

C 級電子式水量計經濟效益評估研究

楊崇明¹ 蘇政賢² 陳宗霆³ 林于程⁴

1 國立中山大學企管碩士 2 國立嘉義大學管理學碩士 3 國立成功大學政經碩士

4 遠東科技大學工商管理學系學士

摘要

水資源管理的經濟效益與收入來源，主要是依據自來水售水營收率決定，影響自來水事業盈虧之關鍵。長期以來，大多關注在漏水率探討，卻缺乏在售水量的分析，乃至於計量儀表的影響層面。亦即售水量的計量「真實性」與「準確性」，而計量營收管理的影響因素可歸納幾個要件：1. 計量儀器的精度等級 2. 用戶用水模式 3. 水表口徑 4. 儲水設備與系統。一般而言，高精度等級的電子式水表除了可以減少計量誤差率，直接提高售水營收的經濟效益，降低設備折舊率，更能結合自動讀表系統的功能協助用戶進行漏水偵測服務。建構精密的水資源監測功能整合系統是現代化管理的趨勢，同時提升自來水事業機構的經營效率與專業形象。於是，本研究藉由安裝 B 級與 C 級水量計兩者實證量測的差異分析，針對電子式水表偵測功能的等級差異探討水資源管理經濟效益的變化，探討使用 C 級電子式水量計的經濟效益，發現 C 級電子式水量計確實有提升售水量，著實提升水費收益，以本研究作為水資源事業單位對於計量管理品質與收費合理性的評估建議。

關鍵詞：電子式水表、C 級水表、用水計量、水資源管理、不感流量

一、前言

1.1 研究動機與目的

台灣常年雨量豐沛，卻無法有效儲水以供應民眾生活所需用水，這對於台灣民生經濟問題以及台灣水資源管理的經濟效益將產生衝擊。事實上，台灣水價長期偏低，導致民眾忽視水資源的重要性，使得用戶用水習慣有所偏差。更重要的是缺乏高精確性能的計量管理儀器，此對於台灣水資源經濟利益的評估與發展陷入瓶頸。因此，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，將是提升水資源經濟效益，並且改善用水型態管理的重要關鍵。

依據中國國家標準 CNS14866 之規範，將水量計區分為 A、B、C、D 四個等級作為型式認證的基礎規範，而不同等級與口徑之差異則有相對的流量範圍與計量精度。一般而言，水量計等級 D 級為最高，A 級最低，目前國內無論收費計量用表與供水管理用表以 B 級為普遍，但歐美、中東國家，甚至中國大陸都已採用 C 級水量計的趨勢。其中，C 級水量計的技術規範較為嚴謹，設計規格亦較為精密，計量準確性較高。透過 C 級電子式水量計精確的計量與其附加的通訊監測、智慧功能，不僅有效降低水量的漏損狀況，更能提升水資源管控效率與服務品質，提供消費者用水計量的公平機制。C 級電子式水量計的種種優勢將逐漸替代 B 級水量計，而成為自來水計量技術應用發展的必然趨勢。

本文則藉由對 B 級與 C 級水量計兩者實證量測的差異分析，以統計數據比較此兩種等級之水量計對於水資源計量的精準程度與經濟效益進行評估與研究。同時說明 C 級電子式水量計所能引發水資源管理的經濟效益，以做為自來水事業單位應用 C 級電子式水量計的研究建議。

Arregui, F., Cabrera, E. Jr., & Cobacho, R. (2006) 關於 C 級水量計的效能特性與技術應用相對於一般 B 級水量計的計量精度，C 級水量計更能針對微小流量進行精確的計量與漏損監控。以 B 級與 C 級水量計的計量精度之差異性分析而言，採用 C 級水量計，其平均售水率約可提升 2 至 3 個百分點，而且口徑愈小之水量計，愈易因用戶用水模式造成計量誤差程度產生明顯之差距。此對於 C 級電子式水量計應用的廣泛層面以及自來水事業單位經營管理績效與服務品質有相

當程度的經濟效益。

因此，善用品質優良且高精確性的 C 級電子式水量計作為水資源計量管理的工具，不僅可以做為台灣水利設施建設的計量基礎，更可精確建構水資源開發管理系統，以作為完善的督導機制，並且矯正用戶用水模式，倡導珍惜水資源的重要性。

1.2 研究方法

有鑒於 C 級電子式水量計在水資源計量管理監控與環境保護等層面扮演重要角色，並且針對不感流量的偵測與計量管理具有廣泛的經濟效益。本文希冀透過 B 級與 C 級水量計的計量性能從事比較分析的研究，藉由兩者水量計的實際偵測，以某自來水事業單位之甲區、乙區、丙區及丁區四個區域作為研究範例，並擷取統計數據作為水量計等級差異的評估依據。同時亦採用 B 級與 C 級水量計裝置前後的偵測數據，以歸納用戶用水模式的態樣分析。

本文所應用的研究方法主要是：

一、依據國內外文獻的研究分析，探討 B 級與 C 級水量計兩者性能差異與計量誤差因素，以建立 C 級水量計經濟效益的客觀性原則。

二、藉由某自來水事業處甲區、乙區、丙區及丁區等四個區域的用戶用水之統計數據採取實證分析的模式，對於 B 級與 C 級水量計之計量準確性與微小流量偵測的效能進行比對分析。試圖建構 C 級水量計整體經濟效益評估之研究。

三、運用實證統計數據，統整 C 級水量計的實際試驗報告，並針對用戶用水模式與漏損資料的訊息，做為 C 級水量計應用效益的分析，提供自來水事業單位經營績效的參考。

二、文獻探討

綜觀國內外學者對於水量計之研究文獻，可歸納影響水量計的計量精確度因素主要是：(1)水量計型式；(2)用戶用水模式；(3)水量計口徑與用戶型態。於是，本章節藉文獻探究法，分析水量計等級與計量誤差因素所產生之差距，給予自來水事業單位於計量管理與經濟效益評估改善的空間。

2.1 水量計口徑之計量誤差因素探討

依據國家標準 CNS14866 之定義，水量計等級以 D 級之計量準確性為最高，A 級最差，而目前已開發國家皆普遍使用 B 級與 C 級水量計。Arregui, F., Cabrera, E. Jr., & Cobacho, R. (2006) 統計指出 C 級水量計其平均售水率約較 B 級水量計提高 2%至 3%，且口徑愈小之水量計可能因為用戶用水模式之因素而造成計量範圍的誤差愈大。以 15mm 口徑之水量計為例，其計量誤差可能達 70 %以上。如圖 1 所示，即可利用誤差曲線大略觀察 B 級與 C 級水量計兩者計量準確性之差異。此外，水量計可能因為精度、材質或量測公差等技術因素，使其計量準確度會伴隨使用年限，而造成更大的計量誤差，如圖 2 所示。

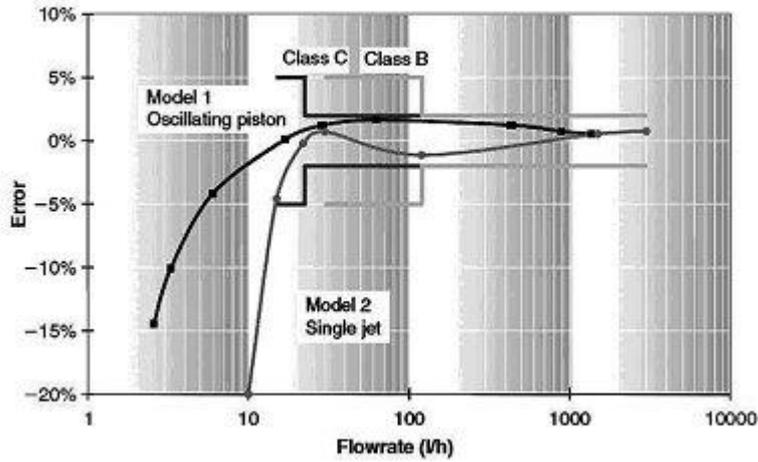


圖 1 B 級水表與 C 級水表的流量特性差異比較

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.

