自來水會刊第 39 卷第 4 期(156)目錄

特　　載

台灣自來水公司員工訓練園區公共藝術簡介……陳明輝……1

實務研究

台東東興小區降低 NRW工法實務……林子立……4
閥栓埋沒提升覓測與精進作法研議……吳幸璋、王詠民……9
利用次小區的水力分析找出漏水管段……羅健成、吳界明、廖偉欽……14

本期專題　供水服務

運用媒體行銷政策－翡翠原水管動工為例……范書田……20
氣候變遷下調整合理水價之探討……陳佩君、鍾澤邦、蕭淑貞、楊晴雯……26
學校供水站實施現況分析與策進作為……李俊德、陳韋嘉……35
用戶總表口徑管理研究……黃心怡、林浩淳、江淑惠、謝素娟……42

一般論述

水表自轉之謎與因應之道……周家榮……54
山形剛架結構設計之探討……曾浩雄……60
加速水表汰換處理模式探討－以北水處西區營業分處壞表案件為例……梁植維……72

他山之石

參訪新加坡公用事業局水務管理心得探討……游叡研……80

協會與你

歡迎投稿 110年「每期專題」……19
中華民國自來水協會會刊論文獎設置辦法……71

封面照片：台灣自來水公司提供

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、一般論述、每期專題、業務報導、專家講座、他山之石、法規櫥窗、協會與您、會員動態、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），前述二類文稿請儘量附英文題目及不超過 150 字之中英文摘要，本刊將委請專家審查。「每期專題」由本刊針對特定主題，邀請專家學者負責籌集此方面論文予以並列，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、惠稿每篇以三千至壹萬字為宜，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。

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、本刊係屬贈閱，如擬索閱，敬請來信告知收件人會員編號、姓名、地址、工作單位及職稱，或傳真(02)25042350 會務組。本刊將納入下期寄贈名單。

十、本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。

十一、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 92 年 3 月 26 日工程企字第 09200118440 號函增列為技師執業執照換發辦法第五條第一項第四款之「國內外專業期刊」，適用科別為「水利工程科」、「環境工程科」、「土木工程料」。

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
葉陳蓌

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

印　　刷：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

台灣自來水公司員工訓練園區公共藝術簡介

文/陳明輝

摘要

『自來水員工訓練園區興建計畫』選定位於台南市新營區之新營淨水場作為訓練園區場址，於場址內將規劃興建教學大樓 1 棟(地上 5 層，地下 1 層)、學員宿舍大樓 1 棟(地上 5 層，地下 1 層)、專業訓練場所及戶外休閒育樂設施(籃球場及網球場)等，並整修保存既有之淨水設施(含廢棄高架配水池、調整井等)，使園區兼具教學、訓練、研究、會議及生活休閒之多重機能，滿足員工教育訓練學習與實際操作技術層面之需求，成為人力資源培育與發展的現代化學園。

員工訓練園區現已興建完成，園區內公共藝術設置由高雄師範大學美術系陳明輝教授創作執行，預計於年底前開放園區。

關鍵字：公共藝術

一、前言

本案作品以自來水訓練中心的核心價值與精神出發，設置三組公共藝術作品「永續‧淬鍊」、「水的奇幻旅程」、「漫活之森」等系列公共藝術教育推廣活動，透過本案作品與藝術教育之力量，讓民眾感受園區建築、空間、藝術之美外，更能夠從作品中認識水的相關知識與永續利用之精神及重要性，在園區空間悠游時，創造人與自然交融，生生不息的對話。

二、作品

(一)永續‧淬鍊

雨水穿透大地，透過地表岩層的層層淨化，再以純淨的姿態回歸自然循環，象徵自來水公司於淨水過程以高品質、嚴格把關的專業態度，使民眾飲水時「喝的安心、用的足夠」。水滴造型運用多種自然石材層層堆疊如地層樣貌，象徵時間與自然淬煉之美，如自來水公司服務精神的核心理念基石，穩定坐落於此。

圖 1　永續‧淬鍊

水是虛形，亦是實體，而高低錯落的鋼構層疊造型，轉化延伸的自然山水意象，似山似水，虛實蜿蜒於空間中，製造多層次的穿透性，讓民眾可親近作品遊憩其中，總體造型連接人文、歷史與知識的軌跡，讓作品在廣場上與後方老樹、舊建築共構出一時間與記憶交織的生命場域。

作品延伸地質層疊之美，並在之中交雜著些許鮮明色帶，呈現了時間與文化交融的新面貌，整體呈現台水不斷創新，求變永續發展精神。

圖 2　永續 • 淬鍊

(二)水的奇幻旅程

水是自然界中不可或缺的重要元素，維持著地球環境的平衡與生命的延續，除了可見的大海、河川、湖泊、小溪外，地底下、空氣中、植物及動物身上也都有水的存在，透過大自然神奇的循環機制，可愛的小水滴開啟了一趟趟奇幻的旅程。

圖 3　台灣自來水公司的 Logo

圖 4　水的奇幻旅程

延伸台灣自來水公司 Logo 的精神，運用多層次的自然色彩，繪出山水與生態交織的美麗景致。透過單純、有機、簡約造型浮雕在空間中交疊，譜出一趟水的奇幻旅程，其中蜿蜒溪流末端更匯聚成一雙溫暖的手，中心孕育著生命的種子，向上生長開枝散葉，象徵台水的『主動、積極、負責』,『親切、熱心、誠懇』的使命與服務精神，並傳遞著守護自然與永續發展的理念。

園區為開放的空間設計，本作品設置於醒目的高樓壁面，透過自然和諧的色彩，營造親民的迎賓視覺意象，吸引民眾來訪，與民共享，並促進周邊發展與文化藝術氛圍。

(三)漫活之森

自然生態系中，水的循環與陽光、植物有著密不可分的連結故事，作品以葉子為造型，層疊交錯與生態池間形成一條森林廊道，似是邀請民眾穿越其中並坐在賦予街道家具的葉片上，一同欣賞著，水資源優遊於葉脈交織的網狀旅程，在陽光照映下，步道上映射出《漫活之森》樹影交織又似波滔水影的趣味場域，為來往園區民眾漫活其中，提供一處休憩與凝聚的空間，讓人與自然在此邂逅。

圖 5　漫活之森

五、結論

我國在一九九二年，由立法院通過《文化藝術獎助條例》；自此，「文化藝術獎助條

例」中也明文規定建築工程費的百分之一必需用於設置公共藝術品，「公共藝術」熱潮自此在台灣持續加溫，儼然成為建築、藝術、文化界的熱門顯學；尤其在行政院文化建設委員會的宣導、推廣之下，「設置」公共藝術在近幾年內成了潮流風尚。

從「設置」的層面思考公共藝術，無疑是目前台灣大眾對「公共藝術」的理解，也是絕大部分藝術家創作執行的方向。「公共藝術」與「社區總體營造」政策的執行需求相互合拍，成為「藝術下鄉」的前鋒、各類藝術節活動不可或缺的嬌客。儼然已經成為政府重大公共工程、藝術家、民眾以及專家學者在公共領域對話的一扇窗口。

參考文獻

1.曾文南化烏山頭水庫治理及穩定南部地區供水計畫(第1次修正)，經濟部水利署，2013。
2.曾文南化烏山頭水庫治理及穩定南部地區供水計畫(第2次修正)，經濟部水利署，2015。
3.臺灣南部區域水資源經理基本計畫(第1次檢討)(核訂本)，經濟部水利署，2017。

作者簡介

陳明輝先生

現職：國立高雄師範大學美術系教授

專長：雕塑、環境與造型、裝置藝術、公共藝術、多向性空間研究

台東東興小區降低 NRW 工法實務

文/林子立

一、前言

在高水壓的供水管線漏水，測漏器是檢出該等漏水的利器，然而，非屬漏水者，對大區域採一步一腳印的地毯式檢漏者而言，則甚難發現兩者相異之處。

以小範圍的小區管網，則易於從其中的低售水率與最小流量率來判讀出非漏水的其他因子，本報告之東興小區，適在傳統的漏水檢測工法均無法有效提高售水率之後，另採分段計量、二分法夾管超音波計量的進階工法，方得以有效降低 NRW(非漏水)來提高售水率。

二、問題背景與現況分析

台東系統迄 2019 年共完成建置 36 個小區，惟各小區因總表異常、總表故障、小區關鍵制水閥頻遭開啟支受援等因素，無法呈現正確售水率者共 31 個小區，無效小區建置率達 86%(31/36)，僅 5 個小區為有效小區，且有效小區的售水率又偏低，故於 2019 年 9 月擇一小區自辦封閉測試及後續的降漏作為，並另擇綏遠小區為備選小區。

經擇定鄰近台東系統東興小區為示範小區，該小區位於台東平原西側利嘉溪上游近山側，屬鄉村型原住民部落，管長約 10 公里、用戶數約 330 戶，進水總表位於利嘉油庫側利民路 1 巷口，以樹枝狀的直管進入住宅區，其管末端與鄰近新園小區相連結，並關閉制水閥，隔離兩小區之供水（圖 1），2019 年 12 月 10 日至 2020 年 2 月 11 日售水率 45.32%(189÷417CMD)、NRW 為 228CMD。

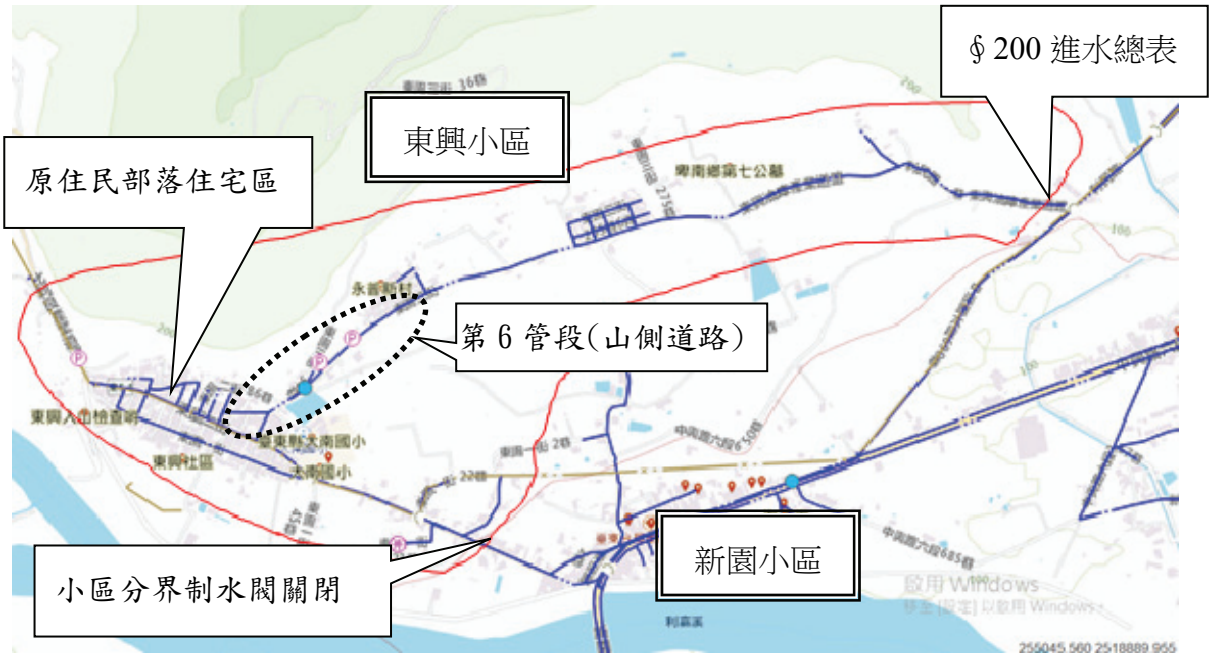


圖 1　台東系統東興小區管網圖

三、實務探討

經台水公司第 10 區管理處漏水防治課蒐集東興小區相關水量數據及管網圖資，嘗試以日本東京水道服務社在 101 年於台中 14 小區及 103 年員林 0306 小區，並參考 103 年丹麥 Leif Koch 檢漏公司在高雄旗津小區等的執行流程，研採檢修漏的小區實務作法，來累積自辦的實作經驗。

由於台東營運所的前置作業，包括埋沒閥栓提升、用戶表位與售水量數據等的清查，已耗時數月之久，總處漏水防治處遂於 2020 年 2 月 19 至 20 日前往協助並初步規劃小區分段計量的管段區域，3 月 11 至 13 日再前往會同台東營運所同仁及漏水防治課的檢漏人員，執行分段計量與封閉測試及夜間檢漏、修漏，復於 3 月 31 日至 4 月 1 日再前往複檢採二分法超音波計量，覓出非漏水的疑似竊水不明管，並再研討另一綏遠小區的工法與現勘。

(一)第一階段：凌晨分段計量（STEP TEST）與封閉測試及漏水點檢修漏

2020 年 3 月 12 日凌晨會同台東營運所修漏同仁 2 人及漏水防治課課長、檢漏單位 6 人共 11 人，於凌晨 01：00 啟始作業，執行分段計量(圖 2)、密合度聽音(圖 3)與封閉測試(圖 4)及夜間檢漏，經分段計量分析(圖 5)後，位於第 6 管段管長約 300 公尺的 ϕ 200-DIP(1999 年埋設)，異常水量達 225CMD，遂復供水至第 6 管段並即行檢漏，於檢出疑似漏水點後，見居民已晨起運動，遂於 5：25 完成全面復水。

圖 2　分段制水閥關閉

圖 3　聽音棒複測閥關閉之密合度

圖 4　開啟該管段內消防栓洩壓，封閉確認

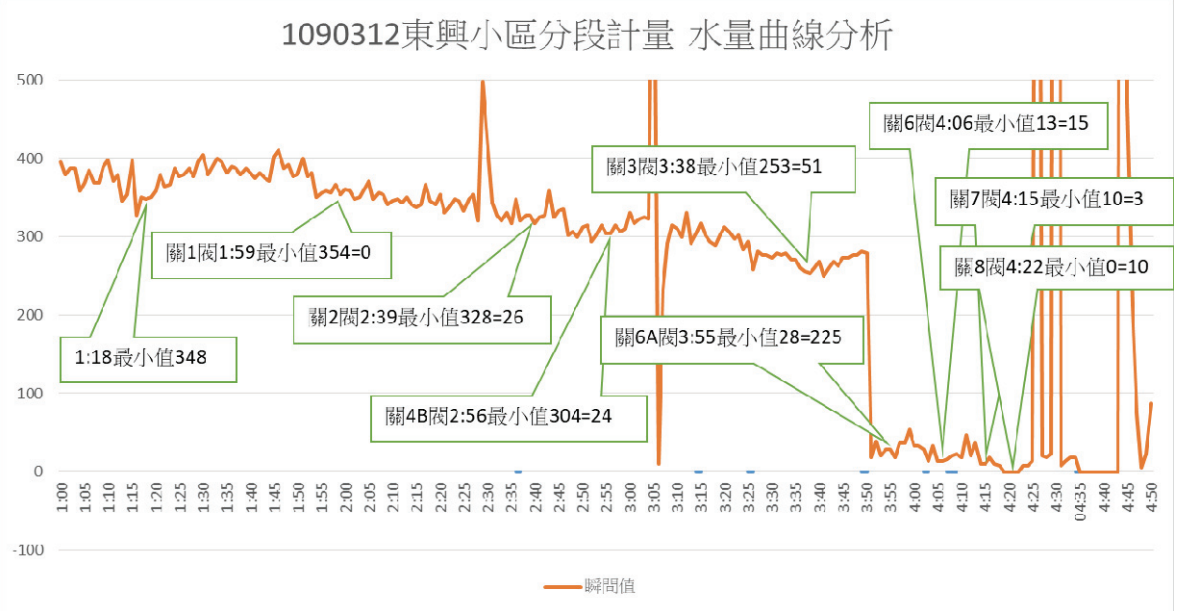


圖 5　分段計量與數值分析

圖 6　第一階段漏水點鑽探確認

復於 3 月 12 日當日下午，再前往現場針對該疑似漏水點，執行漏水點鑽探確認(圖 6)，統計開挖前 3 月 11 日移動週(3/5-11)平均日供水量 334CMD，並連繫修漏單位，於 3 月 16 日開挖，發現不明管 ϕ 50-PVCP 漏水封管修復(圖 7)，比對 3 月 23 日移動週(3/17-23)供水量 317CMD，降低供水量僅 17 CMD(334-317)，供水量降低未如預期。

(二)第二階段：夾管超音波流量計二分法計量

遂於 3 月下旬再執行第二次分段計量，包括檢漏員將上游水利溝關閉其進水閘門後，再鑽進已無水流之水利溝內，以其上方由水泥路面下穿越之過溝管，以超音波流量計(圖 8)確認該過溝管下游管段為非漏水區域，確定仍為第 6 管段水量異常約 100CMD，惟經檢漏未覓出漏水點，再以兩點漏水相關儀輔助漏水檢測，仍無明顯的漏水點峰值。

圖 7　2020/3/16 修漏 ϕ 50-PVCP 不明管管帽封管閥關閉

圖 8　鑽進已無水流之水利溝內，以超音波流量計確認該明管下游管段為非漏水區域

由於該東興小區為山地原住民部落，車輛對外出入有平地與山側兩條鄉轄之主要道路，該第 6 管段即為山側道路，且來往車輛更加稀少，經取得該轄管道路機關同意後，即採二分法開挖計量(圖 9)，耗時一日的計量及修漏，即覓出並降低供水量。

圖 9　二分法超音波計量，確認流量異常之管端

2020 年 3 月 31 日檢漏單位攜三組夾管超音波流量計，於第 6 管段採二分法開挖計量(圖 10)共六處，覓出無漏水 ϕ 20 接合管(圖 11)，該處為斜坡道路，鄰近均無住戶，現場研判疑似竊水不明管，即予封管。

(三)測漏器聽音研判

經現場研判該接合管位，未能以測漏器及兩點漏水相關儀檢出疑似點位，應與該處為非漏水點有關，水壓約 1.7 kg/cm^2，蓋該處為接合管之隱性流水音，並無一般金屬孔口破裂之摩擦噴激音，又環顧該接合管位鄰近區域，並無用戶房屋，其道路北側為山壁(圖 12)，南側為坡崁下之廢棄養殖池(圖 13)，疑似為竊水不明管，又該管段自小區總表埋設起始至進入原住民部落之路口，均為 1999 年埋設之 ϕ 200-DIP 管線，該接合管位上約 10 公分，為一方塊水泥覆蓋，故研判為工程埋設時，即已遭施作接合管，其後端究竟埋設至何處？因已近傍晚時分，不易檢測，故僅於接合管處拆除結案，有效減少供水量。

圖 10　於異常流量之管段，再以二分法開挖計量，逐步縮小異常管段

圖 11　接合管位上約 10 公分，為一片水泥覆蓋，故研判為工程埋設時，即已遭施作竊水接合管

圖 12.　道路北側為山壁

圖 13　道路南側為坡崁下之廢棄養殖池

(四)工法探討

目前民間檢漏公司，在漏水檢測的流程上，僅執行至分段計量階段，複行檢漏如未覓出漏水者，一般即建議管線汰換，並未執行後續的二分法計量來縮小 NRW 管段找出問題點。

台水公司 108 年管線汰換每公里平均花費 678 萬元，如以本東興小區案例，管段 NRW 水量已確認且未檢出漏水後，如列管線建議汰換，則將花費約 200 萬元(0.3KM*678 萬元)的經費，而採二分法約僅數萬元的修漏費用及約一日的工作天，節省百萬經費。

四、績效驗證

經封管後 4 月 16 日移動週(4/10-16)供水量已降至 258CMD，較第 1 次開挖前共減少 76CMD(334-258)，經兩個月的用水期間抄表顯示，自 4 月 10 日至 6 月 11 日售水率 80.07%(221/276CMD)，低空掠過目標 80%。

五、結論

隨著科技進步，偵漏儀器被持續的進階改良，更因台水在 10 年降低漏水計畫內，自 102 年迄今已建置逾 2800 個小區管網，檢漏單位更應善用該等偵漏儀器及進階工法與數值分析，有效的來降低 NRW(無收費水量)，而非僅停留在早期一步一腳印的地毯式聽音檢漏與減少漏水而已。

作者簡介

林子立先生

現職：台灣自來水公司漏水防治處工程師

專長：分區計量診斷與漏水檢測

閥栓埋沒提升覓測與精進作法研議

文/吳幸璋、王詠民

一、前言

供水轄區管網的控制需仰賴閥栓設備操作，當發生破管導致水壓水量不足，甚至水質異常時，均顯示出閥栓設備在管網中的重要性。北水處供水轄區多位於人口密集的都會區，隨著工業發展，國民生活水準逐漸提高，自來水的普及與使用率也逐漸提升，停復水不僅影響一般用戶飲用、浴廁、廚房、洗滌、洗衣、淋浴等日常用水，與商業活動有關的大型辦公大樓、廠房的空調系統，各種產業製造用水、冷卻用水、鍋爐用水，以及醫療院所之用水息息相關，影響層面極廣。

隨著各項市政建設的推動，管線單位辦理汰舊換新，以及道路主管機關路面更新工程，以往各機關間尚未建立有效的橫向聯繫機制時，致銑鋪路段施工前未能先行定位，施工因缺乏足夠人力巡查，未能及時及時發現埋沒閥栓、並覓測提升，導致現今許多閥栓仍遭埋沒。目前北水處轄區內約有八萬餘只閥栓，各營業分處約 12,000 只至 18,000 只不等，數量龐大，而覓測技術的精進，能在閥栓埋沒後正確快速定位，在有限的人力與作業空間下，1 次挖掘提升完妥，既能避免在交通繁忙的市區道路重複挖掘，也能迅確實的達成提升埋沒閥栓的目標。

二、依既有圖卡覓測閥栓遇到的困難

自來水管線施工完畢後，需繪製竣工圖與閥栓圖卡，以閥栓附近顯而易見的、定著於土地上不易變動位置之地面定著物為參考點，例如建物屋角、燈桿等，量測相對距離，以 1 參考點，定出正交座標，繪置於圖面，之後演件為 4 點定位，其中 2 參考點為各 2 組正交座標，其他 2 參考點為單一射線距哩，據以交線定位。並增加含有參考點及閥栓照片上繪設自該參考點量至閥栓距離之示意線條，與前述圖卡一併歸檔。而針對早期尚未有數值地形圖時製作之圖卡，竣工圖係將工程案址局部地形地物測量後再將管線繪上，閥栓圖卡亦比照辦理，當時可資參考的地形地物，因城市進步變化太大，圖卡業與現況不符，此類資料亦以專案委外辦理重新繪製。

欲以圖卡至現場覓得埋沒之閥栓，必須先覓得圖卡上參考點，現場認定該點位置是否與圖卡上點位相符，例如圖面上參考點為建築物一角，建立圖卡當時現場所取的點位係屋角或雨遮投影至地面點位，確認參考點後依距離定出該閥栓位置，可能導致錯誤的因素除參考點認定不一以外，現況是否已另有裝飾、增建，量測距離是以布捲尺或滾輪尺，將導致誤差；就參考點而言，市區有明確的地形地物可資參考，道路線型較規律，量測距離時尚可維持座標正交，於山區道路，無明顯地物，難以就近取得參考點，而可供作為參考點位之燈桿、電桿遇有變動亦難以得知，且常遇有距離過長，道路線型不一等因素，製作圖卡時已存有誤差，致後續難以覓得。就參考點位置容易遭誤解部分，

近年來增加有參考點位與閥栓量測距離照片，雖可依照片覓得正確參考點及量測距離，量測過程仍將因人為因素導致誤差，難以準確覓得該閥栓。

以北投區知行路 206 巷 3 號前制水閥為例，本路段為 83 年配合道路新築埋設配水管，原埋設管線時繪設閥卡如圖 1，92 年重新測量定為者為圖 2：

圖 1　埋設管線時繪製閥卡

圖 2　92 年重新測量繪製閥卡

圖 1 的的參考點為巷口道路邊線切線交點，圖 2 的參考點為門牌 3 號之屋角，單就圖面來看水平方向距離分別為 5.3 公尺與 5.4 公尺，僅差距 0.1 公尺，就比例尺來看顯不合理。而制水閥位置實際量測如圖 3 所示，與上述二閥卡所示點位差異甚大，如欲以現行管制路段須採用之圓形切割樹脂水泥整平工法提升，完成後直徑為 0.5 公尺，如持閥卡至現場定位精確度不足，即使覓得該閥，完成提升後亦難以達成規範要求之直徑 0.5 公尺。

圖 3　制水閥實際測量位置

除以圖卡上以距離量測定位，現場常以金屬探測器輔助覓測，金屬探測器應用於覓測埋沒之閥栓，係探測金屬（通常為鑄鐵）製之閥栓箱較能有效覓得，以探測出之形狀與大小判斷是否為自來水所屬之制水閥箱或消防栓箱，如閥栓箱已遺失，則難已探測至閥栓構件，且無法應用於遇有含鋼筋補強或有點焊鋼絲網等鋪面，也容易將其他管線單位降埋人孔誤判。另尚可使用透地雷達，透地雷達係將無線電波射入地表下，地表下的物體和地層使之反射，因此探測範圍受地表下物質導電率影響，在乾燥的砂質土壤或混凝土等大塊物質可穿透深度數公尺，潮濕或含有黏土的土壤中因為高電導率，有時候穿透深度只有數公分，且透地雷達單價高，體積大不易攜帶，且尚須專業判讀無法即時於現場噴記覓測結果。

近年來 google 街景使用便捷，網頁存有

數個時間歷程之街景，且可多角度檢視，配合不同角度相對地形地物之判讀，相對定位出該閥栓，這可作為後續以實景建立圖卡的參考，使成為另一種有效紀錄閥栓位置的方法，成為有效覓測閥栓之工具。

三、建立閥栓正確圖卡

覓測已埋沒的閥栓需仰賴正確的圖卡，依前述建立圖卡的參考點為係人為至現場認定，後續持圖卡前往覓測時對圖卡上參考點位的認知是否一致，將影響覓測結果，為消除不確定的人為因素，建立正確的座標是必要的，而閥栓多位於路口處，以經緯儀施測閥栓座標，市區內引測水準點通視距離、交通因素等將影響作業時間，而閥栓埋沒後持相關資料以測量儀器現場放樣，亦將面臨同樣的問題，故過往鮮少現場測量建立實測座標閥卡，而隨著全球衛星定位系統（簡稱 GPS）及測量技術的進步與測量儀器的普及，在空曠地區無遮蔽處幾分鐘就可以完成精確度為公分級的定位，建立實測座標資料庫時機相對成熟。

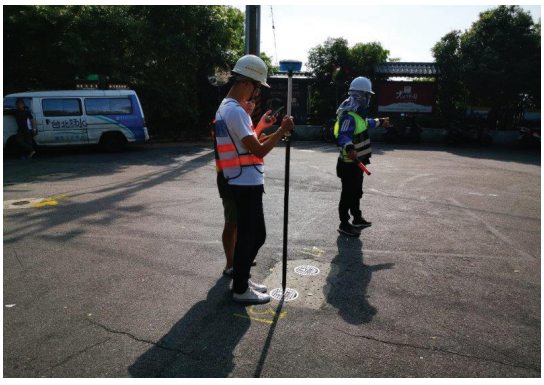


圖 4　以 GPS 定位儀器施測制水閥座標

北水處前辦理「擴大 GIS 多元運用及支援決策」案，其中必須建構管線及附屬設備的空間資料庫，為提升案內管線及附屬設備空間資料庫之精度，辦理測量工作，再依據測量成果修繪相關管線及附屬設備位置，惟原始圖資之管線附屬設備數量龐大，在前置作業階段時，透過其他既有的可靠圖資(如臺北市新工處測量圖)獲得管線附屬設備資料，再篩選出必須現地測量的點位前往測量。換言之，本處已完成所有閥栓實測座標資料庫。

四、預定銑鋪路段閥栓點位進行實測—比對資料庫內座標

為避免銑鋪後閥栓遭埋沒難以覓得，過往接獲相關單位通知即將進行道路銑鋪時，即派員前往該路段進行定位，將閥栓位置以支距方式標示於路邊或於銑鋪後即刻前往現場比對銑鋪前位置於閥栓點為噴記便於提升；現資料庫內已有實測座標，以試驗性實前往再次測量閥栓點位後，再與資料庫內座標比對，藉此機會進行檢核，以下兩路段為案例，圖 5 為第 1 段路段座標點位複測與資料庫內座標符合情形，圖 6 為同一路段 2 處不符合情形，顯示出不符合之 2 處與資料庫內座標差距較大，如遭埋沒後已資料庫內座標前往放樣，可能無法覓得該 2 閥。

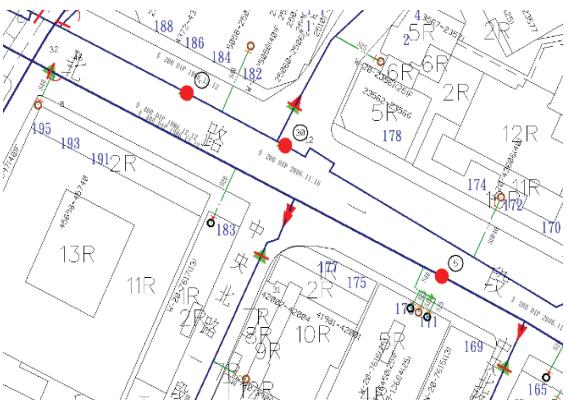


圖 5　複測座標符合

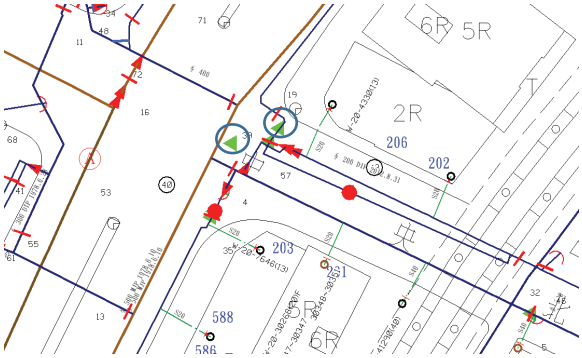


圖 6　複測座標 2 處不符合

圖 7 為第 2 段路段座標點位複測與資料庫內座標符合情形，圖 8 為同一路段 1 處不符合情形，不符合處與資料庫內座標差距雖較第 1 路段近，如遭埋沒後以資料庫內座標前往放樣，雖不至於無法覓得，但如以圓形切割樹脂水泥整平工法提升閥栓，可能將無法達到規範之誤差要求。

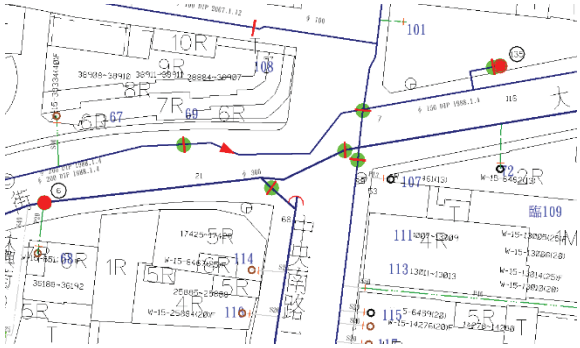


圖 8　複測座標 1 處不符合

上述 2 路段經實測後比對資料庫內計有座標點位，以資料庫內既有座標放樣，以傳統方式由機械開挖，除案例中 2 處誤差較大者可能於挖掘需現場再次覓測指示挖掘方向方能覓得以外，其餘尚可覓得，惟日後如全面採用圓形切割樹脂水泥整平工法提升閥栓，估計約有 10~20%無法符合該工法之要求，而無法一次覓得。

五、後續精進作法

為提高閥栓埋沒後覓測成功率，維護管理上可再策進 3 大保證成功作為：

1.提高既有資料庫內實測座標準確度：

目前最新資料既有閥栓超過標準誤差率約 10~20%，主要誤差來源為他單位轉拋提供、現存圖資內無而現場有閥栓(竣工圖有該筆資料)、經銑鋪或經他單位施工移動閥栓箱但圖資未變更等因素產生過大誤差；而市區道路銑鋪後將管制挖掘，如銑鋪時遭埋沒未於時限內提升，將導致既使知道確切點未卻無法提升之窘境，避免現存閥栓銑鋪埋沒至埋沒比率持續惡化，由外單位銑鋪路段優先進行座標現場複測。如進行既有全面座標現場複測檢核，經洽專業承商訪價每只預算價僅須 89 元，成本低效益高，甚至比局部(轉拋點)專案檢核總價低(因數量多故單價可低)，且可解決現存圖資無但現場有閥栓點位問題，短期此方案效益高。日後長期管理模式針對長時間(例如 5 年以上)無複測資料之閥栓點位，以專案進行既有座標複測，以確保符合標準座標比例能提昇並維持在 99.7%以上，則可再也不用擔心閥栓被埋沒後會找不到。

2.提升資料庫管理細緻度:

目前閥栓資料庫僅能以該次巡查時間點進行片段時間抓取資料，難以直接進行整體系統性管理及單一閥栓點專屬病歷資料全流程管理，建議每一閥栓點擁有專屬病歷表模式之資料庫管理，尤其針對已埋沒閥栓閥栓，可進行有無正確圖資(包含有無正確圖卡、竣工圖、實測座標)標註統計分類，並記錄透過何種技術覓測、有無噴記、有無空挖、歷次挖掘照片、有無使用透地雷達等，資料庫內有充足欄位保存歷史資料且能機

動調整操作介面。埋沒之閥栓，可直接由資料庫展開上述資料，並分項下載相關統計分析資料。

3.回測及埋沒閥栓提升標案再精進：

108 年度埋沒閥栓提升之 NSC 標案及設備維修標案，因圖資誤差過大及承商執行工率與工項不足，致提升執行效果不佳，未來建議專以 NSC 標案分別於各營業分處轄區辦理，請承商派駐人員至營業分處內，便於查詢圖卡等資料申辦路證，並明確限定於甲方指定已埋沒閥栓點位編號後若干工作天內要完成資料查詢、彙整、覓測噴記及提送路證申請(或若干工作天內要完成 10 點資料查詢、彙整及提送路證申請，如該點尚未覓測噴記則含覓測噴記作業)，取得路證後承商未前往挖掘或未前往挖掘至一定寬度、深度時得進行罰款，並增訂「回測噴記」、「空挖或圖資不全時得新增採透地雷達閥栓回歸定位及噴記」單價，並擴大開挖有、無的單價差異，鼓勵承商努力回測並達成提升已埋沒閥栓之目標。已埋沒閥栓經相當程度的資料查詢、彙整、覓測的努力後(歷程亦應紀錄於該點閥栓資料庫)，現場挖掘確實確認空挖，依該閥栓的重要性判斷是否需再採用其他手法覓測，或由主管裁示放置於「空挖閥栓圖層」(與永降圖曾有別)，放置空挖閥栓圖層前，依該閥栓重要性判斷是否須採透地雷達等方式再覓測，授權主管裁定。放置於「空挖閥栓圖層」者則不須再定期巡檢及座標檢核，於日後適當時機再檢討，或俟日後區域性管汰有機會廢棄該管段時一併廢棄。

六、結語

過去現場取參考點利用相對距離用來定出閥栓位置建立閥栓圖卡，在測量費用昂貴及技術尚未普及時不失為一項快速有效的方式，但隨著測量定位技術的進步成本大幅降低，又因應未來全面採用圓形切割樹脂水泥整平工法提升閥栓，定位的誤差不能大於 20 公分，建立準確的實測座標據以做為爾後遭埋沒後放樣的依據勢在必行，而類比於各級三角點的重要性，維護機關均會定期實測檢核，閥栓遇施工可能遭埋沒或移位的機率更高，定期檢核累積長期實測資料，以期提高正確率至合理比率後，再考慮是否降低檢核頻率，或僅進行專案特定類別檢核，方能在市政建設頻繁的環境下，維持高正確率的實測座標資料庫，在閥栓遭埋沒後能據以正確放樣，達到不重複挖掘、一次成功提升的首要目標。

參考文獻

1.臺北自來水事業處，「臺北市自來水設備檢驗辦法」，2016。

2.臺北自來水事業處，「「GIS管線資訊現地應用系統」閥栓類巡查及相關作業」規定，2017。

3.臺北自來水事業處，「孔蓋周邊圓形切割樹脂混凝土整平工程施工作業規範」，2017。

作者簡介

王詠民先生

現職：臺北自來水事業處陽明營業分處二級工程師兼股長

專長：自來水工程規劃、設計、監造、小區計量、漏水搶修及供水調配。

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。

利用次小區的水力分析找出漏水管段

文/羅健成、吳界明、廖偉欽

摘要

本文提供一個整合技術，整合管網的 GIS 資料及用戶近期的用水資料建立 EPANE 管網分析的可執行檔案，利用簡化技術將小區(DMA)分成數個次小區(sub-DMA)，由次小區的水力分析的壓力變化找出疑似漏水的管段。本文以基隆市安樂 DMA 來印證，比對該 DMA58 次的修漏紀錄(2014 年至 2019 年 6 月)，以視覺化標示的 30 個可疑的漏水管段，發生 40 次的修漏紀錄。本文所提的方法及視覺化標示可疑的漏水管段，讓檢修漏人員縮小檢測範圍，減少負荷並提高效能，使得漏水檢測的工作更有效率

一、前言

由於全球暖化的現象及環保意識的高漲，造成水資源的取得日益困難，滿足用戶的需求增加及降低供水網的漏水問題已成為現代自來水事業的重要議題。而供水管網(WDN，Water Distribution Networks)的自來水管線，經統計看得見的地表漏水只佔總漏水量的 10%，看不見的地面下漏水佔 90%。由於供水管網的的範圍較大，因此開發可靠的偵測儀器(壓力測量傳感器(sensor)及水量計)，對於 WDN 的損失減少至關重要，由於這些監測備昂貴，且因激增的交通負荷，因此佈置的數量有限，觀測的數據非常缺乏。

由於無法有效的顯示 WDN 的的漏水現況，因此各供水事業，著手建置之分區計量管網(DMA，District Metering Area)來縮小供水範圍，並建置監測儀器，來管理 DMA 的進出水量及水壓。台水公司(TWC，Taiwan Water Company)為減少 WDN 的的漏水，建置很多的 DMA，並配合開發機器學習演算法的 WADA (Water Advanced Data Analysis)系統，來自動偵測 DMA 異常現象，並產生事件主動通知相關人員，及早發現漏水。但是 WADA 可發現 DMA 有漏水現象，可是要在 DMA 找出漏水管段仍有困難度。因此引發本文探討縮小 DMA 的範圍及其水理狀況，來找出疑似漏水管段的動機.

