



中華民國自來水協會 112 年度研究計畫

機關學校節約用水推動機制與 用水設備異常態樣之分析與探討

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： 曹慧娟
研究人員： 蘇啟祥、林佳宜、林瓊瑋、邱秉緒、王
俊凱、黃育鎰
研究期間： 112 年 3 月至 112 年 11 月

中華民國 112 年 11 月

摘要

水資源管理已為世界重要課題與國際永續指標，臺灣特殊氣候地理環境，名列全世界缺水國家之一，近年遭逢缺水危機與疫情影響，更彰顯水資源重要。機關學校因用水量高於一般用水戶，倡導節水最易收效，臺北自來水事業處（以下簡稱北水處）負責臺北市政府節約用水推動，若能有效管控機關學校用水量，不僅可減少水資源浪費，亦能起帶頭示範效果。

北水處歷經多年節水輔導服務經驗，分析府屬機關學校用水問題，以「水量突增」占比最高(52%)，深入發現，用水異常原因主要為水池水塔與附屬設施、前後管線以及用水設備等故障，囿於用水區域廣泛、內線管線長、用水單元多等因素，導致漏水不易察覺，再加上管理人員普遍缺乏設備檢修知能及無法掌握用水設備狀態，需耗費許多時間巡檢、增加查漏困難度，也浪費寶貴水資源。

鑑於機關學校為用水密集場所，如何在短時間且經濟有效找出用水異常區域，是改善漏水核心關鍵。本研究應用物聯網感測元件，自主建置水位感測計，機動放置於異常學校之水池水塔，在固定時間區段內透過元件定時記錄場域之水位信號，加以資料轉換與運算，之後彙整場域水位變化及比對智慧水表進水時序，加以分析與比較。

本研究經過相關個案實證結果，確實能夠縮小查檢範圍，減輕人力巡查負荷，找出用水異常區域，有效發現漏水位置，進而縮短漏水天數，達到內線改善資源運用最大效益，配合用水設備改善後，追蹤用水量顯著降低，有效減少水資源浪費。

關鍵字:用水異常、機關學校、物聯網、感測元件、水池、水塔

目 錄

期末報告審查意見回復（112 年 12 月 4 日會議）	XIV
期中報告審查意見回復.....	XXV
研究計劃案申請審查意見回復.....	XXXVII
第一章、前言	1
1.1、研究緣起	1
1.2、研究目的、流程與方法	3
1.3、研究範圍與限制	11
1.4、本研究預期研究成果	12
第二章、文獻回顧	13
2.1、機關學校用水管理	13
2.1.1、經濟部水利署推動機關學校節約用水政策研議	13
2.1.2、機關學校用水因子與異常原因探究	16
2.1.3、用戶用水設備類型介紹	20
2.1.4、用戶用水設備漏水與檢測	32
2.2、北水處智慧水表建置與機關學校漏水輔導改善	36
2.3、其他機關學校漏水應對策略	42
2.3.1、經濟部水利署規劃機關學校用水管理系統	42
2.3.2、中正大學創新校園水資源夜間最小流量偵漏系統	44
2.3.3、中山大學海洋科學院運用校園水資源管理系統	46
2.4、感測元件之相關應用與發展	47
2.4.1、物聯網控制開發水位警示系統	47
2.4.2、利用磁簧開關感測元件偵測水塔水位	49
2.4.3、國外基於物聯網的智能水位監測及漏水監控研究	51
2.5、小結與因應	55
第三章、物聯網之相關應用與感測器建置	56

3.1、開發嵌入式硬體平台(Arduino)簡介	56
3.1.1、硬體介紹	57
3.1.2、軟體介紹	58
3.2、開發嵌入式硬體平台(ESP32)簡介	59
3.3、感測元件介紹與建置	59
3.3.1、超音波感測器	61
3.3.2、濕度感測器	63
3.3.3、震動感測器	65
3.3.4、聲音感測器	66
3.4、感測器實際運作與資料判讀	67
3.4.1、超音波感測器	67
3.4.2、濕度感測器	71
3.4.3、震動與聲音感測器	72
3.5、小結與研究發現	74
第四章、用水異常個案分析與討論	75
4.1、行政機關案例解析	75
4.2、學校案例解析	84
4.3、一般住宅型社區案例解析	151
4.3、小結與研究發現	162
第五章、資料彙整分析判讀與改善策略	171
5.1、智慧水表進水時序、水池水位與水塔水位間之關聯分析	171
5.2、異常態樣分析	173
5.3、水平衡分析	176
5.4、漏水改善策略	178
5.4.1、精進用水異常巡查作業	178
5.4.2、用水設備改善汰換之效益分析	182
5.4.3、舉辦節水教育訓練	182

5.4.4、請各機關學校逐步建立用水設備與管線圖及標記	183
5.4.5、與教育局合作，補助管線汰換預算	185
5.5、機關學校用水管理規劃設計	186
5.5.1、學校建置用水管理系統情形	186
5.5.2、機關學校用水管理系統架構與設計	187
第六章、結論與建議	189
6.1、結論.....	189
6.2、建議.....	191
參考文獻	193

圖目錄

圖 1	研究流程圖	5
圖 2	常見機關學校用水系統架構圖	7
圖 3	用水平衡圖-單一進出水端且無儲水設備.....	8
圖 4	用水平衡圖-多個進水端與出水端且無儲水設備.....	8
圖 5	用水平衡圖-單一進出水端且有儲水設備.....	8
圖 6	用水平衡圖-單一進水端與多個出水端且有儲水設備.....	9
圖 7	用水平衡圖-單進水與多個出水端且有儲水設備.....	9
圖 8	用水平衡圖-模式 A.....	10
圖 9	用水平衡圖-模式 B.....	10
圖 10	用水平衡圖-模式 C.....	10
圖 11	節水方法概念圖	13
圖 12	用途別區分之水平衡示意圖	14
圖 13	場所別區分之水平衡圖示意圖	14
圖 14	水回收再利用示意圖	16
圖 15	用戶用水設備示意圖	21
圖 16	水池水塔示意圖	22
圖 17	消防系統架構示意圖	23
圖 18	雨水貯集利用系統組成示意圖	25
圖 19	儲水槽兼配水槽型式示意圖(A)	26
圖 20	儲水槽搭配水槽型式示意圖(B)	26
圖 21	雨水貯集利用系統進階型-樣態 I	27
圖 22	雨水貯集利用系統進階型-樣態 II	28

圖 23	雨水貯集利用系統進階型-樣態 III	29
圖 24	雨水貯集利用系統進階型-樣態 IV	30
圖 25	雨水貯集利用系統區域型-樣態 I	31
圖 26	雨水貯集利用系統區域型-樣態 II	32
圖 27	水池水塔檢修示意圖	35
圖 28	用戶設定警示通知	37
圖 29	用戶收到用水異常警示通知	38
圖 30	觀察用水量變化情形	38
圖 31	用戶查看每日用水趨勢圖發現異常用水 (1/2)	39
圖 32	用戶查看每日用水趨勢圖發現異常用水 (2/2)	39
圖 33	查看每日用水趨勢圖發現其他水栓異常用水	40
圖 34	用水異常警訊通報	41
圖 35	臺北市某學校日用水量統計圖	41
圖 36	臺北市某學校日用水分時趨勢圖	42
圖 37	校園管網中常見之水平衡情境圖	43
圖 38	國立嘉義大學用水管理系統架構圖	44
圖 39	中正大學校區水資源系統架構圖	45
圖 40	中正大學校園水資源夜間最小流量偵漏系統介面	45
圖 41	校園水資源管理系統架構圖	46
圖 42	Arduino 水位感測器結合藍芽蜂鳴器儀器圖	48
圖 43	App 操作架構圖	49
圖 44	水位監控示意圖	50
圖 45	操作流程示意圖	51

圖 46	SMART2L 系統的主要組成樣式	52
圖 47	SMART2L 運作流程圖	53
圖 48	SMART2L 遠端 ANDROID 設備顯示界面	54
圖 49	Arduino Uno 示意圖	57
圖 50	Arduino 編譯環境示意圖	58
圖 51	ESP32 開發板	59
圖 52	水位感測器程式編譯與燒錄	60
圖 53	水位計透過 WiFi 傳送至雲端架構圖	61
圖 54	超音波感測器及原理	62
圖 55	水位感測器配置與線路圖	62
圖 56	水位感測器實體圖	63
圖 57	濕度感測器	63
圖 58	濕度感測器配置與線路圖	64
圖 59	濕度感測器實體圖	64
圖 60	震動感測器	65
圖 61	震動感測器配置與線路圖	65
圖 62	聲音感測器	66
圖 63	聲音感測器配置與線路圖	66
圖 64	震動感測器與聲音感測器實體圖	67
圖 65	水位計安裝示意圖	68
圖 66	水位計實際現場	68
圖 67	用戶用水管線圖	70
圖 68	水池水塔水位量測圖	71

圖 69	濕度感測器裝設位置圖	72
圖 70	震動與聲音感測器裝設位置圖	73
圖 71	聲音感測器資料統計圖	73
圖 72	震動感測器資料統計圖	73
圖 73	案例 A1 建物與管線配置圖	76
圖 74	案例 A1 智慧水表與水池水塔水位變化圖.....	77
圖 75	案例 A1 月用水量統計圖	77
圖 76	案例 A2 建物及設施配置圖	78
圖 77	案例 A2 智慧水表與水池水塔水位變化圖.....	79
圖 78	案例 A3 建物與設施配置圖	80
圖 79	案例 A3 智慧水表與水池水塔水位變化圖.....	81
圖 80	案例 A3 建物及管線配置圖	82
圖 81	案例 A3 智慧水表進水時序圖	82
圖 82	案例 A3 露台水塔水位圖	83
圖 83	案例 A3 馬達震動統計圖	83
圖 84	案例 A3 智慧水表進水時序圖	83
圖 85	案例 A3 改善後用水量統計圖	84
圖 86	案例 B1 建物與管線配置圖	85
圖 87	案例 B1 智慧水表與水池水塔水位變化圖.....	86
圖 88	案例 B1 月用水量統計圖	86
圖 89	案例 B2 建物與管線配置圖	88
圖 90	案例 B2 智慧水表與水池水塔水位變化圖.....	88
圖 91	案例 B2 用水量統計圖	88

圖 92	案例 B3 建物與管線配置圖	90
圖 93	案例 B3 智慧水表與水池水塔水位變化圖.....	91
圖 94	案例 B3 校內化學實驗室地下管線漏水.....	92
圖 95	案例 B3 用水量統計圖（週用水量）	93
圖 96	案例 B4 學校建物與管線配置圖	94
圖 97	案例 B4 智慧水表與水池水塔水位變化圖.....	95
圖 98	案例 B4 用水量統計圖（週用水量）	96
圖 99	案例 B5 建物與管線配置圖	97
圖 100	案例 B5 智慧水表與水池水塔水位變化圖.....	98
圖 101	案例 B5 用水量統計圖（週用水量）.....	98
圖 102	案例 B6 建物與管線配置圖	100
圖 103	案例 B6 智慧水表與水池水塔水位變化圖.....	100
圖 104	案例 B6 發現校門警衛室旁不明積水且確認為自來水...	101
圖 105	案例 B6 用水量統計圖（週用水量）.....	102
圖 106	案例 B7 建物與管線配置圖	104
圖 107	案例 B7 智慧水表與水池水塔水位變化圖.....	104
圖 108	案例 B7 聲音感測器資料統計圖	105
圖 109	案例 B7 震動感測器資料統計圖	105
圖 110	案例 B7 智慧水表與水池水塔水位變化圖.....	106
圖 111	案例 B7 智慧水表與內線開關啟閉變化圖.....	106
圖 112	案例 B8 建物與管線配置圖	107
圖 113	案例 B8 智慧水表與水池水塔水位變化圖（1）.....	108
圖 114	案例 B8 智慧水表與水池水塔水位變化圖（2）.....	108

圖 115	案例 B8 智慧水表與水池水塔水位變化圖 (3)	109
圖 116	案例 B8 智慧水表與水池水塔水位變化圖 (4)	109
圖 117	案例 B8 智慧水表與水池水塔水位變化圖 (5)	109
圖 118	案例 B8 用水量統計圖 (1)	110
圖 119	案例 B8 學校用水量統計圖 (2)	111
圖 120	案例 B9 建物與管線配置圖	112
圖 121	案例 B9 智慧水表與水池水塔水位變化圖	112
圖 122	案例 B10 學校建物與管線配置圖	114
圖 123	案例 B10 智慧水表與水池水塔水位變化圖	114
圖 124	案例 B11 建物與管線配置圖	115
圖 125	案例 B11 智慧水表與水池水塔水位變化圖	116
圖 126	案例 B12 建物與管線配置圖	117
圖 127	案例 B12 智慧水表與水池水塔水位變化圖	118
圖 128	案例 B12 學校水塔後管線圖	119
圖 129	案例 B12 關閉 C3 區開關後智慧水表時序圖	119
圖 130	案例 B12 用水量統計圖 (月用水量)	120
圖 131	案例 B13 建物與管線配置圖	121
圖 132	案例 B13 智慧水表與水池水塔水位變化圖	122
圖 133	案例 B14 建物與管線配置圖	124
圖 134	案例 B14 智慧水表與水池水塔水位變化圖	124
圖 135	案例 B14 智慧水表波動變化與水池關聯圖	125
圖 136	案例 B15 用水設施 (水池水塔) 示意圖	126
圖 137	案例 B15 建物與設備配置圖	127

圖 138	案例 B15 智慧水表與水池水塔水位變化圖.....	128
圖 139	案例 B16 建物與管線配置圖 (1)	129
圖 140	案例 B16 建物與管線配置圖 (2)	130
圖 141	案例 B16 智慧水表與水池水塔水位變化圖 (1)	130
圖 142	案例 B16 智慧水表與水池水塔水位變化圖 (2)	131
圖 143	案例 B16 用水量統計圖 (週用水量)	132
圖 144	案例 B16 維修單據	132
圖 145	案例 B17 建物與管線配置圖 (1)	134
圖 146	案例 B17 建物與管線配置圖 (2)	135
圖 147	案例 B17 智慧水表與水池水塔水位變化圖 (1)	136
圖 148	案例 B17 智慧水表與水池水塔水位變化圖 (2)	137
圖 149	案例 B17 用水量統計圖 (週用水量)	138
圖 150	案例 B18 建物與管線配置圖	139
圖 151	案例 B18 智慧水表與水池水塔水位變化圖.....	140
圖 152	案例 B18 用水量統計圖	140
圖 153	案例 B19 建物與管線配置圖	142
圖 154	案例 B19 智慧水表與水池水塔水位變化圖.....	142
圖 155	案例 B19 用水量統計圖	143
圖 156	案例 B20 建物與管線配置圖	144
圖 157	案例 B20 智慧水表用水趨勢圖	144
圖 158	案例 B20 用水量統計圖 (日用水量)	145
圖 159	學校建物與管線配置圖	146
圖 160	智慧水表與水池水塔水位變化圖	146

圖 161	案例 B21 維修單據	147
圖 162	案例 B21 用水量統計圖（日用水量）	147
圖 163	學校建物與管線配置圖	149
圖 164	智慧水表與水池水塔水位變化圖	149
圖 165	案例 B22 用水量統計圖（日用水量）	150
圖 166	案例 C1 用水統計圖	151
圖 167	案例 C1 用戶用水設備圖	151
圖 168	案例 C1 智慧水表與水池水塔水位變化圖	153
圖 169	案例 C1 用水平衡圖	155
圖 170	案例 C2 用水統計圖	156
圖 171	案例 C2 用戶用水設備圖	156
圖 172	案例 C2 水池水塔水位變化圖	157
圖 173	案例 C2 用水平衡圖	159
圖 174	案例 C3 用戶用水統計圖	159
圖 175	案例 C3 用戶用水設備圖	159
圖 176	案例 C3 智慧水表與水池水塔水位變化圖	161
圖 177	案例 C3 用水平衡圖	162
圖 178	水池水塔水位時序圖	172
圖 179	北投某國小智慧水表進水時序圖	174
圖 180	萬華某國小改善前後之智慧水表進水時序（1）	175
圖 181	水池出水與水塔進水統計圖	178
圖 182	水平衡圖	178
圖 183	巡查 SOP（精進前）	179

圖 184	巡查 SOP (精進後)	180
圖 185	感測器安裝時機與規範	181
圖 186	北水處辦理同仁內部教育訓練情形	182
圖 187	府屬機關學校節水教育訓練情形	183
圖 188	北水處發文請臺北市府屬機關學校建立管線圖.....	184
圖 189	教育訓練時請府屬機關學校建立管線圖.....	184
圖 190	中山區某國小於管線增加標註	185
圖 191	文山區某私立大學水資源管理系統圖.....	186
圖 192	中正區某國中建立水電系統管理畫面.....	187
圖 193	用水管理功能架構圖	188

表目錄

表 1	機關學校各類別用水因子分析一覽表（106/7-109/6）	17
表 2	機關學校填報用水異常原因統計表（106/7-109/6）	19
表 3	常見用戶內線漏水原因及處理方式	33
表 4	Arduino 版本一覽表	58

期末報告審查意見回復

審查意見	回復情形
一、王根樹主任委員	
(一)5.5.2 節第二段所述內容建議可納入計畫建議事項，另配合智慧建築之目標，可建議未來新建築在設計時即納入智慧水表之裝設。5.4.5 節亦同。 (二)請參考委員意見修正期末報告。	已依委員建議補充重點，並已撰寫於報告中。
二、張順莉副主任委員	
(一)因應氣候環境變遷，促進水資源永續利用是關鍵目標之一。近年枯旱問題頻傳，各地都曾遭受到不同程度的乾荒衝擊，甚至必須施行限水等措施。機關學校因用水量較高，配合推動節約用水責無旁貸。而且，機關與學校率先節約用水，更可帶頭示範並促進「由公而私，由內而外」達成民眾認同政府節約用水政策。機關學校節水可分為用水管理、用水減量、雨水貯留利用和水回收再利用等方法，其中以透過用水管理手段達成節水	(一)感謝委員的肯定。

成效較為顯著，本案透過用水設備清查、水平衡分析並運用物聯網等與感測技術，協助有效找出漏水點，足供機關學校改善用水管理參考，研究結果甚為實用值得肯定。	
(二)對於本研究所執行的成果個案，因處理態樣多元，建議可再針對以下情境持續研議： ● 運用感測裝置仍無法有效縮小異常範圍之個案。 ● 經評估異常範圍後，仍未改善之個案，後續追蹤做法。 ● 特殊困難個案處理方式與經驗之分享與擴散運用。 (三)未來隨著個案累積，所分析的異常態樣及處理經驗相當珍貴，建議藉由作業持續推展，建構系統性的改善策略。	(二)已依委員建議補充重點，並已撰寫於報告中，未來也將持續應用於異常機關學校，並蒐集與彙整各種異常案例，再逐步修正與強化判讀模組。 (三)未來將持續推展，累積更多經驗，俾提升分析與判讀能力。
三、林孟珠委員	
(一)感測器採用超音波感測水位距離變化，超音波是透過物體反彈聲波藉以達到偵測物體的距離，文章中未提	(一)超音波感測器之規格（如量測距離、精準度等）等已補充與說明於報告中（如第三章）。

到該距離大致為多少才能有效發揮超音波準確度?另溫度和濕度會影響超音波的回傳效能，研究中有無相關克服溫度和濕度影響的方法?另外也無針對感測器較佳的安裝位置與數量建議?及感測器的校正與維護。	
(二)第三章物聯網之相關應用與感測器建置，本研究使用了多種感測器，如超音波、濕度、震動、聲音等，來監測水位、漏水、水塔馬達等情況，請補充分析相關成本及效益。感測資料傳輸的可靠性與安全性及其誤差均未說明，是否會影響資料正確判讀？使用 Matlab 的 ThingSpeak 平台來儲存與分析感測器的資料，其準確性與效率？	(二)超音波感測器之規格（如量測距離、精準度等）等已補充與說明於報告中（如第三章）。
(三)第四章用水異常個案分析，是否可以統整各個案例的共通特徵和差異，或提出一般性的用水異常判斷準則或流程。	(三)由本研究之案例可知，各機關學校用水設備種類（高低程、有無馬達等）、大小（水池水塔大小）會影響智慧水表之進水時序圖，亦即會影響判讀，因此目前作法係先

	針對智慧水表進水時序圖初略分析與判斷(如5.2節),之後再據以安裝感測器以及後續資料分析,找出異常區域。(如圖185),以及後續巡查與汰換建議,未來將持續推動,以精進分析與判讀。
(四)第四章用水異常個案分析與討論： 甲、學校案例解析： I. 高達 22 個案例，除非常用心的文字敘述外，建議將案例以統計表格彙整說明(例如：以異常現象、初步判斷異常原因、成效等)，以利明瞭各用水之異常態樣與檢修成效。 II. P103, B7:「改善建議與說明：目前關閉廚房前開關，每日用水量已由 45 度降低至 27 度。」，此措施係關閉廚房前開關，是否後續會因廚房有用水需求而再度開啟前開關，致日用水量恢復至 45 度？此措施之成效(45 度降低至 27 度)似	(四)說明如下。 1. 感謝委員的肯定。 2. 案例B7經追蹤已有改善且補充修正於報告中。 3. 案例B8因漏水多處，該校原預定辦理全面汰換，惟經估算可能需耗費千萬元以上，經多次裝設測試後，主要漏水源已經縮小至4個開關之後的區域，而非整個學校，後續學校人員可專注於此加強巡查，縱然要汰換也僅須針對該區域。 4. 案例C1屬社區民宅，檢測後已將相關數據與分析提供予該社區住戶參考。

未顯著，是否尚有其他
區域管線、水塔或用水
設備漏水？

III. P110, B8：「成效：利用
週六、日期間將誠正北
水池關閉進水、勤樸樓
幼兒園水塔關閉廚房管
線、活動中心水塔關閉 1
樓管線、誠正南水塔關
閉地下室管線後，假日
用水量已由原 80-85 度
(2 個水表)降至 10
度…。」，由上述可知上
開區域是由 2 個水表供
水，藉由關閉多個進水
開關使日用水量降低，
報告內請再釐清 2 個水
表之供水區域？後續是否
會因學校之用水需求而
再度開啟開關，致日用
水量再度增加？

乙、一般住宅型社區案例解
析：

I. P155, C1：初步判斷

「以水平衡分析，A 區域
進水量與 B 區域進水量
相差 9.41 度，初判總表
與分表差可能在進水
端、水池等區域，建議

加強巡查。」、「初判該社區可能有未掌握之水池或馬達，建議於清洗水塔時再詳查與確認用水設備。」等，由報告顯示該棟大樓之測試時間為(D)日下午4時致(D+1)下午1時，該期間有晚上與中午之用水尖峰，致水塔進水時亦因用戶用水需求而受影響，建議是否能針對用戶用水量影響程度說明	
四、董書炎委員	
(一)期末報告內容充實切題，文獻資料蒐集豐富，並經由教育訓練協助行政機關、學校及一般住宅型社區建立內線管線圖資及SOP巡查的自檢能力，使其能有技術能力及時發現漏水問題，達成節約用水效益。本研究計畫對於減少水資源浪費，確有實質成效，值得推廣。。	(一)感謝委員的肯定。
(二)以下幾點建議修改，請參修： I. 第20頁2.1.2最後一句”避免水資源無效浪費”，建	(二)感謝委員建議，相關誤植文字、說明，已於期末報告修正，相關圖片也進行調整或提高解析度。

議刪除”無效”二字。 II. 第 23 頁第二行”就大葉消防大學”，消防二字應為誤植，請刪除。 III. 108 頁圖 113 之”承正-北-水池”與”承正-南-水池”列標題與其下之內容比對，應為”誠正”，請修正 IV. 本報告部分圖例文字過小、解析度低，不好閱讀。如：圖 11、20、22-26、41 等 V. 本報告同類型圖例大小不一（例如 P176-P178），建議檢視調整排版，減少頁面的留白。 VI. 第五章 5.1 之案例說明內容加上頁次及圖例編號，有助閱者對照理解說明，如：三（二）加上（P. 100, 圖 103）、四（二）加上（P. 124, 圖 134）。 VII. 第 164、167、167 頁之”未落底”用語，建議註解，避免閱者錯誤解讀。	
（三）台灣名列全世界缺水國家之一，政府推動節水措施不遺餘力，北水處與自來水公司均肩負推動之責，建議台	（三）感謝委員的肯定。

水舉辦之相關節水教育訓練，可聘請北水分享此成果案例，有助更多用水戶建立正確的用水常識，減少水資源浪費。	
五、許敏能委員	
(一)研究已現勘許多學校，已改善部分成效良好，未改善部分，主要問題為何?是仍無法找到漏水點??或是改善成本很高?或是有其他問題?	(一)是否有效縮小異常區域與改善效益，很大一部分取決於機關學校承辦人員是否積極以及是否了解用水設備，經由承辦人員與本研究小組一起合作，絕大部分案例均能快速有效縮小或改善，且所需經費也能大幅縮小，後續將持續溝通協調。
(二)從報告中可知，智慧水表線受機關學校用水設備影響很大，也會影響異常判讀與解析，不知小組有無建議？。	(二)將持續測試更多案例，檢討與精進作法，另追蹤未改善個案，同時關注與應用最新感測器之發展，進而彙整、分析與歸納，並適時修正判讀模式，相信更有助於找出異常原因之區域或原因。
(三)研究目前主要以有裝設智慧水表的單位為主，除北市外，其他縣市裝設比率不高，建議未來可多增加此類案例之探討。	(三)感謝委員的建議，未來將視個案情況及時間許可，將評估協助方式與經驗分享交流。
(四)本研究已針對臺北市機關	(四)相關漏水改善策略，未來將

學校提出漏水改善策略，相當具有實務應用價值。考量機關學校管理人員時常更換，建議未來如有辦理相關教育訓練時，宜再進行重點宣導	適時進行知識分享與交流。
六、柯祖穎委員	
(一) 本研究成果豐碩，值得贊許。	(一) 感謝委員的肯定。。
(二) 研究案例中解決方式經常需要人員的豐富經驗判斷、分析、調整做法等，這樣的話此研究則難以推廣，故如何讓更多的人參與同時增加工作經驗交流與傳承，應為研究人員應再加思考的事。	(二) 累積的個案經驗，未來將適時進行知識分享與交流。
七、謝素娟委員	
(一) 整篇研究架構、實作及最後的結論及標準作業程序建立具參考價值，應可持續後續研究及推廣。	(一) 感謝委員的肯定。
(二) 在研究過程中，團隊辦理相關的訓練包括自來水從業人員，各機關學校及社區水電負責人講習，也獲致因用戶發現內線漏水減少水費及找回水資源之	(二) 之後會持續利用機會見分享與交流，同時也規劃明年製作相關影片推廣。

成效，本案北水處辦理約 50 多個案例，報告收錄 20 多個案例，以一般水電行師傅都不願投入的捉漏工作，研究團隊卻能熱情投入開發、研究及探討，建議未來如持續累積相關案例及運用自行研發的水位計，溫度及濕度的測試設備、配合智慧水表的用戶用水頻譜及資料，應可歸納出可用的判斷準則，建議未來可將查漏過程拍攝成影片或數位學習教材，讓有類似情況的機關學校可參考快速查漏，減少水資源浪費。	
八、楊境維委員	
(一)在全球極端氣候水資源極度短缺之情況下，本研究透過現場感測器裝設、資料蒐集與數據分析找出用水異常原因，並提出改善建議，對節省水資源貢獻心力，研究精神值得肯定。	(一)感謝委員的肯定。
(二)P165 第 5 章 5.1.1 智慧水表進水時序與水池水塔水位有關聯，且互相呈反向關	(二)感謝委員，已修正文字說明。

係:因「時序」一般為時間序列而水位與高低有關，兩者應不存在「反向關係」，建議再予以釐清說明。	
(三)P74 第三章 3.5 小節與研究發現:感測器等設備於現場安裝時除電量問題導致無法偵測外，是否還有遭遇其他現場環境因素或困難導致資料異常之情況建議酌以補充。	(三)過去主要問題在於電源導致感測紀錄時間受限(約1日)，目前已經克服且可提高至5日，其他相關遭遇困難部分不多，已經補充於報告中。

期中報告審查意見回復

審查意見	回復情形
一、王根樹主任委員	
本計畫研究成果未來如何推廣並落實到各級學校?應用上之限制?在期末報告宜有所討論。	(一)為加強計畫推廣,擬從內部、外部分別建立推廣目標,並以教育訓練及說明會方式進行: 1. 內部-教育訓練:已於112年6月29日,分別在北水處會議室及公館國小進行內部教育訓練,成員為本處各分處第一線複查人員(共16人),上課內容主要提升種子人員專業知能,並於公館國小實地進行教學。 2. 外部-機關學校說明會:已於112年9月8日,邀集臺北市府屬機關學校人員等共138人,於資策會科技服務樓,辦理教育訓練與實務作業教學。 (二)相關辦理內容已於期末報告5.4.3說明。
二、張順莉副主任委員	
(一)期中報告內容充實,文獻資料蒐集十分豐富,值得肯定。	(一)感謝委員的肯定。
(二)按機關學校節約用水方法,依推動優先次序可分為用水管理、用水減量、雨水儲留利用和水回收再利用,其中透過用水管理達成節約用水效	(二)已依委員建議補充重點,並已撰寫於報告中。

果顯著，惟尚有相當精進空間，故為本案研究重點，建議補充說明研究範圍，以有別於全方位探討節約用水推動機制。	
(三)文獻回顧建議依層次架構，由全國（水利署）、地方（臺北市政府）、北水處及其他機關進行整理，其中包含機制建立與方法演進。	(三)已依委員建議補充重點，並撰寫於報內容中。
三、林孟珠委員	
(一)第14頁表2.1.1-2有設定陰影，以致於略顯模糊，不利閱讀，請改善。	(一)已修正。
(二)由前次審查意見回覆情形，水位感測元件目前由北水處自製水位計，相關紀錄存於記憶卡，俟學校繳回北水處後經其分析後提供機關學校進行後續改善事宜，看起來這水位計尚無物聯網直接傳輸功能。本計畫案例似乎並無安裝濕度感測器、震動感測器及聲音感測器等感測元件，惟第68頁及第69頁都有提到上開物聯網感測器，請釐清說明。	(二)謹就左列意見，分述如下： 1. 本研究主要是基於物聯網(IoT)策略技術，靈活運用感測器，並透過多元形式傳輸資料(WiFi、藍芽、記憶卡等)，本案已有使用WiFi即時將資料傳送至雲端網站（以Matlab針對物聯網等感測器提供免費雲端資料庫—ThingSpeak為方式，說明如3.3節），資料蒐集後再進一步進行數據分析及判讀。 2. 各種感測器（水位計、濕度、

震動與聲音等)均可利用WiFi直接傳送於平台中,惟採WiFi傳送囿於經費(目前係利用手機WiFi分享),目前僅設有2組,且應用於通訊較佳之水塔處,其餘均採用記憶卡方式判讀。

3. 而使用WiFi即時傳送水位,多為應用在已知水塔後段設備有異常者。當要確認水塔後方哪一條管線異常時(漏水量不大、震動等不明顯),則會採取直接測試水閥開關方式,便可即時掌握水塔水位,觀察可能異常管線。

4. 為因應學校各種環境(如學校無WiFi、地下室WiFi收訊不佳),因此,會採WiFi傳送平台或記憶卡等方式記錄水位,進而判讀。

5. 本研究主要以水位計為主,若已縮小至某個水塔,且機關學校配合,才會進一步應用震動、聲音感測器(主要放置於管線或馬達處),已有應用於南港某高地社區、公園處某辦公處所、中山區某國小等數處;濕度感測器部分主要應用探測水池水塔是否有溢流情

	形(且溢流管非外顯可碰觸)，本研究案例發生溢流案例不多(中正區某國中、中山區某高中與國小等)，因此僅應用於中山區某國小。
(三)第71頁有關二、B學校第(四)初步判斷寫說「判斷該水塔供水區域可能存在漏水等異常情形」，水塔有分左、右兩側，有問題是那個水塔，請敘明清楚。	(三)謹就左列建議事項，分述如下： 1. 該校有2個水池(各對應1個水塔)供應校園左右兩側教室及設施，欲了解用水異常的區域，因此僅測試兩個水池水位變化，結果發現右邊水池進水曲線與智慧水表時序有關聯，加上水池陡升緩降，相對顯示右水塔有異常。 2. 此部分內容撰寫較簡略，已加強說明。
(四)第4.1節機關學校案例分析沒有進行水平衡分析，而第4.2節一般住宅型社區卻有進行水平衡分析?請說明。	(四)謹就左列意見，分述如下： 5. 機關學校夜間及假日等時段較無用水情形，因此該時段智慧水表若有用水，只要掌握哪個區域水池水塔水位有往下降即可掌握及縮小異常區域，當然機關學校也可以應用水平衡，只是應用前揭方式大多找出可能異常區域。 6. 一般住宅不論白天晚上均有用水情形，較難採用此模式，因

	此就要更精確利用水平衡方式，分析用水異常原因（如異常區域係在水塔之前或之後）。
(五)P10.研究範圍與限制第五點，感測元件採用電池方式供電，是否因環境潮濕，電池效能受潮影響而造成斷訊紀錄?致水位變化樣態錯誤? 感測元件有無IP係數等級之條件。	(五)謹就左列意見，分述如下： 1. 因測試過程現場僅放置1-3日，以目前安裝案例來看，潮濕影響程度不大，但水位計不能碰觸水，否則資料就會異常，所以在安裝時，位置會高於溢流孔。 2. 感測元件無IP係數，係因作業時間僅需放置1-3日，爰採購此部分元件時，尚未納入考量。 3. 電池無電（或因感測器耗電低導致電池自動關閉）之前一直影響本研究之進行，且詢問許多電子方面的老師未獲明確答案（或有答案，僅表示係電池省電模式而自動斷電），目前透過測試，修改程式已無此問題。
(六)P82報告中用水異常個案分析皆大約觀測一個晚上即推測該校管線可能漏水，其量測期間段落提到…因電池容量較小…，惟計畫之預期研究成果為應用於機關學校漏水輔導改善，電池供電穩定度可能需再進一步	(六)謹就左列建議事項，分述如下： 1. 本研究感測器均為自己採購組裝（市面上有類似產品，但價格高、應用時需再調整，例如有些無WiFi傳送、藍芽或記憶卡等）。 2. 電池無電（或因感測器耗電低

突破，才能維持漏水監測系統穩定。	導致電池自動關閉)之前一直影響本研究之進行，且詢問許多電子方面老師未獲明確答案(或有答案，僅表示係電池省電模式而自動斷電)，目前透過測試，修改程式已無此問題。
(七)未來若有機會應用於較大校區情形(例如:跨越馬路街道、遮蔽物較多等)，環境中雜訊干擾多，設備傳訊的通訊品質如何克服?	(七)謹就左列建議事項，分述如下： 1. 水位計部分，對於收訊較佳之區域才會裝設，其餘(地下室或收訊不佳)會採用記憶卡方式。 2. 另外，為克服無線傳輸等問題，本小組目前也在研究利用LoRa無線傳輸(傳送距離較長)再匯集於集抄器中一併傳送，這樣，對於地下室等傳送不佳區域，感測器資料可藉由LoRa天線先傳送至集抄器，再一併送至平台，此部分正在測試中。
四、董書炎委員	
(一)運用各項IT技術主動針對用水設備異常用戶進行檢測，對減少水資源的流失應會有很好效益，建議期末增加說明統計用水異常態樣之分析	(一)感謝委員建議，此部分已於期末報告第六章說明。

及建議改善意見（維修或更新）。	
（二）教育訓練方面：本研究對未來機關學校用水設備異常情況，提供很大協助並也定期提供教育訓練，應將此技術推廣至水管承裝商擴大技術人力培訓以增加其效益。	（二）已先分享推廣於本處及本府機關學校同仁，後續再視情況推廣。
五、許敏能委員	
（一）學校用水包含自來水與非自來水兩大來源，非自來水有地下水及雨水回收等，是否會影響本研究分析？如何因應？	（一）許多機關學校設有雨水回收系統，為避免影響本研究分析，已先行了解雨水回收系統運作機制，故要裝設感測器前，會先請該單位將雨水系統與自來水系統獨立，避免交互影響，同時藉由此作為，也發現景美某廟宇因雨水回收系統控制器故障造成漏水。
（二）感測設備種類繁多，在研究過程中，除了超音波、濕度、聲音及震動感測器外，是否還有測試其他輔助裝置？能夠因應多元環境與情況，找出異常範圍。	（二）檢視目前可應用於自來水之感測器，初估有水位、聲音、震動與溼度等感測器（市面亦有濁度感測器），本研究小組一直都有在關注有無新的感測元件或技術，未來也會評估與應用。

(三)本案所運用之感測器，未來是否有模組化量產之可能？對於地下室設置之水池，因訊號較差，如何能及時掌握各水池水塔的水位趨勢？	(三)謹就左列意見，說明如下： 1. 本研究案所使用之感測器裝置僅利用於查漏作業，且成本低廉（約數百元），故非應用於水量控制，而使用後旋即拆回，所需數量不多，目前尚無量產規劃。 2. 本小組目前正研究利用LoRa無線傳輸（傳送距離較長）再匯集於集抄器中一併傳送之模式，這樣，對於地下室等傳送不佳區域，感測器資料可藉由LoRa天線先傳送至集抄器，再一併送至平台，此部分正在測試中。 3. 目前未開發前，對於地下室等收訊不佳區域，仍是將水位資料儲存於記憶卡，再讀取分析與比對。
(四)P6,P7,P8,P9,P10符號表示建議參考P40表示方式，以增進閱讀性。	(四)已依委員建議修改。
六、柯祖穎委員	
(一)P14公園類問題多的原因有部分係因公園綠地用水中有許多內線外管及噴水設備，如有漏水不易察覺或未能及時維修所致。	(一)公園因幅員較大、型態不同，不易判斷是否有用水異常，若有漏水亦常難處理，因此，管理方式包含： 1. 影響用水因子：找出影響公園

	因子（如氣溫、降雨、有無廁所、噴水池等）。 2. 之前有針對公園屬性分成鄰里、生態、都會等類型，同時標註有無設立廁所等，以同類型公園進行比較。 3. 比較該公園之前用水量、同類型用水量以及氣候因素等，若有異常，會續請公園處同仁巡查，另也建議公園處，若評估可以，可以裝設定時器（如夜間凌晨等較少人時段於表後設置自動關閉器）。
（二）表2.1.1-2類別分類多，有部分屬同一大分類，如1~4均屬用戶內線系統設備，7、8屬正常增長等，將其做大分類歸屬更能清楚問題，另統計數字後能加上佔比百分數，如1~4即佔約3成，即可明顯看出管理方向。	（二）已依委員建議重新整理並修改表單呈現內容。
（三）圖3.4.1-4標示”抽水馬桶”是否為”抽水馬達”之誤植？	（三）誤植部分，已依委員建議修改。
（四）部分案例未說明明確之節水成果，如行政機關G、H松山區大樓、I天母公寓，原因為何應說明清楚，不宜用	（四）本研究係協助發生用水異常的關學校或用戶縮小異常發生範圍；但要再更進一步縮小發生區段，機關學校或用

加強巡查作為結果。	戶持續參與的配合度及積極改善程度很重要，後續許多較無成效案例，大多係機關學校、用戶改善意願低，或態度消極所致，故僅能完成初步的評估，後續僅能已告知注意事項。
(五)圖4.1.H-2所示的中繼水池是否為舊有之受水池?如是，請修正；另舊有之受水池容易有漏水及溢流之情形，是否有確認?	(五)謹就左列意見，說明如下： 1. 中繼水池是舊有之受水池，會於期末報告修正。 2. 據了解，受水池採自動重力流至地下室水池，因此應無溢流情形，因用戶配合度且用戶不甚了解用水設備，因此暫無進一步動作。
(六)圖4.1.H-2所示的中繼水池是否為舊有之受水池?如是，請修正；另舊有之受水池容易有漏水及溢流之情形，是否有確認?	(六)謹就左列意見，說明如下： 1. 觀察當時(00:30)受水池(中繼水池)與地下水池水位應非處於高水位，溢流可能性不高。 2. 因用戶不了解用水設施，有提醒可能是消防問題。
(七)聲音感測器是否可以偵測小流量的管線漏水傳遞聲音，如可以則可以用廁所的支管來測附近的漏水情形(如積分式測漏儀)。	(七)本研究採購聲音感測器為簡易型，後續會評估採購與使用。
七、謝素娟委員	
(一)本研究報告所提出的初步結	(一)感謝委員的肯定。

論已歸納出機關學校可能漏水態樣及透過水位、溫度、濕度感知元件及系統分析對用戶產生實質助益，值得肯定。	
(二)依第95頁「4.3小結及結論」其中第二及第八點提到中繼水塔、水池或水塔是否相通影響資料判讀，增加用水異常區域分析之困難度，又管線間應否有開關將影響量測的效果，請教現行法規是否有設置相關連通管線或設備應設置開關之規定？	(二)查目前法規對於連通管線或設備並無規範應設置開關之規定。
(三)本案已測試的多個個案，成效良好，也使用水量明顯減少，找回水資源，建議除了找回的水量及節省的水費，可否將投入成本一併納入分析，以瞭解整體的成本效益。	(三)對於有修妥之案例，已請單位配合協助提供單據，並撰寫於報告中。
(四)依期中報告審查意見回覆第1及第2頁提到每個水池或水塔感測元件建置成本不高（約600元），加上電池設備容量約可供檢測5~7天，且可重覆使用，想請教未來是否考慮申請專利，對於其他自來水事業單位辦理計畫性停水設置之加水站加水桶（1噸	(四)本研究小組係同仁利用晚上自費上課學習感測器元件製作，網路上亦有相關範例，申請專利可能性不高。另對於計畫性停水設置之加水站加水桶（1公噸或2公噸）水位量測，因加水站為臨時性裝置，可應用本水位計裝設於加水桶，於低水位時儘速補水，避

或2噸) 水位量測是否有適用之可行性?	免影響民眾取水。
---------------------	----------

研究計劃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. 本案調查方式為普查或選樣進行調查？學校機關之配合方式？在執行前宜先確定。	本計畫係以選樣進行調查，針對已裝設智慧水表之水栓為原則，篩選異常水栓（如連續假期之放假期間如凌晨0至6時有進水）之機關學校為輔導對象，進而與學校聯繫，因北市府針對機關學校有訂定節水目標，因此，各機關學校接獲北水處通知後，大多表示範圍太大，找不出原因，或是有接受水電商建議更換管線，惟無具體成效，因此對於北水處節水輔導及裝設水位計持正面態度，目前對於異常學校節水輔導作業分工如下： （一）北水處初步了解智慧水表進水時序圖、了解水池水塔等用水設備後，再視情況裝設水位計（一般感測時間為1-3日）。 （二）機關學校拆除水位計，並送至北水處。 （三）北水處分析後再將結果提供機關學校參酌，以辦理改善等後續事宜。
2. 感測元件裝設及數據傳輸費	感測元件建置成本不高（約600

用如何分攤？未來維管責任區分？在執行前宜有所考量。	元)，且可重複使用多個機關學校，因此目前暫無費用問題。
3.”異常樣態分析”需要累積足夠資料才能進行，以本計畫來看，需要調查多少機關、學校才有足夠資料？	本計畫預定以20-30個案例，進行統計分析案例數據，歸納並統整一個判斷準則，以提供後續案例參考。
二、張順莉副主任委員	
氣候變遷下，台灣乾旱從10幾年一次，變成2、3年就會發生，缺水危機已成為必須面對的新常態。除了短期因應，亦須做長期準備，其中之一即是節約用水。本案係導入物聯網應用，有效提供異常用水判斷資訊，以利及時進行改善，甚具研究價值。	北水處除例行性辦理家戶節水、社區節水推廣活動、大用水戶輔導使用智慧水管家、國小學童節水教育及各媒體平台節水宣導外，將持續導入感測元件及應用物聯網，進行數據分析進而提供異常用水判斷資訊。
三、林孟珠委員	
針對本案自設程式及感測器、振動感測器等，物聯元件連結分析縮小機關學校漏水區域偵測協助機關節水，如何突顯系統容納資料量最大量？如何保持系統分析正確性？提供有效的效益分析？以達到本個案分析結果複製至各機關學校的節水推動，日後如何推動，應再補充說明。	1.本研究案自製之感測元件，囿於現場環境等因素，係採行動電源（非台電），約可量測5-7日，依目前實測經驗，大部分異常學校僅需量測1-3日即可獲取相關用水資訊，縮小異常區域，之後再視現場狀況，輔以測試開關或安裝震動等感測元件，進一步縮小至某一支管線，有助後續巡查或縮小換修成本。

	2.基於即時與機動性，北水處目前計有2種水位感測器，感測前數據均有實際確認。 3.為持續擴大應用，北水處已規劃於每年度第3季舉行教育訓練，提供機關學校學習，若有需要可與北水處聯繫與協助（110與111年已舉辦4場次）；未來將持續透過現場輔導，辦理觀摩進行教育訓練與傳承。
四、李慶興委員	
1. 水資源非能源，具有在地性，亦受天候環境變化之影響，節約用水已是道德問題，非商業、消費行為而已，故建議除鼓勵機關學校節約用水外，應列入考核評比，表彰具有推動成效者，亦相對懲罰推動不力者，以加速節水成效。	為積極推動節約用水，北市府自103年起訂定推動計畫與目標，每4年滾動檢討與修訂計畫，同時依節水成效優劣訂有獎勵懲處等規定，統計府屬機關學校111年1至12月用水量與107年同期比較，減幅逾10%，達成年度目標（2%）。
2.有關機關學校用水設備水池、水塔及內線，發現漏水情形後，裝置物聯網感測元件之人力、經費之規劃請補充說明於本計畫，以突顯其可行性。	目前感測元件由北水處自行建置，1個感測器成本約5-600元，感測時間約1-3日，感測器能重複使用，裝設方式以吊掛方式，安裝1個時間短（約5-10分鐘），目前由北水處安裝與資料分析，機關學校拆卸及交還感測器，經北水處分析後提供機關學校進行後續改善事宜。

五、董書炎委員	
1. 本計劃係應用感測元件等科技設備，收集各項數據作為管理分析，研究成果可為未來機關學校內線設備漏水管控，是很有亮點的題目。	感謝指導。
2. 本計畫係以機關學校節約用水推動機制及用水設備異常態樣之分析與探討，但從計畫內容看來比較強調用水設備檢漏管控，建議亦能多加說明節約用水推動部分。	為積極推動節約用水，北水處就家庭、社區、大用水戶、國小學童及機關學校提供客製化節水服務。北市府並自103年起訂定推動計畫與目標，每4年滾動檢討與修訂計畫，同時建立公共用水平台，除提供各機關學校掌握用水量外，對於異常水栓亦要求1個月內巡查及回報異常原因，前揭用水量資料亦公開民眾查詢，以期透過外在監督提升機關學校積極處理，管控機制亦將於研究報告一併說明。
3. 機關學校用水異常檢測建議界定範圍或戶數。	本計畫係針對已裝有裝設智慧水表之府屬機關學校（目前約2,500栓），篩選異常水栓（如連續假期之放假期間如凌晨0至6時有進水）之機關學校為輔導對象。
4. 改善機關學校內線設備漏水，最後終究會面臨老舊汰換更新，因此可適時建議機關學校對於逾齡管線設備尋求經費	目前北市學校多屬老舊，囿於經費預算，很難大幅汰換管線，在此前提下，市府教育局的態度即只要學校能縮小異常範圍，該局

或編列年度預算改善。	會考量經費額度與評估可能成效後給予補助，此與本研究案之主要目的與成果相符，期在經費有限情形下，使得資源投入能獲得最大效益。
六、許敏能委員	
1.感測器回傳至雲端平台之數據資料，是否涉及資安問題？	水位計僅記錄水池水塔水位，並非針對某戶（人），加上感測資料大都記錄於記憶卡，無涉及資安問題。
2.感測器在現場須放置多久？多少時間可以完成異常偵測判斷？發現異常範圍後續之因應方式為何？	目前感測元件由北水處自行建置，感測時間約1-3日，透過資料分析，依目前實證案例，大都能找出異常區域。
3.機關學校承辦人員是否有能力安裝感測器設備？	感測器裝設方式以吊掛方式，安裝1個時間短（約5-10分鐘）且容易，經現場示範及說明後，目前已有數個學校人員也能安裝，另北水處已規劃於每年度第3季舉行教育訓練，提供機關學校學習，若有需要可與北水處聯繫與協助（110與111年已舉辦4場次）；未來將持續透過現場輔導，辦理觀摩進行教育訓練與傳承。
4.電池耗能是否能夠滿足感測器回傳應用？	北水處自製之感測元件，囿於現場環境等因素，係採行動電源（非台電），大約可量測5-7日，依目前實測經驗，大部分異常學校僅需

	量測1-3日即可獲取相關用水資訊，縮小異常區域，之後再視現場狀況，輔以測試開關或安裝震動等感測元件，進一步縮小至某一支管線。
七、謝素娟委員	
1.北水處在家戶節水計畫，深入家戶及機關搭配智慧水表時序的分析及警示，在用戶端節水成效佳，值得肯定，也因深入用戶端，改變水公司只負責外線的思維，以全面水平衡概念，來節水與有效利用水資源值得肯定。	謝謝指導。
2.計畫中研究內容二(五)必要時輔以安裝濕度、震動與聲音等感測器是指在水塔上裝？或其他用水設備？	濕度感測器目前測試係安裝於水池水塔之溢流孔處（若溢流孔非外顯示，則將感測器放置於水池水塔內溢流孔相對高度處），另震動與聲音等感測器則安裝於馬達或管線附近，以協助掌握馬達、管線動作情形。感測原理及安裝情形說明於第3章內。
3.計畫內容主要在探討水池水塔水位的量測及感測器的運用，建議應在題目”機關學校節約用水推動機制與用水設備異常態樣之分析與探討”中聚焦研究或者要更加擴展計	本計畫主要目的為： 1.預計累計20-30個案例，進而統計分析案例數據，歸納並統整判斷準則，提供後續案例參考。 2.縮小異常區域，加速找出異常原因進而汰換，此也能大幅減

畫內容。	少改善經費，期在經費有限情形下，使得資源投入能獲得最大效益。
4.計畫執行期程表可再補充。	依委員建議計畫執行期程表會再於報告中詳細補充與說明。
八、楊境維委員	
1.建議加入高地社區等大用水戶納入研究態樣。	本研究案會視情況加入高地社區等大用水戶案例。
2.可針對A M R部份在研究目的多加著墨。	本研究案針對AMR進水時序與水池水塔水位變化加強分析，找出可能異常區域。

第一章、前言

1.1、研究緣起

全球暖化與極端氣候影響加劇水資源危機，水資源管理已為世界重要課題、國際永續指標之一；台灣因特殊氣候地理環境，地形陡峻及降雨量分佈不均等因素，人均可分配水量不及世界平均值的五分之一，名列全世界缺水國家之一，109 年底至 110 年初缺水危機，加上疫情衍生之防疫用水，更彰顯了水資源的重要性。

為有效進行水資源管理，行政院於民國 83 年 2 月核定「節約用水措施」，並提出「提高用水效率與效能」及「健全用水管理與制度」兩項政策總目標，明定「效率管理」、「獎勵優惠」、「修訂法令」、「合理水價」、「教育宣導」五大推動策略；緊接著陸續推動「推動節約用水措施實施計畫」、「推動節約用水措施第二階段實施計畫」、「挑戰 2008 國家發展重點計畫-積極推動節約用水計畫」、「2008 年~2012 年積極推動節約用水計畫」及「中長程工業用水發展政策綱領實施計畫」等施政計畫，經由中央、地方政府戮力推動，已取得良好之初步成效；另為因應氣候變遷造成的水情變化影響，近年則訂定「節約用水常態化行動方案」，從民生用水、工業用水與農業用水等，制定短中長期政策目標，遵循經濟部所擬「建構智慧管理水資源政策」之政策架構，讓節約用水的角色由因應枯旱的緊急措施，轉型成為建構水資源永續的常態作為。

在民生用水節約作為上，經濟部水利署有鑑於機關學校用水量高於一般民生用水戶，是率先推動節約用水的重點對象，因此，從「用水管理」、「用水減量」、「雨水貯留利用」和「水回收再利用」等概念思考，由左至右為建議考量推動節水之優先次序，並因應機關學校所處地理環境、水源供應與政府水資源開發利用整體策略等實際狀況，推動不同作為，循序漸進由中央到地方，有效達成開源節流之成效；在上述 4 類措施中，又以用水管理成效最為顯著，也成為現今節約用水推動重點項目。

臺北市政府（以下簡稱北市府）由臺北自來水事業處（以下簡

稱北水處)擔任節約用水推動單位,分別從防漏與節水兩方面著手,自 95 年起推動「供水管網改善及管理計畫」改善給水外線漏水問題,已有相當成效。對於節水方面,北水處自 96 年開始推行節水,持續從家庭、社區、學校與社會等 4 個構面加強宣導與推廣,透過各種管道宣導節水訊息,提升民眾節水意識;節水服務部分,由於用戶在內線設備、用水型態及服務需求不同,因此北水處採取「分眾服務」的作法,將用戶區分為家戶、用水量千度以上之大用戶、機關學校等 3 類,分別提供「家戶節水到府服務」、「大用戶智慧水管家」及「機關學校用水管理」等 3 種差異化的用戶內線服務:

一、家戶節水到府服務

家庭中每日用水量雖然較小,但用戶數是最多(以北水處轄區統計,逾 60%屬家庭用戶),北水處初期節水政策以宣導為主,自 96 年起實施「家戶節水計畫」,用以強化民眾節水知能,另因國內水價單價偏低,故水費支出占國民所得比率低,加上一般家戶普遍缺乏家中用水設備檢修知能,因此北水處於 105 年推動家戶節水到府服務,除了維持檢查水表計量外,並增加進入用戶家中協助節水及檢驗水質。

二、大用戶智慧水管家

大用戶每月用水量動輒千度以上,北水處自 104 年度起針對新建公宅、月均量千度大用水戶、月均量 1 百度以上府屬機關學校及新建案,積極建置智慧水表,智慧水表可自動回傳連續密集的用水量資料,透過「智慧水管家」系統,用戶可以透過此資訊平台自行設定合理的用水標準,之後即可收到用水異常的警示服務,方能讓用戶及早發現及早檢修,避免水資源白白浪費,達到減少耗水及水費損失的目的。

三、機關學校用水管理

機關學校為用水密集場所,必須定期統計分析用水量,並協助用水量管控及異常事件管理。故於 107 年建置公共場所資訊開放平臺,提供用水量統計分析並開放查詢。

經由前述各項服務，尤其是智慧水表之建置，不僅協助用戶發現用水異常與改善漏水，透過「智慧水管家」系統更能有助於用水管理，且有具體節水成效，深受用戶肯定。這也使得 110 年初中南部的缺水危機臺北地區未受限水影響，更有餘力增加支援台水轄區。

依北水處節水服務經驗，機關學校因用水區域廣泛、內線水管線路長、用水單元區塊多等因素，若發生用水異常，需耗費許多時間巡查檢修，且難以發現，是目前較不易改善或處理的部分。且機關學校水管管徑大、用水量遠高於一般家庭用戶（統計北水處 110 年轄區機關學校用水栓數 4,860 栓，約占 0.3%，每日用水量卻高達 5.3 萬公噸，約占 6%），一旦發生用水異常或漏水，影響程度更大。故如何在短時間內且用經濟的方法有效縮小用水異常區域，是改善漏水狀況的關鍵，也是本研究主要核心目標。

1.2、研究目的、流程與方法

依北水處用水異常複查的輔導經驗，異常原因除水管管線本身外，水池水塔本體、控制系統以及用水設備（如馬達）等故障亦是常見問題，故相對應的檢測方式亦有所不同，其中掌握水池或水塔水位變化，對於巡查用水有無異常是很重要的判斷關鍵。依前揭服務經驗，勘查 1 個水池水塔需花費很多時間，若有數個水池水塔更增加巡查之困難度。因此本研究期望透過北水處智慧水管家所提供之用水資訊、搭配小區計量手法與物聯網感測元件之建置，蒐集與分析用戶水池水塔水位變化，同時並針對現場背景條件，輔以裝設濕度、震動與聲音等各式感測器，判斷社區大樓或機關學校等建物之用水異常區域，縮小查漏範圍。另一方面，亦期望能透過各項數據之收集及分析，了解自來水供水與水池水塔水位間之變化規則，逐步統整各式異常用水態樣，並建立判讀模組以提升日後分析效率，使得人力及資源均能用在刀口上，達到內線用水改善，及資源運用最大效益。

本研究流程作法與重點說明分列如下，研究流程如圖 1 所示。

- 一、機關學校等大用水戶用水與異常分析等論文文獻回顧、常見用水設備簡介與傳統查漏作法。
- 二、近年物聯網與感測元件簡介，感測元件組裝、線路與程式設計。
- 三、感測器裝設、資料蒐集與數據資料分析。
- 四、整合與繪製各水池水塔水位時序圖，藉由時序圖判斷用水異常可能時段與區域，若用戶尚未安裝智慧水表，則記錄感測期間起訖點之水表讀數，應用於水平衡分析，以協助聚焦用水異常區域。
- 五、透過個案資料分析，統整水位變化態樣，進而研擬可能之判讀模式。

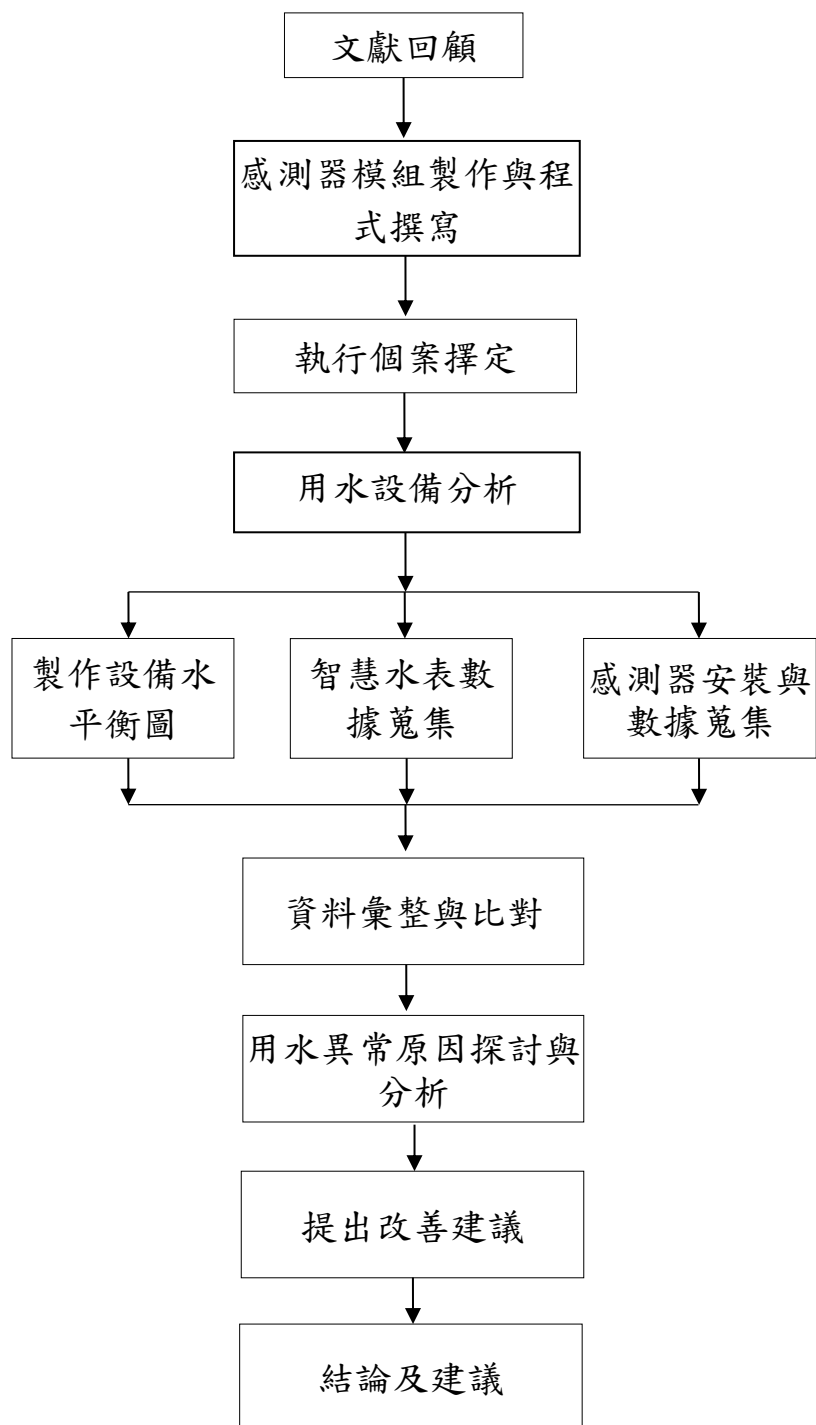


圖 1 研究流程圖

六、研究方法：採以下方式推估與分析

(一) 水池水塔水位分析：一般而言，用戶內線主要包括水表、管線 A（總表至水池管線）、水池、管線 B（水池至水塔管線）、水塔以及管線 C（水塔至馬桶等用水設備）（如圖 2），異常用水區域判斷方法如下述：

1. 若總表指針一直轉動，顯示自來水一直進水，一般而言水池水位應相對提升，若無明顯提升，可能係管線 A 或水池本體有問題，或是有溢流情形（若水位居於高水位）。
2. 水池水位下降、水塔水位卻未明顯升高，可能係水池本體、管線 B 或水塔本體有問題，或是有溢流情形（若水位居於高水位）。
3. 下班（課）或例假日等無人時段，水塔水位下降，可能係管線 C 有問題。
4. 以下圖為例，若無人期間假設水塔 2 不間斷穩定下降，顯示水塔 2、及其之後管線 C 及相關馬桶等用水設備（如紅色虛線區域）可能有異常。如此一來，即可縮小異常可能區域，大大降低巡查時間與人力。



圖 2 常見機關學校用水系統架構圖

(二) 水平衡分析

所謂水平衡，就是指 1 個用水單元在一定期間內輸入水量 (I) 應該要等於輸出水量 (O)，若輸入水量 (I) 大於輸出水量 (O)，可能存在漏水等異常情形。

一般而言，要掌握分析水平衡，可於欲評估區域之輸入、輸出端裝設水表計量，即可評估水量，相關情境可分為：

1. 評估區域內無儲水設備水。

(1) 單一進出水端 (如圖 3)：

$$\text{輸入水量 (I)} = \text{輸出水量 (O)}$$

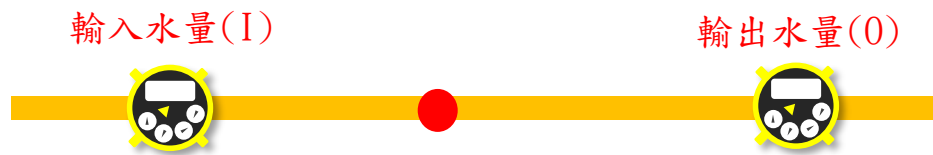


圖 3 用水平衡圖-單一進出水端且無儲水設備

- (2) 多個進水端與出水端 (如圖 4)，則此時輸入水量 ($\sum_{i=1}^n I^i$) = 輸出水量 ($\sum_{i=1}^n O^i$)。

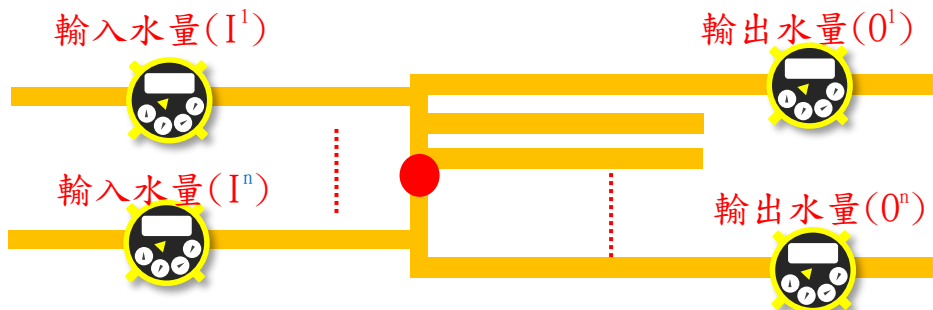


圖 4 用水平衡圖-多個進水端與出水端且無儲水設備

2. 評估區域內有儲水設備：若欲評估區域中有儲水設備，如水池 (P)、水塔 (T) 等，則評估水量時，除計算期間進出水量外，尚須加上儲水設備期間儲水量之差異 (可由水位計算) 上升或下降之量，針對常見之境分為：

- (1) 單一進出水端 (如圖 5)，則此時

$$I - (P_2 - P_1) = O$$



圖 5 用水平衡圖-單一進出水端且有儲水設備

(2) 多個進水端與出水端，評估時有可分為：

- 模式 A (如圖 6)，則此時 $I = \sum_{i=1}^n (P_2^i - P_1^i) + \sum_{i=1}^n O^i$

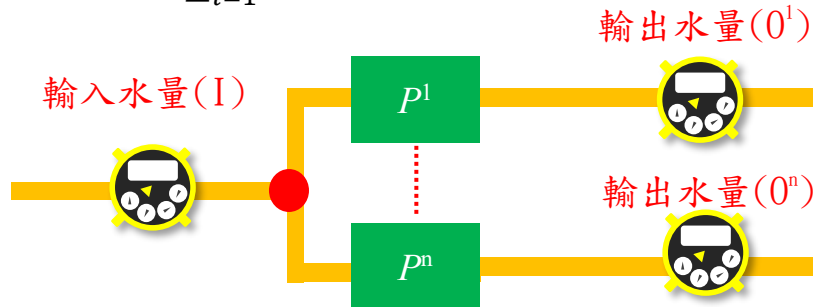


圖 6 用水平衡圖-單一進水端與多個出水端且有儲水設備

- 模式 B (如圖 7)，則此時 $I - (P_2 - P_1) - (T_2 - T_1) = \sum_{i=1}^n O^i$

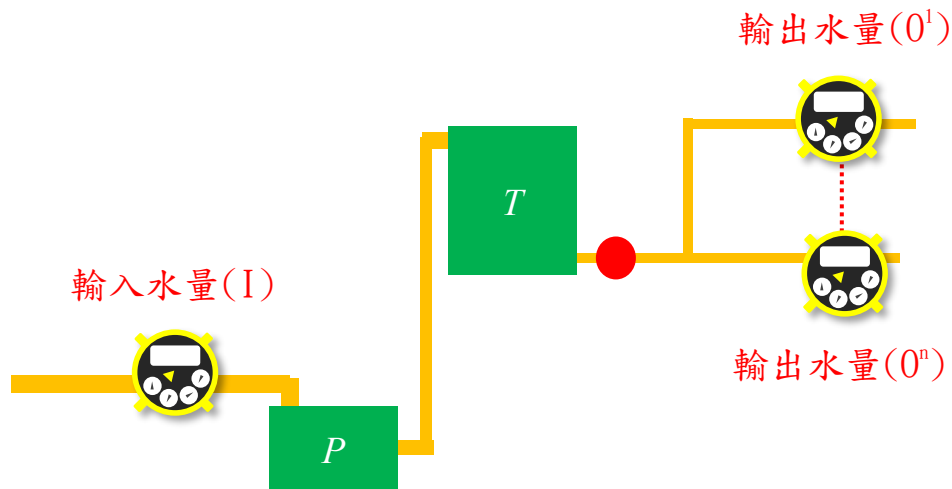


圖 7 用水平衡圖-單進水與多個出水端且有儲水設備

對於機關學校而言，除了總表之外，用水區域內大部分無設置水表計量，若要評估水平衡時，可衡量水池或水塔之水位差異，推估計算水池水塔之進水量：

(1) 模式 A : $I = P$ (如圖 8)

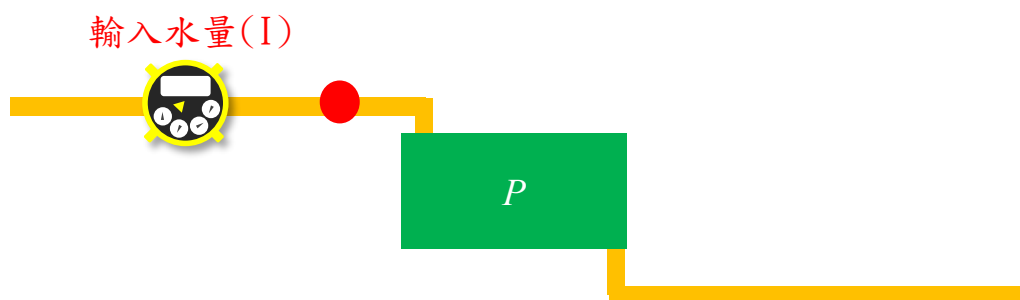


圖 8 用水平衡圖-模式 A

(2) 模式 B : $I = \sum_{i=1}^n (P^i)$ (如圖 9)

