Water Works Association
of the Republic of
China (Taiwan)

自來水

169

WATER SUPPLY QUARTERLY

第43卷 第1期
2024年2月

Volume 43 NO.1 APR 2024

中華民國自來水協會會刊

本期專題：營運管理

- 多重噴嘴式水表自轉原因及改善探討
- 抄表工作區調整作業探討-以二林所爲例
- 淨水場推行ISO14001 落實企業永續經營
- 利用空間均壓與時間均壓手法提升高地小區售水率
- 112年度台灣自來水股份有限公司資通安全內部稽核暨經建設施災害或重大人爲危安防護演習探討

自來水會刊第 43 卷第 1 期(169)目錄

實務研究

本期專題　營運管理

一般論述

他山之石

協會與你

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」、「土木工程科」。

自來水會刊雜誌

發 行 單 位：中華民國自來水協會
發　行　人：李嘉榮
會　　　址：臺北市長安東路二段一〇六號七樓
電　　　話：(02)25073832
傳　　　真：(02)25042350

中華民國自來水協會編譯出版委員會

主任委員
黃志彬

副主任委員
李丁來

委 員
陳明州、康世芳、武經文、邱福利、
吳能鴻、王明傑、楊人仰

自來水會刊編輯部
臺中市雙十路二段二號之一
行政院新聞局出版事業登記證局第 2995 號
總 編 輯：李丁來

執行主編：唐俊成

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：劉麗玉

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

利用管線汰換節省動力費實務－以樂群新莊為例

文/陳品如、王亮中

摘要

淨零排放為當前全球最受矚目的關鍵議題，如何達到 2050 年的淨零碳排目標也成為未來各國轉型的重要發展策略。不少國家更已積極訂定減碳路徑，甚至研發新技術，來盡力達成淨零碳排的願景，台灣亦在 110 年 4 月 22 日世界地球日由蔡總統宣示「2050 淨零轉型是全世界的目標，也是臺灣的目標」。

本文以「台中市沙鹿區樂群新莊等汰換管線工程」實證如何透過工程設計及管線汰換等手段，提升能源運用效率，達到消耗較少的能源或電力目的，以減緩碳排放，節約動力費，作為國內自來水業推動淨零碳排之參考。

關鍵字：淨零、減碳、動力費、管線汰換、供水規劃設計

一、前言

台灣自來水股份有限公司(以下簡稱台水公司)於 111 年 4 月成立淨零排放專案推動小組，參照環保署溫室氣體減量目標，擬訂淨零排放目標願景及減碳策略[1]，如下：

(一)目標願景

1.第一期(2022~2025 年)：2025 年較基準年(2005 年)減 10%

2.第二期(2026~2030 年)：2030 年較基準年(2005 年)減 20%

(二)減碳策略

1.提升能源效率

2.發展綠色能源

3.推行辦公室環保

4.提供節能服務

5.加強綠色生產及資源有效利用

台水公司首項減碳策略為「提升能源效率」，而「節約動力費」則為「提升能源效率」首要執行方案，本文以「台中市沙鹿區樂群新莊等汰換管線工程」實證如何透過工程設計及管線汰換等手段，提升能源運用效率，達到消耗較少的能源或電力目的，以減緩碳排放，節約動力費，如圖 1 所示，樂群新莊管汰後平均每日加壓頻率較管汰前減少 1 次(由 5 次減少為 4 次)，大約減少 2 成的能耗。

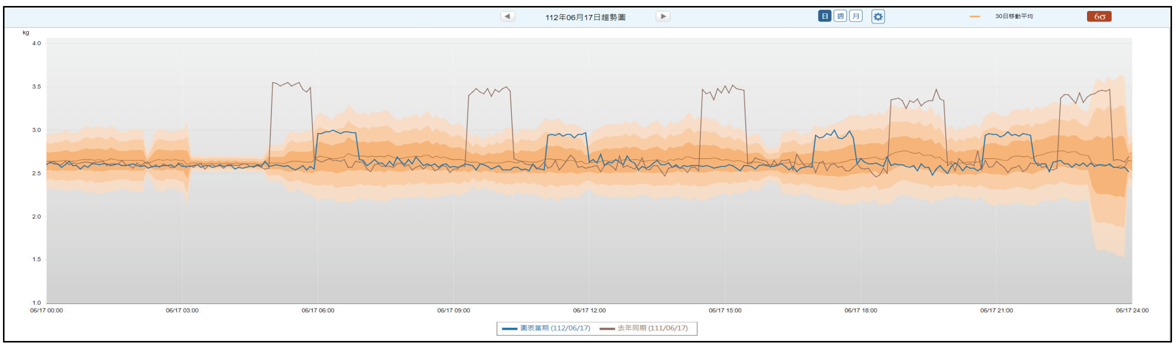


圖 1　樂群新莊加壓站-供水壓力監測圖

圖 2　樂群新莊空拍圖及供水示意圖

二、樂群新莊簡介及供水說明

樂群新莊是台中市沙鹿區鄰近清泉崗空軍基地的一個老眷村，村內的門牌均沒有路名，例如「沙鹿區公所樂群托兒所」的門牌為「台中市沙鹿區樂群新莊 124 號」(沒有路名)，村民慣稱鄰長為「村長」，村內有事宣導多用廣播，村內籃球場為村民閒暇聊天及集會場所，具有濃厚的眷村人文氣息，台水公司「台中市沙鹿區樂群新莊等汰換管線工程」汰管前說明會亦假借該場地舉行。

該村莊為老舊高地供水眷村，因早期國內自來水建設及法令政策尚不完備，可能由軍方或地方政府自行出資設置用戶加壓受水設備取水，並負擔營運管理費用，後因供水設備老舊或維護不易等，致村莊內漏水嚴重，影響居住品質，而村內居民多無力負擔改善經費或操作維護費，供水問題日益嚴重，故由台水公司接管。

該村莊供水戶數計 350 戶，村內住家多無自有水塔，共用一個 100 噸高架水塔(如圖 2)，既有供水管線口徑 50-100mm 不等，村莊入口處設有 200 噸的調節池(高程 207M)，加壓 3.5KG 至由村莊內 100 噸高架水塔(地面高程 220 M、水塔底部高程 230M)，途經 8 個供水節點、供水主線長度約 374M，各供水節點需水量如表 1 所示，需水量共計約 338CMD；村莊內的管線年份及圖資均不可考，後因民宅增擴建，管線多位於在建物下方，致發生地漏不易察覺，大大增加檢漏及維修之困難度，實有辦理管線汰換之必要，亦藉汰換時機將管線遷移至道路，方便未來維護管理。

表 1　樂群新莊供水節點及需水量

供水節點	高程	需水量	管長
起點(樂群加壓站)	207 M	-	-
❶	208 M	33 CMD	57 M
❷	209 M	45 CMD	42 M
❸	210 M	50 CMD	38 M
❹	211 M	42 CMD	34 M
❺	212 M	42 CMD	41 M
❻	214 M	90 CMD	41 M
❼	216 M	18 CMD	38 M
❽	220 M	18 CMD	36 M
終點(高架水塔)	220 M	-	-
合計	-	338CMD	327 M

備註：管長❶為「起點至❶的距離」、管長❷為「❶至❷的距離」，依此類推。

三、汰管方案及水力分析

本案汰換主因為管線老舊且維修不易，但若依既有管線辦理汰換只能減少漏水，為提升能源效率及供水穩定度，除依既有管線辦理汰換外，試模擬「加大管徑」、「增加供水複線」等汰換方案，並利用美國國家環境保護署所開發之公用軟體 EPANET[2]，採哈森威廉公式（Hazen-Williams Equation）計算水頭損失，做為本案汰換管線最佳方案選擇之依據；另為利分析假設條件如下：

(一)操作水頭統一假設為 217M

因本案供水起點樂群加壓站高程為 207M，假設給予 $1kg/cm^2$ 的壓力水頭，將本案的操作水頭統一假設為 217M，以方便進行各種方案分析比較。

(二)管線係數統一假設為 100

考量 PVCP 管摩擦力小於 DIP 管，但 DIP 管耐用年限高於 PVCP 管，故假設管材對本案之 C 值不影響，故不分管材將管線係數統一假設為 C=100，俾利進行水力分析。

依上列 2 項假設條件，模擬各汰換方案之水頭損失如下：。

方案一：依既有管線辦理汰換

因村莊內管線圖資不可考，依過往修漏經驗判斷，該區管線有口徑 50、80 及 100mmPVCP 管，研判 80mmPVCP 管占多數，為利進行比較分析，將既有管線統一假設為 80mmPVCP 管(管線係數假設為 C=100)，計算終點(供水節點❽)的剩餘水頭為 214.58M，得出水頭損失為 2.42M(操作水頭 217M-剩餘水頭 214.58M)。(如圖 3)

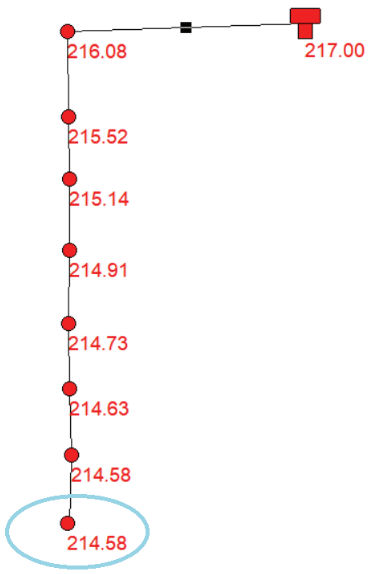


圖 3　以 EPANET 模擬方案一剩餘水頭

方案二：加大管徑

本管汰案擬將 PVCP 舊管升級為 DIP 新管，並將管線管徑加大統一汰換為 100 mmDIP 管(管線係數假設為 C=100)，有助於未來維護管理，並可提升本村莊之水量、水壓之供水品質，本方案模擬計算終點(供水節

點❽)的剩餘水頭為 216.18M，得出水頭損失為 0.82M(操作水頭 217M-剩餘水頭 216.18M)。(如圖 4)

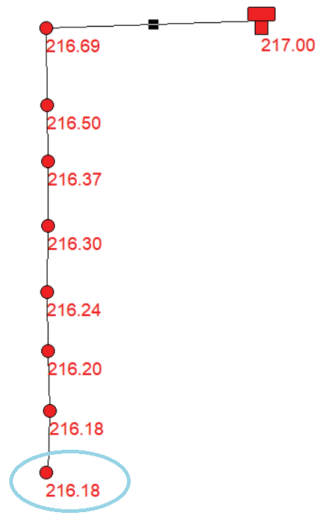


圖 4　以 EPANET 模擬方案二剩餘水頭

方案三：增加供水複線

原本的供水管線為單一供水管路，如遇修漏或設備故障等狀況，易導致全村莊無水可用，增加供水複線，透過制水閥之調控切換供水迴路，有助供水調配，且遇管線破漏時，亦可使搶修作業順利執行，使供水可更加穩定，並可減少水頭損失，降低能耗。

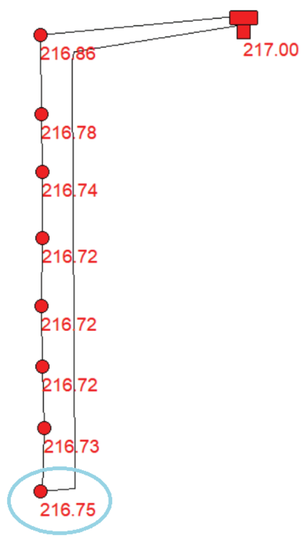


圖 5　以 EPANET 模擬方案三剩餘水頭

故方案三除依方案二將管線汰換為 100 mmDIP 管(管線係數假設為 C=100)外，另增加一條相同的供水複線 100 mmDIP 管，做為備援及供水調配用，依此計算終點(供水節點❽)的剩餘水頭為 216.75M，得出水頭損失為 0.25M(操作水頭 217M-剩餘水頭 216.75M)。(如圖 5)

表 2　各汰管方案之水頭損失

方案	方案一 既有管線汰換	方案二 加大管徑	方案三 增加供水複線
管線口徑	80mm	100mm	100mm
管線材質	PVCP	DIP	DIP
管線係數	C=100	C=100	C=100
管線長度	327M	327M	327M+327M
操作水頭	217.00	217.00	217.00
剩餘水頭	214.58	216.18	216.75
水頭損失	2.42	0.82	0.25

綜整三個方案汰管之水力分析結果如表 2，可知方案三增加供水複線之水頭損失最小，僅 0.25M，較方案一原依既有管線辦理汰換之水頭損失 2.42M，減少水頭損失 2.17M，故依分析結果採方案三進行工程設計，據以辦理管線汰換工程。

四、管汰後動力費節約成果

如前圖 1 所示，汰管前平均每日加壓 5 次且須加壓至 3.5KG，汰管後平均每日加壓 4 次且僅須加壓至 2.9KG，顯已達到節能效果，另就節省電量及費用說明如下。

1.節省電量

樂群加壓站 112 年 1-6 月平均每月用電量 1,057 度較 111 年 1-6 月平均每月用電量

1,278 度，平均每月減少 222 度，用電量減少 17.37%。(如表 3)

另因樂群新莊汰換管線工程於 111 年 7 月進場施作，111 年 9 月完成汰管，之後陸續進行周圍其他區域管線汰換工程中，迄今仍配合周圍區域工程進行調水中，影響該區用電量，預期周圍工程完成後，用電量會趨於穩定。

表 3　樂群新莊加壓站用電量

(單位：度)

年／月	111 年(管汰前)	112 年(管汰後)	差異
1 月	1,235	1,185	-50
2 月	1,234	1,143	-91
3 月	1,681	1,075	-606
4 月	907	829	-78
5 月	1,236	1,116	-120
6 月	1,375	991	-384
平均	1,278	1,057	-222

2.節省動力費用

樂群加壓站 112 年 1-6 月平均用電量雖較上年同期減少，但動力費卻較上年同期增加(如圖 6)，主要係台灣電力公司自 112 年 2 月份起取消 5%優惠電價、4 月起低壓電價調漲約 10%所致；若以樂群加壓站 112 年 6 月電費單每度平均約 4.4 元計，平均每月電費約節省 976.8 元(222 度*4.4 元)，一年約節省 11,721 元(976.8 元*12 月)。

五、結語

由本實例可知，藉由供水管線汰換時，調整供水方式，有助於調降供水系統的能源消耗，故辦理更新供水設施同時，應先瞭解當前供水系統中的能源損失，事前分析並模擬，採取更有效的節能設計，包括增加供水複線、利用水位位能、放大或縮小設施規模等，探尋進一步提升供水系統能效的可行性。

本實例乃為實現 2050 年淨零碳排目標，並配合國家及台水公司的減碳政策之具體執行措施，盼能對國內淨零碳排放盡一份微薄的心力。

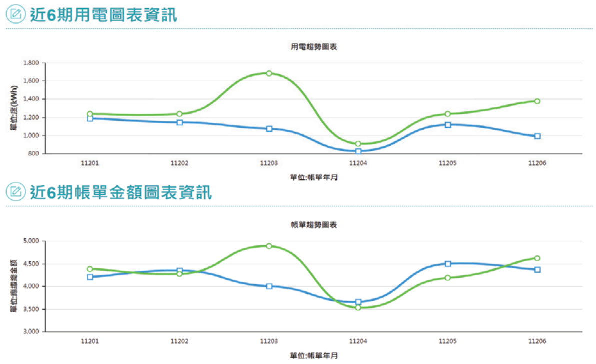


圖 6　樂群新莊加壓站用電量及費用圖

致謝

感謝台水公司第四區管理處埔里營運所孫智強主任的指導及大雅營運所曾參與本案的同仁，因有你們的投入與努力，才能完成本文。

參考文獻

1.台灣自來水公司，「六年(113~118)經營計畫」，2023年5月。

2.自來水會刊第41卷第3期，「日本推動低碳供水系統之探討」，2022年08月。

作者簡介

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

王亮中先生

現職：台灣自來水股份有限公司總管理處工務處處長

專長：自來水工程規劃設計及營運管理

使用 Poly(DADMAC)高分子凝集劑，於加氯消毒狀況，生成 NDMA 可能性研究

文/薛志宏、張凱迪、鍾佳宏

摘要

以淨水場實際使用之 Poly(DADMAC)凝集劑，對可能遭遇之原水及加氯處理狀況進行實驗研究，以瞭解 NDMA 之可能生成情形。實驗結果顯示，單純加氯仍會產生低濃度 NDMA，添加 Poly(DADMAC)及加氯濃度越高，生成濃度越高；pH 值於 8.0 及加氯於折點略前，均會提高含氨原水處理時 NDMA 之生成;原水中硝酸鹽濃度對 NDMA 之生成無影響。淨水場降低 Poly(DADMAC)之添加濃度及充分混凝後再加氯，可避免 NDMA 之生成。

關鍵字：NDMA、Poly(DADMAC)、加氯折點

一、前言

NDMA 是新興含氮消毒副產物，毒性極強，最常出現於使用氯胺(Chloramine)消毒之淨水程序，已有眾多文獻顯示，除了原水中含氮有機污染物為生成 NDMA 之前驅物質外，淨水程序使用胺基高分子助凝劑，亦為產生 NDMA 的來源。北水處淨水程序皆採用加氯消毒，並未使用氯胺消毒，且僅於高濁度原水狀況下，酌予添加 Poly(DADMAC)高分子助凝劑，以輔助混凝，平日淨水場清水 NDMA 檢測結果均為 ND，顯示平時原水中並未含有 NDMA 生成的前驅物質(Precursors)。但在高濁度原水狀況下，添加了高分子凝集劑，清水水質狀況則未知；加氯究竟是否會產生 NDMA，在何狀況下會產生?產生濃度為何?本研究希透過實驗，進行可能生成狀況探討。

二、文獻回顧

(一)NDMA 的基本物理化學性質

NDMA 全名為 N-nitrosoamine，中文名稱 N-亞硝基二甲胺，為半揮發性含氮有機物，常溫下為黃色液體，易溶於水，早期被使用於製造液體火箭燃料、抗氧化劑及作為潤滑劑添加物等，也可能於其他工業程序由化學反應產生，經工業廢水排放，而釋入自來水水源。在環境中其與水之互溶性極佳，不易吸附於固體粒子或沉積物中，但光或微生物降解，可降低其濃度。

(二)NDMA 對人體健康影響與健康風險評估

人類暴露於高濃度 NDMA，會使肝臟受損，產生頭痛、發燒、噁心、黃疸、嘔吐、肝腫大、肝腎肺功能低下及暈眩等症狀。動物試驗發現，暴露於 NDMA 會產生肝臟、呼吸道、腎臟及血管腫瘤。美國環保署致癌性分類將之歸類為 B2「可能引起人類癌症者(Probable Human Carcinogenicity)」。但尚未訂定國家飲用水水質標準；進行人體健康風險評估結果，在 1×10^{-6} 致癌風險下，飲用水 NDMA 容許濃度為 0.7 ng/L；美國加州訂定公眾健康目標(Public Health Goal)為 3 ng/L；澳洲飲用水指引(Australia Drinking Water Guideline)於 2011 年更新 NDMA 之飲用水指

引值為 100 ng/L；加拿大以 70 公斤平均體重成人，每天喝 2 公升水，終身致癌風險 1×10^{-5}，訂飲用水中 NDMA 最大可接受濃度(MAC)為 40 ng/L；世界衛生組織以 60 公斤平均體重成人，終身致癌風險 1×10^{-5}，計算出飲用水中 NDMA 之準則值為 100 ng/L。

(三)NDMA 於淨水處理的生成與前驅物質(Precursors)

典型淨水處理 NDMA 的生成，來自原水中具有含氮物質，經氯胺化(Chloramination)反應而生成，二甲基胺(Dimethylamine，DMA)為普遍認定的前驅物質。含氮前驅物質明顯的來源，包含 5 類(Seid, 2018；Selbes,2018)。1.原水中含胺基巨分子成份，人工合成之藥物及個人保健用品(PPCPs)，如除黴劑及化妝品等具二甲基胺(DMA)分子結構之二、三及四級胺，或含四級胺之漱口水、洗髮精、清潔劑；農業化學品農藥、除草劑及具二甲基胺 DMA 螯合劑。2.具污水或廢水處理場放流水排放之地面水、農業暴雨沖刷或優養原水。3.天然或廢水生物處理有機物質，如有機氮或溶解性微生物產物。4.水處理物質，具胺基或含氨碳奈米管(Nanotube)、離子交換樹酯處理水(來自製造樹酯用四級胺)、混凝用高分子聚合物、薄膜處理材料。5.管線輸送材料，橡膠密封(seal)、墊片、管線與腐蝕產物。

澳洲水研究中心(Water Research Australia)NDMA 於事實清單(2013)中，列出具有可能產生 NDMA 或前驅物質之風險因子，如表 1，可作為淨水場自我檢視，避免產生 NDMA 之用。

表 1　淨水場產生 NDMA 風險因子

類　別	風　險　因　子
水源	工業廢水排放、污水處理場排放水、DOC>15 mg/L、色度>100，定期發生因高有機氮導致之藍綠藻或其他藻類藻華
淨水及供水管網	使用陽離子性高分子、氯胺化 pH<8.4；氯氨比>5.2；先加氨、淨水污泥處理上澄液回收、以氯胺化水反洗、淨水去除有機碳或污染物效果不佳、新管材具橡膠產物、管網滯留時間長

(四)NDMA 之生成反應機制

經研究較為成熟的 NDMA 生成反應機制有二，一為亞硝化(N-Nitrosation)反應，一為氧化氯化非對稱二甲基肼中間體(Chlorinated Unsymetrical Dimethylhydrazine , UDMH) (Park et.al,2007)

亞硝化反應如圖 1 所示，在酸性環境(pH=3.4 反應最快)，亞硝酸酸化形成 NO^+，NO^+再與二甲基胺反應生成 NDMA，一般發生於醃肉、香菸及大麥飲料等，有研究指出此生成反應，會因加氯程序存在自由餘氯而強化。

$$HNO_2 + H^+ \leftrightarrow H_2O + NO^+$$

$$NO^+ + (CH_3)_2NH \rightarrow (CH_3)_2N-N=O + H^+$$

圖 1　NDNA 生成亞硝化反應

UDMH 中間體氧化反應常發生於淨水處理，如圖 2 所示，為單氯胺(Mono-chloramine)與二甲基胺 DMA 反應生成 UDMH 中間體，再氧化生成 NDMA，此反應發生於中性及高 pH 下，pH=8.0 生成 NDMA 最多。

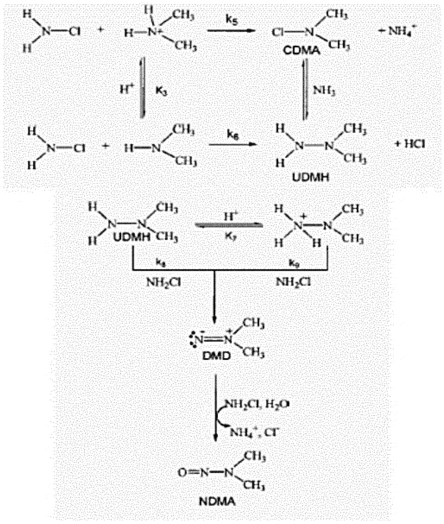


圖 2　NDNA 生成 UDMH 氧化反應

後有研究顯示，雙氯胺(Dichloramine)於反應產生 NDMA 較單氯胺扮演更主要角色，雙氯胺會與 DMA 反應先生成氯化二甲基肼中間體，再被溶氧氧化生成 NDMA，如圖 3 反應所示。William A. Mitch 及 David L.Sedlak 於 2002 年研究發現，NDMA 之生成可透過氯化污水處理廠排放水或飲用水源時產生單氯胺，與 DMA 緩慢反應生成 UDMH 後，再快速氧化生成 NDMA。

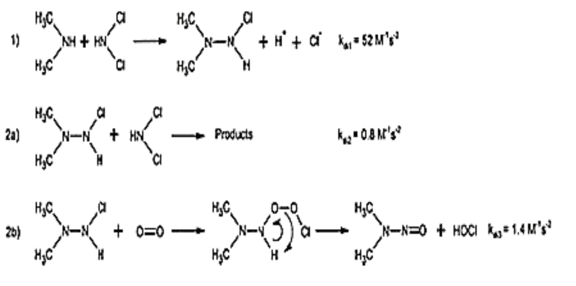


圖 3　雙氯胺與 DMA 反應生成 NDMA 反應

另一路徑為次氯酸鈉與 DMA 反應產生，但生成速率較低，較前者低 1 冪次(Order)，此可解釋為氯氧化要先去除 DMA 上之烷官能基，才能生成 UDMH 所致。在整個 NDMA 生成反應中，UDMH 的生成是速率限制反應，而非 UDMH 的氧化，後者反應僅需約 10 分鐘。

(五)使用 poly (DADMAC)於淨水處理生成 NDMA 之影響因素

Child 等人於 2002 年，首先提出水處理用高分子聚合物可和氯反應生成 NDMA。後陸續有文獻探討使用高分子聚合物生成 NDMA 之影響因素。

1.高分子聚合物產品性質

研究發現低分子量 polyamine 高分子，因聚合化時間較短，具較短鏈長及較多的鏈端(Chain ends)會有較高濃度之 DMA 及導致生成較多的 NDMA，但 poly(DADMAC)則不受分子量高低影響。就高分子結構而言，polyamine 為三級胺，poly(DADMAC)為四級胺，二者與氯胺反應而釋出 DMA，前者僅需打斷 1 個 C-N 鍵，而後者為環狀結構，需打斷 2 個 C-N 鍵，相對較困難；另 Poly(DADMAC)在水溶液中，因結構關係，較 polyamine 不具彈性自由移動，亦影響其反應。就合成 Poly(DADMAC)過程產物而言，中間體 ADMA(Allyldimethylamine) 易被單氯胺降解釋出較多 DMA 而生成較多 NDMA；單體 DADMAC 則否(Park 等，2007)。

2.高分子聚合物之添加濃度與氧化反應

NDMA 產生濃度會隨 polyDADMAC 加注濃度增加及與氯胺接觸時間增長而增加(Andrzej 等，2003；Lahua Jun 等，2019)。生成速率也隨溫度增加而增加，因溫度高會增進 polyDADMAC 水解；亦隨反應時間增加而增加，反應 24 小時生成之 NDMA 約為反應 156 小時的 25%(Lahua Jun 等，2019)。

(1)添加氧化劑種類與降解狀況

Park 等人 2009 年研究 4 種常用陽離子性胺基高分子與氯基氧化劑反應，顯示作為 NDMA 前驅物質至少遭遇 2 種反應，一為打斷高分子主結構，二為氧化產生之 DMA 及 DMA 中間體，生成 NDMA；第 1 個反應之速率二氧化氯>自由餘氯>單氯胺，釋出 DMA 亦然，第 2 個反應單氯胺>二氧化氯；自由餘氯。單氯胺反應生成 NDMAFP 最高，但較直接以單氯胺與 DMA 反應生成者少，可能一部分單氯胺反應消耗於打斷高分子鍵所致，裂解高分子生成之 DMA 濃度主宰 NDMA 生成的多寡。相同濃度 Poly(DADMAC)，在相同濃度不同含氯氧化劑下，生成 NDMA 能力比為單氯胺:次氯酸鈉:二氧化氯=8.6:1.0:1.0。

(2)加氯順序與折點加氯

研究發現，在折點加氯過程中，NDMA 生成後不會再為氯所轉化，故即使已超過加氯折點，產生自由餘氯，NDMA 的量不會減少。故為降低氯化地面水產生 NDMA，氯化前先去除氨、採折點加氯超過加氯折點或避免使用氯胺消毒，為必要策略(Mitch 等，2002)。加高分子凝集劑時，同時加氯和氨(立即產生氯胺)或先加氨後立即加氯，會產生最高濃度 NDMA，若先加氯增加氯接觸時間後再加氨(氯胺化)，則可降低 NDMA 生成(Andrzei 等，2003)。在添加高分子狀況下，先加氨再加氯(類似含氨原水加氯)會較先加氯再加氨產生較高之 NDMA，此係因局部高氯氨比會產生較多二氯胺所致；但後者加氯及加氨之時間間隔越大，產生之 NDMA 越低，此係因先加氯打斷高分子產生之 DMA，可能產生”氯化 DMA”，而較不易生成 NDMA 之故，故含氨原水，在添加高分子助凝劑時，應避免直接加氯，以產生較高濃度之 NDMA。折點加氯會影響 NDMA 的產生，在折點處(或略前)，因產生最高量二氯胺，致生成最高濃度 NDMA；在加氯折點以後，氯氨質量比越高，產生越多的自由餘氯，致生成 NDMA 濃度降低。前氧化劑添加可降低 NDMA 的產生，但臭氧為例外(Park 等，2015)。含氨污水廠排放水加氯，發現兩個因素影響 NDMA 的生成，分別為「有機氮前驅物之氯化」及「二氯胺之存在」，在淨水處理常見之 pH(6~9)下，氯化 DMA(CDMA)與 DMA，在與單氯胺及二氯胺反應時，產生之 NDMA 比約為 1:10。超過折點加氯點，存在自由餘氯與 NCl_3，由於自由餘氯快速與 DMA 產生 CDMA，抑制了 NCl_3 與 DMA 產生 NDMA。當存在 $NHCl_2$，與 CDMA 及 DMA 反應產生之 NDMA，約為與 NH_2Cl 反應產生者 10~100 倍高(即使僅存在極為少量的 $NHCl_2$)。於低於加氯折點的加氯濃度，當先加氨後加氯(或加氯於充分混合含氨的原水)，由於局部高 Cl:N 比，可加速 $NHCl_2$ 的形成，如圖 4 C 假說(Schreiber 等，2005；Selbes 等，2018)。供水管網中 NDMA 濃度會有隨於管網滯留時間增加而增加的趨勢(Charrois 等，2007)。氯胺處理最佳處理情境為，在加注高分子後，經混沉過濾，去除大部分殘餘高分子後，再進行氯胺化，氯胺化以先加氯有些許接觸時間後，再加氨，對降低 NDMA 的生成最佳(Andrzej 等，2003)。

3.處理水 pH 值

DMA 與單氯胺反應，pH 值在 7.0 及 8.0 下，NDMA 生成速率最大(Mitch 等，2002

年)。polyamine 與 polyDADMA 與單氯胺反應，於 pH 值 8.0 生成最高濃度 NDMA，與裂解出之 DMA 結果相呼應(Park 等，2007)。

