

大型水量計用戶用水模式之建置與應用

*鄭國華，**賈允成，***廖宜洋，****黃騰宏

*科長，**股長，***科員，****副工程司

臺北自來水事業處業務科

摘要

能正確且完全掌握用戶用水變化，並依水量計特性選擇適當型式表種，是做好水量計使用管理的首要工作。現行自來水單位對於用戶的用水狀況，大部分均僅由定期(1至2個月抄表1次)的抄表計量得知。藉由本研究方法可主動掌握用戶用水變化，進而依水量計特性選擇適當表種，避免因水量計選用不當，造成無計費水量損失及頻頻損壞水量計情事發生，及儘早發現用戶用水設備異常問題，主動告知用戶，以提昇自來水單位之服務形象。

本報告藉由數位化電子式水量計上加裝水量紀錄器，針對用戶實際用水情形進行連續密集(至少1週，每1分鐘紀錄1次)的使用流量變化監測，以建置用戶用水模式，進而個案分析用水情形是否適當，一旦發現異常者，配合會同用戶實際現場勘查用水設備研判造成原因及提出實務性的解決之道。

關鍵字：水量記錄器、用水模式、不感度、器差(measurement errors)

前言

臺北自來水事業處(以下簡稱北水處)收入大部分靠售水計量收費，所以水量計使用品質及管理之良窳，攸關營收及售水率甚鉅。為了維護水量計的正確計量及提升水量計使用品質，以維護公平交易及保障自來水用戶與自來水事業單位雙方權益，依據經濟部標準檢驗局94年3月公告訂定發布「水量計檢定檢查技術規範」第3.11

節規定：「水量計之檢定合格有效期限為8年。」故目前北水處所使用中約150萬只用戶計量水量計，除了明顯故障必須汰換外，其餘均以水量計製造檢定年份滿8年再予汰換，在8年當中對裝設於用戶家中之水量計使用狀況，除了由定期(1至2個月抄表1次)的抄表計量判斷正常運轉與否外，其餘並未特別評估，惟用戶用水情形會隨著季節及用水標的之改變而有不同的變化，如水量計使用管理不當，當用戶在用水尖峰時刻，可能造成水量計進水長期處於超過規定使用流量範圍，將導致機件磨損而頻頻造成水量計損壞，亦或用戶在用水離峰時刻，因長期進水量過小，則產生水量計不敏感度而造成無計費水量的發生。

基於上述理由，本研究即針對北水處不同用水類型之大型水量計用戶實際用水情形，藉由數位化電子水量計(軸流型豎軸式)上加裝水量紀錄器，進行連續密集的用戶使用流量變化監測，以建置用戶用水資訊及用水模式，進而分析用戶用水變化，作為評估自來水單位採用水量計型式是否適當，及用戶用水方式(含設備裝置)是否合理之重要參考依據。

現況概述與研究基礎

依據臺北自來水事業處94年9月底統計，口徑50公厘(含)以上大型用戶水量計共有6,595只(連結式1,566只、螺旋漿式404只、螺紋式2,300只及豎軸式2,325只)，約佔該處用戶水量計總數之0.43%，然而經由大型量計計量卻佔了該處售水量約27.57%，由此可見大型水量計使用品質

資料來源：94 年中華民國自來水協會論文

的良窳，攸關著自來水事業單位售水率與營收的高低。

水量計性能

早於民國 45 年 7 月，對於水量計規格已訂定中國國家標準於 CNS561 至 CNS565，表 1 為 CNS 563 軸流型豎軸式水量計特性表。惟為配合國際潮流，經濟部標準檢驗局於民國 93 年 10 月 20 日參照 ISO 4064 規範，制訂公布水量計國家標準 (CNS14866 密閉導管內水流量之測量—冷飲水用水量計，共分成三部分，第一部分為規範，第二部分為安裝規定與選用，第三部分為檢驗方法及設備)，將水量計區分為 A、B、C、D 四種度量等級(表 2)，每一等級之分界流量(q_t)及最小流量(q_{min})均可由水量計界定 N 值計算出來，表 3 為 CNS 14866 軸流型豎軸式水量計特性表。

為了維護水量計的正確計量及提升使用品質，應配合裝表地點供水環境與內線設計的不同選擇適用的水量計。日本埼玉縣水道企業團針對改善水量計管理及抄表業務指出，水量計係自來水計量收費之基準工具，各種水量計均依不同口徑、型式，訂定適當流量範圍，如脫離其使用範圍時，勢將徒增不感水量。另美國 AWWA 在 1999 年之自來水供應實施手冊”Water meters—selection, installation, testing, and maintenance”文中亦提及：水量計型式之決定必需考慮預期使用流量範圍，實驗已證明在大部分的測試過程中，一般通過低流量比在高流量檢測時，水量計有較高失去準確性發生的機率。可見正確估算用戶實際用水量，並依水量計的特性選用適合口徑、型式之重要。

依 CNS14866 密閉導管內水流量之測量—冷飲水用水量計，第三部：檢驗法及設備，對器差(measurement errors)釋義

$$\text{器差}(\%) = \frac{\text{水量計指示量} - \text{通過實際水量}}{\text{通過實際水量}} \times 100$$

