自來水會刊第 39 卷第 2 期(154)目錄

實務研究

臺北地區飲水地圖建置實務探討……黃騰宏、林千益……1

穩定大台中水源及供水，環境保育為己任－以豐原新設初沉池為例……

……張光翹、王紳帝、蔡函叡……6

本期專題　營運管理

澎湖地區水庫集水區保育治理之效益評估……盧德光、曹宜政……13

陽明山高地供水之最適化研究－啟動全面性供水服務……陳俊豪……26

淨水場ISO14001深耕及展望—以台水公司為例 ……王冠中、林正隆、洪世政、吳振榮…… 35

封閉型加壓站類型介紹及管理作為……賴奕誠、游叡研……46

配水管線風險分析方法介紹及運用潛勢……歐中行、曾盛一、盧烽銘……54

一般論述

耐震防脫接頭球狀石墨延性鑄鐵管(DIP)應用探討 ……王詠民、吳幸璋…… 61

智慧行動辦公室服務作為探討……駱貞瑜、賴柏誌、李奇芬、曾涵筠……69

運用3D繪圖及列印技術於管材開發 ……呂慶元…… 76

他山之石

赴香港參加第 8 屆國際水協會亞太地區會議及展覽會紀實……吳陽龍……84

協會與你

歡迎投稿 108年「每期專題」……12

中華民國自來水協會會刊論文獎設置辦法……34

自來水協會公告……95

封面照片：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

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

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
葉陳蕚

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

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

臺北地區飲水地圖建置實務探討

文/黃騰宏、林千益

一、前言

臺北市柯市長曾說:「文明城市 3 條件：上網、喝水、上廁所」。能免費喝水就可減少買飲料（圖 1），而飲料減少購買，就能減少寶特瓶及紙容器使用，進而達到環保減塑不減樹、國民健康之的目的。

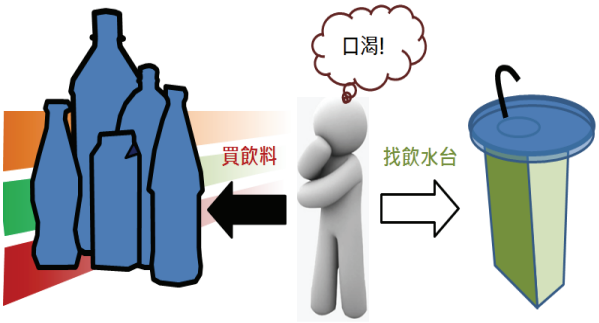


圖 1　天使與魔鬼的拉扯

寶特瓶從 1940 年開始大量運用，這種石化製品至少百年才能分解，當時所生產塑膠至今依舊存在。專家指出，全球每年約使用 5 千億個寶特瓶，相當於每秒鐘賣出 2 萬個，疊起來比 9 座台北 101 還高，而大量塑膠製品被丟棄至海洋，被魚類等生物吃下肚，在食物鏈中無法被有效吸收，最終反而進入我們餐盤。此外，一個 600 毫升瓶裝水，約需耗費 18 倍水量製造！在缺水時代，別再讓塑膠瓶跟我們搶水資源了！自備環保杯是個絕佳選擇，但自備水喝完後怎麼辦？

為了環境永續及市民健康，臺北自來水事業處（以下簡稱北水處）積極推動飲水台使用，要讓大家用得方便、喝的安心，使臺北市成為國際一流城市。北水處並秉持由內而外、由公而私的推動原則，在公共場所包含捷運車站、公園及運動場所等地點，設置飲水台擴大使用，隨著數量的增加，便利使用與透明管理更顯重要。

由於傳統飲水台資訊分散且為清單式，民眾搜尋飲水台並不容易；此外，水質資訊不透明，即便眼前就有飲水台，對於水質的疑慮造成使用者卻步。於是，北水處率先進行資訊整合及精進，開發不需下載安裝軟體，單一平台提供完整飲水台資訊及路線導引等進階工具，一次解決找不到、不敢用的問題，提高飲水台使用的可及性，讓民眾更便利、更完整且更透明的使用飲水台服務。創新變革包括：

(一)整合飲用水資訊：透過臺北市資料大平臺，整合公共場所飲水機資訊，包含北水處直飲台及臺北市環保局「臺北市公共場所飲水機等資訊」。

(二)蒐集直飲台現場照片及提供水質檢測資訊連結。

(三)視覺化地圖取代傳統清單。

(四)網頁介面，不須下載安裝即能使用。

(五)Google 地圖路線導引服務，擇近使用。

本文說明飲水地圖建置實施方法，並提出面臨挑戰及解決方法，最後探討執行成效。

關鍵字：飲水地圖、視覺化、智能管理、環保減塑

二、實施方法

(一)整合飲用水資訊

透過臺北市資料大平臺，整合公共場所飲水資訊(包含北水處直飲台及北市環保局臺北市公共場所飲水機等資訊)，將民眾使用飲水台所需工具與資訊，整合於單一平台，使民眾完整取得大台北地區飲用水位置(圖2)，解決以往飲水台資訊分散不全，即便資料已揭露於開放平台，一般民眾卻無法直接運用，或須跨平台資料搜尋之不便。經由資訊的整合，可滿足民眾搜尋飲水台的基本需求。

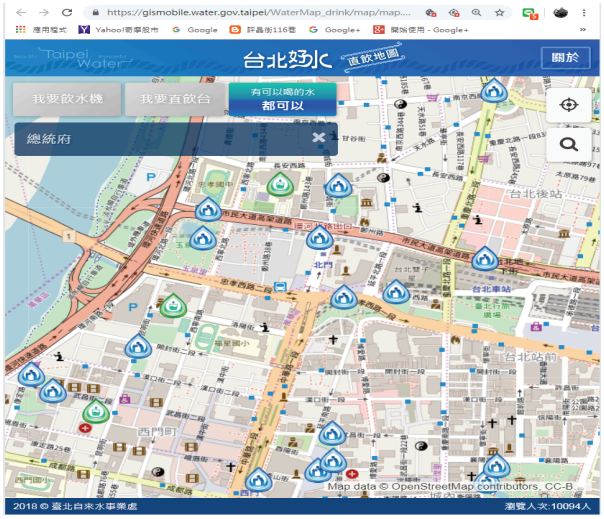


圖 2　飲用水資訊整合

(二)蒐集直飲台現場照片及提供水質檢測資訊連結

拍攝直飲台現場照片，並顯示於網頁(圖3)，提供民眾於搜尋飲水台時，方便比對周邊環境位置，助益於飲水台位置找尋；另民眾最關心之水質資訊，即時透過飲水地圖點選檢測資訊或掃描貼附於直飲台上之QRCode，可取得包含水質檢驗結果、自主維護管理紀錄及管網監測等資訊(圖 4、圖 5)，使民眾安心使用，不再因水質疑慮而卻步。

圖 3　飲水台現場照片

飲水台編號：0446a
所在位置：延吉公園

採樣日期	採樣時間	大腸桿菌群 MPN/100m	檢驗合格	濁度 NTU	餘氯 mg/L	pH
飲用水水質標準限值		6		2	0.20-1.0	6.0~8.
108/04/18	09:55	<1	是	0.15	0.39	7.4
108/01/09	10:15	<1	是	0.1	0.49	7.5
107/10/30	11:10	<1	是	0.35	0.53	7.2

備註：
1.本飲水台依行政院環境保護署訂定「飲用水連接供水固定設備使用及維護管理辦法」規定，每3個月檢測大腸桿菌群1次。
2.大腸桿菌群"<1"表示"未檢出"。
3.其餘檢項供參。

圖 4　水質檢驗結果

維護管理單位：工務局公園處
聯絡電話：(02)2303-2451
飲水台編號：0446a
所在位置：延吉公園

維護日期 年/月/日	台面清潔 (打✔)	水壓穩定檢查 (打✔)	*排水時間 (分鐘)	餘氯量 (mg/L)	執行者	備註
108/06/04 16:23	✔	✔	3	0.3	陳李煜	
108/06/03 16:48	✔	✔	3	0.3	陳李煜	
108/06/02 16:40	✔	✔	3	0.3	秦小玲	
108/06/01 16:32	✔	✔	3	0.3	謝學緯	
108/05/31 16:45	✔	✔	3	0.3	陳李煜	

註：1.台面清潔狀況良好打「✓」，不潔則立即洗乾淨後再打「✓」。
2.飲水台噴嘴出水水壓穩定請打「✓」，出水忽高忽低不穩定請打「✗」。
3.請註明排水至出現餘氯之時間(分鐘)；如為自動排水系統，請註明每日自動排水之頻率及每次排水時間(分鐘)。
4.餘氯量檢查：每週2次以試劑檢測並記錄實測值，若無餘氯則加強排水後再行檢測，如仍無餘氯請掛牌暫停飲用，並通知自來水處客服中心派員（TEL：8733567⑧）處理。
5.如有掛牌暫停飲用或異常狀況請將原因登錄於「異常通報」欄。

圖 5　自主維護管理紀錄

(三)視覺化地圖取代傳統清單

以地圖點位呈現飲水台分布位置(圖6)，取代傳統清單模式，使民眾更容易找尋到所在位置周邊之飲水台；另於管理應用上，亦助益於管理單位掌握飲水台分布情形，對於後續飲水台新設位置之選定，能更為適當，提高民眾使用意願。

編號	場所名稱	地址	經度	緯度
1	青年公園	台北市萬華區水源路199號	121.506281	25.025879
2	青年公園	台北市萬華區水源路199號	121.503323	25.020746
3	青年公園	台北市萬華區水源路199號	121.503202	25.020831
4	青年公園	水源路199號	121.50487	25.02072
5	青年公園	水源路199號(防災公園)	121.504442	25.020395
6	青年公園	臺北市萬華區青年路190號對面	121.50405	25.020456
7	青年公園	臺北市萬華區青年路96號對面	121.502871	25.022893
8	青年公園	臺北市萬華區青年路196號對面	121.504153	25.020133
9	青年公園	臺北市萬華區青年路50號對面	121.504006	25.025154

圖 6　飲水台以地圖點位呈現取代傳統清單

(四)網頁介面，不須下載安裝即能使用

北水處飲水地圖開發採響應式網頁設計（RWD），使網站於不同載具之呈現均能最佳化，透過網頁連結，無須下載及安裝應用軟體，民眾即可隨時取得飲水台資訊，也讓對於資訊工具較為陌生的長者，能夠輕鬆獲取資訊。

(五)結合 Google 地圖路線導航服務

本網頁導入民眾熟悉的 Google 地圖導航服務(圖 7)，應用於飲水台導引，將使用者所在位置及目標飲水台點位自動帶入，使用者可自訂交通方式(開車、大眾運輸、步行、騎單車、乘車)，搜尋最佳路線及抵達所需時間並進行路線導航。另外亦提供地標定位功能(圖 8)，突破以往找尋飲水台困難，即便知道地址，卻難以擇近使用之困境。

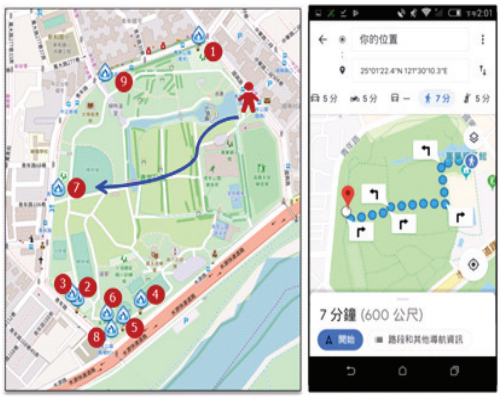


圖 7　路線導引服務

圖 8　地標定位服務

三、面臨挑戰及解決對策

(一)挑戰

1.本案為跨領域（水質、資訊、土木工程等）作業，需進行跨機關（環保局、資訊局）及跨科室（水質科、各分處）作業資訊整合與介面協調等，另資料異動更新及內容正確性極其重要，唯有提供可靠的資訊，讓使用者產生信心，願意繼續使用才能推廣至周遭朋友，獲得事半功倍的加乘效果。

2.飲水台搜尋工具的易取、易用非常重要，如軟體設計單純以工程師角度出發，忽略使用者真正需要，反成推動阻礙。

3.人力資源為執行過程最主要投入項目，以現場照片蒐集為例，即需分派人員親赴現場，並進行資料校核與確認。

(二)解決對策

1.透過臺北市資料大平臺，確保取得最新資訊，相關飲水台資訊並開放民間應用，達資訊公開共享目標，民眾找的到、看的到、更喝的到，願意多加利用飲水台。

2 擴大人員參與 UI 設計，召開討論會議集思廣益，並提供民眾意見回饋機制，持續優化使用介面。

3.經由管理階層積極參與、明確分工，凝聚共識與向心力，完成作業上線服務。

四、執行成效

(一)外部效益

1.環保減塑：飲水台使用率的提升，有助於減少瓶裝飲料的購買，減少一次性盛裝器皿使用，具有環保之成效，進而保障國民健康。

2.節能省水：根據環保署資料，台灣每人每年平均喝掉 50 罐瓶裝水，如果市民改變習慣，運用飲水地圖取水，減少 10%瓶裝水購買，每年將減少 1,330 萬罐寶特瓶產生，相當減少耗水 14 萬噸(相當 56 座標準泳池容量)、減少排碳 1,240 噸(相當 3 座大安森林公園可以吸收的二氧化碳量)。

3.省時節能：以地圖方式呈現飲水台位置，並結合 Google 導航功能，導引路線至直飲台所在位置，大幅縮短民眾找尋飲水台時間(每次縮短約 15 分鐘)。

4.資料開放：將飲水台資訊揭露於臺北市資料大平臺，並於資料異動時發布更新，達資訊共享目標。

5.提升政府形象：以友善介面提供水質、飲水台現場照片等資料，助益於飲水台推廣及提升臺北市政府正面形象，已獲「台灣環境資訊協會」發函肯定。

(二)內部效益

1.邁向智能管理：以圖台方式取代傳統清單，建立飲水台基礎資料，採視覺化方式標註飲水台分布位置，透過飲水台使用情形及分布狀況，作為未來新設飲水台選址之參考。

2.提升管理能效：建置意見回饋機制，民眾於飲水地圖留言時(圖 9)，相關訊息會以電子郵件發送北水處 24 小時服務之客服中心及相關管理人員(圖 10)，進行後續處理及管制，大幅提升管理便利性及效能。另當飲水台發生異常時，維護管理單位透過自主維護進行異常通報，系統亦將以電子郵件通知北水處客服中心及相關人員(圖 11)，第 1 時間取得訊息並進行處置，加速後續管理與資料統計分析。

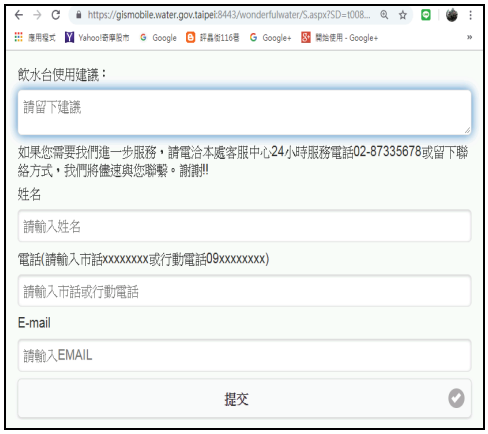


圖 9　使用者留言介面

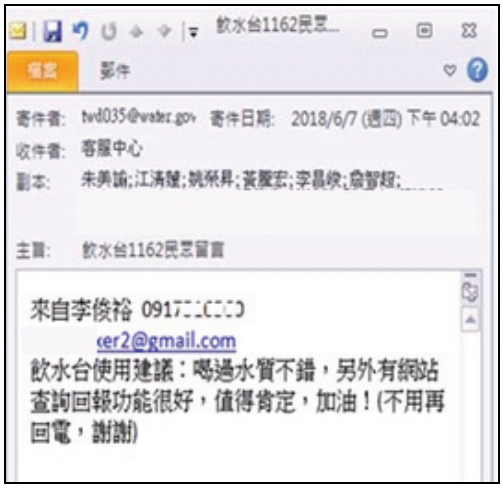


圖 10　民眾意見回饋

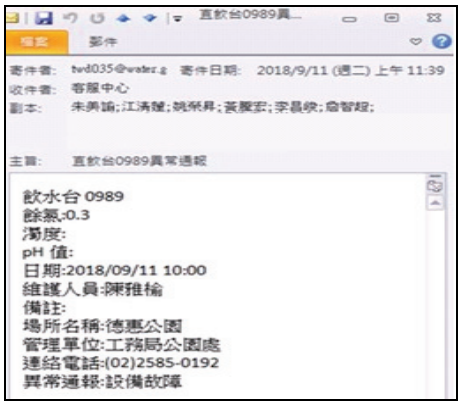


圖 11　飲水台異常通報訊息

五、結語

自來水可否直飲，是衡量城市現代化程度指標；北水處積極推動臺北市政府直飲政策，除設置直飲台之硬體設施外，在軟體部分，為提供民眾更便利飲水服務，建置飲水地圖（圖 12），整合直飲台、臺北市公共場所飲水機資訊，並提供路線導引服務等，使民眾可以簡單透過行動裝置，自動定位所在位置，查詢所在地附近飲水臺資訊，另結合 Google 導航，使用者可輕鬆取得抵達目標飲水臺之最佳路徑及所需時間，便利民眾就近使用，助益於直飲推廣及臺北市政府正面形象之提升。

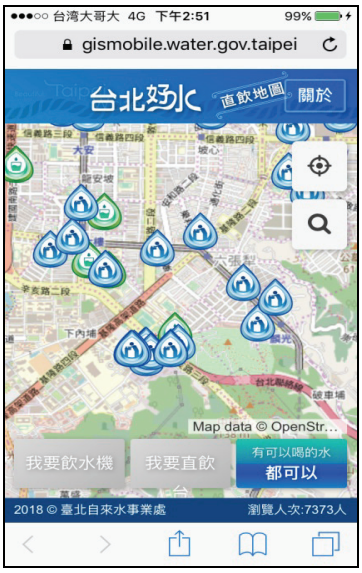


圖 12　行動版飲水地圖

誌謝

本報告之完成感謝北水處技術科科長時佳麟先生大力建議與指導。

作者簡介

黃騰宏先生

現職：臺北自來水事業處技術科股長

專長：自來水工程、水資源及環境工程

林千益先生

現職：臺北自來水事業處技術科三級工程師

專長：自來水工程、地理資訊管理系統

穩定大台中水源及供水，環境保育為己任
—以豐原新設初沉池為例

文/張光翹、王紳帝、蔡函叡

一、前言

豐原淨水場為大台中供水系統的重要樞紐，肩負著供水的重任，該地區目前每日用水量約 150 萬噸，其中約 85 萬噸來自豐原淨水場，其原水取自大甲溪石岡壩，惟在 921 地震後，石岡壩因地層抬升，導致石岡壩蓄水容量減少，原沉澱功能降低，大甲溪上游集水區因崩塌及地層鬆動，每逢洪颱期間便造成原水濁度急遽上升(圖 1)，連帶影響豐原淨水場之取水濁度普遍較高，在大雨期間常因濁度偏高，需降低出水量以穩定出水品質，進而影響其供水量，使得台中區供水面臨水質及水量不足之風險。

有鑒於此，台水公司擬訂「豐原場新設初沉池工程(食水嵙溪右岸)」專案計畫(以下簡稱本工程)，使原水進入豐原淨水場前，先經沉砂及沉泥降低濁度，在颱洪豪雨期間，可使豐原淨水場處理能力增加，於常態時亦可提升現有豐原場之處理能力，進而增加供水量，使台中地區之供水調配更為靈活，可緩解因原水濁度驟升無法正常供水之問題。

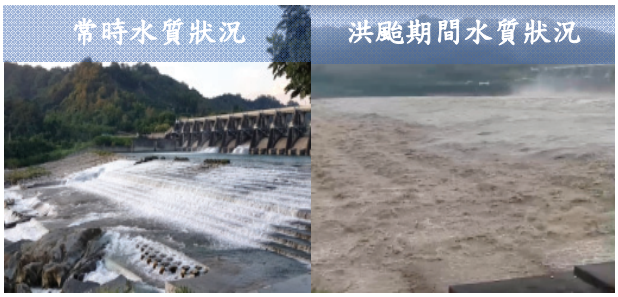


圖 1　常時與洪颱期間大甲溪原水水質狀況

二、主要操作困境

豐原淨水場設計水質處理能力 500 NTU、水量處理能力 130 萬 CMD，因同時面臨法規對供水品質提升以及須長期大量供水，故並無停水檢修的機會，又豐原第一淨水場沉砂池容量嚴重不足，豐原第二淨水場無沉砂設備，致淨水流程直接承受高濁度原水，一旦原水濁度超過 50NTU 時，其出水能力逐漸降低；超過 1,000NTU 時，豐原淨水場即需面臨減壓供水的狀況，出水量僅達 55 萬 CMD；當濁度超過 5,000 NTU，為避免設備進砂癱瘓淨水設施或出黃濁水甚至需停止供水，而當濁度降回正常狀況之後，仍需花費 5~7 天進行清淤，供水壓力極大，有關台中區供水系統之常態及高濁時供水能力詳圖 2 所示。

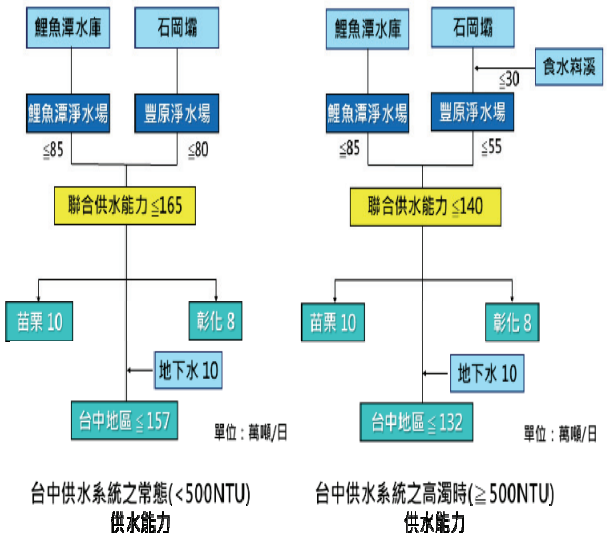


圖 2　台中區供水系統之常態及高濁時供水能力

三、原水性質及選擇設備型式

(一)原水濁度檢討

依豐原淨水場民國 89 年~民國 103 年之原水濁度統計顯示，年平均原水濁度約為 231 NTU，符合一般淨水場正常處理能力(濁度≦500 NTU)。其中，月平均濁度以 8 月份之 701 NTU 為最高，且每年濁度超過 2,500 NTU 之天數平均有 9 天/年，超過 5,000 NTU 之天數平均有 3 天/年。

(二)選擇設備型式

將水中懸浮泥砂沉降分離之設施，一般可分為沉砂池、普通(不加藥)沉澱池及混凝(加藥)沉澱池三種。沉砂池僅以去除 0.20mm 以上粗砂為目標；泥砂粒徑於 0.10~0.01mm 間，可用普通沉澱或快濾池去除；0.01mm 以下之細小懸浮物或膠體，須於過濾前先加以膠凝處理，使物質凝聚成較大顆粒之膠羽再沉澱或過濾去除，通常皆採化學混凝沉澱較經濟可靠；如圖 3 所示。

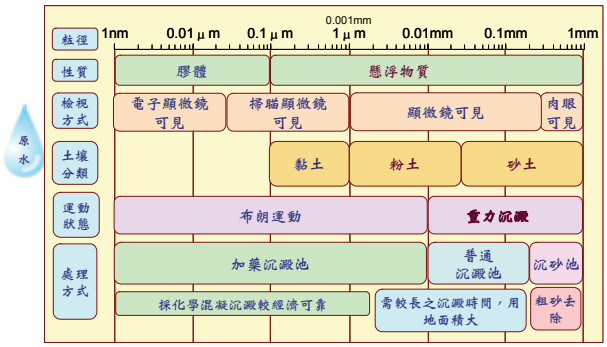


圖 3　原水懸浮顆粒粒徑與處理方式

由於洪颱期間，原水含有大量泥砂，而砂粒是影響豐原淨水場淨水成效及損壞機械設施之主因，因此，在極有限之土地空間下，本計畫工程設置初步沉澱池先去除 0.20mm 以上粗砂，再由傾斜管沉澱池去除 0.10~0.01mm 間之砂土。

四、處理程序及設備內容

於洪颱期間大甲溪原水濁度升高時，即啟用本計畫工程，將大甲溪高濁度原水先導入初沉池內，去除砂土降低原水濁度後，再輸送至豐原淨水場作後續淨水處理，本工程處理設備流程詳圖 4 所示。

在現行法令及不影響環境原則下，本工程高濁度原水處理採「不加藥重力沉澱」方式進行，設備以初步沉澱池及傾斜管沉澱池為主，另包括原水加壓設備、沉泥處理池、機械室(發電機房及變配電室)等相關附屬工程，設計處理出水量為 45 萬 CMD，設計處理能力以原水主要粒徑大於 0.03mm；濁度 2,500NTU 以下，經本新設初沉池處理後，原水濁度降至 500NTU 以下為目標，濁度去除率訂定為 80%，整場耗水率控制在 5%以下。

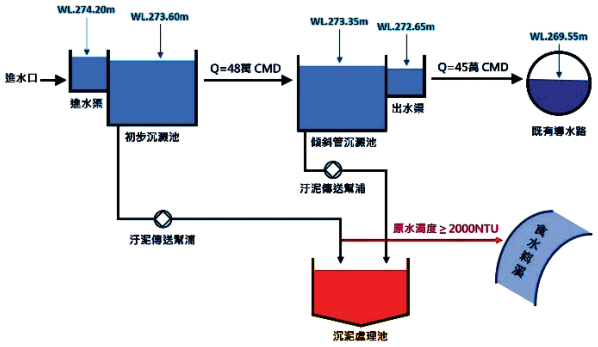


圖 4　本工程處理設備流程示意圖

五、注重環境保育降低建置及營運成本

豐原淨水場除了以穩定供水為目的，更希望為環境保育盡一分心力，設計之機電設備及水池管線配置皆考量節能減碳且在不影響處理功能下，降低營運成本達到永續經營之目的。

(一)節能省電減少碳排放

1.配置 LED 路燈及使用高效能低噪音電動抽水機

規劃設計階段時即注重環境保育，排除傳統高壓鈉路燈改採用 LED 路燈且因豐原淨水場站為無人駐場場站，平時亦無需照明，大幅節省電能。採用高效率低噪音 450HP 原水抽水機，總噪音測試（抽水機於無背景噪音下運轉時，距本機組表面任何一點，一公尺處之檢測值）平均值 78.5dB，葉輪動平衡校正等級由 G6.3 級提升為 G1 級。

2.預留太陽能種電空間

配合政府綠能政策，事先規劃本工程沉泥處理池及暫存場預埋螺栓，未來可設置鋼棚安裝太陽能板，進入一個節約能源，減少污染的時代。

3.重力供水及排泥

場區主要動力費為 6 台 450HP 電動抽水機，在沉澱及供水方面，藉由石岡壩南幹渠分岐管及未來大安大甲聯合運用進水管聯合運用重力引水至原水加壓設備，再以機械加壓方式輸送至進水渠，進水渠經沉步沉澱池、傾斜管沉澱池、匯流井再送至豐原場皆以重力方式送水，如圖 5 所示；排泥方面，沉澱池利用刮泥機將淤泥集中，平常藉由重力排泥至就近污泥池，節省動力費用。

(二)永續經營降低成本

1.以傾斜管沉澱，降低建購成本

採用傾斜管沉澱池，利用傾斜管形成之廣大投影表面積增加池面溢流率，水流通過傾斜管時，懸浮泥砂顆粒很快接觸管壁並集結成大泥球而掉落，縮短顆粒自然沉落至池底所需時間，故增加沉澱池之去除效率，處理水量速率提升 3~6 倍，亦即可減少場區用地購買面積，僅需一般傳統沉澱池面積(湖山前處理設備約 24 公頃)的 1/6，節省購地費用約 10 億元。

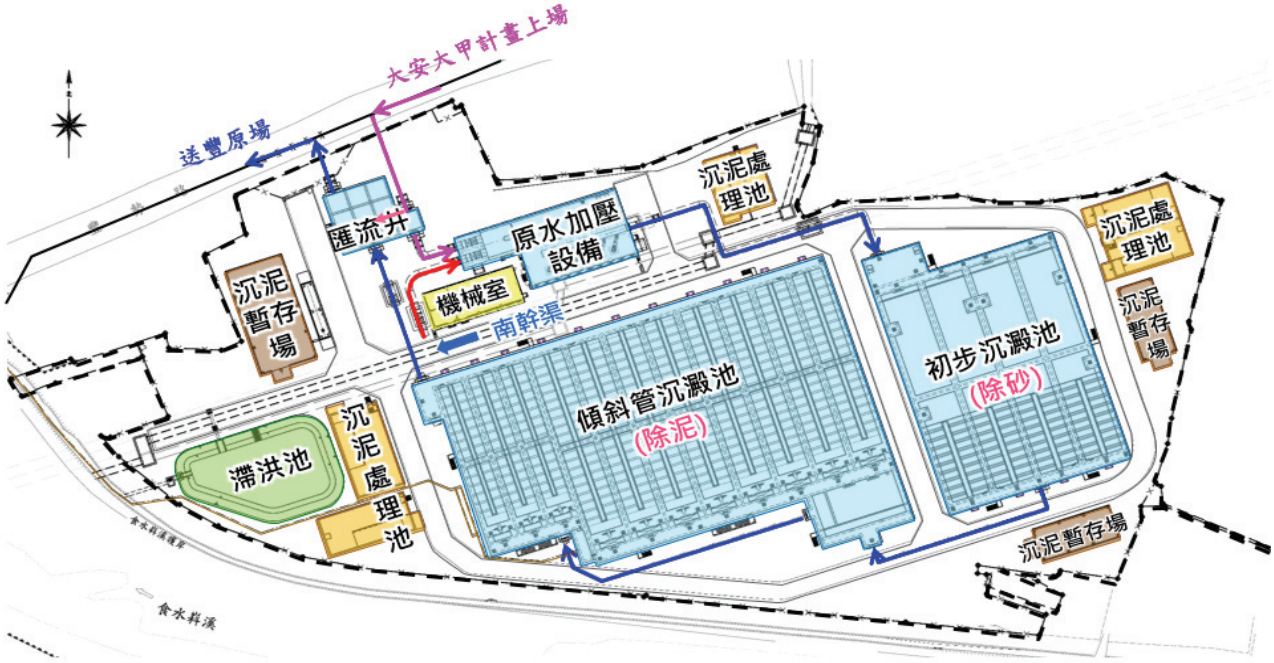


圖 5　場區最佳化配置並採重力供水及排泥圖

2.無人駐場，降低人事費用

設監控軟體，以環狀光纖網路架構分別接收各單元設備監控點，相關資料由監控系統傳至豐原淨水場，再由豐原淨水場人員依所需水量或原水濁度調配進出水。並設置 21 台內建動態偵測攝影機，以圖像處理器等模組運算，即時判斷是否有人員或動物侵入，達成無人員駐點遠端監控功能。當現場設備發現故障時，再由豐原淨水場派員，可於 5 分鐘內到達現場排除異常狀況，節省人事成本。

3.建置 QR-Code，雲端管控更便利

豐原淨水場主要機械設備均黏貼 QR-Code，QR-Code 並與雲端連結，手機掃描即可取得雲端資料，包含設備出廠前檢驗資料、操作手冊、保養手冊、保養紀錄、維護手冊、維修紀錄，使維修保養更便利。

4 全場不加藥，污泥餅再利用

全場採用自然沉澱，未加任何藥劑。在成本方面，高濁度供水時(大甲溪原水濁度 >500NTU)，豐原淨水場後端處理程序加 PAC 約 151.25 噸/年，依民國 98 年 11 月之物價估算，藥品 PAC 費用 6 元/Kg，常態供水時共降低豐原場加藥費用約 0.01 億元/年。在污泥處理方面，全年淤泥量預估約 16 萬噸，但因處理過程皆不加藥劑，為可公開標售產生之污泥，與事業廢棄物清運費用每噸 1500 元相比較，清運費用降低為每噸 30 元；另業者可再生利用製成紅磚、輕質骨材、CLSM、水泥原料、道路鋪面材料及培養土等，降低營運成本及環境永續經營之成效，達到開源節流之目的。

六、工程成果展現

本新設豐原初沉池共分為土建工程、機電工程及整備工程三標，分別由不同工程廠商承攬，為趕在 108 年汛期前發揮效益，三標承商相互配合趕工，始能於汛期前完成整體試車(空拍圖如圖 6)，本工程成果詳述如下：

圖 6　豐原初沉池場區空拍圖

(一)有效提高豐原淨水場供水能力

依原計畫經由本新設初沉池作為豐原淨水場在高濁度期間的前處理單元，將能有效提升豐原淨水場供水能力，平時約可增加處理水量每日 2.5~5.0 萬立方公尺，高濁度期間可提高豐原淨水場處理水量最大約每日 5.0~7.5 萬立方公尺(詳表 1)，紓解供水瓶頸，平均每年約增加 390 萬立方公尺產水量收入。

表 1　本工程前後豐原場出水量對照表

項目 / 濁度(NTU)	豐原場出水量(萬 CMD)		備註
	原出水量	增設初沉池後出水量	
50 以下	90.0	90.0	
51~100	85.0	87.5	
101~250	80.0	82.5	
251~500	65.0	70.0	
501~1,000	60.0	62.5	500NTU 以上時啟動食水茄溪水源及鯉魚潭淨水場增加供水量
1,001~2,000	40.0	45.0	
2,001~3,000	30.0	32.5	
3,001~5,000	10.0	12.5	
5,000~10,000	0.0	7.5	

(二)實際處理結果優於原設計目標

在工程完工整體試車期間進行壓力測試，全場出水量達 51.5 萬 CMD(原設計出水量為 45 萬 CMD)、濁度去除率 82.24%(原設計 80%)、耗水率 4.37%(原設計 5%)均優於原設計。

在 108 年 5 月 18 日第一場梅雨及 108 年 6 月 13 暴雨期間，本工程尚未完成驗收接管手續，惟為因應豐原淨水場要求，故分別連續 3 日及 5 日先行加入營運。經實際操作分析統計，在原水連續多日高濁度狀態下(>500 NTU)，因原水先導入豐原初沉池進行前處理，故即使原水濁度驟升至上千度，豐原淨水場仍可維持正常出水量，且出水濁度始終維持在 2 NTU 以下，確保大台中地區供水無虞。有關梅雨及暴雨期二段高濁狀態下(>500 NTU)豐原淨水場出水情形如圖 7 所示，洪峰期間豐原初沉池投入成效詳如圖 8 所示。

由於豐原淨水場受限土地面積僅有 3.14 公頃，針對大甲溪短期高濁的原水特性，可有效將大量泥沙攔截於豐原初沉池內，使豐原淨水場短期間內維持正常營運。惟為維持豐原初沉池功能，高濁期間必須將該場傾斜管沉澱池之集泥坑全力排泥，並且在每次洪峰過後原水濁度恢復正常時，進行豐原初沉池抽水井及初步沉澱池清砂作業，以因應下一次洪峰來臨時能發揮具體成效。

