

自來水會刊第 44 卷第 3 期(175)目錄



實務研究

- 利用小區智慧流量計對漏水搶修評估應用與成果……………呂紹禎、張修明…… 1
- 新版自來水池狀結構耐震設計規範(草案)的修訂及動態水壓分析程式……………
- ……………劉季宇、陳世良、張民崙、鄭格浩、李鴻誠…… 6

本期專題 水質及其他

- 2024國際水價現況解析……………周國鼎…… 15
- 集水區劃設自來水水質水量保護區之影響評析……………楊銘賢…… 27
- 淺論訴訟外紛爭解決(ADR)機制及政府採購法紛爭解決演變……………陳建國…… 38
- 烏嘴潭人工湖水質變異與營養鹽監控分析……………柯冠宇、吳宗昱、唐俊成…… 47

一般論述

- 從自來水管網GIS數據驅動談停水作業精進與應用—以最小分區單元(MinZS)為核心模式的理論探討……………時佳麟、張瑛興、陳品歡…… 53
- AI × ESG自來水事業如何在碳稅時代掌握生存的關鍵……………邱嘉南…… 64
- 台灣自來水公司廢料標售效益分析與改善策略探討……………賴季伶…… 72
- 人工智慧於自來水系統管理中的應用：智慧化漏水偵測……………李丁來…… 79

協會與你

- 歡迎投稿114.115年「每期專題」…………… 78
- 中華民國自來水協會會刊論文獎設置辦法…………… 63

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 danielfresh@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 537

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

利用小區智慧流量計對漏水搶修評估應用與成果

文/呂紹禎、張修明

摘要

北水處自民國 92 年起於自來水管網建置管網小區(District Metering Area, 簡稱 DMA)截至 114 年 5 月已建置 839 個管網小區,另在民國 107 年起於小區進水點按裝具有即時無線傳輸功能之小區智慧流量計(District Smart Metering, 簡稱 DSM),藉由 DSM 即時回傳之流量及壓力,評估小區售水率並應用於即時供水監控等相關應用,截至 114 年 5 月已全數完成售水率初評。

對於即時供水監控方面,可藉由評估小區智慧流量計所回傳流量與壓力歷線與現值之差異再輔以相關檢測漏手法定位漏水點使不顯現於路面之漏水能被察覺。

關鍵字：小區計量、流量計、漏水搶修

一、前言

由於臺灣地形山高坡陡呈南北走向造成河川大多數為東西流向,河流長度短且流速大,導致降雨後大多數雨水皆快速流進入海洋,僅少取水資源量被存蓄於地表;因此每人每年平均可使用之水資源量僅為全球的六分之一,且豐枯差異明顯水庫無法存蓄所有降水,因此水資源極為珍貴,在開源困難的情況下,節流成為一個重要的課題,在自來水事業中,管線漏水為無計費水量 NRW 之大宗,如何有效的改善漏水為自來水從業人員之一大宿願,本文介紹北水處近期利用 DSM 於北投區光明路 Y16003 小區及行義路

Y14001、Y14002 三處漏水點處理之成果說明。

二、Y16003 小區

北水處編號 Y16003 小區臺北市北投區光明路 151 號至 217 號間(單號側含巷弄用戶)、光明路 132-1 號至 325 號間及溫泉路 7 號至 35-1 號間用戶所圍區域,其位於平地供水方式係由光明路雙號及單號側兩側兩處小區進水點藉由平地供水管網直接供應,本小區內用戶型態包含餐飲、商業及住家。

其區域內配水管線為 1,395 公尺、給水管線為 1605.16 公尺,於民國 110 年初評售水率為 80.67%。

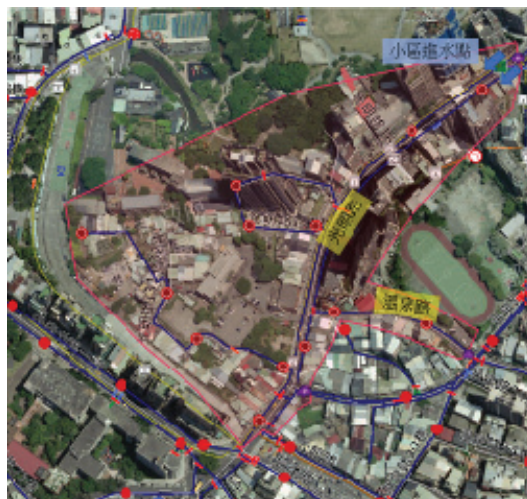


圖 1 Y16003 小區供水示意圖

北水處管線以小區為單位量測售水率後,再以弱區先行汰換為主軸,近年以單位管線長度漏水率較高的小區優先進行管網改善,本小區於民國 110 年經初評後,因售

水率較高故未列於亟需改善清單中，然於 113 年 7 月經由用戶反映有壓力不足現象，派員現場量測壓力約為 1.7Kg/cm^2 ，雖仍高於北水處平均供水壓力。後續經檢視該小區之 DSM，發現與過往之流量、壓力相比，確實有壓降且流量增加之現象，如圖 2。

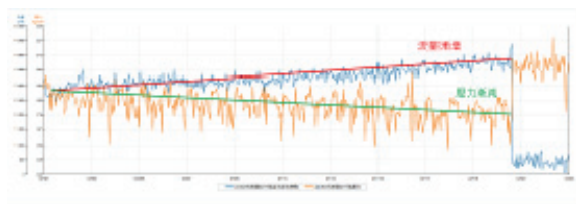


圖 2 流量漸增壓力漸減

惟無人申告區域內有路面漏水跡象，故派員巡檢區域內溝渠、路面，發現一處道路側溝有明顯大量之水流如圖 3，故立即沿路進行聽音檢測作業，並於檢測出疑似漏水點後開挖檢修，為口徑 $\phi 150\text{mmPVC}$ 管開裂如圖 4，因位於雨水涵管旁，漏水均直接由側溝排出，故無路面漏水現象。修妥後區域壓力旋即上升且 DSM 流量驟減如圖 5。

再行檢視該 DSM 減少之漏水量達 4,000CMD 以上且平均壓力回復為 2Kg/cm^2 ，本案為 DSM 使用於漏水監測之直接案例，藉由觀察 DSM 數據推測小區內是否有異常跡象，於發現後有效改善漏水。



圖 3 側溝過路涵管大量水流



圖 4 $\phi 150\text{mmPVC}$ 開裂



圖 5 流量驟減壓力回升

三、Y14001行義路小區

北水處編號 Y14001 小區於臺北市北投區行義路以東、磺溪以西、行義路 200 號以北所圍成之區域，其水源大坑溪由陽明淨水場淨水處理後存儲於龍鳳谷配水池再以重力方式供水，由兩支 200mm 口徑 DIP 管線供給行義路 34 號以北區域，該範圍內設有 4 只 DSM 據此分割為兩個小區 Y14001 及 Y14002，Y14001 用戶型態包含住家及行義路溫泉業者，如圖 6。

Y14001 進水點由道路上山側及下山側各裝設 1 只 DSM 量測，而出水點即為 Y14002 之進水點亦於道路上山側及下山側各裝設 1 只 DSM 量測，本案例為北水處改善 Y14002 時，經由觀測 DSM 察覺於 Y14001 中應有大量漏水導致 DSM 數據偏高，經由派員巡查區域內各點及逐點消防栓壓力量測後，發現有一消防栓有失壓現象，後續開挖檢修後為

一管末端管塞因於行義路溫泉區中螺栓遭腐蝕導致大量漏水致如圖 7 流失的水因該消防栓鄰近磺溪皆流入磺溪不易察覺如圖 8，修復後再行檢視數據，減少了 1,000CMD 漏水量。



圖 6 Y14001 小區供水示意圖



圖 7 閘頭螺栓鏽蝕



圖 8 漏水皆流入磺溪不易察覺

四、Y14002行義路小區

北水處編號 Y14002 小區為原與 Y14001 同為編號 Y04902 小區，因此小區幅員廣大不易管理於 104 年間切割調整為 Y14001、Y14002 兩小區。Y14002 小區位於行義路以東、磺溪以西、行義路 260 巷以南、同德街以北所圍成之區域，用戶型態多為一般住家，如圖 9。

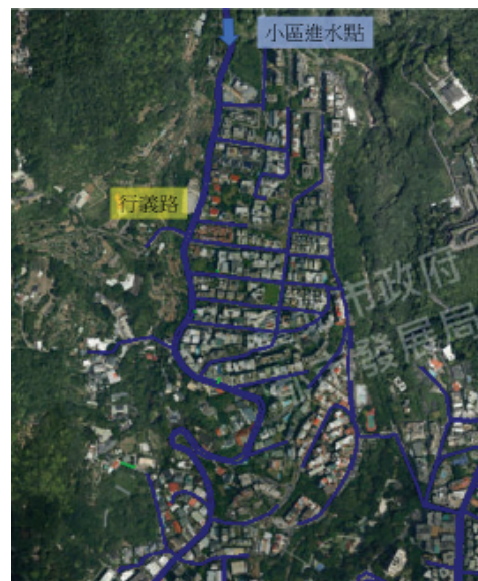


圖 9 Y14002 小區供水示意圖

本案例為 112 年 11、12 月間龍鳳谷配水池出水量異常增加，藉由查詢龍鳳谷配水池供水範圍內相關 DSM 探知於 Y14002 小區用水量遽增，既然知道該小區內有異常漏水，故派員於小區中先行巡視周遭溝渠及各單位人孔來判斷可能漏水位置，最後於行義路 55 巷口旁的台電窰井中發現大量水流如圖 10，縮小可能範圍後再委請專業檢測漏廠商進行聽音檢測漏探知漏水點後修復之案例。

由開挖檢修為舊有三通管分支處漏水，將該三通封除後如圖 11，該區域用水量即下降至往日均值如圖 12。

另本小區於 113 年 9、10 月間，經由觀測 DSM 流量數值察覺讀數增加約為 360CMD 推估為發生漏水如圖 13，經派員擴大巡查發現水溝中涵管穩定出水且有餘氯反應，後續檢測漏開挖修漏後再觀察 DSM 數據統計該點漏水量約為 360CMD 符合推估。



圖 10 台電窰井中有大量流水



圖 11 封除舊有三通管

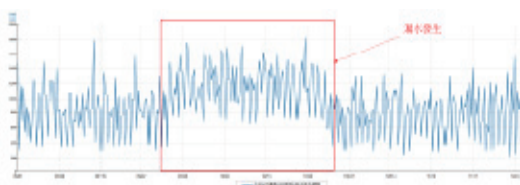


圖 12 漏水前中後小區流量計表現情形



圖 13 漏水前中後小區流量計表現情形

五、結論與建議

北水處已經整個供水轄區劃分為 839 個小區，於改善前進行售水率初評，以利評估改善成果，如管線汰換後複評之售水率達 90 %時，即視為改善完成，此時之 DSM 之流量與壓力數據，應可當作該小區之起始需求量。

由前述案例可知，由觀察封閉小區 DSM 之流量可以快速察覺該區域是否有突發性大量漏水，亦即改善後小區之需水量突然發生突波或是持續偏移起始需求量時，非常有可能發生漏水情事，此時可用巡檢與測漏手法進而將漏失水量檢回，讓漏水這件事情變得有感。

誠如前面所提之光明路小區的案例，該漏水係持續緩慢發生，如比對原始改善小區之流量時，該漏水已持續超過 1 年以上，本案遲至 2 戶以上民眾通報水壓無法直達頂樓之異常情事，且工程人員警覺將歷年 DMS 資料調出比對後發現有極大差異，並至現場沿路巡查，方發現大量漏水係直接流入排水箱涵內，而未冒出路面，如無相關數據比對時，可能會一再延遲修復期程，但如此依靠人力警覺而被動之判斷，顯然無法達到即時修漏的目的。

現北水處已將全數 DSM 之數據納入水網監測平台，除可輔助既有監測點做更詳細分析外，如可結合 AI 輔助判讀比對初始數據，如其流量或壓力發生偏移常態時，即時產生警訊通知監控中心與所轄分處注意，由工程人員針對該小區進行區域檢測或直接巷弄法等手法尋覓漏水點，此亦為主動漏控

之手法，可快速減少大量漏水量，達成整體漏水率降低於 10% 以下之終極目標。

參考文獻

1. 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。
2. 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。
3. 王銘博、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

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、管網改善

新版自來水池狀結構耐震設計規範(草案) 的修訂及動態水壓分析程式

文/劉季宇、陳世良、張民豈、鄭格浩、李鴻誠

摘要

自來水系統包含大量池狀結構，例如淨水場的不同功能水池，以及分布各地的配水池等。我國自來水震害歷史斑斑可考，良好的水池結構耐震設計的規範研擬與精進，其重要性不言而喻。最近，台灣自來水公司與國家地震工程研究中心再次合作，完成新版「自來水池狀結構耐震設計規範條文及解說(草案)」的修訂，即旨於確保未來新的嚴謹安全的水池耐震設計。

本文簡述新版規範(草案)中關於液體載重的重要修訂內容，包含動態水壓模態力的反應修正係數調整，設計高架水塔時如何決定模態週期，作用於底板的衝擊、對流模態水壓分布，以及頂板高度檢核相關問題，並介紹應用於水池結構耐震設計的動態水壓分析程式的開發及其功能。

關鍵字：水池結構、耐震設計、動態水壓

一、前言

台灣自來水公司關注水池結構設計，早年曾出版「水池設計(一)矩形鋼筋混凝土水池」、「水池設計(二)無預力圓形鋼筋混凝土水池」(陳榮藏，1985 & 1986)。針對水池耐震設計，曾與國家地震工程研究中心合作，透過委託專業服務案，完成第一版「自來水池狀結構耐震設計規範條文及解說(草案)」

(台灣自來水公司，2018)，主要依據美國混凝土協會 ACI 350.3-06 混凝土池狀結構耐震設計規範(ACI, 2006)，特別是其動態水壓地震力的設定，成為國內混凝土水池結構耐震設計與評估的重要依據。

該規範(草案)推出迄今雖僅七年，但期間美國混凝土協會公布新版 ACI 350.3-20 混凝土池狀結構耐震設計規範(ACI, 2020b)，相較於前身 ACI 350.3-06 有實質的修訂補充。此外，我國 2022 年公告「建築物耐震設計規範及解說」修正版，而 2023 年版「混凝土工程設計規範與解說(土木 401-112)」，亦已正式成為我國規範。凡此種種，均指出原規範(草案)之內容已有所不足。

台灣自來水公司與國家地震工程研究中心爰此，最近再次合作，修訂完成新版「自來水池狀結構耐震設計規範條文及解說(草案) 中華民國 114 年 8 月版」(台灣自來水公司，2025)，重點包含：(1)配合新版「建築物耐震設計規範及解說」，參考其工址設計水平譜加速度係數(含近斷層效應)之決定，取消設計譜加速度長週期下限值與訂定週期分界(以利定義對流模態參數)等；(2)配合新版 ACI 350.3-20，調整衝擊模態反應修正係數、檢討特殊配置水池及內牆之衝擊模態反應修正係數、頂板安全檢核相關新規定等，以及新增高架水塔耐震設計條文解說；(3)

配合新版 ACI 350-20 環境工程結構規範(ACI, 2020a)、「土木 401-112」等規範，檢討設計載重組合、溫度鋼筋、環境耐久性因子。

本文即就此新版規範(草案)進行說明，內容以關於液體載重有關的修訂為主，並介紹應用於水池結構耐震設計的動態水壓分析程式的開發及其功能。

二、水池受震液體載重說明

美國 ACI 350.3 系列規範針對水池耐震設計，引用 Housner 理論(Housner, 1963)處理地震引致之液體載重，將之區分為衝擊模態(impulsive mode)以及對流模態(convective mode)，前者源於剛性固接於池壁的液體，後者源於受震盪而作晃動的液體，分別有壓力分布的解析解。Housner 理論可以等效彈簧-質量模型視之，如圖 1 所示，液體總重 W_L 分為代表衝擊、對流模態之等效重量 W_i 及 W_c 兩部分，相應的模態力 P_i 及 P_c ，分別透過剛性桿件與等效彈簧連接於前後池壁，池壁因此區分為前行部(leading half)以及尾隨部(trailing half)，前行部池壁受地震力方向推擠力，尾隨部池壁則受地震力方向之拉力。以矩形水池為例，前行部池壁所受之載重分布如圖 2 所示，包含液體靜壓、池壁慣性力、衝擊模態力 P_i 之一半、對流模態力 P_c 之一半，方向為地震力方向(向池外)；尾隨部池壁所受之作用力同於前行部，方向亦為地震力方向(向池內)。

兩種模態力均作用壓力於前後池壁以及池底，如圖 3 所示，作用於池壁之總力分別為前述之 P_i 及 P_c 。考慮兩種模態力作用於

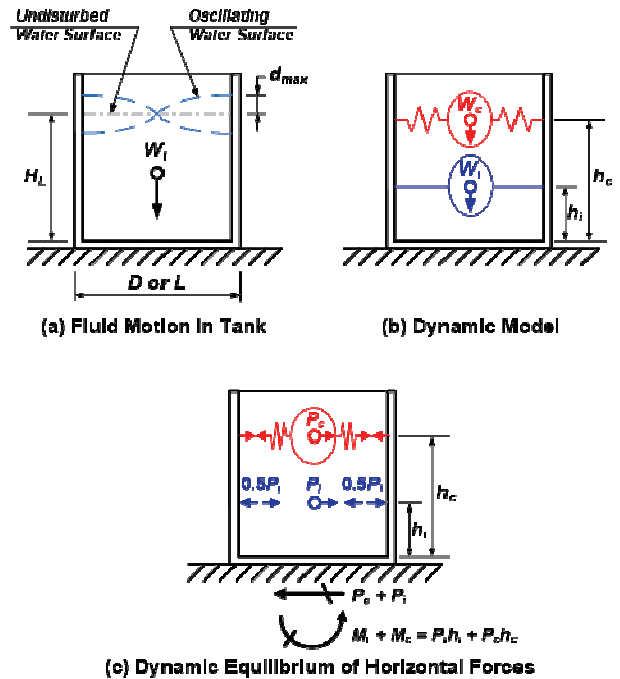


圖 1 池狀結構動態水壓之彈簧-質量模型

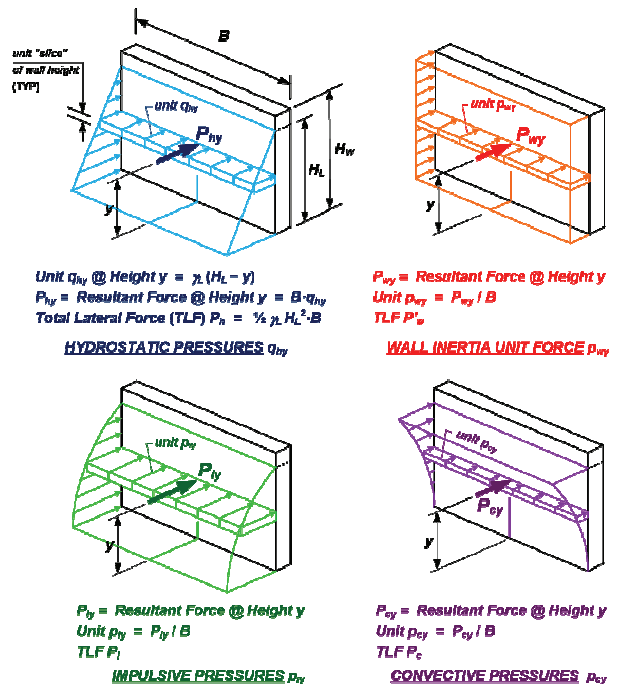


圖 2 矩形水池前行部池壁之載重分布

池壁底部的撓曲彎矩(bending moment)，表為 M_i 及 M_c ，不須納入池底水壓分布(excluding base pressure, EBP)之貢獻，反之考慮二者作用於池底的傾倒彎矩(overturning moment)，表為 M'_i 及 M'_c ，則必須納入池底水壓分布

(including base pressure, IBP)之貢獻。進行耐震分析時，除根據傾倒彎矩進行水池結構的抗傾倒檢核外，亦以二個不同定義彎矩的差值，即作用於底板的淨彎矩，決定兩種模態力分別作用於底板的動態水壓分布。

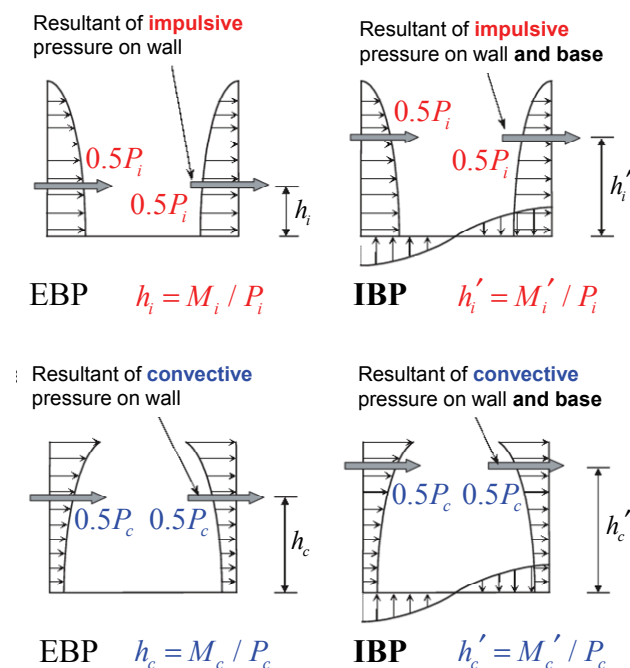


圖 3 池狀結構動態水壓之 EBP 與 IBP 示意圖

三、模態力與反應修正係數

類比於建築物耐震設計中，總橫力與結構重量以及反應譜係數的關係，水池結構耐震設計中的衝擊與對流模態載重，按 ACI 350.3 規範分別為：

$$P_i = C_i(T_i) \cdot I \cdot \frac{W_i}{R_i}$$

$$P_c = C_c(T_c) \cdot I \cdot \frac{W_c}{R_c}$$

其中 I 為重要性因子； C_i 及 C_c 為兩種模態的反應譜係數，分別為衝擊與對流模態週期 T_i 及 T_c 之函數； R_i 及 R_c 則為兩種模態的反應修正係數，相當於建築物耐震設計中的韌性

折減係數，目的在於整體考量水池結構之韌性、能量消散與贅餘度時，允許耐震需求作適度的折減。最新版 ACI 350.3-20 較前一版本，或因有更多實證資料作為佐證基礎，不論何種配置條件之水池，均將 R_i 係數值略作提高。

因此，新版規範(草案)亦按 ACI 350.3-20 提高 R_i 係數值，可略為降低衝擊模態載重，得到更具經濟性的水池設計， R_c 則維持不變為 1.00，不同水池結構配置條件之衝擊與對流模態反應修正係數如表 1 所列。

表 1 新版規範(草案)之池狀結構反應修正係數

模態別 結構配置	R_i			R_c
	高架	地上	地下	
係數值	2.25	2.25	3.25	1.00

再者，考慮圖 4 所示配置於不平整地面之水池，左端條件為地下水池，右端條件為地上水池，若按 ACI 350.3 規範將無所適從。以保守角度來看，或可假設此為一地上式水池結構，以折減較少的衝擊模態載重進行耐震設計；然而，對於既大且高的水池而言，左端池壁如此會有過度保守設計的情況。這裡，新版規範(草案)規定應按照各池壁的不同配置條件，設定左端池壁之衝擊模態載重時，以地下水池視之，設定右端池壁之衝擊模態載重時，則以地上水池視之，如此進行耐震設計方為合理。



圖 4 配置於不平整地面之水池側面示意圖

最後，新版規範(草案)規定水池結構中倘若設有分隔牆或導流牆，應一律取 $R_i = 2.25$ ，亦即以地上水池之池壁視之，原因在於這類池壁沒有任何面外(out-of-plane)的支持，邊界條件實與地上水池無異。

四、高架水塔的模態週期

新版規範(草案)新增高架水塔耐震設計之相關條文，此為美國 ACI 350.3-20 規範所無，而原規範(草案)亦付闕如，然而水池設計實務中需求殷切的項目。

考慮高架水塔模態週期之決定，依據 Calvi 等人方法(Calvi & Nascimbene, 2023)，可以耦合雙質點系統為動力模型，如圖 5 所示。此時整體結構概分為上方水池及下方構架，水體及結構質量分別為 m 及 Δm ，下方構架高度為 $\bar{H}$ 。依 Housner 動態水壓理論，水體質量 m 可區分為代表衝擊、對流(第一)模態之等效質量 m_i 及 m_{c1} ，分別剛性固接於池壁，以及以等效彈簧 k_{c1} 連接於池壁，其值可由對流模態之週期及質量反推。高架水塔之等效勁度 k_s ，其值按材料力學(若下方構架型式簡單)或結構有限元素分析(若複雜)而決定。

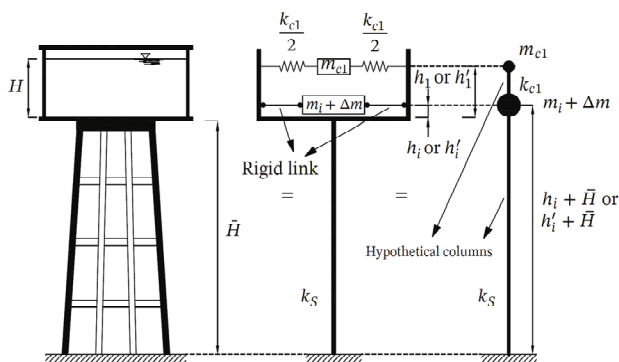


圖 5 高架水塔動力模型

此時，高架水塔的兩個自由度角頻率的解析解為：

$$\omega_n^2 = \frac{1}{2} \left[\frac{k_s + k_{c1}}{m_i + \Delta m} + \frac{k_{c1}}{m_{c1}} \right] \pm \sqrt{\left(\frac{k_s + k_{c1}}{m_i + \Delta m} - \frac{k_{c1}}{m_{c1}} \right)^2 + 4 \frac{k_{c1}^2}{(m_i + \Delta m)m_{c1}}}$$

其中正、負號分屬衝擊、對流模態之角頻率 ω_i 及 ω_c ，可據以求取正確的衝擊、對流模態週期，進而決定高架水塔中衝擊、對流模態的反應譜係數以及模態載重(水壓分布)。

五、模態力作用於底板的水壓分布

池狀結構內的衝擊、對流模態均對底板施加動態水壓，在最新版 ACI 350.3-20 中已補充規定，耐震設計時應予考慮。由 Housner 理論可知二者作用於底板之傾倒彎矩，可由模態力以及 IBP、EBP 的作用高度差異而決定。參考圖 6，靠近前行部池底的動態水壓為壓力(正值)，靠近尾隨部池底則為拉力(負值)，假設動態水壓相對於中心線為線性分布，則距離中心線 x 處的衝擊、對流模態引致底板水壓 p_{bi} 、 p_{bc} 分別為：

$$p_{bi}(x) = P_i \cdot (h'_i - h_i) \cdot x / I_b$$

$$p_{bc}(x) = P_c \cdot (h'_c - h_c) \cdot x / I_b$$

其中 I_b 為底板相對於中心線的面積慣性矩，表為：

$$I_b = BL^3 / 12 \quad (\text{矩形}) \quad I_b = \pi D^4 / 64 \quad (\text{圓形})$$

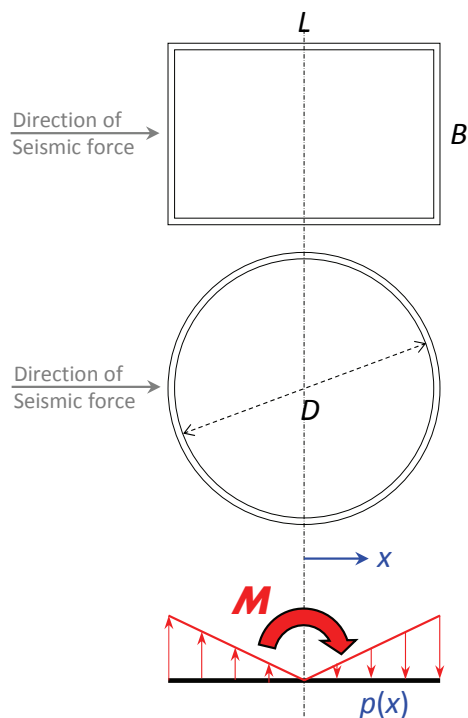


圖 6 底板彎矩與動態水壓分布示意圖

六、頂板高度檢核相關問題

池狀結構頂板至液面距離，須高於液面最大晃動高度 $d_{\max}$ ，方可確保頂板不會受到對流模態液面之撞擊。新版規範(草案)對於液面最大晃動高度 $d_{\max}$ 的計算，統一採 Housner 解析公式(Housner, 1963)，表為：

$$d_{\max} = \frac{0.264L}{\left(\frac{2g}{\omega_c^2 C_c L} - 1\right) \tanh\left(\frac{3.16H_L}{L}\right)} \quad (\text{矩形})$$

$$d_{\max} = \frac{0.204D}{\left(\frac{2g}{\omega_c^2 C_c D} - 1\right) \tanh\left(\frac{3.68H_L}{D}\right)} \quad (\text{圓形})$$

再者，對於矩形水池而言，上式僅計算單一方向的液面最大晃動高度，實際須考慮兩個正交方向予以合併，表為：

$$d_{\max} = \sqrt{d_{\max,X}^2 + d_{\max,Y}^2}$$

以上公式不含重要性因子 I ，根據 ACI 350-F 次級委員會的會議紀錄(ACI, 2010)，曾討論液面晃動程度的考量可與重要性因子 I 脫鉤。

實務上，確有興建共構式水池的需求，地下興建配水池，地上(水池頂板以上)則興建辦公或商場大樓供多元使用。此時水池頂板的設計要求，乃具有相當之厚度與強度，足以抵禦對流模態撞擊(上抬力)而無虞者。針對這種頂板高度不足的情況，新版 ACI 350.3-20 採取相當之簡化與假設，茲以圖 7 矩形水池為例說明如下：

- 1.將液面最大晃動波形高於頂板部分，直接訂為撞擊範圍，不須考慮頂板存在且發生撞擊所引致之接觸條件改變問題；
- 2.即使是撞擊頂板，原衝擊及對流模態週期仍維持不變，也不考慮水量重分配問題；
- 3.對流模態對於頂板之作用，為均布之上抬力，表為(Douglass et al., 2006)：

$$p = 2.2 \cdot \gamma_L \cdot (d_{\max} - h_0)$$

其中 γ_L 為液體重量密度， h_0 為頂板底部至水面距離。此上抬力已包含兩部分，一為對流模態液面高出頂板部分的浮力作用，一為對流模態液體運動的衝撞力；

- 4.對池壁之模態力，陰影部分投影範圍內之水柱(高度至頂板)，受到束制，歸屬於新增之衝擊模態(作用至頂板高度)；其餘的陰影外的水量(高度至靜止水高)，模態分配比例不變(作用至靜止水高)；換言之，須按陰影面積占比，重新調整各模態的質(重)量分配。