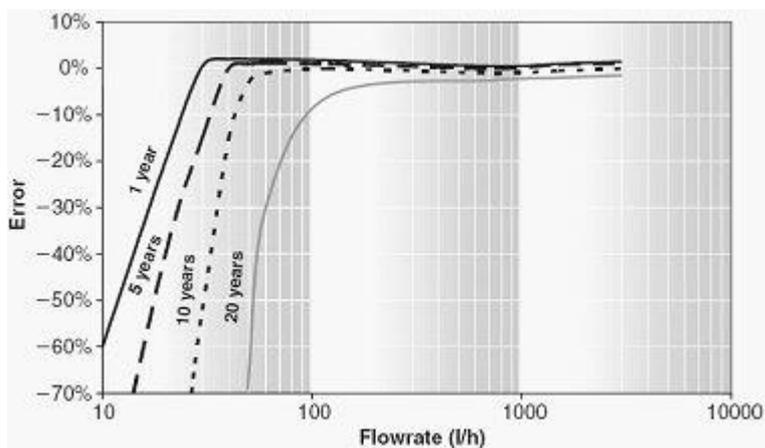


圖 2 依據使用年限，對於水表計量誤差的影響

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.

不可諱言地，影響水量計的計量誤差因素有許多技術應用的層面與限制，本文則從國內外文獻研究中探討計量準確性的議題。林進其 (2010) 指出，一般傳統

機械式的水量計可能因為水量的不穩定而使內部傳動機件加速磨損，若採用電子式水量計，不僅可以提高計量精準度，更能增強量測的可靠度。

電子式水量計具有應用電子原件感測計量之優點，計量結構不至於因機械齒輪傳動機構運行磨耗而降低計量品質，同時擁有數位編碼訊號輸出功能，可應用於自動讀表的系統管理，以提高抄見率和數據真實性。機械式與電子式水量計之應用效益，可參見表 1。

表 1 電子式與機械式水量計應用效益之差異

性能項目	電子表	機械表
計量原理	電子元件感測，不感流量小	齒輪帶動計量，不感流量大
故障比率	1. 故障率低。 2. 無齒輪磨耗問題。 3. 乾式計量結構，積算器不受阻塞影響。	1. 故障率高。 2. 水量過大易加速齒輪磨耗。 3. 濕式計量結構，雜物容易卡在齒輪縫隙中。
故障判別	故障立即顯現警訊，可即時維修，減少水資源漏損。	當察覺計量異常（遲緩、不運轉），此時異常或故障已潛伏一段時程。
耐用性	長期使用所影響之計量誤差小。	因使用年限使機構或齒輪磨損，計量會逐漸失準。
附加功能	1. 漏水警示功能，可協助用戶偵測內部管線漏水。 2. 水量計故障，可自我診斷。 3. 可應用於自動讀表系統，節省抄表人力。 4. 可連接記錄器，進行用戶用水模式分析。 5. 數位編碼信號輸出，可引接各種傳訊設備，應用於 PLC 或即時監測系統。	無

資料來源：本研究自行整理

此外，水量計口徑大小亦是計量誤差的控制因素之一。Thornton, J. (2002) 研究分析，瞭解用戶用水模式規劃最適化水量計口徑的配置，成為未來自來水事業單位安裝水量計的重要依據。依據 Arregui et al., 之建議，有三種判斷用戶水量計口徑大小的方法：(1) 以最高峰之用水量為原則，此判斷方法經常應用於都會區

或商業區，可確定建築物的高峰流量點；(2) 以月平均用水量為判斷標準；(3) 以用戶用水峰波態式（高低點）之頻率，進行水量計口徑之選擇。而此判斷方法，可藉由電子式水量計與水表紀錄器的協助取得用水資訊。

Arregui et al., (2006) 指出許多國家皆有使用儲水桶（水塔）的習慣，而儲水設備的抽水量乃是根據管線與進水閥門大小，透過動力裝置（馬達）進行抽水之動作。一般情況下，水塔進水的閥門裝置經常小於水量計管徑，此時馬達非連續運轉，如此以小流量且間歇性的進水模式，將產生 - 20% 的計量誤差。

國內水價低廉、用戶用水習慣不一，台灣地區普遍又有前述馬達抽水與水塔蓄水習慣。此對於自來水事業單位營運績效與經營管理的控管有相當程度的困擾，因此，台灣自來水事業單位可藉由汰換計量精準的 C 級電子式水量計，並搭配自動讀表或自動管理監測系統，同時依循國內用戶給水與排水的習慣進行量化統計，建構整體性的計量管理與水量計口徑的最適化配置。

2.2 用戶型態與用水模式之計量差異分析

Thornton J. 於漏水控制手冊 (Water Loss Control Manual) 一書中，針對美國波士頓給排水協會 (BWSC) 個案研究指出，水量計因低流量時所產生無法確實感測之現象，其計量誤差造成水資源費用的損失不容小覷。而用戶實際用水量，未必會依照原先設計的流量進行。其中，30 mm 口徑以上的水量計，雖然只佔總水量計數量之 10%，但是卻佔總售水量之 63%。於是，根據以上數據，顯示

水量計對於流量感測的計量準確性有大幅的成長空間。

Arregui et al., (2006) 針對三種不同的用戶類型進行用水型態的調查，得知用水量愈多之用戶，可改善計量誤差的效益愈大。因此，根據用戶用水量之差異，提出各種流量範圍所對應之計量工具的參考建議。水資源需求用量大之用戶，為求計量準確性，其可採用奧多曼式水量計。各水量計因技術規範與計量原理之差異，則有不同的計量準確度。綜合水表管理 (Integrated Water Meter Management) 一書中介紹，奧多曼式水量計具備計量精密的特性，可應用於用戶用水計量管理，如圖 3 所示。

Estimated consumption 預估消耗量		常態用量 Nominal flowrate (m ³ /h) 立方米/小時	Example of an adequate meter 建議表種和口徑
(m ³ /month) 立方米/月	(m ³ /day) 立方米/天		
0-180	0-6	1.5	直線羅紋式
120-250	4-8	2.5	
210-350	6-12	3.5	
300-540	8-18	5	
430-900	14-30	10	
750-1500	25-50	15	
1200-4500	40-120	25	奧多曼式
1800-7500	90-250	40	
4500-13000	180-500	60	

圖 3 依據用戶用水量之差異，建議不同水量的設備工具

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. 43.

漏水控制手冊從 BWSC 的研究個案分析，將水量計汰換業務之用戶區分為：(1) 公寓 / 套房 (2) 學校 (3) 商業區 (4) 事業單位機構 (5) 公共建設。其中，商業

區與公共建設類型因用水時段集中、季節因素以及取得因素等問題，通常需要更大口徑或準度更精確的水量計才能正確計量；而公寓 / 套房、學校和事業單位機構，雖然人口數較多，但其用水習慣、製程管理等相關原因，使水量計量測精度失真而影響售水營收。林進其 (2010) 研究亦指出，透過用戶用水量分析與調查，汰換最適化口徑與表種之水量計可提高售水營收。從上述研究論點的歸納，顯示國內外文獻皆有同樣的論證，即用戶用水模式、水量計口徑與計量精準度，可提升售水營收的管理。

針對台灣自來水計量管理的現況而言，台灣自來水的輸配管線有許多是日據時代建置所沿用至今，其管線較為老舊並且出現管線破損與微量漏水的現象。若考量其他因素所造成計量誤差而產生未計費之水量，則累加的數字將是一筆可觀之數額，這將使自來水事業單位損失售水營收，亦讓台灣珍貴之水資源在無形中流逝。

