



Water Works Association
of the Republic of
China (Taiwan)

自來水

167

WATER SUPPLY QUARTERLY

Volume 42 NO.3 AUT 2023

第42卷 第3期
2023年8月

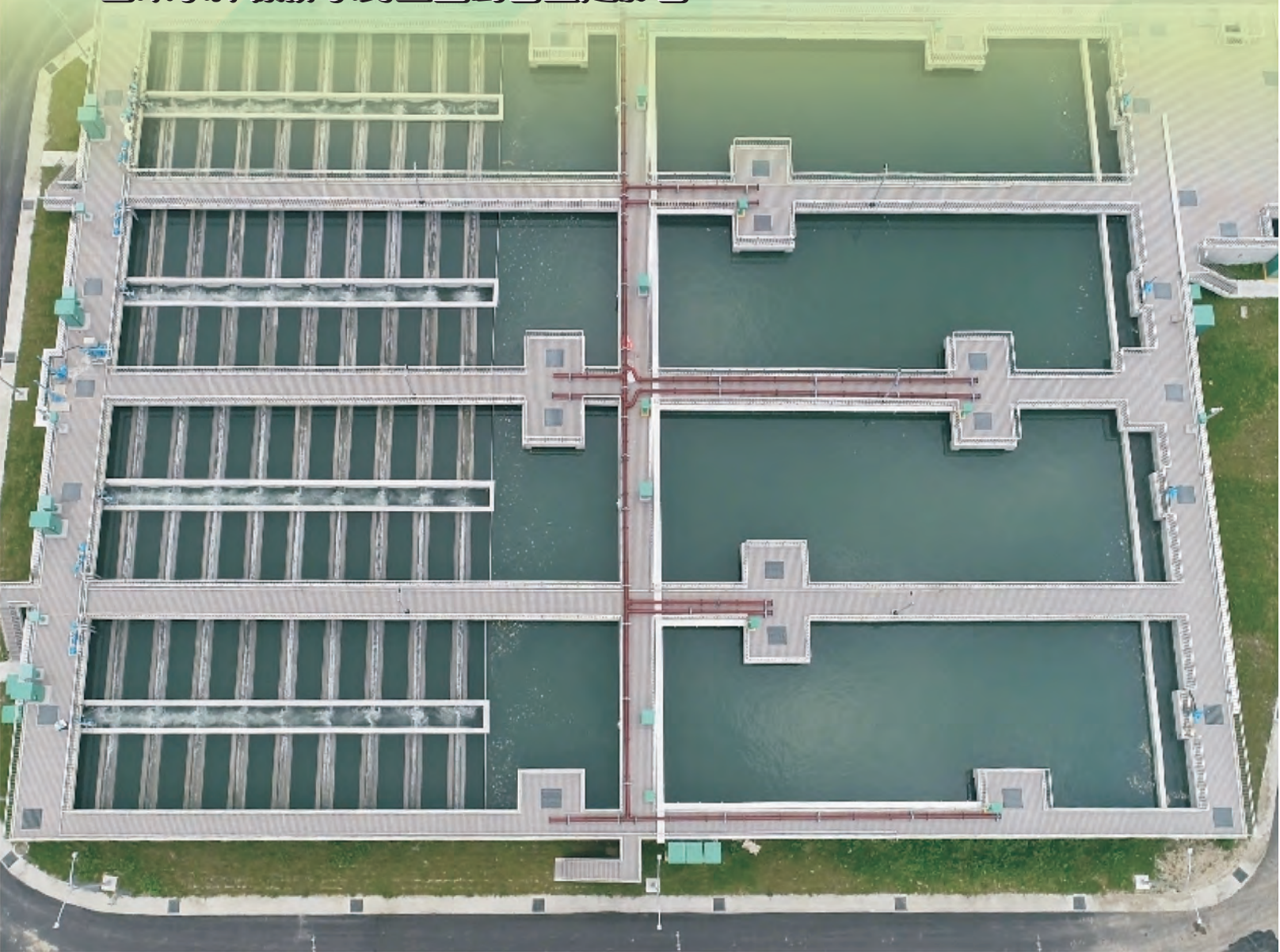
中華民國自來水協會會刊

本期專題：水質處理

加藥去除淨水場廢水總有機碳之評估

從源頭改善管末端水質之具體可行方案研究

自來水採樣排水對重金屬含量之影響



自來水會刊第 42 卷第 3 期(167)目錄



實務研究

- 降低漏水率之 $\phi 1500\text{mm}$ DIP管線埋設之施工模式探討(以道路寬6M為例) 陳振豐、蔡慶祥、蘇柏源..... 1
- 北水處與北市道管中心跨域協同管理—首創管線工程GML測繪及更新流程整合..... 黃騰宏、吳國洋..... 6
- 管線通過澎湖中正橋海域之研討..... 曾浩雄..... 14

本期專題 水質處理

- 加藥去除淨水場廢水總有機碳之評估..... 吳宗昱、刁文儀、林正隆、陳文祥..... 23
- 從源頭改善管末端水質之具體可行方案研究..... 游叡研..... 33
- 自來水採樣排水對重金屬含量之影響..... 李承龍、吳俊儀、鄭堡文、黃文惠..... 39

一般論述

- 水表不明自轉情形之分析及改善後實例探討—以臺北自來水事業處西區分處為例..... 梁植維..... 47
- 台水公司與日本自來水業推動淨零排放措施探討..... 唐俊成、葉素柔、蔡文魁..... 56
- AI在自來水產業應用的趨勢..... 邱嘉南..... 65

感性園地

- 飲水思源—回顧嘉義中埔村地區供水發展..... 蕭淑貞、蕭文河、蔡明道..... 73

協會與你

- 協會訊息..... 自來水協會會務組..... 79
- 歡迎投稿 112、113年「每期專題」..... 64
- 中華民國自來水協會會刊論文獎設置辦法..... 78

封面照片：豐原淨水場前處理設備 台灣自來水公司提供

自來水會刊雜誌稿約

- 一、本刊為中華民國自來水協會所發行，係國內唯一之專門性自來水會刊，每年二、五、八、十一月中旬出版，園地公開，誠徵稿件。
- 二、歡迎本會理監事、會員、自來水從業人員，以及設計、產銷有關自來水工程之器材業者提供專門論著、實務研究、每期專題、專家講座、一般論述、業務報導、他山之石、法規櫥窗、研究快訊、學術活動、出版快訊、感性園地、自來水工作現場、自來水廠(所)的一天、會員動態、協會與您等文稿。
- 三、「專門論著」應具有創見或新研究成果，「實務研究」應為實務工作上之研究心得（包括技術與管理），前述二類文稿請檢附摘要。「每期專題」由本刊針對特定主題，期使讀者能對該主題獲致深入瞭解。「專家講座」為對某一問題廣泛而深入之論述與探討。「一般論述」為一般性之研究心得。「業務報導」為國內自來水事業單位之重大工程或業務介紹。「他山之石」為國外新知或工程報導。「法規櫥窗」係針對國內外影響自來水事業發展重要法規之探討、介紹或說明。「研究快訊」為國內有關自來水發展之研究計畫期初、期中、期末報告摘要。「學術活動」為國內、外有關自來水之研討會或年會資訊。「出版快訊」係國內、外與自來水相關之新書介紹。「感性園地」供會員發抒人生感想及生活心得。「自來水工作現場」供自來水從業人員，針對工作現場發表感想。「自來水廠(所)的一天」為提供自來水基層廠(所)的工作現況，增進社會各界對自來水服務層面的認識。「會員動態」報導各界會員人事異動。「協會與您」則報導本會會務。
- 四、惠稿應包含 300 字以內摘要及關鍵字，每篇以不超過十頁為宜，特約文稿及專門論著不在此限，本刊對於來稿之文字有刪改權，如不願刪改者，請於來稿上註明；無法刊出之稿件將儘速通知。
- 五、文章內所引之參考文獻，依出現之次序排在文章之末，文內引用時應在圓括號內附其編號，文獻之書寫順序為：期刊：作者，篇名，出處，卷期，頁數，年月。書籍：作者，篇名，出版，頁數，年月。機關出版品：編寫機構，篇名，出版機構，編號，年月。英文之作者姓名應將姓排在名之縮寫之前。
- 六、本刊原則上不刊載譯文或已發表之論文。投稿一經接受刊登，版權即歸本協會所有。
- 七、惠稿(含圖表)請用電子檔寄至 thomas7735tw@mail.water.gov.tw，並請註明真實姓名、通訊地址（含電話及電子郵件地址）、服務單位及撰稿人之專長簡介，以利刊登。
- 八、稿費標準為專門論著、實務研究、一般論述、每期專題、專家講座、法規櫥窗、他山之石、特載等文稿 900 元／千字，「業務報導」為 500 元／千字，其餘為 400 元／千字，封面照片及文稿中之「圖」、「表」如原稿為新製者 400 元／版面、如原稿為影印複製者，不予計費。
- 九、本會刊於 110 年開始發行電子會刊，內容已刊載於本協會全球資訊網站（www.ctwwa.org.tw）歡迎各界會員參閱。
- 十、本刊中之「專門論著」、「實務研究」、「一般論述」、「每期專題」及「專家講座」，業經行政院公共工程委員會列為技師執業執照換發辦法第四條第一項第六款之「國內外專業期刊」，適用科別為「水利工程科」、「環境工程科」、「土木工程科」。

自來水會刊雜誌

發行單位：中華民國自來水協會

發行人：李嘉榮

會址：臺北市長安東路二段一〇六號七樓

電話：(02)25073832

傳真：(02)25042350

中華民國自來水協會編譯出版委員會

主任委員

黃志彬

副主任委員

李丁來

委員

陳明州、康世芳、武經文、邱福利、

吳能鴻、王明傑、楊人仰

自來水會刊編輯部

臺中市雙十路二段二號之一

行政院新聞局出版事業登記證局第 2995 號

總編輯：李丁來

執行主編：林正隆

編審委員

甘其銓、周國鼎、鄭錦澤、陳文祥、黃文鑑、
梁德明

執行編輯：吳宗昱

電話：(04)22244191 轉 516

行政助理：黃香蘭

協力廠商：松耀印刷企業有限公司

地址：台中市北區國豐街 129 號

電話：(04)22386769

降低漏水率之 $\phi 1500\text{mmDIP}$ 管線埋設之施工模式探討(以道路寬 6M 為例)

文/陳振豐、蔡慶祥、蘇柏源

摘要

為逐年降低台水公司（以下簡稱本公司）供水管線漏水率，及滿足供給現今社會蓬勃發展之廣大用戶量足質優的自來水，特辦理本案：主要目的為了汰換民國 70 年代舊有道路下埋設之 $\phi 700$ 、 400mmPSCP ，因材質老化及破管多次，影響緊急搶修需耗費大量人機具，且造成官田、麻豆、佳里及學甲等約 5 萬戶民眾用水的不便，故特辦理本工程新埋設 $\phi 1500\text{mmDIP}$ ，本篇將探討在鄉區間道路寬度只有 6M 情形之下， $\phi 1500\text{mmDIP}$ 管溝開挖後對工程施工上之影響，及最後所獲得的一些寶貴經驗供各位先進酌參應用。

關鍵字：漏水率、PSCP、DIP、道路寬度 6M

一、前言

本工程 $\phi 1500\text{mm}$ 管線埋設路線，規畫於台南市官田區南 64 線隆田加壓站起途經周遭旁產業道路施工前、後情形(圖 1、圖 2)，最後於省道台一線(307K+000)八田路口上與烏山頭給水廠 $\phi 2200\text{mm}$ 支援曾文溪以南出水管線新舊管斷管相連，總計長度約有 1.93 公里(圖 3)。

二、施工規劃進程

(一)南 64 線上係屬既成道路，土地所有權人約有 42 位(包含嘉南農田水利會及當地

公所)(圖 4)，因此於管線開挖前須先辦理相關土地所有權人之補償費，其補償基準係依據部頒「自來水工程使用土地爭議補償裁量準則第七條」^[1]辦理補償。



圖 1 施工前照片(起點-隆田加壓站)



圖 2 施工後照片(起點-隆田加壓站)



圖 3 施工路線圖

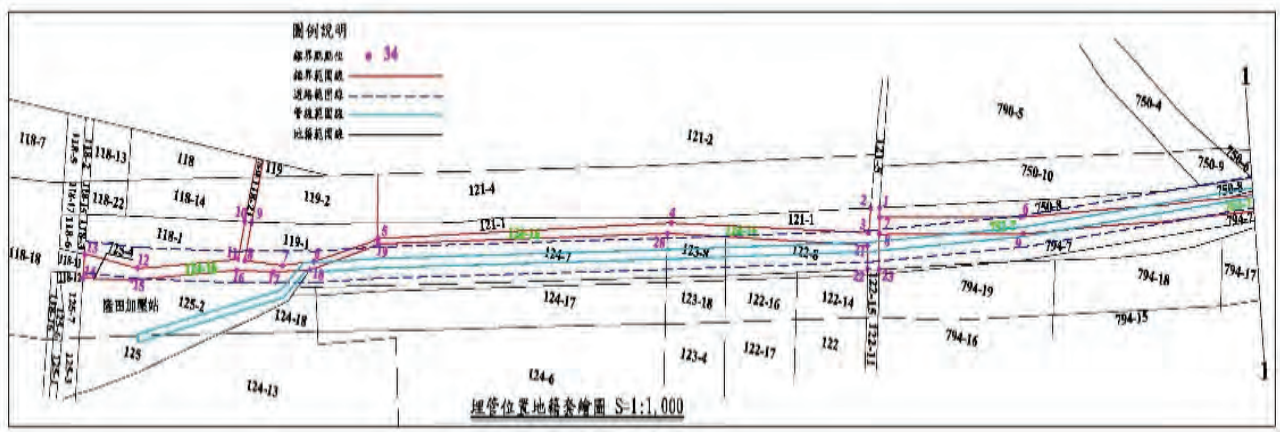


圖 4 地籍套繪示意圖

(二)為使供水不中斷，於道路挖掘前必須先安裝 $\phi 600\text{mm}$ 臨時管，主要固定方式採 0206 台南大地震時所用之井字框架鋼軌樁(圖 5)，也為了要使後續埋設 $\phi 1500\text{mm}$ 管線順利，故需辦理第一次停水改接，停水時間 11.5 小時，停水戶數 5 千戶，水壓降低 8 萬戶，停水區：官田，水壓降低區：麻豆、佳里、學甲及七股等，最終於時限內順利完成通水(圖 6)。



圖 5 $\phi 600\text{mm}$ 臨時管及管架



圖 6 停水及水壓降低範圍示意圖

(三)臨時管架設完成及通水後，才可以開始挖除道路埋設下之舊有 $\phi 700$ 、 400mmPSCP (圖 7)並新埋設 $\phi 1500\text{mmDIP}$ 管線(圖 8)。



圖 7 挖除舊有之 $\phi 700$ 、400mmPSCP



圖 8 管溝開挖及擋土支撐照片

三、施工方法

(一)於施工前六區處需先依照「自來水工程使用土地爭議補償裁量準則第七條」^[1]，針對既成道路之私有地主辦理補償，南 64 線有 40 位私有地主及產業道路上計有嘉南農田水利會及當地公所土地。其中補償金額計共花費新台幣 1,334,269 元，補償面積共 3,089M²(圖 4)。

(二) $\phi 600$ mm 臨時管安裝完成通水後，旋即開始道路開挖，前述因南 64 線路寬約只有 6M，依據本公司契約規定，且需挖除舊有埋設之 $\phi 700$ 、400mmPSCP，因此施工過程中是採全路段封閉，改行替代道路之施工方式(圖 9)，且在施工過程中，因盛逢每年 5 月至 11 月正逢當地菱角盛產期及第一二期水耕稻田灌溉撥種季節(圖 10)，因此當地水利會灌溉用水大量而造成地下水位高漲，採用門型框擋土將使兩側道路嚴重崩塌，車子無法行走，CLSM 回填需採泵送車壓送，且泵送車有壓送長度的限制，且在其進料口處因粒徑大小不均勻容易造成塞管，因此在施工效益上較差，回填時間將增加一倍以上，易造成工地安全的危害及風險。

(三)本案於南 64 線施工完成後，旋即第二工區開始產業道路段施工，此路段的前半段路寬剩 5.5M，於道路開挖後路寬剩餘不到 2.5M，且道路另一側現有水利會之灌溉溝渠，因此需鋪設臨時蓋板供預拌混凝土車行走(圖 11)，以方便回填 CLSM 澆置，並後續立即鋪築臨時性 AC 封面以利當地民眾通行。

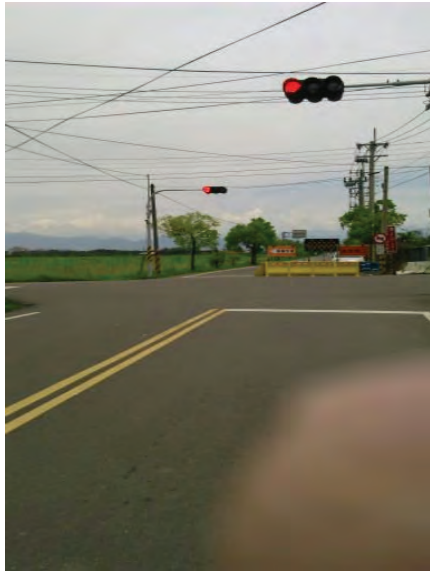


圖 9 道路封閉改道



圖 12 臨時 AC 復舊照片



圖 10 兩側現況(栽種菱角及有機水耕稻田)



圖 11 管溝開挖回填後需暫時鋪設鐵板供預拌車行走

產業道路後半段的部份路寬只剩 5M，且正好一側土地係為農田水利會嘉南大圳旁之水利灌溉用地，因此與承租人及水利會溝通租用後，採用施工便道鋪設臨時鐵板的方式供預拌車通行灌漿，藉以提高施工效率，也幫助縮短了 1/3 的施工時限。

四、結論及建議

總結，本工程受限於道路寬度只有 5-6M 之路幅，且依據本公司管溝開挖斷面寬度規定^[2]，埋設 $\phi 1500\text{mm}$ DIP 斷面寬至少需 2.7M，而施工路線係位於鄉間之產業道路，兩側栽種經濟作物及既成道路需辦理補償或是租用等各種問題，因此當地民情及地理條件均不像一般縣市府或是公路局養護道路等較為方便施工，但也因是產業道路積極變通施工方法，所以最後新舊管斷管相連時，因原先道路上已埋設有台電送電人孔箱涵及固網光纖等管線無法辦理遷移，因此變更埋設路線由水利會土地穿越，才可順利達

到新舊管斷管相連及維持供水之重大里程碑。



圖 13 產業道路施工前現況



圖 14 施工完成後現況照片

且也因有了第一次的改接停水之經驗後，於第二次 $\phi 1500\text{mm}$ 新舊管斷管相連之停水改接已大幅減少停水區域，且公告停水

時間 23 小時及 4 個施工位置同時改接，均非常順利的於 20 小時前施工完成，後續緩慢洗管排氣等，順利地在公告時間前全線恢復供水。

最後，在此獻給台南市官田區公所、嘉南農田水利會、隆田工作站、公路總局新營工務段及本公司六區處及烏山頭給水廠以上各單位的全力幫忙，方能使本案工程順利完成，誠摯感謝。

參考文獻

- 1.自來水工程使用土地爭議補償裁量準則。
- 2.自來水工程契約規範。

作者簡介

陳振豐先生

曾任：台灣自來水公司南工處(退休)處長

專長：自來水工程規劃設計、工程、營管及漏水防治

蔡慶祥先生

現職：台灣自來水公司南工處第三工務所主任

專長：自來水工程規劃設計施工及漏水防治

蘇柏源先生

現職：台灣自來水公司南工處第三工務所工程員

專長：自來水工程、監造

北水處與北市道管中心跨域協同管理 —首創管線工程 GML 測繪及更新流程整合

文/黃騰宏、吳國洋

摘要

本文說明臺北自來水事業處（以下簡稱北水處）與道路主管機關臺北市政府工務局道路挖掘管理中心（以下簡稱道管中心）聯手完整管線即時圖資，以避免圖資重複作業，更能落實國家發展委員會就源管理目標，提昇救災及用路安全。

關鍵字：測量圖資生命週期、源頭管理、GML

一、背景說明

為提昇水資源有效利用及用戶服務品質，北水處自 95 年起推動「供水管網改善及管理計畫」，將漏水率高的區域或路段全面汰換為優良管材，預防漏水造成道路損壞影響用路安全。依「臺北市道路挖掘施工維護管理辦法」，施工前需向道管中心申請道路挖掘許可，經統計北水處管線更新及維護作業，每年平均申請挖掘約 2,240 案，佔市府申挖單位總數 62%（件數最多）。

道管中心亦依內政部營建署 105 年「公共設施管線資料標準」，修訂「臺北市公共管線圖資及圖檔更新維護作業要點」，自 106 年 4 月 1 日起核發道路挖掘許可證，施工後需辦理管線定位測量及上傳圖資 GML（Geography Markup Language）與測量成果，以更新公共管線資料庫。

故北水處申請道路挖掘許可，每案於完工後 30 日內需至系統平臺向主管機關申請

結案，並上傳符合規定之資料交換格式資料至公共管線資料庫。依現行作業流程，北水處與道管中心雙方均努力落實維護管理，且各有管理系統，惟在實際管理執行面上仍需必須藉由跨機關合作，以解決下列問題：

（一）北水處與道管中心管線圖資更新作業重複

北水處施工後審查確認圖資，除需更新內部管線圖資平台，尚需依規定將管線數值資料上傳至道管中心本市公共管線資料庫，除增加北水處上傳作業外，亦需經過道管中心道路挖掘許可結案程序二次審查作業。

（二）北水處與道管中心管線圖資更新不同步

依核准道路挖掘許可證現場施工後，蒐集施工資料及現場管線圖資測量，並於 30 日期限內辦理申報完工作業，惟現場施工完成後至結案核准圖資審核更新前時序落差，造成雙方平台圖資與現況不同步，當有其它管線單位申調地下管線圖資或不慎挖損自來水管線，道管中心系統無法即時查閱最新圖資，恐影響救災協調事宜。

（三）北水處設備巡檢結果需另更新道管中心圖資平台屬性

除增加北水處圖資編修作業外，因道管中心平台圖資尚未更新，將影響後續道路上人（手）孔設備施工申請，且各管線機關（構）及道管中心，將無法即時掌握道路設備（閥

栓)於路面情形(平整、破損及埋沒等)。

二、實施方法

北水處與道管中心能夠彼此精進作法關鍵，在於北水處對 GML 不是用在道路挖掘許可結案交差而已，而是拿 GML 更新自己的 GIS，並進行圖資應用、水理分析、空間分析，認真看待 GML 測量工作。在這個基礎上方才提出同步更新機制，由北水處 GIS 系統拋給道管中心道路挖掘管理系統以簡化流程。

道管中心則因評估北水處整套 GML 管理制度完善，追求準確性與正確性，投入極高人力及經費，把關下的 GML 十分可信賴且經過檢視符合要求，因此放心交由北水處自行負責品質，回歸三級品管制度，道管中心不必重複審查 GML，省下人力時間成本進而精進管理，這樣的流程改造不但獲得雙贏，更是全國第一個採用此制度的模範。雙方變革為：

- 1.北水處精進作業流程及透過評選尋求有經驗之優良測量專業廠商，納入專案管理以確保圖資品質。
- 2.道管中心(路權機關)由原北水處圖資逐案更新審查，改採以落實三級品管方式辦理擴大圖資抽查(測)作業。

為解決雙方機關圖資管理長期既存問題並優化流程，北水處多次拜會本府工務局溝通，透過重新檢視北水處空間資料庫內容及作業流程，擬定雙方機關空間資料同步作業方式，包括開發雙方空間資料自動化同步服務、建立「測量圖資生命週期」管理機制與相關系統擴充，期進行資訊結合應用精進，並提供跨單位資訊共享，以提升行政效能，增進整體服務品質，在適度調整彼此管理系統前提下，以圖資就源管理、精進作業流程，並透過介接雙方系統方式來突破此難題，以整體流程 e 化來徹底改善人為管控疏漏與資訊落差(圖 1)。

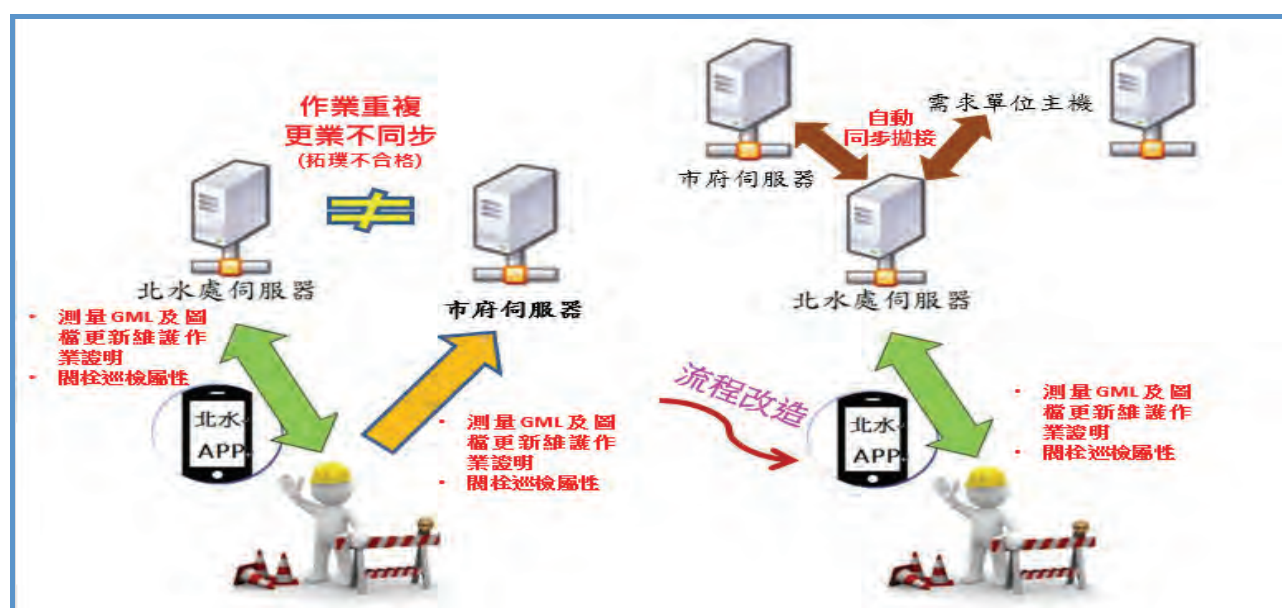


圖 1 北水處以圖資就源管理，並與道管中心系統介接流程改造

(一)源頭管理，異動同步更新道管中心

採三階段（源頭管理→數化追蹤→異動更新）方法（圖 2）

1.源頭管理

為強化源頭管理，北水處於工程維運管理雲平台上建立測量 GML 收納平台，由測量廠商直接上傳測量檔案至收納平台，並建立測量成果檔案儲存區。監工人員可於平台上進行查核作業，確認無誤後，即可將成果置於暫存區。

2.數化追蹤

接續由數化人員進行版本確認作業，檢核無誤後，可將測量成果 GML 資料匯入至空間資料庫中，並開啟設備管理系統圖資繪製模組，進行測量成果配置圖資，數化過程中的各項圖資編修程序，將會完整紀錄於「工單異動資訊」當中，待繪製完成後即可將本次異動結果，同步至北水處空間資料庫。

3.異動更新

分成三部分進行，一部分是依道路挖掘許可編號匯出 GML 及 4 項測量成果資料，隨案透過系統介接道管中心道路挖掘管理系統進行圖資更新作業、第二部分是每日同步圖資異動資訊，將各「工單異動資訊」成果，從空間資料庫轉製成 GML 檔案格式，並依據道管中心要求，存放於特定位置，每日進行圖資異動同步更新、第三部分是透過設備巡檢結果自動同步更新道管圖資屬性。

(二)精進作業流程及測量管控，確保圖資品質

北水處 111 年測量專標透過評選（準用

最有利標）方式採購，尋求有經驗之優良測量專業廠商辦理，在管理面，強調資訊即時，在技術面，重視品質提昇，推動管線測量 10 大精進作為（圖 3）：

- 1.建立衛星定位儀不確定度之標準與測試方式，開工前進行測量系統校驗正，確保量測準確及降低不確定度，專案執行期間，建立北水處與測量廠商雙方互抽機制及定期檢討抽測成果，精進作業。
- 2.透過 WebAPI 串接北水處之施工 APP，取得施工廠商之每日施工資訊，測量廠商由被動接受監工派案，改為主動管理，以避免監工漏派、遲派案件，以減少銑鋪後測量之比例。
- 3.建立『測量戰情中心』，數字化管控，針對弱點進行補強。
- 4.建構『管線測量全生命週期管理系統』，提升文書處理效率並強化案件進度追蹤。
- 5.強化測量收案資料審核。
- 6.每日公佈收案資料審核結果。
- 7.監工回報預計銑鋪日期。
- 8.測量廠商一旦發現有銑鋪後測量案件即時通報，每月定期檢討原因及改善。
- 9.建立雲平台，強化 GML 製作進度及測量成果追蹤。
- 10.強化與臺北市政府路權管理單位之溝通機制：主動與道管中心協調圖資更新處理機制，提昇作業品質。

(三)開發北水處設備巡查管理系統與巡查 APP 將巡查結果與道管中心空間資料自動化同步服務，確保用路人安全（圖 4）



圖 2 圖資同步更新三階段

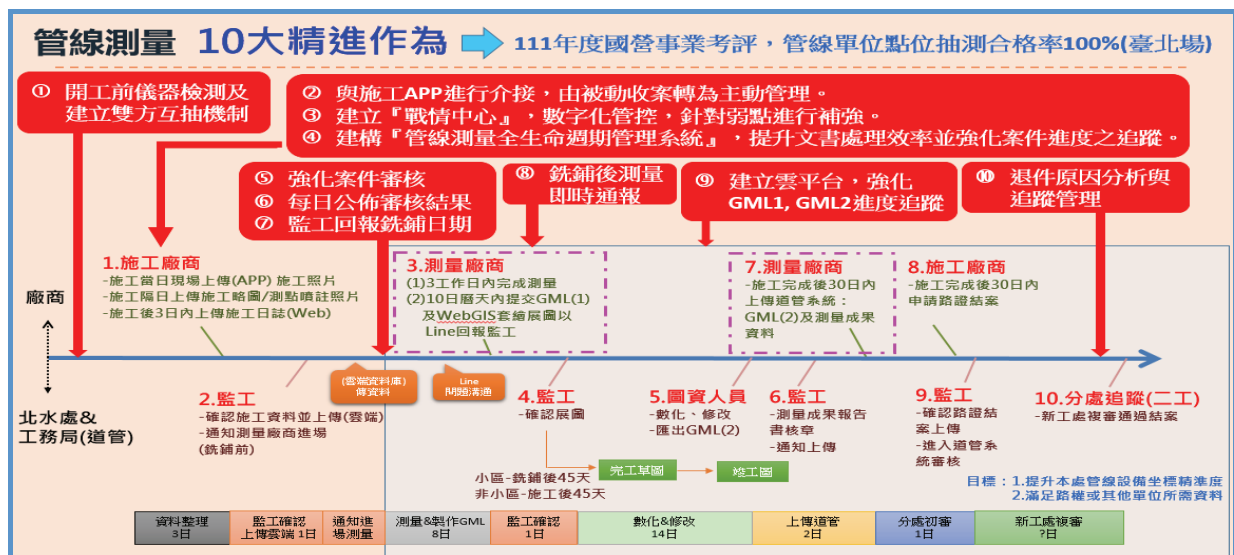


圖 3 北水處管線測量 10 大精進作為



圖 4 北水處設備巡查 APP 操作畫面

三、遭遇困難及解決對策

(一)遭遇困難

- 1.北水處與道管中心各有系統且行之有年，因權管重點不同（道管中心為道路挖掘施工主管機關、北水處著重管線設備維護操作正常），針對孔蓋對應設備數量不一，雙方在管理維護角度不同，待取得平衡。
- 2.北水處管線圖資約 64 萬筆（數量龐大），因圖資更新涉及多角關係（施工廠商、測量廠商、水處監工及圖資人員、路權機關等），流程管控不易。

(二)解決對策

- 1.北水處主動召開多次會議，闡述本案優點及願景，凝聚雙方共識，建立「地面孔蓋與水處設備編號原則」，以符雙方管理所需，並依內政部營建署「公共設施管線資料標準」，以管線分類及識別性，雙方管線資料庫採共同辨識碼(WPID)，其成效甚至吸引新北市路權單位積極參與。
- 2.建立「施工測量圖資作業流程」（圖 5），

並透過評選尋求有經驗測量專業廠商及擴大採購規模，納入專案管理（案件管控、介面協調、成果統計及流程優化等），提昇確保圖資品質。

- 3.道管中心配合針對北水處所提流程，提供建議及管理經驗供參考，更研擬相關配套流程及管制方式，以符合三級品管原則。

四、投入經費及人力

- (一)北水處於「自來水管網水理模型建置應用及工程維運等系統擴充」案辦理本項作業，估計約新臺幣（下同）135 萬元。
- (二)北水處成立跨科室專案小組，投入人力 32 名。
- (三)道管中心道路挖掘管理系統納入本案需求，配合程式修改及服務介接，投入經費約 30 萬元。
- (四)道管中心成立協同處理小組，投入人力 12 名，研擬配套流程、修訂審核機制、案件處理及相關諮詢。



