	105H009	股份有限公司 (862)	臺北自來水	股份有限公司	2016-10-04	2021-10-04	🔍	📄	📄	📄	📅	📅	📄	📄
106北水	啟用	採購契約	已確認契約	1060600	股份有限公司 (862)	臺北自來水	股份有限公司	2018-10-31	2026-10-31	🔍	📄	📄	📄	📅	📅	📄	📄
106北水	啟用	採購契約	已確認契約	1060601	股份有限公司 (862)	臺北自來水	股份有限公司	2018-06-22	2023-06-22	🔍	📄	📄	📄	📅	📅	📄	📄
107北水	啟用	採購契約	已確認契約	1073501	股份有限公司 (862)	臺北自來水	股份有限公司	2020-12-10	2025-12-10	🔍	📄	📄	📄	📅	📅	📄	📄
108北水	啟用	採購契約	已確認契約	1080601	股份有限公司 (862)	臺北自來水	股份有限公司	2020-08-21	2028-08-21	🔍	📄	📄	📄	📅	📅	📄	📄
109北水	啟用	採購契約	已確認契約	1090601	股份有限公司 (862)	臺北自來水	股份有限公司	2020-07-15	2028-07-15	🔍	📄	📄	📄	📅	📅	📄	📄

圖 64、契約管理示意圖

派工狀態	權組編號	契約案號	用戶水號	水表表號	樓表號	口徑	地址	冊別	日序	換機組結果	建立理由	建立日期	派工日期	結束日期	實際上线日期	詳細內容	轉換表APP 溝通紀錄
建立請機組?		113北水第	P-07	C1040416 73	P-07	25	臺北市北投區 石牌路二段 1巷1號五樓	A01	1-05		來自派工簿 冊：113北水第 字：0001正 常清冊 - 自動 派工	2024-07-01 1 11:10:45	2024-09-01 2 21:28:45			🔍	📄
結束	0240303K 1688	113北水第	P-06	B1132318 20		20	臺北市北投區 諾天母西路 1巷1號樓表	A14	1-04	更換成功	來自派工簿 冊：113北水第 字：0001正 常清冊 - 自動 派工	2024-07-01 1 11:10:45	2024-10-01 6 11:06:44	2024-10-01 7 08:48:26	2024-10-01 7 00:00:00	🔍	📄
結束	0240303K 1949	113北水第	P-06	B1132318 03		20	臺北市北投區 諾天母西路 1巷1號樓表	A14	1-04	更換成功	來自派工簿 冊：113北水第 字：0001正 常清冊 - 自動 派工	2024-07-01 1 11:10:45	2024-10-01 6 10:43:57	2024-10-01 8 08:56:27	2024-10-01 8 00:00:00	🔍	📄
建立請機組?		113北水第	P-06	B1050629 82	P-06	20	臺北市北投區 諾天母西路 1巷1號五樓	A14	1-04		來自派工簿 冊：113北水第 字：0001正 常清冊 - 自動 派工	2024-07-01 1 11:10:45	2024-09-01 2 21:28:45			🔍	📄
結束	0240304K 0080	113北水第	P-06	D1132300 75	P-06	40	臺北市北投區 諾天母西路 1巷7號	A13	1-04	更換成功	來自派工簿 冊：113北水第 字：0001正 常清冊 - 自動 派工	2024-07-01 1 11:10:45	2024-08-01 6 09:00:23	2024-08-01 7 07:31:42	2024-08-01 7 00:00:00	🔍	📄
結束	0240304K 0080	113北水第	P-06	D1132300 74	P-06	40	臺北市北投區 諾天母西路 1巷8號	A13	1-04	更換成功	來自派工簿 冊：113北水第 字：0001正 常清冊 - 自動 派工	2024-07-01 1 11:10:45	2024-08-01 6 09:00:23	2024-08-01 7 07:31:42	2024-08-01 7 00:00:00	🔍	📄
結束	0240304K 0080	113北水第	P-06	D1132300 72	P-06	40	臺北市北投區 諾天母西路 1巷十號	A13	1-04	更換成功	來自派工簿 冊：113北水第 字：0001正 常清冊 - 自動 派工	2024-07-01 1 11:10:46	2024-08-01 6 09:00:23	2024-08-01 7 07:31:42	2024-08-01 7 00:00:00	🔍	📄

圖 65、派工管理示意圖

契約罰則							
管理單位							
* 契約案號:	113北水弱字	狀態:	啟用	* 契約類型:	勞務契約	* 管理單位:	陽明分處
* 採購編號:	113	採購類別:		* 是否共用:	否		
罰則							
查察結果	罰款單位	契約規定維修天數	金額				
01-通訊模組無法回傳	次	7	200				
02-水表無顯示	次	7	200				
03-通訊模組電力不足	次	7	200				
06-表位積水	次	7	200				
08-水表電力不足	次	7	200				
09-電信商訊號問題	次	7	200				
10-SIM卡故障	次	7	200				
11-水表接觸不符	次	7	200				
12-通訊線損壞(含雷吹)	次	7	200				
14-水表LCD漏液	次	7	200				

圖 66、罰則管理示意圖



圖 67、施工管理示意圖

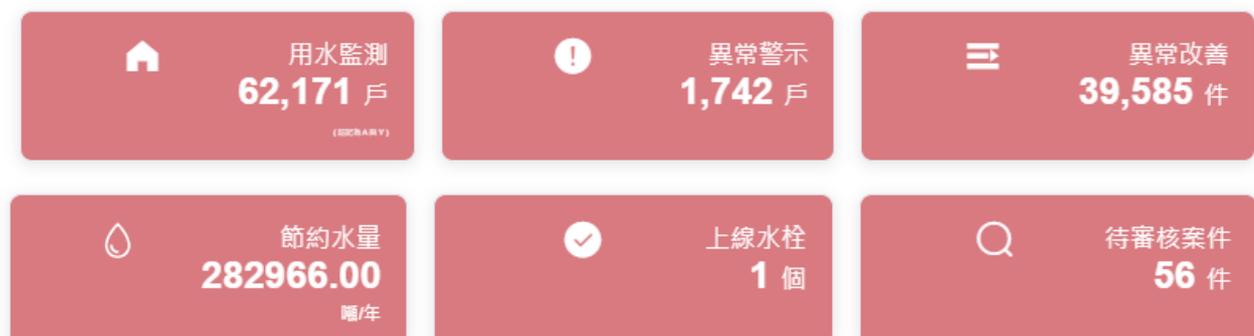


圖 68、績效管理示意圖

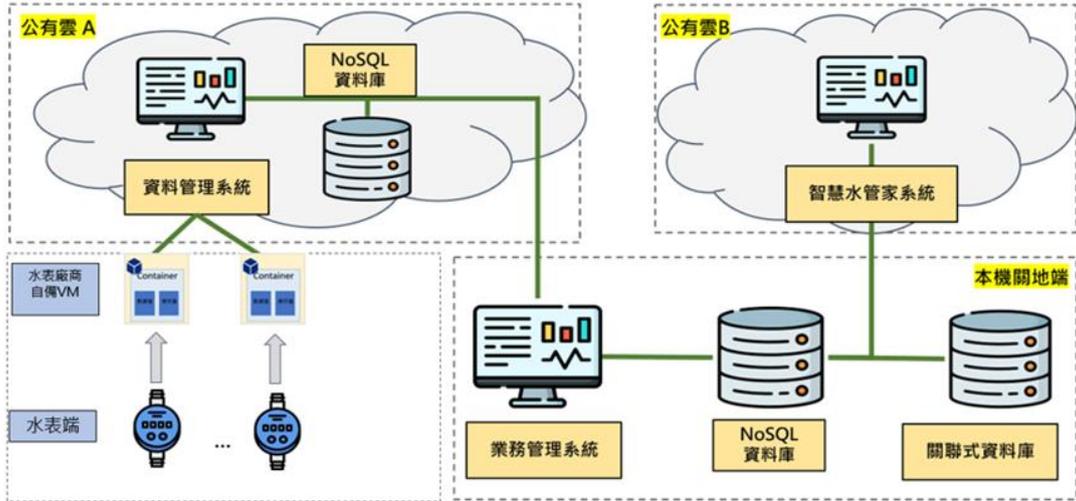


圖 69、新平台系統架構圖

第四章、執行成果探討

4.1、技術試煉（POC）及營運測試（FOT）及新建案推動執行成果探討

4.1.1、技術試煉（POC）推動成果

1. 辦理方式

依據「臺北供水區智慧水表推動計畫」第 1 階段（2019-2020 年）規劃，為了解智慧水表相關產業現況並提供廠商試煉場域，找出較佳運作模式及技術品質與成本均符合主計畫需求之團隊，作為下一階段導入商轉的可行性評估，北水處於 2019 年訂定及公告「智慧水表技術試煉方法」，作為各整合團隊參與智慧水表發展與推動測試的基本準則，內容包含申請參與試煉之整合團隊組成規範說明、試煉企劃書內容規範、試煉申請與企劃書審查、整合團隊技術試煉作業、成果報告審查及成績評定等主要執行程序內容，並依此辦理第 1 梯次及第 2 梯次技術試煉；2022 年因開發新設備技術，後再公告辦理第 3 次技術試煉，3 梯次共計 11 個團隊參與。

依 2019 年公告之「智慧水表技術試煉方法」，整體試煉期程規劃分為 3 個時期辦理，分別為「設備調校磨合」、「數據確認」以及「成果報告撰寫」，規劃期程以 6 個月為原則，前 30 至 60 日曆天為調校磨合期，後 120 日曆天為數據確認期，最後為成果報告撰寫（圖 70）；另 2022 年公告之試煉方法，總期程以 4 個月規劃為原則，其中試煉期約 105 日曆天，前 45 日曆天為調校磨合期，後 60 日曆天為數據確認期，試煉期結束後 15 日曆天內繳交成果報告。

北水處對於每組整合團隊提供 60 只水表（採用電池供電）進行模擬評估測試的試煉場地，比擬既有場域使用需求，分為一般公寓、集合住宅及獨立表位等 3 大類型用戶場域，場地類型與分配數頻率如下表 11 所列，以分別評估集抄

型及單獨回傳型的自動讀表設備數據回傳技術的測試。另針對紀錄頻率方面，第1、2梯次分別是一般公寓型（I型）1天1筆、集合住宅型（II型）1天1筆以及單獨表位型（III型）15分鐘1筆；第3梯次則均設定為各類型1小時1筆之頻率。前兩梯次係因應不同運用需求訂定，一般公寓型及集合住宅型代表分表用戶，以用戶管理需求為出發，故以每日1筆進行傳輸；單獨表位型則屬直總表用戶，其系統管線直接相連，因應管網管理之使用需求須採用較為密集之收集頻率，惟依水處規範採用每分鐘收集頻率門檻較高，故開放採用15分鐘1次頻率，以降低門檻逐步漸進達成POC目的。第3次POC於2022年開放申請時，則配合北水處小表AMR採購規範需求，採僅用戶需求面切入，故改以每小時之紀錄。

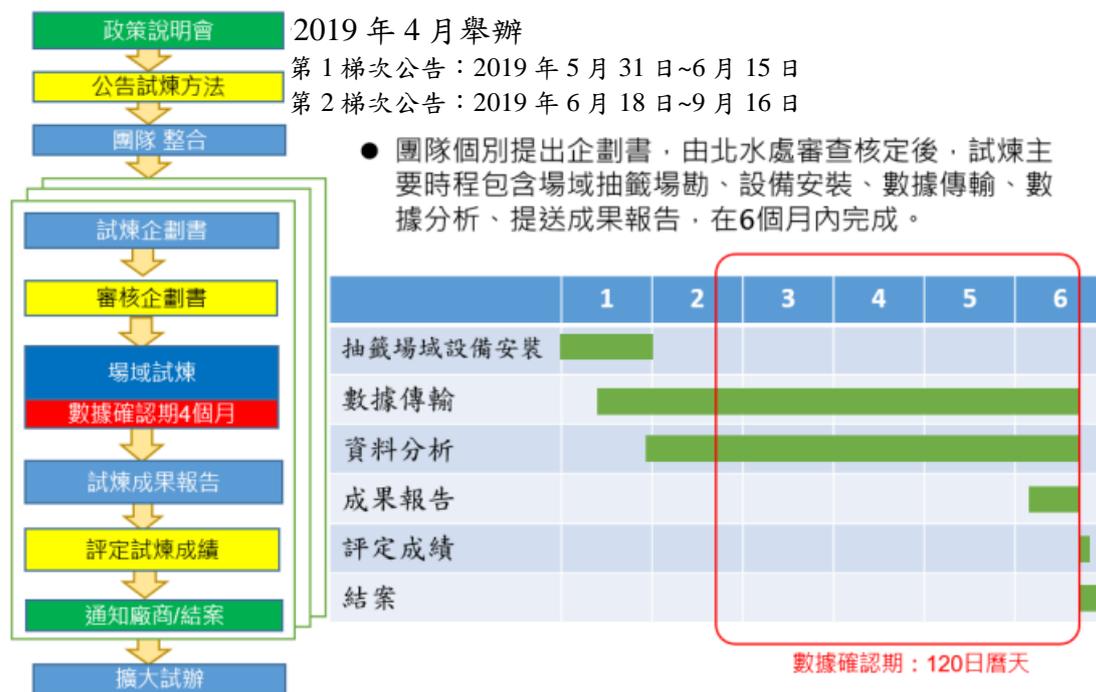


圖 70、2019 年公告「智慧水表技術試煉方法」執行期程
資料來源：臺北智慧水表技術試煉規劃與辦理成果（時佳麟等人，2021）

表 11、試煉場域類型、只數分配一覽表

型別	類型	總只數	只數分組
I 型	一般公寓	12只	每 6只1組共2組
II 型	集合住宅	40只	每20只1組，共2組
III 型	單獨表位	8只	每 1只1組，共8組

技術試煉所選定的場地，考量測試過程中北水處與各團隊成員測試的實際需求，並且儘可能減低各場域間的差異性，因此選定臺北市的公有國宅（包含出租國宅及中繼宅）作為試煉地點，其優點除產權為北市府都市發展局統一管理較為單純外，且各場域表位規格較為相似，避免不同表位環境造成之表現差異。各梯場域包含南港基河三期中繼宅（南港區重陽路）、南港出租國宅（南港區福德街 373 巷）、貿三出租國宅（內湖區金龍路）及延壽出租國宅（塔悠路）等，並於北水處政風人員見證下，由各團隊代表先抽順序籤，再抽位置決定場域，以有效提升試煉的場域公平性。

2. 試煉結果分析與討論

技術試煉成果評定的主要項目說明如下：

(1) 正確率（自動讀表值與表頭值相符比率）

本指標是為確認回傳數據資料與水量計表頭值相符。試煉結束前由北水處人員會同整合團隊至現場，拍攝全部「試煉用水量計」表頭顯示之累積數值，比對同一時間 AMR 回傳數據資料平台內，計量數值差值絕對值在 1m^3 （立方米）視為合格。

(2) 傳輸率

傳輸率計算，以個別水量計數據代表傳輸設備能力之統計計算，並比對每筆計量數據資料擷取時間，應於 24 小時內，傳輸及儲存至伺服器，逾時之數據，將不納入計算。

(3) 計量數據蒐集回傳方式

不列入成績計算，但登載於成績單，註明為「網路自動蒐集回傳」或「收集器批次回傳」。

(4) 故障異常發生情形

不列入成績計算，但登載於成績單，說明試煉期間發生問題情形、整合團隊分析異常原因、後續處理方式等相關備註說明。

技術試煉於 2019 年 5 月 30 日第 1 次公告智慧水表技術試煉方法，申請參與試煉團隊共 6 組團隊；2019 年 6 月 18 日第 2 次公告智慧水表技術試煉方法，申請參與試煉團隊共 4 組團隊；2022 年 1 月 4 日第 3 次公告智慧水表技術試煉方法，申請參與試煉團隊共 2 組團隊，3 梯次合計共 12 組團隊參與，其中包含 14 家非水表產業；各參與團隊與通訊技術如表 12 所示。

表 12、參與團隊與技術列表

廠商	水表型式	讀表方式	通訊技術
A廠商	機械表	照相	WiFi/4G
B廠商	電子表	數位	NB-IoT、4G
C廠商	電子表	數位	NB-IoT、4G
D廠商	機械表	脈衝	NB-IoT、RF、4G
E廠商	電子表	數位	NB-IoT、4G
F廠商	電子表	數位	Sigfox
G廠商	機械表	脈衝	NB-IoT
H廠商	機械表	照相	LoRa/NB-IoT
I廠商	機械表	脈衝	RF/4G
J廠商	機械表	照相	4G
K廠商	機械表	照相/脈衝	NB-IoT、LoRa、Cat-M1
L廠商	機械表	脈衝	NB-IoT

廠商數據確認期滿後，成果評定的主要紀錄項目及 12 組綜合結果如下所示：

(5) 正確率結果分析

本案正確率查驗部分，12 組正確率於一般公寓型介於 91.67% 至 100% 之間；集合住宅型均為 100%；單獨表位型介於 75.00% 至 100% 之間，傳輸結果如圖 71 至圖 73 所示。12 組團隊中，其中有 7 組團隊無論在一般公寓型（I 型）、集合住宅型（II 型）以及單獨表位型（III 型）等區域，正確率都為 100%，所採用之讀表技術包含照相式、數位式及脈衝式等，都可以正確地將表頭數值予以紀錄並且傳送回資料平台，回傳資料可以代表現場數值，可供信賴；部分團隊因回傳設定錯誤或是讀取介面異常（如進水、曝光）導致數值未正確回傳或數值錯誤。

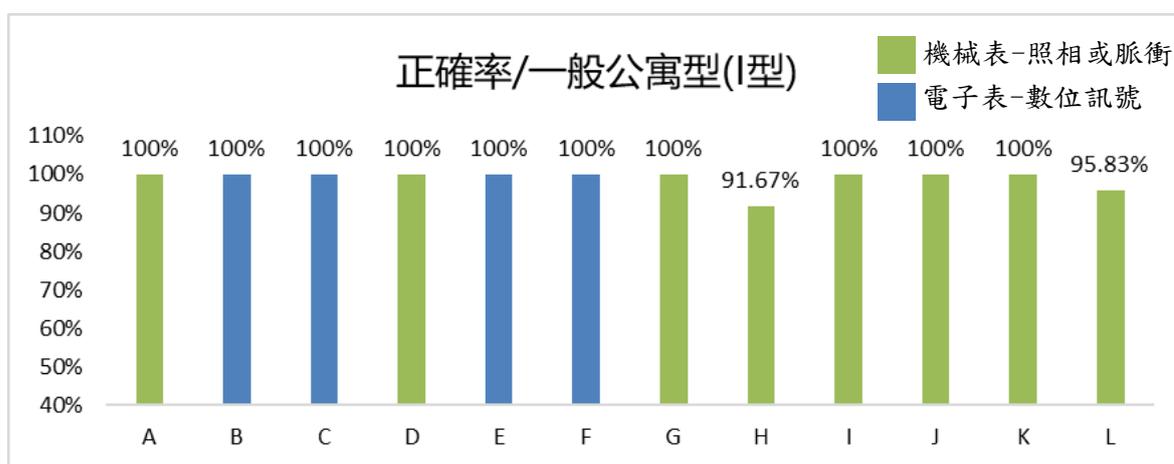


圖 71、一般公寓（I 型）正確率結果

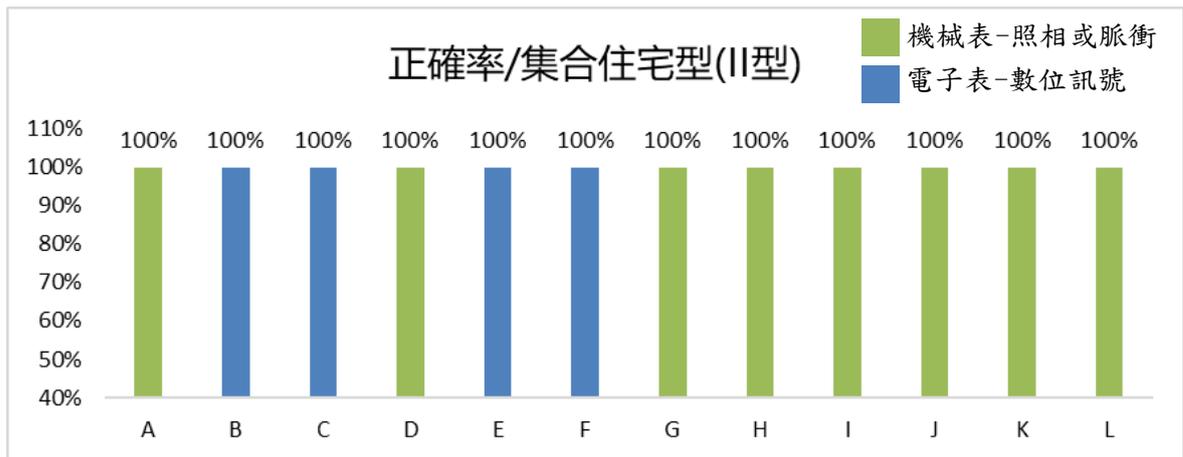


圖 72、集合住宅（II 型）正確率結果

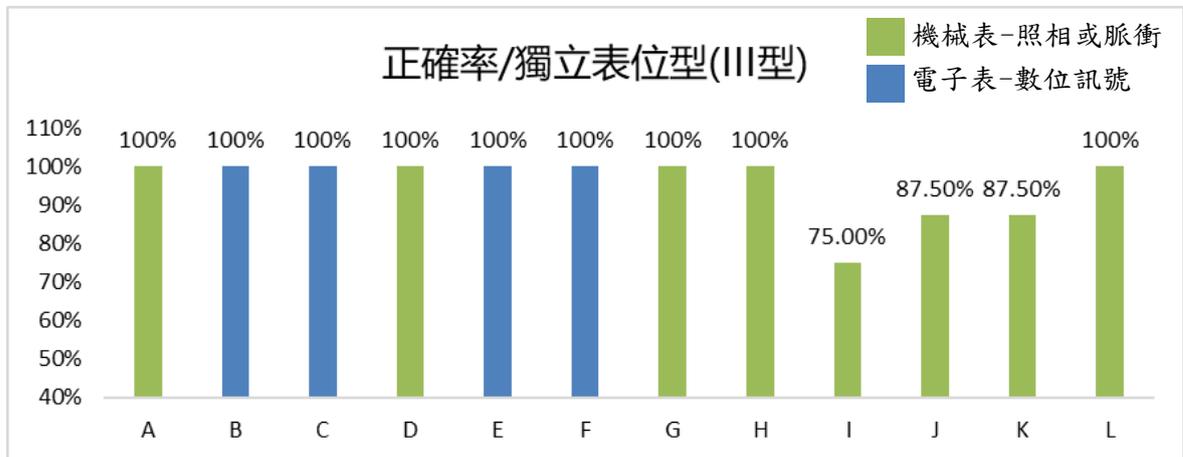


圖 73、單獨表位（III 型）正確率結果

(6) 傳輸率結果分析

技術試煉傳輸率查驗部分，12 組團隊傳輸率於一般公寓型介於 47.64% 至 100% 之間；集合住宅型介於 63.29% 至 100% 之間；單獨表位型介於 55.91% 至 98.59% 之間，各團隊傳輸率成果詳圖 74 至圖 76 所示。

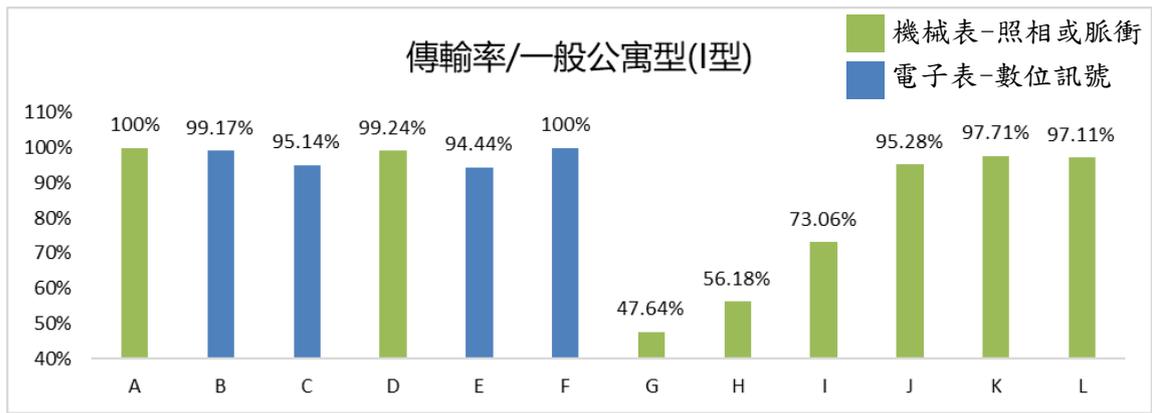


圖 74、一般公寓 (I 型) 傳輸率結果

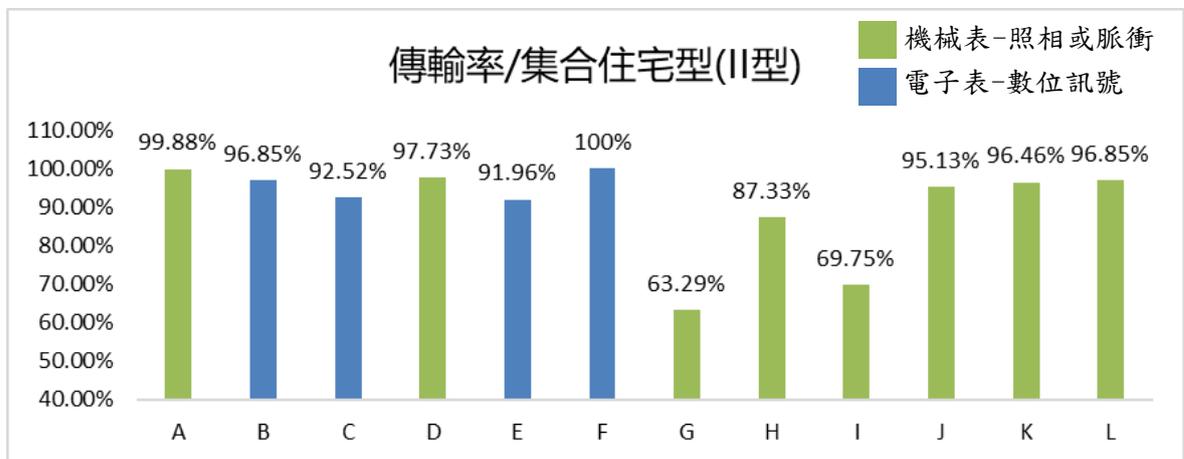


圖 75、集合住宅 (II 型) 傳輸率結果

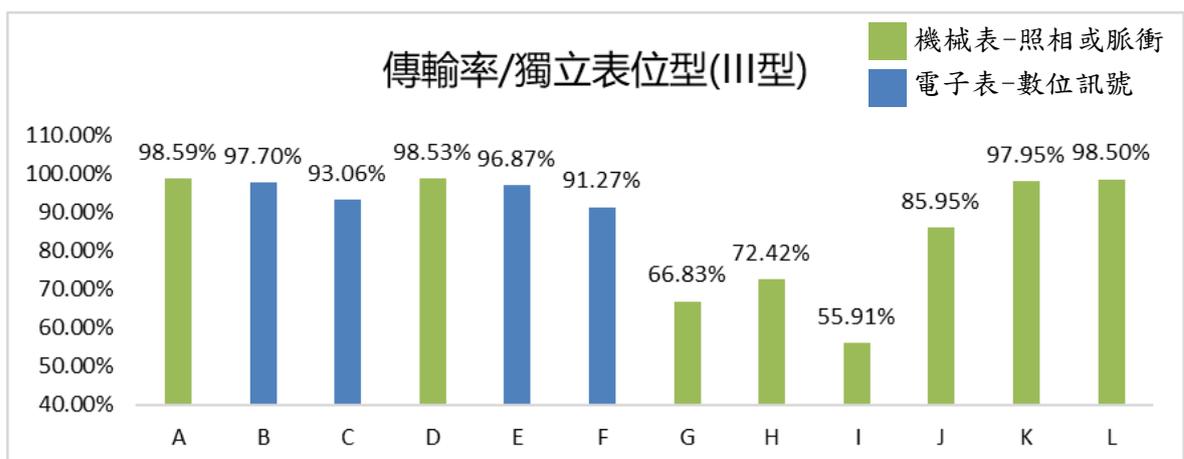


圖 76、獨立表位 (III 型) 傳輸率結果

導致傳輸率降低的因素，包含逾時回傳、無資料回傳以及回傳資料錯誤，經試煉結果發現，現場的通訊設備，仍然會因環境及設備因素，例如下大雨、表箱積水、設備故障、系統故障等原因，導致資訊無法依設定的時間回傳到北水處伺服器。