三、用戶用水模式實證分析

探討 B 級與 C 級水量計之計量準確性與微小流量偵測的效能，必須先就兩者的技術特性與性能加以定義與說明。水量計的計量誤差會隨著流量的變化過程而產生差異。CNS14866 對於水量計生產，標定四個流量點作為水量計技術參數的定義，其分別為：最小流量(Minimum flow-rate) q_{min} 、分界流量(Transitional flow-rate) q_t 、常設流量(Permanent flow-rate) q_p 、超載流量(Overload

flow-rate) q_s 。根據此四個流量點將水量計的計量狀態劃分五個區域，如圖 4 所描述。

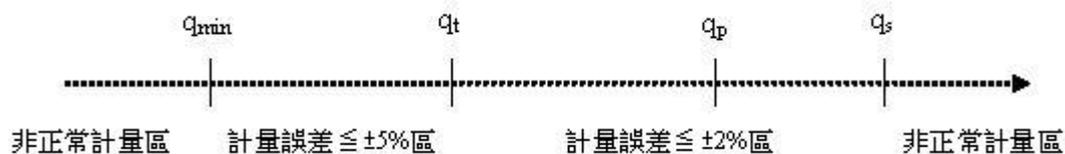


圖 4 水量計流量變化計量狀態示意圖

每只水量計依計量等級與口徑之不同皆有其流量範圍之規範，而流量範圍是指超載流量 q_s 與最小流量 q_{min} 所限制之範圍，而此範圍以分界流量區隔為「上區」與「下區」兩個區域。水量計於上區內的計量誤差為 $\leq \pm 2\%$ ；下區內的計量誤差則為 $\leq \pm 5\%$ 。若以口徑 150mm 之奧多曼式水量計為例，其各等級之流量範圍如表 2 所示。將表 2 數據以分析示意圖呈現，如圖 5 所描述，各等級相同口徑的水量計，其超載流量 q_s 與常設流量 q_p 都相同，而區別則是在於低流量區域，C 級水量計所能量測的範圍比 B 級水量計更為敏感與精確。因此，C 級水量計能夠為自來水事業單位創造更多水資源的價值。

表 2 奧多曼式 150mm 水量計各等級之流量範圍比較表

水量計等級	A	B	C
流量範圍(m ³ /h)	12 ~ 300	4.5 ~ 300	0.9 ~ 300
下區法定器差範圍±5%	12 ~ 45	4.5 ~ 30	0.9 ~ 2.25
分界流量(m ³ /h)	45	30	2.25
上區法定器差範圍±2%	45 ~ 300	30 ~ 300	2.25 ~ 300

資料來源：本研究自行整理



圖 5 水量計等級之流量範圍示意圖

資料來源：元培耀：〈淺談對 C 級水錶的應用研究〉，《城鎮供水》第二期，(2009 年) 頁 40-43。

針對用戶用水模式引發流量異常態樣與用水量的變異數，本研究亦進行 B 級與 C 級水量計計量誤差的交叉比對分析，藉由某自來水事業單位下轄甲區、乙區、丙區及丁區四個區域之實證統計數據，歸納 C 級水量計整體經濟效益，表 3 即為各區域 B 級與 C 級水量計計量差異值。由表 3 數值顯示，各區域中 C 級水量計的零點流量皆較 B 級為小。所以當於同一流量範圍時，B 級水量計仍無法正確計量而 C 級表卻已開始進行偵測，此意義即是當 C 級水量計對於流量偵測的敏感

性較 B 級精確。另外，再以流量貢獻率圓派圖檢視，水量計依其性能特性皆有其設定的流量範圍，而流量貢獻率是指流量於 q_{min} 、 q_t 、 q_p 、 q_s 之各區間的分佈狀態，而 q_t 至 q_p 之間為正常的計量範圍。因此，若 q_t 以下的流量貢獻率愈小，表示水量計所佔微小流量或不感流量愈低，其所獲得之計量收益愈大。從表 3 統計數值可知，各區域 C 級水量計於 q_t 以下的流量貢獻率皆較 B 級水量計為小，且有相當之落差。由此，證明 C 級水量計所呈現的計量範圍較 B 級水量計優良，而裝置 C 級水量計後，其平均用水率皆普遍提升。

表 3 水量計計量誤差的交叉比對分析

區處		甲區 (14 栓)	乙區 (5 栓)	丙區 (8 栓)	丁區 (3 栓)	合計 30 栓
項目						
零點流量(%)	B 級	48.2	34.8	37.8	17.3	40.16
	C 級	38	23.8	31.6	2	30.33
q_t 以下 流量貢獻率(%)	B 級	51	53	61.6	15	50.66
	C 級	16	3.2	2.75	0.33	8.76
一週 每日平均用量(m^3)	B 級	41.5	60.93	81.77	134.7	64.81
	C 級	42.15	65.14	86.57	156.9	69.31
平均用水提升率(%)		1.49	6.91	5.87	16.5	6.95

資料來源：本研究自行整理

不僅如此，元培耀 (2009) 藉由北京市水務公司的實證測試，選取北京市自來水集團有限責任公司之前門營銷樓、國家體育總局與商標印刷廠三處，進行 B 級與 C 級水量計的串聯計量實驗，其研究結果發現 B 級水量計相較於 C 級水量計之試驗數據，確實減少水資源的計量，其損失之水量大約為 4% 至 5%。如表

3 所呈現數據，前門營銷樓平均日用水量為 30 m³，而 B 級水量計較 C 級水量計每天少計量 1.42 m³ 之水量；相同的計算原理，國家體育總局之 B 級水量計較 C 級水量計每天少計量 0.73 m³ 之水量；而商標印刷廠每天則少計量 2.15 m³ 之水量。總計而言，B 級與 C 級水量計相較，其平均計量損失率為 4.32%。顯示 B 級水量計於小流量範圍時，會有計量損失的現象，如表 4 所呈現之數值。

表 4 B 級與 C 級水量計串聯計量試驗數據

試驗地點	前門營銷樓	國家體育總局	商標印刷廠
水量計口徑	DN 80	DN 100	DN 100
試驗天數	125	131	80
C 級水量計	3,824 m ³	2,782 m ³	4,156 m ³
B 級水量計	3,646 m ³	2,686 m ³	3,984 m ³
B 級水量計少計水量	178 m ³	96 m ³	172 m ³
B 級水量計損失率	4.88%	3.57%	4.32%

資料來源：本研究作者整理自 元培耀：〈淺談對 C 級水錶的應用研究〉，《城鎮供水》第二期，(2009 年) 頁 40-43。

另一方面，為探究計量誤差的影響因素，本研究進行實務操作與測試，以水表記錄器實際記錄每分鐘進水模式之瞬間流量，經統計繪製圓派圖形，說明計量管理異常之用水類型態樣分析，探討 B 級與 C 級水量計流量分佈與流量貢獻率之計量效果。依圖 6 與圖 7 相同口徑下流量分佈比率圖而言，B 級水量計於準確計量之流量範圍僅 20%，經改換 C 級水量計則正確計量範圍提升為 86%。亦即 C 級水量計於準確計量範圍較 B 級水量計增加 66%，確實提升計量，其所能增加水