圖 5 北水處「施工測量圖資作業流程」



圖 6 北水處圖資創新作為與應用



圖 7 北水處 111 年榮獲第 18 屆金圖獎

五、執行成效

管線圖資為北水處重要資產及核心智能，因地下管線複雜，圖資正確性攸關停、復水制水閘操作，涉及民生用水與工程推動順利，與管線汰換成果息息相關，藉由管線圖資追蹤停水影響範圍、結合機器學習進行漏水潛能分析及精進開挖地點達節能減碳，期運用資訊科技打造不缺水臺北城（圖 6）

(一)榮獲 111 年台灣地理資訊協會第 18 屆金

圖獎（圖 7）

導入 GML 全生命週期管理，同步更新圖資至臺北市道路管理機關，全國首創管線圖資就源管理，精進雙方作業流程，省時又便利，落實國發會圖資就源管理目標，未來可供各縣市政府及管線單位效法實施。

(二)減少行政流程作業（圖 8）

圖資就源管理後，北水處與道管中心圖資一致，異動僅需源頭調整即可同步道管中心系統平台，避免重複作業，以北水處 111

年道路挖掘及人手孔許可申請件數合計 3,300 件估算，北水處不需重複上傳及道管中心不需重複審查，每案以 1 小時計算，每年可節省 3,300 小時。

(三)道路挖掘許可及 GML 結案率提升(圖 9)

GML 測量成果可完整收集與便於後續管理，圖資每日與道管中心同步，方便監工道路挖掘案件結案，達到從源頭管理－數位追蹤－異動更新目標，經由圖資異動同步後，可立即提升道路挖掘結案率，不再受雙方圖資不一致影響，另因施工及測量作業流程精進，可加速圖資 GML 上傳率及更新率，其中上傳率自 108 年 20.36% 提升至 112 年 7 月 99.14% (增加 78.78%)，更新率自 108 年

2% 提升至 112 年 7 月 96% (增加 94%)。

(四)圖資品質提昇

內政部營建署 111 年度國營事業管線挖掘市區道路施工回填復舊考評，北水處在管線單位點位抽測合格率 100%。

(五)自來水管搶修案件數大幅下降

配合道管中心採用 e 化數位方式管理，經統計 111 年報備緊急搶修件數 1,101 件較 104 年 2,372 件減少 53.6%。

(六)提昇救災及用路安全

管線圖資就源管理成效不只為了減少行政流程作業、降低錯誤率，最大成效在「人民生命財產安全多一分保障」。

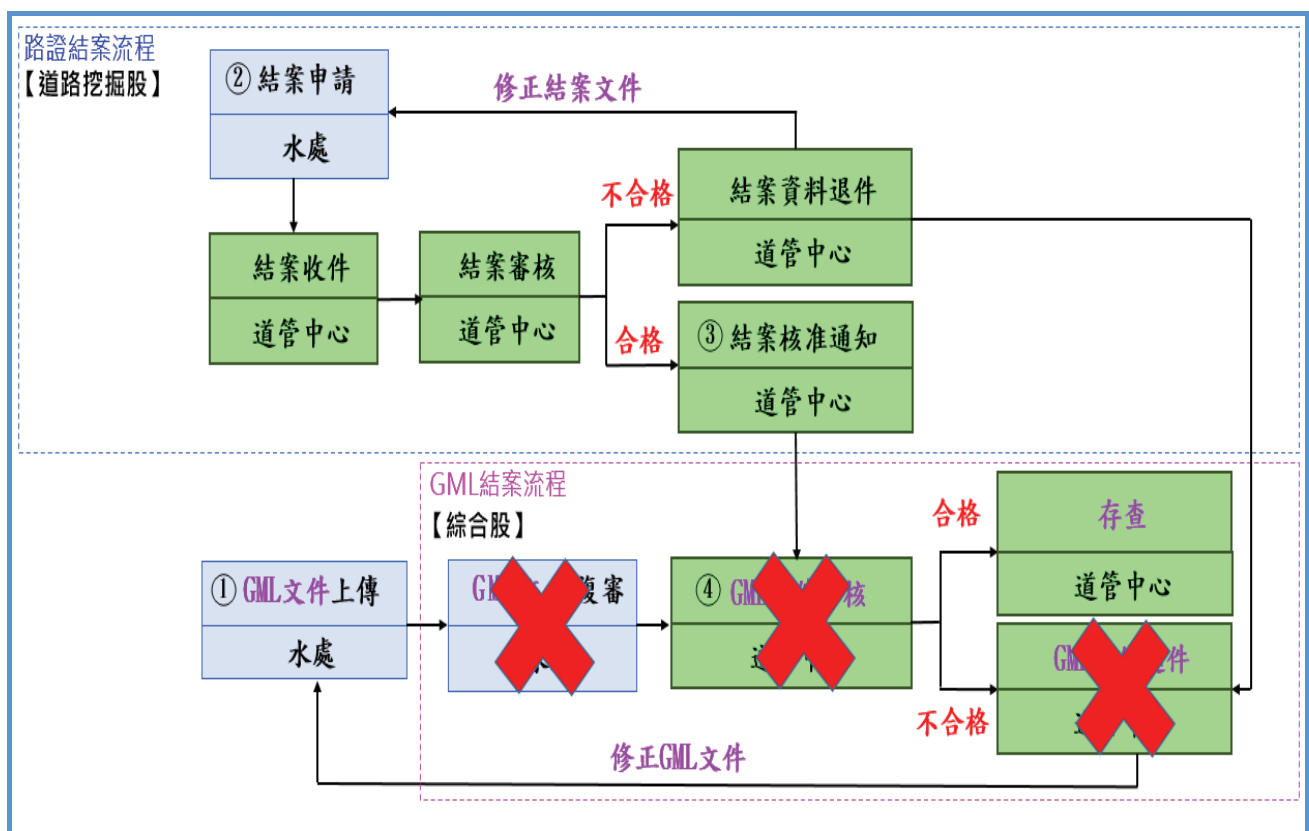


圖 8 「道路挖掘許可及 GML 結案作業流程」變革

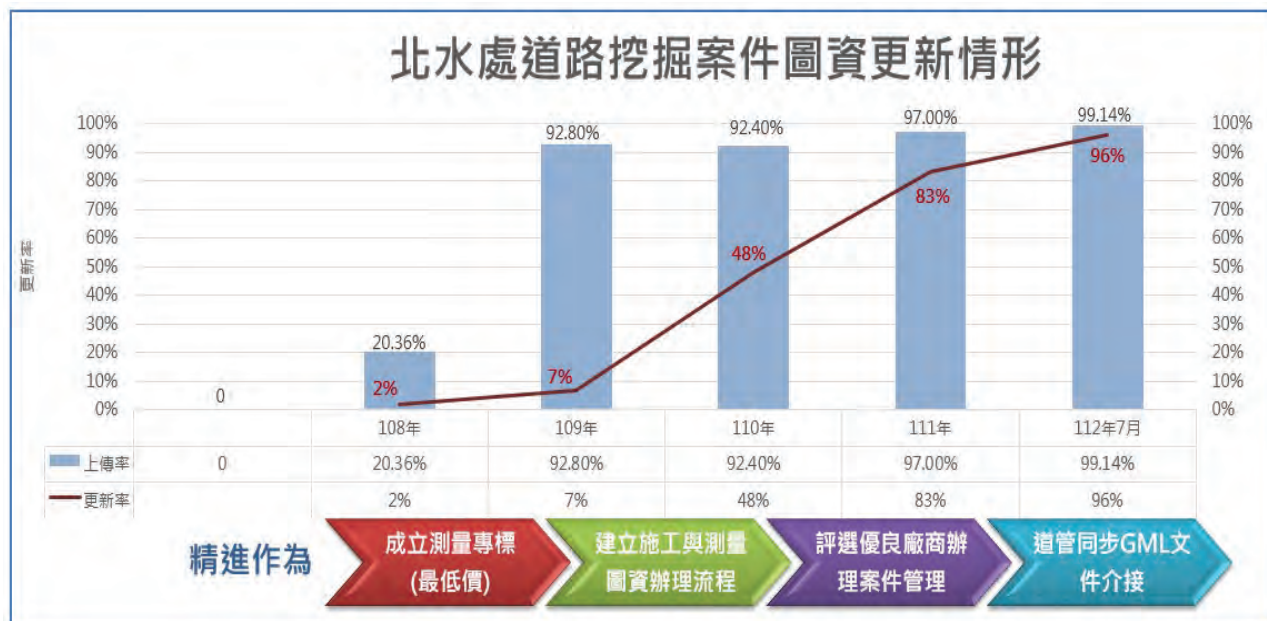


圖 9 北水處道路挖掘圖資更新情形

致謝

感謝北水處時佳麟專門委員、許敏能副總工程司、技術科朱撼湘科長及黃欽稜一級工程師建議與指導。

吳國洋先生

現職：臺北市政府工務局道路挖掘管理中心股長
專長：道路挖掘管理、管線圖資

參考文獻

- 1.黃騰宏、謝連達、許家成，臺北自來水智慧化資訊管理系統建置與應用，中華民國自來水會刊第38卷第4期。
- 2.時佳麟、張瑛興、姚榮昇、謝連達、黃欽稜、黃騰宏、曾美芝、楊凱傑及陳品叡，GIS管線圖資更新機制之研究，臺北自來水事業處110年度自行研究。
- 3.謝連達、朱撼湘、黃騰宏及張瑛興，臺北自來水智慧化資訊管理系統創新作為與應用探討，第39屆自來水研究發表會。

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

管線通過澎湖中正橋海域之研討

文/曾浩雄

摘要

澎湖縣白沙鄉居民之用水全依賴白沙淨水場抽取地下水勉強供應，由於供應量不足故常發生缺水現象。台水公司為解決此問題，計劃自成功淨水場埋設一條 315 mm HDPE 管至白沙淨水場，以加壓方式將成功淨水場之清水送至白沙淨水場。其因此造成該場不足之水量再由烏坎海淡廠經澎 204 線國軍副產品社前之 $\phi 500$ mm 管線延管至成功淨水場補充供應。至於成功場至白沙場之管線，自該場沿著澎 203 線北上途經中正橋及永安橋(北方)至白沙淨水場。前者之跨距為 60m；後者為 20m。管線過橋梁方式共有十種，經分析比較後，決定採用利用公路局現有橋墩為支撐點，將維修步道設在內海測，HDPE 管敷設在維修步道上。管線架設在橋墩上通過中正橋及永安橋。

關鍵字：白沙鄉、成功淨水場、白沙淨水場、中正橋、永安橋、維修步道、315 mm HDPE 管、澎湖縣政府。

一、背景說明

澎湖縣白沙鄉是屬於澎湖離島地區，目前其居民之用水全依賴白沙淨水場抽取地下水勉強供應。台水公司為徹底解決其用水之困境，擬自目前之成功淨水場埋設一條 315 mm HDPE 管至白沙淨水場，以加壓方式將成功淨水場之清水送至白沙淨水場，該場不足之水量再由烏坎海淡廠經澎 204 線國軍副產品社前之 $\phi 500$ mm 管線延管至成功淨水場補充供應。其埋設路線詳如圖 1 所示。

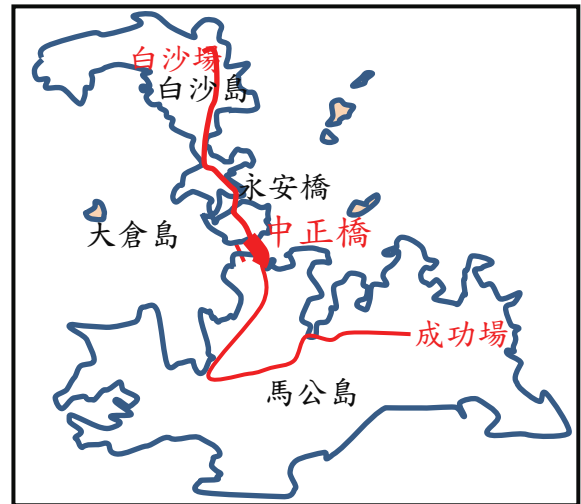


圖 1 送水管途經中正橋

二、管線過橋方式

管線過橋方式有下列十種：

(一)以固定在橋樑方式通過

以此方式過橋不但簡單又很方便，使用 960 mm * 50 mm * 6 mm SUS # 306 不銹鋼板(兩端各預留 5 cm 與混凝土連結)及 M16 膨脹螺栓(埋入深度 > 6 cm)，可將送水管 $\phi 315$ mm HDPE 管固定在橋邊紐澤西護欄上，但公務局並不接受，詳如圖 2 所示。

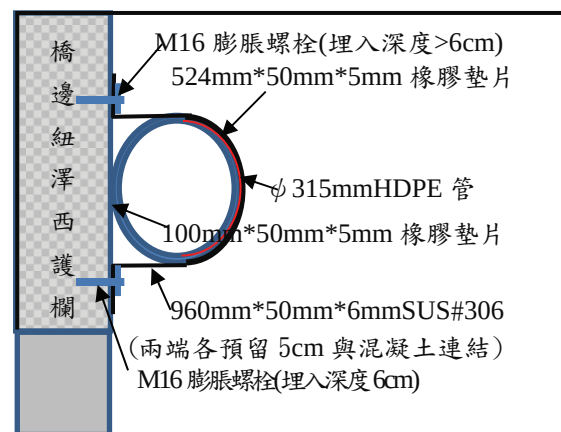


圖 2 固定在橋側方式過海示意圖

(二)架設三角架以附掛方式通過

假如認為使用 960 mm * 50 mm * 6 mm SUS # 306 不銹鋼板及 M16 膨脹螺栓將送水管固定在橋邊紐澤西護欄不夠安全，則可加設不鏽鋼三角架，將送水管撐住，再使用 M8 膨脹螺栓固定在橋邊紐澤西護欄上。詳如圖 3 但經與中正橋主管機關(公路局第三工程處)協商後，該處認為該橋樑數年前曾整修過，惟其效果不盡理想，而且以附掛方式只限於 $\phi 200$ mm，若附掛 $\phi 300$ mm 以上之管線恐有危及橋樑安全之虞，不予同意，本人曾告知 $\phi 315$ mm HDPE 管之重量只有 $\phi 200$ mm DIP 管之 46.3%，雖然使用 $\phi 315$ mm 之管線但其重量比 $\phi 200$ mm DIP 管輕，惟仍未被接受。

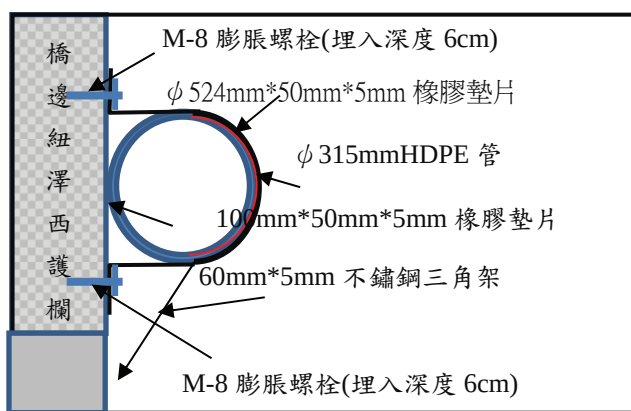


圖 3 三角架附掛方式過海示意圖

(三)直接敷設在海床上

由於中正橋寬長達 60 公尺，最簡單之方式應是直接將管線敷設在海床上其上面再以蛇籠覆蓋詳如圖 4。

但蛇籠覆蓋厚度太高有阻礙河流之虞；覆蓋厚度太薄則有被巨大海浪沖斷之險，故事先必須取得河流主管單位(澎湖縣政府)同意才能施作。

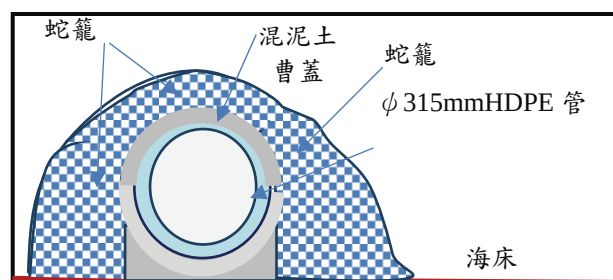


圖 4 送水管直接敷設在海床上示意圖

(四)在海床上挖掘管溝

若澎湖縣政府基於安全起見礙難同意，可改採用在海床上挖掘管溝，將 HDPE 管(耐酸鹼)埋入管溝中再回填水中 CLSM。但因此處之海床高程約為 -2.23M，根據中央氣象局資料，此處之退潮高度約為 87cm，因此縱使退潮其水深也有 1.37m，要在海床上鑿出 1.0 m 深之管溝並非易事，但方法很簡單。

在中正橋西邊(外海側)之海床上挖掘管溝(寬度縮為 $B=D+2*10$ ，以減少挖石方數量)。管線埋入管溝後，以水中 CLSM 填入管溝，再將挖出之碎石裝為蛇籠鋪設在管溝上，以確保管線之安全。

(五)架設水管橋

架設鋼管水管橋直接以通過，詳如圖 5。但中正橋長度為 60 公尺，在力學理論上該鋼管必須有足夠的鋼性才能支撐其中央及兩端承受之正負力矩。另外為日後維修之需要，除架設鋼管通過大海外，仍需架設步道供工作人員上橋工作。該步道必須採用鋼管施作，因此其共慣性力矩(或面積係數)應可足以支撐其中央及兩端承受之正負力矩。

(六)架設上拱橋或下拱橋

架設上拱橋或下拱橋並以鋼索吊掛 $\phi 315$ mm HDPE 管在拱橋上，詳如圖 6 及圖 7。

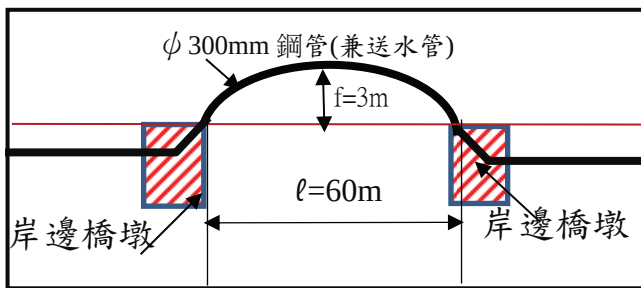


圖 5 拱形水管橋示意圖

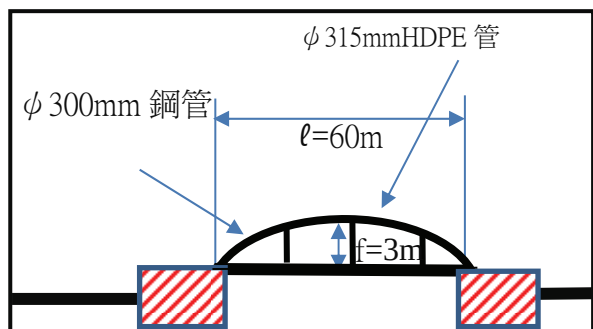


圖 6 上拱橋方式示意圖

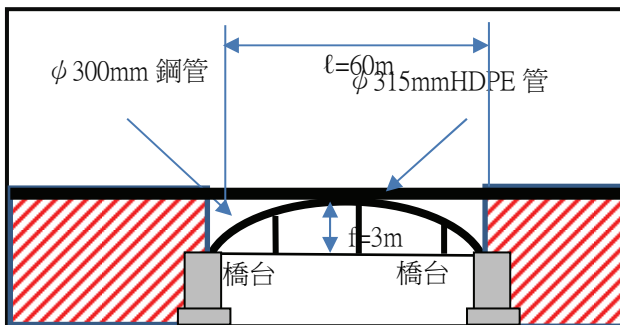


圖 7 下拱橋方式示意圖

(七)架設鋼管單跨桁架

以單跨距架設鋼管桁架，再將送水管安放在桁架上，並以不鏽鋼片環固定在桁架上，詳如圖 8。

(八)架設單跨拱形桁架

以單跨距架設鋼管桁架，再將送水管安放在桁架上，並以不鏽鋼片環固定在桁架上，詳如圖 9。

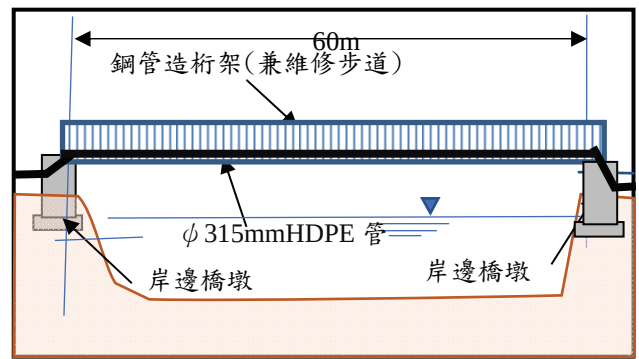


圖 8 鋼管桁架側視面圖

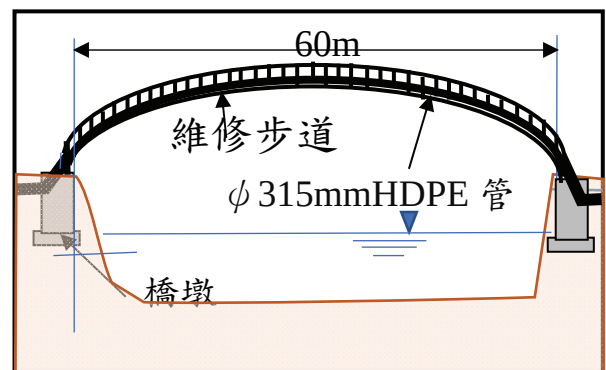


圖 9 鋼管單跨距桁架示意圖

(九)架設鋼管三跨桁架

以三跨距架設鋼管桁架，再將送水管安放在桁架上，並以不鏽鋼片環固定在桁架上，此方式雖可縮短桁架之跨距，但必須在其中間設置兩橋墩。因此橋墩基礎之施工必須先在落墩處施作圍堰，由於海床高程為海面-2.23 m (低於海面 2.23 m)，在退潮時也有 EL: 1.56 m (下降 87 公分)，施作圍堰較為困難，詳如圖 10。

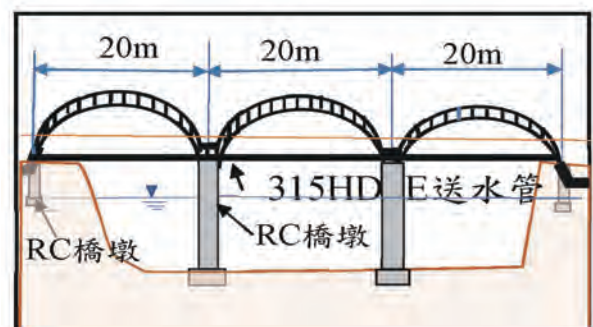


圖 10 三跨拱形桁架示意圖

(十)利用原有橋墩

由於維修步道靜載重只有 140kg/m，縱使加上活載重 100kg/m，也只有 240 kg/m，跨距 20m 時，其總荷重= 204 * 20 = 4.08T，若原有橋墩基礎為 30m，則該重量將會對原有橋墩只會造成 $4.08 * 15 = 6.12$ T-m 之傾倒力矩，這對整體橋墩可言可謂微不足道，至於其所增加之荷重對橋墩基礎下之土壤承载力更不足得道。其實在中正橋及永安橋旁設置水管橋，並非亦要設置維修步道，因為當管線需要維修時，可利用吊車從橋旁吊下工作平台，供維修人員下去維修。民國 63 年台水公司建造之高屏溪過溪水管橋時，四周都無建物可協助維修人員登上管線維修，才隨著管線建造維修步道。其實建造至今所建造之維修步道從未使用過。

(十一)上述各種方式之比較

經就上述十種方式加以研討，各種方案經分析比較，若以其造價為準，則以直接將管線敷設在海床上之方式最為便宜；但海床主管機關(澎湖縣政府)以阻礙海流為由不同意採用此方式過海。在海床上挖掘管溝則因施工不易(水位太深)，暫緩考慮。另外架設水管橋時必須附設維修步道，其本身之慣性力矩(或面積係數)就足以支撐過橋，根本不需再加設鋼管。另因落墩施工不易(水位太深)，因此以利用原有橋墩架設鋼管桁架(兼維修步道)將送水管敷設在桁架上之方式最為可行。

三、長期應力

(一)上部結構

1. 步道橫斷面圖詳如圖 11，鋼管桁架之設計

詳如圖 12。

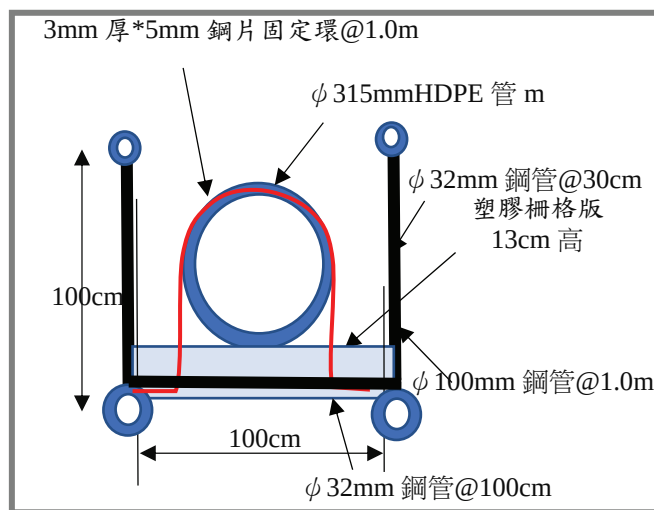


圖 11 鋼管橋桁架橫斷面圖

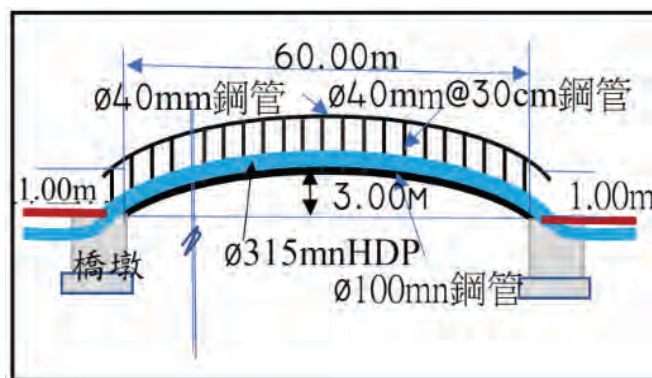


圖 12 鋼管橋桁

2. 鋼造步道單位重量

- (1) 送水管：φ315mm HDPE 管 17.7kg/m。
- (2) 滿管水載重= $3.14 * 0.277^2 / 4 * 1 * 1000 = 60.23$ kg/m。
- (3) 底部橫管：φ 40 mm * 4 mm 鋼管 3.47 kg/m (鋼管 SCH160S)。
- (4) 豎管：φ 40 mm * 4mm 鋼管 $3.47 \text{ kg/m} * 1/3 * 2 = 2.31 \text{ kg/m}$ 。
- (5) 上部縱向管 φ 40 mm * 4 mm 鋼管 $3.47 \text{ kg/m} * 2 = 6.94 \text{ kg/m}$ 。
- (6) 下部縱向管 φ 100 mm * 4mm 鋼管 16 kg/m

$$* 2 = 32 \text{ kg/m}。$$

$$(7) \text{固定環 } 3 \text{ mm 鋼片重量} = 7.85 * 0.3 * 5 * (3.14 * 31.5 + 2 * 20) / 1000 = 1.64 \text{ kg/m}。$$

$$(8) \text{塑膠柵格版：} 100 \text{cm} * 100 \text{cm} * 15 \text{ cm (高)，} 10.8 \text{ kg/塊}$$

$$(9) \text{步道通行活載重：} 100 \text{ kg/m}^2。$$

$$(10) \text{道合計} \varpi = 17.7 + 60.23 + 3.47 + 2.31 + 6.94 + 32 + 1.64 + 10.8 + 100 \div 235.05，\text{以 } 240 \text{ kg/m 計。}$$

(11) 拱形步道長度

從電腦 Google 上尋找拋物線長度計算-研發埠(www.yanfabu.com)可得拋物線長度計算公式為 $L = (60^2 + 1.333 * 3^2)^{0.5} = 60.1 \text{ m}。$

$$(12) \text{步道總重 } W = 240 * 60.1 = 14424 \text{ kg}。$$

3. 步道 I 值

$$(1) \text{下部縱向管} = 3.14 * (11.43^4 - 10.0^4) / 64 * 2 = 693.56 \text{ cm}^4。$$

$$(2) \text{上部縱向管} = 3.14 * (4.27^4 - 3.2^4) / 64 * 2 + (4.27^2 - 3.2^2) / 4 * 100^2 = 62766.6 \text{ cm}^4。$$

$$(3) \text{欄杆豎管} = 3.14 * (4.27 * 100^3 / 32 * 1 / 0.3 * 2 = 1396645.81 \text{ cm}^4。$$

(4) HDPE 管、下部橫管及塑膠格版，略而不計。

$$(5) \text{合計} = 693.56 + 62766.6 + 1396645.8 = 3781300 \text{ cm}^4。$$

$$(6) \text{步道之面積係數 } Z = 3781300 / (114.3 / 2) = 66164 \text{ cm}^3。$$

4. 水管之反力

(1) 拱形步道承受均佈荷重，詳如圖 11。

(2) 根據「結構力學設計手冊」，P196 拱形橋承受均佈荷重時其支撐點與頂端之受力

大小如下：

$$a. H_a = \varpi * \ell^2 / 8 f = 240 * 60^2 / 8 / 3 = 36000 \text{ kg}。$$

$$b. V_a = \varpi * \ell / 2 = 14496 / 2 = 7248 \text{ kg}。$$

$$c. M_a = M_b = M_c = 0 \text{ kg-cm}。$$

5. 步道 I 值

$$(1) \text{下部縱向管} = 3.14 * (11.43^4 - 10.0^4) / 64 * 2 = 693.56 \text{ cm}^4。$$

$$(2) \text{上部縱向管} = 3.14 * (4.27^4 - 3.2^4) / 64 * 2 + (4.27^2 - 3.2^2) / 4 * 100 = 62767 \text{ cm}^4。$$

$$(3) \text{欄杆豎管} = 3.14 * (4.27 * 110^3 / 32 * 1 / 0.3 * 2 = 3717871 \text{ cm}^4。$$

(4) HDPE 管、下部橫管及塑膠格版之 I 值，略而不計。

$$(5) \text{步道之 I 值合計} = 693.56 + 62766.6 + 3717871 = 3781300 \text{ cm}^4。$$

6. 拱形步道承受之應力

$$(1) \text{拱形步道之面積係數 } Z = 66164 \text{ cm}^3。$$

$$(2) \text{拱橋管底端之張應力 } St = M_a / Z = 112500 / 66164 = 1.7 < 1400 \text{ kg/cm}^2，\text{OK}。$$

$$(3) \text{拱橋管頂端之張應力 } St = M_c / Z = 147937.5 / 66164 = 2.24 < 1400 \text{ kg/cm}^2，\text{OK}。$$

(4) 鋼製溫度變化：鋼製水管 $0^\circ\text{C} \sim 40^\circ\text{C}。$
鋼製品膨脹係數 $= 12.2 * 10^{-6} / \text{K} @ 20^\circ\text{C}。$
應變 $= 12.2 * 10^{-6} * (40 - 20) * 1 = 0.0000061 \text{ mm}。$
鋼鐵之楊氏係數 $= 21000 \text{ kg / mm}^2。$
張應力/壓應力 $= 21000 \text{ kg / mm}^2 * 12.2 * 10^{-6} * 100 \text{ mm}^2 / \text{cm}^2 = 512.4 < 1400 \text{ kg/cm}^2，\text{OK}。$

四、短期作用力

(一) 一般規定

依照結構力學規範之規定，短期間所發

生之應力，其所對應材料之容許應力上可提升 $1/3$ 。例如鋼鐵抗張應力可由 1400 kg/cm^2 提升為 1866 kg/cm^2 ，或將所發生之作用力降為其原有之 $3/4$ 。

(二)風速

澎湖處於二級強風地區，其設計風速 $q = 150 \text{ m/sec}$ 。圓形構件面積數 $c = 0.8$ 。風力強度： $P = c * q * A = 0.8 * 150 * 0.315 * 21.2 = 801.36 \text{ kg}$ 。

(三)地震

1. 與拱橋管成垂直方向（Z 向）之橫力 $F_1 = 0.25 * W = 0.25 * 240 * 60.1 * 100 = 362400 > 801.36 \text{ kg}$ ，因此以地震力為準，詳如圖 13。

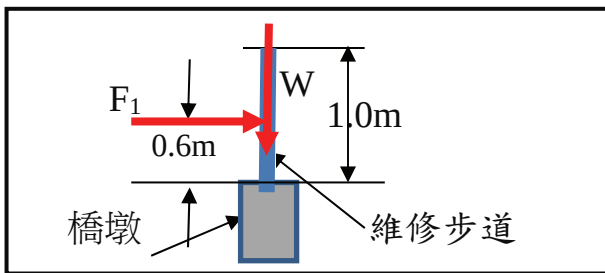


圖 13 拱形桁架承受地震橫力圖

2. 地震橫力對橋墩頂之 Z 向力矩 $M = (362400 * 2/5 * 3 - 240 * 60.1 * 0.315 / 2) * 100 = 205542 \text{ kg-cm}$ ，採用 $205542 * 3/4 = 154157 \text{ kg-cm}$ 。
3. 橋墩上固定環基座採用 8-1" 之螺絲（長 15 cm），其慣性力矩 $I = 3.14 * 2.54^4 / 64 + 3.14 * 2.54^2 / 4 * 35^2 * 8 = 12410 \text{ kg}$ 。
4. 螺絲承受之拉應力 $S_t = 154157 / 12410 = 12.42 \text{ kg/cm}^2 < 1400 \text{ kg/cm}^2$ ，OK。
5. 地震橫力對橋墩頂之縱（X）向力矩 $M = (0.25 * 240 * 60.1 * 1.0/2 - 240 * 60.1 / 2) * 100 = -540000 \text{ kg-cm}$ ，負值表示抗傾導力矩大於傾

