

分區計量管理用計量表之研究

游本志¹ 蘇柏睿²

¹中國科技大學土木與防災設計研究所 副教授 ²中國科技大學土木與防災設計研究所 研究生

摘要

供水管網的漏損控制已是自來水事業單位亟欲改善的重點項目，主因乃是管線漏水率與已開發國家相比較之下難以有競爭力可言，其供水成本與營收比率難以取得平衡。因此，台灣自來水供水事業單位逐漸採取實際作為，但是卻難以得到顯著成果。根據國際水協（IWA）所制定的供水管網漏損控制理論，供水管網的漏損乃是無收益水費的主因，若是要有效降低無收益水費則可藉由分區管網（DMA）的實踐。根據許多的研究指出，分區計量建置的重要關鍵點為 C 級計量的電子式水量計（俗稱水表）。本研究將提出合於建置分區計量的 C 級電子式水量計的應用標準與智慧管理功能，並且探究電子水表與機械式水表的差異點，藉以提升自來水事業單位的售水率。根據國際水協的研究指出，建置 C 級計量電子式水表比 B 級計量電子式水表獲得高出 3.6% 的營收，而 C 級計量電子式水表並無機件磨損現象、具備智慧管理與記錄功能、數位編碼訊號之通訊、自動讀表監控系統應用。因此，本研究將探討分區計量管理用計量表的選用與應用層面，提出建議 C 級計量電子式水表乃為分區計量管理用表的最佳選擇，期望在土木防災領域上，對台灣環境用水狀況以及提升用水品質有所貢獻。

關鍵詞：無收益水費（NRW）、分區管網（DMA）、C 級計量電子式水表、智慧管理功能

一、研究背景與動機

國際標準組織 ISO (International Standard Organization) 4064 (1993) 制定中國國家標準 CNS14866，此標準乃是台灣自來水事業單位選用水量計的最高準則。國際標準組織(ISO4064:1993) 與中國國家標準的規範，皆制定 A、B、C、D 四種計量等級作為型式認證的基礎規範，並且依據水量計四種計量等級(A、B、C、D)與口徑(DN15~DN300)之差異，指出不同計量精準度的流量範圍與計量準確度。

CNS14866 與 ISO4064 將水量計(又稱水表)區分為 A、B、C、D 四種流量精度標準，D 級水量計是計量準確度最高的水量計，反之，A 級的水量計其計量準確度則為最低。未開發國家的自來水事業單位主要採用的水量計為 B 級的水量計，開發中國家的自來水事業單位主要採用的水量計則介於 B 級與 C 級的水量計，已開發國家則多採用 C 級計量的水量計。但是因為水資源分配不均的問題，中東地區的以色列、阿拉伯聯合大公國等缺水國家則以裝置計量準確度較高的 C 級水量計為主，水資源短缺議題較不被重視的國家則採用 B 級計量標準的水量計為主。D 級計量的水量計雖然擁有最高等級的計量準確度，但是因為 D 級計量的水量計發展尚未成熟，目前主要應用在國家實驗室的計量使用，因此自來水事業供水單位目前皆無 D 級計量的水量計。因此，我們可以初步得知水量計的計量準確度對於水資源的計量管理扮演重要的角色。若是要確切得知每個區域的水資源用量，採用 C 級計量的水量計將是主要考量；以下將要探究 C 級計量水量計的選用標準與應用。

二、研究目的

根據無收益水費之手則，分區管網的無收益水費計算方式如下：

分區管網無收益水費=分區管網的總進水量-分區管網總收費水量

$NRW = \text{System Input Volume} - \text{Billed Authorised Consumption}$ (Farley, M: 2008)

要精確計量並且收集用戶用水之資料，則需要在分區計量的每個節點裝置水量計。因此，我們可以知道水量計的建置對於分區計量扮演舉足輕重的角色，而水量計的計量準確度更是能夠決定分區計量管理者所得到水資源管理資料的正確性。根據研究文獻的收集與分類，歸納出選用水量計應用於分區計量應考慮的三大因素 (1) 水量計的選型；(2) 文獻探討之用戶用水分析模式；(3) 水量計智慧管理功能。以下將根據此三大因素分析選用水量計的應用方向。

