



Water Works Association
of the Republic of
China (Taiwan)

自來水

162

WATER SUPPLY QUARTERLY

Volume 41 NO.2 MAY 2022

第41卷 第2期
2022年5月

中華民國自來水協會會刊

特載：實踐企業社會責任-台水與慈濟的利他共善

本期專題：營運管理

澎湖馬公智慧水網系統規劃簡介

從水表檢校與故障態樣研擬因應對策之我見

智慧水表搭配自動讀表系統於供水管網中的應用

自來水報廢管線原地留置評估探討



自來水會刊第 41 卷第 2 期(162)目錄



特 載

實踐企業社會責任—台水與慈濟的利他共善……………李嘉榮、陳素卿、張芹華、陳文祥…… 1

實務研究

建築物自來水水池外爬梯探討……………何政弘…… 8

地下水區水帳估算初探—以埔里盆地為例……………楊銘賢…… 14

本期專題

營運管理

澎湖馬公智慧水網系統規劃簡介……………

……………黃心怡、林美良、江淑惠、曾彥中、陳柔安、林郡習、蘇荷婷、莊立偉…… 22

從水表檢校與故障態樣研擬因應對策之我見……………陳信利、黃正中、劉聿修…… 32

智慧水表搭配自動讀表系統於供水管網中的應用……………吳幸璋…… 42

自來水報廢管線原地留置評估探討……………陳瑞昌、黃奕璋、林家煌、徐俊雄…… 49

一般論述

自來水事業機構創新經營模式—從” Web2.0” 到” Freemium” ……………邱嘉南…… 53

淺談耗水費政策法制化及對自來水事業之影響……………周依奇…… 62

高地區水質優化改善對策—以步道直飲台為例……………賴奕誠、游叡研…… 73

2020國際水價現況解析……………周國鼎…… 80

協會與你

歡迎投稿 111年「每期專題」…………… 41

中華民國自來水協會會刊論文獎設置辦法…………… 72

封面照片：美商傑明工程顧問股份有限公司(台灣分公司)提供

自來水會刊雜誌稿約

- 一、本刊為中華民國自來水協會所發行，係國內唯一之專門性自來水會刊，每年二、五、八、十一月中旬出版，園地公開，誠徵稿件。
- 二、歡迎本會理監事、會員、自來水從業人員，以及設計、產銷有關自來水工程之器材業者提供專門論著、實務研究、每期專題、專家講座、一般論述、業務報導、他山之石、法規櫥窗、研究快訊、學術活動、出版快訊、感性園地、自來水工作現場、自來水廠(所)的一天、會員動態、協會與您等文稿。
- 三、「專門論著」應具有創見或新研究成果，「實務研究」應為實務工作上之研究心得（包括技術與管理），前述二類文稿請檢附摘要。「每期專題」由本刊針對特定主題，期使讀者能對該主題獲致深入瞭解。「專家講座」為對某一問題廣泛而深入之論述與探討。「一般論述」為一般性之研究心得。「業務報導」為國內自來水事業單位之重大工程或業務介紹。「他山之石」為國外新知或工程報導。「法規櫥窗」係針對國內外影響自來水事業發展重要法規之探討、介紹或說明。「研究快訊」為國內有關自來水發展之研究計畫期初、期中、期末報告摘要。「學術活動」為國內、外有關自來水之研討會或年會資訊。「出版快訊」係國內、外與自來水相關之新書介紹。「感性園地」供會員發抒人生感想及生活心得。「自來水工作現場」供自來水從業人員，針對工作現場發表感想。「自來水廠(所)的一天」為提供自來水基層廠(所)的工作現況，增進社會各界對自來水服務層面的認識。「會員動態」報導各界會員人事異動。「協會與您」則報導本會會務。
- 四、惠稿每篇以不超過十頁為宜，特約文稿及專門論著不在此限，本刊對於來稿之文字有刪改權，如不願刪改者，請於來稿上註明；無法刊出之稿件將儘速通知。
- 五、文章內所引之參考文獻，依出現之次序排在文章之末，文內引用時應在圓括號內附其編號，文獻之書寫順序為：期刊：作者，篇名，出處，卷期，頁數，年月。書籍：作者，篇名，出版，頁數，年月。機關出版品：編寫機構，篇名，出版機構，編號，年月。英文之作者姓名應將姓排在名之縮寫之前。
- 六、本刊原則上不刊載譯文或已發表之論文。投稿一經接受刊登，版權即歸本協會所有。
- 七、惠稿(含圖表)請用電子檔寄至 thomas7735tw@mail.water.gov.tw，並請註明真實姓名、通訊地址（含電話及電子郵件地址）、服務單位及撰稿人之專長簡介，以利刊登。
- 八、稿費標準為專門論著、實務研究、一般論述、每期專題、專家講座、法規櫥窗、他山之石、特載等文稿 900 元／千字，「業務報導」為 500 元／千字，其餘為 400 元／千字，文稿中之「圖」、「表」如原稿為新製者 400 元／版面、如原稿為影印複製者，不予計費。
- 九、本會刊於 110 年開始發行電子會刊，內容已刊載於本協會全球資訊網站（www.ctwwa.org.tw）歡迎各界會員參閱。
- 十、本刊中之「專門論著」、「實務研究」、「一般論述」、「每期專題」及「專家講座」，業經行政院公共工程委員會列為技師執業執照換發辦法第四條第一項第六款之「國內外專業期刊」，適用科別為「水利工程科」、「環境工程科」、「土木工程科」。

自來水會刊雜誌

發 行 單 位：中華民國自來水協會

發 行 人：郭俊銘

會 址：臺北市長安東路二段一〇六號七樓

電 話：(02)25073832

傳 真：(02)25042350

中華民國自來水協會編譯出版委員會

主任委員

黃志彬

副主任委員

葉陳萼

委 員

陳明州、李嘉榮、康世芳、王傳政、武經文、
駱尚廉、范煥英、洪世政、李丁來

自來水會刊編輯部

臺中市雙十路二段二號之一

行政院新聞局出版事業登記證局第 2995 號

總 編 輯：李丁來

執行主編：林正隆

編審委員

甘其銓、周國鼎、鄭錦澤、陳文祥、黃文鑑、
梁德明

執行編輯：曾彥中

電 話：(04)22244191 轉 376

行政助理：黃香蘭

協力廠商：松耀印刷企業有限公司

地 址：台中市北區國豐街 129 號

電 話：(04)22386769

實踐企業社會責任—台水與慈濟的利他共善

文/李嘉榮、陳素卿、張芹華、陳文祥

一、前言—為水而契合

陽光、空氣、水是人類賴以生存的三要素。其中，「水」才是真正生命本源不可或缺的物質，無可取代。「可用、能飲」的水更是災害現場「救命之水」。極端氣候，世界各地自然災害頻繁，經常在媒體報導中，每當發生災害時，看見一支聞名遐邇的全球性佛教慈善團體—慈濟基金會(以下簡稱慈濟)的身影，總是在第一時間就到現場勘災，忙於利他共善的志業，然而在災區自來水供水系統崩壞時，每每急需取得潔淨安全的水，賴以維持生命，是慈濟志工的「第一項」也是「最重要」的一項艱鉅任務。因此，如何就地取水、再透過淨水設備，解決災區居民飲用水需求，向來是慈濟最迫切、最重視的課題。

眾所周知，台灣自來水公司(以下簡稱台水)服務轄區遍及全台，用戶數高達 745 萬戶，擁有 476 座淨水場，管線長度 65,887 公里；數十年來，面對各種不同水源、水質，累積了卓越的水處理專業技術與經驗，應付千變萬化的水源及淨水流程，堪稱國內水處理領域的專家。更特別的是，台水所從事的自來水事業，乃是非以營利為目的的公用事業，善盡企業社會責任更是不遺餘力，諸如自來水延管工程，以提升偏遠地區、原住民山區的供水普及率即是最佳的利他共善成果。

在利他共善的基點上，造就因緣際會。

乍看，台水與慈濟好似是互不相干的事業與組織，卻同時為了「水」而契合，共同合作推動賑災緊急供水，確保災區民眾安全用水，甚至雙方為了推動國際慈善援助之淨水系統、淨水知能等教育訓練及其他公益事項達成互惠共善，進而促成雙方簽訂共同推動賑災緊急供水合作備忘錄。

二、攜手合作的開始—簽訂合作備忘錄

美好的合作總是從事前周全的準備開始，在台水公司胡董事長南澤的全力支持下，台水李副總經理丁來(時任總工程師)與慈濟薛美玉女士(東霖興業有限公司負責人)搭起了利他共善的橋樑，爰於 109 年 12 月 29 日(星期二)上午 10 時假台水公司總管理處會議室，由李副總經理丁來率台水同仁與慈濟代表呂學正先生及薛美玉女士就合作備忘錄條文逐一進行討論與研商，獲致合作內容如次：

(一)水質淨化處理技術教育訓練

為培育水質淨化技術人才，以應海內外災害緊急供水及慈善援助方案淨水系統規劃之需，台水公司將協助安排水質淨化處理相關技術教育訓練課程，並取得相關專業認證。

(二)技術諮詢與指導

慈濟基金會於海內外災害救助或人道援助過程，若有水質淨化處理之需求，包括

水源探勘與分析、淨水技術及設備評估與建議等，得向台水公司提出專業諮詢及現場技術指導服務需求，台水公司得視實際情形提供適切的服務。

(三)其他

經雙方協議就有助於推動公眾利益、國內外救災、水資源與環境、人文精神提升等事項進行合作。

合作備忘錄簽署儀式於 110 年 3 月 10 日下午假台水五樓禮堂，由台水李總經理嘉榮(時任副總經理)與慈濟顏執行長博文代表共同簽署，宣示雙方就海內外災害救助與人道援助過程需要的水處理技術教育訓練、技術諮詢與指導等公眾利益事項，整合雙方資源，共同合作推展。

慈濟顏執行長博文指出，水是大生命，人可三日無糧，不可一日無水；慈濟在全球進行人道救援時，感受在災區如何取得乾淨的飲用水，淨水過程如何增加處理效率，是一項艱鉅且重要的任務，慈濟很需要這方面專業的協助，很感謝能與台水公司一起合作，共襄盛舉。未來，慈濟將結合志工能量與台水公司的專業，讓受災的人民取得安全又足量的水。

實則，台水擁有淨水專業的人才與技術，在國內非服務轄區的災區就曾提供協助淨水處理、緊急供水等企業社會責任工作，藉由此與慈濟簽署合作備忘錄後，責無旁貸地提供專業團隊及訓練場地，並就國內外災區水源的評估、淨水處理的技術提供支援與協助，為身為地球村的一員盡一份心力。



圖 1 台水李總經理嘉榮(時任副總經理)與慈濟基金會顏執行長博文代表雙方簽署 MOU



圖 2 台水李總經理嘉榮(時任副總經理)與慈濟基金會顏執行長博文交換紀念品留念



圖 3 台水公司與慈濟基金會人員於簽署儀式合影

三、善用台水專業資源—自來水專業訓練園區

依據合作備忘錄簽署內容可知，慈濟最迫切的需求就是培育水質淨化技術人才，且



亟須藉助台水專業的師資團隊與專業的訓練園區，以應海內外災害緊急供水及慈善援助之需。

台水於台南市新營區設置「自來水專業訓練園區」，總經費約 11 億元，於 109 年 12 月 14 日完工啟用。訓練園區設備完善新穎，設有可容納 200 人的教學大樓及學員宿舍兩棟主建築物；並且有完整的專業實習場地，

包括高級淨水處理與傳統淨水處理、管線裝接、管線測漏及抽水機、水量計等專業實習設施及國際會議廳，為亞洲最具規模且功能最完善之全方位自來水事業專業訓練園區之一。慈濟海內外災害緊急供水所需的水質淨化技術培訓，就藉由這世界級的專業訓練園區展開。



圖 4 台水自來水專業訓練園區全景



圖 5 台水自來水專業訓練園區教學大樓



圖 6 台水自來水專業訓練園區傳統設備實習場

四、成果豐碩的第一次合作－慈濟急難救災淨水研習班

揭開雙方合作的序幕始於 110 年 10 月 23 日～25 日，假台水新營「自來水專業訓練園區」辦理為期三天的「慈濟急難救災淨水研習班」。研習班課程內容由台水規劃後，為求訓練課程符合實際所需，期間遭逢新冠肺炎三級警戒，仍不遲延，採視訊方式與慈濟及工業技術研究院共同研商課程安排事宜。為貼合實務，更親赴雲林縣林內鄉的湖山淨水場及西螺鎮的西螺淨水場現場實地勘查，以確保課程順利進行。

本次研習班順利圓滿成功，成果豐碩。學員除了三十位慈濟志工，尚有台水各區處的菁英幹部也共同參與學習交流。課程內容涵括淨水概念、緊急供水設備(QWater)及淨水場實地觀摩。由台水學養豐富的專業主管及工研院專業技師擔任授課講師，該課程除基本淨水知能之傳授外，亦符合實際操作技術層面之要求。課程規劃、課程特色、學習摘要、學員心得分享摘述如下。

(一)課程規劃

課程安排，詳如表 1 所示。

(二)課程特色

三天充實緊湊的課程中，除了靜態的水處理知識外，還安排參訪了台水位於雲林縣林內鄉的湖山淨水場及西螺鎮的西螺淨水場。「湖山淨水場場域很大，屬於較新的快濾淨水池，除了供應雲林縣，還有南彰化、北嘉義都靠它供水；西螺淨水場是舊型的氣曝式慢濾池。」淨水場導覽員認真解說，並帶領大家實地觀看各池淨水工序流程，實務

與學理互相對照。

表 1 110 年度「慈濟急難救災淨水講習班」課程表

日期	星期	時間	課程內容	講師
10 月 23 日	六	10:10-11:00	學員報到	—
		11:10-12:00	水源評估	供水處處長黃庭水
		13:30-14:20	水源評估	供水處處長黃庭水
		14:30-15:20	水質知能	前水質處處長林國清
		15:30-16:20	水質知能	前水質處處長林國清
10 月 24 日	日	08:00-08:50	災害緊急供水設備	工研院工程師任維傑
		09:00-09:50	災害緊急供水設備	工研院工程師任維傑
		10:10-11:00	淨水設備維護	深溝廠廠長林志憲
		11:10-12:00	淨水設備維護	深溝廠廠長林志憲
		13:30-14:20	淨水概念與慢濾系統介紹	供水處處長陳文祥
		14:30-15:20	淨水概念與慢濾系統介紹	供水處處長陳文祥
		15:30-16:20	淨水概念與慢濾系統介紹	供水處處長陳文祥
10 月 25 日	一	09:00-12:00	湖山淨水場 西螺淨水場	供水處處長陳文祥

誠如台水供水處陳文祥處長指出，救災是跟時間比賽的，經過這樣理論與實務性課程設計，我們要學會應用手邊現有的資源去解決問題，不用再往外尋求資訊與設備，這樣就能爭取時效性，快速提供災區民眾安全、穩定的水。



(三)學習摘要

台水供水處組長黃庭水在講授「水源評估」時，語重心長地提醒，因經濟而造成過度開發取用水，以致造成河川污染水質不佳，保有潔淨的水更加不易。每一滴水都是經過一關又一關繁複浩大的工序，希望大家要有「有水當思無水之苦」的好觀念，珍惜水資源，養成節水好習慣，才能讓水資源得以永續。

工業技術研究院任維傑講師於課程中介紹了水利署與工研院所共同合作研發一種可現場快組、可高效處理高濁度水體(大於 500 NTU)、可方便套裝模組運輸(單一套裝式淨水模組<50 kg)的村落型緊急淨水系統(Qwater)，於平時，可作為簡易自來水系統；於災期，則作為緊急淨水裝置，提供缺水地區或救難中心應用。此系統命名為 Qwater 隱喻 Quickly(快組)、Quality(優質)及 Quantity(豐沛)，內涵如下：

- 1.可由兩個民眾於 20 分鐘內組裝完成，意謂「快組」。
- 2.可處理高濁度原水，出水並符合飲用水標準，是謂「優質」。
- 3.小體積大產量，於 2.5 立方左右的空間下可產水為 15 CMD，並可進行並聯增加出水量，是謂「豐沛」。

(四)學員心得分享

慈濟學員林進輝先生回憶在 2015 年蘇迪勒颱風造成新北市烏來嚴重的進水汙泥災害，當時的飲用水濁度無法供災民使用，幸而透過 Qwater 行動淨水機組，緊急因應飲用水的匱乏。又，2018 年在寮國遭逢洪患肆

虐，Qwater 發揮功效，讓整個水患過後的小村莊，免於承受缺水之苦。接受訓練後，對 Qwater 的原理、操作更清楚更熟練，受益良多，將來可以在災害現場發揮訓練課程中所學得的專業。

慈濟災防組呂組長學正表示，透過此次研習收穫滿滿，感謝台水費心安排。課程上有了概念，實際上看怎麼操作設施，怎麼完成這些事情，像水要進入這個快濾過程，顆粒雜質怎麼去清洗的，清洗的流程從開始到結束，從有污染的狀況到處理乾淨的水，整個流程看過一遍，印象很深刻。



圖 7 放置於台水專業訓練園區的移動式淨水設備



圖 8 學員與授課講師互動頻頻，反應熱烈



圖 9 學員前往湖山淨水場瞭解快濾作業



圖 10 全體研習班學員合影留念

五、進行中的合作—建置慈悲科技生活化體驗區

慈濟本著人文、生態、共存共榮的精神，因此，規劃於苗栗園區建置科技生活化體驗區，將生態、環保、防災整合，打造「防災教育園區」；透過室內與戶外展館，帶動民眾從「認知」到「行動」；藉由手作客家米食、植物染，讓位於戶外的行動廚房、火箭爐、行動 Qwater 淨水器等事物慈悲科技生活化；民眾平時就學習如何操作慈悲科技設備，當有災難時能及時發揮救災功能。

其中，與「水」有關的部分為「船與傳聯展」科技生活化體驗區，採互動體驗方式，以收集雨水為構思，經淨水處理後再回收利用，讓民眾從生活中透過節能減碳等小小動作，推展「地球永續」及「與地球共生息」的理念。

台水依慈濟之推動規劃與需求，就水的收集、處理、配送等流程給予協助規劃、設計。

(一)台水於 111 年 2 月 24 日派員至慈濟苗栗區了解客家米食推展科技構思及與慈濟先進至現場會勘研討，主要係以收集米食區屋頂雨水(約 1 噸/天)再經處理後供蒸米食或染缸用。雨水水質以灰塵影響為主，應無其他污染源且處理後非作為飲用水，以淨水處理設備而言，該水質直接過濾(如快濾桶、慢濾、薄膜、平板陶瓷膜或 Qwater 等等)即能有效祛除濁度。

(二)經檢討結果，依現場環境、經濟效益、處理水源水質及水量大小，以設置慢濾池較符合需求，並由台水提供設計圖供參，另儲蓄水池、中間水塔及取(配)水管線則由慈濟自行規劃。



圖 11 台水公司人員赴慈濟苗栗園區現場勘查



圖 12 慢濾池體驗區預定地

六、結語—讓世界看見台水，看見台灣

近年來，氣候變遷造成世界各地天災頻傳，對生態環境與人類生活影響甚鉅。因災害而造成水污染、破壞供水系統及衛生設施，進而危及災區民眾的用水安全，是慈濟趕赴災區現場最急迫需要解決的課題，亦是台水公司最擅長、最樂於提供協助的專業。因此，台水與慈濟攜手合作是完美的結合，更是實踐企業社會責任的典範。

台水與慈濟對珍貴的水資源，有著相同的理念與基點，雙方透過合作協議書的簽署，延伸水處理技術專業與經驗，確保災區民眾用水安全，終將在每一個需要水的地方，留下堅定踏實的足跡。未來，台水亦將與慈濟共同攜手走向國際，在世界各地推動利他共善的淨水援助，對外展現公益軟實力，讓世界看見台灣，看見台灣自來水公司。

作者簡介

李嘉榮先生

現職：台灣自來水公司總經理

專長：工程規設、供水調配、企業管理

陳素卿女士

現職：台灣自來水股份有限公司企劃處副處長

專長：營運管理、企劃研考

張芹華女士

現職：台灣自來水股份有限公司企劃處約聘管理師

專長：企業管理

陳文祥先生

現職：台灣自來水股份有限公司供水處處長

專長：自來水處理技術、環境工程、水質管理

建築物自來水水池外爬梯探討

文/何政弘

一、前言

現在自來水用戶除了一般 1、2 樓平房或水壓相當高之特殊供水區外，多數建築物需採用間接供水，故設有水池（蓄水池、中繼水箱、屋頂水箱均屬之）以儲備用水。然而對用戶而言，除了馬達、浮球、開關等故障或漏水檢修之情形外，通常不會檢查維護水池。若用戶有定時清洗水池，至多每年 1 次到 2 次，否則可能好幾年都不會去巡視。

另外，用戶申請接水時，依自來水法第 50 條規定：「自來水用戶用水設備，應依用水設備標準裝設，並經自來水事業或由自來水事業委由相關專業團體代為施檢合格後，始得供水。」接水後除非用戶用水發生問題尋求協助，或是自來水事業機構現今推行「好水標章」等，才有可能再次蒞臨水池檢查。

因此，附設於水池外的爬梯通常鮮少使用，其設置是否符合安全需求也容易被忽略了。108 年 4 月 9 日下午，臺北市松山區八德路 4 段某大樓進行水塔滲漏修繕工程，1 位工作業者欲爬上屋頂上水塔查看時，研判疑似因重心不穩自水塔不鏽鋼爬梯（長度約 8.4 公尺，圖 1）上墜落至屋頂地面，經送醫急救仍宣告不治^[1]。

屋頂除了自來水水池外，部分尚有消防水池，及建築物避雷針、天線、馬達電線、頂板排水孔等需檢修維護，與民眾生活息息相關，此種墜落危害應有改善防止空間。



圖 1 發生罹災事件爬梯

二、既有爬梯相關規定

查既有關於爬梯規定分述如下：

(一)臺北自來水事業處「自來水用水設備審圖、檢驗、設計作業手冊」^[2]

此為水處有涉及水池外爬梯之規定，在手冊第二章審圖\2-5 審查自來水用水設備內線工程設計圖申請案\四、水箱（含蓄水池、中繼水箱、水塔）\（二）設計規定及注意事項\11、為利日後進入水箱清洗，水箱淨寬以 1m 以上為原則。水箱高度超過 1.5m 者應設置不銹鋼外爬梯，外爬梯與水箱人孔邊緣距離不得大於 1 公尺，水塔外爬梯設置與屋頂女兒牆距離不得少於 1.5 公尺，特殊情況應加設護籠等其他保護措施。水箱內若需設置爬梯者，其材質應以不影響水質之材料施作，如不銹鋼等。

(二)經濟部水利署「自來水用戶用水設備標準」

本標準係依自來水法第 50 條第 2 項規定訂定之，自來水法規定自來水用戶用水設

備，應依用水設備標準裝設及檢驗。惟查本標準對水池水密性、人孔、通氣管、溢排水設備、洩水坡度、容量、水池之牆壁及平頂應與其他結構物之分開距離、集水坑、進水口等定有標準，並無水池外爬梯之設置說明。

(三)內政部營建署「建築物給水排水設備設計技術規範」

本規範依據建築技術規則建築設備編第 26 條第 2 項規定訂定，與自來水用戶用水設備標準雷同，並無水池外爬梯之設置說明。但在 3.2 儲水設備\3.2.1 說明：

- 1.給水設備之受水槽（水塔）為重要構造物，關係到用水用戶的安全與健康，除了水密性及耐久性構造外，同時必須考慮定期之維修檢查工作之進行，及相關配合設施規劃。
- 2.建築物儲水設備之設置及構造，應另依自來水事業單位之相關規定規劃設計。

(四)內政部「建築技術規則」

建築物給水排水設備設計技術規範之母法為建築技術規則，其中築設計施工編第 249 條：「設置於高層建築物內、屋頂層或中間樓層或地下層之給水水箱，其設計應考慮結構體之水平變位，箱體不得與建築物其他部分兼用，並應可從外部對箱體各面進行維修檢查。」此外亦無爬梯相關規定。

(五)勞委會「職業安全衛生設施規則」

本規則第 27 條：「雇主設置之固定梯子，應依下列規定：

- 1.具有堅固之構造。
- 2.應等間隔設置踏條。
- 3.踏條與牆壁間應保持 16.5 公分以上之淨

距。

- 4.應有防止梯子移位之措施。
- 5.不得有防礙工作人員通行之障礙物。
- 6.平台如用漏空格條製成，其縫間隙不得超過 30 公厘；超過時，應裝置鐵絲網防護。
- 7.梯子之頂端應突出板面 60 公分以上。
- 8.梯長連續超過 6 公尺時，應每隔 9 公尺以下設一平台，並應於距梯底 2 公尺以上部分，設置護籠或其他保護裝置。但符合下列規定之一者，不在此限。
 - (1)未設置護籠或其它保護裝置，已於每隔 6 公尺以下設一平台者。
 - (2)塔、槽、煙囪及其他高位建築之固定梯已設置符合需要之安全帶、安全索、磨擦制動裝置、滑動附屬裝置及其他安全裝置，以防止勞工墜落者。」

此規則目前為爬梯最嚴謹之規定，但職業安全衛生設施規則係依職業安全衛生法訂定，目的為雇主使勞工從事工作之安全衛生設備及措施之最低標準。

而一般建築物完成後係提供住宅、辦公處所、營業店面使用，建築物所有權人並非為使勞工在水池進行常態性工作之雇主，也不可能比建築師、技師等專業，於尚未取建築物前即去要求水池外爬梯之設置標準。

三、水池外爬梯現況

由前述相關規定比較，僅有勞委會「職業安全衛生設施規則」對於爬梯訂較為詳細說明，與其他規定最明顯差異在爬梯護籠、踏條與突出板面 60 公分，而這正是現況要探討的地方。

(一)護籠

通常位於大樓屋突之水池，需由頂樓再經爬梯才能到達屋突最上方人孔（圖 2），大部分爬梯設於室外。一般人在現場於梯前仰望屋突想像攀爬即心生恐懼。此處雖設不鏽鋼爬梯，但通常標準的不鏽鋼踏條光亮滑溜，在高差 9 公尺情況下若不幸跌落，依據物理學原理由高差位能產生的衝擊力將對人體產生嚴重傷害。在攀爬時人體呈現略為後仰情形（圖 3），若能加設「職業安全衛生設施規則」規定之護籠（圖 4），腳步踩踏滑移瞬間支撐人體不致直接後仰跌落，可大幅減低墜落危害，並減低攀爬時之心理壓力。



圖 2 頂樓至屋突之爬梯高差大



圖 3 使用爬梯情形



圖 4 設有護籠爬梯

如圖 5 所示，此梯高約 6 公尺，距離女兒牆約 1.5 公尺，但距離屋突外緣卻不及 1 公尺。如果不幸發生墜落情況，可能跌出女兒牆外，高度差是 6 公尺加上屋頂到地面高度，超過 30 公尺，此時產生之衝擊絕非人體所能承受，無存活可能，故此處更需要加設護籠。



圖 5 爬梯距離外牆太近且無護籠

(二)爬梯踏條

依人體工學原理，平地走路腳掌可全部

著地以支撐人體重量。但攀登爬梯時腳掌採在踏條上，僅有部分承受壓力，若腳掌前 2 分之一採在踏條上，必須產生額外力矩以保持腳掌水平並使腿部肌肉緊張，形同墊腳尖甚為費力甚至無法攀爬(圖 6 至 8)。所以「職業安全衛生設施規則」規定踏條必須距離牆面一定距離保持攀爬時腳掌有足夠空間(圖 9)。

爬梯踏條材質種類有不鏽鋼、鐵、塑膠類等，以不鏽鋼居多。不鏽鋼踏條雖然經久耐用維護簡易，但形式通常為圓管狀，光滑、摩擦力不佳；鐵類若未保養適當容易鏽蝕斷裂；塑膠類係包覆於金屬材質踏條故成本相對較高，目前較為少見。



圖 6 踏條與牆面距離不足(此為冷卻水塔爬梯)



圖 7 踏條與牆面距離不足



圖 8 踏條與牆面距離不足，形同墊腳尖攀爬



圖 9 踏條與牆面距離足夠

(三)爬梯突出版面

由前述圖 1 至 5 顯示屋頂爬梯均有突出樓版面，當人攀爬至屋突頂層時仍可手握爬梯兩側，保持站立狀態踏上頂層。反之要下爬梯時尤為重要，手握爬梯兩側保持平衡，腳掌踩踏於踏條上，依序往下。

然而部分水池爬梯未設置突出版面，尤其位於地下室的水池，因在室內且貼著水池，相對於到達屋頂水池而言，高度低很多，加上受限於水池頂板至上層樓板距離，所以多數爬梯無突出版面之設計(圖 10)。此時要攀上水池頂，雙手需支撐在水池頂板面，不利身體平衡容易跌落。



圖 10 爬梯兩側無突出板面

四、討論

發生攀爬水池外爬梯意外事件時，符合職業災害之條件才會浮上檯面勞檢單位介入，但這類清洗、檢修水池小規模工作僅 1 至 3 人，勞工權益意識薄弱，若有受傷多為自行就醫。而屋主自行攀爬檢查發生之意外即使死亡也均不屬勞檢單位權管，故實際上發生情況遠比統計多。

在作業環境異常及伴隨精神緊張的工作，會對人們身心造成很大的壓力與衝擊。一般人要到水池使用爬梯時，因高度明顯的變化，此處即為異常的作業環境。在骨骼肌肉負擔及心理壓力突然增高下，慌張、疲憊、動作不協調，降低原有的判斷及行動應變能力，因而意外墜落將導致嚴重受傷甚致死亡。

可知使用爬梯具有一定的危險性，但卻無一致的爬梯標準。若依據職業安全衛生設施規則來設置經濟、簡易安全的爬梯，對於建築結構物本身建造花費，其成本幾乎等於 0。具有較高風險意識的設計者，即會將建築物應有的物理設備及其相關設施列入全

盤考量，降低意外發生的可能性（圖 11、12）。可見法規並不是一個既定框架，而是提供最低標準的參考，端看人們取捨應用。



圖 11 較符合安全需求之爬梯（地下室水池）



圖 12 較符合安全需求之爬梯（屋頂水池）

目前建築物設計施工係依建築法相關法辦理，但均無爬梯之規定。而臺北自來水事業處之規定有「水箱高度超過 1.5m 者應設置不銹鋼外爬梯，外爬梯與水箱人孔邊緣距離不得大於 1 公尺，水塔外爬梯設置與屋頂女兒牆距離不得少於 1.5 公尺，特殊情況應加設護籠等其他保護措施。」

因「特殊情況」未有明確定義，在進行接水申請檢查時恐引起爭議。況且水處之

「用戶用水設備內線工程檢驗自主檢查表」關於水池之檢查內容，爬梯僅「有無設置」檢核選項。

建商在取得使照後水電承包商必須趕限期（通常 1 個月）完成接水之商業契約慣例下，即使有必要設置的特殊狀況，卻也因人而異，容易讓申請人產生檢查人在刁難之心態，且補設爬梯更可能造成水電廠商履約逾期，更不願於此時施作改善。故參照「職業安全衛生設施規則」標準明訂於相關規範應較為妥適。

回顧既有 30、40 年前完工某公有建築物地下室水池爬梯（圖 13），僅是簡陋參差不齊的 U 型彎曲鋼筋，其水池設置方式也是依當年規定設置，不符現今標準但仍在使用中，對比前述相關照片落差實在太大。而現今部分建商已自行採用職業安全衛生設施規則標準來設置爬梯，顯然安全環境設施之觀念已漸漸為人了解接受，法規終究需跟隨時代進步而修正，才能全面改善設備環境符合生活需求。

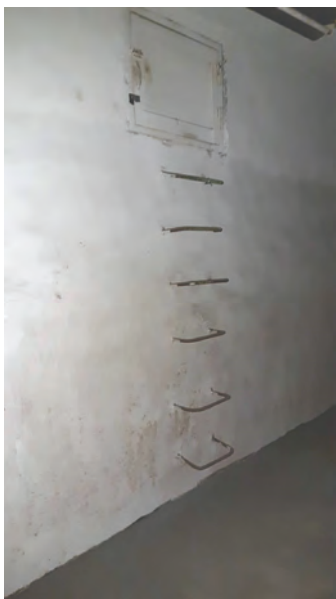


圖 13 於 73 年完工某公有建築水池爬梯

五、結語

- (一)使用水池之爬梯時，無論進行清洗檢查之勞工或建物所有人，其承受之墜落風險及危害程度並無區分。
- (二)建議自來水用戶用水設備標準，或建築物給水排水設備設計技術規範，將水池外爬梯之設置標準列入考量，使施工有所遵循以降低意外發生保障使用者安全。

參考文獻

1. 臺北市勞動檢查處 https://lio.gov.taipei/News_Content.aspx?n=89BD434B04CA74DD&sms=78D644F2755ACCAA&s=89E48B8BE16881FA
2. 臺北自來水事業處自來水用水設備審圖、檢驗、設計作業手冊，2020年12月

作者簡介

何政弘先生

現職：臺北自來水事業處南區營業分處三級工程師
專長：管網改善工程規劃、施工、小區計量及漏水改善。

地下水區水帳估算初探—以埔里盆地為例

文/楊銘賢

摘要

水帳(Water Budget)為水資源規劃、開發與管理重要工作之一，水帳包含自來水在內之各標的使用量及水資源進水量。就一已開發地下水區而言，考慮可再開發地下水資源量體之因子至少需包括：天然補注量、現況抽水量(含自來水)、下游保留量與適度折減因子等。由於空間上大範圍實際抽水量調查，與地下水補注量量測不易執行；此外，為了兼顧該地下水區其下游之地面水與地下水區域之用水人權益、環境用水與地下水補注來源等，需有一套完整的標準評估方法，以確保整體地下水資源可以永續利用。本文以中部地區—埔里地下水區為例，嘗試提出一套簡易且周全之評估方式，並推估合理可再開發地下水量，以提供水資源管理與開發決策參考。

