

智慧電子水表在智慧水網的應用探討

蘇政賢¹ 楊崇明² 黃敏惠³

¹國立嘉義大學管理學碩士 ²國立中山大學企管碩士 ³國立中山大學政治經濟學學士

摘要

智慧城市的概念於近年廣泛討論，透過資訊科技、通信技術的方式進行分析與整合城市內運行之資訊，進而對各項民生、能源、交通等需求做出反應與回饋，是為當代城市治理發展新趨勢。其中，水資源管理為發展的一大重點，不僅因水資源的不可取代性，也因未來水源預期匱乏，大多城市目前的管理方式亦積極朝向打造智慧水網的方向進行。

都市中的水資源依使用程度可分類為上水、中水與下水，一般而言，上水為純淨可飲用之水、下水為廢污水、中水則是經過處理後的污水，雖不可飲用但可做為二次利用，又稱再生水，中水階段的管理為目前大多研究之重點，然無論任何研究與規劃，「沒有計量就沒有管理」，若要有效控管水資源則必須將每個階段的流量計量清楚，後續分析與整合規劃才有其可靠性，達到水資源調配得宜，減少耗損。本研究探討如何利用智慧型電子式水表有效管理水資源，並透過水資源自動監測系統打造智慧水網，從台灣現行技術發展開始，搭配發展中的個案技術整合，試規劃整體水資源的有效利用方式，達成智慧水管理。

關鍵詞：智慧電子水表、智慧水網、自動監測系統、水資源管理

一、前言

1.1 研究背景

20 世紀以來，知識密集產業伴隨資訊科技蓬勃發展，透過通訊技術的革新、科技產品的研發，除了改變舊有的全球經濟產業結構，更顛覆人們傳統生活型態，從農業生活轉向工業化，更進一步的資訊全球化，人們思維與解決問題的方式也因此有了轉變。有了技術面上的革新，思維上的變革，以及急迫的城市能源管理需求，智慧城市一詞延伸而出，已開發國家的重點城市正朝著該方向進行蛻變，冀望能為整體的管理方式開闢另一條新的道路。

同時，目前當代都市中最為急迫的問題便是能源管理。有限的能源已無法負荷快速成長的人口數，其中，與其他能源相比水資源顯得重要且珍貴。水資源的缺乏可直接影響人類的生存與健康，水並非單純的可再生能源或有其他可替代性之能源，唯有管理得當，才得再次利用，在極度缺水之區域，水更是一種戰略物

資。專家普遍預期未來水資源將會匱乏，不敷使用，其中最重要的原因，便是異常且極端的天候發生的頻率愈來愈快。聯合國於今年度的世界水資源日報告中警告，最快於 2025 年時，三分之二的世界人口將生活在缺水的國家，2030 年時全球可用的淡水資源將減少 40%。台灣雖然降雨量高於世界平均值，然而每人平均用水量卻是世界平均值的五分之一，列為世界第 19 名缺水國，被專家稱為「多雨的缺水國」，水資源的管理在不樂觀的未來中其妥善的管理更顯的重要。

在大多的智慧城市的水資源規劃中，多是利用計量管理的方式建構智慧水網，從產銷平衡的概念著手。例如在紐約市已全面更換為智慧水表並建構自動監測系統，控管每個用戶的用水量。國際趨勢與成功案例中，有效的計量管理皆仰賴智慧電子水表的管理，並依其的管理功能與自動監測系統，將水表視為一個簡易的管理中心，透過水表間的串連，成就成一個智慧水網，使管理者更清楚且精準地了解目前用水資訊。本文就智慧電子水表於智慧水網中的管理應用提出建議。

1.2 研究方法

智慧電子水表為符合現行經濟部型式認證水量計，受到嚴密法規規範，本研究將從各國法規規範開始，並分析當代之應用，包含供水系統網絡的建置、用戶用水模式分析、智能住宅的設置與進行節能減碳的討論。為了探討用戶用水模式，幫助用戶了解自身用水模式，於家戶中裝設智慧電子水表與建置水資源管理系統，透過實例研究與文獻分析，整合成當代智慧水網的概要。

台灣智慧水網的建置方向，應以點到線最後至面進行整體性的整合規劃，利用資訊科技的發展，將所有用水資訊整合於單一系統中，管理者與使用者透過授權的方式，無論用戶端或者是水權管理者（供水業者、污廢水管理者），皆可即時觸及其應取得的用水資料，進行管理。透過智慧水網，可將用水資訊透明化，降低人為錯誤發生機率（人為抄表錯誤、水表/儀器建置錯誤、行政管理）、降低管理成本（結算分析報表處理、實地抄表人力與時間）、降低漏水率，水資源妥善分配並有效提升水資源管理效益。

二、文獻探究

2.1 法規探究

水量計亦為俗稱的水表，是常見的水流量檢測儀器，為維持公平交易與社會秩序，水表的製造、檢定無論國內外皆有法規嚴格規範，確保計量程度上的一致性。

在國內，水量計受到度量衡法規制與經濟部標準檢驗局的管理監督。從憲法位階高度，以度量衡法為主要法律，並有相關法規命令、技術規範與國家標準進行規範。依據度量衡法第五條：「主管機關得就供交易、證明、公務檢測、環境保護、公共安全、醫療衛生有關之度量衡器指定為法定度量衡器。」水表為流量檢測儀器，作為水源收費依據，因此亦為法定度量衡器，需經過標準檢驗局型式

認證認可。水表中的標示、構造、檢定公差、檢定合格有效期間、最長使用期限在型式認證與檢定、檢查相關技術規範中均有明文規定。若違反度量衡法相關規定，除了必須承擔行政法上的義務負擔與法律責任，更可能觸犯刑法第十四章第 206 條至 209 條的偽造度量衡罪等刑罰罪責。水量計的技術標準由國家標準 CNS 14866（ISO 4064）作為規範，包含基本標準、安裝規定與選用、檢驗法與設備。目前國內最新標準 2012 年版亦開始規範電子水表的部分，使智慧電子水表的技術標準有具體的規範。



圖 1：水量計法規架構（蘇政賢，2008）

世界各國亦有相關法律條文、檢定規範來保障交易公平與安全，相關水表技術規範（如表一），大多國家以國際法定計量組織（OIML）與國際標準組織（ISO）的規範為基礎進行擬定與發布。我國水量計則以引用 ISO 4064 為調和，作為 CNS 14866 水量計的技術標準。