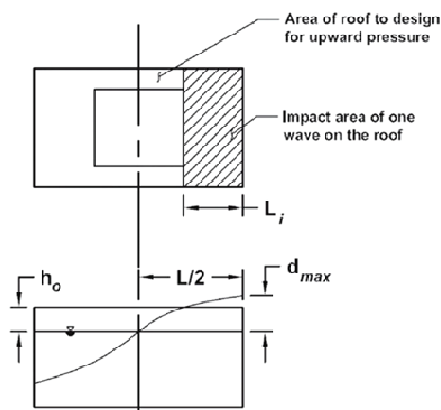


圖 7 矩形水池頂板受撞擊範圍示意圖

綜合以上，新版 ACI 350.3-20 針對頂板高度不足問題，提出新的耐震分析方法，包括如何決定頂板受撞擊範圍，如何決定頂板

承受上抬力大小，以及作用於池壁的動態水壓應如何調整等，細節可參閱新版規範(草案)(台灣自來水公司，2025)，在此擬不贅述。

七、動態水壓分析程式

進行水池結構耐震設計，須按規範規定計算各池壁以及池底的衝擊、對流模態水壓載重，施加於所建構的水池模型，需要的輸入條件相對簡單，但計算過程以及如何將載重結果設定至有限元素模型上，卻是極為繁複而容易出錯的工作，也不利於自行除錯或是第三方複驗。另外，實務上矩形水池常設有內部導流牆，此時按地震力方向之不同，

■ Liquid Force on Water Storage Tank

動態水壓計算 說明

矩形水池動態水壓計算

專案資訊

專案名稱 斗南淨水場清水池

水體名稱 水體2

Golbal全域變數

地震力方向 X

尺寸參數

水體長 (與地震力同向) L 20 (m)

水體寬 B 10 (m)

池壁高 H_w 5.5 (m)

設計高 H_L 4.7 (m)

液體重量密度 γ_L 1 (tonf/m³)

前行部

壁厚 t_{wL} 0.2 (m)

反應修正係數

衝擊模態 R_{iL} 2.25

對流模態 R_{cL} 1

尾隨部 ☐ 與前行部相同

壁厚 t_{wT} 0.6 (m)

反應修正係數

衝擊模態 R_{iT} 3.25

對流模態 R_{cT} 1

參數設定檔匯入 參數設定檔匯出 輸出檔名 RecTangleSetting

混凝土材料參數

彈性模數 E_c 200798 (kgf/cm²)

抗壓強度 f'_c 280 (kgf/cm²)

重量密度 γ_c 2.4 (tonf/m³)

重要性參數

重要性因子 I 1.5

工址設計反應譜參數

☒ 一般工址 ☐ 臺北盆地微分區

短週期設計水平譜加速度係數 S_{DS} 0.77

一秒週期設計水平譜加速度係數 S_{D1} 0.64

轉角週期(短週期及中長週期之分界) T_o (s)

☒ 一般震區與臺北盆地 ☐ 近斷層區域

垂直與水平向設計譜加速度係數比值 b 0.5

反應譜係數 C_i 之決定

☐ 使用者保守取 S_{DS}

☐ 使用者自訂衝擊模態週期 T_i (s)

☒ 程式計算衝擊模態週期 T_i

SAP2000介接輸出

Pi衝擊模態力輸出代碼 P_{ix2} 元素定義檔案選取

Pc對流模態力輸出代碼 P_{cx2}

開啟輸出資料夾

計算書輸出檔名 RecTangleCalculationReport

水壓計算

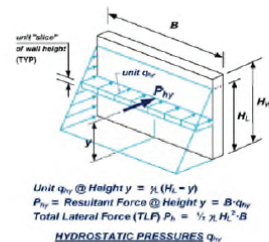
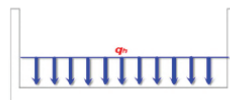
圖 8 動態水壓分析程式之參數設定介面

●池壁載重分布

◎靜液壓

$$q_{hy} = \gamma_L (H_L - y) = 4.7-1z \text{ tonf/m}^2$$

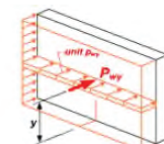
$$q_h = 4.700 \text{ tonf/m}^2$$



◎壁體慣性壓

$$p'_w = \frac{P'_w}{B} = 0.654 \text{ tonf/m}$$

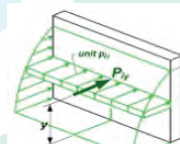
$$p_{wy} = \frac{P'_w}{BH_w} = 0.119 \text{ tonf/m}^2$$



◎液體衝擊模態壓

$$P_{iy} = \frac{P_i}{2} \cdot \frac{1}{H_L^2} \left[4H_L - 6h_i - (6H_L - 12h_i) \cdot \frac{y}{H_L} \right] = 24.3448-4.4398z \text{ tonf/m}$$

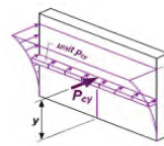
$$p_{iy} = \frac{P_{iy}}{B} = 2.4345-0.444z \text{ tonf/m}^2$$



◎液體對流模態壓

$$P_{cy} = \frac{P_c}{2} \cdot \frac{1}{H_L^2} \left[4H_L - 6h_c - (6H_L - 12h_c) \cdot \frac{y}{H_L} \right] = 4.3875+0.2811z \text{ tonf/m}$$

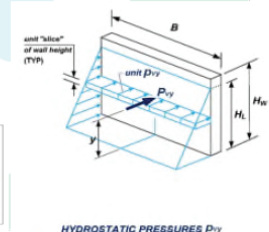
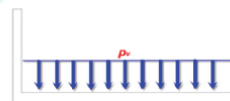
$$p_{cy} = \frac{P_{cy}}{B} = 0.4388+0.0281z \text{ tonf/m}^2$$



◎垂直地震力引致之靜液壓

$$p_{vy} = u_v q_{hy} = 1.2065-0.2567z \text{ tonf/m}^2$$

$$P_{vy\text{池底}} = \gamma_L H_L C_I I \left(\frac{b}{3.25} \right) = 0.8352 \text{ tonf/m}^2$$



◎底板水壓

$$P_{bi} = \frac{M_i}{I} x = 0.124 \cdot x \text{ tonf/m}^2 \text{ (液體衝擊模態力)}$$

$$M_i = P_i (h'_i - h_i) = 826.58 \text{ tonf} \cdot \text{m}$$

$$P_{bc} = \frac{M_c}{I} x = 0.0554 \cdot x \text{ tonf/m}^2 \text{ (液體對流模態力)}$$

$$M_c = P_c (h'_c - h_c) = 369.50 \text{ tonf} \cdot \text{m}$$

$$I = \frac{BL^3}{12} = 6666.7 \text{ m}^4$$

斗南淨水場清水池-水體2
第4頁

圖 9 動態水壓分析程式之計算書輸出(部分)

須就水體進行分割，而作用於不同水體區塊前後池壁或導流牆的衝擊、對流模態水壓，均須一一計算，更是重複、繁瑣但無可省略的必要程序。

職是之故，本研究在修訂新版規範(草案)的同時，也開發了一個可廣泛用於矩形、圓形水池動態水壓計算的分析程式，可確保計算結果的正確性，並有效減輕水池結構耐震設計的工作負荷。茲以矩形水池為例，參數設定介面如圖 8 所示，使用者輸入水池基本資料，包含尺寸參數、材料參數、工址設計反應譜參數、水池重要性因子、池壁反應修正係數之後，程式可輸出計算書如圖 9 所示。本分析程式與目前普遍使用的 SAP2000 結構分析軟體相容，凡以 SAP2000 建立的水池結構有限元素模型，均可透過本分析程式，將衝擊、對流模態的分布壓力結果介接、設定予有限元素模型的正確元素上，供後續耐震設計使用。

八、結語

本文簡述新版「自來水池狀結構耐震設計規範條文及解說(草案) 中華民國 114 年 8 月版」(台灣自來水公司，2025)中，關於液體載重的重要修訂內容，包含衝擊模態反應修正係數的調整，設計高架水塔時如何決定模態週期，作用於底板的衝擊、對流模態水壓分布，液面最大晃動高度的新公式，以及新版 ACI 350.3-20 針對頂板高度不足提出的新的耐震分析條件等。

本研究也開發了一個計算水池內動態水壓的分析程式，相容於 SAP2000 結構分析軟體，供水池結構耐震設計之用，可保證計

算結果正確性並減輕繁複的設計工作負荷。

參考文獻

- 1.ACI (American Concrete Institute), 2006, ACI 350.3-06 Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures and Commentary.
- 2.ACI (American Concrete Institute), 2010, ACI Subcommittee 350-F Seismic Provisions Minutes of Meeting, October 26, Pittsburgh, PA.
- 3.ACI (American Concrete Institute), 2020a, ACI 350-20 Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures and Commentary.
- 4.ACI (American Concrete Institute), 2020b, ACI 350.3-20 Code Requirements for Seismic Analysis and Design of Liquid-Containing Concrete Structures and Commentary.
- 5.Calvi, G. M. and Nascimbene, R., 2023, Seismic Design and Analysis of Tanks, John Wiley & Sons, Inc.
- 6.Douglass, S. L., Chen, Q. J. and Olsen, J. M., 2006, "Wave Forces on Bridge Decks," Coastal Transportation Engineering Research & Education Center, Department of Civil Eng., University of South Alabama, Mobile, AL, June.
- 7.Housner, G. W., 1963, "Dynamic Pressure on Fluid Containers," Technical Information Document (TID) 7024, Chapter 6 and Appendix F, U.S. Atomic Energy Commission.
- 8.中國土木水利工程學會，2023，「混凝土工程設計規範與解說(土木401-112)」。
- 9.台灣自來水公司，2018，「自來水池狀結構耐震設計規範(2/2)」委託專業服務案成果報告書(定稿本)，台中。
- 10.台灣自來水公司，2025，「自來水池狀結構耐震設計規範條文及解說(草案) 中華民國114年8月版」，台中(即出)。

11.陳榮藏，1985，「水池設計(一) 矩形鋼筋混凝土水池」，台灣省自來水公司，台中。

12.陳榮藏，1986，「水池設計(二) 無預力圓形鋼筋混凝土水池」，台灣省自來水公司，台中。

作者簡介

劉季宇先生

現職：國家地震工程研究中心震災模擬組組長

專長：地震工程、風險評估、維生管線分析與試驗

陳世良先生

現職：國家地震工程研究中心震災模擬組副技術師

專長：應用程式開發、地理資訊系統

張民豈先生

現職：台灣自來水公司北區工程處副處長

專長：自來水工程、建築及橋梁結構設計

鄭格浩先生

現職：台灣自來水公司供水處副處長

專長：自來水工程、土木工程、大地工程

李鴻誠先生

現職：台灣自來水公司研訓整合推動小組工程師

專長：自來水工程、土木工程、結構工程

2024 國際水價現況解析

文/周國鼎

摘要

行政院長卓榮泰在 114 年元月表示「水價是國家跟人民必須勇敢面對的問題，我希望經濟部啟動合理地檢討，適時提出報告。」

根據國際水協會(IWA)於 2024 年 8 月收集公布之 39 個國家、245 個城市之家戶用水資料，以家戶全年使用 200 度水之水費為比較基準，臺灣有三項倒數第 1 名，分別是臺灣的「水費負擔率」在所有國家中排名倒數第 1 名，還有各國首府中臺北市的水價及「水費負擔率」皆是倒數第 1 名。

若僅就單位平均水價之高低，來評定水價廉價與否，對於世界各國不盡相同的國民所得及國民生產毛額而言，顯得有失公允。為求公平合理的水價比較，本研究以「水費負擔率」來比較各地區間的水價。

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

關鍵字：自來水價格、水費負擔率、人均用水量

一、前言

行政院長卓榮泰在 114 年元月表示「水價是國家跟人民必須勇敢面對的問題，我希望經濟部啟動合理地檢討，適時提出報告。」外傳台水公司可能會針對用水大戶調漲水價，級距從 4 級拉高到 7 級，以平均水價來說平均漲幅約 4 成。如以台水 112 年單位給

水售價 11.06 元，漲幅 4 成計，調整後水價為 15.48 元，僅占全世界平均水價 40.98 元之 38%。也就是說，台水即使調漲水價 4 成後，仍不及世界平均水價之 4 成。

台灣自來水股份有限公司之自來水價格自民國 83 年凍漲迄今已 31 年，自來水價格應不應該合理調整以反映成本，應有理性討論之空間。

雲端資料中心國際大廠紛紛來臺，谷歌(Google)自 101 年於彰化縣興建第 1 座雲端資料中心以來，陸續分別於臺南市、雲林縣建置之臺灣的第 2 座及第 3 座雲端資料中心，這也讓臺灣的雲端資料中心成為谷歌在亞洲地區投資額度最高者。除了谷歌外，另一家雲端大廠的微軟(Microsoft)，也把資料中心落地臺灣，預計將耗資 13 億美元，是微軟歷年來在臺灣的最大一筆投資。

谷歌早在 96 年時便提出在亞洲地區興建雲端資料中心的計畫，雖然當時日本、韓國及我國三地政府均積極爭取，谷歌最終還是選擇以臺灣及新加坡分別作為北亞資料中心及東南亞資料中心的所在地。而選擇臺灣的部分考量因素是因為基礎設施、土地、水、電等費用相較低廉。

雲端資料中心不僅因運作需要使用大量電力，為了冷卻資料中心的伺服器使其能正常運作，所使用的空調系統也會消耗電力，因此雲端資料中心被冠上了「吃電怪獸」的罪名。可是為什麼雲端資料中心也會需要

用到大量水資源？

根據雲端資料中心專業人士指出，水資源和能源用量呈現反向關係，美國國家再生能源實驗室(NREL)首席工程師范吉特說「如果用水量下降，能源消耗就會增加，反之亦然。」谷歌的環境報告中也指出，該公司使用「蒸發冷卻法」，透過讓水蒸發的方式來冷卻堆放在資料中心內處理器周圍的空氣。相較於常見的電腦機房空調系統，蒸發冷卻法耗用的能源較少，卻會用掉更多的水。

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

我國主要 2 個自來水事業機構之一的台灣自來水股份有限公司（以下簡稱台水公司），其自來水價格自民國 83 年凍漲迄今已 31 年。雖然臺北自來水事業處（以下簡稱北水處）從 105 年 3 月起實施新水價，惟新水價調整原則是基本費不漲、擴大用水費差別費率，平均每月用水量 20 度以下者則完全不調整，因此當年實際受影響用水戶僅 57.4 萬戶，約占全國用水戶數之 6.44%。

根據台水公司 112 年統計年報，該公司 112 年度之單位給水售價為每度（註：1 度＝1 立方公尺＝1,000 公升）11.06 元，平均單

位成本為 12.91 元，也就是售價甚至較成本為低，給水投資報酬率為-2.33%，較經濟部之法定給水投資報酬率 5%-9%相差甚多。

雖然要訂定合理之自來水價格並不容易，不過藉著國際水協會(IWA)於 2024 年所公布世界各國家戶用水資料之時機，讓社會大眾了解國際間之水價概況，並將臺灣地區現有水價與世界各國作各種面向之比較，有助於釐清水價之相關問題。

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

二、國際自來水費用資料

(一)資料來源

國際水協會「統計及經濟專家小組」於 2024 年 8 月在加拿大多倫多召開之世界水務雙年會，公布世界各國用水戶之水服務費用調查資料，相關費用均以美元計算，匯率則是依照 2023 年 12 月 31 日者（1 美元＝30.7127 元新臺幣）。

(二)資料範圍

本次國際水協會公布之水服務費用調查資料包括自來水及污水之相關費用，其中與自來水有關項目包括自來水「固定費用」、自來水「變動費用」、「其他費用」及「營業稅」等 4 項。由於本文意旨在分析國際自來水價格現況，本文僅將與自來水相關項目者納入計算，包括自來水「固定費用」、自來水「變動費用」及「營業稅」。其他隨水費徵收者如「污水下水道使用費」、「污水

處理費」、「一般廢棄物清除處理費」及「水源保育與回饋費」等費用，則不列入計算。

該水服務費用調查資料範圍涵蓋 39 個國家（或地區）及 245 個當地主要城市，代表我國家戶用水服務費用資料之城市為臺北市及高雄市，其自來水相關費用則分別代表北水處及台水公司之水費。

前述 39 個國家（或地區）之水服務費用調查資料中，包括澳門及我國代表城市之平均水價均較實際狀況明顯偏高，極不合理。依據該調查資料，如以每家戶每年使用 200 度來計算平均水價，澳門、臺北市、高雄市者分別是每度 104.30 元、13.15 元及 15.56 元，這些明顯不合理數據有必要予以適當修正。

本研究所採用澳門之平均水價係依照「澳門自來水公司」公布數據計算而得，修正水價依序為 19.50 元。臺北市及高雄市之平均水價則分別依據《112 年臺北自來水事業統計年報》及《112 年台灣自來水事業統計年報》之相關數據統計而得，依序是 10.43 元及 10.56 元。

(三)人均用水量（公升／人／日）

平均每人每日用水量(LPCD)稱之為「人均用水量」，單位以公升計。如以國際水協會本次公布數據（2020 年者），我國平均每戶 2.64 人來計算，每家戶每年使用 100 度的自來水量代表人均用水量為 104 公升，200 度者則代表人均用水量為 208 公升，二者均遠低於我國的實際人均用水量 287 公升(112 年)。

本次國際水協會所公布資料也包括 203

個城市的 2024 年人均用水量數據。人均用水量最高者為美國丹佛市之 547 公升；最低者為位於非洲國家肯亞 Muranga 之 14 公升；全球 145 個城市之平均值則為 134.9 公升。

(四)「200 度／戶／年」之水費為比較基礎

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

(五)平均每人國內生產毛額

往年國際水協會「統計及經濟專家小組」公布各國用水戶之水服務費用調查資料時，會附上該國「平均每人國內生產毛額」（GDP per capita，又稱「人均 GDP」）之數據，其人均 GDP 係採「購買力平價」（簡稱 PPP）者，數據則取自美國中央情報局(CIA)所調查者。本次國際水協會所公布者並無提供人均 GDP 資料，且美國中央情報局網站之數據過於老舊，惟為進行相關之分析比較，本研究將採用世界銀行 2023 年之統計資料。惟該統計資料並無當年臺灣之數據，因此臺灣者將採用則取自 World Economics 網站所提供臺灣 2023 年者。

「購買力平價」又稱「相對購買力指標」，是一種根據各國不同的價格水平計算出來的貨幣之間的等值係數，使我們能夠在經濟學上對各國的國內生產總值進行合理比較，這種理論匯率與實際匯率可能有很大的差距。《經濟學人》雜誌所創的「大麥克指數」就是經常被用來評量購買力平價的簡

單例子，如果一個大麥克在美國的價格是 6 美元，而在英國是 5 英鎊，那麼在美國 6 美元的購買力就相當於在英國的 5 英鎊，其購買力平價匯率就是 5 英鎊= 6 美元。

三、分析討論方法

(一)計算單位水價

依據國際水協會於 2024 年 8 月公布世界各國（或地區）主要城市家戶每年用水 200 立方公尺（度）之自來水費用（以美元計）調查資料，分別計算出各國（或地區）主要城市單位水價及各國（或地區）平均水價，再根據 2023 年 12 月 31 日美元匯率（1 美元兌換新臺幣 31.953 元），換算成以新臺幣計之單位水價。

1.各國（或地區）主要城市單位水價

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

(1)我國主要城市單位水價計算方式

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

2.各國（或地區）單位水價

各國單位水價以所涵蓋城市之單位水價加總平均後得之。

3.各國（或地區）首府單位水價

本次國際水協會公布之自來水費用調查資料也包括 27 個國家（或地區）首府之

家戶每年用水 200 立方公尺（度）自來水費用（以美元計），其中包括我國臺北市者。各國（或地區）首府單位水價計算方式比照各國主要城市單位水價者。

(二)計算「水費負擔率」

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

定義：水費負擔率=200 度之自來水費用÷人均 GDP

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

1.各國（或地區）主要城市「水費負擔率」

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

2.各國（或地區）平均「水費負擔率」

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

3.各國首府「水費負擔率」

各國（或地區）首府「水費負擔率」計算方式比照各國主要城市「水費負擔率」者。

表 1 每月用水量 16.66 度之年度計費統計表

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

(三)討論項目

將各城市水價、水費負擔率及各國（或地區）人均 GDP 值，以各國（或地區）國名英文字母依序列冊（詳見附表），再就各種面向將我國 2 個代表城市（臺北市及高雄市）之自來水價格與世界其他 39 個國家（或地區）及 245 個城市者加以比較分析，以進一步了解國際水價之現況與趨勢。分析比較之項目包括：

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

四、分析討論

國際水協會所提供自來水費用調查資料，可供比較之資料範圍涵蓋共 39 個國家（或地區）及 245 個當地主要城市，本文將分別以「城市」、「國家」及「首府」之區別，

進行分析討論自來水價格相關面向。

(一)各國（或地區）主要城市單位水價（詳見附表）

- 1.各國（或地區）主要城市單位水價之排名
 - 最高之城市為瑞典哥特堡，每度水價為 142.18 元。
 - 最低之城市為印度孟買（第 245 名），每度水價為 1.93 元。
 - 各國主要城市自來水價格之平均值為每度 44.69 元。
 - 臺北市及高雄市之水價在 245 個城市中分別排名第 238 名及 237 名，也就是倒數第 8 名及倒數第 9 名。平均每度水價分別是 10.43 元及 10.56 元，低於 96%以上之城市，約僅占有所有 245 個城市平均水價 44.69 元之 23%。
 - 亞洲國家（或地區）主要城市之日本東京第 165 名（30.65 元）、仙台第 99 名（47.01 元）、札幌第 135 名（39.09 元）；韓國首爾第 233 名（12.43 元）、釜山第 204 名（20.72 元）；香港第 213 名（17.50 元）；澳門第 209 名（19.50 元）；印度 Hyderabad 第 243 名（5.40 元）、孟買第 245 名（1.93 元）；蒙古 Erdenet 第 222 名（15.91 元）。總計，

亞洲國家（或地區）僅日本、韓國、香港、澳門、印度、蒙古及我國的部分城市列入本次國際水協會每年家戶用水量 200 度者之統計，該地區水價最高之城市為日本仙台；最低者為印度孟買。

2.各國（或地區）主要城市水費負擔率之排名

- 最高之城市為非洲國家盧安達首都 Kigali 之 4.015%。
- 最低之城市為斯洛伐克之 Trnava，比值為 0.100%。
- 各國主要城市家戶水費負擔率之平均值為 0.719%。
- 臺北市及高雄市之水費負擔率在 245 個城市中分別排名第 243 名及 242 名，也就是倒數第 3 名及倒數第 4 名，分別是 0.103% 及 0.105%，僅約占有所有 245 個城市平均水費負擔率 0.719% 之 14%。

- 亞洲國家（或地區）主要城市之日本東京排名第 190 名(0.398%)、仙台第 114 名(0.610%)、札幌第 160 名(0.507%)；韓國之首爾第 238 名(0.150%)、釜山第 222 名(0.250%)；香港第 236 名(0.159%)；澳門第 241 名(0.112%)；印度孟買第 240 名(0.123%)、Hyderabad 第 204 名(0.346%)；蒙古 Erdenet 第 131 名(0.572%)。

(二)各國（或地區）平均水價

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

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

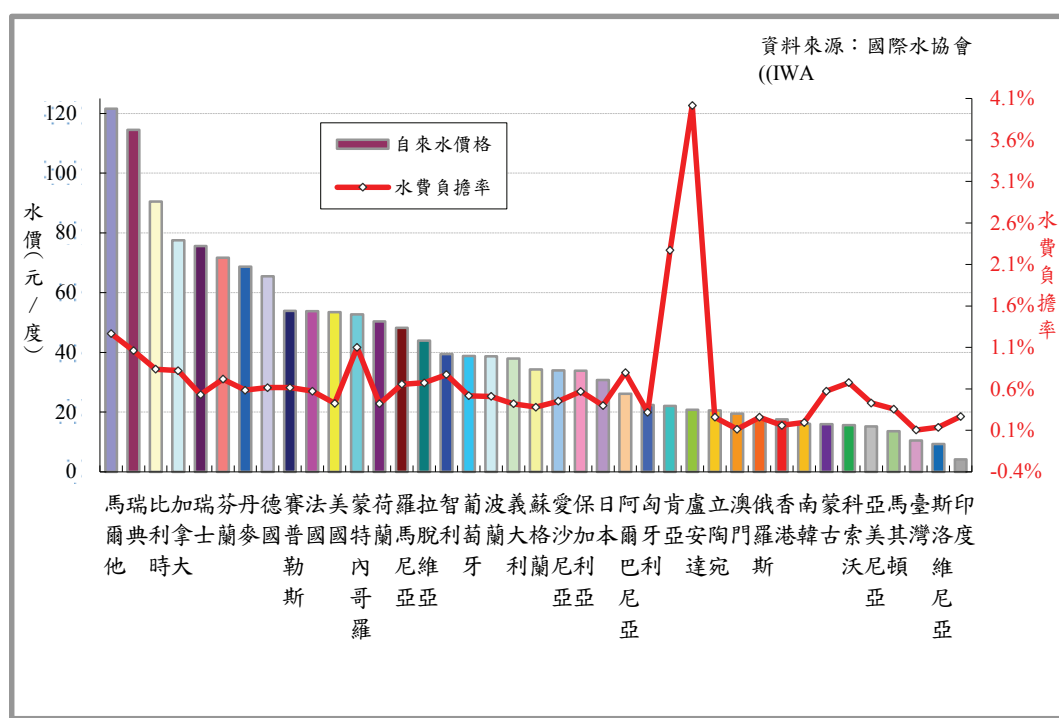


圖 1 各國家戶自來水平均水價及水費負擔率



表 2 各國（或地區）家戶自來水平均水價統計表（依英文字母排序）

資料來源：國際水協會(IWA) 製表人：周國鼎

項次	國家 (英文)	國家 (中文)	人均 GDP (美元)	個人 GDP 排名	平均水價 (新臺幣/度)	平均水價 排名	水費負擔率	水費負擔率 排名
1	Albania	阿爾巴尼亞	21,395	35	26.12	24	0.795%	8
2	Armenia	亞美尼亞	23,055	34	15.22	35	0.430%	24
3	Belgium	比利時	70,456	7	90.45	3	0.836%	6
4	Bulgaria	保加利亞	38,690	30	33.83	22	0.569%	19
5	Canada	加拿大	61,582	13	77.45	4	0.819%	7
6	Chile	智利	33,285	31	39.42	16	0.771%	9
7	Cyprus	賽普勒斯	57,101	17	53.93	9	0.615%	15
8	Denmark	丹麥	76,688	5	68.75	7	0.584%	16
9	Estonia	愛沙尼亞	48,992	22	33.97	21	0.451%	23
10	Finland	芬蘭	65,061	11	71.68	6	0.717%	10
11	France	法國	61,157	14	53.83	10	0.573%	17
12	Germany	德國	69,338	9	65.53	8	0.615%	14
13	Hong Kong, China	香港	71,482	6	17.50	31	0.159%	36
14	Hungary	匈牙利	45,942	25	22.38	25	0.317%	31
15	India	印度	10,176	38	4.17	39	0.267%	32
16	Italy	義大利	58,755	16	37.91	19	0.420%	26
17	Japan	日本	50,207	20	30.69	23	0.398%	28
18	Kenya	肯亞	6,324	39	22.06	26	2.271%	2
19	Kosovo	科索沃	15,029	37	15.58	34	0.675%	11
20	Latvia	拉脫維亞	42,501	29	43.96	15	0.674%	12
21	Lithuania	立陶宛	51,877	19	20.54	28	0.258%	34
22	Macao, China	澳門	113,183	1	19.50	29	0.112%	38
23	Macedonia	馬其頓	24,873	33	13.58	36	0.356%	30
24	Malta	馬爾他	62,446	12	121.62	1	1.268%	3
25	Mongolia	蒙古	18,108	36	15.91	33	0.572%	18
26	Montenegro	蒙特內哥羅	31,216	32	52.71	12	1.099%	4
27	Netherlands	荷蘭	78,215	4	50.35	13	0.419%	27
28	Poland	波蘭	49,464	21	38.69	18	0.509%	22
29	Portugal	葡萄牙	48,759	23	38.74	17	0.517%	21
30	Romania	羅馬尼亞	47,903	24	48.27	14	0.656%	13
31	Russia	俄羅斯	44,104	28	17.51	30	0.259%	33
32	Rwanda	盧安達	3,361	40	20.72	27	4.015%	1
33	Scotland	蘇格蘭	58,906	15	34.33	20	0.379%	29
34	Slovakia	斯洛維尼亞	44,650	27	9.31	38	0.136%	37
35	South Korea	南韓	54,033	18	16.05	32	0.193%	35
36	Sweden	瑞典	70,207	8	114.45	2	1.062%	5
37	Switzerland	瑞士	92,980	2	75.55	5	0.529%	20
38	Taiwan	臺灣	65,746	10	10.50	37	0.104%	39
39	USA	美國	81,695	3	53.52	11	0.427%	25
-	-	平均 人均 GDP	50,486	平均水價 (新臺幣/度)	40.93	平均水費負擔率	0.662%	-

1.各國（或地區）平均水價之排名

- 最高之國家（或地區）為馬爾他，平均每度水價為 121.62 元。
- 最低之國家（或地區）為印度，平均每度水價為 4.17 元。
- 各國（或地區）自來水價格之平均值為每度新臺幣 40.93 元。
- 在 39 個國家（或地區）中，臺灣平均每度水價為 10.50 元，排名第 37 名（倒數第 3 名），僅有印度及斯洛伐克者較臺灣為低，僅占各國（或地區）單位水價平均值 40.93 元之 26%。
- 亞洲國家（或地區）之日本排名第 23 名（30.69 元）；韓國第 32 名（16.05 元）；香港第 31 名（17.50 元）；澳門第 29 名（19.50 元）；印度第 39 名（4.17 元）；蒙古第 33 名（15.91 元）。

