

論我國智慧水表發展與實務挑戰

蘇政賢

弓銓企業股份有限公司 總經理

摘要

智慧水表的應用，通常被先進國家視為自來水事業單位的數位化程度指標之一。透過將流量數值數位化，搭配智慧水表所附加的自動讀表、漏水偵測、用水異常警示等智慧管理功能，有效協助管理者取得精準的流量數據與管網動態資訊，進而提高水資源管理效率，達到漏損控制、供需平衡或需量預測等目標，近年更認為運用智慧水表的數據反饋，有助於用戶發展各式節水行動，降低水資源的浪費。在台灣，智慧水表的導入已廿年，本研究將探討智慧水表的歷年發展狀況、功能定位的轉變，並分析在現行實務應用中所面臨的各種挑戰與應對方法，期望能作為未來智慧水務導入的參考。

關鍵字：智慧水表、自動讀表、永續水資源

一、智慧水表功能

水表俗稱為水量計，為積算量測的儀器，可連續測定流過之水體積，若涉及計量收費，則屬法定度量衡器，應經過經濟部標準檢驗局型式認證檢定合格，以確保水表的計量性能符合標準。

在都市化、人口成長、氣候變遷、乾旱威脅等因素刺激下，都市淡水取用的壓力日益俱增，迫使政府與自來水事業單位尋求適當的策略，以滿足都市與工業發展的用水需求。主要的應對策略可分為「開源」與「節流」兩種方向。在節流方面，發展智慧水務、運用數位科技提升管理效率是一大解決方案。藉由建置感測設備蒐集數據，發展各式分析模組以優化管理模式，促使供水系統更具備韌性與靈活度，降低漏損以及確保用水安全，達到永續經營目標。智慧水表就是其中最為基礎的感測設備，因此常被作為衡量水務的數位化量化程度的指標。

有別於傳統的機械式水表僅有提供流量累積數值，且仰賴人工抄表的作業模式，智慧水表被認為可提供密集的用水數據。結合 IoT 通訊科技，建置自動讀表系統 (AMR/AMI)，用量數值自動回傳至管理平台，免去挨家挨戶的被動抄表管理模式，管理者取得不僅即時且精準的用水量資訊。部分研究認為，透過智慧

水表的數據資料可協助改善用戶的用水行為，有效減少家庭用水量（Madias, Szymkowiak & Borusiak，2023）。在 Joo 等人（2014）的研究中發現若安裝智慧水表，因用水量公開透明，可幫助用戶產生節水意識，進而改變用水行為，實驗結果可有效減少 5% 的家庭用水量。綜上所述，智慧水表的應用效益不僅止限於取代人工抄表作業，擴大用水量數據的應用服務才是建置重點。

在應用服務上，一般認為智慧水表可完成漏水偵測、逆流警示、竊水防護等，並可查詢日、週、月等不同區間用水資訊，提高整體抄表效率。然而，上述應用服務與智慧水表的功能息息相關，如果功能過於基本，能夠回傳的數據種類有限，那麼後續的應用將受到限制，勢必無法將效益最大化（中華民國自來水協會，2016）。因此，智慧水表已逐步朝向可發揮多種管理功能的精密設備發展，常見具備的功能如下：

1. 高精準度

智慧水表通常具備較高的計量精準度，其數值不僅穩定且可靠，主要是因為智慧水表的計量原理仰賴電子元件，而傳統機械式水表則是基於機械齒輪結構，容易受到外在因素干擾，且會隨著使用時間出現結構磨耗，導致計量精準度下降。後續若搭配自動讀表系統，亦可降低人工抄表錯誤。