以流量為橫座標，器差百分比為縱座標，來繪製水量計器差曲線，圖 1 為度量特性-最大許可誤差，深色部分代表水量計的使用合格區域。對新表檢定標準，在下區從最小流量 q_{min} (含)到分界流量 q_t (不含)的流量範圍內，最大許可誤差在正負 5% 以內為合格，在上區從分界流量 q_t (含)到超載流量 q_s (含)的流量範圍，最大許可誤差在正負 2% 以內為合格，超過此規定值為快轉，低於規定值為慢轉，作為判別測試水量計屬於快轉、準確或慢轉。至於使用中之水量計，另依經濟部標準檢驗局 94 年 3 月「水量計檢定檢查技術規範」第 3.9 節規定：「水量計之檢查公差為檢定公差之 2 倍」辦理。依 CNS 標準中，同一標稱口徑但不同型式之水量計，其相對流量值亦不同，最佳水量計型式之選用，一般係以通過水量需符合最小流量至超載流量之間的流量範圍內，以確保計量準確性。

給水方式及進水控制

自來水給水方式大致分為直接給水及間接給水，須視當地配水管長期水壓狀況、地形、使用目的等來決定，原則上配水管水壓能充分供應用戶用水設備所需之水量時，應直接給水，配水管水壓不能達到或短時間需大量用水者，應由用戶自行設置間接用水設備並維護管理。

(一)直接給水：利用配水管之水壓直接供應至用戶給水栓及衛生設備用水。

(二)間接給水：可分以下幾種

1. 直送屋頂(水塔)給水：利用配水管之水壓直送屋頂水塔，再藉由重力供應至用戶給水栓及衛生設備。
2. 壓力水槽給水系統供水：使用加壓泵將水注入壓力槽中，再利用壓力水槽中空氣加壓送水至各用水器具或水塔。
3. 泵給水系統給水：將水由蓄水池以泵加壓直送至各用水器具，一般有台數控制方式及馬達轉速控制方式兩種。

資料來源：94 年中華民國自來水協會論文

4. 重力給水系統：將水由蓄水池以泵加壓至水塔，藉重力向下給水（高層建築或山坡地區，須另設置中間水池）。

一般的進水控制，於直接給水係藉由給水栓及衛生設備之閥門操作藉以調整管路內的流量大小，至於間接給水，不論採取何種方式進水，為了控制蓄水池水位高低，其大部分係藉由水面浮動上下而自動開關閥門之構造，一般可分高壓浮球凡而、定水位閥及電磁閥等加以控制，其中定水位閥係安裝於地下蓄水池進水管上，藉由浮動凡而(3/8" 或 1/2" 浮球開關、安裝於水箱蓋處以便檢視維修)作子閥引導以控制母閥體，當子閥(浮球開關)設定低於水位時始進水，至所需水位時，子閥(浮球開關)關閉，母閥體之背壓室迅速儲壓，即反推活塞閥門而形成關閉狀態，藉以控制蓄水池水位高低。為節省水池內空間與維護方便，定水位閥體一般配置於水池外，安裝前必須先消除管內不潔物(建議加裝 Y 型過濾器)及注意主閥入水之方向。

研究方法

計畫內容

- (1) 實施期間
94 年 3 月 1 日至 94 年 8 月 31 日(計半年)。
- (2) 運用資料範圍與種類
針對北水處轄區口徑 50 至 150 公厘之既設大型水量計用戶，區分不同用水類型(學校、營業、總表及機關共分 4 類，每型計選定 15 只)進行用水模式紀錄。
- (3) 蒐集資料程序
藉由數位化水量計(軸流型豎軸式)上加裝水量紀錄器，針對用戶實際用水情形進行連續密集(至少 1

週，每 1 分鐘紀錄 1 次)的使用流量變化監測，以建置用戶用水資訊及用水模式。

(4) 研究人員定期檢討

經收集之用戶用水資訊及用水模式資料，針對發現異常者，主動聯絡用戶會同實地勘查用水設備，以了解原因及協助用戶改善，研究人員並定期集會檢討，以更專業之精神，針對用戶水量計之特性，以及長年累積下來所造成之沈疴，尋找澈底解決處理模式，提供自來水事業做為業務改進及用戶用水方式(含設備裝置)是否合理之重要參考依據。

資料分析

(1) 平均用水量分析

由密集流量記錄，針對用戶用水型態進行流量分析，對無預警超出者，採取相關事前預防措施。

(2) 瞬間流量分析

依個別用戶記錄區間之流量累積值差異，推算每段區間之瞬間流量，以橫座標為時間，縱座標為瞬間流量，可繪製瞬間流量曲線。一般而言，在用戶用水較少時，會測得瞬間流量最小值，故當夜間大部分人都在睡覺(無用水)，若仍有流量進出，其原因可能是用水設備異常或漏水，應主動通知用戶注意。