2.各國（或地區）平均水費負擔率之排名

- 最高之國家為盧安達，平均值為 4.015%。
- 最低之國家（或地區）為臺灣，比值為 0.104%。
- 各國水費負擔率的平均值為 0.662%。
- 亞洲國家（或地區）之日本水費負擔率平均值排名第 28 名(0.398%)；韓國第 35 名(0.193%)；香港第 36 名(0.159%)；澳門第 38 名(0.112%)；印度第 32 名(0.267%)；蒙古第 18 名(0.572%)。

(三)各國（或地區）首府單位水價

本次國際水協會所公布資料也包括 37 個國家（或地區）首府之家戶自來水費用，將該 29 個首府之人均 GDP 值、自來水價格及其水費負擔率，依照英文國名（或地區名）之字母順序製表如表 3；另依照平均水價之高低順序及對應之水費負擔率繪圖如圖 2。

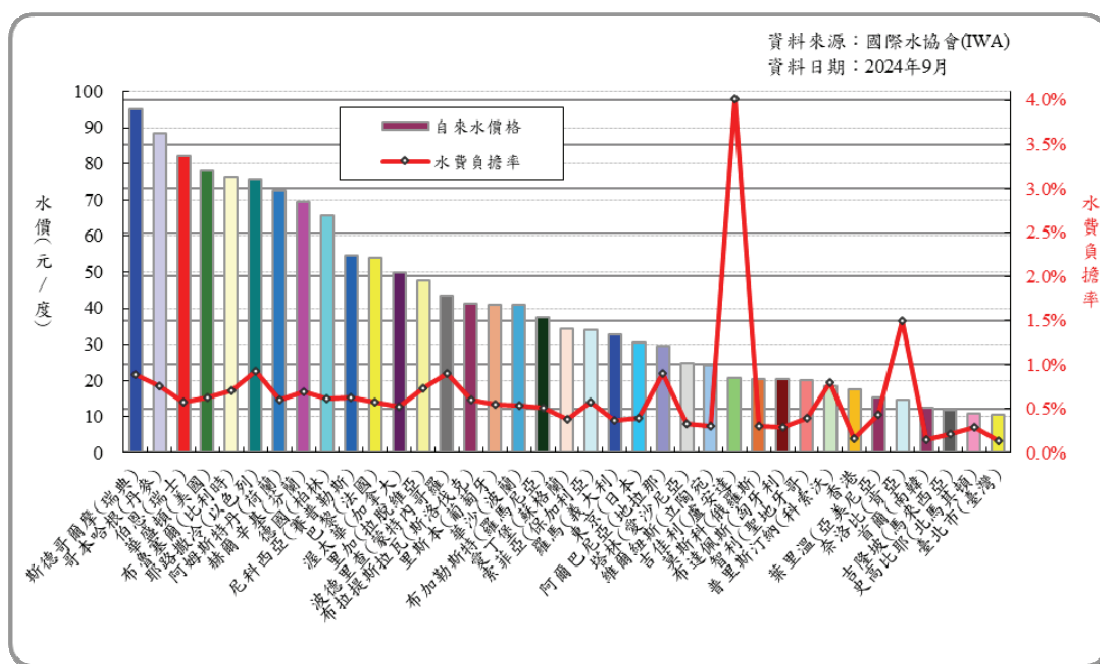


圖 2 各國（或地區）首府家戶自來水平均水價及水費負擔率

表 3 各國（或地區）首府家戶自來水價格統計表

資料來源：國際水協會(IWA) 製表人：周國鼎

項次	國家 (英文)	國家 (中文)	首府	人均 GDP (美元)	個人 GDP 排名	平均水價 (新臺幣/度)	平均水價 排名	水費 負擔率	水費負擔率 排名
1	Albania	阿爾巴尼亞	Tirana	21,395	34	29.55	23	0.899%	5
2	Armenia	亞美尼亞	Yerevan	23,055	33	15.22	32	0.430%	24
3	Belgium	比利時	Brussels	70,456	6	76.55	5	0.708%	10
4	Bulgaria	保加利亞	Sofia	38,690	28	33.83	20	0.569%	19
5	Canada	加拿大	Ottawa	61,582	11	49.78	12	0.526%	22
6	Chile	智利	Santiago	33,285	30	19.97	29	0.391%	26
7	Cyprus	賽普勒斯	Nicosia	57,101	15	54.55	10	0.622%	12
8	Denmark	丹麥	Copenhagen	76,688	4	88.57	2	0.752%	8
9	Estonia	愛沙尼亞	Tallinn	48,992	21	24.79	24	0.329%	29
10	Finland	芬蘭	Helsinki	65,061	10	69.44	8	0.695%	11
11	France	法國	Paris	61,157	12	53.93	11	0.574%	18
12	Germany	德國	Berlin	69,338	8	65.53	9	0.615%	14
13	Hong Kong	香港	Hong Kong	71,482	5	17.50	31	0.159%	35
14	Hungary	匈牙利	Budapest	45,942	24	20.32	28	0.288%	32
15	Israel	以色列	Jerusalem	53,434	17	75.62	6	0.922%	3
16	Italy	義大利	Rome	58,755	14	32.67	21	0.362%	28
17	Japan	日本	Tokyo	50,207	19	30.65	22	0.398%	25
18	Kenya	肯亞	Nairobi	6,324	36	14.58	33	1.502%	2
19	Kosovo	科索沃	Phrishtina	15,029	35	18.34	30	0.794%	7
20	Latvia	拉脫維亞	Riga	42,501	27	47.66	13	0.730%	9
21	Lithuania	立陶宛	Vilnius	51,877	18	24.09	25	0.302%	30
22	Macedonia	馬其頓	Skopje	24,873	32	10.91	36	0.286%	33
23	Malaysia	馬來西亞	Kuala Lumpur	37,248	29	11.93	35	0.208%	34
24	Montenegro	蒙特內哥羅	Podgorica	31,216	31	43.36	14	0.905%	4
25	Netherlands	荷蘭	Amsterdam	78,215	3	72.52	7	0.604%	15
26	Poland	波蘭	Warsaw	49,464	20	40.83	17	0.538%	21
27	Portugal	葡萄牙	Lisbon	48,759	22	41.03	16	0.548%	20
28	Romania	羅馬尼亞	Bucharest	47,903	23	37.51	18	0.510%	23
29	Russia	俄羅斯	Moscow	44,104	26	20.45	27	0.302%	31
30	Rwanda	盧安達	Kigali	3,361	37	20.72	26	4.015%	1
31	Scotland	蘇格蘭	Edinburgh	58,906	13	34.33	19	0.379%	27
32	Slovakia	斯洛維亞	Bratislava	44,650	25	41.30	15	0.602%	16
33	South Korea	南韓	Seoul	54,033	16	12.43	34	0.150%	36
34	Sweden	瑞典	Stockholm	70,207	7	94.99	1	0.881%	6
35	Switzerland	瑞士	Bern	92,980	1	82.25	3	0.576%	17
36	Taiwan	臺灣	Taipei	65,746	9	10.43	37	0.130%	37
37	U.S.A.	美國	Washington D.C.	81,695	2	77.98	4	0.622%	13
—	—	平均 人均 GDP		50,154	平均水價 (新臺幣/度)	40.98	平均水費 負擔率	0.644%	—

1.各國（或地區）首府單位水價之排名

- 水價最高之首府為瑞典斯德哥爾摩，平均每度水價為 94.99 元。
- 水價最低之首府為臺灣之臺北市，每度水價為 10.43 元。
- 各國首府自來水價格之平均值為每度 40.98 元。
- 亞洲國家（或地區）之日本東京自來水價格排名第 22 名（30.65 元）；韓國首爾第 34 名（12.43 元）；香港第 31 名（17.50 元）；馬來西亞吉隆坡第 35 名（11.93 元）。

2.各國（或地區）首府水費負擔率之排名

- 水費負擔率最高之首府為非洲國家的盧安達 Kigali，比值為 4.015%。
- 水費負擔率最低之首府為我國之臺北市，比值為 0.130%。
- 各國首府水費負擔率之平均值為 0.644%。
- 亞洲國家（或地區）之日本東京水費負擔率排名第 25 名（0.398%）；韓國首爾第 36 名（0.150%）；香港第 35 名（0.159%）；馬來西亞吉隆坡第 34 名（0.208%）。

(四)人均用水量與水費負擔率

本次國際水協會所公布的資料，包括世界上 203 個城市之 2022 年人均用水量，其中最高者為美國丹佛市，高達每日 547 公升；最低者為非洲國家肯亞的 Muranga，每日只有 14 公升；該 203 個城市之平均值則為 134.9 公升。我國的臺北市人均用水量為 336 公升，高雄市則為 280 公升，在 145 個城市中排名分別是高居第 4 名及第 6 名，顯示我國

家戶用水有高度浪費之虞。

為觀察「水費負擔率」與「人均用水量」之關係，取本次國際水協會公布 245 個城市的水服務費用及其人均用水量，二者予以對照比較。渠等城市大部份僅有水服務費用資料，而無 2022 年人均用水量資料者，則擇其往年可取得之最新數據代之。以此作法，該 245 個城市中共有 206 個城市二者數據皆具。將此 206 個城市之「人均用水量」由高而低排列，再將其「水費負擔率」對應繪圖如附圖。由該圖可發現，隨著「水費負擔率」上升，「人均用水量」有逐漸下降的趨勢。換言之，「水費負擔率」愈低的地方，其「人均用水量」就愈高。因此，政府相關機關如要降低「人均用水量」，並提高用水效率，捷徑之一就是適當調高自來水的價格。

(五)家庭用水費占消費支出比率

根據行政院主計總處及台水公司公布之統計資料，將近 10 年（103 年至 112 年）之我國「人均 GDP」、「平均每戶消費支出」及「家庭用水費占消費支出比率」彙整編製成表 4。

由該表可發現，該期間我國人均 GDP 由 22,874 美元成長至 32,442 美元，成長率為 42%；平均每戶消費支出則由新臺幣 75.5 萬元上升至 86.1 萬元，成長率為 14%，惟同期間之家庭用水費占消費支出比率卻由 0.32% 下降至 0.28%。

我國 112 年家庭用水費占消費支出比率為 0.28%，與世界衛生組織認定合理的比率為 2%至 4%差距頗大。我國在人均 GDP 及平



表 4 我國家庭用水費占消費支出比率統計表

年度	人均 GDP (美元)	平均每戶消費支出 (萬元新臺幣/年)	家庭用水費占消費支出比率 註 ³
103	22,874	75.5	0.32%
104	22,780	76.0	0.32%
105	23,091	77.7	0.31%
106	25,121	81.1	0.30%
107	25,901	81.1	0.30%
108	25,998	82.9	0.30%
109	28,705	81.5	0.31%
110	33,111	81.5	0.30%
111	32,827	83.5	0.29%
112	32,442	86.1	0.28%

註 1：中華民國統計資訊網「國民所得統計常用資料」

註 2：中華民國統計資訊網-主計總處統計專區家庭收支調查統計表「第十表 - 可支配所得、消費支出及儲蓄」

註 3：台灣自來水公司「每戶（每人）每月水費及每戶家庭每年水費占消費支出比率」

均每戶消費支出逐年成長下，每戶每年自來水費負擔占消費支出比率倒是不增反減，不僅無法維持原有已不合理之極低比率，遑論要達到世界衛生組織所認定之標準。

五、結論

(一)我國水價明顯偏低

台水公司自來水價格已 31 年未曾調整，相較世界各國，不論是歐美先進國家，或亞洲鄰近國家，我國自來水價格已明顯不合理之偏低。根據國際水協會(IWA)於 2024 年 8 月收集公布之 39 個國家（或地區）、245 個城市之家戶用水資料，以家戶全年使用 200 度水之水費為比較基準，臺灣有三項倒數第 1 名，分別是臺灣的「水費負擔率」在所有國家中排名倒數第 1 名，還有各國首府中臺北市的水價及「水費負擔率」皆是倒數第 1 名，這些都是我國水價過低的明顯例證。

(二)水價高低攸關用水效率

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

雖然立法院已於 105 年 5 月 6 日三讀通過《水利法》第 84 條之一修正案，開徵耗水費，以鼓勵節約用水。惟耗水費僅針對月用水量超過 1,000 度的大戶收取，而且並非所有業別一視同仁全面收取，機關、學校、醫院、集合住宅（總表戶）及農業用戶暫不開徵，實際開徵用戶數僅約 5,856 戶，而光北水處與台水公司之用戶，合計就超過 945 萬戶（112 年）。因此，開徵耗水費對於鼓勵民眾節約用水之影響力有限。

(三)水價訂定應高於廢水回收之成本

水價過低，對於工業界回收再利用水資源之推動也毫無誘因，因為臺灣之自來水價

格遠低於工業界自行建置回收再利用系統之成本。如要對工業界回收廢水產生誘因，未來自來水水價訂定必須高於廢水回收再生所需的成本。

(四)低水價政策不利水科技產業發展

以色列與新加坡因為面臨水資源匱乏之危機，政府充分反映自來水成本，實施調高水價政策（以色列水價 41.3 元(2020)、新加坡 40.0 元(2022)），不僅有效鼓勵節約用水，且因此造就內需之水科技商機，創造無數的就業機會。此外，渠等國家並將此引以為傲的水科技產業行銷全球，賺取外匯，巧妙的將危險轉化為機會。反觀我國因為水、電和油價已成民粹，無法形成臺灣工業和科技轉型的動力。

(五)高耗水業不應是我國歡迎之投資類型

許多外商來臺投資著眼於我國水、電價格低廉，因此投資案多是屬於高耗水、耗電者，例如某國際科技大廠在臺設置雲端運算中心即屬之。此類利用我國不合理偏低的水電價格政策，變相由我國稅收補貼獲利者，在我國合理調整水價政策前，不應該是我國所歡迎之投資類型。

根據谷歌環境報告，谷歌為了讓資料中心內的處理器降溫，採用了「蒸發冷卻法」，對於一般常用的空調系統，該方法消耗的能源會比較少，不過會耗費更多的水量。

營利業者通常會選擇成本較低的方法，而不論在哪個國家，水比起電，通常是便宜許多。所以對於需要使用大量水資源的高科技大廠，臺灣不啻是最佳投資地點。

(六)水價偏低不符社會公平

低的水價除了使自來水事業機構之財

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

作者簡介

周國鼎先生

現職：環境部國家研究院環教認證中心主任

專長：國際水價、優養化參數、漏水防治、空污防制

集水區劃設自來水水質水量保護區之影響評析

文/楊銘賢

摘要

國內自來水取水口以上集水區，大多數都有依法劃設保護區，以管制水質水量來確保飲用水水質及集水區水資源涵養。自來水水質水量保護區劃設公告後，為達到水質水量管制目的，會依法有一些禁止與限制行為，由於法規條文錯綜複雜，本文以新竹關西淨水場取水口以上集水區為例，評析依自來水法劃設自來水水質水量保護區後之具體影響。

關鍵字：集水區，水質，水量，保護區

一、前言

依據內政部國土管理署環境敏感地區單一窗口查詢平台所載，目前國內約有 61 種環境敏感區，各有其管制目的、轄管機關及管制法條。為確保國人飲用水安全，包含水質與水量確保，通常於自來水取水口上游集水區，環境部會評估劃設並公告為飲用水水源水質保護區(或飲用水取水口一定距離範圍)，內政部會評估劃設並公告為家用或公共給水水庫集水區，經濟部則會評估劃設並公告為自來水水質水量保護區。三者的比較如表 1，其中，除了共同或相近的禁限項目外，飲用水水源水質保護區主要禁止工業區、新社區開發，相較於「自來水水質水量保護區」，禁止土石採取及採礦、採礦，而「自來水水質水量保護區」則主要管制項目

為因土石採取及採礦、採礦造成污染；「水庫集水區」中特定水土保持區禁止任何開發行為，非屬特定水土保持區而伐木、採礦、採礦、採取或堆積土石、開發建築用地、開發或經營遊憩與墳墓用地、處理廢棄物及為其他開發或利用行為者，應先徵得水庫管理機關之同意，並報經各該目的事業主管機關核准；「飲用水水源水質保護區」與「家用或公共給水水庫集水區」之限制與罰則均較「自來水水質水量保護區」嚴厲，且不若「自來水水質水量保護區」有補償與回饋機制。

目前國內主要約百餘處自來水地面取水口中，多數同時劃設為上述 3 種保護區，大多至少包含上述 1 至 2 種保護區，意即若非保護水量、保護水質，就是同時保護水質水量，以確保飲用水安全。而目前本文案例新竹關西淨水場則僅於取水口下游 400 公尺與上游 1 公里間河道劃設公告取水口一定範圍，進行水質管制，導致這個小範圍外緊鄰河岸邊即可見污染性工廠與畜牧場(如圖 1)。近年新竹鳳山溪上游偶出現水質呈現中度污染及超過飲用水水源水質標準現象，經地方環保局溝通，在地民意並無意願接受「取水口一定範圍」擴大為「飲用水水源水質保護區」來提高飲用水安全。本文則就法規面，彙整評析若依自來水法劃設「自來水水質水量保護區」，各層面可能的具體影響。

表 1 水質水量相關保護區主要差異比較表

主管機關&保護區全名	法規主要禁限項目	罰則概要	補償與回饋
經濟部 自來水水質 水量保護區	· 濫墾濫伐· 一定規模需環境影響評估 · 污染性工廠· 畜牧場· 高爾夫球場 · 因土石採取及採礦、採礦造成污染 · 二級環境敏感區	染污水質，經通知期限改善而屆期未改善者，處一年以下有期徒刑、拘役或罰金	均有
環境部 飲用水水源 水質保護區 (取水口一定範圍)	· 濫墾濫伐· 一定規模需環境影響評估 · 污染性工廠· 畜牧場· 高爾夫球場 · 土石採取及採礦、採礦 · 工業區、新社區開發 · 一級環境敏感區	違反規定，經通知而不遵行，處一年以下有期徒刑、拘役，得併科罰金	有補償
內政部 家用或公共 給水 水庫集水區	· 濫墾濫伐· 一定規模需環境影響評估 · 一級環境敏感區 · 特定水土保持區禁止任何開發行為 · 伐木、採礦、採礦、採取或堆積土石、開發建築用地、開發或經營遊憩與墳墓用地、處理廢棄物及為其他開發或利用行為者，應先徵得水庫管理機關之同意，並報經各該目的事業主管機關核准	導致水土流失，處六月以上五年以下有期徒刑，得併科罰金並得限期令其恢復原狀(未恢復得處六個月以下有期徒刑或拘役)	無



圖 1 鳳山溪上游河岸之工廠與畜牧場現況

二、法規的保障與限制

目前國內已公告之自來水水質水量保護區共 107 處，保護區範圍約占全國面積 25%。關西淨水場取水口集水區周邊亦緊臨板新給水廠、石門水庫、頭前溪水系水質水量保護區(如圖 2)。而集水區在沒有劃設水質水量相關保護區情況下，易使水污染風險提高、水資源涵養易遭忽略。

依據自來水法第 11 條，略為：自來水事業對其水源之保護，得視事實需要，申請主管機關會商有關機關，劃定公布水質水量保護區，依本法或相關法律規定，禁止或限制貽害水質與水量之行為。另依自來水法第 12 條，略為：前條水質水量保護區域內，原有建築物及土地使用，經主管機關會商有關

機關認為有貽害水質水量者，得通知所有權人或使用人於一定期間內拆除、改善或改變使用。其所受之損失，由自來水事業補償之。因此，依據水質水量保護區劃定變更及廢止作業要點，自來水水源取水口以上之天然排水所匯集地區及取水口以下須一併保護之範圍可劃設為自來水水質水量保護區



圖 2 本文案例-關西淨水場取水口集水區

(一)自來水法禁限項目

依據自來水法第 11 條，自來水水質水量保護區主要禁止與限制行為，包括：(1)濫伐林木或濫墾土地(2)變更河道足以影響水之自淨能力(3)土石採取或採礦、採礦致污染水源(4)排放超過規定標準之工礦廢水或家庭污水，或其總量超過目的事業主管機關所訂之標準(5)污染性工廠(6)設置垃圾掩埋場或焚化爐、傾倒、施放或棄置垃圾、灰渣、土石、污泥、糞尿、廢油、廢化學品、動物屍骸或其他足以污染水源水質物品(7)在環境保護主管機關指定公告之重要取水口以上集水區養豬；其他以營利為目的，飼養家禽、家畜(8)以營利為目的之飼養家畜、家禽(9)高爾夫球場之興建或擴建(10)核能或其他能源之開發、放射性廢棄物儲存或處理場所

之興建(11)其他足以貽害水質、水量，經中央主管機關會商目的事業主管機關公告之行為(詳表 2)；為居民生活或地方公共建設所必要，且經主管機關核准者，不在此限。

(二)回饋與罰則

劃設保護區後之回饋依自來水法第 12-2 條，概分為回饋至家戶與公所。家戶方面，非營利之家用自來水水費減半收取；地方公所方面，主要包含居民公益、公共福利、獎助學金、設施維護等(如表 3)，由水質水量保護區專戶運用小組依其區內土地面積及居民人口比例，分配運用於區內各鄉(鎮、市、區)公所運用。

罰則依自來水法第 96 條：在水質、水量保護區域內，妨害水量之涵養、流通或染污水質，經制止不理者(主管機關通知期限改善而屆期未改善者)，處一年以下有期徒刑、拘役或五百元以下罰金。

(三)非都市土地之開發管制

區域計畫法預計於 114 年 5 月公告國土功能分區圖後退場，將由國土計畫法取代。另依國土計畫法第 23 條：國土保育地區以外之其他國土功能分區，如有符合國土保育地區之劃設原則者，除應依據各該國土功能分區之使用原則進行管制外，並應按其資源、生態、景觀或災害特性及程度，予以禁止或限制使用。因此，自來水水質水量保護區劃設與國土計畫法並無衝突。

至於現行區域計畫法中，主要有非都市土地開發審議作業規範(第十點規定)與自來水水質水量保護區有關，如表 4 所示。就本文案例而言，因地方並不贊成劃設飲用水水源水質保護區，因此如經新竹縣環保局說明

及水區內不再另外劃設飲用水水源水質保護區者，則僅依第一項規定辦理，不受第三項規定之限制。意即，由於關西取水口集水

區非水質總量管制區，而渡船頭橋以上河防僅需由新竹縣政府認定無安全堪虞者即可開發。

表 2 自來水法第 11 條規定之補充說明

自來水法條款	原條文概要	禁止或限制行為補充說明
第 11 條第 1 項第 5 款	污染性工廠	金屬冶煉工業、電弧爐煉鋼工業、煉油工業、石油化學基本工業、紙漿工業、水泥製造工業、農藥原體製造工業、煉焦工業、二氧化鈦製造工業、重金屬硬脂酸鹽安定劑製造業、石綿工業；107 年 4 月 13 日後申請設立於園區外之皮革工業、石油化學中間原料工業、塑膠、橡膠製造業、人纖工業、紡織染整工業、電鍍及陽極處理工業 染顏料工業、羊毛工業、造紙工業、石灰工業、肥料工業、酸鹼工業、活性碳工業、瀝青拌合與預拌混凝土工業、樹脂製造業、廢料處理業、醱酵工業、鋁鎢鉛汞電池製造工業、印刷電路板工業、半導體工業、乙炔製造業、基本化學工業之氰化鉀、氰化鈉、氰化物等製造業、汽機車製造業、船舶或飛航器製造業、高分子架橋劑製造業、環境衛生用藥原體製造工業、人用藥原體製造工業、水泥熟料研磨工業 金屬表面處理工、劇毒性或危險性化工原料製造業、具有含多氯聯苯事業廢棄物之工業
第 11 條第 1 項第 6 款	設置垃圾掩埋場或焚化爐…	設置垃圾掩埋場或焚化爐
第 11 條第 1 項第 8 款	以營利為目的之飼養家畜、家禽	以營利為目的(例如豬 20 頭以上、雞 500 隻以上)之飼養家畜、家禽
第 11 條第 1 項第 9 款	高爾夫球場之興建或擴建	高爾夫球場之興建或擴建(球場面積、建築基地面積或球洞數增加)
第 11 條第 1 項第 10 款	核能或其他能源之開發、放射性廢棄物儲存或處理場所之興建	核能、火力發電廠及專業汽電共生發電廠之開發、放射性廢棄物儲存或處理場所之興建

資料來源：自來水法第十一條自來水水質水量保護區禁止或限制事項補充規定。

表 3 水源保育與回饋費依法運用項目一覽表

支用項次	支用內容說明
第一款	辦理水資源、排水、生態遊憩觀光設施及其他水利設施維護管理事項
第二款	辦理居民就業輔導、具公益性之水資源涵養與保育之地方產業輔導、教育獎助學金、醫療健保及水電費等公共福利回饋事項
第三款	發放因水質水量保護區之劃定，土地受限使用之土地所有權人或相關權利人補償金事項
第四款	原住民族地區租稅補助事項
第五款	供緊急使用之準備金
第六款	徵收水源保育與回饋費之相關費用事項
第七款	使用水源保育與回饋費之必要執行事項
第八款	其他有關居民公益及水資源教育、研究與保育事項

資料來源：自來水法。



表 4 本文案例依非都市土地開發審議作業規範第十點規定評析表

原條文內容概要	規定重點	備註
第一項：基地污水排放之承受水體未能達到環境保護主管機關公告該水體分類之水質標準或河川水體之容納污染量已超過主管機關依該水體之涵容能力所定之管制總量者或經水利主管機關認為對河防安全堪虞者，不得開發	限制開發條件： · 水質已超過總量管制者 · 河防安全堪虞者	· 鳳山溪非水質總量管制區 · 渡船頭橋以上非水利署第二河川分署轄區，河防由新竹縣府認定無安全堪虞者即可開發
第二項：如開發基地未位於該自來水水質水量保護區已公告之飲用水水源水質保護區或飲用水取水口一定距離內之地區，並經飲用水主管機關說明該自來水水質水量保護區內不再另外劃設其他飲用水水源水質保護區者，其開發僅依第一項規定辦理	經飲用水主管機關說明該自來水水質水量保護區內不再另外劃設其他飲用水水源水質保護區者，其開發僅依第一項規定辦理，不受第三項規定之限制	如經新竹縣環保局說明本水質水量保護區內不再另外劃設其他飲用水水源水質保護區者，則僅依第一項規定辦理，不受第三項規定之限制
第三項：基地所在之自來水水質水量保護區，於尚未依法公告飲用水水源水質保護區之範圍或飲用水取水口一定距離前，其開發除應依第一項規定辦理外，並應符合下列規定	(一)距離豐水期水體岸邊水平距離 1 公里之範圍，區內禁止水土保持以外之一切開發整地行為 (二)取水口上游半徑一公里內集水區及下游半徑四百公尺，區內禁止水土保持以外之一切開發整地行為 (三)距離豐水期水體岸邊水平距離 1 公里以外之水源保護區，其開發管制應依自來水法之規定管制 (四)各主管機關依本編第六點審查有關書圖文件，且各該主管機關同意者	(一)與(二)限制開發範圍；惟依本保護區案例，如經新竹縣環保局說明後，可不受開發限制

三、保護區對民眾與產業之影響

本小節說明容易被誤解之法規，及現況既有水質水量保護區內實際已開發案例，與為管制水質水量之具體禁限事項。

(一)容易誤解之法規與開發案例

經常與自來水水質水量保護區相混淆而套用誤以為適用之法規，包括水土保持法、山坡地保育利用條例、非都市土地使用管制規則(註：母法為區域計畫法)，彙整如表 5。

由於關西淨水場取水口集水區並非屬

特定水土保持區，故無禁止任何開發行為之適用；且因非屬水庫集水區，故一般民眾開發或利用行為者，無需先徵得其治理機關(水庫管理機關)之同意，並報經各該目的事業主管機關核准。

本文初步蒐集既有已公告之自來水水質水量保護區內，各類型之已開發案例(如表 6)。主要因該業者努力符合農業、建管、環保、消防、原民、地政及水土保持等法規，故能合法存在於水質水量保護區內，並不會因自來水法第 96 條而受罰。

表 5 亦誤解套用於水質水量保護區法規彙整及本文案例評析

法規名稱	法規內容	備註
水土保持法	第 16 條：水庫集水區應劃定為特定水土保持區 第 19 條：經劃定為特定水土保持區之各類地區，區內禁止任何開發行為	本文案例水質水量保護區非屬特定水土保持區
山坡地保育利用條例	第 32-1 條：於水庫集水區內修建道路、伐木、採礦、採礦、採取或堆積土石、開發建築用地、開發或經營遊憩與墳墓用地、處理廢棄物及為其他開發或利用行為者，應先徵得其治理機關(水庫管理機關)之同意，並報經各該目的事業主管機關核准	本文案例水質水量保護區非屬水庫集水區
非都市土地使用管制規則 (母法：區域計畫法)	第 30-1 條：辦理非都市土地變更編定時擬具之興辦事業計畫不得位於區域計畫規定之第一級環境敏感地區	本文案例水質水量保護區屬第二級環境敏感區，且本區非屬公共給水水庫集水區之第一級環境敏感區

表 6 既有自來水水質水量保護區內的合法開發案例

類型	名稱	行政區	所屬保護區
高爾夫球場	大溪高爾夫球場 (27 洞)	桃園大溪	板新給水廠水質水量保護區
高爾夫球場	信誼、觀音山高爾夫球場 (18 洞)	高雄大樹	高屏溪水質水量保護區
高爾夫球場	山湖觀高爾夫球場 (27 洞)	屏東高樹	高屏溪水質水量保護區
露營場	Kiwi 休閒露營區 (1.4 公頃)	桃園復興	石門水庫水質水量保護區
露營場	大山背小曠野營地 (1 公頃)	新竹橫山	頭前溪水質水量保護區
殯葬設施	竹東鎮立生命禮儀園區 (3 公頃)	新竹竹東	頭前溪水質水量保護區
休閒農場	雪霸休閒農場 (6 公頃)	新竹五峰	頭前溪水質水量保護區
旅館	萬瑞渡假村 (客房 93 間)	新竹橫山	頭前溪水質水量保護區
觀光旅館	義大皇家酒店 (客房 650 間)	高雄大樹	高屏溪水質水量保護區
觀光旅館	豐邑喜來登大飯店 (客房 384 間)	新竹竹北	頭前溪水質水量保護區
觀光旅館	龍谷大飯店 (客房 189 間)	台中和平	石岡壩水質水量保護區
觀光旅館	阿里山賓館 (客房 139 間)	嘉義阿里山	湖山水庫水質水量保護區
觀光旅館	趣淘漫旅 (客房 198 間)	台南楠西	曾文溪水質水量保護區