二、文獻探討

Salam 等。[1]提出，漏水的管路會改變供水網絡中每個連接點/節點的壓力。然後可以通過分析計算壓力變化的模式，以檢測漏水的位置和大小。在這項研究中，檢漏儀將由 SVM 計算機化。

Taman Khayangan Resident Makassar 的供水管網，利用 EPANET 2.0 軟體及望加錫的飲用水當地公司數據(PDAM)。該洩漏檢測系統的可檢測管道上洩漏的大小和位置，模擬結果表明，支持向量機方法在預測中相對準確，洩漏量的均方根誤差為 0.06785，洩漏位置的均方根誤差為 0.1382。

張等。[2]提出了一種增強的獨立成分分析(EICA)，用於特徵提取技術中的盲源分離，它可以減少主成分分析(PCA)空間。SVM 在許多模式識別問題中顯示出很高的同法能力。他們將 EICA 與 SVM 組裝在一

起，並將這種新方法應用於管道中的洩漏檢測。在特徵選擇時，EICA 會生成原始壓力圖像的 EICA 特徵。在分類時，SVM 將 EICA 功能分類為洩漏或無洩漏。基於實際數據的測試結果表明，該方法可以從壓力曲線中檢測出許多洩漏。

Sophocleous 等。[3]提出了一個 WDN 檢測和定位中漏水模型架構。它使用優化和系統的搜索空間縮減。該方法使用兩個階段：(1)搜索空間減少(SSR)階段和(2)洩漏檢測和定位階段(LDL)。結果該方法可用於檢測和定位導致液壓衝擊大於錯誤傳感器數據的洩漏。實際結果證明該方法可以將用於發現洩漏的搜索區域減少到 WDN 的 10%以下(按長度計)。

Jang 等。[4]提出的主成分分析（PCA）和人工神經網絡（ANN）用於估計 WDS 中的漏水量。設計了 PCA-ANN 模型並估算了洩漏率。結果表明，與單個 ANN 模擬相比，PCA-ANN 方法可以更準確地估計漏水率。另外，根據 ANN 模型隱藏層中神經元的數量而變化的結果。提出了提高漏水率估算準確性的方法以及用於供水系統可持續管理的科學方法。

在 Jahanpour，Bryan A. Tolson[5]中，作者提出了在不確定供水管網需求的情況下壓力驅動的水漏和爆裂診斷。這項研究提出了一種基於 MLD(基於模型的診斷)洩漏檢測方法的節點壓力分析的確定性和隨機比較架構。該測試架構適用於具有 92 個節點的樣本合成 WDN。水力分析由 EPANET 執行，代表了網絡需求的不確定性。蒙特卡羅法用於生成網路實現。在以前的研究中，重點放在監測壓力測量儀上。

三、方法論

由於文獻探討可知，Salam 和 Kemba 等人利用 EPANET 和 SVM 法來探討供水管網的漏水的位置，他們使用歷史觀測資料來訓練與預測，惟缺乏對供水管網的漏水與水理變化的關聯分析。Jahanpour 等人採用蒙特卡羅法產生管網的需水量，簡單地改變洩漏的節點需水量，利用 EPANET 分析管網的空間分佈。其水力分析無法確時反應管網的實際的用水狀況。WDN 是在實際的用水狀況下發生漏水，如何建置實際的用水狀況的水理模型，成為重要的任務，讓檢漏人員縮小檢漏範圍有效偵測出漏水點。因此很多水務公司以 DMA 的方式來縮小檢漏範圍，如同台水公司開發的 WADA 系統可以偵測到 DMA 發生漏水，可是無法得知漏水管段，減輕檢漏人員的工作。

DMA 管網可利用 EPANET 或其他管網套裝軟體計算的各管的通過的流量。其任意兩點的能量方程式可表示為：

$$\frac{P_1}{r}+Z_1+\frac{\overline{V}_1^2}{2g}=\frac{P_2}{r}+Z_2+\frac{\overline{V}_2^2}{2g}+H_L$$

由於管道中的流速小於 2～4m / sec，因此可以忽略速度水頭 $V^2/2g$，而點 1 和點 2 間的水頭損失 HL 是 Q 的函數。由於每個節點的高程可以由高程資訊資料庫取得，因此節點處的壓力變化將成為探討管線漏水點的一種重要因子。

本文要找出疑似漏水管段的壓力變化，因此首先要建置可執行 EPANET 管網分

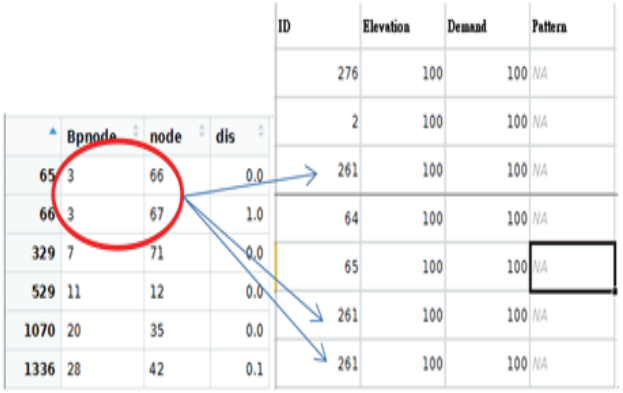
析的模型，DMA 的 GIS 的 SHAPE 檔，需經過下列演算步驟的處理:1.取得 DMA 各節點的高程(利用中華民國內政部 DTM 加值應用網路服務，經申請取得空間 5 公尺的高程資訊)。2.取得管網各節點的用水量:(1)讀取台水司的營運系統資料庫標的 DMA 的每個水量計的近期售水量;(2)將每個水量計的售水量放入最近 DMA 座標的節點;(3)讀進 DMA 每個節點的售水量總和;3.將 GIS 的管線資料如管長管徑等)及節點售水量寫入 INP 檔，才可轉成 EPANET 可執行的 INP 檔，其統合的流程(如圖 1 所示)。

```
Algorithm Shp2Epanet
Get_elevation <- function(x,y){
  return(elevation)
}
shp_1860_df <- read shape file
demand = read demand file for each water meter
Put the demand into the nearest node
Generate hydraulic analysis input parameters and saved to lst_inp file

for each node in shp_1860_df
{
  WGS84XY<-TWD97toWGS84(shp_1860_df$long[i],shp_1860_df$lat[i])
  elevation<- Get_elevation(WGS84XY$lat,WGS84XY$lon)
  writed related node parameters to lst_inp file
}

for each pipe in  shp_1860_df
{
  tarData <- choose the same group pipes in shape file
  for each row in tarData
     writed related pipe parameters to lst_inp file
}

for each node in shp_1860_df
   writed related coordinate parameters to lst_inp file

dealBP2inp(lst_inp)
```

圖 1　Shp2Epanet 演算流程

由於 GIS 的數位化資料的斷點及重疊的問題，本文利用下列處理流程來處理：1.處理斷點和節點之間的距離小於或等於 1：用新創建替換重疊或距離小於或等於 1 後，刪除節點和複製坐標。2.處理斷點和直線之間的距離<=1：首先處理(1)斷點和上述兩條直線之間的距離<=1，(2)2 個斷點和同一直線之間的距離行<=1(即，斷點連接到最近的點)，未處理的 2 個斷點都在同一直線上，並且距離<= 1，建立標的 DMA 水力模型(EP)後，可以執行 EPANET 水力分析。

其次要如何減化標的管網的水力分析的複雜度，找出漏水管段。本文提出將已建好的 DMA 分成幾個次 DMA。將標的 DMA 的漏水量(供水量-售水量)分別發生在各次 DMA，利用 EPANET 水力分析取得各次 DMA 各節點壓降，然後將各次 DMA 異常水理的管段以視覺化呈現，最後將視覺化的成果(如下圖 2)與修漏資料相比對或現場測漏,就得到本文的效能。



Bpnode	node	dis
65 3	66	0.0
66 3	67	1.0
329 7	71	0.0
529 11	12	0.0
1070 20	35	0.0
1336 28	42	0.1

ID	Elevation	Demand	Pattern
276	100	100	NA
2	100	100	NA
261	100	100	NA
64	100	100	NA
65	100	100	NA
261	100	100	NA
261	100	100	NA

圖 2　斷點及重疊在處理過程的顯示

DMA 分成數個次 DMA 的演算步驟如下：

1.依據 DMA 的大小，可預設分成 k 個次小區。
2.在 DMA 的 x 軸經度及 y 軸緯度的 2 維空間隨機給 k 個群心。
3.在 DMA 的每個節點與群心都會有歐氏距離。
4.將每個節點群心都會的歐氏距離資料分給靠近的群心。
5.每個群心都會有分配的新資料並予更新。
6.直到所有群心的資料收斂為止。

四、案例探討

本文以中華民國基隆市的安樂小區驗證，安樂小區的供水戶數 1340 戶，配水量 1226CMD，售水量 748CMD，售水率為 61.01%，供水管線包括 100~300mm 長度為 80.390M，總共有 224 個管段，115 個節點。安樂小區的管網處理前及處理後的 inp 檔(如圖 3 及 4 所示)。

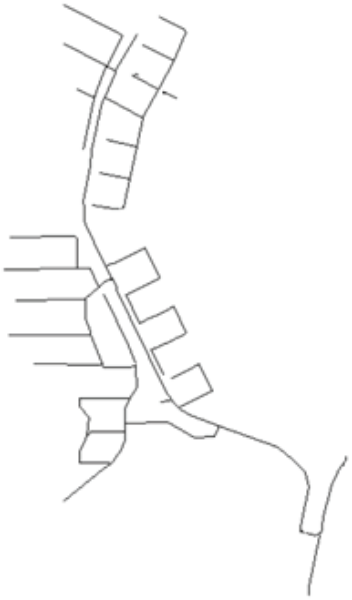


圖 3　安樂小區的原始 GIS 圖檔

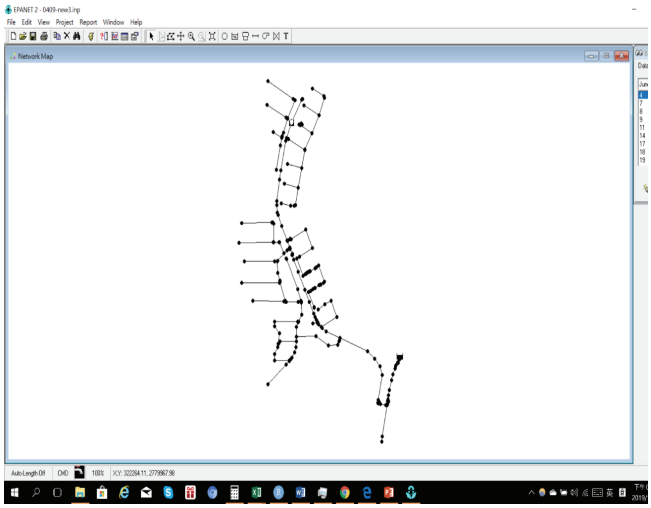


圖 4　安樂小區處理後的 inp 圖檔

安樂小區經由上述演算準則分成 4 個次小區(如圖 5)。安樂小區用水的型態(如圖 6)，其小區在離峰(4AM)用水與尖峰(9AM 及 19PM)用水的比值約 1/3.因此本文採較嚴格的離峰時的壓降比小於 25%的準則下，得到每個次小區在尖離峰的壓降變化，並呈現其視覺化的成果(如圖 7~10)。並與安樂小區的修漏修資料進行比對(從 2014 年到 2019 年 6 月，修漏次數為 58 次)，本文視覺化標示的 30 個可疑的漏水管段,曾經發生 40 次的修漏紀錄。從該結果可以看出，算法呈現的高風險管線段通常也是經過大量修復的管線段。

圖 5　安樂小區分成 4 個次小區的成果圖

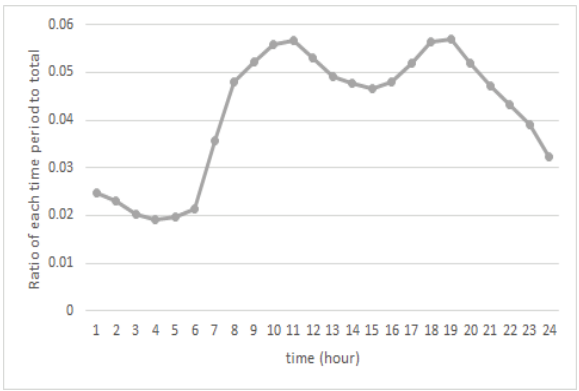


圖 6　安樂 DMA 的用水型態

圖 7　安樂第 1 次小區的水力分析成果圖

圖 8　安樂第 2 次小區的水力分析成果圖

圖 9　安樂第 3 次小區的水力分析成果圖

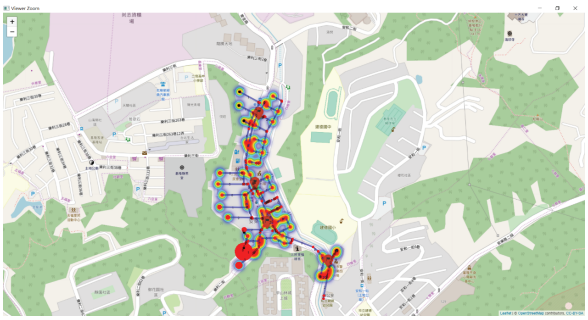


圖 10　安樂第 4 次小區的水力分析成果圖

五、結論

本文提出的整合性的方法可將標的 DMA 的 GIS SHAPE file ,高程,用水量及 GIS 的資料整合成 EPANET 可執行的 INP 檔.本文並提出簡化管網水力分析(由小區分成數個次小區),由次小區的水力分析的壓力變化找出疑似漏水的管段。並以中華民國基隆市安樂小區來驗證方法的有效性。並與安樂小區的修漏修資料進行比對(從 2014 年到 2019 年 6 月，修漏次數為 58 次)，本文的方法利用視覺化的標示的 30 個疑似漏水管段,曾經發生 40 次的修漏紀錄。本文所提的方法及視覺化標示可疑的漏水管段,讓檢漏人員縮小偵測範圍,減少的負荷提高效能,使得漏水檢測的工作更有效率。

致謝

感謝台水公司前任董事長郭俊銘先生及曾參與的同仁，沒有你們的投入與幫忙，就無法完成本文。

參考文獻

1.Salam, A. Ejah Umraeni, et al. "A leakage detection system on the Water Pipe Network through Support Vector Machine method." 2014 Makassar International Conference on Electrical Engineering and Informatics (MICEEI). IEEE, 2014(3)

2.Zhang, Zhengwei, et al. "Leak detection in transport pipelines using enhanced independent component analysis and support vector machines." International Conference on Natural Computation. Springer, Berlin, Heidelberg, 2005.

3.Sophocleous, Sophocles, Dragan Savić, and Zoran Kapelan. "Leak Localization in a Real Water Distribution Network Based on Search-Space Reduction." Journal of Water Resources Planning and Management 145.7 (2019): 04019024.

4.Jang, Dongwoo, Hyoseon Park, and Gyewoon Choi. "Estimation of leakage ratio using principal

component analysis and artificial neural network in water distribution systems." Sustainability 10.3 (2018): 750.

5.Jahanpour, Mohammadamin, and Bryan A. Tolson. "Pressure-driven Leak and Burst Diagnosis under Demand Uncertainty in Water Distribution Networks." WDSA/CCWI Joint Conference Proceedings. Vol. 1. 2018.

作者簡介

羅健成先生

現職：台灣自來水股份有限公司退休總工程師

專長：自來水規劃、設計及施工。

吳界明先生

現職：台灣自來水股份有限公司第五區管理處副處長

專長：資料探勘、演算法及機器學習。

廖偉欽先生

現職：台灣自來水股份有限公司一區管理處工程員

專長：機器學習、深度學習。

本刊 110 年「每期專題」

期別	主　題	子　　題	時程
40 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
40 卷 第 2 期	**營運管理**	1.供水設施營運操作、2.供水系統維護管理 3.管線失效故障分析、4.管線狀況評估、5.降低無收益水量、6.集水區保育治理、7.緊急應變及危機管理、8.管網建模及應用。	5 月
40 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

～歡迎各界就上述專題踴躍賜稿，稿酬從優～

運用媒體行銷政策－翡翠原水管動工為例

文/范書田

摘要

水為民生必需品，與生活息息相關，但對一般民眾感受也像「君子之交淡如水」，因為自來水建設多為地下工程或位於水源管制區，且臺灣的水費相較日本、新加坡與香港等，實為平價，除非發生大缺水、調漲水價或區域水污染等情況，方有新聞關注度，整體上大眾對於自來水政策認知度不高，同時自來水事業機構過往偶爾發布新聞稿說明重大業務，供媒體刊登，但又受制於報社排版而被去頭截尾，或無版面可露出，行銷可見度大打折扣。

「自媒體」英文是 we media 或 self-media，也被稱為草根媒體或個人媒體，在台灣早期是靜態文章分享同好如部落客，後續隨著科技進步帶入影音，讓分享模式更為多元與即時，相較傳統媒體，以社群的分眾、口碑為導向，更能有效觸及特定族群。

邁入 4G 智慧型手機時代，行銷方式推陳出新，宜思考如何運用自媒體，有效傳遞資訊並先吸引特定族群，再向外擴散，增加政策知曉度及民意支持。

一、前言

臺北自來水事業處（以下簡稱北水處）主要收入來自轄區用戶繳納的水費，作為施政之經費，以提供質優量之自來水。故北水處有義務向民眾宣傳或行銷重大建設與服務，尤其水為每天生活必需品，過往因資訊科技尚未蓬勃，新聞露出只得靠紙本報章雜誌、電視台或廣播電台，同時自來水機關普遍保守低調而默默執行業務，較少著墨如何有效讓民眾更了解水的建設與改善之行銷。

惟 4G 智慧型手機時代來臨，生活多了網路社群新平台，資訊影音的傳播、分享與留言是隨時隨地，網路成為大量曝光新管道，這對機關行銷宣導政策模式出現重大轉折點：

1.不受限紙本媒體格式，並節省刊物經費。
2.能聚焦特定族群，更吸引有興趣的粉絲。
3.傳播漣漪效應，加強行銷持續性。

北水處就以近年最關鍵的備援工程「翡翠原水管」為例，透過自媒體平台，方便民眾能知其然、亦知其所以然，為什麼要花錢興建？增加支持度。

二、事件

南勢溪(往烏來)與北勢溪(往坪林；其上設有翡翠水庫)在新北市新店區之龜山匯流，即為新店溪，而匯流處下方的直潭壩即為北水處直潭淨水場取水口(如圖 1)，該場每日出水能力達 340 萬噸，其規模為全臺之最，新店溪是大臺北最主要也是單一的水源，無可取代，其中南勢溪終年奔流，而翡翠水庫兼具防洪、調節、發電與給水等多項功能，例如南勢溪流量不足時，再放水補充，讓北水處取水。

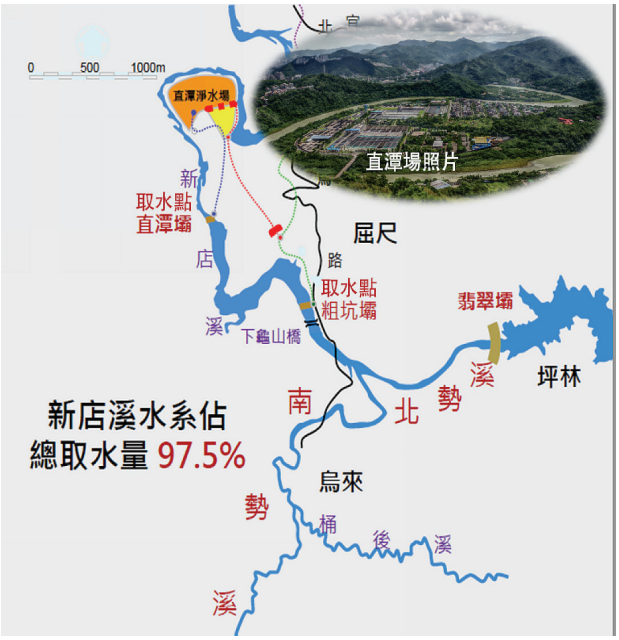


圖 1　新店溪水系圖

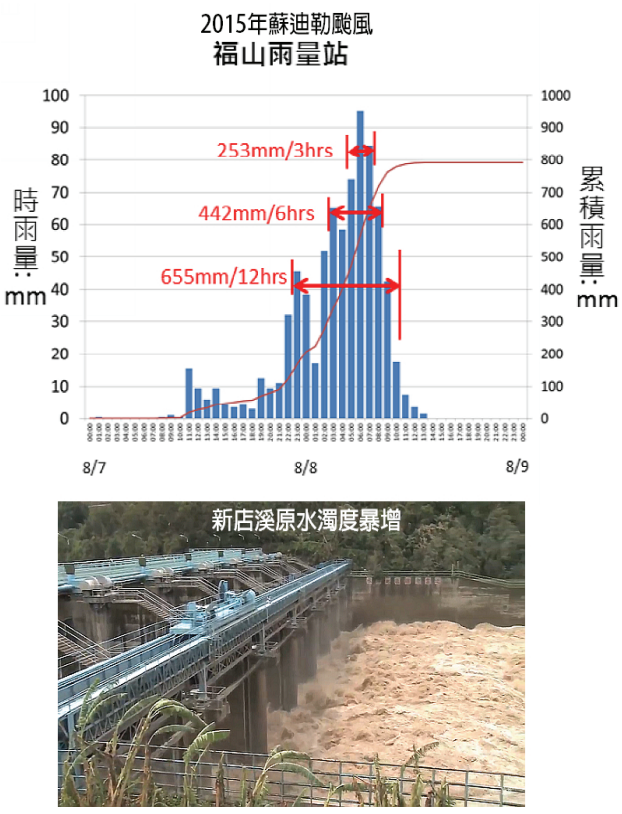


圖 2　蘇迪勒颱風降雨紀錄與高濁水

近年來全球暖化效應加劇，極端氣候肆虐各地，使得降雨時間和空間分佈嚴重不均。平時新店溪原水濁度 50NTU(度)以下，但 2015 年蘇迪勒颱風在 12 小時內強降雨 655 公釐，刷新烏來區福山雨量站的紀錄，讓南勢溪集水區山坡多處崩塌，導致新店溪原水濁度瞬間暴增至 3.9 萬度如同泥漿，也創下連續 12 小時超過 1.2 萬度的新紀錄(如圖 2)。

北水處首度遭遇如此長時間的高濁水，遠超過淨水場最大處理能力 6 千度的範疇，因此癱瘓了淨水場，讓大臺北地區無水可供，導致媒體持續性大篇幅報導，讓民眾搶購瓶裝水。

更令人擔憂的事，以訛傳訛或假消息蔓延，也就考驗著政策行銷的吸睛、即時與主動性，變成本次探討課題。

三、應對

蘇迪勒颱風過後，雖北水處已進行完成多項短、中期改善及精進，強化穩定供水，減緩南勢溪高濁水影響，惟無水可供的陰影猶存，逢颱洪期間一有警報，媒體立即高度報導，讓民眾更加關心如何治本與因應之道。

解決新店溪高濁水實務課題，從權責有中央地方河域治理之合作、從期程有先後緩急革新改善之分工，因涉及諸多層面，非本篇探討範疇、故不再詳述，最終定案由臺北市政府在新北市新店區興建翡翠原水管，主體為穿越山脈的隧道直徑 4.5 公尺、長 2.8 公里(如圖 3)，可直取北勢溪原水每日 270 萬噸，完全避開南勢溪影響，經費 20 億元而中央分擔 8 億元，已於 2019 年 7 月動工、預計 2023 年完工。

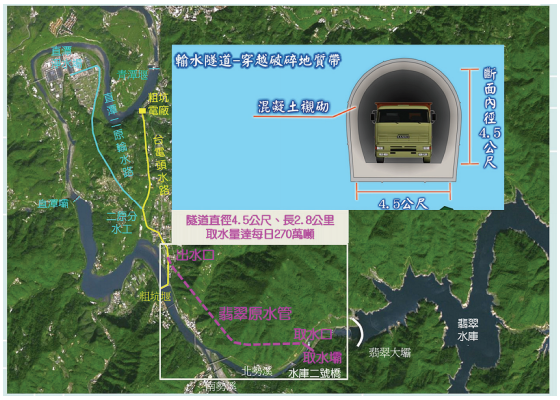


圖　3 翡翠原水管

四、行銷

政府重大民生工程案，必有動工致詞與記者會之形式，依過往經驗常流於一日新聞，或者報導著重政治人物互動而有所模糊焦點，基此，運用典禮結合自媒體提升政策行銷，便是本文探討重點，不再只是電視台的幾秒鐘或者報紙一則報導，就結束了。

為了吸引媒體系列報導以及讓民眾易懂，相互發揮，針對傳統媒體與自媒體特性，北水處就以近年最關鍵的備援工程「翡翠原水管」成立專案，利用動工典禮致詞回顧重大事件畫面，並製成短片於自媒體播放，供媒體事擷取，也讓轄區民眾了解臺北如何因應氣候變遷的挑戰，保障大臺北 600 萬人的用水，增加民眾對重大政策能知其然、亦知其所以然，抑制假消息。下列說明本案整體流程(如圖 4)。

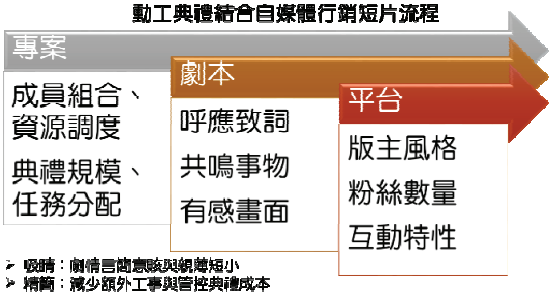


圖 4　專案整體流程

動土典禮自媒體行銷建議：

1.事前成立專案，因施工單位普遍保守依契約行事，讓工程本體如期、如質完成為最高原則，相形較不擅長行銷取景與發想標語等軟性文宣，利用專案方式結合行銷、監工與營造廠等成員，設立共同目標、增加參與感，以即時消弭想法的落差、減少反彈。

2.有短片就有腳本，而有典禮就有致詞，這兩者能否巧妙結合與呼應？對自媒體短片而言，言簡意賅與親薄短小，是吸睛的關鍵，對施工單位而言，管控典禮成本與減少額外工事，是重要的手段。建議兩者取得平衡後編寫致詞腳本。

3.敲定短片託播的平台，除放置官方自媒體及官網外，亦可運用高人氣版主的自媒體同步播出，本案考量典禮致詞者為臺北市長柯文哲，其個人自媒體的具有良好的粉絲互動與分享習慣(如圖 5)，也因此參採臉書主人系列短片簡約風格，將翡翠原水管動工短片之長度控制於 4 分鐘。

摘自臉書

圖 5　柯文哲粉絲專頁

4.擇定片名，因臺北自來水質優穩定、讓新北市民期盼能擴大共飲，而翡翠原水管搭配中央執行板新供水改善計畫二期的工程整體竣工，預計未來翡翠水庫供應新北市的比例由目前 47%提高至 57%，故取為「台

北共好 水共享」，直覺導入主題。

五、執行

翡翠原水管動工典禮，時間為 108 年 7 月 24 日，確認規模由臺北市長主持，並邀請中央（行政院、經濟部、水利署）首長、新北市政府、台灣自來水公司、水利專家學者、雙北立委、議員及當地里長等參加，地點安排於翡翠水庫大壩下方的工址，讓參與者及媒體親臨現場、感同身受。

宣傳策略：

1.事前發布採訪通知，透過臺北市長、新北市長與行政院秘書長共同剪綵，象徵中央、地方齊心合作民生重大工程，讓媒體多方報導(如圖 6)，擴大新聞宣傳。

2.活動標語朗朗上口，宜居永續為臺北市的願景，故以「宜居台北、永續好水」為出發點，點出本工程則是達成願景的策略之一，加深主從關係而非獨立單點。

3.台北好水直飲體驗，在炎熱當日提供優質的臺北自來水，拒絕一次性瓶裝飲料，讓來賓及媒體直飲，更具宣傳亮點。

摘自華視新聞台畫面

圖 6　新聞報導翡翠原水管動工典禮

短片劇本：

1.事前溝通，典禮致詞稿從緣由到願景、挑戰到克服，得因果明確且串聯關鍵(如圖 7)，才能拉近粉絲距離，建議事前宜與致詞者溝通致詞稿內容與走位定點、避免脫稿或失序而衝擊影片後製。

2.上檔時效，因典禮當日或次日即有電視或報紙新聞，建議短片於事後三日內於自媒體刊登，達到打鐵趁熱效果，本次短片於典禮次兩日即露出。

3.致詞畫面，除確實掌握致詞者神韻與貴賓互動外，講到關鍵數字及重要事件，皆能有圖表與畫面呈現，提高短片影音閱讀性，增加粉絲關注，此部分須預製並獲專案小組確認，以利典禮後快剪。

圖 7　行銷短片劇本大綱

完成的「台北共好 水共享」短片呈現臺北市長柯文哲動土花絮，以宜居永續的願景介紹翡翠原水管，帶出台北好水雙北共享目標，放置柯文哲粉絲專頁認真日常系列，本片瀏覽人次達 26 萬人次，留言近 1.7 千則，粉絲分享近 1.1 千次，達成發揮自媒體擴散效應，讓粉絲交流討論也明瞭本案建設原委(如圖 8)。

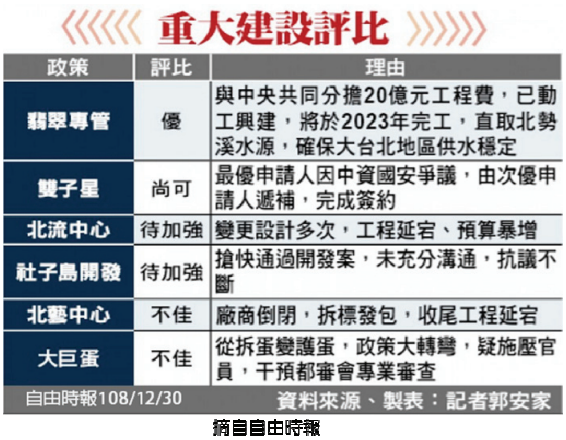
圖 8 「台北共好 水共享」臉書短片

為了能保持議題熱度，配合工程關鍵的隧道開挖，續安排同年 12 月 2 日辦理隧道進洞簡單儀式，請臺北市長柯文哲主持及工地巡視，象徵新的里程碑，也讓媒體知悉工程進度，加強新聞曝光，結果一則工地貼文吸引 2.3 萬人按讚、453 次分享(如圖 9)。

摘自臉書/柯文哲粉絲專頁

圖 9　柯文哲粉絲專頁

最終，經媒體於 108 年底進行臺北市長柯文哲上任五週年市政重大建設評比，將翡翠原水管工程列為優等(如圖 10)，顯見本案行銷成效獲取民眾的信任與媒體的肯定。



摘自自由時報

圖 10　自由時報新聞報導

六、結語

本次典禮的舉辦，經由新聞曝光達到政策宣傳的初步效果後，續透過自媒體紀錄重大工程從無到有，讓粉絲與民眾見證各階段的推進，更能了解政策始末、達到行銷目的，凸顯臺北首都圈面臨極端氣候影響，以永續經營方式積極克服未來的挑戰。

檢視本案動土、進洞等系列行銷取得良好成效，考量工期長達四年，後續有隧道貫通、完工等里程碑，但個人自媒體的經營，易受時事話題波動而起伏加劇，或隨著職位更動而無法使用，屆時自媒體平台擇選，行銷者得預為因應，才能保持議題熱度。

參考文獻

1.中華自媒體暨部落客協會，「何謂自媒體？」，https://cmba2015.pixnet.net/blog/post/339207856，2015/04。
2.KEN studio，「談政府政策宣傳困境與自媒體經營」，https://kenstudio.tw/internet-sensation/，2019/03。
3.臺北自來水事業處颱洪期間本市穩定供水規劃與運作現況，臺北市災害防救專家諮詢委員會颱洪組第33次會議，2019。
4. 柯文哲 Facebook 粉絲專頁，網址：https://www.facebook.com/DoctorKoWJ/，2019。
5.華視電視台新聞，「翡翠水庫原水管施工柯文哲參加動土」，2019/07。
6.郭安家，自由時報「《柯上任五週年市政總檢討系列3-重大建設篇》翡翠專管動工 大巨蛋爭議中闖關」，北市都會焦點A12版，2019/12。

作者簡介

范書田先生
現職：臺北自來水事業處總務科公共關係股股長
專長：新聞處理、媒體溝通服務

氣候變遷下調整合理水價之探討

文/陳佩君、鍾澤邦、蕭淑貞、楊晴雯

摘要

聯合國在《2019 年永續發展目標報告》中指出，2018 年的全球平均溫度比工業化前高約攝氏 1 度，過去 4 年(2015~2019)創下有紀錄以來最暖氣溫，同時海平面還在持續上升。這份報告無異宣告在聯合國(2015)通過 17 項永續發展目標(SDGs)之後，氣候變遷仍然為永續發展帶來諸多挑戰。

雖然我國並非聯合國成員，也非《巴黎協定》締約國，但氣候變遷並不會因此而略過對我國的衝擊。在我國的調適八大領域中，水資源即為迫切需要衝擊評估與調適策略的領域，無論在水資源的量與質，或者水資源伴隨的間接影響(如對經濟的衍生衝擊)等，在在為自來水供應成本及合理水價帶來挑戰。

台水公司已成立 46 年，長期以「提供量足、質優自來水，配合廉能的管理，以達到企業社會責任、永續經營及促進經濟發展目標」為使命，營運肩負國家政策及穩定物價任務。然而，面對越來越頻繁的不確定因素，台水公司的永續經營已被迫置於日益增加的風險中，例如長期面對氣候變遷引起旱澇頻繁等問題，統計台水公司自 1999 年至 2019 年共 21 年間，因極端氣候事件累計增加災害及營業損失約 31 億餘元(單年最高達 8 億餘元損失)。