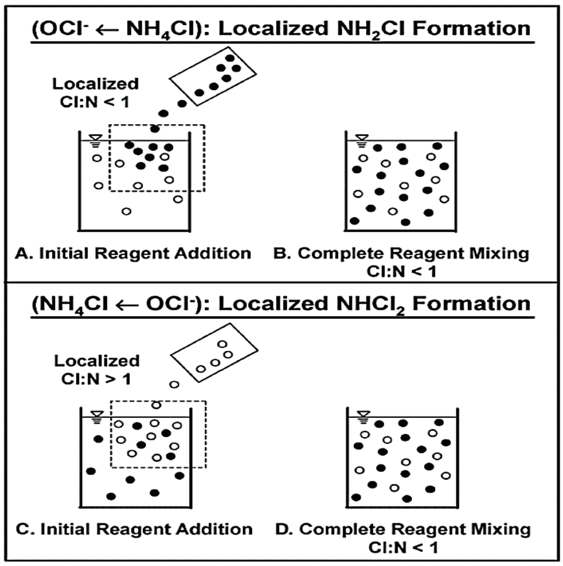


圖 4　氯與氨添加順序與形成二氯胺狀況假說圖 (Marie Schreiber 及 William A.Mitch,2005)

4.水中無機氮濃度

研究使用常用陽離子性胺基高分子 polyDADMAC 及 polyamine 於純水中，加 10 mg/L $NaNO_2$ 及 $NaNO_3$ 反應試驗，產生約與同濃度自由餘氯及二氧化氯相當之極低濃度 NDMA，因此認為硝酸鹽和亞硝酸鹽等亞硝化劑(Nitrosifying agents)不會降解高分子產生 NDMA 前驅物，在淨水處理程序似乎也不會產生明顯的 NDMA，亞硝酸鹽及硝酸鹽不會與高分子生成 NDMA (Park 等，2009)。研究以美國 EBMUD(East Bay Municipal Utility District)實際原水，在加注 polyDADMAC 狀況下，未加氯胺，存在氨、亞硝酸氮及硝酸氮，均不增進 NDMA 的生成(Andrzej 等，2003)。

三、實驗方法與步驟

本研究之重點在於評估加氯消毒淨水處理，於添加 polyDADMAC 高分子凝集劑狀況下，是否會生成 NDMA。依北水處淨水場高濁度原水實際處理情形，分別就添加高分子凝集劑與前加氯濃度高低、原水含氨濃度、原水含硝酸鹽濃度、處理水 pH 值及折點加氯等因素進行批次模擬實驗。實驗步驟如下：

1.添加高分子凝集劑及氯濃度對 NDMA 生成之影響試驗

使用棕色瓶(以避免光解)，溶解淨水場實際使用 Poly(DADMAC)凝集劑於長興原水，使有效成分濃度分別為 0.0、0.025、0.25、0.5、1.0、4.0、10、25.0 mg/L，先測 pH 值、氨氮、TOC、濁度及 TDS，分別加氯 1 mg/L 及 5 mg/L，以 10Mm 磷酸鹽緩衝液調 pH 值於 7.0，持續以磁石攪拌，反應時間 24Hrs 後，檢測水中餘氯(瞭解餘氯消耗狀況)、水溫、pH 值，以維生素 C 去氯，取樣檢測 NDMA 濃度。

2.二甲基胺(DMA) 加氯生成 NDMA 狀況試驗

使用棕色瓶，配製 0.0、0.01mg/L、0.1mg/L 及 1.0mg/L DMA 於長興原水中，經分別加氯 1mg/L 及 5 mg/L，調 pH 值至 7.0，反應 24 小時，以維生素 C 去氯，取樣檢測 NDMA 濃度、水溫、pH、自由餘氯及總氯，以瞭解單純 DMA 加氯是否會生成 NDMA ，生成是否受加氯濃度影響。

3.原水 pH 值對 NDMA 生成之影響試驗

使用棕色瓶，裝長興場原水 5 瓶，分別加有效濃度 1.0 mg/L 及 10.0 mg/L Poly(DADMAC)凝集劑，立即加氯 5.0mg/L 及

1.0 mg/L，充分攪拌，調整 pH 值分別為 5.0、6.0、7.0、8.0 及 9.0，持續攪拌 24 小時；檢測水中自由餘氯、總氯、水溫、pH 值，以維生素 C 去氯，取樣檢測 NDMA 濃度狀況。

4.原水含不同濃度氨，添加 Poly(DADMAC)，於不同加氯狀況下，NDMA 之生成試驗

(1)以長興原水(先測 pH)6 瓶，添加 3.12mg/L 濃度氯化銨(氨 0.817mg/L)，配製成人工原水，每瓶均添加有效成分 10 mg/L 濃度 Poly(DADMAC)凝集劑，第 1 瓶不加氯為控制組、第 2 瓶後分別立即加 0.5mg/L、5.0 mg/L、8.0 mg/L、10 mg/L、15 mg/L 及 20 mg/L；使氯氨質量比分別為 0、2.5、5、8、10、15、及 20，調整 pH 值於 7.0，持續攪拌 60 分鐘後，檢測水中餘氯及總氯，以瞭解餘氯消耗狀況，繪製折點加氯圖，確認加氯折點。

(2)以(1)之結果，配製相同人工原水，添加相同序列加氯濃度，持續攪拌 24 小時後，每一瓶測水溫、pH 值，總氯及自由餘氯，以維生素 C 去氯，取樣檢測 NDMA 濃度。

(3)另一組同(1)實驗程序，但添加氯化銨 0.623 mg/L(氨 0.163mg/L) ，配製成人工原水，每瓶均添加有效成分 1.0 mg/L 濃度 Poly(DADMAC)凝集劑，在不同氯氨質量比下，進行折點加氯及 NDMA 濃度檢測。

5.原水中含不同濃度硝酸鹽，添加 Poly(DADMAC)，於不同加氯狀況下，NDMA 之生成試驗

以長興原水添加硝酸鉀使硝酸根濃度分別為 0.2、0.5、1.0、5.0、及 10.0 mg/L 各 1 瓶，均添加 10 mg/L 濃度 Poly(DADMAC)凝集劑及加氯 5 mg/L，調 pH 值為 7.0，持續攪拌 24 小時，以維生素 C 去氯，取樣檢測 NDMA 濃度狀況；另以添加 1.0 mg/L 濃度 Poly(DADMAC)凝集劑及加氯 1.0 mg/L 進行實驗。

6.NDMA 檢測

以固相萃取及液相層析串聯式質譜儀(LC/MS/MS)進行 NDMA 檢測，方法偵測極限為 2.43 ng/L。

四、實驗結果與討論

1.加氯濃度及 poly(DADMAC)濃度影響 NDMA 之生成

長興場原水添加不同濃度 poly(DADMAC)，以不同加氯濃度，在室溫(21℃~25℃)下，pH 維持 7.0~7.3，反應 24 小時，結果如圖 5 所示，在加氯 1 mg/L 以上，poly(DADMAC)有效濃度 10 mg/L 以上，逐漸產生 NDMA，產生 NDMA 濃度隨 poly(DADMAC)有效濃度及加氯濃度增加而有增加趨勢，但均在約 11 ng/L 以下。依文獻研究結果，加氯氧化打斷高分子結構，釋出 DMA 的多寡，主宰 NDMA 的生成；但氯會與釋出之 DMA 反應，生成氯化 DMA，致 NDMA 的生成速率較慢。

單純以二甲基胺(DMA)與氯在 pH=7.0，在室溫(20℃)下，反應 24 小時，生成 NDMA 狀況如圖 6 所示，DMA 濃度在 0.01mg/L(10 μg/L)以下，幾乎不產生 NDMA，而濃度在 0.1mg/L(100 μg/L)，約產生 NDMA 10 ng/L，濃度高到 1.0mg/L(1000 μg/L)，可產生約 100 ng/L NDMA，且加氯濃度越高，產生 NDMA 濃度越高，單純加氯於 NDMA 前驅物

DMA，確認會產生 NDMA，且 DMA 濃度越高，會產生越高濃度之 NDMA，惟濃度遠低於文獻中加氯胺者。

實驗結果可以看出，加氯於 NDMA 前驅物 DMA，在中性環境下反應，DMA 濃度要達 100 μg/L 以上，才會產生明顯 NDMA；比較圖 5 及圖 6 的實驗結果，加 poly(DADMAC) 10 mg/L 及氯濃度 5.0mg/L，與 DMA 濃度 100 μg/L 加氯濃度 5.0mg/L 產生 NDMA 濃度相較，約為一半。因加氯會消耗於裂解 poly(DADMAC)釋出 DMA，且反應後餘氯檢測數據證明 5.0mg/L 氯是過量的，故在若 poly(DADMAC) 中無其他可與氯反應生成 NDMA 之單體及中間體，可能產生約 50 μg/L 的 DMA，和過量的氯反應生成 NDMA。此結果較 Park(2009)以 10 mg/L 次氯酸鈉裂解 10 mg/Lpoly(DADMAC)，增加殘餘的 DMA 及增加 NDMA 結果略有差異，可能係該研究試驗用 poly(DADMAC)結構及不存物 DMA 等均略有不同所致。

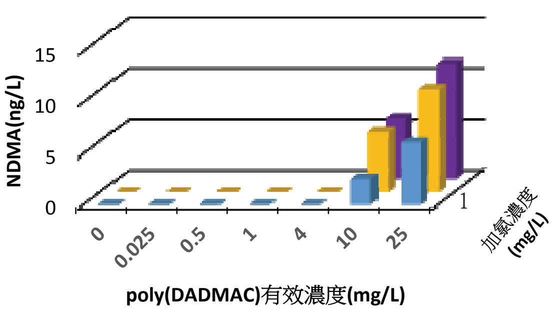


圖 5　添加不同濃度 poly(DADMAC)及氯，在 pH=7.0，反應 24 小時，生成 NDMA 狀況

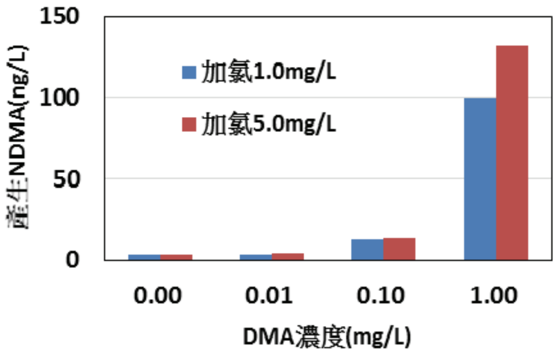


圖 6　添加不同濃度二甲基胺(DMA)及氯，在 pH=7.0，反應 24 小時，生成 NDMA 狀況

2.原水 pH 影響 NDMA 之生成

添加高低 2 種不同濃度 Poly(DADMAC)及氯，在不同 pH 值下，經 24 小時反應，生成 NDMA 的狀況，如圖 7 及圖 8 所示，在 pH 維持在 8.0 狀況下，會產生最高濃度的 NDMA，且添加 Poly(DADMAC)及加氯濃度越高，產生 NDMA 越高。

pH 值影響 NDMA 的生成，有兩個主要因素，一為高分子 poly(DADMAC)裂解釋出 DMA 程度，另一為加氯後生成氯胺之種類，生成氯胺之種類也會影響 poly(DADMAC)之裂解。圖 7 及圖 8 中，pH 值 5~6，裂解高分子生成 DMA 濃度較低(參考 Park(2009)研究及本研究耗氯濃度)，但因瞬間加入大量氯，在此酸性 pH 條件下，即使原水僅存在極低濃度氨(0.01mg/L)，易生成少量二氯胺，有助於快速生成些許 NDMA。在 pH 值 7~8，少量二氯胺易轉化成單氯胺，亦會生成 NDMA，只是反應速率較二氯胺慢，但此時裂解高分子生成出 DMA 之濃度較 pH=5~6 時高(此可由耗氯狀況印證)；但 pH=7 時，過量的氯及單氯胺均會先與釋出之 DMA 生成氯化 DMA，而不利 NDMA 的生成，pH=8，

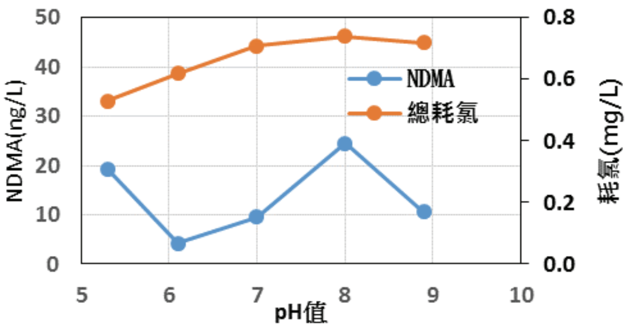


圖 7　添加 1.0 mg/L Poly(DADMAC)及加氯 1.0 mg/L，不同 pH 值，NDMA 之生成

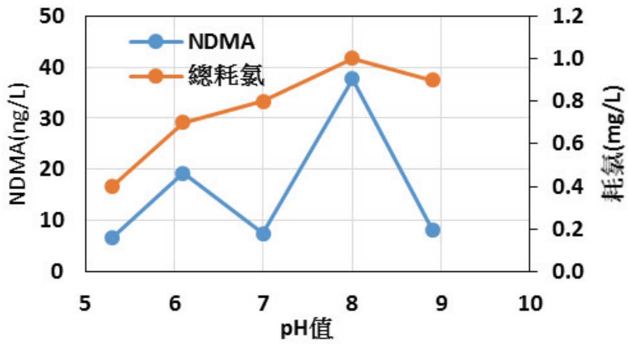


圖 8　添加 10.0 mg/L Poly(DADMAC)及加氯 5.0 mg/L，不同 pH 值，NDMA 之生成

裂解高分子釋出 DMA 濃度最高，且仍有單氯胺存在，故生成 NDMA 最高；pH=9 時，裂解高分子釋出 DMA 之濃度降低 Park(2009)，耗氯狀況亦印證，但加氯幾乎不產生二氯胺，自由餘氯較 pH=7~8 時更高，故氯化 DMA 濃度更高，生成 NDMA 濃度降低。整體而言，pH 值=8 時，生成 NDMA 的濃度最高，且加氯量越高，高分子濃度越高，生成 NDMA 的濃度越高。圖 5 和圖 8 比較發現，相同添加 10.0 mg/L Poly(DADMAC)及加氯 5.0 mg/L，在 pH=7.0 及 8.0 時，產生 NDMA 分別為 8.3 及 37.7，後者為前者之 4.5 倍，顯見 pH 值之影響。

3.折點加氯對 NDMA 生成之影響

以長興原水添加不同濃度的氨，及不同濃度的 poly(DADMAC)，在不同加氯濃度及 pH=7.0 下，反應 1 小時，兩組實驗分別為原水中含較低濃度氨氮(0.163mg/L)，添加低濃度 poly(DADMAC)(有效成份 1.0 mg/L)及較高濃度氨氮(0.817mg/L)，添加高濃度 poly(DADMAC)(有效成份 10 mg/L)，NDMA 之生成結果如圖 10 及圖 11。

由實驗結果可以看出，二者加氯折點均約在氯氮質量比 12 左右，即氯氨莫爾比 4.83 左右。而 NDMA 的生成狀況，在加氯折點之前之加氯狀況，生成的 NDMA 隨加氯量增加而增加，在加氯折點略前，生成最高濃度的 NDMA；在加氯折點之後之加氯狀況，生成的 NDMA 則隨加氯量增加而降低。

低濃度氨原水低 poly(DADMAC)添加，反應產生的 NDMA 濃度僅數 ng/L，過過加氯折點，再加氯，NDMA 濃度降低亦有限；但高濃度氨原水高 poly(DADMAC)添加，則影響較大，最高可達約 160ng/L，最低亦有約 20ng/L，原水氨氮和加氯折點交互影響明顯。

依加拿大衛生部(2019 年)的氯胺技術資料及 White(1972 年)折點加氯原理，如圖 9，在加氯折點前，總餘氯最高波峰之前的加氯量，所加氯和氨主要生成單氯胺(Manochloramine)；而在總餘氯最高波峰之後的加氯量，開始部分生成二氯胺(Dichloramine)，直至加氯折點附近略前，二氯胺濃度隨加氯量會增至最高；加氯折點後，開始存在自由餘氯，並逐漸增加三氯胺(Nitrogen trichloride)的產生。

在原水添加 poly(DADMAC)狀況下，狀

況較僅存在氨氮複雜，所加氯部份會用以裂解 poly(DADMAC)，釋出 DMA，部份又會和產生的 DMA 反應，產生氯化 DMA，降低 NDMA 的生成速率。Park 等人(2009；2015)研究發現，打斷高分子釋出 DMA 的能力，單氯胺是較氯差的；但氧化 DMA 生成 NDMA 的能力，單氯胺則較氯強很多。二氯胺較單氯胺，與高分子裂解釋出之 DMA，更易生成 NDMA。而過折點之後，氯胺裂解，產生自由餘氯，與裂解釋出之 DMA 反應產生氯化 DMA，僅產生較微量的 NDMA，極低於較氯胺反應產生者。

圖 10 及圖 11 結果對照圖 9 可清楚解釋，在加氯折點之前的加氯量，由於所加氯部分和氨生成單氯胺，部分則和 poly(DADMAC)反應，裂解其結構，釋出 DMA，隨著加氯量之增加， 產生越多單氯胺及隨後的二氯胺，二氯胺較單氯胺更能促進 NDMA 的生成，故越接近加氯折點，生成越多 NDMA；過加氯折點後，開始生成自由餘氯，由於自由餘氯和 DMA 反應，生成氯化 DMA，將不利 NDMA 的生成，且隨加氯量越高，自由餘氯越高，會抑制且越不利 NDMA 的生成。

4.原水中硝酸鹽對 NDMA 生成之影響

以長興原水添加不同濃度的硝酸鹽，配置成試驗原水，加高低兩種濃度 poly(DADMAC)及氯，室溫(21℃)下反應 24 小時，結果如圖 12。將圖 12 控制組(未添加硝酸鹽)與圖 5 相較，1.0mg/L poly(DADMAC)加 1.0mg/L 氯，二者均為 ND；10mg/L poly(DADMAC)加 5mg/L 氯，分別生成 5.90 ng/L 及 6.76 ng/LNDMA，均非常接近，而硝酸鹽濃度 0.2 ~10.0 mg/L 下，添加 1mg/L poly(DADMAC)加 1mg/L 氯，生成的 NDMA 均很接近方法偵測極限 2.43ng/L: 10mg/L poly(DADMAC)加 5mg/L 氯，生成 NDMA 亦非常接近，顯示原水添加 poly(DADMAC)狀況下，與氯反應，生成 NDMA 不受水中硝酸鹽濃度之影響。

五、結論與建議

(一)結論

1.氯與 NDMA 前驅物二甲基胺(DMA)或與 poly(DADMAC)反應，均會產生 NDMA，二甲基胺或 poly(DADMAC)濃度及加氯濃度越高，產生 NDMA 濃度越高。

2.淨水處理添加高分子凝集劑 poly(DADMAC) (1.0~25.0mg/L)，同時加氯 (1.0~10.0 mg/L)，會產生微量 NDMA(約 11 ng/L 以下)，生成濃度約為文獻中單氯胺的 10 分之 1。

3.poly(DADMAC)確為 NDMA 生成的前驅物質，產生 NDMA 之機制可能為加氯裂解 poly(DADMAC)，釋出 DMA，再與氯反應生成 NDMA，在足量加氯狀況下，釋出 DMA 濃度主宰 NDMA 的生成。

4.添加 poly(DADMAC)及加氯處理時，水之 pH 值影響 NDMA 的生成，pH 在 8.0 時，會生成最高濃度的 NDMA；在此 pH 值下，生成之 NDMA 會達 pH=7.0 時之 2.5~5.0 倍。

5.添加 poly(DADMAC)處理含氨氮原水時，加氯與氨濃度比，影響 NDMA 的生成，加氯折點附近略前之加氯濃度，會產生最高濃度 NDMA；加氯折點之前，NDMA 的生成，會隨加氯濃度增加而增加；超過加氯

折點後，NDMA 的生成，則隨加氯量升高而降低。

6. 原水中硝酸氮濃度，不會對添加 Poly(DADMAC)及加氯處理水時，NDMA 之生成產生影響。

7.添加 poly(DADMAC)助凝及前加氯處理，即使均在很高濃度下(如 10mg/L 及 5mg/L)反應，生成 NDMA 濃度均遠低於世界衛生組織、澳洲及加拿大飲用水指引值 100ng/L 及 40ng/L，但 pH 值 8.0 及原水含高濃度氨氮時，加氯接近折點附近，生成 NDMA 有超過指引值之可能。

(二)對淨水處理之建議

1. 我國環保署飲用水管理條例，規範 poly(DADMAC)只有在原水濁度大於 250，我國水處理藥劑之規範，對水質安全之確保而言，是足夠嚴謹的；但依文獻研究，除應注意藥劑規範除單體 DADMAC 濃度外，建議尚須注意 DMA 及中間體 ADMA(Allyldimethylamine)濃度，此二者才是最易反應產生 NDMA 者。

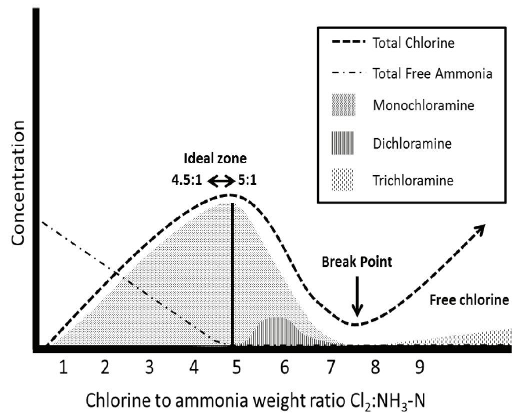


圖 9　理想折點加氯曲線下不同種類氯胺之生成(加拿大衛生部，2019)

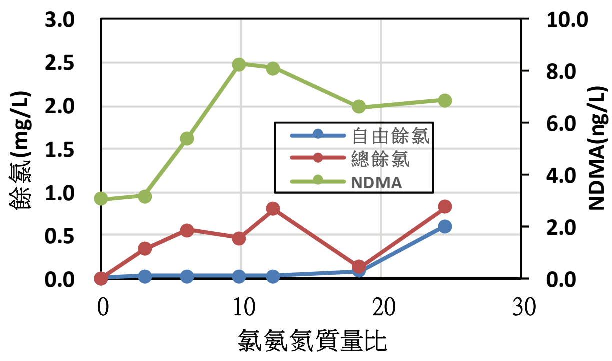


圖 10　原水含低濃度氨氮(0.163mg/L)及添加有效成份 1.0 mg/Lpoly(DADMAC)，不同加氯濃度，pH=7.0 下，反應 1 小時，NDMA 生成狀況

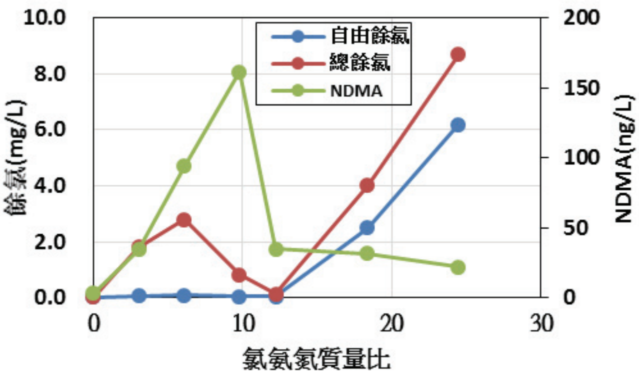


圖 11　原水含高濃度氨氮(0.817mg/L)及添加有效成份 10mg/Lpoly(DADMAC)，不同加氯濃度，pH=7.0 下，反應 1 小時，NDMA 生成狀況

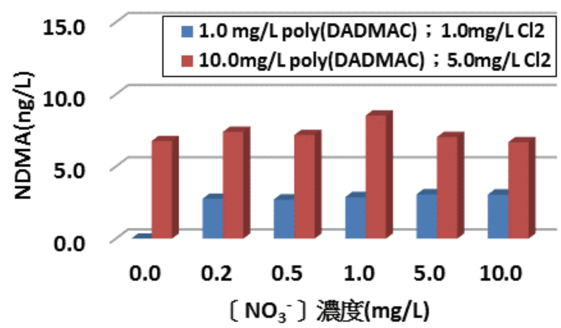


圖 12　不同濃度硝酸鹽，對添加不同濃度 poly(DADMAC)及氯，產生 NDMA 之影響

2.我國淨水場的原水特性為，遇颱風暴雨可能瞬間升高濁度至數千甚至數萬 NTU，並夾帶高濃度氨氮，使混凝及加氯操作異於平常。添加 poly(DADMAC)助凝劑 時，除考量去除濁度的有效性外，原水中的氨、加氯方式及處理水的 pH 值等因素，可能會影響含氮消毒副產物 NDMA 的生成，建議儘可能將加 poly(DADMAC)與加氯分開操作，即先產生混凝作用，將poly(DADMAC)充分反應掉，再實施加氯，避免或降低二者間的反應，及 NDMA 的生成。若受限於設備無法實施二者分開操作的狀況下，應注意原水中的氨和加氯反應產生之影響，注意加氯折點狀況，應加氯超過加氯折點，以降低 NDMA 的生成；另應注意加注方式，單點瞬間大量加氯方式，會導致局部產生高濃度 NDMA，應使加注後立即充分混合，或以多點分散加注方式，避免 NDMA 的生成。當然，所添加 poly(DADMAC)濃度越低，產生 NDMA 的風險就越低。另外，混凝加氯過程應注意水的 pH 值，勿使 pH 值維持在 8.0，而增進 NDMA 的生成。

參考文獻

1.Sang Hyuck Park et.al,A study of the effect of polymers on potential N-nitrosodimethylamine (NDMA) formation at water and wastewater treatment plants.Georgia institute of technology, 2007.

2.Sang Hyuck Park et.al, Potential N-nitrosodimethylamine (NDMA) formation from amine-based water treatment polymers in the reactions with chlorine-based oxidants and nitrosifying agents. Water science & technology :water supply,9.3,2009.

3.Sang Hyuck Park et.al.,N-nitrosodimethylamine (NDMA) formation potential of amine-based water treatment polymers:effects of in situ chloramination, breakpoint chlorination and peroxidation.，J. of Hazardous Materials,282,2015

4.Park S.H.et al,Potential enhamced N-nitrosodimethylamine (NDMA) formation under water treatment conditions., Environmental exposure and health,85,2005

5.David Hanigan,et al., Contribution and Removal of Watershed and Cationic Polymer N-Nitrosodimethylamine Precursors. 107:3, 2015, J.AWWA.

6.Meric Selbes et al.,The effect of pre-oxidation on NDMA formation and the influence of pH.,Water Research 66,2014.

7.Marie Schreiber and William A.Mitch, Influence of the order of reagent addition on NDNA formation during chloramination.Environ.Sci.Technol.2005, 39.3811-3818.

8.William A. Mitch and David L.Sedlak, Formation of N-Nitrosodimethylamine (NDMA) From dimethylamine during chlorination. Environ.Sci. Technol.36,2022.

9.S.H.Park et.al.,Degradation of amine-based water treatment polymers during chloramination as N-nitrodimethylamine (NDMA) precusors., American Chemical Society, 2009.

10.Mingizem Gashaw Seid et.al. Understanding N-nitrosodimethylamine (NDMA) formation during chloramination :Precursor characteristics, pathways and mitigation.,J. of Korean Society of Water and Wastewater32:3,2018.

11.Selbes Meric,et.al.,The role of chloramine species in NDMA formation.,Water Research (14), 100-109,2018.
12.Choi Junghoon et.al.,Mechanistic studies of N-nitrosodimethylamine (NDMA) formation in chlorinated drinking water., J.Environ. Monit., 2002,4,249-252.
13.Wahman D.G.,2018,Web-based applications to simulate drinking water inorganic chloramine chemistry,J.AWWA 110:11,E43~E61.
14.Geo.Clifford White,Handbook of chlorination for potable water ,wastewater ,cooling water,industrial processes and swimming pools,1972.
15.“Chloramines in Drinking Water” Document for Public Consultation,Health Canada,2019.

