Water Works Association
of the Republic of
China (Taiwan)

自来水

168

WATER SUPPLY QUARTERLY

Volume 42 NO.4 NOV 2023

中華民國自來水協會會刊

第42卷 第4期
2023年11月

特　　載：本會主辦 IWA-ASPIRE會議 千餘水專家熱烈參與
本期專題：供水服務

大區域停水施工之供水調配分析與實務執行探討
分區計量管網建置與整合運用探討 - 以二林所爲例
北水處高地供水模式分析及系統切換支援案例

擺脫痛點 興南來幫您！

水道用最佳管材－
內襯環氧樹脂粉體塗裝管

表面光滑阻力小，
提高流速、加大流量

超優質塗層無溶劑、
無毒，符合飲用水標準

附著性強，不易剝落
穩定水中PH值

興南鑄造廠股份有限公司
SHIN NAN CASTING FACTORY CO.,LTD
http://www.snpipe.com
e-mail:sales@snpipe.com.tw

■ 營業部
台南市永康區鹽洲里洲尾街72號
TEL:06-2534185 FAX:06-2533554

■ 台北辦事處
台北市大安區敦化南路二段59號4F-3
TEL:02-23412580 FAX:02-23943355

自來水會刊第 42 卷第 4 期(168)目錄

特　　載

本會主辦IWA-ASPIRE會議　千餘水專家熱烈參與……林財富、王根樹、黃良銘、董正釱、陳嬪如、陳錦祥……1

實務研究

以濾池評估結果執行具策略性之換補砂作業—以屏東淨水場為例……甘其銓、楊惠玲、吳志超……11

石門淨水場2-MIB臭味事件處置之探討……林彥宏、鐘錦珍、李蘊理、陳文祥…… 22

曾文淨水場（一場）快濾池改善評估……林殷慶、李霽原、林信忠……31

本期專題　供水服務

大區域停水施工之供水調配分析與實務執行探討……游叡研、鍾育霖……40

分區計量管網建置與整合運用探討－以二林所為例……田吉星、莊宜臻、洪銘希……49

北水處高地供水模式分析及系統切換支援案例……王志隆……58

一般論述

期望值於自來水產業產品風險評估的應用……周家榮……63

2022國際水價現況解析……周國鼎……69

他山之石

第九屆國際水協會亞太地區會議及展覽會「青年水務專家論壇」活動紀實……謝宗成、童心欣、林志麟、甘其銓、黃欽稜、陳品如……78

感性園地

台水公司歷史沿革回顧與未來展望……言美玲、呂國禎、武經文……85

協會與你

參加 2023 IWA年度理事大會紀要……自來水協會陳錦祥…… 97

協會訊息……自來水協會會務組……98

歡迎投稿 113年「每期專題」……57

中華民國自來水協會會刊論文獎設置辦法……48

封面照片：台灣自來水公司提供

自來水會刊雜誌稿約

一、本刊為中華民國自來水協會所發行，係國內唯一之專門性自來水會刊，每年二、五、八、十一月中旬出版，園地公開，誠徵稿件。

二、歡迎本會理監事、會員、自來水從業人員，以及設計、產銷有關自來水工程之器材業者提供專門論著、實務研究、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：李嘉榮
會　　址：臺北市長安東路二段一〇六號七樓
電　　話：(02)25073832
傳　　真：(02)25042350

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
李丁來

委 員
陳明州、康世芳、武經文、邱福利、
吳能鴻、王明傑、楊人仰

編審委員
甘其銓、周國鼎、鄭錦澤、陳文祥、黃文鑑、
梁德明

執行編輯：吳宗昱
電　　話：(04)22244191 轉 516

行政助理：黃香蘭

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

本會主辦IWA-ASPIRE會議 千餘水專家熱烈參與

文/林財富、王根樹、黃良銘、董正釱、陳嬪如、陳錦祥

摘要

第九屆亞太地區會議及展覽會(The 9th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition)，歷經 2 年爭取、疫情延後 2 年、以及 4 年的籌辦，在 2023 年 10 月 22 至 26 日，假高雄萬豪酒店舉辦。會議在中華民國自來水協會、國立成功大學、國際水協會、及亞太地區代表委員會主辦，國家科學及技術委員會、環境部、內政部國土管理署、經濟部水利署、台灣自來水公司、高雄市政府、臺北自來水事業處、經濟部國貿署共同主辦，以及各個贊助單位的鼎力支持下，順利辦理。會議吸引世界 34 國家與地區、1,362 人參加。會中共安排 9 場主題演講、9 場研討會、21 場邀請演講、338 場口頭演講、以及 151 篇海報論文，並有 76 個攤位展示、以及參觀自來水、水回收、高科技用水等 3 個技術參觀行程；會中並辦理歡迎酒會、開幕式、大會晚宴、閉幕式等重要活動。

關鍵字：IWA-ASPIRE，亞太地區會議、國際水協會

一、背景說明

(一)國際水協會介紹

國際水協會（International Water Association, 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學會合併成立。至 2023 年為止，會員已遍及世界 140 個以上的國家及地區，擁有約 500 個團體會員及近 10,000 名個人會員（其中尤以亞太區域專業人士為大宗，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，以奧運模式中華台北名義加入該組織官方會員，並推選協會李嘉榮理事長、國際事務委員會主任委員林財富教授（國立成功大學）、王根樹教授（國立臺灣大學）為會員代表，為該組織 55 個有效官方會員之一。

(二)本會議(第九屆國際水協會亞太地區會議研討會)沿革介紹

國際水協會自 2005 年起，每兩年召開一次亞太地區會議及展覽會(IWA-ASPIRE Conference & Exhibition)，並由亞太地區 10 餘個會員國輪流爭取在不同城市主辦。其目的在於以亞洲地區為中心，聚集世界各國水領域產、官、學相關專家、企業及團體，對各國水資源及水質處理的實際問題進行討論及經驗交換，是國際水協會在亞太地區最重要的國際盛會。

我國於 2009 年首次由中華民國自來水協會及國立臺灣大學在臺北市主辦第三屆亞太地區會議及展覽會，成功吸引 800 多人參加，口頭論文發表約 300 篇、壁報論文張貼約 180 篇，成果豐碩，圓滿成功。

2017 年第七屆 IWA-ASPIRE 大會舉行前半年，中華民國自來水協會通過決議結合國立成功大學再次爭取大會來臺舉辦，並委由協會國際事務委員會代表向大會提出於高雄市主辦第九屆 IWA-ASPIRE 會議之申請。2018 年日本東京舉辦國際水協會世界水會議 (IWA World Water Congress and

Exhibition)，中華民國自來水協會組團與會並由國際事務委員會主任委員林財富教授於 ASPIRE Council Meeting 中進行宣傳及簡報說明，經會議熱烈討論與表決後，通過並同意我國取得「第九屆國際水協會亞太地區會議及展覽會(The 9th IWA-ASPIRE Conference and Exhibition)」之主辦權，原訂於 2021 年舉辦，後因受到國際間嚴重特殊傳染性肺炎(COVID-19)疫情及各國政府邊境管制之影響，與國際水協會討論後展延至 2023 年 10 月 22 至 26 日，於高雄萬豪酒店舉辦。

二、會議概要說明

(一)討論議題

國際水協會亞太地區會議的目的在於以亞洲地區為中心，聚集世界各國水領域產、官、學相關專家、企業及團體，探討、分享、及交流在水環境、水質及水資源領域，各國的學術、技術、法規及管理發展現況與趨勢，以及實務問題與經驗。

本會議主題為 One Water for Smart Cities，全方位考量由包含研究水源、雨水、污水、水回收、水與能源、氣候變遷等全球城市水的智慧管理相關議題，涵括水源、飲用水、廢水及回收水水質，水處理技術及管理、配水及汙水管網、水質監測、水源管理與保護、水領域新材料、能源、法規與管理、氣候變遷衝擊與調適等各面向水相關議題，橫跨環境、水利、生物、管理、永續發展等學術及實務問題，是亞洲水領域學術界、實務界、以及管理人員參與的最重要平台。

(二)出席代表

本會議吸引亞洲、大洋洲、歐洲、美洲等地 34 國家與地區、總參加人數 1,362 人，註冊人數 762 人；註冊最多的國別及人數，臺灣：283 人、日本：150、韓國：58、中國大陸：39、馬來西亞：22、印尼：12、泰國：9 位，其他國家：189 人。另再加上大會與邀請演講人：20 位，展示廠商約 200 人，其他主辦、協辦及贊助單位約 380 人。

(三)會議議程

本次會議共安排 9 場主題演講(Keynote speeches)，邀請學者專家來自臺灣、日本、韓國、新加坡、澳洲、美國、中國大陸等。大會共組成 12 個主題(12 technical themes)，包括氣候變遷、綠色水科技、新興水汙染物、水處理與再生循環、水資源管理、數位水務、水與淨零最新熱門主題；會議並包括 9 場研討會(Symposia)、2 場工作坊(Workshops)、21 場邀請演講(Invited Speeches)、338 場口頭演講(Oral Presentations)、以及 153 篇海報論文(Posters)。

會議中並辦理多項工作坊及論壇。協會青年工作會辦理年輕學者工作坊，會議由甘其銓教授主持，IWA 會長 Tom Mollenkopf 蒞臨致詞，由 IWA Isabela Espindola 博士、及童心欣教授、林志麟教授、萬孟偉教授主講，出席人數超過 50 名。第 13 屆海峽兩岸水質安全技術與管理研討會，該會議由黃志彬教授主持，李理事長、水公司李總經理、北水處陳副處長、王根樹教授等多人出席。本次 ASPIRE 大會同步與水利署、及國土管理署合辦多場論壇。

技術參觀安排三條參觀路線，路線 A(澄清湖水廠、及臨海工業區回收水廠)，共有

67 人(含工作人員 4 人)參加，其中以日本 50 人參加為最多；路線 B(日月光及台積電)，共有 59 人(含工作人員 5 人)參加，也是以日本 14 人參加為最多；路線 C(南化水庫及台水訓練中心)，共有 39 人(含工作人員 4 人)參加，以馬來西亞 16 人參加最多、日本 15 人次之。本會議議程及技術參觀行程說明如表 1 及表 2。

表 1　大會議程

Date / Time	Day 1 - Sunday October 22, 2023	
09:00-22:00	報到、年輕水專家工作坊、進場	
17:30-20:00	Welcome Reception	
Date / Time	**Day 2 - Monday October 23, 2023**	
08:00-09:00	Registration	
09:00-10:00	Opening Ceremony	Poster Display & Exhibition
10:30-17:45	全日會議	
Date / Time	**Day 3 - Tuesday October 24, 2023**	
08:30-17:45	全日會議	Poster Display & Exhibition
18:00-21:30	Gala Dinner	
Date / Time	**Day 4 - Wednesday October 25, 2023**	
08:30-16:30	全日會議	Poster Display & Exhibition
16:30-17:20	Closing Ceremony	
Date / Time	**Day 5 – Thursday October 26, 2023**	
09:00-17:00	技術參訪	

表 2　技術參訪行程

Route A			Route B			Route C		
08:45-09:00	凹子底捷運站集合		09:15-09:30	凹子底捷運站集合		08:15-08:30	凹子底捷運站集合	
09:00-09:50	車程50分鐘		09:30-10:00	車程30分鐘		08:30-10:00	車程90分鐘	
09:50-11:20	澄清湖給水廠	參訪90分鐘	10:00-11:00	日月光中水回收廠or 南科台積電廢水處理	參訪60分鐘	10:00-11:00	南化水庫	參訪60分鐘
11:20-13:00	車程+用餐100分鐘		11:00-12:00	車程60分鐘		11:00-11:45	車程45分鐘	
13:00-14:30	臨海水資源中心	參訪90分鐘	12:00-14:00	台江國家公園 綠色隧道遊船	參訪+用餐 120分鐘	11:45-14:15	山上 花園水道博物館	參訪+用餐 150分鐘
14:30-15:00	車程30分鐘		14:00-14:30	車程30分鐘		14:15-15:00	車程45分鐘	
15:00-16:30	佛陀紀念館	參訪90分鐘	14:30-15:30	日月光中水回收廠or 南科台積電廢水處理	參訪60分鐘	15:00-16:00	新營訓練中心	參訪60分鐘
16:30-17:20	車程50分鐘		15:30-17:00	車程90分鐘		16:00-17:00	車程60分鐘	
17:20	凹子底捷運站解散		17:00	凹子底捷運站解散		17:00	凹子底捷運站解散	

圖 1　會議室及展覽攤位照片，上：平面圖，中：展覽攤位一角，下(左至右)：日本館及日本代表團、台灣館一角。

(四)展覽

除會議之外，本次會議並設置展覽，共有 76 個攤位設展，包括臺灣館(含環境部、水利署、營建署、水公司 22 攤位，圖 1 F1-22)、日本館 10 攤位(圖 1 B1-10)、紐西蘭 1 攤位、高雄市、國統公司、中興工程等單

位 44 攤位。展覽攤位平面圖，如圖 1 所示。

三、主辦單位及贊助單位

本會議承蒙各主辦、共同主辦單位，以及贊助單位協助，讓本次會議能成功辦理。主辦單位為中華民國自來水協會、國立成功大學、國際水協會、及亞太地區代表委員會(ASPIRE Council)，共同主辦單位包括國家科學及技術委員會、環境部、內政部國土管理署、經濟部水利署、台灣自來水公司、高雄市政府、臺北自來水事業處、經濟部國貿署等。

主要贊助及支持單位，銀級贊助單位包括國統國際股份有限公司、日月光半導體製造股份有限公司、基士德環科股份有限公司、中興工程集團、法商蘇伊士國際股份有限公司台灣分公司；銅級贊助單位包括艾奕康工程顧問股份有限公司、台灣世曦工程顧問股份有限公司、桓達科技股份有限公司、敏泰資訊股份有限公司、美商傑明工程顧問(股)台灣分公司、大桂環境科技股份有限公司；一般贊助包括康淳科技股份有限公司、黎明工程顧問股份有限公司、維立電機股份有限公司、興南鑄造廠股份有限公司、臺灣增澤工程股份有限公司等。

各主協辦單位、及贊助單位均列名於會議各項文件及海報中，圖 2 即為會議主視覺之一。

四、會議主要活動說明

本次會議重要活動包括歡迎酒會、開幕式、大會晚宴、閉幕式、專題演講、口頭與海報報告、技術參觀，及展覽等。以下分別說明。

圖 2　會議主視覺列出主協辦及贊助單位

圖 3　歡迎酒會照片，上：與會貴賓合影，下：國際水協會會長 Tom Mollenkopf 致詞

(一)歡迎酒會

歡迎酒會假承億酒店 27 樓 Bar Kao 舉行，會中邀請李嘉榮理事長、林財富主任委員、國際水協會會長 Tom Mollenkopf、以及

北水處陳明洲副處長代表致詞後開始，並由邱宜亭博士、陳以瑄博士候選人串場主持，以及現場樂隊表演中，熱烈享用美食及交流。圖 3 為歡迎酒會照片。

(二)開幕式

開幕式由大會共同主席李嘉榮理事長、林財富主任委員負責開場，邀請國際水協會會長 Tom Mollenkopf、高雄市陳其邁市長、經濟部王美花部長、環境部葉俊宏次長、內政部吳堂安次長等致詞。並搭配三太子及黑木炭舞團兩項表演活動串場。圖 4 為開幕式相關照片。

圖 4　開幕式及主題演講照片。上：大會貴賓合影，中(左至右)：大會主席、經濟部王美花部長、高雄市陳其邁市長致詞，下(左至右)：會場照片、台灣大學駱尚廉教授介紹 IWA-ASPIRE 的歷史、國際水協會會長 Tom Mollenkopf 發表專題演講。

(三)大會晚宴(Gala Dinner)

大會晚宴在 24 日晚上於林皇宮舉行，包括一般桌、素食桌、及穆斯林餐桌，合計席開 65 桌。宴會中，邀請主辦及共同主辦單位致詞外，並頒發 16 家贊助企業感謝獎座，由李理事長代表頒發；8 位國際年輕水務專家獎學金(Travel Award)(每位 1000 美金)及獎狀頒贈，由林主任委員代表頒贈。晚宴中並有高雄兩廣龍獅戰鼓團、建山國小合唱團、川劇變臉等三項表演活動。圖 5 為晚宴活動照片。

(四)閉幕式

會議閉幕式於 25 日下午舉行。由林主任委員致詞開場，邀請 IWA 會長致詞，並請

圖 5　晚宴活動照片。上(左至右)：建山國小合唱團、高雄兩廣龍獅戰鼓團表演，中(左至右)：晚宴一角、李理事長頒贈紀念牌，下(左至右)：水利署賴建信署長、IWA 執行長 Kala 致詞。

會議議程委員會主任委員王根樹教授摘要報告會議概況後，即進行我國與紐西蘭代表交接主辦權，由紐西蘭報告下一屆(2024 年)在奧克蘭市舉行的籌備情形。圖 6 為閉幕式照片。

(五)國際水協會亞太地區代表委員會議(ASPIRE Council Meeting)

國際水協會亞太地區代表委員會議(ASPIRE Council Meeting)每年舉辦一次，雙數年配合世界水大會、單數年則配合 ASPIRE 會一起舉行。本次會議於 10 月 23 日(周一)下午 4 時，假萬豪酒店 11 樓黛安娜廳舉行。會議由 IWA 會長 Tom Mollenkopf 及林財富教授共同主持，王根樹教授及亞太地區澳洲(1 位)、新加坡(1 位線上)、日本(3 位)、中國大陸(5 位)、韓國(2 位)、馬來西亞(3 位)、紐

圖 6　閉幕式照片。左：籌備會議程委員會主任委員王根樹教授報告會議概況，中：籌備小組上台致意，右：我國與紐西蘭代表交接主辦權。

圖 7　國際水協會亞太地區代表委員會議合影

西蘭(8 位)、菲律賓(3 位)，以及 IWA 5 位(1 位線上)、臺灣(3 位)，共 35 位出席。會中包括由林財富教授報告 2023 ASPIRE 會議籌備情形，IWA 亞太地區主任李紅博士報告會議內容、紐西蘭報告 ASPIRE 2025 籌備情形，馬來西亞報告世界水大會(WWCE 2028)籌備，以及徵求 ASPIRE 2027 主辦城市。其次國際水協會執行長 Kala 報告 IWA 最近活動，IWA 資深官員 Isabela 報告 IWA 參與的各項活動機會。最後在 IWA 執行長 Kala 與紐西蘭國家代表 Marion Savill 簽署 ASPIRE2025 主辦文件後，結束會議，並舉行晚宴。圖 7 為與會代表合影。

(六)會議紀念品

本次會議並製作精美紀念品，包括頭枕包、帆布袋、帽子、水壺、以及一卡通，以表達大會歡迎之意(如圖 8)。

圖 8　會議製作之精美紀念品

(七)會議剪影

圖 9　會議剪影，左：YWP 會議，中及左：會議室參與情形。

圖 10　技術參觀照片，左至右：路線 A、B 及 C

五、結語與致謝

本次會議自 2017 年決定爭取，歷經疫情延後 2 年、超過 4 年的籌辦，終於在 2023 年 10 月 22 至 26 日，於高雄萬豪酒店舉辦。會議吸引世界 34 國家與地區、1,362 人的參與。會中共安排 9 場主題演講、12 個主題、9 場研討會、2 場工作坊、21 場邀請演講、338 場口頭演講、以及 151 篇海報論文；並

有 76 個攤位展示、以及 3 條技術參觀路線。會議主辦單位特別感謝主辦及共同主辦單位，包括中華民國自來水協會、國立成功大學、國際水協會、及亞太地區代表委員會，共同主辦單位包括國家科學及技術委員會、環境部、內政部國土管理署、經濟部水利署、台灣自來水公司、高雄市政府、臺北自來水事業處、經濟部國貿署，以及各個贊助單位的鼎力支持，讓會議能順利辦理。

另外，籌備處特別感謝各國內外出席與投稿貴賓、各相關委員會與自來水協會工作同仁、成功大學師生、各論文投稿作者、主持人、文章審稿人、以及作者的熱心參與。本次為疫情後水領域首次大規模活動，籌備委員會衷心感激許多國內企業、學界人士的熱心投稿、佈展與支持，以及威立顧問股份有限公司的支援與配合，讓本次會議能夠順利舉行。

作者簡介

林財富先生

現職：成功大學講座教授暨中華民國自來水協會國際事務委員會主任委員

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：台灣大學教授暨中華民國自來水協會管理研究委員會主任委員

專長：飲用水水質安全、水處理技術、水化學、 環境污染物分析

黃良銘先生

現職：成功大學教授暨中華民國自來水協會國際事務委員會委員兼秘書

專長：環境生物與分子生物技術、生物系統數學模式模擬、廢水生物處理、再生生質能源、環境微生物生態

董正欽先生

現職：國立高雄科技大學海洋環境工程系講座教授兼水圈學院院長 暨2023 IWA-ASPIRE 籌備委員

專長：海洋棄置物監測與棄置規劃管理、海洋污染防治、土壤與地下水污染監測、水及廢水處理、飲用水檢測與分析、塑膠微粒污染評估

陳嬿如女士

現職：成功大學環境工程學系副教授

專長：環境新興污染物宿命、新興汙染物於環境中之界面與催化反應

陳錦祥先生

現職：中華民國自來水協會秘書長

專長：自來水淨水處理工程、自來水輸配水系統、管網改善工程規劃、自來水智慧水表系統規劃

以濾池評估結果執行具策略性之換補砂作業—以屏東淨水場為例

文/甘其銓、楊惠玲、吳志超

摘要

本研究提供一依據濾池評估結果，有策略地執行後續換補砂作業之實場完整作業流程的範例。以屏東淨水場之快濾池為例，評估結果顯示該場濾料分布不均、反洗不足、濾料層膠羽累積，濾砂明顯變大。建議除了調整反沖洗操作外，另進行洗補砂與濾水頭檢修。檢修中因發現部分濾水頭堵塞，故拆除濾池底板，清出大量淤砂。而移除的石英砂表面測得遠高於商購錳砂的 MnO_2 含量，可保留部分於濾池中扮演錳砂之角色。如上述，視蓄積膠羽狀況決定洗補砂；視濾料大小與外觀型態，保留堪用甚或具有錳砂功能的濾料；視濾水頭阻塞狀況，決議是否開挖濾池底板等，依據診斷結果，有策略地換、補、洗砂，將能確實解決濾池問題痛點，恢復效能，也更精準決策濾料購置。

關鍵字：濾池評估、洗補砂、濾料更生。

一、前言

由於過濾在淨水程序中因為沒有加藥需求，過程依靠重力流不須動力，唯一需要人為操控者，為其反沖洗程序，然而，大部分淨水場濾池皆已程式自動化控制，並以水位達設定水頭高度、時間達設定濾程或產水水質不佳等作為反沖洗啟動依據，因此，反沖洗操作若無特殊狀況或供水量無特殊需求，一般不會針對操作與反沖洗模式進行調整，遂濾池效能一般僅在反沖洗頻率過高、水質變差之情況，方會受到關注。當濾床嚴重阻塞，產水效率差、反沖洗頻率高，造成濾後水拿來洗濾池，耗水耗電。以每池每次反沖洗水 300~500T 計算，不計電力，不考量因濾床阻塞而產生的低產水效能，也不計廢水系統電費，以淨水獲益約 8 元/度計算，每池每洗一次便減少獲益 2400~4000 元，每場以 10 池估算，反洗次數以效能正常濾池的 1.2~1.5 倍計算，則每個月售水損失金額可達 12~24 萬。因此，定期針對濾池進行效能檢視與對應之維護調整，十分重要。

針對濾池效能的掌控，部分水場為維持濾池在較佳的狀況下操作，定期 2~3 年進行洗補砂；多數水場則僅在濾池效能差時進行換補砂。有鑑於濾池效能及換補砂作業缺乏作業準則，水公司在 99-101 年進行「過濾及反洗效能評估之建立及試行」研究計畫(台灣自來水公司，2012)，進行濾池評估方法的建立，並在 107 年進行「濾砂更生及汰換更新之作業準則研擬」(台灣自來水公司，2018)，制定了換補砂作業準則，其中建議應每季到半年進行一次濾池之非侵入式檢查，回饋至反沖洗操作調整；調整無效時進行完整濾池評估，並藉由調查結果進行濾料之換、洗、補砂決策。

在需要換補砂之際，藉由客觀的數據分析，根據濾料組成現況，並透過有策略的篩

洗、將有機會讓狀況良好的濾料重複使用，避免在毫無根據下，更換全部濾料，填補新砂，除了節省新砂補充之成本外，更將須要後續處置的廢棄濾砂量降至最低。舊砂再利用在日本為常見作法，部分日本的換補砂廠商提及粒度補正的方法，包括利用現有濾砂的有效粒徑/均勻係數來決定應補充什麼樣的尺寸的砂；另一種是藉由洗滌與篩分來達到根據設計的有效粒徑/均勻係數(台灣自來水公司，2018)。原田宣男等人針對慢濾池濾料進行物理洗淨之後再利用評估，其說明從洗砂的有效粒徑和均勻係數來看，只要簡單調整粒徑，就可以實現洗砂的再利用(原田宣男等，2008)；北山田淨水場針對慢濾刮除濾砂，其認為將舊砂回收清洗再利用較購置新砂更有優勢，因而決定採購洗砂機，在利用新型洗砂機的清洗後，濾砂可符合「水道水におけるクリプトスポリジウム等対策指針(自來水中隱孢子蟲對策指南)」洗砂濁度小於 2NTU 之規定(木内康博等人，水道局內部研究報告)，並說明在去除慢濾表面黏附的物質後，濾料與新砂無異。慢濾池之濾料表面因有較快濾池明顯之微生物膜附著，其尚具再利用價值，更遑論相較易於掏洗的快濾池濾料。

大阪市水道局探討分離雙層濾料之無煙煤及石英砂的方法，目的在藉由精確的濾料分析，優化每種過濾介質的補充和更換時間，並降低更換成本(岡嶋忠生等人，水道局內部研究報告)，表 1 為其分析新、舊濾料的粒徑分布狀況。根據台水 107 年進行的「濾砂更生及汰換更新之作業準則研擬」報告建議，可濾除大於 0.7mm 及小於 0.3mm 之濾料，保留 0.4~0.7 mm 之濾砂，重複使用。

表 1　大阪市水道局新舊濾料粒徑分布差異

石英砂			無煙煤		
篩目大小	新	舊	篩目大小	新	舊
2.000	0.0	0.0	4.000	0.0	0.0
1.700	0.0	0.0	2.800	0.0	0.0
1.180	0.0	0.0	2.360	0.1	0.1
0.850	13.5	25.4	2.000	2.1	0.1
0.710	34.3	28.3	1.700	22.1	16.0
0.600	32.6	25.6	1.400	42.6	37.4
0.500	14.8	16.5	1.180	26.0	31.8
0.425	3.5	3.7	1.000	5.9	12.9
0.300	1.0	0.4	0.850	0.8	0.0
0.212	0.0	0.0	0.710	0.2	0.0
<0.212	0.0	0.0	<0.710	0.2	0.0
有效粒徑 (mm)	0.54	0.55	有效粒徑 (mm)	1.22	1.17
60%(mm)	0.76	0.73	60%(mm)	1.58	1.50
均勻係數	1.39	1.35	均勻係數	1.29	1.28

日本橫濱自來水公司對菲律賓水公司的技術支援報告(横浜ウォーター株式会社，2013)指出，濾料篩分工作包括從濾池中取出過濾介質，並篩選出不符合過濾介質尺寸標準的材料，搓洗並透過一邊沖水一邊過篩，可利用材料之間的摩擦去除表面的污垢，將污垢洗掉，此工作在日本大部分以機械化進行。而在對菲律賓之技術支援中雖導入以手動方式進行，但作用原理相同，洗選前的濾砂通過上層 2.0mm 的篩網，大於 2.0mm 的砂被截，進入下層的砂子通過

0.3mm 的篩子，0.3mm 以下的濾砂則作為廢料丟棄。日本每 10 年進行一次濾池修復工作，許多供水事業看待其是一種住院治療，而不僅只是濾池健康檢查。

為促進國內濾池在換、補、洗砂作業上更具策略性，本研究遂以屏東淨水場為例，針對濾池評估直至換、補、洗砂作業決策過程之實際運作狀況進行一完整演示，並討論其實質效益，提出具有數據換支持之補砂實務操作建議。

二、研究方法

本研究包含試驗水廠之完整濾池評估，並根據其評估結果，提供換補砂之操作決策建議。

(一)試驗水場

屏東淨水場原水水源為地下水，設計處理水量 73,000CMD，原水經曝氣沉澱池後，部分經慢濾池，部分經快濾池，而後加氯消毒。快濾池濾料為單層石英砂濾料，有效粒徑 0.45±0.05 mm，均勻係數 1.5 以下，濾料厚度 70 公分，與一般惠勒式濾池不同的是屏東場濾池的集水器並非傳統的石球堆疊，而是利用 PP 材質的濾水頭鑲鎖於濾床底板之上，每一濾池初步估計有 560 個濾水頭。

現今操作濾程約 24 小時，反沖洗時間約 1~3 分鐘，相較於一般地下水為水源的淨水濾池，濾程較短，反沖洗時間也過短，有反沖洗效能不佳之疑慮，因此，希望藉由濾池評估，了解濾池現況，並作為是否進行換補砂或濾池整理的決策依據。

(二)濾池評估方法

完整濾池評估包含非侵入式評估項目與侵入式評估項目，說明如下：

1.非侵入式評估

(1)目視檢查

目視檢查濾池外觀、反沖洗廢水渠、濾料表面等是否有特殊異常狀況，加以記錄。

(2)反沖洗濁度歷線

準備好採樣器與採樣瓶，於反沖洗開始後，每 1 分鐘取一反沖洗廢水水樣，分析濁度並繪製反沖洗濁度歷線圖。

(3)反沖洗膨脹率

將膨脹率測定裝置置於濾砂表面，穩固固定，使不因反沖洗時下方濾砂鬆弛而塌陷，也不因反沖洗水向上沖刷而抬升。反沖洗後，由反沖洗裝置讀出反沖洗時之濾砂膨脹高度。

2.侵入式評估

(1)濾料厚度

利用具有標尺之濾料層穿刺桿，在濾池中以約每米間隔做濾料層穿刺，讀取濾料厚度值。並量測記錄濾料層至濾池頂距離，以換算礫石高程。

(2)膠羽貯留分析

於單一濾池中選定 4 個採樣點，在反沖洗前、後進行濾料採集，分析不同深度濾料層之膠羽貯留狀況。

(3)濾砂篩分析

於單一濾池中選定 4 個採樣點(涵蓋濾池中央及邊緣位置)，採集濾料，進行篩分析(孔眼相對粒尺度為 2.0、1.68、0.84、0.59、0.42、0.297、0.210 及 0.149 mm)，並進一步求得有效粒徑與均勻係數。

三、結果與討論

(一)濾池評估

1.目視檢查

根據 94 年之濾砂試驗資料顯示，濾料主要為石英砂濾料，而經由現場目視看來，濾砂外表已呈現錳砂之樣態。圖 1 為現場濾砂外觀，除濾砂表面貼近反沖洗廢水渠外，表層濾料分布起伏大，呈現極不平整，特別是在反沖洗水渠水跌落處呈現凹陷的狀態，凹陷旁則呈現隆起(圖 2)。另外，在反沖洗時，會先由幾處特定點開始冒出泡泡(圖 3)，推斷濾床底部應有阻塞的情況，可能是濾水頭已損害或是濾砂已於底部集水區堆積，導致反洗水流不均所致，此一部分建議應啟動濾砂層開挖，以確認其真實原因。

圖 1　屏東淨水場之目視濾砂狀況

圖 2　濾料分布不均，表面不平整

圖 3　反沖洗啟動後部分區域率先冒出氣泡

2.濾砂高程分析

藉由目視檢查發現濾料厚度異常，進一步利用金屬標尺檢測濾料厚度分布現況，圖 4 為 6 號濾池之量測結果所繪製的濾砂高程圖，濾砂高程分布十分不均勻，左側測得最高 78 公分，最低 41 公分；右側測得最高 86 公分，最低 47 公分，總濾池平均濾砂高程為 62 公分，較原設計濾床濾砂層厚度為 70 公分低，顯然有濾砂流失與分布嚴重偏移之情形。此外，在濾池進水一側的反沖洗廢水渠(亦為進流水渠)，進流水跌落處亦有明顯凹陷。厚度少可能會造成濁度穿透，而部分區域濾砂層厚度較厚，會造成水頭損失過大的現象。

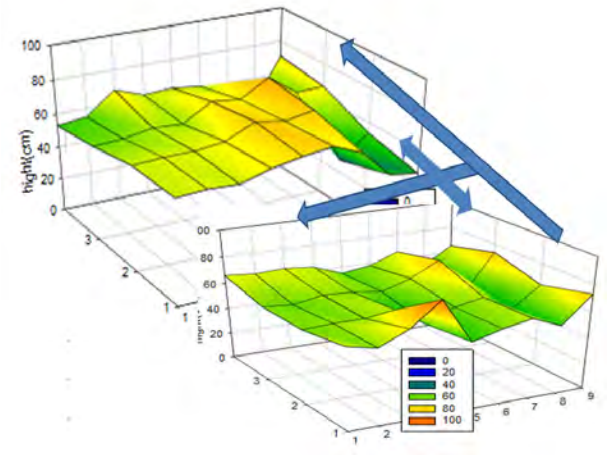


圖 4　第 6 池濾砂高程量測結果

3.膠羽貯留分析

圖 5 為 6 號濾池所採集濾砂，於實驗室分析膠羽貯留狀況的結果，顯示反沖洗前後亦差異不大，亦即反沖洗效果不佳，自底層到表層濾料膠羽貯留量分布於 300~800 NTU，差異甚大，此貯留膠羽量，顯示濾層很髒，且有許多泥球產生。

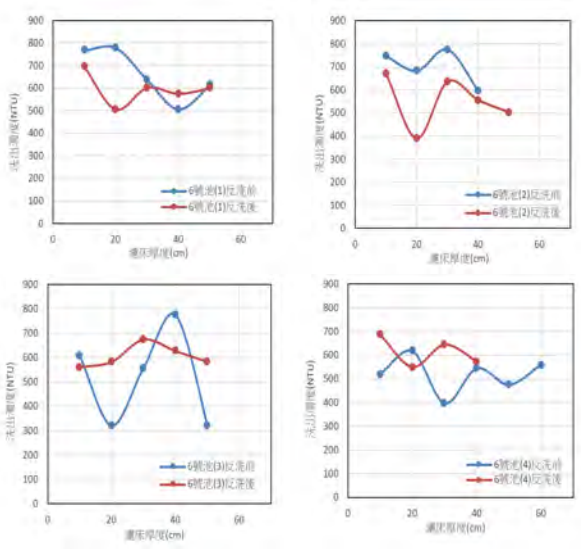


圖 5　反洗前後膠羽貯留分析結果

4.濾砂篩分析

篩分析主要在評估濾料之有效粒徑與均勻係數，可協助判斷濾砂是否因持續操作導致粒徑偏移，圖 6 為濾砂粒徑累積百分比曲線圖，四個點位之有效粒徑，亦即重量累計達前 10%之粒徑(D_{10})分別為 0.62、0.62、0.64、0.62 mm，均勻係數為累積重量達前 60%之粒徑(D_{60})與 D_{10} 之比值，四個點位分別為 1.61、1.58、1.55、1.53。濾砂有效粒徑為 0.62~0.64 mm，亦大於 0.4~0.5 mm 之設計值，而均勻係數亦皆大於 1.5，不符合 1.5 以下之規定，亦即累積重量達前 60%之粒徑為 0.98~1.01 mm，粒徑亦偏大。