(3) 用水模式

- 周期性：用水量隨著時間，規律性的起伏變化。
- 間歇性：用水量隨著時間，時而用水時而停水。
- 持續性：用水量隨著時間，持續不間斷。

資料來源：94 年中華民國自來水協會論文

(4) 進水控制

- 直接用水：藉由給水栓及衛生設備之閥門操作直接調整流量大小。
- 間接用水：藉由蓄水池水面浮動上下而自動開關閥門，常見控制方式為
 - 高壓浮球凡而：藉由水面高低影響浮球位置以控制進水量大小。
 - 定水位閥：藉由浮動凡而作子閥引導以控制母閥體，進而達到開關水之動作。
 - 電磁閥：配合電源控制閥體的開啟與關閉，動作原理與定水位閥相似，主要差異係以電磁閥取代浮動凡而。
- 混合式用水：結合直接用水與間接用水供水方式。

(三) 直接用水戶(無蓄水池)，於進水時落於水量計不感度範圍內比率高於間接用水。

(四) 間接用水戶中，進水採用「高壓浮球凡而」控制者，於進水時落於水量計不感度範圍內比率高於「定水位閥」。

(五) 用水類型(學校、營業、總表及機關)對水量計準確度之影響並不明顯。

應用實例

為掌握用戶用水變化，並依水量計特性選擇適當表種，避免因水量計選用不當，造成無計費水量損失及頻頻損壞水量計情事發生，及儘早發現用戶用水設備異常問題，主動告知用戶，以提昇自來水事業單位之服務形象。

結果與討論

用水模式受用戶用水類型、用水習性、給水方式、進水控制、用水季節、時間等等諸多因素影響而不盡相同，無法概括全面歸類，未來於應用實例上仍以個案處理方式為宜。經統計分析研究結果顯示，整體而言：

- (一) 用水模式分類為周期性用水(圖 2)者以學校(上下課)、機關(上下班)居多，間歇性用水(圖 3)者以總表用水居多，持續性用水(圖 4)者以營業用水(飯店、百貨公司)居多。
- (二) 進水控制方面，直接用水(無設置蓄水池者、圖 5)在大型水量計中所佔數量並不多，至於間接用水，採用高壓浮球凡而(圖 6)控制閥體的開啟與關閉動作所需時間相對較定水位閥(圖 7)長。

(1) 水量計選用不當：

- 無計費水量損失：圖 8 係某辦公大樓(直接用水)連續 1 週用水模式，以 CNS563(約 B 級)標準，對本址水量計準確度進行分析，進水量約有 78% 落於該水量計規定「近似正確流量」點以下(器差-5%以上)，將因進水流量過低導致水量計不感度機率大增而無法正確計量(慢轉)，配合 CNS14866 頒訂，未來類似案例可採用準確度符合 C 級水量計，將可大幅降低不感度的發生。
- 超出水量計限值：圖 9 係某大樓用戶總表連續 1 週用水模式，原裝口徑 50 公厘螺紋式水量計(以 CNS563 最大流量 q_s 限值为 27 噸/小時)，蓄水池採用定水位閥控制，因該址接水點(配水管)壓力偏高，長期最大進水流量約 57 噸/小時，致進水流量超過水量計規定「最大流量」

點，導致頻頻損壞水量計(1 年內表壞更換 3 次)情事發生，經更換為口徑 75mm 豎軸電子式水量計，並調整表後開關，控制進水於常設流量間，已計量正常。

(2) 用水設備異常：

- 定水位閥之子閥(浮球凡而)失靈：圖 10 係某大樓用戶總表連續 1 週用水模式，採用定水位閥作為蓄水池進水控制，因子閥(浮球凡而)失靈無法完全止水(約 1 噸/小時)，當進水至所需水位時將由溢流管排出，造成水資源浪費，經主動請用戶僱工換裝新控制子閥，圖 11 係改善後用水模式，當達所需水位時已完全止水(0 噸/小時)。
- 進水控制不當：圖 12 係某大樓用戶總表連續 1 週用水模式，每日進水次數達 10 餘次以上(過於頻繁)，經會同該址管委會主委勘查，水池設於地下 2 樓(容量 50 噸)，因進水控制不當(每次進水僅約 8 噸)，導致定水位閥啟閉頻繁，已連續多次損壞更換(地上仍遺留 2 只丟棄之定水位閥)，且主委亦表示公共電費長期偏高，疑與水池抽水至水塔次數太過頻繁造成耗電有關，用戶將僱工自行辦理改善。
- 用水設備漏水：圖 13 係某國小連續 1 週用水模式，因於非上課期間，每日下午 7 時至翌日上午 7 時及例假日(含星期六、日)全日，進水量約仍有 1 噸/小時(不尋常)，經會同該校總務科營繕組長勘查，發現 1 處表後用水設備長期漏水，經該校僱工修復，研究小組再至現場確認，於非上課時間，水量計已無再進水。

結論與建議

水量計是自來水單位計量計費之基礎，適當的使用一只水量計，從型式的選擇、口徑的決定、表位的放置、供水設備的組成與操作、供水環境的維護、水量計的檢查與換新、抄表計量的行政作業等等均有密切的關聯性。本研究藉由弓銓公司電子數位化水量計(軸流型豎軸式)上加裝水量紀錄器，進行連續密集的用戶使用流量變化監測，以建置用戶用水資訊及用水模式，進而分析用戶用水變化，作為評估自來水單位採用水量計型式是否適當，及用戶用水方式(含設備裝置)是否合理之重要參考依據，值得自來水事業單位進行推廣，初期建議由大型用戶水量計列為優先實施對象，並全面安裝電子式水量計，搭配記錄器記錄用戶用水模式分析。未來如可配合內政部自動讀表落實於建築物之推動(三表讀表系統整合)，包括能源監控、計量管理等附加價值，以提昇用戶服務品質，更能發揮應有效益。

