

管理用水量計之整合管理

李丁來、陳郁仁、李宗坤、唐俊成

摘要

水量數據為自來水事業進行產銷差異分析、降低漏水率，及供水調配管理之基礎，然而從水量計選用開始，包括後續施工安裝、驗收品管、維護汰換等作業之良窳，均會影響水量設備之計量品質，導致供水量數據之正確性時常遭人懷疑。本文乃以整合角度探討水量計之管理作業，從水量計型式之選擇、計量誤差及品質控制、安裝施工建議注意事項、水量計數據查核、維護更新之經濟效益等，以提高水量計的計量可靠性及正確性，並減少安裝水量計的整體花費，改善自來水事業單位的計量效率。

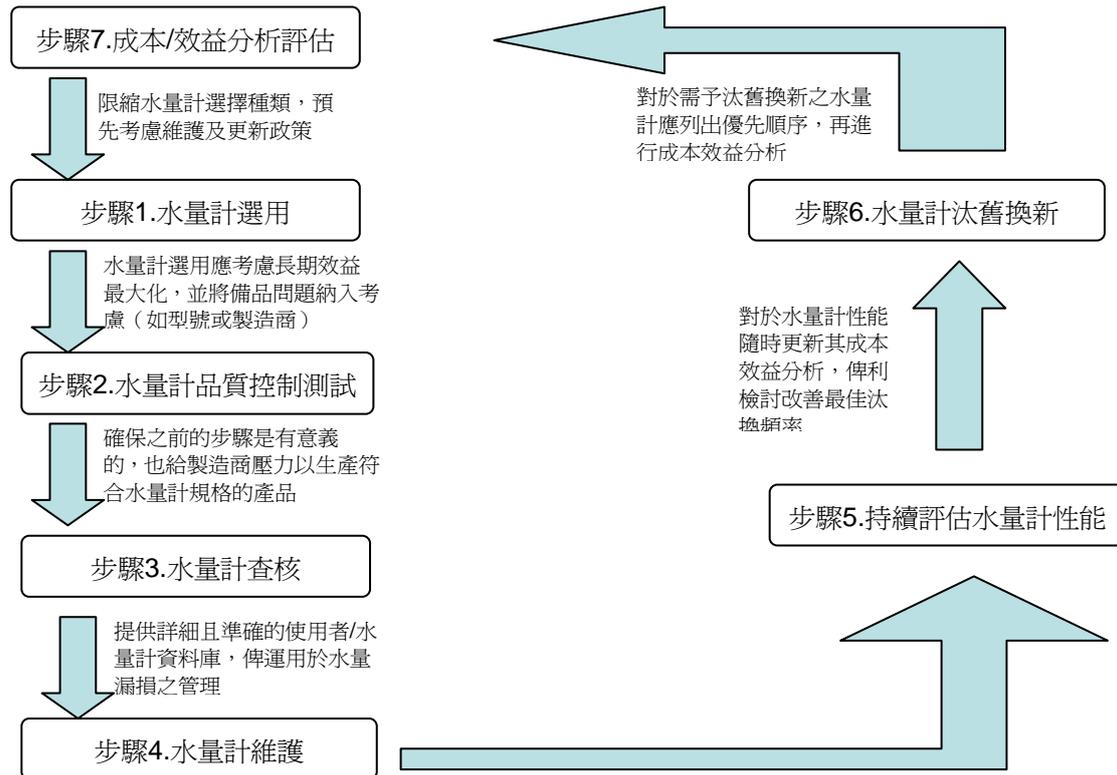
研究結果認為，水量計其選用基準應根據不同的工作環境需求，儘可能經過仔細研究後再予決定。而由於水量計之安裝現場，難以達到理想之裝置環境，因此最好於現場進行不同型式水量計之測試作業，以選擇出最適的水量計而有利於後續維護使用。經過慎選後之水量計，自來水事業單位應確定所選用之水量計能符合原廠之製造規格，而安裝時水量計之度量衡特性參數也應注意維護，一旦水量計開始使用了，便應啟動管理程序，持續追蹤水量計設備的使用情形，以決定最佳的更新頻率。