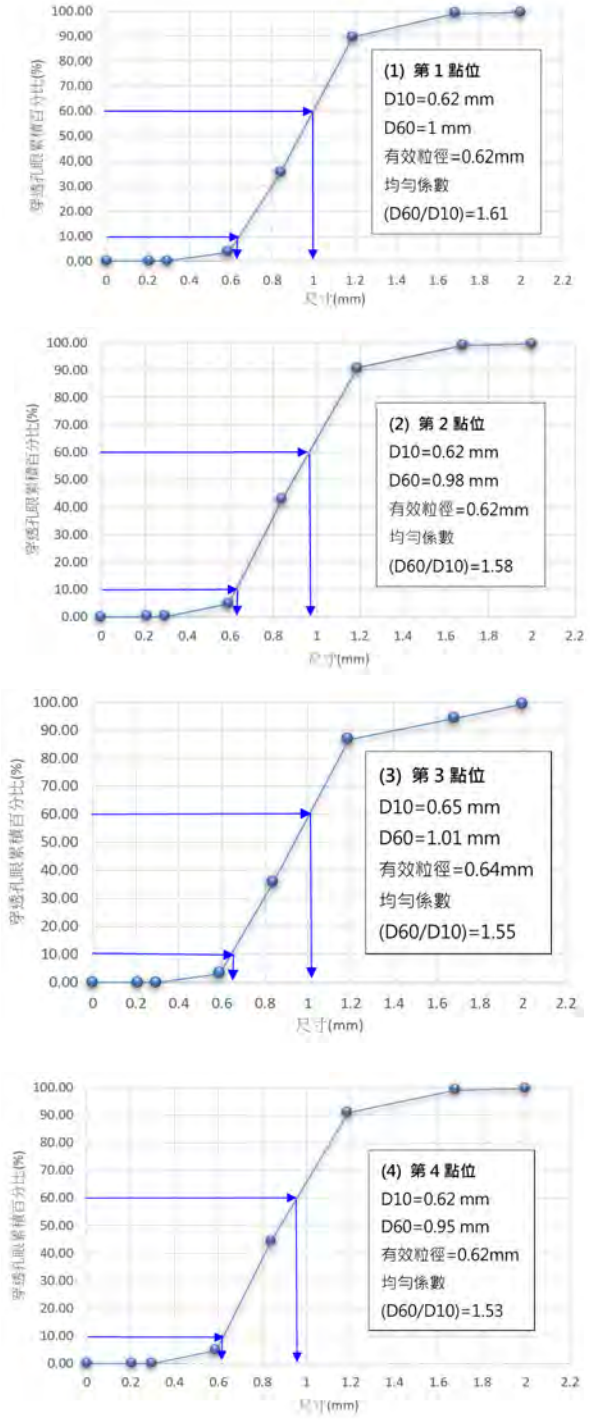


圖 6　濾砂粒徑累積百分比曲線圖

5.反沖洗膨脹率量測

圖 7 為反沖洗進行中，分析裝置測得濾砂膨脹高程，6 號池為 18 公分。第 6 池濾砂厚度 41~86 公分，以平均厚度 62 公分計算膨脹率，計算得膨脹率為 29%，尚符合膨脹率之規範。

圖 7　反沖洗膨脹率量測結果

6.反沖洗濁度歷線

圖 8 為 6 號濾池之反沖洗濁度歷線，顯示反沖洗直到時間一分半才降至約 200 NTU，且直到反沖洗持續 5 分鐘後，反沖洗水濁度仍有 50 NTU，但由於廢水池水位已過高，無法容納持續進行反沖洗，因而停止取樣。

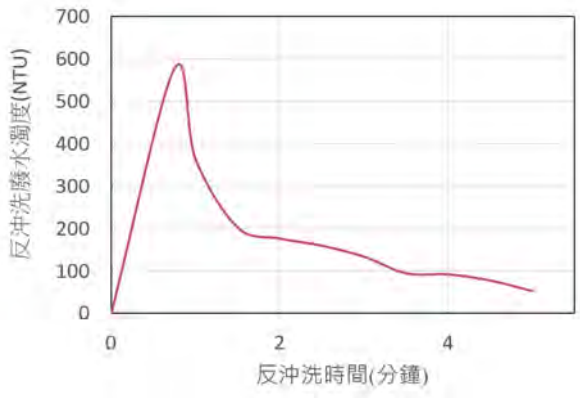


圖 8　反沖洗濁度歷線

平時反沖洗之進行為每天 6 池輪流反沖洗，每池 1 分鐘，如此操作模式下，可由圖 3.5-3 中 1 分鐘反沖洗時間下窺得，僅將首波大量膠羽洗除，並不足以將濾層中的膠羽洗淨，此操作模式為導致前述膠羽貯留分析得，反沖洗前後，濾層中累積大量膠羽皆未被沖洗出之結果的主因。濾床未沖洗乾淨，亦因而造成濾床水頭累積快速，而須每天進行反沖洗。

因此，建議本場短期內應先調整反沖洗操作，拉長反沖洗時間，由於反沖洗水池與廢水池皆有容量限制，建議可以每日清洗二池為目標，每次反沖洗以 5 分鐘為準，逐步調整率池反沖洗模式，以發揮濾池正常該有的效能表現。此外，因反洗濁度歷線略有拖尾跡象，因此亦可考量略為增加反沖洗強度作因應。

7.濾池評估結論

綜合本計畫之評估結果，彙整如表 2。本場濾池主要問題顯現在較高的反沖洗頻率上，為找出實質問題，因而進行整體濾池評估。單元水之顆粒計數結果顯示，曝氣沉澱池後之出流水到快濾池上方進流處，仍有大量顆粒生成，應來自於鐵錳的不斷氧化生成。

表 2　屏東淨水場濾池評估結果彙整表

評估項目	6 號濾池	說明
濾砂高程	41~86 公分，平均 62 公分	濾砂高程分布十分不平均，部分濾池厚度增加，部分則有濾料流失狀況
膠羽貯留分析	反洗前後差異不大	濾床可能存在泥球，反沖洗效果差
有效粒徑(mm)	0.62~0.64	普遍大於 0.4 ~ 0.5mm 之設計值
均勻係數	1.53~1.61	皆不符小於 1.5 之規定
酸溶解度	皆低於 3.5%	符合低於 3.5%之規定
反沖洗膨脹率(%)	21~29 (以濾料平均厚度計算為 29%)	第 6 池反洗強度尚可
反沖洗濁度歷線	5 分鐘仍有約 50 NTU	目前反沖洗時間 1 分鐘，明顯不足

濾砂高程分析結果，顯示濾料厚度分布十分不平均，而當濾池排水重新進水時，常因進水流量過大，而沖刷濾層表面，導致表面呈現部分嚴重凹陷與部分隆起，但此情形在反沖洗後便恢復平整，故問題不大。

反沖洗操作上，第 6 池之反沖洗膨脹率表現尚可，而反沖洗濁度歷線顯示，第 6 池即使經沖洗 5 分鐘，反洗廢水濁度仍有 50 NTU。反沖洗廢水濁度達 200 NTU 以下後，稍有拖尾之情形，建議可增加些反沖洗水閥門的開度，將有助於改善。

由於現場操作員表示，目前反沖洗時間為 1 分鐘左右，主要受限於反沖洗用水量及廢水池容量問題，必須將用水量及廢水貯存空間分配給 6 個快濾池，而因為濾床洗不乾淨，導致水頭累積快速，必須每天進行反沖洗。濾床洗不乾淨之情形，也可由本次膠羽貯留分析加以印證，反沖洗前後，濾層中之膠羽貯留量差異不大，皆呈現髒、且有泥球存在的狀態。

因此，建議逐漸嘗試調整以每日進行三池反沖洗，每池約兩日清洗一次為目標，每池沖洗 5 分鐘之方式進行。初期因池中膠羽已累積一段時日，不易立即清洗乾淨，亦不易達兩日清洗一次的目標。

就有效粒徑、均勻係數及酸溶解度看來，原石英砂外部附著鐵錳氧化物而造成粒徑偏移，有效粒徑自原本之 0.45±0.05 mm，均勻係數 1.5 以下，普遍偏移至 0.65 mm 左右，均勻係數皆大於 1.5。變大之顆粒，常造成原濾料之稜角減少，濾料偏圓，較有稜角之濾砂相對孔隙率較低，也是導致水頭容易累積的原因之一，由於粒徑未大於「自來水設施維護管理指南」之有效直徑達或大於 0.70mm，需進行換砂的規範，且表面披覆錳之舊砂，本身具有錳砂除鐵錳的功能，因此建議先行安排濾池之洗補砂，洗補同時篩除小於 0.3 mm 及大於 0.7 mm 之濾料。

(二)濾池整理方案與成本估算

為使換補砂經費用在刀口上，本節估算不同換補砂策略其成本與預期效益及可能面對的問題，各方案之估算所依據之基本參數說明如下：

濾池面積：9m × 7.3m =65.7 m^2

原設計濾料厚度：70 公分

實測濾料平均厚度：62 公分

流失濾料厚度：8 公分

石英砂成本=8000 元/ m^3

錳砂成本=25000 元/ m^3

濾料清運費用=2500 元/ m^3

洗砂費用=3000 元/ m^3

【方案一】僅補充濾料

部分水場未進行完整濾池評估，或是進行評估後，僅針對短少之濾料進行補充，以本研究之濾池案例來討論，進需進行補砂 8 公分，補砂濾料成本計算如下：

0.08m × 65.7m^2 × 8000 元/m^3 =4.24 萬元

雖僅進行補砂，成本極低，但其後續對應之問題包括濾池產水效能與水質皆無法提升之狀況，濾層中累積之泥球與結塊皆未排除、濾料粒徑偏移亦無法獲得修正、池底濾水頭及集水廊道可能嚴重阻塞，僅補充濾料之濾池維護，對濾池實質表現可能無太大助益。如同前言所述，效能差之濾池，每月造成之售水損失達每池 1.2~2.4 萬元，將其納入成本考量，每年達 14~29 萬元，以 3 年計

算，則損失之售水成本達 42~87 萬元，所費不貲。

【方案二】濾料整池更換

部分水場未進行完整濾池評估，或是進行評估後，未依據評估結果進行濾料篩補，而是直接整池濾料更換，則其換砂成本計算如下：

整池濾料量= 0.7 m × 65.7 m^2 = 46 m^3

整池濾料成本=46m^3×8000 元/m^3=36.8 萬元

需清運濾料量=0.62 × 65.7 m^2 = 41 m^3

濾料清運費用=41m^3×2500 元/m^3=10.25 萬元

總換砂成本=36.8+10.25=47 萬元

雖更換全量濾料，可將濾池狀況恢復到初始設計狀態，亦可在更換濾料同時檢視池底濾水頭及集水廊道狀況，但即使濾料粒徑偏移，多數濾料仍呈現稜角狀，仍可重複使用，全數更換有浪費之虞。

【方案三】更換部分濾料

若依據濾池評估結果，考量更換部分濾料，以本研究案例而言，圖 9 為評估濾池濾料之重量占比分布，保留 0.3~0.84 mm 濾料(受限於標準篩大小，以保留<0.8mm 濾料估算，取代<0.7mm)，約占 35%之舊濾料，更換 65%新濾料進行估算，則換砂成本計算如下：

濾料成本=46m^3 × 0.65 × 8000 元/m^3 =23.9 萬元

需清運濾料量=46 m^3 × 0.65 = 30 m^3

濾料清運費用=30m^3×2500 元/m^3=7.5 萬元

保留濾料量=46 m^3 × 0.35=16 m^3

洗砂費用=16 m^3 × 3000 元/ m^3=4.8 萬元

洗補砂成本=23.9 + 7.5 + 4.8 =36.2 萬元

相較於全池更換，洗補砂節省約 10 萬元之成本，有策略地更換部分濾料，除可節省濾料費用外，亦可藉由濾料洗補同時，檢視濾水頭與集水廊道，無論在成本與提升濾池效能上，皆較具經濟效益。

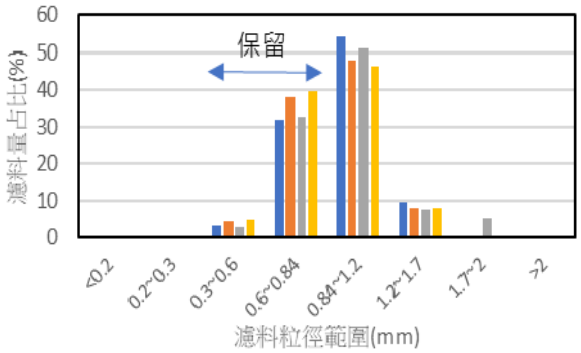


圖 9　不同濾料粒徑重量占比分布圖

圖 10　6 號濾池抽起之濾砂

(三)濾池整理與濾料篩洗

根據前述濾池評估結果與成本估算結果之建議，遂進行六號快濾池的洗砂與補砂

工作，將抽起之濾砂與池中的 1~4 號礫石進入洗選機淘洗後裝入太空包之中，發現原填入之矽砂其顏色皆轉成黑色之覆錳矽砂。

已清理之六號濾池如圖 11 所示，可以看到部分濾水頭似已被髒污堵塞，因此再進一步著手濾池底板的拆除與濾水頭的更換，拆除後發現於濾池底板之下已有大量的濾砂堆積於濾後水的集水區，如圖 12 所示，此一區域亦是反沖洗水的必經廊道，顯示出六號濾池部分區域已喪失過濾及反洗的功能，推斷為六號濾池長期操作效能不彰的主要原因。

圖 11　6 號濾池底板與濾水頭

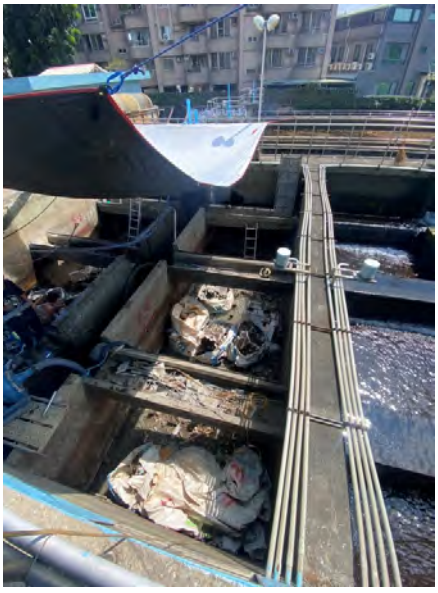


圖 12　濾池底板下清出大量濾砂堆積

(四)覆錳舊矽砂之特性分析

將已清理之六號濾池覆錳矽砂取出，並新購置同粒徑(0.65 mm)之矽砂與錳砂，進行 SEM-EDS 的分析，結果如圖 13(商購矽砂)、圖 14(商購錳砂)與圖 15 (覆錳舊矽砂)所示。可以發現原購置的矽砂上並無 MnO_2 的存在，因此錳元素在商購矽砂的 EDS 分析上並無檢出，而在商購的錳砂上，錳元素的 EDS 分析顯示出 2.24%(wt)的含量，在覆錳矽砂的 EDS 分析上檢出高達 22.15%(wt)，顯示出高含量的 MnO_2 在原矽砂表面生成。且於圖 14 的 SEM 拍攝圖，顯示出其顆粒表面有極多的孔隙，研判對於水中溶解錳的吸附與異相氧化有著極高的潛力，相較於商購錳砂，其除錳效能應更有優勢。

承接方案三之成本估算，保留之部分濾料可扮演錳砂角色，以錳砂成本為每立方米 25000 元進行估算，保留濾料之價值為：

16 m^3 × 25000 元/ m^3 =40 萬

已高於 36.2 萬元之洗補砂成本，說明本研究之案例，保留部分濾料除了可確實提升濾池效能外，更節省成本，並保留具有錳砂功能與價值的濾料，對後續濾池操作除鐵錳更有幫助，顯示具策略性之換補砂作業之重要性。

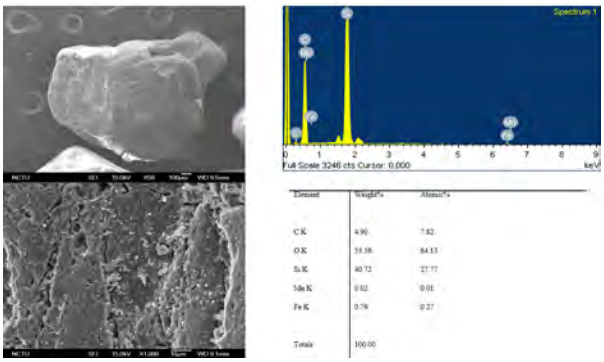


圖 13　商購矽砂 SEM-EDS 分析

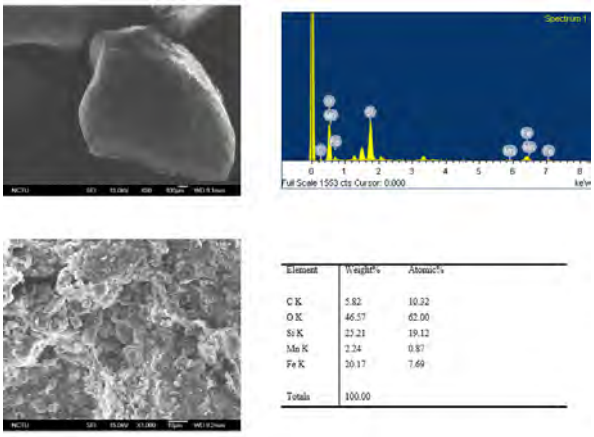


圖 14　商購錳砂 SEM-EDS 分析

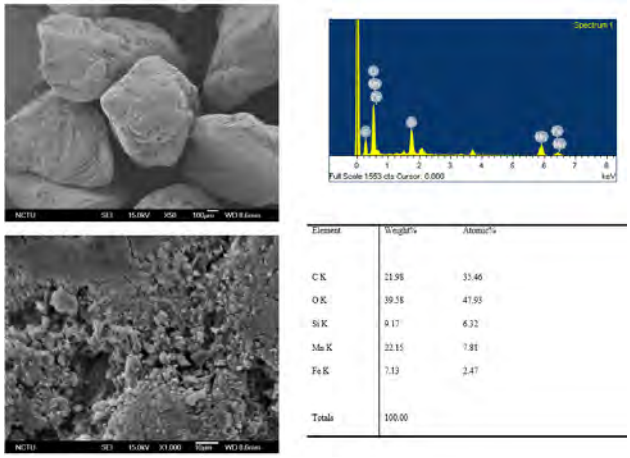


圖 15　覆錳矽砂 SEM-EDS 分析

四、結論與建議

(一)結論

本研究以屏東淨水場快濾池為例，先進行濾池評估後，提出濾池整理策略，並實際執行洗補砂作為，試驗結果獲得以下結論：

1.屏東淨水場之快濾池有濾程過短，反沖洗成效不佳的問題，經現場濾池評估結果顯示，濾料厚度分布十分不均勻，反洗時間不足，反洗效能差，且有泥球存在的狀態。濾砂有效粒徑明顯變大，可能造成孔隙率變低，而導致水頭累積快速。

2.藉由濾料評估結果建議以調整反沖洗操作為首要改善工作，並安排進行洗補砂與濾床與濾水頭檢修工作，洗砂同時篩除大於 0.84mm 及小於 0.3mm 濾砂，並補充符合原設計參數之濾砂。

3.實場濾床整理洗補砂時，同時確認濾水頭之反沖洗氣水流不順暢，則應拆除濾池底板，更換濾水頭並整理集水渠。本研究發現試驗場池底集水區已有大量的濾砂堆積，推斷為濾池長期操作效能不彰的主要原因。

4.覆錳舊矽砂顯示出其顆粒表面有高含量 MnO2，並具有極多的孔隙，研判對於水中溶解錳的吸附與異相氧化有著極高的潛力。因此建議可留存部分舊砂，持續於系統中扮演錳砂之角色。

5.本研究顯示以實質的濾池診斷結果，進行具有策略性地換、補、洗砂工作，將能確實解決濾池問題痛點，恢復濾池效能，並較盲目地更換整池濾料，更明智地決定濾料購置最經濟的方式。

(二)建議

濾池評估可提供客觀數據，提供汰換砂量之估算，進一步協助換洗砂與補砂之決策，值得推廣與實務導入，水場可在評估洗相關做法之成本後，進行最有利之決策。

參考文獻

1.台灣自來水公司(2012)過濾及反洗效能評估方法建立及試行，研究報告，台中。

2.台灣自來水公司(2018)濾砂更生及汰換更新之作業準則研擬，研究報告，台中。

3.原田宣男、川口倫由、北瀬真衣、李富生、吉村千洋(2008)緩速ろ過池使用砂の物理洗浄による再生利用に関する検討，土木学会中部支部研究発表会，日本金澤。
4.木内康博、横江政則、広瀬丈巳，北山田浄水場における緩速ろ過砂の再生洗浄について，淨水場內部研究報告。
5.横浜ウォーター株式会社(横濱自來水有限公司)(2013)フィリピン国 メトロセブ水道区水道事業運営・管理技術支援プロジェクト，業務完了報告書，p.2-54~2-55。

作者簡介

甘其銓先生

現職：嘉南藥理大學觀光事業管理系教授

專長：飲用水處理藥劑、水處理技術、水質異常改善

楊惠玲小姐

現職：逢甲大學環境科技與智慧研究中心副主任

專長：水處理及薄膜技術、淨水濾池評估、智慧水務

吳志超先生

現職：逢甲大學環境工程與科學系教授

專長：淨水處理技術、淨水濾池評估、汙泥處理

石門淨水場 2-MIB 臭味事件處置之探討

文/林彥宏、鐘錦珍、李蘊理、陳文祥

摘要

111 年 7 月 4 日石門場驗得 2-MIB 測值偏高，立即添加活性碳，並自平鎮場調 2 萬噸清水支援。7 月 15 日現勘調查，發現石門大圳原水疑為來源，而傳統處理無法有效去除，廢水回收反提高清水濃度。採足跡調查，發現洪圳路至北商業大學段 2-MIB 濃度由 4ng/L 陡升為 100 ng/L；社子一號池後濃度即升過閾值(29 ng/L)，顯示此河段為主要貢獻源。再追蹤，於大圳長安橋段清淤前後，分析水中 TOC 及有機物物種，發現有機物為生物代謝物。此期間圳道水位僅約 1 米深，溶氧平均值約 8mg/L，顯示藻類繁衍旺盛應為主因。清淤後原水濃度明顯由 83.3-158ng/L 降至 38.4ng/L，證實藻類確實為貢獻源。至 12 月中全河段清淤，原、清水檢測值呈現 ND。為免再次發生，台水公司建立清淤不停止供水的機制，石門管理處則排訂定期清淤。

關鍵字：活性碳、2-MIB

一、2-MIB臭味事件源起

臭味事件起源於 111 年 7 月 4 日水質例行排檢之檢驗 (水中土霉味物質之檢驗－依據環保署公告方法 W537.51B 使用固相微萃取／頂空／氣相層析質譜儀法進行分析)，結果報告出爐，經查對得知石門淨水場 2 處樣品 2-MIB 檢測值偏高(石門淨水場原水 83.3ng/L、石門淨水場清水 72.6ng/L，內控值為 29ng/L)，當下立即通知所轄區處並轉知該場相關人員進行應變處理。

二、背景資料蒐集

(一)原水來源

石門淨水場水源來自石門水庫分層取水之石門大圳取水口處，借道石門大圳行經環頂支渠，全長 22 公里的渠道進入石門淨水場。石門大圳取水口位於石門大壩左岸山腰，所引庫水經由石門大圳輸送，除供應行政院農業委員會農田水利署石門管理處(以下簡稱石門管理處)灌溉農業用水外，並供應南桃園公共給水及個別工業用戶用水，石門淨水場原水係向石門管理處加強灌溉管理節餘水量購入。

(二)供水情形與淨水處理流程

石門淨水場最大日處理水量 12 萬立方公尺，利用石門管理處環頂支渠設進水閘門及固定之矩形量流堰(W=300 公分)，調整進水閘門控制水量，並以讀取標尺刻劃查流量表換算得需求水量，全日平均分取原水，如水量有顯著增減時，會先與石門管理處取得協調，以避免影響農田輪灌。石門淨水場隸屬於平鎮給水廠，供水區域與平鎮淨水場聯合操作，包括桃園縣中壢市、平鎮市、楊梅鎮、新屋鄉，新竹縣湖口鄉等行政區及供應平鎮、幼獅工業區產業用水。

為因應汛期原水濁度驟升，備有戰備水池（容量 50 萬噸）平常由進場原水抽水送至戰備水池，俟需要時再由返送抽水站輸送至淨水場。主要淨水程序為前加氯、膠羽、

沉澱、快濾、後加氯消毒等步驟，相關流程如下圖 1 所示：

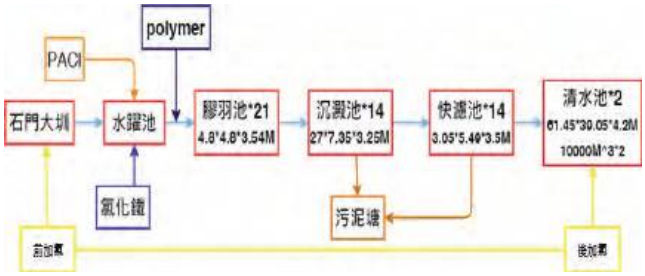


圖 1　石門淨水場淨水流程

(三)廢水流程

主要廢水來源為洗砂廢水、反沖洗廢水、沉澱池及膠沉池廢水，設計水量 1,400CMD，廢水處理場收集相關廢水後，進入污泥塘沉澱後，其上澄液進入回收池，底泥則經過脫水成為污泥餅，每日約 5 噸，再交由合格廠商清運，作為再利用之原料、材料、添加物或其他用途。廢水處理流程如下圖 2 所示：

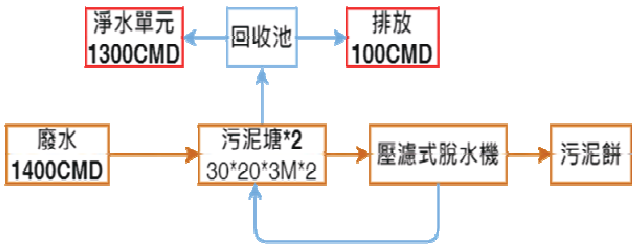


圖 2　石門淨水場廢水流程

三、臭味事件發生初期緊急應變作為與及時供水概況

(一)7 月 4 日當日石門淨水場得知後立即進行添加活性碳，添加處位於混凝前，停留時間約為 20 分鐘，添加濃度約在 2.25 mg/L(以 8 萬立方公尺/日處理水量添加 3 包 20 公斤粉狀活性碳換算所得)。

(二)此外，亦同時自平鎮淨水場調整 2 萬立方公尺清水支援至石門淨水場清水池進行調配，出場前以臭度檢測法-初嗅數法(NIEA W306.52C)評估，由上述添加活性碳搭配供水調配，整體臭度去除效率約為 50%。

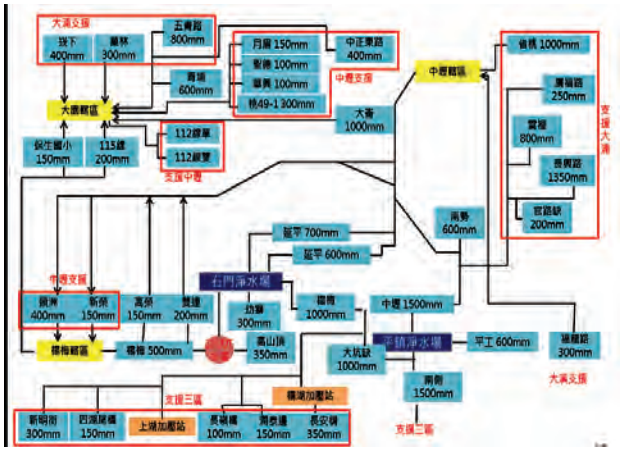


圖 3　平鎮、石門淨水場支/受援供水系統

(三) 7 月 5 日採集石門淨水場水樣送複測 2-MIB(石門原水 133.5ng/L、石門清水 102.0ng/L)，結果顯示水中濃度仍呈現上升態勢。

(四)為預防本事件引發民眾憂慮，台水公司相關單位於 7 月 15 日至石門淨水場進行研商，針對可能產臭味來源進行了解及釐清，並設法阻絕，規劃採集石門大圳原水、石門淨水場沉澱水、過濾水、清水、回收水、831 與 846 二處戰備池及石門淨水場供水區域之管前、管中、管末 3 處配水進行全流程 2-MIB 檢測。

四、2-MIB臭味事件調查

(一)111 年 7 月 15 日各採樣點 2-MIB 水樣檢測結果探討與污染調查(第一次調查)

表 1　111 年 7 月 15 日石門淨水場各採樣點 2-MIB 檢測結果

採樣地點名稱	水樣別	報告值(ng/L)
戰備池 831	原水	14.6
戰備池 846	原水	20.3
平鎮給水廠平鎮淨水場	原水	ND
石門場回收水	廢水	307 註
石門場石門大圳	原水	148.0
石門場沉澱水	沉澱	128.6
石門場快濾水	快濾	127.7
石門場清水 A(混多)	清水	72.6
石門場清水 B(混少)	清水	110.5
水質課純水機	RO	1.2
I.　水廠路 150 號	配水	53.2
II. 延平路三段 480 號	配水	86.1
III.延平路三段 121 號	配水	7.4
註：樣品未稀釋超過檢量線上限 150ng/L，數據僅供參考。		

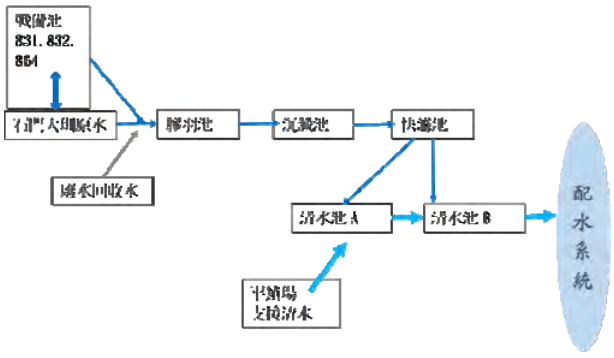


圖 4　石門淨水場各採樣點點位圖

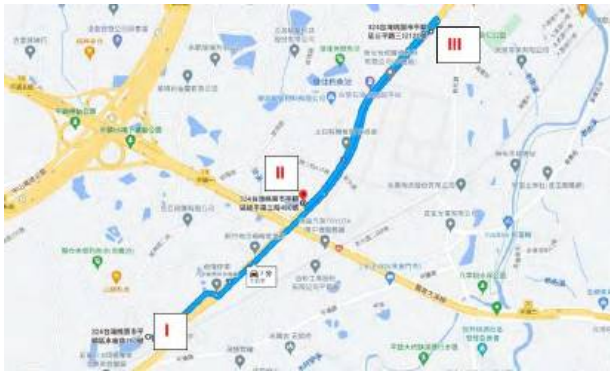


圖 5　石門場配水點位置圖

1.由表 1 知戰備池(831、846)2-MIB 檢測值分別為 14.6ng/L、20.3ng/L，均低於閾值，顯然非 2-MIB 之來源，此水源可以與石門大圳原水摻配使用。

2.石門淨水場淨水流程各點之 2-MIB 均高於閾值，大圳原水達 148ng/L，石門淨水場沈澱水雖於前一周清洗過沈澱池後仍高達 128.6ng/L，濾後水為 127.7ng/L、清水池 A(混合平鎮淨水場清水)為 72.6ng/L、清水池 B(少量水與 A 池混合)為 110.5ng/L。綜上數據判斷石門大圳原水為 2-MIB 之貢獻來源，而石門淨水場傳統處理程序並無法有效去除。

3. 廢水回收池檢測值超過檢量線上限 150ng/L(測值達 307ng/L 僅能參考)，顯示回收水貢獻 2-MIB 濃度甚高，為降低淨水負荷，立即請石門淨水場停止取用回收水。

4.石門淨水場供水區前、中、後配水點(圖 5)之檢驗結果，管前水廠路 150 號(Ⅰ點，場區內)因持續與平鎮淨水場清水混合稀釋 2-MIB 測值略降至 53.2ng/L；而管末端之延平路三段 121 號(Ⅲ點)因持續與平鎮淨水場大量清水混合，2-MIB 已大幅降至 7.4ng/L。唯管中延平路三段 480 號(Ⅱ點)，因用戶用水量偏低，自來水呈滯留情形致 2-MIB 測值達於 86.1ng/L，建請該場未來於該點執行採樣前務必排水完全，並應平時定期排水。

5.由於石門大圳 2-MIB 濃度甚高，石門淨水場除減少大圳之取用量改由平鎮淨水場增加出水量支應，並啟動添加活性碳處理機制，但顧及快濾床組塞問題，活性碳加添濃度上限設在 30 mg/L(成大林氏等，2011)。

6.在尚未確認臭味來源點位前，為持續了解水質變化趨勢，由石門淨水場每日進行清水臭度檢驗，期間如清水臭度測值偏高於飲用水水質標準 3(TON)情形，採樣送台水總處水質處進一步確認水中土霉味物質含量。

(二)111 年 8 月 1 日各採樣點 2-MIB 水樣檢測結果探討與污染調查(第二次調查)

表 2　111 年 8 月 1 日石門淨水場各採樣點 2-MIB 水樣檢測結果

地點	採樣時間	氣溫 ℃	水溫 ℃	pH	導電度 μS/cm	溶氧 mg/L	2-MIB ng/L
1. 三坑抽水站	10:50	36.5	25.2	7.35	185.0	7.74	7.0
2. 石門大圳水岸綠廊(員樹林支渠監控站)	12:05	36.8	25.4	7.23	208.4	7.90	7.1
3. 洪圳路	12:20	37.0	25.7	7.40	206.6	8.08	4.0
4. 台北商業大學	12:35	36.5	26.3	7.58	225.0	8.50	100
增.東豐路長安橋(左-死水，滯流處)	12:50	37.0	26.4	7.69	216.0	8.66	123
增.東豐路長安橋(右-活水，引水渠)	12:54	37.0	25.8	7.38	208.0	8.46	100
5. 石門農田水利局幹線工作站	13:08	36.8	26.6	7.75	227.3	8.70	147
6. 安平鎮綠映公園	13:25	37.5	26.4	7.74	208.3	6.57	151
7. 日新街	13:35	36.5	26.5	7.79	220.0	8.65	155
8. 石門淨水場	14:05	34.0	26.3	7.79	208.7	8.49	155

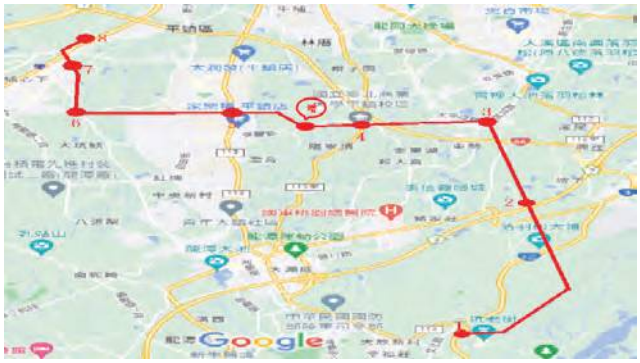


圖 6　第二次水質調查各編號採樣點位置圖

1.由第一次調查確定 2-MIB 貢獻來源為石門大圳，為了解污染河段，故於 8 月 1 日進行第二次現場勘查，將大圳自三坑抽水站至石門淨水場沿途規劃 8 個採樣點(為露天渠道)，並於採樣過程考量水流滯留問題現場，增加長安橋河段 2 處採樣點。

2.由表 2 各點檢測結果發現編號 3 洪圳路口至編號 4 台北商業大學段 2-MIB 濃度由 4ng/L 陡升為 100ng/L，後續各點 2-MIB 測值亦持續升高，推測此河段有 2-MIB 貢獻。

(三)111 年 8 月 8 日各採樣點 2-MIB 水樣檢測結果探討與污染調查(第三次調查)

表 3　111 年 8 月 8 日石門淨水場各採樣點 2-MIB 水樣檢測結果

地點	採樣時間	氣溫 ℃	水溫 ℃	pH	導電度 μS/cm	溶氧 mg/L	2-MIB ng/L
3-1 渡槽(原 No3.洪圳路口旁)	1040	32.0	25.5	7.26	245.7	7.66	7.4
3-2 社子支渠監控站	1050	32.0	25.4	7.31	213.9	8.05	7.4
3-3 社子一號池前	1100	33.0	25.9	7.33	211.9	8.02	13.4
3-4 社子一號池	1105	33.0	30.9	8.46	194.8	7.99	3.2

地點	採樣時間	氣溫℃	水溫℃	pH	導電度μS/cm	溶氧mg/L	2-MIB ng/L
3-5 社子一號池後	1110	33.0	25.8	7.50	211.1	8.64	33.2
3-6 東勢支渠監控站	1117	33.0	25.6	7.27	211.6	8.16	33.1
3-7 新街溪	1135	33.0	32.2	7.18	764.3	3.58	ND
3-8 北商前	1145	34.0	26.4	7.41	211.8	8.39	187
3-9 台北商大(原No4.)	1235	34.0	26.5	7.69	282.8	8.33	248
石門淨水場-原水	1310	34.0	27.1	7.84	209.6	8.01	158
石門淨水場-A池清水	1315	34.0	27.9	7.55	218.2	7.55	78.2

圖 7　第三次水質調查各編號採樣點位置圖

1.8 月 8 日進行第三次現勘，係將第二次調查編號 3 洪圳路至編號 4 台北商業大學 2-MIB 濃度突升段，由二區處偕同石門管理處人員沿石門大圳河道仿抓漏方式細分為 3-1 至 3-9 處採樣點。

2.結果發現(表 3)自編號 3-5 社子一號養魚池後 2-MIB 濃度即升過閾值，至 3-9(舊編號 4)台北商業大學段 2-MIB 濃度陡升為 248 ng/L，該河段在實地勘查時發現虹吸工前有明顯的保麗龍、塑膠袋等垃圾淤積，疑似此處附近有污染源進入渠道，然循線勘查卻無發現可疑的污染情形。

(四)111 年 8 月 12 日各採樣點 2-MIB 水樣檢測結果探討與污染調查(第四次調查)