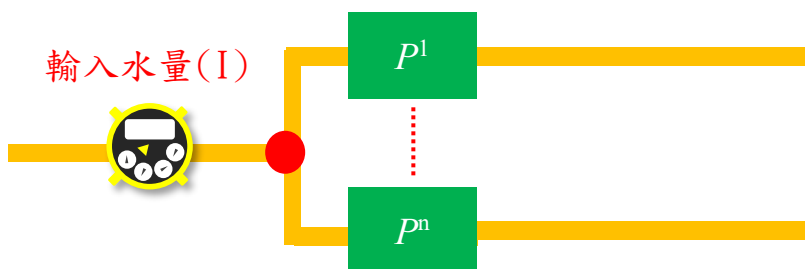


圖 9 用水平衡圖-模式 B

(3) 模式 C : $I = P^1 + (P_2^1 - P_1^1) = T^1$
(如圖 10)

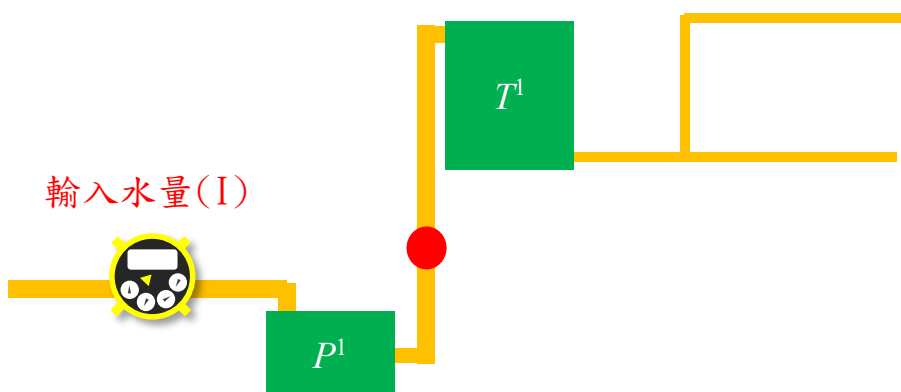


圖 10 用水平衡圖-模式 C

備註:

- I_1 、 O_1 、 I_2 、 O_2 : 進水與出水端水表於時間點 1、2 之

指針度數。

- $I = (I_2 - I_1) \cdot O = (O_2 - O_1)$ ：進水與出水端水表於時間點 1、2 之間進水量。
- P_2^i 、 P_1^i ：水池 (P) i 於時間點 1、2 之蓄水量
- P^i ：水池 (P) i 於時間 2 與時間 1 之進水量
- T_2^i 、 T_1^i ：水塔 (T) i 於時間點 1、2 之蓄水量
- T^i ：水塔 (T) i 於時間 2 與時間 1 之進水量

1.3、研究範圍與限制

本研究以北水處供水轄區之用戶為範圍，資料來源為北水處水費水表營收系統、大用戶智慧水管家系統、公共場所用水平台等系統，但用水設備內線涉及用戶私人領域，故對於用水異常原因之分析有下列限制：

- 一、無水池水塔之直接用戶，可透過水表直接查漏（如北水處家戶節水到府服務作業規範），基本上無須再裝設相關感測元件。
- 二、游泳池大都有獨立水表，大都採直接供水，加上游泳池運作模式有許多型態（如循環系統等），本研究暫不納入游泳池用水。
- 三、原則上以有裝設智慧水表為原則。
- 四、基於安全，用戶水池水塔若有安全疑慮，則不安裝感測器。
- 五、感測元件所需電源，考量若採用市電，需再拉電線，較耗費時間與經費，因此以電池（或行動電源）為主，另考量電池容量有一定限制，因此感測元件時序記錄最多以 5 天為原則。

1.4、本研究預期研究成果

- 一、了解物聯網感測元件，分析評估與應用於自來水設施設備。
- 二、精進機關學校用水管理機制與用水異常標準作業程序。
- 三、透過感測器觀測水池水塔水位變化與數據資料（必要時再視現場情形裝設其他感測元件），進一步與智慧水表之用水分時趨勢圖比較分析，找出可能用水異常態樣與原因，統整水位變化態樣與判讀模式，提升分析效率。
- 四、感測器日後可應用於機關學校或社區使用（可提供相關使用之教育訓練），藉由水池水塔水位資訊，有助縮小異常區域、進而集中資源改善可能之漏水情形。

第二章、文獻回顧

2.1、機關學校用水管理

2.1.1、經濟部水利署推動機關學校節約用水政策研議

經濟部水利署推動機關學校節約用水，從用水管理、用水減量、雨水貯留利用和水回收再利用等四個面向出發（如圖 11），其中機關學校透過用水管理手段達成節水的空間尚很大，只要進行有效的操作改進或管理工作便可有顯著之成效；相對的，利用管理途徑來達成節約用水之目的，在經濟成本上也是最低的。同時於既有建築物或新建工程中，規劃裝設（換裝）省水器材，來達到用水減量之目的，並評估設置規劃雨水貯存槽收集雨水或以雨水和生活雜排水回收併用，來替代沖廁用水或澆灌用水等次級用水，減少對自來水之依賴，以達到全方位節約用水之目標。

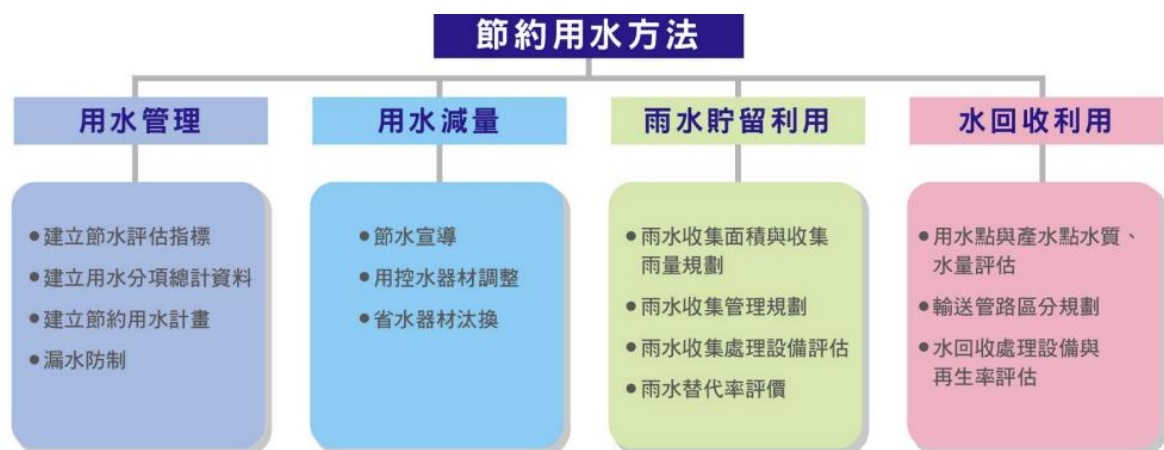


圖 11 節水方法概念圖

以下就各概念之推動政策簡述說明：

一、用水管理

（一）用水資料之清查：

1. 裝設水表：透過裝設水表直接了解用水情形，經濟部水利署建議安裝水表原則最好是依用水類別，如洗手水、廁所沖洗用水、廚房用水、游泳池用水及澆灌之雜用水等分門別類各裝設一個水表。不過這件事理論

上容易，實際上是很難的，因為水管並不是這麼清楚的區分著，變通的方法是至少每一棟獨立的大樓應裝設一個水表，如此一來，樓與樓之間可依據樓地板面積、學生用水人數來作統計比較，有不合理的用水情形，便可分別檢討尋求節水對策。

2.水平衡圖繪製：依照水表的紀錄，很容易便可依各單位的用水特性做成如下的水平衡圖，了解整個用水情形，以評估具潛力的節水點，例如以用水用途區分之水平衡圖（圖 12）及以樓別、場所區分之水平衡圖（圖 13）。

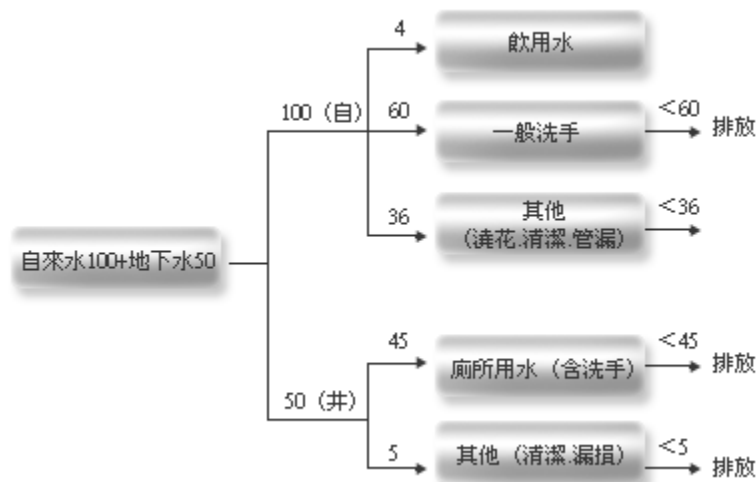


圖 12 用途別區分之水平衡示意圖

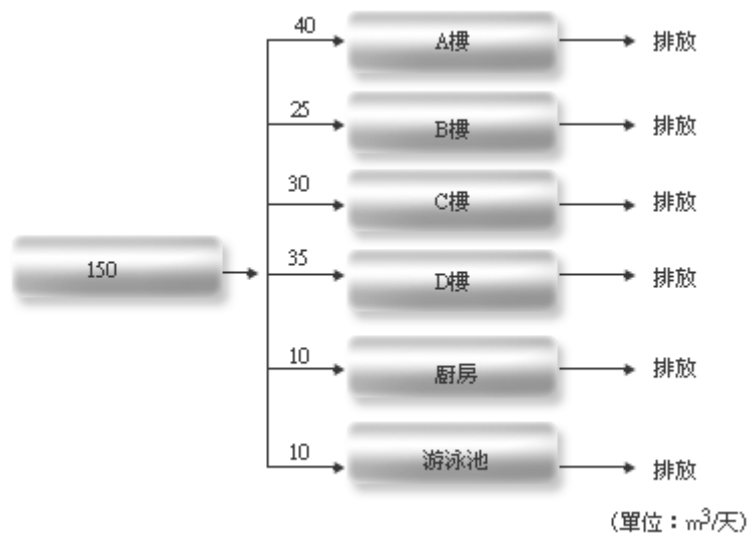


圖 13 場所別區分之水平衡圖示意圖

3.評估具潛力之節水點：將水表的紀錄資料、水平衡圖拿來與目前國內外類似單位的用水量，如下表之合理用水指標比較對照，將可了解節水潛力之所屬及規模。

（二）用水系統的管制與維護措施

用水系統的管制與維護措施係指加強或改變用水系統的管制、維護措施，以求節約用水，例如

- 1.指定專人每日下班前檢查各處水龍頭是否關好。
- 2.加強管線檢查與維護，包括組織節水小組定時檢查各項用水設施。
- 3.每月統計用水量並與上月用水量比較，以利督促學校節約用水。
- 4.妥善規劃校園灌溉之時間及用水量。

二、用水減量：就行政機關而言，主要用水點集中在沖廁、一般沖洗及飲用，其餘用水點包括庭園澆灌、冷卻水塔用水及員工宿舍用水等。而學校主要用水點為沖廁、一般沖洗、飲用、及校園綠地澆灌，此外部分學校擁有游泳池及廚房用水。這些用水點的改善，可透過節水宣導活動、省水器材之換裝與使用等手段，達到節約用水目標。

三、雨水貯留利用：雨水貯留供水系統係將雨水以天然地形或人工方法予以截取貯存，主要是以屋頂、地面集流為主，適用在農業灌溉上或做為工業、民生用水之替代性補充水源，其他用途如消防用水與降低城市暴雨洪峰負荷量等多目標用途，以下另分章節詳述系統建置概要。

四、水回收再利用系統：水回收再利用是指有計畫將使用過的水，加以引導、儲存或簡單處理後，再度使用。生活雜排水再利用系統係指將建築基地內的生活雜排水（如洗澡水、洗手水、洗碗水）匯集處理控制後，達到一定的水質標準，能在一定範圍內重複使用於非與身體接觸用水、非飲用之回收水處理

系統（如圖 14）。

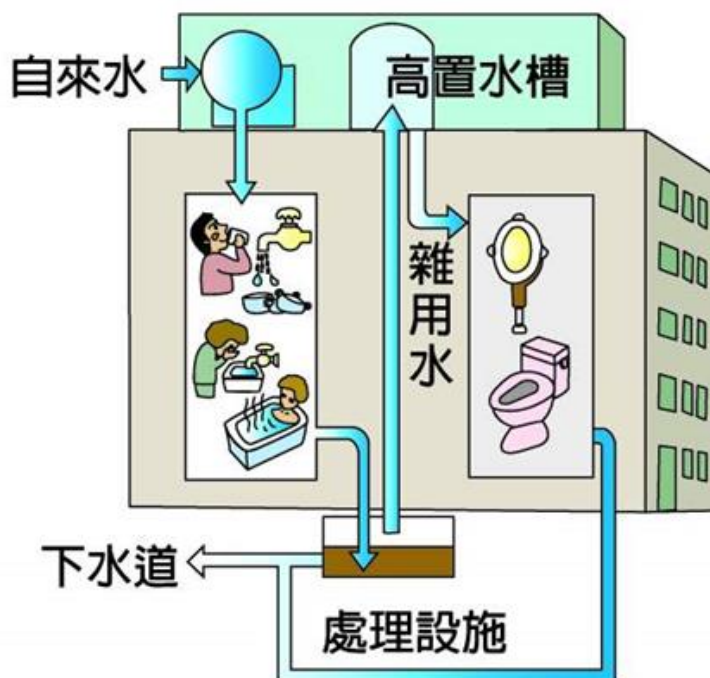


圖 14 水回收再利用示意圖

2.1.2、機關學校用水因子與異常原因探究

北水處自 96 年起實施「家戶節水計畫」，針對家庭、大用水戶與機關學校等類別規劃相對應之節水作為，其中府屬機關學校平均月用水量少則 100 度，高則千度以上，為用水密集場所，倡導節水最易收效，加上政府機關學校有帶頭示範效用，是極須推動用水管理的用戶群；然機關學校多屬直接供水用戶，因腹地廣大、內線管線長，如有漏水情形常不自知，因此，須先了解不同類型場所之用水影響因子，以利於排除業務用水影響，進一步判別是否有異常用水情形，以提高評估效率。

依北水處 109 年分析各類別機關學校用水類型，其影響因子與相關係整理如下表：

表 1 機關學校各類別用水因子分析一覽表（106/7-109/6）

類別	用水因子分析
捷運類	1. 用水影響因子為旅客人數、氣溫，且呈正相關性。 2. 例假日及國定假日運量較上班日為低，相對用水量較低。 3. 捷運站體類型因空調用水因素，地下式、地上地下式站體捷運站人均用水量較地上式為高，夏天用水量會較冬天用水量為高（約增加 30-50%）。 4. 部分捷運站（如終點站等）有其他附屬設施或功能（如停車場、轉運調度、車廂清洗或維護等）、或旅運量未達規模，人均用水量會高於其他捷運站。 5. 疫情影響：雖場所加強環境清潔以及旅客增加洗手頻率，導致人均用水量較非疫情期間為高，但因民眾為避免群聚、減少外出或改為自行開車，導致旅運量降低，故總用水量並未隨之增加。
醫院類	1. 用水影響因子為人數（員工、病患人數及探病家屬）、氣溫，且呈正相關性。 2. 週一至五上班日用水量較高。 3. 夏季因空調、清潔與消毒等因素，用水量較冬季為高（空調等用水，夏季期間較冬季高出 30-50%），傳統節慶（農曆春節等）因假期、民俗等觀念，服務量較低、相對總用水量也較低。 4. 疫情影響：醫院屬重要防疫地區，相對增加環境清潔等用水，加上病患增加洗手等頻率，用水量亦會增加，因此用水量與人均用水量並無明顯變化。
公園類	1. 用水影響因子為降雨量、遊客人數、植栽面積、是否設有生態池、噴水池等設施，惟公園屬開放空間，遊客人數不易掌握，用水量較有不確定性。 2. 降雨量與降雨天數多寡會影響公園用水量，統計顯示呈負相關性；植栽面積則呈正相關性。 3. 夏季因日曬等因素，約增加 10-15%之澆灌等用水。 4. 一般多元性公園（生態、都會廣場）因舉辦活動、用水設施（如廁所）較多等因素，用水量較鄰里公園為多。 5. 疫情影響：民眾減少外出、出遊意願，進而減少使用公廁等次數，致疫情期間之用水量較非疫情期間為低。

類別	用水因子分析
焚化廠類	1. 主要影響因子為焚化量，且呈正相關性，雨量與溫度部分則無明顯相關。 2. 定期機組巡檢或大修期間用水量較低。 3. 疫情影響：未因疫情影響導致垃圾處理或用水量增加情形。
動物園	1. 用水影響因子為遊客人數、氣溫、雨量、飼養動物種類與數量，遊客人數呈正相關，降雨量呈負相關，氣溫呈正相關。 2. 冬季平均遊客人次較夏季為多，惟夏季（5-11月）用水量較冬季為高（增加比率約達20%），原因包括日曬天數較多致栽植澆灌、水池補水等增加，另空調用水因溫度也增加。 3. 例假日及國定假日遊客量較上班日高，相對用水量也較高。 4. 疫情影響：雖場所加強環境清潔以及旅客增加洗手頻率，導致人均用水量較非疫情期間為高，但因民眾為避免群聚、減少出遊意願，遊客量降低，總用水量並未隨之增加。
學校類	1. 用水影響因子為教職員工生人數、植栽面積、是否設有生態池、噴水池等設施，其中用水人數呈正相關，溫度與雨量無明顯相關性。 2. 一般學校（不含附設餐廳或泳池）人均用水量最低，附設餐廳之學校次之，附設泳池之學校最高。 3. 寒暑假期間若未舉辦活動或施工，用水量最低。 4. 疫情影響：場所加強環境清潔、師生增加洗手頻率，然因全國學校為避免群聚感染，較去年延後2週開學，加上游泳池暫緩開放等因素，故疫情期間（以109年3-4月為基準）總用水量並未隨之增加。
行政機關類	1. 用水影響因子為人數與氣溫，由於機關多屬開放、合署辦公，各時段洽公民眾人數不易掌握，惟以捷運或動物園等類別推估，應呈正相關性，溫度部分亦為正相關性，雨量則無明顯相關性。 2. 例假日無洽公與上班，用水量較上班日為低。 3. 疫情影響：場所機關加強環境清潔、民眾增加洗手頻率，用水量有增加情形。

資料來源：府屬機關學校用水因子與異常原因探究分析（本研究重新整理）（蘇啟祥等人，2020）

此外，為進一步了解用水因子與用水異常間之關聯情形，依北水處統計106年7月至109年5月各機關學校於「公共場所用水設備定期維護 OPENDATA」平台所填報用水異常原因之1,444

筆紀錄(表2)，可發現學校類374栓中計有559件紅燈訊號，件數與比率最高，可能係北市學校多有一定歷史、老舊建築比率較高，加上歷經多次地震等天災影響，發生漏水比率也較高，另許多學校場地亦屬社區活動空間，因活動等因素導致用水量異常也較高(99件)；公園類因氣候因素致增加植栽澆灌用水比率最高，另部分公園老舊水管致漏水案件次之，捷運公司漏水件數不高，反而因運量逐年增加提高用水量占比最高(83%)。

表2 機關學校填報用水異常原因統計表(106/7-109/6)

類別(栓數)	用戶內線問題				一般正常(因業務或特殊使用)				氣候、疫情等因素				其他
	馬桶、廁所等用水設施損壞或漏水	水池水塔(泳池、景觀池等)損壞或	管線或用水設備漏水	水龍頭等相關用水設施損壞或漏水	環境清潔用水	清洗水池水塔	用水人口、業務量或運量增加或辦	增加用水設施、範圍	施工用水	植栽澆灌用水	氣候因素	疫情因素	
小計	443 (30.7%)				736 (51.0%)				242 (16.8%)				23 (1.6%)
A學校(374)	26 (4.7%)	72 (12.9%)	126 (22.5%)	12 (2.1%)	66 (11.8%)	1 (0.2%)	99 (17.7%)	7 (1.3%)	68 (12.2%)	29 (5.2%)	2 (0.4%)	44 (7.9%)	7 (1.3%)
B一般機關	7 (2.8%)	5 (2.0%)	50 (20.1%)	9 (3.6%)	21 (8.4%)	0 (0.0%)	99 (39.8%)	12 (4.8%)	13 (5.2%)	7 (2.8%)	6 (2.4%)	13 (5.2%)	7 (2.8%)
C公園處(717)	0 (0.0%)	34 (10.3%)	63 (19.0%)	3 (0.9%)	21 (6.3%)	1 (0.3%)	13 (3.9%)	49 (14.8%)	11 (3.3%)	128 (38.7%)	2 (0.6%)	2 (0.6%)	4 (1.2%)
D衛工處(21)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	5 (50.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	3 (30.0%)	0 (0.0%)	2 (20.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
E垃圾處理(6)	0 (0.0%)	1 (16.7%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	5 (83.3%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
F捷運公司(184)	1 (0.4%)	4 (1.5%)	20 (7.6%)	3 (1.1%)	5 (1.9%)	0 (0.0%)	219 (83.3%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	2 (0.8%)	4 (1.5%)	5 (1.9%)
G動物園(4)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	2 (100.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
H聯合醫院(27)	1 (4.2%)	0 (0.0%)	1 (4.2%)	0 (0.0%)	1 (4.2%)	0 (0.0%)	7 (29.2%)	0 (0.0%)	11 (45.8%)	1 (4.2%)	2 (8.3%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
合計	35 (2.4%)	116 (8.0%)	265 (18.4%)	27 (1.9%)	114 (7.9%)	2 (0.1%)	447 (31.0%)	68 (4.7%)	105 (7.3%)	165 (11.4%)	14 (1.0%)	63 (4.4%)	23 (1.6%)

資料來源：府屬機關學校用水因子與異常原因探究分析(本研究重新整理)(蘇啟祥等人，2020)

各類別進一步分析如下：

1. 捷運類：異常原因以運量增加導致用水量增加之件數最高，漏水異常部分則以管線漏水為最多，其中若發生水池水塔浮球開關損壞，日用水量遠高於正常時期數倍之多。
2. 醫院類：異常原因係施工用水增加導致用水量增加之件數最高，服務量增加次之，另鍋爐損壞漏水，補水時會有短時間用水突增情形。
3. 公園類：異常原因係植栽澆灌導致用水量增加之件數最高，管線漏水次之，其中若設有生態、景觀池等景點，池底常

因地震破裂漏水，且漏水點不易發現，一旦發生異常，用水量較正常時期高於數倍以上。

4. 焚化類：異常原因係垃圾焚化量增加導致用水量增加之件數最高，管線漏水次之，若無特殊情形，每年均會進行機組大修，大修時期用水量為該年最低。
5. 污水處理類：異常原因係管線漏水導致用水量增加之件數最高，處理量因素次之，因污水處理平時耗水量屬大宗，若小口徑管線漏水不易發覺，因此平日巡檢十分重要。
6. 動物園：異常原因係遊客增加導致用水量增加之件數最高，影響動物園用水量除遊客人數外，降雨量與溫度亦是主因，因此，由今年案例可知，僅從用水量統計不易判斷是否用水異常，須再考量遊客人數、降雨量與溫度等綜合判斷。
7. 學校類：異常原因以用水設施漏水導致用水量增加之件數最高，因府屬學校建物多已老舊，用水設施常因地震等因素破裂漏水，另水池水塔漏水亦是常見異常原因。
8. 行政機關類：異常原因以舉辦活動導致用水量增加之件數最高，漏水異常原因中，水池水塔浮球開關損壞溢流是常見原因。

透過研究發現，了解不同類別異常原因後，輔以用水因子分析，即可發現那些異常原因屬自然環境或服務量所導致，排除該因素如仍有用水異常情事，則可進一步巡查用戶用水設備是否發生故障或漏水等情事，避免水資源浪費。

2.1.3、用戶用水設備類型介紹

依據北水處營業章程第 12 條規定，用戶用水設備分外線（或稱表前）及內線（或稱表後）兩部分。雙方以水表（或稱量水器、水量計；若設有總水表者，以總水表為內外線分界）為界（如圖 15），外線指配水管至水表間之設備，由用戶向所在地所屬營業處所申請並繳付應繳各項費用後，由北水處裝設；內線指水表後至水栓間之用戶用水設備，由用戶委託合格自來水管承裝商裝設，

並由用戶自行負責管理維護內線用水設備及表位，但不得妨害抄表、換表等作業。

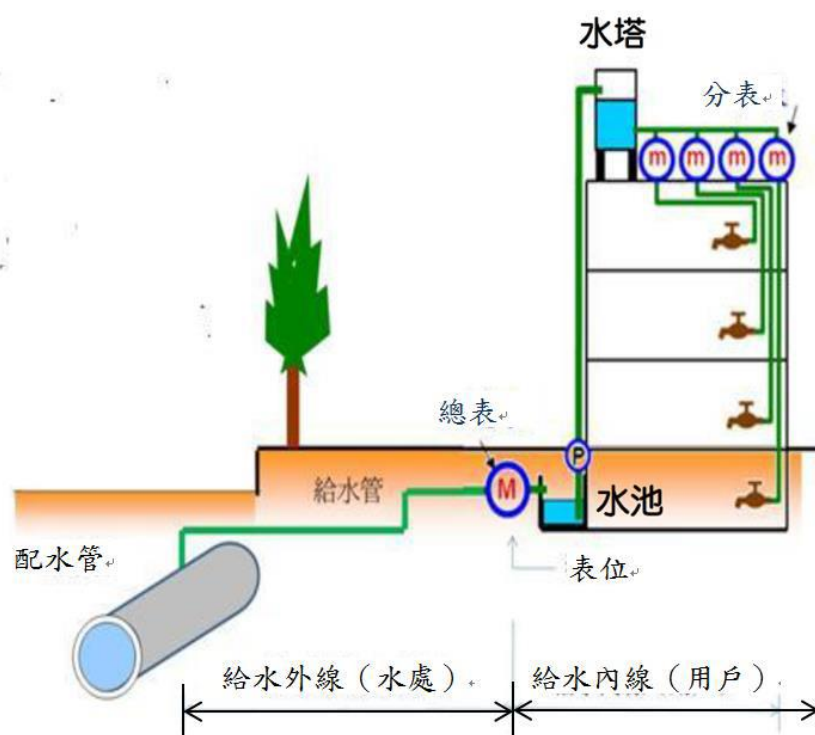


圖 15 用戶用水設備示意圖

資料來源：強化用戶內線服務以提升用水管理效能之研究（陳曼莉等人，2018）

一般而言，用戶用水設備包括儲水設備、輸水設備及其他相關設備 3 部分，儲水設備主要為蓄水池或水塔（以下統稱水池水塔），包括附設之進水管、出水管、排水管、通氣管、溢流管、人孔、扶梯、水位控制設備、導流牆等；輸水設備為用於輸送用戶用水之配水管線；其他相關設備則包括用戶衛生設備（如水栓、小便器、馬桶及飲水器等）及其他設施（如景觀池、游泳池、澆灌設施等），另外與用水異常有關聯者還包含消防系統與雨水回收系統等，設備相關運作機制說明如下：

一、水池水塔及相關控制設備

水池水塔為用戶主要儲水設備，負責供應與調配社區或機關學校用水，自來水從總表進入用戶內線後，會先流進水池，利用浮球開關控制水池水位高度，當水塔水位降至低水位時，啟動抽

水馬達，將自來水由水池抽至水塔，再由水塔供應至各用水戶，而水塔水位常利用浮球式開關、三極棒等機械式或電子式來控制水位；另有些機關學校另設有中繼水塔調配各水塔水量，或設有冷卻水塔，作為冷卻循環水使用。

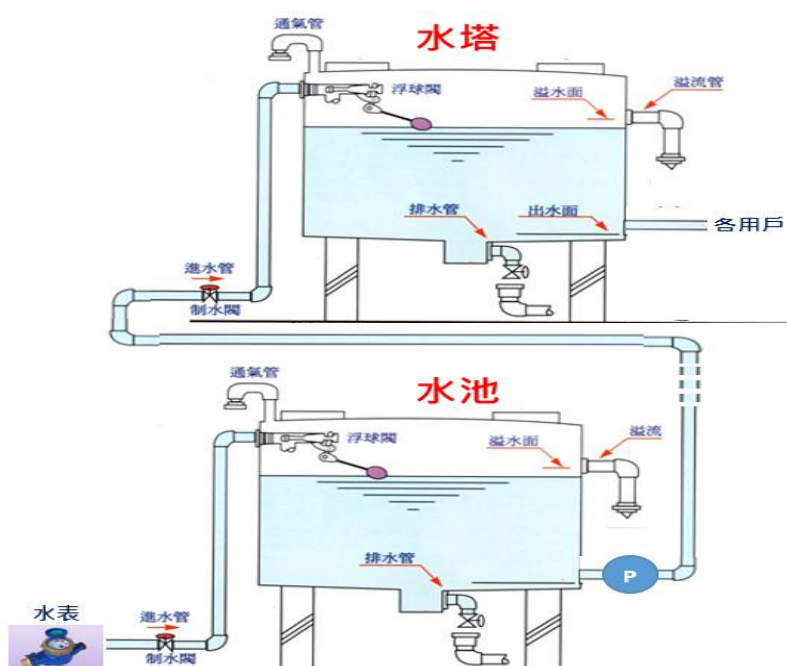


圖 16 水池水塔示意圖

二、消防系統

為提供火災等緊急防患需要，依據「各類場所消防安全設備設置標準」規範，樓地板面積達一定規模及特定場所，即應依規定設置室內消防設備（包括消防水池、泵浦與馬達）、室外消防設備（提供消防隊員和經過消防專業訓練人員，由建築物外或進入內部救火之設備）、自動撒水等消防設備，其中與自來水有關之主要設備包括消防水池、消防管線、消防馬達與泵浦、及相關消防控制系統等，一般而言，消防水池與自來水池應避免相通，消防水池應維持一定水位且水位差異甚小。

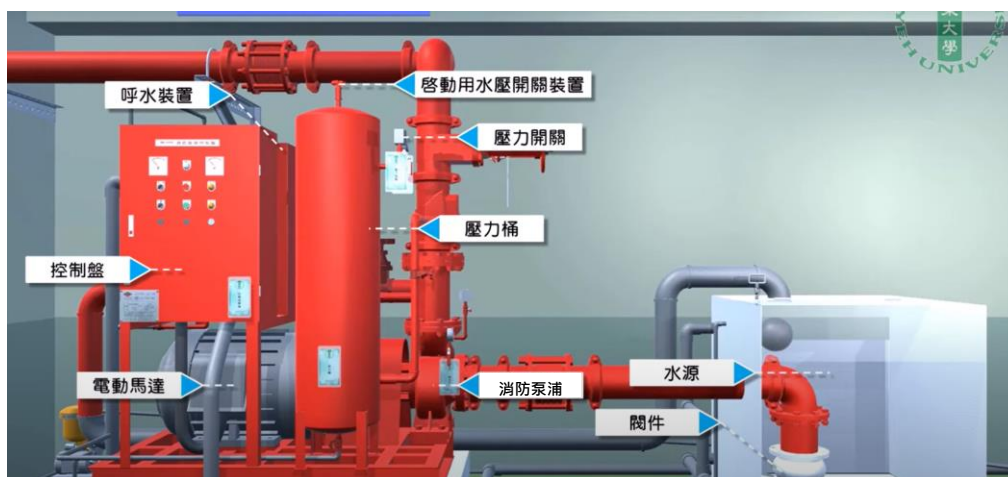


圖 17 消防系統架構示意圖

資料來源：大葉大學消防安全學士學位學程-H234 消防設備實驗室影片介紹，
<https://www.youtube.com/watch?v=DTVNG81GzI4>

為了解消防系統作動機制從而掌握漏水可能發生區域，以下就大葉大學消防設備實驗室裝置進行說明。消防系統作動機制係藉由電動機帶動泵浦運轉，當離心式泵浦的葉輪運轉時，離心力會使渦動室中央形成負壓現象，使得水源得以進入渦動室加壓送至管路當中；泵浦的啟動方式可以分為自動啟動和手動啟動，啟動用水壓開關裝置是泵浦自動啟動組件，啟動用壓力水槽的容量為 100 公升以上，啟動用壓力水槽充填水及壓縮空氣，做為偵測管內壓力及啟動泵浦之用，當管路壓力下降時，壓縮空氣壓力也會下降，此時水槽上方的壓力開關就會動作，並將啟動訊號傳至泵浦控制盤，依照消防法規規定，泵浦停止方式僅限於手動，泵浦控制盤另外設有啟動開關，以及泵浦自動啟動和手動啟動的切換裝置，當泵浦啟動的時候，控制盤會依照運轉狀態呈現電壓和電流數值，在某些水源低於泵浦吸水管路的場所，为了避免泵浦吸入空起而造成空轉現象，泵浦機組會額外設置呼水裝置。呼水裝置是由呼水槽、補給水管、呼水管、溢流用排水管、減水警報裝置、防止水溫上升用排放裝置及流量配管所組成，呼水槽的容量為 100 公升以上，透過槽底下的呼水管連結至泵浦渦動室，當水源地位置低於消防泵浦時，通常會在吸入管的前端安裝底閥，

當底閥的逆止功能失效時，如果漏水情況不嚴重，呼水管可以補水至渦動室，如果底閥的漏水情況比較嚴重，呼水槽內的水位可能就會逐漸下降，當水位下降至正常水位 1/2 以下時，減水警報裝置開關就會將訊號傳送至控制盤並發出警報，同時將訊號移報至火警受信總機。

水系統的加壓送水裝置有重力水箱、壓力水箱和消防泵浦，消防水源可分為地上型及地下型，水箱藉由浮球開關控制自來水或其他供應水源，可開啟排水管清空水箱進行清洗檢修，溢流管可預防水位過高造成水流滿出。消防系統透過管線連接至自動撒水設備，並分為密閉濕式（平時管內貯滿高壓水，撒水頭動作時即撒水）、密閉乾式（平時管內貯滿高壓空氣，撒水頭動作時先排出空氣再撒水）、開放式（平時管內無水，啟動時一齊開放閥，使水流入管系撒水）及預動式（平時管內貯滿低壓空氣，感知裝置啟動流水檢知裝置，且撒水頭動作時撒水）等 4 種形式；密閉濕式則為最常見的撒水設備，火警發生時，撒水頭感熱元件開始，管內水流開啟放水，爾後流水檢知裝置因二次側管內壓力下降而開啟，一次側水流經由裝置流向二次側配管，水流透過流水檢知裝置支管流向壓力開關，壓力開關將訊號傳送至火警受信總機並產生警報，此外，泵浦機組的啟動用壓力水槽壓力隨之下降，水槽上方的壓力開關將訊號傳送至泵浦控制盤，泵浦控制盤立即啟動並將水送至管路中，加壓水流經由管路至撒水頭以噴淋狀態進行放水。

三、雨水回收系統

近年因應水資源短缺議題，積極開發新興水源及節約用水是常被提出的因應對策，雨水貯集利用更是國內外最常被提出的方法，許多機關學校也裝設雨水回收系統，以達到環保與教育等功能。雨水回收系統主要係利用建築物屋頂等相關區域作為系統的雨水收集範圍，其集水面積的大小決定可收集雨水量的多寡，影響貯水設施設計的尺寸其主要包括集水系統、輸水系統、淨水系

統、貯水系統、動力系統及自來水補水系統等部分，組成示意圖如圖 18 所示。

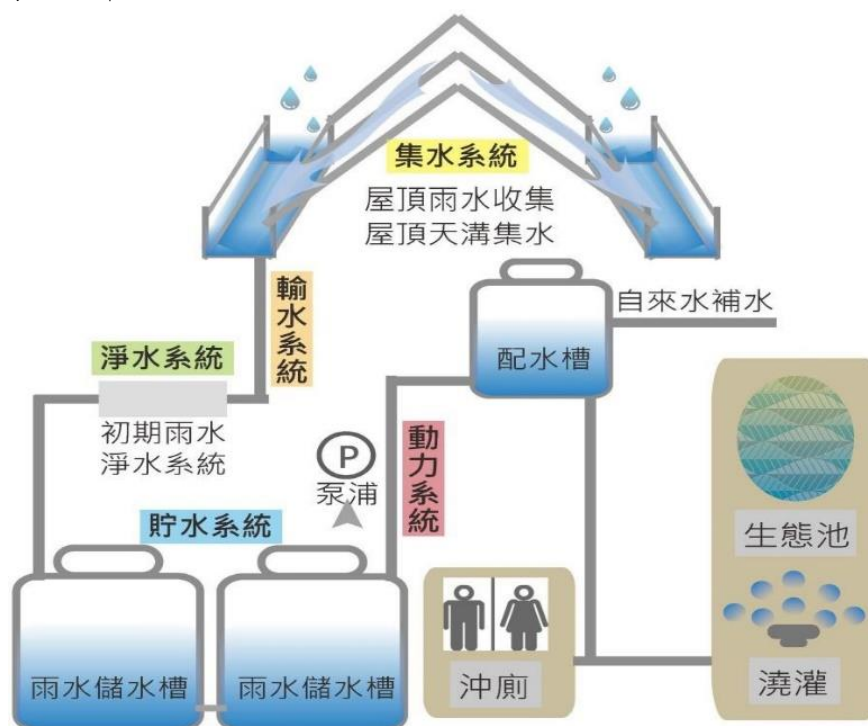


圖 18 雨水貯集利用系統組成示意圖

資料來源：經濟部水利署-雨水貯集利用系統建置與推廣宣導手冊

雨水回收之水資源主要提供植栽澆灌及環境清潔等生活雜用水使用，另因應枯水期之雨量不足情況，則搭配設置雨水配水槽與自來水補水機制，透過雨水儲水槽內水平衡的概念，使其能在桶槽內水位低於某設定之水位時，可以觸發補水裝置或手動切換至自來水系統；雨水儲水槽內水平衡概念大可分為兩類：(1) 儲水槽兼配水槽型式；(2) 儲水槽搭配配水槽型式。其流入儲水槽、配水槽的流量可包括雨水收集量與自來水補水量，流出量包括使用水量及溢流量，其中使用水量包括雨水與自來水，故雨水貯集系統中，雨水利用僅代表替代了部分自來水的用量，其兩類雨水儲水槽水平衡可表示如下圖 19 及圖 20。

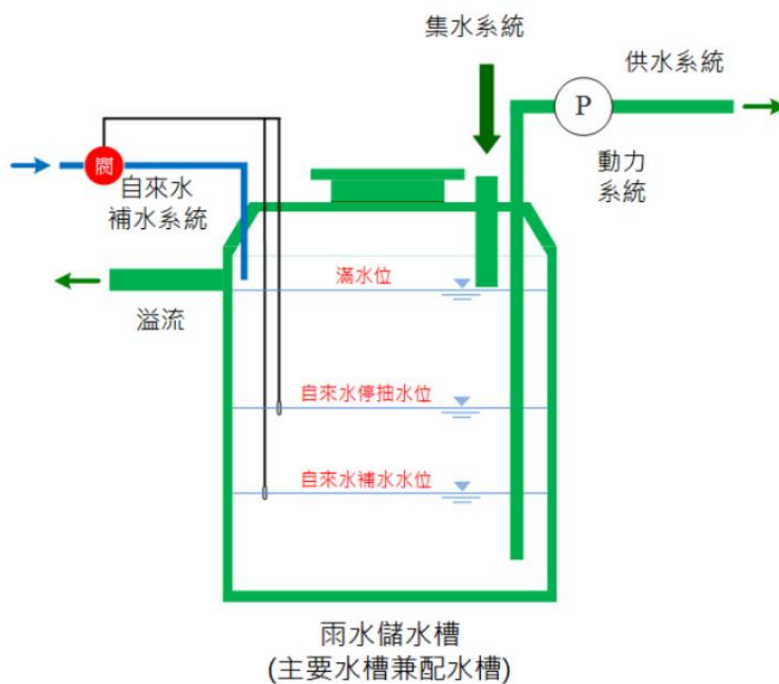


圖 19 儲水槽兼配水槽型式示意圖(A)

資料來源：經濟部水利署-雨水貯集利用系統建置與推廣宣導手冊

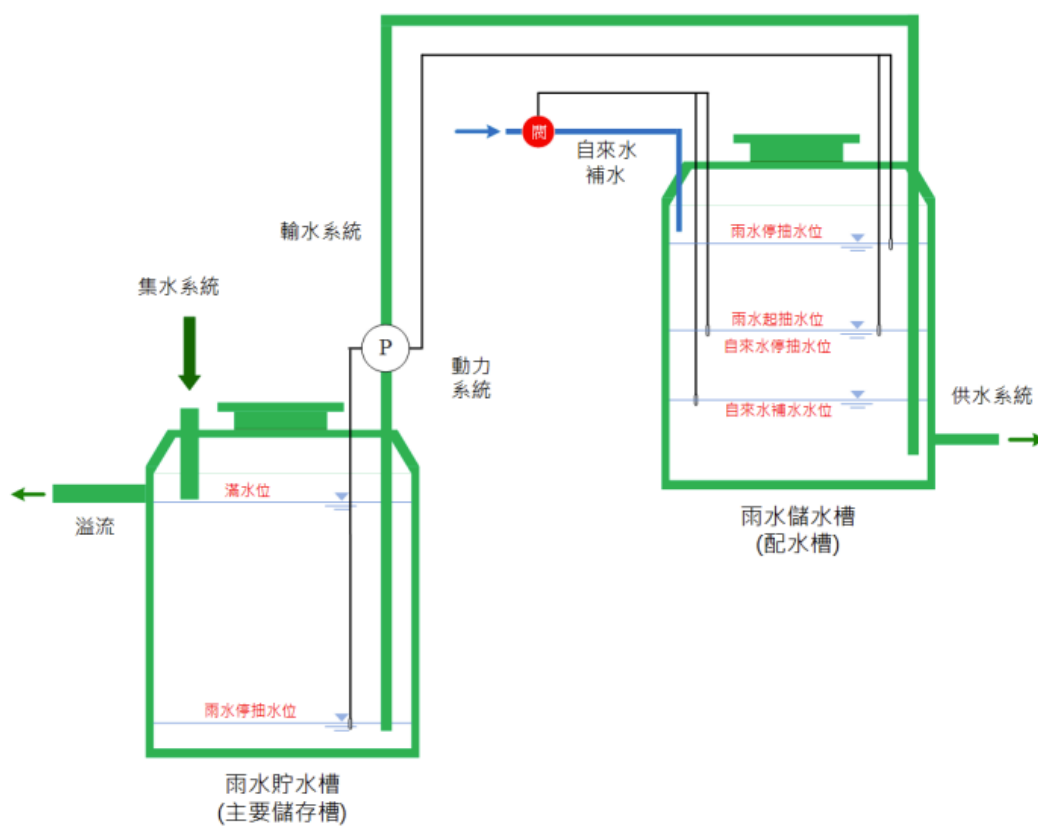


圖 20 儲水槽搭配水槽型式示意圖(B)

資料來源：經濟部水利署-雨水貯集利用系統建置與推廣宣導手冊

雨水回收系統納入自來水補水機制後，應注意與管控水資源有無流失，因一旦雨水回收系統發生故障或破損，可能造成自來水系統不停補水，導致用水異常突增；依據「雨水貯集利用系統建置與推廣宣導手冊」（經濟部水利署，2020），以下依據建築物雨水貯集利用系統設計之建築物形式、雨水收集方式、供水標的需求以及納入自來水補水系統之相關態樣分別說明如下：

（一）進階型-樣態 I

利用建築物屋頂及天溝收集雨水，經簡易初期雨水淨水系統去除雜質污物後，經由管線進入地面雨水儲水槽貯存，槽體裝滿時可透過溢流孔排除過多雨水，並透過泵浦抽蓄至配水槽，且當雨水短缺時則由自來水補充；最後透過泵浦將雨水提供給周邊鄰近之沖廁與澆灌等用水使用。

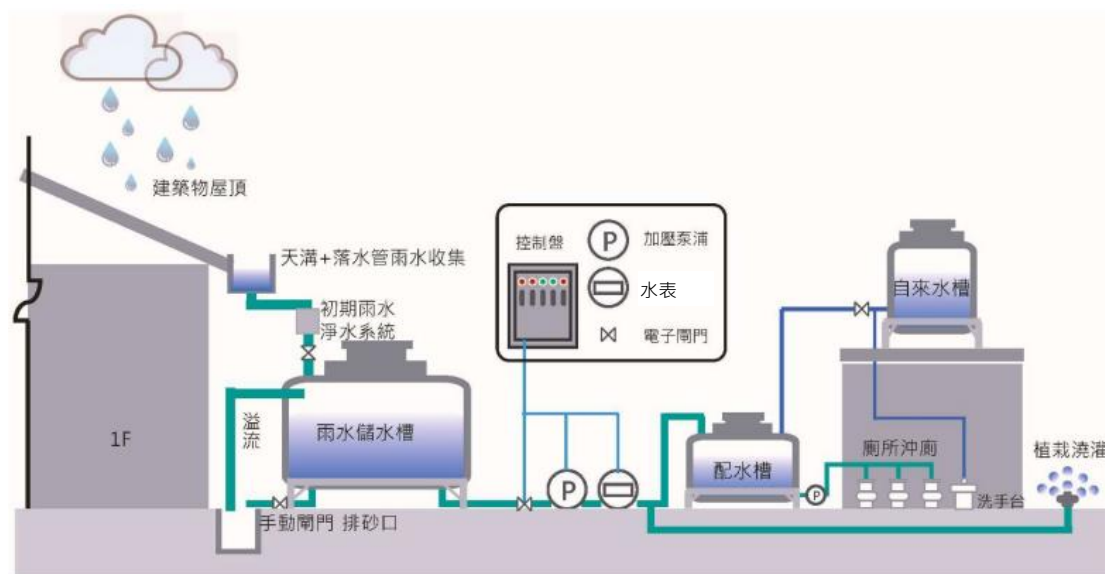


圖 21 雨水貯集利用系統進階型-樣態 I

資料來源：經濟部水利署-雨水貯集利用系統建置與推廣宣導手冊

（二）進階型-樣態 II

利用建築物屋頂落水頭、落水管及輸水管收集雨水，經簡易初期雨水淨水系統去除雜質污物後，經由管線進入地面雨水儲水槽貯存，槽體裝滿時可透過溢流孔排除過多雨水，並透過泵浦抽蓄至屋頂上的配水槽，且當雨水短缺時則由自來水補充；最後透

過泵浦將雨水提供給建築物各樓層之沖廁與周邊澆灌等用水使用。

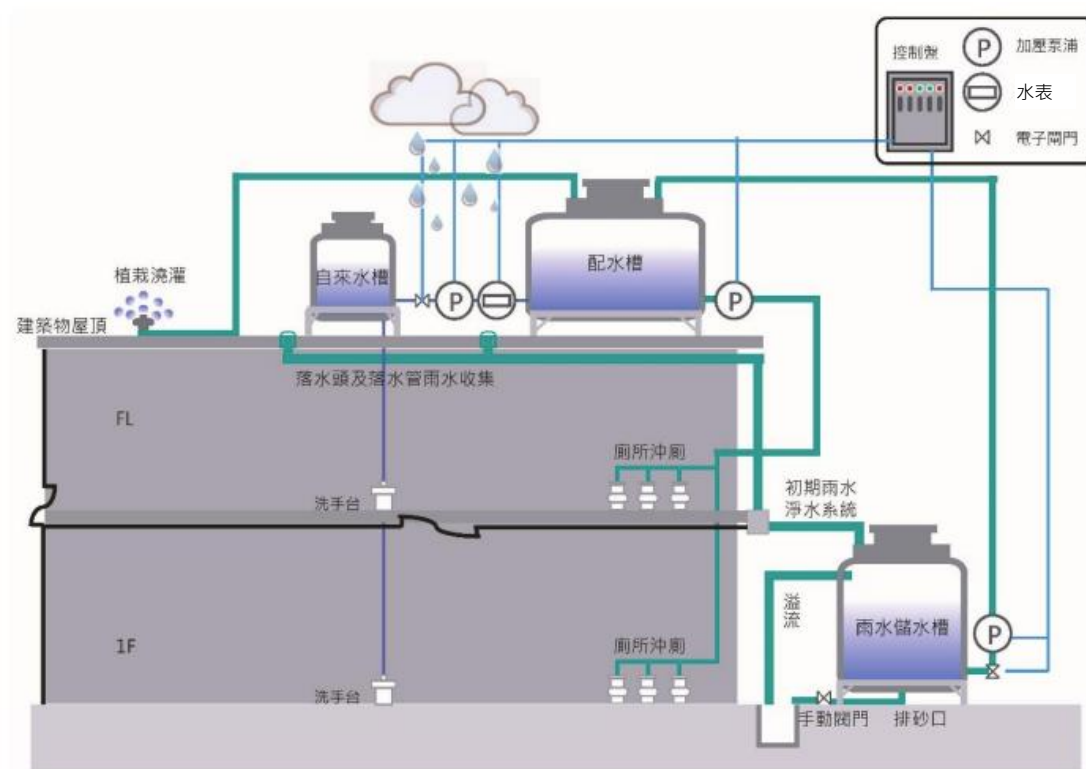


圖 22 雨水貯集利用系統進階型-樣態 II

資料來源：經濟部水利署-雨水貯集利用系統建置與推廣宣導手冊

(三)進階型-樣態 III

利用建築物屋頂及天溝收集雨水，經簡易初期雨水淨水系統去除雜質污物後，經由管線進入屋頂上雨水儲水槽及配水槽貯存，當槽體裝滿時，透過溢流孔排除過多雨水，且當雨水短缺時則由自來水補充配水系統槽；最後透過位能將雨水提供給建築物各樓層之沖廁與周邊澆灌等用水使用。

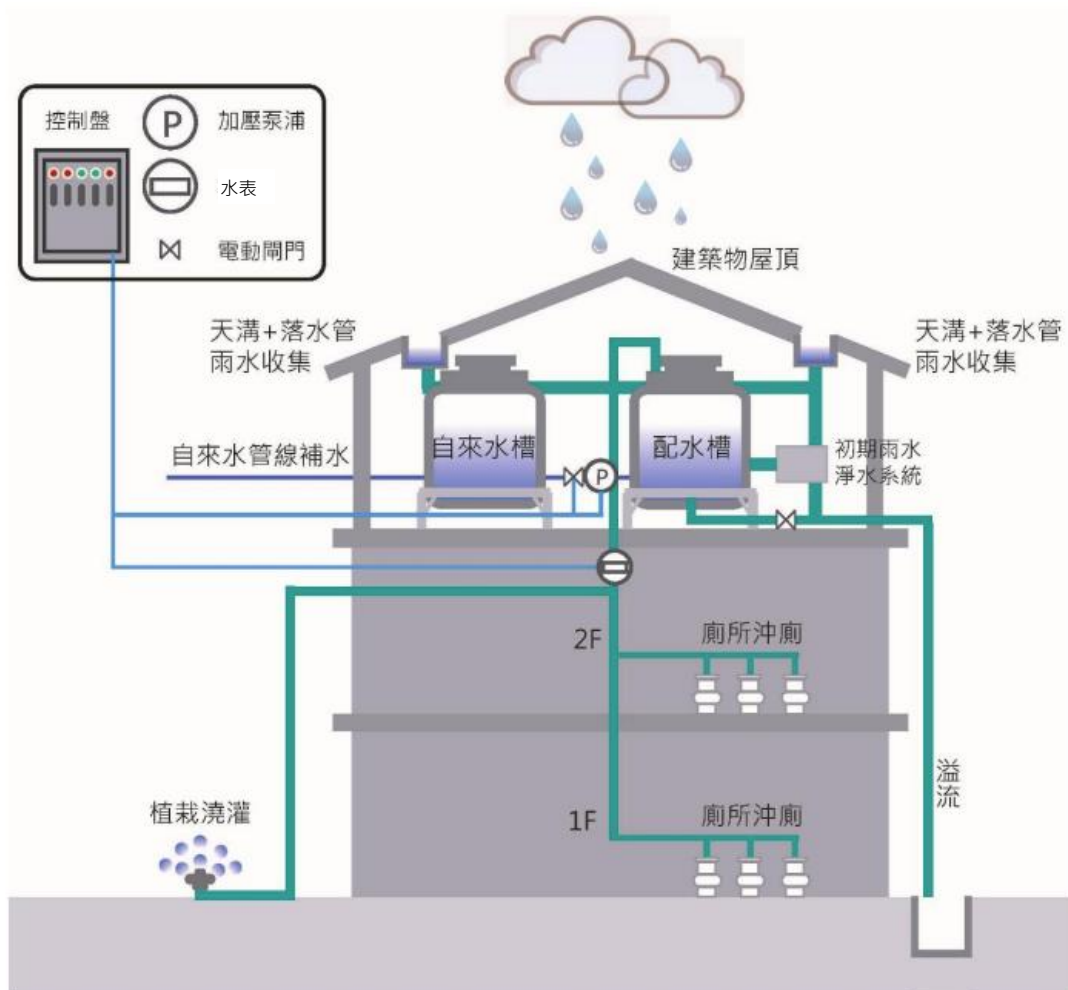


圖 23 雨水貯集利用系統進階型-樣態 III

資料來源：經濟部水利署-雨水貯集利用系統建置與推廣宣導手冊

(四)進階型-樣態 IV

利用建築物屋頂及天溝收集雨水，設置初期雨水淨水系統、沉澱系統去除雨水中的雜質污物後，經由管線進入地面下雨水儲水槽貯存，當槽體裝滿時，透過溢流孔排除過多雨水，並透過泵浦抽蓄至配水槽，且當雨水短缺時則由自來水補充；最後透過泵浦將雨水提供給周邊鄰近之廁所沖廁與植栽澆灌等用水使用。

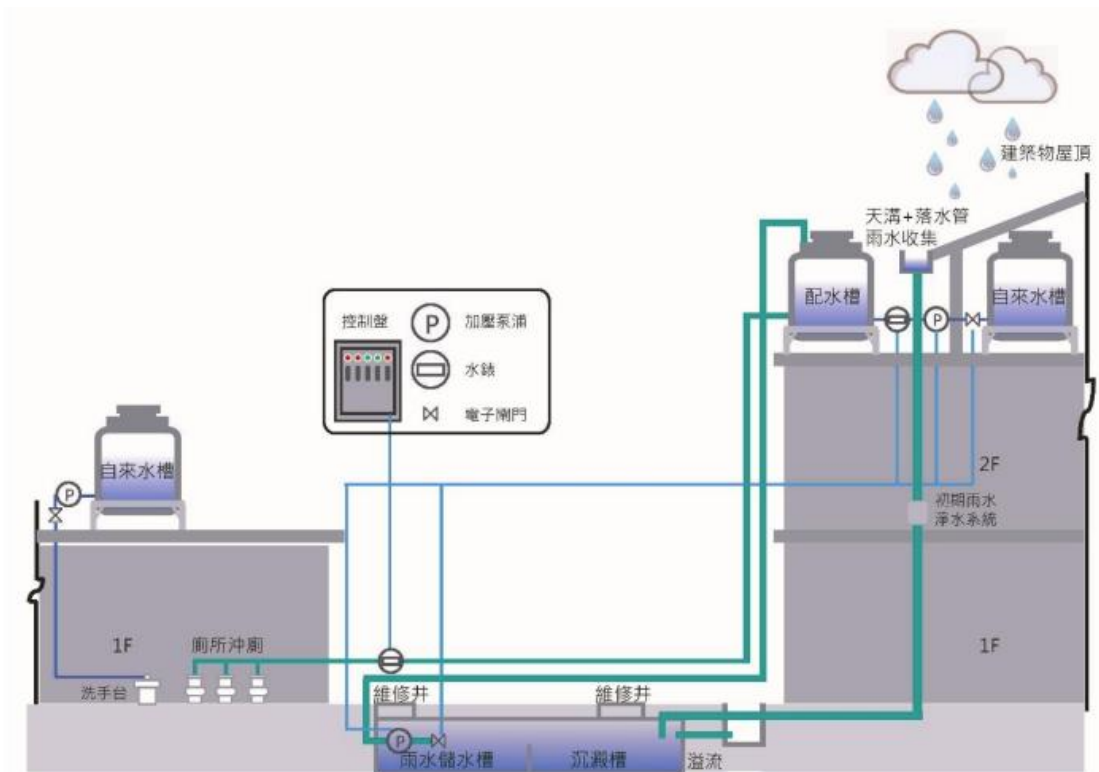


圖 24 雨水貯集利用系統進階型-樣態 IV

資料來源：經濟部水利署-雨水貯集利用系統建置與推廣宣導手冊

(五)區域型-樣態 I

透過各建築屋頂及天溝收集雨水，經排水管線輸水進入各建物鄰近地面上雨水儲水槽，各收水匯流處設置初期雨水淨水系統去除雨水中的雜質及污染物而貯存，當槽體裝滿時，透過溢流孔排除過多雨水，並透過泵浦統整抽蓄至配水槽，且當雨水短缺時則由自來水補充；最後透過位能將雨水提供給建築物各樓層之沖廁與周邊澆灌等用水使用。

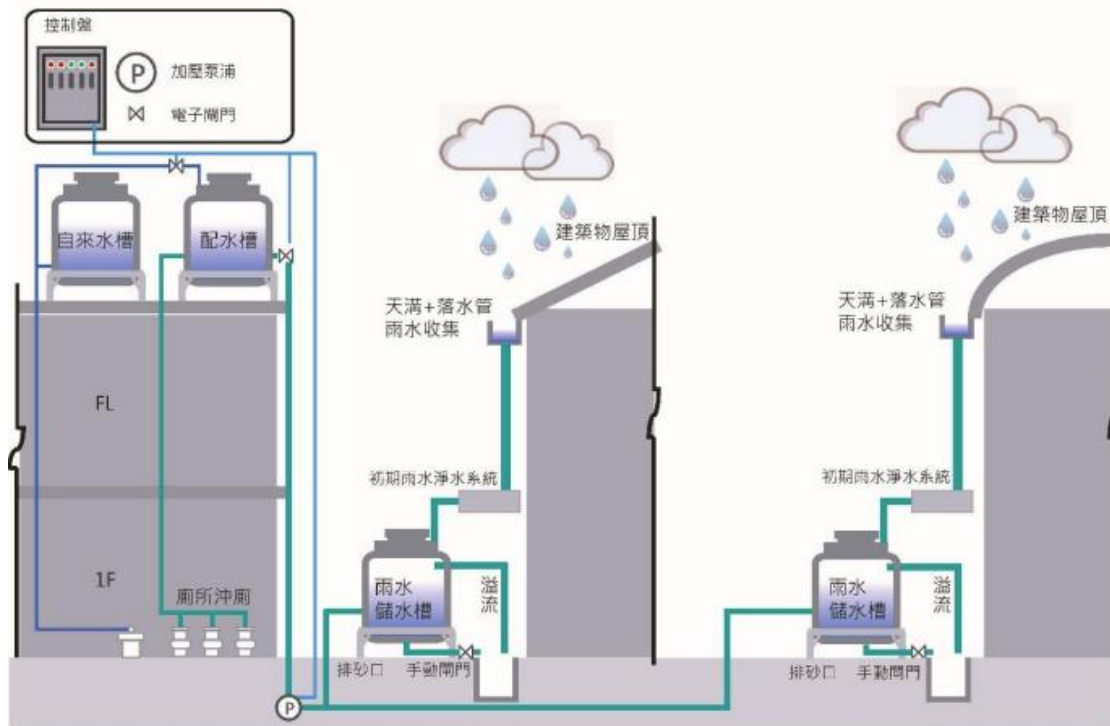


圖 25 雨水貯集利用系統區域型-樣態 I

資料來源：經濟部水利署-雨水貯集利用系統建置與推廣宣導手冊

(六)區域型-樣態 II

透過各層及其建築屋頂落水管或天溝等方式收集雨水，經排水管線輸水進入各建物筏基雨水槽、鄰近地面上雨水儲水槽，以及屋頂雨水儲水槽，各收水匯流處設置初期雨水淨水系統、沉澱槽等去除雨水中的雜質及污染物而貯存，當各槽體裝滿時，透過溢流孔設計排除過多雨水，並透過泵浦統整抽蓄至配水槽，且當雨水短缺時則由自來水補充；最後透過泵浦或位能將雨水提供給建築物各樓層之沖廁、生態池補水與周邊澆灌等用水使用。

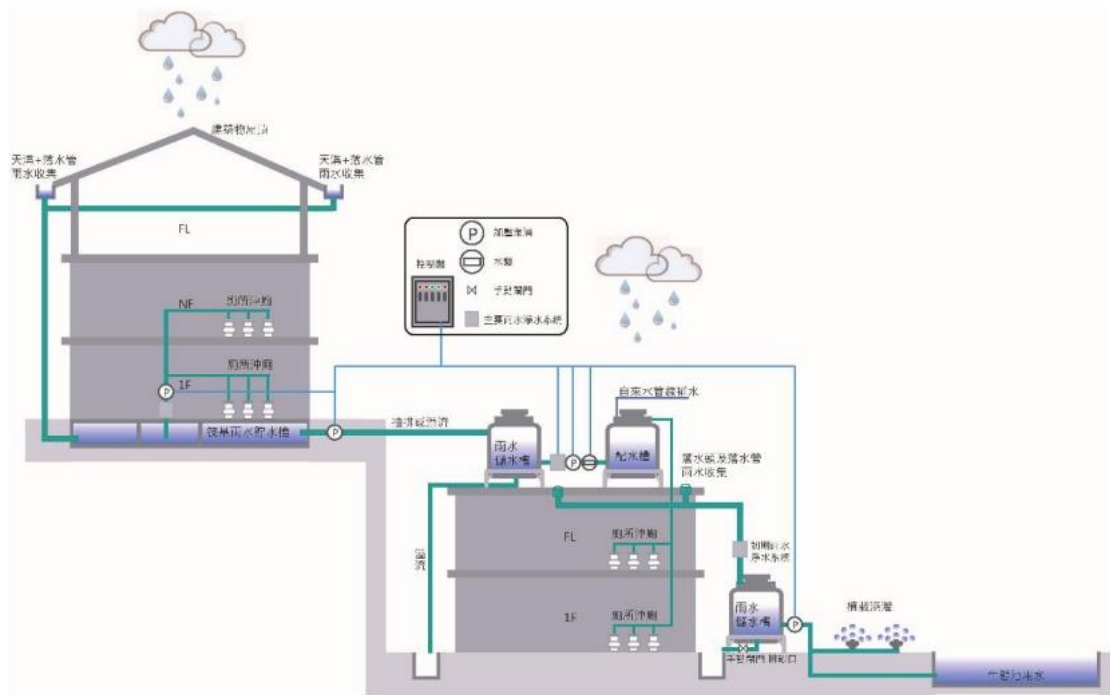


圖 26 雨水貯集利用系統區域型-樣態 II

資料來源：經濟部水利署-雨水貯集利用系統建置與推廣宣導手冊

透過雨水回收系統與自來水補水系統運作機制之了解，在設置雨水回收系統之機關學校發生用水異常時，即可將系統對用水可能影響納入評估，準確掌握用水脈絡。

2.1.4、用戶用水設備漏水與檢測

一般用戶內線漏水自我檢測項目包括水池內浮球閥、水池溢流管、公共設施用水、私自用水、水位控制系統、水箱漏損、空調管線系統、消防管線系統、管線漏損、量水器等，其漏水原因及改善方式如表 3 所示，經濟部水利署 101 年 12 月「自來水用戶用水設備漏水改善及配水管延壽技術育成與策略評估」研究報告依此並參考「加強機關學校檢漏防漏計畫」之機關學校自主檢漏標準作業程序，進行訪查、問卷調查以及資料蒐集，分析結果顯示，用戶內線之外管及內管漏水原因如下：

(一)內線內管

1. 衛生設備：衛生設備漏水主要因素為器材故障老化，如水龍頭墊片磨損、橡膠或陶瓷心軸故障、馬桶水箱止水

心軸故障或毀損、油封破裂、止水皮變型或老化、進水器上水墊圈老化、排水閥止水橡皮蓋老化、進水器損壞、推桿故障、水箱配件生鏽或故障、出水感應裝置故障、電磁閥故障等造成漏水。

2. 管線設備：管線設備漏水主要因素為施工不良，如裝修時牆壁鑽孔導致水管穿孔、水流方向與擴口方向錯位（出水口向應為擴口端）、施工灌漿時衝力過大將管線衝斷或移位、配管支撐不良等。其次為設備器材老舊劣化，如接頭處劣化脫膠及長期自然劣化等。

（二）內線外管

1. 管線設備：管線設備漏水主要因素為時間的增加使材質老化加上交通負荷，如埋設深度不足，遭車輛行經路面之荷重壓迫及供水水壓過高，造成管材破裂。其次為環境侵蝕，如土壤酸鹼侵蝕或其他侵蝕因子造成管材腐蝕生鏽。
2. 受（儲）水設備：受（儲）水設備漏水主要因素為浮球故障造成加壓馬達持續加壓進水，導致滿水溢出，其次為槽體裂損及馬達軟管因震動變形損壞造成漏水。

表 3 常見用戶內線漏水原因及處理方式

檢查項目	原因	處理方式
1.水池內浮球閥	浮球破損，止水橡皮老化，無法止水。	更換浮球，止水橡皮。
2.水池溢流管	浮球杆調整不當或浮球閥損壞。	調整浮球杆或同上
3.公共設施用水	公設沖洗，庭園澆花及清洗水箱。	請管理員節約用水，清洗水箱後，檢查閥門有無關閉。
4.私自用水	他人或住戶私自接用公共管線或兒童戲水。	1.檢查各出水閥門有無油亮鬆動，有則該閥門可能經常遭啟用。
		2.請管理員加強管理。
5.水位控制系統	電磁水位開關調整不佳或故障。自來水自溢流管漏水。	調整電磁水位開關或洽水電行檢修。

檢查項目	原因	處理方式
6.水箱漏損	水箱老舊龜裂漏損。	關閉所有進出水閥門，檢視水位有無下降，如下降就是水箱漏水，應換修水箱。
7.空調管線系統	冷卻水塔內浮球閥故障或冷卻水塔漏損。	1.檢修浮球閥。
		2.換修冷卻水塔。
		3.空調停用時，關閉進水閥門。
8.消防管線系統	管線接頭老舊漏損。	1.只開啟消防管閥門，暫停進水其餘閥門關閉，檢視水箱水位有無下降。
	同批建築物，有兩只以上總表，消防管線互通，總表進水偏向一只總表。	2.洽水管承裝商檢修漏水處所。
9.管線漏損	進水管、揚水管、分戶水管等鏽蝕老舊漏損。	1.受水槽（地面或地下水箱）內部浮球閥，浮球杆拉高，暫時不進水，此時水表指針若仍轉動，則水表至受水槽間之管線已漏損。
		2.檢查揚水管系統時，先查看屋頂水箱，出水小而不正常且抽水機運轉時，牆壁潮濕比平常嚴重。
		3.當空調及消防管線閥門關閉或正常時，只開啟住戶供水管線主閥門，而各分表前閥門關閉（最好住戶均暫不用水）水池水箱水位仍下降，即屬供水管發生漏損。
		4.洽水管承裝商檢修。
10.水表	水表不轉、慢轉、快轉與實際用水量不符;或抄表問題	洽各營業分處。

資料來源：自來水用戶用水設備漏水改善及配水管延壽技術育成與策略評估（黃彥禎，2012）
（本研究修正）

對於機關學校而言，一旦發生用水異常，用水管理人巡查重點即針對受（儲）水設備（水池水塔）有無異常，以及管線區域有無不明積水、水漬等情形進行漏水判別，相關辦理事項概述如下：

（一）水池及水塔

1. 於機關學校休息時間（下班或放學後、假期等時間）關閉水池之進、出水閘閥後，標記池水之水位線，於一定時間（約 2~3 小時），觀察水位是否下降，如水位下降者，則代表水池有異常情形。
2. 檢查水池及水塔排水閥是否關閉，如無則代表有異常情

形。

3. 於機關學校休息時間（下班或放學後、假期等時間），關閉水池之出水主、支管閘閥，如有馬達間歇或持續作動則代表有異常情形。
4. 檢視池水有無從溢流孔及溢排管流失，如有則代表有異常情形。
5. 表後至水池間管線漏水：請用戶關閉進水閘開關（或浮球開關），進一步看水表是否轉動，判斷表後至水池間之管線是否正常。
6. 水池水塔本體有無漏水：請用戶關閉進出水開關，一段時間後再觀察水位是否下降（可能會影響用戶用水，且需耗費許多時間），如有則可能有異常情形。
7. 水池水塔排水孔有無損壞：目前做法同（2）項。
8. 浮球開關損壞導致溢流：檢查溢流孔或水表高度。
9. 水池後管線漏水：巡查水池水塔後之管線。