2.1 水量計的選型

為了維護水量計正確計量使用，不同的裝設地點與不同的輸配水管線應選用不同口徑的水量計。根據日本埼玉縣水道企業團針對改善水量計管理與抄表的人員指出（鄭國華、賈允成、廖宜洋、黃騰宏，2005），水量計為自來水事業單位收費之基準工具，每種水量計皆需依照口徑、形式制定合宜的流量範圍，因為水量計若不當使用，其不感流量勢必增加。美國自來水協會（AWWA）於 1999 年的自來水供應實施手冊（Water meter selection, installation, testing and maintenance），提出水量計型式的選定需考量預期使用範圍。根據其實驗證明的結果，一般通過低流量比在高流量檢測過程中，水量計失去準確機率發生比率較高。

根據中國國家標準 CNS14866-3，密閉導管內水流量之測量-冷飲水用水計量，第三部：檢驗法及設備，對器差（measurement of errors）做出以下解釋

器差(%)=水量計指示量 - 通過實際水量 / 通過實際水量 X 100

水量計的檢驗標準則為，在下區從最小流量 q_{min} (含)到分界流量 q_t (不含)到超載流量 q_s (含)的流量範圍，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。超過此檢驗標準的規定值則為快轉，低於規定值則為慢轉，以此作為判別測試水量計屬於快轉、準確或慢轉的標準。

口徑 15mm 的 C 級計量水量計，最小流量為 $0.015 \text{ m}^3/\text{h}$ ，口徑 15mm 的 B 級計量水量計，最小流量則為 $0.0225 \text{ m}^3/\text{h}$ ，其最小流量(q_{min})到分界流量(q_t)的器差標準須為 2%，而 B 級水量計與 C 級水量計的流量範圍則差了 1.5 倍，因此可得知 C 級計量水量計的最小流量準確度比 B 級水量計的最小流量能測到低 1.5 倍的流量。Arregui, F., Cabrera, E. Jr., & Cobacho, R. (2006) 表示，C 級水量計的平均售水率比 B 級水量計能夠提升 2%至 3%，而口徑越小的水量計更是可能因為用戶用水造成的因素，讓售水率的差異超過 3%。B 級與 C 級水量計計量準確度的誤差則可從誤差取線(如表 2.1)得知。

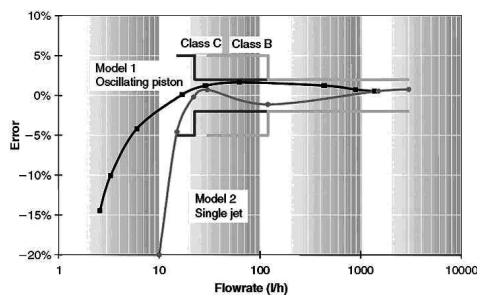


表 2.1 B 級水表與 C 級水表的流量特性差異比較

資料來源：Arregui, F. J., E. Jr. Cabrera and R. Cobacho, "Integrated Water Meter

Management." Published by IWA Publishing, Alliance House, 12 Caxton Street, London, (2006), p. 8-11.

2.2 文獻探討之用戶用水分析模式

流量過低將導致水量計無法正確計量的情況，造成無收益水費無形損失，實質則流失許多乾淨水源，主要原因乃是計量誤差(Thornton, J., 2003)。Arregui et al., (2006)表示，用水量越大的用戶，若能改善水量計的計量誤差，其經濟效益最大。為求得到計量準確性，水資源需求越大的用戶，更是需採用 C 級計量標準的水量計。林進其 (2010) 表示，根據用戶用水模式調查可得知，經選用適當計量標準，汰換不適合口徑的水量計，售水率將大幅提升、無收益水費將大幅降低。根據以上的資料可得知，根據用戶用水模式、採用適當水量計口徑、裝置 C 級計量準確度的水量計，能大幅改善用戶用水無計量的現象。

元培耀(2009) 表示 B 級水量計相較於 C 級水量計的試驗數據，可以明顯看出水資源減少的計量，損失之水量大約為 4%至 5%。楊崇明(2010)指出 C 級水量計的零點流量皆比 B 級水量計較小；若是進行同一流量範圍測試時，B 級水量計無法正確計量時，C 級水量計卻已經開始正確計量。由此可得知，C 級水量計的流量偵測敏感度較 B 級水量計敏感，C 級水量計的計量範圍較廣，並且有助於提升平均售水率。

