Water Works Association
of the Republic of
China (Taiwan)

自来水

164

WATER SUPPLY QUARTERLY

Volume 41 NO.4 NOV 2022

中華民國自來水協會會刊

第41卷 第4期
2022年11月

特　　載：國際水協會(IWA)2022年丹麥哥本哈根雙年會出席報告
本期專題：供水服務

澎湖馬公系統智慧水表建置規劃
運用經濟發布區製作臺北市旱災及缺水潛勢圖
降低不明管斷除風險-提升供水服務品質

SHIN NAN CASTING FACTORY CO., LTD.

誠信 Honest, 創新 Innovative, 穩健 Steady

♦ 公司簡介 Company Profile

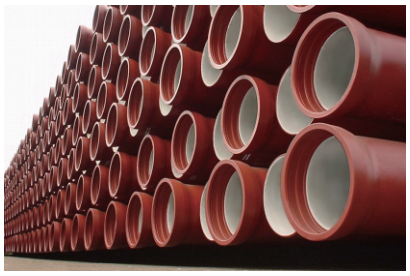
本公司於1955年創立迄今，信譽優良並擁有豐富的商業經驗，在台灣是延性鑄鐵管和管件的領先製造商，我們的口號是”供給客戶滿意的優質產品服務”。

Shin Nan Casting Factory Co., Ltd. is one of the leading manufacturers of Ductile Cast Iron Pipes and Fittings in Taiwan, and enjoys an excellent reputation of business experience since 1955. Our motto is “Keep customers satisfied with quality product and service”.

♦ 產品服務 Product

本公司主要產品為裝配於各式水道和瓦斯管線專用之延性鑄鐵管、管件、閥，搭配推進、法蘭、機械和防脫等各式接頭，口徑從75厘米到2600厘米，符合ISO 2531/7186、JIS G 5526/5527和BS EN 545/598的國際規範，並取得有ISO 9001、WRAS和SGS等國際認證。

The diameter of Ductile Cast Iron Pipes and Fittings are from DN80~2600mm for Potable water, Reclaimed water, Sewerage and Gas applications with push-on joints, flanged joints and restrained joints conform to ISO 2531/7186、 JIS G 5526 / 5527 and BS EN 545/598, all product systems are ISO 9001、WRAS and SGS accredited.



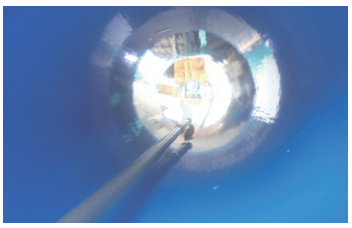
♦ 自來水最佳管材－延性鑄鐵管內襯環氧樹脂粉體塗裝

The best solution for tap water - Internal coating with Fusion Bonded Epoxy for Ductile Iron Pipes

➲ 管內環氧樹脂粉體塗裝－將環氧樹脂粉末經靜電噴槍讓塗料帶靜電熱熔在管材上，作爲管材內部防腐蝕層

Internal Surface Coated with FBE (Fusion Bonded Epoxy):

With using an auto-spray gun to spray the epoxy resin powder on the inner surface of the heating pipe, and the powder coating gets heat melted and hardened to form a uniform and smooth coating film as an anti-corrosion layer inside the pipe.



➲ 管徑規格 Supply Scope:

DN100~DN700mm x 6M

➲ 適用規範 Standards:

CNS 13273 G 3254 / JIS G 5528 / BS EN 14901

※膜厚測試:300μm以上	**Thickness of coating ≧ 300μm**
※針孔探測測試	**Pinhole detecting inspection**
※膜厚塗層拉拔測試: ≧ 5MPa	**Pull-off test ≧ 5MPa**

➲ 特性與效益Character & Benefit:

＊塗層表面光滑不結垢，水質不會被水中微生物汙染。
Smooth surface of coating can stabilize the quality of water not easy to get polluted by water microbes.
＊塗層具有優越的附著強度，可耐長期水流之沖刷不產生剝離。
High-performance adhesion can avoid peeling.
＊使用塗料為無溶劑型，符合飲用水之無毒要求，不會釋出有毒物質影響飲用水品質。
With no solvent coating material, no toxic-chemical released to effect the quality of water. Meets the requests of drinking water.
＊防止管材氧化生鏽
Preventing the pipes from rust.
＊低摩擦係數能增加管內水流量及流速
Low coefficient of friction can increase water flow and flow rate.
＊穩定水中PH質、濁度
Stabilizing the PH value & turbidity
＊抑制異味
Odor Inhibition.

自來水會刊第 41 卷第 4 期(164)目錄

特　　載

國際水協會(IWA)2022年丹麥哥本哈根雙年會出席報告……
……郭俊銘、林財富、王根樹、吳陽龍……1

實務研究

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、邱薆蕙、林高玄、丘宗仁……15

模擬自來水於管線滯留日數之水質變化探討……張晉豪、吳任富、鐘錦珍……22

淨水場就地生產氯消毒劑之實例探討……蔣承廷、張光翹、李丁來……29

本期專題　供水服務

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……36

運用經濟發布區製作臺北市旱災及缺水潛勢圖……邱嘉南、陳品叡、陳國駿……44

降低不明管斷除風險－提升供水服務品質……吳幸璋、黃嘉昌……49

一般論述

平板陶瓷膜在淨水處理上之應用……林靜怡、楊啓章、王耀靚、林慶春……55

南港加壓站出水管改善策進作為及回饋反思……游叡研……59

台中市聚興４萬立方公尺配水池工程簡介……張建邦、蘇坤銘、王勁凱、陳宥鈞……65

以內套管工法修復大口徑輸水幹管分析與探討……王詠民……71

提升場站保修系統效能之研究……陳明鴻、黃耀南、謝忠成……78

協會與你

歡迎投稿 111年「每期專題」……43

中華民國自來水協會會刊論文獎設置辦法……83

封面照片：國營會游步弘科長提供

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
葉陳蓌

委 員
陳明州、李嘉榮、康世芳、王傳政、武經文、駱尚廉、范煥英、洪世政、李丁來

編審委員
甘其銓、周國鼎、鄭錦澤、陳文祥、黃文鑑、梁德明

執行編輯：曾彥中
電　　話：(04)22244191 轉 376

行政助理：黃香蘭

協力廠商：松耀印刷企業有限公司
地　　址：台中市北區國豐街 129 號
電　　話：(04)22386769

國際水協會(IWA)2022 年丹麥哥本哈根雙年會出席報告

文/郭俊銘、林財富、王根樹、吳陽龍

一、目的

本次中華民國自來水協會郭俊銘理事長、吳陽龍秘書長、林財富教授、王根樹教授代表我國及自來水協會出席國際水協會(International Water Association, IWA)2022 年 9 月 10 日，假丹麥、哥本哈根舉行之理事大會(Governing Assembly)與專家委員會會議(Specialist Group Leader Forum)，以及 11-16 日之世界水大會及展覽(World Water Congress and Exhibition, WWCE)。主要參與活動包括 IWA 會務回顧、通過財務報告及會計師聘任、聽取策略委員會(Strategic Council)與常務理事會(Board of Directors)報告、選舉 IWA 下屆(2022 年 9 月～2024 年 9 月)資深副會長(Senior Vice President)及副會長(Vice President)、聽取 IWA 出版委員會報告等；以及參加世界水大會及展覽活動、論文發表及演講等。

二、過程

(一)IWA 會務及管理介紹

國際水協會(IWA)為全球最大的水領域專業協會，於 1999 年由原國際水質學會及國際自來水協會合併成立。至 2022 年為止，會員已遍及世界 140 個以上的國家及地區，擁有約 500 個團體會員及超過 8,000 名個人會員（其中亞太區域專業人士佔總個人會員人數逾三成）。我國現以中華民國自來水協會為代表加入該組織官方會員，並推派協會郭俊銘理事長、國際事務委員會主任委員林財富教授（國立成功大學）、副主任委員王根樹教授（國立臺灣大學）為會員代表，為該組織 52 個有效官方會員之一。IWA 以理事大會(Governing Assembly)為最高決策機關，每個國家代表可以推舉 3 位代表參與理事大會。我國國家代表為自來水協會郭俊銘理事長、成功大學環工系所林財富教授(兼自來水協會國際事務委員會主任委員)、臺灣大學公衛系王根樹教授(兼自來水協會國際關係委員會副主任委員)，本次會議由筆者四人(郭理事長、吳陽龍秘書長、林教授、及王教授)代表出席。

IWA 設有常務理事會(Board of Directors)，由會長(President)、資深副會長與副會長、執行長(Executive Director)、財務長(Treasurer)、策略委員會(Strategic Council)主席、出版委員會(IWA Publishing)主席、前任會長(本屆因會長續任、無前任會長)及其餘 7 位常務理事組成。常務理事會監管協會所有營運工作，包括策略方向、管理團隊、各項計畫與執行等。日常會務則由執行長負責，帶領倫敦總部，以及印度、南京、乃諾比等辦公室的地區 8 個部門主管及 25 位職員處理(參考 IWA 網頁資料)。此外，IWA 並設有策略委員會(44 位委員)、財務委員會、出版委員會等會務發展相關委員會，以及 50 個專家委員會(Specialist Group)、11 個工作委員會

(Task Group)、3 個專業群(Cluster)、青年水專家(Young Water Professionals, YWP)及會士委員會(Fellows)等專業領域組織。

(二)理事大會

本次 IWA 理事大會(Governing Assembly)於 9 月 10 日上午舉行，議程(如表 1)主要包括：(1)確認本次會議議程、及前次(2021 年 10 月 27 日線上會議)會議紀錄，(2)會長及執行長會務報告，(3)財務報告與核備、會計師(Auditor)再聘任，(4)常務理事會報告(含策略委員會、會員報告)，(6)選舉下屆(2016 年 9 月-2018 年 9 月)資深會長及副會長，(7)核備常務理事會成員，(8)出版委員會報告，(9)其他活動報告(含本屆 WWCE 說明)。以下分別說明。

本屆理事大會在哥本哈根 Crowne Plaza 飯店舉辦，由 IWA 澳洲籍會長 Thomas Mollenkopf (TM) 主持及致歡迎詞開始，IWA 共 52 會員單位，全數出席。首先徵詢本次會議議程、及前次會議紀錄同意後，即開始報告過去 12 個月的工作內容。圖 1 為理事大會及後續活動照片 。

表 1　2022 年 IWA 理事大會議程

Time	Agenda Item	Paper	Key Items
13.00 - 13.15	**1. Opening of the AGM** a. Welcome and Apologies b. Confirmation of Quorum c. Confirmation of Agenda d. Resolution of the Consent Agenda i. Minutes of Previous Meeting	 1.a 1.b	• Adopt agenda • Approve minutes
13.15 - 14.00	**2. President's Overview, Executive Director's Report** a. President's Overview b. Executive Director's Report c. Questions & Answers		
14.00 – 14.30	**3. Treasurers Report (including Finance & Investment Committee)**	3	• Receive Annual Accounts & Report. • Re-appointment of Auditors and Remuneration
14.30 –15.00	**Afternoon Break**		
15.00 - 15.30	**4. IWA Board Committee Reports** a. Strategic Council b. Membership & Engagement c. Governance and Nomination		
15.30 - 16.00	**5. Election of Vice-Presidents**	5	• Election of Vice-Presidents
16.00 – 16.20	**6. Appointment of Other Officeholders and Board of Directors**	6	• Endorsement of appointments to the Board of Directors
16.20 – 16.40	**7. IWA Publishing Report**		
16.40 –17.00	**8. IWA Events Update**		
17.00 -17.10	**9. Any other Business**		
17.10	**Meeting closure**		

圖 1　IWA 理事大會照片(左：大會會議；右：郭理事長、王教授與林教授會場門口合影)

在會長開場後，即由執行長 Kala Vairavamoorthy (Kala)報告 IWA 會務，包括財務狀況，2021 及 22 的預期，其中包括出版之影響、中國大陸封閉影響，包括整體存款增加，會員整體增加，支持 15 個專家委員會會議、出版專家委員會報告，取得大額 YWP 贊助等。另外，2021 年原本雙年會改成線上會議，獲得很大成功，2022 年有 14 場線上會議，超過 5000 人參加。後續規劃重點包括比爾蓋茲基金會的計畫執行、氣候智慧水務行動(Climate Smart Utilities (CSU) Initiative)、數位水務(Digital Water Program, DWP)等。在亞洲會員部分，南亞成立新辦公室、會員大幅成長(8%)，2019 年之後包括有孟加拉、玻利維亞、厄瓜多、越南、斐濟等加入會員，以及目前洽談中的尼泊爾、柬埔寨。圖 2 為近年 IWA 會員人士變化情形。

IWA 財務長 Marie Whaley 報告 2021 年財務年報、會計師報告、及協會財務狀況，並提出 3 項待決議議案，包括 1.通過 2021 年財務報告；2.持續聘用會計師(Sayer Vincent 事務所)；3.同意會計師的酬勞。三項議案均無人反對，通過。IWA 出版公司捐贈給 IWA 經費因為逐年轉換成開放期刊(open access)，因此略減，會員費由 2015 年開始維持穩定，2022 年因為 WWCE 雙年會收入增加，南京辦公室捐贈款延後；整體而言，預期 2022 年財務維持穩定。

其後有三個簡短報告，首先策略委員會(主席 Walter Kling)說明 2021 及 2022 年策略委員會開會情形，2019 至 2024 年的策略計畫仍包括五個重點：連結與平衡的會員、最新水知識的提供者、專業人員交換水知識的空間、研究與應用的橋樑、以及織成永續發展目標的支持者。其次會員與鏈結委員會(Members and Engagement Committee)主席 Enrique Cabrera 報告包括 IWA 的數位轉型、會員分析、區域策略、水務公司會員、以及即將啟動的 IWA Connect Plus 及知識圖書館，尤其後者將加強數位化應用，可以提供各會員單位分享相關知識。第三個報告者為治理及提名委員會(Governance and Nominations Committee)，由 Hamanth Kasan 報告，包括各式獎項及會員提名事務。

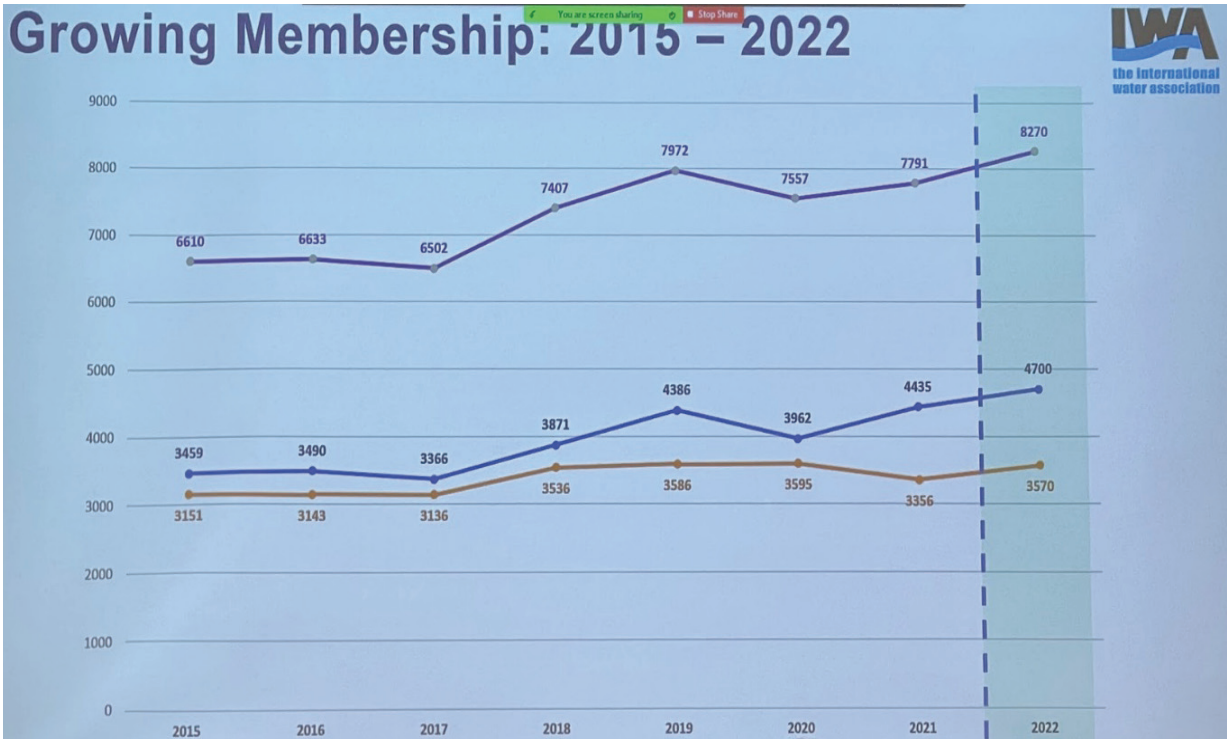


圖 2　IWA 近年會員人數變化

本次會議並包括選舉資深副會長及副會長、行使常務理事會任命同意權。以下說明其結果。

1.選舉副會長(任期 2022 年 9 月～2024 年 9 月)

副會長有 2 位候選人，要選出 1 位資深副會長及 1 位副會長。首先由兩位候選人，Daniel Nolasco (阿根挺與加拿大雙重國籍)、及 Mary Whaley(法國籍)分別發表政見及接受提問，然後進行選舉。選舉結果顯示 Daniel Nolasco 獲得 23 票、Mary Whaley 獲得 29 票，後者當選資深副會長、前者為副會長。

2.行使常務理事會(Board of Directors, BOD)(任期 2022 年 9 月～2024 年 9 月)任命同意權。

本次由會長提出共 14 位常務理事會成員，包括會長、2 位副會長(前案選舉通過)、執行長、財務長、策略委員會主席、出版委員會主席、及 7 位常務理事組成；其中 10 位為續任或當然常務理事、4 位為新聘。人選分配包括歐洲 5.5(其中斯里蘭卡籍的執行長 Kala 算一半亞洲、一半歐洲)、亞洲 4.5、美洲 3 及非洲 1 位。其中學術界 7、顧問公司 2、水務公司 5；男女比 10 比 4。會中無異議通過常務理事會任命。

會議並報告出版相關事務，由 IWA 出版委員會主席 Peter VanRolleghem 說明目前 IWA 期刊出版策略，包括由 2021 年多數期刊改成開放取得(Open Access, OA)，並開始由作者負擔出版費用 (Article Processing Charge, APC) 逐漸改成 S2O (Subscribe to Open)。並說明美國已通過 2025 年後，所有政府補助的研究，論文需改成 OA，如果綜合歐洲許多國家開始的 OA 政策，預期期刊會逐漸轉成 OA；報告中並說明 Clarivate 公司將自 2023 年中提供所有 ESCI 期刊影響因

子(Impact Factor)，IWA 旗下期刊也逐年增加影響因子，這些對於學術出版都將產生很大的影響。

最後會議報告水大會情形。本屆哥本哈根雙年會，註冊人數 3551 人(歷史新高，已經比東京多)，來自 102 國，46% 來自北海區域，86%高收入國家、57%為會員，大會分成 19 個平行場次，包含 100 技術場次(Technical Session)、63 場工作坊(Workshop)、38 場論壇(forum)、以及 500+篇海報論文(Poster)。2024 年將於加拿大多倫多、2026 年將於英國蘇格蘭 Glasgow 舉行，當日晚上，並由水利署署長賴建信、國際關係委員會主任委員林財富代表參加 IWA 會長晚宴。該晚宴係於哥本哈根市政府舉辦，IWA 會長、執行長、本屆 WWCE 主席、以及市長並蒞臨致詞。會中並頒發各項紀念牌獎項，給前任會長、及 IWA 出版品等獎項(圖 3)。

圖 3　IWA 會長晚宴(左圖：市長致詞；右圖：前會長致詞)

圖 4　左：我國代表與日本、韓國、菲律賓代表合影；右：與會多國委員合照

(三)亞太地區委員交流及會議宣傳

原本依往例，在 WWCE 水大會期間，IWA 或是 IWA 亞太地區委員會(ASPIRE Council)主席(通常是前任主辦國)，會協助召開 IWA 亞太地區委員會(ASPIRE Council)會議；但本次會議亞太地區辦公室及前屆主辦單位香港代表，均無人前往參加，因此會議並未舉行。

為宣傳 2023 年高雄亞太地區會議(2021 IWA-ASPIRE Conference)，邀請亞太地區國家代表帶領各國代表與會，因此本次也特別利用 IWA 大會國家代表會議早餐期間，進行聯誼及宣傳。圖 4 為與亞太地區委員及其他地區委員的聚會照片；其中日、韓、菲、馬等國家均承諾積極協助宣傳並帶隊參加。

(四)2022 國際水協會世界水大會暨展覽會

國際水協會世界水大會暨展覽會(IWA World Water Congress & Exhibition, IWA WWC)是主題涵蓋整個水領域專業人士的盛會。參加 IWA WWC 包括專業研討會、水事業展覽及各項活動的人員常達到 10,000 名以上，與會水專業人員來自包括各種水事業(顧問公司及水/廢水事業單位)人士、學術及研究單位水專業人員及政府部門水管理部門相關人員。在前後總計 6 天的活動中，來自不同水相關領域的專業主管、決策人員、研究人員和業界代表共同參與盛會，研商各種不同水議題的解決方案。表 2 為大會議程安排一覽。

丹麥自翔是一個實現永續水管理和技術的生活實驗室(live laboratory)，其水環境建設由統一的水務部門在創新和跨部門合作的夥伴關係中所開發及設計。本次 IWA WWC 於丹麥哥本哈根舉辦，由於哥本哈根的城市規畫特別著重對於氣候變遷調適的重視，城市各個不同區域都很容易看到海綿城市、低密度開發、區域滯洪設計的元素，城市建築也有特色。也因此在此次 IWA WWC 大會上，丹麥水務部門透過議程安排及展覽會場設置專區的方式分享其在達成 SDG 目標及因應氣候變遷調適的實踐方案，包括城市水管理、以地下水為基礎的飲用水供應、暴雨水管理、氣候變遷適應、能源和資源效率與回收等作為。為達成此目的，此次大會除了邀請水領域專業人士與會外，特別鼓勵耗水行業、農業發展、建築師和城市規劃師、水文領域學者、土壤和地下水專家、社會科學、資料通信技術人員、以及金融人員參與，和其他水環境領域相關人員共同研商達成未來永續發展指標的做法。

大會除了在各相關議程報告及討論政府及產業相關水部門(water sector)在可持續發展目標(SDG)方面的進展，並將重點放在專門針對水和衛生設施的可持續發展目標 6 (SDG 6)上，此外，此次大會亦鼓勵針對水與所有 17 項 SDG 目標的交互作用關係的討論，因此相關議程多可看到與 SDG 連結的討論。為了達到這個目的，此次大會除一般研討會常有的議程安排外，也辦理多個高峰會議(summit)，邀請與會人員在不同主題的高峰會議中透過不同產、官、研部門主管人員的參與，由管理層面研商未來因應氣候變遷對水環境的影響及可採取的調適措施，所有與會人員也可藉著各個議程、工作坊(workshop)中不同案例研究報告以及與會人員分享各國水領域人員透過計畫執行及相

表 2　大會議程安排一覽

Track 1	Track 2	Track 3	Track 4	Track 5	Track 6
WATER UTILITY MANAGEMENT	WASTEWATER TREATMENT AND RESOURCE RECOVERY	DRINKING WATER AND POTABLE REUSE	CITY-SCALE PLANNING AND OPERATIONS	COMMUNITIES, COMMUNICATION AND PARTNERSHIPS	WATER RESOURCES AND LARGE-SCALE WATER MANAGEMENT

Sunday 11 September	Monday 12 September	Tuesday 13 September	Wednesday 14 September	Thursday 15 September
	KEYNOTE PLENARY 09:00 — 09:50			
	BREAK 09:50 — 10:30			
	SESSION 1 10:30 — 12:00			
	LUNCH 12:00 — 13:30			
	SESSION 2 13:30 — 15:00			
	BREAK 15:00 — 15:45			CLOSING CEREMONY 15:15 — 16:45
OPENING CEREMONY 16:00 — 18:00	SESSION 3 15:45 — 17:15			
EXHIBITION OPENING & WELCOME RECEPTION 18:00 — 20:00 Exhibition Hall	KEYNOTE PLENARY 17:30 — 18:20			
				GALA DINNER Evening

互合作實現 SDG 的範例中透過分析及討論來找出可能的調適方案。

1.大會會場

此次大會於哥本哈根 Bella Center 舉辦。Bella Center 位於市中心和哥本哈根機場之間的 Ørestad，可由哥本哈根各地區搭乘捷運抵達。其室內面積達 121,800 平方公尺，可容納 20,000 人，是 Scandinavia 的第二大展覽和會議中心。因為面積大，Bella Center 的大會堂(Congress Hall) 可以被劃分成三個可容納至多 4,200 人的大會議廳，四個演講廳可分別容納 310-930 人，會議區可彈性區隔成分別容納 2-400 人的 63 個會議室，整體場地範圍相當廣，此次 IWA WWC 大會僅使用其中一部分的設施。

2.大會開幕式

大會開幕式於當地時間 9 月 11 日(星期日)下午四時舉行。開幕式由 IWA 執行長 (Executive Director) Kala Vairavamoorthy 主持。整個開幕式內容除了 IWA 會長 Tom Mollenkopf、此次丹麥大會會長 Anders Bækgaard 及哥本哈根主辦單位及相關貴賓致詞外，重要內容包括頒發 IWA 各項獎項(包括 Global Water Award、Gender Diversity

and Water Award、Young Leadership Award、Water & Development Award for Research 以及 Water & Development Award for Practice)及表演節目。此次開幕式的表演由哥本哈根鼓隊(Copenhagen Drummers)擔綱，雖僅有四人上場表演，仍展現其特色，獲得許多掌聲。圖 5 為開幕式場景；圖 6 為 IWA 會長 Tom Mollenkopf 於大會式致詞及前會長 Glen Daigger 捐贈青年基金。

圖 5　2022 大會開幕式會場點出本次大會的主題－Water for Smart Livable Cities

圖 6　左：IWA 會長 Tom Mollenkopf 於大會式致詞；右：Glen Daigger 前會長捐贈 YWP 基金

此次大會開幕式上也發布了兩個與年輕水專業人士(YWP)有關的公告：其一為由創始人 Patty Daigger 和 Glen Daigger 所捐贈，為鼓勵年輕水專業人士投入水事業，培養年輕水事業領袖人才而創建的捐贈基金(endowment fund)(圖 7)；以及宣布資助年輕水專業人士參加明年由 Grundfos 贊助的聯合國永續發展目標進展檢討會議(review progress meeting)。

大會開幕式也安排一場主題演講(Plenary Speech)，由丹麥及格林蘭地質調查中心(The Geological Survey of Denmark and Greenland (GEUS), Denmark)的 Jason Eric Box 教授以 Rapid Arctic Climate Change and Water Issues Around the World 為題發表演說。自 1994 年以來，Jason Box 教授自 1994 年以來已在格陵蘭島進行 20 多次的調查，調查內容涵蓋格陵蘭冰蓋的變遷。他除了是三份政府間氣候變化專門委員會(IPCC)報告的特約作者外，也是北極理事會北極監測和評估計劃 (AMAP) 的主要成員。演講內容圍繞北極氣候的快速變化、格陵蘭冰蓋的溶解以及所連動的全球水資源問題。演講內容提到北極圈氣候暖化速度四倍於全球的平均暖化速度，其所面臨的問題將會直接影響全球的水資源議題。在大會開幕式以此為主題進行演

講，除了展現丹麥的水資源特性外，也對此次大會主題下了註解，再次強調水資源永續發展及 SDG 6 的重要性。

3.大會議程安排

本次世界水大會以「Water For Smart Liveable Cities」為主題。丹麥一直以水資源有效利用、具備因應氣候暖化的彈性自豪，具備在城市智慧水利用領域上領先世界的地為，因此特別強調對於探索智能、整體和宜居的城市用水解決方案，並統合各種智能系統之間的加成作用，使城市能夠適應不斷變化的氣候，同時提高生活品質和人民福祉。在這個概念下，整個大會議程安排可以看到對於氣候暖化調適、智慧管理、數位化科技等在水環境領域應用的重視。除了大會開幕典禮的主題演講(Plenary Speech)外，其他的主題演講包括城市水環境中的建築彈性、達到永續發展指標 SDG 6 的路徑、強化社區對於永續水利用的概念、數位化水事業、如何在氣候暖化的時代中發展水事業、如何由廢污水系統中觀察疫情大流行等等主題，都可以看到此次大會所關切的問題。

除了大會安排及邀請的主題演講，此次大會議程安排可大略包括下列主題：

1.水事業及水務管理

2.廢污水處理及水資源回收再利用

3.飲用水和廢污水處理後之飲用水再利用(potable reuse)

4.城市規模之市鎮規劃及操作

5.社區、溝通及夥伴關係建立

6.水資源及大規模水環境管理

在這些主題下，大會也安排數個跨主題的議程，特別著重數位水 (digital water)、水事業管理(utility management)、循環經濟(circular economy)、氣候變遷調適(climate change adaptation)等。在這些主題之下，大會總計安排 100 個論文發表的技術議程(technical sessions)、63 個工作坊(workshops)、38 個論壇(symposiums)、以及包括 500 餘篇海報論文的 poster session。這些論文發表、訓練、講習以及各種高峰論壇、事業論壇(business forums)等活動均包含在大會安排的 19 個平行進行的時段中進行。此次大會吸引來自 102 個國家共 3551 個人員註冊參加。其中 57%為 IWA 會員，46%來自北歐國家。根據歷年註冊人數統計，此次繳交註冊費參加大會的人數為歷屆最高，在加上參加展覽的人員及各種工作人員，此次與會人數超過萬人。由於 IWA 有超過 50 個專家群 (specialists group)，各專家群也利用此次大會召開個別的管理委員會議及開放與會人員自由參加的群內會員會議，除宣達 IWA 的各項政策、活動外，也利用機會邀請 IWA 會員加入各專家群，以增加專家群的活力及影響力。

此次大會投稿文章數量大，加上各個工作坊及論壇的主持人可自行邀請講者參與會議，因此口頭論文發表(包括工作坊及論壇之報告及演講)就依照主題安排在不同的時段、會議室進行。以我國近年廣受重視的新興污染物議題為例，此次大會與新興污染物相關主題有關的議程就包括「Future Challenges for Removal of Micropollutants in Wastewater Treatment Plants」、「Water Reclamation for Non-Portable Reuse」、「Micrpolastics as Emerging Contaminants of Concern」、「PFAS as Emerging Contaminants of

Concern」、「Micropollutants as Emerging Contaminants of Concern」、「Pharmaceuticals as Emerging Contaminants of Concern」、「Emerging Contaminants (PFAS, Pesticides and Others)」、「Emerging Pathogens and their Management in Drinking Water and Water Reuse」、「Health Risk Assessment of Antimicrobial Resistance in Water Systems」、「Microbial, Chemical, and By-product Risk Assessment」、「Microplastics in Wastewater and Biosolids」等議程中。大會安排這多個議程來進行論文發表，顯示此議題受重視的程度。除此之外，在奈米污染物(nanomaterial)、高級氧化 (AOPs)、生物處理及人工濕地等相關議程亦有多篇論文探討新興污染物評估及控制之議題。由於新興污染物議題廣受重視，每個會場都擠滿與會者，一些進不了會議室的與會者只能在門外聽講。

除了學術性質的研討會議程，在展覽會場也安排了相當數量的技術論壇，由與會的業界代表就各該公司的產品及技術與其他業界人員及與會者進行交流。由於參與展示的都是較為先進的監測技術、處理設備及管理軟體，在展覽區的技術論壇隨時可看到與會人員聚集聽講及討論。就水事業單位及水工業界的人員來講，展覽會場提供了另一種交流的機會。我國也由水利署召集業者代表組成參展團隊，在展覽區設置攤位，介紹我國在水資源管理及智慧水科技方面的成果，同時宣傳我國將在 2023 年 10 月主辦 IWA 亞太區域會議(2023 IWA ASPIRE)，邀請與會人員到台灣參加會議。圖 7 為我國部份與會人於展覽會場水利署攤位前合影、圖 8 為大會展場由顧問公司及事業單位提供的技術論壇。

圖 7　我國與會人於展覽會場水利署攤位前合影

圖 8　大會展場由顧問公司及事業單位提供的技術論壇

4.操作挑戰(Operations Challenge)