本研究透過文獻蒐集及台水公司經驗等分析方法，探討氣候變遷下，台水公司面臨之挑戰與風險，以及如何將未來風險在調整水價時納入考量，以期確保自來水之供應無虞及事業之永續經營。最後本文認為至少應由幾項方面加以考量：(1) 多元水源開發、(2)淨水設備擴增與改善、(3)強化緊急應變計畫、(4)確保量足質優堅守健康守門員崗位、(5)建立超前應變且具回復能力的經營策略、(6)合理水價調整。

關鍵詞：氣候變遷、自來水事業、極端事件、永續發展目標、永續經營

一、前言

(一)研究背景

聯合國在《2019 年永續發展目標報告》中指出，2018 年的全球平均溫度比工業化前高約攝氏 1 度，過去 4 年(2015~2019)創下有紀錄以來最暖氣溫，同時海平面還在持續上升[1]。這份報告無異宣告在聯合國(2015)通過 17 項永續發展目標(SDGs)之後，氣候變遷仍然為永續發展帶來諸多挑戰。

雖然我國並非聯合國成員，也非《巴黎協定》締約國，但氣候變遷並不會因此而略過對我國的衝擊。在我國的調適八大領域中，水資源即為迫切需要衝擊評估與調適策略的領域，無論在水資源的量與質(如聯合國教科文組織在 2020 年世界水發展報告中強調的水與氣候變遷議題)，或者水資源伴隨的間接影響(如《史登報告》所提，對經濟的衍生衝擊)等，在在為自來水供應、成本、合理水價帶來挑戰，如同美國自來水協會

(AWWA)在 2020 年水務行業的 20 項挑戰調查中所揭示，氣候變遷下自來水事業的營運管理課題已刻不容緩。

台水公司已成立 46 年，長期以「提供量足、質優自來水，配合廉能的管理，以達到企業社會責任、永續經營及促進經濟發展目標」為使命，營運肩負國家政策及穩定物價任務。然而，面對越來越頻繁的不確定因素，台水公司的經營已被迫置於日益增加的風險中，例如長期面對氣候變遷引起旱澇頻繁等問題，統計台水公司自 1999 年至 2019 年共 21 年間，因極端氣候事件累計增加災害及營業損失約 31 億餘元(單年最高達 8 億餘元損失)。

(二)研究目的

有鑑於未來氣候變遷為水資源帶來的供、需雙方面的高度不確定，在這些風險當中，台水公司如何做到枯水期提供穩定、安全可靠、可負擔的自來水，與不打折的服務，落實聯合國永續發展目標 SDG6(確保所有人有水和衛生設施可用性和可持續管理)，確保用戶健康與維持生命及產業所需用水，值得探究。

(三)文章架構

本研究透過文獻蒐集及個案研究等分析方法，分析並彙整氣候變遷下國外相同產業管理策略，以及國內產業分析比較，探討氣候變遷下，台水公司面臨之挑戰與風險，以及如何將未來風險在調整水價時納入考量，以期確保自來水之供應無虞及事業之永續經營。準此，本研究論文架構如下：首先彙整從現在到未來，水資源永續利用面臨的氣候變遷挑戰以及在此挑戰下我國自來水事業經營的風險；接著說明在前述風險下，台水公司如何規劃永續經營策略，分別從設備強化、緊急應變、超前應變且具回復能力的經營策略、合理水價等構面提出建議；最後則是結論與建議。

二、氣候變遷下自來水事業的風險

今年到 9 月為止，翡翠水庫蓄水量僅有 48.6%，石門、明德、曾文更低，只有 47.3%、32.8%、38.3%，颱風不來，乾旱已成新常態。地球另一端的加州，野火已使超過 10 萬人流離失所，大火濃煙造成舊金山、溫哥華甚至多倫多嚴重霾害，財政救援與社會補助更急速的升高財政壓力。

根據 2020 年聯合國全球水資源發展報告，因為人口成長、經濟發展、以及消費習慣的改變，全球水資源需求每年正以 1%的速度在成長。在這種需求成長速度下，氣候變遷帶來的供水不確定性，早已造成水資源供應極高的壓力。高頻率且難以預期的極端事件，如熱浪、預期外的強降雨、雷雨及風暴等，也是氣候變遷帶來的副產物。

(一)氣候變遷帶給水資源的壓力

氣候變遷從多個不同面向為水資源帶來壓力，例如在水質部分，當水溫跟著大氣溫度持續增加之下，水質會隨著水中溶氧量的下降而惡化，水體自行淨化的能力也限縮，這使得乾旱時期水污染濃度暴增，或者洪澇時期水污染及致病污染源的擴散等風險跟著增加。

在生態部分，可能導致森林與濕地等生態系統的降解，不僅破壞了生物多樣性，更影響與水資源相關的生態服務相關規範，如淨水標準、CCS (carbon capture and storage) 、

自然防洪、以及水資源對農業、漁業與休閒的功能等。

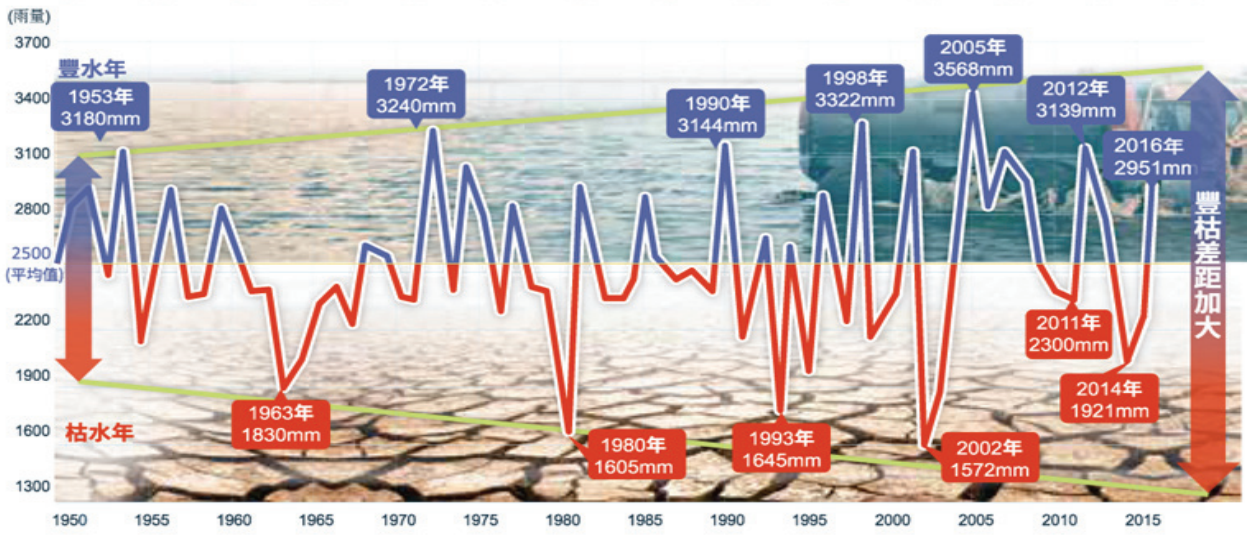
在基礎設施部分，衝擊則來自極端事件對供水設施、公共衛生與健康安全等基礎設施的影響，例如衛生系統的破壞或下水道抽水機的受到破壞造成的溢流等，都可能帶來嚴重的健康危害與交叉感染。對儲水設施而言，例如水庫，必須要在對環境與社會衝擊最小化的前提下，重新評估檢視水庫維修或除役決策，讓水利設施的服務功能達到最理想的狀態。也許在部分地區地下水的涵養能力與面對氣候變遷的調整彈性會比地面水來得好，對於季節的調蓄能力也能減緩極端事件帶來的脆弱性。但對台灣而言，這樣的緩衝能力仍有待科學證據的盤點。

(二)台灣水資源面臨的風險

根據氣候變遷災害風險調適平台之統計，過去 60 年來天然災害主要類型為水文氣象類災害，包括颱風、水患或水災，這類災害主要受到溫度、降雨、颱風事件等因子驅動，因此最容易受到氣候變遷的影響。在氣候變遷下，豐、枯水期將趨於極端化(圖1)，未來台灣將更常面對淹水、乾旱、坡地災害與高溫的衝擊。

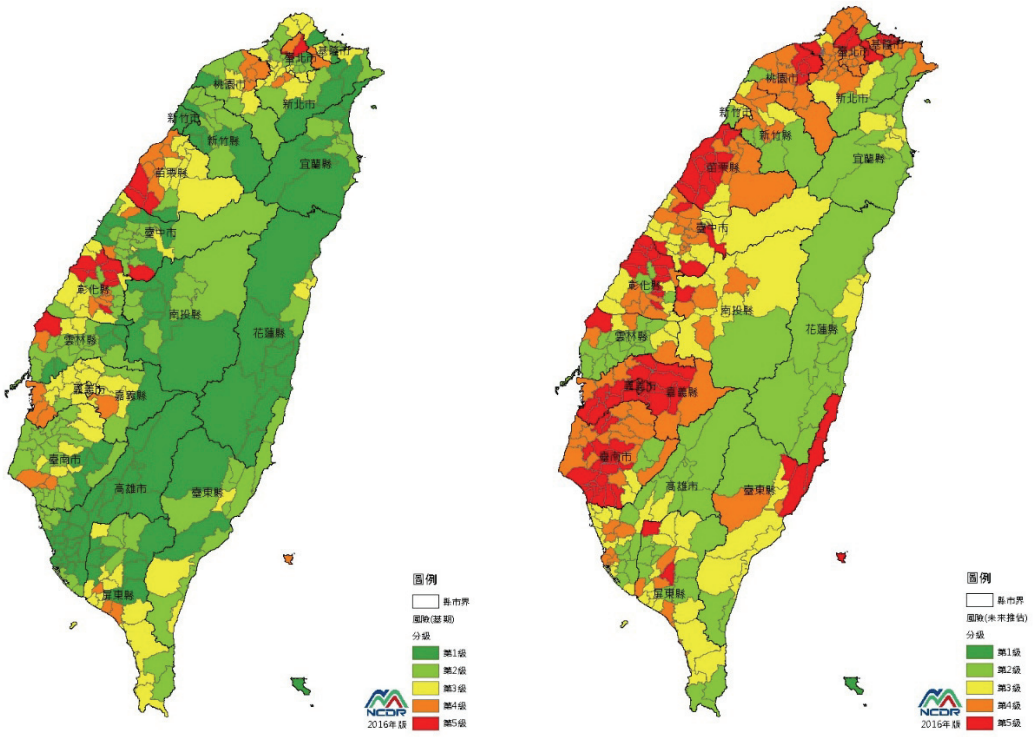
在這樣的水文條件變化下，未來多數河川流量在豐水期流量增加，枯水期流量減少，例如：大甲溪上游、七家灣溪。僅在少數河川有豐水期流量減少、枯水期流量增加的結果，例如：牡丹水庫上游。在蓄水容量有限的情況下，豐枯水期流量極端化的情形可能造成嚴重的乾旱，並增加水庫操作上用水調配的困難度。

到了本世紀末，預估公共用水面臨的風險將明顯增加，乾旱高風險區域將從目前的中部地區擴大到台灣西南部多數鄉鎮(圖2)。而農業用水部分，一期作農業乾旱風險熱區，將由目前的中部地區擴及西南部及東部許多鄉鎮(圖 3)。



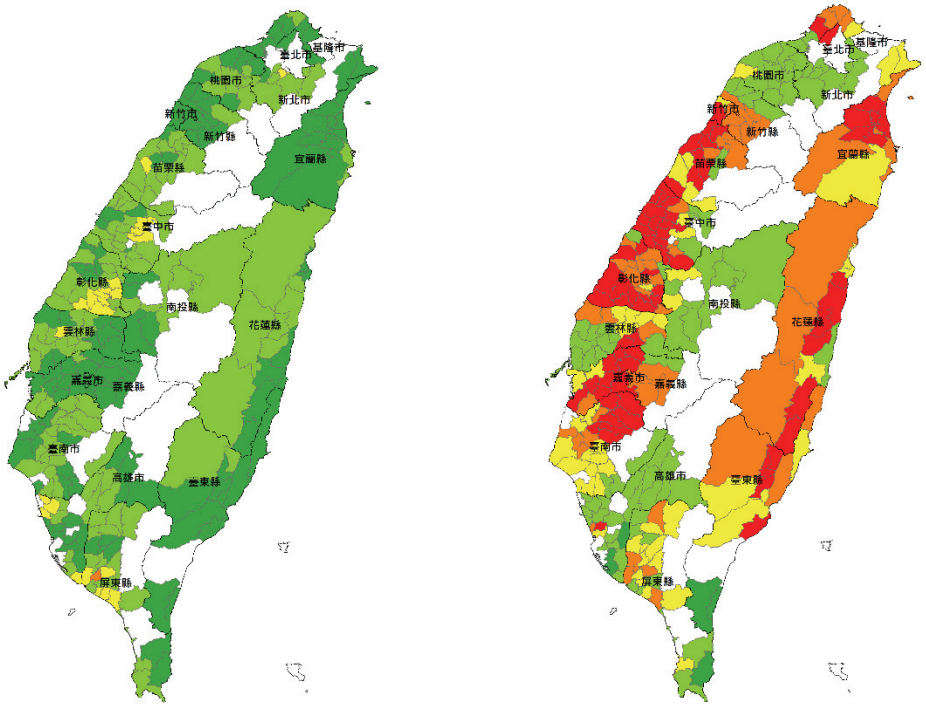
資料來源：圖資來自氣候變遷災害風險調適平台，原始資料來自經濟部（2016）。

圖 1　台灣豐枯水年雨量變化



資料來源：氣候變遷災害風險調適平台。

圖 2　氣候變遷乾旱災害_公共（乾季）風險分佈圖：a)基期(1979-2003 年)；b)世紀末(2075-2099 年)



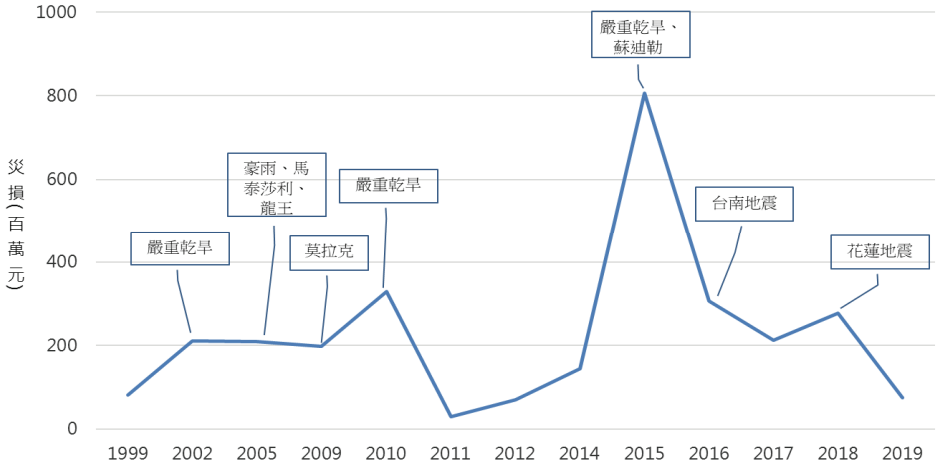
資料來源：氣候變遷災害風險調適平台。

圖3　氣候變遷乾旱災害_農業（一期作）風險分佈圖：a)基期(1979-2003年)；b)世紀末(2075-2099年)

(三)自來水事業面臨的極端氣候風險

在前述水文條件變化的情況下，過去 21 年來因為各種災害導致台水公司產生的損失，從每年新台幣 2 千 9 百萬元至 8 億元不等(圖 4)，差異相當可觀。其中又以颱風、豪雨及乾旱帶來的損害更為頻繁。

若細究造成台水公司災損的主要災害類型，可發現颱風、豪雨及乾旱帶來的損害雖然單一事件的損失通常不是最高，但事件發生頻率卻比地震更為頻繁。地震主要造成管線與水庫攔河堰等基礎設施的損毀，豪雨及颱風則主要造成管線、機械與淨水設備受損、取水淨水費用增加，乾旱造成的損失則主要來自農作休耕補償與農業用水移用補償費用。而無論哪一種災害，都可能因為設備受損、淨水處理能力受限等因素，採取減供或停供措施，進而產生供水收入減少的損失(表 1)。



資料來源：台灣自來水公司。

圖4　台水公司歷年來天然災害之損失統計

表1　造成台水公司災損之主要災害類型與損失原因

		災害類型				
		地震	乾旱	豪雨	颱風	其他
損失原因	管線受損					
	增設緊急供水設施					
	水庫、攔河堰維修費用增加					
	機械及淨水設備維修費增加					
	取水、淨水費用增加					
	休耕補償費					
	農業用水移用補償					
	加強灌溉管理費					
	停、減供給水收入損失					

資料來源：台灣自來水公司。

顯然台水公司在氣候變遷的衝擊下，財務風險將顯得越來越緊迫。根據台水公司2020 年永續報告書，氣候變遷為台水公司帶來的立即性風險來自各種災害導致相關供水運作及人力調度、自來水設備搶修所需增加的人力及物力，以及消費者補償費等，都將大幅增加營運成本；而氣候變遷的長期性風險則來自於旱災與水資源短缺，缺水風險不僅衝擊台水穩定供水支撐經濟發展的重要角色，更直接阻絕營運收入。

三、自來水事業永續經營與合理水價調整

台水公司永續經營的願景為「積極強化公司治理制度，實踐企業社會責任，以提升企業競爭力，俾達成為國際級自來水事業之願景目標」；台水公司的使命為「提供量足、質優自來水，配合廉能的管理，以達到企業社會責任、永續經營及促進經濟發展目標」。在永續的框架下，氣候變遷帶來的衝擊讓水資源供應的永續發展成為當前最重要的議題。

國際上，清楚地將永續與韌性的概念納入經營策略的，當數英國的水利監管局(The economic regular of the water sector in England and Wales，以下簡稱監管局)了。英國水利法(Water Act)在 2014 年為水利服務監管局新增了一項責任，即強化韌性目標，主要目的在促進供水及廢水系統的長期韌性，特別是在環境壓力增加、人口持續成長以及用戶行為改變的情況下，要滿足長遠未來的用戶需求所必須具備的韌性。而與韌性同時考量的還包括用戶的可負擔性。

為了達成這項責任，英國監管局將韌性區分為三個構面來探討，即操作上、財務上與協作上的韌性。操作的韌性指受到災害或事件的破壞時，水利公司的基礎設施與技術是否具備繼續維持設施運作，以及避災、應變與恢復的能力；財物的韌性指水利公司的財務安排是否具備支持避災、應變與恢復措施的能力；協作的韌性則是水利公司的治理、權責分工與保證程序是否具備支持避災、應變與恢復措施的能力，並可以預測未來供水服務可能存在的各種風險。

相比於英國，雖然尚未有法規直接規範自來水事業的韌性責任，但台水公司在面對的利害關係人及公司永續經營的前提下，早已將滿足量足(穩定供水、管線管理、集水區保育)、質優(顧客健康與安全、集水區保育、廢污水及廢棄物)、服務好(自來水普及率、經濟績效)等使命納入經營規劃中。惟這些使命仍需要更豐富的科學證據，來具體掌握台水公司面臨的風險程度以及找出最成本有效的方式來規劃經營策略。

因此積極研擬永續發展目標下的自來水事業氣候調適政策與轉型路徑，及早規劃穩健有效率的水資源經營管理策略，並在調整水價時合理納入氣候變遷風險，可謂刻不容緩的任務。現階段根據目前已彙整之科學證據與可行技術，至少應考慮以下數項：

(一)多元水源開發

台灣目前水源開發仍以傳統水源為主，未來開發多元水源成為抑低氣候風險的必要策略。現階段一方面配合水利署水源開發計畫，與水庫聯合調配運用，同時辦理相關下游供水工程，增加供水調度能力，落實

減抽地下水政策；另一方面積極充裕自有水源，例如攔河堰及取水設施更新、自行開發區域性小型水源，增加高濁度枯水期間之供水量及備援能力。對於缺乏傳統水源的澎湖地區，則配合當地水源、水質、地理條件等因素，因地制宜，以海淡水作為替代水源，同時減少地下水抽用，減緩鹽化，以助水資源永續利用。

長期而言，隨著水利相關技術與產業陸續發展，自來水事業或可擴展至更多元的水源開發市場，無論是海淡水、再生水等新興水源，或跨足與環境及集水區整合之水源保育產業，更甚者整合水處理與綠色能源之低碳轉型策略，皆可為自來水事業降低氣候變遷帶來的實體及財務風險。

(二)淨水設備擴增與改善

當颱風暴雨來臨時，原水濁度飆升，常導致淨水場難以正常出水。因此先進國家多建立一定比例的淨水備載能力，以應付異常狀態帶來的挑戰。為了提升台灣地區用水穩定度、滿足中長程產業發展與經濟民生活動所需，應針對易缺水地區進行淨水設備之擴建、更新與改善相關計畫，以提升備載能量，降低缺水風險。而淨水設備擴建更新之合理備載能力，應視未來氣候變遷下颱風暴雨等致災性氣象事件發生頻率與強度，以及不同事件強度下之淨水處理能力需求，據以合理推估，並依據最新的氣候變遷災害預測，進行滾動調整。

(三)強化緊急應變計畫

目前台水公司已就「訊息快速回應機制」、「水壓管理」、「建立備援系統」、「淨水場功能評鑑」、「緊急材料供料機制」、「設置備援管線」等相關配套措施，建構緊急應變機制，降低災害或突發事故造成的供水風險。未來，滾動檢視目前已訂定之「緊急災害應變小組作業要點」，俾使緊急災害應變除了配合中央進行因應外，更能發揮災前準備、災中應變、災後復原的積極功能，適度與短中長期氣象或氣候預測連結，建立自來水災害應變預警機制，達到預警、減災、避災與快速回復的目標。

(四)確保量足質優堅守健康守門員崗位

當氣候變遷帶來洪澇或乾旱，一切依賴水而生存的生物，就開始產生消長，包括病菌與病媒。國際水協會已關注距聯合國 2030 年永續發展議程之相關進展，提早 10 年將於 2021 年大會，舉辦水與 17 項永續發展目標之關聯與進展之報告及經驗分享。台水公司已逐步實現以 SDG6「潔淨的水與衛生設施」為核心的營運規劃。在氣候變遷下，未來以水為媒介為人民健康帶來的威脅不容小覷，因此，台水公司將繼續秉持健康守門員的角色，審慎以待並提早應變。

(五)建立超前應變且具回復能力的經營策略

為了能以最審慎的態度面對氣候變遷可能帶來的衝擊，經營策略必須具備超前應變的部署規劃以及面對不可抗災害時能夠迅速避、減災並回復原有狀態的能力。為此，策略規劃面向包括以系統化整合方式說明整體水利事業存在的供水服務與系統的短、中、長期風險；考量生態系統與生物多樣性，以支撐長期水資源調蓄能力；針對未來氣候變遷下空污、傳染病與高溫熱危害等健康風險因子變化，分析自來水扮演功能與價值以及未來應儲備之因應能量；維繫與用

戶之間的密切關係，以促進供需雙方的深度理解；全面性考量減緩、應變與恢復措施之影響並促進跨範圍跨區域的整合運作；管理計畫應該明確列示計畫目標及其衍生的績效承諾。

(六)合理水價調整

雖然我國自來水為公營事業，與英國制度不盡相同，但為了事業的永續發展，適度地在水價規劃中納入永續發展目標與韌性水資源服務是放諸四海皆準的原則。

目前我國已完成永續發展目標設定，台水公司亦依據對應核心目標，每年滾動式檢討並修正經營計畫，後續依據修訂後經營計畫進行水價檢討。惟國內目前尚未針對韌性發展規劃具體目標，對於供水系統而言，脆弱度及風險評估是整個調適作為與韌性系統首要的基礎工作，因此，欲達成永續且韌性的水價規劃，還有相當長遠的路要走。

其次，國內目前水價要反映全成本已經困難重重，換言之，當前的操作面與財務面韌性皆處於不足的狀態，未來隨著極端氣候的越演越烈，供水系統的韌性將更加挑戰，屆時恐難以維持未來世代的用水基本權利，背離永續發展目標。

其三，過去考慮用戶水費負擔能力大多以整體平均負擔率來計算，然而如同英國在設計水價時，必須針對真正需要社會照顧的用戶來設計其所需要的水價，以同時達到公平與效率之目標。

其四，蓬勃的創新與水利產業發展有助於水資源整體韌性與永續發展的提升，要達到此項目的，不應再將水視為理所當然的公共財，而應該讓水的價值能充分反映，再搭配技術研發與產業政策的整體規劃，讓水的事業成為台灣邁向永續與韌性的重要基石。

四、結論與建議

台水公司已成立 46 年，長期以「提供量足、質優自來水，配合廉能的管理，以達到企業社會責任、永續經營及促進經濟發展目標」為使命，營運肩負國家政策及穩定物價任務。然而，面對越來越頻繁的不確定因素，台水公司過去 21 年來已因為極端氣候事件累計損失達 31 億餘元，經營環境已被迫置於日益增加的風險中。

造成台水公司災損的主要災害類型，包括颱風、豪雨及乾旱。豪雨及颱風則主要造成管線、機械與淨水設備受損、取水淨水費用增加，乾旱造成的損失則主要來自農作休耕補償與農業用水移用補償費用。而無論哪一種災害，都可能因為設備受損、淨水處理能力受限等因素，採取減供或停供措施，進而產生供水收入短少的損失。

本研究透過文獻蒐集及台水經驗分析等方法，探討氣候變遷下之台水公司自來水永續經營管理實務。最後本文認為自來水事業永續經營策略至少應包含幾項：(1) 多元水源開發、(2)淨水設備擴增與改善、(3)強化緊急應變計畫、(4)確保量足質優堅守健康守門員崗位、(5)建立超前應變且具回復能力的經營策略、(6)合理水價調整。

如同英國監管局所提的操作上、財務上與協作上的三種韌性。台水公司的基礎設施與技術是否具備繼續維持設施運作，以及避災、應變與恢復的能力，是在面對極端氣候風險時最重要的檢視工作，有了基本掌握，

才能規劃好的韌性策略；其次，台水公司的財務安排是否具備支持避災、應變與恢復措施的能力是過往從未進行壓力測試的部分，財務韌性是長期因應災害能力不可或缺的一部分；其三則是協作的韌性，從 2020 年的永續報告書看來，台水公司在治理、權責分工與保證程序上已逐步邁向永續經營模式，但是否具備支持避災、應變與恢復措施的能力，並可以預測未來供水服務可能存在的各種經營風險，則還需要多方協助與詳細的評估及檢討；最後為能從供、需雙方面同步往永續邁進，合理的反映這些為了具備因應風險能力所必須付出的成本成為接下來水價合理調整的最大議題。俾落實五大主軸工作(1.持續降低漏水率；2.淨水場現代化；3.建置備援管線；4.提高供水普及率；5.提升全方位服務品質)，永續經營自來水事業。

參考文獻

1.United Nations (2019). Harnessing Innovation to Leave No One Behind. Voluntary National Review 2019, Sustainable Development Goals Knowledge Platform.
https://sustainabledevelopment.un.org/memberstates/israel

2.經濟部（2016）。氣候變遷進行式，氣候變遷水環境知識庫。

3.UNISDR (2015). Water for a sustainable world. The United Nations World Water Development Report 2015.

作者簡介

陳佩君女士

現職：台灣自來水股份有限公司財務處組長

專長：財產管理、費率檢討

鐘澤邦先生

現職：台灣自來水股份有限公司財務處管理師

專長：財務計畫、財務分析

蕭淑貞女士

現職：台灣自來水股份有限公司財務處處長

專長：事業經營、財務管理

楊晴雯女士

現職：中華經濟研究院分析師

專長：資源經濟、產業經濟

學校供水站實施現況分析與策進作為

文/李俊德、陳韋嘉

摘要

自來水管線是都會區重要維生管線之一，自 105 年起，臺北自來水事業處(簡稱北水處)於災害發生（颱風、地震、暴雨等）致無法正常供水時，利用供水轄區臺北市區域 124 所學校現有用水設備開設供水站，迅速提供民眾停水期間基本民生用水，此種不另增設管線取水設施及額外工程費用，不啻為一種有效且便利的作法。

經過歷年的實施運作，學校供水站已成為北水處災害防救緊急供水措施中不可或缺的一環，有別於其他形式之取（供）水站，本項作業之實施，涉及各學校單位的設施及人員，因此建立一套完整的實施流程，讓分屬不同單位的人員，隨時進行緊密的協調與溝通，方能在上級下達任務時將學校供水站順利開設，以利民眾取水使用。

一、前言

北水處當初在規劃作業時的構想，係以學校供水站所在位置，以半徑 1 公里作為供水涵蓋範圍進行布點分析，讓民眾有取水需要時，在離住家 1 公里的範圍內就有學校供水站或緊急取水站就近取水，此部分已考量民眾可接受的步行距離，在檢討學校供水站整體分布、數量需求及取水方式後，現有 124 所學校供水站（圖 1）應可滿足目前災害防救緊急需求。

本文除了闡述北水處過去幾年學校供水站實施經驗外，並針對現況進行探討分析，以及提出相關改善及精進措施，以備颱風發生原水高濁度或其它不可預期的災害致無法正常供水時，能提供民眾更完善、便利的緊急取水措施。

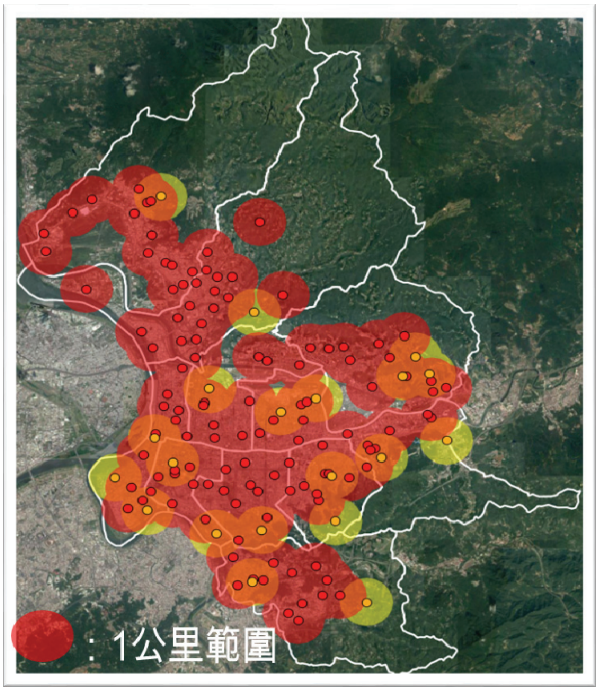


圖 1　臺北市 124 處學校供水站分布圖

二、訂定實施計畫及開設作業流程

北水處為了因應學校供水站的推動實施，特別訂定了「臺北市學校供水站實施計畫」，內容詳述了計畫實施的依據、目的、開設時機與範圍、回饋方案與實施方式等項目，該計畫並明訂得視學校供水站開設提供緊急取水成效，逐次檢討調整學校供水站數量、位置，以符合各區域緊急取水需求，賦

予學校供水站規劃彈性。

當預知災害可能發生到正式發布學校供水站啟動開設，乃至解除開設，主事者必須訂定一套開設作業完整流程（圖 2），做為相關人員作業的準則及依據。為了讓學校供水站順利運作，北水處將 124 所學校（每所學校需指派 1 名人員擔任聯絡人）分為 5 組，每組由 1 名北水處人員擔任對口人，對口人則作為該分組學校間的聯繫橋梁，負責傳達、溝通及協調工作。圖 3 為北水處目前針對颱風停水期間學校供水站的開設作業說明，依時間順序主要分為以下 4 個階段。

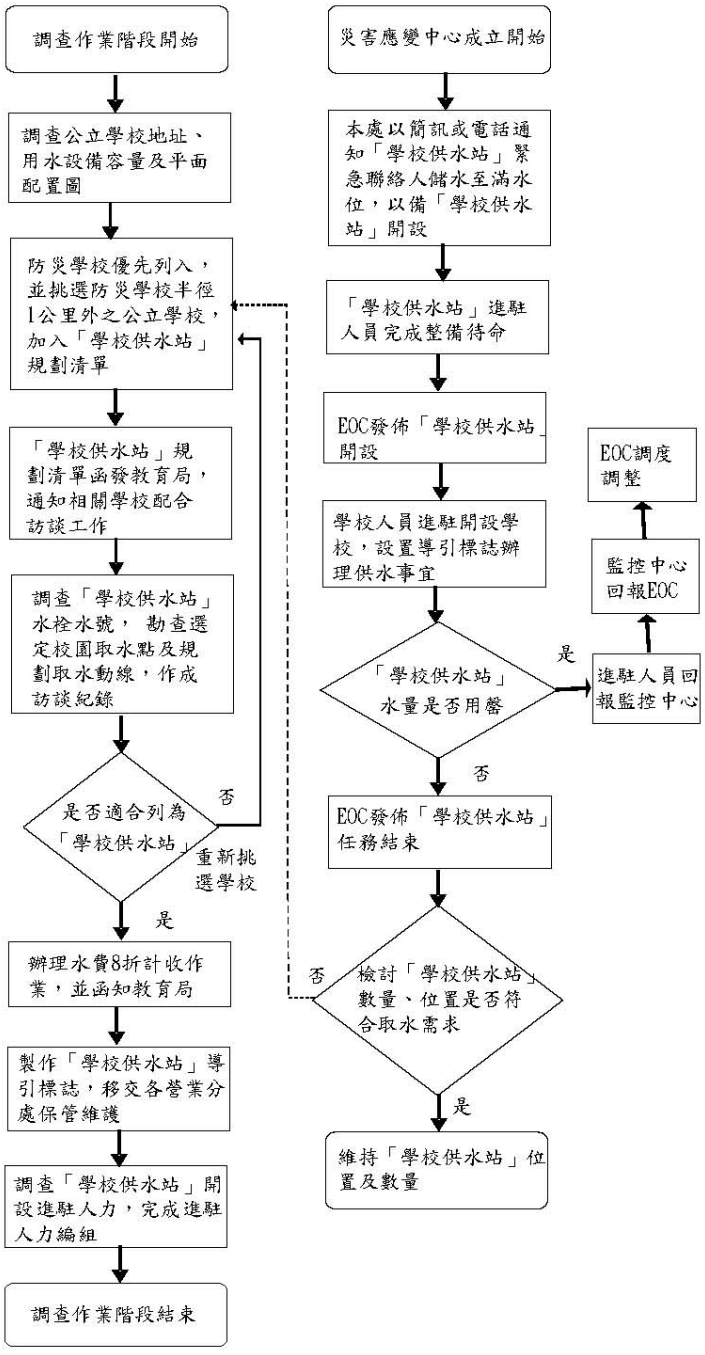


圖 2　學校供水站實施流程圖

(一)氣象局發布海上颱風警報（災害應變中心二級開設時）

北水處客服中心會以手機簡訊（正式）通知學校聯絡人開始作業，此階段主要係將學校水池、水塔維持滿水位，以備開設。北水處各分組對口人亦會傳送相關訊息至各組 line 通訊群組(非正式)，學校聯絡人在收到通知後可於群組內回報執行情形。為了便於統計回報成果，北水處利用 GOOGLE 內建功能建立表單問卷（圖 4），此問卷為網頁型式，在問卷建立後會同時產生一個網址，學校供水站作業啟動後，會隨著簡訊將該網址傳送給各學校聯絡人，學校端聯絡人只要有連網裝置或電腦，如手機、筆電、平板電腦等，就可以連結該網址打開問卷填報回復作業情形，在往後各階段的作業回報，亦比照同一模式辦理，水處端則可隨時下載學校端回報的情形，並製作統計報表供報告使用或決策參考（圖 5）。