依北水處 2021 年於「臺北智慧水表技術試煉規劃與辦理成果」（時佳麟等人，2021）研究中針對第 1 梯次及第 2 梯次針對逾時回傳時間進行詳細分析，廠商於 1 天以內補傳、2 天以內補傳、3 天以內補傳以及超過 3 天以上補傳之比例分別為 50.54%、23.33%、11.12% 以及 15.01%（如圖 77），各團隊為了能確保資料完整性的要求，基本上，各團隊平均能夠在 3 天之內，完成 85% 有紀錄但未回傳的用水資料進行補值，且其中 50% 能夠在 1 天內補正完成。

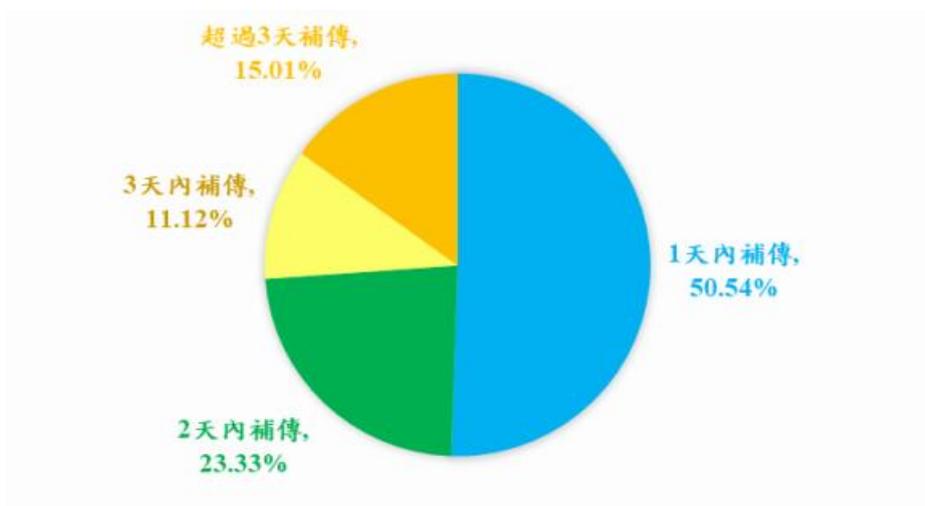


圖 77、第 1、2 梯次團隊補傳資料時間分布

資料來源：臺北智慧水表技術試煉規劃與辦理成果（時佳麟等人，2021）

該研究基於以上逾時回傳時間的影響，再進一步就各團隊逾時回傳時間長短以及資料遺失的部分來進行分析。圖 78 圖例由左至右分別代表不同的傳輸及補傳時間，依序為準時、1 天、2 天、3 天、超過 3 天及缺資料。

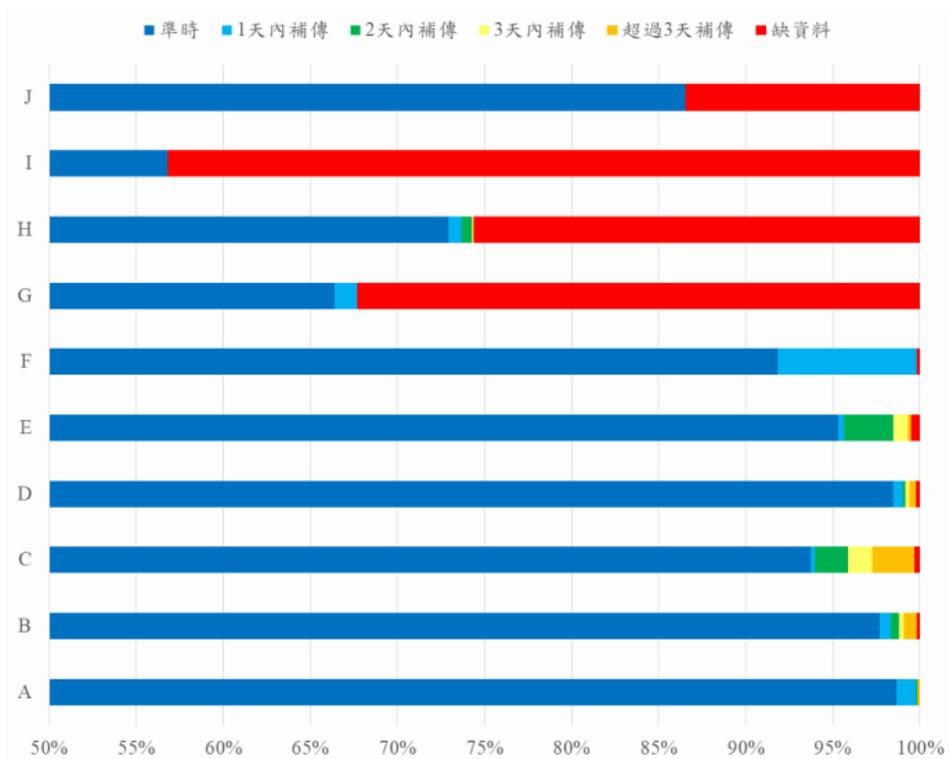


圖 78、第 1、2 梯次團隊傳輸率分布圖

資料來源：臺北智慧水表技術試煉規劃與辦理成果（時佳麟等人，2021）

依該研究指出，以第 1 梯次及第 2 梯次參與之 10 組團隊的資料完整性圖示來看，可發現包含 G、H、I 以及 J 這 4 組團隊，其缺資料的比例明顯過高，發生問題主要因素為設備進水故障、通訊模組設置數量不足或訊號不佳以及資料平台設定與安裝不及等，且因為新冠肺炎疫情以及新開發設備缺陷等因素，導致設備調校與改善受到一定程度影響，且設備進行資料先記錄後補傳的功能似乎不顯著。

對比其餘 6 個團隊，傳輸期間補傳功能較為完善，可發現各團隊只要補傳的時間夠長，基本上資料回傳完整性比率均可達到 99.5% 以上，因逾時回傳的天數與後續營運管理會有非常緊密的關係，因此可以利用此一分析結果，作為後續期望未來整合團隊回傳率要求。

(7) 計量數據蒐集回傳方式

本案 12 組團隊均為透過現場固定式讀取與傳輸設備透過「網路自動蒐集回傳」方式進行資料收集。

(8) 故障異常發生情形

POC 在執行的過程中，雖然於正式開始進入數據計算期之前，有規劃約 30 至 60 日曆天的調校磨合期，以利讓各團隊能夠熟悉場域以及環境，並讓水表、讀表傳輸模組以及資料主機等運作均穩定之後開始進行技術試煉。然而實際的試煉過程，畢竟無法考慮到的影響因子相當多，舉凡環境、設備、通訊等因素，只要一個環節故障，就會影響到自動讀表與傳輸的功能。

依北水處 2021 年於「臺北智慧水表技術試煉規劃與辦理成果」（時佳麟等人，2021）研究中針對第 1 梯次及第 2 梯次廠商異常發生情形，彙整發現傳輸率異常部分實際上可以分為三類，第一類為逾時回傳（資料庫有資料）；第二類為無回傳資料（資料庫無資料）；第三類為資料錯誤（資料庫有資料但是數值錯誤）。

首先是逾時回傳的逐月變化，由圖 79 可以發現，在第 1 梯次及第 2 梯次之團隊總體表現，整個試煉期間逾時回傳的問題都持續存在，且無有效改善，但同樣也發現，逾時回傳的情況在第 3 個月的時候許多的團隊都發生了惡化的現象，經檢視各團隊故障說明，可歸納於傳輸模組故障、接收主機故障、通訊異常等問題，但總體來說，未來還存在著改善空間。

第二類的無回傳資料的逐月變化，由圖 80 可以發現，以總體表現來說，第 4 個月的逾時回傳情況明顯比試煉初期第 2 個月的表現來得好，而主要無資料回傳問題集中於 3 個團隊，其餘 7 組團隊幾乎沒有嚴重的問題，皆能夠穩定回傳資

料。

第三類為資料錯誤（資料庫有資料但是數值錯誤），依圖 81 所示，除了 3 組團隊資料錯誤情況較為嚴重外，其餘 7 組團隊相較之下並無特別嚴重之資料錯誤問題，且此類問題很在第 1 個月時問題非常嚴重，主要的原因應是設備尚未調校完妥，因此資料在運作時仍存在著部份問題，導致將錯誤的數值回傳，而此一問題也隨著試煉期程的進行逐步改善，至第 4 個月時，資料錯誤此一問題幾乎被完全改善完妥。

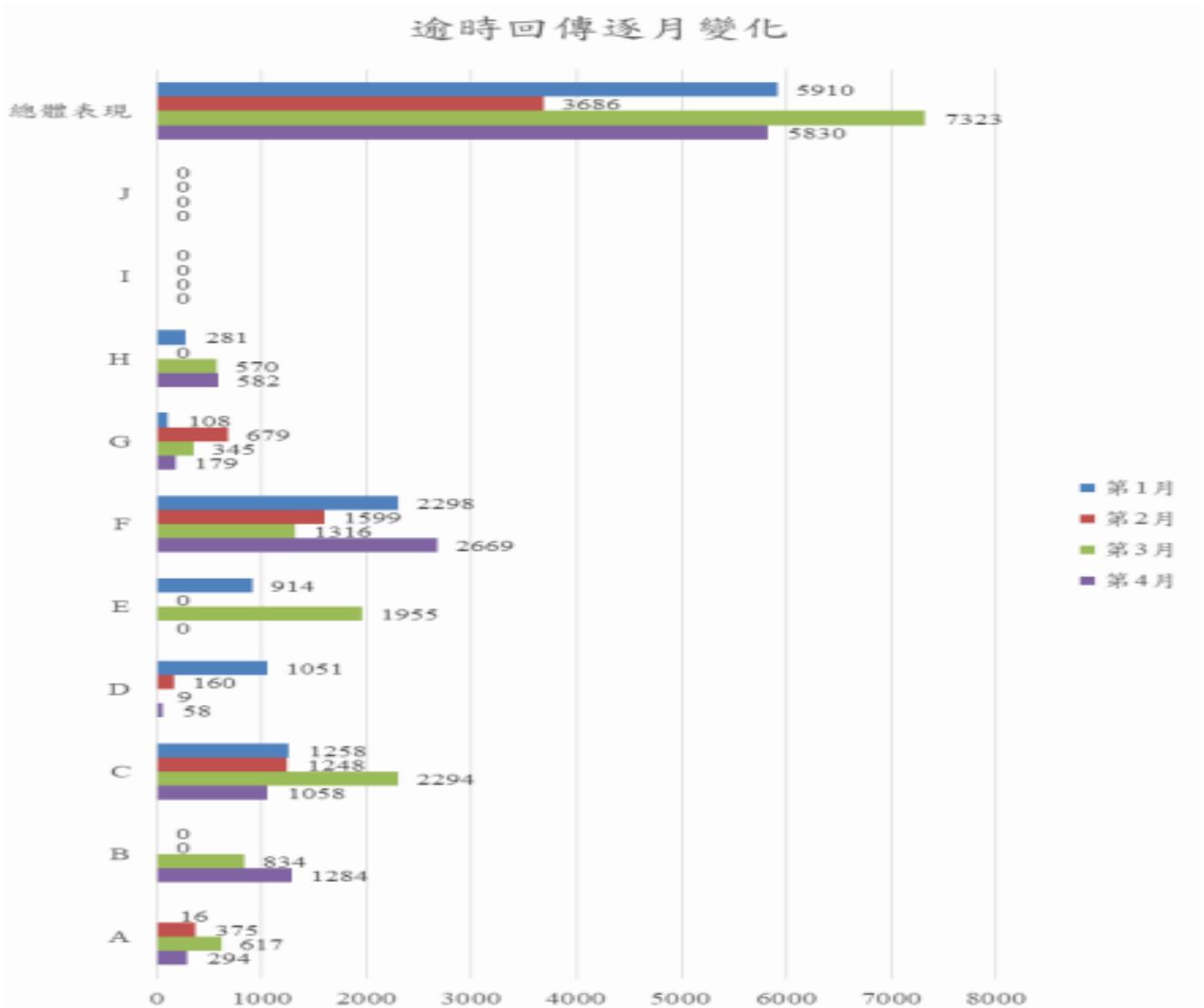


圖 79、第 1、2 梯次團隊逾時回傳逐月變化

資料來源：臺北智慧水表技術試煉規劃與辦理成果（時佳麟等人，2021）

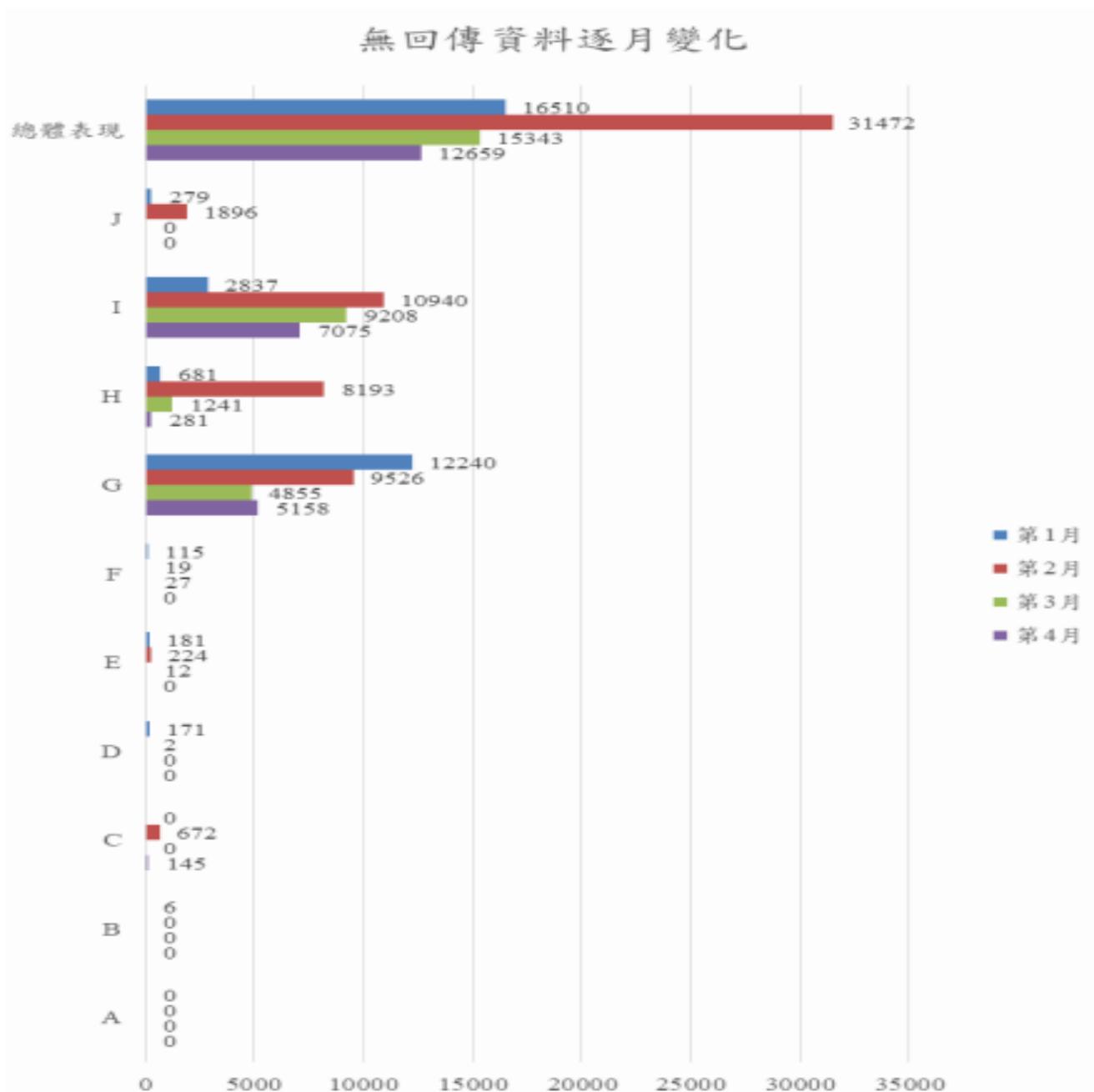


圖 80、第 1、2 梯次團隊資料無回傳資料逐月變化

資料來源：臺北智慧水表技術試煉規劃與辦理成果（時佳麟等人，2021）

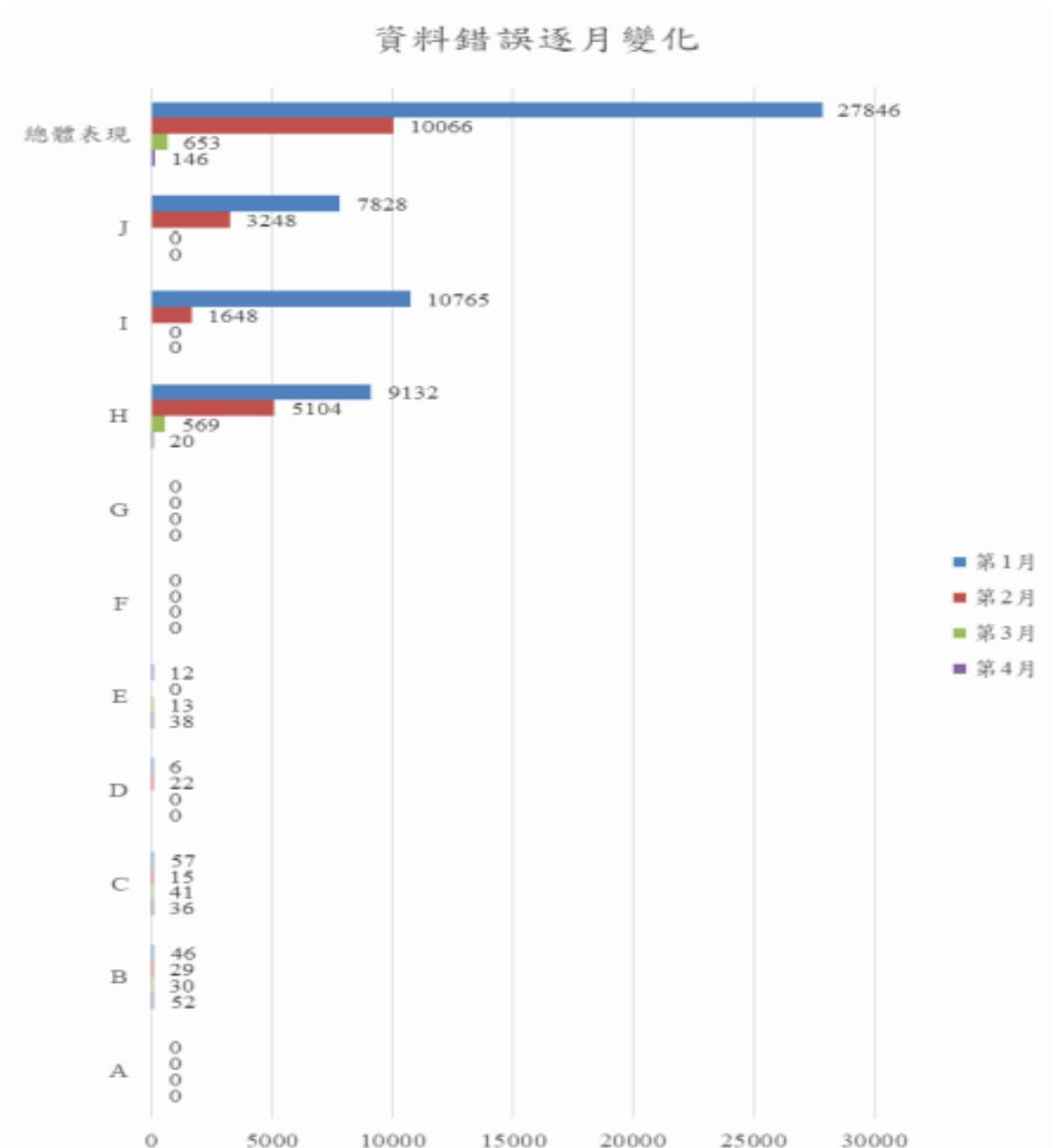


圖 81、第 1、2 梯次團隊資料錯誤逐月變化

資料來源：臺北智慧水表技術試煉規劃與辦理成果（時佳麟等人，2021）

經整合技術試煉團隊設備故障問題，主要分為 3 種類別 11 種態樣，包含水表、讀表技術、通訊模組、通訊環境、資料平台、程式設計等 6 大面向，都或多或少都有因故障或環境因素造成各團隊資料紀錄與回傳上的影響，主要異常分類、發生團隊與相應改善方式如表 13 所示。

故障態樣發生較為常見者，高達 6 組團隊都有發生異常之態樣為「回傳機制設定問題」，回傳機制主要會造成資料無法依照要求於 24 小時內回傳而導致逾時，此一部份只要調整程式回傳資料的時間，就可以排除故障。

再來是有多數都發生的故障態樣，包含表位淹水或水表進水、傳輸設備故障及通訊不良等 3 種態樣；表位淹水或水表進水指的是現場因為下雨淹水或防水不良，導致在水表處設備受到一定程度影響致無法順利讀取及傳輸資料，因此強化設備防水性或改善表位排水都可以排除此一問題；傳輸設備故障部分，因為技術試煉 POC 是測試技術可行的試辦場域，因此許多設備在設計上尚有可供改進的面向，因此透過實際使用發現傳輸設備之問題，進而改善設備功能；通訊不良部分，現場因為基地台角度以及建物遮蔽死角，會影響到傳輸模組通訊效果，此一問題是所有 IoT 設備都會面臨的極大挑戰，也因此技術試煉確實各團隊也同樣面臨要如何克服通訊問題的課題，必要時須透過增設基地台來解決通訊問題。

表 13、設備故障問題統計

主要類別	異常態樣	發生團隊	改善方式
感知層	表位淹水或水表進水	4組	表位排水、改善天線、強化模組防水能力
	讀表接頭進水導致模組斷電、重置及數值異常	1組	更換更易鎖緊之接頭，並於接頭左右兩方增加鉛封孔位，防止人為開啟
	遭任意開啟頂蓋致曝光	3組	1.頂蓋設置彈簧自動彈回 2.透過讀表盒檢查機制調整
	鏡面起霧無法辨識	1組	加強水密性及放置乾燥劑
	傳輸設備故障	4組	更換設備
	讀表無回應	1組	讀取設備改良及韌體更新
	工廠組裝出錯或系	1組	1.改善產線流程，隨線列印

	統設定錯誤，導致回傳錯誤		條碼及掃瞄 2. 增加帳號的權限進行管控:若資料重複綁定其他水表需有警示
通訊層	通訊不良	5組	1.調整設備位置與數量、強化通訊品質與能力 2.透過補傳機制
	網路過載	1組	程式修正自動調節負載與重新連線傳輸
平台層	資料轉檔錯誤	2組	程式修正
	回傳機制設定問題	6組	程式修正
	伺服器當機	2組	程式修正、建立補傳機制
	資料平台設定不及	1組	持續精進技術
	資料平台更新	1組	透過備援機制排除

資料來源：臺北智慧水表技術試煉規劃與辦理成果（時佳麟等人，2021）及本研究重新整理

3. 具體成效

(1) 專案成效

北水處技術試煉推動的實質成果分述如下：

- A. 統計第 1 至 3 次公告完成試煉的整合團隊，已成功媒合共 12 組團隊 19 個供應鏈公司共同結盟發展，成功媒合電信商、水表商、通訊模組設備商、系統商異業結盟，促進與發展多元化智慧水表解決方案以因應各種實境場域的挑戰。
- B. 提供智慧水務產業技術試煉平台，廠商得以經由本平台驗證產品品質與技術可行性,以促進產業技術發展。
- C. 經由試煉有 3 組團隊透過引進訊息串流監控概念等新興管理技術，屬於海量型物聯網設備（Massive IoT devices）管理手段，顛覆過去以機械水表人工複查為主之管理架構，協助未來智慧水表商轉推動時，透過串流監控機制釐清故障問題，開創未來上百萬只智慧水表同時上線之管理機制。

- D. 經由試煉 5 組團隊成功引進國外新興技術，包含水量計、讀表模組、通訊模組、通訊系統與管理平台等，透過技術交流、學習與互相合作，促進國內智慧水務產業技術躍升發展與國際接軌。
- E. 經由試煉過程，讓非水表產業之供應鏈廠商深入瞭解自來水供水服務領域，包含營運管理、用戶服務以及規定規範等，有助於降低新興產業廠商提供之服務與機關需求內容之落差，促使相關廠商產業升級，有利智慧水務之整體環境發展。

(2) 產業發展後續影響

參與智慧水表發展的廠商，許多都是首次投入此一領域，因此在設備的設計與開發上，針對案場的實際需求，還需要更多的經驗累積，各供應鏈廠商於參與技術試煉後，除了自身可以檢討與改進期間設備相關異常，並能與各不同之整合團隊於同一平台上相互比較，因此，對於設備之改進與開發均持續在進行，各團隊廠商研發改良之內容包含天線內化、防水強化、增強電池續航、增加水表小數位讀表位數、模組薄型化設計、設備生產國產化、讀表通訊功能二合一、生產脈衝式水量計、開發無線集抄技術等面向，顯見技術試煉確實已達促進廠商投入智慧水表設備研發之目的。

4. 小結

技術試煉雖有助於國內團隊整合與設備技術開發，惟技術試煉因安裝數量少、場域較既有建物場域環境仍有差異，如實際場域可能有表箱內裝設空間不足、通訊環境不良，及民眾溝通問題，對於機關與廠商等，對未來實際投入智慧水表採購所需之成本估算與困難克服等，尚無法從技術試煉經驗進行詳盡之評估，爰北水處於 2020 年接續辦理營運測試。

4.1.2、營運測試（FOT）推動成果

1. 推動方式

由於水表使用年限為 8 年，且國內智慧水表產業仍繼續發展中，北水處持續掌握最新智慧水表技術及廠商產能，瞭解產業優劣趨勢等相關資訊，並考量營運測試案傳輸率與正確率之實際狀況、計量與傳輸科技發展成熟度及裝設成本降低情形等因素，為利評估整體服務成本與品質可行性，作為規劃未來全面推動商轉管理之參考，於 2020 年起辦理「營運測試」（FOT：Field Operational Test），以公開招標方式廣納優質廠商團隊，針對轄區集合社區及公寓大廈不同居住模式地形模組，藉由一定營運規模與時間之實域運轉，評估產品之耐受性及功能性，持續蒐集各場域測試資料；包含廠商團隊設備規格、建置成本、技術與維運品質等，進行綜合評估廠商設備產能、現場裝設與資料回傳品質、傳輸技術與通訊穩定度、整體建置進度管控與維運管理能力等。廠商團隊在營運測試中可獲得實域測試的相關技術傳輸成果與維運管理經驗，並達到上下游產業整合發展之目的。

營運測試案以公開招標、複數決標方式廣納優質廠商團隊，智慧水表營運測試案共有 11 家廠商團隊參與，經過資格及規格審查再經比價後，計有 7 家廠商團隊得標（以下以 A 廠商、B 廠商、C 廠商、D 廠商、E 廠商、F 廠商、G 廠商表示），預計推動方向說明如下：

（1）擴大技術可行性測試

廣邀有智慧水表相關應用實績廠商共同參與，針對各廠商設備擴大試辦範圍，並委託第三方公正單位進行傳輸率與正確率測試過程監測及結果驗證，提供廠商改善產品軟硬體並降低設備異常狀況，以提升服務品質。

(2) 商品化基本要求

鑑於臺灣高溫潮濕天候的嚴峻環境及用戶可自主查看水表運轉的需求，各項材料、表體及傳輸設備等產品須具備更高的耐受性及可視性，包含防水防塵等級、讀表可視性、電池續航力、資料小數位數、資料儲存容量以及現場安裝品質等，推動廠商持續精進研發改善。

(3) 整體維運成效評

針對轄區集合社區及公寓大廈，持續蒐集廠商團隊的設備規格與產能、傳輸技術與通訊穩定度、整體建置成本、技術品質與維運管理能力等資料。

2. 執行內容概述

(1) 各家團隊傳輸架構

本案各家廠商團隊所採用傳輸架構如表 14，為有效驗證廠商所採用各種技術之實用性，本案僅規範水表需通過經濟部標準檢驗局度量衡器型式認證及讀表通訊模組通過 NCC 檢定等，進而增加各項設備活用性，經統計採用之水表型式及等級包含 5 家團隊（B、C、E、F、G 廠商）選用 C 級電子表及 2 家團隊（A、D 廠商）選用 B 級機械表，讀表技術共 1 家團隊（A 廠商）選用照相式、1 家團隊（D 廠商）選用脈衝加照相式及其餘 5 家團隊（B、C、E、F、G 廠商）選用數位訊號式等類型；通訊採用包含 4G、NB-IoT、LoRa、Sigfox、Cat-M1 等多種技術，安裝方式 5 家團隊選用單傳及集抄混用方式，其中 4 家團隊（C、E、F、G 廠商）水表與讀表通訊模組採用 RS-485 有線連接後以直接或集中方式進行傳輸，1 家團隊（A 廠商）水表與讀表通訊模組採用照相式讀表後以直接或 LoRa 近域無線搭配集中傳輸器進行傳輸，其餘 2 家團隊（B、D 廠商）則選用純單傳方式，其中 1 家團隊（B 廠商）水表與讀表通訊模組採用 RS-485 有線連接後直接傳輸，1 家