導力矩，縱向傾導可不計，詳如圖 14。

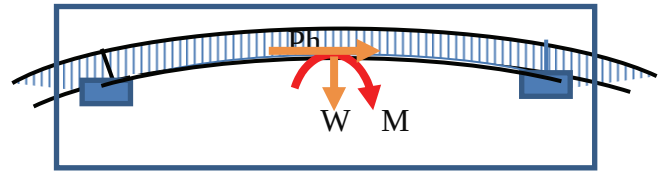


圖 14 拱形桁架承受地震橫力圖

6. 地震時步道產生之水平推力 $P_h = 0.25 * 240 * 60.1 = 3606 \text{ kg}$ 。
7. 地震時步道產生之垂直重力 $P_h = 0.1 * 240 * 60.1 = 1442.4 \text{ kg}$ 。

五、作用力之整合

長期+短期作用力 $\Sigma H_a = H_a + 3606 = 36000 + 3606 * 3/4 = 38705 \text{ kg}$ 。

$\Sigma V_a = V_a + 1442.4 * 3/4 = 7248 + 1442.4 * 3/4 = 8330 \text{ kg}$ 。

地震橫力對橋墩頂之 Z 向力矩 $M = 205542 * 3/4 = 154157 \text{ kg-cm}$ 。

鋼管承受之壓應力 $S_c = (38705 / 2) / ((3.14 * (10.8^2 - 10^2) + (4^2 - 3.2^2) / 4)) = 360.5 < 900 \text{ kg/cm}^2$ ，OK。

六、桁架固定方式

(一)直接埋入岸邊橋墩

1. 直接埋入岸邊橋墩，藉由混凝土強度擋住拱形桁架被拉開（壓扁）。
2. 混凝土承受之壓應力 $S_c = 38705 / (150 * 50) = 5.16 < 94.5 \text{ kg/cm}^2$ ，OK。

(二)採用固定環

1. 固定環之摩擦力 $= 7.0 \text{ kgf/cm}^2$ 。因摩擦產生之阻推力 $P_2 = 7 * 3.14 * D_0 = 7 * 3.14 * 10.2 * 30 \text{ (固定環寬)} * 2 = 114517.6 \text{ kg} > 38705$

Kg，OK。

2.螺絲之承受之剪應力 $Sc = 38705 / (12 * 3.14 * 2.54^2 / 4) = 637 < 750 \text{ kg/cm}^2$ ，OK。

七、下部結構

(一)橋墩之設計

1.中正橋橋面高程 EL=6.17m，橋墩頂面高程 EL=6.17m，落墩底部高程 EL= 5.17m。

2.拱形步道採用上拱式，矢高=3m，上下游埋管頂部高程=6.17-1.2 = 4.97 m，因此橋墩頂部高程亦採用 4.17 m。

3.橋墩長*寬*高，設為 1.5 m * 0.5 m * 0.5 m。

4.橋墩頂部 Z 向之作用力，詳如圖 15。

(1) $\Sigma Ha = 38705 \text{ kg}$ 。

(2) $\Sigma va = 8660 \text{ kg}$ 。

(3) $\Sigma Ma = 205542 * 3 / 4 / 2 = 77080 \text{ kg-cm}$ 。

5.橋墩底 Z 向承受之彎矩 $M_t = 77080 / 100000 = 0.77 \text{ T-m}$ 。

6.需要鋼筋量 $As = 0.77 / (0.0122 * (150 - 7.5)) = 0.44 \text{ cm}^2$ 。

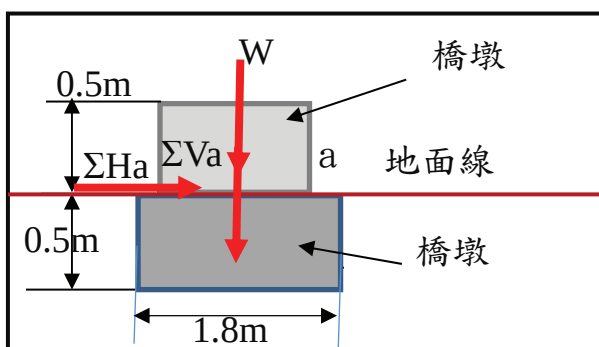


圖 15 橋台頂端受力圖

7.採用 16mmJ 溫度鋼筋，需要 $As = 0.25\% * 180 * 50 = 22.5 \text{ cm}^2$ 。

8.採用 16mm 鋼筋，需要根數 = $22.5 / 1.986 = 11.4$ 根。

9.實際根數 = $(180 - 7.5 * 2) / 12 \div 13.75$ 根。採用根數=14 根，間距 $S = (180 - 7.5 * 2) / 14 = 11.78$ ，採用間距 $S = 11 \text{ cm}$ 。

10.橋墩底 X 向承受之彎矩 $M_t = 38705 * 50 / 100000 = 19.35 \text{ kg-cm}$ 。

11.需要鋼筋量 $As = 19.35 / (0.0122 * (150 - 7.5)) = 11.13 \text{ cm}^2$ 。

12.採用 19mm 鋼筋，需要根數 = $11.13 / 1.986 = 5.6 \div 6$ 根。

(二)橋墩基礎之設計

1.基礎尺寸採用長、寬、高為 1.8m * 0.8 * 0.5 m。

2.岸邊橋墩 X 向及 Z 向縱斷，詳如圖 16 及圖 17。

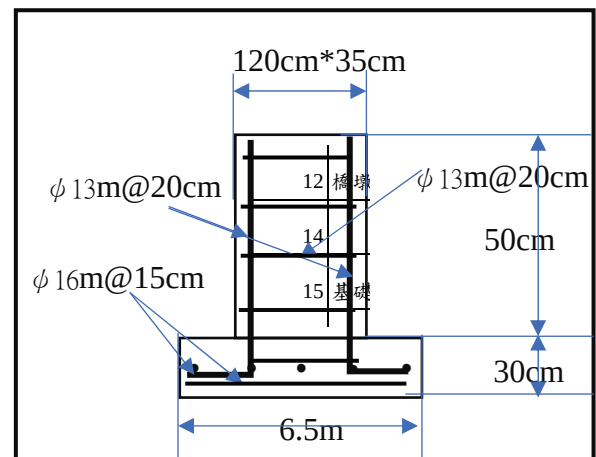


圖 16 岸邊橋墩 X 向縱斷面圖

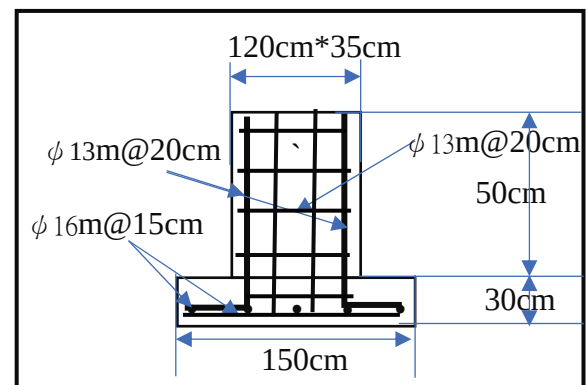


圖 17 岸邊橋墩 Z 向縱斷面圖



3.橋墩及基礎自重 = $2.4 * (0.5 * 1.5 * 1 + 0.8 * 1.8 * 0.5) = 3.528T$ 。

4.下土壤承受總載重 $p = (8.33 + 3.528) / (1.8 * 0.8) = 8.23 < 15 T\text{-}m$ ，OK。

5.外力對基礎底端之力矩 $\Sigma Ma = Ma - Ha * 50 = (205542 - 38705 * 50) / 100000 = 37.551T\text{-}m$ 。

6.需要鋼筋量 $As = M / (a * d) = 37.551 * 3 / 4 / 0.0122 / (150 - 7.5) = 16.2 \text{ cm}^2$ 。

7.需要溫度鋼筋量 $As = 0.25\% * 35 * 120 = 10.5 > 16.2 \text{ cm}^2$ ，故以應力鋼筋量為準。

8.採用 $\phi 19\text{mm}$ 鋼筋@10， $As = (180 - 7.5 * 2) / 25 * 2.865 = 18.9 > 16.2 \text{ cm}^2$ ，OK。

9.實際採用根數 = $165 / 20 + 1 \div 9$ 根， $As = 2.865 * 9 = 25.78 > 21.6 \text{ cm}^2$ ，OK。

10.基礎下方土壤受力偏心距，詳如圖 18。

11.偏心距 $e = M / P = (37.551 / (8.33 + 3.528)) = 3.17 < 180 / 6 = 8.33\text{cm}$ 。

12. $q_{\max} = V / B * (1 + 6e / B)$ 。 $q_{\min} = V / B * (1 - 6e / B)$ 。

13. $q_{\max} = (8.33 + 3.528) / 1.5 * (1 + 8.33 / 150) = 8.34T/m^2$ 。

14. $q_{\max} = (8.33 + 3.528) / 1.5 * (1 - 8.33 / 150) = 7.47T/m^2$ 。

15. $p = 7.47 * 15 / 180 = 0.62/m^2$ 。反力對橋墩底 b 點之力矩 $M_b = 7.47 * 0.15^2 / 2 + (8.34 - 7.47) * 0.15^2 / 2 / 3 = 0.08 T\text{-}m$ 。

16.基礎需要之鋼筋量 $As = 0.08 / (0.0122 * (50 - 7.5)) = 0.15 \text{ cm}^2$ 。

17.採用溫度鋼筋量 $As = 0.25\% * 180 * 80 = 36 < 0.17 \text{ cm}^2$ 。

18.採用 $\psi 16\text{mm}$ 鋼筋， $As = (180 - 7.5 * 2) / 25 * 1.986 = 13.7 > 9.09 \text{ cm}^2$ ，OK。

七、設計圖

岸邊橋墩 X 向縱斷面，詳如圖 19。步道前後門詳如圖 20。相關工程數量表如表 1~表 3。

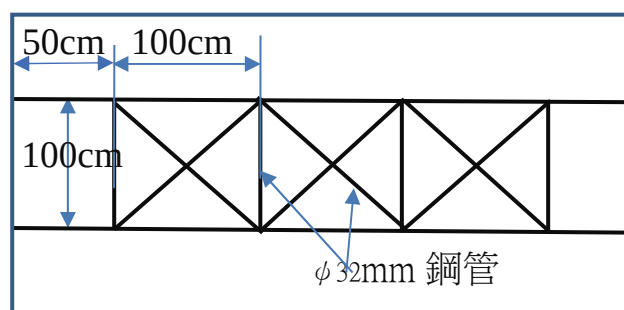


圖 19 拱型步道底部 X 向上視示意圖

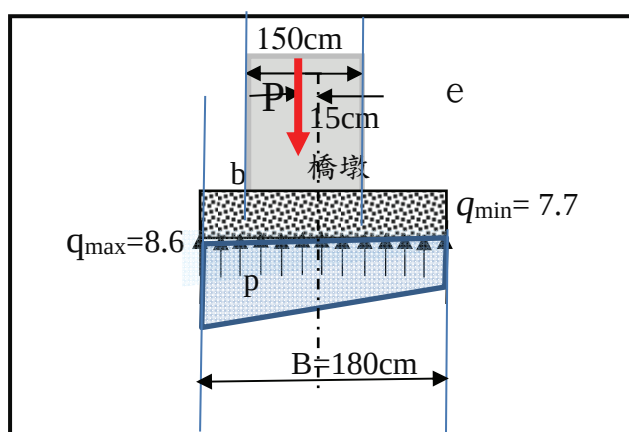


圖 18 基礎承受反力示意圖

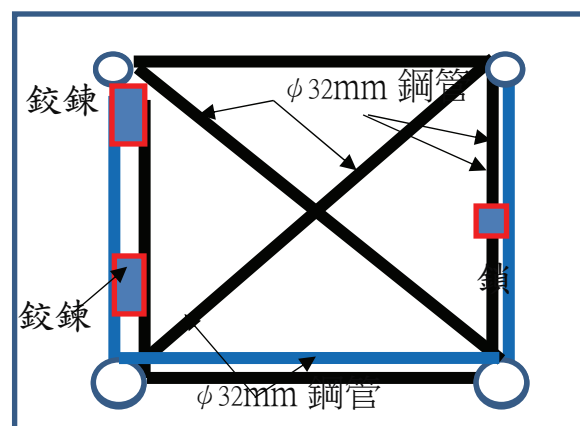


圖 20 步道前後門示意圖

表 1 中正橋鋼造桁架工程數量表

項次	項目	單位	數量
1	圍堰	m	124
2	挖掘土石方	m ³	54
3	排水費	式	1
4	浮筒	組	1
5	蛇籠	m	120
6	其他	式	1

表 2 管線埋在中正橋海床上工程

項次	項目	單位	數量
1	100mm 鋼管(加塗裝)	kg	120
2	鋼管(加塗裝)	kg	523
3	100mm 以下鋼管加工	m	299
4	100mm 鋼管焊接	式	20
5	100mm 鋼管焊接	式	1185
6	固定環基座	組	5
7	210kgf/cm ² RC	m ³	1.65
8	橋墩鋼筋含加工	kg	230
9	圍堰	m	16
10	挖石方	m ³	18
11	排水費	式	1
12	浮筒	組	1
13	其他	式	1

表 3 管線設在原有中正橋墩上工程數量表

項次	項目	單位	數量
1	100mm 鋼管(加塗裝)	kg	120
2	鋼管(加塗裝)	kg	636
3	100mm 以下鋼管加工	m	299
4	100mm 鋼管焊接	式	20
5	100mm 鋼管焊接	式	1185
6	固定環基座	組	4

參考文獻

1. 電腦 Google 拋物線長度計算 - 研發埠 (www.yanfabu.com)。
2. 結構力學設計手冊：清田清私、高須治男1978年7月。

作者簡介

曾浩雄先生

現職：尚潔環境工程公司技師

專長：自來水工程規劃、設計及施工



加藥去除淨水場廢水總有機碳之評估

文/吳宗昱、刁文儀、林正隆、陳文祥

摘要

國內自來水場幾乎都採用加氯消毒，而淨水處理中原水中存在過量有機物時，於適當條件下容易與所加入之氯反應生成三鹵甲烷等消毒副產物，位於台東(台水公司第十區管理處管轄，以下簡稱十區處)的成功淨水場(以下簡稱成功場)廢水因環評承諾採全量回收處理，因此廢水中有機物質回流至淨水流程中致使清水總三鹵甲烷濃度有超標風險，基於此，本研究乃針對廢水進行加藥處理，探討不同混凝劑之間去除總有機碳之效率，進而評估去除總有機碳之可行性。

以聚氯化鋁、氯化鐵以及聚矽酸鐵進行瓶杯試驗，其結果顯示該場仍以目前淨水處

理使用的氯化鐵為最優選擇，於成功場廢水水質條件下，添加 50 mg/L 的氯化鐵，可使總有機碳去除率達八成，每日所需費用為 70.9 元。

關鍵字：聚矽酸鐵、混凝劑、瓶杯試驗、總有機碳、廢水混凝

一、前言

民國 109 年臺東縣環保局抽驗十區處成功場之配水系統水質時，測得水中總三鹵甲烷為 0.0813 mg/L，已超出飲用水水質標準。為了解三鹵甲烷生成主因以及尋求改善措施，台水公司至成功場及其供水轄區進行水質背景調查並進行各項處理技術之可行性評估。

表 1 成功淨水場水質背景分析

來源 檢項	水源		成功淨水場		
	柑仔山溪	富家溪	沉砂池前	沉砂池後	配水池
次氯酸鈉加藥與否	無	無	無	無	有
pH	8.58	9.13	8.31	8.30	7.86
水溫(°C)	23.0	24.6	22.0	24.4	22.0
濁度(NTU)	3.70	3.17	4.58	12.7	0.45
濁度去除率				-177.3%	90.2%
導電度(μ s/cm)	253.0	224.6	253.1	250.4	253.4
總溶解固體量(mg/L)	163.2	144.6	164.1	161.9	163.6
UV ₂₅₄ (cm ⁻¹)	0.0404	0.0690	0.0396	0.0551	0.0419
THMs 生成潛勢(μ g/L)	146.11		127.48	156.72	
總有機碳(mg/L)	1.3	1.3	0.9	1.1	0.8
總有機碳去除率				-22.2%	11.1%

總三鹵甲烷是消毒副產物的一種，具有致癌性與致突變性，其中可分成四種主要化合物，包含種類有三氯甲烷、二氯一溴甲烷、一氯二溴甲烷，三溴甲烷，一般將此四種化合物之濃度總合稱為總三鹵甲烷。水中生成總三鹵甲烷之影響因素有前驅物質之含量、加氯量、溴離子濃度、溫度、反應時間以及 pH。其中有機物經過許多相關研究被認為是加氯消毒過程後生成三鹵甲烷之主要前驅物質之一，國內學者曾指出^[1]三鹵甲烷生成潛勢與水中總有機碳（TOC）或是溶解性有機碳（DOC）為一正相關關係，因此當水中含有有機物，經過加氯消毒後，配合適當的環境條件以及反應時間，即有三鹵甲烷生成風險，故三鹵甲烷生成潛勢被間接的認為可當作水中有機前驅物質含量的一種量測方式^[2]。其中總三鹵甲烷生成之反應機制可簡示如下：

氯 + 溴離子（或碘離子） + 前驅物質 → THMs + 其他鹵化有機物

台東成功淨水場場內配置圖及淨水流程如圖 1 所示，本場自民國 104 年開始啟用，設計出水量 1 萬 4,000 CMD，水源取自富家溪以及柑仔山溪之地面水源，目前處理量約 5000 CMD，淨水流程為混凝、沉澱及過濾，其中次氯酸鈉(NaOCl)有前加氯以及後加氯系統，氯化鐵(FeCl₃)加藥點則位於混合池。原清水水質如表 1，其中可發現 TOC 在進入沉砂池後不減反增，原水三鹵甲烷生成潛勢為 146.11 $\mu\text{g/L}$ ，而流至沉砂池前雖降至 127.48 $\mu\text{g/L}$ ，但至沉砂池後卻增加至 156.72 $\mu\text{g/L}$ ，推估可能原因為含有有機物的廢水回流至沉砂池所致，此外更因成功場原水 pH

以及總有機碳偏高，且供水轄區廣大，自來水於管線滯留時間過久，使得三鹵甲烷風險大幅增加。

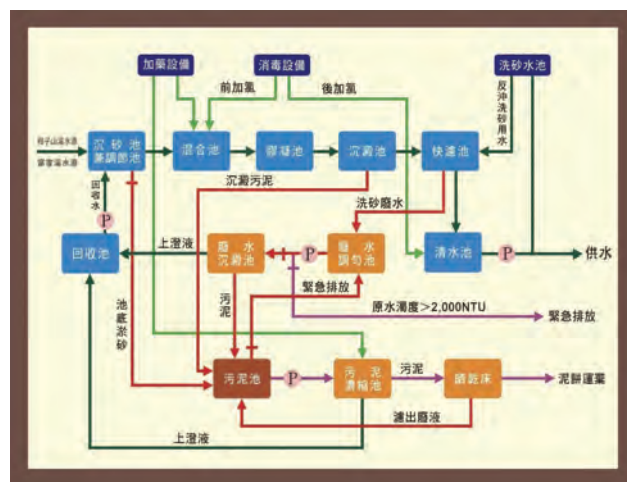


圖 1 成功場淨水流程圖

為改善成功場清、配水水質，台水公司於 111 年 5 月 26 日召開之「十區成功場總三鹵甲烷及池上場總硬度改善執行進度稽核及實地輔導會議」決議指示，對於成功場廢水調勻池進行加藥混凝瓶杯試驗，據以評估回收廢水中總有機碳去除之可行性。

混凝單元是為添加混凝劑使原水中之懸浮物質形成膠羽並容易沉澱，且於過濾池易於捕集這些膠羽，其中聚氯化鋁、氯化鐵為台水公司常使用之混凝劑，然而台水公司近年來所屬淨水場常遭遇低濁度難處理原水(含高藻原水)，或水庫藻類臭味等問題，加上成功場因環評承諾採去廢水全回收零排放處理，導致回收廢水加速濃縮高有機物，使得淨水處理與供水操作日益困難，而依據國內外研究^[3]，淨水流程中添加氯化鐵或聚氯化鋁混凝劑可以有效降低水中總有機碳含量，由此，將探討淨水場回收廢水添加混凝劑以降低水中總有機碳。



而混凝劑除了上述的氯化鐵以及聚氯化鋁之外，聚矽酸鐵為一新型的鐵系混凝劑，台水公司於民國 98 年申請聚矽酸鐵為環保署公告核可飲用水水質處理藥劑，民國 99 年環保署正式公告通過，是一對於低濁難處理原水、高藻原水有良好成效的混凝劑，但聚矽酸鐵大多應用於原水淨水處理，鮮少應用於回收廢水處理，且聚矽酸鐵於國內尚未量產上市，有鑑於此，本研究將探討氯化鐵、聚氯化鋁以及聚矽酸鐵應用於淨水場廢水中去除總有機碳之可行性，並於各混凝劑之間進行各方比較，藉以探討各混凝劑之廣用性以及經濟性。

(一)聚矽酸鐵

聚矽酸鐵(poly-silicate iron, PSI)為日本水道機工會社於聚矽酸及聚鐵鹽的基礎上，將金屬鐵離子引入活性矽酸而開發出之一種複合型矽鐵混凝劑，其後中國大陸也加入了研製的行列，並更進一步改良並探討其混凝機制^[4]。聚矽酸鐵為一種複合型的混凝劑，其製備是利用聚矽酸及聚鐵鹽來混合而成，化學式為 $\text{Fe}_m(\text{SiO}_2)_n$ ，它主要是聚矽酸與鐵鹽之羥基及氧基聚合物。矽本身為帶負電的陰離子，故聚矽酸在水中也是帶負電膠體粒子，不具有電性中和的能力，而鐵鹽為帶正電的陽離子，可藉由電性中和方式將水中的污染物去穩定，進而達到排除污染物的功效^[5]。在以相同合成方法下製備 PSI 混凝劑時，矽鐵比會嚴重影響 PSI 之物種分佈及電荷密度，其中高矽鐵比($\text{Si}/\text{Fe}=1$)之 PSI 中聚鐵含量均高於低矽鐵比($\text{Si}/\text{Fe}=0.25$)之 PSI，而低矽鐵比之 PSI 之鐵物種表面電荷密度大於高矽鐵比之 PSI。

(二)氯化鐵

氯化鐵(ferric chloride, FeCl_3)為國內淨水場常用的鐵系混凝劑，混凝機制與鋁系混凝劑相同，可以透過本身鐵離子之強正電吸引力將水中顆粒行電性中和機制，並且依照水解之 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 顆粒，將水中的懸浮顆粒物依沉澱拌除作用去除^[6]。由於 FeCl_3 形成之膠羽快速且密實^[7]，因此對於濁度顆粒含量低的原水，能夠有效的形成膠羽並移除水中的懸浮顆粒。

(三)聚氯化鋁

聚氯化鋁(polyaluminum chloride, PACl)為國內淨水場常態使用之混凝劑，化學式為 $(\text{Al}_2(\text{OH})_n\text{Cl}_{6-n})_m$ ，其具有帶電性高、形成膠羽速度快特性，且相較於其他鋁系混凝劑如硫酸鋁，PACl 擁有僅低劑量就能夠達到良好的除濁效能^[8,9]、最適混凝加藥 pH 範圍較寬、對原水水質適應性佳、投入後不會造成 pH 大幅下降等優點。

二、研究方法

(一)研究架構

本研究探討不同混凝劑對於成功場回收廢水中去除總有機碳之可行性，以期能減少成功場之回收廢水對於淨水流程中貢獻之總有機碳，並減少三鹵甲烷生成之潛勢。本研究於成功場進行實場試驗，使用不同加藥量下之高低矽鐵比之聚矽酸鐵、聚氯化鋁以及氯化鐵進行廢水混凝試驗，並配合快濾池反沖洗時程，於廢水調勻池採取目標水樣，以探討各混凝劑對於廢水中總有機碳之去除效果以及最適加藥量，進而評估使用聚矽酸鐵去除總有機碳之成效，同時探討各混

凝劑針對該場廢水之濁度去除率、pH 變化以及鹼度消耗情形，並依瓶杯試驗結果評估成功場對於廢水中總有機碳去除之可行方法，作為未來廢水設備改善之參考。

(二)杯瓶試驗(Jar-Test)

本研究以成功場廢水模擬廢水混凝操作條件，執行杯瓶試驗並進行測試及評估：

- 1.針對成功場之廢水以聚矽酸鐵混凝劑以及台水公司常見混凝劑進行加藥(聚氯化鋁、氯化鐵)求取最適加藥量，同時在不同加藥量下檢驗水中 pH、濁度、總有機碳、鹼度等項目，評估不同混凝劑條件下水質變化。
- 2.求出各混凝劑最適化之添加量後，評估各混凝劑之去除效果以及成本分析。

(三)藥劑購買

本研究使用的混凝劑為聚矽酸鐵、聚氯化鋁以及氯化鐵，聚矽酸鐵系與中原大學環工系合作，取得濃度 2000 mg/L as Fe 之矽鐵

比 0.25 及 0.50 聚矽酸鐵，聚氯化鋁取自台水公司第四區管理處豐原場使用之混凝藥劑，純度 10%，比重 1.19，氯化鐵則取自台水公司第十區處成功場使用之混凝藥劑，純度 38%，比重 1.38。本研究所取用之淨水藥劑：聚矽酸鐵、聚氯化鋁以及氯化鐵皆為環保署公告之飲用水水質處理藥劑。

二、結果與討論

本次瓶杯試驗之目標水樣取自十區成功場廢水調勻池，並選定時程以採取快濾池反沖洗後排出之廢水，相關水質資料詳如表 2。

表 2 成功場廢水水樣水質

十區處成功場廢水調勻池 採樣日期 111.9.12					
水樣	水溫 (°C)	pH	濁度 (NTU)	總有機碳(ppm)	鹼度 (mg/L)
廢水	28	8.2	26.1	4.75	88

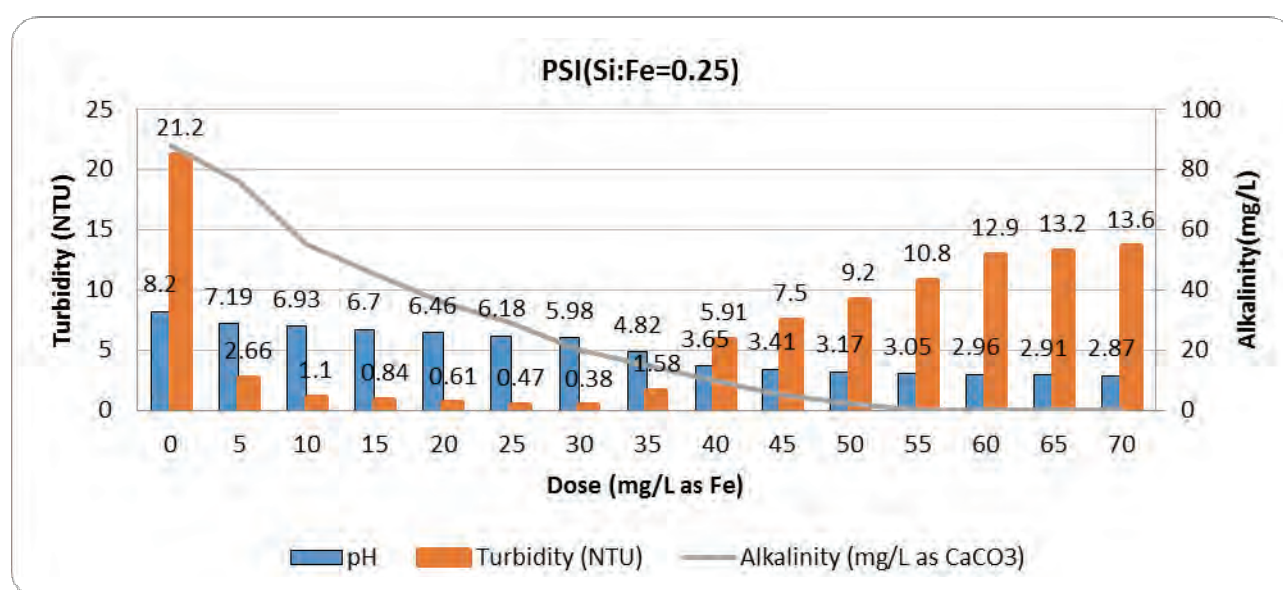


圖 2 添加矽鐵比 0.25 聚矽酸鐵與濁度、pH 及鹼度之關係

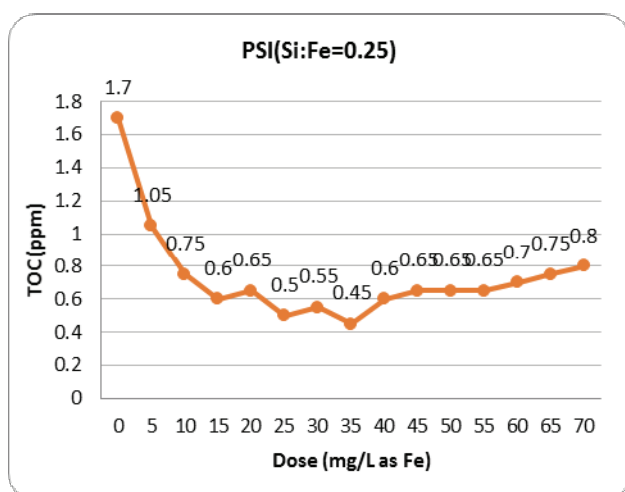


圖 3 添加矽鐵比 0.25 聚矽酸鐵與總有機碳之關係

於無加藥的情況下經過攪拌、沉澱後，濁度及總有機碳分別從 26.1 NTU 以及 4.75 ppm 降至 21.2 NTU 以及 1.7 ppm，去除率分別有 19% 以及 64%，而在添加聚矽酸鐵、聚氯化鋁以及氯化鐵之試驗條件下，不論何種藥劑，濁度以及總有機碳去除率皆可達約 9 成以上，而各藥劑的試驗情形如下：

(一)矽鐵比 0.25 之聚矽酸鐵

1.濁度

如圖 2，針對添加矽鐵比 0.25 (Si:Fe=0.25)，在成功場的水質條件下，於加藥量 30 mg/L as Fe 時，即有最大的濁度去除率 98.5%，隨後於大於 30 mg/L as Fe 的加藥量下，濁度去除率隨著加藥量的增加而減少，研判是由於水中鹼度消耗殆盡，加上聚矽酸鐵帶有大量正電荷金屬，於過量加藥時開始產生電性逆轉，水中膠體顆粒產生再穩定現象，使濁度上升^[9,10]。

2.總有機碳

總有機碳部分於加藥量 35 mg/L as Fe 時，即有高達 90.5% 的總有機碳去除率，為

該藥劑的最大總有機碳去除率，隨後於大於 35 mg/L as Fe 的加藥量下，總有機碳去除率隨著加藥量的增加而減少，推測原因與濁度相同，是由於水中由於過量加藥後產生電性逆轉，水中膠體顆粒產生再穩定現象，使水中總有機碳上升。

3.加藥量評估

此外，由圖 2 亦可發現添加矽鐵比 0.25 之聚矽酸鐵後，pH 部分在加藥量 25 mg/L as Fe 時即降低至 6.18，已超出台水公司水回收廢水內控值 6.5~8.5。另外於加藥量 30 mg/L as Fe 時 pH 為 5.98，已超出放流水標準 6.0~9.0；加藥量 45 mg/L as Fe 時鹼度幾乎消耗完畢，且 pH 更剩 3.41。由 pH 推測水樣中主要鹼度貢獻物質為 HCO_3^- 以及 CO_3^{2-} ，聚矽酸鐵解離之大量金屬陽離子物質將快速與 HCO_3^- 以及 CO_3^{2-} 錯合，進而消耗水中鹼度值，平均每 1 mg/L as Fe 的聚矽酸鐵(Si:Fe=0.25)加藥量消耗約 3 mg/L 的鹼度，考量經濟因素、pH 消耗程度，建議加藥量為 15 mg/L as Fe，與先前研究^[11] 指出聚矽酸鐵建議最高使用量為 15mg/L as Fe 相同。

(二)矽鐵比 0.50 之聚矽酸鐵

1.濁度

針對添加矽鐵比 0.50(Si:Fe=0.50)，在成功場的水質條件下，如圖 4，於加藥量 30 mg/L as Fe 時，有最大濁度去除率 98.4%，濁度去除率略優於矽鐵比 0.25 之聚矽酸鐵藥劑效能，隨後與矽鐵比 0.25 之聚矽酸鐵藥劑一樣，於最佳加藥量後，總有機碳去除率以及濁度去除率隨著加藥量的增加而減少，原因推測亦為電性逆轉現象所致。