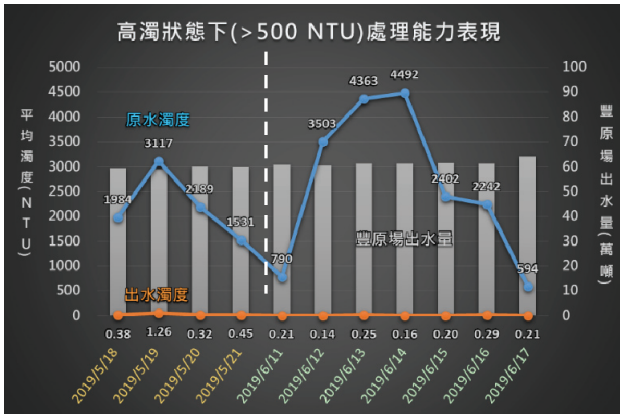


圖 7　高濁狀態下(>500 NTU)豐原場出水情形

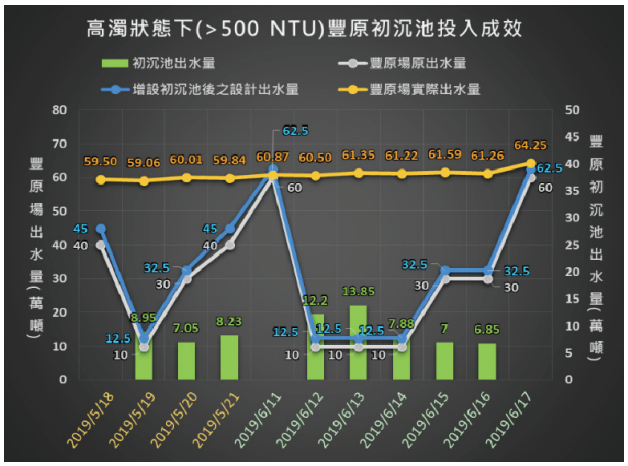


圖 8　高濁狀態(>500 NTU)豐原初沉池成效

(三)獲獎肯定

豐原淨水場之豐原前處理機電整備工程於 107 年 1 月 17 日開工，為本計畫三標工程中最晚決標施作，政策指示須於 108 年汛期前發揮計畫效益。因此，本工程在開工前協調會時，監造單位即要求施工承商對於關鍵設備必須及早完成圖審並加速廠製完成，並且同步提醒施工中之土建承商關鍵建築物務必趕辦。時至 107 年 6 月，三標工程承商各依合約施作，施工介面相互影響，進度陷入膠著，監造單位隨即每月召開三標工程聯席趕工協調會，所幸，機電標及整備標承商確實依照監造單位指示，主要設備均已廠製完成。為突破施工困境，監造單位依據契約規定及機電專業，頻向機電標及整備標此二標承商提出諸多積極趕工措施，目的為降低土建介面對機電設施安裝的影響，相關措施雖使機電及整備二標案承商提高些許工程成本，但有利二標承商加速裝配設施，且大幅提升全場工程進度。有鑑於同工區三件工程同時施作，相關施工介面將無可避免地影響趕工作業，因此，監造單位評估各標進程後，積極輔導機電標承商加速提早完工，以利將監造管理能量集中發揮。在多方努力下，豐原淨水場得以提前在 108 年 1 月 16 日完成試通水發揮計畫效能。

由於施工期間承商及監造單位均依據契約及工程會三級品管制度要求嚴格執行，於 108 年 3 月 25 日先經台水公司內部施工品質初評後推派本工程代表參賽，期間經過各級單位輔導，主辦單位、監造單位及承商積極配合改善，於 6 月間參加經濟部 108 年度公共工程優質獎選拔，榮獲經濟部 108 年度「公共工程優質獎」設施類第一名(圖 9)。同年 9 月再代表經濟部參加行政院「第 19 屆公共工程金質獎」設施類評選(圖 10)佳作肯定。

圖 9　榮獲 108 年度「公共工程優質獎」第一名

圖 10　榮獲「第 19 屆公共工程金質獎」佳作

作者簡介

張光翹先生

現職：台灣自來水公司中區工程處第三課工程師兼課長

專長：機電工程專案管理、工程採購及履約、工程規劃設計

王紳帝先生

現職：台灣自來水公司中區工程處第三課工程員

專長：機電工程設計及監造

蔡函叡小姐

現職：台灣自來水公司中區工程處第一課工程員

專長：專案管理、工程採購及履約、工程規劃設計

本刊 109 年「每期專題」

期別	主　題	子　　題	時程
39 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
39 卷第 4 期	供水服務	1.提昇服務品質、2.資訊管理與應用、3.自動讀表技術應用、4.物聯網及 ICT 技術、5.節約用水及效率措施、6.可持續的水價、7.進階抄表管理系統。	11 月

～歡迎各界就上述專題踴躍賜稿，稿酬從優～

澎湖地區水庫集水區保育治理之效益評估

文/盧德光、曹宜政

摘要

澎湖地區近年來社會經濟快速蓬勃發展，對於水資源之需求甚為殷切，惟氣候及土壤地質等不利因素影響，在缺乏保育措施及集水區不當開發，水資源開發成本極高，導致水資源調配困難，為改善水庫水質及減少流入水庫之泥沙，應更重視確保水庫功能與延長水庫壽命，以確保水資源之永續利用。

為探討澎湖地區水庫集水區目前面臨之問題，搜集該地區供水概況，水資源調度等資料作詳細之整理，並對集水區內水土保持等進行檢討，估算所需治理費用，研提整治對策及效益評估，評估最經濟的供水策略，作為該地區供水調度之參考。

綜合上述整治對策及所需經費，進行治理效益評估，治理效益指標可區分為水土保持及水質改善二部分，水土保持部分以集水區泥砂生產之減量為指標，水質部分以水質優養化程度之改善為指標。其治理成效的評估，可分為工程技術與經濟兩方面，工程面的成效評估是透過環境改變的程度來判別，包括減少土砂淤積量、水質狀況等，而經濟面的成效評估，則是將上述工程面之成效，藉由市場價值來反應執行效益，以進行益本比分析。

關鍵字：治理效益評估、治理效益指標

一、前言

就目前相當程度開發的生態環境而言，興建水庫並非最佳之選擇，水資源開發應以維持原有供水效能為首要，水資源永續利用之需要性日益受到重視。然而在自然條件不佳、水庫集水區不當開發下，致使水庫功能漸失，為使水庫在水資源調配上發揮最大效能，應積極推動集水區之整體保育工作，方能穩定出水能力，確保供水正常及維持民眾生活品質。

澎湖由於氣候及土壤地質等不利因素影響，各類作物栽培及防風林營造甚為不易，以致廣大之農牧地及林地逐漸荒廢，在缺乏保育措施下，荒廢地區之表土風蝕日益嚴重，水庫水質常介於貧養至優養之間，導致該地區之水資源(含自來水)調配困難，故為改善水庫水質及減少流入水庫之泥砂，有效增加水資源，辦理相關水庫集水區保育工作，治理工作以植生造林涵養水源為主，期能達成穩定之供水品質及改善生態環境。

為此探討澎湖地區水庫集水區目前面臨之問題，並對集水區內水土保持進行檢討，研提整體性、安全性、生態性及人文性之整治對策，提供決策單位日後治理之參考。並透過治理規劃及分年分期之整治，以期有效保育水土資源、保障人民安全、增進水源涵養、減少水庫淤積與改善水源水質，秉持資源永續利用的理念，積極推廣生態工法與親水觀念，加強水資源保育及宣導，推動集水區社區總體營造，維護自然生態的平衡發展，提昇親水環境與生活品質，期能達到水庫發展永續化，水源環境生態化，災害

防治整體化，經營管理社區化之目標。

本文係探討成功、興仁、東衛等三座集水區所需之治理事項，包括集水區水土保持、農地水土保持、道路水土保持、防砂工程、水質水量改善處理及水庫保護帶治理等，並估算所需治理費用，評估對水庫蓄水空間維持之貢獻；其次蒐集台灣自來水公司(以下簡稱口水公司)澎湖地區供水概況、水資源調度及水庫在平常及緊急狀況下調配供水模式等資料作詳細之整理。再對相關淨水場水源進行現況調查，分析集水區內之水文、地文等相關資料，以作為研擬原水調配支援等方案之依據，最後評估最經濟的供水策略，作為澎湖地區供水調配之參考。

二、水庫及其集水區概況

(一)水庫集水區概況及水資源運用情形

1.集水區概況

澎湖係由散佈於台灣海峽之 90 個大小島嶼所組成，成功、興仁、東衛、赤崁地下、小池、西安、烏溝蓄水塘及七美等水庫座落於其中 6 座島嶼，分別為澎湖本島(成功、興仁、東衛水庫)、本島西北側之白沙(赤崁地下水庫)、西嶼(小池水庫)及西南側之望安(西安水庫)、將軍(烏溝蓄水塘)、七美(七美水庫)等島。

2.水資源運用情形

澎湖地區主要之供水水源包括：水庫原水、地下水(包含深井與鹽化井)及經淡化處理後之海淡水。其中主要的地表水源水庫為馬公市之興仁、東衛水庫，湖西鄉之成功水庫，西嶼鄉之小池水庫及望安鄉西安水庫與七美鄉七美水庫等。在白沙鄉則有全台灣地區唯一的地下水庫—赤崁地下水庫，以及水利署於民國 89 年施工完成之望安鄉烏溝蓄水塘，各水庫水源資料詳表 1。水利署及台水公司為解決澎湖地區地下水鹽化及缺水問題，自民國 84 年起陸續在澎湖本島及各離島興建海水淡化廠，以穩定供應澎湖地區民生用水需求。

自來水系統分為馬公白沙、西嶼、望安、七美及吉貝等 5 大系統。水源包括海淡水、湖庫水及地下水，湖庫水因規模小且降雨量不穩定，地下水井有鹽化趨勢須持續減抽，致使海淡廠逐漸成為穩定供水主要設施，各供水系統及重要設施如圖 1。由台水公司統計年報，目前澎湖地區 5 大供水系統供水能力每日約 30,000 噸，用水需求每日約 30,000 噸。其中，馬公白沙及吉貝系統如遇觀光旺季用水增加，需由海淡備載機組或地下水彈性增供因應。

民國 108 年澎湖地區自來水系統各類水源比例統計詳表 2 所示，其中各供水系統水源包含湖庫水，共計有馬公白沙系統(成功、興仁、東衛水庫及赤崁地下水庫)、西嶼系統(小池水庫)、望安系統(烏溝蓄水塘及西安水庫)、七美系統(七美水庫)等。澎湖地區因受氣候變遷影響降雨不確定性高，導致湖庫供水量並不穩定，為彌補澎湖地區湖庫水量供水不足，及為持續減抽深井及鹽化井水以保育地下水，現況海淡水已逐漸成為主要供水來源，占總供水量約 59 %。因此近期投入水庫保育的工作已朝向維持水庫水體及水質為目標，相對投入之經費及保育工作較少。

表 1　澎湖地區各水庫水源資料表

水庫名稱	位置	有效容量(立方公尺)	集水區面積(平方公里)	設計總容量(立方公尺)	年供水量(立方公尺)	日平均供水量(CMD)	完工日期
成功水庫	澎湖縣湖西鄉	1,210,123	6.63	1,084,000	1,148,000	3,145	62 年 12 月
興仁水庫	澎湖縣馬公市	740,180	2.85	678,000	817,000	2,238	68 年 6 月
東衛水庫	澎湖縣馬公市	323,095	1.30	191,000	380,000	1,041	69 年 12 月
赤崁地下水庫水庫	澎湖縣白沙鄉	1,270,000	2.14	1,278,000	700,000	1,918	75 年 8 月
小池水庫	澎湖縣西嶼鄉	204,431	1.05	191,000	293,300	804	79 年 6 月
西安水庫	澎湖縣望安鄉	235,831	0.82	263,000	227,000	622	76 年 10 月
烏溝蓄水塘	澎湖縣望安鄉	26,500	0.26	35,000	33,713	92	89 年 1 月
七美水庫	澎湖縣七美鄉	246,131	1.14	251,000	238,000	652	80 年 11 月

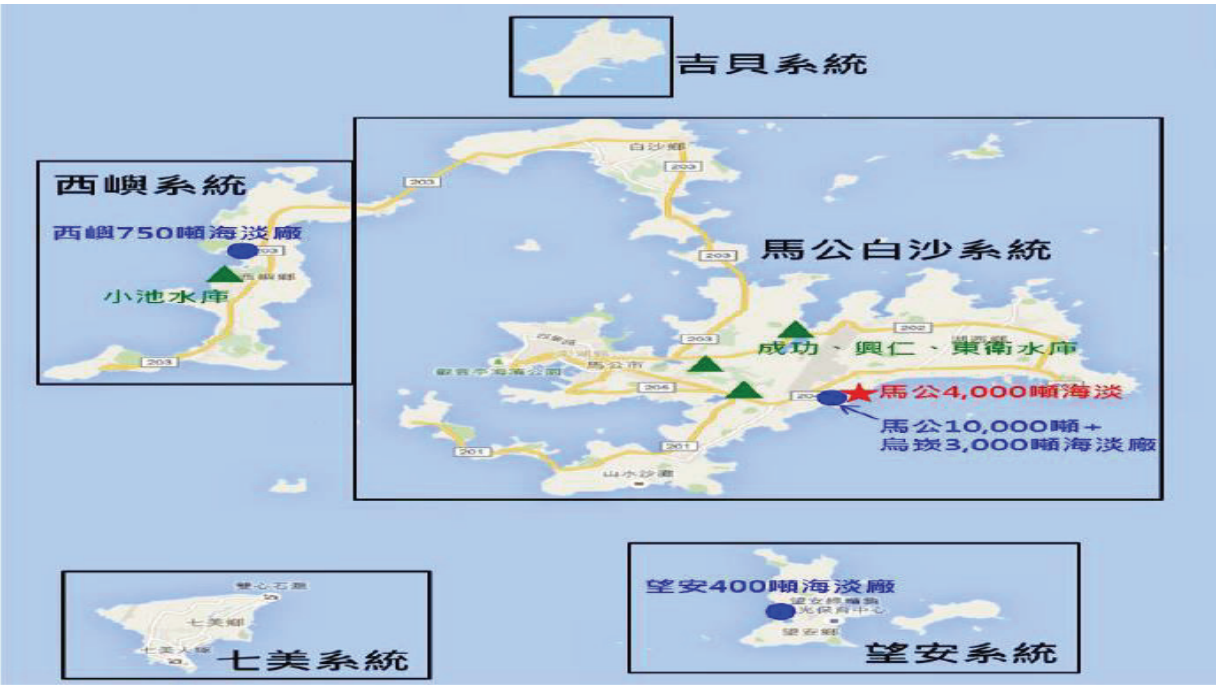


圖 1　澎湖地區主要供水系統範圍及重要水資源設施位置

表 2　108 年澎湖地區自來水系統各類水源比例統計表

系統名稱	湖庫水		地下水		海淡水		合計
	水量	百分比	水量	百分比	水量	百分比	
馬公、白沙	157.867	16.2%	192.58	16.77%	623.724	64.03%	974.171
西嶼	5.911	6%	60.427	64%	27.375	29%	93.713
望安	4.63	24%	0	0.00%	14.6	76%	19.23
七美	7.043	27%	18.953	73%	0	0.00%	25.996
吉貝	0	0.00%	11.883	1.00%	0	0.00%	11.883
合計	175.451	16%	283.843	25%	665.699	59%	1124.993

表 3　澎湖地區水庫歷次淤積測量成果及年平均淤積量表

水庫	期別	年	間隔年數	蓄水容量(m^3)	淤積量(m^3)		累計淤積量(m^3)	年平均淤積量(m^3)		備註
								每期	累計	
成功水庫	1	62(原設計)	----	1,084,700	----		----	----	----	
	2	81	19	1,097,300	----		----	----	----	測量範圍變大致使容量增大
	3	100	19	1,243,376	----		----	----	----	
興仁水庫	1	68(原設計)	----	678,200	----		----	----	----	
	2	81	13	740,432	----		----	----	----	測量範圍變大致使容量增大
	3	100	19	823,286	----		----	----	----	
東衛水庫	1	69(原設計)	----	191,000	----		----	----	----	
	2	81	12	243,900	----		----	----	----	測量範圍變大致使容量增大
	3	100	19	323,644	----		----	----	----	
小池水庫	1	79(原設計)	----	191,706	----		----	----	----	
	2	96	27	207,530	----		----	----	----	
	3	100	4	207,017	----		----	----	----	
西安水庫	1	76(原設計)	----	263,000	----		----	----	----	
	2	90	14	255,470	7,530		7,530	538	538	
	3	100	10	235,831	19,639		27,169	1,964	1,132	
烏溝蓄水塘	1	89(原設計)	----	35,010	----		----	----	----	
	2	100	12	26,500	8,510		8,510	709	709	
七美水庫	1	80(原設計)	----	251,253	----		----	----	----	
	2	90	10	251,000	253		253	25	25	
	3	100	10	246,000	5,000		5,253	500	263	

資料來源：1.「成功、興仁、東衛、小池、赤崁水庫安全評估報告(民國 100 年)」；

2.「七美、西安、烏溝蓄水塘等三座水庫安全評估報告(民國 100 年)」

3.土砂概況

(1)水庫淤積概況

澎湖地區水庫歷次淤積測量成果及年平均淤積量詳表 3 所示，依據水庫淤積測量資料，研判澎湖地區各水庫集水區之土砂產出量多由每年地表土壤沖蝕量而來，並以細粒徑之砂質土為主，其進入各排水路及越域引水路後，土砂隨逕流進入下游水庫中，造成水庫有輕微淤積之現象。

目前澎湖水庫係採用陸域機械清淤方

式，以挖土機開挖庫區淤泥，再以卡車外運，清淤成效尚屬良好。成功、興仁及東衛水庫於第 2 次淤積測量(民國 100 年)之總蓄水容量較前次(民國 81 年)增加，判斷係由於前後 2 次測量範圍不同所致。第 1 次淤積測量範圍為當時水庫蓄水範圍，未包含完整的滿水位區域，而第 2 次淤積測量之範圍為滿水位範圍，因此造成第 2 次淤積測量之蓄總水容量增加。

(2)近年災害及處理情形

澎湖地區水庫集水區歷年來並無淹水及明顯土砂災害，且經現地調查結果，計畫區內排水路現況大致良好，無明顯崩塌與沖蝕情形，僅局部有消能設施不足、土砂淤積或引水設施損壞現象。

蒐集澎湖地區水庫集水區內相關單位曾辦理之集水區保育工程(民國 81~106 年)，共計 27 件，工程內容包含水庫周邊維護改善工程、水庫雨污水分流改善工程、淤泥清除及邊坡整治工程等，執行單位包含台水公司、澎湖縣政府等單位，相關工程內容詳表 4。

表 4　澎湖地區水庫集水區保育工程(民國 81~106 年)

水庫	項次	工程名稱	執行單位	年度
成功水庫	1	成功水庫綠化工程	台水公司	81
	2	成功水庫溢洪道下游坡面蝕孔修補工程	台水公司	83
	3	成功淨水場路面改善工程	台水公司	90
	4	成功興仁東衛等三座水庫淤泥清除工程	台水公司	93
	5	成功水庫左岸護坡整治工程	台水公司	104
興仁水庫	1	興仁水庫綠化工程	台水公司	81
	2	興仁東衛水庫聯外道路整修工程	台水公司	82
	3	成功興仁東衛等三座水庫淤泥清除工程	台水公司	93
東衛水庫	1	興仁東衛水庫聯外道路整修工程	台水公司	82
	2	東衛水庫引水支流水門改善工程	台水公司	83
	3	成功興仁東衛等三座水庫淤泥清除工程	台水公司	93
	4	東衛水庫邊坡整治工程	台水公司	104
小池水庫	1	小池水庫越域引水移入庫邊坡緊急治理工程	台水公司	83
	2	小池水庫造林工程	台水公司	88
	3	澎湖小池水庫滲漏改善工程	台水公司	94
	4	小池水庫第二階段壩基滲漏改善工程	台水公司	96
	5	小池水庫雨污水分流改善工程	澎湖縣政府	97
	6	100 年度各鄉市排水雜項修建第三期工程	澎湖縣政府	100
	7	小池水庫邊坡整治工程	台水公司	104
西安水庫	1	西安水庫雨污水分流改善工程	澎湖縣政府	97
七美水庫	1	七美水庫邊坡整治工程	台水公司	104
赤崁地下水庫	1	歐馬颱風赤崁地下水庫防潮堤修護工程	台水公司	82
	2	赤崁地下水庫截水牆灌漿改善工程	台水公司	91
	3	赤崁地下水庫道路修復工程	台水公司	106

資料來源：1.台灣自來水公司第七區管理處工程登記彙計表、2.澎湖縣政府、3.望安鄉公所、4.澎湖地區水庫集水區保育實施計畫(103-106 年)

4.水質歷年變化趨勢與現況

整體而言，澎湖地區水庫多有優養化情形，研判應為區內未接管之家庭污水等點源污染排入及農耕地施肥產生之非點源污染流入，增加水庫水體污染負荷量及有機物含量，造成水庫藻類大量生長，並降低水庫透明度所致，加上換庫率低，亦加劇水庫優養化；赤崁地下水庫水質鹽化則因地下截水牆滲漏所導致。

「澎湖赤崁地下水庫鹽化調查評估及對策研擬計畫」(民國 91 年)研判赤崁地下水庫海水入侵以截水牆壁體為主要路徑，若要改善水庫鹽化現象，須全面改善截水牆以防止海水入侵及淡水外漏。截水牆改善工程建議採用 SMW 工法設計補強截水牆，沿舊有截水牆內側施工，嵌入既有截水牆 0.15 公尺，長度 820 公尺、厚度 0.6 公尺、深度深入岩盤 1 公尺，另設置 6 口鹽水抽水井於截水牆內側，預估工程經費約 8,660 萬元。

三、問題評析

(一)先天水文氣象條件不佳

澎湖地區因先天水文氣象條件不佳，降雨量少於蒸發量，又受地形限制，水資源環境不佳，參考經濟部水利署「離島地區供水改善計畫(民國 95 年)」及「離島地區中長程供水檢討規劃(民國 99 年)」，因應離島地區之供水缺口檢討水資源經理策略，通盤考量雨水貯集、水再生利用、二元供水系統等多元化水源與境外引水議題，針對澎湖地區水資源保育計畫目標應朝(1)水庫改善，增加水庫供水能力；(2)新建海水淡化廠及改善現有海淡廠供水能力；(3)雨污水分流改善工程(包括成功水庫、興仁、東衛、小池及西安水庫等湖庫之雨污水分流改善工程)；(4)積極推動節約用水，有效管理既有水利設施及(5)減抽地下水，增加地下水補注，嚴密監控地下水水質等方向，以穩定澎湖地區民生與觀光等用水，以確保澎湖地區未來用水需求。

針對營運中之水庫辦理集水區整治及水庫問題之排除與修復(如小池水庫壩體滲漏問題、赤崁地下水庫鹽化問題等)，以增進現有水庫之水源利用效率並延長水庫之壽齡，確保水資源之永續利用，減輕開發新水源之壓力，並設法增加越域引水面積或增建現有水庫周邊之截水設施，同為現階段水資源經營之主要目標。

(二)泥砂來源特性分析

澎湖地區各水庫集水區之土砂產出量多由每年地表土壤沖蝕量而來，並以細粒徑之砂質土為主，其進入各排水路及越域引水路後，土砂隨逕流進入下游水庫中，造成水庫有輕微淤積之現象。惟水庫集水區內並無大規模崩塌地，植生覆蓋情形大致良好，故集水區內並無大量土砂產出情形。

(三)水質污染來源特性分析

澎湖地區水庫集水區之水質污染源多來自於家庭污水、遊憩污水等點源污染，但因雨量較少，因此晴天時入庫溪流大多呈現乾涸狀態，點源污染流入溝渠內在尚未流進水庫之前則乾涸，因此多數點源污染於晴天時不斷累積於渠道中；另因植被覆蓋茂密，因此大量落葉、枯枝易掉落入溝渠之中，一旦豪雨來臨，原本累積於渠道中污染以及垃圾、枯葉，則隨初期降雨一併沖刷入庫，為水庫污染之最主要原因。依據各水庫集水區

內推估污染產生量及推估實際排入量資料納入考量後，可概估出排入各水庫之污染量，並依據估算出之污染產生量乘上流達率而得排入承受水體污染量。

整體而言，由上述污染源分析成果及前述水質分析成果，澎湖地區水庫多有優養化之情形，研判應為區內未接管之家庭污水等點源污染排入及農耕地施肥產生之非點源污染流入，增加水庫水體污染負荷量及有機物含量，造成水庫藻類大量生長，並降低水庫透明度所致，加上水庫周轉率低，亦加劇水庫之優養化情形；赤崁地下水庫水質鹽化則因地下截水牆滲漏所導致。

四、執行策略及方法

(一)主要工作項目

澎湖水庫目前之關鍵污染因素如下：

1.透明度污染嚴重，主因水庫藻華嚴重，葉綠素及 TOC 濃度皆偏高，導致水質呈現混濁黃綠色，透明度較差。

2..水庫葉綠素含量高，優氧程度嚴重，因庫內藻類過度茲生所產生之結果。

3.溪流內枯葉、雜物覆蓋，易於暴雨期間受初期降雨沖刷進入庫區，導致腐植質提升，直接影響水庫 TOC 相對提高。

4.離島地區降雨量少、河川流量不高，水體循環不足(水庫換庫率低)。

5.總磷偏高，導致水庫藻類滋生，亦影響水庫葉綠素一併提升，造成優養現象。

由於集水區產生之磷為造成水庫優養化之重要因素，為增加水資源之永續利用，將分為短程、中程、長程三個期程來進行總磷削減負荷之控制，擬定澎湖地區各水庫總磷短、中、長程之減污目標，其中成功、興仁水庫之減污目標建議設定為 40、30、20(μg/L)，小池、西安水庫及烏溝蓄水塘則建議設定為 20、15、10(μg/L)，東衛、七美水庫則建議設定為 60、50、40(μg/L)。

一般而言集水區保育主要工作內容包括：削減非點源污染、加強點源污染控制與強化社區保育民眾參與等，預定納入推動之工作項目如下：

(一)削減非點源污染

1.水土保持工程

包括排水路治理、道路水土保持及坡地農地水土保持等，以維護道路上下邊坡之穩定；改善路面排水系統、設置橫向排水系統及農路系統之經營管理維護，以減少土砂進入庫區，避免污泥累積於水庫底部。

2.水庫原水水質改善

水質改善主要措施包含：(1)水庫周邊種植水生植物吸附及過濾污染源；(2)水庫底泥濬渫，減少底泥污染物釋出；(3)設置氣曝設施，增加水中溶氧；(4)定期清除對水質有害的魚類並移除污染源。

3.農地合理施肥教育宣導

控制水質優養化程度必須控制水中磷的濃度，非點源污染中磷的來源主要為上游之農業行為，最佳管理作業(Best Management Practices, BMPs)包括非結構性及結構性兩種，結構性設置如入滲、滯留、植生控制、過濾、污水處理等設施，及非結構性管理方式如以法規、管理措施或仿自然的方法控制或減少污染物的產生。

結構性 BMPs 將納入低衝擊開發設施推動，並以非結構性 BMPs 加強土地利用的管

理、獎勵農業合理化施肥及低(無)毒農業，減少肥料和農藥的使用為重點，以降低污染量。

(二)加強點源污染控制

1.污水下水道建設

(1)興仁水庫—興仁 1 號排水路

新設雨水截流箱涵總長 979 公尺，其中起始段為寬 2.8 公尺，高 1.5 公尺之單孔箱涵，並以漸變段銜接下游寬 2.8 公尺，高 1.7 公尺雨水截流箱涵，斷面於漸變段出口擴大為寬 3.0 公尺，高 2.3 公尺之單孔箱涵，並設置雨污水分流自動閘門。本污水截流工程設計流量為 325 噸。

(2)東衛水庫—戰車營菜園北營區污水下水道工程

澎湖防衛指揮部提報戰車營菜園北營區污水下水道工程(東衛水庫)，工程費為 1,406.7 萬元。

興仁 1 號排水路改善工程中雨水截流工程將興仁社區排除於水庫集流範圍之外，直接將上游集水區雨水分流引至水庫下游；雖最大可能減少 8.36%集取水量，但幾乎可將興仁社區產生之污水量完全排放。雨水截流工程實施後，興仁社區每日產生之污水量可由興仁 1 號排水路匯集直接排放，不致隨雨水合流進入興仁水庫；水庫承受 BOD5 負荷量可由目前每日 14.8kg 削減至幾近於零，可大幅改善水庫水質。

2.列管事業廢水及畜牧業廢水輔導與稽查

由各目的事業就其所轄之開發行為管制及推動污染削減措施，並配合環保署「列管污染源資料系統」進行管控各事業之污染排放量。

3.水庫集水區巡查、取締及保育宣導

加強土地違規使用查報取締、水污染巡查取締、污水減量處理及水質維護保育宣導，灌輸在地居民集水區保育與維護管理之正確觀念，減少危害水庫水質情形發生。

五、期程與資源需求

(一)規畫期程

期程自 107 至 111 年止，共計 5 年。主要工作內容包括：削減非點源污染、加強點源污染控制及強化社區保育民眾參與等，逐年得視實際需要滾動檢討修正。

(二)所需資源說明

各項工作執行所需人力、物力及經費，依「水庫集水區保育綱要」分工原則，由水庫集水區保育各權責機關(構)籌應。各執行單位之聯繫協調及督導考核由中央目的事業權責機關配合辦理執行。

(三)經費來源及計算基準

期程所需經費計 1 億 1,607 萬元，由各權責機關自行編列。

(四)經費需求(含分年經費)及中程歲出概算額度配合情形

總經費為 1 億 1,607 萬元。澎湖地區各執行機關分年經費總表，詳表 5。

六、預期效果及影響

(一)經濟分析基本項目

1.經濟分析之基準年：經濟分析基準年為 107 年。

2.經濟分析之投資年：經濟分析之投資年限為 107 至 111 年，共計 5 年。

表 5　澎湖地區水庫各執行機關分年經費需求總表

機關別	107 年	108 年	109 年	110 年	111 年	小計	自籌經費	前瞻經費
台水公司第七區管理處	1444	4700	2975	1700	2800	13619	13619	0
澎湖縣政府林務公園管理所	0	0	0	0	0	0	0	0
澎湖縣政府工務處	20250	55000	5000	150	150	80550	80550	0
澎湖縣政府農漁局	0	0	0	0	0	0	0	0
行政院環保署	2530	4510	800	0	0	7840	0	7840
澎湖縣環保局	0	0	0	0	0	0	0	0
水利署	0	0	0	0	0	0	0	0
澎湖防衛指揮部	14067	0	0	0	0	14067	14067	0
小計(仟元)	38291	64210	8775	1850	2950	116076	108236	7840

註：依各水庫集水區增列執行機關及經費需求。

3.經濟分析年限：經濟分析年限一般以 30 年為準，工程設施之使用年限若超過 30 年，其後尚可繼續使用之價值者予略之不計，為使工程設施能在 30 年經濟壽命之內充分發揮功能，使用期間加計年運轉與維護費用以維持構造物正常使用。

4.社會折現率：公共建設計畫之社會折現率主要係用於計算經濟效益之益本比使用，考量貨幣具時間價值特性應選擇適當之折現率，以利適當反映出貨幣於基期年的現值為何，故選擇中央銀行標售 20 年期公債加權平均利率 1.156%作為設定。

(二)直接效益評估項目

1 內部效益：

減少土砂入庫效益：治理工程陸續完成，將可減少林地、山坡地因受風、水災害影響，造成沖蝕崩塌，進而穩定林地邊坡；並可調節土石下移，避免淤高下游河道，減緩洪水及土石災害。

2.外部效益：

(1)穩定供水效益：土砂控制後能減緩土砂入庫量，進而減少淨水場處理成本以及強降雨水庫原水濁度上升可能停止供水所產生之效益。

(2)增加可供水量效益：水庫上游集水區之泥砂入庫，透過治理以減緩泥砂下移量及水庫集水區之清淤，俾利延長水庫使用期限與增加水庫容量之效益。

(3)降低原水處理費用：水庫集水區保育治理期以減緩颱風或暴雨期間，可能發生之原水濁度提高產生之水質改善問題，減少原水處理成本之效益。

(三)間接效益評估項目

間接效益主要針對直接效益以外，較無法量化及無形之效益，經分析主要為經濟效益、社會效益、生態環境效益等方面，茲簡述如下：

1.經濟效益

(1)改善環境，增加集水區土地價值。

(2)改善區域投資環境負面因子，增加區域競爭力。

(3)改善水庫水質及週邊環境，引進觀光人口，增加商業收入。

2.社會效益

(1)保護流域內公共設施安全。

(2)強化被保護居民之防災意識、公共參與，提高社區營造之共識。

(3)改善集水區之水土資源，進而維護國土資源。

(4)維持交通運輸之順暢，改善地方環境與景觀，提高民眾野外休閒之興趣，改善國民之精神生活。

(5)集水區之保育可提高環境品質，並減少災害之損失。

(6)改善邊坡穩定及道路通暢，避免災情擴大外，間接可穩定農產品之產銷，降低生產成本。

(7)增進集水區內土地利用之價值與提高土壤之滲透及蓄水功能。

3.生態環境效益

(1)規劃親水性及自然型態之治理工法，強化自然生態環境，增強環境抗災能力。

(2)流域水土資源涵養功能增加，提高區域土壤地力，減少侵蝕。

(3)美化大地改善動植物生態棲息環境、減少污染促使區域生活環境提升。

(4)自然、人文環境協調，塑造水與綠之生活環境。

(四)經濟成本分析

1.直接成本：

107 至 111 年共計 5 年之總經費為 116,076 仟元。係以水庫集水區之「減砂入庫」與「水質改善」為願景並兼具對抗氣候變遷、防災防洪與穩定供水以達水環境與水資源的永續經營目標，參酌 97 年國家發展委員會(時為行政院經濟建設委員會)編著之「公共建設計畫經濟效益評估及財務計畫作業手冊」，透過其規劃之成本及收益所評估項目設定，故年計成本包括「利息」、「償債基金」、「稅捐保險費」及「維護費與管理成本」等項目，在經濟分析年限 30 年內計算本計畫之成本項目如表 6 所示。為經濟分析年限 30 年均化後之結果，藉此推估各成本項合計。

表 6　澎湖地區水庫集水區經濟使用期限內平均年計成本資料表

項目	金額(仟元)
1.固定成本	
(1)利息	5,522.4
(2)償債基金	2,439.9
(3)稅捐保險費	1,741.1
2.維護與管理成本	193.5
年計成本	9,896.9

(1)固定成本：

A.利息費用：為投資之利息負擔，依 5 年之總投資經費計算，共計 116,076 仟元，依據 107~111 年各期各個單位之投資金額，依統一利息方式計算採年息 3%複利計算，計算其從借款年至經濟使用年限 30 年期滿止，總利息費用為 165,670.9 仟元，經濟分析年限內年計平均利息費用約

5,522.4 仟元。

B.償債基金：依總投資金額為準，依年息 3%複利計算，在經濟分析年限 30 內，推估其每年平均負擔數為總投資金額之 2.102%即為 116,076 仟元*2.102%=2,439.9 仟元。

C.稅捐保險費：於經濟分析年限內平均年計稅捐保費係以總經費之 1%為保險費、0.5%為稅捐費合計為 1.5%，即為 116,076 仟元*1.5%=1,741.1 仟元。

(2)維護與管理成本：於本件經濟分析年限內，於工程建設完成後始為計算維護與管理成本費，其含運轉及維護成本及相關管理費用等，係以總經費之 10%計算，即 116,076 仟元*5%=5,803.8 仟元，於經濟分析年限內平均年計約為 193.5 仟元。

(五)經濟效益分析

1.直接效益分析：

(1)減少土砂入庫效益：

土砂防止效益以集水區治理工作所產生之土砂控制總量 1,500 立方公尺計算效益，惟各水庫集水區特性及水庫周圍之環境因子不盡相同，故以水庫集水區平均泥砂遞移率 30%，另清淤工法參採白博升、黃銘麒、潘瑀涵(2008) 考量各水庫集水區環境因素，選取保守成本每立方公尺 400 元進行清淤，藉此估算在經濟分析年限內治理工作控制土砂量產生之經濟效益，總效益 180 仟元，年計效益約為 6 仟元。