表 1 各國水量計技術規範與標準

標準制定/發布機關	規範名稱/編號
國際法定計量組織 International Organization of Legal Metrology (OIML)	OIML R49-1 / R49-2 / R49-3
國際標準組織 International Standards Organization (ISO)	ISO 4064 Part 1 / Part 2 / Part 3
歐盟度量衡器指令 EC 51/2003 Legislation (MID)	Annex MI-001
美國自來水工程協會 American Water Work Association (AWWA)	AWWA C700 / C701/ C702/ C703/ C708/ C712/ C713/ M6
法國標準化協會 Association française de normalization (AFNOR)	NF E17-001
以色列標準局 Standards Institution of Israel (SII)	SI 63
日本工業標準調查會日本標準協會	JIS B 8570-1/ 8570-2 JWWA B 127/ 128
中國國家標準化管理委員會	GB/T778.1/ 778.2/ 778.3/ JJG 162/ CJ/T224-2006

資料來源：經濟部水利署，提升水量計功能強化用水管理之育成計畫（2012）

2.2 智慧型電子式水表簡介

根據我國國家標準 CNS 14866，水表計量等級可分為 A、B、C、D 四個等級，其中 A 級為最低階，D 級計量等級最高。從水表計量原理，市面上產品可分為機械式、附加型電子式、機電一體式以及全電子式。

機械式水錶和附加式電子水錶仰賴齒輪傳動產生計量，大多僅有 B 級計量等級，水錶構造可分為乾式與濕式構造設計，濕式構造的缺點在於積算盤面易受水流影響，齒輪因水中雜質或使用年限產生磨損，密合度下降導致誤差，盤面亦可能受污垢影響、孳生青苔無法清楚辨識數值；乾式構造的設計則是仰賴磁力帶動齒輪轉動，雖可阻隔水與齒輪的接觸，但也因此有磁干擾風險和脫磁現象的影響。

機電一體式的電子水錶，則是透過電子元件感測下方葉輪之傳動，國內產業以「非磁感應」的設計可使其避免磁鐵干擾計量，LCD 電子顯示面盤方便管理者讀取資訊，具備 C 級計量等級。

全電子式水錶則是全部由電子元件感測流速，以電極（磁）或超音波感測，透過電壓或電流的訊號轉化為流量資訊，然因其製造成本、售價偏高較不符合當代社會經濟效益。

表 2 水量計綜合分類比較表

	機械式	附加式電子式	機電一體式電子式	全電子式
計量原理	齒輪帶動機械結構原理	機械式水錶為基礎，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流速，進而換算成流量
應用特點	價格便宜	較機械水錶增加訊號傳輸功能	<ul style="list-style-type: none"> ■更佳線性度及靈敏度 ■多元智慧管理/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	<ul style="list-style-type: none"> ■機構或齒輪產生磨耗，計量準確度隨使用時間產生誤差 ■易受磁鐵干擾 ■無智慧管理功能 	<ul style="list-style-type: none"> ■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，致計量失真 ■易受磁鐵干擾 ■易受雜訊干擾 	價格略機械式高	價格昂貴，靈敏度不高
傳訊效益	無（無資料傳輸功能）	脈衝、無線電傳輸（易受雜訊干擾）	<ul style="list-style-type: none"> ■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 ■進行用戶用水模式分析 ■數位編碼信號輸出，可連結各種傳訊設備，應用於 PLC 或即時監測與計量管理系統 	
價格	低	略低	中	高

資料來源：楊崇明等人，智慧電子水錶管理應用之探究，2012

機電一體式水錶透過其自身內建的微電腦功能，附有多功能管理系統與紀錄功能，計量靈敏外亦可進行水資源管理，因此被稱為智慧電子水錶，低流量敏感

計量（C 級），主動偵測漏水並發出警訊，可提高計量、降低供水帳面漏損與無收益水費，進而提高售水率與抄見率，配合傳訊設備更可進行遠端讀表，管理者可遠端監測用水。符合市場需求、社會發展趨勢，亦為本研究中欲探討之水表類型。

2.3 上水、中水、下水與智慧水網簡介

都市中的水資源可分為上水、中水及下水。一般而言，這三種的區分依照使用程度而定。未經使用的淨水為上水，亦是一般民眾飲用與使用的水；經過使用後的生活污水、工業廢水是為下水；中水介於上水、下水之間，是指經過水質淨化處理過後的下水，一般稱為回收用水，使用上不得直接接觸人體，例如花圃澆灌、馬桶沖刷、工業用水、空調系統冷卻等等。

2.3.1 上水簡介

上水的管理可泛指為供水系統的建置與管理。供水系統為整體自來水的輸送管理，水源可分為地下水、地面水與水庫水，經過淨水廠的處理並輸送到用戶端，水質由自來水法進行規範，為都市中民眾最常使用的水源。

上水的管理最為重要的是減少運送漏損，意即管線漏水，避免水資源浪費與增加售水率。解決管線漏損的方法眾多，目前台灣主要採行的作法為壓力控制、分區計量與管線汰換。在國際上，分區計量的方式已實施多年並有顯著成效，鄰近的日本早在 1950 年代便開始實施，藉此發現漏水區域，再利用聽音法的方式確定漏水點並加以補強。然而，該作法僅只是緊急性措施，即使漏水區域已完成修補，仍有很大的機率會在該管線中的其他部分發生復發。因此，較為治本的解決方式是為老舊管線的汰換，減緩漏水壓力。

上水的輸送常攸關水的計費問題，不正確的數據，除了使計費公平性產生疑慮，更可能造成純淨水資源的浪費；另，管理上，若可進行系統性的管理，得降低管理成本，增加資訊處理上的效益，從產銷平衡概念出發，更可降低無謂的水資源與動能浪費。智慧電子水表不僅可提供準確數據，更可將資訊回傳至遠端水資源管理系統，是為國際當代水資源管理的趨勢。

2.3.2 中水簡介

水資源管理中大多將焦點放置在中水的回收處理，也就是再生水的製造與使用，力促每滴水的二次利用。因其不受天候影響，可穩定生產，能有效減緩都市中用水緊張，降低供水需求。依照經濟部水利署的雨水及再生水手冊，再生水依處理水源可區分為「生活污水再生系統」與「產業廢水再生系統」。後者因其水質處理較為複雜且須經過嚴格評估，一般僅用於該個體廠區內使用；而生活污水再生系統泛指將較為純淨的生活污水經過再生水處理，處理方式可能為透過污水池淨化或是利用生態工法沉澱或過濾等，將污水轉化為可再次利用的中水，該再生系統是為能有效利用水資源的方法之一。實施地點通常為一般住家、學校校園、商業行號等小區域規模。

目前台灣尚未對中水使用的水質有法規規範，然而行政院已於 104 年通過「再

生水資源發展條例」草案，將送請立法院審議。該草案旨在解決工業用水與民生用水互相搶水的困境，欲提升工業區工廠製程廢水回收再利用比率，且對於再生水的使用用途及其水質標準亦有條文規範。過去因再生水的價格較普通水昂貴許多，因此廠商並未有回收的意願，該草案可望對未來工業上的再生水利用增加使用誘因。