2.總有機碳

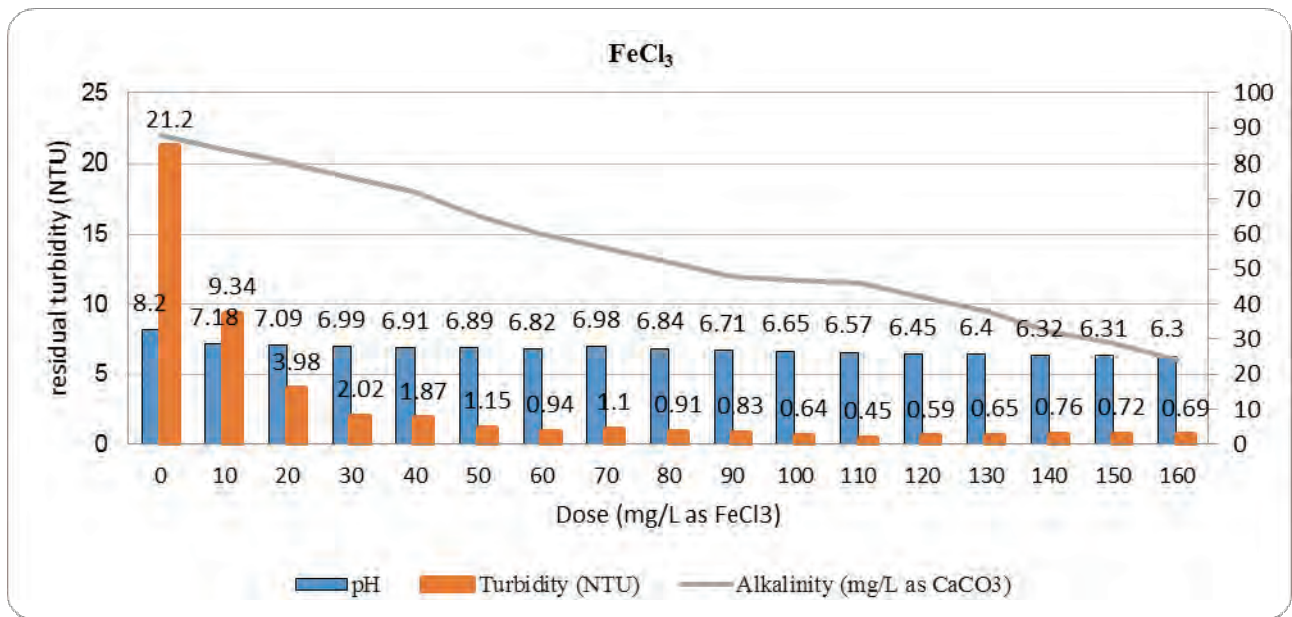


圖 6 添加氯化鐵與濁度、pH 及鹼度之關係

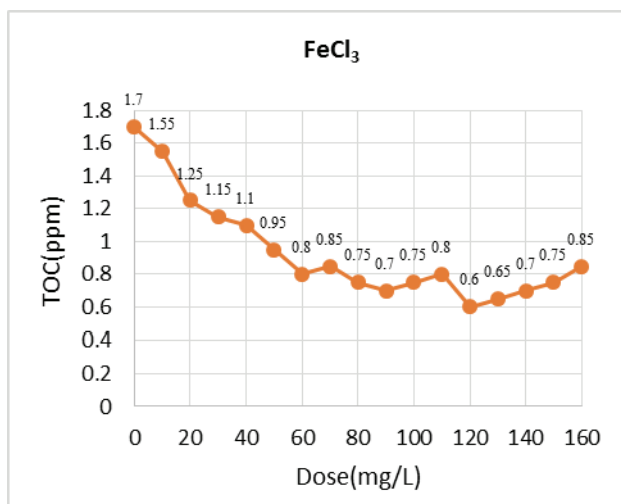


圖 7 添加氯化鐵與總有機碳之關係

如圖 5，添加矽鐵比 0.50(Si:Fe=0.50)，在成功場的水質條件下，於加藥量 20 mg/L as Fe 時有最大 90%的總有機碳去除率，總有機碳去除率略優於矽鐵比 0.25 之聚矽酸鐵藥劑效能，隨後與矽鐵比 0.25 之聚矽酸鐵藥劑之加藥趨勢相同，於最大去除率之加藥量後，總有機碳去除率以隨著加藥量的增加而減少，原因推測亦為水中因過量加藥而產生電

性逆轉所致。

3.加藥量評估

此外，由圖 4.可發現鹼度消耗以及 pH 下降情形與添加矽鐵比 0.25 之聚矽酸鐵趨勢類似，於加藥量 20 mg/L as Fe 時雖有最大總有機碳去除率 90.5%，但 pH 則降低至 6.14，已超出台水公司回收廢水內控值 6.5~8.5，另外鹼度部分則於加藥量 45 mg/L as Fe 時幾乎消耗殆盡，推測聚矽酸鐵解離之大量金屬陽離子物質與碳酸根離子以及碳酸離子錯合，進而消耗水中鹼度值。

考量經濟因素以及 pH 消耗程度，建議加藥量為 15 mg/L as Fe。

(三)氯化鐵

1.濁度

成功場淨水操作中，於混凝單元中所使用之藥劑為氯化鐵，而氯化鐵應用於廢水混凝的效果則由圖 6 可知，在加藥量約為 30 mg/L as FeCl₃ (4 mg/L as Fe)時即有 92.2%的

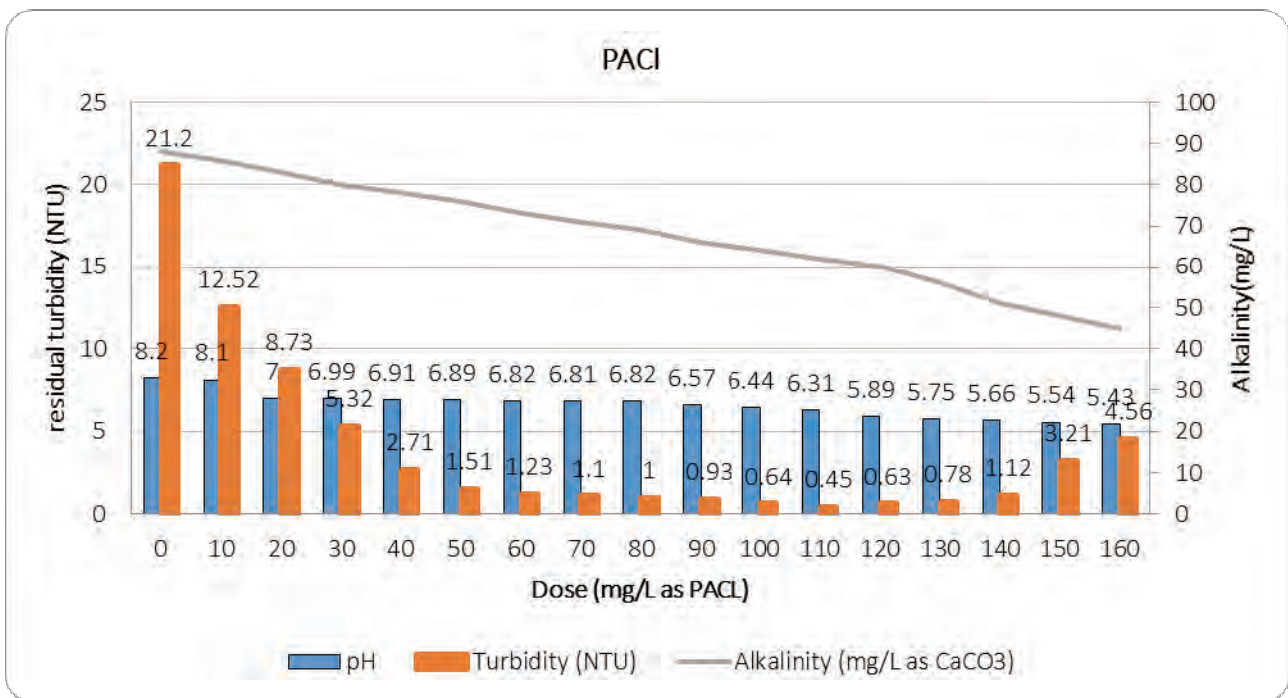


圖 8 添加聚氯化鋁與濁度、pH 及鹼度之關係

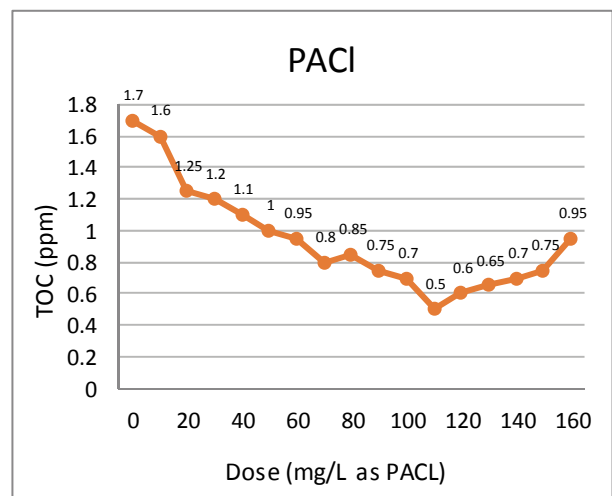
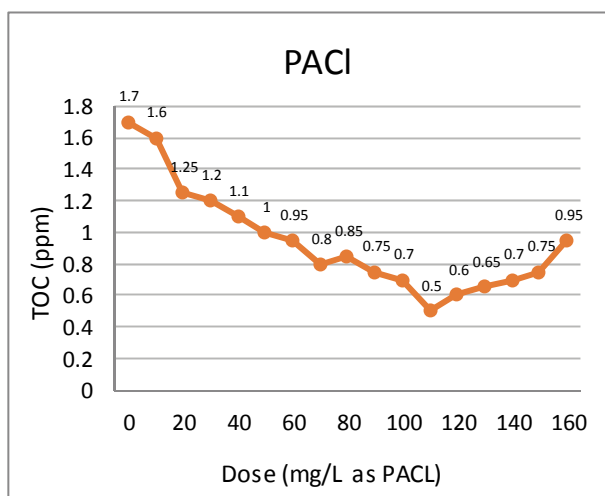


圖 9 添加聚氯化鋁與總有機碳之關係

濁度去除率，隨著加藥量增加，濁度去除率維持 9 成以上，並於加藥量 110 mg/L as FeCl₃(14.4 mg/L as Fe)時達到最大濁度去除率 98.2%。

氯化鐵於高劑量下較無電性逆轉現象，推測為氯化鐵混凝機制除了透過本身強

正電吸引力將水中顆粒進行電性中和之外，另有因沈澱掃除機制強^[5]而使再穩定現象較不明顯。

2. 總有機碳

由圖 7 可得，成功場廢水在添加氯化鐵混凝後，水中殘餘之總有機碳濃度隨著加藥量逐步下降，並於於加藥量 120 mg/L as FeCl₃(15.7 mg/L as Fe)時有最大總有機碳去除率 87.4%，pH 為 6.45，以相同有機碳去除率之

下，氯化鐵、聚矽酸鐵之鹼度與 pH 消耗情形相差不大。

3.加藥量評估

考量經濟因素以及 pH 消耗，且濁度及 TOC 去除率隨著加藥量增加，趨勢漸平，建議加藥量為 50 mg/L as FeCl₃(6.6 mg/L as Fe)，此時總有機碳去除率為 80%；濁度去除率為 95%。

表 3 各混凝劑最大總有機碳去除率之加藥量

混凝劑	加藥量	總有機碳去除率	濁度去除率	pH
矽鐵比 0.25 之 PSI	35 mg/L as Fe	90.5%	93.9%	4.82
矽鐵比 0.50 之 PSI	20 mg/L as Fe	90.5%	97.8%	6.14
氯化鐵	120 mg/L as FeCl ₃ (15.7 mg/L as Fe)	87.4%	97.7%	6.45
聚氯化鋁	110 mg/L as PACl (5.8 mg/L as Al)	89.5%	98.2%	6.31

表 4 各混凝劑之建議加藥量

混凝劑	加藥量	總有機碳去除率	濁度去除率	pH
矽鐵比 0.25 之 PSI	15 mg/L as Fe	87.4%	96.8%	6.7
矽鐵比 0.50 之 PSI	10 mg/L as Fe	81.1%	89.4%	6.47
氯化鐵	50 mg/L as FeCl ₃ (6.6 mg/L as Fe)	80%	95.6%	6.89
聚氯化鋁	60 mg/L as PACl (3.17 mg/L as Al)	80%	95.3%	6.82

(四)聚氯化鋁

1.濁度

聚氯化鋁為台水公司常用混凝劑之一，本研究將用以比較聚矽酸鐵與氯化鐵之總有機碳去除效能，由圖 8.可了解到聚氯化鋁添加量在 60 mg/L as PACl(3.17 mg/L as Al)時具有 95%的濁度去除率，在加藥量 110 mg/L as PACl(5.8 mg/L as Al)時有最大濁度去除率 98%，水中剩餘濁度為 0.45 NTU，隨後產生電性逆轉，水中殘餘濁度去除率與總有機碳去除率皆開始明顯上升，推測為 PACl 帶有大量正電荷金屬，所含聚合鋁(Al_b)量較多，混凝機制以吸附與電性中和為主^[10]，加藥過量會導致水中有機物附著之正電荷太多而再穩定^[12]。

2.總有機碳

如圖 9，成功場廢水在添加聚氯化鋁混凝後，水中殘餘之總有機碳濃度隨著加藥量明顯下降，並與濁度相同，於加藥量 110 mg/L as PACl (5.8 mg/L as Al)時有最大去除率，水中殘餘總有機碳濃度為 0.5 ppm，去除率為 89.4%，pH 為 6.31 並剩餘 62 mg/L as CaCO₃ 的鹼度。

3.加藥量評估

考量經濟因素，以及聚氯化鋁於加藥量 60 mg/L 後去除率有漸緩的趨勢，因此建議加藥量為 60 mg/L as PACl(3.17 mg/L as Al)，總有機碳去除率為 80%；濁度去除率為 95%。

(五)綜合討論

如表 3，可得知聚矽酸鐵(Si:Fe=0.25)、聚矽酸鐵(Si:Fe=0.50)之總有機碳去除率較高，最大皆可達 90.5%，加藥量分別為 35 mg/L as Fe 以及 20 mg/L as Fe，而氯化鐵於最大總有機碳去除率 87.4%之加藥量則為 120 mg/L as FeCl₃(15.7 mg/L as Fe)，另若以相同於氯化



鐵之最大總有機碳去除率 87.4%之比較基準下，矽鐵比 0.25 及矽鐵比 0.50 之聚矽酸鐵於 15 mg/L as Fe 的加藥量亦可達到相當於添加氯化鐵最大總有機碳去除率之加藥量，分別為 87.4%以及 86.3%。

水中懸浮微粒部分，矽鐵比 0.25 及 0.50 之聚矽酸鐵最大濁度去除率之加藥量皆為 30 mg/L as Fe；氯化鐵為 120 mg/L as FeCl_3 (15.7 mg/L as Fe)；聚氯化鋁為 110 mg/L as PACl (5.8 mg/L as Al)，四款混凝劑於最大濁度去除率皆有 94~98%之水平。

綜合考量經濟因素以及水中 pH 以及鹼度消耗情形，如表 4，聚矽酸鐵(Si:Fe=0.25)建議加藥量為 15 mg/L as Fe，總有機碳與濁度去除率分別為 87.4%以及 96.8%；聚矽酸鐵(Si:Fe=0.50)建議加藥量為 10 mg/L as Fe，總有機碳與濁度去除率分別為 81.1%以及 89.4%；氯化鐵建議加藥量為 50 mg/L as FeCl_3 (15.7 mg/L as Fe)，總有機碳與濁度去除率分別為 80%以及 95%；聚氯化鋁建議加藥量為 60 mg/L as PACl (3.17 mg/L as Al)，總有機碳與濁度去除率分別為 80%以及 95.3%。

成本方面，根據台水公司 111 年藥品購價統計，氯化鐵平均價格為 9.73 元/公斤 as FeCl_3 ，在成功場目前作業廢水產生量平均為 145.73 立方公尺/日之條件下，於建議加藥量 50 mg/L as FeCl_3 時(TOC 去除率 80%)，每日所需氯化鐵成本為 70.90 元/日；聚氯化鋁平均價格為 8.70 元/公斤，於建議加藥量 60 mg/L as PACl 時(TOC 去除率 80%)，每日所需聚氯化鋁成本為 76.07 元/日。由於聚矽酸鐵(Si:Fe=0.5)在加藥初段加藥量與去除率幾乎為線性關係($R^2=0.999$)，若以加藥量為自變

數、去除率為應變數，可得方程式為 $y=0.9895x+71.053$ ，由此推測聚矽酸鐵之總有機碳去除率為 80%時，加藥量為 9.04 mg/L as Fe，以此總有機碳去除率推估，聚矽酸鐵(Si:Fe=0.5)價格須為 53.82 元/Kg as Fe 以下方符合成本經濟效益。

四、結論與建議

(一)根據本次去除總有機碳試驗結果，各混凝劑於最大總有機碳之加藥量時皆有約為 9 成的去除率，濁度去除率也達 9 成以上，其中聚矽酸鐵針對廢水處理亦有很好的去除效果，惟綜合考量藥劑取得及經濟性以及活性保存等因素，該場仍以目前淨水處理使用的氯化鐵藥劑為最優選擇，綜合考量加藥成本及 pH，各混凝劑建議加藥量：聚矽酸鐵(Si:Fe=0.25)為 15 mg/L as Fe、聚矽酸鐵(Si:Fe=0.50)為 10 mg/L as Fe、氯化鐵為 50 mg/L as FeCl_3 (6.6 mg/L as Fe)、聚氯化鋁為 60 mg/L as PACl (3.17 mg/L as Al)，其中 TOC 去除率分別為 87.4%、81.1%、80%以及 80%；濁度去除率分別為 96.8%、89.4%、95.6%以及 95.3%。

(二)氯化鐵於高劑量下無電性逆轉現象，推測為氯化鐵混凝機制除了透過本身強正電吸引力將水中顆粒進行電性中和之外，另因沈澱掃除機制強^[5]而使再穩定現象較不明顯。

(三)根據試驗結果，回收廢水中添加氯化鐵可有效控制回收廢水中總有機碳之濃度，於成功場廢水水質條件下，氯化鐵添加 50 mg/L as FeCl_3 (6.6 mg/L as Fe)，將

可使廢水中總有機碳去除率由 64% 提升至 80%。

(四)目前成功場廢水處理之現有設備，因無適當的快混機制(G 值)進行加藥處理，如擬加藥處理可考慮管中加藥或作為未來淨水場水質改善措施之參考。

參考文獻

- 1.曾四恭、劉志仁，(1997)，優養化水源消毒副產物之研究，自來水會刊第十六卷第三期，pp.35-46。
- 2.楊家瑜，高級淨水程序消毒副產物之生成研究，碩士論文，國立中山大學，2008
- 3.樓基中，不同混凝劑對原水有機物處理效率探討，碩士論文，國立中山大學，2017。
- 4.陳念好，聚矽酸鐵混凝劑之鐵型態物種對藻類混凝去穩定之影響，碩士論文，國立交通大學，2012。
- 5.陳建璋，鋁、鐵混凝劑對低濁水混凝效能及殘餘鋁之影響，碩士論文，國立交通大學，2018。
- 6.AWWA Research Committee on Coagulation (1979) "Committee report-organics removal by coagulation: A review and research needs" Journal of American Water Works Association, 71, 10, 588 - 603.
- 7.Benoufella, F; Laplanche, A; Boisdon, V; Bourbigot, M M., "Elimination of microcystis cyanobacteria (blue-green algae) by an ozoflotation process: a pilot plant study" Water Science and Technology; London Vol. 30, Iss. 8, (Oct 1994): 245-257.
- 8.Kılıç, M.G. and Hoşten, Ç (2010) "A comparative study of electrocoagulation and coagulation of aqueous suspensions of kaolinite powders", Journal of Hazardous Materials, 176:735-740.
- 9.Jiao, R.Y., Xu, H., Xu, W.Y., Yang, 11 Properties of Ferric—NOM Flocs", X.F., Wang, D.S. ,2015. Influence of coagulation mechanisms on the residual aluminum - The role of coagulant species and MW of organic matter, Journal of Hazardous Materials, 290:16- 25.
- 10.Pivokonsky, M., Safaridova, J., Baresova, M., Pivokonska, L., Kopecka, I. .2014. A comparison of the charater of algal extracellular versus cellular organic matter produced by cyanobacterium, diatom and green alga", Water Research, 51:37-46
- 11.行政院環保署「飲用水水質處理藥劑聚矽酸鐵混凝劑申請案審查會」審查意見台灣自來水公司答覆暨書面補充資料，附件一。
- 12.Rita K.Henderson1Simon A. Parsons Bruce Jefferson, 2010, The impact of differing cell and algogenic organic matter (AOM) characteristics on the coagulation and flotation of algae, Water Research , Pages 3617-3624

作者簡介

吳宗昱先生

現職：自來水公司總管理處水質處工程員

專長：水質異常改善研究、環境工程

刁文儀女士

現職：自來水公司總管理處水質處工程師

專長：水質異常改善研究、飲用水處理藥劑研究、水質監測儀器

林正隆先生

現職：自來水公司總管理處水質處組長

專長：水質異常改善研究、飲用水處理藥劑研究、淨水流程設備改善

陳文祥先生

現職：台灣自來水股份有限公司水質處處長

專長：自來水處理技術、環境工程、水質管理

從源頭改善管末端水質之具體可行方案研究

文/游叡研

摘要

獨立封閉巷管末端因屬滯留段水質不佳管壁生物膜容易增生且會蓄積水中微量雜質，代表整體管網系統水質弱點，故管網末端消防栓定期排水是例行必要作業，用意將末端蓄積之汙質排出，以降低水污染風險。

隨著管網管線體質大幅改善，水質管理與監測日益精進，從取水水源至用戶水龍頭各環節確保水質潔淨安全，不論是淨水場出水平均濁度或是管網普測水質濁度，皆優於法規限值，水質亦符合飲用水標準，北水處近年推廣自來水直飲亦頗獲民眾好評，管網末端水質弱點改善有助提升水處形象。

本文探討既有管線末端封管之作法，實為造成管末端水質不佳之主因，因獨立巷管線末端處於滯留水狀態，以致會蓄積水中微量雜質，對管網作分析即可知如能讓管線保持流通狀態就不會蓄積雜質，也可大幅降低水污染風險。

以此為發想分析探究成因並提出具體可行方案，DIP 配水管直接連接 SSP 給水管再延伸接至水表位，整組 DIP+SSP 組件為連續段，重點在於只要讓水保持流通順暢，可消除傳統施工方式所產生之管末滯留管段，不會有滯留段蓄積微量雜質，日後不需辦理管末排水即可確保水質乾淨無虞。

經實務驗證可從源頭成功改善管線末端滯留水問題，有效減少水污染風險。本文

對於管末滯留水排放問題具改善成效，可降低水質汙染機率、節省珍貴水資源、提升用水品質、有助提升企業形象、減少用戶不便並可節省排水維護人力，可有效改善管網末端水質弱點，提升供水安全。

關鍵字：管末端、滯留、水汙染、排水、水安全

一、前言

獨立封閉巷，意即俗稱之無尾巷，管末端通常為管垢及沉積物堆積嚴重的地點，代表的是整體管網系統最差之水質狀況，因管末形成滯留段，管壁生物膜容易增生且會蓄積水中微量雜質，餘氯偏低影響水質安全，是管網系統水質的弱點，因此管網末端消防栓定期排水是北水處例行必要作業，管末及水質敏感區域排水作業以半年為執行循環週期，一年辦理 2 次排水，每案管末排水約需 5~15 分鐘，用意是將末端蓄積之雜質排出，減少管內滯留並以降低水污染之風險。

二、問題回歸及分析

管線末端存有汙染風險影響用水安全，管末端日久會蓄積水中微量雜質，如果施工或臨時辦理搶修須停水，在停水狀態下水壓降低，管末端之雜質即可能會回流至前端管網內，可能造成前端用戶水汙染情形，有鑒於此，須定期辦理管末排水作業，將管末雜質排出以利供水安全，惟管末排水會產生以下幾個問題：

(一)排水浪費水資源，每次排水約需 10 分

鐘，排水量約 10m^3 ，據統計一年排水量測次數約 3600 次，每年耗費水資源約 3 萬 6 千噸。

- (二)排水初期的水呈黃濁狀，可能造成用戶觀感不好，影響企業形象。北水處依據 105 年 9 月市長核定之「直飲台設置維護管理計畫」，於戶外公園等公共場域增設固定式直飲台，提供自來水直接飲用服務，檢少瓶裝水使用，促進環保永續。而管末排水初期水質不佳，可能造成民眾使用疑慮(如圖 1)。
- (三)定期排水造成鄰近用戶不便，觀感亦不佳，近年氣候變遷加劇，如遇極端氣候久旱缺水情形，排水恐致民怨。
- (四)排水需耗費人力，一個排水點至少須 3 人共同作業才能完成，每月至少需安排 4 天以上作業，人力負荷加重。
- (五)現有管末消防栓位於巷子最底處，容易被車輛停車壓住，難以排水，亦失去消防救災功能。



圖 1 現場排水照片

本案靈感發想來源如下：

- (一)北水處自 95 年啟動 20 年「供水管網改善及管理計畫」，多管齊下健全供水管網系統，統計至 111 年底已汰換管線達約 2,500 公里，漏水率已降至 11.20%，管網體質大幅改善，媲美先進國家。
- (二)北水處持續推動全流程水質管理，從強化取水管理，嚴控淨水處理，確保出水水質安全。同時訂定比國家飲用水水質標準更為嚴格的內控標準，112 年上半年各淨水場出水平均濁度 0.02 NTU，遠優於飲用水水質標準 2 NTU。採用「水安全計畫 water safety plan」精神，加強水質管理與監測，從水源至用戶水龍頭各環節確保水質安全，優質臺北好水深得民心。
- (三)管末端水質為何不佳：各項水質檢驗均符合水質標準，管末因是滯留水狀態，生物膜容易增生且會蓄積水中微量雜質，餘氯偏低影響水質安全，如管線保持流通狀態就不會蓄積雜質，也就不會有水污染。舉例說明如下：
 - 1.配水管 100mmDIP，管末端設置消防栓，末端造成管內滯留及淤積，有水污染之虞，需定期排水(如圖 2)。
 - 2.配水管為 50mmSSP，沒有管末端，不會產生滯留水，沒有水污染問題，不須排水(如圖 3)。
- (四)DIP 鑄鐵配水管末端設置消防栓，於消防栓前方以鞍帶接 SSP 不鏽鋼給水管供水予用戶水表，造成末端消防栓處約 1~3 公尺滯留管段(自最後一栓給水管至末端消防栓之間)，形成管內滯留段，生物

膜容易增生，水中微量雜質隨時間慢慢蓄積，且餘氯偏低影響水質安全，埋下水污染隱憂(如圖 4)。



圖 2 管末端滯留水示意圖

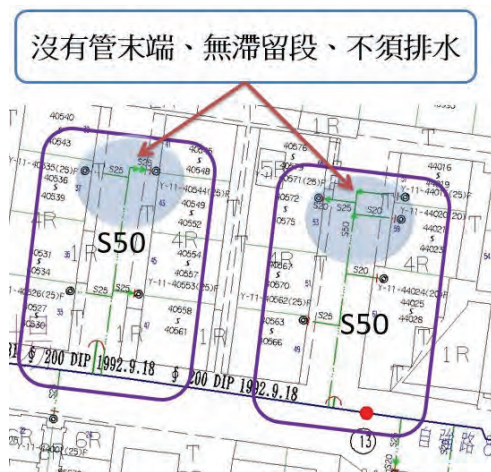


圖 3 管末端無滯留水示意圖

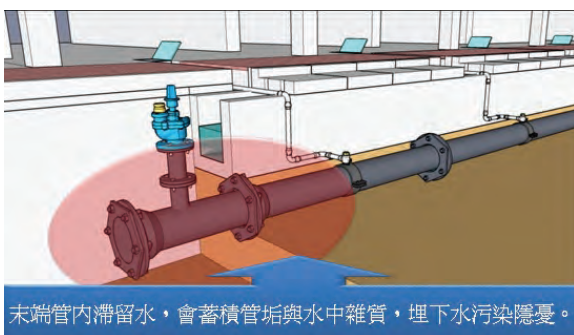


圖 4 管末端滯留蓄積水中雜質示意圖

(五)思考重點：在於避免管末端滯留水，故消防栓後方如能直接接給水管(不用鞍帶分水栓)，亦就是 DIP 管直接連接 SSP 管，如此就沒有管末端滯留水，微量管垢及雜質無處累積，不會形成水污染，也就不需排水，是一勞永逸的作法(如圖 5)。

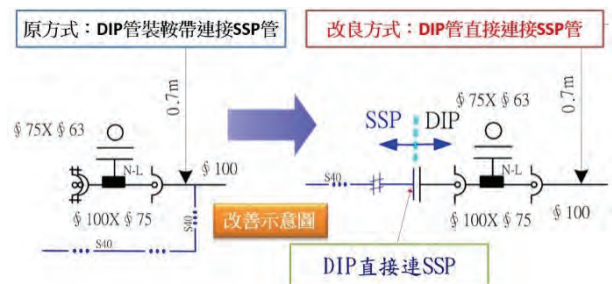


圖 5 DIP 連接 SSP 消除管末端示意圖

三、精進改善作為

現有管網其實每個水表都是管末端，重點在只要讓水保持流通狀態，水中微量雜質沒有機會累積，生物膜增生狀況減少，管線末端可以跟前端管網的水質一樣好，即不會有管末端水汙染情形。

目前管網系統中，獨立封閉巷如果距離較短，水表數量不多，50mmSSP 當配水管使用是常見方式(如圖 3)，此種方式沒有管末端滯留水問題，實務使用上也沒有用戶反映水濁。但當獨立巷內用戶數較多時，50mmSSP 將無法滿足用水需求，此時仍需埋設較大口徑的 DIP。同時消防栓具有消防救災功能，巷內消防通道埋設 DIP 管，以利設置消防栓。
(一)初期改善方案：

於管線末端，改變由鞍帶分水栓接給水管的方式，DIP 管利用平口(單突緣短管)轉換直接與 SSP 管連接，接至水表位(如圖 6)。

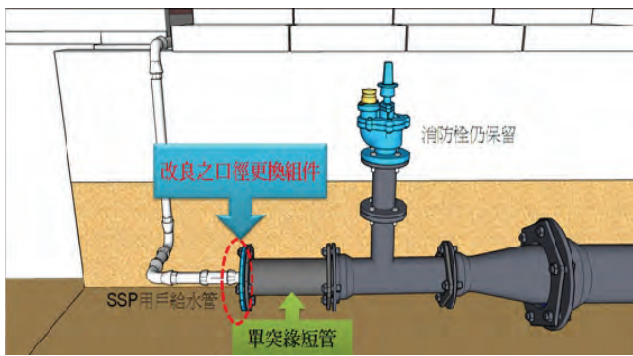


圖 6 以改良口徑更換組件連接示意圖

利用水表口徑更換組件作改良，此組件為平口 100mm*40mm 之口變組件，組裝如圖 7 所示。

- 1.將止水栓組件卸下。
- 2.以有車牙之 SSP 管（自購材料）鎖入平口內。
- 3.以直接頭連接 SSP 直管接至表位。

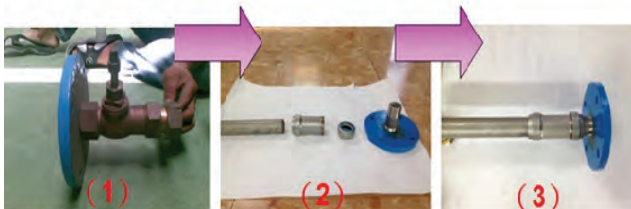


圖 7 以改良口徑更換組件安裝圖

(二)修正改善方案：

原欲以車牙之 SSP 管(自購材料)鎖入平口內，惟加工品質較難確定。故檢討修正後改以表用雙凸緣縮管及 SSP 管用伸縮止水栓附表凸緣材料作連接(如圖 8)。DIP 管可直接連接 SSP 管接至水表位(不須鞍帶)，整組 DIP+SSP 組件為連續段，不會有滯留段蓄積微量雜質，日後不需辦理管末排水即可確保水質乾淨無虞。

(三)執行實務案例：

- 1.納入管網設計圖面，於設計階段標註施工方式，讓施工廠商及監工有所依循(如圖 9)。

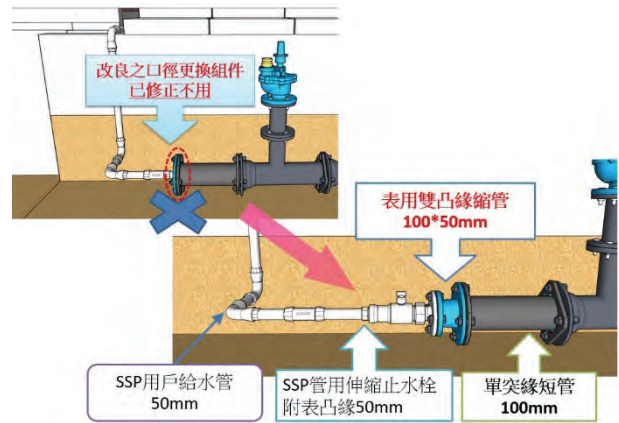


圖 8 DIP 連接 SSP 消除管末端示意圖

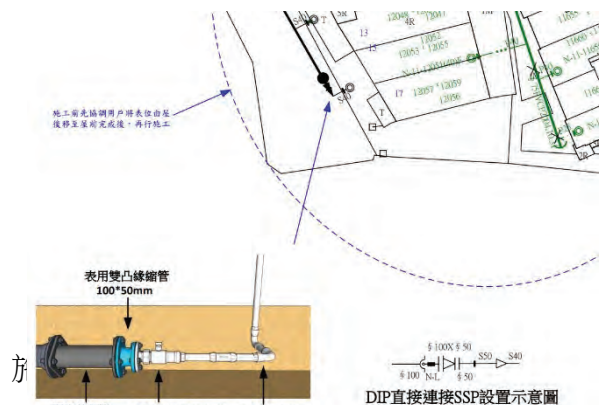


圖 9 管末端改善設計圖

- 2.實際改善案例：臺北市南港區南港路 3 段 130 巷 3 弄是獨立封閉巷，管末端約 2 公尺為滯留段，會蓄積微量雜質，有水汙染隱憂，每半年至少需辦理一次排水，將末端蓄積之雜質排出，以降低水汙染之風險。
- 3.改善方式：改變原有鞍帶分水栓接給水管的方式，將管末端消防栓前移，DIP 管利用平口轉換直接與 SSP 管連接，亦即以 100mm 單突緣短管+100*50mm 表用雙凸緣縮管+50mmSSP 管用伸縮止水栓附表凸