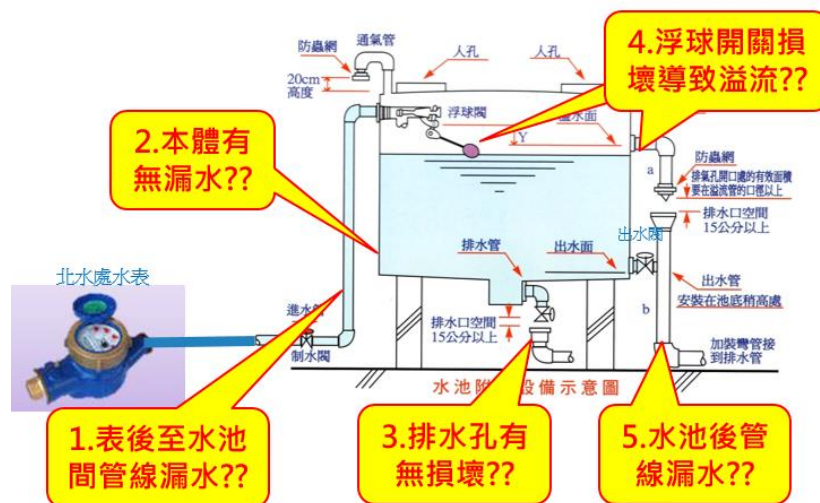


圖 27 水池水塔檢修示意圖

(二)管線區域：

1. 取得完整的機關學校給水管線平面圖，依照管線圖循線查檢。
2. 確認水表位置及機關學校供水區域，關閉水表之出水主、

支管開閥，如水表指針轉動則代表漏水。

3. 水池（地面或地下水箱）內部浮球閥，浮球杆拉高，暫時不進水，此時水表指針若仍轉動，則水表至水池間之管線已漏損。
4. 持續晴天時，檢視機關學校之草地或地面，如有持續潮濕、積水現象則代表可能發生地下管線漏水。
5. 就露明管線，於機關學校休息時間（下班或放學後、假期等時間），按圖巡查管線，如聽得水聲進一步觀察並判斷外露管線、接頭有無滴水、滲漏。

2.2、北水處智慧水表建置與機關學校漏水輔導改善

北水處為有效提升水資源的管理效益，104 年起推動智慧水表，運用智慧水表及新一代資通訊科技，於市府新建公宅、月均量千度大用水戶、月均量 1 百度以上府屬機關學校及新建案等，逐步裝設智慧水表，107 年 1 月建置智慧水管家，利用網路傳輸，自動回傳即時用水量資料及統計分析，協助用戶自主用水管理、隨時瀏覽用水情況，亦可設定用水異常的警示服務，依據用水趨勢瞭解用戶用水習性，除預防突發性漏水狀況，更進一步分析用戶逆流、噴流、水表低電壓等異常狀況，並即時發出警示，提醒管理者及用戶注意用水情形，便於及早察覺異常用量或提早發現漏水，以利儘速進行漏水改善，減少無謂水費支出與水資源的浪費，截至 112 年 6 月底止，共計完成 54,344 只智慧水表安裝（含營運測試案 15,495 只），共計輔導用水異常改善 5,395 案，累計預防性減少水資源浪費量約 994 萬公噸，提供用戶有感服務。

由於大用水戶水表口徑大，一旦發生不易發現的漏水情形，短時間內就會造成大量水資源流失，而等到抄表才發現用水量增加，往往已經流失 1 至 2 個月的用水量了。因此，建置自動讀表業務管理系統以利推動智慧水表用戶用水量管理，系統利用自動讀表之回傳資料，偵測連續用水情形及比對歷史用水量，一旦符合警示條件，

系統主動成案管理，由北水處主動聯絡了解用戶用水設備及用水習慣後，研判可能發生原因，協助提出建議處理方案，輔導用戶改善與因應，並逐步推動用戶自主管理用水，將節水習慣落實於日常生活中，以下針對推動機關學校自主管理用水分別舉例說明。

一、捷運站自主管理用水

臺北捷運係大臺北地區重要的大眾運輸交通工具，每天運量逾約 200 萬人次，而臺北大眾捷運股份有限公司是臺北捷運的營運機構，在未安裝智慧水表前，即以人工抄表方式管理用水，現透過智慧水管家更能提高用水管理效率。為利該公司管理中心查看各水栓用水，已提供水栓群組管理功能，並於智慧水管家留存不同層級管理單位通知方式，透過異常用水即時通知，確實有利用戶自主管理用水。



圖 28 用戶設定警示通知

資料來源：強化用戶內線服務以提升用水管理效能之研究（陳曼莉等人，2018）

(一) 步驟 1：收到系統用水異常警訊通報

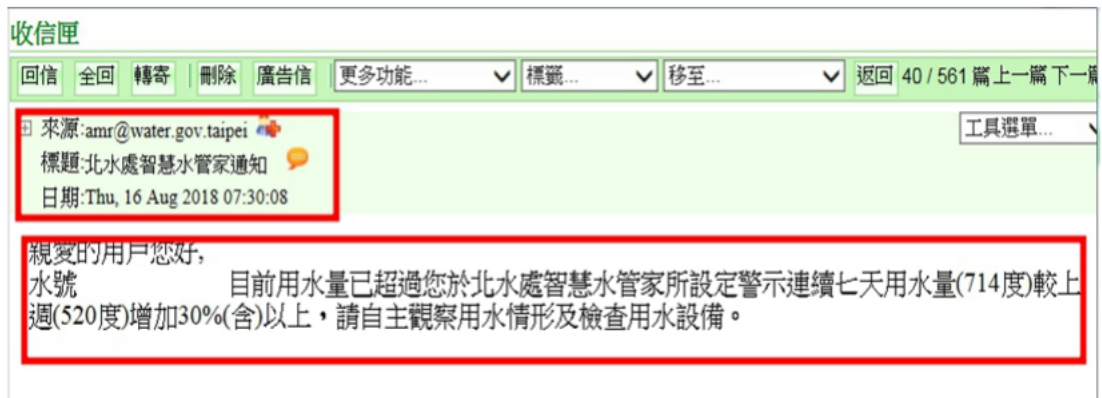


圖 29 用戶收到用水異常警示通知

資料來源：強化用戶內線服務以提升用水管理效能之研究（陳曼莉等人，2018）

(二) 步驟 2：查看每日用水量，觀察用水量變化情形，發現自 107 年 8 月 13 日起，用水量明顯較先前增加約 70% 以上。

日期	估算用水量(度)
107/08/10	80
107/08/11	71
107/08/12	63
107/08/13	111
107/08/14	151
107/08/15	156
107/08/16	155
107/08/17	119
107/08/18	61
107/08/19	63

圖 30 觀察用水量變化情形

資料來源：強化用戶內線服務以提升用水管理效能之研究（陳曼莉等人，2018）

(三) 步驟 3：比較每日用水趨勢圖，現場勘查發現為空調冷卻水塔故障漏水，經維修後即回復正常。

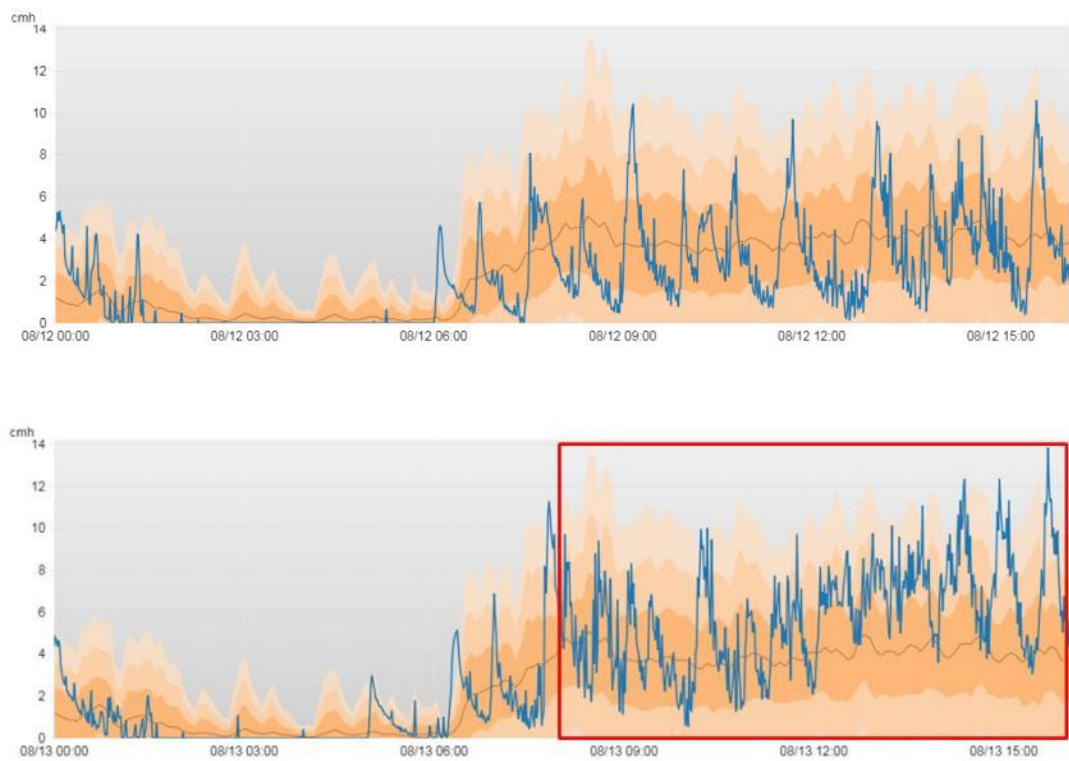


圖 31 用戶查看每日用水趨勢圖發現異常用水（1/2）

資料來源：強化用戶內線服務以提升用水管理效能之研究（陳曼莉等人，2018）

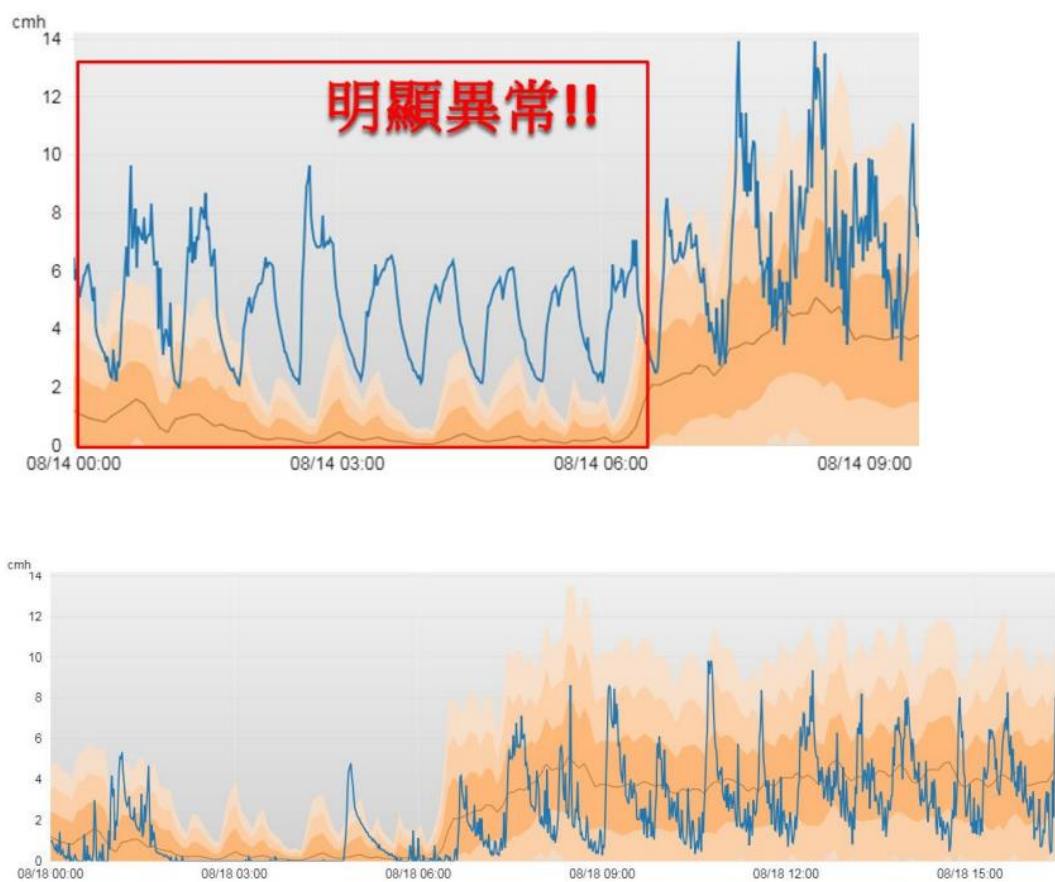


圖 32 用戶查看每日用水趨勢圖發現異常用水（2/2）

資料來源：強化用戶內線服務以提升用水管理效能之研究（陳等人，2018）

(四) 以同樣方式發現其他捷運站用水設備故障並及早修復。

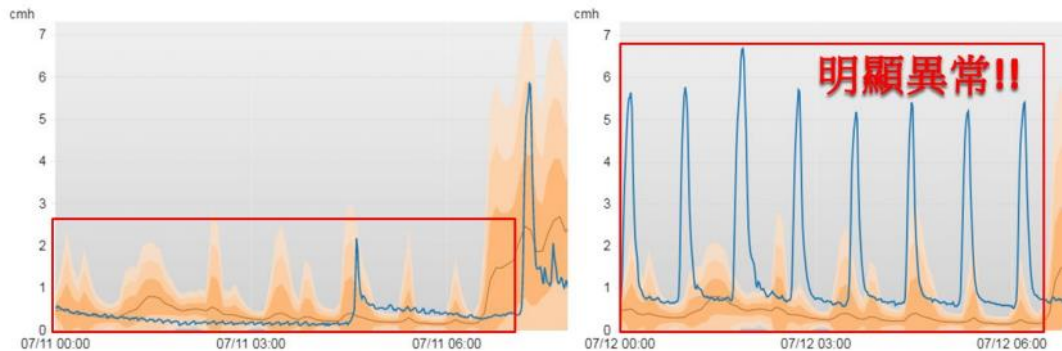


圖 33 查看每日用水趨勢圖發現其他水栓異常用水

資料來源：強化用戶內線服務以提升用水管理效能之研究（陳等人，2018）

(五) 用戶反映：每日數據傳輸，減少捷運車站人員抄表業務；藉由警示通報功能，及時發現用水異常；藉由用水數據，可先行研判異常原因，減少查找時間。

(六) 用戶建議：全面加裝智慧水表，以利單位整體管控；提供更多元之異常警示設定，以利更即時察覺用水異常。

二、臺北某學校頂樓水塔浮球開關故障改善案例

臺北某學校歷史悠久，用水設備歷經多次增修，歷史抄表資料顯示，平均每日用量約 50 度，寒暑假用水較少，有季節性用水特性，系統平台發送 2 次用水異常警訊。

(一) 步驟 1：收到系統用水異常警訊通報



圖 34 用水異常警訊通報

資料來源：強化用戶內線服務以提升用水管理效能之研究（陳曼莉等人，2018）

(二) 步驟 2：查看智慧水表日用水量統計圖，觀察用水量變化情形。

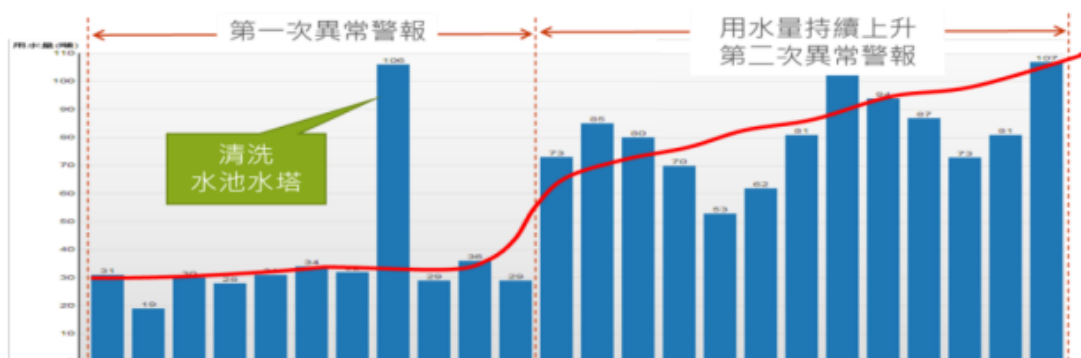


圖 35 臺北市某學校日用水量統計圖

資料來源：強化用戶內線服務以提升用水管理效能之研究（陳曼莉等人，2018）

(三) 步驟 3：查看日用水分時趨勢圖，發現地下水池進水頻率大幅增加，疑似水池後用水設備異常。用戶經檢修後，發現確為冷卻水塔浮球開關故障。

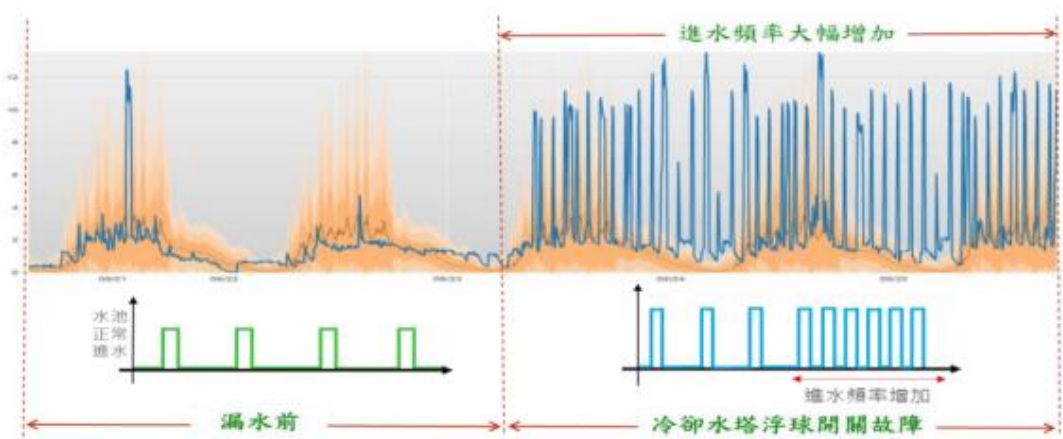


圖 36 臺北市某學校日用水分時趨勢圖

資料來源：強化用戶內線服務以提升用水管理效能之研究（陳曼莉等人，2018）

2.3、其他機關學校漏水應對策略

2.3.1、經濟部水利署規劃機關學校用水管理系統

機關學校之節約用水方法是行為管理與技術運用的結合，近年來，智慧水表日漸普及，透過智慧水表可將各個地區／場所的用水資訊傳訊至遠端水資源管理系統中，使管理者可遠端監測用水概況。智慧水表從小至居家用戶、大至工業用戶皆可適用，由點（個別用戶）、線（鄰近事業／社區用戶）、面（大區域整體用戶）的相互串連，最後構成一個整體性的智慧水網。透過智慧水網用水數據蒐集，就各系統逐一進行水平衡（圖 37），找出異常用水情形後落實漏水改善，機關學校亦可透過用水分析進行自我管控用水。

基於智慧水網應用，經濟部水利署於 109 年依「建置水資源智慧管理及創新節水技術計畫」，規劃機關學校用水管理系統建置，配合機關學校常態節水行動，協助中大型用水戶建置內線用水監測及管理系統，期透過用水資料的盤查，以及用水趨勢及異常用水的掌握，據以制定並實施節水改善方案，以提升整體用水效率；計畫主要工作項目係透過遴選用水管理系統建置之機關學校，對示範機關學校進行現勘及用水盤點後，進行用水管理系統建置之

規劃及設計；水利署續於 110 年辦理「機關學校用水管理規劃」，擇定國立嘉義大學為示範學校，規劃用水管理系統平台建置經費為 30,464,093 元，包含水量計工程（252 組水量計及傳輸設備）、水位計工程（24 組水位計與傳訊設備）及建置用水管理系統平台（含伺服器）1 式等（圖 38）。

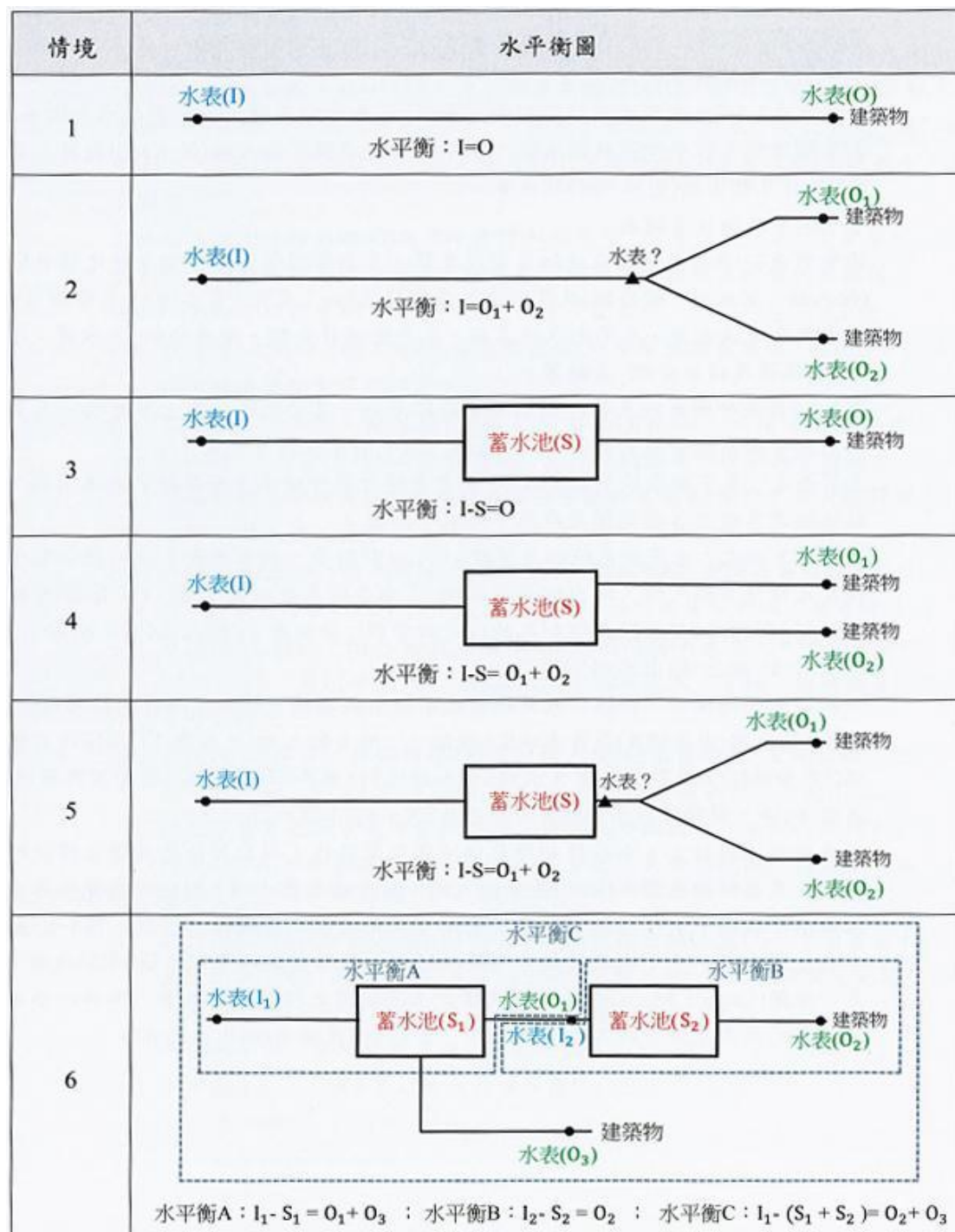


圖 37 校園管網中常見之水平衡情境圖

資料來源：機關學校用水管理系統規劃成果報告書（2021）

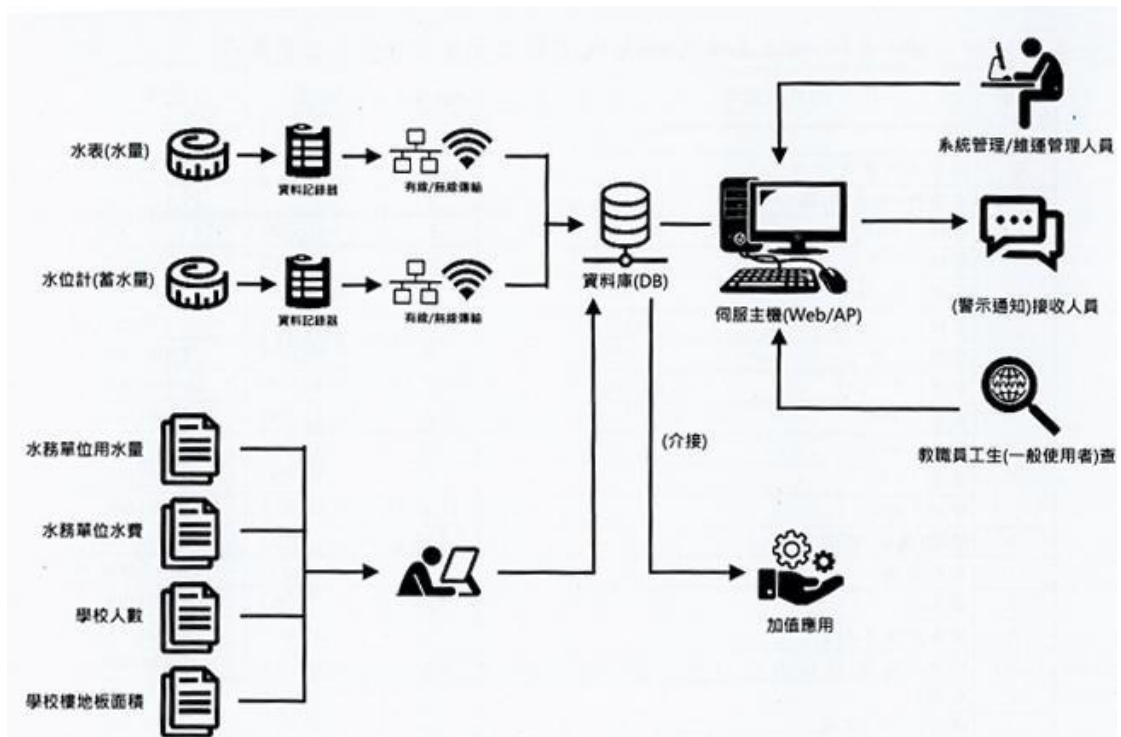


圖 38 國立嘉義大學用水管理系統架構圖

資料來源：機關學校用水管理系統規劃成果報告書（2021）

2.3.2、中正大學創新校園水資源夜間最小流量偵漏系統

中正大學輸水管線在長年使用下因自然劣化、地震等因素，使管線接頭龜裂、管線接合處脫膠脫落、自然沉陷擠壓斷裂等大量漏水情況，因大多數無法藉由目視或檢視外觀發現，常造成校內管線已經大量漏水，管理人員卻仍不知道水資源流失情形。為解決校內老舊管線漏水問題，該校於 97 年建置「校園電力暨水資源自動管控系统」時，設計「校園水資源夜間最小流量偵漏系統」，結合智慧水表計量及數位訊號輸出功能，可傳送出水資訓、透過資訊平台管控，不僅提供建築物用水量，也可產出每小時用水量分析圖表，搭配師生用水習慣或行為模式，判斷建物內設備或管線是否漏水。

透過「校園水資源夜間最小流量偵漏系統」建置，中正大學掌握用水變化與控制流量，建置至 103 年止，中正大學一共省下了約 60 萬度水、770 萬元。

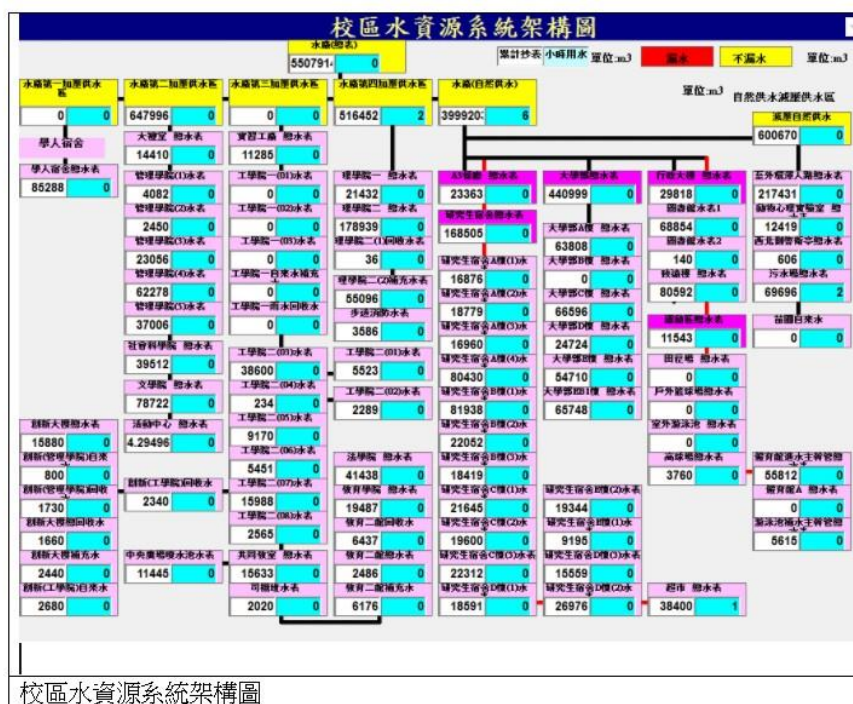


圖 39 中正大學校區水資源系統架構圖

資料來源：中正大學社會責任網站：行動方案-社會實踐-活動內容
https://www.ec.ccu.edu.tw/usr/SDG_events.php?1140

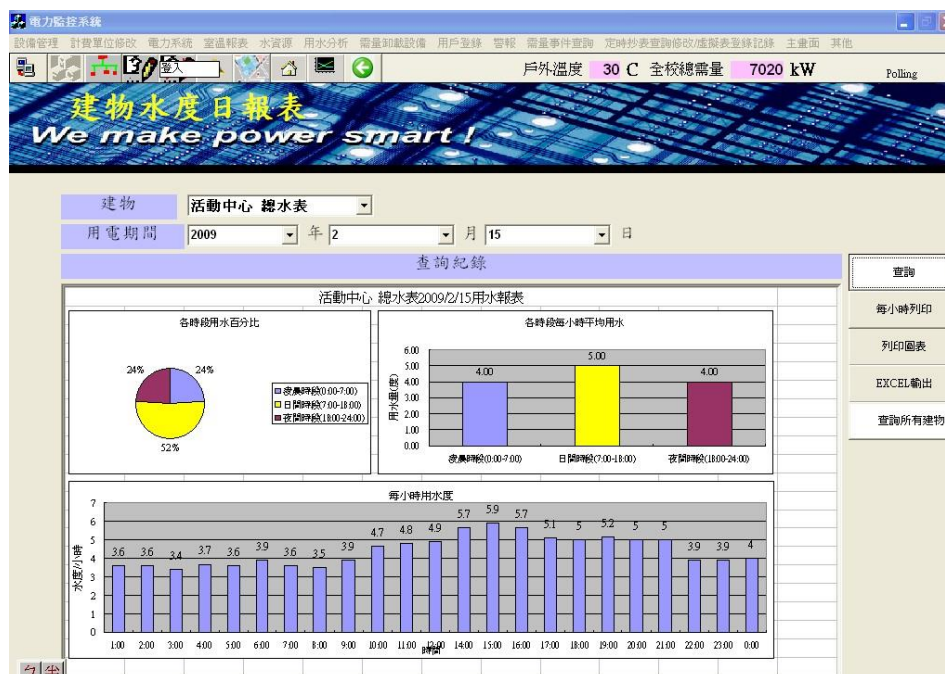


圖 40 中正大學校園水資源夜間最小流量偵漏系統介面

資料來源：中正大學社會責任網站：行動方案-社會實踐-活動內容
https://www.ec.ccu.edu.tw/usr/SDG_events.php?1140

2.3.3、中山大學海洋科學院運用校園水資源管理系統

中山大學校園全校區含 48 棟建物，由 3 個配水池形成供水網絡，並以 138 只水表紀錄用水情形，為達到校內水資源平衡、調配、查漏與管理目的，該校規劃以系統進行管理；在經費考量下，該校優先選擇海洋科學院作為水網示範區，並設置智慧水表、幹管壓力計、水池水位計、泵浦控制、訊號傳送網路、儀表箱及伺服器設備，完成第一階段的水資源管理系統開發與建置，該系統架構如圖 41 所示，系統提供多人多工操作平台，並以直覺式地圖清單表格之間雙模式監測管理，監測項目每 10 分鐘即時顯示及分析各種數據並對水存量進行即時統計，透過水平衡分析管理以瞭解及檢測大範圍及小區域之水量是否異常或可能漏水，且可進行用水行為統計及分析，當監測數據發現異常並超出警戒值時亦可立即通知相關權責人員。藉由完整的設備規劃、設計及建置，這些設備如同物聯網的感測元件予以統合，再輔以完整之資訊系統平台的完善管理，校園用水的「智慧水管理」正式全面啟動，隨著各種設備計量資料的大量累積，預期可推向更精準及高效率的用水管理。

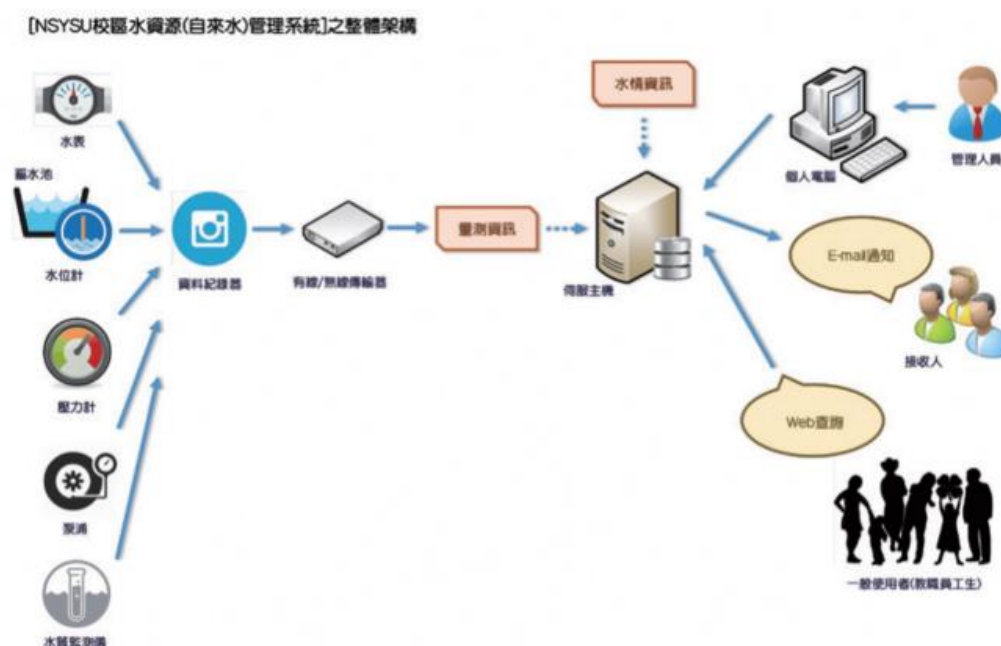


圖 41 校園水資源管理系統架構圖

資料來源：校園水資源管理系統-以中山大學海洋科學院為例（李宗仰，2020）

2.4、感測元件之相關應用與發展

總和前述文獻可知，透過用水設備裝設智慧水表及水量計等計量裝置，可掌握用戶用水也可即時察覺用水異常，對於學校以及部分機關幅員較大，若能在校園內廣設智慧水表，相信對於自來水流向與管理有相當幫助，但全面建置智慧水表及水位計，須全面調查用水設備及管線後方能評估裝設位置，部分區域仍需進行管線重新埋設，工程期間（數天或數個月）可能會停水，耗時較長且無法立即找出漏水潛勢區，另投入成本高（約需 2-3 千萬元），無法現階段全面推廣建置；基此，在目前機關學校無法全面佈設智慧水表之際，有鑑於物聯網感測元件已應用於工業等各種層面協助，本研究則建議結合物聯網感測元件協助應用設備用水分析，本節將進一步說明國內外相關感測元件之應用。

2.4.1、物聯網控制開發水位警示系統

嶺東科技大學資訊管理系專題研究以 Arduino 板硬體控制，連接水位感測器及電子元件來完成信號偵測之水位警示開發，以應用如魚缸容器之水位警示系統。系統功能包含：當水位達到設定的水位高度除了現場蜂鳴器警示之外亦會即刻透過 APP 監視水位訊號值，若水位值超過警戒值則除了會將水位值傳輸至手機並會發出聲響及震動警戒效果。此設備優點為硬體設備造價低廉、內部元件取得容易、儀器架設之方便以及軟體方便取用且未來發展性強。

儀器使用到 UNOR3 開發板、水位感測模組、蜂鳴器、HC-06 藍芽模組、麵包板等裝置（圖 42），APP 以簡單操作與簡潔的介面設計呈現功能設定藍牙、顯示水位值、警報器，簡單明瞭讓使用者更能容易上手，只要點選 App 進入點選畫面，並選取藍芽等待儀器連上 App 後，數值即將會回傳至指定手機號碼，並發送警示訊息簡訊（流程如圖 43 所示）。

經由該研究，可了解 Arduino 板、相關開發元件以及傳輸器之運用，以及熟悉 Arduino IDE 程式設計並搭配 App Inventor 2 加

以進行系統測試及建置，來達到監控容器水位高度之警示。該研究為接觸式水位警示系統，透過使用連結水位感測器及蜂鳴器，進行靜態水箱試驗，並希望未來延伸出更廣泛運用之功能，如地下水監測或防洪等，可運用該研究的儀器製造相關之水位警示系統來達到相關水位偵測之目的。

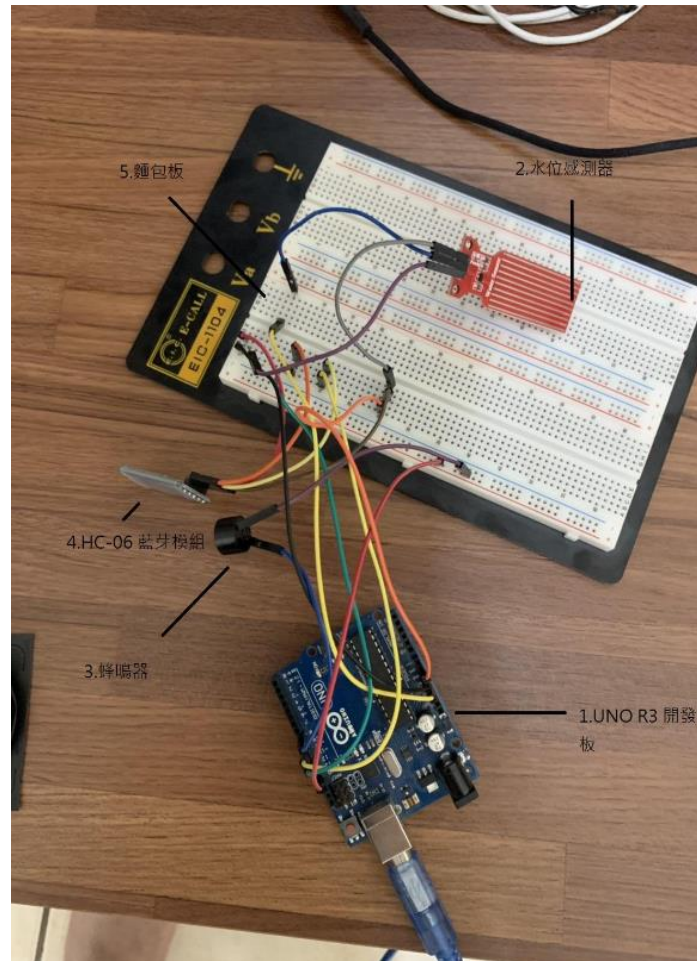


圖 42 Arduino 水位感測器結合藍芽蜂鳴器儀器圖

資料來源：利用 Arduino 設計水位警示系統（盧緯庭等人，2019）

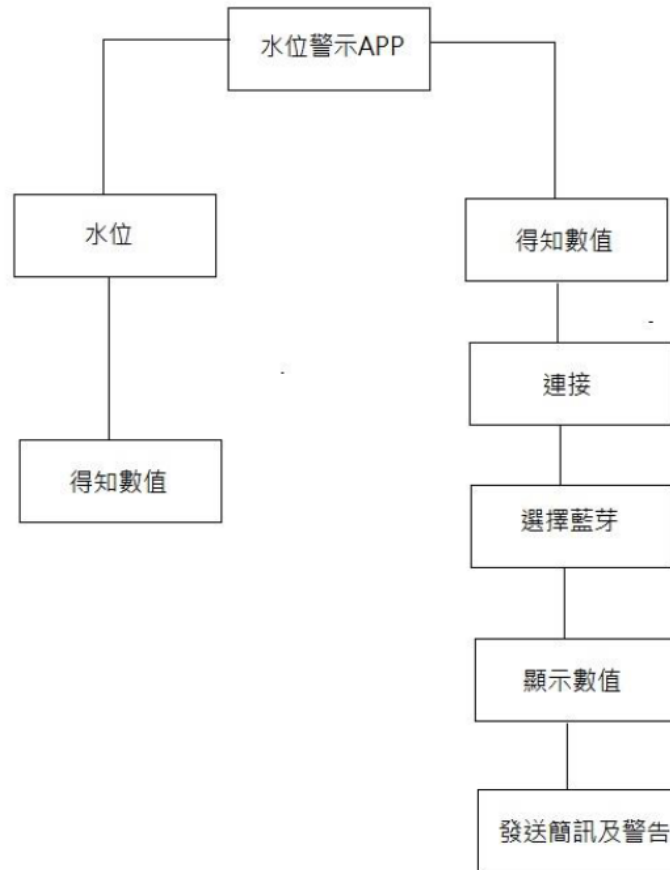


圖 43 App 操作架構圖

資料來源：利用 Arduino 設計水位警示系統（盧緯庭等人，2019）

2.4.2、利用磁簧開關感測元件偵測水塔水位

用戶採間接供水多以水塔進行儲水，目前市面上最多使用的雙浮球或電擊式水位控制器，只有高中低三種水位，並無多段式。在控制器方面由 OMRON 所生產的 61F 系列液面控制器為使用最廣泛，搭配電擊式或雙浮球廣泛應用在各種水位控制上，但該控制器亦無多段或雲端的監控。雙浮球或電擊式只能偵測高中低三種水位，高水位停止，低水位抽水。若水位處於中低位置，將無法啟動抽水馬達，這是雙浮球或電擊式最大的問題。若遇到必須要儲滿水的時候，抽水馬達是無法自己啟動。因此，高雄市中正高中研究人員利用磁簧開關感測元件搭配 Arduino 及 WeMos D1 程式控制來偵測水塔水位，並搭配 Blynk 手機 App 作即時水位監控系統，使用於近端或遠端做控制使用。

研究人員楊竣堯利用磁簧開關感測作為水塔水位控制，並考慮水塔內部潮濕，若將電子感測器放在內部將會減短使用壽命，容易損壞。因此將感測器裝置於 PVC 管內，底部用水電專用硬質膠合劑黏固，避免滲水現象，上端封管後將傳輸線拉至屋內供控制板使用，並透過控制板上 LED 燈立即知道儲水狀態且可透過 APP 程式即時觀看以及遠端控制抽水機操作，除此之外，還透過 Twitter、G-mail 傳送特定訊息，讓使用者隨時掌握訊息。

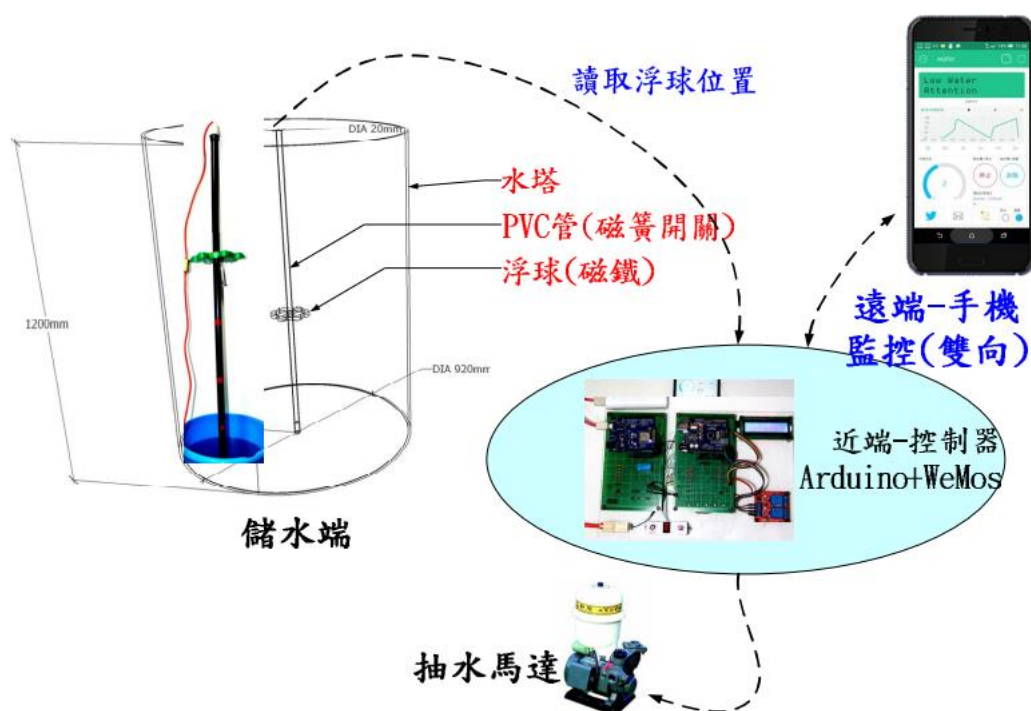


圖 44 水位監控示意圖

資料來源：智慧居家-IoT 雲端水位監控系統（楊竣堯，2017）

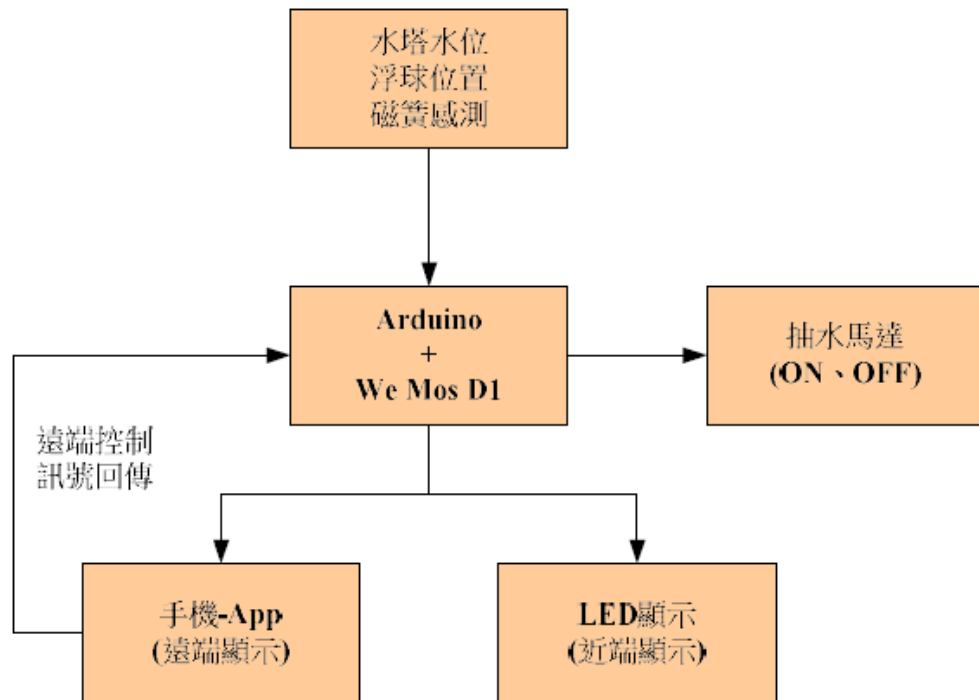


圖 45 操作流程示意圖

資料來源：智慧居家-IoT 雲端水位監控系統（楊竣堯，2017）

2.4.3、國外基於物聯網的智能水位監測及漏水監控研究

一、SMART2L: Smart Water Level and Leakage Detection

隨著物聯網（IoT）和傳感器的進步，液位和洩漏傳感器已成為基於物聯網的可操作應用的重要組成，位於馬來西亞的 Universiti Tenaga Nasional（English: The National Energy University; UNITEN）研究人員 Haikal Hafiz Kadar 等人即於 2018 年提出了使用 WiFi 建立傳感器到傳感器直接通信的 SMART2L 系統，其原型採用 ArduinoYun 作為主控制器，實驗組成包含兩個蓄水容器（水池及蓄水槽）及馬達組成的小型管道系統（圖 46），當蓄水槽處於低水位時，馬達會啟動將水源由水池加壓送至蓄水池直至滿水位，並將傳感器都連接到主板（Arduino Yun），並進行漏水偵測；在 SMART2L 中，eTape 傳感器用於監測水池與蓄水槽中的水位，另外搭配液體傳感器和流量傳感器用於節點處以偵測是否有水存在，及計算流量及出水量。



圖 46 SMART2L 系統的主要組成樣式

資料來源：SMART2L: Smart Water Level and Leakage Detection (Haikal Hafiz Kadar et al,2018) . International Journal of Engineering & Technology.

實驗於儲水設備的管線間以 1 開關模擬管線漏水點，並進行漏水與無漏水兩種態樣實驗，當液體傳感器偵測到管線發生漏水，Arduino Yun 控制器會透過電子郵件將相關狀態通知操作人員，水位降至低水位時，Arduino Yun 控制器也會發送電子郵件，同時系統會啟動馬達將水池中的水加壓至蓄水池內，SMART2L 的運作流程如圖 47 所示，操作人員可透過智慧手機監控 SMART2L 系統（使用界面如圖 48），以及早發現漏水問題及有效進行管理。

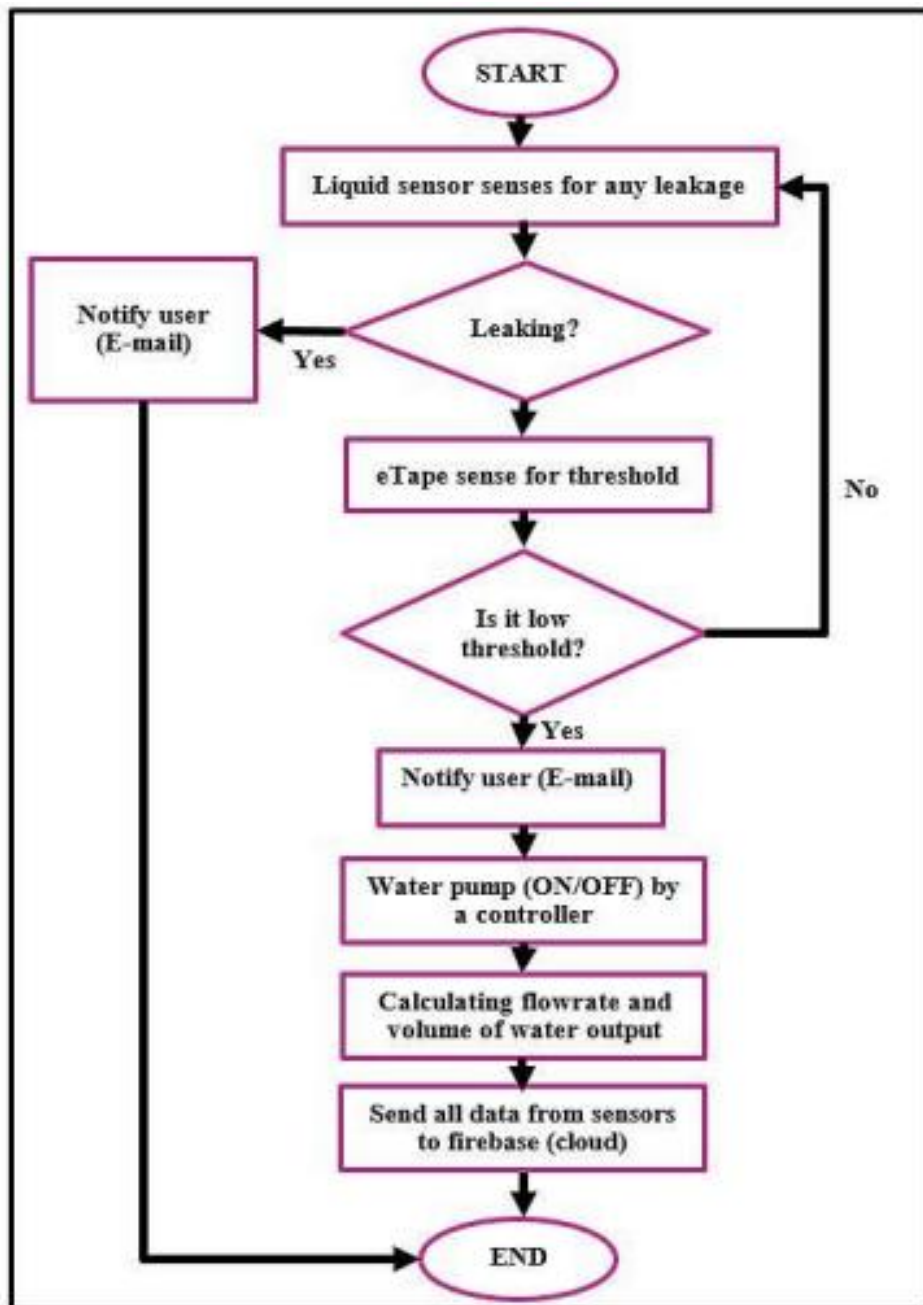


圖 47 SMART2L 運作流程圖

資料來源：SMART2L: Smart Water Level and Leakage Detection (Haikal Hafiz Kadar et al, 2018) . International Journal of Engineering & Technology.



圖 48 SMART2L 遠端 ANDROID 設備顯示界面

SMART2L: Smart Water Level and Leakage Detection (Haikal Hafiz Kadar et al, 2018) .
International Journal of Engineering & Technology.

二、IoT-Based Solutions to Monitor Water Level, Leakage, and Motor Control for Smart Water Tanks

沙烏地阿拉伯位居中東地區，為水資源貧瘠地區，因此，水資源管理為該國重要課題，一般用水係儲存在水池，在人工管理的情況下，可能因人為疏忽而在無形中被浪費了，或是由於基礎設施老化破壞，造成水資源從水箱或供水管道洩漏，為了解決漏水監控問題，因此，Imam Abdulrahman Bin Faisal University 研究人員（Farmanullah Jan 等人）於 2022 年提出以物聯網（IoT）技術來有效監測水位及檢測洩漏，並針對當前物聯網感測器研究進行文獻蒐集與技術分析，針對當代已進行之傳感器監測技術元件進

行介紹，以幫助了解傳感器運用技術，並期以將感測結果通過網頁或選擇安全的物聯網雲伺服器向用戶和其他專家提供反饋，及早發現漏水問題進行改善。

2.5、小結與因應

由前述說明與經濟部水利署研究報告可知，要追查用水異常可能區域，可採用土法煉鋼手法，將用水區域劃分小區再逐一試開關與定時量測水池水塔水位計算水量，或是在各區域佈設智慧水表、水位計等計量儀器，建置管理系統將前揭儀器定時計量資料彙整分析，即可掌握異常用水量可能走向，惟若發生漏水，水資源將不斷流失，採用土法煉鋼手法需花費許多時間與精力，佈設智慧水表與水位計等儀器以及相對之管理系統更非一蹴可及，且所需經費不低。

安裝水表等流量計，涉及施工切管等，考量層面較多（如是否有空間安裝等），考量水池水塔為重要用水設施，除直接供水外，幾乎用戶均有此設施，若能以此為界觀察水池水塔水位變化或可視其為供水中繼站，進而利用水平衡方法，計算進出水量，亦有助我們找出可能異常區域，且水池水塔均有孔蓋，若能架設感測器定時量測距離，無須工程施工，是一個經濟可行方案。

除了水位計外，若已發現某個水池或水塔本身或之後管線有問題，如何進一步追查呢？例如水池或水塔有無溢流，除判斷水位外，可觀察溢流孔有無流水跡象，抽水馬達是否啟動，及運轉時間等亦可了解自來水輸送情形，另外，水池水塔後若有數支管線，如何判斷可能是哪一支？若有開關，可試開關及觀察水位計變化，若無開關，是否可觀察自來水流動時之聲音、或震動來判斷，亦是可能手法之一，在短期內無法針對機關學校內線等佈設智慧水表之際，我們或可由前揭物聯網之發展，建置可行之感測元件協助我們掌握機關學校用水。

第三章、物聯網之相關應用與感測器建置

環視目前科技，物聯網（Internet of Things, IoT）是建立物件（如機械、電器等設備裝置）間相關連結與溝通的網路環境，例如可依需求偵測物件實際狀態（如溫度、濕度等等）、目前位置，進而相互溝通、自動運作等，可大幅減少人力負荷。簡單來說，就是讓物品上網，藉由網路可以進行讀取或傳遞資訊，例如電動汽車-特斯拉，應用感測元件輔助駕駛、偵測汽車異常原因等等，可大大減輕駕駛負荷與維修時間，如前揭內容，機關學校用水系統，包括水表、管線、水池、水塔、開關、馬達與相關控制設備（如液面控制器），且散佈機關學校區域內，一旦發生用水異常，若掌握用水系統各個設備資訊（如水池水塔水位），有助判斷及縮小異常區域。

其實物聯網已經存在很久了，如 1980 年代可樂販賣機，透過網路可即時查看販賣機內可樂數量，之後隨著技術演變與科技精進，逐步發展出更小且更強的處理器，目前已廣泛應用於物流、製造、醫療等相關領域，惟前揭電子設施需設計線路圖、佈設相關電子元件及製造，所需之技術高且須耗費較多時間與經費，義大利學者馬西莫·班齊（Massimo Banzi）為簡化技術、開發程序與門檻，提供新手或專業人士低成本且簡易方法，開發嵌入式硬體平台-Arduino，藉以提供各種感測器與環境相互作用之裝置執行器；另外，因網路通訊與藍芽等需求，為便利使用，ESP32 單晶片（載板）也應運而生，基此，本章將簡介 Arduino、ESP32 單晶片（載板），以及相關偵測元件，如超音波感測器（測距）、濕度感測器、震動感測器與聲音感測器。

3.1、開發嵌入式硬體平台(Arduino)簡介

Arduino 是一個開放原始碼的單晶片微控制器，它使用了 Atmel AVR 單晶片，而且採用了開放原始碼的軟硬體平台，建構於簡易輸出/輸入介面板，並且具有使用類似 Java、C 語言的 Processing/Wiring 開發環境。可以充分活用在物聯網（Internet of Things, IoT）的開發領域，讓開發者可以連接多元的電子元件（如智慧型感測器等元件），而透過創作者自行開發的程式（使用 C/C++ 程式語言）來控制是類

電子元件，達到所需的機能。

3.1.1、硬體介紹

Arduino 從第一代 ATmega8、ATmega168、ATmega328 持續演進，透過 PIN 腳可連結相容之各式感測元件，其之間差異主要在內部記憶體容量，利用通用之 USB 做為通訊界面，Arduino 為開放原始碼的單晶片微控制器，開發板品項眾多（如表 4），各有其特色，以正式板 UNO 為例（如圖 49），其有 14 個數位輸入/輸出接腳（其中 6 個可用作 PWM 輸出）、6 個類比輸入、16MHz 石英晶體、USB 連接孔、電源插孔、ICSP 接頭和重置按鈕。

電源部分，Arduino Uno 板可通過 USB 連接或外部電源供電。外部（非 USB）電源可以使用電源供應器、9V 電池，通過將 2.1mm 插頭插入電路板的電源插孔供電。

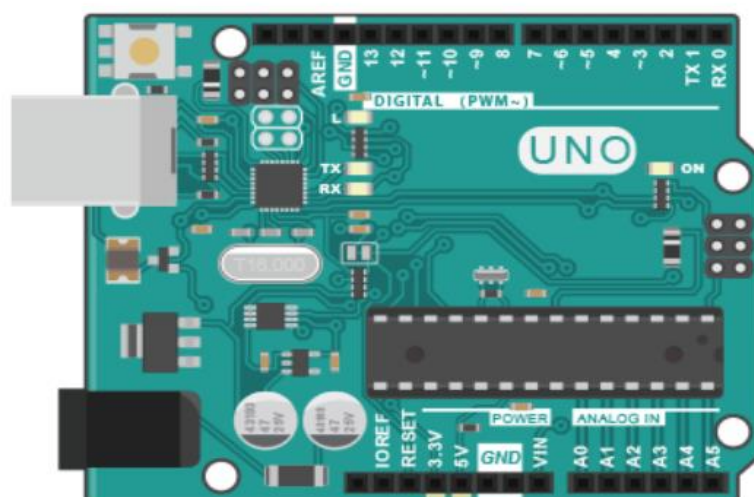


圖 49 Arduino Uno 示意圖

表 4 Arduino 版本一覽表

板 項目	UNO	Nano	mini	2560	leonardo
MCU	ATmega328	ATmega328	ATmega328	ATmega2560	ATmega32u4
工作電壓	5V	5V	5V	5V	5V
輸入電壓	7-12V	7-12V	7-9V	7-12V	7-12V
PWM	6	6	6	15	12
時脈	16M	16M	16M	16M	16M
SRAM	2K	2K	2K	8K	2.5K
EEPROM	1K	1K	1K	4K	1K
USB晶片	ATmega16u2	FT232	無	ATmega16u2	ATmega32u4

資料來源:網路

3.1.2、軟體介紹

為便利開發與使用，只要程式能被編譯成 Arduino 機器碼的就能在 Arduino 上執行，Arduino 之開發環境提供 Arduino Software IDE，其整合了 Arduino 預處理器指令，使用 C/C++進行編程，目前甚至在微軟之 Visual Studio 也有提供 Arduino 的 SDK，使得編譯執行上更方便（如圖 50）。



圖 50 Arduino 編譯環境示意圖

3.2、開發嵌入式硬體平台(ESP32)簡介

Arduino 提供簡單便利開發環境，開發板本身無 WiFi、藍芽功能，若有網路、藍芽需要，須另外採購 WiFi 等元件（如 ESP01 晶片等）、接線與相關通訊設定，或是其它開發板；為強化網路通訊功能，ESP32 晶片基此孕育而生（如圖 51），其是一系列低成本，低功耗的單晶片微控制器，整合 WiFi 和藍芽，內建天線開關，RF 變換器，功率放大器，低雜訊接收放大器，濾波器和電源管理模組，且可在既有 Arduino 環境開發，可用腳位也較 Arduino 多，大部分腳位同時支援類比及數位，除 WiFi 和藍芽外，更內建霍爾、溫度、觸控感測器，無須再購置。

ESP32 開發板種類如同 Arduino 開發板一樣，也有很多種，如 Node MCU-32s、DOIT DEVKIT V1 等，或是附帶相機及 SD 卡槽的 ESP32-CAM、附帶光環 LED 等，開發軟體部分，ESP32 開發板可採用 Arduino Software IDE 環境，亦即撰寫程式後燒入至開發板韌體內即可執行運作。

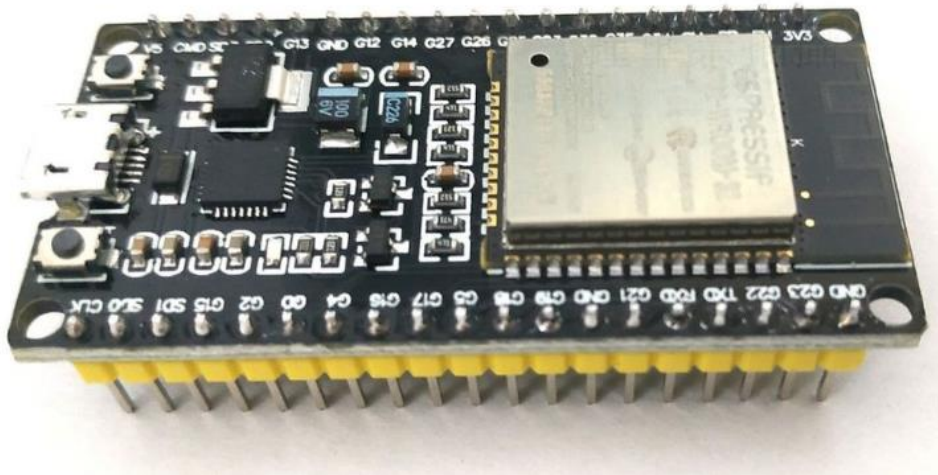


圖 51 ESP32 開發板

3.3、感測元件介紹與建置

透過前揭 Arduino(市售成本約 500-800 元)或 ESP32(市售成本約 150-250 元)硬體介面平台，我們可在這樣的平台介面搭配相關

感測元件，同時撰寫程式編譯後燒錄至 Arduino（或 ESP32）主機板內韌體（如圖 52），就能創造各種很多組合與功能，本小節將進一步簡介偵測用戶用水設備之相關感測元件與製作。

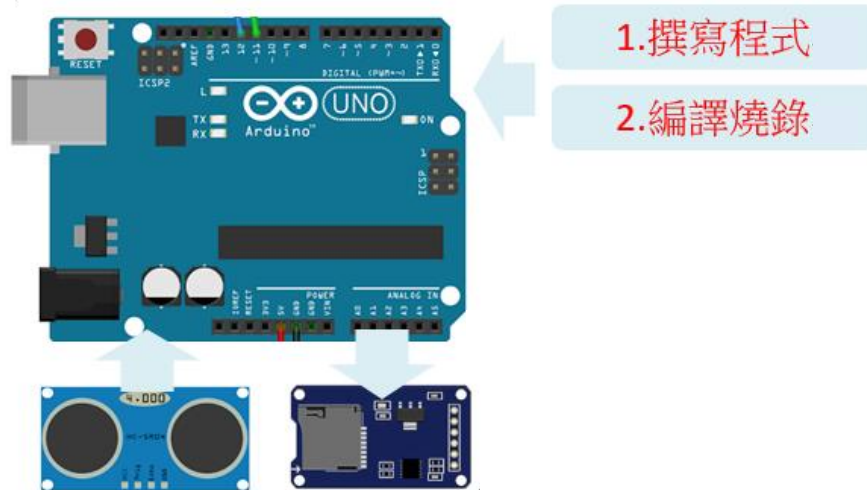


圖 52 水位感測器程式編譯與燒錄

另資料傳遞或紀錄部分，考量用水設備可能設置於地下式，不一定可透過 WiFi 傳輸資訊，因此，我們設計兩種模式

模式 A：Arduino（或 ESP32）主機板+感測器+SD-CARD 記憶元件

模式 B：Arduino（或 ESP32）主機板+感測器+Wifi

模式 A 應用於無 WiFi 訊號或較不穩定區域（如地下室等），模式 B 應用則可透過 WiFi 即時將資料傳送至雲端網站（此處我們以 Matlab 針對物聯網等感測器提供免費雲端資料庫—ThingSpeak 為方式），架構如圖 53（我們以超音波感測器為例，其他感測器傳輸方式比照）。

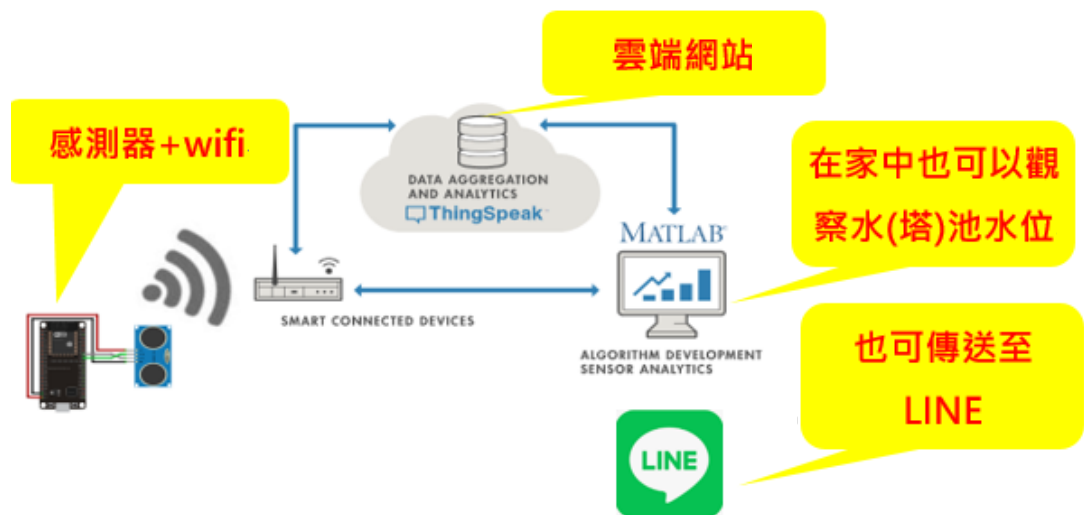


圖 53 水位計透過 WiFi 傳送至雲端架構圖

3.3.1、超音波感測器

要測距離，一般可採用雷達、紅外線或超音波等感測元件，雷達較貴、紅外線有透水性，基於成本效益，本研究以超音波感測器（如圖 54）為主。超音波感測器係利用超音波發射和反射接收之時間差，來測定感測器和欲測物之間的距離，如下圖，感測器有兩個筒狀物，一個為超音波發射器，另一個為接收器，當發射的超音波遇到欲測物後，會被反射，計算時間差即可計算距離，相關線路圖與實體，如圖 55 及圖 56。