團隊（D 廠商）水表與讀表通訊模組採用照相加脈衝式讀表後直接傳輸，上述可見營運測試案可有效引進各類讀表及傳輸技術，以驗證設備技術可行性，各團隊安裝情形如圖 82 所示。

表 14、營運測試各家團隊設備及傳輸架構

廠商	水表型式	讀表方式	通訊技術
A廠商	機械表	照相	LoRa/NB-IoT
B廠商	電子表	數位	Sigfox
C廠商	電子表	數位	NB-IoT/4G
D廠商	機械表	脈衝+照相	RF/4G
E廠商	電子表	數位	NB-IoT/4G
F廠商	電子表	數位	NB-IoT/4G
G廠商	電子表	數位	NB-IoT/4G



圖 82、營運測試案場域安裝照片

(2) 雲端監測平台架構

為瞭解「營運測試」辦理情形，北水處另委由第三方公正單位進行資訊流監測與驗證，並由該單位需建置雲端監測平台。雲端監測平台運作整體系統架構可視為多層架構（如

圖 83) ，包含邊緣層 (edge) 、平台層 (Platform) 及應用層 (Application) 。其中邊緣層為水表、水表數據閘道器等 IoT 設備，平台層為整個服務平台之系統程式與資料庫，主要範圍在基於水表值讀取及傳送上的正確率與傳輸率。

第三方公正單位建置雲端監測平台，須提供平台基本資訊予營運測試廠商 (以下稱 FOT 廠商) ，並提供 FOT 廠商各自獨立 VM 環境，安裝個別所屬插件、處理所屬資訊。此外監測平台包含監測統計資料庫與監測儀表板 (圖 84) ，功能主要介接 FOT 廠商插件收集水表資訊資料庫或 ETL 轉出檔案用以統計水表傳輸率與正確率，其結果於監測儀表板呈現。範圍除了監測數據收集與平台建立，為配合後續業務作業如水管家、業務管理系統等，FOT 廠商提供 ETL 插件依業務需求欄位轉出資料，以 JSON 檔案格式，儲存於雲端儲存空間。

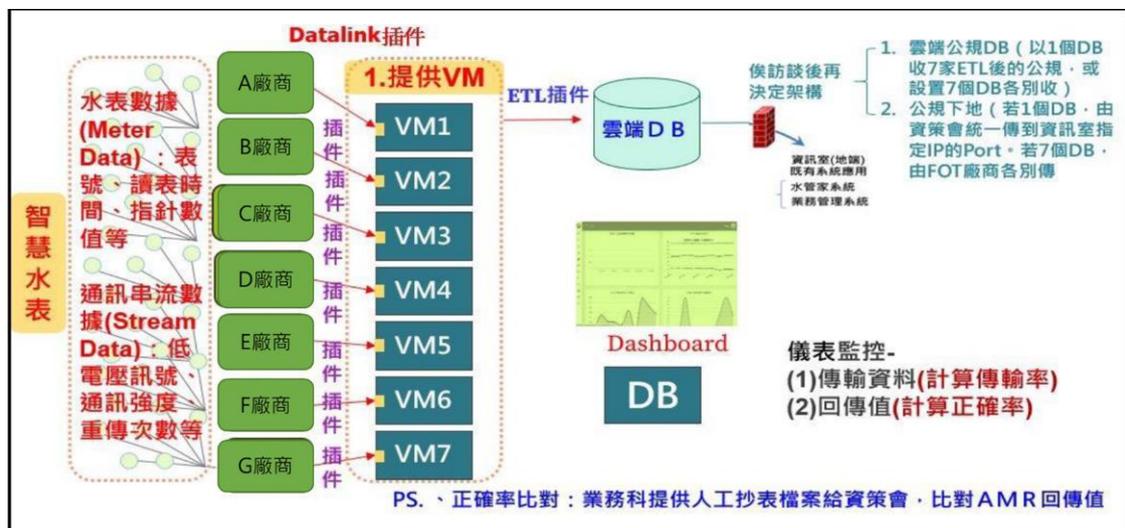


圖 83、雲端監測平台架構

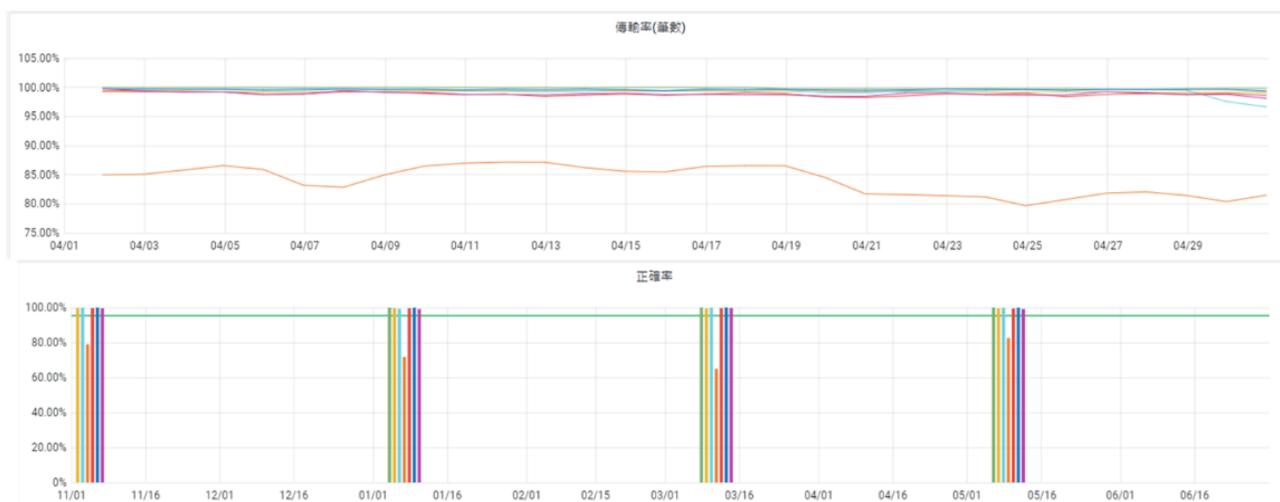


圖 84、監測平台儀表板

(3) 驗測期程安排

營運測試於 2020 年招標完成，8 月 31 日訂約後次日（9 月 1 日）開始履約，合計安裝智慧水表 15,495 只，完成水表及模組安裝後讓各家廠商開始進行傳輸調校作業，2021 年 9 月至 10 月辦理傳輸調校成果驗測，計算成績並依傳輸率和正確率結算價金。2022 及 2023 年分階段辦理傳輸運作成果驗測，2023 年底提出整體維運成效評估報告，作為後續推動政策評估參考，相關期程如表 15。

表 15、營運測試案驗測期程

期程	2020/9/1~ 2021/3/31	2021/4/1~ 2021/8/31	2021/9/1~ 2021/10/31	2021/11/1~ 2022/10/31	2022/11/1~ 2023/10/31	2023/11/1~ 2023/12/15
作業內容	水表及讀表通訊模組安裝	設備及系統調校期	調校成果驗測	傳輸運作期第1階段	傳輸運作期第2階段	讀表通訊模組拆除及提送整體維運成效評估報告

3. 營運測試案成效探討

(1) 成果評定

為了解 FOT 廠商執行成效，營運測試案採傳輸率及正確率作為成績計算，依契約規範說明，傳輸率及正確率定義、契約標準及計算說明如下：

A. 傳輸率（個別水表符合回傳規定之佔比）：

指廠商於指定期間內實際回傳 AMR 監測雲平台資料符合規定之水表數量與實際安裝水表數量之比率；其中讀表通訊模組每日回傳每只水表共 24 筆資料（每小時記錄），至遲須於隔日起 3 日內完成補傳，逾時之數據不納入計算。

$$\text{傳輸率}(\%) = \frac{\text{符合回傳規定比率之水表數量}}{\text{安裝數量}} \times 100$$

契約規定調校成果驗測之傳輸率須達 80% 以上；傳輸運作期之傳輸率須達 85% 以上，則視為合格。

計算範例：

調校成果驗測期：2021 年 9 月 1 日至 10 月 31 日止

傳輸率成績：須達 80% 以上

廠商安裝數量為 2,244 只水表

每只水表應傳輸筆數為 24 筆（每日傳輸筆數）X 61 日 = 1,464 筆

若該只水表有可排除傳輸筆數（不可歸咎廠商無法傳輸筆數）之狀況，由應傳輸筆數中扣除。

符合回傳規定比率之水表計算範例如下：

案例	應傳輸筆數 (A)	可排除傳輸筆數 (B)	實際傳輸筆數 (C)	符合回傳規定最低筆數 = ((A-B) * 0.8) [計算值小數一律進位] (D)	是否為符合回傳規定比率之水表 C >= D
1	1,464	0	1,400	1,172	是
2	1,464	256	1,008	967	是

案例	應傳輸筆數 (A)	可排除傳輸筆數 (B)	實際傳輸筆數 (C)	符合回傳規定最低筆數 = ((A-B) * 0.8) [計算值小數一律進位] (D)	是否為符合回傳規定比率之水表 C >= D
3	1,464	4	987	1,168	否
4	1,464	64	1,008	1,120	否
5	1,464	132	1,168	1,066	是

計算說明：

將2,244只水表中符合回傳規定比率之水表數量加總作為分子，再除以安裝數量即為傳輸率。

例：

a. 有 2,002 只水表為符合回傳規定比率之水表

$$\text{故傳輸率 (\%)} = 2,002 / 2,244$$

$$= 89.22\% \geq 80\% \text{--符合契約規定}$$

b. 計有 1,506 只水表為符合回傳規定比率之水表

$$\text{故傳輸率 (\%)} = 1,506 / 2,244$$

$$= 67.11\% < 80\% \text{--低於契約規定 } 80\%$$

B. 正確率（回傳值與表頭值相符比率）：

指定期間內實際回傳 AMR 監測雲平台數值與北水處實際抄表資料相符的數量比率（調校成果驗測之正確率須達 90% 以上；傳輸運作期之正確率須達 95% 以上）。

$$\text{正確率 (\%)} = \frac{\text{傳送至AMR監測雲平台數值與實際抄表資料比對相符之水表數量}}{\text{安裝數量}} \times 100$$

契約規定調校成果驗測之傳輸率須達 90% 以上；傳輸運作期之傳輸率須達 95% 以上，則視為合格。

計算範例：

調校成果驗測期：2021 年 9 月 1 日至 10 月 31 日止

正確率成績：須達 90% 以上

安裝數量為 2,244 只水表

傳送至 AMR 監測雲平台數值與實際抄表資料比對相符之水表

判定範例如下：

案例	抄表時間	抄表數值 (A)	抄表時間前 1 整點傳送時間	抄表時間前 1 整點回傳數值 (B)	B 取整數減 1 (D)	抄表時間後 1 整點傳送時間	抄表時間後 1 整點回傳數值 (C)	C 取整數加 1 (E)	資料比對是否相符判斷式 (D) <= (A) <= (E)
1	13:15	105	13:00	105.23	104	14:00	105.90	106	是
2	16:38	203	16:00	207.32	206	17:00	208.02	209	否
3	10:20	107	10:00 09:00	無值 106.93	105	11:00 12:00	無值 108.37	109	是
4	15:40	87	15:00 14:00	無值 86.39	85	16:00 17:00	無值 88.39	89	是
5	14:25	168	14:00 13:00	無值 無值	無值	15:00 16:00	無值 169.31	170	否
6	15:40	87	15:00 14:00	無值 無值	無值	16:00 17:00	無值 無值	無值	否

註：

1. 案例 2、5 及 6 經比對不相符時，判斷是否為抄表員錯抄或為可排除比對不正確因素（不可歸咎廠商原因造成比對不正確；認定後排除）之狀況，即應自安裝數量扣除。
2. 案例 3、4、5 及 6 抄表時間前、後 1 整點傳送數值如無值，至多可往前、後推 2 小時。

計算說明：

將 2,244 只水表中資料比對相符之水表數量加總作為分子再除以安裝數量扣除可排除只數即為正確率

例：

a. 計有 2,108 只水表資料比對相符，可排除只數 15 只

故正確率 (%) = 2,108 / (2,244 - 15) = 94.57% >= 90% 符合契約規定

b. 計有 1,654 只水表資料比對相符，無可排除只數

故正確率 (%) = 1,654 / 2,244 = 73.71% < 90% 低於契約規

定 90%

(2) 各團隊驗測成果

營運測試案於水表與讀表通訊模組安裝完成後共有 3 階段傳輸測試，第 1 階段為調校成果驗測期（2021 年 9 月 1 日至 10 月 31 日），傳輸率須達 80%（含）以上，且正確率須達 90%（含）以上，第 2 及 3 階段為傳輸運作期（2021 年 11 月 1 日至 2022 年 10 月 31 日及 2022 年 11 月 1 日至 2023 年 10 月 31 日），各階段全年之傳輸率須達 85%（含）以上，且正確率須達 95%（含）以上，經檢視各家團隊各階段成果，其中 6 家團隊傳輸率與正確率符合契約標準，且具一定服務品質，並延續至結案，其成績均與北水處近 3 年抄見率平均約 99.74% 相近，具一定耐久性，而 D 廠商因水表與讀表通訊模組結合後防水性不佳，導致成績不佳且持續下降，從中可發現透過與廠商團隊的實域合作，有效提升各家團隊技術及維運管理能力，減少磨合期，有助於自來水供應鏈產業整合，其相關成績如表 16。

表 16、營運測試各階段成績

承攬商	安裝數	傳輸率			正確率		
		調校期	第一階段	第二階段	調校期	第一階段	第二階段
A 廠商	2,247	100.00%	100.00%	100.00%	94.47%	99.99%	99.93%
B 廠商	2,256	98.71%	99.42%	96.41%	97.90%	99.57%	98.38%
C 廠商	2,268	100.00%	99.91%	99.78%	99.91%	99.61%	99.34%
D 廠商	2,076	97.69%	79.62%	46.87%	86.35%	88.20%	72.97%
E 廠商	2,190	99.95%	99.82%	98.90%	99.91%	99.61%	99.17%
F 廠商	2,244	100.00%	100.00%	99.96%	99.96%	99.98%	96.53%
G 廠商	2,214	100.00%	99.82%	98.74%	99.95%	99.70%	98.79%
平均	2,214	99.48%	96.94%	91.52%	96.92%	98.09%	95.02%

(3) 傳輸設備安裝及適用性上異常態樣

因應表位環境多樣化，如表位積水、積土、高架地板及屋內表等，考驗現場傳輸設備在安裝上應具備防拆、摔、壓、撞及訊號測試調校等措施，避免外力破壞及無法通訊等情形，且針對環境因素也應有效預防溫度過高、濕氣過重、表箱積水、鼠咬電纜、雷擊損壞、訊號遮蔽等環境影響，經統計 FOT 案 7 家團隊於傳輸設備安裝上共有 3 家團隊（A、B、D 廠商）傳輸設備或電池包有固定不佳明顯掉落之情形；針對環境因素及讀表可視性部分，經統計共有 2 家團隊（A、D 廠商）水表與傳輸設備結合後現場不易辨識表號及水表指針；共 5 家團隊（B、C、E、F、G 團隊）通訊接頭設計不佳導致接觸不良或進水之情形；共 1 家團隊水表與設備連結處防塵防水性不佳導致讀表失敗（表 17），但因營運測試案安裝對象主要為分表 12 戶以上、且全棟各戶水表屆齡占比達 91% 以上之大廈集合社區為優先換裝對象，分表占總安裝數約 97%，從中可發現缺乏其他供水方式裝置經驗，而直總表於安裝上是否會因安裝空間不足、表位不良及表箱遮蔽等因素產生其他異常態樣，仍須持續累積裝置經驗才可發覺。

表 17、FOT 各家團隊現場常見問題

承攬商	管理問題	通訊模組問題
A廠商	設備掉落 	1.無法辨識表號 2.不易辨識水表指針   顯示模糊 僅能以點紙辨識表號 需使用工具開燈
B廠商	設備掉落 	通訊接頭接觸不良 塗抹牛油並增加銅箔改善
C廠商	無	通訊接頭接觸不良 塗抹牛油並增加銅箔改善
D廠商	設備掉落  專用卡座固定易掉落	1.不易辨識表號 2.不易辨識水表指針 3.水表盤面易進水   模組遮罩表號及指針 水表盤面易有汙漬及水漬
E廠商	無	通訊接頭接觸不良 塗抹牛油並增加銅箔改善
F廠商	無	通訊接頭接觸不良 塗抹牛油並增加銅箔改善
G廠商	無	通訊接頭接觸不良 塗抹牛油並增加銅箔改善

(4) 瞬間值大於 15 CMH 或小於-1 CMH 等疑似異常讀表數量

雖營運測試案透過傳輸率與正確率有效驗證廠商傳輸服務實績，但因正確率部分是透過每 2 個月人工抄表時進行比對，其驗證次數與實際傳輸筆數有一定落差，如每 1 水栓 1 年僅抄表 6 次但 1 年實際應傳筆數高達 8,760 筆，且因傳輸數據之正確性除影響趨勢圖判讀導致異常用水誤判外，若較為嚴重恐影響用戶計費，為避免持續推動安裝時有此情形發生，北稅處以瞬間值大於 15CMH 或為小於-1CMH 作為界線，模擬廠商傳輸數據異常情形，並從中發現 A 廠商與 D 廠商異常

數據數量較其餘 5 家團隊明顯（如表 18）。

表 18、瞬間值大於 15CMH 或小於-1CMH 統計表

單位：筆

承攬商	調校成果驗測		傳輸運作期第1階段		傳輸運作期第2階段		總計	
	110/9~10		110/11~111/10		111/11~112/10			
	瞬間值<=-1	瞬間值>15	瞬間值<=-1	瞬間值>15	瞬間值<=-1	瞬間值>15	瞬間值<=-1	瞬間值>15
A廠商	130	21	313	102	267	37	710	160
B廠商	0	2	0	15	0	10	0	27
C廠商	0	0	0	0	11	6	11	6
D廠商	99	526	572	5,471	731	6,664	1,402	12,661
E廠商	2	3	2	3	57	58	61	64
F廠商	0	0	0	0	26	32	26	32
G廠商	0	0	1	0	24	28	25	28

以下針對 A 廠商與 D 廠商疑似異常數據態樣進行說明

A. A 廠商：

a. 異常態樣 1：瞬間值小於-1CMH

本栓於 6 月 5 日 19:00 回傳指針 1,494.7、20:00 回傳指針 1,490，導致瞬間值-4.7CMH，後於 22:00 回傳指針為 1,495.4，經判斷疑為 20:00 讀表指針有誤導致突波情形，如圖 85。



圖 85、A 廠商異常態樣 1 異常突波圖及瞬間值

b. 異常態樣 2：瞬間值大於 15CMH

本栓為口徑 40mm 智慧水表，於 8 月 22 日 12:00 回傳指針 18,385.6、13:00 回傳指針 18,542.6，導致瞬間值 157CMH，且於 13:00 前長時間指針停滯，疑為讀表失敗等情形導致讀表成功後瞬間突波，如圖 86。

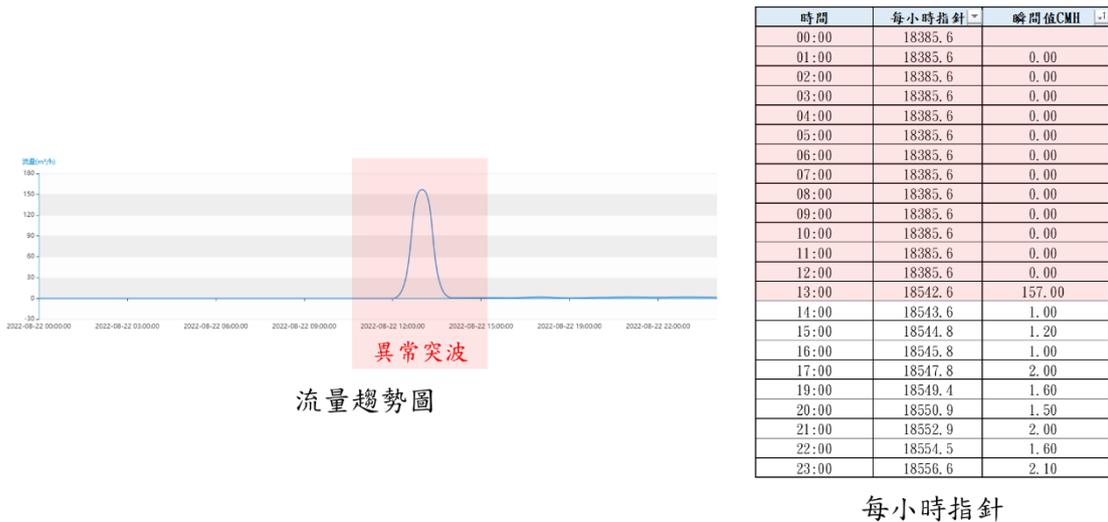


圖 86、A 廠商異常態樣 2 異常突波圖及瞬間值

B. D 廠商：異常態樣：瞬間值大於 15CMH

本栓為口徑 20mm 智慧水表，於 8 月 28 日 14:27 回傳指針 186.77、15:27 回傳指針 198.23，導致瞬間值 11.46CMH，且後續持續不規則突波，最高瞬間值達到 427.75CMH，並於隔日 0:28 指針恢復 187.48，疑為讀表有誤導致不定時瞬間突波情形，如圖 87。



時間	每小時指針	瞬間值CMH
13:27	186.77	0.00
14:27	186.77	0.00
15:27	198.23	11.46
16:27	209.69	11.46
17:27	637.44	427.75
18:27	732.92	95.48
19:27	790.20	57.29
20:27	954.43	164.23
21:27	1099.56	145.13
22:27	1145.39	45.83
23:27	1187.40	42.01
0:28	187.48	0.00
1:28	187.49	0.01

圖 87、D 廠商異常態樣異常突波圖及瞬間值

(5) 登入 VM 操作情形

營運測試案委託第三方公正單位進行測試過程監測及結果驗證，廠商必須配合第三方公正單位於北水處 AMR 監測雲平台撰寫插件，接收數據、轉置數據及處理數據，履約期間若遇需登入 VM 情形，需向機關提出申請，經統計 2021 年 9 月至 2023 年 10 月各廠商登入情形，因程式更新共計 20 次，如升級韌體版本、新增檢查 service 運作情形、更新資料表欄位及傳送 json 檔紀錄時間等，因異常改善共計 27 次，如資料庫連線中斷、轉檔程式問題及資料表異常等；因程式檢查共計 12 次，如檢查回傳狀況、檢查接收程式及配合第三方公正單位告警檢查等，如表 19，從中可以發現廠商有一定需求登入 VM 進行各項作業，若維持提出申請方式，容易造成拖延處理情形，為避免上述情形發生，北水處規劃於 FOT2.0 由廠商自行提供 VM 建置維運接收程式，並於 AMR 系統規劃監控傳輸穩定。另廠商在傳送 AMR 訊號時由系統統一提供 API 進行呼叫，並回覆廠商唯一簽章，避免資料竄改以加強監控。

表 19、各廠商操作 VM 次數統計表

承攬商	程式更新	異常改善	程式檢查	總計
A廠商			1	1
B廠商		2		2
C廠商	5	5	1	11
D廠商		2		2
E廠商	5	8	5	18
F廠商	5	5	5	15
G廠商	5	5		10
總計	20	27	12	59

(6) 廠商遭遇問題及解決方案

依廠商於營運測試後提出之結案報告，就履約期間遭遇問題與解決說明如表 20。

表 20、營運測試廠商遭遇問題與解決方案一覽表

表種	類型	問題敘述	解決方案 (含未來改善建議)
機械表	讀表錯誤	水表與模組間進水或進塵問題造成讀表異常或傳輸品質受影響。	1.由設備商改善設備，採設計上鎖的讀表盒CABLE蓋以及防潮包，加強水密性及防潮。 2.由設備商改善設備，研擬開發下一代通訊設備，優化防水功能，提升妥善率。
	斷訊異常	NB-IoT訊號同棟樓但座向不同引起訊號不穩定。	廠商採調整天線及LoRa傳輸技術，改善訊號。
		總表位置特殊（如餐廳下方），導致訊號不良。	由設備商更換傳輸設備，使通訊優化保持正常傳輸。
電子表	斷訊異常	電信商訊號不良。	由設備商改善天線位置。
		表箱積水、積土問題影響通訊。	廠商派工定期排除積水、積土。
		用戶私改表箱導致訊號不良。	由廠商協調用戶更換表箱蓋以提升訊號穩定度。
		資料無法傳輸至VM主機，導致資料回傳異常，但無法確認是VM平台或插件執行異常，責任歸屬不明。	涉及第三方公正單位建置監測平台系統，廠商未提出解決方案。

	模組訊號線接頭接觸面積有尺寸公差，通訊線鬆脫，接觸不良造成斷訊。	1.由廠商於接頭處塞銅箔及塗牛油防水進行改善。 2.後續由設備商改善設備，改善通訊線PIN針接腳，提升密合度。
	鼠咬破壞傳輸線材或是用戶不小心將通訊接頭踩斷，導致資料遺失缺漏。	加強保護，後續由水表商改善，未來將於水表端內建記憶體，記錄每小時用水度數，模組可於斷訊後重新呼叫水表端重複讀取數值，達到數據完整性。
	維修後人員後續設錯IP。	加強教育訓練。
	SIM卡異常。	更換SIM卡。
用戶端處理	用戶要求北水處人員陪同到場。	由北水處人員陪同說明，未來加強用戶溝通。

(7) 第三方公正單位建議回饋

營運測試案由第三方公正單位執行廠商資訊流監測與驗證，除於平台建置監測儀表板、製作監測報告外，亦整理履約期間監測經驗及成果，參考機關現有資訊環境說明，提送「監測成果及發展建議書」，對機關未來雲端發展及資料架構等提出建議，內容包含監測成果、監測工具移用商轉規劃及未來發展建議等，如表 21；相關內容已納入未來既有建物推動營運測試 2.0 採購案招標規範擬定方案。

除營運測試案經驗回饋與未來建議外，第三方公正單位亦針對該單位提供之監控平台與北水處未來新 AMR 平台系統進行差異比較，並依執行經驗提出運行建議，其中與未來採購規定相關事項包含：建議以第三方壓力測試，設計相關情境個案，評估實際 RabbitMQ 及 Mule ESB 處理能力及資源調配，並可視表量增加情況，適時召開「错峰協議」，規範各廠商傳遞數據的時間窗口；以及建議對公有雲 C 資料傳輸驗證，可委由第三方驗證單位，進行側錄作業驗證，以確保其傳輸資料一致性等。北水處已納入未來契約考量擬定規範，

要求營運測試2.0廠商不得以人工或程式等方式，調整、修正、合成或計算水表數值上傳系統，除訂定罰則外，並將訂定後續抽查檢核機制，以確保廠商傳輸一致性。

表 21、第三方公正單位提供未來發展建議一覽表

議題	問題	建議
ETL 檔案	FOT 廠商 ETL 傳輸檔案週期及數量難以控管，檔案週期過於頻繁，進而產生大量 ETL 檔案或重複無效內容檔案，造成後續讀取檔案時非常耗損系統資源。	建議廠商使用的 Data Format 與 Protocol，避免以傳統 File 的方式傳遞與處理。
網路傳輸安全	某些廠商 Edge 到 Gateway（或基地台）之間欠缺"數據加密或編碼"、由 Gateway 到平台之間欠缺"通道加密"，難以避免第三方竊取數據。	資料加密最好以 AES 256 強度以上，如果未能達到，至少進行編碼處理，不得明碼傳輸，傳輸通道加密採 TLS1.2 以上。
系統作業一致性	FOT 廠商對提供水表接收 VM 作業系統有 Windows、Linux，當回傳至監控平台（Linux）在與儲存設備檔案格式需透過轉換，在 Linux 在效能與檔案管理上尤佳。	未來發展建議優先採納 Linux 作業系統。
Container 架構管理	有 FOT 廠商接收系統採用 Container 架構，而在監控期間發生過 Docker 異常導致無法正常接收也無法及時發現或排除，而導致接收異常。	對 Container 系統監控管理有別於過去僅對系統資源監控，對 Container 系統監控管理應有監控管理機制或監控工具。
原始資料	在監控期間進行側錄作業，過程有發現 FOT 廠商傳送水表資料會經由廠商公司自有環境或雲端接收後再回傳水表資料。	建議訂定規範，以確保資料原始完整性避免竊改。既有"對稱式加密"的架構下，數據遭廠商竊改實無法避免，因此水處必須建立數據稽查制度，作為事後防弊機制。
裝置安全性	監控期間側錄作業有實地抄錄資料與回傳至監控平台不一致，其因讀表模組裝置現場遭拔除，而導致無法讀表傳回資料。	對實體裝置應有相關安全保護要求規範，避免裝置遭破壞導致資料無法回傳情況。