2. 具備邊緣運算功能

智慧水表通常具備如圖 1 的功能，除了顯示基本的累積值與瞬間流量數據外，還能夠針對流量數據進行初步處理與分析，以邊緣運算方式實現漏水偵測、逆流警示（確保用水安全）、防竊水管理、特定區間記錄等功能。這些功能有助於後續水資源管理應用，並加速發現異常狀況所需時間，同時可有效減少數據傳輸的資料封包量。以往，若要發現漏水問題，需要大量且密集的數據傳輸，才能了解是否存在異常連續用水的狀況，但透過智慧水表的自主異常警示判斷，即使每日僅進行一次的數據傳輸，也能達到管理與警示效益。



圖 1 智慧水表功能

3. 支援自動讀表

自動讀表架構圖如圖 2。在水表到通訊介面端，常見的數據讀取方式如數位電子訊號、脈衝訊號、影像辨識等，然而無論使用何種方式，都應確保不影響水表的原本運作，且不遮蔽原本水表的呈現資訊為主，使得相關數據仍可被識別(如水表表號、動標等)，利於用戶現場檢視與機關人員日常稽核使用，更符合 CNMV49 水量計檢定檢查技術規範之相關要求。

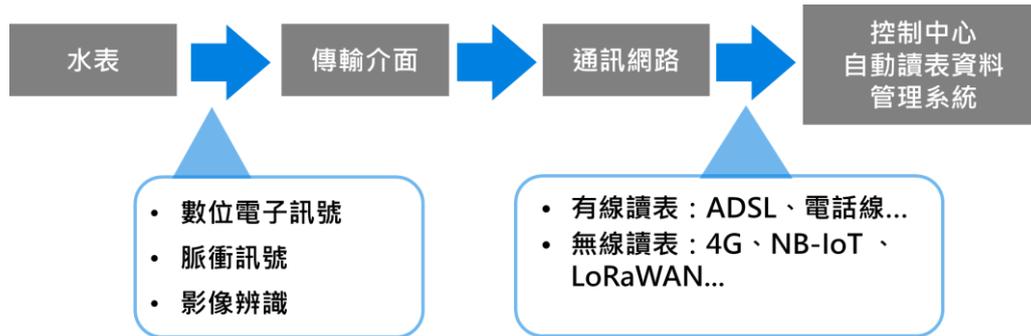


圖 2 自動讀表系統架構-1

整體自動讀表系統架構如圖 3 所示，它可分為單一水表搭配搭一只傳輸介面，或者多只水表搭配一只傳輸介面以完成訊號傳輸（集中抄表）。透過自動讀表功能，用水量數據可完成可視化，管理者可即時監測區域用水狀況，以便及早發現異常狀況並進行改善。

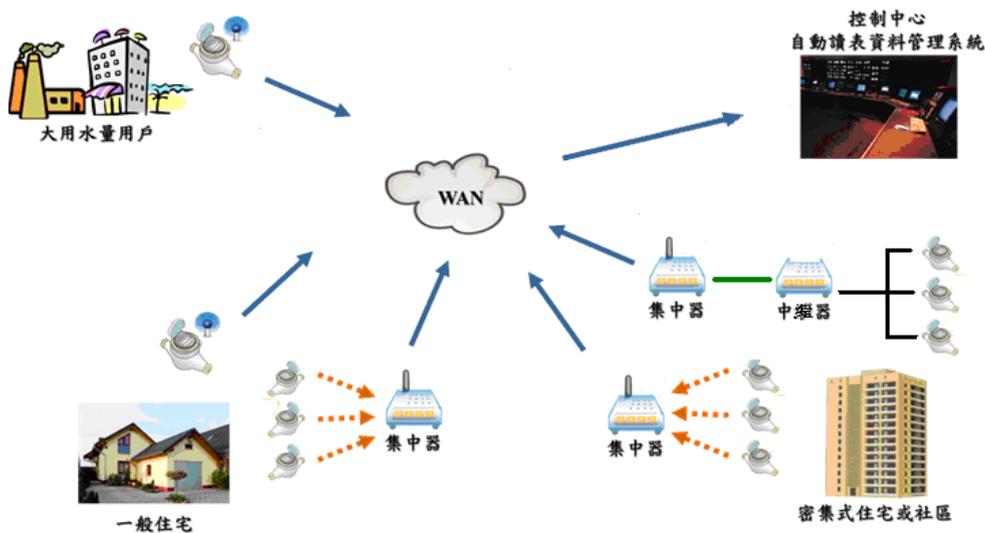


圖 3 自動讀表架構-2

(資料來源：CNS14273，2017)