計算基礎：

a.集水區治理土砂調節效益=土砂控制量(立方公尺)*泥砂遞移率(%)*泥砂入庫後所需清淤(或抽泥)價格(元/立方公尺)

b.泥砂遞移率為 30%。

c.每立方公尺泥砂入庫後，每立方公尺清淤或抽泥需 400 元。

(2)穩定供水效益：

颱風或豪雨期間，土砂入庫造成水庫原水濁度提高超過淨水廠處理能力(如：臺北自來水事業處依規定當濁度超過 6 仟度即減量供應，超過 12 仟度即停止供水)，導致減少供水量或停止供水，依照台灣氣候變遷科學報告(2011)指出 2000 年後平均每年發生 1 次極端強降雨颱風，藉此考量原水濁度過高停止供水對台水公司產生的效益損失。

澎湖水庫日售水量 10,000 立方公尺，依 105 年澎湖地區每度售水單位成本約為 42 元，故在極端強降雨颱風侵襲臺灣導致原水濁度標高停止供水產生之水費損失，藉此推估於經濟分析年限內之總效益約 12,600 仟元，平均年計效益約 42.0 仟元。

計算基礎：

穩定供水效益=颱風時期平均停水天數(3 天)*日售水量(立方公尺)*售水單位成本(元/立方公尺)

(3)增加可供水量之售水效益：

據前述土砂控制量的 30%流入水庫(1500*0.3=450 立方公尺)，用以推估可能減少水庫淤積的庫容，換算水庫獲得水量所能提供效益，及成功水庫底泥濬渫 1,500 立方公尺所產生的供水效益，並依 105 年澎湖地區每度售水單位成本約為 42 元，藉此推估於經濟分析年限內之總效益約為 81.9 仟元，平均年計效益約 2.7 仟元。

計算基礎：

增加可供水量之售水效益=減少入庫之

土砂量所增加的庫容量(立方公尺) *售水單位成本(元/立方公尺)

(4)降低原水處理費用：

A.減濁效益

隨氣候變遷單位時間降雨量及颱風強度提升易使我國水庫原水濁度飆升，依飲用水水質標準作業程序將停止取水，導致淨水廠必須採取降低原水濁度措施，以致花用原水減濁之藥品成本費用高漲。

以水庫運用比 2.2 及平均每單位水量之減濁效益為 32.31 元/立方公尺，估算執行本計畫後所減少土砂入庫量約 450 立方公尺，藉此推估於經濟分析年限內之降低原水處理費用之總效益約為 0.32 仟元，平均年計效益約為 0.01 仟元。

計算基礎：

降低原水處理費用效益=減少土砂入庫量(立方公尺) *每單位水量之減濁效益(元/立方公尺)*水庫運用比(%)

B.減少氨氮效益

興仁及東衛水庫污水下水道工程及雨水截流工程完成後，可減少淨水程序之加氯藥量，節省用藥成本。參酌「鳳山水庫原水增設生物處理設備後之管理改善研究委託專業服務報告」，前處理工程完工後，每年可節省加氯費用：

計算基礎：

假設每去除 1.0 mg/L 氨氮所需加氯量為 10.0 mg/L

加氯量(公斤/日)=(進流氨氮-出流氨氮)(mg/L)×(興仁+東衛)供水量(CMD)×10.0mg/L÷1000=(2.53-1.0) ×8,000×10.0÷1000 =122.4122.4(公斤/日)*365(日)*55(元/公斤)=2,457.2 仟元

合計減濁效益與減少氨氮效益，降低原水處理費用為 2,457.2 仟元。

(5)工程維護效益

澎湖地區水庫集水區範圍內經本計畫辦理相關保育治理工程後，將有效減低相關工程之維護經費，以原工程經費之 5%進行估算，工程維護效益約 5,803.8 仟元。

2.間接效益分析：

間接效益以經濟、社會及生態環境效益等直接效益之 20% 估算(依水利署水利規劃試驗所「河川治理與環境營造規劃參考手冊」規定)，間接效益＝直接效益 8317.7 千元*20%＝1,662.3 千元。

上述各效益項目之經濟效益數值彙整詳表 7。

(六)經濟成本效益評估

1.經濟效益指標建置：

經濟成本效益評估係以益本比(I)指標進行評估，其中計畫益本比(I=B/C)大於 1 時，即表示可行。

2.經濟效益評估結果

執行期間為 107 年 1 月至 111 年 12 月，依經濟分析年限 30 年為計，年計效益約 9,974.0 仟元，年計成本約 9,896.9 元，益本比為 1.01，顯示水庫集水區保育投入經費，具有經濟效益與投資價值。

七、預期成果

(一)營造土砂蓄容空間，實施防災清淤，減緩洪水及土石災害，強化水庫集水區保土蓄水之公益功能。

表 7　澎湖地區水庫集水區經濟分析年限內平均年計效益

項目			效益金額(仟元)
	內部效益	減少土砂入庫效益	6.0
	外部效益	穩定供水效益	42.0
		增加可供水量之售水效益	2.7
		降低原水處理費用	2,457.2
		工程維護效益	5803.8
	外部效益	直接效益*20%	1,662.3
年計效益	9,974.0		

(二)針對本水庫集水區範圍內，進行污染源處理改善，恢復集水區自淨功能，減輕水質污染，提供潔淨水源，增加飲用水安全，預期在執行期間，執行範圍水庫水體之卡爾森指數呈現下降之趨勢。

(三)非工程措施部分，推動防災教育宣導或演練，落實減災避災措施，強化水環境監測及發展預警，減少生命財產損失，避免地方產業之衝擊。

八、結語

澎湖水庫集水區保育治理、水質管理及水源涵養，包含蝕溝治理、水土保持等事項，達到抑制土砂、保護水質及涵養水源之保育目標。各項工作均為各機關(構)規劃基本保育工作，並無替代方案，需以穩定供水之公眾利益為優先，惟藉由集水區管理及治理，達到水庫上游集水區水土保育之目的後，可減少水庫淤積及改善工程成本，增加供水穩定度，提高產業產能、改善生活環境品質及維護生態。

參考文獻

1.水庫集水區保育綱要、水庫集水區保育實施計畫

作者簡介

盧德光先生

現職：台灣自來水公司供水處技術士

專長：水利工程、土木工程、水資源保育管理、

曹宜政先生

現職：台灣自來水公司供水處工程師兼組長

專長：自來水工程規劃設計及施工管理、土木工程、

陽明山高地供水之最適化研究
—啟動全面性供水服務

文/陳俊豪

一、前言

安全飲用水係政府提供給民眾基本生活品質重要指標之一，持續加強提高供水系統穩定與應變能力，降低供水風險，確保提供質優量足且穩定之飲用水為臺北自來水事業處(以下簡稱北水處)首要目標。

北水處主要淨水場包括直潭、長興、公館、雙溪及陽明五處淨水場，其中「直潭淨水場第六座淨水處理設備工程」於 103 年 1 月正式啟用後，直潭淨水場出水量提高至每日 340 萬噸，併同北水處其他淨水場出水量，總出水量可達每日 454 萬噸，除供應北水處轄區充裕無虞外，還可支援台灣自來水公司所轄與北水處鄰近之地區。

北水處之水源最主要來自於新店溪，占總出水量 97%，陽明山水系水源只佔總出水量 1.6%，但肩負自來水高地地區民生用水供水重任，北水處為確保陽明山地區供水安全，提供民生優質自來水，近年來積極實施淨水場綜合效能評估，持續進行設備改善，提升淨水效能外，同時推動原水取水改善、供水管網節源與備援備載方案，啟動可全面性供水服務。

二、陽明淨水場各供水系統現況

北水處陽明淨水場轄區涵蓋臺北市士林、北投區，總出水量約為 35,000~45,000 噸，目前原水取得合計共 16 處水源，每個水源獨立供應局部區域，或串連部分水源進行供水，除鹿角坑水源外，其他水源均為重力自然流下，如何適當調配各水源，穩定高地區供水更顯其重要性，為提升供水管網節源與備援備載，北水處優化現行供水模式(圖 1、2)，分述如下：

圖 1　陽明淨水場各供水系統現況圖

圖 2　陽明山高地供水模式圖

(一)陽明山高地區：

陽明山最高地區無替代水源，鹿角坑水源為最高地區唯一供水水源，也是其餘次高

地區重力水源之主要備載水源，北水處為優化次高地區重力水源優先供水模式，已於中湖戰備道設置菁山苗圃控制點及及陽金公路設置第二停車場控制點進行水源系統調控，鹿角坑水源僅維持高地區用水，若重力水源水量不足時，方啟動鹿角坑備援機制，降低多段加壓供水成本，近年來北水處亦已檢討部分於次高地區由鹿角坑水源直接供水區域，透過管網改善，將系統切換由次高地區重力水源進行供水。

(二)陽明山次高地區：

北水處觀察陽明山核心供水區域主要集中在仰德大道、格致路文化大學、菁山路及行義路、泉源路溫泉區一帶，規劃由三處次高地區重力水源系統優先供水，分別為苗圃水源系統、陽一、竹子湖水道系統及泉源場快濾系統，並規劃中正加藥池與陽明第一配水池連動調控，及湖底路增設控制點，由低成本之次高地區重力水源系統相互支援優先供應供水轄區。

(三)平地加壓系統：

當次高地區重力水源系統不足時，可啟動平地五段加壓系統供水陽明第一配水池及新民加壓站支援龍鳳谷配水池供水範圍之動力水源予以支援，穩定山區供水。

三、菁山苗圃水源系統供水設施改善

北水處於中湖戰備道次高地區有山豬湖、情報局、東陽明及三溝泉水源 4 處小水源組成之菁山苗圃水源系統，各水源匯流後進入設置於臺北市政府產業發展局菁山苗圃內二只各 2,500 噸快濾桶進行過濾及加藥後供水，主要供水範圍:菁山路 72 巷（不含）以上(不含 101 巷 67 號以上、菁山路 34 巷(不含)以上至係經由陽一配供應)、燒庚寮及陽明綠莊社區一帶，用戶數約 920 戶，配水量約 1,500CMD。

另於中湖戰備道有鹿角坑中湖戰備道供水系統一線供水高程更低之永公路 247 號及 245 巷(含)以上一帶，用戶數約 251 戶，配水量約 1,175CMD(圖 3)。

圖 3　菁山苗圃水源系統暨中湖戰備道改善前供水範圍圖

原鹿角坑中湖戰備道系統與菁山苗圃系統供水範圍分屬不同範圍，惟兩系統又於菁山路一帶相連，苗圃系統與高程較高之鹿角坑水源水量競合，形成鹿角坑三段加壓高成本之水源優先供水，低成本之菁山苗圃系統無法供水而有溢流情形，另鹿角坑水源直接供應次高地區住戶使用，亦相當耗費動力成本。

為使供水系統更節能並維持供水系統穩定，北水處檢討中湖戰備道兩系統合併供水之可行性，經調閱系統管線圖資合併現場

測試，北水處檢討於菁山苗圃前將兩系統管線進行聯絡，並增設一處電動控制閥，菁山苗圃控制點電動閥與山豬湖水位連動，由菁山苗圃系統重力水源優先供水，當菁山苗圃系統水池於低水位時逐步加開鹿角坑水源支援水量，鹿角坑維持備援機制，有效節省供水成本，並穩定中湖戰備道一帶供水。

完成供水系統改善後，有鑑於近年來陽明山區原水水量日趨短缺，統計 105 年至 107 年來菁山苗圃系統 4 處水源合計原水取水量，枯水期間(5 月至 9 月間) 平均約 1,170CMD，豐水期間(1 月至 4 月及 10 月至 12 月間) 平均約 2,030CMD，甚而 107 年因降雨更為稀少，枯水期間苗圃系統原水量更僅剩 600~800CMD，供水區範圍不足之水量即需由鹿角坑水源支應，故北水處接續辦理原水取水改善措施，以提升原水取水量。

山豬湖、情報局、東陽明及三溝泉水源 4 處小水源管線復雜，且均位於山豬湖溪谷或保育林地間，巡檢不易發現漏水點，為改善日益短絀之原水取水量，北水處於 108 年初啟動苗圃系統原水取水全面檢測作業，針對各水源設施及管線逐一檢視、測試，並改善部分取水方式，改善後統計 108 年菁山苗圃系統 4 處水源合計原水取水量，枯水期間(5 月至 9 月間)平均取水量已達 1,957CMD，較 105~107 年平均值增加 788CMD，豐水期間(1 月至 4 月及 10 月至 12 月間) 平均約 2,320CMD，較 105~107 年平均值增加 290CMD，枯水期間增加尤其明顯，有效紓解枯水期間山區供水壓力。

綜合考量菁山苗圃水源系統供水模式改善，經由增設菁山苗圃控制點調控鹿角坑水源支援水量，及山豬湖、情報局、東陽明及三溝泉水源 4 處小水源原水取水改善等措施，統計鹿角坑加壓用水出水量，108 年枯水期間(5 月至 9 月間)平均出水量 2,725CMD，較 105~107 年平均值大幅減少 1,254CMD，豐水期間(1 月至 4 月及 10 月至 12 月間)出水量 2,410CMD，較 105~107 年平均值減少 842CMD，改善效益顯著。

菁山苗圃控制點設置後，尖峰用水時鹿角坑水源可支援菁山苗圃系統水量，避免菁山苗圃水源於尖峰用水時供應量不足；離峰用水時，菁山苗圃系統可併同轄區內菁山慢濾系統(臺銀水源 150~400CMD)，將多餘之自來水流入位於菁山路 72 巷口之陽明山第一配水池(4,000 噸)進行貯留，以因應格致路文化大學一帶供水不足時，支援陽一、竹子湖水道系統(圖 4)。

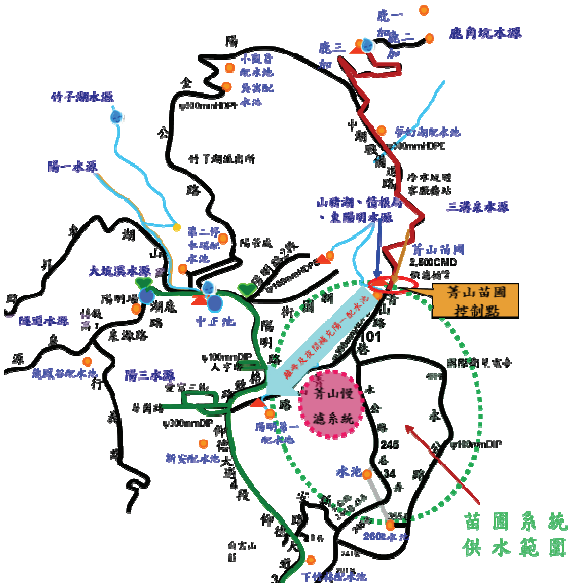


圖 4　菁山苗圃水源系統暨中湖戰備道改善後供水範圍圖

四、陽一、竹子湖水道系統供水設施改善

陽一水源屬草山水道系統之一部份，草山水道系統於 1932 年完工啟用至今已近百年，至今仍然持續使用，目前陽一水源結合竹子湖水源共同供水，系統沿舊水道系統通過陽明山花鐘公園前到達湖山路一段 15 號旁第二接續井（陽明山國家公園人車分道點前方），在北水處高地水源，優先提供高地使用原則下，北水處在系統進入第二接續井前設置中正加藥池，將水源優先供應格致路文化大學及山仔后一帶使用，末端供水達仰德大道 2 段 28 號以上地區，供水區域廣大，用戶數約 3,737 戶，配水量約 8,407CMD，為陽明山最主要供水區域。

離峰用水時陽一、竹子湖水道系統水量足以供應供水轄區範圍使用，用水尖峰時，北水處另於陽明山第二停車場設置一處控制點，其控制點電動閥與中正加藥池水位進行連動，當中正池於低水位時逐步加開鹿角坑水源為輔助水源，除避免陽一、竹仔湖水源與高程較高之鹿角坑水源水量競合外，亦減少中正加藥池溢流量(第一水源屬湧泉，水量穩定，夜間及離峰時將溢流經過第二接續井回到原系統)，有效將高地水源留供高地使用，並減少鹿角坑水源水量，節省動力費用，穩定供水(圖 5)。

目前供水模式運作良好，但北水處仍不斷持續精進改善方案，提出三項供水模式與節能措施：

(一)改善中正加藥池容量：

目前容量僅 200 噸，夜間及離峰時無法

圖 5　陽一、竹子湖水道系統及鹿角坑水源供水範圍圖

有效貯留自來水以供尖峰用水時使用。北水處近年積極規劃中正加藥池容量加大之先期作業，已於 105 年 12 月 20 日將原屬於權屬未定地(依土地法及國有財產法規定，屬國有)之中正加藥池土地取得管理機關登記，目前已初步規劃將取得中正加藥池之北投區湖山段二小段 349-1 地號土地(501.41 平方公尺)興建約 2,000 噸水池，改善既有中正池容量不足形成尖峰用水不足、離峰溢流情形，使穩定出水之陽一、竹仔湖水源能優先留供高地使用。

(二)兩階段回收陽一水源溢流水

近年來發現陽一水源取入井有原水溢流情形，為有效增加原水取水量，積極研議改善方式，經調閱系統管線圖資，竹子湖水源管線係於竹子湖玉瀧谷引入陽一水源輸水管線，共同供應中正加藥池使用，進一步觀察竹子湖水源高程較陽一水源為高，現況輸水方式影響陽一水源 φ400mmHDPE 管線輸水能力，造成水源排擠效果，故北水處擬定兩階段回收陽一水源溢流水案進行改善(圖 6)：

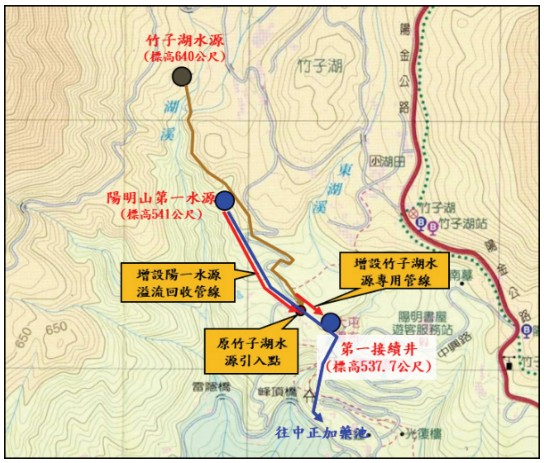


圖 6　兩階段回收陽一水源溢流水取水改善圖

1.第一階段：埋設 120 公尺竹子湖專管由引入點直接導入第一接續井，改善後中正加藥池進流量增加 600CMD，經觀察陽一水源取入井仍有溢流情形。

2.第二階段：北水處觀察陽一水源取入井與第一接續井間係利用 φ400mmHDPE 管線輸送，管線長約 540 公尺，惟高低落差僅約 3.3 公尺，並現場管線因應地形起伏埋設影響輸水能力，故北水處於陽一水源取入井與原引入點間埋設 430 公尺溢流水回收專管，改善後中正加藥池進流量另增加 1,800CMD，經觀察陽一水源取入井已無溢流情形。

(三)調整北投區東昇路、登山路及北投第一水源之補充水源由陽一、竹子湖水道系統供應：

現行北投東昇路、登山路一帶次高地區住戶由鹿角坑水源經第二停車場配水池直接供水，並延伸作為北投第一水源備載水源，惟鹿角坑水源高額動力成本，促使北水處積極尋找替代水源可行性，北水處研究認有陽一、竹子湖穩定及低成本優勢有替代可能性，經調閱系統管線圖資合併現場測試，北水處於陽明山公園轉彎處新增陽一、竹子湖管線連絡，將東昇路及登山路水源切換改為陽一、竹子湖水道系統支應，改善後每日可減少約 500~1,000CMD 鹿角坑水源出水，節省動力費用，改善後供水範圍(圖 7)。

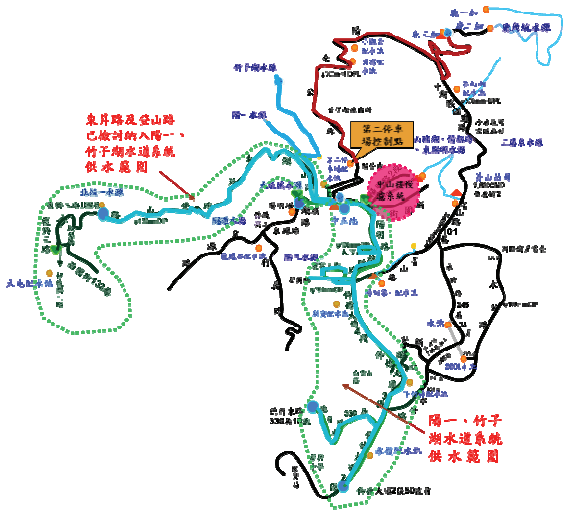


圖 7　北投區東昇路、登山路供水範圍調整圖

五、中正加藥池與陽明第一配水池連動調控

陽明第一配水池主要水源有三，主要為苗圃系統離峰及夜間補充陽一配水池水量，菁山慢濾系統(臺銀水源 150~400CMD)重力補充水源，及平地五段加壓備援備載系統等三處水源(圖 8)。

中正加藥池容量目前容量僅 200 噸(已規劃辦理擴建)，用水尖峰時陽一、竹仔湖水源用水不足支應供水轄區所需時，可選擇由陽明山第二停車場控制點逐步加開鹿角坑水源為輔助水源，惟鹿角坑水源成本較高，北水處觀察陽一配水池與中正加藥池高程相近，供水範圍重疊，並位置更近於格致路文化大學一帶核心供水區，可由低成本之陽

一配水池優先支援供水，並可有效連結苗圃系統及陽一、竹子湖水道系統相互支援。

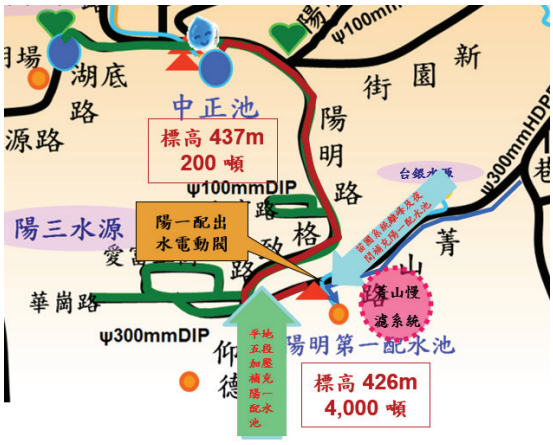


圖 8　陽明第一配水池主要水源圖

進一步比較陽一配水池標高 426m 較中正加藥池標高 437m 為低，更低於第二停車場控制點標高 521m，水源供水競合下，既有供水設施配置無法由陽一配水池優先供水。

為改善現行供水方式，北水處於陽一配水池增設出水電動閥及圖控軟體與中正加藥池水位連動，經測試於尖峰用水時，陽一配水池可順利供水格致路一帶，降低鹿角坑水源支援水量，離峰用水則設置減少陽一配出水開度，貯留苗圃系統離峰及夜間補充陽一配水池水量及菁山慢濾系統水量。

若於極端氣候下造成陽明山地區有大規模缺水情形，可利用陽一配水池平地五段加壓備援備載方案，由位於至善路一段之新至善加壓站沿仰德大道分段加壓輸水至陽一配水池，更可輸水至住六之六重劃區，以新店溪及翡翠水庫水源補充陽明山高地區用水(圖 9)。

六、增設湖底路控制點

北水處泉源場快濾系統目前有 6 座快濾

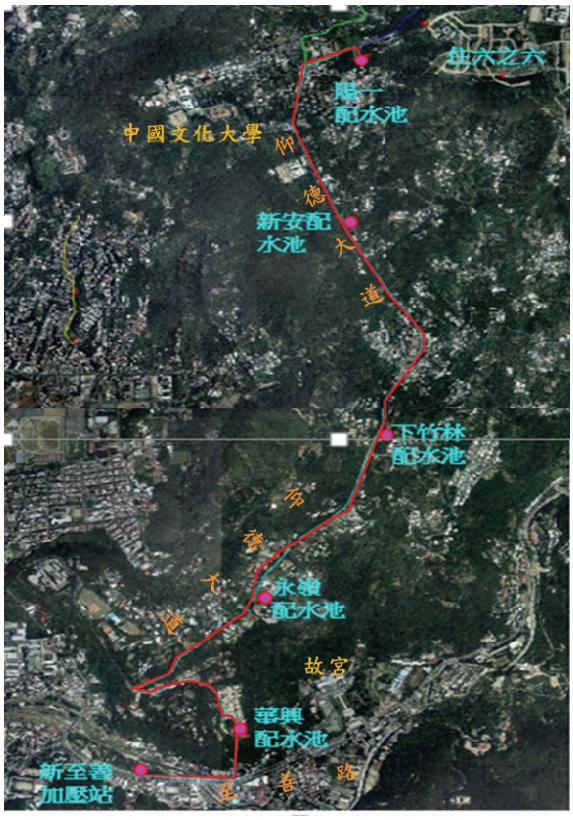


圖 9　陽一配水池平地五段加壓備援備載供水圖

池，每日要反沖洗 2 池快濾池，快濾池為淨水場操作與維護成本最高的單元，也是淨水場的最後一道防線，北水處考量陽一、竹子湖水源水質純淨，且其輸送過程全程以重力輸送，節省動力費用，目前於進入中正加藥池前之湖底路口引用約 1,000CMD 陽一、竹子湖水源經湖底路及泉源路進入陽明場後方高地之 100 噸反沖洗水池，作為泉源場快濾系統之反沖洗水源，未反洗時則作為龍鳳谷配水池補充水源。

北水處於 107 年執行陽一水源溢流水回收方案，有效回收陽一水源溢流水每日約 2 千餘噸，進一步積極思考各水源相互支援可行性。考量原湖底路支線係以人工調整約 1,000CMD 作為陽明場反沖洗水，無法及時因應水源調度，另湖底路管線老舊，亦無法

滿足供水需求，為有效串聯陽一、竹子湖水道系統與泉源場快濾系統互相支援，北水處於 108 年已完成湖底路全線老舊管線汰換，並於湖底路上方增設湖底路控制點，考量現地條件(常態背壓約 5kg/cm^2)設置 1 處多噴孔錐型控制閥(圖 10)，可配合流量計提供流量訊號及可程式控制器(PLC)完成流量控制功能調整各系統支援水量，能彈性支援泉源場快濾系統枯水期間地面水，出水量不足(加計北投第三水原約 6,000CMD，供水需求約 9,000~12,000CMD)，避免啟動新民加壓站補充龍鳳谷配水池，降低加壓供水費用(圖 11)。

七、泉源場快濾系統供水設施改善

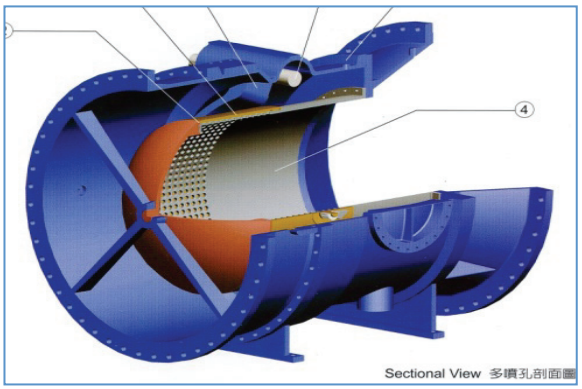
泉源場快濾系統原水主要取用大坑溪水源，及一處補充水源北投第三水源，兩水源核准水權合計 22,360 CMD，另有一處反沖洗補注水源陽一、竹子湖水源，設計容量 18,000 CMD，出水量約 6,000~12,000 CMD，以龍鳳谷配水池為清水池進行供水。

主要供水區域有三處(圖 12)，分別為：

(一)行義路供水轄區：主要供應行義路(402 巷至 34 號以上)、中山北路 7 段 219 巷 3 弄，平均用水量約 1,900~2,300CMD。

(二)龍鳳谷經二井直接供水轄區：依供水範圍另設有北投第 2 及第 3 水池，主要供應幽雅路、溫泉路、奇岩路、中山路、民族街、中和街 20 巷、公館路 191 巷、85 巷 2 弄一帶，平均用水量約 3,300~4,900CMD。

(三)龍鳳谷經二井進北投第一配水池(新民加壓站)共同供水轄區：主要供應泉源路、新民路、中心街、珠海路一帶，平均用水量約 2,600~3,300CMD。



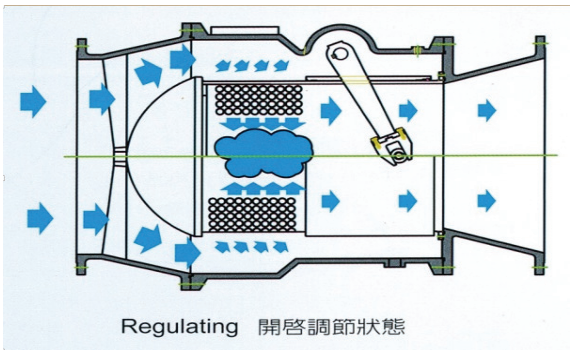


圖 10　多噴孔錐型控制閥，利用錐型管上對稱之多噴孔使其水流產生對撞原理消除高壓進口能量，以達持壓、減壓、持壓兼減壓之目的

圖 11　陽一、竹子湖經湖底路支援泉源場快濾系統供水路徑圖

圖 12　泉源場快濾系統供水範圍圖

泉源場快濾系統易受山區豐枯水期流量變化影響出水，北投地區枯水期(約 5 月~9 月)時，泉源場快濾系統三處水源實際取水量僅達 6,000~7,000CMD，無法滿足供水轄區用水需求，故北水處建立以泉源場快濾系統為主要供水，新民加壓站為備援備載水源之供水模式，以穩定北投高地區供水，供水模式分述如下：

(一)龍鳳谷配水池水位可常態維持 1M 以上時(圖 13)：

供水區以泉源場快濾系統重力流方式供水為主，龍鳳谷經二井進北投第 1 水池配水池共同供水轄區若供水不足，由和平加壓站聯合供水至北投第一水池配水池，利用配水池高程間的落差，以重力流方式供水。

(二)龍鳳谷配水池水位短時持續下降至 1M 時(圖 14)：

逢枯水期時大坑溪水源不足，影響泉源場快濾系統出水，造成龍鳳谷配水池水位持續下降至 1.5M 時，陽明場通知陽明分處進行調控準備，當龍鳳谷配水池水位降至 1M 時，且評估有降低至呆水位（0.6m）情形前，即由陽明場通知監控中心及陽明分處進行供水調配作業，程序如下：1.為減緩龍鳳谷配水池水位下降，由陽明分處進行供水調配，將龍鳳谷配水池水量集中供應至行義路及大同之家，同時縮小供水範圍，泉源路第二分水井以下不再由龍鳳谷配水池供水。2.陽明分處進行供水系統切換後，通知監控中心啟動新民加壓站，由北投第一配水池加壓供水，擴大北投第一配水池供水範圍 (泉源路第二分水井以下調整為北投第一配水池供水)。

圖 13　龍鳳谷配水池水位可常態維持 1M 以上時供水範圍圖

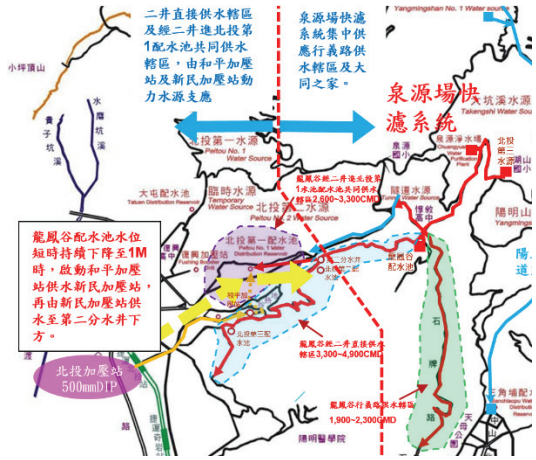


圖 14　龍鳳谷配水池水位短時持續下降至 1M 時供水範圍圖

七、結語

陽明山高地供水系統相當複雜，且各水源受限其高程及水量，陽明山水系水源雖只佔北水處總出水量的 1.6%，北水處仍致力於將全臺北市打造為水資源永續的城市，延續向上提升的決心與善盡企業公民責任，持續推動各項高地供水改善措施，提高淨水場設備容量與取水效能，強化輸配供水系統與備援機能，並落實節能減碳，啟動全面性供水服務，提供市民優質自來水，打造一個不缺水的宜居城市。

參考文獻

1.詹坤耀、顧峻，「陽明山湧泉及地面水操作模式」簡報，2013年。
2.白耀宏，「陽明山高地區供水現況報告」簡報，2013年。
3.鄭志斌、郭國勝、沈政南、莊曉南、陳榮義、洪國治，「泉源中區供水系統優化及操作手冊」，2013年。

作者簡介

陳俊豪先生

現職：臺北自來水事業處淨水科三級工程師

專長：自來水工程施工、淨水設施規劃施工

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。

淨水場 ISO14001 深耕及展望—以台水公司為例

文/王冠中、林正隆、洪世政、吳振榮

摘要

台水公司為善盡企業責任，於民國 95 年開始逐步引進環境管理系統(Enviromental Management system , EMS)，依據國際標準化組織(ISO)頒定之環境管理系統標準(ISO14000)之相關規範，結合台水公司既有之環境管理實務經驗，逐步實踐企業對環保之社會責任，台水公司並同步訂定環境政策「符合環保法規、著重環境保護、落實資源利用、全員一同參與、促進社區和諧、持續提升改善」，作為環境管理系統推動的最高指導原則，呼應最新版 ISO 14001:2015 強調的概念：強調符合環境法規的重要性、主動的環境保護承諾、循環經濟及資源再利用、內外部利害關係者的溝通及持續滾動檢討。台水公司歷經 10 多年的努力，迄今已有 27 座淨水場通過 ISO 14001 驗證，涵蓋全台各大型淨水場，未來亦將持續推動並落實環境管理相關作為，落實環境友善，達到企業永續經營之目標。

關鍵字：社會責任、永續經營、環境友善、環境管理系統、環境政策、利害關係者、PDCA

一、前言

現今企業除了追求最大獲利外，更要思考所謂企業社會責任(Corporate Social Responsibility, CSR)，如何將社會責任與經營策略結合為一重要課題。台水公司自民國 63 年成立以來，始終以滿足用戶「量足」、「質優」、「服務好」的要求為目標，近年更重視企業永續經營與發展，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，每年依循永續性報導準則(GRI Standards)並參照聯合國永續發展目標(Sustainable Development Goals, SDGs)等標準撰寫發布台水公司永續報告書，2019 年最新版列舉 16 項重大主題，其中與環境相關之主題有四項：循環經濟、集水區保育、廢污水及廢棄物及有關環境保護的法規遵循，顯見環境管理為企業永續發展之重要項目。

台水公司於民國 92 年起即配合國家政策落實國營事業全面品質管理制度(Total Quality Control, TQM)，開始逐步導入 ISO14000 環境管理系統相關標準，期望接軌國際化、透過第三者公正機構的驗證，以更客觀的角度，有系統的辨識、管理及改善追蹤環境相關問題及議題，消極面功能除能符合環保法規，降低遭到裁罰之機會外；積極面可改善既有缺失並促進資源再利用，為公司節省成本與創造利益；對企業整體而言，更可藉由推動國際環境管理系統驗證，提升經營效能、改善公司形象，並達成環境友善及善盡企業責任之目標。

二、國際標準組織及環境管理系統

(一)國際標準組織

國際標準組織(International Organization for Standardization, ISO)創立於 1946 年，總部

設於瑞士日內瓦，係由各國標準團體所組成的世界性非政府組織，目前總共有 164 個成員，依性質可分為會員 (Member Body)、通信會員(Correspondent Member)、捐助會員(Subscriber Member)三類。國際標準組織以各會員成員組成理事會(Council)為運作核心，下轄不同功能性的委員會(Committees)，組織架構如圖 1。

國際標準組織的主要使命為建立材料、產品、製程和服務的國際一致性要求(requirements)、規格(specifications)、準則(guidelines)或特性(characteristics)標準，以確保適合其目的。迄今已有 23000 個國際標準(international standards)由其轄下的技術委員會(technical committees)所制訂及公開發布。這些國際標準常作為各國標準制定組織訂定標準所參考，例如經濟部標準檢驗局所發布之標準亦常參考 ISO 標準進行訂定，如表 1 範例。