一、前言

水量數據為自來水事業進行產銷差異分析、降低漏水率，及供水調配管理之基礎，目前自來水事業係派員定期至用戶端進行抄表，量測用水量作為收費依據，其它供水量數據之產生，端賴供水系統中管理用水量計之正常運作，所謂「管理用水量計」依用途可區分為外單位間支受援水量計、淨水場出水水量計、淨水場內水量計、水污染防治措施用水量計、區處間相互支援之水量計、區處內廠所間相互支援水量計、小區管網水量計、原水水量計、配水用水量計(含加壓站使用)等，不包括用戶端水量計。

而從水量計選用開始，包括後續施工安裝、驗收品管、維護汰換等作業之良窳，均會影響水量設備之計量品質，導致自來水事業供水量數據之正確性時常遭人懷疑，因此國內自來水相關單位紛投入經費進行相關研究⁽¹⁻⁴⁾。水量計的運作循環，始於水量計型式之選定，終於水量計之汰舊換新。理想上，自來水事業單位的任何一種水量計都應被個別管理，根據初設成本、操作需求來選擇適用水量計的型式，以期在水量計的生命週期中，能達到最大的使用效益。而水量計型式一旦被選定及採購後，應即進行水量計品質控制程序，此程序非僅限於水量計誤差的測定，也包括驗證該設備是否符合度量衡法相關設備檢定及構造檢驗規範。

水量計被裝設完成後，接續應執行之管理程序包括維護及更新作業，至於抄表數據之管理也很重要，即使水量計的準確度很高，但如抄表數據處理不當，產銷差異水量就會顯著增加。本文乃針對管理用水量計說明其整合管理方法，包括與水量計有關之相關作業和決策，如圖一所示，其目的在提高水量計之計量可靠性及正確性，同時並減少設置水量計的整體成本。



圖一、水量計整合管理相關作業⁽⁵⁾

二、水量計的選用⁽⁵⁻⁸⁾

水量計管理的首要工作，就是針對現場需求選用合適的水量計。選擇水量計時，應將所假設或估計之水量計加權誤差衰退率數據資料納入經濟分析中考慮，而這些數據資料應經過現場所取得的真實數據予以確認。然而選擇水量計時也要考量其他因素，例如水質，管網系統維修頻率及導致需維修之真正原因（會影響管網系統之懸浮固體物出現）等。

2.1 水量計現場測試

大部份的水量計是由複雜機械裝置所組成，故難以事先預測未來的度量衡行為，因此就量測風險觀點，並不宜於整體管網中使用單一型式，因為如果該型式水量計發生功能性問題，將造成嚴重的水量計量誤差。例如某些水量計可能會在安裝一段時間後或非直接與水量計機械設計相關之因素而失去功能，如此，所造成的計量損失可能比只使用單一型式水量計所節省之經費還大。