(8) 北水處執行單位意見回饋

營運測試案於 2023 年 10 月 31 日完成整體驗測作業，北水處除由契約面要求 FOT 廠商提供外部意見，同時向內調查各營業分處執行回饋建議，以做為未來推動階段，對於障礙克服與契約擬定之參考，就 4 個面向進行意見與建議摘述整理如下。

A. 招標策略

- a. 直總表安裝難度較高，且須考量不良表位可能會有施工改善表位及多次溝通的情況，建議契約應考慮延長安裝及各項履約時程，避免廠商因經驗不足而逾期。
- b. 智慧水表數據回傳著重即時性與效率性，為督促承商維持一定傳訊品質，避免平常日與抄表日差異過大，建議採不同計價機制管控傳訊品質。
- c. 委外業務之品質優劣，廠商品質至為關鍵，為充分達到業務委外精簡北水處人力，提升業務效率之目的，建議未來如招標採評選時，廠商履約實績應納入標案評選重要考量。
- d. 未來安裝數量為營運測試之數倍，且相較 FOT 更易出現表位不良的水栓，投標廠商亦須準備相當人力及經驗，以確保良好傳輸率及正確率、降低違約罰處案件，建議契約規定廠商須針對維護人力進行風險評估；另換裝水表及模組初期，契約可納入派駐 1 人員於分處協助派工管理、材料管理及上線管理等作業，以利合約執行。
- e. 未來推動初期，建議安裝水表數量及口徑應給予彈性，若要更換點位時，各住宅安裝數量及口徑都不一樣，需給予安裝數量上的彈性，以利執行。
- f. 契約規定壞表應通知廠商限期維修，並維修後須再裝回原址繼續測試，查核及函文通知過程繁瑣，建議比照一般壞表流程處理，簡化維修流程。

- g. 營運測試案傳輸率計算方式過於複雜，建議應簡化算法為「實際回傳筆數/應傳筆數」，較為直接且方便管理。
- h. 營運測試案傳輸運作之傳輸率只要達 85%，即符合契約規定標準，建議未來推動可依不同成績給予不同價金，讓廠商精進營運能力。

B. 施工障礙排除與用戶協調

- a. 未來推動時建議提供更完整的配套措施，如延長智慧水表的安裝時間、直總表及屋內表彈性安裝比例，及用戶詢問的回復的說帖等協助，並增加宣傳，以提升用戶對智慧水表政策了解，減少現場用戶協調困難度。
- b. 現場安裝有部份採立式表位之大樓分表，因表位上下間距不同，致有部份間距較小之分表安裝困難。
- c. 未來智慧水表推動換裝，建議可事先協助廠商安排裝設路線及進度管控，並通知用戶以降低異議，廠商應盡量同時安裝水表及模組，避免打擾。同時建立聯絡窗口通訊錄，以利協助通知用戶漏水情況及協助廠商訊號維護。
- d. 提升廠商善盡用戶協調責任，建議建立客訴案裁罰機制。

C. 傳輸異常及維護處理

- a. 未來系統針對傳輸異常情況，應同步讓機關及廠商了解情況，避免傳輸異常造成大規模水栓無法計費。
- b. 2023 年 5 月臺北市萬華區多址總表斷訊，廠商回報為系統資料庫過滿資料無法回傳而導致斷訊，清理資料庫後即回復正常傳訊，建議合約規定廠商須合理編寫回傳資料格式並定期檢視資料庫。
- c. 2023 年 8 月臺北市中正區重慶南路三段某號等多址總/分表傳訊不完整致無法日結，廠商回報需開 VM 確認，後申請於 2023 年 9 月 12 日至 9 月 17 日期間開 VM 查詢資料，並請工程師現勘核對，確認為工程師設定錯誤 IP，屬人員操

作失誤，建議契約規定廠商應建立自主查核機制及維護流程，以提高傳訊品質。

d. 曾發生廠商資料已傳入公有雲，但第三方公正單位卻未收到資料來不及解密，廠商後續也無法確認，建議讓傳輸接收時間更透明，降低異議發生機率。

D. 強化人員教育：相較於廠商而言，機關作業人員經驗仍在累積，有時由於資訊不對等致有過度倚賴廠商傾向，建議推動初期應強化人員教育訓練、厚實本職業務學能，以平衡北水處人員與廠商間資訊落差。

4. 小結

經技術試煉與營運測試驗測後，可發現傳輸率與正確率為智慧水表是否穩定之關鍵，其中傳輸率部分，以補傳功能較為完善團隊為例，不論於技術試煉與營運測試，若設有合理補傳天數時，廠商均能達成約 99% 以上之傳輸率；另隨著安裝時間變長，容易受到傳輸模組故障、表箱積水及訊號遮蔽等因素影響，導致傳輸率持續降低，未來仍有改善空間。正確率部分，雖技術試煉多數團隊成績達 100%，營運測試多數團隊也能達 99% 以上成績，但進一步分析均有發現部分團隊於查核期間以外有疑似不合理之數值，而計費正確除與用戶相關外，更為北水處最基礎且重要之工作，應評估增加查核次數等方式進行改善。

另外，因 2020 年營運測試屬短期測試，契約規劃廠商如為達未來商轉規格或提升傳輸效能之改善需要，履約期間可向北水處申請後更換相關讀表通訊模組，惟因以 100 組（以棟為單位）為原則，僅為安裝數量之 5%，對廠商傳輸率計算提升有限，導致廠商對設備更換意願低；而未來正式推動後，廠商維運期將長達 8 年，考量科技設備進度日新月異，未來推動將放寬廠商設備更換限制，以提升廠商自主管理及持續

研發意願，達到北水處扶植廠商目的。

總結來說，北水處前已透過技術試煉達成多組智慧水表供應鏈團隊合作及投入設備技術開發，後續所辦理之營運測試更透過實際場域之長期運轉，幫助廠商發掘問題，而能改善供應鏈技術及設備開發；現階段參與廠商技術設備多已能符合未來安裝需求，但營運測試之規模仍有限（共 15,495 只，每組團隊約 2 千多只），廠商對於大量安裝之供貨能力、8 年運營能力、資訊傳輸之安全及建置成本受國內外原物料價格與人力工資等持續上漲之隱憂，仍是未來智慧水表大規模推動之潛在風險因素，因此，仍應進行下一階段測試，在不對北水處未來財務盈餘造成重大影響情況下，謀求最適推動策略，以達到預期成效。

4.1.3、新建案建置成果探討及優化

1. 新建案全面安裝智慧水表推動規劃

藉由汲取 2015 年至 2019 年逐步推動智慧水表安裝試辦之經驗，北水處自 2020 年起推動新建案（包含傳統表審圖建案）全面安裝智慧水表，同年起新建案審圖一律採安裝智慧水表原則審定；據往年統計分析，北水處新建案每年新增水表數約 1 萬只，惟新建案從審圖完成至完工檢驗，中間興建期尚需數年，如何克服建案安裝可能遭遇問題及妥善機關內部採購備料作業程序，必須要規劃適切執行計畫，以避免材料備料錯誤、供應不及、無法安裝、材料滯存、通訊不穩定等多面向問題影響用戶權益及造成機關同仁工作負荷。

2020 年新建案全面推動安裝後，雖可參考以往經驗，然實務上多有不同，除了需優化原本遇到的問題外，針對不同專案特性的部分，則需預想以原本的執行方式可能遇到的困難並研擬因應方案，方能順利推動（邵功賢等人，2021

年)，相關議題簡述如下：

(1) 案件數量較多：

北水處平均每年新建案約 200 至 220 件，水表數量約 1 萬至 1.2 萬只，約是過去執行試辦模式的 40 倍以上，各案聯絡方式、建案工程進度、實際材料需求等掌握變得不太容易。

(2) 安裝環境較複雜：

北水處雖同步要求自 2020 年起新審圖的案件須以智慧水表規定規劃，但是 2020 年完工的新建案，大多數都是以前年度舊審圖（配置傳統水表）施工，未考量通訊環境且無提供市電供電，僅有少數安裝環境與之前的安裝經驗相同。

(3) 備料不易：

新建案實際申請安裝時間無法預先得知，須考量倉庫庫容與材料停留時間等問題，且因安裝環境較複雜，採用的設備種類多樣不易精準備料。

(4) 新建案安裝申請：

新建案每年 200 餘案件，扣除假日後等同每天幾乎都會收到至少 1 件的申請案，材料設計、領用、安裝及自動回傳設定等將成為例行業務。

基於上述差異，北水處執行規劃如下：

(1) 新建案檢驗與安裝條件確認：

進行通訊檢驗，確認環境是否適合安裝智慧水表，檢驗後將通訊環境是否合適、是否提供市電以及水表數量、分布與通訊模組選用等規劃註記於案件檢驗紀錄中，並依實際需求備料，後續建商申請安裝時，供承辦人員據以辦理。

(2) 備料機制規劃與執行：

為滿足精準備料及緩解倉庫庫存壓力之目標，有別於 2019 年以前將案場所需之水表及讀表通訊模組都備料完妥後，再等待用戶來申請安裝之模式，2020 年推動後之執行方

式採水表與讀表通訊模組分開備料辦理。

水表利用過去 5 年的新設數量作為預估明年的供料需求量，並以確保能滿足所有已檢驗的數量為目標作為水表備料機制，也就是說假若倉庫庫存 2,000 只水表，但因來申請檢驗但尚未安裝的數量已接近 2,000 只時，就會進行下一批次的水表備料作業，以確保水表供料無虞。

另讀表傳輸模組則是採用累積 1 至 2 個月的案件檢驗數量後，以批次備料的方式作為「讀表通訊模組」的備料，並透過各案「以案管制」機制確保每批材料所對應的案場關係，期望透過有需求才備料手段，達成精準備料無滯存材料目標。

經統計 2020 年檢驗新建案用智慧水表所需材料，水表配合倉庫管理，前後共分 5 批次進行備料；而讀表通訊模組前後也共分 5 批進行備料，批次間時間間隔如規劃為 2 個月左右，但對於單一各案用模組所需備料時間，經統計約需 1 至 5 個月之久（累積需求約 2 個月加上生產製造約 2 個月），平均備料時間約為 90 天。

(3) 設計、安裝機制規劃與執行

北水處於接獲新建案完成檢驗申請裝表時，因為來申請的案件包含 2019 年以前檢驗的案件及 2020 年以後檢驗的案件，因此需參考檢驗紀錄所註記有關智慧水表安裝說明，若檢驗紀錄認定不適合安裝智慧水表的案件，則不設計安裝智慧水表，反之則參考紀錄所載智慧水表用料種類進行設計。

安裝時配合水表及讀表通訊模組分開備料機制，一律採領用水表先行安裝，使建案接水時程與機制與過去安裝傳統水表無異，除了避免影響到用戶接水時效權益外，也使營運單位的安裝管理機制不要有太大的改變以利執行；而讀表通訊模組則配合每 2 個月批次備料時程，於交貨後再批次於已

完成水表安裝之案場統一派工領料及安裝，以利材料及人力管控。

此安裝階段會遇 2 種態樣，首先是檢驗後備料尚未完成，因此申請裝表時案場所對應的讀表通訊模組尚未入庫；第 2 種是檢驗完後過了許久才來申請裝表，此時案場所對應的讀表通訊模組可能已經入庫並待裝出。雖然後者案件在申請時水表及模組均已備妥可供領用安裝，但為了安裝統一管理，規劃一律於次批讀表通訊模組入庫後，或是累積至少 2 個月的水表安裝量後，再辦理批次領料及安裝讀表通訊模組。

經實際執行，新建案於完成現場檢驗後申請裝表時間約主要間隔 1 至 5 個月之間，最長亦有等 10 個月之久，平均天數約為 75 天，主要的原因是在等待用戶前來申請，然而此部分主動權在建商而非管理單位，因此不易縮短；而每案申請並完成水表安裝後，大約要 1 至 6 個月時間才能完成讀表通訊模組安裝，主要間距為 3 至 4 個月，平均為 96 天，這部分主要是等待模組交貨、累積案件數量批次安裝和實際安裝所需時間。

另在此之前，北水處對於一次多量新建案場安裝讀表通訊模組的安裝工率較無實際經驗，經過歸納與評估，每批次安裝件數介於 18 至 49 件之間，而安裝數量在 600 至 1,800 只左右，均可以在大約 30 個工作天左右完成安裝工作，此一實績對於未來規範合理讀表通訊模組安裝時間提供重要的參考資訊。

透過 2020 年推動新建案的努力，北水處同仁在檢驗、材料選用、備料及安裝已有制定相當之標準作業模式，也順利的在 2021 年 6 月份將 2020 年所有申請檢驗並完成備料的案件全部安裝完成，惟執行過程仍遇到許多問題須再檢討優

化。

2. 新建案採購方案優化

北水處智慧水表安裝，推動後考量現行 50mm（含）以上大表均安裝電子表，但經過辦理技術試煉後，已有多家廠商投入口徑 40mm 以下智慧水表（智慧小表）技術設備研發，其中包含電子表及機械表，為避免規格限制及考量未來廠商參與情形，因此，採購策略採智慧大表含 AMR 及智慧小表含 AMR 等分開採購。

新建案智慧小表採購於 2020 年執行後，遭遇問題包含安裝水表與模組時程不同且無法即時派工安裝、水表與模組分開備料不易匹配、讀表通訊模組無法一次大量備料及智慧水表種類多不易管理等，因此，北水處於 2021 年針對上述遭遇問題，研擬新建案安裝智慧水表優化執行方案，依「新建案全面安裝智慧水表建置問題研析與執行成效」（邵功賢等人，2023）彙整說明重要優化內容如下：

(1) 內線檢驗階段導入廠商服務

內線檢驗為新建案安裝智慧水表最開始也是最重要的把關階段，2020 年推動新建案全面安裝智慧水表時，內線檢驗由北水處同仁自行辦理，檢驗時需確認通訊環境、供電環境以及水表數量、分布與通訊模組選用等，進而準備相對應之模組使用材料；但此方式可能會遇到一些問題和挑戰，例如同仁對於得標廠商所提供的設備種類及應用場合是否熟悉、通訊技術的選用是否合適、現場安裝美觀及安全性的需求考量等，且因為廠商間的設備技術有一定程度的差異，同仁覺得適合安裝智慧水表的案場但廠商可能覺得不適合等，因此，經評估後，採購優化方案採取內線檢驗階段導入廠商服務，由廠商於現勘時負責確認通訊、電源及安裝環境，並可適時反饋提出改善建議供建商參考施工，規劃讀表通訊模組

用料等，檢驗現勘結果由水處同仁審核確認，必要時，僅需針對經廠商研判無法安裝智慧水表的案場進行二次會勘確認，做成紀錄後作為後續雙方辦理的依據，以降低未來實際安裝可能遭遇問題。

(2) 調整讀表通訊模組備料模式

智慧水表組合包含水表及讀表通訊模組，2020 年執行初期，採用以往水表與讀表通訊模組分開備料方式辦理，但實際執行後發現，由北水處同仁於內線檢驗規劃採用設備需經歷平均 90 天之交貨時間入庫後才能發料，有時無法及時搭配新建案安裝時程需求；且因以案管制材料使用之機制，也導致材料庫存過久無法安裝而有佔用倉庫空間問題。

2021 年優化方案改採讀表通訊模組不入庫方式辦理，由廠商依內線檢驗結果適時盤點材料需求，並於新建案申請裝表後依北水處通知時程，揀擇合適之材料直接出貨到案場安裝，具有縮短備料交貨時間、減少庫存空間需求及免去材料滯存問題等多重效益。

(3) 增加讀表通訊模組種類及技術選用彈性

2020 年執行讀表通訊模組備料依規劃使用設備需求與水表分別備料，但模組技術種類差別包含通訊技術、電源供應、單獨集抄等，然而設備種類繁多且不一定通用，且材料管理採「以案管制」由專人管理以避免誤領誤用，一旦決定交貨後就不易改變，實際實行起來造成相當大的困擾。

2021 年優化執行方案放寬讀表通訊模組種類及技術，無須於內線檢驗時硬性決定該案場所需採用之設備型式，讓廠商能以具有彈性的方式隨時調整通訊技術、電源供應、單獨集抄等設備選用，北水處僅就結果進行管理，不論現場通訊或所採用之技術方式係採用 4G、NB-IoT、單獨回傳或是集中傳輸，只要能夠將水表資訊正確無誤地回傳即可，即以滿

足現場需求功能導向辦理，提高運用彈性。

(4) 調整讀表通訊模組備料安裝時程管理機制

依 2020 年執行經驗，讀表通訊模組從備料到資料回傳大致分為 3 個階段，分別為檢驗備料階段（平均 90 日）、安裝階段（平均 30 日）、設定階段（平均 14 日），此 3 階段合計約需 134 日，不但耗時，且分為 3 個管制階段而增加管理困擾，同時亦是導致模組平均安裝時間長達 96 日之主要原因。

為此，2021 年優化執行模式將此 3 階段進行合理整併，搭配讀表通訊模組備料模式調整，改以「供料安裝及設定階段於 40 日內完成」方式辦理。達到各案以最有效率之速度完成智慧水表安裝。

(5) 建立專案管理中心落實檢驗及安裝機制

在擬定內線檢驗階段導入廠商服務及調整讀表通訊模組備料安裝管理模式等優化措施後，2021 年優化執行方案再進一步規劃，改由廠商建立專案管理中心，從檢驗至安裝各階段辦理全流程智慧水表管理機制，以落實各階段之優化執行模式。專案管理中心之任務包含接收內線檢驗資訊即時派員現勘並做成紀錄、讀表通訊模組生產備料需求管控、接收安裝智慧水表任務即時派工安裝與系統設定、讀表通訊模組派發材料，以即設備品質確認、完工回報及問題處理

上述優化措施經納入 2021 年採購案並實際於現場執行後，有效提升新建案安裝智慧水表之適用性及時效性，且降低北水處同仁初期作業負荷及避免倉庫物料存放問題，自推動迄今，新建案已裝設超過 4 萬只智慧水表（表 22），均能有效完成現場安裝作業，滿足服務需求。

表 22、新建案歷年安裝智慧水表統計一覽表

年度	公有建案			私有新建案
	社宅及市場	數量 (只)	合計 (只)	數量(只)
2020	大龍市場	192	1,386	2,597
	環南市場	1,063		
	木柵社宅	131		
2021	明倫社宅	389	1,209	9,829
	瑞光社宅	398		
	中南社宅	123		
	新奇岩社宅	299		
2022	小彎社宅	351	1,863	9,203
	廣慈社宅 E 區	529		
	廣慈社宅 D 區	530		
	北投中繼市場	453		
2023	廣慈社宅 A 區	14	789	8,973
	廣慈社宅 B 區	27		
	行善社宅	538		
	莒光社宅	210		
2024 (至 9 月)	南門市場	279	1,376	6,345
	福星社宅	261		
	環南市場	836		
合計			6,623	36,947

3. 表位設置原則演進

智慧水表安裝於用戶表位，表位空間、環境等均將影響設備安裝，因此，北水處於 2015 年起推動智慧水表安裝試辦，因應時代不斷進步及未來設置智慧表之趨勢，首先於 2016 年修正北水處表位設置原則，並新增智慧水表表位設置注意事項，包括表距、集中器、預埋傳輸線套管及 110V 電源應設置於室內且施工應符合「屋內線路裝置規則」等規定，以便日後裝設智慧水表用。

2019 年配合市府推廣智慧水表政策，亦為因應後續新建案全面推動智慧水表安裝政策，為提供建案設計執行，避免

現場環境與後續設備採購產生差異，再次進行表位設置原則修正，修正重點包含新增總表、專用表及直接表之自動讀表（AMR）裝置方式及圖說（圖 88 至圖 90），並依現行執行方式，新增集中設置分表或分層設置分表之自動讀表（AMR）裝置方式說明及相關圖說。

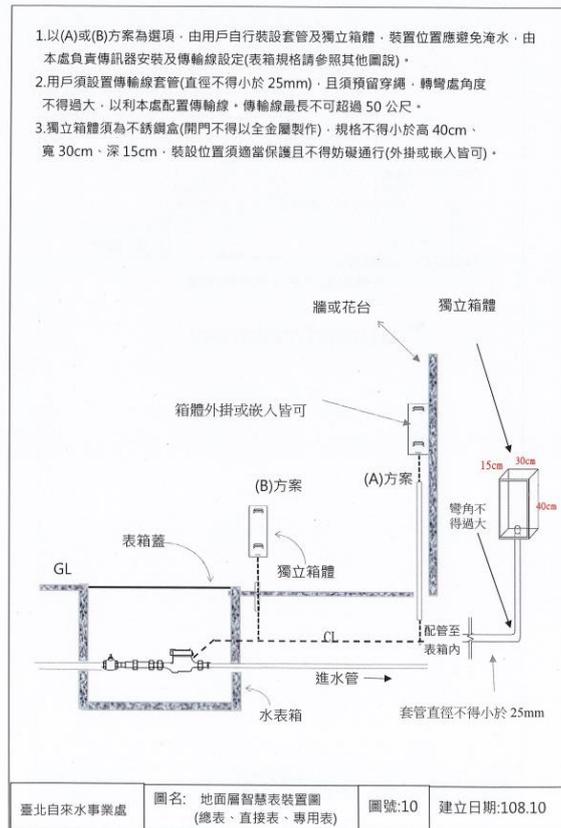


圖 88、2019 年修訂表位設置原則內地層智慧表裝置圖

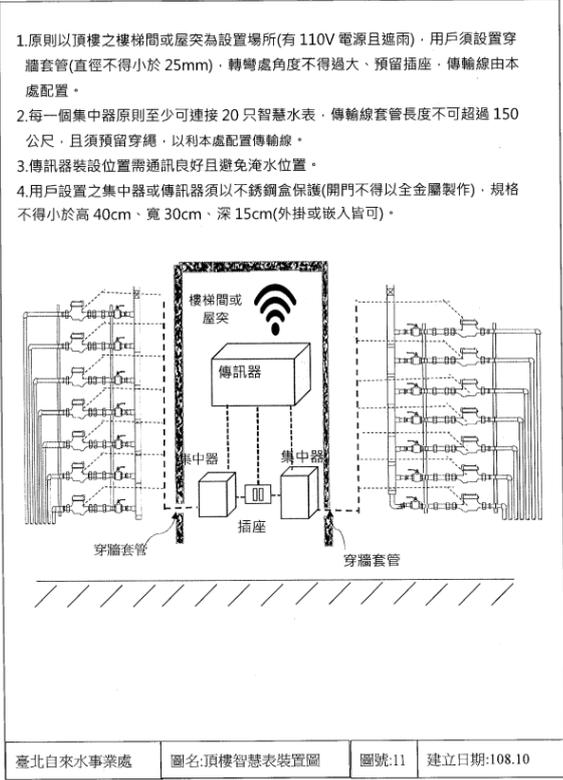


圖 89、2019 年修訂表位設置原則內頂樓智慧表裝置圖

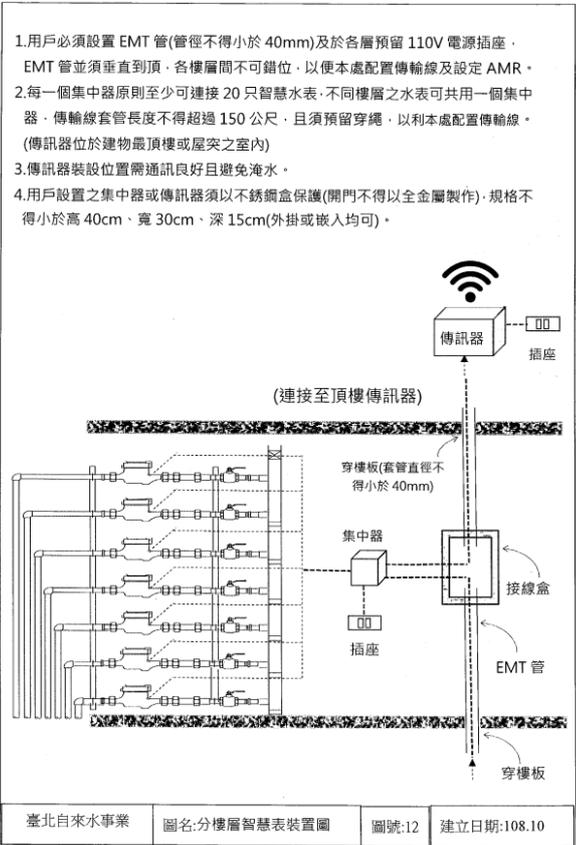


圖 90、2019 年修訂表位設置原則內分樓層智慧表裝置圖

2021 年隨著智慧水表技術試煉辦理，越多廠商投入讀表設備模組技術開發與生產，因此，為利未來產業投入，北水處經於 2021 年 9 月 9 日及 9 月 22 日召開 2 次修訂會議後，於 2021 年 12 月 3 日公告新修定「用戶表位設置原則」部分條文（自 2022 年 1 月 1 日實施），其中與智慧水表相關部分，係原有地面層智慧水表裝置圖說外，新增智慧表小型水表箱裝置圖及給水內、外線管線埋深需大於 136mm 之規定（圖 91）。

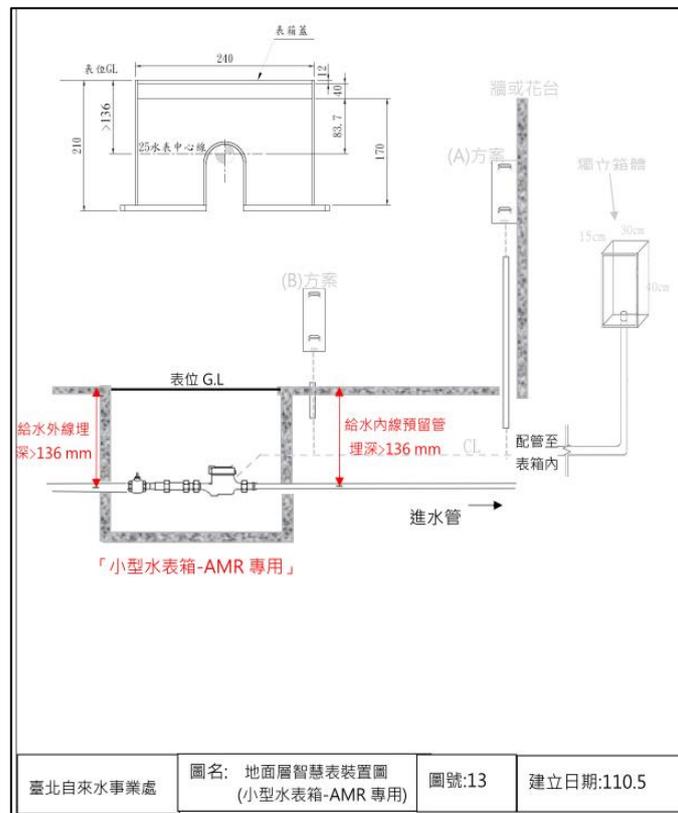


圖 91、2021 年表位設置原則新增 AMR 用小型水表箱地面層智慧表裝置圖

2022 年北水處為推廣地上式表位，並避免相關規定有不合時宜與實務不符之情形，再次檢討修正表位設置原則，並為確保智慧水表功能得完全發揮並降低外在天候因素影響造

成之故障率，故勸導建築師設計屋頂智慧分表位時，宜優先考慮設置於室內，並將設置原則第六條分表相關規定中第（八）點規定，修正條文文字為「表位優先設置於屋頂，並宜設置於其室內空間，其餘得分層集中設於管道附近公共設備空間並獨立區隔」。

2023 年為配合推廣地上式表位，北水處重新檢視本規範有部分不合時宜且與現行實務不符之處，於 10 月 17 日公告修正表位設置原則，其中就集中設置分表之自動讀表（AMR）裝置加註智慧水表傳訊器箱體及傳輸線套管設置應注意事項，要求建商須於於傳訊器箱體正面以不脫落紅色油漆加註「訊號傳輸設備不得遷移遮蔽」；另因表箱已有其他圖說規定，故條文中整合總表、專用表及直接表之自動讀表（AMR）裝置方式，作為後續設置依循（如圖 92）。