在應用效益上，早期的智慧水表常被誤會為僅僅用於取代人工抄表作業，故認為其汰換成本相對較高，未達經濟效益。然而，智慧水表真正的價值在於數據應用，包含漏水管理、用水安全（逆流偵測）等層面。特別是對於供水成本較高的地區（如離島），每當發現一個漏水問題時，不僅代表可以節省用戶荷包，更意味著可以節省高昂的供水成本，同時減緩用水壓力。此外，透過這些數據，自來水事業單位可進一步完成數據分析，以優化供水管網系統，如用戶用水模式分析、需水量預測等，進而調整管網壓力變化，避免無謂的電動力費耗損。

談到智慧水表真正效用時，本研究認為是在於用戶服務上。以往漏水管控通常被視為自來水事業單位的責任範疇，而用戶對於水資源的價值了解有限，因為對於一般用戶而言，每個用水行為到實際繳費存在兩個月的時間差（人工抄表間隔），再加上水費長期低廉的情況下，難以喚起用戶對水資源的重視。

透過智慧水表，可以讓用戶更容易地了解自身用水狀況，幫助發展節水行動，減少用水浪費。因此，智慧水表可有效整合供水端與用戶端，促進雙方合作、公私協力，搭建節約用水的橋樑。

二、我國智慧水表發展

水表在使用上，可略分為管理用水量計與用戶水量計，前者泛指自來水事業單位計量原水、出水、配（供）水等水量之水量計，多裝設於供水幹管或 DMA 的進出水點，口徑較大；用戶水量計則為用戶給水管線上之計量用戶用水量之量水器（台灣自來水股份有限公司，2023），口徑較小。過往有關智慧水表之研究，多聚焦於用戶水量計上，但其實在台灣，大口徑的管理用水量計很早即開始使用智慧水表，以下分別概述之：

（一）管理用水量計

過往的管理用水量計（口徑 50mm 至 300mm），多採用機械式水量計（連結式與螺旋槳式水量計），因故障率過高且體積笨重龐大，管理維護不易。隨著我國第一只智慧水表的自行開發成功，因其具備更高的計量精準度，且管理維護成本較低，故自來水事業單位遂自民國 80 年代開始，逐步汰換成智慧水表。

管理用水量計主要用於供水管理、分區計量應用中，透過智慧水表與傳輸介面的相互搭配，協助管理者掌握各個監測點的流量動態，完成漏損控制等應用，相關系統畫面如圖 4。

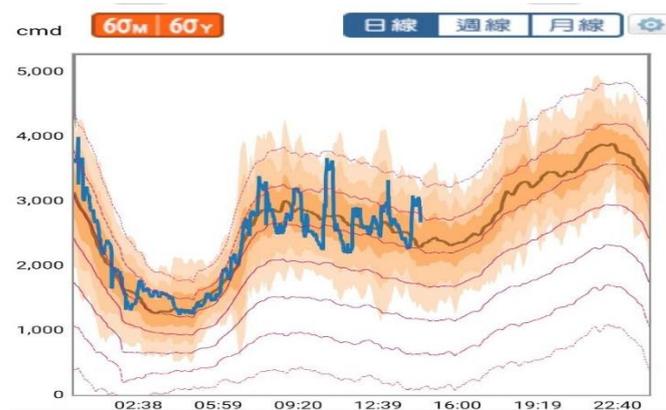


圖 4 輸配水管理系統畫面：流量趨勢圖

（二）用戶水量計

在用戶水量計上，略可依照用戶使用量分為大用水量用戶或家庭用戶，兩者管理目標與管理模式略有差異，如表 1 所示。雖然大用水量用戶數量較少，但使用量高，若有異常用水狀況發生時，其損失較大（水資源或水費支出），故有立即監測管理的必要，我國各自來水事業單位的智慧水表應用多從大用水量用戶（即大口徑水表）開始。