(二)學校供水站開設

當原水濁度過高致無法正常供水時，北水處客服中心會以簡訊通知學校聯絡人開設時間，請學校端完成開設準備，包括張貼導引標誌、裝設取水軟管、協助引導民眾取水等。

(三)學校供水站儲水量用罄時

學校聯絡人需於通訊群組回報學校儲水已用罄，由北水處對口人提供學校鄰近緊急取水點資訊，請學校聯絡人協助告知民眾周邊緊急取水點，引導民眾離校，移至它處取水。

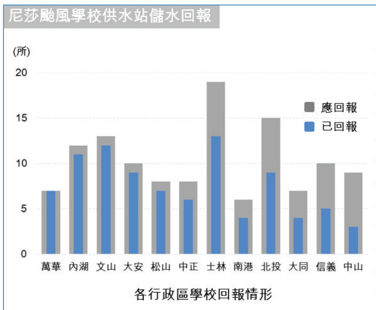
(四)學校供水站解除開設

北水處客服中心以簡訊通知學校聯絡人供水站解除開設，拆除取水軟管、拆除導引標誌、引導民眾離校。

圖 3　學校供水站開設作業說明

圖 4　作業回報表單

尼莎颱風學校供水站儲水回報



行政區	學校數	已回報	未回報	回報率
萬華	7	7	0	100%
內湖	12	11	1	92%
文山	13	12	1	92%
大安	10	9	1	90%
松山	8	7	1	88%
中正	8	6	2	75%
士林	19	13	6	68%
南港	6	4	2	67%
北投	15	9	6	60%
大同	7	4	3	57%
信義	10	5	5	50%
中山	9	3	6	33%
合計	124	90	34	73%

平均回報率：73%

雙蓮國小、光復國小、立農國小、格致國中回報：
暑假期間學校校舍頂樓施工(包含水塔整修)，無法儲水提供民眾取水。

圖 5　作業回報統計

三、簽訂行政契約及提供回饋方案

北水處與供水站學校之間原無行政隸屬關係，訂定行政契約（圖 6）的構想，乃希望雙方透過協商，最終以締結契約的方式實現行政目的，藉由契約條款明訂雙方的權利義務，除了降低政策執行的阻力外，再者，可強化行政約束力，確保供水站任務順利圓滿達成。

臺北市公立學校開設學校供水站行政契約

立行政契約人＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿（以下簡稱學校）茲同意配合**臺北自來水事業處**（以下簡稱北水處）開設學校供水站提供市民到校取水，雙方特約定契約條款如下：

第 一 條　開設目的及用途

當颱風來襲造成原水高濁度，致北水處無法正常供水時，學校開設供水站利用學校現有用水設施，提供市民到校取水。

第 二 條　契約期間

自民國（下同）109 年 3 月 1 日起至 112 年 2 月 28 日止，共計 3 年。

第 三 條　學校供水站水費減免

一、學校供水站之學校全年水費以 8 折計收(具營業性質種別的水號除外)，作為學校供水站之用水、動員人力及管線維護等相關費用。

二、前項所稱水費為基本費加上用水費的總和。

第 四 條　北水處辦理事項

一、提供學校導引標誌、取水軟管等器材。

二、辦理學校供水站相關講習，並提供學校講習資料電子檔(含作業說明、影片等)。

第 五 條　學校辦理事項

一、提供學校聯絡人聯繫資料予北水處，聯絡人異動時主動通知北水處更新資料，學校聯絡人電話需保持通暢，以利北水處聯繫。

二、規劃學校取水點及動線，並配合北水處人員勘查取水設施，取水點及動線規劃原則如下：

1. 單一取水點提供 3 栓以上水龍頭供市民取水，水龍頭可維持節水型式，但開設時需能調整為正常出水量，以利市民取水。
2. 至少規劃 2 處以上取水點(不同水塔供水系統)，當第 1 取水點水塔水量用罄時，可開放第 2 取水點提供市民取水。
3. 取水點位置鄰近校門口為原則，並請考量人員取水動線，方便市民取水。
4. 提供北水處取水點及取水動線平面位置圖(電子檔)。

三、妥善保管北水處提供的導引標誌、取水軟管等器材。

四、防汛期前檢查學校水池水塔及管線設備，如有漏損時應即時修復，以利學校供水站開設使用。(防汛期起迄期程依河川管理辦法規定辦理)

五、中央氣象局發佈颱風海警時，將學校水池水塔儲水維持滿水位。

六、接獲北水處通知開設學校供水站時，學校人員設置導引標誌、安裝取水軟管，開放校園引導市民取水及維持取水秩序等必要之協助。

七、接獲北水處通知學校供水站解除開設時，引導市民離校。

八、參加北水處所辦學校供水站相關講習。

1

第 六 條　學校提前終止契約

學校於契約期間內擬提前終止契約者，應於防汛期開始前 2 個月或防汛期結束後以書面向北水處提出申請，經北水處書面同意後，始得終止契約，學校不得向北水處要求任何補償。

第 七 條　北水處終止契約

有下列各款情形之一者，北水處得隨時終止契約，學校不得向北水處請求任何賠償或補償：

一、學校違反本契約之約定，經北水處通知未如期改善時，或經北水處評估不適合作為學校供水站者。

二、學校如遭裁撤或整併時。

三、依其他法令規定，得終止契約。

第 八 條　其他法令之適用與準用

本契約如有未盡事宜，適用行政程序法等有關法令之規定，並準用民法相關規定。契約內容如生疑義，由雙方依公平合理原則協議。

第 九 條　契約修訂

本契約得經雙方同意後，以書面修正或補充之。

第 十 條　契約份數

本契約一式 2 份，經雙方用印後生效，由北水處、學校各執 1 份。

立契約書人
北水處：臺北自來水事業處
代表人：陳錦祥
地址：臺北市長興街 131 號

學校：
代表人：
地址：

中 華 民 國　109　年　3　月　1　日

2

圖 6　學校供水站行政契約

行政契約研擬期間，北水處幾度拜訪與供水站學校有行政隸屬關係的臺北市政府教育局，藉由其行政指導功能，協助推動學校端配合簽訂契約，充分體現跨部門合作的成功典範。

當然，北水處為提供合作誘因，在契約內也設定了回饋機制給予參與配合的學校，目前係優待供水站學校所屬水栓全年水費(基本費加用水費)固定以 8 折計收，作為其用水費、動員人力費及管線維護費等相關費用。

鑑於目前實施成效，未來行政機關在執行行政任務時，或許可考慮多採用行政契約之形式，俾以大幅提升行政效能。

四、滾動式資料更新及成立通訊群組

由於學校供水站屬於防災業務性質，學校聯絡人大多由該校總務主任或事務組長擔任，這些職務經常在學期開始前會進行常態輪調，因此，學校聯絡人異動也非常頻繁，若校方未主動通知北水處更新學校聯絡人，將會造成現有資料失效，進而影響供水站開設時效，為了有效掌握學校聯絡人異動資訊，北水處除了每年定期行文學校更新聯絡人資料外，亦不定期以電子郵件通知學校聯絡人進行資料更新。

另外，為了讓學校供水站在發布啟動訊息後，相關人員能在各作業階段及時且迅速回應，協調利用現有行動通訊裝置及軟體，使人員在各項作業能同步實施，達到一呼百應、事半功倍的效果。

前面曾提及北水處將 124 所學校分為 5 組，每組都成立了 line 通訊群組（圖 7），並邀請學校聯絡人加入所屬分組群組，建立及時的溝通管道，人員職務若有異動或需要協助諮詢之處，隨時可以在通訊群組內反映或表達，北水處則可以藉此機制立即瞭解人員動態，及時更新及掌握學校聯絡人資料。

圖 7　學校供水站通訊群組

五、定期演練及現地訪視

考量學校供水站作業人員更替頻繁，且每所學校的設施、設備不盡相同，所以北水處在每年汛期前，都會擇定 1 所供水站學校作為演練場地，邀請 124 所供水站學校派員參加供水站開設作業演練（圖 8），使參與者熟悉整套作業流程，同時進行開設作業活動宣導，讓北水處對口人與學校聯絡人能夠充分地互相交流溝通，彼此能成立合作夥伴關係，降低學校端作業執行時的排斥感，。

實際演練前，北水處會隨同演練通知附帶學校供水站開設作業說明，及由專人所拍攝的演練示範短片下載網址，提供學校聯絡人等相關人員事先預習及透過觀看影片，對整體作業流程有一初步梗概的瞭解。

圖 8　學校供水站開設演練

圖 9　學校供水站現地訪視

再者，北水處為考量部分不克參加演練的學校，採取了其他補救措施，乃由北水處 5 位分組對口人，針對 124 所學校供水站實施全面性的現地訪視（圖 9），此種方式，除可瞭解各個學校聯絡人是否確實熟悉操作學校自身供水設備及整體作業流程外，同時可確認學校是否隨時備妥取水軟管、導引標誌等器材，如有缺漏遺失亦可予以及時補發。

六、相關網站公布學校供水站資訊

有關學校供水站的分佈、地點及開設狀況等資訊，目前民眾可在北水處官網的防災資訊分頁（圖 10），以及臺北市政府防災資訊網的地圖化資訊展示系統裡查詢（圖 11），提供民眾依住家所在行政區離家最近的學校供水站地點，以備屆時取水所需。

圖 10　北水處官網防災資訊分頁

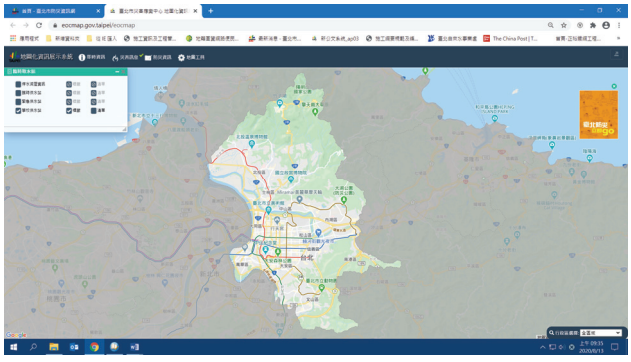


圖 11　臺北市防災資訊網分頁-地圖化資訊展示系統

七、結語

自 106 年學校供水站建構迄今已邁入第 4 年，因執行成效良好，以 3 年為期的行政契約於今（109）年辦理續約，124 所供水站學校均已全部完成續約，象徵北水處與供水站學校攜手合作更向前邁出一大步。

學校供水站原本的規畫設定，係因應原水高濁度致無法正常供水時所採取的緊急措施，惟災害發生的時間及類型通常為不可預期，並且極有可能會形成複合式的災害，雖然北水處針對其他類型的災害，亦有相應的取（供）水站或設施，但相較於學校供水站的廣度與可及性而言，讓學校供水站擴大適用範圍，在緊急供水各項措施上應該可以扮演更重要的角色。

關於這一點，在 109 年「臺北市災害防救專家諮詢委員會地震組」討論會議中已有委員提出建議，因應國情、民情不同，考量震後城市內災害、生活、交通等情形，希望北水處能精進規劃供水站服務範圍，將現行的 1 公里提升至 500 公尺，作為未來努力的目標。經評估，要達到此一目標，預計需要增加 60 餘處取（供）水站，以大臺北地區現有條件及所需經費進行分析，仍以增加學校供水站數量為最適當的作法，此部分，北水處已著手研議方案進行規劃當中。

古人有云：「惟事事，乃有其備，有備無患」，學校供水站在平時因為是備而不用，因此，強化跨單位之間的協調機制變得十分重要，未來北水處將透過運用行動科技，開發行動水情 APP，讓學校供水站聯絡人能在作業時提前因應，以及民眾可快速取得供水站開設資訊，此一工作將是北水處未來要努力達成的目標。

參考文獻

1.鄭志斌、鄭答振，「颱風期間臺北市學校供水站開設實務探討」，自來水會刊第 36卷第 2 期。

2. 臺北自來水事業處網站資料，http://www.water.gov.taipei/。

3. 臺北市防災資訊網網站資料，https://www.eoc.gov.taipei/。

作者簡介

李俊德先生

現職：臺北自來水事業處供水科三級工程師

專長：土木工程、自來水工程

陳韋嘉先生

現職：臺北自來水事業處供水科二級工程師兼股長

專長：土木工程、自來水工程、供水調配及管網規劃

用戶總表口徑管理研究

文/黃心怡、林浩淳、江淑惠、謝素娟

一、研究動機

為確保水量計之計量準確性，新設用戶依據水量計口徑設計標準設計，裝設於用戶端計量，定期派員抄錄用水量，待水量計屆齡辦理汰換。惟用戶用水量隨著用水行為產生變化，若水量計選用口徑與實際用水量不匹配，水量計將無法準確計量。

水量計口徑之設計依直接、間接供水模式而異，在新裝設計階段總表口徑依用水戶數或建築物使用面積計算；分表則依用水設備之水栓數多寡設計，惟欠缺用戶接水後，相關口徑與實際用水量匹配性之管理機制。當營業行為、用水人口或用水設備改變，將導致用水需求與設計口徑不一致，產生水量計口徑與實際用水量不適宜的狀況，如小流量選用大口徑或大流量選用小口徑水量計，增加水量計不感流量或是超載使用易造成水量計損壞，增加維護水量計修理成本。

為了解用戶用水量與口徑匹配性，擷取小型總表歷年用水量資料，依各表每期平均用水量區分為高、中、低用水群組，各群組擇 10 處裝設水量計紀錄器蒐集進水譜，實地進行口徑縮小作業，透過瞬間流量及口徑縮小前、後之計量情形等，判斷用水習性或用水設備對水量計口徑計量影響，提出總表口徑匹配建議及管理機制，預期目標如下：

1.針對口徑 40mm 總表進行用水型態調查(間接或直接用水)，並裝設水量計紀錄器，收集用戶進水流譜，了解各流量間水量貢獻比例、流量分布等，分析進水流譜與水量計口徑是否匹配。

2.實地辦理總表縮小口徑，分析總表口徑縮小前、後之用水量及計量效益，探討執行實際用水量與總表口徑匹配性可行性。

二、研究方法與程序

本次擇定第七區管理處楠梓服務所（簡稱楠梓所)口徑 40mm 總表 30 處變更為口徑 25mm，並蒐集用戶進水流量譜，分析口徑縮小前、後之計量差異，測試方法如下：

(一)測試前資料蒐集

1.依總表歷史抄見量資料區分用水群組：擷取近一年口徑 40mm 總表每期平均用水量，依用水量區分為低、中、高之用水群組。

2.用戶用水型態調查：實地辦理用水型態調查，記錄直接、間接，以及用戶水池水塔開關型式等資料。

(二)測試步驟

依低、中、高用水群組，各組擇 10 處、共計 30 處作為測試樣本，包含直接、間接模式態樣，蒐集口徑 40mm、25mm 進水流量譜至少一周以上，分析口徑縮小前、後進水流量譜及用水紀錄。

三、水量計之流量範圍

台水公司小型水量計約 720.9 萬只，佔總裝置數 99.5%，主要表種為 B 級表，106 年起總表逐年換裝 C 級表，計畫 7 年內完成全面換裝。提升計量等級有助增加水費收益，

惟 C 級表採購成本高，又多數小口徑用戶用水量較低，所增加水費收益難以填補增加之採購成本。

用戶用水量與口徑決定水量計不準度，倘用戶使用不適合口徑的水量計，容易產生較高的水量計不準度，口徑縮小除要維持計量效益外，另須考量水量計之計量性能，避免損壞水量計、影響供水。總表換裝 C 級表，如再配合口徑縮小策略，可有助降低水量計採購成本及增加水費收益。口徑 40mm 之流量範圍為 0.1~20m^3/h、25mm 為 0.035~7 m^3/h（如圖 1），對於裝置口徑 40mm 總表社區大樓或集合式住宅，倘最大瞬間進水量低於 7 m^3/h 以下，改用小一號水量計對自來水事業更有效益，且無基本費損失疑慮。

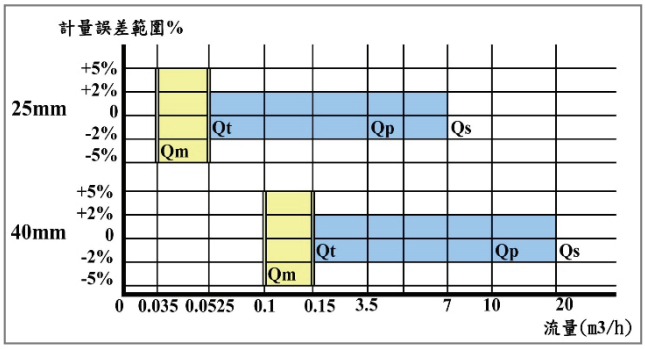


圖 1　口徑 25mm 及 40mmC 級表流量範圍比較

四、用水記錄分析

(一)研究對象

經查楠梓所口徑 13~40mm 總表 373 只、分表 5,364 只，近一年總表抄見量 86 萬 8,072 度，每只總表平均每期抄見量（2 個月）388 度，各用水區間以 201~300 度為最多 106 只，佔 28.42%，其次 101~200 度 79 只，佔 21.18%、301~400 度 62 只，佔 16.62%（如表 1）。另以平均每期抄見量排序區分三個群組，用水度數 224 度以下為「低用水量」、225 ~370 度為「中用水量」及 371 度以上為「高用水量」，針對不同的用戶型態如公寓、大樓、集合式住宅等，各用水量群組擇 10 只作為測試樣本（基本資料如表 2），實地調查用水型態，記錄用水模式、水池水塔、總分表用水量及分攤水量等資料。

表 1　楠梓所口徑 40mm 平均每期抄見量統計

平均每期抄見量	數量	比例
0-100 度	18	4.83%
101-200 度	79	21.18%
201-300 度	106	28.42%
301-400 度	62	16.62%
401-500 度	26	6.97%
501-600 度	24	6.43%
601-700 度	12	3.22%
701-800 度	8	2.14%
801-900 度	12	3.22%
901-1,000 度	4	1.07%
1,001 度以上	22	5.90%
小計	373	100.00%

(二)用戶用水資料之分析與運用

本次以 C 級表加裝水量計紀錄器，設定一分鐘記錄一次，每日計約 1,440 筆記錄，至少記錄一周資料。藉由用戶進水譜流量變化，將每只總表瞬間流量、用水時間等資料，轉繪為流量貢獻及流量分佈比率，藉以輔助判別水量計口徑適宜性。

瞬間流量如長時間落於最小流量以下，表示縮小口徑有助於提升用水計量；如落於最小流量至常設流量之間，即屬正常計量；

如落於常設流量以上，應注意是否有超載使用異常情形，避免造成水量計故障，其用水資料分析如下：

1.平均用水量分析：針對用戶用水型態進行流量分析，觀察每日、每週、每月等不同時距區間的週期平均用水量。

2.流量貢獻比率分析（各流量點區間之流量分布）：觀察水量計的流量分佈比率，判斷用戶用水量落點分配是否合宜。

3.流量分佈比率分析（各流量點區間之工作時間）：分析水量計在各個流量點的工作時間分佈比率，及每日進水計量時間，以判斷用戶用水量落點分配是否合宜。

表 2　楠梓所 30 只測試樣本基本資料及編號

項目		總表編號	水號	分表戶數	用水模式	總表後有無設置水池水塔	近一年每期用水量			
							總表	分表	分攤量	分攤率
低用水量群組	L1	937	77309166504	5	公寓	有	55	52	2	3.85%
	L2	915	77325929602	4	公寓	有	82	87	-5	-5.75%
	L3	978	7730917325K	5	社區型	無	101	116	-15	-12.93%
	L4	YD1	77325949409	4	社區型	無	107	113	-6	-5.31%
	L5	88K	77299601006	10	公寓	有	159	168	-9	-5.36%
	L6	B65	77309853016	6	社區型	無	178	199	-21	-10.55%
	L7	YR5	77306841909	7	公寓	有	192	184	8	4.35%
	L8	Y63	77306020528	11	公寓	有	196	212	-16	-7.55%
	L9	88H	77299598004	10	公寓	有	200	205	-5	-2.44%
	L10	969	77303641588	8	社區型	無	222	221	2	0.90%
中用水量群組	M1	A75	77306868009	10	電梯公寓	有	235	212	24	11.32%
	M2	977	77303640359	4	社區型	無	237	120	117	97.50%
	M3	88J	77299600002	10	公寓	有	253	280	-27	-9.64%
	M4	008	7728786310K	7	社區型	無	253	262	-9	-3.44%
	M5	Z02	77306299104	8	公寓	有	255	241	14	5.81%
	M6	89S	7729496000K	10	公寓	有	273	255	19	7.45%
	M7	069	77311014008	10	公寓	有	275	267	8	3.00%
	M8	979	77309852447	7	社區型	無	290	247	43	17.41%
	M9	077	77326323003	8	公寓	有	296	342	-45	-13.16%
	M10	B04	77302678507	8	社區型	無	336	340	-4	-1.18%
高用水量群組	H1	952	77302893377	8	社區型	無	387	386	1	0.26%
	H2	A03	77309210626	10	社區型	無	388	364	24	6.59%
	H3	A04	77309210736	10	社區型	無	419	368	51	13.86%
	H4	Y33	77300661507	22	公寓	有	455	403	53	13.15%
	H5	A77	77306843005	15	電梯公寓	有	523	516	8	1.55%
	H6	YK1	77310767109	19	公寓	有	545	461	84	18.22%
	H7	A78	77306855005	12	電梯公寓	有	590	611	-22	-3.60%
	H8	C89	77303118209	52	電梯大樓	有	629	417	212	50.84%
	H9	Y95	77301401005	28	電梯公寓	有	673	594	79	13.30%
	H10	003	77299330005	22	電梯大樓	有	867	819	48	5.86%

(三)用戶用水資料之分析與運用

藉由用戶進水譜流量變化，每只總表瞬

間流量、用水時間等資料，轉為流量貢獻及流量分佈比率，以判別水量計口徑適宜性。總表瞬間長時間落於最小流量以下，表示縮小口徑有助於提升水量計之計量能力；如落於最小流量至常設流量之間，即屬正常計量；如落於常設流量以上，應注意是否有超載使用異常情形，避免造成水量計故障。

1.平均用水量分析：針對用戶用水型態進行流量分析，可觀察每日、每週、每月等不同時距區間的週期平均用水量。

2.流量貢獻比率分析（各流量點區間之流量分布）：觀察水量計的流量分佈比率，判斷用戶用水量落點分配是否合宜。

3.流量分佈比率分析（各流量點區間之工作時間）：分析水量計在各個流量點的工作時間分佈比率，及每日進水計量時間，以判斷用戶用水量落點分配是否合宜。

(四)平均用水量分析

針對 30 只測試樣本，於研究期間依裝置口徑 40mm、25mm 總表逐只記錄裝、拆表指針數及用水期間，以用水天數換算每只總表日均用水量，計量情形如表 3，擇差異率較高之表位進行探討。

口徑縮小前（口徑 40mm）用水期間為 107 年 7 月 21 日~9 月 10 日，用水日 51 日，總用水量 8,438 度、日均量 179.53 度；口徑縮小後（口徑 25mm）用水期間為 107 年 9 月 11 日~12 月 3 日，用水日 83 日，總用水量 15,326 度、日均量 189.21 度，縮小口徑前、後日均量差異為+9.68 度、差異率約 5.39%，各用水群組差異情形如下：

1.低用水量群組：日均量差異+2.97 度、差異率+10.42%，其中差異率項目 L8 +57.43%為最高，其次 L1+18.37%、L10 差異率+15.01%；差異率負值分別為 L5、L7 及 L9，又以 L7-6.24%最低。

2.中用水量群組：日均量差異+3.54 度、差異率+8.5%，其中差異率 M9+29.44%為最高，其次 M8+21.99%、M1+11.17%；差異率負值分別 M4 及 M7，又以 M7-9.24%最低。

3.高用水量群組：日均量差異+3.17 度、差異率+2.9%，其中差異率項目 H5+21.49%為最高，其次 H4+16.05%、H1+11.6%；差異率負值分別 H7、H9 及 H10，又以 H9-10.04%最低。

比較各用水群組之差異率，低用水量群組差異率最高，反之，高用水量群組差異率最低，初步判斷低用水量群組微量進水情形較其他群組為高，口徑縮小效益佳，而高用水量群組大流進水機率高效益最低。另 22 只測試樣本（約佔 73.3%）口徑縮小後日均量增加，呈現正效益，餘 8 只（約佔 26.7%）口徑縮小後日均量減少，呈現負效益。

(五)流量貢獻比率分析

1.各用水量群組分析

水量計四個流量點：最小流量（Qm）、分界流量（Qt）、常設流量（Qp）及超載流量（Qs），作為流量分佈劃分基準。（1）「反向」為逆流之異常現象；（2）「微量」為最小流量以下；（3）「少量」為最小流量～分界流量間；（4）「正常」為分界流量～常設流量間；（5）「過量」為常設流量～超載流量間。

水量計由口徑 40mm 縮小 25mm，流量點變化為最小流量（Qm）0.1→0.035 m^3/hr、分界流量（Qt）0.15→0.0525 m^3/hr、常設流量（Qp）10→3.5m^3/hr 及超載流量（Qs）20→7m^3/hr。由流量貢獻比率分析，如流量範圍

「微量」(Qm 以下）差異率增加，顯示口徑縮小有助於增加小流計量，反之，「過量」（Qp~ Qs）差異率增加，表示不需調整水理計口徑。

從測試樣本總流量資料，口徑 40mm 流量範圍以「正常」佔 94.16%最多，其次「微量」佔 3.02%，顯示流量大多落於水量計合適範圍內；口徑縮小為 25mm 流量範圍仍以「正常」佔 76.73%最多，其次「過量」佔 20.64%、「微量」佔 1.47%。

比較「過量」差異率以高用水量群組+28.23%最高，而「微量」差異率以低用水量群組-3.85%最高，顯示口徑縮小有助於降低「微量」進水情形，惟「過量」增幅高，應避免瞬間流量超載現象。

表 3　各測試樣本之用水量及日均量統計表

項目	總表編號	口徑 40mm (107.7.21~9.10) 用水量	口徑 40mm (107.7.21~9.10) 日均量 A	口徑 25mm (107.9.11~12.3) 用水量	口徑 25mm (107.9.11~12.3) 日均量 B	日均量差異(度) (C=B-A)	日均量差異率(%) (D=C/A*100%)
L1	937	100	2.13	204	2.52	+0.39	+18.37%
L2	915	34	0.72	62	0.77	+0.04	+5.81%
低用水量群組 L3	978	139	2.96	269	3.32	+0.36	+12.29%
低用水量群組 L4	YD1	76	1.62	135	1.67	+0.05	+3.07%
低用水量群組 L5	88K	142	3.02	241	2.98	-0.05	-1.52%
低用水量群組 L6	B65	234	4.98	430	5.31	+0.33	+6.63%
低用水量群組 L7	YR5	177	3.77	286	3.53	-0.24	-6.24%
低用水量群組 L8	Y63	129	2.74	350	4.32	+1.58	+57.43%
L9	88H	142	3.02	242	2.99	-0.03	-1.11%
L10	969	167	3.55	331	4.09	+0.53	+15.01%
小計		1,340	28.51	2,550	31.48	+2.97	+10.42%
M1	A75	202	4.30	387	4.78	+0.48	+11.17%
M2	977	90	1.91	171	2.11	+0.20	+10.25%
中用水量群組 M3	88J	145	3.09	268	3.31	+0.22	+7.25%
中用水量群組 M4	008	203	4.32	347	4.28	-0.04	-0.81%
中用水量群組 M5	Z02	216	4.60	397	4.90	+0.31	+6.65%
中用水量群組 M6	89S	184	3.91	326	4.02	+0.11	+2.80%
中用水量群組 M7	069	234	4.98	366	4.52	-0.46	-9.24%
中用水量群組 M8	979	166	3.53	349	4.31	+0.78	+21.99%
M9	077	273	5.81	609	7.52	+1.71	+29.44%
M10	B04	246	5.23	443	5.47	+0.24	+4.49%
小計		1,959	41.68	3,663	45.22	+3.54	+8.50%
H1	952	235	5.00	452	5.58	+0.58	+11.60%
H2	A03	298	6.34	535	6.60	+0.26	+4.17%
高用水量群組 H3	A04	304	6.47	554	6.84	+0.37	+5.74%
高用水量群組 H4	Y33	319	6.79	638	7.88	+1.09	+16.05%
高用水量群組 H5	A77	491	10.45	1028	12.69	+2.24	+21.49%
高用水量群組 H6	YK1	436	9.28	755	9.32	+0.04	+0.48%
高用水量群組 H7	A78	520	11.06	871	10.75	-0.31	-2.81%
高用水量群組 H8	C89	1077	22.91	1912	23.60	+0.69	+3.01%
H9	Y95	576	12.26	893	11.02	-1.23	-10.04%
H10	003	883	18.79	1475	18.21	-0.58	-3.07%
小計		5,139	109.34	9,113	112.51	+3.17	+2.90%
總計		**8,438**	**179.53**	**15,326**	**189.21**	**+9.68**	**+5.39%**

2.各測試樣本分析

依口徑 40mm 流量貢獻比率，如流量範圍落於「少量」~「正常」之間，屬水量計合適流量範圍內，顯示維持原口徑即可；反之，如流量範圍落於「微量」以下，表示水量計口徑太大，可適當調整水量計口徑。從口徑 40mm 之流量貢獻比，合理流量較低分別為 L3 79.83%、L5 74.09%及 M8 87.78%。

(1)項目 L3（日均量差異率+12.29%）

項目 L3 為社區型透天戶，分表戶數 4 只，其瞬間流量最大約 1.4 m3/h，屬直接供水模式。從進水流量譜探討該戶為間歇性用水，用水量無規則性變化，進水時間不規率且集中於夜間小流持續進水，低於口徑 40mm 最小流量（Qm），疑似微量漏水現象，微量比例高達 19.57%（如圖 2）。

口徑縮小後流量貢獻分布屬「正常」由 77.73%增至 82.82%、「少量」由 2.1%增至 13.51%、「微量」由 19.57%降至 3.64%且無過量情形，顯示該表位較適合裝置口徑 25mm 水量計（如表 4、5）。

表 4　各測試樣本口徑 40mm 之流量貢獻比率統計表

	總流量	反向	微量 (Qm 以下)	少量 (Qm~Qt)	正常 (Qt~Qp)	過量 (Qp~Qs)	合理流量 (Qm~Qp)
	L1	0.02%	0.28%	0.01%	99.69%	0.00%	99.70%
	L 2	0.00%	0.38%	0.25%	99.38%	0.00%	99.62%
低	L 3	0.59%	19.57%	2.10%	77.73%	0.00%	79.83%
用	L 4	0.00%	1.04%	0.61%	98.36%	0.00%	98.96%
水	L 5	0.01%	25.90%	22.90%	51.20%	0.00%	74.09%
量	L 6	0.03%	7.64%	13.39%	78.94%	0.00%	92.33%
群	L 7	0.00%	0.30%	0.11%	99.59%	0.00%	99.70%
組	L 8	0.00%	2.62%	1.88%	95.50%	0.00%	97.38%
	L 9	0.00%	9.77%	6.52%	83.71%	0.00%	90.23%
	L10	0.01%	0.73%	0.28%	98.98%	0.00%	99.26%
	M 1	0.00%	0.91%	0.66%	98.43%	0.00%	99.09%
	M 2	0.07%	3.14%	0.30%	96.49%	0.00%	96.80%
中	M 3	0.01%	3.96%	2.65%	93.39%	0.00%	96.04%
用	M 4	0.00%	0.12%	0.13%	99.76%	0.00%	99.88%
水	M 5	0.00%	0.15%	0.14%	99.70%	0.00%	99.85%
量	M 6	0.00%	1.28%	0.88%	97.84%	0.00%	98.72%
群	M 7	0.00%	0.28%	0.14%	99.58%	0.00%	99.72%
組	M 8	0.00%	12.22%	12.70%	75.08%	0.00%	87.78%
	M 9	0.00%	0.44%	0.01%	99.55%	0.00%	99.56%
	M10	0.24%	3.24%	0.33%	96.20%	0.00%	96.52%
	H 1	0.06%	2.08%	0.42%	97.44%	0.00%	97.85%
	H 2	0.23%	5.86%	2.96%	90.95%	0.00%	93.91%
高	H 3	0.22%	4.21%	2.59%	92.97%	0.00%	95.56%
用	H 4	0.00%	2.86%	2.09%	95.05%	0.00%	97.14%
水	H 5	0.03%	5.38%	3.05%	91.54%	0.00%	94.59%
量	H 6	0.00%	2.63%	12.83%	84.54%	0.00%	97.37%
群	H 7	0.01%	4.21%	4.24%	91.06%	0.48%	95.30%
組	H 8	0.00%	0.26%	0.15%	99.58%	0.00%	99.74%
	H 9	0.00%	0.00%	0.01%	99.99%	0.00%	100.00%
	H 10	0.00%	0.67%	0.60%	98.72%	0.00%	99.32%

表 5　各測試樣本口徑 25mm 之流量貢獻比率統計

流量分布		反向	微量 (Qm 以下)	少量 (Qm~Qt)	正常 (Qt~Qp)	過量 (Qp~Qs)	合理流量 (Qm~Qp)
低用水量群組	L1	0.04%	12.52%	0.40%	35.81%	51.23%	36.21%
	L 2	0.00%	0.74%	0.37%	98.88%	0.00%	99.26%
	L 3	0.03%	3.64%	13.51%	82.82%	0.00%	96.33%
	L 4	0.00%	0.64%	0.40%	98.96%	0.00%	99.36%
	L 5	0.00%	2.19%	1.51%	96.30%	0.00%	97.81%
	L 6	0.00%	0.67%	3.25%	96.08%	0.00%	99.33%
	L 7	0.00%	0.62%	0.20%	4.53%	94.65%	4.73%
	L 8	0.00%	6.93%	2.94%	63.07%	27.06%	66.01%
	L 9	0.00%	1.38%	5.97%	92.64%	0.00%	98.62%
	L10	0.04%	5.03%	0.78%	93.00%	1.15%	93.78%
中用水量群組	M 1	0.00%	1.20%	0.52%	68.61%	29.67%	69.13%
	M 2	0.13%	5.10%	1.48%	93.29%	0.00%	94.77%
	M 3	0.00%	3.27%	3.45%	93.28%	0.00%	96.72%
	M 4	0.00%	0.97%	0.08%	98.38%	0.57%	98.46%
	M 5	0.00%	2.77%	0.69%	96.53%	0.00%	97.23%
	M 6	0.00%	0.65%	0.48%	98.87%	0.00%	99.35%
	M 7	0.00%	0.72%	0.10%	99.18%	0.00%	99.28%
	M 8	0.00%	2.19%	3.95%	93.86%	0.00%	97.81%
	M 9	0.04%	0.74%	0.03%	99.19%	0.00%	99.22%
	M10	0.05%	3.80%	0.87%	93.38%	1.90%	94.24%
高用水量群組	H 1	0.04%	3.31%	0.45%	96.20%	0.00%	96.65%
	H 2	0.01%	2.03%	1.76%	95.48%	0.72%	97.25%
	H 3	0.00%	1.57%	1.26%	97.16%	0.00%	98.43%
	H 4	0.00%	0.12%	0.11%	47.26%	52.51%	47.37%
	H 5	0.00%	0.53%	1.47%	71.96%	26.05%	73.43%
	H 6	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	100.00%
	H 7	0.00%	1.50%	1.77%	61.66%	35.07%	63.43%
	H 8	0.00%	0.19%	0.10%	7.57%	92.14%	7.67%
	H 9	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	100.00%
	H 10	0.01%	0.55%	0.37%	99.07%	0.00%	99.44%

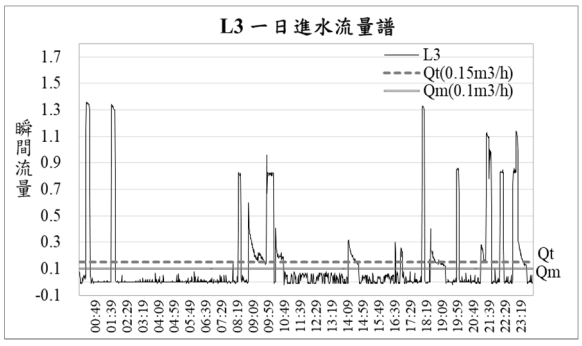


圖 2　項目 L3 一日進水流量譜

(2)項目 L5（日均量差異率-1.52%）

項目 L5 為公寓大樓，一層 2 戶分表戶數計 10 只，其瞬間流量最大約 0.9 m^3/h，進水時間分散且進水曲線為直升緩降，研判為間接供水模式，表後設有浮球開關式水塔。浮球閥控制閥體開啟與關閉動作時間長，進水波形有「拖曳」現象，落於水量計不感度範圍比率高，且水池內浮球疑似老化無法有效止水，微量比例高達 25.9%（如圖 3）。