(二)環境管理系統的建立歷史

環境管理系統制度的建立最早可追朔到 1992 年英國提出的 BS7750 環境管理系統標準，延續此系統，歐盟於隔年訂定歐盟環境稽核制度(EU Eco-Management and Audit Scheme, EMAS)，同年國際標準組織成立第 207 技術委員會(ISO/TC 207)，著手訂定 ISO 14000 環境管理系統系列標準，並於 1996 年陸續公告。

ISO 14000 是針對企業環境管理所制定的一系列標準，包括環境管理系統和相關的管理工具，其中核心標準為 ISO 14001 環境管理系統指引。對於環境管理系統的建立與管理有所描述。ISO 14001 自 1996 年發布後(ISO 14001:1996)，歷經 2004 年、2015 年兩次改版，目前通行為 2015 年版(ISO 14001:2015)。

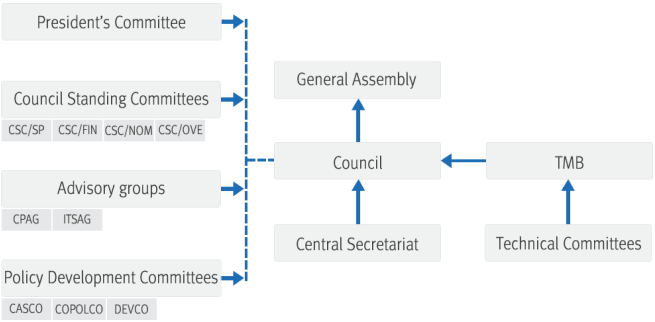


圖 1　國際標準組織(ISO)運作架構

表 1　常見國際標準(ISO)及中華民國 CNS 標準對應

ISO 編號	名稱	CNS 標準
ISO 9000：2015	Quality management systems -- Fundamentals and vocabulary	CNS 12680 品質管理系統-基本原理與詞彙
ISO 14001：2015	Environmental management systems -- Specification with guidance for use	CNS 14001 環境管理系統-附使用指引之規範
ISO/IEC 17025：2005	General requirements for the competence of testing and calibration laboratories	CNS 17025 測試與校正實驗室能力一般要求

(三)環境管理系統的架構及改版

依循英國標準協會(British Standards Institution, BSI)發布之通用管理體系要求規範 PAS 99，所有 ISO 核心條文編列，皆應統一結構，依照高階結構(High Level Structure, HLS)編列為十章節，除前三章為範圍、引用規範及專有名詞定義外，後續四到十章則依

P-D-C-A 循環管理方式，進行編列。，分別為：範圍(scope)、引用規範(normative references)、專有名詞與定義(Terms and definitions)、組織背景(context of the organization)、領導(leadership)、規劃(planning)、支援(support)、運作(operation)、績效評估(performance evaluation)及改善(improvement)，ISO14001:2015 改版後架構如圖 2。

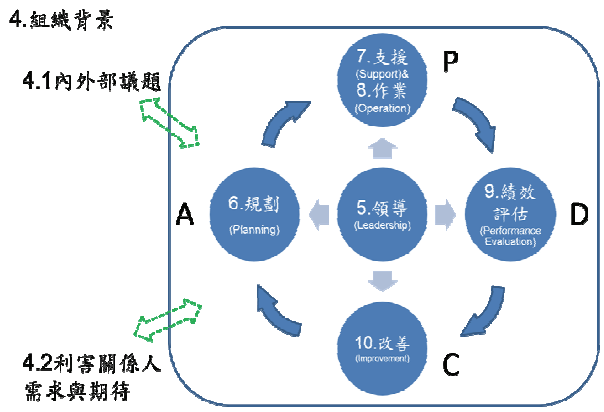


圖 2　ISO14001:2015 架構

ISO14001:2015 除了條文架構的改變以外，新版亦強化許多概念，分述如下：

1.環境目標的訂定及環境考量面的鑑別須涵蓋組織的風險(負面)與機會(正面)：導入組織風險觀念，並強調符合相關環境法規的重要性及違反的風險。

2.管理階層的權責與義務擴大：特別強調由組織領導階層宣誓推動環境管理，以達上行下效。

3.主動的環境保護承諾：有別於僅須符合法規要求的被動式作為，新修正版本特別提及企業應有主動的保護環境的承諾，例如於企業環境政策中宣示。

4.引入產品生命週期(life cycle)的思維：環境管理系統不僅在標的範圍內運作，其考量範圍應延伸至原物料的取得及產品的使用、報廢及回收，如上游原料供應商的環境管理績效及下游客戶的環保要求皆應納入環境管理系統內考量討論。

5.決定內外部議題，並強調內外部溝通的重要性：強調企業對於所謂利害關係者(Stakeholder)之外部期望及議題的回應及溝通，其他如主動公開環境管理報告或其他環境保護資訊的揭露也應納入管理系統內。

6.文件化資訊：新版以「文件化資訊」之名稱取代原有提及之程序及記錄，其管理應考量電腦及雲端系統的普及，以及與其他管理系統標準間的整合。

三、台水公司導入環境管理系統歷程

(一)台水公司導入環境管理系統的契機

經濟部水利署自民國 90 年開始委託台大蔣本基教授團隊執行的「自來水淨水場操作管理評鑑及輔導計畫」中，管理評鑑將 ISO14000 環境管理系統的 P-D-C-A：P 計畫(Plan)-D 執行(Do)-C 查核(Check)-A 矯正(Action)管理模式及目標、標的的制訂導入其中。因此台水公司自 92 年起配合政府落實國營事業全面品質管理制度，並於 95 年開始著手導入 ISO14001，期望淨水場依循國際化標準建立先進管理制度並進行相關改善，並以此為標竿，逐步推動環境管理制度至全公司各大淨水場。首先擇定台中地區的鯉魚潭淨水場作為首辦淨水場，並邀請具有

豐富驗證輔導經驗之顧問公司協助規劃及輔導。經全體同仁努力，成功於 97 年順利通過驗證取得證書，成為繼澄清湖高級淨水場(由中宇環保工程股份有限公司代操作)於 95 年取得驗證後，台水公司首座自行辦理通過 ISO14001 驗證之淨水場，意義重大。

(二)制定環境政策作為最高指導原則

依據 ISO14001:2015 第 5.2 節環境政策條文之要求，企業應依活動、產品、服務及環境考量面，制訂環境政策，內容應包含主動的環境保護、符合法規、污染預防及持續改善之承諾。因此台水公司於推行環境管理政策之初，便參考國內外公營民營公司之環境政策內容並配合公司經營理念訂定環境政策，並由最高階主管董事長簽核認可正式頒佈，除透過公文及海報方式於公司內部傳達外(圖 3)，內容亦同步公告於公司網站中，讓所有相關人員皆能了解公司之政策。

台水公司環境政策隨 ISO14001:2015 改版發布後亦同步進行修正，其核心理念為「符合法規、環境保護、資源利用、全員參與、社區和諧、持續改善」，分別體現 ISO14001:2015 所強調的概念：

1.符合法規：強調符合相關環境法規的重要性及違反的風險。

2.環境保護：主動的環境保護承諾。

3.資源利用：強調循環經濟及資源再利用。

4.社區和諧：由上到下的全員參與，強調與內外部利害關係者的溝通並取得和諧關係。

5.持續改善：系統的持續 PDCA 滾動檢討。

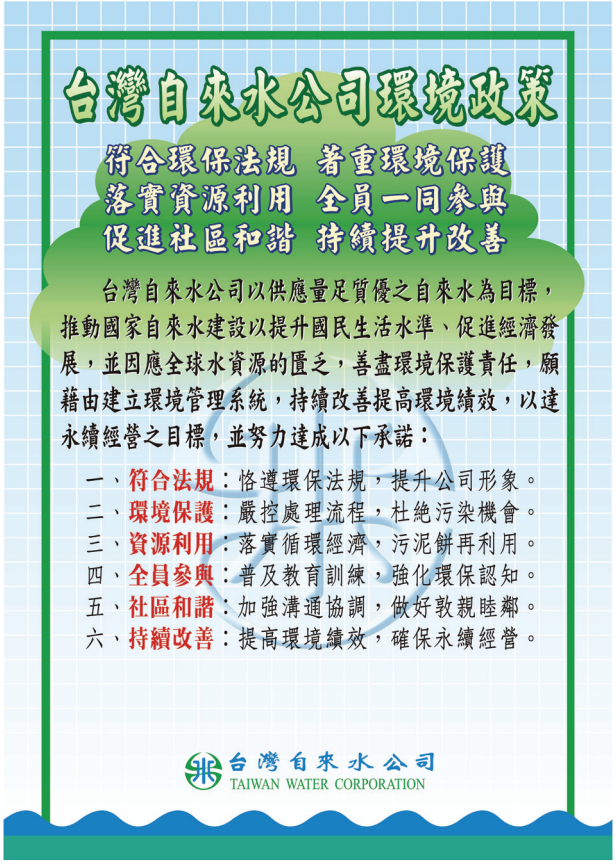


圖 3　台水公司最新環境政策(107 年修訂版)

(三)制定環境管理系統作業要點

為順利推廣環境管理系統至各大淨水場，台水公司特別訂定「台灣自來水公司環境管理系統通過廠（場）所驗證輔導要點」，自 99 年頒定以來，配合公司需求及法規修正，經 101、104 及 105 年三次修訂，內容對於全公司各單位權責劃分、應辦事項及獎懲皆有明確規定，並設有查檢表(如表 2)，查核項目主要針對文件及法規鑑別是否更新、環境目標的制定、教育訓練及緊急應變是否執行、內外部利害關係人的溝通及內稽管審會的召開，透過填列查核表並檢附佐證資料的作業，確認淨水場是否確實辦理相關環境管理系統業務。

表 2　台水公司環境管理系統查檢表範例

基本資料	
查檢日期：查檢類型：查檢人員(簽名)： 場所陪同人員(簽名)：	
場所基本資料	
查檢場所名稱： 本場初次取得 ISO 14001 日期　： 本場目前輔導/驗證廠商名稱： 本年度預計續評/換證日期 本年度續評/換證目前辦理情形概述(經費增配等)	
查檢項目	對應條文
1.現場抽驗各文件修訂及紀錄保存是否依實際需求執行？現場文件是否為新版文件，有無管制編號。	7.5
2.下列法規鑑別作業是否定期更新： a.法規清單　b.法規登錄鑑定表	6.1.3 9.1.2
3.本年度有無依人員訓練程序書或相關文件依規辦理？	7.2 7.3
4.是否依照「環境管理系統監督量測」相關文件訂定之頻率對環境管理系統進行績效監督量測	9.1.1
5.依據內/外部環境分析、利害關係人需求與期望分析，本年度是否有屬「高」等級重大風險議題	6.1
6.是否依溝通管理相關程序書規定辦理並有文件化資訊留存。	7.4
7.是否依緊急應變作業程序書進行相關演練	8.2
8.本年度是否制訂環境目標及方案管理表並依規追蹤執行情形	6.2
9.是否確實辦理內部稽核相關事項。	9.2
10.本年度是否已完成管理審查會議？並保留管理審查會議記錄。	9.3
11.發生環境管理異常、不符合事項、內部稽核缺失時有無填具矯正措施相關文件並追蹤後續辦理情形。	10.2
12.其他事項	-

四、淨水場推行環境管理系統實務

台水公司各淨水場導入環境管理系統大致可分為四個階段如圖 4，其工作內容簡述如下：

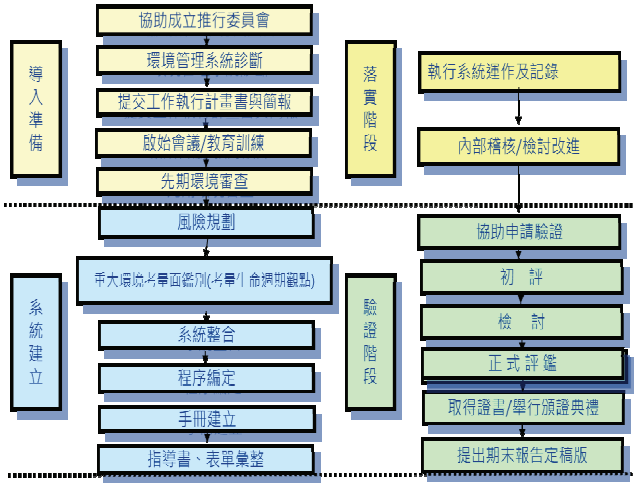


圖 4　淨水場導入 ISO14001 參考步驟

(一)導入準備階段

1.成立推行委員會

獲得管理階層的重視左右管理系統建立的成敗，因此推行委員會的成立必須獲得高階主管之支持或直接參與，例如台水公司第六區管理處潭頂淨水場推行委員會主任委員便是直接由該區處長擔任，所屬廠長擔任副主任委員負責推行及統籌，下設執行秘書一人協助專案推動，淨水場各股股長則擔任推行小組組長，確實展現高階長官的重視及全員參與的觀念。

2.系統診斷並擬定推行計畫

了解淨水場之環境管理現況並初步進行淨水場污染來源種類及相關防治措施分析，並評估現有相關環境管理運作狀況及相關文件內容，對比與 ISO14001:2015 條文要求間之差距，擬定計畫推行。

3.教育訓練

淨水場人員對於環境管理系統的理解與認同直接影響管理系統的建置與推行，因此透過現場診斷實地瞭解後，著手規劃並進行環境管理系統相關之教育訓練，除淨水場內部針對第一線操作人員為對象所辦理的教育訓練外，台水公司總管理處每年度亦邀請顧問公司之專業講師，針對全公司各區處環境管理系統業管單位(操作課或工務課)及相關人員辦理 1 至 2 天之講習(相關課程規劃如表 3)，內容除有關條文之專業知識授課、內外部稽核的準備要領及實務經驗分享等以外，尚有分組演練活動，期望學員不僅是被動聽課，亦能透過問題演練活動，使組員們腦力激盪進而對環境管理系統有更深的理解，修業後成為種子學員，將正確的知識及觀念帶回各區處及淨水場。

表 3　環境管理系統專業課程安排範例

(內部稽核訓練 2 日班)

	第一日	第二日
上午課程	環境管理系統運作簡介(30 分) 內部稽核簡介 (30 分) 環境管理系統條文稽核重點說明+內部稽核查檢表製作(分組討論)(120 分)	現場分組實際稽核演練(各組) (180 分)
下午課程	環境管理系統條文稽核重點說明+內部稽核查檢表製作(分組討論)(180 分)	1.分組稽核結果討論與分享(各組)(120 分) 2.稽核報告撰寫(60 分)

4.先期環境審查

先期環境審查進行淨水場全面性的調查及清點，作為後續鑑別評估環境考量面、擬定環境目標及議決內外部議題、利害相關者的需求和期望等作業之依據。環境審查除現有管理制度、實場環境審查外，包含環境相關法規之清查、過去不符合事件調查等亦應包含在內，力求詳盡以利後續策略擬定及執行。

(二)系統建立階段

1.風險規劃及重大環境考量面鑑別

在 ISO 14001:2015 加入風險的概念，因此全面性的清查及鑑定所有環境考量面（及環境衝擊）以及組織的風險與機會，透過分類、量化、分析，篩選出重大環境考量面，納入改善方案，進而訂定重點工作項目。其中環境考量面更應配合新版條文，引入生命週期思維。

2.系統整合(環境政策、環境目標及管理方案建立)

依循台水公司環境政策及整體目標，淨水場可擬定環境目標並制定管理方案，並應整合原有管理系統，以台水公司為例，既有「ISO 27001 系統」、「廢水處理設備效能提升推動小組組織與權責要點」及「淨水場淨水污泥餅處理或再利用輔導管理及查核要點」、「淨水場綜合效能評估(OPEE)」暨「自來水淨水場操作管理評鑑及輔導計畫」等制度及系統皆應一併納入統整。

3.程序編訂、手冊建立及表單彙整

所謂文件資訊化的動作，依各功能運作之關係及其流程，對應 ISO14001 條文設計並確認各式文件紀錄撰寫格式，一般來說管理

文件依階層由高而低分為四階文件(圖 5)，以 ISO14001 系統其第一階文件為環境管理手冊(manual)，對於系統目的、整體作業流程、組織及系統要求做全盤性的概述，環境管理手冊作為整個環境管理系統的指導原則，其下第二階及第三階文件為作業程序書(procedure)與作業指導書(instruction)，也就是所謂相關標準作業程序(SOP)，如法規鑑定管理程序書、人員訓練管理程序書、溝通管理程序書及淨廢水處理流程程序書等等；第四階文件屬各類表單/紀錄，如環境目標/標的管理表、個人訓練紀錄表、法規登錄鑑定表、藥品取用管理紀錄等、各式文件皆藉由環境管理系統之引入加以制度化並妥善管理。

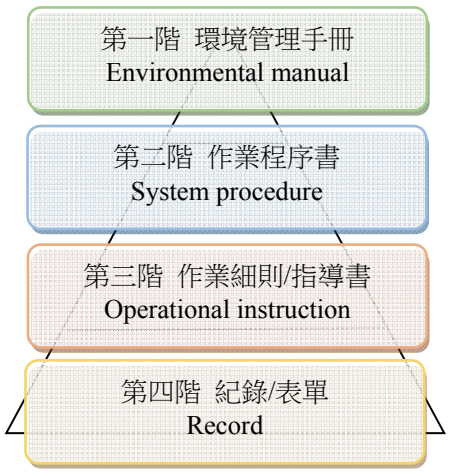


圖 5　ISO 14001 四階文件架構

3.落實階段

(1)執行系統運行及紀錄

推動的初期勢必會受到相當阻力，如何落實系統運作並將各式資訊確實文件化是一大挑戰，這考驗管理階層的智慧、推行委員會對組織架構及權責是否劃分清晰、風險鑑別及改善方案是否合宜可行，以及成員教育訓練是否落實，推行過程中更仰賴跨階層、跨單位持續不斷的溝通與協調。

(2)內部稽核及矯正措施

稽核(auditing)是系統能否長久運作的關鍵，稽核的最大目的在於檢視環境管理系統是否建制完善、確實運作且有效運行，受完善訓練且具有豐富經驗的稽核員應以稽核證據(audit evidence)為依據，客觀發掘問題。整個內部稽核計畫擬定應涵蓋完整條文章節與組織各部門。

內部稽核作業若發現有不符合要求(nonconformity)的缺失，則應有矯正措施(corrective action)，以消除不符合的原因並防止再發生，並應有持續跟催及追蹤的措施以確認改善狀況。

(3)管理審查會議

完成內部稽核後，應召開管理審查會議，藉此機會報告環境管理系統導入所獲得之績效，會議討論整個管理系統之適用性、適切性與有效性。包括內部稽核之結果、來自外部利害相關者之訊息、環境績效、目標與標的之達成程度、矯正與預防措施之狀況等。

4.驗證階段

ISO14001 驗證經過召開內部審查和管理評審會議後，確認其環境管理體系符合 ISO14001 標準要求後，便可向 ISO 各國環境管理體系認證機構(Accreditation Body, AB)所

認可，具有驗證資格的第三方公正驗證機構(Certification Body, CB)提出驗證申請，進入ISO14001 環境管理體系驗證審核階段，驗證及認證機構關係圖如圖 6。

圖 6　ISO 認證及驗證機構關係圖

驗證單位進行完成二階段現場審核開具的不符合糾正並經過評定後，正式通過驗證並頒布證書，台水公司皆由高階長官(董事長、總經理或副總經理)代表受證，展現高階管理人員的重視程度(如圖 7-9)。證書有效期三年，每年需辦理外部稽查維持證書有效性，第三年則要申請複審重新獲得證書，因此取得驗證只是第一步，未來持續滾動檢討並維持驗證有效性更需全體同仁不斷努力。

圖 7　郭董事長參加貢寮淨水場頒證典禮

圖 8　胡總經理參加集集淨水場頒證典禮

圖 9　吳副總經理參加潭頂淨水場頒證典禮

四、環境管理現況及永續經營績效

(一)環境管理系統推行現況

台水公司自 97 年鯉魚潭淨水場通過驗證為開端，積極推動各區處各大淨水場取得ISO14001 驗證，成效卓越，截至 108 年底，

台水公司共有 27 座大型淨水場通過 ISO 14001:2015 驗證(包含 4 座代操作/促參廠)，109 年度持續辦理 3 座淨水場 ISO14001 系統導入 (雲林林內淨水場、新竹第二淨水場及高雄坪頂淨水場)，順利取得後總數將達 30 座(如表 4，分布如圖 10)，幾乎涵蓋台水公司所有日出水量超過 10 萬噸的大型淨水場，充分展現台水公司在環境友善、永續經營及強化管理上的決心。

表 4　台水公司通過 ISO 14001 驗證淨水場

項次	區處	廠(場)名稱	取得 ISO14001 驗證日期	備註
1	七	澄清湖淨水場	95 年 8 月	代操作廠
2	四	鯉魚潭給水廠	97 年 1 月	
3	六	南化給水廠	98 年 7 月	
4	七	拷潭淨水場	99 年 1 月	代操作廠
5	七	翁公園淨水場	99 年 1 月	代操作廠
6	三	東興給水廠	99 年 4 月	
7	八	深溝給水廠	99 年 5 月	
8	七	鳳山淨水場	99 年 12 月	促參廠
9	五	公園淨水場	100 年 5 月	
10	十一	彰化第三淨水場	102 年 9 月	
11	十二	板新給水廠	102 年 10 月	
12	九	砂婆礑淨水場	102 年 11 月	
13	十	利嘉淨水場	103 年 4 月	
14	一	新山淨水場	103 年 6 月	
15	二	龍潭淨水場	103 年 7 月	
16	三	寶山給水廠	103 年 12 月	
17	七	牡丹淨水場	103 年 12 月	
18	二	平鎮淨水場	105 年 12 月	
19	一	貢寮淨水場	105 年 12 月	
20	六	烏山頭淨水場	106 年 10 月	
21	五	湖山淨水場	106 年 11 月	
22	八	清洲淨水場	107 年 10 月	
23	四	集集淨水場	107 年 11 月	
24	七	路竹淨水場	108 年 4 月	
25	二	大湳淨水場	108 年 10 月	
26	五	水上淨水場	108 年 11 月	
27	六	潭頂淨水場	108 年 12 月	
28	三	新竹第二淨水場	辦理中	
29	五	林內淨水場	辦理中	
30	七	坪頂淨水場	辦理中	

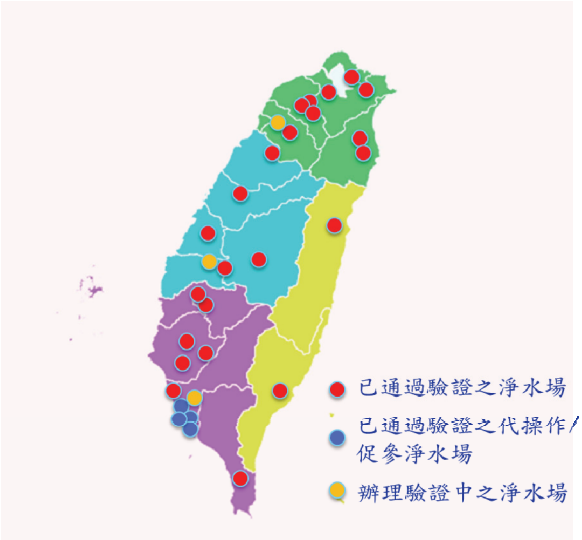


圖 10　台水公司通過 ISO14001 淨水場分布

(二)永續經營及環境友善具體行動

除各淨水場自行鑑別之環境考量面等相關議題，台水公司永續報告書以全公司的宏觀角度經利害關係人溝通關注度及衝擊程度分析後，廢棄物排放、廢棄物循環再利用及有關環境保護的法規遵循等主題對相對重要。因此台水公司永續經營及環境友善具體行動包含以下重點：

1.積極開發綠能：如配合政府再生能源推動政策-太陽光電計畫，選定淨水場或加壓站的清配水池頂上的空間辦理設置太陽光電發電設備。

2.製程節能並降低服務耗能：建置合理化操作模式，提高能源使用效益，有效降低動力費用支出；台水配合政府推動為民服務電子化政策，減少紙張使用響應環保。

3.加強廢水處理設備與操作管理：依相關環保法規及台水公司內規積極輔導與管理各淨水場，針對廢水之質與量、現有廢水處理設備之妥善率，以及現有廢水處理設備功能等，進行徹底檢討並研擬改善方案。

4.積極推廣淨水污泥餅再利用：積極輔導淨水場淨水污泥餅朝向資源化方向努力，除能降低台水淨水場淨水污泥餅處理成本外，更能落實「循環經濟」之重要理念：「資源、產品、再生資源」的循環，將一個產品生命終點隱含的原料價值回復，將原本的廢棄物藉由創新的回收和升級回收轉換成資源，回到另一個產品的循環。使整個系統產生極少的廢棄物，把廢棄物轉換成資源。

5.依開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準，據以實施環境影響評估並依環評書內容辦理環境監測。

6.重視水源生態保育：對水庫集水區進行環境影響評估、生態監測及分析與維護工作，以持續追蹤生態之變化，進而兼顧環境生態及水庫永續發展之目標

7.辦理環保教育訓練：除對公司內部成員進行相關環境管理教育訓練外，台水公司更積極設立環境教育設施場所，目前已有澄清湖高質水環境教育園區、深溝水源生態園區及湖山自來水環境教育園區，提供高品質的環教服務給參訪民眾和學校師生並加強與週遭社區連結，對提升公司企業形象助益甚大。

(三)永續經營及環境友善辦理成效

台水公司在完善制度及全體同仁努力之下，已在永續經營及環境友善的各面向取得豐碩成果，說明如下：

1.積極開發綠能：配合政府再生能源推動政策-太陽光電推動二年計畫，選定 5 處淨水場或加壓站設置太陽光電發電設備，分別為高雄市拷潭淨水場、雲林縣林內淨水場、嘉義市公園淨水場、台南給水廠中崙加壓站清配水池以及永康配水中心。至 2018 年止，該五處均已完成併聯發電，設置容量約 6370.48 kWp，預估年招租收入為 529 萬元。

2.製程節能並降低服務耗能：截至 2018 年底，電子帳單總申辦件數為 556,322 件，電子帳單不寄送紙本可減少 16,240 kg CO_2 排放量。

3.加強廢水處理設備與操作管理：2018 年排放水質 100%符合「放流水標準」，廢水回收再利用率為 82.44%，依循各項環保法規運作正常，未有任何違法情事。

4.積極推廣淨水污泥餅再利用：2018 年淨水場污泥餅 182,007.09 公噸，100%回收再利用，其中 72.6%再製成紅磚，27.4%再製成培養土。

5.台水公司針對全部已通過環評案件辦理 13 場次之現地追蹤及輔導，各案確已遵守環境保護相關規定，展現環保執行力及貫徹環境保護的決心。

6.重視水源生態保育：台水公司研提 2019~2022 年水庫集水區保育實施計畫送經濟部水利署審查，針對轄管 22 座水庫集水區蓄水範圍之崩塌地處理、野溪蝕溝治理、道路水土保持、農地水土保持、森林經營管理及土石流潛勢溪流、水質改善等七項目，提出有效可行的保育及治理策略。例行之水源巡查於 2018 年度舉發共 262 違反水質水量保護區管制事項，確保水源安全。

7.辦理環保教育訓練：台水公司 2018 年度對內部員工 5,722 人，實施環境教育之成果為

41,070 人時；所轄 3 座環境教育場域共辦理 573 場次之環境教育活動，提供 22,415 人次優質之環境教育服務。

五、結語及未來展望

近年來，全球氣候鉅變，環境保護及循環經濟及永續經營等議題已成為顯學，身為國營企業模範生的台水公司除積極提升供水服務品質外，在日益趨嚴的法規、媒體輿論的關注及社會大眾的期待下，在既有廢水、廢棄物再利用等管制基礎上，再藉由導入國際環境管理系統，透過環境教育訓練、管理制度的建立、系統化的環境面考量及危害分析、滾動式的缺失稽核及改善跟催、主動回應利害關係者的期望與溝通等先進管理策略，從淨水場開始至全公司整體，持續地在環境友善及環保永續面向努力，在企業社會責任的實踐成果上更是有目共睹。

永續經營不應是只是個口號，各式各樣的驗證也不該只是一張證照或一場盛大的典禮。台水公司致力於本業經營與提供顧客優良品質的產品與服務同時，更期許未來能持續秉持著社會公民的精神，全體同仁持續努力達到公司願景：「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，俾達成國際級自來水事業之願景目標。」

參考文獻

1.林正隆、洪世政、張嬉麗、吳美惠。與國際接軌自來水廠環境管理系統的建置－全台首座ISO14001驗證給水廠誕生，自來水協會會刊，第27卷第3期，第70-80頁，2008。

2.郭瑞華、陳曼莉、吳能鴻、張序周。自來水事業建置環境管理系統模式之研究，自來水協會會刊，第27卷第4期，第48-65頁，2009。

3.陳漢棟、翁耀林、科建顧問師群。國際標準管理系統實務，科建管理顧問股份有限公司，2015。

4.經濟部標檢局。ISO 14001:2015/

5.CNS 14001環境管理系統-附使用指引之要求事項(網路資源投影片)。https://www.bsmi.gov.tw/bsmiGIP/wSite/public/Data/f1461568026759.pdf

6.台灣自來水股份有限公司，2019年永續報告書，2019。

7.國際標準化組織官方網站www.iso.org

8.產業永續發展整合資訊網-國際環保標準/規範介紹 https:// proj.ftis.org.tw /isdn/ Norm /Detail ?parentId=F130D99432C526D4

作者簡介

王冠中先生

現職：台灣自來水股份有限公司水質處工程員

專長：水質檢驗及分析

林正隆先生

現職：台灣自來水股份有限公司水質處工程師兼組長

專長：水質管理

洪世政先生

現職：台灣自來水股份有限公司水質處處長

專長：水質管理

吳振榮先生

現職：台灣自來水股份有限公司副總經理

專長：自來水經營與管理、土木工程

封閉型加壓站類型介紹及管理作為

文/賴奕誠、游叡研

摘要

大臺北地區為盆地地形四周多山，平地管網末端壓力無法供應高地用水，須增設加壓站以提升水壓，尤以內湖及南港靠近山區增設多處小型加壓站，達成供水的最後一哩路。封閉型加壓站本身即是一個計量小區，透過關閉邊界制水閥將區內加壓供水與週邊平地供水管網作切割。隨著高地區加壓站的建置，臺北市自來水普及率幾乎可達 100%。

封閉型加壓系統來源，除本處自行規劃建置以外，部分為本處代管或接管社區舊有之簡易加壓系統，之後再針對管線機電設備加以改善，形成目前各種不同特性加壓站。本文介紹加壓站的不同類型，包含有無下水池及上水塔，揚水管與下水管分離或共用，是否為管中加壓，並介紹數種特殊類型加壓站。

封閉型加壓站不同於平地管網系統，其涉及更多設備、管理面向更多元，包含下水池、上水塔、揚水管、下水管、機電設備、持減壓閥及水錘現象等。加壓站供水區域因有高程差，漏水檢測更困難，常須搭配不同手法檢測漏水或無水，實務管理須考慮更多層面，需要有經驗工程師才能妥善管理。不同類型加壓站其處理方式不盡相同，須因地制宜，揚水管或下水管發生漏水有不同判定及檢測方式，須分段檢測以縮小範圍確認漏水點位置，另持減壓閥設定及水錘現象都是高地區常見問題。

鄰近加壓站可藉由邊界制水閥之啟閉調整達到互相支援及加速復水速度。東湖加壓站切割部分區域改由大湖公園加壓站系統供水。經由鄰近加壓站之間靈活供水調配，彈性調整加壓站範圍，有利於颱風過後加速復水作業，將無水影響降至最低。

本文將北水處東區營業分處轄區內 21 處小型封閉型加壓站作詳細全面性整理，並對異常情形態樣及解決方案分類歸納及說明，提出相關管理因應作為。

關鍵字：加壓站、漏水改善、持減壓閥

一、前言

為提供轄區內位處於地勢較高地區用戶質優量足之自來水，在平地管網末端或壓力較低處尋覓合適位置，增設加壓站以泵浦進行增壓，是目前普遍之供水模式，而加壓站所供水之範圍，會透過關閉邊界制水閥之方式將區內加壓供水與週邊平地管網供水切割，故封閉型加壓站整體供水範圍即成為一個天然計量小區。

北水處東區營業分處轄區內目前總計有 21 個封閉型加壓站(如表 1)，分布於松山區(民生社區加壓站)、中山區(通北加壓站)、內湖區(西康里、世界新城、麗山、碧湖、碧湖國小、碧山里、內湖二場、大湖、大湖公園、內湖三期、內湖四期、東湖、內溝里等加壓站)、南港區(南港、舊莊里、研究院路、福德、南港公園等加壓站)、信義區(五分埔

加壓站)之山邊地勢較高區域。

表 1　加壓站基本資料

項次	加壓站名稱	位置地點	配水池容量(M3)
1	南港	南港區研究院路２段１號	1
2	民生社區	松山區延壽街３７３號	240
3	內溝里	內湖區康樂街 206 之 3	本 35 上 75
4	東湖	內湖區康寧路 3 段 75 巷 24 弄 35 號	500
5	內湖三期	內湖區成功路 5 段與康寧路 3 段口	※
6	內湖二場	內湖區成功路 4 段 288 號前	上 600
7	內湖四期	內湖區麗湖國小旁	1,000
8	大湖	內湖區成功路 5 段 1 號邊	上 150
9	碧湖	內湖內湖路 2 段 179 巷 224 弄 11 號	本 100 上 50
10	麗山	內湖區環山路 2 段 66 號斜對面	本 100 上 50
11	西康里	內湖區劍南路 650 號左 50 公尺	本 30 上 30
12	通北	中山區通北街 118 巷口	※
13	南港公園	南港區東新街 170 號對面	1050
14	舊莊里(1)~(4)	南港區舊莊街 1 段 199 巷 11 弄	137
15	碧山里(1)~(7)	內湖區內湖路 3 段 60 巷公園	500
16	世界新城	內湖區內湖路 1 段 387 巷 38 號 B2	本 140 上 120
17	大湖公園	內湖區成功路 5 段 31 號	1034
18	研究院路(1)~(3)	南港區研究院路 3 段 161 巷 3 號下坡方向 80M	15
19	碧湖國小	內湖區金龍路 100 號	※
20	五分埔	市信義區松山路 646 號後	※
21	福德	文山區福德坑公墓內第 4 配水池	本 100 上 100

二、基本類型加壓站

封閉型加壓站加壓方式大致上分為進水管串聯泵浦直接加壓出水(管中加壓)及平地水進入下水池後再以抽水馬達加壓出水兩種方式。後者因有水池亦可作為防災緊急取水用，經過加壓後藉由揚水管送往高地又分為直接至用戶端及先至上水塔後再重力供水給用戶兩種方式，分述如下：

(一)有下水池及上水塔

1.揚水管與下水管分開：

由進水管將管網水引入下水池，抽水馬達自水池抽水加壓後，藉由揚水管送往高地之上水塔，再由下水管重力供水至用戶端(如圖 1)，世界新城(如圖 2)、西康里、麗山、碧山里、舊莊里、研究院路、福德加壓站屬此類型。

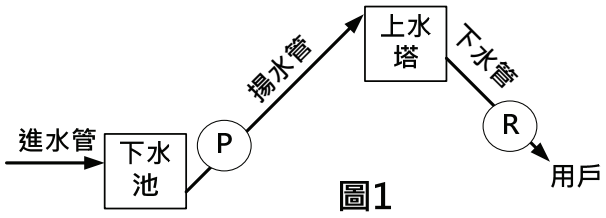


圖 1　加壓供水示意圖

圖 2　世界新城加壓站

2.揚水管兼下水管：

用戶給水管直接接至揚水管，直接加壓至用戶端，俟上水塔到達設定水位後停止加壓，此時揚水管又兼下水管重力供水給用戶(如圖 3)，通常用戶會自備水池受水，否則用戶端水壓會不穩定，碧湖加壓站即屬此類型(如圖 4)，因上水塔係社區 65 年既設之簡易供水系統，本處接管後延用至今。