資源收入的營收大幅上升。

依圖 8 與圖 9 若以流量貢獻率觀測 B 級與 C 級水量計於各流量區間的分佈狀態，

B 級水量計於正常計量範圍的流量為 60%，而 C 級水量計則幾乎都能在準確計

量，不但減少計量的損失，更能增添計量管理的公平性，弭平不必要之糾紛。由

此可知，C 級水量計的確對計量管理有相當之成效，並且使自來水事業單位因以

往無法感測計量而損失水費可計量，提升改善的空間。

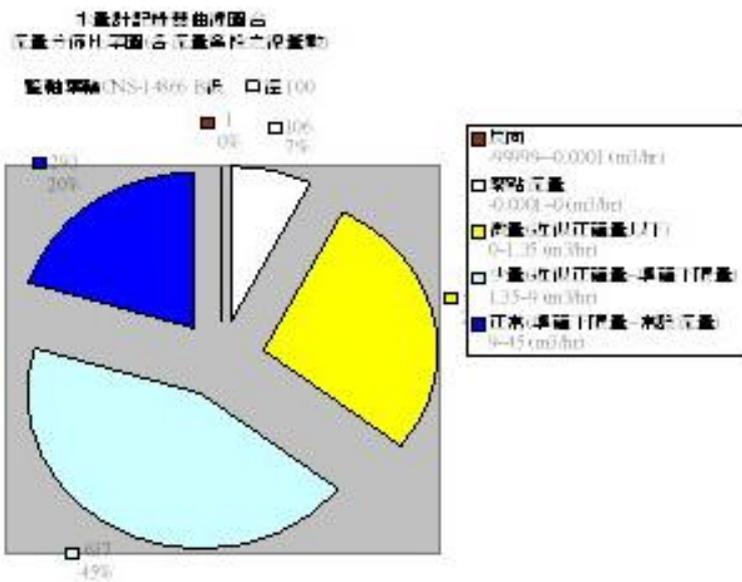


圖 6 換表前 B 級一日流量分佈比率圖

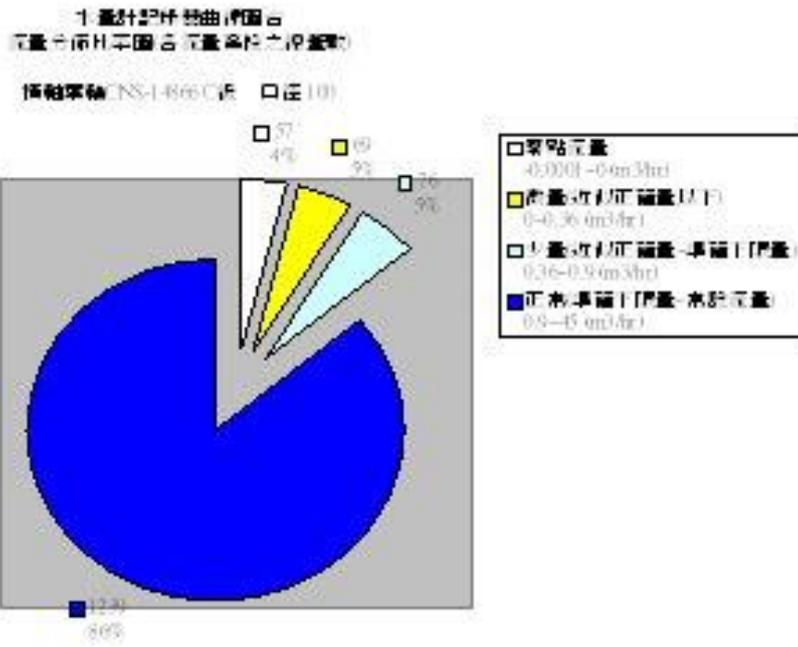


圖 7 換表後 C 級一日流量分佈比率圖

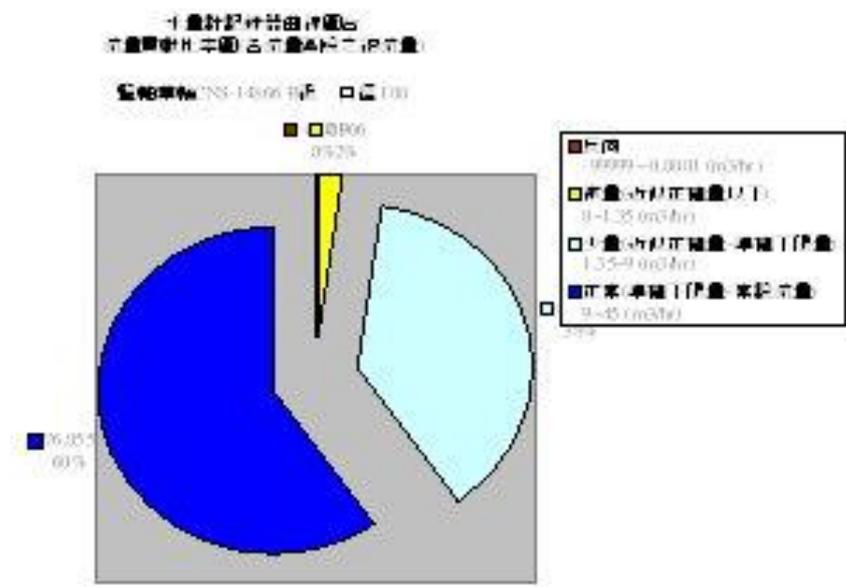


圖 8 換表前 B 級一日流量貢獻比率圖

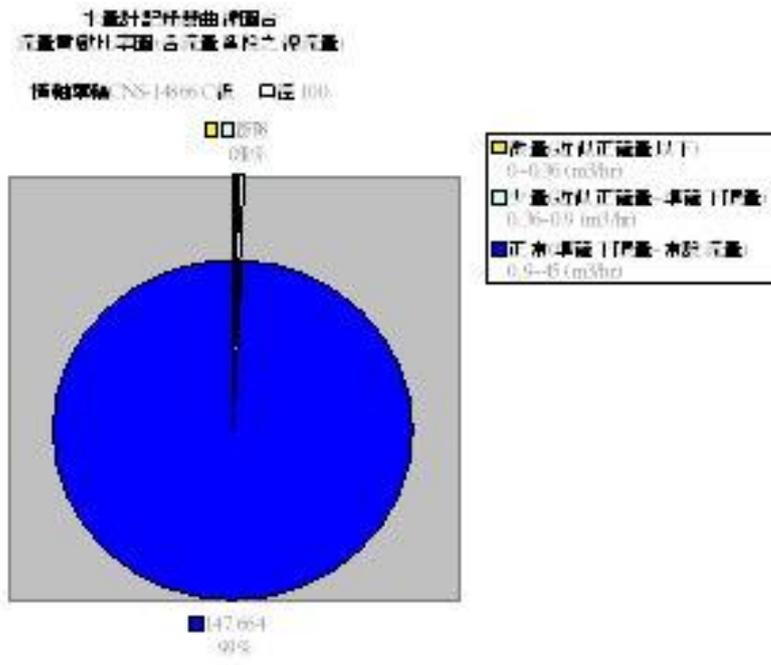


圖 9 換表後 C 級一日流量貢獻比率圖

本研究採用 C 級電子水量計與水表記錄器，進行用水模式分析後，歸納五項用戶用水異常狀態的現象，如下說明。

一、浮球開關效應造成 B 級水量計不感流量差異：

原使用的 B 級水量計與更換 C 級水量計期間所記錄的瞬間流量，作成流量趨勢分析圖，交叉比對可明顯發現：圖 10 為該用戶於浮球開關逐漸關閉時，B 級水量計無法量測流量漸低狀態時的進水量。圖為 11 汰換 C 級水量計後，則可計量其漸低狀態的流量。換言之，B 級水量計因浮球開關啟動關閉，或甚至當浮球開關無法緊閉所出現的微量漏水，其於低流量狀態無法精確計量，因而損失水費的收入。反觀 C 級水量計則能於低流量狀態精確計量，而較 B 級水量計增加水費收入。