為鼓勵水相關事業實務操作人員勇於挑戰及創新，此次大會有史以來第一次辦理技能競賽，並成為 IWA WWC 活動的一個項目。在 IWA 此次辦理的首屆操作挑戰賽中，共有 7 支國際團隊在三項實務操作技能上進行角逐，整個挑戰賽並在 Bella Center 的展覽區舉行，現場也開放所有與會者觀看，了解操作人員如何處理各種突發狀況。以往在美洲自來水協會(AWWA)的年會中就有由各水

事業單位參加的現場操作競賽，但在 IWA WWC的研討會中並未辦理過類似活動。IWA 也說明此次舉辦操作挑戰的靈感來自水環境協會研討會(WEFTEC)所辦理活動的模式，並由大會聯絡幾個單賣水事業協會及贊助商合作實現此項競賽的舉辦。

在操作挑戰賽中，由三人組成的團隊將在每場比賽中針對三種常見的水部門技能進行競賽，以爭取最高得分方式進行比賽。每個技能類別的優勝者和三項技能的總冠軍都可獲得獎勵，辦理競賽的目標是強調日常專業操作和維護技能在水事業單位中的重要性。照片如圖 9。

操作競賽所競爭的三項關鍵技能領域包括維護、收集系統和現場安全，並依照一個標準作業程序進行各項工作。

- 維護：測試與賽者對泵站問題的反應。與賽小組必須檢視和檢查泵站中某台泵的軸封狀況。此外，也必須檢查導軌支架(guide rail holders)和導軌是否有足夠的維護和操作。最後將檢查過的泵重新裝回泵站。
- 收集系統：模擬下水道系統工作的問題。一條 8 英寸的 PVC 下水道有洩漏。 在這項挑戰中，與賽團隊必須修理管材，並且必須將新的客戶接管連接到一條 4 英寸的 PVC 管。
- 安全：這項挑戰任務涉及從檢修孔中救出一名昏迷的同事，該同事因檢修區域內的閥門墊圈磨損而受到未知氣體或缺氧的影響而昏迷。團隊必須營救該同事，修理閥門，並安全地將管線重新投入使用。

5.技術參觀

大會在學術研討會及展覽結束後安排了 11 個參觀導覽行程，由與會人員負費報名參加。行程安排之主題包括地下水保護及淨水場參觀、廢污水處理及水資源回收再利用、漏水監測技術、宜居城市之氣候變遷調適、氣候變遷調適及防洪(哥本哈根港)、港灣水質改善及碳中和廢污水處理、廢污水處

圖 9　大會辦理的技能競賽－污水收集系統修理及接管競賽

理及自然環境復育、工業區整合水資源管理、宜居城市水資源管理、北歐(芬蘭)水資源利用及管理參觀、以及瑞典有關報與水資源及廢污水處理的技術參觀。由大會所安排的技術參觀內容，可以大略了解哥本哈根主辦此次大會所希望傳達該市及其他北歐國家在建置宜居城市過程中對於城市智慧水管理及氣候變遷調適上的努力。

6.閉幕式及交接

大會閉幕式在 9 月 15 日(星期四)下午三時舉行，主要進行內容包括主辦單位的感謝(包括籌備委員會及 program committee 等)、頒發海報論文獎，並舉行一場 Harremoës Lecture 演講。Poul Harremoës 教授為丹麥哥本哈根大學環境工程系教授，曾任 IWA 前身 IAWPRC 會長、帶領哥本哈根大學環境工程系獲 1992 年斯德哥爾摩水獎(Stockholm Water Prize)，對於國際水領域研究具重大貢獻，因此成立此演講以紀念其貢獻。本次演講者為他過去的博士後研究員，現任 IWA 期刊 Water Science and Technology 總編輯、奧地利 Innsbrukc 大學都市水管理教授 Wolfgang Rauch，演講題目為 Water for Smart Livable Cities。演講中由當前挑戰，如新冠肺炎疫情、戰爭、全球資源/能源危機及氣候變遷與乾旱開始，介紹汙水流行病學發展的成功，帶到科學溝通可能需要借助專業人士，以及要發展更適合的城市水管理更需要系統性的思維，需要長期的努力。

會議並宣布期盼大家加入推動城市游

圖 10　上：閉幕式一景；下左：主持人介紹專題演講人 Wolfgang Rauch 教授；下右：哥本哈根主辦單位將象徵大會的權杖交給加拿大多倫多主辦單位

泳，Global City Swim，希望改善城市水質及環境。最後並由本屆主辦主席 Anders Baegaard 交接給下屆多倫多 WWCE 主席 Peter Vanrolleghem，完成本次會議(圖 10)。

三、與會心得

(一)本屆藉由參與 IWA 理事大會，以了解 IWA 財務、策略、規劃等方向，除了參與 IWA 營運、宣傳台灣會議主辦之外，並積極了解目前國際上水務發展策略。目前 IWA 及國際水事業更強化數位水務(例如數位孿生)、更積極邀請發展中國家及青年水專家參與會議、資訊更朝向數位化及容易取得(降低資訊不平)、結合與氣候變遷及永續發展等方向。

(二)IWA 期刊出版，開始朝向開放取得(Open Access, OA)，並開始由作者負擔出版費用 (Article Processing Charge, APC) 逐漸改成 S2O (Subscribe to Open)。OA 在歐洲許多國家已開始實施，美國也通過 2025 年後，政府補助研究也將以大眾可以取得的方式為出版主流，我國學術界及出版單位，需密切意此轉變並調整出版及發表策略。

(三)此會會議在哥本哈根舉辦。由於丹麥強調自己是一個實現永續水管理的生活實驗室(live laboratory)，哥本哈根也強調城市建設對於氣候變遷調適的重視，因此廣泛的利用會議議程及技術參觀的機會介紹哥本哈根在海綿城市、低密度開發、區域滯洪方面的設計，分享其在達成 SDG 目標及因應氣候變遷調適的實踐方案。哥本哈根市政府在這個研討會上把握各種機會介紹自己，同時宣傳其城市建築設計的特色，邀請與會者參加 2023 年在哥本哈根舉行的建築展，政府部門對於研討會的支援、重視及善用會議舉辦宣揚市政建設的態度值得學習。

(四)IWA 在此次會議首次辦理操作競賽，透過維護、收集系統和現場安全三項關鍵技能的競賽，測試與賽人員是否依照標準作業程序進行各項工作。在會場看到參與競賽的人員穿著工作服、配戴完善的安全配備並依照標準作業程序進行各項作業。由於會場外就有建築工地正進行施工，可直接看到工地人員都穿著工作服(制服)並配戴安全配備，亦即施工場所都能落實安全規範。無論在安全配備使用及依照標準作業程序進行各項作業的態度，都值得我方水事業施工人員參考及學習，以保障施工人員安全及工程品質。我國未來在自來水協會及廢水研討會辦理時，或許可考慮舉辦類似競賽，以提升工作人員之榮譽感、落實施工安全並維護工程品質。

(五)此次 IWA WWCE 會議，是 IWA 三年來第一次大規模會議，在議程安排、場地布置、展覽、晚宴、表演等，尤其在結合數位化及線上部分，這些辦理方式，可以提供明年主辦 ASPIRE 會議參考。

作者簡介

郭俊銘先生

現職：中華民國自來水協會理事長

專長：自來水事業經營管理

林財富先生

現職：成功大學講座教授、中華民國自來水協會國際委員會主任委員

專長：水源中藻類代謝物分析、鑑定與處理、污染場址整治技術、吸附技術

王根樹先生

現職：台灣大學教授、中華民國自來水協會國際委員會副主任委員

專長：飲用水水質安全、水處理技術、水化學、環境污染物分析

吳陽龍先生

現職：中華民國自來水協會秘書長

專長：水利工程、自來水工程、自來水事業經營管理

AI 智慧科技應用於水管洩漏辨識系統開發

文/蔡曜隆、張洪誌、林士能、邱薆蕙、林高玄、丘宗仁

摘要

台水公司正面臨退休潮及人力經驗不足之銜接問題，導致檢漏人員養成不易，如何應用科技輔助第一線人員快速找出漏水位置進而提升檢漏效率，成為重要的課題。鑑此，本研究擬建立智慧漏水音輔助辨識系統，並應用本土化 AI 漏水診斷儀器擷取現場動態音訊，達成現場測漏同步異地診斷與 AI 診斷洩漏事件辨識及漏點定位等技術雛型，協助檢漏人員可同時監控 1 至 5 組測漏人員進行城市供水管線檢漏，藉此方法可使新進人員甚至非專業人力使用 AI 漏水診斷儀器進行測漏，可有效、快速的找出疑似洩漏區域。

關鍵詞：AI 漏水檢測、AIOT 智慧聯網

一、前言

因應氣候異常以及台灣產業用水持續成長之挑戰，台灣自來水股份有限公司(簡稱台水公司)為區域經濟發展所需之穩定安全供水，落實中央「開源、節流、調度及備援」等四大策略。

自來水管網主要是以送水管、配水管及用戶外線供應給民生與工業用戶使用，其管路分佈呈現樹枝狀，經分析，大概率發生漏水管種及位置主要是塑膠管及用戶外線，台水公司於區域自來水管線系統已建構分區計量管網，惟分區計量管網僅能提供該區域是否為漏水區域，無法提供真正漏點位置進行開挖修復，故於實務上，仍須借助經驗豐富的檢漏員於該區域進行實地聽音檢漏以確定漏點位置後，委外由修漏承攬商修復漏水的方式減少漏水損失。

未來五年水公司面臨資深檢漏人員退休潮，檢漏技術養成至少需 3 年以上，經驗可能面臨失傳危機，如何應用科技輔助第一線人員快速找出漏水位置進而提升檢漏效率，成為重要的課題。

二、AI辨識系統理論模型

Fuchs 和 Riehle[1]在過去 20 年中開發的一種流行技術是通過聲學/振動信號分析來定位洩漏。在可疑洩漏位置兩側的兩個接入點處，使用加速計或水聽器採集振動或聲音信號。相關技術用於估計兩個採集信號之間的時間延遲，是確定埋地管道洩漏位置的常用方法[1][2][3][4]。為了使所建立的技術有效，必須事先知道聲音信號的傳播速度和準確的管道長度。多年來，聲波在金屬或塑膠管道中傳播的研究一直備受關注。研究了埋地金屬水管道中的色散傳播模型[5][6]，並對結果進行了物理解釋。Muggleton[7]等人開發了用於預測波速的埋地充液管道低頻理論模型，並在真空管道和埋在土壤或水中的管道[8][9]的情況下進行了實驗驗證。根據這些研究，可知管道條件（如管道厚度、材料特性和周圍介質），可以使用相應的理論模型計算傳播速度。實際上，如果某些管道條件未知，可以使用已知的模擬洩漏在現場測量傳播速度，例如，通過在消防栓處放水[10]測試。

惟台水公司管線大部分仍為 PVC 管路，管壓在 1~2kg/cm^2 以下，其洩漏訊號衰減快速難以像鋼管系統可有效遠距洩漏監測，仍須借助經驗豐富的檢漏員於該區域進行實地聽音檢漏以確定漏點位置。然而，實地進行聽音測漏時，環境音的干擾常造成檢漏員困擾以致檢漏與修漏難度提高。

近年來，人工智慧（AI）應用正在各產業持續發酵，深度學習被大量應用，因其可對訊號做深層分析，學習訊號的隱性結構，因此訓練出來的模型較不易受環境雜訊干擾，適合應用在聲音事件偵測系統[11]。因此，本研究建立智慧漏水音輔助辨識系統，開發並使用本土化 AI 漏水診斷儀器擷取現場動態音訊，即應用 AI 深度學習的方法進行測漏，最後整合物聯網技術同步進行洩漏事件辨識及漏點定位，運用此方法可以有效協助新進人員甚至非專業檢漏人力進行洩漏快篩，協助檢漏人員快速的找出疑似洩漏區域，並追蹤及管理管網洩漏狀況，強化自來水漏水檢出效率，將有利於未來雲端平台的大數據分析，進行管路漏水點預測與防治。

三、研究目標

本研究由台水公司三區處資深檢漏員於供水轄區內測漏並大量提供自來水管線漏水音資料、檢漏技術及後續開挖驗證，結合工研院 AI 技術所合作開發的智慧漏水音輔助辨識系統與 AI 漏水診斷儀器，架構示意圖如圖 1 所示。本研究先建構一種結構劣化的聲振診斷系統，包括：聲波感測單元、聲振診斷模組以及訊號連接聲波感測單元和聲振診斷模組的通訊模組；接著進行音訊雜訊化處理後，透過梅爾倒譜系數（Mel-scale Frequency Cepstral Coefficients，簡稱 MFCC）解離音訊，再用 AI 深度學習建立資料庫進行辨識其為環境音或者洩漏音等；此外，亦開發手機版雲端智慧漏水訊號診斷與管理平台，如圖 2 所示，檢漏人員或非專業檢漏人員應用新型管網 AI 洩漏快篩模式，對區域管網進行 AI 漏水偵測，可縮限疑似漏水區域達 20m^2 以內，以加速自來水之漏水檢出效率並降低專業檢漏人員之工作負擔。

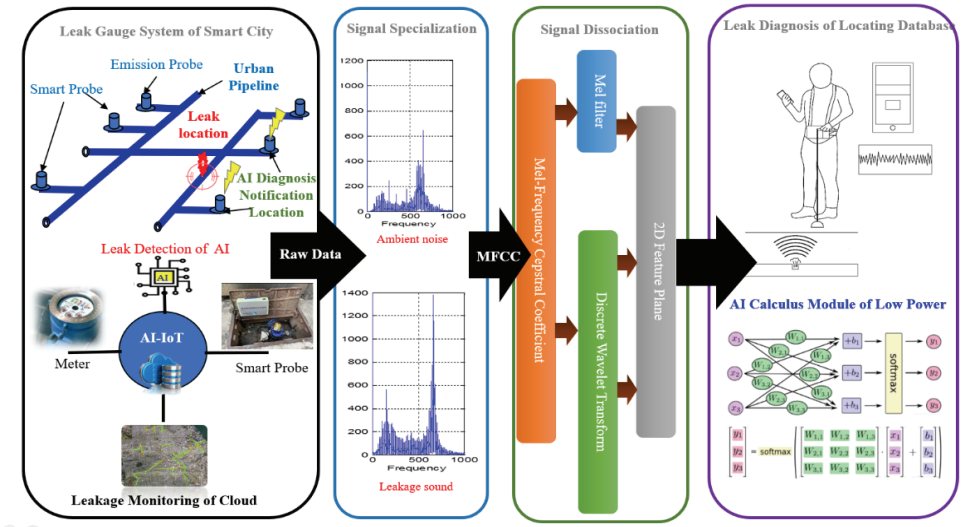


圖 1　智慧漏水音輔助辨識系統流程圖

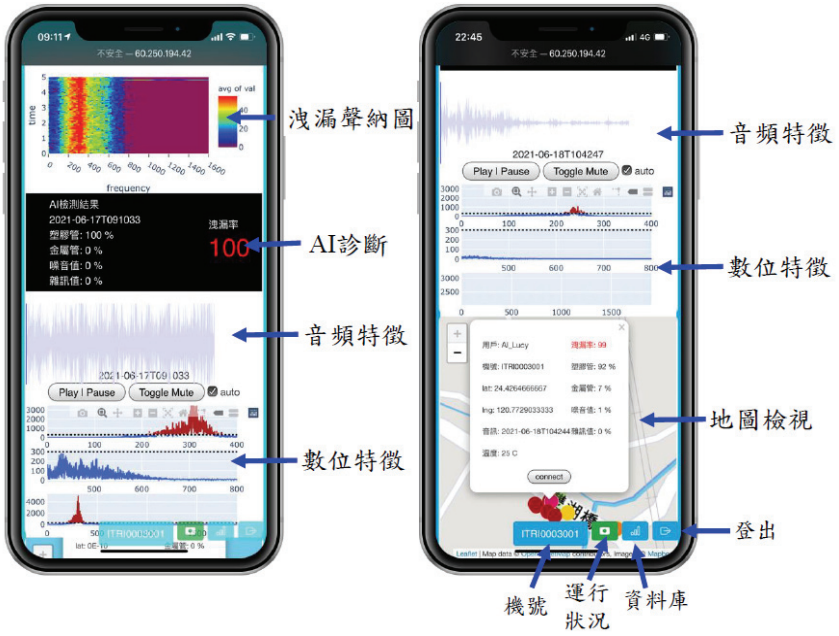


圖 2　雲端智慧漏水訊號診斷與管理平台(手機介面)

四、研究方法

本研究的目標為由非專業檢漏人員於台水公司第三區處轄區管線之地面擷取音訊進行管線上的訊號收集並可由雲端資深檢漏人員協助現場人員進行測漏及漏水點複診斷，作業流程如圖 3 所示。

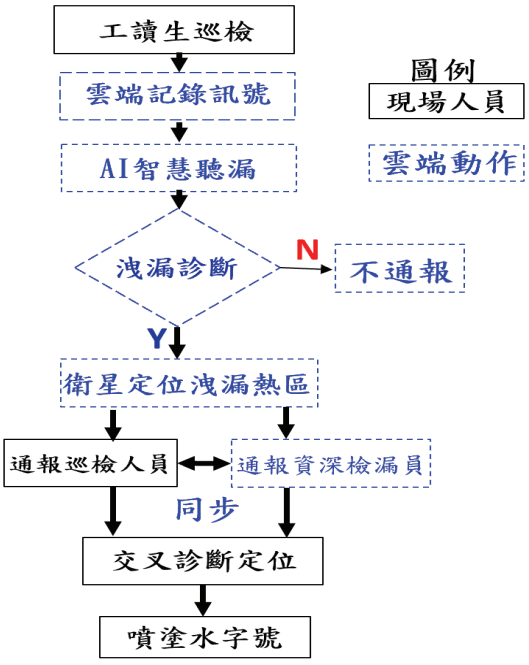


圖 3　AI 技術支援新人或非專業檢漏人員檢漏作業流程

為證實 AI 漏水診斷儀器的可信度，因此由工研院聘請之工讀生(代表非專業檢漏人員)如圖 4 所示，攜帶 AI 漏水診斷儀器於新竹及苗栗地區管網進行智慧測漏系統驗證。

圖 4　非專業檢漏人員(工讀生) 使用 AI 漏水診斷儀器測漏

並於測漏時，雲端漏水音智慧診斷服務系統會同步紀錄檢漏歷程，記錄如圖 5-a 所示，當本系統於管段發現洩漏時會自動快篩洩漏範圍如圖 5-b 所示。

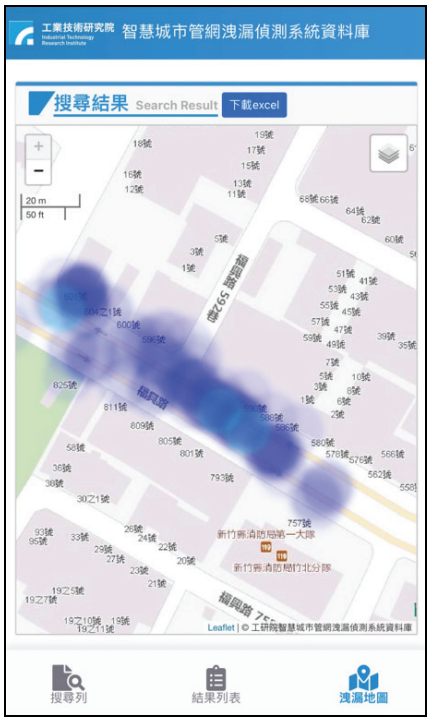


圖 5-a　智慧科技測漏軌跡

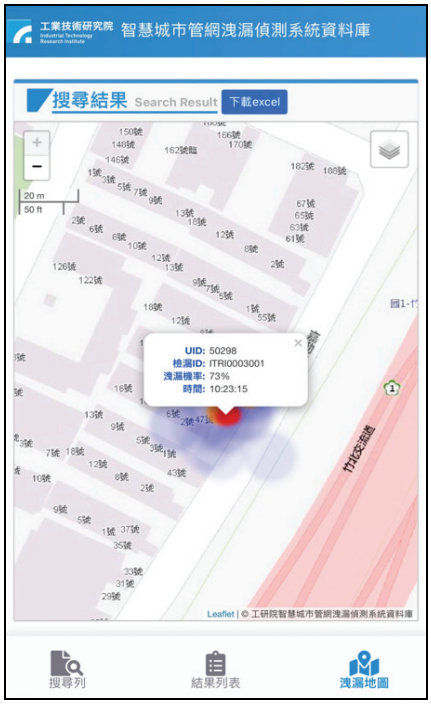


圖 5-b　智慧科技洩漏定位

並依據系統快篩之範圍及 AI 診斷之結果於洩漏處進行噴塗水字號，如圖 6-a 所示，同時也通報廠所人員進行開挖驗證地底管線是否漏水，如圖 6-b 所示。本研究實際紀錄並統計相關驗證資訊，包含：開挖結果、洩漏量與管徑大小等，藉此驗證 AI 漏水診斷儀器與智慧漏水音輔助辨識系統之效益。

圖 6-a　智慧科技測漏偕同診斷漏水點噴塗

圖 6-b　智慧科技測漏洩漏點開挖驗證

五、AI智慧科技應用測試結果

(一)AI 智慧科技協助檢漏員複測診斷結果

本研究於台水第三區處進行 AI 智慧科技測漏技術驗證第一階段於 109 年 4 月至 111 年 3 月底止，由 AI 系統協助檢漏員進行洩漏點輔助診斷，於研究期間 AI 系統輔助

複測 214 處洩漏點，其時間分布如圖 7 所示。經開挖後，記錄破損的供水管種類詳細資料如表 1 所示，供水管種類大多數為 PVC 管，佔整體開挖結果 97.20%共 208 件、接合管整體開挖結果 1.87%，而開挖無洩漏佔 2 件(0.93%)，由此數據顯示 PVC 管為主要的洩漏發生主因。

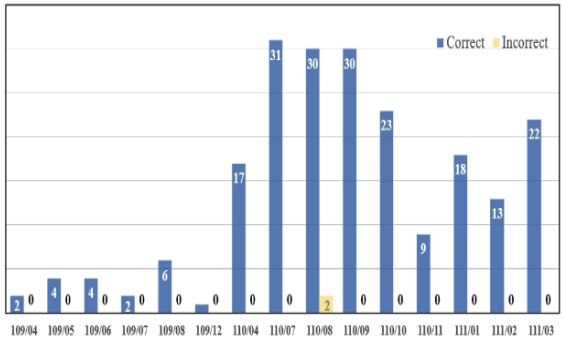


圖 7　AI 智慧測漏科技協助檢漏員複測點統計

表 1　AI 智慧測漏科技複測點開挖驗證漏水管種統計

漏水管種	開挖件數	整體百分比
PVC 管	208	97.20%
接合管	4	1.87%
無洩漏	2	0.93%
總和	214 件	100%

表 2 為經開挖統計 214 處洩漏點之不同管徑詳細資料，結果顯示洩漏管徑為 80mm 以下(小口徑管線)，佔整體開挖結果 69.16%(共 148 件)、100mm 管徑佔比為 19.16%(共 41 件)、150mm 管徑佔比為 5.61%(共 12 件)、200mm 管徑佔比為 3.74%(共 8 件)、250mm 以上之管徑佔比為 1.40%(共 3 件)以及開挖無洩漏佔比 0.93%(共 2 件)，由上述數據顯示管徑 80mm 以下小口徑管線為主要的洩漏發生事件。

表 2　AI 智慧測漏科技複測點開挖驗證漏水管徑統計

漏水管徑	開挖件數	整體百分比
80mm 以下	148	69.16%
100mm	41	19.16%
150mm	12	5.61%
200mm	8	3.74%
250mm 以上	3	1.40%
無洩漏	2	0.93
總和	214	100%

(二)非專業人員(工讀生)應用 AI 智慧科技測漏驗證結果

最後本研究第二階段於 111 年 7 月至 111 年 8 月底(約 13 天)，進行非專業人員(工讀生)智慧科技測漏，驗證非專業人員(工讀生)使用本系統是否可有效測漏小區自來水管線及快篩洩漏區域，驗證範圍由台水公司第三區處提供新竹縣竹北市兩小區進行試辦，驗證過程中，資深檢漏員可於系統上全程監看非專業人員(工讀生) 測漏歷程，當系統標示出洩漏點時，第三區處資深檢漏員會同步進行複測，藉此方法了解非專業人員(工讀生)進行智慧科技測漏之效益。

於研究期間測漏管線長度共計 13.4 公里，系統快篩出 15 處疑似洩漏點，並於圖資標示出位置分布如圖 8 所示。

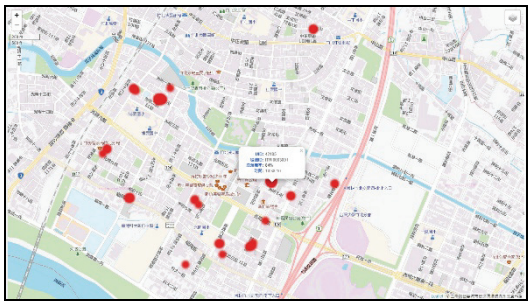


圖 8　AI 智慧科技測漏非專業人員(工讀生)結果

當本系統快篩出洩漏區域時，會同步傳遞位置給台水公司第三區處資深檢漏人員，再依據洩漏訊息於現場進行複測，如為洩漏則標記水字號，研究期間共計標示 12 處洩漏，未洩漏為 3 處，其檢測結果如表 3 所示，表 4 為統計洩漏點之不同管徑詳細資料，結果顯示洩漏管徑為 80mm 以下(共 4 件)、100mm 管徑(共 5 件)、150mm 管徑(共 1 件)、200mm 管徑(共 2 件)，上述數據顯示，非專業人員(工讀生)進行 AI 智慧科技測漏，快篩管線可能洩漏範圍，再由檢漏員進行精確洩漏標定，運用此法洩漏檢出正確率可達 80%。

表 3　非專業人員(工讀生)AI 智慧科技測漏結果

漏水管種	檢測件數	整體百分比
PVC 管	10	66.66%
接合管	2	13.33%
無洩漏	3	20%
總和	15 件	100%

表 4　AI 智慧科技檢測漏水管徑統計

漏水管徑	檢測件數	整體百分比
80mm 以下	4	26.66%
100mm	5	33.33%
150mm	1	6.66%
200mm	2	13.33%
250mm 以上	0	0%
無洩漏	3	20%
總和	15	100%

六、結論

本研究已成功開發智慧漏水音輔助辨識系統，即以本土化 AI 漏水診斷儀器擷取現場動態音訊，整合物聯網技術同步進行洩漏事件辨識與漏點定位，並以本系統為基礎，檢漏員進行 AI 洩漏點輔診斷成功率可達平均 90%以上，以此模型系統進行非專業人員(工讀生)AI 智慧科技驗證後，共快篩出 15 處洩漏點，經由檢漏員複測後確認 12 處為洩漏，其整體洩漏檢出正確可率達 80%，且資深檢漏人員可藉由雲端與現場新進人員甚至非專業人員(工讀生)互動，即時掌握管線現況資訊，降低誤判可能性。

未來期許這套台水公司與工研院合作研發之智慧漏水音輔助辨識系統可以協助新進人員甚至非專業人力(工讀生)使用進行檢漏工作，可有效、快速、精準定位洩漏區域，並即時修復，提升當前洩漏診斷檢出率與達到管線維護之效益，並可朝向由建置測漏雲端服務，收取服務費用及 AI 設備銷售權利金等，以增加公司收入。

參考文獻

1.H.V. Fuchs, R. Riehle, Ten years of experience with leak detection by acoustic signal analysis, Applied Acoustics 33 (1991) 1 – 19.

2.D.A. Liston, J.D. Liston, Leak detection techniques, Journal of the New England Water Works Association 106 (1992)

3.Y. Gao, M.J. Brennan, P.F. Joseph, J.M. Muggleton, O. Hunaidi, A model of the correlation function of leak noise in buried plastic pipes, Journal of Sound and Vibration 277 (2004) 133 – 148.

4.Y. Gao, M.J. Brennan, P.F. Joseph, A comparison of time delay estimators for the detection of leak noise signals in plastic water distribution pipes, Journal of Sound and Vibration 292 (2006)

552 – 570.

5.R. Long, K. Vine, M.J.S. Lowe, P. Cawley, Monitoring acoustic wave propagation in buried cast iron water pipes, Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation 20 (2001) 1202 – 1209.

6.R. Long, P. Cawley, M.J.S. Lowe, Acoustic wave propagation in buried iron water pipes, Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences 459 (2003) 2749 – 2770.

7.J.M. Muggleton, M.J. Brennan, R.J. Pinnington, Wavenumber prediction of waves in buried pipes for water leak detection, Journal of Sound and Vibration 249 (5) (2002) 939 – 954.

8.J.M. Muggleton, M.J. Brennan, P.W. Linford, Axisymmetric wave propagation in fluid-filled pipes: wavenumber measurements in invacuo and buried pipes, Journal of Sound and Vibration 270 (1 – 2) (2004) 171 – 190.

9.J.M. Muggleton, M.J. Brennan, Leak noise propagation and attenuation in submerged plastic water pipes, Journal of Sound and Vibration 278 (3) (2004) 527 – 537.

10.Hunaidi, A. Wang, M. Bracken, T. Gambino, C. Fricke, Acoustic methods for locating leaks in municipal water pipe networks, International Conference on Water Demand Management, Dead Sea, 2004, pp.1 – 14

11.Emre Cakir, Toni Heittola, Heikki Huttunen and Tuomas Virtanen, "MULTI-LABEL VS. COMBINED SINGLE-LABEL SOUND EVENT DETECTION WITH DEEP NEURAL NETWORKS ," 2015.