若用戶端與上水塔高程差過大則需設置持減壓閥，除維持閥前(上游)於設定之工作壓力(依閥前用戶高程而定)並將閥後(下游)壓力降至設定值(通常為 0.5~1kg/cm^2)，以保護本處及用戶之管線設備。

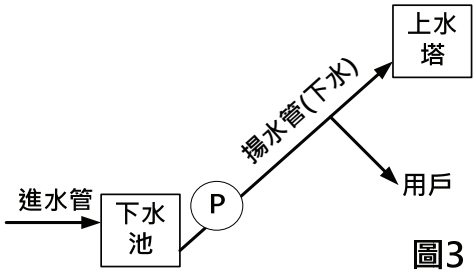


圖 3　加壓供水示意圖

圖 4　碧湖加壓站

(二)無下水池，有上水塔

進水管串聯泵浦直接加壓(管中加壓)，藉由揚水管送往高地之上水塔，再由下水管重力供水至用戶端(如圖 5)，內湖二場加壓站(圖 6)即屬此類型。管中加壓較節能且因可下地不佔空間，省去定期清洗水池工作，缺點是如一旦停電或管網壓力降低，出水立即中斷。如無足夠空間可設下水池，管中加壓亦是一種可行方式。

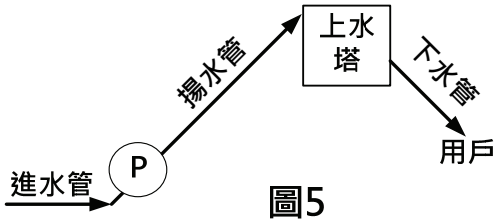


圖 5　加壓供水示意圖

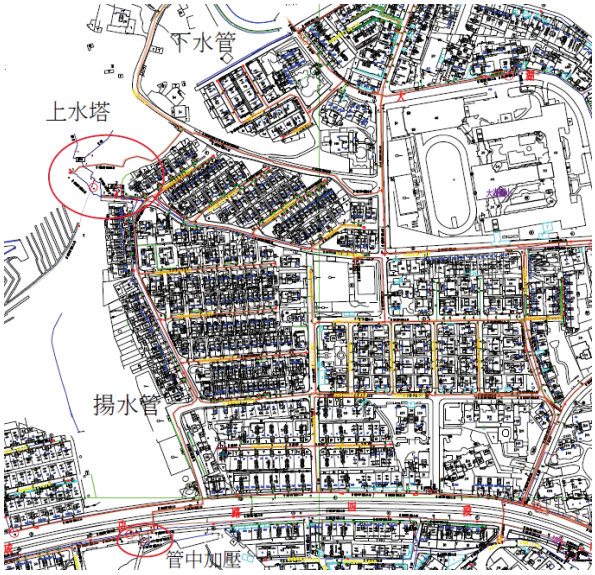


圖 6　內湖二場加壓站

(三)有下水池，無上水塔

由進水管將管網水引入下水池，抽水馬達自水池抽水加壓後，藉由揚水管供水至用戶端(圖 7)，南港公園、大湖公園、內湖四期、南港、東湖(圖 8)、民生社區加壓站即屬此類型，前 4 站為本處防災體系之緊急維生

取水站成員之一，而前 2 站亦同時為台北市南港區及內湖區之防災公園。

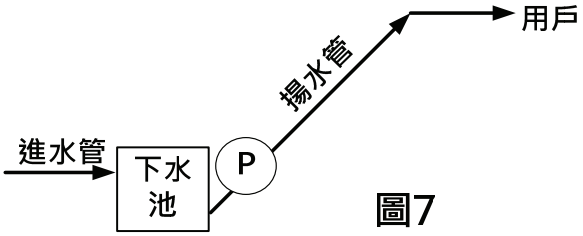


圖 7　加壓供水示意圖

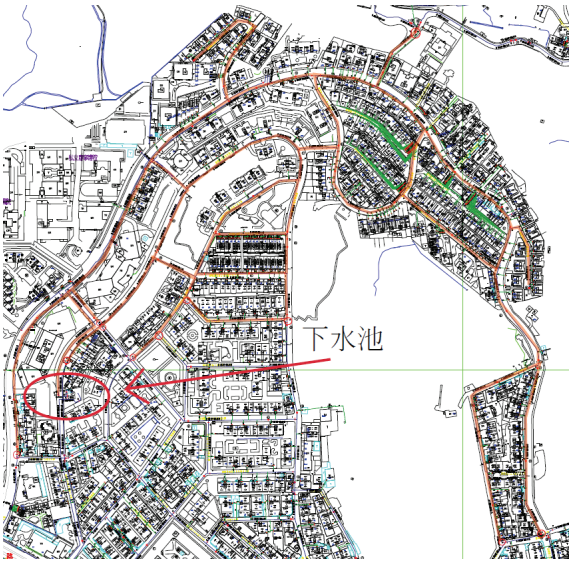


圖 8　東湖加壓站

(四)無下水池，無上水塔

由進水管串聯泵浦直接管中加壓，藉由揚水管供水至用戶端(圖 9)，通北、碧湖國小(圖 10)、大湖、內湖三期、五分埔加壓站即屬此類型。

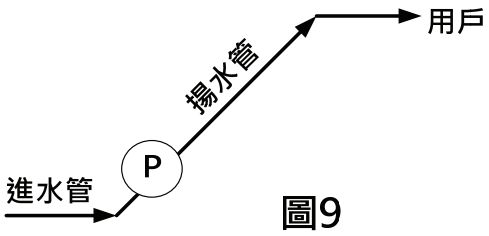


圖 9　加壓供水示意圖

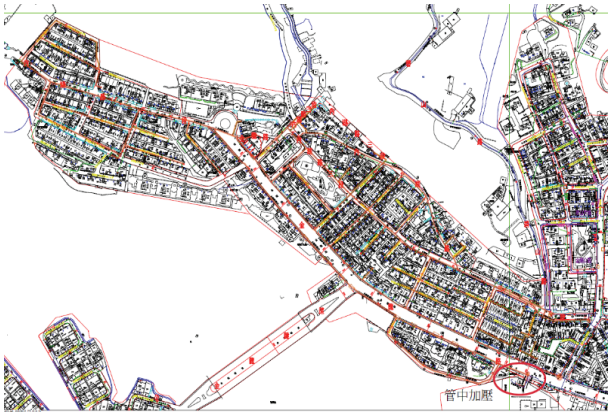


圖 10　碧湖國小加壓站

三、特殊類型加壓站

(一)內溝里加壓站

此站上水塔為民國 70 年既設之簡易供水系統，本處接管後於 81 年才興建下水池及加壓站運轉至今。末端部分用戶地勢高於上水塔，故無法以重力供應滿足，目前設定為上水塔到達最高水位後，再繼續加壓 30 分鐘，以利將高地區用戶水塔補滿 (如圖 11)。

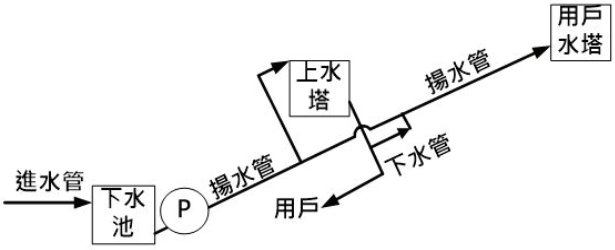


圖 11　內溝里加壓站

(二)內湖二場加壓站

此站上水塔為民國 59 年設置，綠大地以下原屬社區用戶內線，本處接管後汰換老舊管線運轉至今，當颱風停水後，揚水管需先滿足綠大地水塔後才能供應內湖二場上水池，故部分用戶復水較慢(如圖 12)。

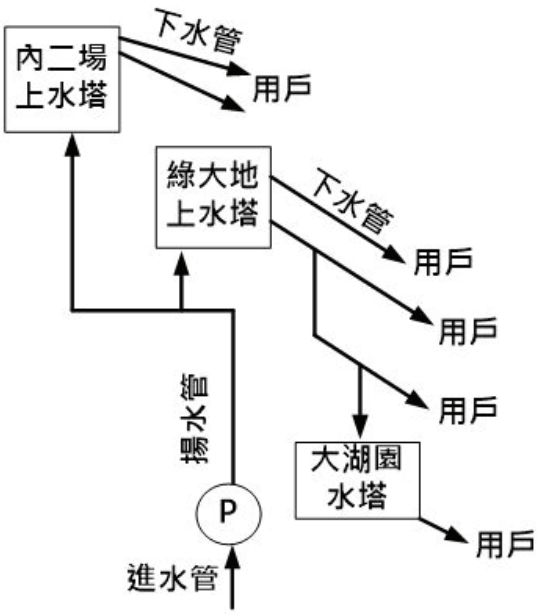


圖 12　內湖二場加壓站

(三)民生社區加壓站

本系統為早期美軍宿舍，為了與一般用戶區分故獨立配管並設置加壓站供水，此區大多為 4~5 樓老舊公寓，均靠加壓直接供水至各樓層水表，與平地水系統存在同一高程及巷弄內，但彼此獨立運作，於辦理管網改善工程或小區封閉計量時，可藉由試關水及量測水壓區分兩者(圖 13)。

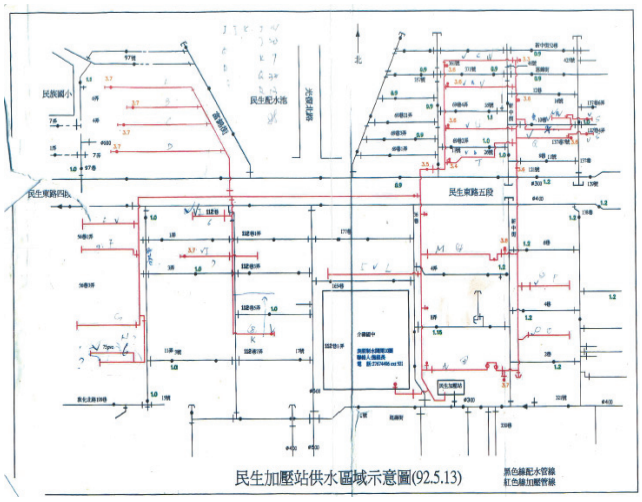


圖 13　民生社區加壓站

(四)福德加壓站

研究院路 3~4 段一帶原本無自來水管線，山區用戶均使用山泉水，民國 94 年由臺北市政府環保局福德坑掩埋場回饋金提撥經費，委由本處工程總隊興建加壓站、上水塔及埋設管線供應自來水，本站水源係經由文山區環保局總表後內線(含兩個水池)提供，此上水池位於研究院路 4 段底(富德公墓辦公室對面)，重力供應至研究院路 3~4 段一帶山區用戶，管線長約 4.5KM，當環保局內線設備損壞維修時，經常造成無法供水情況發生(圖 14)。

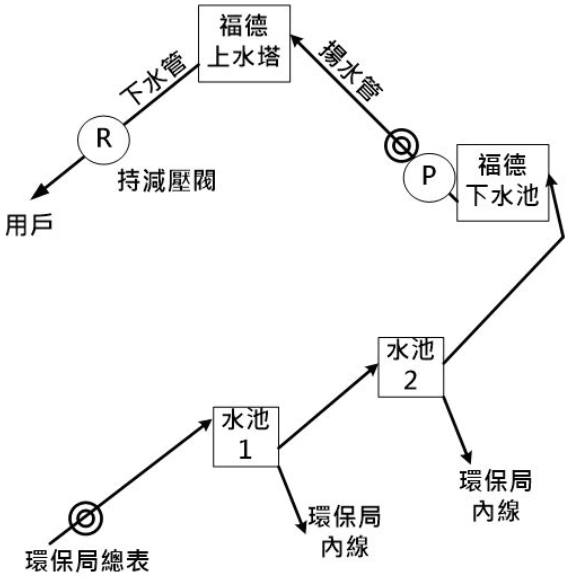


圖 14　福德加壓站

四、加壓站異常處理及管理作為

(一)揚水管發生漏水時

1.針對設有上水塔之系統，會發現水塔注滿時間與之前歷史資料比對明顯變長，但泵浦啟動頻率未增加。

2.揚水管漏水點位之確認，以內溝里加壓站為例，從下水池往山上沿線，將中繼制水

閥關閉，請監控中心強制加壓出水並量測中繼制水閥下游處之消防栓壓力，確認是否維持在出水壓力值，若有則開啟制水閥並繼續往山上重複前述試壓作業，直到發現消防栓壓力異常低時，即可縮小漏水區位範圍，再進行現場檢測漏作業或巡查即可事半功倍。

(二)下水管或水塔發生漏水

1.上水塔水位會打不滿或水位降低速度變快，且泵浦啟動頻率明顯增加，若漏水量放大時，持減壓閥為了持壓會關閉或減少出水，造成下游處用戶反映無水或水小。

2.下水管漏水點位之確認，以福德加壓站為例，當確認為下水管線漏水而未從路面漏出時，因全線長約 4.5 公里，光靠人員巡查檢測常耗費多時無功而返，此時可從最下游處之持減壓閥觀察出水端壓力表是否維持在設定值或持續出水多時未停，即可研判漏水區位此閥下游端，若無異常則繼續往上游重複前述方式，即可縮小漏水檢測範圍。

(三)持減壓閥有異常時，通常會造成下游管線壓力突增而爆管漏水或者阻塞不出水情形產生，此時除修復漏水處之管線外，必須進行重新設定減壓閥出水壓力或報請維修及保養。持減壓閥須定期巡檢，至少 1 年 1 次，藉由現場量測消防栓壓力值，可知設定值是否正常，持減壓閥設定值不佳可能導致用戶無水、管壓過高或水錘現象產生。

(四)過往案例曾發生台電公司於加壓站附近維修電力系統後，誤將三相位接反造成加壓泵浦會運轉但壓力不足，上水塔水位一直處於低水位。

(五)水錘現象造成用戶水表度數突增

以研究院路加壓站為例(圖 15)，南港區研究院路 3 段 161 巷臨 22 之 1 號斜對面農地用戶反映水表前止水栓關閉後，水表指針仍會轉動導致水費增加，經現場勘查發現係因下游持減壓閥作動使管內水流速變化產生波動現象，致上游用戶水表緩慢正轉，經閥類廠商多次調整持減壓閥雖有改善，但水表仍會轉動增加度數，經於水表前加裝「調節式逆止閥」並設定適當壓力後即未再發生。

一般逆止閥分 2 種：(一)閥瓣沒有彈簧，只靠閥瓣自身重量，故需裝設直立方向。(二)可以裝設水平或直立之彈簧，但不能調整鬆緊度。

圖 15　研究院路加壓站

所謂調節式逆止閥(圖 16)即是進階版，可調整逆止閥閥瓣的彈簧鬆緊度(公斤數)：因為當用戶沒用水時，逆止閥前後壓力差不大，容易因局部水流造成閥瓣持續微開微關，造成水表微轉動(度數增加)，故藉由調緊彈簧，讓閥瓣緊閉不會鬆開，水表就不會微轉動，但是不能調太緊(不能大於前端水

壓)，否則用戶開龍頭用水時，水沒法通過。當用戶開水時閥全開，而用戶關水時閥可全關不會閉合不全，「持壓閥」有異曲同工之妙。

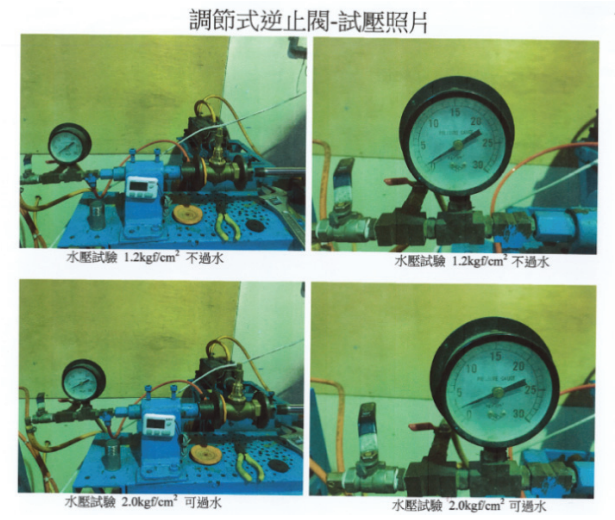


圖 16　調節式逆止閥試壓照片

(六)加壓站間互相支援

1.大湖及內湖二場加壓站、東湖及大湖公園加壓站、碧湖國小及碧山里加壓站、內湖四期加壓站(松山加壓站支援)，於颱風停復水作業時，均可藉由邊界制水閥之啟閉調整達到互相支援及加速復水速度。

2.東湖地區及東湖加壓站屬供水管網末端及高地社區復水有延遲現象，為因應颱風或緊急狀況停水時，可加速完成復水正常，避免供水不穩定情形發生，於東湖加壓站新增進水管，並切割部分區域改由大湖公園加壓站系統供水。於汛期來臨之前，派員確認進出水切換開關及消防栓排水操作是否正常，經由鄰近加壓站之間靈活供水調配，彈性調整加壓站範圍，有利於颱風過後加速復水作業。

(七)北水處設有監控中心 24 小時監控加壓站進水壓力、出水壓力、水池水位及流量等，如數值發生異常則通知加壓站及營業分處人員緊急處理。北水處已開發水網監測平台 APP，透過手機供水監測系統即可掌握加壓站及時資訊，有利現場人員迅速應變處理。

(八)封閉型加壓站屬獨立供水區，邊界開關處於封閉狀態，為避免遭任意開啟，制水閥箱內掛有警示牌避免誤開。加壓站進出水管為重要制水閥，除於閥栓操作 APP 回報外，並須以電話回報監控中心以加強管制。加壓站邊界閥類皆為重要控制閥，定期派員巡檢確保維持功能正常。

(九)加壓站內管線壓力偏高，偏遠及高地區須仰賴加壓站維持正常供水，加壓站管線健全重要性高於一般平地管線。部分加壓站進出水管線管齡已偏高，長期處於高出水壓力亦容易提高管線破損的機率。北水處針對各加壓站進出水管進行健檢，依管線安全狀況、管身條件，並考量修漏次數，供水壓力、管齡、搶修難易、替代性及影響戶數等因素，進行輸配水管風險評估，排定汰換順序優先進場汰換更新。

(十)封閉型加壓站是天然計量小區，加壓站出水管皆設有計量表(總表)，可得知日均進水量，搭配 WEBGIS 求得加壓站內用戶日均用水量，即可計算加壓站之售水率，推測相當準確之每日漏水量，進行加壓站之漏水管理改善。

五、結語

封閉型加壓系統來源，除本處規劃設計施工後運轉以外，有些為本處代管或接管社區舊有之簡易加壓系統，之後由再針對管線機電設備部分加以改善，所以會形成目前各種不同特性加壓站及其衍生之問題，如何有效管理及穩定供水為工程人員職責。

封閉型加壓站涉及更多設備，管理面向更多元，包含水池水塔、揚水管、下水管、機電設備、持減壓閥及水錘現像等。加壓站供水區域因有高程差，漏水檢測更困難，常須搭配不同手法檢測漏水或無水，一旦加壓站出現異常，可能造成大範圍用戶無水，實務處理壓力大，需要更有經驗的工程人員協助處理，不同類型加壓站其處理方式不盡相同，須根據加壓站的特性作處理。

本文將北水處東區營業分處轄區內 21 處小型封閉型加壓站作詳細全面性整理說明，並對異常情形態樣及解決方案分類歸納及說明，提出相關管理因應作為。北水處近年招進大量新進人員，正值世代交替之際，封閉型加壓站管理較平地管網系統複雜，期望能將多年的執行經驗與自來水從業人員分享，得以一窺全貌，有利經驗傳承。

參考文獻

1.臺北自來水事業處，陳明州、李育樟等，2009年，運用水壓管理降低自來水管線漏水，漏水防制與管理研討會。

2.臺北自來水事業處，陳明州、李育樟等，2009年，供水加壓站節能之具體作為，水利期刊第19期。

3.游叡研，「善用平常用水量加速取得小區售水率」，自來水協會自來水會刊第33卷第2期，2014

4.臺北自來水事業處，108年供水管網改善小組會議東區分處供水管網改善情形報告

作者簡介

賴奕誠先生

現職：臺北自來水事業處北區營業分處三級工程師

專長：管網改善工程設計與監造、高地供水

游叡研先生

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

配水管線風險分析方法介紹及運用潛勢

文/歐中行、曾盛一、盧烽銘

一、前言

台灣自來水股份有限公司(以下簡稱台水公司)鑒於管線破漏頻率偏高，為能確實瞭解高風險管線位址，於民國 107 年委託國立交通大學，依據「修漏管理系統」數據資料(2015 年至 2017 年)分析，配水管線失效(破漏)因子包含：環境因子、管材、管徑、漏水次數等，並藉由蒐集、分析國內及國外「自來水配水管線破漏」及「管線汰換診斷分析模式」相關研究，研析各區處配水管網破管機率，並律定出高潛能區域；提供台水公司作為加強巡檢、管線汰換之參考依據，以降低配水管線失效頻率及漏水量，節約水資源。該研究之管線失效因子選定原則，對於台水公司自行開發之 WADA 系統及管線風險系統分析亦有相當之運用價值。

二、分析方法介紹

隨著自來水管網設備的狀況因諸多因素逐漸老化或劣化而產生洩漏問題，台水公司除了需滿足法規規定之相關供水條件，同時降低因洩漏所產生的商業損失，須進行管線的更換或維修。許多研究開發各種模式模擬或預測管線的破漏及使用壽命，再藉由模擬推論結果決定管線更換的優先順序，或是用來縮小可能漏水的範圍，再由更精確的主動漏水控制手段來加以確認。

研究者模擬水管失效風險進行判斷已有 30 幾年的歷史，而評估管線的模擬技術略分為三大項：敘述分析(descriptive analysis)、物理/機械方法(physical/mechanical method)、預測模型(predictive modeling)，而預測分析中又可分為傳統的統計分析(statistical analysis)以及近年來發展迅速的機器學習(machine learning)，以下針對「人工類神經網路」及「失誤樹」2 種分析方法作介紹。

(一)人工類神經網路

人工神經網路又稱為類神經網路，為仿造生物腦中神經元之架構以及訊號傳遞方式所發展出的數學模型，圖 1 為單個神經元感知示意圖，輸入訊號透過權重分別計算加總之後，經過傳遞函數處理，最後得到一個輸出結果。

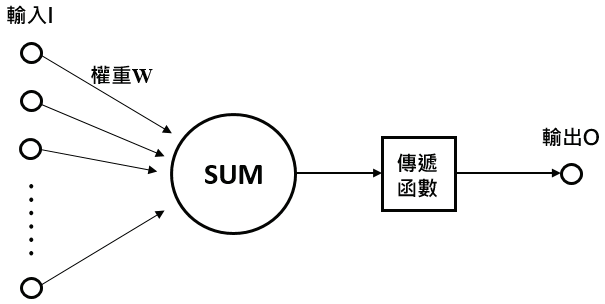


圖 1　人工神經元示意

人工神經網路已廣泛應用於各個領域如金融預測、語音辨識、氣象等，各領域之應用皆有相當良好的預測結果，而人工神經網路從參數之選擇及輸入至輸出參數，皆會根據所選擇的不同而有極大的差異值，源頭輸入參數若過多，會造成過度訓練(over training)，使得結果精度下降；神經元之權重

選擇方面也是一大影響因素，可嘗試以基因演算法取得更佳之比例分配。至於最佳化之演算法，有別於一般倒傳遞網路(backpropagation,BP)所採用之梯度下降法(gradient desent)，如以擬似牛頓法(quasi-Newton method)取代傳統演算法，得以更少量的數據獲得同樣或更高的結果精度；於最後的輸出方面，一般採用的是管線失效率(failure rate)或管線失效數(failure number)，若以大數據集分析管線失效，管線失效數較管線失效率更能獲得較佳之結果。

(二)失誤樹分析方法

美國貝爾電報公司於 1962 年開發，以邏輯的方法，進行失效的分析，特點是直觀、明瞭、思路清晰、邏輯性強，可以定性分析，也可以定量分析；通過定性分析，確定各基本事件對事故影響的大小，從而確定對各基本事件進行安全控制所應採取措施的優先順序，為制定科學、合理的安全控制措施提供基本的依據；通過定量分析，依據各基本事件發生的概率，計算出頂上事件發生的概率，為實現系統的最佳安全控制目標提供一個具體量的概念，有助各項指標的量化處理等優點，針對已經發生的事件，也可以是預想的事件。通過分析找出原因，採取相應的對策加以控制，從而預防事件發生。

三、管線風險分析結果

(一)人工類神經網路

本研究之類神經網路模型以台水公司第三區管理處竹南服務所為研究對象，將資料隨機分為訓練資料(85%)及驗證資料(15%)，將訓練好之最佳輸入參數組合之模型，利用剩餘之 15%資料進行評估，即進行模型的準確性評估，觀察模型之預測結果並與實際結果進行比較，以 R-square(R2)值及 MAPE 值評估模型的可靠程度，竹南地區之類神經網路模型預測結果如圖 2 所示。

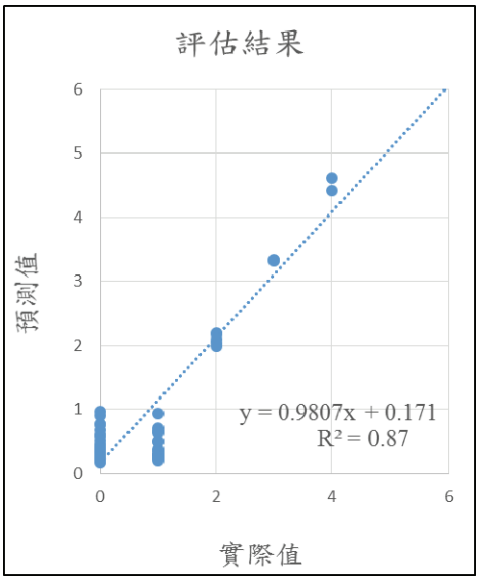


圖 2　模型準確性之評估

本分析將原有之漏水資料以年區分，並以訓練完成後之模型進行預測，最後與實際值進行比較，竹南區之歷年總破漏次數預測結果如圖 3 所示。

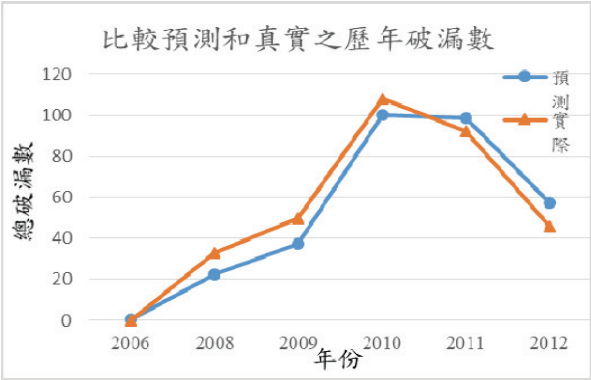


圖 3　比較預測和真實之歷年破漏數

本分析最後之目的為以類神經網路模

型預測現有配水管網的洩漏風險，因此將現有之管線資料輸入訓練好之類神經模型，可得到相對應之輸出值，再將其匯入 ArcGIS 以地圖的方式呈現，而輸入之管線資料也同樣取自台水公司之「自來水公司管線圖資系統」。

於預測方面，以訓練好之類神經網路模型進行現有管線的預測，結果如圖 4 所示，綠色部分為低風險之管線，先前無發生破漏且發生風險低之管線；橘黃色則為中度風險，且先前已發生過幾次破漏之管線；紅色則為高度風險，需隨時留意管線狀況。

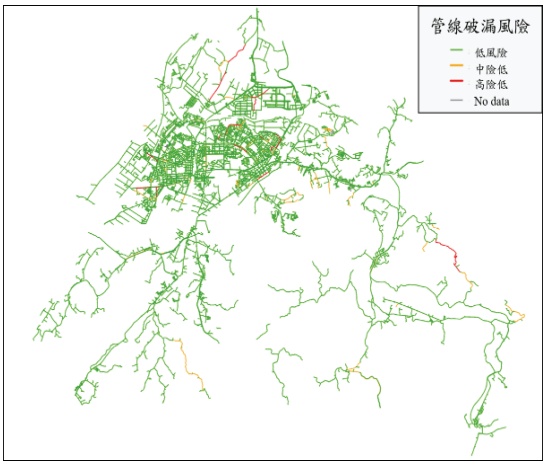


圖 4　預測管線破漏風險

(二)失誤樹分析方法

透過分析台水公司「修漏管理系統」欄位，可以區分 4 大類(如圖 5)：1.三個篩選之區分類別：類別 1 為日期(年、月)、類別 2 為管線設備屬性(用戶外線及設備、送配水管線及設備)、類別 3(漏水案件)。2.失效(漏水)相關因子：報修位置(環境因子)、破管前水壓、管材、管徑、管齡、管線埋深等 6 項因子。3.探討因子：總漏水量、漏水原因及破管後水壓。4.參考因子：其餘 39 項為參考因子。

類別1	類別2	類別3	失效相關因子	探討因子	參考因子		
年	管線設備屬性 (用戶外線及設備) (送配水管線及設備)	案件屬性1 (漏水)	報修位置 (環境因子)	總漏水量	案件編號	漏水情形	處理工時
月			破管前水壓	漏水原因	案件來源	修理狀況	路修單位
			案件屬性4 (管材)	破管後水壓	案件狀態	緯度	挖填登陸時間
			管徑		案件屬性2	經度	挖填修改時間
			管線埋深		受理時間	報修內容	支距基準
			埋設年份		派工時間	漏水面積	支距基準
					開工時間	路修單位	委外費用
					修復時間	案件屬性3	材料費
					路面正式修復時間	閥盒位置	路修費
					派工人員	附屬設備ID	員工薪資
					案件緊急性	附設設備盒蓋ID	其他
					日夜間	漏水位置	合計
					漏水流量	挖方	備註

圖 5　台水公司「修漏管理系統」欄位分析

再依「修漏管理系統」之類別 2「管線設備屬性」篩選「配水管線及設備」數據，建立失誤樹架構，各因子選擇理由分別說明下：

(1)「水壓因子」：資料庫裡無法顯示實際破管時水壓大小，模式不考慮此因素。

(2)「埋設因子」：依「交通部公路總局受理挖掘公路作業程序手冊」規定，管線埋設深度，須符合其管頂至路面之距離不得少於 1.2 公尺，所以埋設深度之間差異並不大，亦不納入考慮。

(3)「管材因子」：為重要項目，先了解各區處使用之最主要(或大宗)「管材」，再建構該管材之「失誤樹」失效數值。

針對「環境因子」及「管徑」等 2 項因子之關聯性探討，並先針對各個區處檢討各類「管材」之比例，再依據失誤樹架構(如圖 6)，分析失效值，判別風險。

「配水管線及設備」失效(漏水)模式：

失效(漏水)率=*E2***D2*

E2：環境因子失效率

D2：管徑失效率

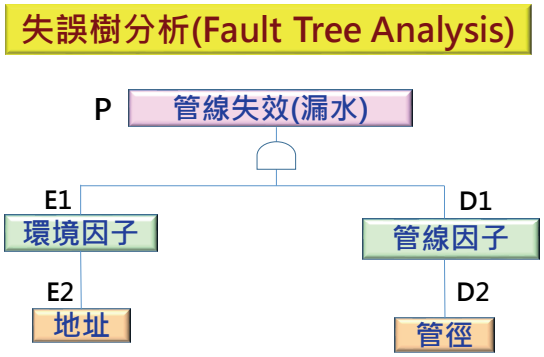


圖 6 「配水管線及設備」失誤樹架構

1.管材檢討

以「修漏管理系統」3 年(2015~2017)資料數據分析(如表 1)，PVCP 之失效比例為 94.5%、總長度 2432347.4 公尺、失效密度 0.1828(次/每 100 公尺)，因此直接針對 PVCP 管材建構失效數值，各口徑管線長度對應之失效密度及失效率如表 2。

2.PVCP 之各項失效因子之失效率

依據「修漏管理系統」3 年(2015~2017)資料數據分析，針對「環境因子」檢討不同級距，區分方式，計算結果如表 3(因數據非常多，僅列出部分數據)。

(1)失效比例在前 25%：列為「風險高區域」、失效率為 1.5。

(2)失效比例在前 25%~50%(含)：列為「風險次高區域」、失效率為 1.25。

(3)失效比例在前 50%~75%(含)：列為「風險中區域」、失效率為 1.0。

(4)失效比例在前 75%~100%(含)：列為「風險低區域」、失效率為 0.75。

表 1 第三區處「配水管線及設備」管材失效密度分析

管材	失效次數	失效比例	總長度(公尺)	失效密度(失效次數/100公尺)
CIP	16	0.0034	247701	0.0065
DIP	174	0.0370	2522160	0.0069
FRP	3	0.0006	2654	0.1130
GIP	1	0.0002	3185	0.0314
HIWP	2	0.0004	30867.4	0.0065
PCCP	3	0.0006	12137	0.0247
PSCP	6	0.0013	50793	0.0118
PVCP	4446	0.9450	2432347.4	0.1828
PVC-PEP	5	0.0011	3821	0.1309
SP	49	0.0104	50299.5	0.0974

表 2 第三區處「配水管線及設備」管徑失效率

管徑(毫米)	次數	總長度(公尺)	失效密度(失效次數/公尺)	失效率
50	268	154,284.00	0.0017	0.0954
63	0	15,751.00	-	-
65	166	59,490.00	0.0028	0.1532
75	0	7,899.00	-	-
80	540	277,555.00	0.0019	0.1068
100	1535	1,117,401.00	0.0014	0.0754
125	47	17,382.00	0.0027	0.1485
150	649	338,804.40	0.0019	0.1052
200	470	301,014.00	0.0016	0.0857
250	42	21,201.00	0.0020	0.1088
300	38	19,252.00	0.0020	0.1084
350	0	3,614.00	-	-
400	3	12,978.00	0.0002	0.0127
合計		2,346,625.40	0.0182	

表 3　第三區處「配水管線及設備」環境因子失效率

環境因子	次數	比例	風險等級	失效率
新竹市延平路	37	0.03	風險高區域	1.50
新竹市中華路	35	0.05	風險高區域	1.50
新竹市東大路	25	0.07	風險高區域	1.50
新竹市經國路	21	0.08	風險高區域	1.50
苗栗縣苗栗市中正路	21	0.10	風險高區域	1.50
新竹市香山區中華路	14	0.11	風險高區域	1.50
新竹市中山路	13	0.12	風險高區域	1.50
新竹市南大路	12	0.13	風險高區域	1.50
新竹市明湖路	12	0.13	風險高區域	1.50
新竹市光復路	12	0.14	風險高區域	1.50
新竹市北大路	10	0.15	風險高區域	1.50
新竹市武陵路	10	0.16	風險高區域	1.50
苗栗縣苗栗市復興路	10	0.16	風險高區域	1.50
新竹市高峰路	10	0.17	風險高區域	1.50
苗栗縣苗栗市中山路	9	0.18	風險高區域	1.50
新竹市民生路	8	0.18	風險高區域	1.50
新竹縣芎林鄉文山路	8	0.19	風險高區域	1.50
新竹市公園路	8	0.19	風險高區域	1.50
苗栗縣苗栗市為公路	8	0.20	風險高區域	1.50
苗栗縣苗栗市國華路	7	0.20	風險高區域	1.50
苗栗縣三義鄉廣盛村八股路	7	0.21	風險高區域	1.50
苗栗縣苗栗市文發路	7	0.21	風險高區域	1.50
新竹市寶山路	7	0.22	風險高區域	1.50
新竹市東南街	7	0.22	風險高區域	1.50
新竹市東區高峰路	6	0.23	風險高區域	1.50
新竹市北區經國路	6	0.23	風險高區域	1.50
苗栗縣苗栗市中華路	6	0.24	風險高區域	1.50
新竹市中央路	6	0.24	風險高區域	1.50
新竹市民族路	6	0.24	風險高區域	1.50
新竹縣竹北市中華路	6	0.25	風險高區域	1.50
新竹市北區西大路	6	0.25	風險高區域	1.50
新竹縣竹東鎮員山路	6	0.26	風險高區域	1.50
新竹市中正路	6	0.26	風險高區域	1.50
新竹市北區武陵路	5	0.26	風險次高區域	1.25
新竹市北區延平路	5	0.27	風險次高區域	1.25
新竹市食品路	5	0.27	風險次高區域	1.25
苗栗縣銅鑼鄉銅鑼村新興路	5	0.28	風險次高區域	1.25
新竹市北區東大路	5	0.28	風險次高區域	1.25
新竹縣五峰鄉南清公路	5	0.28	風險次高區域	1.25