楊崇明(2010)根據用戶用水模式分析，指出裝置 B 級水量計的 5 大缺點，(1) 浮球開關效應造成 B 級水量計不感流量差異；(2) 更換 C 級水量計後發現用戶疑似微量漏水；(3) 口徑過小造成超量；(4) 口徑過大不感流量；(5) 長時間運轉造成水量計磨耗。因此得知，C 級水量計可以改善 B 級水量計的不感流量，同時具備高靈敏性、能夠偵測較低進水狀態的流量。

2.3 水量計智慧管理功能

沒有計量就沒有管理，此句話明確指出水資源管理的重點。但是除了準確計量之外，傳統的機械式水量計並無法帶給水資源管理者任何附加管理價值。因此在收集了世界知名大廠所製造的 C 級計量電子式水量計產品資訊後，發現除了強調 C 級精確計量的重要性，水量計製造商已經將許多智慧附加管理功能納入電子式水量計的必備管理功能。

2.3.1 三大基本計量功能

傳統機械式水量計(如圖 2.1)的累積值都是以齒輪帶動的模式，其呈現的資訊也只有累積流量的數據，無法替管理者提供有效益的流量資訊。然而，傳統機械式水量計的積算盤是由齒輪帶動，只要經過一段時間的使用，齒輪磨合度將受到影響，其計量準確度也將大受影響。若是齒輪出現缺角時(如圖 2.2)，計量準確度也將嚴重下降，以致自來水供水事業單位無法收到應收的水費，售水

率將大幅下修。



圖 2.1 傳統機械式水量計



圖 2.2 傳統機械式齒輪

電子式水量計(如圖 2.3)，則是以直讀式的 LCD 面盤呈現累積流量的讀值，抄表人員將可輕鬆判斷最新的累積流量。不同於傳統機械式水量計是以齒輪帶動的模式，電子式水量計是以電子感應的驅動，因此管理者不需擔心齒輪磨耗影響計量準確度。數字大的值為噸，數字小的值為升，抄表人員能簡易判讀最新表值，減少抄表錯誤的發生。除此之外，不只是呈現最新累積流量，電子式水量計能呈現瞬間流量的數值，並且根據流量速度進行計算 4 秒或是 40 秒的瞬間流量。若是現場流量速度較慢時，電子式水量計則主動以 4 秒進行運算，若是流量速度較快時，電子式水量計則主動以 40 秒進行運算。電子式水量計採取 4 秒與 40 秒運算模式可以跟據現場水流的流速，更精確計算瞬間流量。



圖 2.3 電子式水量計

電子式水量計除了能呈現累積流量、瞬間流量數值之外，它也能自動判斷水流方向是正向或是反向。水流方向判斷功能對於判斷正確的累積流量相當重要。因為累積流量會根據正向流量或是反向流量進行運算，並且產生 3 種累積流量的可能性：正向流量的累積流量、正向流量加上反向流量的累積流量、正向流量減去反向流量的累積流量。根據上述 3 種不同累積流量判斷模式，管理者將能不用擔心用戶反裝水表，以致於累積流量的誤計，並且能判斷用戶是否有偷水行為。因為管理者可以根據正向流量加上反向流量的數值，正確計算累積流量數值。由此可知，電子式水量計所呈現的三大基本計量功能，瞬間流量、累積流量、正反向流量積算模式，將能提升水資源管理至下一個管理新紀元。

2.3.2 六大進階計量管理功能

除了發展出三大基本計量功能之外,電子式水量計的附加功能還涵蓋了六大進階計量管理功能(如圖 2.4),包含漏水天數紀錄功能(Leakage Days)、反向流量天數紀錄功能(Reverse Days)、靜止天數紀錄功能(Static Days)、磁鐵干擾天數紀錄功能(Magnets Days)、電池電力天數功能(Battery Days)、閥門開關次數功能(Switch Times)。以下將針對這六大進階計量管理功能進行簡介。

1.漏水天數紀錄功能(Leakage Days):

傳統的機械式水量計只有累積流量的功能,因此每當用戶用水管線發生漏水時,用戶皆需要到收到水費單時因為水費的暴漲,才會察覺家中的管線是否發生漏水了。因此,電子式水量計的漏水天數紀錄功能不只是對於用戶有著極大的幫助,提早發現管線漏水的危機,管理者也能在取得水源不易的時代,在不增加開發水源的前提下,增加售水率。