表 1 用戶管理需求與讀表模式建置

	大用水量用戶（或總表）	家庭用戶
型態	用戶數少，用水量大，關鍵少數	用戶數多，用水量少
管理目標	1. 異常狀況警示 2. 水平衡分析	注重家戶管理服務，如漏水偵測服務
記錄頻率	約每 10 分鐘紀錄一次	約每小時紀錄一次

以下依照自來水事業單位分別概述智慧水表的發展歷程：

1. 台灣自來水股份有限公司

智慧水表的應用一開始主要針對大用水量用戶進行推動，自 1995 年開始換裝，並持續發展至今，如今，大多數的大用水量用戶的水表已汰換為智慧水表，然而在自動讀表的推動上，受到多種複雜因素影響，推動速度較為緩慢且普及率較低。

在 2000 年間，曾經對台南地區，月均用水量大於 1,000 度的用戶進行自動讀表的試辦案件。該試辦案件採用 PSTN 通訊網路，透過電話線進行數據傳輸，囿於維護成本過高不符經濟效益，遂無接續辦理（黃心怡、江淑惠、謝素娟、董書炎，2021）。後續雖然有相關的自動讀表案件，但多為零星案例，直到 2020 年，才實施針對大用水量用戶的大型規模的試辦案件。

該試辦案選擇月用水量高於 5,000 度的大用水量用戶（工業或商業用戶）及月用水量達 2,000 度以上之學校機關，合計 1,700 戶，於既有水表上加裝傳輸介面，完成自動讀表應用，如圖 5 所示。



圖 5 大用水量用戶加裝傳輸介面

在一般家戶上，除了零星與建商合作之案件外，大型試辦案於 2021 年配合前瞻基礎建設計畫辦理，該案係針對澎湖地區 6 個小區的家戶，全面汰換成智慧水表，安裝數量超過 5,000 只，主要達到的管理效益包含縮短判斷用水異常時間、縮短判對水表遲緩故障時間與即時掌握售水量等（蕭欣宜等人，2022）。

2. 臺北自來水事業處

配合臺北市政府的智慧城市政策，智慧水表與傳輸介面的換裝採「由內而外、由公而私」的方式進行。

在大用水量用戶方面，自 2015 年起，逐步建置智慧水表與自動讀表系統，由於試辦案件成效良好，遂逐年擴大安裝於機關學校、市府公宅及市場，目前合計約 2,800 戶，月均用水量大於 1,000 度之大用水量用戶幾乎已完成換裝，管理者與用戶可透過線上系統（智慧水管家），查詢自身用水量資訊。

對於家庭用戶，智慧水表的推廣則是從公共住宅與新建案開始，自 2015 的興隆公宅開始換裝，後續因應政府政策與議會提案，臺北自來水事業處訂定完整的收費機制與相關法令規章，自 2020 年起轄區內新建物申請接水，全面安裝智慧水表與導入自動讀表系統（吳靜怡、寧文山、郭淑珍，2022）。



圖 6 新建案裝設智慧水表與傳輸介面

智慧水表所收集的數據不僅是作為抄表收費依據，透過每分鐘密集的數據收集作為用戶用水模式分析，加大主動服務效能，如用戶異常用水警示與漏水警訊，提升自來水事業服務的價值，廣獲用戶好評。

針對既有建案，由於現場環境較為複雜，為能確保智慧水表與自動讀表系統的數據品質，採 3 階段方式循序漸進的策略執行，包含 2019 年至 2020 年的技術試煉（POC）、2020 年至 2023 年營運測試（FOT）與商轉管理（COM）。