作者簡介

薛志宏先生

現職：台北自來水事業處水質科科長

專長：水質管理、淨水處理、水質檢驗

張凱迪先生

現職：台北自來水事業處三級工程師

專長：淨水處理、水質檢驗

鍾佳宏先生

現職：台北自來水事業處四級工程師

專長：水質檢驗

多重噴嘴式水表自轉原因及改善探討

文/蔡裕國、游叡研

摘要

基於多重噴嘴式水表正向及逆向器差不相等特性，一旦供水管路非穩態流場，即會產生水表計量不準確的問題，例如用戶報怨空屋沒住人竟然有使用度數，或沒用水時水表會微量自轉，可能造成用戶對水表的公平性產生質疑，徒增人員行政作業困擾。

對於自來水管內水壓瞬間變化造成葉輪盒下層噴孔直擊葉片，加上水表或自來水管內不易排出之氣室，多重噴嘴式水表物理上之特性，正向流動動量大於逆向流量動量，造成水表產生微量自走脈動現象。

為徹底解決水表微量自轉問題，本案研發改良插入型逆止閥，阻隔壓力波動，由實驗室測試市售三種廠牌，比對無安裝、表前 10 倍管徑及表後安裝逆止閥，測試水表器差及壓損，確認插入型逆止閥之成效及比較不同安裝位置對水表器差影響，並進一步確認適用可行性。

關鍵字：水表自轉、插入型逆止閥、水錘、器差

一、研究緣起與目的

臺北自來水事業處(以下稱北水處)近年於公宅已全面安裝智慧水表，透過遠端無線傳輸設備將用水度數等資料直接傳輸至抄表系統(每日至少傳輸 1 次)，以達成遠端無人抄表功能並可得知即時用水度數。

公宅設有管理單位，空戶、承租戶及用水用電等皆有管理與紀錄，其水表自轉事件發生後，經管理員通知有部分為空戶但卻新增少量用水度數情形，因此隨即派員前往調查原因，經現勘後發現，各區域之頂樓水表皆有安裝加壓馬達，部分頂樓加壓馬達啟動後，隨即可觀察鄰近安裝水表有些微走動正轉現象，由於此情形除影響計量之公平性外，更可能降低用戶對於水表計量的信心，因此展開一系列研究與解決方案，目的希望能克服水表微量自轉問題，避免產生水費爭議。

二、研究過程與方法

(一)文獻回顧：

水表微量自轉之研究，周家榮(2020)提及水表自走原因是流體速度達到啟動流量所致，另有關中國針對自走問題研究及發表案例相當多，結果也大致相同，因多重噴嘴式水表具有價格低廉優勢，廣泛安裝自來水公司用戶計量，因此，多重噴嘴水表發生微量自轉案例多有討論，尤其空屋情形下顯而易見，故蒐集相關之研究結果彙整如表 1。

表 1　文獻彙整表

文獻	研究名稱	原因	解決方案
臺灣	水表自轉之謎與因應之道，2020，周家榮	1.水壓變動 2.水表及管路空氣	1.台水逆止閥 2.排除空氣 3.降低壓力波動
中國	水表自走的原因與處理，2010，塘沽中法供水有限公司	1.壓力波動 2.氣囊 3.安裝方式及安裝品質	1.在表前後裝止回閥 2.安裝排氣閥

自走問題有兩項重要因子，第一為水表前之壓力波動，第二為水表後及水表內未充滿水，積存有足夠之空氣，兩項因子同時存在就有可能發生，但也不一定會發生，即空氣存量與壓力變化互相達成一定程度，使水體產生流量之晃動或波動。杜絕流量之波動，即消除發生因子中的其中一項，即可消除自走，例如安裝逆止閥、排除空氣及降低壓力變化。本研究係探討逆止閥型式及安裝方式，進行研發改良，並確認逆止閥與水表組合下，水表性能特性影響。

所謂水錘(Water Hammer)現象，就是管路內流量急速變化，使管內水壓突升或突降而產生，形成壓力波動，常見成因有以下幾種：

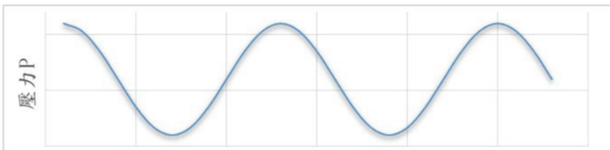
1.內線加壓馬達啟動時，會瞬間對水塔至水表間管路的水體進行抽送，一般建物管線設計係由頂樓水塔安裝下水管，再由下水管依樓層安裝水表，而馬達啟閉易造成附近管路的水體產生波動，此一波動即常見的水錘(Water Hammer)現象。

2.當自來水管網當中的水泵浦及加壓泵浦啟動停止供水時。

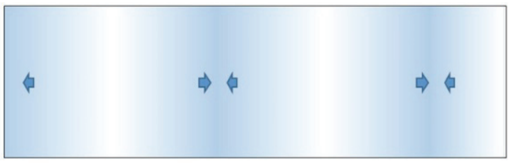
3.高地管線持減壓閥啟閉，也同樣會造成水錘，賴奕誠、游叡研(2020)研究提出因下游持減壓閥啟閉作動使管內流速變化產生壓力波動現象，致上游用戶水表緩慢正轉，即使關閉水表前止水栓，水表指針仍會微量正轉，經於水表前加裝『調節式逆止閥』並設定適當壓力後即未再發生。

4.平地管網系統中因大表表後設備故障，例如定水位閥無法閉合，形成間歇性進水以致壓力波動造成鄰近小表自轉。

以上現象會產生壓力波動，如圖 1 封閉之自來水壓力波縱向傳遞，原本靜止的位置為平衡位置，若遇有空氣時會有較大之位移，相對於平衡最大的位移，即為振幅(amplitude)，當水體存有振幅時，尤如交流電流之模式，管內未實際進水，卻有一相對一正一負之流量產生，流量大小與振幅及頻率有關，當流量超過水表啟動流量即會產生自轉現象。



壓力波藉由自來水為介質傳遞，傳遞速度為v，方向平行自來水管



壓力波傳遞若遇自來水管之空氣時，會有較大之位移

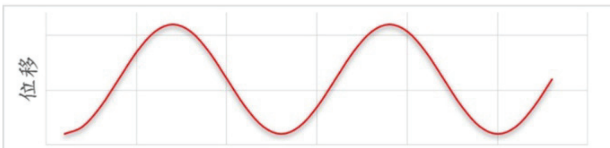


圖 1　自來水管內壓力波傳遞示意

(二)為何多重噴嘴式水表多為正向自走

水表內部主要構造為葉輪、葉輪盒、齒輪及積算裝置，其中葉輪盒設計有上、下噴孔且上噴孔大、下噴孔小(如圖 2)，依據流體力學連續方程式 Q=AV，當通水流量 Q 固定時，通水斷面積 A 越小，則流速 V 越大。而流體流速則是帶動葉輪轉動動量來源，因此當水體正向運動，水由下噴孔進入產生較大動量推動葉輪，而水體逆向運動，則由上噴

孔進入，但動量相對較小(如圖 3)，故造成葉輪正向及逆向轉動動量不相等。依據水表製造商說法，多重噴嘴式水表設計為單向使用，逆向雖仍會轉動，惟逆向之器差可能高達-40%以上(如圖 4)，以致於當用戶無用水時，因表前水錘所產生來回震盪之壓力波動，水表可能產生間歇性正轉或正轉 3 圈逆轉 1 圈的現象，會慢慢累積正向自走量。

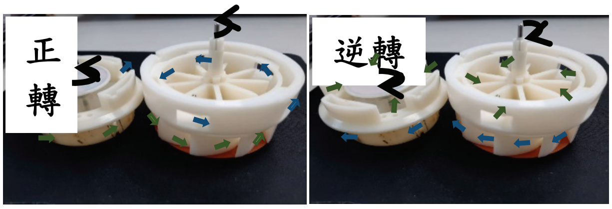


圖 2　葉輪盒噴孔構造及水體流向

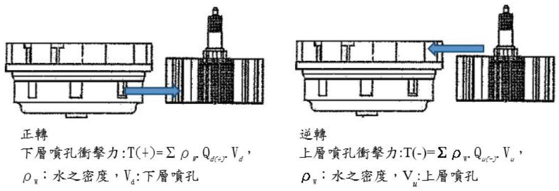


圖 3　上下層噴孔衝擊力

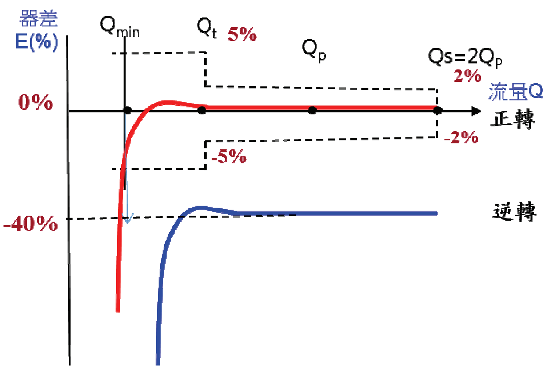


圖 4　水表正、逆向器差曲線差異示意圖

(三)壓力波如何導致水表微量自轉

壓力波擾動為管內水壓瞬間變化造成下層噴孔水流來回進出，但實際水體並無進出水表，係因水表上層齒輪盒氣囊滯存區，空氣之可壓縮性高，且溼式水表齒輪盒封閉空間，其機制如同彈簧之位移 δ，P(t)為壓力波動，K 為空氣壓縮係數，水體之振動位移以 δ =P(t)/K 表示，因此造成水表自轉的現象，但實際上水表卻完全沒出水，水僅在內部上下來回震盪。

因此壓力波動僅對水分子質點產生震盪(如圖 5)，而加壓馬達啟閉所造成的水錘效應引發壓力波，在無法避免空氣進入水表內並形成水表上方氣囊滯存區情形下，僅能尋求阻斷壓力波進入水表方式以解決自轉問題發生。

壓力波動在葉輪盒噴孔中產生一正一負之流量，當其流量高於啟動流量時，帶動葉輪轉動產生自轉，故如逆止閥設於水表後，壓力波仍會傳至水表內，壓縮表內空氣形成表內反覆水流，可減少自轉但效果有限。最佳解決方案是將逆止閥裝於表前，可阻斷壓力波進入水表氣室，即可消弭連續性位移，故逆止閥應設於水表前才可達最佳效果。

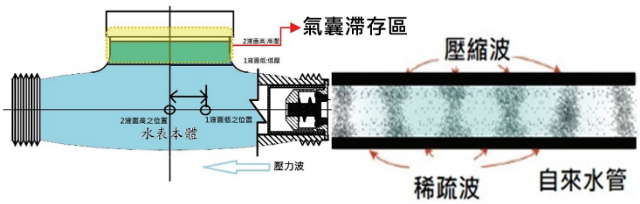


圖 5　壓力波傳遞導致水表自轉

三、遭遇困難與解決方案

(一)不影響水表準確性及表位長度，於水表前截斷表前壓力波

使用逆止閥阻斷壓力波，該裝置又稱為

止回閥或單向閥，係用於供水系統中防止自來水反向流動，只允許自來水朝單一方向流動，當流體通過閥主體時的壓力，把閥門開啟，任何反方向的流體通過時閥門，會把閥門關閉，閥門的關閉是依靠止回機構的重量、反壓或彈簧以上幾種的組合，市售之小口徑逆止閥有彈簧式和擋片式兩種型式，樣式有外螺紋及內螺紋型。

自來水事業小口徑水表一般使用多重噴嘴式螺紋型水表，依用戶表位設置原則於總表及直接表之表位後設置逆止閥，屋頂分表因無逆流至屋頂水塔之虞，無強制一定要設置逆止閥。

若需在頂樓分表戶安裝一般市售逆止閥(如圖 6)，勢必需要裁切管線或變更表位長度，由於內線設備屬於用戶財產，因此必須經過用戶同意始能變更施作，施工困難度及費用都相對較高，且現場施作空間可能受限，因係屬破壞性施工故用戶接受度低，且變更內線亦增加漏水風險，因此必須另覓他法，思考能維持表位現狀但又有逆止效果之方案。

圖 6　市售逆止閥(內外螺紋型)

(二)開發表前插入型逆止閥

利用逆止閥的物理特性，採用彈簧拉力配合相關構件設計「插入型逆止閥」，其主體為金屬銅製造，其他配件由彈簧、活動塞頭、O 型環及橡膠墊圈組合而成，此逆止閥相當於取代原有之橡皮止水墊圈，屬非破壞性安裝施工，用戶接受度高(如圖 7)。

初始產品以管線內徑作為設計依據，而多重噴嘴式水表表前為避免雜物進入有一塑膠濾網，因此將逆止閥安裝於表前時，因濾網尺寸而無法完全塞入，必須移除濾網後才能安裝。

考量濾網的功能性為不可移除的配件，因此設計修正縮小逆止閥相關管件尺寸，同時須滿足其功能性，符合市售各廠牌水表濾網大小，逆止閥與濾網可同時安裝(如圖 8)。

經測試「插入型逆止閥」止回效果佳，且安裝便利，無須裁切管線施工或變更表位，與水表融為一體，成本及風險都大幅降低，每只成本僅約新台幣 300 元，即可於水表前阻斷壓力波，市售各廠牌水表皆可快速安裝使用，若遇有堵塞或故障時，更換或維護容易等優點。

(三)確認安裝前後計量準確性

「插入型逆止閥」裝於表前，用戶可能產生是否影響水表器差之疑慮，剖析多重噴嘴式水表內部機械構造，水流穩定度對於水表器差影響實屬不大。本研究為確認逆止閥裝設位置對水表器差影響，須作量化分析以取信於民，初步各取 A 廠牌 C 級表 20mm (型式認證 FD100010-3)、B 廠牌 B 級表 20mm 口徑(型式認證 FD078092-1)、C 廠牌 B 級表 25mm 各 1 只(型式認證 FD107002)，於北水處「水量計量測研究中心」實驗室進行試驗。

圖 7　插入型逆止閥現場安裝圖

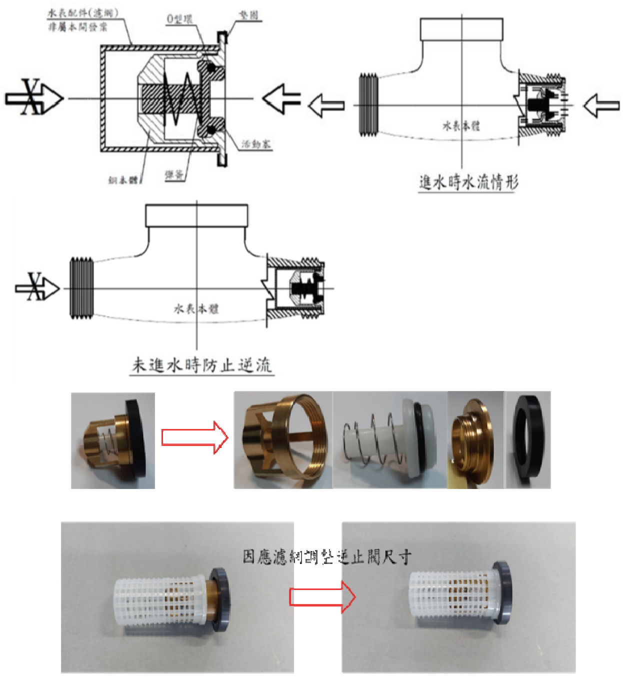


圖 8　插入型逆止閥之分解說明

比較無逆止閥、表前 0D 逆止閥、表後 0D 逆止閥、表前 10D 逆止閥器差之影響，每 1 流率點做 3 次，並加做起動點，經實驗比對市售不同廠牌水表，無逆止閥情形下比對表前 0D、表前 10D 及表後 0D 安裝逆止閥影響如圖 9。圖 10、11、12 為器差流量測試曲線，器差測試方法採攝影機動態量測，每一流率點執行 3 次重複性測試，第 1 至 7 點流量點均無顯著變異，壓力損失參照表 2 之測試數據，逆止閥於超載流量時 Qs 之壓損約 0.2kg/cm^2，插入型逆止閥用於表後、表前或表前 10D 均未對器差、啟動流量、壓損造成顯著影響，依水量計檢定檢查技術規範第 4 版，結果均在檢定公差±2%內，確認插入型逆止閥並不會影響原水表之性能。

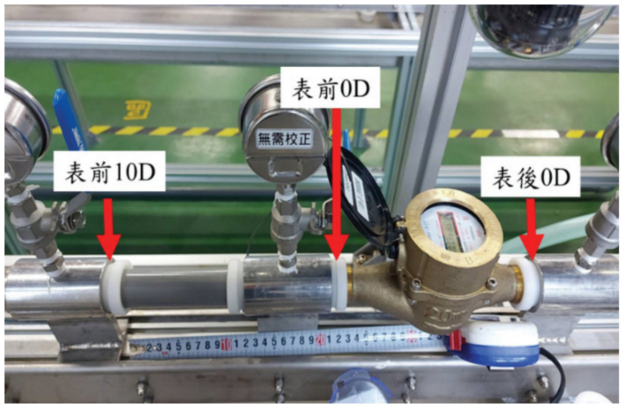


圖 9　逆止閥裝設位置對水表器差影響

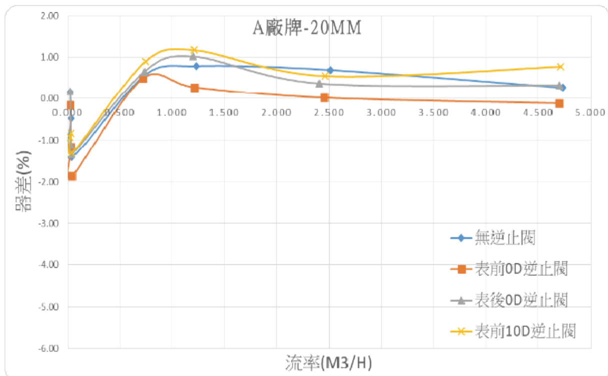


圖 10　A 廠牌逆止閥對水表器差影響

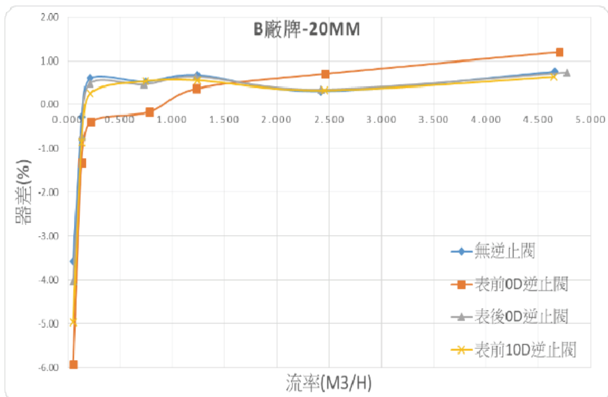


圖 11　B 廠牌逆止閥對水表器差影響

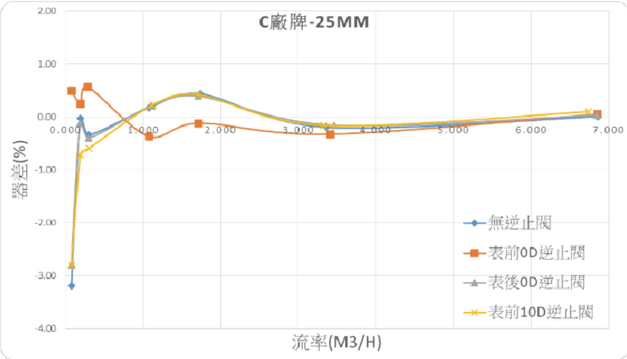


圖 12　C 廠牌逆止閥對水表器差影響

表 2　逆止閥對水表器差及壓損等數據

廠牌	無逆止閥				表前0D逆止閥				表後0D逆止閥				表前10D逆止閥			
儀鎮	標準流率 (m^3/h)	流率平均值(m3/h)	器差(%)	器差平均值(%)	標準流率 (m^3/h)	流率平均值(m3/h)	器差(%)	器差平均值(%)	標準流率 (m^3/h)	流率平均值(m3/h)	器差(%)	器差平均值(%)	標準流率 (m^3/h)	流率平均值(m3/h)	器差(%)	器差平均值(%)
第7點	6.79		0.02		6.85		0.07		6.85		0.03		6.74		0.10	
	6.87	6.855	0.00	0.01	6.83	6.850	0.07	0.05	6.82	6.841	0.01	0.03	6.75	6.735	0.09	0.10
	6.91		0.00		6.87		0.02		6.85		0.05		6.71		0.10	
第6點	3.38		-0.21		3.41		-0.34		3.47		-0.22		3.33		-0.21	
	3.35	3.365	-0.20	-0.20	3.42	3.411	-0.34	-0.33	3.45	3.459	-0.13	-0.16	3.33	3.329	-0.13	-0.16
	3.37		-0.18		3.40		-0.30		3.46		-0.12		3.33		-0.16	
第5點	1.73		0.40		1.70		-0.04		1.71		0.40		1.71		0.42	
	1.74	1.736	0.46	0.43	1.71	1.707	-0.13	-0.12	1.71	1.707	0.40	0.39	1.71	1.712	0.42	0.42
	1.74		0.44		1.71		-0.18		1.71		0.38		1.71		0.41	
第4點	1.075		0.17		1.077		-0.43		1.111		0.19		1.12		0.22	
	1.074	1.075	0.18	0.17	1.073	1.073	-0.34	-0.37	1.111	1.112	0.23	0.21	1.12	1.122	0.24	0.22
	1.075		0.17		1.068		-0.34		1.113		0.23		1.12		0.21	
第3點	0.292		-0.33		0.285		0.59		0.300		-0.40		0.303		-0.62	
	0.292	0.296	-0.33	-0.34	0.285	0.285	0.55	0.57	0.298	0.299	-0.40	-0.40	0.305	0.304	-0.58	-0.59
	0.303		-0.37		0.284		0.55		0.299		-0.40		0.303		-0.58	
第2點	0.189		0.08		0.188		0.32		0.188		-0.16		0.192		-0.67	
	0.186	0.188	-0.06	-0.03	0.196	0.194	0.22	0.25	0.188	0.186	-0.11	-0.12	0.191	0.191	-0.67	-0.72
	0.188		-0.11		0.196		0.21		0.183		-0.11		0.190		-0.81	
第1點	0.076		-3.12		0.074		0.56		0.075		-2.78		0.076		-2.92	
	0.076	0.076	-3.20	-3.19	0.075	0.075	0.39	0.50	0.076	0.075	-2.72	-2.79	0.076	0.076	-2.66	-2.81
	0.076		-3.26		0.075		0.54		0.075		-2.88		0.077		-2.85	
		0.019		-100.00		0.021		-100.00		0.025		-100.00		0.025		-100.00
啟動流率 (m^3/h)	0.0194				0.0208				0.0247				0.0245			
壓力損失 (bar)	0.51				0.72				0.73				0.64			

備註：1.器差測試方式採攝影機動態量測，每一流率點執行3次重複性測試。
2.壓力損失為Qp~Qs間流率測得前後壓差換算。

(四)實地安裝驗證

1.加壓馬達設備異常：2021 年 3 月 24 日於北水處北區營業分處轄區 3 樓用戶加壓馬達異常運轉(如圖 13)，導致 4 樓及 5 樓水表在未用水狀態卻同時運轉，其中 5 樓水表用水度數由原本 1 期約用 1 度增加至 4~6 度，現場即於 5 樓水表後裝設「插入型逆止閥」測試，但仍未有顯著改善，後於 3 月 26 日現場勘查 3 樓用戶馬達設備已修妥，且於 3 樓及 5 樓水表前裝設「插入型逆止閥」，經後續觀察已無異常自轉情形發生。

2.屋頂表後馬達：2020 年 3 月 9 日於興隆公宅二期 B1 棟頂樓馬達戶臨近樓層水表有相同自轉情形發生(如圖 14)，因此裝設「插入型逆止閥」，可消彌水波動造成水表自走問題，但無用水之同樓層表並非全部都會受到水壓力波動影響造成微量水表自走，其可能原因為，該案例加壓馬達離水表裝設位置較遠，其造成之壓力波經過多處轉折略有削減，同時亦取決於表後空氣累積體積量，倘其空氣量小時，空氣壓縮體積量亦較小；另調閱自動讀表系統，安裝前後之用水曲線圖(如圖 15)可看出空屋戶安裝逆止閥後流量為 0。

3.實驗室案例：本處實驗室研究發現檢驗小流量(如圖 16)，使用高壓輸水幫浦輸送供水時，如未經過穩壓設備時，會產生之壓力波動，關閉機台出水開關 B，而機台進水開關位置 F 開啟時，多重噴嘴式水表雖未出水，但會產生自轉現象，一旦關閉進水開關 F 時，即停止自轉，驗證逆止閥應安裝於水表前，可阻斷壓力波，避免水表自轉。

圖 13　北水處案例

圖 14　興隆公宅二期屋頂表位

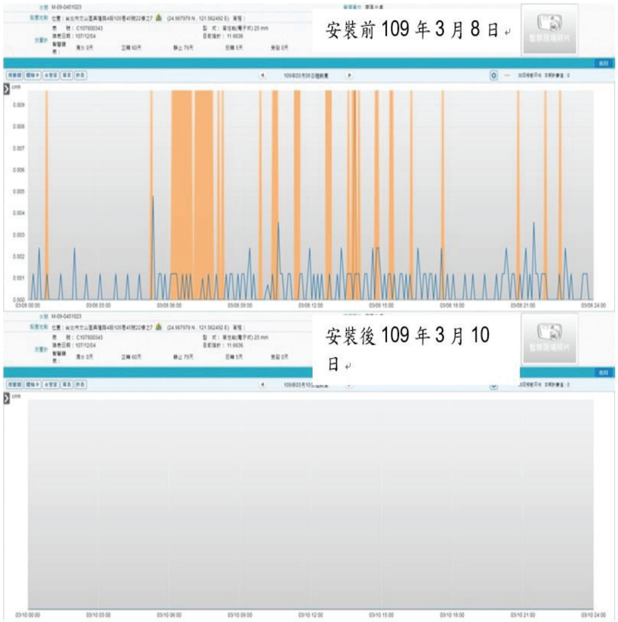
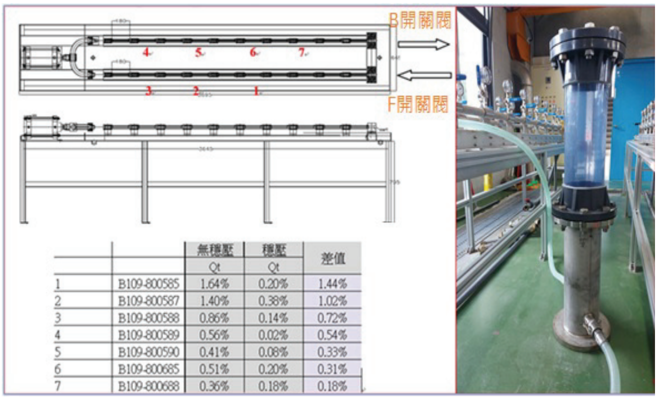


圖 15　安裝逆止閥前後自動讀表用水情形



		無穩壓 Qt	穩壓 Qt	差值
1	B109-800585	1.64%	0.20%	1.44%
2	B109-800587	1.40%	0.38%	1.02%
3	B109-800588	0.86%	0.14%	0.72%
4	B109-800589	0.56%	0.02%	0.54%
5	B109-800590	0.41%	0.08%	0.33%
6	B109-800685	0.51%	0.20%	0.31%
7	B109-800688	0.36%	0.18%	0.18%

圖 16　未安裝穩壓桶造成小流量器差比較

4.過穩壓設備前後器差之差異，未穩壓時器差會偏快，且無進水時待測表會微動，且分界流量(Qt)之器差測試結果與位置具有順序性，因此馬達供水其產生的水壓力波動，此結果可以解釋為壓力波動為一能量釋放，致通過每一只水表皆能產生侷部能量之遞減，因此必須使用穩壓裝置用以穩定流場，才能以獲得更精準的實驗室器差測試結果。

四、實際執行(未來預期)成效

「插入型逆止閥」結合表前濾網及橡皮止水墊圈(如圖 17)，不須變更表位長度，與水表融為一體，安裝維護便利，且經測試水表器差均在公差內，對水表性能無影響。具「免裁管」、「施工停水時間短」及「成本低」等多項優點，應用成效說明如下：

(一)免裁管克服現場空間不足問題：「插入型逆止閥」在各方面均較目前市售傳統「管道型逆止閥」為優，成功克服因既有表位空間不足安裝困難問題，用戶接受度極高。

(二)施工停水時間短及成本低：目前市售逆止閥(管道型)需裁管施工，停水時間長成本高，如採用本案「插入型逆止閥」，施工時間僅約 5 分鐘，快速簡易維護便利，大幅減少停水時間及人力成本，提高用戶滿意度(如圖 18)。

(三)有效解決水表不明自轉問題：部分水表因受鄰近水表使用產生壓力波動偶爾造成微量自轉現象，其流量甚微，惟當其發生時，可能影響用戶對於水表計量準確性的信心。安裝「插入型逆止閥」後，有效成功解決用戶未用水下之水表自轉問題，提高水表計量精確度，減少用戶疑義，維護用戶權益。

(四)可應用於工地防止汙水逆流：工地工程用水加裝插入型逆止閥，可有效避免表後傳統管道型逆止閥(如圖 19)因挖損或拆除，致污水逆流危及表前水源水質安全。

(五)取得專利產品，未來與廠商合作擴大應用：「插入型逆止閥」為新型專利，可應用各種廠牌之水表使用。其專利權屬北

水處，可與製造商簽訂授權契約，開始生產，使本產品增加擴大應用，持續強化及提升北水處服務品質。

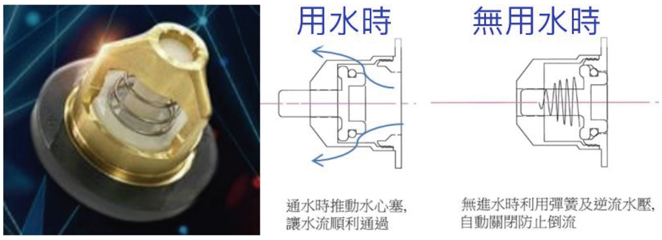


圖 17　插入型逆止閥

圖 18　插入型逆止閥現場應用

圖 19　傳統管道型逆止閥安裝於表後

五、結論與建議

(一)多重噴孔水表微量自轉原因來自表前之壓力波動幅度及水表齒輪組內之氣囊滯存區兩者間之交互作用，移除兩項因子之一，即可完全杜絕水表微量自轉現象。

(二)表內空氣存量受限於水表形狀及構造，無法永遠排除，故解決方案以安裝表前逆止閥為最佳方案。

(三)表前逆止閥具消除壓力波動之作用，本研究開發改良之「插入型逆止閥」，等同取代原有之橡皮止水墊圈，無須裁管施工、不須改變表位長度、安裝維護便利且成本較低，屬非破壞式安裝，用戶接受度高，且經實驗室測試，水表器差均在公差內，對水表性能無顯著之影響。

(四)有關壓力波動對水表器差之影響，建議實驗室供水系統應加穩壓筒。

(五)因實際供水條件難以避免水壓力波動產生，經測試發現壓力波動會對水表精準度有微量影響，建議未來進一步針對壓力波動對水表器差影響研究。

參考文獻

1.周家榮，「水表自轉之謎與因應之道」，自來水會刊第39卷第4期，2020。

2.塘沽中法供水有限公司，「水表自走的原因與處理」，2010。

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

作者簡介

蔡裕國先生

現職：臺北自來水事業處技術科三級工程師

專長：水表試驗與研究、供水管網改善

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

抄表工作區調整作業探討-以二林所為例

文/田吉星、莊宜臻、謝惠玲

摘要

抄表作業為自來水公司基石，抄表工作區順序編排，不僅能提高效率，更能減少人力，台灣自來水公司二林營運所 (下稱二林所)供水轄區跨五個鄉鎮，東西直線距離約 25 公里南北約 20 公里，同檔次抄表作業期間，抄表區域跨鄉鎮式分散，抄表員間互相支援不易，亦提高輪抄工作門檻，進而加重業務負荷，為使委外抄表可順利獨立作業，除了良好軟硬體設備外，抄表順序化更為重要。

本次調區配合既有分區計量管網，考量供水流向、行政區、單雙月售水量與單雙月抄表件數平均等因素，讓抄表工作由原先單檔「分散式抄表」改為「集中區域抄表」，以提升稽查、催收、表邊修理等業務工作效率，平均單雙月抄表件數與售水量，在未建立自動讀表前可較平衡精準提供售水量。

關鍵字：工作區編排、抄表順序規畫

一、前言

二林所因早期廠所合併、配合分區計量管網計畫調整工作區、工作區編排標準未一致及轄區遼闊表位分散等因素，導致單雙月抄表作業戶數差異約 3,215 戶,影響單雙月售水量(如：111 年 3 月抄表月售水量約 96.7 萬度，111 年 2 月抄表月約 89.3 度, 單雙月售水量差異約 7.4 萬度)，且同抄表檔次，抄表員作業區域跨鄉鎮分散作業；同檔次抄表用戶間距離可達可達距離 20 公里，不僅抄表員間互相支援困難輪抄不易，工作量多寡不均，新手抄表員需花更多時間適應抄表作業，另外抄表工作區分散，亦影響稽查人員及二期催收現場作業人員效率，與不利每月售水率及分區計量管網售水量分析。