3.建立 PVCP 失效之風險判別基準

依據「失誤樹」公式及各個因子失效率，計算 PVCP 之總失效率(如表 4)，再律定風險判別基準(如表 5)。

(1)總失效率之比例在前 25%：列為「風險高區域」。

(2)總失效率之比例在前 25%~50%(含)：列為「風險次高區域」。

(3)總失效率之比例在前 50%~75%(含)：列為「風險中區域」。

(4)總失效率之比例在前 75%~100%(含)：列為「風險低區域」。

4.驗證 PVCP 失效模式

計算方式：由「修漏管理系統」取得第三區處管材為「PVCP」之一筆「地址」及「管徑」資料，即可計算出「總失效風險」，再對應「風險區間及等級表」，即可判別「風險等級」。

・實例：

(1)地址為「新竹市延平路 262 號」對應表 3，「環境因子」失效率為 1.5。

(2)管徑為 150mm，對應表 2，「管徑因子」失效率為 0.1052。

(3)上述兩者相乘「總失效風險」為 0.1578，對應表 5，為「失效高風險」，建議加強巡檢。

以 107 年(1 月至 9 月)「修漏管理系統」資料數據計算(如表 6)，所得之數值位於「失效高風險」區間佔 68%，如果先以基本資料輸入，針對「失效高風險」區域加強巡檢或更換管線，即可降低管線失效(漏水)發生。

表 4　第三區處「配水管線及設備」104~106 年總失效率

總失效風險	次數	比例
0.2298	8	0.01
0.1915	12	0.02
0.1856	1	0.02
0.1631	5	0.03
0.1626	5	0.03
0.1602	39	0.07
0.1578	64	0.14
0.1532	13	0.15
0.1485	1	0.15
0.1431	13	0.16
0.1360	2	0.17
0.1355	2	0.17
0.1335	50	0.22
0.1315	70	0.29
0.1286	44	0.33
0.1192	25	0.36
0.1131	76	0.44
0.1088	4	0.44
0.1084	7	0.45
0.1072	46	0.49
0.1068	61	0.56
0.1052	73	0.63
0.0954	36	0.67
0.0943	142	0.81
0.0857	43	0.85
0.0754	144	1.00
0.0127	1	1.00

表 5　第三區處「配水管線及設備」104~106 年風險區間及等級

風險區間	風險等級
0.1325~0.2298	失效高風險
0.1072~0.1325	失效次高風險
0.0949~0.1072	失效中風險
0~0.0949	失效低風險

表 6　第三區處「配水管線及設備」107 年(1 月至 9 月)總失效率區間

區域類別	所佔比例
失效高風險區域	68%
失效次高風險區域	6%
失效中風險區域	17%
失效低風險區域	9%

四、結論與建議

(一)本研究依台水公司「修漏管理系統」15 年大數據資料庫(2003 年至 2017 年)，失效次數作為基準，執行各個區處破漏高潛勢區域圖，建立各個區處配水管網破漏高潛勢區域，提供各區處加強巡檢或汰換管線之參考依據。

(二)本研究使用「失誤樹」失效模型，依台水公司「修漏管理系統」三年資料庫(2015 年至 2017 年)，建立各個區處失效模式，並以 2018 年(1 月至 9 日)資料驗證，確認可有效預測及降低配水管線失效率。

(三)本研究建立「類神經網路」失效模型，預測竹南區域現有配水管網的洩漏風險，依現有之管線資料輸入進訓練好之類神經模型，可得到相對應之輸出值，再將其匯入 ArcGIS 以地圖的方式呈現，而輸入之管線資料也同樣取自台水公司之「管線圖資系統」。於預測方面，以訓練好之類神經網路模型進行現有管線的預測，綠色部分為低風險之管線，先前無發生破漏且發生風險低之管線；橘黃色則為中度風險，且先前已發生過幾次破漏之管線；紅色則為高度風險，需多加留意管線狀況。

(四)本研究以類神經網路失效模式針對竹南區域執行分析，建議考量另案以其他區域作為分析，可提供更為精準之模式。

(五)台水公司自行開發之 WADA 及管線風險分析系統，已參考本研究選定之管線失效因子，搭配演算方法辦理風險分析，並有初步成果，未來預計再廣泛蒐集如土壤、交通流量等環境因子資料納入分析，讓風險分析更加精進。

參考文獻

1.台灣自來水股份有限公司「自來水配水管線破漏與管線汰換診斷分析」委託研究計劃，2019 年。

2.管網漏水現象之分析、預測與管理之研究」，國立臺灣大學工學院環境工程學研究所博士論文，2009年。

3.何昆霖，「應用異質性資料及開放資料架構於自來水管線漏水潛勢推估」，國立臺灣大學理學院地理資源環境學系碩士論文，2017年。

作者簡介

歐中行先生

現職：台灣自來水公司漏水防治處工程師

專長：管線維護

曾盛一先生

現職：台灣自來水公司漏水防治處副處長

專長：管線維護、降低漏水

盧烽銘先生

現職：台灣自來水公司漏水防治處處長

專長：管線維護、降低漏水

耐震防脫接頭球狀石墨延性鑄鐵管(DIP)應用探討

文/王詠民、吳幸璋

一、前言

有鑑於台灣位處環太平地震帶，地震活動頻繁，北水處近年試辦 NS 型耐震防脫接頭球狀石墨延性鑄鐵管(以下簡稱 DIP)已驗證該管種具有良好的施工性及防脫耐震性。2018 年日本北海道大地震、2011 年東日本大地震與 1995 年阪神大地震幾次重大震災的災區中，一般自來水管線遭受嚴重損害，尤其在土壤液化、軟弱地盤、道路填土崩壞等地盤差異沉陷大的區域，管線損壞發生率高，但耐震防脫接頭球狀石墨延性鑄鐵管(DIP)等耐震管，在這幾次重大災害中，官方報告損壞率為零，即便是地層差異變形較大的軟弱地盤，甚至在土壤液化區域，K 型接頭 DIP、鋼管及 PVC 管受損率嚴重的區域中，NS 型 DIP 等耐震管損壞率也是幾乎為零。耐震管的耐震性能在日本近年大地震的災害中充分發揮出來，已證明可以有效降低災害損失(圖 1 及表 1)。

二、各主要管種耐震性能比較

在日本近年北海道大地震及東日本大地震等大災害中，震度 5 級以上災區 PVC 管受損率約 0.8 件/Km ；CIP(Cast Iron Pipe)受損

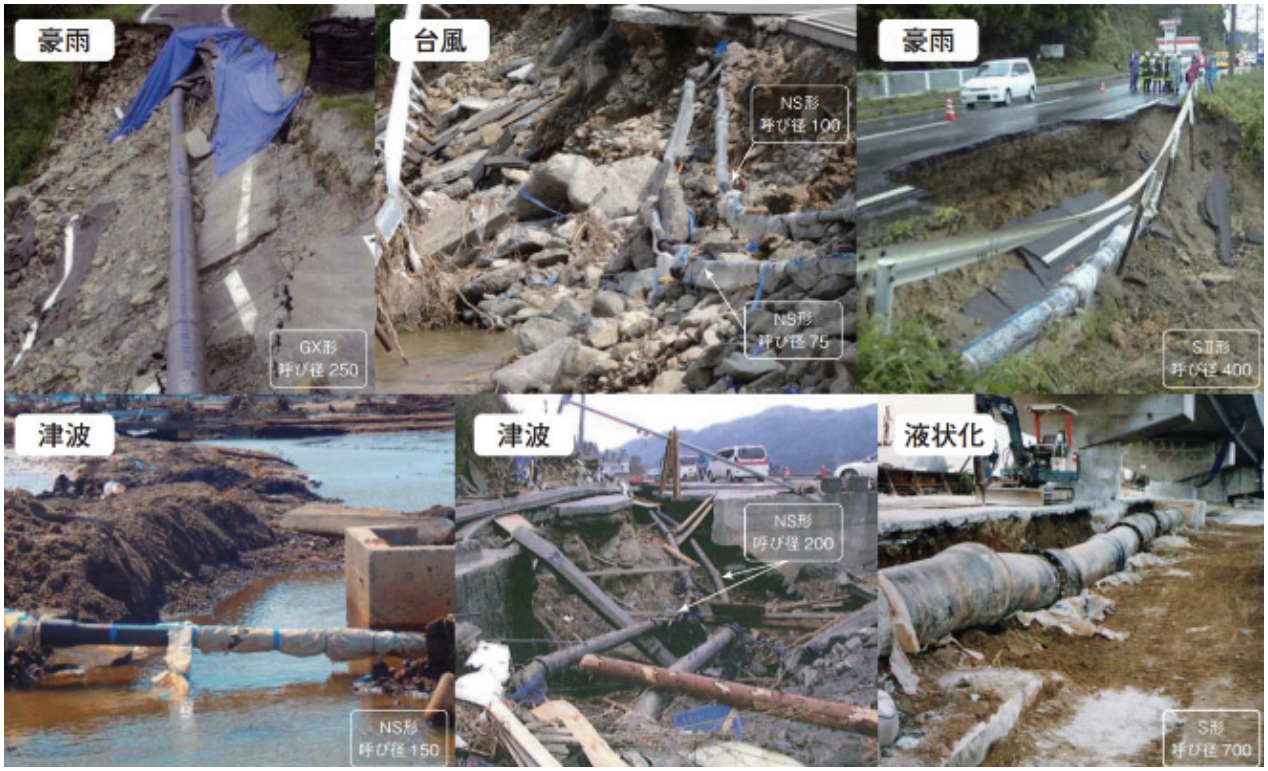


圖 1　日本水道產業新聞社報導耐震防脫接 DIP 在各種災害下仍未受損效果顯著

表 1　日本近年地震自來水設施損壞狀況及耐震接頭 DIP 耐震實績

地震名稱	發生日期	最大震度	地震規模(M)	停水戶數	最長停水日數	受災地點	耐震接頭DIP布設長度	耐震接頭DIP損害件數(件/Km)	耐震接頭DIP布設區域
阪神大地震	1995.1.17	7	7.2	約1,300,000戶	約90日	神戶市、西宮市、芦屋市	約270Km	0	液化潛勢區、填土區、新生地、軟弱地層等
烏取縣西部地震	2000.10.6	6強	7.3	約8,300戶	約11日	米子市、境港市	約11.8Km	0	
芸予地震	2001.3.24	6強	6.7	約48,500戶	約2日	廣島市	約504Km	0	
十勝沖地震	2003.9.26	6弱	8.0	約16,000戶	約8日	釧路市等	約30Km	0	
新潟縣中越地震	2004.10.23	7	6.8	約130,000戶	約30日	長岡市、十日町市、柏崎市	約20Km	0	
能登半島地震	2007.3.25	6強	6.9	約13,000戶	約13日	輪島市、志賀町、穴水町、七尾市	約40Km	0	包含液化潛勢區、填土區、新生地、軟弱地層等不良地盤及優良地盤各區域
東日本大震災	2011.3.11	7	9.0	約1,870,000戶	超過90日	岩手、宮城、福島等16都縣,仙台等187市町村	>1,000Km	0	

（資料來源:日本鑄鐵管協會網頁等，本文彙整）

率約 0.45 件/Km；K 型 DIP 受損率約 0.2 處/Km；電焊套接頭 HDPE(High Density Polyethylene)管受損率為零；NS 型及 GX 型等耐震接頭 DIP 受損率為零。另在土壤液化等軟弱地盤區域，早期埋設的 CIP 管受損率高達約 3.5 件/Km;PVC 管受損率約 1.5 件/Km;A 型 DIP 受損率約 1.4 件/Km；K 型 DIP 受損率約 0.45 件/Km，K 型 DIP 常見損壞形態為接頭鬆脫(圖 2)；電焊套接頭 HDPE 管及 NS 型等耐震接頭 DIP 受損率則仍幾乎為零。電焊套接頭 HDPE 管在近年日本震災中耐震性能表現優異，但因電焊套接頭 HDPE 管在臺

(K 型)

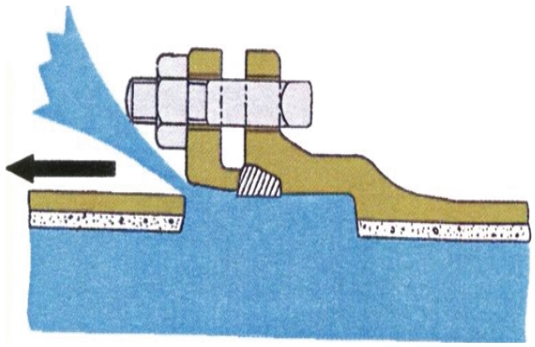


圖 2　DIP 柔性接頭(K 型)常見震災損壞型態

（資料來源：日本東京都水道局網頁）

灣及日本自來水輸配水管使用比例較低，仍非主要使用管種，暫不進行進一步比較探討。

目前國內自來水新設輸配水管以 K 型等柔性接頭 DIP 為最主要管種，耐震性能良好的 NS 及 GX 型等耐震接頭 DIP 則為目前日本自來水新設輸配水管主要管種，GX 型為 NS 型的改良型，施工性更佳，接頭施工接合可更省力，開挖斷面可較小，惟 GX 型目前仍在專利期中，NS 型目前則已過開發廠商專利保護期。NS 型等耐震接頭 DIP 在日本應用得到優異的耐震實績。1995 年前，日本自來水輸配水管僅在軟弱地盤等差異沉陷潛勢大的區域採用耐震接頭 DIP，以克服管線可能的差異沉陷變形。在耐震接頭 DIP 於阪神大地震展現零損壞率的優異性能後，東京等主要都會區自來水事業即就新設 DIP 直管全面改採用耐震接頭型式。今年日本耐震接頭型式 DIP 直管約佔日本整體新設 DIP 直管約 95%，且使用比例仍逐年持續增加，東京都等主要都會區新設 DIP 直管為近 100%採用耐震接頭型式。

三、DIP接頭分類

DIP 接頭構造可區分為 3 大類：柔性接頭、剛性接頭及耐震接頭(或稱鎖構造接頭或防脫接頭)。目前 CNS 中柔性接頭種類包含：A 型、K 型(Kairyou，日文改良的意思)、T 型(Tyton；T type，美規 DIP 接頭種類名稱)、U 型(Uchigawa，日文內側的意思）及 PI 型(Pipe-in-pip）等；耐震接頭種類包含：S 型(Seismic，地震縮寫)、NS 型、GX 型、SⅡ型、US 型及 PⅡ型等；剛性接頭種類包含：KF 型(K＋Fix)、UF 型(U＋Fix)及凸緣(法蘭接頭)等。柔性接頭 A 型因容許變位較 K 型小，震災中受損率較高。目前中小型管徑 DIP 直管接頭，國內目前一般仍採用柔性接頭 K 型，A 型接頭已不再使用。

臺灣國家標準 CNS、日規 JIS、JWWA、JDPA，美規 ANSI、AWWA 及國際標準 ISO(表 2)等均有耐震接頭 (或稱防脫接頭、鎖構造接頭)DIP 相關規格及規範，國內規範 CNS 與日本規範 JIS、JWWA 及 JDPA 屬同一規範系統，日本 JDPA 規範中 DIP 耐震接頭型式中施工較簡易的型式為 NS(New Seismic)型及 GX 型接頭，NS 型及 GX 型 DIP 為日本目前新設中小型口徑輸配水管主要採用型式。

鑄鐵管從年代上分類(圖 3)，始於十七世紀法國至 1940 年代前，使用的普通鑄鐵管歸類為第一世代。1930~1971 年間接頭採用灌鉛的高級鑄鐵管則屬第二世代，現場接頭施工需由熟練的技工始能勝任。1954 年陸續開始的 A 型、K 型及 U 型等機械接頭(球狀石墨)延性鑄鐵管屬第三世代，K 型等機械接頭的基本概念是用金屬壓圈緊壓橡膠圈，壓圈緊迫的壓力會使橡膠圈將接頭縫隙全部密封止水，K 型 DIP 是臺灣目前最普及也最為人所熟悉的輸配水管種類之一，第三代機械接頭施工性較第二世代灌鉛的高級鑄鐵管大幅提升，且因鑄造技術的進步，管材的韌性及強度也大幅提升。1978 年開始發展的耐震接頭型 DIP，被歸類為第四世代高機能 DIP，是日本目前最常用的自來水輸配水管

種。第四世代高機能 DIP 接頭除保有第三世代柔性接頭優良的接頭容許變形能力外，可藉由接頭卡榫鎖構造機制，使接頭達容許變形上限後，提供一極大的防脫力(3D kN，D 為管徑，單位為 mm)，單一接頭達最大撓曲角度及位移伸縮量後，能將撓曲角度及位移伸縮量轉移由鄰近接頭共同產生，使管線在地層極大變形狀況下，仍能配合提供一接近鍊鎖狀況的變形能力，以保持管線不漏水的良好機能(圖 4~6)。

表 2　ISO 16134 及日規耐震接頭 DIP 分類及特性　（資料來源:ISO 16134 等，本文彙整）

性質種類	分類	構件性能	日規NS型DIP等耐震類型特性**
接頭伸縮性	S-1 S-2 S-3	≧±1%管長 ≧±0.5%, <±1%管長 <±0.5%管長	±1%管長
防脫力	A B C D	≧3D kN* ≧1.5D kN, <3D kN ≧0.75D kN, <1.5D kN <0.75 kN	3D kN
地震地盤下陷時,接頭最大撓曲角度	M-1 M-2 M-3	≧±15° ≧±7.5°, <±15° <±7.5°	8°(§75~§250mm) 6°(§300~§450mm) 7°(§500~§1,000mm) 7°~3°40’ (§1,100~§2,600mm)***

註*: D 為管徑，單位為 mm。
註**: 包含日規 NS 型、GX 型、S 型、SⅡ型及 US 型等型式 DIP，不含日規 PⅡ型等管中管類型。
註***: 地震地盤下陷時，接頭最大撓曲角度依管徑大小不同。另接頭配管施工時容許撓曲角度約為接頭最大撓曲角度 21~50%，依管徑及接頭類型不同。

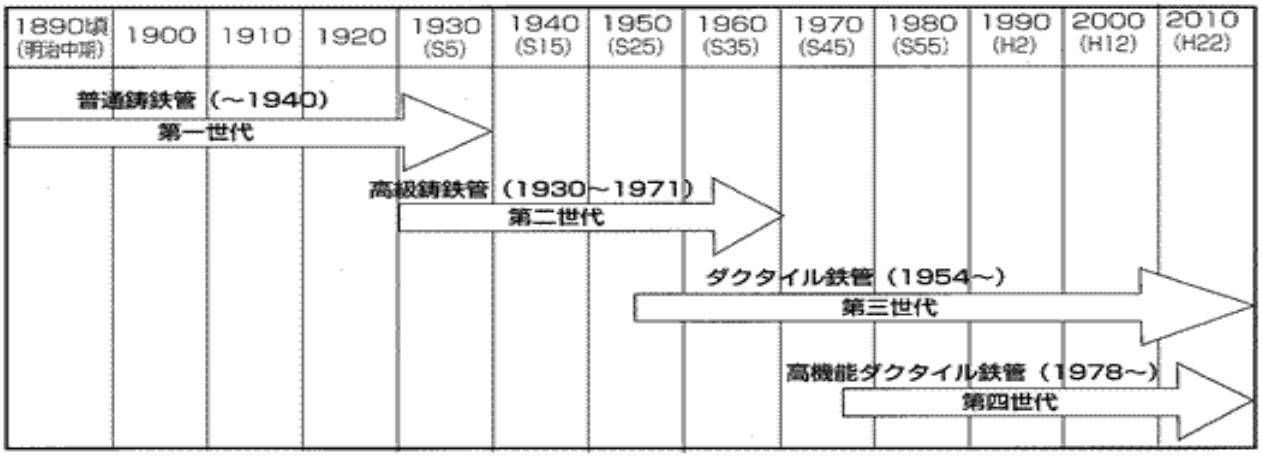


圖 3　DIP 發展使用歷程　（資料來源:日本鑄鐵管協會網頁）

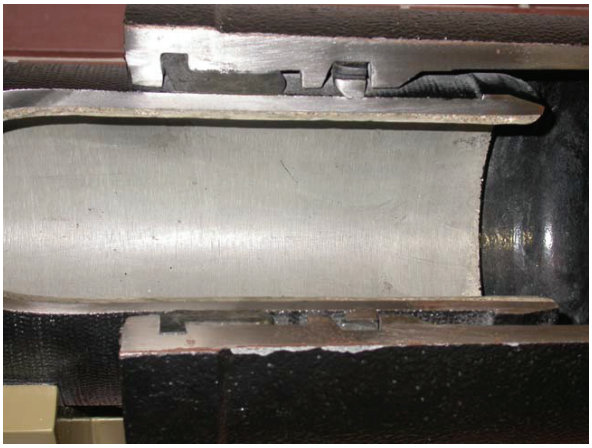


圖 4　NS 型 DIP 直管 φ75~450mm 耐震接頭剖面模型(拍攝於東京都水道歷史館)

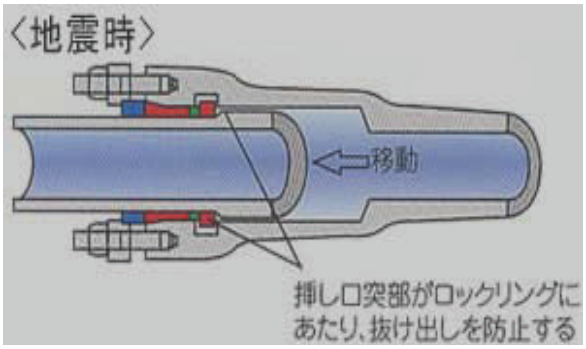


圖 5　耐震接頭 DIP 單一接頭因應地盤變動機制
(資料來源：日本東京都水道局網頁)

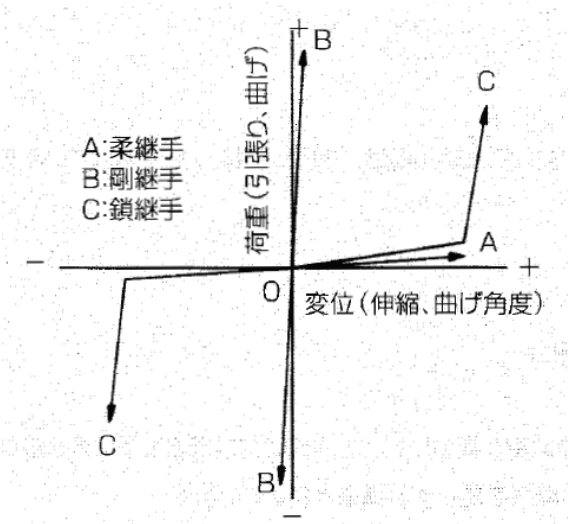


圖 6　DIP 耐震接頭、柔性接頭與剛性接頭外力與變位關係(資料來源:日本鑄鐵管協會網頁)

耐震接頭 DIP 與柔性接頭 DIP 的管體本身強度規範類似，耐震接頭與柔性接頭同樣具有可吸收地盤差異沉陷的容許變形，這種機構為地下管線所需具備最重要特性之一。接頭超過容許變形值前，兩者水密性均優。耐震接頭與柔性接頭最大差異在於，耐震接頭多一防脫機制。以口徑 φ600mm DIP K 型接頭與 NS 型接頭性質比較為例，K 型接頭配管施工時容許撓曲角度為 2°50’，NS 型接頭配管施工時容許撓曲角度為 2°50’，兩者相當；K 型直管接頭最大伸縮量為 69mm(可伸長量 64mm，可縮短量 5mm)，NS 型直管接頭實際最大伸縮量為 154mm(可伸長量 77mm，可縮短量 77mm)，NS 型為 K 型的 2.2 倍；K 型接頭防脫力約為 12 kN，NS 型接頭防脫力約為 1,800 kN(3D kN)，兩者相差 150 倍。

因耐震接頭具備防脫機能，使耐震接頭 DIP 具有鏈鎖效應(圖 7)，管線因此產生抵抗地層差異沉陷的能力為無防脫機制單一管線接頭能力的數倍，並產生加乘效果。在震度 6 級軟弱地盤的情形下仍維持供水功能幾乎不損漏。

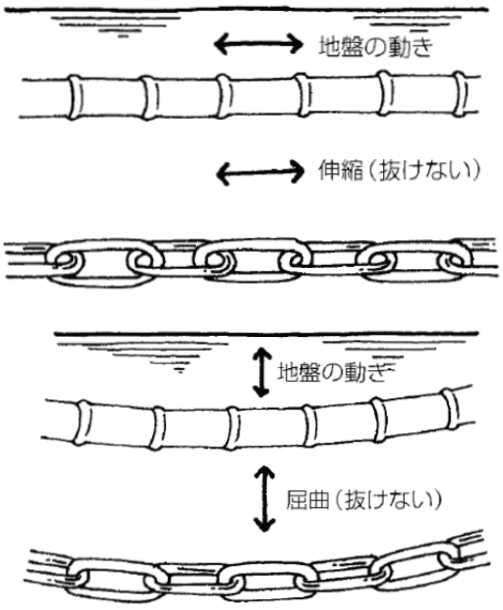


圖 7　耐震接頭 DIP 因應地盤變動鏈鎖效應示意圖(資料來源:日本鑄鐵管協會網頁)

四、耐震防脫接頭DIP推廣探討

耐震防脫接頭球狀石墨延性鑄鐵管(DIP)的優異性能已有目共睹，惟全面推廣有待產官學界建立共識。建議可採漸進模式，依新的技術規範分階段分區引進採用性能優異的耐震管材，以降低現有潛在風險、提升管線耐震性，俾利健全管網。土壤液化潛勢高的軟弱地盤區域及重要管線新設汰換時應規劃優先採用，除了可漸進凝聚各界共識，也可滿足軟弱地盤等管網弱區之迫切需求，並同時厚植國內 DIP 產業技術。

耐震接頭 DIP 引進採用初期，因需分攤接頭技術及模具開發成本，管材費概估可能會較現有柔性接頭 DIP 高約 50%。但以另外一個觀點，DIP 成本主要是依管材重量而定，長期而言，隨著延長應用時間，新設耐震接頭 DIP 成本對整體材料成本的影響將遞減。以日本耐震接頭 DIP 使用狀況為例，目前新設管線工程採用耐震接頭 DIP 之連工帶料整體工程成本已與柔性接頭 DIP 相當。且因耐震接頭 DIP 較柔性接頭 DIP 耐震性及耐久性均佳，整體維護修漏成本較低。故以管線整個生命週期評估兩者成本差異比較，可預期在軟弱地盤使用耐震接頭 DIP 較柔性接頭 DIP 節省費用。以過去地震災損經驗，使用耐震防脫接頭 DIP 於易液化的地質(表 3~4)更具效益。

如同其它重大公共建設，主管機關、議會及公眾的支持與否為新材料或新工法能否順利引進採用的關鍵因素。為推廣採用防脫耐震接頭 DIP，除應持續教育相關工程技術人員外，更應讓主管機關、議會、用戶及公眾理解與認識新一代耐震管功能及採用的必要性，以獲得各方支持。

表 3　耐震防脫接頭球狀石墨延性鑄鐵管(DIP)應優先應用地質地形種類

地質地形分類	適用性
不良地質地形： 軟弱地盤、土壤液化潛勢區、新生地、河川、湖泊、沙洲、三角洲、河川高灘地、舊湖泊盆地低地、舊河道、溼地、沼澤地、填土區、填土路基、地形經人工改造、挖填方交界、活斷層地帶、山坡坡面地帶、土石流區域等	耐震防脫接頭DIP具耐震性能適用 (K型接頭DIP受損率較高)

表 4　各類地形土壤液化潛能分類

地質地形分類	土壤液化潛能
高地下水位的泥沙質河岸、河川高灘地、濱海地區、舊河道、舊沼澤地、沖積扇、沖積平原、新生地 (液化潛能指數PL>15，或曾發生土壤液化地區)	土壤液化可能性高
砂礫質河岸、海岸、沖積扇、沖積平原	土壤液化可能性低
台地、丘陵地、山地	不可能發生土壤液化

（資料來源: K 形継手等を有するダクタイル鋳鉄管の耐震適合地盤判定支援ハンドブック等，本文彙整）

五、結語

自來水管線需提供的功能，一般認為在經濟條件下能適當的維持低漏水率、低損壞率及提供足夠水量及水壓、能確保水質、使水資源有效利用、能確保火災滅火時所需的水源、在災難發生時能提供最基本維生供水，能夠在「經濟」、「安全」及讓人「安心」的狀態下輸送自來水到家戶。新設管線會隨著設置時間遞嬗日趨老舊損漏，及外在埋設環境的改變加速其劣化程度。隨著時代的進步，管線被要求的機能標準將提高。新設管線選用管材種類時，有必要善用現有技術資源，未雨綢繆考量管線使用期限內可能的機能需求。

自來水是現代人生活不可或缺，雖然發生世紀大地震時，維生管線設備之損壞中斷情形難以避免，然自來水停水時對災民生活的影響極大，遠大於電力、電信與瓦斯等其他維生管線中斷所造成的不便，實有必要利用有限資源，在老舊管線設備進行更新汰換時，採用耐震性能較好的管線設備，有效抑制震災發生之管線損漏程度、縮短停水時間、降低受災範圍，減少因停水造成二次災害，更可降低或避免因災區管線耐震性能不足產生損漏，避免在無資源執行全面整修汰換下，形成日後管線漏水率長期偏高的情況。

K 型接頭等柔性接頭 DIP 因有其優點，為國內目前自來水輸配水管新設最主要管種之一，但由過往國內外震災經驗可知，其在土壤液化等軟弱地盤區域受損率仍高。在土壤液化等重災區中，K 型、A 型 DIP 等一般管線受損率均高時，NS 型 DIP 等耐震管受損率是可以幾乎為零，耐震效能驚人，可有效降低大地震時管線受損率，降低自來水停水受災範圍，值得自來水輸配水管規劃設計選用管材時參考。

參考文獻

1.日本鑄鐵管協會網頁, http://www.jdpa.gr.jp

2.日本水道技術研究中心網頁, http://www.jwrc-net.or.jp

3.日本水道協會網頁, http://www.jwwa.or.jp

4.日本水道新聞網頁, http://www.suido-gesuido.co.jp

5.日本東京都水道局網頁, http://www.waterworks.metro.tokyo.jp

6.水道管的分類與特性,日本水道技術研究中心,2008年7月。

7.管路の耐震化に関する検討会報告書, 日本厚生勞動省,2007年3月。

8.水道施設耐震化の課題と方策,日本水道協會,2008年12月。

9.K形継手等を有するダクタイル鋳鉄管の耐震適合地盤判定支援ハンドブック,日本水道技術研究中心,2010年12月。

10.高機能ダクタイル鉄管の耐震性の検証と施工性向上等に関する研究,日本鑄鐵管協會。

11.水道ビジョン実現に向けた管路施設の更新と機能向上,日本鑄鐵管協會。

12.高機能ダクタイル鉄管の地滑りなど大規模な地盤変状における挙動の検証事例,日本鑄鐵管協會。

13.NS、SⅡ及S型接頭DIP管線設計,日本鑄鐵管協會。

14.呼び径500～1000NS形ダクタイル鉄管の施工事例,日本鑄鐵管協會。

15.小口径耐震継手ダクタイル管路の新しい一体化長さに関するＱ＆Ａ,日本鑄鐵管協會。

16.中口径耐震継手ダクタイル管路の一体化長さに関する研究,日本鑄鐵管協會。
17.臺北區地下自來水管線地震危害度之研究國家地震工程研究中心,2006年12月。
18.CNS 10808 G3219、CNS13272 G3253、CNS 2869 B2118,經濟部標準檢驗局。
19.ISO 16134 Earthquake- and subsidence-resistant design of ductile iron pipeline, International Organization for Standardization.
20.JIS G5526、JIS G5527、JISG5528、JIS A5314,日本標準協會。
21.JWWA G113、JWWA G114、JWWAG112、JWWA A113,日本水道協會。
22.JDPA G1042,日本DIP協會。

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股長

專長：自來水工程規劃、設計、監造、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。

智慧行動辦公室服務作為探討

文/駱貞瑜、賴柏誌、李奇芬、曾涵筠

一、前言

(一)所轄幅員廣大，偏鄉地區交通不便

台水公司第五區管理處(以下簡稱五區處)所轄包含嘉義縣、市及雲林縣等三縣市(詳圖 1)，幅員廣大，又因各營運（服務）所設置地點較集中於鄉、鎮、市中心位置且雲嘉地區公路客運等大眾運輸系統多數行駛於人口較稠密地區，對於偏遠地區例如山區的阿里山鄉、大埔鄉等及海線的口湖鄉、麥寮鄉等沿海鄉鎮而言交通班次較少，路線網也較為分散並不便捷，導致民眾常因交通不便、路程過於遙遠，排斥到營運(服務所)洽辦業務。

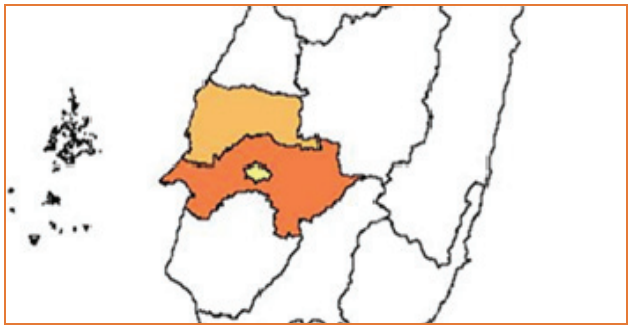


圖 1　台水公司第五區管理處轄區

(二)人口結構高齡老化、年青人口外流

台灣人口結構因生育及年齡分佈的改變，高齡情形日漸嚴重，且農村型地區常因青壯人口嚴重外流情形，導致多數年長者成為獨居老人，經研究指出，高齡者之平均獨立能力會隨著年齡增加而遞減、也常伴有行動不便、經濟不獨立及電腦使用不普及等問題，成為弱勢中的一環；經內政部統計 108 年度各縣市老年人口比例以嘉義縣(19.68%）與雲林縣（18.52%）最高，為高齡社會。(圖 2)

多數年長者即常因行動不便等、子女外出等等因素，導致出門不便及無法使用電腦等問題，造成洽辦業務意願低落狀況發生。

五區處所轄縣市老年人口比率

年度	縣市	雲林縣	嘉義縣	嘉義市
107年	65歲以上人口數	123,577	96,666	39,737
	老年人口比率(65歲以上)	18.01	19.06	14.79
108年	65歲以上人口數	126,159	99,004	41,457
	老年人口比率(65歲以上)	18.52	19.68	15.49
差異值	65歲以上人口數	↑2582	↑2338	↑1720
	老年人口比率(65歲以上)	↑ 0.51	↑ 0.62	↑ 0.70

指 標 項：65歲以上人口數(人)
定　　義：於統計標準日戶籍登記實足年齡為65歲以上人口數。

指 標 項：老年人口比率(65歲以上)(%)
定　　義：年齡65歲以上的人口占總人口比率。
公　　式：(65歲以上人口數 / 戶籍登記人口數)*100

資料來源：中華民國統計資訊網、內政部統計處統計通報

圖 2　第五區管理處所轄縣市老年人口比率

註 1：老年人口係指 65 歲以上人口。
註 2：依據國際定義，65 歲以上老年人口占總人口比率達到 7%稱為「高齡化社會」；達到 14%稱為「高齡社會」；達到 20%則稱為「超高齡社會」。

