智慧電子水表管理應用之探究

楊崇明[1]　蘇政賢[2]　林志勳[3]
[1]國立中山大學企管碩士　[2]國立嘉義大學管理學碩士　[3]長榮大學翻譯學系碩士班

摘要

近年來，油電能源的議題受到國人高度重視，因為油電能源與我們的生活息息相關，但是對於人類生命中無法或缺的元素，水資源，卻是容易被忽略的。中央政府所倡提的「四省」，其中油電能源可以被取代，水資源卻是無法被替代，因此我們對於水資源的管理必須採取積極的態度。有鑒於此，水資源的管理乃須全民動員，舉凡政府機關、學校單位、家庭住戶等，皆須投入一份心力，共同為了生活基本水權努力。智慧電子水表是伴隨著現代計量技術、通資訊技術，並且配合社會發展的需求而演進。因此，本研究將探究智慧電子水表除了提供流量資訊與計量管理功能，政府機關、學校單位、家庭住戶應如何運用智慧電子水表提升水資源管理效益。舉凡用戶用水管理計量、小區管網(DMA)、政府機關與校園節水減碳等，均能利用智慧電子水表的建置達到管理效益。本研究探討智慧電子水表的多元應用，提出水資源管理的新思維，期待能對水資源管理帶出不同的管理概念，並且對台灣水資源管理帶出不同的啟示。

關鍵詞：智慧電子水表、水資源管理、小區管網、節水減碳

一、前言

1.1　研究動機與目的

水，生命中不可缺少的元素，卻鮮少得到應有的重視與管理，人們除了在生活中面臨嚴重水荒時，珍惜乾淨水源的議題才會浮現於腦海。過去 20 年來，水資源的取得與使用都不會對我們的生活產生危機，但是仔細細數過去 5 年來，全球水災、旱災等天然災禍，發生的頻率越來越快，出現的區域也越來越極端。水資源如何有效運用及其計量如何有效掌握控制，為水資源運用最重要的一環。由此可知，水資源管理的議題已經正式浮上檯面，且得到應有的重視。除了了解水資源管理的重要性，我們也需得知管理水資源的工具，水量計(俗稱水表)，因為沒有精確計量，便無管理可言。如何運用品質良善與高效性能的水表從事水資源計量管理的工程，提升水資源管理的經濟效益，將是改善用水管理的重點（楊崇明，2010）。但是，水量計在民眾生活中的能見度幾乎是零，因為水量計的建置地點多是人們難以察覺的地點，如地底下及窨井，加上台灣水費低廉，因此水資源管理與水量計應用的連動關係並不被重視，故本研究探究台灣現行水量計的應用與現況，期望本研究對於台灣水資源管理的重要利器----水量計，所提出的建言能對台灣水資源計量管理發展有所貢獻。

1.2　研究方法

一般而言，水量計可概分為機械式水量計與電子式水量計。有鑑於水量計在水資源管理與計量扮演不可或缺的角色。本研究首先簡述水量計在台灣的發展歷程，並且探討電子水量計多元的計量管理與實務應用，展開台灣水資源管理重要利器的面貌。

因此，本研究的方向如下：

- 彙集國內外水量計的研究分析，簡述水量計的發展歷程與現況。
- 根據自來水事業單位、政府機關及校園單位、家庭用戶提出智慧電子水表的最佳應用方案。

二、文獻探討

2.1 水量計發展歷程

台灣水量計緣自日據時代開啟，當時機械式水量計（簡稱機械水表）為自來水事業單位用水計量的主流，機械式水量計製造業生產之發展模式，約略可分為 4 個時期（如圖 2.1），日據時期開展的萌芽期、民國 45 年~70 年間則為成長期、民國 75 年~85 年則為機械式水量計製造的成熟期（蘇政賢，2008），機械式水量計製造商的製造能力此時也漸趨成熟，但是機械式水量計只能呈現累積用水量的數據，且過往大型口徑水量計(50mm~300mm)的故障率高，體積龐大且笨重、人工抄表成本過高、不當表位的安裝、精準度受限、技術發展的侷限，無法替水資源管理創造管理效能與經濟效益，於是大型口徑機械式水量計的發展逐日被淘汰。至於小型口徑機械式水量計(15mm~40mm)的製造廠商，多受限於台灣市場需求故仍持續生產機械型水量計。觀諸全球水量計發展潮流與水資源科技管理日受重視，2009 年開始國內逐有廠商朝電子式水量計的研發與生產，以期為台灣水資源管理帶往另一個水紀元。

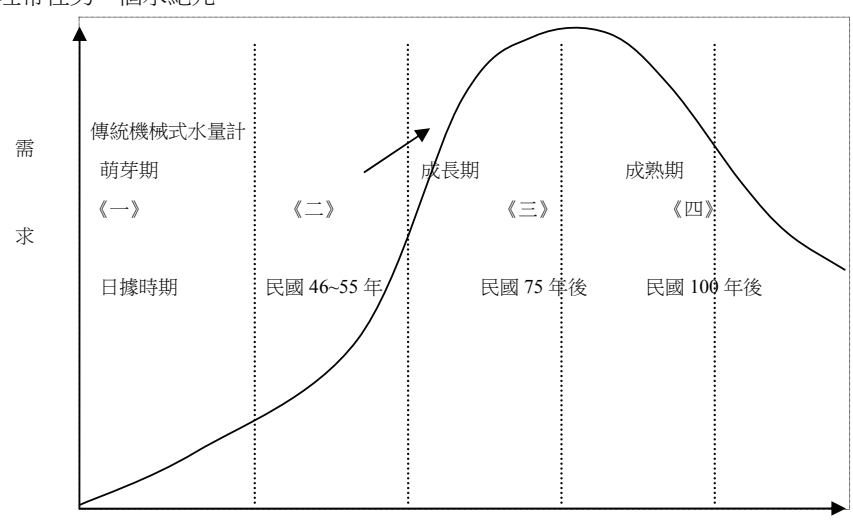

圖 2.1 大型口徑機械型式水量計製造業生命週期

台灣水量計生產的標準皆參照國際標準化組織 ISO 4064 的標準，並且擬定適宜台灣水量計生產的規範，即為中國國家標準 CNS 14866。CNS14866 涵蓋了水量計規範、安裝與使用、檢驗設備與方法等規定。民國 101 年開始，ISO-4064(2005 年版)與 CNS 14866(2012 年版)的修定，以替台灣電子式水量計的發展建立新的規範，電子式水量計發展的世代也正式的開啟。