表 4　111 年 8 月 12 日石門場各採樣點 2-MIB 水樣檢測結果

地點	採樣時間	氣溫℃	水溫℃	pH	導電度μS/cm	溶氧mg/L	2-MIB ng/L
A 社子一號池後(原3-5)	1126	31	25.8	7.63	232.1	7.66	18.5
B 太平路207巷	1135	31	25.5	7.66	218.9	8.10	47.7
C 快速路一段580巷	1145	31	25.7	7.67	200.1	8.16	84.8
D 快速路一段986巷	1200	31	25.9	7.77	223.1	8.10	112
E 快速路一段986巷(路橋前)	1206	31	25.8	7.78	217.0	8.53	145
F 北商前-虹吸工前(原3-8)	1216	31	25.6	7.84	214.6	8.42	169
G 北商前-虹吸工後	1221	31	25.6	7.88	210.8	8.46	143
H 北商涼亭	1229	31	26.4	7.83	225.3	8.25	133
I 北商橋頭(原3-9)	1232	32	26.0	7.87	213.1	8.33	133
J 東豐路526	1251	32	26.1	7.89	197.9	8.34	139

巷(空氣瀰漫豬尿臭)							
K 長安橋頭前	1300	32	26.0	7.90	209.2	8.58	139
L 長安橋頭後	1301	32	25.9	7.89	210.3	8.74	153
M 水利署幹線工作站	1316	32	26.3	7.99	211.5	8.59	155
石門淨水場-原水	1506	32	27.3	8.01	235.6	8.11	131
石門淨水場-清水(A 池)	1506	32	27.3	7.71	217.9	8.22	66.7

圖 8　第四次水質調查各編號採樣點位置圖

1.由於前三次調查已發現石門大圳社子一號池後(第三次調查採樣點編號 3-5)為 2-MIB 濃度升高河段，8 月 12 日再進行第四次現勘，並將石門大圳社子一號池後沿線再細分為 A 至 M 共 13 處採樣點，特別是有發現大量垃圾的台北商業大學周邊渠道。

2.檢測結果發現(表 4)，雖受該週曾降雨影響，整體 2-MIB 濃度略降，然自編號 B(太平西路 207 巷)2-MIB 測值 47.7 ng/L 至編號 E(快速路一段 986 巷) 2-MIB 測值 145ng/L 濃度迅速升高，後續各點測值介於 131~169ng/L 之間，其中台北商業大學虹吸工前，即第三次調查時出現垃圾淤積處，雖將垃圾清除，2-MIB 測值卻高達 169 ng/L，其後各點(G~K)2-MIB 則有些微下降情形。但於長安橋頭後至農田水利署幹線工作站兩處 2-MIB 測值再次提高至 153~155 ng/L。經現勘發現長安橋頭因設有水利閘門及相關附屬設施，該處渠道較寬敞，流速明顯變緩，有泥沙淤積情形，尤其是生長大型水草，水草族群排列綿密，長度最長可達 1-2 公尺，顯示此流域供給豐富營養鹽，打撈水草進一步觀察可見到葉片上處處附生疑似藻絲之綠色絲狀物，與其它河段透明見底之狀態不同，顯然此河段藻類及淤泥有貢獻 2-MIB 之疑慮。台水公司經與石門大圳所轄之石門管理處接洽，並說明勘查發現此處之現象，此處淤積泥沙確實存有污染水體之疑慮，該管理處將配合辦理該河段清淤作業，以減少污染貢獻。

(五)111 年 8 月 19 日石門大圳長安橋段污染原因探討與調查結果分析(第五次調查)

表 5　111 年 8 月 19 日石門大圳長安橋段水樣檢測結果

地點	時間	pH	溫度 ℃	導電度 μS/cm	濁度 NTU	溶氧 mg/L
長安橋	16:30	7.60	26.4	215.7	4.12	7.21
北商前	16:40	7.64	26.0	202.9	5.47	7.02
580-986(太平西路)	16:50	7.62	25.0	175.1	3.49	7.58

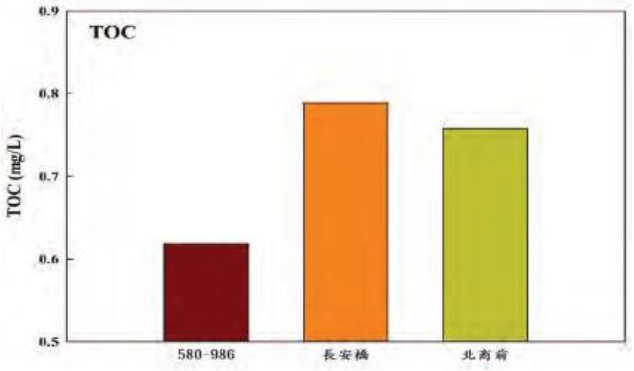


圖 9　111 年 8 月 19 日石門大圳清淤段水體 TOC 分析(中原大學協助)

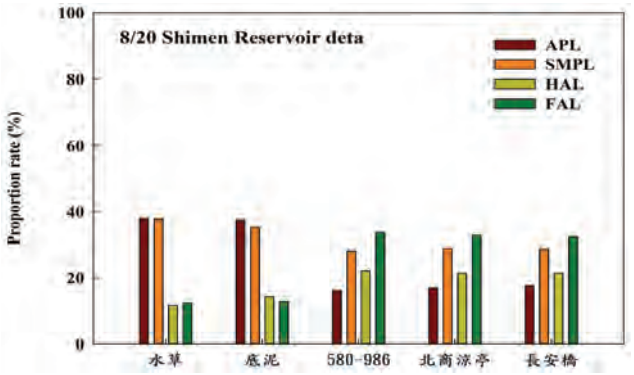


圖 10　111 年 8 月 19 日石門大圳清淤段有機物分析(中原大學協助)

1.為釐清多次調查之 2-MIB 可能的來源，特別協請中原大學林志麟教授研究室分析水中 TOC 的濃度及有機物的種類，進一步解析，由圖 9 與圖 10 可發現此河段水中有機物有較高的比例是屬微生物胞內有機物之類芳香族蛋白(APL)與類溶解性微生物副產物(SMPL)及胞外有機物之類腐植酸(HAL)與類磺酸物質(FAL)，是為微生物代謝產物，推測 2-MIB 與微生物有關。

2.由表 5 溶氧濃度顯示，水體呈現高含氧量，所以藻類生長旺盛，在生長代謝作用下，將造成 2-MIB 含量升高。

(六)111 年 8 月 24 日各採樣點 2-MIB 水樣檢測結果探討與污染調查(第六次調查)

表 6　111 年 8 月 24 日石門淨水場各採樣點 2-MIB 水樣檢測結果

地點	採樣時間	氣溫 ℃	水溫 ℃	pH	溶氧 mg/L	導電度 μS/cm	2-MIB ng/L
B 太平西路 207 巷	1025	33	26.4	7.36	7.90	213.1	38.9
F 虹吸工前	1040	34	26.6	7.50	7.95	211.8	47.4
K 長安橋前	1055	34	27.4	7.74	8.06	212.2	45.6
石門淨水場-原水	1125	34	27.6	7.64	7.98	206.7	38.4
石門淨水場-清水(A池)	1150	34	30.2	7.48	7.40	221.0	24.1

註：B、F、K 同第 4 次採樣點位置。

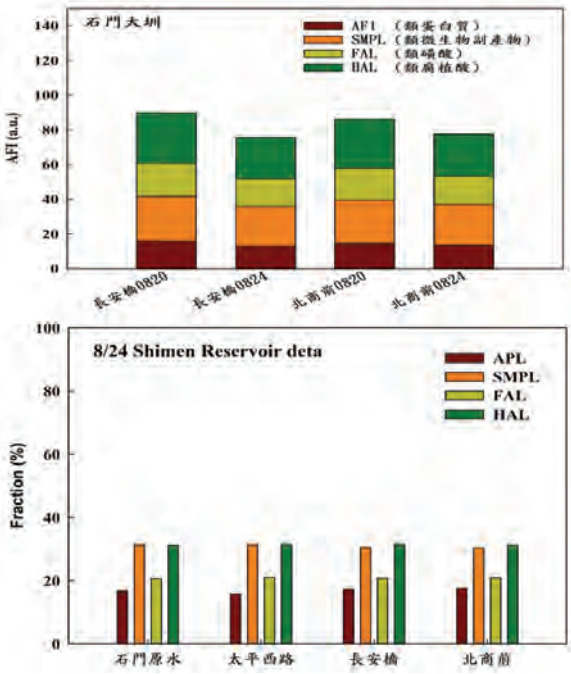


圖 11　(上) 圖 12　(下)

(七)111 年 8 月 24 日各採樣點有機物分析(中原大學協助)

1.石門大圳長安橋河段於 111 年 8 月 19 日清淤後再次於 111 年 8 月 24 日採樣檢測，結果有機物及 2-MIB 含量均明顯下降(表 6，圖 10~12)。綜合六次勘查結果，從各項數

據來看，pH 值大多介於 7~8 之間並無水質優養化時動輒接近 10 之情形，導電度亦不突出，約落在 200 多 μS/cm，推估營養鹽濃度並不高，而溶氧平均約落在 8mg/L 左右，含氧量高，加以採樣時投入沙奇盤（Secchi disk）觀測無沉積底泥揚起，顯示水體應無厭氧菌作用情形，故綜合研判水體並無顯著污染情形。

2.另外，據偕同之石門管理處人員所述，近期非農作灌溉時期，目前圳道平均水位高度僅維持約 1 米深左右，加上北部低區乾旱，日照強烈，水體呈現富氧狀態，係因水中藻類光合作用旺盛，從採樣過程中採樣器不斷發現有藻類斷片亦可得知。由於以上情形加上中原大學協助分析結果證實為微生物(藻類)生長代謝作用旺盛導致，故勢必進行全河段清淤方能徹底阻絕 2-MIB 臭味來源。

五、2-MIB臭味事件結果討論與建議

(一)本次事件藉由石門大圳全流程分段追蹤可能遭受污染河段發現，從初步懷疑 2-MIB 貢獻源可能來自戰備池 831、832 及 846，歷經第二次全河段調查可能發生滯留之死水處，第三次調查社子一號養魚池是否有排放污水進入圳路，至第四次調查推測疑似有污水流入且來自養魚池後至長安橋河段之間，發現露天開放河段之河道高於周邊設施，地毯式搜查結果，如有埋設暗管將無所遁形，加上圳路水深僅約 1 米，日光下清可見底，大部分河段流速湍急無明顯淤積，唯長安橋閘門附近流速緩慢區域有顯著泥沙堆積，且肉眼可見生長大型水草，成為最大可疑處。

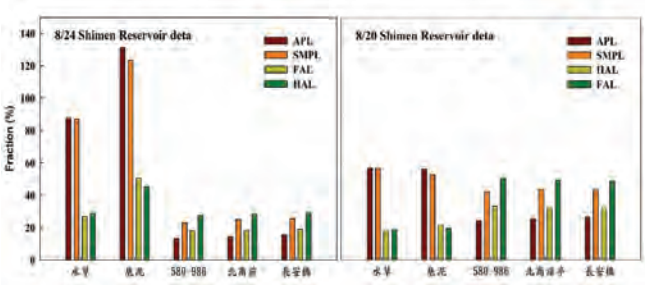


圖 13　清淤前後水體有機物成分比例消長情形(中原大學協助)

圖 14　平鎮給水廠石門淨水場 2-MIB 檢驗結果趨勢圖

(二)為了進一步確認是否為長安橋河段水草生長處所造成的影響，第五次調查時特別商請中原大學參與協助，利用螢光激發-放射矩陣光譜(FEEMs)分析水中天然有機質成分，發現該處水中生物性代謝產物比例相對其它地點來得高，而水草及底泥帶回實驗室培養數日後代謝產物濃度迅速攀升(圖 13)，研判長安橋段雖在全河段所佔比例不高，但藻類在日照充足下，加上肥沃的底泥供給養分，造就藻類旺盛的代謝作用，高溶解度的 2-MIB 在水中持續釋出及擴散作用下，造成從拜上太平西路 207 巷河段至石門淨水場取水口均可測得高濃度 2-MIB。另長安橋河段清淤後的第六次調查，石門淨水場原水 2-MIB 濃度已從原本平均

約 83.5~158ng/L 迅速降至 38.4ng/L 以下(圖 14)，驗證水中 2-MIB 主要為此河段所貢獻。同時比對 580-986 號巷口、台北商業大學前涼亭及長安橋頭三處採樣點，清淤前後有機物種類與比例，顯見 111 年 8 月 24 日清淤後有機物種類與比例明顯下降，與 2-MIB 濃度下降趨勢相吻合。

(三)自 111 年 7 月 4 日至 8 月 19 日石門大圳長安橋段清淤完成，此期間石門淨水場持續投入粉狀活性碳並由平鎮淨水場每日支援部分清水混合，經查 8 月 24 日與 8 月 27 日計採測清水 2 次，其檢驗結果 2-MIB 濃度分別為 24.1、23.2 ng/L(圖 14)，均低於閾值(29 ng/L)，顯然疏濬後已具成果，能有效控制 2-MIB 之臭味問題。

(四)再經 111 年 9 月至 10 月份持續加強追蹤土霉味物質(2-MIB)之監測結果(圖 14)，石門淨水場原水檢測值由 9/5 之 35.4 ng/L 降至 9/14 之 5.0 ng/L，10/3 再降至為 ND；清水檢測值由 9/5 之 20.7 ng/L 降至 9/14 之 1.4 ng/L，10/3 再降至為 ND。清水測值均低於閾值，臭味已明顯改善，後續仍維持自主持續監測，觀測至 12 月份石門大圳全段清理作業(含修剪兩旁路樹)完成為止，清水檢測值均接近 ND 狀態。

(五)以粉狀活性碳平均單價 2,200 元/包計算，石門淨水場每日至多投藥 3 包，即每日多支出 6,600 元，自 8 月 19 日石門大圳長安橋關鍵淤積管段清淤完成，清水連續驗得 2-MIB 測值降至閾值下後，至 12 月 20 日石門大圳全段圳路清理完成，期間 3 個多月已無需添加活性碳，概估總計節省約 60~70 萬元用藥費。

(六)本次 2-MIB 臭味事件，係因石門管理處為支援抗旱，需維持長期供水，造成無法停止進水進行歲修清淤之情勢，最終導致藻類滋生而衍生臭味問題。為了避免未來相同情勢再度發生，台水公司已建立平鎮淨水場支援石門淨水場清淤期間不停供自來水之調配機制，並建議石門管理處維持每年定期清淤作業，相信這次寶貴的經驗將是台水公司面對臭味問題之處理之最佳教材。

參考文獻

1.財團法人成大研究發展基金會，石門水庫後池至鳶山堰（大漢溪流域）及石門淨水場後山戰備蓄水池水源臭味物質成份分析調查及臭味減除效果之研究，2011。

2.林財富，108 年淨水處理-活性碳用於原水臭味處理訓練計畫講義，2019。

3.台水公司第二區管理處水安全計畫執行報告，2021。

作者簡介

林彥宏先生

現職：自來水公司總管理處水質處工程員

專長：水質檢驗、水質異常研究

鐘錦珍女士

現職：自來水公司總管理處水質處組長

專長：水質檢驗、自來水處理技術、水質管理

李蘊理女士

現職：自來水公司總管理處水質處副處長

專長：自來水處理技術、水質管理、環境工程

陳文祥先生

現職：自來水公司總管理處水質處處長

專長：自來水處理技術、水質管理、環境工程

曾文淨水場(一場)快濾池改善評估

文/林殷慶、李霽原、林信忠

摘要

曾文淨水場(一場)原為備用淨水場，為供應台南科學園區大量用水，於 106 年整建後重新啟用，淨水場岐管式快濾池設備過濾效果不佳，烏山頭給水廠為提升曾文淨水場(一場)供水品質，於 109 年開始規劃執行淨水場快濾池改善工程，將第 1-5 號岐管式快濾池改善為雙通道式快濾池，改善完工後於 111 年 4 月 9 號起正式測試出水。

為瞭解雙通道式快濾池改善成果，藉由兩種不同型式快濾池間各項操作數據，進行評估分析顯示，曾文淨水場(一場)改為雙通道式快濾池後，在高濾速、過濾負荷較大的情況下，反沖洗砂層膨脹率高、反沖洗次數減少、濾程增加、廢水量減少、用電量及碳排量減少，並大幅降低過濾後清水濁度，整體過濾效能獲得提升。

關鍵字：快濾池、濾程、反沖洗。

一、前言

曾文淨水場(一場)於民國 81 年興建完工，原稱曾文「備用」淨水場，隸屬台灣自來水公司第六區管理處，坐落於台南市官田區，編制於台南給水廠內調配供水使用，因曾文溪水源污染嚴重，加上水源水質水量保護區往上游劃設至玉峰攔河堰，淨水場從此閒置未使用。後因考量台南科學園區內廠房擴建，用水量提高等因素，經本公司南區工程處辦理淨、廢水處理設備改善後，於民國 106 年初重新啟用曾文「備用」淨水場，並編制於烏山頭給水廠內，更名為「曾文淨水場」，112 年因曾文淨水場擴建一期完成，原舊淨水場更名為「曾文淨水場(一場)」，水源改由烏山頭水庫灌溉渠圳嘉南大圳南幹線供應，增設取水口以抽水機取用圳路原水處理，淨水場處理後清水，主要支援台南給水廠供應曾文溪以南的民生及工業用水。

曾文淨水場(一場)由嘉南大圳南幹線取水，原水進入預氧化池進行前加氯後，進入快混池加入氯化鐵混凝劑，產生微膠羽後進入膠羽池，透過膠羽機 3 種不同轉速由快至慢逐漸凝結較大膠羽顆粒，接著進入沉澱池之膠羽顆粒藉由沉降作用去除水中大部分懸浮微粒，取其沉澱池表層乾淨水，再到快濾池經過快濾池濾床過濾產生符合標準(內控濁度 0.5 NTU 以下)之清水，曾文淨水場(一場)淨水處理流程如圖 1，曾文淨水場(一場)場區平面圖如圖 2

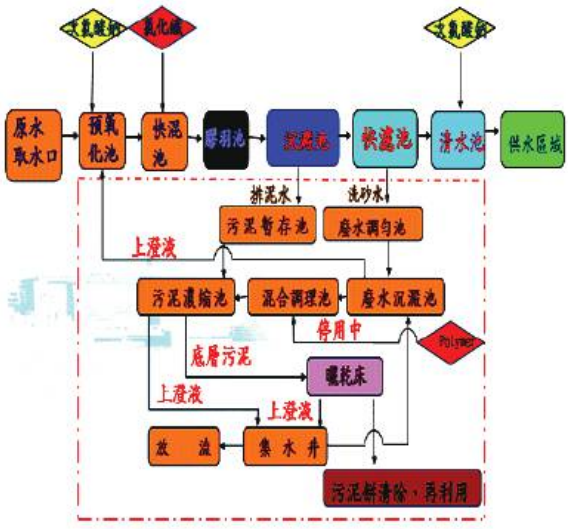


圖 1　曾文淨水場(一場)淨水處理流程圖

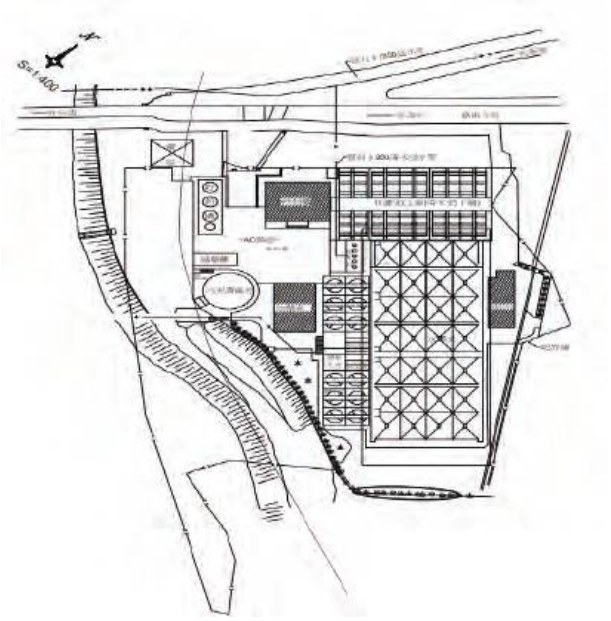


圖 2　曾文淨水場(一場)場區平面圖

二、快濾池現況與改善目的

(一)快濾池現況

1. 曾文淨水場(一場)設計原水處理水量為 65,000CMD，水源為烏山頭水庫放流原水，經灌溉渠圳嘉南大圳南幹線，由圳路旁取水口以抽水機取用原水進入淨水場處理，原水經圳路輸送夾帶泥沙量較多，原水濁度比烏山頭淨水場由水庫直接抽取為高，故所需混凝劑氯化鐵單位加藥量較多，接著進入沉澱池經重力沉降去除濁度顆粒效果相對較差，導致快濾池過濾去除濁度顆粒負荷大。

曾文淨水場(一場) PVC 歧管式快濾池，106 年整建後重新啟用後觀察發現，快濾池進行反沖洗時，反沖洗水流分布不均，有噴流及濾砂翻騰現象，表面洗砂設備裝設位置及功能不佳，並有濾砂流失現象，整體反沖洗效率差；快濾池濾砂層表面有大量污泥堆積、結塊和泥球等情形，造成快濾池過濾效率大幅降低，進而影響過濾水濁度品質，導致快濾池濾程縮短及反沖洗頻率增加，經評估後認為亟需進行改善。

2.雙通道式快濾池概述

雙通道濾水器是針對解決其他濾水器的反洗流體分佈不均勻問題而開發設計的。如圖 3，由一個中央主通道與旁邊兩個平行的次通道所組成，主通道與次通道間的隔板具有通水通空氣的孔，反洗水進入主通道，然後從隔板上的通水通空氣的孔流進次通道。主通道內的流體與次通道內的流體，恰恰形成相對的流力分佈，形成互相補償的流速壓力(流力)梯度，使得經由次通道上的濾孔噴出的反洗流體(水、空氣)均勻的分佈於濾水器上的各濾孔，進而均勻的反洗濾水器上的濾料，如圖 4。雙通道濾水器也可均勻分配反洗空氣，經由空氣管線送進來的反洗空氣進入三角形的中央主通道，主通道與次通道間的隔板具有通水通空氣的孔，如圖 5，均勻分配反洗空氣至上層的濾孔。雙通道濾水器上的濾孔以約 5 cm 間距排列，相對於傳統的濾水頭 (nozzle/strainer)每隔 15~20 cm 距離安裝一只，雙通道濾水器提供濾池底部更多更均勻的濾孔，大大提升快濾池反洗與過濾效能。

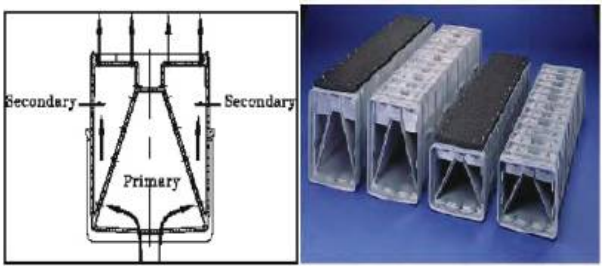


圖 3　雙通道式快濾池濾水板[2]

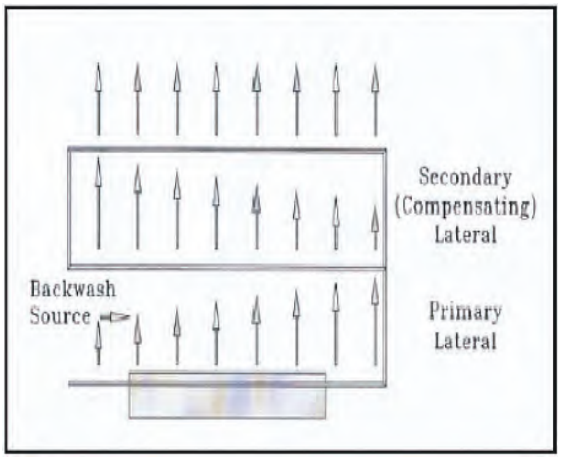


圖 4　雙通道式快濾池空氣及水流向圖[2]

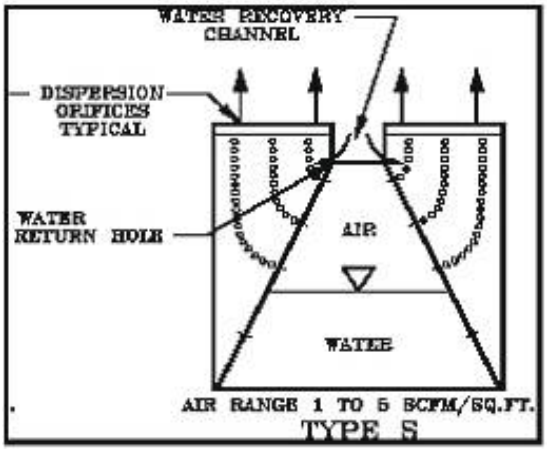


圖 5　雙通道式快濾池空氣分布圖[2]

3.曾文淨水場(一場)原設有 10 池 PVC 歧管式快濾池，現已將第 1-5 號改為雙通道式快濾池，如圖 6，並於 111 年 4 月 9 日開始測試，雙通道式快濾池濾砂有效粒徑 0.5±0.05 mm，砂層厚度 70 cm，反沖洗時由鼓風機產生 75 M^3/min 空氣量，藉由雙通道式快濾池於集水設備下方設置之通氣孔，利用氣泡上升方式將濾料層擾動，以剝離濾料上之濁度物質，繼以反洗水塔較低速之反沖洗水流將雜質沖洗排出；第 6-10 號則維持 PVC 歧管式快濾池，如圖 7，反沖洗仍以水洗方式將濾料上雜質沖洗排出。

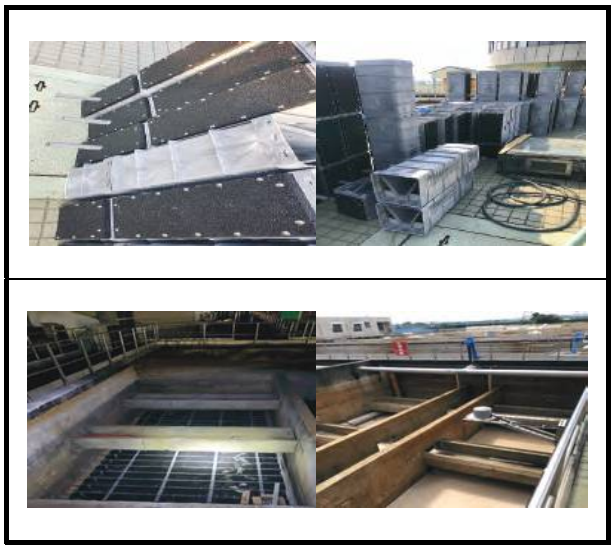


圖 6　曾文淨水場(一場)雙通道式快濾池照片

圖 7　曾文淨水場(一場)PVC 歧管式快濾池照片

4.曾文淨水場(一場)快濾池重要之操作參數，如表 1，影響快濾池操作濾程的兩個主要參數為過濾後清水濁度及水頭損失。

當過濾後清水濁度超過預定之容許值(內控標準 0.5 NTU)時(所謂的濁度貫穿 turbidity breakthrough)，濾床必需要進行反沖洗，或當濾床之累積水頭損失達到設定臨界高水頭值時，為避免濾料層內產生負水頭，而發生空氣閉塞之問題時，濾床亦需要進行反沖洗。

5.雙通道式及 PVC 歧管式快濾池反沖洗程序：改善後第 1-5 號雙通道式快濾池反沖洗之程序為，先進行氣洗 5 分鐘後，再加入氣、水洗 2 分鐘，接著繼以 5～8 分鐘水洗。第 6-10 號 PVC 歧管式快濾池則單純以水洗 10～12 分鐘方式進行反沖洗，當反沖洗完成後快濾池表層如出現泡沫狀漂浮物，需以高壓水柱進行快濾池表面沖洗，將泡沫去除。

表 1　曾文淨水場(一場)快濾池設備規格及控制參數

項　目		設備規格及控制參數			
形式(單一濾料)		PVC歧管式	雙通道式		
尺寸		6M×10M×4.2M	2.7M×9M×4.2M×2		
池數		5	5		
控制方式(定率/定壓)		定濾率	定濾率		
濾率	設計值(m/d)	300	200		
	原水量(CMD)	55000	48400		
	操作值(m/d)	183	199		
濾砂	有效粒徑(mm)	0.7±0.1	0.5±0.05		
	均勻係數	≦1.5	≦1.5		
濾砂厚度(cm)		70	70		
反沖洗	操作時間(min)	水洗	氣洗	氣水洗	水洗
		10~12	5	2	5~8
備註：PVC歧管式濾率183 m/d以第6-10池進行操作值計算，雙通道式濾率199 m/d以改善後第1-5池進行操作值計算。					

6.雙通道濾水器的安裝，雙通道濾水器的安裝非常簡單，首先將快濾池的底板敷平，不需要額外的支撐樑柱或額外的深度或假地板（反之，濾水頭(nozzle/strainer)就需要這些構造）。每 0.6～1.2 m 長的濾水器平置於池底的水泥底板上，以尾端對尾端的卡榫連接至池子的寬度或長度，每排雙通道濾水器以約相隔 2.5~3.5 cm 的間距平行排列，排與排之間以水泥漿灌入固定，如圖 8。

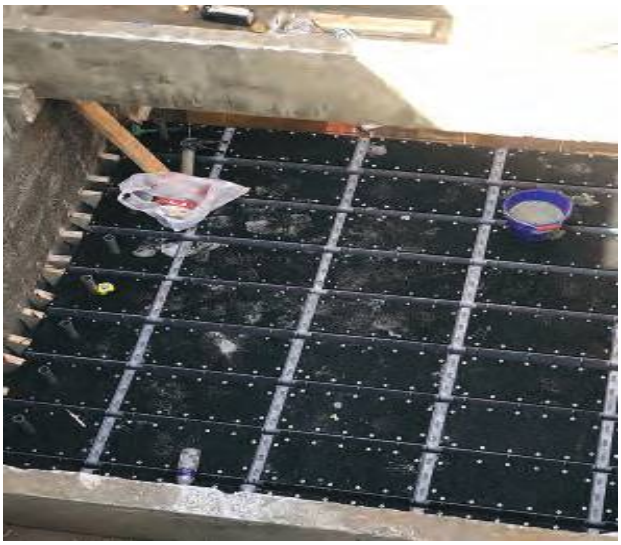


圖 8　雙通道快濾池濾水板施工圖

(二)快濾池改善目的

曾文淨水場(一場)快濾池原設計使用簡易 ϕ 75 mmPVC 歧管形式，快濾池採固定噴孔表洗及洗砂水池定水頭方式進行反沖洗，實際操作一段時間，發現固定噴孔表洗，只能局部小面積表洗，目前反沖洗程序已停止表洗程序，直接以洗砂水池定水頭方式進行反沖洗時，經目視觀察發現濾床時，發現反沖洗水流不均、有數處噴流及濾砂流失等現象，造成反沖洗效果極差，導致濾程縮短，因濾程縮短需增加反沖洗頻率，亦造成反沖洗砂廢水量增加，且濾床表面有嚴重污泥堆積及結塊情形生，過濾後清水濁度約在 0.3～0.42 NTU 之間，雖於內控值(0.5 NTU)內，但仍有偏高之情形，經評估快濾池整體過濾效率不佳，為改善快濾池過濾效、延長濾程時間、提升過濾後清水水質及減少反沖洗廢水產生量，故辦理曾文淨水場快濾池改善工程，將第 1-5 號快濾池濾床改採雙通道形式，並廢除表洗裝置，改增設以鼓風機氣洗等方式設計，完工後預期應可大幅提升快濾池過濾、反沖洗效率、延長濾程時間、改

善濾床表面污泥結塊及堆積現象，並減少反沖洗廢水產生量。

三、濾床改善提升效率評估說明

曾文淨水場(一場)快濾池改善工程於 111 年 4 月 9 日竣工開始出水，111 年 5 月 1 日後因沉澱池傾斜管汰換工程停止出水，由於曾文淨水場快濾池過濾後清水僅設一個濁度計，無法同時間對兩種型式快濾池進行比較，故本次曾文淨水場(一場)快濾池改善評估，係以 111 年 4 月 9～30 日期間，原水平均濁度約 23.4 NTU，如圖 9，原水平均處理量 48,400 CMD，第 1-5 號濾床改善後雙通道式快濾池;與 111 年 3 月 9～30 日期間，原水平均濁度約 20.1 NTU，如圖 9，原水平均處理原水量 55,000 CMD，第 6-10 號 PVC 歧管式快濾池，反沖洗及過濾效能等各項操作成果進行評估。

快濾池之評估方法，是蒐集淨水場清水濁度自動監測儀器之濁度變化情形、反沖洗廢水產生量、量測反沖洗濾砂膨脹率及淨水場工作日誌之反沖洗頻率等操作處理成果，利用 Excel 軟體製作成相關統計圖，進行兩種不同形式快濾池之反沖洗及過濾效能探討分析。

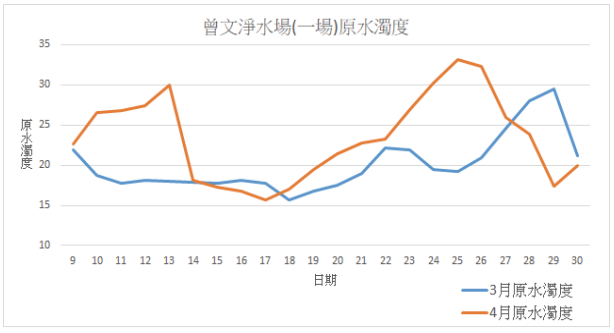


圖 9　曾文淨水場(一場)原水濁度曲線圖

四、濾床處理成效探討分析

(一)反沖洗頻率及濾程分析

經查閱曾文淨水場(一場)工作日誌之反沖洗頻率紀錄表，第 1-5 號雙通道式快濾池，累計 111 年 4 月 9～30 日期間(計 22 日)，共進行反沖洗 94 池，平均每日進行反沖洗 4.27 池，濾程約為 28.1 小時/池，第 6-10 號 PVC 歧管式快濾池，累計 111 年 3 月 9～30 日期間(計 22 日)，共進行反沖洗 110 池，平均每日進行反沖洗 5 池，濾程為 24 小時/池。快濾池反沖洗池數統計圖，如圖 10。

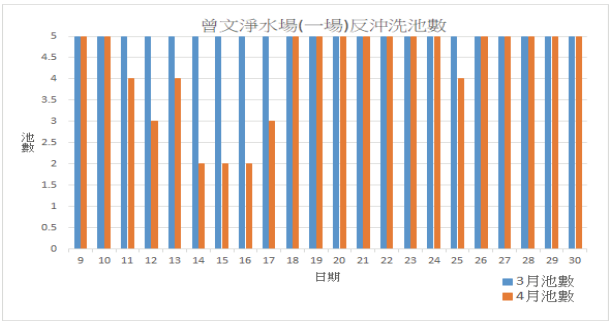


圖 10　曾文淨水場(一場)快濾池反沖洗池數統計圖

(二)反沖洗廢水產生量分析

曾文淨水場(一場)反沖洗水塔容量為 250M^3 (10Mx10Mx2.5M)，由於反沖洗水塔至快濾池之間管線，未設置專用流量計，因此反沖洗產生廢水量，只能以反沖洗水塔面積(10Mx10M)，與反沖洗後水塔水位降低的高度差來計算，觀察第 1-5 號雙通道快濾池進行反沖洗期間，反沖洗水塔水位從 2.1M 降至 0.9M，下降高度為 1.2M，計算每池反沖洗產生廢水量約為 120M^3;第 6-10 號 PVC 歧管式快濾池進行反沖洗期間，反沖洗水塔水位從 2.1M 降至 0.5M，下降高度為 1.6M，計算每池反沖洗產生廢水量約為 160M^3。故第

1-5 號雙通道式快濾池每池反沖洗約可減少 40M^3 廢水量，累計 111 年 4 月 9～30 日期間，共進行反沖洗 94 池；第 6-10 號歧管式快濾池，累計 111 年 3 月 9～30 日期間，共進行反沖洗 110 次，故第 1-5 號雙通道式快濾池較第 6-10 號 PVC 歧管式快濾池反沖洗減少 16 次，反沖洗約可減少 6,320M^3 廢水量。曾文淨水場(一場)反沖洗廢水量統計圖，如圖 11。

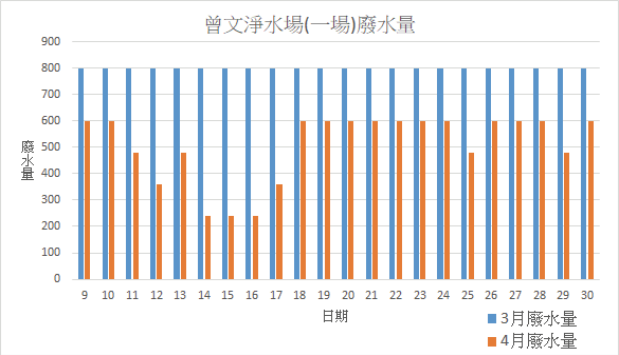


圖 11　曾文淨水場(一場)反沖洗廢水量統計圖

(三)反沖洗濾砂膨脹率分析

反沖洗濾砂層膨脹之目的為使流體化的砂粒互相摩擦，以洗去附著在砂粒表面上之污物。

$$膨脹率\% = \frac{反沖洗時膨脹後砂層厚度 - 平時砂層厚度}{平時砂層厚度} \times 100\%$$

曾文淨水場(一場)雙通道式及 PVC 岐管式快濾池以風琴管進行反沖洗濾砂層膨脹率測量，如圖 12，雙通道式快濾池濾砂層膨脹率平均值為 38.8 %，歧管式(第 6、8、9、10 號)快濾池濾砂層膨脹率平均值為 15.7 %，如表 2 及表 3。