表 7 案例集水區水污染防治法中放流水限值於劃設保護區前後主要差異

業別	水質項目	保護區劃設前	保護區劃設後 (趨嚴格)
共同適用	氨氮	無規定 或 20~150	10 (畜牧業無此規定)
共同適用	正磷酸鹽(不適用有總磷管制者)	無規定	4 (畜牧業無此規定)
共同適用	硼	5~12	1
觀光旅館業	總氮	無規定	15
觀光旅館業	總磷	無規定	2

表 8 案例集水區水污染防治法中認定事業門檻於劃設保護區前後主要差異

業別	簡述	保護區劃設前	保護區劃設後(趨嚴格)
洗車場	自動清洗設施從事車輛清洗	設計或實際最大日廢水量 20CMD、 實際用水量 24CMD 或 720m ³ /月以上者	設計或實際最大日廢水量 10CMD、 實際用水量 12CMD 或 360m ³ /月以上者
修車廠	汽車維修或檢驗	設計或實際最大日廢水量 20CMD 以上者	設計或實際最大日廢水量 10CMD 以上者
食品製造業	乳品、罐頭、飲料等	設計或實際最大日廢水量 20CMD 以上者	設計或實際最大日廢水量 10CMD 以上者
遊樂園	綜合遊樂場所、 公園經營管理	設計或實際最大日廢水量 20CMD、 設計或實際開發面積達 3 公頃以上者	設計或實際最大日廢水量 10CMD、 設計或實際開發面積達 1.5 公頃以上者
洗衣業	含投幣式洗衣服務	設計或實際最大日廢水量 50CMD、 實際用水量 65CMD 或 1800m ³ /月以上者	設計或實際最大日廢水量 10CMD、 實際用水量 12CMD 或 360m ³ /月以上者
回收處理業	回收廢棄物等	設計或實際最大日廢水量 20CMD 以上者	設計或實際最大日廢水量 10CMD 以上者
畜牧業	含實際從事飼養禽畜	飼養豬 20 頭、雞 10 萬隻…以上者	飼養豬 10 頭、家禽 3 千隻…以上者
醫院機構	含洗腎診所、醫事檢驗、獸醫等	設計或實際最大日廢水量 20CMD 以上者	設計或實際最大日廢水量 10CMD 以上者
觀光旅館	含餐飲住宿場所	設計或實際最大日廢水量 20CMD 以上者、 餐飲座位 500 人、客房 75 間…以上者	設計或實際最大日廢水量 10CMD 以上者、 餐飲座位 100 人、客房 15 間…以上者
其他工業	紡織、塑膠、石材…等	設計或實際最大日廢水量 20CMD 以上者	設計或實際最大日廢水量 10CMD 以上者
堆置場	爐石底渣…等	設計或實際開發面積達 1 公頃以上者	設計或實際開發面積達 0.5 公頃以上者

(二)為管制水質水量之具體禁限事項

對一般民眾而言，劃設水質水量保護區前後，較有感者應是水質污染風險降低，及嫌惡設施(例如：污染性工廠、垃圾掩埋場、焚化爐、畜牧場、核能電廠、火力發電廠、

汽電共生發電廠、放射性廢棄物儲存場等)不會進入集水區範圍。

對於事業體而言，劃設水質水量保護區前後，較有感者應是水污染防治法水質標準變嚴格(表 7)、事業認定門檻降低(表 8)，對

於有申請水權者，需繳交水源保育與回饋費每立方公尺 0.5 元，超過一定規模之大型開發需要進行環境影響評估(表 9)。

綜合上述，整體而言，集水區劃設自來水水質水量保護區後，較現況最大差異包括：(1)避免污染性工廠、掩埋場、焚化爐等嫌惡設施進入集水區；(2)加強畜牧限制力道(由河川區域擴及集水區，但放流水限值不

變)；(3)水污染防治法認定之事業的門檻降低、水質限值降低(污染防治趨嚴)；(4)一定規模以上開發(休閒農場、渡假村、醫院)需進行環境影響評估；(5)高爾夫球場興擴建、水質限值趨嚴，觀光旅館業水質亦趨嚴；(6)自來水公司、新竹縣政府、桃園市政府等將加強巡查；(7)依自來水法給予保護區內回饋與補償。

表 9 除自來水法第 11 條規定外水質水量保護區劃定後影響

法規	條文概要	備註
未登記工廠補辦臨時工廠登記辦法 (103.3.18)	申請案件有下列情形之一者，地方主管機關應予駁回： …位於自來水水質水量保護區之污染性工廠…	限制
礦業法 (112.6.21)	…於下列各地域申請設定礦業權者，不予核准：… 二、環境敏感地區內，依其劃設法令，應徵得該管機關(水利署)同意而未同意。…	限制
非都市土地申請變更為寵物生命紀念設施使用興辦事業計畫審查作業要點(112.7.11)	寵物生命紀念設施設置…寵物骨灰樹葬、灑葬區…距離取水口不得少於 1 公里	限制
開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準 (112.3.22)	(面積 5 公頃以上)興建或擴建提供住宿、溫泉服務或餐飲設施之休閒農場或農產品加工場所； (面積 2.5 公頃以上)遊樂、風景區之開發、森林遊樂區之育樂設施區；棄土場、棄土區等土石方資源堆置處理場、營建混合物資源分類處理場或裝潢修繕廢棄物分類處理場；殯葬設施； (面積 1 公頃以上)文教建設；矯正機關、保安處分處所或其他以拘禁、感化為目的之收容機構； (面積超過 1 公頃)拆除重建之舊市區更新、堆肥場； (面積超過 1 千平方公尺)醫療建設、護理機構、社會福利機構、旅館或觀光旅館；一般廢棄物或一般事業廢棄物再利用機構 (一定規模之公共建設…略) …應實施環境影響評估…	限制
自來水法 (112.6.28)	…水資源相關基金應依各水質水量保護區分別設置專戶，各專戶並設置運用小組管理運用…非營利之家用自來水水費減半收取…	回饋
自來水法 (112.6.28)	水質水量保護區域內，原有建築物及土地使用，經主管機關會商有關機關認為有貽害水質水量者，得通知所有權人或使用人於一定期間內拆除、改善或改變使用。其所受之損失，由自來水事業補償之	補償



表 10 本文案例集水區未劃設自來水水質水量保護區之管理相關法規

環境 敏感區	現行法規效用
水污染管 制區 (全區)	水污染防治法 第 30 條：在水污染管制區內，不得有下列行為： 一、使用農藥或化學肥料，致有污染主管機關指定之水體之虞 二、在水體或其沿岸規定距離內棄置垃圾、水肥、污泥、酸鹼廢液、建築廢料或其他污染物 三、使用毒品、藥品或電流捕殺水生物 四、在主管機關指定之水體或其沿岸規定距離內(指行水區、河川區域)飼養家禽、家畜 五、其他經主管機關公告禁止足使水污染之行為 水污染防治法 第 52 條：違反第 30 條第一項各款情形之規定者，處新臺幣三萬元以上三百萬元以下罰鍰，並通知限期改善，屆期仍未完成改善者，按次處罰；情節重大者，得令其停止作為或停工、停業，必要時，並得廢止其水污染防治許可證或勒令歇業 水污染防治法 第 36 條(僅列部分條文)：事業排放於土壤或地面水體之廢(污)水所含之有害健康物質超過本法所定各該管制標準者，處三年以下有期徒刑、拘役或科或併科新臺幣二十萬元以上五百萬元以下罰金
飲用水取 水口一定 距離範圍 (部分)	飲用水管理條例第 5 條：飲用水取水口一定距離內之地區，不得有污染水源水質之行為：(僅列部分條文) 一、非法砍伐林木或開墾土地 二、工業區之開發或污染性工廠之設立 三、核能及其他能源之開發及放射性核廢料儲存或處理場所之興建 四、傾倒、施放或棄置垃圾、灰渣、土石、污泥、糞尿、廢油、廢化學品、動物屍骸或其他足以污染水源水質之物品 五、以營利為目的之飼養家畜、家禽 六、新社區之開發(但原住民部落因人口自然增加形成之社區，不在此限) 七、高爾夫球場之興、修建或擴建 八、土石採取及探礦、採礦 飲用水管理條例第 16 條：違反第五條第一項規定，經依第二十條規定通知禁止為該行為而不遵行，處一年以下有期徒刑、拘役，得併科新臺幣六萬元以下罰金
特定農業 區或山坡 地保育區 (部分)	區域計畫法預計於 114 年 5 月公告國土功能分區圖後退場，將由國土計畫法取代 依國土計畫法第 23 條：國土保育地區以外之其他國土功能分區，如有符合國土保育地區之劃設原則者，除應依據各該國土功能分區之使用原則進行管制外，並應按其資源、生態、景觀或災害特性及程度，予以禁止或限制使用
林業用地 (部分)	森林法 第 6 條：經編為林業用地之土地，不得供其他用途使用 森林法 第 56-1 條：違反第 6 條第二項規定者，處新臺幣六萬元以上三十萬元以下罰鍰
保安林、 國有林 (部分)	森林法第 30 條：非經主管機關核准或同意，不得於保安林伐採、傷害竹、木、開墾、放牧，或為土、石、草皮、樹根之採取或採掘 森林法第 54 條：毀棄、損壞保安林，足以生損害於公眾或他人者，處三年以下有期徒刑、拘役或科新臺幣三十萬元以下罰金
礦業保留 區、礦區 (部分)	礦業法 第 33 條：主管機關認為有必要時，得公告指定礦種及區域作為礦業保留區，禁止人民採探 礦業法 第 78 條：未依礦場環境維護計畫或年度施工計畫書圖執行，處新臺幣一百萬元以上五百萬元以下罰鍰，並得按次處罰；經主管機關一年內處罰達三次者，應廢止其礦業權

表 11 主管機關依法提供水質改善輔導之相關法規

法規名稱	法規內容	備註
工廠管理輔導法 (經濟部 108.7.24)	第 26 條：主管機關為促進工業發展，應就下列事項，對工廠實施輔導： 四、工業污染及工業安全衛生之防制或管理技術	工廠
畜牧法 (農業部 99.11.24)	第 11 條：主管機關應設專責單位或置專責人員，輔導畜牧場之污染防治	畜牧場
礦業法 (經濟部 112.6.21)	第 73 條：主管機關為輔導礦業經營，得就礦業用地之取得、資金之籌措、器材之購置、人力之培訓及技術之開發予以協助	礦場

四、無劃設保護區之管制作為

由於自來水水質水量保護區劃設仍需與在地民眾溝通，當無明顯利多情況下，容易對劃設範圍有爭議。另即便最後無法順利劃設保護區進行管制，亦需就既有法規及管制區加強管理，以降低飲用水源污染風險。

(一)劃設範圍爭議

由於行政區範圍與集水區稜線並非一致，導致局部小範圍之行政村里需一併劃入保護區。以本文案例，龍潭區高平里、橫山鄉福興村等，容易存在抗拒心理。另一種爭議情形，是緊鄰淨水場取水口的支流匯入集水區。以本文案例，即是緊鄰關西取水口水權地號之舊寮溪匯入，使得東安、東山、東光里亦存在抗拒心理。以目前國人水準，應是非為了回饋金而贊成劃設保護區，若大家一起守護集水區，可有效降低飲用水源污染風險，並提高水資源涵養。

(二)無劃設保護區之努力

以本文案例而言，若無採集水區劃設自來水水質水量保護區，仍需就水污染管制區及飲用水取水口一定距離範圍等進行管理

(如表 10)。以畜牧管理而言，其禁限飼養範圍依法只能限制於行水區、河川區域內，故現況河岸邊之污染性工廠與畜牧場並無法可管，顯見現況水污染管理之捉襟見肘。針對各產業事業體，無論有無劃設保護區，主管機關仍應依法提供業者水質改善輔導，相關法規如表 11 所示。

五、結語

- (一)主管機關依法提供水質改善輔導，將提高業者接受水質水量保護區劃設意願。例如經濟部工廠管理輔導法：主管機關為促進工業發展，應就工業污染及工業安全衛生之防制或管理技術，對工廠實施輔導；農業部畜牧法：主管機關應設專責單位或置專責人員，輔導畜牧場之污染防治。
- (二)高爾夫球場業者可視水質水量保護區劃設為契機，強化球場野生動物棲地管理、水資源保護、化學農肥藥使用安全及減量、水質管理等，與世界潮流接軌，除更吸引球友消費，亦盡到企業社會責任。

(三)新竹鳳山溪流域迄今缺乏大範圍之水質水量相關保護區進行管制，使得飲用水源暴露於較高污染風險，集水區水資源涵養功能亦受威脅。歷經幾次河川污染事件，地方形成安全飲用水意識，輿論多為傾向加強水污染管制，惟在地居民仍誤解水質水量保護區將有不當禁限建限制，仍需持續溝通。

參考文獻

- 1.台灣自來水股份有限公司第三區管理處(2024)，「鳳山溪流域自來水水質水量保護區劃設計畫」。
- 2.新竹縣關西鎮公所(2019)，「關西鎮誌」。
- 3.台灣自來水股份有限公司(2021)，「新竹縣鳳山溪水系水質水量保護區劃定申請書」。
- 4.全國法規資料庫(法務部，2024年查詢)。
- 5.全國環境水質監測資訊網(環境部，2024年查詢)。

作者簡介

楊銘賢先生

現職：中興工程顧問股份有限公司工程師

專長：水文地質調查、評估與開發；水資源規劃、運用與管理

淺論訴訟外紛爭解決(ADR)機制及政府採購法紛爭解決演變

文/陳建國

摘要

依照我國仲裁法第 1 條的規定，當事人就有關現在或將來依法可以和解的民事爭議，可以書面在作各種交易(例如買賣、承攬、租賃、借貸、委任、海商、智財、工程、促參、國際貿易、技術合作等契約)時，加上一個條款約定日後就該交易發生爭議時，不以訴訟方式解決，而以仲裁方式加以解決的條款，也就是所謂的「仲裁協議」。

有仲裁協議的交易，若因交易所產生的糾紛爭議，應優先以仲裁程序作為解決彼此紛爭的方式，若是一方違反仲裁協議，另提起訴訟時，法院應依他方之聲請裁定停止訴訟程序，命原告於一定期間內提付仲裁，原告逾前項期間未提付仲裁，法院就會以裁定駁回原告的起訴。所以，如果不想上法院打官司曠日廢時，同時也想要兼顧紛爭的有效解決，不妨可以視民事糾紛的類型選擇用仲裁程序解決。到底仲裁程序有什麼優點呢？什麼樣的紛爭適合提付仲裁？本文就訴訟外紛爭解決(ADR)機制及政府採購法紛爭解決有關「先調後仲」制度的演變做簡易介紹及分析。

關鍵字：仲裁協議、先調後仲

一、前言

目前營建物價上漲，作業工人難覓，2020 年 1 月 21 日開始，又面對新冠肺炎疫情

(COVID-19)衝擊，營造廠商、技師或建築師可否因原來工程契約條款不合理，向業主主張增加價金、延長工期等？法律程序上，除了向法院提起訴訟外，也可以採用「訴訟外紛爭解決機制」(ADR)。本文除介紹 ADR 外，並說明調解種類與仲裁程序的快速、專業優點，及政府採購法第 85 條之 1 紛爭解決機制之修法及演變，最後再作結論。期望對承攬營造業者及政府機關(含國營事業)之服務及工程採購契約履約爭議解決有參考價值。

二、訴訟外紛爭解決(ADR)機制

(一)訴訟外紛爭解決機制(ADR)是甚麼？

1.ADR 的定義

如果與別人發生糾紛、兩方都沒辦法協商時，許多人很直覺地想到要去「法院」進行訴訟。然而事實上除了上法院訴訟外，能夠解決紛爭的機制還有很多其他選擇，例如「調解」、「仲裁」等等方式，相較於法院訴訟的對立性，這些非採取訴訟的解決紛爭程序，比較能夠協調出雙方可以接受的解決方式，因此，非採取訴訟的解決紛爭程序，統稱為「訴訟外紛爭解決機制」(Alternative Dispute Resolution)，簡稱為「ADR」[1]。

2.ADR 的優點

到法院打官司提起訴訟，是由法官依照法律規定，透過訴訟程序以判決的方式認定當事人是非對錯，當事人必須蒐集證據、繳

納裁判費、到法院進行訴訟程序，可能花的時間會比較久，而且判決結果可能一造勝訴、一造敗訴，雙方都不滿意。透過 ADR 程序，雙方可以提出彼此可以接受的方案，直接交涉而協商解決爭端的方案，可以節省時間和金錢的支出，比較迅速的化解紛爭，加速權利的實現。總體來說，ADR 具有費用低、時間短、具有專業性等好處。

(二)調解種類與程序

1.調解種類

(1)依照主導者的性質，可大致區分為司法型（法院調解業務）、行政型（如：直轄市及各縣市政府之消費爭議調解委員會、各鄉鎮市區公所調解委員會）與民間型（如：仲裁協會）這 3 種。原則上任何民事紛爭都可以透過 ADR 程序解決，無論是車禍事件、房屋漏水、公寓大廈爭議、買賣物品等日常糾紛，或是與雇主間的勞資爭議、不動產糾紛，甚至是專業的醫療爭議、消費者糾紛、建築爭議、公害事件等紛爭，都可以利用 ADR 程序來獲得解決。

(2)以日本 2011 年 3 月 11 日因大地震引發福島核災所造成的災害作例子，為了讓災民能夠早日獲得賠償，當地的政府機關、律師公會多方的努力，在事故發生後一年，有將近 8 成的民眾同意透過 ADR 程序來解決紛爭，達到雙贏的局面，這是行政型加上民間型 ADR 努力的成果。另外以司法型 ADR 來說，目前有很多的法院是採取「醫法雙調」，也就是醫療糾紛事件，由醫療專業人員、法律專業人員共同擔任調解委員來進行調解，如此一來，在醫療

技術、法律判斷等方面都因為有專業人員的參與，所以很快地獲得解決。

2.調解程序

(1)前往法院調解可以避免法院對立的訴訟程序，却又可以使用法院的名聲來解決紛爭、各鄉鎮市區公所設立的調解委員會往往在各鄉鎮市區公所內，地點十分便利，如果希望調解人具有紛爭專業，這時候就可以選擇具有相關背景的民間組織調解人來進行調解程序，對於說明紛爭緣由，調解人也可以秉持「專業」，提出合理的「調解方案」，對於當事人來說值得信賴又可行。

(2)如果決定到法院訴訟解決紛爭，目前實務上運作的方式，在原告起訴後，往往第一份收到的通知是「調解」通知，地點可能是在法院法庭內，也可能是在法院調解室。原告往往會產生困惑：都已經提起訴訟了，為何法院要多此一舉，在訴訟前進行調解呢？這是因為基於「疏減訟源」政策，法院現在也積極地希望民眾在訴訟程序中爭鋒相對前，能夠先坐下來談一談彼此的條件，有時是法官直接在法庭上進行調解程序，有時是安排法院的調解委員協助進行調解程序；若調解不成立，法院就會繼續進行訴訟程序。

(三)快速又專業的仲裁程序

仲裁是一種紛爭解決機制，仲裁制度適用於大多數民事或商事紛爭。在契約當中有約定仲裁條款，或是與對方簽仲裁協議，就可以在發生紛爭時經雙方同意啟用仲裁程序。一樣是紛爭解決機制，為什麼不直接上法院打官司就好？因為仲裁與法院訴訟相

比，有快速、有效率、彈性，以及仲裁人具專業知識等特色，可以讓當事人依照需求選擇不同的程序。簡單說明仲裁的特色及訴訟與仲裁比較如下：

1. 仲裁的特性及不利程序(優缺點)

(1) 仲裁程序特性(優點)

A. 和諧性

仲裁進行的方式就像會議一樣，不像在法院進行訴訟程序具有對立性。在和諧的氣氛中解決紛爭，除了能兼顧雙方顏面與尊嚴外，也比較能維繫未來的合作關係。

B. 秘密性

我國《仲裁法》第 23 條第 2 項規定，除非雙方當事人另有約定，仲裁程序不對外公

開，可以確保當事人的營業秘密和其他私密資訊不會因為進行紛爭解決機制外洩，反而擴大紛爭及損害。

C. 迅速性

依《仲裁法》第 21 條第 1 項規定，仲裁庭應於組成之日起六個月內作成「仲裁判斷書」；必要時，得延長三個月。換句話說，仲裁程序最長就是九個月，不像法院訴訟程序，一個審級往往可能進行一、兩年，等到判決確定，可能已經過了五、六年。

D. 經濟性

「仲裁費用」比「訴訟費用」低廉，依仲裁費用與訴訟費用之徵收標準，計算例舉如下(如表 1)：

表 1 仲裁費用與法院裁判費比較表(本表所示仲裁費不含營業稅及事務費)^[3]

標的金額 (新台幣)	仲裁費	法院裁判費			
		一審	二審	三審	合計
150 萬元	48,600	19,050	28,575	28,575	76,200
300 萬元	75,600	36,600	54,900	54,900	146,400
500 萬元	104,600	60,000	90,000	90,000	240,000
1000 萬元	152,600	118,500	177,750	177,750	474,000
5000 萬元	352,600	470,500	705,750	705,750	1,882,000
1 億元	602,600	910,500	1,365,750	1,365,750	3,642,000
5 億元	2,602,600	3,990,500	5,985,750	5,985,750	15,962,000
10 億元	5,102,600	7,840,500	11,760,750	11,760,750	3,136,2000

由上附表可知，當事人將爭議提付仲裁時，所需支付之仲裁費用，普遍低於法院之訴訟費用(三審合計)，且標的金額愈大時，所節省之費用愈多，再加上仲裁所需時間較法院訴訟為短，所節省之時間成本，可實質保障當事人更多之經濟利益。

E. 有效性

依仲裁法第 37 條第 1 項規定「仲裁人之判斷，於當事人間，與法院之確定判決，有同一效力。」可知，仲裁判斷也具有法院確定判決之同等效力。而仲裁法並未規定當事人對仲裁判斷可聲明不服之上訴救濟制度，因此，仲裁判斷一經作出且送達當事人後，即告確定，當事人除有法定原因外，不得請求撤銷或變更原仲裁判斷，並應受仲裁判斷內容之拘束，不得另行起訴或聲請仲裁，准此，仲裁所為之判斷比當事人間之和解書或調解委員會之調解書(需經法院核定)，更具有效性。

F. 專業性

在約定仲裁條款、或是當事人選擇仲裁程序解決紛爭時，雙方可以依《仲裁法》第 9 條第 1 項規定，由雙方當事人各選一仲裁人，再由雙方選定之仲裁人共推第三仲裁人為主任仲裁人，並由仲裁庭以書面通知當事人。因此，當事人可以選擇具有各業專門知識或經驗之專家來解決紛爭，仲裁程序反而比法院訴訟程序更適合解決各業界複雜或技術性的專業紛爭問題。此外，仲裁程序往往比訴訟程序更適合解決跨國糾紛，畢竟不國家針對同一爭議，可能會有不同的法律規定，這時可以選擇跨國性的「仲裁機構」，並約定雙方均可接受的「仲裁條款」，如果

真的發生紛爭，至少對於如何解決紛爭，當事人不會茫然而無所適從。

(2) 仲裁不利程序(缺點)

A. 需有仲裁協議

依我國仲裁法第 1 條第 3 項規定，仲裁協議，應以書面為之。聲請仲裁要件須雙方契約預先訂定仲裁條款或仲裁書面合意。

B. 無上訴救濟制度

如前述，仲裁判斷一經作成即告終局確定之效力，雖有其速迅之實效，但事實認定正確與否、權利義務分配公平與否，亦失其再次審認之機會，而可能受有不利益之結果，故仲裁為多數政府招標機關有所疑慮。

C. 仲裁人易存有代理人意識

仲裁人係由當事人自行選定，因此仲裁人容易產生代理人意識，而難以保持客觀中立與公正無私之立場，故若於仲裁程序中，以當事人之代理人身分自居而產生偏頗之情形，將不利於仲裁制度之發展與效能。

2. 調解、訴訟與仲裁之比較

選擇最適合的解決途徑取決於您的具體情況。如果您追求快速解決並保護關係，調解可能是更好的選擇；如果您需要法律約束力和程序保障，即使程序冗長且費用高昂，訴訟可能是必要的；而如果您需要保密且專業的裁決，則仲裁是一個合理的選擇。調解、訴訟與仲裁是三種不同的爭議解決方式，應如何進行妥適預先安排，或因各類解決機制程序、效力、時間、進行方式等有異。以下是簡略介紹調解、訴訟與仲裁機制並試做比較(如表 2、表 3)，以提供選擇爭議解決機制時之判斷協助^[2]。

表 2 調解、訴訟與仲裁之程序比較

紛爭解決方式		主持者	案件性質	可否為強執名義	費用多寡	程序救濟
仲裁		仲裁庭(仲裁人)	民事	判斷後需聲請法院執行裁定	適中	除撤銷仲裁，不得上訴
調解	法院	法官或調解員	民事或告訴乃論刑事	可以	較低	提起訴訟
	鄉鎮市	調解委員會		需法院核定後	免費	
訴訟		法官	不限	可以	較高	提起上訴(三審)

表 3 訴訟與仲裁之程序比較

項目	訴訟	仲裁
效力	法院判決確定具強制性	與法院判決有同一效力
程序選擇性	未約定仲裁協議者，任一方均得提起訴訟。不得選擇審判者	經約定仲裁協議者，如一方仍提起訴訟，他方得請求法院以裁定駁回(防訴抗辯)。當事人得事前約定仲裁人或選任方法
專業裁決	法官熟習法律及程序，唯對事實所涉及專業知識或有不足	仲裁人通常具備特定專業知識，但未必熟諳法律，盡依一般常識及主觀價值判斷
時間	三個審級需時約二~五年	仲裁程序原則六個月，可延長三個月
費用	訴訟標的之 4%（三個審級）	訴訟標的之 4%至 0.5%之間（一個審級）
秘密保護	公開審理，不易保護秘密	秘密審理，機密及商譽得以保障
審級救濟	三審三級制，不服下級審法院者，得上訴救濟	一審終結制，仲裁判斷為終局判斷，除程序瑕疵得經法院撤銷者外，不得不服

3.如何選擇仲裁機構

仲裁可分為機構仲裁（institutional arbitration），及非機構仲裁（ad hoc arbitration），其區別在於是否把爭議提交仲裁機構，由專業仲裁機構管理。在我國，非機構仲裁非常少見。採用非機構仲裁時，由當事人及仲裁庭來管理仲裁程序。非機構仲裁最大的優點是，費用一般而言較為減省，但若當事人一方在爭議發生後不願意合作進行仲裁程序時，常會造成程序嚴重延滯。

我國廠商所進行的國內仲裁，大多為機構仲裁，仲裁機構可能在當事人訂立合約

時，就在仲裁條款加以約定，或在發生爭議後再行約定。仲裁機構的選擇，除了會影響仲裁費用外，也影響仲裁判斷品質。

目前司法院也積極推展訴訟外紛爭解決機制，司法院整理了行政院下各機關所屬的訴訟外紛爭解決機構，各具有不同的專業性或便利性，例加：發生「勞資糾紛」時，可以各直轄市、縣市主管機關設置的勞資爭議仲裁或調解委員會進行勞資爭議仲裁或調解；發生「醫療糾紛」時，到各直轄市、縣市主管機關設置的醫事審議委員會進行醫事調處等等，詳情可以參考司法院網站。如



果要運用「仲裁」，比較信任具有準司法功能之專業民間仲裁機構，可以選擇歷史悠久且具有豐富海外資源的中華民國仲裁協會。

4. 仲裁程序的進行：

仲裁進程序，當事人未約定者，仲裁庭應於接獲被選為仲裁人之通知日起十日

內，決定仲裁處所及詢問期日，通知雙方當事人，並於六個月內作成判斷書；必要時得延長三個月。關於仲裁規則下進行仲裁程序的進一步資訊，請參閱中華民國仲裁協會下列所示仲裁程序流程圖並瀏覽其官網「仲裁常見問題」的 101 問答^[3]。

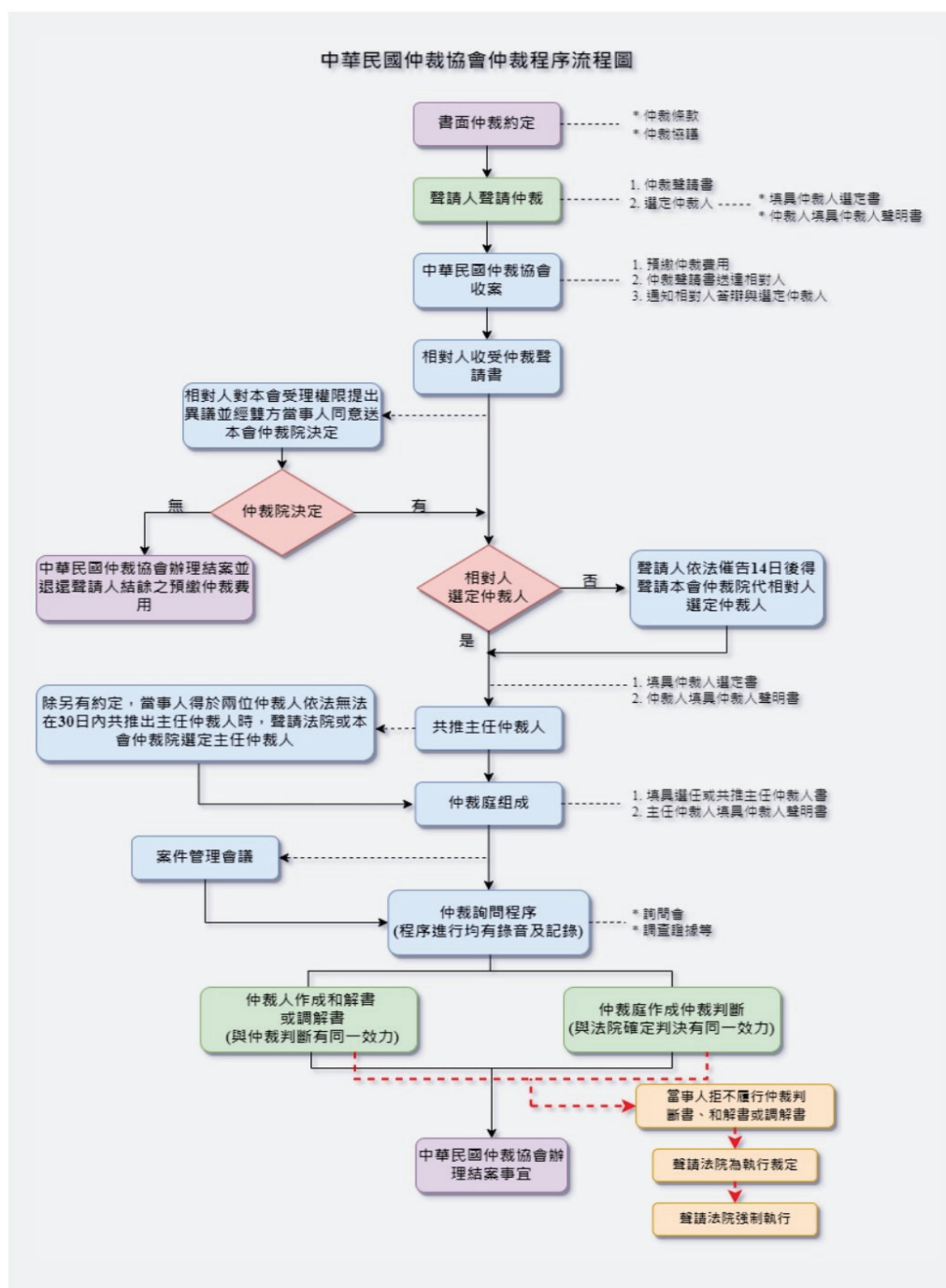


圖 1 仲裁程序流程圖^[3]