2.2 電子式水量計的定義與分類

2.2.1 電子式水量計的定義

電子式水量計（又稱電子水表），為用水收費重要的法制計量儀表。國內水量計製造依循國家標準 CNS 14866：101 將水量計定義為「積算量測的儀器，不論其技術，可連續測定流過之水體積之水量計」（經濟部標準檢驗局，2012）。國際法定計量組織（International Organization for Legal

Metrology, OIML）則定義水量計為「一種儀器在測量條件下可用於連續地測量、記憶及顯示流經量測感應轉換器的水量」（OIML, 2006）。電子水量計(Electronic Water Meter)，有別於藉由齒輪帶動產生計量原理的傳統機械式水量計，電子式水量計則是利用電子元件感測葉輪轉動，並以電子積算電路與軟體程式計算計量，因此不會產生因齒輪磨耗導致計量誤差現象，維持計量準確度，並且有下列四種應用功能：(1)建置無線（GSM/GPRS）/有線（ADSL/PSTN）數位通訊，自動抄表（2）自備電源，停電仍可正常計量（3）多重智慧管理與紀錄功能，自主判斷用水現況（4）連接監控設備，遠端控制（5）建置自動讀表（AMR system），進行管網監控（維基百科，2012）。

電子水量計的分類

水量計可分成四種類型（如表 2.1）：(一)機械式水表、（二）機電一體式電子水表、(三)機電一體式電子水表、(四)全電子式水表

- 機械式水表藉由齒輪帶動機械結構產生計量，易產生齒輪磨耗導致計量誤差，並隨著使用年限增加，齒輪傳動機構的磨耗，齒輪將會慢轉與計量嚴重偏差。
- 附加式電子水表以機械式水表為計量基礎，並於水表端裝設感測模組透過訊號發射器傳遞流量數值，由於本體為機械結構，依舊存在機械表齒輪磨耗問題，且水表表值接收端跟脈衝數值易發生流量傳輸斷訊，並導致流量資訊傳輸不同步。
- 機電一體式電子水表則是應用電子元件感測裝置，以數位微電腦作為流量計算的為基準，大幅提升計量精準度，同時加強量測可信度。此外，機電一體式電子水表採用乾式計量結構設計，無雜質異物卡住齒輪、無機械齒輪磨耗，不會衍生計量遲緩問題，同時具有數位編碼訊號傳輸與智慧型微電腦控制管理功能，搭配智慧型多元管理功能，可監測漏水、進行用水頻譜與用水型態分析，並可用於建置自動讀表監測系統，管控異常用水。
- 全電子式水表則是以電子元件感測原理量測水的流速，透過電流或電壓的訊號換算流量資訊，無機械元件磨耗問題，擁有數位編碼訊號傳輸與智慧型微電腦控制管理功能，可應用在自動讀表監測系統，惟售價偏高，因此使用於家戶型用戶與整體成本效益不符。

表 2.1　水量計綜合分類比較表

	機械式水表	附加式 電子水表	機電一體式 電子水表	全電子式水表
計量原理	齒輪帶動機械結構原理計量	機械式水表為基礎，外掛RF發射器/光電讀表器/脈衝輸出器，積算用水量	運用電子元件感測葉輪轉動，並以電子積算電路與軟體程式計算流量	運用電子元件量測水的流速進而換算成流量
應用特點	價格便宜	較機械水表增加了訊號傳輸功能	■ 更佳的線性度及靈敏度 ■ 乾式結構 ■ 多元智慧型管理與紀錄功能 ■ 非磁傳動，防磁干擾	無機械元件磨耗問題
應用缺點	■ 機構或齒輪產生磨耗問題，計量準確度隨使用時間產生計量誤差 ■ 易受磁鐵干擾 ■ 無資料傳輸功能 ■ 無智慧管理功能	■ 機械表齒輪磨耗問題 ■ 附掛脈衝訊號傳輸彈跳及資料不同步，導致計量失真 ■ 易受磁鐵干擾 ■ 易受雜訊干擾	價格略機械表高	價格昂貴；靈敏度不高
傳訊效益	無	脈衝、無線電傳輸	■ 偵測用戶內部管線漏水 ■ 自我診斷功能、判斷故障原因 ■ 自動讀表應用，節省抄表人力、同步現場即時資料 ■ 進行用戶用水模式分析 ■ 數位編碼信號輸出，可連接各種傳訊設備，應用於PLC或即時監測與計量管理系統	
價格	較低	低	中	高

根據上述水量計分類可知，機械式水表易因齒輪產生磨耗導致計量誤差；附加式電子水表則仍以機械式水量計齒輪傳動原理產生計量，傳動機件依舊存在磨耗問題（林進其，2010）。機電一體式電子水表則沒有齒輪磨耗問題，不因雜質異物造成齒輪損壞，並以電子元件感測裝置、乾式計量結構，大幅提升計量精準度，增加量測可信度，同時兼具全電子式水表的計量與智能管理功能，已廣泛應用於產業界、校園、智慧型住宅、市政大樓、用水節能自動化管理…等。小口徑的全電子式水表雖然無機械元件產生的磨耗問題，但因價格昂貴，對於自來水事業單位、政府機關、產業界、校園、家庭用戶的建置與應用，難以達到使用與經濟效益的平衡，故目前難以適用於家庭用戶計量。因此，根據表 2.1 所彙整的資料，根據計量原理、應用特點與應用缺點、傳訊效益、價格評比，目前國內用戶計量或節能管理需求者，大多建置機電一體式電子水表。