藉由本次研究建議如下：

1. 配合 CNS14866 頒布，未來用戶水量計採購規範對準確度的要求應予分級，以符實際用戶用水特性。
2. 大型水量計使用品質的良窳，攸關著自來水事業單位售水率與營收的高低，自來水單位應定期檢討大型水量計實際用水情形，對不適合者應主動予以妥適處理。
3. 數位化水量計上加裝水量紀錄器，進行連續密集的用戶使用流量變化監測，值得自來水單位推廣，以提昇用戶服務品質。
4. 自來水單位應依據用戶用水模式及水量計特性，選擇適合口徑及型式水表。

資料來源：94 年中華民國自來水協會論文

5. 實施小區域計量改善漏水，於封閉區域內的大型水量計用戶應先掌握用水模式，避免因不同性質地區（如商業區、工業區、住宅區等）不同用水特性，影響檢測夜間最小流量之準確性。
6. 自來水單位應利用每次抄表機會即時檢視用戶用水設備配置，一旦發現異常主動通知用戶改善，以提昇服務形象。

誌謝

本報告能順利完成，承蒙臺北自來水事業處物料科、業務科及各營業分處全力協助支持，水量計製造廠商「弓銓企業股份有限公司」提供技術指導，於此一併致謝。

參考文獻

1. 王國堅、楊條和、雷添壽、金鐵珊，用戶用水模式之分析，中華民國自來水協會第 21 屆自來水研究發表會，2004. 11. 17，P. 227~230。
2. 鄭國華、廖宜洋、黃騰宏，用戶水表計量異常追蹤管理模式之研究，臺北市政府，民國 92 年 12 月，P1~19。
3. 李泰雄、郭復勝、鄭國華、王明俠，用戶大表計量品質改進之研究，臺北市政府，民國 86 年 6 月，P1~7 及 P85~89。
4. 鄭國華，臺北自來水事業處大表使用品質改進計畫，臺北市政府，民國 88 年 4 月，P30~31。
5. 經濟部，CNS563 B6022「凸緣式水量計」，臺北，經濟部標準檢驗局，民國 85 年 1 月，P1~ 4。
6. 經濟部，CNS14866 B6102「密閉導管

內水流量之量測—冷飲水用水量計」，臺北，經濟部標準檢驗局，民國 93 年 10 月，P1~16。

7. 陳榮藏，水量計使用管理，全國流量計技術研討會論文集，民國 89 年 2 月，P33~35。
8. 楊條和，水量計CNS標準與ISO標準之比對，全國流量計技術研討會論文集，民國 89 年 2 月，P7~9。
9. 郭復勝等，用水設備設計、施工、檢驗作業規範，臺北自來水事業處，民國 87 年 12 月，P1~14。
10. 陳振明，自來水自動讀表系統之建置與應用，中華民國自來水協會會刊，民國 93 年 8 月，P66~75。

11. 日泰凡而工業有限公司
<http://www.z-tide.com.tw/company/index.htm>
12. Michael, M. , Water meters-selection, installation, testing, and maintenance , Fourth Edition, AWWA MANUAL M6, 1999 , P29~72。

資料來源：94 年中華民國自來水協會論文

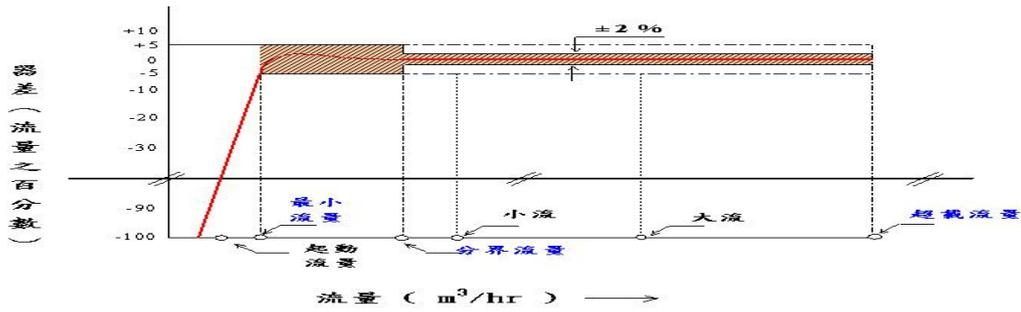


圖 1 水量計度量特性-最大許可差 (CNS14866-1)