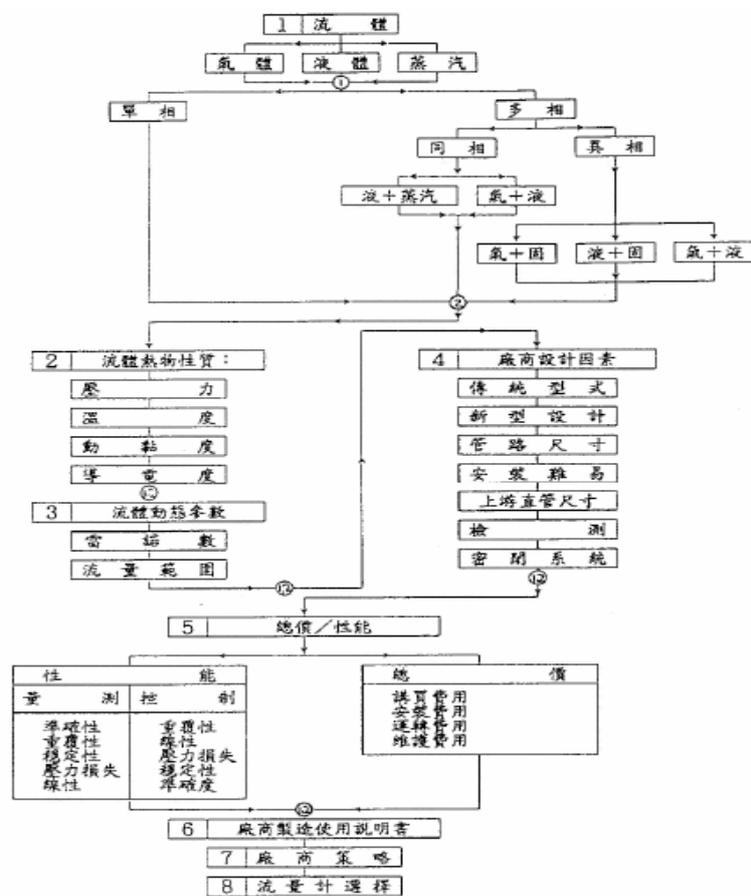
影響水量計的量測功能者，包括水質、供水流量以及水量計的測量技術，例如，水垢生成於容積式水量計之管壁，隨時間慢慢累積後，就會導致其葉輪堵塞；而對於複匝式水量計，一旦繞流回路阻塞，誤差曲線可能就會變成正誤差值。因此，供水區欲大量裝設某種型式水量計前，宜先檢討該型式水量計於現場的計量狀況，最好至少進行 1-2 年相當數量樣本之測試，以預防供水系統中隨時間可能逐漸浮現的潛藏問題。

2.2 經濟性考量

一般而言，水量計的選用與其初設成本和可接受的器差（準確度）有關，自來水事業採購水量計，器差（準確度）在小流至大流範圍內為±2%，選用較經濟之表種，並採公開招標之最低價決標，缺乏考慮水量計存在的器差隨使用時間劣化的問題，其正確的做法，宜從整體性之經濟觀點，分析和評估不同的選擇方案，方屬合理。

水量計之經濟性分析也需考量其他因素，首先，水價是考量選用最適水量計時重要之因素，而且也是決定汰換週期的關鍵因素。一只水量計之計費收入和其初設費用的比值，影響最佳更新周期之決定，也關係該水量計是否採用性能較佳之表種。供水區用水模式之變動也是另一項影響水量計選用的重要因素，從度量衡的觀點來看，由於供水區或支（受）援地區之用水變動可能相當大，使用水量計時，低流量時的計量是否準確，時遭懷疑，因此低流量時的器差敏感度應納入選用水量計時之考量因素。

最後影響水量計選用的因素是汰換週期，管理用水量計因考慮經濟因素，原則上不設汰換年限，但故障不堪修復使用，或修復概估預算超過新表建置成本之1/3，或零件取得不易無法修復等因素，經專業單位或人員鑑定不堪修復者，可考慮汰換。惟如果水量計使用超過20年而未進行汰換，在度量觀點考量下，可能不被接受，因此啓用時間超過15年之水量計，可免經專業單位進行鑑定，由使用單位依規定辦理報廢及汰換。水量計選用參考流程如圖二所示。



圖二、水量計選用參考流程⁽⁷⁾

三、品質控制

就像其他的度量工具一樣，水量計必須在安裝前和使用期限內，通過多項品質控制測試，這些測試的目的，乃在決定此設備的品質及與是否符合度量衡法規的規定，另外也評估此設備的量測能力，以符合現場的需求。

3.1 實驗室內的品質控制

水量計經依規採購後，自來水事業單位必須就其規格品質進行檢驗，雖然水量計在其出廠前都已依據規格標準分別經過最小流、最大流等不同流量測試，然而，水量計仍有可能在運送過程、或經人為竄改、或因製造瑕疵而出現問題。事實上，每一批次運載的水量計，將不會全部符合其原訂之度量衡規格要求，因為水量之包裝是否能吸收運送過程中產生的震動及在交給使用單位前被妥善保護是主要關鍵。