三、政府採購法紛爭解決之演變及建言

政府採購法第 85 條之 1 第 2 項增訂「先調後仲」之機制，已使國內之工程仲裁邁向另一個新紀元，而「先調後仲」機制未來能否順利運作，實有賴於能否建立完善之工程仲裁制度。以下針對歷次修法為探討機關與廠商對履約爭議「先調後仲」之因應之道，以及政府採購履約爭議雙方所需具備的認識^[4]。

(一)政府採購法第 85 條之 1 第 2 項規定「先調後仲」制度之演變：

1. 修法歷程：

2. 修法理由及差異：

(1)我國政府採購法第 85 條之 1 於 87 年 5 月 27 日公佈時，已明確規範政府採購合約之履約爭議調解程序，但未規定機關不得拒

絕調解；嗣於 91 年 2 月 6 日修法時，增訂該條文為「機關與廠商因履約爭議未能達成協議者，得以下列方式之一處理：

一、向採購申訴審議委員會申請調解。
二、向仲裁機構提付仲裁。前項調解屬廠商申請者，機關不得拒絕。」，明示機關不得拒絕廠商依法向行政院公共工程委員會所申請之調解，此時，當事人若未訂定仲裁條款，只能依循民事訴訟之途徑解決。

(2)嗣後，該條文之規定於 96 年 7 月 4 日再修訂，明文規定公共工程之履約糾紛，經採購申訴審議委員會提出調解建議或調解方案，因機關不同意致調解不成立者，縱雙方未有提付仲裁之合意，亦得由廠商一方之聲請進入仲裁程序，此即一般所謂之「先調後仲」機制。本次修法主要是因

91 年 2 月 6 日修正	96 年 7 月 4 日修正	105 年 1 月 6 日修正
機關與廠商因履約爭議未能達成協議者，得以下列方式之一處理： 一、向採購申訴審議委員會申請調解。 二、向仲裁機構提付仲裁。 前項調解屬廠商申請者，機關不得拒絕。採購申訴審議委員會辦理調解之程序及其效力，除本法有特別規定者外，準用民事訴訟法有關調解之規定。 履約爭議調解規則，由主管機關擬訂，報請行政院核定後發布之。	機關與廠商因履約爭議未能達成協議者，得以下列方式之一處理： 一、向採購申訴審議委員會申請調解。 二、向仲裁機構提付仲裁。 前項調解屬廠商申請者，機關不得拒絕；工程採購經採購申訴審議委員會提出調解建議或調解方案，因機關不同意致調解不成立者，廠商提付仲裁，機關不得拒絕。 採購申訴審議委員會辦理調解之程序及其效力，除本法有特別規定者外，準用民事訴訟法有關調解之規定。 履約爭議調解規則，由主管機關擬訂，報請行政院核定後發布之。	機關與廠商因履約爭議未能達成協議者，得以下列方式之一處理： 一、向採購申訴審議委員會申請調解。 二、向仲裁機構提付仲裁。 前項調解屬廠商申請者，機關不得拒絕。工程及技術服務採購之調解，採購申訴審議委員會應提出調解建議或調解方案；其因機關不同意致調解不成立者，廠商提付仲裁，機關不得拒絕。 採購申訴審議委員會辦理調解之程序及其效力，除本法有特別規定者外，準用民事訴訟法有關調解之規定。 履約爭議調解規則，由主管機關擬訂，報請行政院核定後發布之。

為解決前所述及，廠商提付仲裁時，機關不同意的窘境，但司法程序曠日廢時，往往因此導致廠商周轉不靈，面臨倒閉，因此本次修正，加入機關若不接受調解建議或方案，日後廠商提付仲裁，機關不得拒絕之規定，以提高調解成立之機率，並給予廠商選擇救濟途徑的機會。

(3)民國 105 年 1 月 6 日第三次修正政府採購法第 85-1 條，本次修法特別明文將「技術服務採購」部分納入本條適用範圍，將可儘速處理與建築師、技師相關的設計、監造、管理有關事項，以及所衍生的履約相關爭議，值得讚賞。然關於強制仲裁，仍必須是先有調解建議或調解方案，機關不同意的情況下才能適用的方式，本次修法仍維持原條文，但增列要求採購申訴審議委員會「應」提出調解建議或調解方案，以避免因未有調解建議或調解方案，廠商無法依本條文強制提付仲裁。由於政府採購往往牽涉巨額的金錢以及高度的專業性，將調解及仲裁制度的引入，的確是加速處理相關履約爭議的最佳方案，尤其本次針對第 85-1 條的修正，更明確地將適用的方式予以確定並擴大適用範圍。

(二)政府採購案履約爭議修法及建言：

目前政府採購法之爭議類型，將政府採購行為區分為「雙階段」程序處理，區分為採購契約訂約前之招標、審標、決標行為，以及採購契約訂約後之履約、驗收行為。司法實務上，招標、審標、決標階段所生之爭議定性為公法事件，廠商若對之有所爭執，須依法循異議、申訴、行政訴訟之行政救濟

程序；至履約、驗收階段之爭議，則屬私法事件，廠商須循政府採購法規定之履約爭議調解，或仲裁、民事訴訟解決爭端。易言之，救濟途徑係以廠商與機關間契約是否已成立而區分之。

本文認為我國政府採購法應該在前階段的招標、審標、決標爭議，急所當急，依相關行政救濟程序進行；惟在已契約成立或履約階段之爭議，則建議修法如下：

- 1.決標後之押標金爭議應循仲裁或訴訟解決：倘若採購契約於決標時契約即已成立，廠商得標後拒絕簽訂書面契約或履行給付義務，即屬於債務不履行，採購機關自得向廠商主張損害賠償責任，而以「押標金」填補損害。此際廠商如有不服，則應循仲裁程序或民事爭訟途徑解決。
- 2.採購履約爭議列為法定調解及仲裁事項：採民事訴訟法第 403 條所列舉各款方式，將採購履約爭議列為法定調解事項之一，於調解不成立時，將調解案件逕行轉換為民事案件，規定一定金額以下(簡易或小額案件)由地方法院審理，鉅額採購案件或因案情複雜、專業程度高需緊急處理案件，可比照商業事件審理法程序方式，直接由高等法院審理或提交仲裁程序解決。

政府機關除參考工程會契約範本將有益仲裁機制條款納入各項採購契約，支持並願配合推動以仲裁方式解決履約爭議，另外建議採行之前置程序措施包含：

- 1.先調後仲程序之調解不成立案件，如係機關及廠商均不同意調解建議或調解方案，鼓勵雙方合意逕採仲裁程序解決。
- 2.研議建立機關候選仲裁人資料庫。採購案

新仲裁機制，對於工程或技術服務之履約仲裁案件，由雙方互提 10 位仲裁人名單供對方選擇，仲裁人只須具備仲裁人之法定資格，並無專業類別之要求，建議 3 位仲裁人中，須有 1 位工程及 1 位法律專業之仲裁人，且均須有工程或技術服務仲裁之實務經驗，以期真正解決法律糾紛。

3.強化公開透明的仲裁結果。為落實仲裁資訊的透明和友善，除契約雙方另有協議外，仲裁判斷書雙方均得公開，並同意仲裁機構公開於其網站。強調公開透明之過程，公告仲裁判斷，及透過合理推選仲裁人之程序，使其更為公正、透明、可信賴。

五、結語

各項爭議處理機制，均有其優點以及須要進一步考慮的時間、費用及爭訟成本。面對爭議，當事人雖然會直覺想到進行訴訟程序來解決紛爭，然而除了訴訟，當事人還有很多不同的解決紛爭機制，更加適合解決不同面向的問題，也能達到不同的目的。以往這些機構的資料都沒有加以整合，所以民眾不容易找到。司法院為了提供一個民眾可以迅速找到可以解決紛爭的機構，已建置「訴訟外紛爭解決(ADR)機構查詢平台」^[5] (<https://www.judicial.gov.tw/tw/lp-2176-1.html>)

，強化行政型、民間型 ADR 機構的連結。這個查詢系統建立以後，民眾可以在司法院的網站上，依據查詢類別等資料，可以很快找到協助解決紛爭的機構。

綜觀上述民事契約爭議處理機制，在國際商業交易往來的領域中，仲裁制度已成為近年來各國最受歡迎的爭端解決機制。仲裁

制度比起法院訴訟更受到歡迎的原因，除了仲裁人可能是相關領域的專家，仲裁程序能夠隱密進行，還可以避免裁判遲延之外，通常都會得到在法律上與判決同一效力並有執行力的仲裁判斷，期各界多加善用。

另外，為落實司法改革國是會議決議，政府機關應強化採納調解、仲裁等制度，並評估建立相關調解、仲裁法令宣導及教育訓練，真正達到有效紓解訟源，避免過多的政府採購案履約爭議案件進入司法體系，促進司法之效率。

參考文獻

- 1.蘇南(2017),「BOT契約法規範之檢討-以促參法增訂第四十八之一條為中心」,國立中正大學法律系博士論文,第145頁。
- 2.詹森林(1992),「仲裁與訴訟之比較研究」,萬國法律,第64期,第4-7頁。
- 3.詳參中華民國仲裁協會官網仲裁程序網址:
<http://www.arbitration.org.tw/program.php>。
- 4.吳光明(2008),「論政府採購法第 85 條之 1 第 2 項之『先調後仲』機制」,法學叢刊,第53卷,第 3 期,第35-63 頁。
- 5.司法院 ADR 訊息公告及機構查詢平台:
<https://www.judicial.gov.tw/tw/lp-2176-1.html>

作者簡介

陳建國先生

現職：中華民國仲裁協會台中辦事處主任

專長：法律訴訟、仲裁

鳥嘴潭人工湖水質變異與營養鹽監控分析

文/柯冠宇、吳宗昱、唐俊成

摘要

鳥嘴潭人工湖為中部地區新建水源，自啟用以來即為供應彰化與南投地區民生用水之重要設施。為掌握其水質變化與營養鹽累積風險，台灣自來水公司彙整中水分署環境監測報告、公司例行檢測水質數據及委外研究案成果，建立綜合監測資料庫，以全面掌控原水品質並對應最佳淨水處理策略。本文依據近近年綜合監測資料，針對氨氮濃度短期升高之月份進行分析，並探討湖區水質變異對嘉興應急場與草屯第一淨水場之操作挑戰。結果顯示，雖原水氨氮於特定月份曾短暫升高至 0.7~1.0 mg/L，但經台水即時調整取水湖區、強化加藥與快濾桶操作後，出水水質仍穩定符合飲用水標準，顯示台水在監控與應變機制上具高度成效。本研究除呈現營運初期湖泊水質特性外，亦強調跨機關協調與數據整合監控的重要性，以確保供水安全與決策科學化。

關鍵字：鳥嘴潭人工湖、氨氮變化、營養鹽監測、優養化、水質管理、飲用水安全

一、前言

隨著全球氣候變遷及工業化發展加劇，水資源短缺及水質污染問題日益嚴峻。臺灣作為島國，水資源受季節性降雨及地形條件影響甚鉅，如何兼顧供水穩定及水質安全，已成為水資源管理的核心課題。鳥嘴潭人工湖位於南投縣草屯鎮，為經濟部水利署

規劃之離河川型人工湖，設計蓄水量約 1,800 萬立方公尺，主要利用烏溪上游水源於豐水期引流蓄存，於枯水期釋放補注，以調節中部地區（特別是彰化及草屯地區）之民生用水供應(如圖 1)。此一工程亦為台灣自來水公司重要的水源開發計畫之一，旨在提升區域供水調配能力並減緩乾旱期間的供水壓力。

然而，人工湖因水體停滯時間長、底泥累積及外源性養分輸入，潛藏優養化風險，若管理不當，易導致藻類過度繁生及異味生成，進而影響下游淨水場的處理效率及水質。烏溪水質的變化將直接影響草屯及嘉興等主要淨水場，其穩定性關乎數十萬戶民眾的飲用水安全。為此，台灣自來水公司自 113 年起整合中區水資源分署監測資料、公司例行水質監測及委外研究成果，建立跨單位水質數據整合與趨勢分析機制，以全面掌握鳥嘴潭人工湖的水質時空變化特性，作為調整操作策略及提升水源管理效能之依據。透過持續的監測與分析，期能提出具體改善措施，強化人工湖水質管理，確保供水安全與永續發展。

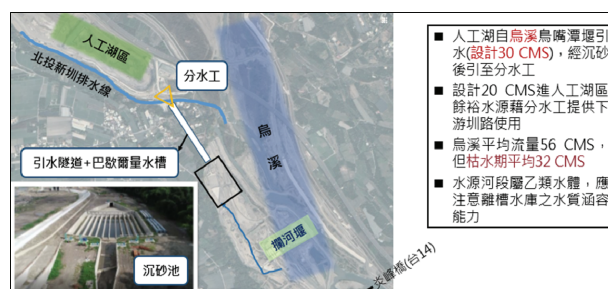


圖 1 鳥嘴潭人工湖水源

二、研究方法

(一)監測資料來源與項目

本研究之監測資料整合自三大來源，包括中區水資源局（中水分署）鳥嘴潭人工湖環境監測報告、台灣自來水公司例行原水及清水水質監測紀錄，以及台灣自來水公司委託研究計畫成果。資料期間涵蓋近 3 年檢測數據，監測範圍包含鳥嘴潭人工湖 A 至 F 等 6 個湖區之原水，以及下游淨水場之清水及配水水質。

鳥嘴潭人工湖係以重力導水方式，將烏溪水源輪流導入各湖區的入流工後再經出流工匯入原水導水管輸送至淨水場(如圖 2)，故不同湖區間之水質變化可反映整體水源調配及暫存過程之特性。為掌握水質時空變化，本研究於 A、B 湖區進水口及相關淨水場取水口設置採樣點，並於表層及底層進行採樣，每月定期執行一次，涵蓋不同季節及氣候條件下之水質變化。

監測項目包含濁度、溶氧、pH、氨氮、磷酸鹽、總氮、總磷、非氣提性溶解性有機碳（NPDOC）、透明度、葉綠素 a 及卡爾森優養化指數（CTSI）等，以全面評估人工湖水質現況及潛在風險。藻類特性分析則著重於藻密度與優養化指標之關聯，探討對水質穩定性及淨水處理的影響。此外，為釐清湖區營養鹽來源及分布特性，研究同時針對氮、磷等營養鹽進行來源組成分析，並依據定期採樣數據追蹤其時序變化，研擬減量策略以降低外源輸入。另針對底泥釋放及周邊集水區水質進行監測，評估其對湖區營養鹽負荷之影響，以確保整體水質管理之成效及

持續改善。

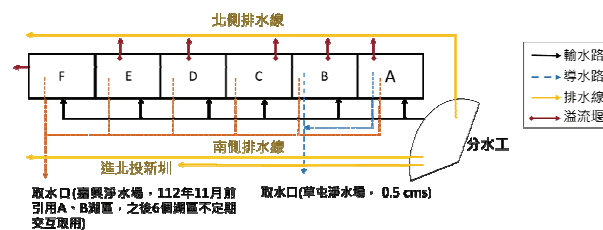


圖 2 鳥嘴潭人工湖設計圖示

(二)異常月份追蹤及分析方法

挑選氨氮異常升高月份（113 年 4 月、6 月、8 月），比較湖區間差異、降雨及水溫分層特性，分析底泥釋放及外源污染之相對影響。並配合操作紀錄，包括加藥量、反沖洗頻率及取水層位變化，以評估操作調整成效。

三、結果與討論

(一)湖區水質季節變化

在一般水質監測項目(如溶氧、pH 值、濁度及非氣提性溶解性有機碳 NPDOC)方面，底層溶氧濃度普遍高於表層(如圖 3)，整體介於 6~9 mg/L 之間，惟夏季分層期間深層水可降至約 4 mg/L。各湖區 pH 值差異不大，多介於 7.2~9.1 之間，夏季藻類繁盛時略呈偏鹼(如圖 4)。濁度方面，分水工處普遍高於湖區水體，且於颱風或豪雨過後會短暫升高至 20~30 NTU，平時則維持在 2 NTU 以下(如圖 5)。NPDOC 於季節及湖區間變化不顯著，平均濃度介於 1.2~2.0 mg/L 之間(如圖 6)。

根據藻類特性及水體優養化分析結果，鳥嘴潭人工湖屬中度優養型水體。氮磷比(N/P)普遍高於 10 (如圖 7)，顯示磷為限制藻類生長之主要因子。湖水表層磷酸鹽濃度

普遍偏低，而底層自 4 月後逐漸升高，推測及水溫上升造成底泥釋磷有關。葉綠素 a 濃度於春季約 5 $\mu\text{g/L}$ ，夏季上升至 20 $\mu\text{g/L}$ 以上，並於 5~6 月達高峰，多數湖區呈現表層濃度較高之現象(如圖 8)。氨氮濃度普遍較低，多為未檢出或接近偵測極限，表示湖區有足夠溶氧，而利於硝化作用(如圖 9)。總磷濃度介於 0.02~0.05 mg/L 之間，綜合計算之 CTSI 約 45~55，顯示水體處於輕度至中度優養化狀態。各湖區優養化趨勢詳如圖 10 至圖 15。

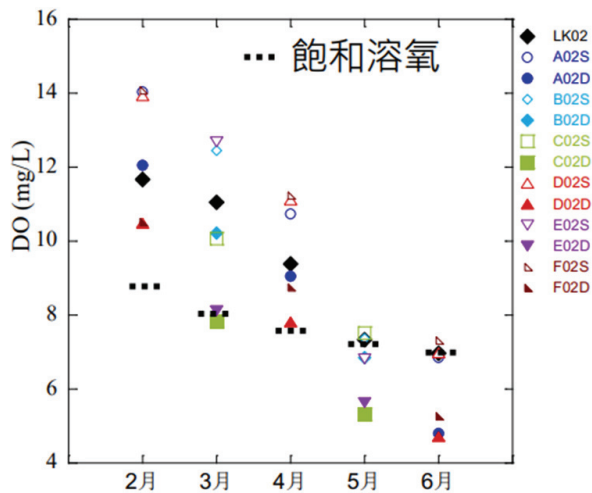


圖 3 114 年度溶氧檢測結果

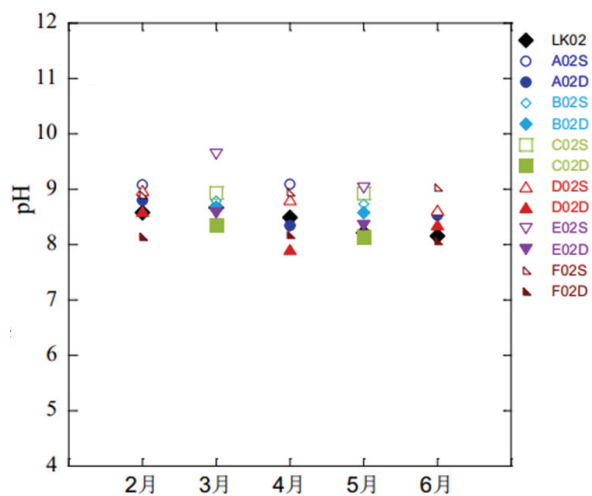


圖 4 114 年度 pH 檢測結果

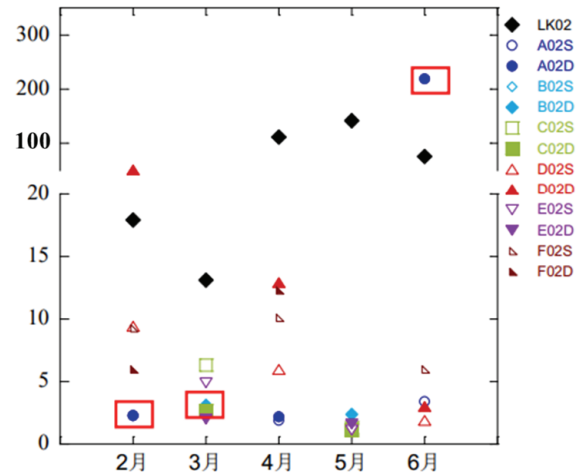


圖 5 114 年度濁度檢測結果

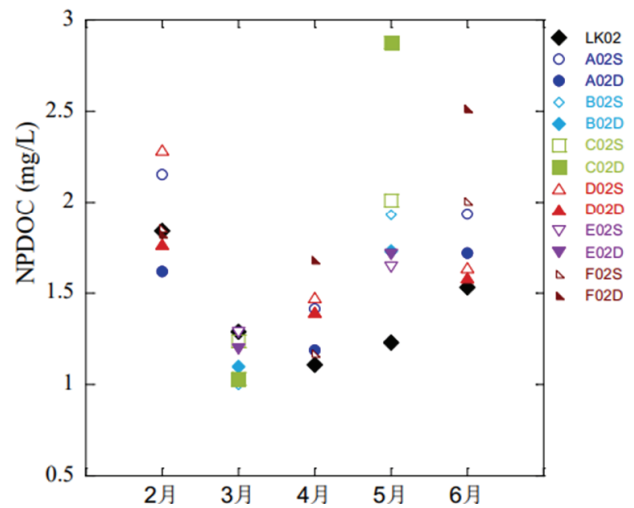


圖 6 114 年度 NPDOC 檢測結果

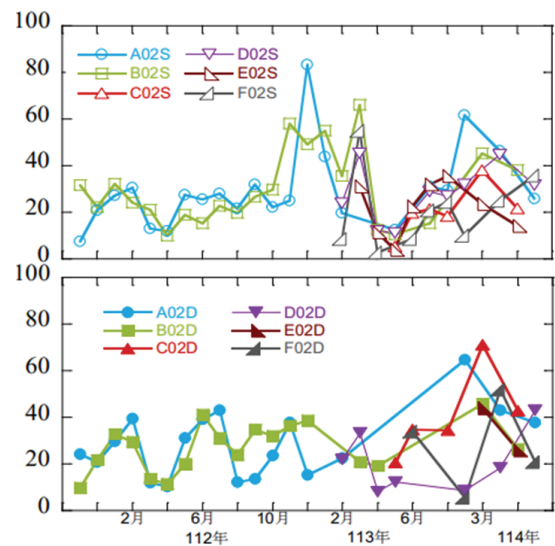


圖 7 112~114 年度 N/P 分析結果

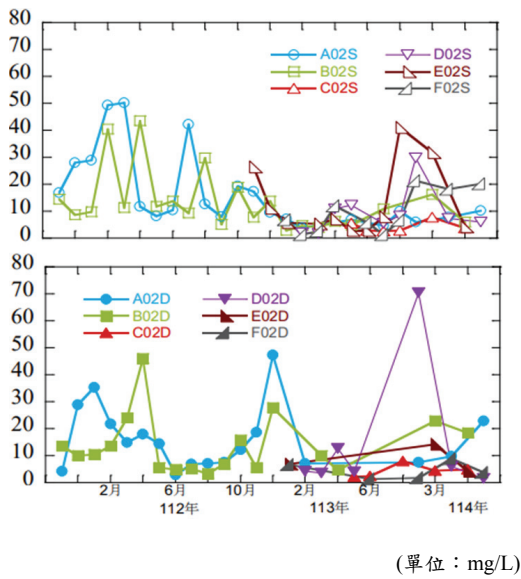


圖 8 112~114 年度葉綠素 a 檢測結果

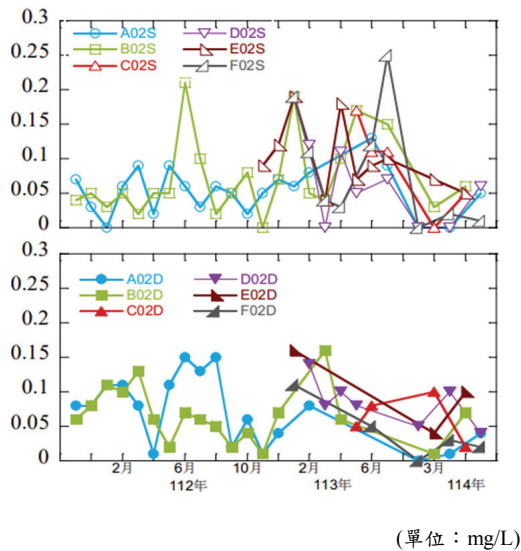


圖 9 112~114 年度氨氮檢測結果

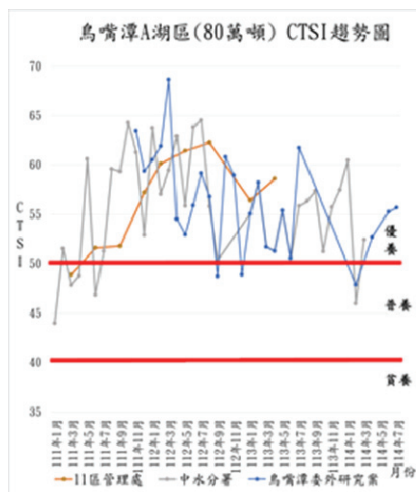


圖 10 111~114 年度 A 湖區 CTSI 分析結果

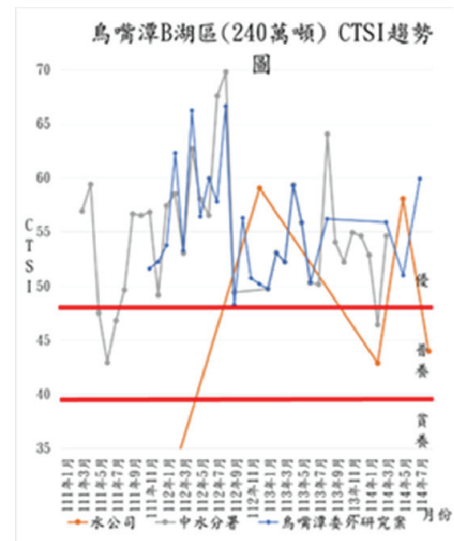


圖 11 111~114 年 B 湖區 CTSI 分析結果

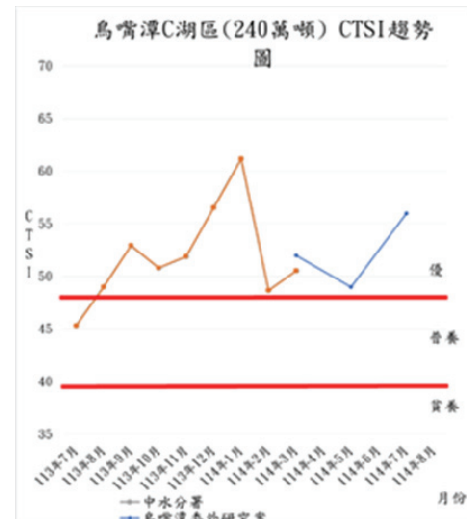


圖 12 111~114 年 C 湖區 CTSI 分析結果

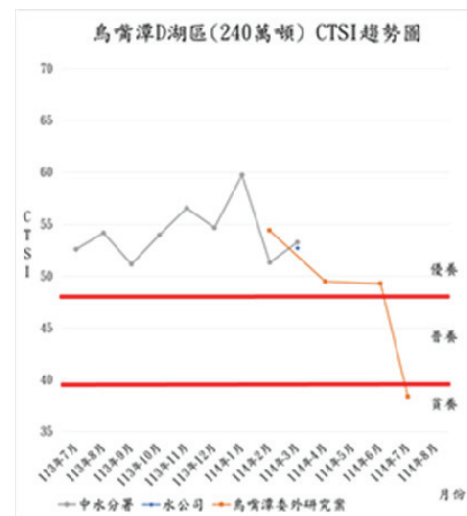


圖 13 111~114 年 D 湖區 CTSI 分析結果



圖 14 111~114 年 E 湖區 CTSI 分析結果

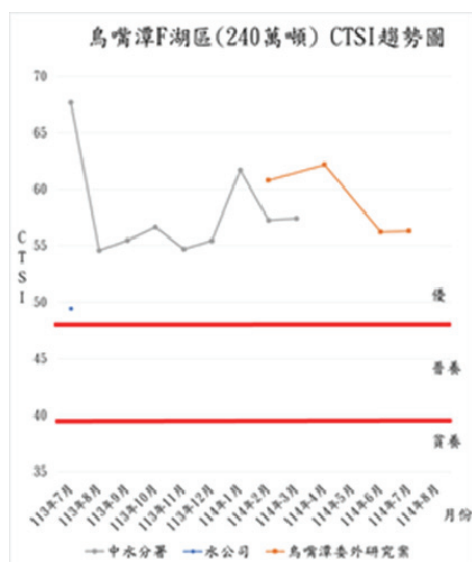


圖 15 111~114 年 F 湖區 CTSI 分析結果

(二) 氨氮異常案例分析

113 年 4 月及 6 月，B 及 C 湖區底層氨氮濃度升至 0.7~1.4 mg/L，詳如圖 16、圖 17，研判因湖水靜置、底泥釋氨及上游施工擾動導致。草屯場取該水源後原水氨氮偏高並出現輕微異味。台水隨即採行應變：

1. 切換低氨氮湖區取水，監控異常持續時間。
2. 增加氯化鐵助凝劑用量強化去除。
3. 提高快濾桶反沖洗頻率。

4. 與中水分署協調降低出流、促進湖內氧化。結果顯示氨氮濃度於一週內回復至 0.2 mg/L 以下。113 年 8 月再度出現短期升高，主因高溫分層導致底泥釋氨，台水透過改變取水湖區與強化曝氣予以抑制。