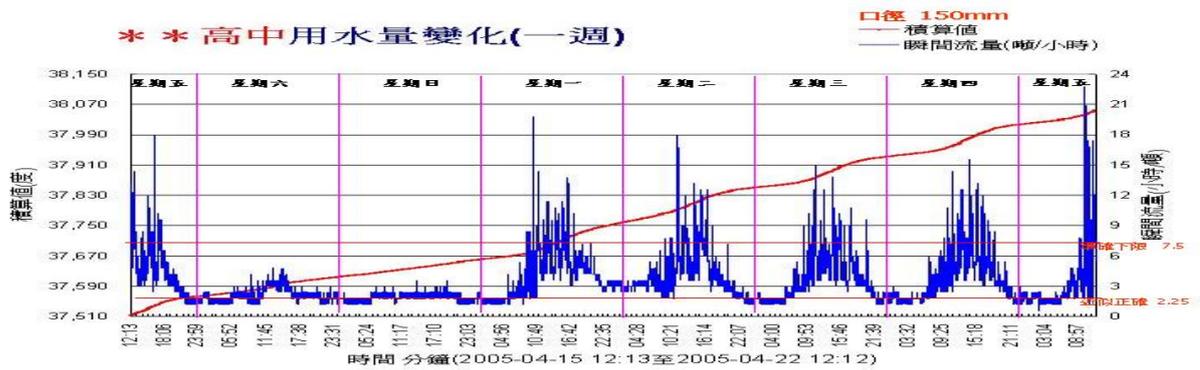


圖 2 周期性用水模式案例

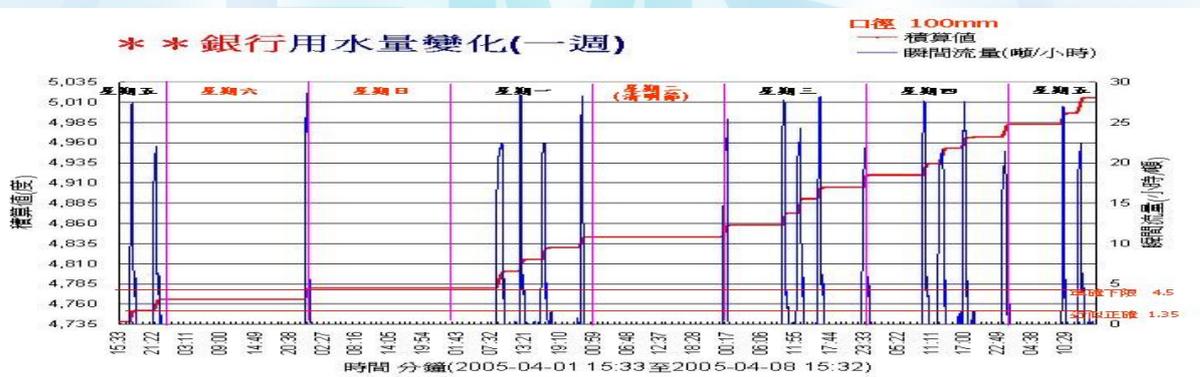


圖 3 間歇性用水模式案例

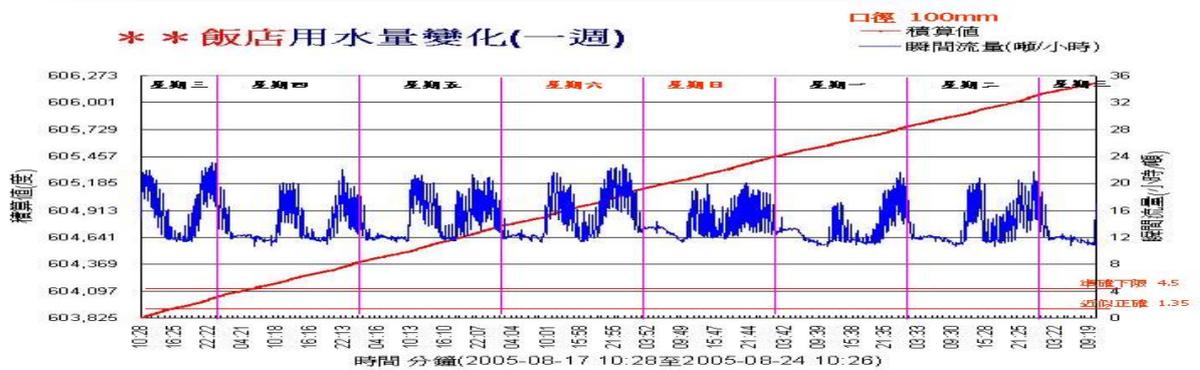


圖 4 持續性用水模式案例

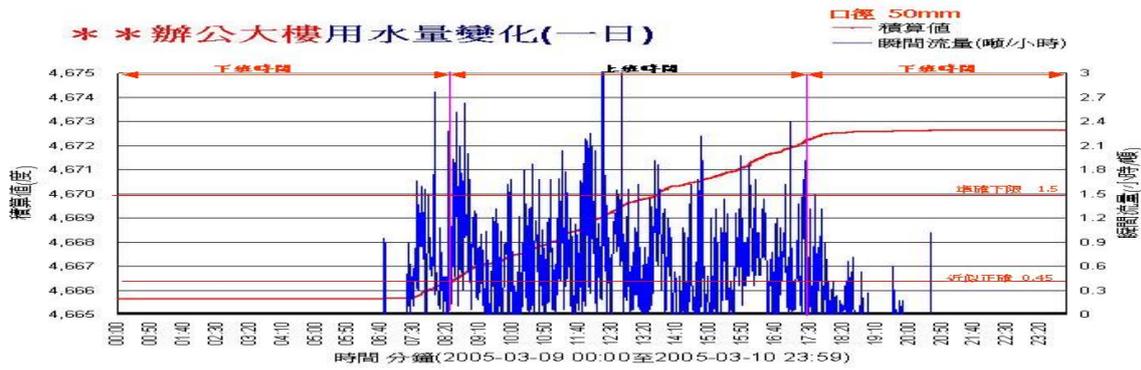