為了改善抄表作業與提升相關業務執行效率，爰重新規劃二林所所轄抄表區域，衡酌抄表工作區順序調整，大範圍調區極易因異動用戶資料，易影響業務執行，及水費帳單開單作業。本次工作區調整作業，採影響業務最小與保障委外抄表員適應性為前提下，利用虛擬工作區建置，採用三點式調整(異動移轉)工作區順序方式調整，調區前後不影響水費開單業務，且合併計算單雙月調整前後的抄表件數，各抄表員應抄件數異動數量約為總抄表件數 2%，讓抄表上下傳工作與抄表作業衝擊降到最低，同時也保障了委外抄表員酬金在可接受之增減幅度，確保抄表品質的穩定。

二、調區規劃與執行

(一)為改善抄表作業及提昇人員工作效率，二林所辦理調整抄表工作區，調整原則如下：

1.以抄表及營運系統為主，擷取最新抄表區售水量、抄表時間及行政區資料，輔以現有 18 個分區計量管網，規劃切出新單雙月抄表區域，平衡單雙月抄表件數及單雙月之平均供水量(表 1、表 2)

表 1　分區售水量切分新工作區

分區	原單或雙	修單或雙	件數	售水量	原工作區
0102	1	2	216	9,237	1302(216/602)
0103	1	2	1,426	59,108	0101(495)、0102(391)、0103(540)
0105	1	2	1,257	45,254	0301(2)、1402(327)、1501(211)、1502(256)、1601(204)、1703(257)
0201	1	2	1,015	42,376	1301(317)、1302(386)、1401(107)、1403(205)
0202	1	2	1372	60291	0501(180)、0502(159)、0701(260)、0702(136)、0801(319)、0901(190)、1401(74)、1503(54)
0207	1	2	203	8012	1501(3)、1602(200)

表 2　單月調區參考資料

抄表員	原收費月	本期工作檔次日期	行政區	分區編號	分區編號 1	分區編號 2	分區編號 3	本期工作區號	售水量	本期水表個數	需調件數	原件數
2	1	3/1	323	103	103	103	103	0102	15,649	390	391	391
1	1	3/1	323	103	103	103	103	0101	21,197	495	495	495
3	1	3/1	323	103	103	103	103	0103	22,257	539	540	540
1	1	3/2	308	204-205-206	204	205	206	0201	25,057	554		
2	1	3/2	308	204-205	204	205		0202	17,023	432		
3	1	3/2	325	303-304	303	304		0203	22,480	491		
1	1	3/3	308	105-205	105	205		0301	14,267	289		2
2	1	3/3	308	205	205			0302	8,643	235		
3	1	3/3	325	303-304	303	304		0303	17,435	441		
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

2.抄表工作區順序，依本所供水區域範圍，由外圍往市區抄表，考慮不同區域的未來成長性，與水費開單業務彈性，重新調整編排抄表工作區。(圖 1)

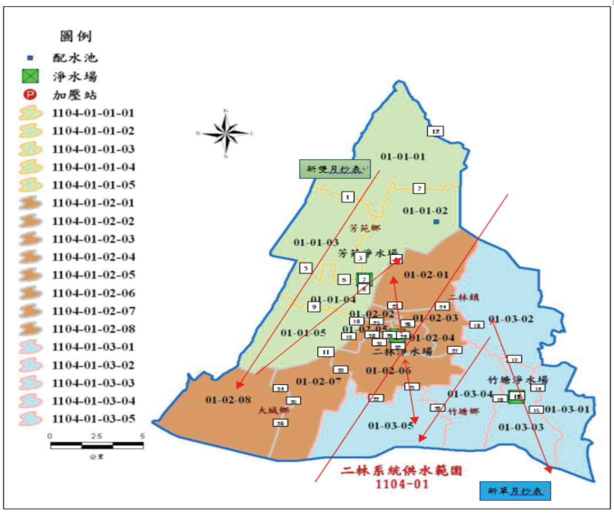


圖 1　二林所抄表順序規畫圖

3.以抄表員工作區變動最少與保障原抄表件數為原則，進行抄表工作區調整，避免抄表員工作異動過大，影響抄表作業及酬金，另為降低營運系統資料異動造成用戶資料錯誤，以水號不調整為原則。調區後經統計，現有每位抄表員單月和雙月約只異動 10 個工作區，另外台水第十一區管理處，原已施行抄表輪區作業，抄表員已熟悉其他抄表區域表位，實際需重新適應之工作區低於統計數，大幅降低調區阻力。(表 3)

表 3　調區前後抄表員作業異動比較表

單月	抄表員	調區前抄表數	調區後抄表數	單月差異數	新抄件數	新抄工作區
	1	5615	5240	-375	1653	8
	2	5324	4944	-380	2153	8
	3	6921	6548	-373	490	2
	總計	17860	16732		4296	
雙月	抄表員	調區前抄表數	調區後抄表數	單月差異數	新抄件數	新抄工作區
	1	4604	5201	597	0	0
	2	4418	4839	421	330	1
	3	5623	5733	110	3056	11
	總計	14645	15773		3386	

(二)調區作業前置規畫

1.依調區規劃原則，建立單、雙月調整工作區新舊對照檔，包括新工作區、前期與(本)期抄表、用戶數、調區水號起迄等各項基本資料等。(表 4 與表 5)

2.為加速調區作業執行，採三點區塊式區調，調區前預先建置虛擬工作區，並重新計算調區前後，用戶抄長日因抄表檔次提前或延後造成基本費期別異動。三點式調區法(圖 2)需於營運系統預先逐筆建置所需之虛擬暫存工作區，建置時只需於營運系統建置 4-2-1「抄表資料管理系統-工作區

資料維護」新增即可，完成調區任務後即可刪除，工作區調整若遇單月調雙月或雙月調單月，囿於計費參考檔開單作業時程，調區作業可採分段式調整，避免影響水費開單作業；虛擬工作區一旦建置完成暫存任務後，即可刪除虛擬工作區。

表 4　單月調區資料

原抄表員	新抄表員	本期工作區號	上期抄表日(9 月)	本期抄表日(11 月)	新工作區	本期抄表日(11 月)	天數	期別	新戶數	水號起	水號迄	本期作業時間(時)	售水量
3	1	0803	8 月 5 日	10 月 5 日	0101	9 月 26 日	52	4	145	BH271801002	BH27198200K	1.82	9,748
	2	0803	8 月 5 日	10 月 5 日	0102	9 月 26 日	52	4	144	BH271987008	BH27209526K		
3	3	0903	8 月 8 日	10 月 6 日	0103	9 月 26 日	49	4	477	BH272100054	BH272297606	2.9	15,343
3	1	0203	7 月 28 日	9 月 27 日	0201	9 月 27 日	61	5	200	BH270001007	BH270077060	3.05	22,480
	2	0203	7 月 28 日	9 月 27 日	0202	9 月 27 日	61	5	293	BH270077076	BH270252008		
3	3	0303	7 月 29 日	9 月 28 日	0203	9 月 27 日	60	4	443	BH270254005	BH270598006	2.89	17,435
3	1	0703	8 月 4 日	10 月 4 日	0301	9 月 28 日	55	4	200	BH271500349	BH27159390K	2.73	16,273
	2	0703	8 月 4 日	10 月 4 日	0302	9 月 28 日	55	4	233	BH271595006	BH27175800K		
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
3	1	0353	8 月 29 日	11 月 1 日	0501	9 月 30 日	32	3	200	BH278154000	BH27826373K	3.49	21,461
	2	0353	8 月 29 日	11 月 1 日	0502	9 月 30 日	32	3	319	BH278263745	BH278497804		
3	3	0453	8 月 30 日	11 月 2 日	0503	9 月 30 日	31	3	361	BH278499508	BH278694105	1.97	14,107
3	1	0253	8 月 26 日	10 月 31 日	0601	10 月 3 日	38	3	200	BH277902108	BH277987951	3.61	23,034
	2	0253	8 月 26 日	10 月 31 日	0602	10 月 3 日	38	3	331	BH277988007	BH278140108		
3	3	0153	8 月 25 日	10 月 28 日	0603	10 月 3 日	39	3	455	BH272300702	BH272592006	2.79	18,155
3	1	0553	8 月 31 日	11 月 3 日	0701	10 月 4 日	34	3	200	BH278803006	BH278880269	3.32	19,685
	2	0553	8 月 31 日	11 月 3 日	0702	10 月 4 日	34	3	306	BH278880300	BH279300007		
3	3	0853	9 月 5 日	11 月 8 日	0703	10 月 4 日	29	2	467	BH279400962	BH279609005	2.77	19,858
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

表 5　雙月調區資料

原抄表員	新抄表員	本期工作區號	上期抄表日(10 月)	本期抄表日(12 月)	新工作區	本期抄表日(12 月)	天數	期別	新戶數	水號起	水號迄	本期作業時間(時)	售水量
1	1	0351	8 月 29 日	11 月 1 日	0151	10 月 28 日	60	4	209	BH245940603	BH246092022	1.84	8,236
2	2	0452	8 月 30 日	11 月 2 日	0152	10 月 28 日	59	4	200	BH246145058	BH246167988	1.96	13,657
1	3	0451	8 月 30 日	11 月 2 日	0153	10 月 28 日	59	4	246	BH246010112	BH246020005	2.44	8,044
1	1	0551	8 月 31 日	11 月 3 日	0251	10 月 31 日	61	5	211	BH246179108	BH246260502	2.8	10,755
2	2	0552	8 月 31 日	11 月 3 日	0252	10 月 31 日	61	5	310	BH246168033	BH246212595	2.72	15,721
2	3	0652	9 月 1 日	11 月 4 日	0253	10 月 31 日	60	4	317	BH246213080	BH246245002	3.38	15,402
1	1	0851	9 月 5 日	11 月 8 日	0351	11 月 1 日	57	4	252	BH247603662	BH247820000	2.98	14,678
1	2	0651	9 月 1 日	11 月 4 日	0352	11 月 1 日	61	5	330	BH247003504	BH247305051	3.01	15,101
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
3	3	1153	9 月 8 日	11 月 11 日	0453	11 月 2 日	55	4	229	BH245214502	BH245273400	1.72	11,177
1	1	0101	9 月 26 日		0551	11 月 3 日	38	3	495	BH245352953	BH245817237	4.7	21,197
2	2	0352	8 月 29 日	11 月 1 日	0552	11 月 3 日	66	5	374	BH245273809	BH245878504	3.23	18,076
2	3	0102	9 月 26 日		0553	11 月 3 日	38	3	391	BH245281364	BH245828301	2.88	15,649
1	1	0151	8 月 25 日	10 月 28 日	0651	11 月 4 日	71	5	417	BH244500007	BH244945401	4.49	19,874
2	2	1652	9 月 16 日	11 月 18 日	0652	11 月 4 日	49	4	194	BH244270000	BH244353500	1.64	8,143
3	3	0103	9 月 26 日		0653	11 月 4 日	39	3	540	BH245539009	BH245762005	3.36	22,257
1	1	1651	9 月 16 日	11 月 18 日	0751	11 月 7 日	52	4	233	BH244100151	BH24425168K	2.44	10,144
2	2	0152	8 月 25 日	10 月 28 日	0752	11 月 7 日	74	5	236	BH244665003	BH244789204	2.18	8,323
1	3	0251	8 月 26 日	10 月 31 日	0753	11 月 7 日	73	5	317	BH245080021	BH245644801	3.11	13,362
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

3.工作區調整後，因原作業檔次提前或延後，帳單計費期別需重新計算，但全區調區異動數量龐大(32,505 戶)倘以人工配合每檔次上下傳作業後，再逐筆人工修改期別，除需克服作業限期完成壓力外，在人力有限之情況下，恐無法負荷且易產生作業錯誤，為使開單作業順利無誤，商請總處資訊處配合，改採批次作業，於抄表資料上傳後，水費開單前修正計費期別，二林所只需針對上期抄表作業後至本期抄表作業期間，用戶動態異動(啟用、復用、停用、停處、中結)等條件之水號，期別修正即可。

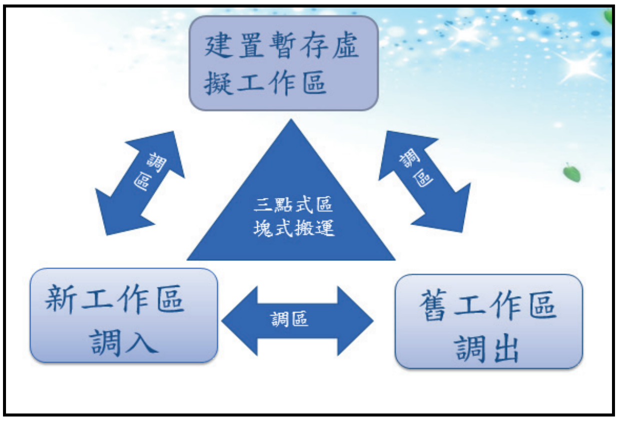


圖 2　三點式搬運調區示意

4.調區作業因原抄表作業檔次提前或延後，影響用戶水費計算，故調區作業前應提前通知受影響之用戶，本次調區影響數量龐大(32,505 戶)，若採紙本郵寄通知，直接成本約 26 萬(32,505 戶*8 元基本郵資)，為簡化作業與節約成本，本所採行，水費帳單上加註通知，於調區作業執行前，在原水費帳單上印製調區提醒語，告知用戶充分資訊，調區作業後第一次抄表作業日期，本次改採用水單系統 WBZF0020 程式直接修正調區後抄表日(圖 3)，避免異動營運系統日期，如此可以確保調區作業，不影響水表系統計算日期與中結日期之計算，避免日常業務執行異常。

抄表日.收費日資料檔維護 (WBZF0020)

站所代號：BH　收費年月起迄：起11110 ~ 迄11110 (如民國103年1月，請輸入10301)

工作天起迄：起 ~ 迄　工作冊起迄：起 ~ 迄

【查詢結果】共 58 筆資料

序號	站所代號	收費年月	區處代號	工作區-工作天	工作區-工作冊	抄表日	收費日
1	BH	111/10	BZ	01	51	111/08/25	111/10/01
2	BH	111/10	BZ	01	52	111/08/25	111/10/01
3	BH	111/10	BZ	01	53	111/08/25	111/10/01
4	BH	111/10	BZ	02	51	111/08/26	111/10/01
5	BH	111/10	BZ	02	52	111/08/26	111/10/01
6	BH	111/10	BZ	02	53	111/08/26	111/10/01
7	BH	111/10	BZ	03	51	111/08/29	111/10/01
8	BH	111/10	BZ	03	52	111/08/29	111/10/01
9	BH	111/10	BZ	03	53	111/08/29	111/10/01
10	BH	111/10	BZ	04	51	111/08/30	111/10/01

圖 3　水單系統 WBZF0020 修正

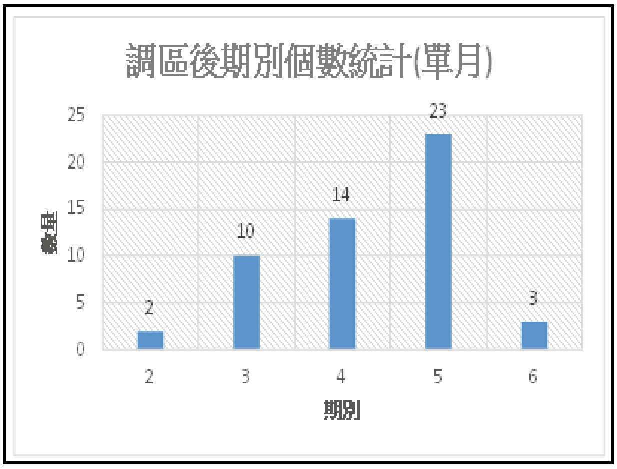


圖 4　期別統計表(單月)

5.本次調區後，單月 52 工作區，期數變更為 5 期之工作區計 23 區，6 期之工作區計 3 區，雙月 58(含拆分、新增工作區 1851-1853)工作區，期數變更為 5 期工作區計 24 區，6 期工作區計 6 區、7 期工作區計 5 區、8 期工作區計 2 區(圖 4 與圖 5)，針對延後抄表之期別，為因應用戶對水費突增疑問，及稽查作業的增加，預先提供期別異動對照檔，與模擬問答，以供相關人員進行查詢與應答。(表 6)

6.本次全區工作區調整，採三點式調區，於短期間內異動大筆用戶資料，恐有錯置與遺漏的現象發生，故調區執行過程中，利用系統小程式 4-11-A 核對抄表主檔與計費主檔的一致性，並利用檢核 4-14「工作區調整作業」筆數需與 4-50「抄表資料抽出作業」筆數＋廢止戶筆數相等的原則下進行調區；另本次調區有拆分合併為新工區之調整，則執行調區時不宜以工作區為鍵值，需以水號起迄為調區鍵值，且調整後需重新執行 4-1-3「抄表路順調整作業」，將合併後抄表路順重新整併，避免抄表發生跳抄情況。

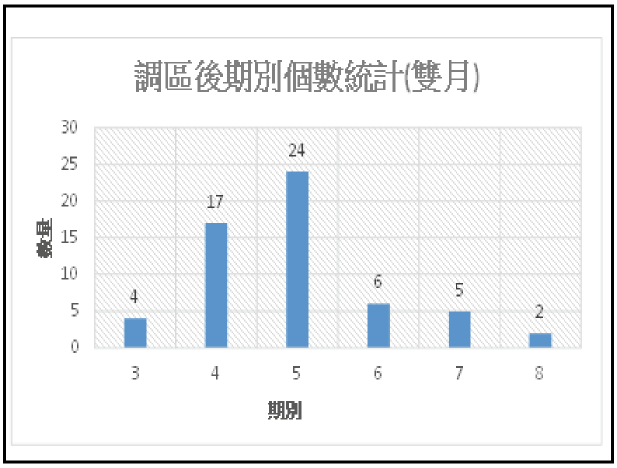


圖 5　期別統計表(雙月)

表 6　期別異動對照

原工作區號	上期抄表日	新檔次	新工作區	本期抄表日(12月)	天數	期別	新戶數	水號起	水號迄
0351	8月29日	1	0151	10月28日	60	4	209	BH245940603	BH246092022
0452	8月30日	1	0152	10月28日	59	4	200	BH246145058	BH246167988
0451	8月30日	1	0153	10月28日	59	4	246	BH246010112	BH246020005
0551	8月31日	2	0251	10月31日	61	5	211	BH246179108	BH246260502
0552	8月31日	2	0252	10月31日	61	5	310	BH246168033	BH246212595
0652	9月1日	2	0253	10月31日	60	4	317	BH246213080	BH246245002
0851	9月5日	3	0351	11月1日	57	4	252	BH247603662	BH247820000
0651	9月1日	3	0352	11月1日	61	5	330	BH247003504	BH247305051
1253	9月12日	3	0353	11月1日	50	4	374	BH24590400K	BH246205902
1751	9月19日	4	0451	11月2日	44	3	200	BH244380073	BH244434102
0751	9月2日	4	0451	11月2日	61	5	277	BH247309700	BH247602983
0752	9月2日	4	0452	11月2日	61	5	359	BH247423177	BH24757182K
1353	9月13日	4	0453	11月2日	50	4	261	BH246270107	BH24742312K
1153	9月8日	4	0453	11月2日	55	4	229	BH245214502	BH245273400
0101	7月27日	5	0551	11月3日	99	7	495	BH245352953	BH245817237
0352	8月29日	5	0552	11月3日	66	5	374	BH245273809	BH245878504
0102	7月27日	5	0553	11月3日	99	7	391	BH245281364	BH245828301
0151	8月25日	6	0651	11月4日	71	5	417	BH244500007	BH244945401
1652	9月16日	6	0652	11月4日	49	4	194	BH244270000	BH244353500
0103	7月27日	6	0653	11月4日	100	7	540	BH245539009	BH245762005
1651	9月16日	7	0751	11月7日	52	4	233	BH244100151	BH24425168K

三、調區後效益

(一)改善單檔次跨鄉鎮抄表作業模式，抄表區域由分散改為集中；由調區前後「GPS用戶分佈圖」(圖 6 和圖 7)可以看出，調區前，本所三位抄表員，單檔次抄表工作區域分散，抄表員之間橫向溝通與互相支援性受限，亦提升抄表員輪抄作業的困難度；另外亦增加稽複查作業與表邊修理作業時間成本。抄表區域順序調整後，單檔次抄表作業區域集中化，不僅改善抄表員間橫向溝通效率，更降低稽複查作業與表邊修理作業時間成本。

圖 6　調區前 GPS 用戶分佈圖-分散

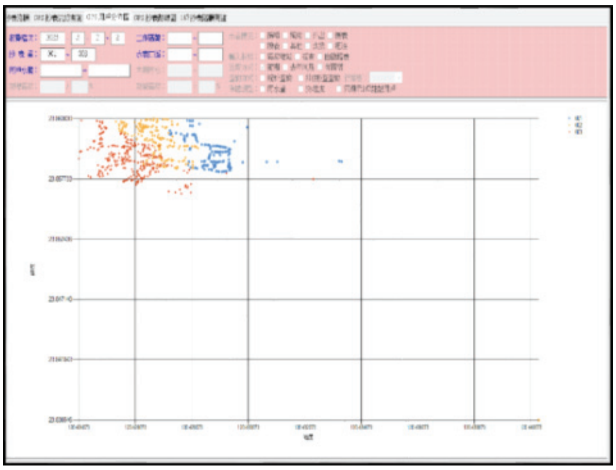


圖 7　調區後 GPS 用戶分佈圖-集中

(二)抄表區域調整前，因早期廠所合併、試辦分區計量管網計畫調整工作區等因素單雙月抄表戶數差異大，且本所小區管網建置初期，參照之抄表工作區橫跨單雙月，抄表抄見水量不利供銷售水量分析，本次抄表區域調整，參照本所暨有小區管網建置區域，重新規畫單雙月工作區抄表順序，配合現行大用戶自動讀表、分區計量管網及營運系統等系統，可更精準計算售水率，如下圖(表 7)調區前單雙月售水量差異由原本 7 萬度降至 2.8 萬度左右，若再扣除天數影響因子後，調區後抄表件數及售水量單雙趨近均衡。

表 7　調區後單雙月抄表件數及售水量資料

月份	112年售水量	112年抄見量	抄表件數
3	1,047,276	1,038,303	17,011
4	1,075,950	1,072,616	15,936
差異	28,674	34,313	1,075

(三)簡化逐戶通知程序，改採隨帳單標註工作區調區整提醒字句，免郵寄通知書，節約直接成本約 26 萬元(32,505 戶*8 元/封)；另外工作區順序調整前後，雖因調區抄表日程提前或延後造成水費突增、突減及催收作業案件暫時增加，但稽複查作業、催收裝拆及表邊漏水修理每件處理是提升的，(每件/每公里)平均處理約提升 23%。(表 8)

表 8　調區前後稽查、裝拆、催收效益比較表(每件/每公里)

(1)催收與表位漏水修理案件效率每公里提升21%，每件耗油量減少23%					
				-21%	-23%
月份	油量(公升)	里程	催收案件表位修理	每件/公里	每件/油量
調區前(111-1-4月)	102.50	3689	1430	2.58	0.07
調區後(112-1-4月)	104.33	3822	1880	2.03	0.06

(2)稽查突增減案件處理效率每公里提升23%，每件耗油量減少24%					
				-23%	-24%
月份	油量(公升)	里程	突增減案件數	每件/公里	每件/油量
111年1-4月	104.32	3208	1374	2.33	0.08
112年1-4月	113.78	3541	1969	1.80	0.06

(四)本次工作區調整，採原抄表員抄表為原則，降低抄表工作區變動，更能保障抄表業務與委外抄表員薪資之穩定；經統計，調區前後抄表員抄表數異動率約正負 2%(表 9)，影響酬金增減幅度約 1,000 元左右，保證了委外抄表員酬金，亦增強委外抄表員工作配合度。

表 9　調區前後抄表員異動率

單+雙月	抄表員	調區前抄表數	調區後抄表數	單雙月總差異數	單雙月差異率	新抄件數	新抄工作區
	1	10219	10441	222	2%	1653	8
	2	9742	9783	41	0%	2483	9
	3	12544	12281	-263	-2%	3546	13
	總計	32505	15773			7682	

四、結論

抄表作業為自來水公司營收基石，除了良好軟硬體設備外，抄表順序規畫更為重要，本次全區工作區調整，利用公司暨有系統間資料分析、整合後再重新規畫出新抄表順序，簡化了作業程序，利用三點式(區塊式)調區模式更可加速了調區作業執行；透過預先跨單位業務溝通，採取隨帳單通知方式，節能減碳，降低了執行成本。

在 3C 科技發達的時代，通常僅著重將既有的資料轉化成可分析的資訊，但資料的準確度亦是重點，本次執行全區工作區調整，主要是為了提升單雙月抄表抄見量準確度，讓抄表資料，可透過分區計量管網及營運系統等系統協作，轉換成更精準的資訊；另外藉由次執行全區工作區調整，優化抄表作業順序，不僅加強抄表員之間的橫向溝通更增進稽查、表邊修理等業務工作效率，讓人力配置運用更具彈性

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

謝惠玲小姐

現職：台灣自來水股份有限公司　營運士

專長：抄表上下傳作業控管

淨水場推行 ISO 14001 落實企業永續經營

文/藍宇震、黃明堂、陳文祥、林正隆

摘要

為達永續經營之目標，台灣自來水公司（以下簡稱本公司）自 2006 年開始以第四區管理處鯉魚潭給水廠作為示範場所，導入 ISO 14001 環境管理系統，制定「環境政策」作為推動環境管理系統的最高指導原則，透過 P-D-C-A（規劃-執行-檢討-改善）循環管理模式，整合淨水場的管理、操作、維護及檢驗等各項流程，國際標準接軌，並透過第三方公正機構之驗證，至今已完成 31 座淨水場 ISO 14001 驗證，並配合永續發展目標、再生能源推動及淨零碳排政策，逐步實踐本公司對環境保護之企業社會責任（CSR）。

關鍵字：ISO 14001 環境管理系統、CSR 企業社會責任、永續發展

一、前言

本公司在 2003 年配合國家政策落實國營事業全面品質管理制度(Total Quality Control, TQM)，從 2006 年澄清湖淨水場(由中宇環保工程股份有限公司代操作)及 2008 年鯉魚潭給水廠(由本公司自行辦理)通過驗證起，逐步導入 ISO 14001 環境管理系統相關標準，迄今(2023 年 06 月)已完成 31 座淨水場 ISO 14001 驗證且持續維持、推動，展現本公司對環境保護的決心及行動力。

除此之外，本公司依循全球報告倡議組織(Global Reporting Initiative, GRI) 發佈之永續性報導準則(GRI Standards) 核心選項，每年撰寫永續報告書；在 2015 聯合國年宣布了「2030 永續發展目標」（Sustainable Development Goals, SDGs），共有 17 項永續發展目標（goals）及 169 項細項目標（targets），本公司也整合 SDGs 至經營策略，在變化迅速的商業環境中，使公司擁有全面性的競爭優勢。

在現今氣候變遷、資源短缺的環境下，各種保護環境的行動更是刻不容緩。本公司配合國家政策、環境議題訂出方向與目標，再由各個淨水場及同仁實際執行，藉著 ISO 14001 的導入，將環境管理及相關法規與現有的管理系統整合，透過持續的規劃、執行、檢討與改善，改善公司的經營效能、提升公司的形象，達成環境友善、善盡企業責任及永續經營之目標。

二、ISO 14001簡介

(一)環境管理系統歷程

為了減少人類發展帶來的環境破壞，各國政府開始訂定相關法規來控制及管理環境問題，企業也為自身形象嘗試將環境管理融入自身管理系統中。1992 年英國提出了 BS 7750 環境管理標準，隔年歐盟訂定了環境管理及稽核制度（EU Eco-Management andAudit Scheme：EMAS），同年國際標準組織(International Organization for Standardization, ISO)成立 ISO/TC 207 技術委員會，負責國際環境管理標準的評估及建立。

在 1996 年國際標準組織公佈第一套環境管理系列標準 ISO 14000，其中核心標準為

ISO 14001 環境管理系統指引，對企業在建立環境管理的方式提供準則，ISO 14001 於 2015 年公佈第三版，以全新的管理架構，整合品質管理系統標準，使在導入多個管理系統時，更加容易進行整合，並提昇最高管理階層的責任及參與，針對整體環境對組織的影響應加以評估，注重環境管理與企業永續發展之相關性，從而延長產品生產者的責任。

(二)環境管理系統之架構

ISO 核心條文之編列，是依 Annex SL 內的高階結構（High Level Structure, HLS）來撰寫，來確保各標準使用相同的核心架構、專有名詞及定義做制定，以便日後導入多個管理系統時更易於整合。高階結構分為十章節，分別為：1.適用範圍、2.引用標準、3.用語及定義、4.組織背景、5.領導、6.規劃、7.支援、8.運作、9.績效評估、及 10.改進，其核心內容如圖 1。