緣，DIP 管可直接連接 SSP 管接至表位，可成功消除管末端滯留段(如圖 10、11、12、13)，不會產生滯留水，沒有水污染問題，也就不須排水。

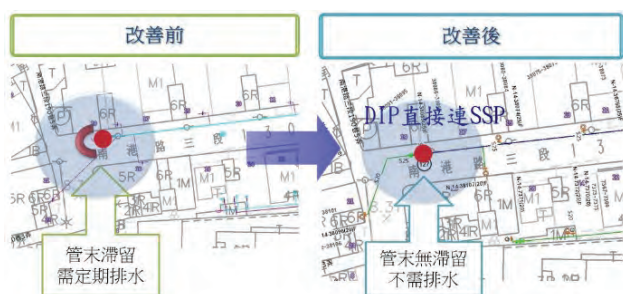


圖 10 改善前後示意圖

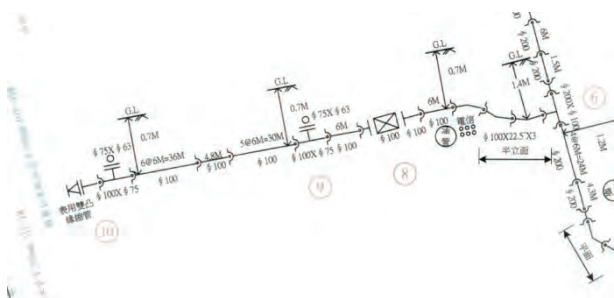


圖 11 管末端改善竣工管件圖



圖 12 管末端改善竣工平面圖



圖 13 管末端改善現場施工照片

四、執行效益

以往配水管之管末端須封管，封管處日久會蓄積水中微量雜質，再透過管末消防栓排水將雜質排出，過程會產生相關問題。

為一勞永逸從源頭解決問題，經分析檢討後，本案透過改善既有施工工法，利用現有材料作組裝，DIP 配水管可直接連接用戶 SSP 給水管，再連接至水表位，可成功消除以往留存之管末端，避免管末端累積雜質，提升用水品質並確保水質安全，同時可避免管末排水之水質源浪費，並可節省人力資源，執行效益說明如下：

- (一)從源頭改善管末端水質：管末端滯留管段是水污染的源頭，從源頭著手，一勞永逸。
- (二)由 DIP 管直接連接 SSP 管，管線保持持續流通狀態，可有效消除管末滯留管段，減少管內滯留並有效避免水污染。
- (三)改善供水管網系統水質弱點：本案改良方式，配水管末端不須封管→沒有管末端→沒有滯留水→生物膜增生狀況減緩→不會蓄積水中微量雜質、管垢及沉積物→水質餘氯合格，即可有效降低水污染機率。
- (四)本案可有效消除滯留管段，有效減少後續現場排水作業，產生效益如下：

- 1.有效節省水資源：本案可有效消除管末滯留段，如將北水處轄區所有管末端進行改善，每年約可節省珍貴水資源約 3 萬 6 千噸。
- 2.避免用戶觀感不佳：排水初期的水較混濁，可能造成用戶觀感不好，民眾可能產

生疑慮，影響企業形象。同時可避免用戶誤解浪費水資源。

3. 避免造成用戶不便：現場排水時，管末端消防栓常被汽（機）車壓住，移車又擾民，且排水須時 10~20 分鐘不等，用戶進出不方便常有抱怨。本案作法會將消防栓前移 5~15 公尺，消防栓不再位於巷弄最末端，可有效減少用戶不便。
4. 節省維護人力：分處技術人員須進行管末排水作業，排水耗費人力，一個排水點至少須 3 人共同作業才能完成，每月至少需安排 4 天以上作業時間，人力負荷吃重。後續排水作業減少後，有限人力即可做更有效之運用。
5. 本案利用北水處自有組件作組裝施工，執行可行性高。
6. 北水處管網體質健全，全流程水質管理，確保水質安全，媲美先進國家，水質符合飲用水標準，北水處近年推廣自來水直飲亦頗獲民眾好評，管網末端水質弱點改善，有助提升水處形象。

五、結語

北水處水質優良，各項水質檢驗結果均符合飲用水質標準，同時隨著各項管材的精進。本案主動分析探究管末排水成因並提出具體改善作為，每個水表都是管末端，重點在於只要讓水保持流通順暢，無滯留段即表示不會蓄積水中微量雜質，管壁生物膜增生會減緩，可有效提升水質，讓水保持新鮮。

本案具體改善作為將 DIP 配水管+SSP 給水管組件連結為連續段，配水管末端不須封管，管線保持持續流通狀態，可消除傳

統施工方式所產生之管末滯留管段，沒有管末端就代表不會有滯留段，水中微量雜質也就無處蓄積，供水保持流通，餘氯符合標準，可有效改善管網末端水質弱點問題，提升水質確保供水安全。

本案提出具體可行改善方式，實務驗證可從源頭成功改善管末端滯留水問題，改善管末端水質弱點，減少水污染風險。本文對於管末滯留水排放問題具改善成效，可降低水質污染機率、節省珍貴水資源、提升用水品質、有助提升企業形象、減少用戶不便並可節省排水維護人力，相當具有推廣價值。

參考文獻

1. 臺北自來水事業處，111年經營績效報告
2. 游叡研、張本慶、黃欽稜、林永芳，臺北自來水事業處提案：口徑更換組件改良-從源頭改善管末端水質、有效減少水污染，2015。
3. 臺北自來水事業處週間會議，供水管網改善及管理—第四階段計畫規劃報告，2019
4. 臺北自來水事業處，109年度水安全計畫推動委員會第2次會議資料。

作者簡介

游叡研先生

現職：臺北自來水事業處技術科股長

專長：管網改善、小區計量、高地供水



自來水採樣排水對重金屬含量之影響

文/李承龍、吳俊儀、鄭堡文、黃文惠

摘要

為瞭解自來水採樣排水對重金屬含量之影響，本研究以 3 處用戶端水龍頭為檢測點，採集不同排水時間樣品，檢測金屬元素，其中 1 處以一般合金水龍頭與不鏽鋼水龍頭作為對照組。

研究結果顯示，鋁、鉛在不經排水直接採樣情形下，有超過飲用水水質標準之風險。統計結果顯示，鎳、銅、鋅、鉛採樣前排水與不排水，所得結果有差異。鎳、銅、鉛排水 1~5 分鐘，所得結果無差異。不鏽鋼水龍頭與一般合金水龍頭所得結果有差異，一般合金水龍頭之鎳、銅、鋅、鉛高於不鏽鋼水龍頭。

建議檢測重金屬之自來水或飲用水樣品之採樣，採樣前必須打開水龍頭排水時間 1 至 5 分鐘，排出管線內滯留水，避免長時間滯留致管線或水龍頭材質金屬釋出，影響檢測數據之代表性。

關鍵字：排水時間、金屬

一、前言

環保署於 107 年修訂「飲用水水質採樣方法」，其中採樣方式為：

1. 自來水供水系統之水質採樣，採樣前必須打開水龍頭排出管線內之自來水餘水。
2. 飲用水之用戶端水龍頭水質採樣，以水龍頭最大流量，不經放流直接進行採樣。

為探討其中差異，本研究以 3 處用戶端

水龍頭為檢測點，採集排水時間 0 分鐘(即不放流)、1 分鐘、3 分鐘及 5 分鐘樣品，檢測金屬元素，共分析砷(As)、鉛(Pb)、硒(Se)、鉻(Cr)、鎘(Cd)、鋇(Ba)、銻(Sb)、鎳(Ni)、汞(Hg)、銀(Ag)、銅(Cu)、鋅(Zn)及鋁(Al)等 13 項金屬元素，其中砷、鉛、硒、鉻、鎘、鋇、銻、鎳及汞等 9 項，於我國飲用水水質標準管制項目屬於影響健康物質，銀屬於可能影響健康物質，銅、鋅及鋁等 3 項屬於影響適飲性物質，飲用水水質標準如表 1 所列。

表 1 重金屬項目飲用水水質標準

金屬元素	飲用水水質標準(mg/L)	金屬元素	飲用水水質標準(mg/L)
砷	0.01	鎳	0.07
鉛	0.01	汞	0.002
硒	0.01	銀	0.05
鉻	0.05	銅	1.0
鎘	0.005	鋅	5.0
鋇	2.0	鋁	0.2
銻	0.01		

市場上常見的水龍頭材質有：不鏽鋼、全塑、銅鋅合金材料等類別，以銅鋅合金及不鏽鋼市占率最廣。銅鋅合金除了主要含銅元素和鋅元素以外，還含鐵、鋁、鉛、錫、錳、矽、鎳等微量元素，經過鑄造、拋光、電鍍後，使水龍頭看起來與不鏽鋼相同，但使用一段時間後，電鍍層剝落與水接觸時，金屬便會溶於水。不鏽鋼水龍頭由鐵、鉻、碳及眾多不同元素所組成的合金，不鏽鋼在鋼表面上形成一層緻密的氧化鉻保護膜，只

是「不易生鏽」，並非不生鏽。不鏽鋼依照合金成分不同，抗鏽蝕程度也會有差異，如 316 就會比 304 抗蝕。

不鏽鋼水龍頭不含鉛，不易生鏽。材質堅硬，不易塑型生產，因此售價較高。銅鋅合金價格相對便宜，部分不肖廠商為降低成本，以劣質銅合金為原料，經過鑄造、拋光、電鍍後，使銅製水龍頭看起來跟不鏽鋼製相同，民眾使用一段時間後，當電鍍層剝落與水接觸時，其中的「鉛」便可能溶於水中，間接被喝下肚。水龍頭材質之比較如表 2。

表 2 水龍頭材質之比較

種類 [○]	材質 [○]	優點 [○]	缺點 [○]
不鏽鋼 [○]	304 不鏽鋼 [○] (銅+18% 鎳+8% 鎳) [○]	耐酸、 <u>耐蝕腐蝕</u> 、 <u>不電鍍</u> 、不含鉛等 [○]	含鎳、不易加工、技術不成熟、價格高 [○]
銅合金 [○]	銅，添加鉛有助於加工與成形性 [○]	外表光亮、造型多樣 [○]	含銅含鉛，易生鏽，表面為電鍍層，長時間使用電鍍層剝落， <u>鉛便會溶出</u> [○]
鋅合金 [○]	鋅，添加有鋁、銅和鎂等元素 [○]	價格低 [○]	壽命短、 <u>易裂</u> 、內部焊接鋼管含鉛 [○]
塑料 [○]	PVC 材料等 [○]	色彩豐富、可大量生產 [○]	不結實、壽命短 [○]
陶瓷 [○]	陶瓷 [○]	不生鏽、 <u>不氧化</u> 、不易磨損、壽命長 [○]	質地較脆，易碎 [○]

為維護飲水安全，經濟部標準檢驗局公告「飲水用水龍頭」商品自 106 年 1 月 1 日開始必須通過 CNS 8088「水龍頭」國家標準的檢驗。該標準規定水龍頭無機污染物溶出性能部分，鉛的 Q 值(溶出量)必須在 5 $\mu\text{g/L}$ 以下(5 微克/公升，即 5ppb)，其他污染物應符合表 2 之基準。另國家標準也規定「飲水用」之水龍頭材料含鉛量不得超過 0.25%，並應在商品上標示「L F」(Lead Free，無鉛)及於外包裝標示「飲水用」字樣，以供辨識選用。

表 3 CNS 8088 無機污染物溶出性能試驗判定基準

無機污染物 [○]	溶出性能試驗判定基準 ($\mu\text{g/L}$) [○]	無機污染物 [○]	溶出性能試驗判定基準 ($\mu\text{g/L}$) [○]
銻(Sb) [○]	0.6 以下 [○]	汞(Hg) [○]	0.2 以下 [○]
砷(As) [○]	1 以下 [○]	鎳(Ni) [○]	20 以下 [○]
鋇(Ba) [○]	200 以下 [○]	硒(Se) [○]	5 以下 [○]
鉍(Be) [○]	0.4 以下 [○]	鉍(Tl) [○]	0.2 以下 [○]
鉍(Bi) [○]	50 以下 [○]	鋅(Zn) [○]	300 以下 [○]
鎘(Cd) [○]	0.5 以下 [○]	錳(Mn) [○]	30 以下 [○]
鉻(Cr) [○]	5 以下 [○]	鉬(Mo) [○]	4 以下 [○]
銅(Cu) [○]	130 以下 [○]	硼(B) [○]	500 以下 [○]

二、研究方法

(一)採樣地點

為瞭解自來水採樣排水對重金屬含量之影響，本研究以台南市東區及永康區共 3 處用戶端水龍頭為檢測點，採集不同排水時間樣品，另為考量不同水龍頭材質對金屬含量之影響，亦選定 1 處檢測點進行不鏽鋼水龍頭與一般合金水龍頭之採樣，比較金屬含量變化情形。

(二)採樣頻率及方式

本研究於 107 年 10 月至 108 年 1 月間，每月進行 1 或 2 次採樣，共計採集 7 次樣品。為有效採集代表性之管中滯留水樣，採樣前一晚即貼公告：「次日上午將進行研究樣品採樣，暫停使用」。採樣現場檢測濁度、添加硝酸使水樣 pH<2，4℃ 保存，方式如下：

- 1.排水 0 分鐘：不放流，直接以樣品瓶裝樣。
- 2.排水 1 分鐘：打開水龍頭放流 1 分鐘後，以樣品瓶裝樣。
- 3.排水 3 分鐘：打開水龍頭放流 3 分鐘後，以樣品瓶裝樣。
- 4.排水 5 分鐘：打開水龍頭放流 5 分鐘後，以樣品瓶裝樣。



(三)分析方法

以「水中元素萃取消化法－微波輔助酸消化法」(NIEA W312.51C)及「水中微量元素檢測方法－感應耦合電漿質譜法」(NIEA W313.53B)，使用之儀器：微波消化裝置(CEM MARS5)及感應耦合電漿質譜儀(Thermo XSeries2)。測定鋁(Al)、鉻(Cr)、鎳(Ni)、銅(Cu)、鋅(Zn)、砷(As)、硒(Se)、銀(Ag)、鎘(Cd)、銻(Sb)、鋇(Ba)、汞(Hg)、鉛(Pb)等 13 項金屬元素。研究方法資訊詳表 4，樣品分析步驟如圖 1 所示。

三、結果與討論

本研究 13 項金屬元素在總樣本數 112 筆資料中，硒、銀、鎘、汞未檢出(ND)率超過 80%，檢出值皆低於標準，變化不明顯。鎳的未檢出率 60.7%，檢出值介於 ND~0.0168mg/L，有超內控之風險(飲用水水質標準鎳 0.07mg/L)。鉛未檢出率 21.4%，檢出值介於 ND~0.0187mg/L，在不經放流直接採樣情形下，鉛存在超標之風險。鉻的未檢出率 17.0%，檢出值介於 ND~0.00153mg/L，遠低於飲用水水質標準 0.05mg/L。砷、鋇、銻、銅、鋅檢出率 100%，惟檢出值及中位值遠低於飲用水水質標準。鋁檢出率 100%，檢出值介於 0.00610~1.74mg/L，在不經放流直接採樣情形下，鋁亦有超過飲用水水質標準情形發生。後續僅就水龍頭材質主要成分銅、鋅及有超內控或超標風險之鋁、鎳及鉛進行討論。

(一)銅之變化趨勢

A、B、C1 採樣點銅濃度檢測結果及變化趨勢圖如表 5 及圖 2 所示，A、B、C1 點

在排水時間 0 分鐘時，銅濃度最高，排水 1 分鐘、3 分鐘、5 分鐘無明顯差異，消減率介於 67.8%~89.7%。

表 4 研究方法資訊表

採樣地址(代號)	水龍頭材質	設置時間	排水時間	分析項目
台南市東區(A)	一般合金	舊有	0 分鐘	13 項重金屬
			1 分鐘	
			3 分鐘	
			5 分鐘	
台南市永康區(B)	一般合金	舊有	0 分鐘	13 項重金屬
			1 分鐘	
			3 分鐘	
			5 分鐘	
台南市永康區(C)	銅合金(C1)	新設	0 分鐘	13 項重金屬
			1 分鐘	
			3 分鐘	
			5 分鐘	
台南市永康區(C)	不鏽鋼(C2)	新設	0 分鐘	13 項重金屬
			1 分鐘	
			3 分鐘	
			5 分鐘	

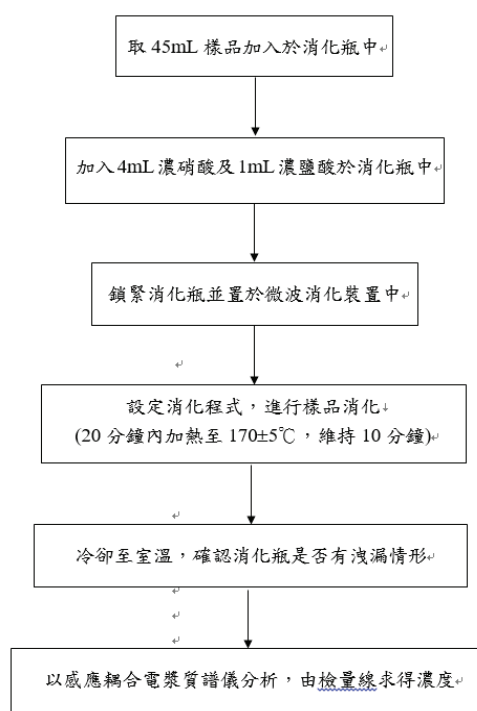


圖 1 金屬分析實驗流程圖

(二)鋅之變化趨勢

A、B、C1 採樣點鋅濃度檢測結果及變化趨勢圖如表 6 及圖 3 所示，A、B、C1 點在排水時間 0 分鐘時，鋅濃度最高，排水 1 分鐘、3 分鐘、5 分鐘無明顯差異，消減率介於 57.8%~95.9%。

表 5 A、B、C1 採樣點排水時間銅濃度變化

銅 (mg/L)°									
排水時間°	107 年°					108 年°		平均值°	消滅率 (%)°
	10/25°	11/6°	11/20°	12/7°	12/25°	1/15°	1/22°		
A 採樣點°									
0°	0.00148°	0.00628°	0.00297°	0.00088°	0.00170°	0.00101°	0.00057°	0.00213°	~°
1°	0.00110°	0.00076°	0.00060°	0.00079°	0.00069°	0.00044°	0.00042°	0.00069°	67.8°
3°	0.00092°	0.00071°	0.00057°	0.00068°	0.00067°	0.00045°	0.00033°	0.00062°	70.9°
5°	0.00056°	0.00075°	0.00063°	0.00070°	0.00065°	0.00034°	0.00035°	0.00057°	73.3°
B 採樣點°									
0°	0.0197°	0.00139°	0.00148°	0.00120°	0.00224°	0.00123°	0.00093°	0.00402°	~°
1°	0.00059°	0.00071°	0.00060°	0.00063°	0.00060°	0.00048°	0.00047°	0.00058°	85.5°
3°	0.00084°	0.00060°	0.00053°	0.00085°	0.00072°	0.00038°	0.00039°	0.00062°	84.7°
5°	0.00054°	0.00088°	0.00053°	0.00067°	0.00065°	0.00035°	0.00033°	0.00056°	86.0°
C1 採樣點°									
0°	0.0135°	0.0140°	0.00485°	0.0162°	0.0184°	0.00184°	0.0189°	0.0125°	~°
1°	0.00318°	0.00191°	0.00248°	0.00382°	0.00149°	0.00101°	0.00162°	0.00222°	82.3°
3°	0.00226°	0.00158°	0.00153°	0.00105°	0.00207°	0.00089°	0.00085°	0.00146°	88.3°
5°	0.00210°	0.00148°	0.00159°	0.00096°	0.00124°	0.00081°	0.00088°	0.00129°	89.7°

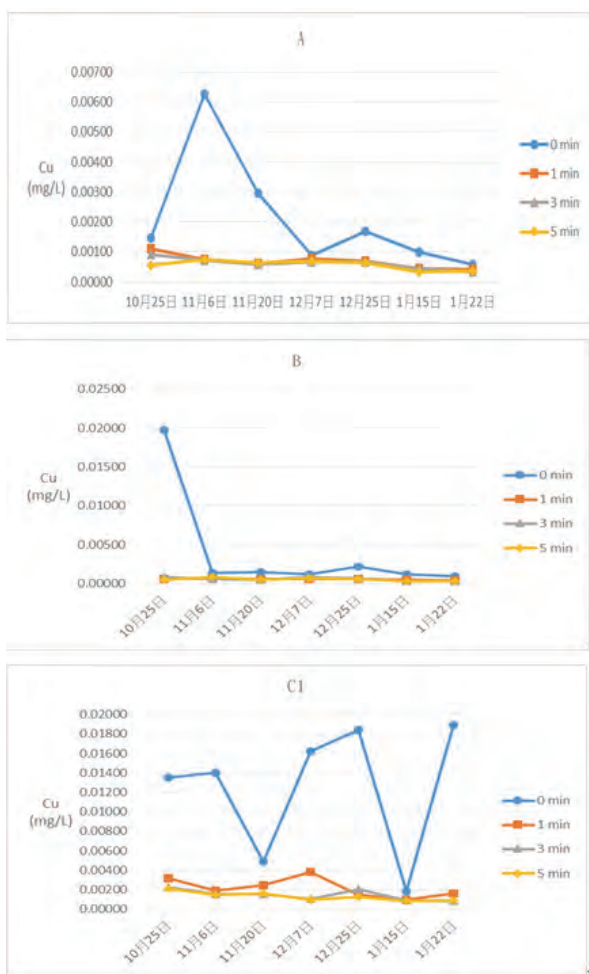


圖 2 A、B、C1 採樣點排水時間銅濃度變化趨勢

(三)鋁之變化趨勢

A、B、C1 採樣點鋁濃度檢測結果及變化趨勢圖如表 7 及圖 4 所示，A 及 B 點於 10/25 排水時間 0 分鐘時測得鋁濃度超過飲用水水質標準，濃度隨著排水時間增加而遞減，推測與管內滯留水雜質沉積有關，C1 採樣點顯示排水時間對鋁濃度變化並無明顯影響。

(四)鎳之變化趨勢

A、B、C1 採樣點鎳濃度檢測結果及變化趨勢圖如表 8 及圖 5 所示，A 點除了 12/7 外，在排水時間 0 分鐘時，鎳濃度最高，排水 1 分鐘、3 分鐘、5 分鐘無明顯差異；B 點排水時間對鎳濃度變化無明顯影響；C1 點在排水時間 0 分鐘時，鎳濃度最高，排水 1 分鐘、3 分鐘、5 分鐘無明顯差異，消滅率介於 53.2%~100%。

表 6 A、B、C1 採樣點排水時間鋅濃度變化

鋅 (mg/L)									
排水時間	107 年					108 年		平均值	消減率 (%)
	10/25	11/6	11/20	12/7	12/25	1/15	1/22		
A 採樣點									
0	0.00786	0.0115	0.00516	0.00178	0.00421	0.00282	0.00254	0.00512	~
1	0.00417	0.00231	0.00173	0.00237	0.00270	0.00078	0.00109	0.00216	57.8
3	0.00252	0.00177	0.00130	0.00142	0.00284	0.00059	0.00081	0.00161	68.6
5	0.00124	0.00186	0.00191	0.00107	0.00203	0.00067	0.00069	0.00135	73.6
B 採樣點									
0	0.126	0.00451	0.00603	0.00660	0.0230	0.0287	0.00775	0.0289	~
1	0.00212	0.00205	0.00195	0.00166	0.00251	0.00190	0.00167	0.00198	93.2
3	0.00217	0.00176	0.00164	0.00225	0.00243	0.00152	0.00134	0.00187	93.5
5	0.00174	0.00321	0.00170	0.00256	0.00238	0.00131	0.00095	0.00198	93.2
C1 採樣點									
0	0.0470	0.0783	0.0297	0.115	0.149	0.0101	0.0800	0.0727	~
1	0.00948	0.00576	0.00765	0.0142	0.00463	0.00288	0.00614	0.00725	90.0
3	0.00516	0.00347	0.00516	0.00202	0.00442	0.00220	0.00210	0.00350	95.2
5	0.00454	0.00289	0.00494	0.00178	0.00312	0.00167	0.00206	0.00300	95.9

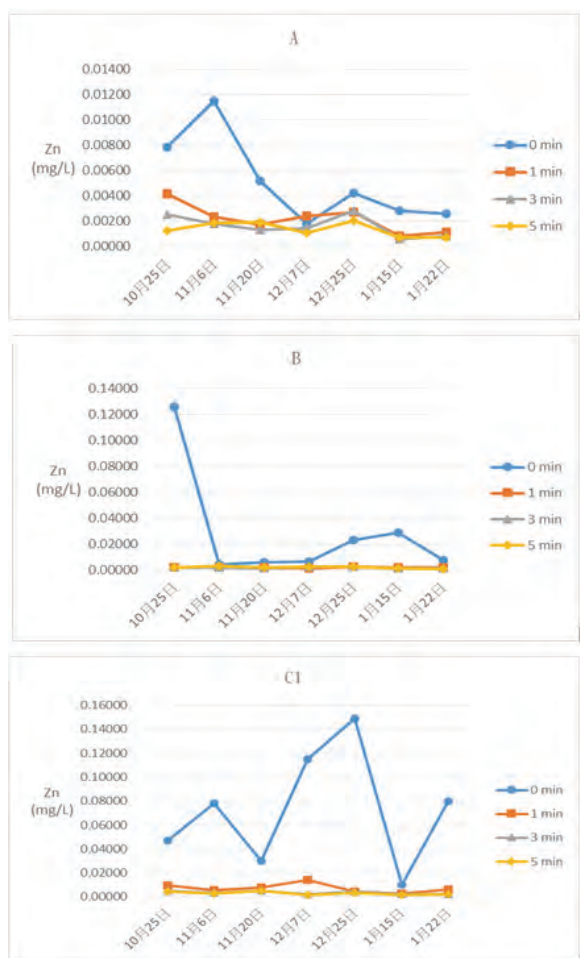


圖 3 A、B、C1 採樣點排水時間鋅濃度變化趨勢

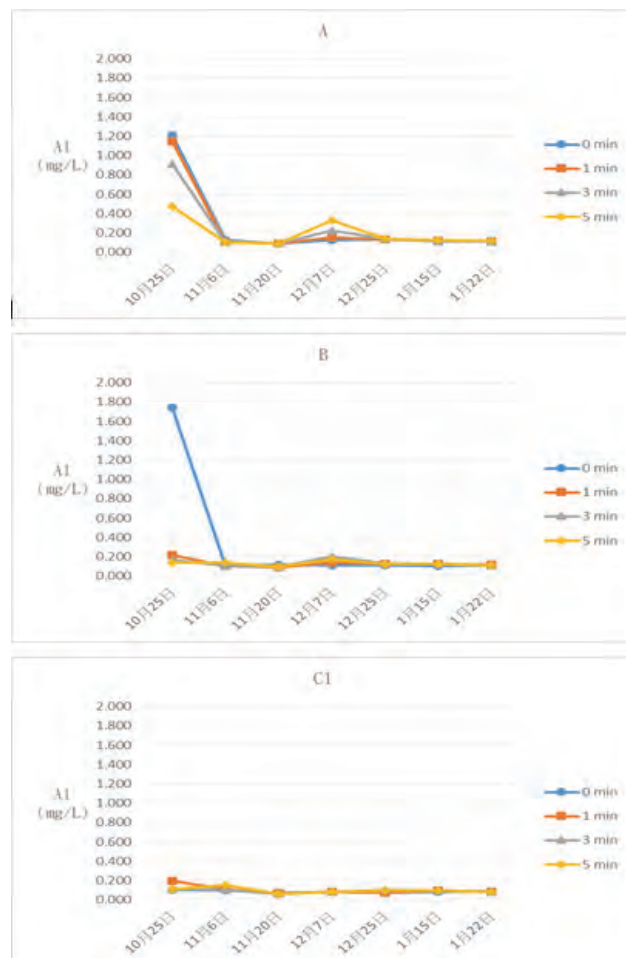


圖 4 A、B、C1 採樣點排水時間鋁濃度變化趨勢

表 7 A、B、C1 採樣點排水時間鋁濃度變化

鋁 (mg/L) [○]										
排水時間 [○]	107 年 [○]					108 年 [○]		平均值 [○]	消滅率 (%) [○]	
	10/25 [○]	11/6 [○]	11/20 [○]	12/7 [○]	12/25 [○]	1/15 [○]	1/22 [○]			
A 採樣點 [○]										
0 [○]	1.210 [○]	0.127 [○]	0.0946 [○]	0.128 [○]	0.136 [○]	0.120 [○]	0.117 [○]	0.276 [○]	- [○]	
1 [○]	1.150 [○]	0.106 [○]	0.0937 [○]	0.155 [○]	0.137 [○]	0.119 [○]	0.114 [○]	0.268 [○]	3.0 [○]	
3 [○]	0.912 [○]	0.106 [○]	0.0910 [○]	0.224 [○]	0.140 [○]	0.115 [○]	0.116 [○]	0.243 [○]	11.8 [○]	
5 [○]	0.475 [○]	0.107 [○]	0.0929 [○]	0.334 [○]	0.144 [○]	0.128 [○]	0.120 [○]	0.200 [○]	27.5 [○]	
B 採樣點 [○]										
0 [○]	1.740 [○]	0.105 [○]	0.123 [○]	0.111 [○]	0.110 [○]	0.106 [○]	0.110 [○]	0.344 [○]	- [○]	
1 [○]	0.221 [○]	0.103 [○]	0.0946 [○]	0.141 [○]	0.129 [○]	0.127 [○]	0.117 [○]	0.133 [○]	61.2 [○]	
3 [○]	0.167 [○]	0.103 [○]	0.0980 [○]	0.204 [○]	0.131 [○]	0.127 [○]	0.114 [○]	0.135 [○]	60.7 [○]	
5 [○]	0.144 [○]	0.139 [○]	0.0968 [○]	0.179 [○]	0.126 [○]	0.126 [○]	0.115 [○]	0.132 [○]	61.5 [○]	
C1 採樣點 [○]										
0 [○]	0.106 [○]	0.102 [○]	0.0793 [○]	0.0878 [○]	0.0760 [○]	0.0816 [○]	0.0911 [○]	0.0890 [○]	- [○]	
1 [○]	0.196 [○]	0.112 [○]	0.0723 [○]	0.0861 [○]	0.0785 [○]	0.0996 [○]	0.0829 [○]	0.104 [○]	-16.6 [○]	
3 [○]	0.111 [○]	0.109 [○]	0.0637 [○]	0.0865 [○]	0.104 [○]	0.0984 [○]	0.0865 [○]	0.0940 [○]	-5.7 [○]	
5 [○]	0.113 [○]	0.153 [○]	0.0618 [○]	0.0871 [○]	0.0980 [○]	0.101 [○]	0.0878 [○]	0.100 [○]	-12.5 [○]	

表 8 A、B、C1 採樣點排水時間鎳濃度變化

鎳 (mg/L)										
排水時間	107 年					108 年		平均值	消滅率 (%)	
	10/25	11/6	11/20	12/7	12/25	1/15	1/22			
A 採樣點										
0	0.00051	0.00687	0.00044	ND	0.00090	0.00045	0.00041	0.00137	-	
1	0.00043	ND	ND	0.00116	0.00043	ND	ND	0.00029	78.9	
3	0.00040	ND	ND	ND	0.00044	ND	ND	0.00012	91.2	
5	ND	0.00056	ND	ND	ND	ND	ND	0.00008	94.2	
B 採樣點										
0	0.00158	0.00047	ND	ND	0.00045	ND	ND	0.00036	-	
1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.00000	100	
3	ND	ND	ND	ND	0.00094	ND	ND	0.00013	62.4	
5	ND	0.00117	ND	ND	ND	ND	ND	0.00017	53.2	
C1 採樣點										
0	0.0168	0.0134	0.00283	0.00719	0.0108	0.00060	0.00507	0.00810	-	
1	0.00096	0.00113	0.00063	0.00051	0.00052	ND	ND	0.00054	93.4	
3	0.00040	ND	0.00040	ND	0.00057	ND	ND	0.00020	97.6	
5	0.00048	ND	ND	0.00041	ND	ND	ND	0.00013	98.4	