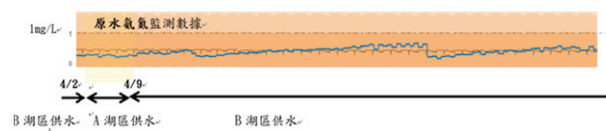


圖 16 B 湖區原水氨氮監測數據

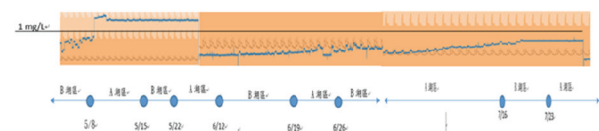


圖 17 C 湖區原水氨氮監測數據

(三) 營養鹽與藻類關聯

夏季總磷上升與藻類密度同步增高，顯示營養鹽累積為藻類增生主因之一。藍綠藻比例於高溫季節略增，但藻毒素未檢出。氮磷比分析顯示磷為主要限制營養鹽，持續追蹤其變化對預判優養化極為關鍵。

(四) 淨水操作與管理成效

嘉興應急場與草屯場針對氨氮與藻類變化採多重管理：

1. 取水策略調整：根據監測資料彈性切換湖區與層位。
2. 加藥優化：依水質動態調整混凝劑比例。
3. 快濾桶維護：強化反沖洗頻率防堵塞。
4. 資訊共享：與中水分署即時交換監測數據，提供水源操作建議。經綜合措施後，清水出水濁度維持 0.5 NTU 以下，氨氮未檢出，餘氯 0.3~0.8 mg/L，鐵錳濃度均低於

標準，顯示在應急供水階段亦能維持穩定優質供水。

四、結論與建議

鳥嘴潭人工湖水質受季節與操作影響顯著，特定月份氨氮上升與優養化現象需持續關注。台水透過跨單位監測資料整合、即時監控與操作調整，有效維持清水品質並降低水質波動風險。建議：

- 1.強化數據整合監控系統，建立氨氮與藻類預警模型。
- 2.針對湖區分層現象規劃取水深度調整準則。
- 3.與水利署合作推動曝氣循環與底泥改善。
- 4.鳥嘴潭淨水場完工後應延續此經驗，形成水源至出水一體化管理機制。

綜上所述，台灣自來水公司於人工湖營運初期即展現成熟應變與監控能力，即便於嘉興應急場階段，出水濁度維持 0.5 NTU 以下，氨氮未檢出，所有指標皆符合飲用水水質標準，顯示跨單位合作與即時監測對維持中部地區供水安全具關鍵意義。

參考文獻

- 1.台灣自來水公司（2025），113~114年鳥嘴潭人工湖水質監測資料彙整。
- 2.成功大學（2024），鳥嘴潭人工湖水質相關監測及操作效益評估期末報告。
- 3.經濟部水利署（2024），鳥嘴潭人工湖環境監測資料與操作資料。
- 4.環境部（2023），飲用水水質標準公告。
- 5.中央氣象署（2024），年度氣象水文分析報告。

作者簡介

柯冠宇先生

現職：台灣自來水公司水質處工程員

專長：環境工程

吳宗昱先生

現職：台灣自來水公司水質處工程員

專長：環境工程

唐俊成先生

現職：台灣自來水公司水質處組長

專長：環境工程

從自來水管網 GIS 數據驅動談停水作業精進與應用 —以最小分區單元(MinZS)為核心模式的理論探討

文/時佳麟、張瑛興、陳品叡

摘要

本研究基於解決現有痛點的一個夢想：「自來水工程人員在計畫性施工或臨時搶修，利用管網 GIS 系統點選施工管線，就能立即得到系統施工停水範圍圖及初步風險評估報告，除解決工程人員文書作業繁瑣及現場風險判斷的痛點外，更能消除客服人員無法明瞭搶修停水範圍的焦慮。」，而提出 MinZS 的創新概念，再進一步導入水理分析，利用類神經網路 (NN) 及大型語言模型 (LLM) 生成式 AI 技術，自動化建立停水範圍圖及風險評估分析。進一步在閥栓管理及管網設計時，思考施工與維修風險的數位治理邏輯，導入 MinZS 分析及建置新設管網設計之規劃原則。研究顯示，MinZS 具備資料語意清晰、空間邏輯穩定與跨系統整合性高等優勢，為自來水系統邁向智慧營運與 AI 應用奠定標準化基礎。

關鍵字：自來水管網管理、DMA、最小分區單元(MinZS)、停水範圍、閥栓管理、自來水管網設計、GIS、自來水水理分析、GenAI、大型語言模型 (LLM)

一、緒論

自來水系統是城市營運與民生服務的基礎設施，其穩定性與風險因應的效率對公共信任與生活品質具有直接影響。但在實務上，當發生管線破損或計畫性施工時，管理單位需快速決定一系列操作問題，包括：應關閉哪些制水閥以達成局部停水？預計影

響多少戶？是否包含關鍵設施？有無消防栓可以排水？有沒有制水閥失效造成水壓異常風險？公告圖面與停水說明應如何快速生成？客服人員在緊急搶修臨時停水時如何快速應對？這些都是工程人員及客服人員每日面對的痛點之一。

臺北自來水事業處（以下稱北水處）監工人員在施工前瞭解施工停水範圍的主要的方法，是利用地理資訊系統(WebGIS)拓撲即時追蹤，找到相關制水閥進行斷水分析（如圖 1），再繪製停水範圍，利用系統功能輸出影響用戶範圍及相關屬性內容，瞭解區域停水後對用戶水質影響及面臨的風險。



圖 1 北水處 GIS 系統斷水分析

斷水分析是北水處 GIS 系統中重要功能之一，提供工程人員在計劃施工或漏水搶修時，能快速找到關閉制水閥及評估影響用水戶數的工具，提昇監造的效能，憑藉此方法與流程，北水處在近 5 年已大幅改善施工造

成水質案件的影響（圖 2），但在時間與資料有限情形下，工程人員必須耗費大量精神與時間再三確認風險影響，特別在搶修臨時停水時更不容易。對於這項監造人員的痛點，必須思考是否有更精準快速的方法，利用已建立大量 GIS 管網資料的數據驅動(data driven)方式，降低每次施工停水前置作業所需時間，進而降低對水質影響問題。

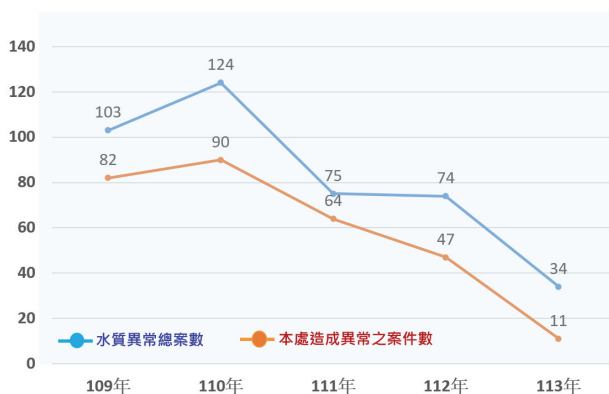


圖 2 北水處近 5 年施工影響水質案逐年下降

檢視國際自來水事業精進管網管理的手法中，DMA（District Metered Area）是以監測流量方式，以建立小區、中區、大區搭配流量計進行管理，也可進一步結合水理模型架構，然而都是建立在流體理論上的管理機制與運用，主要功能為統計用水趨勢、分析夜間洩漏與區域壓力平衡。但是除了涉及水量水壓的漏水問題外，日常管理要面對問題，最主要的就是「當發現漏水時」或「當要汰換管線時」，必須將「有問題管線」或「待更新的管線」暫停供水，關閉週邊制水閥停水。因此，在停水考量下，制水閥維護管理是一項重點工作，確保影響最小停水範圍，加快停水與復水程序。

為解決現行 GIS 與 DMA 在營運應用上

的限制，本研究從 GIS 斷水分析做法出發，提出一個「最小分區單元（Minimal Zoning Segments, MinZS）」全新的概念，MinZS 定義為：「可透過制水閥完全封閉，並以 GIS 拓撲演算劃設之最小操作區段，具備結構化屬性，能支援水理分析模擬、停水範圍規劃與 AI 應用之最小模組單元」。與人為劃分的 DMA 不同，MinZS 是在施工後自然形成由制水閥圍成的區段。可被明確操作、模擬與公告的最小邏輯單元，補足 DMA 架構內施工操作性不足的缺點，可作為未來營運平台、生成式 AI 與決策支援系統之核心模組。

本研究建立 MinZS 的 GIS 拓撲分析邏輯與資料建構流程，並探討其於停水模擬、風險預測、消防檢討、維修應變與生成式 AI 整合等應用場景。進一步將 MinZS 導入新設計階段，提出模組化分區設計原則與閥栓管理策略。研究成果顯示，MinZS 可有效提升系統管理透明度、跨部門操作一致性與數據分析深度，為未來數位孿生、水理模擬與 AI 輔助決策提供一致的空間單元架構。

二、研究目的、範圍與方法

(一)研究目的：

本研究從 GIS 斷水分析停水範圍運用發現，MinZS（最小分區單元）除精進停水作業外，進一步可作為 DMA 的模組化基本單元，協助自來水事業單位進行現場管理作為，本研究有 3 個主要目的：

1. 討論要建構一套以管網的 MinZS 為核心之 GIS 最小分區單元，在劃設流程、資料標準及自動建置架構方面，應該有那些基本內容，做為後續建置的綱要步驟。

2. 以北水處轄區臺北市內湖區的 GIS 管網數據進行分析，討論 MinZS 屬性設計邏輯與實務操作，包括停水範圍圖面應用、制水閥與消防栓管理、緊急搶修停水作業與施工注意事項、作業與維修派工之整合方式。並延伸至管網設計階段，討論閥栓設計原則，以能符合施工現場操作運用。
3. 討論整合北水處水理模型分析，進行停水模擬、風險分析與擴大關水推演。導入 GenAI 與大語言模型，應用於 MinZS 屬性摘要生成與停水範圍圖的視覺化輸出。

(二)研究範圍方面：

以北水處自來水管線設備為主，聚焦於管線基本屬性、延伸屬性，探討施工操作、用戶特性、風險屬性，與 GenAI 生成摘要報告…等其他屬性，並以停水模擬及相關範圍，為主要場景應用。

(三)研究方法：

採用資料整理分析及數位系統運用，包括下列幾個項目：

1. GIS 系統斷水分析演算：利用北水處 GIS 系統斷水分析功能架構，建立 MinZS 數據。
2. GIS 數據驅動：依據北水處在停水作業的痛點，利用 GIS 建立 MinZS 數據庫，包括管線、制水閥、消防栓、水表、建物等圖層與數據，進行分析探討解決方案。
3. 導入水理模型與 AI 工具。

三、最小分區單元(MinZS)概念架構

(一)MinZS 是什麼？

本研究提出「MinZS」概念，是由制水閥圍成的最小封閉管段集合，是管網結構上基本單元。建構於既有斷水追蹤工具之邏輯

延伸，透過系統性演算，在停水情境下預先劃分各可能之最小關水區段，以利日後即時應變、風險分析與數位決策支援。

(二)MinZS 與 DMA 的差別為何？

1. 組成方式不同：DMA 是因為管理需要，由人為劃設的區域，而 MinZS 是在施工制水閥後自然存在的個體。
2. 目標不同：分區管理以 DMA 為核心架構，藉由監控區域進出流量、壓力等指標達成漏水偵測與營運分析目標。而 MinZS 是以施工操作與風險預防為主要目標。

(三)MinZS 與 DMA 的關係為何？

由於 DMA 是人為劃設及制水閥封閉邊界方式，所以 DMA 內包括了數個或十多 MinZS。但實務上也是因為人為劃設，如圖 3，有些 MinZS 不屬於任何大區、中區、小區的範圍，而獨立存在。圖 3 也補充了北水處在討論 DMA 與管網關係架構的不足。

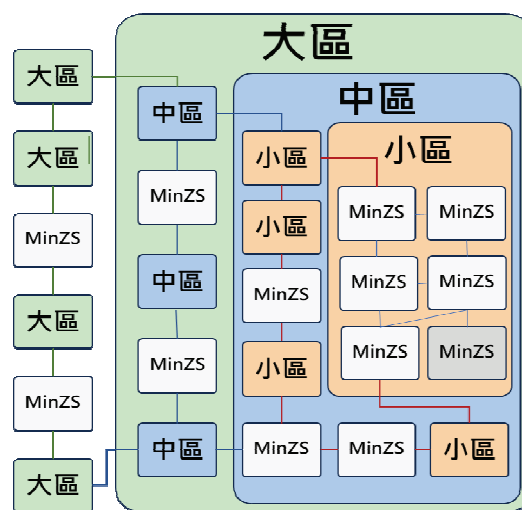


圖 3 MinZS 與 DMA 管網關係示意圖

(四)MinZS 與停水範圍的關係為何？

MinZS 是以 GIS 拓撲為基礎，具備邏輯獨立性與關閉可操作性，為 DMA 內部之最

小管理單元。如果閥栓埋沒或失靈時，停水範圍就會變成 2 個 MinZS 的組合（如圖 4）若再有制水閥異常，停水範圍將逐次加入 MinZS 的範圍。

北水處 GIS 系統「斷水分析」產出停水區段是動態產生、情境導向的停水結果，而 MinZS 則為系統預先處理、靜態的最小單元。透過事前建立 MinZS 資料集，預先掌握各組合模式與可能擴關情境，有助於加速預警、風險控管與最佳化關水計畫。

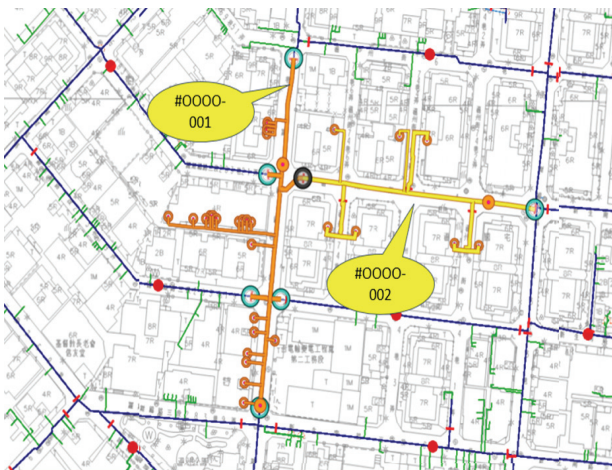


圖 4 停水範圍因制水閥異常擴大右側 MinZS

(五)MinZS 的技術特性

- 1.封閉性與操作性：每一 MinZS 皆由制水閥完整圍構，具備物理斷水操作的單元，符合維修實務需求。
- 2.拓撲穩定性：除非進行實體管線施工與閥件異動，MinZS 邊界維持穩定，不受水壓、流量、時間…等因素改變。
- 3.資料一致性：每一個 MinZS 對應一組固定水表、用戶群與給配水管，利於資料整併與屬性分析。分為二個部份

(1)基本數據：包括以下部份

- 區段數據：區段名稱、最後異動日期。
- 管線數據：給、配水管之材質、口徑、長度、埋設日期、使用年…等資訊。
- 制水閥數據：制水閥編號、數量、型式、口徑、埋設日期、使用年…等資訊。
- 消防栓數據：消防栓編號、型式、數量。
- 用戶數據：水表坐標、用戶地址、戶數。

(2)擴充數據：包括以下部份

- 相臨區段數據：MinZS 名稱、制水閥編號
- 停水範圍：水表對應建物範圍。
- 制水閥數據：評估關閉制水閥所需最少時間，操作數量過多、特殊制水閥、重要制水閥。
- 水質標註數據：給水管過長或共用、水質敏感區、無消防栓排水…等。
- 其他標註數據。

本研究試作 MinZS 屬性資料表主要內容（表 1），實際屬性應依據需求盤點增減。

- 4.多重關聯性：MinZS 之間可透過相鄰邊界閥建立關聯圖譜，進行評估某個制水閥失效（埋沒或損壞）後，模擬擴大關水範圍影響及施工風險的評估。
- 5.水理分析相容性：MinZS 是“自己關到沒水”的管段集合，單憑 GIS 數據分析並不能瞭解是否影響其他 MinZS 單元沒水，如果某個 MinZS 邊界閥為水源頭，則會使得下游 MinZS 同時沒水，這就需利用水理模型分析，把影響下游 MinZS 數量找出當作“屬性”，以補齊純數據分析的不足。另外，在 MinZS 關閉後，找出鄰近水壓變動（降低或升高）情形做為間接影響的屬性。

表 1 MinZS 屬性資料表主要內容項目整理

類別	名稱	說明
基本識別	ID	最小分區單元唯一識別碼（可採用圖號+流水號）
	名稱	命名編碼，例如區域+編號（例：C3-07）
	圖層名稱	對應 GIS 多邊形圖層
管線資訊	閘數量	關閉此 MinZS 所需操作的制水閘總數
	閘清單	所屬制水閘編號清單
	管線長度	該 MinZS 內配水與給水管總長（m）
	管線材質	主要管材型式（可設為多值）
	管齡分佈	管齡最大、最小、平均值（年）
用戶資訊	用戶數	該區段內用戶數
	戶別分析	戶別統計（住宅／工商／學校等）
	消防栓數	是否有消防栓
	停水圖面	停水公告圖坐標點位集合
拓撲關聯	相臨清單	相鄰區段清單
	源頭區	是否為主幹管源頭邊界（Boolean）
	閘分析	若閘栓失效，最可能合併的相鄰 MinZS（ID 清單）
水理屬性	下游停水數量清單	關閉此區段後導致停水的其他 MinZS 數量
	水壓影響	鄰近水壓下降的 MinZS 數量
風險與管理指標	操作時間	預估關閉時間（以現場操作經驗值及模型估算）
	風險等級	綜合風險評級（高/中/低）
	風險報告	GenAI 生成之維護與施工提醒摘要

6.MinZS 為數據驅動與 AI 應用的基礎單元：

- (1)作為生成式 AI（GenAI）生成停水範圍圖與注意事項之最小輸入單元。
- (2)作為風險預測與巡查路線優化模型的圖論節點。
- (3)作為 SCADA、IoT 裝置佈點規劃空間基礎。
- (4)結合 LLM 語言模型產出「每單元注意提醒」之文本輸出風險評估模板

四、從數據趨勢探討MinZS管理作為

本節以北水處內湖供水分區管線資料庫進行分析，並利用 MinZS 的數據驅動探討管理上的精進作為。

(一)內湖供水分區的管網數據基本資料

在北水處 GIS 空間資料庫中選取內湖供水分區的數據，透過輸配水管與制水閘彼此間的連結關係，以制水閘為分界，相連的輸配水管視為同一分群。經整理至民國 113 年底，內湖供水分區共 1,926 個配水管分群，也就是 MinZS 的數量。但配水管只是部份資料，必需導入連結的給水管，才能分析用戶資訊、水表及停水範圍圖面。為解決相同接點給水管分群的問題，北水處同仁發展一套 SGA 演算法（給水管戶籍化演算法），透過給水管、水表彼此間的連結關係，追蹤有相連的給水管線，計算接水點至水表的路徑，進行給水管分群（如圖 5）。

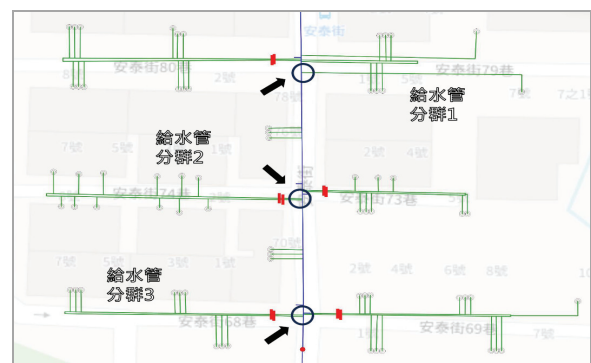


圖 5 給水管戶籍化演算法(SGA)進行分群

最後將與輸配水管相連的給水管分群歸類至其輸配水管分群上，得到內湖供水分區 1,926 個最小分區單元(MinZS)的集合，如圖 6 所示，其中要注意的是 MinZS 實際上是管網的集合，圖面彩色寬度但是為了強化閱讀上的便利性而製作。



圖 6 內湖供水分區 MinZS 分佈概況

(二)評估關水時間，找出閥數量過多單元。

每個停水區段都是由制水閥圍成的單元，也是一個 MinZS 的範圍。除了少數重要制水閥有裝設電動閥頭可遙控操作外，大多數制水閥都需要派人員至現場逐一關閉。

每顆制水閥關閉或打開操作所需時間，會因為制水閥的口徑、年份、型式與日常保養狀態而有所差異，但以「每只制水閥操作 5 分鐘（包括移動時間）」推估，操作 6 顆制水閥就需要 30 分鐘的時間了，若考量復水閥水質影響，6 只以下 MinZS 的操作制水閥時間就需要 1 小時作業時間。若超過 6 只以上，關閉時間過久，在路證時間有限情形下，會影響施工時間及人員復水品質。

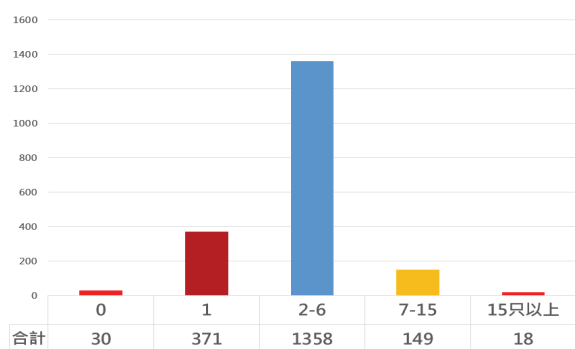


圖 7 內湖分區 MinZS 制水閥數量分佈

內湖分區 MinZS 的制水閥數量分佈情形，如圖 7，檢討分析及建議如下：

- 1.約九成 MinZS 停水操作制水閥，可在半小時完成：由 6 只以下制水閥圍成的 MinZS 約佔總數量九成（1,729 區），顯示內湖分區管網施工停水時，大部份區域都能約在半小時以內停水，對施工時程影響不大。
- 2.至少有 371 個 MinZS 會受到臨近區域停水影響：僅有 1 只制水閥的 MinZS，當相臨的 MinZS 停水時，會有一併停水問題，必須建立相關性，以利正確地公佈停水區域。
- 3.約 8%MinZS 停水操作制水閥將耗時達 1 小時以上，將影響施工進度：由 7-15 只制水閥圍成的 MinZS 共有 149 個，約佔 7.7%（如圖 8），這些區段施工時需要使用 1 小時以上操作制水閥關水。另外還有 12 處 MinZS 組成超過 15 只制水閥，其中最多的有 24 只制水閥，停水操作制水閥時間將達 2 小時以上，對施工人員將是極大的考驗。

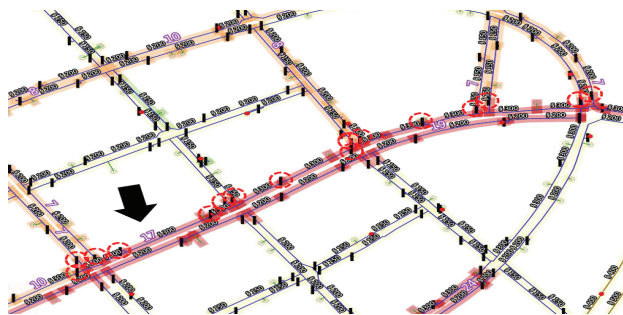


圖 8 內湖分區有 17 只制水閥圍成的 MinZS

- 4.利用 MinZS 發現獨立管段：在資料中也發現 GIS 空間資料的錯誤，如圖 7 中，MinZS 的制水閥為 0 有 30 處，顯然不合理，經檢視資料，為屬性內容誤植造成。
- 5.制水閥數量分析的討論議題：
 - (1)前面先以「每只制水閥操作 5 分鐘（包括移動時間）」方便進行工時推估，實際運

用時要依據管理及施工單位需求，定義什麼是「關水時間太長？」或「制水閥數量過多？」，做為管理改善的依據。

- (2) 設定參數也要考量制水閥口徑、年份、型式與日常保養狀態。
- (3) 依據 GIS 資料與設定定義內容，利用數據整理方式，對北水處全區進行分析，找出相關數據並列出清冊。
- (4) 依據不同態樣，建立解決方法流程步驟。
例如：如果分析後關水時間在 1 小時是可以接受時間，則檢討關水時間超過 1 小時的 MinZS 單元，評估以增設或調整制水閥位置的方式，降低施工時間衝擊。

(三) 評估閥損壞擴關時間，找出異常單元

前面議題是評估單一 MinZS 的制水閥數量，但實際停水作業時，常因某一只制水閥損壞或埋沒找不到時，必須擴大停水至相臨的 MinZS，除增加操作制水閥數量與操作時間外，更擴大停水範圍，增加對民眾的影響。相關影響分析如下：

1. 檢討制水閥失靈時擴大關水的影響：依前節定義的「關水時間太長」或「制水閥數量過多」，分析某一只制水閥失靈時，擴大停水至相臨 MinZS 的制水閥數量，藉以評估關水時程風險。如圖 9，在上方箭頭所指，有 7 只制水閥 MinZS 的下方口徑 300mm 制水閥（★處）損壞時，將擴及下方箭頭所指由 17 只制水閥包圍的區域，屆時需操作 23 只制水閥，施工不確定風險將大幅增加。
2. 建立制水閥擴關數量影響分析流程：比照前項定義「找出時間太長或制水閥數量過多區段」，若以 V 代表 MinZS 制水閥數，則合併後 MinZS 的制水閥數，公式如下：

$$V_{\text{合併 MinZS}} = V_{\text{原來 MinZS}} + V_{\text{擴大 MinZS}} - 1$$

接著，依據制水閥編號，建立損壞擴關後合併 MinZS 的制水閥數量清冊。

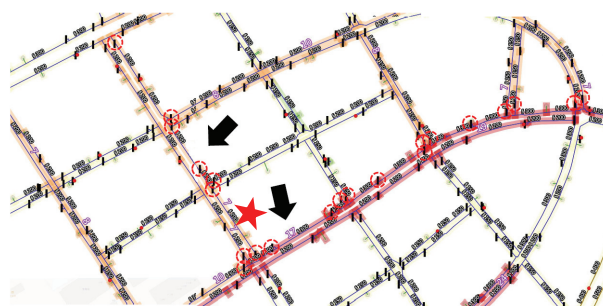


圖 9 內湖供水分區 MinZS 制水閥數量分析

3. 依據清冊找出關鍵制水閥，訂定管理措施：將擴關合併制水閥清冊，以合併後數量進行排序，由定義找出清冊中數量過多或操作時間過長的制水閥，是停水影響重要制水閥，也是關鍵制水閥，並建立關鍵制水閥清冊，屬性包括損壞制水閥編號，合併制水閥數量、擴大影響用戶數量…等資訊。也要列為日常巡查重點、避免埋沒。

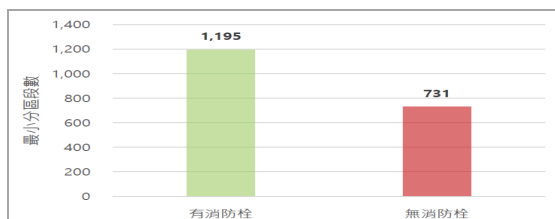
(四) 建立無消防栓 MinZS 分析及改善對策

MinZS 數據中要探討與停水有關的另一個問題，MinZS 區段如果沒有消防栓，將造成施工後洗管的排水問題，必須檢討態樣，討論是否需要增設消防栓，分析如下：

1. 在半小時內可完成停水操作 MinZS 中，有近三分之一 MinZS 沒有消防栓可排水：如圖 10 顯示，內湖分區中有 731 個 MinZS 沒有消防栓（約 38%），而 1 至 6 只制水閥區段中但沒有消防栓的 MinZS 達到 896 區（214+468）約內湖區全區的 35%，表示雖九成以上 MinZS 可順利停水，但將近有三分之一以上的 MinZS，在復水洗管時無法

利用區域內的消防栓排水，必須利用臨近 MinZS 的消防栓進行排水，若臨近的 MinZS 也沒有消防栓，或有水壓、流向及用戶分佈型態考量時，將易造成水質汙染疑慮。必須通盤檢討作業方式，或者最直接方式檢討 MinZS 內新增消防栓。

2. 建立無消防栓 MinZS 最小擴關分析：由 MinZS 的每只制水閥分析，找出相臨區段中「制水閥數量最少」且「有消防栓」的 MinZS，找出相關數據並列出清冊，依據清冊分不同態樣，說明解決方法。例如：找出時間最久的擴關區域相臨制水閥，列為停水重要制水閥，是日常巡查重點，儘量避免埋沒。



MinZS閥栓 數量分析		消防栓數量											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	總計
制水閥 數量分群	0	14	15	1									30
	1	214	118	27	8	2	2						371
	2-6	468	500	246	93	30	14	5	1	1			1358
	7-15	32	43	25	25	14	6	1	5	2	1	1	155
	大於15	3	3		3	1	1		1				12
	總計	731	679	299	129	47	23	6	7	3	1	1	1926

圖 10 內湖制水閥分群與消防栓數量統計

3. 建立無消防栓 MinZS 復水排水計畫：另一種方式，停水時考量降低用戶影響，不擴大關水範圍，但在復水時考量由臨近 MinZS 消防栓排水，這個步驟操作必須細緻，要考量水壓、流向及用戶分佈，避免造成水質汙染。

(五) 納入閥栓管理與管網設計準則。

由前面幾節討論 MinZS 的數據分析中，發現「某個 MinZS 制水閥數量過多」、「某個關鍵制水閥損壞後」、「某個 MinZS 中無消防栓」問題發生時，施工停水階段將會衝擊作業程序、用戶生活作息甚至衍生水質問題。

1. 提前在閥栓管理作業，評估適當制水閥位置，讓任一點維修時，關閉制水閥數量，能控制在最低時數內完成關閉，預防後續漏水關水過長造成衝擊。或者先瞭解現有管網狀態，由管網追蹤制水閥關閉數量分佈情形，並由管線風險高區塊，找出可改善區域，降低關水風險影響。
2. 在管網汰換設計時，考量維護操作成本及風險，將 MinZS 納入管網設計思維，建立解決方案與制度，增加管網設計參考模組，依管網風險、制水閥數量及影響用戶數多寡、水質問題...等因素，檢討管線口徑及制水閥位置，讓設計階段更能考量後續維護時會面對的問題。

表 2 內湖分區制水閥與用戶數量分析

		用戶數量分群						
		0	1	2-10	11-20	21-30	大於30	總計
制水閥數量分群	0	20	2	6	2			30
	1	190	28	93	39	14	7	371
	2-6	359	112	502	234	92	59	1358
	7-15	8	12	68	27	18	22	155
	大於15			8	2		2	12
	總計	577	154	677	304	124	90	1926