圖 5 直接用水進水模式案例

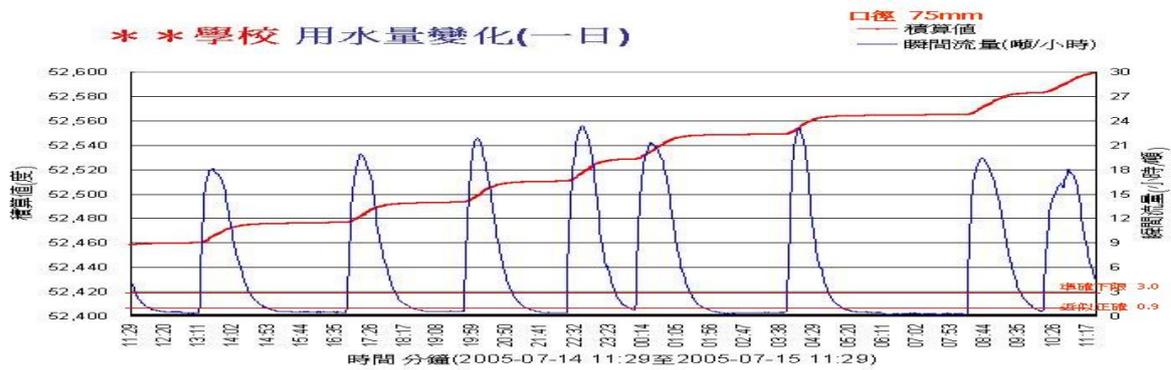


圖 6 高壓浮球凡而控制進水模式案例

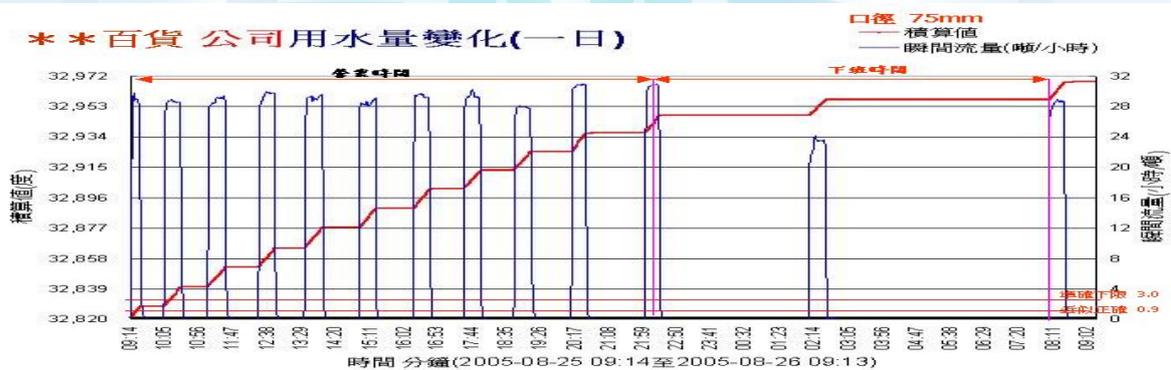


圖 7 定水位閥控制進水模式案例

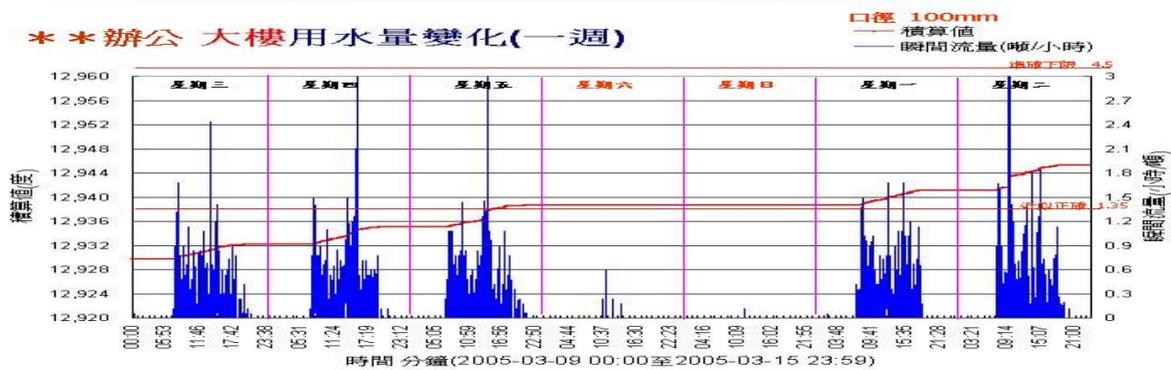


圖 8 水量計選用不當案例 (進水長期低於水量計規定使用流量)