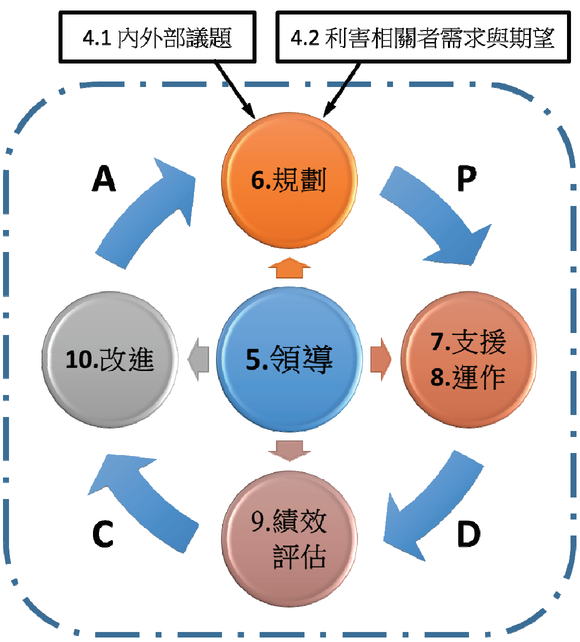


圖 1　環境管理系統主要架構

三、淨水場推行環境管理系統之流程

本公司各淨水場在導入環境管理系統的過程中，可略分為四大階段，如圖 2，其工作內容簡述如下：

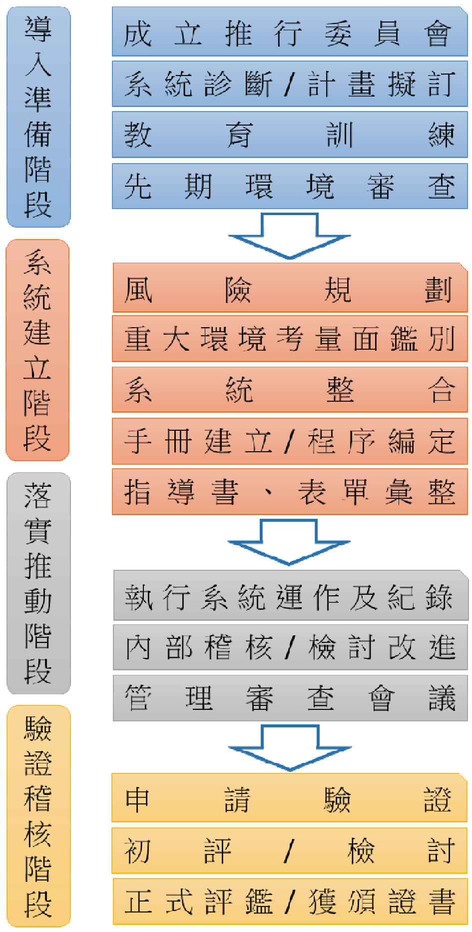


圖 2　淨水場導入 ISO14001 步驟

(一)導入準備階段

1.成立推行委員會

在成立推行委員會時，有高階主管直接參與或支持下，可使管理系統的推行更加順利。

2.系統診斷並擬定推行計畫

評估現有相關環境管理運作狀況及相關文件的內容，對淨水場環境管理現況、淨水流程污染來源、種類及相關防治措施進行

分析，比對與 ISO 14001:2015 條文要求之間的差異，擬定推行計畫。

3.教育訓練

透過教育訓練如外聘顧問公司之專業講師或曾辦過環境管理系統驗證同仁的經驗分享，使執行人員增加環境管理方面的知識及認同。

4.先期環境審查

為擬定及執行後續策略，需對淨水場進行先期環境審查，包含「環境相關法規之清查」、「環境考量面鑑定」、「環境管理現況」、「過去不符合事件調查」等項目，作為後續鑑別評估環境考量面、擬定環境目標及議決內外部議題、利害相關者的需求和期望等作業之依據。

(二)系統建立階段

1.風險規劃及重大環境考量面鑑別

執行人員需全面性的清查及鑑定所有環境考量面（及環境衝擊）以及組織的風險與機會，透過分類、量化、分析，篩選出重大環境考量面，納入改善方案，進而訂定重點工作項目。

2.系統整合（環境政策、環境目標及管理方案建立）

依循本公司環境政策及整體目標，執行人員擬定環境目標並整合原有管理系統，制定管理方案。

3.程序編訂、手冊建立及表單彙整

管理文件一般依階層由高而低分為四階文件(圖 3)，依此並對應 ISO 14001 條文來撰寫各階文件及設計表單。

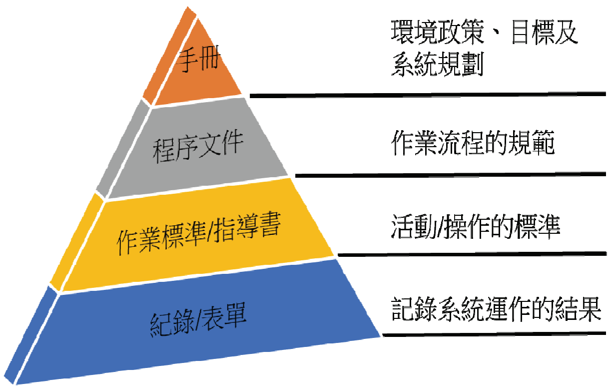


圖 3　ISO 14001 四階文件架構

(三)落實推動階段

1.執行系統運行及紀錄

依據作業流程來實際運作並將結果紀錄於表單內。各項紀錄皆需有效保存及管理，並易於調閱及查證。

2.內部稽核及矯正措施

透過稽核的程序，客觀的發掘管理面之執行問題，進行矯正及提出預防措施，持續檢討改善。

3.管理審查會議

藉由召開管理審查會議，讓最高管理階層瞭解環境管理系統導入所獲得之績效，會議討論整個管理系統之適用性、適切性與有效性。包括內部稽核之結果、來自外部利害相關者之訊息、環境績效、目標與標的之達成程度、矯正與預防措施之狀況等。

(四)驗證稽核階段

經過召開內部稽核和管理審查會議，確認環境管理系統符合 ISO 14001 標準要求後，便可向 ISO 各國環境管理系統認證機構(Accreditation Body, AB)所認可、具有驗證資格的第三方公正驗證機構(Certification Body, CB)提出驗證申請，進入 ISO 14001 環境管理

系統驗證審核階段，驗證及認證機構關係圖如圖 4。

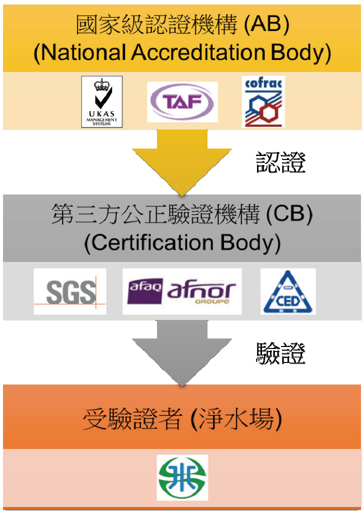


圖 4　ISO 認證及驗證機構關係圖

驗證單位進行現場審查所開具的不符合矯正經過改善評定後，正式通過驗證並頒發證書，本公司由高階長官(董事長、總經理或副總經理)代表受證，展現高階管理人員的重視程度 (如圖 5、6)。證書有效期三年，每年需接受驗證公司複評以維持證書有效性，第三年則需申請換證來延長證書有效期限。因此取得驗證只是第一步，未來持續的滾動檢討並維持驗證有效性更需全體同仁的努力。

圖 5　吳副總經理參加林內淨水場頒證典禮

圖 6　李副總經理參加嶺口淨水場頒證典禮

四、環境管理系統之推行與效益

(一)本公司環境政策

在推動 ISO 14001 環境管理系統過程中，本公司依 ISO 14001 之規定並參考國內外公司經驗，訂定環境政策(圖 7)，其內容為「台灣自來水公司以供應量足質優之自來水為目標，推動國家自來水建設以提升國民生活水準、促進經濟發展，並因應全球水資源的匱乏，善盡環境保護責任，願意藉由建立環境管理系統，持續改善提高環境績效，以達永續經營之目標」。主要精髓為「符合環保法規、著重環境保護、落實資源利用、全員一同參與、促進社區和諧、持續提升改善」，作為本公司執行環境管理的最高指導原則。

(二)環境管理系統的推行

自 2006 年澄清湖淨水場(由中宇環保工程股份有限公司代操作)及 2008 年鯉魚潭給水廠(由本公司自行辦理)通過驗證起，本公司持續推動各區處各大淨水場取得 ISO14001 驗證及維持證書有效性，並訂定「台灣自來水公司環境管理系統通過廠(場)所驗證輔導要點」，藉由獎勵及責任中心加

圖 7　本公司環境政策

分鼓勵各區處持續推動。截至 2023 年 6 月，共有 31 座淨水場通過 ISO 14001:2015 驗證(如表 1，分布如圖 8)，通過驗證之淨水場每年也都順利完成續評或換證複評。由通過驗證淨水場供水量佔全台供水量之七成以上，充分顯現本公司對於環境管理推行的積極作為。

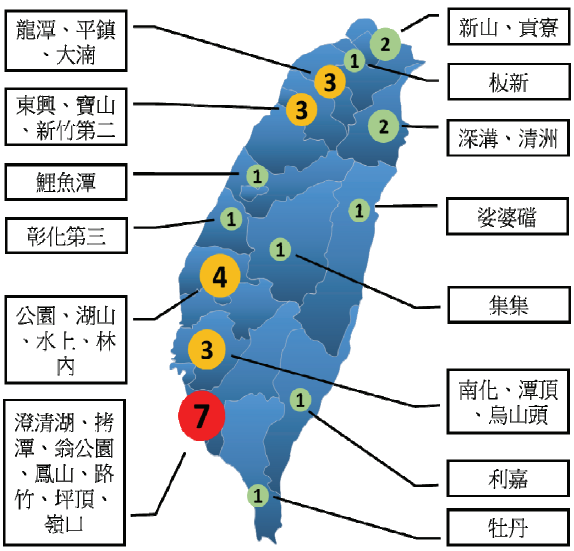


圖 8　本公司通過 ISO14001 淨水場分布

表 1　本公司通過 ISO14001 驗證淨水場

項次	區處	廠(場)所名稱	取得 ISO14001 驗證日期
1	七	澄清湖淨水場	95 年 8 月
2	四	鯉魚潭給水廠	97 年 1 月
3	六	南化給水廠	98 年 7 月
4	七	拷潭淨水場	99 年 1 月
5	七	翁公園淨水場	99 年 1 月
6	三	東興給水廠	99 年 4 月
7	八	深溝給水廠	99 年 5 月
8	七	鳳山淨水場	99 年 12 月
9	五	公園淨水場	100 年 5 月
10	十一	彰化第三淨水場	102 年 9 月
11	十二	板新給水廠	102 年 10 月
12	九	砂婆礑淨水場	102 年 11 月
13	十	利嘉淨水場	103 年 4 月
14	一	新山淨水場	103 年 6 月
15	二	龍潭淨水場	103 年 7 月
16	三	寶山給水廠	103 年 12 月
17	屏東	牡丹淨水場	103 年 12 月
18	二	平鎮淨水場	105 年 12 月
19	一	貢寮淨水場	105 年 12 月
20	六	烏山頭淨水場	106 年 10 月
21	五	湖山淨水場	106 年 11 月
22	八	清洲淨水場	107 年 10 月
23	四	集集淨水場	107 年 11 月
24	七	路竹淨水場	108 年 4 月
25	二	大湳淨水場	108 年 10 月
26	五	水上淨水場	108 年 11 月
27	六	潭頂淨水場	108 年 12 月
28	三	新竹第二淨水場	109 年 11 月
29	七	坪頂淨水場	109 年 12 月
30	五	林內淨水場	110 年 1 月
31	七	嶺口淨水場	112 年 4 月

(二)各淨水場對環境議題之實質作為

在執行環境管理的過程中，需定期對組織內外部議題、風險及環境考量面進行評估及檢討，並作出相對應的改善方案，彙整各淨水場針對環境議題主要的實質作為如下：

1.水源巡查：為強化水源管理、維護及保育工作，各淨水場依本公司「水源巡查作業須知」相關規定辦理水源巡查、舉發及紀錄，降低污染風險，確保水源安全。

2.製程節能：建置合理化操作模式，依本公司「節約動力費作業要點」辦理確認電費之計收、調整契約容量、改善功率因數、改善並選用適當電動機及抽水機、落實用電設備保養與維修、調整供水操作模式、慎選時間電價計費方式、檢討淨水設備耗能、隔離高低壓供水區域、加強管線及水池檢修漏、檢討配電系統、加強洗井作業、調整合理水壓、辦公室節約用電共十四項具體措施，並持續滾動式檢討以確實執行，提高能源使用效益，有效降低動力費用支出。

3.加強廢水處理設備與操作管理：依相關環保法規及本公司「廢水處理業務輔導管理及查核要點」規定，針對廢水之質與量、現有廢水處理設備之妥善率，以及現有廢水處理設備功能等，進行檢討並研提改善方案。

4.推廣淨水污泥餅再利用：訂定「淨水污泥餅處理或再利用輔導管理及查核要點」，積極輔導淨水場淨水污泥餅朝向資源化方向努力，除能淨水污泥餅處理成本外，更能落實「循環經濟」之重要理念。

5.定期噪音檢測：為避免設備運轉所產生的聲音影響鄰近用戶，淨水場依噪音管制相關法規定期檢測場內音量，確保符合法規標準，達到友善社區之目標。

6.降低服務耗能：配合政府節能減碳政策，實施 e 化帳單及簡訊帳單等電子化服務，積極採平面媒體、網站、文宣 DM、臉書、紙本帳單信封宣導，及透過各區處配合地方機關活動設攤宣導 e 化帳單業務，減少紙張使用並響應環保。

7.積極開發綠能：配合政府再生能源推動政策，辦理太陽能光電及小水力發電推廣。在不影響供水系統維護、操作及辦公室使用下，利用水庫、淨水場、辦公室屋頂及閒置土地，採租賃方式施設太陽光電發電設備；及在具有足夠流量及水頭落差之潛能場站，設置未達二萬瓩(20MW)之水力發電系統，並鼓勵民間企業參與投資開發。

8.辦理環保教育訓練及災害演練：除對公司內部成員進行相關環境管理教育訓練外，更會對淨水場可能發生之災害做緊急演練，熟悉搶救的流程，在事故發生時能讓災害及影響降至最低。

圖 9　氯化鐵洩漏處理演練

圖 10 林內淨水場建置太陽能發電系統

圖 11 寶山淨水場定期清運污泥餅

(三)導入環境管理系統之效益

本公司從 2006 推廣及辦理淨水場環境管理系統驗證迄今已 17 年，由執行人員辦理驗證之經驗彙整出導入環境管理系統對本公司及淨水場的效益如下：

1.建立程序使人員執行有所依據：藉由 P-D-C-A 之管理模式，依先期環境審查之資料及環境考量面評估之登錄鑑定結果，將可能產生較大衝擊之重大環境考量面，納入改善方案。並依 ISO 14001 條文之要求訂定環境管理手冊、程序書、作業指導書、表單等相關之文件與紀錄，以做為實施和執行環境管理系統之基本依據與要求。

2.相關法規統整，符合相關環保法規：針對環境部環保法規或本公司內規要求之事項，納入環境管理系統中管理，藉由 ISO 14001 系統的協助，將文件資訊化、建立四階文件，以系統化、組織化的規章及規定來達成政府對企業各項環保法規的要求，並符合國際環保法規，改善公司內外部環境問題以達成環境政策之承諾。

3.對場內設備、淨水流程、環境影響定期評估改善：各承辦人員能依訂定之程序定期對驗證場域進行全面性徹底的清查、登錄及鑑別所有環境考量面（及環境衝擊），透過分類、量化、分析，篩選出重大環境考量面並討論出執行方案，並追蹤後續改善成果。

4.資源利用：水資源珍貴，在加強廢水處理及操作管理下，本公司產生之廢水盡量全回收使用(海淡廠滷水除外)，以不浪費一滴水為目標；而淨水流程所產生之污泥餅也依本公司規定採再利用方式委外處理，製成紅磚或其他材料，達到 100%回收再利用。

5.節能減碳，減少支出：在強化能源管理、降低動力費用、資源再利用等等做為下，不僅能達到節能減碳的目的，更能減少公司的支出與開銷。

6.提升公司聲譽，持續進行環境保護工作，減少環境污染：持續推動淨水場辦理 ISO 14001 環境管理系統，透過第三方單位驗證，與國際標準接軌；並針對有關環境議題方面做改善，以善盡循環經濟再利用、廢水回收、節能減碳等等環境保護的企業責任，減少對環境產生不良的影響及污染。

(四)SDGs 目標與永續發展

聯合國世界環境與發展委員會在 1987

年發表了《我們共同的未來》(布倫特蘭報告)報告，其中提出了永續發展的定義：既能滿足當代的需要，而同時又不損及後代滿足其需要的發展模式。

在 2015 年聯合國宣布了「2030 永續發展目標」(Sustainable Development Goals, SDGs)，總共有 17 項核心目標及 169 項細項目標，以做為全球政府、民間企業及非營利組織在訂定長期目標與永續發展使命之標的。本公司整合 SDGs 至管理方針，盤點與環境相關之目標及對應做為如下：

1.確保有教無類、公平以及高品質的教育，及提倡終身學習：持續推動環境教育場域及辦理環境教育活動。

2.促使城市與人類居住具包容、安全、韌性及永續性：進行淨水污泥餅再利用產品技術相關研究，並透過循環經濟，維持淨水污泥餅再利用正常化，減少掩埋，降低碳排放量。

3.完備減緩調適行動，以因應氣候變遷及其影響：

(1)積極推動各場站、管理樓及服務所植林綠化。

(2)擬訂多項策略以因應淨零碳排，達到減碳成效。

(3)配合國家淨零排放政策，成立淨零排放專案推動小組小組，並參照環保署溫室氣體減量目標，初擬本公司淨零排放目標願景及減碳策略。

(五)淨零碳排

2050 年的淨零碳排已成為各產業的核心目標，本公司參照環保署溫室氣體減量目標，初擬淨零排放目標願景及減碳策略，定期滾動式檢討，努力朝國家政策淨零排放方向推動，相關推動方式如下：

1.提升能源效率：透過設備技術的精進、工程設計及製程操作改進等手段，提升能源運用效率，達到消耗較少的能源或電力目的，以減緩碳排放。如節約動力費、推動節能綠建築等執行方案。

2.發展綠色能源：配合政府推動綠色能源，盤點本公司淨水場(站)、辦公廳屋頂及閒置土地，設置太陽能發電設備，或推動利用水頭落差產生位能發電之零碳排放小水力發電，產生之電量自用或併聯於台電饋線提升區域電網供電量，以貢獻國家整體電力排放係數降低

3.推行辦公室環保：藉由逐步管制辦公環境設備效能及推動更換節能型空調設備之辦公節能減碳作為，逐年汰換燃油車、換購低油耗汽車及電動機車之運具電動化作為，強化資訊設備管理等作為，以減少電力及油耗，進而減少碳排放。

4.提供節能服務：開發水籍數位化系統，推動臨櫃無紙化服務，進而減少碳排放。另在環境教育推廣中加入節能減碳及節約用水元素內容，宣導用戶減少碳排的重要性，落實減碳生活化，進而減少碳排放。

5.加強綠色生產及資源有效利用：為減少廢棄物及自來水耗損量，進一步減少或抵換本公司產水過程排放的溫室氣體，期能達成減少碳排之目標。現階段以污泥再資源化、降低漏水、植樹固碳、購買綠電為推動重點。

(六)永續經營辦理績效綜整

在各項政策、推動計畫及全體同仁努力之下，本公司已在永續經營及環境友善的各面向皆取得豐碩成果，說明如下：

1.集水區保育及管理：研提本公司轄管內 21 座水庫之 2023~2027 年水庫集水區保育實施計畫送經濟部水利署審查，水庫集水區蓄水範圍之治理工程，包括崩塌地處理、野溪蝕溝治理、道路水土保持、農地水土保持、森林經營管理及土石流潛勢溪流、水質改善等七項，就既有相關方案之執行檢討、實施策略及方法、水庫清淤對策研究，提出相關治理計畫。2022 年水質水量保護區共舉發 205 件違反管制事項，包含土地開發整地 48 件，棄置廢棄物(含廢土、廢水及垃圾)138 件，飼養豬隻 19 件，每月彙整巡查舉發情形，製作違反管制事項處置情形統計表，持續列管追蹤至結案。

2.環境影響評估與監測：重大自來水開發行為可能對當地環境造成影響，故開發行為於規劃階段依「環境影響評估法」先以科學、客觀、綜合之調查、預測、分析及評定，提出環境管理計畫，進行公開說明及審查，以預防及減輕開發行為對環境造成之影響。2022 年針對已通過環評案件辦理 14 場次之現地追蹤及輔導，各案確已遵守環境保護相關規定。

3.加強廢水處理及操作管理：本公司所轄淨水場排放水質皆符合行政院環境保護署發布放流水水質標準(化學需氧量<100mg/L、懸浮固體<50mg/L 及總餘氯<0.5mg/L)。因氣候變遷緣故，水資源額外珍貴，2022 年產生之廢水盡量全回收使用(海淡廠滷水除外)，減少排放量，2022 年廢水回收再利用率為 85.92%。

4.積極辦理淨水污泥再利用：淨水流程所產生之污泥，可資源化再利用，2022 年淨水污泥餅總量為 140,234.15 公噸，主要製作成水泥、紅磚、培養土、高壓磚、混凝土骨材及燒結原料，再利用處理比例如圖 12，100%回收再利用。

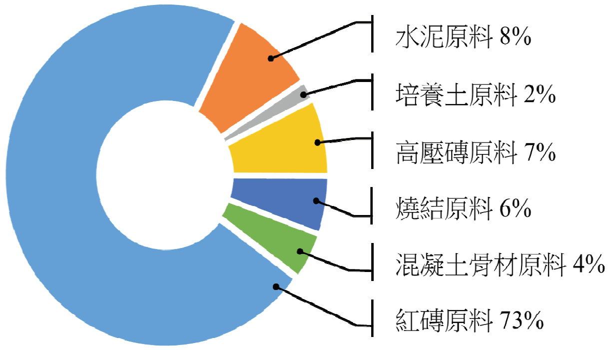


圖 12　2022 年汙泥餅回收再利用處理比例

5.降低服務耗能：本公司於 2008 年開始推動水費帳單 e 化服務。2022 年 e 帳單不寄送紙本 4,627,099 件，可減少 35,166kgCO2e 二氧化碳排放量。

6.節約動力費作業：在同仁的努力下，2022 年用電量 992,331 仟度較 2021 年 1,017,389 仟度減少 25,057 仟度，減少碳排放量約為 12,754,249 公斤 CO2e/度。

7.推動綠能：2017 年起首辦構造物頂及水庫設置太陽光電發電設備，至今已完成 87 處，累計設置設備容量 62,197.595KW，2022 年度生產綠電 79,434,238 度。

8.水資源環境教育推動：在 2010 年公布「環境教育法」後，本公司著手推動北部區域「深溝水源生態園區」並於 2012 年通過認證；南部區域以「澄清湖高質水環境教育

園區」於 2014 年完成認證；中部區域「湖山自來水環境教育園區」於 2020 年 4 月通過認證，離島澎湖地區則規劃「馬公海水淡化廠環境教育園區」。各環教中心依其現地環境特性整體評估，以場域自然生態環境特色進行導覽，並進行水資源環境教育。藉由水資源基本概念之解說過程，提升民眾的用水知識，改變用水、節水的態度，使其轉化為具體行動，落實正向環境保護行為。於 2022 年共辦理 98 場次之環境教育活動，提供 3,387 人次優質之環境教育服務。

五、結論及後續推展

本公司在高階主管(董事長、總經理、副總經理)及各區各主管同仁的堅持及努力，建置 ISO 14001 環境管理系統已獲導入環境管理系統的預期成果，包括如「符合環保法規」、「落實污染預防，從源頭管理代替管末處置」、「精進管理系統」，精進環境管理系統績效，持續提升淨水場的營運管理，掌握法遵要求，善盡守規義務。

氣候變遷的風險衝擊，已經列為企業 ESG 的重大風險議題，面臨 2050 淨零目標，企業必須從「治理」、「策略」、「風險管理」、「目標及指標」四個構面來展開，研擬企業的永續淨零發展路徑，包括使用再生能源、綠電、各種減碳技術的導入。ISO 14001 環境管理系統是國際最重要的環境管理標準，可為企業在淨零目標的路徑（從溫室氣體盤查、減量、到碳中和）建立運作的基石。

本公司迄今已完成 31 座淨水場 ISO 14001 驗證，更積極推動出水量 5 萬噸以上淨水場取得驗證。在提供量足、質優自來水的同時，也不忘本身的企業社會責任，持續朝著永續經營及促進經濟發展的目標邁進，努力達到「積極強化公司治理制度，實踐企業社會責任，以提升企業競爭力，俾達成國際級自來水事業之願景目標。」的願景。

參考文獻

1.經濟部標檢局。ISO 14001:2015
2.CNS 14001環境管理系統-附使用指引之要求事項（網路資源投影片)https://www.bsmi.gov.tw/bsmiGIP/wSite/public/Data/f1461568026759.pdf
3.台灣自來水股份有限公司，2020-2023年永續報告書。
4.國際標準管理系統實務。科建出版。
5.林正隆、洪世政、張嬉麗、吳美惠。與國際接軌自來水廠環境管理系統的建置—全台首座ISO14001驗證給水廠誕生，自來水協會會刊，第27卷第3期，第70-80頁，2008。
6.王冠中、林正隆、洪世政、吳振榮。淨水場ISO14001 深耕及展望—以台水公司為例，自來水協會會刊，第39卷第2期，第35-45頁，2020。

作者簡介

藍宇震先生

現職：自來水公司總管理處水質處工程員

專長：水質檢驗及分析

黃明堂先生

現職：科建顧問管理有限公司副總經理

專長：永續發展相關國際標準輔導

陳文祥先生

現職：自來水公司總管理處水質處處長

專長：水質管理

利用空間均壓與時間均壓手法提升高地小區售水率

文/呂紹禎、莊家榮、林聖恩、張修明、黃嘉昌

摘要

「水壓管理」為漏水控制四大主軸中一項重要的工具，一樣的管線狀態，當供給自來水管網水壓過大，漏水量也就隨之增加，反之，將管網的壓力降低，漏水率也能隨之降低，以臺北市北投區復興四路以東、復興一路以西、復興高中與長壽街以南、中和街與永興路二段以北所圍區域為例，其水源來自北投區大屯配水池，以重力供水方式供水，當進行小區封閉計量時，因為進水點的地形位置較高，區域在計量時會隨著用水時段的變化，在凌晨產生高達 7kg/cm^2 的水壓駝峰，導致漏水量增加，使得此小區的售水率改善更加困難。

本文利用目前臺灣廠商市售之水壓控制減壓閥，以空間均壓與時間均壓手法，嘗試裝設使用，使得高地小區能予以控制改善，使售水率推升至改善標準 90%以上。

關鍵字：小區計量、減壓閥、降低漏水率

一、Y13001高地小區

臺北自來水事業處(以下稱北水處)為能有效降低漏水率，自民國 95 年起開始進行 20 年管網改善計畫，利用小區計量的方式，評估出漏水較嚴重的位置，以每年汰換約 100 至 120 公里的管線進行漏水控制，而在管汰的過程，整體管網體質尚未完備前，妥善的調整最適水壓，能大幅減少漏失的水資源，自管網改善初期，即逐步於各加壓站安裝變頻設備，利用管網遠端壓力回朔訊號，調整加壓站出水壓力，有效彌平區域低用水量時的壓力駝峰，對於降低漏水率頗具成效。

而在北水處轄區內除了直接加壓供水，部分區域採用重力供水，而這些重力供水區域並不會經過變頻設備的調控，使得重力供水至管網時，仍會於低用水量期間產生水壓駝峰，北水處編號 Y13001 小區位於臺北市北投區復興四路以東、復興一路以西、復興高中與長壽街以南、中和街與永興路二段以北所圍區域，係北水處於 102 年所劃設小區，其供水方式係利用位於復興公園之復興加壓站加壓至北投區大屯配水池(EL92m)再以重力供水方式供水(如圖 1)，在非小區封閉期間，本區域係透過復興三路所設置之持減壓閥減壓供水，故包含 Y13001 以外區域，均透過持減壓閥後供水，依照區域內的地形高低，高地區(EL51m)供水壓力約為 1.0-1.5(kg/cm^2)，而在低地區(EL18m)供水壓力則為 4.0-4.5(kg/cm^2)，但若是進行小區封閉則 Y13001 因為進水點位於復興二路並無設置減壓閥的關係，其供水壓力隨著地形位置高地區(EL51m)供水壓力約為 4.0-4.5(kg/cm^2)，而在低地區(EL18m)供水壓力則為 7.0-7.5(kg/cm^2)，以這樣的高壓，區域內若是有不良管材或不佳的接合位置，即易引發漏水，且若區域內本身存在漏水點，將導致更大量的漏水量。

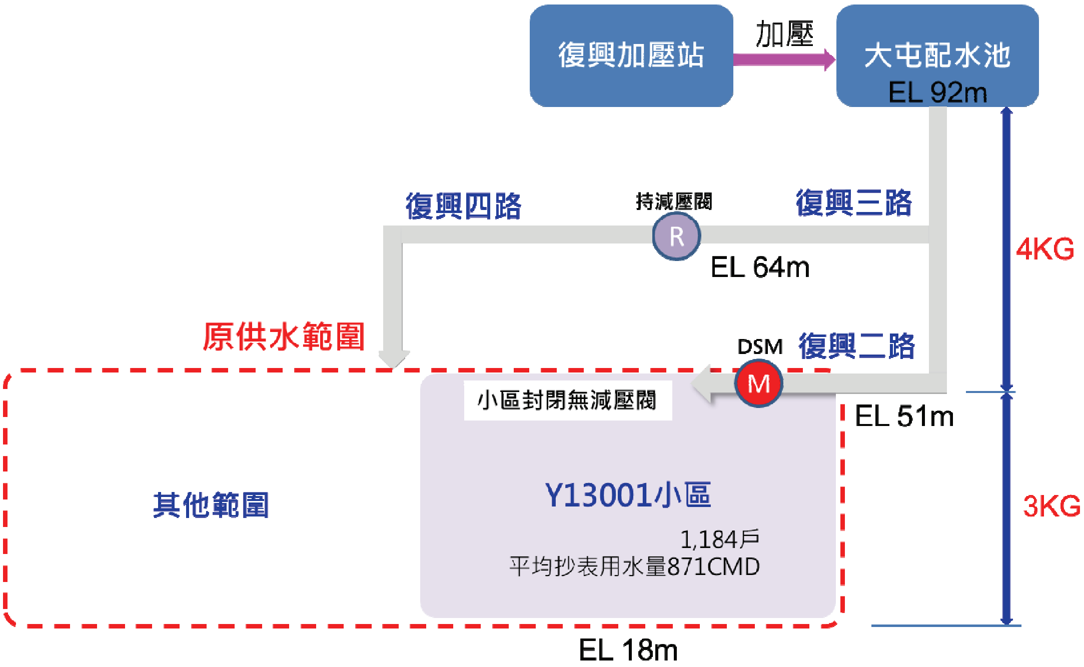


圖 1　Y13001 高地小區供水示意圖

Y13001 小區平面圖(如圖 2)，其區域內配水管線為 2,292m、給水管線為 3,010m，為北水處於民國 102 年劃設成立，並於民國 104 年初評售水率為 44.91%，因售水率低於 50%，隨即列為重點小區汰換區內管線，並於部分汰渙後於 107 年複評改善後售水率 58.25%未達改善標準 90%。