關鍵字：地下水、永續利用、水資源管理、水帳、埔里盆地

一、前言

於 20 世紀前期安全出水量(Safe Yield)被提出作為地下水可用水量之評估基礎，安全出水量之定義為：「可以定期和永久抽取的水量，此限制水量不會危害儲蓄與耗盡存蓄」(Lee, 1915)^[1]，此定義雖將安全出水量以水文地質觀測予以描述，但對於何謂危險的貯蓄下降及何謂經常抽取均未詳細描述，其後陸續研究指出地下水區之天然補注可視為安全出水量。但自 1950 年起美國地質

調查所因安全出水量之定義不明確，逐漸捨棄安全出水量之說法，改以永續出水量(Sustainable Yield)作為地下水可用水量之評估依據，然而永續出水量之定義較安全出水量更為模糊，多數定義大致指出利用永續出水量進行地下水開發利用將不致對於經濟、社會及環境產生不良影響，而對於如何訂定永續出水量則多無明確說明，但多指出永續出水量需小於安全出水量，即地下水區之補注 (Kalf and Woolley, 2005)^[2]。

本文參考歐盟 Water Framework Directive 之觀點，認為地下水自然排出位置多為區域內之地面水體，若無人為開採利用，長期而言，地下水排出量應與地下水補注相當。由於地下水排出形成地面水體之基流量受其地面水體生態保育需求限制，因此不宜將全數地下水排出量均視為永續出水量。因此，考量地面水體之生態保育限制，地下水區之永續出水量之最大值應為其自然補注量扣除流域範圍內地面水水體所需保育用生態基流量 (CIS, 2009)^[3]。前述永續出水量應為地下水區最大可用水量，然而因計畫地下水區之水文地質特性、地下水環境現況、經濟發展等特性，可給定一折減因子，即所謂含水層永續因子，以訂定地下水可用水量 (Smith et al., 2010; Moltz et al., 2013; Henriksen and Refsgaard, 2013)^{[4][5][6]}。

因此，地下水可再開發量可以表示如下：

$$Q_r = Q_a - P \quad (1)$$

$$Q_a = (R - D) \times F \quad (2)$$

其中： Q_r 為地下水可再開發量； Q_a 為地下水可用水量； P 為現況抽水量； R 為地下水補注量； D 為地下水區其下游之保留量，包括：下游河道既有地面水用水量、開發中水源設施計畫取水量、下游地下水補注水量、生態基流量等。 F 為含水層永續因子，Smith et al. (2010)[4]歸納結果，此折減因子介於 15%至 85%之間。

公式(1)中牽涉現況實際抽水量估算，由於現實狀況並無法於地下水區內針對每口抽水井逐一調查，因此，本文嘗試以官方年報表(如自來水公司與農田水利署等)中之單位抽水量，配合土地利用進行合理推估。而公式(2)中則牽涉複雜之地下水流數值模擬。為使模擬成果更貼近實際狀況，且實質提供相關水資源管理決策參採，地下水流數值模擬前之相關研析作業甚為重要。由於目前台灣地區對於各標的之各水源別用水量，尚未完全掌握；同時，探討地下水資源課題時，往往僅專注於地下水流之探討，而相對忽視地面水存在之事實，進而可能導致設定數值模式之各項參數，容易偏離現實狀況，造成數值運算無法收斂，或不符實際之模擬成果。

有鑑於目前尚缺乏較具體文獻，詳細記載地下水流數值模擬前之相關研析作業，即水帳(Water Budget)或水平衡(Water Balance)估算，包括地下水抽水量、補注量與天然流出量等之合宜估算方式；以及如何利用簡易之水帳估算公式，評估地面地下水各分量之合理性。本文嘗試以中部埔里地下水區為

例，考量涵蓋地面與地下水，由上游至下游，就水文循環中之降雨、蒸發、逕流、補注、地下水流出等量體，及各項水資源利用之取水、含自來水之各標的抽水、越域引水、灌溉回歸水等，進行推估公式與程序之建立。未來，可將上述之推估總量體，拆解至模擬範圍之時空分布，以作為初始條件與參數，有助於數值模擬運算，減少參數調整之猜測與不合理之輸入，以適切估算地下水可再開發量。

二、案例地下水區特性

(一)水文地質特性

埔里盆地成因推測係因地殼拉張與擠壓作用後積水成湖，而後經歷湖底沉積，再因河川向源侵蝕將湖水排乾，係由沉積與沖積交互作用而形成地下水含水層。埔里盆地東側以固結岩層為界，可視為零流量邊界。西側台地屬高位階厚礫石層之台地，則具有側向地下水補注(如圖 1)。埔里盆地含水層呈現中央深厚，周圍淺薄之倒錐形。生產井主要所在範圍，為平均厚約 200 公尺之礫石層含砂，且接受地面水之補注，故為本文研析範圍。

豐水期，西盆地地下水埋深約為 4 至 6 公尺，向西逐漸變淺，直至與河川水位一致，出流成地面水；東盆地則地下水位埋深較深，達 10 公尺以上，推斷由於東側有灌溉圳路取地面水，同時盆地東側為固結岩層，二者均未能補注地下水，可能導致地下水位埋深較深。枯水期地下水位埋深則較豐水期再低約 1 至 4 公尺，上述西盆地地下水位豐枯變化較小，東盆地則豐枯變化較大。

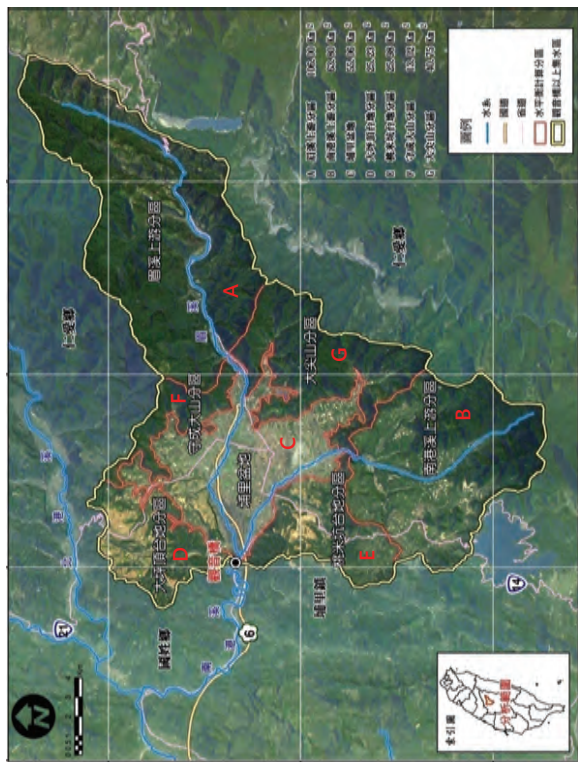


圖 1 案例地區與水帳計算分區

(二)各標的用水特性

案例地下水區位於台灣中部埔里盆地，盆地內約 7 萬 6,000 人，生活用水中主要由自來水公司以地下水生產井，透過供水系統供應，普及率約 75%，其餘未供水地區則自行抽用地下水。

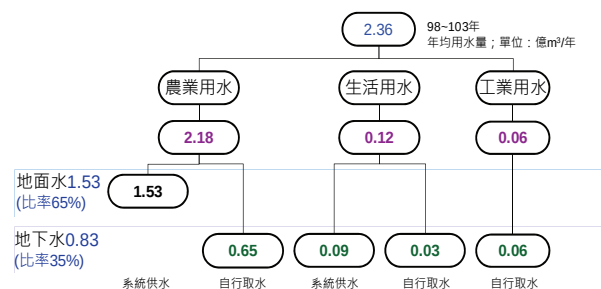
工業用水主要為地下水源，廠家區位多分布於盆地東南側，水權量約年計 642 萬立方公尺，廠家 84 家，以飲料及造紙業為大宗。

盆地內農業用水以灌溉用水為大宗，少量畜牧用水。其中，農田水利署之灌溉系統以地面水源為主，地下水源為備用水源；農田水利署事業區外之非系統供水則以地下水井為主要水源。

截至目前為主，除自來水公司與農田水利署有實際取水量紀錄，供水系統外之自行取水，均無實際用水量紀錄。

(三)各標的用水量估算

農業用水以農田水利署提供之地面水實際用水量為主，約年計 1.53 億立方公尺；地下水則以農田水利署事業區外灌溉面積乘以農田水利署灌溉水深(不計輸水損失)，並加計畜牧用水；畜牧用水以農政單位之單位用水量乘以禽畜數量估算。生活用水之系統供水以水公司提供之地下水實際供水量計之，年計約 9 百萬立方公尺，自行取用地下水則以非自來水供水人口乘以單位售水量估算。工業用水因目前水公司無供應廠家製程用水，故以水權量計之，年計約 642 萬立方公尺。各標的總用水量合計年平均 2.36 億立方公尺，如圖 2 所示(自來水用水約占總用水量之 4%)。



註：生活用水中系統供水係指由自來水供水；農業用水中系統供水係指農田水利署之灌溉系統供水。

圖 2 案例地區各標的用水量推估成果

三、採經驗法進行水帳估算

一般若以地下水補注及流出觀點，評估地下水資源量，則本文建議地下水補注量評估，需同時採經驗水帳估算法與數值模擬法進行分析。本文經驗水帳估算法係指考量水文循環、含自來水之各標的地面地下水取水、灌溉回歸水、可能之地下水補注等，並經由盆地出口處實測地面水流量紀錄，進行檢核並計算地下水可能出流量。檢算與分析

過程，可釐清每一環節之水量合理性，以提供地下水流數值模式模擬之初始輸入條件，並進行二者之比對驗證，與相互之參數調整。採經驗水帳估算法時，諸如地下水流流出量、地面水河川補注量等不易精準估算，僅能初步由經驗值代入檢算，再由地下水流數值模式作進一步模擬探討。

(一)假設條件

依據目前埔里盆地地下水位觀測資料，顯示盆地長期地下水位呈現持平趨勢。此為包含自來水在內，各標的用水長期使用後，並綜合天然補注的成果。因此，由水平衡觀點，地下水隨時間蓄水改變量變化很小情況下，總進入盆地地下水系統水量，等於盆地總流出地下水系統水量，為水帳計算基準。考量資料來源之可蒐集性，及涵蓋近年水文豐枯變化特性，故水文及取水等各項數據，採 2009 至 2014 年資料為評析依據。

空間上分區，將盆地出口以上集水區分為 7 個分區(如圖 1)：眉溪上游、南港溪上游、埔里盆地、大坪頂台地、桃米坑台地、守城大山、大尖山等分區，依序給予 A~G 代號。其中，眉溪上游(A 分區)與南港溪上游(B 分區)特性相近，其地面與地下水水源分別由眉溪與南港溪隘口進入埔里盆地；大坪頂(D 分區)與桃米坑台地(E 分區)則為非固結地層，亦有地面水補注地下水，並由與埔里盆地交界面進行側向補注；守城大山(F 分區)與大尖山(G 分區)則為固結地層，居民與耕作活動少，假設無地面地下取水，無地面地下水量交換，亦無水量補注埔里盆地地下水，僅地面水進入盆地為地面逕流。

估算值採年平均値計，檢算之水量項目

包括：降雨量、蒸發散量、地面逕流量、垂向與側向地下水補注量、地面引水量、越域引水量、灌溉回歸水量、地下抽水量、地下水流流出量，再與盆地出口之地面實測逕流量進行檢核比對。

(二)估算方法

由前述分析，於蓄水量變化很小情況下，採經驗水帳估算法分析即為入流項等於出流量，並將地面與地下水源分開估算。每一估算項皆盡可能合理計算，惟受限地下水位測站分布，目前難以回推 2009~2014 年之完整地下水位分布，以供地下水流流出量推估。因此，埔里盆地地下水流流出量，將配合各項估算成果，於水帳估算表中，由流入項與流出項差值計算而得，再由盆地出口地面水流量紀錄進行比對檢核。各分區計算表格均分別估算，再進行統整，本文僅以埔里盆地分區(C 區)進行說明(如表 1)，計算方式說明如下。

- 1.各分區平均降雨量估算，係參考年平均降雨量等值線分布，並由年均雨量乘以分區面積計算而得；
- 2.蒸發散量係採氣象觀測站蒸發量之 70% 估計蒸發散量，由年均值 $\times$ 分區面積 $\times$ 70% 估算而得；
- 3.如前述，地面取水主要為農田水利署灌溉用水，其餘標的(含自來水)水源為地下水，因此，地面取水量主要統計自農田水利署取水年報表而得；
- 4.抽水量如前述採各標的地下水抽水量；
- 5.埔里盆地各隘口及與台地交界面之側向補注量估算，係由文獻、平面地質圖等，判定地下水通水面積、水力傳導係數與水力

梯度，並採達西公式估算而得；

6. 灌溉回歸水係計算地面地下灌溉用水乘以回歸水比例而得；回歸水比例依據參考文獻^[7]成果，並由於埔里主要係種植筍白筍需大量引水控制溫度後再排出，故採用較大比例值 70%；
7. 地下水垂向補注量為降雨補注量、灌溉補注量與河道補注量合計；其中，河道補注量=地面水逕流量 × 補注率，補注率依據參考文獻^[8]成果，採 10%；
8. 降雨補注量=總降雨補注深度×降雨補注面積而得；總降雨補注深度係先由鑽探粒徑分析成果判斷非飽和層特性，依據文獻^[9]採每日 15 毫米為補注能力，逐日計算降雨補注深度，當降雨量大於補注能力時，採每日 15 毫米補注深度計，當小於此值則採實際降雨量計，並合計得總降雨補注深度；降雨補注面積則以埔里盆地面積扣除不透水面積及作物收穫面積而得，約 25.3 平方公里；
9. 灌溉補注量=總灌溉補注深度×灌溉補注面積而得；總灌溉補注深度主要由農田水利署報表判定灌溉時間，而灌溉水深依據水利會報表及參考文獻^[9]，採每日 2 毫米；灌溉補注面積則採用水田灌溉面積計之，約 32.24 平方公里；
10. 淨地面逕流量暫不計地下水流出量；埔里盆地地面逕流量=降雨量+越域引水量+上游逕流量+灌溉回歸水量-蒸發散量-地面取水量-垂向補注地下水量；
11. 埔里盆地地下水流出量，由地下水入流項扣除出流項推估而得；地下水流出量=垂向補注量+上游側向補注量-抽水量-地

下水出口側向補注下游地下水量；再由集水區出口地面水流量紀錄扣除地面逕流進行比對檢算。

(三)估算結果

埔里盆地集水區各分區之水帳估算成果表中，A 與 B 分區、D 與 E 分區、F 與 G 分區分別有相類似的計算項目。而 C 分區為埔里盆地，計算項目較多，主要因其承接來自上游之地面與地下水量，同時，亦須估算灌溉回歸水及越域引水量。

由表 1 中顯示，採地下水各項計算而得之地下水流出量(每年 6,605 萬立方公尺)，加上採地面水各項計算而得之地面逕流量(每年 69,508 萬立方公尺)，與集水區出口地面水流量紀錄(每年 76,113 萬立方公尺)吻合。檢視各項推估過程，尚無明顯不合理之處，因此，經驗水帳估算法之垂向補注量、側向補注量、抽水量等，將作為後續地下水流數值模式之初始輸入數據，配合水文地質概念模型，模擬驗證地下水出流量及各分項量體之合理性。

進一步整理埔里盆地(C 分區)之成果，繪製成水帳估算成果如圖 3。顯示埔里盆地地下水補注量每年 1.48 億立方公尺中，降雨補注 3,156 萬立方公尺占 21%，灌溉補注量 1,960 萬立方公尺占 13%，河川補注量 7,667 萬立方公尺占 52%，盆地周緣側向補注量 2,020 萬立方公尺占 14%。而離開埔里盆地之地下水總量中，抽水量 8,048 萬立方公尺占 54%，地下水流出至地面 6,605 萬立方公尺占 45%，地下水由盆地出口往補注下游地下水 150 萬立方公尺占 1%。如圖 3 水帳成果，可檢視用水量與各環節進出水量之量體大小。



圖 3 案例地區水帳估算成果圖

由於難以回溯 2009 至 2014 年之實際抽水量，依據前述各節之設定方式，盡可能給定合宜之水文地質參數，及合理之抽水量及區位。其中，地下水抽水與補注區位係由土地利用調查成果給定，如表 2 所示。土地利用調查是將土地利用現況作系統性的分類及統計，其作業方式係運用高解析航遙測影像，配合地籍圖、電子地圖等各式參考圖資及部分外業調查，全面及持續性進行調查土地利用現況變化情形，合理呈現土地利用。

四、以數值模擬法進行水帳比對

表 1 案例地區採經驗法進行水帳估算成果表

水源	方向	入流項 (萬 m³)		出流項 (萬 m³)	
地面水	上	降雨	15,243 ^{C-1}	蒸發散	2,774 ^{C-6}
		越域引水	5,114 ^{C-2}	各標的地面取水	6,844 ^{C-7}
	下	地下水流出	- ^{C-3}	補注地下水	12,808 ^{C-8}
	側向	上游逕流	52,830 ^{C-4}	地面逕流	69,738 ^{C-9}
		灌溉回歸水	18,977 ^{C-5}	(集水區出口流量紀錄)	76,113 ^{C-10}
地下水	上	垂向補注	12,808 ^{C-11}	地下水流出	6,375 ^{C-14}
				各標的(含自來水)抽水	8,303 ^{C-15}
	下	來自深層	0 ^{C-12}	深層補注	0 ^{C-16}
	側向	側向補注	2,020 ^{C-13}	側向補注下游	150 ^{C-17}

註：統計年限為 2009 ~2014 年，本分區代號為 C 區(55.06 km²)，各數值估算說明如下。

C-1：參考年平均降雨量等值線分布圖，採年均雨量(2,768 mm)×本分區面積；

C-2：統計農田水利署取水年報表，採平均實際取水量計；

C-3：為檢視地面逕流由地面水源產生，故地面逕流量暫不計地下水流出量；

C-4：統計 C 區以外，其餘各分區之地面逕流量合計；

C-5：計算地面地下灌溉用水乘以回歸水比例，回歸水比例依據參考文獻[7]，並依據埔里主要係種植筊白筍需大量引水控制溫度後再排出，故採較大比例值 70%；灌溉回歸水=[地面取水量+灌溉抽水量]×70%；

C-6：採氣象站皿蒸發量之 70%估計蒸發散量，由年均值(720 mm)×本分區面積×70%估算而得；

C-7：統計農田水利署實際取水年報表中，本分區(埔里盆地內各圳)地面取水量；

C-8：為降雨補注(3,156 萬 m³)、灌溉補注(1,960 萬 m³)與河道補注(7,692 萬 m³)合計；其中，河道補注=地面水逕流量×補注率，補注率依據參考文獻[9]，採 10%；

C-9：地面逕流=降雨(C-1)+越域引水(C-2)+上游逕流(C-4)+灌溉回歸水(C-5)-蒸發散(C-6)-地面取水(C-7)-補注地下水(C-8)，此值小於集水區出口地面水流量紀錄，故推測應有地下水流出；

C-10：集水區出口地面水流量紀錄，供比對地下水流出量；

C-11：由地面水補注而來，採 C-8 計；

C-12：本分區下方為細粒料至固結基盤，假設無地下水由下方流入，故採零計；

C-13：來自上游側地下水側向補注；

C-14：由地下水入流項扣除出流項推估而得；地下水流出=垂向補注(C-11)+側向補注(C-13)-抽水量(C-15)-側向補注下游(C-17)；再由集水區出口地面水流量紀錄(C-10)扣除地面逕流(C-9)進行比對檢算無誤；

C-15：由本文中水公司與農田水利署等各標的抽水量估計成果給定；

C-16：本分區下方為細粒料至固結基盤，假設無地下水由下方流出，故採零計；

C-17：由文獻、地質圖等成果，判定地下水通水面積(2,665 m²)、水力傳導係數(0.0018 m/s)、水力梯度(0.01 m/m)，採達西公式估算。

表 2 水文地質概念模型補注與抽水區位設定

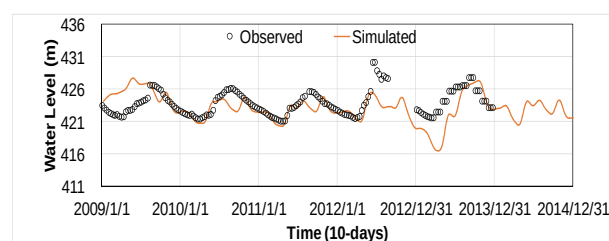
土地利用分類	河川補注	降雨補注	灌溉補注	(農田水利署事業區外)灌溉抽水
河川	是	否	否	否
稻作	否	否	是	是
旱作	否	是	否	是
不透水區	否	否	否	否
非灌溉透水區	否	是	否	否

註：依據土地利用分類成果，假設河川補注、降雨補注、灌溉補注與灌溉抽水區位，以合理推估地下水補注與抽水量；水公司及農田水利署等已知生產井則依據官方資料給定。

表 3 不同方法水帳推估各分量成果比較表

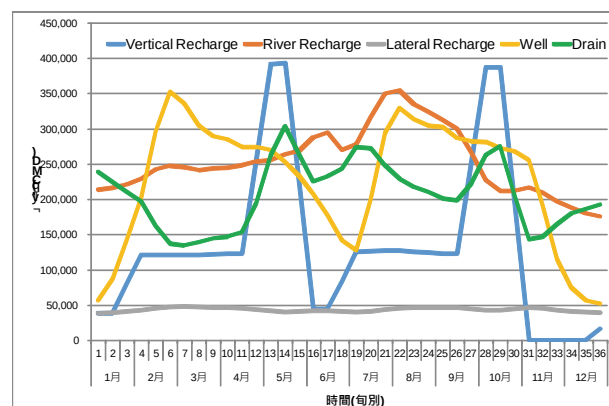
方法 分量	經驗法 (萬 m ³ /年)	數值模擬 (萬 m ³ /年)	備註
垂向補注 (降雨與灌溉)	5,116	4,885	經驗水帳估算法採經驗值估算，數值模擬法係採降雨、灌溉、河道水深與河床水力傳導係數應用 River Package 運算，後者補注量與地下水位變化有關，較能反應實際特性
河川補注	7,692	9,270	
側項補注	1,870	1,607	
自來水與灌溉等各標的人為抽水	8,301	8,301	以經驗水帳估算法年平均量體整理為各年逐旬抽水量代入數值模擬法運算
天然排出	6,377	7,548	因補注量推估方式不同，故地下水流出量體不同。經驗推估法係由各分量扣減而得，數值模擬法係依地下水位、地表高程與地表水力傳導係數應用 Drain Package 運算，且可釐清量體時空分布，建議為本文評析之主要依據

採地下水流數值模式模擬地下水位歷線成果如圖 4 所示。由於 2009 至 2014 年期間，觀測井紀錄資料多有缺漏，同時觀測井老舊，其觀測資料代表性仍有待商榷。由於本文地下水流數值模式中，各參數並無刻意經過率定與驗證程序，係僅以文獻及補充調查成果給定，目的是要檢視文中闡述方法論之合宜性；此外，亦因現場各標的抽水量難以回溯 2009 至 2014 年之實際值，故模擬值與觀測值呈現偏差，惟除部分紀錄仍待商榷外，整體趨勢尚呈一致。顯示，本數值模式已大致掌握埔里盆地地下水流特性，未來若有機會大範圍進行水利普查，則可更精進數值模式成果。水帳估算各分量分析成果如表 3 與圖 5 所示。



註：數模參數無經率定與驗證，係以文獻及補充調查成果給定；抽水量亦難以回溯 2009~2014 年實際值，故模擬值與觀測值呈現偏差，惟除部分紀錄仍待商榷外，整體趨勢尚呈一致。

圖 4 數值模擬方法地下水位模擬成果



註：採地下水流數值模擬 2009 至 2014 年成果平均值。

圖 5 案例地下水區水帳各分量時序分布圖

案例地下水區補注量包括：降雨與灌溉補注量、河道補注量、淨側向補注量等，合計每年 15,762 萬立方公尺。現況地下水抽水量年 8,301 萬立方公尺，依據公式(1)與(2)，計算得案例地下水區可再開發地下水量為年 3,926 萬立方公尺。

五、結論與建議

- (一)經採經驗法及數值模擬法，就 2009 至 2014 年，綜合估算得埔里盆地水帳各分量。顯示地下水總補注量平均每年 1.58 億立方公尺，各標的總抽水量年 8,301 萬立方公尺，地下水天然流出至地面年 7,548 萬立方公尺。其中，降雨與灌溉補注量 4,885 萬立方公尺占總補注量 31%，河川補注量 9,270 萬立方公尺占 59%，盆地周緣側向淨補注量 1,607 萬立方公尺占 10%。年總用水量約 2.36 億立方公尺，自來水年供水約 9 百萬立方公尺，占總用水或地下水總補注量比重小。
- (二)地下水流數值模擬前之水帳估算，有助於釐清各標的地面地下水使用量，同時檢視水文循環中各環節之量體，輔助釐清地下水抽水與補注之時空分布特性，對於數值模式建立與運算收斂有所助益，同時也提供地下水可再開發量合理估算。
- (三)由永續觀點規劃某標的用水再開發利用時，建議由水資源進出水量之水帳整體考量，如果尚有剩餘可再利用水量，則可研議供自來水、灌溉或產業用水使用，以避免影響既有用水人權益及造成環境負面影響。

參考文獻

- 1.Lee, C. H. The determination of safe yield of underground reservoirs of the closed basin type. Trans Am. Soc. Civil Engrs. 1915; 78: 148 – 151.
- 2.Kalf, F. R., and D. R. Woolley. Applicability and methodology of determining sustainable yield in groundwater systems, Hydrogeology Journal. 2005; 13(1): 295-312.
- 3.CIS. Guidance on groundwater status and trend assessment [Technical Report]. WFD Guidance Document No.18; 2009.
- 4.Smith, A.J., G. Walker, and J. Turner. Aquifer sustainability factor: a review of previous estimates Groundwater. Canberra; 2010.
- 5.Moltz, H.L.N., J.B. Palmer, and K.R. Bencala. Water resources sustainability and safe yield in West Virginia., ICPRB Report No. ICPRB-13-3; 2013.
- 6.Henriksen, H.J., and J.C. Refsgaard. Sustainable groundwater abstraction [Review Report]. Geological Survey of Denmark and Greenland; 2013.
- 7.中央大學，多元化水資源開發—桃園及新竹地區新興農業迴歸水調查與可行性評估，2006年。
- 8.中興工程顧問股份有限公司，濁水溪沖積扇地面地下水聯合運用管理模式建立與機制評估，水利署中區水資源局，2006年。
- 9.行政院農委會，灌溉排水營管手冊，2001年。

作者簡介

楊銘賢先生

現職：中興工程顧問股份有限公司工程師

專長：水文地質調查、評估與開發；水資源規劃、運用與管理

澎湖馬公智慧水網系統規劃簡介

文/黃心怡、林美良、江淑惠、曾彥中、陳柔安、林郡習、蘇荷婷、莊立偉

一、前言

行政院於 106 年核定實施「前瞻基礎建設計畫－水環境建設」（以下簡稱前瞻計畫），以「水與發展」、「水與安全」及「水與環境」為建設主軸，以因應急遽增加的淹水與缺水風險。參考國外水資源管理思維，透過智慧科技提升用水效率，研提「推廣水資源智慧管理系統及節水技術計畫」，鼓勵各自來水事業導入智慧管理工具，減少供水管網漏水損失，並提升自來水管網供需調度能力，以降低淹水風險與損失。

台水公司配合經濟部水利署執行前瞻計畫之「自來水智慧型水網推廣計畫」，前期先改善自來水管網監測點不足與設備老舊之問題，包含淨水場安裝智慧水表、供水管網開發進階式水壓管理系統，以及建置線上監控重要節點電動閥等，將管網內流量及壓力等相關數值，透過資訊管理系統產製分析表報，協助更有彈性的調配及穩定供水。

為達成智慧水網整體目標，尚缺用戶端用水監測數據及系統資訊整合應用，110~112 年以澎湖地區作為智慧水網示範推動區，擇馬公系統已封閉之部分小區安裝智慧水表及建置智慧水網。為規劃智慧水網系統應具備之功能模組，參考國內外各自來水事業推動智慧水網的經驗、系統功能等，並進行使用者需求訪談，據以擬定智慧水網運行架構及功能模組，其藉由系統提供之統計管理指標及自動化報表，改善以往依賴人員自身經

驗來判斷異常，使決策者、營運所人員掌握整體水網之問題，迅速作出反應。

二、資料收集

(一)澎湖地區供水現況

至 110 年底澎湖所轄區供水戶口數 39,511 戶、普及率 93.13%，供水系統分為馬公白沙、西嶼、望安、七美及吉貝等 5 大系統，日平均出水量約 22,800~23,000 CMD。澎湖開發多元化供水水源，包含海淡水、水庫水及地下水等，惟水庫水受地形水文條件限制，穩定度不高，又近年來地下水長期抽取量大於補注量易使水質鹽化，使海淡水逐漸成為穩定供水主要來源。

- 1.海淡水：水源來自於海水淡化，馬公系統海淡水主要由 2 座海淡廠供水，分別為馬公第一、第二海淡廠。
- 2.水庫水：水源來自成功水庫、興仁水庫、東衛水庫等，原水至成功淨水場處理後平均以 3,000 CMD 供給馬公系統（含澎南及湖西）用水。
- 3.地下水：水源來自於鹽井及地下水井，其中成功鹽淡廠出水量約介於 500 ~ 600CMD，及地下水深井群約介於 2,300 ~ 2,400CMD 水量。

(二)盤點既有系統功能

為評估既有系統提升智慧水網之能力，先盤點各系統功能、資料欄位等，作為智慧水網資料來源之基礎。

- 1.供水監測平台：



表 1 澎湖馬公系統水源供水概況

項次	淨水場	原水來源	日均出水量 (CMD)
水庫水	成功淨水場	成功、興仁 東衛水庫	3,000
海淡水	馬公第一 海淡廠	海水	13,000
	馬公第二 海淡廠		4,000
	成功鹽淡廠		500~600
地下水	馬公、湖西 澎南深井群	直供井	2,300~2,400
合計			22,800~23,000

備註：「澎湖地區分區計劃量管網建置規劃」更新數據

供水監測平台整合 SCADA 監控系統資訊，包括管網中水源（水庫、水井、海淡廠、取水口等）、場站（淨水場及加壓站）、水質監測站、水壓監測站、重要閘站之水位、流量、壓力、水質、閘開度等。

2.GIS 圖資管理系統

圖資管理系統係依圖資管理作業要點辦理數位化圖資，已完成數化地區之圖資進行維護管理，供各單位發展圖資相關加值系統基礎。圖資格式依照行政院國土資訊發展目標、國土資訊系統資料標準共同規範、內政部營建署「公共管線資料標準」，以便進行資料流通交換及系統發展。

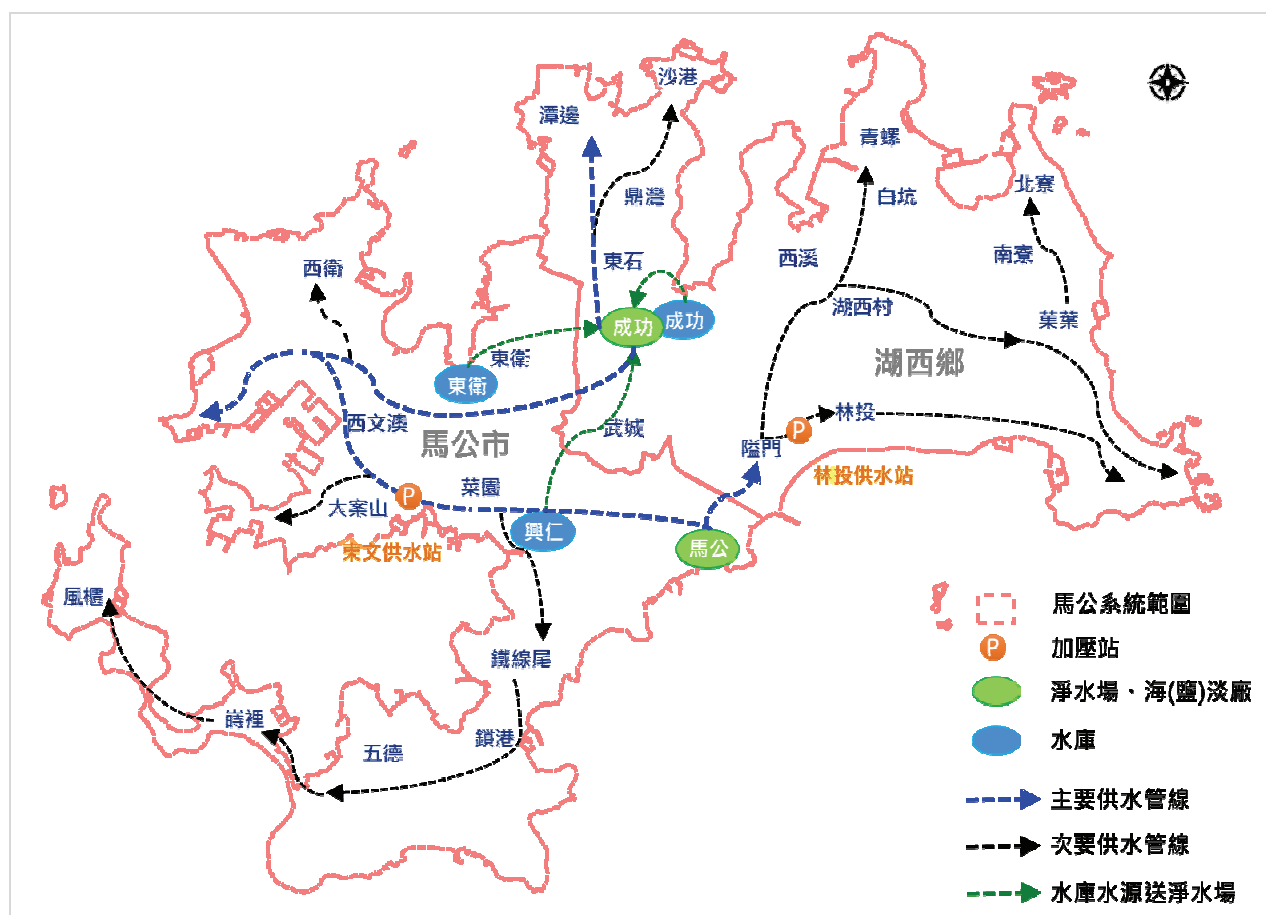


圖 1 澎湖馬公系統供水系統示意圖

3.LIMS 水質監測系統

LIMS 系統以品質管理操作標準化為目標，提高實驗室訊息的可靠性，主要功能為設定工作排程，包括樣品採樣計畫、設備校正、設備維護保養等工作排程計畫等。此外，另有樣品管理、數據管理、儀器與器皿管理、藥品管理、文件管理、數據及年報查詢等功能。