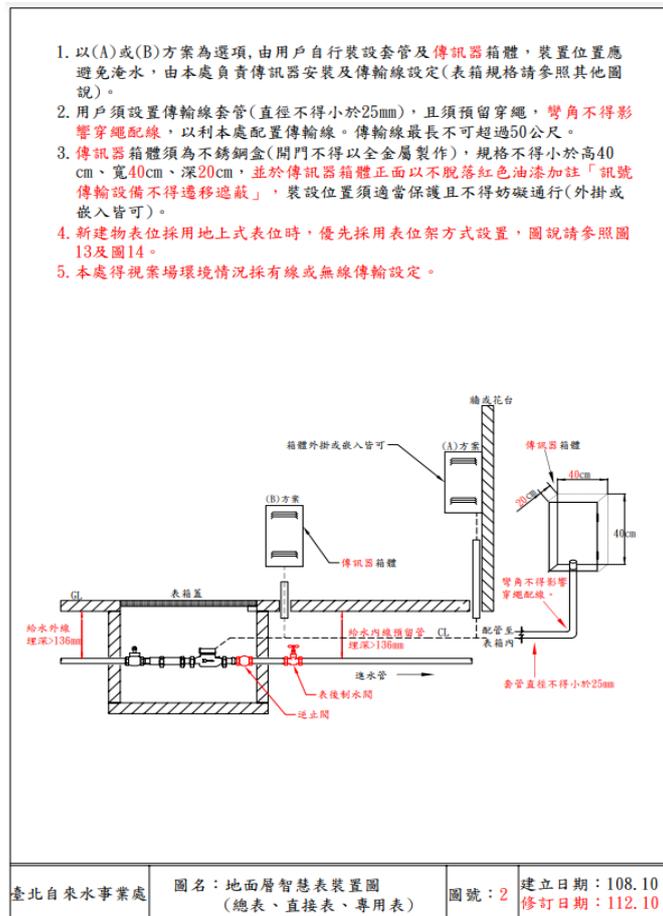


圖 92、2023 年表位設置原則內地層智慧表裝置圖

4. 小結

北水處為達成「智慧城市」願景，於國內率先自 2020 年起推動新建案全面安裝智慧水表，相較於國際上多採既有建物專案批次規劃布建，可供參考辦理經驗較少，北水處同仁藉由歷年試辦經驗，擬定全面推動執行方案，並順利完成首年推動工作，並於爾後持續檢討並優化執行模式，能更有效率地加速推動政策。

未來透過案場經驗累積，除了針對相關的問題持續蒐集檢討，包含新建案水表需求用料預測以及案場通訊環境克服等，均將持續進行優化機制研擬，以健全智慧水表於新建案的管理及建置作業，促進智慧水表於臺灣的產業與應用發展。

4.2、智慧水表運用執行成效分析

4.2.1、用水異常樣態分析

智慧水表運用，若僅單純取代人工抄表，對於回傳之大數據分析與增值成效過於可惜，因此北水處針對用戶服務部分，運用用水增加及連續用水等異常警示，由系統進行自動異常用水成案，並由承辦人針對異常案件進行大幅提升用戶服務品質，其中可發現異常漏水態樣大致分為連續用水異常及進水頻率異常增加兩類，並針對上述態樣於新平台系統進行自動化警示歸類，相較以往需逐檢查看用水量及用水趨勢進行設定，有效增加工作效率，但也從中發現正確的異常警示與讀表頻率及傳輸數據位數也有一定之關聯。

以下針對連續用水異常及進水頻率異常增加態樣進行說明：

1. 連續用水異常

漏水範圍大致落在水表後所直接連接的管線或用水設備，如總表與專用表之水表與蓄水池之間管線、蓄水池等，如圖

93，直接表與分表之內線及用水設備等，如圖 94。

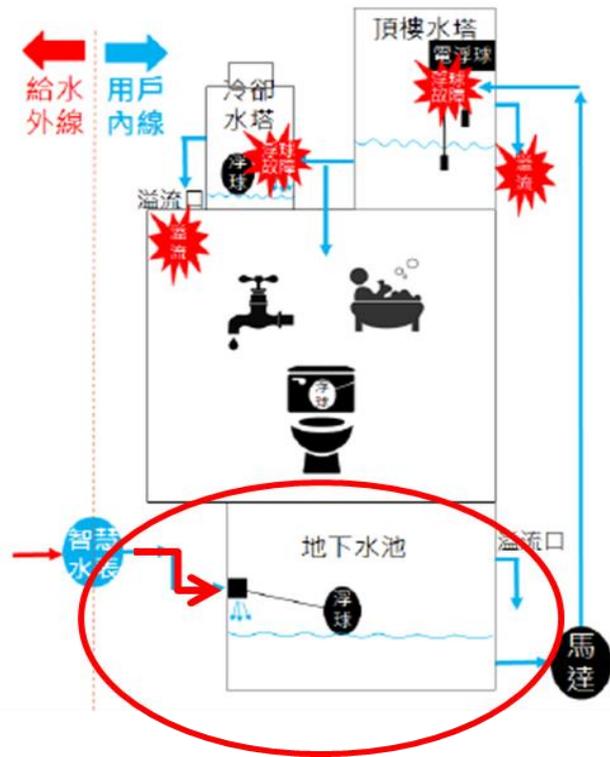


圖 93、連續用水異常漏水範圍（專用表、總表）

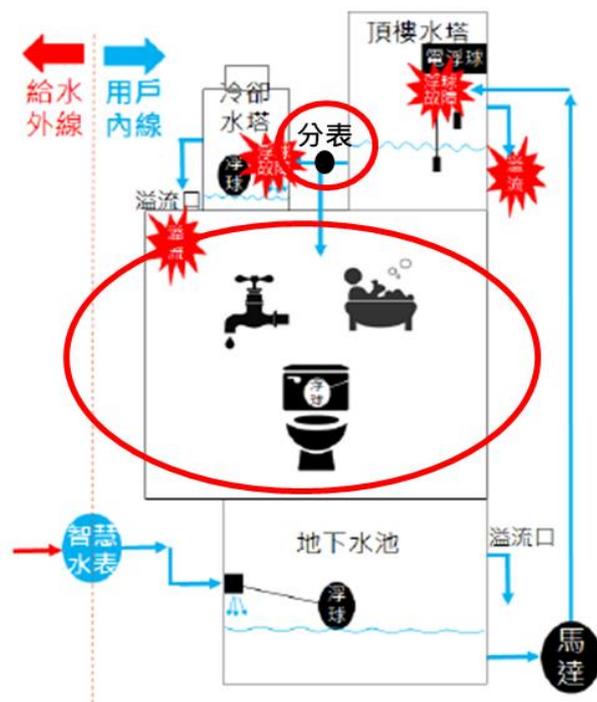


圖 94、連續用水異常漏水範圍（分表）

(1) 案例 1：蓄水池浮球故障異常溢流案件（總表）

本栓為一般公寓大樓總表，異常期間發現連續用水未觸底，經電詢用戶勘查為蓄水池浮球故障溢流所致，修妥後已恢復正常，減少日漏水量約 77 噸，依警示設定連續用水 3 日成案後至恢復正常共 3 天，漏水期間瞬間值約 4cmh，如圖 95。

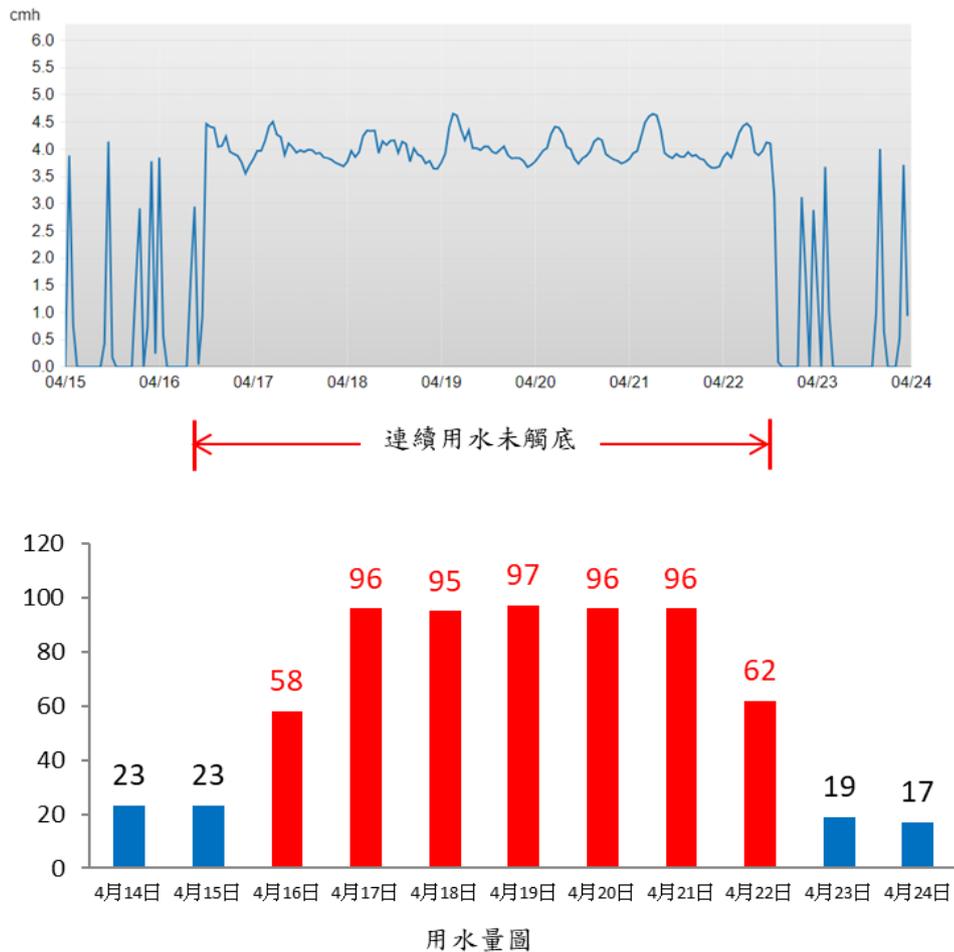


圖 95、蓄水池浮球故障異常溢流案件

(2) 案例 2：馬桶異常漏水案件（分表）

本栓為一般家庭用戶，異常期間發現連續進水未觸底，經電詢用戶勘查為馬桶漏水所致，修妥後已恢復正常，減少日漏水量約 13 噸，依警示設定連續用水 3 日成案後至恢復正常共 1 天，漏水期間瞬間值約 0.5cmh，如圖 96。

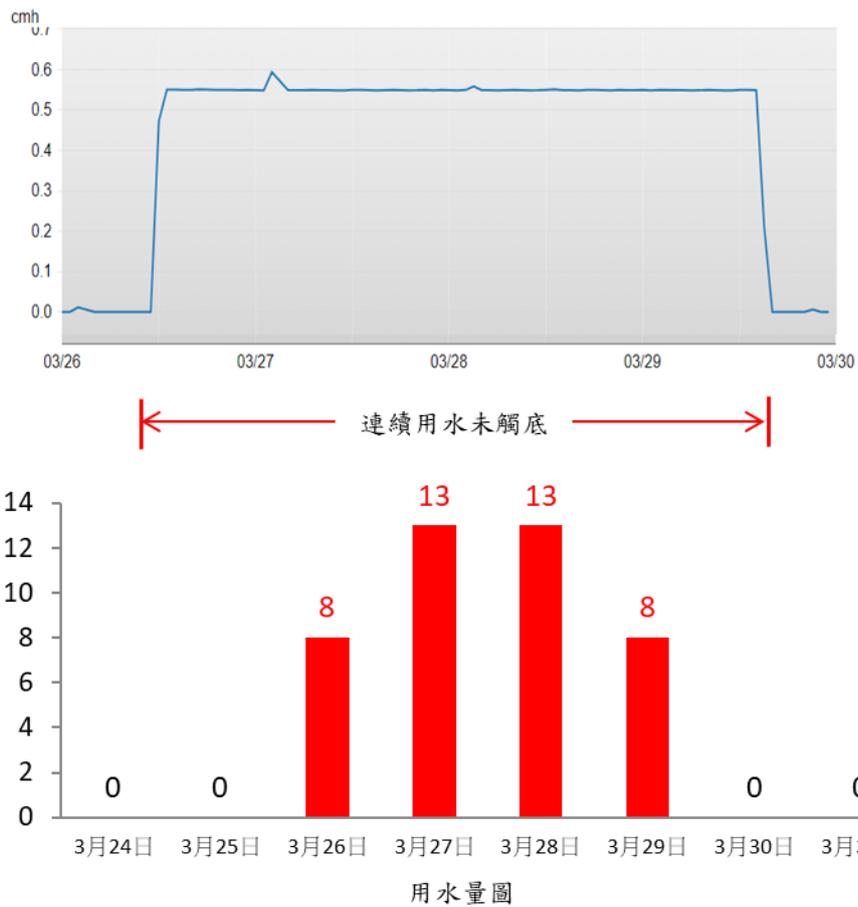


圖 96、馬桶異常漏水案例

2. 進水頻率異常

漏水範圍大致落在蓄水池以後所連接的管線或用水設備，如總表之屋頂水塔、冷卻水塔及管線等，專用表之屋頂水塔、冷卻水塔、管線及各樓層用水設備等，如圖 97。

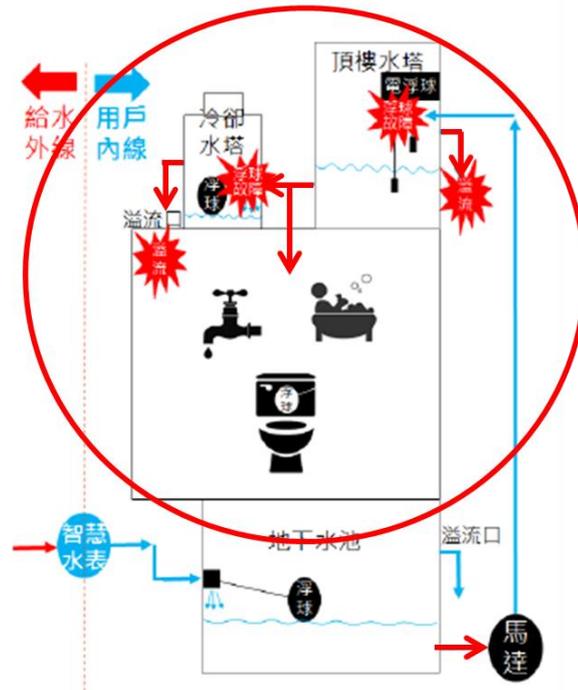


圖 97、進水頻率異常漏水範圍（專用表、總表）

(1) 案例 1：馬桶異常漏水案件（專用表）

本栓為機關用水，異常期間發現進水頻率增加，經電用戶查為 3 樓公廁馬桶漏水所致，修妥後已恢復正常，減少日漏水量約 18 噸，依警示設定週用水突增警示成案後至恢復正常共 1 天，如圖 98。

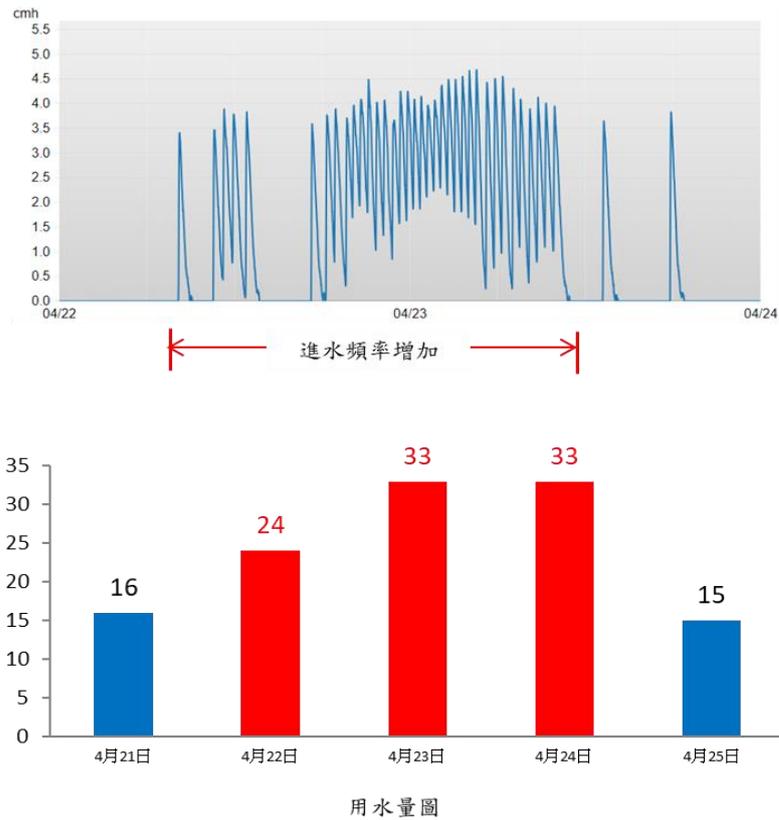


圖 98、馬桶異常漏水案例

(2) 案例 2：屋頂水塔異常漏水案件（總表）

本栓為學校用水，異常期間發現進水頻率增加，經電用戶查為屋頂水塔漏水所致，修妥後已恢復正常，減少日漏水量約 28 噸，依警示設定週用水突增警示成案後至恢復正常共 1 天，如圖 99。

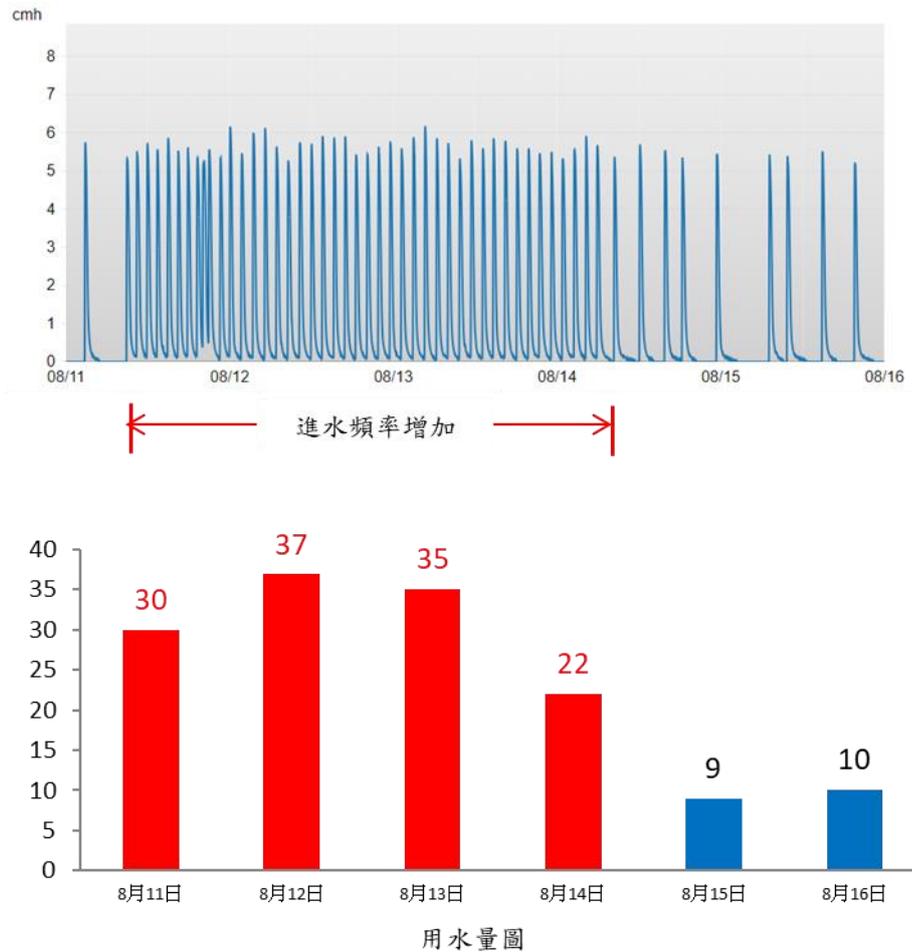
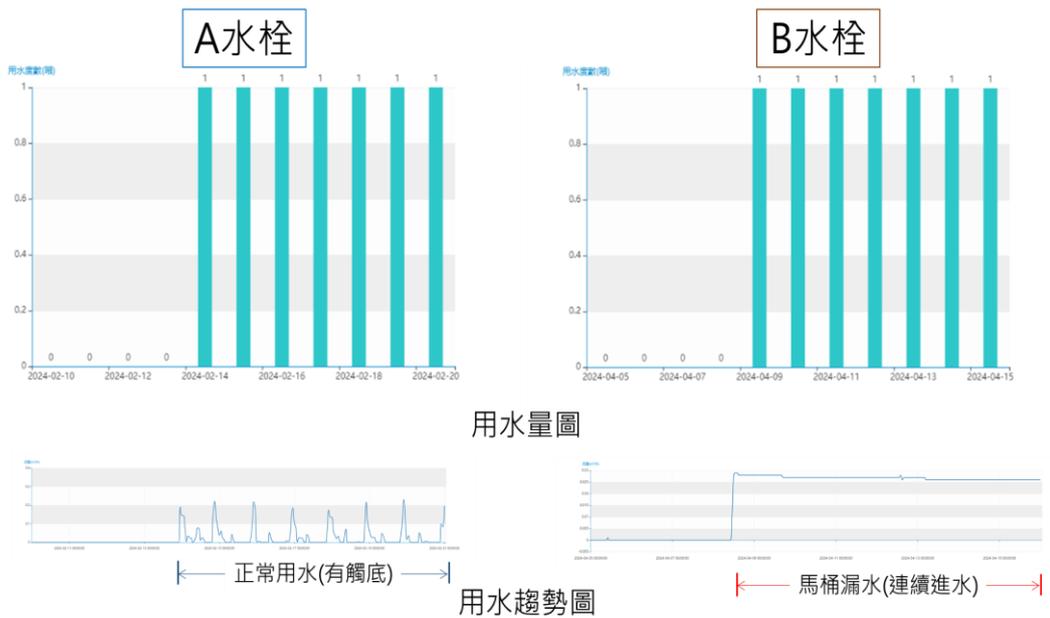


圖 99、屋頂水塔異常漏水案例

3. 讀表頻率及傳輸數據位數不足造成影響

(1) 讀表頻率不足

北水處針對智慧水表契約訂定廠商讀表通訊模組應至少每 1 小時紀錄 1 筆資料，並於每 24 小時定時回傳，主要原因為若降低讀表頻率，改以每日讀表 1 次並定時回傳，容易造成承辦人於案件處理上，僅能透過用水量進行判斷，並無用水趨勢可進行參考，如一長期未用水用戶，每日用水量均為 0 度，突然於某日開始每日均有用水量，無法判斷該用水量是否為漏水情形，造成承辦人判斷困難，如圖 100。



用水量雖一致
所呈現結果不一定相同
需透過趨勢圖判斷

圖 100、讀表頻率不足態樣

(2) 傳輸數據位數不足

北水處目前異常用水案件大部分是透過連續用水警示判讀用戶是否用水異常，但若智慧水表最小傳輸位數僅到小數點後 1 位時（單位為百升），用水量須達到 0.1CMH 以上才會被記錄，在用水趨勢圖上容易呈現非連續用水狀態，系統難以判讀，導致管理者及用戶不易判斷已發生漏水狀況。而智慧水表最小傳輸位數若僅於整數位時，對於連續用水狀態判讀更是雪上加霜，將使異常警示通知效益降低，如圖 101。

以瞬間值0.05cmh連續用水模擬各項數據傳輸位數

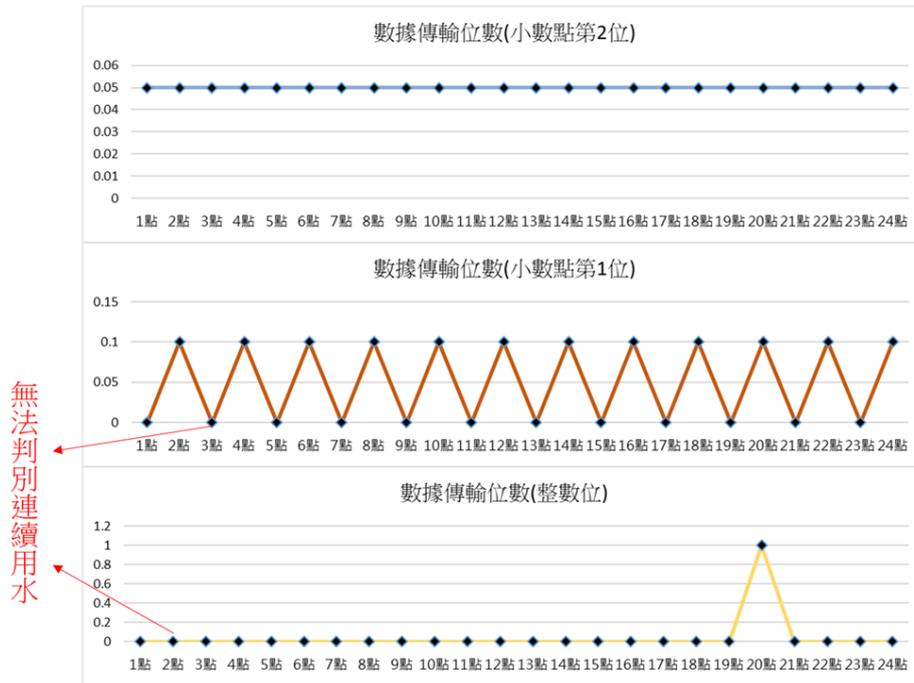


圖 101、傳輸數據位數不足造成判斷不易態樣

資料來源：智慧水表營運測試採購案（FOT）成效初探：以北區營業分處為例（翁弘翰等人，2022）

4.2.2、用水異常改善預防性減少水資源浪費效益分析

為持續了解智慧水表運用於協助用戶用水異常改善之效益，統計自 2016 年至 2024 年 9 月北水處已協助用戶發現用戶用水設備問題並完成改善共計 7,113 件，相較傳統水表要等到人工抄表才能發現異常用水，已達預防性減少水資源流失約 1,184 萬公噸；另依北水處各年度每公噸供水排放二氧化碳約當量計算，約相當於減少 68 萬公斤的二氧化碳排放量。

為進一步了解改善效益，再依供水方式及不同用水類型分析預防性節水量成效，貢獻量及百分比前 3 名為直接表學校用水、直接表營業用水、總表家庭用水，結果顯示於表 23 用水異常改善後預防性節省水資源浪費量統計，貢獻量以直接表節水量最高，約 871 萬公噸（占 73.54%）節水量，其中依用水類型而言，以學校用水節水量最大，約 377 萬公噸（占 31.82%），營業用水約 333 萬公噸（占 28.13%）節水量

次之；其次總表節水量約計 202 萬公噸（占 17.09%）節水量以家庭用水（公寓總表）節水量為主，約計 201 萬公噸（占 16.96%），其餘分表節水量約計 111 萬公噸（占 9.37%），其中以家庭用水約 58 萬公噸（占 4.90%）節水量最高，營業用水約 42 萬公噸（占 3.52%）節水量次之。

表 23、用水異常改善後預防性節省水資源浪費量統計

預防節水量	總表		直接表		分表		總計	
	量(公噸)	占比(%)	量(公噸)	占比(%)	量(公噸)	占比(%)	量(公噸)	占比(%)
機關用水			1,118,827	9.45%	82,056	0.69%	1,200,883	10.14%
學校用水			3,768,624	31.82%	25,863	0.22%	3,794,487	32.04%
營業用水			3,331,807	28.13%	416,785	3.52%	3,748,592	31.65%
家庭用水	2,008,645	16.96%	263,250	2.22%	580,609	4.90%	2,852,504	24.09%
市政用水			224,352	1.89%	2,400	0.02%	226,752	1.91%
其他用水	15,390	0.13%	3,000	0.03%	1,770	0.01%	20,160	0.17%
總計	2,024,035	17.09%	8,709,860	73.54%	1,109,483	9.37%	11,843,378	100.00%

另依改善案件數分析，件數分布及百分比前 3 名為分表家庭用水、直接表學校用水、直接表營業用水，結果顯示於表 24，改善件數以直接表最高為 3,906 件（占 54.91%），其中依用水類型而言，以學校用水回報量 1,593 件最高（占 22.40%），營業用水 1,161 件（占 16.32%）次之；其次分表改善計 2,610 件（占 36.69%），以家庭用水 2,082 件最高（占 29.27%），營業用水 397 件（占 5.58%）次之；其餘總表改善計 597 件（占 8.39%），其中以家庭用水（公寓總表）改善為主，計 593 件（占 8.34%）。

表 24、用水異常改善件數統計

預防節水改善件數	總表		直接表		分表		總計	
	件數(件)	占比(%)	件數(件)	占比(%)	件數(件)	占比(%)	件數(件)	占比(%)
機關用水			555	7.80%	89	1.25%	644	9.05%
學校用水			1,593	22.40%	28	0.39%	1,621	22.79%
營業用水			1,161	16.32%	397	5.58%	1,558	21.90%
家庭用水	593	8.34%	325	4.57%	2,082	29.27%	3,000	42.18%
市政用水			266	3.74%	9	0.13%	275	3.87%
其他用水	4	0.06%	6	0.08%	5	0.07%	15	0.21%
總計	597	8.39%	3,906	54.91%	2,610	36.69%	7,113	100.00%

將前述預節水量及改善案件數換算成單位單位節水量（節水量/案件數），結果顯示於表 25、用水異常改善後預防性單位節水量統計，單位節水量前 3 名為總表家庭用水、直接表營業用水、直接表學校用水。

表 25、用水異常改善後預防性節水單位節水量統計

單位節水量	總表	直接表	分表
機關用水		2,016	922
學校用水		2,366	924
營業用水		2,870	1,050
家庭用水	3,387	810	279
市政用水		843	267
其他用水	3,848	500	354
平均單位改善節水量	3,390	2,230	425

綜整以上節水量、改善件數及單位節水量之分析，以總表及直接表漏水改善效益較高；以分表而言，一般家庭用水（分表）改善案件數雖多，但節水量較少，故家庭用水整體改善效益較低，然如學校或營業用水之分表，則因日用量大，改善仍具一定成效。因此可知，以直接表與總表安裝智