在檢驗所購得的水量計時，必須遵守嚴謹的測試程序，因為這些程序能確保水量計符合標準，也能確保測試具有足夠的不確定性和可重複性。在實驗室中，一定要遵守嚴謹的測試規定，以避免產生錯誤的結果。然而，就速度型水量計而言，即使遵照嚴謹的測試程序，如果測試中所產生的器差和製造商之出廠器差不一樣，就必須和該設備原廠商進行實驗室測試比對，以確認差異原因。

3.2 現場品質控制

對所採購的水量計，除於流量實驗室中進行品質測試外，也宜擬訂現場測試標準作業程序，可使水量計在可控制的條件下運作，進而獲得相關數據提供日後水量計選用的參考，這些現場測試項目應包括：

- (1) 最小流時之量測能力。
- (2) 水質、管網操作壓力、濕度、溫度等操作條件之適用範圍。
- (3) 尖峰流量及需水形態變化對於水量計機械性能劣化的影響。

現場操作人員常使用的方法，就是連續安裝數個不同的水量計，以進行比較。這是一種有用的方法，可在相同操作條件下，對不同的水量計性能，進行評比。然而，有幾項因素需予考量。首先，是需水形態可能發生改變，因為連續安裝數個水量計，會增加管線中整體壓損，影響末端管線最大流測試。再者，要考量的是，該方法主要仰賴所採用水量計之度量行為，然事實上不同型式的水量計有其度量特性，因此水量計量測成果也會有所差異。

另一種執行現場測試之替代方法，就是設置一個參考水量計，以利比對，然而其缺點是會造成究竟何者才對之混淆結果，因此此法具有相當的不確定性，主要係與參考水量計之度量特性，以及測試過程中的實際作業程序有關。

四.水量計的安裝

為確保量測的品質，任何量測設備之要務是安裝。水量計必須被正確安裝，以確保其度量性能，以及保護設備避免受損。實際上，當水量計被安裝後，就應思考如何讀取計量結果及進行維護水量計之工作。規劃、設計水量計時，必須考慮水質狀況、尖離峰水量(大小流)、未來水量變化、流速、口徑、水壓、輸水模式、水頭損失、管線配置及現地環境等因素，由於考慮因素甚多，為利安裝施工

之標準化，自來水事業宜頒布水量計施工規範，供水量計相關規設人員參考，俾擇定適用水量計種類，使安裝位置盡量符合其上、下游直管長度之要求，以期降低不穩定流場對水量計正確計量之干擾。因此，應針對不同型式、不同口徑、用途等水量計，訂定安裝需求，以確保測量品質⁽⁵⁻⁷⁾：

- (1) 除了容積式水量計外，多數的水量計對水流速度剖面變形相當敏感，這就是為何水量計於安裝前需要有足夠長度管線(視水流速度剖面變形來源而定)的原因，以確保計量準確。其安裝需求，視不同水量計的量測特性而定，並將水量計原製造廠商的建議納入考量。
- (2) 具運轉部件之機械設備，如安裝時產生偏差，將增加摩擦力和降低低流量時之計量能力。因此當自來水事業單位發現水量計的安裝空間不足時，此時應安裝可適用於所有位置的水量計。如此，將能改善短期低流量之量測問題，也能增加水量計的使用壽命。
- (3) 有些水量計型式(如容積式)對水流中雜質顆粒相當敏感，因此在水進入水量計本體前宜先予濾除。
- (4) 如果供水區時常發生停水事故，或高地區發生氣塞問題，則最好於水量計上游處增設排氣閥，以防止空氣在水量計內循環，而使葉輪產生高轉速。
- (5) 水量計進行汰換時，需將施工區域隔離，以避免影響供水系統內其餘區域供水。
- (6) 水量計計量效能將隨使用時間而衰退，因此在安裝時即應考慮預留未來於現場進行校正之空間及設施(例如繞流管及控制閥)。
- (7) 所有電子儀器設備應防範閃電所導致之電壓突增負荷，並給予避雷保護。
- (8) 水量計的計量結果，如果無法目視讀取，則可以遠端監視方式替代，惟應考量建置遠端監視系統之經濟性及低耗電要求。
- (9) 水量計之安裝應考慮未來維修及汰換所需空間，並滿足增設資訊傳輸、脈衝射極、壓力計等額外空間需求。