作者簡介

蔡曜隆先生

現職：工業技術研究院資深研究員。

專長：應力分析、流體分析、震動分析 。

張洪誌先生

現職：工業技術研究院研究員。

專長：人工智能應用於智能機械和製造。

林士能先生

現職：工業技術研究院副研究員。

專長：智能機械、有限元素法。

邱菱蕙小姐

現職：虎尾科技大學副教授。

專長：奈米材料與能源工程、創新設計。

林高玄先生

現職：台灣自來水公司第三區管理處漏水防治課代理課長

專長：漏水防治、土木工程

丘宗仁先生

現職：台灣自來水公司第三區管理處處長

專長：自來水工程、漏水防治、土木工程

模擬自來水於管線滯留日數之水質變化探討

文/張晉豪、吳任富、鐘錦珍

摘要

供水系統的末端，通常是用戶較為稀少，故用水量相對較少，管線內部水的流動也會較於緩慢，此一特性使得水於管線末端產生滯留，成為水質問題。

當水中溶解的 Mn^{2+} 被氧化成不溶形式 Mn^{3+} 和 Mn^{4+} 時，可能形成顆粒使自來水變渾濁並呈黑褐色，造成美觀和操作的問題。這些顆粒會使自來水變渾濁並呈黑褐色，本篇研究針對水中錳會造成水有顏色之問題進行探討。

水中錳過濾前後差異與經過天數之回歸分析，顯示錳濾前後差異與經過天數呈現正相關性，以滿管狀態下錳差異（於管中水體的錳固體物）達到 0.05mg/L 需經過 29 天；若是半管狀態則只需 17 天就達到，以此推斷之資料可供現場操作人員參考。

關鍵字：錳、自來水管線、停留時間

一、研究緣起與目的

近年由於水中鐵或錳累積造成供水變色，或是因濁度過高造成濁水現象，造成自來水淨水場管線末端水質事件頻傳。

供水系統的末端，通常是用戶較為稀少，故用水量相對較少，管線內部水的流動也會較於緩慢，此一特性使得水於管線末端產生滯留，成為水質問題。

當水中溶解的 Mn^{2+} 被氧化成不溶形式 Mn^{3+} 和 Mn^{4+} 時，可能形成顆粒使自來水變渾濁並呈黑褐色，造成美觀和操作的問題。這些顆粒會使自來水變渾濁並呈黑褐色，導致消費者投訴並削弱消費者對水安全的信心。此外，錳顆粒會沉積在消費者家庭或企業的管道和用水設備中，包括熱水器、洗碗機、洗衣機和軟水機。如果這些設備沒有定期清理，導致無法正常運作，也會對消費者產生負面的經濟影響。

自來水的源頭水質固然為合乎水質標準，但在管線末端一段時間的累積下，依然會有超過標準的水質事件發生，需要經由管線排水的動作去清除管線末端累積髒污的水體，但多久需進行排水及需排水多少數量，卻只能依靠經驗或是運氣。

本篇研究針對水中錳會造成水有顏色之問題進行探討，並期待能以此結果作為現場人員操作之依據。

二、研究方法與過程

此一章節旨在說明本研究所使用的研究方法與過程，分別以研究架構、研究方法及研究過程等部分進行說明。

為了解自來水管線末端水滯留於管中，造成管線末端水質鐵、錳及濁度變化情形；本次研究架構詳如圖 1。

(一)研究架構

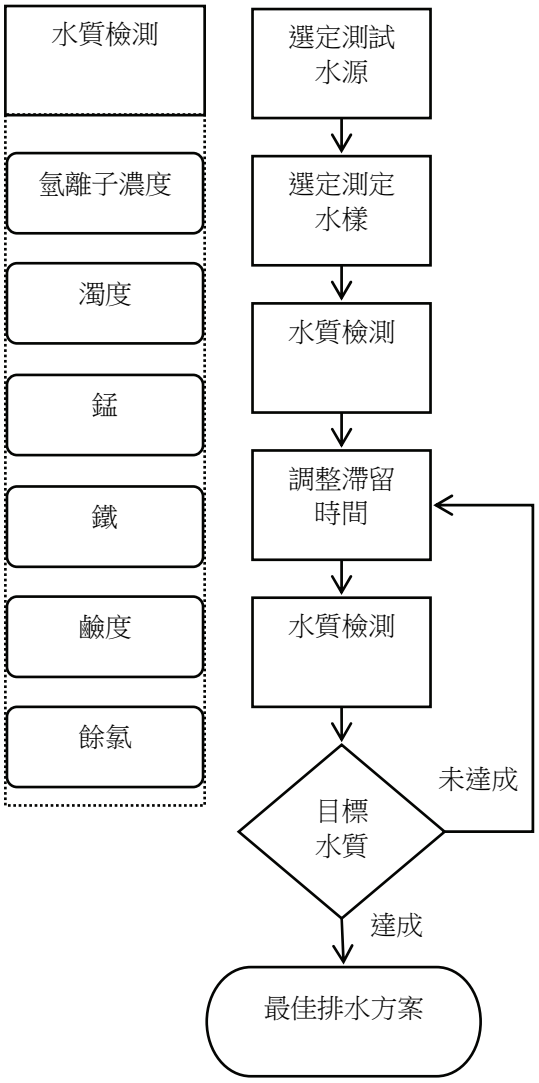


圖 1　研究架購流程圖

(二)研究方法

本案首先選定要進行研究之水源：此水源產水進入到管網之後，於管線末端產生水質問題。由上述選址方式，本次找到草屯淨水場營盤口 12 號井。

經由水質檢測先得出水源之水質數據，然後再定量採水放置於棕色塑膠杯（模擬水於塑膠管中的滯留狀態），間隔定量時間後再採樣檢測水質，比較前後之數值，模擬管線末端多久時間後水質開始惡化，藉此找出最佳之排水方案，水質檢測項目詳細資料詳如表 1。

表 1　水質檢測項目詳細資訊表

水質檢測			
項目		執行方式	備註
採樣	地點	選定之原水水源	
	方法	依各檢項規定之採樣及保存方式採集水樣。	
檢測	項目	濁度、氫離子濃度指數、水溫、鐵、錳、鹼度	
	方法	1.濁度　NIEA W219.52C 2.氫離子濃度指數　NIEA W424.53A 3.水溫　NIEA W217.51A 4.鐵　NIEA W311.54C 5.錳　NIEA W311.54C 6.鹼度　NIEA W449.00B	

(三)研究過程

本研究於 111 年 2 月 11 日於營盤口 12 號井採樣，接著加入次氯酸鈉（消毒劑）混和後分裝至 500 mL 棕色塑膠瓶中（PP），模擬管線滿管及管線半滿管分成滿瓶及半瓶靜置於陰暗乾燥處，如圖 2。

以一星期為一個單位，依次增加時間，水樣放置至指定時間後，將水樣開封，現場檢驗水中濁度、氫離子濃度指數（pH）、水溫、氣溫及鹼度，另將水樣分成未過濾及過濾（0.45 μm 玻璃濾紙），過濾示意如圖 3，接著再分裝加藥後進行水中重金屬檢測（詳圖 4、圖 5）。

圖 1　水樣放置情形圖

圖 2　水樣過濾示意圖

圖 3　水分裝示意圖

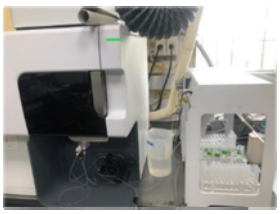


圖 4　重金屬上機示意圖

三、研究結果

本研究藉由不同放置時間觀察水中水質之變化，主要對於水中餘氯、pH、濁度、鹼度、鐵及錳等面向進行探討。

(一)水源背景資料分析

本次研究所選取之位置為營盤口第 12 號井，本水源每兩年會採樣檢驗水源水質，水質資料如表 2 所示，其中錳幾乎都超過 0.05 mg/L，錳的飲用水水質標準為 0.05 mg/L，若處理不完全，管線末端長期累積下，容易造成水質超標或配水管網內出現黑水事件。

表 2　營盤口 12 號井 102 至 110 年水源水質資料表

採樣日期 / 檢驗項目	102/12/10	104/10/13	106/08/15
大腸桿菌群 (CFU/100mL)	3	1	2
化學需氧量 (mg/L)	ND	4.4	ND
氨氮 (mg/L)	ND	ND	ND
硝酸鹽氮 (mg/L)	1.54	0.56	0.72
總有機碳 (mg/L)	0.5	ND	ND
總硬度 (mg/L)	67.9	70.8	93.4
砷 (mg/L)	ND	0.00051	ND
硒 (mg/L)	ND	0.00193	ND
鉛 (mg/L)	ND	ND	ND
銀 (mg/L)	0.00446	ND	ND
銅 (mg/L)	ND	ND	ND
鉻 (mg/L)	ND	0.00215	ND
鋅 (mg/L)	ND	0.0171	ND
銻 (mg/L)	ND	ND	ND
鋁 (mg/L)	ND	0.0199	ND
鋇 (mg/L)	ND	0.00344	ND
錳 (mg/L)	0.047	0.053	0.0562
鎳 (mg/L)	ND	ND	ND
鎘 (mg/L)	ND	0.00018	ND
鐵 (mg/L)	ND	ND	ND
汞 (mg/L)	ND	0.00048	ND
鈹 (mg/L)	ND	0.00006	ND
鉬 (mg/L)	0.00085	0.00108	0.00082

採樣日期 / 檢驗項目	108/08/14	110/06/23
大腸桿菌群 (CFU/100mL)	<1	<1
化學需氧量 (mg/L)	ND	ND
氨氮 (mg/L)	ND	ND
硝酸鹽氮 (mg/L)	0.70	0.72
總有機碳 (mg/L)	ND	ND
總硬度 (mg/L)	71.4	83.0
砷 (mg/L)	ND	0.00018
硒 (mg/L)	ND	ND
鉛 (mg/L)	ND	0.00039
銀 (mg/L)	ND	ND
銅 (mg/L)	0.00108	0.00110
鉻 (mg/L)	ND	ND
鋅 (mg/L)	0.0172	0.0152
銻 (mg/L)	ND	ND
鋁 (mg/L)	ND	-
鋇 (mg/L)	ND	0.00234
錳 (mg/L)	0.0735	0.062
鎳 (mg/L)	ND	0.00031
鎘 (mg/L)	ND	ND
鐵 (mg/L)	0.0166	0.012
汞 (mg/L)	ND	ND
錒 (mg/L)	ND	ND
鉬 (mg/L)	0.00082	0.00081

(二)加氯氧化（消毒）後水之水質變化

營盤口淨水場淨水處理為加次氯酸鈉氧化及曝氣，為了解此水源經氧化的水質變化，於 110 年 9 月 29 日採集營盤口井原水進行杯瓶試驗，步驟如下：於水樣中加入 0.4 ppm 餘氯後，設定轉速 60 rpm 執行 30 秒，依照不同靜置時間（每次間隔兩小時）採集水樣檢測濁度、餘氯及 pH，另鐵、錳檢測主要針對未氧化的殘量，故加入硫代硫酸鈉去除餘氯後使用 0.45 μm 濾紙過濾，最後再檢驗其水質，水質資料如後說明。

濁度在 0.21 至 0.44 NTU 區間，餘氯在 0.24 至 0.53mg/L 區間，pH 在 7.74 至 8.35 區間。濁度及餘氯有慢慢下降之趨勢，pH 則是有慢慢上升之趨勢，水質資料詳圖 6。

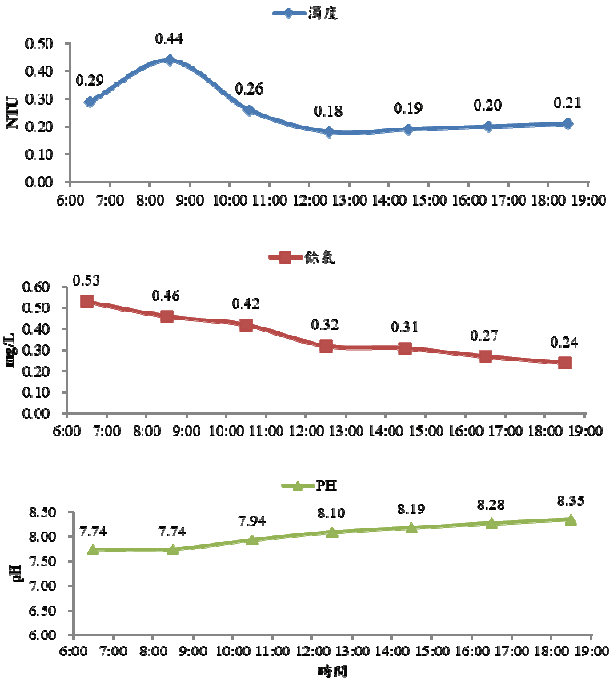


圖 6　營盤口井原水杯瓶試驗濁度、餘氯、pH 資料序列圖

鐵在 0.000 mg/L 至 0.0067 mg/L 區間，錳在 0.0050 mg/L 至 0.0366 mg/L 區間。錳有明顯下降之趨勢，下降幅度每小時約 0.0026 mg/L，鐵則穩定不太有變化，水質資料詳圖 7。

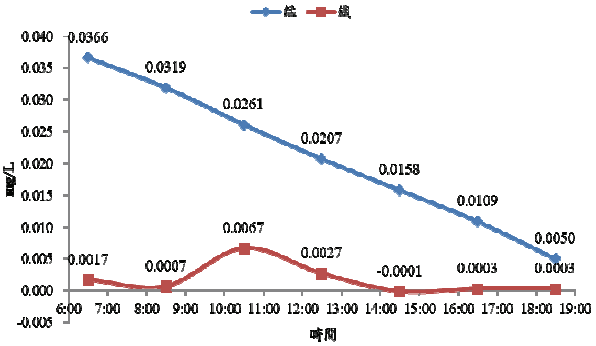


圖 7　營盤口井原水杯瓶試驗鐵錳資料序列圖

綜合上述資料，水中錳隨時間推移而不斷被氯氧化，形成錳固體形態，此時再經由 0.45 μm 的濾紙可將其去除。另需注意的是，水中 pH 值亦會隨時間緩緩上升。

(三)模擬塑膠管滯留水之水質分析

本研究由水中水溫、pH、餘氯、濁度、鹼度、鐵及錳等項目研討，因水樣關係，鐵、錳項目自 3 月 4 日起才有檢測數據。

水溫介於 18.0℃至 26.7℃間，由一開始先是持平，到了 49 日之後開始比較明顯的下降，另外是滿瓶狀態的水溫均低於半瓶狀態的水溫，平均差距約 0.5℃，水溫變化圖詳圖 8。

水中餘氯介於 0.4 mg/L 至 0.01 mg/L 間（飲用水標準為 0.2 至 1.0 mg/L），由最初 0.4 mg/L 左右慢慢下降至 0.01mg/L；滿瓶狀態的餘氯呈現等差衰減，約為每七日衰減 0.05 mg/L 直至 0.01 mg/L，半瓶狀態則是前 14 日快速衰減至 0.01 mg/L，半瓶狀態之餘氯均低於滿瓶狀態的餘氯，水中餘氯變化圖詳圖 9。

水中 pH 值介於 6.8 至 8.4 間（飲用水標準為 6.0 至 8.5），由一開始先是持平，到了 49 日之後開始比較明顯的下降，另外是滿瓶狀態的 pH 均低於半瓶狀態的 pH，平均差距約 0.5，水中 pH 值變化圖詳圖 10。

水中濁度介於 0.5 NTU 至 2.0 NTU 間，最初由 2.0NTU 隨著時間慢慢下降至 0.5NTU，水中濁度變化圖詳圖 11。

水中鹼度介於 90 mg/L 至 104 mg/L 間，較無明顯之趨勢，水中鹼度變化圖詳圖 12。

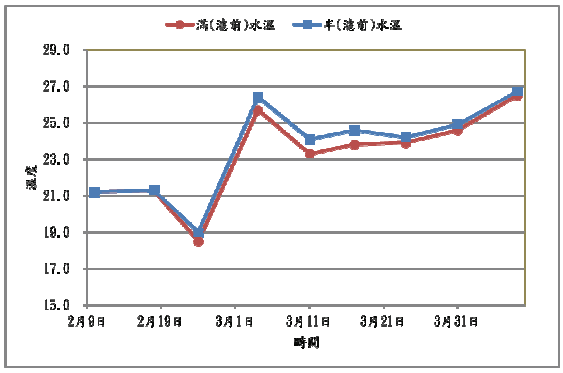


圖 8　水溫時間序列圖

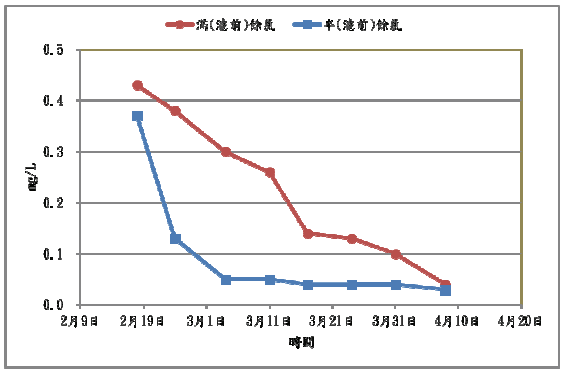


圖 9　餘氯時間序列圖

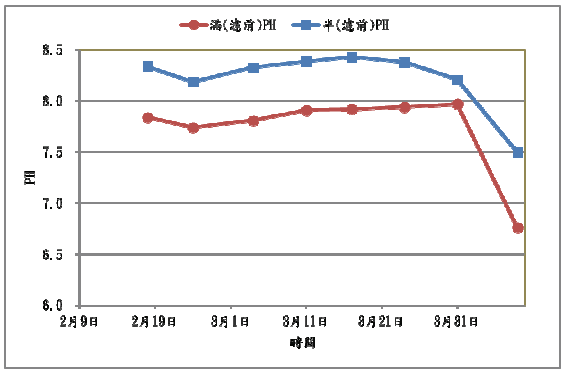


圖 10　pH 時間序列圖

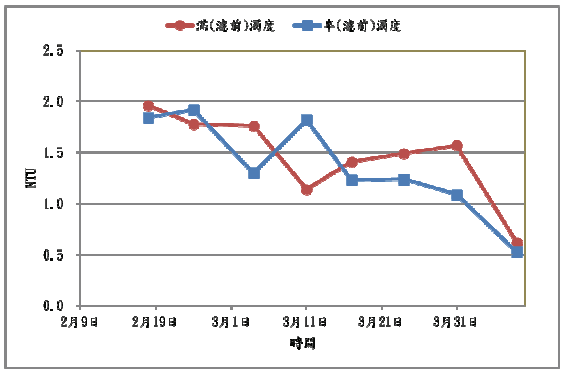


圖 11　濁度時間序列圖

水中鐵濾前值介於 0.124 mg/L 至 0.192 mg/L 間（飲用水標準為 0.03 mg/L），由一開始先是 0.134mg/L 緩緩上升至 0.192mg/L，半滿瓶狀態的鐵略高於滿瓶狀態的鐵，於放置 49 日之後增加幅度明顯上升；鐵濾後值介於 0.029 mg/L 至 0.093 mg/L 間，過濾後之數值較穩定約維持在 0.03mg/L 左右，水中鐵值變化圖詳圖 13。

水中錳濾前值介於 0.063 mg/L 至 0.163 mg/L 間（飲用水標準為 0.005 mg/L），由一開始先是 0.113mg/L 緩緩上升至 0.163mg/L，半滿瓶狀態的錳高於滿瓶狀態的錳，差距約 0.020 mg/L 左右，於放置 49 日之後增加幅度明顯上升；錳濾後值介於 0.017 mg/L 至 0.052 mg/L 間，過濾後之數值較穩定約維持在 0.035mg/L 左右，水中錳值變化圖詳圖 14。

本研究針對水中錳濾前後的差異（於管中水體的錳固體量）與經過天數進行線性回歸分析，於滿瓶狀態下可得出回歸方程式為 y= 551.9 x + 1.5688，R2=0.8729，於半瓶狀態下可得出回歸方程式為 y=401.32 x－2.9029，R2=0.6837，回歸關係詳圖 15 及圖 16。以滿管狀態下錳差異（於管中水體的錳固體物）達到 0.05mg/L 需經過 29 天；若是半管狀態則只需 17 天就達到。

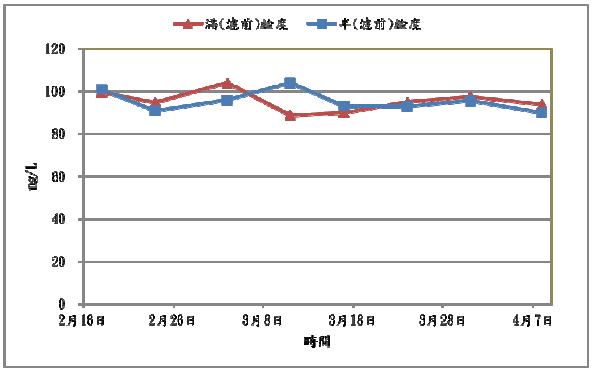


圖 12　鹼度時間序列圖

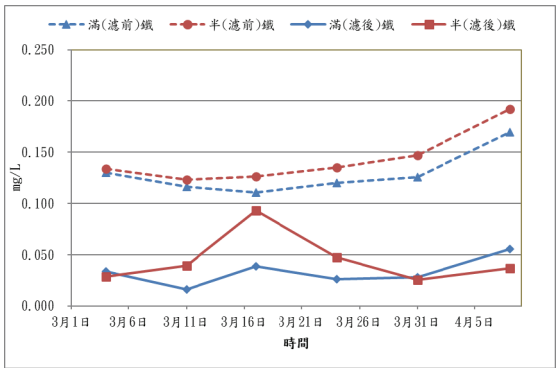


圖 13　水中鐵時間序列圖

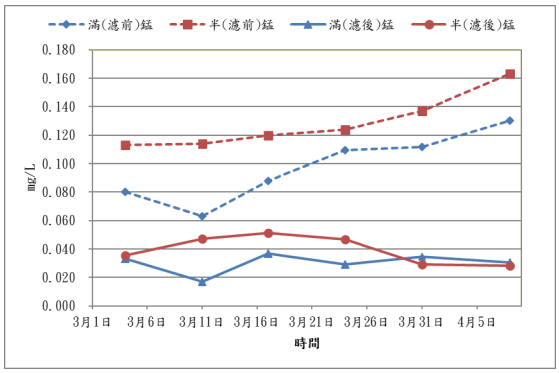


圖 14　水中錳時間序列圖

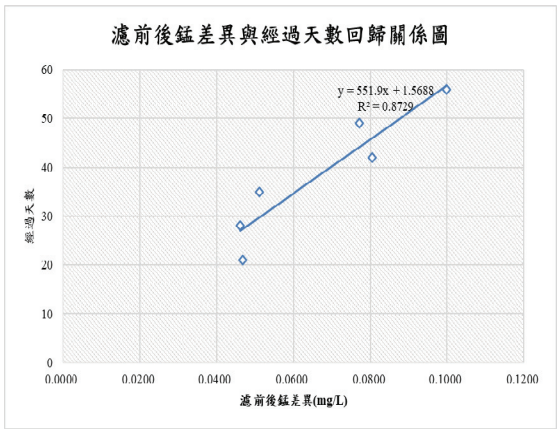


圖 15　滿瓶狀態錳異差與天數回歸圖

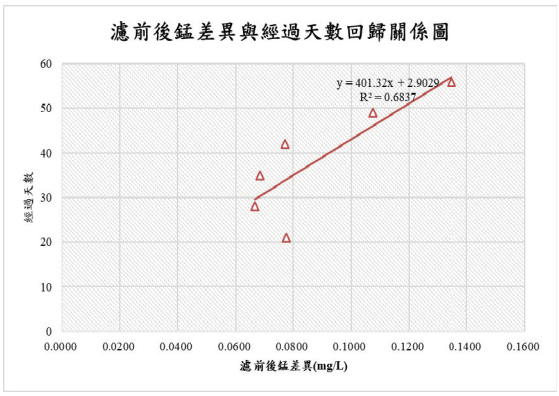


圖 16　半瓶狀態錳異差與天數回歸圖

四、結論與建議

(一)結論

經過研究結果得到以下結論：

1.營盤口原水加藥實驗中可發現含有餘氯之原水會依照時間的推進不斷的將錳氧化，使其成為固態，幅度每小時約 0.0026 mg/L。

2.模擬塑膠管滯留水之水質分析發現半瓶狀態時水中餘氯會快速衰減至消失，滿瓶狀態下則是以定時定量的方式衰減。

3.模擬塑膠管滯留水之水質分析於鐵及錳的部分發現經由 0.45 μm 過濾後，水中的鐵及錳均可保持在約 0.03mg/L 及 0.035mg/L 的情況。

4.由錳濾前後差異與經過天數之回歸分析，得出於滿瓶狀態下回歸方程式為 y= 551.9 x + 1.5688，R2=0.8729，於半瓶狀態下回歸方程式為 y=401.32 x – 2.9029，R2=0.6837。以滿管狀態下錳差異（於管中水體的錳固體物）達到 0.05mg/L 需經過 29 天；若是半管狀態則只需 17 天就達到。以此推斷之資料可供現場操作人員參考。

參考文獻

1.I. L. Breda, L. Ramsay, D. A. Søborg, R. Dimitrova, P. Roslev,"Manganese removal processes at 10 groundwater fed full-scale drinking water treatment plants,"Corrigendum: Water Quality Research Journal 54(4), 326 – 337(2020)

2.John E. T., Arianne B., Joseph G.,Xuyen M.,Chuyen N.,"Manganese Removal from Drinking Water Sources," Curr Pollution Rep 2:168-177(2016)

3.James J. M.,"Kinetics of reaction between O2 and Mn(II) species in aqueous solutions," Geochimica et Cosmochimica Acta,Vol. 69 No.1 pp.35-48(2005)

4."Manganese in Drinking Water", Health Canada

5."Iron and Manganese Removal Handbook", Amerecan Water Works Association(2015)

6.王自立、黃俊惟、林志憲「DIP管管末自動排水裝置使用模式之效益分析」(2018)

7.江漢全，「水質分析」(1996)

8.李思誼、黃俊惟「管末自動排水裝置於水質效益之研究」(2017)

9.李承龍、陳秀、黃永在、吳俊儀、鄭堡文、黃文惠「自來水採樣排水時間對水質重金屬含量變化之探討」(2020)

10.胡伯瑜，「自來水過濾程序中錳砂對水中錳離子界面反應之探討」，碩士論文，國立中興大學環境工程研究所(2004)。

11.陳仁慶，「錳離子在人工錳砂表面吸附反應之研究」，碩士論文，國立中興大學環境工程研究所(2002)。

12.黃耀賢，「前氧化結合截留式微過濾處理含鐵錳地下水之研究」，碩士論文，國立交通大學環境工程研究所，新竹(2010)。

作者簡介

張晉豪先生

現職：台灣自來水公司第四區管理處水質課工程員

專長：環境工程

吳任富先生

現職：台灣自來水公司第四區管理處水質課技術士

專長：儀器分析

鐘錦珍女士

現職：台灣自來水公司水質處組長

專長：環境科學、儀器分析

淨水場就地生產氯消毒劑之實例探討

文/蔣承廷、張光翹、李丁來

摘要

目前自來水事業是採用液氯與次氯酸鈉作為消毒劑，但液氯與次氯酸鈉在運送與貯存過程中，可能有洩漏風險，引發公安問題。且次氯酸鈉會隨著存放時間而使濃度衰減。故本研究擬提出國外成功案例，如以色列 Mekorot Ashkelon 地下水設施、加拿大蒙特婁市 Atwater 淨水場及 Charles-J. Des Baillets 淨水場、香港大埔淨水場、美國加州聖地亞哥市 Otay 自來水場及東京都水道局朝霞淨水場等，改採用該系統的緣由、選用之設備廠牌型號和操作模式進行實例探討。

關鍵字：現地生產、次氯酸鹽、氯氣、消毒劑、OSG 系統

一、緣由

淨水場傳統處理流程為原水進入分水井，經前加氯、混凝、沉澱、過濾後，再經後加氯消毒，確保清水水中餘氯及水質安全。而目前自來水事業所採加氯劑係採用液氯和次氯酸鈉兩種消毒劑，液氯於運送途中和貯存於氯倉時，皆有潛在洩漏風險；而次氯酸鈉則會發生濃度衰減、貯存用地空間大及運送途中可能發生之工安問題，故一般中小型淨水場採用次氯酸鈉為消毒劑，對於大型淨水場仍維持採液氯消毒(惟基於工安考量亦有漸採次氯酸鈉消毒劑之趨勢)。

為降低液氯洩漏風險，並兼顧土地利用效率，倘大型淨水場採用現地生產氯消毒劑方式，將可按需求量生產，提升消毒劑之有效性、減少貯存需求、提升運送之安全和操作彈性，本研究將蒐集現地生產氯消毒劑方式之文獻資料及國外廠商既有技術能力探討分析。

二、國外OSG系統應用案例

(一)以色列 Mekorot Ashkelon 次氯酸水產生器安裝案例

以色列 Mekorot Ashkelon 地下水設施 Migdal 4 泵站供應 150-200 立方米/小時的地下水，由於靠近居民區，Mekorot 工程師決定通過升級到現場次氯酸鈉生成來消除液體次氯酸鹽的運輸和儲存危險，並採用 CQM WATER 現場無鹽水次氯酸鹽生成技術。

該系統可直接從水源中天然存在的氯化物中生產高達 200 克/小時的混合氧化劑溶液（主要是 100%純次氯酸鹽）。這一獨特的系統系列幾乎無需維護，並且易於安裝和操作（自動和遠程）。安裝現場圖 1 及示意圖 2。

圖 1　現場安裝圖

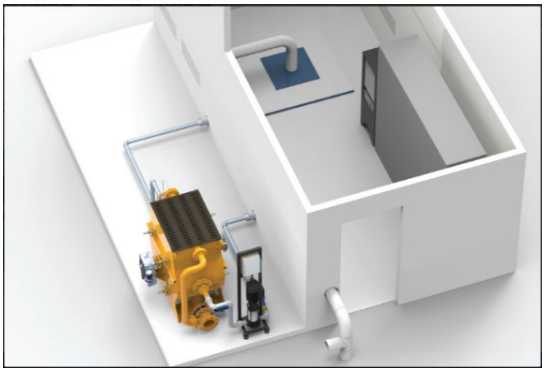


圖 2　安裝示意圖

在升級到 CQMWATER 電氯化技術之後，Mekorot 南部供水裝置報告稱，與之前具有相似特性的站點的液氯系統相比，維護成本降低了 60%，設備操作情形如下：

1.該系統能夠生產高達 200 克/小時(280ppm)氯化物。

2.電解氯化系統產生的氯穩定在目標濃度為 0.4mg/L 的產品水中，濃度範圍為 0.3-0.7mg/L。

3. 在 Migdal 4 泵站的運行條件下（150-200m^3/h），這些條件下的氯需求量為 60-100 克/小時。

4.系統耗電量約為 2.3KW/h（僅電解單元）。

5.在系統已運行 4 年，由於系統的自動高效機械清潔，無需對電極進行化學清潔。

(二)加拿大蒙特婁市 Atwater 淨水場及 Charles-J. Des Baillets 淨水場應用概況

Atwater 淨水場興建於 1910 年，距今已有 111 年歷史，產能原為 20 萬 m^3/d，2010 擴建至 68 萬 m^3/d，而 Charles-J. Des Baillets 淨水場則興建於 1973 年，1978 年開始操作營運，處理能力為 116 萬 m^3/d，兩座淨水場的處理技術，因原水水質相當良好，故其處理流程甚為簡單，僅有篩分(screening)、過濾(filtration)、臭氧氧化及液氯消毒（Ozonation / Chlorine gas disinfection ）。

由於西元 2000 年初美國飲用水處理場曾發生氯氣意外釋放到大氣中的事件後，蒙特婁市開始擔心該市也會面臨這種風險，無論是在運送氯氣筒通過人口稠密住宅區，以及在日常淨水處理場操作中，均可能發生洩漏氯氣風險。為更進一步確保供水安全，該市要求負責該計畫之工程技術顧問團隊－SNC-Lavalin/DESSAU，於進行淨水場現代化升級時，檢討這些風險，評估潛在影響，並尋找替代的消毒方法。

SNC-Lavalin/DESSAU 研究顯示，Atwater 和 Charles-J. Des Baillets 這兩座淨水場每天使用 2 至 4 噸氯氣，這些氯氣以 1 噸的氣瓶運送，相距約 100 公里。這些淨水場有大約 80 個 1 噸的鋼瓶在等待中，還有 36 個鋼瓶連接到氯氣消毒系統。鋼瓶在 Atwater 場係在室外卸載，在 Charles-J Des Baillets 場則是在室內卸載，處理鋼瓶的風險之一是閥門故障，這可能導致鋼瓶釋放約一噸氯氣。

為了使現有的消毒系統達到當前標準並降低淨水場的風險，SNC-Lavalin/DESSAU 建議導入現場製造次氯酸鈉消毒系統(On-site sodium hypochlorite system)，替換現有的氯氣消毒系統。Atwater 場需要六套次氯酸鹽生成系統，每套系統的氯當量為 1,500 磅/天(681Kg/day)，Charles-J 需要五套，Charles-J. Des Baillets 新的消毒系統於 2010 年完成，而 Atwater 場則於 2011 年年中開始安裝，並於 2012 年完成，最後經招標結果，該市考量安全性和成本效益，最終選擇了西

門子水技術公司的 11 個 OSEC B-Pak 次氯酸鈉生成系統，其生產製造原理，如圖 3。

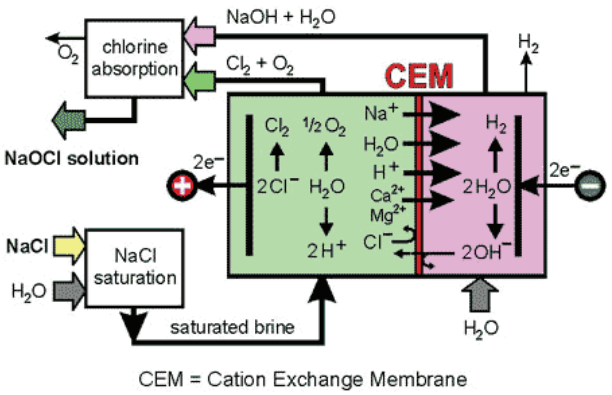


圖 3　現場製造次氯酸鈉液消毒系統製造原理

採用 OSEC B-Pak 次氯酸鈉生成系統，其佔地面積小，可全自動、預組裝的現場次氯酸鹽生成系統，其技術特色係通過在現場按需求通過鹽水電解產生 0.8%的次氯酸鈉溶液，僅消耗水、鹽和電。該系統消除了與液化氯氣或商業次氯酸鈉溶液的運輸和儲存相關的問題，使其成為任何需要氯劑消毒應用的理想選擇。

(三)香港大埔淨水場應用現場製造次氯酸鈉設備概況

為提供用戶可靠和充足的飲用水供應，香港大埔淨水場(Tai-Po Water Treatment Works,TPWTW)計畫將其供應的飲用水容量從 73,381 gpm(約 40 萬 CMD)提高到 146,762 gpm(約 80 萬 CMD)。由於香港沒有氯氣供應商，大埔淨水場係從中國進口液氯，以維持日常飲用水消毒作業，面臨運送液態氯途中的潛在洩漏風險及貯存液態氯的潛在洩漏風險。