中水的再生系統可搭配污（廢）水的水資源管理中心，建置系統性的管理制度，準確的回收數據除了可作為廠家再生水的使用依據，更可提供未來水資源規劃使用，使每滴水皆能妥善利用。

2.3.3 下水簡介

下水則為污水管理，台灣都市地區、人口密集處主要仰賴水利法、水污染防治法與下水道法作為主要管理法源依據，其餘則有土壤及地下水污染整治法等法作為補述。下水道法第二條定義下水為指排水區域內之雨水、家庭污水及事業廢水（工廠用水），該污水會經由處理下水的下水道流至專門的污水處理廠，經過處理的污水便會排放至承受水體（海洋、河川、湖泊）之中。

下水的管理仰賴法律的規範，由中央主管機關應該地的承受水體的特質及其所在地之情況，劃定規範水區，訂定水體分類及水質標準。下水不得任意排放，水質需符合上述規範才可放流。事業廢水（工業用水）排放前應向直轄市、縣（市）主管機關申請核發排放許可證或簡易排放許可文件後，才可依登記事項運作排放廢水。

然而，目前規範中，對於量測污廢水水量的水量計並無嚴謹的規範，如計量水表型式的選擇與度量衡法脫節、與其校驗方式未符合 TAF 流量校驗等，容易產生管理漏洞，例如暗管的設置、夜間故意排放等等，使保護環境之原意無法落實，因此未來需透過計量進行污廢水管理，透過遠端即時監測，將工廠用水透明化，追蹤每滴水的使用過程與未來去處，遏止惡意廠商的污染。

三、智慧水網的建置概念

3.1 智慧水網的簡介

智慧水網的建置是利用當代資訊科技發展與 IOT（Internet of Things）物聯網的串聯，透過智慧電子水表將用水資訊傳訊至遠端水資源管理系統，透過授權保密的方式，管理者可遠端監測用水概況並調配水資源。小至居家用戶、大至工業用戶，皆可適用並互相串連，由單點（個別用戶）到線（鄰近事業/家庭用戶）至面（大區域整體用戶），構成一個智慧水網，城市治理者可透過水網觀察城市各個角落的用水概況，更適宜的調配水資源。因此，智慧水網的建置不單單僅只限於工廠個體、家戶單位，而是涵蓋整個用水範圍，包含供水系統、工廠用水、商業大樓、學校、公共建設、一般家戶、地下水、污廢水管理等等。

自動讀表功能，依循國家標準 CNS14273 自動讀表系統之通訊介面單元的標準，範圍包含讀表介面單元（meter interface unit, MIU）之網路架構、傳輸網路種

類、實體特性、及相關控制功能等。透過該技術標準規範，水表中的資訊可有效利用，相關資訊安全也可受到保障。

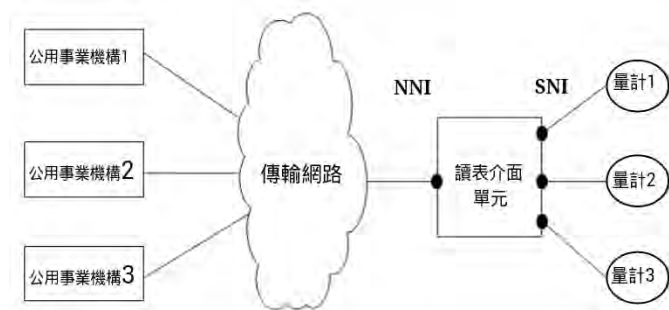


圖 2：自動讀表之網路架構（經濟部標準檢驗局，2015）

智慧水網的優勢顯現於提升水資源管理效能，無須耗時費力的取得用水資訊，於監測系統中便可即時獲得資訊與監測，降低水資源浪費，提升售水率。另外，亦可於系統中進行分析或是透過數據建立用戶用水分析，依照用戶的用水習慣調配水資源，幫助用戶了解用水習慣減少浪費行為。智慧水網更有助於達到水資源利用上良性循環，是國際水資源發展趨勢。試想像，於未來生活裡，用水資訊可輕鬆掌握在彈指之間，提高自來水事業單位管理效益，用戶端亦可更了解自身用水習慣，整體降低水資源浪費。針對異常狀況，智慧水網可以發出警訊給授權方，錯誤即時處理。整體用水資訊皆由系統自行感測主動告知，減少人力物力的耗損，達到最佳的資源調配。

3.2 智慧水網的建置要素

物聯網的基本架構可分為感應層、網路層、應用層，張榮泓（2011 年）將其作一項簡易比喻，將物聯網比喻為人體，感知層則是為人類的五感，通訊層是為人類內的神經，管理層則是為人體大腦。本概念與智慧水網的建置作為結合，可發現有其類似之處。

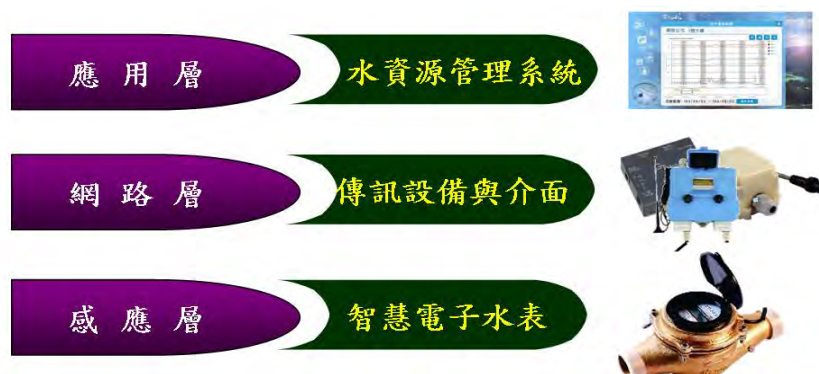


圖 3 智慧水網的物聯網三層適用

感應層的主要核心是為偵測當前資訊，通訊層則是確保資訊毫無阻礙的傳遞，管理層則是對於資訊進行智能反應，主動告知管理者目前概況以及應變措施。套用到智慧水網中，透過智慧電子水表作為感應層，由於智慧電子水表的穩定性與計量程度，可精準偵測流量變化，且其具備的智慧管理功能，可先將水流量資訊作最初步的紀錄，方便後續的分析管理。網路層的部分，透過具數位通訊資料格式的感測（智慧電子水表），與通訊設備的結合應用，建構無線或有線的傳訊架構，使智慧電子水表內的數據可傳遞到遠端水資源管理系統中，最短每 10 秒鐘進行一次資料回傳。最後由應用層進行各種情境分析，將水表中的資訊轉換成水資源管理的數據基礎，管理者在應用層中，可進行進階的管理分析模式，例如用戶用水模式分析，除了可以發現異常用水狀況（漏水、管線異常等），更可作為未來決策上的依據，適宜的調配水資源；用戶亦可在應用層中，了解自身用水模式，發覺用水浪費行為並進行調整。