五、水量計系統查核

符合需求的水量計系統，非僅數量之增設，尚需考量下列因素：

- (一) 水量計計量裝置被人為竄改，可能面臨水量數據遭做假問題。
- (二) 安裝情況是否能符合該型式水量計之規格要求。
- (三) 水量計操作成效是否隨著時間而改變。

自來水事業在進行供水系統產銷管理時，應針對異常流量偏低者進行查核，以避免水量計裝置被人為動手腳竄改，最好與警報訊號連結，以警告自來水事業值班操作人員注意異常數值之出現。安裝水量計後，也應注意進行復查，以了解現場操作情況是否符合該水量計的規格要求。而抄表數據之管理也很重要，即使水量計的準確度很高，但如抄表數據處理不當，產銷差異水量就會顯著增加，因此也應對供水管理之抄表作業品質賦予關注⁽¹⁰⁾。

已裝設完成的水量計系統最好建立日常查檢表，以協助自來水事業操作人員迅速查覺水量計可能異常問題，如果運用適當的資料庫系統，將這些搜集的水量

計數據資訊置入，就能使用於交叉比對各項操作指標，以利供水操作，水量計日常查檢要項如表一所示，可用於每個水量計進行現場例行性查核參考，也可用於大用水戶水量計之查核。

表一、裝設完成的水量計日常查檢要項⁽⁵⁾

水量計簡述
1. 操作原理或技術
2. 度量衡等級
3. 製造廠商資料—型號、品牌、製造年份、口徑、標稱流量
4. 水量計健全性（防竄改、封鉛情形）
5. 可否連接脈衝發射器線路
安裝特性
1. 水量計上、下游管線的口徑及材質。
2. 獨立控制閥的位置、型式及口徑。
3. 水量計上、下游直管長度。
4. 周遭環境（濕度、灰塵）情況
5. 讀表難易及安裝位置（垂直/水平/角度）
6. 表前濾網或整流器情形
7. 現場校正空間及設備

自來水事業負責查核水量計的人員，應注意水量計是否故障或被人為動手腳，且也要注意鉛封是否完整，以確保水量計與原廠規格相同。尤其是常被他人為竄改的積算器，需細予查核。如果水量計安裝上脈衝發射器，則應註明傳訊系統的電流強度（mA）、電壓（V）、和頻率（Hz）等輸出信號。而水量計安裝是否正確也很重要，尤其是安裝狀況（水量計接管材料和直徑、水量計前後直管長度、可能扭曲水流速度剖面的閥及附屬管件）。如果表前有裝設濾網保護，免受懸浮固體物影響時，則最好將資料登錄，以作為日後評估效能的參考。

不可否認的，自來水事業要投入許多努力，才能取得大量的資料進行分析，尤其初期階段，需要投入大量的工作於資料收集及建立資料庫，過此時期，只要定期更新即可，在短、中期以後，將可由經營效益提升而獲得回報。可將水量計設置地點納入 GIS 系統，並將 GIS 資訊與供水系統操作資訊如水質、破管數、管網壓力、及水量計表差衰退率等連接，以建立相關性資料庫。

最後，要查核的是水量計大小是否適合現場需求，現場顯示之流量應該要界於大、小流範圍，避免數值太高或太低。一般管理用水量計，應根據所需計量範圍來選用，而不應根據管徑，最可信賴的方法，就是建立現場之流量型態。

六. 水量計的維護更新

6.1 水量計的維護

依據「自來水設備檢驗辦法」⁽¹¹⁾規定，水量計需辦理日常檢驗及定期檢驗，由於水價長期偏低，所以自來水事業單位對於水量計之維護觀念，基本上是採取被動維護的作法，頂多定期檢查水量計是否故障或窰井積水，然後依程序進行維護，或進行水量計現場（含窰井、配電箱等）清理、整頓及維護清潔，尚難定期進行水量計校正。