透過上述方式，智慧水表在大用水量用戶、新建案與既有住宅三方向推動，期望在未來 10 年內，完成全區 168 萬戶全面換裝智慧水表與導入自動讀表系統。

3. 連江縣自來水廠

離島水資源珍貴，供水成本高昂，遂於 2018 年起，結合前瞻基礎建設計畫，連江縣自來水廠將全區 3,120 戶（含大用水戶及一般家庭住宅）的傳統機械式水量計汰換為智慧水表，此為國內目前唯一完成全面汰換的區域。

在用戶管理上，已建立用水管理系統，並開放一般用戶可上網查詢自身用水量，助於用戶自主節水管理。為使水管理能進一步貼近一般用戶，該系統已連結民眾最常使用的社群平台 LINE，只要綁定個人帳戶，民眾即可輕鬆查看每日、每月、每期用水度數及水費資訊，若有用水異常問題發生，如用水暴增、疑似漏水、疑似逆流等問題，系統可依設定發出警示，LINE 主動推播通知用戶，便於民眾自行檢修漏，不須等收到高額水費單才發現有漏水問題，此舉除了節省水資源，亦省下民眾荷包。是我國目前自來水單位最為先進的數位水表管理系統。

用水資訊的透明化提高了民眾對水廠的信任感，藉由各式科技化分析圖表與趨勢狀態，使民眾對於自家用水行為一目了然，利於民眾即時調整用水行為，以具體行動幫助用戶節約用水。如此透過公私協力，供水端與用戶端之雙向配合，助於達到永續水資源管理之目標。



圖 7 用戶可透過手機 LINE 查詢自身用水狀態

4. 金門縣自來水廠

2020 年已針對轄區內的 151 戶試辦安裝智慧水表與建立自動讀表系統，提高一般家庭用戶的平均抄見率近 15% (張武達、江士豪、金愛珍、何聰賢, 2021)，因試辦成效良好，金門縣自來水廠已進行逐步汰換規劃。

三、智慧水表實務挑戰

智慧水表的建置面臨多重挑戰，其中最直接的挑戰之一是現場環境的安裝限

制。由於需要配合水管位置，多數的水表被設置於戶外的地下水表箱中。然而水表箱內不僅難以引接交流電源，受到台灣氣候影響，更可能有長期浸水、積土等問題，對於智慧水表和自動讀表傳輸介面的長期穩定性構成威脅。



圖 8 智慧水表被水淹沒

為確保智慧水表及各項設備在實際環境中能夠穩定運作，自來水事業單位已制訂相關條文在採購規範中。這些條文幫助欲承攬的廠商了解可能面臨的嚴苛環境，進而評估並選擇適當的設備防護方式，以確保計量服務穩定性。除了基本的法規要求，包含智慧水表符合度量衡法、CNPA 49、CNMV 49 等規定製造與檢定、傳輸設備符合 CNS 14273 及電信法相關規範，採購規範更針對現場環境可能出現的問題制定相應的防範措施。

舉例來說，在設備防護方面，要求設備須達到一定的防塵防水等級，以適應不同的環境條件；為防止訊號異常導致數據中斷，要求設備具備一定的記憶容量，並且具備補回傳機制，以便在訊號恢復後補回傳尚未傳輸的數據；若設備使用電池供電，需滿足一定的使用壽命要求。此外，為實現智慧水表的應用管理效果，則規定設備的傳輸頻率與規定須具備遠端設定等功能。

在智慧水表與傳輸介面的管理上與過往水表採購有明顯不同。過往水表的採購注重設備本身，強調硬體功能和品質。然而，智慧水表更加注重數據應用服務，著重廠商所能提供的軟性服務，包含維護保固作業、廠商能提供多元的智慧應用效益等、以及數據穩定性等方面。