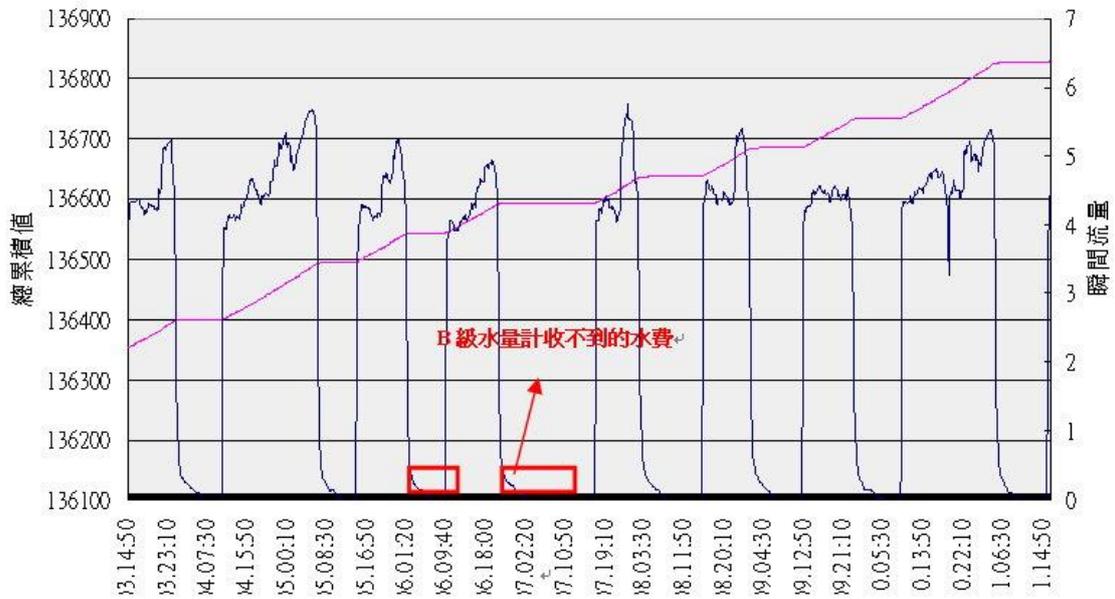


圖 10 B 級水量計之計量範圍曲線圖

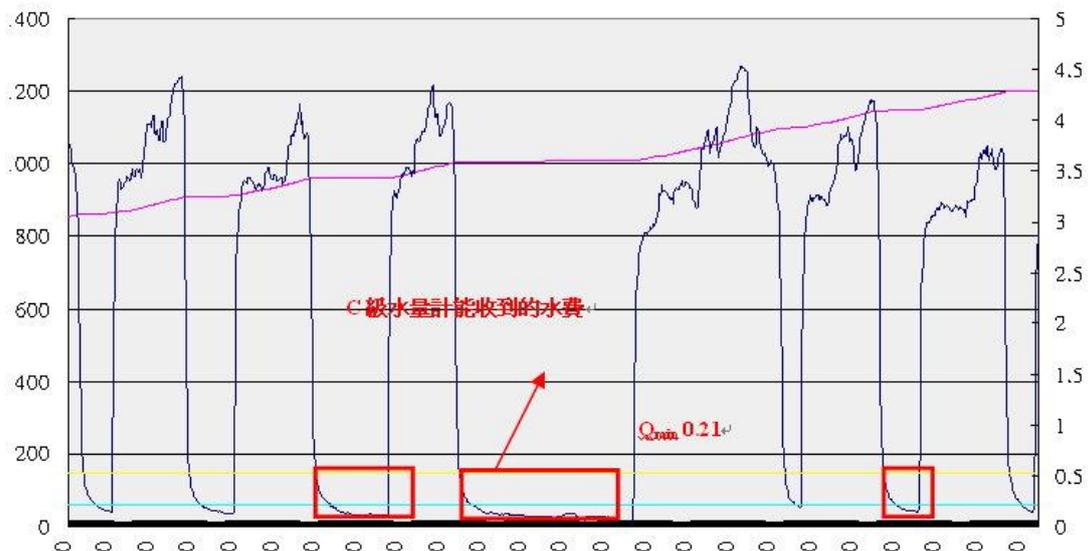


圖 11 C 級水量計之計量範圍曲線圖

二、更換 C 級水量計後發現用戶疑似微量漏水：

依據水量計運轉的紀錄資料分析得知，有兩處之水量計於換置前後均連續運作為

停止，顯見其疑似漏水的現象是處於微量狀態。原先 B 級水量計時無法感測到進水狀態，使得當時微量進水的水量未能加以計費；而換置 C 級水量計後卻可精確量測其漏水狀態(連續運轉 24 小時未停)，並顯示 B 級水量計少計量約 0.17 m³/h 之以上水量。如圖 12、圖 13 之瞬間流量圖與流量分佈差異比例圖所示。

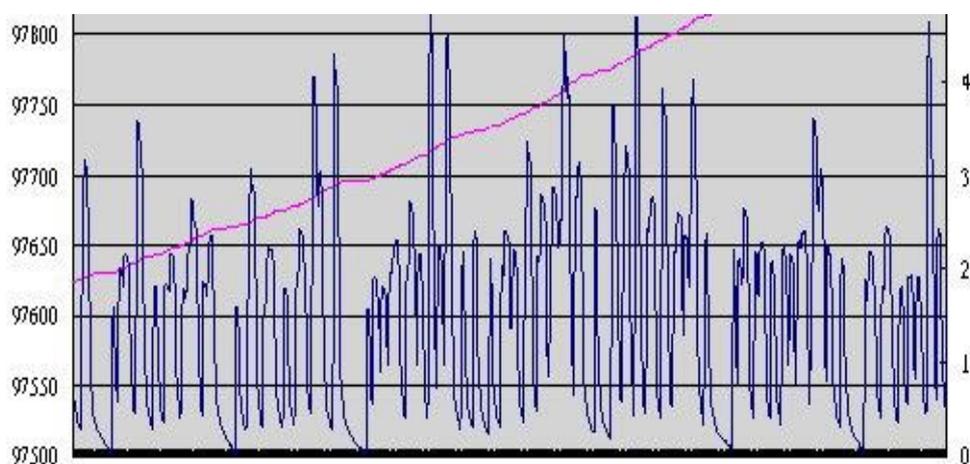


圖 12 換表前 B 級水量計瞬間流量圖

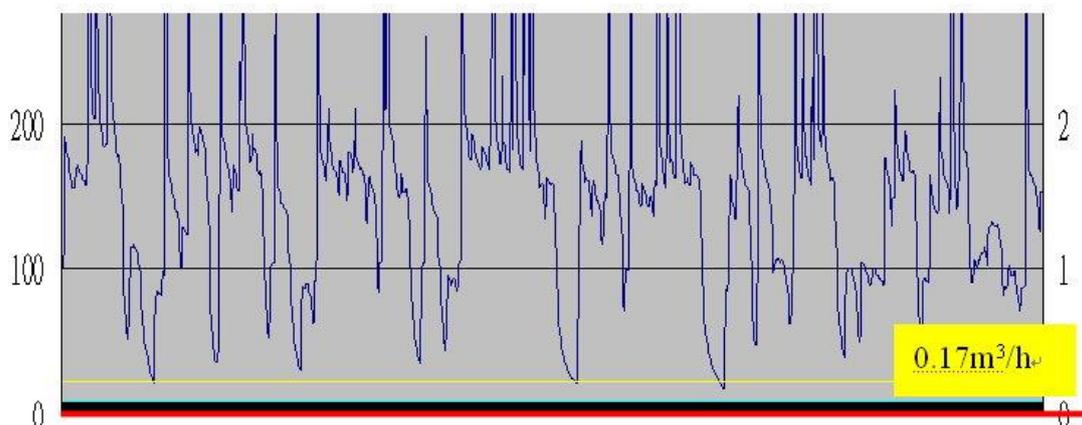


圖 13 汰換前後 B 級與 C 級水量計流量分佈比例圖

三、口徑過小造成超量：

由流量貢獻比例圖與瞬間流量趨勢圖圖得知，如圖 14 所示。用戶用水區間有超越常設流量情形時，可建議增大水量計口徑，以避免口徑過小而水量過大致使無法負荷超載流量，造成水量計損壞，而其損壞期間無法計量亦為計量損失。

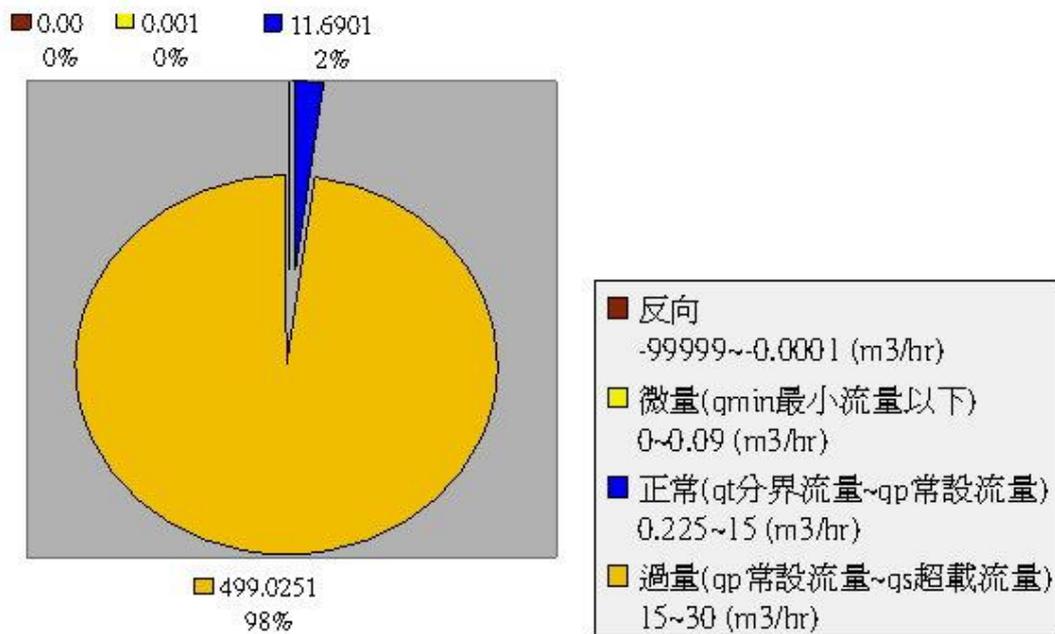


圖 14 流量超過常設流量趨勢圖與比例圖

四、口徑過大不感流量：

若用戶於長期用水均偏於微量與少量區間時，由圖 15 觀察瞬間流量趨勢圖可知其瞬間流量皆於 q_{min} 以下，為不感流量狀態；若汰換成 C 級水量計後，其瞬間流量即為 q_{min} 至 q_t 之正常計量區間，如圖 16 顯示。因此，建議須評估用戶基本費收益與水費收益之間的效益分析，決定是否換小水量計口徑。然而，若換置