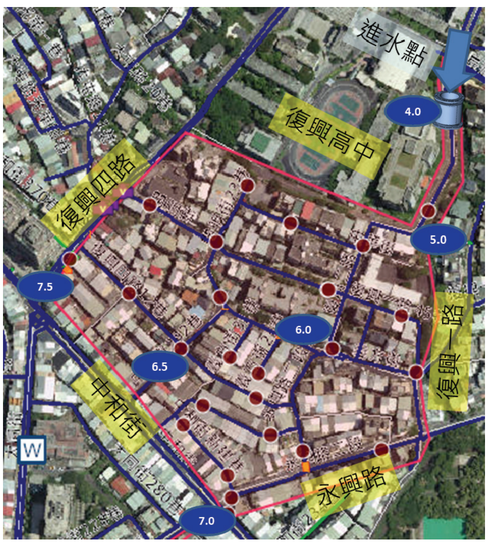


圖 2　Y13001 高地小區平面與壓力分佈圖

為能使小區改善人員了解自我評估改善情形，北水處於民國 107 年開始於小區進水點安裝具自動讀表、無線回傳功能之流量計，並統稱為 DSM(District Smart Metering)流量計，藉由 4G LTE 網路傳訊顯示管線內自來水之瞬間流量及累積流量值，另外於流量計窨井內安裝壓力計，一併回傳管網水壓。另發展 WebGIS 系統將轄區管線及水表等設備予以數位化，只要知道小區在進水點的日平均進水量，再搭配小區用戶日平均用水量，就可以輕易的推估漏水量或售水率，WebGIS 系統將北水處業務單位的水費系統資料納入，只要框選到所需要的小區或特定範圍，都能即時統計區域內近 6 期，由分處業務單位抄表員所抄得計算之水費資料，即可予以換算後成為小區日平均用水量。

有了方便的工具與平台，使得小區的改善與成效評估更加便利，北水處於民國

108、109 及 112 年持續汰換 Y13001 區內管線，至 112 年時統計區域內配水管線有 99%為 DIP 材質、給水管線有 85%為 SSP 材質，已達小區完成改善標準，隨即於 112 年 2 月利用上述工具與平台進行小區封閉售水率計量自我評估，評估結果(如表 1)。

表 1　Y13001 售水率評估情形表

時間	用戶平均日用水量 (CMD)	DSM 平均 (7 日)進水量 (CMD)	售水率
112.2.24	871	969	89%
112.3.15	871	1509	57%
112.3.22	871	954	91%

在 WebGIS 所得 Y13001 於半年內近期用戶用水量平均為 871CMD，茲將 Y13001 進水點所裝設之 DSM 在 2 月份所得之平均 7 日量為 969CMD，相除所推估售水率為 89%，而觀察期間在 3 月份售水率大幅下降至 57%，確認區內有發生漏水情形，經由修漏監工於區域內四處檢巡漏水點，於北投區永興路 2 段 35 號人行道上發現漏水位置(如圖 3)，隨即進行漏水修復，修復後再進行售水率評估，售水率上升至 91%達改善標準。

圖 3　北投區永興路 2 段漏水維修情形

雖然在完成漏水修復後，售水率已達改善標準 90%以上，但由於 Y13001 小區封閉時未經過減壓閥進行水壓調控，區域內在封閉期間若持續維持再 7.0-7.5(kg/cm^2)的高壓情況，區域內若有未完全汰換管線或接合不良位置，將容易導致漏水復發，112 年 3 月份漏水復發的永興路 1 段人行道上(如圖 4)，漏水為位於管線障礙下方無法全段汰換為 SSP 之 PVCP 殘留管線，因為水壓力過大產生管裂情形；此情況研判應該也是民國 107 年間，Y13001 小區當時改善後售水率無法達標之原因，經檢討必須使用有效的工具予以補助，才能使得高地區小區售水率達標且能長久維持。

圖 4　北投區永興路 2 段 35 號漏水管線

二、空間均壓與時間均壓

因為 Y13001 進水點未能經過減壓閥調控，為減少區內高壓位置發生漏水機會，茲將小區進水點裝設一只新的減壓閥予以調控進水壓力(如圖 5)，並與原有之減壓閥以最合理壓力分配切割區域進行空間均壓。

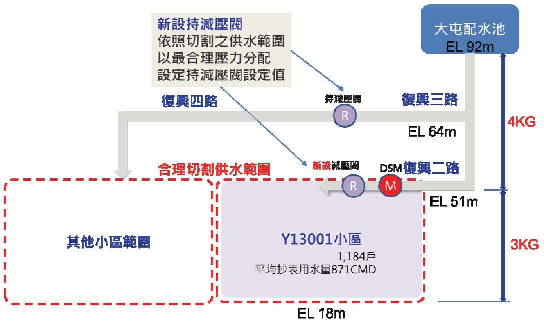


圖 5　增加減壓閥控切割區域進行空間均壓

安裝可自動 2 段時間調控不同壓力之減壓閥，讓低用水量期間產生之水壓駝峰予以減低(如圖 6)，以時間均壓概念減少區域內漏水。

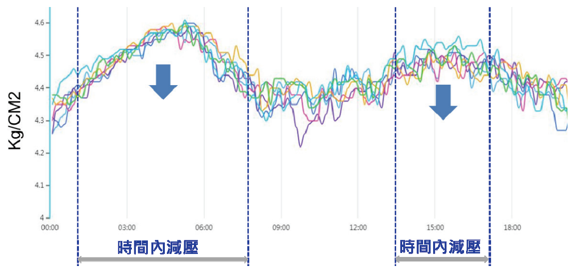


圖 6　將高壓駝峰時段予以減壓使時間均壓

為求能完成空間與時間均壓，於 Y13001 小區進水點加裝一組可設定 2 段不同時間壓力進行減壓之壓力管理閥(如圖 7)，

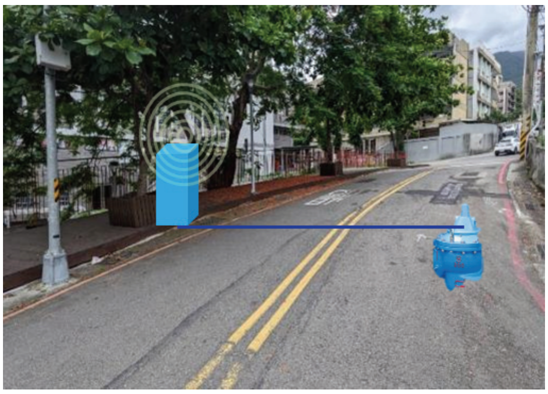


圖 7　Y13001 小區安裝水壓管理閥示意圖

本設備係於北投區復興二路上之小區進水點安裝減壓閥，為後續操作便利性在安裝位置附近人行道上加裝一只操作箱，並將減壓閥以壓力導管在操作箱內安裝 2 只嚮導閥，藉由時間控制器，可根據所需要的時間來切換閥門上的電磁閥，以決定減壓閥要以 2 只嚮導閥中之任何 1 只進行控制，意指可將兩只嚮導閥分別定義為 1 只高壓嚮導閥與 1 只低壓嚮導閥，利用時間控制器控制閥門決定壓力設定。

圖 8　Y13001 小區安裝減壓閥照片

圖 9　壓力管理閥控制箱照片

三、壓力控制執行情形

藉著減壓閥前方的 DSM 流量計紀錄平常 1 日 24 小時進水壓力譜(如圖 10)，可以了解 Y13001 小區進水壓力主要以 18:00 區分，

每日的 18：00 至 24：00 為用水尖峰期，其進水壓力約在 3.9 至 4.0(kg/cm^2)，而在 0：00 至 18：00 為用水離峰期，其進水壓力約為 4.2 至 4.6(kg/cm^2)。故茲將此區域的時間均壓點切割在這兩個分開的時段，0：00 至 18：00 給予設定為可滿足離峰用水之最低壓力，目的在於用水離峰期間，盡可能的降壓以控制不必要的漏水，而 18：00 至 24：00 就要考慮到用戶的用水壓力調高減壓設定值，其目的在於能滿足用戶使用壓力又能減少漏水量。

圖 10　Y13001 小區進水壓力分析

因為 Y13001 進水點地形位置為小區最高點，進水點與小區內地形最低點大概相差 33 公尺且為順向降低，故必須盡可能的減壓來控制區域內的壓力減少漏水量，但又必須滿足用戶的供水，茲採取不同模式控制減壓閥的出水壓力(如表 2)並於區域內部分消防栓安裝壓力紀錄器以了解區域內壓力情形，先以模式 1 將用水高峰 18：00~24：00 區間內減壓閥後壓力定為 2.5(kg/cm^2)，00：00~18：00 區間內減壓閥後壓力定為 1.5(kg/cm^2)，以壓力紀錄器觀察區域內消防栓隨著地形降低產生壓力變化，再以模式 2~4 調整減壓閥後壓力。

表 2　Y13001 進水壓力評估情形表

模式	用水離峰 (00:00-18:00)	用水高峰 (18:00-24:00)	用戶供水狀況
1	1.5	2.5	OK
2	1	2	OK(*)
3	0.6	1.2	OK(*)
4	0.4	0.8	OK(*)

調整期間在模式 2 開始，有少數用戶因自行拆除下水池且無馬達，需藉由北水處所提供水壓力直上 3、4 樓用戶，反映在夜間熱水器點不著，經派員量測其一樓夜間供水壓力均在 3(kg/cm^2)以上，已大於北水處平均供水壓力 1.5(kg/cm^2)甚多，故建議用戶必須恢復原有供水設備，經協調後用戶均能接受，故最後設定以模式 4 方式設定減壓閥後壓力，將用水高峰 18：00~24：00 區間內減壓閥後壓力定為 0.8(kg/cm^2)，00：00~18：00 區間內減壓閥後壓力定為 0.4(kg/cm^2)，區域內最低點復興四路與中和街口消防栓量測值 18：00~24：00 區間壓力為 4.1(kg/cm^2)，00：00~8：00 區間內壓力為 3.9(kg/cm^2)，(如圖 11)與圖 2 該位置減壓前 7.0 至 7.5(kg/cm^2)相較差距約為 3.0(kg/cm^2)。

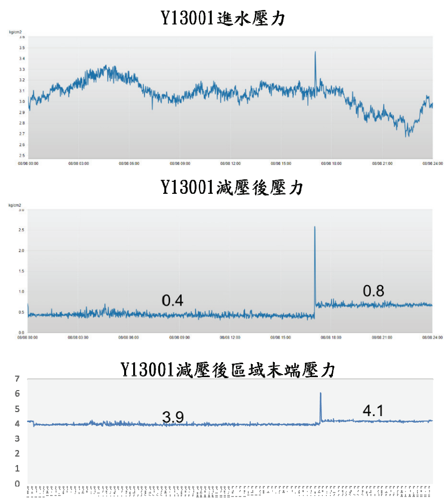


圖 11　Y13001 小區減壓後相對位置壓力譜

Y13001 小區進行封閉反覆依不同模式測試壓力期間，有發生漏水情形導致漏水率下降至 82%；為找出漏水位置，茲將此小區依照制水閥相對位置切割數個單位，以進行巷弄直接法找尋漏水巷道，最終在北投區開明街量測出約 120CMD 的漏水量，並在開明街 37 號前開挖找到漏水，漏水原因係過去執行鉛管改善期間，施工廠商因管障而未能斷除之 6 只 20mmPVCP 殘留盲腸管發生漏水(如圖 12)，導致售水率產生下降，為避免再次發生漏水於 112 年 9 月將此段配水管線予以切除汰換更新。

圖 12　北投區開明街 37 號前管線漏水

四、壓力控制漏水改善成效

Y13001 高地小區經 112 年 3 月間改善完成後評估售水率達 91%，惟進水點若無設置減壓閥控制，區域內管線維持高壓力狀態，對於區域內若是存有未汰換之不良管材管線，相當容易引發漏水，且因高壓會導致大量漏水量使售水率明顯下降，在本案執行期間即因高壓分於 112 年 3 月與 8 月引發 2 次不良管材漏水導致售水率下降，經修復後，最終藉由減壓閥的壓力控制，於 112 年 10 月持續以圖 11 之模式，提供區域內穩定之供水壓力，經 112 年 10 月以 14 日長期直抄用戶表方式評估售水率為 90.46%，順利完成 Y13001 高地小區改善。

表 3　Y13001 進水壓力與進水量比較表

時間	末端消防栓壓力 (kg/cm^2)	進水量 (CMD)	比例
112 年 4-5 月	7.0-7.5	1,122	
112 年 7-8 月	3.9-4.4	968	-14%

另外比較 Y13001 高地小區在設定減壓前與減壓後的進水量(如表 3)，減壓前的進水量為 1,122CMD，在減壓後進水量已降為 968CMD，假設將差異量都視為漏水，減少漏水量為 154CMD，使得區域的售水率提升了 14%。

五、結論與建議

茲利用水壓控制減壓閥，將北投區復興四路以東、復興一路以西、復興高中與長壽街以南、中和街與永興路二段以北所圍區域分時段進行減壓，最終使得多年無法改善達標的高地小區能予以控制並完成改善，安裝前後降低了 14%的漏水率，使 Y13001 高地小區售水率推升至 90.46%，且提供穩定的供水壓力更可減少 Y13001 小區內漏水復發的機會。

北水處一般小區劃設時以用水量 1,000 至 2,000CMD 為原則，而 Y13001 高地小區用戶用水量僅有 871CMD，且本區域多數採用 150mm 及 200mm 口徑 DIP 配水管線且長達

2,292m，計算區域內配水管蓄水量約 70m^3，依照減壓閥的構造，若用戶用量較少時，使小區進水點低水量會加快減壓閥本身的啟閉頻率，需要調整減壓閥針閥予以配合，若能適度的增加供水範圍(如圖 13)，應可以使得區域的供水更加穩定，也能擴大以壓力控制達漏水改善的成效，茲將於後續予以測試切換導入。

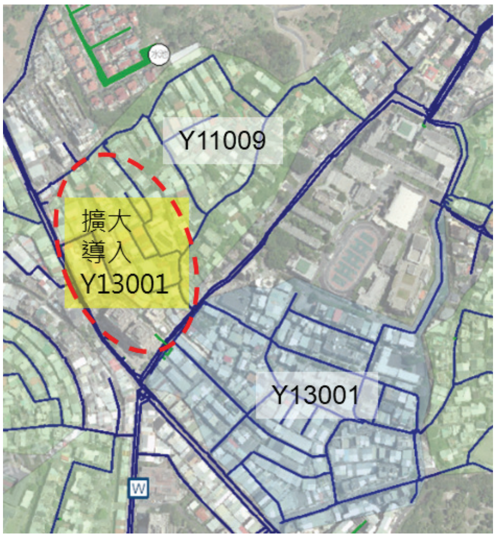


圖 13　適度調整擴大 Y13001 供水範圍

參考文獻

1.Successful NRW Reduction Experience in China - Iwa-waterloss.org，2015

2.Julian Thornton，Water Loss Control Manual，2008。

3.F. Arregui、Enrique Cabrera Jr、R. Cobacho，Integrated Water Meter Management，IWA，2007。

4.臺北自來水事業處，供水管網改善及管理計畫-第四階段計畫，2019。

5.臺北自來水事業處，供水管網改善及管理計畫-第三階段計畫，2015。

6.王銘榑、黃裕泰、張世勳、廖芳麟、黃嘉昌、鍾育霖、張國峰，臺北供水區小區智慧化應用與發展探討，中華民國自來水協會109年度研究計畫，2020。

作者簡介

呂紹禎先生

現職：臺北自來水事業處陽明分處股長

專長：高地供水、管網改善

莊家榮先生

現職：臺北自來水事業處淨水科三級工程師

專長：供水設計、小區計量

林聖恩先生

現職：臺北自來水事業處陽明分處四級工程師

專長：管線配合工程、管網改善

張修明先生

現職：臺北自來水事業處陽明分處四級工程師

專長：管線維修工程、漏水改善

黃嘉昌先生

現職：臺北自來水事業處陽明分處二級工程師

專長：小區計量、管網改善

112 年度台灣自來水股份有限公司資通安全內部稽核暨經建設施災害或重大人為危安防護演習探討

文/黃瀞儀

摘要

全方位整合與自動化網路資安領導廠商 Fortinet 旗下 FortiGuard Labs 威脅情資中心公布《2023 上半年全球資安威脅報告》顯示，台灣 2023 年上半年的惡意威脅數量急遽成長，與 2022 年同期相比大增超過 8 成，且每秒就有將近 1.5 萬次攻擊發生，高居亞太之冠。

為有效達成資安防護目標，台灣自來水股份有限公司每年均定期執行機關資通安全內部稽核，以確保機關業務之持續性，達成資安防護水準。另台灣自來水股份有限公司轄管供水系統等重大經建設施，透過經常性辦理供水應變及防災演練，以全災害之概念(含天然災害、資安攻擊、意外事件、非傳統攻擊及軍事威脅等) 實施風險管理，藉強化跨域合作聯防，建立資訊通報機制，保障人民生命財產與福祉，確保供水穩定及強化災害防救應變能力。

關鍵字：資安防護、經建設施、非傳統攻擊

一、前言

近年來極端氣候已成常態，自來水事業面臨穩定供水極大挑戰，台灣自來水股份有限公司(以下稱台水公司)持續遵循經濟部「加強備援備載」之政策指導，並配合政府解決產業發展關鍵「五缺」之缺水問題採用「開源」、「節流」、「調度」及「備援」4 大策略，加強推動辦理供水系統擴(增)建工程，俾增加氣候調適能力及韌性，穩定各類用水供應。

為確保用戶可獲得充裕水量，供水系統等重大經建設施，如因自然災害或人為破壞，將造成人民傷亡及財產重大損失，或其他足使國家安全或利益遭受損害之情形。為維持供水服務所建置之取水、貯水、導水、淨水、送水、配水系統等功能，以提供民生用水及促進經濟發展所需，台水公司供水系統等重大經建設施之安全維護甚為重要；另因應當前區域情勢緊張及威脅加劇，攸關國家及民生持續運作之重大經建設施，強化抗災韌性及復原能力，是當前刻不容緩的課題；且國際駭客及網路攻擊目標多鎖定重大經建設施，除平時做好資安防護、裝置及建立防火牆外，並應加強協力廠商達到資安標準。

為驗證台水公司之資訊安全管理系統是否正確實施，適時發掘資安問題，並採取矯正措施，以維持各項與資訊安全管理系統相關作業之有效性，藉由稽核作業，檢視資訊安全控制程序執行成效，作為持續維護資訊安全管理制度之參考。另為確保台水公司供水穩定並強化災害防救，並辦理重大經建設施供水應變相關演練，期降低危安事件發生。

二、現況概述

為積極推動台水公司資訊安全政策、落實資訊安全管理及相關應變作業，特設置台灣自來水股份有限公司資通安全推行委員會，委員會下並設有資通安全推動處理小組。

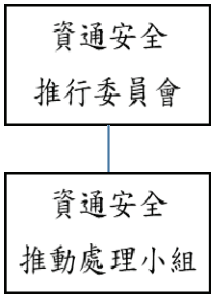


圖 1　委員會下設資通安全推動處理小組

(一)「資通安全推行委員會」負責制定資訊安全策略性方向與長期目標，討論審議重大資訊安全提案，檢討各項資訊安全措施之成效，督導流程改善與缺失改進。

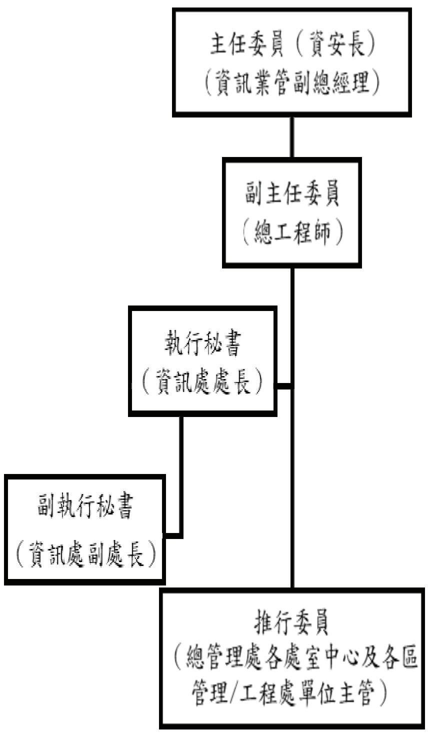


圖 2　資通安全推行委員會

(二)「資通安全推動處理小組」負責資通安全預防、危機通報及緊急應變處理相關事宜，以及相關事項之聯絡，並負責資通安全執行。

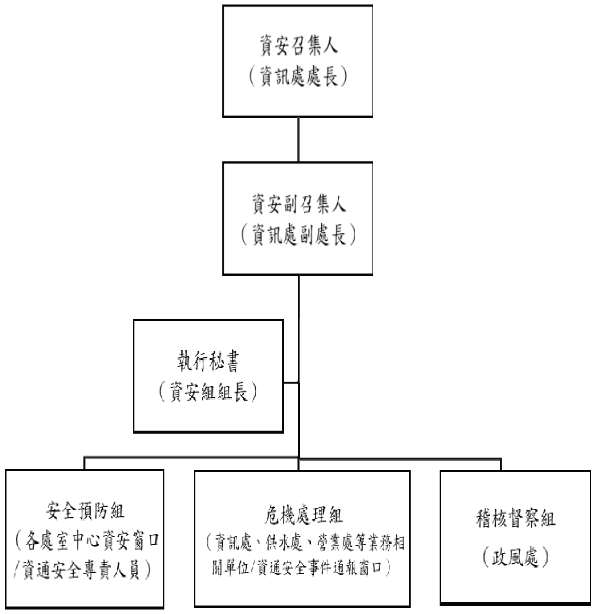


圖 3　總管理處資通安全推動處理小組

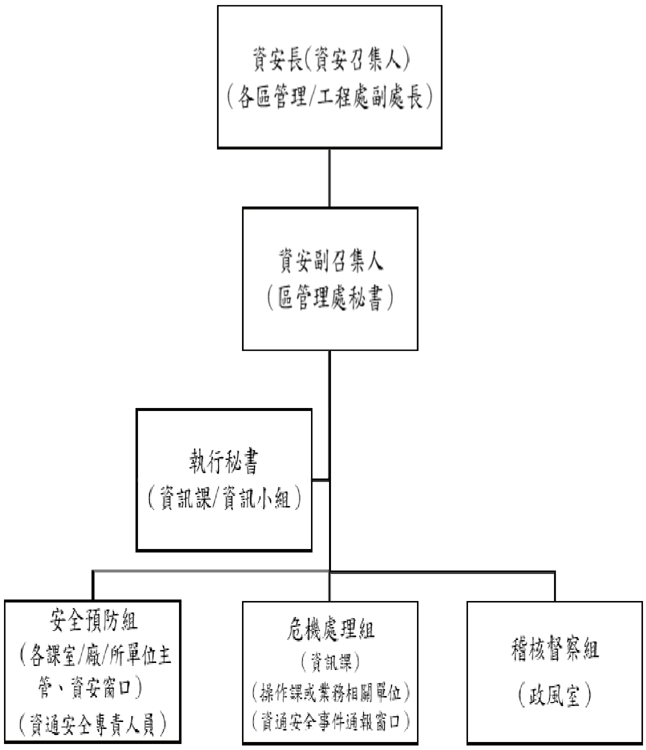


圖 4　各區管理處(工程處)資通安全推動處理小組

三、資訊管理模式及安全運作機制

(一)資訊安全管理模式

台水公司為特定非公務機關，資通安全責任等級為 A 級；所轄管重大經建設施部分資通安全責任等級為 B 級，應依資通安全管理法及其子法規定辦理各應辦事項。

(二)安全維護運作機制

台水公司為維護國家與社會重要功能持續運作，確保攸關國家安全、政府治理、公共安全、經濟與民眾信心之基礎設施與資產安全，以全災害為安全防護考量，掌握設施相依關係，辨識潛在威脅與災害影響，降低設施脆弱性，縮減設施失效影響範圍與程度，提高應變效率並加速復原，已針對轄管重大經建設施研擬防護整合計畫，以強化領域間合作聯防，落實通報及資訊分享機制，有效整備安全防護資源，提升持續運作能力。

四、資通安全稽核概述

(一)112 年度資通安全稽核作業

1.稽核計畫

台水公司總管理處政風處於 112 年 3 月 23 日簽陳首長核定「112 年度資通安全暨個人資料安全內部稽核計畫」，並於 112 年 3 月 25 日以台水政字第 1120010848 號函發台水公司所屬各單位辦理，稽核內容涵蓋台水公司總管理處、各區管理處、工程處、重大經建設施及辦理資通系統之建置、維運或資通服務之廠商。

2.稽核目的

為驗證資訊安全管理系統（ISMS）是否正確實施，以及適時地發掘問題，並採取矯正措施，以維持各項與資訊安全管理系統相關作業之有效性，藉由稽核作業，檢視資訊安全控制程序執行成效，以作為台水公司持續維護資訊安全管理制度之參考。另為瞭解台水公司個人資料安全管理制度及日常業務個人資料保護運作情形，併同辦理個人資料安全稽核，以確保台水公司所屬之個人資料受到保護，並符合法規及相關規範之要求。

3.人員編組

由台水公司總管理處政風處、資訊處、供水處、各區管理處政風室、資訊課及各區資通安全專責人員等人員，會同專案維護承商漢昕科技股份有限公司稽核團隊組成稽核小組。

4.受稽核單位

台水公司總管理處、各區管理處、工程處及重大經建設施。

5.稽核方式

採實地訪談、審閱文件紀錄及實機驗證測試，查驗資訊軟硬體設備、電腦使用安全、存取控制、機房實體與環境安全及資訊系統使用管理情形。

6.112 年資通內部稽核行前會議

台水公司於 112 年 4 月 24 日責請資安專案維護承商漢昕科技公司於稽核行程前舉辦「112 年度資安內部稽核技巧行前講習與重點說明會」，以提升公司稽核小組成員之稽核能力。

(二)資通安全稽核結果

台水公司資通安全稽核小組，依時程辦理資通安全內部稽核，稽核結果發現之缺失、觀察事項態樣綜整如下：

1.資訊資產清冊未更新檢視、未納入重要項目。

2.資通安全推動處理小組成員名單未使用正式表單或未即時更新。

3.資通安全適用法規部分已停止適用仍未予以刪除。

4.未依規落實表單填寫(如：OT 資訊處理切結書廠商未簽署日期或重要文件借閱管制表未請保管單位主管核章確認)。

5.未落實填寫監控室資訊設備攜出/入申請單、監控室進出登記表紀錄編號或與系統帳號權限清查表啟用日期未一致。

6.機房（監控室）門禁系統時間與 NTP 主機時間未同步、無自動校時功能未進行人工校時。

7.控制室產水監控終端電腦，部分未安裝防毒軟體。

8.作業改善完成後，並無填寫「矯正改善措施單」記錄後續處理過程。

9.機房內之設備未註明財產編號或資產編號且未貼上標籤。

10.新進人員未簽署「員工保密切結書」。

11.資通安全通識教育訓練時數或專業課程訓練，資訊人員及資通安全專責人員尚未參訓、受訓紀錄尚未歸檔、資通安全專職人員未完成證照取得。

12.帳號密碼黏貼於開放空間。

13.經建設施工業控制系統之操作人員採用共用帳號，且未有替代監管措施。

14.未落實帳號權限清查。

15.公用資料夾涉及個人資料未加密保存、電子郵件寄件備份含民眾個資未進行加密傳輸。

(三)進一步分析可能形成缺失之因素

1.對於機敏資料保密觀念不足。

2.對於資訊安全防護觀念不足。

3.對於現行資安維護措施不足。

4.機關資通安全政策成效不彰。

5.資通安全專業課程訓練不足。

(四)稽核結果改善作業

各受稽單位針對不符合待改善事項進行矯正，資通安全稽核小組並持續追蹤列管改善進度。

五、經建設施災害或重大人為危安防護演習

為確保危安事件發生時，能充分發揮災害復原搶修能力、維持水質安全，及完成各項人員物資立即動員整備，迅速恢復正常供水等作業，並強化災害防救應變訓練，台水公司積極辦理災害或重大人為危安防護演習。

(一)平鎮給水廠

1.112 年 4 月 28 日，台水公司第二區管理處平鎮給水廠，辦理「因應汛期時期穩定支援新竹地區供水及淨水設施遭人為投入不明液體之複合式應變演練（高司暨防疫演練）」。

2.由第二區管理處緊急應變小組召集人郭副處長文彬、操作課(緊急應變小組供水組)、水質課(緊急應變小組水質組)、政風室(緊急應變小組政風組)及平鎮給水廠等各單位人員共同參演。

3.相關籌備情形，於事前擬定「平鎮淨水場二期膠羽池遭人投入不明毒化物緊急處理與汛期時期穩定支援新竹供水應變演練」

腳本，依據腳本演練測試平鎮淨水場淨水設備遭歹徒下毒污染時，淨水場如何指揮、調度、協請相關單位支援之緊急應變能力，作為驗證原水遭受毒化物污染之災害預防整備、緊急應變及快速復原之持續營運能力，藉以有效提升經建設施防護能力。

(二)板新給水廠

1.112 年 4 月 28 日台水公司第十二區管理處板新給水廠辦理「災害防救供水應變演練」。

2.由板新給水廠陳廠長政賢擔任緊急應變小組指揮官、任務編組並設有搶修組、操作組、水質組、通報組、支援組、安全組及醫護組，由該廠各單位人員共同參與。

3.相關籌備情形，於事前擬定「因應原水高濁度及北水支援量減少(含人員入侵造成停電區處轄內及北水支援點無法供水)之供水調度緊急應變」腳本，演練項目包括：原水高濁度、北水支援量減少及人員入侵造成電力中斷之應變，相關戰備檢查，按全面準備，採分區重點方式實施，第十二區管理處政風室並協助彙整軍警等支援協定簽署單位之協定書及聯繫窗口資訊供參考，俾強化橫向支援協調與縱向指揮緊急應變措施想定颱風高濁複合災害防救，做好減災、整備、應變、復原，確保穩定供水操作。

(三)永和山水庫

1.112 年 5 月 18 日台水公司第三區管理處永和山水庫辦理「112 年度重要水庫整備維護檢查工作」。

2.相關籌備情形，於事前擬定高司演練題目「因無人機攻擊造成水庫大量漏水有潰決之虞，為降低下游民眾損傷及避免危及大壩結構之緊急應變處置」及「水庫巡查發現藻華現象，恐影響供水安全之緊急應變處理」。實員演練題目為「發生強烈地震造成水庫∮300m/m 管線爆裂，緊急應變搶修演練」。

3.由經濟部國營事業委員會(現為經濟部國營事業管理司)督導舉行演練，並經第三區管理處撰寫演習計畫書，混合兵棋推演(想定及狀況處置)及實員演練(依兵棋推演內容採實地、實物、實作方式演習)等方式，執行演習計畫，以驗證經建設施風險是否均能有效控制，防護計畫是否能確實降低災害損失，迅速復原。