智慧水網的建置不單單僅只限於工廠個體、家戶單位，而是涵蓋整個用水範圍，包含供水系統、工廠用水、商業大樓、學校、公共建設、一般家戶、地下水、污廢水管理等等。綜上所述，智慧水網的建置需仰靠智慧電子水表、傳訊設備，水資源管理系統的建置才得已完成，是為一套全方位水資源管理的解決方案。

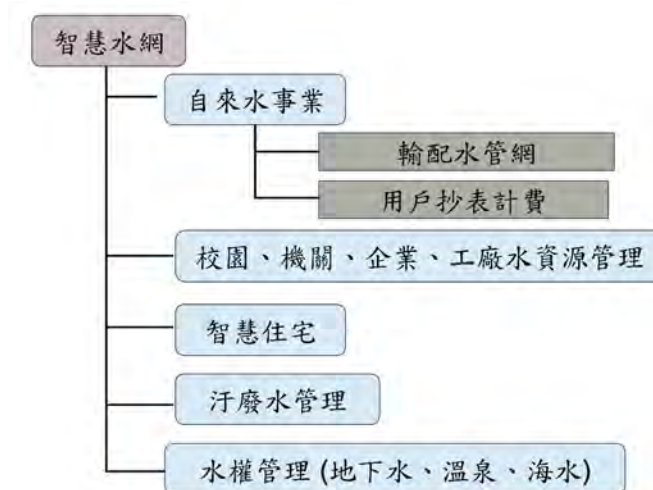


圖 4 智慧水網的架構

四、智慧水網的應用

智慧水網於理想概念中，管理者可藉由單一系統了解城市內各大小地方的用水狀況，進行最適宜的調配。目前在台灣，已有部分區域開始建置智慧水網，針對上水、中水、下水的使用特徵，本研究配合目前案場實績與理想概念，提出謬議以符合各水質利用的智慧水網。

4.1 供水監測管理：輸送管理

依據臺灣自來水公司統計國內合計 149 個供水系統網絡，103 年每日平均供水量為 8,758,582 立方公尺。吾人當有「產銷平衡」的概念，從「銷」（即用戶的實際總用量），回溯「產」（即生產供給的調整），達到用多少？供多少？而不是毫無目的的供水與加壓，非但供過於求的動力浪費，亦易造成破管、爆管的可能與漏水的浪費。

智慧電子水表搭配壓力傳輸器或其他相關檢測儀器，可透過 GSM/GPRS 無線傳訊紀錄器，將資料以封包或 IP 封包的方式，或是藉由可程式控制器傳至線上遠端水資源管理系統。十多年前便開始在自來水事業單位發展與施行（於總水量計自動讀表系統），整合供水相關設施統稱為供水監測管理系統。配合供水所需知的水量、水壓等資訊，供水監測管理系統可於電腦上使用，亦可利用透過行動裝置，例如智慧型手機或 iPad（系統：Android/iOS）進行監測，使用介面上更為靈活，而能「隨時」、「隨地」的掌握供水資訊與決策管理。

供水管理系統中的功能可分為監測圖台、供水管理、設備管理、用電管理、異常管理、統計分析等。透過智慧電子水表與相關設備的資料回傳，管理者可得知區域內的瞬間出水量、總用水量，確認當前用水是否異常（若壓力驟降、水量突增可能為破管漏水），進行水平衡計量管理。數據資料可繪製成分析圖表，利於管理或進行用戶用水分析。系統亦可配合分區計量，將各個分區計量管理全部於整合於同個系統中。從區處下分供水系統、分區計量（大區、中區、小區、次小區）、用戶計量等階層計算產銷差，進行產銷調控。

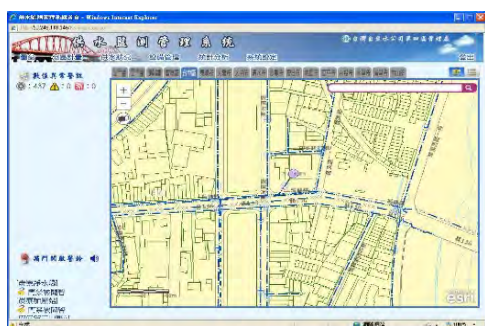


圖 5 系統結合圖資系統

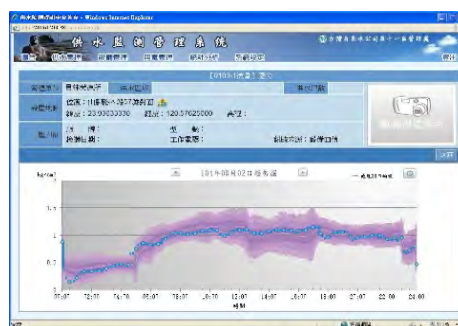


圖 6 壓力標準差管控

供水動力仰賴管線內的壓力進行，因此壓力的監控亦是管理的標的。供水監測管理系統可建置壓力監控的相關功能應用，例如水量水壓比較、一點多天壓力趨勢、異常水壓（突增、驟減）、不同時段水壓界限警告……等，系統可針對壓力異常的部分（超出或低於標準差）提出警示，作為管理決策與操作人員的供水操作依據。

透過單一系統整合相關供水的資訊，管理者得迅速了解當前供水概況、過去流量資訊，作為未來配水調節依據。黃國永（2009）研究提出，建置供水監測管理系統可獲得以下益處：提升測漏與管段監控效益、縮短管線工程時程與降低管線汰換影響範圍、協助水資源管理，降低無效售水率與作為自來水事業單位求償

管線維護與水費追償之證據。而林清鑫（2009）亦提及六大效益：節省派遣人力至現地抄表的時間與人力、減少人員抄表數值錯誤，或設置點表值記錄錯誤、隨時掌握每日實際用水情形，而非一段時間後的報表彙整、資料查詢便利，任何時間、地點透過網路上網隨時掌握用水情形、透過趨勢分析監看用水趨勢，並藉由用水趨勢分析，儘早發現管線漏水或異常用水情形，即時修漏與抑制漏水、歷史資料可做報表分析，節省報表製作人工成本。綜上所述，透過供水監測管理系統，單一系統整合供水資訊，方便管理者了解當前供水概況、過去流量資訊，作為未來配水調節依據，可降低人為錯誤機率發生，所設置的分析功能與歷史資訊利於分析報表的產出，可有效降低管理成本，亦得更高水資源管理效益。