3. 運用 MinZS 資料中的水表數量、用戶數量...等數據，如表 2 所示，將內湖分區用戶水表數量與制水閥數量進行分析，發現 7 只制水閥以上的用戶中，有 24 個 MinZS 的有超過 30 個以上的用戶，將是探討制水閥數量過多重點中的重點，是要優先要解決的 MinZS 單元。

(六)以水表坐標導入 AI 工具，建立停水範圍圖面及 MinZS 風險評估報告。



圖 11 水表繪製停水範圍圖示意方式

- 1.由 MinZS 的水表坐標，導入 GIS 拓樸分析及 GenAI 工具，自動繪製停水範圍圖，增進計劃性及臨時停水的作業效率及正確性。目前北水處正在運用二種技術測試，包括以 GIS 技術拓樸關係，導入建物圖框與水表位方式，運用圖層屬性資料。再透過每只水表與建物關係的截圖，運用 AI 模型，直接生成停水範圍圖。如圖 11 所示，作者依據水表位置將對應建物框出，建立停水範圍圖的示意內容。
- 2.依據管線特性、水質敏感等資訊，導入 GenAI LLM(大語言模型)工具，依 MinZS 資料內容，分析產生建議資訊，主動提醒監工及廠商該區段特性，降低因為施工造成用戶水質或異議等問題，建議可參考的數據內容如下，如圖 12 的建議流程建立評估報告，若有新增考量時再逐次增加：

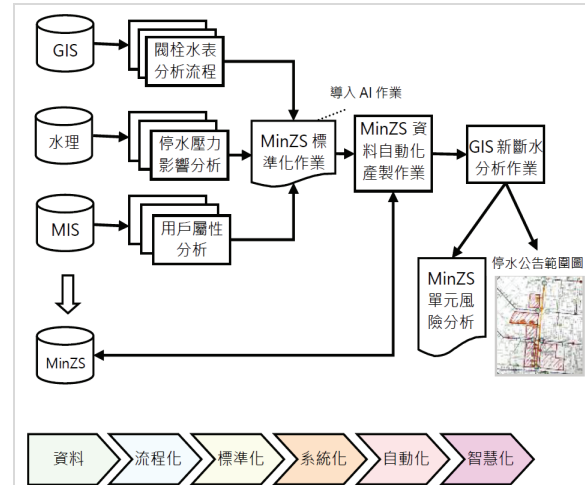


圖 12 北水處 MinZS 導入 AI 作業建議架構

- (1)是否用戶管線長度過長或位於防火巷。
- (2)是否流速較低的管段。
- (3)是否為水質敏感區。
- (4)是否漏水潛勢高，有污水滲入管線機率。
- (5)關閉後，是否造成臨近水流方向改變。
- (6)制水閥數量過多會影響操作時程。
- (7)關鍵制水閥提醒。
- (8)MinZS 內無消防栓，擴關排水範圍建議。
- (9)其他可提醒事項：依據不同可能產生問題，包括是否有 VIP 人士在停水區域…等，提供關閉給水支管、表前止水栓、加強排水、調整水流方向...等建議。

六、結論與建議

整體而言，MinZS 不僅是技術創新，更是智慧治理與跨單位協作的結構化基礎，為自來水產業邁向模組化、數據驅動與 AI 輔助決策的未來奠定基礎。後續還有許多作業需討論與落實，整理本研究主要結論及建議如下：

- (一)本研究以自來水系統日益複雜與數位轉型為背景，提出 Minimal Zoning Segments (MinZS) 作為一種可演算、可操作、可

擴充的模組化管網單元，釐清 MinZS 與施工停水操作、DMA 的互補關係。

(二)從 GIS 圖資出發，結管网線、閥栓、水表與建物等多源資料，經由拓撲分析與封閉演算，劃設出具備完整邊界邏輯之 MinZS 區段，並賦予屬性資料結構，使其不僅可視化，更能支持模擬、公告與 AI 應用。

(二)建立 MinZS 建構流程與資料設計方法：涵蓋從 GIS 拓撲分析、邊界劃設到屬性欄位標準化。

(三)發展 MinZS 於智慧管理之應用模型：如停水風險評估、擴關模擬、消防栓配置與圖面生成。

(四)探討 MinZS 導入閥栓管理與設計階段的策略：建立可模擬、可維運的分區設計思維，提升全生命周期效率。

(五)導入生成式 AI 與語言模型 (LLM) 應用場景：實現圖文整合、自動公告與即時預警。以 MinZS 為核心的模組化智慧水網管理架構。

(六)制度推動建議與落地策略：為將 MinZS 從研究實作導向制度應用，建議可從以下三個面向推動：

1.技術指引制定：制定《MinZS 建構與應用技術手冊》，明列資料需求、命名規則、演算流程與屬性標準。

2.自動化批次更新全部 MinZS 圖資：以批次方式建立北水處全區的 MinZS 資料庫，並整合更新至 GIS 系統斷水分析功能，當工程人員點選施工地點時，直接選取所屬 MinZS 資料庫中「停水範圍圖框」顯示於系統中，並顯示該 MinZS 的風險評估報

告，提醒施工人員參考注意。也要結合圖資更新制度，當施工圖資更新時，每日於離峰時間一併更新 MinZS 所屬資料。

3.結合設計審查制度：將 MinZS 模組納入新設設計圖送審項目，導入預防施工風險思維，要求圖說中劃設邏輯封閉區段與對應閥栓與建物關聯。

(七)後續研究與應用展望：MinZS 作為可操作的空間模組，具備以下延伸應用潛力。

1.結合壓力感測與機器學習模型，進行異常偵測與預測維修建議。

2.作為數位孿生模型 (Digital Twin) 中之操作節點，支援場景模擬與應變推演。

3.延伸至水資源整體調度管理，結合淨水廠與管線末端作為供水分區最小模擬單位。

4.推動開放資料標準化，使不同自來水公司或城市可互通 MinZS 模組，促進橫向學習與平台整合。

本研究從解決痛點出發，讓每一段管網都成為可治理、可理解、可優化的單元，從紙本圖台到 Web 地圖，從人工作業到 AI 生成，從模糊範圍到模組化管理，MinZS 不僅是一項圖資創新，更是一種管理邏輯的重構。當每一段自來水管線都能被清楚定義、即時辨識與智慧模擬，自來水事業將真正邁向以資料為核心的高彈性、高韌性、可持續營運的新時代。

參考文獻

1.臺北自來水事業處水安全會議，113年第4季水質異常案件統計資料。

2.臺北自來水事業處WebGIS系統空間資料庫，內湖供水分區管線資料。

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：自來水工程設計規劃及搶修維護、GIS 地理資訊系統、水理分析運用、人工智慧導入管理

陳品歡先生

現職：臺北自來水事業處四級管理師

專長：資料統計分析、GIS 地理資訊系統、人工智慧分析與設計

張瑛興先生

現職：臺北自來水事業處股長

專長：自來水工程、GIS 地理資訊系統、人工智慧管理運用

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。

AI×ESG 自來水事業如何在碳稅時代掌握生存的關鍵

文/邱嘉南

摘要

隨著全球化與數位技術的迅速進步，企業所面臨的市場競爭愈加激烈。企業不僅需在現有市場中保持競爭優勢，還必須具備快速反應與創新能力，以應對不斷變化的外部環境。

隨著 AI 技術的快速發展，企業在 ESG（環境、社會及治理）管理中的應用也引起了廣泛關注。AI 技術不僅能提升企業的決策效率，還能優化資源配置，推動永續創新。

排碳有價時代來臨，台灣目前以碳費先行，但國際上多數國家都是課徵碳稅，政府針對碳排放量來課稅，作為降低碳排放量並鼓勵乾淨能源投資的手段。

深入探討 AI 技術與 ESG 管理的整合，揭示了其在提升企業永續創新和業務績效中的潛力。隨著全球化和數位轉型的快速推進，企業所面臨的市場競爭日益加劇。傳統的競爭優勢模式逐漸被新興技術與資源所取代，其中人工智慧（AI）技術與社會資本正逐步成為企業掌握創業機會和實現持續創新的關鍵驅動力。

關鍵字：AI、ESG、碳費、社會資本

一、AI(人工智慧)

人工智慧（artificial intelligence, AI），指由人製造出來的機器所表現出來的智慧。通常人工智慧是指用普通電腦程式來呈現人類智慧的技術。該詞也指出研究這樣的智慧

系統是否能夠實現，以及如何實現。同時，隨著醫學、神經科學、機器人學及統計學等方面的發展，普遍認為人類的部分職業也逐漸被其取代。

AI 系統不是單一技術，而是多種技術的集合，可以透過組合來執行不同類型的任務。這些任務可能非常具體，例如了解語言、適當回應，或非常廣泛，例如協助某人提出差旅建議以規劃假期。但是了解構成 AI 的所有不同類型的技術可能是一項艱鉅的任務(SAP,2024)。

現代 AI 系統已經發展到能夠展示解決視覺認知、語音辨識、規劃、決策和語言翻譯等任務的問題解決能力。它們可以即時處理數 TB 的資料和洞察，證明自己具備靈活應變的技術，可以增強人類使用者的能力，並提高工作場所的效率、生產力和滿意度。

近年來開發大型語言模型（LLM）和生成式人工智慧（AI）技術，如 Chat GPT、DALL-E 和擴散模型等徹底改變了人工智慧的能力（Wang,Zhao & Gong, 2024）；（Zhou & Lee,2024）。這些模型可以根據簡單的提示產生類似人類的文字、圖像、音訊和其他模式，開啟人工智慧應用的新領域。生成式人工智慧的出現，配備了具有強大創造與溝通能力的 AI 系統超越模式識別和預測。

透過自動化、數據驅動的見解和人機協作來確保流程。大型語言模型（LLM）的出現，例如 OpenAI 的 GPT 系列和 Google 的

BERT，為 NLP 領域帶來重大進展。這些先進的機器學習模型非常熟練地執行各種自然語言處理（NLP）任務（Kasneci E, Sesler K et al.,2023）。這些模型利用大型文本資料集的廣泛訓練來獲取複雜的語言表示，使它們能夠執行文本生成、情感分析和問答等各種任務。這些發展將 NLP 研究推向了新的高度，使得開發出更強大、更通用的語言理解系統成為可能。此外，基於 Transformer 的架構的進步擴大了大型語言模型（LLM）的能力，從而提高了它們在各種自然語言處理（NLP）任務中的有效性。大型語言模型（LLM）在眾多自然語言處理（NLP）任務中表現出了卓越的熟練程度，超越了傳統模型，並在基準資料集上獲得了最先進的結果（Yang,Z.,Dai,Z et al.,2019）。這些發展強調大型語言模型正在徹底改變各領域的語言理解和生成任務方面的變革潛力。

二、ESG（環境、社會及治理）

ESG 代表企業在經營過程中對環境、社會責任及公司治理的全面考量，其目標是達成長期可持續發展並提高企業競爭力。越來越多的研究指出，ESG 與企業績效、創新以及投資回報率之間有著密切的聯繫。

ESG 的概念最早於 2004 年由聯合國全球契約倡議提出，該項目強調企業在追求經濟效益的同時，該計畫強調企業在追求經濟利益的同時，同樣應重視承諾、履行社會責任與維持公司治理結構（UN Global Compact,2004）。ESG 代表企業在經營過程中對環境、社會責任及公司治理的全面考量，其目標是達成長期可持續發展並提高企業

競爭力。越來越多的研究指出，ESG 與企業績效、創新以及投資回報率之間有著密切的聯繫（Eccles et al.2014）。

環境因素涉及企業如何管理能源使用、廢棄物處理和碳排放等環保問題。而社會因素則包括勞工權益、員工福祉以及社區參與。公司治理主要關注企業領導層的透明度、董事會結構以及股東權益的保護。過去幾十年，ESG 逐漸從概念發展為企業管理實踐中的重要標準，特別是在投資決策中佔有重要地位。ESG 因素被視為評估企業可持續性的關鍵指標，不僅能幫助投資者降低風險，還能識別潛在的投資機會。

ESG 策略還被證實是企業有效的風險管理工具。隨著全球氣候變化的加劇和社會責任要求的提升，企業面臨的風險越來越複雜和多樣化。在此背景下，ESG 指標能夠幫助企業及時識別和評估潛在風險，並採取相應措施來降低風險。例如，企業通過減少碳排放和推動環保技術的應用，不僅能降低環境風險，還能減少因政府政策和社會輿論而產生的合規風險。社會層面上，企業通過強化社會責任和提高公司治理水平，能夠增強其社會信譽，減少法律風險和勞工糾紛的可能性。ESG 策略的實施有助於企業的長期價值創造，並增強其財務表現。過去的研究表明，將 ESG 因素納入企業戰略中的公司通常能夠在市場中獲得更高的信譽和更穩定的客戶基礎（Grewatsch & Kleindiens,2017）。這些企業通過改善其產品和服務質量、提升運營效率以及增強品牌形象來提高市場競爭力（Porter & Kramer,2006）。

以下是 ESG 6 大優勢統整：

(一)加強風險管理：

企業可透過提升 ESG 表現，減少產生法律訴訟、負面宣傳、勞資糾紛的風險，進而維持長期利益。此外，ESG 評分高的企業，通常都有完善的營運策略與規劃，資訊公開透明，能讓投資者對其更有信心。

(二)提升國際競爭力：

隨著各國對永續議題的日益重視，企業若能提供永續報告書，不但是展現自身重視氣候變遷的方式，更是一種適應力、創新性的證明，因此更容易吸引到跨國投資者與合作對象，在競爭中脫穎而出。

(三)促進永續發展：

ESG 本身的重點即是促進永續發展，而 ESG 績效優良的企業則可被視為保護自然環境、善盡社會責任的一份子，對其品牌形象也有所助益。

(四)幫助公司治理：

落實 ESG 有助於企業改善公司治理，例如提升資訊透明度、強化內部管理，同時也能保障股東、客戶、供應商等其他利害關係人的權益。

(五)獲得投資者支持：

重視永續發展的投資者會優先選擇 ESG 表現良好，或具有永續報告書的企業，以此作為衡量企業價值的依據之一。

(六)吸引與留住人才：

ESG 評分高的公司代表擁有更好的工作環境，可以看出企業重視員工的態度，因此更容易吸引及留住人才。

三、人工智慧（AI）的運用及對ESG管理的影響

AI 在數據分析、決策制定與資源優化中可以發揮極大的作用，從而推動創新和永續商業實踐。AI 與 ESG 管理的整合不僅能培養創業機會，還能提升永續創新的可能性與業務績效。以 OpenAI 的 GPT 系列和 GitHub Copilot 為代表的大型語言模型，不僅改變了企業內外部溝通的模式，也在商業應用中大放異彩。這些工具能夠自動生成和理解高品質的人類文本，減少人力溝通的時間和成本。以 GPT 為例，透過其在多種領域的應用，如市場分析、客戶交互和內容生成，企業得以更快速地應對市場變化，並強化與外部合作夥伴的聯繫。

ESG 可以透過數據可靠性協助管理決策，幫助公司發現永續發展的弱點。人工智慧技術透過先進的數據分析、預測建模和流程自動化來優化能源消耗、減少浪費並提高供應鏈透明度，讓企業越來越重視企業社會責任和環境、社會和治理議題。

(一)優化能源消耗和減少廢棄物

透過機器學習、演算法和即時數據分析，企業可以識別能源消耗的模式和低效率。由人工智慧支援的預測維護系統可以預測設備故障，確保及時維修並最大限度地減少停機時間，從而節省能源並降低營運成本。人工智慧可以透過智慧分類系統和預測分析來管理廢棄物的產出，簡化生產流程，從而最大限度地減少廢物產生並促進循環經濟實踐。

(二)供應鏈透明度提升

人工智慧驅動的分析可以即時追蹤和監控供應鏈的每個階段，提供有關採購、生產和分銷流程的詳細見解。這種透明度有助於企業識別和降低風險，確保道德採購實踐，並維持對 ESG 標準的遵守。此外，人工智慧可以透過預測需求、優化庫存水準和減少物流營運對環境的影響來提高供應鏈效率。人工智慧可以透過持續分析監管變化並評估其對業務營運的影響來自動化合規性監控)。自然語言處理 (NLP) 演算法可以審查大量法律文件，以確保滿足監管要求的各個方面。

(三)完善風險管理

人工智慧技術可以為組織內的多元化和包容性措施做出重大貢獻。人工智慧驅動的招募工具可以透過專注於候選人的技能和資格而不是人口統計特徵來幫助消除招募過程中的偏見。機器學習演算法可以分析員工數據，以識別多元化差距，並提出有針對性的策略，以培養更具包容性的工作場所。此外，人工智慧可以協助監測工作場所文化和情緒，從而採取積極主動的措施來解決與歧視和包容性相關的問題。

透過提供預測分析和風險評估工具來幫助組織識別潛在的 ESG 相關風險，從而增強風險管理。例如人工智慧可以分析環境數據來預測自然災害或氣候相關對業務運營的影響)。由人工智慧支援的社群媒體監控工具可以檢測新出現的聲譽風險和公眾情緒趨勢，使企業能夠迅速應對潛在危機。透過將人工智慧整合到風險管理框架中，企業可以主動應對 ESG 風險並確保抵禦不可預見

的挑戰的能力。

(四)AI在數據分析中的應用提升 ESG 報告透明度

在當前這個數位化高速發展的時代，企業對於數據的重視程度日益增加，尤其是在環境、社會與公司治理 (ESG) 報告的透明度方面。ESG 報告作為企業展示其對於社會責任的承諾和實踐的工具，越來越多的投資者和消費者將其視為決策的關鍵要素。然而，傳統的數據收集和分析方法往往面臨時間長、精度低等問題，這使得 ESG 報告的透明度受到挑戰。在這樣的背景下，人工智慧 (AI) 技術的進步為解決這一問題提供了新思路(藍訊科技,2025)。

AI 能夠對海量數據進行快速分析，從而提高數據處理的效率。透過機器學習及自然語言處理技術，AI 可以自動萃取並分析多樣化的數據來源，包括企業的財務報表、社會媒體評論、環保政策及市場趨勢等。在這一過程中，企業能夠更精準地掌握自身在環境保護、社會責任和公司治理方面的表現。同時，AI 的預測功能也能幫助企業識別未來的風險與機會，確保在 ESG 方面的決策能夠基於資料驅動。

隨著資料透明度的提高，企業在向外界傳達其 ESG 數據時，透明的報告結構變得尤為重要。AI 不僅使企業能夠呈現更為詳盡的數據，還能減少報告過程中的人為錯誤。基於資料的自動化報告生成，不僅提高了效率，同時也使得報告內容的持續更新得以實現，讓持份者可以隨時了解企業的最新進展及成就。

AI 的應用不僅限於數據分析與報告生

成，其在提升溝通效果方面的作用同樣不可忽視。透過智能聊天機器人和數字助理，企業可以隨時隨地與利益相關者進行互動，解答他們對 ESG 數據的疑問，提升信息的可得性與透明度。這不僅增強了企業在市場中的競爭力，也促進了與消費者和投資者之間的信任關係。

AI 在數據分析中的應用為企業提供了提升 ESG 報告透明度的全新方案。在不斷變化的商業環境中，企業能夠利用 AI 更加靈活地應對挑戰，並在社會責任方面樹立良好的形象。未來，隨著技術的不斷發展，相信 AI 將在 ESG 領域扮演越來越重要的角色，為可持續發展提供強有力的支持。

(五)大數據驅動的 ESG 評估模型助力投資決策

在當前的投資環境中，環境、社會及公司治理（ESG）已成為投資者日益關注的重要指標。隨著全球對可持續發展的重視，大數據技術的應用為 ESG 評估提供了新的動力，並豐富了投資決策的依據。

大數據的強大之處在於，它能夠透過海量數據的分析，深入了解公司在環境保護、社會責任以及治理結構等方面的表現。這些數據來自於多種來源，包括社交媒體、公司報告、新聞報導、甚至是民意調查等。透過集成並分析這些信息，投資者可以獲得更全面的 ESG 評估結果，從而在選擇投資標的時做出更明智的選擇。

ESG 評估模型的核心在於如何將這些複雜且多元化的數據進行整理和解讀。使用先進的分析工具，這些模型能夠快速識別出各種潛在的風險與機會。例如，如果一家公司

在環境方面的表現不佳，將可能導致長期的法律責任與企業聲譽損害，進而影響其股價。而社會責任方面的缺失則可能引起消費者的抵制，這些都是投資者所必須考慮的重要因素。

透過大數據技術，ESG 評估模型不僅提升了準確性，還能夠提供一個動態的監測系統。這使得投資者可以即時掌握市場變化及個別公司的 ESG 表現，進行靈活的投資策略調整。而這樣的即時反饋，在傳統評估模式下是難以實現的。

投資者在面對未來的挑戰時，必須認識到 ESG 評估的重要性越來越突出。隨著可持續投資和責任投資的興起，選擇一個可靠且全面的 ESG 評估模型，將有助於把握潛在的投資機會。特別是在風險管理上，ESG 評估能夠為投資者提供更深入的見解，使他們在不確定的市場環境中找尋穩健的投資方向。

四、AI與ESG在自來水事業的重要性

在自來水事業中，AI（人工智慧）與 ESG（環境、社會與公司治理）日益成為關鍵的發展方向。這兩者在提升水資源管理效率、保障用水安全、強化永續經營上扮演極其重要的角色。

(一)AI 在自來水事業中的重要性

AI 可應用於以下各個環節，提升效率與準確性：

1.智慧管網管理

(1)漏水偵測與預測維修：利用感測器與 AI 模型分析水壓與流量異常，自動偵測漏水點，減少人力巡檢與水資源浪費。

(2)管網壽命預測：透過機器學習分析歷史維

修紀錄、水質變化與環境因素，預測管線老化風險，提前更換。

2. 水質監控與安全管理

(1)即時水質分析：AI 可分析來自感測器的大量資料（如 pH、濁度、餘氯），即時判斷水質異常，保障用戶健康。

(2)污染源預測：結合氣象與流域資料，預測可能的污染事件，提前應對。

3. 客戶服務與營運效率

(1)用水行為分析：透過智慧水錶與 AI 演算法，提供客戶用水建議、辨識異常用水行為（如漏水），提升服務品質。

(2)預測性營運管理：AI 可協助進行用水需求預測、水庫排程、能源消耗改善等決策。

(二)ESG 在自來水事業中的重要性

ESG 是企業永續發展的核心指標，自來水事業作為公共服務的一環，承擔更高的社會責任。

1. E（環境 Environmental）

水資源保護與節約：透過智慧用水管理與漏水控制技術，減少浪費，提升水資源利用效率。

(1)減碳節能：透過高效率的抽水與淨水設備、再生能源導入，降低碳足跡。

(2)氣候變遷調適：應對極端氣候帶來的水源波動與淨水風險，加強韌性建設。

2. S（社會 Social）

(1)公平供水：保障偏鄉或弱勢群體的基本用水權利，提升水資源公平性。

(2)社區參與與教育：推動節水教育、水資源意識提升，與民眾共同守護水環境。

(3)員工安全與福祉：確保維運人員工作安全，建立良好的職場環境。

3. G（公司治理 Governance）

(1)透明治理與資訊揭露：公開營運資料、水質檢測結果等，建立民眾信任。

(2)法規遵循與風險管理：嚴格遵循與公共衛生法規，強化企業韌性與風險因應能力。

(3)永續策略制定：將 ESG 納入企業決策核心，設定長期減碳、節能、社會貢獻目標。

(三)AI × ESG 的綜效

AI 的導入正是落實 ESG 策略的助力工具。兩者的整合可達成以下綜效(表 1)：

在自來水事業中，AI 是實現智慧化管理與營運效率的工具，而 ESG 是實現永續與社會責任的指南。結合 AI 與 ESG 不僅能改善企業績效，更能在氣候變遷與資源緊張的大環境下，確保供水穩定、保護環境並回應社會期待，達成真正的永續發展。

表 1 AI×ESG 的綜效

面向	AI 應用	ESG 成效
節能減碳	智慧能源排程預測用水	減少碳排放提升能源效率
社會責任	即時漏水警報用戶服務強化	確保用水安全、公平
治理透明	資料視覺化儀錶板、公開平台	提升資訊透明度與問責性

五、全球碳稅政策

面對排碳有價時代來臨，臺灣目前以碳費先行。政府針對碳排量來課稅，作為降低碳排量並鼓勵乾淨能源投資的手段。臺灣所採用的碳費制度，由環保署徵收，以專款專用的方式使用在環境行動上。但市場上持續有針對碳稅取代碳費的討論，財政部也持續搜集國際間課徵能源稅、碳稅的相關資料，並同時檢討調整貨物稅，以免造成重複課稅

的問題。

目前財政部考量先觀察碳費推出後的實施情況與成果，後續再來研擬碳稅，因此台灣何時會徵收碳稅，仍未有明確的時程規劃。

碳稅 (Carbon tax) 是碳定價的一種方式，主要針對溫室氣體排放來課稅，像是化石燃料 (如煤、石油、天然氣) 燃燒產生的溫室氣體排放。不同的溫室氣體對於暖化的影響不一，為了方便計算，將各種人為溫室氣體對暖化的影響程度轉換成相當重量的二氧化碳，稱為「二氧化碳當量 (tCO₂e)」並乘以稅額來計算，稱為碳稅。

減碳不再是道德訴求，碳稅凸顯了碳排放所隱含的社會成本，透過提高排碳成本，達成減少溫室氣體排放的目的，像是透過徵收燃油稅、取消化石燃料補貼，以及納入「碳的社會成本」相關法規，實現污染者付費的精神。

目前大多數政府實行碳稅，由財政機關統一徵收，稅收入國庫後可視為整體政府的財政收入，用途包含社會福利、所得稅減免、發展各項低碳的基礎建設等，用途更廣泛。

六、結論

儘管已有研究揭示了 ESG 對企業績效的積極影響，未來仍有幾個重要方向值得進一步探索。首先，需要更多實證研究來檢驗不同產業和地區的 ESG 實施效果。例如，不同行業在面臨環境和社會挑戰時，ESG 策略的有效性可能存在差異 (Matsumura et al., 2014)。其次，研究應深入探討 ESG 對於

中小企業的影響，這些企業在資源和能力上相對有限，ESG 策略的實施可能面臨不同的挑戰和機遇 (Luo & Bhattacharya, 2009)。此外，ESG 與技術創新、數字化轉型等前沿領域的結合仍然是未來研究的重要議題。隨著企業對數據分析和人工智慧等技術的依賴增加，如何將 ESG 標準整合到技術應用中，並利用科技來提高 ESG 績效，是未來學術界和業界共同關注的焦點 (Porter & Kramer, 2006)。綜合來看，ESG 作為企業可持續發展的重要框架，已經顯示出其在創新、風險管理和價值創造中的巨大潛力。儘管 ESG 的實施仍面臨挑戰，但隨著全球對環境保護和社會責任的日益重視，ESG 策略將繼續成為企業管理中不可或缺的部分。未來的研究應繼續深化對 ESG 的探索，並關注其在不同情境下的應用效果，從而推動企業在達到社會責任的同時實現長期價值的最大化。

然而 AI 應用中也面臨資料隱私保護和法規遵循的挑戰，因此企業在推動 AI 與 ESG 整合時應關注透明度和負責任的 AI 使用。儘管 GPT 和 Copilot 等技術為企業的溝通帶來了顯著提升，現有研究仍存在若干未解決的問題。首先，關於人工智慧驅動的語言技術對倫理和社會影響的研究尚不夠深入，特別是在使用這些技術進行跨文化溝通時，潛在的偏見問題和語義失準可能會對企業形象和外部溝通產生負面影響。所以雖然人工智慧技術 (AI) 的快速發展，顯著提升了企業內部和外部的溝通效率。然而，未來的研究仍需關注於該技術的倫理挑戰、使用者體驗的改善，以及各行業中的具體應用探

索。這將有助於實現人工智慧技術的全面應用，同時確保其社會影響的正向發展。

而 AI 已不僅是一場技術革命，更是全社會的深層次轉型。企業若能以積極且負責任的態度擁抱 AI，並適應這場變革，將能在未來競爭中保持領先，創造長期價值，最終推動社會進步。

隨著氣候變遷日益嚴重，碳稅被視為實現全球脫碳的重要解決方案，在未來十年各國建立碳稅計畫成為趨勢，如何激勵產業減少碳排，主動掌握最新的碳稅趨勢，共同邁向永續淨零目標。

參考文獻

1. 思愛普 (2024), 何謂人工智慧? <https://www.sap.com/taiwan/products/artificial-intelligence/what-is-artificial-intelligence.html>
2. 藍訊科技(2025), AI如何推動ESG議題變革：十大應用案例分享
3. Eccles, R. G., Ioannou, I., & Serafeim, G. (2014). The Impact of Corporate Sustainability on Organizational Processes and Performance. *Management Science*, 60(11), 2835-2857.
4. Grewatsch, S., & Kleindienst, I. (2017). How organizational cognitive frames affect
5. organizational capabilities: The context of corporate sustainability. *Journal of Business Ethics*, 144(3), 569-588.
6. Kasneci E., Sesler K., Kuchemann S., Bannert M., Dementieva D., Fischer F.,...Kasneci G. ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learn Indv Dif*. 2023; 103:102274.
7. Luo, X., & Bhattacharya, C. B. (2009). The debate over doing good: Corporate social performance, strategic marketing levers, and firm-idiosyncratic risk. *Journal of Marketing*, 73(6), 198-213.
8. Matsumura, E. M., Prakash, R., & Vera-Muñoz, S. C. (2014). Firm-value effects of carbon emissions and carbon disclosures. *The Accounting Review*, 89(2), 695-724.
9. Norvig, Peter ;Russell, Stuart J (2003), *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (2nd ed.), Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, ISBN0-13-790395-2.
10. Porter, M. E., & Kramer, M. R. (2006). Strategy and society: The link between competitive advantage and corporate social responsibility. *Harvard Business Review*, 84(12), 78-92.
11. UN Global Compact. (2004). Who Cares Wins: Connecting Financial Markets to a Changing World. United Nations.
12. Wang, C., J. Zhao, and J. Gong. (2024). A survey on large language models from concept to implementation. *arXiv* (March 27).
13. Yang, Z., Dai, Z., Yang, Y., Carbonell, J., Salakhutdinov, R. R., & Le, Q. V. (2019). Xlnet: Generalized autoregressive pretraining for language understanding. *Advances in neural information processing systems*, 32.
14. Zhou & Lee.(2024). Generative artificial intelligence, human creativity, and art. *PNAS Nexus*, Volume 3, Issue 3 (March 2024)