口徑縮小後流量貢獻分布屬「正常」由 51.2%增至 96.3%、「少量」由 22.9%降至 1.51%及「微量」由 25.9%降至 2.19%，且無過量情形，顯示該表位縮小為口徑 25mm 水量計較適宜。

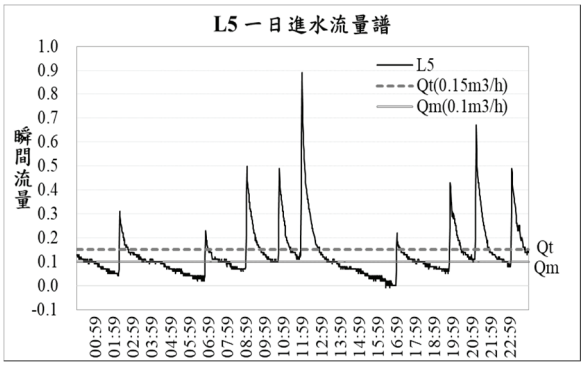


圖 3　項目 L5 一日進水流量譜

(3)項目 M8（日均量差異率+21.99%）

項目 M8 為社區型透天戶，分表戶數計 7 只，其瞬間流量最大約 1.5 m^3/h，屬於直接供水模式，該社區無設置水池水塔、蓄水池等設施，進水曲線與分表用水行為有關，呈現非規率性（如圖 4）。口徑縮小後流量貢獻分布屬「正常」由 75.08%增至 93.86%、「少量」由 12.7%降至 3.95%及「微量」由 12.22%降至 2.19%，且無過量情形，顯示該表位縮小為口徑 25mm 水量計較適宜。

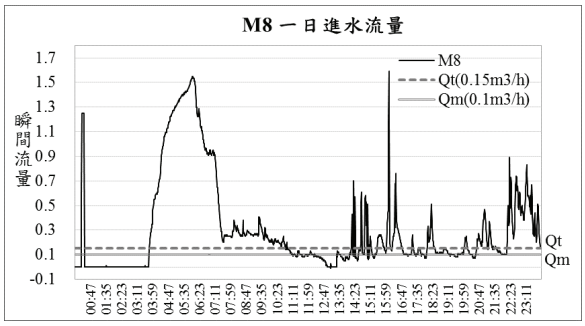


圖 4　項目 M8 一日進水流量譜

另分析口徑縮小為 25mm 流量貢獻比率，其中「過量」增幅較高分別為項目 L1、L7、H4 及 H8，並逐一探討其用水模式。

(4)項目 L1（日均量差異率+18.37%）

項目 L1 為五層公寓，分表戶數計 5 只，其最大瞬間流量約 3.4m^3/h，屬於間接供水模式，進水模式為浮球開關式，在折線圖雖有拖曳樣貌，但微量進水極低（如圖 5）。口徑縮小後流量貢獻分布「正常」由 99.69%降至 35.81%、「微量」由 0.28%增至 12.52%，疑似有微量漏水，而「過量」增至 51.23%，最大瞬間流量接近口徑 25mm 常設流量（3.5m^3/hr），維持口徑 40mm 較適宜。

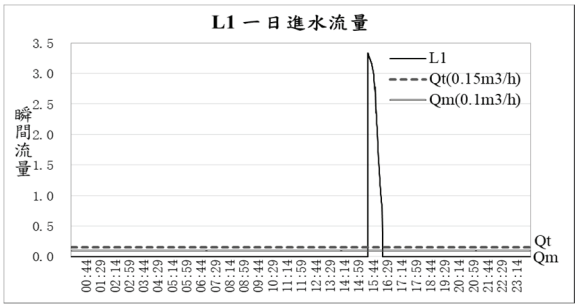


圖 5　項目 L1 一日進水流量譜

(5)項目 L7（日均量差異率-6.24%）

項目 L7 為電梯公寓一層一戶，分表戶數計 7 只，最大瞬間流量約 9.1m^3/h，屬於間接供水模式，進水模式為液位開關式，水池水塔補滿後開關即關閉，直升直降且微量進水比例低（如圖 6）。

口徑縮小後流量貢獻分布「正常」由 99.59%降至 4.53%、「微量」由 0.3%增至 0.6%，而「過量」增至 94.65%。「過量」比例增幅明顯，最大瞬間流量接近於口徑 25mm 超載流量，維持口徑 40mm 較適宜。

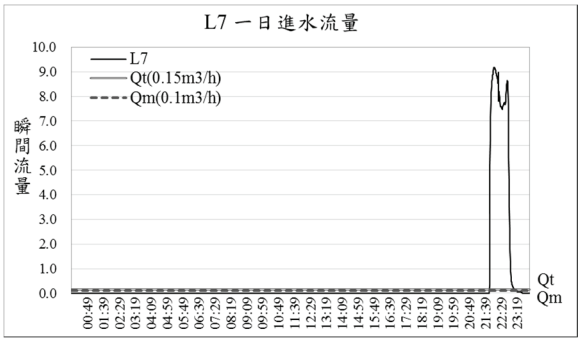


圖 6　項目 L7 一日進水流量譜

(6)項目 H4（日均量差異率+16.05%）

項目 H4 為電梯式公寓，分表戶數計 21 只，最大瞬間流量約 3.2m^3/h，屬於間接供水模式，進水模式為浮球開關式（如圖 7）。口徑縮小後流量貢獻分布屬「正常」區間由

95.05%降至 47.26%、「少量」區間由 2.09%減至 0.11%、「微量」區間由 2.86%減至 0.12%，「過量」區間增至 52.51%。該表位最大瞬間流量接近口徑 25mm 常設流量，大流進水時間不長，維持口徑 40mm 總表較適宜。

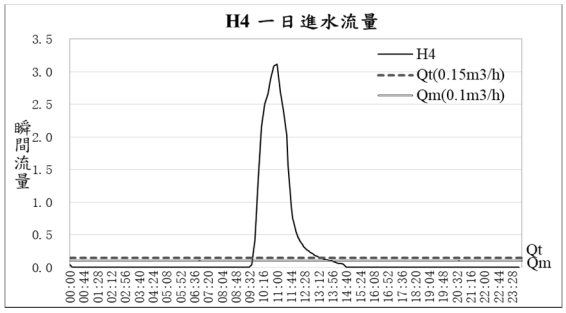


圖 7　項目 H4 一日進水流量譜

綜上，觀查項目 L3、L5 及 M8 之用水日均量及進水流量譜，發現易有小流不感之態樣，分別為直接供水模式之社區型透天戶，以及間接供水模式之公寓大樓且裝置浮球機械式水塔。直接供水因用水模式非規律性，小流進水機率高於間接供水；而浮球機械式水塔，因閥門開度取決於浮球液位高度，水位愈低開度愈大，進水量愈大，水位愈高閥門開度愈小，進水量愈少，進水模式接近滿水位時緩慢進水，導致其流量落在法定最小流量之下，易有誤差或不計量情形。

從項目 L7、H4 發現，當用戶用水模式為間接供水且水池水塔屬液位開關式（定水位閥），總表縮小口徑後易有超載流量情形。液位開關式之水量計進水譜較單一且具規律性，每日進水次數不多，穩定的中高流進水型態，屬於水量計計量較為準確的區段，故不需要辦理口徑縮小。

表 6　口徑縮小前(40mm)各測試樣本之流量分布比率統計表

流量分布		反向	零點流量 (A)	微量 (Qm 以下)	少量 (Qm~Qt)	正常 (Qt~Qp)	過量 (Qp~Qs)	進水時間比率
低用水量群組	L1	0.31%	93.22%	2.40%	0.01%	4.07%	0.00%	6.78%
	L 2	0.00%	96.84%	0.51%	0.08%	2.56%	0.00%	3.16%
	L 3	11.28%	18.06%	52.86%	2.01%	15.79%	0.00%	81.94%
	L 4	0.00%	89.84%	1.81%	0.33%	8.02%	0.00%	10.16%
	L 5	0.14%	8.80%	46.06%	22.80%	22.19%	0.00%	91.20%
	L 6	1.31%	4.76%	20.43%	25.35%	48.14%	0.00%	95.24%
	L 7	0.00%	96.09%	1.02%	0.15%	2.73%	0.00%	3.91%
	L 8	0.03%	88.12%	4.54%	1.56%	5.76%	0.00%	11.88%
	L 9	0.01%	58.84%	17.56%	5.71%	17.88%	0.00%	41.16%
	L10	0.07%	83.54%	4.98%	0.31%	11.09%	0.00%	16.46%
中用水量群組	M 1	0.13%	87.95%	2.43%	0.94%	8.55%	0.00%	12.05%
	M 2	0.81%	75.61%	15.94%	0.18%	7.45%	0.00%	24.39%
	M 3	0.17%	76.33%	7.72%	2.59%	13.20%	0.00%	23.67%
	M 4	0.00%	86.09%	0.66%	0.18%	13.07%	0.00%	13.91%
	M 5	0.00%	84.97%	0.88%	0.21%	13.93%	0.00%	15.03%
	M 6	0.00%	83.75%	3.44%	1.12%	11.69%	0.00%	16.25%
	M 7	0.03%	87.74%	1.44%	0.23%	10.57%	0.00%	12.26%
	M 8	0.13%	27.30%	25.17%	16.06%	31.35%	0.00%	72.70%
	M 9	0.09%	77.28%	10.68%	0.02%	11.93%	0.00%	22.72%
	M10	7.27%	52.73%	24.92%	0.57%	14.51%	0.00%	47.27%
高用水量群組	H 1	2.18%	56.21%	19.82%	0.54%	21.25%	2.18%	43.79%
	H 2	9.50%	14.87%	33.88%	6.46%	35.29%	9.50%	85.13%
	H 3	9.39%	15.78%	26.03%	5.69%	43.11%	9.39%	84.22%
	H 4	0.00%	60.47%	11.96%	4.56%	23.00%	0.00%	39.53%
	H 5	2.15%	22.17%	33.62%	10.35%	31.71%	2.15%	77.83%
	H 6	0.00%	0.10%	11.92%	38.92%	49.06%	0.00%	99.90%
	H 7	0.49%	19.30%	31.33%	15.32%	33.56%	0.49%	80.70%
	H 8	0.07%	73.70%	4.44%	1.19%	20.60%	0.07%	26.30%
	H 9	0.00%	21.79%	0.00%	0.02%	78.19%	0.00%	78.21%
	H 10	0.54%	38.20%	9.21%	3.92%	48.14%	0.54%	61.80%

表 7　口徑縮小後(25mm)各測試樣本之流量分布比率統計表

流量分布		反向	零點流量 (A)	微量 (Qm 以下)	少量 (Qm~Qt)	正常 (Qt~Qp)	過量 (Qp~Qs)	進水時間比率
低用水量群組	L1	0.67%	10.11%	85.50%	1.11%	2.61%	1.47%	89.89%
	L 2	0.02%	93.71%	2.50%	0.36%	3.40%	0.00%	6.29%
	L 3	0.77%	4.36%	22.32%	40.36%	32.19%	0.00%	95.64%
	L 4	0.00%	87.24%	3.25%	0.61%	8.90%	0.00%	12.76%
	L 5	0.01%	48.45%	21.05%	5.07%	25.41%	0.00%	51.55%
	L 6	0.11%	2.58%	5.47%	14.00%	77.84%	0.00%	97.42%
	L 7	0.10%	89.80%	8.41%	0.64%	1.05%	2.50%	10.20%
	L 8	0.06%	19.32%	53.29%	11.48%	15.85%	1.15%	80.68%
	L 9	0.01%	3.19%	6.95%	16.52%	73.33%	0.00%	96.81%
	L10	1.01%	16.79%	66.90%	2.88%	12.42%	0.05%	83.21%
中用水量群組	M 1	0.00%	61.91%	22.91%	2.55%	12.64%	1.71%	38.09%
	M 2	1.56%	54.19%	34.55%	2.55%	7.15%	0.00%	45.81%
	M 3	0.05%	33.97%	22.68%	9.56%	33.75%	0.00%	66.03%
	M 4	0.04%	72.29%	13.36%	0.32%	14.00%	0.02%	27.71%
	M 5	0.04%	46.72%	31.37%	3.23%	18.65%	0.00%	53.28%
	M 6	0.02%	75.36%	6.90%	1.99%	15.73%	0.00%	24.64%
	M 7	0.04%	75.89%	15.38%	0.40%	8.28%	0.00%	24.11%
	M 8	0.00%	3.24%	14.88%	15.71%	66.16%	0.00%	96.76%
	M 9	2.06%	60.07%	24.50%	0.25%	13.12%	0.00%	39.93%
	M10	2.09%	23.98%	54.37%	4.89%	14.68%	0.12%	76.02%
高用水量群組	H 1	1.42%	19.47%	51.94%	2.46%	24.71%	0.00%	80.53%
	H 2	0.25%	1.85%	28.77%	10.67%	58.45%	0.05%	98.15%
	H 3	0.18%	1.32%	23.15%	8.28%	67.07%	0.00%	98.68%
	H 4	0.00%	68.16%	1.66%	0.88%	29.30%	4.07%	31.84%
	H 5	0.00%	0.23%	11.03%	17.77%	70.97%	3.55%	99.77%
	H 6	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	99.99%	0.00%	99.99%
	H 7	0.02%	9.65%	29.12%	16.07%	45.13%	2.60%	90.35%
	H 8	0.01%	72.82%	13.53%	2.55%	11.08%	19.37%	27.18%
	H 9	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	99.99%	0.00%	99.99%
	H 10	0.81%	11.73%	23.97%	6.42%	57.08%	0.00%	88.27%

(六)流量分布比率分析

1.依用水量群組分析

為了解用戶實際用水時水量計進水運作時間，統計 30 只測試樣本之流量分布情形，口徑縮小前「零點流量」佔 54.41%為最多，其次為「正常」區間佔 23.03%，「反向」區間佔 1.65%，顯示部分測試樣本可能逆止閥失靈或水錘效應，有逆流現象；口徑縮小後「零點流量」佔 36.48%為最多，其次「正常」區間佔 35.55%，「反向」區間降至 0.38%，正常區間運轉時間長，水量計在合適計量範圍內計量頻率增加，有效增加計量準確度。

分析各用水群組流量分布差異，「微量」區間以中用水量群組+14.91%最高，其次為低用水量群組+4.21%，顯示口徑縮小有助於提升小流計量；另「過量」區間以高用水量群組+2.61%最高，顯示高用水量群組不宜辦理縮小口徑（如表 6、7）。

2.依測試樣本分析

針對「微量」佔比較高之測試樣本分析口徑縮小前、後差異，並以各流量點進水時間比率，探討水量計每日運作情形。以口徑 40mm 進水時間「微量」區間比率最高，低用水量群組 L3=52.86%、中用水量群組 M8=25.17%及高用水量群組 H2=33.88%。

(1)項目 L3：口徑縮小後流量分布「正常」由 15.79%增至 32.19%、「少量」由 2.01%增至 40.36%、「微量」由 52.86%降至 22.32%，

及「零點流量」由 18.06%降至 4.36%。

(2)項目 M8：口徑縮小後流量分布「正常」區間由 31.35%增至 66.16%、「少量」由 16.06%減至 15.71%、「微量」由 25.17%降至 14.88%及「零點流量」由 27.3%降至 3.24%。

(3)項目 H2：口徑縮小後流量分布「正常」區間由 35.29%增至 58.45%、「少量」由 6.46%增至 10.67%、「微量」由 33.88%降至 28.77%、「零點流量」由 14.87%降至 1.85%，及「反向」由 9.5%降至 0.25%。

以進水時間較長項目 L3、M8、H2 皆屬社區型直接供水模式。浮球機械式水池水塔進水時間較長，因控制球閥隨水塔進水而逐漸關閉，接近滿水位時，閥門漸漸關小而微量進水，當水塔內部液面表面積越大、或水量計的啟動流越高，計量偏低的問題會越嚴重。另直接供水無設置水池，而是與用水設備相連，並受水壓、用戶用水習性或用水設備等因素影響，進水行非規律性，小流量運轉比例偏高。

用戶水池水塔屬液位開關式之間接供水模式，每日進水時間比率則大幅縮短，顯示以往僅以歷史抄見量，推估水量計合理口徑顯有資訊不足，應於實際用水後將各流量點比例作為選用水量計之參考，才足以評估水量計口徑之適宜性。

五、研究結論及建議

(一)研究結論

1.總表用水量越低、負分攤機率越高。

總表小於分表和之負分攤情形，排除內線因素外，與水量計準確度具關聯性，而總表小流不感、故障或遲緩等原因影響水量計的準確度。經統計 30 只測試樣本抄見量資料，負分攤為低用水量群組占 7 只(佔 23.3%)、中用水量群組占 4 只（佔 13.3%）及高用水量群組占 1 只(佔 3.3%)，顯示用水量越低、負分攤情形越顯著。

2.低用水量群組較中、高用水量群組口徑縮小效益為佳。

比較測試樣本裝置口徑 40mm、25mm 用水量，口徑 25mm 較 40mm 日均量+9.68 度、差異率+5.39%；各用水群組差異率以低用水量群組+10.42%最高、高用水量群組+2.9%最低，顯示低用水量群組口徑縮小效益較佳。

3.執行口徑縮小，高用水量群組易有超載計量，低用水群組則有助於提升小流計量。

依流量貢獻比率以高用水量群組「過量」+28.23%增幅最高、低用水量群組「微量」-6.55%降幅最高，總表口徑縮小，對於高用水量群組易有超載計量，而低用水群組則有助於提升小流計量。

4.直接供水以及水池水塔為浮球機械式小流不感機率較高。

對於社區型直接供水模式，進水時間長且進水流量譜呈現非間歇性，較間接供水模式小流量進水時間長，故縮小口徑效益較佳。浮球機械式進水末期，微量進水比例較高；反之，液位開關式水塔水池進水即開即關，微量進水比例較低。

5.僅依歷史抄見量無法評估水量計口徑之適宜性。

依測試樣本流量分布比率分析，用水量多寡與進水時間沒有顯著關聯，與用戶用水設備有較高的關聯性。在無漏水情形下，如

為直接供水模式、或是設置浮球機械式水池水塔，水量計運轉時間長；如為液位開關式之間接供水模式，水量計運轉時間則大幅縮短，僅依歷史抄見量不足以評估水量計口徑之適宜性。

(二)研究建議

1.總表新裝設計應選用適宜口徑水量計

依用戶用水設備申裝作業要點之內線審查計算表，對於間接給水總表口徑之選用，供住宅使用部分以用水人口數推算，考量安全係數後擇定口徑。以口徑 40mm 總表測試樣本 30 只，中、低用水量群組，分表戶數介於 4~10 戶，而高用水量群組，分表戶數介於 8~52 戶，顯見實務上有選用大一~二號口徑情形。為降低小流不感情況，建議受理新裝案件，總表水量計選用應避免設計過大口徑。

2.加強宣導用戶水池水塔控制閥應採用定水位閥

「用戶設備申裝作業要點」規定口徑 75mm 以上水量計，應以定水位閥或電磁閥作為蓄水池控制閥；口徑 50mm 以下蓄水池或水池水塔採用型式則無強制性。為避免使用浮球閥控制進水，導致未超過啟動流量時之不感水量損失，建議加強宣導用戶採用定水位閥。

3.擇長期負分攤 40mm 總表辦理口徑縮小

單從歷史抄見量判斷口徑匹配性資訊不足，囿於每一用戶用水習性迥異，如使用量不大之總表，其進水模式倘以大流運轉且進水時間短，執行口徑大改小易發生超載毀損或用水量不足疑慮。執行總表口徑縮小前，應分析進水流量譜，了解用戶用水型態後，評估水量計口徑適宜性，惟此類前置作業十分耗費人力及時間，且成本所費不低，難以全面推廣，建議新增「總表持續一年以上負分攤」篩選功能，提供各區處作為評估口徑縮小之標的。

參考文獻

1.王國堅、楊條和、雷添壽、金鐵珊，用戶用水模式之分析，2004年。

2.鄭國華、賈允成、廖宜洋、黃騰宏，大型水量計用戶用水模式之建置與應用，2005年。

3.鄭國華，許敏能、黃欽稜、周家榮、蔡淑惠、蔡裕國，用戶總表計量效能之宏觀分析與計量效能提升對策，2014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：水量計營運管理、數值分析

林浩淳先生

現職：台灣自來水公司第七區管理處業務員

專長：新裝及水量計作業管理

江淑惠女士

現職：台灣自來水公司營業處組長

專長：水量計營運規劃與業務管理

謝素娟女士

現職：台灣自來水公司營業處副座

專長：綜合營運規劃與業務管理

水表自轉之謎與因應之道

文/周家榮

一、前言

在切身的案例中，用戶水表會因供水管網(或分表前後用戶內線)水壓劇烈變化而自轉，此於文獻中雖甚少探討，然在特殊的供水條件下，臺北自來水事業處(以下稱北水處)偶會遭遇相關疑難，據此，將近年研究成果分享，完整說明水表發生自轉原因(理論)、研究方法、實證與因應對策。

本研究將說明「水表自轉原因無他，只是水表中流體速度達到啟動流量」。

關鍵詞：自轉、水表、起動流量、濕式水表、水壓波動、球塞型止水栓

二、基本概念介紹

在闡述相關研討細節前，本研究先說明一些基本概念：

(一)水表的啟動流量：

水表中的流體需有足夠的速度、動量方能克服水表轉子的靜摩擦，啟動水表運轉，所以這克服靜摩擦的流量稱為啟動流量，如圖 1，為 Y 牌水表的相關參數，以口徑 20mm 水表為例，其啟動流量為 0.015 M3/hr(約相當 4.17 ml/sec)，亦即當水表中每秒有 4.17 毫升的水流過時，水表就會啟動。

(二)水表中是有空氣的：

北水處在小口徑(40mm 以下)機械表採用多噴孔流速型的「濕式」水表，如圖 2，濕式水表即水表轉子與積算齒輪等空間通透，水可浸置其間，但水表在正常的安裝下(鏡面朝天)，像倒扣入水中的臉盆，積算齒輪的空間，水很難進得去，因此形成飽含空氣的氣室。

技術特性

水量計界定Meter Designation(N)	1.5	2.5	3.5	10
口徑Nominal Size(mm)	13	20	25	40
度量等級Accuracy Class	B	B	B	B
標稱壓力Nominal Pressure(MPa)	1	1	1	1
常設流量Permanent Flow-rate(m^3/h)	1.5	2.5	3.5	10
超載流量Overload Flow-rate(m^3/h)	3	5	7	20
分界流量Transitional Flow-rate(m^3/h)	0.12	0.2	0.28	0.8
最小流量Minimum Flow-rate(m^3/h)	0.03	0.05	0.07	0.2
起動流量Starting Flow(m^3/h)	0.010	0.015	0.020	0.040
最大讀值 Max. Reading (m^3)	9999	9999	9999	999999
最小讀值 Min. Reading (m^3)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0005

圖 1　Y 牌水表特性參數(資料來源：http://www.yuanteai.com.tw/yt-13.html)

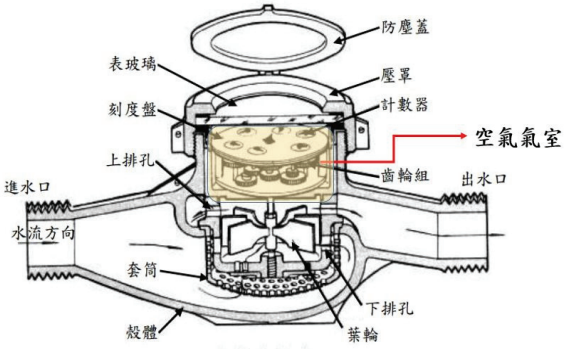


圖 2　濕式水表空氣氣室說明

(原圖轉繪，原圖來源：經濟部標準檢驗局 103 年度自行研究計畫-水量計之裝置角度與計量準確相關性研究與探討)

(三)水表轉子慣性：

水表轉子是有質量的物體，只要水表轉子因水流動而轉動後便有其轉動慣量，此時若管中流動的水因用戶端水龍頭等設備迅速關閉而急速停止，此時因水的不可壓縮性

(或說極低壓縮性)，水可以馬上停止，但水表轉子無法馬上停下來，便會因慣性而多轉動一些；最為一般業界熟知的就是馬達間歇性啟動會影響計量。

(四)水表正逆轉之敏感差異性：

一般速度型水表是設計來正向計量的，它反向流動的準確性會差很多，因此若等量的水在水表間反覆流動，雖然整體而言，用戶沒有實質進水，亦會影響計量。

(五)波以耳(Boyle)定律(1661 年)：

定溫下，密閉容器中的定量氣體之體積與其壓力成反比。

三、水表自轉機制

依可能碰到的樣態分述如下(如圖 3)。

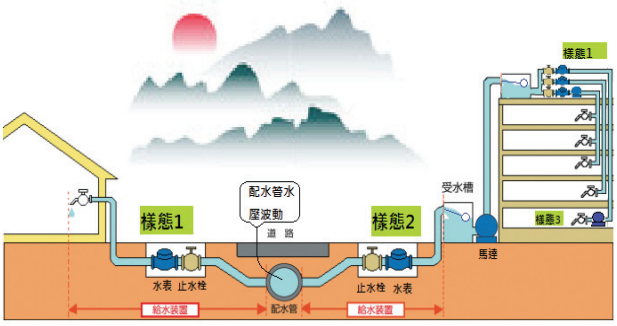


圖 3　水表自轉樣態

(原圖轉繪，原圖來源：熊本市上下水道局 https://www.kumamoto-waterworks.jp/waterworks_article/1334/)

(一)樣態 1-管路中空氣壓縮：

若供水管網(或分表前用戶內線)水壓劇烈變化，當水壓突增時，水表內(或管路中)空氣壓縮，雖用戶端未用水，然水由濕式水表轉子下層流動至上層，當水壓突降時，水表內(或管路中)空氣膨脹，此時轉子上層水流動至下層，若此時這樣的水流動達到水表的啟動流動，那水表就發生自轉的情形。

(二)樣態 2-表後類浮球開關的運作：

浮球是因管路內供水壓力總和與落於液面浮球提供槓桿合力平衡止水的設備，若用戶水池接近滿水、原進水浮球已止水，然供水管網(或分表前用戶內線)水壓劇烈變化、水壓突增，原浮球止水提供槓桿合力不足，則浮球開關將重新進水，若自來水管路供水壓力如正弦波般週期變化，則水表轉子將處於進水運轉、止水後慣性運轉、停止(或微量逆轉)等週期作動，直到浮球液面高到可以擋住正弦波之尖峰高壓為止，這種類浮球的行為，常發生於用戶端設備有水池、水塔、馬桶等設備。

(三)樣態 3-用戶端特殊用水設備故障造成：

如有些住宅，會在各樓層家中裝穩壓設備(如逆滲透淨水設備、穩壓馬達等)，當這些穩壓設備的逆止閥故障時，用戶雖不用水，但加壓設備會因要維持設備 2 次側穩壓而加壓，然卻因逆止閥故障無法長期穩壓，導致馬達週期、間歇性地抽水，產生水表運轉慣性及水量回流時不敏感計量之自轉情形。

四、水表自轉解謎與實驗方法

前述 3 樣態中，第 2、3 樣態較淺顯易懂，而以第 1 樣態最常發生，發生機制亦常為眾人所困惑，亦為本研究之重點所在。

在以往的案例中發現，當水表發生自轉時，常伴隨著表前水壓的變動，而在 106 年文山區指南路 3 段 38 巷〇號的案例中，更令人驚訝的是，即便表後緊鄰的用戶止水栓關

閉，水表同樣發生自轉，亦即「光是水表本身及表前水壓變動的環境便足以產生水表轉動」，此讓關注的焦點落於濕式水表上層的氣室，是否因空氣的可壓縮性，提供水流足夠流量而致起動流量。因此訂定本案研究方向如下：

(一)排除或減少水表中的空氣，是否可改善水表自轉情形。

(二)表前壓力變動是否提供足夠的空氣壓縮量，讓水表達到啟動流量轉動。

(三)可否在實驗室重現管網水壓變動環境，並尋找及測試可行的表前穩壓設備。

(四)前述表前穩壓設備安裝至現場測試可行。

而相應的試驗方法分別於現場與實驗室驗證，敘述如下。

(一)現場排除管路中的空氣驗證：

以 106 年 4 月在文山區指南路 3 段 38 巷 O 號案例來說，因配水管網下游端持減壓閥針閥故障，造成管線中壓力起伏頻繁且過大，該用戶表前壓力約於 2.1~3.2kgw/cm^2 間擺盪，雖然該用戶表後緊鄰內線球型閥開關，當表後開關關閉時，水表依舊隨外線供水壓力變化而不用水自轉，本研究嘗試使用空氣氣室較小的乾式水表，或突發奇想在通水中(開用戶端水龍頭)將用戶濕式水表倒置(鏡面朝地板)、排除水表積算盤內大部分空氣後，在相同狀況下，用戶水表皆不再自轉。

(二)外部壓力源變化與水表中相應的壓縮流量運算：

研究必須關心，外部的水壓變化，真的足以達到水表的啟動流量嗎?研究同樣以前揭指南路用戶為例，步驟如下。

1.水表內的空氣體積量測：如圖 4，研究使用排開液重方式計算表中空氣體積，首先，將 20mm 水表以細線吊起(細線體積可忽略)垂直放入裝滿水的水中不觸桶底秤水桶重得 11,629g，之後將水表在水中翻轉排氣同樣秤水桶重得 11,508g(用於水中翻轉的手套務必一併秤重)，兩次差值為 121g(空氣排開水重)，以當時水溫 25 度之水比重為 0.9991，推估水表中空氣體積約 121ml，惟前述測試選的是完全乾燥的水表，若以使用中水表拆下(內部濕潤)的狀態下，同樣作數次測試，多落在 60~80ml 間，而後的計算研究保守的取用 60ml 作水表中空氣體積(可視為 1 大氣壓下，約相當 1kgw/cm^2 壓力的體積)。

圖 4-1 水表空氣未排除前秤重。

圖 4-2 水表空氣排除後秤重。

圖 4　水表中空氣體積排開液重測試

2.外壓力變化可造成多少空氣(水量)壓縮流動：透過表前壓力的機械式水壓量測，再透過每秒 30 格的手機攝影，研究可將指南路用戶表前的水壓變化繪成水壓歷時曲線(壓力曲線須修正加上空氣中的 1 大氣壓)，透過波以耳定律使用，可換算出指南路案例每 1/30 秒之水表瞬間流量歷時曲線(如圖 5)。

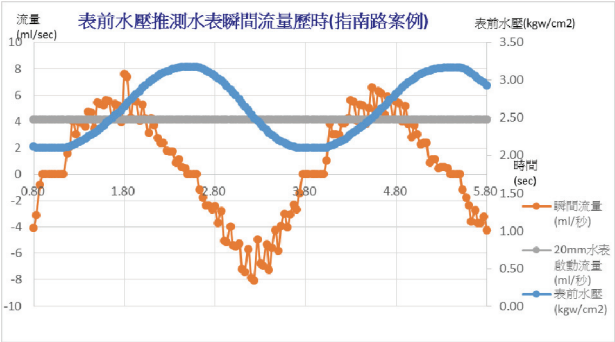


圖 5　表前水壓推測水表瞬間流量歷時曲線(指南路案例)

3.在本案例中水表中最高流量為每秒鐘 7.6ml，參考圖 1，口徑 20mm 水表的啟動流量為 0.015 M3/hr(相當於 4.17ml/sec)，顯見外部供水壓力變化已提供水表中足夠的空氣壓縮與水流量，讓水表自轉。

(三)水表試驗場重現管網水壓變動環境及相關表前穩壓設備測試：

本研究曾於 106 年借用北水處內舊水表試驗場辦理測試(如圖 6)，由圖中照片說明，水表台測線模擬配水管，三通管模擬用戶給水管線，而水表後即緊鄰內線開關，研究透過表前外線供水壓力的變動重現水表不用水自轉狀況；表前設備分別安裝水錘吸收器、市售一般銅用逆止閥、北水處塑用止水栓(因機件原理即具逆止閥作用)及台水兼具逆止閥球型閥開關(以下簡稱台水球塞型止水栓)，實驗結果顯示僅台水球塞型止水栓有效改善水表自轉情形；其原理係當管網供水壓力突波衝擊表前逆止閥，閥門自動打開，壓力灌注表後，壓力不再續大時逆止閥即行關閉，後續壓力波再來，除非能大於前波壓力，否則逆止閥不再開啟，便不再影響水表中的空氣壓縮，本案採 3 種逆止閥僅台水開關有效，係因台水球塞型止水栓逆止閥水密性高，不因表前水壓退散而洩壓。

圖 6-1 採用台水兼具逆止閥開關　　圖 6-2 採用本處銅開關

圖 6　水表試驗場模擬外線水壓變動造成水表自轉情形

(四)台水球塞型止水栓現地測試：

若將台水球塞型止水栓安裝於指南路用戶等多案例處，則指南路用戶用水度數由原先每期 30-40 度，降為 6-7 度(如圖 7)，其餘案例亦明顯改善。

綜整的說：樣態 1 水表自轉係表前水壓變動造成管路中(含水表)空氣壓縮，空氣壓縮量提供足夠水量流動，此流量已達啟動流量，故水表產生轉動，然因水表轉子慣性及水表正逆轉之敏感差異性，造成表前水壓回復時，水表沒有相對量的逆轉；另排除水表中空氣可改善水表自轉(但空氣久而久之可能再度產生)，透過實驗室及現場試用，台水球塞型止水栓可解決樣態 1 的問題。

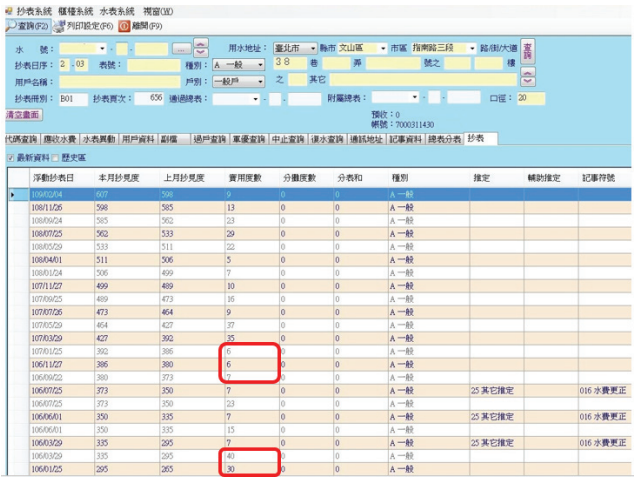


圖 7　文山區指南路 3 段 38 巷〇號抄表資料

五、試驗結果探討

以下針對水表自轉的因應對策、台水球塞型止水栓之成本及效益來說明。

(一)防止水表自轉之因應對策：

茲將「三、水表自轉機制」之樣態 1-3 因應機制分述如下：。

1.表前安裝台水球塞型止水栓：此可應付前述水表自轉機制之樣態 1，管路中有空氣之狀況，無論直接表或分表皆可；另若為某戶分表表後安裝馬達造成鄰近住戶水表不用水自轉，若不易要求鄰近住戶分表前改裝為台水球塞型止水栓，則退而求其次，亦可將該戶表後馬達改為小流量緩停機之恆壓變頻馬達或順水加壓馬達，亦可大幅降低影響，如 108 年文山區木新路 2 段 O 巷案例(尚不能完全免除影響)，用戶改裝馬達後可減低上水塔共同下水管之管中壓力變化頻率、幅度。

2.消弭表前壓力變化源：此可應付前述水表自轉機制之樣態 2 之用戶端類浮球內線設備問題。有關供水管網可能造成壓力變動主要有 2 因素，供水管網中持減壓閥(或定水位閥)作動不正常，或鄰近管網大用水戶定水位閥引起的水錘，此需積極協助修妥或設定好該設備，否則沿線所有用戶皆有類似問題；當然，另一種選擇為各戶表前裝減壓閥(減壓閥設定值須小於壓力正弦波的下限值)，此雖可穩定表前水壓，但卻增加自來水事業單位管理供水管網之複雜度，不建議於管網中採用；另管網水壓變動若因用戶水池定水位閥引起，亦可考量勸說用戶採電磁閥等定水位控制，惟用戶接受度尚待考量。