慧水表後，對於漏水改善產生之預防性節水量效益較高，特別針對大社區總表以及學校用水直接表及營業用水直接表等，成效最為顯著。

4.3、傳輸異常案例分析與改善

隨著智慧水表安裝數逐漸增加，若無法穩定且正常回傳數據，除造成管理人員工作量增加外，所回傳數據資料也無法發揮加值運用效益，故為有效的避免及降低北水處智慧水表設備異常及傳訊問題，北水處自 2019 年 9 月起召開自動讀表設備異常態樣分析會議，檢討設備及傳訊品質、異常斷訊及數據、廠商維護情形等問題，至 2023 年 10 月共計召開 16 次會議，平均每季召開 1 次。後續考量契約執行中之廠商已較能針對現場持續發生之自動讀表設備異常或維護管理問題，回歸其內部產品精進及管理品質管制，進而提供品質較為穩定之設備及運籌服務品質，因此自 2024 年起暫停召開相關會議。

而會議執行模式部分，依北水處各單位權責分工，由業務科召開會議及統計分類異常案件發生原因，技術科主要負責自動讀表斷訊異常保固罰處管理執行，各營業分處提出智慧水表故障及處理案例分享，履約廠商提報品質分析報告，並提出品質問題排除及改善精進作為，另邀集資訊室、供應科等相關單位共同協助問題形態研判及提供改善建議，期能透過各單位集思廣益檢討及精進產品與傳訊品質，達成省時、減力及高效率之傳輸成效。以下分節說明自動讀表設備異常態樣及廠商相應之改善對策內容。

4.3.1、讀表異常案件分析（設備故障檢討及態樣分析）

1. 異常案件原因探討

本研究整理歷次自動讀表設備異常態樣分析會議重點內容如表 26，統整會議主要自動讀表設備異常或傳訊品質問題如下：

（1）木柵二期

山坡地環境，電信商未能設置基地台，也無法改良訊號強度，造成回傳訊號不良，也加速傳輸設備電池電力消耗。

（2）環南市場

表位設置不佳，通訊線遭鼠咬，線頭斷裂致斷訊。

（3）通訊線頭進水

通訊線公母座接觸不良及熱漲冷縮，造成線頭進水而無法回傳。

表 26、歷次自動讀表設備異常態樣分析會議重點內容

會議時間	會議辦理情形與重點內容
2019/9/4	因應木柵二期示範區地處山區，無線通訊品質較差，另行分析AMR異常警訊案例及水表故障類型。
2019/12/19	木柵二期智慧水網示範區為無線訊號傳輸較不易地區，目前仍有30餘只常有斷訊問題，請廠商儘速以增設基地台等方式改善傳輸品質，或採其他新型式傳輸模組，並依契約規定提送審核。
2020/2/13	異常案件共2,081件，其中木柵二期共1,149件，除請廠商儘速完成基地台安裝及啟用，另廠商判斷基地台完成仍無法改善傳訊之設備，請廠商說明因應對策（增設基地台、改通訊卡、改傳輸形式、改天線形式或將天線拉出等）。並整理問題原因及因應對策於下次會議說明。
2020/3/17	廠商為改善木柵二期傳訊不良情形，原已於木柵二期第二加壓站裝設基地台，礙於環境等各種因素必須撤回，請廠商廣泛採用各種傳輸設備及方式解決傳輸問題，並於下次會議提報改善成果。
2020/6/18	針對環南市場因表位設置不佳，造成斷訊問題，由

會議時間	會議辦理情形與重點內容
	西區分處評估該市場進行表位改善可行性，並請技術科協助。
2020/11/26	由業務科邀集分處再就現行自動讀表異常類型檢討故障類型分類，以利找出真正原因，並統計影響計量的佔比。
2021/3/11	<p>一、請技術科就木柵二期表位設置不良案例所累積之經驗，研議新建案未來表位設置原則、設計規範等配合調整與優化方向。</p> <p>二、針對目前異常成因分類請調整為階層化呈現，並針對影響用戶服務超過3天未回傳案件分析成因，請技術科協助將水表、模組、電池之可靠度納入後續維修成本探討。</p>
2021/10/13	<p>一、異常成因分類應能明確對應至相關廠商權責，請業務科與各分處再檢討傳訊異常分類方式。</p> <p>二、因應西區青年社宅傳訊異常案，由各分處協助檢核水表為相同批號（表號前4碼為1078）之用戶是否發生類似問題。</p> <p>三、鑑於本年度斷訊案件多數為人為設定或處理疏失所造成，請廠商加強相關人員作業操作流程及管理措施。</p>
2021/12/29	<p>一、有關自動讀表異常成因目前歸類於外在環境之部分因素，例如鼠咬及天線掉落等非屬不可避免之類型廠商應透過產品設計以減少該類問題發生。</p> <p>二、鑑於電池效能係影響傳訊品質重要因素之一廠商未來可將不同適用對象及傳輸頻率納入電池設計考量。</p>
2022/3/17	為避免通訊線遭鼠咬、接頭斷裂、或低電壓等事件造成斷訊情形，請廠商持續精進產品技術以為因應。
2022/6/30	<p>一、由業務科統計通訊線遭鼠咬案件於各年度及場域分布情形並請技術科研議市場安裝智慧水表採集中式設置規範之可行性。</p> <p>二、對於大用水戶等早期設置之點位，若有設備傳輸線及其接頭接觸不良等情形，以「2022年C級電子式水量計之訊號傳訊模組維修及移裝維</p>

會議時間	會議辦理情形與重點內容
	<p>護案」請廠商進行傳輸線汰換。</p> <p>三、有關點位設置錯誤或資料覆蓋等狀況，請廠商持續精進前、後端資料管理作業。</p>
2022/9/29	<p>一、請廠商針對異常案件中管理面問題，包括點位建置錯誤、設備或程式異動等，造成自動讀表傳輸或資料錯誤情形，提出整體品質管理改善計畫。</p> <p>二、為了解異常問題改善成效，請廠商就歷年自動讀表設備重大異常，例如通訊線接頭接觸不良、低電壓未顯示、電源使用年限不足及點位建置錯誤...等，建議可將改善歷程持續建檔以利參閱。</p> <p>三、請業務科與分處研討各項自動讀表設備異常問題，如何區分廠商維護之責任範圍，以為後續擬定管理計劃階段設備維護權責規範參考。</p>
2022/12/29	<p>一、依據廠商提報之重大品質問題及改善歷程報告，由業務科後續整理異常會議資料時，區分統計廠商產品改善前後異常狀況，以確實了解改善情形。</p> <p>二、請廠商針對已發現成因之異常問題，回歸內部產品及管理品質管制，以確保未來提供之設備及運籌服務品質。</p> <p>三、討論自動讀表斷訊異常保固罰處管理執行模式。</p>
2023/3/27	<p>一、新建案插電式傳輸模組電源遭人為中斷問題，請技術科評估規範用戶設置獨立式不可插拔電源可行性，現場並以告示警語提醒用戶勿關。</p> <p>二、請業務科後續追蹤廠商2023年度起使用改善後之通訊線及接頭，是否已有效降低通訊線接觸不良問題。</p>
2023/7/14	<p>一、廠商為解決傳輸設備遭鼠咬斷訊所提採加強通訊線及設備方案，請技術科評估於後續新建案類似案場規劃參採之可行性。</p> <p>二、請技術科針對廠商所提以4G模組改善木柵二期等通訊不良或建築物遮蔽通訊等問題，評估納入案場設計考量。</p>

會議時間	會議辦理情形與重點內容
2023/10/31	請技術科找鼠咬嚴重之場域，與廠商共同測試新式通訊設備，以驗證產品防鼠咬之成效。

設備故障若無法釐清相關原因則無法有效達成北水處所需管理需求，進而造成契約中所訂定之保固及維修天數等，無法符合現場實際維護所需。故歷次異常會議針對自動讀表異常案件進行原因及分類（如表 27），依各單位現場實際所遇之經驗分類出如水表無顯示等 40 項異常原因，但若依此分類進行契約內保固及維修天數訂定，除項目過多外，也恐造成機關與廠商間雙方履約困擾，因此，後續再進一步針對各項目進行階層式分類，以傳輸異常權責單位進行大項分類，共區分為供應商、北水處、用戶、外在環境及其他等 5 大項，其中供應商再依團隊工作權責細分為水表商、換表商、模組商及電信商等 4 者，另就異常類型分析為水表問題、換表問題.....其他問題等 10 項。

為提升管理效率，北水處分析上述原因再制定階層式分類表單（如表 27），透過契約規範與階層式分類表單結合檢視，即可確認異常排除或故障維修期限，有利執行單位控管；以北水處 111 年採購案為例，廠商因素維修限期為 2 日曆天，環境因素維修期限為 7 日曆天，另機關及用戶因素無規定限期，以上述規定，當異常或故障發生時，可迅速清楚對應異常原因與歸屬，限期廠商改善，有效管控契約。

表 27、自動讀表異常分類表

自動讀表異常原因及分類表			112.03.27修
傳訊異常權責單位		異常類型	異常原因說明
供應商	水表商	水表問題	水表無顯示
			水表異常致模組無法讀取
			水表LCD漏液
			水表接頭不符
			水表電力不足
			水表接頭處斷裂需換表改善
	換表商	換表問題	誤換表
			水表換表後包商轉接頭未裝妥
	模組商	通訊模組問題	通訊模組電力不足
			通訊模組無法回傳
			通訊線頭進水造成無法回傳
			天線損壞(設備因素)
		管理問題	通訊線損壞(設備因素)
			系統點位建置錯誤
	電信商	傳訊問題	接收程式異常(廠商因素)
設備移動或更換			
設備、天線掉落(廠商因素)			
SIM卡故障			
基地台不足			
本處	本處問題	電信商訊號問題	
用戶	用戶問題	直總表表箱遮蔽(用戶未私改)	
		分表建物天線遮蔽(用戶未私改)	
		接收程式異常(本處因素)	
		電源供應問題(插電式模組)	
		尚未申請網路	
		因施工等因素模組暫時收回	
		雜物堆積	
		直總表表箱遮蔽(用戶私改)	
		分表建物天線遮蔽(用戶私改)	
		表位埋沒	
		通訊線遭不明原因拔除	
		模組遭破壞	
		模組遭竊	
		外在環境	外力因素
天線損壞(外力因素、含鼠咬)			
環境影響	通訊線損壞(含鼠咬)		
	表位積水、積土		
其他	其他問題	雷擊	
		待追蹤	
		其他(留備註說明)	

北水處於 2018 年起啟用「業務管理系統」辦理自動讀表設備管理使用，啟用後開始針對設備斷訊及低電壓、用水量異常及點位建置異常等項目進行自動成案通知及寄送每日報表供管理同仁檢視，並透過管理同仁確認有無異常後以相對

應查察結果、建議方案及處理結果登錄案件處理情形及產製異常案件處理清冊，以達完善的查察及處理設備與用水異常案件。

經統計近 3 年（2021 年至 2023 年）斷訊異常案件（斷訊案件數量未刪除過保、用戶及水表因素等案件之原始資料）共計 8,685 件，常見異常類型前 10 名分別為電信商訊號問題 1,608 件（占比 18.51%）、電源供應問題（插電式模組）1,418 件（占比 16.33%）、通訊線損壞（含鼠咬）1,307 件（占比 15.05%）、通訊模組電力不足 672 件（占比 7.74%）、通訊模組無法回傳 618 件（占比 7.12%）、網路問題 545 件（占比 6.28%）、設備移動或更換 515 件（占比 5.93%）、通訊線頭進水造成無法回傳 374 件（占比 4.31%）、SIM 卡故障 282 件（占比 3.25%）、社宅固網待開通 252 件（占比 2.9%），以及其他案件數及占比較小案件類型尚有 28 個類型，一併歸為其他類型統計共計 1,094 件（占比 12.6%），如圖 102 所示。

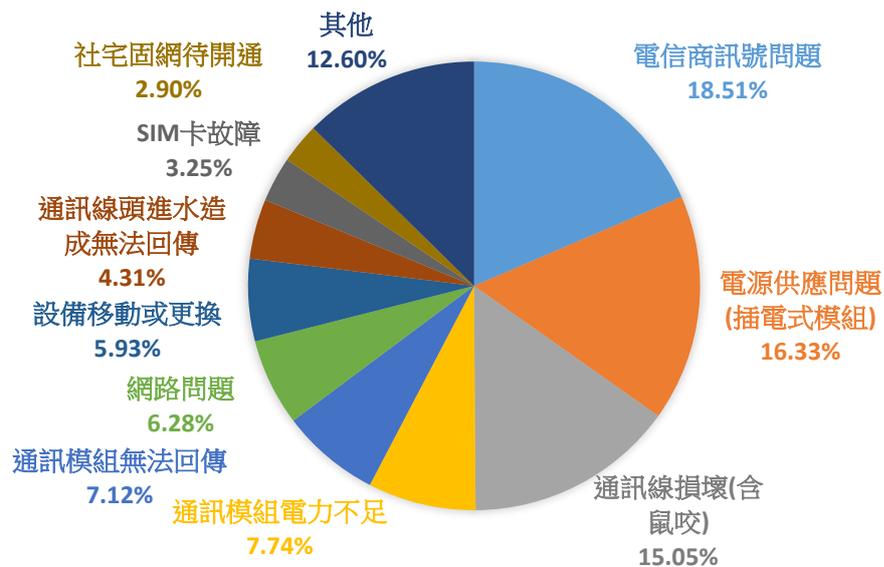


圖 102、斷訊異常案件各類型占比

依異常權責單位可區分為歸屬供應商權責，需通知廠商處理改善的類型，包含電信商訊號問題、通訊模組電力不足、通訊模組無法回傳、設備移動或更換、通訊線頭進水造成無法回傳、SIM卡故障等6項，其中通訊模組電力不足672件及通訊模組無法回傳618件，其餘4項歸屬於供應商權責的異常案件將在後續報告中進一步分析異常原因及改善對策。

歸屬於用戶問題的案件類型，包含電源供應問題（插電式模組）、網路問題、社宅固網待開通，此3類問題主要發生於都發局建置的社會住宅，配合都發局智慧三表的政策，北水處智慧水表裝設採用插電式模組，並以都發局提供的有線固網回傳智慧水表資料，因此延伸了此3類型問題，第1項電源供應問題是指社宅用戶將插座斷電及插座電源供應異常等的狀況，此類案件於現場恢復電源供應後即恢復傳訊；第2項網路問題是用戶網路遭入侵而斷網，以及用戶網路數據機故障造成斷網，皆屬於偶發狀況，於用戶修復網路後恢復傳訊；第3項社宅固網待開通問題，是新建社宅尚未由管委會提供固網前，暫時以建商的無線網路回傳，而尚未等到管委會完成網路開通，建商已先中斷網路造成斷訊的情況，後續已與都發局溝通，請其廠商須提供網路至管委會申請固網提供北水處傳輸資料為止。上述用戶類型問題，非屬於常態性持續發生的問題，因此不再進一步分析異常原因及改善對策。

歸屬於外在環境的通訊線損壞（含鼠咬）問題，雖屬於外在環境因素造成的設備損壞，但依契約規範仍屬於廠商保固維護的權責範圍，因此此類發生頻率高的異常問題北水處仍持續請廠商協助排除異常，並提供精進改善作為，也將在後續報告中進一步分析異常原因及改善對策。

進一步研析討論，從常見異常類型前 10 名中再挑出其中屬於常態性發生，且可由廠商持續精進設備及技術的類型，包含電信商訊號問題 1,608 件、通訊線損壞（含鼠咬）1,307 件、設備移動或更換 515 件、通訊線頭進水造成無法回傳 374 件、SIM 卡故障 282 件等 5 項，異常案件數共計 4,086 件（如表 28），約佔總案件（8,685 件）之 47.05%，因此，如廠商可持續改善精進，降低異常案件數量，則可降低異常案件產生、減少人力負荷，同時提升傳輸率，提升整體效益。

表 28、可由廠商持續精進設備及技術常見異常案件統計

權責單位	異常類型	異常原因	斷訊案件數量	案件數量占比
電信商	傳訊問題	電信商訊號問題	1,608	18.51%
外在環境	外力因素	通訊線損壞（含鼠咬）	1,307	15.05%
模組商	管理問題	設備移動或更換	515	5.93%
模組商	通訊模組問題	通訊線頭進水造成 無法回傳	374	4.31%
電信商	傳訊問題	SIM卡故障	282	3.25%
統計			4,086	47.05%

2. 異常案件分析

以下依前述 5 項發生讀表異常原因，就歷次異常會議分處分享之案例進行說明。

(1) 電信商訊號問題

電信商訊號問題指的是無線通訊品質不佳，一般情況主要是傳輸模組設置在訊號強度較弱的位置，原因可能包含了電信商基地台距離過遠、或是傳輸通訊路徑被遮蔽等，其中又因遮蔽的障礙物材質不同，影響訊號衰落程度也不同。

案例分享：2022 年第 2 次自動讀表異常會議分處分享，

臺北市某大樓為超高建築，水表位於 31 樓水表室內，經廠商現場勘查造成原因為高樓層處電信商訊號不足，造成數據回傳失敗；且因本案為集中傳輸案場，因此訊號不良造成全棟 32 只分表均全數斷訊，經廠商現場量測不同電信商網路訊號後，經更換電信商及增設加強版增益天線已恢復通訊，如圖 103。



圖 103、案例 1 水表設置情形

(2) 通訊線損壞（含鼠咬）

通訊線損壞為讀取水表資訊的實體線路的損壞，或是線路品質不佳而影響傳輸，以歷年案件統計，主要原因還是因為受到外力破壞所致，其中又以遭老鼠咬壞最為嚴重。

案例分享：依 2021 年第 1 次自動讀表異常會議分處分享案例，臺北市某市場共計安裝 539 只水表，安裝後常發生異常成案問題，經分處統計該市場 2 個月內斷訊 3 日成案數約 10 案，經廠商現場勘查造成原因均為通訊線遭老鼠咬線破壞所致，經廠商更換現場傳輸線材後，即恢復正常通訊，如圖 104。



圖 104、案例 2 所在市場通訊線鼠咬情形

(3) 設備移動或更換

設備移動或更換主要為用戶因素須暫時將傳輸設備移動到他處，若剛好將設備移動到不適合的位置，導致發生斷訊的情形。

案例說明：於 2022 年第 1 次自動讀表異常會議分處分享，本案傳輸設備原裝設於臺北市某國中水表箱外之圍牆牆面，適逢校方進行圍牆改善施工，故將傳輸設備移至水表箱內安放；施工期間因校方施工商於水表箱上方覆蓋厚重鋪路鐵板進行保護，造成訊號遮蔽，以致數據資料無法回傳，如圖 105。



原裝置於圍牆

後續因施工移至表箱

因大鐵板覆蓋導致斷訊

圖 105、案例 3 學校圍牆施工移動傳輸設備斷訊原因

(4) 通訊線頭進水造成無法回傳

部分傳訊設備放置於水表箱之中，若表箱排水狀況不佳，又遇連日大雨導致表箱積水，且通訊線接頭因放置於戶外環境長期熱漲冷縮接觸不良，或者人為插拔通訊線導致防水功能降低等，都可能造成斷訊狀況。

案例說明：本案例於 2022 年第 1 次自動讀表異常會議時由分處分享，本案由圖 106 可見 2022 年 1 月 10 日至 1 月 24 日期間，日用水量均未日結，該案例所裝設智慧水表係採每 10 分鐘紀錄 1 筆方式辦理讀表，因此，每 1 日應回傳筆數為 144 筆，惟以 1 月 15 日為例，經查用水趨勢圖發現，當日僅回傳 3 筆，經廠商現場勘查造成原因為通訊線頭進水所致，進一步了解係天氣氣溫變化造成模組與水表接線處因熱漲冷縮導致接口不密合，經廠商於接頭處塞銅箔加強接觸面積及塗黃油防止進水已恢復通訊。

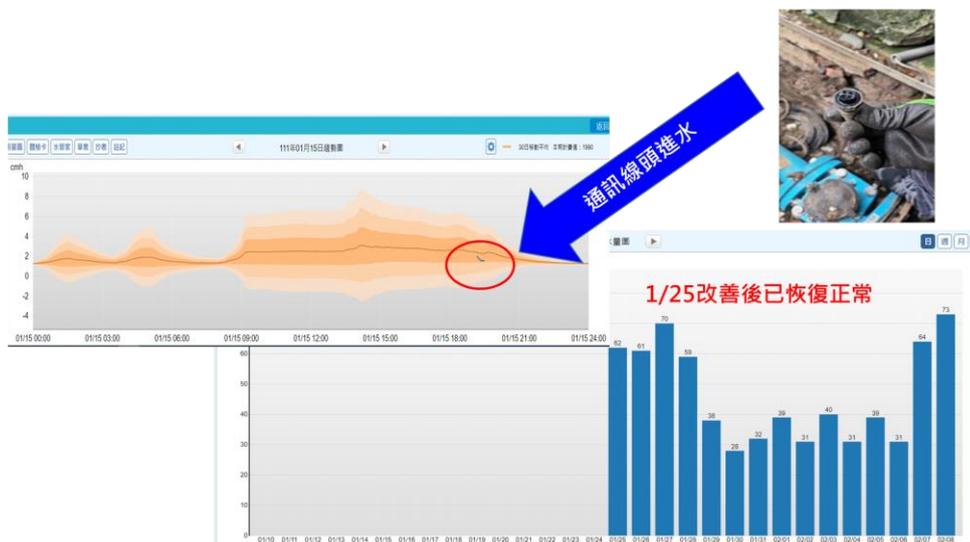


圖 106、案例 4 通訊線頭進水導致讀表異常

(5) SIM 卡故障

進行無線通訊時，傳輸設備需插入電信業者的 SIM 卡來提供通訊服務，SIM 卡損壞原因主要包含 SIM 卡與卡槽接觸

不良、SIM卡產生氧化層影響接觸等。

4.3.2、廠商改善對策與成效彙整分析

前一小節已就斷訊異常統計分析主要異常類型、原因，並透過案例分析說明問題成因，以下本節將以前小節 5 項主要設備異常類型，就廠商持續精進提供改善問題之措施進行說明。

1. 電信商訊號問題

此類型斷訊異常主要發生於偏遠山區、超高樓層或地下水表箱中，相關因應措施說明如表 29。

表 29、電信商訊號問題說明及改善措施

項次	問題說明	因應方案	改善效益
1	以木柵二期智慧水網區建置為例，該地區位於高低起伏丘陵地，通訊訊號容易受到阻隔；另鑄鐵材質的水表箱蓋，容易遮蔽信號傳輸，訊號不佳影響傳輸，但電信商附近未設有基地台造成訊號不良。	1.加強電信商訊號	1.木柵二期專案得標廠商過去為改善該區域訊號不良問題，廠商曾試圖增設基地台以加強當地訊號，但因附近區域住戶強烈反對架設基地台，因此當時未能以此方式強化訊號。 2.近期由設備商與其他電信商合作後，傳訊情況已有改善。
		2.調整天線位置	在地下室或特定區域訊號差的位置，廠商透過外拉天線至一樓、調整天線位置於水表箱高處或外拉扁平天線置於表箱蓋上改善，雖有改善斷訊

項次	問題說明	因應方案	改善效益
			狀況，但下雨天還是會造成當地訊號變弱，因此於下雨過後還是會較平常有更多點位斷訊情形。
2	超高樓層電信訊號微弱：電信商訊號基本上是往有使用者的地方發送，一般而言超高樓層頂樓是不會有無線訊號，一些水表及傳輸設備設置於高樓層的案場，會有訊號強度不足至斷訊的問題。	1.採用加強版天線及改善天線位置 2.更換電信商	廠商檢驗現場通訊環境，以加強版天線接收訊號，並重新調整設備位置，排除斷訊狀況。 現場更換為訊號較佳的電信商，通過更換為訊號強度足夠的電信商，可有效解決通訊狀況。

2. 通訊線損壞（含鼠咬）

此一斷訊異常類型最主要的發生地點在市場，主要造成異常因素包含外力損壞及水表設置位置等，相關因應措施說明如表 30。

表 30、通訊線損壞（含鼠咬）問題因應措施

問題說明	因應方案	改善效益
鼠咬問題最嚴重的發生在市場，其中臺北某市場水表系獨立分散裝設在各個攤位旁，通訊線路較長，造成了老鼠啃咬通訊線致斷訊的狀況。	1.通訊線套上金屬軟管予以保護	透過不易啃咬的材質隔絕老鼠與通訊線，能發揮一定程度的防護效果，但在線頭、線尾未能完全包覆的部分，還是有機會被老鼠啃咬。
	2.採用單傳設備	市場中易遭鼠咬的設備部分更換為單傳設備，通訊線較短，加上包覆金屬線材防護，有效降低斷訊問題。
	3.採用無線通訊	廠商於2023年測試以無線集抄產品做改善測試，無線就

問題說明	因應方案	改善效益
		不會發生通訊線遭損壞狀況，但因為無線集抄產品廠商仍在優化當中，因此無線傳訊效果仍待驗證。
	3.表位集中設置	大龍市場智慧水表採集中設置於水表室，因水表室無食物，可有效避免老鼠生活區域，即便市場中有老鼠也不會損壞設備。

3. 設備移動或更換

此類斷訊主要為用戶因施工因素需暫時將通訊設備移動至他處，在用戶未告知的情況下，設備移動到不適合的位置導致斷訊，相關因應措施說明如表 31。

表 31、設備移動或更換問題因應措施

問題說明	因應方案	改善效益
用戶未告知機關自行移動模組，剛好將設備移動到不適合的位置，導致發生斷訊的情形。	與用戶溝通，若有移動需求應與北水處聯繫	經與用戶說明與溝通，用戶通常可以接受，因此後續無再次發生的情形。

4. 通訊線頭進水造成無法回傳

傳輸設備放置於地下式水表箱中，若因表箱排水狀況不佳，又遇連日大雨致表箱積水，且通訊線接頭處防水效果不佳或接觸不良等，將發生通訊線頭進水造成斷訊的問題，相關因應措施說明如表 32。

表 32、通訊線頭進水造成無法問題因應措施

問題說明	因應方案	改善效益
通訊線頭進水造成斷訊。	1.塞銅箔或塗抹防水膠增加接觸面積	現場以塞銅箔或塗抹防水膠方式可改善接觸狀況，但設備長期放在戶外溫度變化大的環境，長期熱漲冷縮，時間久了還是可能接觸不良進水。
	2.變更設計，增加公、母座接觸面積	廠商研發人員於2022年重新設計變更公、母座頭設計，增加接觸面積，並於2023年起採用新款通訊線頭，因為屬於新設備，北水處持續觀察設備改善效益。

5. SIM 卡故障

如同前節所述，SIM 卡損壞原因主要包含 SIM 卡與卡槽接觸不良、SIM 卡產生氧化層影響接觸等，相關因應措施列表說明如表 33。

表 33、SIM 卡故障問題因應措施

問題說明	因應方案	改善效益
設備放置於外在環境，陽光曝曬，設備內SIM卡會因為冷熱交替，時間久了長銅綠，造成讀卡異常或接觸不良的問題。	1.以橡皮擦清理SIM卡上綠銅	以此方式清理後的SIM卡，大多能恢復正常傳訊。
	2.更換新SIM卡排除斷訊狀況	若以上述方式清理SIM卡還未能恢復正常傳訊，廠商會以新SIM卡做更換，通常更換為新SIM卡即可順利傳訊。

4.4、智慧水表與複查案件分析

依北水處營業章程第 12 條規定，內線用水設備及表位應

由用戶自行負責管理維護等說明，因此，抄表人員因發現漏水並予提醒注意，及更進一步派員現場複查等事項，均屬於顧客關係管理面之服務。

長期以來，北水處多數用戶安裝傳統機械式水表，抄表週期多為2個月，抄表人員發現異常時，通常已經累積1至2個月漏水量，造成浪費水資源現象，並增加用戶水費支出及受理後續水費複查案件的難度。當派員現場複查時，只能初步判定當下現場用水設備可能的狀況，常遇到民眾已修繕或刻意隱瞞漏水事實，致雙方爭議難以處理。然而隨著智慧水表安裝數量增加，改善了上述情形，因智慧水表水栓能夠以更高頻率記錄用水資料，相較於過去需等待1至2個月的用水資料，透過智慧水表每小時1筆且定時回傳之密集紀錄，北水處可以利用智慧水表回傳的即時資訊觀察用戶的日、週、月用水情形，並根據進水模式判斷用水是否有異常。

另一方面，智慧水表系統平台也會根據管理人員設定的異常條件主動篩選成案，減少逐栓審查的時間和人力成本。在水量異常案件處理上，可通過電聯確認異常原因並於系統備註相關資訊，而無需派員現場複查，可減少無效派工；同時在特殊複查案件中，複查員亦可利用系統提供的用水量、進水量圖譜、各時點用水指針等數據功能，掌握用戶即時和密集的用水模式和樣態並給予有效說明，以減少用戶的爭議。