4.2 分區計量管理的應用

自來水管網中的漏損控制，逐段聽音檢漏耗工費時，分區計量是當前施行最具效益的管控方式。將自來水管網分成多個獨立計量的封閉管網，偵測夜間最小流量（NMF）或依照水平衡概念分析各個管網的資訊，水表總表的進水量應等於各支管水表的水量加總，藉此找出漏水區域。然而此方法雖可查出漏水區域，但因為各用戶表的抄表時間不盡相同，將會產生因抄表時間落差所造成的誤差。

分區計量中，智慧電子水表扮演重要角色，原因主要可分為三大項：

第一，智慧電子水表達 C 級計量，可偵測夜間最小流量，判斷漏水概況。
第二，搭配傳訊設備，可將資訊定時（分鐘/小時）回傳至遠端水資源管理系統。
第三，智慧電子水表具備定期紀錄/特定時間紀錄功能，將區域內水表固定時間紀錄的表值，集體將水表數據，送回系統伺服器。將可解決過去每只水表抄表時間不一致的問題。除了幫助分區計量外，特定時間紀錄功能可幫助了解管線汰換後的漏水比較數據，迅速進行效益分析。

另，黃國永（2012）提出，智慧電子水表針對分區計量可有四大效益，分別為感測水量靈敏度佳，有助偵測並提高準確度、免除電力設置，達到節能減碳、降低通訊費用，減少管理成本、即時傳訊，節省人力成本。

4.3 用戶計量管理的應用

智慧電子水表具備五大優點可提升用戶水資源管理效能，用戶無論用水量的大小皆可適用。

第一，智慧電子水表在低流量時，仍具備高敏感度，提高抄見率與售水率，可獲得更準確的用水數據進行成本管控。

第二，水表可偵測是否有漏水事宜，用戶無需透過高昂的水費才發現漏水狀況。

第三，較機械式水表相比，智慧電子水表因以非磁傳動作為計量原理，無齒輪磨耗問題，使用上穩定度更高，計量不怕因使用年限過久而有所誤差。

第四，LCD 直讀式的積算盤面，易判讀計量數值，另具其他智慧管理資訊可傳輸至監測管理系統。除了顯示盤面不會因水漬污染無法讀取外，更方便用戶讀取用水資訊。

第五，具備智慧紀錄管理功能，歷史用水紀錄皆可檢閱調出，方便後續分析管理。

目前應用上，大型用水量用戶於民國 80 年代開始，已逐漸使用並建置對應的水資源管理系統進行自動讀表，然而較為遺憾的是，雖目前具備良善設備，卻欠缺維護保養機制，至今仍未與抄表收費結合應用，無法發揮最高效益。

透過智慧電子水表，用戶用水概況無需透過人力抄表，用戶便可擁有具體數據資料，自來水事業單位利用後續用戶用水模式分析，可加速管理效能、僅早發覺異常用水情事，用戶亦可對於自身用水狀況有更深入的了解，改善水量計選用不當問題、用水設備異常問題、進水控制不當問題（鄭國華，2005）。

4.3.1 用戶計量管理：大型用水量用戶的用戶用水分析效益

對於大型用戶例如工廠、校園、商辦大樓或是千度以上的大型用戶，分處場所內的用水資訊同步更新、即時掌握，利於作為前端供水調配依據，使動力成本有效控制、管理能源耗損降低，且能達到節能減碳的效益。當大型用水戶發生漏水或破管等異常用水情況時，由於使用水量較大，若能積極控管，比起一般用量用戶達到較高的經濟效益。

透過用戶端智慧電子水表與水資源管理系統的系統整合，經過分析即時的供水量資訊，可建立用戶用水模式分析，在限水時期方便供水端管控，一般時期更可根據消防局火災通報，暫時性管控大用戶用水，優先提供救災的緊急供水。

大型用戶的用水模式分析，除了可提早發現異常用水情況（漏水、破管）並進行修繕事宜，避免水資源的浪費。供水管理方面更可透過用戶用水分析觀察用戶的用水模式（持續式、週期式、間歇式用水）以及高低峰用水時段，了解用戶用水習慣為未來供水進行最適宜調配；若水量計無法正常運作亦可提早發現，避免水費短收；若有逆流情形，將會污染水質，透過分析亦可發現並進行改善。綜上所述，透過用戶用水模式分析，可更妥善利用水資源，亦可增加自來水事業單位的良好服務形象。目前台北自來水事業處已試辦 2700 度以上用戶進行自動讀表管理，未來可朝向 1000 度以上用戶施行，更能獲得管理效益。

4.3.2 用戶計量管理：一般用水量用戶的用戶用水分析效益

一般用水量用戶諸如家庭用戶，用水分析除了可找出異常用水，更可告訴用戶如何節省水資源，提供節約用水的依據。單從智慧電子水表自身的漏水偵測功能，便可提供用戶漏水警訊，使用戶進行自我管控。

目前節約用水的宣導，大多是齊頭式的口號宣導，而用水戶卻不知其用水模式，產生未能知其從何作起的困惑。透過智慧電子水表，可顯示出各個時段的耗水量，呈現用水時序圖。本研究便使用智慧電子水表擷取生活行為用水，依照用水時間與家戶生活習慣，確認該時段的用水行為。不同的行為模式，其用水趨勢亦產生不同變化，例如圖 7、圖 8、圖 9、圖 10，便分別為如廁、烹飪、盥洗、澆灌等行為。民眾可線上確認自身各個行為的用水量，與平均標準用水相比較，得發現用水浪費通常發生在何種生活行為上，並根據此進行改善，因此節約用水的行動亦可「因人而異」。