3.用戶端特殊用水設備造成：此可應付前述水表自轉機制之樣態 3，影響多為個別用戶之自身用水設備造成，需請用戶將內線穩壓設備內建之逆止閥等零件修妥。

此外，若自來水事業單位採用容積式水表，則上述樣態可解決，然容積式水表有成本較高等因素，國內自來水事業尚未採用。

(二)台水球塞型止水栓之成本及效益

台水球塞型止水栓依各口徑 20mm ~40mm，每只約 400 元~1000 元不等，成本不高，若考量有水中異物阻塞之風險，初期建議僅於分表前安裝(自來水流經水池、水塔，異物沉澱、水質較佳)，屬用戶自設設備，而供水管網之直接供水戶若遭遇相關問題，則可考慮個案小額採購，俟累積使用經驗，訂定採購規範。

而其效益為增進自來水事業計量穩定性與公信力，若用於工程用水，則可防止用戶拆除逆止閥而增加之管網水汙染風險。

六、結論與建議

本研究必須聲明，僅極少數特殊狀況才會發生此水表自轉情形(如單位時間之壓力變動率大、水表(管路)中空氣體積多等)、非常態。然水表自轉發生時，常造成計量的準確性遭質疑，故本研究提出之目的與方案，在解決絕大多數水表自轉的狀況，其可應用於管路中有空氣、內線有類浮球設備、內線的持壓設備異常且兼有表前壓力劇烈變化狀況下之計量異常情形。

水表自轉原因無他，只是水表中流體速度達到啟動流量，然而達到啟動流量的因素

或為管路中空氣壓縮提供水來回流動的空間，或真有水流過，只是它們都搭配著周期性啟動的水表轉子運轉慣性，致計量相較實際用水顯著增加，這種狀況雖僅發生在少數特殊的供水環境，卻造成自來水事業及用戶的困擾，而本研究提供其學理及因應之道。另外，台水球塞型止水栓雖可能造成異物阻塞，然考量計量的公平性是經營自來水事業的要務，且搭配台水多年的使用及改善經驗，應可將風險降低；再者，搭配現有不鏽鋼直管轉接台水球塞型止水栓轉接頭(如圖8)，亦可銜接北水處不鏽鋼管與台水牙接止水栓的問題，若一併使用於工程用水表前逆止閥安裝，可免除工程用水表後逆止閥遭拆除之水質安全問題，安裝總長度亦不超過原表箱長度。

圖 8-1 不鏽鋼直管轉接頭

圖 8-2 台水兼具逆止閥開關

圖 8　台水球塞型止水栓及不鏽鋼直管轉接頭

本研究對後續有如下建議。

(一)台水球塞型止水栓建議納入建物審圖機制：要求頂樓有裝馬達的用戶及其鄰近用水戶可安裝此止水栓，但此設備使用需要求表前壓力最低值(如上水塔供水需有3公尺水頭或提供水壓達0.3gw/cm2以上)，惟表後有裝設抽水馬達用戶不在此限。

(二)由分表先行試辦台水球塞型止水栓設置。

(三)濕式水表雖可透過管路進水時倒置，降低空氣量與壓縮空間，然管路中氣泡可能再次產生，且人員素質難以掌控，不建議列入標準作業流程。

參考文獻

1. 源泰股份有限公司，水表特性參數 http://www.yuanteai.com.tw/yt-13.html。

2.邱沛俊、楊永名，「水量計之裝置角度與計量準確相關性研究與探討」，2008，經濟部標準檢驗局103年度自行研究計畫。

3. 熊本市上下水道局，https://www.kumamoto-waterworks.jp/waterworks_article/1334/。

作者簡介

周家榮先生

現職：臺北自來水事業處陽明營業分處股長

專長：管網改善、小區計量實務及水量計、水壓研究等

山形剛架結構設計之探討

文/曾浩雄

一、背景說明

早期淨水場之污泥脫水處理大都設置曬乾場，藉由陽光照射方式自然曬乾。但因台灣各地全年雨季長達四個多月，加以防保意識抬頭，自淨水場運出之污泥，其含水量必須低於 70%，自然曬乾方式已無法應付其需求，因此各大淨水場紛紛加設水機械式脫水機，以快速脫水之方式解決上述問題。由於污泥具有惡臭不宜與辦公室旁，而且污泥處理前後均需設置大型儲存空間，以儲存溼污泥與乾污泥。為此，建造山形剛架(Rigid Frame)鐵皮浪板屋最為簡易合適。其他非辦公用之建築例如物料處存場(如第七區管理處之岡山物料中心及各處所之停車場均採用山形剛架結構。

二、採用之材質

山形剛架結構原則上以採用 H 型鋼為主，H 型鋼有鍍鋅鋼及不鏽鋼兩種，前者若採用常用鋼種(如 200 mm * 100 mm *5.5 mm ，而非 200 mm * 100 mm * 4.5 mm)，每公斤 42 元(含焊接及安裝費)；後者則達 250 元/公斤，相差約 6 倍，其實採用前者，只要善加維護(清污塗漆)即可。

另外也可採用筋混凝土造，但因其自重較大其所產生之節點應力亦較大(尤其是地震橫力與其重量成正比)。而且所需之建造費也教高。採用 H 型鋼 200 mm * 100 mm * 5.5 mm ，其重量 = 20.9kg，建造費 = 42 元/kg * 20.9kg = 877.8 元；

但若採用 RC 造，以斷面 30 cm * 45cm 計算，每公尺 = 0.3 m *0.45 m * 1 m = 0.135 m^3，鋼筋量以 200 kg/m^3 計 = 27kg，模板= 0.45 m * 2 面+ 0.3 m = 1.2 m^2。其建造費 = 2500 元/m^3 * 0.135 m^3 + 30 元/kg *27 kg + 550 元/m^2 * 1.2 m^2 + 900 元/m (鷹架費) =2707.5 元。相差 3 倍，非常不值得。

三、剛架承受之作用力

剛架建造完成後，必然承受長期及短期作用力，前者係因其自重及活在眾所引起；後者則因承受風力或因地震產生橫力與垂直重力所引起。

四、設計實例

(一)剛架之尺寸

1.剛架跨距 = 6.36 m。山形矢高 f = 1.20m。柱高 = 7.50 m。山形斜梁長度 s = [(1.2 m)2 + (6.36 m / 2) ^ 2] ^ 0.5 ≒ 3.4 m。兩剛架之跨距 = 4.5 m。廠房平面配置詳如圖 1，立面圖詳如圖 2，

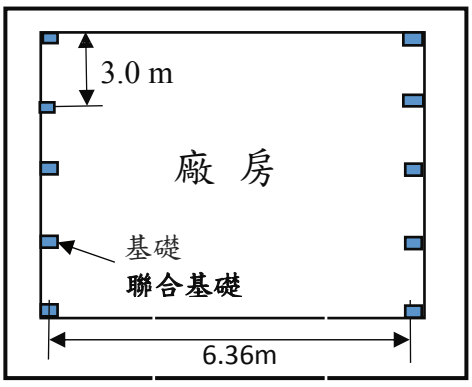


圖 1　廠房平面圖

五、材料性質

1.根據 H 型鋼之型錄 Ix = 11300cm^4，Iy = 1580cm^4，Zx = 771cm^3，Zy = 158cm^3。

2.H 型鋼之單位重量 = 56.8 kg/m ，斷面積 A = 72.83cm^2。

3.基柱斷面 = 35cm * 50cm，山形剛架一側長度 = 0.53 m + 1.2 m = 1.55 m。

六、材料容許應力

(一)長期：

1.H 型鋼之抗剪應力：750kgf/cm^2。

2.H 型鋼之抗拉應力：1500kgf/cm^2。

3.混凝土(無腰筋)抗剪應力：7.10kgf/cm^2。

4.混凝土(有腰筋)抗剪應力：35.5kgf/cm^2。

5.混凝土抗壓應力：94.5kgf/cm^2。

6.土壤承載力：依現場土鑽探結果，土壤承容許載力 T = 6.00T/m^2。

(二)長期容許應力提高 1/3。

七、長期荷重

1.承受荷重：(1).靜載重：若採用 300 mm * 150 mm * 5.5 mm H 型鋼，根據其型錄 H 型鋼之單位重量= 32 kg/m，剛架之重量 W =32 * (7.5 m + 3.4 m) * 2 側 = 697.6 kg/m。(2).屋頂牆浪板之單位重量= 4.8 kg/m^2，屋頂浪板之重量= 15.7 kg/m2* 3.0 m = 47.1 kg/m 。(3).根據「結構力學設計手冊」[1](以下簡稱書 1)，(4).查 GOOLE 資料，屋頂上加設太陽能板之單位載重 = 12 kg/cm^{2}山形剛架 3.0 m 長之重量=12 kg/cm^2 * 3.0 m = 36 kg/m。

2.活載重= 100 kg/m^2。

3.山形剛架結構立面圖詳如圖 2。

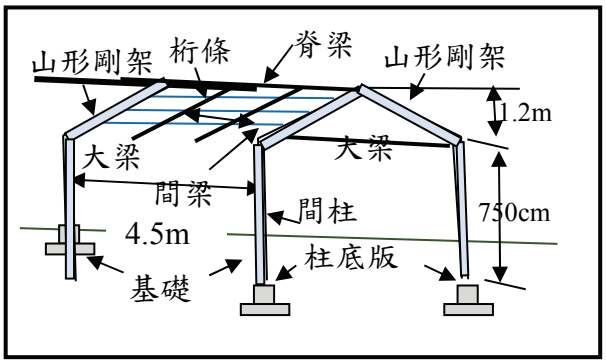


圖 2　山形剛架結構立面示意圖

八、長期作用力

(一)屋頂桁條

1.屋頂桁條式圖詳如圖 3。

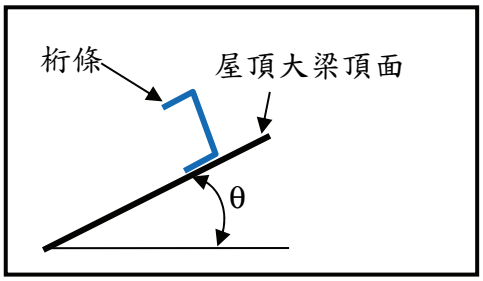


圖 3　屋頂桁條示意圖

1.桁條跨度 L = 300 cm 桁條間距 d1 = 3.4/4= 85 cm (沿屋頂斜面距離)，考慮桁距可能微調，採 100 cm 計算，θ = sin-1 1.2/3.4 = sin-10.353 =20.67°。根據型錄鍍鋁鋅鋼板單位重量 15.7 kg/m^2，桁條(75 mm * 45 mm) 單位重量 wgu= 6.92 kg/m，150 級區風力強度=110 kgf/m^2，迎風面 P = c * q =(1.3 * sin 20.67-0.5) * 110 =(1.3 * 0.353 - 0.5) * 110 ≒ - 4.52 kg/m^2，背風面 P = c * q = - 0.5 * 110 = - 55 kg/m^2。採用 - 50.5 kg/m^2。桁條承受之荷重ω = 15.7 kg/m^2 * 1 m + 6.92 kg/m + 50.5 kg/m^2 * (3.4 / 4)1 m + 100 (活荷重) = 165.5 kg/m。

2.桁條若以承受均佈荷重計，則其中央承受之最大力矩 M = ω * L2 / 8 = 165.5 * 1^ 2 / 8 =20.7 kg-m。

3.桁條若以承受 100 kg 集中荷重計，則其中央承受之最大力矩 M = (P + ω) * L2 / 8 = (100 + (165.5 - 100)) * 1^2 / 8 = 20.7 kg-m。可見兩者並無差異。

4.根據型錄桁條之斷面係數 ZX = 20.2 cm^3 桁條中央承受之最大σt = 20.7 *100 / 20.2 = 102.5 kg/cm^2 ＜1400 kgf/cm^2，OK。

(二)間梁設計

1.間梁採用細翼 I 形鋼(100 mm * 50 mm*5mm)單位重量 w_{gu}= 9.3 kg/m。

2.間梁承受三處桁條之及中荷重，其大小 P = 15.7 * 3.4 / 4 * 1.0 + 6.92 * 1.5 + 50.5 * 3.4 /4 * 1.0 + 9.3 + 100 = 176 kg。

3.間梁端點承受最大力矩 M = 2 * P * L/9 = 2 * 176 * 3.4 / 9 = 133 kg-m。

4.根據型錄桁條之斷面係數 Z_X = 37.5 cm^3，間梁中央承受之最大σ_t = 133 *100 / 37.5 ≒ 354.7 kg/cm^2 ＜1400 kgf/cm^2，OK。

(三)大梁設計

1.大梁同樣採用細翼 I 形鋼(100 mm * 50 mm)單位重量 w_{gu}= 9.3 kg/m。

2.大梁承受三處間梁之及中荷重，其大小 P = 15.7 * 3.4 / 4 * 1.0 + 6.92 * 1.0 + 50.5 * 3.4 /3 * 1.0 + 9.3 * 3.4 + 100= 209.1 kg。

3.間梁端點承受最大力矩 M = 2 * P * L / 9 = 2 * 209.1 * 3.4 / 9 = 156 kg-m。

4.大梁中央承受之最大σ_t = 156 *100 / 37.5 ≒ 416 kg/cm^2 ＜1400 kgf/cm^2，OK。

(四)間柱設計

1.間柱採用細翼 I 形鋼(H = 300 mm，B =150 mm， t_1= 5.5 mm ， t_2=8 mm)，單位重量 w_{gu}= 32 kg/m。斷面積=40.8 cm^2，I_X= 6320 cm^4，I_Y= 442 cm^4，斷面係數 Z_X = 424 cm^3。Z_Y = 59.3 cm^3，r_x=12.4 cm，r_y=3.29 cm。

2.間柱承受軸力P = 鋼板 + 桁條 + 間梁重量W = 15.7 * 1 + 6.92 + 32 = 54.62 kg。

3.間柱承受側向風力，其大小 p = 0.8 * 110 * 3 m (寬) = 264 kg/m。

4.間柱頂部承受風力及垂直荷重，其大小P = 1.3 * sinθ * 3.4 m * 3 m * 110 ≒ 515 kg。

5.間柱中點承受最大力矩 M = ω * L^2 / 8 = 264 * (7. 5 m)^2 / 8 = 18156.5 kg-m。

6.B / (2 t_2) = 150 / (2 * 8) = 9.4 ＜ L = 36.62 / (2.8) ^ 0.5 = 21.88。

7.H / t_1= 75 / 7 = 10.71＜L= 36.62 * 10 / (2.8) ^ 0.5 = 218.85 屬實質斷面。

8.λ_x / r_x = 500 cm (柱高) / 6.11 = 81.83。λ_y / r_y = 85 cm (桁條距) / 1.66 = 51.20。查表書1 之表 1-1，Fs=1.17T/m^2。

9.間柱承受之最大壓應力σ_t = 54.62 / 40.8 ≒ 1.34 kg/cm^2 ＜1200 kgf/cm^2，OK。

10.C_w = I_f * h^2 / 2 = 0.8 * 14.9^3 / 12 * (29.8 － 2 * 0.8)^2 / 2 = 87687.1 cm^6。

11.剪力彈性係數 G = E / (2 * (1 + ν)) =2100/ (2*(1+0.3))=810 T/cm^2。式中之ν為柏松比。

12.J = (14.9 * 0.8^3 * 2 + (29.8 - 2 * 0.8)) * 0.55^3) / 3 = 6.65。

13.X_1= π / Sx * (E * G * J * A) ^0.5 = 3.14 / 424 * ((2100 * 810 * 6.65 * 40.8) / 2)^0.5 = 112.5。

14. X_2= 4 * Cw / Iy * (Sx / G * J) ^2 = 4 * 87687.1 /

442 * (424 / (810 * 6.65))^2 = 4.92。

15.Lr = (r_y*X_1) / (F_{YW} - Fr) * (1 + (1 + X2 * (F_{YW} - Fr)^2))^0.5 = 465.3。

16.L_F = 80 r_y /(f_y) ^0.5=170 cm。

17. L_F < Lr < L_b = 750 cm。

18.M_σ= (C_b* Sx * X_1 * 2^0.5) / (L_b/ r_y) * (1 + X_1^2) / (2*(L_b/r_y)=(1 *424 * 112.5 * 2^0.5) / (750 / 3.29) * (1 + 4.92 ^2) / (2 * (750 / 3.29))^0.5 = 374.3 T-cm。

19.M_P= Z * F_Y= 424 * 2.4 = 1017.6 > M_σ= 374.3 T-cm。

20.λcx = K * L / π * r_x * (Fy / E) = 1 * 750 / (3.14 * 12.4) * (2.4 / 2100)^0.5 = 0.65。

21.λcy = K * L / π * r_y * (Fy / E) = 1 * 85 / (3.14 * 3.29) * (2.4 / 2100)^0.5 = 0.38。

22. λcx < 1.5 Fcr = e ^ (-0.419 * λcx ^ 2) * F_y = e^(-0.419*0.434^21)*2.4 = 2.01 T/cm^2。

23.P= Fcr * A = 2.01 * 40.8 = 82 T。W / P = 54.62 / 82 = 0.00067。M / M_P= 812.5 / 1017.6=0.799。W/P+ M/M_P= 0.00067 + 0.799 = 0.8 < 1.0，OK。

24.撓度檢核(以無載重係數風力計算)δ = ω L^4 / 384 EI = 264 /100 kg/cm * 750 ^4 / (384 * 2100000 * 6320) = 0.164 cm

。0.164 / 750 = 0.000218 < 1 / 180 = 0.00055，OK。

(五)山形剛架

1.山形剛架承受長期荷重ω = 鋼板重+桁條重 + 間梁重 +大梁重 + 活荷重 = 2*(15.7 * 3 + 6.95 * 3+ 9.3 * 3.4 * sin20.67° + 9.3 * 3 + 100 *6.36)= 1486.02，以 1500 kg/m 計。 依據書 1，山形剛架承受長期荷重時(如圖 4)，各接點應力(如圖 5)，求各接點應力之公式入如下：

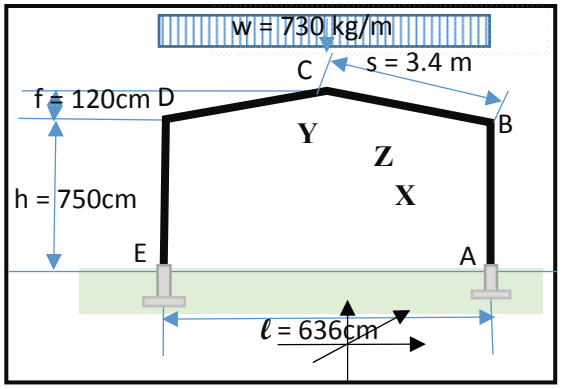


圖 4 山形剛架承受長期荷重示意圖

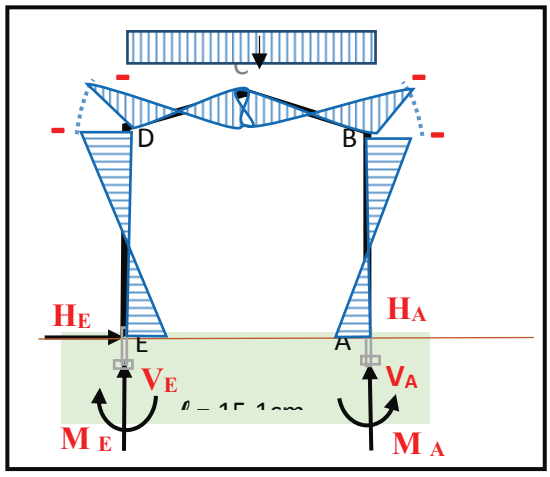


圖 5 剛架承受荷重應力示意圖

5.公式中之係數 k = I_1 * h / I_2 * s- - - - - - - - (1) = 5.0m /3.7m≒1.35。

6.剛架反力 V_A = V_B = w * L / 2 - - -- - - - - (2) = 730 kg/m^2 * 7 m / 2 = 2555 kg。

7.剛架水平力 H_A = H_E = [(k (4 h + 5 f) + f) * w * L^2) / (8 * (h + f)^2 + 4 k (h^2 + h * f + f ^2) = - - - - - - - - -- -(3)= ((1.35 * (4 * 7.50 m + 5 * 1.20 m) + 1.20 m) * 730 kg/m * 7 m^2) / ((8 * (7.50 m * 1.20 m)^2 + 4 * 1.35 * (7.5 m^2 + 7.5 m+1.20 m + 1.20 m^2)) = 2803.36 kg。

8.柱腳承受之力矩 M_A = M_E = [k * h * (8 h + 15 f) + f * (6 * h - f) * w * L ^ 2) / (48 * ((h * k + f) ^ 2 +

4k*(h^2+h*f+f^2)]- - - - - - - - - - - - (4)
= (1.35 * 7.5 m * (8 * 7.5 m + 15 * 1.20 m) + 1.20 * (6 *7. 5-1.20) * 730kg/m* 6.36 m ^2)/(48* ((5 m * 1.35 + 1.20)^2 + 4 * 1.35 * (705 m^2 + 7.5m * 1.20 m+ 1.20 m^2)) = 108.1 kg-m。

9.柱頂承受之力矩 $M_B = M_D = -H_A * h + M_A$ = 730 kg/m* 5.0m+ 108.1 = 3758.1 T-m。

10.山形剛架頂 M_C = -H_A * (h + f) + w * L^2/8
- (4) = 3758.1 T-m * (5.0 m + 1.20 m) + 730 kg/m* 7.0m / 8 = 23939 T- m。

八、短期作用力

(一)風壓力

1.風壓力為立向投影全面積受風之壓力，風壓力隨建築物高度之增加而增大，各受力區及高度收風壓力(公斤/平方公尺)，應依下(表 1)之規定辦理：

表 1　建築物高度承受風之風壓力表

風力區	高度(m)		
	9 以下	9~15	15~30
100 級	70	100	130
150 級	110	150	190
200 級	150	200	250
250 級	200	250	310

風力區	高度(m)		
	30~150	150~360	360 以上
100 級	160	190	220
150 級	230	270	310
200 級	300	350	400
250 級	370	430	490

2.依據我國氣象局公布之統計資料，台灣最大風速分為 250 級區、200 級區、150 級區及 100 級區等四級。例如高雄地區係屬 200 級區。

(二)台灣各地風壓力分級區

1.100 級區：中英山脈西側山脊與山腳沿 線關西、竹東、獅潭、大湖、卓蘭、東勢、霧峰、草屯、名間、竹山、梅山、中埔、關子嶺、甲仙山地門之間地區。

2.150 級區：中央山脈西側海岸與沿富貴角、淡水、台北、板橋、桃園、中壢、楊梅、新竹、竹南、苗栗、豐原、台中、彰化、員林、斗南、嘉義、新營 、台南之間地區。新化、關廟、屏東、萬丹、旗山、玉井之間地區。澎湖列島。

3.200 級區：中央山脈東側山脊與東海岸沿線金山、基隆、鼻頭、大里、宜蘭、蘇澳、南方澳、花蓮、豐林、瑞穗、玉理、新港、台東、大武、鵝鑾鼻之間地區。恆春、枋寮、東港、鳳山、高雄、岡山、安平沿海地區。

4.250 級區：彭佳嶼、蘭嶼、綠島、七星島、龜山島。

5.照建築構造技術規則編解說實例所述：建築物面各部分之受力係數如圖 6 所示。

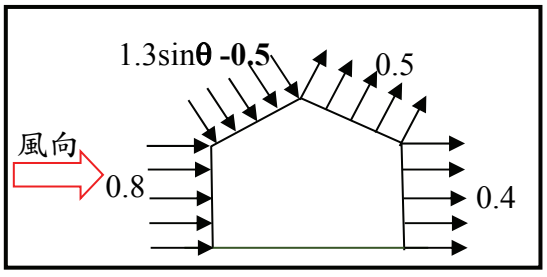


圖 6　建築物承受風力係數圖

6.由上圖可知：迎風面風力係數 =0.8；背風面 =0.4。

7.風壓力計算公式 P=c*q*A----------(5)

8..山形剛架正面承受風力，詳如圖 7。

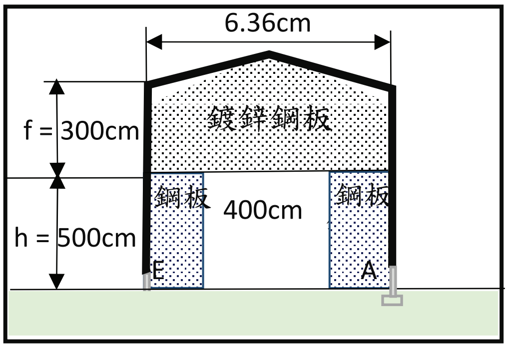


圖 7　山形剛架正面受風壓示意圖

9.由表 1 可知：在 150 級區 9 公尺以下 q=110 kg/m^2，因此本案剛架牆面(側面)單位長度迎風面風力強度 P = 0.8 * 150 * A = 120 * A(kg/m^2)。

10.正面承受風壓 F=(0.8+0.4)*150 kg/m^2*(3m+5m)－4m*5m)*7.1=6624 kg。

11.對整座廠房正面對地面之傾倒力矩 = 風力強度*Σ(廠房寬度*重心高)，M=(0.8+0.4)*150*(7.10m*3m*(3m/2+5m)+5m*(7.1m－4m)*5m^2/2=59796 kg-m。

12.整座廠房之重量 W = 對地面之抗傾倒力矩 M r = 廠房總重(不計側面及正面鐵皮浪板之重量)*整座廠房縱深之半=((746－100)*7.1*(4.5*4)^2/2+20.9*(5+3.7)*10)*(4.5*4)/2 =6703628T-m。對整座廠房之傾倒力矩-抗傾倒力矩 M=962757.5-6703628=-5740871T-m。傾倒力矩為負值，表示不會發生傾倒現象。

(三)剛架側面承受風壓之應力

1.剛架側面承受風壓，詳如圖 8。

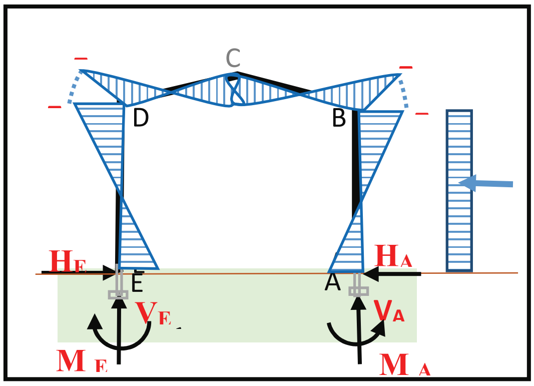


圖 8　剛架承受側向風壓應力示意圖

2.V_A=-VE=(k*w*h^2)/(2*(3k+1))----(6)=(1.53*810*5^2)/(2*(3*1.53+1))=2133.86 kg。

3.N=((h*k+f)^2+4k*(h^2+h*f+f^2)-(7)=(5*1.53+1.35)^2+4*1.53*(5^2+5*1.35+1.35^2)=276.85。

4.H_E=(w*h^2*k*(h*(k+3)+2f))/(4*((h*k+f)^2+4k*(h^2+h*f+f^2))--------------------------------(8)
=(810*5^2*1.53*(5*(1.53+3)+2*1.35))/(4*267.85)=557.78 kg。

5.H_A = w * h - H_E--------------------(9)
= 810 * 5 - 557.78 = 2560.72 kg。

6.M_A=-w*h^2/24*[(k*h^2*(k+6)+k*f*(15h+16f)+6f^2)/N+(12k+6)/(3k+1)]---------------------------(10)
=(-810*5^2/24)*((1.53*5^2*(1.53+6)+1.53*1.35*(15*5+16*1.35)+6*1.35^2))/267.85+(12*1.53)/(3*1.53+1))=-1135.79 kg-m。

7.M_E=-w*h^2/24*[(k*h^2*(k+6)+k*f*(15h+16f)+6f^2)/N-(12k+6)/(3k+1)]------------------------------------(11)
=(-810*5^2/24)*((1.53*5^2*(1.53+6)+

1.53 * 1.35 * (15 * 5 + 16 * 1.35) + 6 * 1.35 ^ 2)) / 267.85 - (12 * 1.53) / (3 * 1.53 + 1)) = 1142.36 kg-m。

8. $M_B = M_A - w * h^2/2 + H_A * h$- - - - - - - - (12) = - 1135.79 - 810 * 5 ^ 2 / 2 + 2560.72 * 5 = 3871.56 kg-m。

9. $M_C = M_E + V_E * L/2 - H_E * (h+f)$- - - - - - - - (13) = 1142.36 +2133.86 * 7 / 2 - 557.78 * (5 + 1.35) = 5152.63kg-m。

10. $M_D = M_E + H_E * h$ = 1142.36 + 557.78* 5 m = 3931.26 kg-m 。

11..剛架承受側向風壓後，各節點應力圖詳如圖 9。

(四).鋼架屋頂承受風壓之應力

1.剛架屋頂承受風壓，詳如圖 9。

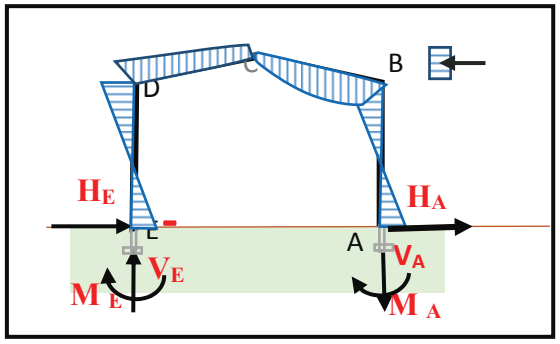


圖 9　屋頂承受側向風壓應力示意圖

2. $V_A = -V_E = w*f/(8*L)*(5f+12k*(f+h))/(3k+1)$----------(13) = (810 * 1.35) / (8 * 7.0) * (5 * 1.35 + 12 * 1.53 * (1.35 + 5)) / (3 * 1.53 + 1) = 331.74 kg。

3. $H_A = w * f / 4 * (2 k * h ^ 2 * (k + 4) + 14 k * h * f + f ^ 2 * (11 k + 3)) / N$ - - - - - (14) = 810 * 1.35 / 4 * (2 * 1.53 * 5 ^ 2 * (1.53 + 4) + 14 * 1.53 * 5 * 1.35 + 1.35 ^ 2)) / 267.85 = 386.30 kg。

4. $H_E = w * f / 4 * (5 k * f * (2 h + f) + 2 k * h ^ 2 * (k + 4) + f ^2) / N$- - - - - - - - - - (15) = 810 * 1.35 / 4 * (5 * 1.531.35 * (2 * 5 + 1.35) + 2 * 1.53 * 5 ^ 2 * (1.53 + 4) + 1.35 ^ 2) / 267.85 = - 356.43 kg。

5. $M_A = w * f / 24 * \{ (f * [k * h * (4 h + 9 f) + f * (6 h + f)] / N + (12 * h * (3k + 2) + 3 f) / (6 k + 2) \}$- - - - - - - - - - - - - - - - - (16) =810 * 1.35/24 * ((1.35 * (1.53 * 5 * (4 * 5 + 9 * 1.35) + 1.35 * (6 * 5 + 1.35)) / 267.85 + (12 * 5 * (3 * 1.53 + 2) + 3 * 1.35) / (6 * 1.53 + 2)) = 1151.1 kg-m。

6. $M_E = w * f / 24 * \{ (f * [k * h * (4 h + 9 f) + f * (6 h + f)] / N - (12 * h * (3 k + 2) + 3 f) / (6 k + 2) \}$– - (16) =810 *1.35/24 * ((1.35 * (1.53 * 5 * (4 * 5 + 9 * 1.35) + 1.35 * (6 * 5 + 1.35)) / 267.85 - (12 * 5 * (3 * 1.53 + 2)+ 3 * 1.35) / (6 * 1.53 + 2)) = -1074.8 kg-m。

7. $M_B = M_A - H_A * h$- - - - - - - - - - - - - - - - - - (17) = 1151.1-386.3 * 5 = -780.4 kg-m。

8. $M_C = M_E - H_E * (h + f) + V_E * \ell/2$- - - - - - - - (18) = - 1074.8 - (- 356.43) * (5 + 1.35) + 59.7 * 7.0 / 2 = 1344 kg-m。

9. $M_D = M_E - H_E * h$- - - - - - - - - - - - - - - - - - (18) = -1074.8 - (- 356.43) * 5 = -707.35 kg-m。

10.剛架屋頂承受風壓後，各節點應力圖詳如圖 9。

(五).地震水平力

1.構造物因地震所產生應力之計算均依照內政部「建築物耐震設計規範及解說」第二章[2](靜力分析)之規定辦理。

2.建築物因地震所承受之水平橫力，詳如圖 10。

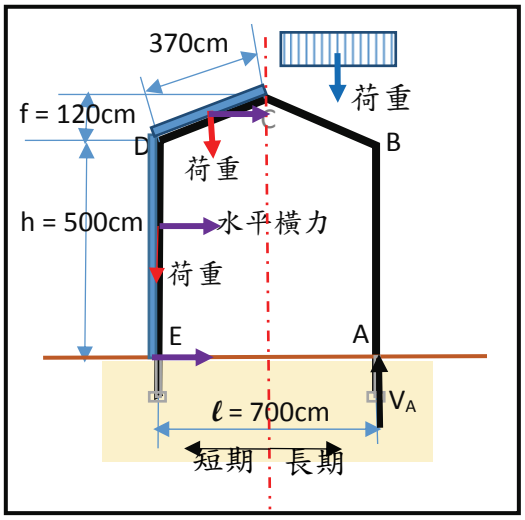


圖 10　剛架受地震橫力示意圖

3.依照建築物耐震設計規範及解說：地震所承受之水平橫力 F = I /1.4 α y * (SaD/Fu) * W。式中一般各級政府機關辦公廳舍之 I = 1.35 (一般建築 I = 1.0)，鋼筋混凝土構造之地震力載重因子 α y 值取 1，SSD 為工址短週期設計水平譜加速度係數 kh= 1.35/1.4 * 1 * 0.25 * W = 0.223 * W，若建址屬於一般地層，則為保守起見，水平地震力度 kh 宜採用 0.25。一般情況下，風力大均於地震力因此依風力設計之。

4.計算短期作用力時，材料原有容許拉應力可提高 1/3，$\sigma' = \sigma$ * (1 + 1 / 3) = 2,000 kgf/cm^2。

5.廠房屋頂荷重(1).屋頂浪板重量 = 4.8 kg/m2 * 4.5 m = 21.6 kg /m。(2).太陽能板重 = 12kg/cm^2 * 4.5 m = 54 kg/m 。(3).桁梁等靜載重 = 41 kg /m2 * 4.5 = 184.5 kg /m。(4). 200 mm * 100 mm * 5.5 mm H 型鋼，重量 = 20.9 kg/m * 3.7) * 2 = 154.66 kg/m。(4).側牆鋼板重量 = 4.8 kg/m2 * 4.5 m = 21.6 kg/m 。短期應力可不計活載重(山形屋頂本來就很少有人上去工作，何況在地震時)。

6.地震時剛架荷重分布情形詳如圖 10。

7 地震產生之橫力 F = kh * W0.25 * W。

(1)屋頂牆浪板 + 太陽能板 + 桁梁等 F1 = 0.25 * (21.6 + 54 + 184.5) kg/m * 7 m = 455.2 kg。

(2)H 型鋼斜桿 F2 = 0.25 * 154.66 = 38.67 kg。

(3)H 型鋼支柱 F3 = 0.25 * 20.9 kg/m * 5 m * 2 = 52.25 kg。

(4)側牆浪板重量 = 4.8 kg /m2 * 4.5 m * 5 m * 2 = 216 kg。

8.地震產生之橫力對剛架柱底產生之力矩ΣF * h-VA * ℓ/2 = 455.2 * (1.23 + 5) + 28.67 * ((1.2-0.1/2)/3 + 5) + 52.25 * 5/2 + 216 * 5/2-2611 * 7/2 = -5477.64 kg-m。