本研究提出之感測器-HC-SR04(市售成本約 20-30 元)，依該規格能感測距離約為 2cm 至 450cm 之間，精確度約 3mm，適用工作環境之溫度介於 0 至 50 度之間，濕度部分無明確說明，主要應用量測感測器至水面間之相對距離(因此感測距離越小，水位相對越高)。

備註：距離=（時間差×聲速（340M/S））/2）

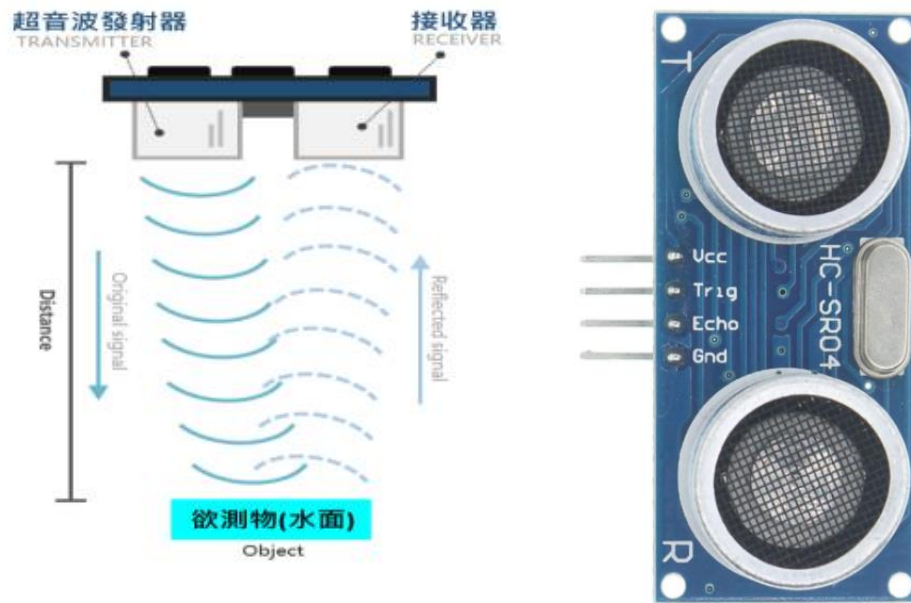


圖 54 超音波感測器及原理

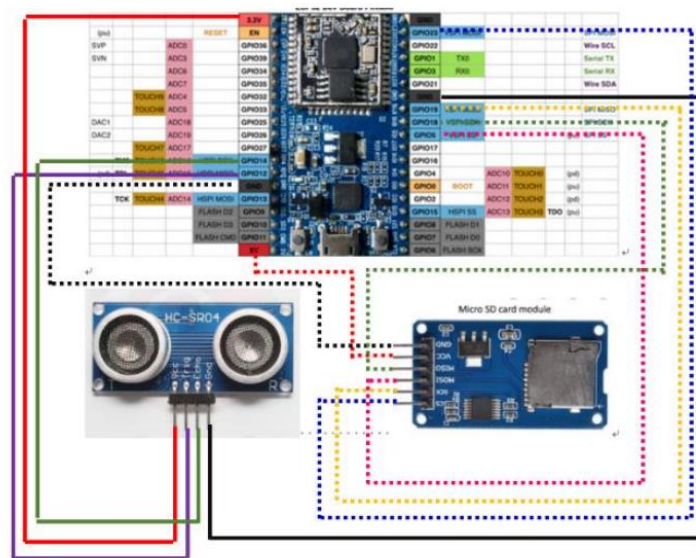


圖 55 水位感測器配置與線路圖



圖 56 水位感測器實體圖

3.3.2、濕度感測器

溼度感測器（如圖 57）的原理是利用水為導體，透過兩片金屬電極之間的”導電度”檢測來換算成濕度，感測器偵測到水分時，導電度就會變化，藉以判斷濕度是否增加，相關線路圖與實體，如圖 58、圖 59，本研究應用之濕度感測器市售成本約 20-30 元。

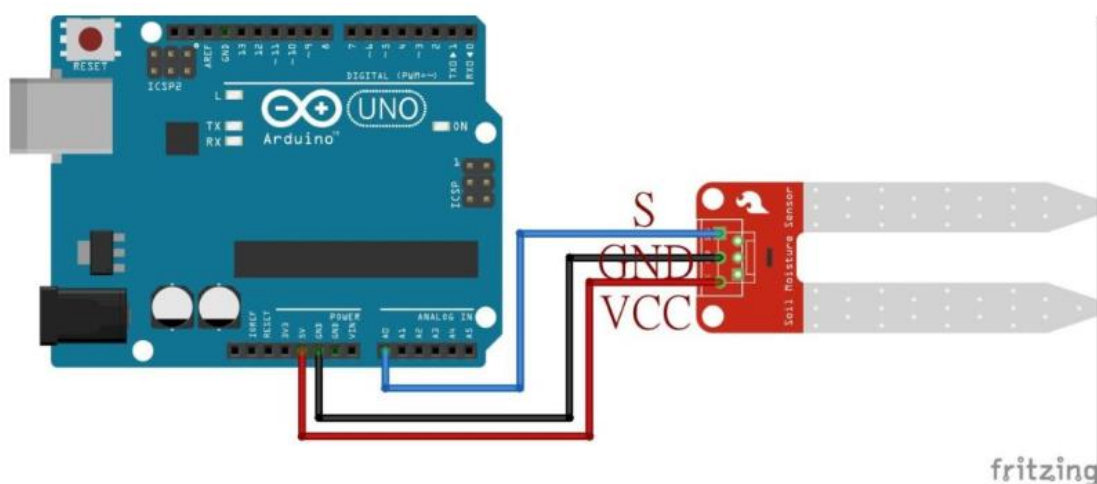


圖 57 濕度感測器

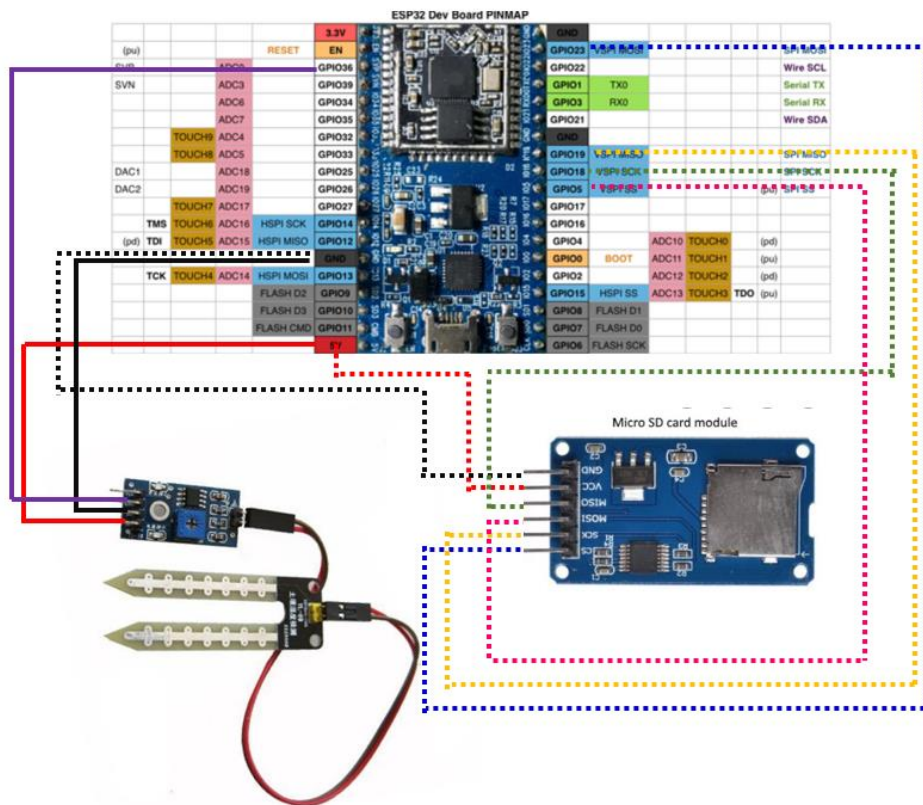


圖 58 濕度感測器配置與線路圖

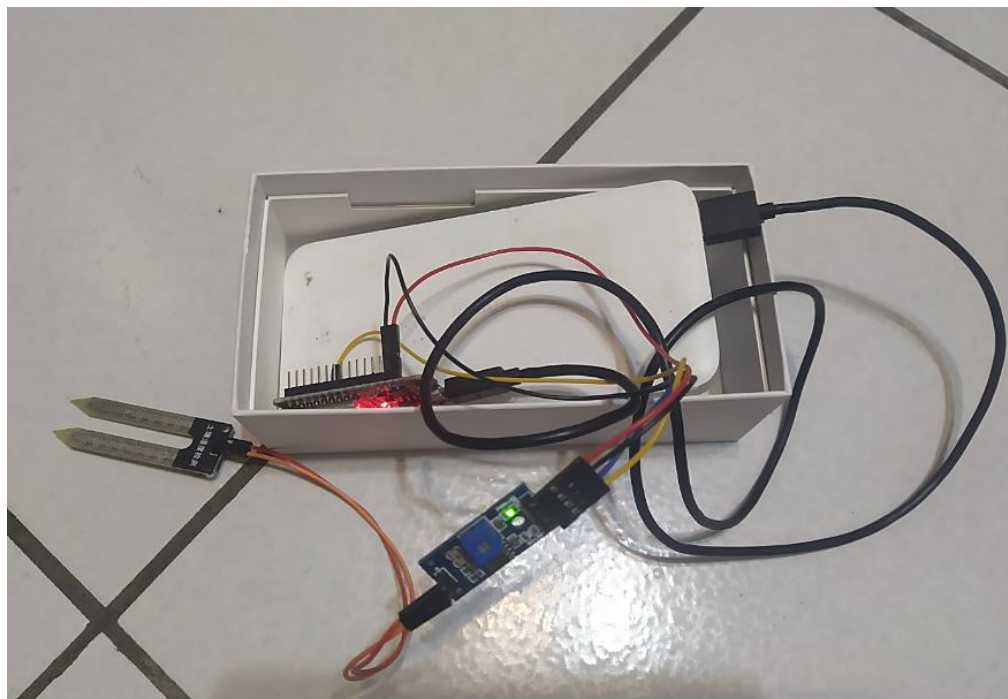


圖 59 濕度感測器實體圖

3.3.3、震動感測器

震動感測器（如圖 60）內部結構是一個固定在特殊彈簧上的金屬球作為極，另一個被其包圍，作為另一個極。一旦振動達到一定幅度，兩個極便連接起來，相關線路圖與實體，如圖 61。



圖 60 震動感測器

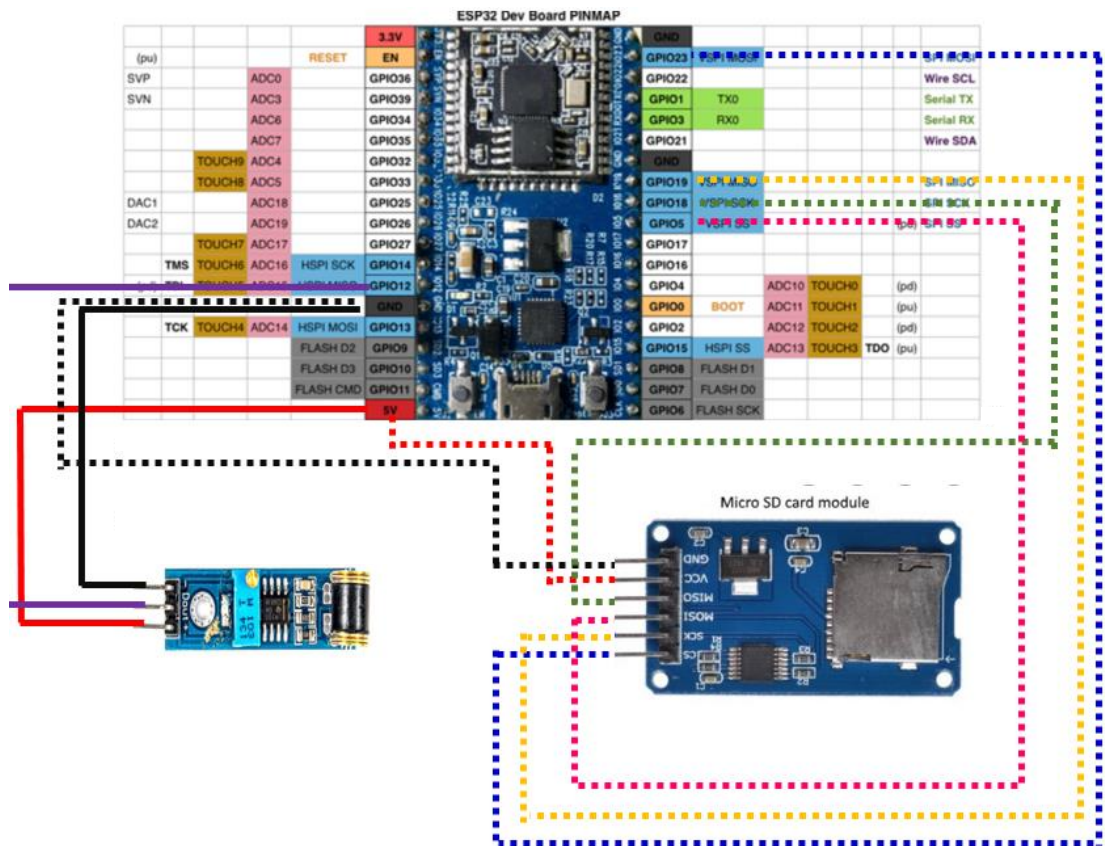


圖 61 震動感測器配置與線路圖

3.3.4、聲音感測器

聲音感測器（如圖 62）有很多種型式，我們以常用之電容式為主，其主要係以振動模蒐集聲波，依聲波大小影響依電容導板距離轉換成訊號，相關線路圖與實體，如圖 63 及圖 64 所示。

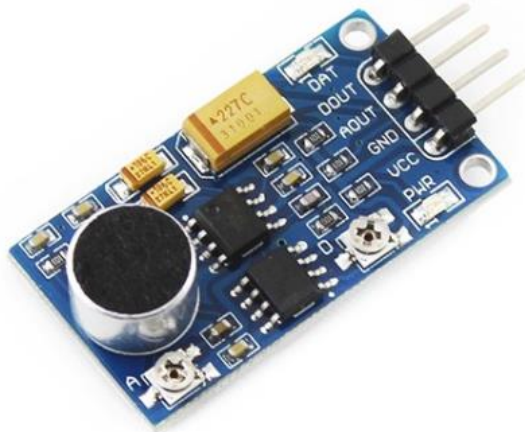


圖 62 聲音感測器

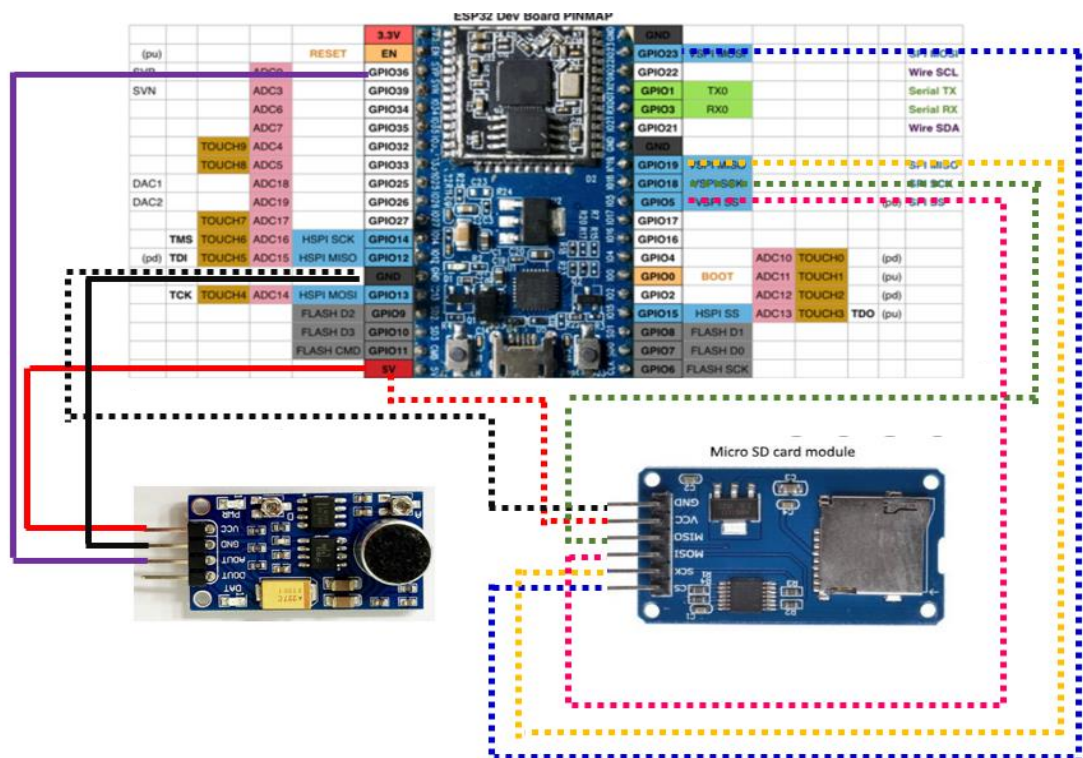


圖 63 聲音感測器配置與線路圖

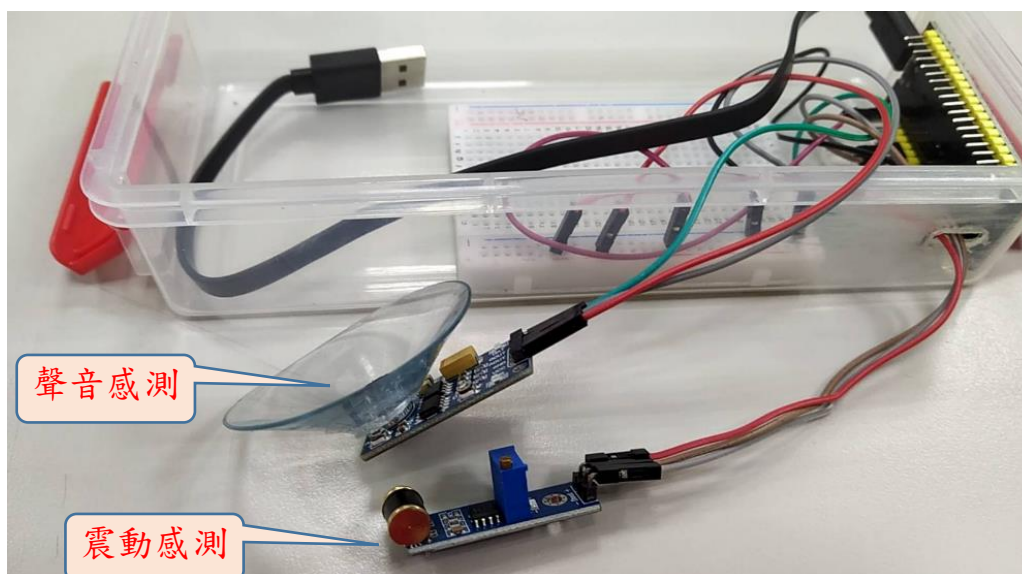


圖 64 震動感測器與聲音感測器實體圖

3.4、感測器實際運作與資料判讀

3.4.1、超音波感測器

如何測量與觀察水池(水塔)水位變化呢?由於水池水塔型態、樣式各式各樣，我們以繩索(非伸縮)吊掛方式放置(示意如圖 65，實際現場如圖 66)量測水位計至水位間之相對距離(A)，因此水位計垂吊距離(B)非屬重要，由於水池水塔環境差異很大，先要尋覓合適吊掛位置(如可吊於水池水塔人孔蓋卡榫等處)，只要感測器不要垂吊太低碰觸水面即可，裝設前應先行測試，避免感測器失效。

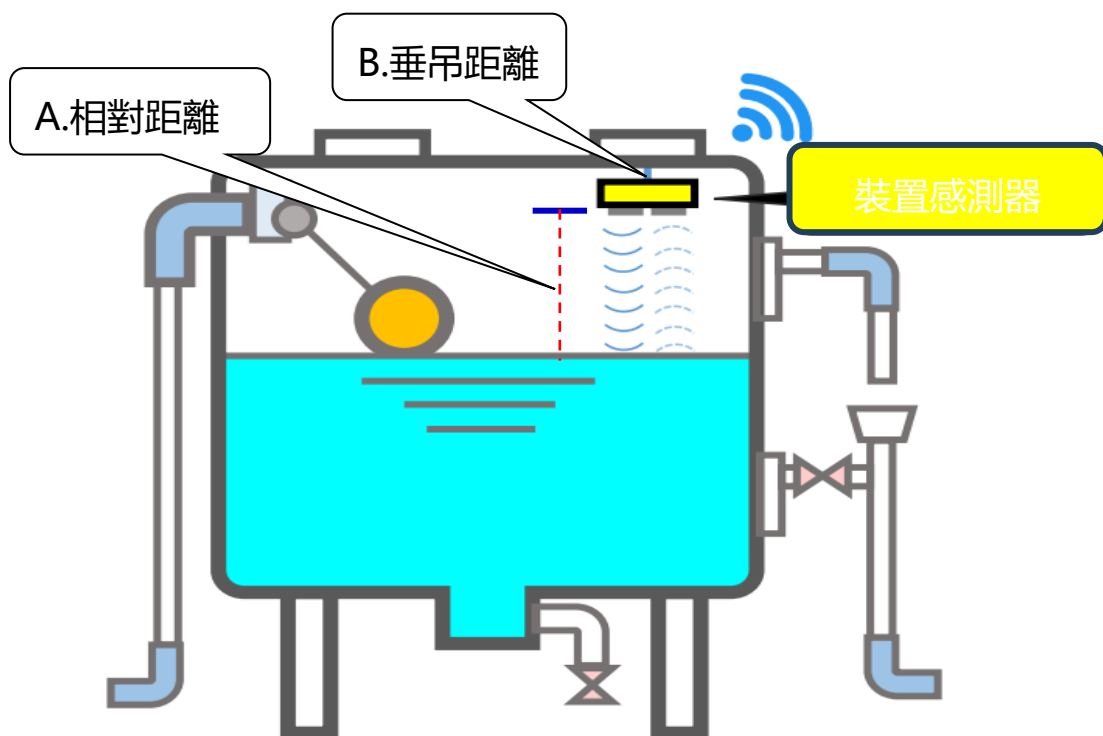


圖 65 水位計安裝示意圖



圖 66 水位計實際現場

如同前述，我們紀錄的資料是感測器至水面間之相對距離（A），因此，當水池（水塔）因出水導致實際水位降低時，此時相對距離會逐漸變大，當水池（水塔）因進水導致實際水位升高

時，此時相對距離會逐漸變小，因此觀察水位變化時，可以高於觀測之最大值減去所有觀測值，即可得出實際水池（水塔）水位變化。

我們實際至臺北市某甲國小裝設與測試，資料蒐集與分析說明如下：

一、背景說明：該校管線如圖 67，該校設有 1 個水池，再供應至樓頂 4 個不鏽鋼水塔（相通，可視為 1 個水塔，因此只需安裝 1 個感測器）。

二、感測器裝設：於水池裝設水池水位感測器。

三、量測期間：下午 5 時至隔日下午 3 時。

四、資料分析：

(一) 量測期間智慧水表顯示完整進水 3 次，水池、水塔同樣顯示有 3 次水位升降紀錄。

(二) 如第 2 章所介紹，一般水池水塔設有液面控制器(即三極棒)，當樓頂水塔水位降至低水位時，若水池非處於低水位時，則會啟動抽水馬達，將水池自來水抽至水塔，此時水塔水位逐漸上升、相對水池水位逐漸降低，導致浮球降低，因而驅使進水閥開度逐漸變大，進水量大增，智慧水表即顯示大量進水。

(三) 當水塔水位達至高點時，則會關閉抽水馬達，水池水位逐漸上升，浮球位置因而升高，此時進水閥開度逐漸變小至最高水位後，閥度關閉停止進水。

(四) 一般而言，水池主要係提供樓頂水塔，當水塔降至低水位時，液面控制器啟動抽水馬達，將自來水由水池抽至水塔，因瞬間抽水導致水塔水位會有陡升之情形，相對水池水位在此時降低幅度會較大，之後浮球開關會因水位逐漸上升閥門開度逐漸變小，因此水池會有陡降緩升之情形（如圖 68）。

五、結果與發現：

(一) 一般而言，學校晚上 6 時至隔日 5 時間較無人用水（該校無

夜間部或補校)，由圖 68 可知晚上 7 時 54 分有進水，顯示有異常用水情形，已提供學校應即時了解與調查原因。

- (二) 樓頂水塔水位夜間穩定降低，約 2 公分/小時，顯示夜間水塔或其後管線或用水設備（如馬桶等）疑似有漏水等情形，且因穩定降低，也不排除某些學校會有設定自動撒水之可能。
- (三) 就本案例來說，水池與水塔均只有 1 個，且為 1 對 1 關係，用水設備架構較為單純，基此，我們可發現，水塔水位的變化與水池水位有關連性，相對而言，水池水位幅度走勢也會與智慧水表有關連性，亦即，透過智慧水表用水時序圖，一旦發現用水有異常情形，即可由此關聯性找到有異常之水池或水塔，基此，也縮小異常用水之可能區域。

備註：該校查到馬桶有異常，修妥後已有改善（節省 120 度/月）。

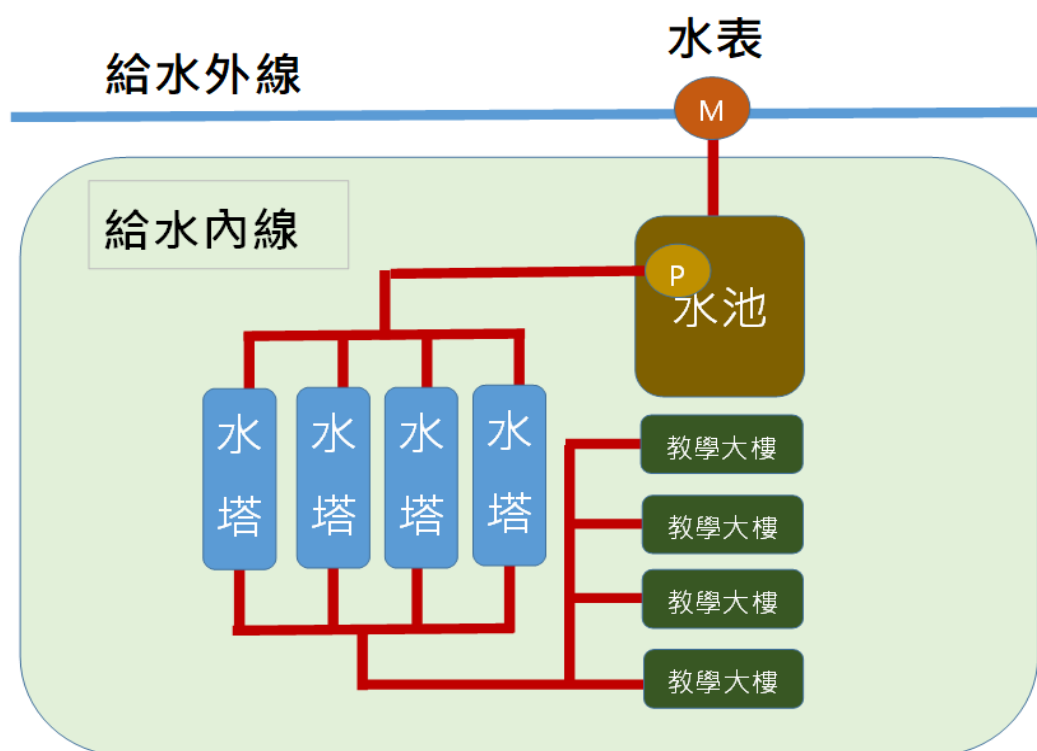


圖 67 用戶用水管線圖

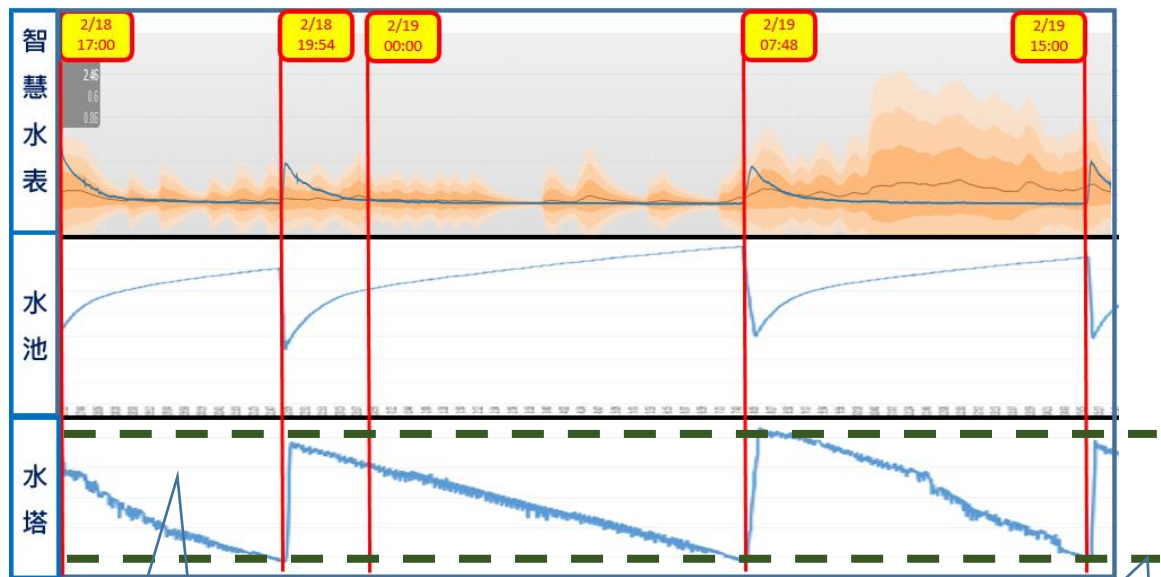


圖 68 水池水塔水位量測圖

水塔高水位
(抽水馬達停止)

水塔低水位
(抽水馬達啟動)

3.4.2、濕度感測器

水池水塔溢流孔（管）一般不會有水，若有水，顯示水池水塔有溢流情形，如何測量與觀察呢？可觀察水池水塔溢流孔（管）濕度變化，我們將濕度感測器放置於水池水塔之溢流孔處（若溢流孔非外顯示，則將感測器放置於水池水塔內溢流孔相對高度處）（如圖 69）。

我們實際至臺北市某乙國小裝設與測試，資料蒐集與分析說明如下：

- 一、感測器裝設：於水池裝設濕度感測器（可裝於溢流孔處或相對高度位置）。
- 二、量測期間：下午 5 時至隔日下午 3 時。
- 三、資料分析：量測期間濕度感測器無明顯變化。
- 四、結果與發現：感測器感測之濕度無明顯變化，顯示期間無溢流之情形。



圖 69 濕度感測器裝設位置圖

3.4.3、震動與聲音感測器

掌握馬達是否轉動、管線內自來水是否流動，有助我們掌握自來水走向，我們可嘗試藉由量測與觀察馬達或管線之震動與聲音變化來協助，此部分我們建置相對應之感測器，並放置於馬達或管線附近（如圖 70）。

我們實際至臺北市某高地社區裝設與測試，資料蒐集與分析說明如下：

- 一、感測器裝設：於加壓馬達旁及管線。
- 二、量測期間：上午 12 時至隔日上午 11 時。
- 三、資料分析：量測期間聲音與震動感測器於量測當日上午 12 時至下午 1 時 15 分馬達有明顯連續運作（如圖 71、圖 72），顯示馬達於該期間有運作，之後至隔日上午 11 時馬達均無運作。
- 四、結果與發現：據管理員表示，隔日下午有用戶反映無水，進一步詢問震動與聲音感測器之資訊，隨即告知馬達於當日下午 1 時 15 分之後即無運作，管理員確認並表示可能是馬達控

制器損壞。



圖 70 震動與聲音感測器裝設位置圖

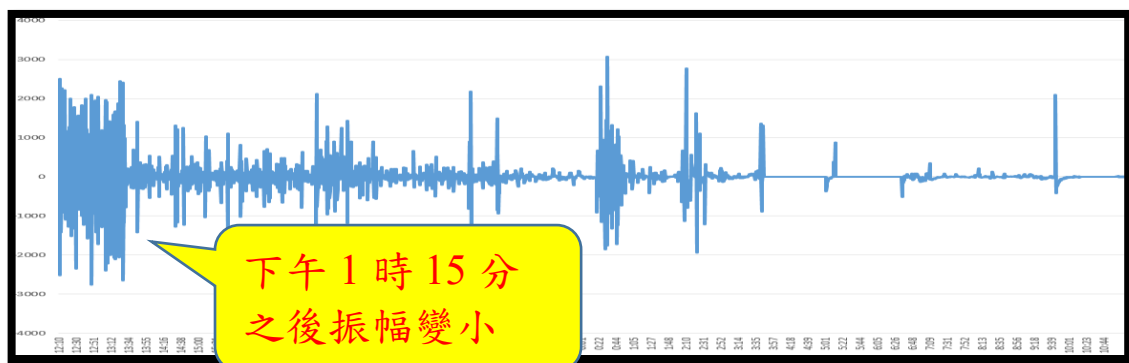


圖 71 聲音感測器資料統計圖

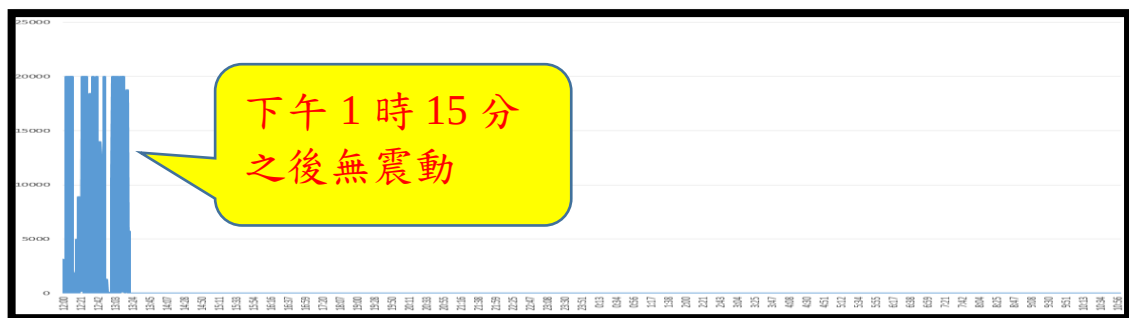


圖 72 震動感測器資料統計圖

3.5、小結與研究發現

近年物聯網發展及其感測元件之應用，已廣泛應用於各行各業，也包括相關產品，如各種自動化操控、監控與管理，讓我們更能掌控系統、也大幅減少人力負荷，由於機關學校與大型社區用水系統設備較多元、管線也較為複雜，本研究也試著導入物聯網感測元件於用戶用水系統中，透過物聯網感測元件之資訊，結果發現有助我們掌握自來水走勢：

- 一、安裝水位計，紀錄水位變化，我們發現水塔水位會與其水池幅度走勢相反，相對而言，水池水位幅度走勢也會與智慧水表相反，亦即，水塔水位會與智慧水表用水趨勢圖走勢相同。
- 二、安裝濕度感測器，記錄水池水塔溢流孔濕度變化，我們可分析水池水塔是否存在溢流情形。
- 三、安裝震動感測器與聲音感測器，記錄馬達啟閉或管線是否流動，更能進一步縮小異常區域。

本研究之感測器成本不高，扣除記憶卡、電池之成本，每組感測器均不到 500 元(超音波水位計約為 300 元)，依各該感測器之規格及本研究測試，均能應用於機關學校之用水設備，安裝所需時間依水池水塔等用水設備數量而異，一般而言，每組安裝時間約 5-10 分鐘，感測紀錄時間約 1-3 天，且感測器能重複應用。

下一章節我們將物聯網感測元件應用於機關學校或社區，透過個案資料分析，了解物聯網感測元件應用範圍與可能之效益。

第四章、用水異常個案分析與討論

智慧水表記錄用戶用水資源，透過智慧水表可發覺異常水栓用水情形，為進一步縮小異常區域，若能藉由物聯網感測元件的協助，應有助於我們掌握用水，例如水位感測器之建置，我們可以瞭解水池水塔水位變化，若能在安全無虞情況下同時擴大裝設在用戶每一個水池與水塔，定時紀錄（如每分鐘紀錄 1 筆）水池或水塔水位，並依現場條件輔以安裝濕度、震動與聲音等感測器，就能知道水到底跑到哪裡了，也更能清楚掌握異常水量流向。

為清楚掌握用水異常原因，我們於第 2 章已介紹一般常見用水型態與設施，而用戶用水設備，經濟部水利署有訂定「自來水用戶用水設備標準」，在此規範下，用戶用水設備取供水模式亦有多種態樣，機關學校與社區因現場環境、用水量差異有不同設計，且用水模式也不相同，要分析異常用水可能區域手法亦不相同，例如機關學校除非特殊狀況，非上班時間（假日或夜間）用水量遠低於上班時間，透過水位變化，即可掌握用水走向；而一般住宅型社區則無此特性，會隨用戶在家時間而有不同，反而夜間或假日用水量可能高於上班時間，此時，可透過水平衡分析，評估與找出可能用水異常區域。基此，本章將分別針對機關學校等大用水戶與一般住宅型社區裝設水池水塔水位計，並依現場條件輔以安裝濕度、震動與聲音等感測器，另因前揭用水型態不同，為儘快找出異常區域與原因，感測器記錄時間亦不同，原則上機關學校之水位記錄至少 1 個晚上為原則，一般住宅型社區之水位記錄則至少 2 天（最好有假日）以上，之後彙整資料並與智慧水表進水時序比對，找出及縮小異常可能區域。

4.1、行政機關案例解析

一、行政機關 A1

（一）背景說明：

- 1.智慧水表：顯示夜間有不明進水，且未有落底。
- 2.用水設施：該處辦公區域分為前後兩棟大樓，各設有 1 個水池（20 公噸以上，且獨立），前後棟樓頂分別裝設數個不鏽

鋼水塔（較小、每個約 2-4 公噸），水塔及其管線相互獨立（圖 73）。

（二）現勘、量測、分析與判斷

1.現勘作業：智慧水表顯示未落底¹，先檢查水表至水池間管線，關閉水池進水開關，智慧水表動標停止，顯示異常問題可能在水池之後。

2.水位計量測與分析作業：

（1）水位計裝設：裝設於水池水塔，量測時間為（D）日下午 5 時 20 分至（D）日當晚 9 時 50 分。

（2）資料分析：前棟水池下午 6 時之後水位變化不大（當日下午 8 時之後已無同仁加班），其供應之其中 1 個水塔則連續上下波動，且頻率與智慧水表走勢相近（後棟水池水塔水位無變化、前棟其他水塔水位亦無變化）。

（3）初步判斷：水池水塔容量差異甚大，致水池上下幅度不大，前棟水塔水位夜間則有明顯規律性升降情形，加上屬非上班時段，判斷該水塔供水區域可能存在漏水等異常情形。



圖 73 案例 A1 建物與管線配置圖

¹ 未落底:係指智慧水表顯示持續有進水情形。

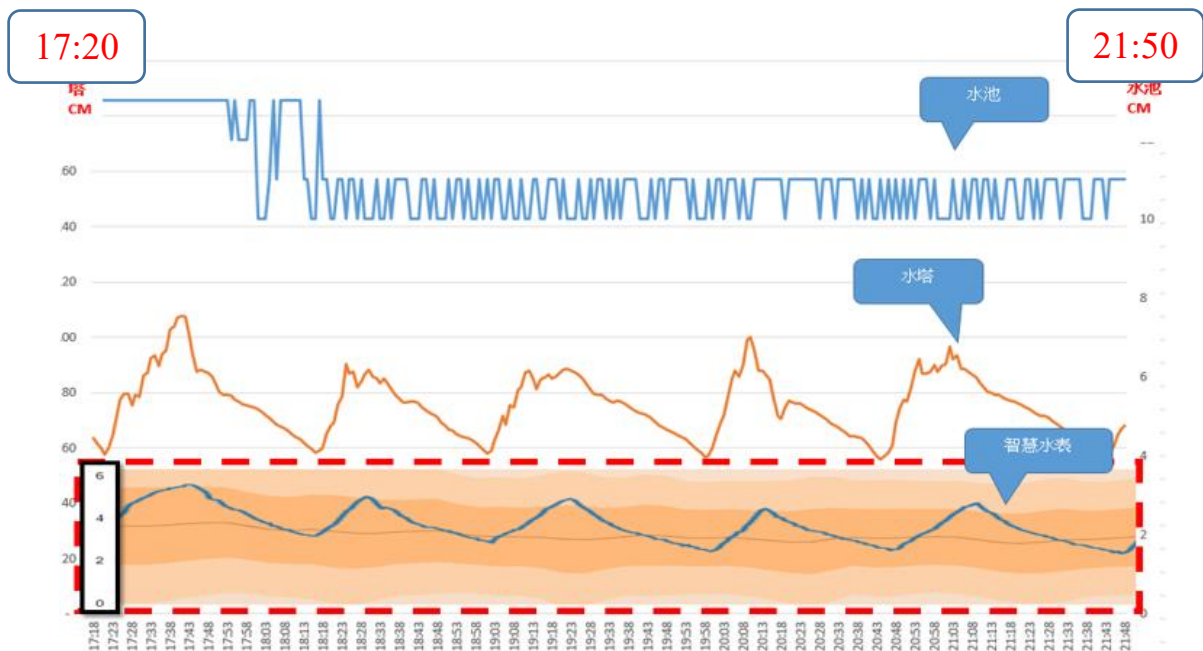


圖 74 案例 A1 智慧水表與水池水塔水位變化圖

(三)改善建議與說明

- 1.縮小異常可能區域後，經單位加強巡查，進而發現前棟 1 樓管道間漏水，並即時改善。
- 2.成效：
 - (1) 改善成本：約 5 萬元。
 - (2) 改善後用水量有顯著降低，每月水量由 2,300 度降低至 650 度，每月水費節省 3.3 萬元。

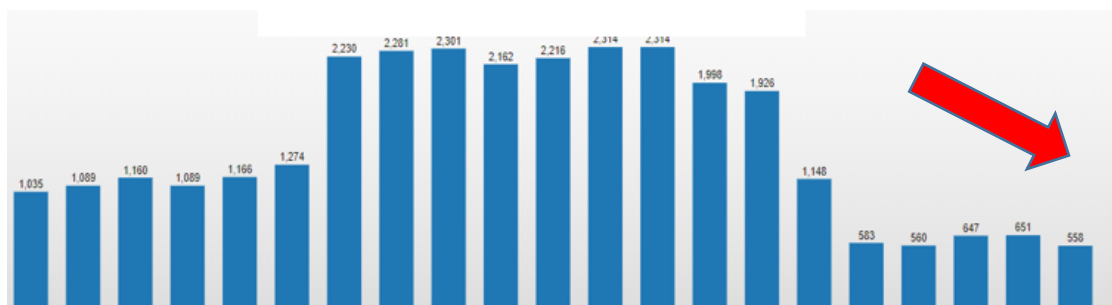


圖 75 案例 A1 月用水量統計圖

二、行政機關 A2

(一)背景說明：

- 1.智慧水表：顯示夜間有不明進水，且未有落底。
- 2.用水設施：該院區有 1 個水栓，主要有 2 棟建物，致忠與致和樓，總表進入後供應中繼水池，再提供致忠、致和樓水池及相對之水塔(水池水塔甚大，約 50-80 公噸)(如圖 76)。

(二)現勘、量測、分析與判斷

- 1.現勘作業：智慧水表顯示未落底，先檢查水表至水池間管線，關閉水池進水開關，智慧水表動標停止，顯示異常問題可能在水池之後。
- 2.水位計量測與分析作業：
 - (1) 水位計裝設：於致忠與致和樓水池及相對水塔裝設，量測時間為(D)日下午 3 時 30 分至(D+1)日上午 8 時。
 - (2) 資料分析：致忠樓水池水塔進水頻率、峰度與智慧水表走勢相近，且夜間仍持續有異常。
 - (3) 初步判斷：由水位紀錄分析，致忠樓夜間仍持續用水，經詢問該單位同仁表示夜間應無大量用水需求，已請其再巡查水塔後是否有用水異常。



圖 76 案例 A2 建物及設施配置圖

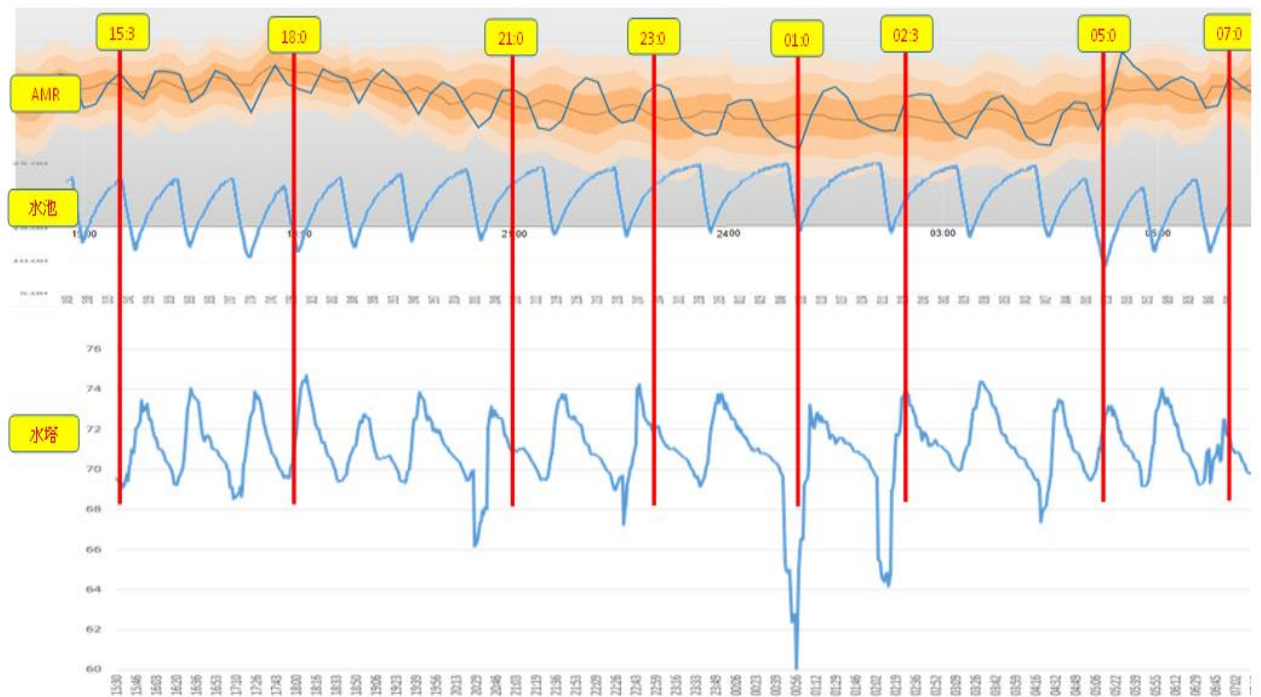


圖 77 案例 A2 智慧水表與水池水塔水位變化圖

(三)改善建議與說明

- 1.由水位紀錄分析，致忠樓夜間仍持續用水，經詢問該單位同仁表示夜間應無大量用水需求，已請其再巡查水塔後管線。
- 2.該單位因氯離子超標正推動改建計畫，因此改採用水管控、於無用水時段關閉開關。

三、行政機關 A3

(一)背景說明：

- 1.智慧水表：顯示夜間有不明進水，且未有落底。
- 2.用水設施：該機關有 1 個水栓，供應 1 棟建物，依該單位承辦人員初步了解，有 6 個儲水設施（其中 2 個儲水設施為 1 組）、2 個水塔，水池水塔間如何運作水塔，該單位並不清楚（如圖 78）。

(二)現勘、量測、分析與判斷

- 1.現勘作業：智慧水表顯示未落底，先檢查水表至水池間管線，關閉水池進水開關，智慧水表動標停止，顯示異常問題可能

在水池之後。

2. 水位計量測與分析作業-1：

(1) 水位計裝設：協助於停車場旁、露台與頂樓 1 安裝水位感測器（頂樓 2 考量安全性暫未安裝），另因馬達 1 於現勘期間一直在運轉，故一併裝設震動與聲音感測器，量測時間為 (D) 日下午 3 時至 (D+1) 日上午 9 時。

(2) 資料分析：

- 智慧水表時序係陡升緩降，顯示自來水供應有馬達等外力設施。（如圖 79）
- 智慧水表進水時序與停車場水池、停車場水池與露台水池間均有呈現相反走勢，頂樓水塔則無明顯變動，顯示進水係由智慧水表經停車場水池，再供應至露台水池。
- 由馬達震動感測顯示，該馬達感測期間不間斷運轉。

3. 初步判斷：由感測紀錄分析，露台水塔後管線有用水異常情形。

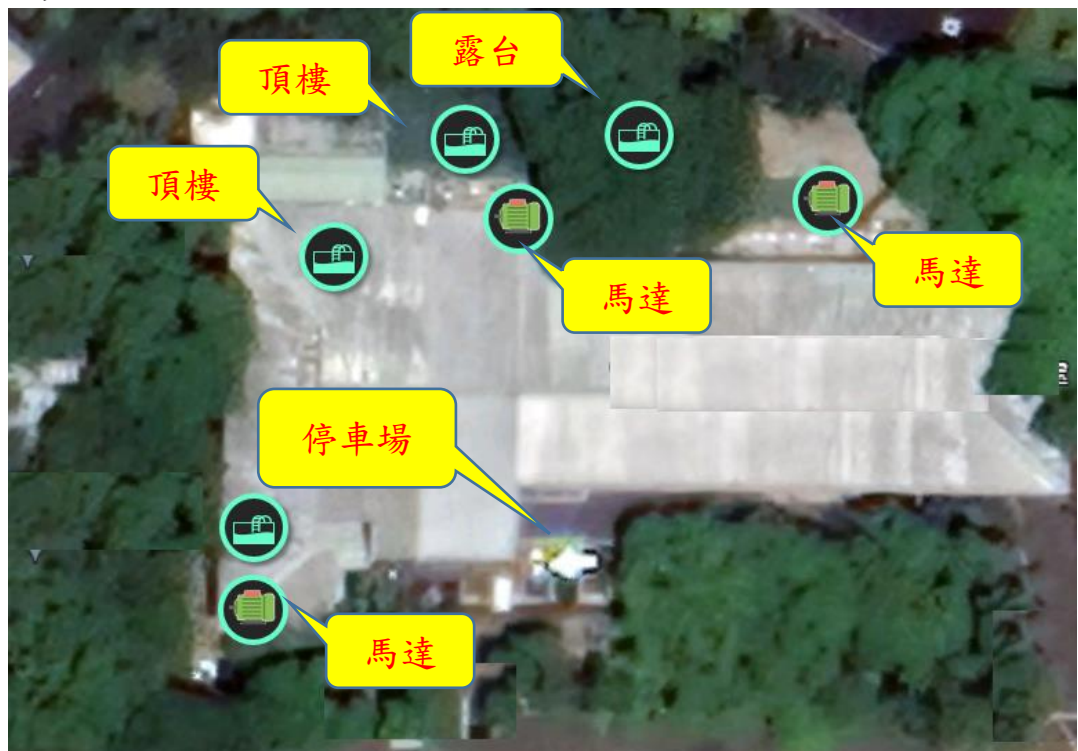


圖 78 案例 A3 建物與設施配置圖

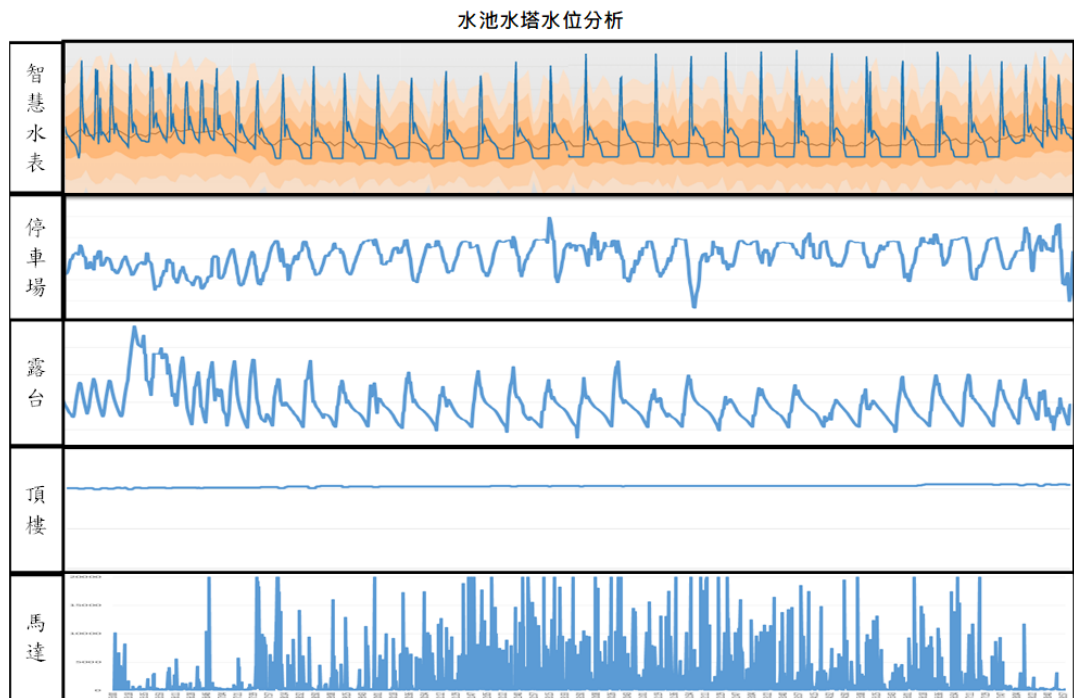


圖 79 案例 A3 智慧水表與水池水塔水位變化圖

4. 水位計量測與分析作業-2：

為進一步縮小範圍，協助劃設管線圖（如圖 80），並進一步測試，發現 2 個馬達之後管線有連通，發現有開關 C，隨即關閉 C，避免連通，續由該單位關閉 B、D、G 等開關，觀察智慧水表，夜間已無明顯進水，顯示管線 1 之後無問題，B、D、G 等開關之後管線設施有問題，為進一步確認，再裝設水位等感測器。

（1）感測器裝設：於露台安裝水位感測器，另於馬達 1 一併裝設震動與聲音感測器，同時測試部分開關及即時檢視水位與震動等資訊，發現管線 2 有異常之機率較大，即關閉 B、C 開關，且觀察一個晚上，量測時間為（D）日下午 5 時至（D+1）日上午 8 時。

（2）資料分析：（如圖 81-84）

- 露台水塔水位於夜間至隔日清晨已無明顯下降，震動感測同步有此情形。
- 由智慧水表時序觀察亦有此情形。

- 初步判斷：管線 2 及其設備有用水異常情形，該單位已儘速請維修廠商處理。



圖 80 案例 A3 建物及管線配置圖

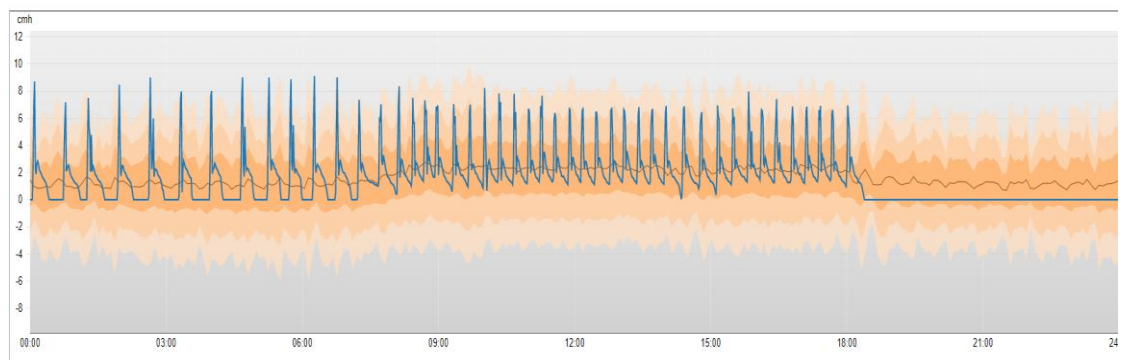


圖 81 案例 A3 智慧水表進水時序圖

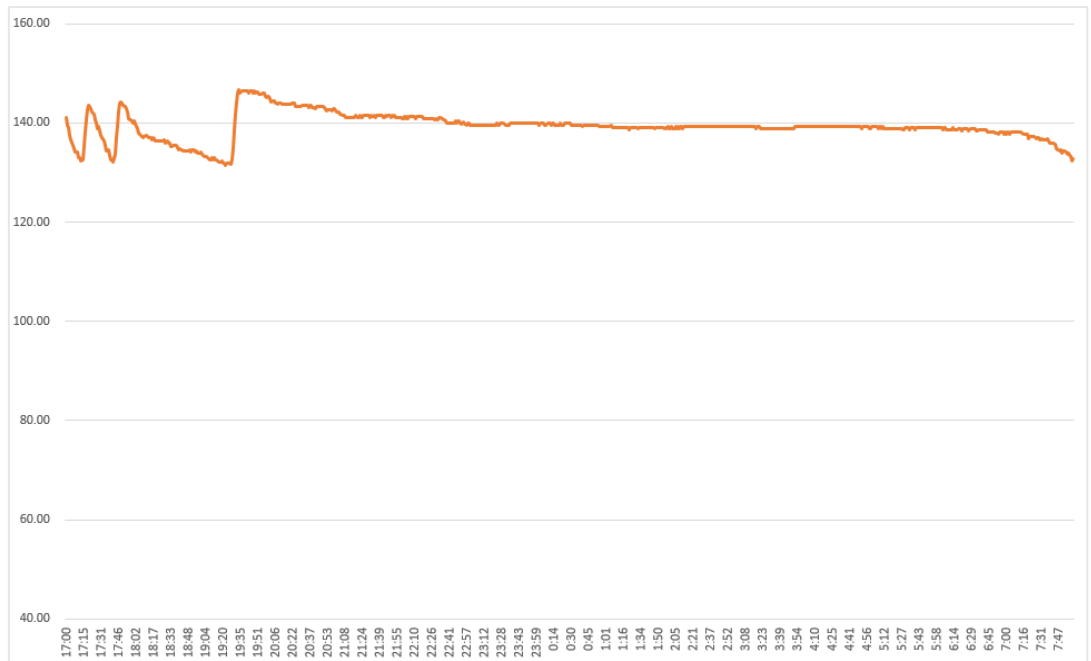
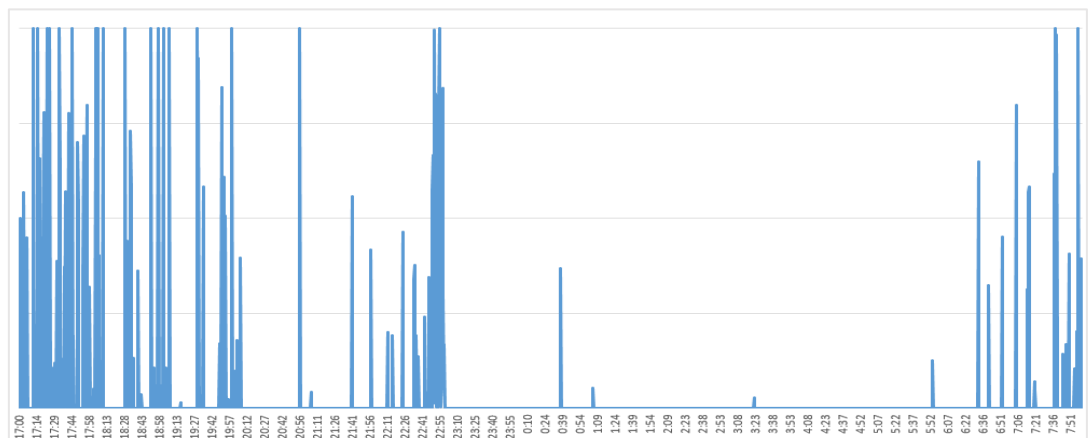


圖 82 案例 A3 露台水塔水位圖



(三)改善建議與說明

1.改善成本：約 7 萬元。

經該單位修繕完妥，初估每月水量由 1,500 度降低至 600 度，每月水費節省 1.8 萬元（如圖 85）。

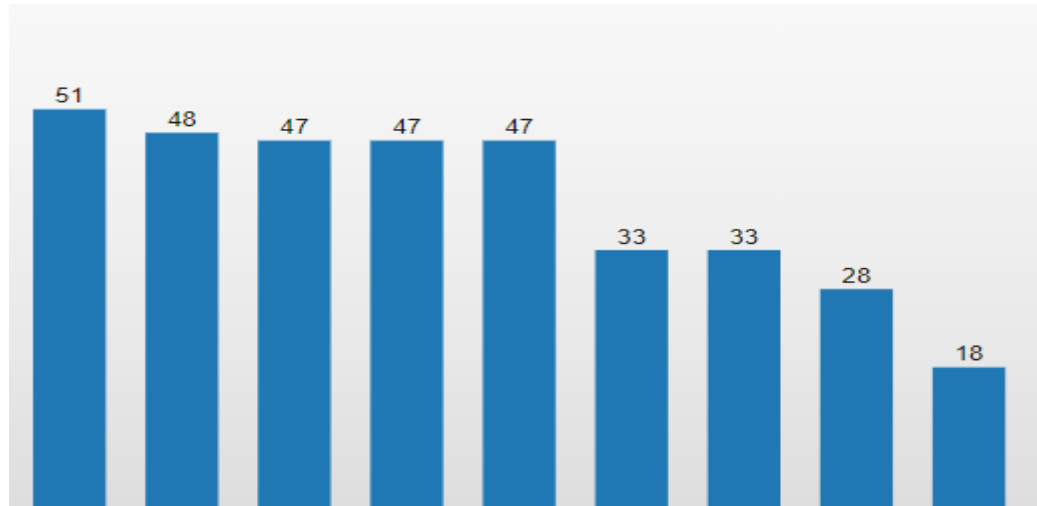


圖 85 案例 A3 改善後用水量統計圖

4.2、學校案例解析

一、學校 B1

(一)背景說明：

1.智慧水表：智慧水表顯示夜間有不明進水，有落底，請本處評估異常區域。

2.用水設施：該校有 2 個水池（容量各 30 公噸）、水塔（容量各 15 公噸）供應左右兩側校區（如圖 86）。

(二)現勘、量測、分析與判斷

1.現勘作業：初步勘查現場，因該校預定要局部管線汰換，因此協助縮小範圍。

2.水位計量測與分析作業：

(1) 水位計裝設：裝設於水池，量測時間為（D）日下午 4 時 50 分至（D+1）日上午 8 時。

(2) 資料分析：左邊水池水位變化不大，右邊水池連續上下波動，且頻率與智慧水表走勢相近。

3.初步判斷：左邊水池水位變化不大，右邊水池則與智慧水表走勢相近，水塔水位夜間則有明顯規律性升降情形，加上水池陡升緩降，顯示右水塔有異常，判斷該水塔供水區域可能存在漏水等異常情形。

(三)改善建議與說明

1.縮小異常可能區域，配合該單位今年管線汰換，目前已完工。

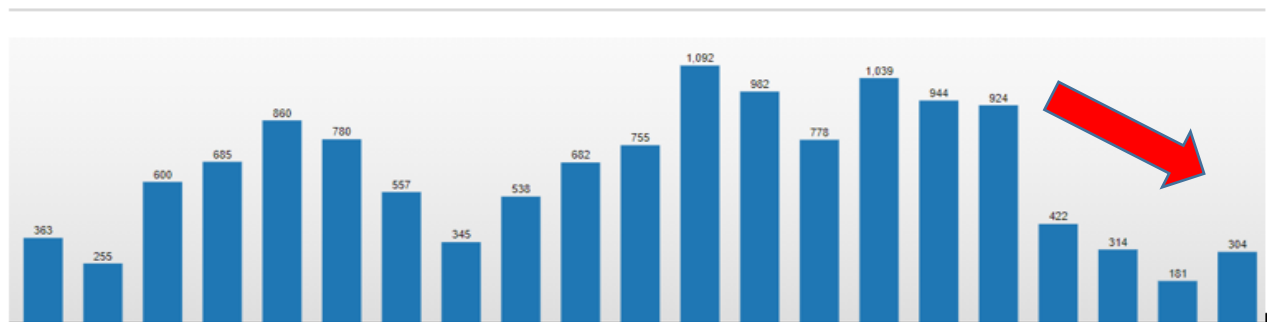
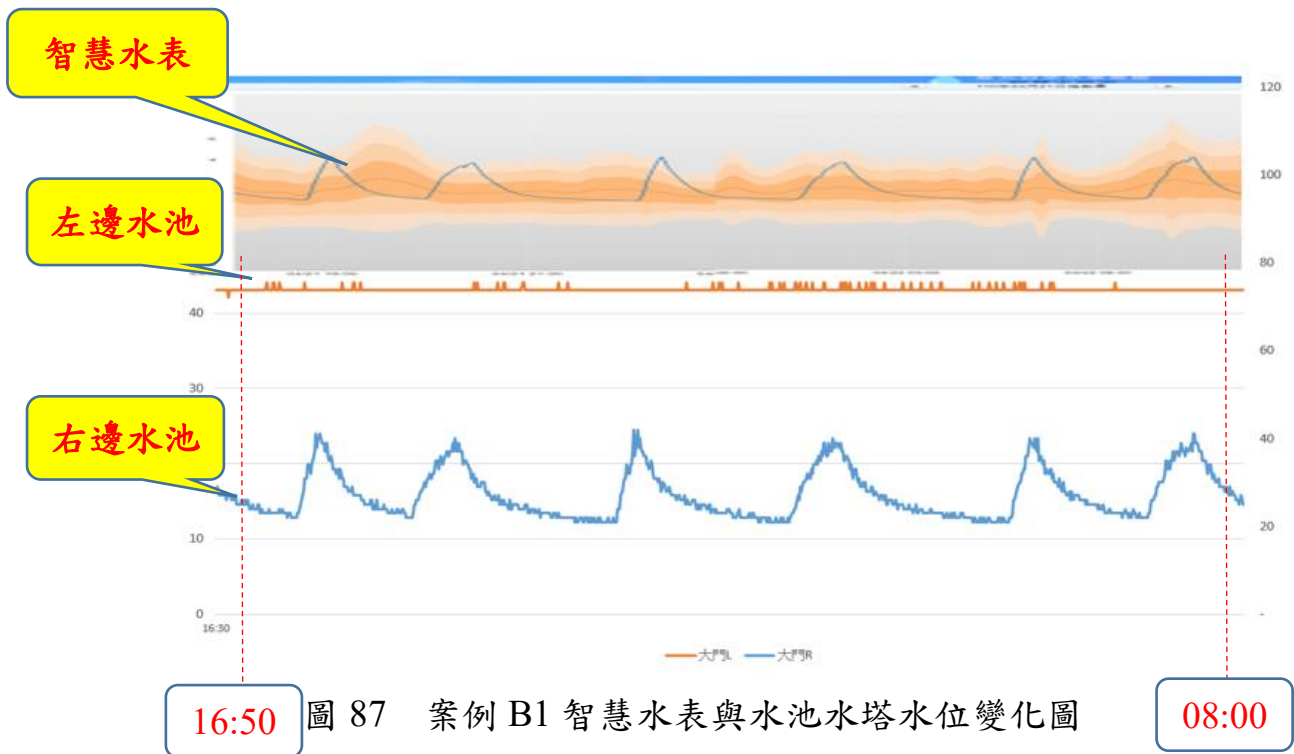
2.成效：

(1) 改善成本：約 100 萬元。

(2) 改善後用水量有顯著降低，每月水量由 1,000 度降低至 400 度，每月水費節省 1.6 萬元（詳圖 88）。



圖 86 案例 B1 建物與管線配置圖



二、B2 學校

(一)背景說明：

- 1.智慧水表：智慧水表顯示夜間有不明進水，有落底。
- 2.用水設施：該校部分校舍目前正進行改建，該校有 4 個（容量共 212 公噸）水池及 4 個水塔（容量共 158 公噸）。

(二)現勘、量測、分析與判斷

- 1.現勘作業：初步了解用水設施，並協助繪製管線圖。
- 2.水位計量測與分析作業：

(1) 水位計裝設：協助裝設水池水塔水位感測器，先針對未來不拆除之建物「敦化樓」進行量測，量測該樓之水池水塔（其中感測器裝設與拆除時水池有進水情況），量測時間為（D）日下午 5 時 20 分至（D+1）日 1 時(因電池問題)。

(2) 資料分析：水池進水頻率、峰度與智慧水表走勢相近，另觀察該水池每小時上升約 6 公分，該水池面積大小為 7.5*3.7 公尺，換算該時間每小時進水量為 1.665 公噸，與智慧水表該時間平均每小時 1.7 公噸相當，研判智慧水表不落底係因該校敦化樓有異常所致；另智慧水表用水趨勢圖晚間 9 時左右亦有進水峰度，因此初判除敦化樓外，其他棟亦有潛在異常情形。