2.反向流量天數紀錄功能(Reverse Days):

傳統的機械式水量計只能偵測正向水流的累積流量,若是用戶將管線裝反,或是將水量計反裝時,傳統機械式水量計將無法判斷正反向流量,累積流量的數值也將停止不動。所以,電子式水量計的反向流量天數紀錄功能將能有效紀錄水流反轉方向的天數,讓管理者發覺水量計或是管線的安裝是否產生異狀。

3.靜止天數紀錄功能(Static Days):

傳統式水量計只能計量水量流動的數值,若是管線發生破管,管線中並無水量流量時,傳統式水量計只是呈現原始的累積流量,管理者無法及早發覺管線中是否沒有水源。然而電子式水量計卻除了能偵測漏水天數,也能察覺管線中無水源流動的現象,並且紀錄水流靜止天數。

4.磁鐵干擾天數紀錄功能(Magnets Days):

用戶若是想要影響水量計的正常運作時,最普遍的作法便是拿磁鐵放置於水量計的正上方,此時水量計的計量準確度將受到影響,導致累積流量的計量不準確。然而,電子式水量計的磁鐵干擾紀錄天數功能,便能有效察覺當用戶利用磁鐵影響水量計的計量時,同步啟動磁鐵干擾天數的紀錄功能,有效舉證用戶竊水行為的現象。

5.電池電力天數功能(Battery Days):

電子式水量計的主要缺點乃是利用電池運作。即使電子式水量計乃屬於微功耗,管理者仍會面對電池電力用盡的時候。因此,電子式水量計特別在電力即將耗盡的前三個月時,提前顯示電池電力剩餘的使用天數,並且持續閃爍電池符號,藉以提醒管理者電子式水量計的電力即將耗盡。

6.閥門開關次數功能(Switch Times):

供水管網是由管道和閥門等各種管道配件組成。根據輸配水管網的水量、水壓的調度和調配、維修搶修的停水需求、新舊管線的連接等不同需求,閥門的開啟與關閉是管理者每天需要關注的動態,因此閥門的使用壽命和質量則會決定管網是否正常運作。大口徑水量計(DN50mm~DN300mm)的裝置地點多屬鄰近閥門裝置的地方,因此電子式水量計所增設的閥門開關次數紀錄功能,將能協助管理者判斷閥門是否正常運作。

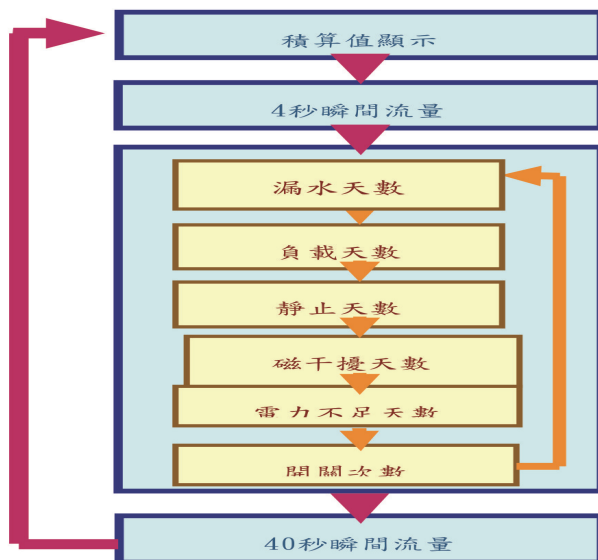


圖 2.4 6大進階計量管理功能

三、計量表之研究方法及應用

黃冠洲(2011)表示，分區計量的建置應採用 C 級計量的電子式水量計，並且搭配自備電源的資料無線傳訊設備，即時將流量與壓力的數值回傳至研究中心，管理者便能得到即時流量、壓力的數據。嚴崇一(2009)也指出分區計量的特色為即時監控、資訊整合、作業一致、行動管理、決策支援。蘇政賢(2008)認為水資源的總量管理應透過裝設電子式水量計及傳訊設備，回傳資料至資訊管理平台，達到即時性的監控。由此可知，分區計量的建置應著重資料的即時回傳，並進行資料的整合與分析。由此可知，C 級電子式水量計的傳訊功能對於分區計量的建置扮演著實重要的角色。