三、機電一體式智慧電子水表應用

3.1　多元智慧管理 LCD 電子顯示積算盤

機電一體式電子水表與傳統機械式水表最大差異除了運用不同計量構造原理，機械式水量計僅能呈現以齒輪帶動計算流量累計值（如圖 3.1），然而本文所研究的機電一體式電子水表不只有 LCD 電子顯示機算盤顯示累積流量，且附加多重智慧管理功能，如瞬間流量、漏水警訊（漏水天數及漏水量）、電池用量、防竊水功能，以及漏水天數、負載（靜止）天數、反向天數、磁干擾天數、電

力不足天數（如圖 3.2）等的進階水資源管理與紀錄功能。機電一體式智慧電子水表新創的多元智慧管理功能除了能大幅提升水資源管理效益，還能解決抄表困難、改善不當表位、提高抄見率、提升售水率。

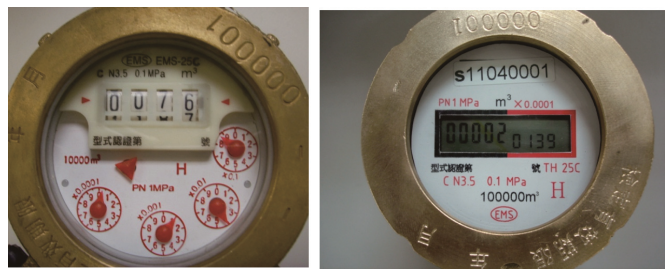

圖 3.1　機械式水量計與電子式水量計顯示面盤之比較

	漏水天數：紀錄水流連續流動的天數。（用戶可利用夜間定時記錄功能，計算管線漏水量）
	負載天數：　累計水量計運轉的天數。
	靜止天數：累計水流靜止的天數。（管線轉接至無水流管線，電子水表能記錄無計量天數）
	反向天數：累計水量計反向運轉天數。（電子水表如果被反接時，依舊能夠正常計量）
	磁干擾天數：累計磁場干擾的天數。（用戶利用磁鐵干擾電子水表計量時，電子水表將會自動偵測受干擾天數）
	電力不足天數：電力不足LCD 自動顯示電池符號外，也會累計電力不足天數。（避免電力不足，電子水表自動發出警訊與剩餘電力天數）
	開關次數：流體由靜止轉成流動，再由流動轉成靜止，開關次數會增加一次。（電子水表能偵測用戶屬於直接供水或是間接供水）

圖 3.2　多元智慧管理 LCD 電子顯示積算盤

3.2　傳統機械式水表齒輪磨耗

機電一體式電子水表的 LCD 顯示積算盤為直讀式（absolute-reading）、乾式構造（dry-type），抄表人員能夠直接讀取用戶用水資訊，也不會有如同溼式構造（wet-type）機械式水量計，會因水質汙垢加劇齒輪磨耗問題（如圖 3.3），並因積算盤面汙損，導致顯示位數難以辨識（如圖 3.3）。除此之外，機電一體式電子水表雖為乾式構造，卻不會如傳統機械式水表乾式構造積算盤會因瞬間

流量過大導致磁鐵帶動不同步，產生計量誤差。機電一體式電子水表改變傳統機械式水表的計量原理，國內業者首創非磁傳動（Non-Magnet Drive）零件技術，不同於一般乾式構造水表積算盤會因磁鐵干擾影響計量準確度，因此機電一體電子式水表的設計能大幅提升計量準確度與可信度。

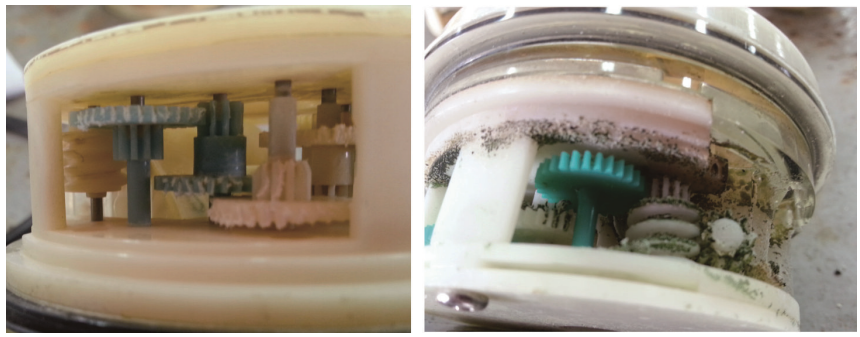

圖 3.3　齒輪磨耗、斷裂圖

3.3　電子水表應用於自來水事業單位

3.3.1　用戶計量收益

目前家庭用戶用水計量的建置多採用 B 級機械式水表（50 口徑以下，不含 50mm 口徑），然而國內電子水表製造能力已能符合 C 級等級。根據民國 99 年台灣自來水公司與臺北自來水事業單位統計資料指出，台灣自來水公司轄區口徑 50mm（不含）以下的用戶數約為 99.65%，用水比率約占 70.44%；臺北自來水事業處 50mm（不含）以下的用戶數約為 99.54%，用水比率約占 66.69%。由此可知，用戶計量收益對於自來水事業單位的經營效益相當重要。

國際水協會（International Water Association,IWA）出版的「水量計整合管理（Integrated Water Meter Management）」文中指出，B 級水量計若經汰換建置為 C 級水量計，其產生的計量差異高達 3.6%；根據國內水資源研究中心串連 B 級機械水量計與 C 級電子水量計的用水差異性分析得知，精確度較高的 C 級計量水量計較 B 級計量水量計的售水率提升約 8.42%。倘若以至少提升售水量 3%計算，民國 99 年台灣省自來水公司全年水費收益達到 240 多億新台幣，其中小口徑 50mm（不含）以下的用戶收費約佔 70%，經換算之後用戶計量收益為 168 億新台幣，建置 C 級計量電子水量計可產生的預期經濟效益高達 5.04 億（168 億×3%＝5.04 億）。由此可知，建置計量準確度更高的 C 級電子式水量計將可以為自來水事業單位帶來可觀的經濟效益。