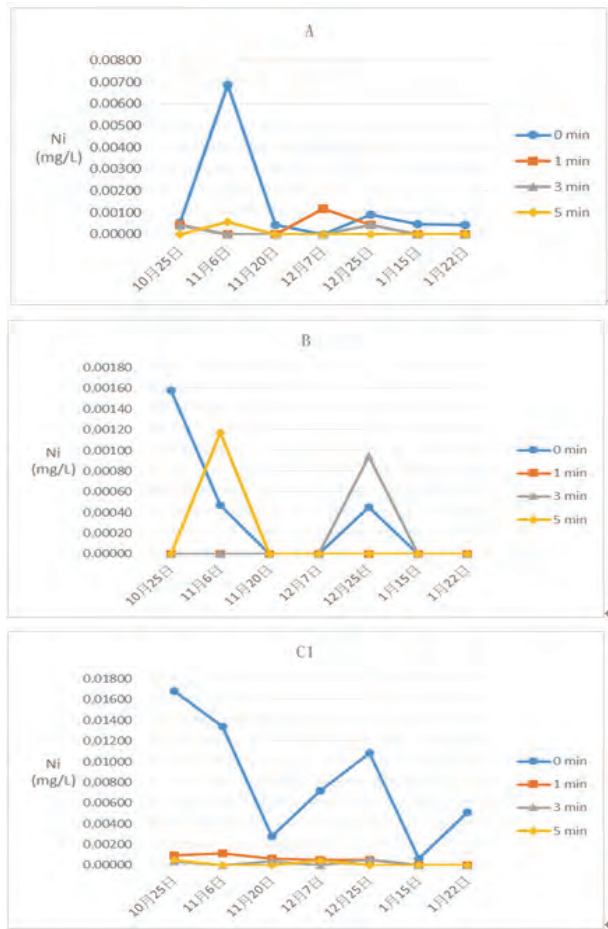


圖 5 A、B、C1 採樣點排水時間鎳濃度變化趨勢

(五)鉛之變化趨勢

A、B、C1 採樣點鉛濃度檢測結果及變化趨勢圖如表 9 及圖 6 所示，A 點排水時間對鉛濃度變化無明顯影響；B 點於 10/25 排水時間 0 分鐘時測得鉛濃度 0.0156 mg/L，超過飲用水水質標準 0.01 mg/L，推測與該用戶水龍頭長期未使用，管內雜質沉積有關，待經過排水 1 分鐘後，已可符合標準；C1 點在 10/25、11/6、12/7、12/25 排水時間 0 分鐘時，鉛超出飲用水標準，推測與該用戶水龍頭材質內含有鉛有關，待經過排水 1 分鐘後，已可符合標準。

(六)不同材質水龍頭之比較

本研究一般合金水龍頭與不鏽鋼水龍頭排水時間金屬平均濃度之比較如圖 7 所示，在排水時間 0 分鐘時，一般合金水龍頭鎳、銅、鋅、鉛高於不鏽鋼水龍頭，推測與水龍頭材質有關，經排水 1 分鐘後，兩者無明顯差異。

(七)統計分析

表 10 變異數分析 F-test 檢定結果顯示，鎳、銅、鋅、鉛該四項金屬元素，採樣前排水與不排水，所得檢測結果是有差異。鎳、銅、鉛三項金屬元素，排水 1~5 分鐘，所得檢測結果無差異，僅鋅是有差異。表 11 不同水龍頭材質排水時間變異數分析 F-test 檢定結果顯示，一般合金水龍頭及不鏽鋼水龍頭，所得檢測結果亦是有差異。

表 9 A、B、C1 採樣點排水時間鉛濃度變化

鉛 (mg/L) [○]									
排水時間 [○]	107 年 [○]					108 年 [○]		平均值 [○]	消滅率 (%) [○]
	10/25 [○]	11/6 [○]	11/20 [○]	12/7 [○]	12/25 [○]	1/15 [○]	1/22 [○]		
A 採樣點 [○]									
0 [○]	0.00133 _△	0.00066 _△	0.00117 _△	0.00056 _△	0.00178 _△	ND _△	0.00056 _△	0.00087 _△	- [○]
1 [○]	0.00133 _△	0.00018 _△	0.00116 _△	0.00053 _△	0.00114 _△	ND _△	0.00051 _△	0.00069 _△	20.0 _△
3 [○]	0.00097 _△	0.00029 _△	0.00105 _△	0.00024 _△	0.00116 _△	ND _△	0.00056 _△	0.00061 _△	29.5 _△
5 [○]	0.00032 _△	0.00057 _△	0.00124 _△	0.00035 _△	0.00170 _△	ND _△	0.00046 _△	0.00066 _△	23.4 _△
B 採樣點 [○]									
0 [○]	0.0156_△	0.00042 _△	0.00038 _△	0.00028 _△	0.00194 _△	0.00055 _△	0.00073 _△	0.00284 _△	- [○]
1 [○]	0.00019 _△	0.00028 _△	ND _△	0.00025 _△	0.00092 _△	ND _△	0.00110 _△	0.00039 _△	86.2 _△
3 [○]	0.00017 _△	ND _△	ND _△	0.00031 _△	0.00105 _△	ND _△	0.00058 _△	0.00030 _△	89.4 _△
5 [○]	0.00022 _△	0.00059 _△	ND _△	0.00025 _△	0.00163 _△	ND _△	0.00048 _△	0.00045 _△	84.1 _△
C1 採樣點 [○]									
0 [○]	0.0173_△	0.0187_△	0.00379 _△	0.0158_△	0.0128_△	0.00076 _△	0.00750 _△	0.0110 _△	- _△
1 [○]	0.00140 _△	0.00208 _△	0.00049 _△	0.00045 _△	0.00135 _△	0.00035 _△	0.00071 _△	0.00098 _△	91.1 _△
3 [○]	0.00069 _△	0.00070 _△	0.00039 _△	0.00042 _△	0.00180 _△	0.00031 _△	0.00056 _△	0.00070 _△	93.6 _△
5 [○]	0.00093 _△	0.00111 _△	0.00047 _△	0.00037 _△	0.00128 _△	0.00026 _△	0.00114 _△	0.00079 _△	92.7 _△

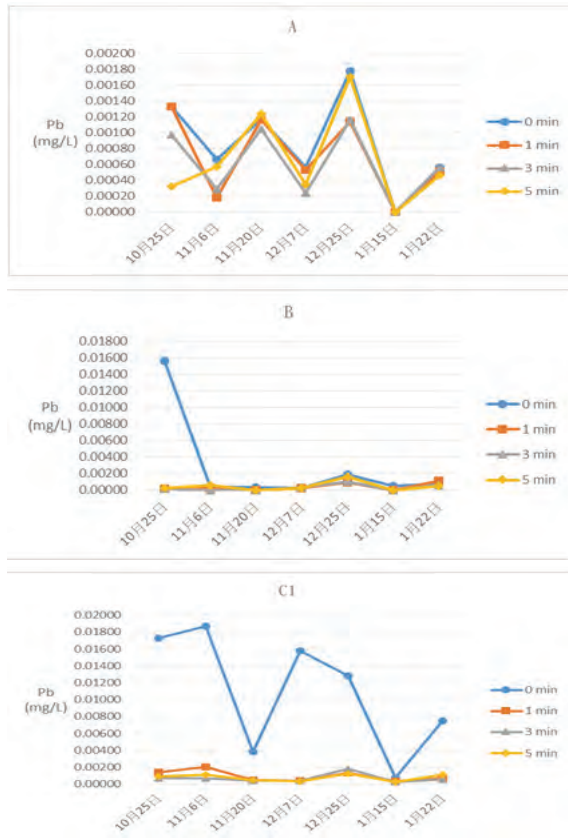


圖 6 A、B、C1 採樣點排水時間鉛濃度變化趨勢

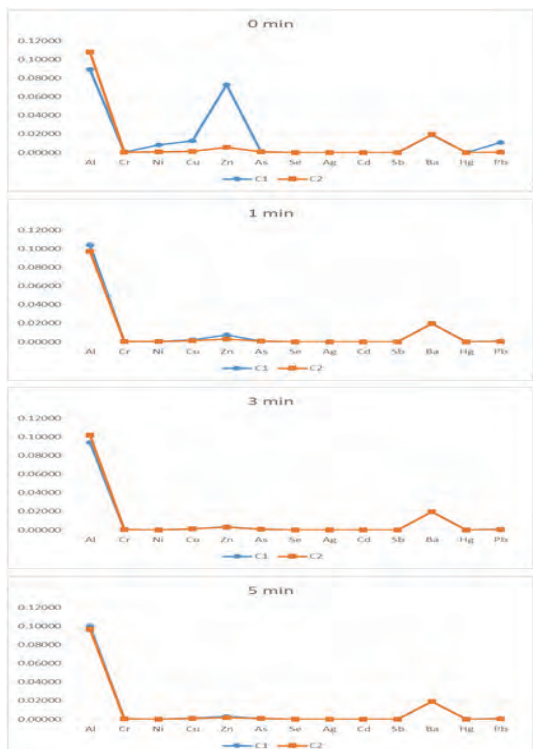


圖 7 不同水龍頭材質排水時間金屬平均濃度變化

表 10 不同排水時間變異數分析 F-test 檢定結果

金屬	排水時間 (min)	F	判別	臨界值	虛無假說(H ₀)	排水時間
鋁	0-1	0.691	<	4.10	接受	無差異
	0-1-3	0.678	<	3.16	接受	無差異
	0-1-3-5	0.619	<	2.72	接受	無差異
	1-3-5	0.100	<	3.15	接受	無差異
鎳	0-1	7.739	>	4.10	拒絕	有差異
	0-1-3	7.960	>	3.15	拒絕	有差異
	0-1-3-5	8.089	>	2.72	拒絕	有差異
	1-3-5	1.266	<	3.15	接受	無差異
銅	0-1	10.668	>	4.10	拒絕	有差異
	0-1-3	11.036	>	3.15	拒絕	有差異
	0-1-3-5	11.320	>	2.72	拒絕	有差異
	1-3-5	1.515	<	3.15	接受	無差異
鋅	0-1	10.074	>	4.10	拒絕	有差異
	0-1-3	10.494	>	3.15	拒絕	有差異
	0-1-3-5	10.699	>	2.72	拒絕	有差異
	1-3-5	3.873	>	3.15	拒絕	有差異
鉛	0-1	8.389	>	4.10	拒絕	有差異
	0-1-3	8.624	>	3.16	拒絕	有差異
	0-1-3-5	8.486	>	2.72	拒絕	有差異
	1-3-5	0.475	<	3.16	接受	無差異

表 11 不同水龍頭材質排水時間變異數分析 F-test 檢定結果

金屬	材質	F	判別	臨界值	虛無假說(H ₀)	排水時間
鋁	一般合金/不鏽鋼	0.022	<	2.78	接受	無差異
鎳	一般合金/不鏽鋼	6.691	>	2.78	拒絕	有差異
銅	一般合金/不鏽鋼	7.339	>	2.78	拒絕	有差異
鋅	一般合金/不鏽鋼	7.639	>	2.78	拒絕	有差異
鉛	一般合金/不鏽鋼	6.607	>	2.78	拒絕	有差異

四、結論與建議

(一) 鋁檢出率 100%，惟檢出值介於 0.00610~1.74mg/L，中位值 0.110mg/L，低於飲用水水質標準 0.2mg/L。惟在不經放流直接採樣情形下，鋁有超過飲用水水質標準情形發生。鋁超標之情況多發生於舊有合金水龍頭，且不論排水或不排水存在風險。推估可能是一般材質的水龍頭，主成分除了銅、鉛外，其他成分為微量鐵、鋁等，長時間滯留後亦有釋出之風險。

(二) 鎳的未檢出率亦達 60.7%，最大值 0.0168mg/L，次高值為 0.0134mg/L，109

年 7 月 1 日飲用水水質標準鎳將由 0.07mg/L 加嚴 0.02mg/L，有超內控之風險。惟該二偏高數值均發生於新設置之銅合金水龍頭第 1 次及 2 次未放流時，放流 1 分鐘後可降低之 0.001mg/L 左右；使用一段時間，第 3 次採樣以後均無該偏高之況，且舊有設置之一般合金水龍頭，鎳的中位值均為未檢出(ND)，顯示新設置之合金水龍頭，滯留後恐易有鎳釋出風險，採樣前務必排水。

(三)鉛未檢出率 21.4%，惟檢出值介於 ND~0.01874mg/L，中位值 0.00056mg/L，低於飲用水水質標準 0.01mg/L。但在不經放流直接採樣情形下，鉛亦存在超標之風險，且發生於新設置之銅合金水龍頭。主因銅合金水龍頭添加鉛，幫助加工與成形性。鉛與空氣接觸會氧化生成一層保護膜，在自來水長期沖洗下，保護膜可能會脫落於水中。水中自由有效餘氯亦會加速水龍頭氧化，水龍頭內部材質變成銅綠色或黑色，致「鉛」釋放於水中風險增加。

(四)鎳、銅、鋅、鉛該四項金屬元素，採樣前排水與不排水，所得檢測結果是有差異；排水 1~5 分鐘，僅鋅是有差異，另鎳、銅、鉛三項金屬元素所得檢測結果無差異，意即排水 1 分鐘以上可取得穩定水質。

(五)一般合金水龍頭及不鏽鋼水龍頭，所得檢測結果亦是有差異。在不經放流直接採樣情形下，一般合金水龍頭的鎳、銅、鋅、鉛高於不鏽鋼水龍頭。

(六)檢測重金屬之自來水或飲用水樣品之採

樣，採樣前必須打開水龍頭排出管線內之自來水滯留水，排水時間 1 至 5 分鐘，以避免因長時間滯留致管線或水龍頭材質金屬釋出，影響檢測數據之代表性。

參考文獻

- 1.薛志宏、賴頌仁、陳富鈴、張美惠、王志隆，供水管網微量重金屬釋出情形研究，中華民國自來水協會105年度研究計畫，2016。
- 2.中華民國國家標準CNS 8088水龍頭國家標準。

作者簡介

李承龍先生

現職：台灣自來水公司第六區管理處水質課工程員
專長：水質分析、水質管理

吳俊儀先生

現職：台灣自來水公司第六區管理處台南給水廠工程員
專長：淨水處理、水質管理

鄭堡文先生

現職：台灣自來水公司第六區管理處水質課工程師
專長：水質異常改善研究、水質管理

黃文惠女士

現職：台灣自來水公司第六區管理處工安課課長
專長：水質分析、水質管理

水表不明自轉情形之分析及改善後實例探討

—以臺北自來水事業處西區分處為例

文/梁植維

摘要

水表為自來水事業計算水費之重要依據，亦是企業永續經營之根本，如遇分表水量突增、水量突減及總表分攤異常時常扮演關鍵的決策資訊，以水表表盤的指針，日計月算或參考以往用水度數，以作為協助分析用戶過去及未來用水情形之基石，進而抽絲剝繭服務用戶找到漏水點；然而，不恰當或不準確的水表計量數值除影響自來水事業的營收，也誤導第一線人員或用戶之判斷，造成雙方水費爭議。觀察臺北自來水事業處(以下簡稱北水處)多年以來有關台灣電力公司總管理處辦公大樓(以下簡稱台電大樓)周遭區域皆發生水表不明自轉情形，且其反應為正轉三圈逆轉一圈，為瞭解是否為水表自身故障或自來水管供水壓力波或用戶用水設備漏水造成前述情形，分析此區域水表不明自轉態樣原因，期藉由不明自轉態樣的關聯性與比率，提出因應對策使水表設備正常計量，強化水表管理監測作為，以改善水表計量品質。

關鍵字：水表、水費、不明自轉、計量

一、前言

水表的計量，以其表盤指針數據，經本期及上期加減後，所反映用水度數值，是北水處主要營收，也是營運決策重要資訊，不恰當或不準確的數值除影響北水處營收之

外，也會造成眾多水費爭議(地方法院民事官司、議員陳情及北市府(1999)陳情及北水處客服中心立案爭議)，嚴重影響服務民眾企業形象。鑑此，經濟部公佈「水量計檢定檢查技術規範」，水表之檢定合格有效期限為 8 年，乃是為排除水表性能故障問題(不轉、慢轉或快轉)，以免造成上述情況影響，惟若已汰換新表，排除水表性能問題，且表後設備正常，水表卻持續不明自轉造成用水量或分攤量增加，此種現象值得探討。本研究針對北水處西區分處轄區範圍內，台電大樓周遭用水戶，以裝設於用戶計量收費之水表(傳統機械型及電子型水表)，釐清及分析該區域在用水設備正常情形下出現水表不明自轉原因，並提出相對應有效改善之對策。

北水處研究發現，有關「直接水表」或「大樓公寓總表」，當自來水加壓輸送供水時，如未有任何穩壓設備，會有出現水表自轉情形或頂樓分表戶無人居住用水，水表卻會自走反映出用水度數，於下期用戶收到水單時來電申訴，且質疑水表性能。近年北水處西區分處「青年公宅」、南區分處「興隆公宅」、新建案、台電大樓周遭用水戶及新店高地用水戶，其智慧水表或傳統機械式水表，皆發現部分空屋戶或用水戶有用水度數突增及分攤增加，無用水情形下，水表不明自轉現象造成用戶質疑計量的準確性、公平性及影響用戶對自來水水表計量的信心。爰

此，本研究欲探討、分析及改善找出可行性解決方案。

二、水表自轉問題分析

(一) 水表空氣氣室：

水表內部指針盤容易存有滯留空氣係因自來水水量大且取水、導水、淨水及供水整個流程皆是露天設備，所以在供水過程中會溶入大量的氣體，同時在工程施工或換表作業過程中，管道中也會帶入氣體，此時若用戶端管道排氣閥設置不當，氣體容易滯留無法順利排除；因氣體的可壓性高，若管網或用戶端管路出現壓力波動，表後管道的空間伸縮大，故會產生水表自轉；另因水管內壓力不均形成波動衝擊，常見原因為配管構造上下彎曲，彎管越多越容易產生空氣造成氣塞無水或設計及配管不當造成「水錘效應 (Water Hammer)」；所謂水錘效應係指當水流於長管路中流動，此時若將管路下游之閥門「快速」關閉，水流之流動具有慣性動量，因此水流慣性動量會持續往前推擠，造成管內壓力急速上升，管路受到破壞。因水管壓力來回壓縮造成水表內部上方存有空氣滯留，導致水表自轉。前述情形產生的水量少則 2-3 噸/月，多則每月有幾十噸水產生，據統計用戶反映水表自走的數起案件，經實例查證後約佔 80% 係因表後水表氣室空氣引起。

(二) 用戶用水設備漏水：

無論傳統機械型或新型電子式水表指針的進位計算，係因水流通過水表時，驅動葉輪(旋翼或螺翼)旋轉，水流的速度與葉輪

的轉速成正比，同時通過葉輪軸上的聯動部件與計數機構相連接，使計數機構累積葉輪的轉數計量用水，故自水表的工作原理可知水表指針的轉動是需要能量進行傳輸，因此若無用水，水表指針不會轉動。由此可知，若無用水情形下，水表自轉有可能是表後用水設備漏水，常見漏水狀況如下：

1. 馬桶漏水：

(1) 進水閥：如廁用水後，進水閥進水，待浮球桿關閉止水開關後停止，若止水開關的止水橡皮墊片老舊失效則無法成功止水，導致水自排水閥溢流口流入水封而持續排出，或因浮球桿損壞脫落也會造成進水及排水不止。(如圖 1、1-1)

(2) 排水閥：馬桶沖水時，水箱下方止水橡皮打開，至水箱水排至有效水位後再閉合蓋上，若排水閥老舊損壞或止水橡皮變形，則亦會產生持續漏水。(如圖 1、2)

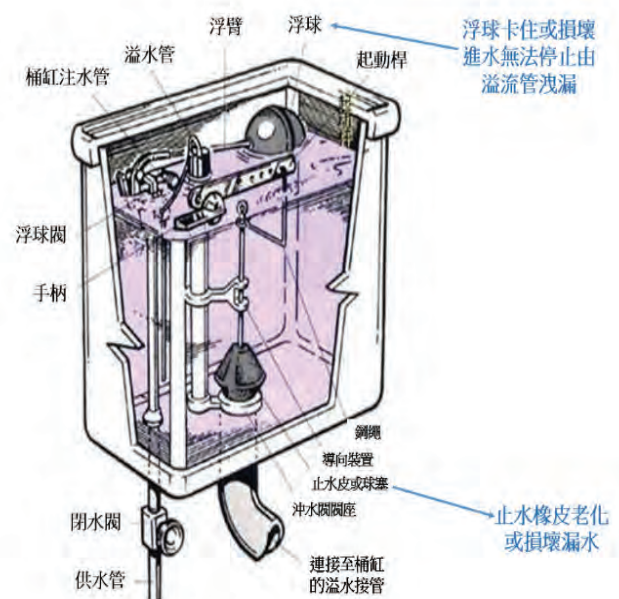


圖 1 馬桶水箱解剖漏水圖

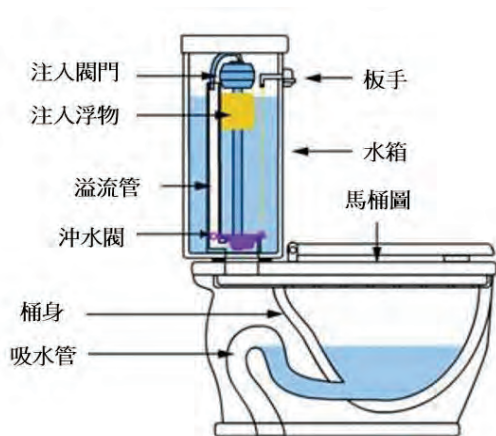


圖 2 馬桶側面解剖圖

2.熱水器：

常見熱水器漏水地方為冷熱水管損壞漏水或水盤橡皮破裂漏水，其漏水又需在使用時才明顯可被發現，所以無論是明管漏水順牆而下或為牆內暗管漏水，皆不易察覺，需等牆面持續滲水或出現大面積水漬，或在使用時冷熱異常始能發現。

3.飲水機：

現今社會每戶因廚房設備需求擴增，皆裝有廚下型(或逆滲透)飲水機，裝設於櫥櫃內，其管線連接水槽下方自來水管並加裝閥栓控制進排水；此設備除汰換飲水濾心之外，幾乎忘了其存在，一旦發生控制閥損壞或管線破損漏水，除非地板出現大面積積水或水漬，否則很少會被察覺。

4.表後抽水馬達：

常見大樓或公寓頂樓住戶因水壓不足而在水表後加裝加壓抽水馬達，倘若抽水馬達不定時發出嘶嘶聲或每隔幾秒短抽一次，皆有很大概率是表後用水設備疑有漏水情形發生，須及時僱請水電行詳加檢查。

5.表後管線：

表後管線有外露於牆壁的明管管線及埋藏於牆壁內的暗管兩種管配情形，若發現牆壁內或地面上有潮濕跡象或不用水時有嘶嘶聲，皆須留意是否管線漏水，亦須及時僱商檢修。

(三)壓力波動：

因水為液體形態，在一般情況下表現出的物理特性是不可壓縮的，惟在自來水管道中壓力大時，造成液體表現為一定的可壓縮性，故在供水管網中壓力的波動是不可避免，然而在現今多採用機械式水表，齒輪運轉係依賴水流動所產生的動能啟動，進而達到計量目的。當不用水時，水表兩端連接的管道中存有一定量的高壓水，當管網壓力升高，表後管中的自來水體積因壓力縮小，造成管網端水通過水表，產生正轉；反之當壓力降低，表後管中的水體積膨脹，產生表後管水流通過水表，出現逆轉情形。一般而言，水由表前進水齒輪正轉，表後進水為倒轉，雖然兩端進水量相同，但所受的阻力不同，所以反映在水表上的累積量也相差甚大，據實際案例統計分析，水量少則可影響水表走 0.5-1 噸/月，大則可到 20-25 噸/月，由數據統計結果可知，用水度數差異太大易造成用戶端的水費爭議。

三、改善計畫及策略

(一)改善計畫：

有關水表空氣氣室所引起水表自轉情形，只需排出水表內空氣即可停止，實例上透過反覆翻轉水表，並拆表後以大流量通水約 5-7 分鐘，將水表內空氣排出後，再次測試自轉情形即可停止(如圖 3)，由此可證實水

表內部上方滯存的空氣的確是影響水表自轉因素之一；另表後用水設備或管件漏水，則須請水電行徹底檢查，即可查明水表不明自轉係因漏水所致。爰此，本研究方向主要因管線間「壓力波動」造成水表自轉案例為主；依據北水處西區營業分處多件現場實際改善案例及北水處實驗室水量計量測研究中心(以下簡稱北水處研究中心)研究報告指出，加裝「逆止閥」可有效阻斷壓力波動造成水表自轉問題。



圖 3 水表內空氣氣室排除

(二)改善策略：

承前所述，本研究改善策略係以安裝「表前」逆止閥為主，惟逆止閥裝於表前或表後哪一改善效果最明顯？除需多案例佐證外，亦需考量到現場是否有空間可施作安裝問題，因目前市售傳統型逆止閥有「彈簧式」和「檔片式」兩種型式，皆屬於外加型安裝，施工作業需切除管線留有空間方能安裝，然而早期自來水事業對於間接用水之分表戶水表後並無強制安裝逆止閥之規定，導致舊有表位無留有多餘空間，故安裝時需停水施作裁切管線，致工料成本極高，說服用戶改善接受度低

。鑑此，北水處研發中心自行開發設計出「管內型逆止閥」。

- 1.研發目標：以不需現場施工裁切管線、成本低及可讓用戶接受度高的新型逆止閥並可改善水表自轉。
- 2.設計過程：北水處研究中心主要研發的方向為「免裁管」、「施工停水時間短」及「成本低」之專用逆止閥材料零件，可以克服現場安裝時空間限制，安裝於水表內，經北水處中心手繪草圖(如圖 4)

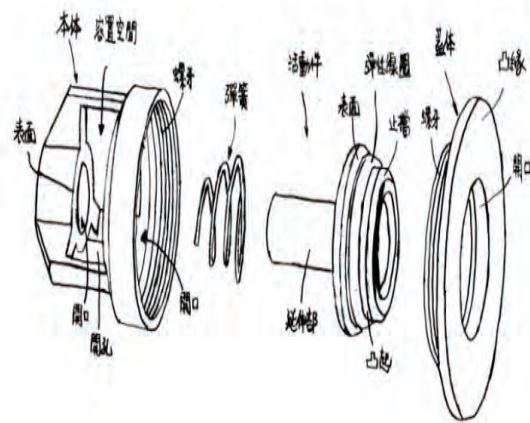


圖 4 插入型逆止閥手繪設計草圖

主要利用逆止閥的物理特性，採用彈簧拉力配合相關構件設計插入型逆止閥，未進水時可防止逆流並可阻斷表前的壓力波。(如圖 5 及圖 6)

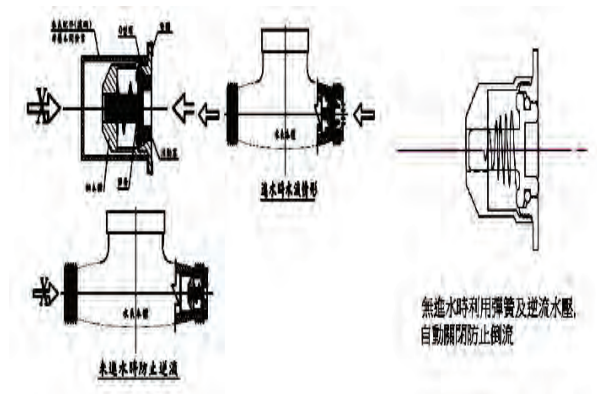


圖 5 管內型逆止閥功能示意圖

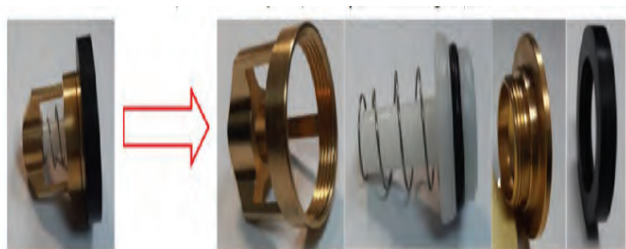


圖 6 管內型逆止閥分解圖

此管內型逆止閥具有特殊的橡膠止水墊圈包覆的設計，與水表墊區相同厚度，可作為取代原橡皮墊圈，讓逆止閥可與水表融為一體，克服黃銅橫式逆止閥需現場裁管安裝施作的工程。(如圖 7)



圖 7 安裝前



圖 7 安裝中



圖 7 安裝後

3.研發阻礙：依據北水處研究中心指出需注意克服項目說明如下：

- (1)低壓力損失的影響：起初該中心所研究初版管內型逆止閥活塞間距小，造成有壓力損失甚大，阻礙供水順暢造成用戶進水量變小，故經該中心反覆設計改良後，成功將管壓損失降到合理範圍之內。
- (2)加強水密性：為維持逆止閥體水密性，本產品採用高密度材料，彈性佳且延展性好，不易變形，另外新設止水墊圈，簡化安裝。
- (3)調整各廠牌及各口徑水表：該中心於開發過程測試發現新型逆止閥無法插入某些水表廠所出產的水表表前濾網，經測試幾家水表，發現表前濾網非統一規格，內徑規格不一，故有重新調整各家尺寸，設計出 20 口徑、25 口徑及 40 口徑等不同管內型逆止閥。

四、改善案例分享：

(一)案例一：

- 1.發生時間：2019 年 8 月份及 12 月份
- 2.反映時間：2019 年 12 月 10 日
- 3.發生地點：臺北市萬華區青年路 188 號
- 4.水表表號：B107800070 號
- 5.爭議內容：民眾陳情反映案址已於 108 年 8 月搬離無人居住，為何 108 年 10 月份、12 月份各有用水度數 15、6 度使用，顯不合理，質疑為水表性能損壞致計量不準確，要求自來水人員處理並回復說明。
- 6.處理過程：

北水處西區分處人員於隔(11)日會同該大樓總幹事及機電人員現場勘查，第一次會

勘結論：核對水表指針及表號無誤，無有用水情形下，水表動針持續反轉後正轉，研判為表後管件或用水設備有漏水情形，建請用戶需自行僱請水電行檢修，用戶接受無異議；因該案址水表為電子式水表，為證實非新式水表性能問題，現場於民眾親證下汰換螺紋式傳統水表，換完結果水表動針反應與前述相符。

民眾於 108 年 12 月 13 日再次來電異議表示該大樓機電人員於該水表後 2 尺處以塑膠管封管，結果水表仍持續呈現自轉情形(如圖 8)。



圖 8 水表後 2 尺處封管

為釐清水表自轉情形，北水處西區分處人員再次派員會勘協助民眾詳察造成水表自轉原因，經試水及長時間觀察水表自走轉動情形發現，研判係因該棟大樓頂樓水塔與水表牆之間間距太長且水表端供水分支管徑過小，造成水塔供水延遲，故致 188 號 2 樓之 7 前上端多戶水栓同時用水時，會先抽取 2 樓之 7 管內水使用，致使 2 樓之 7 水表動針先以逆轉情形表現，後俟水塔端供水支援補進水時，造成該表動針再以正轉表現(如

圖 9)。因水表齒輪構造葉片設計為 45 度斜面，正轉時水流阻力小，逆轉時水流阻力大，故齒輪正轉圈數會多於逆轉圈數，2 個月長時間累計結果為水表正轉，產生無人居住卻有用水情形(如圖 10)。

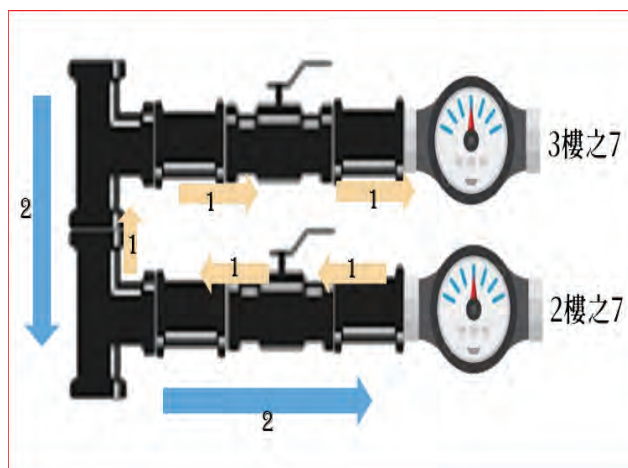


圖 9 水表後 2 尺處封管

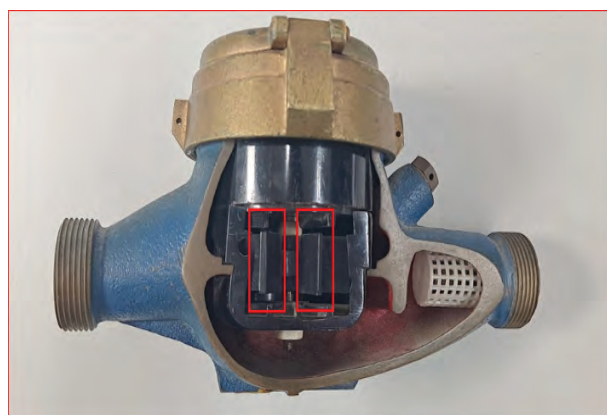


圖 10 水表剖面圖

案址水表後管線為不鏽鋼水管難以安裝黃銅橫式逆止閥，須請水電施工裁管作業，不僅成本高且施工期間長；北水處西區營業分處為協助民眾改善水表自轉問題及提高服務品質，故於本案水表後安裝北水處自行研發之管內型逆止閥，因具有「免裁管」、「施工停水時間短」及「成本低」之特性，故可克服現場安裝空間限制且安裝時間

僅需 5 至 7 分鐘完成；裝妥後水表動針逆轉又正轉情形徹底獲得解決，水表動針呈現靜止不動，改善效果明顯，獲得民眾肯定。(如圖 11、12)



圖 11 協助安裝管內型逆止閥



圖 12 協助安裝管內型逆止閥

(二)案例二：

- 1.發生時間：不可考
- 2.反映時間：2023 年 1 月 4 日
- 3.發生地點：臺北市中正區羅斯福路三段 240 巷
- 4.水表表號：C111003987
- 5.爭議內容：本案用戶一開始異議為換表後水量突增，歷年平均用水度數為 50 度，換