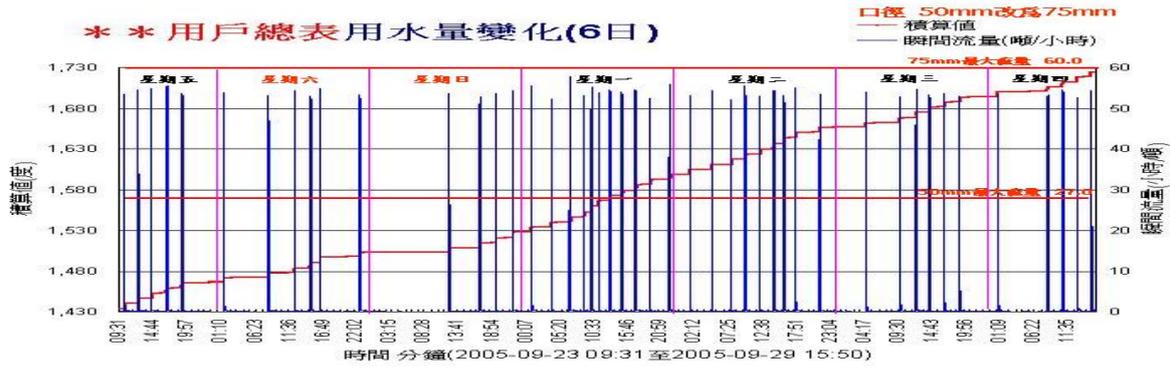


圖 9 水量計選用不當案例 (進水長期高於水量計規定使用流量)

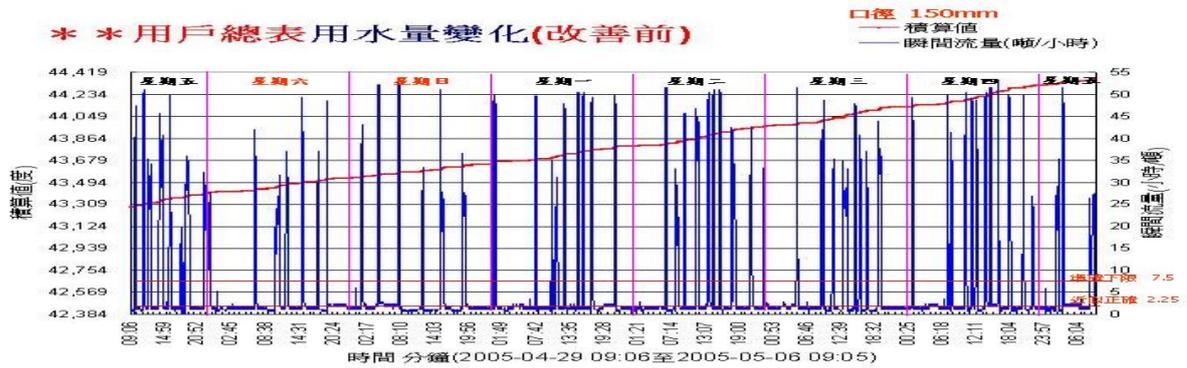


圖 10 定水位閥之子閥(浮球凡而)失靈無法完全止水案例 (改善前)

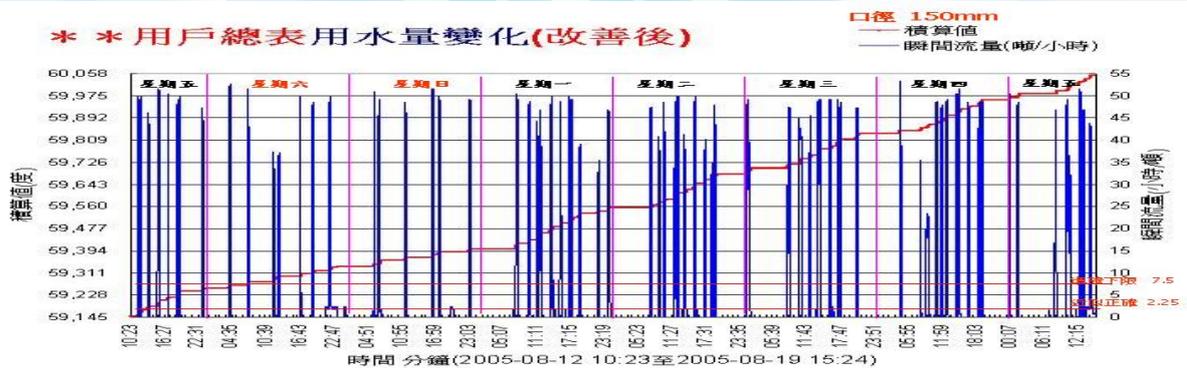


圖 11 定水位閥之子閥(浮球凡而)失靈無法完全止水案例 (改善後)