3.初步判斷：敦化樓水塔後管線或用水設備可能為主要用水異常區域，其他樓亦有小規模異常，已通知該校進行巡檢。

(三)改善建議與說明

1.縮小異常可能區域，該單位發現為水塔後開關及管線有異常情形，已雇工汰換。

2.成效：

(1) 改善成本：約 2 萬元。

(2) 每月水量由 3,000 度降低至 1,500 度，每月水費節省 3 萬元。

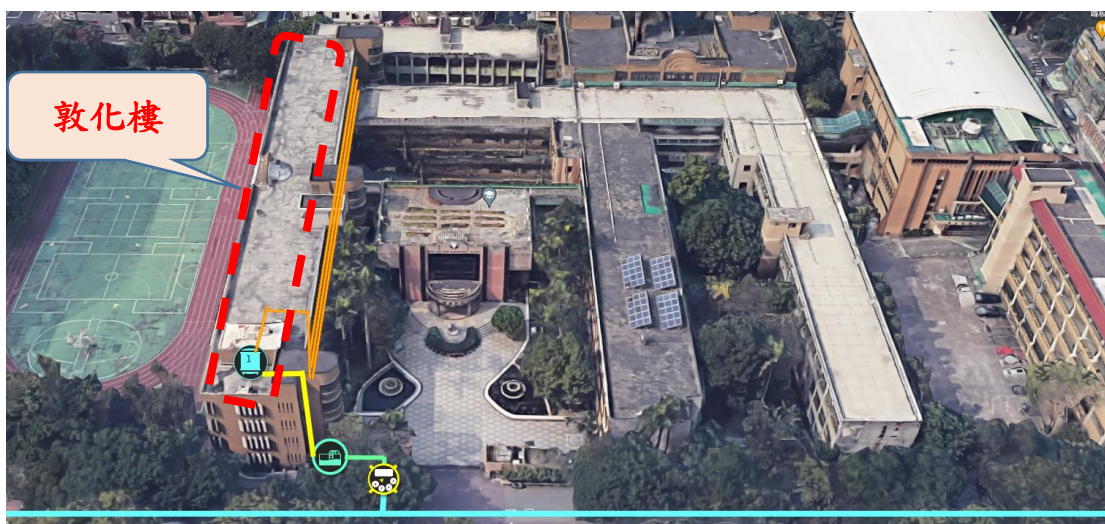


圖 89 案例 B2 建物與管線配置圖



圖 90 案例 B2 智慧水表與水池水塔水位變化圖

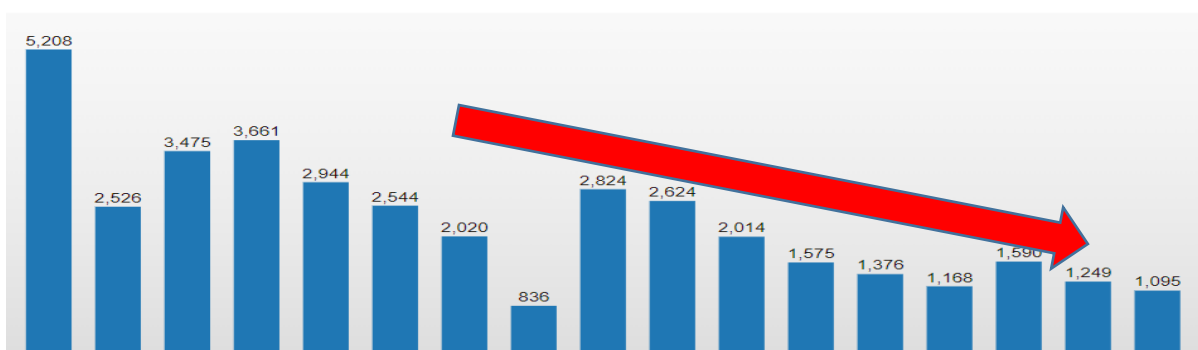


圖 91 案例 B2 用水量統計圖

三、學校 B3

(一)背景說明：

- 1.智慧水表：智慧水表顯示夜間及假日連續不間斷進水，且未有落底。
- 2.用水設施：有 2 個水池，1 個為 RC 結構位於學校右後方（容量 32 公噸），另 2 個不鏽鋼水池（容量無資料）於學校左後方，分別供應樓頂 6 個水塔（10 公噸 2 個、9.5 公噸 2 個、8.3 公噸 2 個），水塔間管線均有連通，其中編號 B1 為中繼水塔，其餘水塔則提供各棟各樓層用水（如圖 92）。

(二)現勘、量測、分析與判斷

- 1.現勘作業：智慧水表顯示未落底，先檢查水表至水池間管線，關閉水池進水開關，智慧水表動標停止，顯示異常問題可能在水池之後。

2.水位計量測與分析作業：

- (1)水位計裝設：協助裝設水池水塔水位感測器，其中 C1、C2 水塔幾近滿水位，無合適位置故未安裝，量測時間為（D）日下午 5 時至（D+1）日上午 8 時。

(2) 資料分析：

- RC 水池進水頻率、峰度與智慧水表走勢相近，惟左側不鏽鋼鐵桶中，後面鐵桶水位變化不大，前面鐵桶則有不規則變化，經詢問該校水電人員，初判當樓頂中繼水塔（B1）於低水位時，主要係由右側 RC 水池（P1）為主要供應，左側不鏽鋼鐵桶抽水馬達亦會啟動，但屬輔助性質。
- 水塔部分，中繼水塔（B1）與 RC 水池、智慧水表之頻率、峰度相似，顯示當該水位較低時，由其驅使抽水馬達啟動補水，再由其供應至其他水塔（各水塔因高度各有不同，因此亦有不同變化）。
- 晚間 9 時 30 分至夜間 11 時期間水池為滿水位（智慧水

表進水量亦為最低)，此時樓頂各水塔水位較其他時間為低，惟未啟動抽水馬達，而水位持續探底，直至約夜間 11 時 20 分才又啟動抽水馬達。

3.初步判斷：

- B1 水塔液面控制器恐有問題，可能有接觸不良等情形發生，導致低水位時未啟動馬達補水。
- 因樓頂水塔相通，惟裝設感測器時 C1、C2 水塔均為滿水位，而中繼水塔（B1）則與滿水位有一段距離，若中繼水塔（B1）之後補水至滿水位時，是否會導致 C1、C2 水塔有溢流情形，已請學校續查。
- A2、B1、B2 等水塔水位均有規則變化，尤其在晚間 9 時 30 分至夜間 11 時更可顯示水塔之後應有設備或管線漏水。

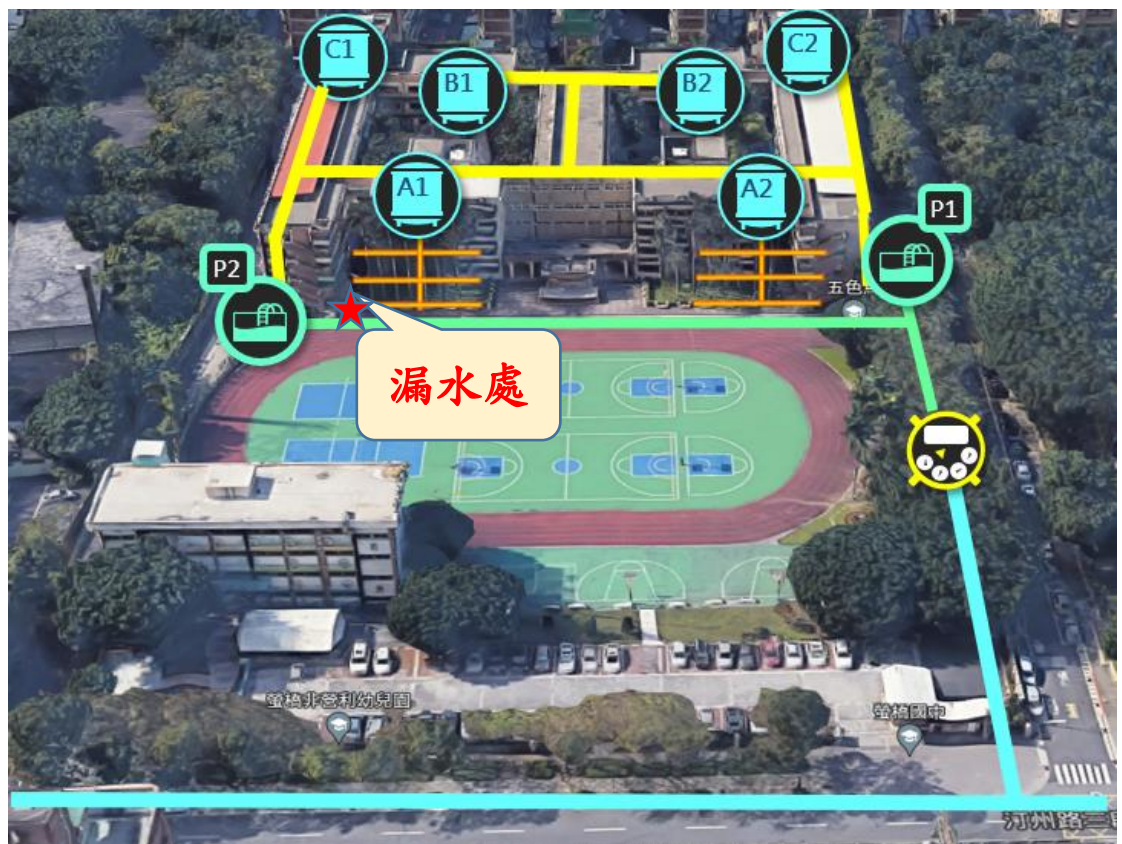


圖 92 案例 B3 建物與管線配置圖

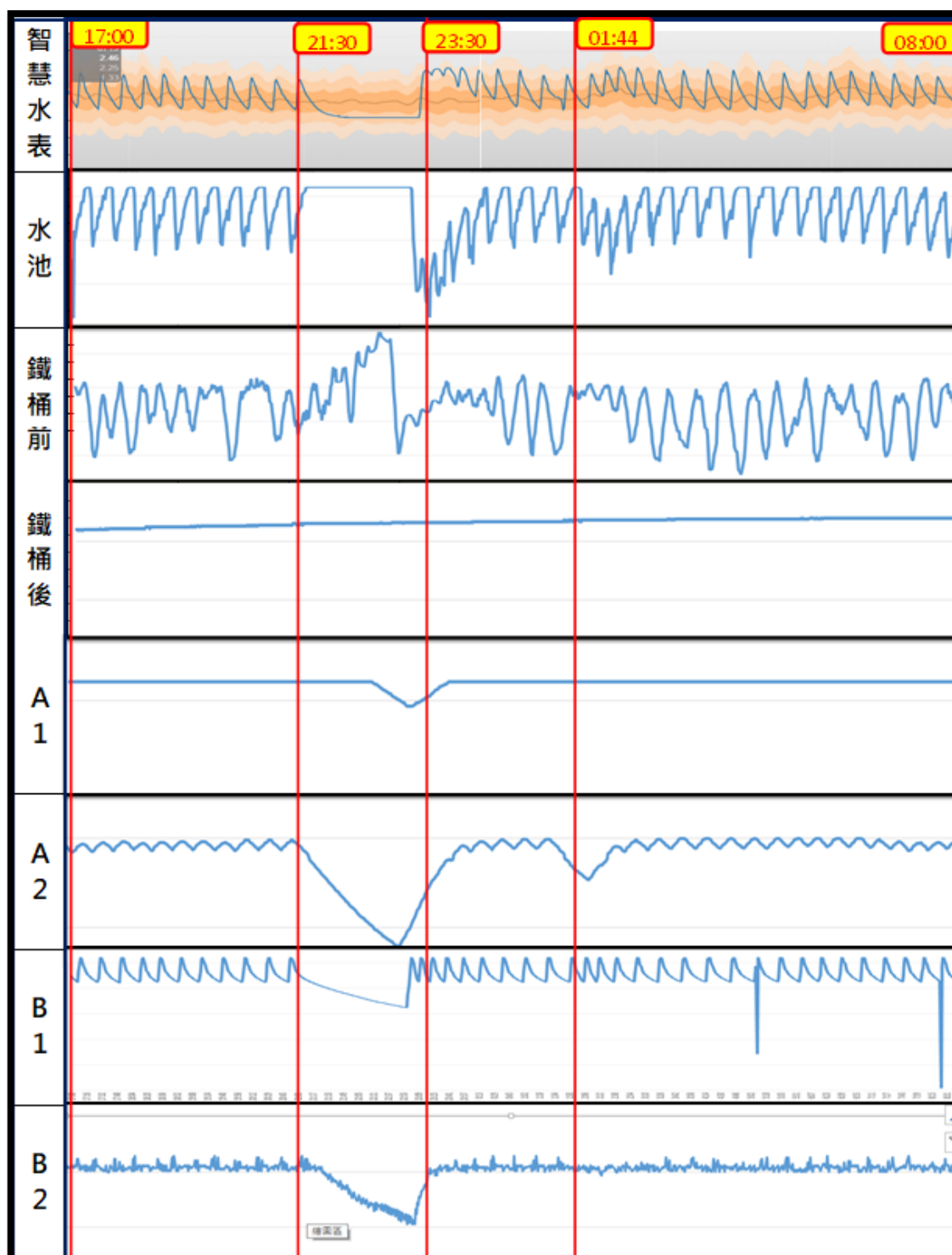


圖 93 案例 B3 智慧水表與水池水塔水位變化圖

(三)改善建議與說明

- 1.該校查出液面控制器發生故障，已立即更換，惟觀察後夜間水位仍有起伏變化，持續巡查發現化學實驗室管線漏水。

2.成效：

(1) 改善成本：約 9 萬元(管線約 7 萬元、液位控制器約 2 萬元)。

(2) 改善後用水量有顯著降低，每月水量由 1,600 度降低至 400 度，每月水費節省 2.4 萬元。



圖 94 案例 B3 校內化學實驗室地下管線漏水

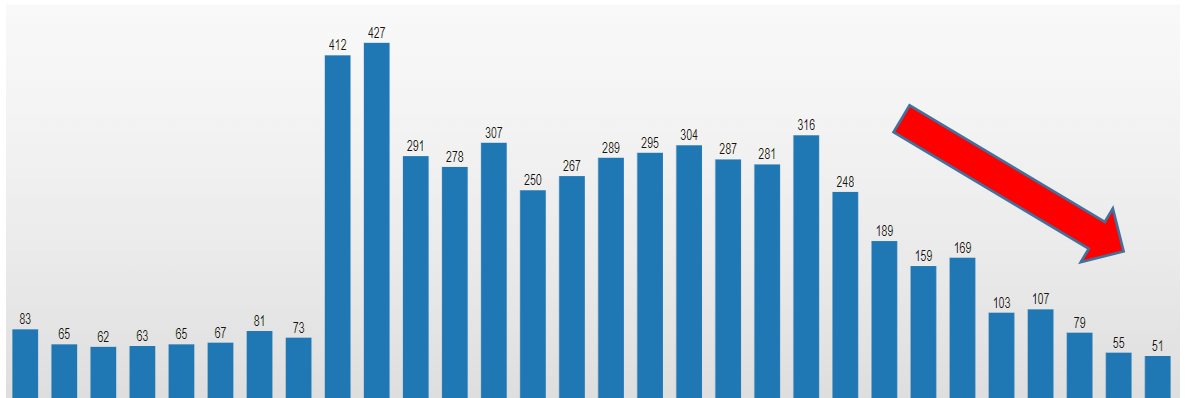


圖 95 案例 B3 用水量統計圖（週用水量）

四、學校 B4

（一）背景說明：

- 1.智慧水表：智慧水表顯示夜間及假日有異常進水，且有落底。
- 2.用水設施：該校設有 2 個水池（容量為 4.5 公噸、12 公噸），供應樓頂水塔，包括忠孝樓 2 個（容量為 4.5 公噸*2）、仁愛樓 1 個（容量為 2 公噸）、和平樓 2 個（容量為 2 公噸*2），因管線老舊，且無管線圖，但據稱部分水池、水塔間有相通（如圖 96）。

（二）現勘、量測、分析與判斷

- 1.現勘作業：初步了解用水設施，並協助繪製管線圖。
- 2.水位計量測與分析作業：
 - （1）水位計裝設：協助裝設水池水塔水位感測器，量測時間為（D）日下午 5 時至（D+1）日 9 時。
 - （2）資料分析：
 - 水池進水頻率、峰度與智慧水表走勢不大相似，惟水池 2 水位有不規則進水頻率與幅度，水池 1 於凌晨 0 時左右有進水 1 次。
 - 和平樓 2 個水塔相通，且有規則進水頻率、峰度，忠孝樓左側水塔也有穩定下降，顯示此水塔供應之區域

有用水異常，其餘忠孝樓右側與仁愛樓水塔供應之區域應無問題。

3.初步判斷：

- (1) 智慧水表進水與其他機關學校不同，是呈陡升陡降，初步判斷因該校位於管末端，水壓相對較低，因此水池進水係有加裝加壓馬達。
- (2) 忠孝樓左側水塔、和平樓不鏽鋼水塔供應之區域有用水異常，已請該校加強巡查。



圖 96 案例 B4 學校建物與管線配置圖

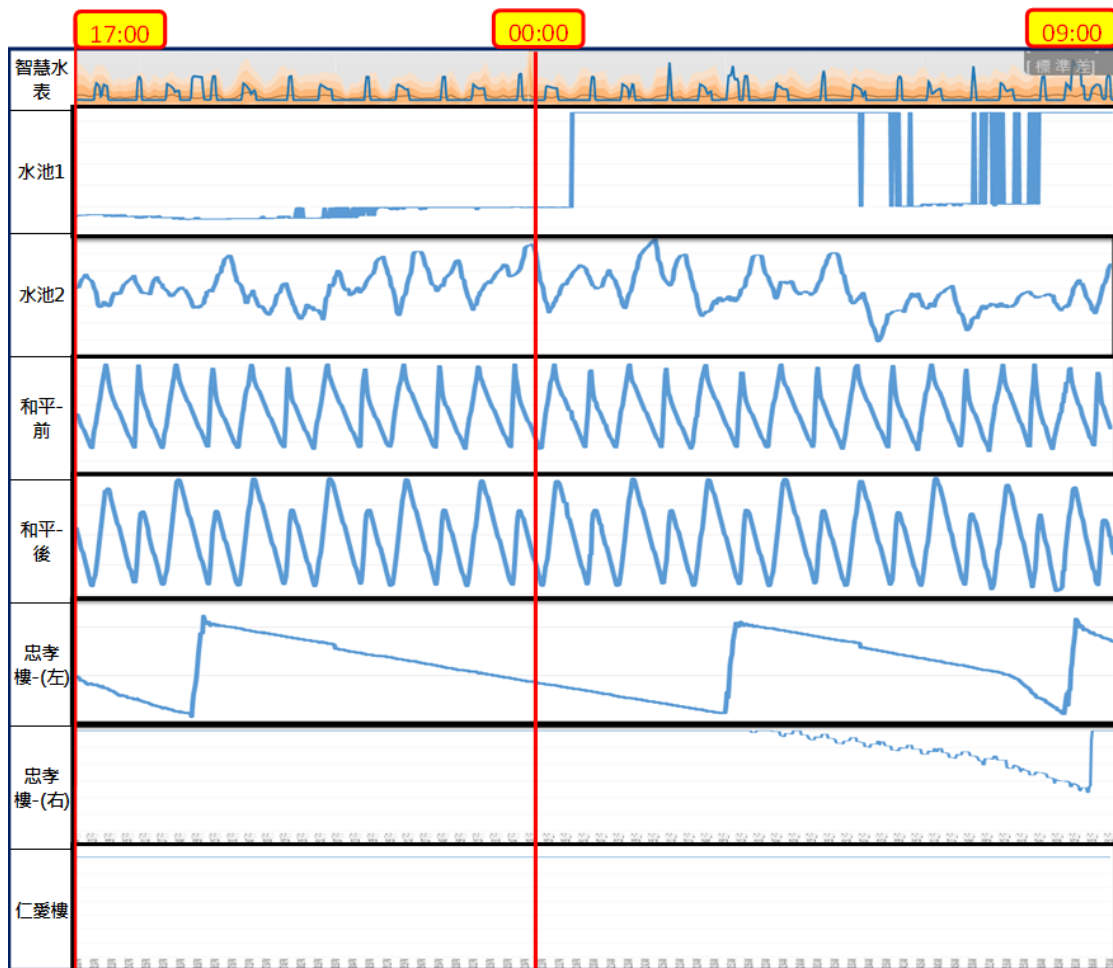


圖 97 案例 B4 智慧水表與水池水塔水位變化圖

(三)改善建議與說明

- 1.經該校巡查，發現忠孝與和平樓有管線漏水（供應至該校宿舍）、亦有多個馬桶漏水。
- 2.成效：
 - (1) 改善成本：約 2 萬元。
 - (2) 每月水量由 1,400 度降低至 800 度，每月水費節省 1.2 萬元。

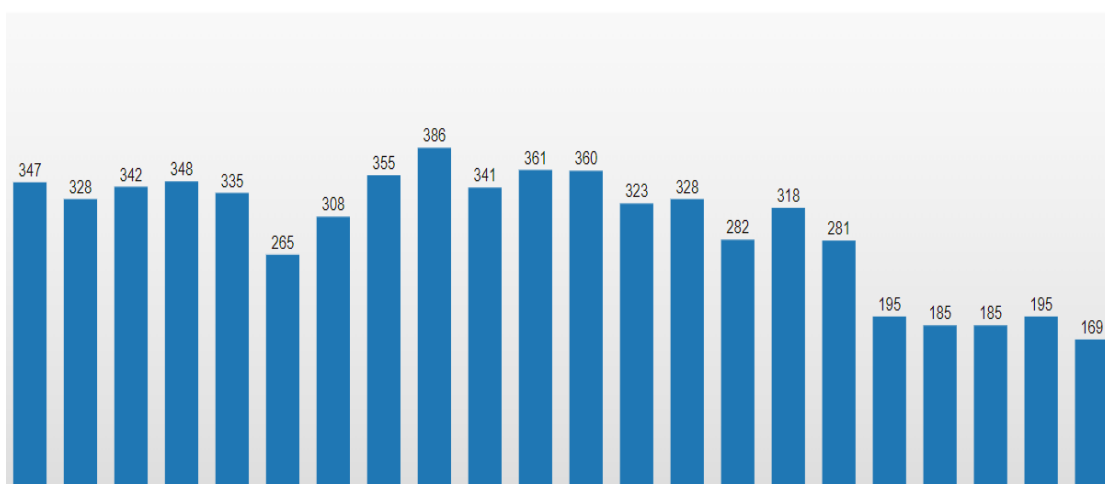


圖 98 案例 B4 用水量統計圖（週用水量）

五、學校 B5

（一）背景說明：

- 1.智慧水表：智慧水表顯示夜間有不明進水，且未有落底。
- 2.用水設施：該校有 1 個水池 7 組水塔，其中水池非常大（158 公噸），之後供應活動中心（水塔 1、2）、誠正樓（水塔 3）、自律樓（水塔 4、6）、創新樓（水塔 7）、卓越樓（水塔 5）等水塔（合計為 216 公噸）（如圖 99）。

（二）現勘、量測、分析與判斷

- 1.現勘作業：智慧水表顯示未落底，先檢查水表至水池間管線，關閉水池進水開關，智慧水表動標停止，顯示異常問題可能在水池之後。
- 2.水位計量測與分析作業：
 - （1）水位計裝設：協助裝設水池水塔水位感測器，量測該樓之水池水塔（其中感測器裝設與拆除時水池有進水情況），量測時間為（D）日下午 5 時至（D+3）日上午 8 時（其中誠正樓測試時，因電池容量較小，僅紀錄至 D+1 日下午 6 時。

（2）資料分析：

- 該校智慧水表顯示未落底，且每小時進水量達 5 公噸

以上，因多次委請廠商均找不到異常原因，故之後採夜間或假日將進水閥關閉。

- 該校由於水池甚大，進水頻率、峰度與智慧水表走勢較無明顯關聯，惟若從水塔水位觀察，可看出卓越樓、自律樓、誠正樓等夜間與假日均有異常變化。

3.初步判斷：

- 其中誠正樓有規律下降，顯示其後用水設施有異常，自律樓不規則變化，卓越樓亦有規律下降，且降至低水位時未即時補水，顯示部分水塔間有相通，且液面控制器有異常（同案例 B3），已請該校進一步檢查。
- 經該校進一步詢問前管理員工，表示之前因供水問題已將自律樓作為中繼水塔，供應創新樓等用水，進一步分析創新樓水位維持高水位，可能有溢流情形。

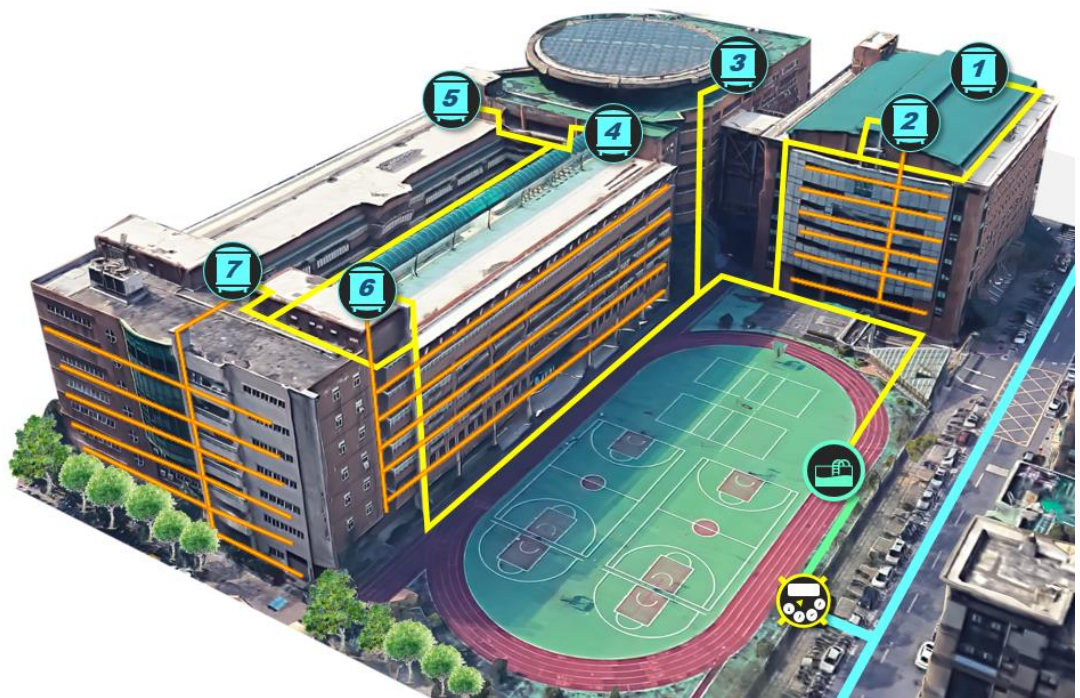


圖 99 案例 B5 建物與管線配置圖

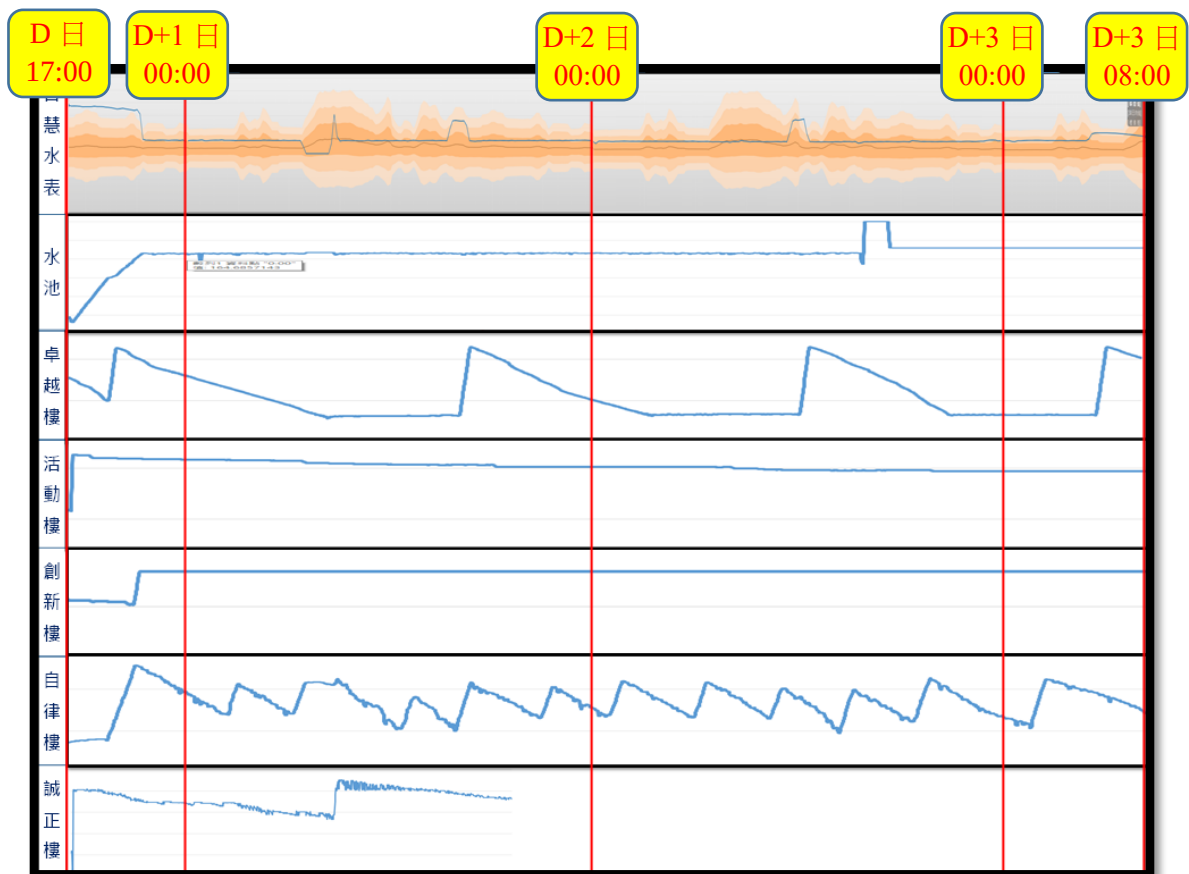


圖 100 案例 B5 智慧水表與水池水塔水位變化圖

(三)改善建議與說明

1.該校發現，創新樓有溢流現象，已汰換液面控制器並調降液面高度。

2.成效：

(1) 改善成本：約 2 萬元。

(2) 改善後用水量有顯著降低，每月水量由 4,000 度降低至 1,200 度，每月水費節省 5.6 萬元。

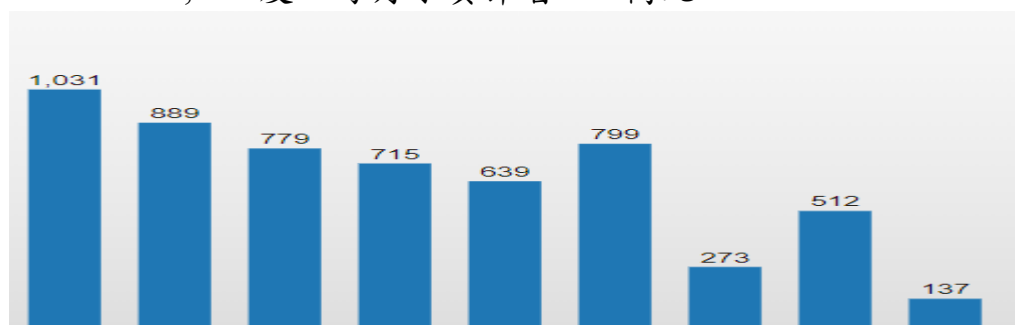


圖 101 案例 B5 用水量統計圖 (週用水量)

六、學校 B6

(一)背景說明：

- 1.智慧水表：智慧水表顯示夜間及假日有異常進水，且未有落底。
- 2.用水設施：該校設有水池 2 座（水池 1 為 RC 構造，容量為 8.91 公噸，位置較低；水池 2 為 2 個不銹鋼桶且相通，容量為 11.53 公噸，相對位置較高），總計 20.44 公噸；水塔 4 座（容量為 6.4 公噸*4），總計 25.6 公噸（如圖 102）。

(二)現勘、量測、分析與判斷

- 1.現勘作業：智慧水表顯示未落底，先檢查水表至水池間管線，關閉水池進水開關，智慧水表動標未停止，顯示水表至水池間管線有異常，之後發現於校門警衛室旁有不明積水，經檢測為自來水，因假日仍有不明進水，故進一步裝設感測器。

2.水位計量測與分析作業：

- (1) 水位計裝設：協助裝設水池水位感測器，水塔部分因時間因素，之後再評估哪一個水池有問題後，再決定是否裝設水塔部分。量測時間為(D)日下午 4 時至(D+1)日上午 8 時。

(2) 資料分析：

- 水池進水頻率、峰度與智慧水表走勢相近，水池 1(左)位置較低，可發現當水池 1(左)達高水位後，水池 2(右)才逐漸達高水位，惟水池 1、2 均達高水位後，智慧水表仍未落底。
- 水池 2 凌晨 3 時有補水，該校表示可能係該校設有自動灑水系統所致。

- 3.初步判斷：發現水池 1、2 均達高水位後，智慧水表仍未落底，可能有溢流或水池前管線有漏水，與前揭駐警室旁管線漏水有關。



圖 104 案例 B6 發現校門警衛室旁不明積水且確認為自來水

(三)改善建議與說明

1.該校以明管汰換水表至水池間管線。

2.成效：

(1) 改善成本：約 3 萬元。

(2) 改善後用水量有顯著降低，每月水量由 1,400 度降低至 800 度，每月水費節省 1.2 萬元。

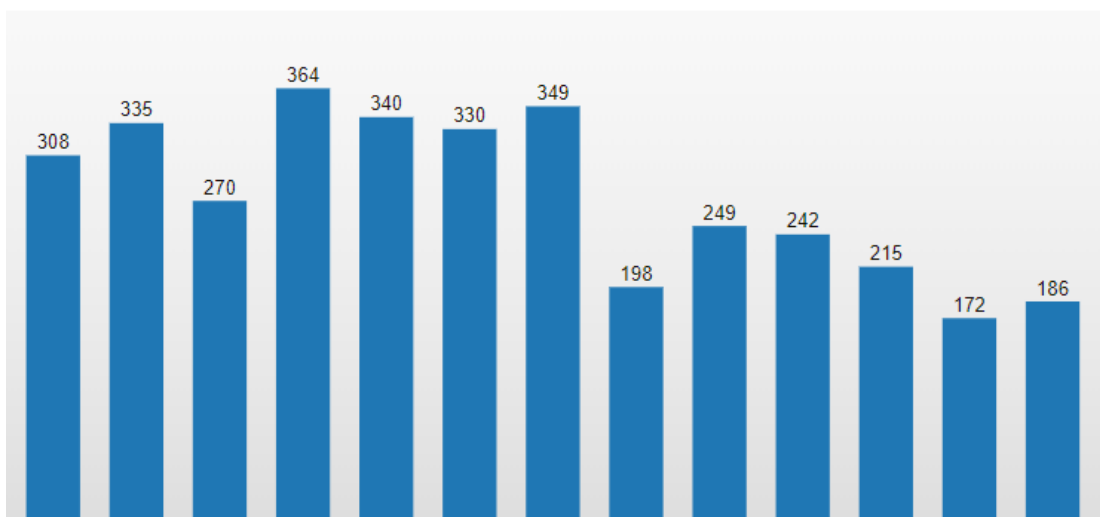


圖 105 案例 B6 用水量統計圖（週用水量）

七、學校 B7

（一）背景說明：

- 1.智慧水表：智慧水表顯示夜間及假日連續不間斷進水，且未有落底。
- 2.用水設施：該校設置 1 個水表，設有地上水池（容量為 19 公噸）、水塔 3 座，包含東水塔（容量為 19.86 公噸）、北水塔（容量為 24.75 公噸）與消防水塔（如圖 106）。

（二）現勘、量測、分析與判斷

- 1.現勘作業：智慧水表顯示未落底，先檢查水表至水池間管線，關閉水池進水開關，智慧水表動標停止，顯示異常問題可能在水池之後。
- 2.水位計量測與分析作業-1：
 - （1）水位計裝設：裝設水池水位水塔感測器，量測時間為(D)日中午 12 時至 (D+1) 日上午 10 時。
 - （2）資料分析：
 - 地上與地下水池進水頻率、峰度與智慧水表走勢無明顯相關。

- 消防水池與東水塔夜間水位有微小上升，可能係自來水由北水塔供應，另北水塔夜間及凌晨等期間較白天有多次出水進水情形。

3.初步判斷：北水塔夜間、假日期間有異常用水，已請學校加強水塔後管線巡查、馬桶查漏等作業。

4.水位計量測與分析作業-2：

(1) 水位計裝設：協助裝設水塔水位感測器，因北水塔旁馬達有多次運轉情形，爰此次測試關閉馬達前開關，量測時間為(D)日下午1時至(D+1)日上午10時。

(2) 資料分析：

- 消防水池與東水塔夜間水位與上次量測一樣，有微小上升，另北水塔夜間水位變化次數已較上次有明顯減少，顯示馬達後管線可能有異常情形。
- 因北水塔旁馬達有多次運轉情形，續加裝震動與聲音感測器(量測期間為下午5時至隔日上午10時)，發現檢測期間持續震動，顯示馬達有連續運作情形。

5.初步判斷：之後與學校進一步追查，查為1-2樓間廚房用水設備或管線有問題，已請學校加強巡查與換修，目前學校先於無人期間先關閉總開關因應。

(三)改善建議與說明：經該校進一步巡查發現該管線另供應1間廁所馬桶有漏水情形，修繕完成後，日用水量由原本45度降低至15度。

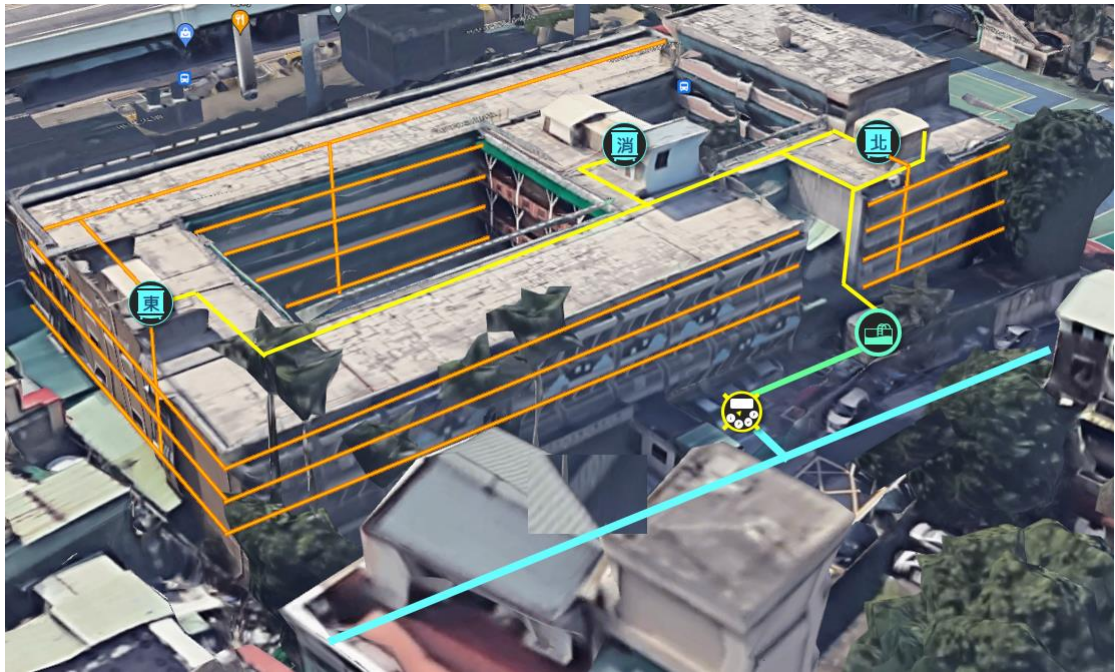


圖 106 案例 B7 建物與管線配置圖

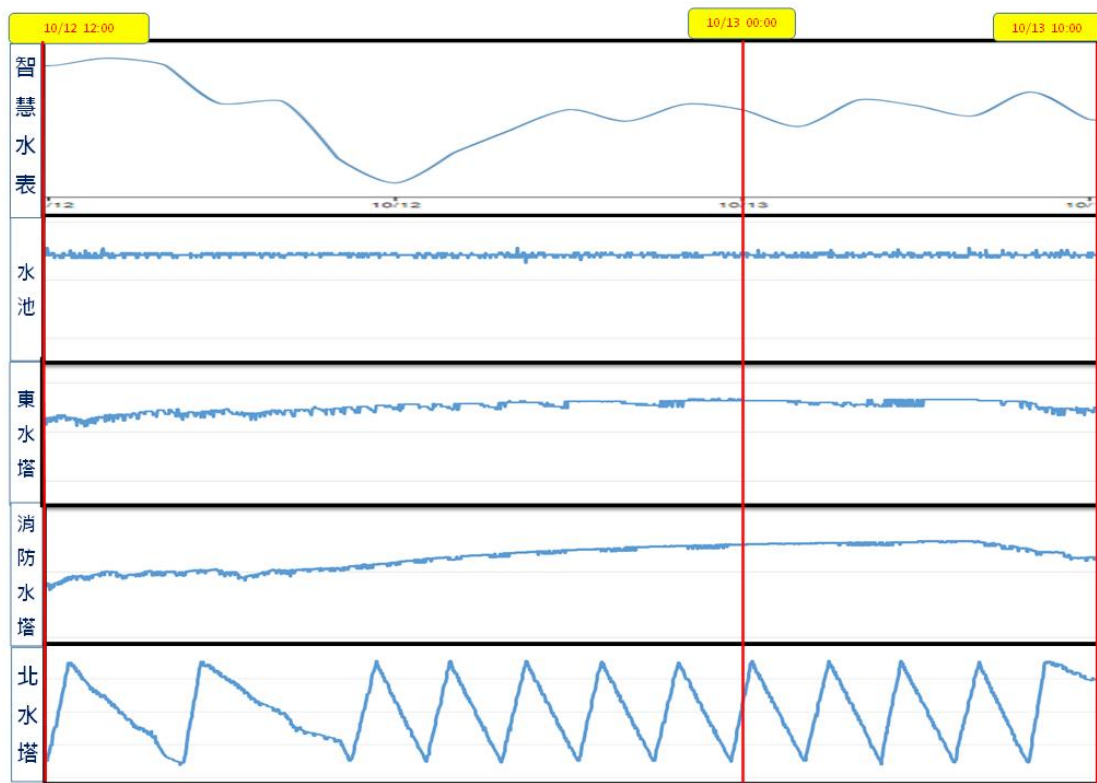


圖 107 案例 B7 智慧水表與水池水塔水位變化圖

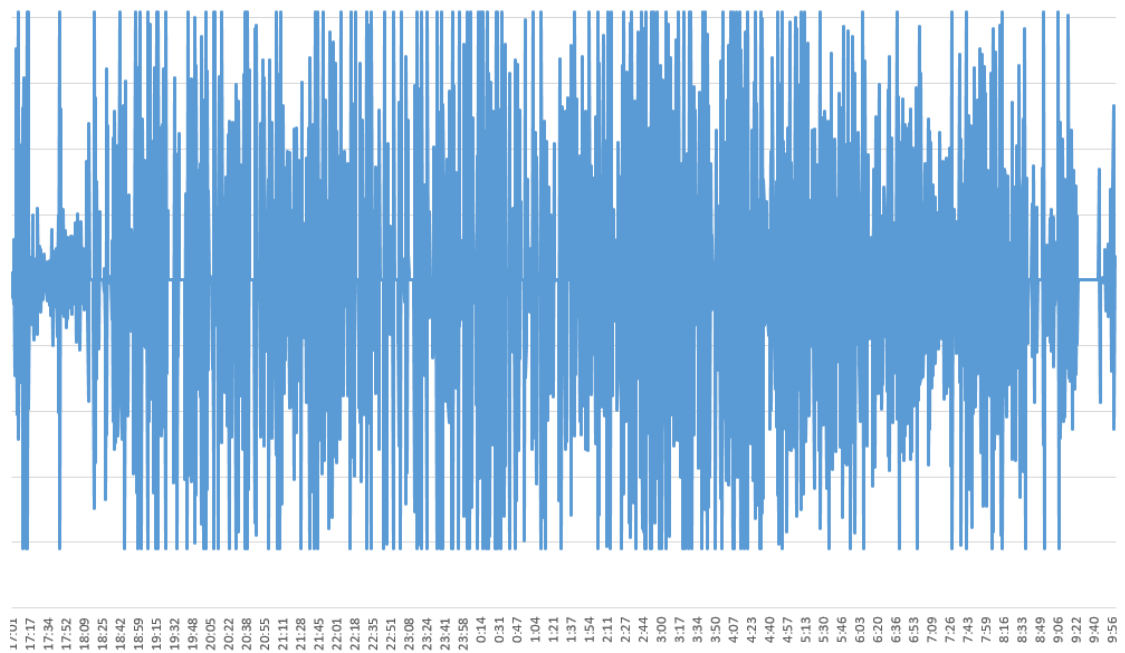


圖 108 案例 B7 聲音感測器資料統計圖

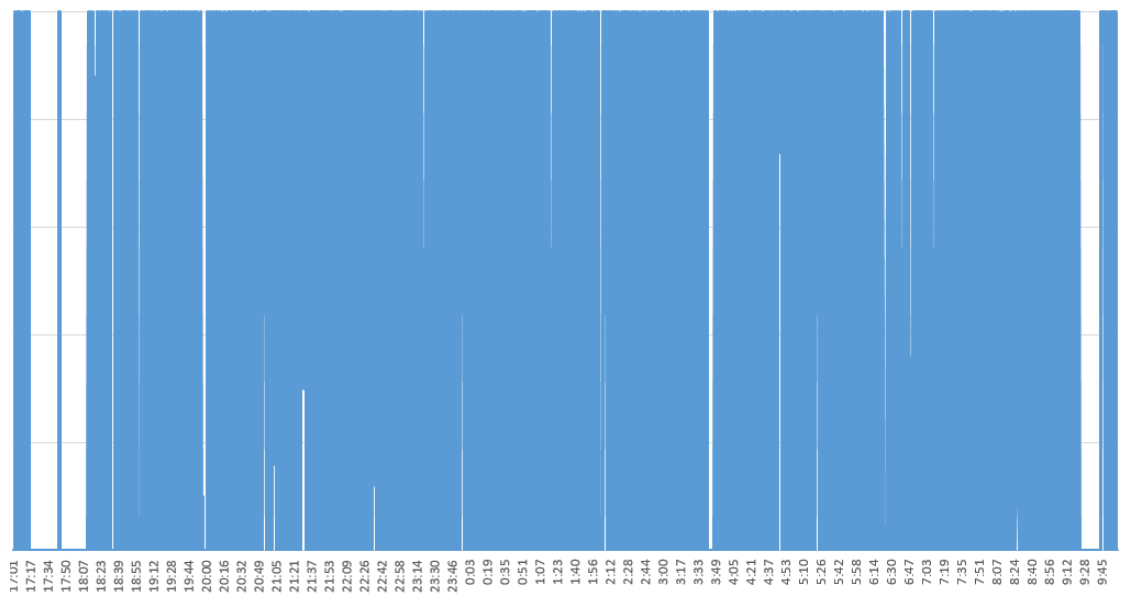


圖 109 案例 B7 震動感測器資料統計圖

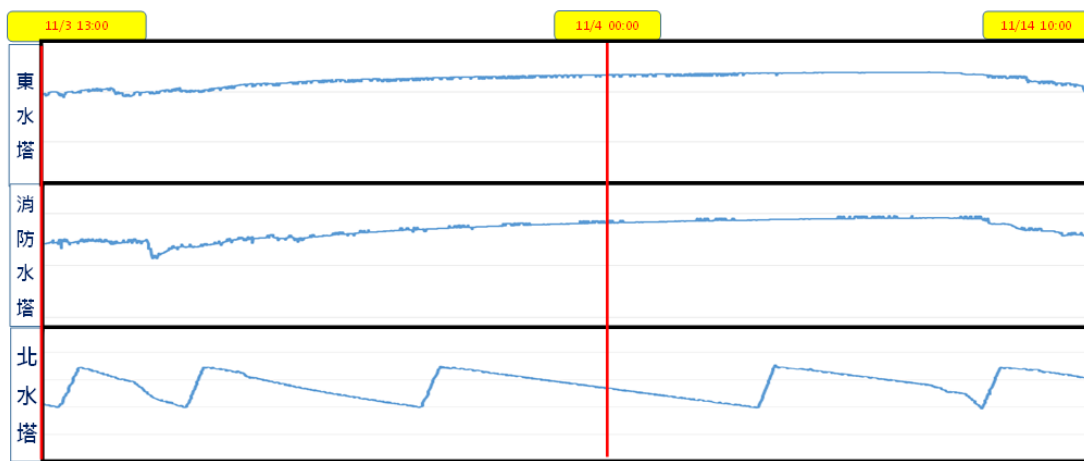


圖 110 案例 B7 智慧水表與水池水塔水位變化圖

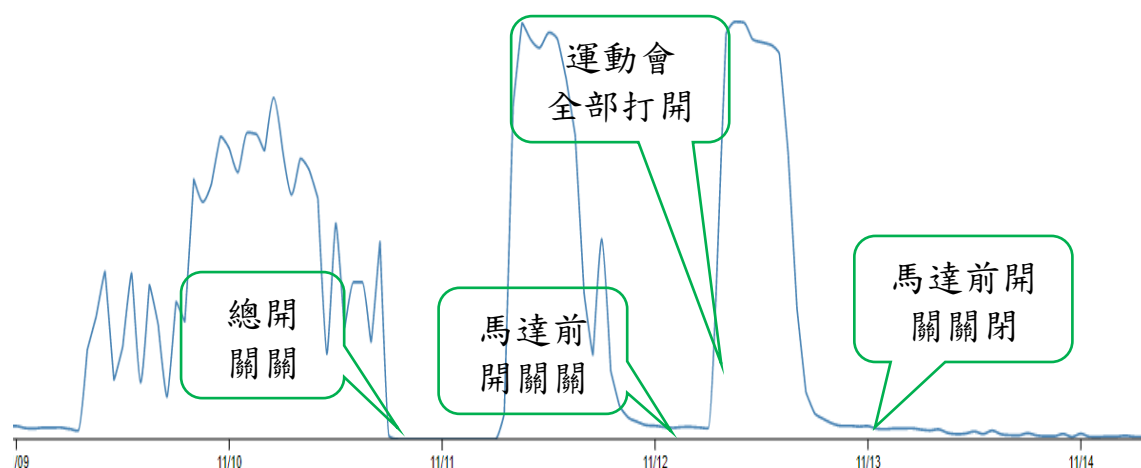


圖 111 案例 B7 智慧水表與內線開關啟閉變化圖

八、學校 B8

(一)背景說明：

- 1.智慧水表：智慧水表顯示夜間及假日有異常進水，且未有落底。
- 2.該校有 2 個水栓，供應 5 個水池(分別為 61.1*2、30.7、38.1、23.7 公噸)、6 個水塔 (19.4、12.7、25、2、55.3*2)，再進而供應游泳池有 1 個專用水栓，可能進水量不足，另 1 個水栓

平時也有支援，游泳池用水量由誠正樓南側水塔進水（如圖 112）。

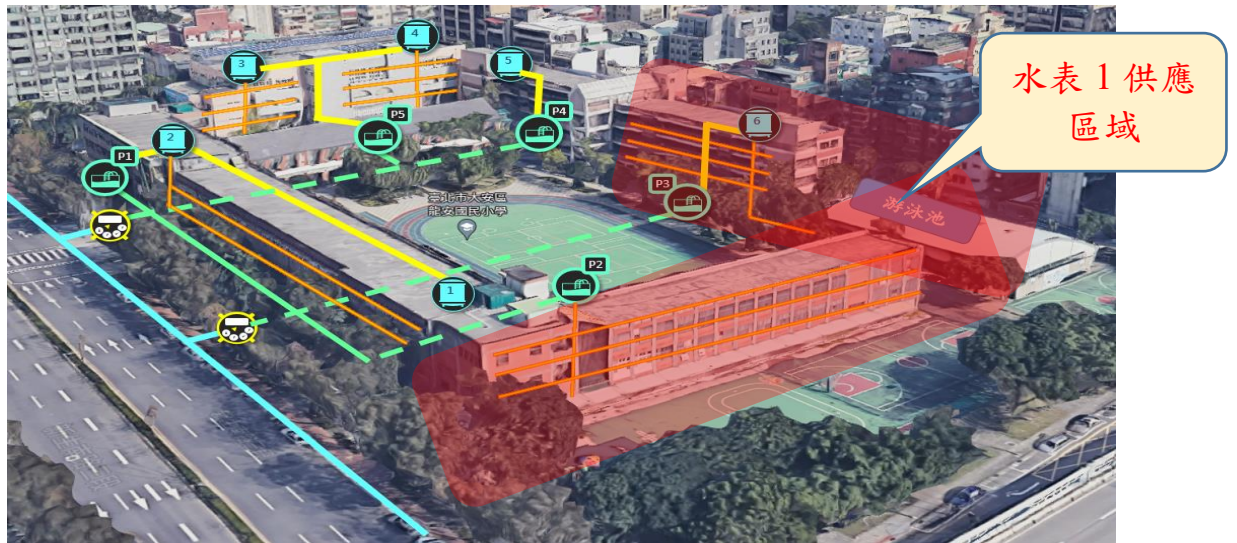


圖 112 案例 B8 建物與管線配置圖

(二)現勘、量測、分析與判斷

1.現勘作業：智慧水表顯示未落底，先檢查水表至水池間管線，關閉水池進水開關，智慧水表動標停止，顯示異常問題可能在水池之後。

2.水位計量測與分析作業-1：

(1)水位計裝設：於所有水池（誠正樓左右水池、活動中心、勤樸樓左右水池等）裝設感測器，量測時間為（D）日下午 4 時至（D+4）日上午 7 時。

(2) 資料分析：

- 智慧水表與水池水塔水位時序圖顯示，智慧水表未落底，期間有 3 次進水較大峰度，其頻率、峰度與勤樸樓左水池（近幼兒園）相似，活動中心水池水位有連續波動，顯示可能有連續進水，勤樸樓右水池（近行政樓）水位則無；誠正樓左水池水位幾乎無變化，誠正樓右水池水位頻率、峰度則與智慧水表不相同，可能水池間有相通或由其他水源挹注。

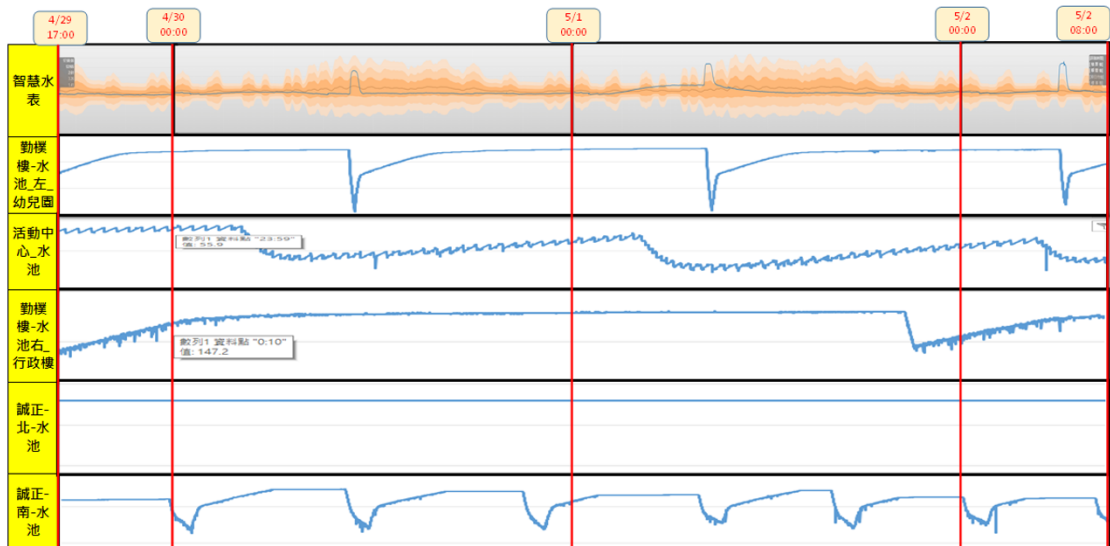


圖 113 案例 B8 智慧水表與水池水塔水位變化圖（1）

- 進一步比對另一個智慧水表與誠正樓南水池水位時序圖顯示，其頻率、峰度皆相似，顯示該水栓並非該校所稱直接供應游泳池，而係先進入誠正樓南水池、水塔後再進入游泳池。

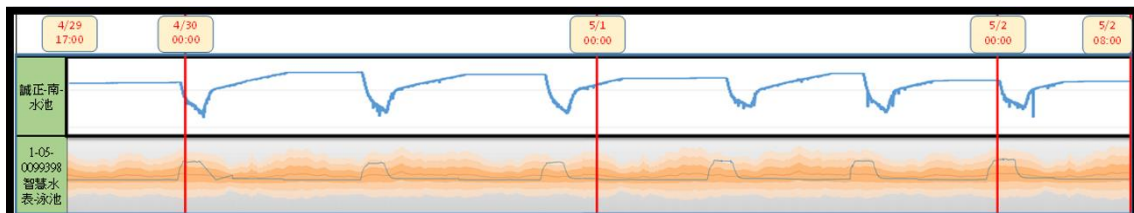


圖 114 案例 B8 智慧水表與水池水塔水位變化圖（2）

3.初步判斷：

- 水表 1 供應範圍:誠正樓南水池(供應該棟用水)與游泳池(含淋浴間)，水表 2 供應範圍：勤樸樓南北水池及水塔、誠正樓北水池。
- 由該校 2 個智慧水表顯示，該校假日夜間均有不明進水，顯示有多處漏水情形。

4.水位計量測與分析作業-2：

(1) 水位計裝設：於所有水塔裝設感測器，量測時間為(D)日下午4時至(D+1)日上午7時。

(2) 資料分析：

- 智慧水表與水池水塔水位時序圖顯示，勤樸樓幼兒園水塔、誠正南水塔夜間水位有異常連續降低，且測試期間水塔有進水3次，勤樸樓行政水塔與誠正北水塔則較無明顯異常。

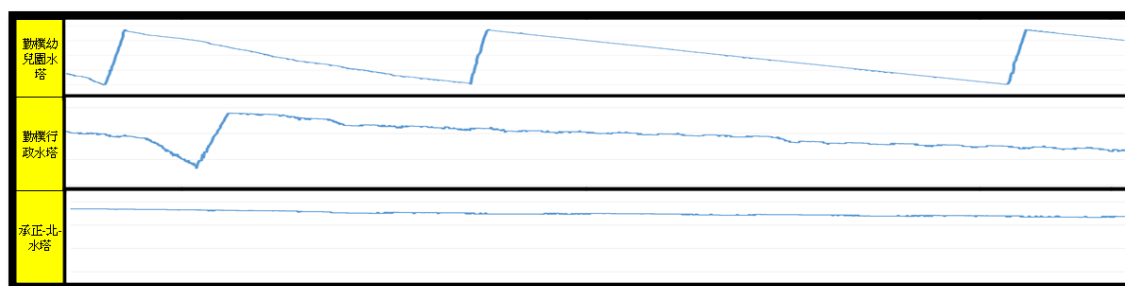


圖 115 案例 B8 智慧水表與水池水塔水位變化圖 (3)

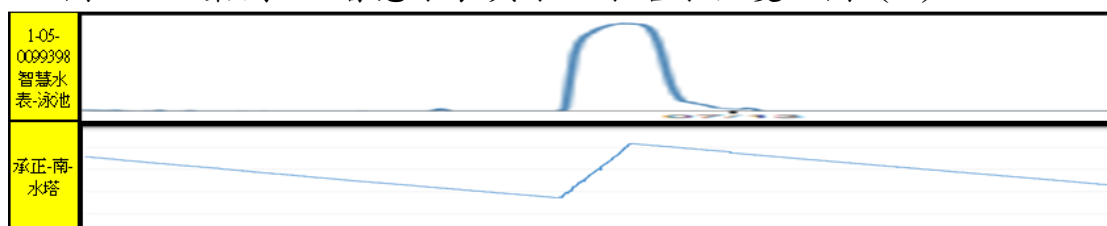


圖 116 案例 B8 智慧水表與水池水塔水位變化圖 (4)



圖 117 案例 B8 智慧水表與水池水塔水位變化圖 (5)

3. 初步判斷：

- 該校智慧水表未有落底，查之前誠正北水池之進水開關

非關閉浮球，而係關閉水池前約 10 公尺處開關，此部分經再測試，發現誠正樓北水池前管線有異常。

- 由前揭可知除誠正樓北水池前管線有異常外，勤樸樓南水塔、活動中心鐵製儲水桶、誠正樓南水塔夜間均有不明降低，顯示有異常情形。

(三)改善建議與說明

1.經與該校逐一試開關，發現

- (1) 誠正樓南水塔夜間水位會有降低，進一步測試開關後（計有 4 個出水管），經測試發現往地下室管線開閉後水位即正常，顯示其為主因。
- (2) 活動中心右側不鏽鋼水桶夜間水位會有降低，進一步測試開關後（計有 4 個出水管），經測試發現往 1 樓管線開閉後水位即正常，顯示其為主因。
- (3) 勤樸樓幼兒園水塔夜間水位會有降低，進一步測試開關後（計有 5 個出水管），發現往廚房之管線是主要因素。
- (4) 誠正樓北水池前管線有異常。

2.成效：利用週六、日期間將誠正北水池關閉進水、勤樸樓幼兒園水塔關閉廚房管線、活動中心水塔關閉 1 樓管線、誠正南水塔關閉地下室管線後，假日用水量已由原 80-85 度（2 個水表）降至 10 度（可能係勤樸樓南側水塔 1 個通往 3 樓管線有異常），顯示主要漏水源已掌握。後續須由學校儘速換修。

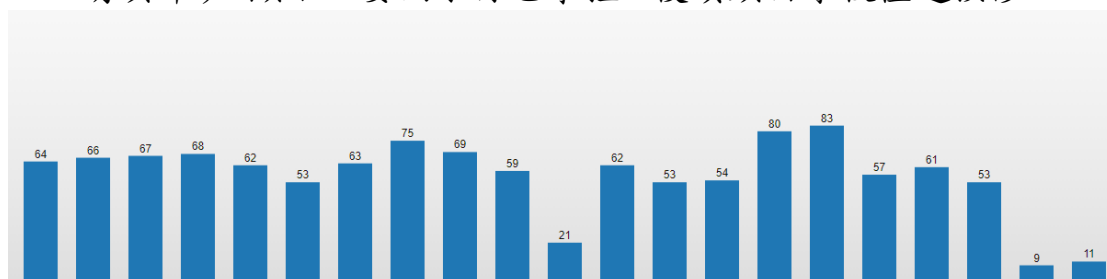


圖 118 案例 B8 用水量統計圖（1）

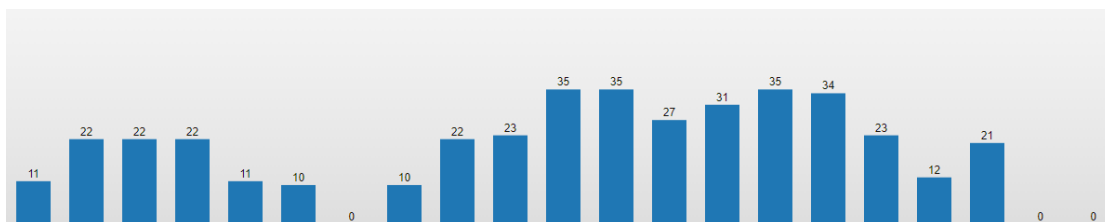


圖 119 案例 B8 學校用水量統計圖（2）

九、學校 B9

（一）背景說明：

- 1.智慧水表：智慧水表顯示夜間及假日連續不間斷進水，且未有落底。
- 2.用水設施：該校 1 個水表，設有地上水池（新生樓旁，28 公噸）、地下水池（信義樓，20 公噸）各 1 座，總計 48 公噸；水塔 3 座（新生樓 11 公噸-水塔 2、信義樓 15 公噸-水塔 1、建國樓 16 公噸-水塔 3，新生樓水塔也供應仁愛樓各樓層），總計 42 公噸，另該校設有游泳池，由新生樓、信義樓水塔供應（如圖 120）。

（二）現勘、量測、分析與判斷

- 1.現勘作業：智慧水表未落底，惟最小流為 0.4 公噸/時，加上水池前無開關，因此暫不考量水表至水池間管線問題。
- 2.水位計量測與分析作業：
 - （1）水位計裝設：裝設水池水位感測器，包括地下水池、地上水池、建國樓水塔、新生樓水塔（信義樓水塔當日因故未能打開人孔，故未安裝），量測時間為（D）日中午 12 時至（D+4）日下午 6 時。
 - （2）資料分析：
 - 地上與地下水池進水頻率、峰度與智慧水表走勢相近。
 - 地下水池進水頻率、峰度與建國樓水塔相近，地上水池進水頻率、峰度與新生樓，顯示地下水池供應至建國樓水塔，地上水池供應至新生樓水塔。

3.初步判斷：新生樓水塔與建國樓水塔夜間、假日期間水位有異常降低，已請學校加強水塔後管線巡查、馬桶查漏等作業。
備註：該校已爭取且獲得 113 年度約 500 萬元預算要汰換建國樓等管線汰換。

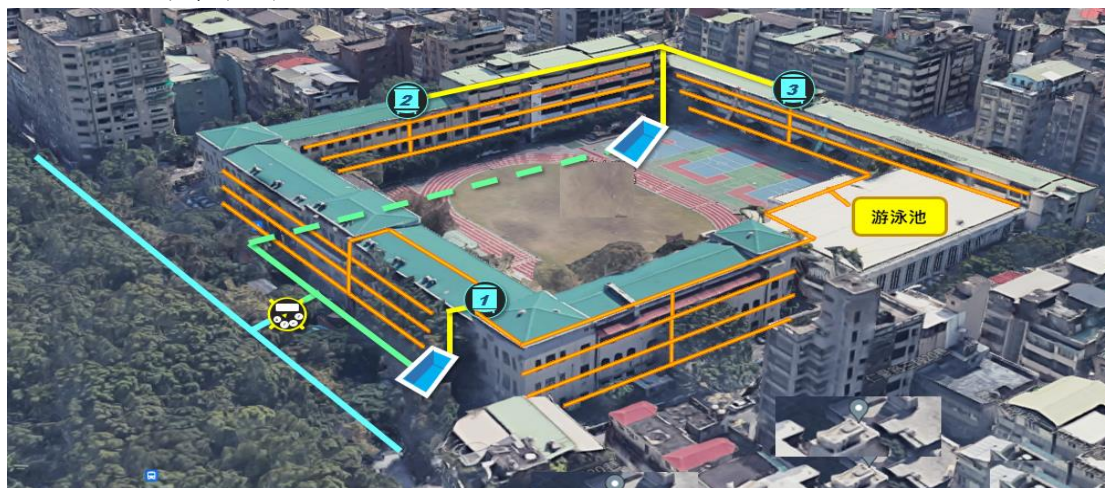


圖 120 案例 B9 建物與管線配置圖

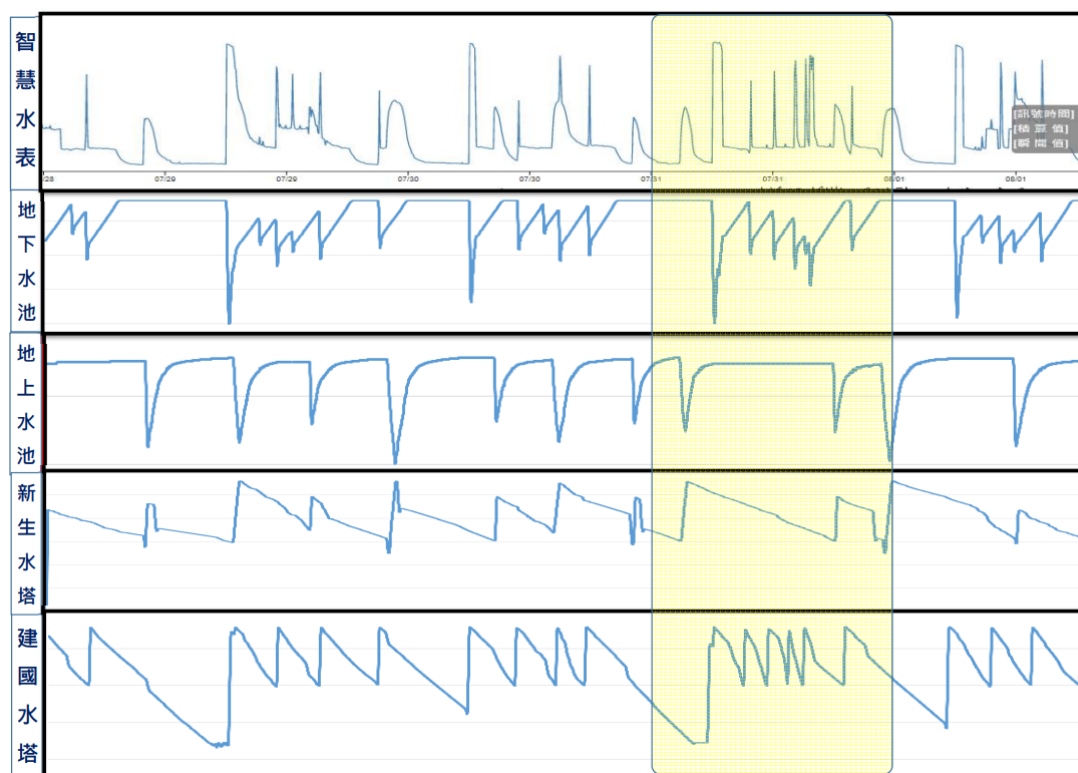


圖 121 案例 B9 智慧水表與水池水塔水位變化圖

十、學校 B10

(一)背景說明：

- 1.智慧水表：智慧水表顯示夜間及假日連續不間斷進水，且未有落底。
- 2.用水設施：該校設置 1 個水表，設有 3 個水池（活動中心-14 公噸、忠孝樓-9 公噸、和平樓-25 公噸）各 1 座，總計 48 公噸；水塔 3 座（活動中心-27 公噸、忠孝樓-5 公噸、和平樓-11 公噸），總計 43 公噸（該校因用水有異常，晚上會以手動關閉總開關，隔日一早再打開）（如圖 122）。