3.3.2　用戶用水計量表器差誤差

傳統機械式水量計除了能讀取表值，並不具備智慧管理與紀錄功能，其齒輪磨耗產生的計量誤差也難以察覺與評估，以下將比較傳統機械式水量計乾式積算盤、溼式積算盤、電子式水量計 LCD 乾式積算盤的差異性：

- 機械表溼式積算盤（wet-type）：溼式積算盤若經一段時間的計量使用，積算盤將容易卡垢，雜質也易流入積算盤，造成齒輪故障以及水量計的器差超出標準（如圖 3.4 與圖 3.5），縱使原度量等級為 C 級，使用一段時間後亦有可能因磨耗後而退化為 B 級。

圖 3.4　水中雜質流入積算盤

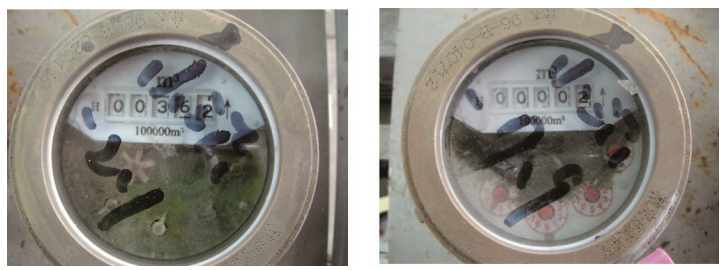

圖 3.5　積算盤積生青苔

- 機械表乾式積算盤（dry-type）：乾式積算盤若經一段時間使用後，雖然齒輪不會因異物造成計量誤差，卻容易遭受磁鐵干擾，導致計量產生誤差；此外，家庭用戶的用水習慣也會造成計量誤差，瞬間的超載流量（overload flowrate）會造成葉輪瞬間快速轉動，導致積算盤齒輪與葉輪的轉動無法同步，導致計量產生嚴重誤差，其度量等級多為 B 級計量。
- 電子式乾式積算盤（dry-type）：國內廠商所產製的機電一體電子式水量計採用非磁傳動（Non-Magnet Drive）計量原理，其乾式電子積算盤不受磁鐵干擾影響，也不會因異物流經齒輪導致計量誤差，且能進行多點器差修正（如圖 3.6），使其計量等級皆為 C 級。

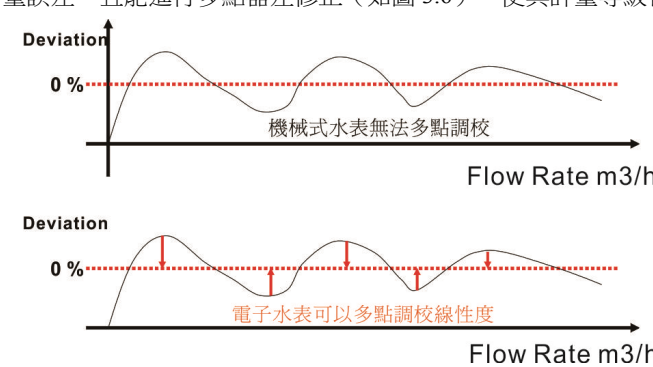

圖 3.6　水量計性能曲線

根據圖 3.6 水量計性能曲線，機械式水表受限於機械式的齒輪傳動機構，製造廠在生產調表製程中無法進行多點調校，所以機械式水表的器差曲線變動幅度較大。電子水表調表則透過感測元

件、運算積體電路、中央處理器，根據不同流量點計算不同的流速，因此能將各點流量的差異調整於均勻化，且符合 CNS 14866 國家標準制定的器差標準（Qmin~Qt≧5%；Qt~Qs≧2%）。

根據水量計器差性能比較圖（如圖 3.7），機械式水量計在經過一段期間的使用，器差值將隨時間產生較大計量誤差值，電子式水量計則因無齒輪磨耗問題，正負器差值皆能保持在標準值。因此，機械式水量計較電子式水量計所得的累積流量將減少許多，C 級電子式水量計的平均售水量約比 B 級機械式水量計提高 3%，口徑越小的水量計會因用戶用水模式之因素造成更大的計量範圍誤差值（Arregui, F., Cabrera, E. Jr., & Cobacho, R.，2006）。

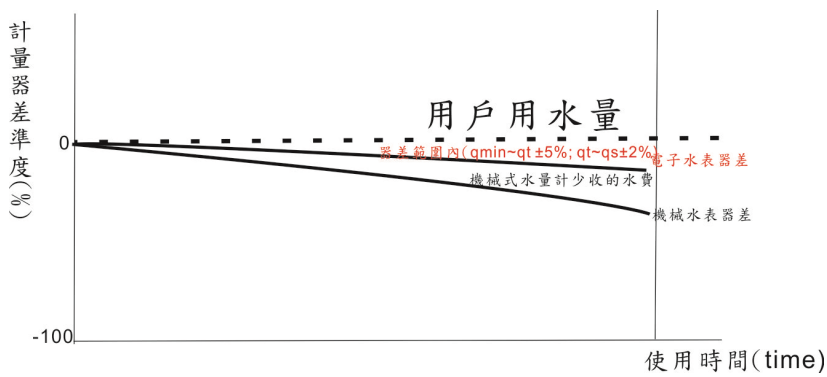

圖 3.7　水量計器差性能比較圖

3.3.3　水量計更新及維護成本

根據標準檢驗局規定，水表（水量計/流量計）必須經檢定合格，自來水公司才能在用戶處進行安裝並且供計量使用，水表的檢定合格有效期間為 8 年。但是水量計的管理費用不只是每 8 年汰換的費用，自來水事業單位也須考量水量計的故障率、拆裝費用、計量誤差造成水費短收、用戶糾紛處理行政費用、水量計維修產生的折舊費用、備用水量計設置的費用等。因此，水量計應選用故障率較低且計量準確度較高的 C 級計量電子式水量計，減少水量計故障所衍生的額外費用。