表後 111 年 12 月份為 72 度，且動針持續快轉，質疑為自來水包商汰換水表時，施工不當造成表後暗管破裂，要求減免水費並協助修繕。

6.處理過程：

北水處西區分處人員於當日第一次會同用戶現勘水表指針及表號無誤，本案為直接水表用水，表後無儲水塔，水表動針持續轉動，初步研判表後用水設備漏水，非暗管漏水，建請用戶僱請水電行檢修，用戶同意。

民眾於 6 日再次來電表示已請水電行詳查，經查用水設備無有漏水，水表動針仍有轉動，水電人員告知民眾檢查結果是暗管漏水且與自來水汰換水表相關聯性甚高，應向自來水索求賠償。為釐清相關責任，當(6)日偕同換表廠商再次現勘，水表動針靜止，非之前持續轉動情形，經查用水設備無有漏水，表前開關關閉再開啟，結果動針表現為正轉 3 圈，逆轉 1 圈，依其轉動情形，研判為水管內壓力波動相互推擠所致。為改善此情形，拆除表後排水 5-7 分鐘，排除水表內空氣後再測試動針運轉情形，結果仍未有改善，持續正轉逆轉；經長時間及大範圍地毯式觀察，發現案址因位於北水處公館加壓站及台電大樓附近(如圖 13)，該大樓設有兩只大表：G(100mm)及 H(150mm)大口徑用水，且附近巷道供水管徑偏小，故於每日下午大樓用水需求增加時，同時加壓站因用水離峰期間減壓，形成「狹管效應」及「沿表噴流」，本栓水表計量受干擾，無用水時持續微正轉，因表位無有多餘空間可增設黃銅橫式逆止閥，故安裝北水處自行研發之管內型逆止閥，因具有「免裁管」、「施工停水時間短」

及「成本低」之特性，故可克服現場安裝空間限制且時間僅需 5 至 7 分鐘完成，裝妥後水表不明自轉情形立即停止；本案用水人口 2 人，惟歷年用水平均量約 50 度，於安裝管內型逆止閥前期(111 年 12 月份)用水增加至 72 度，自安裝後下期(112 年 2 月份)用水為 38 度，改善效果顯著，獲得民眾讚賞與肯定。



圖 13 臺北市中正區羅斯福路三段 240 巷
google Map

(三)案例三：

- 1.發生時間：不可考
- 2.反映時間：2022 年 12 月 7 日
- 3.發生地點：臺北市中正區羅斯福路三段 210 巷
- 4.水表表號：C109095800
- 5.爭議內容：案址四樓民眾去電西區分處異議近幾期總表分攤增加(111 年 8 月份分攤 0 度、10 月份 39 度)，尤以 111 年 12 月份總表分攤 44 度最高，會同民眾現勘結果：核對水表指針及表號無誤，無用水水表動針逆轉 1 圈正轉 3 圈，總表後無水池，馬達直抽供頂樓水塔儲水，案址共 7 戶分表，皆為屋內水表，民眾自抄，總表為實

抄表，初步研判造成分攤原因除有「抄表時間差」及「表後馬達直抽造成快轉」之外，亦有受到管壓波動影響，因該址與案例二環境相同，皆是位於台電大樓及公館加壓站附近(如圖 14)



圖 14 臺北市中正區羅斯福路三段 210 巷
google Map

故採取與案例二相同處理方式，本案水表箱亦是無多餘空間可施作黃銅橫向逆止閥，故改以安裝北水處自行研發之管內型逆止閥後，水表不明自轉情形立即獲得改善(如圖 15、16)



圖 15 協助安裝管內型逆止閥



圖 16 協助安裝管內型逆止

自 112 年 1 月 13 日安裝後，該址 112 年 2 月份分攤下降至 12 度(7 戶)，減少分攤共 30 度。

五、結論與建議：

總和以上異常案例，水表不明自轉原因不外乎為空氣擠壓、表後用水設備(馬桶、熱水器、淨水器或加壓馬達)或管線漏水及壓力波動造成；其中表後管線或用水設備皆為用戶需自行僱請水電檢修且易於查明、水表內空氣只需表後排水一段時間即可改善，惟壓力波動藏於管線之內，非肉眼顯見不易察覺，致使民眾僱請水電行檢修時容易誤判為表後用水設備漏水，花費大筆修繕費用後，未有任何改善情形；亦或民眾常質疑自來水公司所提供水表品質及性能問題，逕向經濟部標準檢驗局申請檢驗水表，徒增繳交勘拆費用及檢驗費用約 2,000 元以上，若驗表結果符合器差($\leq \pm 4\%$)，易造成民眾無法接受，持續擴增水費爭議。

舊有建物所屬直接表及總表，若建商於新設表位時未加裝逆止閥，日後發生水表不

明自轉或逆轉等不正常運轉情形，因搜尋、修繕及時間成本甚高，易使民眾不願意配合改善，最終影響自來水事業水表計量收費之正確性；建議可將北水處自行研發之「管內型逆止閥」與廠商合作擴大量產，以市場合理價格出售，因該逆止閥具有「免裁管」、「施工停水時間短」及「成本低」之特性，人人皆可隨手購買，回家自行安裝，大幅減少不必要的成本支出及縮短施工時間，水表不明自轉情形立即獲得改善，確保水表計量之準確性。

參考文獻

1. 臺北自來水事業處工作手冊-營運面。
2. 臺北市政府創意提案競賽提案表
3. 臺北自來水事業處技術科。
4. 臺北自來水事業處西區營業分處2022年-2023年複查案。

作者簡介

梁植維先生

現職：臺北自來水事業處西區分處三級管理師。

專長：財務行政、換表工程、抄表業務

台水公司與日本自來水業推動淨零排放措施探討

文/唐俊成、葉素柔、蔡文魁

摘要

臺灣在 2021 年 4 月 22 日世界地球日蔡總統宣示，「2050 淨零轉型是全世界的目標，也是臺灣的目標」，即積極辦理修法作業，後於 2023 年 2 月 15 日由總統公布將「溫室氣體減量及管理法」修正為「氣候變遷因應法」，該法第 4 條明確將 2050 年溫室氣體淨零排放目標入法，展現政府推動淨零排放的決心。而日本於 2020 年 10 月宣示，將「2050 年淨零碳排」作為日本應對全球暖化的承諾。2021 年 4 月更進一步在聯合國 COP26 氣候大會設定 2030 年碳減 46% 的新目標，並提出「2050 淨零碳排綠色成長戰略」，積極推動各項淨零碳排措施。本文將探討台水公司與日本自來水產業界提出推動淨零碳排所採取的策略與措施，提供國內自來水相關產業之參考。

關鍵字：淨零、減碳、自來水

一、前言

聯合國氣候大會 COP 27 (Conference of the Parties, 簡稱 COP) 已在 2022 年 11 月 20 日於埃及閉幕。各國對達成長期溫升低於 1.5℃ 的合作目標仍無法達成共識，讓全球協力減緩氣候變遷之路充滿挑戰與未知。然而，即使達成 1.5℃ 目標的機會漸趨渺茫，大部分國家以及各產業仍希望在 2050 年前達成淨零排放，避免人類踏上氣候危機而無法挽回。

臺灣在 2021 年 4 月 22 日世界地球日蔡

總統宣示，「2050 淨零轉型是全世界的目標，也是臺灣的目標」，同年 8 月 30 日行政院永續會蘇院長指示《溫管法》修法納入「2050 淨零排放」目標，後於 2023 年 2 月 15 日由總統公布將「溫室氣體減量及管理法」修正為「氣候變遷因應法」，納入 2050 年淨零排放目標，其中將原溫室氣體長期減量目標，由 2050 年排放量降為 2005 年排放量 50% 以下，修正為 2050 年溫室氣體零排放。此舉使臺灣成為對齊瑞典、英國、法國等，成為少數有將 2050 淨零目標納入法律的國家。

日本於 2020 年 10 月宣示，將「2050 年淨零碳排(Carbon Neutral)」作為日本應對全球暖化的承諾。2021 年 4 月更進一步在聯合國 COP26 氣候大會設定 2030 年碳減 46% 的新目標，並進一步提出「2050 淨零碳排綠色成長戰略」。同年 10 月岸田內閣上任，持續推動社會、產業界在減碳方針下之必要轉型及研發創新，強化與各國的「聯合抵換額度機制(Joint Crediting Mechanism, JCM)」，並承諾推動亞洲能源轉型等國際合作，積極達成 2050 年淨零碳排目標。

自來水業界雖非主要溫室氣體排放源，然近年來亦深受因氣候變遷導致澇旱頻發、水源水質惡化等事件所苦，為此各國自來水相關產業亦響應「2050 年淨零排放」目標，紛紛提出各自淨零排放策略與措施，本文將探討台水公司及日本自來水產業推動

淨零排放採取的策略與案例，以作為相關從業人員之參考。

二、台水公司的減碳措施

台水公司為加強推動淨零排放工作，於 2022 年 4 月 7 日成立淨零排放專案推動小組，透過集思廣益，就公司專業技術、場站空間、設施及設備狀況等相關優劣勢，訂定淨零排放目標願景及減碳策略，定期滾動式檢討努力朝國家政策淨零排放方向推動。依據該公司永續報告書所揭露年度碳排放量資料，基準年 2005 年碳排放量約 53 萬公噸 CO₂e，排放量高峰為 2006 年 56.9 萬公噸 CO₂e，2021 年碳排放量為 52.1 萬公噸 CO₂e，如以其排放範疇區分，屬範疇一直接溫室氣

體排放-包含固定燃燒源、製程排放源(自身所擁有或控制)、移動燃燒源(控制權下的交通運輸設備之燃料燃燒)、逸散性溫室氣體排放源部分為 2,447 公噸 CO₂e，佔 0.47%，屬範疇二間接溫室氣體排放-來自於使用的電力、熱、蒸汽或其他化石燃料衍生能源所產生之溫室氣體排放部分為 518,433 公噸 CO₂e，佔 99.53%。

台水公司參照環保署溫室氣體減量目標，分別訂定 2025 及 2030 年排放量較 2005 年(基準年)減量 10%(5.3 萬公噸 CO₂e)及 20%(10.6 萬公噸 CO₂e)之短、中期目標，並持續進行滾動檢討朝 2030 年達到淨零排放，相關減碳策略整理如表 1。

表 1 台水公司推動淨零排放主要措施

策略	主要措施	內容概述
提升能源效率	節約動力費	各場所定期評估適切的契約容量、改善功率因數、選用適當電動機及抽水機、落實用電設備保養與維修、調整最佳供水操作模式、慎選時間電價計費方式、建置最適化合理操作模式並檢討各項機具設備使用效能、加強輸配水管線及受水池、清水池、配水池檢修漏作業、檢討配電系統、加強洗井作業、調整合理水壓等，以提升能源使用。
	節能綠建築	辦理新設建築物建造經費達新臺幣 5 千萬元以上者，需申請合格級以上候選綠建築證書。
發展綠色能源	太陽能光電推廣	篩選淨水場及加壓站及水池空間、建築物屋頂及閒置土地等合適地點，推廣設置太陽能光電設施。
	小水力發電推廣	盤點原水、淨水、供水系統，以具有足夠流量及水頭落差之場址為潛能場站，接續進行小水力發電可行性評估，可行性規劃需考量供水管線安全、供水穩定性、流量歷年變化、水質含沙量、水頭損失、發電機室設置空間、台電饋線容量等。
推行辦公室環保	採用低碳排運輸工具及辦公室節能	逐步將公務車汰換為低油耗燃油車及電動機車；另辦公室採用節能型空調設備並加強管控其效能。
	強化資訊設備管理	1. 建立集群框架、管理主機間的連通性、配置共享儲存裝置。 2. 評斷各系統虛擬化之可行性，與耗用資源之狀況。 3. 以虛擬架構由軟體統一調配資源，充分保證的資源來穩定運行，提高整體系統資源利用率。
提供節能服務	推動櫃台無紙化	辦理水籍資料管理資訊系統開發、臨櫃申辦作業無紙化、與相關營運系統做連結、水籍數位化資料歸檔等各項工作。
	推動水費帳單無紙化	以多元管道鼓勵民眾使用 E 化帳單，以及持續水費優惠，增加 E 化帳單申辦誘因。
加強綠色生產及資源有效利用	污泥再資源化	進行淨水污泥餅再利用產品技術相關研究，並透過循環經濟，維持淨水污泥餅再利用正常化，減少掩埋，降低碳排放量。
	降低漏水	選用耐震管種，持續汰換舊漏管線併同整合用戶外線，廣設水壓監測站及加壓站、淨水廠變頻器及持減壓閥，穩定供水壓力。強化地理資訊系統(GIS)、數據監控系統(SCADA)及 WADA 智慧水網，建立合理水壓操作模式。推動科技檢漏開發本土化雲端 AI 輔助漏水偵測技術。
	植樹固碳	推動各場站、管理樓及服務所植林綠化。
	購買綠電	外購零碳電力降低碳排放量。

三、日本自來水業減碳措施

(一)東京都水道局的減碳措施

2019 年 5 月，東京都政府領先國家優先宣布將在 2050 年之前實現「零排放東京(ゼロエミッション東京)」¹。此外，在 2021 年 1 月，更進一步宣布 2030 年溫室氣體排放量將比 2000 年減少 50%（碳減半），並將可再生能源的電力使用比例提高到 50% 左右的減少溫室氣體排放目標。

東京都水道局每年電力使用約占東京總電力需求的 1%，即每年約 8 億 kwh 的電力，排放約 40 萬噸二氧化碳，這對環境產生了重大影響。為了東京都政府「零排放東

京」目標，該局根據 2020 年 3 月制定的東京都水道局環境五年計劃 2020-2024，推動各項減少碳排放策略，彙整如表 2。

(二)以環境友善型供水目標的橫濱市水道局

2011 年 3 月，橫濱市根據全球變暖對策推進法制定了「橫濱市全球變暖對策行動計劃(横浜市地球温暖化対策実行計画)」²，並提出了到 2050 年實現減碳的「零碳橫濱(Zero Carbon Yokohama)」目標，並於 2022 年 2 月宣布將到 2030 年的溫室氣體減排目標提高到「與 2013 年相比的 50%」，優於了國家目標，並於 2023 年 1 月修訂了該計劃如表 3。

表 2 東京都水道局推動淨零排放主要措施

主要措施	內容概述
提升發電設施的效率	為了在發生災害時也能維持穩定的供水，在大型淨水場設置發電設施，並採用有效利用廢熱的節能熱電聯產系統。在設置或更新這些發電設施時，將引入熱電聯產系統，根據設施形式和設置條件對發電方法進行比較和研究，並採用高效能的發電系統。
引進節能泵送設備並更換高效設備	(1) 安裝在淨水場和供水站的抽水機設備消耗大量電力，輸配水過程用電量約佔當局用電量的 60%。因此，在安裝或更新抽水機時，推動導入能量損失比以前更少的變頻式抽水機。例如，在 2019 年更新了輸配抽水機設備的金町淨水場，輸送每 1 立方公尺水的耗電量平均減少了約 21%。 (2) 積極引進空調、照明、變壓器和除抽水機以外的其他設備的高效設備，以減少二氧化碳排放量。
擴大可再生能源的引進	(1) 太陽能光電設施自 1994 年設置在東村山淨水場配水池上方後，積極引入淨水場池槽上方和建築物屋頂裝設太陽能光電，截至 2021 年，共有 9,156kw 的太陽能光電設備在 23 個地點營運中。2024 年以設置總計約 10,000kW 為目標。 (2) 自 2000 年在東村山淨水場安裝小水力發電設施以來，已在 7 個淨水場和供水站安裝。截至 2021 年，累計安裝了 2,281 kW 的小水力發電設施。未來將以到 2024 年累計導入 2,500kW 以上為目標，繼續推廣設置。
採購綠電	2021 年，御園淨水場開始根據東京都環境保護條例的總量減排義務制度採購「低碳電力」。
森林自然碳匯	森林碳匯被認證為通過適當維護和保護森林增加的二氧化碳吸收量的環境價值，並且可以在國家 J-Credit Scheme(J-クレジット制度)下獲得認證。為了改善約 24,000 公頃水源森林的功能，預計 8 年內二氧化碳吸收量約為 10.5 萬公噸。
引進零排放車輛(ZEV)等	東京水道局擁有 590 輛汽車和 138 輛摩托車，將積極引進電動汽車和插電式混合動力汽車等零排放汽車(ZEV)以及電動摩托車。

表 3 橫濱市各事業溫室氣體排放量及削減率^[3]

		基準年 度排出 量 (2013 年度)	2030 年度目標	
			目標排 出量	削減率 (2013 年度比)
總排出量		91.6	46.0	▲50%
政府相關事業等		17.3	4.9	▲72%
主要 事業	(1)一般廢棄物 處理業	32.8	16.4	▲50%
	(2)污水處理業	18.1	9.0	▲50%
	(3)自來水業	6.8	3.2	▲54%
	(4)高速鐵路業	5.0	4.0	▲20%
	(5)自動車業	3.4	3.2	▲5%
	(6)教育業	6.1	3.8	▲37%
	(7)醫療業	2.1	1.5	▲31%

備註：「削減率」中的「▲」表示減少

茲以川井淨水場整建為例分享該局如何推動減碳工作。橫濱市水道局將流出山梨縣南都留郡土志村的土志川作為水源之一，擁有、管理和保護村內的水源林已有近 100 年的歷史。以土志川的水為水源的川井淨水場因設施老化，於 2009 年至 2012 年進行整建。因該水源林多年經營保護得當，原水水質非常優良。此外，通過利用原水自然流動產生的能量，在經過長達 30 公里長途輸送後，採用膜過濾加壓處理，處理能力約為 17 萬 CMD，為日本最大的膜過濾淨水場，供應約 31 萬戶家庭用水。

在川井淨水場的整建中，決定以「環境友善型淨水場」為理念，最大限度地利用自然能源。膜過濾設施通常需要大量的電力來讓泵在膜上施加壓差。因此，川井淨水場決定利用取水點與淨水場之間的水位高差產生的勢能，該場由取水點至場內原水井水位

差有 35m，扣除水頭損失後尚有 11.5m 的水位差，可用於膜過濾使用。因此，在取水處安裝小型水力發電設施，將重力流的殘餘壓力轉化為電能使用。整建後供水人口從大約 19 萬人增加到大約 31 萬人。經過供水區調整後，藉由重力供水區域由原來的 30% 左右提高到 37%。除了小水力發電外，設備運行所需的能源亦由設施屋頂的太陽能發電設備提供，從而減少了整個供水系統對環境的影響。

橫濱市水道局的第二項減碳措施為變頻式抽水機的導入，目前已引進的 14 座加壓站，與引進前相比，年耗電量減少約 288 萬度(約 450 戶普通家庭一年用電量)，換算二氧化碳排放量約 1,320 噸。

此外，設置太陽能發電和小型水力發電設施亦為減碳措施之一，到目前為止，橫濱市水道局已在五個地點安裝了太陽能發電設施，在六個地點安裝了小型水力發電設施，2021 年全年溫室氣體減排量為太陽能發電減少排放二氧化碳 530 噸，小水力發電減少排放二氧化碳 1,729 噸，合計減排 2,259 噸，這相當於約 780 戶普通家庭的一年的排放量。

(三)大阪廣域供水局為實現碳中和所做的努力

大阪廣域供水局是 2010 年作為接管大阪府自來水道的機構，由大阪府 42 個市町村共同設立的部分行政聯合體（特別地方公共團體）。為了履行作為大型供水運營商的社會責任，該局一直致力於成為「環境友好型供水事業體(環境にやさしい水道事業体)」，並一直在推動各種環保措施。表 4 顯

示了該局 2021 年的二氧化碳排放量明細，其中 99.5%來自電力使用的間接排放範疇。為實現碳中和，重要的是減少電力產生的二氧化碳排放量。

表 4 大阪廣域供水局 2021 年二氧化碳排放量^[4]

排放源	二氧化碳排放量	比率	使用量
電力使用	160.0 千噸 CO ₂ e	99.5%	約 446 百萬 kWh
城市煤氣使用等	0.8 千噸 CO ₂ e	0.5%	
合計	160.8 千噸 CO ₂ e	100%	

目前大阪廣域供水局推動中的減碳措施包含通過租賃場所引進小型水力發電設施、參與虛擬電廠（VPP）業務、與關西電力株式會社簽訂全面合作協議等，說明如下：

1.通過租賃場所引進小型水力發電設施

(1)將安裝發電設備的場所有償出租給發電經營者（以下簡稱經營者）20 年，經營者承擔從安裝到運行的全部費用。經營者採用上網電價制度，將所發電力全部出售，賺取收入。

(2)利用清水蓄水池之間的水位差能量（清水蓄水池的受水壓力）來發電。為了即使在設備故障等情況下也能確保穩定的輸配水操作，選擇了可以從安裝該設備的系統以外的系統取水的設施。

2.參與虛擬電廠（VPP）業務

(1)VPP（Virtual Power Plant）的字面意思是虛擬電廠，是將企業和地方政府擁有的生產設施、民間發電設施、蓄電池、EV（電動

汽車）等能源資源相互連接起來，通過技術控制的機制。功能就像一個單一的發電廠。

(2)為了回應簽約 VPP 業者的指令來調整負荷（減少電力消耗），供水業者可以通過部分停止抽水機設備使用並通過利用配水池等的調節能力（存儲容量）提供調節功率來獲得報酬。本案於 2021 年試行後，契約於 2022 年正式開始，預計 2022 年設置 2 處契約容量 1,090kW 收入約 410 萬日元/年，2023 年設置 7 處契約容量 1,582kW 收入約 570 萬日元/年。

四、日本自來水相關產業減碳措施

(一)久保田公司的減碳措施

自 1890 年成立以來，久保田公司為世界提供了與食品、水和環境相關的各種產品。尤其日本高級水處理設施對於久保田公司處理設備採用率高達約 80%，另外該公司的水管以其耐用性和性能享譽全球，目前已提供 70 多個國家/地區的水利基礎設施。以下就該公司在水環境基礎設施業務以及工程機械業務等廣泛業務領域，如何協助企業推動淨零排放工作進行分享。

1.藉由延長產品壽命實現脫碳(GX 球墨鑄鐵管的開發和推廣)

近年來，自然災害頻發，給水設施造成較大破壞。在管線要求抗震的同時，水資源預算卻在減少，根據統計日本老化管線的更新率約為總長度的 0.65%（截至 2020 年底），汰換進展緩慢。抗震 GX 型球墨鑄鐵管研發至今已 13 年，使用壽命長，在日本自來水公司得到廣泛應用。憑藉其堅韌的管體和優

良的接頭性能，在實際使用中預估可使用 100 年以上，為建設抗災、長壽命的輸水管道貢獻力量。

使用 GX 型球墨鑄鐵管目標是通過延長使用壽命來大幅降低生命週期成本，並通過防止外部腐蝕等缺陷來降低維護成本和環境負荷。另藉由對鋅合金熱噴塗進行密封處理，在管道外表面形成耐腐蝕層，即使鐵件部分暴露，也可以通過耐腐蝕層的自腐蝕保護來保持防腐功能。除山區外，約 95% 的地區的實際壽命預計超過 100 年。因此藉由提高可加工性，減少挖掘的土壤量，且生命週期將延長，有助於減少地震等造成的損害以及突發洩漏事故等，可以大大減少對環境的影響。

(2)藉由防止漏水事故和降低漏水率實現減碳（開發高精度的自來水管道劣化程度評估方法和有效的管道更新計劃制定支持方法）

為了防止供水洩漏事故並降低漏水率，有必要汰換和加強老化的管線，但由於預算有限，因此管線汰換順序有必要優先考慮並系統地進行。久保田公司開發一套「綜合管道管理解決方案(綜合管路管理ソリューション)」是一種利用該公司迄今為止積累的數據和專業知識來支援制定高效管線更新計劃的方法。管線由劣化、HR（抗自然災害）、水力和水質、重要性等四個方面進行評估，並考量每個自來水公司的情況和政策進行綜合評估，以確定每條管線的更新優先順序。

藉由本技術可以輕鬆模擬防止漏水事

故數量從當前水平增加所需的管汰速度。藉由管線更新進行長期評估，例如降低洩漏事故率，並且可以根據供水業務規模和管線條件提出最有效的更新順序和速度。在減少突發性漏水事故的同時，通過促進管道更新計劃，進一步延長管道的生命週期，可以減輕環境負擔。

(二) METAWATER 公司的減碳措施

METAWATER 公司自 2008 年創業以來（由 NGK Insulators, Ltd.和富士電機株式會社的水環境事業子公司合併而成），本著「為創造水資源循環提供最佳解決方案」的企業理念，提供給排水設備的機電設備的設計和施工、以施工為中心的各種工程、各設施的維修工程、維護（保養、檢查）、運營管理等各種服務。

表 5 使用膜濾處理之淨水場整建案例^[6]

	川井淨水場	有明淨水場 (ありあけ 淨水場)	瀧澤淨水場 (滝沢淨水 場)
設計處理水量	172,800 CMD	26,100 CMD	27,000 CMD
開始營運時間	2014 年 4 月	2012 年	2018 年
利用的水位差	11.5m	25m	3.3m
場內太陽能光電裝置容量	336kW	5kW	500kW
2021 年場內單位電力消耗	0.015kWh/m ³ (含場內空調、照明所需電力)	0.05kWh/m ³ (含場內空調、照明所需電力)	0.08kWh/m ³ (送水所需動力 0.04 kWh/m ³)

從自來水淨水處理方法來看，慢濾和快濾佔了 82%，但近年來，在淨水設施的更新和建設中，膜過濾的採用正在普及。但是，與其他淨水方式相比，有時會耗電量大，因此降低採用意願。後續將介紹瞭如何有效利用膜過濾系統前後水位差作為解決這一問題的措施，從而在膜過濾水處理設施中實現顯著節能的案例。

(三)日立製作所的減碳措施

日立製作所（日語：日立製作所／ひたちせいさくしよ），簡稱日立（HITACHI），是源自日本的跨國電機及電子公司，為日本主要電機製造商之一，總部位於東京丸之內。2018 年 7 月 19 日，《財富》世界 500 強排行榜發布，日立位列 79 位，富比士全球 2000 大企業中排行第 178 名，是日本規模最大的綜合電機製造商。該公司的服務的市場包含公用事業、再生能源、工業、運輸、資料中心、智慧生活等，為了實現淨零排放這一目標，該公司提出「增能」以減少能源本身的使用量，「儲能」以通過儲存能源平衡供需來提高效率，以及「創能」以創造無碳能源（可再生能源），將「能源」、「可再生能源採購」和「抵消」等無碳能源推廣機制適當結合起來等策略。

在供水業務中，有必要優化整個供水運營計劃，以保持穩定的供水，同時最大限度地減少對環境的影響。在滿足取水、淨水、配水設施運行限制、按需求量供水等基本要求後，有必要根據當時的原水情況、波動的水需求、取水和供水抽水機的能耗以及電力條件來考慮「節能」和「穩定供應」。日立公

司開發一套「水運規劃系統(水運用計画システム)」不僅可視化「節能」和「穩定供應」，還可視化具有各種權衡關係的多個指標，並支援整個水運營計劃的優化。具體來說，它是一個根據溫度、天氣、星期幾等預測用水需求的系統，並制定每日取水量和送水作業計劃的系統，使整個設施，從取水到配水，都是節能的。

五、各項淨零排放措施探討

由台水公司及日本自來水業者資料觀之，自來水業主要的碳排量皆為屬範疇二使用電力衍生的間接性排放，故在擬定主要淨零排放措施上，首重如何減少用電量、提升能源使用效率、或使用零碳電力等，來降低範疇二的碳排量，此外，在設置太陽能光電、小水力發電等再生能源設施，亦為重點推動措施的一環，不過囿於其初設費及維護管理費仍高，雖有政府補助挹注，在嚴峻的商業環境下，如何擴大導入仍有其困難度，因此目前設置的太陽能光電設施，仍採出租用地或空間予民間業者設置方式辦理，以台水公司 2022 年已完成的 100 處(含淨水場及加壓站及水池空間及建築物屋頂)太陽能光電設施為例，皆採收取租金及廠商售電回饋金方式辦理，其產生電力併入台電電網供電，並非由設置之場站或建築物自行使用，故其直接減碳效益將無法計算在台水公司減碳成效。然考量未來碳費或碳稅的徵收，恐將影響目前出租用地予廠商設置太陽能光電設施方式的效益，台水公司將試辦場域設置太陽能光電設施發電自用模式，用以評估最佳化的設置模式。

近年來氣候變遷、水源惡化、經濟發展快速水量需求大幅攀升及民眾生活水準提高，對自來水供應品質要求相對提升，故台水公司提出「建置現代化淨水場計畫」，辦理淨水設備更新、改善、淨水設備擴建等，並將「節能減碳作為，導入循環經濟」納為計畫推動之內涵，而 METAWATER 公司分享的「通過引入利用水位差的膜過濾系統為減碳的貢獻」，可做為淨水場整建或擴建在淨水處理流程的改善及配置參考，由於台水公司目前推動的小水力發電需有一定的水位差(40~50m)、流量(0.05cms)及管徑(300mm以上)限制，對於無法設置小水力發電之淨水場，如能充分利用其水位差的天然能源，應有助於降低其電力使用，減少碳排放量。

另由日本久保田公司、METAWATER 公司及日立公司提出的自來水減碳措施觀之，日本自來水產業鏈已有共識，提出不同解方與產品，協助自來水業者共同推動 2050 淨零碳排之目標，而台水公司目前在推動淨零排放相關作為，較少有上下游供應鏈場商整合合作，期望未來國內能有更多自來水相關產業，共同為達成台灣 2050 淨零排放的跨世代目標，盡一己之力。

六、結語

「2050 淨零排放」不僅是世界的趨勢亦為不得不為的工作，為了讓淨零排放不再僅有宣示，而是提升到法律規範，我國在 112 年 2 月 15 日由總統公布將「溫室氣體減量及管理法」修正為「氣候變遷因應法」，該法第 4 條明確將 2050 年溫室氣體淨零排放目標入法，展現政府推動淨零排放的決心。自來水相關事業雖非排碳大戶，仍深受氣候變遷導

致水環境條件惡化所苦，因此，如何積極朝 2050 淨零排放目標邁進，應為國內自來水相關產業界戮力推動的工作。台水公司雖已提出淨零排放目標與相關措施，然尚未整合上下游供應鏈相關產業共同推動，反觀日本水協會會員在推動淨零排放所採取的策略與措施，以擴及相關自來水產業鏈，足以提供國內相關業者有所借鏡，期許國內自來水相關產業從業人員，在推動 2050 淨零排放的道路上，可以共同努力攜手並進，為打造一個適合人類生存的永續環境持續精進。

參考文獻

1. 台水公司六年(113~118)經營計畫。
2. 東京都水道局，東京都水道局における脱炭素化への取組。http://www.jwwa.or.jp/upfile/upload_file_20230407001.pdf
3. 横浜市水道局，環境にやさしい水道を目指して。http://www.jwwa.or.jp/upfile/upload_file_20230407002.pdf
4. 大阪広域水道企業団，大阪広域水道企業団のカーボンニュートラルに向けた取組。http://www.jwwa.or.jp/upfile/upload_file_20230407003.pdf
5. 株式会社クボタ，株式会社クボタにおける脱炭素化への取組。http://www.jwwa.or.jp/upfile/upload_file_20230407004.pdf
6. メタウォーター株式会社，水位差利用型膜ろ過システムの導入による脱炭素化への貢献。http://www.jwwa.or.jp/upfile/upload_file_20230407006.pdf
7. 株式会社日立製作所，株式会社日立製作所における脱炭素化へのデジタル技術の貢献。http://www.jwwa.or.jp/upfile/upload_file_20230407005.pdf

作者簡介

唐俊成先生

現職：台灣自來水股份有限公司工安環保處組長

專長：環境工程

葉素柔女士

現職：台灣自來水公司工安環保處工程師

專長：環境科學

蔡文魁先生

現職：台灣自來水公司工安環保處處長

專長：自來水工程規劃設計、工安管理

本刊 112.113 年「每期專題」

期別	主 題	子 題	時程
42 卷 第 4 期	供水服務	1.提昇服務品質、2.資訊管理與應用、3.自動讀表技術應用、4.物聯網及 ICT 技術、5.節約用水及效率措施、6.可持續的水價、7.進階抄表管理系統、8.氣候變遷、9.抗旱期間供水服務與經驗。	11 月
43 卷 第 1 期	工程技術	1.工程規設、施工及計劃管理、2.智慧供水技術、3.管線免開挖更生技術、4.環境友善及先進水處理技術、5.創新水源開發技術、6.薄膜技術、7.新興污染物處理技術、8.新興技術。	2 月
43 卷 第 2 期	營運管理	1.供水設施營運操作、2.供水系統維護管理、3.管線失效故障分析、4.管線狀況評估、5.降低無收益水量、6.集水區保育治理、7.緊急應變及危機管理、8.管網建模及應用。	5 月

～歡迎各界就上述專題踴躍賜稿，稿酬從優～

AI 在自來水產業應用的趨勢

文/邱嘉南

摘要

將 AI (Artificial Intelligence) 技術應用到供水機構，不僅可以提供當前水資源的最新統計數據，還可以幫助構建未來用水預測模型，從而智能地制定供水運行策略。AI 數據平台使政府機構和水務部門能夠實時了解水資源的損失和誤用，從而實現財務上的最大收益。

AI 可不知疲倦地持續處理大量數據集。同時，該系統也在不斷的學習，可通過處理每一組數據改進自身。這種適應性使 AI 成為應對日常變化實體(如水的數量、水質)的最佳選擇。因此，AI 有望帶來未來「數化水」的趨勢，這將使世界各地水務管理人員和政府機構建立可持續有效的水系統，改變人類的供水和用水方式。