其中，數據穩定性為一大管理重點，體現於正確率（自動讀表傳輸的數值與是否與水表顯示值一致）與傳輸率方面。部分智慧水表的採購案件契約價金已結合數據穩定性，採條件式的分段給付，廠商必須達到一定的正確率與傳輸率標準，方可辦理價金給付，且機關多針對數據品質訂定違約處罰條文，確保廠商須於保固期間承擔傳輸穩定性的責任。

因係以智慧服務為導向，故部分案件採最有利標方式評選，機關可綜合考量標的之價格、服務品質、技術功能、預期可達到的效益、廠商經驗與實績，從而選擇提供整體服務最有利的廠商，助於機關更有效地實現智慧應用。

四、結論與建議

全球水資源管理在氣候環境變遷與都市化的雙重影響下，水資源匱乏風險不斷提高，亟待有效的解決方案來落實水資源永續管理，而智慧水表被視為一個可提升供水韌性的解決方案之一，期望可透過用水數據的蒐集，不僅可以協助管理單位發展數據分析，降低管網漏損程度，更可以幫助廣大用戶發展節水行動，整合供水端與用戶端，全面提升水資源使用效率。

智慧水表的建置不應只限制於替代人工抄表，尤其在台灣常被形容為是多雨的缺水國，降雨時節分配不均，旱澇交替頻繁，有「水太多」、「水太少」等問題，近年更受旱季缺水之苦，因此降低漏水率成為當前的水資源管理目標，在這樣背景之下，台灣是為最適合發展智慧水表的場域，不僅幫助國內產業及家庭用戶節水應用，也可作為水利署耗水費與政府限水管理措施的依據應用。未來更可將相關商業服務模式輸出，創造海外藍海商機。

惟智慧水表應用案場多為自來水事業，均屬公共事業採購，礙於自來水費 30 年未能合理調整，經費受限，尚需政府政策支持，鼓勵計量產業朝向智慧化、科技化與數據化發展，整合相關產業合作發展。國內亦有相關良好推動案例，如臺北自來水事業處為推動既有建案換裝智慧水表，了解場域具備高複雜性，故鼓勵廠商間相互合作、發揮所長，最後媒合 10 組團隊、18 間廠商，不僅有效刺激產業發展，更促進產業升級轉型，該推動策略最後亦獲得 2021 智慧城市創新應用獎。透過具體政策推動，方能促使我國自來水管理朝向下個數位管理時代前進。

參考文獻

1. Jin Chul Joo, Hyun Je Oh, Hosang Ahn, Chang Hyuk Ahn, Saeromi Lee & Kyung-Rok Ko (2014), *Desalination and Water Treatment*, Pages 1401-1409。
2. Konstantinos Madias, Andrzej Szymkowiak & Barbara Borusiak (2023), What builds consumer intention to use smart water meters – Extended TAM-based explanation, *Water Resources and Economics*, Volume 44。
3. 台灣自來水股份有限公司 (2022), 台灣自來水事業統計年報中華民國 111 年, ISSN: 1607-2464。
4. 吳靜怡、寧文山、郭淑珍 (2022), 透過智慧水表營運測試(FOT)評估導入商轉可行性, 中華民國自來水協會第 39 屆自來水研究發表會。
5. 陳曼莉、時佳麟、曾喜彩、黃欽稜、梅英昌、宋奕穎 (2016), 智慧水表之建置與應用發展, 中華民國自來水協會 104 年度研究計畫。
6. 張武達、江士豪、金愛珍、何聰賢 (2021), 金門自來水智慧化用水計量系統建置與成效分析, 中華民國自來水協會第 38 屆自來水研究發表會。
7. 黃心怡、江淑惠、謝素娟、董書炎 (2021), 提升大用戶用水智能管理-智慧水表試辦成果, 中華民國自來水協會第 38 屆自來水研究發表會。
8. 蕭欣宜、林美良、林郡習、蘇荷婷、卓昱宏、林金龍、莊立偉 (2022), 澎湖地區智慧水網示範區推動與展望, 中華民國自來水協會第 39 屆自來水研究發表會。