4.ADTS 水質資訊網站

ADTS 系統有加藥量、水量、檢項等數據、事件（一般水質事件、新聞、環保事件、天然災害）、報表（事件報表、預警季報表、數據統計報表）、查詢（數據查詢、事件查詢、數據統計與繪圖）、系統（流程與檢項、標準設定、帳號設定、查核、維護）等。

5.全區用戶表監測系統

全區用戶表監測系統作為智慧水表傳輸及接收讀表紀錄，資料欄位包含水表口徑、事件設定、事件類別檔、事件類別設定、傳訊器資料、水量計型式、讀表紀錄、讀表紀錄、待認領讀表紀錄、結算檔、水量計種類檔、維修紀錄、傳訊器事件。

6.抄表機傳輸系統

抄表機傳輸系統供抄表機資料上下傳輸系統，資料欄位包含工作檔次、用戶水表、工作區、總表編號、總分表、用戶動態、水表情況、期別、指針、上期指針、用水量、實用水量、水表號碼、用戶地址、用戶名稱、用水種別、抄表時間、抄表日、水表口徑、舊表度數等。

7.停水公告查詢系統

停水公告查詢系統分為前台瀏覽與後端管理，前台涵蓋停水列表、災情速報表（含

停水縣市、停水戶數、已恢復供水戶數、待復水戶數及預計全面復水時間）、申請停水通知、停水區域顯示、停水案件資訊等；後端管理涵蓋地區繪製、線上審核、紙本審核、供水站清單、災情速報表、停水案件查詢及資料統計等。

8.1910 客服中心系統與 1910 客服網

1910 客服中心系統已介接網路 E 櫃台、電子帳單、水單、抄表、修漏等系統，既有功能包含受理窗口、施工資訊、停水查詢、連絡人名冊、繳費情形、案件管理、統計報表、後台設定、LINE 提醒功能。

9.檢漏管理資訊系統

設有系統管理、檢漏作業、年度作業、報表查詢、計量系統等，刻正辦理功能擴充，如檢漏案件無法開挖暫存區及報表產製功能、檢漏作業績優審查表先前作業，及檢漏工作日比率表。

10.修漏管理資訊系統

設有修漏案件申報管理、派工管理、修漏資料查詢、統計分析查詢、報表列印、工程預算書編製等，刻正辦理介接基隆市消防局資料，以交換消防栓報修資料之功能擴充。

11.公共給水網站

配合經濟部水利署完成「水資源調配資料庫－公共給水」資料庫，建置共享網站提供各單位查詢相關資料，包含用電暨藥品使用量、主要機電暨儀表年度調查表，及主要機電一覽表等。

12.分區計量管網管理系統

配合小區管網計畫成效管控，提供各區處回報小區管網計畫執行狀況、自動比對差

異率及產製表單，預計擴充功能為年度建置計畫進度管考報表、分區計量管網委辦計畫管理、年度列管小區管網管理、專案地區小區管網管理等。

13.WADA (Water Advanced Data Analysis)

WADA 使用機器學習演算法預測漏水情形，以產水監控系統及供水監測平台收集封閉小區即時流量與水壓數據，進行大數據資料分析，產出流量異常、水壓異常、設備損壞異常及夜間最小流量異常通知。

三、智慧水網系統規劃

(一)自來水事業單位智慧水網發展現況

智慧水網為自來水事業單位發展重要方向，臺北自來水事業處以既有各系統為基礎架構、WebGIS 結合 EPANET 模式方式導入水理模型，搭配用戶水表換裝智慧水表；連江縣自來水廠以數據分析為主軸，包含漏水潛勢分析、設備傳輸管理、水質最佳化分析、能耗管理、水源調度、用戶用水分析等；金門縣自來水廠智慧水網則以整合 GIS 管網圖資、供水監控及水費系統等為目標。

國外自來水事業單位推動智慧水網，藉由安裝各種感測元件、操作介面及通訊設備組成，監測與調控水資源分配，經蒐集澳門、新加坡、美國、澳洲、韓國之水網架構及功能模組等如表 4，作為研擬智慧水網功能模組之參考方向。

(二)系統功能需求訪談

為擬定適合智慧水網功能模組，透過需求訪談了解使用者對既有系統的使用回饋、未來期望或新增功能需求，對象為總管理處、第七區處及澎湖營運所相關人員，綜

合相關意見如下：

- 1.呈現資訊能依使用者不同而各自定義。
- 2.由於澎湖地區的水源複雜，協助淨水場供水調配決策支援。

表 2 台水公司既有各系統用途

系統名稱及用途
1. 供水監測平台： 整合 SCADA 監控資訊，涵蓋原水、清水、及管網中之水壓、水質、重要閘站開度、水位、壓力、流量等監控資訊。
2. GIS 圖資管理系統： 自來水設備及分區計量範圍等地理資訊資料，及各系統及水力分析重要基礎資料。
3. LIMS 水質監測系統： 提供使用者進行水質採樣排程、及彙整水質檢測相關資訊之軟體。
4. ADTS 水質資訊網站： 具有顯示水質數據資料、水質事件、事件後續改善追蹤、報表產出、查詢等功能。
5. 全區用戶表監測系統： 接收讀表資料，並回傳至抄表機傳輸系統，未來提供用戶查詢相關用水資訊。
6. 抄表機傳輸系統： 接收抄表資料之系統。
7. 停水公告查詢系統 提供民眾查詢停水訊息，如有緊急應變災害時，介接至中央災害應變中心。
8. 1910 客服系統與 1910 客服網： 提供客服人員掌握現有供水、停水施工、計費開單等多元資訊。
9. 檢漏管理資訊系統： 追蹤控管檢漏作業、檢漏人員資訊與績效。
10. 修漏管理資訊系統： 申報案件、派工、追蹤修漏案件、修漏費用成本統計、列印報表及編制工程預算書。
11. 公共給水網站： 提供水資源調配相關資訊。
12. 分區計量管網管理系統： 配合分區計量管網建置作業開發，統整分區管網建置情形及作為相關管理與管考用。
13. WADA 台水公司自行開發系統，利用機器學習演算法預測漏水情形。

資料來源：彙整台水公司各系統文件資料。

表 3 國內各自來水事業單位之智慧水網發展現況

項目	臺北自來水事業處	連江縣自來水廠	金門縣自來水廠
發展概況	分階段換裝 AMR，同時進行智慧水網整合平台及子系統整合建置與發展： • 104 年針對用水 1000 度之 100 戶試辦安裝智慧水表。 • 105 年擴大至 200 度以上之用戶、府屬機關學校、市府新建住宅等。 • 108 年底完成 1,800 只大用水戶智慧水表及公共住宅政策安裝 2,330 只。	完成安裝智慧水表、監控設備設置，與智慧水網系統初期開發： • 第一期：完成 3,120 只智慧水表安裝，及原水、淨水、供水端之監控設備安裝，並建置智慧水監測系統平台建置。 • 第二期：持續完備監控系統軟體設備、完善智慧水網功能、驗證建置成效、建立 KPI 及操作 SOP。	盤點整合既有系統，完成智慧水網架構規劃，配合建置動讀表傳輸設備： • 已規劃智慧水網開發期程 • 自動讀表傳輸設備建置工程計 151 戶
建置架構	整合既有系統開發	搭配智慧水網建置及完備監控系統。	整合既有系統開發
功能模組	支援決策、營運管理、系統優化、服務用戶、大數據分析等 5 大類。	供水管網漏水潛勢、用戶用水分析、檢漏管理、水源調度、能耗分析、設備傳輸管理、水質最佳化分析等。	供水模組、營運模組、管理模組與其下各 6 項分析功能、查詢及報表產製。
水力模型	WebGIS + EPANET	商用軟體（管網功能驗正）	—

表 4 國外各自來水事業單位之智慧水網發展現況

項目	澳門	新加坡	美國 EastBay	澳洲雪梨	韓國/南非	馬來西亞	美國 Park City
水網架構	商用軟體 (SUEZ 集團)	自行開發	Fracta 智慧雲端平台	Takadu ZoneScan	自行開發	自行開發	自行開發
功能模組	• 自動加藥 • 能耗管理 • 行動裝置整合	• 供水管理 • 異常示警 • 漏水管理 • 用戶需水量預測	• 管線狀況評估 • 機器學期 • 資產管理	漏水管理	• 需水量預測 • 多元水調度	• 水壓管理 • 能耗管理	用戶服務
水力模型	有	有	—	—	—	—	—

3.協助自動產製報表，如分區抄見量、水表異動清單、降漏月控報表，整合各系統資訊與歷史資訊交叉比對，並介接氣象資料、觀光統計等相關單位資訊。

4.圖面相關標註可明確區分，如邊界閥栓啟閉狀態、提供 GIS、街景、照片等資訊，以利於辨識案件現場地點等。

5.多元化用戶服務功能，如內線漏水及歷史

水費查詢等，並整合至台水 APP。

6.建議增加特定用戶歷史報案紀錄查詢。

7.考慮人力有限，派工及管理仍要有人工確認及審核的機制為佳。

8.與現有系統之結合，透過其他介接方式取得資料，並於智慧水網運行。

(三)功能模組規劃

因應澎湖供水成本高昂，參照各自來水

單位建置智慧水網經驗，期透過平台資訊有效找出用戶漏水狀況，讓智慧管網應用、用戶客製化服務等目標透過平台實現，符合前瞻計畫推廣目標。

1.產銷差績效管理模組

以呈現產銷差相關資訊為主，如供配水管網系統內供水水量及售水率等資訊，應具備各類水源水量、淨水場出水量、管網供配水量、售水量及售水率之即時與歷史數據查詢、日常及自行定義報表產製等功能。裝設智慧水表之封閉小區或其他設置區域，利用監測數據使管理人員掌握即時精確數據。

2.管網供水管理模組

配水管網水壓有效管控下，達到降低 NRW、減少設備損耗、降低動力費、延長設備使用壽命等優點，提供管理人員查看管網流量、水壓等監測數據，可顯示供水系統的供水調度狀況以及水壓水量等狀況，應至少具備供配水調度、水壓監測、水壓事件、歷史數據查詢分析、日常及自行定義報表產製等功能。

3.水場（廠）監控管理模組

依水場（廠）管控之數據，如水壓、水量、加藥量、用電量、各藥劑成本等進行各類數據分析與比對，提供管理人員控管淨水場及海淡廠運作之所需資訊，應具備功能有即時數據查詢、歷史數據查詢、成本分析、耗電量分析、設備效率分析等。

4.水質模組

為提供自動水質監測、人工水質分析等與水質相關之數據查詢、分析等功能，以場內、部分管網內水質監測數據為主，介接 LIMS 水質監測系統、ADTS 水質預警系統、供水監測平台等。模組功能包括資料分析、

數據統計、現況查詢、歷史查詢、日常及自行定義報表/圖表產製等，同時配合水質管控目標。

5.管網漏水管理模組

透過水量、水壓觀測站及分區管網建置，蒐集重要管線節點水量、水壓資訊，分析應用相關數據，交叉比對分析水壓、水量監測數據與資產等，達到輔助縮短漏水發現時間、漏水範圍、協助擬定管汰範圍及提升售水率。具備歷史資料查詢與分析功能、各小區 NRW 分析、小區最小流率、小區封閉監測、漏水熱區、高漏水管段分析、提供產銷差績效管理模組各項售水率分析等。

6.事件管理模組

整合台水公司內外部通報處理案件，將各類案件訊息資訊化，以便於追蹤及管理各事件處理進度，應至少具備案件查詢與登錄、異常事件通知、事件追蹤管理、歷史事件查詢與分析等。

7.派工模組

透過修漏管理系統進行各類案件派工，分為非計畫性及計畫性派工，如為非計畫性案件採簡訊或通訊軟體訊息通知；計畫性案件派工，則參考自來水設備維護手冊規定，依各別自來水設備項目之檢驗頻率，通知對應廠所人員辦理，其相關工作紀錄表單應資訊化，供人員填寫後產製報表留存。

8.用戶用水服務模組

涵蓋與用戶服務相關資料分析、數據統計、現況查詢、異常提醒、用水量及水費試算等功能，結合台水 APP，提供檢修漏系統、1910、停水公告查詢系統等，規劃擷取觀光統計資料來客數、氣象局即時氣象或氣候統計雨量、溫度等資料，交叉比對用水型態。



圖 2 澎湖地區智慧水網 8 大功能模組

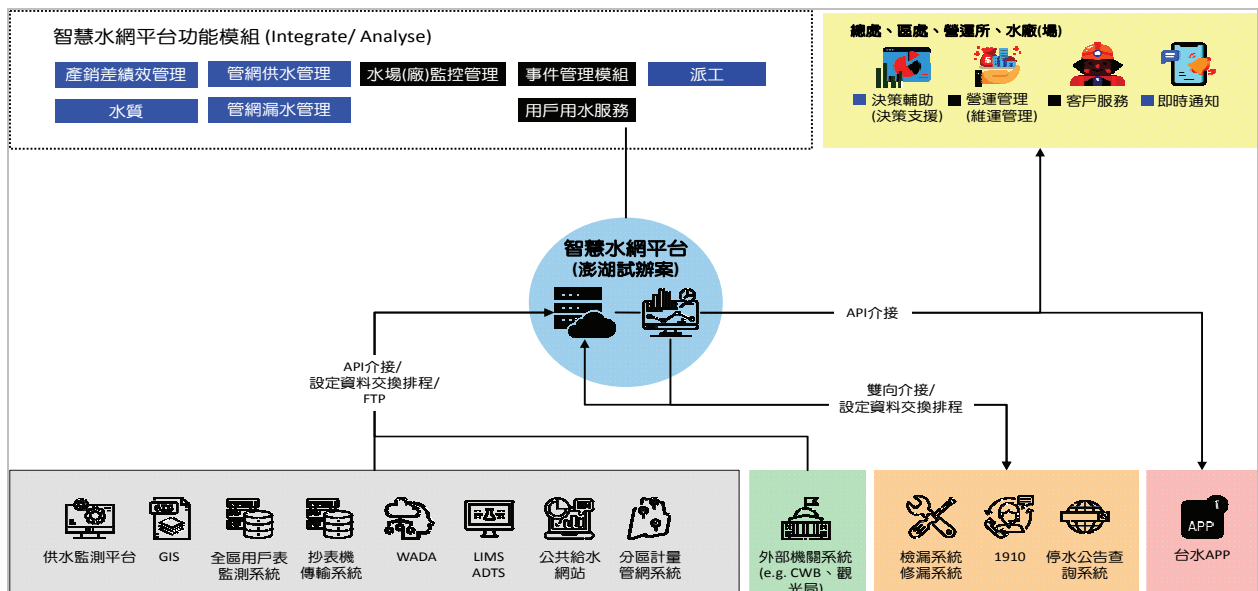


圖 3 澎湖地區智慧水網系統模組架構

經初步檢視功能模組所需要的資料，後續平台開發工作仍需依功能所需要的資料屬性、格式、紀錄傳輸頻率等進行盤點，確認是否具備該功能開發所具備的要件，以提

供智慧水網系統分析所需完整資料，並訂定智慧水網系統資料欄位的標準格式，供各系統依循，如既有系統的資料不敷使用時，應加裝各式感知設備，進行更完整資料存取與

執行分工，以利後續智慧水網之推展。

四、智慧水網系統運行架構

(一)各系統介接方式

智慧水網資料串接流程之方法，依各系統開放方式分為：系統開放 API，設置定期資料交換排程，於固定時間進行資料交換更新；若系統無開放 API 或是無程式主機介面者，則固定時間進行同步資料庫排程方式，批次排程作業分為使用 Windows 作業系統內建之工作排程器呼叫執行網頁程式、資料庫排程(Job)呼叫執行 T-SQL 或 Stored Procedure、服務排程作業等、FTP 傳輸、Web Services、文字檔上下傳、資料庫直接連線等傳送與接收內部或外部應用系統資料。

(二)作業系統

為使智慧水網運行無虞，以系統開發為工作主軸，主機作業系統包含 Windows Server 標準版 2Core 最新授權版，資料庫為 SQL 2019 Server 標準版 2Core 最近授權版。

(三)應用系統作業模式

應用系統架構採開放式平台配合各式工具進行開發實作，系統操作以 Web Based 模式，採用新版 HTML 標準，所使用之 HTML 語法於常見瀏覽器，具備跨瀏覽器相容性，須採響應式網頁設計(RWD)網頁，滿足不同裝置使用需求。

另外於線上作業功能，如資訊業務資料維護及異動交易作業的使用者介面可採用如 ASP.NET C# MVC 5、.net Core(或更新版本)、JAVA、或其他合適之程式語言，搭配 JavaScript 框架實作完成。一般清單列表與統計報表則依第一線使用人員之報表需求，操作 Web 介面輸入報表參數，讀取資料庫資料

後呈現於網頁上，產製 PDF 檔或提供 CSV 或 EXCEL、ODS 檔供下載編輯使用。

五、智慧水網系統發展地圖

經濟合作暨發展組織(OECD, 2012)提出智慧水網系統(Smart Water System)應具備特徵包括高度自動化、快速反應時間、即時擷取資訊、遠端傳輸數據、資料處理及解讀。經檢視國際水協會(IWA)、國內外自來水事業單位智慧水網推動及發展現況、物聯網技術發展趨勢，描繪智慧水網發展地圖如圖 4，將智慧水網發展劃分為 4 個階段。

(一)Level 0-基線(Baseline)：進入智慧水網建置工作前的階段，各面向工作多以被動式管理、傳統或仰賴大量人力的方法進行各項業務的管理與服務。

(二)Level 1-初始/賦能(Initiating/Enabling)：啟動智慧水網相關工作，如廣泛蒐集智慧水網建置相關資料，擬定智慧水網發展初期策略，制定標準作業流程，導入科學工具。

(三)Level 2-整合/優化(Integrating/Optimizing)：依各別業務或工作項目需求，持續優化既有各項標準作業流程，增加自動監測設備布設密度，擴大自動控制之使用範圍，整合跨單位數據及資料，藉由水力模式或其他分析工具，作為輔助決策管理之用。

(四)Level 3-領域先驅(Pioneering)：具有完整且長期的智慧水網發展策略，提升用戶滿意度及組織各項關鍵績效指標為目標，結合即時監測數據及跨領域交叉分析，發展預測工具，提升整體操作營運

彈性與韌性。

綜上所述，本計畫已明確定義智慧水網發展之橫向階段與軸項指標分類，目前澎湖所各系統發展成熟度，除客戶服務指標位於 Level 2 外，其餘大多位於 Level 1，澎湖地區智慧水網管理資訊系統完成開發後，預計將客戶服務指標將由 Level 2 進展至 Level 3、水源調度、淨水管理、資料傳輸與儲存將可由 Level 1 進展至 Level 1.5、其餘指標則由 Level 1 進展至 Level 2。

六、結論與建議

(一)結論

澎湖地區長面臨水資源不足、埋設管線老化、漏水率及供水成本高等問題，又現行既有系統缺乏整合性。為提升水資源管理效

率，110~112 年擇澎湖地區試辦安裝智慧水表，及導入智慧水網系統，整合既有之供水資訊監測平台、GIS 圖資管理系統、停水公告系統、水質預警系統、全區用戶表監測系統及客戶服務系統等資訊，透過 API 或資料排程方式介接於單一資訊管理平台，依各層級使用者需求顯示重要關鍵指標。

智慧水網涉及資訊技術專業性，為符合使用者需求，經蒐集國內外智慧水網建置案例及各階層使用者需求訪談後，提出水網系統應具備之 8 大功能模組，分別為產銷差績效管理模組、管網供水管理模組、水場（廠）監控管理模組、水質模組、管網漏水管理模組、事件管理模組、派工模組、用戶用水服務模組等。

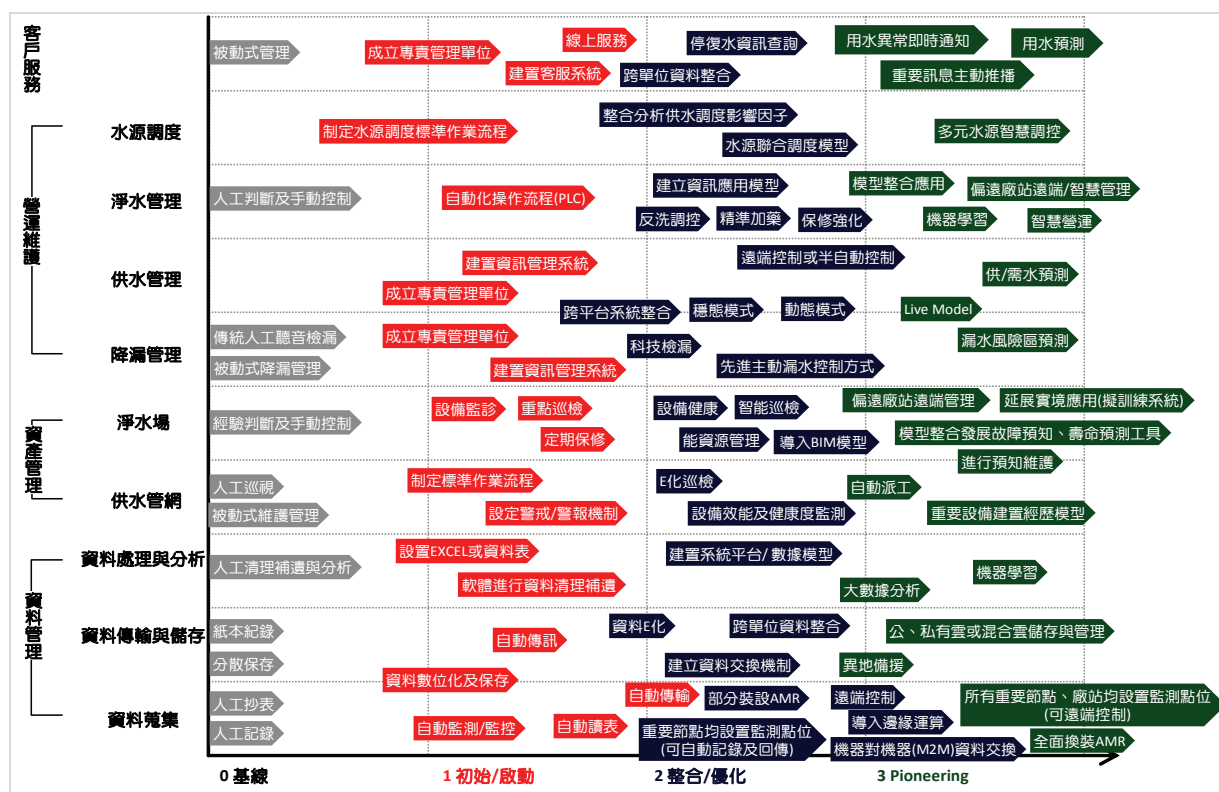


圖 4 智慧水網發展成熟度與對應工作項目

透過智慧水網協助管理者更精確得知供、配水量數據、差異原因，與小區供水量相比後得知區域內之漏損量，快速判斷小區封閉或漏水情形，如發生管網漏水異常，可即時發現漏水點並於短時間內完成修復。外部用戶亦透過智慧水網查詢用水資訊、停水公告、水費預估、內線漏水通知等功能，未來規劃提供 Line 或其他通訊軟體、簡訊、台水 APP 等，提供更多元用戶服務管道。

(二)建議

1. 澎湖地區智慧水網應分短、中、長期階段開發，短期建議以供配水管理及降漏管理等為開發重點，如增加供水管網監控設備密度，藉此提升資料管理項目成熟度，或導入科技檢漏及先進主動漏水控制方式，以達成降漏目標；中、長期可於淨水管理導入精準加藥之工具與技術、或水源調度建置整合分析模型，以因應澎湖地區多水源之調度需求及提升供水品質。
2. 為增進智慧水網功能，達到「優化操作管理」、「降低人力」、「標準化流程」、「異常事件主動通知」等，建議增設感知設備如電動蝶閥、水壓監測、水質監測儀器、馬達三相電流監測等，提高營運管理效率。

參考文獻

1. 行政院，前瞻基礎建設計畫—水環境建設，建置水資源智慧管理及創新節水技術計畫。
2. 「智慧水網發展探討：智慧水表之應用研究」，中華民國自來水協會季刊第38卷第4期，民國108年。
3. 「臺北智慧水表應用」簡報資料，臺北自來水事業處，民國108年。
4. 「台灣水務發展研討會臺北智慧水網發展與應

用」簡報資料，臺北自來水事業處，民國109年。

5. 「連江縣自來水供水智慧化系統工程總顧問(含監造)」第一~六次半年報成果報告，連江縣自來水廠，民國107~109年。
6. 「智慧水網與既有系統整合評估前期計畫」成果報告，金門縣自來水廠，民國109年。

作者簡介

黃心怡女士

現職：台灣自來水公司營業處組員

專長：抄表營運管理、數值分析

林美良女士

現職：自來水公司總管理處營業處組長

專長：自來水營運規劃、業務管理

江淑惠女士

現職：台灣自來水公司營業處副處長

專長：自來水營運規劃、業務管理

曾彥中先生

現職：台灣自來水公司供水處工程師

專長：供水監測平台規劃、供水管理業務

陳柔安女士

現職：台灣自來水公司資訊處工程員

專長：智慧水表系統建置、資訊系統業務

林郡習先生

現職：台灣自來水公司第七區管理處澎湖所股長

專長：水量計換裝、抄表履約管理

蘇荷婷女士

現職：美商傑明工程顧問股份有限公司組員

專長：二維水理模式、水文分析

莊立偉先生

現職：美商傑明工程顧問股份有限公司計畫經理

專長：專案管理、漏水管理、管網改善工程規劃

從水表檢校與故障態樣研擬因應對策之我見

文/陳信利、黃正中、劉聿修

摘要

水表真實的計量數據為自來水事業永續經營之根本，如遇突發緊急應變、工程搶修及枯旱分區供水時亦扮演關鍵的決策資訊；反之，不恰當地計量數值輕則影響營收，嚴重者誤導決策進而影響設備效能，甚至危害人員安全。觀察台水公司 110 年度蒐集不同口徑水表檢校報告，以及過去不同年度不同口徑的水表故障態樣情形，分析在不同口徑之下各類型水表檢校與故障態樣原因，期藉由故障態樣的關聯性與比率，提出因應對策使水表設備正常計量，並強化水表管理維護作為，亦藉此回饋予水表製造廠商作為品質改善之參據，以精進水表設備管理品質。

關鍵字：水表、計量、檢校、故障態樣

一、前言

自來水事業從水源頭到用戶水龍頭之間，藉由取水、導水、淨水、供水調度及銷售過程，實際處理及輸送多少水量，靠的就是水表的計量；真實的計量數據提供正確的營運決策資訊，不恰當地計量數值輕則影響營收，嚴重者誤導決策進而影響設備性能，甚至危害人員安全，所以說水表設備的良窳是整個自來水事業經營的重要根基，實不為過。

吾人已知即便在良好裝設環境之下，不管機械式或電子式之水表相關設備，也會如

同人體一樣偶爾出現異常零星偶發事件，更何況在環境或用水條件較為嚴苛情形，且 24 小時不眠不休工作的水表。所以平時適當檢查維護及保養，或是更換零件來維持性能是不可或缺的。本研究針對台水公司所收集之 110 年度不同口徑的水表，區分為傳統機械型式及電子型式水表，以及裝設於用戶計量收費之水表或管理用表，釐清不同型式水表產生故障的原因，以期廣泛分析不同口徑與型式（如表號年度及製造廠商等）之下對於水表的影響，釐清造成水表異常的真正原因。

自來水事業營運中之水表多在風吹日曬雨淋的室外，在嚴酷的環境下長期不停地運作，藉由管理人員實際檢校與故障態樣分析結果提出因應對策，可強化相關管理作為，並適時修正相關營運管理作業要點或標準，亦可提供給水表製造廠商作為品質改善之參據，有其重要性。

二、年度小型水表故障態樣分析

(一)小型機械式水表部分

1.年度故障數量歸納統計

統計台水公司 110 年度總計接收所屬各外屬單位回送口徑在 13mm 至 40mm 之間疑似故障之機械式水表共計 3,306 只，其中經清潔後檢測正常者為 1,944 只(占 58.80%)，其餘 1,362 只進行後續處理，分類屬於保固事項轉請相關廠商處理者 693 只(占 20.96%)，剩餘 669 只(占 20.24%)則由公司自行修繕。



2.故障態樣分析

上開辦理後續維修處理 1,362 只故障機械式水表，就故障態樣中將廠商責任 693 只與台水公司自修部分 669 只分列評估。屬廠商責任之故障水表依故障態樣比率由高到低前 4 項依序為「盤面或指針退色」219 只(佔 16.08%)、「器差超過 $\pm 4\%$ 」133 只(佔 9.77%)、「漏水」113 只(佔 8.30%)、及「指針 100L 不轉」(佔 5.58%)等約占 4 成；屬台水公司自修部分之水表故障態樣比率由高到低前 4 項依序則為「積算盤滋生青苔」300 只(佔 22.03%)、「雜物阻塞」123 只(佔 9.03%)、「鉛封斷裂」112 只(佔 8.22%)、「玻璃破裂(外)」65 只(佔 4.77%)等約占 4 成 4，詳如表 1 所示，摘錄水表故障型態照片如圖 1 及圖 2 所示。

表 1 110 年度小型機械式水表故障態樣分析表

故障態樣	數量(只)	比例(%)
廠商保固	693	50.88%
盤面或指針退色	219	16.08%
器差超過 $\pm 4\%$	133	9.77%
漏水	113	8.30%
指針 100L 不轉	76	5.58%
錶殼腐蝕	64	4.70%
指針 1000L 不轉	43	3.16%
指針 10L 不轉	28	2.06%
玻璃破裂(內)	13	0.95%
指針脫落	3	0.22%
數字輪偏位	1	0.07%
公司自修	669	49.12%
積算盤滋生青苔	300	22.03%
雜物阻塞	123	9.03%
鉛封斷裂	112	8.22%
玻璃破裂(外)	65	4.77%
水垢附著	60	4.41%
內仁機件磨損	8	0.59%
其他	1	0.07%
總計	1,362	100.00%

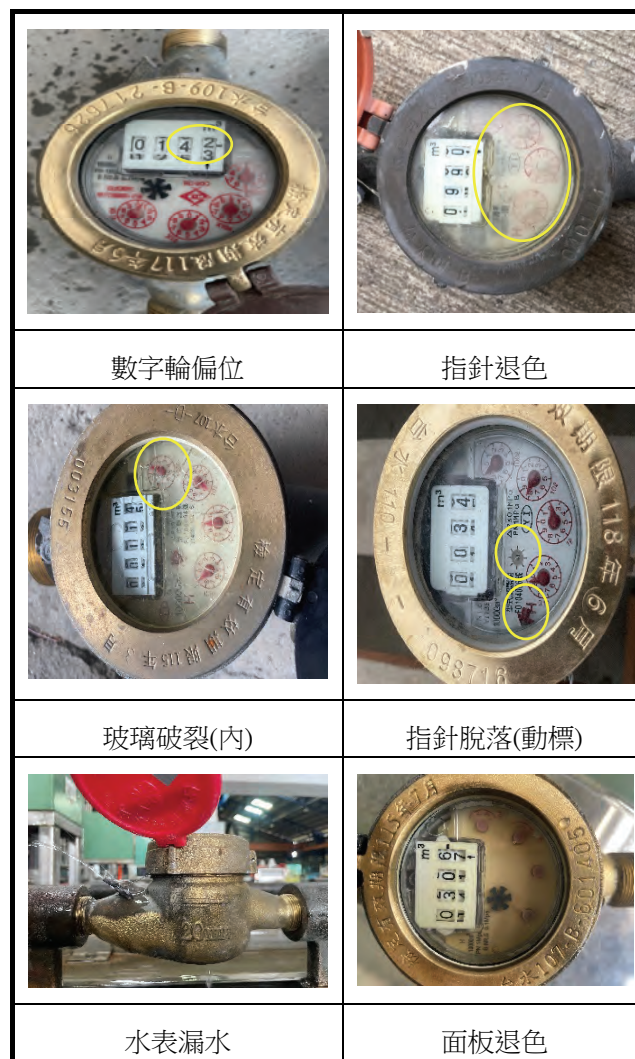


圖 1 保固期間水表故障態樣照片



圖 2 台水自修之機械式水表故障態樣照片

3.不同表號年度屬個別廠商責任故障率分析

水表使用越久則故障機率越高應屬正常現象。經統計 110 年度 4 家主要廠商於 103 至 110 年各年度生產之水表，屬廠商責任故

障率皆大致呈現年度越舊則故障率越高之現象，其中表號 105 年度故障率相對最高，而 103 及 104 年度故障率反而下降，係因水表已接近汰換年限，使用單位就故障情形輕微降低送修意願使數量減少所致。經統計 110 年度回收之水表中，以 A 公司故障率 0.0321% 居首，其次以 B 公司 0.0252% 次之。復以表號年度故障率與該年度總計故障率進行比較，A 公司故障率於 103 至 110 年度皆有高於平均數的情形，B 公司故障率除 104 年外，於 103 至 110 年亦皆高於平均數，C 公司 103 至 110 年度皆低於平均數，D 公司故障率則自 103 年起皆較平均數低，且各年度故障率皆亦為最低。詳如表 2 所示。