根據國內電子水量計製造商的評估，電子水量計與機械水量計的售價差異，約略為增加 400~500 元，倘以前述 C 級電子式水量計所增加的水費收益至少 3%以上，再加上真實的計量數值所增加的售水量，同時降低表觀漏損數字，實質效益將大於原來所用的機械式水量計。

小口徑電子式水表與機械式水表不能單純僅比較價差，而應考量整體性效益，如下所述：

1. 台灣地區水源開發不易，投資金額又大，不如宣導節約用水，減少浪費。除了宣導用戶節水，更要協助用戶抓漏水。
2. 採用電子式水表，平均每年多花 50 元，可幫所有用戶，時時偵測漏水(馬桶漏水、管壁滲漏、水塔蓄水溢流、水龍頭未緊閉)，比工讀生一小時薪資還低。

綜合考量節約能源、抓漏功能、附加價值、社會成本…等，電子式水表實質價值與效益都大於購置成本。

3.3.4　電子式水量計用戶管理應用模式

電子式水量計在用戶管理應用模式可以區分成三大層面，（1）即時掌握用水資訊；（2）每日用水資訊分析；（3）每半年健檢水表、檢測管線漏水。以下將簡述電子式水量計應用模式：

■　即時掌握用水資訊：用戶用水量若是屬於超大量時，用戶便需要利用電子水表與無線傳訊紀

錄器，密集紀錄流量資訊。因為用水資訊如果有些微誤差值時，將會對管理單位產生嚴重損失。

- 每日用水資訊分析：用戶用水量若屬於中量用戶，管理單位便不需要密集記錄用戶用水資訊，此刻管理單位只需掌握每日用水資訊，並且根據每日用水資訊，製作月報表以進行後續的資料分析與應用。
- 每半年檢測管線漏水：用戶若是想要檢查用水管線是否有漏水時，便可利用電子水表瞬間流量的紀錄功能，搭配夜間最小流的測量原則，紀錄用水管線的夜間使用量，進而檢驗用水管線是否產生漏水現象，管理單位應有固定時期進行管線漏水之檢驗。

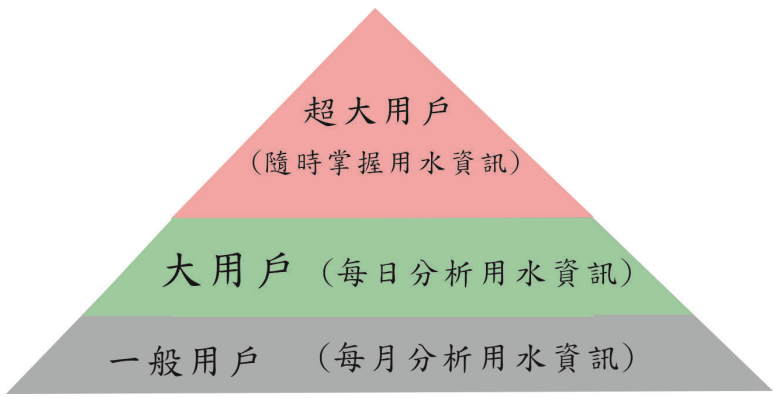

圖 3.8　水資源管理方案

3.4　電子水表應用於小區管網（District Metered Area）

3.4.1　小區管網

供水管線的修補與汰換需要長年的時間與為數不小的經費，才能為自來水事業單位帶來顯著的效益。但是，水資源的管理若只是藉由管線的汰換來改善管理的成效，自來水事業單位的經濟效益評估將難以取得平衡。所以，歐美、亞洲等國家的自來水事業單位皆積極推動小區管網(District Metered Areas)的建置（如圖 3.9），國內自來水單位也開始建置小區管網（李嘉榮，2011），並利用水平衡(Water Balance)表所表達的總表與分表的概念，找出小區輸配水管線的漏水點。現行若只是找出輸配水管線漏水點仍無法全面改善無收益水費，因此每個小區建置案例需要利用夜間最小流（Minimum Night Flow）計算管線的漏水量，進而提升水資源管理效益。根據無收益水量管理手冊（2010），小區管網的建置除了先期規劃水力獨立的小區範圍，C 級計量之電子式水量計搭配無線傳輸功能的記錄器將扮演最重要的角色，許多的應用實例已經在中國、菲律賓等亞洲國家得到顯著的效益（V.Tong，2010;Irineo L.DIMAANO，2010）。因為計量為管理的基礎方針，只要能準確計量，自來水事業單位將能有效管理無收益水費，改善自來水事業單位的營收。

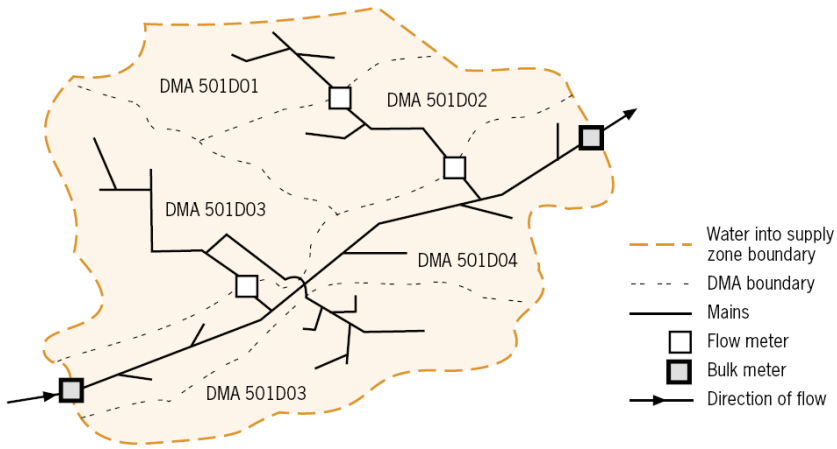

圖 3.9　小區管網示意圖

3.4.2　減少表觀漏損及提升售水率

國際水協（International Water Association）於 2000 年公佈的水平衡表不僅是一張表單，更是協助分析管線漏損的工具。藉由標準水量平衡表，可以清楚掌握漏損因素及漏損水量，這是有效實施漏損控制的先決條件。