關鍵字：AI、自來水、數化水

一、AI的發展過程

1956 年，達特茅斯學院的約翰·麥卡錫 (J. McCarthy) 發起了一場意義非凡的活動：夏季人工智慧研究計劃。從此便誕生了人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 這個名詞，這場活動也被後人視為人工智慧革命的開端，又稱為達特茅斯會議 (Dartmouth Conference)。這場會議集結了來自各界的高手，共同討論這門新學科的定義與方向，他們的目標是找出某種明確的方法，讓機器能模擬人類的學習行為和智慧，並嘗試使機器可以理解人類的

語言、抽象概念，甚至能自我進步，以解決人類的各種問題。

人工智慧的發展是以推理到知識再到學習。人工智慧道路，主要是機器學習所開闢出來的。現在的人工智慧並非一蹴而就，也不是單一學派的勝利，而是各個領域相輔相成的結果。不同學派的學者們鍥而不捨的研究，才讓如今的人工智慧得以發光發熱。

人工智慧不斷在新的領域取得成就，像是自駕車，能避免人類因為長時間開車造成疲勞駕駛；還有生物識別，可以為個人增加隱私與安全防護；以及醫療診斷，能夠輔助醫生，判斷病人的症狀，甚至能找到最佳的治療方法。隨著人工智慧發展越趨成熟，可替代重複性工作的範圍就越高，人機協作現在已被一些製造業應用在工作現場(圖 1)。



圖 1 製造業人機協作現場

二、近代AI的重大突破

2014 年 DeepMind 團隊結合了深度學習和行為主義的增強式學習，打造了人工智慧圍棋軟體：AlphaGo，並於 2016 年擊敗職業

棋士李世乭、2017 年戰勝世界第一棋士柯潔，第三次人工智慧熱潮也正式引爆。



圖 2 西洋棋的每一步會引發一連串機會與風險

DeepMind 是一家英國的人工智慧公司。公司建立於 2010 年，在 2014 年被 Google 收購。DeepMind 於 2014 年開始開發人工智慧圍棋軟體 AlphaGo。

根據 Google 在 Nature 期刊發表的論文，其主要的核心技術在：(1)深度神經網路、(2)加強式學習、(3)蒙地卡羅樹狀搜尋。AlphaGo 使用了兩個深度神經網路，一用來評估盤面狀況，一用來預測下一落子，這兩者可大幅縮減搜尋複雜度。而深度神經網路的特點在於可自動產生特徵，然後利用這些特徵來做分類。AlphaGo 很重要的特點在於可以自我訓練。這是藉由加強式學習將深層搜尋的結果回饋給神經網路做修正。這個特點使的 AlphaGo 能下出自我的風格，而非一味背誦模仿(圖 2)。

和 IBM 深藍不同的是，深藍所使用的技術僅能適用於兩人回合制棋類，且盤面可能性不能太多。而 AlphaGo 所使用的技術，適用於一般連續性決策問題。因為 AlphaGo 是在眾多可行的決策中，適當分配運算資源

來探索此一決策所帶來的好處及壞處，並且可從探索中回饋修正錯誤。這樣的學習模型無疑地用途是比深藍更加廣泛的(圖 3)。

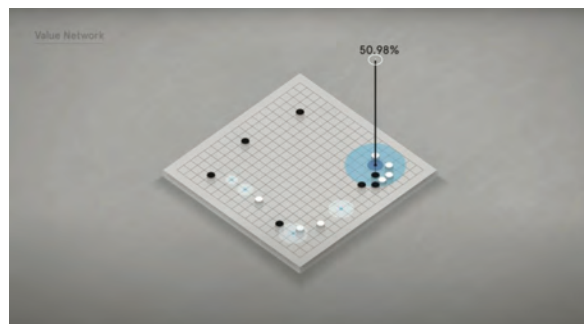


圖 3 AlphaGo 在對弈中會根據千萬種落子變化，計算出人類下此一步棋的機率。

最近最熱門的 AI 技術非屬聊天機器人 ChatGPT 不可，ChatGPT 由美國人工智慧研究實驗室 OpenAI 所開發，是一款免費的線上程式，輸入指令就可與 AI 進行對話。ChatGPT 是一套「文本生成」的技術，也就是說透過你輸入的文字讓 AI 做判斷，而產出相對應的回覆。隨著訓練的充足和技術的成熟，在分析過大量文本後就能給出越來越精準的答覆。像是大家常用的 siri 就是一種透過 AI 來給予回答的工具，不過 ChatGPT 除了可以回答你的需求，甚至可以幫你寫程式碼(圖 4)。



圖 4 ChatGPT 分析過大量文本後給出精準的答覆

三、AI在自來水產業應用

AI 正在自來水產業嶄露頭角，它使用機器學習為智能營運提供動力，以優化組織的資源和運維。以下是人工智能已經改變自來水產業的幾種方式。

(一)推動水處理領域的技術投資

市場研究預測，到 2030 年，人工智能解決方案的投資將達到 63 億美元。這項投資是自來水產業通過智能基礎設施解決方案，以邁向資訊化趨勢的一部分。

(二)顯著節省自來水產業的營運成本

面對當今不斷高漲的自來水營運支出時，透過 AI 節省的潛力是無窮的。AI 可以通過降低能源成本、優化處理化學品的使用以及主動資產維護來節省 20-30%的營運支出。

(三)預測緊急事件並以更快的速度學習

輸配水管破裂漏水對公用事業公司的財務和社會資本來說代價高昂。AI 和機器學習可以鑑別事件的特徵，以建立事件再度發生的模式，並從這些模式中學習，以使隨著時間的推移警報變得更加準確。

(四)提供進階的決策智能來支持維運

維運人員不再需要自己分析複雜的變量來做出重要決策。無論是打開或關閉抽水機、確定化學劑量，還是決定何時維護資產，AI 都能通過機器學習驅動的智能建議實現更進化的操作(圖 5)。

(五)優化維運的能源使用

對於許多市政機關而言，飲用水和污水處理廠是最大的能源消耗者。在美國，飲用水和廢水系統約占美國能源使用量的 2%。

AI 可以優化抽水機的運行時間，以便它們僅在需要時使用能源。對於 AI 的採用者來說，可以輕鬆的降低成本(圖 6)。

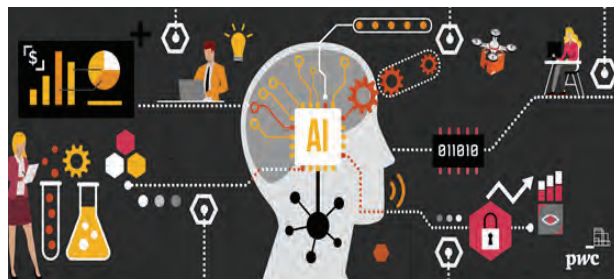


圖 5 AI 通過機器學習驅動的智能建議實現更進化的操作



圖 6 AI 優化維運的能源使用

(六)簡化數據運用的完整性

自來水營運需處理的數據因為爆炸式增長帶來了管理的挑戰。SCADA 系統、CMMS(Computerized Maintenance Management System 電腦化維修管理系統)，甚至社交媒體都擁有豐富的知識可以運用於改善維運。AI 可以獲取並處理這些異質數據，使其乾淨、有用、安全並驅動高品質運行。

(七)保留組織知識

該如何確保經驗豐富的操作員在離開工作崗位後保留寶貴的知識？AI 驅動的儀表板將使組織知識得到記錄和標準化。

(八)加速向以價值為導向的資產維護轉變

AI 正迅速將被動資產維護拋在腦後，因

為基於時間的維護雖然易於管理，但會導致不必要的正常運行時間和性能下降。AI 會主動通知需要維修哪些資產以及何時維修。

四、AI在世界各國自來水產業應用案例

(一)澳洲供水行業中的應用

墨爾本水務部門應用 AI 減少水處理過程的用電量。Winneke 水廠作為墨爾本飲用水的主要水廠之一。每天平均約 350,000 m³ 的水流入此廠，通過水處理工序，分配給城市周圍的數百萬家庭和企業。該水廠每天設定目標水流量，以確保墨爾本始終有適量的飲用水。根據不同的目標流量，需要不同的幫浦以不同的速度運行。為了確保這些幫浦在最高效率下運行，同時仍能達到所需的流量，墨爾本水務公司使用定製開發的人工智慧（AI）程序。該程序通過記錄幫浦歷史運行數據，計算任何給定幫浦的最有效的配置時間。內部開發的 AI 系統利用歷史數據確定最節能的幫浦組合，以及相關的運行速度，達到必要的流量。此系統能夠通過歷史數據分析出一些獨特的系列因素，如油藏水平、可用幫浦和過去的性能等。在運行模式下，此系統確定最佳幫浦組合設置參數，並將其直接發送到水幫浦系統，實時應用無需任何人為操作。

澳洲其他城市的水務機構也在積極推進 AI 技術的研究和應用。如雪梨水務公司開發了「下水道偵察兵」AI 系統，以減少下水道穿越檢查所涉及的風險。現在此 AI 系統能達到 98% 的準確定位率，可識別下水道故障。與此同時，昆士蘭州的 Unity Water 自

來水公司與 GHD 公司合作開發了濕天氣溢流預測模型，結合天氣雷達圖像，預測水管失效可能性的模型，可預測未來 15 年供排水網絡中每個水管出現故障的可能性。

(二)美國供水行業中的應用

美國使用 Ai 技術，發明智慧機器人來檢查下水道系統泄漏和使用年限老化等問題。另外，針對大型或高層建築物水管漏水不僅浪費水資源且會造成較大經濟損失的問題，位於美國內華達州里諾市的亞特蘭蒂斯賭場度假村使用 WINT 公司開發的 AI 解決方案，應用人工智慧檢測並阻止泄漏源。當漏水時，它會發出警報，並自動關閉。智能實時監控系統可以識別漏水和浪費的來源，減少用水量，防止損壞。該度假村每月約使用 2.46x10⁴ m³ 的自來水。通過實施 AI 解決方案，半年來度假村已經節省 36,000 美元的漏水。其負責人表示，此 AI 系統非常準確，可檢測到工作人員無法找到的隱藏泄漏。同時，此 AI 自動檢測系統還可用於異地監控(圖 7)。



圖 7 人工智慧水檢測設備向員工的智慧型手機發送漏水警報

(三)加拿大供水行業中的應用

水管滲漏、爆裂是每個城市供排水管道的常見問題。壓力變化、體積波動或水面冒泡都會導致管道爆裂，但小的泄漏往往多年不被發現。加拿大市政供水系統在供水時由於水管的滲漏爆裂每年平均損失 13% 的淨水。基礎設施較老的國家在這方面損失率更高。加拿大滑鐵盧大學研究人員與行業夥伴合作開發，通過使用新型水聽傳感器和 AI 技術，顯著降低了城市供水管道中嚴重的水損失。該傳感器利用先進的信號處理技術對聲學數據進行預處理，記錄水聲信號，通過將漏水信號與供水系統中的其他噪聲源區分，來識別漏水信號，可檢測到管道中哪怕是很小的泄漏，並突出與泄漏相關的部件，由此確定位置，並確定優先次序進行維修。及早地發現小的泄漏可以防止之後發生代價高昂的破壞性水管爆裂。此裝置可安裝在現有消防栓內，既方便又便宜，無需開挖或停用管道。這項技術可以使城市更加主動有效地對資源設施進行維護和維修。另外更提出了基於耦合離散小波變換(WA)和人工神經網絡(ANNs)方法預測城市需水量，並以加拿大蒙特婁為例進行了驗證。結果表明，小波-神經網絡耦合模型是一種有潛力的城市需水量預測方法。

(四)在西班牙供水行業中的應用

西班牙巴塞隆納正在使用大數據，通過機器學習和 AI 來幫助預防供水危機。負責城市供水的水務機構正在與巴塞隆納超級計算中心(BSC)合作，共同改善飲用水供應並幫助水廠更好地發揮作用。2018 年，BSC 利用大數據改善了巴塞隆納附近水廠的運作。以前，該水廠使用反滲透法去除原水中

的鹽分。在此過程中，泵將水推過膜以過濾鹽；當膜變髒時，需要更多的動力；膜需要經常清潔，費用昂貴且會減少可處理的水量。該項目通過查看該水廠數十個傳感器的 9 年數據來尋找臨界值，預測膜的狀態，以便提前計劃清潔。這有助於確保水廠更加平穩的運行，同時降低了成本。BSC 還與巴塞隆納水務機構合作，建立了供水系統模型，研究如何處理水網中的突發事件，從而使水務控制中心管理人員更正確、更輕鬆地做出決策。

(五)在英國供水行業中的應用

United Utilities 是英國最大的自來水公司，也是英國第一家將 AI 技術大規模引入其運營系統的自來水公司。2018 年 10 月，它與加拿大技術公司 EMAGIN 簽署了一項框架協議，將 AI 推廣到英格蘭西北部的整個供水網絡。United Utilities 在供水網絡中應用 AI 主要是通過 EMAGIN 的人工智慧平台 HARVI 實現的。此平台結合天氣、水需求、泵能、電價等，通過大量數據的評估幫助 United Utilities 以最具成本效益和最有效的方式設定水泵的運行參數，同時監測管道爆裂，並最大限度地降低水變色的風險。在大曼徹斯特奧爾德姆舉行的為期 12 周的試驗中，HARVI 節能 22%。United Utilities 現在計劃到 2019 年底在整個西北地區分階段部署 AI 平台，之後水泵運行和資源控制將在整個供水網絡中完全自動化。

(六)在芬蘭供水行業中的應用

Sunela 等為供水系統建立了一個實時監測供水的水量和水質在線模擬框架，並以芬蘭坦佩雷市自來水公司為例進行研究。該模

型是一個全尺寸模型，包括除用戶連接外的每個管道，以及系統中的每個用水用戶，原水提取、輸送和水處理過程也在模型中。模型模擬的參數包括水溫、pH、硬度和游離氯等。使用 EPANET 構建校準水力模型時，允許存儲和恢復鏈路中的塞流狀態。模擬器根據公用事業公司的監控和數據採集（SCADA）系統前一小時更新的液壓和水質狀態數據進行模擬，每小時一次。模擬結果以 GIS 中的 GeoJSON 格式存儲於關聯資料庫中，供以後使用；部分結果通過 Web 用戶界面以地理位置上聚合的形式呈現給公眾。

五、AI 在臺灣自來水產業應用案例

(一)大數據水源濁度智慧監控

由經濟部水利署臺北水源特定區管理局與遠傳電信股份有限公司系統整合分公司合作，應用 AI 的深度學習、時序預測等技術，於淨水場上游建立河川濁度預測模組，由歷史雨量、水位與濁度，每十分鐘一次滾動預測未來六小時河川濁度。也就是透過淨水場上游水質監控預警機制，避免水源濁度超標導致淨水設備癱瘓，進而確保淨水場穩定供水。藉由高時頻、快速運算的模式，達到即時滾動式的濁度預測資訊，進一步協助相關技術作業人員，快速掌握濁度變化趨勢，以搭配既有作業提早因應，避免淨水場因為水源濁度超標而無法作用，導致公共水源供應安全出現危機。

(二)輔助水質診斷

應用 AI 的機器學習、深度學習、影像處理與辨識，將水質數據快速歸納及顯微影像判讀，解決監測數據缺乏一致性規劃或持

續性維護，部分資料格式不相容、資料品管或精度不一致等因素，導致額外耗費人力、成本限制了資料的流通及應用。可提升水體監控服務，降低服務人力達 20% 及縮短診斷判讀時間一半以上。

(三)巡檢漏水

在經濟部技術處科技專案補助下，工研院開發出全球首創「智慧管網行動洩漏快篩預警系統」，在 918 花東地震後立即提供三套設備協助台灣自來水公司快速查出災區 27 處供水管線異常，其中 25 處診斷正確，辨識準確率高達 92.5%，降低誤開挖的人力與時間成本，協助災區加快搶修管線效率，以創新科技為社會公益盡一份心力。

此項技術為全球首創結合本土化漏水診斷設備擷取現場動態音訊，透過 AI 人工智慧漏水音診斷模型，整合 5G、AIOT 資訊同步進行洩漏事件辨識與漏點定位，採面-線-點由大到小管網檢漏策略概念，快速精準管網洩漏定位技術，可應用於金屬、PVC 等複合管道漏水檢測，藉由成功的實場驗證，加速檢測產業朝向智慧化發展。未來將進一步應用於廠區消防管線、廢水管線、工業管線（油氣）、瓦斯氣管等，聲波訊號強度相對高的高壓地下管線。

(四)評估各用水標的抽水量

經濟部水利署水利規劃試驗所與國立臺灣大學合作，應用 AI 與大數據分析評估各用水標的抽水量。為建立不同標的的地下水使用類別，先利用地下水人工場址案例，進行水位變動特徵分析與時空間抽水量分析等相關研究。再依據濁水溪沖積扇計畫區地下水水位變動特徵分析的結果，擷取出主

要的抽水特徵予以分類，並根據地下水需求比例建立不同的用水標的之清冊，辨識不同產業可能的用水型態。最後結合不同產業其特性資料，以人工智慧技術連結地下水用水型態和產業間關係，建立各標的之特定地下水用水模型，藉此用來評估抽水使用情形。

借重人工智慧與大數據分析技術，嘗試自大量的資料中找出隱藏的資訊，並且連結跨域資料找出相關性，以客觀的角度進行科學化研究。此種以資料分析為出發點的方式，提供了評估地下水抽水量的另一思考。雖然抽水行為目前並無完整的觀測，然而抽水行為會對於地下水系統產生擾動，進而影響地下水位的變化。因此，若能自臺灣已累積超過二十年的地下水觀測網資料中，找出可能屬於抽水行為的變動，便有機會能在地下水抽水量推估方法上精進。人為抽水皆是由特定需求所驅動，例如農作物生長或工業製程所需用水，每一種需求所連結的抽水行為是類似的。因此，針對抽水量進行分類，有機會能歸納出區域性的主要抽水類別，加上跨域資料的輔助，建構出特定抽水型態其影響因素，有機會了解不同標的地下水用水行為並評估未來可能的抽水行為，以達有效管理地下水資源及永續利用之目標。

(五)智慧水處理

AI 應用於水處理目前所常用 AI 技術包含巨量資料，影像辨識與自然語言為主。其中巨量資料是目前應用最廣，利用水處理系統操作參數及大數據收集後，進行 AI model 訓練，產生預測與決策結果，以進行系統智慧調控。常見如化學系統應用，AI 精準加藥

應用於化學混凝與沈澱系統，調控生物系統、活性污泥，收集調控排泥與回流污泥或消化液回流系統最佳化。物理系統應用，如濾床阻塞，薄膜系統阻塞預測與系統調控最佳化等。影像辨識則利用影像收集與圖層，判別系統狀態，例如微生物種類判斷，生物濾床高度判斷，化學混凝膠羽生成大小判斷。

水處理與回收系統常需要化學加藥處理污染物與穩定系統，但是常因為過量加藥產生高導電度，讓水回收更困難與水回收操作費用增加。臺灣共 66 家工業區下水道污水處理廠，26 座自來水給水廠及數萬家列管廢水處理廠，共通性問題為化學混凝系統常因人為控藥與後饋式加藥判斷不準確與不及時，造成水質不穩定，且大量使用非合理藥劑量以致產生大量污泥。傳統化學混凝系統以人工調整與固定濃度式加藥，須隨水質懸浮顆粒濃度變化，快速完成杯瓶試驗再手動調整混凝劑與膠凝劑。常因人為杯瓶試驗不準確，造成水質異常風險，或過量加藥造成水體導電增加不利水回收。且長期需做杯瓶試驗耗費人力，造成水處理廠操作負擔。導入 AI 精準加藥系統將可以解決上述操作與決策盲點，判斷出最佳化學處理藥劑量與最低加藥成本配方，將有助於廢水廠營運成本控管與最佳化。AI 精準加藥系統藉由大數據收集，由廢水源頭預測最精確加藥量與合理污泥產生量及最低碳排放量與能耗，並產生對廠端與環境最有利決策。目前精準加藥應用包含化學混凝系統、冷卻水塔系統、管末水處理與回收、UF/RO 薄膜系統，活性污泥等加藥系統。

六、結論

各式由人工智慧驅動的解決方案及工具的出現，意味著有更多公司能以更低的成本、在更短的時間內部署人工智慧技術。內建 AI 功能或能使演算法決策過程自動化的解決方案、工具和軟體，也協助更敏捷的無縫導入。

隨時可用的人工智慧有各種形式，從使用機器學習自我修復的自主資料庫到可以用於各種資料組、能解決圖像識別及文本分析等挑戰的預建模型都屬於此類。這類人工智慧讓公司能更快地實現價值、提高生產力、降低成本並加強顧客關係。

因應氣候變遷與經濟成長帶來可能缺水效應，應該以現有水處理與水回收技術結合新的智慧化導入讓技術升等邁向智慧水處理與水回收。除了硬體技術提升外，深耕基礎環境教育與訓練著實重要，公民從小教育水資源重要性，並且提升水處理與回收專業人員觀念與素養，軟硬體結合，邁進永續臺灣。

參考文獻

- 1.Zadeh, L. A. , Fuzzy sets. Information Control, 8, 338-353. , 1965

作者簡介

邱嘉南先生

現職：臺北自來水事業處勞安室工程師

專長：防災、資訊處理



飲水思源—回顧嘉義中埔村地區供水發展

文/蕭淑貞、蕭文河、蔡明道

摘要

1961 年代中埔鄉中埔村居民依賴地下水井取水，但地勢高且水源不足，加以開鄉設治人口激增尤其旱季嚴重缺水。已故聖言會傳教士陳錫洵神父為改善飲水問題，於 1963 年向西德外援委員會募款，繼得到嘉義縣府和中埔鄉公所捐助，建造中埔自來水廠。紀念碑「飲水思源」記錄此事。

2023 年，中埔天主堂以社區營造精神，修復紀念碑並美化周圍藝術牆，詮釋了中埔村早年取水不易生活艱苦、陳神父募款助建自來水廠、居民歡欣鼓舞迎接自來水、飲水思源紀念碑光輝再現、節水愛水綠化保育的歷史傳承、社會教育及地方共榮等意義。台水公司崇善為先，首發包改建退縮圍牆，讓紀念碑及馬賽克藝術牆面成為社區的一部分。期望成為中埔村的新地標延續陳神父的濟世故事，流傳當地。

關鍵字：飲水思源、陳神父募款

一、前言

清末劉銘傳聘請了日本技師引入了「鐵枝井」的鑽井開鑿技術。將地下的水源抽取到地表，並儲存在公共水槽中，供應附近居民使用清潔的飲用水，圖 1 可見在日據時期台灣仍然多以水井方式取水水源。

台灣的公共飲水發展沿革，大致區分為四大時期：1.前水道時期(1985 年前)：清廷治理台灣時的飲用水改善。2.水道時期：(1895

年~1945 年)甲午戰爭後日本殖民台灣，進行的現代化公共給水建設(水道)。3.水廠時期(1946~1973)：戰後台灣自來水系統重建及後續長期發展計畫，並由執政府及各鄉鎮設立自來水廠經營地方自來水事業。4.自來水公司時期(1974 年迄今)：合併全台各水廠成立台灣省自來水股份有限公司，後又改名為台灣自來水股份有限公司。



圖 1 日治初期水井開鑿圖(來源：台灣自來水產業發展歷史暨相關文化資產調查規劃成果報告)

二、中埔自來水廠：

1961 年代中埔村居民多來以自水井，惟該區域地勢高亢水源較為缺乏，造成民生用水的使用非常的辛苦。為改善中埔地區用水由天主教聖言會傳教士已故神父陳錫洵本於悲憫飢渴精神，於 1963 年向西德外援委員會募款及嘉義縣政府、中埔鄉公所、其他各機關團體與用戶等捐輸總計 88 萬元，興建

中埔自來水廠，其水源來自石弄溪，建有慢濾池(參考水道時期嘉義水道設置濾過池如圖二)及清水池，於 1963 年 11 月 15 日開工，至 1964 年 4 月 10 日完成，至此中埔與部份石弄一帶困厄解除，居民生活獲得改善，並設立中埔自來水廠紀念碑，紀載相關歷史(圖 3)。



圖 2 嘉義水道濾過池(來源：臺灣水道誌，台灣大學圖書館台灣舊照片資料庫)

三、台灣自來水公司建設石弄淨水場

隨著中埔村與石弄村用戶人口成長和水質要求提高，原來的中埔自來水廠出水量已不敷使用，本公司於 1976 年在石弄橋上游嘉 135 線 6.8k 處新建「石弄淨水場」，同時將原來的中埔自來水廠改建為配水池，後來更名為「中埔埤配水池」。這座配水池擁有兩座 500 噸的蓄水池，是重要設施，可確保供水的穩定性，使石弄和中埔地區的民眾都能夠享受到乾淨的自來水。

然而，為了提高供水水質和水量，2007 年本司耗資 2647 萬元進行了「石弄淨水場」的擴建工程，改善了淨水程序，增加混凝、沉澱、過濾和消毒等步驟，同時還提高了出

水量，其水源來自蕉仔湖溪、石弄溪，設備有初沉池 3 池、快混池 1 池、膠羽池 1 池、沉澱池 3 池、快濾池 2 池及 200 噸清水池 1 池，設計出水量提升至 4000CMD，確保供水的穩定和水質的安全。



圖 3 天主教嘉義教區主教賈彥文由神父陳錫洵陪同參觀紀念碑(來源：中埔天主堂鐘嘉順提供)

除此之外，為強化供水韌性，自來水公司於 2000~2019 年間投資經費將管網綿密互相連結，目前觸口淨水場的供水可以支援中埔、裕民、龍門、同仁、沅水等地，石弄淨水場供水也可支援深坑、三層、頂埔、瑞豐等地，另由嘉義給水廠也可經台 18 線支援中埔地區，藉由管網的串聯有效強化供水韌性。

四、中埔自來水廠紀念碑的揭幕

這段歷史見證了神父陳錫洵先生及嘉義縣政府、中埔鄉村、中埔天主堂傳協會和台灣自來水公司等單位的共同努力和付出。他們的奉獻精神和社會責任感使中埔及石弄地區的居民能夠擁有乾淨的飲用水，改善了他們的生活環境。

經過了一甲子紀念碑被塵封於自來水廠一甲子，少有人知，為利紀念碑從配水池露出供大眾見證，經教友倡議，2022 年台水公司積極配合改建退縮圍牆，由雲科大教師、采木士山房修復師、紅瓦貓及文史工作者齊力修復，清除青苔並清潔碑體。圖 4、圖 5)

2023 年 2 月初，由竹崎國小美術老師黃靜雯指導，號召中埔、中山國小學童及志工，動員近百人創作拼貼完成 14 幅馬賽克，並於 2 月 25 日在中埔地方人士、天主教友號召 40 名志工，齊心將馬賽克畫美化圍牆面，由黃靜雯帶領完成碑文拓碑。(圖 5~9)



圖 4 台灣自來水公司第五區管理處配合退縮圍牆設計丈量



圖 5 飲水思源紀念碑位在水公司竹崎營運所中埔坪配水池場圍牆水溝旁(右)營運所發包改建圍牆讓紀念碑露出，雲科大老師及文史工作者修復(左)(來源：中埔天主堂鐘嘉順提供)



圖 6 中埔地方人士、天主教友號召 40 名志工(來源：中埔天主堂鐘嘉順提供)



圖 7 中埔天主堂聯合小學生及志工創作馬賽克藝術牆(來源：中埔天主堂鐘嘉順提供)

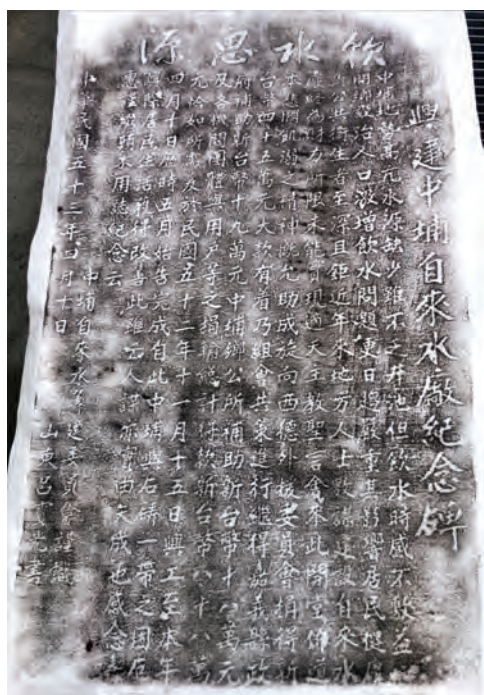


圖 8 黃靜雯帶領完成碑文拓碑(來源：中埔天主堂鐘嘉順提供)



圖 9 2023.5.24 中埔天主教浦英雄主教、嘉義縣長翁章梁、台水公司總經理(現為董事長)李嘉榮率五區處長蕭淑貞等參加紀念碑揭幕典禮

紀念碑記錄了，前人苦心籌款興建水廠事蹟，隨紀念碑被封存在廠內而被遺忘，終於於 2022 年將紀念碑重現後，再以社區營造精神美化周圍牆面及環境，完成紀念碑中心的藝術牆，將成為中埔的新景點。

希望可以宣揚教育水資源的重要性和保護的必要性，我們每個人都應該努力節約用水，保護水資源，為了我們的子孫後代能夠繼續享受到乾淨的自來水。

五、結論

台灣自來水公司歷經了前水道時期、水道時期、水廠時期、終而成立台灣自來水公

司，各地區都有一段飲用水困難的故事，今天以嘉義縣中埔鄉為例，看見水廠時期各鄉鎮各自管理籌措經費，並藉由宗教團體協助至西德爭取經費，一步一步的改善民生的用水，實是舉步維艱，我們更要飲水思源。

如今，經過歷史的演進，台灣自來水公司不斷的精進改善供水品質，以量足質優的目標不斷興建改善供水管網系統，此外更聯接了各地方的水源支備援系統提高了供水韌性增加供水穩定度，並改善了淨水設備成為現代化淨水場。身為自來水事業的一分子，不僅要守護好每一滴我們供應的自來水品質，更要努力提供「到位、有感、有效」的創新柔善服務體驗給予民眾。

參考文獻

- 1.台灣自來水產業發展歷史暨相關文化資產調查規劃成果報告，2019
2. 石弄淨水場擴建工程計畫，2007

作者簡介

蕭淑貞女士

現職：台灣自來水公司第五區管理處 處長

專長：企業管理、財務會計、金融相關領域

蕭文河先生

現職：台灣自來水公司第五區管理處竹崎營運所主任

專長：機械工程相關領域

蔡明道先生

現職：台灣自來水公司第五區管理處竹崎營運所股長

專長：環境工程相關領域

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，取累積分數較高之論文，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。

協會訊息

文/自來水協會會務組

一、恭賀本會理事長李嘉榮榮任台灣自來水公司董事長，理事李丁來榮任台灣自來水公司總經理。

二、本會台南實驗室「檢驗機構 TAF 認證」展延於 6/12 及 6/29 兩日進行評鑑，由法人全國認證基金會通過認證核發證書。

三、第 20 屆會務委員會第 2 次委員會議於 112 年 8 月 2 日召開視訊會議並通過陳薪聿、陳昆煜、林振順、陳稼臻、洪銘希、陳志忠、林煌盛、洪新興、王耀鴻、黃俊穎，共計十位申請入會。

四、第 20 屆編譯出版委員會第 1 次委員會議於 112 年 8 月 14 日召開會議並評選 112 年度論文獎如下：

項目別	論文題目	作者
工程技術類	AI 智慧科技應用於水管洩漏辨識系統開發	蔡曜隆、張洪誌、林士能、邱蒼蕙、林高玄、丘宗仁
	衛星定位測量之不確定度估算方式-「北水試驗」探討與分析	黃欽發、邱子雯、詹士昱、吳順德
營運管理類	澎湖馬公系統智慧水表建置規劃	黃心怡、林美良、江淑惠、蘇荷婷、莊立偉
	新建案全面安裝智慧水表建置問題研析與執行成效	邵功賢、陳正宗、陳煥文
水質及其他類	以快濾池濾料吸附催化氧化法去除水中二價錳研究	薛志宏、張美惠、周宗毅、張美鳳、張凱迪、李佳陵
	淨水場高錳與氨氮異常水質原水處理對策初探	陳毓霖、彭嘉貞、林秀雄、蔡利局、甘其銓、王睿騰

五、本會於 112 年 8 月 24-25 兩日於台南台灣自來水公司教育訓練中心舉辦自來水配管(給、配水管(HDPE))工程施工承商

工作人員技能訓練講習班 112 年度第一期計 38 人報名參加並通過考試。

六、為促進會員聯誼及交流將舉辦 112 年羽毛球、桌球、慢壘、網球等體育活動已公告相關活動辦法及報名表於協會官網最新消息，請自行前往下載報名，https://www.ctwwa.org.tw/ctwwa_fn02/ctwwa_page0201.aspx?NewMsgID=204。

七、於 112 年 8 月 16 日上午本會理監事前往臺北自來水事業處管轄第三水源地：草山水道—陽明山藍寶石泉秘境做環境教育活動。

八、第 40 屆自來水研究發表會定於 112 年 11 月 16 日(四)假國立臺灣科技大學國際大樓舉行。地址：106335 臺北市大安區基隆路 4 段 43 號。

第 56 屆自來水節慶祝大會暨第 20 屆第 2 次會員代表大會定於 112 年 11 月 17 日(五)上午；地點：福華國際文教會館 2F 卓越堂位於台北市大安區新生南路三段 30 號。

九、本會主辦「第九屆國際水協會亞太地區會議及展覽會」9th IWA-ASPIRE 2023 即將於 2023 年 10 月 22-26 日於高雄舉辦，歡迎會員與會共襄盛舉。官網連結如下：<https://www.iwaaspire2023.org/>