4. 台水公司自行修繕部分主要故障態樣

非屬廠商保固範圍內之水表修理責任，就落在自來水事業本身身上。經分析 110 年台水公司自行修理之小型機械式水表主要故障態樣為「積算盤滋生青苔」、「雜物阻塞」、「鉛封斷裂」及「玻璃破裂(外)」等四項，對應不同縣市所佔比例皆不盡相同，其中以嘉義、台南及高雄等南部地區之回送疑似故障的水表，以產生積算盤滋生青苔及雜物阻塞等情形相對偏高，是否因為工程施工、地域性水質關係、氣候日照因素或與當地民眾用水習慣有關，可以做後續進一步分析與探討。

表 2 表號年度屬廠商責任之故障率分析統計表

表號年度	103	104	105	106	107	108	109	110	總計
A 廠商									
故障數(只)	8	100	123	11	35	43	14	2	336
採購量(只)	184,800	312,000	387,000	72,000	266,000	280,000	248,000	245,600	1,995,400
故障率(%)	0.0043	0.0321	0.0318	0.0153	0.0132	0.0154	0.0056	0.0008	0.0168
B 廠商									
故障數(只)	7	8	92	13	32	46	28	2	228
採購量(只)	165,000	267,000	365,000	70,000	268,000	265,000	240,000	212,000	1,852,000
故障率(%)	0.0042	0.0030	0.0252	0.0186	0.0119	0.0174	0.0117	0.0009	0.0123
C 廠商									
故障數(只)	3	3	42		12	10	2		72
採購量(只)	154,200	267,000	324,000	44,000	251,000	227,000	174,000	188,000	1,629,200
故障率(%)	0.0019	0.0011	0.0130	0.0000	0.0048	0.0044	0.0011	0.0000	0.0044
D 廠商									
故障數(只)		1	17	10	14	10	5		57
採購量(只)	190,000	248,000	330,000	117,000	220,000	266,000	231,000	218,000	1,820,000
故障率(%)	0.0000	0.0004	0.0052	0.0085	0.0064	0.0038	0.0022	0.0000	0.0031
總 計									
故障數(只)	18	112	274	34	93	109	49	4	693
採購量(只)	694,000	1,094,000	1,406,000	303,000	1,005,000	1,038,000	893,000	863,600	7,296,600
故障率(%)	0.0026	0.0102	0.0195	0.0112	0.0093	0.0105	0.0055	0.0005	0.0095



(二)小型電子式水表故障態樣分析

1.由於電子式 C 級水表擁有啟動流較小且具有可即時回傳、可記錄用水狀況及警示等特點，對於提升營收及降低漏水率有其助益，亦與未來建置智慧水網與水量即時監測等趨勢相符，故台水公司除於 102 年起局部地區試辦採購推行外，另於 106 年度先針對用戶總表部分優先汰換為小型電子式水表，因此針對近年來新採用之小型電子式水量計進行統計分析。

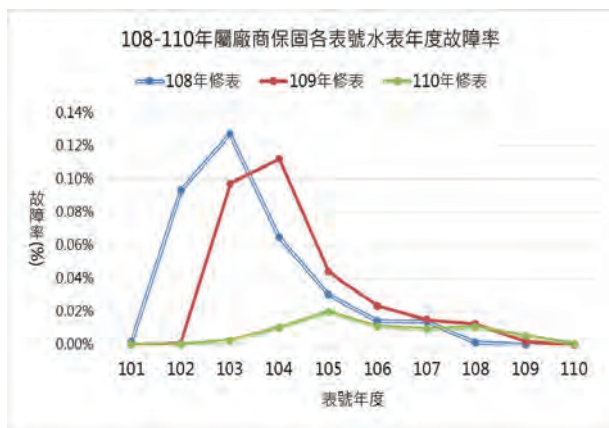


圖 3 108-110 屬廠商保固各表號水表年度故障率趨勢圖

表 3 小型電子式水表故障態樣統計表

	103	106	107	108	109	總計
鑑定正常	2	30	43	30	10	115
鑑定正常	2	30	43	30	10	115
廠商保固	90	17	15	11	7	140
數值不累計	71		8	3		82
表頭無電無顯示	15	11	4	3	2	35
螢幕顯示異常	4		1	3	1	9
器差超過±4%		5	2	1		8
表殼漏水					2	2
公司自修					2	2
鉛封斷裂					2	
其他		1		1		2
總計	92	47	58	41	17	255



圖 4 常見之小型電子式水表故障態樣照片

2.經統計台水公司 110 年由全台各地散布使用於現場疑似故障之小型電子式水表，總計接收 255 只，經清潔後檢驗器差，計有 115 只檢驗正常(占 45.1%)無須進一步拆解修理。

3.針對剩餘需進一步實施修理之 140 只水表，統計主要故障態樣結果以數值不累計(58.57%)最高，表頭無顯示數值(25%)次之，螢幕顯示異常(6.43%)再次之，前三項電子表故障態樣百分比合計高達 90%，都與電力供應系統直接或間接相關。另以表號年度區分則可以看出除 103 年前後製造之電子式水量計因為生產流程瑕疵，其主要造成之故障態樣及數量為「數值不累計」及「表頭無顯示」兩項，使該表號年度故障數量異常外，後續年度經廠商持續修正設計方式及改善生產線流程後，106 年再

次採購該規格產品投入營運使用結果，顯示廠商產品良率已大幅提升，詳如圖 3 及表 3 所示，但與機械式水表相比較，其故障率仍相對高出甚多，主要係因電子機件中皆為數量眾多的電子零件，如何確保各項電子零件之良率，需要製造商後續努力改善及研發，如能持續克服良率與增加價格優勢，電子表廣泛採用應是未來趨勢。電子水表故障態樣照片如圖 4 所示。

4.若以各年度不同口徑之電子式水表故障率進行分析，增列不同口徑對照表號年度，除以該年度各口徑之採購數量後。可以發現 103 年度 13mm、20mm 及 25mm 水表故障率較高，年度總計故障率亦以 103 年度 1.16%最高，遠高於表號年度總計平均故障率 0.17%約 7 倍左右(如表 4 所示)。惟近年故障率已有下降趨勢，顯示其改善作為應當有效，但仍需持續收集資料以進行長期觀察故障率變動情形。

三、大口徑用戶水表故障態樣

(一)統計 110 年度接收之大型(口徑 50mm 至 300mm 之間)用戶水表總數量為 381 只(如表 5 所示)，其中經清潔檢測鑑定正常者有 193 只(占 50.7%)，其餘 188 只以橫軸奧多曼型式水表 144 只最多，B 級螺旋電子式 33 只次之，C 級螺旋電子式 11 只最低。該 188 只故障之水表超過保固期限歸屬應自行修理者 171 只(44.9%)，廠商保固期限內僅有 17 只(4.5%)；自 106 年起台水公司將採購規範保固期間由原來的 5 年改為 8 年後(如圖 5 所示)，自修數量則明顯大幅減少。

表 4 小型電子式水表年度故障率統計

表號 年度 口徑	103	106	107	108	109	總計
13mm						
保固量 (只)	19	1			1	21
採購量 (只)	3,848	197		440	700	5,185
故障率 (%)	0.49%	0.51%		0%	0.14%	0.41%
20mm						
保固量 (只)	67	4	4	3		78
採購量 (只)	2,392	1,768	2,000	2,650	700	9,510
故障率 (%)	2.8%	0.23%	0.2%	0.11%	0%	0.82%
25mm						
保固量 (只)	4	9	10	6	2	31
採購量 (只)	1000	12,279	10,800	8,740	9,500	42,319
故障率 (%)	0.4%	0.07%	0.09%	0.07%	0.02%	0.07%
40mm						
保固量 (只)		3	1	2	2	8
採購量 (只)	532	5,292	6,640	7,110	2,700	22,274
故障率 (%)	0%	0.06%	0.02%	0.03%	0.07%	0.04%
總計						
保固數總 計(只)	90	17	15	11	5	138
採購 總量 (只)	7,772	19,536	19,440	18,940	13,600	79,288
故障率 總計 (%)	1.16%	0.09%	0.08%	0.06%	0.04%	0.17%



表 5 110 年大型用戶水表責任歸屬統計表

	橫軸 奧多曼	C 級 螺電	B 級 螺電	總計
鑑定正常	88 (23.1%)	94 (24.7%)	11 (2.9%)	193 (50.7%)
自行修理	133 (34.9%)	5 (1.3%)	33 (8.7%)	171 (44.9%)
廠商保固	11 (2.9%)	6 (1.6%)	0 (0%)	17 (4.5%)
總計	232 (60.9%)	105 (27.6%)	44 (11.6%)	381 (100%)

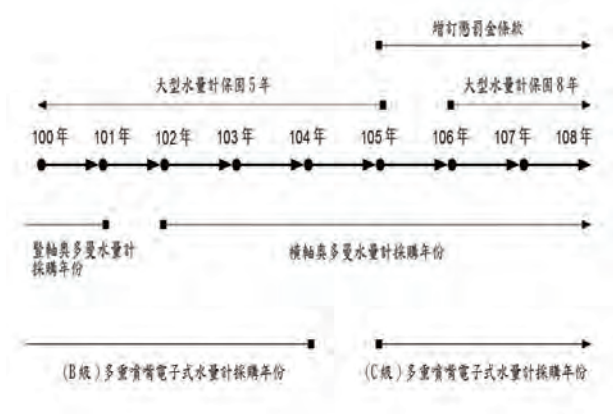


圖 5 大型用戶水表採購年份與保固期限對應圖

(二)屬自行修理之 C 級大型水表故障態樣，數量最多為「表頭無電無顯示」(佔 37.4%)，其次為「表頭數值不累計」(佔 31.6%)，再其次為「葉輪(盒)損壞」(佔 7.7%)；屬廠商修理部分數量最多亦為「表頭無電無顯示」(佔 5.2%)，如表 6 所示。

(三)送修之 C 級大型用戶電子式水表以口徑 75mm 之速度型橫軸奧多曼式故障水表數量最多(75 只)，其次為口徑 50mm 數量排行次高(21 只)；若以表號年度分析則以 104 年數量最多(78 只)，可看出 104 年度採購口徑 75mm 的大型水表故障數量異常突增(54 只)，其餘表號年度故障數量皆維持於 30 只以下，主因為 104 年度

以前(含)之電子機件中電池盒設計易造成水氣侵入造成耗電量增加導致電池電力消耗過快，105 年起廠商改良電池盒設計方式後，自 105 年度開始廠商生產之水表故障率即明顯大幅下降，而 103 年度之水表送修率下降的原因，研判各單位考量該水表已屆汰換年限而影響實際送修意願，故仍應持續收集資料以進行長期觀察是否異常數量有無暴增之情形，詳如表 7 所示。

表 6 橫軸奧多曼與 C 級螺電故障態樣統計

責任歸屬	數量	故障比例
自行修理	138	89.03%
表頭無電無顯示	58	37.4%
數值不累計	49	31.6%
葉輪(盒)損壞	12	7.7%
鉛封斷裂	7	4.52%
雜物阻塞	5	3.2%
器差超過±4%	1	0.7%
樞軸樞窩磨損	1	0.7%
其他	1	0.7%
螢幕顯示異常	1	0.7%
數字倒轉	1	0.7%
葉輪磁鐵損壞	1	0.7%
傳訊器故障	1	0.7%
廠商保固	17	11%
表頭無電無顯示	8	5.2%
器差超過±4%	3	1.9%
螢幕顯示異常	2	1.3%
水氣侵入	2	1.3%
數值不累計	1	0.7%
葉輪(盒)損壞	1	0.65%
總計	155	100.00%

表 7 大型用戶電子式水表故障數量統計表

	表號年度							
	103	104	105	106	107	108	109	總計
橫軸奧多曼	25	78	17	8	6	6	4	144
50mm	1	14	3	1	2			21
75mm	8	54	7	2	2	2		75
100mm	3	2	5	2	1	1	2	16
150mm	5	5		1			1	12
200mm	4	1	1		1		1	8
250mm	1			1				2
300mm	3	2	1	1		3		10
C 級螺電			4	2		3	2	11
50mm			4	2		3	2	11
總計	25	78	21	10	6	9	6	155

四、超大口徑用戶水表檢校

(一) 台水公司漏水防治處水表場以德國 FLEXIM 公司所生產之攜帶式超音波檢測儀為主要查核件，紀錄受查核水表之流量差異情形。根據器差計算公式求得受查核水量計之器差，若為正值則為快轉，若為負值則為慢轉，快、慢轉於±4% 以內則比照水量計檢定檢查技術規範，則視為合於檢查公差。

器差=(受查核水量計器示值-查核件器示值)/查核件器示值×100%

(二) 年度台水公司總計實際檢校 18 只超大型(口徑 350mm 以上)用戶水表，檢測結果 12 只正常(占整體受檢測水表約 66.7%)；餘 6 只器差超過±4%(占整體受檢測水表約 33.3%)；3 只慢轉超過 4%，3 只快轉超過 4%)，對於檢測器差結果較為異常者，則填寫管控表單，由使用單位持續追蹤改善。

五、問題與發現

(一) B 級小型水表部分

屬廠商保固責任與公司應自行修繕部

分之數量大致各占一半。後續可持續觀察往後年度收集分析不同年度不同口徑之下之各廠商故障率變化趨勢，若發現異常應即時通知個別廠商尋求改善對策；屬公司自行修繕部分，可再細分至所屬各區管理處轄下各廠所分別進行統計，搭配原水水質條件與淨水操作模式進行更為深入分析，應可看出水表故障與地域性之關聯強度。

(二) C 級小型水表部分

1. 檢視收回之 255 只小型 C 級故障水表，經清洗檢驗確認正常可再投入營運者 115 只，剩餘 140 只水表中有 2 只水表因鉛封線斷裂需由公司自行修理再重新檢定處置外，其餘 138 只均在保固期內送請原製造廠商限期修理，並由廠商自行檢視生產流程有無改善空間，進而檢討修正提高產品良率及耐用度，如此回饋檢討流程亦可降低自來水事業營運負擔。

2. 經洽相關製造廠商說明，103 年度因水表電子機件盒於生產組裝過程中鎖緊作業扭力控制不當，造成過度擠壓導致機件盒破裂或變形比率增加，在長時間使用之下容易造成水氣進入，導致故障情形增加，後續經改善產品抗壓強度管控、訂定螺絲鎖緊自動安裝之固定扭力值及檢驗等作為後，目前已明顯改善。

(三) 大型(口徑 50-300mm)用戶水表部分

過去發現 102 至 104 年間生產之大型用戶水表，因電池盒設計問題容易造成水氣侵入電子機件導致耗電率提高，還在保固期期間則出現電力不足情形。102 年製造之水表於 104 年即開始出現大量水表表頭無電之現象，經回饋予製造商並要求其進行改善，自 105 年開始使用改良之設計後發現其表頭無

電比例有明顯降低之現象，若統計資料越能長期累積則越趨客觀，故仍應持續追蹤 C 級大型水表之生產品質，以提升大型用戶收費計量水表之品質。

(四)超大型(口徑 350mm 以上)用戶水表檢校

1.部分電磁式水表因當初設置規範無明確規範水表前後所需之必要直管長度，致部分現場設有十字濾管或蝶閥(如圖 6 所示)，或者發現檢校之管線材質條件較差甚至無檢測短管等情況。



圖 6 現場水表檢校環境不符設置規範

2.部分用戶因用水模式改變導致常態用水量偏低，甚至有時流速小於水表之小流設定而影響計量及校正準確度，故其校正結果納為參考追蹤參據，後續還須與用戶溝通確認正常用水量情形，倘用戶確實無法增加用水，可建議考慮縮小水表口徑，以利後續準確計量及校正。

(五)「相對準確」一詞即代表仍有不確定性存在。除檢校前應查閱以往該水表檢測位置、方式、管種、管壁厚及操作狀況等現場條件，應盡可能保持一致，以排

除環境中之干擾及各種不確定因素存在，以利檢測結果之穩定及可信。

六、建議改善作為

(一)水表計量結果涉及售水量、支(受)援水量、區域供水量等相關水平衡之計算基礎，亦間接影響整體漏水率之計算。正確的表位設置、簡易水表故障排除，以及適當的管理作業程序，為水表維護的重要工作，也是自來水事業永續經營的關鍵基礎業務，實應長期網羅資料分析比對，並納入相關教育訓練。

(二)目前台水公司使用攜帶式超音波檢測儀(查核件)之檢測環境與現場水表環境相同，亦謂檢測環境設置不當則檢測結果與受測水量計均可能造成同步偏移的風險，如此則無法得知實際流量造成水表運轉快慢情形，治本之法應要求未來新設水表之場域環境落實標準表位設計規範，利於後續水表維護管理與檢校。

(三)針對已受限既有環境之使用中水表，應檢視是否合於目前表位設計規範，在有限人力物力下，就相對嚴重不符合者造冊逐年逐只進行改善；屬用戶水表部分則應與其溝通說明協調修正(含設置可供檢測之短管)，於用水量調整改變或超大口徑(350mm 以上)用戶，優先排定辦理水表及表位改善。

(四)因水表若鉛封線斷裂則一律歸屬故障待修，即使外觀良好之新表亦需重新辦理檢定方能再度使用，雖該故障態樣僅為零星個案，惟為避免輕易拉扯造成斷裂，台水公司於 107 年修正採購規範，統一訂定鉛封線之材質為不鏽鋼線，後

續若觀察因鉛封線斷裂之故障態樣有上升情形者，可研議訂定如鉛封線型式，以統一標準並強化鉛封設施。

(五)最新水量計國家標準 CNS 14866：2017 參照國際規範 ISO 4064：2005 於 106 年 12 月 26 日正式修訂公布。新版水量計國家標準已將電子式水量計納入標準規範範圍，同時也將溶出性能要求納入檢驗項目中。國內現行「型式認證技術規範（CNPA 49 第 3 版）」主要檢驗項目參考舊版國家標準 CNS 14866：2004 訂定，尚未納入電子式水量計相關性能及溶出要求項目，且最新國際規範再更新為 ISO 4064：2014 版本，對於水量計界定、流量定義、水量計分級、水量計標示方式及型式認證項目都有調整或增加，故未來對國內水量計生產、檢驗及管理，勢必面臨更高的挑戰。

(六)隨著資訊化的普及，自來水事業對於付費之原水取水量、不同單位之間支受援水量，以及用戶收費計量等重要水表，其器差與數值取得方便性，將更為倚重，故後續持續藉由標準及規範的增修，以及廠商良性市場爭機制下，電子表使用率的提高將是必然的趨勢。

七、結語

(一)造成水表故障的原因錯綜複雜，包含水質條件、使用狀況、使用環境及水表品質等等，但基本要項仍在於提升水表品質及改善使用環境。依據本研究分析在既有規範與市場的運作機制之下，國內水表製造商的品質確實逐年提升，未來搭配正確的表位環境，應可降低水表故

障情形，不僅可提高計量準確性並可減少龐大的維修費用支出。

(二)水表檢測過程，雖採同組檢測設備、核對參數一致、檢測位置固定及考量氣候因素下，檢測結果仍會隨著瞬間送水量變化或超音波強度不同而有不同檢測結果，所以事前由管理單位與檢測人員進行雙方溝通與配合，落實相關準備工作，使得檢校準確度與重現性合理可信，也是檢測水表重要的工作項目。

(三)灌輸計量技術人員計量實務知識及技術，以提升自來水事業計量工作品質與層次，為推動專業計量人員不可或缺的項目，故就各單位業務直接相關人員，應鼓勵取得計量技術人員專業訓練證照，由該等人員為種子辦理教育訓練，使水表管理工作得以深化。

(四)使用者落實定期維護管理，搭配長期追蹤觀察，將其分析結果反饋給予製造廠商尋求解決方法，可提高水表製造品質，亦有利於自來水事業的永續經營，為雙贏的策略。

參考文獻

- 1.台灣自來水公司管理用水量計維護作業要點(111年4月18日台水漏字第11100013245號函修正版)。
- 2.「水量計選擇及維護」，中華民國自來水協會，92年6月。
- 3.江珈儀、楊永名。「水量計的型式認證與檢定－OIML R49(Pattern Approval and Verification of Water Meters－OIML R49)」，經濟部標準檢驗局 108年12月6日出國報告。
- 4.CNS 14866-3，完全充滿的密閉導管內水流量之量測-冷飲水及熱水用水量計-第3部：試驗法及



裝備，2017。

5.水量計型式認證相關作業須知，經濟部標準檢驗局。

6.水量計型式認證技術規範，附錄A，2015

作者簡介

陳信利先生

現職：台灣自來水公司漏水防治處組長

專長：水量計管理

黃正中先生

現職：台灣自來水公司漏水防治處(水表場)工程師

專長：水表檢校

劉聿修先生

現職：台灣自來水公司漏水防治處工程員

專長：降漏分析、水量計故障態樣分析

本刊 111.112 年「每期專題」

期別	主 題	子 題	時程
41 卷 第 3 期	水質處理	1.飲用水質政策及監管、2.水源水質管理、3.天然有機物去除處理、4.水安全計畫、5.先進水質檢測技術、6.新興污染物調查分析處理、7.水質監測與管理、8.淨水處理藥劑申請應用及管理。	8 月
41 卷 第 4 期	供水服務	1.提昇服務品質、2.資訊管理與應用、3.自動讀表技術應用、4.物聯網及 ICT 技術、5.節約用水及效率措施、6.可持續的水價、7.進階抄表管理系統、8.氣候變遷、9.抗旱期間供水服務與經驗。	11 月
42 卷 第 1 期	工程技術	1.工程規設、施工及計劃管理、2.智慧供水技術、3.管線免開挖更生技術、4.環境友善及先進水處理技術、5.創新水源開發技術、6.薄膜技術、7.新興污染物處理技術、8.新興技術。	2 月

～歡迎各界就上述專題踴躍賜稿，稿酬從優～

智慧水表搭配自動讀表系統於供水管網中的應用

文/吳幸璋

一、前言

為了解管網供水情形，常於適當地點設置水壓監測站，而設置上常受到許多外在環境限制，例如地點是否適當、土地是否容易取得、有無管障影響導壓管埋設、量體及外觀設計是否適當避免影響市容等，除施工所需支出的費用外，長期累計下來的電力、電信及維護費用等支出亦相當可觀；配合目前正持續推動包含自動讀表系統(Automatic Meter Reading)的智慧水表(Smart Water Metering)，如於供水區域內適當地點裝設用戶表前取壓設施，回傳水壓數據，或以小區智慧型流量計(District Smart Metering)回傳用水、水壓數據，視為管網水壓監視點，降低設置水壓監測站的施工成本，亦免去用地取得、施工開挖、接用電力電信等繁瑣程序，並可視需要增加或減少供水區內表前取壓設施，機動調整，即時監控區域內管網壓力變化，而大量長時間的實測數據亦可提供做為水理模型管網分析、水量調度、加壓站操作模式之基礎數據。

本文係介紹將水壓無線回傳設施分別裝設於用戶大表前及持減壓閥持壓、減壓端，搭配既有水壓監測站、小區智慧型流量計，作調配供水、觀測用戶水壓變化，判斷調配供水後供水穩定性，或做為切換供水系統參考等應用。

二、無線傳輸的便利性

提供用戶穩定的水壓水量就是自來水事業的義務，然而，基於地理條件、管材、管齡、供水區高差等因素，均可能導致用戶水壓變小或造成無水，如何使用戶快速恢復供水，不致造成生活上的不便或造成營業上的損失，成為自來水事業權責部門當務之急。而無線傳輸設施應用於供水管網中可遠端回傳水量、水壓、水池水位等，當應用於偏遠地區或山區，可依回傳數值遠端判斷現場實際情形，減少人員現場量拆表確認供水情形、檢測水壓或爬至配水池上方開蓋確認水位高度等作業；當接獲用戶用水異常報修時，派遣技術人員出發前往現場過程中，可依觀察數值查閱管線圖資，研判可能異常原因，指示技術人員至正確地點，縮短處理時間，迅速恢復供水，提升形象。

三、應用案例一調配供水

調配供水時需量測區內關鍵點水壓，通常擇定特定消防栓以水壓計現場量測，將觀測數據提供給調整制水閥或持減壓閥人員作為調配依據，而調配完成時水壓計隨人員撤除，如此除調配時需加派人力、現場部設相關安全設施、無線電或電話通報水壓數據外，並無法確認人員離開後其他時段管網壓力，難以判斷是否需再作微調，待用戶反映供水異常，再至現場調整。如利用區內自動讀表系統之智慧水表回傳用水數據設備，在表前裝設取壓設施，隨用水數據一併回傳，

調配時無需派員於特定消防栓觀測水壓，另可將該無線回傳設施安裝於持減壓閥，回傳閥前閥後持壓減壓數據，調配完成後，可取得尖離峰用水時段區內水壓變化及持減壓閥持壓減壓數據，再判斷是否符合原訂目標或需再前往微調，除可節省調配供水時所需人力外，另可遠端觀察管網水壓變化，提早預警，及時因應。

本次以無線傳輸設施輔助調配供水係以改善北投區中和街 525 巷一帶水壓為案例，該區域屬於北投加壓站供水區內相對高點，過往尖峰用水時常有用戶反映水壓偏低情形，因雙號側屬於高地配水池供水區域，故嘗試將高地配水池供水區域擴大供應，經由持減壓閥，維持原高池配水池供水區域水壓，減壓後藉以改善本區塊壓力。



圖 1 改善區域示意圖



圖 2 無線壓力模組裝設地點

高地配水池供水區域內已有用戶裝設可自動回傳用水數據之自動讀表設備，故在該用戶表前再增設取壓設備，一併將壓力值回傳供遠端觀測；區內原就有北投加壓站壓力監視點，位於切換供水區域後管末端，故調配時以此 2 處作為壓力參考點。高地配水池高程約 90 公尺，需經持減壓閥減壓後方能供應本區塊，為調配後觀察閥前持壓及閥後減壓數據是否穩定，避免用戶於尖離峰發生水壓異情形，故該持減壓閥一併裝設無線回傳模組，可依據數據判斷區內用戶用水是否穩定。

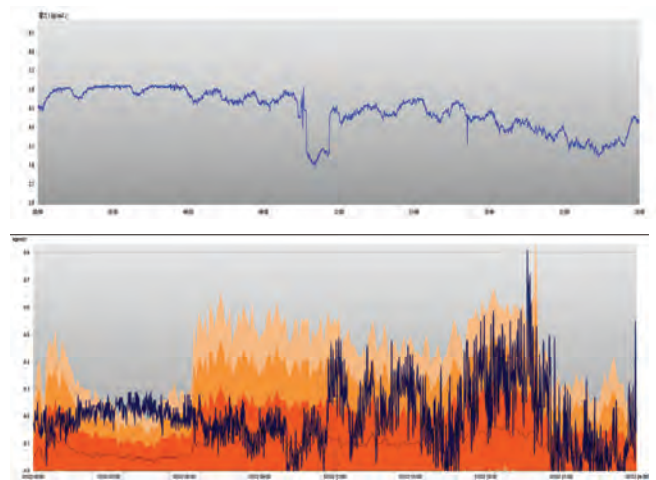


圖 3 109/7/22 用戶及水壓監視點變化

切換當日，操作制水閥切換供水區域後，再至持減壓閥處設定，過程中適時地由手機讀取上述 2 處數值，直接由手機讀取用戶表前壓力值，確認持壓端確實可維持閥前用戶既有壓力，再由手機讀取壓力監視點，確認區域管末端經持減壓閥減壓後可如預期般提升用戶水壓；調整全程由一組人員完成，無須派人同步量測其餘地下消防栓水壓，僅需在調整完妥後為謹慎起見，前往區內參考點量測水壓，做最後的確認。

圖 3 為 109 年 7 月 22 日設定持減壓閥當日區域內管末水壓監視點讀數變化情形，調整前水壓平均約 0.2kg/cm^2 ，調整後水壓變化幅度增加，平均約提升至 0.4kg/cm^2 ，圖 4 為次日之壓力趨勢圖，顯示壓力提高幅度更明顯，瞬間值約 1.0kg/cm^2 ，再經由用戶表前水壓、持減壓閥回傳數值確認閥前用戶水壓依設定值維持，持減壓閥正常運作，區域內管末水壓監視點由高程差判斷該水壓差異屬合理範圍，本次調整確實達成原預期目標；圖 5 為調整完妥過 1 個月後用戶表前、持減壓閥持壓與減壓值圖，可發現該持減壓閥已穩定運作，完成該區域壓力改善。

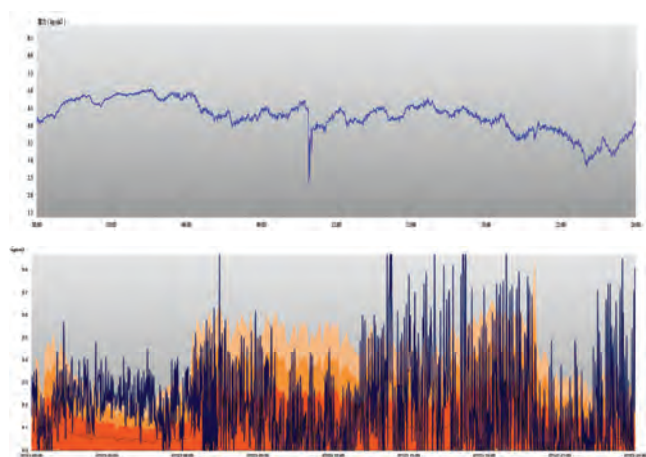


圖 4 109/7/23 用戶及水壓監視點變化

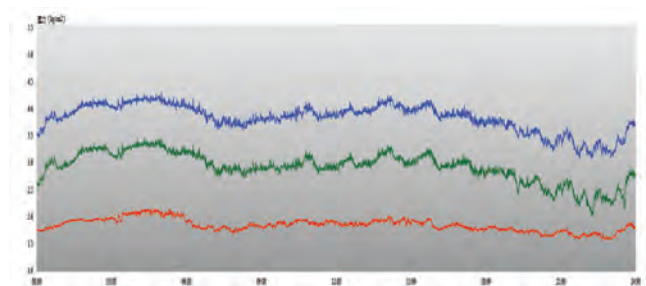


圖 5 109/8/23 用戶及持減壓閥閥前閥後壓力變化

四、應用案例—觀測供水穩定

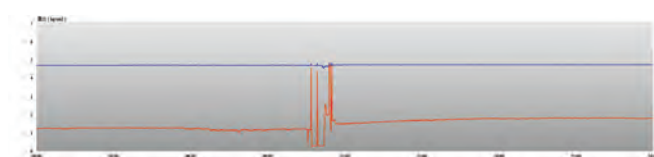
山區供水系統常依高程設置持減壓

閥，北投陽明山區湖底路一帶，為陽一水源與竹子湖水源供水分支管線，除供應湖底路用戶外，另供應陽明淨水場反沖洗砂用水，而多餘水量可補充至管網系統中。原湖底路係使用傳統隔膜型持減壓閥，因多噴孔型控制閥可改以流量或壓力自動控制，且案址隔膜型持檢壓閥常動作異常導致下游端無水，故採用多噴孔型控制閥取代，並配合相關儀控設備，以滿足下游用戶水量、水壓需求為前提，設定閥後壓力上下限依需求配合自動調整開度；為檢視該控制閥動作穩定性，配合多噴孔控制閥設定完妥後，在下游端第一個持減壓閥持壓檢壓端分別裝設無線回傳設施，觀測時間。

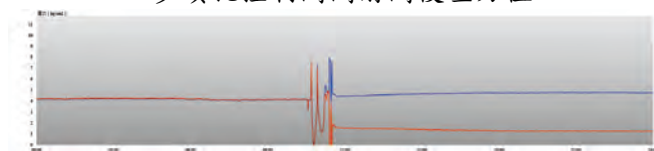


圖 6 區域示意圖

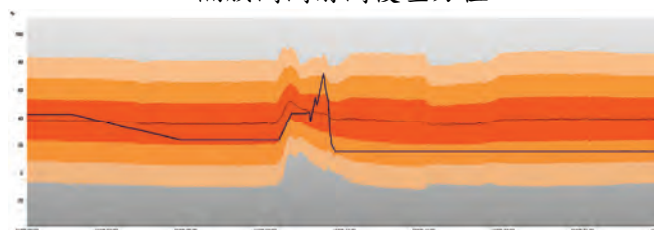
本次觀測自 109 年 11 月 9 號起設定下游端隔膜閥，當日閥前閥後壓力值如圖，顯示無線傳輸模組於隔膜閥裝設完成調整過程中壓力變化及維持既有設定值正常運作；然而次日上午壓力有突增情形，同時段多噴孔控制閥開度增大，配合檢視上游端 DSM 流量計，該時段流量有突增情形，應屬下游用水量增加，流量突增經過閥體導致當下壓力蓄積，為避免類似情形發生於 11 月 11 日前