C 級水量計，其微小流量涵蓋於最小計量範圍者，則可降低不感流量所產生的計量誤差，又可兼顧原口徑基本費收益，假以時日用戶水量再提高時，又能涵蓋於合理計量範圍內。

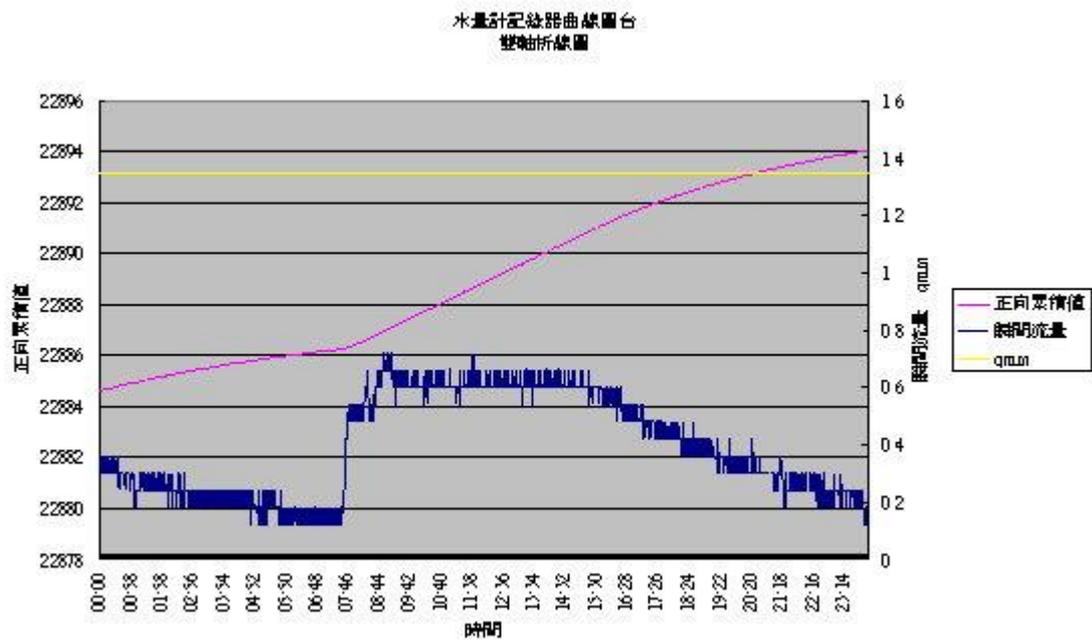


圖 15 B 級水量計瞬間流量顯示趨勢圖

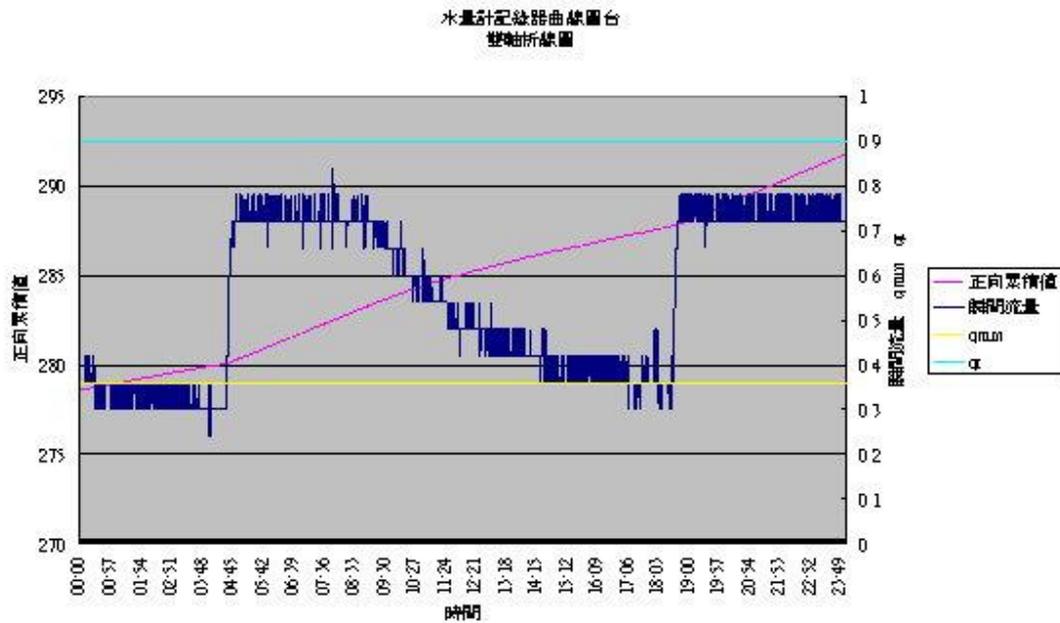


圖 16 C 級水量計瞬間流量顯示趨勢圖

五.長時間運轉造成水量計磨耗：

水量計可能因使用年限過久或長時間運轉，而造成內部元件磨損產生計量誤差。

工廠型態用戶為 24 小時不間斷進水，處於長時間運轉與磨耗，由圖 16 判斷該

原 B 級水量計已使用七年之情況下，其瞬間流量顯示為 $6.5\text{m}^3/\text{h}\sim 7.8\text{m}^3/\text{h}$ ；換

至 C 級水量計之後，其瞬間流量提升為 $8\text{m}^3/\text{h}\sim 11.3\text{m}^3/\text{h}$ 。由此可知，原本老

舊的 B 級水量計疑似長時間運轉而產生計量誤差的現象。於是，水量計使用會

依其使用型態不同，經年累月不間斷的進水狀態，而其使用年限應有所調整，並

設定合理汰換週期，以預防水費短收。

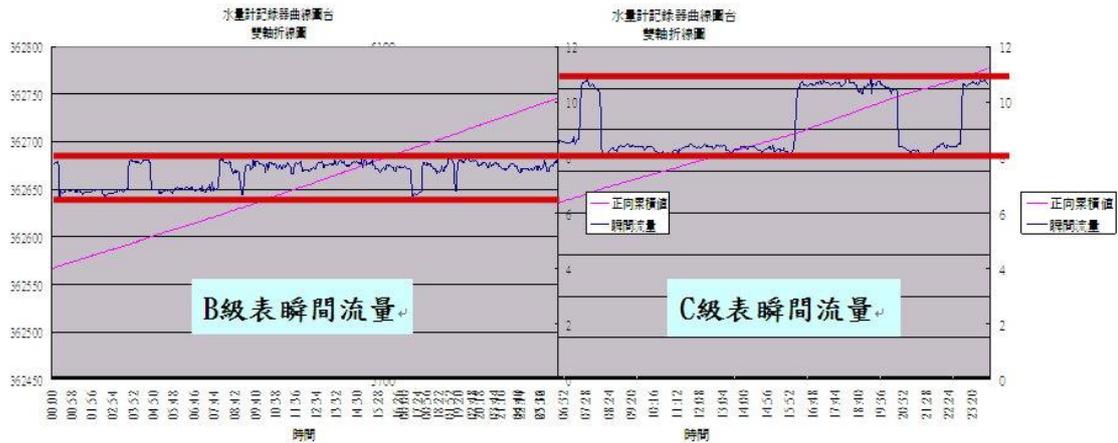


圖 17 B 級與 C 及瞬間流量比較分析圖

綜觀上述的歸納分析結果顯示，C 級水量計確實可改善 B 級水量計於不感流量，具高靈敏性、能偵測較低進水狀態的問題，並對於自來水事業單位之水費收益有顯著提升的效果。同時，針對用戶用水模式，藉由 C 級電子式水量計搭配水表記錄器的觀測可正確判斷最適化的水量計等級與口徑，提升水資源管理的效益。

四、C 級電子式水量計應用分析與經濟效益評估

本章節試圖檢視 B 級水量計計量損失評估，根據元培耀 (2009) 的分析顯示，以 2007 年用戶實際用水量與表 4 關於 B 級水量計計量損失率的數據，即可約略估計 B 級水量計於 2007 年度所產生的水費損失，如表 5 數據所表示。相較於 C 級水量計，B 級水量計之計量誤差所影響的水費損失具有顯著的現象，且用戶用水量愈大，其計量損失水量愈大，所損失的水費對自來水事業單位的營運收益是龐大的負擔。