圖 7 用戶馬桶用水趨勢圖

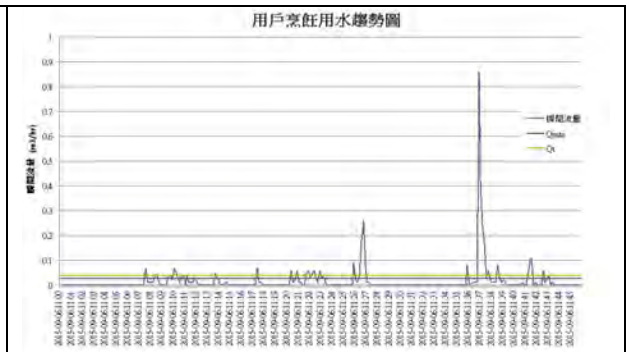


圖 8 用戶烹飪用水趨勢圖

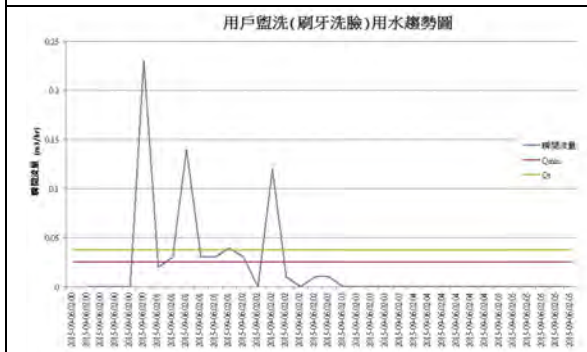


圖 9 用戶盥洗（刷牙洗臉）用水趨勢圖

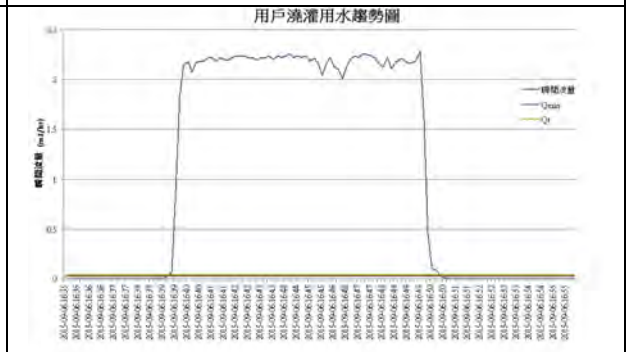


圖 10 用戶澆灌用水趨勢圖

以圖 11 與圖 12 為例，同樣為洗澡用水，不同性別的行為模式便大不相同，女性用戶用水時間較長，然洗澡期間會因動作而關閉水源；男性用戶時間較短，但期間內持續用水。一般用水宣導僅只會提及減少盆浴，但若是採用用戶用水分析，用戶可依自身的用水趨勢圖改變策略，因此每個人都有屬於自己的節水行動，例如：圖 11 的女性用戶可調整洗澡時間，圖 12 的男性用戶則可調整用水習慣，洗澡時依動作關上水龍頭。另，家長亦可對於依據孩子們的用水趨勢圖，了解生活習慣，教育孩子正確用水的觀念。

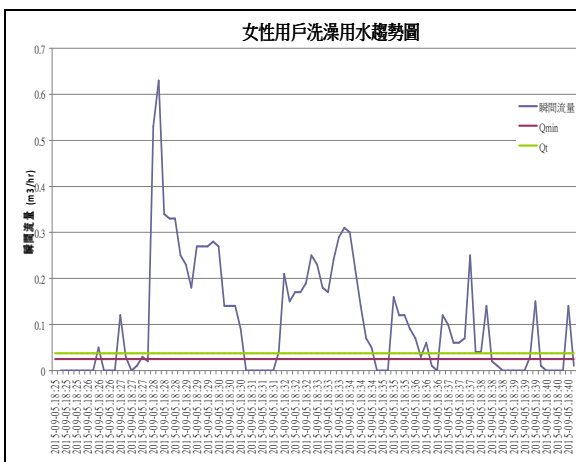


圖 11 女性用戶洗澡用水趨勢圖

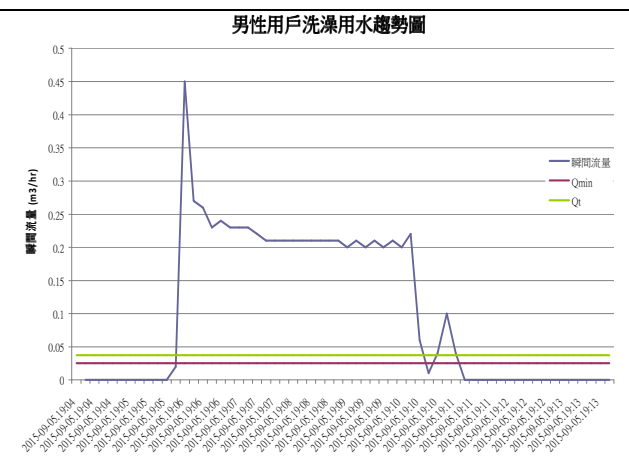


圖 12 男性用戶洗澡用水趨勢圖

透過用戶用水分析，用戶可得知用水行為模式，根據該行為模式確認用水習慣，改善浪費行為使水資源得妥善利用。在未來居家管理上，更可產生水資源管理價值，作為居家保全與自我健康管理的依據。

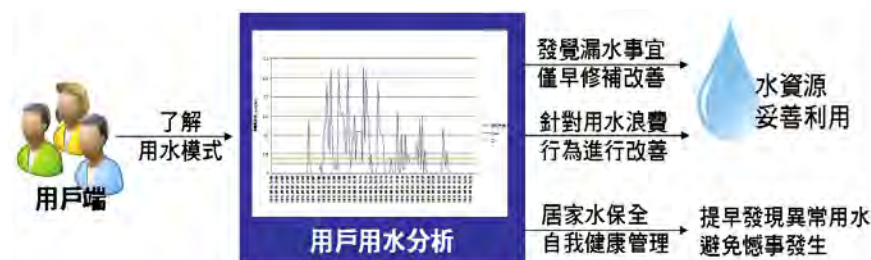


圖 13 用戶用水分析，一般用戶管理效益

4.3.3 用戶管理當代應用：智慧住宅

智慧城市是當前城市進步的發展藍圖，智慧住宅更是當前建築產業與智慧城市建置的趨勢，是為資訊科技下的產物並融入物聯網的概念，建築設計上結合節能思維與智慧化產品，由建築主動感知生活需求並提供回饋。在臺灣，能源控管為主要方向，目前已漸漸施行於新建案中（遠雄二代智慧宅、溫泉住宅）。於水資源管理上，以智慧電子水表作為水量計量感測儀器，與傳訊設備搭配建置遠端水資源管理系統進行智慧管理，進行用戶用水模式分析、異常用水警訊，使用水資訊不在僅只限於兩個月一次的帳單，而是實實在在貼近民眾生活。2015 年新建置的台北市政府公共住宅已開始朝向智慧住宅的方向設計，進行居家智慧水管理系統的建置，大幅使用智慧電子水表與其他智能產品替用戶管理家戶能源。



圖 14 台北市政府公民住宅水資源管理系統登入畫面



圖 15 台北市政府公民住宅水資源管理用戶管理畫面

家庭用水戶的用水管理系統，可使用戶用水分析的效益得具體實現，並增加用戶的服務滿意程度。在遠端水資源管理系統中，供水端可統一管理用戶用水資訊，進行產銷調配。用戶端則可透過用水資訊，自我管控與節水，若有用水異常情事，不僅用戶可自行發現，自來水事業單位亦可主動告知，雙方皆可做到減少漏損；若有用水度數的糾紛，系統上的資訊可避免人工抄表的灰色地帶，減少抄表的誤失。