多噴孔控制閥閥前閥後壓力值

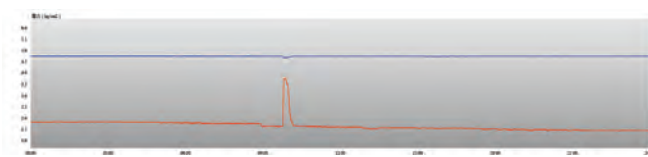


隔膜閥閥前閥後壓力值

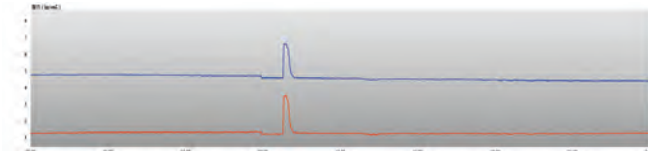


多噴孔控制閥開度

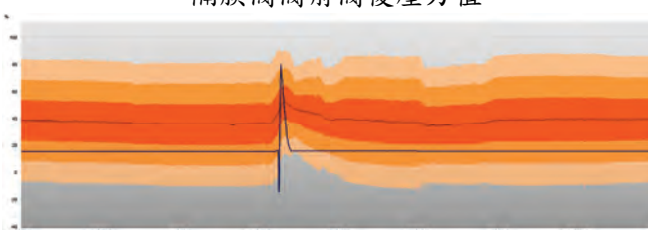
圖 7 109 年 11 月 9 日趨勢圖



多噴孔控制閥閥前閥後壓力值

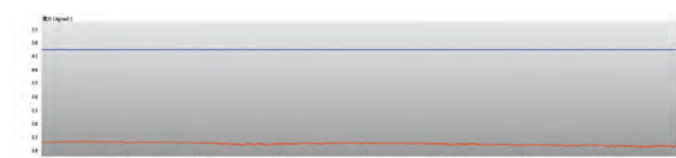


隔膜閥閥前閥後壓力值

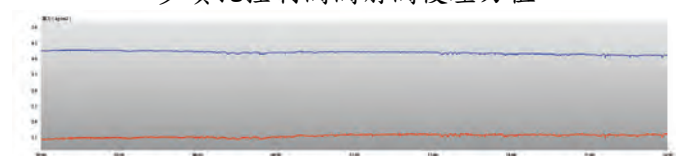


多噴孔控制閥開度

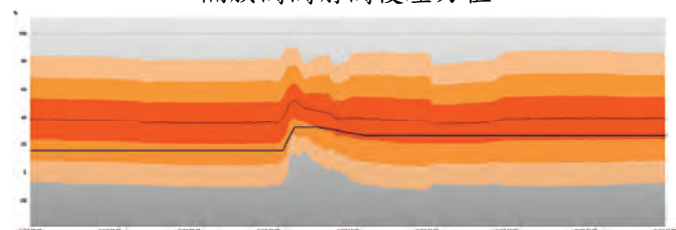
圖 8 109 年 11 月 10 日趨勢圖



多噴孔控制閥閥前閥後壓力值



隔膜閥閥前閥後壓力值



多噴孔控制閥開度

圖 9 109 年 11 月 12 日趨勢圖

往調整，觀察 11 月 12 日持壓、減壓數值與控制閥開度變化情形已趨平緩，後續亦無異常，無用水反映供水異常情形。

本案案址往返車程超過 1 個小時，過去用戶報修供水異常，處理過程中，常常遭受用戶抱怨效率低落，對復水過程緩慢表達不滿，爾後利用無線傳輸設施遠端直接觀察，希望能在用戶反映供水異常前即時發現，主動前往現場排除問題。

五、應用案例一觀測數據判斷切換供水區域

新北投次高地由山區水源沿泉源路供應至幽雅路、中山路及部分溫泉路用戶，另一線以專管輸送至高程 70 公尺之第 3 配水池，再供應部分溫泉路及奇岩路一帶，如山區水源足夠支應時，其餘水量溢流至新民配

水池，減輕平地加壓站負擔；如山區水源出水減少時，將透過制水閥操作，由新民加壓站將配水池中來自平地水源的水，以加壓方式供應區內用戶。

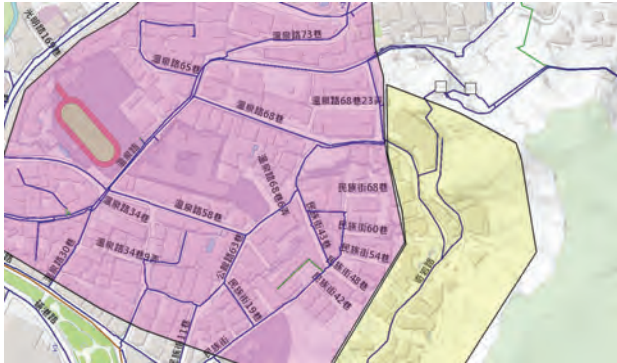


圖 10 區域示意圖

第 3 配水池單獨供應奇岩路沿線，未模擬當山區水源供水減少改由新民配水池（平地水源）供應，不經由第 3 配水池而直接由管網供水，此時原位於奇岩路 1 號之大地酒店（用戶 1）將屬供水前端之大用戶，為此，為確認該用戶進水時，對原本由配水池供水之後端用戶用水影響程度，以該用戶已裝設智慧水表另加裝水壓計，於區內另一已裝設智慧水表（用戶 2）亦加裝設水壓計，經由回傳數值判斷當前端用戶 1 進水時用戶 2 水壓是否有明顯變化，以判斷該區域是否長期可不經由第 3 配水池由平地水源直接由管網往供應，日後如配水池歲修或其進水管汰換亦可依此模式切換供水水源。

用戶進水時表前壓力值將陡降（如圖 12），故比對 2 用戶水壓作為是否互相影響用水之參考，比對 109 年 7 月 11 日 2 用戶表前壓力值，用戶 2 壓力變化並未與用戶 1 相關，因此時供水系統係相互獨立，後因山區水源水量減少兩系統改為平地水源供應，7

月 18 日用戶 2 壓力於用戶 1 進水時明顯下降，用戶 1 的用水尖峰季節係溫泉季，故持續維持該供水方式並定期觀察用戶 2 壓力變化，至 11 月 7 日氣溫降低，用戶 1 進水次數明顯增加，用戶 2 的瞬間壓力降至 1.5kg/cm^2 以下，此時用戶 2 水壓已明顯受到用戶 1 進水所影響，於 11 月 15 日用戶 2 於晚間明顯壓力下降且持續數小時，而山區水源已足敷供應，因此將供水系統切分恢復成 7 月前相互獨立模式，用戶 2 水壓回升。

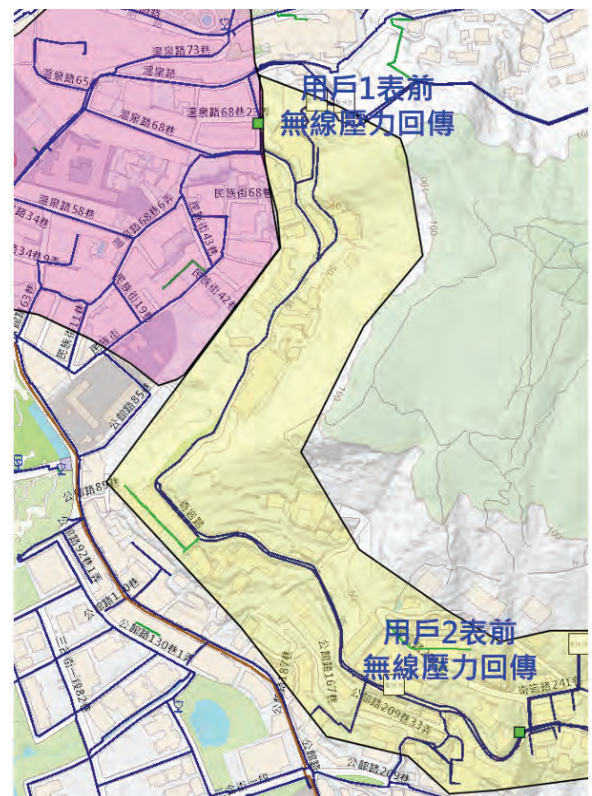


圖 11 無線壓力模組裝設地點

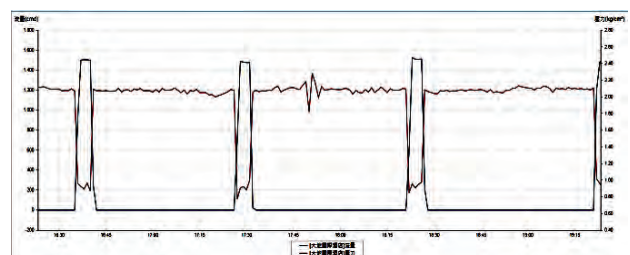


圖 12 用戶流量壓力對照圖

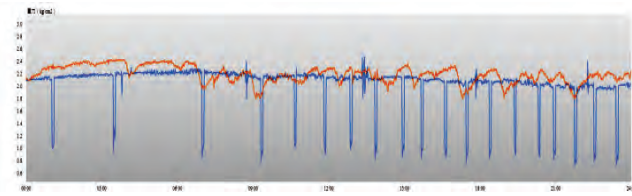


圖 13 109/07/11 兩用戶壓力對照圖

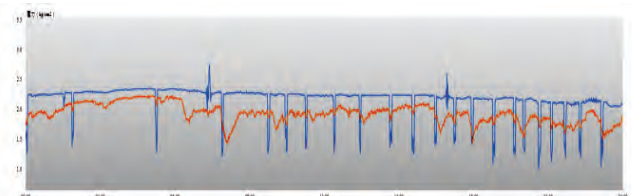


圖 14 109/07/18 兩用戶壓力對照圖

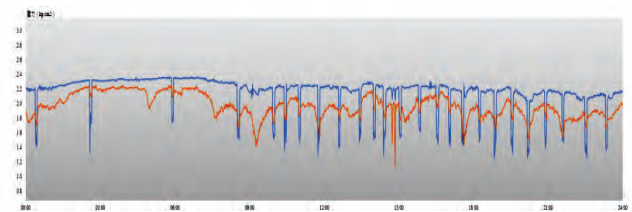


圖 15 109/11/07 兩用戶壓力對照圖

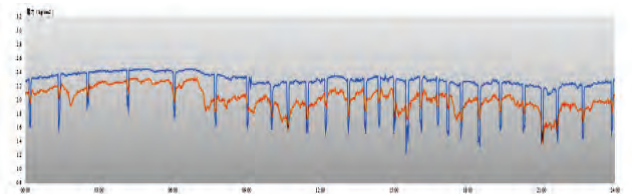


圖 16 109/11/18 兩用戶壓力對照圖

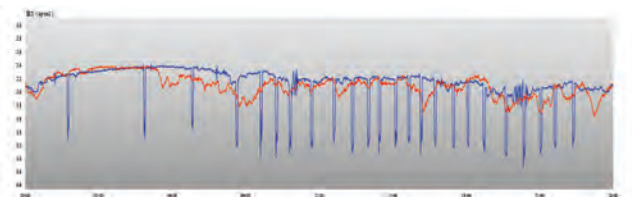


圖 17 109/11/22 兩用戶壓力對照圖

本次切換供水區域已確認當山區水源減少時確實可以利用平地水源直接由管網供應原配水池供水區域，但當大用戶用水量隨溫泉季增加進水頻繁時，將影響後端用戶水壓，本次尚未有用戶反映水壓偏低時即切換為原供水方式，後續將在過往較容易反應

水壓偏低的直接用水戶之智慧水表部設水壓計，經觀察後視影響程度研究思考如何改善。

六、結論與建議

(一)調配供水時於轄區內用戶智慧表前加裝壓力計，配合區內其他適當地點有無線回傳功能之壓力計，直接讀取壓力數值取代派員至現場觀察消防栓水壓，除減輕人員調度上的負擔，執行過程中亦可縮短時間及，另也降低執行過程中外勤同仁安全上的風險。

(二)調配供水完成係確認當下的調整結果符合原定目標，缺少長時間觀測的機制，常遇有用戶在現場人員操作制水閥的過程詢問相關問題，如後續該用戶發覺供水水壓不如以往，常會造成不必要的誤會。使用無線回傳設施可持續記錄，進一步由長時間紀錄值確認全時段用水狀況是否符合原定目標，避免由用戶端發現問題再提出反映。

(三)未經過水池水塔之直接用水戶，日常用水對管網水壓水量變化非常敏感，部分用水量大的營業用戶既使其非直接用水戶，但因營業需要密切注意進水情況是否異常，用戶為自來水事業服務的對象，同時也是供水轄區內的監視點，檢視用戶報案內容，詳細了解用戶表達的供水異常態樣，將用戶視為供水管網觀測的一員，避免對立、建立互信，研判供水管網發生問題的因素，進而解決問題，做到滿足用戶所要的水壓、水量、水質。

(四)北水處正持續推動智慧水表(Smart Water Metering)安裝，配合自動讀表系統(Automatic Meter Reading)回傳用水數據，所累積的數據隱含用戶用水行為、水量供需狀況，如配合在表前裝設壓力計，作為管網水壓之代表性數據，取代為管網水壓監視點；遇有用戶反映供水異常時，依密集的壓力實測點位，作為管網供水異常的研判依據。

(五)後續可發展便於裝設、拆除於地下式消防栓之無線回傳壓力模組，視需要機動裝設於適當地點，作短期觀察或長期評估，使本應用能夠更為廣泛。

參考文獻

- 1.陳曼莉、時佳麟、曾喜彩、黃欽稜、梅英昌、宋奕穎(2016)，智慧水表建置與應用發展，中華民國自來水協會104年度研究計畫。
2. 楊崇明、蘇政賢、黃敏惠(2018)，論當代用戶端自動讀表應型態之研究，自來水協會第35屆自來研究發表會。

作者簡介

吳幸璋先生

現職：臺北自來水事業處陽明營業分處三級工程師

專長：自來水工程管線設計施工、監造、閥類維護及漏水搶修。



自來水報廢管線原地留置評估探討

文/陳瑞昌、黃奕璋、林家煌、徐俊雄

一、前言

台灣自來水公司於 109 年辦理「報廢管線最佳處置研究計畫委託專業服務」(以下稱廢管案),該案廣泛蒐集國內外報廢管線相關文獻及法規,提出「自來水管線生命週期」定性概念,並從「法規制度」、「環境汙染影響評估」、「土地使用影響評估」、「地面安全影響評估」四大面向,確立報廢管線可因地制宜,採行原地留置(abandoned-in-place)方式處理。

其中,依據廢管案草擬之「地下報廢管留置或移除之定性定量評估表」可知,評估是否留置之條件,係考量「經費與效益比值」、「交通影響程度」、「現場作業危險性」、「舊品挖取困難度」、「管位空間重要性」及「舊品倉儲難度」等六項評估準則,再依各項評分與權重,加權計算總得分後判斷是否進行留置,提供合理的定性定量判斷過程。

然而,該評估方式雖提供明確評分尺度(1~10 分),卻未深入探討各項權重應如何訂定,如:權重如何決定才能避免過度主觀判斷之盲點?判斷條件之間並非各自獨立而可能互相影響時,權重影響為何?採加權總分 5 分作為區分留置與否之門檻是否合適?諸如此類問題通稱為多準則決策(Multiple Criteria Decision Making, MCDM)問題故為處理普遍存在於多準則決策中常見的「權重之主觀性」與「各因子及準則間之相依性」兩項問題,本文介紹層級分析法(AHP)

Hierarchy Process, AHP)與網路層級分析法(Analytic Network Process, ANP)兩種常用於多準則決策之方法,作為後續面臨相關問題之方針建議。

二、原地留置評估因子權重評估

(一)報廢管留置或移除定性定量評估

廢管案參考現行台水公司「報廢管線(設備)挖取或就地報廢處理準則」,草擬「地下報廢管留置或移除之定性定量評估表」(表 1)。

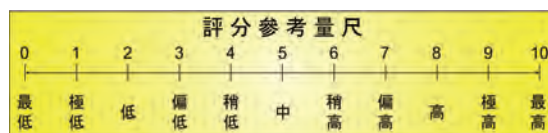
表 1 地下報廢管留置或移除之定性定量評估表

評估條件	評分 (1~10)	權重 (依實需調整)	加權	評分說明
經費與效益比值	8.0	20%	1.6	工程經費除以創造效益之比值愈高評分愈高
交通影響程度	2.0	10%	0.2	災峰車流或人流量大評分愈高
現場作業危險性	7.0	20%	1.4	作業危險性愈高評分愈高
舊品挖取困難度	2.0	20%	0.4	管線重要性愈高者評分愈高
管位空間重要性	10.0	20%	2.0	管位空間重要性或再申請難度愈高者評分愈高
舊品倉儲難度	8.0	10%	0.8	倉儲難度愈高者評分愈高
合計		100%	6.4	建議方案:管線留置

註:1.影響程度評分係 1 至 10 分。

2.加權合計,大於等於 5 則管線留置,小於 5 則管線移除。

3.各評估條件之權重可依各單位實務需求彈性調整。



其中,由表 1 可知,評估是否留置之條件及權重依序為「經費與效益比值(20%)」、「交通影響程度(10%)」、「現場作業危險性(20%)」、「舊品挖取困難度(20%)」、「管位空間重要性(20%)」及「舊品倉儲難度(10%)」等六項,並以評分量尺將定性描述量化。

惟權重如何訂定尚未詳加探討說明,故本文以下說明多準則決策常見問題,並介紹運用 AHP 或 ANP 作為權重決策最佳化之建議解方。

(二)多準則決策常見問題

以廢管案為例，該六項評估要素之權重係可由評分者依判斷調整，使最終結果合於自身主觀判斷，即喪失評估決策之客觀意義，此為常見主觀問題，故通常需藉由眾多專家問卷蒐集評價意見，評價數據愈多，評分結果愈具客觀性及參考性。

相依性問題方面，舉例「現場作業危險性」與「舊品挖取困難度」兩項要素間即存在相依特性，如舊管挖取難度往往係因地下管線重疊過於複雜所致，諸管線中包含天然氣、電力、下水道管線都可能大幅提高作業危險性，由此可知，「現場作業危險性」與「舊品挖取困難度」係存在正相關，無法完全獨立切割。

又如「交通影響程度」、「舊品挖取困難度」與「經費與效益比值」有關，即舊品挖取難度愈高工期愈長導致經費上升，而長工期也同時延長了交通黑暗期…等諸如此類「雞生蛋，蛋生雞」相依性問題實屬常見。

由此可知，為於多準則決策中取得客觀評價，勢必面對客觀性與相依性問題之挑戰，故以下介紹已廣泛用於處理多準則決策問題之 AHP/ANP。

(三)ANP/AHP 簡介

AHP 由 Thomas L. Saaty (匹茲堡大學教授，如圖 1) 於 1980 年所發展出來，主要應用在不確定情況下及具有多數個評估準則的決策問題上。

AHP 發展的目的是將複雜的問題系統化，故可利用樹狀的層級結構，將複雜的決

策問題在一個層級中區分為數個簡單的子問題，並且每個子問題可以獨立進行分析。



圖 1 AHP/ANP 之父 Thomas L. Saaty(1926~2017)

AHP 實踐上，係透過一套選擇程序(專家問卷)，兩兩成對比較評分，以評估各獨立因子的相對重要性，最終求得各獨立因子相對權重，用以決定加權評分後之最佳方案。

然而，在 AHP 層次結構中的每個元素都被認為是獨立於所有其他元素，即決策標準被認為是相互獨立的。但在實務上，各元素間經常存在相互依賴關係；故為解決相依性問題，Saaty 遂持續改進 AHP，納入相依關係與回饋效果，突破 AHP 因子獨立性的假設，於 1996 年提出 ANP，其架構區別如圖 2 所示。

同時，ANP 演算流程係基於 AHP 之擴展(如圖 2 所示)，即先組成決策群體(專家名單)，建立評估要素結構，並設計答題問卷後發放給各專家填答。

後續依各專家答題建立成對比較矩陣，再運用答題矩陣特徵值與特徵向量檢核各專家答題一致性，檢核通過即代表該問卷答題有效，可整合至決策群體偏好權重中，而最終群體偏好權重即代表 AHP 決策成果。

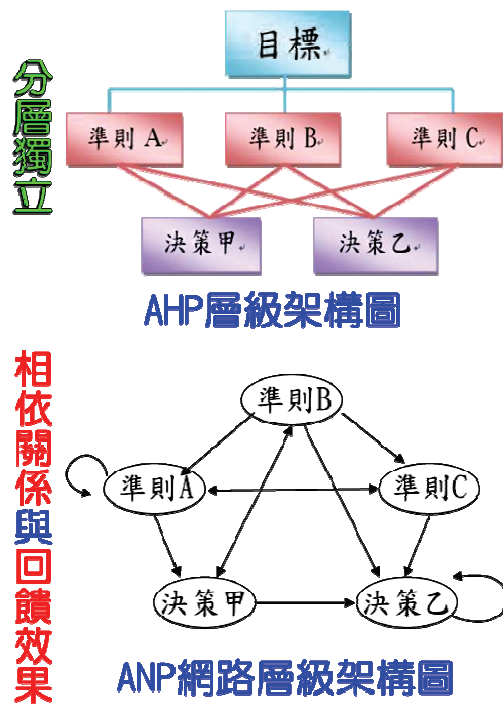
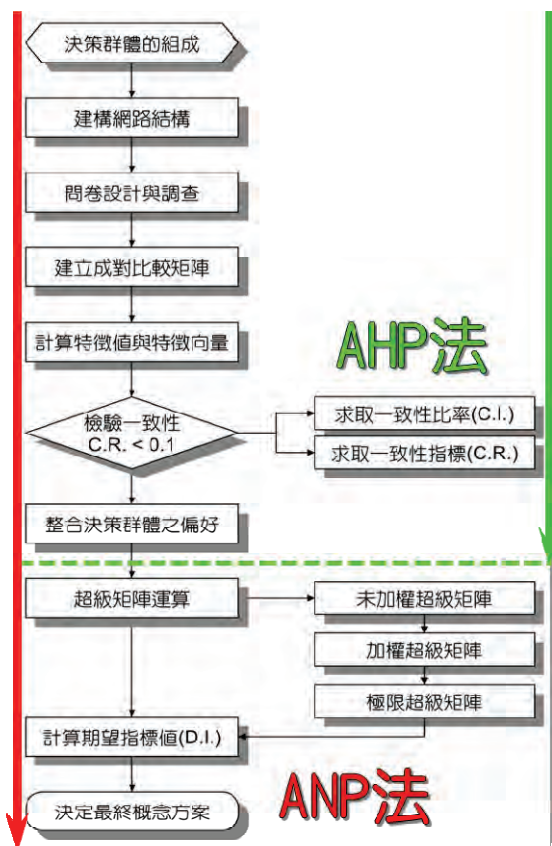


圖 2 AHP 與 ANP 層級架構圖

圖 3 AHP 與 ANP 演算流程
差異說明圖

而 ANP 除上流程步驟外，進一步使用超級矩陣(super matrix)，透過矩陣不斷與自身迭代相乘後可得到趨於穩定之數值，此數值即為各評估要素於長期交互影響(相依性)後之客觀權重。

三、結論與建議

本文係基於廢管案草擬之「地下報廢管留置或移除之定性定量評估表」不足處，提示後續可能遭遇外部單位之質疑與挑戰，並建議採用多準則決策中廣泛應用之 AHP/ANP 處理客觀性與相依性問題。

然而，實際演算過程涉及矩陣演算具一定專業門檻，故建議直接使用由 Saaty 教授團隊開發且免費釋出之 Super Decisions 軟體計算，使用者只需專注於設計適合目的用途之層級架構與問卷，參考範例流程如圖 4 所示。

最後，需特別注意，由於 ANP 需評估各因子間相依特性，故專家問卷題目數量往往數倍於 AHP 問卷，故於初期評估步驟即應盡可能釐清各因子間之獨立性與相依性，並據此繪製層級架構，設計出合於目的又不致使題目過多冗長之專家問卷。

1. 設計專家學者問卷：評估不同評估因子間之相對重要性

1、請評估不同因素類別間之相對重要性：																		
左項因子	相對重要性程度																	右項因子
權重比例	9:1	8:1	7:1	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9	權重比例
經濟因素							✓											安全因素
安全因素													✓					環境因素
																	✓	環境因素

2. 發放與回收問卷，同時進行答題一致性檢定

$$\text{一致性指標 } C.I. = \frac{\lambda - n}{n-1} < 0.1 \text{ 為通過}$$

$$\text{一致性比例 } C.R. = \frac{C.I.}{\text{隨機指標 } R.I.} < 0.1 \text{ 為通過}$$

3. 整合有效答題，匯入ANP軟體計算

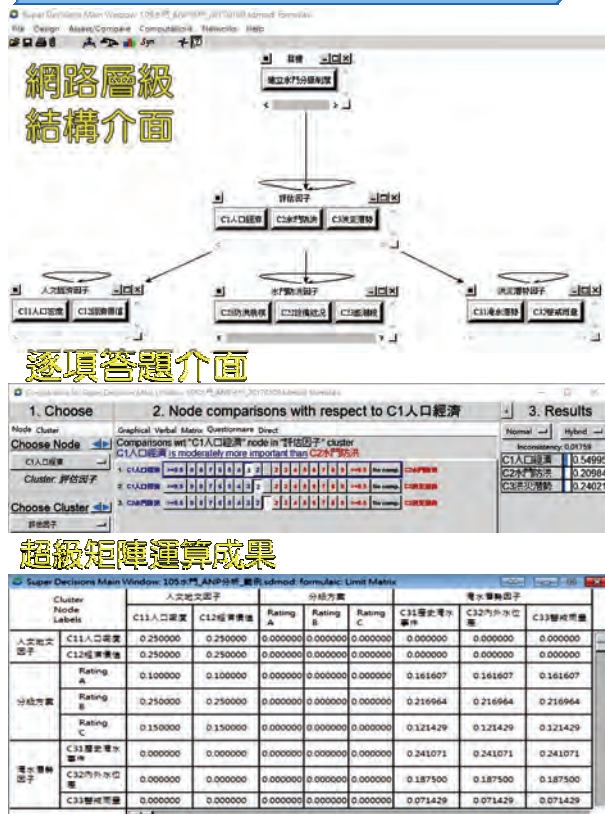


圖 4 AHP/ANP 決策參考範例流程圖

參考文獻

- 1.台灣自來水股份有限公司，「報廢管線最佳處置研究計畫委託專業服務(成果報告)」，民國109年9月，台灣。
- 2.經濟部水利署第五河川局(2017)，水門分級管理制度之建置－以第五河川局轄區為例，台灣。
- 3.WIKIPEDIA, Analytic network process, https://en.wikipedia.org/wiki/Analytic_network_process
- 4.Ralph, L. K. & Raiffa, H (1993) Decisions with Multiple Objectives-Preferences and Value Tradeoffs, Cambridge University Press.
- 5.Saaty, T. L. (1990) Decision Making For Leaders-the analytic hierarchy process for decisions in a complex world, Pittsburgh, PA: RWS

Publications.

- 6.Saaty, T. L. (1994) Fundamentals of decision making with the analytic hierarchy process, PA: RWS Publications.
- 7.Saaty, T. L. (2001) Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process, RWS Publications: USA.
- 8.Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2001) Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process, Kluwer Academic Publishers: USA.
- 9.Super Decisions Software for Decision-Making,
- 10.<http://www.superdecisions.com/>

作者簡介

陳瑞昌先生

現職：黎明工程顧問股份有限公司水利技師兼業務經理

專長：水利工程、工程設計

黃奕璋先生

現職：黎明工程顧問股份有限公司水利工程師

專長：水利工程、工程設計

林家煌先生

現職：台灣自來水公司工務處副處長

專長：自來水工程設計、土木工程

徐俊雄先生

現職：台灣自來水公司屏東區管理處處長

專長：自來水工程設計、土木工程

自來水事業機構創新經營模式— 從”Web2.0”到免費增值”Freemium”

文/邱嘉南

一、背景與動機

網際網路(Internet)是一個全球系統，由數百萬個從本地到全球範圍的私人 and 公共、學術、商業和政府網絡組成，為全球數十億用戶提供服務。網際網路承載著大量的信息資源和服務，最顯著的是互連超文本文檔(Hypertext)和支持電子郵件的基礎設施。

網際網路已經成為企業的廣大市場。今天，一些企業透過網際網路（也稱為電子商務）的高效特性而發展壯大。同時，這也是向大眾傳播信息的最快方式。

網際網路技術催生了新的“平台”，企業則可以在其上構建新的服務。包括用於智慧型手機和社交網絡的操作系統（如 Facebook 和 LinkedIn），其中一些已經有數億人正使用中。這些平台也正在從智慧型手機、感應裝置和其他設備生成海量資訊。

過去，遙測技術是資金雄厚的大型組織之專屬領域。近年來，介接公共無線數據網絡（CDMA、GPRS、Mobitex 等）的成本一直不斷的在下降，相對的這些網絡的功能力則不斷提升。M2M 通常是指利用這些網絡將遙測資訊帶給更廣泛使用者的技術。此外，M2M 有時是指對網際網路的類似利用。在這種情況下，該術語或多或少等同於另一個術語 “無所不在的網際網路”（Pervasive Internet）。

M2M 還可以指感應器、中介元件、軟體和應用程式。通過將無數的感應器與資產管理、企業資源規劃 (ERP) 和客戶關係管理 (CRM)等關鍵任務應用程序結合在一起，幫助提高效率和品質。

基於以上兩種技術的成熟，新的普遍與網絡應用相關的 “Web 2.0”，以及新的商業模式 “Freemium”^{[1][2]}。應運而生。Web 2.0（也稱為參與式網路或社群網路），指以終端使用者為目標，強調使用者生成內容、易用性、參與文化和互操作性（指與其它產品、系統和裝置相容）的網站。Web 2.0 網站允許使用者成為虛擬社群中的內容建立者，並通過社群媒體的對話進行互動和協同運作。這與第一代網路（Web 1.0）時代的網站形成了對比，在 Web 1.0 時代，人們只能被動地瀏覽內容。具備 Web 2.0 功能的包括：社群網站(如：Facebook)、部落格、Wiki、分眾分類法（在網站和連結上的關鍵詞「標籤」）、影片分享網站（如：YouTube）、代管服務、網路應用程式（「app」）、協同消費平台和混搭應用程式。使用它的人越多，Web 2.0 就會變得更優化，消費和重新混合來自多個來源的數據，通過“參與架構”創造網絡效應，超越 Web 1.0，提供豐富的用戶體驗。

至於“免費增值”（Freemium）一詞，是結

合了“免費”和“高級”這兩個詞。指基本產品是免費提供的，可以更容易地吸引用戶並建立客戶群。另外透過提供更優質產品（即通常會吸引少量用戶的附加功能或服務）來產生營收，這種商業模式是網際網路新創企業最廣泛運用的模式之一。

全球氣候變化已經對環境產生了可觀的影響，科學家們堅信未來幾十年全球氣溫將繼續上升，這主要是由於人類活動產生的溫室氣體。《巴黎協定》規定了將氣候變化限制在遠低於工業化前水平 2 攝氏度以下的目標。為了實現這一目標，全球需要在本世紀下半葉實現淨零排放，即氣候中和。企業可以在邁向碳中和轉變中做出巨大的貢獻，並激勵市民積極轉向低碳生活方式以減少碳排放，例如訂定獎勵措施以減少市民家中的能源使用。

《巴黎協定》提供了一個持續循環的架構，利用同儕和公眾壓力來激勵各國隨著時間的推移，通過相互關聯的程序以提高其追求目標的決心。它已經開始激勵地方政府和非政府組織加強自己的承諾。這種共同的努力，建立在正進行的巨大技術進步的基礎上。還有一些其他已發表的概念，例如使用稅收結構對碳定價，以促進市場解決方案。COVID-19 大流行以及氣候變化的威脅使全球合作及其參與者比以往任何時候都更加重要。大多數人堅信共同努力可以應對今天和明天的挑戰。

仍有很多因素在促使公部門減少碳排放，公用事業在面對氣候變化方面應該給予更高的期望。而自來水事業做為供應市民生

活必需的重要民生物資，其擔當的企業社會責任更顯為重大。

二、策略介紹

(一)Web 2.0

“Web 2.0”一詞是在 1999 年開始出現的^[3]，是當今部落格和社交媒體中的流行詞。它通常與促進訊息共享、溝通性、以用戶為中心的設計^[4]和全球資訊網上協作的網路應用程式相關聯。Web 2.0 的範例包括網路社群、主從服務、網路應用、社群網站、影像共享網站、維基、部落格、以及以上的混合應用。與非互動式網站相比，Web 2.0 網站允許用戶與其他用戶交互或更改網站內容；而在非互動式網站中，用戶只能被動查看提供給他們的訊息^[5]。

Web 2.0 代表了數位資訊的創造、共享、儲存、傳播和操作方式的重要轉變。在可見的未來，它將對企業使用網路和企業級資訊科技應用程式的方式產生重大影響。顧名思義，Web 2.0 描述了一連串下一代的網路技術。這些協定和工具可以更輕鬆地創建動態行為的網路應用，就像傳統的 PC 軟體一樣。它還具有高度的社交性，鼓勵用戶以新的方式操縱內容並與之互動。

就像 Web 2.0 的原則是“以人為本、開放、創新、共同創造”，所有 Web 2.0 的網路行為概念都是“互動、共享、關聯”。

在 Web 2.0 世界中，您不僅可以閱讀新聞，還可以發布自己的動態時事。如果您對當前軟體編譯資訊的方式感到沮喪，Web 2.0 服務可以讓您以不同的方式更輕鬆地完成。它還允許多人同時處理文件或電子表

格，而在後台，電腦還會記錄誰在何時何地進行了哪些更改。

(二)Freemium

“Freemium” 這個詞是結合兩個商業模式：“免費”和“增值”而創造的。根據牛津詞典，“Freemium”一詞的意思是一種商業模式，尤其是在網際網路上，指免費提供基本服務，而更高級的功能必須付費。這個詞後來出現在《連線》雜誌和商業 2.0 中。隨著人們對免費增值商業模式的興趣日益濃厚，Chris^[6] 談到了 4 種不同類型的免費經營模式 [圖 1]。

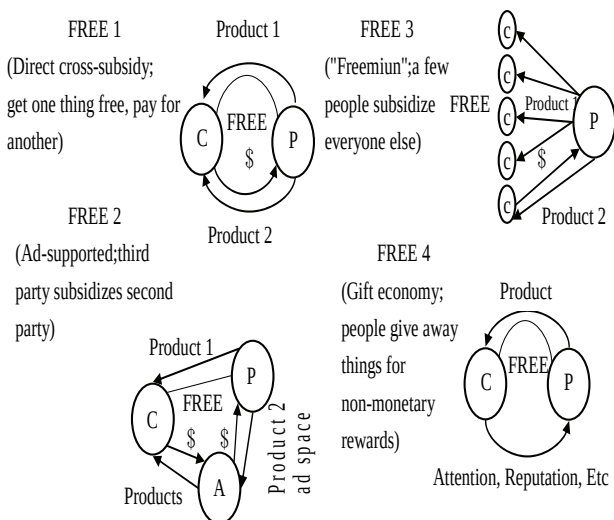


圖 1 不同的免費經營模式

1.直接交叉補貼 (Direct cross-subsidies)：免費得到一件事，支付另一件事。

當您為另一種產品付費時，您可以免費擁有一種產品。例如通過訂閱後付月租費，可以免費獲得手機。

2.三方市場(Three-party markets)：第三方補貼第二方。

由廣告支持免費產品。這方面的一個例子是在許多國家免費分發的捷運(Metro) 報

紙。

3.免費增值(Freemium)：少數人補貼其他人。

公司贈送大量免費產品，並通過銷售免費產品賺錢。方面的一個例子是 Skype，它讓數百萬人使用免費產品，然後出售其中一些優質產品。據《紐約時報》報導，Freemium 正在成為“網路初創企業中最受歡迎的商業模式”。一些最受歡迎的網站，如 Pandora、Flickr、LinkedIn 和 Skype，都使用 Freemium 模型，據 Facebook 投資者 DST 的首席執行官 Yuri Milner 稱，Facebook 正在考慮採用 Freemium 模型。