4 號快濾池濾砂膨脹率　5 號快濾池濾砂膨脹率

8 號快濾池濾砂膨脹率　10 號快濾池濾砂膨脹率

圖 12　曾文淨水場(一場)反沖洗濾砂層膨脹率照片

表 2　曾文淨水場(一場)雙通道式快濾池反沖洗濾砂層膨脹率

型 式	雙通道式				
編 號	1	2	3	4	5
濾砂膨脹高度（cm）	31	28	28	26	23
濾砂平均厚度（cm）	70	70	70	70	70
膨脹率（%）	44	40	40	37.1	32.8
膨脹率平均值（%）	38.8				

表 3　曾文淨水場(一場) PVC 歧管式快濾池反沖洗濾砂層膨脹率

型 式	PVC 歧管式				
編 號	6	7	8	9	10
濾砂膨脹高度（cm）	11	故障	14	7	12
濾砂平均厚度（cm）	70	故障	70	70	70
膨脹率（%）	15.7	故障	20	10	17.1
膨脹率平均值（%）	15.7				

(四)清水濁度分析

曾文淨水場(一場)第 1-5 號雙通道式快濾池完工後，增加鼓風機氣洗程序，濾床經過氣洗將濾料層擾動，以剝離濾砂表面附著之濁度物質，繼以反洗水塔較低速之反沖洗水流，將雜質沖洗排出，反沖洗砂效果甚佳，過濾後清水濁度明顯降低。

111 年 4 月 9～30 日期間使用第 1-5 號雙通道式快濾池，快濾池過濾後清水濁度平均約為 0.1~0.15 NTU；111 年 3 月 9～30 日期間使用第 6-10 號 PVC 歧管式快濾池，快濾池過濾後清水濁度平均約為 0.4~0.45 NTU，大幅提高濁度過濾處理效率 約 62.5%。曾文淨水場(一場)快濾池過濾後清水濁度變化情形，如圖 13。

圖 13　曾文淨水場(一場)快濾池過濾後清水濁度曲線圖

(五)用電量分析

當反沖洗次數越多代表使用了越多的能源，由於曾文淨水場(一場)所配置的多功能電表，無法記錄每次快濾池反沖洗用電量，因此要計算 PVC 岐管式快濾池及雙通道式快濾池反沖洗之用電量，僅能針對反沖洗所使用的設備來計算該次反沖洗用電量，PVC 岐管式快濾池每次反沖洗，使用設備為排水閥電動驅動機耗費功率 0.75 kw/hr，開啟、關閉各一次(每次 2 分鐘)，進水閥電動驅動機耗費功率 0.75 kw/hr，開啟、關閉各一次(每次 2 分鐘)，濾率閥電動驅動機耗費功率 0.4 kw/hr，關閉耗時約 2.5 分鐘，反沖洗完畢，開啟至 30 %耗時 0.5 分鐘，反沖洗閥電動驅動機耗費功率 0.4 kw/hr，開啟、關閉各一次(每次 2 分鐘)，洗砂水塔抽水機耗費功率 111.9 kw/hr，抽水 18 分鐘。雙通道式快濾池每次反沖洗，使用設備為排水閥電動驅動機耗費功率 0.75 kw/hr，開啟、關閉各一次(每次 2 分鐘)，進水閥電動驅動機耗費功率 0.75 kw/hr，反沖洗閥電動驅動機耗費功率 0.4 kw/hr，開啟、關閉各一次(每次 2 分鐘)，鼓風機耗費功率 55.95 kw/hr，開啟 7 分鐘，濾率閥電動驅動機耗費功率 0.4kw/hr，關閉耗時 2.5 分鐘，反沖洗完畢，開啟至 30 %耗時 0.5 分鐘，空氣調節閥電動機耗費功率 0.4kw/hr，開啟及關閉時間各 0.4 分鐘，洗砂水塔抽水機耗費功率 111.9 kw/hr，抽水 15 分鐘，兩種型式快濾池每次反沖洗使用設備用電量，如表 4。PVC 岐管式及雙通道式每次耗電量約為 33.7 度及 34.7 度，依經濟部 111 年電力排碳係數 0.495 公斤 CO_{2e}/度，換算碳排放量約為 16.68 及 17.18 公斤 CO_{2e}，實驗期間平均耗電量約為 3,707 度及 3,258 度，碳排放量約為 1,834.97 及 1,612.71 公斤 CO_{2e}，若以實驗期間兩種型式快濾池反沖洗次數為準，則雙通道式快濾池年耗電量約為 54,053 度，碳排放量約為 26,756.24 公斤 CO_{2e}，PVC 岐管式快濾池年耗電量約為 61,502 度，碳排放量約為 30,443.49

公斤 CO_{2e}，減少用電量約為 7,449 度，碳排放量約為 3,678.26 公斤 CO_{2e}，依目前使用台電三段式高壓電費費率，在非夏季用電時段分 5 種費率，平均每度電約 1.66 元，夏季共分 7 種費率，平均每度電約 1.90 元，雙通道式快濾池依實驗期間推估每年電費約新台幣 95,138 元，PVC 岐管式快濾池每年電費約新台幣 108,248 元，雙通道式快濾池每年約可省下新台幣 13,110 元。

表 4　曾文淨水場(一場)快濾反沖洗設備用電量統計表

曾文淨水場(一場)快濾池反沖洗設備用電量									
使用設備	耗費工率kw/hr	開啟時間hr	關閉時間hr	用電量kw/hr	使用設備	耗費工率kw/hr	開啟時間hr	關閉時間hr	用電量kw/hr
排水閥電動驅動機	0.75	0.033	0.033	0.0495	排水閥電動驅動機	0.75	0.033	0.033	0.0495
進水閥電動驅動機	0.75	0.033	0.033	0.0495	進水閥電動驅動機	0.75	0.033	0.033	0.0495
濾率閥電動驅動機	0.4	0.041	0.0083	0.0197	濾率閥電動驅動機	0.4	0.041	0.0083	0.0197
反洗閥電動驅動機	0.4	0.033	0.033	0.0264	反洗閥電動驅動機	0.4	0.033	0.033	0.0264
洗砂水塔抽水機	111.9	0.3	按停止鍵即關閉	33.57	洗砂水塔抽水機	111.9	0.25	按停止鍵即關閉	27.975
					鼓風機	55.9	0.117	時間到即關閉	6.5403
					空氣調節閥電動驅動機	0.4	0.4	0.4	0.002
每次反沖洗用電量				33.715	每次反沖洗用電量				34.662

五、結論

曾文淨水場(一場)第 1-5 號雙通道式快濾池，111 年 4 月 9～30 日期間原水進水量 48,400 CMD，快濾池濾率為 199 m/d，第 6-10 號 PVC 岐管式快濾池，111 年 3 月 9～30 日期間原水進水量 55,000 CMD，快濾池濾率為 183 m/d，雙通道式快濾池濾速較 PVC 岐管式快濾池為高、過濾負荷較大；雙通道式快濾池平均每日進行反沖洗 4.27 池，濾程約為 28.1 小時/池，PVC 岐管式快濾池，平均每日進行反沖洗 5 池，濾程為 24 小時/池；雙通道式快濾池每池反沖洗廢水量可減少約 40 M^3，雙通道式快濾池較 PVC 岐管式快濾池反沖洗減少 16 池，廢水量減少約 6,320 M^3；雙通道式快濾池濾砂層膨脹率平均值為 38.8%，PVC 岐管式快濾池濾砂層膨脹率平均值為 15.7 %；雙通道式快濾池過濾後清水濁度平均約為 0.1~0.15 NTU，PVC 岐管式快濾池過濾後清水濁度平均約為 0.4 ~ 0.45 NTU，大幅提高濁度過濾處理效率約 62.5%，每年約可減少用電量 7,499 度，碳排放量約為 3,678.26 公斤 CO_{2e}。

綜上評估，曾文淨水場(一場)第 1-5 號改善為雙通道式快濾池後，在高濾速、過濾負荷較大的情況下，反沖洗砂層膨脹率高、反沖洗次數減少、濾程增加及廢水量減少，並大幅降低過濾後清水濁度，整體過濾效能獲得提升，相較於其他單通道濾水器系統，雙通道式濾水器提供較佳的濾料反洗性能。雙通道式濾水器的濾孔較密集，又可均勻分配反洗水與反洗空氣，提供更好的濾料清洗效果，使快濾池性能得以發揮到最佳。

曾文淨水場(一場)既有 PVC 岐管式快濾池改建為雙通道式快濾池，雙通道式濾水器加上濾水蓋板取代礫石，使得快濾池可鋪設更厚的濾料層或提供更高的操作水頭，讓快濾池在操作上更有彈性，濾程更長及過濾水質更佳，使過濾產水操作成本更低。

參考文獻

1.吳富祥、杜方裕、陳志男，濾砂膨脹率量測器之可行性研究，2007

2.今日水質儀器，http://www.todaywater.com.tw/

Exchange-view_1.html，2023

3.Richard P.Beverly, P.E.,W.R.E ,W.T. Ⅲ ., “FILTER Troubleshooting and Design Han dbook” 2005.

作者簡介

林殷慶先生

現職：台灣自來水公司技術士

專長：環境工程

李霽原先生

現職：台灣自來水公司工程員兼股長

專長：自來水工程規劃設計

林信忠先生

現職：台灣自來水公司廠長

專長：自來水工程規劃設計、職業安全衛生管理

大區域停水施工之供水調配分析與實務執行探討

文/游叡研、鍾育霖

摘要

臺北東湖地區屬供水管網末端，北水處增設Φ1000mm 輸水幹管連通民生南港線南湖大橋旁Φ1000mm 及東湖路Φ800mm 輸水管，做為供水備援備載系統並提升支援台水汐止區供水能量。

本案於潛盾到達井進行輸水幹管連絡時，將影響東湖及汐止約數萬戶用水，為將停水影響降至最低，擬定供水調配策略，EPAnet 水理分析，模擬不同供水調配條件下可能變化。掌握東湖地區重要閥栓開度狀況，配合試關水作業模擬停水影響，確認止水施工可行性，適當調整供水支援範圍，成功避免管網末端用戶復水困難。本文探討大區域停水施工策進及管理策略，嘗試透過學理佐證，結合實務執行探討，經現場操作、問題回饋及實際驗證，以更科學之方式進行供水調配，有助於停復水作業執行

關鍵字：供水調配、區域停復水、水理分析

一、前言

104 年 9 月強烈颱風杜鵑襲臺期間造成新店溪原水濁度飆高至 2 萬度以上，遠超過臺北自來水事業處（以下簡稱北水處）淨水場最大處理能力，致供水轄區首次全面大規模停水。颱風過後，其中因東湖地區位屬管網末端，前端用戶大量進水，導致東湖地區復水延遲、時程較長，有些高地區更近 20 小時後方恢復正常供水，經此北水處遂重新檢討管網系統，並擬定短、中及長期等策進作為，用以縮短復水時間及穩定供水。

長期措施其一即以鄰近民生加壓站南港線為水源，計畫增設Φ1,000mm 輸水幹管聯通民生加壓站南港線於基隆河右岸高灘地之Φ1,500mm 輸水幹管與東湖路既有Φ800mm 幹管，完成後將可做為東湖、支援台水用水及加速復水等備援使用，惟東湖路既有Φ800mm 管線為東湖地區重要輸水幹管，一旦停水將影響東湖地區 3 萬多戶共計 8 萬多人用水(如圖 1)。

圖 1　東湖地區供水系統概況

二、供水調配策略

本案於潛盾到達井進行輸水幹管連絡時，考量停水作業將影響東湖地區及汐止區約數萬戶居民，可能水壓降低或無水，為將停水影響降至最低，減少民怨，事先擬定供水調配策略，包含水壓量測、輸配水管重要閥栓巡查測試及改善；辦理試關水作業模擬停水影響程度，監測區域水壓變化情形，確

認止水施工可行性，以適當調整供水支援範圍；加壓站適時增壓並利用開啟臨近加壓站邊界控制閥支援鄰近供水系統，避免管網末端用戶復水困難，調配策略說明如下(如圖 2)：

(一)確保東湖加壓站正常進水

東湖地區屬供水管網末端，部分高地區用戶由東湖加壓站供水，東湖加壓站屬中型加壓站且內有大型醫院及學校，用戶數約 2500 戶，如因施工停水無法進水造成空管，高地管線復水將相當費時且複雜。故本計畫初始第一要務即擬定須確保東湖加壓站進水管正常進水，透過控制康寧路本通 § 400mm 制水閥，全程監控進水壓適時調整開度。

(二)確保內溝里加壓站正常進水

康樂街末端及內溝里加壓站屬供水最末端，調整由大湖公園加壓站支援供水以降低停水影響，確保內溝里加壓站能正常進水，透過邊界制水閥啟閉確認可支援供水範圍，預先辦理洗管作業，避免流向改變造成水汙染。另因康樂街末端支援台水汐止瓏山林社區用水量相當大，尖峰用水量可達 3,500CMD，超過大湖公園加壓站可負載量，需先通知社區儲水備用並關閉表前制水閥。

(三)加壓站支援平地供水

東湖路 113 巷一帶地勢較高有無水之虞，開啟東湖加壓站邊界制水閥，擴大加壓站範圍支援平地供水。

(四)加壓站適時增壓供水

微幅調高大同、松山及大湖公園加壓站動力出水壓。

圖 2　供水調配示意圖

三、情境模擬水理分析

擬訂供水策略後，為瞭解東湖路 § 800mm 停水後對東湖地區影響、各供水策略效益及可行性，最直接方式即為實際執行後看成果，惟各策略均付諸執行恐過於勞師動眾，亦將嚴重影響民眾用水權益，遂先藉由水理分析情境模擬 § 800mm 停水及各策略後，據以研提後續執行措施。

分析首先須建立模型，以北水處 WebGIS 圖資系統匯出管網基本資料（如平均用水量、管徑、長度及粗糙係數等），此基本模型建置亦參照北水處內湖供水分區管網模型建立方式[1]，將獨立的小型加壓站管網剃除，僅以節點設定小型加壓站區域需水量替代，以減少模型複雜度，此建置方式亦較為快速，將模型匯入美國環保署免費提供的 EPANET2.2 程式，經設定邊界條件、加壓站及參數校正等資料後，即依現況管網正常狀態下進行尖峰用水量水理演算，即可於此基礎下進行各情境比對，其結果如圖 3 所示。

(一)東湖路 800mm 停水分析

由大同加壓站大直線及松山加壓站內

湖線在相同出壓狀況下，當關閉東湖路§800mm 輸水幹管時，由水理分析可見(如圖4)，當尖峰用水下，東湖地區僅利用安康路§500mm 及區域配水管網將水往東湖地區送，不夠支應東湖地區大部分用水需求，東湖路以北及北水處汐止轄區範圍內管網水壓明顯不足 0.5 kg/cm^2，且大部分區域甚至呈現負壓狀態。此時，東湖加壓站進水壓勉強有 0.5 kg/cm^2 仍可維持其範圍供應，惟東湖平地區已受到嚴重影響，且內溝里加壓站亦無法進水，將直接及間接用戶數概算約計有上萬多戶受到影響。

(二)小型加壓站支援平地供水

東湖區域鄰近小型加壓站計有東湖、內溝里、大湖公園、內湖三期及內湖四期加壓站等，經水理推估東湖平地區域約6,600CMD壓力不足之需求，考量加壓站屬性如管中加壓或水池容量過小等不宜擴大支援排除後，初步以大湖公園加壓站及東湖加壓站供水範圍擴大為考量。

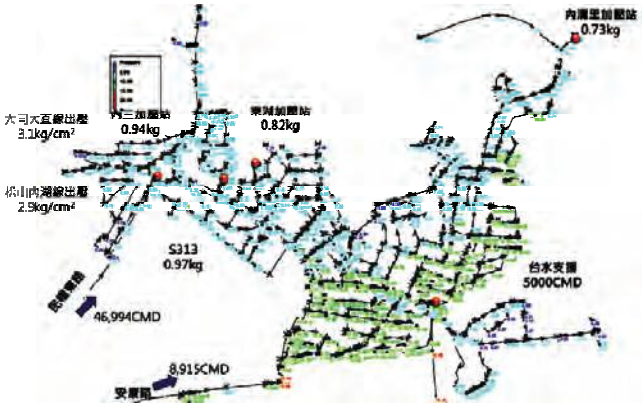


圖 3　正常狀態東湖地區水理分析結果(尖峰用水量)

先以大湖公園加壓站供水能量模擬，大湖公園加壓站配水池容量約 1,033M^3，平均進水量約 600~800CMD，平時常態日均供水量約 650CMD，評估抽水機揚程及考量配水池容量後，以 3,000~3,500CMD 出水量計算，約可供應 6 小時，水理分析如圖 5。經此評估大湖公園加壓站應可擴大供應至內溝里加壓站及汐止白馬山莊等地區。

圖 4　關閉東湖路§800mm 後東湖地區水理分析結果(尖峰用水量)

圖 5　大湖公園加壓站擴大供水模擬

另模擬東湖加壓站供水能量，東湖加壓站配水池容量約 500M^3，平均進水量約 1,400CMD，常態日均供水量約 1,600CMD，考量配水池容量模擬出水量 3,000CMD，約可供應 6 小時，水理分析如圖 6。東湖加壓站應可擴大供應至東湖路 113 巷一帶等東湖平地地勢較高區塊，惟供應時間受限制。

圖 6　東湖加壓站擴大供水模擬

經上述以加壓站極限模擬，東湖加壓站擴大供應至平地地區仍無法全部含蓋東湖平地區用戶用水，且若停水施工時間超過 6 小時，恐連帶原加壓站供水範圍亦受到影響。另大湖公園加壓站可擴大支援內溝里加壓站進水源，可減輕原松山加壓站內湖線及大同加壓站大直線須提高泵送的壓力。

(三)水源增加控制

為了解單以內湖線及大直線是否可負荷關閉東湖路 ϕ 800mm 後東湖地區用水，遂模擬關閉東湖路 ϕ 800mm，東湖地區於尖峰用水狀況下區域壓力及供應狀況，其分析結果如圖 7 所示，松山及大同加壓站須加壓至 3.8kg/cm^2 以上，方滿足末端高地區小型加壓站進水壓至少達 0.5kg/cm^2，惟以內湖供水分區整體而言，大部分管網壓力均提升至 2~3 kg/cm^2，如圖 8，此除提高加壓站操作風險外，亦可能大幅增加轄區漏水量，增加爆管風險。

另為比對離峰供水量狀況下關閉東湖路 ϕ 800mm 水理分析結果，首先針對離峰供水量管網正常狀況下進行水理分析，管網正常狀況下之離峰供水量水理分析如圖 9 所示。

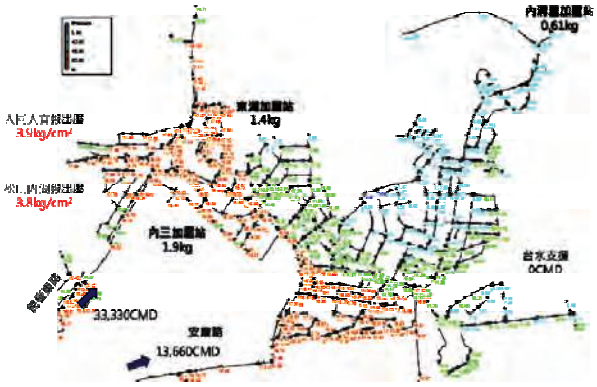


圖 7　東湖地區水理分析結果

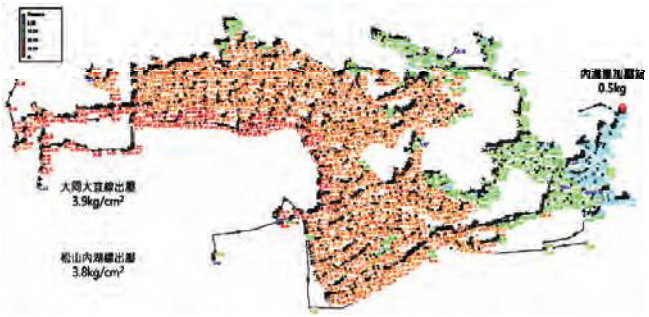


圖 8　內湖供水分區水理分析結果

圖 9　東湖地區水理分析結果(離峰)

關閉東湖路 ϕ 800mm 後，因台水汐湖橋支援係銜接於東湖路 ϕ 800mm 輸水管後端，遂該點支援量同時停止供應。由水理分析結果圖 10 可見，於離峰時段關閉對東湖地區的影響相對較小，另若將大同大直線及

松山內湖線微幅增加出壓 0.3 kg/cm^2，由水理分析結果圖 11 來看，東湖地區用水已可滿足當下用水需求。

圖 10　東湖地區水理分析結果

綜上，於用水離峰時段關閉東湖路 § 800mm，再配合大同及內湖加壓站微幅加壓應足支應該時段東湖地區用水狀況，遠比尖峰時段加大加壓站出水壓耗能小，同時降低管網系統漏水等風險。

圖 11　東湖地區水理分析結果

四、實務執行分析探討

經水理分析模擬建議可於離峰時段進行東湖路 § 800mm 停水施工，並配合微幅調高大同加壓站及松山加壓站動力出水壓，應可大幅避免影響用戶用水。本案連絡施工預計停水 12 小時，跨至用水尖峰時段，惟地下管線施工尚有不確定性，停水時間可能再延長。

(一)試關水作業

因屬大區域停水施工，分二階段辦理試關水，以確認壓降區域。

1.第一階段：

關閉東湖路 7 巷口 § 300mm 分支管制水閥，東湖路 113 巷一帶地勢較高區域反映進水量變小，關閉後東湖加壓站進水壓降為 0，監控點 S313 康寧路三段 245 巷口壓力降低趨勢(如圖 12)與關閉 300 制水閥水理分析結果(如圖 13)僅壓力微幅下降 0.01~0.1 不相符。

圖 12　東湖加壓站進水壓力變化圖

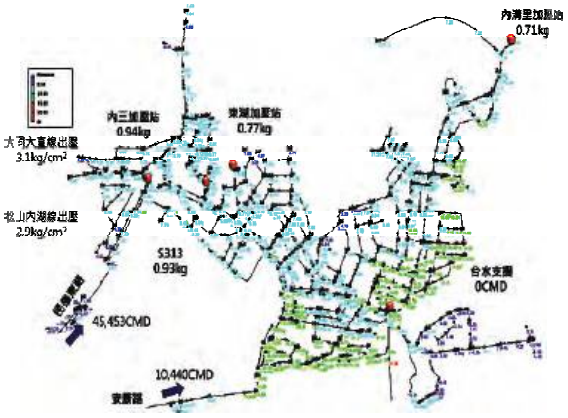


圖 13 關閉制水閥水理分析結果

經研判，東湖加壓站水源來自民權東路 6 段 § 900mm 輸水幹管，東湖路 7 巷口 § 300mm 制水閥位於管網後端，理應對管網前

端東湖加壓站進水壓及 S313 影響不大，為查明水理分析與實際差異原因，沿線巡視本通制水閥啟閉情形，發現民權東路 6 段 ϕ 400mm 制水閥為關閉狀態，研判係因制水閥關閉造成水流方向與水理分析不同，經緩開排水洗開後(如圖 14)，東湖加壓站進水壓已提升，於再次關閉東湖路 7 巷口 ϕ 300mm 分支管制水閥，東湖加壓站進水壓力變化符合水理分析，監控點 S313 康寧路三段 245 巷口壓力亦明顯提升(如圖 15)。

圖 14　制水閥啟閉影響水流方向示意圖

圖 15　監控點 S313 壓力趨勢比較圖

2.第二階段：

試關水模擬實際停水施工所需時間，關閉 ϕ 800mm 輸水幹管，訂於周六凌晨 0 時至 11 時辦理。凌晨 2 點確認止水，考量用戶早上用水需求，提前早上 5 點復水，期間量測區域水壓變化(如圖 16)，供水區域末端康樂街 201 巷口水壓仍有 0.5kg/cm^2，東湖路 113 巷區域最高點處壓力約 0.3 kg/cm^2，末端區域有水壓降低情形，確認離峰時段不受施工停水影響；尖峰時段為避免影響用水不進行測試，但透過支援供水方案可降低停水影響，研判有信心可將停水範圍縮至可控程度內。

圖 16　試關水水壓分佈圖(離峰時段)

將現場實際試關水結果與水理分析結果結合比對，松山加壓站內湖線及大同加壓站大直線尚未微調高出壓時，其模擬之壓力分佈變化如圖 17，現場實際所量壓力與水理分析結果大致相符。

松山加壓站內湖線及大同加壓站大直線後續微幅提升出水壓，實際提升結果如圖 18 所示，清楚可見於測試期間兩處動力操作出水壓確實均較平時提升。

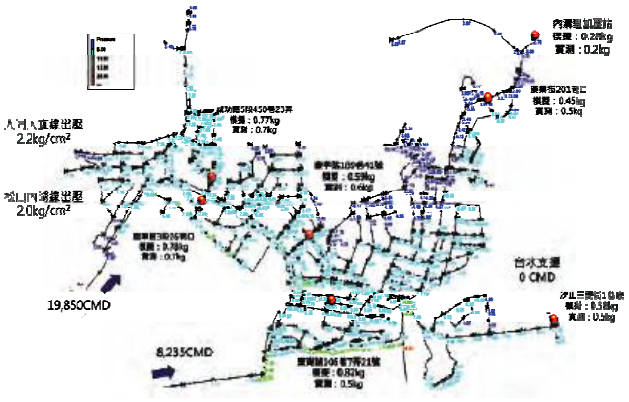


圖 17　水理分析模擬關水後水壓分佈比較

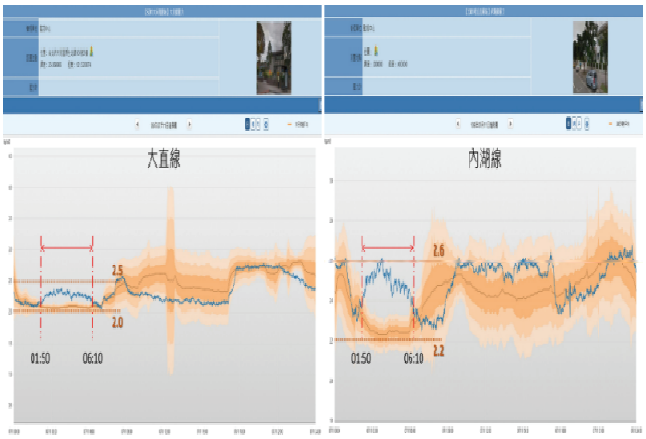


圖 18　內湖線及大直線實際出水壓

出水壓提升後，參照實際大同線及內湖線出水量進行模擬，現場實測與分析模擬結果展示如下圖 19。大部分區域均與水理分析結果差異不大，比對 10 處中有 2 處模擬值與現測數值差異遠大±20%以上，水理模擬演算結果實可做為方案執行之依據。

圖 19　東湖關閉 800mm 後實測與模擬比對

(二)東湖§800mm 新舊管連絡施工

周六凌晨 0 時至 11 時辦理停水施工作業，試關水期間雖無民眾反映無水或水小，惟周邊管網末端及高地區仍有水壓降低，且施工停水會從凌晨跨至日間用水尖峰時段，預期仍將對用戶用水造成影響，為求周全將影響降至最低，採取預為因應作為如下：

1.供水調配：如前述供水調配策略所述。

2.設置臨時供水站：設置 2 處取水站並調派一台水車待命。

3.提供停水通知單予里長協助通知住戶。

4.以宣傳車進行區域廣播，通知大用水戶及醫院提前儲水。

5.發布新聞稿。

本計畫連絡施工期間雖因現場地下管線不確定因素，延遲至傍晚(約歷時 18 小時)才順利完成連絡及復水，白天用水尖峰時段亦僅有東湖路 113 巷附近局部高地區(安湖里)有水無壓，僅少數零星用戶反映水小(少於 5 戶)，施工期間東湖地區供水維持正常(包含末端汐止康寧街)，東湖加壓站及末端內溝里加壓站亦全程維持正常供水(如圖 20)。

圖 20　現場施工相關因應作為

本案於連絡施工前妥善辦理試關水，監控區域水壓確認壓降區域。本通重要閥栓巡查操作測試啟閉狀況，民權東路六段 400mm 洗開後，東湖地區西側壓力提升，全程監控東湖加壓站進水壓，確保東湖加壓站能正常進水。並採支援供水方案，調整由大湖公園加壓站支援康樂街末端及內溝里加壓站，確保內溝里加壓站正常進水，降低停水影響。另因應流向及流速改變，事前妥善辦理洗管作業，復水時亦加派人力排水排氣，順利完成復水，無用戶反映水濁，將影響降至最低。

東湖地區位屬松山加壓站內湖線供水末端區域，人口數約 8 萬多人，如有大規模停水情事，因前端用戶大量進水，復水工作是一大挑戰。本計畫先以水理模型分析，於用水離峰時段關閉 ϕ800mm 輸水幹管，再配合大同及松山加壓站適度增壓，東湖地區末端用水應仍可被滿足。

經現場實際辦理試關水作業，壓降區域有不符水理分析情形，經派員巡視發現本通制水閥為關閉狀態，此為善用水理分析，預先研判重要制水閥開度狀況及分析管網健全度之成功案例，尤其當面對大區域停水施工之供水調配分析時，EPAnet 水理分析更顯重要性，搭配分段試關水作業可加速對症下藥，縮小範圍找出可能原因。

(三)閥栓管理精進作為

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：安排定期檢視管網系統，相關重要本通制水閥操作確認是否正常開啟。

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。重大本通制水閥透過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。

五、結論與建議

經水理分析模擬後建議可於離峰時段進行東湖路 ϕ800mm 停水施工，並配合微幅調高大同加壓站大直線及松山加壓站內湖線動力出水壓，即可大幅避免影響用戶用水。惟實際執行雖與水理模擬略有差異，惟已可據以制定執行策略，減少大幅人力消耗及擾民行徑，續配合現場測試如逐步施行管段分段關閉試關水，發現與水理分析不一致處，可較快發現障礙處，縮小範圍鎖定可能有問題之管段，進而與現場比對，辦理現場制水閥整理，將關閉已一段時間之管段進行水質處理，排除困難已使相關施工停水作業順利完成，大幅提升工作效率。

本案透過 EPAnet 水理分析，預先掌握東湖地區重要閥栓開度狀況及可能潛在問題，配合試關水作業模擬停水影響程度，監測區域水壓變化情形，確認止水施工可行性，並適當調整供水支援範圍，成功避免管網末端用戶復水困難。本文探討大區域停水施工策進及管理策略，嘗試透過學理佐證，

結合實務執行探討，經現場操作、問題回饋及實際驗證，以更科學之方式進行供水調配，有助於停復水作業執行。

參考文獻

1.陳明州、鄭答振、黃欽稜、陳韋嘉、張瑛興、李鴻利、謝連達，臺北自來水管網水理分析應用之規劃發展，中華民國自來水協會108年度研究計畫。

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：漏水管理、小區計量、高地供水

鍾育霖先生

現職：臺北自來水事業處東區營業分處二級工程師

專長：管網改善工程設計與監造、供水調配

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。

分區計量管網建置與整合運用探討－以二林所為例

文/田吉星、莊宜臻、洪銘希

摘要

台灣自來水公司第十一區管理處二林營運所（以下簡稱二林所）透過建置分區計量管網作為漏水率管理之工具，110 年 6 月為更有效管理小區，首先釐清 105 至 107 年建置 18 個小區正確性，110 年再建置 7 個全區用戶表(2 個小區)，111 至 112 年再建置 19 個小區，截至 112 年已全面建置 39 個小區。結合供水監測資訊平台系統、全區用戶監測系統、圖資查詢系統、水單、抄表及營運系統，整合辦理抄表工作區調整、壓力調整管控、供水模式調配、主動漏水控制、管線維護管理、科技監控違章竊水等，另自行設計管理報表等運用分析，以需應供，以供應需，掌控合理水壓確保供水量足，主動檢漏即時控制，有效減少水量的損失，靈活供水調配，將漏水熱區有效管線汰換，提升營運績效。

關鍵字：分區計量管網、小區、供水、監測

一、緣起

二林所位於彰化平原西邊，幅員遼闊橫跨五個鄉鎮，東西直線距離約 21 公里南北約 18 公里，供水轄區包括彰化縣二林鎮、芳苑鄉，竹塘鄉、大城鄉、埤頭鄉共 80 里，行政區人口約 10.5 萬，供水戶數約 3.2 萬僅佔區處 9.2%，但供水轄區範圍佔彰化縣佔比高達 1/3。

水源由二林、芳苑、竹塘淨水場深井及受五區支援水調配進三場清水池後混合出水，制水閥開度全開，由變頻器調控出水壓力，平均供水量約 4 萬 CMD(包括支援鹿港所 500 CMD)。地下水水源來自於 13 口深井(10 口深井使用中，3 口深井配合水利署計畫停抽)，日平均供水量約 1 萬 8,000 CMD，受五區支援量 2 萬 2,000CMD，由二林、芳苑、竹塘淨水場出水供應(圖 1)，供水普及率 93.07%，用水戶數約 3.2 萬戶，110 年售水率 81.87%，111 年售水率較 110 年提升 1%為 82.87%。

圖 1　二林營運所供水示意圖

台水公司為加速推動降漏工作，有效降低漏水率，於民國 102 年起辦理為期 10 年之降低漏水率計畫（102 年至 111 年），計畫內容包含汰換管線、分區計量管網、相關配套措施、委託國內外專案團隊等作業，為加速

推動降漏工作，在行政院指示與支持下，延長 2 年，原每年投入約 70 億元之預算增加至 80 億元，全面防堵水資源的流失。

台水公司第十一區管理處為有效降低漏水率，於 103 年委外辦理「北斗、二水、溪湖、二林系統分區計量管網建置規劃技術服務」，研擬最適建置小區管網辦理方式，其中二林所規劃 3 個中區內建置 18 個小區(圖 2)。105-107 年已於各小區管網裝設管理用水量計及水壓觀測站，完成分區計量管網建置，期能透過小區檢漏作業找出漏水點，配合修漏作業提高售水率(圖 3))。

圖 2　二林營運所分區建置圖

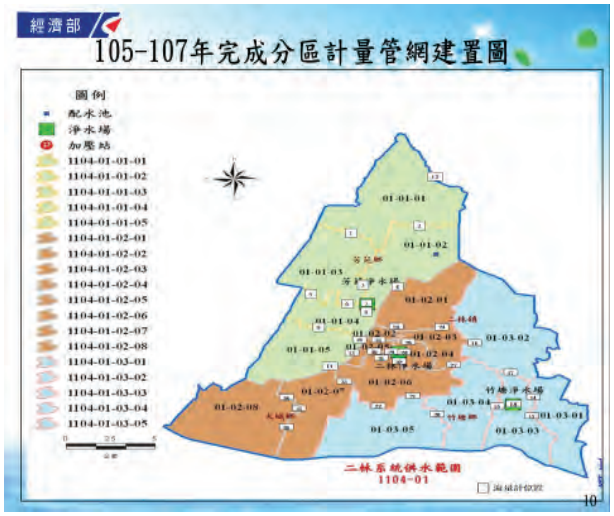


圖 3　二林所小區建置概況圖

就建置目的而言，成果是值得期待，但因小區專業人力培養傳承、供水區域改變、管理用表維護及原小區範圍過大等因素，無法有效管理運用，在 110 年 6 月間客服中心及二林所接獲持續客訴無水及水壓降低案件，因二林所轄區範圍大，無法及時以原小區管網建置功能運用，分析地下可能之漏水小區及調整供水模式應變，經內部檢討，必須全面的重新改善規劃，調整二林所轄區分區計量管網，以有效管理分析整合運用。

二、研究方法

(一)分區計量管網建置

在進行分區計量管網建置調整前，需先進行整理 105-107 年所建置 18 個小區之正確性，釐清小區用戶數、管理用表數量、位置及流向等是否正確，並建立流向圖，另以小區基本資料分析售水率判斷流向及用戶數正確。經檢討，圖資用戶數 34,186 筆其中非二林所水號、重複及無資料達 2053 筆，圖資與抄表系統差異 90 筆，抄表與營運差異 6 筆(圖 4)，18 個小區 4 個流向錯誤，經核對更正後請圖資中心更新。

圖 4　分區用戶資料比對結果

110 年建置 7 個全區用戶表(榮○5 戶&碁○2 戶)分割 2 小區，111 年及 112 年分別再建置 9 及 10 個小區主要目的：(1)再切割範圍較大之小區，(2)送水平瓶頸段改善(前 18 小區建置多處 300 公厘管徑裝設 100 公厘水表)，(3)前因故無法埋設管理用表規劃之小區，採以天然界線水管橋明管設置，截至 112 年已全面建置 39 個小區(如圖 5)並建立流向圖(如圖 6)。