如果水量計係電子式者，由於設備費不低，因此在保固期外，常僅進行部份機械零件之更新。因此為了節省電子式水量計之整體維修費用，可考慮在採購時，納入較長年限的維護合約，以進行計量模組和電池的汰舊換新，此種維護作

業，包括現場校正，其花費通常比購買一個新水量計費用還低，整體而言可減少水量計的年維護費用。

6.2 水量計的汰換

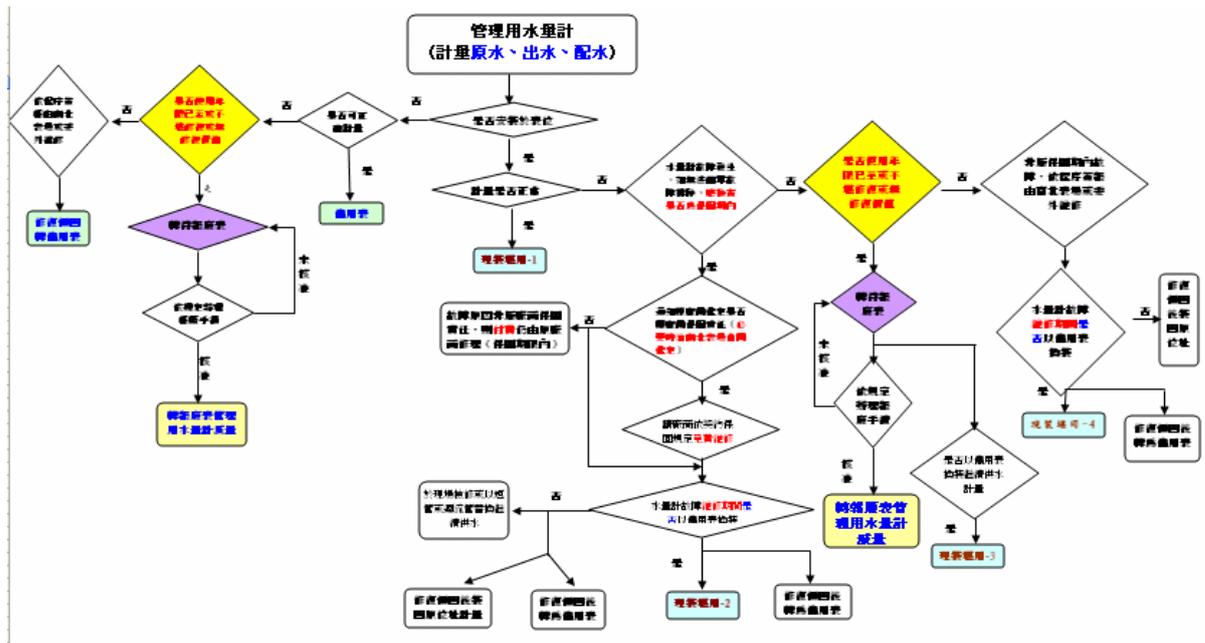
自來水事業內如何有次序的、理性的，進行水量計的汰換，無疑是一項複雜的作業。首先，應依其用途及對自來水事業營運之重要性區分其汰換之優先順序，尤其對於大口徑水量計，其所需經費高，更應精打細算，對於不同型式之水量計建立其最佳經濟模式，以協助建立優先順序，影響水量計汰換頻率之因素如下：

- (1) 水量計的購置成本。
- (2) 支受援水價。
- (3) 表差曲線的衰退率。
- (4) 用水量，尤其是在低流量時。
- (5) 施工費。
- (6) 高水量計購置成本和施工費，將增加其汰換年限。
- (7) 高用水量，將縮短其汰換年限。
- (8) 表差曲線的衰退率愈高，將縮短其汰換年限。

針對大型水量計的汰換，其策略必須因水量計型式不同而異。首先，應進行該水量計的個別研究，取得該水量計相關維護、計量效能、以往水量計查核結果等數據資料，以利選定其獨特汰換頻率。將所收集資料，搭配供水計量區之用水特性、安裝狀況和水量計特性及停用或維修頻繁水量計等資料，皆有助於水量計的選用。