4.非貨幣市場(Non-monetary markets)：人們為了非貨幣回報而贈送東西，也稱作禮物經濟。

一個人將一件作品作為禮物贈送他方。這方面的一個例子是在維基百科上所做的工作。

(三)M2M(Machine to Machine)

指機器之間的數據通信。M2M 最常被翻譯為機器對機器，但有時也被翻譯為人對機器、機器對人、機器對移動和移動對機器。在通訊服務提供商中，M2M 意味著移動到移動，用於描述不涉及固定線路的通訊。與所有開發中的技術一樣，它的定義也在不斷變化，但它通常指的是使用網絡（尤其是公共無線網絡）實現的遙測或遠程信息處理。

M2M 協議則是指機器、設備和系統之間的電子通訊協定。例如，PC 中無需人工操作的程式與測量即時電流的智能通信插座，通常我們也為此使用 OPEN API 術語。M2M 通訊將引領提供給市民的的應用程式

和服務發生巨大變化，使智慧城市得以現實。它還使工業機械、感應器、資產和我們人類之間的相互溝通成為可能。使用嵌入在機器中的智能設備可以使該設備捕獲數據並以無線（或有線）方式傳輸數據，接著再以多種方式使用這些數據，例如監控性能、跟踪和警告問題以及改進輸出。

(四)個人網路隱私(Individuals internet privacy)

網路隱私指資訊隱私或數據隱私，是一種數據的收集和傳播、技術、公眾對隱私的期望以及圍繞它們的法律和政治問題之間的關係。來自廣泛來源的信息，例如醫療記錄、金融機構和交易等，都可能會出現數據隱私問題。

近來有很多關於 Google 和搜索請求隱私的可怕聲明。我們可能還聽聞 Google 知道每個人搜索過的所有內容。我們應該害怕嗎？

我們可能希望政府能夠介入以幫助我們捍衛我們的網路隱私。但如果政府立法禁止企業交易個人資訊，那麼企業就無法再從用戶資訊中獲利。結果造成網路服務必須收費，而在 Facebook 或 Google 上瀏覽或搜尋也必須付費。

先不用著急，根據你選擇要承擔的風險，你可以為各種服務選擇不同的價格，當然包括免費服務。即有些人有更高的風險意識，不希望任何人利用他們的個人資訊，企業事先與他們簽訂合約，用戶的網路使用習慣和身份資訊不得用於其他目的。但這個人需要支付更多的錢，以便使用網絡服務。

相反地，有些人並不關心這些風險，他們不介意出售他們的個人資訊，而只想要免

費的網路服務。他們甚至期望當公司出售他們的個人資訊時可以分享利益。這種趨勢是“Allow Ltd.”的代表性業務，它幫助客戶將他們的個人資訊變成現金。客戶從一開始就參與到營銷過程，他們的個人資訊被授權允許，然後賣給信用卡公司、房地產、零售公司等。每筆交易金額，信息所有者收取 70% 的佣金。就像 Allow 客戶說的那樣，“我可以看到這有點讓人上癮。”

(五)節能減碳

碳排放是一個顯著的問題，目前智慧城市的推動已提供具有實施變革的技術能力。創建智慧能源系統的技術已經被陸續發表，其中一些目前正在全球廣泛部署。研究顯示，通過投資能源效率的解決方案（例如智慧水表），最終用戶不僅可以省錢，還可以減少家庭的碳足跡。

作為智慧能源基礎設施的組成構件，智慧水表在降低消費者和公共事業成本以及巨大的環境效益方面發揮著核心作用。智慧水表生成的數據集是細微的，而行為分析通常通過以下三種技術之一實現：(1) 匯流負載監控，(2)使用高頻採樣進行分解，以及(3)混合方法，以上與內部網絡感應器將更廣泛的與智能家居環境背景結合。

由於住宅是碳排放水準的核心產生者，作為最終用戶，應該改變自己的碳足跡。因此藉由提供即時資訊服務，將讓市民更了解他們的消費情況。

三、採用免費增值經營模式的自來水事業管理策略

(一)傳統經營模式

傳統的自來水事業遵循古典經濟學的供需原則，即消費者支付費用以保持供應。

[圖 2]

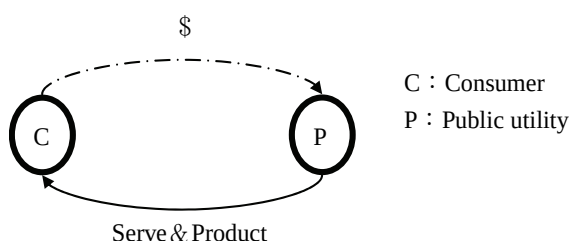


圖 2 傳統經營模式

(二)創新經營模式

就像 Google 一樣，上網者輸入關鍵詞進行搜索，幫助谷歌改進瀏覽技術，Google 則提供免費服務（圖 1 模式 4 禮物經濟）。出版商的利潤不是向讀者出售報紙和雜誌，而是由他們的廣告商支付（圖 1 模式 2 三方市場）。經整合了模式 2：三方市場、模式 3：免費增值和模式 4：禮物經濟，創建了自來水事業創新的經營模式。在這個模式中，消費者將他們的習慣和行為出售給自來水事業，交換免費的自來水。與此同時，自來水事業從供應商轉變為監督管理。通過消費者的授權，在政府的監督下，消費者的行為和習慣可以賣給三方或多方賺取利潤，抵消自來水事業維運的成本。[圖 3]

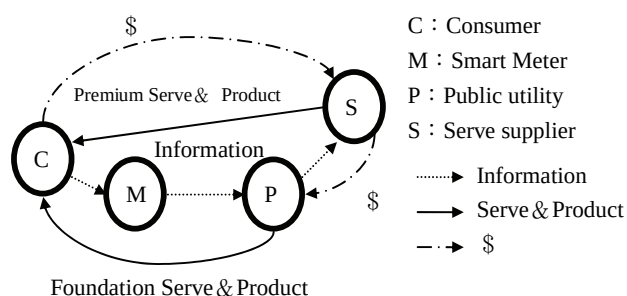


圖 3 創新經營模式

(三)配置技術與資訊安全

1.智慧水表(Smart meter)：

智慧水表是一種現代計量裝置，可以記錄使用了多少水量以及何時使用。它可以將此數據傳輸到自來水事業辦公室，並免除抄表員定期訪問用戶家中或辦公室。因為智慧水表可以記錄消費者的行為和習慣，然後發送到自來水事業資訊中心。智慧水表的使用被廣泛認為可以有效提高能源效率，這與許多國家在能源效率和可持續發展問題上的嘗試是一致的（Depuru 等人，2011^[7]；Stromback 等人，2011^[8]；Fadaeenejad 等人，2014^[9]）。智慧水表是一種具有增強能力的計量設備，可以即時存儲和分析有關能源水量消耗的數據。智慧水表還可以實現公用事業和每個最終用戶之間的雙向聯繫功能。通過測量用水時間，不同的時間自來水事業可以提供不同的價格。這為用戶提供了更清晰的使用情況，並有機會將他們的一些日常工作轉移到費用最低的非尖峰時段。

與普通計量水表相比，智慧水表可提供更詳細的消費者能源使用情形。傳統計量表顯示的是消費者總能源使用量的數據，且通常每月需手動抄取一次。相形下，智慧水表可以記錄更微細的自來水使用情況以提供近乎即時的使用數據。目前的智慧水表技術已可提供自來水事業單位，每個用戶每分鐘的使用情況。通過檢查智慧水表數據，監測者可以辨別一段時間內住戶的行為。例如，數據可以顯示住宅是否有人居住、有多少人住在裡面，以及它是否“比平時住的人多”。智慧水表能夠顯示住戶的日常時間表（包括他們在家、離家或睡覺的時間），對

包括政府在內的第三方具有潛在價值。

2.先進的計量基礎設施(Advanced metering infrastructure,AMI)：

透過智慧水表、通信網絡和數據管理系統的整合系統，可實現自來水事業和客戶之間的雙向溝通。該系統提供了許多以前不可能達成或必須手動執行的重要功能，例如自動和遠程測量使用情況、連接和斷開服務、檢測篡改和監控水量的能力。AMI 與客戶端技術（如家用顯示器和可編程通信恆溫器）相結合，還使自來水事業能夠提供嶄新的時間費率和激勵措施，以鼓勵客戶減少高峰需求並管理自來水消耗和成本。

AMI 的益處正在迅速發展，就像早期的網際網路一樣，許多應用程式仍然無法預見^[10]。在基本層面上，智慧水表將允許事業單位“收集、測量和分析自來水消耗數據，用於自來水管理、停供通知和計費依據。智慧水表可以讓消費者更佳地控制他們的自來水使用來提高能源效率^[11]。

3.隱私與網路安全：

圍繞智慧水表技術的隱私和安全問題源於它的基本功能，其中包括(1)記錄消費者能源用量的即時數據；(2)使用各種通信技術將這些數據傳輸到智慧網絡；(3)接收來自智慧網絡的通信，例如即時水費價格或可以改變消費者用水量以促進需求回應的遠程指令。

隨著智慧水表數量的增加，新技術收集的數據隱私和安全相關的問題也同步增加。為了實現讓先進的計量基礎設施(AMI)提升能源效率，促進需求回應等目標，智慧水表必須記錄用戶使用能源情況的即時數

據，並通過為智能網絡服務的通訊網絡將數據傳輸到遠距離的自來水事業單位。詳細的使用數據揭示用戶正在使用的個人設備，提供了一個了解家庭內人們生活的窗口，並且數據的傳輸可能會使這些資訊被未經授權的第三方或駭客攔截及竊取。安裝智慧水表及其附帶的通訊技術可能會導致不可預見的後果。而隨著政府支持的計劃將智慧水表部署到全國數百萬家庭，這些問題可能會變得更加普遍。

4.其他值得注意事項

(1)公平：自來水事業以公平正義的原則經營，服務和產品通常具有最低標準（數量）。為了預防浪費，超過基本度數需要另外支付費用。

當代自來水效率規劃領域及其他服務領域的公平措施，將因眾多因素而有很大差異。不同的地理環境和收入差距，將決定引入自來水效率干預措施的背景，以及可能在不同群體之間產生的潛在效益。理想情況下，這些好處將歸於那些在該計劃的服務領域歷來處於不利地位的群體。或者至少不應造成加劇弱勢群體的劣勢。然而，概念的範圍及其相關措施需要有一些限定，為了涵蓋這些維度的全方位測量收集數據，並對其進行評估是耗時且成本高昂的。不能收集有關用戶家庭或其住房能源性能的詳細資訊也可能存在法律、法規或計劃方面的限制。

從現有資訊源和易於計算的制度開始是一種合理的考量。嘗試全面公平地衡量，必須透過程序和方法創新，與克服這些資訊收集和分析的障礙之努力相匹配。歸根結底，公平衡量需要誠實和全面的反思。

(2) 企業社會責任：(Corporate Social Responsibility)

CSR 是一種管理理念，指企業將社會和環境問題納入其業務運營以及與利益相關者的互動中。企業社會責任通常被理解為公司實現經濟、環境和社會需求平衡的方式，同時滿足股東和利益相關者的期望。從這個意義上說，區分企業社會責任（可以是策略性企業管理概念）與慈善、贊助或慈善事業之間的區別很重要。儘管後者也可以為減貧做出有價值的貢獻，直接提升企業的聲譽和品牌，但企業社會責任的概念顯然不止於此。

落實實施企業社會責任理念可以帶來各種競爭優勢，例如增加資本和市場擴充、增加銷售和利潤、節省運營成本、提高生產力和質量、有效的人力資源運用、改善品牌形象和聲譽、增強客戶忠誠度、更好的決策和風險管理流程。

消費者對企業社會責任(CSR) 的看法主要透過更積極的滿意度、信任和忠誠度來決定組織與其客戶之間的正向關係。良好的滿意度保證公用事業的消費者能夠得到滿意的服務。正如台灣自來水公司的使命是“滿足可持續發展的水量和質量需求”^[14]。

(3)承諾：

從業者應致力於保護用戶的隱私和個人資訊。同時尊重用戶隱私權，承諾負責任地處理用戶資訊。保護用戶的資訊很重要，原因在於公用事業的基礎建構於用戶的信賴。如果自來水事業不採取措施保護客戶資訊，這可能會導致消費者信心喪失、客戶流失、罰款、訴訟等。

該項承諾為自來水事業集團（事業的所有或控股部門，包括其子公司）內的用戶資訊跨境傳輸建立了法律基礎，包括自來水事業集團成員作為數據處理者遵守承諾的相關事項。此外，自來水事業可能會根據適用法律向事業集團以外的第三方跨境傳輸用戶資訊。適當的工具將根據適用的承諾處理用戶資訊，除非與當地法律的更嚴格要求相衝突。若在這種情況下，以當地法律為依歸。自來水事業用戶隱私聲明中概述了自來水事業何時以及如何共享用戶資訊的過程，該聲明應在自來水事業官方網站上在線提供，以保障用戶的權益。

四、結論與建議

當今世界上幾乎所有國家都在尋找永續的能源，而所有人也都已更加關注有關自來水問題。與此同時，每個人也都認識到，為了社會的利益需要對自來水的使用加以轉變。傳統的自來水事業不適合這個目的，因為它們是資本密集型的，需要投入大量資金才能參與，並且他們對運營管理的能力要求很高。我們目前消耗的自來水比以往任何時候都多，已超過了地球的再生能力。與此同時，浪費和污染也在增加。

可持續消費是指使用服務和相關產品來滿足基本需求並帶來更好的生活質量，同時最大限度地減少自然資源和有毒材料的使用以及廢物和污染物的排放。透過有意識的投資將協助個人收集自己的資訊，並評估所有可用選項，以選擇最適合自己需求的產品和服務。

世界各地的政府都發布了許多激勵措

施，一些組織也正在關注自來水市場，目的是提高認知並為人們提供訊息。新創建的社區所有成員可以通過對社區內的自來水進行有效管理來節省資金，最後他們可以為環境的利益而行動。同時，成員可以與所涉及的主體，尤其是負責自來水管理的公司建立真正的關係。傳統的階級市場不再適用，因為現在人們有可能成為該過程的積極參與者，收集更多信息並與交易對手保持互動。

一如既往，技術在企業發展中發揮著至關重要的作用。我們正在從原有一對多傳輸的集中式物理網絡（指為家戶提供自來水的公用事業）轉變為一對一和多對多連接的分散式網絡。這個智慧系統允許個人成為社區內的積極參與者，即產消者。系統轉型之後的創新，如存儲系統和數據平台，降低了成本並實現了點對點的交換。這一趨勢得益於資訊、分析和連接的進步。這些包括由於感應器和數據存儲成本的下降而增加的數據量；機器學習的高級分析技術快速進展；更強的人員和設備的連接性；更快更便宜的數據傳輸。這些將促使技術成為變革的中心，因為有了它們，所有成員都可以收集資訊並做出決定。許多地方政府、企業和個人都有興趣參與這場革命。此外，政府將繼續制定自來水系統創建規則，並將繼續發布激勵措施，使創新模式成為未來行業的新標準。

一些比較激進的人將這種技術巨變比作 5 億年前的寒武紀大爆炸，當時地球上的進化速度加快，部分原因是細胞已經完善和標準化。即便可能誇大其詞，但是創建一家網路公司已經變得比從前容易多了。利用廉價的雲計算能力並通過使用平台來接觸數

百萬潛在客戶，一家公司可以用數千美元的價格運作，而不是 1990 年代所需的數百萬美元。

以上這些免費增值公共事業如果能夠成功，整體架構可能就像表 1。

表 1 整體架構

類別	重點任務	參與者
數據收集與運用	資訊安全	政府
服務供應	基礎服務與產品	公營事業
	進階服務與產品	服務供應商
架構	網絡與通訊	硬體承商

民主體制國家，在公民的意願或期望下，如果任何一個城市導入免費增值公共事業，就會點燃引爆點，許多城市會立即跟進。

就像美國於 1958 年 2 月創建高級研究計劃署（ARPA 或 DARPA）一樣，截至 2009 年，估計有四分之一的地球人口已經使用網路服務^[15]。

Facebook 和 MySpace 等社群網站創造了一種新的社交和互動形式。Facebook 於 2009 年 11 月在全球擁有超過 3.5 億用戶（Facebook，2009 年），從 2004 年 2 月推出以來一直在增長^[16]。

消費者是被激勵驅動的，消費者行為的改變通常是出於經濟動機，而不僅僅是由減少碳足跡的目標驅動。激勵驅動的消費者行為也得到了更廣泛的國家組織的認可，並開發出各種促銷活動（例如智慧能源），也就是貨幣驅動的舉措。最終用戶在考慮是否採用智慧水表時的觀點，以下屬性將影響他們

的決策：(1)減少能源費用，(2)保護環境，(3)改變他們的家庭行為和(4)節能。

您認為您家的自來水事業商業模式多久會轉向 Freemium？

參考文獻

- 1.JLM de la Iglesia, JEL Gayo, "Doing business by selling Freemium services," Web 2.0: The Business Model, 2008.
- 2.T. Hayes, Jump Point : How Network Culture is Revolutionizing Business, 2008. Page 195.
- 3.D. DiNucci, "Fragmented Future," 1999.
- 4.M.D. Lytras et al. (Eds.): WSKS 2008, LNAI 5288, pp. 373 – 384, 2008.
- 5.P. Sharma, "Core Characteristics of Web 2.0 Services," 2008.
- 6.A. Chris, Free: The Future of a Radical Price, 2009.
- 7.Depuru, S. S. S. R., Wang, L., and Devabhaktuni, V. (2011). "Smart meters for power grid: Challenges, issues, advantages and status." Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(6), 2736-2742.
- 8.Stromback, J., Dromacque, C., and Yassin, M. H. (2011). "The potential of smart meter enabled programs to increase energy and systems efficiency: a mass pilot comparison." VaasaETT, Global Energy Think Tank. Available from http://esmig.eu/sites/default/files/2011.10.12_empower_demand_report_final.pdf
- 9.Fadaeenejad, M., Saberian, A. M., Fadaee, M., Radzi, M. A. M., Hizam, H., and AbKadir, M. Z. A. (2014). "The present and future of smart power grid in developing countries." Renewable and Sustainable Energy Reviews, 29(0), 828-834
- 10.Lee, A. (2010), "Guidelines for Smart Grid Cyber Security", NIST Interagency/Internal Report (NISTIR), National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD,
- 11.Department of Energy, Data Access and Privacy Issues Related to Smart Grid Technologies (2010)
- 12.Department of Energy Communications Report, supra note 3 (2012)
- 13.Murrill, B. J., Liu, E.C., Thompson II R.M. (2012), "Smart Meter Data: Privacy and Cybersecurity", Congressional Research Service Reports.
- 14.Taiwan Water Co., "Missions of Taiwan Water Corporation," http://www.water.gov.tw/eng/01aboutus/abo_c_main.asp?bull_id=887. Retrieved 2011-08-10.
- 15.Defense Advanced Research Projects Agency. "ARPA/DARPA," http://www.darpa.mil/body/arpa_darpa.html. Retrieved 2007-05-21.
- 16.Facebook, "facebook-surpasses-350-million-users-and-prepares-to-roll-out-new-privacy-settings," <http://www.allfacebook.com>, 2009, Retrieved 2010-0

作者簡介

邱嘉南先生

現職：臺北自來水事業處勞安室工程師

專長：環境工程、防災、資訊處理

淺談耗水費政策法制化及對自來水事業之影響

文/周依奇

摘要

臺灣近年受到全球氣候變遷降雨集中現象影響，且受限於天然與人文環境等因素，成為缺水國家，鑑於前兩年的大面積停灌農業用水情況，立法院於 2021 年 1 月 29 日審查中央政府總預算案時決議，為強化水資源有效及永續利用，請經濟部水利署於 3 個月內提出耗水費開徵相關規劃，以引導產業提高節水效率及多元水源利用，經濟部爰依決議進行耗水費開徵規劃作業程序，並預告訂定「耗水費徵收辦法草案」，預計 2022 年 7 月生效上路。

耗水費係依據水利法第 84 條之 1 賦予中央主管機關得向用水超過一定水量之用水人所徵收之稅捐外公法上負擔，但開徵後除增加部分用水人之支出，更對相關產業產生重大影響，相關問題有必要評估，以利政策順利推動。本文爰就臺灣水資源現況、低水價政策、開徵耗水費之法制化與對自來水事業之影響評估等面向進行分析及提出建議，以期完備制度並順利達成水資源永續利用之目標。

一、前言

面對全球氣候變遷產生的環境危機，聯合國於 1972 年在斯德哥爾摩首次舉辦全球性人類環境會議（United Nations Conference on the Human Environment, UNCHE），並通過『人類環境宣言』，宣稱：「為了這一代和將

來的世世代代，保護資源和改善人類環境已經成為人類的緊要目標，這個目標將和爭取世界和平、經濟與社會發展這兩個既定基本目標共同協調地實現」，充分展現出保護資源與永續環境的基本雛形。

然而臺灣在水資源保護所面臨的問題，受到全球氣候變遷經常造成降雨集中現象，且受限於天然環境及人文環境等影響，導致臺灣成為世界排名第十八位的缺水國家。2021 年，臺灣曾歷經 56 年來最嚴重的乾旱，有些水庫水位甚至低於 10%，由於水情告急，2020 年 10 月農委會宣布部分地區停灌農業用水 7.4 萬公頃，更出現科學園區派水車載水、民間運用水減壓情形。其中位於新竹縣的寶山第二水庫，缺水最嚴重時僅剩 7% 蓄水量，水位為有史以來最低，然而此水庫卻是價值千億美元的臺灣半導體產業的兩個主要水源之一，如果這個水庫乾涸，將直接導致全球高端半導體晶片受到影響。由於晶圓產業需高度仰賴供水，在未來極端氣候環境衝擊之下，政府對於水資源支配恐無法再以農業休耕之消極方式應對，而勢必將進行重新全盤檢視與考量。

鑒於近年缺水已導致臺灣 2020 年至 2021 年連續三度大面積停灌農業用水，也影響科技產業之發展。因此，立法院於 2021 年 1 月 29 日第 10 屆第 2 會期第 1 次臨時會第 2 次會議通過「中華民國 110 年度中央政府總預算案審查總報告（修正本）」決議，

略以：「為強化水資源有效及永續利用，請經濟部水利署於 3 個月內提出耗水費開徵相關規劃，提出書面報告送交立法院經濟委員會，以引導產業提高節水效率及多元水源利用」經濟部爰依決議進行耗水費開徵規劃作業程序，已於 2021 年 12 月 30 日以水字第 11004606530 號公告預告訂定「耗水費徵收辦法草案」，並預計 2022 年 7 月生效上路。

耗水費係依據水利法第 84 條之 1 賦予中央主管機關得向用水超過一定水量之用水人所徵收之稅捐外公法上負擔，但開徵後除增加部分用水人之支出，更對相關產業產生重大影響，相關問題有必要評估，以利政策順利推動。本文爰就臺灣水資源現況、低水價政策探討、開徵耗水費之法制化與對自來水事業之影響評估等面向進行分析及提出建議，以期完備制度並順利達成水資源有效及永續利用之目標。

二、臺灣水資源概況

臺灣年平均降水量約 2,500mm，相較全球年平均降水量約多 2.6 倍，然而臺灣受到山坡陡峭、河川短促及豐水期過度集中等天然環境限制，再加上地狹人稠、都市化效應及工商業污染等人文破壞，在極端氣候造成降雨集中之情況下，導致臺灣地區每人每年平均可以分配到的水量，依每年每人可分配的降雨量計算，未達世界平均值的 1/5，依據近年環境績效指標（Environment Sustainable Index, ESI）評比，臺灣介於全世界排名第 18 位或第 19 位的缺水國家，顯示臺灣水資源環境已呈現相當嚴峻的問題。

依據經濟部水利署 2020 年公布的臺灣用水量統計資料，臺灣總水量一年有 922 億

噸，可使用水量為 169.8 億噸，其中農業用水占 71.6%、生活用水占 18.9%，而工業用水僅占 9.5%。其中農業用水長期居冠，均在七成以上，2019 年高達 71%，也因是最大用水標的，逢乾旱也是首要停灌節水對象。居次的是生活用水，歷年都在 18%到 19%之間，2015 年因旱象縮減農業用水，生活用水更達到 19.6%的近年最高峰，2019 年則為 19%；除旱象年份，生活用水多半也呈現成長態勢，成長率多在 1%左右。在工業用水方面，佔所有用水比例近十年都在 9%上下，整體比率穩定竄高，自 2011 年的 9.01%逐步攀上 2019 年的 9.98%，相關統計資料如表 1。

面對臺灣水資源危機應如何解決，經濟部水利署曾提出整體環境說明，包括「臺灣年降雨量豐沛，但僅 20%可以使用」、「豐枯水量不均，且高度依賴颱風降雨」、「興建水庫蓄豐濟枯遭到瓶頸」、「集水區土砂災害加速水庫功能降低」、「氣候變遷讓旱澇頻率加劇」、「民國 120 年供水的缺口，可能將近 210 萬噸」、「滿足枯水期用水是水資源管理的關鍵挑戰」等面向的問題。而為因應氣候變遷對於我國水資源環境之影響，中央政府 2017 年度提出前瞻基礎建設計畫特別預算，規劃 8 年投入「水環境建設」1,942 億餘元（包含「水與發展」854.24 億元、「水與安全」816.26 億元及「水與環境」272.13 億元等 3 大項目），透過「水環境建設計畫」，提供民眾遠離水患，安全宜居的環境，並做到穩定供水，使民眾、產業有水可用，同時藉由恢復河川生命力及維持重要水庫有效容量及智慧水管理，讓臺灣的水環境更有防護力、抵抗力及恢復力。

表 1 臺灣三大用水量統計

單位：億立方公尺；%

年度		2011		2016		2017		2018		2019	
		數量	占比	數量	占比	數量	占比	數量	占比	數量	占比
年總 用水 量	農業用水	124.35	72.22	117.34	70.92	118.43	71.15	118.90	71.14	118.82	70.98
	生活用水	32.31	18.77	31.83	19.24	31.47	18.91	31.56	18.88	31.86	19.03
	工業用水	15.52	9.01	16.29	9.85	16.54	9.94	16.68	9.98	16.71	9.98
	合計	172.18		165.46		166.45		167.13		167.39	
年降雨量		828.00		1,180.08		936.36		872.28		882.00	
年總用水量占降 雨量比率		20.79		14.02		17.78		19.16		18.98	

因應氣候變遷對我國水資源環境之影響，前開前瞻基礎建設計畫水資源環境計畫雖已詳實編列計畫內容及預算執行方案，以期建設臺灣優質水環境。但有學者針對計畫提出相關疑慮，包括該計畫項目不清、地點未定、經費存疑、事權模糊、不夠前瞻、不夠上位、不夠精準及匆促上路等問題，並提出計畫之規劃及執行面的檢討及建議，包括：事權明確、注重效益、跨域供水、靈活調撥、健全管理、全域治理、海綿家園、清淤防淤、清淨水源、土地管理、降低漏損、減少水汙、保護水源、省水農業、灌排分離、合理水價、保護海岸、海水淡化及總量規劃等全盤性重點方案，方能有助於我國水資源環境建設的執行成果。可見，水資源環境的建設並非一蹴可及，有賴系統性的規劃及執行才可呈現出具體成效。

誠然，如何完善我國水資源環境建設，以因應氣候變遷所產生的用水危機，當然不能僅以特定計畫或部分缺水區域為執行目

標，必須透過整體性的規劃，由跨部門主管機關、地方政府、民間企業及各項產業用水戶及一般民眾共同推動實施，透過水權統一調度管理、加速建立水資源區域調度利用系統、倡導水環境保育節水觀念、強化河川體系應變機制、水價合理反應成本以提高用水效率等各種措施的配合運作，方期達到提高資源使用效率永續利用的政策目標。

三、低水價政策之探討

我國自來水管線鋪設普及率之高已屬先進國家之列，2020 年底全國自來水供水普及率高達 94.86%，較 2019 年度 92.55%，增加 2.31 個百分點，自來水配水量及售水量亦逐年增加，2009 及 2020 年度售水量分別為 28.32 及 33.14 億立方公尺，近 10 年增幅達 17.02%，如表 2。

隨著自來水管線鋪設普及率提高，臺灣供水便利且水價低廉更不是新聞，以平均每度水費約 11 塊錢來說，相當於 1 個 10 元硬幣就能買到約 1 噸（即 1,000 公升）的自來



水，約等於 1,600 多罐瓶裝水的量。相較於世界各國的水價（如圖 1），我國的水價在全球幾乎是最便宜，不只低於韓國的 18 元，甚至只有日本水價 33.5 元的 1/3。直到 2021 年臺灣又面臨嚴重乾旱，才讓長期被漠視的水資源議題備受關注，且由於臺灣水價在國際上相對便宜，面對氣候變遷可能帶來的嚴重乾旱，如何推動水價合理化，不僅成為經濟部水利署與各自來水事業機構的共識，也

是產業界關心的重點。

政府長期以來將水資源視為一種服務性之公共財。因此，水資源政策以供給面管理為主，並輔以低廉之水價策略，期能提供國人價廉而充足之用水，服務民眾並維持民眾生計之基本需求。但是，也因為過低的水價，造成一般民眾漠視水資源的珍貴性，並形成公共財無效的浪費，而政府也必須持續編列預算彌補自來水事業的虧損，陷入水資

表 2 我國自來水近年供水概況

單位：公里；億立方公尺；千人、%

年度	2001	2016	2017	2018	2019	2020
管線長度	61,888	64,973	65,915	66,896	67,797	75,886
配水總量	39.90	39.46	40.43	40.81	40.98	42.17
售水總量	28.32	29.92	30.99	31.51	31.86	33.14
實際供水人數	21,494	22,060	22,136	22,208	22,278	22,349
全國普及率(年底)	92.55	93.71	93.91	94.14	94.39	94.86

說明：普及率為實際供水人數占行政區域人數之比率。



圖 1 各國水價一覽表

源無效浪費的惡性循環。此外，當專業評估後明知水價偏低不合理，惟政策考量一旦調整水價，民生基本物資可能跟著上漲，引起民怨與反彈，當水價調整形成政策面問題後，如果再考量到選舉的可能效應，也往往無法專業理性探討，更難以解決多年來累積的低水價問題。

然而長期配合政府低水價政策，持續讓部分自來水事業機構營運績效慘澹，台灣自來水公司因長達 27 年未調整水價，近 10 年的平均給水投資報酬率為-0.32%，每年虧損約 17 億元，進而影響到各項政策投資計畫，2019 年底自來水公司長期借款已高達 741 億元。2011 年監察院就曾糾正行政院，批評長期補貼水價形成政府重大負擔，用水大戶也因而受益，但水價仍未調整；2016 年監察院再次糾正行政院，指出自來水事業無足夠資金汰換管線，歸因於低水價政策，而水價之不合理已背離國際趨勢，如 2014 年國人水費支出占總消費支出僅 0.43%，低於世界衛生組織（WHO）認定 2%至 4%的合理範圍，此不合理的水價，受益者是用水大戶，即用水越多受益越大，造成社會不公平。

此外，水價過低不僅導致節水誘因不足，也成為再生水與海水淡化推動的阻礙。由於海水淡化耗能成本昂貴，每度約 38~45 元，而工業再生水成本則約每度 20~25 元，皆高於目前的水價，且水質又不比自來水更好，因此多年來用水大戶的產業對使用再生水與海淡水總是興趣缺缺。因此，經濟部水利署指出臺灣水價相對便宜，未來將持續推動水價合理化。

自來水價如何合理化調整，因為牽涉到

多方層面的問題，必須審慎處理，若就自來水費率結構而言，水價調整必須顧及「基本需求」、「全民共享」、「使用者付費」、「負擔能力」與「資源節用」等基本原則；另一方面，也必須從成本控制與合理報酬結構上，注重效率原則及消除民眾對自來水事業機構的不良印象，才能讓民眾接受水價調整的方案。就實務面，過去亦有論者提出可以採用相關作法，包括：建立合理水價調整機制，以制度化取代政策決定，適時適度反映營運成本；設置水價審議委員會，使水價調整機制能符合客觀、理性、專業原則；水價採累進費率，增加級距並拉大分段價差，兼顧民生基本需求前提下，有效分配水資源；優惠水價應予取消或由相關機關撥款補助，以達使用者付費原則；枯水期推動旱季水價及重新分配水權，以提升水資源配置效率。綜上可知，水價合理化必須要從不同的用水標的與投資成本，及社會經濟效益通盤檢視，並將用水資訊公開透明讓大眾瞭解，再融合現階段水資源環境因素，以作為調整水價的基礎。如此，未來水價合理化調整方案才能契合社會脈動與民眾的需求，順利讓各界接受與支持。

四、開徵耗水費之法制化

民主法治國家首重依法行政，政策法制化即在遵循依法行為的原則及一般行政法上的原則，法制化的重點也在掌握社會脈動，瞭解世界潮流趨勢，修正符合環境需求的法規，或是制定完善的法律命令。法制化在政策合法化過程中也可以忠實反應政策

目標所採取的技術性工作，對立法項目設想安排，有效處理各個立法項目間的複雜關係，避免法律間的衝突或抵觸，保障法律體系的協調合作。法制化更重要的一項目標就是透過標準化的程序，使執行者及一般人民都普遍瞭解與遵循，確保政策落實，減少運作上的紛擾。