(四)南化水庫

1.112 年 5 月 19 日台水公司第六區管理處南化水庫，透過模擬情境及通信聯絡，以因應危害情事之兵棋推演模式辦理「南化水庫整備維護演練」，演練項目含「南化水庫壩址因地震發生陷孔，有危及大壩潰壩之虞」及「南化水庫遭人為破壞取水工機電設施，並於運轉室門口縱火，導致取水工無法取水」等，由第六區管理處操作課、政風室、南化暨鏡面水庫管理所同仁、臺南市政府警察局玉井分局、臺南市政府消防局玉井消防分隊、陸軍五四工兵群部隊共同參與。

2.本次演練並將「經建設施重大人為危安或恐怖攻擊防護演練」納入演習驗證，並邀集軍警單位共同參與，以強化協同防護作為。

(五)新山水庫

1.112 年 6 月 2 日台水公司第一區管理處新山水庫辦理「颱風豪雨警報，水庫水位遽增」及「新山水庫原水輸水幹管損壞」高司作業狀況推演，實員演練並包含新山水庫受不明油料汙染及遭受攻擊造成管線破損之緊急應變處理。

2.相關籌備情形，由第一區管理處新山水庫、新山淨水場、操作課及政風室，計 20 人參與高司作業狀況推演及復原作業，全員按事先繕妥腳本參與推演，透過可能發生之狀況模擬演練，熟悉各類危緊情況之標準作業流程，強化對災害可能造成用水供給影響之應變能力。

(六)烏山頭淨水場

1.112 年 7 月 6 日台水公司第六區管理處辦理「烏山頭給水廠恐怖攻擊暨消防安全聯合防護演練」。由第六區管理處張處長煥獎、操作課、政風室、烏山頭給水廠同仁、臺南市政府警察局麻豆分局、臺南市政府警察局刑事警察大隊、臺南市政府消防局官田消防分隊，計 32 人共同參與演練。以兵棋推演為主，採實員演練紀實方式進行，演練「淨水場操作樓遭無人機攻擊引起火災、員工受傷及攔截無人機之緊急應變處理」。

2.藉由實員演練以提升員工緊急應變能力，強化成員對本身職責及扮演角色認知，並熟練消防設備之操作使用，熟悉逃生動線，以期於事故、災害發生時能有所遵循，並作有效因應，降低影響程度。

(七)板新給水廠及鳶山堰水庫

1.112 年 9 月 5 日第十二區管理處辦理「112 年物資經濟動員準備演習給水動員演練」，計有行政院業務訪問小組、經濟部研究發展委員會(現為經濟部綜合規劃司)、經濟部國營事業委員會(現為經濟部國營事業管理司)、經濟部工業局(現為經濟部產業發展署)、經濟部能源局(現為經濟部能源署)、農業部農糧署、國防部全民防衛動員署及台水公司等單位，約 40 餘人參與督導訪評，演練設置臨時編組，計有指揮所(3 人)、會計組(2 人)、行政組(14 人)、接待組(9 人)、執行組(8 人)、安全組(13 人)、書面資料檢查組(9 人)、器材裝備檢查組(11 人)、高司作業組(17 人)、演練作業組(41 人)，計 127 人次，並有新北市政府警察局、消防局、環境保護局及新北憲兵隊等單位派員參與情境演練。

2.有感於國際軍事衝突不斷，共機頻繁擾台破壞區域情勢，故以戰爭為主軸，模擬敵軍武力襲台，並以「板新給水廠發生管線破裂搶修及復原演練」及「鳶山堰水庫遭無人機投放不明物質污染水源暨攻擊炸損閘門導致原水洩漏應變演練」等 2 項為演練主題，驗證戰時充分發揮災害復原搶修能力，確保水質安全，各項人員物資立即動員整備完成，迅速恢復正常供水等各項作業。

六、未來可能發生危安態樣及風險分析

(一)資通安全內部稽核部分

1.資訊安全威脅

台灣受到網路外部攻擊，導致資料在未經許可情況下遭盜、遺失或更改之次數急遽

成長，相關攻擊以更具殺傷力之針對性攻擊或透過漏洞入侵植入惡意軟體等方式進行，水設施之資安防護系統相當脆弱，透過癱瘓重要設施之伺服器、通訊設施、監控設備等作為，將嚴重影響民心穩定。

2.人員安全威脅

內部人員之蓄意(惡意)破壞亦係可能發生之危安態樣之一，其具有易侵入性、不易辨識及難以即時察覺等特性，一旦瀏覽遭受惡意入侵或是蓄意點擊惡意連結，可能會導致裝置被下載惡意程式，而遭受勒索病毒入侵或重要資訊外洩，相較於外部攻擊，更加難以防範。

3.環境安全威脅

重要電腦機房門禁管理未確實依規定落實，容易增加資訊設備遭駭及重要資料外洩之風險，應採用具網路架構之門禁系統(門禁主機在機房內，出/入口的讀卡機只是訊號處理器等)，以避免電腦機房遭受人為侵入、竊取及破壞，才是安全防護系統運用於電腦機房的最大目的。另電腦機房堆積易燃雜物，增加火災發生機率，亦進一步增加資訊設備毀損及重要資料遺失之風險。

4.個資安全威脅

網路快速發展，現今眾多業務已不再需要至特定地點辦理，使用網路就可以輕鬆執行，大大增加生活便利性，但隨之而來的問題是，應如何確保身份認證之授權身份及個人資料的管理、使用上之保護。目前有許多的機制及技術能對資料進行加密，讓非經授權的有心人士無法識別及解讀，藉此增加對資料的保護能力降低損害。

(二)災害或重大人為危安防護演習部分

1.特種攻擊(或恐怖攻擊)型態多樣化威脅

從九一一事件到巴黎恐怖攻擊等事件，均造成慘重傷亡，近年亦發生駭客攻擊美國佛羅里達州奧爾德斯瑪市淨水廠設施，試圖癱瘓水資源，顯見目前特種攻擊(或恐怖攻擊)，已從多數實體人員暴力或非暴力闖入、破壞攻擊進而轉向無形網路資訊駭客入侵攻擊，且近年來無人機科技發展愈趨成熟，未來亦可能用於進行各種攻擊與侵擾任務，造成經建設施功能受損，影響正常供水。

2.地緣政治威脅

由於地緣政治緊張，國際局勢升溫，重大經建設施之重要性日益彰顯；台灣面臨中國軍機、軍艦持續繞台或相關軍事訓練之威脅，做為水設施重要一環，任何攻擊都可能嚴重影響民眾生活，更甚者導致大量民眾傷亡，如何阻擋或因應可能外部攻擊，成為機關安全維護的最大挑戰。

3.工作人員或協力廠商人為危安風險

許多事件發生均肇因於有心人士刻意為之，如人員刻意破壞或隨意操縱產水監控系統，將對供水穩定造成重大之風險。必要時應規範及落實場域工作人員及協力廠商背景查核，並依場所內設施重要性訂定分級進出管制措施。

七、策進作為

(一)資通安全內部稽核部分

1.法規面

(1)賡續強化委外廠商資通安全管理

台水公司眾多重要核心系統均由委外廠商負責維護，且於資通安全內部稽核尚發現員工未簽署保密切結書等情事，建議針對

核心系統簽訂之契約，委外廠商維護人員皆須要求簽署保密切結書，並告知應遵守公司資安規範。另有關外包廠商之人員素質及忠誠保密工作，宜在委外之資訊服務合約明訂，並增加罰責之條款。

(2)落實資通安全管理法等相關法令規定

本年度於資通安全內部稽核尚發現資通安全通識教育訓練時數或專業課程訓練，資訊人員及資通安全專責人員尚未參訓、受訓紀錄尚未歸檔、資通安全專職人員未完成證照取得等，應確實執行並符合相關規範。

2.制度面

(1)重視資訊資產清冊更新檢視並納入重要項目建置

資訊資產一般包括硬體、軟體及機密資訊。 資訊資產需要加以保護，避免非法存取、使用、破壞或是被竊。防火牆是一種保護內部網路免於遭受外力威脅與破壞之裝置，應重視防火牆、防毒、防駭系統之建置並納入資訊資產清冊，定期檢視更新，以避免成為機關破口。

(2)系統權限管理及清查制度之強化

持續強化資訊系統權限管理作業，針對經建設施重要資訊系統或工業控制系統，應修訂系統帳號權限管理原則，例如明訂各業管人員應具備獨立之帳號，不得共用帳號，藉此降低資安風險並俾利權責釐清。

(3)建立異常癥候指標預警機制並提升資訊安全意識

系統管理者平時除須適時更新程式及主動辦理各項稽查作業外，並應隨時對資訊網路進行流量監控、分析及管制，將相關攻擊紀錄保存於資料庫供查詢及分析統計，如發現有異常使用情形，應循資訊安全緊急處理機制及危機通報預警機制，立即通報單位主管及會同政風單位查明原因，採取防護措施及追究相關責任。

3.執行面

(1)加強單位主管督導責任

各單位主管身負督導重任及業務成敗之責，對於該管業務及所屬人員狀況最能深入掌握，加上資安工作不僅是資訊安全人員的工作，若各級主管能身先士卒的響應和推動，更能落實本公司宣導之資安政策。

(2)覈實管制使用者權限

針對退、離（休）職人員應立即取消使用各項資訊資源所有權限，並列入人員辦理退、離（休）職之必要手續。另對於系統管理(使用)員請假時，非其職務代理人，不得使用個人帳號密碼，以利控管。

(3)強化電腦主機房安全管制

應於電腦主機房設置進出入登記簿並確實填寫陳核，同時加設門鎖及監視錄影設備，以加強資訊安全控管，防止資安事件發生。另電腦主機房應建置消防設施，並定期檢查消防設備，以因應偶突發危安狀況之發生，尤其針對產水監控系統等攸關民生供水之核心業務系統重要機房，更應建立更嚴謹之門禁安全規範。

(4)完善電腦機房環境整潔，避免堆放雜物

本年度於資通安全內部稽核發現，囿於置物空間限制，部分受稽單位將公務資料及設備暫置於電腦機房，其中包括易燃紙類，將增加火災發生機率及影響範圍，並進一步增加因火災導致資訊設備毀損及公務資料

遺失之風險，建議如已無置物之空間，應針對陳年檔案資料辦理盤點作業，就已過年限得銷毀之文件辦理銷毀。

(5)落實個資管理及檢查作業

台水公司掌有龐大資訊與客戶個人資料，如不慎遭受威脅及洩密，將影響公司形象甚鉅，建議應持續宣導落實個資管理及檢查作業，針對具機敏性之檔案務必加密後再行儲存，並應由專責人員不定期進行檢核，以避免民眾或廠商個資發生外洩之情形。

(6)賡續加強資安人員專業教育訓練

建議對於資安專業人員，持續推行資通安全專業證照認證制度，搭配完整之訓練考核制度，健全資安人員專業技能與法規知識，並賡續辦理資通安全教育訓練課程，以求資安觀念及資訊與時精進，維持資訊系統之穩定及安全。

(7)滾動修正資安專責人力配置

資安專責人員扮演資安維護與管理之重要角色，並應備有專業證照且持續維持證照之有效性，因而導致人員派補不易且流動快速，未來建議依業務需要斟酌增配公司暨所屬各單位之資安人力，適時滾動修正，並加強專業知識，以強化公務機密及資訊安全之防護。

(8)資安防護技術面持續提升

持續提升防火牆強度，並加強辦理弱點掃描、社交工程演練等提升資安應變及預警能力，從組織、程序及技術面全面性提升應變能量，並同時善用及掌握更完整威脅情資，縮短反應時間以強化資安韌性。

(9)切實課予委外廠商保密義務及損壞責任

系統服務廠商以遠端登入方式進行系統維修者，應加強安全控管，並建立人員名冊，課其相關安全保密及植入惡意程式等破壞系統相關責任。

(10)廢棄資訊設備自主管理

針對淘汰或報廢之資訊設備（如電腦硬碟），應落實執行資料格式化處理，並於原使用單位辦理移轉時，資訊單位主動協助各路徑之檔案刪除作業，以免增加資料外洩風險；另影印機、列表機等事務設備如採用租賃方式，契約屆滿後，應洽廠商將內建之硬碟格式化，以免影、列印之機敏資料外洩。

(二)災害或重大人為危安防護演習部分

1.修訂重大經建設施緊急應變計畫

緊急應變計畫之訂定目的在於透過緊急應變計畫，機先分析潛在危險因子並提出各項應變措施，惟歷年計畫可能流於形式，每年均檢討現有安全維護措施有無不足，適時改善並修訂緊急應變計畫，增進重大經建設施安全維護強度。

2.配合時事精進演習情境提升應變能力

盡量周詳考慮可能發生之情況，並配合時事研擬不同反恐演習情境，增加不同類型之模擬題庫，提升機關同仁因應能力，掌握第一時間依相關規定逐層通報，俾採取各種必要應變措施，以防止災害擴大，減少人民生命財產損失。

3.加強辦理防災相關演習

台水公司總管理處要求各區處每年至少辦理 1 次演習(高司演習或實員演習)，且各區處每年辦理特種防護團教育訓練講習，期同仁透過演習及講習熟稔危機處理標準作業程序，並建立恐怖攻擊之危機意識。另建請鼓勵民眾勇於舉報可疑事物、透過多

元宣導方式加強民眾有關經建設施安全防護意識，經由公私協力共同提升安全防護能量。

4.擴大參與演練對象及演練項目

建議輪流由經建設施之廠內不同人員參與演練，擴大參與對象，使大部分工作人員皆有演練之經驗；擴大演練項目，增加不同類型之模擬狀況，由不同的人演練不同的項目，遇真正事故時可充分掌握狀況，進行危機處理。

5.將鄰近之軍、警、消等安全外部單位納入演習

台水公司所屬各單位為加強經建設施安全與韌性，持續與業管操作課保持聯繫，並由政風單位與轄區內軍、警、消防等外部單位簽訂安全支援協定，建立緊急事件通報窗口，並可適時將其納入演習，俾利緊急狀況時能有效聯繫及做好安全防護工作。

6.實施預防措施安全狀況檢查

台水公司政風單位應持續每年會同相關單位定期或不定期實施預防措施安全狀況檢查，發掘缺失，檢討改進、列管追蹤，並特別檢視經建設施之安全維護強度，適時提出策進作為。

四、結語

台灣身為島國，經建設施乃供應國內經濟及民生需求的重要資產，又因烏俄戰爭之發生及兩國抗衡模式，使社會大眾認知經建設施重要性，且因台灣於國際供應鏈扮演重要角色，加以地緣政治日趨緊張等因素，飽受資訊及具體武力等威脅。

台水公司肩負自來水穩定供應任務，為確保供水安全穩定，需仰賴健全供水設施、安全資通訊系統及優質人力操作，以資源整合及支援方式，使防護能量相互連結，為國家經濟成長及社會安定貢獻心力。

經建設施為年度辦理機關維護工作之重點目標，平時即落實各項整備維護工作及災害（人為破壞）自主演練，透過定期、不定期稽核所轄設施之資訊資產管理、人員安全、實體安全、網路安全及系統安全等整體安全狀況，藉以發掘機關內潛在危安及資安風險，並進一步督導違失單位策進改善，俾以強化資通安全管制措施及安全防護韌性，持續落實並維護安全之辦公及供水環境，同時避免因危安、資安漏洞擴大影響成為國家社會層級之安全危機。

誌謝

本報告之完成感謝台灣自來水股份有限公司總管理處資訊處資安組、供水處、政風處、第一區管理處政風室、第二區管理處政風室、第三區管理處政風室、第四區管理處政風室、第五區管理處政風室、第六區管理處政風室、第七區管理處政風室、第十二區管理處政風室提供相關資料及指導與協助。

參考文獻

1. Fortinet 報告：2023 年上半年台灣平均每秒遭攻擊近 1.5 萬次，居亞太之冠 https://www.ithome.com.tw/pr/158375
2. 數位通國際，2023 資訊安全趨勢新知與5招【資訊安全防護】不藏私 https://www.easpnet.com/blog/top-five-security-threats/

作者簡介

黃滯儀女士

現職：台灣自來水股份有限公司政風處

專長：公務機密與機關安全維護

中華民國自來水協會會刊論文獎設置辦法

中華民國 105 年 8 月 26 日第十八屆第八次理監事聯席會議審議通過

一、目的

為鼓勵本會會員踴躍發表自來水學術研究及應用論文，以提升本會會刊研究水準，特設置本項獎勵辦法。

二、獎勵對象

就本會出版之一年四期「自來水」會刊論文中分「工程技術」、「營運管理」、「水質及其他」等類別，分別評定給獎論文，每類別以 2 篇為原則，每篇頒發獎狀及獎金各一份，獎狀得視作者人數增頒之。

三、獎勵金額

論文獎每篇頒發獎金新臺幣壹萬元整，金額得視本會財務狀況予調整之。

上項論文獎金及評獎作業經費由本會列入年度預算籌措撥充之。

四、評獎辦法

(一)凡自上年度第二期以後至該年度第二期在本會「自來水」會刊登載之「每期專題」、「專門論著」、「實務研究」及「一般論述」論文，由編譯出版委員會於每年六月底前，每類別推薦 3-4 篇候選論文，再將該候選論文送請專家學者審查 (peer-review)，每篇論文審查人以兩人為原則。

(二)本會編譯出版委員會主任委員於每年七月底前召集專家學者 5 ~ 7 人組成評獎委員會，就專家審查意見進行複評：

1.評獎委員以無記名投票，每類別論文勾選至多 2 篇推薦文章，每篇以 1 分計算，取累計分數較高之論文，至多 2 篇，為該類給獎論文。

2.同一類別如有多篇文章同分無法選取時，以同分中專家審查總分數高低排序，分數再相同，則由評獎委員以無記名投票方式決定。

(三)選出給獎論文，報經本會理監事會議通過後公佈。

五、頒獎日期

於每年自來水節慶祝大會時頒發。

六、本辦法經由本會理監事會審議通過後實施，修訂時亦同。

台水 50th-自來水事業文書管理及公文檢核亮點

文/陳佩君、劉麗淑、廖淑任、陳妁瑜、邱麗敏

摘要

近年自來水事業為服務現代化、永續經營及綠色辦公、保二進駐關鍵基礎設施等業務需求，持續精進文書管理，並建立公文檢核亮點。

2024 年世界水日的主題是「利用水促進和平」，即透過共同努力平衡人權和需求，水成為永續發展的穩定力量和催化劑。然在氣候變遷影響下，供水緊張的臺灣地區，實現穩定供水及全方位服務，乃台水人職志。

本研究透過個案研究及文獻蒐集與分析方法，探討該公司文書管理及公文檢核亮點，作為持續精進及知識管理，與未來業務創新之基石。

關鍵詞：自來水事業、文書管理、公文檢核。

一、前言

近年自來水事業為服務現代化、永續經營及綠色辦公、保二進駐關鍵基礎設施等業務需求，持續精進文書管理，並建立公文檢核亮點。本研究緣起動機，經濟部所屬國營事業台灣自來水股份有限公司(以下簡稱台水)成立 50 週年，過去定位價值如藏頭詩：

台水五十週年

台水五十穩定台澎
水自來民生工商頌
五十徧遠供水共榮
十分專業安全抵家

引頸期盼承先啟後「台水深耕五十載、傳承創新『贏』未來」。該公司推薦所屬單位第 11 及 8 區處受經濟部公文檢核結果，2023 年度榮獲囊括部屬事業分別名列第 1 及第 2 名，實屬不易。探討該公司總處及所屬單位之管理亮點，並蒐集次級資料分析，經質化及量化研究成果，作為精進方針及供產業參考。

(一)研究目的及方法

1.研究目的

本研究基於前揭動機，並臚列研究目的如下：

(1)瞭解台水文書管理作法。

(2)瞭解台水公文檢核亮點。

(3)藉由個案研究及文獻蒐集等方法，研提創新作為。

2.研究方法

本研究透過個案研究台水的文書管理機制，以及文獻蒐集與分析方法，探討該公司文書管理及公文檢核亮點，供登記桌、承辦人、總稽催及主管等多種角色觀摩學習及知識經驗傳承，精進文書管理效率及品質。

(二)名詞定義

本研究蒐集行政院及國家發展委員會檔案管理局等單位發行之專業工具書所載，對文書、公文類別、個案分析及公文檢核等名詞定義，如表 1。

表 1　名詞定義彙總表

序號	名詞	定義	來源
1	文書	指處理公務或與公務有關，不論其形式或性 質如何之一切資料。	《文書處理手冊》[1]，P2
2	公文類別	分為「令」、「呈」、「咨」、「函」、「公告」、「其他公文」6 種。	《文書處理手冊》[1]，P4
3.	個案分析	指對超過一定處理時限之待辦案件，採取以「案」為單元之分析處理作業，其目的在促進全案之整體時效，防止積案產生。	《文書流程管理作業規範》[2]，P5
4	公文檢核	指藉由資料查閱及對相關問題查詢，並輔以個案抽查、問卷調查等方法，有效瞭解並評估機關公文處理 品質與流程管理良窳，發掘問題及缺失，從而提出改進建議與解決方法，以提升公文處理效率之一種評核作業。	《文書流程管理作業規範》[2]，P6

(資料來源：本研究彙整)

二、經濟部國營事業台灣自來水股份有限公司文書管理及公文檢核亮點

(一)台水文書組之人力配置與績效

行政處文書組人力戮力精簡，並隨該公司整體服務量能及定位價值提升，已創造高服務量與品質績效，年平均超過 6.2 萬件公文，如表 2。未來針對缺額及高齡從業人員，除積極落實代理制度，加強人員輪流支援外，亟需長官重視允新血輪投入。

(二)台水文書管理範疇及機制

台水採全面及全流程管理作法，如表 3。

表 2　台水總處近 2 年(2022-2023)公文統計表

年度	電子收文(件)	紙本收文(件)	總發文(件)	民眾意見信箱轉公文
2022	31,324	4,980	25,435	295
2023	31,523	4,918	25,844	389
平均(年)	31,424	4,949	25,640	342
設置標準	達 20,000 件設 1 人；每增 20,000 件得增 1 人。 **需 1.5 人	達 5,000 件設 1 人；每增 5,000 件得增 1 人。 **需 1 人	達 10,000 件設 1 人；每增 10,000 件得增加 1 人。 **需 2.5 人	-
設置標準(最高標)	總收文共 2.5 人(不超過 3 人)		總發文僅申請 2 人(因不超過 2 人)	合併於用印人員
現況	1.5 人；2024 年退休 1 人未補。		2 人	1 人

(資料來源：公文整合線上簽核系統及本研究彙整)

表 3　台水提升公文績效作法分析表

角色	作法
承辦人	1.自律管理。 2.遇不會辦理公文，請教組長；或會同組長請示副處長或處長。
登記桌	1.每日上午親自提醒承辦人。 2.已奉核案件儘速送發文作業。
總稽催	每日巡查告警案件，並提醒承辦人，以避免登逾期週報表黑名單。
全員	降低處理時效「6 日以上」承辦案件。
單位主管或代理人	不定期督辦未結案。
公文系統優化	1.自建「改分」原因選詞之改善。 2.管理者統計報表優化。

(資料來源：本研究彙整)

建立文書管理亮點策略如下：

1.每年度總處及區(工程)處的公文檢核

運用自主管理，例如訂台水 2023 年度文書處理及檔案管理督導計畫及查檢表，並落實執行督導第 1、2、7、8、11、12 及屏東區處等 7 個單位。

2.公文績效統計及分析

(1)預警通知及管制人員稽催

每日由電子郵件通知預警前 1 日及當日告警公文文號。由各單位登記桌及總稽催於上班日的上午即親洽承辦人催辦案件。

(2)每週二由總稽催人員列印「逾期未結事前檢查週報表」催辦

分送業務單位提報原因並追蹤辦理完竣。

(3)每月 10 日左右，由總稽催人員統計及分析，簽報並函發各單位

針對上月每件公文平均日數、電子公文比例、常見錯誤、超過處理時限 30 日案件及業務宣導等，並列入追蹤管考。

3.每年定期教育訓練新進職員及溫故知新

2024 年度分別於 1 及 3 月辦理，如圖 1。

4.每年檢視修訂相關公文法令規章制度

2023 年度檢視修頒「台灣自來水股份有限公司機密文書處理流程注意事項」。

5.視需要輔導所屬單位區(工程)處

2022 年度輔導屏東區處及第 9 區處，透過雙向溝通並提出輔導建議。

6.建立一致性標準作業規範

知識庫公布「公文檢核標準作業流程」。

7.優秀經驗分享

榮獲經濟部所屬事業 2023 年度公文檢核囊括第 1 及 2 名的標竿單位：

(1)第 11 及 8 區處提經理會報簡報經驗分享。

(2)推薦第 11 區處辦理接待台電公司秘書處觀摩。

8.獎勵績優人員

台水針對部屬事業公文檢核表現優良主管人員，依規辦理敘獎。

(資料來源：本研究拍攝)

圖 1　2024 年台水開辦公文寫作班

(三)2023 年度經濟部所屬事業公文檢核亮點

依據經濟部 2023 年考評台水所屬第 11 區及 8 區處結果，經分析屬該公司總處及區處積極管理。

表 3　台水總處及區處公文檢核亮點分析

部列名次	受評單位	區處優點	總處亮點分析
1	11 區	1.機密文書收發及處理均依規定辦理。密件檔案以專用鐵櫃加密且上鎖具雙重保護效果，分年度及密等保存。 2.以有限人力完成文書作業，各項文書處理績效在各區處名列前茅。	台水總處行政處文書組: 1.修頒機密文書規定。 2.於知識館張貼公告相關規章制度，供同仁查閱參辦。 3.設定公文系統每日告警通知。 4.週報表書面稽催及列管。 5.每月全公司之公
2	8 區	1.修訂「機密文書處理流程」，與時俱進檢討文書處理規範。	

部列名次	受評單位	區處優點	總處亮點分析
		2.機密文書專責人員能清楚答詢相關規定確實做好保密工作。 3.每月於主管會報，檢討報告線上簽核比率、公文辦理時效及文書宣導，並對發文日期倒數 3 名，擬定具體改善作法。 4.辦理文書教育訓練，包括常見錯誤等。 5.公文檢核計畫具體詳實，訂有定期及不定期查核，抽查比率達 5%。 6.線上簽核比率 97.45%，高於部屬事業平均 84.9%，績效良好。 7.每週辦理書面稽催，及逾期前一天電子郵件稽催作業，有效提升辦結率。	文績效統計及分析與業務宣導。 6.每年對新進人員公文講習，以及針對從業人員需求開班授課。 7.定期或不定期針對公文講課含錯誤態樣，參考《公文撰作解析》[3]及文書相關釋例-院長信箱[4]及函釋[5]，強化業務宣導。

(資料來源：本研究彙整)

四、結語

2024 年世界水日的主題是「利用水促進和平(Leveraging Water for Peace)」，即透過共同努力平衡人權和需求，水成為永續發展的穩定力量和催化劑。然在氣候變遷影響下，供水緊張的臺灣地區，實現穩定供水及全方位服務，乃台水人職志。

有鑑於台水新進同仁無論是評價職位或分類職位人員，已無招考公文科目。未來同仁除持續專業學習外，同時仍須主動溫故知新公文寫作。

再者，無論向下或向上管理，莫忘文書管理。本研究透過個案研究及文獻蒐集與分析方法，探討個案公司文書管理及公文檢核亮點，作為持續精進及知識管理，與未來創新之基石。研提 7 項結論亮點策略如下：

1.每年度總處及區(工程)處的公文檢核。
2.每月公文績效統計及分析。
3.每年定期教育訓練新進職員及溫故知新。
4.每年檢視修訂相關公文法令規章制度。
5.建立一致性標準作業規範：知識庫公布「公文檢核標準作業流程」。
6.視需要輔導區(工程)處。
7.優秀經驗分享。
8.獎勵績優。

同時本研究研提 5 項建議如下：

1.建立規範標準：建立制度規章，俾利全公司管理。避免 13 個區處、3 個工程處與總處管理不一致。
2.落實代理制度：落實職務代理，有益於加速公文效率，並加速提升服務效能。
3.工作人力養成：自來水事業有獨特企業使命及產業功能，專責人才養成不易，宜提早派任並訓練，以無縫接軌。
4.開課分級：先將「公文檢核」納入公文寫作課程課綱要。未來在人力許可下，分級開課，讓資深人員或主管深入探討錯誤態樣。
5.推動行動公文批核：冀盼在經費允許下，逐步推動以行動工具(行動電話、平板電腦或筆電等)核批公文，加速公文辦理速度。
6.適時檢修公司組織規程、分層負責明細表及權責劃分表等規定：與時俱進檢修內部制度規範，利於新增之業務能權責分明，加速公文分辨及處理。

7.推動國際認證：長遠計畫在人力及經費允許下，推動國際標準導入「ISO30401 知識管理」驗證，利於台水國際化。

擘劃自來水事業文書管理及公文檢核亮點，僅提供工程類、業務類及行政類主管人員均可參用作法。

參考文獻

1.文書處理手冊，2023。

2.文書流程管理作業規範，2020。

3.公文撰作解析，國家文官學院電子書櫃，2023。https://ws.csptc.gov.tw/001/Upload/ebook/ebook/

4.文書相關釋例-院長電子信箱，https://www.ey.gov.tw/Page/F0CD366C64B5A15C/0ed76124-f27f-42f9-b3f2-82fce0013f23。

5.文書相關釋例-函釋，https://www.ey.gov.tw/Page/F0CD366C64B5A15C/0ed76124-f27f-42f9-b3f2-82fce0013f23。

作者簡介

陳佩君女士

現職：台灣自來水股份有限公司行政處文書組組長

專長：文書管理、企業管理

劉麗淑女士

現職：台灣自來水股份有限公司行政處文書組組員

專長：文書處理及流程管理作業

廖淑任女士

現職：台灣自來水股份有限公司行政處文書組營運士

專長：文書作業流程操作、公文績效統計及分析

陳幼瑜女士

現職：台灣自來水股份有限公司行政處文書組營運士

專長：文書作業流程操作、登記桌分文及催辦

邱麗敏女士

現職：台灣自來水股份有限公司行政處處長

專長：企業管理、行政管理

參加 2023 年日本東京上下水道企業媒合及 2023 16th A1-HRD 會議紀實

文/時佳麟、黃欽稜

摘要

2023 年 10 月 18 日至 19 日東京都舉辦「自來水供水及汙水處理技術參訪及企業媒合國際會議」邀請各城市分享業務的經驗。第一天參與日本水道協會國際研討會議開幕儀式；在圓桌會議上說明基本營運數據、創新技術、面臨挑戰與解決策略；參與企業媒合、博覽會會場及業務分享，特別對阿茲比爾(azbil)可測漏新型水表留下深刻印象，也與五個城市，分享臺北智慧水務發展的業務發展情形。第二天參觀金町高級處理場及水道歷史博物館，晚上在 EDOCCO 晚宴與各代表交流意見及新技術。