自來水事業進行水量計之全部和定期汰換，需要事先仔細規劃，小心的分配資源。一般自來水事業常僅汰換那些可能嚴重劣化的水量計，然後再進行大規模的更新作業，惟此種作法表示缺乏規劃，如果所選擇的水量計(通常是最低價的)，其設計有瑕疵，將會造成重大的經濟損失。因此，如果自來水事業選擇單一型式水量計進行大量的汰換作業時，則應確定其計量性能是否符合該供水區特性需求，以避免某些水量計在施設 2-3 年內，就因為某些情況(例如水質)因素，而不能執行良好的計量功能。

因此，在擬訂水量計汰換計畫時，考量供水區特性因素，建議不宜只限選擇某種型式，而宜多樣化，以降低「將雞蛋放在同一籃子」的風險。並對於施設後之水量計，進行計量可靠性的統計研究，以比較不同水量計之表差曲線及性能差異。於發現水量計故障，其故障維護作業程序得參考圖三辦理，如須進行汰換時，依對自來水事業營運管理之重要性，優先次序⁽¹³⁾可為外單位間支受援水量計>淨水場出水水量計>淨水場內水量計>水污染防治措施用水量計>區處間相互支援之水量計>區處內廠所間相互支援水量計>小區管網水量計>原水水量計>配水用水量計(含加壓站使用)。



圖三. 管理用水量計故障維護作業程序⁽¹³⁾

七、結論

水量計的管理，包括數項影響自來水事業計量系統性能表現的因素：

- (一) 水量計的選用，應該根據不同的現場環境需求，小心研訂選表標準，尤其供水區用水特性應儘可能詳細研究，以建立用水型態曲線。
- (二) 由於最佳水量計之選定，存在很大的不確定性，因此最好於現場進行測試，並選擇多樣化的水量計，以利評估最適用的水量計，利於後續維護管理。
- (三) 水量計一旦經選用，自來水事業就應確認實際所施裝者，是否能符合製造廠商之規格要求。
- (四) 應採取適切的步驟進行安裝，以維護度量的正確。
- (五) 一旦水量計安裝啓用，管理程序就要能掌控水量計的表現，及決定最理想的汰換頻率。

參考文獻

- 1.張斐章、陳彥璋、楊翰宗(2002)大型量水設施流量量測之研究, 台北自來水事業處委託研究報告.
- 2.張斐章、陳彥璋、楊翰宗(2002)長興淨水場、公館淨水場及直潭淨水場(第一座淨水設備)大型流量計之校驗, 台北自來水事業處委託研究報告.
- 3.劉家堯、謝發清、張然武、郭復勝、林忠雄(2003)水量計選擇及維護, 中華民國自來水協會.
- 4.財團法人工業技術研究院量測技術發展中心(2007)供水管理計量準確度提升計畫, 台灣自來水股份有限公司委託研究報告.
- 5.Arregui, F., Cabrera Jr.,E. and Cobacho R. (2006) *Interegrated water meter management*. In *Interegrated Water Meter Management*. Arregui, F., Cabrera Jr.,E. and Cobacho R.Ed.; IWA Publishing, London , UK, pp126-136.
- 6.American Water Works Association (1999). *Water Meters – Selection, Installation, Testing and Maintenance*. AWWA Manual M6.
- 7.台灣自來水股份有限公司(2009)管理用水量計之設計、安裝、施工報告.
8. Johnson, E.H.(2001) *Optimal water meter selection system*, Water SA Vol. 27 No. 4,pp481-488
9. American Water Works Association (2006). *Flowmeters in Water Supply*. AWWA Manual M33.
- 10.台灣自來水股份有限公司(2009)台灣自來水公司供水管理抄表及產銷差異檢討作業要點.
- 11.經濟部(2003)自來水設備檢驗辦法.
- 12 台灣自來水股份有限公司(2009)台灣自來水公司淨水場設備保養維護作業準則.
- 13.台灣自來水股份有限公司(2009)台灣自來水公司管理用水量計維護作業要點.