9.剛架柱底產生之力矩為負值，表示抗傾倒力矩大於傾倒力矩，故無傾倒之虞。

(六)地震垂直力

1.一般垂直震度均取水平震度之半= 0.25/2 = 0.125。

2.鋼架因垂直震度所增加之荷重 = 5.54 * 0.125 = 0.69T。

3.因震度所增加之荷重 0.69T，小於長期應力 2611/1000 之 1/3 = 0.87T，因此由長期應力所控制(垂直震度所產生之作用力可略而不計)。

玖、剛架各節點承受之應力

(一)鋼架

1.頂點 C 點(如圖 11)，受之應力。

(1)山形剛架頂(C)點 H 型鋼承受之拉應力 St = 5854/771 = 7.59 kg/cm^2 < 1500 kgf/cm^2，

OK。

(2)山形剛架頂(C)點 H 型鋼承受之剪應力 SS = (158 * 4.5 + 56.8) * (7.0 / 2) / 72.83 = 79.84 kg/cm^2＜750 kgf/cm^2，OK

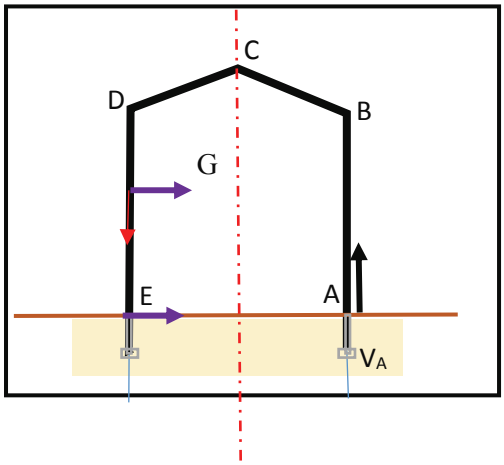


圖 11　剛架節點圖

2.F 點

(1)山形剛架柱頂 D 點，H 型鋼承受之剪應力 SS = (158 * 4.5 + 56.8) * (7.0/2)/72.83 = 79.84 kg/cm^2＜1500 kgf/cm^2，OK。

(2)山形剛架頂 D 點，H 型鋼之 Z 值=771cm^2。其所承受之 M=P*L^2/8，拉應力 SS = M/Z=(158 * 4.5 + 56.8) * (7.0 / 2) ^ 2 / 8 / 771 = 1.52 kg/cm^2＜1500 kgf/cm^2，OK。

3.B 點

(1) 山形剛架頂 B 點 H 型鋼之斷面機 A=72.83cm^2，承受 Y 向之剪應力 SS =P/A = 158 * 4.5 * 7.0 / 2 / 72.83 =74.9 kg/cm^2＜750 kgf/cm^2，OK。

(2)山形剛架頂 B 點 H 型鋼承受 X 向之剪應力 SS = 84.7 * 4.5 * 5/2 /72.83= 13.08 kg/cm^2 ＜750 kgf/cm^2，OK。

(3)H 型鋼柱頂承受之拉應力 = 3417 / 771 = 4.43 kg/cm^2＜1500 kgf/cm^2，OK。

4.G 點

(1).剛架柱承受之拉應力 SS = 0.8 * 84.7 * 4.5 * 5^2/8/771 = 1.26 kg/cm^2＜1500 kgf/cm^2，OK。

(2).剛架柱承受之壓應力 SS = 6101/72.83 = 83.77 kg/cm^2 ＜1500 kgf/cm^2，OK。

(二).基座

1.基座螺絲，如圖 12。

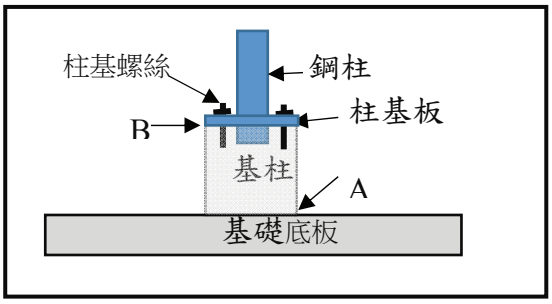


圖 12　基礎關鍵點圖

2. 基座固定螺栓承受之拉應力 = 3196/6/56.53 = 9.422 kg/cm^2＜1500 kgf/cm^2，OK。

3.每根螺栓承受之拉力 = 9.422 * 3.14 * 2.54^2/4 = 47.72 kg。

4.每根螺栓所需握裹長度 L = 47.72/(12.36 * 8) = 0.48cm<158cm，OK。

5.剛架註腳 A 固定螺栓承受水平剪應力 Sh =F/A 2208 / (6 * 5.06) = 72.72 kg/cm^2＜750 kgf/cm^2，OK。

(三)柱基板

1.柱基板之尺寸詳如圖 13 所示。

2.柱基鉸接 (假設柱底彎矩= 0) 最大反力 = 0.03662 T (壓力) 混凝土抗壓強度= 210 kgf/cm^2 基板尺寸試用 450 mm * 350 mm，柱墩尺寸= 500 mm * 400mm，柱墩面積 A$_2$=50*40=2000m^2。

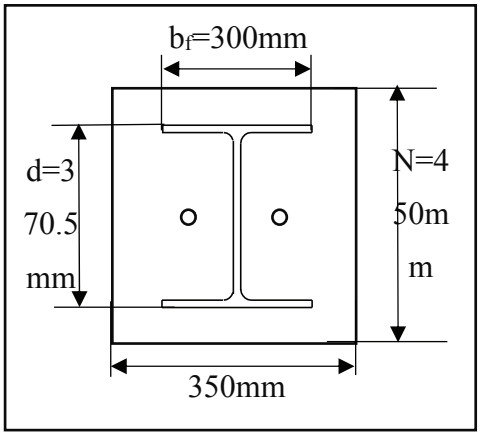


圖 13　柱基板尺寸示意圖

3.茲以極限應力法求其應有之尺寸如下：式中之ϕ為折減率。

$A_1=A_2*(P/\phi*1.7*0.85*fc')=1/2000*(17.34*10^3)=13.11$。

4.$A_1 = P_U / \phi * 1.7 * fc') = 17.34 * 1000 / (0.6 * 1.7 * 210) = 81\ cm^2$。

5.$A_1 = b_f * d = 30 * 37.05 = 1111.5\ cm^2$。

6.$A_1 = B * N = 35 * 45 = 1575 > 1111.5\ cm^2$。

7.$A_H = P / (0.6 * 0.856 * fc' * (A_2 / (b_f * d)) ^0.5) = 17.34 * 1000 / (0.6 * 0.85 * 210 * (2000 * (30 * 37.05)^0.5) = 120.7\ cm^2$。

8.$C = 0.25*[d + b_f - (d + b_f)^2 - 4 *A_H) ^0.5] =0.93$。

9.柱基板厚度 $t_p = C * (2 * P_U / (0.9 * F_y * A_H) ^0.5 = 0.93 * (2 * 17.34 * 1000) / (0.9 * 2400 * 120.7))^0.5 =0.34$。採用 12 mm *350 mm * 450 mm。

(四).基柱

1.基柱 (RC 柱) 承受之載重 P = 6101.2 kg。

2.承受 Z 向(X 軸)力矩 = 0 T-m ，承受 X 向(Z 軸)力矩 = 1586 kg-m。

3.應用中國土木水利工程學會之雙軸彎曲矩形柱校核程式 (http://seminar.sinotech.com.tw/RC_download/download.aspx)，輸入基柱承受之載重 P = 6.211T，M z = 1.586 T-m ， M x = 0T-m。fc=210 kgf/cm^2，fy = 2800kgf/cm^2。求得鋼筋量：6-25 mm ϕ ，OK。

4.偏心距 e = 1586/6101 = 0.26cm，甚小可與忽略。

(五)基礎

1.廠房基礎受力詳如圖 14 基礎下方土壤承受之壓應力 = V_A/A_B = 6101.2/1000/(1.3*1.3) = 3.61 T/m^2＜6.27Tf/m^2，OK。

2.柱腳承受之壓應力 = VA/Ap = 6101.2 /(35 * 50) = 3.49 kg/cm^2＜4.5kgf/cm^2，OK。

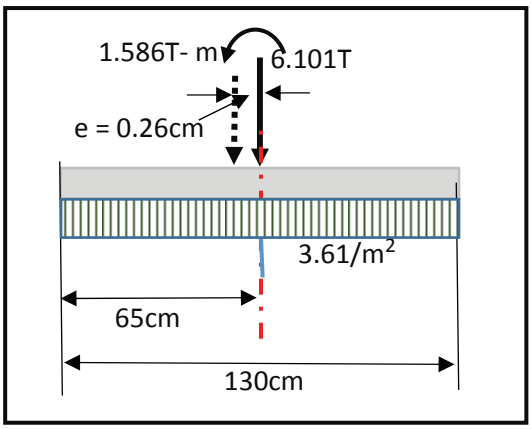


圖 14　廠房基礎受力示意圖

3.土壤反力對基礎中心之力矩= (4.693 - 0.35 * 2.4) * (1.3 / 2)^2 / 2 = 0.81T- m。

4.實際採用上下兩層，但以一層計，有效深度 = 35-7.5 = 27.5cm。

5.$As = M / ad = 0.81 / 0.0122 / 27.5 = 2.41\ cm^2$。

6.間距 S = 100 / (2.41 / 1.267) = 52.57 cm >18 cm，OK。

7.採用 13 mm ϕ @18cm，力矩為正值，故下排應為主筋，如圖 15。

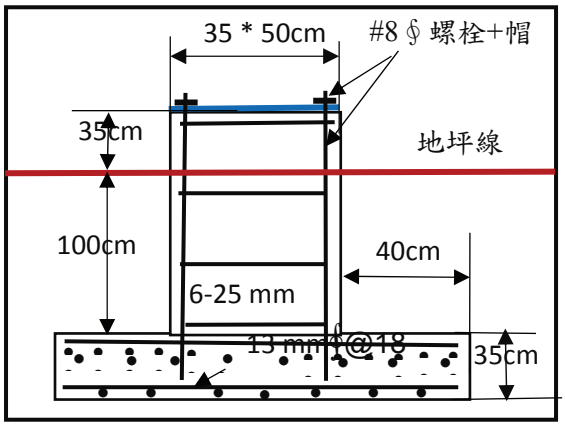


圖 15　柱腳基礎斷面圖

十、安全性(安全係數)

(一)抗剪力(水平力)

1.C 點之 SF = 750/79.84 = 9.39 > 2，OK。

2.B 點 Y 向之 SF = 750/79.84 = 56.56 > 2，OK。

3.F 點 Y 向之 SF = 750/79.84 = 56.65 > 2，OK。

4.A 點螺絲之 SF = 750/72.72 = 10.31 > 2，OK。

(二)抗壓力(垂直力)

1.G 點 = 1500/82 = 18.29 > 2，OK。

2.A 點基座 = 3.41/94.5 = 27.71 > 2，OK。

3.I 點土壤承載力 = 6.27/3.61≒1.74 > 2，OK。

4.G 點 = 1500/83.77 = 17.9 > 2，OK。

(三)抗彎矩(拉應力)

1.C 點 = 1500/7.59 = 197.6 > 2，OK。

2.F 點 = 1500/75.35 = 19.9> 2，OK。

3.B 點 = 1500/53.83 = 27.86> 2，OK

4.G 點 = 1500/1.26 = 1190 > 2，OK。

5.A 點螺絲 = 1500/9.42 = 159.2> 2，OK。

6.I 點基礎以鋼筋間距計算 = 35.69/18≒

(四)抗傾倒

1.A 點(抗傾導力矩)/(傾導力矩) = 89854/1586≒56.65 > 2，OK。

2.E 點(抗傾導力矩)/(傾導力矩) = 89854/1586≒56.65 > 2，OK。

(五)抗滑動

1.X 軸方向之長期應力 $\Sigma H = H_A - H_E = 0$，因此不會發生滑動現象。

2.X 軸方向之短期應力 åH = HA + HE = 風壓力，因此不會發生滑動現象。

(六)抗下陷

1.土壤容許承載力/實際發生之反力= 6.27 T/m^2/2.45T/m^2= 2.56> 2，OK。

(七)抗上浮

1.現場沒有地下水，故沒右上浮之虞，若假設地面下有地下水，則其浮力 = 1T/m^3* (0.35 * 0.5 * 1.2 + 0.35 * 1.3 * 1.3) = 0.80T。

2.剛架荷重 = 5.971 T > 0.8T，OK，其安全係數達 5.971/0.8 = 7.46 > 2，OK。

十一、結論與建議

1.山形剛架之矢高 f 越大屋頂斜面長度會越大，受風壓力也越大，但對鋼柱之水平推力則越小，因此設計時應多加考量。

2.不論是風力或地震力，其對鋼架所引起之傾倒力矩，均小於因其本身重量所產生之抗傾倒力矩，至於長期垂直荷重也根本不會產生傾倒力矩，因此山形剛架建成後並無傾倒之虞。

3.因上述原故，山形剛架之間柱底端並不存在傾倒力矩。但一般均以螺栓固定在下放之混凝土之柱上，因此應視為固定端。其承受之水平力 $H_A - H_E = \omega * \ell^2 / 8 * (k * (4 h + 5 f) + f)) / (k * h + f)^2 + 4 k * (h^2 + h * f + f^2)$，若 k=1.35，h=7.5，f = 1.2， ℓ=6，則 $H_A = \omega * 6^2 / 8 * (1.35 * (4 * 7.5 + 5 * 1.2) + 1.2)) / (1.35 * 7.5 + 1.2)^2 + 4 * 1.35 * (7.5^2 + 7.5 * 1.2 + 1.2^2) = 0.459 \omega$；底端

刻意設計為鉸接端，則其 $H_A - H_E = \omega * \ell^2 / 8 / (h + f) = \omega * 6^2 / 8 / (7.5 + 1.2) = 0.517\omega > 0.459\omega$。可見柱腳底端以固定端設計較為有利。

參考文獻

1.結構力學設計手冊：清田清司、高須治男原著，江新煌、蔡震邦編譯，1978年7月。

2.鋼筋混凝土計算法與實例：蘇棋福編著，有志出版社印行，1971年4月，第80頁及215頁。

3.建築物耐震設計規範及解說：中華民國內政部營建署，中華民國一0七年七月一日生效。

作者簡介

曾浩雄先生

現職：尚潔環境工程公司技師

專長：自來水工程規劃、設計及施工

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。

加速水表汰換處理模式探討－以北水處西區營業分處壞表案件為例

文/梁植維

一、前言

水源為民眾日常生活不可或缺之需要，因屬民生必需品且具有公共財特性，其特性具有大規模生產之利益，容易形成自然獨占，故基於「公共利益」之考慮，往往由政府獨占經營，收費係依據使用者付費原則，故水量計費需有公正之度量衡器計值，一般常以「量水器」(以下稱水表)度量用戶用水量，係依經濟部所頒定〈度量衡法〉規定之法定度量衡之一，出廠前須經檢定合格方可使用。

水表為自來水事業計算水費之重要依據，對於複查案件壞表移換表尚未汰換之水表，係以「表損(01)」推定用戶用水度數，因該推定非為抄表員實際抄見指針，係以前兩期平均或因季節性因素而以同期度數推定計算，故影響本栓水費計量之正確性外，亦常衍生額外客訴案件與更正水費等行政處理作業，同時也造成分處除依既定計畫更換逾齡表、屆齡表外，額外增加壞表換表作業之負擔。惟複查案件推定壞表特性常與表位狀況、建物形式、用戶生活特性皆有密切關係，故需分析其特性並擬定因應對策，以期逐步提升換表率及確實掌握水表未換數量及原因。

為了減少因壞表汰換進度延宕而影響用戶端水量計費不準確，造成用戶異議，徒增外部行政成本及遭民眾質疑本處服務品質，針對換表進度落後可能原因，包括轄區用戶數、複查員壞表誤判率、汰換率及承商因素等，經由現況深入了解，整理歸納各環節問題所產生現象，建立解決問題具體措施，提供各類問題處理應對方式，改善壞表汰換進度緩慢，進一步提升對用戶之服務品質。

二、問題發現探討

經就業務狀況進行分析，發現北水處西區營業分處(以下簡稱西區營業分處)目前面臨換表業務之問題如下：

(一)未換數量西區營業分處高於其他 4 區

發現：經查 108 年 1 月至 108 年 6 月底西區營業分處複查案移換表共有 1862 件，較其他 4 區件數明顯偏多(東區 1044 件、南區 1408 件、北區 740 件、陽明 885 件詳表 1 所示)。

分析：

1.本分處用戶數最多：

因本分處轄區用戶數為五區之冠(東區 40.4 萬戶、西區 43.9 萬戶、南區 39.4 萬戶、北區 26.6 萬戶、陽明 18.1 萬戶，佔本處 26.04%詳圖 1 所示)，複查案壞表處理件數亦較多，相對困難度較高。

2.複查案誤推定「01 表損推定」案過多：

統計 108 年 1 至 6 月底，複查案推定「01

表損推定」計 645 件，送驗後判定為好表為 126 件，誤判率為 19.53%。如以上開比例套用至「10801-10806 複查成案件數 1862 件」，即可能誤判成案 364 件，即多裝 364 顆表，徒增換表業務負擔。

表 1　移換表複查案件數統計

	東區	西區	南區	北區	陽明	總計
10801-10806 成案件數	1044	1862	1408	740	885	5393
10801-10806 結案件數	1020	1423	1222	691	829	5185

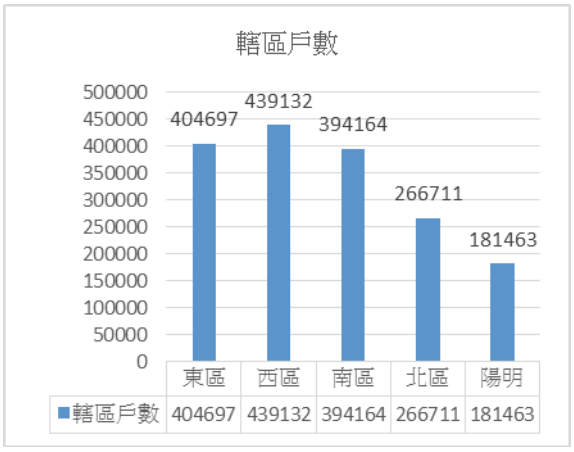


圖 1　各分處用戶數比較圖

(二)換表率西區營業分處低於其他 4 區

發現：西區分處複查案換表率為各區中最低。檢視本分處 108 年 1 月至 6 月底換表率(完成數/換表成案數)情形詳圖 2 所示。

分析：

1.西區營業分處轄區老舊公寓多，表位普遍不佳：

經篩選北水處各營業分處分表戶 15 栓以下總表數量，視為老舊公寓建數數量如〔圖 3〕所示，數據中顯示西區營業分處有 25,399 棟，佔北水處 23.62%，顯示西區營業分處轄區老舊公寓最多，由於早年表位設置規範並不週全，檢驗亦未落實；另頂樓占用或作為樓頂花園普遍或施作防水層，造成表位被移動、固封及埋沒等，以致難以換表情形普遍。

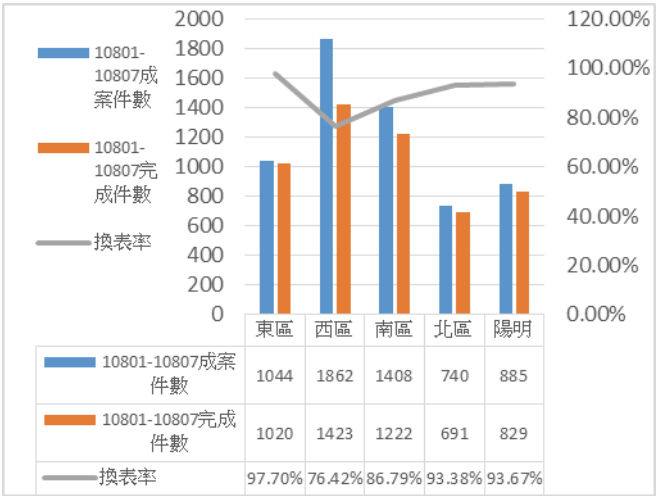


圖 2　北水處複查案壞表汰換率

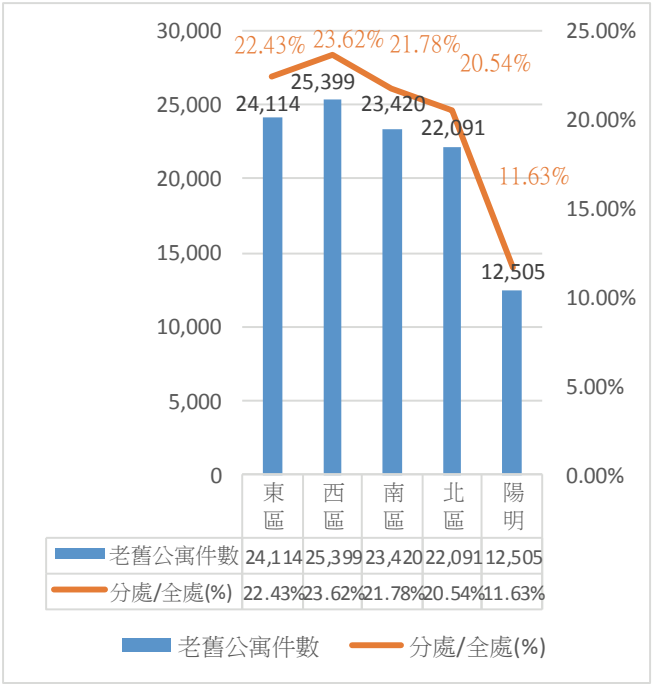


圖 3　北水處轄區老舊公寓比較圖

2.意願不佳：

另影響換表率關鍵因素為用戶配合程度，如用戶不予配合，甚至根本無法聯繫到用戶，亦嚴重影響換表率及換表時程。前已敘及西區營業分處轄區老舊公寓比例甚高，頂樓住戶普遍占用樓頂專用並加設門鎖，如無用戶配合開門，不僅難以抄表更遑論更換壞表。以 106 年到 108 年期間統計西區營業分處轄區推定情形來看，以「鎖門推定 05」比例最高（詳表 2），亦是造成複查案換表率降低原因之一。

(三)換表承商人力不足：

發現：以 108 年「西區換表作業勞務契約」為例，換表承商原預計 10 位以上人員換表，惟據了解，年初至 108 年 6 月底換表師傅始終處於不足員狀態(家中因素、經濟問題、身體狀況及換表市場人力競爭)等等，致換表人數嚴重不足。

分析：依目前北水處五區本(108)年度屆齡表需汰換數量與承商換表人數統計，西區營業分處承商平均 1 名換表師傅需汰換 6308 只水表，詳〔圖 4〕所示，居五區之冠，工作量大，造成換表師傅處理屆(逾)齡表已自顧不暇，無力處理複查案壞表案件，致該換表率低下的主因之一。

表 2　106-108 西區營業分處推定件數分析

	106 年		107 年		108 年	
	推定數	佔比	推定數	佔比	推定數	佔比
04 積物	248	2.46%	273	2.47%	161	2.29%
05 鎖門	9470	94.04%	10527	95.06%	6665	94.75%
09 不明	7	0.07%	1	0.01%	2	0.03%
06 空屋	280	2.78%	248	2.24%	190	2.70%
10 積水	54	0.54%	24	0.22%	14	0.20%
14 拒抄	0	0.00%	0	0.00%	1	0.01%
19 有犬	3	0.03%	0	0.00%	1	0.01%
98 未抄	8	0.08%	1	0.01%	0	0.00%
合計	10070			11074	7034	

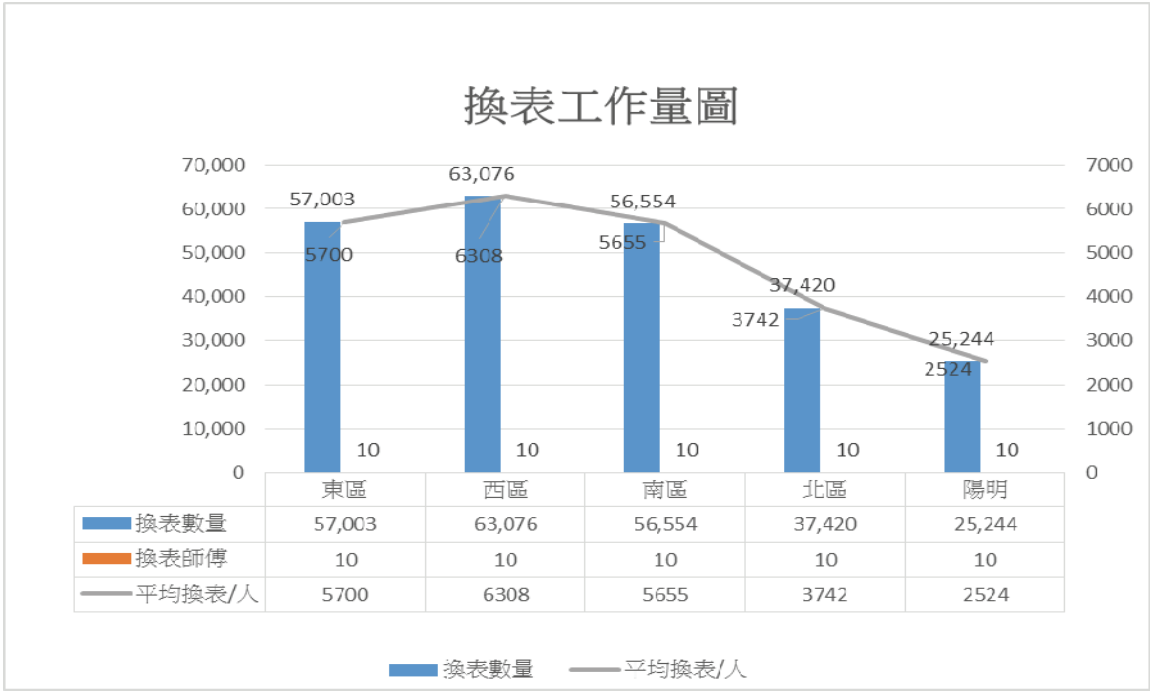


圖 4　北水處各營業分處換表師傅工作

(四)換表承商執行契約態度有待修正

發現：換表承商執行契約進度，難以配合分處要求。

分析：以下就換表契約執行之制度面及態度面進行分析：

1.制度面：現行承商汰換複查案壞表只以月底 2-3 天時間一次全面汰換。優缺點如下：

優點：可全力衝刺屆齡表進度，以免年底達不到合約規定被處以重罰。

缺點：僅以短短 2-3 天的汰換，常有因用戶因素(不在、拒換)或表位不良(固封、積物、漏水)無法汰換，延遲複查案處理天數。對於非前述因素之正常表位，承商要於短時間內全部汰換妥難度亦高，故易衍生多件逾 30 日未換之水表。若依目前合約嚴格執行，複查案壞表逾期罰款之金額亦是一筆可觀數字。.

2.態度面：承商換表師傅對於複查案壞表認定為一次只能汰換一處之水表，不符經濟效益及成本以致常有藉口拖延換表。

三、精進目標及具體措施

(一)降低換表數量

1.精進目標：落實源頭管理，降低換表案。

2.具體措施：

(1)督導抄表員落實抄表：目前職責分配，北水處委託勝利基金會之抄表員抄表時發現該戶本期指針與上期指針相同(水表不轉)或本期用水度數明顯低於上期用水度數(水表慢轉)時，即於抄表機推定「表損推定(01)」並成立複查案件，建議訂定「01 表損推定」準則。關於「01 表損推定」準則，需教育抄表員對於水表不轉且現場無法明確辨別是否有人居住之情況時，於手抄機暫推「035 實抄待查」再觀察一期，並將此案交由複查員持續追蹤，以實際勘查、電話聯絡或輔以地政系統聯繫住戶，協助確認住戶用水情況後，再判斷是否為壞表，以期有效遏止非壞表案件之誤判成案，降低輕忽推定機率。

(2)落實複查：複查員至現場應確實審酌全般狀況據以判斷是否壞表，如有可能係因周遭環境惡劣致表不準或其他輕微表障，應嘗試當場排除問題設法解決。另應將壞表周遭情形(人事物等)以密錄器清楚拍攝註記及拍照留存，以利日後抄換表所需，減少後續處理同仁及後進抄表複查同仁摸索時間。

(3)送測結果反饋：每月統計壞表送測結果，除於每月分處會議列入內控分析外，對於複查案壞表誤判件數高之成案複查員，另由本股深入了解原因並協助改善。

(二)減低換表施工障礙

1.精進目標：先期減低換表施工障礙，提高換表平均時間

2.具體措施：

(1)表位資訊應完整記錄：抄表員與複查員應將用戶聯繫方式、表位狀況(如固封、積物、漏水或開關問題)及建物情形(如頂鎖、空屋)，於抄表或複查時詳細紀錄於記事資料欄位。

(2)壞表移換表班時，或換表遇特殊障礙情形需請工程股協助時，複查員應將至現場註記、拍照及攝影資料一併移送提供，必要時調閱內線台帳資料，並提供如何聯繫用戶等必要協助。

(三)強化換表積極作為

1.精進目標：研議可提升換表率之各種有效方法

2.具體措施：

(1)造冊列管

A.日序控管：建立「日序時間控管表」，該表可依日序表(108 年浮動上傳、浮動抄表、計費、收費日程表)智慧設定可提前 18 日知悉未換之複查案件，自該日起以郵件通知承商換表，每隔 3 日以電話追蹤承商換表進度。

B.未換原因清冊：有關無法汰換之複查案壞表距下期抄表日 5 日有未換原因，承商確實填寫回報，由機關定期或不定期抽查，若有發現未確實作業，列冊交由監工依約懲處。

C.充分溝通聯繫：若因不可歸責於本分處之原因無法立即換表，複查員應將無法換表原因確實回報換表內業人員知悉掌握，定期追蹤並更新未換原因，於原因消滅後立即通知承商換表。

(2)促請用戶協助措施

A.簡訊約換：前揭未換原因之水表，由機關透過客服系統簡訊通知，請用戶配合換表。(詳圖 5)

B.新設表位：針對「表位固封或用戶裝潢拒換水表」無法拆換，得以新表位改善。(詳圖 5)

C.公文、E-POST 約換：簡訊通知無下文之案件，機關另以雙掛號公文、E-POST 寄送通知(文到或接獲通知一周內配合換表)。經發函各案由機關列案控管，如超過期限未蒙用戶同意配合換表時，視個案狀況再次寄發「雙掛號公函」通知用戶文到之日起 14 日內配合換表。(詳圖 5)

D..本分處人員溝通協調：針對難纏堅持不配合換表案件，由機關派員親自至現場溝通。(詳圖 5)

(3)結合家戶節水措施

A.受理民眾報名家戶節水時，交叉篩選檢視是否為未換原因清冊中屬於用戶因素無法換表，通知承商配合家戶節水時間一起換表。

B.若承商換表師傅無法配合時，則由複查員配合家戶節水偕同換表。

C.因家戶節水已請里長通知里民報名，對於有未換原因清冊用戶則請里長協助溝通或經由廣播或以民政托播系統通知所屬里民配合換表，必要時亦可請里長協助溝通表位不良之用戶，以提升換表率減少複查案處理天數。

(四)加值複查功能，降低換表數量，提升換表率

1.精進目標：複查措施加值，降低換表數，從而提升換表率

2.具體措施：

(1)針對表位不良(如水表固封、表位積物、管線漏水或表前開關漏水)等情形，複查員會同用戶現勘水表時須明確告知前揭問題要盡速排除，以免影響後續水費計量的問題。

對於非前揭表位不良因素之正常表位，複查員會同用戶現勘結果確定為壞表時，如情況允許，宜直接現場汰換壞表。此舉不僅有效縮短複查案處理天數，亦可使複查案壞表呈案件數減少。

(2)對於易換表位複查員於複查當下直接予以更換壞表之案件，應研議獎勵措施。

(五)提高承商換表能量

1.精進目標：透過管理手段及修正契約規定以提高承商換表時間及數量

2.具體措施：

A.承商複查案壞表汰換制度建議應改為「每週」汰換。此作法不僅可減少用戶因素無法換表，亦可提早知悉表位狀況，有利縮短複查案處理天數。態度面應讓換表師傅充分認知複查案換表合約已有規定另給「檢驗表作業費」金額，以補償一處一只水表汰換情況。

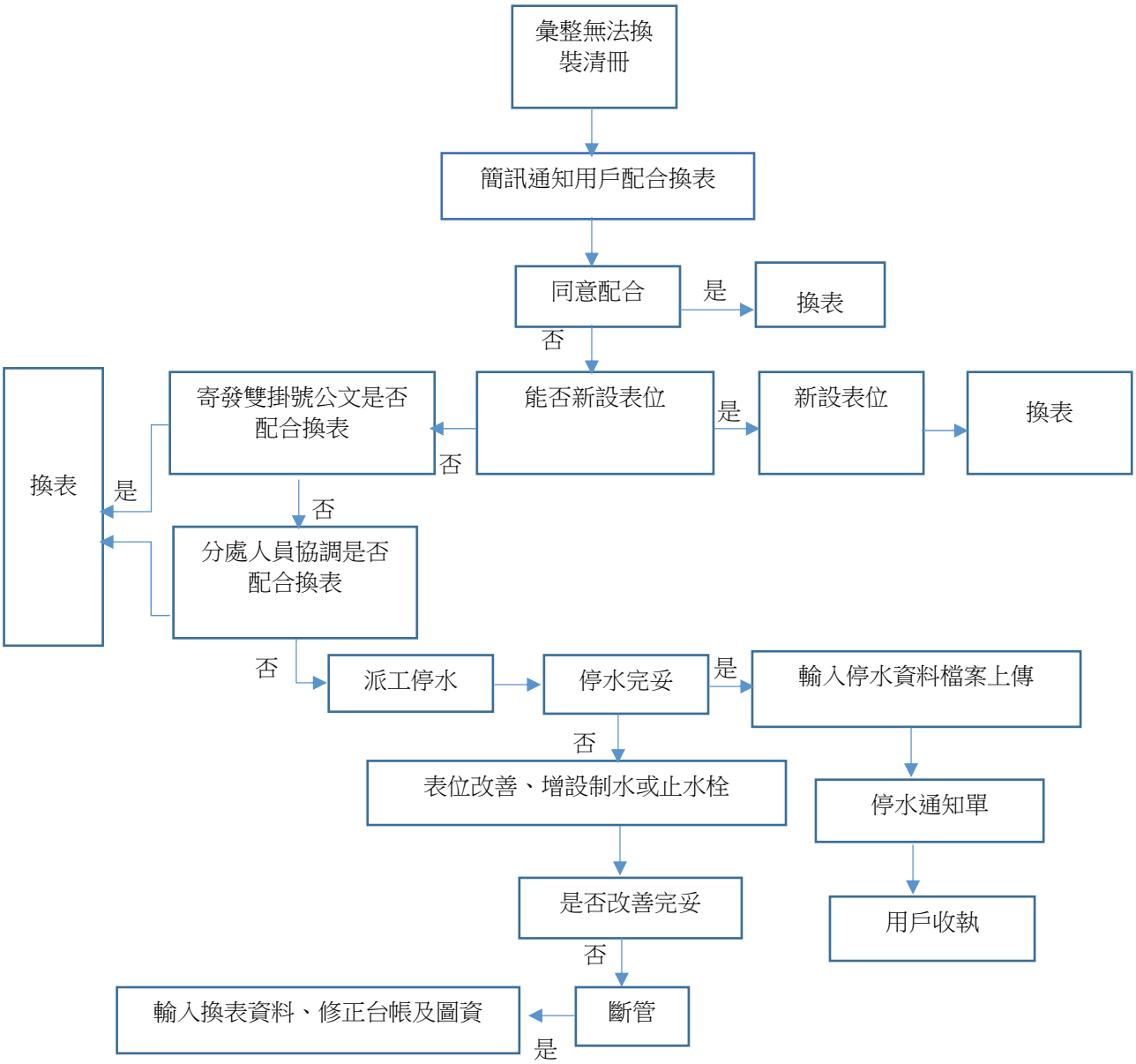


圖 5　壞表汰換處理流程圖

B.倘認定作業費金額太低不符成本，可將意見提交機關後，由西區營業分處與其他分處和業務科討論是否於明年合約中修訂補償金額或增修其他補償金。

C.定量人力換表：承商每週複查案換表需確保至少 7 位人力可投入汰換，以免負責該區域換表師傅因臨時狀況或身體不適缺席，導致該週需處理之複查案壞表無人汰換。人力短缺問題建議納入合約研議相關罰則。