為使擴建計畫可行，經香港水務署所委託的工程技術顧問公司－Black & Veatch Hong Kong Ltd.評估。原有運輸氯氣與儲存氯氣瓶相關的後勤和安全問題，因此對採購消毒劑研擬了創新方案：現場製造臭氧，次氯酸鈉和氯氣(On-site chlorine generation, OSCG)，並要求將生產過量的次氯酸鈉，可運輸到其他的小型淨水場或中間加氯設施使用。

大浦淨水場採用的是美國 Electrolytic Technologies 公司之 Klorigen™，決標金額是美金 1200 萬元，是一種專為市政用水和廢水處理而設計，自 2001 年以來已在全球工廠所採用的先進電化學技術，它在預計使用之場所，使用鹽和水來生產化學物質：氯氣、苛性鈉和次氯酸鈉(系統運作詳圖 4)。這些化學品可以單獨使用，也可以轉化為濃度高達 15% 的高純度次氯酸鈉，顯著降低了與傳統氯/次氯酸鈉應用所需的危險化學品運輸相關的成本和風險，其製造原理如圖 5。該技術被認為是“本質安全技術”（Inherently Safe Technology，IST），並已被美國國土安全部認證為「安全法案」下指定的合格反恐技術（QATT）。

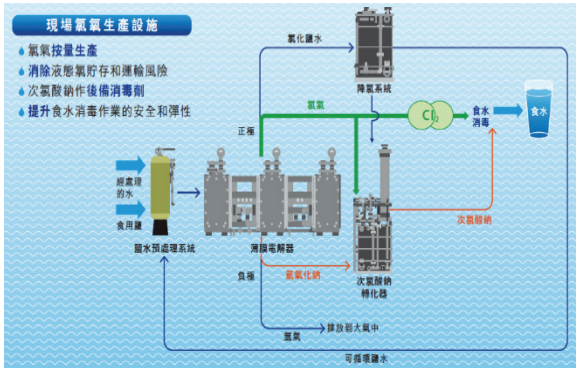


圖 4　大浦淨水場增設現場氯消毒劑生產設施

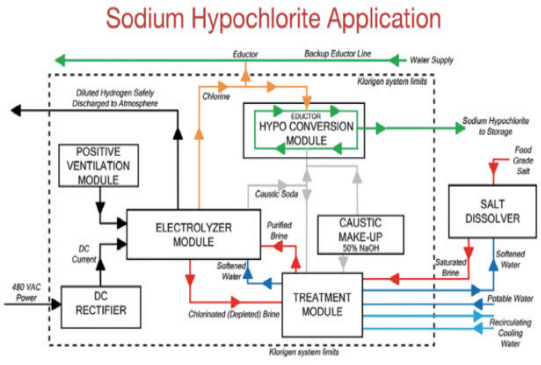


圖 5　Klorigen™現場製造氯氣、苛性鈉和次氯酸鈉原理

為了滿足大浦淨水場的化學品需求，其設備能力需能夠產生大約 7,495 磅/天 (約 3402 公斤/天)的氯。該設備採用模塊化、組合式設計，可進行配置以適應現有設施佈局，這有助於根據應用調整設備尺寸。在大埔淨水場的 OSCG 系統啟動前，先前使用的加壓氯氣裝置必須停用，並拆除儲存的氣瓶，以便利用原有之氯倉空間來改裝。這個過程需要一個臨時化學品採購解決方案，以實現不間斷供應，由於 COVID-19 的出現，影響了最初的啟動階段，該設備於 2020 年 1 月開始安裝，並於 7 月完工，系統預計使用壽命超過 20 年，每 5 到 8 年進行一次小規模翻新。

(四)美國加州聖地亞哥市 Otay 自來水場現場生產次氯酸鈉

位於加州聖地亞哥市之 Otay 自來水處理場，每天的處理能力為 34MGD(約 128,690CMD)，為大約 10 萬用戶提供飲用水。Otay 自來水處理場採用傳統淨水處理程序，即使原水含有大量天然有機物，但仍使用氯氣產生的二氧化氯進行消毒，隨著 Otay 周邊地區的發展和擴大，該市及淨水場操作人員開始考慮其他消毒方案。鑑於自來水場周圍的住宅逐步擴張，聖地亞哥市希望尋求更安全，具有前瞻性的氯替代來源之創新技術，俾為市民提供更安全、更可持續的飲用水消毒劑。

聖地亞哥市的多座自來水處理場，通常每座處理場約有 20 至 40 噸氯氣，儲存在 1 噸加壓鋼瓶中，每座處理場都配備了最多一噸氯氣外洩的中和設施，此意味可能發生數萬磅氯氣外洩風險，危險區域可從氯氣外洩地點，順風擴散至 20 英里。由於政府對恐怖主義的高度關注，要求水務單位應加強注意供水安全和人員培訓，俾避免氯氣外洩風險。在美國加州，使用氯氣需申請註冊，通過加州意外洩漏預防 (CalARP) 計劃嚴格的風險管理審核以及現場安全稽核，而美國聯邦國土安全部，也將氯氣儲存場，視為潛在的恐怖分子攻擊目標。

因此西元 2014 年聖地亞哥市著手升級 Otay 自來水場時，如何降低使用氯氣風險和簡化操作是首要任務。市府官員評估了幾種替代消毒方案，包括：維持氯氣系統正常運行、升級現有的氯氣系統、改為槽車運輸的散裝次氯酸鈉、改為就地產生氯氣並轉化為現場生成次氯酸鈉（通過使用電將食鹽轉化為 0.8%的氯溶液而產生，On-site sodium hypochlorite generation ，OSHG）系統，並進行了淨現值 (NPV) 分析，比較評估各個選項的綜合長期資本和運營成本。

該分析亦將輕微和災難性氯氣外洩相關的風險和危害，納為成本因素。使用散裝次氯酸鹽（濃度約為 12.5%）的主要問題點是，化學槽車經過社區運送的預期頻率相當高。從降低對社區的總體風險、簡化操作和

降低操作安全培訓要求的角度來看，OSHG 系統的安全性和可靠性具有吸引力。最後，NPV 計算確認 OSHG 是基於整體風險降低和資本和運營成本的最具成本效益的解決方案。

聖地亞哥市最後評估決定 PSI 水技術 (PSI Water Technologies) 公司合作，採用該公司的 Microclor® OSHG 系統，由 PSI 公司規設兩座 1,000 磅/天氯當量機組，其次氯酸鈉生產原理、工藝流程及 1,000 磅/天氯生成能力機組，如下圖 6、圖 7、圖 8 所示。

(五)東京都水道局朝霞淨水場以 PFI 方式採用現場次氯酸鈉生產設備

朝霞淨水場（處理能力 170 萬 CMD，處理方法：快濾+高級淨水處理）為東京都水道局所營運之 11 座淨水場中，處理能力最大者，該場評估使用液氯之安全性，擬將淨水過程中使用的消毒劑，從液氯轉換為次氯酸鈉。復考量朝霞淨水場之出水規模，從傳統的液氯轉換到次氯酸鈉，消耗量將相當大，需克服藥品儲存、操作維護、藥品運輸及地震安全等問題，俾提高操作安全性和可靠性，因此決定導入現場次氯酸鈉生產設備，於 2001 年配合政策，試行採取 PFI(Private Finance Initiative）創新措施，其處理流程如圖 9。

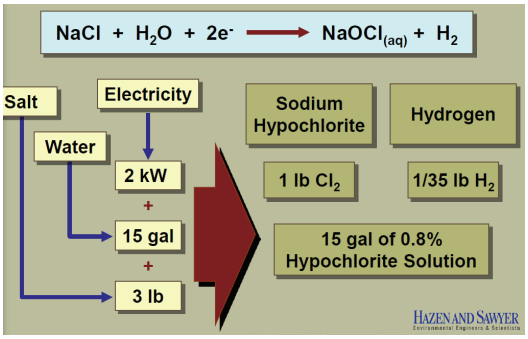


圖 6　Microclor® OSHG 系統生產原理

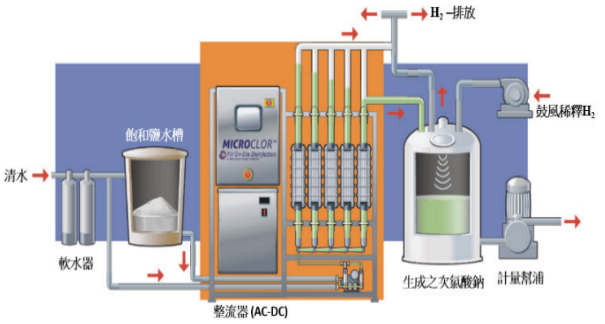


圖 7　Microclor® OSHG 系統工藝流程

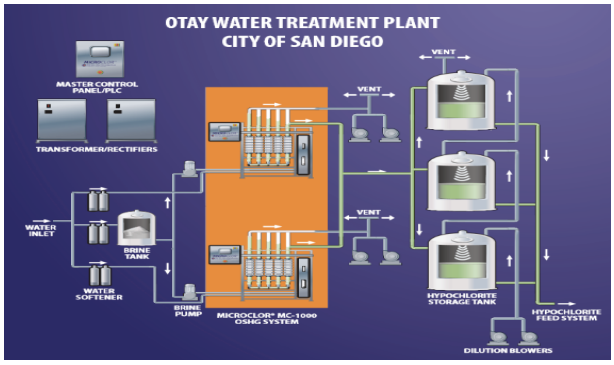


圖 8　加州聖地亞哥市 Otay 場 Microclor® OSHG X1,000 磅/天氯當量機組

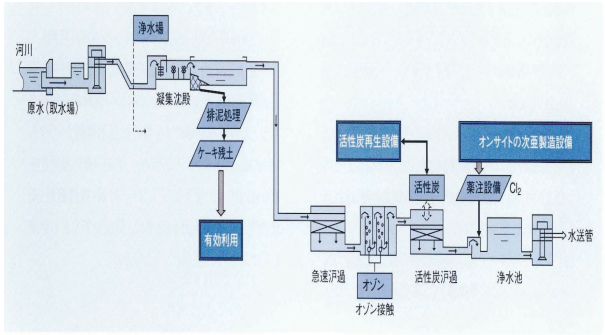


圖 9　東京水道局朝霞淨水場處理流程

PFI 屬於「公私協力」（Public Private Partnerships）範疇，其概念為政府運用民間機構管理能力及商業的專業知識，和民間機構簽訂 PFI 契約，先由民間機構興建、營運公共建設，政府再向民間機構購買該公共建設之公共服務，政府在民間機構營運公共建設後，依據雙方契約所訂之評估指標及規範，檢視民間機構之服務品質有無符合約定，再予以付款，倘未達到績效指標或資產

無法提供服務時，則有扣款機制，通過將私營企業的資金、管理知識等引入公共部門開展的社會資本開發和管理領域，有效提高社會資本的一種方法。

經招商結果由 Hitachi 得標，由該公司在朝霞淨水場安裝次氯酸鈉生產設施，次氯酸鈉供應濃度為 5%，生產能力最大 4,800 kg/天（以有效氯計算），供給範圍 2,000～3,600kg/天，平均 2,300 kg/天。於契約期間（20 年）擁有、運營和維護該設施，並向東京都水道局供應次氯酸鈉，契約結束後，Hitachi 將自費拆除製造設備，將經營場所恢復原狀。其生產原理、生成系統圖詳圖 10 及圖 11。

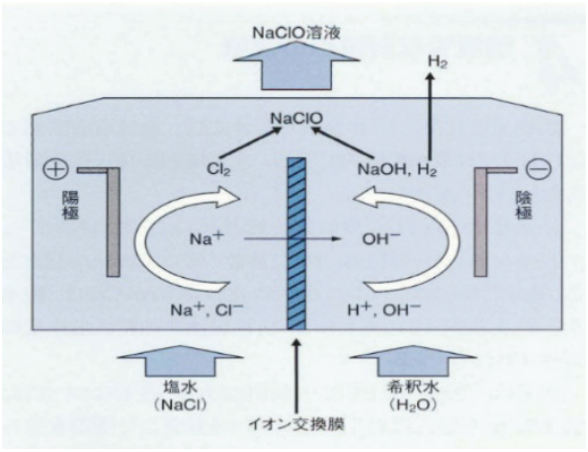


圖 10　NaClO 的產生原理

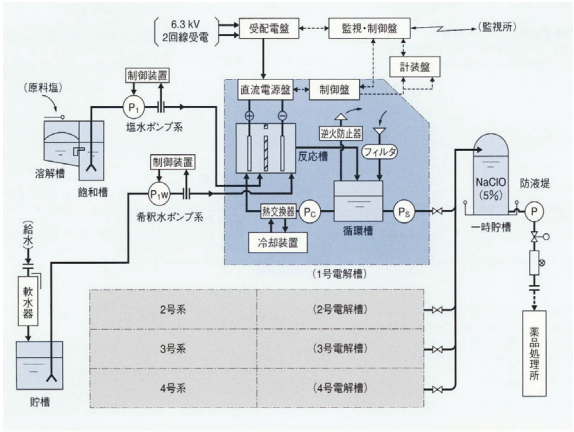


圖 11　Hitachi 現場次氯酸鈉(NaClO)生產設備系統

六、結論

近年來現地生產(OSG)技術的最新進展以及對與液氯有關的安全性和風險的日益關注，已導致透過現地電解食鹽水(或一般原水)於陽極生成氯氣，陰極生成氫氧化鈉並製備次氯酸鈉之 OSG 系統成為一種更具吸引力且更具成本效益的選擇。與單獨使用液氯或次氯酸鈉相比，現地生產氯消毒劑系統(OSG)的優勢包括：

1.減少必須現場儲存有害物質的量
2.改善公眾和作業場所人員的安全
3.消除與運輸危險材料有關的責任
4.自來水事業免於制定應急計畫
5.具成本效益外，操作更具彈性及水質安全

綜上優勢及國外各實際案例現地生產氯消毒劑系統(OSG)將是台灣未來趨勢。

參考文獻

1.Going Off Chlorine , Jacques Trottier, M.A. Sc. And Jing An, Ing. SNC-Lavalin June 1, 2010 ,Canadian Consulting Engineer
2.Montreal replaces disinfection systems at two largest plants, SAN DIEGO, CA, June 15, 2009 ,WaterWorld
3.On-site electrolytic chlorination skid-mounted OSEC® B-PAK SYSTEM
4.Tai-Po Water Treatment Works With Onsite Chlorine Generation, DEC 17, 2020
5.Electrolytic Technologies
6.https://electrolytictech.com/wp-content/uploads/2020/01/ETC-K-Series-Metric-Units.pdf
7.Generating sodium hypochlorite on-site in South San Diego，WaterWorld, Feb. 29, 2020
8.On-Site Sodium Hypochlorite Generation: A Safe

and Reliable Disinfection Alternative to Bulk Sodium Hypochlorite and Gas Chlorine，2021 Virtual Quarterly Trainings - Q1 - February 25

9.Making Bleach Made Easy, PSI Water Technologies

10.浄水場オンサイトの次亜塩素酸ナトリウム製造設備，中村恭之、向野茂生、渡辺浩延，日立評論VOL85.NO.2, 2003

作者簡介

蔣承廷先生

現職：台灣自來水公司工務處機電組工程員

專長：機電工程設計及考工

張光翹先生

現職：台灣自來水公司工務處機電組組長

專長：機電工程專案管理、工程採購及履約、工程規劃設計

李丁來先生

現職：台灣自來水公司副總經理

專長：工程專案管理、環境工程、自來水規設、營管

澎湖馬公系統智慧水表建置規劃

文/黃心怡、林美良、江淑惠、蘇荷婷、莊立偉

摘要

依「建置水資源智慧管理及創新節水技術計畫」，台灣面臨急遽淹水與缺水風險，參考國外水資源管理新思維，透過智慧科技提升用水效率，減少供水管網漏水損失及提升用水效率，前期建置供水端淨水場智慧水表，出水端供水管網進階式水壓管理系統。

為達成智慧水網目標，110~112 年導入用戶端水量監測及系統資訊整合應用，台水公司擇供水成本高的澎湖地區，作為智慧水網推動示範區，以馬公系統已封閉 6 小區換裝為智慧水表。參照大用戶智慧水表建置經驗，避免不良表位環境影響智慧水表傳輸穩定性，經全面盤點測試小區表位狀況，重新檢討智慧水表採購規範、招決標方式及安裝策略，予以研修用戶水量計及自動讀表傳輸介面規範，作為未來推廣家戶安裝智慧水表之依循。

關鍵字：水資源管理效率、馬公系統封閉小區、智慧水表

一、前言

早期臺灣地區為提高供水普及率，囿於自來水管網設備經費有限，大口徑採用預力混凝土管，小口徑採用塑膠管等經濟管種埋設於道路面下，長期車輛載重輾壓，道路結構與管線回填區鋪面材料沉陷變形，導致路面龜裂管線漏水。澎湖地區面臨埋設管線老化漏水率高、觀光事業蓬勃發展，民生用水量大幅增加，水資源不敷需求等問題。為解決澎湖水資源拮据問題，台水公司積極開發水源、興建海水淡化廠，投入經費辦理漏水調查及檢測漏作業，以利篩出漏水點熱區作為高漏水區域及高漏水潛勢區域辦理管段汰換參考，降低管線破管維修風險。

澎湖縣涵蓋馬公市、湖西鄉、白沙鄉、西嶼鄉、望安鄉及七美鄉，其中馬公市佔澎湖縣人口數約 59.5%，民生用水需求高。馬公供水系統於 102 年曾辦理分區計量管網委外規劃，近年來陸續執行分區計量管網之中區、小區建置作業，其中馬公市分為馬公南側中區、北側中區、澎南中區、成功中區及湖西中區以及 30 個小區。

智慧水表裝設可依使用者需求設定用水紀錄頻率，人工抄表改為自動回傳計量數值，有助提升小區管網差異比對之效率。以往小區比對售水率方式用戶抄見量資料同步上傳營運管理系統及供水監測平台，透過監測平台計算各小區售水率及差異比率變化（配合抄表計費原則每二個月為一期）。封閉小區安裝智慧水表後，縮短售水率觀察時間，由每二個月改為每日，配合管理用水量計進行封閉小區/區域之供配水量，進行即時售水率比較，利用實時監測數據相較人工抄表更精確。各小區無收益水量 （NRW）變化趨勢及夜間最小流分析結果，有助於擇定優先辦理漏水調查之小區，倘有異常水量偏離標準值時，透過用戶用水資料縮短漏水管段判斷時效，減少降漏處理時效效益。

二、智慧水表安裝規劃

(一)測試小區擇定

至 110 年 6 月底馬公南側及馬公北測各小區售水率如表 1，其中售水率最低為民生小區 49.93%，其次三多小區 52.88%、文澳小區 60.94%。經參考各小區售水率、供水量、用戶數等因素，及小區內水表換裝數量至少需達 5,000 只規劃，擇售水率低於 80%之馬公北側三多小區、城北小區及馬公南側案山小區、民生小區、文澳小區、民族小區共 6 個試辦小區安裝智慧水表，及口徑 50mm 以上大用戶水量計加裝自動讀表傳輸介面。

表 1　馬公南側及馬公北測各小區售水率

馬公南側		馬公北側	
小區名稱	售水率	小區名稱	售水率
北辰小區	90.93%	東衛小區	94.21%
三總小區	86.86%	新西衛小區	93.54%
光華石泉小區	82.87%	五福小區	92.82%
新生小區	80.36%	重光小區	88.73%
文光小區	79.87%	朝陽小區	87.75%
民族小區	77.64%	光榮小區	80.95%
案山小區	75.94%	西文北小區	75.47%
菜寮小區	75.17%	城北小區	66.93%
啟明小區	69.58%	三多小區	52.88%
文澳小區	60.94%		
民生小區	49.93%		

備註：資料來源110年七區處第8次降漏會議。

(二)調查安裝表位現況

依台水公司用戶表位設置原則，表位應設置於安全空間以便利抄表、換表、檢查維護，及不受汙染、排水良好、不影響車輛、行人通行，且不得設於廁所、浴室及不可妨礙公共安全，無損壞危險之地點，影響抄表、水量計裝拆及表箱零件維修等作業與危害水質安全均屬表位不當應予以改善。

澎湖地區四周臨海，屬高溫、高濕、高鹽海島型氣候，水表箱經年受海風吹拂鹽分高，鑄鐵外殼發生鹽化腐蝕，導致容易生鏽破損，無法有效發揮保護水量計功能。此外，早期水廠時代無明確規範用戶表位設計原則、落實新裝工程內線設備審查，多未將表位設置於建築線內沿退縮地，增建圍牆或房屋後，造成表位在屋內不易抄表；或設置於屋後防火巷道內，未設置適當排水設施，表位長期積水潮濕等問題。

參考大用戶智慧水表建置經驗，傳輸品質受表位環境影響，表位積水潮濕、表箱蓋厚重，容易發生訊號屏障遮蔽無法傳輸，甚至水氣進入設備而有故障情形。為避免不良表位影響智慧水表後續維護及訊號傳輸穩定性，重新檢討智慧水表設備採購規範，台水公司先派員至測試小區進行實地勘查，逐只檢視既有表位及水表箱狀況，拍照並記錄表位不當態樣，主要可歸納為無水表箱、水表箱毀損、表位固封、積物埋沒、表在屋內、表位過深等，其中表位過深約佔 10%、水表箱破損佔 4%、表在屋內佔 4%、表位固封及積物埋沒約 3%，將不良表位納入智慧水表施工規範一併改善，避免二次施工造成用戶困擾。

圖 1　無水表箱或水表箱毀損

圖 2　表位固封或積物埋沒

圖 3　表在屋內或表位深

(三)智慧水表傳輸架構

水量計加裝或內建傳輸介面，透過傳輸介面將水量計之計量資訊轉化為訊號，回傳至自動讀表監測(AMR)系統。藉由透過通訊模組包含自動讀表傳輸介面、中繼器與集中器等設備，將資料傳回監測系統，配合後續智慧水網之開發，公開相關資訊於用戶端，提供用水資訊可視化、用水分析及異常通知，其傳輸架構如圖 4。

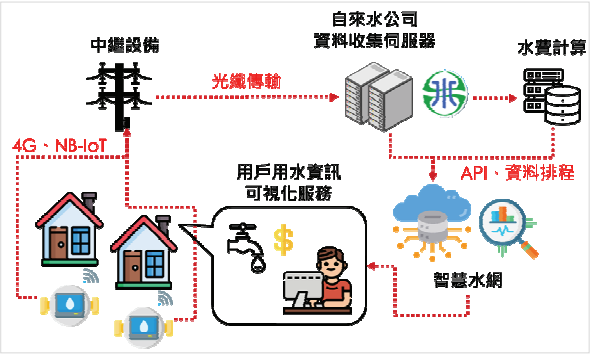


圖 4　智慧水表傳輸架構

三、智慧水表採購規範擬訂

為於前瞻計畫期程內完成澎湖地區智慧水表採購、交貨及安裝，以及廠商執行能量、緊急應變、維修與保固服務等涉及後續履約執行及產品交貨品質。智慧水表採購整合口徑 13~40mm 小型水量計及自動讀表傳輸介面規範，並納入水量計安裝施工、傳輸品質、試車、用戶用水設備維護工程及保固等履約項目。

(一)智慧水表規範

口徑 13~40mm 小型水量計採購規範包含計量等級、防水防塵等級、水量計標示、抽驗數量等，分項說明如下：

1.計量等級：口徑 13~40mm 水量計需依據 CNPA 49 第 3 版、CNMV 49 第 4 版等規定製造，經標準檢驗局型式認證及檢定合格。以往裝置於用戶端小型水量計以 B 級機械式為主，C 級表相對於 B 級表計量精度高，有助微小流量精確計量，惟採購價格較高。為避免測試小區內表齡混雜及水量計使用年限之維護管理，小型水量計全面換裝為 C 級表，開放電子及機械式皆可，以利觀察用戶表計量等級與提升售水率之間關聯性。

2.防水防塵等級：水量計與自動讀表傳輸介面具備符合國際工業標準 IP68 防塵防水等級(含)以上認證證明。

3.水量計標示：頂蓋須印製台水標識及標示「前瞻智慧水管理」，頂蓋內面加貼不易脫落之膠質貼紙。

4.抽驗數量：各口徑以採購數量 1%作為抽驗比例，抽樣數量最低 5 只。

(二)自動讀表傳輸介面規格

自動讀表傳輸介面與小型水量計結合，將計量資訊讀取至傳輸介面，傳輸介面除儲存用水紀錄外，同時將資料回傳至系統，其規範要求項目如下：

1.自動讀表傳輸介面、中繼器及資料收集器均不得為中國大陸廠牌，通訊模組晶片涉及資安風險不得為中國大陸廠商或在中國大陸地區製造。

2.為維護用路安全，廠商須自行檢視水量計與自動讀表傳輸介面組合高度，安裝後水量計箱蓋或窨井人孔蓋（適用口徑 50mm 以上水量計）須能蓋合，以維護用路安全。

3.無線傳輸設備為「電信終端設備」或「電信管制射頻器材」，符合 NCC 相關技術規範，經審驗合格後方得使用。

4.架設中介管理平台辦理介面規範內事宜，遵循相關資安規定辦理，並依應用程式介面（API）及文件，供「全區用戶表監測系統」呼叫控制使用。

5.自動讀表傳輸介面規格：

(1)傳輸方式－NB-IoT 與 4G。

(2)供電方式－以電池供電為主，在通訊訊號正常狀況下電力要求每 30 分鐘記錄 1 次，每日傳送 1 次。

(3)記錄頻率－初始設定每小時 1 筆，並須具備 AMI 功能，當有需求時能透過遠端調整紀錄頻率，記錄時距應含 1 到 1440 分鐘可調，至少可達 1 分鐘記錄 1 次。

(4)回傳頻率－每 24 小時回傳，包含 24 筆記錄，但自動讀表傳輸介面若傳輸失敗則應具備補回傳機制，回傳時距亦須可調整。

(5)記憶容量－具備可容納連續 2 個月，每 1 分鐘 1 筆資料，至少可存儲 90,000 筆紀錄值。

(三)安裝及試車之施工規範

為避免智慧水表通訊品質不佳，廠商先測試當地收訊情形，若安裝地點收訊不佳，應採改用其他傳輸方式、更換通信設備或加裝強波設備等，施工安裝現場規定如下：

1.施工人員應參加「一般安全衛生教育訓練」，完成訓練課程經測驗合格後才得取得進入工作場所作業。

2.廠商指派專員協助澎湖所辦理系統資料建檔、水量計倉儲整理等工作。

3.為利執行智慧水表安裝，各點位預定換表日期前 30 日提前寄發或張貼「換裝通知單」通知用戶，並於預定日期前完成安裝作業；若須另進行用戶停水作業，則於辦理停水作業前 5 日前，寄發或張貼「停水通知單」。

4.安裝後應現場投遞通知單，並將裝、拆水量計指針度數登記後會同用戶認章，倘用戶不在時，應放置通知單，保留存根聯並附於安裝清冊。

5.倘屬用戶因素無法換裝者，如用戶不在、鎖門、拒換或內線用水設備漏水等，由台水公司聯繫用戶約定時間，廠商配合用戶於約定時間辦理安裝。

6.智慧水表安裝後計量資料回傳至「全區用戶表監測系統」，每只需能正常傳送，且 10 日累積傳輸率達 95%（含）以上視為試車合格。

7.驗收時抽驗各點位智慧水表，比對指針數

與系統回傳資料是否相符，以及通用 API 程式是否能正常運作。

(四)用戶用水設備維護工程

為避免不良表位影響智慧水表安裝期程，執行專案前應辦理測試小區廠勘作業，如遇有管線老舊腐蝕或損壞、表位過深致板手無法操作、表前無止水栓或止水栓不堪修復狀況、固封表位、需施作管線或遷移表箱、表箱壓由令等，經台水公司審核同意後即可先執行用戶用水設備維修工程。

廠商施工前、中、後須按規範規定提送相關文件，依預定進度施工，每日出工前提供待改善用戶施工清冊，定期將施工完成之編號、水號、表號、度數、地點、口徑、材料數量、施工長度、施工相片等交回監辦單位，以利追蹤施工進度，每處表位施工前依預定進度通知用戶儲水備用、告知施工設置表組地點及補修混凝土方法，取得用戶同意後再行施作。

(五)保固及服務

智慧水表及自動讀表傳輸介面等設備驗收合格之次日起保固 8 年，含各項耗材、電池及通訊傳輸所產生之費用等，在保固期間內如水量計超過檢定合格有效期限，則由台水公司員工自行汰換。

保固期間廠商須提供相關設備現場調校、設定之必要人力及技術支援，確保使用年限 8 年內正常傳輸運作。如因任何安裝或系統設定之缺失造成資料未依設定時間傳輸或回傳數據異常，系統發送異常通知，廠商於接到通知後 3 個工作天內改善重新回傳數據，保固期滿如有缺失未改善完成，得延後解除保固責任至改善完成為止。

表 2　馬公系統智慧水表履約項目

	履約項目	數量	單位
1	口徑 15(13)mm 智慧水表	2,000	只
2	口徑 20mm 智慧水表	2,310	只
3	口徑 25mm 智慧水表	1,300	只
4	口徑 40mm 智慧水表	110	只
5	既有口徑 50mm 以上水量計之自動讀表傳輸介面	50	只
6	中繼器(適用用戶集抄)	25	只
7	資料收集器(適用用戶集抄)	15	只
8	用戶用水設備維修工程	781	處
9	水表箱拆裝	229	處

四、招標方式規劃及建置期程

(一)招標方式

招標方式之研擬與標案大小、數量、履約項目與期程有關，本次採購標的智慧水表及自動讀表傳輸介面、安裝及表改施工，經評估智慧水表、自動讀表傳輸介面合併或分開招標之優缺點如表 3。分開採購可遴選水量計、傳輸介面專業廠商，增加投標廠商數，惟分項招標採購標項多、標期程長，各廠商間易發生不相容、分標工程施工整合等問題；合併採購則可縮短標案發包時間，且設備相容性高，惟單一廠商其中之一工作項目無法如期履約時，恐導致整體工程進度延宕。經評估標案履約管理、施工期程以保固責任等，採水量計與傳輸介面合併採購，並開放廠商得以共同投標，不同技術專業廠商提供服務，管理階層只需面對單一窗口，以減少管理界面及故障責任釐清問題。

表 3　水量計與自動讀表傳輸介面合併或分開招標比較表

階段	優缺點	採分開招標方式辦理	採合併招標方式辦理
採購階段	優點	分標後更專業導向，屬該專業領域之投標廠商數將增加，因競標而遴選出更合適之施工廠商。	1.無兩標案發包時間差。 2.既有施工圖說、說明書、補充文件等於招標階段一併放招標文件內，廠商於投標時提供施工安裝圖，以利審查。
	缺點	1.須優先採購水量計，再進行傳輸介面採購，以確保傳輸介面可以正確讀取水量計相關資訊並回傳。 2.兩案分開招標、採購期程長。	需辦理公開閱覽，讓各領域廠商得以互相結盟共同投標。
工程階段	優點	各分標施工廠商有機會互相比較、督促而形成品質、工程進度等良性競爭。	1.分項工程合併，降低廠商數量與溝通界面。 2.系統具有一致性，無須等待拉長建置時間。
	缺點	1.分標工程易有界面，施工整合問題。 2.依各標進度進行 2 次以上監造。	若得標廠商於其中之一工作項目無法達成，恐導致整體工程進度延宕。
保固階段	優點	－	1.廠商設計與現場施工一貫作業，減少施工期間或因變更設計影響整體工期。 2.減少採購次數與工作量，及工程督導次數。 3.由各專業廠商組成，管理階層只需面對單一窗口，減少管理界面。
	缺點	1.保固期若有故障，易造成兩方推諉，使修復時間拉長。 2.安裝及驗收時間不統一，水量計與傳輸介面保固年限不一致。	需較花心力掌握各項工程執行細節與分工。
總評		因採購項目包含用戶用水設備維修工程，若採分開招標則本工項不易歸屬權責範圍，水量計與傳輸介面供料、安裝、試車期程不易相互配合。	採購界面多元，為避免施工期程拉長、維修保固責任難以釐清等問題，採用合併招標辦理。