智慧水表功能除可取代人工抄表外，更需能更精準的即時回傳計量，達到用戶異常用水警示與漏水警訊，以利節省水資源，並可避免因水表環境影響抄表員查抄正確性，減少計量錯誤而導致用戶抱怨及額外複查人力負擔，提升為民服務品質。因此，隨著智慧水表栓數的增加，人工抄表的次數隨之下降，對於複查作業影響及異常判斷等，係本節探討的

重點。

依據北水處 2023 年期間針對智慧水表對於 2018 年 2022 年複查案件統計資料（蕭煒、江虹瑾等，2023），再納入 2023 年複查資料進行分析，除 2021 年 5 至 7 月期間因疫情三級警戒導致部分轄區未實際抄表，故增加後續月份複查案件數約 4 千餘件外，但 2020 年至 2023 年期間每年配合新建案裝設智慧水表約 1 萬件，然全年的複查總量未大幅增加，因此，智慧水表數量的增加並未顯著影響複查件數（如圖 107）。

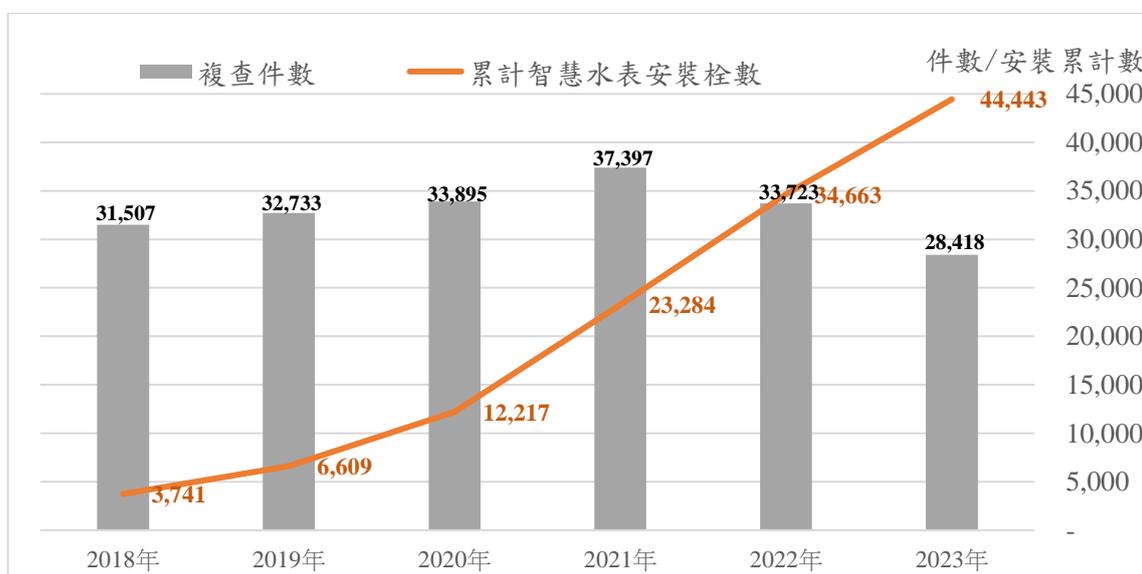


圖 107、2018 年-2023 年複查案統計情形

2023 年全年複查案件共 28,418 只，其中屬裝設智慧水表之複查案計有 889 件，約佔 3.13%，包含水費異常、抄表異常、水表異常（含智慧水表異常）、總表差額異常、資料不符及變更等不同樣態，各分處統計情形如下圖 108，各分處裝設智慧水表之複查件數佔全年複查案件約 1.62% 至 6.90% 不等，與 2022 年相較，除陽明分處外，餘各分處均有下降；另陽明分處較以前年度數量增加，其主要原因為用戶設備漏

水，造成造成總表差額異常，且多數漏水案件經透過智慧水表圖譜解說，均能獲用戶了解改善。

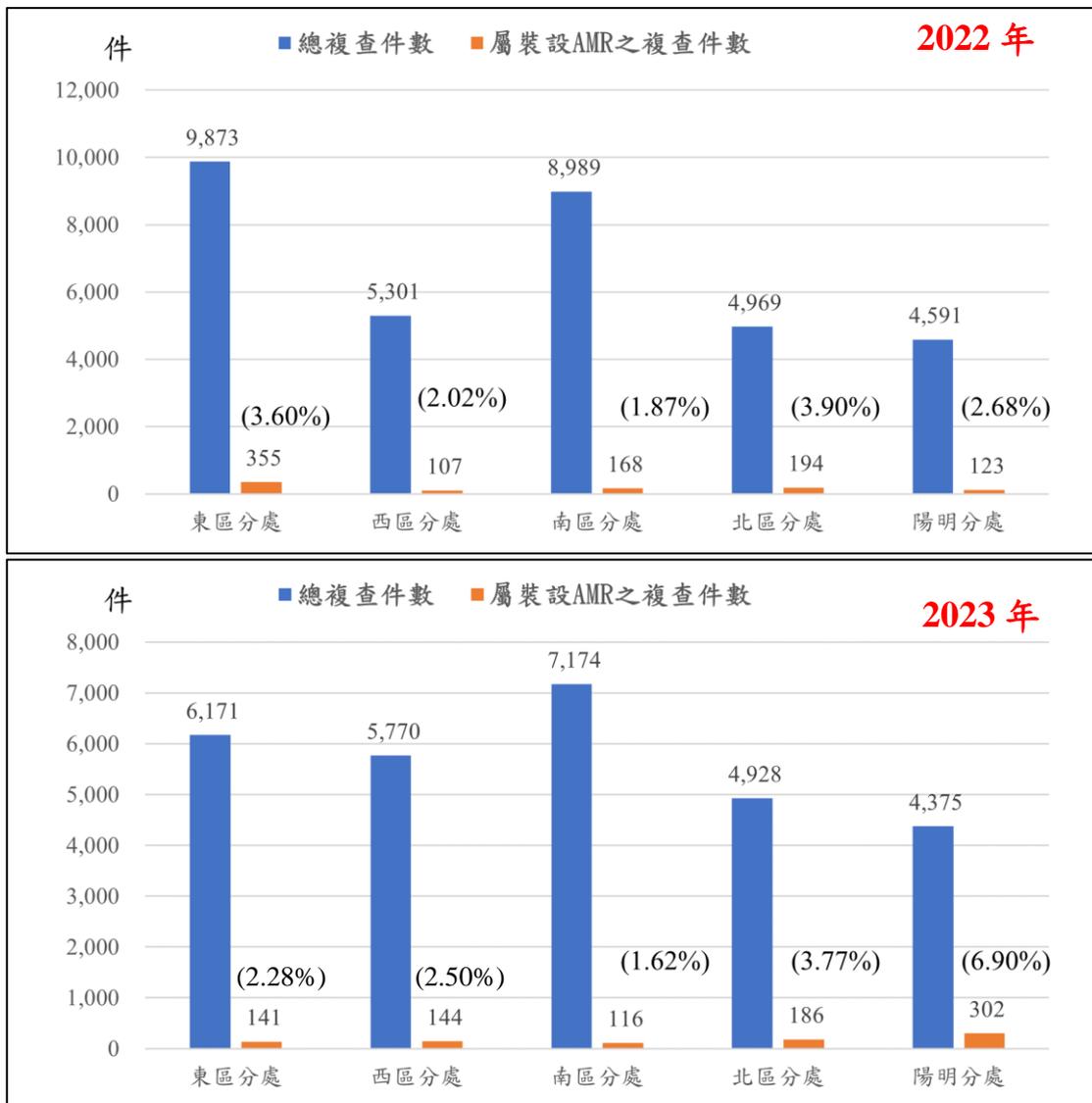


圖 108、2022 及 2023 年複查案統計情形

另 2023 年透過北水處自動讀表系統平台篩選異常成案（非複查案）件數為 60,411 件，惟智慧水表實際成案之複查案僅 889 案，可知大多案件係經人員判斷無須赴現場複查，如斷訊、低電壓、水表主體無顯示等案件，或以電話聯繫即可解決之案件（安裝智慧水表時已留用戶聯絡資訊）；但由系統平台所產生之異常成案，仍須人員進行判別，且有鑑於

未來既有建物智慧水表建置量將逐年增加，因數據回傳頻率增加，推估在未來系統判斷異常用水業務量仍會持續增加，北水處已於 2021 年起配合智慧水表業務增加及調配人員工作配置，同時於 2024 年起訂定系統預設值提供參考使用，並增加成案類型等欄位分析異常成案合理性，未來將依智慧水表建置及執行成果回饋，適時滾動檢討系統成案條件；亦希望透過案件執行成果回饋，利用大數據分析及預測診斷，使智慧水表推動業務更臻完善。

4.5、小結

本章分析北水處 2015 年迄今推動各項成果，可發現透過技術試煉及營運測試之逐步辦理，確實有效促使不同產業廠商進行團隊合作，並進一步進行設備開發，利於國內智慧水表發展；惟測試結果同時顯示既有建物換裝智慧水表仍有許多問題尚待克服，廠商對於大量設備建置與管理能力尚待驗測；且水表每 8 年就需重新換裝，因此，智慧水表並非一次性投資，在現階段廠商建置成本仍無法下降時，機關亦需研擬最適推動策略。

第五章、既有建物推動營運測試2.0探討

5.1、建置策略檢討

5.1.1、推動安裝對象研擬

北水處 2020-2023 年營運測試案係針對臺北市分表 12 戶以上、且全棟各戶水表屆齡占比達 91% 以上之大廈集合社區為優先換裝對象，但未來如推廣轄區內建置智慧水表時，水表裝設環境將更為複雜，參考北水處使用中智慧水表之實務經驗，現場可能遇到表架間距不足、水表箱內空間不足或固封積土、水表位於梯間或屋內施作不易、市場可能遭遇鼠咬破壞、訊號遮蔽不良以及民眾異議等問題，廠商將會面對許多未知的技術挑戰，因此，須在技術產能之外，進一步提升廠商對於民眾服務及維運管理的能力。

此外，考量智慧水表現階段因未達經濟規模，廠商成本仍無法有效下降，安裝智慧水表如僅取代人力抄表，則未能發揮智慧水表對於管網管理之效益，因此，為提高智慧水表建置效益，將經費用於刀口上，爰於 2023 年間就智慧水表功能及執行成果等進行效益分析，以擬定後續推動政策與對策，相關分析說明如下：

1. 直接表、總表水資源改善效益高

統計截至 2023 年底之水資源改善效益，在總安裝數 44,443 只智慧水表中，共協助用水異常改善 6,156 件，預估累計預防性減少水資源浪費量為 1,076 萬公噸；其中直接表與總表安裝數分別為 1,945 只及 1,395 只，合計安裝量 3,340 只，僅占總安裝數之 10%，節水改善成效達 982 萬公噸（直接表為 794 萬公噸、總表為 188 萬公噸），貢獻超過總量之 91%，然 40,103 只分表僅貢獻 95 萬公噸（表 34），因此，透過分析民眾用水異常輔導改善件數與預防性減少水資源浪費改善量可知，直接表及總表發現用戶漏水改善最具成效。

表 34、輔導用戶改善案件一覽表（統計至 2023 年底）

項目	直接表	總表	分表	合計
智慧水表安裝數 (只)	2,945 (7%)	1,395 (3%)	40,103 (90%)	44,443
用水異常改善數 (件)	3,509 (57%)	531 (9%)	2,116 (34%)	6,156
累計預防性減少 水資源浪費量 (萬公噸)	794 (74%)	188 (17%)	95 (9%)	1,076

此外，智慧水表主要效益之一為協助民眾自主用水管理，惟經統計智慧水管家運用情形，可發現直接表、總表用戶使用系統意願高，註冊率占安裝數達 70%；分表戶意願低，註冊率僅安裝數 2%。另常使用系統查詢用水量用戶中，大用水戶（多直接表、總表）約占 93%，分表戶僅占 7%。綜合上述分析，可初步得知，直接表及總表因其用水量較大之特性，用戶節水意識較強、改善效益亦較高。

2. 結合小區裝設直總表，輔助管網漏控管理並提升效益

智慧水表的功能除了用戶計量服務外，透過區域性直接表及總表建置，收集智慧水表的數據可以分析用戶用水習性之變化狀況，以提供管網調度之參考，對水資源進行更有效之利用；另北水處為改善管網漏水損耗，推動「小區計量（DMA）」，直接表及總表安裝智慧水表後，可透過智慧水表及 SCADA（數據採集與監視控制系統），隨時監控小區漏水情形，並即時進行分析及改善，優化管網漏損控制。

3. 優先安裝長期自抄戶分表，提高用戶服務品質

智慧水表具有水表度數直接傳送、減少人工抄表等人員接觸、增加用戶居家隱私之功能，經統計北水處 2023 年底應抄表戶數約 170 萬餘戶（不含中止、停水、空屋戶），其中有 12 萬餘戶水表為連續兩年之長期自抄戶。

直接表、總表為優先推動目標並以全數安裝為原則，而

對於分表擇定安裝對象之評估，考量分表多安裝於建物屋頂，現階段約有 85% 比例以上分表可採人工抄表且未造成擾民情事，且人工抄表有協助表位巡查之附帶效益，因此該等水表非屬急迫推動安裝對象；自抄用戶則因有可能自抄錯誤、連續鎖門提高推定度數或因計量時間不同導致分攤爭議等問題，因此，在為克服抄表不易、降低打擾民眾問題，以及提高計量準確度等考量因素下，轄區內 12 萬長期（連續 2 年）自抄分表用戶，將列為優先安裝對象。

經綜合分析檢討後，北水處調整原訂以佈點設置之推動方案，而調整以管網管理為軸心，結合計量小區劃設建置區域，就區域內直接表、總表全面安裝智慧水表，分表則以長期自抄戶及用水量較高用戶優先換裝，預期可達到協助供水調度、優化管網漏水控制、提升水資源管理及解決抄表困難等效益，達到臺北市政府智慧水務推動目標。

5.1.2、採購模式研擬

北水處推動智慧水表建置，目前均採財物採購模式，以採購水表及相關設備，水表主體入庫後另案由換（裝）表或給水新設廠商進行現場安裝，讀表通訊模組則由設備供應商依機關通知換（裝）表完成後至現場安裝模組及進行傳輸設定，新建案安裝因建物尚未有民眾入住且現場均設有管理人員，執行上並無問題，然未來如推廣至既有建物，用戶類型包含屋內表、自抄、鎖門等，則兩次安裝作業將或多或少造成擾民情事。另水表由他案廠商進行安裝，如有損壞問題，則責任不易釐清。

另外，財物採購購入水表設備雖行之多年，但考量未來進行既有建物裝設智慧水表，經觀察目前參與建構智慧水表技術試煉及營運測試的廠商團隊採用不同讀表通訊模組及傳

輸技術，針對分表、總表及直接用水採用集抄或單傳方式亦有所不同，依廠商不同讀取數據方式及傳輸技術，對電池電力需求亦不相同，未來進入營運管理階段，若要因應施作區域的建物型態及各種可能的設備技術需求，將難以訂定委外建置智慧水表之所需設備類型、數量、電池容量及經費。

在機關管理部分，北水處未來將採劃設不同區域分案安裝辦理採購，不同廠商提供水表均須分案管制材料，造成機關管理負荷；且現行智慧水表保固年限長達 8 年者，實務上若於第 7 年保固修繕完妥，可能面臨剛剛再換裝出卻即已達屆齡情況，又須再度汰換，實不敷成本。且未來如有用戶水表遺失損壞，依現行規定需辦理賠償及財產報廢作業，機關亦須另行購入智慧水表進行換裝，增加行政成本。

為解決上述問題，營運測試 2.0 履約內容納入換表作業，由得標廠商自行媒合換表廠商進行團隊合作，簡化作業流程同時亦可減少介面摩擦，亦可透過有意願廠商自有人力培養換表團隊，促成廠商產業多元發展。另在採購型態上，由傳統財物採購買「智慧水表設備」方式，轉以勞務採購買「用戶計量及傳輸之數據服務」方式辦理，水表及傳輸模組不再列為機關財產，而屬廠商做為提供勞務服務之工具媒介，由廠商自行投保進行財產管理，契約內僅需廠商於指定地點安裝符合經濟部標檢局規定之水表及符合 NCC 規範之讀表通訊模組，並以傳輸率計價，即可達成整合服務，不但能有效降低北水處購表、倉儲、抄表等人力，對於未來用戶水表遺失重新裝設或用戶復水新增智慧水表安裝等需求，均能加速安裝效率及彈性。

有關北水處執行新建案、技術試煉及營運測試等案件執行差異，檢列如表 35 所示。

表 35、北水處新建案、既有建物(POC、FOT、FOT2.0)差異表

項目	新建案	既有建物		
		POC	FOT	FOT2.0
緣由	109年起議會提案決議規定新建案均需安裝智慧水表	為推動智慧水表，拓展智慧水表產業規模	為導入商轉評估，蒐集廠商設備規格、建置成本、技術與維運品質	後續安裝策略調整，與既有模式不同，需進行進一步測試
目的	落實智慧城市、協助用戶節水與預防水資源浪費	媒合產業供應商組成團隊開發技術設備，提供試煉場域，擴大國內外供應鏈產業參與及提升技術服務成熟度	擇定條件較佳之建物進行測試，藉由一定營運數量規模及較長之運轉時間，促使廠商提升產品技術	以劃區優先安裝直總表，提升使用效益，並以多樣化用戶類型，提升廠商維運能力
期間	8年	6個月	3年	8年
對象	經審圖核定之新建大樓 20-40口徑水表	選代表性場域20-40口徑水表	12戶以上華廈大樓或集合式住宅，20-40口徑水表	結合小區劃區裝設，以直總表及自抄分表優先安裝，13-40口徑水表
場域	審圖核定大樓	測試區域	集合式住宅大樓	結合小區計量，全區塊
維運難度	安裝前經審圖及現勘確認，但現場場域狀況多元，如市場、公宅、私人建案等，不同場域選用不同設備及須配合用戶時間進行安裝，部分地區會因訊號遮蔽或天候鼠咬因素影響訊號傳輸。	無	分表數量高，傳輸影響較低 另裝置點位環境良好，受鼠咬、天候影響低，維運難度較低	直總表易有水表箱蓋遮蔽、表位不良及安裝空間不足等問題，另分表擇定自抄護為主要對象之一，維運難度大幅提升
價格組成	設備、傳輸、維護	水表、傳輸服務、報告	設備、傳輸、維護	換表、傳輸維運服務(設備、傳輸維護由廠商自備)
數量	10,000只/年	60只*12家	2,200只*7標	約9,000只*4標

5.2、推動成果說明

5.2.1、推動方式

營運測試2.0為廣徵廠商參與，考量現有參與意願廠商量能，並參考2020年執行營運測試之經驗，於轄區內結合計量小區，共劃設8個小區進行採購，並以公開招標、資格及規格審查合格後，價格最低標、複數決標8項次方式辦理；採購案內每項次預計裝設8,000至9,000只智慧水表，採購金額每項次4,000餘萬，單一廠商最多可得標2項次，預計工作項目說明如下。

1. 以勞務營運模式，向廠商採購劃設區域內用戶計量及傳輸之數據服務，得標廠商須配合北水處劃定區域內指定之既有建物點位，安裝口徑13mm至40mm之智慧水表（含水表及讀表通訊模組，由各項次得標廠商提供，財產屬廠商所有），並提供安裝用戶之水表讀值。
2. 讀表技術為達成自動數據傳輸功能為目的，不限電子訊號、影像辨識、脈衝訊號等技術，水表及讀表通訊模組等相關設備均屬廠商所有，廠商依數據傳輸服務及維護管理成果分期分級計價。
3. 依營運測試執行經驗及第三方公正單位建議，由廠商自備VM空間撰寫插件或進行自主管理，並將數據傳輸至北水處新AMR平台系統（須配合機關錯峰協議）；為資安需求，契約規定網路傳輸的資料內容，必須要有加密機制（例如AES、RSA等對稱式加密或非對稱式加密）或編碼（具足夠安全強度）之功能，不能以明碼方式呈現其內容。而且要具備資料錯誤監測等確認機制，不被因竄改而影響接收端。
4. 營運測試2.0採購以買服務整合辦理方式，履約依廠商換表作業及傳輸服務等不同之服務內容，分為設備安裝期及傳輸服務及維護管理期，設備安裝期為送審資料核定次日起210日

曆天，相關換表費用（含表位改善費）於全數完成且經查驗合格後一次給付；另傳輸服務及維護管理期則於智慧水表啟用（完成北水處平台介接及開始計量傳輸）後起算，惟考量水表依標檢局以明訂使用期限為 8 年，且營運測試 2.0 案內並未給付設備費用，考量廠商投入成本回收之財務負荷，因此，契約內允許廠商於設備安裝期間定期提報已啟用完成之智慧水表，並於次月起依執行成效給付傳輸費價金。

5. 廠商水表與讀表通訊模組組合後應符合規範之高度，既有水表箱蓋或窰井人孔應能蓋合，箱體不可凸出地面且水表應保持水平，如無法安裝，則依契約規定權責辦理改善，相關權責如表 36。

表 36、FOT2.0 採購案表位改善歸屬表

責任歸屬	項目類型	執行辦法說明
機關辦理事項	(廠商可改善) 固封、提升、直立改水平	納入契約由廠商辦理、編列契約價金給付
	(廠商無法改善) 表位遷移、固封、表位整組改裝、表位空間改善（表箱安裝空間<北水處契約公告尺寸）	廠商如無法施作，經雙方會勘確認後，由北水處協助改善，再移回廠商續辦換表
歸責廠商因素	表位空間改善 （表箱安裝空間≥北水處契約公告尺寸）	廠商自行改善，不給付經費，亦不排除安裝率計算

6. 本案設備均屬廠商所有，惟為確保用戶計量權益，本案仍須辦理設備抽驗，水表部分針對性能項目進行檢驗，不需辦理材質檢驗；另讀表通訊模組部分則考量契約內已依傳輸能力計價且訂有異常處理規定，故未循以往新建案採購之穩定性測試，僅就設備型號進行抽驗。
7. 依營運測試經驗回饋及考量 8 年營運期間之科技技術提升，開放廠商可於履約期間提報新開發且功能較優之讀表通訊模組進行審查及現場應用；針對已完成智慧水表安裝之點位，

亦可由廠商於評估後，換裝經北水處審查核可之其他類型讀表通訊模組，換裝不限定數量（2020 年營運測試案以 100 組為限且以棟為單位），以確實達到提升穩定度測試成效並滿足營運品質。

8. 對於斷訊或設備故障等異常改善處理方式，有鑑於以往契約區分環境因素或設備因素等，並設定維護不同期限，且均採日曆天計算，惟承辦單位僅由系統認定困難，需俟廠商接獲異常通知至現場勘查才能進行確定原因及處置方式，且遇假日派工不易，易使廠商無法在限期內完成而受罰，因此北水處就過往智慧水表斷訊故障保固維修經驗辦理檢討會議，經討論考量保固條款尚有可檢討改善之處，調整內容摘述如下：
 - (1) 為利機關管理，故障維修時效採工作天計算。
 - (2) 因廠商現場勘查才能進行確定原因及處置方式，維護期限不再區分環境因素或設備因素，避免認定困難產生爭議，統一工作天數。
 - (3) 為彰顯及反映小表及大表之安裝數量及對營運之重要性，保固逾期維修小表每件罰處較輕，大表每件罰處較重。
 - (4) 為合理要求違約情節嚴重者儘速改善，應有加重罰處條款，例如若逾期維修超過 15 工作天，超過日數部分按日加罰一定金額。

綜上，採用 7 個工作天進行規範維修期限，以務實提供改善時間，達到測試目的。

5.2.2、執行內容概述

廠商執行作業相關流程說明如下：

1. 系統化換裝流程

規範廠商於各點位現場安裝水表及讀表通訊模組（含配件及設定）時，應以同天安裝為原則，並按施工過程（施工

前、中、後)妥善規劃施工照相方式、位置及時程，並配合於北水處水費催收複查及換表管理系統(圖 109)及新 AMR 平台系統(圖 110)辦理施工人員指派及案件審核、調整、結案、點位建立等作業，並於「水費催收複查及換表管理系統及行動應用 APP」辦理資料上下傳(圖 111)，有效透過系統化管理廠商施工進度及施工情形等。

用水種別:	A 一般	口徑:	13	表號:	
戶名:		地址:			

派工資料					
派工編號:	DM411308002768	派工來源:	2 專案性換表派工		
派工原因:	CW 水表換表	受理日期:	113/08/27		
派工狀態:	D 已派工	複查案號:		成案原因:	

換表派工指派					
派工日期:	113/09/14	換表原因:	27 測試計畫	換表期限:	114/02/28
工程編號:			113年智慧水表營運測...	處內換表人員:	請選擇
廠商名稱:			股份有限公司	廠商換表人員:	

圖 109、換表派工單案件處理畫面

派工單編號: DF51130700001 匯出模組派工單	派工狀態: 建立換模組派工單 受理派工單	採購編號: <input type="text"/>
模組編號: <input type="text"/>	模組位置: <input type="text"/>	契約編號: 113北水務字第000號
通訊方式: <input type="text"/>	監工廠商(工程編號): <input type="text"/>	SIM卡編號: <input type="text"/>
補充說明: <input type="text"/>	監工商(工程編號): <input type="text"/>	監工人員帳號(姓名): <input type="text"/>
本處補充說明: <input type="text"/>	建立理由: 來自派工清單: 113	收到大表用AMR模組日期: <input type="text"/>
換模組結果: <input type="text"/>	建立日期: 2024-07-01 11:10:45	派工日期: 2024-09-02 21:28:45
附加檔案: <input type="text"/>	結束日期: <input type="text"/>	實際上線日期: <input type="text"/>
	換模組結果補充說明: <input type="text"/>	失敗嘗試次數: <input type="text"/>

[選擇檔案](#) [上傳檔案](#)
 允許的檔案格式: pdf, odg, ods, doc, xls, docx, xlsx, jpeg, jpg, png

附件名稱: 檔案名稱: 刪除

[暫無資料](#)
[編派](#)
[修改](#)

圖 110、模組派工單案件處理畫面

泰又科測試(測) Y ≡ 返回 排序方式: 抄序 時名 時間 類型 表號:D106008609 分 急 ■ 派工日期:111/11/02 抄序:1-05 用水地址:臺北市中正區忠孝東路一段 <input type="text"/>	換表(測) Y ≡ 返回 舊表號: B104085082 口徑: 20 特別註記: 表位/注意事項 ▲ 用水地址: 臺北市大安區泰順街 <input type="text"/> 號三樓 派工編號: DM31111000109 未換表註記: 派工時舊表指針: 1020 換表舊指針: <input type="text"/> <input type="text"/> 換表新表號: <input type="text"/> 換表新指針: <input type="text"/> 表位註記: <input type="text"/>	換表(測) Y ≡ 返回 派工編號: DM31111000109 未換表註記: 派工時舊表指針: 1020 換表舊指針: <input type="text"/> <input type="text"/> 換表新表號: <input type="text"/> 換表新指針: <input type="text"/> <input type="text"/> 表位註記: <input type="text"/> 特殊工項: 非制式表位: 施工後檢查項目 ▲ <input type="button" value="暫存"/> <input type="button" value="上傳"/>
表號:C106090575 分 專 ■ 派工日期:111/11/02 抄序:1-05 用水地址:臺北市中正區忠孝東路一段 <input type="text"/>	未換表註記: 派工時舊表指針: 1020 換表舊指針: <input type="text"/> <input type="text"/> 換表新表號: <input type="text"/> 換表新指針: <input type="text"/> <input type="text"/> 表位註記: <input type="text"/>	
表號:C105100115 分 派工日期:111/11/02 抄序:1-01 用水地址:臺北市大安區龍泉街 <input type="text"/>	未換表註記: 派工時舊表指針: 1020 換表舊指針: <input type="text"/> <input type="text"/> 換表新表號: <input type="text"/> 換表新指針: <input type="text"/> <input type="text"/> 表位註記: <input type="text"/>	
表號:C105100116 分 派工日期:111/11/02 抄序:1-01 用水地址:臺北市大安區龍泉街 <input type="text"/>	未換表註記: 派工時舊表指針: 1020 換表舊指針: <input type="text"/> <input type="text"/> 換表新表號: <input type="text"/> 換表新指針: <input type="text"/> <input type="text"/> 表位註記: <input type="text"/>	

[貼單](#) [換表](#) [其它換表](#) [暫存](#) [完成](#)
[換表任務](#) [品質抽查](#) [AMR](#) [警示訊息](#)

圖 111、換表 APP 水表及模組處理畫面

2. 雲端監測平台架構

因應廠商有一定需求登入 VM 進行各項作業需求，如檢查回傳狀況、檢查接收程式、更新程式等，若維持北水處提供 VM 方式，除因提出申請容易造成拖延處理情形外；且各廠商程式開發方式不同，需要的環境資源也不同，傳輸資料若有異常情形，責任不易區分，北水處規劃由廠商自行提供 VM 建置維運接收程式，並於 AMR 系統規劃監控傳輸穩定性。另廠商在傳送 AMR 訊號時由系統統一提供 API 以超文本傳輸安全協議（HTTPS）進行呼叫，HTTPheaders 內容會包含水處配發的唯一識別碼，以及廠商的簽章憑證，AMR 系統會勾稽廠商簽章憑證加強監控避免資料竄改，並且配合錯峰協議。以此同時兼顧廠商維護接收程度的彈性以及資安方面傳輸資料的正確性與穩定性。