近年來，伴隨者智慧型手機(Smart Phone)與平板電腦(Tablet)的興起，應用程式(APP)的應用已經成為許多人生活中的重要助手。因此，台灣的水資源管理也建置了一系列的應用程式，如圖 2.5 的水管家應用程式，提供管理者能夠隨時得知最新的水量與水壓的資料，而這些資料能夠隨時自動進行更新作業模式，管理者能夠設定水量與水壓取樣以及回傳的時間，而這些水資源管理的重要資訊都有進行安全管控，管理者需提供使用者名稱與密碼，才能夠進行管理頁面擷取水量與水壓的資訊。



圖 2.5 水管家(APP)應用程式

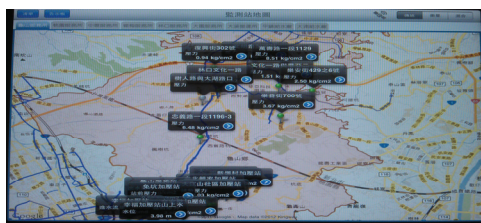


圖 2.6 水量與水壓資料即時回傳

管理者只要隨身攜帶 Ipad 或是 Iphone, 利用無線網路(WiFi)進行上網作業, 便可隨時查詢水量與水壓的最新變化。然而, 水管家應用程式(如圖 2.6)不只是最新通訊科技的應用, 它也結合了現代人最常使用的 Google 地圖(Google Map), 管理者能夠隨指之間查詢最新的水量與水壓的變化, 如果自來水事業單位遇到梅雨季節或是颱風季節時, 也能夠利用此套系統查詢最新的水庫水位變化, 未來若是台灣水資源管理者都能善加利用此應用程式, 台灣水資源的問題便能大幅改善。

3.1 通訊模式與設備的選用

3.1.1 智慧水網的通訊模式

智慧水網(Smart Water Network) (如圖 3.1)的推廣已在國外行之多年, 許多已開發國家都已經累積許多智慧水網建置的經驗, 這些建置的經驗與水資源管理的模式都是台灣水資源管理的專家與學者能夠取得借鏡的層面。國外智慧水網建置的模式皆可區分成兩大區塊, 有線傳輸(Wired Data Transmission)或是無線傳輸(Wireless Data Transmission)。有線傳輸則又區分為非對稱數位用戶端回路(ADSL)或是公共交換電話網路(PSTN); 無線傳輸則可劃分為全球行動通訊系統(GSM[SMS])與通用封包無線服務技術(GPRS)。

如何選擇最佳的通訊模式則需要考量資料傳輸的頻率。資料傳輸的頻率則可區分為密集傳輸的區域或是不密集傳輸的區域。需要進行資料密集傳輸的區域如用水量較大的使用者, 都是需要每分鐘或是每小時密集的進行用水資訊傳訊, 若是用水資訊無法進行即時更新時, 管理人員便無法根據最新的水量與水壓資料, 立即進行危機處置。不需要進行資料密集傳輸的使用者便屬於中型用水戶, 這些用戶只需在固定的時間或是固定的時距, 回傳每日水量與水壓的資料。

除此之外, 無線電頻率(Radio Frequency)傳輸的模式也是許多地區使用的通訊模式。但是因為台灣人口密集度高, 高樓大廈與集合室住宅到處林立, 無線電頻率通訊容易受到建築物的遮蔽, 無法順利進行資料的傳輸, 所以 RF 通訊模式較少應用於台灣水資源管理。目前台灣水資源管理普遍建置的通訊模式皆屬於無線傳輸的模式, 因為無線傳輸的模式較不受建置地點的限制, 資料庫也能隨著資料密集的傳輸立即更新, 水資源管理者便能進行水壓的調節, 並且即早發現管線可能漏水的區域。



圖 3.1 分區計量通訊模式架構圖

3.1.2 通訊設備的選用

電子通訊設備的選用除了需考量傳輸模式之外，溫度、溼度、安裝地點與技術規格也是系統建置者需考慮的要點。架設儀表箱(Metering Box)的優點便是可以將用電裝置、傳訊設備等一併安裝，此舉可避免外在環境的影響。電子硬體設備若是取得 IEC 60529 IP68 防水防塵的認證，受到外在影響其效能表現的可能性便可減少。