圖 5　二林所小區建置概況

圖 6　二林所小區流向示意圖

現行售水率的的計算方式(售水量/供水量)，其中供水量資料來源為總水量計(當月供給的水量)，而售水量則由用戶端經抄表所得之計量值，兩者不僅時間有落差，用戶抄表作業依排定日人工抄表分為 18 檔次有每月及隔月收費，隔月抄表 1 至 18 檔用水期間之售水量橫跨前四個月的用水，單雙月售水量與抄表件數不平衡，又受工作日及開單作業影響，用水天數不一，以 12 個月的移動平均售水率雖較能平衡單雙月及縮小誤差售水量，但年初的售水率其實含括前年度約四個月(年底前)的售水量，仍隱含一定的誤差(如表 1)，故本公司尚未全面建立用戶自動讀表前，用戶售水與供水量統計資料時間週期無法對焦。

表 1　112 年 1 月售水量抄表及用水期間一覽表

年度月份	11109	11110	11111	11112
抄表期間			11/25	12/20
用水期間	9/25			12/20

二林所利用歷史抄表數據，先以固定期間推估，作為小區整體售水量指標數，減少變動，主要大用戶水量變化大，採全區用戶表，即時售水率 100%小區，新裝、復用、啟用、廢止戶，佔比小非主要影響因子。售水量部分以先建立小區正確用戶資料，小區清冊請資訊處提供 1 年用水相關資料，售水量以固定數採日平均計算，減少變數。

分析 111 年售水量與推估固定小區售水量分別為 33,590 及 33,399CMD，差異 191CMD 約 0.05%，固定小區售水量推估偏差並不大，相較於選擇變動的抄表期間售水量，反而造成管理者與執行者迷思與困難度。

二林所幅員遼闊且偏鄉，使用 10 度用戶以下約佔 25%，10%為 0 度空戶，隔月抄表作業除進行抄表水費開單及 0 度清查外亦邊全面巡檢漏水，提報檢修，倘全面建置用戶自動讀表，雖能即時收集表後用戶用水訊息，惟表前漏水及管線巡查，如何人力配置，是位處偏遠地區二林所另一項課題。

供水量部分需先釐清管理用表流向確認是否正確，管理用表沒電或損壞時，可用以前平均數值推估，透過小區供水量由供水監測平台及全區用戶表，匯出水表數值，製作報表，進行每日分析，並與供水監測平台夜間最小流比較漏水量，觀察壓力變化，交叉比對確認小區漏量；分析 111 年供水量與小區供水量分別為 40,566 及 39,828CMD，差異僅 738CMD 約 0.18%，顯示二林所小區與供水量已趨近相同(如圖 7、圖 8)

(二)分區計量管網建置與整合運用策略：

二林所分區管網管建置後，已可利用供水監測資訊平台系統、全區用戶監測系統、圖資查詢系統、水單、抄表及營運等資訊系統整合運用辦理：抄表工作區調整、壓力調整管控 、供水模式調配、主動漏水控制、管線維護管理、科技監控違章竊水等作業其架構圖如下(圖 9)。

1.抄表工作區調整(圖 10)

因早期廠所整併，二林所供水轄區幅員遼闊橫跨五個鄉鎮，東西直線距離約 21 公里南北約 18 公里，同檔次抄作業期間，抄表區域跨鄉鎮式分散，同檔次稽查、催收工作，需來回奔波，利用分區管網進行全面抄表區整合後集中區域抄表，加強各抄表員間互助，可以提升稽查、催收裝拆及表邊漏水修理工作效率，均衡單雙月抄表件數與售水量。

經濟部

112年更新分析售水率表

(37小區、全區用戶表榮成&基富另新增2小區共39小區)

編號	年度	112/10/31戶數	圖資日平均售水量(112/8/1-9/30)	更正進出水點公式	10月1日	漏水量	售水率	10月2日	漏水量	售水率
110401	105	9813	8251	1+16+21-9-14-19	10520	2269	0.78	10710	2459	0.77
110402	107	14437	10871	1+(19)+25+26+37+53-16-21-28-38-(58+61+62)	15597	4726	0.70	15013	4142	0.72
110403	106	8431	5065	28+38+39-53	6774	1709	0.75	6266	1201	0.81
中區合計		32681	24187		32891	8704	0.74	31989	7802	0.76
榮成專線		5	5939	榮成專線	5915	0	1.00	5786	0	1.00
基富及榮成每日抄表		3	2413	58+61+62	2433	0	1.00	2590	0	1.00
合計		32689	32539		41239	8704	0.79	40365	7802	0.81

21

圖 7　二林所供銷水量

經濟部

二林所供銷水量分析

月份	111年供水量	111年小區供水量	供水量差異	111年售水量	111年小區分析售水量	售水與小區售水差異	111年抄見量	售水抄見量差異	111年工業用水	111年工業用水占比%
1	1,304,838	1,288,352	15,486	1,023,431	2945283/61.4		1,001,017	22,414	382,927	0.37
2	1,082,951	1,091,132	-8,181	893,276	2945283/61.4		891,992	1,284	333,392	0.37
3	1,169,270	1,204,443	-35,173	966,985	2945283/61.4		966,426	559	288,054	0.30
4	1,116,991	1,182,660	-65,669	970,139	2945283/61.4		970,113	26	350,790	0.36
5	1,196,859	1,207,233	-10,374	1,063,454	2945283/61.4		1,061,098	2,356	320,705	0.30
6	1,159,559	1,192,590	-33,031	954,489	2945283/61.4		953,362	1,127	353,926	0.37
7	1,222,881	1,262,971	-40,090	1,064,574	2945283/61.4		1,062,960	1,614	331,500	0.31
8	1,265,811	1,245,518	20,293	1,019,507	2945283/61.4		1,018,816	691	385,259	0.38
9	1,258,209	1,172,970	85,239	1,103,023	2945283/61.4		1,100,028	2,995	338,611	0.31
10	1,317,004	1,223,012	93,992	1,037,047	2945283/61.4		1,035,329	1,718	386,536	0.37
11	1,281,260	1,174,740	106,520	996,257	2945283/61.4		993,693	2,564	328,758	0.33
12	1,430,871	1,290,592	140,279	1,168,171	2945283/61.4		1,168,171	0	395,925	0.34
共計	14,806,564	14,537,213	269,291	12,266,353	2945283/61.4		12,223,005	37,348	4,196,473	0.34
日平均	40,566	39,828	738	33,590	33,309	191	33,488	102	11,497	0.34

23

圖 8　二林所售水率分析報表

圖 9　分區計量管網建置與整合運用架構圖

圖 10　抄表調區規畫

2.壓力調整管控

利用分區管網結合監控系統調節供水流向及小區水量進行壓力調節，110 年百年大旱，水情處於黃燈期間，以減壓供水方式進行調節，觀察各小區供水量及水壓變化，設定尖離峰水壓管理，原以芳苑淨水場以較高壓力往東送水(由地勢低往地勢高)出水量較多，改以二林淨水場由高往低送水，調節五區支援水進二林場，減少支援水進芳苑場，以斗苑路三合橋為主要水壓觀測。110 年二林淨水場出水量由每月 14,539 度增加至 18,507 度約成長 27% (如圖 11)。

圖 11　壓力控管應用-供水量分析圖

3.供水模式調配(以抗旱支援量減少為例)

112 年抗旱期間，五區湖山支援量於 112 年 4 月起由 2 萬 2 減少至 1 萬 8(減少 4,000CMD)，調整供水模式如下：竹塘淨水場供水模式不變(支援水約 5,000CMD)，榮成專線不變(約 5,000CMD)，二林淨水場啟動最大淨水量能約 1 萬 CMD，五區湖山支援量原進芳苑全改進二林場(約 8,000CMD)，減少 4,000CMD 缺口由芳苑淨水場啟動深井處理淨水後供水(圖 12)。

圖 12　供水操作調配應用-水量調配

為調節水源規劃，由原二林場供應 0207 小區及基○，供水量分別為 300 及 2,700CMD 合計約 3,000CMD，改由芳苑淨水場供水，關閉 0205 及 0210 邊界閥，調整後 0207 小區供水量不如預期，因水往地勢較低 0107 小區送水且無制水閥控制水流，在不增加供水壓力為前提，於斗苑路與彰 157 線交叉路口增設制水閥關閉，原 0107 小區斗苑路供水改由彰 157 線供水，0207 及基富改芳苑淨水場經由斗苑路供水(圖 13)。

圖 13　供水操作調配應用-流向管控圖

4.主動漏水控制(以 0107 小區檢漏為例)

管理報表分析 0107 小區漏量由 112 年初約 500CMD 擴大至 2,900CMD，4 月 28 日起區處檢漏修復 11 件，惟未找出主要漏水點，有管破未流出路面研判為地下漏水有路基掏空可能，請縣府提供地下下水道圖後分段檢漏，壓差篩選漏水管段，112 年 5 月 16 日聽音確認漏水點開挖，發現管線漏水已導致路基掏空，修復後計算日漏量達 2,500CMD，小區管網建置分析可提前檢漏修復，避免天坑事件發生，保護人民用水、行車及住戶安全。(圖 14.15.16)

圖 14　主動漏水控制應用-分段檢漏

圖 15　主動漏水控制應用-漏水點修復

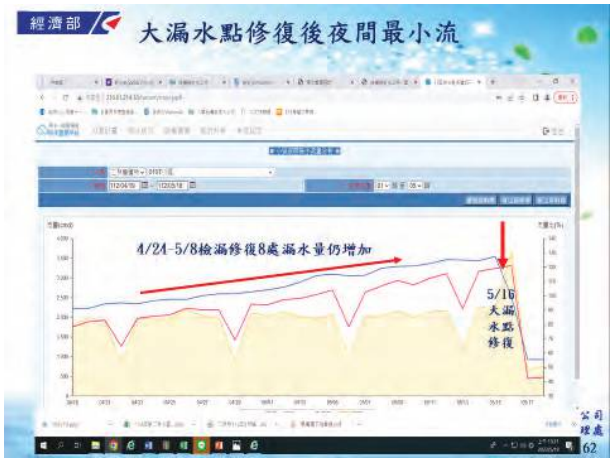


圖 16　主動漏水控制修復-監控夜間最小流

5.管線維護管理

111 年度起擴大推動辦理舊漏管線汰換，依據分區計量管網建置分析且主動控制漏水復原高之漏水熱區，主要以管線供水連結管網規設辦理汰換管線工程，累計實支金額為 2 億 291 萬 8,6020 元，總汰換管線長度為 27,720 公尺。(表 2)

表 2　110 至 112 年管線汰換工程

年度	汰換管線工程件數	汰換管線工程金額(元)	汰換管線長度(m)
110	5	46, 375, 622	7, 764
111	6	111, 614, 450	17, 356
112	6	44, 928, 530	2, 600
合計	17	202, 918, 602	27, 720

6.科技監控違章竊水

二林所 111 年底接到用戶匿名舉報違章竊水案，因用戶擔心被鄰居挾怨報復，只提供模糊地點資訊，雖派員於舉報地點附近加強巡查，但因附近住戶分散無顯著標的，無法鎖定竊水位置，期間用戶多次進線舉報，經同仁耐心與其溝通下，終於在 112 年 1 月舉報人卸下心防，告知違章用水係附近羊舍為節約成本便宜行事，自行利用本公司排水閥栓開啟後清洗羊舍排放大排，得知竊水地點與竊水型態後，立即調派人員於竊水點加強巡查，但經 2 個月觀察，竊水者作業謹慎，常利用凌晨或夜間無人時刻進行清洗，因竊水地點距本所約 4 公里，且人力有限，無法長期派員實地或夜間監控，二林所於 112 年 3 月 15 日於竊水點位之排水閥栓設置壓力觀測點，透過壓力觀測與異常降壓之簡訊通知，協助判定竊水發生時間並可立即處理。(圖 17)

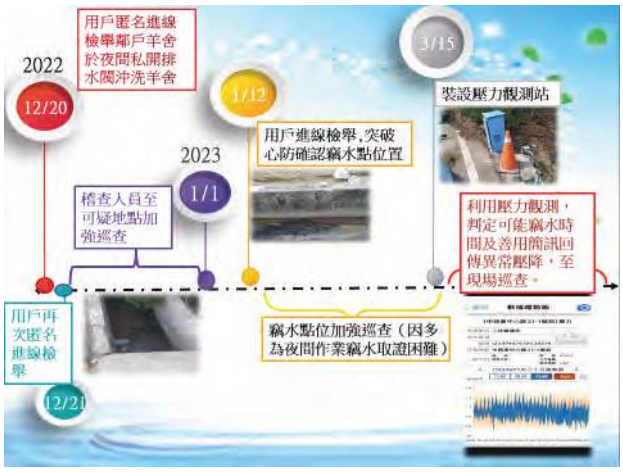


圖 17　竊水案件時間軸

三、成果展現與效益

經過前述分區計量管網建置與整合運用策略的執行，由相關的資料分析顯示了努力的成果，抄表工作區整合後集中區域抄表，加強各抄表員間互助，可以提升稽查、催收裝拆及表邊漏水修理工作效率，均衡單雙月抄表件數與售水量(圖 18)。

圖 18　工作區調整(分散-集中)

另外利用目前建置之 114 處水壓觀測站，精進相關管理作為，除確保供水量足質優外，檢漏時亦可利用壓力點進行小區內分段切割，初步以多點壓力查察判斷小區漏水區域，縮短檢漏時間，減少漏水損失；因配合抗旱五區支援量減少或二林所大用戶等需求變動，因二林淨水場處理設備出水有限(1 萬 CMD)，利用分區管網分析水量及水壓觀測，適時啟動深井，各淨水場互助調節，可以提升水源調度效率。

主要用水大戶為 0108 小區(芳苑工業區)、榮○及碁○，3 個小區用水量合計約 1 萬 4,000CMD 約佔二林所 35%售水量，其他用戶售水成長變化不大，以供水監測、全區用戶表平台及分區管網日報表觀察小區抄見量及售水率情形實有成效，可得到用戶最新用水狀態，以需應供，以供應需。壓力調控，主動檢修漏等方式，提高防漏效率，經

統計 110 至 112 年 6 月自行漏水調查檢漏 76 處約 5,326CMD(表 3)。

表 3　分區管網自行漏水調查檢漏情形

年度	案件數	檢漏量(CMD)	備註
110年	6	1,536	已竣工
111年	53	938	已竣工
112年	17	2,852	已竣工
合計	76	5,326	

台電 111 年 7 月 1 日起電費調整 15%，用電費 111 年為 7,289,074 元反而較 110 年 8,079,652 元仍減少 9.8%約 79 萬元，倘以未調整電價換算節省約 132 萬元約減少 16.3%，售水量 111 年 12,260,353 較 110 年 11,355,056 立方公尺增加 8%約 90 萬立方公尺，若以每度售水量用電成本換算，排除電價調整之因素下，仍節省 147 萬元約 17%(圖 21、22、23)。

四、結論

二林所分區管網建置改善後整合運用辦理抄表工作區調整、壓力調整管控、供水模式調配、主動漏水控制、管線維護管理及科技巡查竊水等工作，已能集中區域抄表，合理水壓確保供水量足質優，主動檢漏即時控制，有效減少水量的損失，靈活供水調配，將漏水熱區有效管線汰換等，規劃作業與執行經驗傳承相當重要，同仁從實做學習，目前運作良好。

未來期望公司能整合現有系統及數據，開發自動產製管理日報表並加入 WADA（Water Advanced Data Analysis）夜間最小流及壓力，自動排程分析小區漏水率及管理報表分析，以資訊系統性管理，持續改良及優化推廣運用，有效提供各廠所管理整合運用，降低漏水率及提高營運績效。

圖 20　110 年與 111 年用電費比較

圖 21　110 年與 111 年售水量比較

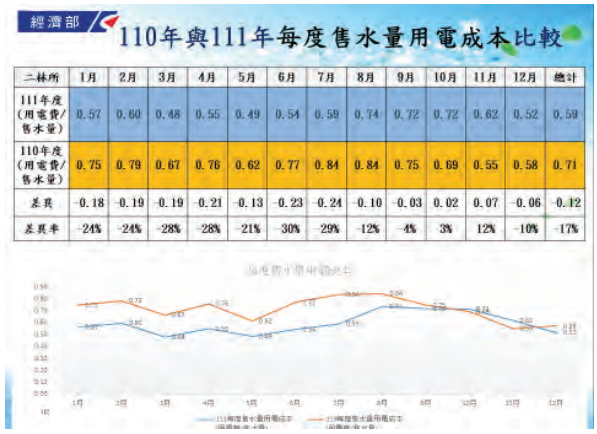


圖 22　110 與 111 年每度售水量用電成本比較

作者簡介

田吉星先生

現職：台灣自來水股份有限公司主任

專長：營運規劃與業務管理

莊宜臻小姐

現職：台灣自來水股份有限公司股長

專長：業務管理與抄表作業規畫調整

洪銘希先生

現職：台灣自來水股份有限公司股長

專長：土木工程、自來水工程及供水調配

本刊 113 年「每期專題」

期別	主　題	子　　題	時程
43 卷 第 1 期	**工程技術**	1.工程規設、施工及計劃管理、2.智慧供水技術、3.管線免開挖更生技術、4.環境友善及先進水處理技術、5.創新水源開發技術、6.薄膜技術、7.新興污染物處理技術、8.新興技術。	2 月
43 卷 第 2 期	**營運管理**	1.供水設施營運操作、2.供水系統維護管理 3.管線失效故障分析、4.管線狀況評估、5.降低無收益水量、6.集水區保育治理、7.緊急應變及危機管理、8.管網建模及應用。	5 月
43 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～

北水處高地供水模式分析及系統切換支援案例

文/王志隆

摘要

臺北自來水事業處南區營業分處轄區內有許多高地供水之獨立系統，且高地系統間少有相互支援情形，與平地系統常時以邊界制水閥區隔，故當高地供水系統供應異常時，搶修時效及供水調配方法尤為重要。本文以水理分析 EPANET 軟體，建置高地供水系統，透過管網系統間供水的調配，以受影響用戶數及時間最少為目標，擬定最佳因應策略。

本案模擬高地供水系統因破管、施工或緊急事件等因素遭遇供水量能減少時，可能影響範圍，並參考過往高地搶修及供水調配經驗，預先針對設備進行改善及供水調配制定策略。除維護系統穩定供水外，系統間切換時所產生的壓力及水流流向變化可能衍生更大的隱憂，本文也將一併探討，並研提操作注意與建議事項。希冀透過水理模型制定模擬情境，預先分析影響系統安全的因子持民眾質優量足的水環境。

關鍵詞：高地供水模式分析、系統切換支援案例

一、伸仗板系統簡介

伸仗板供水系統為供應新北市新店區新烏路 1、2 段及北宜路 1、2 段用戶，用水戶數為 6,000 餘戶，其系統水源由直潭里加壓站加壓，以口徑 500mm 之 DIP 自來水管揚水管加壓輸送至伸仗板配水池，該配水池為一 5,000T 之蓄水池，再以重力供水供應至前述地區，平日供水約 9,000 至 15,000CMD。本供水系統 400mm 配水管係沿新店新烏路 1、2 段、北宜路 1、2 段埋設，高低落差大區內高差最大達 120m，故設置多處減壓閥，若配水池無水造成下游配水管空管，復水作業相當困難，稍有不慎容易造成大區域水質異常，影響層面廣大。

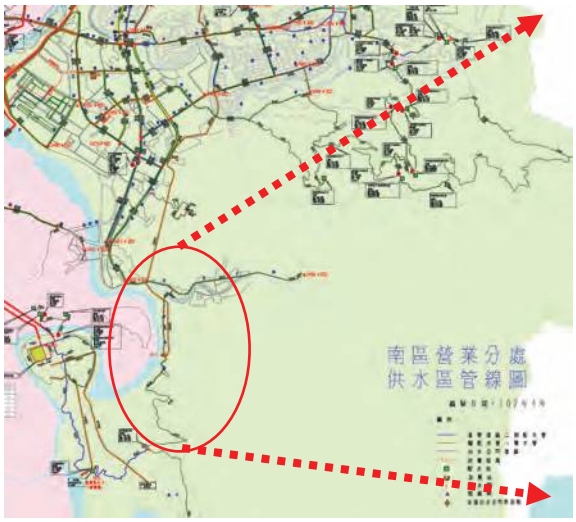


圖 1　北水南區分處供水範圍圖

圖 2　伸仗板配水池供水範圍圖

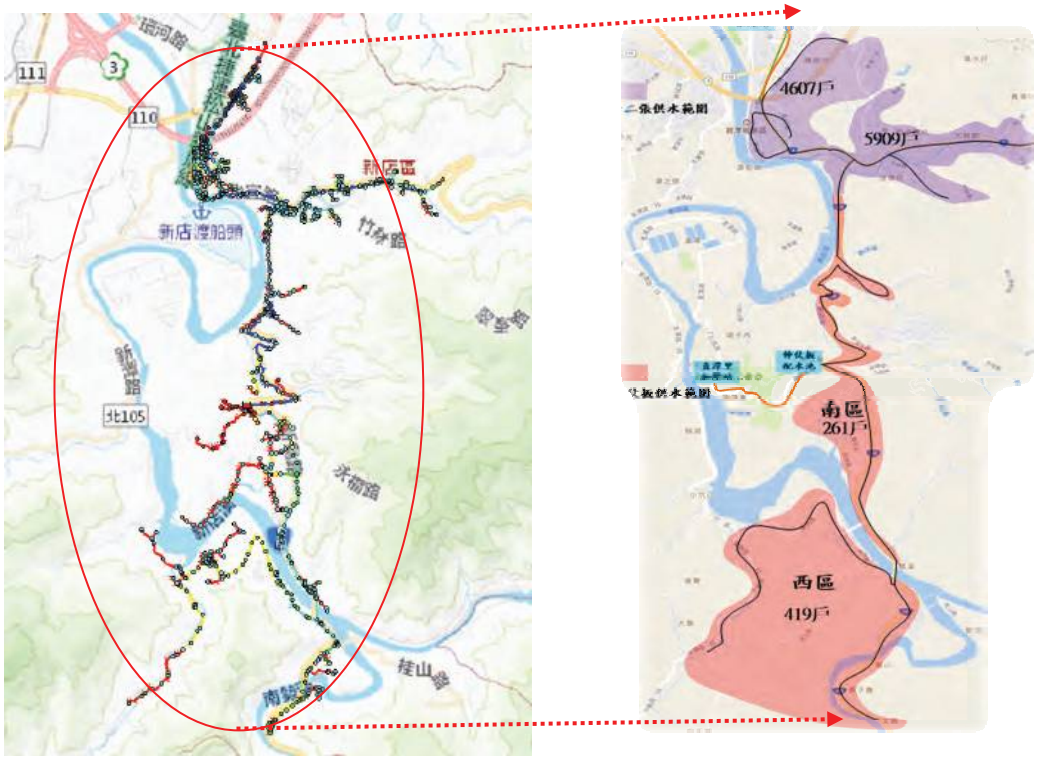


圖 3　伸仗板配水池供水系統模型

二、模型建置

以水理分析 EPANET 軟體，建置伸仗板供水系統模型，並模擬直潭里加壓站供水異常時，以系統切換方式由十二張加壓站支援供水，根據模擬結果顯示以十二張加壓站支援用水範圍至北宜路 1、2 段，伸仗板配水池供水限縮新烏路 1、2 段範圍，即可將受影響用戶降至最低。

圖 4　伸仗板揚水管破損位置圖

三、事件說明:

106 年 7 月 27 日 23 時，監測到直潭里加壓站口徑 500mm 之揚水管由正常出水壓約 7kg/cm^2，降至約 2kg/cm^2，且伸仗板配水池無法進水，研判揚水管應發生破裂造成大量漏水。伸仗板配水池水位由 3.6m 持續下降，由水位下降趨勢估計約 6 小時後也就是 28 日 6 時配水池水即將用罄，屆時該系統轄下 6,000 餘戶用戶將無預警停水。

圖 5　伸仗板揚水管破損現況

四、案件分析:

(一)以相鄰近之十二張加壓站供水系統支援平地部分，爭取搶修時間:

說明：

1.十二張加壓站支援佔伸仗板配水池系統之大部分，約為 5,900 戶，大大減輕伸仗板配水池的供水負擔，使水位下降趨緩，爭取更多的搶修時間。

2.如不幸搶修不順利，亦可將停水範圍侷限在新店區新烏路 1、2 段一帶用戶，南區轄區 261 戶及西區轄區 419 戶共 680 戶停水，使大多數用戶仍有水可用。

圖 6　十二張加壓站支援北宜路供水

圖 7 伸仗板供水系統模型

作法：

1.以十二張加壓站支援供水緊急切換，水流從由東向西改為由西向東，供水流向改變將使管垢沖出，造成用戶水質大規模汙染，故南區分處於相關閥栓完成後，即進行系統試切換，使水流逆向進行洗管，將可能之管垢事先沖出洗淨，以備不時之需。

2.新烏路與北宜路 1 段交口之制水閥，伸仗板配水池高程 149m，北宜路新烏路交口高程 29m，高程差達 120m，換算如將該處制水閥完全關死，由山上下來的水壓怕配水管恐法負荷可能爆管，故並未將北宜路新烏路交口之制水閥完全關閉，仍有部分自來水流出供應北宜路 2 段用戶，以減輕管線壓力。

結果：

經過供水系統切換完成後，伸仗板配水池出水量由 9,000CMD，大幅下降至出水量約 3,000CMD，十二張加壓站出水流量原為 8,000CMD，增加為 13,800CMD，伸仗板配水池水位下降速率由 50cm/hr 趨緩為 20cm/hr，原預估 28 日 6 時配水池水量用罄，將延長至 28 日 12 時配水池水量才會用罄，多爭取到 6 個小時的搶修時間。

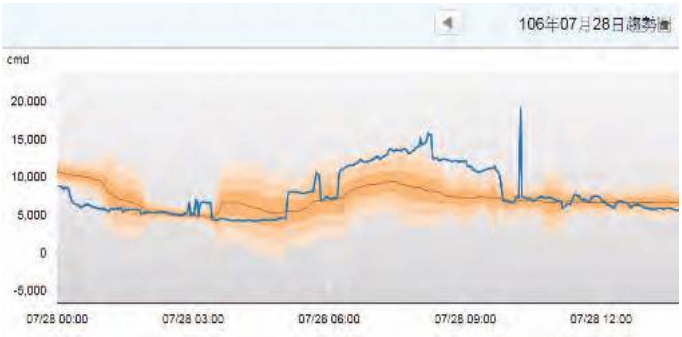


圖 8 十二張加壓站出水流量趨勢圖

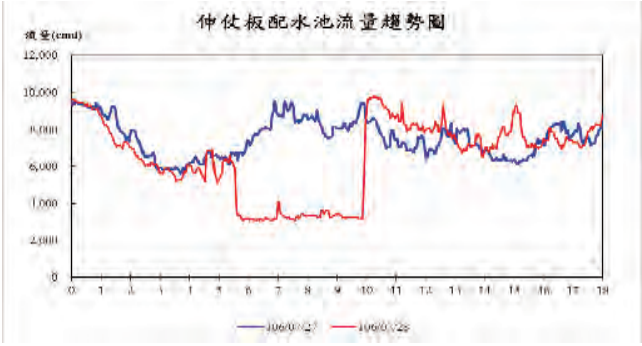


圖 9　伸仗板配水池出水流量趨勢圖

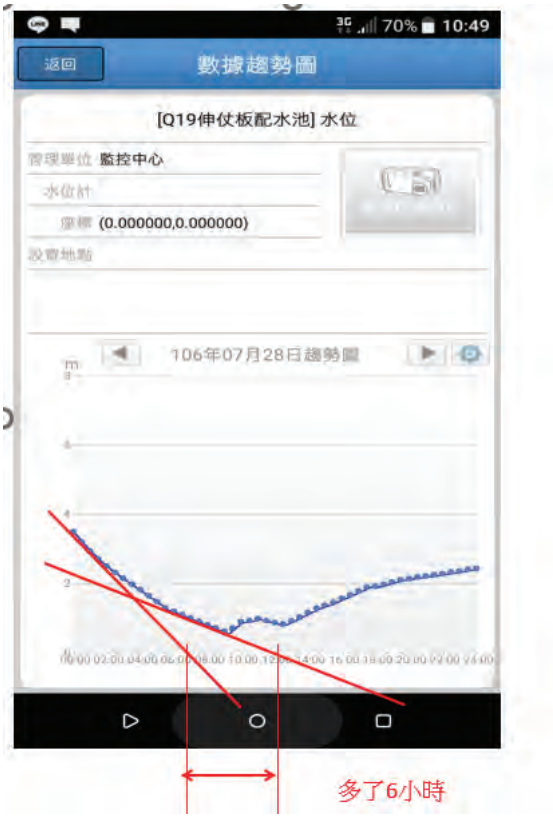


圖 10　伸仗板配水池水位趨勢圖

(二)管線維修作業：

檢視水管破裂面為長約 80cm 之縱向裂縫，原因為管線下方有大型石塊，可能因為車輛反覆輾壓路面造成破裂，亦可能為管材石墨球化率不佳，延展性不足所導致，經開挖後辦理該段破損管線換新。

(三)復水作業：

本案於 28 日 8 時搶修完成，隨即通知直潭里加壓站開始加壓送水，於 9 時 15 分當出水壓力達到 7.3kg/cm^{2}時，伸仗板水池開始進水，此時水位僅剩 0.57m，出水流量 11400CMD。此時工程人員再就定位，進行切換回原供水系統之程序，至 10 時 45 分切換原系統作業完畢，水質正常，所有用戶完全不受影響。

五、結論

(一)本案能達成任務，除了掌握緊急搶修時效，主要還是能事先規劃 2 個供水系統緊急支援方案，確實設置相關閥栓並進行洗管等前置作業，以及大量人力全力投入，相關加壓站配合運作以利供水系統切換。

(二)如果破管嚴重或因為其他事故，造成要伸仗板供水系統長時間停水，此方案也可以將停水範圍限縮在新店區新烏路一帶約 680 戶，讓北宜路 1、2 段等 5,900 多戶不受影響，而新烏路一帶用戶，因有部分用戶使用自來水及山泉水，就算停水也有水可用，可降低意外事件造成的衝擊。

六、建議事項及系統安全存在之隱憂

(一)持減壓閥之問題：在高地供水系統，持減壓閥之作動甚為重要，常常一處故障會造成一連串持減壓閥同時故障，造成壓力過大爆管，目前處內並未針對持減壓閥有定期汰換計畫，持減壓閥定期更換，可建議研究持減壓閥可能損壞時間提前汰換。

(二)緊急系統切換造成汙染：因系統長期固定流向，如臨時緊急切換造成逆流，將

造成大規模汙染，建議將定期逆向洗管，以減少切換時汙染風險。

(三)邊界閥栓遭埋沒：邊界閥栓如被埋沒，將使緊急時系統無法切換支援供水，造成數以千計用戶無水可用，所以閥栓維護甚為重要，本處現行半年一次巡查計畫應可增加特殊閥栓之巡檢頻率。

(四)用戶數大量增加問題：花園新城係於伸仔板配水池供水系統臨新烏路 1 段之 1,200 戶大社區，先前使用簡易自來水，最近將加入本處供水系統中，但目前伸仔板系統供水已非常緊繃，平均每日用水量約 9,000CMD，高峰時用水量可到 15,000CMD，直潭加壓站抽水機為三台打二台，建議增購加壓設備以免系統負荷過重造成嚴重供水問題。

作者簡介

王志隆先生

現職：台北自來水事業處南區營業分處股長

專長：管網改善工程規劃、設計、監造及小區計量

期望值於自來水產業產品風險評估的應用

文/周家榮

摘要

期望值是簡單的數學概念，可用於日常生活的決斷，而本研究提出以期望值作「產品生產風險量化評估法」，並以水量計規範變革為例，進行風險量化研究，期能予自來水業界提早因應參考。

水量計國際標準 ISO4064 2005 年版有大變革，國家標準 CNS14866 亦於 2012 年配合修訂，而相應之水量計型式認證技術規範[1]則於 111 年 10 月方修訂公告、112 年 7 月 1 日實施，惟水量計檢定檢查技術規範仍採 2004 年標準，究其原因，或在擔心對國內產業界衝擊；然此國際規範趨勢勢必可緩不可擋，故研究以國內使用最大宗口徑 20、25mm 機械表驗收器差數據為探討標的，基於規範變動最小前提下（Q_1 最小流量、Q_4 超載流量相同），以期望值量化新標準增加的風險。研究以水量計為例，但其運用範疇不限於此。

關鍵詞：期望值、水量計、風險評估、ISO4064、CNS14866、水量計型式認證技術規範、水量計檢定檢查技術規範

一、以期望值量化風險概念介紹

在闡述相關研討細節前，先說明些基本常識：

(一)期望值概念與生活應用介紹：

依維基百科註解，期望值為「試驗中每次可能的結果乘以其結果機率的總和」[2]，這是大數法則下的理論值。

實際應用如每張統一發票的中獎期望價值約為 1.4818 元（一般狀況下，兌獎號碼不重複、增開 2 組六獎、不含雲端發票給獎），故雖如風傳媒新聞網新聞[3]，有人狂買 1 元塑膠袋 4,600 個、開 4,600 張發票以增加中獎機會，期望值收益約有 2,216 元（4,600*1.4818-4,600）加 4,600 個塑膠袋，但仍需評估浪費的時間價值，方能客觀判斷是否划算；又如賭場的美式輪盤（有 38 個數字空格），若下注 1 美元，壓對數字可獲得 35 美元，因此每次下注的期望值為賠 0.05263 美元（-$1*37/38+$35*1/38 = -$0.05263），那理論上就會賠的遊戲為什麼有人會玩，筆者覺得主要為 2 個原因，首先是覺得運氣會比別人好，其次是把它看成休閒娛樂的成本，以下每注的時間約 1 分鐘，每小時約花費 3.1578 美元，這比花同樣時間在美國看電影還便宜；另外，如臺灣近期很夯的股市來說，一般散戶可透過抽籤來參加上市（櫃）股票的增資認購，若以今年辦理上市增資的玉山金控言，今年參加增資抽籤的期望值約為 263 元（以增資股上市當日收盤價售出，已扣除相關手續費用），這可作為是否參與申購的判斷準則。

這些是期望值於生活應用的介紹，它與生活息息相關，可協助作為客觀決策的準則，亦是本研究精神所在。

(二)以期望值量化風險概念介紹：

若 X 是離散的隨機變數，且發生結果為 x1、x2…之相對發生機率為 p1、p2…，則 X

發生的期望值為：

$$E(X) = \sum xi*pi \cdots\cdots（1）$$

其應用於本研究主題，即對應於生產每 1 只水量計，生產不良產品的期望值等於每只水量計生產成本乘以發生不良產品機率的總和，結果如（2）式，因每只水量計成本相同，研究只需計算不良率的總和乘上水量計成本，即可推算出生產不良水量計的期望值。

$$E_{NG}(X) = \sum Cost*P_{(NG)}i$$
$$= Cost*\sum P_{(NG)}i \cdots\cdots（2）$$

而這不良水量計生產的期望值，便是這產品生產的量化風險評估。

如圖 1 為一典型的常態分佈曲線，縱座標軸為發生機率，橫軸為產品器差的變異範圍，假設原產品單位成本為每只 500 元，目前內部資料分析，允收器差恰為±2 倍標準差範圍，則該公司產品不合格機率為(0.1%+2.1%)×2=4.4%，每只產品不合格的期望值為 500×4.4%=22 元；若今產品允收標準變嚴格，恰為 1 倍標準差範圍，則該公司產品不合格機率增為 31.6%，每只產品不合格的期望值增為 158 元，此時製造商必須考量提升生產品質以符合要求，或將此風險轉嫁到消費者身上（增加售價），此端賴市場供需等因素而定。

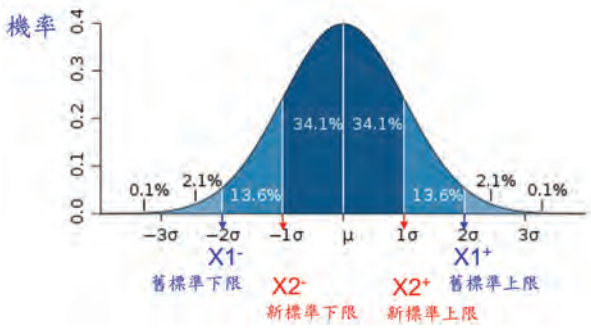


圖 1　以常態分佈曲線說明規範變革造成影響[4]

二、案例研究-以配合ISO 4064變革修正水量計允收規範為例

研究以臺北自來水事業處（以下稱北水處）2008 至 2013 年水量計採購正式驗收器差數據為標的進行分析[5]，相關水量計數量如表 1，因口徑 13mm、40mm 之試驗樣本偏少，本研究選定以口徑 20mm、25mm 為分析標的，2 廠牌合計共 1,856 樣本，因每只樣品須經 Q_1（最小流量）、Q_2（分界流量）、Q_3（常設流量）器差測試，故共有 5,568 測試數據，另依北水處驗收規範，取樣須由 2 萬只水表抽 32 只樣品，本案 1,856 樣本相當於 1,160,000 只水量計採購案。