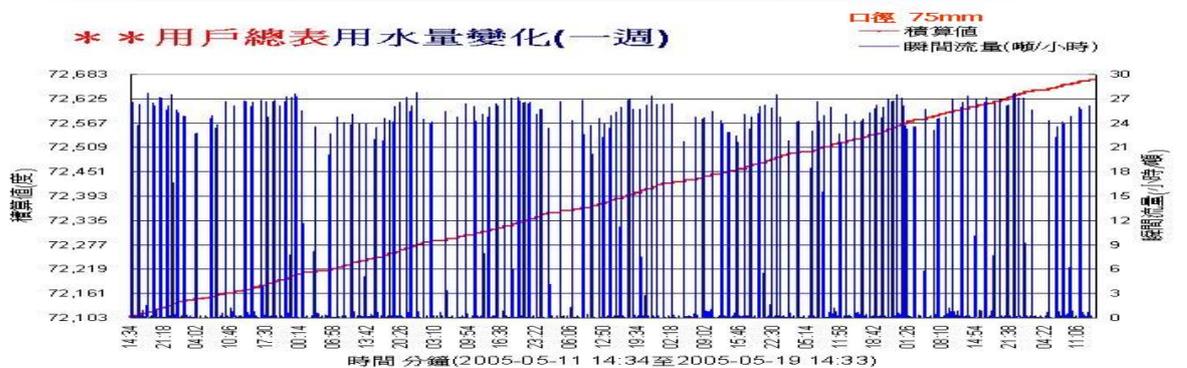


圖 12 進水次數過於頻繁案例 (定水位閥控制進水設定不當)

資料來源：94 年中華民國自來水協會論文

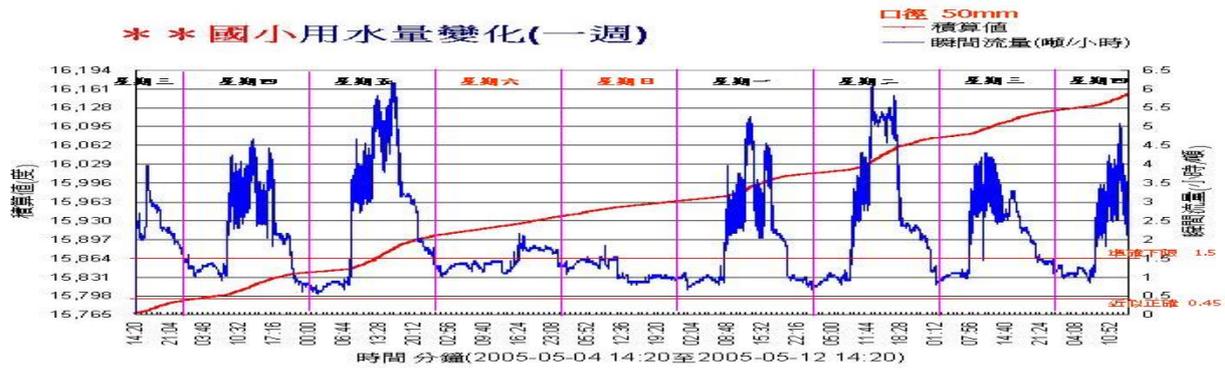


圖 13 用水設備止水功能失靈導致漏水，水池不分晝夜、假日持續性進水

表 1 CNS 563—軸流型豎軸式水量計特性表

單位：m³/hr

口徑		50mm	75mm	100mm	150mm	200mm	250mm	300mm
水量計長	L_{max}	560mm	630mm	750mm	1000mm	1160mm	1240mm	1600mm
最大流量	q_s	30	60	90	150	300	420	610
準確下限流量	q_t	1.5	3	4.5	7.5	15	21	30.5
近似正確流量	q_{min}	0.45	0.9	1.35	2.25	4.5	6.3	9.15
起動流量		0.3	0.6	0.9	1.5	3	4.2	6.1

表 2 CNS 14866—水量計度量等級

等級	水量計界定 N				
	N	A 級	B 級	C 級	D 級
最小流量 q_{min}	N<15	0.04N	0.02N	0.01N	0.0075N
分界流量 q_t		0.10N	0.08N	0.015N	0.0115N
最小流量 q_{min}	N>=15	0.08N	0.03N	0.006N	—
分界流量 q_t		0.30N	0.20N	0.015N	—

表 3 CNS 14866—軸流型豎軸式水量計特性表

單位：m³/hr

等級	口徑 DN	50mm	75mm	100mm	150mm	200mm	250mm	300mm
	水量計界定 N	15	30	45	100	150	250	400
	水量計長 L_{max}	560mm	630mm	750mm	1000mm	1160mm	1240mm	1600mm
	超載流量 q_s	30	60	90	200	300	500	800
	常設流量 q_p	15	30	45	100	150	250	400
A 級	分界流量 q_t	4.5	9	13.5	30	45	75	120
	最小流量 q_{min}	1.2	2.4	3.6	8	12	20	32
B 級	分界流量 q_t	3	6	9	20	30	50	80
	最小流量 q_{min}	0.45	0.9	1.35	3	4.5	7.5	12
C 級	分界流量 q_t	0.225	0.45	0.675	1.5	2.25	3.75	6
	最小流量 q_{min}	0.09	0.18	0.27	0.6	0.9	1.5	2.4