用水分析為生活習慣的佐證，可運用在居家保全、健康管理等方面。保全業者研擬可依當前用水狀況，判斷用戶是否發生意外或是有異常用水的情形，例如，無人在家，卻一直有用水紀錄，發現漏水及時通報抑止，可減少漏水浪費與傢俱裝潢的損毀；或因突有用水而判斷為宵小入侵竊盜。在獨居老人安全管控上，因該用戶長時間沒有用水資訊，或浴廁長時間無沖洗馬桶、或淋浴時間過久，可判斷長者是否發生意外需要緊急救援，避免憾事發生。健康管理方面，則可以透過生活行為觀察身體狀況，例如許多疾病的潛在徵兆便是如廁的次數，用戶可透過次數分析，了解是否有頻尿或過少現象，提早就醫治療。另外，對於犯罪偵查，每日的用水紀錄更可做為行為證據，如 2013 年轟動一時的嘉義醃頭案，檢警就曾希望可以透過用水量，判斷兇嫌於家中分屍後大量用水清洗犯罪行為，惟僅有每兩個月用水總量，苦無單日用水資訊而無法佐證，若建置智慧水網，每日每時的用水資訊，協助刑事犯罪調查。

透過供水資訊上、下、游的系統整合與應用，形成智慧水網，實現智慧城市。

4.4 廢（污）水管理

錯誤的政策比貪污更可怕。對於廢（污）水的排放以及再生水的製程，法律與國家政策應研擬詳細規範，嚇阻不肖廠商的惡意排放並鼓勵再生水的使用比例。

然而，工業與事業廢水依照現行水污染防治法與相關子法，作為公平計量的水量計卻無統一且嚴謹的標準規格並且可由廠商自行購置，導致廠商為了規避處理成本，使用遊走法律邊緣的水表進行計量，或是自行修改流量計參數、或是偷拔流量計電量，另外，抄表人力不足且耗工費時，導致管理單位稽查與記錄上的困擾。廢（污）水排放缺乏有效管理，綠能環保將只能淪為紙上談兵。

由於廢（污）水的排放涉及費用徵收、環境保護、大眾公共安全等方面，建議應回歸度量衡法第五條的立法意旨：「主管機關得就供交易、證明、公務檢測、環境保護、公共安全、醫療衛生有關之度量衡器指定為法定度量衡器。」進行規範，方能建立廢（污）水計量的管理機制。廢（污）水徵收之管理單位可參酌自來水公司計量收費經營模式，由收費方裝設用表，非付費方自行購置，此措施可促進計量收費的合理性與水表管理的一致性，解除用水糾紛的顧慮，暫行措施應訂定水表選用審規標準（自備電源、參數修改記錄、定期校驗等）。

由於目前主要工業區仍採行人工抄表，賴譽哲（2007）提出可參考歐美先進國家，於特定區域內，編列適當預算建置監控系統，減少人工抄表成本並增加計量的精準度。未來發展上，可進一步建置污廢水的智慧水網，結合水量計量、水質管理、稽核機制於單一平台上。對於用戶方，不僅可更有效率的掌管水資源，對於管理方，確實掌握水量、確認水質標準，加快管理上的效率。具體措施上，廠家可於廢（污）水排放口裝設累計型流量計、酸鹼度計（含溫度）及電導度計，透過 GPRS 無線傳輸記錄器，固定間隔幾分鐘後便將資料傳輸至監控系統。管理單位於系統中，直接統一監控，解決廠家利用暗管或於夜間進行廢（污）水排放的問題。

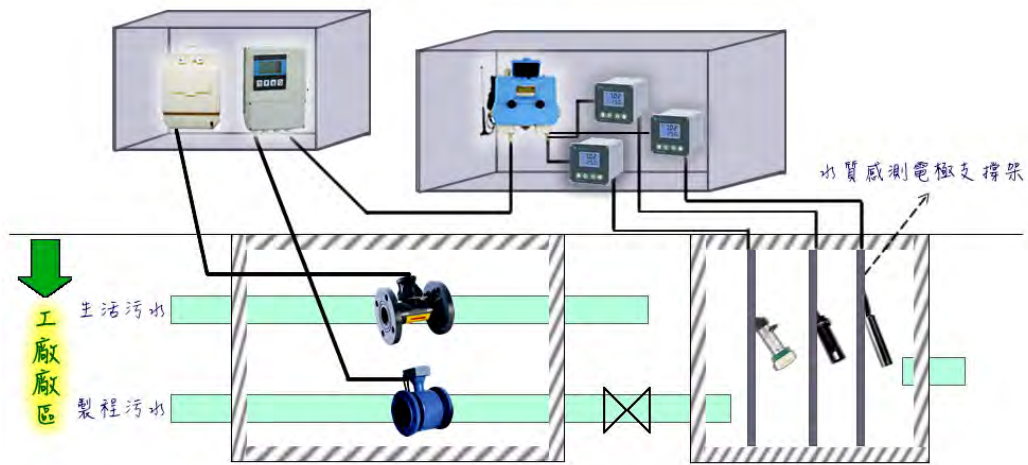


圖 16 污廢水智慧水網建置示意圖

廢（污）水的智慧水網亦可連結中水的回收系統，作為再生水的數據基礎，提供準確的數據以利於後續效益分析。其效益不僅對於管理方可提升管理效益，對於工廠廠家，擁有可靠數據作為計算成本的依據，為未來的收支控制作好準備。

4.5 水權管理

根據水利署歷年統計，地下水的佔使用的總水量約 2 到 3 成，然而對於地下水取用的計量與管理並未有相關法律規範，造成長年地下水超抽、國土下陷。由於取水用途不同，管理單位亦不同，容易產生責任歸屬的灰色地帶，無法進行適當管理。依據憲法規定，水權包含地下水應屬於國有（憲法第 143 條），並且，水權管理符合度量衡法第五條的意旨，是為確保交易公平、維護大眾安全健康與環境保護，建議主管機關應就其對於水權的交易、證明、公務檢測進行、環境保護、公共安全等相關行為進行規範與管制，並建立以度量衡法第五條為基礎的強制性計量管理，全面採取使用者付費，針對水權的使用進行收費，才可永續經營水資源，符合社會的公平正義。