表 1　2008-2013 北水處水量計採購驗收知各廠牌與口徑統計表

口徑(mm)	廠牌	
	A 廠牌	B 廠牌
13	72	113
20	412	500
25	456	488
40	80	78
數量小計	1,020	1,179
數量合計	2,199	

研究依如下步驟進行：

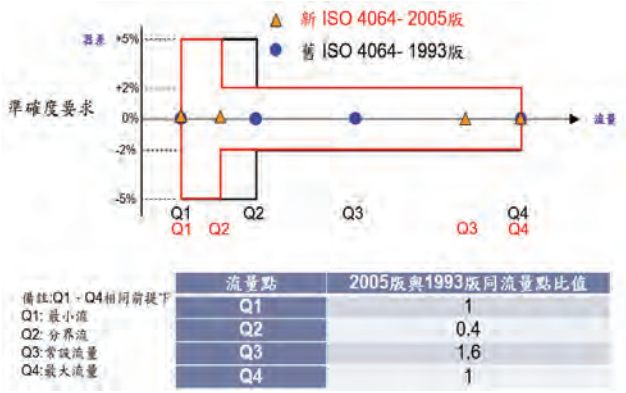
(一)選擇機率分佈曲線：

研究以有限的樣本進行機率計算時，必須了解此樣本的分佈偏向何種機率分配曲線（如常態分佈、Beta 分佈、二項式分配等等），方可計算累積分佈機率，然經網路相關軟體分析所有樣本，其結果莫衷一是，比如以口徑 20mm 之 A 廠牌水量計言，其 3 器差測試流量點 Q_1、Q_2、Q_3 之常態分佈模擬排

名分別為各種分配之第 4、第 6、第 11 名(若以 Beta 分配計為第 14、13、2 名等等)，但其 25mm 之 A 廠牌 3 流量點器差常態分配模擬排名分別為各種分配之第 20、第 6、第 16 名(如相應以 Beta 分配為第 15、4、8 名等等)，為易於解說，本研究中暫定採用常態分佈，後續其他案例應用時，則可依樣本分佈採較貼切模式使用。

(二)ISO4064 變革介紹：

ISO 4064 封閉管流量測在 1993 與 2005 年規範，於 Q_1、Q_2、Q_3、Q_4 定義有較大的變革，若假設水量計採購方對 Q_1、Q_4 要求不變的前提下，可簡單歸納規範修正前後的 Q_1~Q_4 的比值如圖 2，可以發現對水量計要求準確度較高的±2%區間明顯變大，新版的 Q_2 僅為舊版的 0.4 倍，這樣的規範修訂若執行，將為水量計製造商造成壓力，增加產品違約風險，而本研究即嘗試以期望值來量化此風險。



流量點	2005版與1993版同流量點比值
Q1	1
Q2	0.4
Q3	1.6
Q4	1

備註:Q1 - Q4相同前提下
Q1: 最小流
Q2: 分界流
Q3: 常設流量
Q4: 最大流量

圖 2　ISO 4064 2005 年與 1993 年規範於 Q_1~Q_4 之差異比較(假設 Q_1、Q_4 需求相同)[6]

(三)由離散數據繪製成常態分佈曲線：

然而如表 1 廠牌 B、口徑 20mm 水量計共取樣 500 只，其於流量點 Q_1 的器差測試值也只是 500 個彼此獨立的離散數據，若將此一維數據依器差區間間隔，統計各區間的累計樣本數，則可得到如圖 3 廠牌 B、口徑 20mm、Q_1 流量點之量測器差分佈。

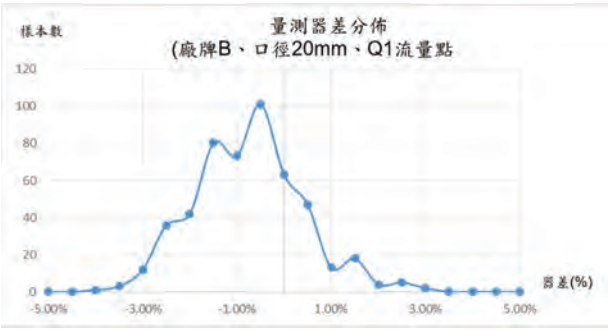


圖 3　廠牌 B、口徑 20mm、Q_1 流量點之量測器差分佈

而後如圖 4，可依各器差樣本求取平均數、標準差等數據，模擬常態分佈曲線，並取得各常態分佈累積機率函數，此累積機率函數可以簡單以微軟 Office Excel 函數 NORM.DIST(X,算術平均數,標準差,選擇累計機率)推算，故如下圖 4 輸入 NORM.DIST(X1,算術平均數,標準差,TRUE)，便可得到產品允收器差 X1 以下所有不合格的發生機率累積數。

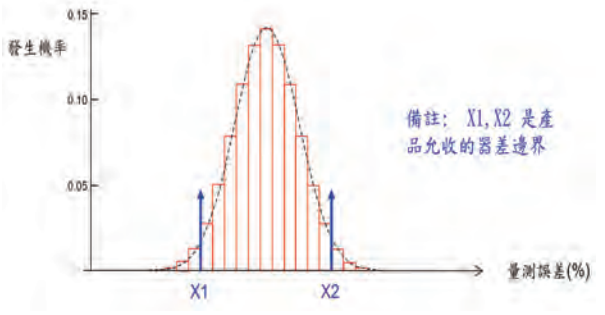


圖 4　離散數據繪製成常態分佈曲線示意

而本產品的不合格發生百分率即為圖 4 中 X1 左側與 X2 右側常態曲線下方與 X 軸之面積總和，即 NORM.DIST(X1,……)+1-NORM.DIST(X2,……)。

(四)水量計單一流量點不合格累計機率計算：

首先，整理 2008-2013 北水處水量計採購（20mm、25mm）各流量點（舊採購規範）器差算術平均數及標準差如表 2，若以目前北水處依舊規範採購大宗口徑 20、25mm B 級水量計為例，假設以衝擊最小的 Q_1、Q_4 皆相同、Q_3/Q_1 量乘比為 80，可整理出新舊規範各特徵點流量規定如表 3，其中 Q_2 為器差±2%與±5%之分界流量點（如圖 2），Q_3 為常設流量點，這 2 點的流量都有變化，所以表 2 所得到的舊規範驗收數據無法直接推算新規範下的流量點器差，茲作如下處理：

1.新 Q_3 流量點器差算術平均數及標準差：依相關經驗數據了解，舊 Q_3 流量點至 Q_4 流量點間器差變異不大且標準差小，故研究建議新 Q_3 流量點器差算術平均數及標準差可假設同舊 Q_3 流量點。

2.新 Q_2 流量點器差算術平均數及標準差：

研究採用 2 維曲線內差的方式，如圖 5 為 B 牌 20mm 水量計於 Q_1~Q_3 流量點之器差曲線，由表 2 可知，Q_1、Q_2、Q_3 流量點的對應平均器差分別為-1.05%、-0.57%、0.12%，則這 3 點可以 1 組 2 維曲線擬合（ $y=-0.0448x^2+0.119x-0.0163$ ），同樣地這 3 流量點的正、負 3 倍標準差也分別可得到 2 條曲線擬合（曲線方程式如圖 5），而正、負 3 倍標準差的區間依常態分佈則涵蓋約 99.7%的樣本數，另依表 3 得知新標準的 Q_2 流量為 0.08 CMH，帶入圖 5 的 3 方程式可得新 Q_2 流量點的器差算術平均數為-0.71%，3 倍正、負標準差分別為 2.37%、-3.80%（皆超過±2%的規範要求），標準差為 1.03%。

表 2　北水處採購 2008-2013 年水量計(20mm、25mm)各流量點器差算術平均數及標準差

口徑＼流量點	A牌水表 Q1	Q2	Q3	樣本數	B牌水表 Q1	Q2	Q3	樣本數
20mm 算術平均	-0.58%	0.58%	0.17%	412	-1.05%	-0.57%	0.12%	500
20mm 標準差	1.40%	0.47%	0.47%	412	1.16%	0.51%	0.42%	500
25mm 算術平均	-0.26%	0.58%	-0.35%	456	0.17%	0.10%	0.31%	488
25mm 標準差	1.32%	0.49%	0.59%	456	1.03%	0.47%	0.38%	488

表 3　水量計 20mm、25mm 於 Q_3/Q_1=80、Q_1 及 Q_4 相同下之新舊規範各特徵點流量規定

口徑＼流量點	特徵點流量規定(CMH) Q1	Q2	Q3	Q4
20mm 舊規範	0.05	0.2	2.5	5
20mm 新規範	0.05	0.08	4	5
25mm 舊規範	0.07	0.28	3.5	7
25mm 新規範	0.07	0.112	5.6	7

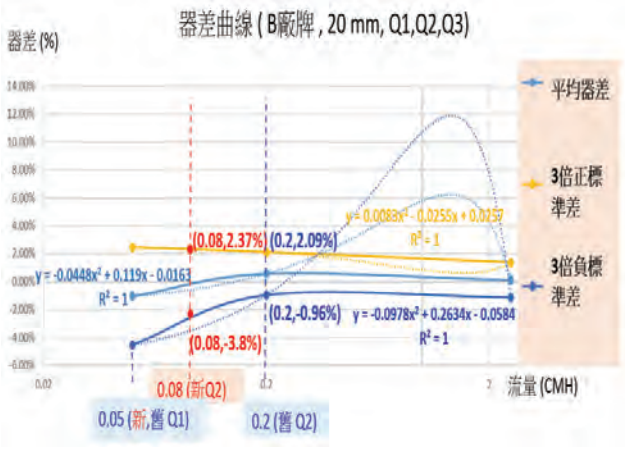


圖 5　B 牌 20mm 水量計於 Q_1~Q_3 流量點之器差曲線

接著帶入前節 Excel 之 NORM.DIST 函數，計算 Q_2 流量點累計不合格百分率（器差大於+2%及小於-2%之累計機率分別為 0.42%、10.41%）合計為 10.83%。

依此方式計算，可得 A、B 廠牌口徑 20、25mm 水量計於舊版與新版規範下在 Q_1~Q_3 流量點的不合格機率比較如表 4。

表 4　A、B 廠牌口徑 20、25mm 水量計於舊版與新版規範下在 Q_1~Q_3 流量點的不合格機率

	A牌舊版規範			A牌新版規範		
測試流量點 / 口徑	Q1	Q2	Q3	Q1	Q2	Q3
20mm	0.0856%	0.1176%	0.0055%	0.0856%	11.0150%	0.0055%
25mm	0.0202%	0.1903%	0.2555%	0.0202%	8.2146%	0.2555%

	B牌舊版規範			B牌新版規範		
測試流量點 / 口徑	Q1	Q2	Q3	Q1	Q2	Q3
20mm	0.0348%	0.2426%	0.0003%	0.0348%	10.8355%	0.0003%
25mm	0.0002%	0.0028%	0.0003%	0.0002%	3.0832%	0.0003%

(五)水量計多流量點不合格機率計算：

因北水處水量計驗收規定須各流量點之器差皆符合規定，產品才算合格，故：

1.若有 3 流量測試，其合格(pass)機率為 P_{P1}, P_{P2}, P_{P3} ，不合格機率為 P_{NG1}, P_{NG2}, P_{NG3}

2.其中 $P_{P1}+P_{NG1} = P_{P2}+P_{NG2} = P_{P3}+P_{NG3} =1$

3.則連續 3 次試驗的機率分佈展開如下：

$(P_{P1}+P_{NG1})*(P_{P2}+P_{NG2})*(P_{P3}+P_{NG3}) = P_{P1}P_{P2}P_{P3} + (P_{P1}P_{P2}P_{NG3}+P_{P1}P_{P3}P_{NG2}+P_{P2}P_{P3}P_{NG1}) + (P_{P1}P_{NG2}P_{NG3}+P_{P2}P_{NG1}P_{NG3}+P_{P3}P_{NG1}P_{NG2}) + P_{NG1}P_{NG2}P_{NG3}$

，列式意義若以 $P_{P1}P_{P2}P_{P3}$ 為例，表示第 1、第 2、第 3 次試驗都合格，以 $P_{P1}P_{P2}P_{NG3}$ 為例，表示第 1、第 2 次試驗都合格，第 3 次試驗不合格。

4.因須 3 試驗皆合格產品才合格，故不合格產品機率為 $P_{NG} =1- P_{P1}P_{P2}P_{P3}$。

5.上述推估前提必須為 Q_1、Q_2、Q_3 這 3 種器差試驗結果為獨立，如以 B 廠牌口徑 20mm 水量計為例，Q_1、Q_2 器差試驗的相關係數為 0.6458，Q_2、Q_3 的相關係數為 0.2652，Q_1、Q_3 的相關係數為-0.0462，其中 Q_1、Q_2 相關係數偏高，累計不合格機率需做修正，此數學運算是複雜的，不過所幸 Q_1、Q_2 不合格機率差距超過 300 倍（分別為 0.0348%、10.8355%），不論修正與否，累計不合格機率差異小；另其餘相關係數經試算結果，累計不合格機率應不需進行修正。

6.若以表 4 中 B 廠牌口徑 20mm 水量計為例，依新規範 3 次試驗不合格機率為：

1- (1-0.0348%)*(1-10.8355%)*(1-0.0003%) =10.8668%

茲經計算後比較新舊版規範於 A、B 廠牌(口徑 20mm.25mm)水量計驗收不合格增加風險如表 5，可以發現當 A 廠牌口徑 20mm 水量計於舊版規範進行 3 器差試驗驗收時，不合格機率僅有 0.21%，但當採用新規範，則不合格機率提升至 11.10%，增加 10.89%。

表 5　比較新舊版規範於 A.B 廠牌(口徑 20mm. 25mm)水量計驗收不合格增加風險

產品不合格機率	A廠牌			B廠牌		
水量計口徑	舊規範	新規範	差異	舊規範	新規範	差異
20mm	0.21%	11.10%	10.89%	0.28%	10.87%	10.59%
25mm	0.47%	8.47%	8.00%	0.00%	3.08%	3.08%

(六)水量計產品不合格的期望值評估：

考量北水處近期 20mm、25mm 機械表每只採購單價分別約新臺幣 884 元、993 元，研究規範修正後量化北水處水量計採購之製造商風險如表 6。

表 6　量化規範改版之水量計採購風險

口徑	每只水量計成本（元）	A廠牌 驗收樣本數	A廠牌 驗收樣本推估水量計總採購數（只）	A廠牌 增加風險（元）	B廠牌 驗收樣本數	B廠牌 驗收樣本推估水量計總採購數（只）	B廠牌 增加風險（元）
20mm	884	412	257,500	24,788,907	500	312,500	29,254,789
25mm	993	456	285,000	22,640,400	488	305,000	9,328,242
加權平均每只水量計增加風險（元）				87.4			62.5

三、結果探討

茲依研究結果，分析規範修正後風險評

估如下：

(一)因規範修正所衍生的風險，A、B 廠牌皆於口徑 20mm 最大，且不論口徑 20、25mm，A 廠牌的風險皆較 B 廠牌為甚(如表 5)。

(二)採新版規範驗收，A 廠牌水量計每只將增加新臺幣 87.4 元驗收不合格風險，B 廠牌則增加 62.5 元的風險，2 家廠商間有 24.9 元的競爭力與成本差異(如表 6)。

(三)新規範施行，將提升製造商風險達 30 倍以上。

四、結論與建議

研究來自於日常對期望值的熟稔，發想能解決筆者關心的自來水事業規範修訂衝擊，期能提供一可執行的風險量化評估方法；簡略說明本研究結論、建議如下：

(一)本研究提供將生產產品風險量化與評估的方法，研究以水量計為例，但其運用範疇則不限於此。

(二)考量最小衝擊，本研究令最小流 Q_1, 與最大流 Q_4 於新舊版間採相同值（即相當將量乘比 $Q_3/Q_1=80$），如此前提下臺灣主要製表廠商面對規範改版，生產風險仍將至少提高 30 倍以上。

(三)若北水處依循日本規範修訂 $Q_3/Q_1=100$，廠商風險將更為提高，且損失除競爭力外，更重要的還有品牌價值與信譽。

(四)本研究於資料不足處採函數內插，及邊界假設，廠商若想要更精確了解其生產風險，可建立自己試驗之資料庫，以因應規範變革。

(五)規範改版若未給水量計製造商足夠的時間進行技術提升，則這些風險可能轉嫁到水量計買家（如北水處與台水)；但若水量計製造商未與時俱進，則終將為市場淘汰。

本研究採用 2008 至 2013 年水量計驗收資料為標的，至今水量計技術顯已提升，或已備妥因應新規範，本案在「期望值」的應用研究之外，更期望國內產業的發展能值得期待。

參考文獻

1.水量計檢定檢查技術規範第4版，經濟部標準檢驗局官網，https://www.bsmi.gov.tw/wSite/laws/review.jsp?lawId=52c50c901d1ea50e011d22177fed00c6。

2. 期望值註解，維基百科：https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%9C%9F%E6%9C%9B%E5%80%BC。

3. 風傳媒新聞網，https://www.storm.mg/article/3557456。

4. 常態分佈圖面引用出處，https://homepage.ntu.edu.tw/~clhsieh/biostatistic/4/4-1.htm。

5.廖介廷、時佳麟、曾喜彩、周家榮、梅英昌(2014)，臺北市政府103年度自行研究報告□藉探討40mm口徑電子式C級水量計於用戶用水模式分析」推演表差（計量）評估模型。

6.柯祖穎、周家榮，臺北自來水事業處，103年出國報告「赴東京都水道局技術交流研修」。

7.江珈儀、楊永名，經濟部標準檢驗局，108年出國報告「水量計的型式認證與檢定－OIML R49」。

作者簡介

周家榮先生

現職：臺北自來水事業處陽明營業分處股長

專長：資產風險管理、管網改善、小區計量實務及水量計、水壓研究等。

2022 國際水價現況解析

文/周國鼎

摘要

根據國際水協會(International Water Association, IWA)於 2022 年 9 月公布之世界 30 個國家（或地區）、170 個城市之家戶用水資料，以家戶全年使用 200 度水之水費為比較基準，臺灣有二項倒數第 1 名，分別是臺北市「水費負擔率」是全球城市中倒數第 1 名，臺灣的「水費負擔率」在所有國家中排名倒數第 1 名。

除「水費負擔率」外，本研究還將我國歷年「人均 GDP」、「平均每戶消費支出」及「家庭用水費占消費支出比率」等因素來審視我國自來水價格之合理性。

關鍵詞：自來水價格、水費負擔率、人均用水量

一、前言

許多外商來臺投資著眼於我國水、電價格低廉，時任日本交流協會副代表花木出在 104 年 6 月 2 日舉辦之「2015 台日投資論壇」演講時就直白的指出「臺灣因為薪資上漲率是亞洲最低、法人稅率是全球最低，同時，水、電價格之低在全球名列前茅，因此，來臺投資之日本企業有 81.8%獲利，也是亞洲第一。」

由於我國不合理偏低的水、電價格政策，來臺投資案不少是屬於高耗水、高耗電者，此類變相利用我國稅收補貼獲利者，在我國合理調整水、電價格政策前，不應該是我國所歡迎的投資類型。遑論近年來臺灣幾乎每年都有久旱不雨的情形，農作物及百姓均飽受缺水之苦。在國內民生用水已不敷使用之時，實不宜打腫臉充胖子廣邀高耗水產業來臺投資。

雖然臺灣平均年降雨量高達約 2,500 公釐，為全球平均值的 2.6 倍，不過臺灣降雨時空分布不均，水量豐枯現象懸殊，加上地形陡峭、河川短促、水流湍急，70%以上的降雨量全都流進大海，水資源不易蓄存，實際可用水量僅年降雨量之 26%左右。

我國是實質上缺水的國家，不過自來水價格低廉到不合理。我國主要 2 個自來水事業機構之一的台灣自來水股份有限公司（以下簡稱台水公司），其自來水價格自民國 83 年凍漲迄今已近 30 年，雖然臺北自來水事業處（以下簡稱北水處）從 105 年 3 月起實施新水價，惟新水價調整原則是基本費不漲、擴大用水費差別費率，平均每月用水量 20 度以下者則完全不調整，因此當年實際受影響用水戶僅 57.4 萬戶，約占全國用水戶數之 6.44%。

藉著國際水協會(International Water Association, IWA)於 2022 年所公布世界各國家戶用水資料之時機，讓社會大眾了解國際間之水價概況，並將臺灣地區現有水價與世界各國作各種面向之比較，有助於釐清水價之相關問題。

二、國際自來水費用資料

(一)資料來源

國際水協會於2022年9月在丹麥哥本哈根召開之世界水務雙年會，公布世界各國用水戶之水服務費用調查資料，相關費用均以美元計算，匯率則是依照 2021 年 12 月 31 日者（1 美元= 27.7171 元新臺幣）。

(二)資料範圍

本次國際水協會公布之水服務費用調查資料包括自來水及污水之相關費用，其中與自來水有關項目包括自來水「固定費用」(Fixed Charge)、自來水「變動費用」(Variable Charge)、「其他費用」(Other Charge Drinking Water) 及「營業稅」(VAT & Other Taxes)等 4 項。由於本文意旨在分析國際自來水價格現況，本文僅將與自來水相關項目者納入計算，包括自來水「固定費用」、自來水「變動費用」及「營業稅」。其他隨水費徵收者如「污水下水道使用費」、「污水處理費」、「一般廢棄物清除處理費」及「水源保育與回饋費」等費用，則不列入計算。

該水服務費用調查資料範圍涵蓋 30 個國家（或地區）及 170 個當地主要城市，代表我國家戶用水服務費用資料之城市為臺北市及高雄市，其自來水相關費用則分別代表北水處及台水公司之水費。

臺北市及高雄市之平均水價則分別依據《110 年臺北自來水事業統計年報》及《110 年台灣自來水事業統計年報》之相關數據統計而得，依序是 10.43 元及 10.56 元（計算結果詳 3.1.1.1）。

(三)「200 度／戶／年」之水費為比較基礎

本次國際水協會所公布之水價資料分別列出每家戶每年使用 100 度及每家戶每年使用 200 度者，惟我國人均用水量 282 公升者（相當於全年 272 度）與 200 度者較為接近，因此本文僅取每家戶每年使用 200 度自來水之相關數據作分析比較。

1.自來水「固定費用」

自來水「固定費用」就是其費用不隨用水量多寡而變動者，即使用水量為 0，仍應繳「固定費用」。我國自來水「固定費用」就是依據用戶水表口徑大小收取不同費額之「基本費」，大口徑用戶可享受水流量大之便利性且占用較多設備資源，故應較小口徑用戶負擔較高之基本費。

2.自來水「變動費用」

自來水「變動費用」就是其費用隨用水量多寡而改變者，用水量愈多，費用就愈多。

3.自來水「其他費用」

自來水「其他費用」是自來水事業機構代徵收費用，也就是受託代收之費用，代收後再匯繳相關主管機關。這些代徵收費用包括「水源保育與回饋費」、「一般廢棄物清除處理費」及「下水道使用費」等，非屬自來水事業機構之收入。

三、分析討論方法

(一)計算單位水價

依據國際水協會於2022年9月公布世界各國（或地區）主要城市家戶每年用水 200 立方公尺（度）之自來水費用（以美元計）調查資料，分別計算出各國（或地區）主要城市單位水價及各國（或地區）平均水價，再根據 2021 年 12 月 31 日美元匯率（1 美元兌換新臺幣 27.717 元），換算成新臺幣。

1.各國（或地區）主要城市單位水價

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

(1)我國主要城市單位水價計算方式

我國自來水事業機構之「固定費用」即其所稱之「基本費」，係依照用戶水表口徑大小計費，口徑愈大者，其計費價格愈高；「變動費用」則依照用水量級別之累進計費價格計費，用水量愈多，其累進計費價格愈高；至於我國目前「營業稅」稅率，則由行政院統一訂為 5%。

台水公司依照用戶水表口徑大小，將「基本費」分為 13 mm、20 mm、25 mm、40 mm、50 mm、75 mm、100 mm、150 mm、200 mm、250 mm、300 mm、350 mm、400 mm 等 13 級距；北水處則因供水轄區內大用水戶較少，故僅分為 11 級距，而無 350 mm、400 mm 者。

每年使用 200 度的自來水量相當於平均每月用水量 16.66 度，或平均每 2 個月用水量 33.33 度，此類型用水戶多屬於家戶型之小用水量者，其所採用水表口徑也屬於小型者，如 13 mm、20 mm、25 mm 者。

北水處及台水公司 110 年總用水戶分別是 1,723,516 戶及 7,450,074 戶，其中採用水表口徑 13 mm、20 mm、25 mm 之水表總數所占比率分別為其自來水事業機構之 95.94%及 99.01%。因此，臺北市與高雄市之單位水價計算將分別以其水表口徑 13 mm、20 mm、25 mm 者所占比率及對應之收費標準為依據。

如以每月用水量 16.66 度計費，臺北市及高雄市之全年「固定費用」、「變動費用」、「營業稅」、年度水費及平均水價計費統計結果詳見表 1。

表 1　每月用水量 16.66 度之年度計費統計表

項目	臺北市	高雄市
固定費用（未稅）	1,034.08 元	452.12 元
變動費用（未稅）	952.38 元	1,559.93 元
營業稅	99.32 元	100.60 元
年度水費	2,085.78 元	2,112.65 元
平均水價（含稅）	10.43 元	10.56 元

2.各國（或地區）單位水價

各國單位水價以所涵蓋城市之單位水價加總平均後得之。

(二)計算「水費負擔率」

若僅就單位平均水價之高低，來評定水價廉價與否，對於世界各國家（或地區）不盡相同的國民所得及國民生產毛額而言，顯得有失公允。為求公平合理的水價比較，本文以所公布用水 200 立方公尺（度）之自來水費用代表每年家戶平均自來水費用，以該費用除以該國（或地區）「人均 GDP」，所得數值稱之為「水費負擔率」。

定義：水費負擔率＝200 度之自來水費用÷人均 GDP

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

1.各國（或地區）主要城市「水費負擔率」

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

2.各國（或地區）平均「水費負擔率」

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

(三)討論項目

將各城市水價、水費負擔率及各國（或地區）人均 GDP 值，以各國（或地區）國名英文字母依序列冊（詳見附表），再就各種面向將我國 2 個代表城市(臺北市及高雄市）之自來水價格與世界其他 30 個國家（或地區）及 170 個城市者加以比較分析，以進一步了解國際水價之現況與趨勢。分析比較之項目包括：

- 各國（或地區）主要城市單位水價
- 各國（或地區）主要城市水費負擔率
- 各國（或地區）平均水價
- 各國（或地區）平均水費負擔率
- 人均用水量與水費負擔率之相關性
- 臺灣地區家庭用水費占消費支出比率統計

四、分析討論

國際水協會所提供自來水費用調查資料，可供比較之資料範圍涵蓋共 30 個國家（或地區）及 170 個當地主要城市，本文將分別以「城市」及「國家」之區別，進行分析討論自來水價格相關面向。

(一)各國（或地區）主要城市單位水價（詳見附表）

1.各國（或地區）主要城市單位水價之排名

- 最高之城市為美國洛杉磯，每度水價為 150.90 元。
- 最低之城市為印度孟買（第 170 名），每度水價為 1.95 元。
- 各國主要城市自來水價格之平均值為每度 39.96 元。
- 臺北市及高雄市之水價在 170 個城市中分別排名第 165 名及 164 名，也就是倒數第 6 名及倒數第 7 名，平均每度水價分別是 10.43 元及 10.56 元，低於 96%以上之城市，約僅占所有 170 個城市平均水價 39.96 元之 26%。
- 亞洲國家（或地區）主要城市之中國大陸北京自來水價格排名第 147 名(17.77 元)、上海第 166 名（9.91 元）、天津第 152 名（17.07 元)；日本東京第 91 名(33.89 元)、仙台第 45 名(51.96 元)、札幌第 65 名(43.22 元)；韓國首爾第 161 名（12.84 元）、釜山第 139 名(20.64 元)；新加坡第 72 名(40.00 元)；香港第 155 名（15.82 元)；澳門第 150 名（17.62 元)；印度 Hyderabad 第 168 名（5.22 元）、孟買第 170 名（1.95 元)。總計，亞洲國家（或地區）僅中國大陸、日本、韓國、新加坡、香港、澳門、印度及我國列入本次國際水協會每年家戶用水量 200 度者之統計，該地區水價最高之城市為仙台；最低者為孟買。

2.各國（或地區）主要城市水費負擔率之排名

- 最高之城市為歐洲國家希臘首府雅典之 2.079%。
- 最低之城市為我國之臺北市，比值為

0.149%。

- 各國主要城市家戶水費負擔率之平均值為 0.775%。
- 臺北市及高雄市之水費負擔率在 170 個城市中分別排名第 170 名及 169 名，也就是倒數第 1 名及倒數第 2 名，分別是 0.149%及 0.151%，僅約占所有 170 個城市平均水費負擔率 0.775%之 19%。
- 亞洲國家（或地區）主要城市之中國大陸北京排名第 80 名(0.782%)、上海第 149 名(0.436%)、天津第 89 名(0.751%)；日本東京之排名為第 131 名(0.591%)、仙台第 41 名(0.906%)、札幌第 87 名(0.753%)；韓國首爾第 165 名(0.219%)、釜山第 154 名(0.352%)；新加坡第 157 名(0.309%)；香港第 167 名(0.203%)；澳門第 163 名(0.232%)；印度孟買第 164 名(0.230%)、Hyderabad 第 123 名(0.617%)。

(二)各國（或地區）平均水價

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

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

1.各國（或地區）平均水價之排名

- 最高之國家（或地區）為馬爾他，平均每度水價為 112.47 元。
- 最低之國家（或地區）為斯里蘭卡，平均每度水價為 2.80 元。
- 各國（或地區）自來水價格之平均值為每度新臺幣 40.16 元。

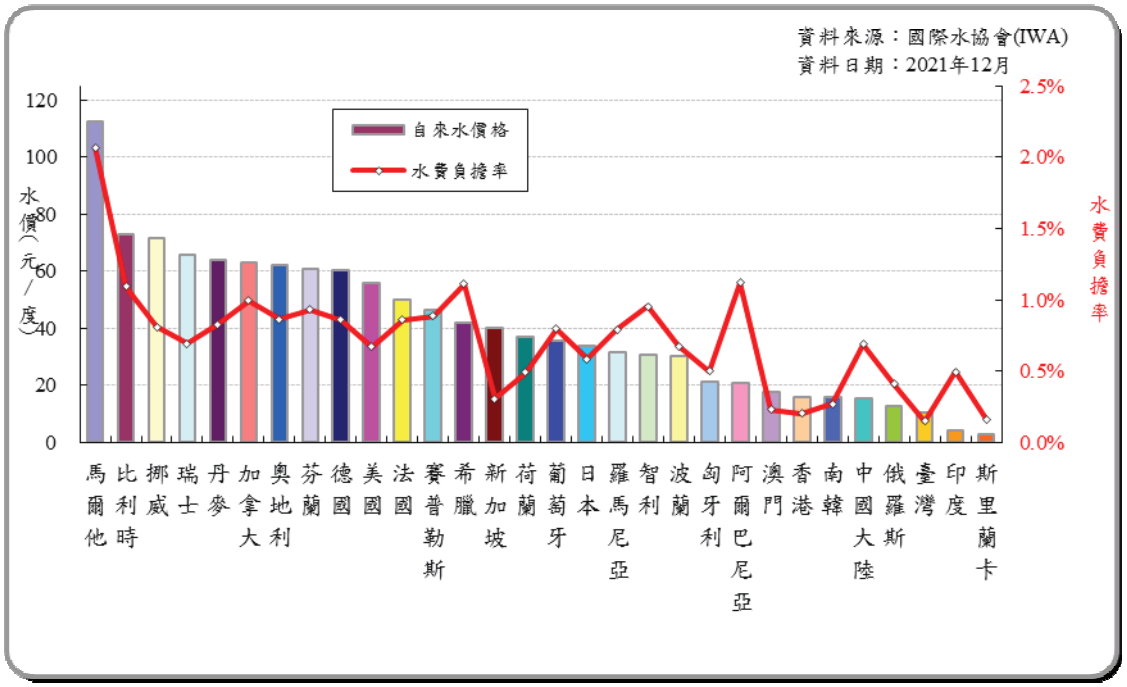


圖 1　各國家戶自來水平均水價及水費負擔率

表 2　各國（或地區）家戶自來水平均水價統計表（依英文字母排序）

資料來源：國際水協會(IWA)
製表人：周國鼎

項次	國家（英文）	國家（中文）	人均 GDP (美元)	個人 GDP 排名	平均水價 (新臺幣/度)	平均水價排名	水費負擔率	水費負擔率排名
1	Albania	阿爾巴尼亞	13,300	28	20.69	22	1.122%	2
2	Austria	奧地利	51,900	9	62.18	7	0.865%	9
3	Belgium	比利時	48,200	12	73.20	2	1.096%	4
4	Canada	加拿大	45,900	14	63.16	6	0.993%	5
5	Chile	智利	23,300	26	30.81	19	0.954%	6
6	China	中國大陸	16,400	27	15.63	26	0.688%	17
7	Cyprus	賽普勒斯	37,700	19	46.45	12	0.889%	8
8	Denmark	丹麥	55,900	6	64.18	5	0.828%	12
9	Finland	芬蘭	47,300	13	61.09	8	0.932%	7
10	France	法國	42,000	16	50.04	11	0.860%	10
11	Germany	德國	50,900	10	60.60	9	0.859%	11
12	Greece	希臘	27,300	24	42.03	13	1.111%	3
13	Hong Kong, China	香港	56,200	5	15.82	24	0.203%	28
14	Hungary	匈牙利	31,000	22	21.49	21	0.500%	21
15	India	印度	6,100	30	4.21	29	0.498%	22
16	Japan	日本	41,400	17	33.72	17	0.588%	20
17	Macao, China	澳門	54,800	7	17.62	23	0.232%	27
18	Malta	馬爾他	39,200	18	112.47	1	2.070%	1
19	Netherlands	荷蘭	54,200	8	36.94	15	0.492%	23
20	Norway	挪威	63,600	3	71.60	3	0.812%	13
21	Poland	波蘭	32,200	20	30.22	20	0.677%	18
22	Portugal	葡萄牙	32,200	20	35.52	16	0.796%	14
23	Romania	羅馬尼亞	28,800	23	31.73	18	0.795%	15
24	Russia	俄羅斯	26,500	25	12.60	27	0.413%	24
25	Singapore	新加坡	93,400	1	40.00	14	0.309%	25
26	South Korea	南韓	42,300	15	15.81	25	0.270%	26
27	Sri Lanka	斯里蘭卡	12,500	29	2.80	30	0.161%	29
28	Switzerland	瑞士	68,400	2	65.68	4	0.693%	16
29	Taiwan	臺灣	50,500	11	10.50	28	0.150%	30
30	U. S. A.	美國	60,200	4	56.05	10	0.672%	19
-	-	平均人均 GDP	41,787	平均水價 (新臺幣/度)	40.16	平均水費負擔率	0.718%	-

- 在 30 個國家（或地區）中，臺灣平均每度水價為 10.50 元，排名第 28 名（倒數第 3 名），僅有斯里蘭卡及印度者較臺灣為低，僅占各國（或地區）單位水價平均值 40.16 元之 26%。
- 亞洲國家（或地區）之中國大陸自來水價格平均值排名第 26 名（15.63 元）、日本排名第 17 名（33.72 元）；韓國第 25 名（15.81 元）；新加坡第 14 名（40.00 元）；香港第 24 名（15.82 元）；澳門第 23 名（17.62 元）；印度第 29 名（4.21 元）；斯里蘭卡第 30 名（2.80 元）。

2.各國（或地區）平均水費負擔率之排名

- 最高之國家為馬爾他，平均值為 2.070%。
- 最低之國家（或地區）為臺灣，比值為 0.150%。
- 各國水費負擔率的平均值為 0.718%。
- 亞洲國家（或地區）之中國大陸水費負擔率平均值排名第 17 名(0.688%)、日本之排名為第 20 名(0.588%)；韓國第 26 名(0.270%)；新加坡第 25 名(0.309%)；香港第 28 名(0.203%)；澳門第 27 名(0.232%)；印度第 22 名(0.498%)；斯里蘭卡第 29 名(0.161%)。

(三)人均用水量與水費負擔率

本次國際水協會所公布的資料，包括世界上 145 個城市之 2020 年人均用水量。將此 158 個城市之「人均用水量」由高而低排列，再將其「水費負擔率」對應繪圖如附圖。由該圖可發現，隨著「水費負擔率」上升，「人均用水量」有逐漸下降的趨勢。因此，政府相關機關如要降低「人均用水量」，並提高

表 3　我國家庭用水費占消費支出比率統計表

年度	人均 GDP (美元) 註[1]	平均每戶消費支出 (萬元新臺幣／年) 註[2]	家庭用水費占消費支出比率 註[3]
101	21,308	72.8	0.33%
102	21,916	74.8	0.32%
103	22,668	75.5	0.32%
104	22,400	76.0	0.32%
105	22,592	77.7	0.31%
106	24,408	81.1	0.30%
107	25,838	81.1	0.30%
108	25,908	82.9	0.30%
109	28,383	81.5	0.31%
110	33,011	81.5	0.30%