水平衡表（Water Balance）中明確指出表觀漏損乃是”用戶計量誤差和資料處理錯誤所造成的損失水量”，因此若能裝置 C 級電子水表於小區管網時，增加原來不感流量的應累積值，使小區管網的用戶計量誤差大幅降低，增加實際售水量數值，減少表觀漏損數值。除此之外，C 級電子水表因無齒輪磨耗的問題，且為電子元件感測葉輪轉動，並以電子積算電路與軟體程式計算流量，故障率大幅降低。因此，小區管網的建置若是採用 C 級電子水表，便能排除用戶計量誤差和資料處理錯誤所造成的問題，也就能改善水平衡表中所指的表觀漏水（Apparent Loss）。除此之外，C 級電子水表的不感流量表現遠超過 B 級水表的不感流量，若是不感流量能夠減少，自來水事業單位的售水率便能有所改善，所以 C 級計量標準電子水表也能替自來水事業單位提升售水率。

3.4.3　夜間最小流（MNF）之計量真實漏水量

自來水供水管線若是在用戶支管發生漏水現象，其漏水量會隨著全天用戶用水量的變化而隨之產生變動。正常狀況下，用戶在夜間所使用的水量應當屬於最小的，然而用戶支管的漏水量則是連續的，因此供水作業人員應當在夜間觀測管線漏水情況，如圖 3.10 所示。自來水事業單位若要根據小區管網計算管線漏水量，應該先行計算出系統的淨夜間流量（Net Night Flow），其計算值是利用夜間最小流減去合法夜間流量（Legitimate Night Flow）。

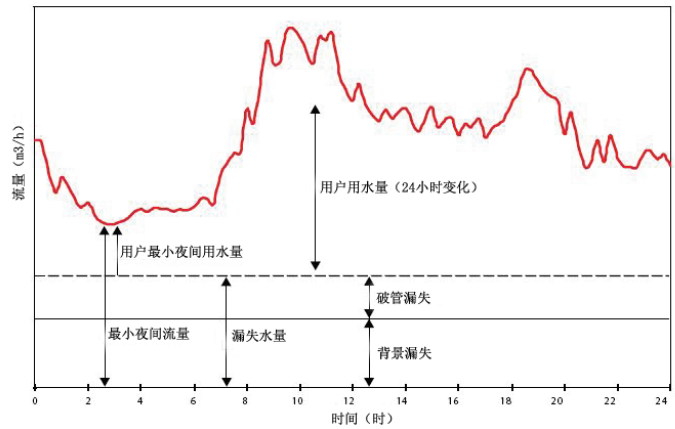

圖 3.10　典型的 DMA 全天 24 小時流量變化曲線圖

夜間最小流乃指夜間所產生的最小流量，此現象通常都發生於用戶夜間較少使用水的情況，而夜間最小流可藉由水表與記錄裝置，所繪流量曲線圖得知漏水量。由此可知，若要取得夜間最小流的數據，管理人員需搭配電子水表與資料紀錄器的使用，資料的紀錄最好是每 10 秒就紀錄一筆，藉此看出微小流量的變化。國內研製的電子水表可經由設定紀錄區間，直接讀取夜間最小流量，判讀漏水量，例如可藉由設定夜間 2 點至凌晨 5 點為計測區間，並計算漏水量多寡，並於 LCD 顯示幕顯現漏水警訊符號，提醒用戶管線漏水。因此，小區管網若能建置對於最小流量（Qmin）最靈敏的 C 級電子水表，並且觀察夜間流量紀錄功能，無收益水量管理手冊所稱的真實漏損（Physical Loss）便能計量，這就是監測夜間最小流（MNF）的最佳計量方案。

3.5　電子水表應用於校園、政府機關、家庭用戶

3.5.1　節水減碳的重要性

根據消基會的報告指出，每人每日用水 300 公升時，約略有 100 公升的水是經由管線運輸過程中浪費掉的，因此每人每月便浪費了高達 3 千公升的用水量。根據自來水公司 97 年的統計資料，當年每人每日愈水量從 261 公升降至 250 公升時，二氧化碳的排放量將可減少 13,576 頓，此排放量相當於 39 座台北大安森林公園二氧化碳的吸附量，每省下一度水也可減少 0.195 公斤的二氧化碳排放量，並且節省每度至少 7.35 元。根據上述的資料可得知，節水與節能的關係密不可分。校園的用水量就如同一個小型社區，每間學校如果能夠節水，隨之而來的便是節能。

根據經濟部水利署的資料指出，節約用水的第一步就是了解整個用水的來龍去脈，而要了解校園用水的使用狀況，必須要完成以下三個步驟：（1）裝設水表；（2）建構水平衡圖；（3）評估具淺力之節水點。由此可知，校園節水的概念就如同分區計量的建置原則，C 級計量電子式水量計搭配無線傳訊紀錄器。如此一來，校園裡的每棟建築物每月的用水量將隨時可以得知，而每棟建築物之間皆可依據使用面積、學生用水人數，進行統計數據的比較與分析，若是有用水量暴增之情況，管理者便能分析與探究用水現況，然後檢討尋求節水對策。

3.5.2　校園節水案例分析

校園用水量就如同小型社區一般，每月每個學生的用水量相當驚人，若是校園的管線發生漏水的情況，其漏水量所代表的不只是每月所浪費的用水，伴隨的也是電力的消耗與二氧化碳的排放量。