另外參加「第 16 屆亞洲自來水事業人力資源網絡會議(16th A1-HRD)」第二天意見交流行程，會中發表 15 分鐘智慧水表解決管理及強化供水韌性簡報，並與現場與線上同業交流自來水精進制度、強化管理及解決方案。

關鍵字：日本、JWWA、展覽會、AMR、自來水事業、A1-HRD

一、會議綜覽

(一)2023 自來水供水及汙水處理技術參訪及企業媒合

日本水道協會每年辦理的研討會及博覽會(Japan Waterworks Association National Conference and Waterworks Exhibition.)，2023 年回到位於東京都江東區的國際會展中心(Tokyo International Exhibition Center，簡稱 Big Sight)舉辦，隨著日本全國展覽商、產官學界匯集於此盛會，東京都廳一併於 10 月 18 日至 10 月 19 日舉辦「2023 自來水供水及汙水處理技術參訪及企業媒合(Waterworks and Sewerage Technical Tour and Business Matching 2023)」國際性會議，東京都於會中分享供水及汙水處理等技術及經驗，並邀請全世界 30 多個城市到訪東京都分享自來水與汙水的相關議題，議程包含日本水道協會國際研討會議、自來水博覽會、企業媒合及實地參訪等，討論包含基本營運數據、創新技術、面臨挑戰與解決策略。臺北市受邀請後由作者兩人代表自來水事業處(以下稱北水處)與臺北市工務局衛生下水道工程處(以下稱北市衛工處)周書瑋及陳伯壎 2 位股長一同參與盛事，高雄市也由台水公司南工處林家煌處長率隊參加。

在 2 日的主要行程包括：第 1 日上午參加日本水道協會全國會議開幕式，開幕式由東京都小池知事剪綵(圖 1)，並在現場與仙台市知事暢談合作減災等協議。隨後各城市代表至主要會場，召開自來水與汙水的圓桌會議，依照城市字母排序每個代表進行 3 分鐘簡要報告，說明各城市的自來水或汙水的概況、面臨問題及來規劃。下午進行攤位參觀，並依據事前的調查，安排各個城市與日本企業廠商進行需求媒合，由日本企業說明

解決方案。主辦單位也另邀請 6 個城市進行相關業務分享。第 2 日辦理技術參訪，自來水業務代表與前往金町淨水場及水道歷史博物館，汙水業務代表前往水資源回收中心及水道歷史博物館，晚間各國代表前往神田明神文化交流館，於晚宴活動中由廠商進行簡報經驗分享或發展新技術，並進行意見交流。期間東京都政府承辦人邀請臺北市參與東京明年 5 月辦理的「SusHi Tech Tokyo 2024」。

(二)2023 年第 16 屆亞洲自來水事業人力資源網絡會議 A1-HRD

亞洲自來水事業人力資源網絡會議是由各國輪流辦理，2023 年輪到東京都主辦，故在 10 月 19 日至 20 日辦理「第 16 屆亞洲自來水事業人力資源網絡會議(16th A1-HRD)」，議程包含參觀自來水博覽會與東京都水道局研修中心虛擬實境訓練體驗，並請參與國家於會議中發表 15 分鐘的人力資源發展與強化供水韌性等相關主題簡報。因本案兩場會議辦理時間相近，亦由作者 2 人接續參與會議，於第 2 日(10 月 20 日)參與意見交流行程，分享智慧水表建置與應用經驗，並與現場及線上來賓交流，使北水處相關政策或制度能與周邊國家自來水事業交流精進。

圖 1　本屆 JWWA 日本水道協會全國會議於東京都江東區國際會展中心舉辦

二、經驗分享

(一)圓桌會議（Round Table Meeting）

10月18日(三)上午受邀城市先參加水道展開幕式，在東京都小池知事與仙台市知事暢談城市合作減災等協議結束後，成員被引導到另一個會議廳，舉行上下水道圓桌會議，在圓桌會議各城市按照英文字母順序依序報告各城市的自來水或者下水道業務，參與城市共 28 個城市，臺北市(Taipei)是排在倒數第 3 個順序，後面還有東京都(Tokyo)及蒙古首都烏蘭巴托市(Ulaanbaatar)，各城市依照都市字母排序 3 分鐘簡要說明在上下水道基本營運數據、創新技術、面臨挑戰與解決策略。

臺北市由北水處時佳麟專門委員(作者之一)代表說明臺北市上下水道營業的數據、特色以及面對的挑戰(圖 2)。在特色方面重點說明兩個單位關注議題，包括降低自來水漏水、節能減碳、下水道普及和管道檢查措施。而在面對挑戰的部份，首先是面對氣候變遷而導致旱澇交替，在發生強降雨時在自來水方面產生原水濁度飆升無法處理的問題，在下水道則因為大量雨水進入污水管中形成空氣壓縮，造成下游井蓋爆炸的課題；另外，在北水處則在推動智慧水表時，如何應用資料探勘優化在臺北實現智慧水務管理，也是面臨的重要挑戰；而在北市衛工處面對超過 30 年的老舊污水管產生的阻塞與破損問題，如何進行延壽與更新，也是重要的挑戰。

圖 2　臺北市於圓桌會議報告臺北市上下水道概況、面臨挑戰與推動策略

在各國發言中，其中印象深刻的是全球暖化造成在各城市都面臨洪水問題，例如約旦 2021 年人均水資源佔有量約為 61 毫米，是世界上可再生淡水資源最貧乏的國家之一，但沙漠地區安曼(Amman)在 2015 年也發生洪水淹沒道路傷害人命的災害，故在安曼周圍建造 120 個永續排水措施,防洪兼捕獲滯留雨水以便在需要時利用。由於日本團隊參與其中一部份建設，此次發言人 Mayada 為此特別感謝日本的幫忙(發言也拖了快 6-7 分鐘)。

(二)企業媒合(business matching)、參觀展場與業務分享-國際會展中心

10 月 18 日(三)下午主辦單位在圓桌會議後將參與城市帶到會展中心 7 樓用餐盒，說明用餐及下午企業媒合的方法，依據參加時每個城市提出的需求重點，日方分別安排時間讓各城市單獨與日本企業會談。其中，發生些小插曲，由於用餐現場吵雜溝通不易，而且有時間看展場，原本認為是由城市代表到展場看展覽，再依預定時間到攤位依順序逐攤拜訪，後來發現會談地是在 7 樓用餐區域旁，由廠商到會談場地說明公司解決方案。

主辦單位共安排共 6 場臺北市與廠商媒合面談，時間在下午 2 點 40 分至 3 點 30 分間，會面的日本企業包括六菱橡膠(Mutsubishi Rubber)介紹可抵抗海嘯及暴雨衝擊的防水門，也有適用於大口徑管道維修產品。久保田(Kubota)主要介紹沈浸式(Submerged)MBR 單元，為片狀結構組合，可依據不同尺寸，易於安裝於 MBR 反應槽。長岡公司(NAGAOKA)的生產取水及淨水處理設備。堀場公司(HORIBA)主要是檢驗儀器。日本原料公司(NIHON GENRYO)產品在於淨水濾材及過濾設備(包括移動式設備)。日本齒輪株式會社(NIPPON GEAR)主要為閥類馬達等產品。

由於時間有限在博覽會展場上，主要參觀與北水處業務有接觸相關單位：包括生產耐震伸縮管、管路耐震補強、較小口徑接頭以及排氣閥修復…等，產品線眾多的維克利克(VICTAULIC)公司;北水處有使用 150、200 單承口單突緣套管應用的川西水道公司(SK-KAWANISHI)；北水處有使用大口徑不斷水工法，主要生產延性接頭、鋼製品、帶壓管路工程(不斷水)、插裝工法(不斷水制水閥、蝶閥、三向切換閘門、分支閘門)…等設備的科斯莫工機有限公司(COSMO KOKI)。

其中比較特別的是金門株式会社(azbil 阿茲比爾)水表商,除了開發液晶螢幕顯示電子元件水表外，在原有機械表上開發具有漏水檢測功能的照相讀表系統(OCR 附掛)，除了自動抄表外，具有震動感應器的漏水檢測功能(圖 4)，並提供 SMaaS (Smart Meter as a Service) 的雲端分析服務，如同丹麥 Kamstrup，將水表做管道老化對策漏水檢測的一環，儘早發現漏水並防止發生事故。

圖 3　參觀展覽會場與廠商交流

依據該公司文件顯示偵測到水管漏水相關方法及參數如下：

1.水表距離配水管約 5 公尺，日本全國分水栓的平均間距約為 15 公尺，所以每只水表輸水系統檢測距離需有 20m 檢測能力。

2.每公里配水管需安裝分水栓數量約 65 栓。

3.偵測有漏水反應時，如果只有一個水表偵測到漏水，則可能是在房屋內部；而多個水表檢測漏水時，漏水可能發生在水表之間的配水管。

該公司正在執行 POC 計畫，在日本靜岡市清水區的住宅區於 2023 年 1 月至 2024 年 1 月間安裝該型水表，經由照相讀(OCR)取水表指針值功能及內建震動感應器檢測附近管線(住宅內及道路旁)的漏水的功能進行試辦。

在短暫參觀博覽會展場後，北水處與其他受邀的 5 個城市，至研討會會場中會議室展開另一場業務分享簡報的行程：

1.高雄(Kaohsiung) ：由台水公司南工處林家煌處長分享台水公司在地震旱災應變包括區域調度、建築工地取水、海水淡化...等措施及日本交流情形。

2.加德滿都 Kathmandu Upatyaka Khanepani Limited (KUKL)：尼泊爾首都面臨問題及挑戰，包括水產量不到需求的 50%、基礎設施遭侵佔及損壞漏水、計量不準、監控 SCADA 系統不可用、水費非常低且 技術人員不足。

圖 4　阿茲比爾(azbil)水表商開發兼具自動讀表及偵測管線漏水的新型 AMR 水表

3.基加利(Kigali)：盧旺達首都，在經歷 1994 年圖西族種族滅絕的悲劇後，長期發展的下一階段，集中在轉型整個經濟和社會。2014 年 WASAC 成立以管理盧旺達的水和衛生服務，制定滿足 30 年內產能增加 10 倍（1,070 MLD）的需求目標。目前都市人口正在大量擴增(有人口紅利)，目標 2035 年成為中高收入國家，2050 年達成高收入國家，最終目標是到 2050 年有 70%的人口居住在城市地區。

由簡報顯示該城市有目標，規劃很有條理，主要是該國家為日本 KAIZEN APPROACH (改善思維)發展項目，以日本補助金用於 WASAC 能力發展，2022 年 3 月至 2027 年 2 月由日本國際協力事業團 (JICA)進行技術合作，協助 WASAC 建立實施公用事業轉型策略的框架，解決跨組織問題。提高財務管理能力以實施管理決策。提高降低 NRW 的執行能力。及在符合成本效益下持續管理營運自來水相關供水設施。

4.臺北(Taipei)：由作者時佳麟介紹臺北的智慧水務發展，主要是說明北水處在發展智慧水表規劃及運轉過程，由試辦到技術試煉(POC)、場域試驗(FOT)到全面安裝智慧水表(COM)的規劃經驗。

5.東京(TOKYO WATER)：由東京水道株式会社(TWC, Tokyo Water Co., Ltd.)說明該公司角色。東京都水道局(TMG：Bureau of Waterworks, Tokyo Metropolitan Government)主要是從事核心任務包括政策制定、事業規劃及長期改善計畫；而 TWC 則是從事半核心任務，負責操作與維護(工程工作、關稅徵收、客戶溝通)，並將管道工程、抄表、建築工程等工作外包給協力廠商。

6.達卡(Dhaka)：孟加拉首都，由 WASA 總經理兼首席執行官 Khan 工程師，介紹該機構已從一個水危機城市轉變為一個需要全面轉變城市，並尋求技術及資金的投資。

(三)意見交流-神田明神文化交流館

10 月 19 日傍晚，在上下水道技術參訪結束後，所有人員集中到位於東京千代田

圖 5　業務分享簡報、詢答及交流

區的神田明神文化交流館「EDOCCO」(圖 6)，在江戶東京坐鎮，有約 1300 年的歷史的神田明神是神田、日本橋、秋葉原、大手町、丸之內地區的氏族神。而「EDOCCO」是全新打造的傳達日本傳統文化的基地，從 B1F 至 4F，共 5 層。意見交流活動主要在 2 樓至 3 樓的神田明神會堂。位於 1 樓的「神符授予所」，可使用 Suica 等交通類 IC 卡購得護身符與繪馬。銷售約 30 種神田明神獨家周邊商品為主，並以「傳統與創新」為主題的紀念品。而在各樓放置不同的藝術品，充份展現日本風格。

在意見交流會場由日本傳統藝妓傳統舞蹈，及清酒鏡開儀式（鏡開き），這是日

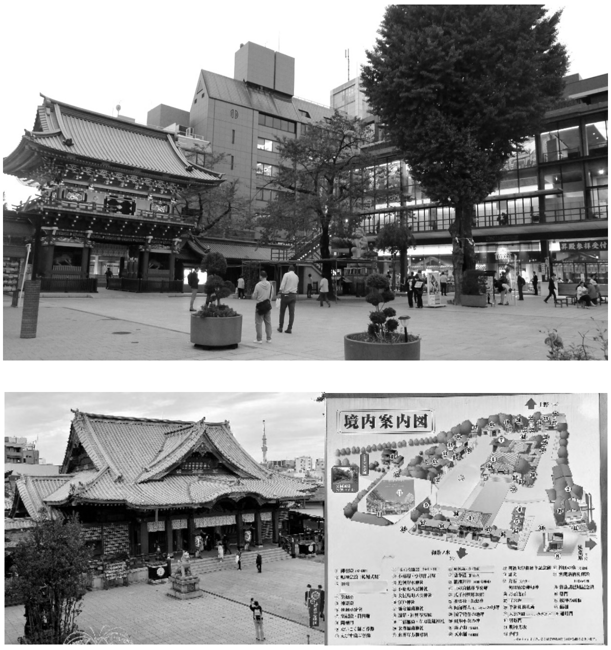


圖 6　神田明神文化交流館「EDOCCO」

本以木槌敲開酒樽來祈福、慶賀，表達最高敬賀之意的傳統儀式，展開晚宴序幕。在會場上參與的各城市代表站在散至在會場上的小圓桌前，一邊享用晚餐、聽講台上簡報，一邊以聊天的方式，與各個參與國家展開約 3 小時的意見交流(圖 7)。在會場上除了與主持此次會議的東京都黑沼靖 (Kuronuma Yasushi)副知事、東京都水道局西山智之(Nishiyama Tomoyuki)局長及東京水道社野田數(Noda Kazusa)社長會面，感謝其邀請臺北市參加此次盛會，並邀請參加 11 月在高雄舉辦的 2023 國際水協會亞洲年會(IWA-Aspire 2023)。另外在會場上與協助基加利(Kigali) WASAC 的日本 KAIZEN APPROACH 成員瞭解該方案，並與美國洛杉磯水電處的代表互贈紀念品。東京都政府承辦人亦邀請臺北市參與明年 5 月 15-16 日舉辦的「SusHi Tech Tokyo 2024」。

圖 7　在 EDOCCO 與各城市代表意見交流

在意見交流舞台上主辦單位同時安排 11 家企業與代表上台分享新的觀念、技術與發展。以下說明簡報的項目：

1.AQUATECH：日本廠商產品為 AIRLITH，原理類似除濕機，由捕捉空氣中水份(濕度)，利用 HEPA（高效微粒空氣過濾網)

製水機製造飲用水，在氣溫 25 度、濕度 60%的條件下，一天能制造 16 升左飲用水，不需要進行配水管等的安裝施工，可做為緊急維生取水。該公司在 2012 年構想、2019 製造出家用機，2023 再改善，預定 2025 年推出 Lite 版本並推廣全世界。該飲水機使用 HEPA 能夠捕獲空氣中 99.97%的 0.3 微米或更小的顆粒，主要機制如圖 8。

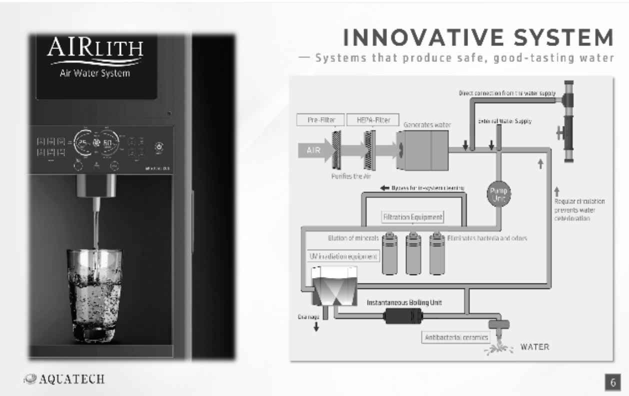


圖 8　日本企業 AIRLITH 空氣製水機

2.VIVAQUA：比利時布魯塞爾廠商，利用下水道改造生產城市熱能，修復下水道同時計算在特定位置使用下水道熱交換器，因下水道位於地底較為恆溫，透過熱交換器加熱或冷卻房屋，可達到冷暖氣節能的效果(圖 9)。該方法已經由 POC 驗證成功，已在比利時有數個成功案例。

3.在數位化應用方面：有 2 家日本製造無人機的廠商在現場設攤，並上台簡報說明公司產品特色。(圖 10)

(1)CalTa 利用無人機及數位孿生軟體，快速建立管線及設備 3D 點雲系統，讓自來水設備迅速導入 3D 數位孿生的管理。

(2)KDDI SmartDrone：自動巡檢無人機系統，設備包括智慧無人機(SmartDrone)及營運中心。SmartDrone 以自主廣域監視和遠端監控方式，可達到阻止未經授權的入侵者、評估森林中橡樹枯萎病造成的損害及設施的定期和緊急檢查。而營運中心則是用在 SmartDrone 自主飛行操作管理及遠端監控。該產品已用於東京水公司，有助於節省時間、擴大覆蓋範圍和降低風險。

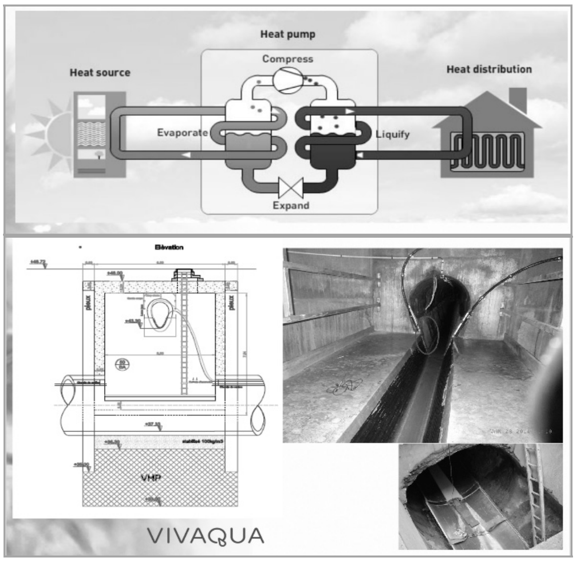


圖 9　比利時廠商下水道熱交換器

圖 10　日本廠商無人機 CalTa 及 KDDI 應用

4.澳大利亞 p-CAT™：阿德萊德大學(the University of Adelaide)經過 17 年的研究和開發，發展一套稱為 p-CAT™ 的非侵入性和非破壞性的管道檢測方法技術，可在不停水情形下評估檢測長距離管道的缺陷。該技術使用壓力變化偵測漏水的技術(圖 11)，是一種獨特的、經過專利和驗證的「反向瞬態分析技術」，是利用「管道壁損傷」或「內層脫落」會影響管道內瞬態(Transient)水中壓力波傳速度，經比對公式理論值與實際測量值，可確定管道損傷的位置。根據 HydromaxUSA(使用該技術進行管道檢測公司)的說法，p-CAT™ 可以確定(1)管道壁腐蝕、水泥內襯脫落、空氣堵塞等故障的位置。(2)閥門關閉狀態、未知的分支管和交叉連接的密封狀態。可在超過 2 km 的長管道，透過焦點採樣技術偵測管道狀況、特徵和異常情況，節省大量時間和金錢。p-CAT 可應用於各種管徑和材料（金屬、混凝土和 AC 石棉混凝土）。

5.其他簡報包括：日本廠商 Innophys 開發外骨骼機械背架，幫助工作人員進行粗重工作時可省力及安全。日本廠商 WOTA 開發小型適用於鄉間的房屋(含飲用水及水處理)模組。日本廠商 XMAT Corporation 發展手持 X-ray 分析儀透過非破壞程序進行混凝土檢測技術。

(四)A1-HRD

10 月 20 日作者 2 人由台場博覽會會場轉乘至世田谷區的水道局研修中心 301-302 教室，參加東京都水道局舉辦的「第 16 屆亞洲自來水事業人力資源網絡會議 A1-HRD」下午的意見交流行程，並分享智慧水表建置與應用與現場及線上來賓交流。現場參加交流有日本、臺灣(台水公司及北水處)、孟加拉(達卡)、韓國(首爾自來水)4 個國家，線上參加的有泰國曼谷(MWA)、越南(胡志明市大學)、韓國(K-water)及台水公司。(圖 12)

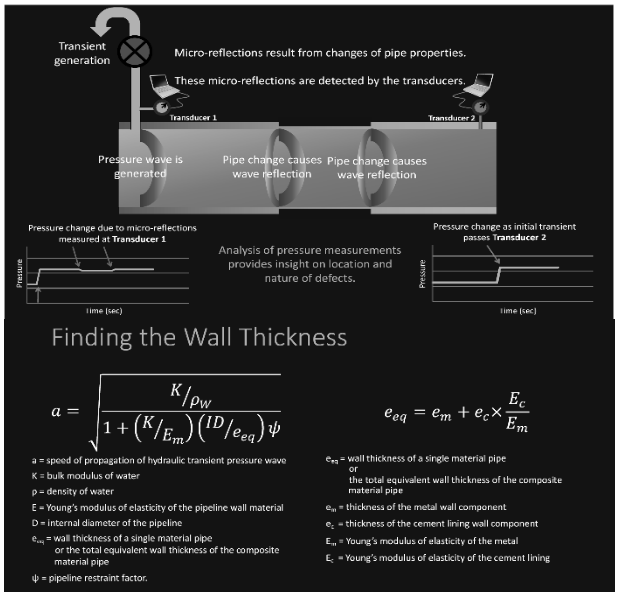


圖 11 澳大利亞 p-CAT™漏水偵測技術

圖 12 參加 A1-HRD 簡報智慧水表推廣與應用

北水處報告面對對人力資源變動，如何利用推廣智慧水表與協助營運管理與應用。在各國報告中，對於自來水面臨設備老舊及人力缺乏都有類似的情形，除了加快設備及人力更新外，越南胡志明大學也說明建立短期班進行自來水專業訓練，除了工程專業外，也包括水理分析及 GIS 的訓練，都在為數位化(digital water)做準備。

四、技術參訪

10 月 19 日早上至傍晚為技術參訪日，自來水單位早上安排參觀金町(Kanamchi)淨水場，中午在著名的淺草寺附近用餐，午餐後參觀位於 Bunkyo 地區的東京水道歷史博物館。由於淺草寺及東京水道歷史博物館為熱門景點，所以不在此撰述。

金町淨水場(Kanamachi Water Purification Plant)位於東京的東部，距離 JR 常磐線金町站南側 1 公里，距離江戶川河口上游 17 公里。附近有著著名的歷史遺跡，如柴又帝釋天(大教寺)和八木橋渡船。1926 年 8 月，江戶川水道公會使用慢濾法操作，於 1932 年被東京市接管。為了因應下游江戶川水閘門的開啟和關閉、渡良瀨水庫的排放、灌溉季節期間從中川輸送水以及降雨期間各排水泵站的排水等多種因素，所導致江戶川的水質波動，淨水場進行了 7 次擴建和改善工作，由於受都市化影響，取水口已經不再是遠離人煙的上游，原水水質逐漸劣化，傳統快濾無法去除味道，於 1992 年首次在東京啟用了結合臭氧處理和生物活性碳吸附處理的先進水處理設施，在膠羽沉澱程序後方，增建【臭氧接觸 O3+生物活性碳 BAC】，再接續傳統快濾處理，可去除原水中的土味(2-MIB)、氨氮等。1996 年，先進水處理設施的處理能力擴大到每天 52 萬 CMD。從 2013 年 4 月開始，整個設施提供 100%高度處理的飲用水，處理能力達到每天 150 萬 CMD 的高級水處理。

此次參觀金町淨水場，可能是為了後續可技術輸出有關，不願意讓人直接看到成品及操作模式而禁止照相，所以僅能在門口會議室紀錄(圖 13)，而主要設備都無法照相參考，但是有在場區制高點，可以看到高級處理是在原有廠區設備外再新設的廠區，因此高級處理單元的處理水採用動力傳送至下個單元。另外，高級處理廠建置時，即先規劃教育參訪相關設施，包括：以人工綠地毯及紅龍柱區隔參觀動線，並設置可容納約 10-12 人電梯。在每個停留地點都設置解說牌。在 BAC 說明室以模型說明相關設備。在 BAC 現場也設有 2 座玻璃觀察牆，寬約 60 公分，高約 2-3 公尺，可觀察活性碳層、透水混凝土層及沙礫層分層及水質顆粒變化情形。並有大型抽送風設備，確保空氣濕度適合。現場無潮濕漏水情形。在臭氧發生器也有觀察窗，可以觀察臭氧發生情形。

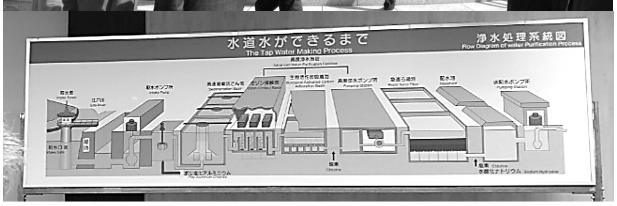


圖 13　參觀金町高級處理(深度處理)場

五、心得與建議

(一)在經驗分享說明氣候暖化造成的旱澇交替的情形已是全球的現在進行式，是各城市都面臨到的重要議題，也充份說明降低全球暖化手段之一淨零排碳的重要性。自來水事業在水源保育與處理技術的提升方面，都是必須積極進行的工作。

(二)而在新技術研究方面，也呼應在災害緊急措施、降低碳排與節能運用，都是必需關注的重點。在資源有限下，創新運用應與淨零碳排(ESG)結合，是重要的一項策略，也是做為地球公民必須的責任。

(三)相較臺灣水界的單打獨鬥，日本水道發展從水道局(TMG)與水公司(TWC)在制度與分工上有計畫又充滿彈性，讓東京都水道局從事核心任務包括政策制定、事業規劃及長期改善計畫，並透過與世界各地城市的基地合作，加強生態系統之間的網絡連繫。TWC 從事半核心任務，負責操作與維護(工程工作、關稅徵收、客戶溝通)，並將管道工程、抄表、建築工程等工作外包給協力廠商，更會帶領提攜設備商、承包商、研究機構整體輸出，就如在非洲提供資金與整體服務的日本改善思維 KAIZEN APPROACH 發展項目，藉由問題回饋更能提升日本自來水整體水準，是臺灣自來水業要深思與學習的。

作者簡介

時佳麟先生

現職：臺北自來水事業處專門委員

專長：GIS 地理資訊系統、智慧水表、水理分析運用、人工智慧導入管理

黃欽稜先生

現職：中華民國自來水協會青年事務部副主任委員、臺北自來水事業處一級工程師

專長：漏水控制、數值分析、智慧水表、水理分析

【國際自來水快訊】日本水道基本統計資料

文/本刊編輯部

日本厚生勞働省於 2024 年發佈令和 3 年度之水道基本統計資料如次：

一、日本水道供水種類

令和 3 年（西元 2021）水道供水種類（資料截至 2022 年 3 月）

種類		內容	事業數	現在給水人口
水道事業		根據一般需求，透過自來水供水事業（不包括人口在 100 人以下的事業）		
	上水道事業	供水事業服務>5,000 人	1,304	1 億 2,087 萬人
	簡易水道事業	供水事業服務＜5,000 人	2,415	167 萬人
小計			3,719	1 億 2,254 萬人
水道用水供給事業		向自來水事業供應自來水的企業	88	
專用水道		宿舍、公司宿舍等提供 100 名以上居民供水，或日最大供水量 20 立方公尺以上的自備供水者	8,189	36 萬人
合計			11,996	1 億 2,290 萬人

資料來源:https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/database/kihon/index.html

二、日本水道供水普及率

令和 3 年（西元 2021)供水人口及供水普及率

總人口 (A)	現在給水人口			
	上水道 B1	簡易水道 B2	專用水道 B3	合計給水人口 (B＝B1+B2+B3)
125,177,460	120,874,440	1,666,833	362,430	122,903,703
	普及率 P1/A(%)	普及率 P2/A(%)	普及率 P3/A(%)	合計普及率 (P＝P1+P2+P3)
	96.6%	1.3%	0.3%	98.2

資料來源:https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/database/kihon/index.html

三、結論與建議

(一)日本現行「給水人口」(1.229 億人)及「水道普及率」(98.2%)，係由「上水道」、「簡易水道」及「專用水道」等三種供水來源所組成。

(二)依據我國自來水法第 16 條「本法所稱自來水，係指以水管及其他設施導引供應合於衛生之公共給水」，而台灣地區現行供水種類，包括「自來水事業」(適用自來水法第 17 條)、

「簡易自來水事業」(適用自來水法第 17-1 條)及非事業的「自用自來水設備者」(適用自來水法第 21 條)，因此依自來水法相關規定，倘經適當的輔導及強化「簡易自來水事業」的管理，使其水質可符合相關標準，參考日本現行水道普及率之計算方式，台灣地區自來水供水人口，宜研討將「自來水事業」＋「簡易自來水事業」＋「自用自來水設備者」之「供水人口」合併計算「自來水普及率」，以民國 110(西元 2021 年)為例*，行政區域人口 23,375,314 人，「自來水事業」供水人口 22,231,601 人，「簡易自來水事業」供水人口 275,916 人，自來水供水普及率為 96.29%(自來水事業供水普及率為 95.11%；簡易自來水事業普及率 1.18%) (*資料來源:https://wuss.wra.gov.tw/annuals.aspx 第二篇 111 年生活用水量統計報告)

本刊 113 年「每期專題」

期別	主　題	子　　題	時程
43 卷第 2 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。	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
43 卷第 4 期	供水服務	1.提昇服務品質、2.資訊管理與應用、3.自動讀表技術應用、4.物聯網及 ICT 技術、5.節約用水及效率措施、6.可持續的水價、7.進階抄表管理系統．8.氣候變遷、9.抗旱期間供水服務與經驗。	11 月

～歡迎各界就上述專題踴躍賜稿，稿酬從優～