(三)不善使用網路服務

依據國家發展委員會 108 年個人家戶數位機會調查報告結果顯示，我國 60 歲以上民眾網路資訊使用率偏低，中老年族群在數位產品使用上，多數仍有電腦恐懼症 Computerphobia(Jay,T.1981)，會因心理障礙、生理障礙、社會因素及設備因素等原因（莊詠華 2008）呈現緩慢接受及完全拒絕的狀態，弱勢族群亦因上述因素造成使用率偏低情形發生。

近幾年來，台水公司雖已在在各項服務措施上建構提供多元化的網路申辦服務，但該項服務年齡階層多屬於青壯年族群，多數年長者、弱勢族群等民眾常仍因無設備可使用、不善使用、不信任感、抗拒使用或因資訊透明度不足而無法使用網路服務，也常因此導致業務資訊與實際情形產生落差，造成民眾觀感不佳、產生抱怨及糾紛情形。

二、服務目的

為有效解決五區處面臨偏鄉地區交通不便及人口高齡之業務推動困境，冀期能夠藉由「行動辦公室」的設置，突破營業廳框架，鼓勵五區處各營運（服務）所同仁走出營業廳，積極深入偏遠地區及高齡社區，並導入資訊通訊技術，提供偏遠地區、高齡社區及弱勢民眾更友善的務方式，近距離與民眾接觸，期以達成下列目的：

(一)提供全功能單一服務窗口

提供受理各項異動服務申請、新改裝業務受理、繳費等就近辦理業務的優質服務。

(二)提供用水諮詢服務

提供用水疑異複查、簡易檢漏方法教學等各項用水諮詢服務。

(三)擴大宣導各項重要服務資訊

辦理申裝用水、電子帳單、行動支付、節約用水、用水安全、網路 e 櫃台等服務措施推廣及使用教學。

(四)多元化繳費管道訊息傳播

擴大宣導繳費服務資訊，提供並指導民眾使用本公司多元化繳費管道。

(五)提升民眾接水意願

降低偏遠地區民眾申裝用水不方便及不信任感，以提升用戶用水意願，以提升接管率及營收。

(六)提升公司服務形象

化被動為主動，近距離獲知、服務並滿足民眾需求，即時解決民眾問題，提升公司服務形象。

三、服務方法

(一)行動辦公室的設置

五區處於 106 年由斗六服務所首創並試辦之服務措施，於 107 年度經提升服務效能小組評估成效後決議擴大服務，由各所同仁組成服務團隊，主動關懷設置地點民眾用水需求，提供民眾就近辦理異動申請、用水諮詢服務，並同時配合辦理節約用水宣導。(圖 3、圖 4)

初期服務內容為受理用戶申請書、提供用水諮詢、辦理節約用水宣導，分述如下：

1.受理用戶申請書

民眾至行動服務據點填妥過戶、軍眷優待、電子帳單、通訊住址變更、銀行代繳申請書後交服務人員，服務人員統一將申請書攜回所內核對水籍資料，資料正確者即登錄營運系統正式完成受理，有欠繳水費或資料不完整有疑異者，以電話、書面或簡訊通知受理補件或補繳水費。

圖 3　嘉義服務所行動辦公室服務於嘉義縣中埔鄉富收村興化廊社區發展協會

圖 4　台西營運所同仁解說馬桶漏水檢修方法於雲林縣四湖鄉公所崙北社區活動中心

2.用水諮詢

提供民眾用水業務諮詢窗口，提供水費計算方式解說、水量複查申請登記、內線漏水檢測及用水安全指導。

3.節約用水宣導：

利用民眾洽辦業務機會，辦理節約用水宣導，提倡水資源有效利用的重要性，落實民眾節約用水觀念。

(二)行動辦公室所遇瓶頸

受限公司內部網部資訊安全的限制，導致行動辦公室的設置因遷就無法連結營運管理資訊系統，僅能採人工收件方式處理，無法即時辦理受理登錄、資料查詢及收費作業，更因無法收費因素，限制了服務受理的種類，提供全功能服務單一櫃台目標大受限制。

所收案件，經回營運(服務)所核對資料後，常遇有欠繳水費或資料不完整有疑異，雖經以電話、書面或行動服務簡訊等方式通知民眾補件或補繳相關費用，惟常有民眾因路程或無急迫性等因素未完成補件或補繳動作，造成無法完成受理狀況，造成民眾困擾，也使行動辦公室設置的服務美意大打折扣。

四、服務方法的突破

為突破克服行動辦公室設置所遭遇瓶頸，解決無法立即受理民眾申請案件等缺點，經五區處資訊小組多方嘗試，108 年 9 月正式導入 MDVPN (Mobile Data Virtual Private Network)行動數據群組企業網路，將行動辦公室升級為智慧行動辦公室，更為台水公司第一間於行動辦公室導入通訊資訊技科的區管理處，力求創新思維與服務的精進，打破了行動辦公室服務原有的模式及框架。

(一)行動數據群組企業網路 MDVPN (Mobile Data Virtual Private Network)

企業行動數據網 MDVPN 是專為在外工作員工所提供高安全性的資訊存取機制服務，有別於一般公眾網路傳輸的相關服務，透過電信業者提供的 4G 網路，員工可以不限時間及地點，藉由無線終端裝置，連接企業專屬的虛擬專用網路 VPN 通道。

VPN(Virtual Private Network)虛擬專用網路，就像是一個個封閉的通道，把公司內各點之網路連接起來，形成一個企業內部獨立且封閉安全的網路環境，且針對不同公司之資料，加裝特殊之封包資訊，不同之公司或駭客無法進入該封閉的通道，因此在通道裡的所有資料都會受到保護，以做為傳遞企業內重要資訊或語音服務，沒有經過授權的終端使用者，無法進入通道擷取資料。

了解 MDVPN 之前，需先了解行動網路（mobile network)，行動網路是一種行動通訊硬體架構，MDVPN 的概念就是「行動網路」

加上「虛擬專用網路」，就可以達成員工在外可透過專用 SIM 卡來進入公司內部網路進行下載上傳執行所有權限的任何事。

MDVPN 主要的連線方式分為專線介接以及 Internet VPN 兩種，前者是以數據專線與電信業者的機房連接，員工在外使用無線終端設備所傳送的資料，均透過數據專線連回企業網路，因不經由 Internet，傳送的資料無法破解或攔截，後者為 Internet VPN 為連接方式，在 Internet VPN 上加入 IPsec（網際網路安全協定 Internet Protocol Security）加解密技術，員工在外用無線終端設備連接企業內部網路，所有在其中傳輸的任何資料，皆會經過加解密處理，以提高資料傳輸的安全性，二者都具備高度安全性者。

在管理機制部分，資料在傳輸的過程中須先經過 MDVPN 的內部控制，並同時藉由 SIM 卡的存取認證設定，才能進入企業的內部網路資訊系統；MIS（Management Information Systems）人員可以透過管理網頁，執行新增或刪除 VPN 成員、查詢成員異動紀錄等管理功能。

五區處運用中華電信 MDVPN 行動數據群組企業網路服務特色：

1.企業端可不需額外防火牆或 VPN 設備及設定，用戶端更不需要安裝任何 VPN 軟體。
2.企業專用 SIM BASE 的認證，專用的手機門號認證機制。
3.安全的群組管理機制，供管理人員於管理網頁新增/刪除 VPN 成員及查詢成員異動紀錄與目前狀態之群組管理功能。

(二)MDVPN 技術的導入

為解決行動辦公室無法立即受理民眾案件缺點，五區處於 108 年 9 月正式導入中華電信 MDVPN 行動數據群組企業網路，將現行的行動辦公室升級為智慧行動辦公室，只要有中華電信 4G 訊號的地方，備妥專用 SIM 卡及相關設備（筆記型電腦、印表機），服務人員就能突破地點限制進入本公司企業網路，設立全方位行動單一窗口，提供民眾即時收費、受理新、改裝用水設備申請及各項異動業務申請，即時連線營運系統核對資料或受理，解決傳統式行動辦公室無法即時處理的窘境更可提升行動辦公室運作效率。（處理流程祥圖 5）

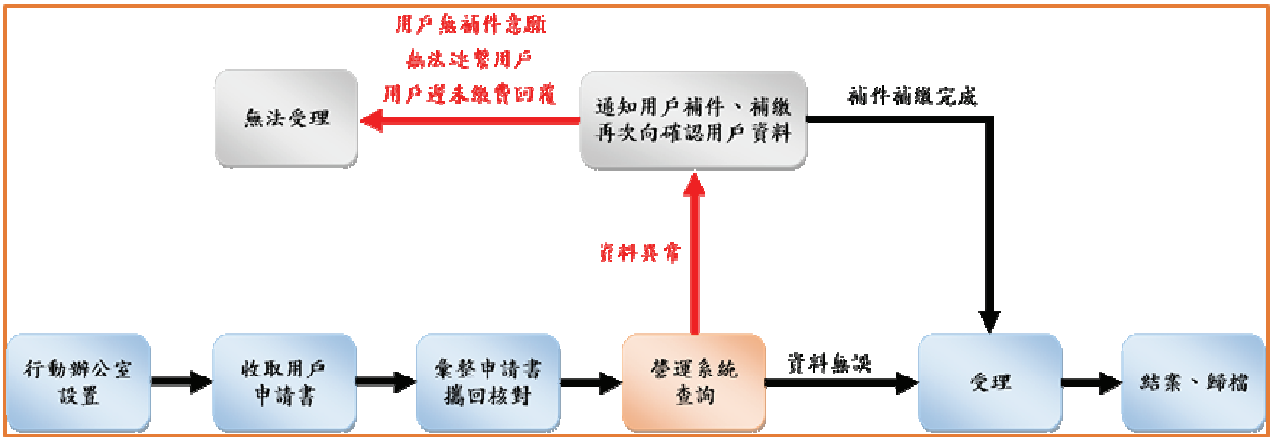


圖 5　行動辦公室案件處理流程

(三)精進服務流程

1.提供全方位單一服務窗口(圖 6)

民眾可至行動服務據點申辦下項業務立即受理，馬上處理。

(1)用戶用水設備各種異動服務申請。

(2)用水設備新、改裝案件申請。

(3)各項費用繳納。

圖 6　北港營運所智慧行動辦公室服務於雲林縣口湖鄉蚵寮村順天宮

2.用水諮詢

(1)提供民眾用水業務諮詢窗口。

(2)受理用水量複查申請時，複查人員可即時通過營運系統獲知各期用水度量，以辨別是否有突增狀況即時解說。

(3)提供水費計算方式說明。

(4)內線漏水檢測。

(5)用水安全指導。

3.用水推廣

針對尚未接水戶或有意願申設用水戶辦理用水推廣，服務人員可利用台水公司地理資訊系統、搭配國土測繪雲及戶政司的門牌查詢等系統，初步提供用戶預估管線長度、概估相關費用，並說明申請用水應備接水文件及相關手續。

4.各項重要服務措施及政策宣導

利用民眾洽辦業務機會，辦理節約用水宣導，提倡水資源有效利用的重要性，並利用數位設備即時指導民眾提供行動支付、電子帳單及網路 e 櫃台等服務措施的操作方式，加深民眾印象，藉以提升使用率。

(四)服務效益

五區處自設置智慧行動辦公室服務以來，以圖 7 之新聞為例，民眾多年前就應辦理繼承過戶，但因交通或行動不方便而未處理，因行動辦公室而妥善處理，實為便民之服務。

水公司行動辦公室抵梅林 老翁：過了25年終辦過戶

2018-09-19 13:13:26

〔記者詹士弘／雲林報導〕台水公司斗六服務所「偏鄉行動辦公室」下鄉，今天在梅林服務用戶，辦理過戶、信用卡代收繳費、電子帳單申辦等業務，不少用戶表示，使用者早已換人，但因服務所遠在斗六市區，不方便辦理，今天水公司直接到社區中服務用戶，時間過了25年終於完成過戶。

圖 7　媒體報導智慧行動辦公室之便民服務

以五區處 109 年 2 月 18 日於嘉義縣太保市後潭社區活動中心設置行動辦公室服務案為例(圖 8)：

1.辦理成效如下表 1

表 1　後潭社區活動中心受理件數一覽表

受理項目	件數	受理項目	件數
繳費	3	過戶	6
通訊住址變更	2	銀行代繳	3
新裝受理	1	停用	1
行動支付	1	水費諮詢	1
水壓諮詢	1	用水申請諮詢	2
補發載具諮詢	1	合計受理件數	22

圖 8　後潭社區活動中心民眾洽辦業務情形

2.問卷調查

本次計發透問卷 15 份，調查結果如下：

(1)問題：五區處「行動辦公室」服務是否符合您的需求？

經調查結果得知，受調民眾皆認為五區處行動辦公室活動符合需求。(詳表 2)

表 2　需求符合情形

程度	人數	百分比
非常符合	11	73.33%
符合	4	26.67%
普通	-	-
不符合	-	-
非常不符合	-	-

(2)問題：五區處「行動辦公室」服務有免去您洽辦業務交通不便的狀況嗎？

經調查結果得知，受調民眾多數認為行動辦公室的設置有效免除交通不便帶來的洽公不便狀況。(詳表 3)

表 3　去除洽辦業務交通不便狀況

程度	人數	百分比
有	15	100.00%
沒有	-	-

(3)問題：獲知五區處「行動辦公室」服務活動資訊的管道為何？

經調查結果得知，前來辦理業務民眾多數是經由村里長通知及鄰居朋友間的互相通知而獲知該項服務，故活動訊息的充份揭露，能夠提高服務活動的實質效益。(詳表 4)

表 4　服務活動資訊的管道

管道	人數	百分比
縣市政府網站	-	-
鄉鎮公所網站	-	-
五區粉絲專頁	2	13.33%-
村里長通知	9	60.00%-
社區公佈欄公告	-	-
鄰居朋友告知	4	26.67%

經整體調查結果得知，受調民眾多數認為行動辦公室的設置有效克服年紀較長、交通不便等狀況，更可就近辦理、詢問用水業務，並可從宣導中獲知台水公司最新政策或服務措施使用方式，並讚許「行動辦公室」實為一項非常貼心便民的服務措施。

(五)附加效益

由於 MDVPN 技術的導入，五區處實體網路在受到破壞時，MDVPN 即可立即做為備援網路，降低無法營運風險。(圖 9)

五、結論

五區處本著在地化精神，持續為提供民眾最便利、貼心的服務，利用資訊科技加強服務效能，讓偏遠地區民眾、年長者及弱勢民眾不用舟車勞頓，仍可享受單一窗口全方位服務，更追求服務的再精進，在辦理中發掘服務缺口，檢討改善並付諸實行，終極目標更是落實本公司品質、創新、信賴及專業的企業形象。

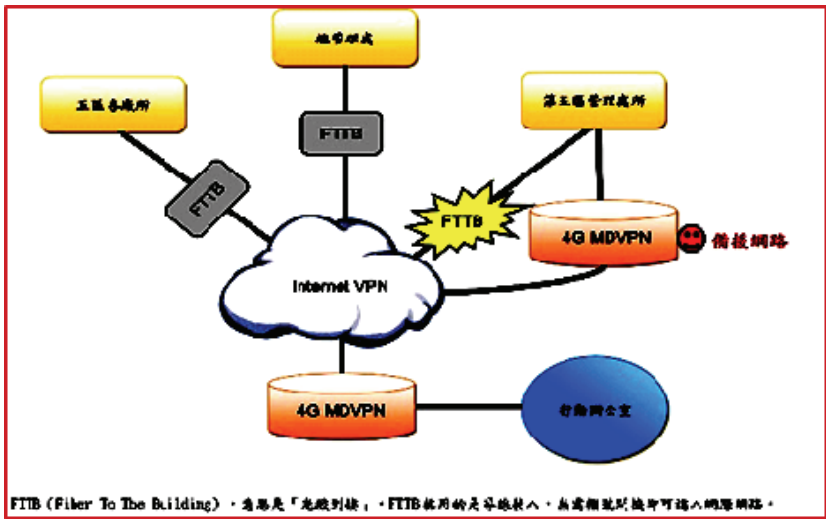


圖 9　MDVPN 備援網路示意圖

參考文獻

1.Jay,T.(1981) “Computerphobia:What to do about it.” Educational Technology,21:47-48

2.莊詠華（2008，11月15日）中老年公職人員電腦使用行為與電腦態度 • 網路社會學通訊，74 • 2009年10月18日取自http://www.nhu.edu.tw/~society/e-j/74/74-03.htm

3.人口老化的隱憂--測量高齡人口的生活相對獨立能力=The Potential Problem of Population Aging--The Measurement of Life Relative Independence of the Elderly 陳靜怡 建築學報 90 2014.12[民103.12] 頁35-50

4.中華電信MDVPN行動數據群組企業網路規格介紹網站https://www.cht.com.tw/

5.科技網https://www.digitimes.com.tw/

作者簡介

駱貞瑜女士

現職：台灣自來水公司第五區管理處業務課營運士

專長：為民服務、提升服務效能

賴柏誌先生

現職：台灣自來水公司第五區管理處資訊小組技術士

專長：資訊工程相關

李奇芬女士

現職：台灣自來水公司第五區管理處資訊小組營運士

專長：資訊工程相關

曾涵筠女士

現職：台灣自來水公司第五區管理處資訊小組技術士

專長：資訊工程相關

運用 3D 繪圖及列印技術於管材開發

文/呂慶元

一、前言

水務從業工作人員，於工程基本設計圖說，除手繪草圖外，一般以採用電腦輔助繪圖工具如 Autocad 和 Visio CAD 等，可於圖面上標註尺寸及相關說明，並以紙本或圖紙印出，作為後續製造或現場施作之依據。

而 2D 僅於平面，但難以展示出及繪製各視角之完整視覺圖說，對非工程職系及熟識電腦製圖人員，並無法立即得知後續的產出形態，僅能憑空想像及預測形狀，因此 3D（3 Dimensions）立體繪製因應而生，因可讓圖面立體呈現，確認後續的成品圖樣，使用人數有逐步增加趨勢。

3D 立體圖說確實可讓人更近一步的了解成品或規劃的模樣，能提高管件開發的成效，但僅於電腦螢幕上以立體圖面或動畫方式展現仍顯不足，而現今 3D 列印機具逐漸普及化，可具體化列印出相似的模型。

本研究利用原有 2D 圖面，加入 3D 繪製技術，讓管材圖樣立體化呈現外，並以 3D 列印產出各零件及成品，減少管材開發時程，而成品或模型更能讓人立即確認是否符合設計需求。

在本研究中案例說明「水表箱之支撐研究」、「防脫型表由令」、「堅固耐用之表箱蓋開發」、「快速接頭之運用」等，說明 2D 圖面繪製，轉至 3D 立體圖，並以 3D 列印之研發過程，其中表由令因此而取得專利，於後續段落中說明。

2D 繪圖均為工作人員之基本技能，但具有 3D 繪圖能力及 3D 列印經驗人員並不多見，因此在機關內，培訓 3D 人才有助於創新開發新材料或設備。

關鍵詞：3D 繪圖、3D 列印。

二、文獻回顧

(一)2D 製圖

基本上，每個人都有繪圖能力及創新思維，僅須拿支筆及紙，即可作畫把想像的物品繪出，創作獨一無二的作品，藉由電腦輔助環境下，以繪製電腦檔案為主，方便後續分享、編修及保存等事宜，而基本電腦輔助 2D 繪圖，如同 Word、Excel 一般為基本能力之工具軟體。

在此舉例為 AutoCad、 Microsoft Visio Cad.等，以 Autodesk 的 Auto Cad 是利用電腦輔助設計技術新設計出的繪圖程式軟體，初創時期藉由教育單位免費授權使用，現今已經成為世界上常見的 2D 繪圖工具，其所匯出之.dwg 檔案格式成為二維繪圖的常用標準格式。

其軟體涵蓋基本製圖必備的選取、編輯、文字、表格、尺寸標註、圖層、填充線、圖塊、出圖與測量等功能，使用者使用滑鼠就像拿鉛筆一般，繪製 2D 圖說(如圖 1)，而 2014 年以後版本，更新增 3D 圖型模組，可直接由左右視圖及上視圖產出 3D 圖像。

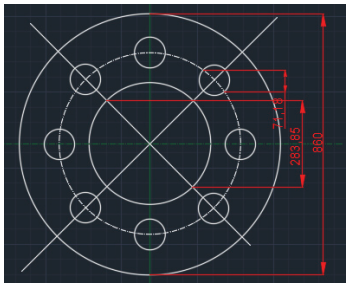


圖 1　具有基本繪圖觀念即可繪出 2D 圖說

另一項軟體為 Visio Cad 目前被 Microsoft 併購納入 Office 系列內，其繪圖功能和 AutoCad 相似，具有標註圖形註解、尺寸大小調整等功能，而價格上更為便宜，學習過程就像使用 Word 一般簡單。

具有基本的 2D 電腦繪圖工具，加上基本概念就能繪製 2D 圖說，練妥基本功，即可在基本的繪圖功力下再延伸繪製出 3D 立體製圖。

(二)3D 繪圖

3D 繪圖簡單來說，即是 2D 製圖的升級版，把 Z 軸延伸出來，並且能將 XYZ 三軸作 360 度旋轉，虛擬出立體化圖面，即 2D 繪圖僅能在 XY 軸方向編輯，但 3D 軸向是六個向量軸，包含正負值之 XYZ 軸，因此具有空間旋轉能力。

基本上 3D 就是基本圖塊（XY 軸）附加 Z 軸，讓實物於電腦內以 360 虛擬化重現並予以建模，因此 2D 轉 3D 並不困難，僅須熟悉 3D 繪圖工具。

主流 3D 繪製工具如 3ds Max、SketchUP、SolidWorks、Inventor、…等，均可於官網上找到試用版本，甚至 SketchUP 的基本功能版本，是免費提供使用者下載。因此順利取得 3D 繪製軟體，買本入門書（具指令集）即可繪出中的圖型，若以管材而言，基本繪製技法即已足夠，而如需學習較難的技巧隨時可上網觀看教學影片及研讀相關部落客所寫的文章。

以 Autodesk 3ds Max 為例，其有基本矩形、圓柱、圓管、平面等功能，將圖塊合併、剪裁、變形等，成為各種構件，後續若要能和實物相似，並可以貼圖方式予以彩現(render 讓幾何、視點、紋理、照明和陰影等，於模型上顯現)，如圖 2 操作者僅要會基本繪圖，即可畫出圓柱體、柱形體等，加上基本的布林函數交集和聯集，即拼出平口鑄鐵管外形構造，如同堆積木一般的簡單，當然包含繪出各種角度彎管、配上 T 型螺栓等，只要熟悉軟體操作後都非難事。

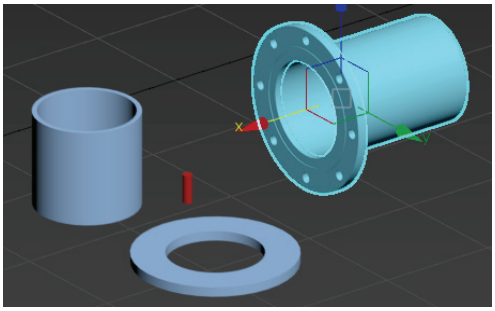


圖 2　利用基本 2D 觀念即可繪出鑄鐵管

優良的 3D 列印作品其成功主因就是依創造者利用 3D 繪圖軟體所產出建模的成果，當繪妥了模型就決定了成品的 90%，其他就是依 3D 列印機的精密度來決定成品的細緻度。

(三)3D 列印機

3D 列印技術專利權於近年逐步解除，因此仿製機組大量出現，整機價格變更便宜，加上列印材料的精進，列印機穩度度更高，3D 列印機如雨後春筍般的大量出現。

目前在臺灣的大專院校及學術單位，均

在教導如何使用 3D 繪製及列印，且非局限於機械系或是理工的專有課程，連醫學系亦納入教程中，用於列印人體骨骼及器官構造等。

在初樣（Prototype）製作時，不須要太深的技術即可重現孩童時期的夢想玩具（造車、造房造船等），只要 3D 繪圖的出來，那就必然可列印，顛覆傳統製造模式採加法製造，如建物一般的逐層蓋出來，無須製模及開模即可製作初樣或成品。

有基本繪圖能力即有建模能力，不必考量使用哪種繪圖軟體繪製的 3D 模型，於建妥模型後轉為 .stl 格式之檔案(Stereo Lithography 立體光刻格式)，送交切片軟體處理後，產出 G-code 儲存於 3D 列印機即可列印。

1.切片軟體

3D 列印機和印表機相似主要針對外觀輪廓進行列印，除於印上「一層」墨水於 XY 軸平面的紙上，再增加額外的 Z 軸，以「多層堆疊列印」技術將「特殊材質」如墨水般的一層疊一層地印起來，而產出成品，因此具有 Z 軸高度的 3D 模型加以層切為 0.2mm 高度，從底座再疊印回來。

Cura、Simplify3D 是比較常見的 2 款切片軟體，通常於購買機器時，均附贈於配件內以匹配於其機台。但因專利權解禁後，機台製造為仿製公版規格居多，因此像 Cura 新版本，就可從 Ultimaker 網站免費下載，而非限定使用 Ultimaker 製造的機台。

而這類型的切片軟體會從 CAD 模型中「自動」生成 G 代碼(G-code, 延伸檔名為 .gcode)，還可預覽列印過程及成果。

圖 3 即為使用 Cura 軟體產出的鑄鐵管列印預覽，讓使用者可先確認列印成果，如同一般家用印表機預覽功能，只不過變成 3D 化。額外，切片軟體還會依選項，自動產生模型支撐（如圖 3 水藍色部分），避免模型於列印過程中垂落或移動。

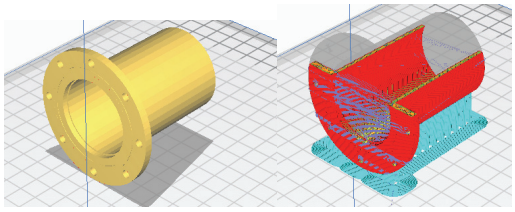


圖 3　利用切軟體，將鑄鐵短管模型切片

2.G 代碼

G 代碼為「機器三維度幾何碼」，主要功能是指示列印機如何在 3 個維度上幾何移動，還有指示噴頭擠壓材料或改變其床溫等，初階的使用者只要將「3D 模型.stl」給切片軟體去運算複雜的切片工作，切片軟體可依機器特性產出「模型.gcode」檔供 3D 列印機運作，依 G-code 指示噴頭出料及移動 XYZ 軸。

3.3D 列印機

3D 列印機在 3 年以前屬萌芽期設備昂貴，碰觸的人亦不多，近年因有心者反解譯 G-code 及列印相關專利解禁，開發者了解 3D 列印基本運作原理後，即依開源結構 DIY 型 3D 列印機，從此 3D 印列機價格逐年下降，現在除專業機台價格昂貴外，初階版已足夠用於創新開發，常見機型如下：

(1)FDM(Fused Deposition Modeling) 熔絲製造層積型

透過熱噴頭把熱熔性材 (PLA 聚乳酸、

ABS 樹脂、TPU 軟性膠等）加熱至現半流體狀，依 G-code 指示行動軌跡，將半流體材料擠出至列印點，氣吹冷卻凝固形成輪廓形狀的薄膠層，再移動 XYZ，逐層堆積黏結形成一個 3D 組件。但降熱凝固時間會因材質不同而有影響，像常見線材聚乳酸 PLA（Polylactic Acidolylactide）是一種熱塑性脂肪族聚酯，加熱溫度要達 190~230 度，相對若急速退溫到 60 度以下時會變縮小變形，因此要有良好的控溫，相對的，列印速度就被受限。在環保考量下，筆者偏好 PLA 材質，於 2 年後 PLA 材質會降解，不會造成環境污染，加熱時也不會像 ABS 塑膠異味，但缺點是 2 年後印列成品就會自然分解。

(2)SLA(Stereolithography)光固化成型機

透過定能量的雷射光束，照射在光敏樹脂液面上，經由不斷移動使其光固化，於層層固化推疊產生成品。

SLA 3D 列印機能可準確的印製精細複雜的結構，在實際應用上，連精細的珠寶飾品都可製作，但光敏樹脂價格不低，須用酒精清洗等後處理問題較為麻煩且有溶液異味，且對環境是有影響的。

(3)雷射粉末熔融（Selective Laser Melting, SLM）

原始為金屬 3D 列印技術，讓雷射熱能照射金屬粉末後產生局部熔融，燒結聚合物粉末的顆粒將它們熔合在一起並逐層建造，聚合物末可為金屬粉末或相關塑料粉末，機台設備最為昂貴，也是初型 3D 列印的始祖。

3D 列印機的選擇須考量機台價格及耗材料成本，但初樣(protype)的製造無須精良的尺寸及高細緻度，研發過程可能須不斷重複試作重複 3D 列印，因此機台的耗材更要選用低成本、易購置的機種。在此研究中屬自費購置，選擇 FDM 機型。

整體列印過程來說，鑄鐵短管從 2D 繪圖、3D 電腦虛擬模型至 3D 列印產品其過程並不困難，只要能繪出 3D 模型即可印出成品或是原尺寸比例的模型（詳圖 4），即可讓創意展現。而創造力是人與生俱來的能力，3D 繪圖和列印就是加速讓創造力實現的工具之一，值得學習及採用。

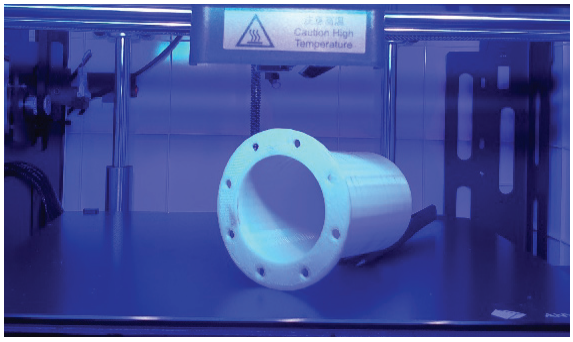


圖 4　利用 3D 印表機列印鑄鐵短管模型

(四)新型專利申請

所謂「新型」可定義為利用自然法則所產生的技術思想，表現在物品之形狀、構造或裝置上有所創新，並能產生某一新作用或增進功效，而利用 3D 技術展現創意的成品，均有機會轉化為「新型專利」。

後續研究中說明如何利用 3D 技術展現創意，進而取得專利，不要小看 3D 模型的威力，盡力發揮出自己的創造力。

三、研發案例說明

在這研究中並不是推薦使用哪種軟體或工具才適當，而是能找出適宜展現創意及符合使用需求之工具，在實務上，一支筆、

一張紙即可產出好設計，不必具有理工背景，亦也不必具有「土木」或「機械」專業能力，僅要有基本「識圖」能力就達到開發 2D 及 3D 設計能力，習慣、熟悉且容易取得的任何軟體作為繪圖工具即可。

筆者於學生(五專)時代學會使用 Autodesk 的 AutoCAD R9 的經驗，而在臺北自來水事業處（北水處）資訊室亦有提供 AutoCAD 2010 網路授權版，為順手可得的軟體，因此 2D 圖面繪製即以 AutoCAD 為主體，輔以 3ds Max 為 3D 繪圖的模版，加上近期於網站購入的 3D 列印機（FDM 機型）為本研究發展工具，近 2 年利用 3D 創新研發之成果，於下列說明：

(一)水表箱之支撐加強研究

因個案發生水表箱轉軸支柱斷裂，表箱蓋無法蓋妥致使路人跌傷問題後，為分析轉軸斷裂原因而繪製了 3D 模型，並利用 3D 建模發現為支撐點應力不足問題，並模擬轉軸旋轉角度及分析受力點，提出設計建議，和製造商溝通及確認如何改模具及生產，納入新的表箱結構採購規範內，如圖 5 所示。

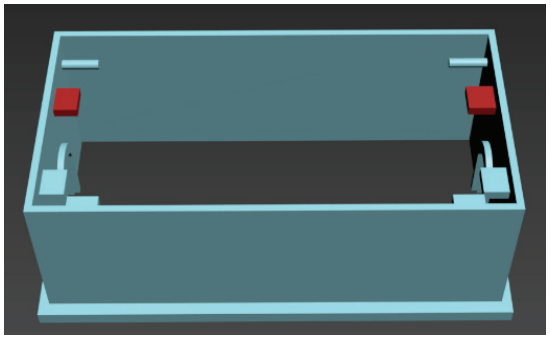


圖 5　紅色支撐柱即為新增之支點

未使用 3D 繪製前，廠商認為現在的設計已可滿足需求不願重製砂模，但透過是供 3D 繪製圖說才確認製造的可行性，提升了廠商製作意願。

(二)創新設計-防脫型表由令

舊有的表由令很容易因橡膠老化造成由令鬆脫，而市面上並無適宜的產品，於是藉由 3D 繪製開發新的產品，讓製造商知悉整體型狀（詳圖 6），再以車削出新款的表由令及防脫機制進而縮短開發時程。

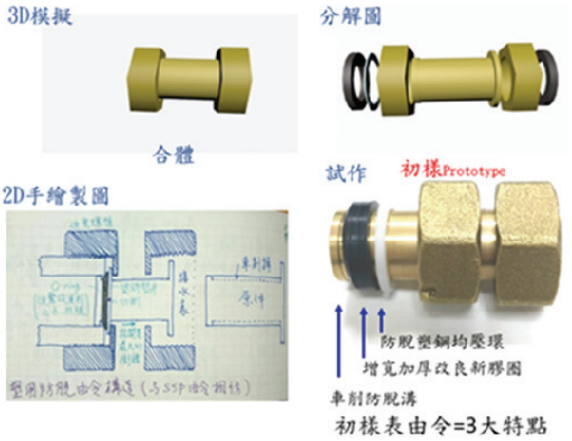


圖 6　利用 3D 繪製的表由令

「防脫型表由令」在 3D 結構上屬簡單形體，以 3D 繪圖之視覺立體讓人了解成品的功效及實品的製作，於 107 年 7 月 1 日取得新型專利。

在實品製作中，車削軸心屬「減法製造」，將圓柱耗材車削到需求的程度，但不是能一次就車削就能到位，須耗費大量的素材，而透過 3D 繪圖可確定車削的深度及形狀，減少素料耗損一次到位，降低開發成本，全為 3D 繪圖的助益，不過研發時期尚未取得 3D 列印機，若有 3D 列印就可直接試印成品。

(三)整流孔口片

表前若有異物阻塞時將會造成大表快

轉，因此若將阻塞前移至在短管前端，而非在表前濾網處，就不易造成快轉問題，而短管處不可能採以銲接或方式去補網孔或鎖上濾網，於是利用 3D 繪圖設計了孔口片，讓孔口片夾於管件中央，隨時可拆換（詳圖 7）。

利用 3D 繪圖時，可確認打洞孔徑及數量，計算流通率影響 75%，而孔徑的大小和厚度亦也影響穩流效果及造成壓力損失。為確認穩流、壓損效應等，並在「北水處水量計量測中心-TAF 流量校正實驗室」利用流量校正機台確認期可行性後予以採用。

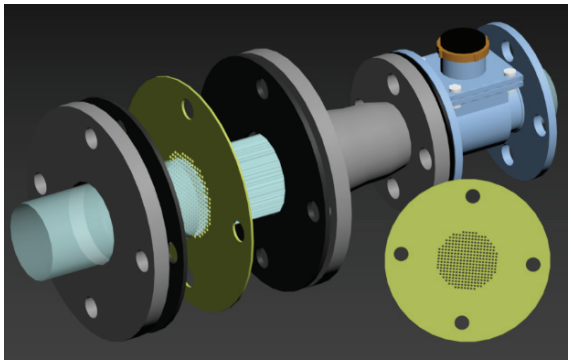


圖 7　短管前端之整流型孔口片

3D 繪圖時亦可把水流狀態呈現，讓人更易了解於組合管件內部的動態，有時無法僅利用文字讓人立即明白，而透過 3D 繪圖的透視，就可從視覺發現原理如此簡單。

但本案例的研究中，孔口片是無法取得專利，因孔口片影響流體之研究甚多，甚至管內流場利用 CFD 軟體模擬（Computational Fluid Dynamics）已有不少的研究難以取得專利，但將其置於表前短管處前端確實為首創，未來亦可利用 3D 製作教學模型。