(二)決標方式

依照過去台水公司所辦理之智慧水表執行經驗，因澎湖試辦智慧水表採購案採購標明確且相對已有制式規範，工作項目涵蓋財物及工程之異質採購。倘以評分及格最低或最有利標辦理，雖可藉由評分機制，淘汰部分資格與規格未符標準廠商，惟招標期程長，且須訂定規格審核標準，避免無法鑑別參與廠商，經評估後仍維持以最低標決標方式辦理，配合公開徵求資訊及資格標及規格標文件審查，以確保廠商履約品質。

(三)建置期程

本案於 110 年 10 月完成招標作業，依招標文件規定，於決標日後重點查核項目及預定期程如下，以即時掌握工程進度：

1.決標日起 20 日內提送試辦小區安裝順序期程及建置規劃。

2.決標日起 40 日內提送智慧水表（含自動讀表傳輸介面）傳輸資料介接至機關系統架構圖。

3.智慧水表交貨期限：自設計圖說核定函通知次日起 120 日內交清智慧水表。

4.安裝期限：自收到抽驗合格函之次日起算 120 日內完成智慧水表安裝作業。

台水公司按月管控執行進度外，不定期邀集廠商召開會議討論，111 年 9 月底完成

澎湖地區智慧水表安裝，針對集合式住宅亦試辦以集抄方式收集用戶水量資訊，並回傳包含集中型傳輸模式，共計 24 只中繼器及 15 只集中器，藉由汰換水量計過程同時維護或遷移原有損壞表箱，以及進行用戶表位改善，共計 518 處。

圖 5　智慧水表完工安裝

六、結論

近年來台水公司積極汰換老舊管線降低漏水率，隨著物聯網科技進步，試辦區域管況內智慧水表之計量管理與智慧水網系統整合。智慧水表定期紀錄用戶用水資訊，每日回傳用戶水資料至監測系統，管理者從系統監測各用戶水量耗用、分析用戶用水模式。如發生水量計不轉或故障、用戶內線漏水突增等異常狀況，系統發送異常事件之電子郵件通知，提早得知異常事件盡速派員處理，同時也降低人力的負擔，減少水資源浪費，未來開放用戶以手機 APP 或電腦查詢用水資訊，推播用水異常通知，提高用戶申請智慧水表意願，以利估算用水度數及水費，達到自主節水管理效益。

本次重新研修智慧水表採購規範及安裝作業，並完成澎湖馬公系統三多、民生、民族、城北、案山、文澳等六個小區共 5,060 戶換裝置智慧水表。除提升用戶水量計之計量正確性及即時發現水量漏損，結合智慧水網系統規劃新功能，如依用水種別繪製不同用水種別之用水歷線，掌握澎湖地區各類用水型態及異常事件，進行用戶用水趨勢管理。協助管理者分析小區內用戶夜間或全日最小用水量，與小區供水量相比後得知區域內之漏損量，快速判斷小區封閉或漏水情形，擇定優先辦理檢、修漏之作業區域，提升小區 NRW 分析準確性。

參考文獻

1.行政院，前瞻基礎建設計畫—水環境建設，建置水資源智慧管理及創新節水技術計畫。
2.經濟部標準檢驗局：水量計型式認證技術規範 CNPA 49 第3版。
3.經濟部標準檢驗局：水量計檢定檢查技術規範 CNMV 49 第4版。
4.經濟部標準檢驗局，國家標準CNS14273。
5.台灣自來水股份有限公司用戶表位設置原則，台灣自來水公司，2020修定版。
6.中華民國自來水協會(2019)：智慧水網發展探討：智慧水表之應用研究，中華民國自來水協會季刊，第38卷第4期。
7.中華民國自來水協會(2021)：臺北智慧水網示範區(木柵二期)建置與分析應用，中華民國自來水協會季刊，第40卷第3期。
8.中華民國自來水協會(2022)：提升大用戶用水智能管理－智慧水表試辦成果，中華民國自來水協會季刊，第41卷第1期。
9.中央廣播電台，智慧水表大戶先推、一般家戶要等成本壓低，https://www.rti.org.tw/news/view/id/2033119

作者簡介

黃心怡女士

現職：台灣自來水公司營業處組員

專長：抄表營運管理、數值分析

林美良女士

現職：台灣自來水公司營業處組長

專長：營運規、業務管理

江淑惠女士

現職：台灣自來水公司營業處副處長

專長：自來水營運規劃、業務管理

蘇荷婷女士

現職：美商傑明工程顧問股份有限公司組員

專長：二維水理模式、水文分析

莊立偉先生

現職：美商傑明工程顧問股份有限公司計畫經理

專長：專案管理、漏水管理、管網改善工程規劃

本刊 112 年「每期專題」

期別	主　題	子　　題	時程
42 卷 第 1 期	**工程技術**	1.工程規設、施工及計劃管理、2.智慧供水技術、3.管線免開挖更生技術、4.環境友善及先進水處理技術、5.創新水源開發技術、6.薄膜技術、7.新興污染物處理技術、8.新興技術、9.工程減碳。	2 月
42 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、9.淨零碳排。	5 月
42 卷 第 3 期	**水質處理**	1.飲用水質政策及監管、2.水源水質管理、3.天然有機物去除處理、4.水安全計畫、5.先進水質檢測技術、6.新興污染物調查分析處理、7.水質監測與管理、8.淨水處理藥劑申請應用及管理。	8 月

～歡迎各界就上述專題踴躍賜稿，稿酬從優～

運用經濟發布區製作臺北市旱災及缺水潛勢圖

文/邱嘉南、陳品叡、陳國駿

摘要

乾旱災害的類型依特性的不同，可分為天然及人為兩大類。不論哪一種類型乾旱，皆會造成市民生活不便，甚至造成災害。而水利單位及自來水事業的經營壓力，在乾旱時更被凸顯出來。所以不論旱災潛勢預估及缺水時供水調配，都是水利單位及自來水事業經營上的重要課題。所以經濟部水利署所揭櫫的職掌就包括「中央水、旱災之防救事項」(經濟部水利署，2022)；臺北自來水事業處於 2020 企業社會責任報告書登載：「肩負大臺北民生與經濟發展的供水責任，致力提升水利用效能、減少能耗與排放，並以具體目標及行動呼應聯合國永續發展目標。以提供質優量足、用戶滿意的服務為使命，邁向直飲、效能、永續的臺北好水願景，打造臺北成為水資源永續的宜居城市」。

關鍵字：乾旱、自來水事業、水利單位

一、旱災潛勢預估

目前國內針對氣候變遷所造成的乾旱災害衝擊分析研究上，往往以降雨量的變化（氣象乾旱）及水資源變化（水文乾旱）的方式呈現，其中又以流量變遷趨勢作為衝擊評估的主要分析標的。因此，在空間尺度上，也以水庫集水區、流域或是水資源分區作為研究區域。深入分析結果，多數河川流量變遷趨勢大致相同，平均年流量均有增加的趨勢，但豐枯水期流量將呈現極端化的變化趨勢，即豐水期流量增加，枯水期流量減少的趨勢。亦即氣候變遷導致河川流量豐枯水期差異增加，改變上游入流量統計特性，增加水庫操作上用水調配的困難度。

配合災害防救法之修正，水利署規劃製作並公開旱災潛勢相關資料。參考國內外乾旱與旱災定義，擬定乾旱定義為「長時期降雨量不足所造成之自然現象」，旱災則定義為「旱象持續惡化，無法有效控制，造成的災害」。同時回顧國內外乾旱指標，研討於台灣之適用性，採用標準化降雨指標(Standardized Precipitation Index, SPI)為乾旱預警指標，其計算簡單，只需日降雨量資料且台灣地區與量紀錄資料充沛，適用於台灣地區乾旱監測。

除了流量變化之評估之外，水利署更研究氣候變遷下各標的缺水率及缺水風險評估。結果發現，在農業用水方面，中部地區及部分花蓮地區是高農業缺水風險地區；在生活用水方面，主要都會區為高風險地區；在工業用水方面，則落在我國北部及中南部地區。所以在氣候變遷衝擊下，公共用水綜合乾旱風險上，有逐漸增加之趨勢。綜合以上論述，都會區公共用水乾旱風險逐步提升的威脅下，如何及早預測及擬定因應措施，也日益凸顯其重要性。

目前水利署分析流量變遷趨勢作為衝擊評估的主要分析標的，研究區域則為水庫集水區、流域或是水資源分區。除了評估流

量變化外，水利署更研究氣候變遷下各標的缺水率及缺水風險評估，所得到的結果則鎖定為北中南都會或農業縣市等大面積區域。但是在應用於臺北市這種都會型，且由單一水源翡翠水庫供應的城市，若欲更進一步建立各次分區旱災潛勢預估，並擬定應變措施，就顯得力有未逮。

二、都會區內各區域缺水潛勢預估

在繪製都會區缺水潛勢圖時，就遇到都會區本身特殊的都市結構及供水情形，無法以降雨量的變化（氣象乾旱）及水資源變化（水文乾旱）的方式，分析流量變遷趨勢作為評估的主要分析標的。亦即都市地區高樓大廈林立，落在區內的降雨大多由排水系統收集後放流，無法做為供水的來源。縱使以水庫集水區降雨歷史資料加以預測，亦無法直接供做都會區內各地區缺水潛勢分析用，遑論進一步擬定缺水應變措施。

目前都會區集合住宅申請接水時，皆要求水池水塔合計要備有 1 至 2 日用水量，以因應緊急事故時仍能有必要的維生用水。但因尚有直接用水戶(無水池水塔)、住商混用(超過原水池水塔設計量)、私自改裝廢除地水水池或屋頂水塔等不同狀況，以致停水後復水時，往往不能盡如人意。當遇旱災分區停水後復水操作，甚或重大周邊意外造成水壓降低導致缺水狀況，如何鎖定供水區域弱點，集中調配供水以儘速恢復市民用水，就顯得十分重要。

針對以上情形，如果欲由需求面著手，實在無法精確掌握區域人口數、住商用水量及私自改裝用水設備情形，來推估需求水量。因此尋求用最小成本的方式來準確又迅速掌握供水區域用水情形，以擬定缺水時的應變措施，減少市民的不便，對自來水事業就相形重要。

三、經濟發布區

由於經濟發展變化實為持續演進之過程，國家重要經濟決策皆需仰賴時序性資料作為正確決策分析之背景知識庫，並以統計單元作為資料分析之基礎架構。目前資料統計常以縣市、鄉鎮市區或村里作為空間統計單元，但由於縣市與鄉鎮市區對應之空間範圍較大，空間統計成果僅能區隔統計數值之多寡，並無法保留資料於空間中分布之特性。村里部分則容易隨著人口成長與遷徙而變動，進行空間範圍合併、分割或者重新劃分，且區域邊界於現實環境中往往無明顯界線。考量長期性、穩定性與我國經濟統計所需之分層統計區域，以「統計區分類系統」之最小統計單元成果作參考，建置經濟發布區系統圖資。建構之原則與國土資訊系統「統計區分類系統」建構之原則並無不同，均希望能在兼顧隱私保護的前提下盡量縮小空間單元，以維持資料之空間分布特性與分布型態。

經濟發布區劃設原則以國土資訊系統社會經濟資料庫分組所建立之「統計區分類系統」內之統計區為基礎，並考量經濟資料為標的，進行必要之統計區「合併」或「分割」。商號暨公司家數（指商號暨公司登記資料）與工廠（校正調查）家數為主要彙總變數以取代國土資訊系統「統計區分類系統」之戶政登記人口。空間單元之劃設必須

能夠確保其內部個資之隱私，並在確保隱私前提下，盡可能細緻化以維持單元內資料之均勻性。統計區有分割必要時，新增界線應明顯可視、穩定不變且形狀完整。

經濟發布區劃設成果

經濟地理專案自 100 年開始逐年逐縣市進行全臺經濟發布區圖資劃設，104 年完成全台建置工作，105 年依照國土資訊系統「統計區分類系統」的最小統計區 2015 年之版本變革進行調整，109 年依照「經濟統計區資料標準」第一版之編碼原則，調整各級經濟發布區之代碼編碼，以作為未來經濟資料分析、應用、流通供應之基礎統計單元。日後不論是面臨行政區（縣市、鄉鎮市區、村里）調整合併或改分，依經濟統計區之成果皆不影響經濟資料之各項應用或供應、統計。

四、臺北市旱災及缺水潛勢圖

臺北自來水事業處肩負供應大台北地區用戶供水重責，其水源幾乎完全依賴南北勢溪(包括翡翠水庫)。再加上高樓林立的都會區特性，若以降雨量、水庫集水區、流域或是水資源分區作為缺水潛勢預估，不僅容易失真，且無法加以做更細微的分析。

經濟部於 104 年函知臺北自來水事業處，每年提供前一年度所有用戶抄表資料以利其納整與蒐集經濟發展相關之工廠、商業與能源資料，並以經濟各級發布區進行資料統計，於經濟地理資訊系統中作空間統計展示。上開資訊之蒐集利用，將依個人資料保護法之規定，個體資料不予公開，僅針對個體資料之坐標，利用程式判斷所在經濟各級發布區位置，並進行各類用水項目統計後，依發布區進行展示與應用。

以上用戶抄表資料，若以大數據觀念落於經濟各級發布區，則各發布區間的用水情形就出現明顯區隔。以臺北市經濟發布區為例，搭配已建置完成 GIS 系統，直接框選發布區抄表資料，排除土地使用分區、住商混合情形、離尖峰用水推估等變數，可以迅速、直觀又精確掌握各區域用水情形。

當遇緊急停水事故或旱災分區停水時，大用水量用戶必先耗盡自家用水設備存水，若水量無法隨即補充，就易發生無水可用情形。若以不同顏色加以標示，就可以製作出潛在的缺水區域圖。

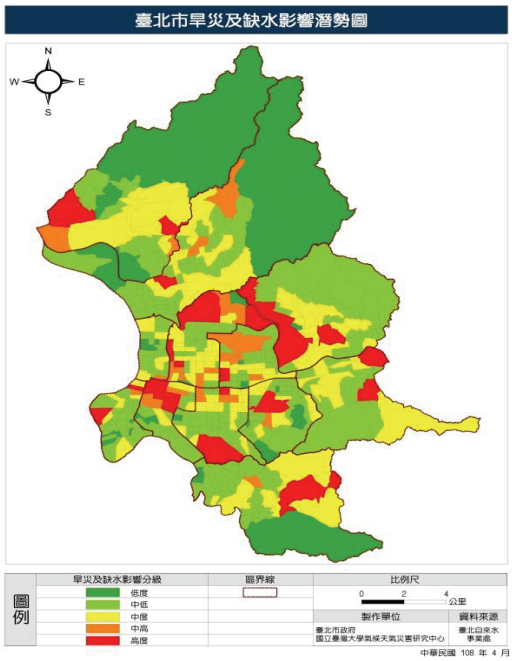


圖 1　本市旱災及缺水潛勢圖

為預先掌握災害風險，克服無法模擬未來旱災與缺水之狀況，臺北市旱災及缺水影響潛勢圖(圖 1)依據臺北市經濟發布區，以村里層級之空間尺度用水量進行分析，假設臺北市因旱災或其它因素導致停水、缺水之狀態下，各里受到缺水衝擊影響之潛勢圖。評量標準為依據臺北市各里之平均用水量，大

於 2 倍平均用水量之村里受缺水影響等級最高、界於 1.5 至 2 倍平均用水量之村里屬中高等級、界於 1 至 1.5 倍平均用水量之村里屬中度等級、界於 0.5 至 1 倍平均用水量之村里屬中低等級、低於 0.5 倍平均用水量之村里屬低度影響。

五、加值運用－臺北市旱災及缺水影響潛勢區應變措施

依上揭潛勢圖，可定位出臺北自來水事業處供水轄區前十大旱災及缺水影響潛勢區，其中七處臺北市轄區內潛勢區分布於信義區(1 處)、中正區(4 處)、內湖區(2 處)；可能受影響重要設施分別為臺北市政府信義計畫區、臺北車站、臺大醫院、臺大醫院(西址)、大直美麗華、內湖科學園區、榮民總醫院等(表 1)。

為因應潛在缺水危機，臺北自來水事業處已擬定各項應變措施，如：松德防災公園、228 和平防災公園、大同第二座配水池(共三座)加壓過大直橋、天母平地配水池供應天母加壓站加壓供水等措施，並定期檢點設施及演練(圖 2 及圖 3)，以保證設施妥善率及災時應變能力。

圖 2　加壓站運轉演練

圖 3　防災公園緊急維生取水設施架設

六、結語

臺灣屬於亞熱帶颱風盛行區，再加上又位於為環太平洋地震帶，每年都會遭遇大小颱風肆虐以及不斷發生的大小地震。臺灣因同時暴露在地震、颱洪和坡地等天然災害風險之下，面臨災害威脅居世界之冠。再加上近年全球氣候變遷急遽影響，極端氣候發生頻率日益增加，洪澇災害頻率、規模與損失之廣度、深度均有加大的趨勢。

政府單位投注在防災、減災及救災的人力及預算不斷增加。考量「政府有限、民力無限」前提下，在有限的政府資源下，若能結合民間資源共同攜手合作，將可降低災害發生時的損害。以臺北自來水事業處為例，目前已簽訂民間水車協助送水契約，緊急狀況時可協請民間業者調派水車協助送水給用戶。未來可以擴大租用民間不銹鋼水塔，在緊急狀況時可協請民間業者支援，並補貼運至指定地點及收回。

為了建立市民的防災觀念，讓防災成為一種生活態度之概念，從情境思考、緊急思維與災害心理來推動防災核心架構，透過研訂妥適的實施策略，進行防災教育人才增能培育，結合防災科技資源與創新研發推廣防

表 1　臺北市旱災及缺水影響潛勢區清冊及應變措施

CODE3	縣市	行政區	期間平均用水量總和	重要設施	邊界				應變措施
					左	右	上	下	
A630020043	臺北市	信義區	3046157.02	市政府 信義計畫區	基隆路1段	松仁路	松高路	信義路5段	松德防災公園 (松德路180巷8之1號對面)
A630050002	臺北市	中正區	2850102.03	臺北車站	中華路	杭州南路	市民大道 (鄭州路)	愛國西路	228和平防災公園 (懷寧街、凱達格蘭大道口)
A630050007	臺北市	中正區	2124908.00	臺大醫院西址					
A630050006	臺北市	中正區	2070683.07	臺大醫院					
A630040007	臺北市	中山區	2234052.12	大直美麗華	北安路	堤頂大道1、2段 潭美街	北安路 內湖路1段 瑞光路	樂群二路	大同第二座配水池(共三座) 加壓過大直橋供應
A630100075	臺北市	內湖區	5428159.89	內湖科學園區					
A630120041	臺北市	北投區	2126930.12	榮總	公館路	石牌路2段 天母西路		西安街 致遠三路 立農街2段	天母平地配水池供應天母加壓站加壓供水

災教育，強化面臨單一自然災害或複合式災害後調適與回復能力；同時藉由制度修訂、計畫推動及資源優化與串聯等面向進行重點整體設計、連結，以完善法令修訂、政策規劃、人才培育、組織建構、科技應用、知能推廣及資源整合等防災體系之一體化，希冀建立全民耐災能力，落實防災推動政策目標，達成建構「韌性，防災」之願景。

參考文獻

1. 經濟部水利署，https://www.wra.gov.tw/cp.aspx?n=4916，2022
2. 台灣自來水公司，https://www.water.gov.tw/ch/Contents?nodeId=1305，2022
3. 臺北自來水事業處的企業社會責任報告書，2020。

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、環境工程

陳國駿先生

現職：臺北自來水事業處供水科工程師

專長：供水調配、防災

陳品叡先生

現職：臺北自來水事業處技術科管理師

專長：圖資、資訊處理

降低不明管斷除風險－提升供水服務品質

文/吳幸璋、黃嘉昌

摘要

進行管線汰換或漏水搶修時，斷除不明管係健全管網之必要手段，惟過往未系統性的整合管線圖資致無法確認該管線是否仍有用戶使用，或因地形地貌改變難以依該圖面判斷該管線是否仍接有用戶，另可能因漏水量大避免損害擴大緊急斷管等因素，導致斷管後用戶無缺水引發民怨。本文係介紹由實際案例發想，進而建立斷除不明管的標準作業程序，並提供依此作業程序實際執行的 2 個案例，期能使工程人員遇需斷除不明管時能有所參考，盡量避免斷除後造成用戶無缺水，減少民怨，進而提振第一線自來水工程人員士氣，提升民眾對自來水事業的整體形象。

關鍵字：不明管、管線汰換、搶修

一、前言

進行管線汰換過程中，設計階段通常均就竣工圖說或其他歷史資料研判區域內管線接水情形，現場施工時遇無相關紀錄之管線時，通常本著勿枉勿縱的決心將之斷除，就現場監造同仁的經驗來說多少均遇有造成用戶無水情形，如遇突發之漏水搶修，更無充分的時間可查閱相關資料，為了管網的健全，對這些無法預判是否仍有用戶接水的不明管必須優先斷除的前提下，可能將對潛在用戶造成無預警停水；而在實務上臨時停水搶修，無法事先告知用戶先行儲水，在盡速復水並盡速回填恢復道路通行的目標下，斷除不明管時為求快速，通常僅將來水端封閉後回填，如後續發現有大規模用戶使用該管線供水，欲再開挖接回時，通往用戶端亦因泥沙進入管內，接水後造成用戶水端水濁或需清洗水塔等衍生許多問題，因此如何在斷除不明管後，對潛在性接水用戶的影響降到最低，降低民怨，將是一個重要的課題。

二、案由

110 年 7 月間位於北投區湖山路 1 段湖底路口路面漏水，經查圖資案址前已改接為不銹鋼管區用戶接水資料，開挖後發現屬口徑 100mmCIP（灰口鑄鐵管）漏水，該管線已多次漏水，當時即因該不明管線年份已未可考，且前已修理多次，為避免後續又有漏水情形，案址又位於山區往返費時，避免後續發生漏水高成本維修等，隨即將該管斷除以絕後患。

惟當晚約 18 時左右有用戶反映尚未復水，原設備維修監造同仁以個案屬斷管時關水復水後造成氣塞或止水栓未開啟等因為通知承商先行拆表確認，同時趕往現場查明原因，陸續接獲用戶反映尚未復水，且里長亦反映有多戶無水，當下方察覺是否屬斷管所致，惟當時屬下班交通尖峰時間，多數同仁於車陣中，陸續通知人員至現場支援，耗費許多時間，當確認屬斷管所致時，現場欲接回但判斷接回將衍生水質問題，決定先行以消防栓補足用戶水池水塔應急後，第 2 天

再就近改接，因屬突發狀況，多數同仁自行趕赴現場並未攜帶消防水帶及其他工具，當下向轄區消防隊商借後再回到現場，且用戶較為分散，花費許多時間布設水帶，逐戶補充用戶水池水塔，雖然夜間全數用戶接安撫完妥，多數用戶對本處即時積極前往處理抱持肯定，惟造成用戶用水的困擾，影響用戶正常作息是眾所不樂見。

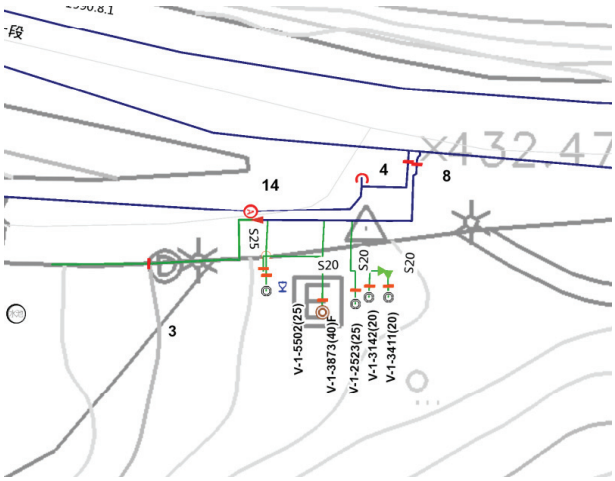


圖 1　湖山路 1 段湖底路口位置示意圖

圖 2　山區道路布設消防水帶供水

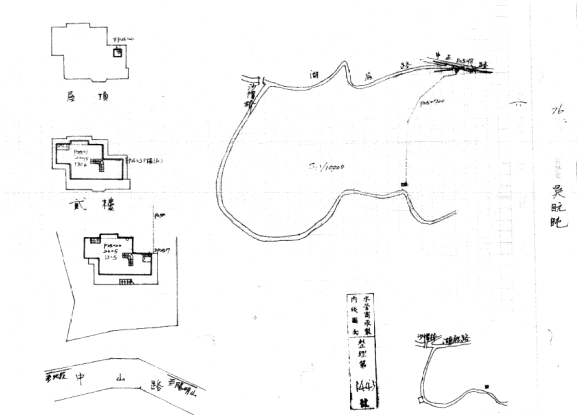


圖 3　湖底路用戶接水圖

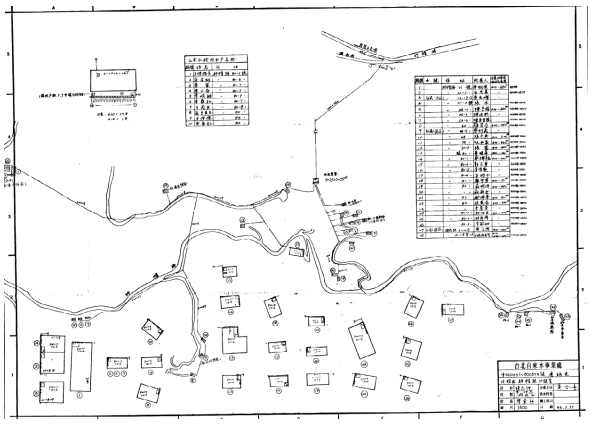


圖 4　湖底路用戶接水圖

三、檢討與建立標準作業程序

經檢討前述案件及過往處理不明管斷水後衍生用戶無水等案件，通常都有下列共通的問題：

1.斷除舊管時僅將來水端封閉，另一端未封閉導致回填時土石進入管內，既使再開挖將管線接回，復水時土石將隨水流進入用戶水池水塔導致水濁，衍生水質問題。

2.依本市救火栓設置標準 60m 至 100m 設置一處，案址雖未於山區道路仍依前述規定間距設置，可利用消防栓接水補充用戶水池水塔，惟屬突發狀況，未能先行準備消防水帶，雖及時向轄區消防隊商借，車程往返亦耗費許多時間。

3.用戶反映無水時已屬下班後時間，多數同仁已離開辦公室，且尚未確認屬斷除不明管導致多戶無水，僅先有監造同仁 1 人趕赴現場，當再有其他用戶反映無水時，方察覺屬斷除不明管所致，再聯絡其他同仁前往支援時業已耗費許多時間。

4.舊有用戶接水申請相關書圖標示過於簡易，比對地形地物困難，尤其夜間山區道路視線不佳，部分用戶水表位於未設照明之步道，增加尋覓表位以拆表確認有無水之困難度；而次日欲將表前給水管就近改接至配水管上，亦花費許多時間尋覓水表，確認屬總表或分表。

5.原日間施工時告知轄區里長屬漏水修理，惟發生用戶無水投訴至里長處，里長亦怪罪自來水施工未告知將停水。

根據過去因斷除不明管所衍生的重複性問題，是否可以建立一套標準作業程序供依循，盡量避免再有類似情形發生？根據相關同仁提供過往處理驗件的經驗，並了解承商過往現場施工過程，經過多次討論後研擬下列標準作業程序：

施工斷除不明管自主檢查事項表

日期：_____

不明管位置：_____

口徑：_____；數量：_____

編號	項　　目	是	否	備註
1	已查詢舊有圖資與台帳以確認該不明管之可能影響範圍。			
2	不明管斷除後，已妥善封管後再行回填。			
3	50mm(含)以上口徑不明管線應先加裝止水開關，並予以關閉後再行回填。			
4	是否已通知股長指定晚間待命人員。			
5	水帶與無水便利盒是否已備妥於工程車上待命。(水帶：山區 150 公尺、市區 80 公尺)			
6	斷除不明管是否已先行通知里長：本處為杜絕管線漏水斷除須不明管線，惟可能發生無水情形，本分處已備妥緊急處理措施。			
監工簽名：				

圖 5　施工斷除不明管自主檢查事項表

1.監工於管線施工前以先查明舊有圖資、台帳等資料，對於疑似有不明管位置，於施工前 1 日以前請承包商協助測試疑似接水表位，經測試後對於接於不明管線之表位應先行改接。

2.於施工現場遭遇不明管時，監工或電請施工班長立即查詢舊有圖資與台帳以確認該不明管之可能影響範圍。

3.斷除不明管時若無法確認之可能影響範圍，應將不明管斷除後，妥善封管後再行回填。

4.施工遭遇 50mm(含)以上口徑不明管線應先加裝止水開關，並予以關閉後再行回填，經 3 日確認無用戶使用該不明管後再予以斷除。

5.若斷除不明管於當日下班前通知股長，由股長指定職員與技術士各 2 名下班後於家中待命，並先行備妥足夠水帶與無水便利盒等緊急接水設備。

6.若於山區斷除不明管至少準備 150 公尺長之水帶，市區則準備 80 公尺長之水帶，並於下班前備妥於工程車上。

7.斷除不明管務必先行通知里長事項：本處為杜絕管線漏水斷除須不明管線，惟可能發生無水情形，本分處已備妥緊急處理措施。

8.斷除不明管須填妥下列施工斷除不明管自主檢查事項表後連同不明管照片拍照上傳工程股群組。

四、應用案例

(一)路面漏水

圖 6　泉源路路面漏水

就應用上述標準作業程序執行不明管斷管，以 110 年 8 月間北投區泉源路 39-37 號前路面漏水為案例，接獲漏水通報後即查詢既有圖資，案址所在位置有口徑 300mmPVCP 與口徑 150mmDIP 兩支配水管（如圖），惟口徑 300mmPVCP 於距離漏水點下游約 140m 處標示為封管，復經關水測試後研判口徑 300mmPVCP 有較高的漏水機會，上述程序概略為「1.已查詢舊有圖資與台帳以確認該不明管之可能影響範圍。」由於圖面上無任何用戶接水，管齡已高過使用年限，以將該管段廢棄為目標，減少覓測挖修漏水點所需時間，由於步驟「3.50mm(含)以上口徑不明管線應先加裝止水開關，並予以關閉後再行回填。」該管屬大於口徑 50mm，必須裝設制水閥並關閉測試，通知股長並指定晚間待命人員。現場屬市區，已備妥 80m 水帶與無水便利盒於工程車上待命，並向里長告知「本處為杜絕管線漏水斷除須不明管線，惟可能發生無水情形，本分處已備妥緊急處理措施。」就「施工斷除不明管自主檢查事項表」逐項檢核後確認現場依標準作業程序辦妥。

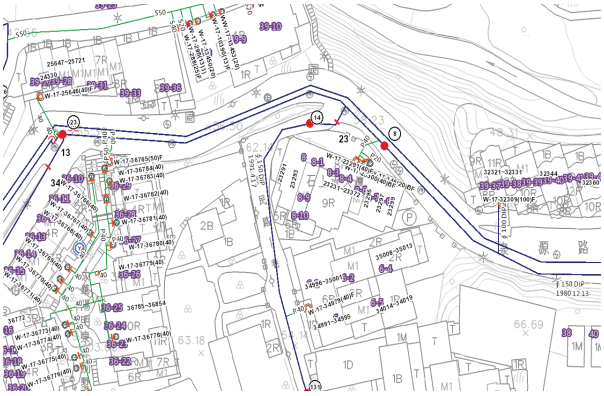


圖 7　口徑 300mm 管線圖資

施工斷除不明管自主檢查事項表

日期：110、8、31

不明管位置：泉源路39號前

口徑：φ300；數量：1

編號	項　　目	是	否	備註
1	已查詢舊有圖資與台帳以確認該不明管之可能影響範圍。	✓		
2	不明管斷除後，已妥善封管後再行回填。			—
3	50mm(含)以上口徑不明管線應先加裝止水開關，並予以關閉後再行回填。	✓		
4	是否已通知股長指定晚間待命人員。	✓		
5	水帶與無水便利盒是否已備妥於工程車上待命。(水帶：山區 150 公尺，市區 80 公尺)	✓		
6	斷除不明管是否已先行通知里長：本處為杜絕管線漏水斷除須不明管線，惟可能發生無水情形，本分處已備妥緊急處理措施。	✓		

監工簽名：

圖 8　自主檢查事項表勾稽

圖 9　安裝制水閥測試是否有用戶接水

(二)配合外單位施工管線遷移

北投區尊賢街 247 號水利單位施築側溝工程遇口徑 100mm 機械接頭鑄鐵管（MJP），通知本分處辦理管線遷移，經查詢相關圖資並無該管線，當時即以本標準作業程序執行