當耗水費從政策構想到法律的轉換設計過程，意指政策內容如何以法律條文方式表達出來，或是法律內容如何能將政策具體化。此即從政策到立法的轉換點，其首要任務在於選擇或確認因果法則為何，即決策者意圖透過何種其能操控的因素，以便影響、改變人民的行為，而此種因果法則如何融入法律條文內，這樣的構思構成了政策轉化為法律的重要內容。

近年缺水除導致 2020 年至 2021 年連續三度大面積停灌農業用水，也影響我國科技產業的未來發展。因此，立法院於 2021 年 1 月 29 日第 10 屆第 2 會期第 1 次臨時會第 2 次會議通過「中華民國 110 年度中央政府總預算案審查總報告（修正本）」並決議請經濟部水利署於 3 個月內提出耗水費開徵相關規劃，以引導產業提高節水效率及多元水源利用，經濟部爰依前開決議事項提出耗水費開徵的法制規劃作業，針對用水大戶定義、產業別、費率計算、傳統產業是否給予較長緩衝時間、減徵條件、何時開徵等，依程序進行規劃並蒐集各界意見，已於 2021 年 12 月 30 日以水字第 11004606530 號公告預告訂定「耗水費徵收辦法草案」，並預計 2022 年 7 月生效上路。

依據水利法第 84 條之 1 第 3 項規定，耗

水費之計算與徵收方式、徵收對象、繳納期限、節水措施、減徵範圍與方式及其他相關事項之辦法，由經濟部會同相關中央目的事業主管機關定之，此為立法者授權依據。經查經濟部水利署所擬「耗水費徵收辦法草案」，係向枯水期（每年 11 月至隔年 4 月）單月用水超過 9,000 度（立方公尺）的用水大戶，每度徵收 3 元的耗水費，並預計 2022 年 7 月起開始實施。開徵對象包括電子業、鋼鐵業、紡織業及水泥業等約 1,700 家企業。預估第一年可徵收 10 億元以上之耗水費，並將專款專用於乾旱時期的水量移用補償、水資源管理、再生水資源發展及推動節約用水。

檢視「耗水費徵收辦法草案」內容計 15 條，其要點包括：一、用水人之定義。二、徵收對象之定義及費率計算方式。三、耗水費徵收作業時間。四、總用水量計算方式。五、繳費人得減徵項目及限制。六、中央主管機關核定用水量之原則。七、自來水事業之水價已計入水源保育與因應乾旱災害準備成本時之處理原則。八、用水人對耗水費異議之規定。九、耗水費繳費通知單應載明事項。十、申請分期繳納或緩繳之規定。十一、開徵前三年減半收費。十二、每五年檢討一次耗水費徵收範圍及費率。十三、排除適用本辦法耗水費徵收之對象。十四、本辦法施行日期。

經濟部依據行政命令公告法制作業程序，於 2021 年 12 月 30 日刊登於行政院公報資訊網，並於同年月日同步刊登於行政院公共政策網路參與平台，公告周知讓任何民眾或團體如對草案內容有任何意見或修正建

議者，可於公告刊登公報隔日起 60 日內陳述意見或洽詢機關。預告 60 日期間內已獲得「減徵條件期望可增加經濟部所推動之綠色工廠認證、綠色採購等項目」、「第六條再生水之定義為何？」等意見，經濟部針對所提意見均將納入檢討，並辦理草案公告施行。

在推動耗水費徵收時，經濟部強調開徵耗水費的目的並非增加業者用水成本，而是引導其採納節水機制，針對用水大戶定義（多少用水量）、產業別（用水狀況不同）、費率計算、傳統產業是否給予較長緩衝時間、減徵條件（如自行設置節水設備的廠商，能申請抵減）、何時開徵等提出基本架構，且為瞭解產業意見並加強溝通，曾多次召開產業溝通座談會，收集全國工業總會白皮書，針對業界所提出之耗水費建議等，審慎充分納入預告之「耗水費徵收辦法草案」，並規劃相關優惠或獎勵之配套措施，例如跟同業相比更節水時，將享有較低的費率，已經投資水資源開發或節約用水設備、使用再生水或海淡水有成者則享有最高可減徵 60% 之優惠。透過耗水費的政策法制化程序，將有利於臺灣朝向節水、循環、效率用水的目標前進，並有助經濟及環境永續發展。

耗水費政策在法制化過程中，仍有必要參照法規政策影響評估的作法進行影響評估，以做為實施的因為策略，此種影響評估即是政府機關為達成特定政策或計畫的預計目標，選擇有效因應對策作法，所採用的政策工具或法律方式的事前預評估方法。因此，主管機關應由系統性的調查和分析耗水

費推動過程中，評估可能產生的效益（能）、具體效果和成本之影響，並與政策受影響主要利害關係者就評估資訊進行有意義的諮商溝通程序，再做成選定最後方案之決定。透過法規政策影響評估，除了落實政策關鍵利害關係者的諮商參與，俾選擇適當的政策工具，有利選定較能符合社會民眾期待和專業的適當政策內容規範，也讓民眾了解主管機關推動政策的理由，降低耗水費法規制定及執行時利害關係者的遵循成本和機關執行成本，共同建立一個雙方信賴的法規環境。

五、耗水費徵收對自來水事業之影響評估與因應

長期以來，臺灣自來水事業單位配合政府低價政策，導致資金結構扭曲，除了臺北自來水事業處外，其餘台灣自來水公司、金門自來水廠、馬祖自來水廠皆因虧損每年接受政策性補助，然而由於氣候異常、水汙染、原水單價提高、用戶水準提高及用水品質提升等經營環境變遷，導致營運成本逐年升高，給水收入早已不敷成本，再加上管線設備日益老舊，漏水嚴重，人力結構老化，形成惡行循環。近年來台灣自來水公司雖採取各項開源節流之措施並積極提高經營績效，惟因開發水源、提高供水普及率、補助特定對象及改善供水品質等因素，使台灣自來水公司仍陷入債臺高築之窘境。此即進行法案政策影響評估時，必須評估政策改變是否會涉及組織、人員或設備資源的配合調整，同時必須考慮調整後的營運成本效益為何。

本次耗水費政策之推動，在用水大戶間



題方面，參據台灣自來水公司統計 2019 及 2020 年度各用水級距戶數及用水量（詳表 3），2020 年度每月用水量超過 1 萬度之用戶 1,062 戶，年度總用水量 4.45 億立方公尺，占整體用水量 17.37%，較 2019 年度（992 戶、年度總用水 4.39 億立方公尺）增加，可見有關用水大戶之用水效率與比率，確為我國用水管理之重要課題，有待正視及解決。

根據經濟部水利署的規劃，2022 年 7 月耗水費的徵收，已規劃朝豐、枯水期不同費率，已節約用水及使用再生用水等，給予優惠措施，並訂定一定緩衝期，以降低產業衝擊，且徵收對象以產業或商業等大用水戶為主，都已考量對產業的影響。然而，針對大用水戶開徵耗水費後，最直接受影響的，應該是自來水事業之營收。以臺北自來水事

業處為例，每月 1,000 度以上用戶數雖僅佔 0.1%，但卻佔整體營收 14%。又自來水事業營收仍以水費營收為最大宗，這些大用水戶或許在耗水費開徵後，有部分以節省用水方式減低成本，但亦有改以再生水、海淡水及自行貯留雨水之用水以達到耗水費徵收之目的（草案第二條），然而，對台灣自來水公司將對整體營收造成直接衝擊，此即法案政策影響評估時，自來水事業必須要考慮政策效益與成本是否相當、實際產生效益為何、是否會增加的其他成本等問題。

耗水費徵收對象以自來水用水大戶為主，預防衍生負面影響也是開徵後，自來水事業單位必須嚴肅面對的問題，因為耗水費係以用水戶自來水量超過一定標準為徵收標準，對於廠商自行引取地面水或地下水

表 3 2019 及 2020 年度台水公司各用水級距戶數及用水量概況表

單位：戶；千立方公尺

每月用水量 級距(m ³ ；度)	108 年度				109 年度			
	用水戶數		總用水量		用水戶數		總用水量	
	戶數	占比%	用水量	占比%	戶數	占比%	用水量	占比%
0	438,333	6.09	-	-	437,888	5.99	-	-
1-10	2,126,144	29.52	677,470	27.10	2,166,666	29.62	691,458	26.98
11-30	3,374,773	46.86	634,504	25.38	3,456,069	47.25	657,946	25.67
31-50	857,303	11.90	163,532	6.54	852,267	11.65	171,660	6.70
51-100	290,733	4.04	113,833	4.55	285,073	3.90	117,630	4.59
101-1,000	106,829	1.48	231,514	9.26	107,835	1.47	236,076	9.21
1,001-5,000	6,343	0.09	161,921	6.48	6,480	0.09	163,704	6.39
5,001-10,000	926	0.01	78,871	3.15	923	0.01	79,252	3.09
10,001 以上	992	0.01	438,567	17.54	1,062	0.01	445,137	17.37
合計	7,202,376	100.00	2,500,213	100.00	7,314,263	100.00	2,562,863	100.00

者，採用水者自行申報方式計算、徵收，主要係經濟部水利署迄未有完整之用水普查資訊，故以自來水用水大戶為徵收對象。惟觀察現行 10 大耗水產業水源來源，除化學材料製造業等 3 個產業以自來水為主外，大部分之產業之取水來源係同時採用自來水及地下水，其中部分產業如紡織業、非金屬礦物製品製造業使用地下水比率更高於自來水。由於耗水費以自來水用水大戶為主，該等用戶可能採取減少自來水用量，或改抽地下水、向農田水利會買水或引用河川水等方式取得較便宜之水源，將間接造成地層下陷及排擠農業用水或民生用水之後遺症。因此，應加強宣導自來水用水大戶的節約用水及水資源環境保育觀念，並引導其成為符合各項優惠措施的適用對象。

此外，正所謂上有政策下有對策，依據草案第五條第一項第二款第一目，規定自來水事業用戶用水量，以自來水事業水費單用水量除以水費單計徵之日數為其平均日用水量，再乘以計徵期當月總日數計算之。然而，企業或許會以不同名目另外申請用水，或者向鄰近廠房在開徵每期 9,000 度的條件下共同分攤用水，以逃避耗水費，如此一來，耗水費則無法達到原本之預期效益。此即法案政策影響評估時，必須考慮到在耗水費開徵後的執行面時，是否會產生窒礙難行之處？

現行經濟部水利署之用水統計，除自來水用量可自台灣自來水公司取得數據外，其餘用水量皆為推估量，尤其工業用水採單位

面積推估，實際與推估用量差異甚大。由於目前經濟部水利署並未有完整之用水普查資訊，如在欠缺完整配套措施下，耗水費之開徵能否達成節水成效，有待依執行後的實際數據方能檢驗效益。經濟部水利署允宜比照日本等先進國家作法，採每 3 年一次工業用水量普查，以掌握完整用水資訊，方能透過耗水費之課徵達成節水之目的。

六、結論

隨我國經濟發展，近年民生及產業用水需求逐年增長，惟面對近年旱澇不均等氣候變遷加劇，政府除了多元開發新水源外，允宜審慎檢討近年推動節約用水政策所遇問題，賡續強化民生及產業節水措施，依經濟部估算耗水費開徵後的水量節約評估，每年可節約 4,100 噸用水，若計入使用地下水源及其他水源者，估計可節水 9,000 萬噸，如果儘速完成耗水費徵收之作業，將可強化用水大戶之管理，有效提升我國水資源之有效利用。

至於開徵後之耗水費經費如何妥善及合理運用也是倍受關切，依經濟部具體規劃方向，耗水費徵收後，專款將運用於再生水推動、節約用水推動、自來水效率改善、乾旱時期農業移用補償等方面。尤其經濟部將成立管理小組，納入業界代表，並將支用項目公開透明讓民眾週知，以發揮徵收效益。

耗水費因具有旱災保險性質，目的在於鼓勵用水大戶產業平時共同善盡社會責任，當水源不足時，由政府有效調度及穩定

供水，是創造優質水環境的雙贏政策。且促進廠商投資節水措施，提供優惠措施以提升節水效果，將可帶動我國雨水貯留、廢污水回收利用及節水產業發展。再者，強化產業的實際用水狀況查核，更能健全產業用水管理，減少濫抽地下水及擅行取水等行為發生，防止破壞水資源環境的樣態更形擴大。

臺灣水資源如何強化保育及合理分配已是刻不容緩的議題，除了耗水費徵收外，透過加強集水區治理、水庫清淤改善、增進河川水運用效率、推廣節約用水、改善漏水率、加強區域彈性調度、流域整體規劃、水權管理及水資源開發總量管制等措施，都是水資源環境保護的重要方式。尤其基於使用者付費原則、適當反映成本及公共利益之前提下，合理規劃各項區域水源調配與自來水工程經費分擔原則，並要求農業用水調用者應確實依法負擔補償費，以減輕政府財務負擔，並盡速推動自來水水價合理化，才是水資源永續發展之道。

參考文獻

1. Elliott, Lorraine. 2004. *The Global Politics of the Environment*, 2nd ed. New York: Palgrave.
2. 方華香，《徵收耗水費問題之法制研析》，2021年3月26日，立法院法制局未出版議題研析報告。
3. 王暉婷，《2021年台灣百年大旱 減壓供水、限水、停耕氣候危機已無法迴避》，2022年1月1日，TVBS新聞網：<https://news.tvbs.com.tw/life/1679610>。
4. 立法院議案關係文書，院總字第887號，政府提案第17250號之1963，印發日期：2021年5月19日。
5. 朱淑娟，《水價調整，不是只看水公司的盈餘》，2021年8月16日，風傳媒網：<https://www.storm.mg/article/2178023>。
6. 行政院公共政策網路參與平臺網站：<https://join.gov.tw/policies/detail/d2090150-1555-4b61-889c-49928bd3ddee>。
7. 行政院公報，第27卷第249期，2021年12月30日。
8. 余騰耀主編，《臺灣水資源效率化利用策略》，財團法人中技社，2014年12月。
9. 吳瑞賢、毛振泰、黃一凡，《合理水價機制之實務分析與決策影響》，〈國土與公共治理季刊〉，第3卷第2期，頁63-74。
10. 吳義雄，《自來水水價調整應有的思考》，〈國家政策論壇季刊〉，2003年冬季號，2003年10月，頁147-150。
11. 胡南澤、李嘉榮、呂國禎、陳施鈺，《百年大旱，台水抗旱紀要》，〈自來水會刊〉，第40卷第4期，頁1-12。
12. 孫文臨，《台灣水費全球第二低！凍漲27年，水利署將持續推水價合理化》，2021年8月16日，天下雜誌資訊網：<https://csr.cw.com.tw/article/42105>。
13. 孫晉英，《水費徵收問題之研析》，2021年2月17日，立法院法制局未出版議題研析報告。
14. 陳銘祥，《法政策學》，元照出版有限公司，2019年5月。
15. 黃美玲，《台灣省自來水公司售水成本合理化之探討》，〈主計月刊〉，第595期，2005年7月，頁51-58。
16. 劉厚連，《立法技術關鍵指引》，五南圖書出版有限公司，2020年3月，頁12-14。
17. 賴伯勳，《多元化水資源策略下之傳統與新興水資源開發》，〈土木水利〉，第42卷第3期，頁

37-42。

18.鍾張涵，《護國神山水不夠！2奈米恐喝乾竹科，台積、管理局如何解渴？》，2021年4月1日，天下雜誌資訊網：
<https://www.cw.com.tw/article/5114185>。

19.羅傳賢，《立法學實用辭典》，五南圖書出版股份有限公司，2014年9月。

作者簡介

周依奇女士

現職：臺北自來水事業處北區營業分處抄表股股長

專長：自來水法務、抄表營運管理

中華民國自來水協會會刊論文獎設置辦法

中華民國 105 年 8 月 26 日第十八屆第八次理監事聯席會議審議通過

一、目的

為鼓勵本會會員踴躍發表自來水學術研究及應用論文，以提升本會會刊研究水準，特設置本項獎勵辦法。

二、獎勵對象

就本會出版之一年四期「自來水」會刊論文中分「工程技術」、「營運管理」、「水質及其他」等類別，分別評定給獎論文，每類別以 2 篇為原則，每篇頒發獎狀及獎金各一份，獎狀得視作者人數增頒之。

三、獎勵金額

論文獎每篇頒發獎金新臺幣壹萬元整，金額得視本會財務狀況予調整之。

上項論文獎金及評獎作業經費由本會列入年度預算籌措撥充之。

四、評獎辦法

(一)凡自上年度第二期以後至該年度第二期在本會「自來水」會刊登載之「每期專題」、「專門論著」、「實務研究」及「一般論述」論文，由編譯出版委員會於每年六月底前，每類別推薦 3-4 篇候選論文，再將該候選論文送請專家學者審查 (peer-review)，每篇論文審查人以兩人為原則。

(二)本會編譯出版委員會主任委員於每年七月底前召集專家學者 5 ~ 7 人組成評獎委員會，就專家審查意見進行複評：

1.評獎委員以無記名投票，每類別論文勾選至多 2 篇推薦文章，每篇以 1 分計算，取累計分數較高之論文，至多 2 篇，為該類給獎論文。

2.同一類別如有多篇文章同分無法選取時，以同分中專家審查總分數高低排序，分數再相同，則由評獎委員以無記名投票方式決定。

(三)選出給獎論文，報經本會理監事會議通過後公佈。

五、頒獎日期

於每年自來水節慶祝大會時頒發。

六、本辦法經由本會理監事會審議通過後實施，修訂時亦同。

高地區水質優化改善對策-以步道直飲台為例

文/賴奕誠、游叡研

摘要

高地偏遠地區管線位處管網末端須經加壓站多次加壓，用戶數不像平地市區密集，且部分用戶使用山泉水，於枯水期才使用自來水，故自來水用量不大，管線末端滯留致水齡偏高。部分高地區仍為 DIP 水泥砂漿襯裡管，水泥砂漿與自來水接觸，會釋放無機物至自來水，尤以管末端滯留水區，隨著水泥砂漿內襯逐漸溶出，會使 PH 值偏高。

北水處推廣台北好水直飲計畫，經過管線更新、降低漏水、智慧水網及 24 小時即時監控水質等努力，提供更便利戶外直飲服務以落實環保減少瓶裝水耗用。北水處配合大地處於熱門登山步道評估設置直飲台，廣宣登山步道直飲，經由水質檢測發現高地偏遠地區因管末端滯留水存在餘氯偏低及 PH 值偏高之問題。

本文以登山步道直飲台水質改善為例，歸納整理高地區供水特性及注意事項，分享象山步道及鯉魚山步道直飲台成功改善水質經驗，提出相對應之水質優化作法與對策，包括蓄水池定期清洗、提高管末端排水頻率、調降水池水位增加打水頻率、增設簡易型加氯設備、延伸水池進水管至池底及採用 DIP 粉體塗裝管等，用意在於減少水滯留時間，促進活水暢流降低水齡，進一步改善及優化高地區水質，確保用水安全。

以往針對水質不佳之地區僅能靠提高排水頻率及排水時間，效果不彰且費時費

力，為不浪費珍貴的水資源，經集思廣益並嘗試多種改善方式，本文即針對此情形提出相關改善精進作為，尋求更佳之治本方式，主動分析研究水質不佳原因並提出具體改善建議，經由各種手法改善，保持活水連通消弭管末端滯留水情形，有效優化高地區末端供水，成功改善將水質最佳化，提供更優質自來水供登山遊客及山區民眾使用，以維護及提升本處台北好水品牌價值及形象。

關鍵字：高地、直飲台、水質

一、前言

臺北自來水事業處(以下簡稱北水處)進行全流程水質管理與監測，從水源保育，淨水處理及供水管網管理，為提升自來水的品質及取得用戶的信賴與滿意，管網水質 24 小時線上即時監測，一路至用戶家裡水龍頭，為水質全流程把關，各項水質檢驗結果均符合我國、世界衛生組織及先進國家飲用水水質標準，充分顯示大臺北地區水源及自來水水質安全純淨優良。

「直飲」是達成綠色城市的一項指標，北水處近年開始推廣台北好水直飲計畫，經過管線更新、降低漏水、智慧水網及 24 小時即時監控水質等各項努力，大台北地區自來水已能直接飲用。為擴展直飲場域，並落實環保，減少瓶裝水耗用，北水處於北市大型公園、大型公共建築、指標性建物及熱門觀光景點等公共場域提供直飲服務，推廣公共場域直飲自來水，提供便利飲水服務，以

鼓勵民眾攜帶水瓶補充飲水。統計至 108 年底北市戶外公共場域直飲台總數達 517 台，設置密度已媲美國際服務水準，並持續配合大型活動設置行動式直飲台推廣使用，便利戶外直飲自來水。

直飲台的優點係為不用水塔、不用電能、不用濾心以及水質較佳，為推廣及提升民眾飲用直飲水的意願，北水處配合市府大地處於熱門登山步道評估設置直飲台，共計檢討評估 34 處登山步道，歷經多次場勘協調適宜設置地點及可行性評估，辦理水源會勘及水質檢驗，配合於 9 條登山步道設置 10 座直飲台，配合工務局廣宣登山步道直飲，提供優質自來水供登山遊客使用，深獲遊客好評。

二、研究目的

高地偏遠地區管線位處管網末端須經加壓站多次加壓，山上用戶數不多故用水量較少，管線水滯留時間較長，經現場量測水質有餘氯偏低及 PH 值偏高之問題，本文以登山步道直飲台水質改善為例，歸納整理高地區供水特性及注意事項，以象山步道直飲台及鯉魚山直飲台成功改善水質經驗，提出相對應之水質優化作法與對策，在執行過程中如何發現與解決問題，對水質提昇有顯著的效益，期能提供相關依循與經驗傳承予自來水從業人員。

三、象山步道直飲台水質改善歷程

臺北市政府工務局大地工程處申請於信義區象山步道觀景台評估新設直飲台，非由北水處配水管直接供給，係由環保局自來水系統之蓄水池供給水源使用(如圖 1)，象山

步道飲用水係由第 1 站地上式配水池→第 2 站地下式中繼配水池→第 3 站中繼不銹鋼水塔→第 4 站不銹鋼水塔，分別供應山上廁所及直飲台用水。



圖 1 象山步道直飲台示意圖

自來水供水品質是考量要點，經現場量測有餘氯偏低情形，改善方式說明如下。因餘氯會隨時間消耗，為促進活水暢流，提升高地水池及管線末端供水水質，經由 3 根電極棒的長度作調整(如圖 2)，可控制水池水位上限及下限，降低水位上限並縮短上限及下限的距離，可提高水池進水頻率，自下水池引進更新鮮的水，此舉可減少水滯留時間，提升餘氯值。

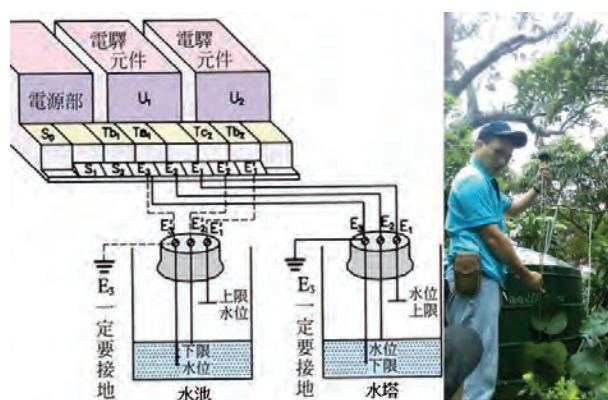


圖 2 調整水池水位

餘氯消耗有幾種途徑：包括在水中自行光分解，與水中還原性物質反應，與池壁接



觸反應及自表層揮發。經現場量測，水池底層水的餘氯高於表層水之餘氯，乃為前述餘氯有自表層揮發特性。傳統方式揚水管進水至水池表層，餘氯在表層容易揮發，為減少餘氯自表層揮發，改善方式為將各站水池進水管導流延伸至池底層(如圖 3)，延伸管上方流釋氣孔，此舉可將新鮮的水直接注入池底減少揮發，而下水管位於餘氯較高之池底層，對水質提升亦有助益。



圖 3 進水管導流延伸至池底

四、鯉魚山步道直飲台水質改善歷程

市府大地工程處向北水處申請於內湖區碧山路 33 號旁鯉魚山森林步道入口處評估新設直飲台，該水源係自碧山里加壓站第四站配水池下水管線末端接水(如圖 4)。本案屬管網末端高地區，由碧山里第一站配水池加壓站經 3 次加壓至第四站配水池，經現場量測有餘氯偏低及 PH 值偏高之問題(餘氯 0.2~1.0 mg/L，PH 值 6~8.5 為最佳狀態)，研判因第四配水池接水用戶數僅 6 戶(如表 1)且大部分住戶都有使用另一套山泉水系統，於雨量豐沛季節，部分用戶亦使用山泉水，於枯水期才使用自來水，故自來水使用量不大，形成管末端滯留水區水質較不佳。

表 1 碧山路住戶資料

項次	水號	口徑(mm)	距第 4 配水池長度(M)	地址
1	F-01-1147762	20	50	碧山路 24 號
2	F-01-1090064	40	52	碧山路 26 號
3	F-01-1096531	25	59	碧山路 34 號
4	F-01-1139969	20	159	碧山路 28-1 號
5	F-01-1090180	20	176	碧山路 39 號
6	F-01-1165779	20	380	碧山路 22 號

因用戶用水量偏低，水滯留時間變長，水齡偏高，形成餘氯偏低及 PH 值偏高現象，改善歷程說明如下：為減少水池及管內水滯留，首先嘗試調降第三及第四配水池的水位，藉以減少水池水體滯留時間以減少餘氯揮發情形，水位調降後，第三配水池打水頻率會增加，可以將更新鮮的水送至第四配水池，原本每天打水約 1~2 次，調整後每天打水 2~4 次。同時提高第四配水池管末端消防栓排水頻率(如圖 4)，並於直飲台旁增設水龍頭(如圖 5)，藉由民眾使用達成每日排水目的，提高用水量增加活水，經以上措施改善後現場實測餘氯有稍微提高惟有時仍不足 0.2，PH 值則無明顯改善。



圖 4 管末端消防栓排水及取樣檢測



圖 5 直飲台旁增設水龍頭

為解決因用水量不穩定常因滯留時間過長致餘氯不足，須有補充加氯設備。於第四站配水池設置兼具藥桶補水與水池加藥双重功能的幫浦(配合補水閥與加藥閥的簡單操作就能達成)，利用定時器，彈性控制加藥時間與次數，評估用水狀況估算加藥量，並製成加藥量對照表，人員方便操作。透過增設此簡易型補充加氯設備，水質餘氯已明顯提升，於本系統配合調配加藥下，檢測餘氯達 0.2mg/L 以上(如圖 6)。



圖 6 配水池加氯設備操作測試及採樣

餘氯已改善完成達到水質要求，惟 PH 值仍偏高，因第四站下水管為 DIP 水泥砂漿

襯裡管，水泥砂漿襯裡與自來水接觸，會釋放無機物至自來水，尤以管末端滯留水區及新設管線通水初期最為嚴重，水泥砂漿內襯逐漸溶出，會使 PH 值偏高，管網中雙向流動活水可維持較佳之水質。

經現場實際量測 PH 值並進行排水測試，將下水管水龍頭全開排水，約過 1 小時又 45 分鐘後，PH 值才逐漸降為 8.5(如表 2)，惟降到 8.5 後就無法再降，因為上游接近第四水池的下水管消防栓量測的 PH 也有 8.4，研判 8.5 應該是極限值，再觀察經過約半小時後，PH 值又逐漸恢復至未排水前數值。數日後再將第四水池下水管末端地下式消防栓大量排水後，經量測 PH 質亦僅得短暫且不明顯之改善(如圖 7)。

表 2 PH 現場實測值

時間	2:30 PM	2:45 PM	3:00 PM	3:15 PM	3:30 PM	3:45 PM	4:00 PM	4:30 PM
PH	9.0	8.9	8.8	8.7	8.6	8.5	8.5	8.6
餘氯	0.10	0.12	0.16	0.22	0.23	0.23	0.22	0.21

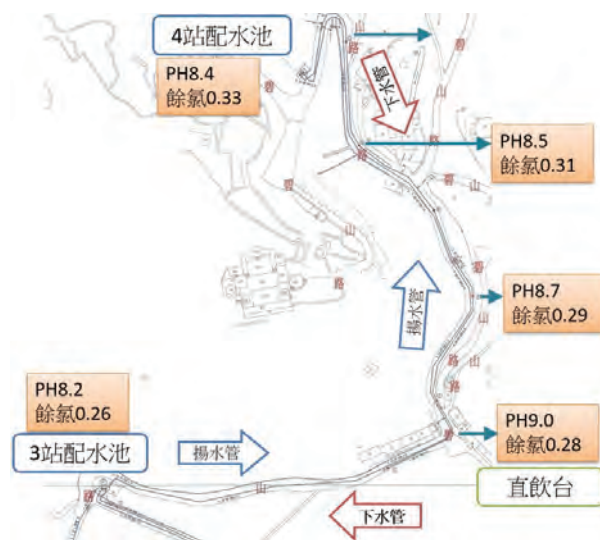


圖 7 現場排水量測 PH 值變化

綜合上述可知，若以單純排水方式想要降低水中 PH 值僅能治標，費時費力亦浪費



水資源，排水耗能也是問題，且用排水方式仍有風險，因 PH 值已達極限值，日後仍可能驗不過(尤其冬天用水量少時)，所以必需須尋求其他更好更有效率的作法。

再經至碧山路現場多次量測地下式消防栓水質數據，第三配水池水質較好(PH 值約 8.2~8.3)，水質更保險，經估算直飲台以上之揚水管(第三水池至第四水池)，滿管容量約 7 噸，且揚水管每天平均打水 2-4 次，保守估計已可滿足直飲台平常的用水所需，經審慎評估分析後提出直飲台改由揚水管接水之改善建議，水質及水量皆可滿足需求。

再經考量揚水管接水處的最大壓力約 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ ，鞍帶及水龍頭均可以承受，使用安全無虞，故申請路證將直飲台改由揚水管接水(如圖 8)，原下水管接水處設止水栓暫時關閉。經運轉數日後量測直飲台水質，果然如預期般得到令人滿意之 PH 值(低於 8.5)，惟此時另一指標餘氯，卻不如預期且幾乎為 0。



圖 8 直飲台改由揚水管接水施工現場

經現場量測第三水池下水管消防栓之餘氯及 PH 值均為正常，研判應與揚水管管材為鋼管(SP)較容易消耗餘氯所致，故將第三配水池揚水管回流閥開啟並調整回流閥

開度約 10 度(如圖 9)，維持回流約 3~4 公升/分鐘，再將第四水池下水管原本接水至直飲台之止水栓開啟(如圖 10)，使第四配水池下水管與第三配水池揚水管連通，因此可持續回流至第三配水池，以維持直飲台前端配水管線暢流，消弭管末端滯留水的情形。經多日運轉後量測直飲台水質，已達最佳狀態，提供用戶安全無虞直飲用水。(如表 3)。

表 3 碧山里加壓站水質採樣

水樣別	餘氯	PH	TDS	濁度
第三配水池	0.26	7.36	62	0.35
第四配水池	0.39	8.00	68	0.49
直飲台初排水	0.32	8.30	70	0.58
直飲台排水 5 分鐘	0.30	8.21	66	0.47



圖 9 三配洩壓閥旁通管回流閥調整開度



圖 10 調整三配揚水管與四配下水管連通閥

將直飲台前端進水管線連通三配下水管及四配揚水管，同時自揚水管及下水管接水，可同時兼顧餘氯及 PH 值。因碧山路一帶用戶數不多，管內水偶有滯留情形，透過調控揚水管之回流閥以提高第四配水池下水管回流至第三配水池之水量(如圖 11)，促進活水暢流，水質更保險，除可改善直飲台餘氯及 PH 值外，更能確保碧山里高地配水池及管線末端供水符合水質標準(如圖 12)，並避免浪費水資源，第三配水池揚水管每天平均打水 2-4 次，完成上述改善措施後，打水頻率並無明顯增加，本方案所增加之耗能有限，並可減少經常性排放流水所消耗之水量及人力，確保該區用戶用水品質與安全，維護及提升本處臺北好水品牌價值及形像。

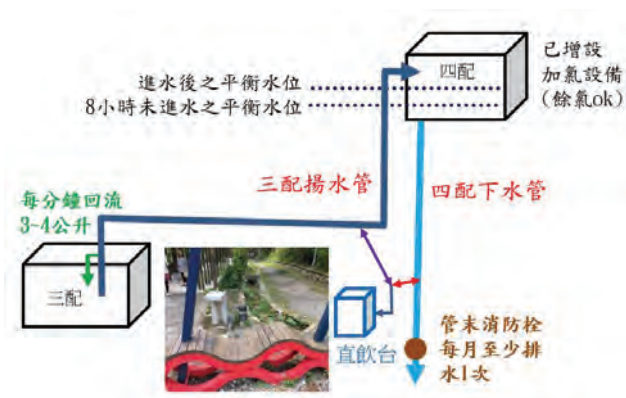


圖 11 直飲台水質改善示意圖



圖 12 現場採樣檢測水質

五、結論與建議

綜合上述，高地區住戶不若市區密集，且部分住戶有另一套山泉水系統備用，故自來水使用量通常不高，水池及管內水滯留時間變長，水齡偏高，容易形成餘氯偏低及 PH 值偏高現象，高地管末端滯留水質較不佳，為確保高地加壓系統用水安全建議實施以下精進作為。