(二)現勘、量測、分析與判斷

- 1.現勘作業：智慧水表未落底，學校囿於人力無法關閉水池前開關，因此暫不考量水表至水池間管線問題。
- 2.水位計量測與分析作業：
 - (1) 水位計裝設：裝設水池水位感測器，量測時間為 (D) 日上午 11 時至 (D+2) 日上午 6 時。
 - (2) 資料分析：
 - 水池進水頻率、峰度與智慧水表走勢相近。
 - 活動中心水池進水頻率、峰度與該樓水塔相近，忠孝樓水池進水頻率、峰度與該棟水塔相近，和平樓水池感測器因被水濺濕，致之後進水頻率、峰度與該棟水塔略有差異，惟感測初期仍有相對應。
- 3.初步判斷：活動中心、忠孝與和平樓水塔夜間水位有異常下降（尤其是活動中心），已建議該校加強巡查水塔後管線與用水設備。



圖 122 案例 B10 學校建物與管線配置圖

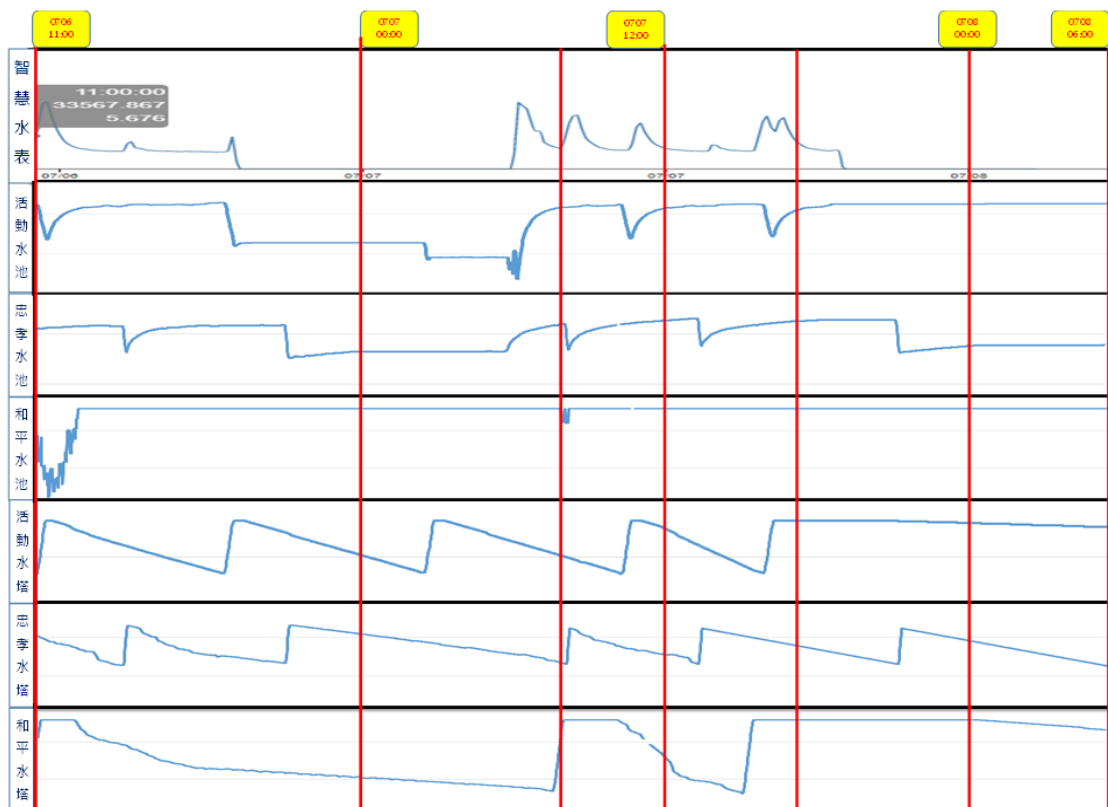


圖 123 案例 B10 智慧水表與水池水塔水位變化圖

十一、學校 B11

(一)背景說明：

- 1.智慧水表：智慧水表顯示夜間及假日連續不間斷進水，且有

落底。

2.用水設施：該校設有 2 個水表，其中 1 個為游泳池專用，另 1 個供應 1 個水池 2 座水塔（於 B 棟樓頂），容量大小無資料（如圖 124）。

（二）現勘、量測、分析與判斷

1.現勘作業：初步了解用水設施，並協助繪製管線圖。

2.水位計量測與分析作業：

（1）水位計裝設：裝設水池水位感測器，量測時間為（D）日下午 4 時至（D+2）日下午 1 時。

（2）資料分析：

- 水池進水頻率、峰度與智慧水表走勢相近。
- 活動中心水池進水頻率、峰度與 B 棟 1、2 號水塔相近。
- C 棟供水由 B 棟 2 號水塔供給，A 棟供水由 B 棟 1 號水塔供給。

3.初步判斷：B 棟 1 號水塔夜間水位有異常下降，已建議該校加強巡查水塔後管線與用水設備（含 A 棟）。



圖 124 案例 B11 建物與管線配置圖

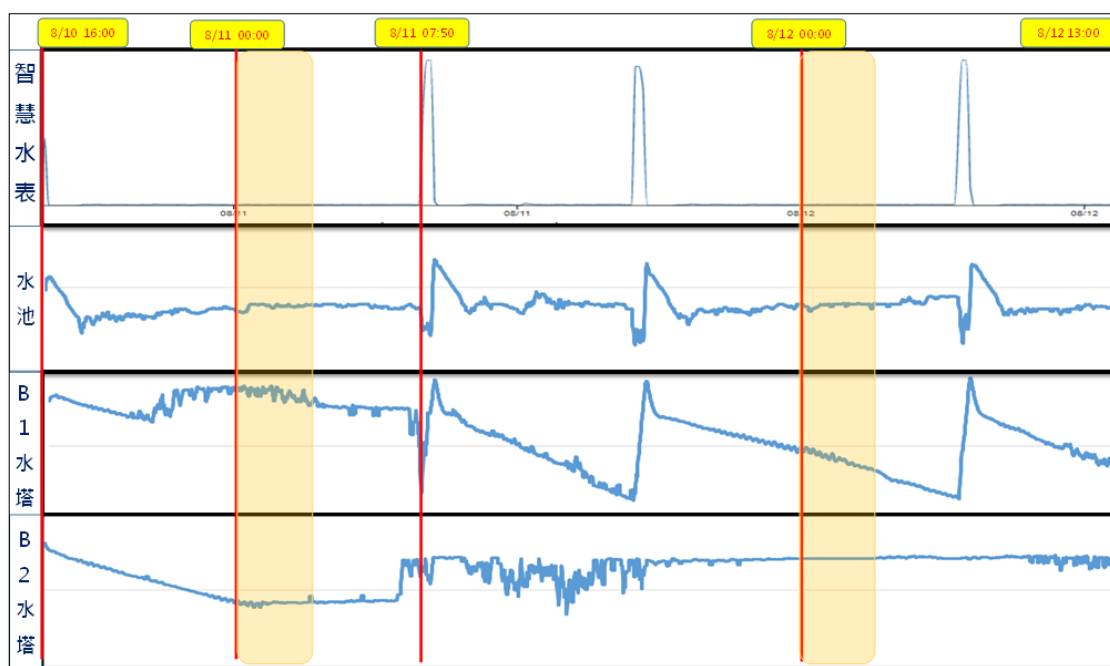


圖 125 案例 B11 智慧水表與水池水塔水位變化圖

十二、學校 B12

(一)背景說明：

- 1.智慧水表：智慧水表顯示夜間及假日有異常進水，且有落底。
- 2.用水設施：該校有 1 個水表，供應至 1 個水池 2 座水塔，容量大小無資料。

(二)現勘、量測、分析與判斷

- 1.現勘作業：智慧水表顯示未落底，先檢查水表至水池間管線，關閉水池進水開關，智慧水表動標停止，顯示異常問題可能在水池之後。
- 2.水位計量測與分析作業：
 - (1) 水位計裝設：協助裝設水池水塔水位感測器，量測時間為 (D) 日中午 12 時至 (D+5) 日上午 6 時。
 - (2) 資料分析：
 - 水池進水頻率、峰度與智慧水表走勢有部分相近。

- 地下水池與 A 水塔水位變化頻繁，顯示 A 水塔之後管線或用水設備有異常。

3.初步判斷：進一步協助該校巡查，由學校先繪製水塔後管線圖（如圖 126），透過水位計與試開關，目前追查係 C3 區有異常（關閉 C3 之開關後，智慧水表逐漸縮小歸零），已請該校加強巡查或汰換該區域管線。

（三）改善建議與說明

1.檢修 C3 區管線。

2.成效：

（1）改善成本：約 1.5 萬元。

（2）改善後用水量有顯著降低，每月水量由 750 度降低至 250 度（以暑假估計），每月水費節省 1 萬元。



圖 126 案例 B12 建物與管線配置圖

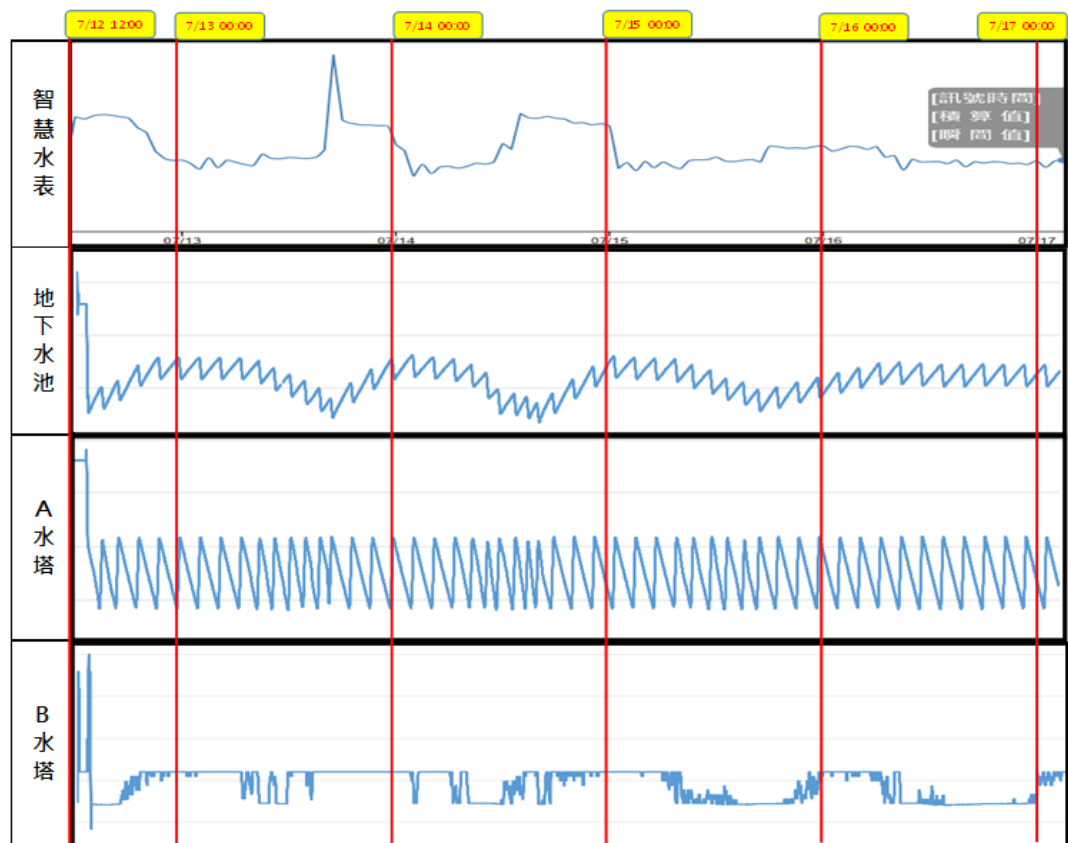


圖 127 案例 B12 智慧水表與水池水塔水位變化圖

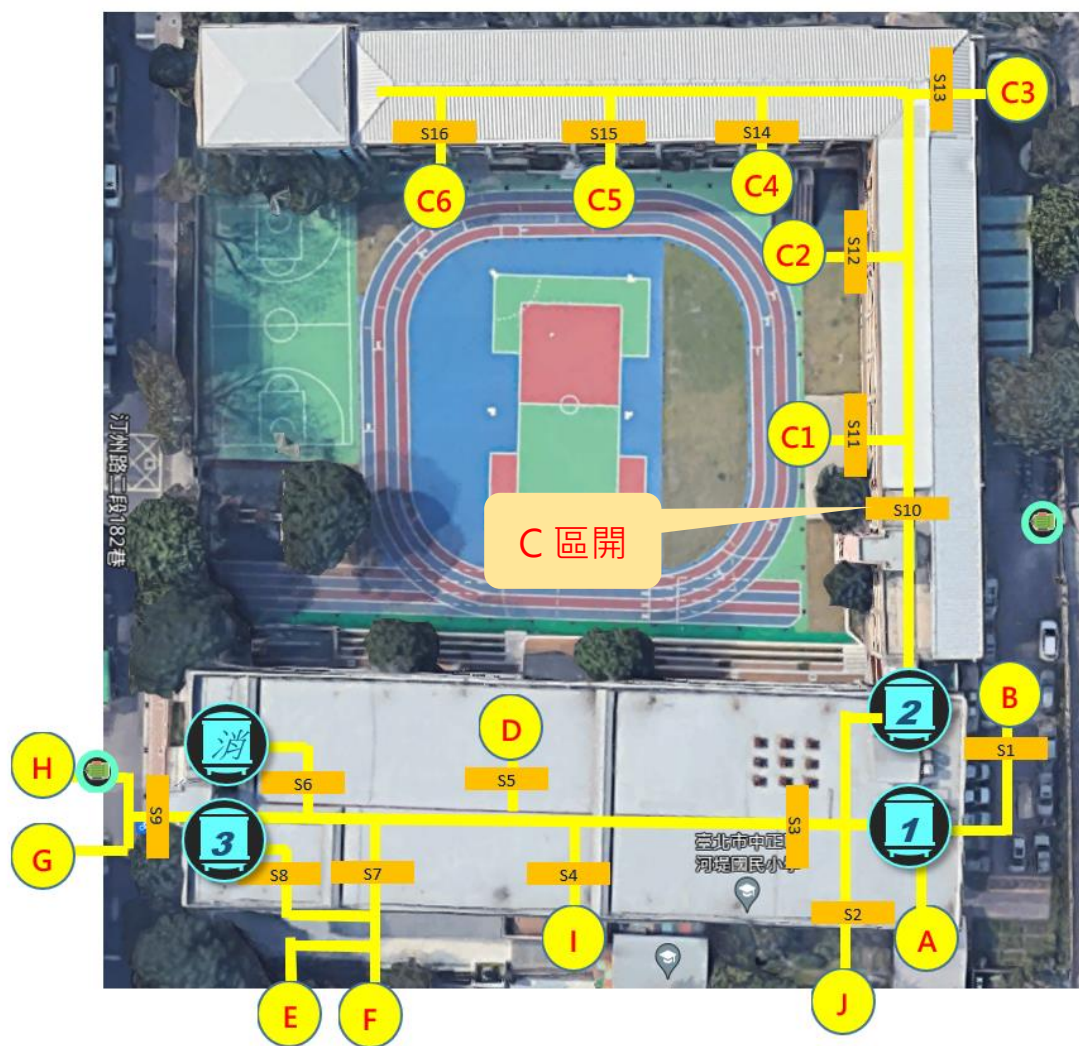


圖 128 案例 B12 學校水塔後管線圖

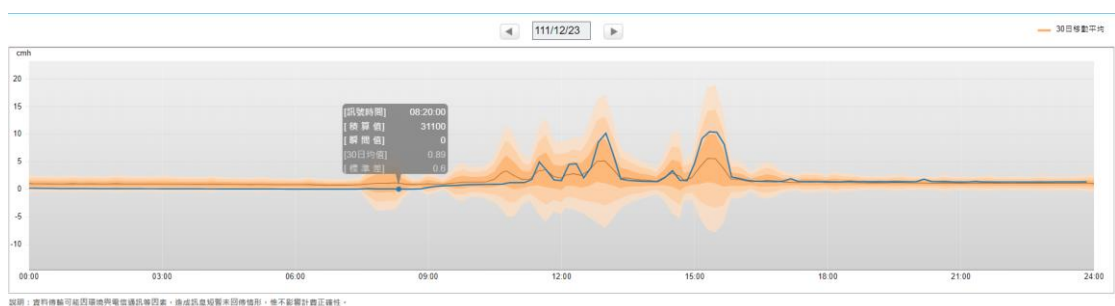


圖 129 案例 B12 關閉 C3 區開關後智慧水表時序圖

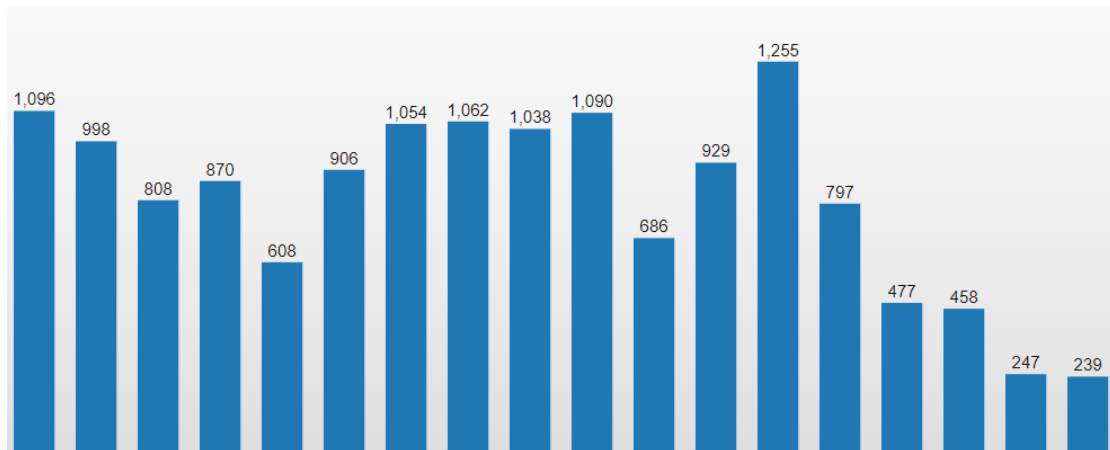


圖 130 案例 B12 用水量統計圖（月用水量）

十三、學校 B13

（一）背景說明：

- 1.智慧水表：智慧水表顯示夜間及假日有異常進水，且未有落底。
- 2.用水設施：該校設有水池 4 座（水池分布於廚房-不鏽鋼、垃圾場旁-RC、信義樓近幼兒園-RC 以及信義樓近永吉-RC，位置較低），總計 20.44 噸；水塔 4 座，總計 25.6 公噸。

（二）現勘、量測、分析與判斷

- 1.現勘作業：智慧水表未落底，學校囿於人力無法關閉水池前開關，因此暫不考量水表至水池間管線問題。
- 2.水位計量測與分析作業：
 - （1）水位計裝設：協助裝設水池水位感測器，水塔部分因時間因素，之後再評估哪一個水池有問題後，再決定是否裝設水塔部分。量測時間為（D）日下午 3 時至（D+1）日下午 3 時。
 - （2）資料分析：
 - 由智慧水表進水時序圖，量測期間有落底，顯示總表至水池間管線應無問題；約 2 小時左右會有短暫高進水（7

公噸/時)，惟此期間並無相對應之水池水位有明顯變化；有 4 個時段（如紅色底區塊時段，其中 2 個時段為凌晨）連續進水較長（約 1 小時）低進水量（2 公噸/時），此與垃圾場旁水池之進水頻率、峰度走勢相近，幼兒園水池主要集中在上課期間，信義樓近幼兒園水池以及信義樓近永吉水池等水位則無變化。

3.初步判斷：

- 夜間等異常用水與垃圾場水池有關，另規律短暫高用水部分，研判可能有馬達直抽等情形。
- 經該校總務主任詢問該校資深員工，發現前幾年有將忠孝樓樓頂水塔改為直抽，致智慧水表會有陡升陡降之進水情形。
- 基此，已請該校儘速針對忠孝樓水塔後之管線、垃圾場水塔或其後管線加強巡查。



圖 131 案例 B13 建物與管線配置圖

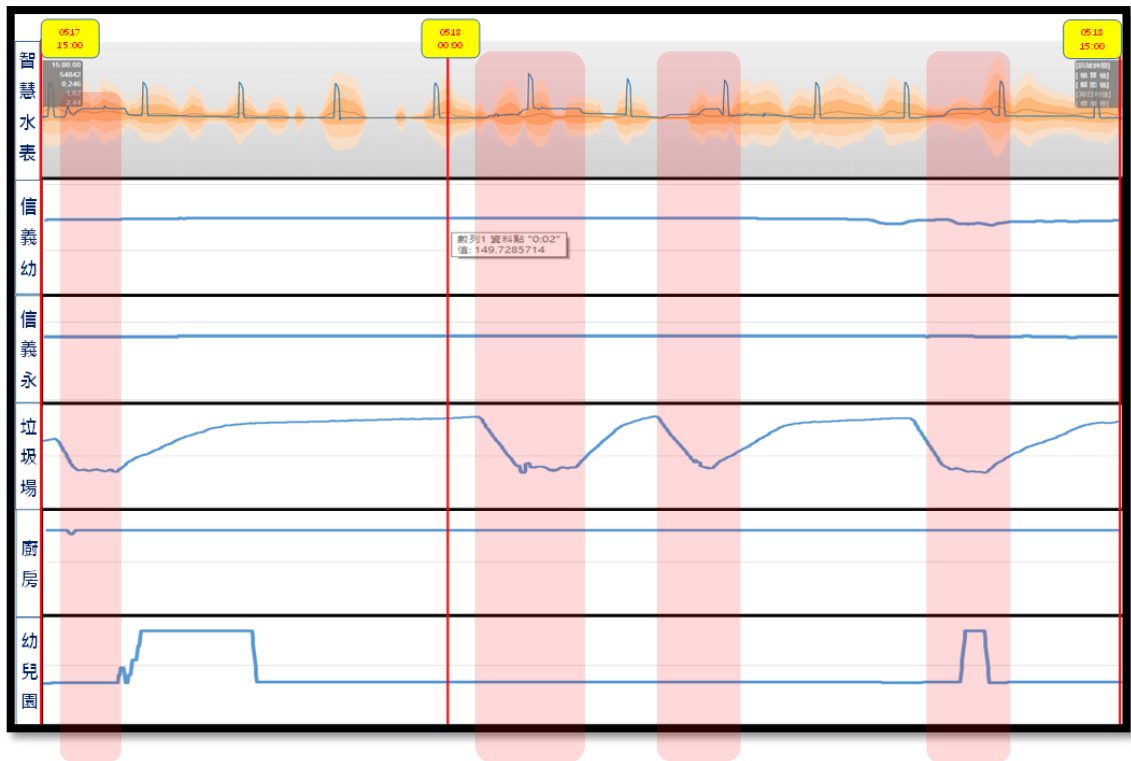


圖 132 案例 B13 智慧水錶與水池水塔水位變化圖

十四、學校 B14

(一)背景說明：

- 1.智慧水錶：智慧水錶顯示夜間及假日有異常進水，且有落底。
- 2.用水設施：該校 1 個水錶，設有水池 4 座（水池分布於活動中心、莊敬樓 2 個、自強樓），總計 61.4 公噸；水塔 5 座，總計 57 噸（如圖 133）。
- 3.該校另有申請 2 個水錶，主要供應行政樓使用，據該校表示為獨立系統；另莊敬樓與自強樓水池旁另有消防水池。

(二)現勘、量測、分析與判斷

- 1.現勘作業：初步了解用水設施，並協助繪製管線圖。
- 2.水位計量測與分析作業：
 - (1) 水位計裝設：協助裝設水池水塔水位感測器，量測時間為 (D) 日下午 1 時至 (D+1) 日 9 時。
 - (2) 資料分析：

- 由智慧水表進水時序圖，量測期間有落底，顯示總表至水池間管線應無問題，另從進水模式可分為 A（三角形）、B（圓形）、C（星形）等 3 種。
- 其中進水模式 A 與自強樓水池水位之頻率相近，進水模式 B 與活動中心水池水位之頻率相近，進水模式 C 與莊敬樓水池水位之頻率相近。
- 活動中心水池 1、2 水位變化相近，顯示兩個水池可能相通。
- 自強樓水池於凌晨 0-5 時間有 2 次於低水位時卻無進水，且由智慧水表可看出此時有異常進水情形（2 公噸/時）。
- 莊敬樓水塔、活動中心水塔（近莊敬樓，據該校同仁表示為中繼水塔，且之前曾有溢流漏水）檢測期間水位變化甚大。
- 自強樓西側水塔水位於晚間 6 時至隔日凌晨 0 時，期間穩定下降，之後於凌晨 0 時進水至一定高度後，水位幾無變化，之後凌晨 4 時 53 分時再次進水，且水位高度持續升高，而此 2 次進水時，自強樓水池有相對應變化。

3.初步判斷：

- 水池間有相通，自強樓水池於低水位時卻未進水，可能液面控制器有接觸不良，導致溢流孔較低之相通水池可能有溢流，建議請廠商檢修或調降水位高度。
- 水塔間有相通，之前有發生中繼水塔有溢流情形，因此水塔部分，液面控制器可能亦有問題，建議檢修或調降水位高度。

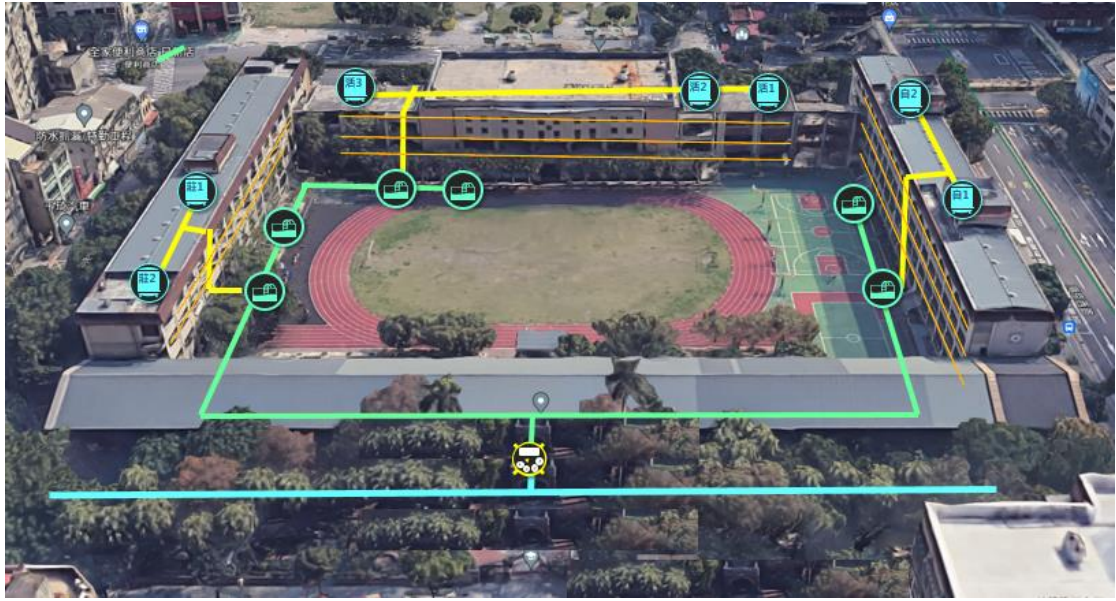


圖 133 案例 B14 建物與管線配置圖

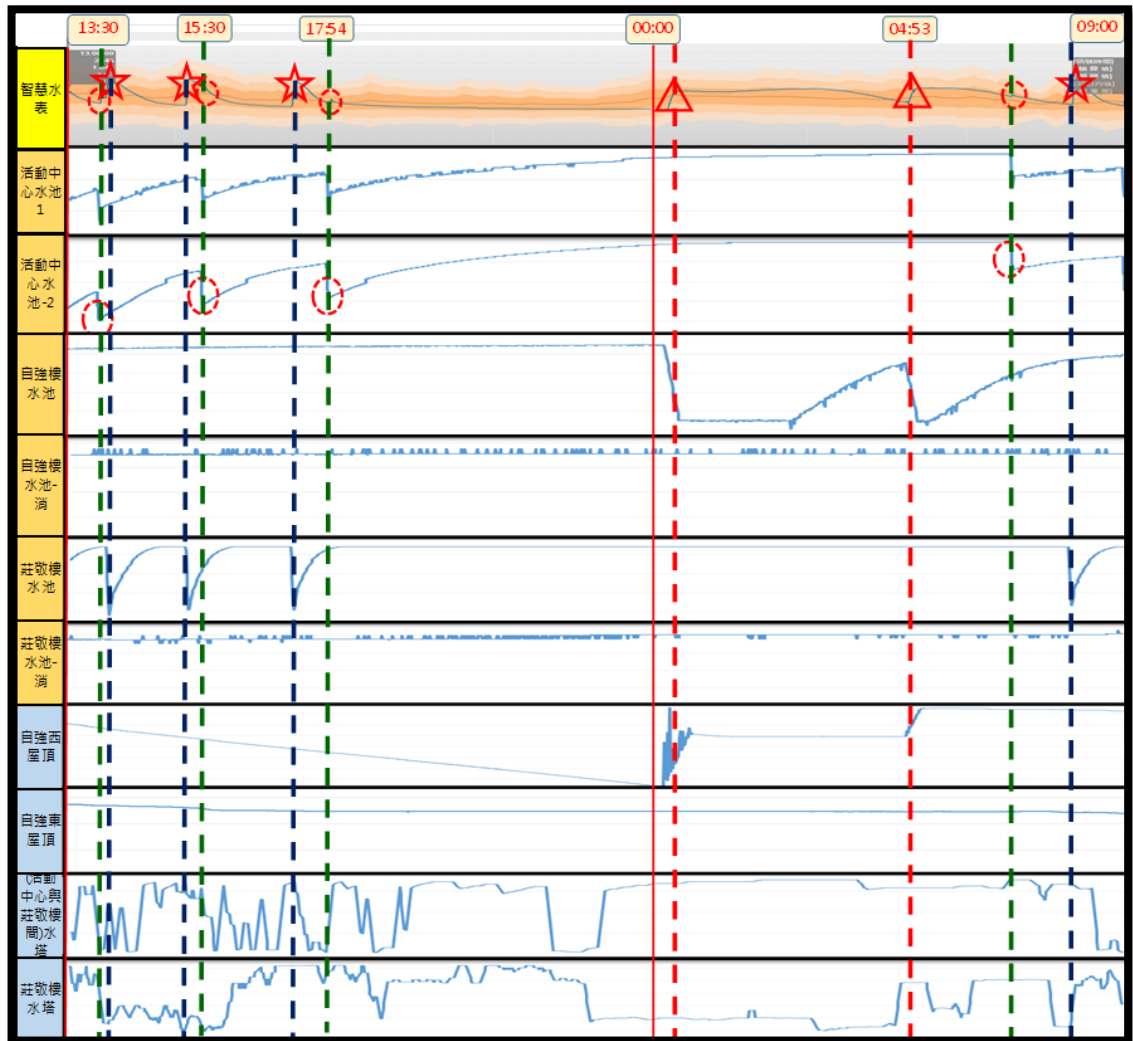


圖 134 案例 B14 智慧水錶與水池水塔水位變化圖

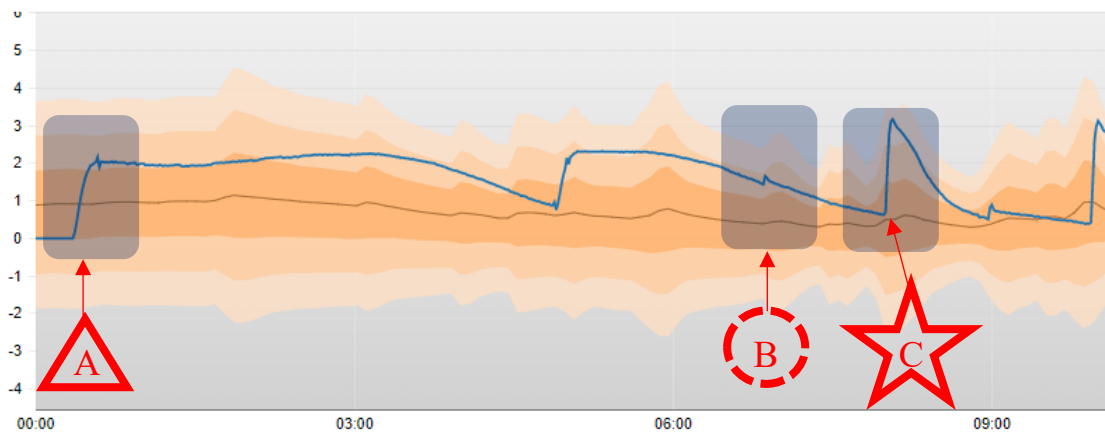


圖 135 案例 B14 智慧水表波動變化與水池關聯圖

十五、學校 B15

(一)背景說明：

- 1.智慧水表：智慧水表顯示夜間有不明進水，有落底。
- 2.用水設施：該校設有數個水池與水塔(如圖 137、圖 138)。

(二)現勘、量測、分析與判斷

- 1.現勘作業：初步了解用水設施，並協助繪製管線圖。
- 2.水位計量測與分析作業：
 - (1) 水位計裝設：協助裝設水池水塔水位感測器，量測時間為 (D) 日下午 3 時 20 分至 (D+1) 日 9 時。
 - (2) 資料分析：
 - 量測期間，主要水池中木棉樓、活動中心、敦品等樓水池水位無明顯變化，敬業樓水池(主要水池)進水頻率、峰度與智慧水表走勢相近，另觀察敬業樓供應之行政樓水池夜間有規律變化，行政樓水塔因無明確地點可安裝水位計，惟該水塔之後之圖傳、電機等樓層水位無明顯變化。
- 3.初步判斷：行政樓可能為主要用水異常區域，另該水塔之後青藤樓亦是可能異常區域，已通知該校巡檢。

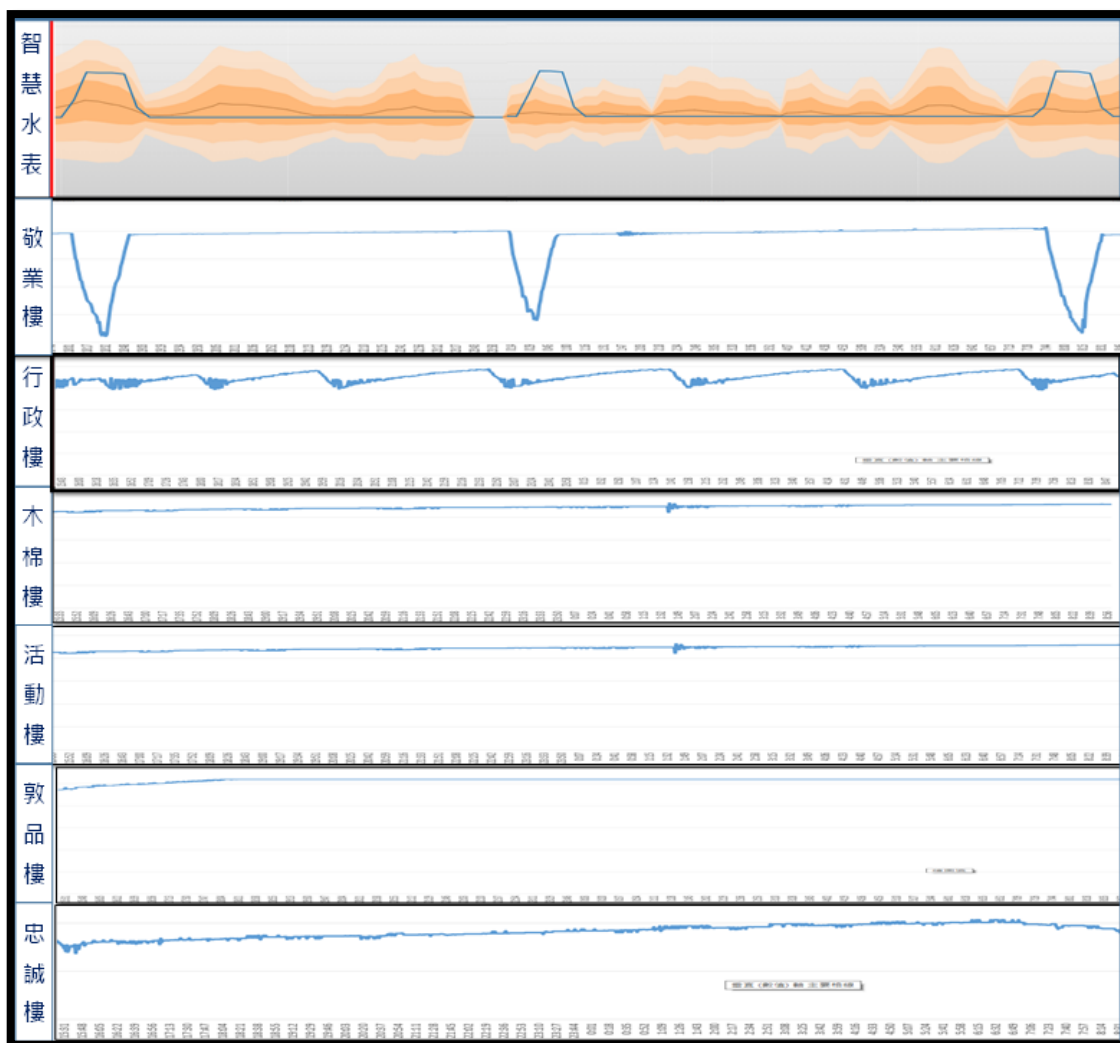


圖 138 案例 B15 智慧水表與水池水塔水位變化圖

十六、學校 B16

(一)背景說明：

- 1.智慧水表：智慧水表顯示夜間及假日有異常進水，且未有落底。
- 2.用水設施：該校 1 個水表，設有水池 1 座（圖書館旁）、消防水池 1 座；中繼水池 1 座、水塔 9 座（A、B、C 棟大樓、行政、活動中心、機械科、製圖科、圖書館與特教大樓等），容量大小未知。

(二)現勘、量測、分析與判斷

- 1.現勘作業：關閉水池與消防水池等開關，觀察智慧水表仍在

轉動，經協調測漏廠商協助，發現水池前管線有漏水異音，已請該校汰換管線。

2. 水位計量測與分析作業：

(1) 水位計裝設：裝設水池水塔水位感測器，先於水池、中繼水塔、製圖科、行政、活動中心等處安裝水位計，量測時間為 (D) 日下午 2 時至 (D+1) 日 7 時。

(2) 資料分析：

- 水位分析：水池進水頻率、峰度與智慧水表走勢相近，C 棟後方水塔（中繼水塔）水位變化不大，顯示機械科水塔之後管線可能有異常。

3. 初步判斷：行政大樓與活動中心應無用水異常情形，C 棟後方水塔（中繼水塔）水位變化不大，顯示機械科水塔之後管線可能有異常，另關閉水池與消防水池等開關，觀察智慧水表仍在轉動，經協調測漏廠商協助，發現水池前管線有漏水異音，已請該校汰換管線，同時針對機械科上方水塔後之管線加強巡查。

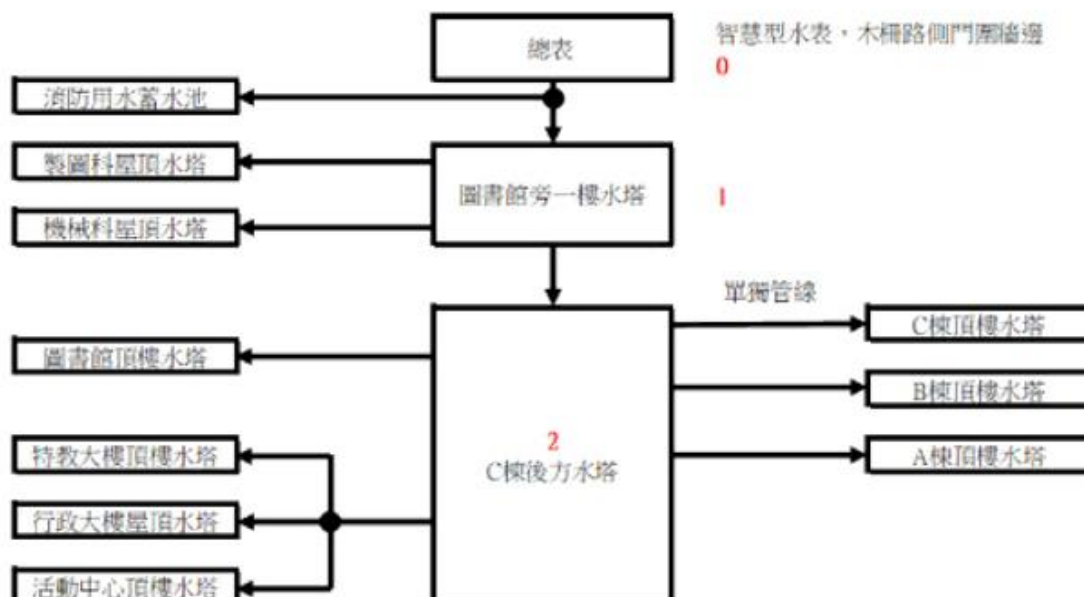


圖 139 案例 B16 建物與管線配置圖 (1)

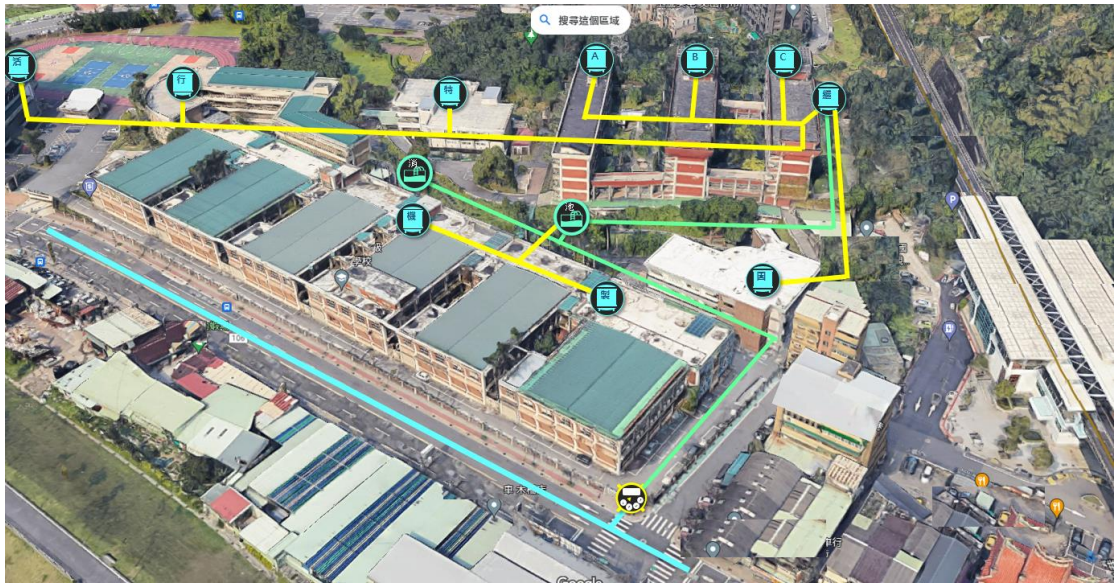


圖 140 案例 B16 建物與管線配置圖 (2)

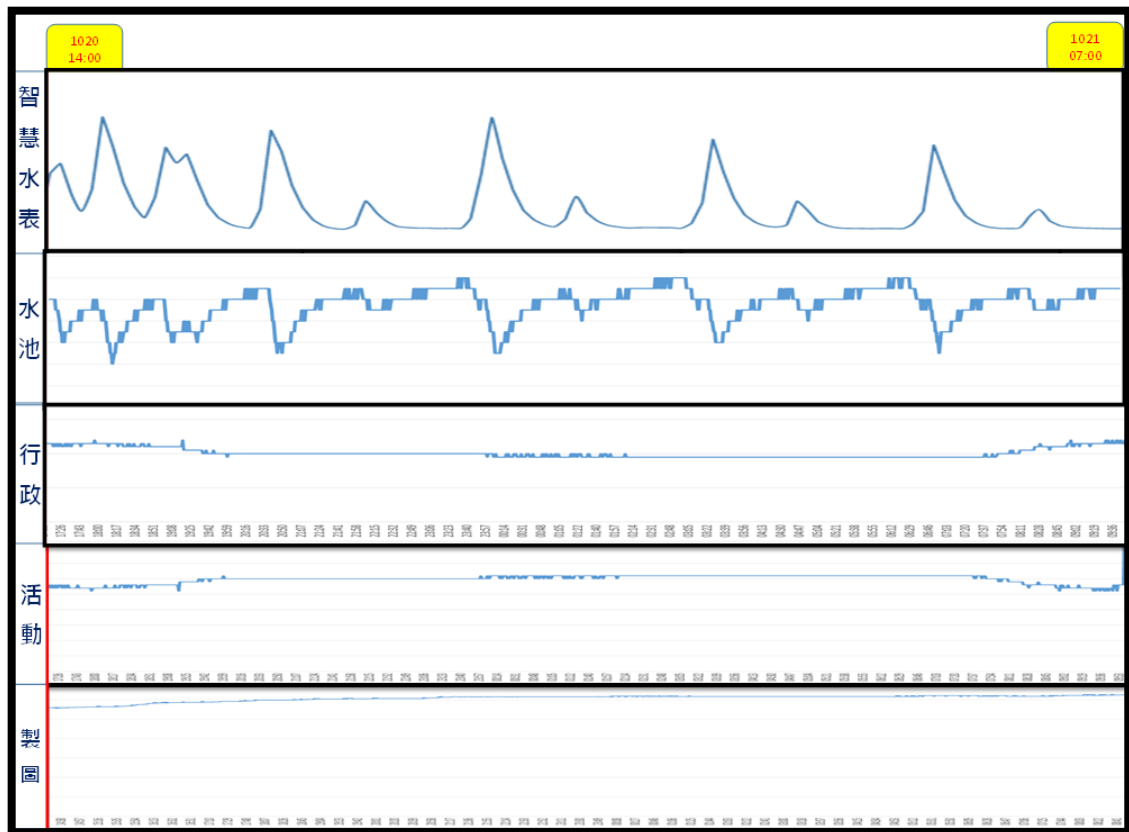


圖 141 案例 B16 智慧水表與水池水塔水位變化圖 (1)

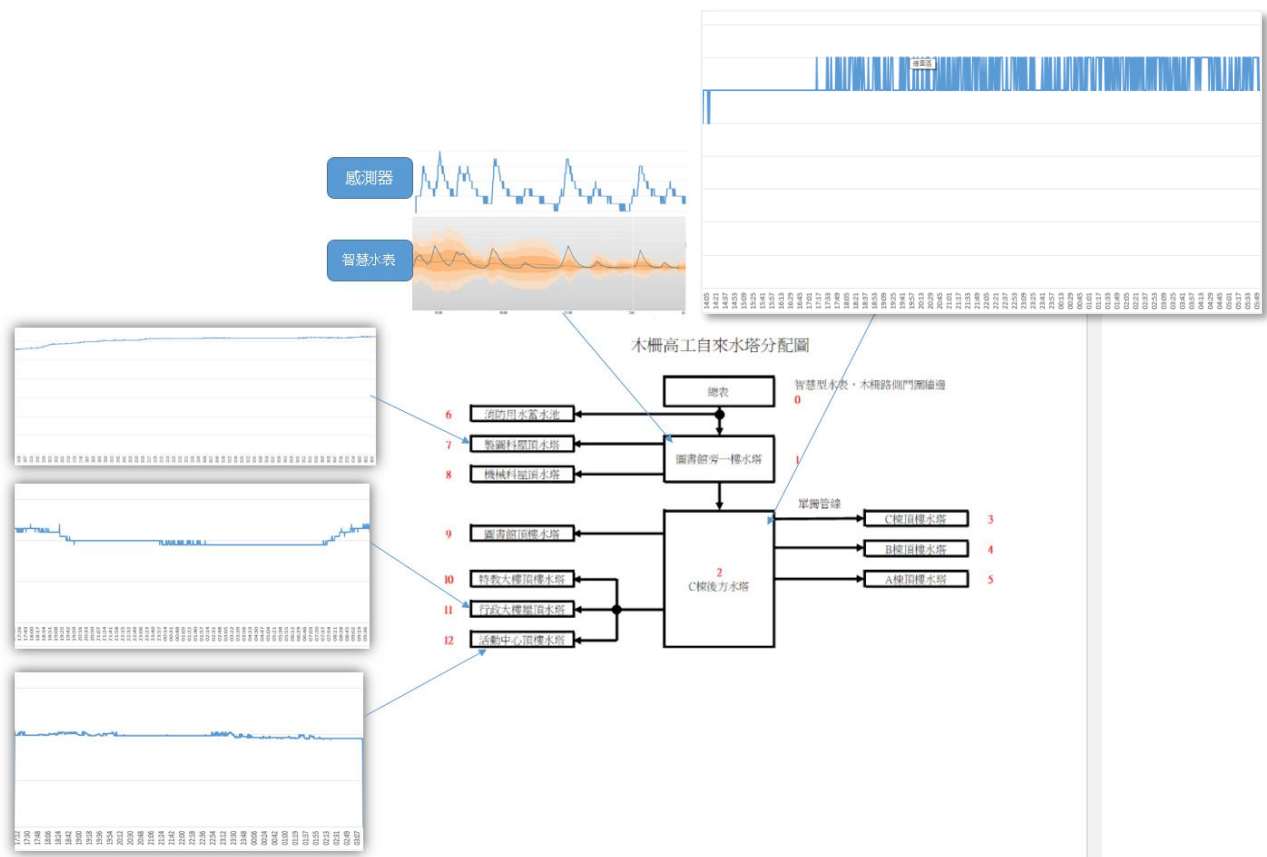


圖 142 案例 B16 智慧水錶與水池水塔水位變化圖 (2)

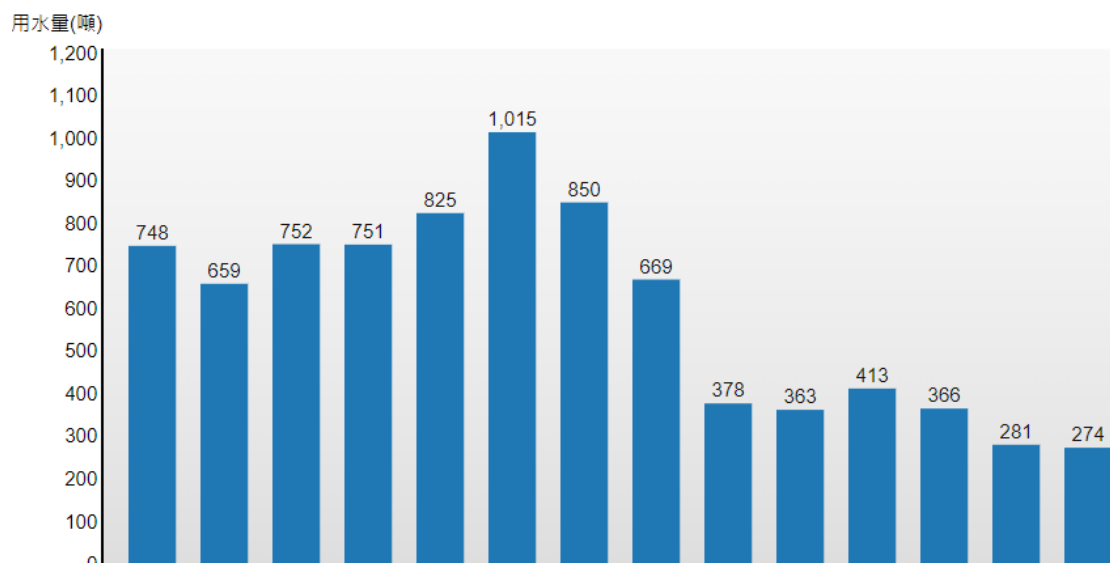
(三)改善建議與說明

1.水池前管線、機械科上方水塔有異常。

2.成效：

(1) 改善成本：該校先檢修水池前管線 0.9 萬元。

(2) 每月水量由 3,000 度降低至 1,600 度，每月水費節省 2.4 萬元。



估 價 單

客戶名稱:

工程名稱: 校內設施修繕工程

日期: 112/09/01

[illegible]

小計:

83,940 (含稅)

新台幣

83,940

圖 144 案例 B16 維修單據

十七、學校 B17

(一)背景說明：

- 1.智慧水表顯示夜間有不明進水，且未有落底。
- 2.用水設施：該校有 5 個水池（水池 1、4、7、9、活動中心）分別供應 10 個水塔（水塔 1-2、4-6、7-8、9、活動中心）（如圖 145、圖 146）。

(二)現勘、量測、分析與判斷

- 1.現勘作業：智慧水表顯示未落底，先檢查水表至水池間管線，關閉水池進水開關，智慧水表動標停止，顯示異常問題可能在水池之後。

2.水位計量測與分析作業-1：

- (1) 水位計裝設：協助裝設水池水位感測器（因水位計數量不足，僅針對所有水池及部分水塔安裝）。量測時間為（D）日下午 4 時至（D+1）日上午 9 時。

(2) 資料分析：

- 智慧水表未落底，惟關閉水池前開關後，水表不轉動，表示水表至水池間管線無異狀。
- 智慧水表進水時序與水池 4、7 水位有明顯相關，與水池 1 水位（亦有明顯變化）無明顯相關。
- 水池 9 夜間水位有明顯變化，顯示亦有異常情形。

- 3.初步判斷：水池 1、4 及 9 夜間有異常用水，已請學校加強水塔後管線巡查、馬桶查漏等作業。

- 4.水位計量測與分析作業-2：為進一步了解異常原因，爰續再安裝。

- (1) 水位計裝設：針對可能有異常之水塔 1、2、5、6 裝設水位感測器。量測時間為（D）日下午 4 時至（D+1）日上午 6 時。

(2) 資料分析：

- 水塔 1、2（有相連）晚上 9 點前水位有變化，之後則無明顯變化。
- 水塔 5、6（有相連）夜間至隔日凌晨水位有規律性變化。

5.初步判斷：

- 請學校加強水塔 1、2、4、5 之後管線巡查、馬桶查漏等作業。

備註：之後進一步協助，目前情形說明如下

- 水塔 1、2 非穩定出水，已請該校確認是否為人為控制或相關用水。
- 水塔 5-6 之後管線或設備有微漏水，水塔 4 管線或設備有較明顯且穩定之異常情形，已請該校進一步巡查。

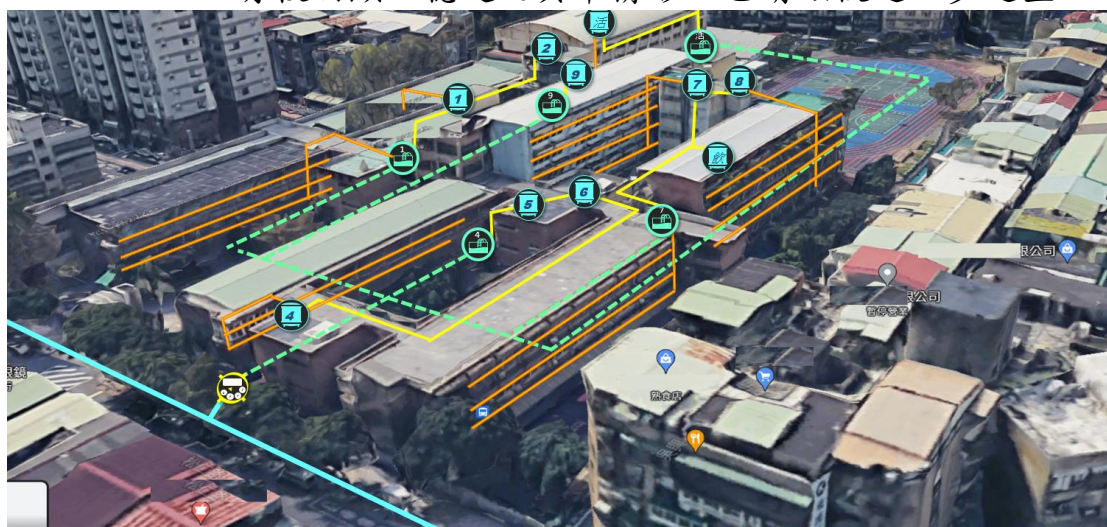


圖 145 案例 B17 建物與管線配置圖（1）

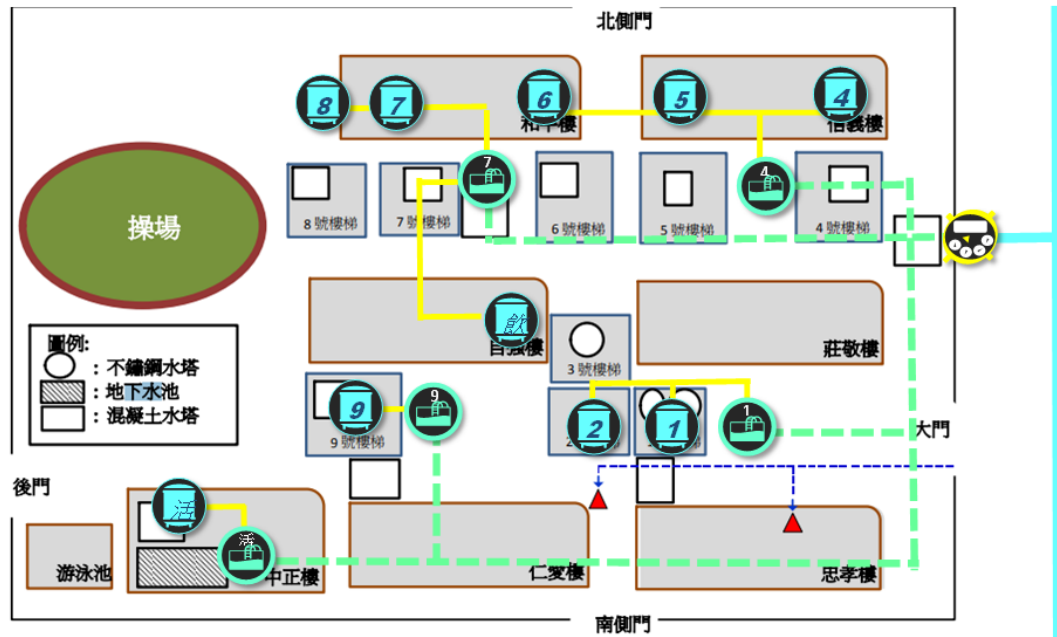


圖 146 案例 B17 建物與管線配置圖 (2)

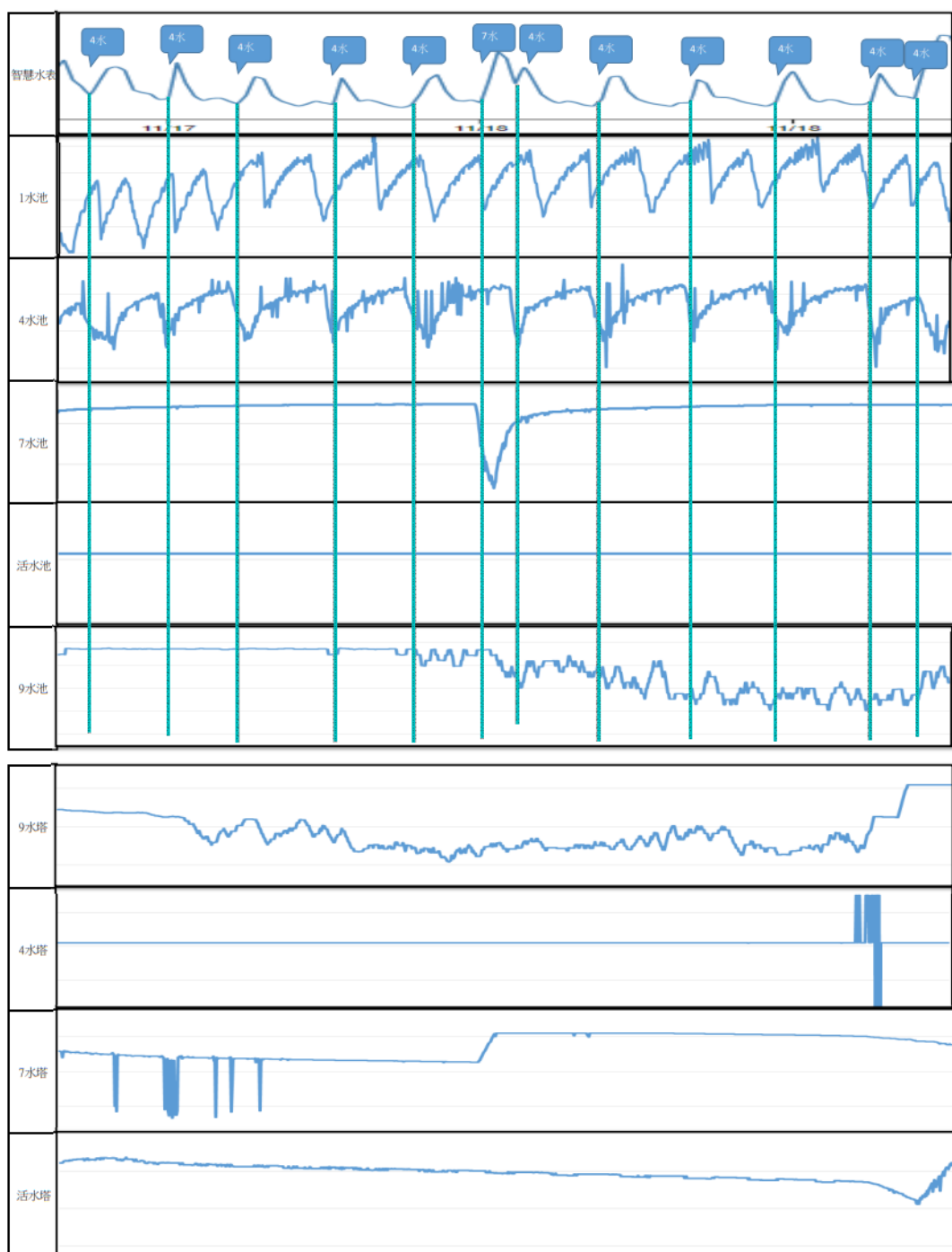


圖 147 案例 B17 智慧水表與水池水塔水位變化圖 (1)

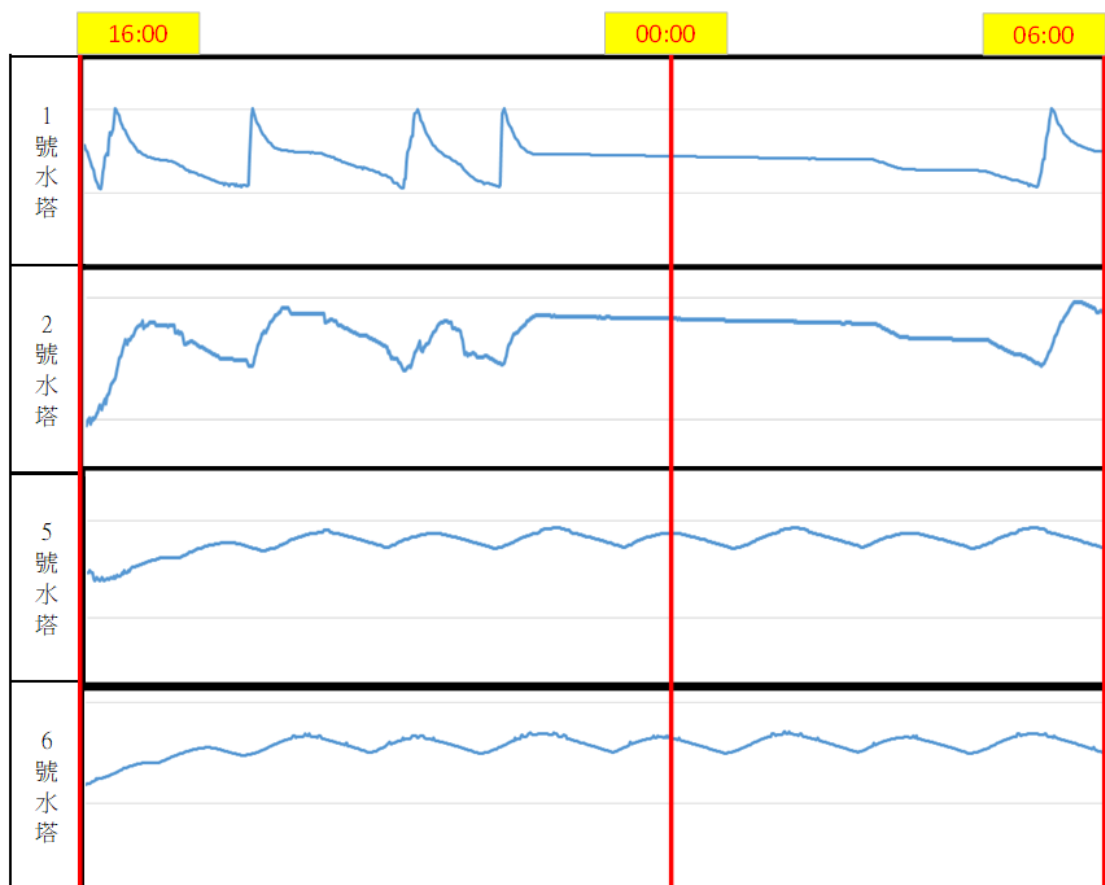


圖 148 案例 B17 智慧水表與水池水塔水位變化圖（2）

（三）改善建議與說明

1.該校先檢修水池水塔 4 相關管線設備。

2.成效：

（1）改善成本：約 2.1 萬元。

（2）每週水量由 770 度降低至 500 度，每月約可節省 2.1 萬元。

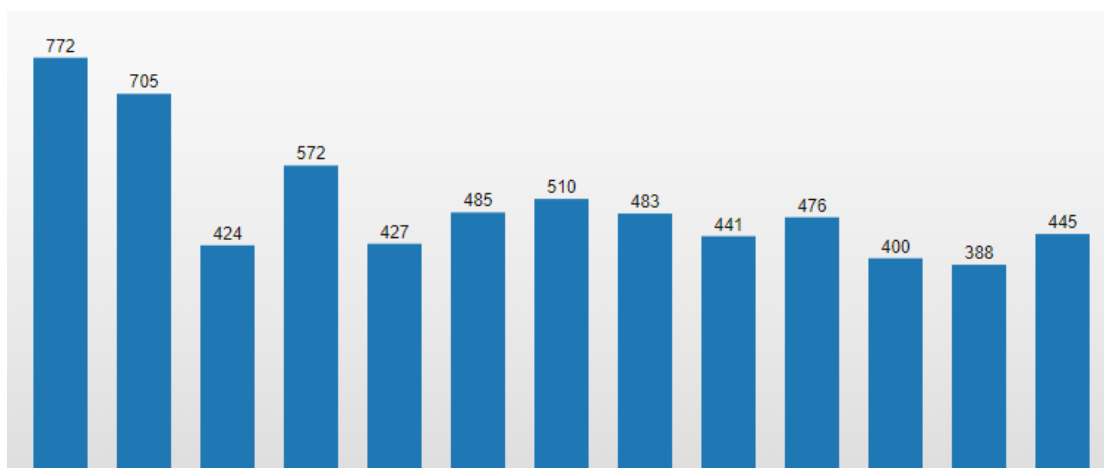


圖 149 案例 B17 用水量統計圖（週用水量）

十八、學校 B18

（一）背景說明：

- 1.智慧水表：智慧水表顯示夜間有不明進水，且未有落底。
- 2.用水設施：該校有 1 個水池，再供應東教與東行水塔，東行水塔為中繼水塔（亦供應行政樓教室與辦公室用水），續供應中棟水塔、南棟 A、B 水塔（如圖 150）。