不明管斷管等各項工作。首先詳查舊有圖資與台帳以確認該不明管之可能影響範圍，由於所查詢資料並無該管線，由於該管屬大於口徑 50mm，必須裝設制水閥並關閉測試，另通知股長並指定晚間待命人員。而現場屬市區，備妥 80m 水帶與無水便利盒於工程車上待命，並向里長告知「本處為杜絕管線漏水斷除須不明管線，惟可能發生無水情形，本分處已備妥緊急處理措施。」就「施工斷除不明管自主檢查事項表」逐項檢核後確認現場依標準作業程序辦妥；惟本案將制水閥裝妥後即陸續有用戶反映無水，經登記相關用戶地址後再行將制水閥開啟，未長時間影響用戶正常用水。

圖 10　尊賢街發現口徑 100mm 不明管

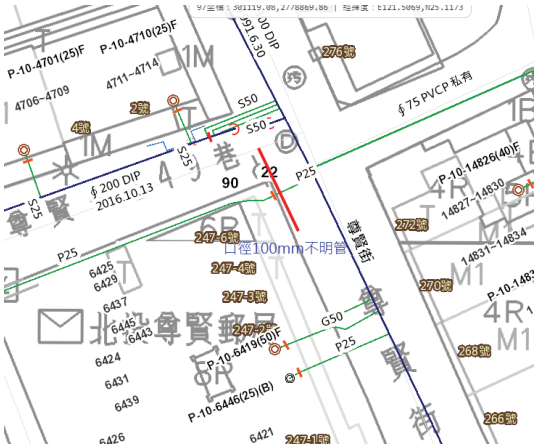


圖 11　尊賢街不明管位置示意圖

施工斷除不明管自主檢查事項表

日期：110、10、1

不明管位置：尊賢街149巷口

口徑：φ100；數量：1

編號	項　　目	是	否	備註
1	已查詢舊有圖資與台帳以確認該不明管之可能影響範圍。	✓		
2	不明管斷除後，已妥善封管後再行回填。			—
3	50mm(含)以上口徑不明管線應先加裝止水開關，並予以關閉後再行回填。	✓		
4	是否已通知股長指定晚間待命人員。	✓		
5	水帶與無水便利盒是否已備妥於工程車上待命。(水帶：山區 150 公尺、市區 80 公尺)	✓		
6	斷除不明管是否已先行通知里長：本處為杜絕管線漏水斷除須不明管線，惟可能發生無水情形，本分處已備妥緊急處理措施。	✓		

監工簽名：

圖 12　自主檢查事項表勾稽

圖 13　不明管安裝制水閥測試

後續就反映無水用戶地址等資料，安排就近改接至既有配水管，再將該口徑 100mm 管徹底斷除。

五、結語

無論是管線汰換還是漏水搶修，遇有不明管將之斷除是必要的手段，希望藉由施工斷除不明管標準作業程序，配合使用自主檢查事項表，減少因為管線汰換或漏水搶修斷除不明管後的用戶無水情形發生；另一方面，汰換老舊管線降低漏水率，斷除不明管，對於供水管網提升用戶用水品質有莫大的助益，且目前管線汰換後竣工圖必須待測量後繪製，以數位化方式存在圖資中，漏水

點與斷除不明管等資訊亦可標註於圖資中，藉此不斷的更新以提高管線圖資的正確性，進而避免在若干年後重複再遇到因不明管斷除造成無水事件，同時避免因為斷除不明管造成民怨而對於管線汰換及圖資更新帶來的正面價值有所貶抑，提高相關人員士氣，提升整體形象。

參考文獻

1.臺北自來水事業處，「106-107 年策略地圖推動」，105 年。

2.臺北自來水事業處，「陽明營業分處因應高濁度排水計畫」，108年。

3.游叡研、李中彥，「利用歷史圖資研判斷除不明管線之案例分享」，自來水會刊第33卷第1期，103年。

4.葉泓暉，「北水處導入水安全計畫—以管網環節為例」，自來水會刊第38卷第2期，108年。

作者簡介

吳幸璋先生

現職：臺北自來水事業處陽明營業分處三級工程師

專長：自來水工程管線設計施工、監造、閥類維護及漏水搶修。

黃嘉昌先生

現職：臺北自來水事業處陽明營業分處二級工程師

專長：自來水工程管線設計施工、小區計量、管網改善。

平板陶瓷膜在淨水處理上之應用

文/林靜怡、楊啓章、王耀靚、林慶春

摘要

2021 年初，台灣經逢百年大旱，且時序延至 6 月方始迎來梅雨鋒面。此種極端現象乃是受到全球暖化的影響，使得高溫天數持續增加，降水天數相對減少，且多數以暴雨之形式降臨。瞬間暴雨造成河川及水庫產出高濁度原水，對於淨水處理上的困難度與日俱增。

如前述，研發快速安全並有效提升水質，且能降低用電與用藥之能耗成本，結合維護操作容易、耐久性強及符合綠色環保等特點的現代化淨水處理設備為當務之急，平板陶瓷膜就是具有上述各項優異性能之產品。本研究以台灣自來水公司第三區管理處新竹第一淨水場膠凝沉澱後段，以及第八區管理處雪隧取水站兩處設為取水點，進行平板陶瓷膜過濾測試。膜通量最高可達 500LMH，各水質項目檢測結果皆符合國家飲用水標準。

關鍵字：平板陶瓷膜、快速過濾、濁度去除、NSF 認證

一、前言

(一)平板陶瓷膜開發歷程

平板陶瓷膜是一種以無機材料製成的人工膜，廣泛用進行固液分離。不同於常見的有機薄膜，陶瓷膜可操作於有機薄膜無法應用或是應用效果不佳的環境當中，例如高強度酸鹼、有機溶劑及高溫。

多孔陶瓷膜依據結構分為無定形膜和晶體膜 1，其孔徑分布廣，涵蓋範圍從微濾(MF)到納濾(NF)，可應用於家用型淨水器到自來水供水系統。

市面上大多數的陶瓷膜製造商以生產三氧化二鋁、氧化鈦及氧化鋯的載體膜和膜層為主，然而最新的技術是以碳化矽(SiC)作為材料製成薄膜。與氧化物基膜 (1200-1600 ˚C) 相比，碳化矽需要更高的燒結溫度 (>2000 ˚C) 。不論是平板式或是管柱式的陶瓷膜，皆具有高度的親水性，提高操作通量、高強度以及膜片耐化性 2。

(二)平板陶瓷膜過濾範圍

平板陶瓷膜過濾孔徑約為 0.1 μm，介於超濾膜(UF)及微濾膜(MF)間，可過濾大多數顆粒物。

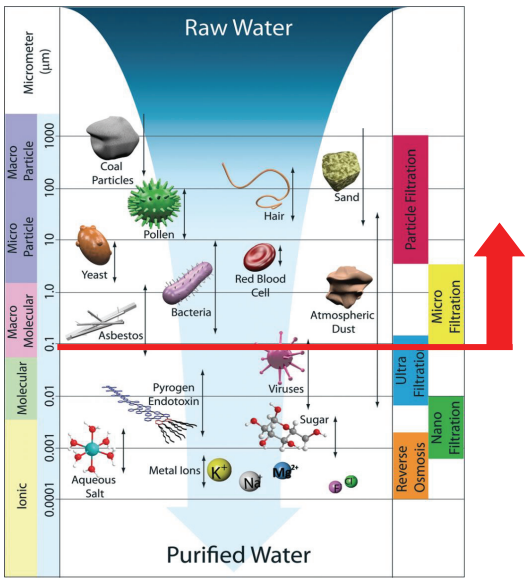


圖 1　平板陶瓷膜過濾範圍

(三)平板陶瓷膜結構

平板陶瓷膜為片狀排列結構，與有機平板膜及中空纖維膜不同，相比於有機過濾膜的分散式結構，進流水中的堵塞物質不易深入結構，並且較能以物理及化學方式去除汙堵。

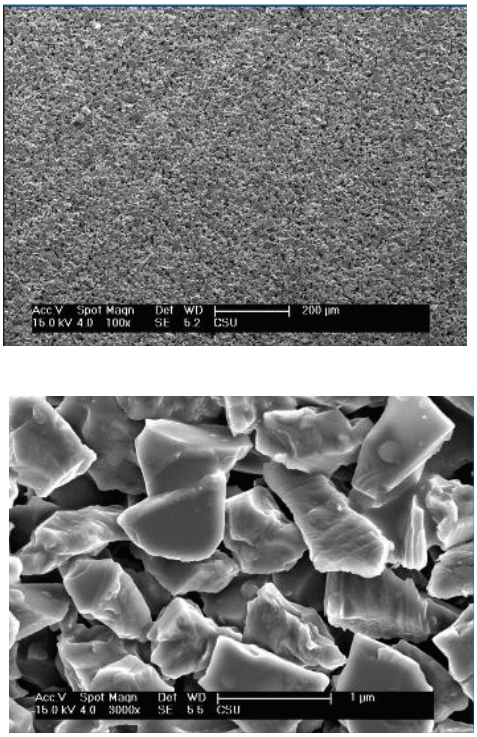


圖 2　平板陶瓷膜結構

(四)平板陶瓷膜運作

以掃流式過濾(Cross-flow)原理運作，進流水由負壓抽吸進入膜片過濾，懸浮固體即被截留在膜片表面形成濾餅層。掃流式過濾能有效去除的粒徑範圍為 0.1~10um，此範圍內的微粒若以沈澱、離心或深層過濾等方式，均無法有效可靠的被去除。在這種處理方式中，進流水的流向與薄膜表面形成平行，因剪力作用能將膜片表面的濾餅層厚度降低，如此得以保持較高之濾速 3。因此平行方向的掃流過濾法已逐漸被廣泛地應用在淨水及廢水處理。而通過膜片本體的過濾水則彙集至於兩側端蓋處，再由集水管輸送至清水槽。

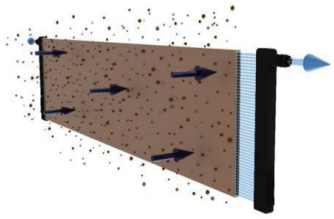


圖 3　平板陶瓷膜運作

(五)平板陶瓷膜與傳統設備比較

傳統過濾方法可分為砂過濾及有機膜過濾，平板陶瓷膜既具有各處理方式之優勢，亦針對原有設備所遇到的困境加以改進，以下為上述三種過濾技術之分析表：

表 1　過濾技術分析表

砂過濾	1.較大孔隙率 2.產水品質差 3.僅適用於穩定品質原水 4.使用壽命長
有機膜	1.較小孔隙率 2.產水品質佳 3.對原水品質較敏感 4.使用壽命短 5.需有前處理設備
平板陶瓷膜	1.孔隙率與有機膜相同 2.產水品質佳 3.可直接處理原水 4.性能不隨過去時間下降 5.使用壽命長，耐用度高 6.簡易前處理後即可運作

二、測試案例

(一)三氧化二鋁陶瓷平板膜測試

根據台灣自來水公司第三區管理處所提出 30000CMD 需求處理水量，於新竹第一淨水場中取膠凝沉澱後段水源，進行三氧化

二鋁平板陶瓷膜之過濾測試，以了解該處理方式之適用性，並同時收集通量、過膜壓差、產水水質等相關操作數據做為後續工程規劃之參考依據。

相關測試說明如下：

1.測試地點：台灣自來水公司第三區管理處新竹第一淨水場

2.測試時間：2020.01.02-02.28

3.試驗目標：平板陶瓷膜適用性測試

4.監測項目：產水負壓、通量、入水/產水水質(濁度/重金屬濃度/pH/水溫等)

(二)碳化矽(SiC)陶瓷平板膜測試

以台灣自來水公司第八區管理處雪隧取水站，取經過前加氯及曝氣塔後之水源，進行碳化矽平板陶瓷膜過濾測試，分別記錄通量、過膜壓差、產水水質，並且歸納整理最佳處理條件。

將碳化矽(SiC)陶瓷膜運用至自來水過濾，利用膜片 0.1μm 的孔隙過濾泉水，使當地居民能擁有更好的飲水品質，並發揮其高通量、高耐用度及佔地面積小之特性，使設備在空間規劃更加彈性。

相關測試說明如下：

1.測試地點：台灣自來水公司第八區管理處雪隧取水站

2.測試時間：2021.09.16-10.05

3.試驗目標：平板陶瓷膜適用性測試

4.監測項目：產水負壓、通量、入水/產水水質(濁度/重金屬濃度/pH/水溫等)

三、結果與討論

(一)三氧化二鋁平板陶瓷膜測試結果

連續操作 180 小時，設定通量為 250 L/m^2-hr，實際測得平均通量為 233 L/m^2-hr，負壓維持在-0.48kg/cm^2。以下為操作條件及水質。

1.膜通量：233 L/m^2-hr

2.產水時間：60 分鐘

3.反洗時間：30 秒

4.濃縮排泥時間：8 小時

5.藥洗種類及濃度：硫酸 0.3%

表 2　新竹第一淨水場產水測試水質分析結果

項目(單位)	原水	過濾水	去除率
pH	7.75	8.04	--
濁度 NTU	1.62	0.2	87.7%
總鐵 mg/L	0.49	0.02	95.9 %
總錳 mg/L	0.047	0.04	14.9%
鋁 mg/L	0.15	0.048	68 %

經測試後建議系統操作條件如下：

1.反洗程序：產水 1hr 反洗 0.5min。

2.排水(concentrate，濃縮)程序設定：產水 8hr 後進行排水。

3.長時間運作：連續產水 4 天後進行酸洗。

4.平板膜規格：以 0.1 μm 進行運作。

5.酸洗濃度設定：0.3%硫酸。

(二)碳化矽(SiC)平板陶瓷膜測試結果

連續操作 120 小時，設定通量為 545 L/m^2-hr，實際測得平均通量為 529 L/m^2-hr，負壓維持在-0.15kg/cm^2 以下。

1.膜通量：545 L/m^2-hr

2.產水時間：480 分鐘

3.反洗時間：30 秒

4.濃縮排泥時間：每次反洗結束即排泥

5.藥洗種類及濃度：硫酸 0.5%

表 3　雪隧取水站產水測試水質分析結果

項目(單位)	原水	過濾水	去除率
pH	7.89	8.03	
色度	90	8	91.1 %
濁度 NTU	7.18	0.15	97.9 %
總鐵 mg/L	1.3	0	100 %
溶解鐵 mg/L	0.19	0	100 %
總錳 mg/L	0.06	0.02	66.7 %
溶解錳 mg/L	0.05	0.01	80.0 %

經測試後建議系統操作條件如下：

1.反洗程序：產水 8hr 反洗 0.5min。

2.排水(concentrate，濃縮)程序設定：產水 8hr 後進行排水。

3.長時間運作：連續產水 8 天後進行酸洗。

4.平板膜規格：以 0.1 μm 進行運作。

5.酸洗濃度設定：0.5%硫酸。

四、結論與建議

(一)本研究分別以經過前加氯及曝氣塔後之水源進行平板陶瓷膜過濾測試，兩處測試 結果顯示濁度、鐵離子及錳離子皆能有效去 除，並且能達到高通量的需求。

(二)碳化矽(SiC)平板陶瓷膜通過 NFS (National Sanitation Foundation)第 61 號認證，在長時間需與水接觸之下，不會產生對人體有害的物質。並且於 61 度 C 高溫中通過檢測，說明與其他在常溫中檢測的有機膜相較之下，碳化矽(Sic)平板陶瓷膜更加耐高溫。

(三)平板陶瓷膜為膜組化設計，可以系統規模進行規劃。同時系統也可針對緊急救災用水作移動淨水套裝設備之應用，完全取代傳 統快濾池之功能，並且有更高的使用彈性。

參考文獻

1..R.M. de Vos and H. Verweij. High-Selectivity, High-Flux Silica Membranes for Gas Separation. Science. 1998, 279 (5357): 1710 – 1711

2.Guo XZ, Yang H (2005). "Sintering and microstructure of silicon carbide ceramic with Y3Al5O12 added by sol-gel method". J Zhejiang Univ Sci B. 6 (3): 213 – 8.

3.張棟江〈平行流微過濾法之過濾行為理論及應用於濾池及沖洗廢水處理之研究〉,《自來水會刊雜誌》，41卷1992年，頁39-50

作者簡介

林靜怡女士

現職：地球村國際股份有限公司

專長：平板陶瓷膜過濾及其應用

楊啓章先生

現職：地球村國際股份有限公司

專長：淨水處理、廢水處理、平板陶瓷膜過濾及其應用

王耀靚先生

現職：地球村國際股份有限公司

專長：淨水處理、濾水處理、平板陶瓷膜過濾及其應用

林慶春先生

現職：台灣自來水公司第三區管理處(退休)

專長：淨水處理

南港加壓站出水管改善策進作為及回饋反思

文/游叡研

摘要

加壓站進出水管線重要性高於一般管線，北水處針對各加壓站健檢，其中南港加壓站 ϕ400mm 出水管屬急迫性須優先改善工程。供水範圍有中央研究院及國家生技園區等重要用戶，區域用水影響層面大。

本文介紹積極管理作為，妥善運用工序工法，透過制水閥啟閉供水調配，全程維持正常供水，達成零水汙染。施工過程遇非計畫內之閥栓及壓力異常問題，主動探究原因，順利完成改善，區域水壓提升，可減少加壓站耗能，提升管網健全，降低供水風險。

本文成功改善實務經驗，提出相對應之精進作法，鎖定目標善用各種策進作為，並透過回饋反思，對既有管理模式進行檢討改善，期能提供相關依循、參考與經驗傳承分享。

關鍵字：加壓站、管線汰換、閥栓、水壓

一、前言

大台北地區近幾十年來都市發展快速，早期自來水基礎建設著重在供水管網建置擴張，缺乏自來水管線設施維護管理機制，老舊管線汰換率過低，致漏水日益嚴重，漏水率始終居高不下，為有效改善管網漏水問題，北水處爭取經費訂下中長期管汰計畫，目標於 2025 年將漏水率降至 10%以下。自 2005 年起每年之管線汰換率皆達 IWA 國際水協會所建議 1.5%以上。大臺北地區之漏水率自 2005 年 26.99%，至 2021 年已降至 11.38%，持續有效地改善自來水管網體質。

管線汰換除了量的提升，在質的方面亦相當重視，北水處有超過 110 處加壓站，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，排定汰換順序分三級（A 級具急迫性、B 級優先辦理、C 級納入計畫），其中南港加壓站 ϕ400mmMJP 鑄鐵管屬急迫性須優先辦理工程，由北水處東區營業分處進場汰換更新。

本案涉及加壓站進出水管供水管路複雜，供水範圍有中央研究院及國家生技園區等重要用戶，總用水戶數約 2 萬戶，區域用水影響層面大，如何在施工中維持加壓站正常供水是一大挑戰。本案屬具亟需辦理改善更新之重要工程，將舊有配水管及相關制水閥一併汰換更新後，提升管網供水系統健全度，可有效降低供水風險，提升加壓站區域供水安全。

本文探討加壓站進出水管施工中遭遇可預期及不可預期之困難點，提出相對應之處理模式與管理作為，整理歸納各項因應措

施，對執行成果進行回饋反思提出相關策進作為，包括將停水影響降至最低、維持加壓站正常供水、達成零水污染、主動處理閥栓問題、提升管網健全度、區域水壓提升、減少加壓站耗能等，期於未來進行管線汰換工程時，能提供相關依循與參考。

二、目標及策略

本案因涉及南港加壓站進出水管供水，管路相對複雜，停復水作業需審慎執行，如有不慎對區域用水影響層面大，計畫目標及策略說明如下：

(一)施工期間維持加壓站供水區域之正常供水，是首要目標。策略：

1.妥善研擬停復水計畫。

2.制水閥啟閉調配。

3.適時機動切換抽水機。

4.運用不斷水制水閥。

5.利用夜間施工。

(二)出水管是供水源頭，需避免發生水污染事件。策略：每日施工後主動辦理排水洗管及復水作業，緩開排水乾淨。

(三)順利完成加壓站出水管改善。策略：現場管障嚴重，依現況調整施工順序及連絡處，積極克服管障連通。

三、遭遇困難及策進作為

(一)施工中如何維持加壓站正常供水

策進作為：施工前多次進行試關水閥栓操作測試，確認區域水壓變化及閥栓啟閉情形。妥善規劃施工順序及工序事宜，根據試關水結果，仔細研擬施工停復水計畫。施工中運用不斷水制水閥，排定夜間施工，並透過制水閥啟閉調配及施工順序調整，配合適時切換抽水機出水，維持加壓站正常供水。

為降低停水影響範圍，擬定 6 個施工順序，依順序施工可將停水影響降至最低。其中僅施工順序(二)短暫停水約一小時，其餘時間不影響用戶用水，讓用戶感受不到停水（如圖 1）。

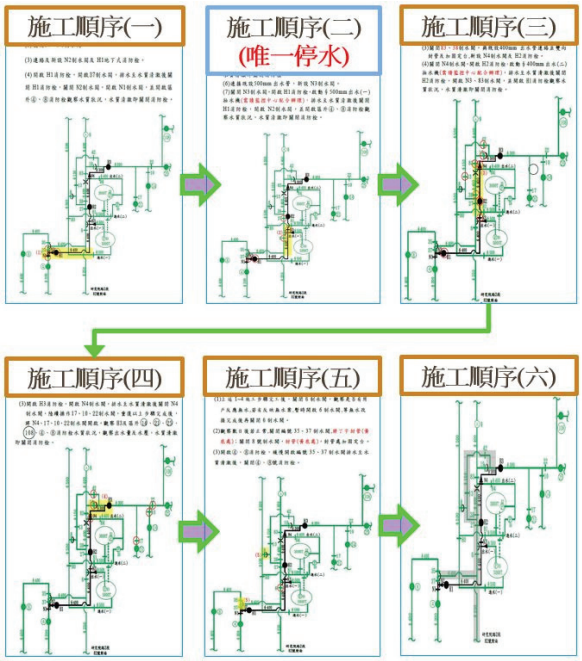


圖 1　施工順序示意圖

(二)克服嚴重管障

策進作為：

1.施工前多次橫向探挖，事先確認連絡處是否有管障，避免無法接回舊管。

2.多次協調其他管線單位配合改管及遷移管線，克服困難穿越水溝施工。

3.依探挖結果修正施工位置、依現況調整施工順序及變更連絡處，克服萬難完成連絡（如圖 2）。

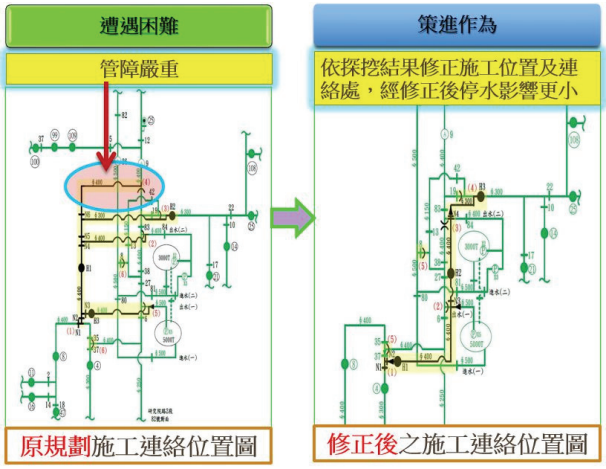


圖 2　施工順序調整示意圖

(三)水汙染風險

策進作為：

1.加派人力每日施工後主動辦理排水洗管及復水作業，並確認區內及區外消防栓水質濁度符合標準。

2.排水順序很重要，先關閉鄰近制水閥，施工連絡處管溝及消防栓緩開排水確認乾淨後，才開啟制水閥將自來水放流至管網用戶端，同時加強加壓站範圍末端消防栓加強排水。本案施工期間無反映水濁，將民怨減至最低（如圖 3）。

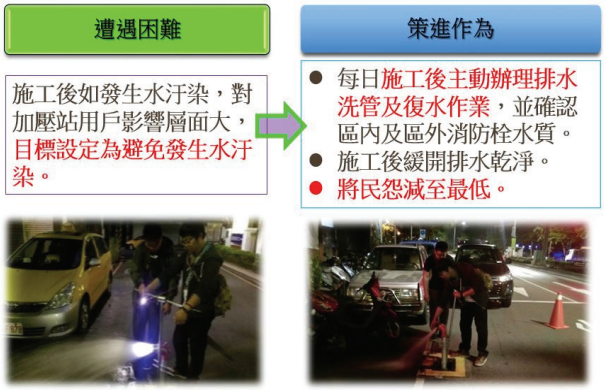


圖 3　降低水汙染策進作為

(四)閥栓狀況不明

策進作為：事前妥善進行閥栓試關水操作測試，量測消防栓水壓變化，並主動觀測監控系統監視點水壓變化，當水壓有不正常變化現象時，即可據以查明制水閥啟閉狀況，預先作適當處置釐清制水閥啟閉情形。本案執行過程透過監視點水壓異常主動處理，水壓不合理現象即代表制水閥有狀況或可能有漏水情形，據此可改善制水閥失能或不當啟閉問題，提升管網更健全並同時可減少加壓站耗能，舉例說明如下：

1.於施工後復水時，主動發現監視點民權街 S153 水壓變化不合理現象，S153 離南港加壓站更近，復水時水壓提升卻比更遠的研究院路一段監視點 S116 恢復的更慢，經巡查測試，係弘道街 300mm 制水閥失能且為關閉狀態，水需往南側繞一大圈才能送至民權街。

2.施工團隊主動發現分析問題積極處理，經擴大關水汰換該失能制水閥，管網連通健全，復水時民權街水壓即可快速提升，亦可減少加壓站耗能（如圖 4）。

圖 4　S153 水壓異常主動處理策進作為

3.施工中關水時，主動發現研究院路一段監視點 S116 水壓降為 0 之不合理現象。經現場反覆進行閥栓啟閉測試，發現橫科路本通 300mm 不明制水閥為關閉狀態，且該制水閥圖資無，故造成橫科路與研究院路一段管網不連通之異常情形。經將該閥緩慢洗開後，管網已連通健全，後續施工不會有用戶反映無水情形（如圖 5）。

圖 5　S116 水壓異常主動處理策進作為

四、執行成果及價值意義

本管網改善案困難度相當高，因加壓站出水管是供水源頭，牽涉層面廣且停復水複雜，為避免影響區域用水，於規劃階段即設定施工期間維持加壓站供水區正常供水，避免產生水污染，全程妥善考慮各種應變因應措施，仔細規劃施工順序，施工過程全程監造機動靈活調整，確保在住戶用水權益不受影響的前提下達成改善目標（如圖 6）。

執行成果包括全程維持正常供水，達成零水污染，主動處理閥栓問題，提升管網健全度附加價值則為區域水壓獲得提升，尤其是加壓站末端水壓，同時並可減少加壓站耗能（如圖 7）。

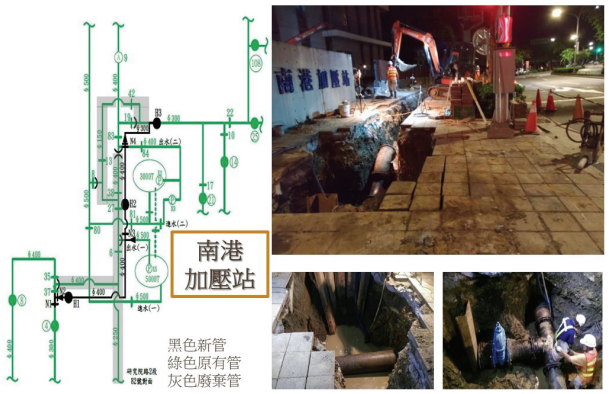


圖 6　現場施工照片及管線示意圖

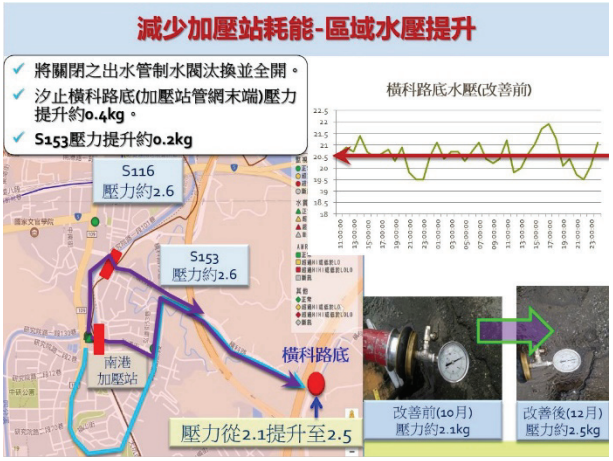


圖 7　加壓站末端水壓提升示意圖

本案為成功改善加壓站進出水管之實務經驗，價值在於建立執行過程施工標準作業順序流程（如圖 8）及施工前中後各階段應注意事項及遭遇困難解決因應之道，執行期間相關積極管理作為說明如下：

(一)積極申請路證：研究院路 2 段原係路平專案管制路段，積極協調路權單位開放管制，加速取得路證核發。

(二)妥善研擬施工停復水計畫書：依多次探挖及試關水閥栓測試，妥善規劃施工方式、順序及工序工法事宜，以降低停水影響。

(三)主動處理閥栓問題：洗開或汰換原為關閉之出水管制水閥，透過監控點壓力異常變化分析，主動處理以提升管網健全，汐止區民權街及橫科路一帶區域水壓獲得明顯提升。

(四)維持加壓站正常供水：利用夜間施工、全程監造，並透過制水閥啟閉調配、施工順序調整及切換抽水機出水，維持加壓站正常供水，用戶用水權益不受影響。

(五)無水汙染事件：主動辦理排復水作業，確認區內及區外消防栓水質情形，每日施工後緩開排水乾淨，無用戶反映水濁，將民怨減至最低。

(六)克服管障連通：現場管障嚴重連絡處施工不易，依探挖結果修正施工順序及位置，協調其他管線單位配合遷移管線，依現況應變調整連絡處，克服萬難依原訂目標順利完成南港加壓站出水管改善作業。

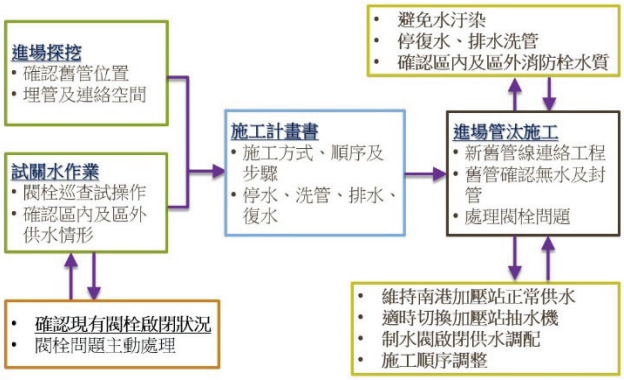


圖 8　施工標準作業順序流程說明

五、回饋反思

南港加壓站出水管改善案，因涉及加壓站出水，停復水複雜，為避免影響區域用水，全程妥善考慮各種因應措施，說明如下：

(一)事前仔細妥善規劃，靈活調整應變，全程保持加壓站區域正常供水，將民怨降至最低。

(二)施工前、中、後皆確實督商執行，全程監造，將停水影響降至最低，無用戶反映水濁，達成零水汙染之目標。

(三)本案施工過程遭遇非計畫內之突發性閥栓異常問題，及監視點壓力異常，皆主動追蹤分析探究原因，積極處理完妥。

(四)本案除完成出水管改善，更一併提升供水閥栓系統健全度，提升南港加壓站區域水壓，間接亦可減少加壓站耗能。

本案為加壓站進出水管改善成功案例，順利達成既定目標，但檢討檢討反思後仍有可以再精進之處，茲說明如下：

(一)施工過程中發現管網系統之制水閥有失能或埋沒問題，供水系統不夠健全，進而影響區域水壓，更可能造成加壓站耗能，後續應有積極管理作為說明如下：

1.閥栓管理：安排定期檢視所有加壓站外部管線系統，相關制水閥操作情形是否正常。

2.水理分析：利用水理分析軟體，可模擬管網正常水壓分布，透過實際量測消防栓水壓，比對後水壓異常處即可能代表管網系統之制水閥不健全或是有漏水情形，可提早因應處理。

3.定期辦理停復水演練：平常壓力已達平衡，難以察覺制水閥功能是否異常，管網是否連通健全。惟透過加壓站定期辦理停復水演練，於停復水過程中，透過即時監控各監視點之水壓變化情形，可有效協助分析判斷壓力分佈是否合理，是否存有制