註 1：中華民國統計資訊網(https://www.stat.gov.tw/ct.asp?xItem=37407&CtNode=3564&mp=4)「國民所得統計常用資料」
註 2：中華民國統計資訊網-主計總處統計專區家庭收支調查統計表 (https://win.dgbas.gov.tw/fies/a11.asp?year=110)「第十表 - 可支配所得、消費支出及儲蓄」
註 3：台灣自來水公司「每戶（每人）每月水費及每戶家庭每年水費占消費支出比率」(https://www.water.gov.tw/ch/Subject/Detail/58196?nodeId=793)

用水效率，捷徑之一就是調高自來水的價格。

(四)家庭用水費占消費支出比率

根據行政院主計總處及台水公司公布之統計資料，將近 10 年（101 年至 110 年）之我國「人均 GDP」、「平均每戶消費支出」及「家庭用水費占消費支出比率」彙整編製成表 3。

由該表可發現，該期間我國人均 GDP 由 21,308 美元成長至 33,011 美元，成長率為 55%；平均每戶消費支出則由新臺幣 72.8 萬元上升至 81.5 萬元，成長率為 12%，惟同期間之家庭用水費占消費支出比率卻由 0.33% 下降至 0.30%。

我國 110 年家庭用水費占消費支出比率為 0.30%，與世界衛生組織認定合理的比率為 2%至 4%差距頗大。我國在人均 GDP 及平均每戶消費支出逐年成長下，每戶每年自來水費負擔占消費支出比率倒是不增反減，不僅無法維持原有已不合理之極低比率，遑論要達到世界衛生組織所認定之標準。

五、結論

台水公司自來水價格已近 30 年未曾調整，由諸多數據顯示，相較世界各國，我國自來水價格已明顯不合理之偏低。此外，不僅我國的「水費負擔率」在國際水協會所公布全世界 30 個國家（或地區）裡排名全球倒數第 1 名，臺北市者也是在渠等國家（或地區）之 170 個主要城市中倒數第 1 名，更是我國水價過低的明顯例證。

當「水費負擔率」上升，「人均用水量」有逐漸下降的趨勢，顯示水價高低攸關用水效率。政府相關機關如要鼓勵民眾節約用水、珍惜水資源，捷徑之一就是調高自來水的價格。

過低的水價除了使自來水事業機構之財務狀況失衡，導致無法適時更新設備與汰換老舊管線，進而降低經營績效，同時相對形成政府對於大量用水者之補貼，一般用水少的百姓反而吃虧，衍生用水效率與社會公平的問題。

台水公司之水價自民國 83 年起即無調整過，迄今已經過 29 個年頭，合理之水價政策已迫切需要一個理性及客觀之討論空間。

參考文獻

1. 維基百科，Google 台灣資料中心，取自 https://zh.wikipedia.org/zh-tw/Google%E5%8F%B0%E7%81%A3%E8%B3%87%E6%96%99%E4%B8%AD%E5%BF%83
2.數位時代，甘做「企業最強外掛」不搶生意！微軟Azure客製6朵產業雲+組螞蟻戰隊突圍，取自 https://www.bnext.com.tw/article/72333/azure-nov -mag
3.數位時代，資料中心落地台灣2大疑問：我們是撿到寶，還是來了一隻吃電怪獸？，取自 https://www.bnext.com.tw/article/61007/data-center-google-azure-renewable-energy
4.CSRone，Google「不能說的祕密」 資料中心是吃水大怪獸，取自https://csrone.com/news/6102
5.中時新聞網，台灣有3低 在台日企8成獲利，取自 http://www.chinatimes.com/newspapers/20150603000052-260202
6.臺北自來水事業處，110年臺北自來水事業統計年報，111年5月
7.台灣自來水股份有限公司，110年台灣自來水事

業統計年報，111年4月
8.國際水協會(IWA)，2022年水服務費用調查資料，取自http://waterstatistics.iwa-network.org/
9.澳門自來水股份有限公司，服務收費，取自https://www.macaowater.com/customer/tariffs-charge
10.IBNET Tariffs DB，莫斯科水價，取自https://tariffs.ib-net.org/sites/IBNET/ViewTariff?tariffId=19584&countryId=0
11.經濟部水利署，110年自來水生活用水量統計，取自https://www.wra.gov.tw/News_ Content.aspx?n =2945&s=7414
12.國際水協會(IWA)，2020年人均用水量，取自https://waterstatistics.iwa-network.org/graph/U3BlY2lmaWMgV2F0ZXIgQ29uc3VtcHRpb24gZm9yIEhvdXNlaG9sZHMgKGxpdHJlcy9jYXBpdGEvZGF5KQ/100/2020
13.台灣自來水股份有限公司，清除處理費，取自 https://www.water.gov.tw/ch/Subject/ Detail/2274?nodeId=813
14.台灣自來水股份有限公司，污水下水道使用費，取自 https://www.water.gov.tw/ch/Subject/Detail?id=1287&nodeid=813
15.臺北自來水事業處，為什麼要收污水下水道使用費？收取之法源依據為何？如何計算？，取自 https://www.water.gov.taipei/News_Content.aspx?n=30E4EDA27F6D9953&sms=87415A8B9CE81B16&s=40AF1BFE3E71E9D4
16.維基百科，各國人均實質GDP列表，取自https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_GDP_(PPP)_per_capita
17.人間福報，閱報小辭典--購買力平價對比兩國價格差異，取自https://www.merit – times .com/NewsPage.aspx?unid=224545
18.行政院主計總處，國民所得統計常用資料，取自https://www.stat.gov.tw/ct.asp?xItem= 37407&CtNode=3564&mp=4
19.行政院主計總處，110年家庭收支調查報告，取自 https://ws.dgbas.gov.tw/win/fies/doc/ result/110.pdf
20.經濟部水利署，耗水費規劃說明，104年7月
21.Global Water Intelligence，Global Water Prices Outstrip Inflation as Scarcity, Neglect and Public Finances Catch up with Customers，取自http://www.prweb.com/releases/2014/10/prweb12216091.htm

作者簡介

周國鼎先生

現職：環境部國家研究院環教認證中心主任

專長：國際水價、優養化參數、漏水防治、空污防制

第九屆國際水協會亞太地區會議及展覽會「青年水務專家論壇」活動紀實

文/謝宗成、童心欣、林志麟、甘其銓、黃欽稜、陳品如

摘要

第 9 屆國際水協會亞太地區會議暨展覽會於 2023 年 10 月 22 至 25 日在高雄舉辦，由台灣自來水公司董事長同時也是中華民國自來水協會理事長李嘉榮與成功大學教授林財富主持開幕儀式，吸引 30 餘國，共 1,362 人共襄盛舉，發表論文達 501 篇，包括國際水協會主席 Tom Mollenkopf、經濟部長王美花、環境部次長葉俊宏、內政次長吳堂安等均出席 10 月 23 日的開幕典禮。

本次會議主題為 One Water，就 Water for Life, Water for People, Water for Resources,及 Water for Environment 幾個面向，共同討論未來城市發展之間的連結；主辦單位「中華民國自來水協會」為擴大青年投入水務工作，特別於開幕前 (10 月 22 日下午)推出「青年水務專家論壇(Young Water Professionals Fourm)」計有 100 餘人次參與(如圖 1)，來自各國的青年水專家們在論壇中展開熱絡的精彩交流，為本會議帶來青春活力的序曲。

關鍵字：IWA、YWP、青年事務、自來水、會議暨展覽會

一、前置籌備作業

中華民國自來水協會為強化協會青年參與協會運作及溝通機制，培養青年服務精神，增進青年會員福祉，促進自來水事務發展，於 111 年 12 月 1 日首度成立「中華民國，自來水協會青年事務委員會」(以下簡稱 YWP 委員會)致力於「1.提供青年溝通平臺、倡導青年參與自來水水務發展。2.整合資源、鼓勵青年志願服務。3.營造友善青年環境。4.輔導青年參與自來水事業、提升競爭力。5.啟發促進青年創意能力、注入本會創新活水。6.推動其他青年事務相關事項。」

圖 1　青年水務專家論壇與會人員及貴賓們

第 9 屆國際水協會亞太地區會議暨展覽會「青年水務專家論壇(Young Water Professionals Fourm)」即由中華民國自來水協會首度成立的 YWP 委員會負責籌辦，YWP 委員包括 2 名大學教授、4 名台灣自來水公司員工及 3 名臺北自來水事業處員工，於本次論壇前召開數次會議就活動程序、地點、場佈、餐點、主講者人力配置、圓桌討論議題、任務分組及路線引導等環節逐一討論，並於 10 月 2 日實際場勘及演練(如圖 2)。

圖 2　會議前辦理實地場勘

二、青年水務專家論壇活動

此次青年水務專家論壇假高雄萬豪酒店 8E 廳辦理，由嘉南藥理大學環境工程與科學系萬孟瑋教授主持，首先由國際水協會主席 (IWA President)Tom Mollenkopf 致詞，接續由台灣自來公司總經理李丁來致詞(如圖 3)。

圖 3　來賓致詞

本次論壇主講者陣容相當堅強，包含國際水協會專員 Isabella(IWA senior officer)分享「IWA YWP 的使命與願景」、國立臺灣大學童心欣教授以多年的教學經驗分享「YWP 論文寫作技巧指南」、中原大學環境工程系系主任林志麟用自身產學合作的經驗分享「YWP 的職涯與未來展望」，探討青年賦權、全球水挑戰以及年輕水專業人士團結起來時產生的靈感，期待青年朋友學習如何透過創新思維與協作，成為自來水事業領航者，期待有更多不同領域的優秀青年加入自來水事業，創造個人職涯及自來水永續經營的雙贏。

表 1　青年水務專家論壇流程

時間	議程
14:00-14:10	來賓致詞
14:10-14:40	IWA YWP 的使命與願景 (國際水協會專員 Isabella)
14:40-15:10	YWP 論文寫作技巧指南 (國立臺灣大學教授 童心欣)
15:10-15:30	休息
15:30-15:55	YWP 的職涯與未來展望 (中原大學環境工程系系主任 林志麟)
15:55-17:00	圓桌討論及分組發表 (15 分鐘分組討論 及 25 分鐘口頭發表-各組 5 分鐘)

青年水務專家論壇當日流程如表 1 所示，除了講座分享，最後一個流程「圓桌討論及分組發表」(包含 15 分鐘分組討論及各組 5 分鐘口頭發表)為此次 YWP Fourm 的亮點，讓年輕人借由此次活動互動，彼此認識、互換名片、暢談理想，然後總結內容、

上台發表，一直是 IWA 最重視的一種 Networking，也是 IWA 對於 YWP 會議要求一定要包含的部分。

此次的「圓桌討論及分組發表」打造了一個分享水務相關議題的空間，幫助青年更加了解因應未來環境變遷，水務議題的重要性，希望藉由與會者共同討論，激發出解決現在及未來的水務問題的新方案，分組討論主題(Topics)分別為「Water Supply & Quality 自來水供應及品質」、「Leakage Control 漏水控制」、「New Technologies 水科技」、「Carbon Reduction 減少碳排、及「Water Saving 節約用水」等 5 個，討論實況熱烈，應是歷屆之最，來自各國的水務青年專家經過熱絡交流，凝聚共識，最後之成果發表具有深度與廣度(如圖 5~圖 7)。

圖 4　講者與主持人

圖 5　與會者互動交流及留影

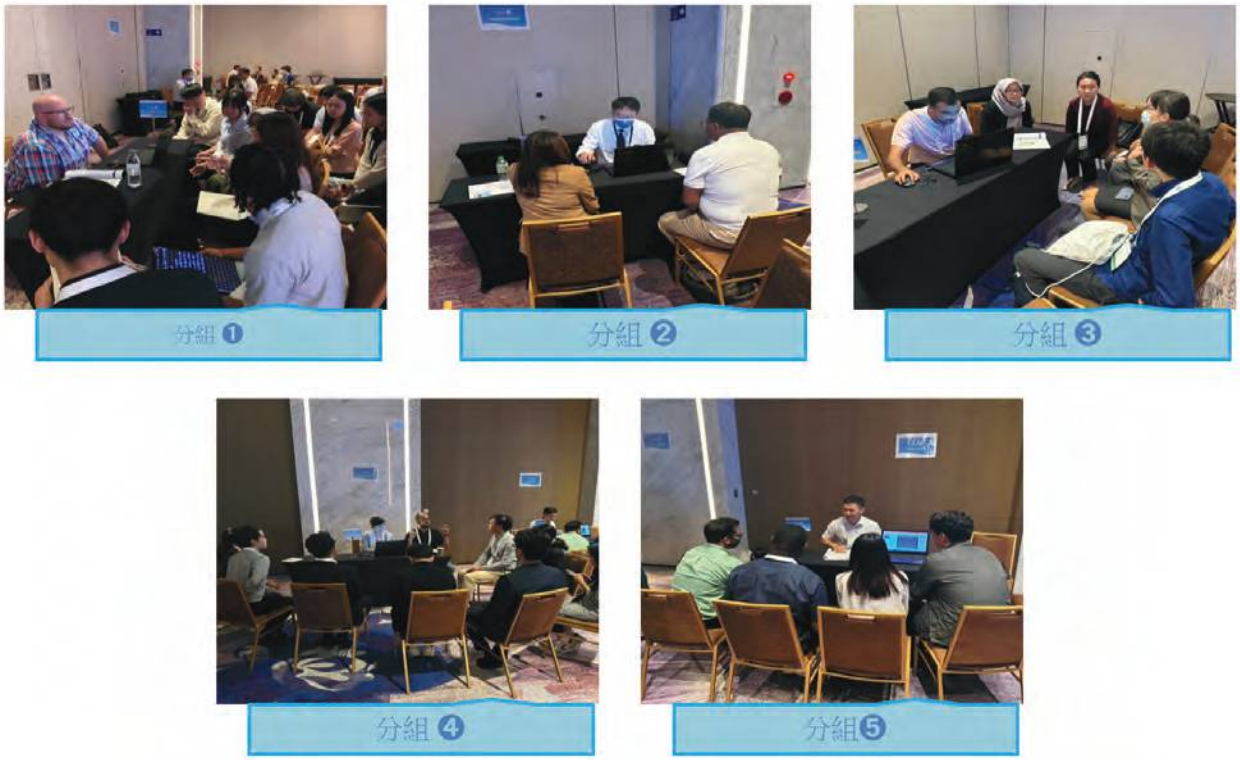


圖 6　分組圓桌討論實況

圖 7　分組口頭發表內容

三、國際水協會與中華民國自來水協會YWP座談

國際水協會執行長 Kala (IWA CEO)及國際水協會專員 Isabella(IWA senior officer)，與中華民國自來水協會青年事務委員會主委、副主委及委員們，亦藉由本次活動空檔(112 年 10 月 24 日中午休息時段)一起座談討論臺灣成立一個國際水協會青年事務委員分會(IWA YWP Chapter)的可能性。

國際水協會擁有各國形形色色的會員，若能在臺灣成立青年事務委員分會，可使台灣青年水務專家和各國各界不同人士打交道，學習如何應對進退，看到彼此的需要，大家互相協助完成共同目標，或到其他國家當主講者(keynote speaker)分享經驗，培養問題解決與創新能力，或可參加免費的線上網路研討會(Webinar)是與各國不同領域青年互相交流的難得機會，有助於青年未來發展，成為推動水務發展的關鍵力量，台灣加入會員後，國際水協會將盡力指導如何開源及撰寫企劃案以爭取到更多資源。

圖 8　IWA 及 CTWWA YWP 座談會

四、檢討與展望

國際水協會十分重視青年參與，因此冠名 IWA 的會議都要求辦理「青年水務專家論壇(Young Water Profession Fourm)」，中華民國自來水協會青年事務委員會於本次第 9 屆國際水協會亞太地區會議暨展覽會首次承辦國際型 YWP Fourm，幸賴的資深顧問國立臺灣大學童心欣教授指導，使活動圓滿成功，童心欣教授過去也一直長期參與 YWP 的會議，甚至 2014 在臺北的 IWA-YWP Fourm 就是童教授所主辦，她不但與 IWA 的幹部都彼此認識，更十分了解 YWP Fourm 的辦理要素、活動重點等，是讓本活動完滿的重要角色。

透過此這次活動，青年水務專家改變自身既有的觀點，將挑戰轉化為機遇，並應用集體討論產生創新的解決方案。以此次「圓桌討論及分組發表」中第 3 組為例，包括來自日本、尼泊爾、印度、新加坡及台灣等產官學界等各領域成員(如圖 9)，於討論新興水科技時見解明顯不同，透過分享產出意外的結論「新技術不一定是最先進的技術，已開發國家的成熟技術就是未開發國家的新技術」，所有與會者透過本次研討會互相分享及交流經驗，共同為創造美好水環境貢獻心力。

另外時值智慧經濟時代，人力資本扮演重要角色，只有高素質的人力才能有效地產生知識創新，不論為提供量足、質優自來水，或為提升服務品質，種種目標的達成，均須建構在「具備專業技術與人才」之基石上，始能自來水事業注入持續性競爭優勢的核心資源與能力，而青年擁有無限的活力與創意，如何促進自來水事業新陳代謝，有效引進新血，擴大青年參與水務是克不容緩的課題。

「青年水務專家論壇(Young Water Profession Fourm)」係中華民國自來水協會青年事務委員會的第一步，爾後將提案成立 IWA YWP 分會(Chapter)，並於明年水協慶祝大會承辦類似的 YWP 會議，以吸引在學青年加入自來水、年輕同仁願意留在自來水崗位，我們期待產官學界未來能持續有類似的交流平台，透過年輕人共同與會，關注水趨勢議題，探討青年因應策略及可行作為，促進青年參與水務及交流合作，啟發青年水環境永續的思考與行動，共同為解決水資源問題而努力。

圖 9　來自各國成員共同參與圓桌討論

圖 10　會議前中後花絮

作者簡介

謝宗成先生

現職：台灣自來水股份有限公司北區工程處副處長

專長：自來水工程規劃設計

童心欣女士

現職：台灣大學環境工程研究所教授

專長：水處理及供水系統

林志麟先生

現職：中原大學環境工程系系主任

專長：水處理物化技術、供水操作及水質管理

甘其銓先生

現職：嘉南藥理大學觀光事業管理系系主任

專長：有機化學、淨水技術

黃欽稜先生

現職：臺北自來水事業處 技術科一級工程師

專長：漏水控制、智慧水表、人工智慧、水理分析

陳品如女士

現職：台灣自來水公司公司第四區管理處大雅營運所主任

專長：自來水營運服務及管理

台水公司歷史沿革回顧與未來展望

文/言美玲、呂國禎、武經文

摘要

台水公司自民國 63 年成立迄今，肩負穩定供水之重責大任，陪伴國內民生與產業一同成長、發展。其間，內、外在環境更迭，台水公司肩負的任務依舊，惟任務內涵有不同偏重，可概分為五個階段。明(113)年適逢台水公司成立五十週年大慶，茲以本文回顧台水公司五十年來所面臨的挑戰、任務內涵，以及成長與蛻變。

關鍵字：台水五十週年、重大自來水工程建設

一、前言－台水深耕五十載

台水公司成立迄今，倏忽將屆五十載。驀然回首，看似篳路藍縷，卻又繁花似錦。近五十年來，台水公司經由供水管線之綿延伸展，深入台灣的每一個角落，因此與全台用戶(台北市、金門縣、連江縣等非屬台水供水轄區除外)的生活緊密結合。除了滿足民生、工業用水「量」之需求，亦致力水「質」之提升，陪伴國內民生與產業一同成長、發展。其間，內、外在環境更迭，台水公司肩負的任務依舊，惟任務內涵有不同偏重，幸賴全體同仁勞心勞力、克盡厥責，為水辛苦為水忙，台水方能穩健經營、成長茁壯，並在一次次的挑戰中蛻變。

本文之作，先以「台水深耕五十載」啟言，感念自來水先進、同仁的智慧與貢獻，胼手胝足一起走過半個世紀的風雨歷程，奠定公司永續發展的基礎；其次，內文依階段性任務偏重，概分五個階段闡述，依序為「二、第一階段(民國 63~72 年) —草創期」、「三、第二階段(民國 73~82 年)—建設期」、「四、第三階段(民國 83~92 年)—擴建期」、「五、第四階段(民國 93~102 年)—發展期」、「六、第五階段(民國 103 年~迄今)—永續經營」等；其末，以「傳承創新迎未來」結語，鋪陳公司的績效貢獻與未來展望，促進傳承與創新，以開創新時代、高績效的自來水經營新風貌。

二、第一階段(民國63~72年)—草創期

台灣地區自來水事業之發展，肇始於西元 1896 年建立之淡水自來水系統。其後陸續於全省各地興建自來水設施，台灣省地區計有 128 個水廠、280 個供水系統，各自操作供水，惟供水普及率成長緩慢，難以發揮功效。於台水公司成立前，台灣地區自來水發展歷時近 50 年，設計出水量 1,455 千立方公尺/日，設計供水人口 5,956 千人、供水普及率僅 41.03%，無法支應當時台灣經濟快速成長之需求。

政府為有效發展各地之公共給水，乃決定以公司組織形態採企業化方式經營自來水事業，於民國 63 年 1 月 1 日合併全省 128 個水廠，成立台水公司，定名為「台灣省自來水股份有限公司」。公司成立後，即劃分四大區域(北、中、南、東區)進行水源開發建設，並配合十大建設之需即時足量供水，積極辦理各地自來水新(擴)建工程，以加速

提高全省普及率；其中，陸續完成鏡面水庫、新山水庫及小琉球海底管線，並推動開發鳶山堰、永和山水庫、鳳山水庫、仁義潭水庫、寶山水庫等重大自來水工程建設(詳表 1)。歷經十年之整合及擴建，台水公司設計出水量由原有之 1,455 千立方公尺/日增加至 4,310 千立方公尺/日，實際供水普及率亦提升至 69.69%，於十年間普及率提高 28.66 個百分點，成長近 7 成，成效斐然。

三、第二階段(民國73~82年)—建設期

台水公司成立第一個十年間，以提高供水普及率為首要任務，積極投入大量人力、物力於自來水工程建設，提升民眾用水之便利性、安全性。又，民國 60 及 74 年間國家之十大建設陸續完成，接續積極推動十二項建設，帶動各項工商經濟發展，肇致第二個十年間用水需求量急遽攀高，因此，台水公司經營重點乃以提升出水能力為要務，冀期滿足各項建設及經濟發展用水需求。

此十年間投入新(擴)建工程，陸續完成(一)永和山水庫、鳳山水庫、鳶山堰、寶山水庫、仁義潭水庫、南化水庫等水源開發，以及(二)蘭潭水庫至水上淨水場導水幹管、鳳山水庫導水管、改善偏遠地區居民生活第一期及第二期計畫〔續推動第三期計畫〕、嘉義公園淨水場擴建、鯉魚潭淨水場一期等供水改善工程(詳表 2)。迨至民國 82 年底，台水公司設計出水能力已達 7,334 千立方公尺/日，相較十年前(民國 73 年設計出水能力 4,627 千立方公尺/日)提高近一倍，確保各供水區域供水無虞。更積極辦理區域性供水管網連通，使區域性各系統間相互支援，以有餘補不足，加強穩定供水。

表 1　第一階段(民國 63~72 年)—草創期之重要完竣工程及事件

重要完竣工程及事件	計畫期間	內容或效益簡述
鏡面水庫、新山水庫	69 年完工	配合十大建設之需即時足量供水，積極辦理各地自來水新(擴)建工程，以加速提高全省普及率。
小琉球海底管線	70 年完工	

▲小琉球至林邊鄉海底水管施工情形

▲施工中之臺中縣大肚山引水隧道

表 2　第二階段(民國 73~82 年)—建設期之重要完竣工程及事件

重要完竣工程或事件	計畫期間	內容或效益簡述
永和山水庫、鳳山水庫	73 年完工	民國 60 及 74 年間國家之十大建設陸續完成，接續積極推動十二項建設，帶動各項工商經濟發展，肇致第二個十年間用水需求量急遽攀高，因此，台水公司經營重點乃以提升出水能力為要務，冀期滿足各項建設及經濟發展用水需求。
鳶山堰、寶山水庫	74 年完工	
蘭潭水庫至水上淨水場導水幹管	75 年完工	
豐原第二淨水場	76 年完工	
仁義潭水庫	76 年完工	
鳳山水庫導水管	80 年完工	
南化水庫大壩	82 年完工	
鯉魚潭水庫(屬中水局管理)	81 年完工 (89 年二期完工)	第一期水庫工程於 81 年完工、第二期越域引水工程於 89 年完工，合計可供應中部地區每日 70 萬噸用水。
鯉魚潭淨水場一期	82 年完工	增加出水量每日 50 萬噸，除供應台中系統外，並可北送苗栗縣。

▲板新給水廠實景

▲南化水庫實景

四、第三階段(民國83~92年)—擴建期

民國 83 年後，台灣地區自來水進入高普及率時代，為滿足用水需求，台水公司持續辦理自來水工程新擴建，陸續完成澎湖成功、烏崁、望安海淡廠、牡丹水庫、酬勤水庫、南化水庫越域引水、新山水庫水壩加高、高屏溪攔河堰下游自來水工程等水源開發工程，以及新竹第二淨水場淨水處理設備工程、新竹科學園區供水計畫[楊梅至新竹]、平鎮淨水場第二期淨水處理設備、鯉魚潭淨水場淨水處理設備等淨水設備新擴建工程(詳表 3)。此外，在持續充裕水量的同時，台水公司亦開始推動提升飲用水水質與口感相關計畫；其中，尤以大幅改善大高雄地區水質，為台灣地區自來水水質提升樹立新的典範。

表 3　第三階段(民國 83~92 年)—擴建期之重要完竣工程及事件

重要完竣工程或事件	計畫期間	內容或效益簡述
澎湖成功海淡廠	84 年完工	新建海淡廠，減抽澎湖地區地下水。(已於 92 年改建為半鹹水淡化廠)
牡丹水庫、酬勤水庫	85 年完工	新建水庫，增加水源。
豐原第二淨水場二期工程	86 年完工	為因應大台中都會區、鄰近衛星城市、台中港、關連工業區及彰濱工業區等地區至 100 年用水需求，辦理豐原二場擴建(出水能力增加 60 萬 CMD)。
新山水庫水壩加高	88 年完工	提升庫容量。
南化水庫越域引水	88 年完工	有效利用旗山溪豐水期餘水，經由輸水管線送至南化水庫，增加水庫水源，亦紓緩乾旱期的供水壓力。
《921 集集大地震》 •后里圳緊急取、導水設備工程(88 年完工) •豐原廠緊急取、導、淨、送水等設備修復改善工程(88 年完工) •受損出水井之緊急(更生)工程(89 年完工)	88 年	1.921 地震重創中部地區，台水公司之供水設備遭受損害以屬第四區管理處之台中縣市、南投縣最為嚴重，所有供水設備幾近完全癱瘓，造成全面性停水。 2.在公司全員動員及相關人力、資材支援下，台中市於同(88)年 9 月 28 日恢復正常供水，台中縣、南投縣(東勢、石岡地區除外)於 10 月 15 日恢復正常供水；東勢、石岡地區於 11 月 25 日恢復正常供水。 3.辦理重要設施之緊急搶修工程(如左欄)。
澎湖烏崁海淡廠(一廠)	89 年完工	新建海淡廠，減抽澎湖地區地下水。 (101 年起「烏崁海淡廠一廠」與擴建之「烏崁海淡廠三廠」整併為「馬公第一海水淡化廠 10,000CMD 海水淡化廠」)
新竹第二淨水場淨水處理設備工程	90 年完工	為因應供水成長及新竹科學園區用水及配合隆恩堰完成後之供水需求，利用原第三抽水站用地規劃興建本淨水場(含廢水設施及污泥處理場)，設計出水量 160,000CMD。
新竹科學園區供水計畫[楊梅至新竹]	90 年完工	可使科學園區供水達到不匱乏的保障，平鎮淨水場與新竹地區之新竹供水系統可相互支援供水。可使平鎮、新竹第二、寶山、東興淨水場連成一體並交會於新竹科學園區，使科學園區供水安全獲得保障。
921 災後復建工程	90~91 年	復建因 921 地震受損之配水池(港尾、八張犁)、豐原一、二場設備(前處理設備、清水池、監控設備)、送水管線。
南投縣西南部地區供水工程(集集淨水場一期)	91 年完工	為解決竹山、名間及南投等地區地下水中硝酸鹽氮含量偏高，且範圍有逐漸擴大之趨勢，為避免飲用水影響居民健康，改善供水水質及水量。
平鎮淨水場第二期淨水處理設備工程	91 年完工	降低桃園大圳輸水負荷，穩定桃園地區供水。
鯉魚潭淨水場二期淨水處理設備工程	91 年完工	本計畫完成後可將大甲溪及大安溪水源互相調配支援，增加每日 60 萬噸出水能力，滿足台中及苗栗地區激增之用水需求。
澎湖望安海淡廠	91 年完工	新建海淡廠，減抽澎湖地區地下水。
高屏溪攔河堰下游自來水工程	84~91 年	充分利用高屏溪豐水期餘水並藉由高屏溪攔河堰與南化水庫聯合運用，以因應高雄及台南地區用水需求。

▲澎湖烏崁海水淡化廠

▲澄清湖淨水場高級淨水處理設備

另，鑒於台灣工業發展相當迅速，然而水資源開發益加不易，開發成本越來越高，政府遂核定於 80 年及 83 年分兩階段調整水價，採分段累進費率計收，以鼓勵節約用水，降低水源開發壓力。

茲摘錄本階段重大工程里程碑如下：

(一)興建澎湖海淡廠：澎湖地區因水源缺乏不敷用水需求，早期仰賴船運補充或鑿井取水。為徹底解決離島居民用水之苦，台水公司於澎湖地區興建海水淡化廠，先後於本階段完成成功海淡廠、烏崁海淡廠及望安海淡廠；其中成功海淡廠(後於 92 年改建為半鹹水淡化廠)為台灣第一座民生用水海淡廠。其後，隨著西嶼、馬公海淡廠的增擴建，海水淡化逐漸成為澎湖地區自來水的主要水源。

(二)921 集集大地震：民國 88 年 921 地震重創中部地區，在公司全員動員辦理后里圳及豐原廠緊急取、導水設備等工程下，台中市於 9 月 28 日恢復正常供水，台中縣、南投縣於 10 月 15 日恢復正常供水；東勢、石岡地區於 11 月 25 日恢復正常供水，並陸續完成因 921 地震受損之配水池、豐原一場及二場設備、送水管線等之復建工程。

(三)大高雄供水改善計畫：大高雄地區自來水水質雖能符合飲用水水質標準，但有感於用戶在口感及味覺等適飲性不甚滿意，乃於本階段期間辦理大高雄供水改善計畫，先後增設澄清湖、翁公園、拷潭及鳳山淨水場等高級淨水處理設備；以及完成原水取水口上移至高屏溪攔河堰工程、港西淨水場水生物處理工程、澄清湖原水除藻處理工程、鳳山水庫及澄清湖水庫水質改善工程等，大幅降低總硬度至 150 mg/L 以下，滿足高雄地區民眾對高品質飲用水之需求。

五、第四階段(民國93~102年)—發展期

因應消費者意識抬頭，用戶對自來水的需求拾級登高。為呼應消費者需求及價值觀之改變，台水公司除持續加強「充裕水量」，亦著重提升「供水品質」，包括改善偏鄉用水、區域供水問題及專業化顧客服務。

為改善偏鄉用水品質，加強辦理無自來水地區供水改善計畫，照顧偏鄉用戶用水權益，93~102 年間共計辦理 1,487 件延管工程，受益接水戶數約 30,084 戶。普及率由 92 年

底 89.15%躍升至 102 年底 91.56%，達先進國家水準。

為提升區域供水穩定，陸續完成板新地區供水改善計畫一期(最高支援達 53 萬噸)、南投集集堰下游自來水工程、新竹寶山淨水場第三期擴建工程、琉球鄉第二條海底管線工程、宜蘭羅東堰下游供水計畫等重大工程。此外，在「艾莉颱風」及「莫拉克颱風」後，陸續完成石門水庫下游「穩定供水設施及幹管改善計畫」、「曾文南化烏山頭水庫治理及穩定南部地區供水計畫-台水部分」(詳表 4)，提升桃園、台南及高雄地區供水穩定度，並於 99 年 6 月成立客服中心，提供 24 小時專人服務，遇災害期間，亦能整合停復水資訊，提供民眾完整、即時之訊息。

表 4　第四階段(民國 93~102 年)—發展期之重要完竣工程及事件

重要完竣工程或事件	計畫期間	內容或效益簡述
板新地區供水改善計畫一期	90~93 年	藉由北水處支援供應板新地區最大每日 53 萬立方公尺水量。
《艾莉颱風》 •穩定供水設施及幹管改善計畫(95~101 年)	93 年	大量降雨使石門水庫原水濁度飆升，造成南桃園地區連續缺水達 18 天。為徹底解決桃園地區供水問題，立法院於民國 95 年 1 月 13 日通過之「石門水庫其集水區整治特別條例」，台水公司辦理水庫下游「穩定供水設施及幹管改善計畫」。
琉球鄉供水改善工程計畫	92~93 年	增設第二條海底管線，充裕民生及觀光用水。
平鎮第二原水抽水站	92~94 年	降低桃園大圳輸水負荷，穩定桃園地區用水。
集集堰下游自來水工程	90~94 年	解決南投名間、竹山、斗南、古坑、嘉義大林等地區之硝酸鹽氮含量偏高及雲林沿海砷問題，且改善雲林、彰化沿海因地下水過度開發導致地層下陷等供水問題。
花蓮壽豐淨水場工程	95 年完工	為配合政府東部發展計畫，以促進東部地區之繁榮，因應花蓮地區用水需求之迫切，擴建 4.5 萬 CMD 淨水場。
澄清湖、翁公園、拷潭及鳳山淨水場等高級淨水處理設備	92~97 年	為改善高雄地區自來水水質，台水公司於澄清湖、翁公園、拷潭及鳳山淨水場增設高級淨水處理設備。其中澄清湖高級淨水場為全台第一座大型高級處理淨水場。
《莫拉克颱風》 •莫拉克颱風災後重建-自來水復建工程計畫： (1)南化水庫緊急取水工程(99 年完工) (2)小琉球配水池等復建改善工程(99 年完工) (3)南化水庫淤泥浚渫工程(100 年完工) •曾文南化烏山頭水庫治理及穩定南部地區供水計畫-台水部分： (1)南化水庫集水區保育治理(104 年完工) (2)南化水庫設施更新改善及淤積處理(104 年完工) (3)高雄地區增設伏流水工程(104 年完工)	98 年	1.短時間大量降雨造成高屏溪及南化水庫原水濁度劇升、高屏溪大樹攔河堰取水站被淹沒等災情，致台南、高雄等地區幾乎全面性缺水，台水公司轄區最高峰累計高達近 77 萬戶停水。 2.辦理各項復建工程及穩定供水計畫(如左欄)。

重要完竣工程或事件	計畫期間	內容或效益簡述
(4)東港溪原水前處理工程(107 年完工) (5)調度及備援系統提升計畫(108 年完工) (6)高屏地區原有水井抽水量復抽工程(108 年完工) (7)南化水庫防淤隧道工程計畫(109 年完工) (8)臺南高雄水源聯合運用調度輸水工程(110 年完工)		
新竹寶山淨水場第三期擴建工程	98 年完工	配合寶二水庫興建，充裕新竹地區用水。
澎湖西嶼海淡廠	101 年完工	新建海淡廠，減抽澎湖地區地下水。
集集淨水場二期擴建工程	101 年完工	為提供用戶量足質優之自來水，以因應竹山、名間及南投地下水中硝酸鹽氮超出飲用水標準，而相繼關井導致出水量不足等供水問題。
宜蘭羅東堰下游供水計畫	95~102 年	配合政府政策，減少沿海地區抽取地下水。
台東成功淨水場工程	99~102 年	本計畫將東海岸長濱鄉、成功鎮及東河鄉等三個鄉鎮四個獨立供水系統，整併成一供水系統，二個水源，並擴建淨水場以滿足 110 年需水量平均日 12,790CMD、最大日 16,660CMD 供水需求，除可以降低操作成本、增加供水穩定性及紓解人力不足壓力，並利於操作管理及調配。

▲艾利颱風造成桃園地區停水，於龍潭活魚街架設 2000mm 明管，先行送水

▲曾南烏計畫-東港溪原水前處理工程

茲摘錄重大工程里程碑如下：

(一)穩定供水設施及幹管改善計畫：民國 93 年艾莉颱風登陸，大量降雨使石門水庫原水濁度飆升，造成南桃園地區連續缺水達 18 天。其後為徹底解決桃園地區供水問題，台水公司依據立法院於民國 95 年 1 月 13 日通過之「石門水庫其集水區整治特別條例」，辦理水庫下游「穩定供水設施及幹管改善計畫」，計畫期間 95~101 年。