此外，電子傳訊設備的技術規格，如資料的記錄筆數、資料的紀錄時間模式(1 分鐘至 24 小時)、資料自動回傳的功能、警報上下限的設定等技術規格，都是屬於分區計量規劃者須先行了解的部份。若是電子通訊設備的技術規格沒有達到以上所述的基本功能時，資料分析人員將無法從分區計量的建置中取得可用的資料，並且進行後續的研究與分析。

理論上而言，漏水量與水壓的變化屬於正比的關係，水壓越高則會導致漏水量越大，所以分區計量的建置也應考量到壓力的變化，因為不同時間點與不同水壓狀況所評估的數據資料將會有所誤差。若是分區計量的建置時，管理者能夠長時間的將水壓狀況納入分析的一部份，並可提高水量與水壓資料分析的準確性。水壓資料的統整與分析將可讓我們更加了解每一個區域尖離峰的用戶用水壓力與型態，這些資料也可做為日後供水管網壓力進行調配的參考。因此，分區管網的建置也需考量壓力傳感器的選用。首先，壓力傳感器的選用應考量是否能將實體信號或是普通電信號，轉換成標準電信訊號輸出，或是具備通信協定輸出方式的電子式壓力傳感器。外在環境的因素也是壓力計傳感器裝置時必須考量的因素，因此 IP68 防護的標準，將可防護氣候因素影響壓力傳感器的運作。

四、建置分區計量管理用表之效益

科技時代的來臨促使我們能夠運用科技精密儀器，主動採取最有效率的方式進行檢漏作業，進而減少無收益水費。由此可知，如何利用 C 級電子式水量計與無線傳訊設備增進售水率，發現管線漏水，減少無收益水費，將是現階段最主要的課題。然而科技時代以「效率」來分析如何改善無收益水費的現況，可以分為「主動」與「被動」的模式。「被動」的作業模式乃是現今自來水事業單位每兩個月對於用戶發出水費單，並且根據用水量收取費用，然後研判「售水率」的高低；「主動」的作業模式乃是利用建置分區計量的方式，即時監控用戶用水行為，主動掌握總水量計所輸送的水量，然後扣除用戶用水的總量，立即判斷無收益水費的高低，並且協助用戶及早發現管線漏水之問題，立即派員進行修復。因此，建議採取主動的方式，利用分區計量建置的概念，搭配 C 級電子式水量計與無線傳訊設備，利用科技的便利性密集地記錄用水量，並且回傳用水資料至資訊中心，提供用戶即時的遇水資訊，協助用戶主動改善用水型態，提升自來水事業單位售水率，降低無收益水費，然後大幅提升分區計量的最大功效。

運用分區計量的概念建置水資源管理中心，已是自來水事業單位的發展新趨勢。若是台灣水資源管理系統能夠運用 C 級電子式水量計，搭配無線傳訊設備，即時將水庫、輸配水管線、家庭用水管線的最新用水現況提供給管理者與用水用戶瞭解，水資源管理的效率將得到顯著的提升。只要水量與水壓發生不穩時，自來水供水事業單位無法穩定供水時，或是管線發生漏水時，管理者與用水用戶皆能即時掌握現況，即時進行處置。

現今自來水供水事業單位無法有效改善管線漏水、提升售水率、降低無收益水費、穩定供給水源，主要的原因乃是管理者無法掌握最即時的水資源供給現況，因為現行水費皆是兩個月收取一次，抄表人員也只需要兩個月進行一次抄表作業，因此管理者所得到的水資源資訊皆是過時的訊息。若是水資源管理建置能夠搭配 C 級電子式水量計、無線傳訊讀表設備，管理者便能獲取水量、水壓的最新供給情況，並且針對用戶用水的使用模式進行管理與控制；此外，若是管線發生漏水情

況，管理者便能即時派員修復漏水管線，減少用戶用水糾紛。由此可得知，水資源管理效益的提升將取決於管理者是否能即時得到用水資訊，然而用水資訊的取得則取決於 C 級電子式水量計的應用。

五、結論與建議

5.1 結論

執行分區管網的建置，若是需要派員至各小區進行資料的收集與下載，然後再將水量與水壓的資料輸入系統進行分析時，大量的人力與時間將會因此浪費，也無法進行有效管理。因此，分區管網結合即時監測管理系統的方式，勢必是必行的趨勢。