水閥異常問題，以適時安排改善。

(二)因管網中存有與圖資不符之老舊不明管，於施工過程中發生汐止弘道街無預警停水事件（非預期），經檢討，施工前試關水雖確認區域內水可關死，卻漏了進一步確認區外的水壓是否正常，後續應有作為及檢討說明如下：

1.閥栓維護：施工前辦理閥栓巡查操作維護，如有制水閥失能或未開啟情形，預先申請路證處理改善。

2.試關水作業：關水時須一併確認區內及區外供水情形，量測區內及區外消防栓水壓變化，避免發生區外無預警停水情形。

3.弘道街辦理管網改善：後續安排進行弘道街一帶老舊管線整理汰換更新，可徹底解決老舊管線問題，提升管網健全。

六、結語

施工過程中發現管網系統之制水閥有失能或埋沒問題，供水系統不夠健全，進而影響區域水壓，更可能造成加壓站耗能。本案施工期間遭遇非計畫內之突發性閥栓異常問題，監視點水壓異常，皆主動追蹤分析探究原因，積極處理完妥。

本案順利完成加壓站出水管改善，區域水壓獲得提升，間接可減少加壓站耗能，提升供水管網系統健全度，有效降低供水風險，提升加壓站區域供水安全。

本文以成功改善加壓站出水管之實務經驗，提出相對應之精進作法，鎖定目標善用各種策進作為，並透過回饋反思，對既有管理作為進行檢討改善，期於未來進行相關管線汰換工程時，能提供相關依循、參考與經驗傳承分享。

參考文獻

1.臺北自來水事業處工程總隊，加壓站進出水管改善報告，2017。

2.游叡研、李中彥，「利用歷史圖資研判斷除不明管線之案例分享」，自來水協會自來水會刊第33卷第1期，2014。

3.賴奕誠、游叡研，「封閉型加壓站類型介紹及管理作為」，自來水協會自來水會刊第39卷第2期，2020。

4.臺北自來水事業處，109年經營績效報告。

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：管網改善規劃、設計與監造、高地供水

台中市聚興 4 萬立方公尺配水池工程簡介

文/張建邦、蘇坤銘、王勁凱、陳宥鈞

摘要

為改善台中市第三供水區之供水品質及穩定，於潭子區聚興段新興小段興建 4 萬立方公尺預力配水池。於配水池進、出管線各設蝶閥控制外，並於豐興路一段原設 ϕ 1,750m/m 送水管銜接間設一只蝶閥以保留操控的彈性，未來將本配水池之監控系統回送至台中給水廠，以利監控。工程完成後，期能調節第三供水區用水，提升供水區供水安全及穩定度，尤其在停復水時，可以縮短停復水的時間，減少民怨。

關鍵字：預力、監控、安全、穩定、節能、創新

一、前言

大台中第三供水區包括潭子區、北屯區、東區、太平、大里及霧峰區等一帶，供水區內配水池總容量為 1 萬 7,520m^3。預估未來第三供水區人口快速成長，為滿足目標年 120 年最大 45 萬 m^3/日需水量、增加配水池調節容量及供水時間（圖 1），並於發生供水事故時維持該區域之供水安全及供水穩定，遂辦理「台中市第三供水區聚興配水池工程」。

圖 1　增設 4 萬 m^3 配水池效益

二、場址及水池型式選擇

(一)場址

本工程位於臨 17M 寬豐興路一段（圖 2），設計階段為覓適合用地，以達成靈活調度區域供水並提昇管網韌性，場址選擇考量如下：

1.避開地質敏感區（車籠埔斷層帶）。

2.可重力流供水，以節約動力費。

3.鄰近主幹管，穩定區域供水。

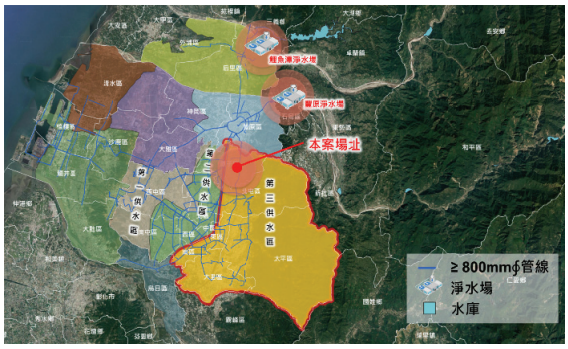


圖 2　聚興 4 萬 m^3 配水池場址

(二)水池型式

水池型式以水池面積、開發面積、耐久性及水密性等分析比較。經綜合評估，以圓形預力結構體為優選（圖 3）。

圖 3　配水池型式評估

三、工程特色

本工程設計階段即考量品質耐久性、維護管理、節能減碳、防災安全、環境保護與創新科技，說明如下：

(一)品質耐久性

1.配水池採圓形預力混凝土結構，材料壽命長。

2.藉由配水池減壓，後續採用遙控浮球閥自動調節液位，操作管線壓力穩定至 1.5~1.8 kgf/cm^2，降低操作風險，並增加下游管線安全性。

3.結構設計導入預力工法，確保抗震能力縱向採 ϕ 36mm 預力鋼棒，減少池壁厚度並大幅提升水池高度。環向採 ϕ 12.7mm 預力鋼絞線跨柱循序對拉，以抵抗側向水壓之影響（圖 4）。

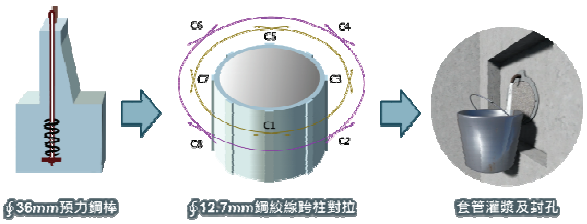


圖 4　預力工法施工示意圖

(二)維護管理

1.本案管線及閥類屬供料，由本公司統一檢驗，材質有保證。

2.無人駐場，遠端監控（圖 5）。

圖 5　遠端監控

3.設置維修步道、平台、樓梯及爬梯(護籠)等，提升後續維修管理人員安全性（圖 6）。

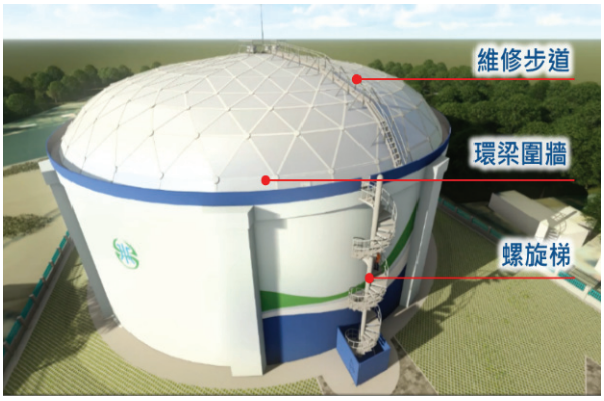


圖 6　維修爬梯及平台

(三)節能減碳

1.採用預力水池及鋁合金穹頂：可較梁版矩形水池減少池牆厚度，亦可減少約 1/3 開發面積，約可減少水泥總用量 4,897 公噸，減少總碳排放 3,324 公噸（圖 7）。

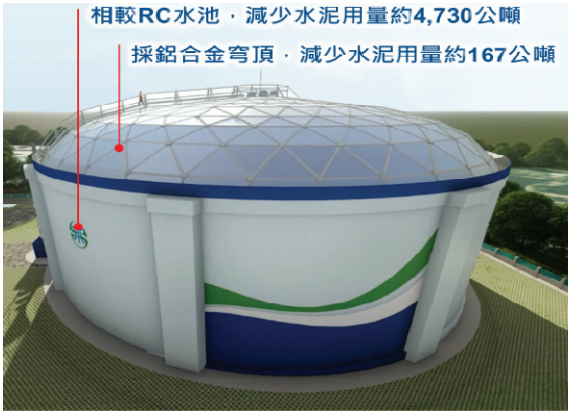


圖 7　預力水池

2.綠色建材：以鋼模取代木模，除不易破損並提高循環使用性，且鋼材可回收再利達成循環經濟，資源有效再利用（圖 8）。

3.預組構件：鋁合金穹頂組件主要由地面進行最終組立，可節省高架組立設備遲滯之能耗，減少排碳量約 25.8 公噸（圖 9）。

圖 8　鋼系統模板

圖 9　鋁合金穹頂構件預組

4.無動力操作：出水採重力操作，無須設置抽水機輔助，節省 111,900(度/年)。

5.降低建蔽率，創造最大綠覆率：配合周邊低度開發環境，採用預力水池，於有限空間創造最大綠覆率。廠區全面鋪設植草磚及高壓透水磚，降低熱島效應及能源消耗（圖 10）。

(四)防災安全

1.穹頂由混凝土改為鋁合金結構，有效降低頂板重量，荷重由 1030 噸減為 30 噸，減少 97%荷載（圖 11）。

2.鋁合金穹頂因可於地面先行組立再吊裝，可減少 2 個月(90%)高架作業時間；有效降低墜落風險。

3.連結池體管線埋設橡膠可撓管，提升抗震能力（圖 12）。

圖 10　基地開發情形

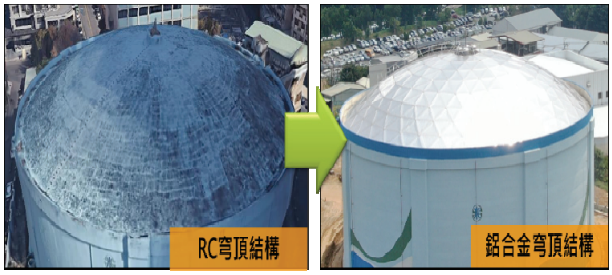


圖 11　RC 穹頂改為鋁合金穹頂

圖 12　橡膠可撓管

(五)環境保育

1.降低生態衝擊：設置緩衝帶，提供生態廊道（圖 13），並蒐集相關文獻及資料，確認場址無石虎出沒（圖 14）。

2.場址選擇已開發之農場，減少環境破壞，並另縮小開發面積並減少結構量體。另以植草磚取代傳統不透水鋪面、設置緩衝帶退縮圍牆，讓出生態廊道（圖 15）。

圖 13　圍牆退縮，提供生態廊道

圖 14　臺中市政府農業局石虎紀錄樣點(108)

圖 15　生態保育對策

四、重要工項品質管制

1.預力系統

藉由材料送審、進場自檢（查驗）及施工自檢（查驗）確保品質（圖 16）。

2.巨積混凝土

藉由配比設計以Ⅱ型水泥並將膠結材用量控制低於 390kg/m3，經水合熱試驗低於 250KJ，符合規範要求（圖 17）。

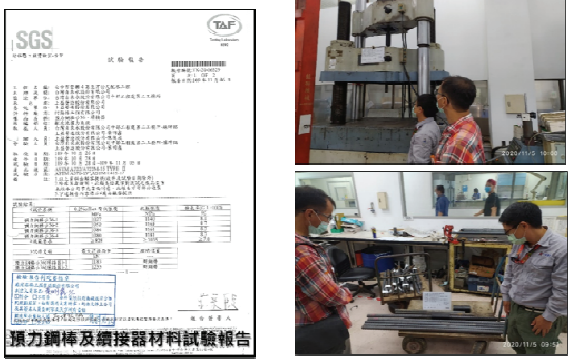


圖 16　預力鋼棒材料試驗

圖 17　配比設計及水合熱試驗報告

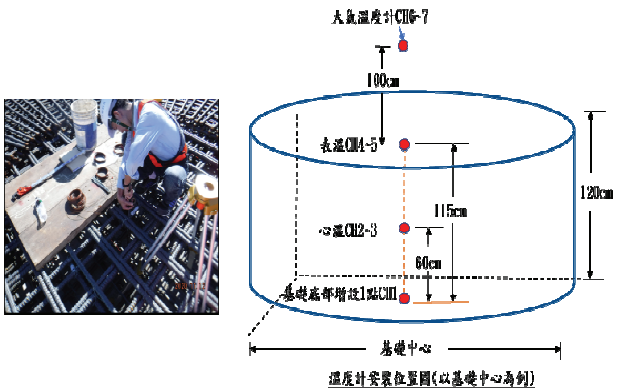


圖 17　溫度監測感測器配置規劃及安裝

養護期間安裝溫度監測感測器並記錄（圖 17、圖 18），第一層養以稻草維為養護

材另以浸水濕治養護，第二層以帆布為養護材並延後拆模時間（圖 19）。

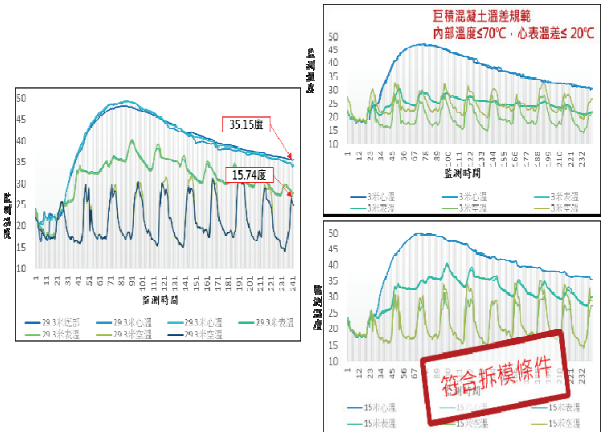


圖 18　溫度監測紀錄

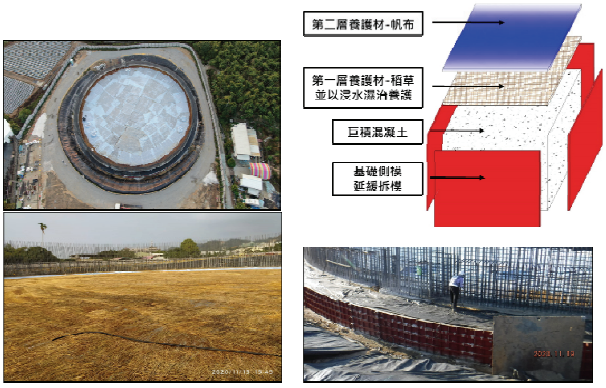


圖 19　基礎巨基混凝土養護

五、創新作為

1.採用 BIM 3D 模型分析：消弭配水池版筋與牆筋及垂直鋼棒衝突：原設計版筋採雙向直交配置，經檢討預力鋼棒衝突計 416 支（58%）。版筋調整為徑向及環向束筋配置預力鋼棒 100%通過無衝突（圖 20、圖 21）。

2.增設鋼棒鐵環板：

本工程採鐵片弧形板（上下層）焊接固定於基礎版筋，可精確控制鋼棒間距（圖 22）。

3.池壁鋼模組拆模組化

鋼模施工模組化，提升施工品質及效率（圖 23），並採彎鉤錨定式螺桿（圖 24），能有效防止對穿螺桿造成滲水疑慮。混凝土施工以全周長 170m 一次澆置，真圓度佳，採 2 台壓送車 2 組工班，由同點反向分層澆置避免冷縫產生。控制每升層高 1.8M，避免鋼模特性使氣泡消散不易。澆置面皆有 2 組工班，整理面層及調整止水帶確保高度及平順度。

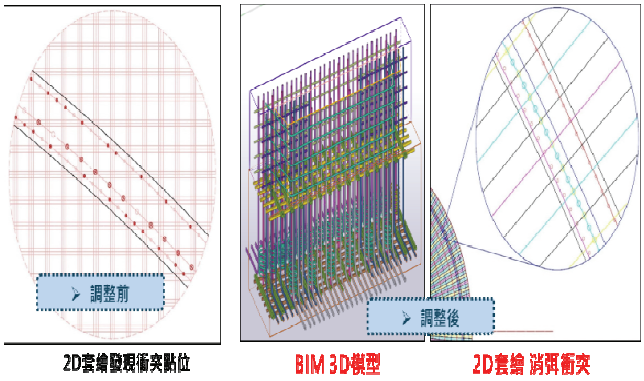


圖 20　消弭鋼筋與鋼棒衝突點

圖 21　本案與他案鋼筋與鋼棒施工比較

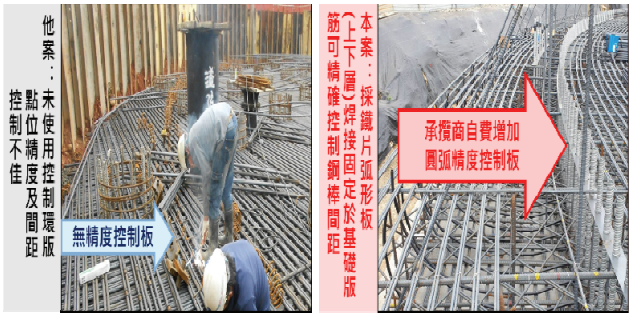


圖 22　預力鋼棒控制環板

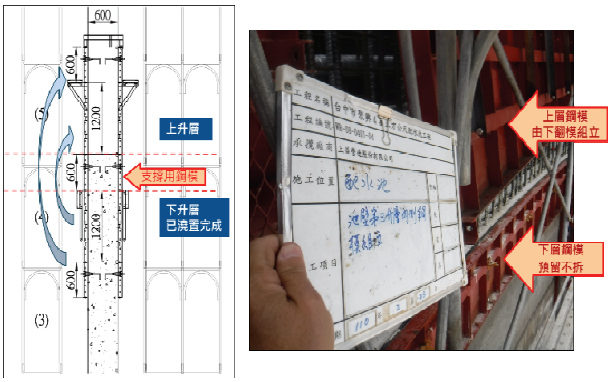


圖 23　鋼模施工模組化

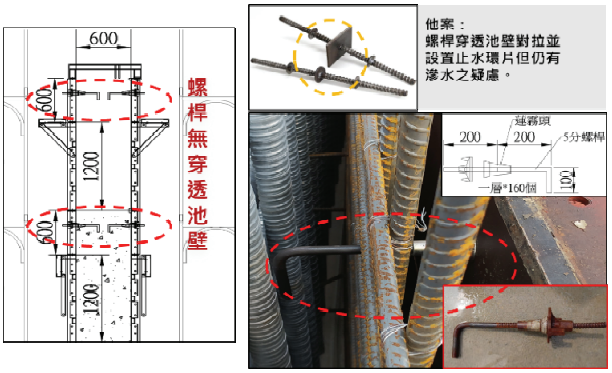


圖 24　鉤錨定式螺桿

圖 25　歷次查核情形

六、工程成果展現（獲獎肯定）

本工程歷經四次查核均為甲等（圖 25），且代表本公司經濟部 111 年度公共工程優質獎選拔，榮獲「公共工程優質獎」第五名佳績。並代表經濟部參加工程會「第 22 屆公共工程金質獎」評選。

未來完工後，希望能串聯周邊景點及都市邊陲地帶景觀改善，提供休憩空間與營造生態共融環境，更能提升供水穩定度。

作者簡介

張建邦先生

現職：台灣自來水公司中區工程處第一工務所主任

專長：自來水工程監造、工程採購及履約管理

蘇坤銘先生

現職：台灣自來水公司中區工程處第一工務所工程師

專長：自來水工程設計監造、工程採購及履約管理

王勁凱先生

現職：台灣自來水公司中區工程處第一課工程員

專長：自來水工程規劃設計、工程採購及履約管理

陳宥鈞先生

現職：台灣自來水公司中區工程處第一課課長

專長：自來水工程規劃設計、工程採購及履約管理

以內套管工法修復大口徑輸水幹管分析與探討

文/王詠民

摘要

常見大管徑輸水幹線損漏之原因包括輸水幹線遭挖損、材料老舊劣化、施工不良、地質軟弱、地質突然變化、土壤液化、水力沖刷、斷層錯動、邊坡滑動造成差異沉陷或地震力等。

本文以口徑§2600mm 延性鑄鐵管(DIP)損漏之實際案例，由漏水原因、修漏方式、組合式鎖套管接頭特性及內鎖套管修漏水理分析等方面探討。另對輸水管被挖損的法律處理程序，以某自來水管線挖損案件闡明綜整，建議儘量朝和解減訟目標提出相關對策，以避免冗長的訴訟程序。

最後提出落實施工前圖資調查及管線測量等以降低管線遭挖損機率，以及推廣使用擴大耐震防脫接頭管材以降低管線接頭脫接等結論。

關鍵字：內套管工法、大口徑輸水幹管、輸水管、修漏、漏水搶修

一、前言

目前台灣自來水管總長度約六萬二千公里，對部分大口徑輸水幹管漏水之處理，若直接以開挖修理或抽換，非但工程龐大、工期長、社會成本更高，且部分漏水大口徑管線受限於無法直接開挖的時空條件，所採取之修復技術及工法，除了須因地制宜、對環境及供水影響較小，且亦要能提升管線的耐久性及耐震性，以避免日後重蹈發生漏水覆轍，本文即藉由實際之修漏工程案例進行大管徑管線修復方案探討。

案例臺北市直徑§2600mm K 型延性鑄鐵管(DIP)輸水幹線(清二幹線)新店溪堤防外高灘地段接頭發生滲漏，及直徑§2000mm U 型延性鑄鐵管(DIP)關渡線北士科工地旁遭堤防基樁工程挖損。若以傳統思維，將滲漏管線直接以全斷面明挖進行汰換，除了直接成本較高外，因須修繕地點位於河川高灘地，施工須於堤防外開挖，且施工期跨越防汛及非防汛期，基於防汛因素及修漏時效要求，全斷面明挖進行汰換管線並不可行，故案例工程必須在免開挖及更生工法中尋求可行修復工法。

二、大管徑輸水幹線漏水原因探討

一般大管徑輸水幹線漏水原因包括遭挖損、材料老舊劣化、施工不良、地質軟弱、地質突然變化、土壤液化、水力沖刷、斷層錯動、邊坡滑動造成差異沉陷或地震力等外力作用下造成裂縫或接頭漏水。

案例口徑§2600mm K 型延性鑄鐵管(DIP)受損接頭型式屬 CNS10808 延性鑄鐵管規定之 K 型柔性接頭型式。延性鑄鐵管(DIP)本身管體具有強度高、韌性大、耐衝擊與耐腐蝕之特性，其接頭型式可區分為柔性接頭、剛性接頭及鎖扣型接頭等三大類(常用接頭容許變形量詳表 1)。

表 1　延性鑄鐵管常用接頭容許變形量

接頭型式	K 型		U 型		S 型 (管徑 450 以下 SII 形)	
管徑	最大伸長量	容許伸長量	最大伸長量	容許伸長量	最大伸長量	容許伸長量
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
75	40	31	-	-	± 45.5	± 42
100	〃	29	-	-	〃	± 41
150	〃	25	-	-	± 60.5	± 54
200	〃	20	-	-	〃	± 52
250	〃	21	-	-	〃	± 51
300	64	45	-	-	± 75.5	± 66
350	〃	32	-	-	〃	± 65
400	〃	33	-	-	〃	± 63
450	〃	32	-	-	〃	± 62
500	〃	33	-	-	± 77	± 61
600	〃	〃	-	-	〃	〃
700	〃	〃	64	32	〃	〃
800	〃	〃	〃	〃	〃	〃
900	〃	31	〃	31	〃	± 60
1000	72	38	67	33	± 78.5	± 61
1100	〃	〃	〃	〃	〃	〃
1200	〃	39	〃	34	〃	± 62
1350	〃	〃	77	40	〃	± 60
1500	〃	40	85	41	± 81	〃
1600	85	41	67	33	± 72.5	± 50
1650	90	45	〃	34	〃	〃
1800	95	45	〃	〃	± 75	〃
2000	105	51	72	36	± 77.5	〃
2100	110	53	77	39	± 80	± 51
2200	115	55	82	42	〃	± 50
2400	125	60	92	49	± 82.5	〃
2600	141	70	138	67	± 85.5	〃

由於延性鑄鐵管線變形能力主要集中在接頭，故地盤變動造成管體之作用力，會由可伸縮彎曲之接頭吸收，但若地震力或差異沉陷造成接頭伸縮量或彎曲角度大於容許值，則接頭部分易產生漏水甚至拉脫。

三、修漏方式選用評估

案例二清幹線新店溪堤外高灘地口徑 ϕ2600mm K 型延性鑄鐵管(DIP)管線滲漏，其修繕地點位於河川高灘地，若以一般傳統思維採全斷面明開挖，將滲漏管線直接開挖汰換或接頭修繕，不僅直接成本較高，且施工期跨越防汛期及非防汛期之情形下，顯然無法在堤防外開挖施工，故僅能由免開挖及更生工法中尋求可行性修復工法。

目前用於自來水管線工程之常見免開挖修繕工法包括樹脂現場固化內襯工法(Cured In Place Pipe; CIPP)、聚乙烯(PE)內套管工法、改良式聚乙烯(PE)緊貼內套工法、裂管工法等工法。

(一)案例口徑 ϕ2600mm 清水輸水幹管修漏前狀況：

1.既設 ϕ2600mm 延性鑄鐵管(DIP) 位處軟弱地盤，已因管線不均勻沉陷造成 K 型接頭漏水。

2.漏水地點位於臺北市新店溪高灘地，施工期間須於堤防外開挖，且施工除需於堤防外開挖，更因施工期跨越防汛期及非防汛期，故不可採行傳統全斷面開挖修繕舊管。

3.案例工程位於清水幹線並聯供水管網系統內，若停水進入幹管內修繕時並不影響日常供水需求(詳圖 1)。

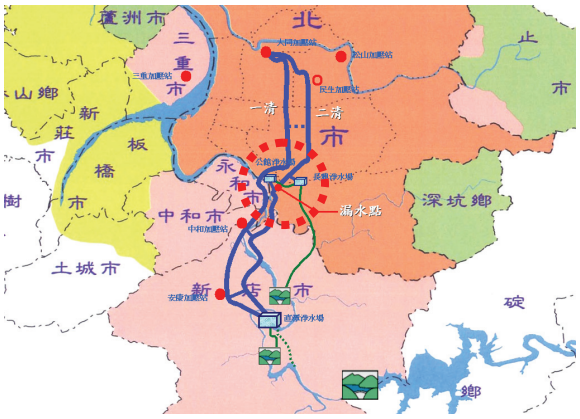


圖 1　臺北市主要清水幹線雙線供水

4.既設 ϕ2600mm DIP 管線 K 型接頭超過容許變形量漏水；漏水 K 型接頭一般傳統修繕方式需由管外裝設維修，但因防汛因素，確定無法由管外明開挖修繕。

5.修繕後接頭之伸縮性及撓曲性能降低軟弱地盤部分不均勻沉陷所造成之損害。

(二)工法選用條件為：

1.工法材料應符合飲用水質國家標準。

2.工法施工管徑需適用。

3.需能配合舊管所需強度及結構性。

4.考量工法自身施工及地理條件限制。

5.施工後對斷面的影響，水理分析水頭損失需在容許範圍內。

6.工法每次施作距離。

7.工法及其施工技術發展的成熟度。

依上述案例輸水幹管修漏前之特性及各類工法之分析評估比較，本案工程採行之方式，綜合考量部分漏水接頭變形量較大，且確定無法開挖由管外修繕，修繕後接頭伸縮性及撓曲性須能降低軟弱地盤不均勻沉陷造成之損害等情形。經評估，本案漏水地點係位於清水幹線並聯供水管網系統內，可停水進入幹管內修繕，並選用接頭具較佳伸縮及撓曲性之組合式內鎖套管，用來降低不均勻沉陷所造成之損害，管徑適用 ϕ 2600mm，可由管內進行施工，為本案例管線漏水最佳工法修繕之一(詳圖 2)。

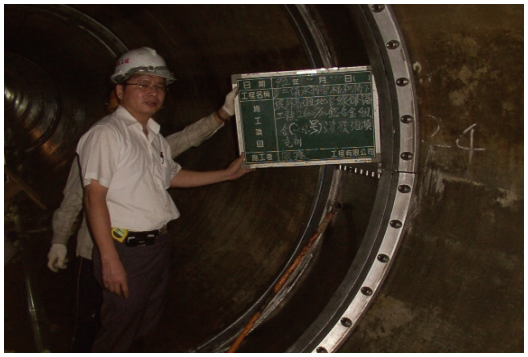


圖 2　組合式內鎖套管

四、組合式鎖套管接頭特性

經蒐集國內外自來水組合式鎖套管接頭修漏相關資料，並探討修漏套管之相關適用特性如下：

1.可配合工地條件，由管內或管外進行修漏均可(詳圖 3 及圖 4)。

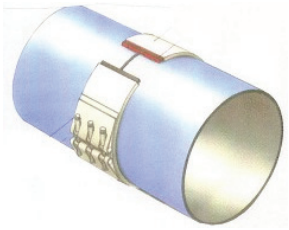


圖 3　組合式外鎖套管透視圖

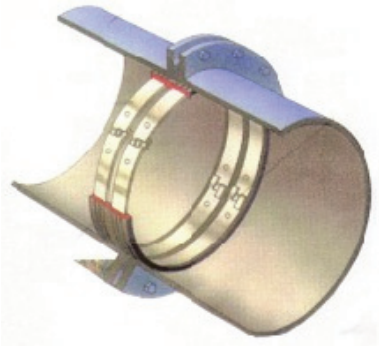


圖 4　組合式內鎖套管透視圖

2.組合式鎖套管學理上與伸縮可撓管具有類似伸縮、撓曲、偏心及扭轉性質(詳圖 5)，可提高舊管之接頭伸縮及撓曲性，降低不均勻沉陷所造成之損害。

3.工法材料符合飲用水質國家標準。

4.工法施工管徑適用範圍廣。

5.能配合舊管，提供所需強度及結構性。

6.由管外修漏時對水頭無損失，由管內修漏時水頭損失有限(詳下節，組合式內鎖套管修漏之水理分析)。

組合式鎖套管合金環片一般可由 2 至多塊不等金屬環片組裝，案例之組合式內鎖套管為六片合金環片組合，可配合管徑大小、形狀、施工空間及運送條件將合金環片切割組合，施工性佳。

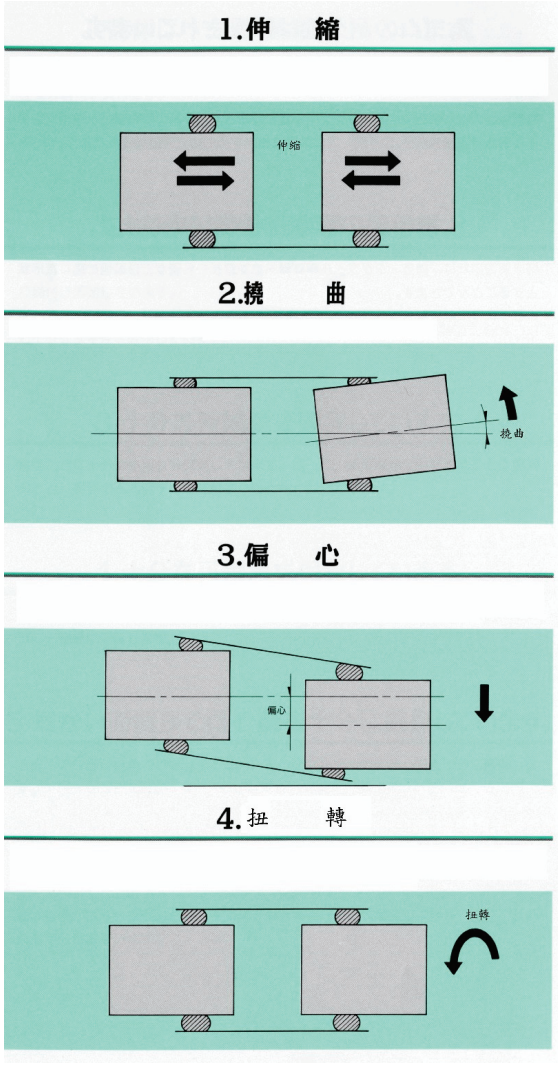


圖 5　組合式鎖套管及伸縮可撓管機能圖

五、組合式內鎖套管修漏水理分析

第二條清水幹線福和橋下堤外高灘地管內徑 § 2600mm，預估日通水量 2,450,000m^3，裝置組合式內鎖套管圓管內徑 § 2450mm 管流突縮之水頭損失：

$$h_L = k_L \frac{V_2^2}{2g}$$

Q = 2,450,000 CMD

= 28.36 CMS(m^3/sec)

$V_2 = Q/A_2$

= 28.36/{(π *2.452)}/4

= 6.02 m/sec

查表　D_2/D_1=0.9

K_L=0.086

D_2/D_1=1.0

K_L=0

∴D_2/D_1=0.942

$$h_L = k_L \frac{V_2^2}{2g}$$

=0.05*(6.022/2g) ≒0.09 m

h_L：水頭損失(m)