- (一)山上蓄水池是否定期清潔，影響自來水供水品質，建議提高水池水塔清洗頻率，每年至少 2 次以上。清洗水池時同時檢查相關設備零件，例如水池頂部人孔蓋是否加鎖保持密合，排透氣管防蟲網是否破損等。
- (二)為提升水質，減少 DIP 水泥砂漿襯裡無機物釋出造成 PH 值偏高現象，建議採用 DIP 粉體塗層管，可有效抗腐蝕並可避免產生水泥砂漿內襯 PH 值過高問題，北水處近年高地供水以粉體塗裝管執行。
- (三)提高管末端消防栓定期排水頻率(每月 1 次)，並於直飲台旁增設水龍頭，藉由民眾使用達成每日排水目的，提高用水量增加活水暢流。
- (四)調降水池水位，藉由控制水池水位，降低水位上限並縮短上限及下限的距離，水位調降後打水頻率會增加，引進更新鮮的水，減少水池水體滯留時間以減少餘氯揮發情形，此舉可減少水滯留時間，降低水齡提升水值。
- (五)水中加餘氯的概念如同食鹽加碘以及牙膏加氟，餘氯可以避免輸送管線滋生細菌並且預防傳染病的發生。於配水池增

設簡易型加氯設備，可解決因用水量不穩定常因滯留時間過長致餘氯不足現象，確保水質安全。

(六)水源由揚水管及下水管同步提供，維持直飲台前端配水管線暢流，對消弭管末端滯留水情形亦有改善，於揚水管增設回流管並調控回流閥開度，以提高下水管回流至配水池之水量，促進配水管線保持活水連通，消弭管末端滯留水的情形，優化高地末端水質。

(七)為減少水池餘氯自表層揮發，改善方式為將水池進水管導流延伸至池底層，延伸管上方流釋氣孔，水池補水時可將新鮮水源直接注入池底減少揮發，對水質提升亦有助益。

本案以登山步道直飲台水質改善，主動分析研究水質不佳原因並提出具體改善建議，經由各種手法改善，促進活水暢流，有效提升高地配水池及管線末端供水水質，成功改善餘氯偏低及 PH 過高之問題，將水質最佳化，提升水質安全，提供優質自來水供登山遊客及山區民眾使用，以維護及提升本處台北好水品牌價值及形象。

北水處推廣台北好水直飲計畫，經過管線更新、降低漏水、智慧水網及 24 小時即時監控水質等努力，大台北區自來水已能直接飲用，提供更便利戶外直接飲用服務以落實環保減少瓶裝水耗用。為推廣及提升民眾飲用直飲水的意願，北水處配合大地處於熱門登山步道評估設置直飲台，廣宣登山步道直飲，經由水質檢測發現高地偏遠地區因管末端滯留水存在餘氯偏低及 PH 值偏高之間

題。本文以登山步道直飲台水質改善成功經驗作分享，歸納整理高地供水特性及注意事項，提出對應之水質優化作法與建議對策，進一步改善及優化高地水質，期能提供自來水從業人員參考依據與經驗傳承。

參考文獻

- 1.連文成、李育樟、張乃文、許宗仁，臺北自來水事業處員工提案，餘氯不足免煩惱-加藥、補水真方便，2017。
- 2.黃欽稜、許雅玲、林志成、時佳麟，台北市政府員工研究報告，臺北自來水直飲推廣規劃，2017。

作者簡介

賴奕誠先生

現職：臺北自來水事業處北區營業分處三級工程師

專長：管網改善工程設計與監造、高地供水

游歡研先生

現職：臺北自來水事業處技術科股長

專長：漏水管理、小區計量、高地供水

2020 國際水價現況解析

文/周國鼎

一、前言

我國主要 2 個自來水事業機構之一的台水公司，其自來水價格自民國 83 年凍漲迄今已近 30 年，雖然臺北自來水事業處（以下簡稱北水處）從 105 年 3 月起實施新水價，惟新水價調整原則是基本費不漲、擴大用水費差別費率，平均每月用水量 20 度以下者則完全不調整，因此實際受影響用水戶僅 57.4 萬戶，約占全國用水戶數之 6.44%。

台水公司現行水價已維持了 28 年，當年計價係以抵償民國 78 年當時的成本及應有合理利潤為基礎，不過近二十餘年物價上漲幅度已呈倍數成長，再加上水源開發困難、水質標準提升等外在因素與日俱增，近年來台水公司之水費收入早已無法抵償成本，以致營運呈現虧損。台水公司同仁卻常因此遭外界抨擊營運績效不佳，殊不知此乃非戰之罪。

雖然要訂定合理之自來水價格並不容易，不過藉著國際水協會(IWA)於 2021 年所公布世界各國家戶用水資料之時機，讓社會大眾了解國際間之水價概況，並將我國水價與世界各國作各種面向之比較，有助於釐清水價之相關問題。

二、臺灣地區自來水價格之現況

(一)自來水事業機構營運成本比較

目前供應臺灣本島自來水共有 2 個事業機構，也就是北水處及台水公司，二者供水

區域不同。北水處供水區域以臺北市為中心，包括新北市三重、中和、永和、新店與汐止部份地區；台水公司之服務區域則是上述地區以外者，其中也包括屬於離島地區之澎湖縣；外島地區之金門縣及連江縣則是分屬金門縣自來水廠及連江縣自來水廠之供水轄區。

北水處及台水公司因成立屬性與經營環境不同，造成營運成本差異，以致水價不一。

1.維護營運費用

北水處供水區域較小、用戶集中、管線總長度較短，約 3,798 公里（108 年），故其營運維護費用較低。台水公司供水區域遍及偏遠地區，用戶分散、管線總長度高達近 63,484 公里（108 年），約北水處者之 16.7 倍，不僅投資埋管經費需求龐大，後續營運維護費用相對亦高。

台水公司供水轄區的人口密度比北水處者為少，在相同接管長度（相同的接管費用）條件下，可服務的用水戶數相對的比北水處者低，在接管線至用戶端時所花費的成本自然不同。

2.原水、清水成本

北水處水源主要來自新店溪水源，包括南勢溪及北勢溪之翡翠水庫，水源充沛，原水價格低；又其污染少，處理費用亦較低。台水公司自有水源不足，購水成本較北水處高；加上部分水源受污染嚴重或暴雨導致之



高濁度原水，處理費用亦較高，因此給水成本高於北水處。

3.稅捐負擔

北水處係臺北市政府行政單位之一，免繳房屋稅與土地稅；台水公司除須繳交房屋稅與土地稅外，每年度之盈餘尚需繳納 25% 之營利事業所得稅，稅捐負擔較重。

4.工程需求與資金成本

臺北市為繁榮之都會區，用水戶集中，根據北水處 109 年 5 月公布之年報，自 101 年起供水普及率即維持在 99.60% 以上，108 年者為 99.66%。由於用水人口幾近飽和，供水普及率之成長已停滯，因而北水處所需擴建工程較少，且經費多由政府補助，資金成本較低。

扣除北水處之供水轄區，台水公司服務區域遍佈臺灣本島及小琉球、澎湖、蘭嶼、綠島等離島，根據該公司 109 年 4 月公布之年報，供水普及率為 93.34%，歷年來為配合政府提高普及率之政策，每年須辦理多項供水工程。此外，由於水價長期未能獲准合理調整，造成台水公司自有資金不足，必須舉

債支應各項鉅額工程經費，以致利息負擔沉重，資金成本較高。

(二)平均水價及平均單位成本

北水處及台水公司在平均水價及平均單位成本的定義上差別不大，僅專有名詞之用字略有不同（詳表 1）。

北水處及台水公司因經營環境不同，造成營運成本差異，以致水價不一。此外，二者在投資報酬率方面，也是天地之別，北水處者為正值 0.85%，台水者為負值 0.3%。

(三)統一水價

無論是工業、商業或一般家戶，也不管是都會地區或偏遠地區，北水處及台水公司分別在其供水轄區內採用同一標準收費。

三、國際自來水費用資料

(一)資料來源

國際水協會「統計及經濟專家小組」往年固定於雙數年舉辦之世界水務雙年會公布世界各國用水戶之水服務費用調查資料，原訂 2020 年 9 月在丹麥哥本哈根

表 1 北水處及台水公司 108 年度平均水價及成本統計表

項目		北水處	台水公司
平均水價	定義	給水收入÷計費水量	給水收入÷售水量
	新臺幣	9.587 元	11.00 元
平均單位成本	定義	自來水成本÷計費水量	給水總成本÷售水量
	新臺幣	8.916 元	11.23 元
單位銷售盈虧	定義	每度售水收入－每度售水成本	給水單位售價－售水單位成本
	新臺幣	0.671 元	-0.23 元
投資報酬率	定義	盈餘÷平均業主權益	銷售盈虧÷平均權益
	比率	0.85%	-0.30%

(Copenhagen)召開之世界水務雙年會(World Water Congress)，因新冠肺炎(COVID-19)疫情延燒而數次延期，以致該期資料遲至 2021 年 12 月期間在國際水協會官網(<http://waterstatistics.iwa-network.org/>)公布。

(二)資料範圍

本次國際水協會公布之自來水費用調查資料範圍涵蓋 35 個國家（或地區）及 167 個當地主要城市，代表我國家戶用水服務費用資料之城市為臺北市及高雄市，其自來水相關費用則分別代表北水處及台水公司之水費。

前述 35 個國家（或地區）之水服務費用調查資料中，包括俄羅斯、澳門及我國代表城市之平均水價均較實際狀況明顯偏高，極不合理。依據該調查資料，如以每家戶每年使用 200 度來計算平均水價，莫斯科、澳門、臺北市、高雄市者分別是每度 204.25 元、103.55 元、15.46 元及 13.10 元；而義大利米蘭及馬來西亞吉隆坡的水價數據又明顯偏低，分別是每度 6.53 元及 3.66 元。這些明顯不合理數據有必要予以適當修正。

本研究所採用莫斯科、澳門、米蘭及吉隆坡之平均水價將以網際網路可獲得者為參考依據，例如澳門者係依照澳門自來水公司公布數據計算而得，渠等城市之修正水價依序為 19.17 元、19.07 元、41.76 元及 10.10 元。臺北市及高雄市之平均水價（計算結果詳 4.1.1.1）則將分別依據《108 年臺北自來水事業統計年報》及《108 年台灣自來水事業統計年報》之相關數據統計而得，依序是 11.69 元及 11.61 元。

(三)人均用水量（公升／人／日）

如以國際水協會本次公布數據，我國 2018 年平均每戶 2.58 人來計算，每家戶每年使用 100 度的自來水量代表人均用水量為 106 公升，200 度者則代表人均用水量為 212 公升，二者均遠低於我國的實際人均用水量 284 公升（108 年，經濟部水利署）。

本次國際水協會所公布資料也包括 163 個城市的 2018 年人均用水量數據。人均用水量最高者為阿根廷 Mar del Plata 之 356 公升，最低者為位於非洲烏干達 Malindi 及 Mombasa 之 60 公升，全球平均值則為 153 公升。人均用水量超過我國平均值（284 公升）的城市只有 3 個，其中包括了高居第 2 名的臺北市（326 公升）；高雄市（268 公升）則是第 7 名。

(四)「200 度／戶／年」之水費為比較基礎

本次國際水協會所公布之水價資料分別列出每家戶每年使用 100 度及每家戶每年使用 200 度者，惟我國人均用水量 278 公升者（全年 262 度）與 200 度者較為接近，因此本文僅取每家戶每年使用 200 度自來水之相關數據作分析比較。

(五)平均每人國內生產毛額

往年國際水協會公布世界各國用水戶之水服務費用調查資料時，會附上該國「平均每人國內生產毛額」（GDP per capita，又稱「人均 GDP」）之數據，其人均 GDP 係採「購買力平價」（PPP）者，數據則取自美國中央情報局所調查數據。本次所公布者並無附上人均 GDP 資料，惟為進行相關之分析比較，本研究仍沿用美國中央情報局網站所公布之 2019 年數據。

根據美國中央情報局網站公布資料，國際水協會所公布 35 個國家（或地區）之 2019 年「人均 GDP」中，澳門拜近年博奕及觀光業的蓬勃發展，以 123,965 美元奪魁；新加坡的 97,341 美元次之；第 3 名是瑞士的 68,628 美元；日本為 41,429 美元，名列第 19 名；臺灣則高達 50,500 美元，名列第 12 名；此 35 個國家（或地區）之平均值為 44,049 元。

四、分析討論方法

(一)計算單位水價

依據國際水協會於 2021 年 12 月公布世界各國主要城市家戶每年用水 200 立方公尺（度）之自來水費用（以美元計）調查資料，分別計算出各國主要城市單位水價、各國平均水價及各區域平均水價，再根據 2019 年 12 月 31 日美元匯率（1 美元兌換新臺幣 29.946 元），換算成以新臺幣計之單位水價。

1.各國主要城市單位水價

依據國際水協會之自來水費用調查資料，將各城市之自來水「固定費用」、「變動費用」、「其他費用」及「營業稅」加總，計算出該城市之全年自來水費用，再將該費用除以 200，就可得到該城市之平均水價。

本次國際水協會所列臺北市及高雄市自來水費用資料中之「其他費用」為「水源保育與回饋費」，該費用係隨水費由自來水事業機構代徵，其費率為每度自來水徵收新臺幣 0.5 元。

2.各國平均水價

各國平均水價則以所屬城市之平均水價加總平均後得之。

3.各國首府單位水價

本次國際水協會公布之自來水費用調

查資料也包括 35 個國家首府之家戶每年用水 200 立方公尺（度）自來水費用（以美元計），其中包括我國臺北市者。各國首府單位水價計算方式比照 4.1.1 各國主要城市單位水價者。

(二)計算「水費負擔率」

為求公平合理的水價比較，本文以所公布用水 200 立方公尺（度）之自來水費用代表每年家戶平均自來水費用，以該費用除以該國「人均 GDP」，所得數值稱之為「水費負擔率」。

「水費負擔率」愈大，表示該國水價在同等的平均個人國民生產毛額下相對較高，意涵民眾用水費用支出負擔較重。

1.各國主要城市「水費負擔率」

將各城市家戶用水 200 立方公尺（度）之全年自來水費用除以該國「人均 GDP」，就可得到該城市之平均「水費負擔率」。

2.各國平均「水費負擔率」

各國之平均「水費負擔率」則以該國用水 200 立方公尺（度）之全年自來水費用除以該國「人均 GDP」後算出。

3.各國首府「水費負擔率」

各國首府「水費負擔率」計算方式比照 4.2.1 各國主要城市「水費負擔率」者。

(三)討論項目

將各城市水價、水費負擔率及各國人均 GDP 值，再就各種面向將我國 2 個代表城市（臺北市及高雄市）之自來水價格與世界其他 35 個國家（或地區）及 167 個城市者加以比較分析，項目包括：

- 各國主要城市單位水價
- 各國主要城市水費負擔率

- 各國平均水價
- 各國平均水費負擔率
- 各國首府單位水價
- 各國首府水費負擔率
- 人均用水量與水費負擔率
- 臺灣地區家庭用水費占消費支出比率統計

五、分析討論

本文將分別以「城市」、「國家」及「首府」之區別，進行分析討論自來水價格相關面向。

(一)各國主要城市單位水價

1.各國主要城市單位水價之排名

- 最高之城市為南歐微型島國馬爾他之全國平均值，每度水價為 120.32 元。
- 最低之城市為伊朗 Ahvaz（第 167 名），每度水價為 3.81 元。
- 各國主要城市自來水價格之平均值為每度 41.61 元。
- 臺北市及高雄市之水價在 167 個城市中分別排名第 156 名及 157 名，也就是倒數第 12 名及倒數第 13 名，平均每度水價分別是 11.69 元及 11.61 元，低於 93%以上之城市，約僅占有 167 個城市平均水價 41.61 元之 28%。

2.各國主要城市水費負擔率之排名

- 最高之城市為非洲國家肯亞首府奈洛比之 2.14%。
- 最低之城市為澳門，比值為 0.10%。澳門拜近年博奕及觀光業的蓬勃發展，「人均 GDP」激增，在國際水協會所列 198 個城市中，以 123,965 美元(2019)奪魁；加上平均水價僅 19.07 元，其水費負擔率為所有城市中最低，自然不足為奇。

- 各國主要城市家戶水費負擔率之平均值為 0.76%。
- 臺北市及高雄市之水價在 167 個城市中分別排名第 165 名及 166 名，也就是倒數第 3 名及倒數第 2 名，水費負擔率分別是 0.16%及 0.15%，低於 98%以上之城市，僅占有 167 個城市平均水費負擔率 0.72% 之 22%。

(二)各國平均水價

取各國（或地區）城市單位水價之加總平均值，代表該國之平均水價，並加入各國人均 GDP 值及水費負擔率，依照英文國名之字母順序製表如表 2；另依照平均水價之高低順序及對應之水費負擔率繪圖如圖 1。

實際上，世界各國水價並非全國一致，多以城鄉為界，同一國家內之各地水價互有不同。

1.各國平均水價之排名

- 最高之國家為馬爾他，平均每度水價為 120.32 元。
- 最低之國家為伊朗，平均每度水價為 4.52 元。
- 各國自來水價格之平均值為每度新臺幣 40.00 元。（註：該數值與前述各國主要城市自來水價格之平均值 41.61 元略有不同，此因城市者係以各城市自來水單價之總和除以城市之數目而得，國家者則以各國自來水平均單價之總和除以國家之數目而得，以致二者之計算結果產生差異。）
- 在 35 個國家（或地區）中，臺灣平均水價排名第 34 名（倒數第 2 名），在亞洲最低，屬於低水價者，平均每度水價為 11.65 元，僅占各國單位水價平均值 40.00 元之 29%。



表 2 各國家戶自來水平均水價統計表

資料來源：國際水協會(IWA)製表人：周國鼎

項次	國家 (英文)	國家 (中文)	個人 GDP (美元)	個人 GDP 排名	平均水價 (新臺幣/度)	平均水價 排名	水費負 擔率	水費負擔率 排名
1	Albania	阿爾巴尼亞	13,965	32	21.93	25	1.05%	5
2	Belgium	比利時	51,934	11	80.03	3	1.03%	6
3	Canada	加拿大	49,031	13	59.46	8	0.81%	12
4	Chile	智利	24,226	31	32.88	22	0.91%	9
5	Cyprus	賽普勒斯	39,545	22	49.69	10	0.84%	11
6	Denmark	丹麥	57,804	7	91.81	2	1.06%	4
7	Finland	芬蘭	48,668	14	63.23	7	0.87%	10
8	France	法國	46,184	15	64.84	5	0.94%	8
9	Germany	德國	53,919	9	64.82	6	0.80%	13
10	Greece	希臘	29,799	27	43.61	12	0.98%	7
11	Hong Kong, China	香港	59,848	6	17.11	30	0.19%	33
12	Hungary	匈牙利	32,945	25	27.39	24	0.56%	21
13	India	印度	6,700	34	12.13	31	1.21%	2
14	Iran	伊朗	12,389	33	4.52	35	0.24%	31
15	Israel	以色列	40,145	21	41.28	14	0.69%	16
16	Italy	義大利	42,492	18	34.27	21	0.54%	23
17	Japan	日本	41,429	19	38.09	18	0.61%	19
18	Kenya	肯亞	4,330	35	7.50	34	1.16%	3
19	Macao, China	澳門	123,965	1	19.07	27	0.10%	35
20	Malaysia	馬來西亞	28,364	29	10.10	33	0.24%	32
21	Malta	馬爾他	44,032	16	120.32	1	1.82%	1
22	Netherlands	荷蘭	56,935	8	39.08	15	0.46%	27
23	Norway	挪威	63,633	4	52.46	9	0.55%	22
24	Poland	波蘭	33,221	24	35.77	20	0.72%	15
25	Portugal	葡萄牙	34,894	23	38.42	16	0.74%	14
26	Romania	羅馬尼亞	29,941	26	28.64	23	0.64%	18
27	Russia	俄羅斯	27,044	30	18.26	28	0.45%	28
28	Singapore	新加坡	97,341	2	43.33	13	0.30%	29
29	South Korea	南韓	42,765	17	18.14	29	0.28%	30
30	Spain	西班牙	40,903	20	37.29	19	0.61%	20
31	Sweden	瑞典	53,240	10	38.21	17	0.48%	26
32	Switzerland	瑞士	68,628	3	66.00	4	0.64%	17
33	Taiwan	臺灣	50,500	12	11.65	32	0.15%	34
34	Turkey	土耳其	28,424	28	20.76	26	0.49%	25
35	U.S.A.	美國	62,530	5	47.86	11	0.51%	24
-	-	平均 人均 GDP	44,049	平均水價 (新臺幣/度)	40.00	平均 水費負擔率	0.68%	-

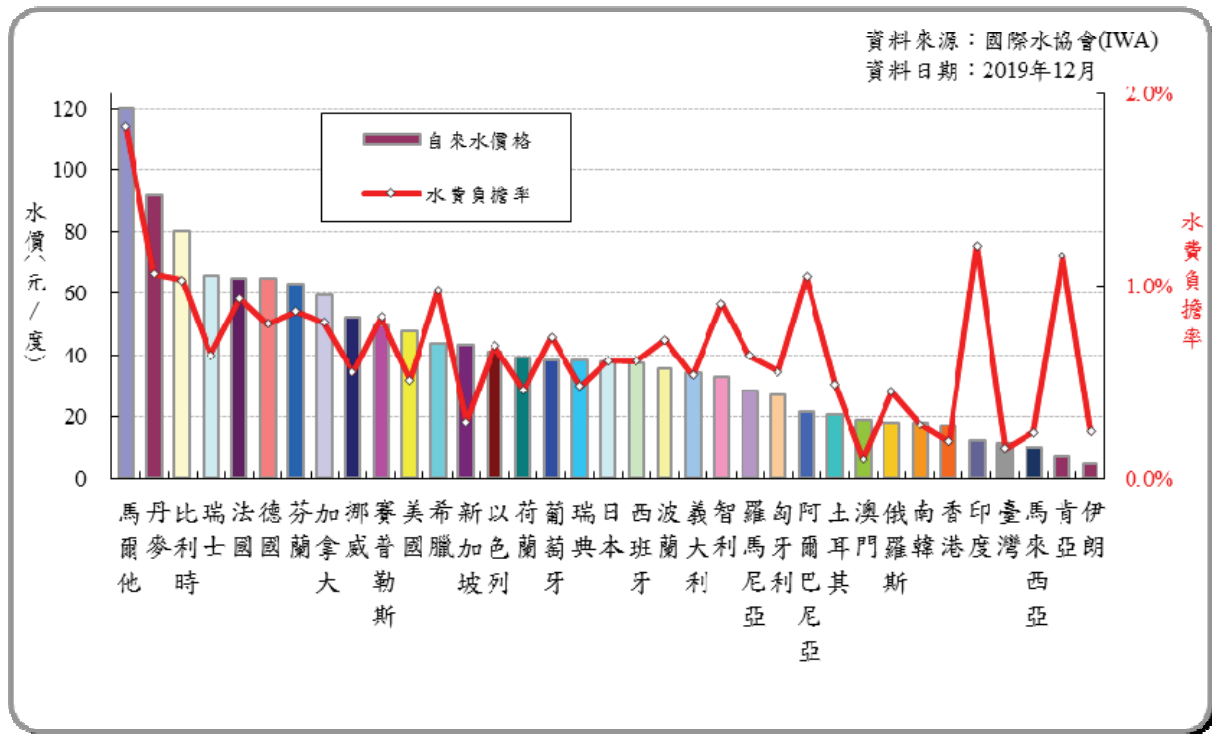


圖 1 各國家戶自來水平均水價及水費負擔率

2.各國平均水費負擔率之排名

- 最高之國家為馬爾他，平均值為 1.82%。
- 最低之國家（或地區）為澳門，比值為 0.10%。
- 我國平均值為 0.15%，排名全世界倒數第 2 名。若非澳門近年因博奕及觀光業的蓬勃發展，「人均 GDP」激增，臺灣家戶平均水費負擔率也將是全球最低，充分顯示臺灣的自來水價格明顯過低，而臺灣民眾用水費用負擔極輕。
- 各國水費負擔率的平均值為 0.68%。

(三)各國首府單位水價

如前所述，本次國際水協會所提供 35 個國家之首府家戶自來水費用資料，其中印度首府資料係以 Hyderabad 者代表。該城市是印度南部特倫甘納邦的首府，為科技行業的主要中心。將 35 個國家之人均 GDP 值及其水費負擔率，依照英文國名之字母順序製

表如表 3；另依照平均水價之高低順序及對應之水費負擔率繪圖如圖 2。

1.各國首府單位水價之排名

- 水價最高之首府為馬爾他，平均每度水價為 120.32 元。
- 水價最低之首府為伊朗之德黑蘭，每度水價為 4.52 元。
- 我國首府臺北市每度水價為 11.69 元，在 35 國首府中排名倒數第 3 名。
- 各國首府自來水價格之平均值為每度 39.19 元。

2.各國首府水費負擔率之排名

- 水費負擔率最高之首府為肯亞之奈洛比，比值為 2.14%。
- 水費負擔率最低之首府為澳門，比值為 0.10%。
- 我國首府臺北市水費負擔率比值為 0.16%，在 34 國首府中排名倒數第 2 名。
- 各國首府水費負擔率之平均值為 0.69%。



表 3 各國首府家戶自來水價格統計表

資料來源：國際水協會(IWA)製表人：周國鼎

項次	國家 (英文)	國家 (中文)	個人 GDP (美元)	個人 GDP 排名	首府	平均水價 (新臺幣/度)	排名	水費 負擔率	排名
1	Albania	阿爾巴尼亞	13,965	32	Tirana	24.80	23	1.19%	5
2	Belgium	比利時	51,934	11	Brussels	68.97	5	0.89%	7
3	Canada	加拿大	49,031	13	Ottawa	44.27	12	0.60%	19
4	Chile	智利	24,226	31	Santiago	16.50	29	0.45%	26
5	Cyprus	賽普勒斯	39,545	22	Nicosia	50.79	11	0.86%	8
6	Denmark	丹麥	57,804	7	Copenhagen	87.91	2	1.02%	6
7	Finland	芬蘭	48,668	14	Helsinki	57.13	9	0.78%	11
8	France	法國	46,184	15	Paris	57.16	8	0.83%	9
9	Germany	德國	53,919	9	Berlin	64.82	6	0.80%	10
10	Greece	希臘	29,799	27	Athens	79.19	3	1.77%	3
11	Hong Kong	香港	59,848	6	Hong Kong	17.11	28	0.19%	33
12	Hungary	匈牙利	32,945	25	Budapest	23.32	24	0.47%	24
13	India	印度	6,700	34	Hyderabad	12.13	32	1.21%	4
14	Iran	伊朗	12,389	33	Tehran	5.14	35	0.28%	30
15	Israel	以色列	40,145	21	Jerusalem	41.28	15	0.69%	13
16	Italy	義大利	42,492	18	Rome	28.96	20	0.46%	25
17	Japan	日本	41,429	19	Tokyo	38.10	17	0.61%	18
18	Kenya	肯亞	4,330	35	Nairobi	13.90	31	2.14%	1
19	Macao	澳門	123,965	1	Macao	19.07	27	0.10%	35
20	Malaysia	馬來西亞	28,364	29	Kuala Lumpur	10.10	34	0.24%	31
21	Malta	馬爾他	44,032	16	Valletta	120.32	1	1.82%	2
22	Netherlands	荷蘭	56,935	8	Amsterdam	42.69	14	0.50%	21
23	Norway	挪威	63,633	4	Oslo	54.67	10	0.57%	20
24	Poland	波蘭	33,221	24	Warsaw	30.60	19	0.62%	17
25	Portugal	葡萄牙	34,894	23	Lisbon	38.87	16	0.74%	12
26	Romania	羅馬尼亞	29,941	26	Bucharest	27.60	21	0.62%	16
27	Russia	俄羅斯	27,044	30	Moscow	19.17	25	0.47%	23
28	Singapore	新加坡	97,341	2	Singapore	43.33	13	0.30%	29
29	South Korea	南韓	42,765	17	Seoul	14.76	30	0.23%	32
30	Spain	西班牙	40,903	20	Madrid	30.66	18	0.50%	22
31	Sweden	瑞典	53,240	10	Stockholm	26.50	22	0.33%	28
32	Switzerland	瑞士	68,628	3	Bern	69.42	4	0.68%	14
33	Taiwan	臺灣	50,500	12	Taipei	11.69	33	0.16%	34
34	Turkey	土耳其	28,424	28	Ankara	19.09	26	0.45%	27
35	U.S.A.	美國	62,530	5	Washington D.C.	61.54	7	0.66%	15
—	—	平均個人 GDP (美元)	44,049	—	平均水價 (新臺幣/度)	39.19	平均水費 負擔率	0.69%	—

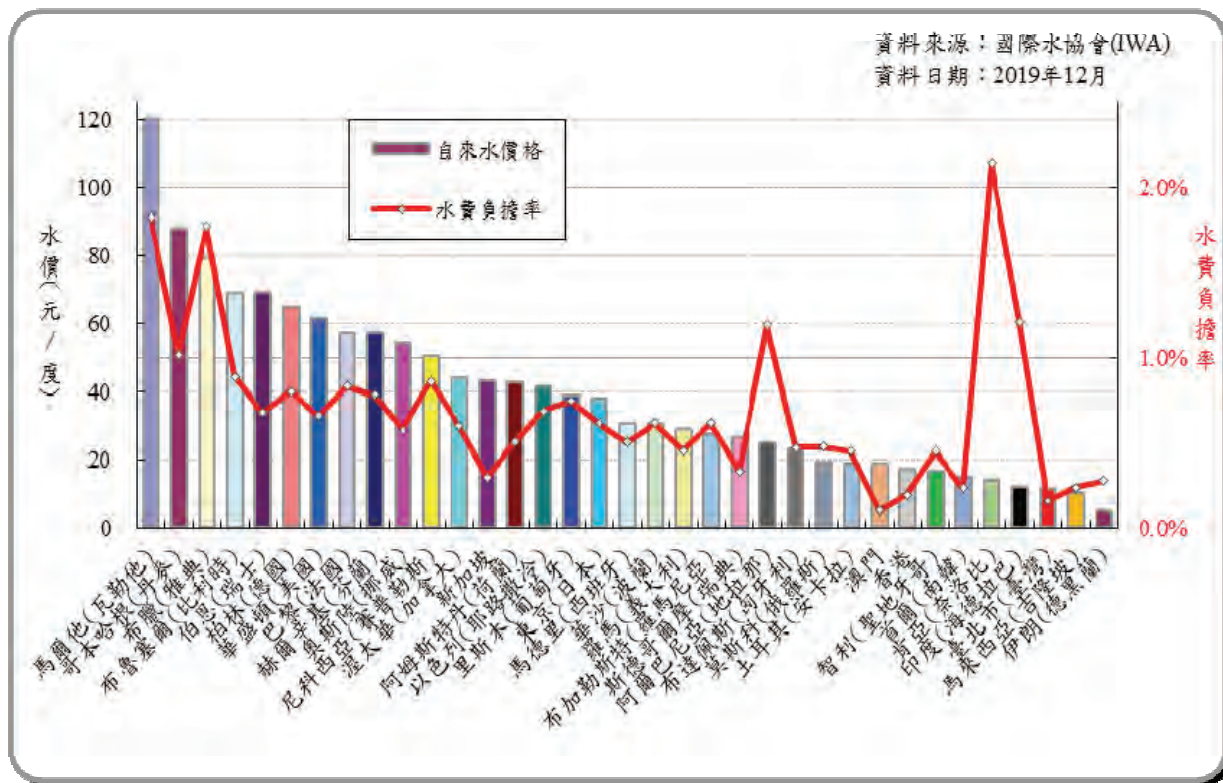


圖 2 各國首府家戶自來水平均水價及水費負擔率

(四)人均用水量與水費負擔率

本次國際水協會所公布的資料，包括世界上 163 個城市之 2018 年人均用水量，其中最高者為阿根廷之 Mar del Plata，高達每日 356 公升；最低者為烏干達的 Malindi 及 Mombasa，每日只有 60 公升；所有城市之平均值則為 153 公升。我國臺北市的人均用水量為 326 公升，高雄市則為 268 公升，在 163 個城市中排名分別是高居第 3 名及第 7 名，顯示我國家戶用水有高度浪費之虞。

為觀察「水費負擔率」與「人均用水量」之關係，取本次國際水協會公布可供比較 167 個城市的水服務費用及其人均用水量，二者予以對照比較。部份無 2018 年人均用水量資料者，則擇其往年最新可取得之數據。將此 163 個城市之「人均用水量」由高而低

排列，再將其「水費負擔率」對應繪圖如附圖。由該圖可發現，隨著「水費負擔率」上升，「人均用水量」有逐漸下降的趨勢。換言之，「水費負擔率」愈低的地方，其「人均用水量」就愈高。因此，政府相關機關如要降低「人均用水量」，並提高用水效率，捷徑之一就是調高自來水的價格。

六、結論

諸多數據顯示，相較世界各國，我國自來水價格已明顯不合理之偏低。尤其臺灣的水價及「水費負擔率」全球排名均為倒數第2名，更是我國水價過低的具體例證。

當「水費負擔率」上升，「人均用水量」有逐漸下降的趨勢，顯示水價高低攸關用水效率。如要鼓勵民眾節約用水、珍惜水資

源，捷徑之一就是調高自來水的價格。

我國自來水事業具有公共服務之特性，雖然不是以營利為目的，不過水價之訂定仍然應該確實反映成本，藉此確保自來水事業機構之永續經營，並達到鼓勵節約用水、減少溫室氣體排放之效益。台水公司水價自民國 83 年起即無調整過，迄今已經過 28 個年頭，尤其近年國際物價高漲，合理水價政策已迫切需要一個理性及客觀之討論空間。

參考文獻

- 1.臺北自來水事業處，108年臺北自來水事業統計年報，109年5月
- 2.台灣自來水股份有限公司，108年台灣自來水事業統計年報，109年4月
- 3.周嫦娥、廖肇寧，水資源總體經濟模式(III)，經濟部水利署委託研究報告，91年
- 4.IWA Water Statistics，Total Charges Drinking Water for Cities in 2019 For A Consumption Of 200 m³，取自<https://waterstatistics.iwa-network.org/>
- 5.經濟部水利署，台灣地區民國108年生活用水量統計報告，取自 <http://wuss.wra.gov.tw/annuals.aspx>

作者簡介

周國鼎先生

現職：行政院環境保護署專門委員

專長：自來水工程、空氣污染防治、環境教育