（二）現勘、量測、分析與判斷

- 1.現勘作業：智慧水表顯示未落底，先檢查水表至水池間管線，關閉水池進水開關，智慧水表動標停止，顯示異常問題可能在水池之後。

2.水位計量測與分析作業：

- （1）水位計裝設：協助裝設水池水塔水位感測器，量測時間為（D）日下午 4 時至（D+1）日上午 9 時。

（2）資料分析：

- 該校智慧水表顯示未落底，且每小時進水量達 5 公噸水池進水頻率、峰度與智慧水表走勢相近，顯示異常原因可能發生在水池之後設備。
- 觀察東教水塔水位無異常，東行水塔水位則有規律異常，且與水池水位呈相反趨勢，顯示異常原因可能在水塔之

後。

3.初步判斷：東行水塔水位則有規律異常，顯示為異常主因。

(三)改善建議與說明

1.學校人員進一步關閉南棟 A、B 與中棟水塔，惟東行水塔無明顯變化，最後在行政樓地下 1 樓處發現有異常水流，關閉該管線開關後水塔水位即恢復正常。

2.成效：每月水量由 1,600 度降低至 300 度，每月水費節省 2.6 萬元。

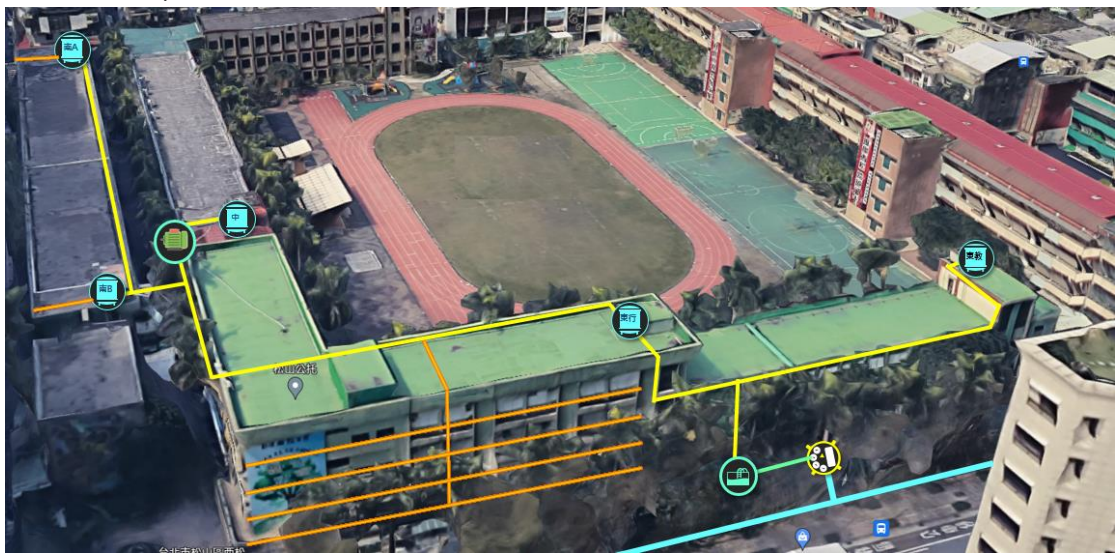


圖 150 案例 B18 建物與管線配置圖

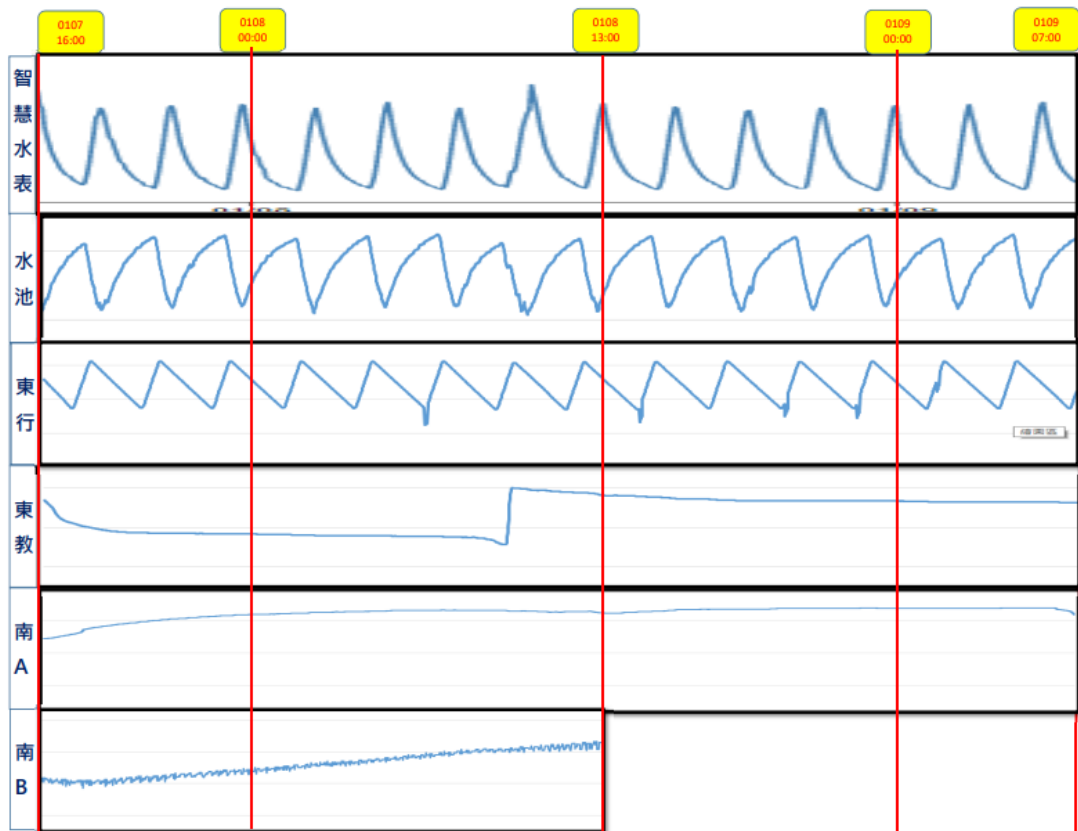


圖 151 案例 B18 智慧水表與水池水塔水位變化圖

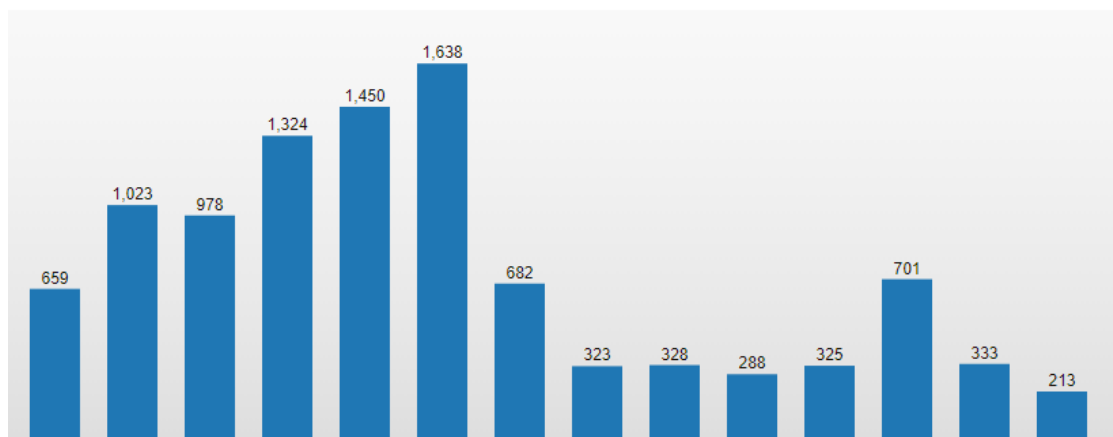


圖 152 案例 B18 用水量統計圖

十九、學校 B19

(一)背景說明:

- 1.智慧水表：智慧水表顯示夜間及假日連續不間斷進水，且未有落底。

- 2.用水設施：該校有 1 個水池，再供應進學樓水塔，該水塔為中繼水塔（亦供應教室與辦公室用水），續供應進學樓與立志樓水塔（如圖 153、圖 154）。

(二)現勘、量測、分析與判斷

- 1.現勘作業：智慧水表顯示未落底，先檢查水表至水池間管線，關閉水池進水開關，智慧水表動標停止，顯示異常問題可能在水池之後。
- 2.水位計量測與分析作業：
 - (1) 水位計裝設：裝設水池水位感測器，量測時間為 (D) 日下午 4 時至 (D+1) 日上午 9 時。
 - (2) 資料分析：
 - 水池進水頻率、峰度與智慧水表走勢相近。
 - 觀察水池、水塔水位大多無明顯變化，且水塔位於高水位。
- 3.初步判斷：由於水塔居於高水位，且觀察水池抽水馬達有持續抽水情形，研判可能水塔有溢流等異常情形。

(三)改善建議與說明

- 1.經學校主任一早巡查水塔發現溢流。
- 2.成效：每月水量由 800 度降低至 400 度，每月水費節省 0.8 萬元。

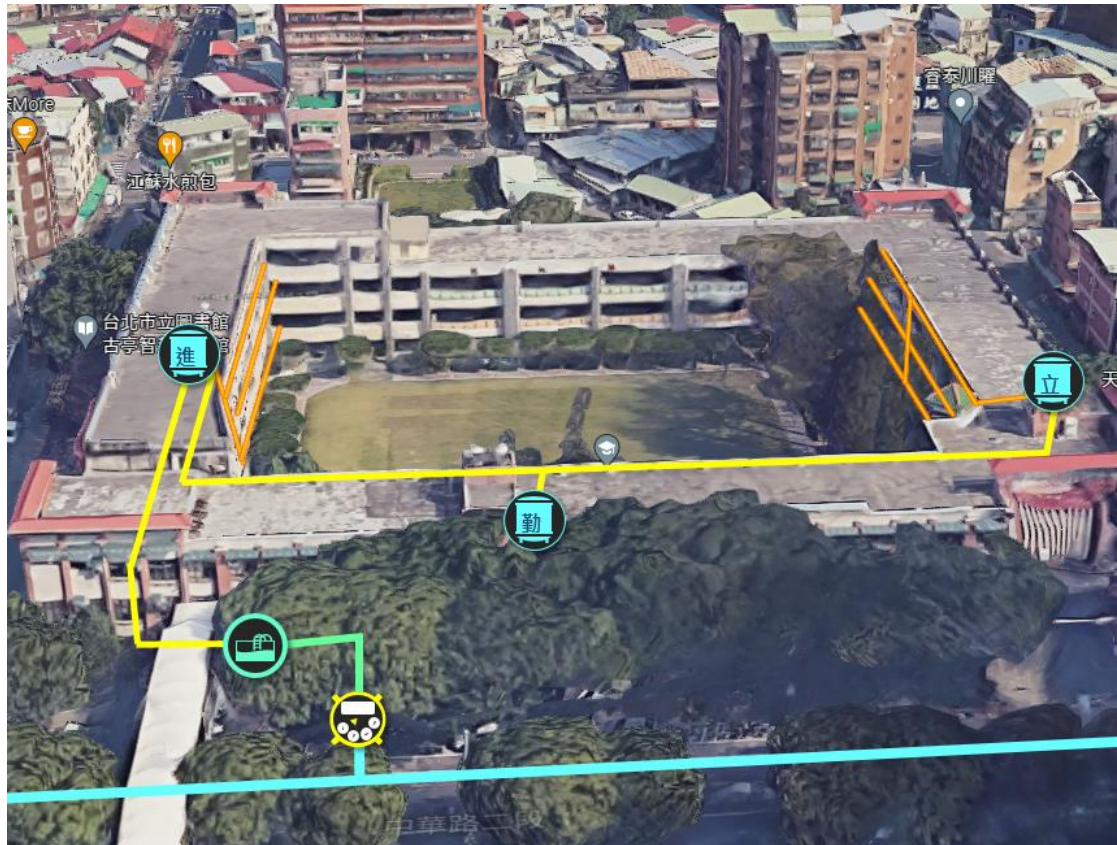


圖 153 案例 B19 建物與管線配置圖

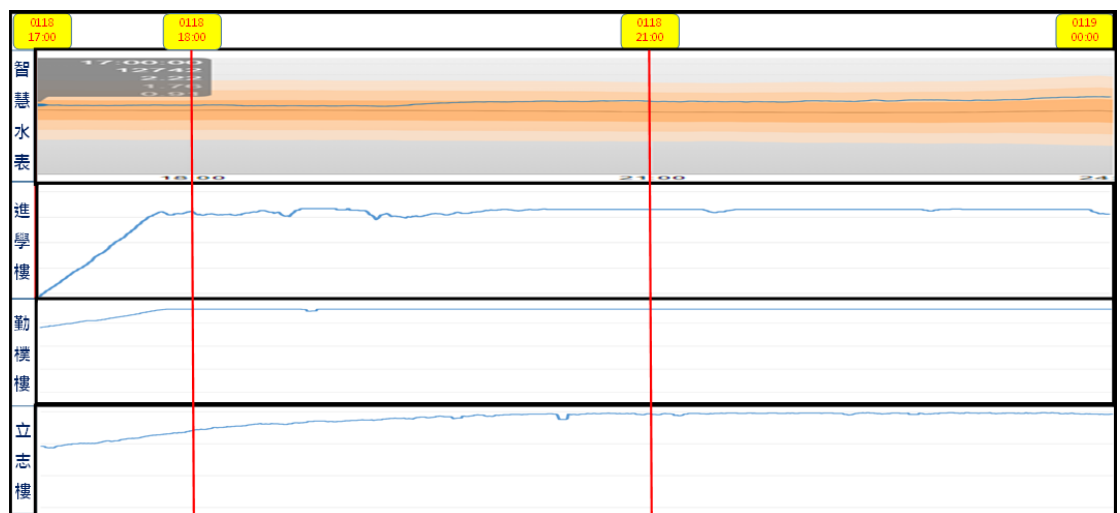


圖 154 案例 B19 智慧水錶與水池水塔水位變化圖

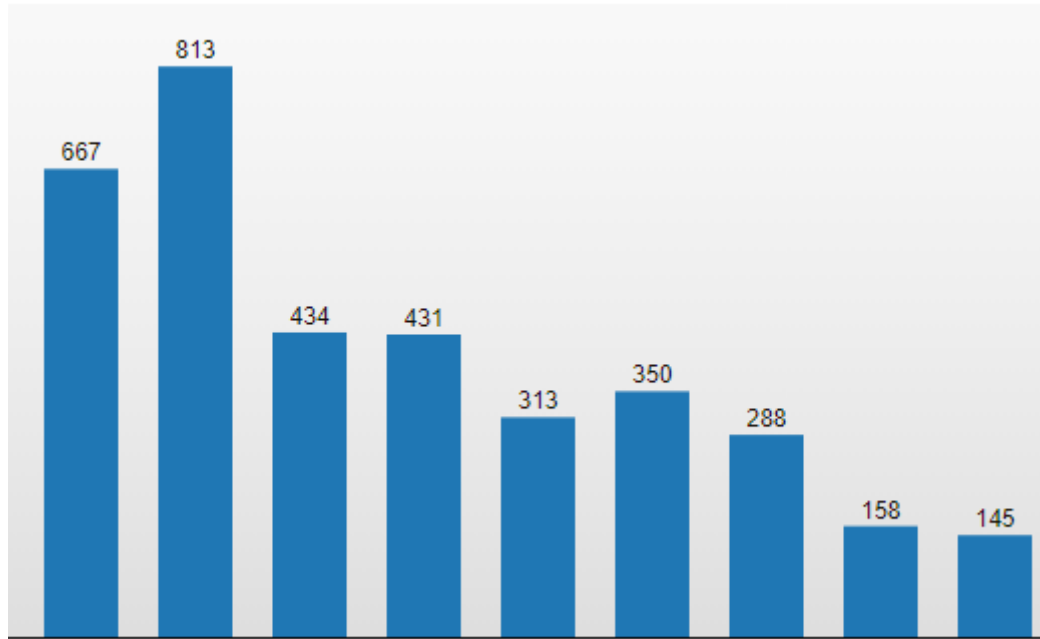


圖 155 案例 B19 用水量統計圖

二十、學校 B20

(一)背景說明：

- 1.智慧水表：智慧水表顯示夜間有不明進水，且未有落底。
- 2.用水設施：該校設有 2 座下水池（不鏽鋼水池，容量為 4.5 公噸、RC 水池，容量為 12 公噸），供應樓頂水塔，包括碟型大水塔（容量為 7.5 公噸）、忠孝樓 1 座（容量為 3.5 公噸）、和平樓 1 座（容量為 3.5 公噸）、莊敬樓 2 座（容量為 3.5 公噸）、自強樓 1 座（容量為 3.5 公噸）、力行樓及明德樓各有 2 座（容量為 3.5 公噸），樓頂管線主要皆為明管且水塔間管線相通（如圖 156）。

(二)現勘、量測、分析與判斷

- 1.現勘作業：智慧水表顯示未落底，先檢查水表至水池間管線，關閉水池進水開關，智慧水表動標未停止，顯示異常問題可能在水表至水池間管線。
- 2.經進一步巡查，發現表後廢棄管線制水閥遭人誤開，導致不明漏水，經關閉後用水量已恢復正常。



圖 156 案例 B20 建物與管線配置圖

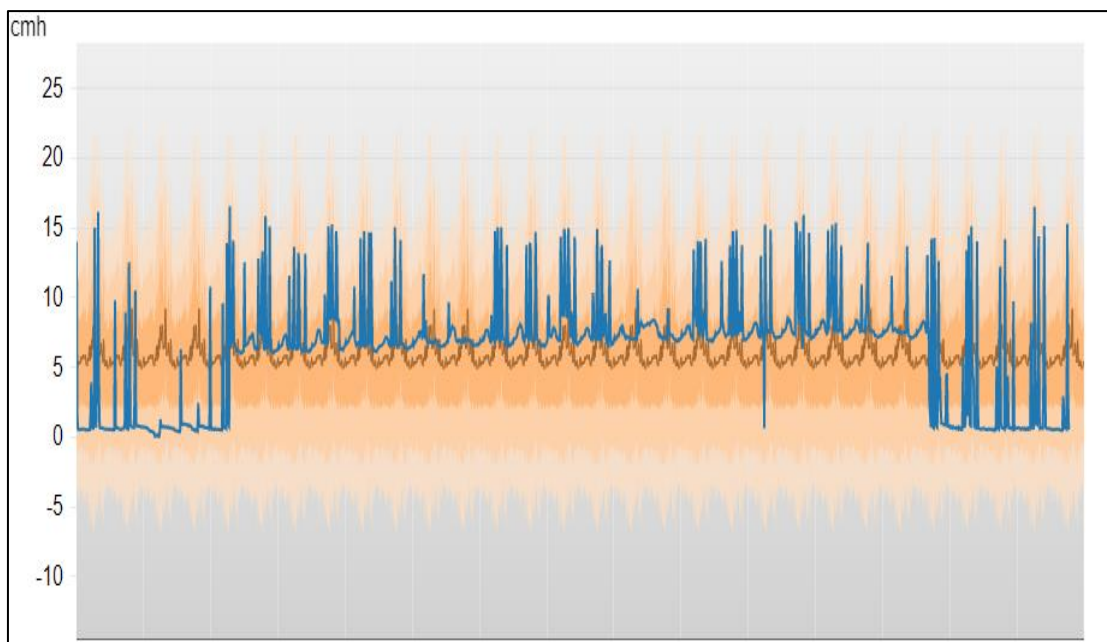
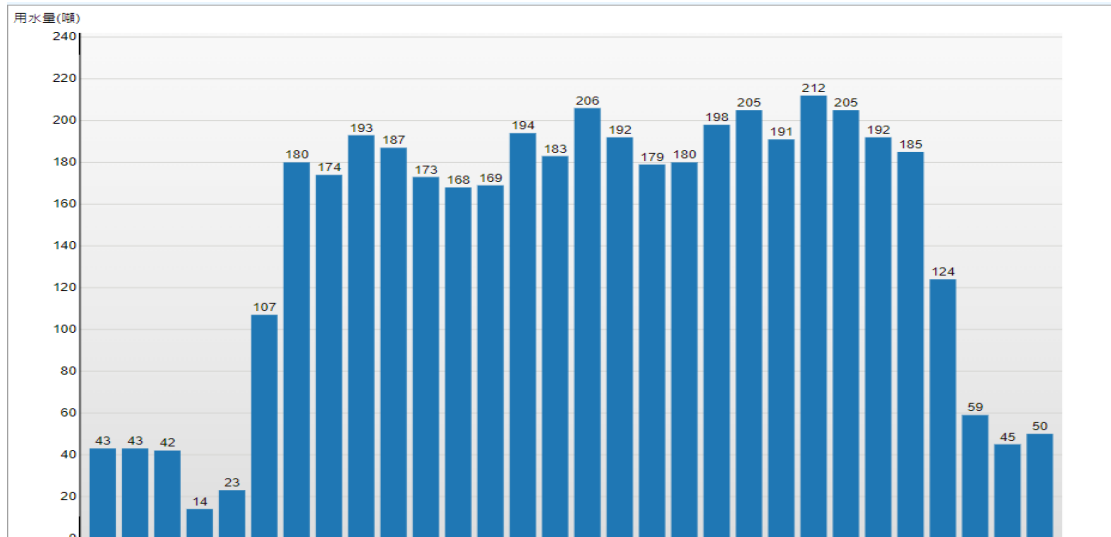


圖 157 案例 B20 智慧水表用水趨勢圖

(三)改善建議與說明：

經關閉廢棄管線後，節水效益每月水量由 6,000 度降低至 1,500 度，每月節省約 9 萬元左右。

圖 158 案例 B20 用水量統計圖（日用水量）



四、學校 B21

(一)背景說明：

- 1.智慧水表：智慧水表顯示有落底、夜間有不明進水。
- 2.用水設施：該校有 1 個水池供應 2 個水塔（如圖 159）。

(二)現勘、量測、分析與判斷

- 1.現勘作業：現場巡查、協助繪製管線圖。
- 2.水位計量測與分析作業：
 - (1) 水位計裝設：裝設水池水位感測器(因水塔較為危險先暫緩裝設)，量測時間為 (D) 日下午 4 時至 (D+2) 日上午 9 時。
 - (2) 資料分析：
 - 水池進水頻率、峰度與智慧水表走勢相近。
- 3.初步判斷：因水池水位走勢為陡降緩升，異常原因可能發生於水塔，已請學校加強水塔後管線巡查、馬桶查漏等作業。

(三)改善建議與說明

- 1.經查為樓頂管線裂縫漏水，維修成本約為 1 萬元（圖 157）。
- 2.成效：每周水量由 220 度降低至 100 度，每年水量節省約 6,240 度元，每年約可節省 12.5 萬元。



圖 159 學校建物與管線配置圖

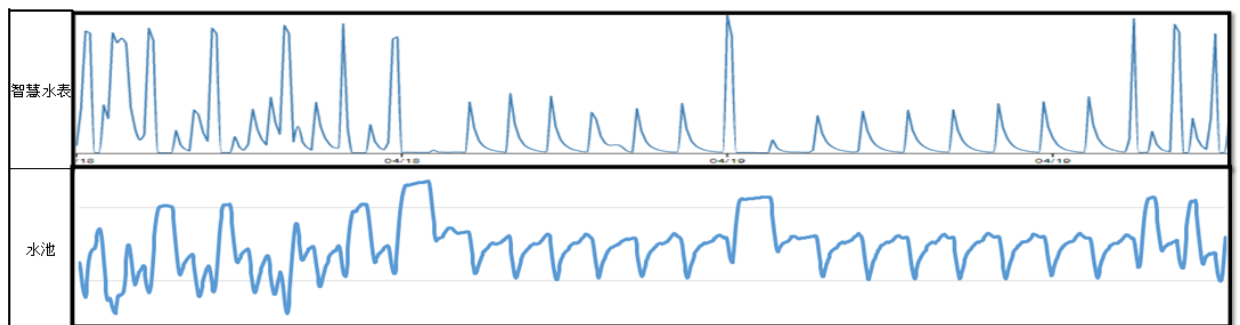


圖 160 智慧水表與水池水塔水位變化圖

中華民國 112 年 4 月 19 日

品名	規格	數量	單價	金額	備註
Description	Standard	Quantity	Unit Price	Amount	Remark
1 7.5馬力抽水機維修	只	1	23000	23000	
2 白鐵固定架	式	1	6300	6300	
3 拆裝工資	式	1	8700	8700	
4 2吋管漏水更新	式	1	6300	6300	
5 1吋管漏水更新	式	1	2500	2500	
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
總額新台幣 TOTAL NT\$				佰 拾 萬 仟 佰 拾 元 NT\$ 46800 (含稅)	

1.本估價單有效期間

天

圖 161 案例 B21 維修單據

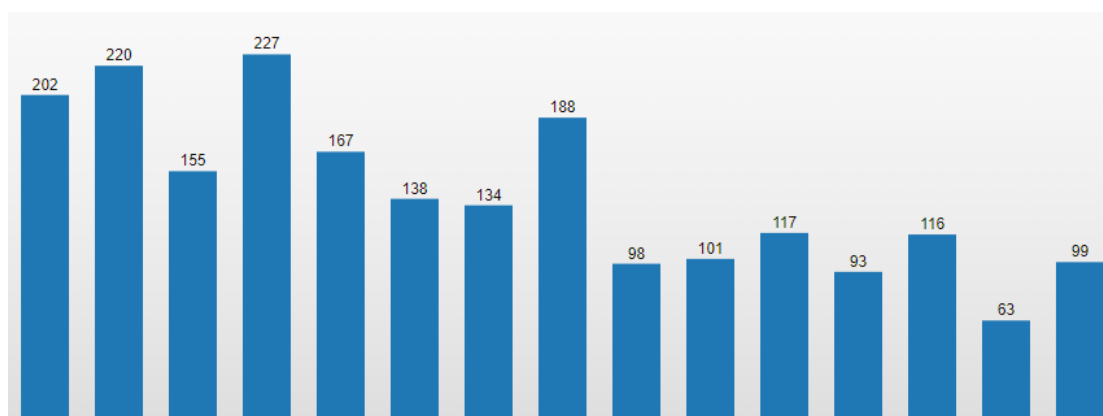


圖 162 案例 B21 用水量統計圖 (日用水量)

五、 學校 B22

(一)背景說明：

- 1.智慧水表：智慧水表顯示夜間及假日連續不間斷進水，且未有落底。
- 2.用水設施：該校有 2 個水池供應 3 個水塔（如圖 163），智慧水表顯示未有落底（如圖 164）。

(二)現勘、量測、分析與判斷

- 1.現勘作業：因智慧水表顯示未有落底，測試水表至水池間管線，發現關閉水池進水開關，水表指針仍未落底，沿線追查發現該校新建工程旁管線漏水，經雇工修理（用水量已由每周 630 度降至 475 度），之後智慧水表雖有落底，惟假日、夜間仍有不明漏水情形。。
- 2.水位計量測與分析作業：
 - (1) 水位計裝設：裝設水池水位感測器，量測時間為 (D) 日下午 2 時至 (D+1) 日上午 9 時。
 - (2) 資料分析：五育水池、水塔進水頻率、峰度與智慧水表走勢相近。
 - (3) 初步判斷：五育水池、水塔於夜間有不明進水，顯示水塔或其後管線有異常。

(三)改善建議與說明

- 1.經查五育水塔之後有管線供應游泳池（作為平衡補水），該控制設備異常導致用水異常。
- 2.成效：維修成本約 1 萬元，每周水量由 475 度降低至 370 度，每月約可節省 0.8 萬元。



圖 163 學校建物與管線配置圖

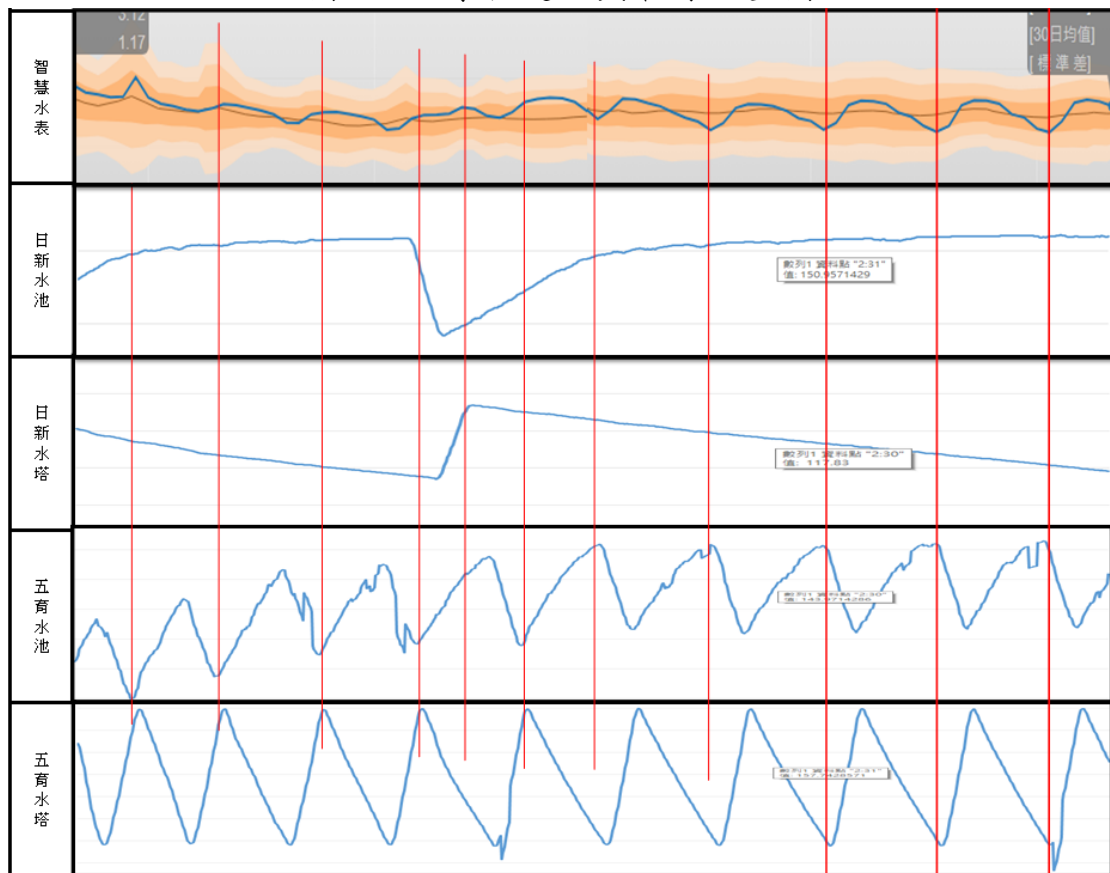


圖 164 智慧水表與水池水塔水位變化圖

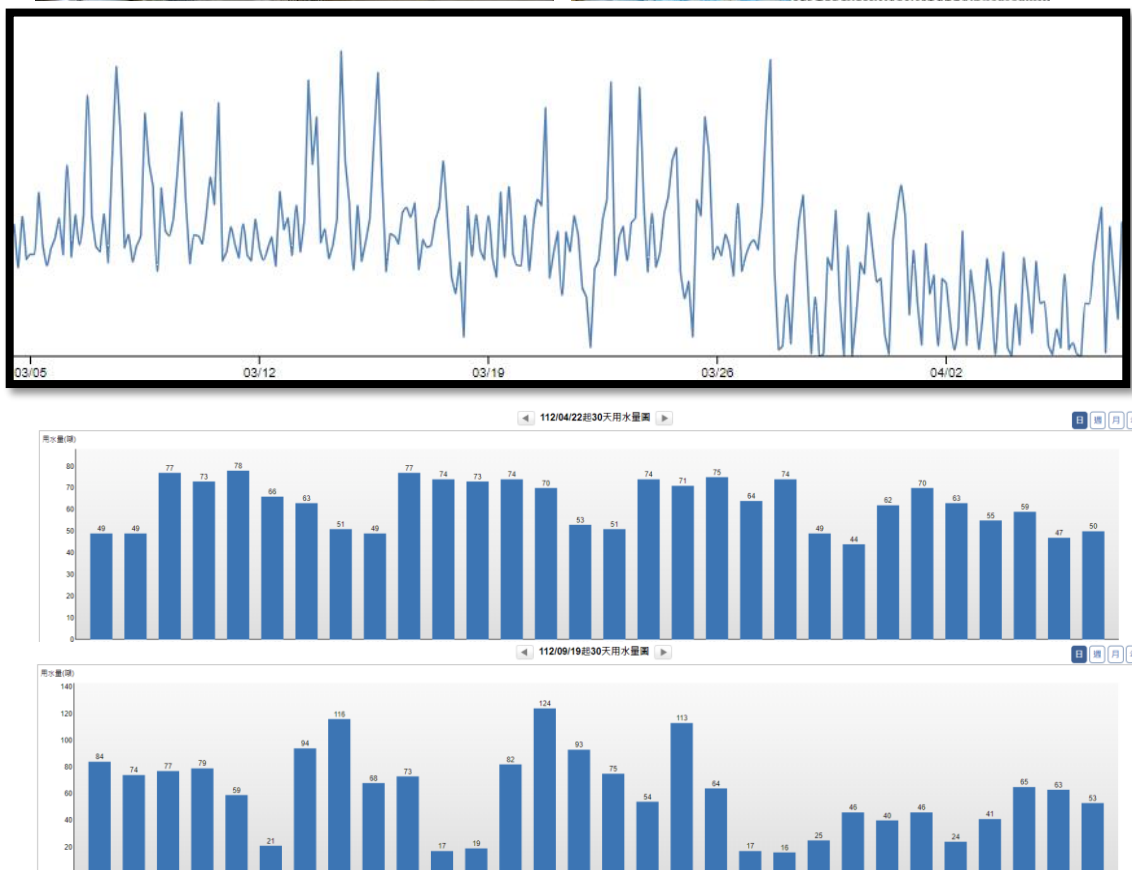


圖 165 案例 B22 用水量統計圖（日用水量）

4.3、一般住宅型社區案例解析

一、C1 松山區某大樓

(一)背景說明：

- 1.近 3 年用水分析：該社區用戶逾 100 戶，每期（2 個月）用水量約 5 千度，分攤水量約 650 度（平均 10 度/日）。

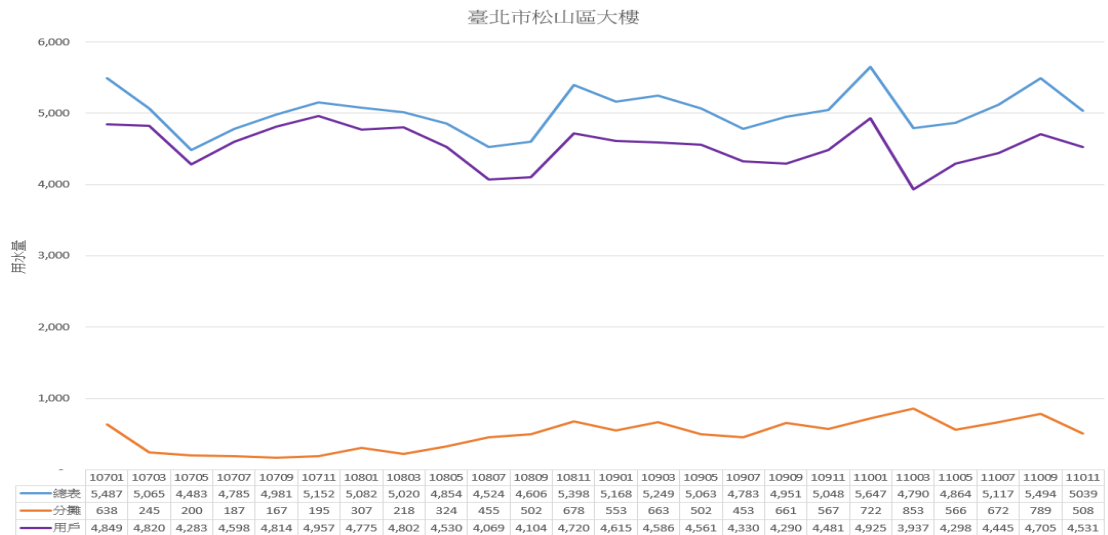


圖 166 案例 C1 用水統計圖

- 2.用水設施簡介：總表（智慧水表）之後進入中繼水池，以及地下室水池，後續提供樓頂大小水塔（各配置 2 個抽水馬達）。

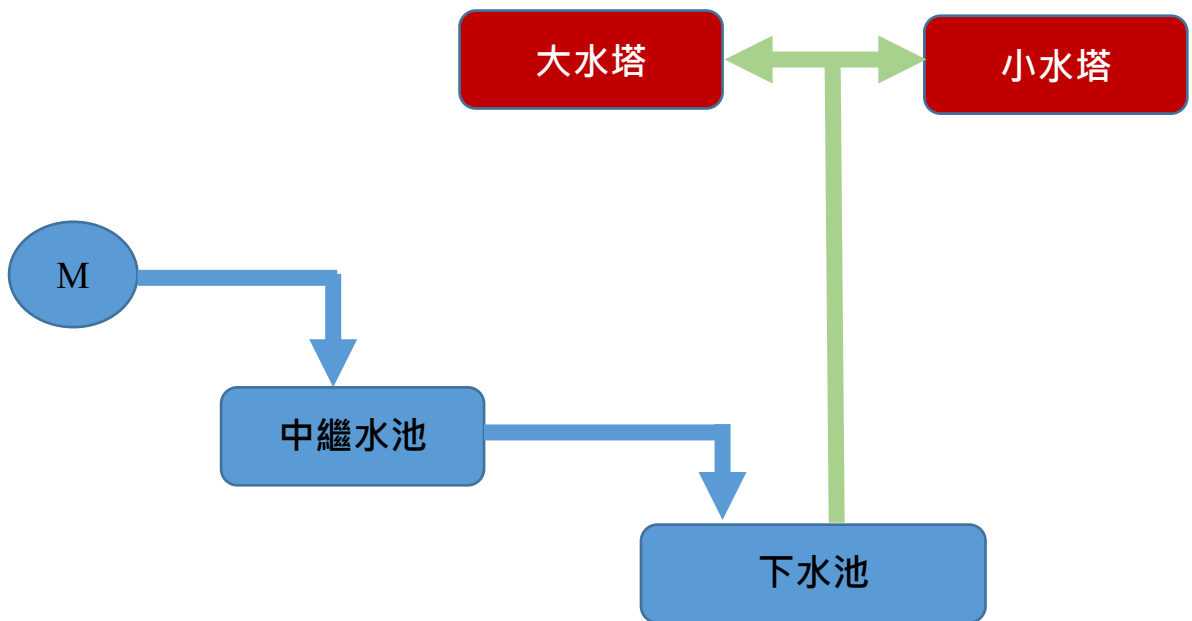


圖 167 案例 C1 用戶用水設備圖

(二)感測器裝設：協助裝設水池水塔水位感測器。

(三)量測期間：(D) 日下午 4 時至 (D+1) 日下午 1 時。

(四)水位分析：各水池水塔水位時序圖與說明如下：

1.由下圖智慧水表及水塔水位時序圖顯示，該棟總表除早上進水略較低外，其餘均進水率約為 4 公噸/時，中繼水池水位與智慧水表進水率相反。

2.中繼水池與地下水池水位未有明顯關聯；地下水池與大小水塔除 2 進水點外，餘均有明顯關聯。

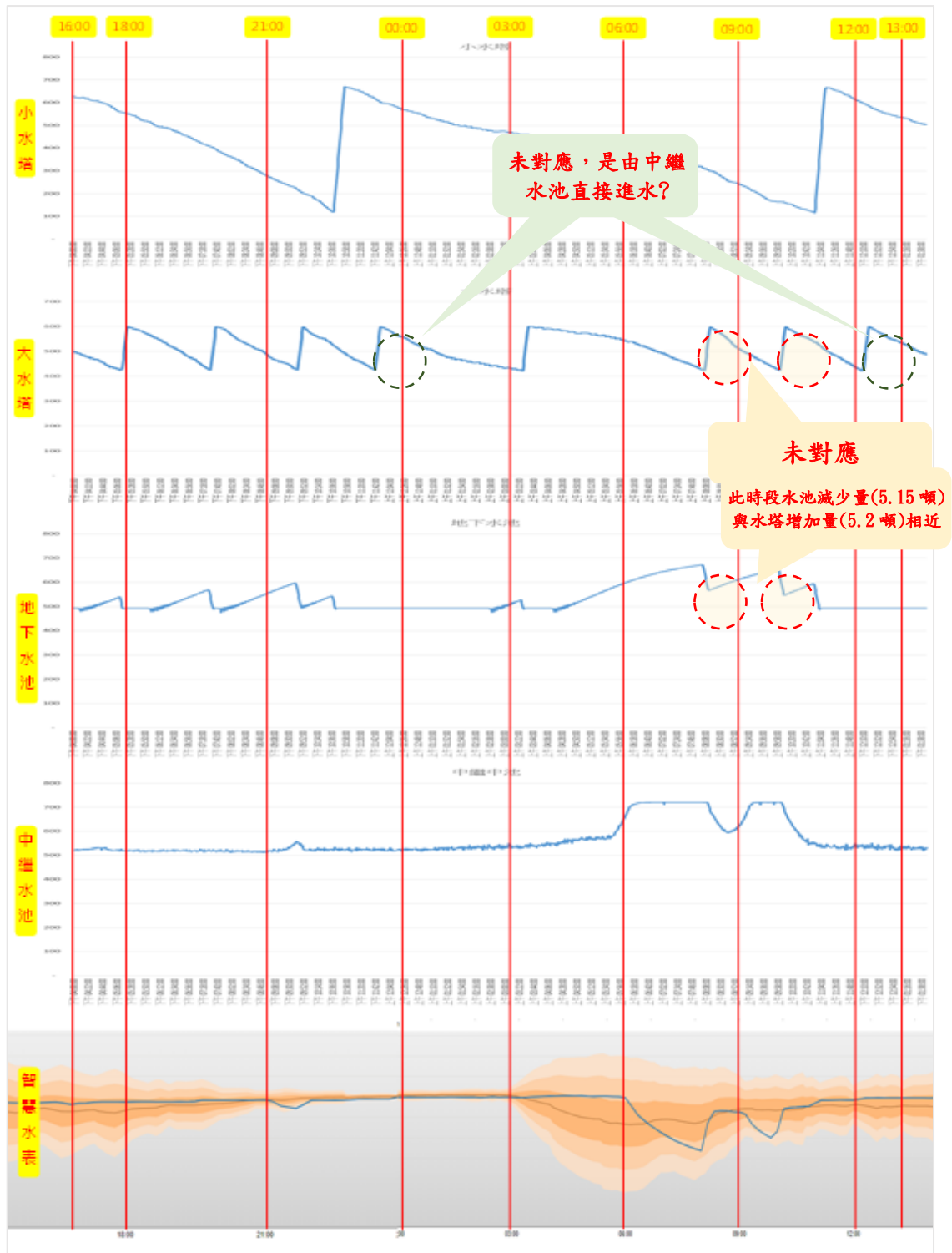


圖 168 案例 C1 智慧水表與水池水塔水位變化圖

3. 水平衡分析：

- (1) 以水池、水塔為界 (A、B 點) 用水平衡模式 (如圖 169)，亦即評估 A 區域接收水量是否與 B 區域接收水量一致。

(2) 以水池、水塔為界之用水平衡模式 $(I_2 - I_1) - (P_2^1 - P_1^1) - (P_2^2 - P_1^2) = \sum_{i=1}^{n_1} T_i^1 + \sum_{j=1}^{n_2} T_{ij}^2$

(3) 變數：

- I_1 、 I_2 ：總表時間 1、2 指針度數
- $(I_2 - I_1)$ 時間 1、2 過表之水量
- P_2^1 、 P_1^1 、 P_2^2 、 P_1^2 ：中繼水池 P^1 、下水池 P^2 時間 1、2 之蓄水量
- $(P_2^1 - P_1^1)$ 中繼水池時間 2 與時間 1 之差異量
- $(P_2^2 - P_1^2)$ 下水池時間 2 與時間 1 之差異量
- T_i^1 、 T_j^2 ：大、小水塔於時間 2 至時間 1 之進水量（i、j 分別為大、小水塔第 i、j 次進水量）
- n_1 、 n_2 ：大、小水塔於時間 2 至時間 1 之間進水次數

(4) 以 (D) 日下午 4 時至 (D+1) 日下午 1 時為衡量基準，各水池水塔進出水量說明如下：

- A 區域水量：總表進水量 76 度，扣除中繼水池增加水量 0.06 度，流至 B 區域水量應有 75.94 度 (76-0.06)。

項目	(D) 日 16:00	(D+1) 日 13:00	差異水量	備註
智慧水表 指針 (I)	55431	55507	76	
中繼水池 高度 (P^1)	0.521	0.526	初估值 0.06	面積不知 但比水池小
水池高度 (P^2)	0.492	0.492	0	面積為 49 (M^2)
合計 (度)			76.06	

- B 區域水量：期間水量統計 (66.53 度)。

類別	進水次數	總進水量 (度)
大水塔 32.56 (T^1)	8	42.53
小水塔 20.47 (T^2)	2	24.00
合計 (度)		66.53

- A、B 區域差異水量：9.41 公噸 (75.94-66.53)

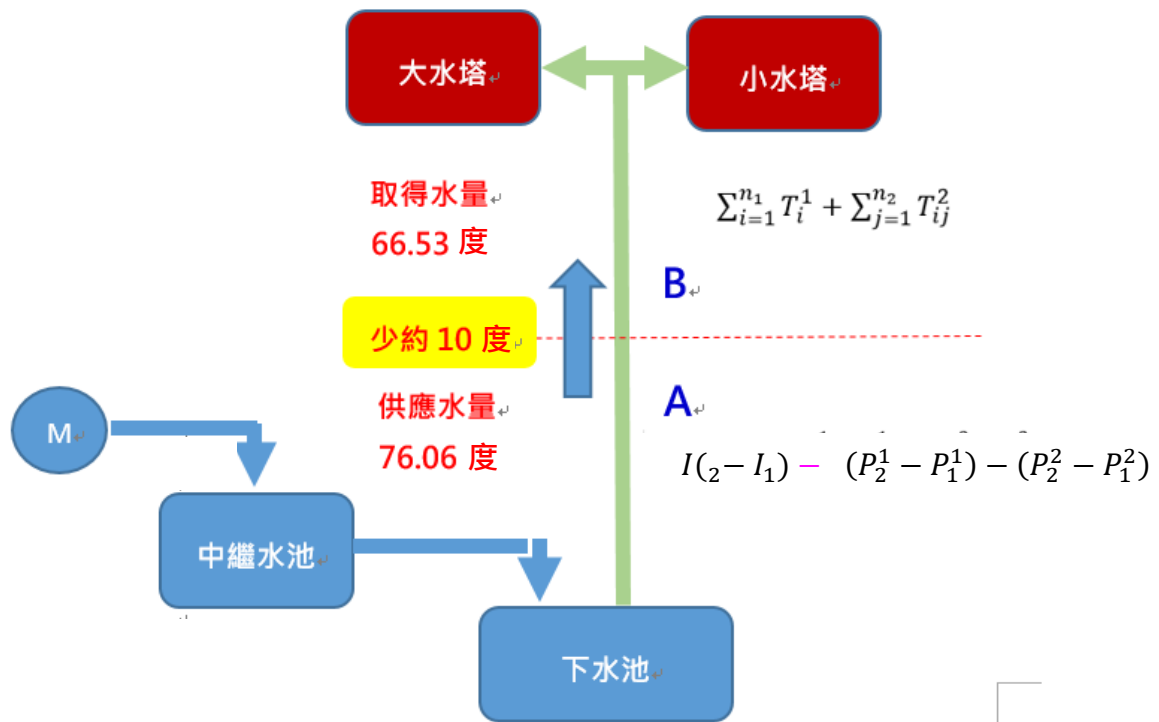


圖 169 案例 C1 用水平衡圖

4.初步判斷

- (1) 大水塔進水量與地下水池減少水量（約 5.2 度）相近，顯示之間管線應無問題。
- (2) 由水池與水塔水位分析，水塔進水時水池亦有相對反應（水塔水位提高、水池水位下降），惟水塔有兩個進水時間點未與水池相匹配，加上水池出水量與同一時間水塔接收量有落差，初判該社區可能有未掌握之水池或馬達，建議於清洗水池水塔時再詳查與確認用水設備。
- (3) 以水平衡分析，A 區域進水量與 B 區域進水量相差 9.41 度，與每日總表分攤差異 10 度相近，初判總表及分表差可能在進水端、水池等區域，建議加強巡查。

二、C2 天母某公寓（無智慧水表）用水分析

（一）背景說明：

- 1.近 3 年用水分析：該公寓 30 戶，每期（2 個月）用水量約 1,300 度，分攤水量約 540 度（平均 9 度/日），總表分攤過大致用戶常異議。

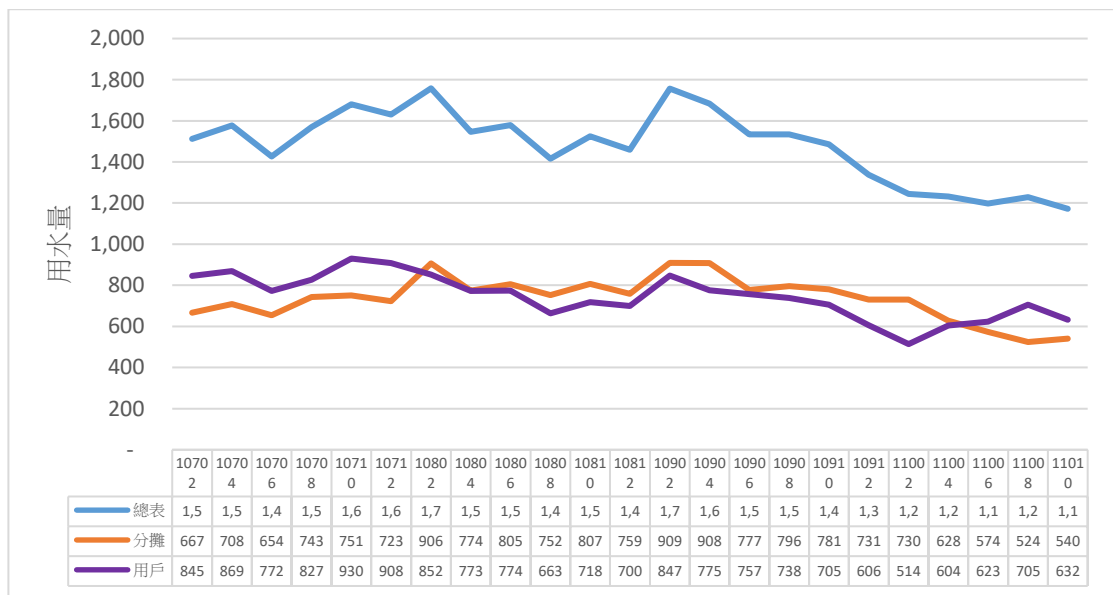


圖 170 案例 C2 用水統計圖

- 2.用水設備內線架構：總表之後進入水池，後續提供樓頂水塔（如圖 171）。

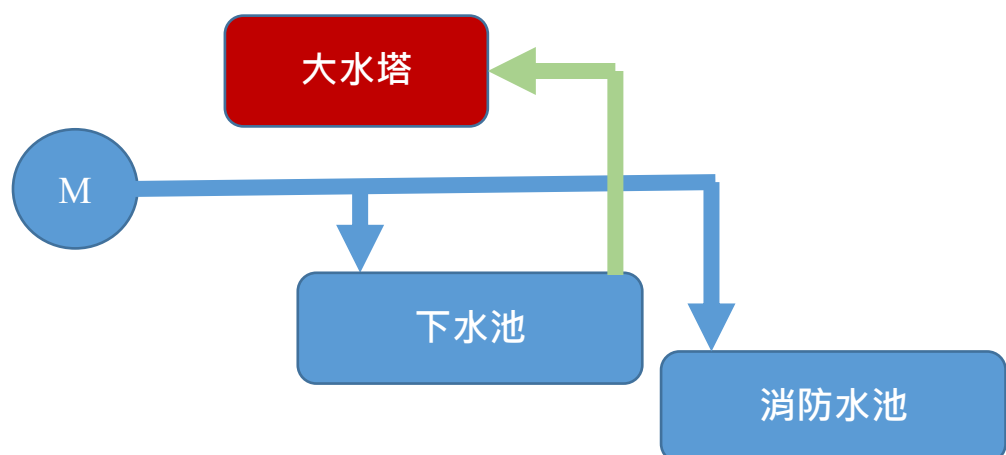


圖 171 案例 C2 用戶用水設備圖

(二)感測器裝設：協助裝設水池水塔水位感測器。

(三)量測期間：量測時間為 (D) 日中午 12 時至 (D+3) 日下午 3 時。

(四)水位分析：各水池水塔水位時序圖與說明如下：

1. 由下圖，水塔有進水 5 次，每次約為 5-6 度，共計 26.2 度。
2. 水池與水塔有明顯關聯。

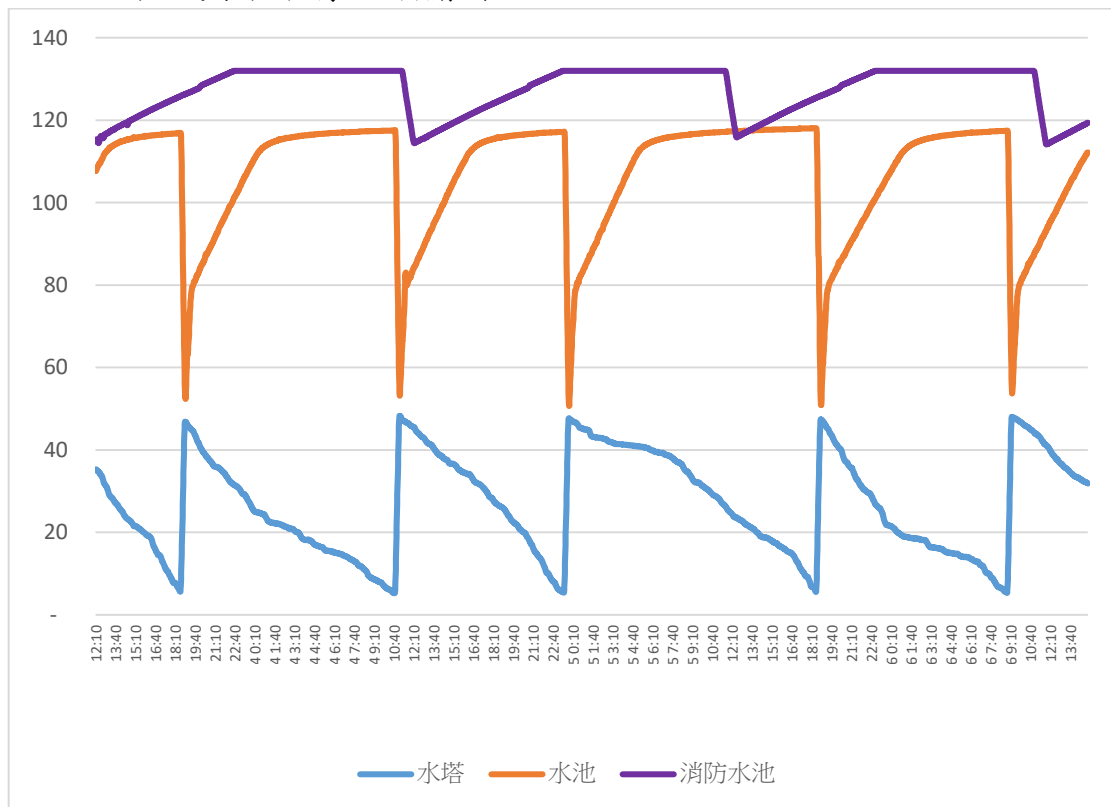


圖 172 案例 C2 水池水塔水位變化圖

(五)水平衡分析：以水池、水塔為界 (A、B 點) 用水平衡模式 (如圖 173)，亦即評估 A 區域接收水量是否與 B 區域接收水量一致，進水出量分析如下：

- A 區域水量：總表進水量 56 度，扣除水池增加水量 0.42 度，流至 B 區域水量應有 55.58 度。

項目	(D) 日 12:10	(D+3) 日 15:18	差異水量	備註
智慧水 表指針	3187	3243	56 度	
水池高 度 (M)	1.077	1.12	0.42 度	面積為 9.86 (M ²)
合計 (度)			55.58 度	

● B 區域水量：期間水量統計 (30.06 度)

類別	進水次數	總進水量 (度)	備註
水塔 (高低水 位為 0.41M)	5	25.46	面積為 12.42 (M ²)
進水期間 用水量		4.6	面積為 12.42 (M ²)
合計 (度)		30.06	

● A、B 區域差異水量：25.52 度 (約 8.5 度/日)

(六)初步判斷

1. 一般而言，消防水池水位應維持滿水位，除非有消防用水需求，否則水位應無變異，惟在觀測期間中，消防水池有多次下降、補水等情形，建議檢查消防水池或相關消防設備（如穩壓設備等）。
2. 水池與水塔有明顯連動，惟水塔進水量與水池出水量有差異，可能係補充前項消防水池水量，亦或是水池等相關設備有異常，建議一併巡查與確認。

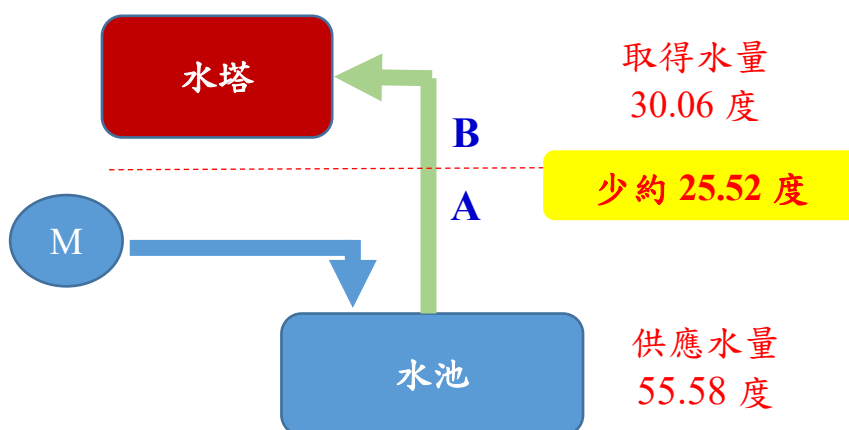


圖 173 案例 C2 用水平衡圖

三、C3 信義區某大樓用水分析

(一)背景說明：

- 1.用水量：該社區（總表、分表均為智慧水表）2 棟計 528 戶，設有 2 個水塔，為新開水戶，每日總表與分表有差額，故裝設水位計估算。

估算用水量(度) (A)	00時回傳指針	24時回傳指針	分表數(度) (B)	分表差數(度) (C = A - B)
	24430		205	
140	24290	24430	204	-64
221	24069	24290	224	-3
188	23881	24069	202	-14
175	23706	23881	184	-9
163	23543	23706	157	6
186	23357	23543	200	-14
174	23183	23357	188	-14
177	23006	23183	192	-15
194	22812	23006	206	-12
206	22606	22812	201	5
171	22435	22606	188	-17
183	22252	22435	189	-6
172	22080	22252	180	-8
181	21899	22080	179	2
176	21723	21899	182	-6
201	21522	21723	225	-24
194	21328	21522	210	-16
194	21134	21328	169	25
175	20959	21134	194	-19
175	20784	20959	200	-25

圖 174 案例 C3 用戶用水統計圖

- 2.該公寓用水設備內線架構圖如下：總表之後進入水池，後續提供樓頂水塔。

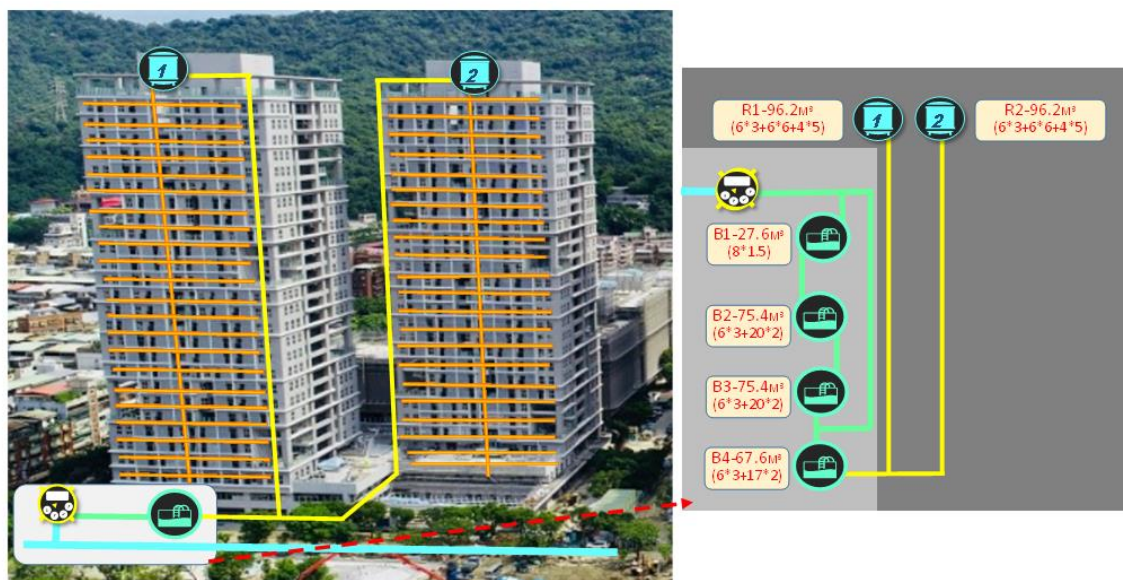


圖 175 案例 C3 用戶用水設備圖

(二)感測器裝設：裝設水池水塔水位感測器。

(三)量測期間：量測時間為 (D) 日下午 5 時至 (D+1) 日下午 6 時。

(四)水位分析：各水池水塔水位時序圖與說明如下：

1. 據該委員會人員說明，總表後進入 B1 水池、依序再進入 B2、B3、B4 水池，再由 B4 水池抽水送至樓頂水塔，由於 B1 水池與智慧水表進水時序關聯不高，進一步詢問該社區施工人員，才了解總表後，自來水是同時分進至 B1 水池、B4 水池，由水位分析也可了解，智慧水表進水時序與 B4 水池水位有明顯關聯。
2. 水池與水塔有明顯關聯，每次水塔進水約 5 公噸、每次水池出水約 6.81 公噸（出水量 6.36 公噸+出水期間之進水量 0.45 公噸）。

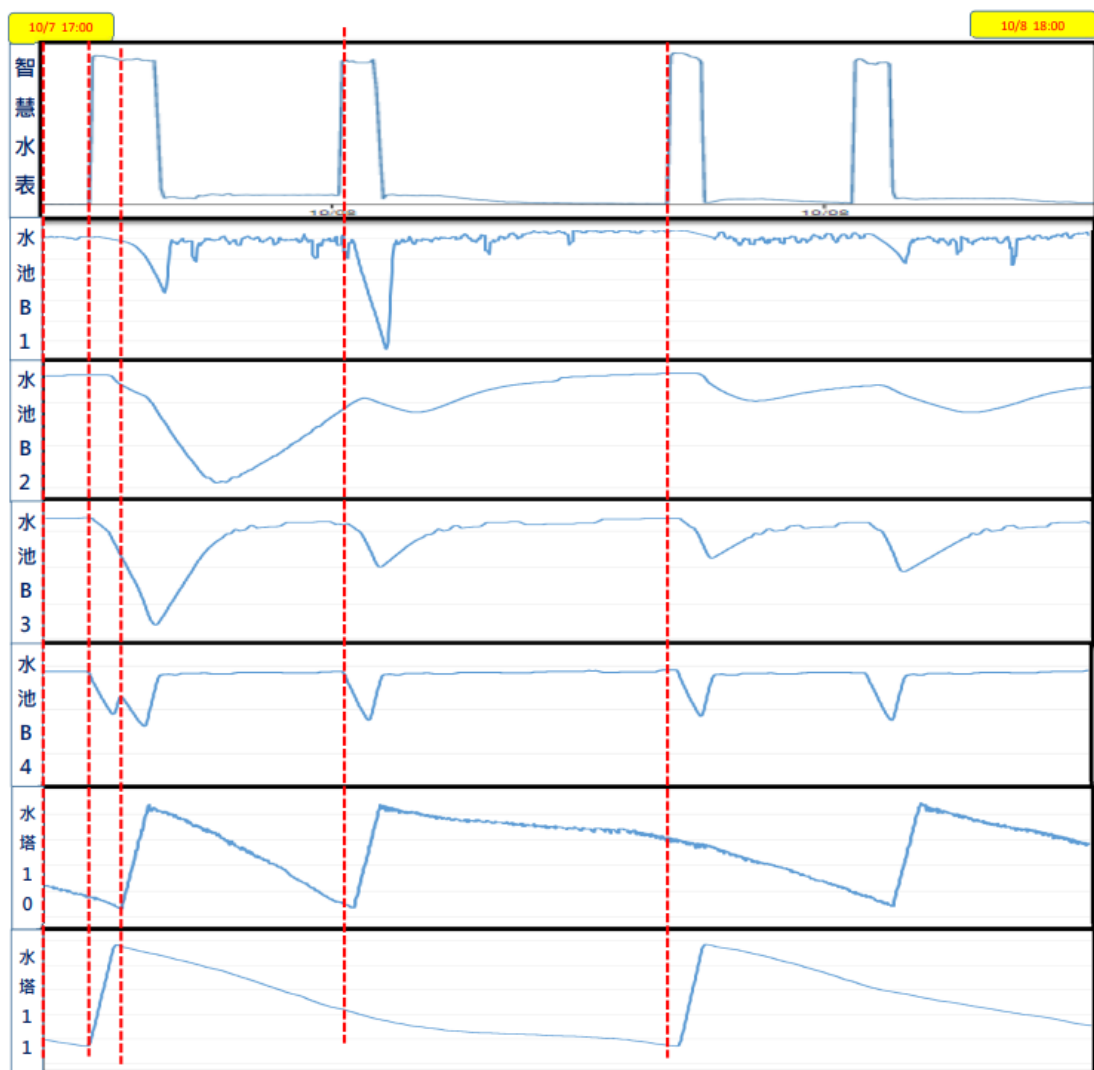


圖 176 案例 C3 智慧水表與水池水塔水位變化圖

(五)水平衡分析：以水池、水塔為界（A、B 點）用水平衡模式，亦即評估 A 區域接收水量是否與 B 區域接收水量一致，進水出量分析如下：

1.總表與水池進水量：

	面積	容量	D 日 17:00 指針或高度	D+1 日 18:00 指針或高度
水池 B1	8*1.5	27.6	148.20	148.70
水池 B2	6*3+20*2	75.4	168.20	166.90
水池 B3	6*3+20*2	75.4	166.70	166.30
水池 B4	6*3+17*2	67.6	167.50	168.00
水塔 1	6*3+6*6+4*5	96.2	92.05	108.21

	面積	容量	D 日 17:00 指針或高度	D+1 日 18:00 指針或高度
水塔 2	6*3+6*6+4*5	96.2	129.60	135.50
智慧水表指針			15,133	15,304

(六)初步判斷

1. (D) 日下午 5 時至 (D+1 日) 晚間 6 時智慧水表顯示共進 171 公噸自來水，另統計 4 個水池期間減少 0.67 公噸，因此統計供應至水塔之水量為 171.67 公噸
2. 案例 2 個水塔共計 5 次，每次進水約 30.71 公噸(水塔低水位為 127 公分、高水位為 168.5 公分，亦即每次水位上升 0.415 公尺，再乘以面積 $6*3+6*6+4*5$ ，即可得出)，共計 153.55 公噸。水塔進水期間用戶亦同時用水，初估每次進水約 42 分鐘，約降低 4.1 公分(0.041 公尺)，再乘以面積 $6*3+6*6+4*5$ ，約為 3 公噸，5 次共 15 公噸亦即此期間水塔共計接收 168.55 公噸。
3. 進出水差 3.12 公噸，顯示過表之水量大部分有流至水塔。