K_L：水頭損失係數

V_2：縮管之流速(m/sec)

A_2：縮管之面積(m^2)

D_1：大管管徑(m)

D_2：縮管管徑(m)

g：重力加速度(m/sec^2)

裝設每組內鎖套管估計水頭損失約 0.09 m。裝設組合式內鎖套管環 13 組時，估計水頭損失約 0.09*13≒1.17 m。

修漏通水後，於二清幹線末端之大同加壓站前壓力表管內所量測得水壓為 2.2kg/cm^2，尚符合原設計水理需求。

六、挖損法律處理程序

有關挖損案例的法律處理程序，臺北自來水事業處法務吳家安律師以 108 年 5 月臺北市北投區關渡自來水管線挖損案例進行綜整，建議以程序透明公開及創造雙贏互惠之原則，讓各方在不打訴訟情形下達成共識，共同解決爭議。在發生挖損案時，第一時間應儘速主動積極蒐集相關證據，列出案

件的關鍵事實，以促使雙方和解為目標，縱使日後雙方無法和解，所蒐集的證據對後續的訴訟也會有幫助。處理過程應積極溝通，突破障礙，分析各方立場，力求互惠雙贏。關鍵時點應果斷決策，降低及避免風險，避免後續求償無門。

挖損爭議金額超過新臺幣 1 百萬的爭議案件，一般因為後續訴訟的機會高，相關作為都要以訴訟為前提，蒐集相關證據。分析各方的利害關係，找到雙贏互惠的切入點，合理的計算賠償金額，較易促成雙方和解及減訟，避免冗長的訴訟程序。

七、結論與建議

大管徑管線接頭修漏工法並無一定之形式，隨著材料及技術日新月異，工法之選擇亦隨著時空轉變而因地制宜。在修漏材料符合飲用水質標準及工法可行性下，於符合使用需求及可增加既有管線耐久性及耐震性之眾多修漏工法中，在使用性、成本與工期之間尋求最佳化之修漏工法，進而達成整體供水系統穩定性及安全性之效益，便是大管徑輸水幹線接頭修漏的最佳策略。

目前國內大口徑管線修復技術已成熟，且對通水斷面影響小。隨著誤差標準 20cm 內的精確測量的平價化、普及與法規化，各單位開挖工程規劃設計時或施工前地下管線圖資調查的落實，未來發生大口徑管線遭挖損意外機率已大幅降低。

若不幸發生管線挖損意外時，透過程序透明公開及合理的計算賠償金額，讓各方達成共識，在公平合法及創造雙方雙贏互惠原則下，儘量朝減訟及和解方向解決相關爭議。

有鑑於臺灣 921 大地震及東日本 311 大地震等管線損壞情況，與案例工程管線修復之執行經驗，本文提出下列建議事項。

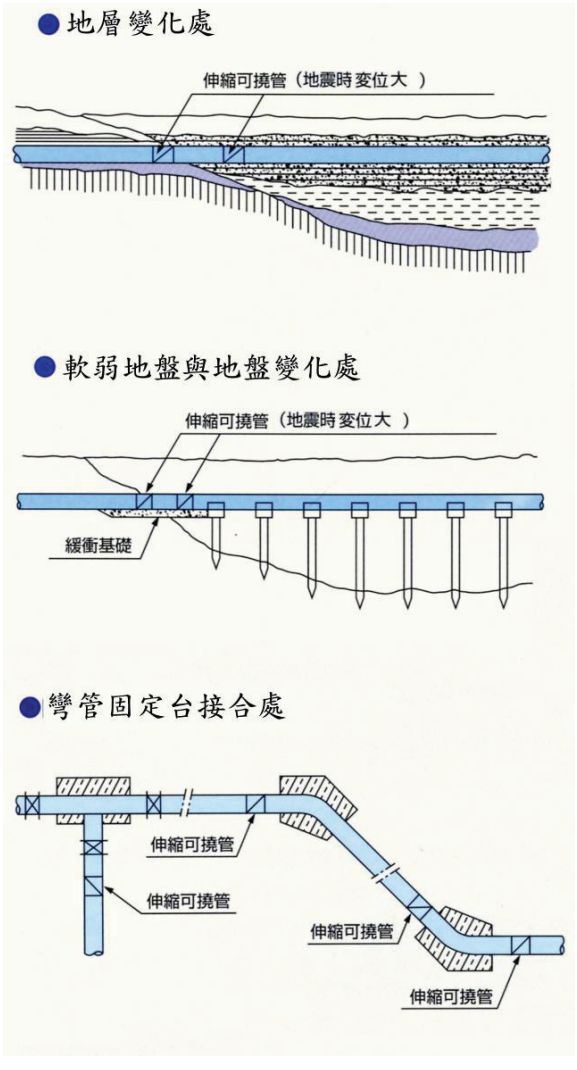
管線工程規劃及設計觀念調整，與新管材及新技術研發採行：由案例工程延性鑄鐵管 K 型及 U 型接頭漏水情形可了解，雖然延性鑄鐵管(DIP)管體具有強度高、韌性大、耐衝擊與耐腐蝕之特性，且 K 型及 U 型接頭可伸縮彎曲吸收地盤變動造成管體之作用力，惟實際上仍不足避免案例工程軟弱地盤不均勻沉陷所引起的損害；另西元 2011 年東日本 3111 大地震時，自來水管線所受損害之統計，延性鑄鐵管之 A 型、K 型及 T 型接頭損壞多處，損壞情況以接頭脫落為多，而延性鑄鐵管之耐震性較佳之 NS 型、S 型及 SⅡ型接頭，甚至在新填土造地區域及地質變化地區依官方統計資料幾乎均仍完好，未有損害產生。

GX 型、NS 型、S 型及 SⅡ型接頭除了有與一般柔性接頭類似的伸縮特性外，其插口端增加一防止鬆脫卡榫裝置，藉由突出之卡榫部在拉拔範圍過大時卡住鎖環，防止接頭脫開。

綜上所述，管線接頭採用耐震性較佳之 GX 型、NS 型、S 型及 SⅡ型接頭等鎖扣型耐震防脫接頭，並於差異沉陷及接頭撓曲大之地點設置伸縮可撓管，且在極軟弱地層及可能產生差異沉陷處增設基樁應是類似案例工程避免重蹈漏水覆轍的治本最佳方案之一(詳圖 6)。

考量產業界供給能量，建議現階段大管徑管線於軟弱地盤、地質突然變化、斷層

帶、邊坡滑動、高土壤液化潛能區及地盤與管體間可能產生相對運動而衍生出之額外應力或者應變集中處等狀況，應考慮優先採用耐震性接頭及設置伸縮可撓管等管線耐震化設計及施工；另中長期而言，因台灣地屬環太平洋地震帶，地震之侵襲實難避免，大管徑管線設計及施工仍應儘速全面性採用耐震接頭等耐震化設計原則，雖採用耐震接頭等管線耐震設計施工，預估將增加總工程經費約 15%，但是考量供水穩定性及安全性等整體效益，以長久、可行、且具經濟效益而言，其仍是提升供水管網耐久性及耐震性之可行策略。



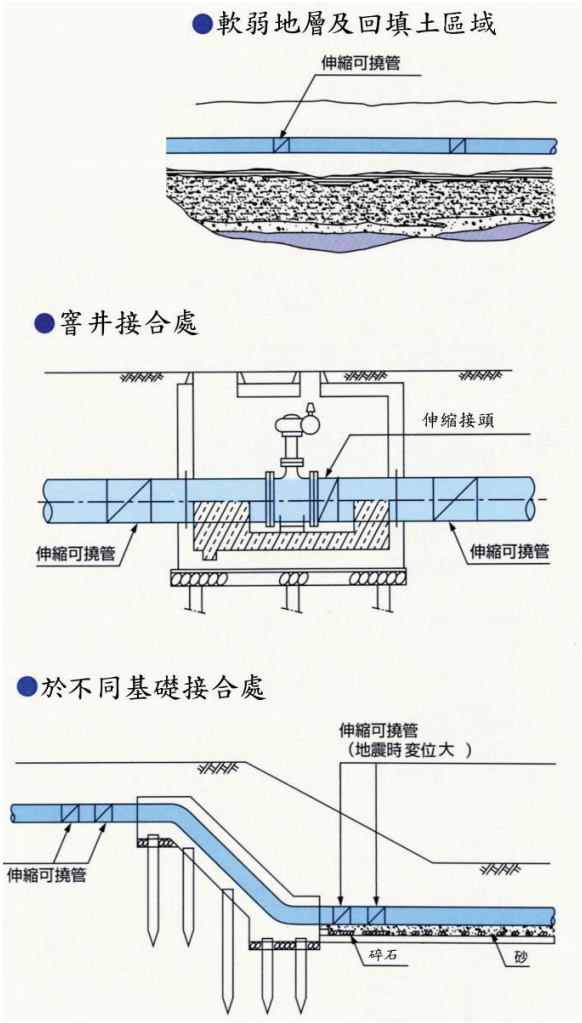


圖 6　伸縮可撓管及基樁運用示意圖

參考文獻

1.臺北自來水事業處工程總隊，口徑§800mm以上輸水幹管內套環修復作業說明，民國107年。

2.中國土木水利工程學會，范煥英等，自來水管網之省力化及延壽維管新思維，民國107年3月。

3.日本水道協会，実務に活かす上水道の事故事例集2016，平成29年。

4. 日本ダクタイル鉄管協会，ダクタイル鉄管管路のてびき，平成27年。

5.中華民國地下管道技術協會，免開挖技術指南，民國103年9月。

6.中華民國自來水協會，自來水開挖設施維護管理指南，民國97年。
7.中華民國自來水協會，自來水設施耐震設計指南及解說，民國91年。
8.厚生労働省健康局水道課，東日本大震災水道施設被害状況調查，平成25年3月。
9.COSMO KOKI Co., Ltd.，https://www.cosmo-koki.co.jp/en/frexible-joint/。
10.KUBOTA Co., https://www.kubota.com/products/ironpipe/index.html。
11.巨廷工程顧問股份有限公司，臺北自來水供水管網改善計畫，民國93年12月。
12. John Wiley & Sons, Young, Introduction to Fluid Mechanics, 2011年11月。
13.臺北自來水事業處，吳家安，關渡自來水管線挖損案-市府如何不打訴訟，取得369萬賠償，https://www.youtube.com/watch?v=aHKfqQttozg，民國110年11月。
14.倍立強實業有限公司，http://www.plct.com.tw/。
15. 建翔富實業股份有限公司，http://www.csfttc.com/page/about/index.aspx?kind=50。

作者簡介

王詠民先生

現職：臺北自來水事業處陽明營業分處二級工程師兼股長

專長：自來水工程規劃、設計、監造、小區計量、漏水搶修及供水調配。

提升場站保修系統效能之研究

文/陳明鴻、黃耀南、謝忠成

摘要

台灣自來水公司（以下簡稱台水公司）為推行場站保修系統(舊名稱為「給水廠資產管理系統」)，於 111 年度責任中心執行計畫—「場站維護指標」，訂定其他加減分項並奉核施行。以各區處每年度所報之自來水設備檢驗及改善報告中之設備為主要應建置之設備。以 110 年所報之各場設備數量為基礎對照已上線之設備數量，至少須達成 7 成設備建置量，並隨機檢視若干設備建置內容。各區處須定期檢視設備資料正確性及完整性，並進一步建立檢驗、保養及維修紀錄，朝一機三卡無紙化之目標邁進。

在目前經濟部在推行營造業四化（設計標準化、構件預鑄化、施工機械化、人員專業化）推行之情形下，場站保修系統是否能增加效率減少支出，有沒有具體的數值可以表現效益實際執行成果，故研究之。

關鍵字：保修、責任中心、無紙化

一、前言

依台水公司主要機電暨儀表設備主要機電部分及儀表部分，如變壓器、電動抽水機…等設備總計有 20,076 台如圖 1，淨水暨蓄水設備水源混合池 2,683 處過濾池清水池等 3,547 個如圖 2，管線長度 65 公厘以下至 1,100 以上公厘總計有 64,697,309 公尺，若以主要機電及淨水暨蓄水設備每季保養一次，一年維修一次，使用保修系統電子化，一年可以節省 131,530 張紙，94,492 季保養+20,076 台+2,683+3,547 個(年維修)，若以 DoubleA-多功能影印紙 A4(80 磅)1 包 140 元計算可節省 36,828 元紙張費用。

場站保修系統以功能性為導向。應具備可靠地與正確地執行保養維護之能力，並能有效地反應機件問題以及考量維修之最佳效益的狀況。在符合 ISO27001 規範及資安相關規定應具備以下階段：

1.需求分析(Requirement)

符合維修內容及使用者需求為目的。

2.架構設計(Design)

根據需求分析結果，進行包含系統任務目標、功能評估、各階層使用者的角色等內外部使用的規劃。

3.程式開發(Develop)

依據分析及架構設計結果，符合使用者需求之操作介面、資料整理等功能。

4.系統測試(Test)

進行運作模擬，檢驗完成度，確保各項功能可符合需求。

5.上線部署(Deploy)

確保系統運作無誤，並安排教育訓練，使人員能正確使用系統。

6.運作與維護(Maintain)

確保穩定的系統運作和更新。

二、公司現有系統推動情形

台水公司所訂定之自來水設備，計有七大設備包含取水設備 13 項目、貯水設備 3

項目、導水設備 20 項目、淨水設備 38 項目、送水設備 16 項目、配水設備 22 項目、其他設備 1 項目。包含制水閥、配電盤、救火栓等諸多設備。

台水公司現有人力為 5,495 人，所需維護儀表設備有 20,076 台，淨水暨蓄水設備水源混合池 2,683 處，過濾池清水池等 3,547 個，等於 1 個人平均負責 4 個儀表設備，惟公司各單位地理狀況不同，原水水質不同，供水情勢不同，造成設備維護所需工作勞逸不均，如以電動抽水機為例，全公司共 8,522 台，第四區管理處為 1,710 台，第五區管理處為 1,135 台，第九區管理處為 194 台，現有員工人數第四區管理處 674 人，第五區管理處 500 人， 第九區管理處 155 人。故第四區管理處 1 人維護 2.5 台，第五區管理處 1 人維護 2.2 台，第九區管理處 1 人維護 1.2 台，維護人員相差 1 倍，故場站保修系統各單位執行人力不平均。

「場站保修系統」的設置規劃，在不完整的狀況下無法確實保障設備的安全運轉甚至影響基層的執行力，在未評估各單位差異及實際執行問題，就即將實施，像是想一天就造出羅馬的思想，有多少廠所的員工能在未接受相關保養維護訓練就能完成變壓器、電動抽水機、加氯機設備保養維護工作，達到故障檢修、故障排除、正常運轉等需求？「場站保修系統」設置的目的除達成員工對於設備之信任外，更重要的是方便維護保養，但公司有 SOP 流程、規劃與計畫，

表 16 主要機電暨儀表設備

單位：台

時期及區處別	主要機電部分									儀表部分						
	變壓器	電動抽水機	引擎發電機	膠羽機	快混機	加藥機	加氯機	刮泥機	集中監控設備（套）	水位計	液氯洩漏警報器	餘氯自動紀錄器	濁度自動紀錄器	濾率計	水頭損失計	PH計
民國９６年底	715	7,026	269	626	159	1,570	251	332	604	1,651	162	670	657	112	175	296
民國９７年底	726	7,160	278	643	162	1,597	250	340	543	1,677	152	684	699	121	188	314
民國９８年底	726	7,228	280	686	159	1,616	238	363	556	1,741	144	685	732	131	182	306
民國９９年底	735	7,348	284	690	158	1,614	238	365	566	1,767	140	696	772	131	172	313
民國１００年底	736	7,500	286	695	153	1,603	226	373	604	1,826	122	707	802	135	176	335
民國１０１年底	736	7,588	292	699	150	1,631	216	386	617	1,859	106	710	793	135	174	355
民國１０２年底	738	7,629	295	738	156	1,646	239	419	527	1,929	106	749	862	127	160	356
民國１０３年底	732	7,843	303	787	166	1,726	245	489	525	1,994	119	782	913	117	149	367
民國１０４年底	754	7,951	305	797	170	1,741	246	491	555	2,030	113	803	917	117	149	365
民國１０５年底	758	8,031	312	803	170	1,767	246	521	552	2,063	113	833	945	117	149	363
民國１０６年底	749	8,201	388	872	180	1,847	237	563	555	2,145	113	855	1,016	117	149	352
民國１０７年底	750	8,212	409	867	177	1,898	201	565	560	2,223	113	888	1,042	117	149	375
民國１０８年底	759	8,378	419	897	185	1,934	214	620	573	2,333	116	922	1,183	111	149	421
民國１０９年底	761	8,304	425	889	184	1,960	212	636	564	2,402	122	950	1,223	111	149	444
民國１１０年底	837	8,522	445	907	181	2,033	209	655	596	2,576	121	994	1,275	111	146	468

圖 1 主要電暨儀表設備 [1]

表 17 淨水暨蓄水設備

時期及供水系統別	水源				混合池		膠羽池		沉澱池	
	地面水		地下水							
	自然流（處）	抽取（處）	淺井（口）	深井（口）	數量（個）	容量（立方公尺）	數量（個）	容量（立方公尺）	數量（個）	容量（立方公尺）
民國101年底	118	107	139	987	234	37,910	444	256,249	539	805,958
民國102年底	117	108	144	984	227	37,685	471	259,412	539	814,014
民國103年底	118	107	142	988	239	38,468	540	264,567	544	835,767
民國104年底	118	108	139	983	240	38,474	547	264,829	548	844,689
民國105年底	118	108	137	984	242	38,348	549	265,165	546	846,873
民國106年底	118	109	135	986	248	38,873	577	266,850	570	858,308
民國107年底	116	105	136	962	234	37,809	547	265,320	539	845,515
民國108年底	115	110	134	972	238	37,940	570	268,553	557	925,810
民國109年底	112	102	130	985	237	37,872	560	267,662	544	922,858
民國110年底	111	104	128	983	238	37,296	569	265,312	550	926,495

圖 2 淨水及蓄水設備 [1]

卻沒有相對應實施人員執行，追求成效可能成為一場夢。例如公司 100 年人力 5,474 人，電動抽水機 7,500 台，103 年自來水設備檢驗辦法草案公布後，110 年公司人力為 5,495 人，電動抽水機 8,522 台，10 年來電動抽水機增加了 1,022 台，設備增加 13.62%。人力只增加了 21 人，人力增加 0.0038%，增加了設備卻沒增加相對應的操作維護人力。

三、系統改進方向

場站保修系統內劃分一級保養人員、二級保養人員、維修人員如圖 3，依公司自來水設備保養維護作業準則第 5 點分級保養工作之職掌，一級保養工作由操作人員辦理，二級保養工作由廠所主管指定專責人員或以委外方式辦理。建議一級保養工作可以以機電股、管線股、淨水股、來選擇，而不是選擇甲、乙、丙、丁，這樣可避免工作分派勞逸不均情形，如電動抽水機由機電股人員一級保養，濁度自動記錄器由淨水股一級保養，只要是該股人員登入系統即可進行一級保養動作。而不是特定人員才能進行，可更靈活作人力運用，且有人員調動時，不須作系統保養人員更換。

二級保養及維修人員因屬於設備精密校正調以及安全檢查等。屬於專業操作，建議新增委外廠商欄位，由一個廠商主欄位，將所有廠商鍵入該欄位，之後維修廠商依自家公司密碼登入系統後即可進行維修作業。

場站保修系統基本資料維護主要欄位可刪減，有 11 個欄位如圖 4，公司有 8,522 台電動抽水機，故公司所有抽水機建置完成，需建置 93,742 筆資料，如能減少欄位，即能減輕人員負擔。依中華民國國家標準(以下簡稱 CNS) 14400 規定，且額定輸出功率在

0.75kW/1HP 至 200kW/270HP 或經中央主管機關認定之低壓三相鼠籠型感應電動機應於明顯處標示製造廠商名稱或商標，故製造國家欄位建議拿掉，裝置廠所、存放地點、裝置地點建議合併成一個欄位，如裝置存放廠所(地點)，如此可減少 3 欄位，減少電動抽水機 25,566 筆建置資料，其他設備依此類推，可有效減少資料建置時間。

圖 3　場站保修系統

圖 4　場站保修系統基本資料維護主要欄位

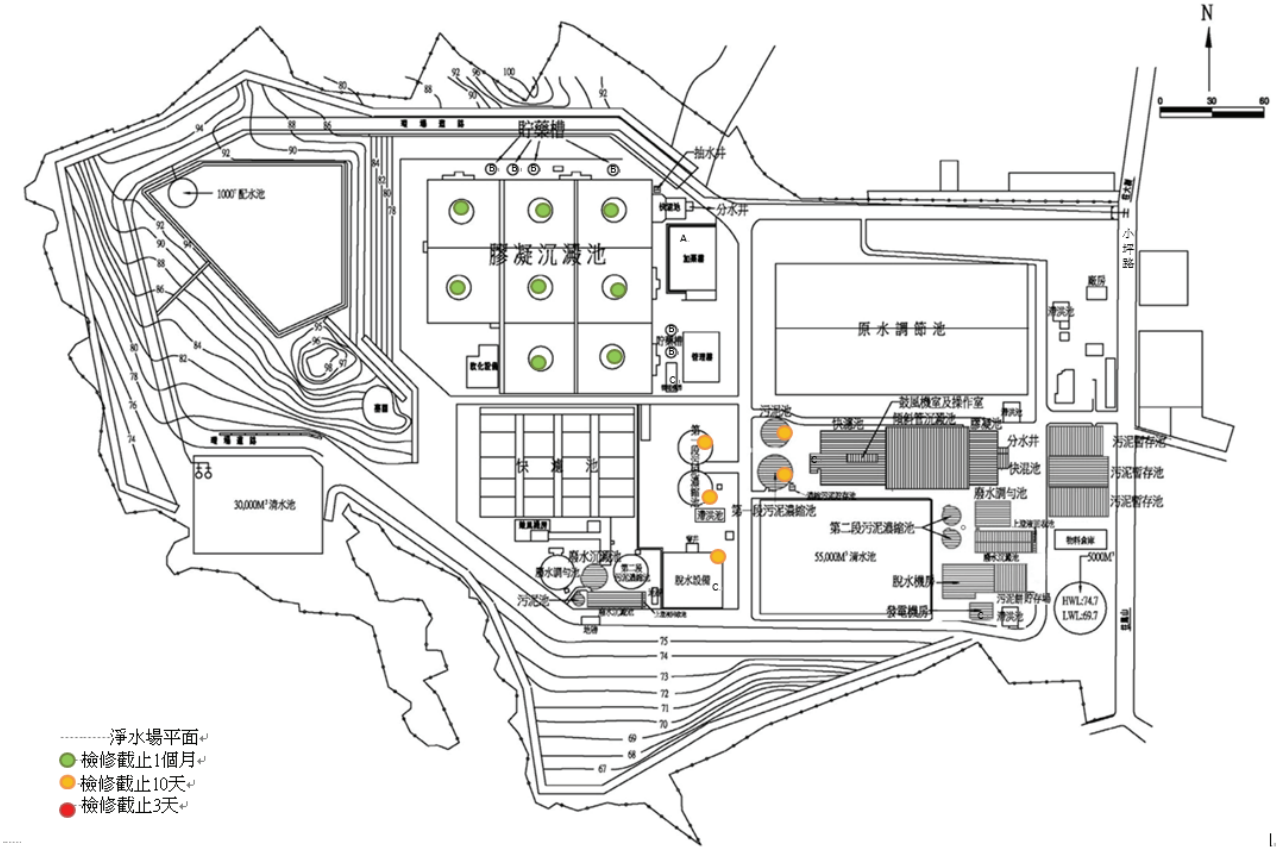


圖 5　平面圖檢修

場站保修系統因資料傳輸經公司伺服器，各單位網路速度不一，建議可以設計如「Google 地圖」的「離線區域」功能，不上網也能作業，使用 Android 手機，且手機上的 Google 位置資訊設定又開啟「存取位置資訊」、「位置回報」與「定位紀錄」等功能，Google 就會將所經過的路線與時間紀錄下來，等回到辦公室透過網路便可上傳剛才作業資料。

建議新增平面圖檢修功能，截止 1 個月檢修亮綠燈，截止 10 天檢修亮橘燈，截止 3 天亮紅燈如圖 5，即可按圖進行保養維修，增加效率，而非文字敘述地點在那，無法直觀式操作。

四、結語

台水公司公共給水系統網站，內有淨水暨蓄水設備表及主要機電暨儀表設備表，對於場站設備已有基本的架構認知，「場站保修系統」，並非立即急迫性需求，建議可以如圖資中心一樣，先委外發包，由廠商依北中南東四地區建立起基本架構後再使用。且系統執行時，若遇年中經費拮据時，下半年度維修保養如何順利進行，也是未來考量重點。

場站保修系統內的檢驗單與保養單等內容與自來水設備維護作業準則的檢驗單與保養單等格式不一致。若將來能統一格式，系統啟用後能優化工作效率與整體環境，減少紙本使用、提升落實設備維護成

效、設備故障分析。

參考文獻

1.台灣自來水事業統計年報中華民國110年第44期。

2.自來水設備維護作業準則。

作者簡介

陳明鴻先生

現職：台灣自來水公司坪頂給水廠廠長

專長：機電工程

黃耀南先生

現職：台灣自來水公司坪頂給水廠淨水股股長

專長：環境科學

謝忠成先生

現職：台灣自來水公司坪頂給水廠技術士

專長：操作維護

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

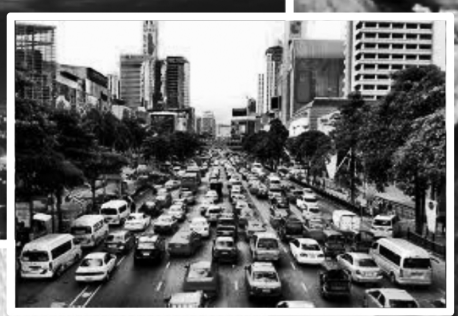
於每年自來水節慶祝大會時頒發。

六、本辦法經由本會理監事會審議通過後實施，修訂時亦同。

我們的宗旨：為大家提供安全，安心，使用便利的產品

自來水用不銹鋼波狀管

“在家庭”



“在都市”

在管線錯綜複雜的都市，便於施工，
防震性能高的不銹鋼可繞管

不銹鋼波狀膨脹管接頭

“在基礎設奢中的
各種管線設備”

昭和國際科技股份有限公司 Showa International Tec hnology Co., Ltd.

和順技研貿易有限公司 (昭和國際科技貿易分公司) Hydro System Technologies Trading Co ., Ltd.

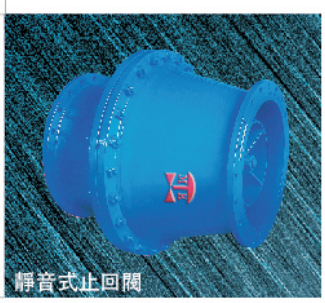
聯絡人: 肖小姐 Mobile 0978 073 621 Email stixiao@ gmail.com

www.showarasen.co.jp

明冠造機企業股份有限公司

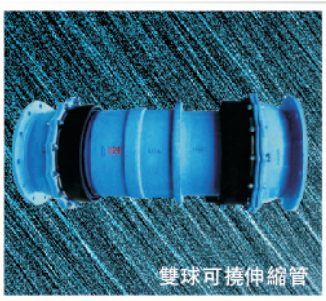
MING KUAN MACHINERY MANUFACTURING ENTERPRISE CO.，LTD.

對夾式蝶閥


靜音式止回閥

TAIWAN

法蘭式蝶閥


雙球可撓伸縮管

動態測試系統

固定錐型閥

水力控制閥

彈性座封偏心旋塞閥

鋼製可撓管試驗

TCV斜盤式油壓緩衝止回閥

立體倉庫

MING KUAN

多噴孔控制閥

球型控制閥

液控蝶閥

彈性座封閘閥

動態類比測試系統

VALVES

公司(工廠): 811高雄市楠梓區加昌路635號
電話: (07)361-7112　傳真: (07)363-2905

業務部: 104臺北市中山區民權東路3段66號8樓
電話: (02)2501-2901 傳真: (02)2505-7024
MAIL: mk8899.taipei@msa.hinet.net

集美工程顧問股份有限公司

Jami Engineering Consultants, Inc.

規劃 / 設計 / 監造

自來水工程　污水下水道工程　水利防洪工程　潛盾 / 推進工程

管道檢修工程　道路 / 景觀工程　建築 / 結構工程

金獎品質　卓越肯定

•110年公共工程金質獎佳作

• 110年臺北市政府公共工程卓越獎

輸水幹管潛盾工程

秀朗橋2,000mm管接頭修復

北水處伸仗板5,000噸水池

金門地區新建高架水塔、配水池及加壓站工程

地址：新北市樹林區中山路三段163巷7號5樓
電話：02-26683488　傳真：02-26683489
E-mail：jami0001@ms23.hinet.net

WATER PIPE.

TUNNEL BORING MACHINE.

管線推進工程
管道檢修工程
水池檢修工程
自來水管線工程

甲等自來水管承裝商，長年致力於自來水管線工程
擁有充足的專業人員、機械團隊、施工自主性高
無論新設檢視、清洗維護與管線修復等工法
皆累積深厚的施工經驗。

桓展
HUAN-JAN

FAX. 傳真 — 02-28118943

TEL. 電話 — 02-28118945

ADDRESS 公司地址 — 新北市汐止區茄福街8號

MAIL 信箱 — huan.jan@msa.hinet.net

OFFICE 工務所 — 台北市士林區延平北路九段346號

儀鎮精機股份有限公司

YI-TZEN PRECISION INSTRUMENT CO., LTD.

專營各類專業水表（水量計）之生產製造

台南市麻豆區麻口里 32-8 號
No. 32-8, Makou Li., Madou District,
Tainan City 721, Taiwan

TEL：+886-6-5701277　FAX：+886-6-5702603
http://www.yigen.mymailer.com.tw
E-MAIL： yigen88888@yahoo.com.tw

不鏽鋼水表

產品特色

- 殼體使用 CNS4000 G3092 不鏽鋼材質鑄造
  不含銅、鋅、鉛等易溶出或氧化之有毒物質，
  殼內不易沉積污垢，可維持水表器差之穩定性，
  減少糾紛，健康環保，無汙染，保證全民健康用水
- 度量等級：B 級
  計量精確、靈敏度高
- 堅固耐用，綜合使用成本低且環保，經濟效益高
  採用特殊工藝鑄造，不鏽鋼殼體抗拉強度
  約為黃銅鑄品二倍，經久耐用，可重複使用
  在第二個使用週期後，成本低於銅殼

產品性能

口徑 (mm)	13	20	25	40
最小流量 Qmin	0.03～0.033 m^3/h	0.05～0.055 m^3/h	0.07～0.077 m^3/h	0.2～0.22 m^3/h
常設流量 Qp	1.35～1.5 m^3/h	2.25～2.5 m^3/h	3.15～3.5 m^3/h	9.0～10.0 m^3/h
超載流量 Qs	2.7～3.0 m^3/h	4.5～5.0 m^3/h	6.3～7.0 m^3/h	18.0～20.0 m^3/h

產品規格

口徑 (mm)	尺寸 (mm)			進出口牙			最小指示 (ℓ)	最大指示 (m^3)
	長	高	寬	外徑 (mm)	牙數 (牙/吋)	長 (mm)		
13	165	140	100	25.8	14	14	0.1	9999
20	190	140	130	33	14	14	0.1	9999
25	210	155	170	39	14	14	0.1	9999
40	245	190	170	56	11	18	0.1	99999

錦源鑄造工業股份有限公司
GIN YUANG INDUSTRIAL CO., LTD.

專業離心鑄管廠

主要產品：

- 口徑75m/m～2600m/m離心球狀石墨鑄鐵直管，長度4M～6M
- 口徑75m/m～3000m/m球狀石墨鑄鐵管件及配件
- 球狀石墨鑄鐵人孔、手孔及閥類

- 品質系統通過標準局ISO9001認證
- 實驗室通過全國認證基金會TAF實驗室認證

□總公司：台北市建國北路一段69號9樓
公司電話：02-25082976
傳　　真：02-25082980

□鑄造工廠：桃園縣觀音工業區經建二路25號
工廠電話：03-4839540
傳　　真：03-4838297