C 級計量電子式水量計，除了具備記錄資料與進行即時傳訊的功能之外，它也能協助水資源管理者偵測管線漏水，並且運用 3 大基本計量功能與 6 大進階管理功能，讓水資源管理邁向下一個紀元。因此，針對各分區計量的小區數量，用戶用水資訊進行電子式水量計口徑的篩選與裝置，搭配適宜現場裝置的傳訊設備，將是分區計量管理者最重視的議題。若是能全面建置 C 級計量的電子式水量計於分區計量，用戶用水的資訊將能最即時且正確的提供給管理者，管理者將能利用這些資訊進行後續的資料統整與分析。

水資源管理系統的範圍從原水端、配水端、分區建置端，透過計量感測器，如電子式水量計、電子式壓力傳感器等相關感測儀器，整合所有的水資源管理資訊(水量/水壓/水質)，並且將所有水資訊透過無線傳訊系統(GSPR/GSM[SMS])，或是有線傳訊設備(ADSL/PSTN)，即時將所需的資料回傳至水資源管理中心的資料庫。水資源管理中心的 managers 便可針對最新的用水資訊進行水資源的調配，有效掌握漏水現況，即時派員進行檢漏作業。

5.2 建議

分區計量的建置能夠協助管理者提出迫切性的決策，完善的建置除了選用適宜的 C 級電子式水量計，如何針對各個地區提出有效的分區計量管理模式，則是另一大難題。主要的原因乃是台灣各地區的輸配水管線配置皆年代久遠，管理人員難以瞭解輸配水管線的正确配置圖。若是管理者無法確切了解輸配水管線的位置，分區計量的建置便難以執行。但是，分區計量的實現將能有效提升自來水事業單位的水資源管理效益，只要自來水事業單位能夠確切區分輸配水管線網絡，全面採用 C 級電子式水量計，裝設無線傳訊設備，在土木防災領域上針對台灣的水資源管理效率將能大幅改善，並且作為分區計量的最佳典範。

參考文獻

1. 李嘉榮、林裕翔、巫怡穎、黃國永，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，第二十屆水利工程研討會，2011。
2. 洪崇禎、林堂華、黃冠洲、吳孔嘉、曾美玲，分區管網復漏問題探討-以草屯營運所碧山小區為案例，第二十屆水利工程研討會，2011。
3. 黃國永、楊崇明、蘇政賢、林志勳，用水管理監測地下水源系統建置探討，第二十屆水利工程研討會，2011。
4. 楊崇明、蘇政賢、陳宗霆、林于程，C 級電子式水量計經濟效益評估研究，水利產業研討會，2010。
5. 侯煜堃譯，「無收益水量管理手冊-理解管網漏損之指南」，同濟大學出版社，2010。

6. 林清鑫：〈自來水區域計量水量計與壓力監測管理系統建置探討〉。台灣水利研討會，（2009年），C35—45。
7. 嚴崇一，結合小區管網與水資源管理系統之研究與探討，漏水防治與管理研討會，2009。
8. 亓培耀：〈淺談對C級水錶的應用研究〉，《城鎮供水》第二期，（2009年）頁40-43。
9. 李嘉榮，台灣自來水公司供水管理資訊系統之運用整合，第十七屆水利工程研討會，2008。
10. 鄭國華、賈允成、廖宜洋、黃騰宏，大型水量計用戶用水模式之建置與應用，2005。
11. 中國國家標準：〈CNS14866 密閉導管內水流量之量測—冷飲水用水量計（第1部-第3部）〉，（2004年）。
12. 弓銓企業股份有限公司企業網站產品資訊，www.ems.com.tw。
13. Arregui, F., Cabrera Jr., E. and Cobacho R. (2006) Intergrated water meter management. In Integrated Water Meter Management. Arregui, F., Cabrera Jr., E. and Cobacho R. Ed.; IWA Publishing, London, UK, pp 126-136.
14. American Water Works Association (1999) Water Meters--selection, Installation, Testing, and Maintenance.
15. ISO:4064-1~3(1993) Measurement of water flow in closed conduits –Meter for cold potable water, Part 1: specification; Part 2: Installation requirements; Part 3: Test methods and equipment.