3. 履約期程安排

營運測試 2.0 於 2024 年招標完成，契約規定於訂約後次 1 工作日開始履約，訂約後次 1 工作日起 10 日內由廠商進行設備送審，審查核定次日起算 210 日曆天設備安裝期，並由廠商依北水處提供清冊完成全數智慧水表安裝作業（含備料檢驗及開始計量傳輸）。另考量 FOT 2.0 案雖以直總表全數安裝為目標，但因依以往執行經驗評估，直總表傳輸環境及表位因素等，有造成無法安裝及傳輸等可能性，為考量契約執行合理性，因此，契約訂有執行目標值（表 37），包含開始安裝起 150 日曆天內至少須完成直接表及總表最低安裝量達 50%，另 210 日曆天期滿時，直接表及總表最低安裝量應達 95%。

採購為勞務採購且採傳輸率按月計價，因此，與以往財物採購不同，以分批提報方式，廠商於每月 10 日（含）前提交前 1 個月完成現場安裝、調校並開始資料傳輸點位清冊，

並於提交清冊當月起開始進行傳輸服務及維護管理費計價，並於每雙月月底合併估驗計價 1 次，執行至實際屆滿日止（約 121 年 12 月 31 日），有別 2020 年營運測試於傳輸調校後才開始整批驗測後計價之規定，可減少廠商初期建置之財務負擔及滿足勞務採購數據之標的，且有效避免廠商因成績達標，減少異常斷訊維護，造成機關用水管理困難問題，並有效增加契約執行彈性及合理性。

表 37、營運測試 2.0 案驗測期程

期程	送審資料核定次日起 150 日曆天	送審資料核定次日起 210 日曆天	廠商安裝完成按月提報 ~121 年 12 月 31 日
作業 內容	須完成直接表及總表 最低安裝量達 50%	直接表及總表最低安 裝量應達 95% 及	傳輸服務及維護管理
	分表依清冊全數安裝		

4. 履約計價方式

(1) 計算方式說明

FOT2.0 依廠商勞務執行情形計價，其中設備安裝期完成並經查驗合格後，一次給付換表及不良表位改善費用；另傳輸期傳輸服務及維護管理期則為了解 FOT2.0 廠商是否符合北水處營運需求，契約價金給付採「全區傳輸率計價」及「抄表日回傳成功率計費」兩部分，計算方式說明如表 38。

表 38、營運測試 2.0 案傳輸服務及維護管理費組成一覽表

	計價類別	占比	計價原則
傳輸服務及 維護管理費	全區傳輸率計價	80%	標案安裝完成水表總數合併計算每月傳輸率
	抄表日回傳成功率計價	20%	1. 當月有抄表日水表-依有無回傳值按只計價 2. 當月無抄表日水表-比照全區傳輸率計價級距計價

A. 全區傳輸率：傳輸服務及維護管理費 80%。

a. 智慧水表至少須每小時記錄 1 次該時段實際水表數值，且每日需回傳 24 筆各時段資料，如因故無法於當日回傳，至遲應於隔日起 5 日內完成補傳，逾時（超過 5 日）之數據不納入計算。全區傳輸率則係依標案安裝完成水表總數，就每月應回傳北水處系統數據總量及實際回傳合計值之比例，計算傳輸率，並依級距計價（表 39）。

b. 計算公式

每月傳輸率（%）=（安裝水表數實際回傳總數/安裝水表數應回傳總數）X100。

B. 抄表日回傳成功率：傳輸服務及維護管理費 20%。

a. 各表由北水處排定年度浮動抄表日（以下均簡稱抄表日）並提供廠商，當月有抄表日，且當日有 1 筆以上數值成功上傳系統即視為抄表成功，給付傳輸服務及維護管理費 20% 之全額；當月若無抄表日，給付傳輸服務及維護管理費 20%，乘以當月全區傳輸率對應之計價級距。

b. 各表抄表日傳輸值至遲應於抄表日隔日起 3 日內完成補傳，以供數據比對，逾時之數據不納入計算，3 日後上傳視同抄表失敗，不予給付價金。

C. 計價範例：

廠商辦理於某區安裝 8,000 只水表，每月傳輸服務及維護管理費為 40 元/只，113 年 11 至 12 月傳輸完妥，廠商於 114 年 1 月 10 日前提出分期計價估驗文件（遇假日順延至次 1 上班日），計價如下：

a. 113 年 11 月：傳輸天數 30 天，應回傳筆數 = 24*30*8,000=5,760,000，系統統計成功於期限內實際回傳筆數共計 5,212,000 筆。另機關排定抄表日共 4,000 只，

其餘 4,000 只未排定抄表日，系統統計成功於抄表日內回傳共 3,950 只。

(i) 全區傳輸率計價：

$$11 \text{ 月傳輸率} = 5,212,000 / 5,760,000 = 90.49\%$$

依下表計價級距與給付方式之規定，依當月實際傳輸率 90.49% 計價。

表 39、營運測試 2.0 案價金依全區傳輸率給付級距一覽表

計價原則	費用占比	傳輸率 (%)	價金給付方式及說明	
全區 傳輸率	80%	超過 95	100% 給付	每月傳輸率 = $\frac{\text{安裝水表數實際回傳總數}}{\text{安裝水表數應回傳總數}}$ (計算至小數點 2 位，以下四捨五入)
		超過 80-95 以下	依傳輸率給付	
		超過 70-80 以下	以 70% 計價	
		60 以上-70 以下	以 60% 計價	
		未達 60	不予給付	

則全區傳輸率計價 = 8,000 (只) * 40 (元) * 80% * 90.49% = 231,654 元。

(ii) 抄表日回傳成功率計價：

有抄表日回傳成功計 3,950 (只) * 40 (元) * 20% = 31,600 元。

無抄表日計價 = 4,000 (只) * 40 (元) * 20% * 90.49% (全區傳輸率) = 28,957 元。

合計抄表日回傳成功率計價 31,600 + 28,957 = 60,557 元。

(iii) 11 月傳輸服務及維護管理費 = 231,654 + 60,557 元 = 292,211 元。

b. 113 年 12 月：傳輸天數 31 天，應回傳筆數 = 24 * 31 * 8,000 = 5,952,000，系統統計成功於期限內實際回傳筆數共計 5,701,800 筆；機關排定抄表日共 4,000 只，其

餘 4,000 只未排定抄表日，系統統計成功於抄表日內回傳共 3,950 只。

(i) 全區傳輸率計價：

12 月傳輸率=5,701,800/5,952,000=95.80%，依契約規定以 100%計價。

則全區傳輸率計價=8,000（只）*40（元）*80%*100%=256,000 元。

(ii) 抄表日回傳成功率計價：

有抄表日回傳成功計價 3,950（只）*40（元）*20%=31,600 元。

無抄表日計價=4,000（只）*40（元）*20%*100%（全區傳輸率>95%以 100%給付）=32,000 元。

合計抄表日回傳成功率計價 31,600+32,000=63,600 元。

(iii) 12 月傳輸服務及維護管理費=256,000 元+63,600 元=319,600 元。

c. 113 年 11 至 12 月估驗計價金額=295,280+319,600=614,880 元。

D. 回傳正確性查核

除以「全區傳輸率計價」及「抄表日回傳成功率計費」做為計價標準外，並針對實際回傳 AMR 數值與北水處實際抄表資料進行正確性查核，查核範例如表 40，若人工抄表比對發現回傳數值有誤時，除特殊原因可辦理排除外，其餘依水表數辦理罰處，有效查核廠商回傳正確性，並規劃於人工抄表 6 個月後視回傳正確性情形轉為自動讀表指針計費與人工抄表正確性查核併行，待運行一段時間後全面轉為自動讀表指針計費與人工抽查正確性查核併行，預計於 113 年年底前，訂定完成相關抽查機制及系統配套措施等。

表 40、營運測試 2.0 案回傳正確性查核案例說明

案例	抄表時間	抄表數值 (A)	抄表時間前 1 整點傳送時間	抄表時間前 1 整點回傳數值 (B)	B 取整數減 1 (D)	抄表時間後 1 整點傳送時間	抄表時間後 1 整點回傳數值 (C)	C 取整數加 1 (E)	推定代號/記事符號	資料比對是否相符 (D) ≤ (A) ≤ (E)	是否辦理排除
1	9:50	54	9:00	54.80	53	10:00	55.01	56	無	是	否
2	10:20	155	10:00 09:00	無值 154.05	153	11:00 12:00	156.27	157	無	是	否
3	15:40	87	15:00	92.25	91	16:00	93.10	94	008 自抄	否	是
4	12:25	65	12:00	62.65	61	13:00	63.05	64	05 鎖門	否	是
5	14:25	168	14:00	161.39	160	15:00	163.52	164	無	否	否

註：

1. 案例 2 表時間前、後 1 整點傳送數值如無值，至多可往前、後推 2 小時。
2. 案例 3、4 若為推定或自抄導致抄表指針非實際抄表時間，可辦理排除。
3. 案例 5 經比對不相符時，若判斷是否為抄表員錯抄或為可排除比對不正確因素（不可歸咎廠商原因造成比對不正確；認定後排除）之狀況，可辦理排除，若為回傳指針有誤則理相關罰則。

E. 設備維護管理

為避免廠商選擇性放棄水栓傳輸，造成北水處用戶用水及小區等管理困難，除規範傳輸率級距外，並規範廠商水表或讀表通訊模組故障致傳輸異常（如斷訊或回傳值不累進等）、因製造及材料不良所引起之故障、遠端計量數值紀錄發生異常、電力不足、設備及其零組件保護能力等級不足、抗環境因素能力不足及設備傳輸技術不足等異常，廠商應於接獲通知 7 工作天內復原，並由業務管理系統偵測斷訊 5 日後自動成案，廠商應透過北水處換表 APP 進行斷訊回報作業（圖 112、圖 113）。

用戶水號	水表表號	標桿座標	標桿座標	日序	原動抄表	案件狀態	供電狀態	設置地點	標表水號	異常類型	查察結果	建議方案	是否逾期	逾期罰款 (NT\$)	逾期次數 (日)	供水方式	標桿位置	成案日期	修復日期	結案日期	派工人員	操作
M...	C113805236	10735...	13108...	2-05	2024-0...	待處理	正常	臺北市...	M	斷訊						分表	2020-1...	2024-0...			指派派工人員	
M...	C113802368	10735...	21952...	2-05	2024-0...	待處理	正常	臺北市...	M	斷訊						分表	2020-1...	2024-0...			指派派工人員	
4...	B108800599	10808...	21951...	2-03	2024-0...	待處理	正常	臺北市...	4	斷訊	N0102...	0199F...				分表	2020-0...	2024-0...			指派派工人員	
4...	B108800820	10808...	21951...	2-03	2024-0...	待處理	正常	臺北市...	4	斷訊	N0102...	0199F...				分表	2020-0...	2024-0...			指派派工人員	
4...	B108800830	10808...	21951...	2-03	2024-0...	待處理	正常	臺北市...	4	斷訊	N0102...	0199F...				分表	2020-0...	2024-0...			指派派工人員	
4...	B108800827	10808...	21951...	2-03	2024-0...	待處理	正常	臺北市...	4	斷訊	N0102...	0199F...				分表	2020-0...	2024-0...			指派派工人員	
4...	B108800831	10808...	21951...	2-03	2024-0...	待處理	正常	臺北市...	4	斷訊	N0102...	0199F...				分表	2020-0...	2024-0...			指派派工人員	
4...	B108800824	10808...	21951...	2-03	2024-0...	待處理	正常	臺北市...	4	斷訊	N0102...	0199F...				分表	2020-0...	2024-0...			指派派工人員	
4...	B108800828	10808...	21951...	2-03	2024-0...	待處理	正常	臺北市...	4	斷訊	N0102...	0199F...				分表	2020-0...	2024-0...			指派派工人員	
4...	B108800834	10808...	21951...	2-03	2024-0...	待處理	正常	臺北市...	4	斷訊	N0102...	0199F...				分表	2020-0...	2024-0...			指派派工人員	
4...	B108800829	10808...	21951...	2-03	2024-0...	待處理	正常	臺北市...	4	斷訊	N0102...	0199F...				分表	2020-0...	2024-0...			指派派工人員	
4...	B108801004	10808...	21951...	2-03	2024-0...	待處理	正常	臺北市...	4	斷訊	N0102...	0199F...				分表	2020-0...	2024-0...			指派派工人員	
4...	B108801083	10808...	21951...	2-03	2024-0...	待處理	正常	臺北市...	4	斷訊	N0102...	0199F...				分表	2020-0...	2024-0...			指派派工人員	
4...	B108801083	10808...	21951...	2-03	2024-0...	待處理	正常	臺北市...	4	斷訊	N0102...	0199F...				分表	2020-0...	2024-0...			指派派工人員	
4...	B108801028	10808...	21951...	2-03	2024-0...	待處理	正常	臺北市...	4	斷訊	N0102...	0199F...				分表	2020-0...	2024-0...			指派派工人員	
4...	B108801029	10808...	21951...	2-03	2024-0...	待處理	正常	臺北市...	4	斷訊	N0102...	0199F...				分表	2020-0...	2024-0...			指派派工人員	
4...	B108801011	10808...	21951...	2-03	2024-0...	待處理	正常	臺北市...	4	斷訊	N0102...	0199F...				分表	2020-0...	2024-0...			指派派工人員	

圖 112、斷訊異常案件指派畫面

圖 113、換表 APP 斷訊異常案件處理畫面

5.2.3、廠商履約成果初探

1. 設備配置

FOT 2.0 採購案至 2024 年 8 月 5 日辦理完成，分別由 2 家廠商得標，為提升廠商整體維運能力並滿足北水處對未來推

動之規格、品質要求，除規範水表需通過經濟部標準檢驗局度量衡器型式認證及讀表通訊模組通過 NCC 檢定等外，於安裝前廠商應向北水處申請安裝前檢驗，並依相關規定辦理水表及讀表通訊模組文件查驗及現場抽驗。

2 家團隊（A、B 廠商）智慧水表設備均選用 C 級電子表及數位訊號式讀表，惟 2 家廠商因開發技術不同及現場用戶類型之不同，採用不同模組類型及安裝方式。A 廠商單傳及集抄為不同讀表傳輸模組，於得標之 2 項次中，其中 1 項次採單傳及集抄混用方式規劃部設，另 1 項次則考量安裝建物分戶數較低，因此全區規劃選用單傳方式進行傳輸。另 B 廠商使用單一型號模組，該模組可應用於單傳，亦可以 RS-485 有線連接後以直接或集中方式進行傳輸；得標 2 項次均選用單傳及集抄混用方式規劃部設。

通訊部分 A 廠商採用 4G、NB-IoT 及 Cat-M1 等技術，B 廠商採用 NB-IoT 及 Cat-M1 等技術，各家廠商團隊所採用設備及傳輸架構如表 41，現場安裝情形如圖 114 所示。

表 41、營運測試 2.0 各家團隊設備及傳輸架構

廠商	水表型式	讀表方式	通訊技術
A 廠商	電子表	數位	4G/Cat-M1/NB-IoT
B 廠商	電子表	數位	Cat-M1/NB-IoT



圖 114、營運測試 2.0 案場域安裝照片

2. 安裝作業

FOT 2.0 採購案履約內容納入換表作業，A 廠商換表合作商為該公司自覓水表承裝商，並採水表及模組以同時安裝為原則，B 廠商採與北水處既有換表廠商合作，故對於場域環境及換表作業較為熟悉，但因讀表通訊模組為設備自行辦理安裝，故多採兩階段安裝，目前尚未收到造成擾民情事。

另依廠商執行換裝經驗回饋，北水處亦同步優化換表 APP 及換表管理系統，除改善 APP 因下載案件數量過多導致閃退問題外，並增修 APP 案件篩選功能及換表管理系統增加僅能點選 FOT2.0 工程編號之相對應之契約限制等功能，透過系統化管理及防呆機制有效提升換裝效率及避免錯裝等事宜。

3. 傳輸績效

FOT 2.0 採購案由 2 家廠商得標，依現階段安裝完成之智慧水表傳輸情形來看，2 家全區傳輸率均達 95% 以上，部分水表所在區域因電信訊號較弱，A 廠商已透過外拉天線進行

改善，B 廠商則採讀取電子表內建儲存數值於後續進行補傳解決。

另在正確率方面，目前比對尚未有錯誤情形，綜合營運測試 1.0 (FOT) 經驗可知，電子表採數位訊號直接傳輸，除因通訊線接觸不良或進水等導致讀表失敗外，對於數據傳輸有較高正確率，惟水表計量表現仍需長期觀測才能確認可靠度。

5.3、小結

北水處辦理營運測試 2.0，2024 年採購案未能全數決標，北水處於 7 月 26 日邀集原參與 FOT 廠商辦理座談會，進行意願及意見調查，訪談結果廠商反映因物價上漲與缺工缺料等因素，造成設備價格及人力施工、維護費用等成本增加，且採購案直總表數量提升、分表數減少，運用設備不同亦會造成成本變動，廠商依需求核算後表示採購案預算未如預期，且尚有付款方式及工期等考量因素，降低投標意願。

此外，國內小口徑水表製造商目前僅 4 家，其中 1 家 2023 年已不再參與自來水事業水表採購案件，加上 2024 年適逢台水公司與北水處換表高峰期，導致水表商供貨吃緊而無餘裕提供智慧水表廠商設備使用，亦是採購遭遇困難之一，這也是智慧水表發展之一大隱憂；目前標檢局已於 2024 年 1 月 12 日公告水量計型式認證技術規範參採國際規範修正，並新增電氣或電子原理或以機械原理附加電子元件水量計之測試要求，其中規範機械式水量計自 2023 年 7 月 1 日起實施，含電子裝置水量計自 2026 年 1 月 1 日起實施，未來希望能藉由智慧水表推廣，吸引國外水表引進，擴展水表產業。

結合上述原因，廠商現階段未能參與投標，惟多數廠商均表示仍有參與北水處後續智慧水表推動之高度意願；且為因應北水處政策調整，廠商亦表示已著手投入讀表傳輸模組

開發，以降低成本。

營運測試2.0目前由得標廠商辦理設備安裝中，已有新開發電子表廠商加入，後續將持續輔導廠商精進設備及技術；亦將透過至各區營業分處定期巡迴及經驗分享會議，持續進行行政流程與系統工具優化，並提升廠商長期管理能力。

第六章、結論與建議

6.1、結論

在氣候變遷的影響下，水資源有效利用與節能減碳成為當前國際關注重點，也致使各國陸續推動智慧水表建置計畫，惟經參考文獻發現，歐美地區水價較高，因此，早期就開始投入並支持智慧水表建置；反觀台灣水價較低，依 IWA 2022 年公布資料在調查的 30 個國家中排行第 28，因此，近年才開始較具規模性的推動。北水處自 2015 年推動智慧水表建置迄今，歷經試辦作業，讓國內產業萌芽與逐步具備推動條件，並陸續透過技術試煉及營運測試，成功吸引不同產業廠商投入智慧水表產業；同時配套法規修正，2020 年起新建案全面安裝智慧水表。

既有建物部分考量現階段建置成本仍屬高昂，在目前產業供應商長期經驗尚未累積情形及建置成本尚未降低下，若推動轄區內既有用戶全面換裝，將造成短期內盈餘降低，恐不足支應其他自來水建設，因此尚不宜貿然導入全面安裝；且經參考國內外自來水事業推動經驗，均在提供用戶服務之外，增加結合漏水控制管理作業，協助達成淨零排放目標，以提高推動成效。

北水處綜合以前年度辦理經驗，並分析業務需求、安裝效益、財務負擔等，整併工作後推動智慧水表數據服務勞務採購，預期可達到簡化機關行政流程及提高介面廠商設備技術與長期維運能力之成效。惟廠商團隊以既有換表廠商做為合作團隊時，亦有可能與北水處屆齡表換表業務之進度競合，需針對兩案確實進行進度掌控，以確保用戶權益。另外，新設備商加入對於性能尚須驗證，亦為北水處後續關注重點。

北水處推動智慧水表，依智慧城市政策，新建案將持續

辦理全面安裝；另既有建物將依 2024 年推動智慧水表測試成果，檢討訂定後續推動採購條件，如工期、單價及履約規定等，以廣徵廠商參與、並進一步透過產能技術提升而降低未來投資成本。

6.2、建議

1. 未來智慧水表推動，應就營運測試 2.0 案作業流程與執行成果進行滾動檢討分析，並持續與原營運測試廠商保持溝通，隨時了解廠商參與標案意願、準備進度與遭遇問題；另因應標檢局水量計檢驗規範之修正，未來國外水表引進之相關配套措施等，應綜合納入未來規範、單價與採購方案檢討，以提前研擬後續推動策略。
2. 北水處現階段採智慧水表劃區裝設，2024 年得標廠商均裝設電子表，考量電子表計量較以往傳統機械表具有更靈敏感測，未來應密切觀測用戶安裝前後計量變化，是否有總表分攤差或低總表和擴大等情形，以預為因應，避免爭議。
3. 北水處推動智慧水表，由各營業分處進行維護與異常管理，現階段因各區特性及人力管理考量，各營業分處多自行設定異常案件成案標準，未來建置數量提升，應依管理成果，進行經驗分享與探討，以研訂未來系統預設管理標準。
4. 現行智慧水表採每小時記錄 1 筆水表讀值，並彙整後每日 1 次上傳系統方式辦理，惟針對小區計量測漏之應用需增加讀表頻率部分，後續依測試可行方案制定規範與單價，納入契約增值服務。
5. 小區管理與智慧水表之執行成效與應用，建議後續由相關單位持續彙整檢討，並於未來以研究案呈現，作為其他自來水事業參考。

6. 臺北市發展智慧社區政策，於北水處轄區內新建案全面安裝智慧水表，惟基於資訊安全考量及礙於個人資料保護法相關規定，並未開放私宅用戶申請用水資訊介接以統一管理，未能符合智慧建築標章取得之節能管理指標，建議未來需將擷取用戶用水資訊之相關個資法令修訂提供相對應之規範或措施，以利用戶智慧建築標章之取得。

參考文獻

1. 陳曼莉主持（2016）。智慧水表之建置與應用發展（中華民國自來水協會 2015 年度研究計畫），臺北市：中華民國自來水協會技術研究委員會。
2. 林志麟、黃英閔（2019），智慧水網發展探討:智慧水表之應用研究，自來水會刊第 38 卷第 4 期（152），49-56。
3. 經濟部標準檢驗局新竹分局第五課（2014），水量計檢定比對研究（經濟部標準檢驗局新竹分局 2014 年度自行研究計畫）。
4. 邵功賢、盧雪卿、時佳麟、黃欽稜、時佳麟、黃欽稜、呂慶元、葉蘇蓉、林守義、張文旭、張育嘉、田育甄、宋奕穎等（2020），智慧水表技術試煉成果之研究-以臺北自來水事業處為例（臺北自來水事業處自行研究計畫成果報告），臺北市：臺北自來水事業處。
5. 舊金山公用事業委員會（San Francisco Public Utilities Commission）官網（2024），from <https://www.sfpuc.gov/zh-TW/accounts-services/about-your-bill/about-your-water-meter>
6. City of Abbotsford 官網公告水表資訊，網址：
<https://www.abbotsford.ca/waterAMI>
7. City of Toronto 官網公告水表資訊，網址：
<https://www.toronto.ca/services-payments/water-environment/your-water-pipes-meter/water-meters/>
8. Thames Water surpasses 1 million smart meter installations. Retrieved December 20, 2023, from <https://www.thameswater.co.uk/news/thames-water-surpasses-1-million-smart-meter-installations>
9. Getting data from Thames Water meters guidance v2.0.， April 1, 2023, from <https://www.thameswater.co.uk/wholesale/consumption-data>

10. 北京日報王天淇（2024），“人工+卫星”探漏更精准，自来水集团供水管网漏损率降至 8.79%，北京供水管网年均节水近 1900 万方，上網日期：2024 年 3 月 23 日，網址：
<http://bj.people.com.cn/n2/2024/0323/c14540-40785686.html>
11. 周國鼎（2023），2022 國際水價現況解析，自來水會刊第 42 卷第 4 期，第 69 頁。
12. 臺北市政府產業發展局（2022）。考察新加坡數位轉型政策及推動作為，臺北市：臺北市政府。
13. 照井奈々帆、金原浩、岡本和之、新井佳代、大西壯等（2022），Smart Water Meters Solution against Issues Faced by Tokyo Waterworks Bureau，令和 2 年度水道研究発表会講演集（pp. 746-747）。
14. 臺北自來水事業處（2023）。參加 2023 年日本水道展及東京、大阪自來水技術應用交流，臺北市：臺北市政府。
15. 東京都水道局水道スマートメータ先行実装プロジェクト質問回答，上網日期：2020 年 12 月 14 日，檢自
https://www.waterworks.metro.tokyo.lg.jp/suidojigyo/torikumi/smartmeter_trialproject.html
16. 東京都水道局水道スマートメータ先行実装プロジェクト実施状況（令和 5 年度下半期）について，上網日期：2024 年 7 月 11 日，檢自
https://www.waterworks.metro.tokyo.lg.jp/suidojigyo/torikumi/smartmeter_trialproject.html。
17. 香港特別行政區政府水務署水務便覽，上網日期：2024 年 7 月 2 日，檢自香港特別行政區政府水務署官網
<https://www.wsd.gov.hk/tc/publications-and-statistics/statistics/key-facts/index.html>
18. 香港特別行政區政府水務署年報 2022-2023，上網日期：2024 年 5 月 17 日，檢自香港特別行政區政府水務署官網

https://www.wsd.gov.hk/filemanager/common/annual_report/2022_23/tc/index.html

19. 香港特別行政區政府水務署專刊《水務·務水》，上網日期：2024年3月1日，網址：<https://www.wsd.gov.hk/tc/water-matters/internal-water-supply/03/>
20. 洪鋌恩（2022），2022「科學為民」服務巡禮論壇及講座系列 - 水務署自動讀錶系統的應用，上網日期：2022年9月9日，網址：<https://www.youtube.com/watch?v=hov1nhEbMug>
21. 連江縣議會第8屆第3次定期大會連江縣自來水廠工作報告，2024年5月28日，檢自馬祖-連江縣政府-縣議會資料（matsu.gov.tw）。
22. 中國時報李金生（2020），金門換裝智慧水表 首批選定 151 大用戶，上網日期：2020年8月7日，網址：<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20200807003557-260421?chdtv>
23. 智慧城市與物聯網城市應用案例，上網日期：2016年1月16日，網址：https://smartcity.org.tw/application_detail.php?id=35
24. 黃心怡、林美良、江淑惠、蘇荷婷、莊立偉等（2020），澎湖馬公系統智慧水表建置規劃，自來水會刊第41卷第4期，第36頁。
25. 蘇政賢（2023），論我國智慧水表發展與實務挑戰，環境工程會刊2023年電子報，中華民國環境工程學會
26. 黃心怡、林美良、江淑惠、曾彥中、陳柔安、林郡習、蘇荷婷、莊立偉等（2020），澎湖馬公智慧水網系統規劃簡介，自來水會刊第41卷第2期，第22頁。
27. 蕭欣宜、林郡習、黃小蓉、周皓天、許家瑜、莊立偉、蔡宗哲等（2023），澎湖馬公系統建置智慧水表導入智慧水網效益分析，環境工程會刊2023年電子報，中華民國環境工程學會。

28. 時佳麟、黃欽稜、盧雪卿、呂慶元、連文成等（2021），臺北智慧水網示範區（木柵二期）建置與分析應用，自來水會刊第 40 卷第 3 期（159），第 1 至 9 頁。
29. 時佳麟、黃欽稜、盧雪卿、呂慶元、邵功賢等（2021），臺北智慧水表技術試煉規劃與辦理成果，自來水會刊第 40 卷第 4 期，第 79 至 88 頁。
30. 翁弘翰、周依奇等（2022），智慧水表營運測試採購案（FOT）成效初探：以北區營業分處為例，第 39 屆自來水研究發表會論文。
31. 邵功賢、陳正宗、陳煥文等（2023），新建案全面安裝智慧水表建置問題研析與執行成效，自來水會刊第 42 卷第 1 期，第 1 至 7 頁。
32. 林彥真、郭淑珍、林明美、葉蘇蓉、陳惠鈴、寧文山、蕭煒、李敏年、鞠之浩、盧雪卿、邵功賢、謝書環等（2020），推動智慧水表數據服務之問題探討-以北水處為例（臺北自來水事業處自行研究計畫成果報告），臺北市：臺北自來水事業處。
33. 蕭煒、江虹瑾、郭淑珍、林明美、廖宜洋、吳偉鳴、吳靜怡等（2023），推動智慧水表及抄表、換表業務整合委外之可行性探討（臺北自來水事業處自行研究計畫成果報告），臺北市：臺北自來水事業處。