D.異地人力備援：因民國 83-85 年間政府政策因素，導致轄區內(中正、萬華、中永和及新店地區蓋房數量暴增，用水戶數亦大量突增。若依水表法定年限 8 年推算，107-109 年恰好為換表高峰期，承商若仍依以往經驗投入換表人力，遭逢突發狀況時則難以收拾。鑑此，建議須有「異地人力備援」制度，可隨時調動人力支援複查案換表。換言之，承商可隨時自換表市場上與其他區域廠商借調人力支援複查案換表，以因應不可預期之情況。

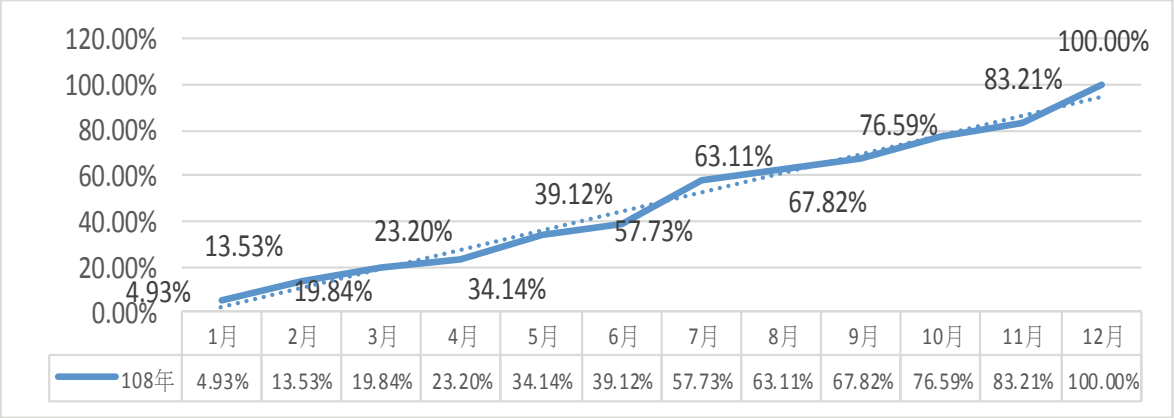


圖 6　108 年度西區複查案汰換率趨勢分析

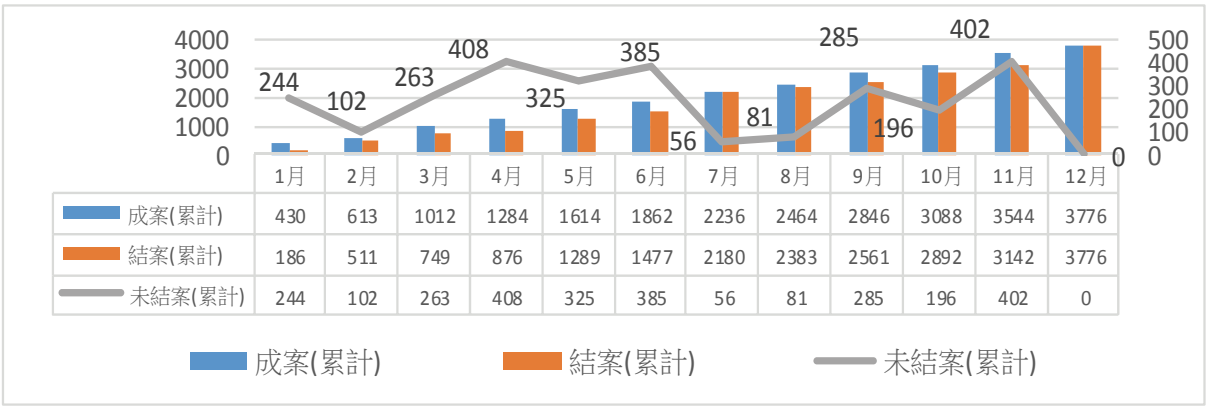


圖 7　108 年度西區複查案未完成數量比較圖

四、改善成果

自 108 年 7 月起開始嚴格落實以上計畫措施，已初步顯現西區營業分處換表率提升與未換表數量降低成果如下：

(一)換表率：自 108 年 7 月 1 日起澈底施行該計畫後，7 月份汰換率整體躍升 18%(6 月 39.12%)，顯現大幅提升後持續穩定成長且截至 108 年底壞表汰換率達 100%，為歷年首次達標。(詳圖 6 所示)

(二)未換表數量：108 年 1 月至 6 月，未完成案件數始終維持在 100 件到 400 件，惟自實施該計畫後(7 月 1 日)，未完成件數由 6 月份 385 件大幅下降至 7 月份 56 件，且截至該年底(108)壞表複查案件更全數汰換完畢。(為歷年首次詳圖 7)

五、結論

用戶對於用水度數所衍生水費之爭議，主要類型大致可分為水量突增或總表與分表間之差額水量(總表分攤)，由於直接反應於每一分表用戶之用水度數，故造成個別用戶水費增加及異常之強烈感受，鑑此，水表計量之準確性攸關水費高低之重要因素，作為自來水與用戶間收費依據，必然於出廠到裝出間需有一套嚴謹標準檢驗程序，層層把關，以保證水表計量準確性，惟水表裝出後對於水表品質管控更為重要，故對於確定壞表案件須盡速處理，以提升自來水服務品質，泯除用戶對於水表計量疑慮，避免擴及為水費爭議。

據一般統計及實務經驗，隨用表年限增加，齒輪年年磨損接近表損狀態下水表易有快轉或不轉機率發生，不論快轉或不轉，皆會衍生用戶異議水費異常情況發生。倘快轉情形發生於總表時有總表分攤異常爭議，於分表時有水量突增異議。不轉情形於分表亦有用戶爭議總表分攤問題。原因在於自來水現行收費標準，總表用水度數大於分表和時，將對用戶收取差額水費；但相對而言，總表小於分表和情形，仍是依分表度數收取，未退還差額，致用戶產生剝奪感，而有所不滿。

目前對於分表戶水表不轉，雖有「01 表損推定」暫推用水度數，按前兩期用水平均或因可辨認為季節性因素而以同期推定度數，惟兩者用水度數皆是推定，倘換表速度延遲落後導致多期 01 推定未汰換水表，對於用戶端而言，水費單據上的用水度數為非實際計量度數，易產生水費異議。即使自來水有水費更正機制，惟更正後用水度數多寡亦常與用戶認知有一段落差，仍然存在爭議。

總結上述，為避免造成自來水額外行政成本及提升用水品質，水表汰換的快慢是關鍵因素，因各各用戶特性不一，對於用水度數增減反應亦不同，尤其知悉自家水表不轉且用水度數為推定之用戶，若未能及時汰換，極易產生負面觀感，鑑此，惟有自我嚴格要求，盡力盡責，依此計畫逐步執行如期提供計量準確之水表，以建立自來水良好形象，獲得民眾肯定。

參考文獻

1.108年換表勞務契約(契約編號：108北水勞字第016號)，2019。

2.臺北自來水事業處工作手冊-營運面，2019。

3.臺北自來水事業處，抄表精進計畫，2019。

作者簡介

梁植維先生

現職：臺北自來水事業處西區營業分處四級管理師。

專長：財務行政、換表工程

參訪新加坡公用事業局水務管理心得探討

文/游叡研

摘要

新加坡產業有四大亮點，分別是金融、航運、水務及高科技製藥業，新加坡水科技與管理是新加坡自豪之處，新加坡約 50%用水係來自鄰國馬來西亞柔佛，環境及水資源部 (MEWR)及公共事業局(PUB)透過用水政策制定、策略性水費定價、汙水再淨化(新生水)、海水淡化以及新加坡本地集水區水資源管理，開源節流並行，確保供水無虞，是新加坡人津津樂道的奇蹟。

本文針對新加坡自來水管理相關課題作探討，進一步深入了解他們的水管理實務，提出值得思考學習之處，包括自動讀表 AMR、水質(直飲)課題、施工管理課題、一般飲用水及新生水管材、水表試驗場(METER WORKSHOP)及新加坡水產業中心(WATERHUB)作介紹說明。

新加坡先進水務科技值得思考學習，例如配水管內外層 PU 塗料保護防腐蝕，可作為 DIP 管材精進參考。智慧型供水管網監控系統可即時定位漏水點，自動讀表 AMR 應用於虛擬分區計量(Virtual DMA)，走向智慧水網。自來水管線施工管理，例如每區段管網施工後進行水壓及水質測試、舊管斷除作業規定及閥栓蓋改良措施等，都有可借鏡及學習之處。另有關水表管理，水表形式選擇(複合型水表)及家戶水表皆採 15mm 單一口徑可有效增加營收，值得我們思考發想後續研究實行可行性。

關鍵字：AMR、施工管理、管材精進、水表

一、前言

筆者於臺北自來水事業處服務屆滿十年之際，深知己身所學之不足，申請出國進修攻讀新加坡國立大學(National University of Singapore)李光耀公共政策學院與管理學院合作創辦高級公共行政與管理碩士學位課程 (Master in Public Administration and Management Programme)，該學院培養公共行政管理及國營企業管理的人才，同時加強勝任管理職位的能力。期間多次參訪新加坡自來水管理法定機構新加坡公用事業局(Public Utilities Board，以下簡稱 PUB)，本文主要對新加坡自來水管理作相關介紹及說明，分享進修期間所見所聞，提出心得及相關建議供自來水同業人員參考。

二、新加坡水資源政策概述

新加坡面積小且水源不足，水資源一直被新加坡視為重要戰略資源。建國獨立之初，新加坡大部分淡水係由馬來西亞進口供應，馬來西亞政府曾威脅要斷水，因此新加坡人對此有強烈危機意識。為保障國內自來水水源供應無虞，政府投入大量資金在國內開發水資源，包括興建蓄水池，在新加坡河入海口(濱海灣)興建堤壩淡化河水、興建新生水廠與海水淡化廠，多方並進開發水源。

新加坡自 1970 年代開始研發污水再利用技術，2003 年開始量產，迄今已建立 4 座

新生水廠。所謂新生水是指將用戶民生廢水，經過沉澱、過濾、逆滲透、紫外線消毒等程序，符合飲用水標準之水源，主要作為非飲用水，因為新生水超乾淨，主要作為工業用水以及冷氣冷卻水用，例如使用在晶圓廠、工業區或商業大樓。新生水的最大使用者是晶圓廠，因為晶圓廠需要高度純水，它對水質的要求比飲用水還要更嚴格。新生水是獨立的管網系統，透過專管直接供應給對此有需求的工業客戶。部分新生水作為間接的飲用水源，乾季時期，新生水會被注入既有的原水蓄水池內，與原水混合。蓄水池內的原水會被送到淨水廠，經過淨水處理後，再透過供水管網供應大眾做自來水用。新生水不會直接注入供水管網，而是再注入原水蓄水池且量不多。新生水目前是新加坡國家第 3 大原水，4 間新生水廠可以滿足 30%的用水需求，新生水的供水量會逐年增加，新加坡水務局預期到 2060 年，新生水可以滿足 55%的用水需求。

新加坡亦於 2005 年興建首座海水淡化廠，目前可供應約 10%用水，因海水淡化成本仍偏高，目前係將海水淡化作為策略性供應水源。經多年投資研究開發，新加坡已成功解決本身水資源短缺問題，水資源管理及水務技術居於世界領先地位，同時輸出水務科技至大陸、印度、東南亞等地，為新加坡開闢出另一項傲人的出口商機。

三、新加坡自來水管理相關課題

新加坡公用事業局是新加坡水務管理唯一法定機構，非以營利為目的，學習了解其在自來水管理各領域的發展，筆者就目前工作上碰到的課題作深入探討，對新加坡自來水事業所面對課題作介紹，包括新加坡所面對的管理問題及應對之道，其在水務管理有很多不同思維可提供我們借鏡學習及思考。

(一)自動讀表 AMR

1.自動讀表 AMR 的功能主要有水費用量(BILL)費、漏水警示(LEAK ALERTS)、水表被動過(TAMPER ALARM)、每日用水行為(DAILY CONSUMPTION)。

2.水、電、瓦斯在抄表計費上可做結合，新加坡有獨立的抄表計費公司（SP SERVICES），水電瓦斯抄表計費結合，由抄表員一起同時抄表，可節省成本。

3.第一代 AMR，2003 年開始從以色列引進進行自動讀表 AMR 測試計畫，第一代的測試發現電池的續航力不足後來中止測試。第二代 AMR2009 年從法國 ITRON 引進仍在試辦中。

4.新加坡遇到 AMR 的最大問題是電池的續航力不夠，廠商宣稱能用 10 年，實際上可能 5 年就沒電了，屆時還要花一大筆人力物力去換電池。

5.自動讀表（Automatic Meter Reading）成本高，新加坡經過十多年仍處於試辦階段尚未全面推廣，還在尋求降低 AMR 成本的方式，如何降低成本是一大挑戰，PUB 研究與電力瓦斯相結合作 AMR，納入共同系統，或是與大樓的其他機電系統做整合，目前還不是很明朗，PUB 同時研究不同傳輸方式及多元加值應用，而非只是單一水表 AMR。

6.AMR 試辦分 3 大部分，小規模家戶水表

AMR 試辦最早推行，目前仍執行中，總表（大表）的 AMR 正開始推動試辦，2016 年推行與大樓機電系統做整合的不同傳輸與管理介面，尚未開放用戶查詢用水情形，只有內部員工使用。

7.AMR 加值應用，除了可徹底了解用戶用水行為，水表使用效能分析，可進一步作為主動漏水檢測工具，稱之為 VIRTUAL DMA，如果 AMR 能順利全面推動，同時管網邊界的流量計大表也能順利安裝作雙向計量，形成開放式的 DMA，因計算售水率的分子（用戶用水量）與分母（進水量）都可即時透過網路傳輸得到，可即時掌握售水率，售水率如有突增降情形，則表示可能有漏水、閥栓遭不正常啟閉或水表損壞等情形，可更準確即時地掌握管線的供水狀況，是未來 AMR 的終極應用，走向智能管網。

8.新加坡 AMR 仍在試辦中，因為新加坡水價已經很高(新加坡水價約是台灣的 5 倍)，PUB 並不打算再向用戶收費。

(二)水質(直飲)課題

1.PUB 不主動推廣自來水直飲，只教育宣導讓民眾都知道自來水很乾淨符合世界標準，新加坡大部分的民眾都知道符合國際飲用水標準，對水質有信心，認識的新加坡同學及朋友也都認同直飲，有時也會直飲自來水，但 PUB 並不主動鼓勵直飲自來水，PUB 也沒有專責的部門或人員負責推廣自來水直飲。

2.PUB 長期以來比較重視的是節省用水，因新加坡是缺水國家。

3.PUB 將自來水取名 POTABLE WATER，而非 TAP WATER，個人覺得這是聰明的命名，POTABLE WATER 意思是飲用水，也就是 DRINKING WATER，而 TAP WATER 是自來水的意思，POTABLE WATER 讓民眾直覺上容易接受這是可飲的，有利加強民眾對水質的信心。且因新加坡有新生水(回收廢水再淨化成純水)，所以相對的，一般自來水就顯得更好更乾淨，民眾自然而然對自來水水質更有信心，接受度更高，所以 PUB 重點放在增加民眾對新生水的信心與接受度。

4.新加坡民眾對新生水的接受度比較低，在心理上比較難接受再回收的汙廢水，PUB 有專責部門負責大力教育推廣，以提高一般民眾對新生水的接受度。

5.推廣直飲應該從教育、媒體、報章雜誌等下手，提出有力數據，經公信力的第三方試驗符合國際飲用水標準。也應該從小利用學校教育就灌輸孩童自來水水質很好可直飲的觀念，定期安排學童至自來水園區參觀，環境資源教育，從小紮根，自然而然就可以扭轉一般民眾觀念，需要一些時間，不是一蹴可及；至於成年人，一時要他們接受自來水直飲可能比較困難。

6.新加坡部分公園內有飲水機，數量不多，據詢問 PUB 員工表示，都是公園管理處自己裝設的，並不是為了推廣自來水直飲，只是單純提供民眾飲水解渴用。經至現場公園查看，公園內的飲水機都有裝濾水器，非真正的自來水直飲。

7.新加坡平均每人每日用水量約 150 公升，台北每人每日用水量約 218 公升，新加坡是缺水國家長期投入宣導節水，從小即教

育節水並舉辦多項節水活動，強制使用節水家電等，新加坡的水價約是台灣的 5 倍，這應該是新加坡人有效節水的重要關鍵。

(三)施工管理課題

1.新加坡不以 DMA 分區計量(小區)方式作為汰換管線管理方式，而漏水頻率及老舊管材為分析依據，PUB 對所有管線進行分析，包含位置、管材、尺寸、管齡、漏水及修復紀錄等，訂出計畫列出須優先汰換管線對症下藥，目前標準為每年每公里漏水 2 次以上即須整段汰換。老舊易漏水管材（如無內襯鑄鐵管、鍍鋅鐵管、石綿管）都已汰換完成，容易漏水的管段也都優先汰換。

2.新加坡分為東西兩個施工區塊(兩個施工管理處)，每個管理處一年約 300 萬新幣進行管網汰換施工，整個新加坡一年約 600 萬新幣管汰預算（300MM 以下配水管）。PUB 原則也都是自行監造，現場配有一名委外監造人員。分為 300MM 以下配水管，及 800MM 以上輸水管，中間口徑 400~700MM 因難以進入檢視及修復，目前已不再採用，慢慢自然淘汰。

3.配水管新埋設後須先加氯洗管消毒殺菌，加氯至配水管內並放置一天再洗管。同時每段管網汰換施工後須進行水壓(10 BAR、60 分鐘)的漏水測試，確保新設管線各節點都無漏水後才正式啟用，壓力測試前須先排水，非滿管才容易做壓力加壓測試。同時須進行水質測試，水質測試主要有以下幾項：會同送實驗室測試 Turbidity clarity(濁度)、Chlorine content (氯含量)、PH 酸鹼值、Conductivity(電導率)。水壓及水質都符合後，才接水(接給水管至水表)給用戶，一般配水管約施作 700~1000 公尺測試一次，以分段施工、分段檢驗為原則。

4.有關舊管斷除，採不直接斷除舊管方式，PUB 先會同廠商先將制水閥關閉，觀察至少 3 天看是否有用戶無水，如有無水，則先開啟制水閥先讓用戶有水再進行改接，把對用戶無水的影響減到最低，新加坡對民怨問題非常重視。PUB 有一項新規定，舊管除了封管還要灌水泥填封，以防止空管因強度不足容易破裂造成路面下陷。

5.現場施工藍色帽子是 SAFETY(安全人員)，負責工地安全，白色 SUPERVISOR(工地負責人)，黃色是一般工人。新加坡管網工地採用圍籬網(如圖 1)，隔離安全效果好值得引進採用。PUB 的施工告示牌非常簡單明瞭(如圖 2)，只列有施工項目預期完工日期，免付費電話申訴專線。現場相關自主檢查表格或相關工地所需文件直接擺於工地告示牌旁，公開供眾參閱。

圖 1　PUB 管網施工現場（自攝）

圖 2　PUB 施工告示牌（自攝）

6.新加坡配水管也會做排泥閥洩水管（排水洗管用），一般排水會透過洩水管排水直接導入排水溝(較少由消防栓排水)，因為新加坡是缺水國家，如果直接由消防栓排水會被質疑是浪費水，用戶觀感不好。而洩水管排水的好處是水排得快，排得乾淨。

7.新加坡施工策略是廣設制水閥，每個小路口(本通及旁支)都設有制水閥，用意在後續可以縮小停水範圍，新加坡重視民意，儘量減少缺水造成用戶不便。

8.配合工程的革新作法，PUB 原是由配合工程現場配合改管(例如配合捷運改管)，但是配合不易工作量又大，為解決此一問題，現在是由陸路交通管理局自行發包給廠商改管，並在契約中放入自來水相關契約規定，長遠來看由外單位依需求自行改管，可有效解決介面問題。建議可試辦由外單位自行發包改管，只要掌握進度及協助試水、關水。

9.新加坡的施工比較慢，所謂慢工出細活，品質也相對比較好，施工中的重要查驗停留點也都有做徹底稽核，可確保新管施工後不漏水，舊管也徹底斷除。

(四)一般飲用水管材

1.新加坡水管材料由廠商自行備料，PUB 不供應材料。所使用的配水管一樣為延性鑄鐵管 DIP，接頭的型式屬於 Scocket & Spigot Tyton Joint，與北水處的 K 型柔性接頭不一樣。直接將接頭插入即完成安裝，非常簡便，不像 K 型接頭需要鎖螺絲。新加坡的接頭並非日本所使用的耐震接頭。而至於明管的配水管，新加坡用的是鋼管，接頭以焊接處理。Socket-Spigot 推入式接頭的設計包含橡膠密封墊圈，可確保緊密的永久密封，推入式接頭容易組裝可快速安裝，且不須使用壓圈及螺絲等配件(如圖 3)。

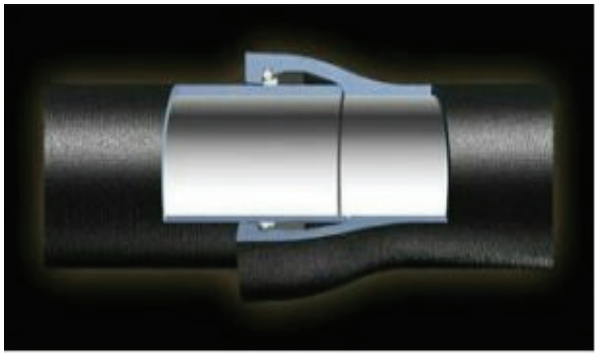


圖 3　Scocket & Spigot 推入式接頭示意圖

2.新加坡為改善制水閥蓋經車輛通過時，可能彈跳傷人情形，做多次改良採防跳脫閥體設計，閥口越改越小（加深閥體厚度、閥蓋變厚，並有防跳脫突緣 KEY 設計，需轉動才能開啟，多重防護），有效降低跳脫機率提升安全性。整個閥體變化不大，所以不會因為閥體太小而容易遭埋沒。

3.新加坡給水管管材都是銅管(如圖 4)，用焊條焊接方式作接合。銅管的強度高，可撓性好，加熱可彎曲，可配合地形減少彎頭，不易漏水或遭挖損，是非常好的給水管材。PUB 表示一直以來都是用銅管，早期

沒有用過其他管材(北水處早期使用 PVCP 塑膠管、鉛管、鐵管或 PB 管)，這也是新加坡漏水率這麼低的一個重要原因。PUB 表示曾經試用過 SSP 不鏽鋼管，因銅管耐用性高，後來就捨棄 SSP 管繼續使用銅管。

4.有關 DIP 內襯，新加坡的一般供水配水管使用水泥砂漿內襯並無採用其他的密封塗層（例如環氧樹酯 EPOXY 或粉體塗裝）。新加坡的管材耐用年限是 70 年與北水處 40 年不同。PUB 輸水管原則使用鋼管 STEEL PIPE，配水管為 DIP。而如果管材年限已到，如評估無漏水則繼續使用，畢竟新加坡城市地區開挖對交通衝擊太大，和台北一樣開挖成本高。

圖 4　新加坡給水管施工（自攝）

5.新加坡為提升管材耐用年限，開始在配水管與輸水管外層塗上新的保護塗層，PU 塗層是由兩種漆混合(AB 漆如圖 5)，A+B 比例 3：1。內層一樣是水泥內襯 CEMEMT LINING。外層 PU 管的主要作用就是外層可以防腐蝕，作用類似於北水處這幾年採用在水管套上的 PU 保護套膜，新加坡是個非常小的島國，靠近海邊的管線容易腐蝕，故 PUB 引入新技術使用外層 PU 管，大大提升防腐蝕能力。

圖 5　管材 PU 塗層 AB 漆（自攝）

6.筆者參觀工地位於新加坡北部榜鵝地區，鄰近馬來西亞，靠近海邊容易腐蝕，外層 PU 管可加強抗腐蝕能力。參觀 PUB 工地當天，管線末端做管線焊接，無法使用預鑄管材，所以外層焊接接合處需要塗上 PU 塗層，經現場測試經過 20 分鐘 PU 漆即乾固。PUB 於 300MM 以下 DIP 配水管已採用外層 PU 管，主要用於：(1)容易腐蝕地質、(2)靠近海邊地區、(3)有電位差之地區，例如高壓電纜附近，易導電導致腐蝕(如圖 6、7)。

圖 6　參觀現場 PU 塗層（自攝）

圖 7　現場於焊接處外層漆 PU 塗層（自攝）

(五)新生水管材

1.新加坡有新生水 NEW WATER（廢水回收再淨化成純水），新生水水質已達 WHO 世界衛生組織要求，新生水是完全純水，因為太純反而容易腐蝕 DIP 管的水泥內襯，使 DIP 管容易損壞鏽蝕，所以輸送新生水的鐵管或鋼管等輸水管，內襯用的是 PU 塗層（外層和 DIP 管一樣）非水泥砂漿（CEMEMT LINING）內襯，成本高約 20~30%，可有效抗腐蝕(如圖 8)。

圖 8 內層 PU 塗層的新生水管（自攝）

2.新生水管以前內層是塗 EPOXY FUSION，結果發現效果不好會脫落，後來改塗 PU 塗層效果很好。

3.PU 塗層是英國公司（SPENCER COATINGS、WWW. SPENCERCOATINGS. CO.UK）出產的漆。PUB 表示未來配水管也可能考慮採用內層 PU，英國廠商宣稱，已通過實驗測試，PU 對人體無害。英國已有用內層 PU 管供水，宣稱經試驗不影響人體，新加坡也在考慮是否引進採用。

4.新設 DIP 管線水泥砂漿內襯容易產生 PH 值過高問題，北水處已自 109 年開始試辦粉體塗裝內襯 DIP 管，後續可考慮採用不同的 PU 塗層內襯，解決水值 PH 值過高問題。

(六)水表試驗場 METER WORKSHOP

1.PUB 的 METER WORKSHOP 早在 1983 年成立，新加坡小表(15MM)的使用年限是 15 年(台灣是 8 年)，PUB 表示經測試後逐步延長小表使用年限，最早是 7 年逐步延長到 10 年，發現誤差都在許可範圍內，再逐步延長到 15 年。

2.新加坡小表都是 VOLUMETRIC 式的 C 級表，直放、橫放或斜放皆可，不受流速的限制，滿了才會出水，準確度高屬於 PISTON(活塞式)。PUB 目前在測試超音波小表，屬於 INNER-ULTRASONIC，裝在水管內部非外夾式。ULTRASONIC 屬於 DIGITAL(電子式水表)，不像機械式水表是連續計量。

3.PUB 正在測試超音波小表(ULTRASONIC)，水平及垂直測試都做(如圖 9)。防水達到 IP68，不用抄表只要經過儀器可自動接收得到讀數。不過水表價格約是現有水表的 6 倍。

圖 9 PUB 超音波小表測試（自攝）

4.新加坡家戶用水都是 15MM 小表，大用水戶是 25MM 以上。配水管接出之給水管是 35MM，先設一給水開關閥，再縮為 28MM，表前再縮至 15MM，過表後再放大至 28MM、35MM。

5.新加坡水表都是從國外進口維修不容易，PUB 有特別訓練專業維修團隊，只要進口組件，PUB 有自行維修的能力。

6.COMPOUND 複合式水表(50MM 以上大表)已將大小表整合在同一表體，類似一般單一大表，不像早期連結式水表大小表分開且相當笨重。

7.水表試驗場有模擬水池進水設備是很好的裝置，可進一步清楚了解水池進水行為，有利表種的選定。模擬水池進水主表與副表轉動情形，明顯看出水池在接近滿水位時，只有副表(小表)在走，所以複合式水表好處是大小流皆可計到量。PUB 測試過，如果不用複合式水表會有 7%小流水量計不到造成帳免損失。新加坡 COMPOUND 複合式水表用得比 WOLTMAN 多，大流時大小表都走(有的 COMPOUND 複合表大流時小表不走)，小流時小表會走計量不漏失，台灣未來可考慮引進推廣裝設複合式水表(如圖 10、11)。

圖 10　PUB 複合式水表 100MM（自攝）

圖 11　PUB 模擬水池進水台（自攝）

8.根據 ISO 規定，舊表測試時，誤差需在正負 3%內，超過 3%視為不合格，舊表只測 Qn。而新表測試時，誤差需在正負 2%內(從 Qmax 到 Qt)，超過 2%視為不合格，而 Qmin 需達到正負 5%內。大表是由 5000 公升的水塔做測試，測試台依口徑分為 40~100MM、以及 150~200MM 兩種。

9.台灣受限於經濟部標準檢驗局的法規，不能用目前世界上比較先進的水表來計費(例如超音波水表或電磁式水表)，無法通過形式認證，新加坡彈性大易引進世界最新進技術。

(七)新加坡水產業中心 WATERHUB

1.PUB 公用事業局為加強發展水科技相關研發產業，特別成立 WATERHUB 水產業中心，由政府提供低廉租金的優良辦公環境，讓水科技研發新創產業聚集在一起，提供良好環境促進產業發展，PUB 與民間水研發產業互相合作相輔相成，形成魚幫水、水幫魚的正面循環，值得台灣借鏡。PUB 同時也投入大量資金促進研發(R&D)，近幾年 Environment and Water Programme Office (EWI)已投入 4.7 億新幣投資研發，國家研究基金會亦於 2015 年提

供總額 2 億新幣的 5 年計畫，投資並提供臨床試辦計畫，以利於後續商業化推動。

2.Visenti 是 WATERHUB 內的一家來自以色列的研發公司，其業務主要是協助建立智慧水網(Smart Water)、水力分析、漏水預測、水質(監控水質是否異常，例如餘氯、濁度、PH 值等)、水壓、流量監控、分區計量(DMA)、水錘影響，開發相關軟硬體，協助進行相關分析、檢測漏水及預測水的相關行為。Visenti 公司於供水管網系統內安裝監測器，可安裝於消防栓或配水管件上，水質、水壓、流量、聲音等相關資料可透過 SIM 卡行動數據直接傳輸到雲端，Visenti 公司會先將資料過濾分析，如壓力及聲音等產生變化，一旦研判分析可能有漏水情形，軟體系統可進行定位，並及時透過通訊軟體通知 PUB 前往現場進行檢測及修漏。

3.水錘影響：閥栓啟閉或用戶內線設備可能使外線供水管網產生水錘效應，也就是壓力的瞬間變化，用戶馬達直抽也會對管網產生水錘影響，水錘的壓力瞬變將對水管產生不良影響，使管材提早老舊劣化，目前台灣地區有很多一樓直接表用戶為提高水壓，自行安裝馬達加壓抽水，可能是造成給水管容易產生漏水原因之一。

4.Visenti 有開發出系統可監控水錘影響，如發現壓力有不正常瞬變，即主動通知 PUB 前往處理，可能是有人操作閥體，如果發現是用戶內線行為造成可建議用戶改善設備。

5.新加坡共分 11 個供水區(DMA)，PUB 已與民間企業(Visenti)合作安裝約 200 個感測器覆蓋 6 個供水區，可即時監控水質、水壓、流量、漏水聲等，約占新加坡面積 60%。之後 PUB 預計再裝約 100 個感測器，即可覆蓋新加坡所有 11 個供水區。

6.感測器分為 WQPA、FPA、PA，可將不同感測器整合在一起，即時監測水質、水壓、流量、漏水聲等。水壓、音頻兩功能之 SENSOR 一個約 5000 美元，水質、水壓兩功能之 SENSOR 一個約 15000 美元，水質感測器需定期更換，成本較高。流量、水壓兩功能之 SENSOR 一個約 7500 美元，DMA MONITORING 約 50000 美元，每月需 2000~3000 美元數據分析費用。已開發出可結合太陽能電池檢測器，不須另外充電。

7.系統利用聲音的頻率變化，可發現正在發生的小漏水(SLOW DEVELOPING LEAK)，漏水聲會慢慢變大，系統會自動分析判斷。透過 Visenti 系統，目前在新加坡一個月約可主動提早發現 10 處漏水，系統分析預測漏水準確率約 50%。

8.Visenti 在香港也有執行計畫，建立智慧水管網(SMART WATER)。在首爾也有試辦計畫，水管長度 200 公里，安裝 10 個感測器，總費用約 10 萬美元，為期一年。透過 Visenti 水力分析，可模擬關閉制水閥後，水流方向是否改變，如有改變，則需先洗管後再進行關閥動作，有效減少水汙染發生可能。

四、結語

新加坡水務管理有很多面向可供參考，透過深入了解他們的自來水管理實務與先進水務科技，以為借鏡學習，例如配水管

內外層 PU 塗料保護層防腐蝕，可作為 DIP 管材精進參考。自動讀表 AMR 應用於虛擬分區計量(Virtual DMA)，走向智慧水網。PUB 目前研究與電力及瓦斯相結合作 AMR，納入共同系統，或是與大樓的其他機電系統做整合，研究不同傳輸方式，不同加值應用，而非只是單一水表 AMR。

智慧型供水管網監控系統，即時定位漏水點，安裝多功能感測器(具太陽能)，可量測壓力、流量、聲音、水質等，搭配即時無線數據傳輸，方便資料收集與分析，可有效及時監控漏水及水質。

自來水管線施工管理，例如每區段管網施工後進行水壓及水質測試、舊管斷除作業規定及閥栓蓋改良措施等，配合工程的革新作法，都有可借鏡及學習之處。另有關水表管理，精確水表計量，新加坡全面採用 C 級表，準確度更高，小流更靈敏，可準確計量並增加水費收益。惟 C 級表較貴，台北水價偏低，仍需進行成本效益分析。水表形式選擇及家戶水表皆採 15mm 單一口徑，可有效增加營收，複合型水表(Compound Meters)，主表可計量高流量，並聯旁通的小表可計量低流量，新加坡複合型水表用得多，而北水處多年前曾使用過複合型水表，但是因容易損壞且笨重，多年前已不再裝設，採自然淘汰中。新加坡的複合型水表較輕盈，後續或可考量引進採用試辦。

新加坡 PUB 有專屬的水表試驗室(Meter Workshop)用以維護及進行水表測試，定期測試水表的準確度，測試結果可協助了解不同水表在不同模式下的行為，模擬用水行為等相關設備，例如水池進水或馬達直抽等，有利掌握水表特性，有利判斷使用適合的表種，並對汰換頻率提供有效建議。

新加坡將所有關於水的部門整合成為單一法定機構(環境與水資源部)，統籌管理，形成完整水循環，是一個相當高瞻遠矚，有遠見的作法。勘查排水溝渠與汙水下水道，可以查明判斷是否有地下自來水漏水跡象，自來水部門須與雨水排水部門及汙水部門通力合作，橫向互動溝通，有利及早查修漏水。新加坡公用事業局 PUB 包含自來水，雨排水，汙水，整合所有水部門容易執行橫向聯繫，有利降低及控制漏水率。

新加坡 PUB 為協助發展水科技研發產業，成立 WaterHub 水科技中心，成功吸引國際知名水研發公司進駐。同時並成立水學院，由水專家教授專業水知識，目標是成為全球水知識網絡的樞紐中心。造就新加坡的水產業亮點，形成魚幫水、水幫魚的正面循環，值得台灣借鏡。

參考文獻

1.Cecilia Tortajada、Yugal Joshi、Asit K.Biswas，新加坡水故事-城市型國家的可持續發展，2015。

2.陳榮順、李東珍、陳凱倫，清水綠地藍天-新加坡走向環境和水資源可持續發展之路，2013。

3.Singapore Public Utilities Board ANNUAL REPORT，2017/2018。

4. 新加坡公用事業局Public Utilities Board，網站：https://www.pub.gov.sg/

作者簡介

游叡研先生

現職：臺北自來水事業處東區營業分處股長

專長：漏水管理、小區計量、高地供水