(四)堅固耐用之新型表箱開發

重新設計表箱蓋其功能及用途因「申請專利中」無法詳加說明，僅以圖 8 呈現 2D 草圖繪圖至成品部分之過程說明。

採用了 3D 列印技術將表箱完整印出，以初樣的結果，可直接和相關廠商溝通及確認施作的可行性並談及製作成本，而能於短期內製作完成鑄鐵件成品。

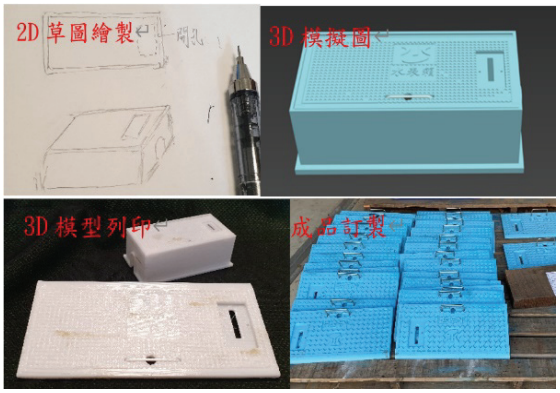


圖 8　採用 3D 列印及新型表箱蓋成品

(五)快速接頭之開發及運用

全新設計快速接頭其功能及用途，目前辦理「申請專利」前置作業，無法詳加說明，而此案例僅藉由 3D 繪圖（詳圖 9）來確認結構上是否可行、設計公差是否合宜、若投入生產是否有難度，而這些問題均可利用 3D 繪圖及列印功能來開發及找到答案。

確實採用 3D 工法，可減少製作初樣鑄造砂模次數重複性修正等問題，有助於開發新的管件設備。

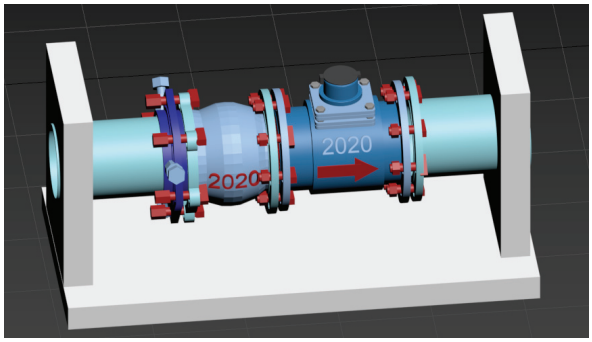


圖 9　快速接頭和大表

另採用 3D 列印技術，列印出實體比例 1/7 的 縮小版模型（詳圖 10）。

3D 列印的模型，除加速開發的過程，並可確認設計尺寸的正確性外，亦為日後安裝教學時的教具，因新產品引入後，如何於現場安裝，事先若以 3D 模型指導，安裝廠商更能加速了解新產品之安裝方式，有效減少安裝時程及錯裝的機率。

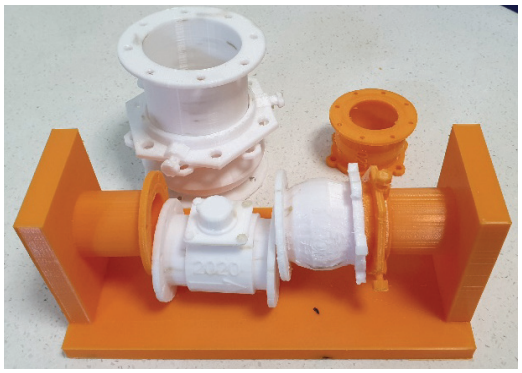


圖 10　3D 模型試作（比例 1/7 及 1/6）

(六)列印教學模型

列印教學用模型（詳圖 11），用來訓練從業人員如何正確安裝新研發之管件。

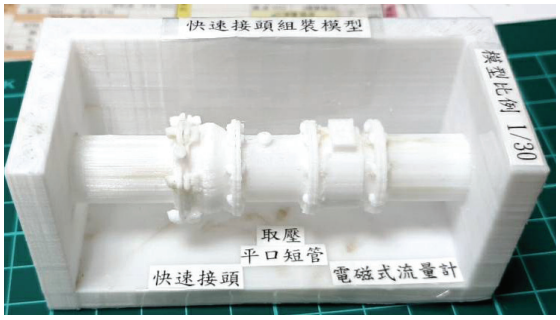


圖 11　快速接頭組裝模型 1/30

而有了 3D 列印的初樣，在原有尺寸下依比例縮小列印成模型，更容易確認開發的可行性，而砂模製造成本可大幅降低，極有可能僅要花費一次性的成本，立即達標的可能性發生。

(七)列印直飲台模型

北水處在推廣直飲，甚至可以列印（詳圖 12）一些直飲台模型，在特定的活動贈送給參與的民眾，解決塑料開模費用。

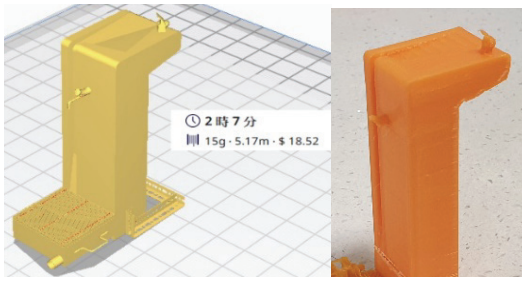


圖 12　直飲台模型及列印

列印一只直飲台模型（比例 1/12-7 公分高）約須新臺幣 18.52 元的材料成本，但要耗時 2 小時 7 分鐘才能產出一座，其主要原因為採用熔絲製造層積型的 3D 列表機，須等待上層的塑料冷結後，才能續印下一層，要耗時等待成品的完成，以各 FDM 類型之 3D 印表機相較，列印速度都是相同的「慢速」並沒有快速機台。但採用模具及塑膠射出成型，可達每秒 1 個，所以初樣和成品是不同的需求和性質，因此少量特製以 3D 列印來創造，大量翻製則採用的開模製造的方法來辦理。

列印有一定的風險，不保證一定成功，所以每次印出成功作品，當然無限喜悅，而失敗的成品也是會發生（天冷縮料，天熱熔層、斷料重印、模型結構破損），必要時視狀況再次修改 3D 模型圖，再來重印一次及長時間等待，可說是充滿了挑戰性及期待性。

五、結論

(一)辦理 3D 繪圖訓練

2D 草圖的起步至 3D 繪圖及模型列印等工具，輔助讓創造力展現，人人都有機會成為新型專利的擁有者，基礎繪圖能力，可以靠訓練獲得，有了基礎繪圖能力加上實務經驗，都能成為發明家及創新者。

目前外部訓練單位已有相關訓練課程可供學習，目前各大專院校亦有學習 3D 繪圖及 3D 列印課程，自來水事業當然也得跟得上時代，共同來學習新知，甚至納入員工訓練的教育課程內，聘請外部專業講師來教學。

(二)建置 3D 繪圖及列印環境

3D 繪圖可以 360 度模擬展現管件內外結構及細部規格等，但僅能於電腦螢幕內虛擬化呈現，而有了 3D 列印機，就可把虛擬圖樣，依比例實體化呈現，除了讓眼見為憑外，更能接觸實體物件，雖然受限於 3D 印表機能力，可列印的尺寸可能無法達到實體大小，但縮小版的尺寸足以代表實體，因此 3D 繪圖及列印環境是值得建置， 亦為值得投資的設備。

參考文獻

1.Autodesk Autocad，https://www.autodesk.com.tw/

2.Autodesk 3Ds Max，https://www.autodesk.com.tw/products/3ds-max/overview

3.3D 列印機-初學入門指南，開源科技 https://www.OpenTech.tw 。

4.3dS Max 2010設計創意學院，上奇出版社，丁裕峰。

5. 維基百科 Wiki https://zh.wikipedia.org/wiki/AutoCAD

6.Ultimaker Cura 軟體, https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura

7.第五型直飲台模型.stl巷，臺北自來水事業處林志成。

8.耐震防脫管材零組件-創新專利設計及使用推廣，自來水協會第35屆論文發表，呂慶元。

9.本研究圖1~12，均為作者自行繪製及拍攝。

作者簡介

呂慶元先生

現職：臺北自來水事業處供水科 二級工程師、北水處水量計量測中心、實驗室報告簽署人

專長：監控系統、自動讀表、水量計量測、計量技術

赴香港參加第 8 屆國際水協會亞太地區會議及展覽會紀實

文/吳陽龍

一、緣起及目的

2019 第 8 屆國際水協會亞太地區會議及展覽會(8th IWA-ASPIRE Conference and Exhibition 2019) 於 2019 年 10 月 30 日至 11 月 2 日在香港舉行，此次會議主題為「以智慧擴建穩健的水資源 以科技創造韌性的水環境」，會議邀請了世界各地知名的專家、學者和決策者，分享彼此不同城市如何發展水資源、水處理以及因應氣候變遷和災害以建構韌性水環境系統的經驗。

本次國內前往參加者有中華民國自來水協會(以下簡稱本協會)國際委員會主任委員成大林財富教授、管理委員會主任委員台大王根樹教授、技術委員會主任委員台大駱尚廉教授、吳秘書長陽龍、臺北自來水事業處陳曼莉副處長、台灣自來水公司李丁來總工程師、水利署水規所曾國柱副所長及各單位、學校參加 Oral Presentations 或 Posters 論文發表人員等二十餘人參加。

目的除了藉由參加此次國際水協會亞太地區各項會議及技術展覽會，與各國技術交流，了解各國先進管理、技術觀念，提升水專業知能，強化營運管理及技術精進的基礎外，另外一項重要目的為報告本協會籌辦 2021 年第 9 屆國際水協會亞太地區會議及展覽會在高雄的辦理情形，同時藉由展覽攤位之設置，宣導我國水務事業之進步情形及介紹台灣高雄之地理環境和風土美景、旅遊交通和美食，歡迎各國與會人員到高雄參加本協會主辦之 2021 年第 9 屆國際水協會亞太地區會議及展覽會(9th IWA-ASPIRE Conference and Exhibition 2021)。

二、活動內容：

(一)會場簡介及開幕

會場設於香港會議及展覽中心，整體而言，設施、會場及參展動線均有良好的安排。開幕典禮於 10 月 31 日上午 9 時舉行，我國各單位參加人員均參加此開幕典禮，本次大會由籌備會主席 Mr. SW CHAU, JP 主持，國際水協(IWA)會長 Mrs.Diane D'arras 及香港特首林鄭月娥女士均應邀致歡迎詞(如圖 1)。

其後的 Plenary Keynote Speech 由中國的曲久輝教授演講「Review and Prospect: Chinese Urban Water Environment Change Over the Last 40 Years」 介紹過去 40 年大陸城市水環境的發展狀況及未來展望，了解中國隨著城市化過程中水環境所面臨的污染問題及面對問題所作的努力。其所述內容就如台灣過去的經驗，重點在對水環境的惡化認知，提出面對水污染問題訂定明確的改善計畫。

圖 1　IWA 主席 Diane D'arras 及香港特首林鄭月娥女士致歡迎辭

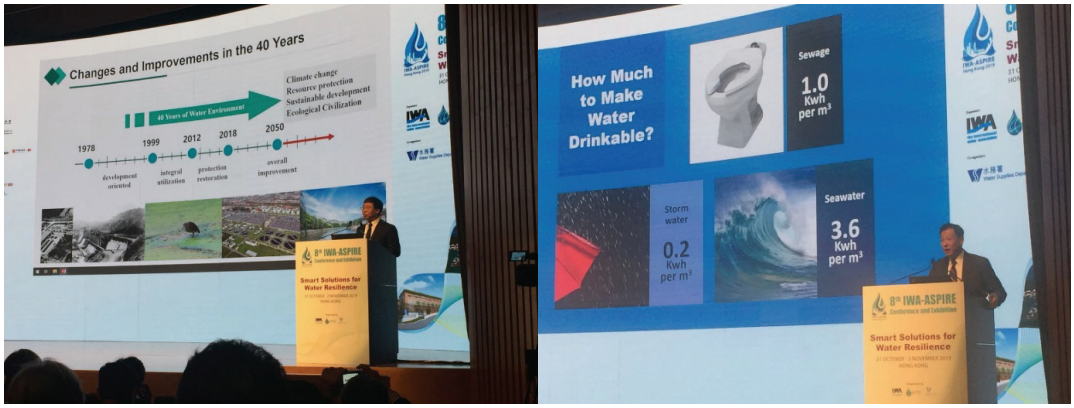


圖 2　大會 Plenary Keynote Speaker 大陸曲久輝教授及新加坡 PUB CEO Mr. Peter J.H.Ng 演講情形

接下來的 Plenary Keynote speech (如圖 2) 由新加坡 PUB 的執行總裁(CEO) Mr. Peter J.H.Ng 演講「Securing Our Water Future: How Singapore Does It」介紹新加坡如何確保至 2050 年的供水安全穩定，由於從馬來西亞進口水源的合約將在 2050 年終止不再繼續供水，因此新加坡積極發展雨水收集及儲存系統、污水收集處理再利用(新生水)、海水淡化系統等，以求在無進口水源的情況下，仍能滿足 2050 年的供水需求，由於雨水收集儲存、新生水及海水淡化之耗能比例為 0.2 kw/M³：1.0 kw/M³：3.6 kw/M³，因此在政策上首先建設各種雨水收集及儲存系統，期使每一滴降雨都能留在新加坡；建設污水收集及回收再生處理系統(新生水)，提升對水的回收再利用，另外於適當地點興建大型海淡廠以補充水源的不足。

(二)研討會及論文發表

依會議主題「以智慧擴建穩健的水資源以科技創造韌性的水環境」擬訂的研討會邀稿主題包含十大項目：

1.Climate Change 氣候變遷

2.Green Technology 綠色科技

3.Wastewater Treatment Technologies 廢水處理技術

4.stewater Policy and Governance 廢水政策和

治理

5.Water and Energy Nexus 水和能源關係

6.Water Policy and Governance 水政策與治理

7.Water Resources Management 水資源管理

8.Water Supply Management 供水管理

9.Water Sustainability 水的可持續性

10.Water, Sanitation and Health 水、衛生與健康

研討會於 10 月 31 日-11 月 2 日分為六個會議場地辦理，依投稿內容分為 36 個子題，每一子題會由主持人先發表 Keynote 後再由各獲選的論文發表 Oral Presentation，本次研討會之 Oral Presentation 共 98 篇，台灣有 17 篇，Poster Presentation 共 189 篇於會場 4 樓展示，台灣有 13 篇，其中北水處有 Oral 4 篇 Poster 4 篇，台水公司有 Poster 2 篇，對於投稿的同仁能與他國分享我國自來水從業人員在實務上的精進與研究所得，給予肯定。

此次主辦單位為節省能源與紙張，利用手機 App 功能，發佈研討會等各項訊息，與會者及論文發表者均可藉由 App 知道開會時間、地點以及論文摘要，參與會議者也可藉由 APP 上傳問題及分享所得，尚稱便利。另由研討會的各項子題可以了解在氣候變遷及科技發展下，產、官、學在水科學及水產業目前及未來的研究及發展課題及方向。由研討會的各項子題如下：

1.Digital Water Utilities

2.Water Infrastructure Planning and Implementation

3.Paradigm Shifting in Wastewater Resource Recovery

4.Intelligent Water Supply

5.Water Resilience and sustainable Water Management

6.Sustainable Urban Drainage System

7.Tackling Water Environment Challenges

8.Water Management for Climate Change

9.Water Loss Management & Leak Detection

10.Water Infrastructure Asset Management

11.Climate Change and Adaptation

12.Novel Water Solutions

13.Smart Water Quality Management

14.Water Protection and the Use of Reverse

15.Advanced Oxidation Process

16.Water Infrastructure Planning and Implementation

17.Water Environment Management and the Use of Membrane Technology

18.Smart Drainage Management

19.Water Treatment Technology

20.Sustainable Urban Drainage System

21.Smart Water Energy Solution

22.Pollution Removal from Wastewater

23.Effective Operation of Wastewater

24.Climate Change and Energy

25.Smart Water Management

26.Modelling & Reinventing Engineering

27.Advanced Wastewater Treatment

28.Partial Nitrification-Anammox Process

29.Membranes Technology and Seawater Desalination

30.Industrial and Agricultural Wastewater Pollution Control

31.Urban Water Management
32.Flood Disaster and Adaptation Measure
33.Advanced Wastewater Treatment
34.Biodiversity and Ecosystem-based Approach in Water management
35.Water Treatment and Public Health
36.Forward Thinking Water Solution.

(三)水論壇(Water Forums)

1.亞太水務領袖論壇(Water Leaders Forum)

亞太水務領袖論壇於 11 月 1 日上午舉行，主要目的在於推動亞太地區具韌性及可持續性的水務管理，以面對不斷變化的氣候環境和日益嚴峻的水資源挑戰，提升水資源的韌性復原力和可持續性，此次論壇邀請新加坡、香港、日本、澳洲等亞洲國家的水務領袖，分享推展具韌性及可持續性的水資源及公共衛生的成功經驗，以及在過程中所面對的挑戰。為業界提供一個互相學習經驗及見解的良機，以致力為地區構築更好的未來。

2.亞太水務監管者論壇 (Policy and Regulation for Sustainable and Resilient Water Management in Asia-Pacific)

亞太水務監管者論壇於11月1日下午舉行，由國際水協會全球運作部水資源政策與監管高級主任 Carolina LATORRE ARAVENA 主持，主要討論及分享亞太地區施行具韌性和可持續性的水務管理政策及監管，延續 2018 年在東京舉行的第 5 屆國際水協年會水務監管論壇，此次亞太水務監管論壇邀荷蘭、菲律賓、韓國、南澳、香港及北京等國家或地區的水務主管，分享及採討如何在政策上將具韌性和可持續性的安全水資源及公共衛生普及至各個層面。

(四)水務工作坊(Water Workshops)

主辦單位另於 10 月 30 日下午針對食水和污水處理的創新消毒技術、 粵港澳大灣區的水安全和管理問題及如何撰寫好論文及發表於頂尖期刊等三項議題辦理工作坊(Workshops)，參加者可依自己需要自由參加其中一個議題，各議題介紹如下：

1.食水和污水處理的創新消毒技術工作坊

隨著技術進步，近年來出現了一些旨在提高水/污水處理效率和安全性的突破性技術。現場氯氣生產技術是其中一個例子，它主要是使用優質食鹽及利用薄膜電解技術生產高質量的氯氣，進行食水消毒，以消除使用液態氯而引申其運輸和儲存的潛在風險。在這工作坊中，將分享在水和污水處理方面開發和實施各種創新技術的經驗。

2.粵港澳大灣區的水安全和管理問題工作坊

大灣區是由圍繞中國珠江三角洲地區的城市群，包括廣東省的廣州、深圳、珠海、佛山、東莞、中山、江門、惠州、肇慶九個相鄰城及香港與澳門兩個特別行政區，面積 5.6 萬平方公里，截至 2018 年人口達 7,000 萬，是中國人均 GDP 最高，經濟實力最強的地區之一。唯因使用的主要水源受到工業及生活污水的排放污染，以及過去水源保育與污染防治的不受重視，而造成供水水質與水量的諸多問題；隨著經濟發展，人民所得提高以及對生活素質的要求提升，水源保育及污染防治逐漸受到重視，加以未來大灣區將發展成為創新技術、先進製造、貿易和經濟增長的全球樞紐，對「大灣區是否有足夠的水資源來維持其經濟增長」這一問題的考量

變得日益重要。因此特別利用香港此次舉辦 2019 IWA ASPIRE 國際會議的機會，特別辦理本之的工作坊，邀集大灣區相關的水務單位共同探討水安全的挑戰和問題，並全面審視正在實施的各種水管理措施，以促使水資源的質量能滿足未來大灣區的發展。

3.如何撰寫好論文並發表於頂尖期刊工作坊

在這個開放性創新時代，撰寫技術論文來發表本身的最新研究成果非常重要。擁有撰寫清晰呈現主題和結論的優秀論文的能力，與擁有研究技能和知識以找到問題的解決方案同樣重要。然而，科學論文寫作並能在一個著名的期刊上可能是一個個非常繁複的過程。本工作坊邀請了對論文寫作及發表有相當經驗的香港大學教授，提供有關撰寫高質量技術論文的技巧，和在頂級期刊上成功發表論文的關鍵要素的見解。工作坊的議程及講者如所示

(五)IWA-ASPIRE 委員(各國代表)會議

1.IWA-ASPIRE 委員(各國代表)會議

IWA-ASPIRE 委員(各國代表)會議(The 16th IWA-ASPIRE COUNCIL MEETING)於 10 月 31 日下午 4.30 分舉行，我國由高雄 2021 IWA-ASPIRE C&E 籌備委員會主任委員林財富教授、副主任委員駱尚廉教授、王根樹教授及秘書長黃良銘教授和本協會吳陽龍秘書長代表參加，會中由林教授報告我國高雄 2021 IWA-ASPIWE 的籌備辦理情形(如圖 3)及播放介紹高雄人文地理環境影片並發送簡介及紀念品，獲得與人員的好評。會中 2023 IWA-ASPIRE 的申請舉辦國紐西蘭亦播放其申請舉辦的介紹影片，亦獲得參與代表的致通過決定 The 10th IWA-ASPIRE Conference and Exhibition 2023 在紐西蘭威靈頓舉行。

圖 3　林財富主任委員報告 2021 年高雄 IWA-ASPIRE 籌辦情形

2. 協會網絡會議(Association Networking Meeting)

由日本水道協會於 2014 年開始推動並主辦的亞太地區各國自來水協會協會網絡會議(Association Networking Meeting)，每年配合日本水道協會年會時舉辦，本年度配合各國協會代表參加此次 IWA-ASPIRE C&E 的機會召開第六屆協會網絡會議 (The 6th Association Networking Meeting)，會議於 10 月 31 日晚上 8 時 30 分於會場附近的港灣頂上餐廳舉行，參加的有日本、印度、韓國、馬來西亞、菲律賓及我國的自來水協會(參加人員如圖 4)，會中由各國代表報告其自來水協會的運作及推展的主要工作及交流，吳秘書長亦報告本協會近來主要的業務活動情形，並歡迎各國代表到高雄參雄 2021 IWA-ASPIRE C&E。

(六)展覽會

展覽會於 10 月 31 日上午 9 時 – 11 月 2 日下午 1 時在會場三樓舉行，共有水務團體及廠家共 57 個攤位。台灣由本協會，台水公司及弓銓公司合租有四個攤位(如圖 5)，宣導 9th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition 2021 in Kaohsiung 外，台水公司展示我國自來水事業的建設成果及弓銓公司展示智慧水表等，展示期間，IWA 現任會長及新任會長，各國與會代表等人員均到場參觀(圖 6、圖 7)，給予諸多肯定及讚許。

圖 4　參加 Association Networking Meeting 之各國人員合影

圖 5　台灣自來水公司參展攤位

圖 6　IWA 理事長及新任理事長參訪本協會攤位

圖 7　香港水務署長及同仁參訪本協會攤位

圖 8　林財富教授代表接受第 9 屆 IWA-ADPIRE 研討會及展示會主辦銀盤

(七)閉幕及大會晚宴

閉幕典禮於 11 月 2 日下午舉行，由 IWA 新任理事長 Mr. Tom Mollenkopf 主持，除由香港主辦單位報告大會成果外，亦由林財富教授代表第 9 屆 IWA-ADPIRE 研討會及展示會主辦國介紹我國的籌辦情形並播放高雄的宣導影片，獲得廣大迴響，大家相約 2021 年高雄見，林財富教授亦代表接受主辦銀盤(如圖 8)。

(八)技術參訪(Technical Visits)

主辦單位為展示香港近年來在水務建設成果，用心地安排 10 個技術參訪地點，包含了雨水收集、河川整治、防洪、水源、給水、污水等工程建設成果，各項技術參訪地點如下所述。高雄地區近年來亦有不少的水務建設成果，2021 年我國主辦時，亦可列為技術參訪地點，讓國外人士了解我國在水務建設的成果。

1.跑馬地地下雨水收集計劃(Happy Valley Underground Storm water Storage Scheme)

跑馬地地下雨水收集計劃是香港一項重要的防洪工程。 HVUSSS 創新地提高了城市的防洪水平，成功解決了跑馬地和灣仔地區的洪水問題。智能和自動活動堰，集水系統和綠色建築設計的採用創造了一種更具彈性和適。

2.高島水庫(High Island Reservoir)

高島水庫位於西貢郊野公園，是香港最大的水庫。建設工作宏偉，需要在高島與西貢半島東端之間的狹窄海峽的東西方向修建兩座岩石壩，這些壩高出平均海平面，高出平均海平面 64 米，形成一個有水壩的水庫。容量達 2.8 億立方米。工程於 1971 年開始，並於 1979 年完成。由“ Dolosse”混凝土保護的高島水庫東主圍堰是獨特而獨特的。大約 7,000 塊重物，每個重 25,000 公斤，被互鎖在一起，放置在壩壁上，以便它們能夠吸收破碎機的力量並減輕海浪的侵蝕力。看起來很怪異的六角形圓柱狀岩石圍繞著東部主水壩和寶品洲。

3.O・PARK1 廚餘回收設施(O・PARK1 Organic Resources Recovery Centr)

O・PARK1 位於大嶼山北部小蠔灣，是一個自給自足的廚餘回收設施，每天處理能力為 200 噸。它採用先進的厭氧消化和堆肥技術，將食物垃圾轉化為沼氣發電。O・PARK1 除了產生供內部使用的熱量和電力外，據估計還可以產生約 1400 萬千瓦時的剩餘電力，相當於約 3,000 戶家庭的能源消耗。此外，O・PARK1 還通過每年產生約 6,500 噸堆肥作為副產品來幫助資源回收。

圖 9　台灣參加 IWA-ASPIRE 晚宴成員與 IWA 新理事長合影

4.小蠔灣污水處理廠工程(Siu Ho Wan Sewage Treatment Works)

小蠔灣污水處理廠是經過化學改良的一級處理廠。它為赤臘角機場，東涌，愉景灣和迪士尼樂園的 20 萬人口提供污水處理服務。小蠔灣污水處理廠的設計流量為每日 18 萬立方米。它還有一個太陽能發電場，包括 4,200 多個光伏面板，裝機容量為 1,100 千瓦。

5.T·PARK 污泥處理設施(T·PARK Sludge Treatment Facility)

T·PARK 污泥處理設施，它將多種先進技術結合到一個綜合體中。它反映了香港的願景，即擁抱“廢物轉化為能源”的概念，並改變人們對資源回收和再循環的態度。STF 的容量為每天 2,000 噸污泥。污泥的處理過程可分為污泥接收，污泥焚燒，能量回收和煙氣處理。STF 還實現了總水管理中的“零廢水排放”。它是通過海水淡化廠現場產生的飲用水和工藝用水的自給自足。設施中的所有廢水均經過處理後再用於灌溉，沖洗和清潔目的。

6.赤柱污水處理廠工程(Stanley Sewage Treatment Works)

赤柱污水處理廠是一座二級污水處理廠，建在洞穴中。它為赤柱、馬坑、大潭、Chun 坎角和紅山地區的 27,000 多人口提供服務，目前每天產生約 8,000 立方米的污水。污水由外圍的污水泵站收集，然後轉移到斯坦利污水處理廠進行進一步處理。

7.西部鹹水服務水庫(Western Salt Water Service Reservoirs)

為了配合香港大學百年校區的發展，需要在附近位置重新配置水務局（WSD）的西部鹹水服務水庫。在水務署和香港大學的共同努力下，採納了重新設置洞穴內鹽水服務水庫的建議。改建工程於 2007 年 4 月展開，並於 2009 年 9 月完成。改建後的鹹水配水庫的總儲存量為 12,000 立方米。這優化了土地利用，避免了對山坡的實質性砍伐，從而減少了需要棄置的棄土量，並最大程度地減少了對自然棲息地的干擾。

8.昂船洲污水處理廠工程(Stonecutters Island Sewage Treatment Works)

昂船洲污水處理廠是世界上最大的化學強化一級處理廠之一。整個系統每天可處理 245 萬立方米的污水。全面實施海港區治療計劃可大大改善維多利亞港的水質，並有助於實現海港區的可持續發展。

9.上林村河(Upper Lam Tsuen River)河道整治工程

上林村河的河道整治工程旨在減輕該地區的洪水風險。鑑於林村河上游具有非凡的保護價值，我們在設計，施工和管理階段竭盡全力將工程對環境和生態的影響降至最低。通過該項目採取的保護措施，在擬建的石籠網和恢復的天然河床上觀察到了大量植物生長。一些稀有野生動植物物種（例如香港 New）的種群有所增加。河流的生物多樣性也得到了保護，鳥類，魚類和蜻蜓的數量有所恢復。

10.元朗繞道防洪道(Yuen Long Bypass Floodway)工程

元朗繞道防洪道工程(如圖 28)旨在減輕元朗市及其周邊鄉村地區的洪災。它是在元朗市南部興建的主要排水渠，可攔截元朗流域 40%的徑流。旁路防洪道納入了一系列環境設計，例如建設 7 公頃的工程濕地。經過一年的建立，工程濕地已經發展成為可持續的生態棲息地。持續的監測表明，在人工濕

地中擁有 130 多種植物物種以及鳥類，青蛙，昆蟲和蝙蝠等各種物種，具有巨大的生物多樣性。

11.大埔濾水廠工程(Tai Po Water Treatment Works)

大埔濾水廠現正進行擴建，竣工後，日處理能力將增加一倍，至每日 80 萬立方米。大埔水處理廠採用堆疊式工藝設計來減少開發面積以保護自然棲息地，同時採用各種綠化，節能，節水和可持續發展的功能設施，使該廠獲得香港 BEAM Plus 白金認證的首個水處理廠。由於原水(大陸東江水)的污染問題，淨水過程採用粉狀活性碳接觸池，繼而經氣泡浮聚淨化系統(圖 9)進入臭氧接觸池再經初段曝氣生化過濾池，再經臭氧接觸池，接著輸往錳反應池和再經快濾池。最後加氯消毒，送至蝴蝶谷主配水庫。另廠內為監測原水水質的突發狀況，採用班馬魚為監測魚種，另設氯氣現場生產設備以克服山區交通困難及香港人口綢密的氯氣運送安全及供應問題。台水公司李總工程司與吳秘書長與各國參加人員於處理廠門口合影(圖 10)。

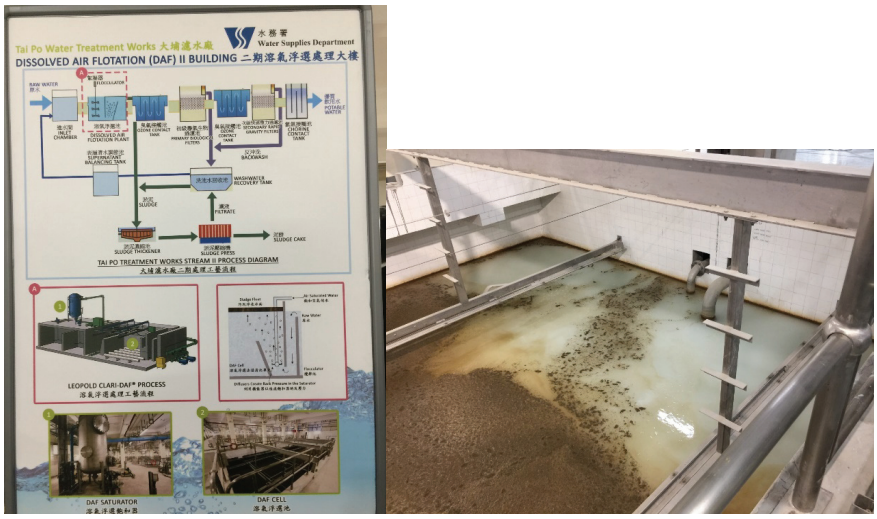


圖 9　大埔濾水廠氣泡浮聚淨化系統

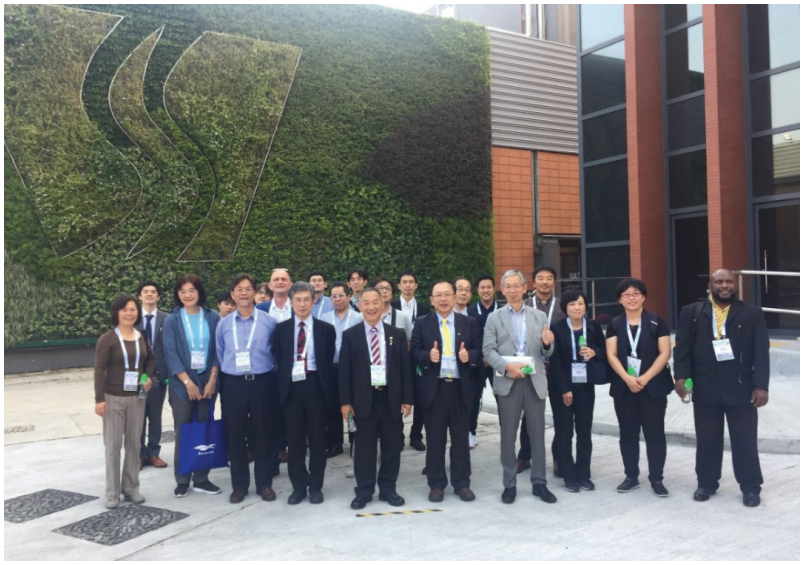


圖 10　參觀大埔淨水場之各國代表合影

三、結論與建議

(一)在本協會高雄「2021 年第 9 屆國際水協會亞太地區會議及展覽會」籌備委員會林主任委員財富及團隊的努力下，順利由主辦單位香港接下代表辦理 IWA-ASPIRE Conference & Exhibition 的錫盤，相信在籌備委員會各位委員的集思廣義、通力合作及各相關單位和本協會理、監事支持協助之下，我們有信心辦好第 9 屆國際水協會亞太地區會議及展覽會。

(二)近年來，政府積極推動水資源保育，確保水庫庫容與安全，建構水源調度及備援系統，加速建設雨排水、污水系統及回收利用，大力推動老舊管線設備的汰換更新，同時利用科技提升管理及使用效率等等諸多措施均契合本次大會主題「以智慧擴建穩健的水資源 以科技創造韌性的水環境」。後續仍須持續推動相關措施，以因應未來氣候變遷所帶來的影響，確保供水的安全穩定。

(三)此次 IWA-ASPIRE 會議及展覽會期間，剛好遇上香港發生「反送中」的示威活動，由此次來參加會議的人數不如以往及街上的遊客減少看來，示威活動造成的社會動盪不安，對以發展國際觀光及會展業務的香港有不少的影響，期望我國在辦理國際水協會亞太地區會議及展覽會期間，均能風調雨順，國泰民安，讓與會者均能感受台灣的美好。

(四)技術參訪往往是主辦國家展現其國家水務建設成果的契機，本次主辦單位安排了 11 個參觀地點，內容含蓋香港政府近幾年在水源保育、水庫、雨水收集儲存、淨水、污水處理等方面的建設成果。近來來政府在高雄地區亦有諸多水務建設成果，均可作為 2021 年辦理國際水協會亞太地區會議及展覽會的技術參訪地點。後續將與各相關單位研商準備，以展現我國在水務建設的用心及努力的成果。

作者簡介

吳陽龍先生

現職：中華民國自來水協會秘書長

專長：自來水事業經營管理、自來水工程規劃與管理

自來水會刊公告

本會刊自 110 年開始，將取消紙本會刊，改為電子會刊方式呈現，並刊載於自來水協會網站，敬請上網參閱，特此公告。