表 5 2007 年試驗點 B 級水量計計量損失試算表(單位：人民幣)

試驗地點	前門營銷樓	國家體育總局	商標印刷廠
用戶實際用量	2,845 m ³	7,516 m ³	19,235 m ³
B 級水量計計量損失	139 m ³	271 m ³	831 m ³
水價	4.10 元	4.10 元	4.10 元
全年水費損失金額	569.23 元	1,111.1 元	3,407.10 元

資料來源：本研究作者整理自 元培耀：〈淺談對 C 級水錶的應用研究〉，《城鎮供水》第二期，(2009 年)頁 40-43。

元培耀 (2009) 評估以 DN100mm 的 C 級水量計，在大陸市場行情價格約為人民幣 8000 元，其技術規格標示使用期限為 8 年(內置電池的使用壽命)。對於商標印刷廠而言，若換置 C 級電子式水量計，則約 2.5 年內其水費收益即可回收投資成本，並增加 2.55 萬元的經濟收益，且用戶用水量越大，回收投資成本所需的時間愈短。此外，2007 年北京市自來水集團有限責任公轄內 DN40mm 以上水量計的售水量約為 44,989 萬立方米，以 B 級水量計 4.32% 的計量損失率，則 2007 年 DN40mm 以上大口徑之水量計所損失售水量約為 1943.5 萬立方米，按平均水價人民幣 4.10 元估算，水費損失約為人民幣 7,968 萬元。這對自來水事業單位是一筆相當可觀的營運損失，若能換置 C 級水量計，則損失即變為水費收入，此一來一往的經濟效益十分明顯，也說明 C 級水量計的確有其投資報酬率。

綜合圖 11、13、14、15、16 與圖 17 之 B 級與 C 級水量計計量差異分析，本

研究嘗試估算 C 級水量計較 B 級水量計所產生之經濟效益，水費用以每立方米平均水價 10 元為計算，如表 6 所表示。

表 6 用戶用水異常狀態之經濟效益分析

異常狀態	B 級與 C 級水量計交叉比對分析
浮球開關效應造成 B 級水量計不感流量差異	C 級水量計較 B 級水量計每小時多計量 0.21 m ³ ，一天則多 5.04 m ³ ，一個月則多 151.2 m ³ ，其多 1512 元。
疑似漏水	C 級水量計較 B 級水量計每小時多計量 0.17 m ³ ，一天則多 4.08 m ³ ，一個月則多 122.4 m ³ ，其多 1224 元。
口徑過小造成超量	C 級水量計較 B 級水量計每小時多計量 2 m ³ ，一天則多 48 m ³ ，一個月則多 1440 m ³ ，其多 1440 元。
口徑過大不感流量	C 級水量計較 B 級水量計每小時多計量 0.44 m ³ ，一天則多 10.56 m ³ ，一個月則多 316.8 m ³ ，其多 3168 元。
長時間運轉造成水量計磨耗	C 級水量計較 B 級水量計每小時多計量 3.5 m ³ ，一天則多 84 m ³ ，一個月則多 2520 m ³ ，其多 2520 元。

資料來源：本研究自行整理

由圖 18 與圖 19 分析觀察 B 級與 C 級水量計於微小流量的計量效果。圖 11 曲線圖顯示 B 級水量計的計量狀態屬於正常現象，並無誤差之情況。但若與圖 12 曲線圖相較，於相同情況下 C 級水量計則可針對 B 級水量計無法計量之區域精準計量。依實際測試，每只 C 級水量計每小時約可增加 0.21m³ 之水量，而一整年計算下來，約可比 B 級水量計多計量 1839.6 m³ 之水量。如此以全台灣自

來水事業單位的水量計換算，則是一筆可觀的營收數字，顯示 C 級水量計所增加之經濟效益是具有相當之成效。

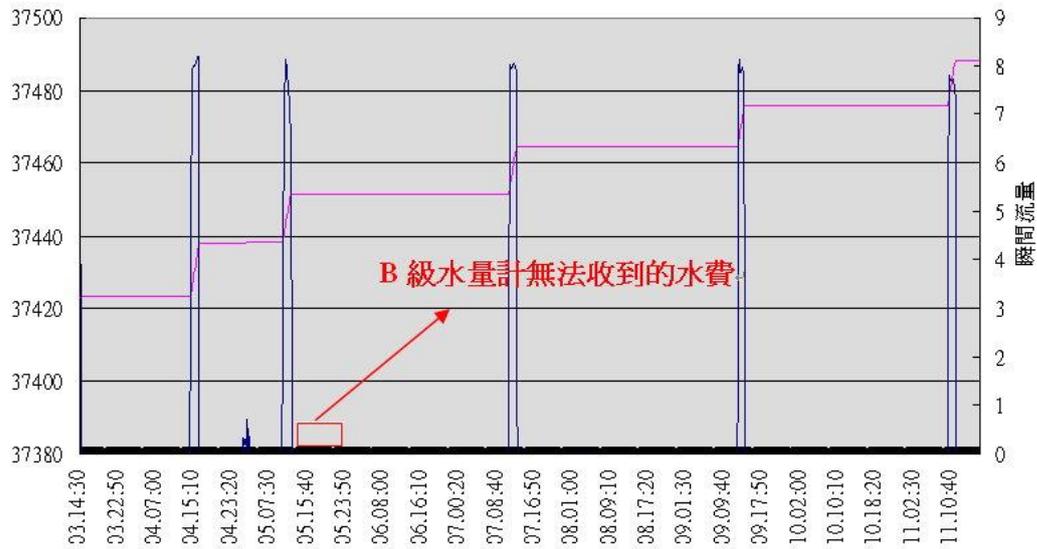


圖 18 B 級水量計之計量現象曲線圖

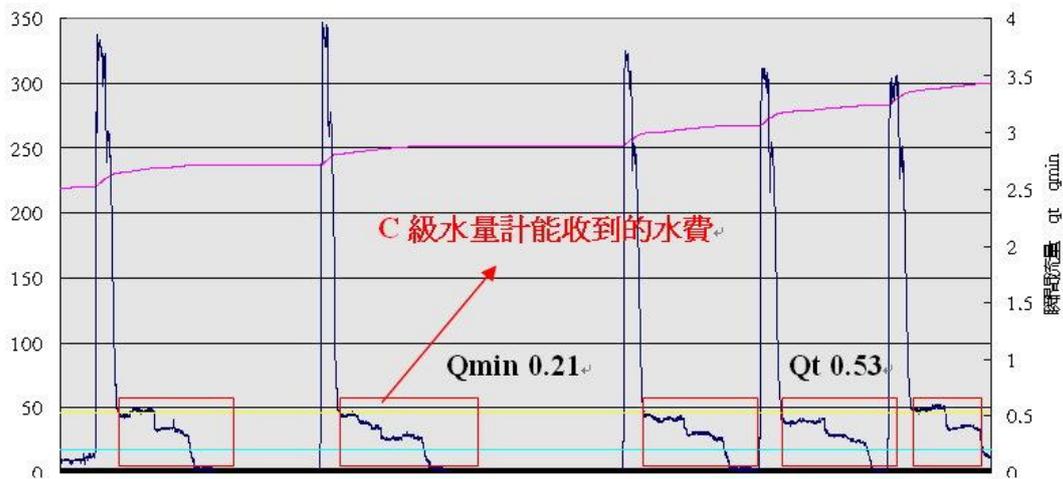


圖 19 C 級水量計之計量現象曲線圖

水量計計量誤差的表現，將伴隨使用年限與度量等級，呈正比成長。計量精度高之 C 級水量計，可大幅提昇計量準確度及使用年限，大幅提昇其營業額以及降低設備折舊與汰換率。以下將藉由流量計應用到其他產業的案例分析，透過實際業務執行，說明高精度水量計之預期效益。