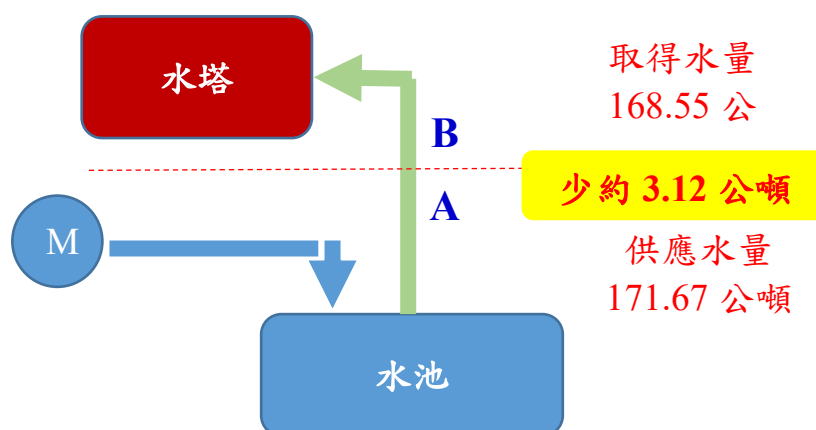


圖 177 案例 C3 用水平衡圖

4.3、小結與研究發現

本章我們針對用水異常之機關學校與大型社區安裝水位計等感測元件，分析智慧水表進水時序與水池水塔水位變化，若有需要

再進一步評估安裝濕度或震動等感測器，測試情形我們發現：

- 一、智慧水表與水池、水池與水塔間之關係確如前一章小結，透過這樣關係，我們可釐清水表與水池、水池與水塔之對應關係，水池間或水塔間是否有相通等。
- 二、中繼水塔、水池或水塔相通是否會影響資料判讀，增加用水異常區域分析之困難度，若能透過試開關，亦有助縮小異常區域。
- 三、水池水塔之數量、架構、大小、高程位置與加壓設備會影響智慧水表進水時序，如水池進出水大都呈現陡降緩升、水塔大都呈現陡升緩降，若有加設加壓設備，則會呈現陡升陡降情形，另有中繼水池水塔，該水位對應關係則會較為複雜。
- 四、分析智慧水表進水時序與各水池水塔水位紀錄，發現大部分個案如前章小結，在廣闊之機關學校內可將用水異常限縮至某個區域，若再配合機關學校進一步追查與改善，確能減少水資源浪費。
- 五、對於相通之水池水塔，有可能發生溢流情形，此時可評估於溢流孔或於相對高程位置加裝濕度感測器，一旦發現濕度常有增高之紀錄，有可能該水塔有溢流情形，可適時換修或調整溢面控制器。
- 六、除分析水池水塔水位變化外，利用水平衡分析，有助我們評估過表水量與水池增加量是否相符，水池減少量是否與水塔增加量相符，同時也可試算水塔最小降低量，這些都有助於我們評估異常區域可能在水塔之前或之後區域。
- 七、異常水塔後若有多支管線，藉由試開關並即時觀察水塔水位，可加速掌握異常管線，另若有加壓馬達運作，可安裝震動感測器，記錄馬達啟閉或管線是否流動，更能進一步縮小異常區域。
- 八、機關學校用水管理人常不清楚用水設備與管線走向，甚至有時連水池水塔與管線開關之數量、位置等資訊都不清楚，大幅增加巡查之困難性，若管線間再相互連通且無開關控制，此時會降低水位計、震動等感測器之功效。

九、 本章針對常見類型異常態樣提出說明，同一異常態樣則不再重複贅述，如常見智慧水表未落底、經關閉水池前開關仍持續轉動之個案，大多為水表至水池間管線異常，透過管線汰換後，大多都能改善異常情況（包括萬華區某國小、北投區某國小、南港區某國小以及內湖區某國小等）。

十、 前揭案例彙整表如下。

編號	分析結果與判斷	因應與處理成效
A1	前棟水池水塔夜間異常用水	1. 前棟管道間有漏水，已修復。 2. 改善後用水量有顯著降低，每月水量由 2,300 度降低至 650 度，每月水費節省 3.3 萬元。
A2	1. 由水位紀錄分析，致忠樓夜間仍持續用水，經詢問該單位同仁表示夜間應無大量用水需求，已請其再巡查水塔後管線。 2. 該單位因氯離子超標正推動改建計畫，因此改採用水管控、於無用水時段關閉開關。	該院區於 112、113 年要辦理重建，因此暫時不汰換管線。
A3	露台水塔水位有異常，之後續以振動感測器，發現工務科淋浴等設備有問題	1. 汰換工務科管線。 2. 經該單位修妥，初估每月水量由 1,500 度降低至 600 度，每月水費節省 1.8 萬元。

編號	分析結果與判斷	因應與處理成效
B1	右側校區水池水塔夜間異常用水	1. 右側校區地下管線可能有漏水，已抽換完妥。 2. 改善後用水量有顯著降低，每月水量由 1,000 度降低至 400 度，每月水費節省 1.6 萬元。
B2	敦化樓水池水塔夜間異常用水	1. 敦化樓管線漏水已修復。 2. 每月水量由 3,000 度降低至 1,500 度，每月水費節省 3 萬元。
B3	水塔之後管線或設施夜間或假日有異常用水	1. 溢面控制器接觸不良、化學實驗室有漏水，均已改善修復。 2. 改善後用水量有顯著降低，每月水量由 1,600 度降低至 400 度，每月水費節省 2.4 萬元。
B4	忠孝、和平樓水池水塔，夜間異常用水	1. 表後用水設施(馬桶等)檢修汰換。 2. 每月水量由 1,400 度降低至 800 度，每月水費節省 1.2 萬元。
B5	該校誠正樓、卓越樓有規律下降，顯示其後用水設施有異常，自律樓水塔水位有不規則變化，可能有水塔間相通情形，且液面控制器有異常	1. 查自律樓水塔為中繼水池，故變化較大。 2. 液面控制器不穩定，致創新樓有溢流現象，已汰換並調降液面高度

編號	分析結果與判斷	因應與處理成效
		3. 改善後用水量有顯著降低，每月水量由 4,000 度降低至 1,200 度，每月水費節省 5.6 萬元。
B6	總表後管線有漏水，右側水池水塔夜間異常用水。	1. 表後管線已完成汰換。 2. 改善後用水量有顯著降低，每月水量由 1,400 度降低至 800 度，每月水費節省 1.2 萬元。
B7	該校北水塔之後有異常，進一步已振動感測器追查，查為 1-2 樓間廚房用水設備或管線有問題，已請學校加強巡查與換修。	修妥後，日用水量由原本 45 度降低至 15 度。
B8	1. 該校有 2 個水表，為釐清水表供應區域以及進一步確認用水異常區域（俾利後續汰換管線之需），爰續請本處協助 2. 利用週六、日期間將誠正北水池關閉進水、勤樸樓幼兒園水塔關閉廚房管線、活動中心水塔關閉 1 樓管線、誠正南水塔關閉地下室管線後，假日用水量已由原 80-85 度（2 個水表）降至 10 度（可能係勤樸樓南側水塔 1 個通往 3 樓管線有異常），顯示主要漏水源已掌握。後續須由學校儘速換修	依判斷結果，該校業依異常區域進一步評估汰換中。

編號	分析結果與判斷	因應與處理成效
B9	活動中心、忠孝與和平樓水塔夜間水位有異常下降，已建議該校加強巡查水塔後管線與用水設備	該校已爭取且獲得 113 年度約 500 萬元預算要汰換建國樓等管線汰換。
B10	該校之忠孝、和平樓與活動中心等水塔後管線夜間或假日有異常用水	依判斷結果，該校業依異常區域進一步評估汰換中
B11	B 棟 1 號水塔夜間水位有異常下降，已建議該校加強巡查水塔後管線與用水設備(含 A 棟)	依判斷結果，該校業依異常區域進一步評估汰換中。
B12	水塔之後管線或用水設備有異常用水，已建議該校加強巡查	改善後用水量有顯著降低，每月水量由 750 度降低至 250 度（以暑假估計），每月水費節省 1 萬元。
B13	該校之忠孝樓水塔後之管線、垃圾場水塔之後管線夜間或假日有異常用水	依判斷結果，該校業依異常區域進一步評估汰換中。
B14	部分水池間、水塔間有相通情形，水位控制有異常；莊敬樓水塔後管線或設施，夜間或假日有異常用水	依判斷結果，該校業請水電及消防公司依異常區域進一步評估及巡查。
B15	行政樓可能為主要用水異常區域，另該水塔之後青藤樓亦是可能異常區域，已通知該校巡檢	依判斷結果，該校業依異常區域進一步評估汰換中。

編號	分析結果與判斷	因應與處理成效
B16	行政大樓與活動中心應無用水異常情形，C棟後方水塔(中繼水塔)水位變化不大，顯示機械科水塔之後管線可能有異常，另關閉水池與消防水池等開關，觀察智慧水表仍再轉動，經協調測漏廠商協助，發現水池前管線有漏水異音，已請該校汰換管線，同時針對機械科上方水塔後之管線加強巡查	每月水量由 3,000 度降低至 1,600 度，每月水費節省 2.4 萬元。
B17	1. 水塔 1、2(有相連)晚上 9 點前水位有變化，之後則無明顯變化。 2. 水塔 5、6(有相連)夜間至隔日凌晨水位有規律性變化。	每週水量由 770 度降低至 500 度，每月約可節省 2.1 萬元。
B18	東行水塔水位則有規律異常，顯示為異常主因	1. 學校人員進一步關閉南棟 A、B 與中棟水塔，惟東行水塔無明顯變化，最後在行政樓地下 1 樓處發現有異常水流，關閉該管線開關後水塔水位即恢復正常。 2. 成效：每月水量由 1,600 度降低至 300 度，每月水費節省 2.6 萬元。
B19	水塔溢流	每月水量由 800 度降低至 400 度，每月水費節省 0.8 萬元

編號	分析結果與判斷	因應與處理成效
B20	水表至水池間管線有異常	經關閉廢棄管線後，節水效益每月水量由 6,000 度降低至 1,500 度，每月節省約 9 萬元左右
B21	查水塔後管線漏水	1. 經查為樓頂管線裂縫漏水。 2. 每周水量由 220 度降低至 100 度，每年水量節省約 6,240 度元，每年約可節省 12.5 萬元。
B22	1. 水表至水塔有漏水 2. 五育樓水塔水位夜間異常下降，水塔後管線或設備有異常。	2 處漏水修妥後，每周水量由 475 度降低至 370 度，每月約可節省 0.8 萬元。
C1	以水平衡分析，A 區域進水量與 B 區域進水量相差 9.41 度，與每日總表分攤差異 10 度相近，初判總表及分表差可能在進水端、水池等區域，建議加強巡查。	依判斷結果，已建議社區依異常區域進一步評估巡查中。
C2	1. 一般而言，消防水池水位應維持滿水位，除非有消防用水需求，否則水位應無變異，惟在觀測期間中，消防水池有多次下降、補水等情形，建議檢查消防水池或相關消防設備（如穩壓設備等）。 2. 水池與水塔有明顯連動，惟水塔進水量與水池出水量有差異，可能係補	依判斷結果，已建議社區依異常區域進一步評估巡查中。

編號	分析結果與判斷	因應與處理成效
	充前項消防水池水量，亦或是水池等相關設備有異常，建議一併巡查與確認。	
C3	依水平衡分析，應無明顯用水異常	

第五章、資料彙整分析判讀與改善策略

前一章我們執行逾 30 個案，包括機關、學校與大型社區，比對智慧水表進水時序也發現用戶異常區域，可能係在水池之前或是哪一個水塔，若現場條件許可，再透過震動等感測器，搭配現場開關，可再縮限於某一支管線，如此，可減輕查漏負荷，縱然要汰換管線，也無須大範圍執行，大大減少預算支出。

透過這些個案數據，下一步我們是否能從智慧水表進水時序圖就發現可能之問題，或是從水池水塔水位變化觀察可能異常之原因呢？本章將歸納前一章個案，比對感測器與智慧水表資料，先了解不同用水設備與智慧水表進水時序圖間之關係，進而探討用水設備一旦異常，如何先能從智慧水表進水時序圖中初步判斷可能異常原因，或可能之異常區域，再進一步透過感測器縮小異常區域，亦即我們將探討與發現各設備關聯性、分析異常態樣，研提精進管控機制及建立感測器安裝 SOP。

5.1、智慧水表進水時序、水池水位與水塔水位間之關聯分析

一、智慧水表進水時序與水池水塔水位有關聯，且相互呈反向關係

（一）一般水池水塔運作：

1. 一般水池水塔設有液面控制器（即三極棒），當樓頂水塔水位降至低水位時，若水池非處於低水位時，則會啟動抽水馬達，將水池自來水抽至水塔，此時水塔水位上升（陡升）、水池水位降低（陡降），導致水池之浮球降低，因而驅使進水閥開度逐漸變大，進水量大增，智慧水表即顯示大量進水。
2. 當水塔水位達至高點時，則會關閉抽水馬達，此時水池水位逐漸上升，浮球位置相對升高，進水閥開度逐漸變小，直至最高水位後，閥門關閉停止進水。

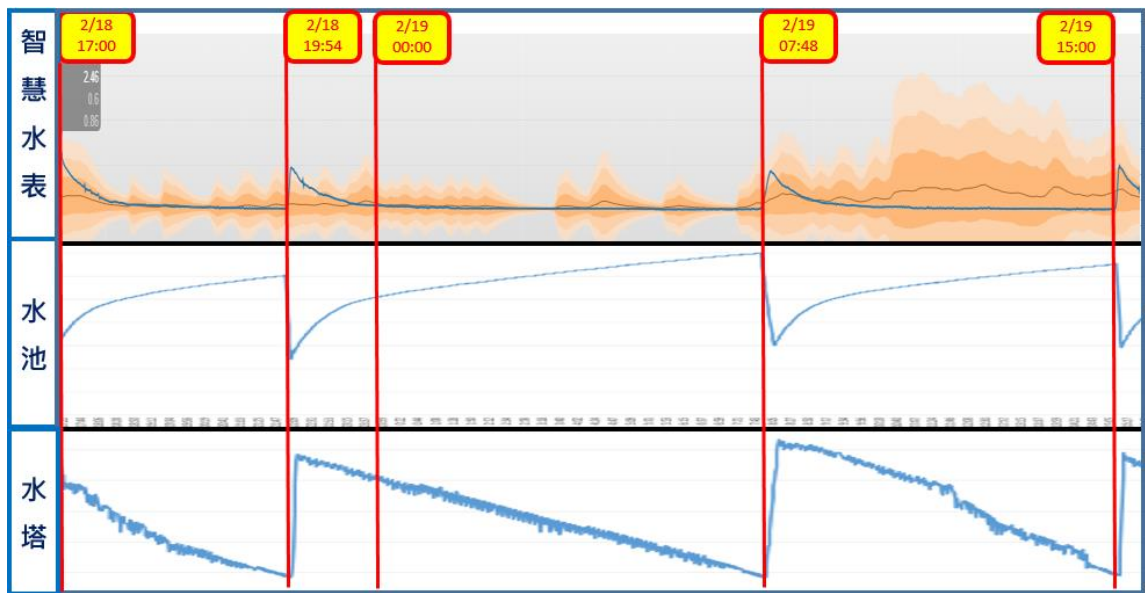


圖 178 水池水塔水位時序圖

(二)藉由智慧水表與水池水塔水位變化，對於用水設備較複雜之個案，可釐清水池水塔之關聯性，例如

1. 案例B8 (P.108、圖114)，發現誠正樓南水池是由另一個水栓供應自來水。
2. 內湖某國小之平靜樓與和美樓水塔應該有連通。
3. 案例B9 (P.112、圖121)，地下水池與建國樓水塔有關聯、地上水池與新生樓水塔有關聯，可推估地下水池供應建國樓水塔、地上水池供應新生樓水塔。
4. 案例A3 (P.81、圖79)，顯示進水係由智慧水表經停車場水池，再供應至露台水池。

二、用水設備會影響智慧水表進水時序圖

(一)智慧水表進水若呈現陡升陡降之情形時，可能係瞬間壓力差導致。

(二)依前章案例，智慧水表水池啟閉以浮球開關控制時，會有緩升之情形（此時），但如果呈現如案例B4 (P.95、圖97)，應係位於管末端，水池進水係採抽水馬達，案例B13 (P.122、圖132) 之後發現係忠孝樓水塔係馬達直抽。

三、水池高程位置、管線架構等會影響智慧水表時序圖

- (一)若機關學校有數個水池，水池間相對位置等也會影響智慧水表時序。
- (二)依前章案例，如案例B6 (P.100、圖103)，水池2 (左) 位置較低，因此可發現當水池2 (左) 達高水位後，水池2 (右) 才逐漸達高水位。

四、從智慧水表有時可判斷水池進水時序

- (一)若機關學校有數個水池，因水池面積大小或有不同，加上高低水位之差異，可由智慧水表進水時序圖判斷其差異。
- (二)依前章案例，如案例B2 (P.88、圖90) 可發現應該尚有學校未掌握之儲水設施，案例B14 (P.125、圖135)，進水模式可分為A (三角形)、B (圓形)、C (星形) 等3種，其中進水模式A與自強樓水池水位之頻率相近，進水模式B與活動中心水池水位之頻率相近，進水模式C與莊敬樓水池水位之頻率相近。
- (三)另智慧水表進水突波趨勢，可換算該突波進水量，對於有多個水池、且容量有明顯差異時，亦能判斷可能該突波進水量是供應至哪一個水池。

五、透過水位分析，可判斷水塔是否相連通

- (一)若機關學校有數個水塔，若水塔水位呈一定正相關，顯示水塔間有相通情形。
- (二)依前章案例，如案例B3 (P.91、圖93)，B4 (P.95、圖97) 水塔水位變化相近，經詢問學校人員確認有相通情形，另內湖區某國小之平靜樓與和美樓水塔雖有一定距離，惟因水位變化相近，可判斷應該有連通情形。

5.2、異常態樣分析

一、智慧水表進水時序一直顯示未落底（尤其在無人使用期間），曲線較為平緩

（一）可能異常原因：

1. 水表至水池間管線可能漏水。
2. 水池或水塔可能溢流或之後管線可能破損。

（二）初步判斷：

1. 關閉水池進水開關，若水表動標未停止，水表至水池間管線可能有異常。
2. 關閉水池進水開關，若水表動標停止，可輔以裝設水位計觀察，若水池或水塔水位平緩且居高水位、或溢流孔有潮濕積水等情形，可能有溢流之情形。

（三）相關案例：

1. 水表至水池管線異常: 案例 B6 (P.100、圖 103)、B16 (P.130、圖 141)、B20 (P.144、圖 157)，另現場初步輔導之萬華區某國小、北投區某國小，亦透過此找到漏水處，經維修後夜間及假日等無人期間進水量已大幅減少
2. 水池或水塔溢流: 如案例 B19 (P.142、圖 154)。

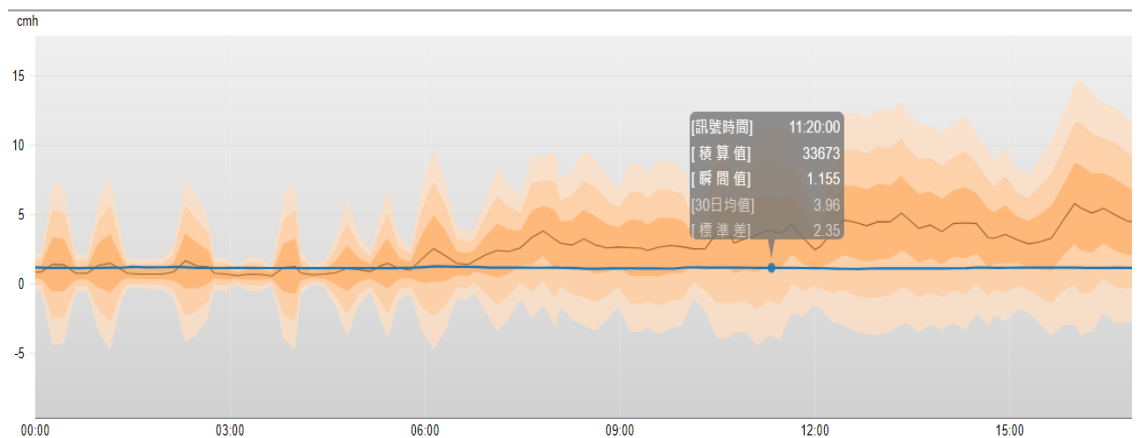


圖 179 北投某國小智慧水表進水時序圖

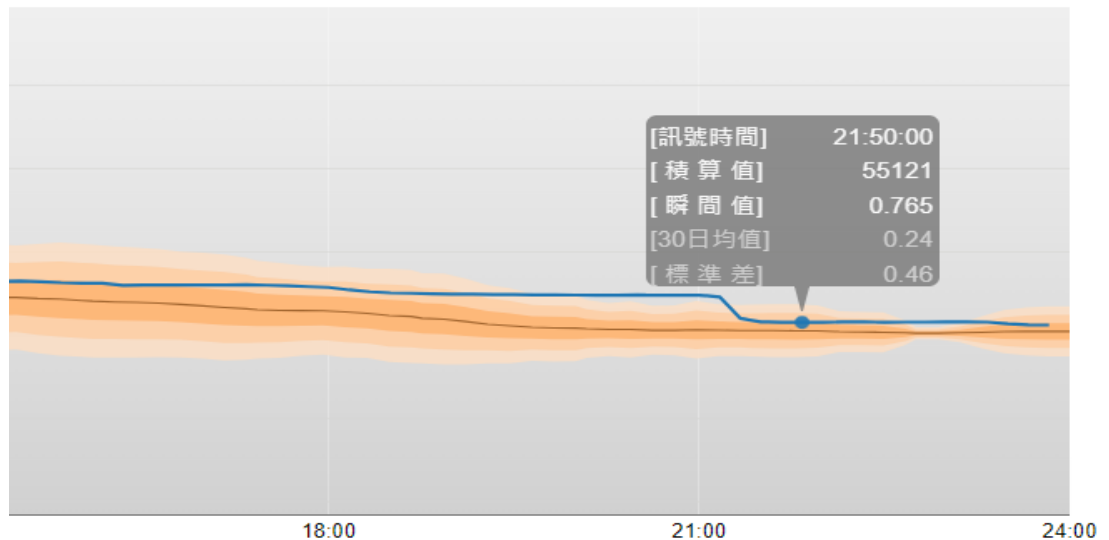


圖 180 萬華某國小改善前後之智慧水表進水時序 (1)

二、智慧水表進水時序一直顯示未落底（尤其在無人使用期間），進水曲線呈規律進水突波

（一）可能異常原因：

1. 水表至水池間管線可能漏水。
2. 水塔之後管線可能破損。

（二）初步判斷：

1. 關閉水池進水開關，若水表動標未停止，水表至水池間管線可能有異常。
2. 由前章可知，進水突波大多係水池水塔低水位補水產生，因此可輔以裝設水位計觀察，哪一個水池水塔補水造成進水突波，進而進一步追查後續用水設備或管線。

（三）相關案例：案例A1（P.77,圖74）、A2（P.79,圖77）、A3（P.81,圖79）、B1（P.86,圖87）、B2（P.88,圖90）、B5（P.98,圖10）、B11（P.116,圖125）、B13（P.122,圖132）、B15（P.128,圖138）、B18（P.140,圖151）。

三、智慧水表進水時序一直顯示未落底(尤其在無人使用期間)，且進

水曲線無規律

(一)可能異常原因:異常原因可能不只1種，且交互影響

- 1.水表至水池間管線可能漏水。
- 2.水塔之後管線可能破損。

(二)初步判斷：

- 1.關閉水池進水開關，若水表動標未停止，水表至水池間管線可能有異常。
- 2.由前章可知，因進水曲線較無規律，可能用水設備較為複雜，或異常原因可能不只 1 種，因此可輔以裝設水位計觀察，進而進一步追查後續用水設備或管線。

(三)相關案例：如案例B3 (P.91、圖93)、B4 (P.95、圖97)、B7 (P.104、圖107)、B8 (P.108、圖113)、B9 (P.112、圖121)、B10 (P.114、圖123)、B12 (P.118、圖127)、B14 (P.124、圖134)、B17 (P.136、圖147)、B21 (P.146、圖160)、B22 (P.149、圖164)。

四、消防水塔共用部分或水位有不正常變化時，應要巡查與改善

一般來說，消防水塔因特殊與獨立性，應該不能與一般水塔相通，若獨立之消防水塔水位有不正常變化，亦應檢查消防設備，如案例C2 (P.157、圖172)。

5.3、水平衡分析

機關學校於夜間及假日無人期間，可透過水位、震動、濕度等感測器縮小可能異常區域，但一般住家幾乎 24 小時都有用水可能，無法比照前揭方法檢測，基此，為掌握自來水流向與流量，我們可透過水平衡方法，於用水系統中設定欲估計之區域（如過表水量與水池增量、水池抽水量與水塔增加量、過表水量與水塔

增加量、或是水塔減少量與各分表過表水量等等)，評估過表水量是否流至水池或水塔，水池抽水量是否流至水塔等等，藉以縮小異常區域可能在水表至水池、水池至水塔，或是水塔之後，本章將以此分析與說明。

一、水表至水池間

水表至水池間是否有無漏水，我們可關閉所有水池浮球開關，再觀察水表是否轉動，藉以判斷此部分管線是否有異常或有未知之儲水設施，惟對於部分用戶關閉水池開關有其困難時，可評估過表水量與水池進水量，來判斷水表水池間管線是否有異常。

如第 4 章案例，水池大小為 7m*3m，每次水池上升高度為 0.07m，估算進水量約 1.5 公噸，與智慧水表進水量約 1 公噸相近，及案例 B2 (P.88,圖 90)。

二、水池至水塔間

水塔水位若降至低水位，即會啟動水池馬達抽水，依案例 C1 (P.153,圖 168) 可知，大水塔進水量與地下水池減少水量 (約 5.2 公噸) 相近，顯示之間管線應無問題。

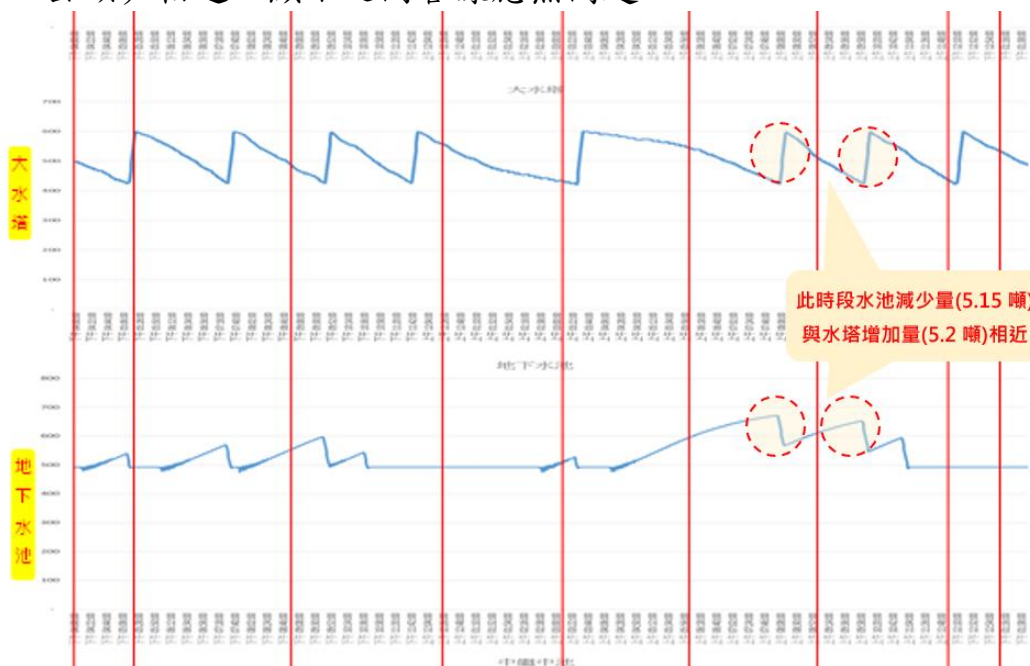


圖 181 水池出水與水塔進水統計圖

三、水表至水塔

有些水池較為複雜，我們也可以水表過表水量與水塔進水量作為水平衡（如下圖），來評估用水異常區域為水塔前或水塔後，依案例 C1（P.153,圖 168）、C2（P.157,圖 172），初步可推算過表水量小於水塔接收量，異常區域可能在水塔之前，案例 B5（P.98,圖 100），過表水量相當水塔接收量。

另是否為本身水塔問題，我們也可以依平均每日總表差額與最小水塔降低量來比較，如案例 C3（P.159,圖 175）可知水塔最小降低量小於平均每日總表差額，初步可排除水塔問題。

$$I = P^1 \cdot M^I + (P_2^1 - P_1^1) = T^1$$

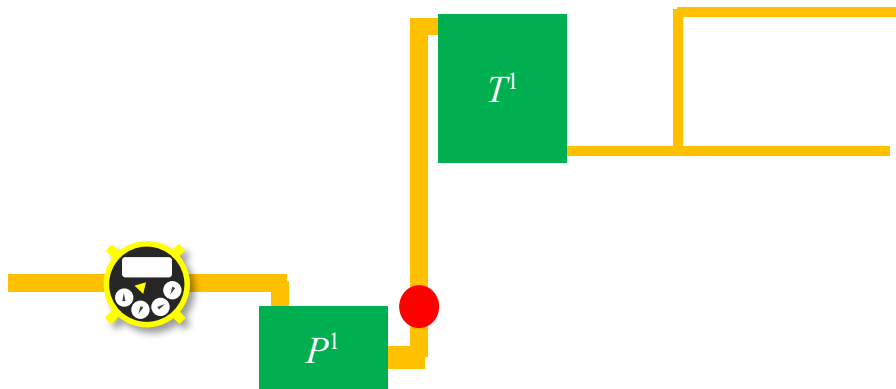


圖 182 水平衡圖

5.4、漏水改善策略

5.4.1、精進用水異常巡查作業

機關學校用水量遠較一般家戶用水為多，屬用水密集場所，加上區域較大，一旦發生用水異常，常需耗費許多時間巡查，依北水處 109 年自行研究案「府屬機關學校用水因子與異常原因探究分析」，已建立巡查 SOP（如下圖 183）。

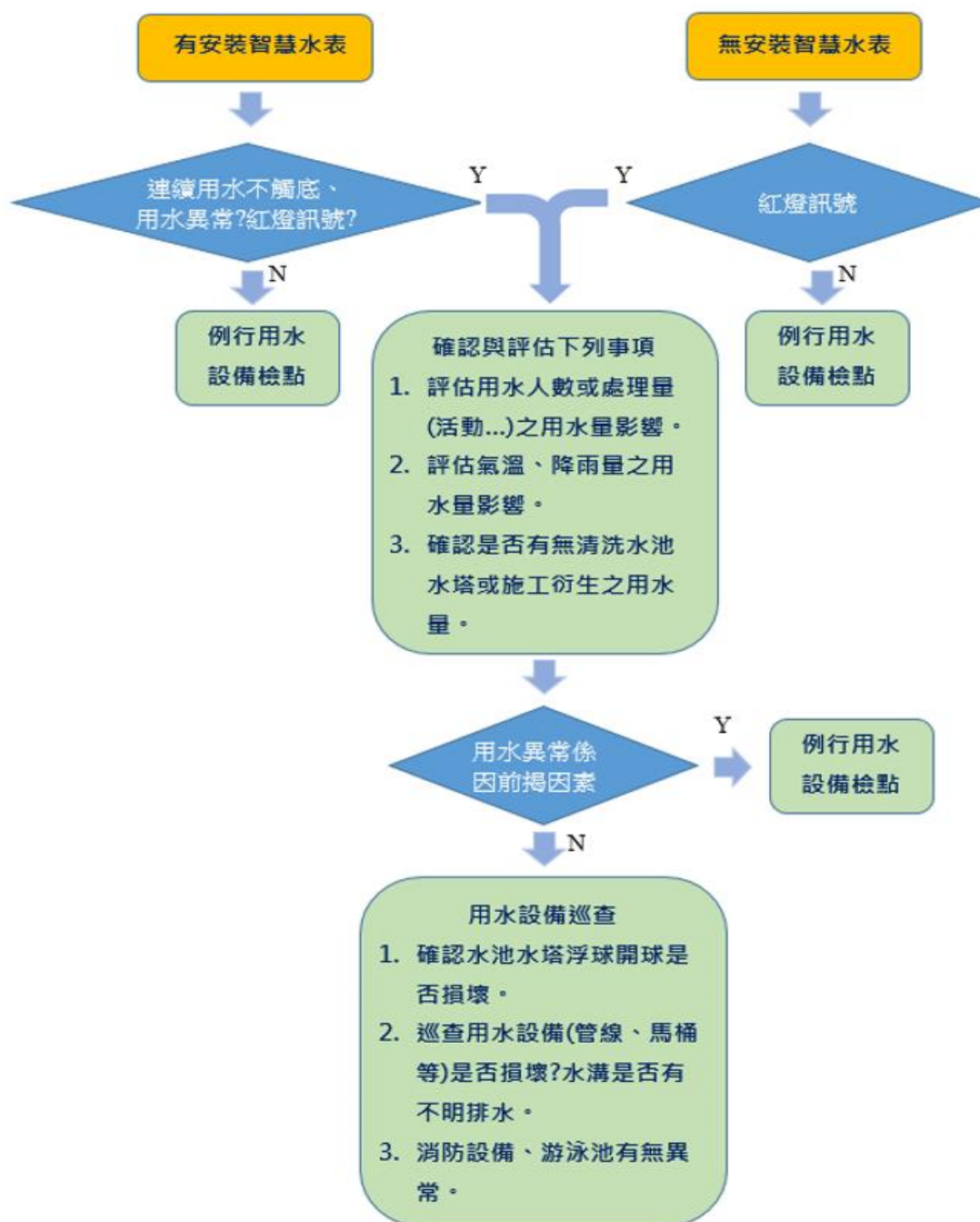


圖 183 巡查 SOP (精進前)

本研究精進巡查作法，透過物聯網感測元件，縮小用水異常可能區域，加上與教育局工程科聯繫，其表示臺北市學校建物管線多屬老舊，若學校有發生用水異常，無法汰換該校全部管線，現階段要求學校縮小異常區域，若找不到漏水處，會予以預算補助；此作法與本研究精神一致，精進修正巡查 SOP (如圖 184)。

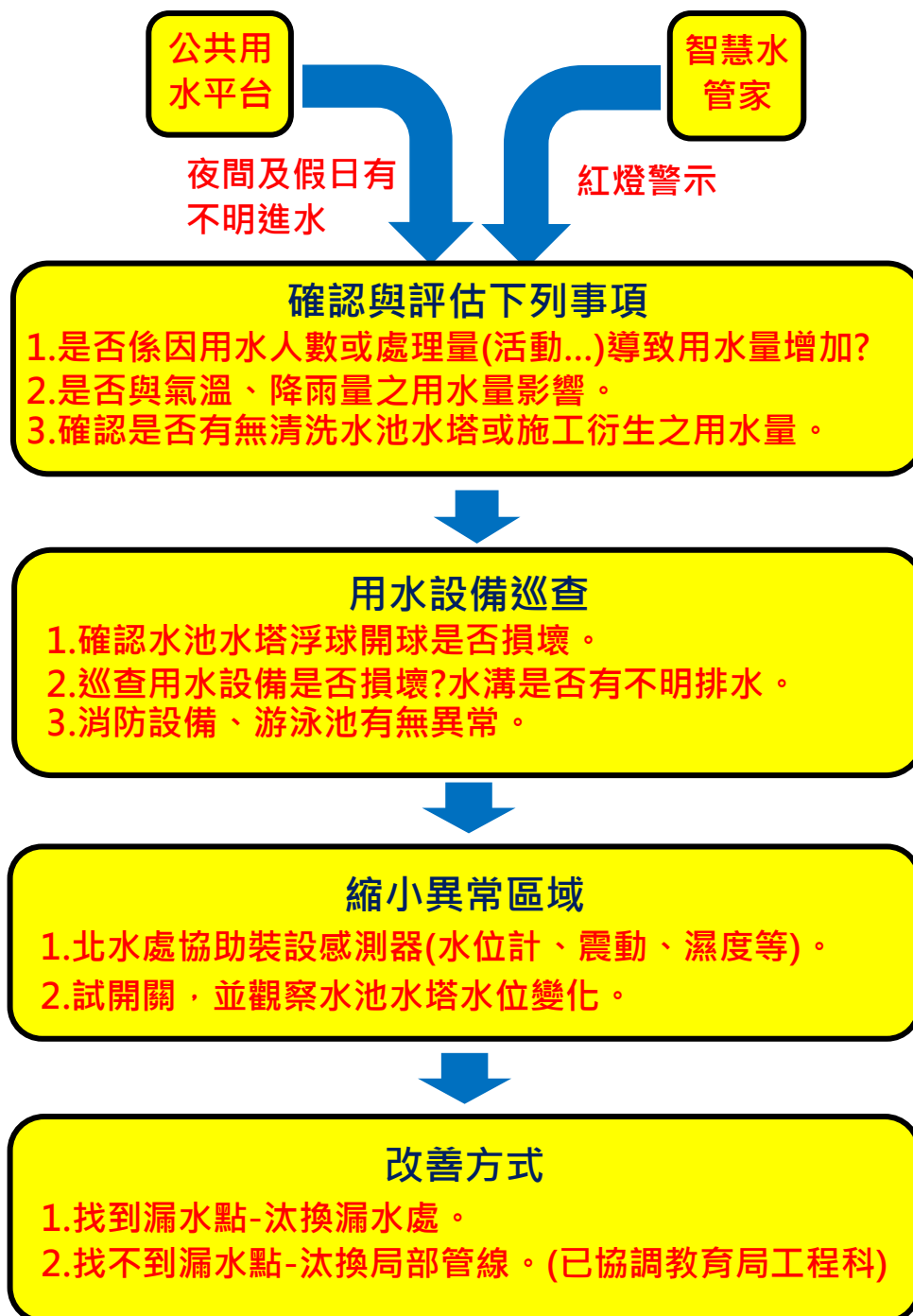


圖 184 巡查 SOP (精進後)

另對於用水異常時，相關作業亦訂定 SOP（如圖 185）。

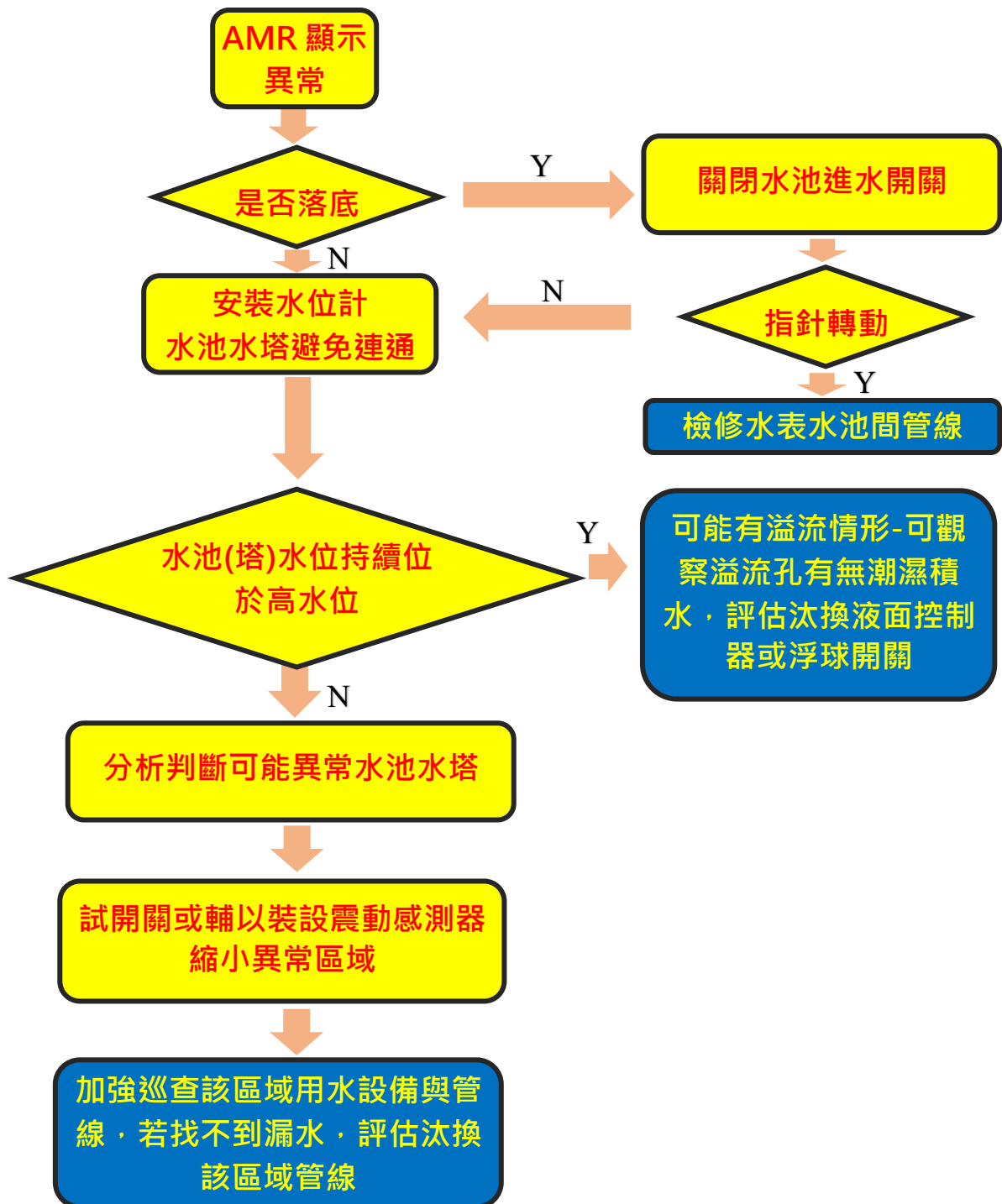


圖 185 感測器安裝時機與規範

5.4.2、用水設備改善汰換之效益分析

府屬機關學校大多屬老舊設備，理應要逐年汰換管線，惟囿於經費限制，欲大舉汰換恐非容易，基此，在此限制前提下，本研究小組在現勘輔導後，已先協助機關學校縮小異常範圍，在確認局部管線(或設備)汰換即能有效防漏前提下(如可透過試開關等方式)，此時可算出減少之支出(可視為收入)，基本上，本研究小組會建議，改善成本若小於1年支出總額，建議應即汰換(如前章許多案例皆可於1年內回收)。

5.4.3、舉辦節水教育訓練

為提升機關學校節水意識及用水自主管理認知，北水處針對內部同仁及外部府屬機關學校分別辦理節水與如何利用水位計等感測器縮小異常區域等議題教育訓練

一、北水處同仁

時間：112年6月29日(星期四)

地點：北水處會議室及公館國小

參與人數：16人。

課程內容：包括公共用水平台簡介、用水異常與查漏個案分享、水位感測器協助查漏、智慧水表與智慧水管家簡介，另至公館國小進行實作示範教學。



圖 186 北水處辦理同仁內部教育訓練情形

二、府屬機關學校

時間：112 年 9 月 8 日（星期五）

地點：資策會科技服務樓創新廳（臺北市松山區民生東路四段 133 號 14 樓）舉辦 2 場節水教育訓練

參與人數：府屬機關學校人員等共 138 人。

課程內容：包括公共用水平台簡介、用水異常與查漏個案分享、水位感測器協助查漏、智慧水表與智慧水管家簡介，另實作進行示範教學。



圖 187 府屬機關學校節水教育訓練情形

5.4.4、請各機關學校逐步建立用水設備與管線圖及標記

掌握用水設備與管線是用水管理重要工作，惟機關學校用水管理人更替頻繁，普遍不熟悉轄管用水設備與管線，由前章個案可知，若熟悉用水設備與管線有助用水異常巡查，爰於 111 年 8 月發文請臺北市府屬機關學校要逐步建立用水設備與管線，於前揭教育訓練時也一

併教導繪製，相關用水設備與大小也可由清洗水池水塔紀錄中掌握（亦提醒要建立水池水塔之長寬等面積資料），另中山區某國小於管線註記，也一併提供參考。

主旨：檢送府屬機關學校節水會議紀錄及後續推動重點，如說明，請查照。

說明：

- 一、為持續推動本府節水，於111年8月23日（二）上午10時30分召開府屬機關學校節水會議（精實改善團隊第11次會議），會議紀錄如附件1、會議簡報如附件2-連結1。
- 二、茲篩選111年用水量增加逾500度且增幅5%以上機關學校（如附件2-連結2）、近期例假日0-6時平均用水量逾10度以上機關學校（如附件2-連結3），請表列機關學校於111年9月16日前至作業平台填報用水異常原因及後續改善（如附件2-連結4）。
- 三、後續推動重點請各機關學校依附件1會議記錄之伍、承辦單位報告第二點辦理。
- 四、請各機關學校加強清查與確認所轄用水管線、圖資與用水設備種類（如水池、水塔）與規格等資料，並列入移交，俾利日後用水設備巡查或查漏。
- 五、北水處預計於第4季舉辦節水查漏教育訓練（課程包括如何判讀智慧水表、查漏經驗分享等），請各機關學校屆時派員參加。

正本：臺北市政府各機關學校(臺北自來水事業處、臺北自來水事業處工程總隊除外)

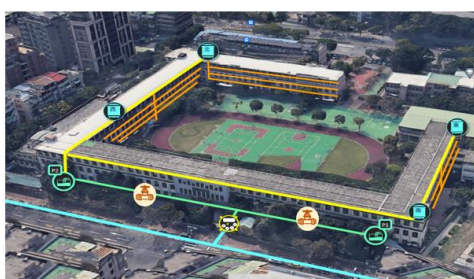
圖 188 北水處發文請臺北市府屬機關學校建立管線圖

請各機關學校加強清查與確認所轄用水管線、圖資與用水設備種類（如水池、水塔）與規格等資料，並列入移交，俾利日後用水設備巡查或查漏

一 水表在哪裡

二 水池水塔長寬、位置與數量(清洗水池水塔時可請廠商清查)

三 自來水管線與開關位置



用戶用水設備檢查及水質檢驗紀錄表									
用戶名稱：臺北市第一高級中學					檢查日期：111年03月15日				
地址：臺北市中正區中山路一段123號					檢查人員：張三				
電話：(02)1234-5678					檢查時間：11:00-12:00				
項目	檢查內容	檢查結果	備註	檢查人員	檢查時間	檢查地點	檢查設備	檢查數量	檢查備註
水池	水池長寬、位置與數量	長：10m，寬：5m，位置：校園中央	數量：1座	張三	11:00	校園中央	水池	1座	水池長寬、位置與數量
水塔	水塔長寬、位置與數量	長：5m，寬：3m，位置：校園西側	數量：1座	張三	11:05	校園西側	水塔	1座	水塔長寬、位置與數量
管線	管線種類、規格與位置	管線種類：PPR，規格：2寸，位置：校園地下	數量：100m	張三	11:10	校園地下	管線	100m	管線種類、規格與位置
開關	開關位置與數量	開關位置：水池旁，開關數量：1個	數量：1個	張三	11:15	水池旁	開關	1個	開關位置與數量
水表	水表位置與數量	水表位置：水池旁，水表數量：1個	數量：1個	張三	11:20	水池旁	水表	1個	水表位置與數量
水質	水質檢驗項目與結果	水質檢驗項目：pH值、濁度、餘氯，水質檢驗結果：pH值：7.2，濁度：0.5，餘氯：0.5	數量：1組	張三	11:25	水池旁	水質	1組	水質檢驗項目與結果

圖 189 教育訓練時請府屬機關學校建立管線圖

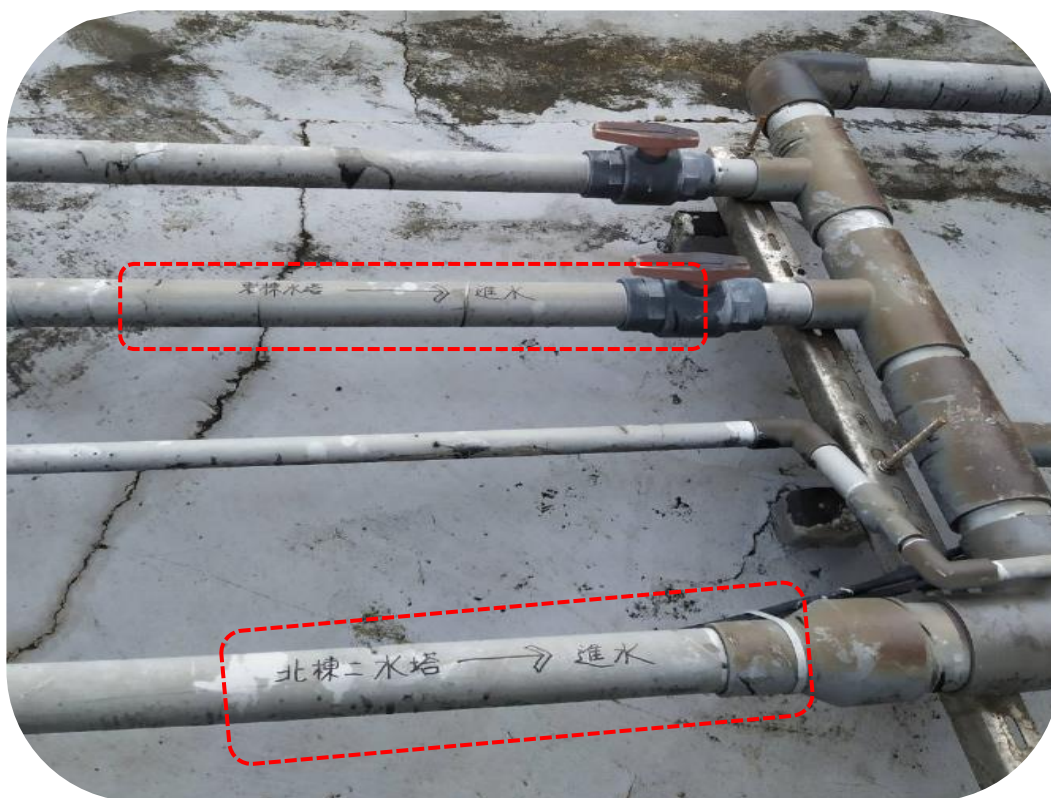


圖 190 中山區某國小於管線增加標註

5.4.5、與教育局合作，補助管線汰換預算

府屬學校建物多已老舊，北市府教育局亦於 111 年 4 月 27 日召開「研商本局所屬學校異常用水量會議」，請北水處提供多所異常用水學校名單，依會議決議 2 表示：「各校若發現用水異常，請先以智慧水管家查看數據，分析用水量增加原因（如管線備破損造成漏水、用水習慣改變、防疫加強清潔、使用人數增加等），並可調查連續假日及夜間（凌晨 0-6 時）用水量，若認為有漏水疑慮，請先循配合之水電廠商協助查找及修繕，倘經查找尚無法釐清異常原因，再請洽詢臺北自來水處提供專業協助。如有自來水管線整體工程改善之需求，請評估納入修建工程辦理，以節約用水並維護用水安全。」。

另由於教育局預算有限，該局預算補助原則與本研究略為一致，針對異常學校無法全校進行汰換，應縮小異常範圍加強巡查，該局也會評估，使年度有限預算能挹注於改善漏水最大效益之區域。

5.5、機關學校用水管理規劃設計

5.5.1、學校建置用水管理系統情形

如第 2 章文獻回顧可知，機關學校幅員廣大，用水異常不易察覺，無形中浪費許多水資源，因此許多學校紛紛自籌經費建立管理系統，如中正大學、中山大學之水資源管理系統，經濟部水利署亦規劃機關學校用水管理系統，目前補助嘉義大學建立，該系統除硬體建置智慧水表、水位計、水壓計等感測器外，亦規劃系統收集感測器資訊，即時統計用水量、分析水平衡，掌握水資源使用情形，目前該計畫持續進行中，該署期望透過系統建立後、進一步由嘉義大學逐步協助拓展其他鄰近學校。

本研究團隊亦參訪臺北市學校建立水資源管理系統，摘述如下：

一、文山區某私立大學

於校園重要區域、大樓裝設智慧水表，傳送至水資源管理系統，若水表有轉動，管線即會呈現水流情形，藉以發現有無異常。



圖 191 文山區某私立大學水資源管理系統圖

二、中正區某國中

北市府教育局之前也補助部分學校建立水電系統，該系統即時呈現目前智慧水表進水量以及水池水塔水位。

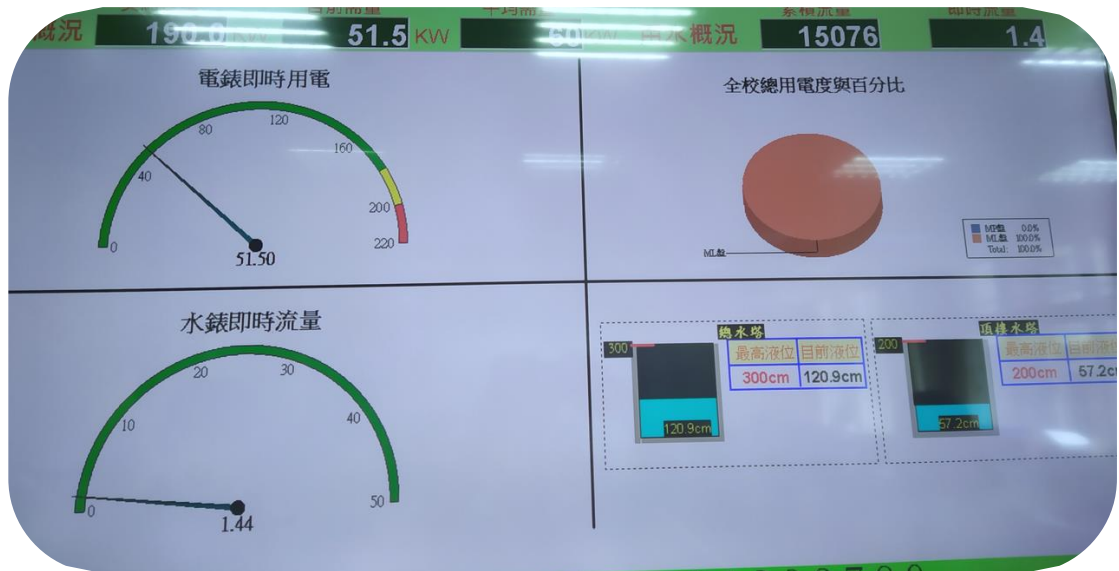


圖 192 中正區某國中建立水電系統管理畫面

5.5.2、機關學校用水管理系統架構與設計

要建立一套完整智慧水管理，需耗費數百甚至數千萬元，金額甚至不亞於汰換學校主要管線，如何在有限資源限制下，建立智慧水管理是一重要課題。

對於建立校園智慧水管理系統，經濟部水利署業於 110 年委託顧問公司辦理機關學校用水管理系統規劃報告，內容包括硬體(水位計、智慧水表等感測器)、資料庫系統與分析管理模組等部分，該系統若能建立完善，往後各校可在此架構下，僅須投入硬體與網路傳輸等費用即可應用該系統管理用水。

考量系統化大規模重新設置水位計、智慧水表等硬體設備在機關學校既有建物因經費及空間考量，實施不易，但如能在建設初期即納入硬體規劃，相對應可節省改裝經費，且可有效達成智慧管理目標；基此，本研究即參考臺北市政府現有建設規劃，其中北市府為推動教育整合運用導向的都市計畫 (EOD)，擬定「艋舺學園」為其中之一

示範基地，包含華江高中、萬華國中、西園國小、雙園國小和南海幼兒園等四校一園；本研究經與該學園主管機關教育局聯繫，惟教育局表示目前先委請顧問公司與雙園國小進行先期規劃，該計畫仍在構想階段，後續用水管理部分將視推動時程由該校再與本研究小組聯繫。

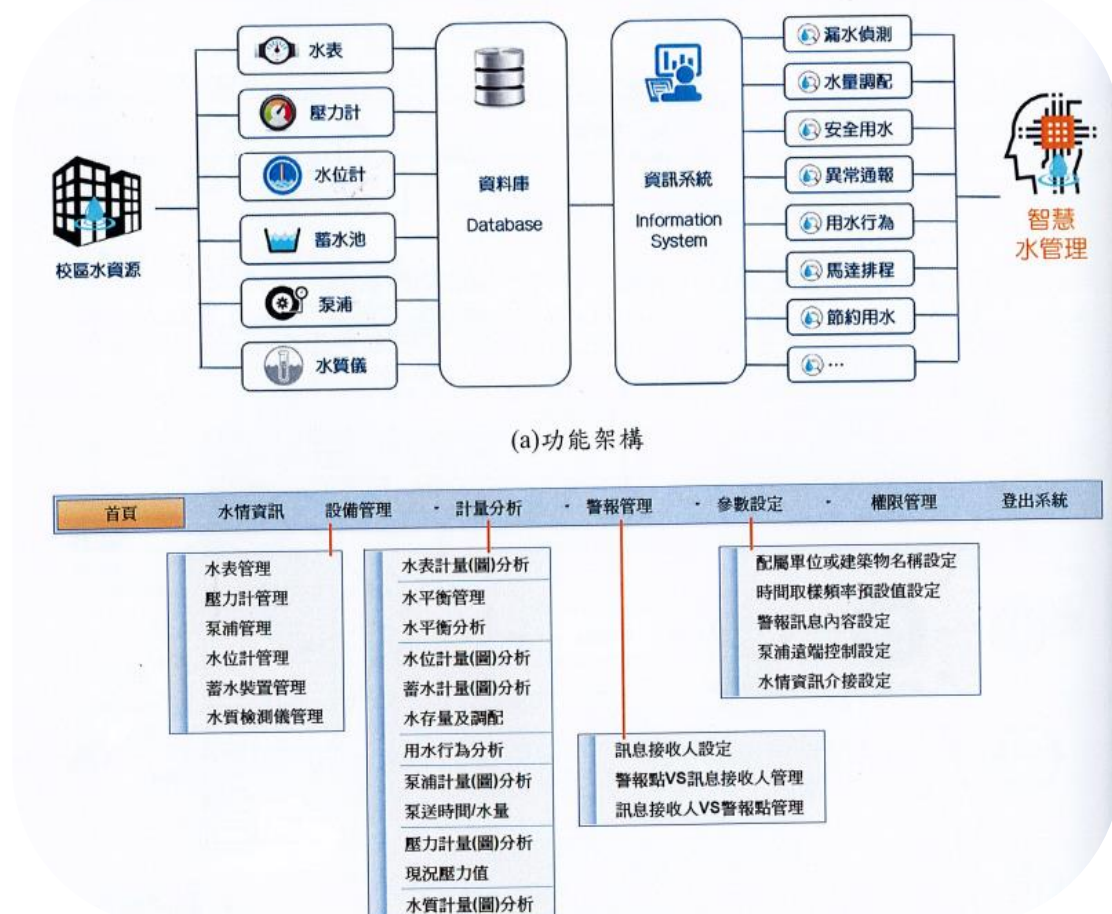


圖 193 用水管理功能架構圖

資料來源：機關學校用水管理系統規劃成果報告書（2021）

第六章、結論與建議

6.1、結論

本研究實證對象以臺北市機關學校等直接表用戶(無裝置分表)及大型社區為主，透過智慧水表與智慧水管家，我們可發現異常水栓，機關學校用水因用水區域廣泛、內線管線長、用水單元多等因素，加上現階段無法於內線全面佈設智慧水表，若發生用水異常，常需耗費許多時間與精力，且常常找不到漏水點，若找廠商檢測漏水，因機關學校不知管線分布情形、內線水壓較低等因素，也不易發現漏水點，而機關學校仍需支付相關費用，且用水異常非僅是管線漏水，還有用水設備損壞、液面控制器接觸不良等問題，導致用水管理人常常束手無策，找不出對策改善，也延誤漏水改善契機。

要追查用水異常可能區域，可採用土法煉鋼手法，將用水區域劃分小區再逐一試開關與定時量測水池水塔水位計算水量，或是在各區域佈設智慧水表、水位計等計量儀器，建置管理系統將前揭儀器定時計量資料彙整分析，即可掌握異常用水量可能走向，鑑於機關學校漏水問題嚴重，水利署於 110 年辦理「機關學校用水管理規劃」，並篩選國立嘉義大學建立水量監控系統(不含管線汰換)，預計裝設 252 只水表、24 個水位計及相關設備及資訊平台系統，初估建置總經費達 3 千萬元，且裝設水表與水位計，除費用不斐外，尚需評估裝設位置，工程期間(數天或數個月)可能會停水，無法立即找出漏水潛勢區，另投入成本高(約需 2-3 千萬元)，目前僅篩選嘉義大學作為建置示範學校。

如何在短時間且經濟有效找出用水異常區域，是改善漏水核心關鍵，分析機關學校用水系統，主要包括水表、管線 A(總表至水池管線)、水池、管線 B(水池至水塔管線)、水塔以及管線 C(水塔至馬桶等用水設備)，基此，若能以此為界觀察水池水塔水位變化或可視其為供水站，進而利用水平衡方法，計算進出水量，有助我們找出可能異常區域，且水池水塔均有孔蓋，

若能架設儀器定時量測距離，無須工程施工，是一個經濟可行方案。

因此，機關學校無法全面佈設智慧水表之際，本研究應用物聯網感測元件建置水位計、濕度、震動與聲音等感測器，協助我們了解用戶用水系統，其中水位計分析水池水塔水位變化，並比對智慧水表進水量時序，判斷社區大樓或機關學校等建物之可能用水異常區域，透過濕度感測器了解是否有溢流情形，於馬達或管線等處裝設震動與聲音感測器，了解夜間及假日期間是否有用水情形，研究顯示，大部分案例可縮小異常區域圍，有效發現漏水位置，縮短漏水天數，亦有助減輕人力巡查負荷，使得人力及資源均能用在刀口上，達到內線改善資源運用最大效益，相關研究發現如下述：

- 一、智慧水表進水時序與水池水塔水位有關聯，且相互呈反向關係。
- 二、用水設備會影響智慧水表進水時序圖。
- 三、水池高程位置、管線架構等會影響智慧水表時序圖。
- 四、從智慧水表有時可以判斷有幾個水池與進水時序，水塔是否相通、水池水塔相互配對等情形。

我們也進一步針對異常態樣之可能原因與處理，包括：

- 一、智慧水表顯示夜間或假日等無人期間未落底，若進水曲線較為平緩，有可能係水表至水池間管線有異常，若進水波動規律，則可能為水池或水塔或之後管線發生問題，若進水波動較不規律，則前揭原因均有可能。
- 二、機關學校於夜間或假日無人期間水表持續轉動，惟水池水位無明顯波動且居高水位，此時有可能有溢流情形。
- 三、機關學校於夜間或假日無人期間水塔水位呈現規律下降，顯示水塔本身或其後管線有異常。
- 四、若水塔有相通情形，部分水塔有進水情形，部分水塔水位維持高水位，此時有可能水塔有溢流情形。

五、消防水塔共用部分或水位有不正常變化時，應要巡查與改善。

六、機關學校於夜間或例假日無人期間可由水池水塔水位判斷是否有異常，若一般用戶幾乎 24 小時均有用水可能，比較難用前揭方法判斷，此時可利用水平衡手法，評估過表水量是否流至水池或水塔，水池抽水量是否流至水塔等等，藉以縮小異常區域可能在水表至水池、水池至水塔，或是水塔之後。

最後也了解建立用水設備與管線圖資之重要性，也請機關學校逐步建立，同時精進機關學校用水異常 SOP，並利用教育訓練時加強宣導。

6.2、建議

一、本研究透過個案資料分析，統整水位變化態樣，初步研擬可能之判讀模式，以及後續如何應用感測器協助縮小異常可能範圍，惟因機關學校等用水設施數量與樣式繁多，承辦人員甚至不了解整體設施與管線分布，導致花費更多時間釐清與檢測，甚至無法有效縮小異常區域，建議後續應持續測試更多案例，檢討與精進作法，另追蹤未改善個案，同時關注與應用最新感測器之發展，進而彙整、分析與歸納，並適時修正判讀模式，相信更有助於找出異常原因之區域或原因。

二、機關學校建物及用水系統多為早年建置，爾後又可能因需求新增用水設備，且管理人員亦多有更換，因此，未全面掌握用水設備與管線圖，增加異常原因判斷之作業時程，建議請機關學校逐步建立。

三、一旦發現異常可能區域，後續若背景條件許可，可再加裝震動或聲音感測器，可再縮小異常可能區域，有助發現漏水點，若找不出漏水點，亦可透過經濟效益評估汰換局部管線（若為學校單位，可與教育局聯繫與合作改善）。

四、水池水塔高度常影響安全，本次於機關學校測試時發現，小部分學校水池水塔高度較高，然其爬梯缺乏安全防護，對於

現場人員勘查及水池水塔廠商清洗作業時，存在一定危險風險，為保障安全，建議日後可利用機會行文北市府機關學校宣導安全防護與改善。

五、機關學校供水範圍較大，為有效協助機關學校用水管理，或於用水異常時能即時掌握與縮小異常區域，建議機關學校若有新建工程，於建設初期即應將用水管理納入硬體規劃，包括於管線分支處加裝開關與智慧水表、水池水塔加裝水位計等感測元件，同時建立系統、統整前揭資料，俾建立智慧水管理目標。

六、府屬學校建物多屬老舊，加上預算有限，要全面汰換學校管線恐非易事，基此，教育局在補助預算時，建議應請學校先行評估漏水量，以及漏水可能區域，再據以分析與分配預算，使年度有限預算能挹注於改善漏水最大效益之區域。

參考文獻

1. 經濟部 (2016)。節約用水常態化行動方案 (核訂本)。
2. 經濟部水利署機關學校節水教材。最後異動日期：2023 年 10 月 9 日，檢自：<https://www.wra.gov.tw/cp.aspx?n=18796>。
3. 陳曼莉主持 (2018)。強化用戶內線服務以提升用水管理效能之研究 (中華民國自來水協會 107 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。
4. 蘇啟祥、曹慧娟、陳永松、陳世雄、鄭意勳、王美子、蔡宇婕等 (2020)，府屬機關學校用水因子與異常原因探究分析 (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. 大葉大學消防安全學士學位學程-H234 消防設備實驗室影片介紹。上網日期：2018 年 4 月 13 日，檢自：<https://www.youtube.com/watch?v=DTVNG81Gzl4>。
6. 經濟部水利署，雨水貯集利用系統建置與推廣宣導手冊。上網日期：2020 年 10 月 23 日，檢自：<https://www-ws.wra.gov.tw/Download.ashx?u=LzAwMS9VcGxvYWQvNDAXL3JlbGZpbGUvOTAyOS83MjM3LzhiZDY4ZTk4LWI2MTAtNDhiYi04ZTE1LTMyODdkNWl5OGE0NS5wZGY%3D&n=6Zuo5rC06LKv6ZuG5Yip55So57O757Wx5bu6572u6liH5o6o5buj5a6j5bCO5omL5YaKLnBkZg%3D%3D>。
7. 黃彥禎 (2012)。自來水用戶用水設備漏水改善及配水管延壽技術育成與策略評估 (經濟部水利署計畫成果報告)，臺中市：能邦科技顧問股份有限公司。
8. 中正大學社會責任網站：行動方案-社會實踐-活動內容。上網日期：2019 年 8 月 1 日，檢自：<https://sdgs.ccu.edu.tw/cht/social-practice/%E6%89%93%E9%80%A0%E7%B6%A0%E8%89%B2%E6%A0%A1%E5%9C%92%EF%BC%8C%E4%B8%AD%E6%AD%A3%E5%A4%A7%E5%AD%B8%E7%AF%80%E6%B0%B4%E6%9C%89%E9%81%93%EF%BC%81>、

<https://sdgs.ccu.edu.tw/cht/social-practice/%E5%A2%9E%E8%A8%AD%E6%A0%A1%E5%9C%92%E8%BC%B8%E6%B0%B4%E7%AE%A1%E7%B6%B2%E5%8D%80%E7%AE%A1%E7%B7%9A%E6%B5%81%E9%87%8F%E8%A8%88>。

9. 李宗仰（恆知科技有限公司）（2020）。校園水資源管理系統-以中山大學海洋科學院為例。節水紀實，第 30 期，第 18-20 頁。
10. 恆知科技有限公司（2021）。機關學校用水管理系統規劃成果報告書（經濟部水利署計畫成果報告），臺中市：恆知科技有限公司。
11. 盧緯庭、黃奎輔、鄒晏巧等（2019）。利用 Arduino 設計水位警示系統。嶺東科技大學資訊管理系實務專題期末報告書，臺中市：編者。
12. 楊竣堯（2017）。智慧居家-IoT 雲端水位監控系統，第 16 屆旺宏科學獎成果報告。
13. Haikal Hafiz Kadar, Sera Syarmila Sameon, & Mohd Ezanee Rusli（2018）。SMART2L: Smart Water Level and Leakage Detection. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (4), 448-452。
14. Farmanullah Jan, Nasro Min-Allah, Saqib Saeed, Sardar Zafar Iqbal, & Rashad Ahmed（2022）。IoT-Based Solutions to Monitor Water Level, Leakage, and Motor Control for Smart Water Tanks. *Water* 2022,14 (3), 309。
15. 何政弘（2022）。建築物自來水水池外爬梯探討。自來水會刊第 41 卷第 2 期，第 8 頁。
16. 維基百科-Arduino 簡介。上網日期：2007 年 2 月 24 日，檢自：
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/Arduino>
17. 國立台灣大學電機系吳瑞北，物聯網簡介。上網日期：2019 年 9 月 16 日，檢自：
http://cc.ee.ntu.edu.tw/~rbwu/rapid_content/course/IoT_Intro/Ch1_Arduino.pdf