以下則簡介台灣東部地區某大學於 2009 年所建置的流量監控中心，根據圖 3.11 可以清楚的了

解此大學在 2009 年 2 月 11 日至 2009 年 2 月 12 日，夜間 3 點至 5 點所記錄的流量資料折線圖，從凌晨 3 點 41 分至凌晨 4 點 1 分，此時段的用水量應該是相當微量的，但是根據圖 7 所示，夜間無人用水時段所產生的夜間最小流，瞬間流量竟然高達 48.6m3/h，這代表每個月此間大學約有 34,992 頓的基本水量平白的漏掉了。若是評估每月損失的經濟效益，此間大學每月將平白損失 257,191 元 (34,992 頓×7.35 元＝257,191.2 元)；二氧化碳的排放量將高達 6,823.44 公斤（34,992 頓×0.195 公斤＝6,823.44 公斤）。由此可知，管線漏水所代表的意義不在只是管線漏水，其背後隱含的還有二氧化碳的排放量，馬達抽水的耗電量。如果校園節水的方案能夠確切地在每一間校園落實，校園節水每年所帶來的經濟效益不再只是減少管線的漏水量，二氧化碳的排放量與電力的消耗將能一併得到改善。

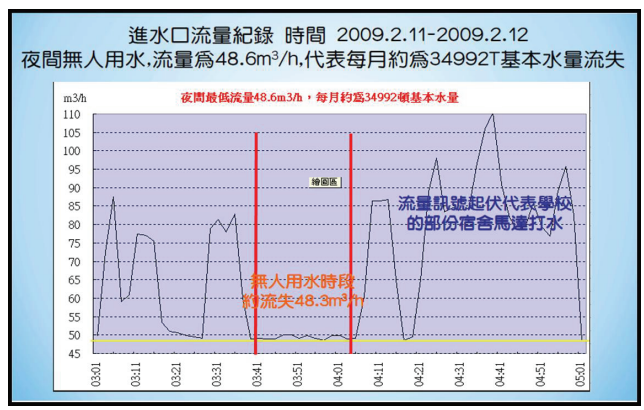

圖 3.11　校園用水量之折線圖

3.5.3　政府機關節水案例分析

台南市政府的南瀛及行政大樓在民國 100 年時發現水費異常，因此透過裝置電子式水量計與水表紀錄器偵測漏水，紀錄期間為 7 月 20 日至 8 月 31 日，其行政大樓在裝置電子水表前的每日平均用水量為 27.57 噸，裝置電子水表改善後的每日平均用水量為 10.17 噸，改善後的半個月每日平均用水量則為 15 噸。由此可知，經由電子式水量計進行漏水偵測，然後進行管線修漏所得到的經濟效益每日將可解省 196.11 元，每月將可節省 5883 元，每年將可為市政府節省 7 萬 5 百 96 元。南瀛大樓在裝置電子水表前的每日平均用水量為 23.14 噸，裝置電子水表改善後的每日平均用水量為 9.43 噸，改善後的半個月每日平均用水量則為 11.83 噸。由此可知，經由電子式水量計進行漏水偵測，然後進行管線修漏所得到的經濟效益每日將可解省 184.55 元，每月將可節省 5536 元，每年將可為市政府節省 6 萬 6 千 4 百 32 元。重要的是，南瀛及行政大樓的用水度數也逐月下降(如圖 3.12)，由此可知電子式水量計已經幫市政府帶來省水與節水的雙重效益。

南瀛及行政大樓漏水改善前後差異分析				
		改善前	改善後	改善後半個月資料
行政大樓（100mm）	期間	7/20~7/26	8/12~8/17	8/16~8/31
	記錄	032778~032971	33504~33565	33539~33779
	合計	193	61	240
	平均每日用水度）	27.57	10.17	15
		差異	17.4	12.57
		節省水費每日)	$ 271.51	$ 196.11
南瀛大樓（40mm）	期間	7/21~7/27	8/8~8/14	8/16~8/31
	記錄	00177~00339	00589~00655	00668~00849
	合計	162	66	181
	平均每日用水度）	23.14	9.43	11.31
		差異	13.71	11.83
		節省水費每日)	213.94	184.55

圖 3.12　南瀛及行政大樓漏水改善分析表

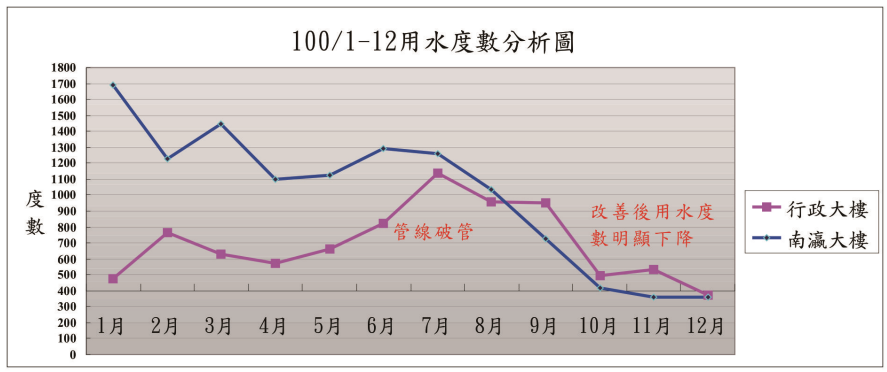

圖 3.13 南瀛及行政大樓用水度數分析圖

3.5.4　家庭用戶節水應用

台灣家庭用戶目前裝置的是只能顯示累積流量的機械式水量計，且因機械式水量計無法提供漏水資訊，故家庭用戶鮮少關注水量計應用的重要性，因此家庭用戶往往難以自主發現管線漏水狀況，若是家庭用戶發現家中管線破管時，家中的水源不知已經浪費多少了，但是電子水表卻能夠替家庭用戶的漏水現象作把關，協助家庭用戶提早發現漏水現象。

一般來說，家庭用戶用水皆須利用抽水馬達將水抽至屋頂的水塔，或是經由輸配水管線將水輸送至地底下儲水裝置，等到要用水時再利用抽水馬達使用。若是家中管線發生漏水現象，抽水馬達便需要 24 小時不停的運作，每個家庭每月所增加的不只是水費，電費也會隨之增加，因為抽水馬達需要隨時運作，因此每個家庭每月所增加的不只是水費，電費也會隨之增加。