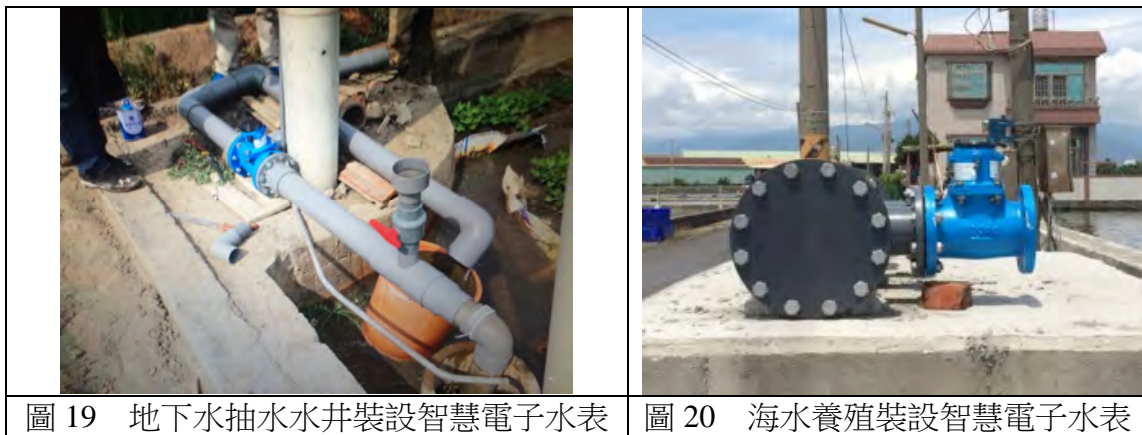


圖 17 台灣未管理妥善的地下水水管

地下水的管理可建立單一系統建置智慧水網，各地水利專責單位進行登錄與管理，整合相關資訊，成立專責的水權管理單位，承辦地下水管理事務。於各個抽水水井裝設智慧電子水表，將用水資訊密集傳送至管控系統中，透過量化的數據與相關的圖表分析，管理者可於系統中進行總水量的監測。此效益不僅可以管控整體用水，更可解決國土下陷危機。未來，更可透過系統的建置，對於溫泉、海水進行管控。



圖 18 智慧水網 地下水管理的建置



五、結論

智慧水網的建置是未來國際水資源管理的趨勢所在，而台灣的水資源亟需解決方案，缺水問題幾乎是年年面臨的課題。然而降雨量豐沛的台灣並不是缺水，而是留不住水，因此在「開源」與「節流」的政策上，台灣應多專研如何節流，妥善管理水資源。

透過智慧型電子式水表，可運用在節流管理上，因其低流量仍具高敏感度的計量等級與多功能智慧管理功能，有效偵測管線漏水，降低帳面漏水與無收益水

費，增加售水率，對於自來水事業單位可增加營收，改善營運管理，幫助陳舊管線汰換。另外，智慧型電子水表可與通訊設備結合，建置遠端水資源管理中心，應用在多方層面上。

根據水資源的使用程度，上水的應用上，可實踐於供水監測管理系統、分區計量、用戶計量管理等方面。供水監測管理系統上，幫助管理者立即確認水壓與水量關係；配合分區計量作業的進行，短時間迅速回傳資訊，即時掌握漏水區域，並能提早獲知爆管警訊；建立用戶用水分析，幫助大型用水用戶管理，降低漏水更有掌握成本，使小型用戶能了解家中是否漏水與自身用水模式，自行管控用水以達節約用水；配合智慧城市的建置，實踐在社區住宅，民眾用水資訊隨時可掌握，貼近民眾生活。而在中水與下水的應用中，污廢水管理與再生水的製程，透過智慧水網，管理者與用戶了解水量與水質，更方便管理與計算成本。未來，透過智慧電子水表串聯城市大小用水，從供水、配水到污廢水管理，連結成全方位的智慧水網，用水資訊將走向透明化與即時化，使水資源得妥善利用。

雖然目前臺灣面臨嚴峻的用水困境，然而危機便是轉機，政府應做好立即性的改善措施並鼓勵相關產業的技術研發，由中央帶動地方、由政府帶動產業，促進國內水資源更適宜的發展、鼓勵相關產業投注研發，使臺灣的水利產業站上國際舞台，不僅增加國際知名度與產品外銷，亦能帶動經濟發展，創造國民經濟、豐裕國庫，形成良善的經濟循環。

參考文獻

1. 台灣自來水股份有限公司，台灣自來水事業統計年報第 37 期，2015。
2. 林顯明，全球智慧城市發展新趨勢：臺灣的機會與挑戰，中華經濟研究院，2015。
3. 經濟部水利署，雨水及再生水手冊 (<http://www.wcis.org.tw/reuse/handbook.asp>)。
4. 李鴻源，臺灣的水資源藍圖，大愛電視台，2015 年 8 月 8 日。
(網址：<https://www.youtube.com/watch?v=wGhuMqIjoTQ>)
5. 大量用水？疑住家清血跡 檢警查「水表」，TVBS News，2013 年 3 月 20 日。
(網址：<https://www.youtube.com/watch?v=stRZjqW5fQI>)
6. 臺灣產業科技前瞻研究計畫團隊 陳建助、高雅玲、陳文棠 (MIC)，從全球動態 探索智慧城市商機，台灣產業新願景 思潮季刊第十二期，2014。
7. 經濟部水利署，提升水量計功能強化用水管理之育成計畫，2012。
8. 經濟部水利署，產業節水與水再生技術手冊，2011。
9. 周國鼎，台灣地區全面建置分區計量管網之策略，自來水會刊第 30 卷第 2 期，2011。
10. 黃國永，水量與水壓管理監測系統在分區計量應用之研究-以花蓮地區為例，中國科技大學碩士學位論文，2011。
11. 張榮泓，物聯網在智慧家庭之應用-以捲窗控制為例，國立臺灣海洋大學碩士學位論文，2011。
12. 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，中

- 華民國第 27 屆自來水研究發表會，2010。
13. 蔣丞哲、楊崇明、蘇政賢、林于程，地下水權計量管理模式之探究，水利產業研討會，2009。
 14. 黃國永、蘇政賢、蔣丞哲、林于程，建置無線傳訊壓力監測系統應用於管網流量與測漏管理，以台灣自來水公司新莊服務所為例，自來水研究發表會，2009。
 15. 賴譽哲、蘇政賢、陳金義，工廠設置廢污水監測流量計問題之探討，水利產業研討會，2007。
 16. 弓銓企業股份有限公司，www.ems.com.tw
 17. Arregui, F. J., E. Jr. Cabrera and R. Cobacho, Integrated Water Meter Management. Published by IWA Publishing, Alliance House, 12 Caxton Street, London, 2006。
 18. Robert E. Hall, The Vision of A Smart City, 2nd International Life Extension Technology Workshop Paris, France, 2000。