(二)新竹寶山淨水場第三期擴建工程：因新竹科學園區用水需求成長快速，爰配合水利署寶二水庫興建，於 98 年完成寶山淨水場第三期擴建工程(計畫期程 94~98

年)。擴建後每天出水量 34 萬噸，除供應竹科用水外，部分可供應新竹地區民生用水。

(三)「莫拉克颱風災後重建-自來水復建工程計畫」(99~100 年)及「曾文南化烏山頭水庫治理及穩定南部地區供水計畫-台水部分」(104~110 年)：民國 98 年莫拉克颱風來襲，挾帶暴雨，造成高屏溪及南化水庫原水濁度劇升、高屏溪大樹攔河堰取水站被淹沒等災情，致台南、高雄等地區幾乎全面性缺水，台水公司轄區最高峰累計高達近 77 萬戶停水。台水公司除緊急搶修恢復正常供水外，亦積極趕辦「莫拉克颱風災後重建-自來水復建工程計畫」及「曾文南化烏山頭水庫治理及穩定南部地區供水計畫-台水部分」。

六、第五階段(民國103年~迄今)—永續經營

隨著台灣高科技產業群聚與產業轉型效應，用水需求遽增且對缺水的容忍度低，以及土地利用、社經環境快速變化，用水需求持續快速成長，企業與民眾對穩定供水之期待日益殷切；惟台灣受限於天然地形及水文條件，雨量雖豐沛但水資源條件不佳，加上溫室效應加速，旱澇致災不斷創紀錄。

回顧民國 103 年至今，台灣幾乎年年發生嚴重水荒事件，較諸歷年，發生的間隔縮短且多為旱澇交替出現。其中，跨越 109~110 年兩個年度之「百年大旱」，最為嚴重，因久旱不雨導致大規模農業休耕，部份地區進入第 2、3 階段限水，乾旱期間長達 324 天。

所幸透過落實「多省水、多找水及多調水」抗旱政策，方能有效延長水庫供水時程，度過乾旱期間。其中，翡翠水庫南送支援板新地區、桃園地區之桃竹幹管、新竹及台中緊急海淡工程、台中市建築工地地下水利用等措施發揮莫大效果，降低枯旱衝擊。

為加強穩定供水，台水公司持續投入相關重大工程建設，包括(一)北部地區之板新地區供水改善二期工程〔已完工〕、桃園新竹調度幹管工程、三重及蘆洲區域供水管網改善工程；(二)中部地區之湖山水庫下游自來水工程〔已完工〕、烏溪鳥嘴潭人工湖下游自來水工程、烏溪等伏流水工程；(三)南部地區之曾文南化聯通管工程、臺南高雄水源聯合調度工程〔已完工〕、曾文淨水場擴建工程；以及(四)串聯全台重要供水系統之 17 條備援調度幹管等，以增強氣候調適能力及韌性，同時穩定各類用水供應。本階段重大工程建設詳表 5(含已完工及推動辦理中)。

茲摘錄重大工程里程碑如下：

(一)板新地區供水改善二期工程：自 109 年 12 月底起，達成北水南調每日 81 萬噸，讓翡翠水庫、石門水庫能聯合運用，完成共飲翡翠水及北水南送調度任務。

(二)伏流水開發工程：伏流水具有水質潔淨且環境影響低之特性，台水公司近年辦理多項伏流水開發工程，包括 109 年完工之溪埔伏流水工程及 110 年完工之大泉伏流水工程，在 110 年水情吃緊期間，均發揮了功能，降低高雄地區缺水風險。

(三)桃園新竹備援管線工程：百年大旱期間，全長約 26 公里的「桃園新竹備援管線工程」提早於 110 年 2 月 1 日完工，使得桃園支援新竹用水由每日 7.8 萬噸提升至每日最高調度 22.5 萬噸，解除新竹地區陷入限水危機，進而避免科技產業遭受衝擊，備援管線設置立即發生功效，並贏得「一條水管救世界」的美譽。

表 5　第五階段(民國 103 年~迄今)—永續經營之重要工程及事件

重要工程或事件	計畫期間	內容或效益簡述
■已完竣工程		
曾文備用淨水場改善工程	102-104 年	改善曾文備用淨水場現有廢水處理設備，以提升烏山頭系統供水區 6.5 萬 CMD 之出水備援能力。
《台南大地震》 •辦理管線緊急搶修	105 年	受地震影響，造成數處地方管線設備受損，台南市曾文溪以南各行政區停水，受影響戶數約 40 萬戶，經全力搶修，於 2 月 24 日恢復供水。
湖山水庫下游自來水工程	101~106 年	配合湖山水庫於民國 103 年完工後與集集堰聯合運用供水，以地面水源替代地下水，滿足雲林地區目標年民國 120 年平均日需水量 46.8 萬立方公尺之用水需求。
《花蓮大地震》 •辦理管線緊急搶修	107 年	107 年 2 月 6 日因地震造成供水管線多處脫接破損，使得花蓮市區及美崙、新城地區停水用戶高達 4 萬戶，經全力搶修，於 2 月 14 日凌晨全面恢復供水。
板新地區供水改善二期工程	96~108 年	達成北水南調每日 81 萬噸，讓翡翠水庫、石門水庫能聯合運用，完成共飲翡翠水及北部跨區域供水調度任務。
蘭潭淨水場擴建工程	109 年完工	改善調配嘉義供水區供水設備不足，並因應至民國 120 年之用水需求，擴建 3 萬 CMD 淨水場並增設導水管線。
水上淨水場擴建工程	109 年完工	改善調配嘉義供水區淨水處理設備不足，並因應至民國 120 年嘉義地區之用水需求增加，擴建 3 萬 CMD 淨水場。
「自來水員工訓練園區」興建工程	107~109 年	斥資 11 億元興建之「自來水員工訓練園區」於 109 年 12 月 14 日竣工，具備可容納 200 人的教學大樓、學員宿舍、國際會議廳和完整的專業實習場，可作為國內自來水專業人才培訓之搖籃，亦可協助友邦國家培訓自來水專業種子人才。
馬公 4,000 噸海水淡化廠(馬公第二海淡廠第一期)	100~110 年	新建海淡廠，減抽澎湖地區地下水。
《百年大旱》 •配合辦理「109 年下半年旱災緊急應變-抗旱水源緊急利用計畫」 •配合辦理「緊急抗旱水源應變計畫」	109~110 年	109 年梅雨量少，加上無颱風登台；隔(110)年春雨比往年少，梅雨季節又遲到，全台面臨百年來最嚴重的乾旱，包括大規模農業休耕，部份地區進入第 2、3 階段限水。透過落實「多省水、多找水及多調水」抗旱政策，方能有效延長水庫供水時程，降低旱災影響。
桃園新竹調度幹管工程	107~110 年	百年大旱期間，全長約 26 公里的「桃園新竹備援管線工程」提早於 110 年 2 月 1 日完工通水，使得桃園支援新竹用水由每日 7.8 萬噸提升至 22 萬噸，避免當時新竹地區陷入限水危機，進而避免科技產業遭受衝擊。
■目前辦理中		
降低漏水率計畫（102 至 113 年）	102~113 年	為加速降低漏水，台水公司自 93 年起即專案推動降漏工作，刻正積極推動「降低漏水率計畫（102 至 113 年）」，漏水率已從 93 年初 24.58%降至 111 年底 13.10%，預計於 113 年底再降至 12%以下。
曾文淨水場擴建工程	106~113 年	因應南科新增用水量，擴建曾文淨水場規模為每

重要工程或事件	計畫期間	內容或效益簡述
		日 13 萬噸，第一期 7 萬 CMD，第二期 6 萬 CMD，以確保園區用水穩定。
烏溪鳥嘴潭人工湖下游自來水工程	108~115 年	配合水利署「鳥嘴潭人工湖」興建，有效利用烏溪豐水期餘水，經由自來水系統供應彰化及南投草屯地區之用水需求，減緩地層下陷。
離島地區供水改善計畫第二期 •馬公 6,000 噸海水淡化廠興建計畫 •澎湖吉貝嶼海水淡化廠興建計畫 •澎湖七美鄉海水淡化廠興建計畫 •澎湖地區地下水保育管理計畫	108~113 年	配合經濟部辦理「離島地區供水改善計畫第二期」，持續改善澎湖供水問題。
曾文南化聯通管工程	108~113 年	增加曾文水庫支援南化淨水場能力，降低南部區域限缺水風險，同時提供南化水庫防淤操作之彈性空間。
烏溪伏流水工程(二期及三期)	110~115 年	因應氣候變遷需多元化開發水源，台水公司近年辦理多項伏流水開發工程，包括 109 年完工之溪埔伏流水工程及 110 年完工之大泉伏流水工程等，在 110 年百年大旱期間，均發揮功能。
備援調度幹管工程計畫	110~115 年	共計規劃 17 條備援管線，依區域別分布於北部區域 5 件、中部區域 5 件、南部區域 7 件，長度共計約 83 公里。完工後，可提升區域供水穩定度，增加供水調度備援能力，亦可提供管線維修時機，維持供水安全。
無自來水地區供水改善計畫第四期-自來水延管工程	111~113 年	經濟部自 91 年起辦理無自來水地區供水改善計畫，台水公司配合辦理延管工程，普及率由 90 年底 88.68%提升至 111 年底 94.55%。目前持續辦理第四期改善計畫，預計受益戶數 12,600 戶。

(四加速降低漏水：台水公司自 93 年起即專案推動降漏工作，刻正積極推動「降低漏水率計畫（102 至 113 年）」，漏水率已從 93 年初 24.58%降至 111 年底 13.10%，預計於 113 年底再降至 12%以下;目前已著手規劃下一階段降低漏水率計畫，研擬進一步可行對策。值得一提的是，為完成更新部分地區因人潮、車流等因素多年以來無法汰換之管線，於百年大旱疫情警戒期間，主動協調相關單位，於平時難以施工之夜市、學校及觀光老街等地區，加速完成 49 件汰換管線工程，將施工對民眾生活的衝擊降至最低。

(五)提升屏東自來水普及率：台水公司近年積極投入屏東縣潮州鎮、麟洛鄉、內埔鄉、萬巒鄉、里港鄉、鹽埔鄉等普及率較低或供水緊迫地區進行水源開發、淨水場、送水管建置等工程，並於 110 年 7 月 5 日成立屏東區管理處，展現對屏東地區供水服務之重視。在持續開發水源、爭取經費辦理延管工程並宣導民眾接用自來水之下，屏東地區普及率由 105 年底 49.39%提升至 111 年底 65.52%。

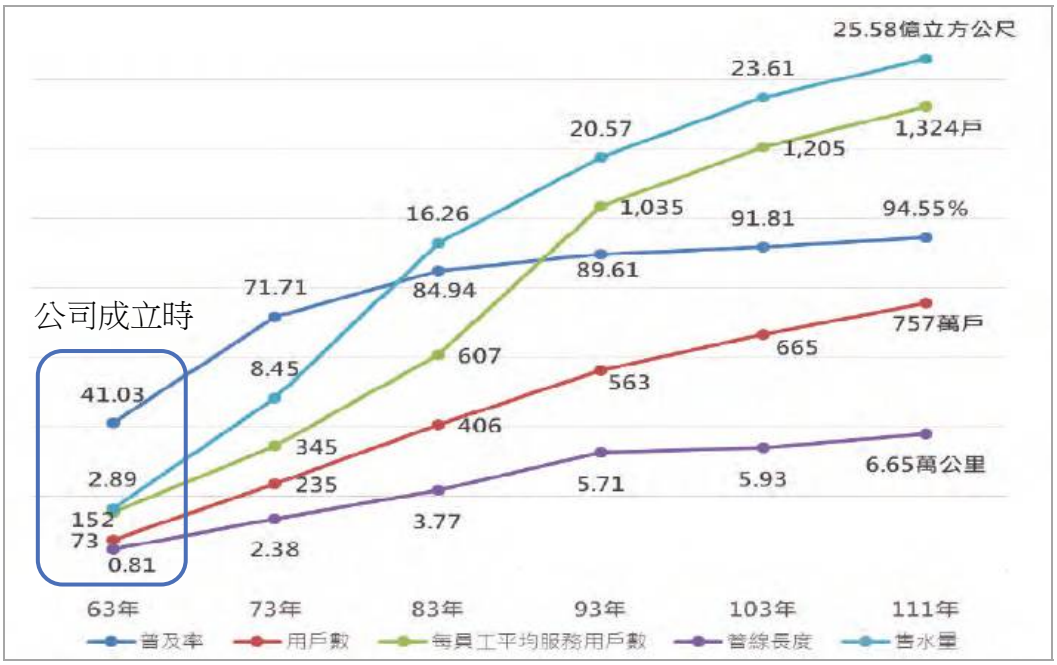
(六)自來水員工訓練園區：利用已停用之新營淨水場場址，斥資 11 億元興建「自來水員工訓練園區」，並於 109 年 12 月 14 日竣工，具備可容納 200 人的教學大樓、學員宿舍、國際會議廳和專業實習場，可作為國內自來水專業培訓之搖籃，亦可協助友邦培訓自來水專業種子人才，促進國際水務工作之交流與發展。

▲百年大旱疫情警戒期間基隆廟口管線汰換

▲桃竹備援幹管施工現場

▲百年大旱期間運用建築工地地下水(台中惠宇大其心建築工地地下水淨水處理設備完工)

▲自來水員工訓練園區實景



▲台水公司重要績效指標成長趨勢圖

七、結語—傳承創新迎未來

回顧過去，台水公司成立迄今，在供水普及率、用戶數、每員工服務用戶數等重要績效指標均有顯著績效，其成果略如上圖。

上圖各項指標顯示，台水公司在整體經營績效的提升與努力，於社會進步、經濟發展所需之自來水建設，已奠定良好基礎，其貢獻迭受肯定，茲略述如下。

(一)普及率及用戶數：普及率由 63 年 41.03% 提升為 111 年 94.55%，用戶數更由 63 年 73 萬戶成長為 111 年 757 萬戶，成長逾 10 倍，顯示自來水已深入家戶，成為基本生活所需。

(二)每員工服務用戶數：由 63 年 152 戶提升為 111 年 1,324 戶，在業務量逐年增加且隨社會進步，用戶要求提高、任務越趨複雜之情形下，難能可貴的人力效能仍大幅提升。

(三)管線長度：由 63 年 0.81 萬公里增加為 111 年 6.65 萬公里，顯示自來水之供應已由都市深入偏鄉，然亦代表檢漏、汰換等維護工作越加繁重。

(四)售水量：由 63 年 2.89 億立方公尺成長為 111 年 25.58 億立方公尺，顯示社會與經濟快速發展下，用水需求持續成長。

展望未來，雖然當前極端氣候越演越烈，高溫、旱澇致災頻頻發生，已在全球各地造成產業發展及人類生存危機，短期內難以逆轉，勢將成為未來供水穩定最大的變數與挑戰。但是，另一方面，新的機會亦在發生。隨著新資訊科技的突飛猛進及知識、觀念的進步，可望促使生產與服務效率大幅提升，以及各界對於自來水潔淨及充足供應的日漸重視，均將為自水來事業注入新的資源與帶來新的機會。

台水公司當持續落實行政院「開源、節流、調度、備援」四大穩定供水策略，秉持前瞻性、創新性思維，全力強化供水韌性，積極推動六大主軸工作：(一)加速降低漏水率、(二)設置備援管線、(三)建置現代化淨水場、(四)提高供水普及率、(五)提升全方位服務品質、(六)推動淨零排放，以建構「不缺水、喝好水」的供水環境，讓民眾安心用水、產業穩定發展、公司永續經營，實現成為國際級自來水事業的願景。

參考文獻

1.中華民國自來水協會，《臺灣自來水誌82年版》，民國91年。
2.中華民國自來水協會，《臺灣自來水誌90年版》，民國95年。
3.中華民國自來水協會，《臺灣自來水誌100年版》，民國102年。
4.台灣自來水股份有限公司，《台水三十週年專輯》，民國93年。
5.台灣自來水股份有限公司，《台水四十週年專輯》，民國103年。
6.臺灣省自來水股份有限公司，《臺水十年》，民國73年。
7.臺灣省自來水股份有限公司，《臺水20週年專輯》，民國83年。

作者簡介

言美玲小姐

現職：台灣自來水公司企劃處管理師

專長：策略管理、專案管理

呂國禎先生

現職：台灣自來水公司企劃處組長

專長：策略管理、企業管理

武經文先生

現職：台灣自來水公司副總經理

專長：工程規設、供水調配、營運管理

參加 2023 IWA 年度理事大會紀要

文/自來水協會陳錦祥

協會由陳秘書長錦祥、國際事務委員會主任委員林財富教授、王根樹教授，於 2023 年 9 月 16 日赴法國波爾多參加 IWA 年度理事大會，會議由主席及執行董事進行工作報告並依照程序完成以下各項議程

1.確認 2022 年 9 月 10 日在哥本哈根（丹麥）舉行的會議記錄。

2.選舉協會會長任期為 2024 年 8 月至 2026 年 9 月，兩位候選人是：

Enrique Cabrera 博士（西班牙）

Hamanth Kasan 博士（南非）

首先由兩位候選人分別進行競選演說後，各國代表進行投票最終選出下任協會主席：Hamanth Kasan 博士（南非）：

圖 1　IWA 年度理事大會

3.2022 年度的經審計帳目以及董事報告和審計報告。

4.重新任命審計師 Sayer Vincent LLP 為該集團的審計師。

5.審計師報酬授權董事會同意審計師的薪酬。

6.確認 2028 年世界水大會在馬來西亞古晉舉辦，2030 年在巴西聖保羅市舉辦。

7.2024 世界水大會舉辦國加拿大介紹多倫多。

於會議期間向各理事會成員說明 2023 9th IWA-ASPIRE 高雄籌備情形並邀請與會各國踴躍參加。

圖 2　新任會長選舉

協會訊息

文/自來水協會會務組

一、本會主辦「第九屆國際水協會亞太地區會議及展覽會」9th IWA-ASPIRE 2023 於 2023 年 10 月 22-26 日於高雄萬豪酒店盛大舉辦，圓滿順利完成。

兩位大會主席及ＩＷＡ會長合影

二、本會 112 年體育康樂動-網球，由台水公司第五區管理處承辦，於 112 年 10 月 13 日熱烈舉行，總共有 8 隊雙人及 8 隊單人報名參賽，經過激烈比賽後：單打項目：冠軍，明冠造機，蕭子迦；亞軍，台水十二區，鍾明彰；季軍，台水三區，李維。雙打項目：冠軍，台水九區，余崟志＋戴嘉宏；亞軍，台水五區＆十一區，張偉政＋陳威廷；季軍，台水十區＆總處，吳界明＋許元鴻。

三、本會 112 年體育康樂動-桌球，由台水公司第四區管理處承辦，於 112 年 10 月 27 日熱烈舉行，總共有 11 隊報名參賽，經過激烈比賽後：冠軍由水利署榮獲，亞軍由南部大聯盟榮獲，季軍由北水處榮獲。

網球賽－李理事長到場致詞開球

桌球賽－共有 11 隊組隊參賽，活動盛況

四、本會於 11 月 16 日(星期四)假國立臺灣科技大學國際大樓(臺北市大安區基隆路四段 43 號)舉辦第 40 屆自來水研究發表會，並於 11 月 17 日(星期五)假福華國際文教會館 2F 卓越堂(臺北市大安區新生南路三段 30 號)舉行第 56 屆自來水節慶祝大會暨第 20 屆第 2 次會員代表大會。

慢壘賽－理事長、秘書長及台水總經理出席

五、本會 112 年體育康樂動-羽球，由臺北自來水事業處承辦，於 112 年 11 月 18 日熱烈舉行，總共有 10 隊報名參賽，經過激烈比賽後：冠軍由南部聯隊榮獲，亞軍由台水公司第四區管理處榮獲，季軍由北水 A 隊榮獲，殿軍由台水公司第五區管理處榮獲。

羽球賽—秘書長及張順莉副處長出席

六、本會於 11 月 16 日(星期四)假國立臺灣科技大學國際大樓(臺北市大安區基隆路四段 43 號)舉辦第 40 屆自來水研究發表會，並於 11 月 17 日(星期五)假福華國際文教會館 2F 卓越堂(臺北市大安區新生南路三段 30 號)舉行第 56 屆自來水節慶祝大會暨第 20 屆第 2 次會員代表大會圓滿成功。

理事長大會致詞

七、本會第 20 屆理監事會第 5 次聯席會議於 11 月 16 日(星期四)假國立臺灣科技大學國際大樓(臺北市大安區基隆路四段 43 號)開會，決議：第 57 屆第來水節慶祝大會暨本會第 20 屆第 3 次會員代表大會及第 41 屆自來水研究發表會委請台水公司第十二區管理處承辦。

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

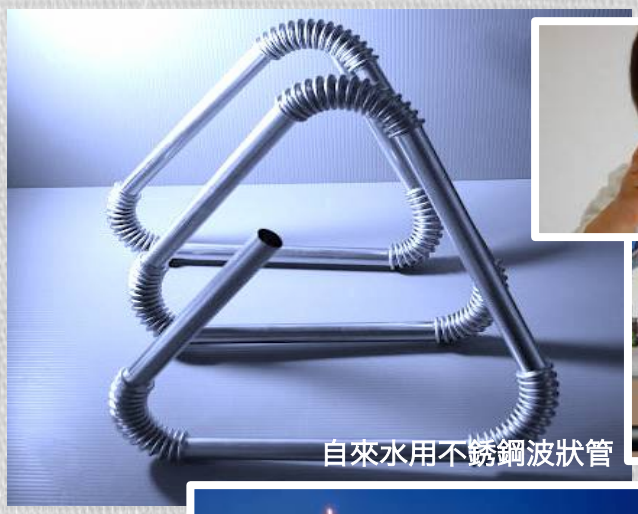
產品規格

口徑 (mm)	最小流量 Qmin	常設流量 Qp	超載流量 Qs
13	0.03～0.033 m^3/h	1.35～1.5 m^3/h	2.7～3.0 m^3/h
20	0.05～0.055 m^3/h	2.25～2.5 m^3/h	4.5～5.0 m^3/h
25	0.07～0.077 m^3/h	3.15～3.5 m^3/h	6.3～7.0 m^3/h
40	0.2～0.22 m^3/h	9.0～10.0 m^3/h	18.0～20.0 m^3/h
50	0.45～0.495 m^3/h	13.5～15.0 m^3/h	27.0～30.0 m^3/h

產品規格（CNS 最大值）

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
50	270	240	230	67.6	11	18	1	99999

我們的宗旨：為大家提供安全，安心，使用便利的產品

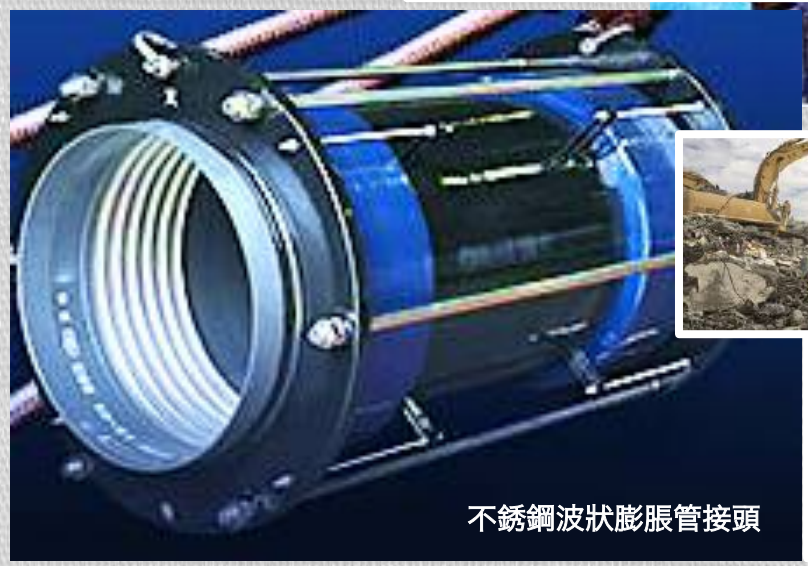


自來水用不銹鋼波狀管

“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

“在基礎設施中的
各種管線設備”

昭和國際科技股份有限公司 Showa International Technology 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

NAN YA

▲ **HI耐衝擊PVC-U管**

耐震強度達6強

耐用年限達67年

▲ **家庭冷熱用PPR管**

綠色環保，可取代不鏽鋼壓接管

適用住宅冷熱水管道系統

南亞埋地消防用PE管
產品通過FM1613品質標準認證

台灣精品 2022

FM APPROVED

▲ **FM埋地消防PE管**

耐腐蝕，取代傳統消防鋼管

通過內政部消防安全設備審核認可

耐震強度達6強

南亞管材特色(差異化)

- ◆ 100%採用全新塑膠原料生產
- ◆ 原料不含重金屬及塑化劑(SGS檢驗)
- ◆ 溶解試驗證實不影響水質(SGS檢驗)
- ◆ 耐用年限67年以上(第三公正單位)
- ◆ 管壁粗糙係數僅 0.009，流體阻力小
- ◆ 耐化學藥品性優良

南亞塑膠工業股份有限公司
NAN YA PLASTICS CORPORATION
台北市南京東路六段380號A1棟2F
2F,Building A1,N0.380,Sec.6 Nanjing E.Rd,
Taipei City,Taiwan
電話/TEL：886-2-2717-8230
傳真/FAX：886-2-2514-0628

南亞雲端網絡商城

HDPE PIPE

高密度聚乙烯塑膠管

耐低溫、耐衝擊、化學穩定性佳、韌性佳，推薦用於自來水、天然氣、化學藥品及海水輸送等用途，彎曲可撓性優異。

- ◆比重0.95~0.97,質較為輕,不需重型機具即可安裝、運輸
- ◆耐寒性、耐震性、耐衝擊性良好,韌性佳
- ◆抗酸、無結垢、耐藥品性好,可用於化學藥品及海水輸送
- ◆伸長率、彎曲可性好,小口徑管可捲曲包裝,減少接合處,同時減少洩漏
- ◆符合食品級,可用於運輸牛奶、食用油等

HDPE管之用途

◆ 壓力用管:

自來水輸送用管
海水養殖輸送用管
天然氣中、低壓輸送用管
化學工業輸送用管
再生水輸送用管

◆非壓力用管:

電信固網光纖纜線用管(管中管)
電力纜線用管
工業污水排放用管

熱 銷 優 質 管 材

PVC-U塑膠

DWV發泡管

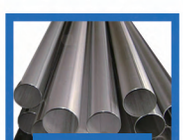
CPVC塑膠管

粉體塗裝鋼管

閥類

鍍鋅鋼管

不鏽鋼
發泡被覆管


不鏽鋼管

百晨企業有限公司
NAKOSIN ENTERPRISE CO.LTD.
一店購足管材供應商

優質服務 | 專業產品 | 品質穩定 | 車隊齊全

地址：新北市泰山區憲訓路48號
電話：02-29091617
傳真：02-29095107
傳真：02-29095105

Mail : service@nakosin.com.tw
http://www.nakosin.com.tw
FB: Nakosin1986

股票代號：8473

山林水環境工程股份有限公司

FOREST WATER ENVIRONMENTAL ENGINEERING CO., LTD.

2021 TOP 5000 台灣大型企業排名

環境衛生及污染防治服務業第5名

山林水主營-綠能環保產業

永康水資源回收中心及再生水廠

台中外埔生質能中心廚餘處理

七美嶼海水淡化廠海事工程

坪頂淨水場改善工程

豐原廠淨水設備更新汰換工程

馬公海水淡化廠興建工程

高雄興達港海水淡化機組移機供水工程

總公司：台北市中山區吉林路99號8樓 TEL：(02)2100-2195 /FAX：(02)2100-2196

台北辦公室：台北市中山區長安東路二段112號12樓 TEL：(02)2516-8358 /FAX：(02)2516-8480

Email：mfw@mfw.ccom.tw

泉溢泵浦
全方位引領

無論你面臨何種供排水需求
我們泵浦設備將成為您的最佳夥伴

泉溢電機工廠股份有限公司
Chuan Yi Electric Machinery Works Co., Ltd.

MIRDC ISO 9001
ISO 9001

台正字第6880號

TAF
Testing Laboratory
1989

國統國際股份有限公司
Kuo Toong International CO., LTD.

誠信經營/技術創新/永續治理/專業服務

營業項目

- 延性鑄鐵管、管件
- 輸水管線設計、施工、營運
- 可撓管、伸縮接頭
- 海水淡化廠設計、安裝及營運
- 鋼管、鋼製推進管
- 淨水廠、污水廠設計施工營運

TEL: 07-5573755
FAX: 07-5575300
Web: https://www.kti.com.tw/
Address: 高雄市左營區大順一路91號8F-5

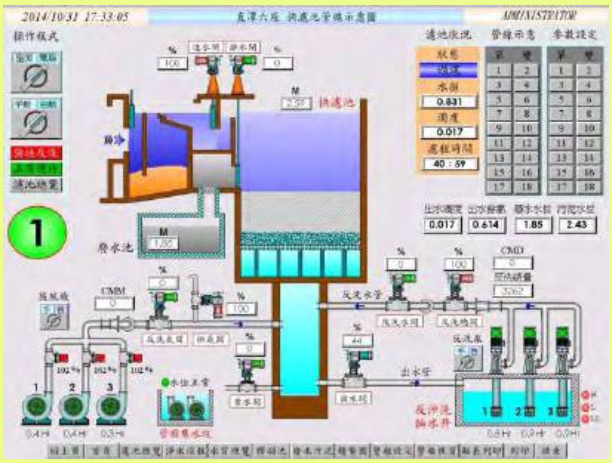
佳洛系統工程有限公司

自動化及中央監控系統整合專家

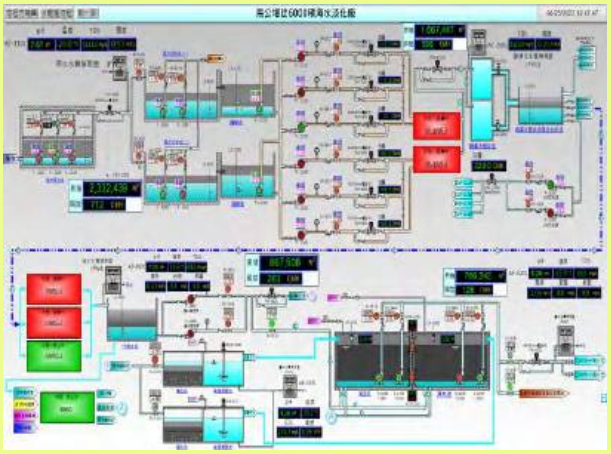
- 業 務 項 目 ：工業儀表工程、中央監控系統、電氣設備工程、整合設計及施工
- 工程實績代表：
  - 大湳淨水場第三期擴建統包工程-儀控及機電設備
  - 豐原廠淨水設備更新汰換改善工程-儀控設備
  - 和平等加壓站儀電設備改善工程
  - 直潭場儀控整合改善工程
  - 直潭淨水場淤泥脫水機設備等增設工程-儀控及機電設備
  - 加壓站儀控系統及機電設備等更新整合工程-儀電系統及水資源
  - 長興場圖控系統及可程式控制器等採購
  - 馬公增建 6000 噸海水淡化廠興建暨委託代操作維護-儀控工程

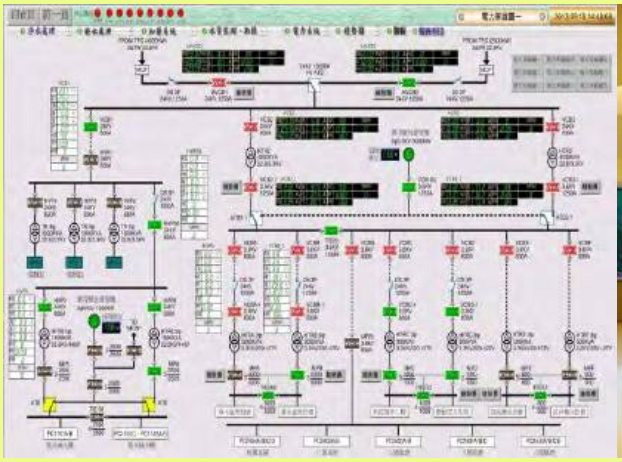
- 實 績 相 片：

淨水設施



海淡廠流程圖



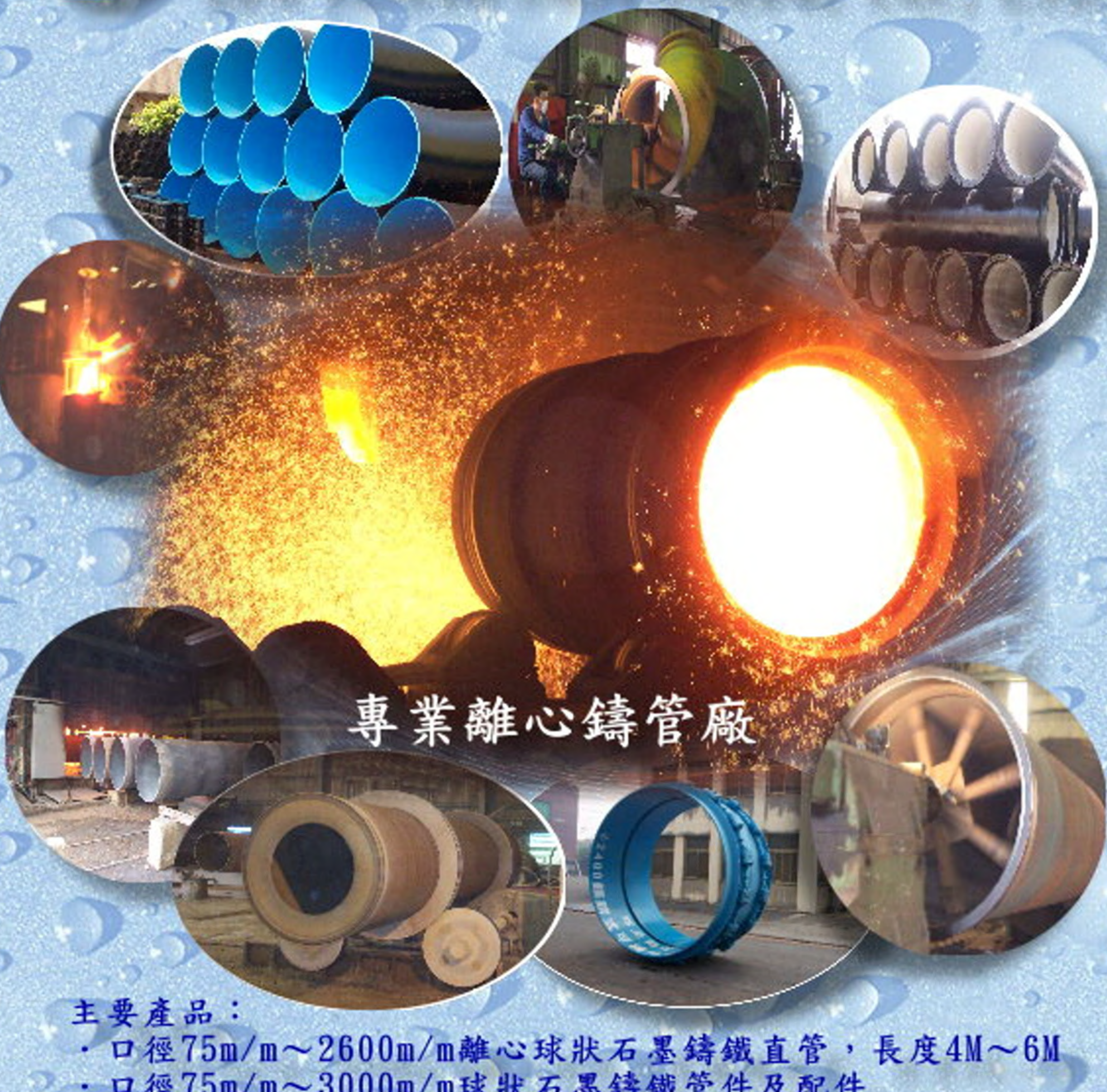


電力系統監控

中控室配置

電　話：(02) 2726-3927
傳　真：(02) 2346-5488
地　址：台北市信義區松德路 159 號 15 樓之 1
網　址：www.topcontrol.com.tw
E-mail：top.control@msa.hinet.net

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

FineTek

mütec
Your safe choice

智慧水務管理與環境監控系統

桓達科技專業流量技術，精準的監測每一滴水

善待地球是永續發展的關鍵。從滴水到長河，桓達以專業的流量技術加上ESG永續概念，為您監控每一滴水資源。

致力發展液位流量產業，積極投入智慧水資源整合領域發展：
自來水、污水、智慧地下水、智慧防汛四大領域。

www.fine-tek.com

高精度陣列
雷達波液位計

管夾式
超音波流量計

電池供電型
電磁式流量計

高精度壓力式
液位傳送器

多重噴嘴
電子水量計

桓達科技股份有限公司
新北市土城工業區自強街 16 號
TEL: 886 2 22696789 EMAIL: info@fine-tek.com

台中營業處 TEL: 886 4 23370825
高雄營業處 TEL: 886 7 3336968
上海子公司 TEL: 86 21 6490 7260
新加坡子公司 TEL: 65 64526340

印尼子公司 TEL: 62 (021) 2923 1688
美國子公司 TEL: 1 909 598 2488
德國子公司 TEL: 49-(0)4185-8083-12