政府部門每年花費大筆預算、動員人力宣導民眾節水、珍惜水資源，然而成效為何則尚待探討，本研究認為與其花費大筆經費卻說民眾省水，不如改換電子水表，讓民眾隨時可從家戶水表中,了解家中是否漏水，或者當抄表人員發現電子水表顯示漏水警訊時，同時告知用戶，立即改善漏水，可降低民眾漏水量，勢必大於因省水所降低的用水量。

四、結論

現行國內業者已成功研發非磁傳動（Non-Magnet Drive）與具備多元智慧管理功能的電子式水量計，其計量精度穩定、數位訊號傳輸模式、提升抄表便利性、自動漏水偵測功能，並迎合自動讀表（AMR）建置的發展趨勢，皆能符合水資源管理經濟效益的需求。不論是自來水事業單位、政

府機關、學校機關、家庭用戶，皆能因為電子水表的應用而改善管理層面的要求與經濟效益的提升，達到水資源管理的雙面效益，創造計量新紀元的雙贏。

水資源的管理效益對於自來水事業單位、政府機關、學校機關、家庭用戶日漸重要，未來電子水量計應能與時俱進，與時代潮流結合，再予以提升技術，以能符合自來水計量管理的進化。本研究對電子水量計發展提出以下建議：

（1）電子式水量計能夠定期提供表值紀錄功能，台灣所有建置的電子式水量計將可以每月同步定時記錄表值，用戶每月的用水真實量將能更精確的計算，抄表時間差也能藉由定期紀錄表值而避免，分區計量區域的夜間最小流流量也將能更精確的推算。

（2）台灣的電價計算方式已採用尖離峰差別計價方式，惟無法按尖離峰用電量分別計算。未來電子式水量計若能夠設定尖離峰用水量分別計量功能，同時也能作為水價調整政策的計算基礎，可藉由鼓勵用戶避免在尖峰時刻大量用水，自來水事業單位將能減少尖峰供水負擔、動力費用支出，並且平穩管線壓力，同時提高供水設施的使用年限。。

（3）機械式水量計最令人詬病的乃是因齒輪磨耗產生計量誤差，或因故障不轉無法計量。因此，電子式水量計應發展自我診斷功能，在電子顯示幕上顯示故障警告訊息，例如不轉、器差偏慢或偏快等故障時，讓管理者可輕易判別故障，即時換修，減少計量損失。

（4）國內大口徑電子式水表技術已臻成熟，使用也已普及化，惟自動讀表裝置之比例仍偏低，日後應朝向提升電子式水表附加功能努力。當前電子式水量計於自動抄表的建置，多以人工抄表成本與投入資本效益做為比較，故現今最適合建置自動讀表多屬於供水成本較高的偏遠山區或離島地區。為了提升自來水事業單位的抄見率、減少抄表發生錯誤的機率、用戶隨時得知用水量，因此自動讀表的發展應朝向平價式，如集抄模式傳訊設備、低價通訊費用模式，方能加速自動讀表系統建置的普及化。

智慧電子水表已成為已開發國家在改善水資源管理效益的重要計量工具，並且邁向自動讀表系統全方位的發展。因此，台灣水資源管理者應採取新思維，且國內業者在大口徑電子式水表已有累積的技術經驗，對我國發展小口徑電子式水表技術當有一定助益。國內電子、通訊和電信環境，已較先前成熟，電子式水表結合自動讀表的應用日益可行。發展具電子數位功能的水表是當今國際趨勢，而面對國際大廠資金、市場與品牌優勢，國內廠商需努力提昇體質與研發創新，避免在電子式水表的競爭中慘遭淘汰。若能有國家政策支持，將能加速電子水表發展進程，迎頭趕上甚至成為電子水表技術的引導者。

參考文獻

1. 弓銓企業股份有限公司，2012，網址：http://www.ems.com.tw/。
2. 亓培耀，2009，淺談對 C 級水錶的應用研究，城鎮供水，2：40-43。
3. 台灣自來水公司，2012c，網站：http://www.water.gov.tw/
4. 李嘉榮、林裕翔、巫怡穎、黃國永，2011，第 20 屆水利工程研討會 - 總水量管理系統在分區計量應用之研究-以台灣自來水公司第九區管理處為例。
5. 林進其，2010，最佳化計量收費研究-以長榮開發(股）為案例，自來水研究報告。
6. 俞立平，2007，台北自來水以小區計量降低無計費水量之研究，中華大學營建管理研究所碩士論文。
7. 黃佑仲，2010，從抄表收費到計量管理 －淺談水表在供水行業中的新角色。

8. 楊崇明、蘇政賢、陳宗霆、林于程，（2010 年），〈C 級電子式水量計經濟效益評估研究〉，弓銓企業股份有限公司。
9. 葉林宜，2008，出席 APEC/APLMF 法定計量論壇—水量計訓練課程報告。
10. 經濟部標準檢驗局，2004，中國國家標準 CNS 14866。
11. 經濟部標準檢驗局，2012a，中國國家標準 CNS 14866。
12. 臺北自來水事業處，2007，自來水用戶表位改善暨抄表成本降低之探討。
13. 蘇政賢，2008，水量計製造業內部服務品質和顧客滿意度、忠誠度之關係探討以 EMS 公司為例，國立嘉義大學管理研究所碩士論文。
14. 蘇峻民、江俊霖、何宜霖，2011，水量計國際規範及國內相關電子性能試驗技術發展現況，標準與檢驗，156：35-42。
15. 今週刊，2011，以色列荒漠奇蹟。
16. 電子水量計，2012，http://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9B%BB%E5%AD%90%E6%B0%B4%E9%87%8F%E8%A8%88,
17. Arregui, F. J., E. Jr. Cabrera and R. Cobacho, 2006, Integrated Water Meter Management. Published by IWA Publishing, Alliance House, 12 Caxton Street, London. http://www.pikeresearch.com/newsroom/global-investment-in-smart-water-meters-to-reach-4-2-billion-by-2016.
18. Farley, M., 2001, Leakage Management and Control: A Best Practice Training Manual. World Health Organization. Geneva, Switzerland.
19. International Water Association, 2010, Water Balance.
20. MHC, 2009, A Repot for the Department of Treasury and Finace.