作者簡介

邱嘉南先生

現職：臺北自來水事業處淨水科工程師

專長：防災、資訊處理

台灣自來水公司廢料標售效益分析 與改善策略探討

文/賴季伶

摘要

台灣自來水公司於日常營運及工程施工過程中，產生大量金屬與非金屬廢料、報廢資產及施工下腳料等，這些廢棄物透過系統化分類與公開標售方式妥善處理，不僅有助於減少環境負擔，更能創造附加經濟價值，實踐資源永續管理的目標。本研究旨在透過台水公司近五年廢料標售資料之分析，探討其標售流程現況、價格變動趨勢與潛在挑戰，分析標售金額波動原因與廢料分類的影響，並進一步提出建議並針對高價值廢料（如廢抽水機、特殊閥類）進行分項估價標售等改善策略，以提升標售效益，增加台水公司營運資金。

關鍵詞：廢料標售、效益分析、金屬回收

一、前言

隨著環保意識抬頭及循環經濟理念普及，廢料回收再利用已成為各行各業關注的重要議題。台灣自來水公司作為重要的公用事業機構，在日常營運過程中產生的廢料與下腳料，包括工程維修汰換的管線、設備零件、報廢財產等。這些廢料經過妥善處理並透過標售方式回收，不僅可創造額外收益，更能響應政府推動循環經濟的政策目標。

本研究透過蒐集分析近年各區處廢料標售資料，探討標售現況、收益結構、價格

波動因素等問題，並提出精進措施，優化未來廢料標售作業流程與效益。

研究範圍與期間：台水公司各區處從 109-113 年廠商投標與得標狀況、標售總額與主要廢料項目單價比較與金屬物價指數關聯性、特定廢料標售之建議，以及廢料處理流程等面向進行分析。

台水公司廢料、下腳來源為各種工程擴建或改善收回之損壞管材或殘料、水管配件、工程施工剩餘未滿一公尺直管或其拆回之下腳、報廢不用之機械設備等，分類結構可簡單分為以下列：

- 1.金屬類：廢銅、廢鐵、廢不鏽鋼等。
- 2.非金屬類：廢塑膠管材（PE 管、PVC 管）。
- 3.報廢財產(混合類)：發電機、抽水機、冷氣機、馬達、電腦、工具機等。

二、廢料標售現況分析

台水廢料、下腳處理標準作業流程 SOP(如圖 1)：各產生單位依廢料項目分類明細表列冊(如表 1)估算數量繳交，實物存放於區處及各廠所，再由物料單位依據廢料作業要點辦理標售，標售前依類別項目妥善分類，並分開存放標示及保管，各區處則採訂期標售，每年至少辦理一次標售作業，包含彙整各廢料、標售及提貨期程約 3-4 個月。

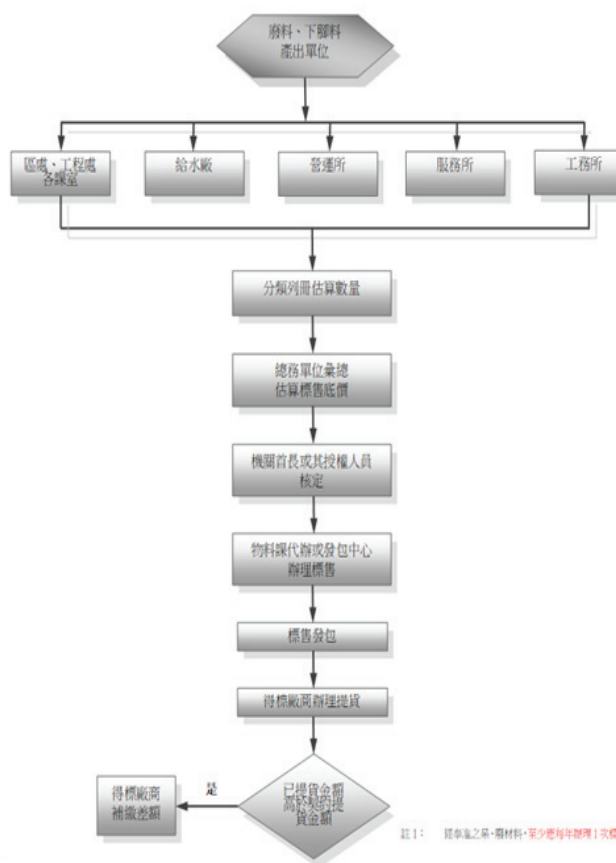


圖 1 廢料、下腳處理標準作業流程 SOP

表 1 廢料項目分類明細表

項次	項目	單位	數量
	廢料		
1	廢鑄鐵	公斤	
2	廢塑膠	公斤	
	下腳料：		
1	廢銅	公斤	
	報廢物品：		
1	廢水量計(50 mm以下表殼銅製)	只	
	報廢財產（待整理資產）：		
1	廢水量計(表殼鑄鐵製)	公斤	
2	抽水機	公斤	
3	車輛	台	
4	電腦	台	

(一)廠商參與情況

111 至 113 年度參與標售的廠商包括京創新保科技有限公司、笠蕎實業有限公司、誠巨有限公司、和登環保企業有限公司、新富環保有限公司及廣利環保科技有限公司等多家公司。由各區處得標次數發現，笠蕎實業有限公司以 9 次得標居首，金福貴金屬有限公司以 6 次得標次之，且兩家公司均有跨區處投標紀錄，顯示具有相當規模。大部分區處在投標前皆有廠商進行現場看貨，且多數標案有兩家以上廠商投標，顯示標售作業具有一定的競爭性與透明度。

(二)整體標售金額變化趨勢

根據 109-113 年度標售統計資料顯示(如表 2)，台水公司各區處標售總額從 109 年的 2,640 萬元起，於 112 年達到高峰 3,307 萬元，隨後在 113 年回落至 2,755 萬元(如表 2)。這種波動反映了廢料市場受到多項因素影響，包括經濟景氣、原物料價格波動，以及回收市場供需變化等。

各廢料項目中數量最多的材質為廢鐵和廢鑄鐵(含 DIP)佔總量七成。主要材質廢料（包含廢鐵、廢鑄鐵、廢不鏽鋼、廢銅、廢塑膠等）的標售金額相對穩定。從 109 年的 1,044 萬元大幅成長至 110 年的 1,610 萬元，並在 111-113 年間維持在 1,610-1,640 萬元。次要收入項目為廢水量計，廢水量計收入波動相對較大，從 109 年的 1,237 萬元降至 110 年的 383 萬元，隨後在 111 年回升至 872 萬元，112 年再度攀升至 1,212 萬元，113 年又回落至 589 萬元(如圖 2)。這種劇烈波動主要與水量計汰換週期、數量以及銅價波動等因素相關。

表 2 廢料標售金額表

年度	標售總額(元)	主要材質廢料(元)	廢水量計(元)	其他廢料(元)	主要廢料占比
109 年	26,407,374	10,438,626	12,365,399	3,603,349	39.5%
110 年	32,048,379	16,102,186	3,829,930	12,116,263	50.2%
111 年	29,194,674	16,369,845	8,723,205	4,101,624	56.1%
112 年	33,068,486	16,140,460	12,123,370	4,804,656	48.8%
113 年	27,548,103	16,117,505	5,894,764	5,535,834	58.5%

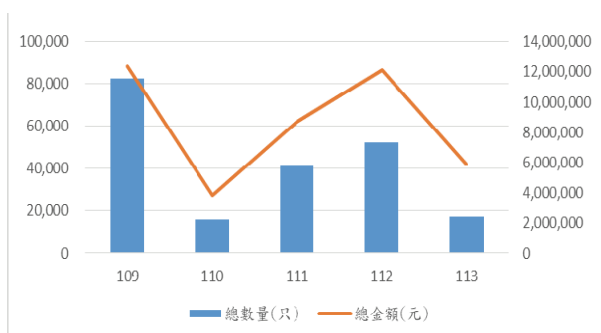


圖 2 廢水量標售數量及金額

表 3 各主要廢料材料單價與總價值

材料類型	平均單價 (元/公斤)	總數量 (公斤)	總價值 (元)
廢銅(下腳)	186.67	2,645	493,221
廢漆包線(下腳)	152	1,266	192,432
廢電線電纜(下腳)	142.12	2,170	308,390
廢銅(廢料)	130.47	1,985	259,034
廢不鏽鋼(廢料)	38.63	24,200	1,590,679
廢鐵(待整理資產)	15.05	228,870	3,444,718
廢鑄鐵、廢鐵(含鑄鐵管、消防栓、抽水機、配電箱等)	14.05	33,546	471,452
廢鐵(廢料)	12.38	81,906	1,014,075
廢鑄鐵含 DIP(廢料)	13.6	184,395	2,507,736
廢鑄鐵(廢料)	10.25	178,548	1,830,459

另統計 113 年台水全公司各區處平均標售廢料，各主要廢料材質依單價排列(如表 3)，「廢鐵(待整理資產)」，雖單價較低(15.05 元/公斤)，但因數量龐大，總價值高達 3,444,718 元。

該廢鐵(報廢財產如抽水機、閥類等)平均單價 15.05 元/公斤及廢鐵(含抽水機等含複合材質)之廢料平均單價為 14.05 元/公斤略高於廢鐵及廢鑄鐵(平均單價 10.25~13.6 元/公斤)。

(三)收入波動主要影響因素

造成收入波動的因素可分為外在與內在兩類：外在因素方面，包括金屬價格的變動，此情況受到疫情、通膨與地緣政治等變數的影響；此外，回收市場供需狀況變化與整體經濟景氣循環有關。至於內在因素，主要來自工程計畫執行進度，導致廢料產生與處理的時間不同；且廢料經常需要累積一段時間後才會集中釋出，使得收入呈現波動。依統計資料顯示 110 年及 112 年標售金額相對較高，分別達到 3,204 萬元及 3,306 萬元，而 109 年及 113 年則相對較低。標售收入呈現年度波動現象，主要受物價變動廢料數量影響如下：

1. 價格因素

(1) 國際鐵礦石與銅價波動

廢料中的金屬成分價值受國際市場價格影響甚鉅，特別是鐵礦石與銅等原物料，其價格常因全球供需變化、戰爭、通膨等因素起伏，進而連動影響回收廢料的售價。

(2) 受鋼鐵業景氣影響

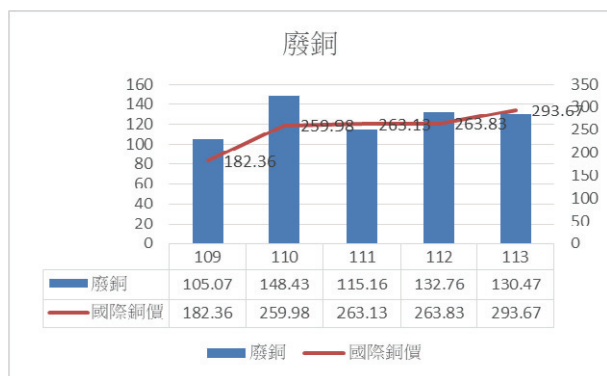
當鋼鐵業景氣良好，回收金屬價格通常隨之上升；反之則價格下滑。

2. 數量因素

自來水管線汰換計畫工程產生之廢塑膠、廢金屬等，包含淨水場加壓站等基礎設施的更新作業及廢水量計汰換數量等影響。

(四) 廢料單價標售趨勢與分析

根據 109~113 年的統計資料，在各類主要金屬廢料中，以廢銅的平均單價最高，每公斤 105~132 元(如圖 3)，顯示其在回收市場上具有相對較高的經濟價值。

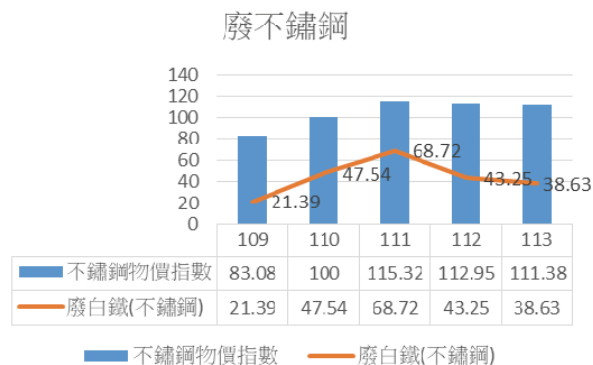


廢銅單位: 元/公斤

匯率係以財政部臺北國稅局全球資訊網「外僑綜合所得稅匯率明細表-2017-2024 年外幣匯率平均值」計算

圖 3 廢銅標單價

其次為廢不鏽鋼，平均單價為每公斤 21~68 元(如圖 4)，波動較大，而廢鐵的單價則相對較低，平均為每公斤 7.5~14 元(如圖 5)。



廢不鏽鋼單位: 元/公斤

圖 4 廢不鏽鋼標售單價

三、特定廢料標售建議與市場挑戰

(一) 廢抽水機標售改善策略

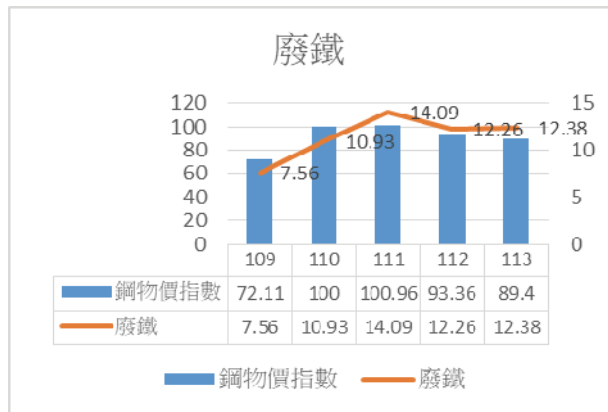
透過統計調查發現，廢抽水機的標售分類方式對價格產生顯著影響。當抽水機以「廢鐵(含鑄鐵管、消防栓、抽水機、配電箱等)」分項標售時，其平均單價高於單純以「鑄鐵」標售的價格。

這種價格差異的在於廢抽水機材質組成的複雜性，並非單純的鑄鐵製品，其內部包含多種高價值材質：外殼、中心軸與主要機組採用不鏽鋼材質，而葉輪軸的軸承則採用水潤式銅軸承。由於不鏽鋼與銅材的市場價格高於一般鑄鐵，因此分項標售能更準確反映其實際價值。基於此項發現，抽水機宜採用獨立分項估價標售方式，以體現其內含高單價之材質，避免因分類不當而造成的價值低估。

(二) 廢塑膠材質的困境

台灣自來水公司所產出之廢塑膠之標售單價呈現持續下滑趨勢，自 109 年以來價格不斷下跌，至 113 年時單價僅剩 1.7 元/公斤，市場價值明顯偏低。這種價格已使廢塑膠處理變成一項負擔，廠商必須自行承擔搬

運與處理成本，遠超過材料本身的回收價值，在此情況下，廠商對廢塑膠品項的提貨意願普遍不高。



廢鐵單位:元/公斤

圖 5 廢鐵標售單價

(三)閥類器材特性與回收價值

台水公司的閥類器材主要包含彈性座封閘閥、球閥、蝶閥、洩壓閥等，材質含蓋鑄鐵、不鏽鋼、銅合金等多種類型。特殊閥成本主要來自於模具成本分攤及機械加工費用材料費用相對較少，報廢後標售遠低於購入金額。由於自來水工程對閥類產品品質要求嚴謹；閥類損壞後，回收再利用恐難符合檢驗與功能需求，故現階段針對高單價閥類經評估可改善者，優先以整修做為備品使用。台水公司的閥類器材類型如下：

- 1.球閥、減壓閥等特殊閥：多為鑄鐵或鋼製，精密度較高，部份含有銅合金等貴金屬。
- 2.蝶閥等一般閥類：材質多樣，包含不鏽鋼、鑄鐵等。
- 3.水管件配件：包含法蘭、接頭等，材質以鑄鐵為主。

其各材質標售評估價值歸納(如表 4): 其中不少閥類器材中含有 304、316 型不鏽鋼，可參考我國基本金屬供需情勢發展監控平

台網站 (MetalTrade 白鐵價格查詢) 查詢不鏽鋼廢料出廠價，做為標售預算單價之參考。由於部分閥類金屬分選與處理技術要求較高，結構複雜分解困難，亦會影響廠商參與投標意願，大型廢五金回收廠：處理能力強，可接受大批量標案；地區性回收商：運輸成本低，但處理能力有限。

表 4 閥類各材質特性

材質類型	標售價格範圍	特性	價值評估
不鏽鋼類	30-50 元/公斤	耐腐蝕、需求穩定	回收價值高
鑄鐵類	8-15 元/公斤	數量大、用途廣泛	基礎回收價值
特殊閥類	高於一般廢鐵	材質複雜	需專業評估依銅、不鏽鋼含量比例而定

四、廢料標售作業改善策略

整體觀察 111 年至 113 年廢料標售案件，部分區處在預算編列與實際決標金額間存在顯著差異，差異率從最低的 1.5%到最高的 174%不等，這些差異主要源於預算編列方式、廠商報價策略、以及廢料分類的差異影響。彙整可歸納以下差異因素及因應對策，供未來標售作業參考：

(一)廠商誤填或首次投標等偶發因素

部分廠商標價過高為廠商標價填報錯誤，或是首次投標廠商不熟悉台水公司廢料變賣之規定，屬偶發之個案。

(二)集中存放、資訊揭露促進競爭

依實務經驗，將廢料集中存放於區處倉庫確實能方便廠商提貨，可吸引更多廠商關注與投標。故台水應持續加強廢料存放與取

貨的便利性，例如改善存放空間、廢料材質標示清晰，以進一步提升廠商的競標意願。且公告資訊充分透明，標售作業公開，亦可提高競爭性。於標售公告中提供廢料實品照片、品項說明，並於投標須知明確載明廠商可於開標前安排現場看貨，以利廠商估價精準，提升標售效益。

(三)符合規範與監督機制

雖財物變賣案不適用《政府採購法》，惟台水公司標售案件皆於政府採購網公告，並採詢價程序辦理，已具相當公平性。另依「台灣自來水公司廢料處理作業要點」規定，提貨前須由相關單位聯合會驗並錄影，另通知政風、會計室共同監辦及過磅，監督機制完備。

(四)加強預算編列的合理性

因各區處廢料標案包含工程挖取收回廢料可能含有混凝土與其他雜質，與一般之金屬材料無法完全類比，故建議應向廠商詢價，且經前述主要廢料近年之單價趨勢分析，預算編列應綜合參照「全公司各區處平均決標單價、原物料市場價格走勢、主要金屬材料物價指數（如廢銅、廢鐵、廢白鐵等）」外。

(五)預算應兼顧彈性與分類精細度

因各區處所產生的廢鐵項目不同(含鑄鐵管、消防栓、抽水機、配電箱等)、產生來源不同包含維修工程廢料(工程挖取收回損壞)，報廢財產項目高達上百種(櫥櫃、電腦設備、公務車等)且因各項廢料品質優劣不同，有些尚須再投注人力設備分類拆卸。故完全統一各區處預算編列方式，可能反而會造成預算估價失準或不符合實際。考量人

力、時間、儲存成本，因此標售原則建議：

- 1.高價值廢料分項標售：針對抽水機、大型發電機等含有較高價值材質的廢料，建議分項標售並註記所含材質，以反映實質價值
- 2.材質明確標示：對於含有多種材質的廢料，明確標示較高單價之材質，利於廠商評估價值。
- 3.廢鑄鐵類視數量多寡集中標售以降低作業成本。

五、結論與建議

本研究分析了台灣自來水公司 109 至 113 年廢料標售情形，除了受到金屬市場價格、景氣和需求變動等外在因素影響外，也與台水公司內部廢料分類方式、標售作業流程有關，針對上述提出改善措施如下：

- (一)提升標售透明度與競爭性，於標售前強化資訊揭露，例如提供價值較高之廢料照片、物狀說明等，除了在政府採購網公告外，可於社群媒體、facebook 在地社團等宣傳，提高曝光率。
- (二)各區處產生的廢料種類繁多，品質不一，部分高價廢料如抽水機、大型發電機等含有銅線與不鏽鋼，若與一般鐵類合併標售，可能導致標價偏低。因此針對此類高價品項進行分項標售，並註記材質與公斤數，以反映其實質價值。
- (三)將廢料集中存放於倉庫，有助於廠商提貨與提高投標意願。
- (四)標售前預算編列除了參照前一年度「各區管理處標售平均單價明細表」外，並參酌原物料市場行情調整。

參考文獻

- 1.台灣自來水公司廢料處理作業要點
- 2.我國基本金屬供需情勢發展監控平台
<https://metaltrade.tw/>

作者簡介

賴季伶女士

現職：台灣自來水公司材料處組員

專長：材料管理

本刊 114. 115 年「每期專題」

期別	主 題	子 題	時程
44 卷 第 4 期	數位技術 應用	1.數位化技術提升供水系統管理效率、2.物聯網（IoT）技術在管網監控中的應用、3.AI 智慧化監控水質與預警系統、4.數位雙生（Digital Twin）技術在自來水系統模擬中的應用、5.大數據分析助力供水需求預測與調度、6.區塊鏈技術提升供水數據安全與透明度、7.無人機與數位技術應用於管網巡檢、8.AI 輔助檢漏降低漏水率之技術應用、9.智慧水表與自動化抄表系統應用。	11 月
45 卷 第 1 期	工程技術	1.工程規設、施工及計劃管理、2.智慧供水技術、3.管線免開挖更生技術、4.環境友善及先進水處理技術、5.創新水源開發技術、6.薄膜技術、7.新興污染物處理技術、8.新興技術。	2 月
45 卷 第 2 期	營運管理	1.供水設施營運操作、2.供水系統維護管理 3.管線失效故障分析、4.管線狀況評估、5.降低無收益水量、6.集水區保育治理、7.緊急應變及危機管理、8.管網建模及應用。	5 月

～歡迎各界就上述專題踴躍賜稿，稿酬從優～

人工智慧於自來水系統管理中的應用： 智慧化漏水偵測

文/李丁來

一、AI於水管理系統的重要性

在自來水供水網中，漏水是一個既昂貴又持續存在的問題。然而隨著科技進步，如何高效管理及預防供水損失已變得更加重要及迫切。本文將簡介壓力監測與人工智慧（AI）如何協助自來水事業在面對漏水問題挑戰時的創新作法。

二、壓力監測如何提升配水系統的漏水偵測能力

● 水壓監測的重要性

壓力監測是一種現代化的漏水偵測技術。透過在關鍵位置佈設感測器，自來水事業可即時蒐集系統運作數據。不同於傳統人工巡檢，壓力監測能夠快速偵測漏水，減少供水損並防止長期損害。為了讓監測更有效，供水管網需劃分成較小區段，稱為「分區計量區（District Metered Areas- DMAs）」。DMA 使自來水事業能針對特定區域進行監測。藉由在幹管與支管上策略性地配置感測器，可清楚掌握整體供水網路健康狀況。不僅能偵測是否漏水，還能精準定位漏點，加速修復，如圖 1 所示。

三、AI驅動之供水系統中的有效感測器佈設

當供水管網劃設完成後，壓力感測器應配置於主幹管與各分區 DMA 之中。主幹管

感測器可監測整體系統壓力，提供管網總體健康概況；而分區或支管感測器則能提供更在地且細緻的數據，這些感測器可以檢測網路特定區域內的水壓波動是否異常？從而能夠更快地識別目標區域內是否有潛在漏水問題？從而能夠快速隔離及解決。藉由於主線與支線佈設先進的漏水偵測設備，自來水事業可達成全區管網覆蓋，提升漏水偵測精度與整體應變效率。

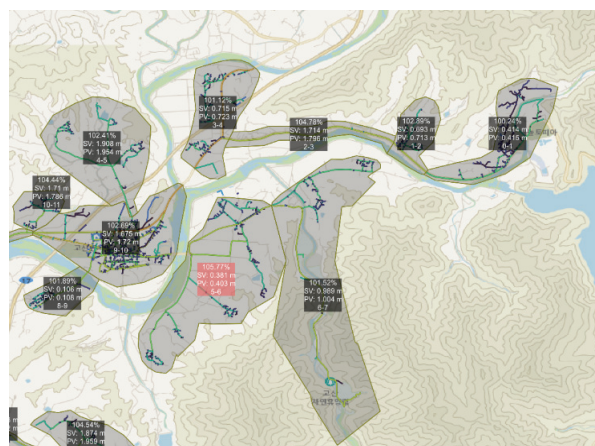


圖 1 供水管網中的 DMA 示意

四、運用模擬技術輔助AI應用於供水系統管理

偵測漏水不僅僅是設置感測器。透過如 EPyT (EPANET-Python 工具包，可應用於智慧水網模擬之開源軟體) 等進階模擬工具，自來水事業能模擬各種漏水情境，並考量用水需求變動等不確定因素，使供水系統更能因應多元供水情況。



圖 2 供水管網關鍵點佈設壓力感測器

使用 AI 偵測漏水的步驟包括：

- 1.水壓邊界設定：模擬有助於設定每個感測器的壓力限值，這些限值定義了系統應具有的正常壓力範圍。
- 2.即時警報：如果任何感測器的壓力低於正常範圍，系統就會觸發警報，警示可能發生漏水，如圖 3 所示。
- 3.漏水識別：透過監測壓力隨時間的變化，供水營管單位可以識別漏水發生的位置及其嚴重程度，如圖 4 所示。

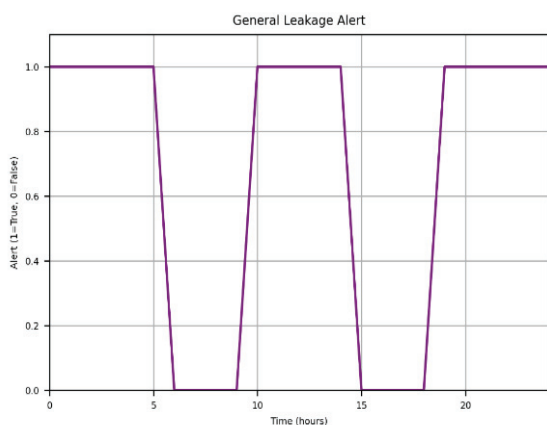


圖 3 系統警示可能發生漏水示意

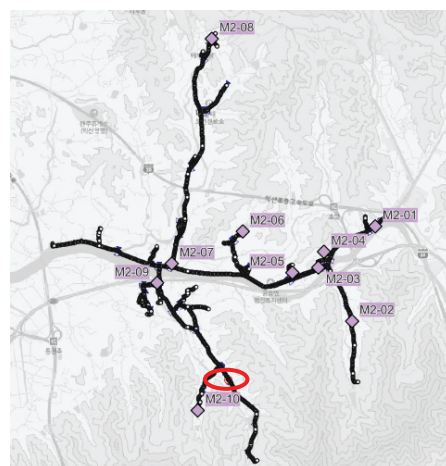


圖 4 系統識別漏水發生位置及嚴重程度

五、AI 驅動之漏水管理系統的效益

一旦偵測到發生漏水，迅速找到其確切位置與漏水規模至關重要，這正是 AI 發揮作用的地方。透過利用感測器收集的壓力數據，AI 技術可以令人驚艷的精度，預測漏水的位置和漏水程度，如圖 5 所示。

AI 如何提供幫助：

- 1.AI 經由模擬資料中的壓力下降模式訓練而成。
- 2.當真實漏水發生時，AI 會分析壓力下降曲線，預測漏水位置與大小

3.並在網路圖上可視化呈現，方便操作人員迅速處理。

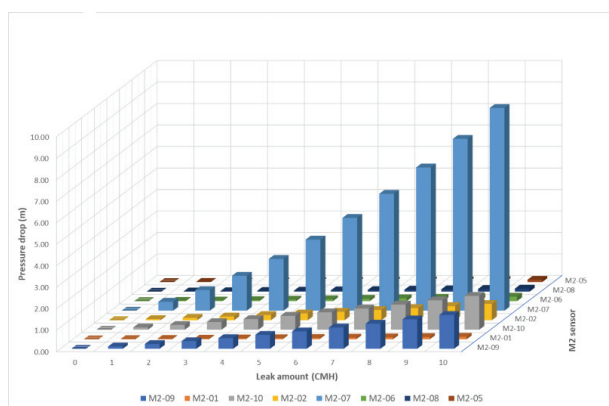


圖 5 感測器在節點 ID4 節點處偵測到不同洩漏強度的壓力降

例如，在具有三個虛擬漏水點的測試場域中，AI 可精確確定了每個漏水點的經度緯度及漏水規模嚴重程度，顯示 AI 增益漏水管理的潛力，如圖 6 所示。

六、AI漏水管理系統的重要效益

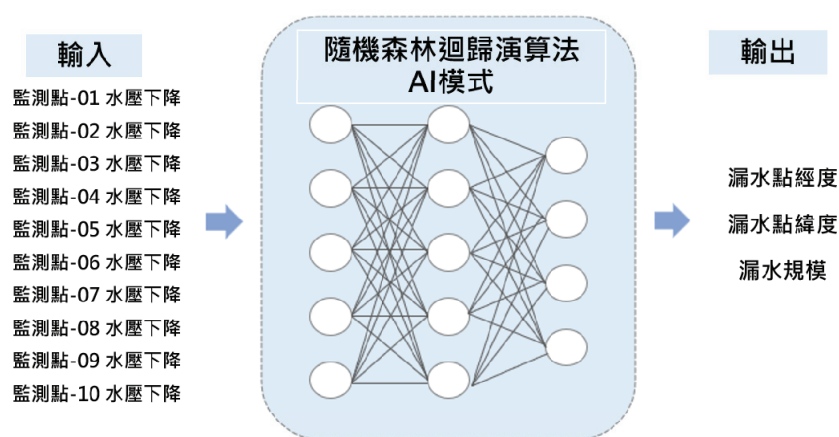


圖 6 隨機森林迴歸演算法 AI 模式可精準預測每個漏水點的特性

參考文獻

1.WI.Plant 公司網站 <https://wiplat.com/blog/ai-in-water-management/>

(一)加速漏水檢測：針對漏水情況，AI 與水壓監測可提供即時洞察，使自來水事業能夠迅速應對漏水，縮短漏水時間及漏水量。

(二)精確定位：模擬和 AI 模型，有助於找出漏水位置，減少維修時間和成本。

(三)可擴展性：AI 與水壓監測系統，可因應不同規模和複雜程度的供水管網。

(四)提高效率：透過從被動維護轉向主動維護，自來水事業單位可以延長其自來水設施的使用壽命，並提升供水服務品質。

七、展望：AI與智慧水務的未來

隨著自來水事業數位化進程加速，壓力監測、模擬與 AI 技術等工具，將成為建構更智慧、更永續的供水管網中，扮演核心作用。這些技術不僅能節省水資源，也能提升營運效率，開啟智慧水管理的新進程。

作者簡介

李丁來先生

現職：台灣自來水公司總經理

專長：自來水規設、營管及漏水防治、自來水工程規劃設計、環境工程、化學工程