以台灣中油股份有限公司為例，其高精度的流量計，增加 0.01 升即跳表增加 1 元，不僅解決客戶計較售油量的爭議，運用高精度之計量工具，每年可為中油增加數億元的收入。再者，以各公(民)營污廢水處理廠為例，依據工業區污水處理廠業務執行報告得知，污水處理費當中水量收費佔 42%，水質收費佔 58%；不過水量收費中尚有 19.4% 未能確實收取費用。根據全國認證基金會(TAF) 流量計測試與校正年度統計資料，97 全年度僅發出約 40 份校正證書，測試報告書約 200 份。引此可推斷，目前應用於污廢水廠的計量工具，不僅有計量精準度的問題，也有許多因計量誤差而短少的營收未被計算。此外，林進其 (2010) 研究引證，透過連續 24 個月的水資源用量監測，以其平均月用量，進行線上水量計汰換後，經連續 24 個月售水觀測比對，雖降低水量計基本費的收入，卻大幅提高售水營收。因此，藉由有效的用戶用水模式偵測，可以用以協助自來水公司進行最佳化表種汰換的決策，並以正確的計量管理工具，提高自來水事業單位的售水營收，擴展水資源經濟效益。面對全球水資源匱乏的窘境，未來將有更多淨水產業、海水淡化產業與新興水工業積極從事節約水資源的事業參與和投入。於是，品質性能優良且高精度的水量計，儼然成為自來水公司事業單位計量管理與

營運政策的基本系統工具。

國際水協會(International Water Association, IWA)所出版「水量計整合管理(Integrated Water Meter Management)」一書中描述，透過不同類型用戶用水統計資料，進行 B 級水量計的汰換工程而換置 C 級水量計，其估計平均約可提升 3.6%計量差異。同時，電子式水量計，其計量精確度不受機件磨損影響，具備產品計量的可靠度，並可輸出數位編碼資料格式，而應用於自動讀表、用戶用量統計、用量異常狀態警示等智慧型功能管理，建構完善的水資源監控與分析系統，不僅增加國內水資源經濟效益，亦協助管理單位提升管理品質。

電子式水量計提供數位編碼訊號，透過傳訊介面的轉換，可應用於自動讀表技術。早在民國 85 年，國科會之國家資訊通訊基本建設 (NII) 實驗計畫，預計將水、電、瓦斯三種計量儀器導入自動讀表。除了可提高抄表正確性外，更能提供相關用戶資料協助公民營企業作為營運決策之依據。計量技術與管理制度的轉變，其預期之管理效益：(1) 將現行收費制度，從兩個月變為一個月，提高現金周轉率；(2) 建構數據資料庫，模擬下一季用戶用水、用電和瓦斯之用量的需求曲線，作為資源管控與調配的策略；(3) 分析用戶用量之統計數據（例如直條圖），進行最佳化計量工具安裝與汰換的評估基準。

此外，透過 C 級電子式水量計的應用功能，藉由計量模組的實證分析，可協助用戶進行漏水偵測，以達到節省珍貴水資源的目的。Arregui et al. (2006) 研究指出：「若要進行用戶用水模式分析，至少需要 C 級以上度量等級的水量計，

且觀察時間至少一週以上，透過最小流量的長時間統計，而達到漏水偵測的經濟效益」。其原理為紀錄用戶連續用水時間，若連續超過 24 小時，搭配 C 級計量精度，瞭解最低流量發生時間，便可察覺用戶水量計是否有漏水的情況發生。若用戶是以水塔或儲水桶的方式，也可以透過每日累積量，推斷水塔平均引水時間，觀察用戶用水量是否合理。如同有偶，林清鑫（2009）亦提出：「安裝起動流量低之 C 級型式水量計與自備電源之無線傳輸介面的輔助，藉由密集的監控記錄，偵測管網流量及壓力的變化，以達漏水控制的目的」。

綜合上述研究，我們可以瞭解性能良好的計量管理工具，不僅可提高相關產業的營收與管理績效外，同時也達到惠民的效果。

五、結論與建議

本文針對 C 級電子式水量計的應用分析與經濟效益研究，說明 C 級水量計不但較 B 級水量計的技術等級高，更適合運用於供水系統的計量偵測與管理訴求。C 級電子式水量計計量精度高、流量範圍廣、數據記錄分析功能與優越的無線通訊傳輸系統，皆符合現代化水資源管理整合系統的技術要求，通過微電子與晶片控制之具體應用，使自來水事業單位能夠快速查詢用戶用水狀態，有效提升售水營收利益，並深化管理制度，為其事業營運發展增添廣泛的經濟效益。

另一方面，電子式水量計其自動化傳輸監控系統可提供用戶偵測漏水現象和供配水的統計分析數據，同時結合自動讀表技術的應用，合理提高售水率。對用戶和

自來水事業單位，建立雙贏局面。現階段電子式水量計採購成本雖然較機械式水量計高，但若能透過政府政策的宣導與自來水事業單位的採購策略，全面提升 C 級電子式水量計的市場普及率，則將為自來水事業單位提高售水營收與計量管理品質。再者電子式水量計具有偵測漏水功能，可協助用戶漏水偵測，解決用戶糾紛，提高用戶滿意度，此舉亦提升自來水事業單位的經營形象。其增加附加價值並非實質金錢所能衡量。根據 Arregui et al. 提出：「將 B 級水量計汰換為 C 級水量計的因素，除水價指標外，設備年限、水資源取得成本等，皆為重要的衡量標準。透過一簡易公式可以快速求算是否需更換水量計精度等級。」

藉由種種研究論點支持下，本研究提出幾項參酌建議，提供給台灣自來水事業單位作為汰換決策考量依據。

1. 需有廠商有意願開發低成本與高可靠度 C 級電子式水量計，為導入的先決條件。
2. 政府在推廣智慧電網之際，亦能考量水資源珍貴與管理的必要性，政府政策的支持與輔導，扶持水資源管理產業的發展，成為落實的條件。
3. 針對地廣人稀且管理不易之區域或高成本水資源區域，例如澎湖、南投山區，供水成本大於水費營收者，可建議先行試辦，並能藉由電子式水量計具有偵測漏水功能，協助用戶發現漏水，減損營運成本。
4. 針對高收益區域、都市密集區、生產事業用水戶，例如台北都會區、科學園

區、工業區等區域，可建議先行試辦，提升水費營收效益。

5. 輸送管線老舊所造成的微量漏水，也是水量計未能計量收費的原因之一，建議針對老舊屋齡區域、擁有大型儲水設備的住宅區為先行試辦區域。

6. 應用自動監測設置，強化用戶管理

(1) 超大用水戶型態：隨時掌握用水資訊：每分鐘或每小時利用包月制通訊

(ADSL/GPRS)即時密集傳輸用水資料。

(2) 大用水戶型態：每日分析用水資訊，定時或定時距紀錄水量，採用計次型通訊方式(GSM/PSTN)每天回傳一次

(3) 一般用水戶型態：每半年用戶水表健檢及檢測漏水與否，使用 MDR(水表記錄器),分析水量計口徑是否洽當,管線是否破管,及用戶用水模式。

參考文獻

1. Arregui, F.J., "Calculo de las incertidumbres en la estimacion del error del parque de contadores" Internal Document. Instituto Tecnologico del Agua. Universidad Politecnica de Valenci, (2002).
2. Arregui, F.J., C.V. Palau, L. Gascon, and O. Peris . Evaluating Domestic Water Meter Accuracy. A Case Study. Pumps, electromechanical devices and systems. Applied to urban water management, Balkema, (2003).
3. Arregui, F. J., E. Jr. Cabrera and R. Cobacho, "Integrated Water Meter Management." Published by IWA Publishing, Alliance House, 12 Caxton Street, London, (2006).
4. Thornton, J., "Water Loss Control Manual." McGraw-Hill Companies, Inc. EISBN: 0071374345, (2003).
5. 林進其：〈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，第六區新營營運所，(2010年)。
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. 楊義榮：〈工業區污水處理廠業務執行報告〉。工業區環境保護中心，(2004年)。
8. 賴冠玲、高世欣、何興亞、張國強、謝明昌、孟慶蘭：台灣地區水資源投資分析研究之初探 - 以台灣水價與節水指標為例，台灣水利研討會，(2009)，A17 - 19。
9. 李玲玲：〈台灣水資源現況說明〉，惜水樂活行動簡報，中華民國自然生態保育協會，(2007年)。
10. 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)。
11. 元培耀：〈淺談對C級水錶的應用研究〉，《城鎮供水》第二期，(2009年)頁40-43。